

福建省工程建设地方标准

DB

工程建设地方标准编号 : DBJ/T 13-84-2022

住房和城乡建设部备案号 : J10857-2022

岩土工程勘察标准

Standard for investigation of geotechnical engineering

2022-09-26 发布

2023-01-01 实施

福建省住房和城乡建设厅

发布

福建省工程建设地方标准

岩土工程勘察标准

Standard for investigation of geotechnical engineering

工程建设地方标准编号 : DBJ/T 13-84-2022

住房和城乡建设部备案号 : J110857-2022

主编单位: 福建省建筑设计研究院有限公司

批准部门: 福建省住房和城乡建设厅

实施日期: 2023年01月01日

2022年 福州

前 言

根据福建省住房和城乡建设厅《关于公布全省工程建设地方标准复审修编项目计划的通知》（闽建科〔2020〕13号），由福建省建筑设计研究院有限公司会同我省有关单位修编而成，修编组根据国家现行有关规范和标准，经过广泛调查研究，认真总结了福建省近十几年岩土工程实践经验和科研成果，增加了部分章节内容，修改后使部分条款与国家现行有关规范和行业标准相协调，并在广泛征求意见的基础上，经专业审查和综合审查完成了标准修编工作。

本标准共分 19 章和 10 个附录，主要技术内容是：1.总则；2.术语及符号；3.基本规定；4.地貌与岩土分类；5.建筑工程勘察技术要求；6.市政工程勘察技术要求；7.环境岩土工程勘察技术要求；8.特殊性土岩土工程勘察；9.不良地质作用；10.场地与地基的地震效应评价；11.工程地质测绘；12.勘探和取样；13.原位测试；14.工程物探；15.室内试验；16.地下水；17.检验与监测；18.勘察成果分析与评价；19.岩土工程勘察成果编制。

本标准修订的主要技术内容：1. 对第 2 章术语和符号作了增减；2.增加了第 3 章基本规定；3.将原第 5 章工程勘察技术要求拆分为第 5 章建筑工程勘察技术要求和第 6 章市政工程勘察技术要求，并对原内容作了修订；4.增加了第 7 章环境岩土工程勘察技术要求；5.对第 10 章场地与地基的地震效应评价作了修订；6.增加了第 11.5 节工程周边环境与专项调查；7.第 13 章原位测试增加了旁压试验、土壤氦测试和孔隙水压力测试内容；8.将原第 10 章 10.5 节工程物探拆分独立成章，增加了第 14 章工程物探；9.增加了第 17.7 节不良地质作用和地质灾害监测；10.

将原第 12.8 节水、土对建筑材料的腐蚀性评价调整至第 18.7 节水、土腐蚀性评价，并对原内容进行了修订；11.增加了第 19.4 节三维可视化勘察信息模型；12.增加了建设场地适宜性和稳定性评价内容和评价方法；13.增加了圆锥动力触探锤击数修正方法；14.删除了原附录 E 抗拔静载荷试验技术要求和附录 F 单桩竖向抗压静载荷试验技术要求；15.将原附录 K 边坡处理常用方法和坡率允许值调整至第 5.5 节。

本标准由福建省住房和城乡建设厅负责管理，由福建省建筑设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见和建议，请寄送福建省住房和城乡建设厅科技与设计处（地址：福州市北大路 242 号，邮编：350001）或福建省建筑设计研究院有限公司（地址：福建省福州市鼓楼区通湖路 188 号，邮政编码：350001）以供今后修订时参考。

本标准主编单位：福建省建筑设计研究院有限公司

本标准参编单位：福建省建研工程顾问有限公司
福建岩土工程勘察研究院有限公司
福州市勘测院
福建省交通规划设计院有限公司
福建省水利水电勘测设计研究院
福建省地质工程勘察院
华东勘测设计院（福建）有限公司
厦门地质工程勘察院
福建东辰综合勘察院
福州市建筑设计院有限责任公司
福建泉州勘测设计院有限公司
核工华南工程勘察院
厦门华岩勘测设计有限公司
中国兵器工业北方勘察设计研究院有限公司
中化明达（福建）地质勘测有限公司
福建省闽中南岩土工程勘察有限公司

福建省林业勘察设计院
福建省闽东工程勘察院
福建省水文地质工程地质勘察研究
院

中建海峡建设发展有限公司
西北综合勘察设计研究院
闽武长城建设发展有限公司
福州盈光科技有限公司

本标准主要起草人：

戴一鸣	郑金伙	吴铭炳	林小富
刘俊龙	张家金	方志峰	黄光明
郑也平	杨世华	刘宏岳	兰坚强
张升锋	林金洪	俞 强	刘银芳
谢 鑫	朱德昌	余昌蔚	黄 辉
兰新生	潘周展	吴 华	江学中
韩中阳	林汉忠	吴寿明	黄明杰
潘金宝	郑国栋	阮林龙	巫克霖
沈铭龙	邱宗新	何超亮	
赖树钦	方家强	王韶国	简文彬
陈振建	林民勇	王俊英	黄文勇
周先前	柳 侃	刘毓氙	

本标准主要审查人：

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	4
3	基本规定	7
4	地貌与岩土分类	13
4.1	地貌	13
4.2	岩石分类与定名	14
4.3	土的分类与定名	18
5	建筑工程勘察技术要求	25
5.1	一般规定	25
5.2	建（构）筑工程	27
5.3	地基处理	34
5.4	基坑工程	37
5.5	边坡工程	42
5.6	建（构）筑物改造和加固工程	54
6	市政工程勘察技术要求	56
6.1	一般规定	56
6.2	道路工程	58
6.3	桥涵工程	63
6.4	隧道工程	68
6.5	室外管道工程	72
6.6	给排水工程	76
6.7	堤岸工程	79

6.8	地下综合管廊工程	83
6.9	城市步栈道工程	86
7	环境岩土工程勘察技术要求	90
7.1	一般规定	90
7.2	固体废弃物处理工程	91
7.3	垃圾填埋场工程	94
7.4	地下水污染治理工程	95
7.5	污染场地治理工程	98
8	特殊性岩土	103
8.1	软土	103
8.2	填土	105
8.3	混合土	107
8.4	风化岩和残积土	109
8.5	污染土	114
9	不良地质作用和地质灾害	116
9.1	一般规定	116
9.2	岩溶和土洞	116
9.3	滑坡	121
9.4	泥石流	125
9.5	采空区	128
9.6	危岩和崩塌	131
9.7	地面沉降	134
10	场地与地基的地震效应评价	137
10.1	一般规定	137
10.2	场地类别划分	139
10.3	液化判别	142
10.4	软土震陷	146
11	工程地质测绘	149
11.1	一般规定	149

11.2	工程地质测绘内容.....	150
11.3	工程地质测绘方法.....	151
11.4	工程地质测绘资料整理.....	153
11.5	工程周边环境专项调查.....	154
12	勘探和取样.....	158
12.1	一般规定.....	158
12.2	钻探.....	158
12.3	井（坑）探、槽探和洞探.....	161
12.4	取样.....	161
13	原位测试.....	166
13.1	一般规定.....	166
13.2	载荷试验.....	167
13.3	静力触探试验.....	172
13.4	标准贯入试验.....	173
13.5	圆锥动力触探试验.....	174
13.6	十字板剪切试验.....	176
13.7	扁铲侧胀试验.....	177
13.8	现场直接剪切试验.....	179
13.9	波速测试.....	180
13.10	场地微振动测试.....	183
13.11	旁压试验.....	185
13.12	氦含量测试.....	186
13.13	孔隙水压力测试.....	189
14	工程物探.....	192
14.1	一般规定.....	192
14.2	水域工程物探.....	195
14.3	陆域工程物探.....	197
15	室内试验.....	201
15.1	一般规定.....	201

15.2	试样制备	202
15.3	土的物理性质试验	202
15.4	土的力学性质试验	203
15.5	土的动力性质试验	206
15.6	岩石物理、力学性质试验	207
15.7	水、土化学试验	207
16	地下水	210
16.1	一般规定	210
16.2	地下水勘察技术要求	211
16.3	水文地质参数测定	212
16.4	地下水评价	214
16.5	抗浮评价	216
17	检验与监测	223
17.1	一般规定	223
17.2	现场检验	224
17.3	桩基工程监测	226
17.4	基坑工程监测	227
17.5	边坡工程监测	229
17.6	建（构）筑物沉降与垂直度监测	231
17.7	不良地质作用和地质灾害监测	235
18	勘察成果分析与评价	238
18.1	一般规定	238
18.2	岩土参数数理统计	239
18.3	承载力确定	241
18.4	地基变形分析	247
18.5	稳定性分析	254
18.6	工程特性指标	258
18.7	水、土腐蚀性评价	260
19	岩土工程勘察成果编制	265

19.1	一般规定	265
19.2	岩土工程勘察报告文字部分	267
19.3	图表及附件	268
19.4	岩土工程勘察信息模型	271
附录 A	工程建设适宜性的定性分级	272
附录 B	场地稳定性的定性分级	273
附录 C	福建省岩石地层划分标准	274
附录 D	福建省第四系地层划分标准	279
附录 E	圆锥动力触探锤击数修正	280
附录 F	福建省常见土层物理力学指标	282
附录 G	静力触探试验估算单桩竖向极限承载力	285
附录 H	标准贯入试验估算单桩竖向极限承载力	288
附录 J	福建省常见岩石物理力学性质指标	290
附录 K	天然地基极限承载力估算	291
本标准用词说明	293
引用标准名录	294
附：条文说明	296

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms and Symbols.....	2
	2.1 Terms	2
	2.2 Symbols	4
3	Basic Requirements	7
4	Geomorphology and Classification of Rock & Soil	13
	4.1 Geomorphology	13
	4.2 Classification and Nomination of Rock	14
	4.3 Classification and Nomination of Soil	18
5	Technical Requirements for Investigation of Building Engineering	25
	5.1 General Requirements.....	25
	5.2 Building and Structure Engineering.....	27
	5.3 Ground Improvement Engineering	34
	5.4 Foundation Excavation Engineering.....	37
	5.5 Slope Engineering.....	42
	5.6 Covert and Improvement of Building and Structure Engineering.....	54
6	Technical Requirements for Investigation of Municipal Engineering.....	56
	6.1 General Requirements.....	56
	6.2 Road Engineering	58
	6.3 Bridge and Culvert Engineering	63
	6.4 Tunnel Engineering.....	68

6.5	Outdoor Pipelines Engineering	72
6.6	Water Supply and Drainage Engineering.....	76
6.7	Waterfront Embankment Engineering.....	79
6.8	Underground Comprehensive Pipe Gallery Engineering.	83
6.9	Urban Step Walkway Engineering	86
7	Technical Requirements for Investigation of Environment	
	Geotechnical Engineering.....	90
7.1	General Requirements.....	90
7.2	Waster Disposal Engineering	91
7.3	Waste Landfill Engineering	94
7.4	Contaminated Groundwater Remediation Engineering ...	95
7.5	Contaminated Site Remediation Engineering.....	98
8	Special Rock & Soil.....	103
8.1	Soft Soil	103
8.2	Fill.....	105
8.3	Mixed Soil.....	107
8.4	Weathered Rock and Residual Soil.....	109
8.5	Contaminated Soil.....	114
9	Adverse Geological Actions and Geological Disasters	116
9.1	General Requirements.....	116
9.2	Karst and Sinkhole.....	116
9.3	Landslide.....	121
9.4	Debris Flow.....	125
9.5	Goaf	128
9.6	Grag and Eboulement	131
9.7	Ground Subsidence	134
10	Assessment of Seismic Effect of Site and Foundation.....	137
10.1	General Requirements.....	137
10.2	Classification of Site Category	139

10.3	Judgement of Liquefaction	142
10.4	Seismic Susidence of Soft Soil	146
11	Engineering Geological Mapping	149
11.1	General Requiremnets.....	149
11.2	Contents	150
11.3	Methods.....	151
11.4	Data Processing.....	153
11.5	Investigation of Engineering Surrounding Environment	154
12	Exploration and Sample.....	158
12.1	General Requirements.....	158
12.2	Drilling.....	158
12.3	Well, Trench and Cave Exploration	161
12.4	Sampling.....	161
13	In-situ Tests.....	166
13.1	General Requirements.....	166
13.2	Loading (Plate) Test.....	167
13.3	Cone Static Penetration Test	172
13.4	Standard Penetration Test.....	173
13.5	Cone Dynamic Penetration Test.....	174
13.6	Vane Shear Test.....	176
13.7	Dilatometer Test.....	177
13.8	Field Direct Shear Test.....	179
13.9	Wave Velocity Test.....	180
13.10	Site Microtremor Test	183
13.11	Pressuremeter Test	185
13.12	Radon Concentration Test.....	186
13.13	Pore Pressure Test.....	189
14	Engineering Geophysical Exploration	192

14.1	General Requirements.....	192
14.2	Marine Area	195
14.3	Land Area.....	197
15	Laboratory Tests.....	201
15.1	General Requirements.....	201
15.2	Sampling Preparation.....	202
15.3	Tests for the Physical Properties of the Soil.....	202
15.4	Tests for the Mechanical Properties of the Soil	203
15.5	Tests for the Dynamic Characteristics of the Soil	206
15.6	Tests for the Physical and Mechanical Properties of the Rock.....	207
15.7	Chemical Tests for Water and Soil.....	207
16	Underground Water.....	210
16.1	General Requirements.....	210
16.2	Investigation Requirements of Underground Water.....	211
16.3	Mesurement of Hydro-geological Parameters	212
16.4	Assessment of Underground Water.....	214
16.5	Assessment of Anti-uplift	216
17	In-situ Inspection and Monitoring	223
17.1	General Requirements.....	223
17.2	In-situ Inspection	224
17.3	Pile Foundation Engineering.....	226
17.4	Foudation Excavation Engineering.....	227
17.5	Slope Engineerin.....	229
17.6	Monitoring for Settlement and Verticality of Building and Structure.....	231
17.7	Monitoring for Adverse Geiological Actions and Geological Disaters.....	235
18	Analysisi and Assessment of Investigation Result	238

18.1	General Requirements.....	238
18.2	Mathematical Statistics of Geotechnical Parameters ...	239
18.3	Bearing Capacity Calculation	241
18.4	Analysis of Subgrade Deformation.....	247
18.5	Analysis of Stability.....	254
18.6	Engineering Index Properties.....	258
18.7	Appraisal of Corrosivity of Water and Soil.....	260
19	Geotechnical Investigation Report.....	265
19.1	General Requirements.....	265
19.2	Document Part	267
19.3	Charts and Accessories.....	268
19.4	Geotechnical Investigation Information Medol.....	271
Appendix A	Qualitative Grading for Building Suitability	272
Appendix B	Qualitative Grading for Site Stability	273
Appendix C	Classification Standard for Rock Stratum of Fujian Province	274
Appendix D	Classification Standard for Quaternary System Stratum of Fujian Province.....	279
Appendix E	Correction of Blows of Cone Dynamic Penetration	280
Appendix F	Physical and Mechanical Index of Common Soil of Fujian Province.....	282
Appendix G	Estimation of Ultimate Vertical Bearing Capacity of a Single Pile Through Cone Static Penetration Test	285
Appendix H	Estimation of Ultimate Vertical Bearing Capacity of a Single Pile Through Standard Penetration Test.....	288
Appendix J	Physical and Mechanical Index of Common Rock of Fujian Province.....	290
Appendix K	Estimation of Natural Ground Ultimate Bearing Capacity	291

Explanation of Wording in This Code 293
List of Quoted Standards 294
Addition:Explanation of Provisions..... 296

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

1 总 则

1.0.1 为了使岩土工程勘察技术更好地服务于工程建设全过程，做到技术先进、经济合理、保证质量、保护环境，根据福建省的岩土工程特点，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于福建省建筑工程、市政工程、地下工程、边坡工程、基坑工程、环境岩土工程、地基处理等岩土工程勘察与咨询。

1.0.3 各项建设工程在设计和施工之前，必须按基本建设程序进行岩土工程勘察，坚持先勘察、后设计、再施工的原则。

1.0.4 福建省岩土工程勘察除应执行本标准外，尚应符合国家现行有关规范、标准规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 岩土工程勘察 geotechnical investigation

根据建设工程的要求，查明、分析、评价建设场地的地质、环境特征和岩土工程条件，编制勘察文件的活动。简称勘察。

2.1.2 岩土工程勘察纲要 method statement of geotechnical investigation works

岩土工程勘察实施前，编制用于指导岩土工程勘察项目现场工作的指导性文件。简称勘察纲要。

2.1.3 岩土工程勘察报告 geotechnical investigation report

在对原始资料进行整理、统计的基础上，归纳、分析、评价，提出工程建议，形成系统的为工程建设服务的勘察技术文件。简称勘察报告。

2.1.4 勘探点 exploratory point

各种岩土工程勘探手段包括钻探、井（坑）探、槽探、洞探、触探、工程物探点、原位测试点和工程地质测绘点等在平面上的坐标位置。

2.1.5 控制性勘探点 control exploratory point

为控制场地地层结构，满足场地、地基基础、基坑工程和边坡工程等的稳定性、变形等评价要求布置的勘探点。

2.1.6 一般性勘探点 general exploratory point

为查明地基主要受力层性质，满足主要受力层地基承载力评价等要求布置的勘探点。

2.1.7 工程地质条件 engineering geological condition

对工程建设有影响的各种地质因素的总称。主要包括地形地貌、地层岩性、地质构造、地震、水文地质、天然建筑材料及不良地质现象。

2.1.8 水文地质条件 hydrogeological condition

有关地下水形成、分布和变化规律等条件的总称。包括地下水的埋藏、补给、径流、排泄、水质和水量，以及地下水对工程建设的不利影响及其防治等。

2.1.9 原位测试 in-situ tests

在岩、土体所处的位置，基本保持岩土原来的结构、湿度和应力状态，对岩、土体进行的测试。

2.1.10 工程物探 engineering geophysical prospecting

利用目的物与周边介质的物理性质差异，运用地球物理原理和相应的仪器设备，通过分析研究物理场变化特征，探测地质界面、地质构造和不良地质体，解决建设工程中有关工程地质、水文地质、环境影响评价等相关问题的地球物理探测方法。

2.1.11 反分析法 back analysis method

通过工程实体试验或施工监测岩、土体实际表现性状所取得的数据，反求某些岩土工程技术参数，并以此为依据验证设计计算、查验工程效果和分析工程事故的技术原因。

2.1.12 岩土参数 rock, soil parameters

通过室内试验、原位测试和原位试验等方法获得经统计分析提供设计、施工所需的参数。包括岩、土体的物理、力学性质参数和水文地质参数。

2.1.13 现场检验 in-situ inspection

在现场采用肉眼观察和借助测试设备，对勘察成果或设计、施工的质量进行核查。

2.1.14 现场监测 in-situ monitoring

在现场对岩土性状和地下水的变化、岩土体和建（构）筑物等的应力、位移和变形进行系统监视和监测。

2.1.15 土试样质量等级 quality classification of soil samples

根据土试样受扰动程度的不同进行等级划分，一般可划分为 I、II、III、IV 四级。

2.2 符 号

- A —— 基础底面积；
 A_p —— 桩端横截面面积；
 a —— 压缩系数；
 B —— 起始孔隙水压力系数；
 b —— 基础宽度（圆形基础时为直径）；
 c —— 粘聚力；
 C_c —— 压缩指数；曲率系数；
 C_R —— 回弹指数；
 C_u —— 不均匀系数；
 c_u —— 不排水抗剪强度，十字板剪切强度；
 c_v 、 c_h —— 竖向、水平向固结系数；
 d —— 基础埋置深度；
 d_0 —— 液化土特征深度；
 d_i —— 液化判别时，第 i 试验点所代表的土层厚度；
 d_s —— 液化判别时，试验点深度；
 d_w —— 地下水位深度；
 E_D —— 侧胀模量；
 E_d —— 动弹性模量；
 E_0 —— 变形模量；
 E_s —— 压缩模量；
 e —— 天然孔隙比；
 f_{ak} —— 地基承载力特征值；
 f_a —— 修正后的地基承载力特征值；

f_{rk} ——岩石饱和单轴极限抗压强度标准值；
 f_s ——静力触探侧阻力；
 F_s ——稳定性系数；
 G_s ——土粒相对密度（比重）；
 G_d ——动剪切模量；
 H ——边坡高度，勘探深度；
 h ——岩土层厚度，基坑开挖深度；
 I_L ——液性指数；
 I_p ——塑性指数；
 K_0 ——静止侧压力系数；
 K_D ——水平应力指数；
 K_V ——（载荷试验）基准基床系数；
 k ——渗透系数；
 N ——标准贯入试验锤击数实测值；
 N_{cr} ——标准贯入试验锤击数临界值；
 N_0 ——标准贯入试验锤击数基准值；
 N_{10} ——轻型圆锥动力触探试验锤击数实测值；
 $N_{63.5}$ ——重型圆锥动力触探试验锤击数实测值；
 $N'_{63.5}$ ——重型圆锥动力触探试验锤击数修正值；
 N'_{120} ——超重型圆锥动力触探试验锤击数实测值；
 N_{120} ——超重型圆锥动力触探试验锤击数修正值；
 N_r 、 N_q 、 N_c ——地基承载力系数；
 p_c ——先期固结压力；
 p_s ——静力触探比贯入阻力；
 p_u ——载荷试验极限压力；
 p_0 ——载荷试验比例界限压力；
 Q_u ——单桩竖向极限承载力；
 Q_{ul} ——单桩抗拔极限承载力；
 q_{pa} ——桩端端阻力特征值；

q_{sia} ——桩侧阻力特征值；
 q_c ——静力触探锥头阻力；
 q_u ——无侧限抗压强度；
 R_a ——单桩竖向承载力特征值；
 s ——基础沉降量，载荷试验沉降量；
 S_r ——饱和度；
 S_t ——灵敏度；
 T ——场地土的基本周期；
 u ——孔隙水压力，周边长度；
 U_D ——侧胀孔压指数；
 v_s ——剪切波速；
 v_p ——压缩波速；
 v_R ——面波波速；
 w ——含水量，含水率；
 w_L ——液限；
 w_P ——塑限；
 w_u ——有机质含量；
 z_n ——地基沉降计算深度；
 α ——平均附加应力系数；
 δ ——变异系数；
 σ_f ——标准差；
 γ ——重力密度（重度）；
 φ ——内摩擦角；
 μ ——泊松比；
 ρ ——质量密度（密度）。

3 基本规定

3.0.1 岩土工程勘察应根据工程特点、勘察阶段和地区经验，收集与工程相关的资料，确定岩土工程勘察等级；依据国家现行技术标准规定，编制勘察纲要；采用有针对性的勘察手段，提供资料真实、结构完整、评价合理、结论可靠、建议可行，满足工程设计、施工和验收要求的岩土工程勘察成果。

3.0.2 岩土工程勘察阶段分为可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察、施工勘察四个阶段。勘察阶段划分应符合下列规定：

1 特殊或特大型工业项目、市政工程、建筑面积 50 万 m² 以上的住宅小区和新规划区，勘察阶段宜划分为可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察三个阶段；

2 大型工业项目、市政工程、民用建筑工程等，当拟建场地周边已有勘察资料，勘察阶段可划分为初步勘察和详细勘察二个阶段；

3 工程规模小、场地岩土工程条件简单、无特殊要求或场地邻近已有勘察资料可满足初步设计需要，可将初步勘察和详细勘察合并为一个阶段，直接进行详细勘察；

4 当场地岩土工程条件复杂或发生设计变更，详细勘察成果不能满足设计、施工要求，应进行补充勘察或施工勘察。

3.0.3 勘察工作前，委托方应提供拟建场地及周边既有建筑（构）筑物、地下管线等工程资料和气象、水文历史资料，规划指标、设计单位的技术要求等。不同勘察阶段尚应提供下列资料：

1 可行性研究勘察应提供拟建场地及周边影响范围地形图和用地范围界限；

2 初步勘察应提供拟建场地建构筑物红线角点坐标，建（构）筑物初步总体布置平面图，建（构）筑物规模、高度、地下工程埋深；

3 详细勘察应提供附有拟建建（构）筑坐标和地形的建（构）筑物总平面布置图和场地整平标高、建（构）筑物荷载、结构形式、拟采用的基础形式、基础埋置深度和允许变形等；必要时，提供地质灾害危险性评估和环境影响评价报告，以及其他专项评估、评价资料。

3.0.4 岩土工程勘察实施前应编制勘察纲要。应在搜集、分析已有资料和现场踏勘的基础上，依据勘察目的、任务委托要求和相应技术标准，针对拟建工程的特点和场地工程地质条件编制勘察纲要。编制内容、审批和变更应符合国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017 第 3.1 节规定。当设计方案变更或场地岩土工程条件等原因，原勘察纲要拟定的勘察手段和工作量不能满足任务要求时，应及时调整勘察纲要或编制补充勘察纲要。

3.0.5 可行性研究勘察应包括下列内容：

1 应对拟建场地的适宜性作出评价，对场地的稳定性进行初步评价，为工程建设项目的选址、规划、技术可行性、经济方案对比提供依据，并对后续勘察阶段需要解决的重点问题、采用的勘探手段、测试方法等提出建议；

2 建设场地适宜性可划分为不适宜、适宜性差、较适宜和适宜四个等级。工程建设场地适宜性定性评价应符合本标准附录 A 规定；

3 场地稳定性可划分为不稳定、稳定性差、基本稳定、稳定四个等级。场地稳定性评价应符合本标准附录 B 规定；

3.0.6 初步勘察应包括下列内容：

1 应初步查明拟建场地的地形地貌、地质构造、地层分布、特殊性岩土、地下不利埋藏物、工程地质和水文地质条件；

2 查明拟建场地是否存在不良地质作用，评价拟建场地的

稳定性；

3 对拟建场地和地基的地震效应作出初步评价；

4 初步查明地下水、地表水的分布特征和相互关系；初步判定环境水和土对建筑材料的腐蚀性；

5 对地基基础方案进行初步分析与评价，并提出初步建议；提供初步设计所需的主要岩土层的物理力学性质指标、岩土参数；

6 对后续勘察阶段需解决的主要问题提出建议。

3.0.7 详细勘察应包括下列内容：

1 查明拟建场地岩土层的分布、埋藏深度和工程特性，地下埋藏物和特殊岩土层的分布和埋藏深度，提出地基处理措施的建议。当存在或可能发生不良地质作用的条件时，应进行专门勘察工作；

2 查明拟建场地的水文地质条件，对地下水的浮力作用进行评价，提供地下水控制所需的水文地质参数。判定地表水、地下水和土对建筑材料的腐蚀性；

3 提供各岩土层的物理力学性质指标和岩土参数。对拟建场地的地基均匀性、稳定性和变形特征进行分析；

4 评价场地与地基的地震效应；

5 提出地基基础方案和基坑支护体系、边坡支挡体系的选型的建议。分析地质条件可能造成的工程风险，提出防治措施和监测的建议。

3.0.8 施工勘察应针对施工过程中发现建设场地岩土工程条件与详细勘察资料不符或需要进一步查明岩土工程问题进行勘察工作，并提供相应的勘察结论和建议。

3.0.9 地基基础评价应包括下列内容：

1 地基基础评价应根据工程类型、荷载、变形要求和设计条件，拟建场地工程地质条件、地下水情况、拟采用的施工方法和周边环境因素，结合工程经验进行：

2 分析采用天然地基的可行性，提出基础持力层建议，提供各受力层和变形计算深度的地基承载力和变形计算参数，提出检验和监测建议。有挡土墙应提供基底摩擦系数；

3 对工程适宜的桩基类型、桩端持力层和施工方法进行分析对比，并提出建议；提供桩基设计和施工所需的岩土参数，对桩基检测提出建议；

4 存在欠固结土、大面积堆载、回填土的工程，应分析其对桩基产生负摩阻力的可能性和影响。评价成桩可能遇到的风险和桩基施工对环境的影响，提出设计、施工应注意的问题；

5 地基处理的必要性、处理方法的适宜性；对地基处理方法、范围提出建议，提供地基处理设计和施工所需的岩土参数，提出检测、监测建议；评价地基处理可能遇到的风险和对环境的影响，提出设计、施工应注意的问题。

3.0.10 场地和地基地震效应评价应包括下列内容：

1 应根据工程场址所处地段的地形、地貌、地质环境和地震活动等，对地段的抗震性能做出有利、一般、不利或危险地段的评价；

2 应确定拟建工程的抗震设防类别、设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组，根据岩石的剪切波速或土层等效剪切波速和场地覆盖层厚度划分工程场地类别；

3 应对场地和地基的地震稳定性进行评价，包括砂土液化、软土震陷、地震崩塌和滑坡等，并提出相应的工程防治措施和建议；

4 对条状突出的山嘴、高耸孤立的山丘、非岩石和强风化岩石的陡坡、河岸和边坡边缘等不利地段，尚应提供相对高差、坡度、场址与突出地形边缘的距离等参数；

5 对存在隐伏断裂的不利地段，应查明工程场地覆盖层厚度以及距主断裂带的距离；

6 对需要采用时程分析法补充计算的工程，尚应根据设计

要求提供地层剖面、场地覆盖层厚度和有关动力参数；

7 应根据场地和地基的地震效应评价，对工程选址、不良地质作用防治措施等提出建议。

3.0.11 当基槽（坑、桩）开挖到设计标高后，勘察单位应参加建设单位组织的验槽（坑、桩），检验开挖揭露的地质条件与勘察报告的一致性。不符时应提出针对性处理措施和建议。

3.0.12 可采用信息化手段，实时采集、记录、存储岩土工程勘察原始数据和成果资料。工程勘察文件和勘探、取样、室内试验、原位测试、质量安全管理等原始记录和主要过程影像资料应在提交勘察报告后 20 日内归档保存。归档资料应经项目负责人签字确认，保存期限应不少于工程的设计使用年限。电子文件和电子档案应符合现行行业标准《建设电子文件与电子档案管理规范》CJJ/T 117 规定，电子档案与传统载体档案具有同等效力。

3.0.13 勘察使用的仪器和设备应无缺陷，保持正常使用状态，并符合国家相关技术标准有关规定，测试和试验仪器应在标定的有效期内。司钻员、描述员、土工试验员等作业人员应定期接受安全生产、职业道德、理论知识和实际操作等专业培训。

3.0.14 岩土工程勘察数字化宜符合下列要求：

1 应满足数据采集、共享和无损传递，原始数据可溯源；
2 数据库系统应支持实时数据自动采集、传输、存储、统计、分析、处理和成果输出；支持勘察作业全过程数字化远程监控，支持多用户交互接口；支持文件在线上传、下载、查阅、审批、打印和数字化归等；

3 数据标准应符合国家工程勘察质量监管信息化平台数据标准的有关规定；

4 外业数据采集宜以手持式终端为载体，可自动导入项目信息和勘察纲要，电子化记录勘探深度、岩土分层、描述、岩土水取样和原位测试等数据和信息，并具备实时传输等功能。

3.0.15 地下（线性）工程、一级基坑工程、一级边坡工程、超

高层建筑和对变形有特殊要求的建（构）筑物，工程监测应采用实时自动数据采集系统。

3.0.16 岩土工程勘察作业安全应符合现行国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017 和《岩土工程勘察安全标准》GB/T 50585 规定。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

4 地貌与岩土分类

4.1 地貌

4.1.1 福建省地貌单元划分应根据成因、作用和特征按表 4.1.1 规定执行。

表 4.1.1 福建省地貌分类

成因	地貌单元			作用与特征
构造、剥蚀	山地	中山	高中山	构造作用为主,具有长期强烈的剥蚀切割作用和部分冰川刨蚀切割作用
			中山	
		低中山		
	低山	中低山	以构造作用为主,具有长期强烈的剥蚀切割作用	
		低山		
	丘陵	中等强度构造作用,经过长期侵蚀切割,外貌形态低矮而平缓的起伏地形,丘陵区一般基岩埋藏浅,谷底堆积较厚的堆积物		
残丘	剥蚀作用,准平原上残留的孤立山丘,由山地或高地经外力长期剥蚀而成。其高度不大,一般由硬岩层组成。			
剥蚀准平原	构造作用微弱,经过长期侵蚀和堆积作用,外貌显得更低矮平坦、微弱起伏的地形。分布面积不大,基岩常裸露地表,低洼地段常有平原的残积物或洪积物等			
山麓斜坡堆积	洪积扇	山谷洪流洪积作用,形态上呈由山谷出口处向边缘缓慢倾斜的扇形地貌		
	坡积裙	山坡面流坡积作用,形态上呈由坡脚向外缓慢倾斜的裙状地貌		
	山前平原	山谷洪流洪积作用为主,夹有山坡面流坡积作用,形态上呈宽广平坦的山前平原		
	山间凹地	周围的山谷洪流堆积作用和山坡面流坡积作用,形态上呈被山地所包围而成的堆积盆地		
河流侵蚀堆积	河谷	河床	河流的侵蚀切割作用或冲积作用,谷底河水经常流动地方	
		河漫滩	河流的冲积作用,分布在河床两侧,常受洪水淹没	
		牛轭湖	河流的冲积作用或转变为沼泽堆积作用	
		阶地	河流的侵蚀切割作用或冲积作用	

续表 4.1.1

成因	地貌单元	作用与特征
河流 侵蚀 堆积	河间地块	河流的侵蚀作用，河谷相互之间所隔开的开阔平坦地段
河流 堆积	冲积平原	河流的冲积作用；位于巨大河流中下游，一般基岩埋藏较深
河流 堆积	河口三角洲	河流的冲积作用，其间常有滨海堆积或湖泊堆积，淤泥厚度大
大陆 停滞 水堆 积	湖积平原（湖成平原）	湖泊淤积和堆积作用；河流所挟带的泥沙进入湖泊后沉积，使湖底逐渐抬高，最终形成平原。湖成平原表面平坦，局部地方有沼泽
	沼泽地	沼泽堆积作用，主要是地表水排泄不畅形成，常位于平原河流弯曲地段
海成	海岸	海水冲蚀或堆积作用，位于海洋与陆地的边界，分为悬崖、崖麓、海滩
	海岸阶地	海水冲蚀或堆积作用，位于海滨的阶地，分为冲蚀阶地和堆积阶地
	海岸平原	海水堆积作用，是新的砂堤随海岸线的下降扩展而成。地形平坦开阔
岩溶	石芽残丘	地表水溶蚀作用，在石灰岩裸露地面上所分布的石芽；
	溶蚀准平原	岩溶盆地经长期溶蚀作用和河流堆积作用，形成较开阔的平原
风成	风蚀盆地	风的吹蚀作用
	砂丘	风的堆积作用

注：1 中山一般海拔高度为 1000m~3500m，其中：低中山相对高度为 200m~500m，中山相对高度为 500m~1000m，高中山相对高度大于 1000m；

2 低山一般海拔高度为 500m~1000m，其中：低山相对高度为 200m~500m，中低山相对高度为 500m~1000m。

4.2 岩石分类与定名

4.2.1 岩石根据其成因分为三大岩类：沉积岩、岩浆岩、变质岩；福建省岩石地层划分应符合附录 C 规定。

4.2.2 岩土工程勘察除应根据其成因、结构、构造、矿物成份和风化程度确定岩石的地质名称外，岩石坚硬程度、岩体完整程度和岩体基本质量等级划分尚应分别符合表 4.2.2-1、表 4.2.2-

2、表 4.2.2-3 规定。

表 4.2.2-1 岩石坚硬程度划分

坚硬程度	坚硬岩	较硬岩	较软岩	软岩	极软岩
饱和单轴抗压强度 f_r (MPa)	$f_r > 60$	$60 \geq f_r > 30$	$30 \geq f_r > 15$	$15 \geq f_r > 5$	$f_r \leq 5$

注：1 当无法取得饱和单轴抗压强度数据时，可用点荷载试验强度换算，换算方法应符合现行国家标准《工程岩体分级标准》GB/T 50218 规定；

2 岩体完整程度为极破碎时，可不进行坚硬程度分类。

表 4.2.2-2 岩体完整程度划分

完整程度	结构面发育程度		主要结构面的结合程度	主要结构面类型	相应结构类型	完整性指标
	组数	平均间距 (m)				
完整	1~2	>1.0	结合好或结合一般	裂隙、层面	整体状或巨厚层状结构	>0.75
较完整	1~2	>1.0	结合差	裂隙、层面	块状或厚层状结构	0.75~0.55
	2~3	1.0~0.4	结合差或结合一般		块状结构	
较破碎	2~3	1.0~0.4	结合差	裂隙、层面、小断层	裂隙块状或中厚层状结构	0.55~0.35
	≥ 3	0.4~0.2	结合好		镶嵌碎裂结构	
			结合一般		中、薄层状结构	
破碎	≥ 3	0.4~0.2	结合差	各种类型结构面	裂隙块状结构	0.35~0.15
		≤ 0.2	结合一般或结合差		碎裂状结构	
极破碎	无序		结合很差		散体状结构	<0.15

注：1 完整性指标为岩体压缩波速度与岩石压缩波速度之比的平方，选定岩体和岩石测定波速时，应注意其代表性；

2 平均间距指主要结构面间距的平均值；

3 结构类型划分应符合附录 C 表 C.0.4 规定。

4.2.3 勘察等级为丙级、且缺乏有关试验数据时，岩石的坚硬程度和完整程度划分应符合附录 C 表 C.0.2 和表 C.0.3 规定。

4.2.4 软化系数等于或小于 0.75 时，应定为软化岩石；当岩石具有特殊成分、特殊结构或特殊性质时，应定为特殊性岩石，如易溶性岩石、膨胀性岩石、崩解性岩石等。

表 4.2.2-3 岩体基本质量等级划分

岩石坚硬程度	岩石完整性				
	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
坚硬岩	I	II	III	IV	V
较硬岩	II	III	IV	IV	V
较软岩	III	IV	IV	V	V
软岩	IV	IV	V	V	V
极软岩	V	V	V	V	V

4.2.3 勘察等级为丙级、且缺乏有关试验数据时，岩石的坚硬程度和完整程度划分应符合附录 C 表 C.0.2 和表 C.0.3 规定。

4.2.4 软化系数等于或小于 0.75 时，应定为软化岩石；当岩石具有特殊成分、特殊结构或特殊性质时，应定为特殊性岩石，如易溶性岩石、膨胀性岩石、崩解性岩石等。

4.2.5 岩石风化程度分为未风化、微风化、中等风化、强风化、全风化五级；可对其进行水平和垂直分带，岩石风化程度可根据标准贯入试验实测击数、剪切波速或面波波速划分，并应符合表 4.2.5 规定。

表 4.2.5 岩石风化程度划分

风化程度	野外特征	风化程度参数指标		面波速度 v_R (m/s)	剪切波速 v_s (m/s)
		波速比 K_v	风化系数 K_f		
未风化	岩质新鲜，偶见风化痕迹	0.9~1.0	0.9~1.0	—	—
微风化	结构基本未变，仅节理面有渲染或略有变色，有少量风化裂隙	0.8~0.9	0.8~0.9	1400~1850	1500~2000
中等风化	结构部分破坏，沿节理面有次生矿物，风化裂隙发育，岩体被切割成岩块。用镐难挖，岩芯钻方可钻进	0.6~0.8	0.4~0.8	480~1400	500~1500

续表 4.2.5

风化程度	野外特征	风化程度参数指标		面波速度 v_R (m/s)	剪切波速度 v_s (m/s)	
		波速比 K_v	风化系数 K_f			
强风化	结构大部分破坏, 矿物成分显著变化, 风化裂隙很发育, 岩体破碎, 用镐可挖, 干钻不易钻进	0.4~0.6	<0.4	330~480	≥ 500	碎块状
					350~500	散体状
全风化	结构基本破坏, 但尚可辨认, 有残余结构强度, 用镐可挖, 干钻可钻进	0.2~0.4	—	240~330	250~350	

注: 1 波速比 K_v 是风化岩石与新鲜岩石压缩波速度之比。风化系数 K_f 是风化岩石与新鲜岩石饱和单轴抗压强度之比;

2 岩石风化程度, 除按表列野外特征和定量指标划分外, 也可根据当地经验划分;

3 岩浆岩类岩石风化程度可根据标准贯入试验实测击数进行划分, $N \geq 50$ 为强风化; $50 > N \geq 30$ 为全风化; $N < 30$ 为残积土; 也可根据面波速度 v_R 或剪切波速度 v_s 划分;

4 灰岩、泥岩和半成岩, 可不进行风化程度划分。

4.2.6 岩石描述应包括地质年代、地质名称、风化程度、颜色、主要矿物、结构、构造和岩石质量指标 RQD。沉积岩应描述沉积物的颗粒大小、形状、胶结物成分和胶结程度; 岩浆岩和变质岩应描述矿物结晶大小和结晶程度。

4.2.7 岩石工程性质分类可根据岩石质量指标 RQD 划分, 并应符合表 4.2.7 规定。

表 4.2.7 岩石工程性质划分

岩石工程性质	好	较好	较差	差	极差
岩石质量指标 RQD	>90	75~90	50~75	25~50	<25

4.2.8 岩体描述应包括结构面、结构体、岩层厚度和结构类型, 并应符合下列规定:

1 结构面描述应包括类型、性质、产状、组合形式、发育

程度、延展情况、闭合程度、粗糙程度、充填情况和充填物性质以及充水性质等；

2 结构体描述应包括类型、形状、大小和结构体在围岩中的受力情况等；

3 岩层厚度分类可根据单层厚度划分，并应符合表 4.2.8 规定。

表 4.2.8 岩层厚度划分

层厚分类	巨厚层	厚层	中厚层	薄层
单层厚度 h (m)	$h > 1.0$	$1.0 \geq h > 0.5$	$0.5 \geq h > 0.1$	$h \leq 0.1$

4.2.9 地下洞室和边坡工程应划分岩体结构面的结构类型。岩体结构类型划分应符合附录 A 表 A.0.4 规定。

4.2.10 岩体基本质量等级为 IV 级和 V 级时，鉴定和描述除应符合本标准第 4.2.6 条、第 4.2.8 条、第 4.2.9 条规定外，尚应符合下列要求：

1 软岩和极软岩，应判定是否具有可软化性、膨胀性、崩解性等特殊性质；

2 极破碎岩体应分析破碎的原因；

3 应判定开挖后是否会进一步风化、膨胀、遇水崩解等工程特性。

4.3 土的分类与定名

4.3.1 福建省第四系地层划分应符合附录 D 规定。晚更新世 Q_3 及其以前沉积的土，应定为老沉积土；第四纪全新世中近期沉积的土，应定为新近沉积土。根据地质成因，可划分为残积土、坡积土、洪积土、冲积土、淤积土和风积土等。

4.3.2 根据土的成因、物理力学性质及其特殊性可划分为一般性土和特殊性土。一般性土划分为碎石土、砂土、粉土和黏性土；特殊性土划分为填土、软土、混合土、残积土和污染土。

4.3.3 一般性土的分类和定名应符合下列规定：

1 粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 50% 的土，应定名为碎石土，并按表 4.3.3-1 规定进一步划分为漂石、块石、卵石、碎石、圆砾和角砾；

2 粒径大于 2mm 的颗粒质量不超过总质量的 50%，粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 50% 应定名为砂土，并按表 4.3.3-2 规定细分为砾砂、粗砂、中砂、细砂、粉砂；

3 粒径大于 0.075mm 的颗粒质量不超过总质量 50%，可按表 4.3.3-3 规定划分为粉土、黏质粉土、砂质黏土、粉质黏土、黏土。

表 4.3.3-1 碎石土分类

土的名称	颗粒形状	颗粒级配
漂石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 200mm 的颗粒质量超过总质量的 50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 20mm 的颗粒质量超过总质量 50%
碎石	棱角形为主	
圆砾	圆形及亚圆形为主	粒径大于 2mm 的颗粒质量超过总质量 50%
角砾	棱角形为主	

注：定名时，应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。

表 4.3.3-2 砂土分类

土的名称	颗粒级配
砾砂	粒径大于 2mm 的颗粒质量占总质量的 25%~50%
粗砂	粒径大于 0.5mm 的颗粒质量超过总质量的 50%
中砂	粒径大于 0.25mm 的颗粒质量超过总质量的 50%
细砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量的 85%
粉砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量的 50%

注：定名时，应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。

表 4.3.3-3 粉土、黏性土分类

塑性指数 I_p	粒径组分(%)			土的名称
	$\geq 0.075\text{mm}$	$0.075\text{mm} \sim 0.005\text{mm}$	$\leq 0.005\text{mm}$	
$I_p > 17$	—	—	—	黏土

续表 4.3.3-3

塑性指数 I_p	粒径组分(%)			土的名称
	$\geq 0.075\text{mm}$	$0.075\text{mm}\sim 0.005\text{mm}$	$\leq 0.005\text{mm}$	
$10 \leq I_p \leq 17$	—	≥ 35	≥ 20	粉质黏土
$7 < I_p \leq 17$	≥ 25	< 35		砂质黏土
$I_p \leq 10$	—	≥ 35	$10\sim 20$	黏质粉土
			≤ 10	粉土

注：塑性指数应由相应于 76g 圆锥仪沉入土中深度为 10mm 时测定的液限和搓条法取得的塑限计算而得。

4.3.4 土的密实度划分应符合下列规定：

1 碎石土的密实度可根据圆锥动力触探锤击数或剪切波速按表 4.3.4-1 确定，表中 $N_{63.5}$ 和 N_{120} 应按本标准附录 E 修正；

2 砂土密实度可根据标准贯入试验锤击数实测值 N 或静力触探锥尖阻力 q_c 划分为松散、稍密、中密、密实，并应符合表 4.3.4-2 规定；

3 粉土的密实度应根据孔隙比 e 划分为密实、中密和稍密；湿度应根据含水量 w (%) 划分为稍湿、湿、很湿，并应符合表 4.3.4-3、表 4.3.4-4 规定；

4 黏性土的状态可根据液性指数 I_L 划分为坚硬、硬塑、可塑、软塑和流塑，并应符合表 4.3.4-5 规定。

表 4.3.4-1 碎石土密实度划分

密实度	松散	稍密	中密	密实
重型动力触探锤击数(击)	$N_{63.5} \leq 5$	$5 < N_{63.5} \leq 10$	$10 < N_{63.5} \leq 20$	$N_{63.5} > 20$
超重型动力触探锤击数(击)	$N_{120} \leq 3$	$3 < N_{120} \leq 6$	$6 < N_{120} \leq 11$	$N_{120} > 11$
剪切波速 v_s (m/s)	$v_s \leq 250$	$250 < v_s \leq 300$	$300 < v_s \leq 400$	$v_s > 400$

注：当平均粒径大于 50mm，或最大粒径大于 100mm 的碎石土，可用超重型动力触探或野外观察鉴别。

表 4.3.4-2 砂土密实度划分

标准贯入锤击数 N	静力触探锥尖阻力 q_c (MPa)	密实度
$N \leq 10$	< 4	松散

续表 4.3.4-2

标准贯入锤击数 N	静力触探锥尖阻力 q_c (MPa)	密实度
$10 < N \leq 15$	4~7	稍密
$15 < N \leq 30$	7~15	中密
$N > 30$	>15	密实

表 4.3.4-3 粉土密实度划分

孔隙比 e	密实度
$e < 0.75$	密实
$0.75 \leq e \leq 0.90$	中密
$e > 0.9$	稍密

注：当有经验时，也可用原位测试或其它方法划分粉土的密实度。

表 4.3.4-4 粉土湿度划分

含水量 w	湿度
$w < 20$	稍湿
$20 \leq w \leq 30$	湿
$w > 30$	很湿

表 4.3.4-5 黏性土状态划分

液性指数 I_L	状态
$I_L \leq 0$	坚硬
$0 < I_L \leq 0.25$	硬塑
$0.25 < I_L \leq 0.75$	可塑
$0.75 < I_L \leq 1$	软塑
$I_L > 1$	流塑

4.3.5 特殊性土的定义和分类应采用综合定名方法，并应符合表 4.3.5-1 规定。碎石类土应根据室内试验成果，先按混合土分类标准和定名原则定名；非混合土的碎石类土应根据表 4.3.5-2 进行定名和分类。

4.3.6 土的定义除按颗粒级配或塑性指数定名外，土的综合定名尚应符合下列规定：

1 同一层土中相间呈韵律沉积，当薄层与厚层的厚度比大于 1/3 时，应定为“互层”；厚度比为 1/10~1/3 时，应定为“夹层”；厚度比小于 1/10 的土层，且多次出现时，应定为“夹薄”

层”；

2 当厚层土中出现不同土类并且呈水平向逐渐尖灭时，应定为“透镜体”；

3 当土层厚度大于 0.5m 时，宜单独分层。

表 4.3.5-1 特殊性土定名与分类

序号	土类名称	形成条件与特点	定名原则与分类标准					
1	软土	软土是在静水或缓慢流水环境中，经过生物化学作用形成有机类土一般含或富含有机物和有机质；颜色一般呈深灰色或黑色，有腥臭味，植物残渣等	天然含水量 $w > w_L$ 天然孔隙比 $e > 1.0$	天然孔隙比 $e > 1.5$ 的细粒土				
				当 $1.0 < e < 1.5$ 时的细粒土				
			当有机质含量 $5\% \leq w_u \leq 10\%$ 时，应定名为有机质土；如现场能鉴别时，可不做有机质含量测定					
			当有机质含量 $10\% \leq w_u \leq 60\%$ 时，应定名为泥炭土；需要时可进一步细分；					
			当有机质含量 $w_u > 60\%$ 时，应定名为泥炭					
2	残积土	母岩风化残留于原地未经搬运	按(***+残积+***)格式定名；前缀为母岩名称，后缀按土的一般分类和下栏确定；母岩为花岗岩类时可省略前缀					
		>2mm 的颗粒含量	当颗粒含量 < 5% 时，土的名称为黏性土；当颗粒含量为 5%-20% 时，土的名称为砂质黏性土；当颗粒含量 > 20% 时，土的名称为砾质黏性土					
3	填土	由人类活动形成的堆积物，根据其物质组成和堆填方式可作进一步划分	杂填土	含建筑垃圾、生活垃圾等杂质的人工填土	瓦砾填土	主要成分为建筑瓦砾、碎砖块等		
					淤泥质填土	主要成分为淤泥等软弱土		
			素填土			由砂土、黏性土等为主，不含杂物或杂物含量很少		
			冲填土			由水力冲填泥砂而成		

续表 4.3.5-1

序号	土类名称	形成条件与特点	定名原则与分类标准	
3	填土		压实填土	按一定标准控制材料、密度、含水量，分层压实或夯实而成
4	混合土	冲积、洪积物形成，且细粒土和粗粒土混杂且缺乏中间粒径的土	碎石土中，小于 0.075mm 的细粒土质量超过总质量的 25%时，应定名为粗粒混合土；当粉土或黏性土中粒径大于 2mm 的粗粒土超过总质量的 25%时，应定名为细粒混合土。	
5	污染土	由于致污物质侵入土体，改变了其原化学、物理、力学性质	在原土的分类定名前冠于“污染”二字。	

表 4.3.5-2 碎石类土定名与分类

序号	名称类属	适用土类	定名条件	举例
1	并列类名称	碎石类土或砂类土	单一粒径组别含量满足表 4.3.3-1 和 4.3.3-2 规定，但其前后某档粒径组合含量超过本档含量，或含量大于 15%（砾砂）、25%（除砾砂以外的砂类土）、40%（碎石类土）时，应以含量最多的两粒径组别并列定名。含量多者在后，少者在前	角砾碎石、圆砾粗砂或中细砂、细中砂等
2	前缀类名称	碎石类土或砂类土	<0.075mm 含量为 10%~25%时，按表 4.3.3-1、表 4.3.3-2 确定的名称前加(含泥)	(含泥)卵石、(含泥)角砾、(含泥)中细砂等
			<0.075mm 含量大于 25%时，按表 4.3.3-2 确定的名称前加(泥质)	(泥质)角砾、(泥质)粗中砂
	粉土或黏性土	按砾石或砂的粒径组别，其含量在 10%以下时不加前缀，含量 10%~25%时，前缀加(含少量***)；含量大于 25%时，前缀为(含***)	(含少量碎石)黏土，(含砾)黏土	

2 砂土应描述颜色、矿物组成、颗粒级配、颗粒形状、黏粒含量、湿度、密实度等；

3 粉土应描述颜色、包含物、湿度、密实度、摇振反应、干强度、光泽反应、韧性等；

4 黏性土应描述颜色、状态、包含物、光泽反应、摇振反应、干强度、韧性、土层结构等；

5 特殊性土描述除应符合上述规定的内容外，尚应描述其特殊成分和特殊性质；

6 具有互层、夹层、夹薄层特征的土，尚应描述各层的厚度和层理特征。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

5 建筑工程勘察技术要求

5.1 一般规定

5.1.1 本章适用于各类建（构）筑物基础工程、基坑工程、边坡工程、地基处理、既有建（构）筑物改造和加固等岩土工程勘察。

5.1.2 工程重要性等级应根据表 5.1.2 划分为一级工程、二级工程和三级工程。

表 5.1.2 工程重要性等级划分

等级	工程类型
一级工程	重要的工业与民用建筑、30 层以上的高层建筑、20 层以上或体型复杂且层数相差超过 10 层的高低层连成一体的建筑物、高度大于 100m 的高耸构筑物、对地基变形有特殊要求的建筑物、多层地下建（构）筑物，抗震设防类别为甲、乙类建筑、一级边坡、一级基坑。
二级工程	一般的工业与民用建筑、7 层~30 层的中高层建筑、二级边坡、二级基坑。
三级工程	6 层及以下的一般民用建筑、单层工业厂房（吊车起重量小于等于 5t）、三级边坡、三级基坑等。

注：工程重要性等级可按工程的重要性或特殊性确定。

5.1.3 场地复杂程度等级应根据表 5.1.3 划分为一级场地（复杂场地）、二级场地（中等复杂场地）、三级场地（简单场地）。

表 5.1.3 场地复杂程度等级划分

等级	划分条件
一级场地	1 对建筑抗震危险的地段； 2 不良地质作用对工程安全有严重影响； 3 地质环境已经或可能对工程的安全构成直接威胁； 4 地形地貌复杂； 5 有影响工程的多层地下水、岩溶裂隙水或其它水文地质条件复杂，需专门研究的场地

续表 5.1.3

等级	划分条件
二级场地	1 对建筑抗震影响不利的地段； 2 不良地质作用对工程安全的影响不严重； 3 地质环境已经或可能受到一般破坏，但对工程安全的影响不严重； 4 地形地貌较复杂； 5 基础位于地下水位以下的场地
三级场地	1 抗震设防烈度等于或小于 6 度，或对建筑抗震一般的地段； 2 不良地质作用对工程安全没有多大的影响； 3 地质环境基本未受到破坏； 4 地形地貌简单； 5 地下水对工程无影响

注：1 应按一级场地至三级场地顺序，以先满足以上条件之一者确定场地等级；

2 三级场地应满足表中所述全部条件。

5.1.4 地基复杂程度等级应根据表 5.1.4 划分为一级地基（复杂地基）、二级地基（中等复杂地基）、三级地基（简单地基）。

表 5.1.4 地基复杂程度等级划分

等级	划分条件
一级地基	1 岩土种类多，很不均匀，性质变化大，需进行特殊处理； 2 存在严重盐渍、污染的特殊性岩土，或需作专门处理的岩土； 3 其它复杂情况如土岩组合地基
二级地基	除一级地基和三级地基之外的地基
三级地基	1 岩土种类单一，均匀，性质变化不大； 2 无特殊性岩土

注：1 满足以上条件之一者即可确定地基复杂程度等级；

2 二级地基应同时满足表中第 1、第 2 条件。

5.1.5 岩土工程勘察等级，应根据工程重要性等级、场地复杂程度等级、地基复杂程度等级按表 5.1.5 综合划分为甲级、乙级、丙级。

表 5.1.5 岩土工程勘察等级划分

勘察等级	划分条件
甲级	工程重要性等级、场地复杂程度等级、地基复杂程度等级中，有一项或多项为一级
乙级	除勘察等级为甲级和丙级以外的勘察项目；建筑在岩质地基上的一级工程，当场地和地基复杂程度等级均为三级时，岩土工程勘察等级可定为乙级

续表 5.1.5

勘察等级	划分条件
丙级	工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度等级均为三级

注：岩质地基指地基为中等风化、微风化和未风化的岩石地层。

5.1.6 岩土工程勘察方法和勘察手段的选择，应在现场踏勘和工程地质测绘的基础上，根据工程类型、勘察阶段、勘察等级、场地地质条件、勘察手段的适宜性和收集的既有资料，采用综合勘察方法查明建设场地的岩土工程条件。

5.1.7 勘探点布置及勘探深度除应符合国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017 规定外，尚应符合下列规定：

- 1 勘探点的布置在平面上应能控制建（构）筑物的地基范围；
- 2 控制性勘探点应采用钻探、槽探、井（坑）探等，并宜与取样、原位测试点等相结合；
- 3 控制性勘探深度应满足场地和地基稳定性分析、下卧层验算、沉降计算的要求；一般性勘探深度应满足承载力评价的要求；
- 4 确定建筑场地类别的勘探点，其勘探深度应满足确定覆盖层厚度或工程场地类别判定的要求。

5.2 建（构）筑工程

5.2.1 可行性研究勘察应包括下列内容：

- 1 应充分收集拟建场地及其周围区域地质、地形地貌、地震、气象、水文、不良地质作用、工程地质、水文地质和邻近工程勘察等资料；
- 2 在分析已有资料和现场踏勘的基础上，了解拟建场地地层、构造、岩性、地下水、特殊性岩土、不良地质作用等工程地质条件；
- 3 当搜集资料不能满足要求时，可进行工程地质测绘和辅

以少量的勘探、测试工作。勘探点间距宜为 200m~400m，勘探深度应进入稳定地层或基岩；

4 若有 2 个或 2 个以上比选场地时，应进行比选分析。

5.2.2 初步勘察应包括下列内容：

1 对场地拟建建筑地段的稳定性评价宜根据不同工程地质单元或水文地质单元分区评价；

2 查明场地及其影响范围不良地质作用的类型、成因、分布、规模、发展趋势和危害程度，对场地的稳定性进行作出评价；

3 初步查明拟建场地地质构造、岩土层结构、岩土层工程特性；

4 初步查明地下水类型、埋藏条件，地下水补给、径流和排泄条件，提供初步勘察期间地下水稳定水位，当有地下建（构）筑物、且地下水位可能高于其埋置深度时，应设置地下水位观测孔对地下水位进行观测；初步判定地下水、土对建筑材料的腐蚀性；

5 对地基基础、基坑支护和降水方案等进行初步评价，提供初步设计所需的岩土参数。

5.2.3 初步勘察勘探工作应符合下列规定：

1 勘探线应垂直地貌单元、地质构造和地层界线布置，勘探线间距应符合表 5.2.3 规定；

2 每个地貌单元应布置勘探点，在地貌单元交接部位和地层变化较大的地段，勘探点应加密，在地形平缓地区，可按网格布置勘探点；

3 勘探点间距可根据地基复杂程度等级按表 5.2.3 确定，地质条件异常地段勘探点间距应予加密；

4 勘探深度可根据拟建物的工程特性、拟建场地的岩土工程条件、可能采用的基础形式和潜在的基础持力层等综合确定；

5 控制性勘探点宜占勘探点总数的 1/3，每个地貌单元均应

布置控制性勘探点；

6 取样或原位测试勘探点的数量宜占勘探点总数的 1/4~1/2，每一岩土层取样或原位测试不宜少于 6 件（组）。

表 5.2.3 初步勘察勘探线、勘探点间距（m）

地基复杂程度等级	勘探线间距	勘探点间距
一级（复杂）	50~100	30~50
二级（中等复杂）	75~150	40~100
三级（简单）	150~300	75~200

注：表中间距不适用于工程物探。

5.2.4 详细勘察应包括下列内容：

1 搜集附有坐标和地形的建筑总平面图，场区的地面整平标高，拟建物性质、规模、荷载、结构特点、基础形式、埋置深度，地基允许变形等资料；

2 查明拟建场地内埋藏的古河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石、旧基础等对工程建设不利的地下埋藏物；

3 查明场地及邻近地区有无不良地质作用和地质灾害，如有应进行专门勘察，查明其类型、范围、规模、成因、发展趋势和对场地的危害性，提出治理措施的建议；

4 查明拟建工程场地地形地貌和岩土层的类型、分布、工程特性和变化规律，提供各岩土层的物理力学性质指标和原位测试结果；

5 查明地下水类型，含水层、隔水层埋藏条件，含水层的透水性和富水性，提供勘察期间拟建场地地下水初见水位、稳定水位和变化幅度，查明地下水补给、径流、排泄条件。当有多层对工程有影响的地下水时，应分层测量地下水位。调查近 3 年~5 年最高地下水水位、历史最高地下水水位或最高洪水位；

6 评价地下水及地下水位以上土对建筑材料的腐蚀性及其对工程的影响。水文地质条件复杂的场地应进行专门的水文地质勘察。当基础或地下建（构）筑物埋置深度大于地下水埋藏深度

时，应评价地下水浮力作用对工程的影响；

7 提供场地抗震设防烈度和地震分组、地震加速度、拟建工程抗震设防类别，划分场地类别、提供场地特征周期，划分对建筑抗震有利、一般、不利和危险地段，存在饱和砂土或饱和粉土的场地，当场地抗震设防烈度为 7 度及 7 度以上时应进行液化判别，对可液化场地应评价液化等级和危害程度，提出抗液化措施的建议；当场地存在软土且采用天然地基时，应评价和判定场地产生软土震陷的可能性；

8 应对建（构）筑场地与地基的稳定性、适宜性做出评价，对岩土层的均匀性、岩土工程性能进行评价，提出基础持力层和基础方案的建议，论证基础施工条件，分析基础施工对周边环境的影响；

9 应提供地基基础设计、施工所需的岩土参数和工程特性指标，对地基单桩承载力进行估算，对需进行沉降计算的建（构）筑物，应提供地基变形计算参数，预测建（构）筑物的变形特征，提出建（构）筑物沉降、垂直度监测的建议；

10 当工程需要进行基坑开挖时，应分析评价岩土层的稳定性和地下水对工程的影响，提出基坑支护和地下水控制的建议，提供稳定计算、设计和施工所需的各种岩、土、水设计参数，分析评价基坑开挖变形对临近建筑物和地下设施的影响，提出防治措施和监测的建议；

11 分析拟建场地地质条件对地基或桩基施工、基坑开挖、降水等可能造成的工程风险，并提出防治措施的建议。

5.2.5 详细勘察勘探点布置应符合下列规定：

1 勘探点宜沿建筑物的周边线和角点布置，对无特殊要求、地质条件简单的建（构）筑物群可按其范围或采用网格状布置。在建筑物层数、荷载和建筑形体变化较大处应布设勘探点；

2 独栋高层建筑勘探点的布置应满足对地基均匀性的评价要求，且不应少于 4 个，对勘察等级为甲级的高层建筑，当基础

宽度大于 30m 时，应在中心点或电梯井、核心筒体部分布设勘探点；

3 勘探点间距可按表 5.2.5 取值。在花岗岩孤石发育区和岩溶发育地区，勘探点间距宜小于 15m 或每柱不少于一个勘探点；

表 5.2.5 详细勘察勘探点间距 (m)

地基复杂程度等级	一级（复杂）	二级（中等）	三级（简单）
勘探点间距	10~15	15~30	30~50

4 采用桩基础时，端承桩勘探点间距宜为 12m~24m，摩擦桩宜为 20m~30m；抗拔桩的勘探点间距视地基复杂程度宜为 20m~35m；当地质条件复杂或设计有特殊要求时，应加密勘探点间距；

5 同一建筑物范围内主要持力层或其下卧层地层界面坡度大于 10%，且可能影响到基础设计或施工方案选择时，应加密勘探点间距查明地层界面起伏情况；

6 有古河道、沟浜、暗塘、湖泊和冲沟分布地区，岩性差异显著或岩面起伏较大的岩浆岩、岩溶发育地区，存在断裂破碎带分布和不良地质作用的场地，斜坡和山地等可能影响建筑物稳定的地段，应加密勘探点间距和增加外延勘探点；

7 重大设备基础和高耸构筑物应单独布置勘探点，勘探点的数量不宜少于 3 个；

8 控制性勘探点应根据建筑物平面分布均匀布置，其数量不小于勘探点总数的 1/3，高层建筑控制点数量不应少于勘探点总数的 1/2，每幢建筑物应有不少于 1 个控制性勘探点。勘察等级为甲级的单幢高层建筑应有不少于 3 个控制性勘探点，勘察等级为乙级的单幢高层建筑应有不少于 2 个控制性勘探点；

9 取样勘探点不应少于勘探点总数的 1/3；取样和原位测试的勘探点数量不应少于勘探点总数的 1/2，高层建筑不应少于

2/3。

5.2.6 详细勘察勘探深度应符合下列规定：

1 采用浅基础，勘探深度应自基础底面算起，并能控制地基主要持力层；当基础底面宽度不大于 5m 时，勘探深度对条形基础不应小于基础底面宽度的 3 倍，对单独柱基不应小于 1.5 倍，且不应小于 5m；对于筏形基础、箱形基础不应小于基础底面宽度 1.0 倍，并应深入稳定地层；大型设备基础不宜小于基础底面宽度 2.0 倍；

2 采用桩基础，勘探深度应大于预计桩端以下 3 倍~5 倍设计桩径，且不小于 3m；对桩身设计直径大于 800mm，不应小于 5m。对基岩破碎带或发育溶洞等不良地质作用的嵌岩桩，勘探深度应进入预计桩端以下稳定地层不小于 6 倍设计桩径，有球状风化体（孤石）分布时，勘探深度应大于预计桩端以下不小于 5 倍设计桩径；

3 需做变形计算的地基，控制性勘探深度应超过地基变形计算深度 1m~3m；当有大面积地面堆载或软弱下卧层时，控制性勘探深度应适当加深，并穿越软弱地层进入稳定地层不少于 3m；

4 地基变形计算深度，对中、低压缩性土可取附加压力等于上覆土层有效自重压力 20% 时的深度；对于高压缩性土层可取附加压力等于上覆土层有效自重压力 10% 时的深度；

5 需进行稳定性验算时，控制性勘探深度应满足稳定性验算要求；

6 独立地下建（构）筑物或高层建筑的裙房，当需设置抗浮桩或抗浮锚杆时，勘探深度应满足抗拔承载力评价的要求。

5.2.7 详细勘察取样和原位测试应符合下列规定：

1 取样和原位测试的勘探点数量应根据地层类型、地基厚度、均匀性、勘探点数量及设计要求确定，并应满足本标准第 5.2.5 条第 9 款规定。地基基础设计等级为甲级的建（构）筑物

每栋不应少于 3 个，乙级不宜少于 2 个；

2 每个场地同一地质单元每一主要地层采取原状（岩）土试样或原位测试数据不应少于 6 件（组）；嵌岩桩持力层采取岩样不应少于 9 件（组）；地基主要受力层有厚度大于 0.5m 的夹层或透镜体时，应采取试样或进行原位测试；

3 每一主要地层采取不扰动试样或进行原位测试的数量不应少于 6 件（组）/次，并应满足整个场地数理统计的要求；当地层不均匀时，应增加取样数量或原位测试数量。当采用连续记录的静力触探或动力触探时，每个场地不应少于 3 个勘探点；

4 采取不扰动样和进行原位测试的竖向间距，在基础底下 1.0 倍基础宽度内宜取 1m~2m，之后可根据土层厚度适当加大取样间距；

5 评价场地类别的剪切波速孔测试深度不应小于 20m 或覆盖层深度；

6 采用标准贯入试验进行液化判别时，每个场地标贯试验勘探孔数量不应少于 3 个。

5.2.8 室内土工试验应符合下列要求：

1 对需进行沉降计算的工程，应进行压缩—固结试验，固结试验最大压应力应大于上覆土的有效自重压力与附加压力之和。当沉降计算考虑土的应力历史时，应进行高压固结试验，施加的最大压应力应满足绘制完整曲线的要求。当考虑基坑开挖卸荷和再加荷影响时，应进行回弹—再压缩试验；

2 当需要计算桩侧阻力、桩端端阻力和验算下卧层强度时，软土宜进行三轴不固结不排水条件下的抗剪强度试验或无侧限抗压强度试验；

3 基坑工程土的抗剪强度试验方法应与土的固结状态基本一致，在基坑开挖深度及影响范围内，正常固结土应提供三轴固结不排水剪或固结快剪指标；欠固结土应提供三轴不固结不排水剪或快剪指标；砂土应提供有效内摩擦角和其它原位测试资料；

当需进行渗流分析或进行基坑降水设计时，应进行渗透试验或抽水试验，并提供地下水控制设计所需的水文地质参数；

4 当基础持力层为基岩时，应对岩样进行干燥与饱和状态下的单轴抗压强度试验，并提供极限抗压强度和软化系数；对软岩和极软岩可进行天然湿度单轴抗压强度试验；当岩石试样破碎无法满足饱和单轴抗压强度试验要求时，可进行点荷载试验；

5 当工程有特殊要求，需进行抗震反应分析、评估砂土液化或软土震陷时，应进行土的动力性质试验；

6 淤泥、淤泥质土、泥炭土等饱和软土需确定前期固结压力时，应进行高压固结试验。

5.2.9 岩质地基应查明基岩成因、种类、分布范围、风化程度、工程特性、岩石的坚硬程度、岩体完整程度和基本质量等级，并应重点查明岩体的风化均匀性，有无岩脉、球状风化体、洞穴、临空面、破碎带、软弱夹层等，有临空面时应查明岩体结构面与临空面的关系。山地及洼地，应查明软弱层分布和底部硬层起伏情况。勘探手段以工程地质测绘、钻探或工程物探为主，辅以槽探或井探等综合勘探方法。

5.2.10 山区地基应包括下列内容：

1 应查明建设场地内及邻近周边有无不良地质作用和断层、破碎带，评价工程建设过程中和建成后有无可能引发新的不良地质作用和地质灾害；

2 应评价建筑地基的均匀性，挖方、填方、堆载和卸载等对场地稳定性和地基变形的影响程度；

3 应查明建设场地工程地质和水文地质条件。分析评价地表水和地下水的相互作用、对建筑材料的腐蚀性，施工期和使用期可能产生的变化及其对工程和环境的影响。

5.3 地基处理

5.3.1 地基处理岩土工程勘察除应符合第 5.2 节规定外，尚应包括下列内容：

1 地基处理工程的勘察范围应大于地基处理的范围 3m~5m；

2 勘探深度应满足地基承载力、变形计算和稳定性分析评价要求。一般性勘探深度宜大于地基处理深度 3m~5m；

3 应根据地基条件、处理要求、处理费用和材料、设备来源等进行技术和经济方面的综合比较，建议适宜的地基处理方法；

4 根据拟采用的地基处理方法，提供地基处理设计和施工所需的岩土物理力学性质指标和岩土参数；提出地基处理施工前，应通过现场试验确定地基处理方法的适用性、处理效果和地基处理设计所需的岩土参数和工程特性指标的建议；

5 评价所选用地基处理方法对周边环境和邻近建筑物的影响。提出地基处理设计、施工应注意的问题和施工质量控制、检测、监测建议；

6 当拟建场地条件复杂或所选用的地基处理方法缺乏成功经验时，应通过现场试验确定设计和施工参数，检验和检测地基处理效果。

5.3.2 采用换填垫层法时，岩土工程勘察应查明拟换土层的分布范围和埋藏深度；对换填材料的最优含水量、最大干密度提出建议值，评价换填材料对地下水环境的影响；对换填垫层软弱下卧层的地基承载力、沉降和不均匀沉降进行估算和评价，并提出控制措施建议；对换填垫层的质量标准提出检验和试验要求。

5.3.3 采用预压法时，岩土工程勘察应查明被加固土体的分布范围、成因、埋深和厚度，地下水的补给和排泄条件，透水夹层和互层的分布，被加固土层水平、垂直渗透系数；测定被加固土体水平和垂直方向的固结参数、强度和变形指标；预估预压荷载的分级和大小、加荷速率、预压时间、最终沉降量、强度增长速

率；对预压处理效果提出检验和试验要求。

5.3.4 采用强夯法时，岩土工程勘察应查明影响深度范围内土层的组成、分布、强度、压缩性、透水性和地下水条件；查明施工现场和周边受影响范围内的建（构）筑物、地下管线等设施的位置、标高等；应建议选择合适的试验区进行试夯，确定有效加固深度、夯击能量、夯点间距、夯击遍数与夯沉量的关系；对强夯施工过程和地基处理效果提出检验、试验和监测要求。

5.3.5 采用桩土复合地基时，岩土工程勘察应查明建设场地地下埋藏物的分布和埋深，软弱土层的分布、厚度和工程地质性能，潜在桩基持力层的埋深、厚度；提供设计与施工所需的物理力学性质指标和岩土参数，预估成桩的可能性，分析成桩工艺对周围土体、邻近建（构）筑物和环境的影响；评价桩体与水土间的相互作用，对单桩承载力、复合地基承载力、复合地基沉降量和变形计算影响深度进行估算；对桩间土、单桩和复合地基提出载荷试验、检测和监测技术要求。

5.3.6 采用注浆法时，岩土工程勘察应查明被加固土的级配、岩土体孔隙和裂隙大小及分布规律，岩土体的渗透性，地下水的类型、埋深、流速等工程特性，岩土的化学成分和有机质含量。应根据岩土性质、工程要求对浆液和注浆方法提出建议，并通过现场试验确定岩土体的渗透性、注浆工艺、注浆参数和地基加固效果。对地下水、环境保护和加固效果提出检验、检测和监测建议。

5.3.7 采用水泥土搅拌桩时，岩土工程勘察应查明被加固地基的土层分布、厚度工程地质特性；评价成桩的可行性、成桩工艺对周围土体、邻近建筑、工程设施和环境的影响，桩体与水土间的相互作用；提供设计与施工所需的岩土设计参数，对单桩承载力、复合地基承载力和沉降量进行估算。对单桩、复合地基提出检验、检测和监测建议。

5.4 基坑工程

5.4.1 基坑工程应进行岩土工程勘察。应查明基坑支护和影响范围内的岩土工程条件，确定基坑工程安全等级，提供基坑工程设计、施工和地下水控制所需的岩土参数和工程特性指标，满足基坑工程稳定性评价和设计要求。基坑工程勘察宜与主体建（构）筑物详细勘察相结合。

5.4.2 基坑工程安全等级应根据基坑开挖深度、场地岩土工程条件、周边环境条件和破坏后果的严重性进行划分，并应符合表 5.4.2 规定。

表 5.4.2 基坑工程安全等级

安全等级	基坑开挖深度 h (m)	场地岩土工程条件	周边环境条件	破坏后果	重要性系数 γ_0
一级	$h \geq 10$	场地地质、水文地质条件复杂，基坑揭露的软土厚度 $\geq 5.0\text{m}$	基坑周边 1 倍开挖深度范围内有重要建（构）筑物、市政设施或管线	很严重	1.1
二级	$5 \leq h < 10$	场地地质、水文地质条件一般，基坑揭露的软土厚度 $< 5.0\text{m}$	基坑周边 1 倍~3 倍开挖深度范围内有建（构）筑物、市政设施或管线	严重	1.0
三级	$h < 5$	场地地质、水文地质条件简单，无软土	基坑周边 3 倍开挖深度范围内无建（构）筑物、市政设施或管线	不严重	0.9

注：1 满足以上条件之一，即可确定基坑工程安全等级；

2 有特殊要求或岩土工程条件较好场地的基坑工程安全等级可根据具体情况另行确定；

3 破坏后果指支护结构破坏，土体失稳或过大变形对基坑周边环境及地下结构施工的影响程度。

5.4.3 基坑工程勘察应包括下列内容：

1 应搜集场地和周边与基坑工程设计、施工有关的地质、

气象、水文和环境工程等相关资料；

2 进行周边环境状况调查。查明邻近建（构）筑物和地下设施的分布范围、平面位置、埋深和规模，基础形式、结构形式，现状条件下结构特点、强度和变形状况，分析其对基坑开挖变形的承受能力；

3 查明基坑支护和开挖影响范围内的岩土类型、成因、分布和工程地质特性；应重点查明填土的成分、厚度和堆填时间，暗塘、暗浜、古河道和地下障碍物的分布范围和埋藏深度；

4 查明场地的水文地质条件，地下水类型、分布和水位，含水层透水性，当存在对工程有影响的多层地下水时，应分层量测不同含水层水位。分析坑底和侧壁的渗透稳定性；提供基坑支护设计、施工所需的水文地质参数；

5 确定基坑工程安全等级，对基坑边坡的稳定性和坑底抗隆起稳定性进行评价，提供基坑工程设计、施工所需的岩土物理力学性质指标和岩土参数，对基坑支护方案和地下水控制措施提出建议；

6 应分析基坑开挖和地下水控制潜在的岩土工程问题和地质条件可能造成的工程风险，提出施工阶段环境保护、防治措施和监测建议。

5.4.4 基坑工程勘察范围应大于基坑开挖边界外开挖深度的 2 倍~3 倍，当采用拉锚支护、进行地下水控制或基坑位于深厚软土地基时，勘探范围应大于基坑开挖深度的 3 倍。当受场地条件限制时，勘探点可沿基坑支护结构体或基坑开挖边界布置；并应通过收集邻近已有勘察资料、工程地质测绘和工程物探等勘察手段获取基坑开挖边界外影响范围的工程地质、水文地质资料。

5.4.5 勘探点布置应符合下列规定：

1 基坑范围内，勘探点间距应符合表 5.2.5 规定；基坑范围外，基坑安全等级为一级时，勘探点间距宜为 20m~30m，基坑安全等级为二级、三级时，勘探点间距宜为 30m~50m；

2 当相邻勘探点揭露的地层情况变化较大，不满足基坑支护设计或施工方案选择时，应加密勘探点间距；

3 控制性勘探点宜为勘探点总数的 1/3，且每一基坑侧应不少于 2 个控制性勘探点。

5.4.6 勘探深度应符合下列规定：

1 勘探深度应满足支护结构稳定性评价和验算要求，一般不宜小于基坑开挖深度的 2 倍~3 倍；若遇碎石土或基岩，可减小勘探深度，若遇软弱地层则应加大勘探深度，并应穿越软弱地层至稳定地层；

2 当降水或截水设计需要时，控制性勘探点应穿越主要含水层进入相对隔水层 3m~5m。

5.4.7 取样和原位测试应符合下列规定：

1 每一主要土层均应采取不扰动试样或原位测试数据，参与数理统计的取样和原位测试数量不应少于 6 件（组）/次；

2 基坑开挖和影响深度范围内遇软弱土层或软弱土夹层时，宜进行十字板剪切试验或静力触探试验；

3 当拟建场地存在地下水且对基坑工程施工有影响时，基坑安全等级为一、二级的工程，应通过现场抽水、注水、渗水试验确定渗透系数、涌水量等水文地质参数。测定方法应符合第 16.3 节规定。安全等级为三级的基坑工程，当水文地质条件较简单，土的渗透系数 k 可参考表 5.4.7 结合当地经验综合确定。

表 5.4.7 福建地区主要岩土层的渗透系数经验值及渗透等级

岩土层名称	渗透系数 k (m/d)	渗透等级
杂填土	0.1~5.0	弱~中等透水
淤泥、淤泥质土	<0.001	极微透水
粉质黏土	0.01~0.001	微透水
砂质黏土	0.1~0.001	弱~微透水
粉细砂	1~15	中等~强透水
中砂	5~40	中等~强透水
粗砂、砾砂	20~50	强透水
圆角砾（含泥）	15~40	强透水

续表 5.4.7

岩土层名称	渗透系数 k (m/d)	渗透等级
砂砾石	20~70	强透水
碎卵石(含泥)	10~30	强透水
砂卵石	30~150	强透水
残积土	0.05~0.50	弱透水
全~强风化岩	0.1~0.8	弱透水
碎块状强风化岩	0.3~3.0	弱~中等透水
中等风化岩	0.1~0.001	弱~微透水
基岩裂隙带、构造破碎带	3~60	中等~强透水

注: 1 当淤泥、淤泥质土夹砂或粉细砂交互层时, 应根据夹(互)层的物质组成和分布特征, 提供水平、垂直渗透系数;

2 淤泥、淤泥质土、粉质黏土、砂质黏土、中等风化岩一般视为弱透土层。

5.4.8 岩土参数和工程特性指标确定应符合下列要求:

1 基坑工程应分层提供支护设计所需岩土参数和工程特性指标, 所提供的岩土参数和工程特性指标其试验方法应与工程设计要求一致;

2 一级基坑对正常固结或超固结土应采用三轴剪切试验提供固结不排水剪切试验指标或直剪固结快剪试验指标, 对欠固结土应采用三轴剪切试验提供不固结不排水剪指标或直剪快剪试验指标; 对碎石土、砂土和粉土应进行颗粒分析试验和渗透试验, 并提供强度指标;

3 应根据室内和现场试验, 提供基坑影响范围内各土层的渗透系数等水文地质参数;

4 当基坑安全等级为三级的基坑工程无实测资料时, 可根据场地岩土条件按表 5.4.8 结合当地经验综合确定。

表 5.4.8 福建沿海地区基坑支护设计主要土层强度指标(标准值)

土层名称	土的状态	重度(kN/m ³)	粘聚力(kPa)	内摩擦角(°)
杂填土 (老填土)	稍密	16.0~18.0	5~11	13~15
	中密	17.5~20.5	7~13	16~20
淤 泥 页片状淤泥	流塑	15.5~17.0	8~11(10~15)	8~12(1~3)
		15.0~17.5	9~13(12~16)	10~13(2~4)
淤泥质黏土	流塑~软塑	16.5~19.0	10~15(15~19)	11~14(3~5)

续表 5.4.8

土层名称	土的状态	重度(kN/m ³)	粘聚力(kPa)	内摩擦角(°)
黏性土	软塑	17.0~17.5	11~17(16~22)	13~16(3~5)
	可塑	17.5~19.5	19~28(22~30)	15~25(4~7)
	硬塑	19.5~20.5	22~32	20~28
	坚硬	20.0~21.0	25~35	25~36
粉土	稍密	19.0~20.5	8~15	15~20
	中密	19.5~20.5	9~18	22~28
	密实	19.5~20.5	9~25	24~32
砂土	松散	17.0~19.0	0~3	18~23
	稍密	17.5~19.5	1~4	22~28
	中密	19.0~20.0	3~5	24~32
	密实	19.5~20.5	4~6	25~35
砂卵(碎) 石	稍密	20.5~21.0	3~8	25~35
	中密	20.5~21.5	3~15	35~40
	密实	21.0~22.0	5~20	30~45

注: 1 括号()内为欠固结土直剪快剪指标;

2 表中软土的内摩擦角和粘聚力指标系固结时间为1h快剪峰值强度的80%。

5.4.9 当拟建场地水文地质条件复杂, 基坑开挖需要采取降水或隔渗等地下水控制措施时, 应进行专门的水文地质勘察, 并应符合下列要求:

1 应查明开挖影响范围及邻近场地含水层和隔水层的埋深、分布情况, 各含水层(包括上层滞水、潜水、承压水)的补给、排泄条件和水力联系;

2 提供设计、施工所需的水文地质参数; 当基坑开挖深度及影响深度范围内存在中等~强透水层时, 应通过抽水试验获取水文地质参数;

3 应分析施工过程中水位变化对基坑支护结构和基坑周边环境的影响, 并提出防治措施和监测建议。

5.4.10 基坑工程稳定性评价应包括下列内容:

1 应根据场地岩土工程条件、地下水分布特征、周边环境条件和基坑开挖深度, 提出基坑开挖和支护结构选型建议, 提供基坑支护设计与施工所需的岩土物理力学指标和岩土参数;

2 分析、评价基坑开挖可能产生流砂、流土(泥)、管涌、

坑底突涌等渗透破坏的可能性，并进行相应的稳定性验算；

3 当基坑开挖需进行地下水控制时，应提出地下水控制方法的建议，并提供地下水控制所需的水文地质参数；提出对地下水控制进行计算和验算的要求；

4 分析和评价基坑开挖、降水过程潜在的岩土工程风险及对周边环境的影响，对环境保护、风险防控、防治措施和监测提出建议。

5.4.11 当地下水埋藏较浅，基坑工程存在上浮问题时，应对其进行抗浮稳定性评价。并根据行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ476 有关规定，按施工期提出抗浮技术措施的建议和有关设计参数。

5.5 边坡工程

5.5.1 边坡工程勘察等级应根据边坡工程安全等级和地质环境复杂程度划分，并应符合表 5.5.4 规定。勘察等级为一级建筑边坡工程应进行专门的岩土工程勘察，并宜分阶段勘察；勘察等级为二、三级建筑边坡工程可与主体建（构）筑物岩土工程勘察一并进行。当边坡高度 $H > 30\text{m}$ 的岩质边坡和边坡高度 $H > 15\text{m}$ 的土质边坡，勘察纲要和勘察报告宜进行专项论证。

5.5.2 节理裂隙发育的岩质边坡或在施工过程中发现地质异常，且可能影响边坡工程安全或边坡支护方案变更导致原有勘察成果无法满足要求时，应进行施工勘察。

5.5.3 边坡工程安全等级划分应符合表 5.5.3-1 规定；岩质边坡岩体类型可按表 5.5.3-2 规定划分；结构面结合程度可按表 5.5.3-3 划分。破坏后果很严重的下列建筑边坡工程，其安全等级应定为一级：

- 1** 由外倾软弱结构面控制的边坡工程；
- 2** 危岩、崩塌、滑坡地段的边坡工程；

3 边坡滑塌区内或边坡塌方影响区内有重要建（构）筑物的边坡工程。

表 5.5.3-1 边坡工程安全等级

边坡类型		边坡高度 H (m)	与坡顶、坡底建（构） 筑物距离 L (m)	破坏后果	安全等级
岩质 边坡	岩体类型 为 I 或 II 类	$H \leq 30$	$L \leq H$	很严重	一级
			$H < L \leq 3H$	严重	二级
			$L > 3H$	不严重	三级
	岩体类型 为 III 或 IV 类	$15 < H \leq 30$	$L \leq 1.5H$	很严重	一级
			$L > 1.5H$	严重	二级
		$H \leq 15$	$L \leq H$	很严重	一级
$H < L \leq 3H$	严重		二级		
土质 边坡	$10 < H \leq 15$	$L \leq 2H$	很严重	一级	
		$L > 2H$	严重	二级	
	$H \leq 10$	$L \leq 1.5H$	很严重	一级	
		$1.5H < L \leq 3.5H$	严重	二级	
		$L > 3.5H$	不严重	三级	

- 注：1 一个边坡工程的各段，可根据实际情况采用不同的安全等级；
 2 对危险性极严重、环境和地质条件复杂的特殊边坡工程，其安全等级应根据工程情况适当提高；
 3 很严重：造成重大人员伤亡或财产损失；严重：可能造成人员伤亡或财产损失；不严重：可能造成财产损失；

表 5.5.3-2 岩质边坡岩体分类

岩体 类型	判定条件			
	岩体完整程度	结构面结合程度	结构面产状	直立边坡自稳能力
I	完整	结构面结合良好或一般	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 $> 75^\circ$ 或 $< 27^\circ$	30m 高的边坡长期稳定，偶尔有掉块
II	完整	结构面结合良好或一般	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 $27^\circ \sim 75^\circ$	15m 高的边坡稳定，15m~30m 高的边坡欠稳定
	完整	结构面结合差	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 $> 75^\circ$ 或 $< 27^\circ$	15m 高边坡稳定，15m~30m 高的边坡欠稳定

续表 5.5.3-2

岩体类型	判定条件			直立边坡自稳能力
	岩体完整程度	结构面结合程度	结构面产状	
II	较完整	结构面结合良好或一般	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 $<27^\circ$ ，有内倾结构面	边坡出现局部塌落
III	完整	结构面结合差	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 $27^\circ \sim 75^\circ$	8m 高的边坡稳定，15m 高的边坡欠稳定
	较完整	结构面结合良好或一般	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 $27^\circ \sim 75^\circ$	
	较完整	结构面结合差	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 $>75^\circ$ 或 $<27^\circ$	
	较破碎	结构面结合良好或一般	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 $>75^\circ$ 或 $<27^\circ$	
	较完整（碎裂镶嵌）	结构面结合良好或一般	结构面无明显规律	
IV	较完整	结构面结合差或很差	外倾结构面以层面为主，倾角多为 $27^\circ \sim 75^\circ$	8m 高的边坡不稳定
	较破碎	结构面结合一般或差	外倾结构面或外倾不同结构面的组合线倾角 $27^\circ \sim 75^\circ$	
	破碎或极破碎	碎块间结合很差	结构面无明显规律	

- 注：1 结构面指原生结构面和构造结构面，不包括风化裂隙；
 2 外倾结构面系指倾向与坡向的夹角小于 30° 的结构面；
 3 I类岩体为软岩时，应降为II类岩体，I类岩体为较软岩且边坡高度大于15m时，可降为II类岩体；
 4 当地下水发育时，II、III类岩体可根据具体情况降低一档；
 5 全风化岩可视为土体，强风化岩应划为IV类，完整的较软岩可划为III类或IV类；
 6 当边坡岩体较完整、结构面结合差或很差、外倾结构面或外倾不同结构面的结构组合线倾角 $27^\circ \sim 75^\circ$ ，结构面贯通性差时，可划分为III类；
 7 岩体完整程度可按本标准表4.2.2-2规定划分；
 8 当有贯通性较好的外倾结构面时，应验算沿该结构面破坏的稳定性；

- 9 当无外倾结构面及外倾不同结构面组合时，完整、较完整的坚硬岩、较硬岩宜划分为Ⅰ类，较破碎的坚硬岩、较硬岩宜划分为Ⅱ类；完整、较完整的较软岩、软岩宜划分为Ⅱ类，较破碎的较软岩、软岩宜划分为Ⅲ类。

表 5.5.3-3 结构面结合程度

结合程度	结合状况	起伏粗糙程度	结构面张开度 (mm)	充填情况	岩土情况
结合良好	铁硅钙质胶结	起伏粗糙	≤ 3	胶结	硬岩或较软岩
结合一般	铁硅钙质胶结	起伏粗糙	3~5	胶结	硬岩或较软岩
	铁硅钙质胶结	起伏粗糙	≤ 3	胶结	软岩
	分离	起伏粗糙	≤ 3 (无充填时)	无充填或岩块、岩屑充填	硬岩或较软岩
结合差	分离	起伏粗糙	≤ 3	干净无充填	软岩
	分离	平直光滑	≤ 3 (无充填时)	无充填或岩块、岩屑充填	各种岩层
	分离	平直光滑		岩块、岩屑加你或附泥膜	各种岩层
结合很差	分离	平直光滑、略有起伏		泥质或泥夹岩屑充填	各种岩层
	分离	平直很光滑	≤ 3	无充填	各种岩层
结合极差	结合极差	—	—	泥化夹层	各种岩层

注：1 起伏度：当 $R_A \leq 1\%$ ，平直；当 $1\% < R_A \leq 2\%$ ，略有起伏；当 $2\% < R_A$ ，起伏；其中 $R_A = A/L$ ， A 为连续结构面起伏幅度， L 为连续结构面取样长度，测量范围 L 一般为 $1\text{m} \sim 3\text{m}$ ；

- 2 粗糙度：很光滑，赶紧非常细腻如镜面；光滑，感觉比较细腻，无颗粒感觉；较粗糙，可以感觉到一定的颗粒状；粗糙，明显感觉到颗粒状。

5.5.4 边坡岩土工程勘察等级应根据边坡工程安全等级和地质环境复杂程度按表 5.5.4 划分。

5.5.5 边坡地质环境复杂程度划分应符合下列要求：

- 1 地质环境复杂：地形地貌复杂，组成边坡岩土体种类多或为岩土组合边坡，且强度变化大，均匀性差，土质边坡潜在滑

表 5.5.4 边坡工程勘察等级

边坡工程安全等级	边坡地质环境复杂程度		
	复杂	中等复杂	简单
一级	一级	一级	一级
二级	一级	二级	二级
三级	二级	三级	三级

面多，岩质边坡潜在可能滑动的外倾结构面，水文地质条件复杂；

2 地质环境中等复杂：介于地质环境复杂与地质环境简单之间；

3 地质环境简单：地形地貌简单，组成边坡的岩土体种类少，强度变化小，均匀性好，土质边坡潜在滑面单一，岩质边坡无外倾结构面，水文地质条件简单。

5.5.6 初步勘察应搜集场地和周边影响范围的地质、构造、气象和水文等相关资料，并进行工程地质测绘，配合少量的勘探和室内试验；查明不良地质作用和地质灾害的类型、分布、规模和发展趋势等。初步评价边坡的稳定性，初步提出防治措施和监测建议，对详勘阶段岩土工程勘察提出建议。工程地质测绘范围应包括对边坡稳定性可能产生影响和受边坡工程影响的范围，测绘比例尺宜为 1:200~1:500。

5.5.7 详细勘察应包括下列内容：

1 查明边坡及周边影响范围的地形地貌特征，边坡的形态、高度、坡度、坡顶高程、坡底高程和边坡平面尺寸；确定边坡工程安全等级、边坡岩土体类型和边坡工程勘察等级；

2 查明区域水文、气象条件，汇水面积、排水坡度、坡面植被、地表水对坡面和坡脚的冲刷情况；

3 查明边坡周边环境和坡顶建（构）筑物荷载、结构、基础型式和埋深，地下设施分布和埋深，以及与边坡的距离；

4 应采用工程地质测绘和工程物探为主，辅以钻探、槽探、坑探、井探等综合勘探手段，查明岩土类型、成因、工程特

性、覆盖层厚度、基岩面的形态和坡度，岩石的风化程度和完整程度，软弱结构面的产状和不良地质作用的类型、范围和性质；

5 查明岩质边坡的岩体类型，岩体主要结构面的类型、产状、延伸情况、闭合程度、充填状况、充水状况、力学属性和组合关系；主要结构面与临空面的关系，是否存在外倾结构面；

6 查明地下水的类型、水位、水量、补给、排泄条件和动态变化，主要含水层和含水构造的分布情况，岩石的渗透性和地下水出露情况。评价地下水对边坡稳定性的影响程度，提出地下水控制措施和建议，提供地下水控制所需的水文地质参数；

7 提供岩土和结构面的物理力学性质指标；提供边坡治理设计与施工所需的岩土参数和工程特性指标；

8 分析评价边坡潜在的破坏模式，选取相应的稳定性验算公式，对边坡的稳定性进行评价，提出边坡治理方案和监测建议；

9 勘察成果的成图比例尺应大于或等于 1:500，剖面图的纵横比例尺应相同。

5.5.8 勘察范围应符合下列规定：

1 岩质边坡坡顶外的水平距离一般不宜小于 1 倍边坡治理高度；有外倾结构面控制的岩质边坡，勘探范围应根据边坡岩体性质及可能的破坏模式确定；

2 土质边坡坡顶外的水平距离不应小于 1.5 倍边坡治理高度；

3 对可能沿岩土界面滑动的边坡或涉水边坡，后部应大于可能滑动的后缘边界，前缘应大于可能的剪出口位置；

4 勘察范围尚应包括可能对建（构）筑物有潜在安全影响的区域及拟采用锚杆（索）治理的长度范围。

5.5.9 详细勘察勘探点平面布置应符合下列规定：

1 勘探线应垂直边坡走向或平行主滑方向布置，拟设置填方挡墙的尚应沿支挡线布置；

2 每个边坡勘探线不宜少于 2 条，每条勘探线不应少于 3 个勘探点；

3 勘探线和勘探点间距宜根据边坡工程勘察等级按表 5.5.9 取值；

4 当遇有软弱夹层或不利结构面时，应加密勘探线和勘探点间距。

5 控制性勘探点应采用直接勘探方法，数量宜占勘探点总数的 1/3，勘探深度和取样、测试数量应满足稳定性分析要求。若场地作业条件限制或地质条件变化大，控制性勘探点数量无法满足上述要求时，可采用工程物探加密勘探点间距。

表 5.5.9 详细勘察勘探线与勘探点间距 (m)

边坡工程勘察等级	勘探线间距	勘探点间距
一级	≤20	≤15
二级	20~30	15~20
三级	30~40	20~25

注：初步勘察的勘探线、勘探点间距可 50m~100m。

5.5.10 详细勘察勘探深度应符合下列规定：

1 勘探深度应穿过潜在滑动面进入稳定地层不小于 3m~5m，并应满足抗滑设计要求。控制性勘探深度进入稳定地层不小于 5m，一般性勘探深度进入稳定地层不小于 3m；坡脚勘探点深度应进入坡脚最低点和支护结构基底以下不小于 3m；

2 当岩质边坡外倾结构面通过坡脚时，可将外倾结构面确定为潜在滑动面；若基岩面埋藏不深、坡积土厚度不大的土质边坡，可将基岩面确定为潜在滑动面；当坡脚有软弱地层时，可将该软弱地层的层底面定为潜在滑动面；

3 当采用抗滑桩支挡时，勘探深度应满足抗滑桩设计要求。对嵌入土层的悬臂桩，勘探深度应大于 2 倍悬臂长度，对嵌入岩层的悬臂桩，勘探深度应进入中等~微风化岩大于 3m。

5.5.11 详细勘察取样和原位测试应符合下列规定：

1 每一主要岩土层和软弱层应采取试样；土层不应少于 6

件（组），岩层不应少于 9 件（组）；

2 胶结性差的地层、软弱破碎带或潜在滑动带，应采用双层岩芯管或三层岩芯管配合 SM 植物胶冲洗液钻进，提高岩芯采取率；

3 水文地质参数可通过抽水、注水、渗水或压水试验确定；存在影响边坡的多层含水层应分层量测地下水位；

4 应根据需要定期量测孔隙水压力。

5.5.12 详细勘察工程特性指标确定应符合下列要求：

1 应分层提供设计所需的岩土物理力学性质指标，土的抗剪强度指标宜通过三轴剪切试验、直剪试验或大体积直接剪切试验、孔内剪切试验获取；软土可采用十字板剪切试验获取；

2 进行抗剪强度试验时，三轴剪切试验的应力条件应与坡体的实际受力条件接近；一级边坡工程，岩体和软弱结构面的抗剪强度宜通过现场或室内直接剪切试验确定；

3 抗剪强度指标应根据实测结果并结合当地工程实践经验综合确定。天然状态边坡应提供岩、土的天然状态和饱和状态直接剪切强度指标或三轴不固结不排水抗剪强度指标；

4 稳定性受岩体结构面控制的边坡工程，应对结构面的类型、特征、产状、充填或胶结情况进行调查，并进行结构面抗剪强度试验。对于安全等级为三级的边坡工程，当无实测资料时，可根据场地岩土条件按表 5.5.12-1 和表 5.5.12-2 结合当地工程经验综合确定。

表 5.5.12-1 福建岩体结构面强度指标（标准值）

结构面类型	结构面特征	胶结或充填情况	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (°)
硬性结构面	1	张开度 < 1mm	>200	>35
		张开度 1mm~3mm		
	2	张开度 1mm~3mm	钙质胶结	110~180

续表 5.5.12-1

结构面类型	结构面特征	胶结或充填情况	粘聚力 (kPa)	内摩擦角 (°)
硬性结构面	2 张开度 > 3mm	表面粗糙, 钙质胶结		
	3 张开度 1mm~3mm	表面平直, 无胶结	80~100	18~30
	3 张开度 1mm~3mm	表面平直, 无胶结	80~100	18~30
软弱结构面	4 张开度 > 3mm	表面平直光滑, 无胶结 泥夹岩屑充填 强风化小型破碎带 分布不连续的泥化夹层	20~50	12~20
	5 张开度 > 5mm	泥质充填 分布连续的泥化夹层	14~20	10~14

注: 1 极软岩、软岩, 岩体结构面连通和结构面浸水取表中低值;

2 表中内摩擦角须根据岩体裂隙发育程度, 按 0.75~0.95 进行折减。

表 5.5.12-2 福建岩浆岩风化岩和残积土强度指标 (标准值)

岩土名称	粘聚力(kPa)	内摩擦角(°)
强风化岩(碎块状)	50~55	32~35
强风化岩(散体状)	35~10	30~32
全风化岩	25~35	25~30
残积土	15~25	20~25

注: 1 表中残积土数据是根据花岗岩残积砾质和砂质黏性土资料统计, 残积黏性土应根据表中数值进行适应折减;

2 表中风化岩强度指标为天然状态下的经验值, 饱和状态下的强度指标应进行适当折减。

5.5.13 边坡工程稳定性评价应包括下列内容:

1 应分析判断边坡的破坏模式, 确定边坡破坏潜在的滑动面和边界范围, 分析边坡破坏可能造成的危害;

2 可采用工程地质类比法、图解分析法、极限平衡法、数值分析等进行综合分析和评价边坡稳定性。当各区段条件不一致时, 应分区段分析和评价;

3 稳定性计算可根据本标准第 18.5 节的有关规定执行。结构复杂的岩质边坡, 可结合赤平投影法和实体比例投影法进行综

合分析；

4 存在地下水渗流作用的边坡，应考虑渗流压力对边坡稳定性的影响；

5 土岩组合、软弱结构面和外倾结构面并有软弱夹层的复杂边坡，可采用有限元数值分析方法进行稳定性分析，并进行专项论证；

6 在抗震设防烈度为7度及7度以上地区，进行边坡稳定性分析与评价时，永久性边坡尚应考虑地震作用力的影响。

5.5.14 边坡稳定性状态应根据边坡稳定性系数 F_s 按表5.5.14确定。

表 5.5.14 边坡稳定性状态划分

边坡稳定性系数 F_s	$F_s < 1.00$	$1.00 \leq F_s < 1.05$	$1.05 \leq F_s < F_u$	$F_s \geq F_u$
边坡稳定状态	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定

注： F_u 为边坡稳定安全系数。

5.5.15 边坡稳定性系数 F_s 应大于表5.5.15-1中规定的边坡稳定安全系数，否则应对边坡进行加固处理。边坡支护常用方法应符合下列规定：

1 边坡支护措施可根据场地岩土工程条件、环境条件、边坡高度、边坡侧压力的大小和地下水情况、对边坡变形控制的难易程度和边坡工程安全等级等因素，结合稳定性分析结果，按表5.5.15-2~表5.5.15-5规定确定；

2 边坡坡率允许值应根据工程经验，按工程类比的原则并结合已有稳定边坡的坡率值经综合分析确定。当无工程经验、且土质均匀良好、地下水贫乏、无不良地质作用和地质条件简单时，三级边坡工程可按表5.5.15-3~表5.5.15-5确定；

3 边坡加固方案可根据场地岩土工程条件和周边工程环境，满足边坡整体稳定性和局部稳定性的基础上，选择一种或多种支护体系的组合式边坡加固措施。

5.5.16 边坡工程应采用动态设计、信息化施工。应对地下水动态、支护结构内力与变形、地表裂缝、边坡坡顶和坡体变形进行监测。永久性一、二级边坡工程，竣工后的监测时间不应少于2年且达到稳定标准。

表 5.5.15-1 边坡稳定安全系数 F_{st}

边坡类型		边坡工程安全等级		
		一级边坡	二级边坡	三级边坡
永久边坡	一般工况	1.35	1.30	1.25
	地震工况	1.15	1.10	1.05
临时边坡		1.25	1.20	1.15

注：1 地震工况时，安全系数仅适用于塌滑区内无重要建（构）筑物的边坡；

2 对地质条件很复杂或破坏后果极严重的边坡工程，其稳定安全系数 F_{st} 宜适当提高。

表 5.5.15-2 福建省边坡支护常用方法

条件 方法	边坡环境	边坡高度 H (m)	边坡工程 安全等级	说明
重力式挡墙	填方边坡 或挖方边坡	土坡, $H \leq 8$ 岩坡, $H \leq 10$	一、二、 三级	挡墙高度超过 6m 时, 应采用毛石混凝土材料
扶壁式挡墙	填方边坡	土坡, $H \leq 10$	一、二、 三级	适用于土质边坡
悬臂式支护	填方边坡	土坡, $H \leq 6$	一、二、 三级	对挡墙变形要求较高时, 不宜采用
板肋式或格构式锚杆挡墙支护	挖方边坡	土坡, $H \leq 15$ 岩坡, $H \leq 30$	一、二、 三级	应采用自上而下逆作法施工。对挡墙变形有较高要求时, 宜采用或增设预应力锚杆(索)
排桩式锚杆挡墙支护	挖方边坡, 场地狭窄	土坡, $H \leq 15$ 岩坡, $H \leq 30$	一、二级	应先施工排桩, 再按逆作法施工。对挡墙变形有较高要求时, 宜采用或增设预应力锚杆(索)

续表 5.5.15-2

条件 方法	边坡环境	边坡高度 H (m)	边坡工程 安全等级	说明
岩石锚喷 支护	岩质边坡	I类岩坡 $H \leq 30$	一、二、 三级	适用于中等~微风 化的岩质边坡
		II类岩坡 $H \leq 30$	一、二、 三级	
		III类岩坡 $H \leq 15$	二、三级	
坡率法	场地有放坡 条件	土坡, $H \leq 15$ 岩坡, $H \leq 30$	一、二、 三级	应采取坡面防护措施

表 5.5.15-3 岩质边坡坡率允许值

边坡 岩体 类型	风化程度	坡率允许值(高宽比)		
		$H < 8m$	$8m \leq H < 15m$	$15m \leq H < 25m$
I	微风化	1: 0.00~1: 0.10	1: 0.10~1: 0.15	1: 0.15~1: 0.25
	中等风化	1: 0.10~1: 0.15	1: 0.15~1: 0.25	1: 0.25~1: 0.35
II	微风化	1: 0.10~1: 0.15	1: 0.15~1: 0.25	1: 0.25~1: 0.35
	中等风化	1: 0.15~1: 0.25	1: 0.25~1: 0.35	1: 0.35~1: 0.50
III	微风化	1: 0.25~1: 0.35	1: 0.35~1: 0.50	—
	中等风化	1: 0.35~1: 0.50	1: 0.50~1: 0.75	—
IV	中等风化	1: 0.50~1: 0.75	1: 0.75~1: 1.00	—
	强风化	1: 0.75~1: 1.00	—	—

注: 1 表中 H 为边坡高度;

2 IV类强风化岩包括各类风化程度的极软岩;

3 本表适用于无外倾软弱结构面的岩质边坡。

表 5.5.15-4 土质边坡坡率允许值

边坡土体类别	密度或状态	坡率允许值(高宽比)	
		$H < 5m$	$5m \leq H < 10m$
碎石土 (混合土)	密实	1: 0.35~1: 0.50	1: 0.50~1: 0.75
	中密	1: 0.50~1: 0.75	1: 0.75~1: 1.00
	稍密	1: 0.75~1: 1.00	1: 1.00~1: 1.25
粉土	稍密	1: 1.00~1: 1.25	1: 1.25~1: 1.50
黏性土	坚硬	1: 0.75~1: 1.00	1: 1.00~1: 1.25
	硬塑	1: 1.00~1: 1.25	1: 1.25~1: 1.50

- 注：1 表中碎石土（混合土）适用于充填物为坚硬、硬塑状态的黏性土或稍湿的粉土；
2 当砂土或碎石土（混合土）的充填物为砂土时，其坡率允许值应按自然休止角确定。

表 5.5.15-5 填土边坡坡率允许值

填土类别	压实系数 (λ)	坡率允许值(高宽比)	
		$H < 8\text{m}$	$8\text{m} \leq H < 15\text{m}$
碎石、卵石	0.94~0.97	1: 1.50~1: 1.25	1: 1.75~1: 1.50
砂夹石（其中碎石、卵石 占全重 30%~50%）		1: 1.50~1: 1.25	1: 1.75~1: 1.50
土夹石（其中碎石、卵石 占全重 30%~50%）		1: 1.50~1: 1.25	1: 2.00~1: 1.50
粉质黏土, 粉土($8 < I_p < 14$)		1: 1.75~1: 1.50	1: 2.25~1: 1.75

5.6 建（构）筑物改造和加固工程

5.6.1 建（构）筑物增层、改建、扩建和加固工程应进行岩土工程勘察。勘察前应收集既有建（构）筑物地基基础勘察、设计、施工和变形监测资料，分析、评价地基土的附加荷载分布状况和建（构）筑物现状；根据增层、改扩建和加固方案有针对性地制定勘察纲要和选择勘察手段，合理布置勘察工作量。

5.6.2 当已有勘察资料勘探点间距和勘探深度已满足加载后变形计算要求时，可重点查明既有基础下地基的物理力学性质变化情况；当已有资料不能满足加载后的要求或缺乏勘察资料时，应进行补充勘察。勘探深度应超过增层或改造加荷后地基的压缩层计算深度，并提供符合设计要求的勘察资料。

5.6.3 勘探工作应符合下列规定：

1 勘探点应紧靠基础外侧布置，在接建、邻建部位应布置勘探点。每幢建（构）筑物勘探点的数量不应少于 4 个；

2 勘探手段宜采用钻探、井探；采取土试样宜在基础下和基础外侧同时进行，并应布置一定数量的标准贯入试验、静力触探或旁压试验等原位测试，有条件时应进行地基土的荷载试验，

提供主要受力层的比例界限荷载、极限荷载、变形模量和回弹模量；

3 采取试样和原位测试间距，基底以下一倍基础宽度深度范围内宜为 0.5m，超过该深度可为 1m；

4 当增加的层数较多、荷载增量较大或需进行对比试验时，应采用静载荷试验确定地基的承载力特征值和变形模量，试验深度宜与基础埋置深度一致。

5.6.4 勘探深度应满足地基变形计算要求，探井宜为 1.5 倍~3 倍基础宽度，钻孔和测试孔应大于 3 倍基础宽度；当采用桩基补强时，勘探深度应符合行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 规定。

5.6.5 采取土试样和原位测试深度不宜小于基础底 1 倍基础宽度范围内，采取土试样和进行原位测试的间距宜为 0.5m~1.0m，超过该深度时可为 1.0m~1.5m；对比试验的取样深度和原位测试深度应一致。

5.6.6 室内土工试验除应进行常规物理力学性质试验外，主要压缩层的试样尚应进行高压固结试验，提供前期固结压力、超固结比、压缩指数、回弹指数、增荷后的固结系数；抗剪强度宜采用三轴不固结不排水剪切试验。

5.6.7 进行大面积抽、降地下水时，应估算抽、降地下水导致的地基固结沉降量和地面不均匀沉降量，分析评价其对既有建（构）筑物和周边环境的影响，并预测其发展趋势。

6 市政工程勘察技术要求

6.1 一般规定

6.1.1 市政工程勘察等级应根据市政工程的重要性、场地复杂程度和岩土工程条件复杂程度进行划分，并应符合下列规定：

- 1 市政工程重要性等级应根据工程类别划分，并应符合表 6.1.1-1 规定；
- 2 场地复杂程度等级划分应符合表 6.1.1-2 规定；
- 3 岩土工程条件复杂程度等级划分应符合表 6.1.1-3 规定；
- 4 市政工程勘察等级划分应符合表 6.1.1-4 规定。

表 6.1.1-1 市政工程重要性等级

工程类别	一级	二级	三级
道路工程	快速路和主干路	次干路	支路、公交场站和城市广场的道路与地面工程
桥涵工程	特大桥、大桥	除一级、三级之外的城市桥涵	小桥、涵洞及人行地下通道
隧道工程	均按一级	—	—
室外管道工程（顶管或定向钻施工）	均按一级	—	—
室外管道工程（明挖法施工）	$z > 8\text{m}$	$5\text{m} \leq z \leq 8\text{m}$	$z < 5\text{m}$
给排水厂站工程	大型、中型厂站	小型厂站	—
堤岸工程	桩式堤岸和桩基加固混合式堤岸	圻工结构或钢筋混凝土结构的天然地基堤岸	土堤
地下综合管廊工程（明挖法施工）	$z > 8\text{m}$	$5\text{m} \leq z \leq 8\text{m}$	$z < 5\text{m}$

注：1 根据设计路面标高与原地面标高的相对关系，道路工程可分为一般路基、高路堤、陡坡路堤和路堑。高路堤、陡坡路堤和路堑的工程重要性等级宜提高一级；

- 2 z 为管道工程基坑开挖深度；

- 3 城市步栈道工程的路基部分的市政工程重要性等级可按城市支路划分，人行栈桥可按小桥划分；当人行栈桥总长度大于 1km 时，工程重要性等级可提高一级。

表 6.1.1-2 场地复杂程度等级

等级	场地复杂程度	划分依据
一级	复杂	地形地貌复杂；抗震危险地段；不良地质作用强烈发育；地质环境已经或可能受到强烈破坏；地下水对工程的影响很大；周边环境条件复杂
二级	中等复杂	地形地貌较复杂；抗震不利地段；不良地质作用一般发育；地质环境已经或可能受到一般破坏；地下水对工程的影响一般；周边环境条件中等复杂
三级	简单	地形地貌简单；抗震一般或有利地段；不良地质作用不发育；地质环境基本未受破坏；地下水对工程无影响；周边环境条件简单

注：1 等级划分只需满足划分依据中任何一个条件即可；

- 2 从一级开始，向二级、三级推定，以最先满足的为准。

表 6.1.1-3 岩土工程条件复杂程度等级

等级	岩土工程条件复杂程度	划分依据
一级	复杂	岩土种类多，很不均匀；围岩或地基、边坡的岩土物理力学性质变化大，水文地质条件复杂；存在需进行专门治理的特殊性岩土
二级	中等复杂	岩土种类较多，不均匀；围岩或地基、边坡的岩土物理力学性质变化较大，水文地质条件较复杂；存在特殊性岩土
三级	简单	岩土种类单一，均匀；围岩或地基、边坡的岩土物理力学性质较简单，水文地质条件简单；无特殊性岩土

注：1 等级划分只需满足划分依据中任何一个条件即可；

- 2 从一级开始，向二级、三级推定，以最先满足的为准；

- 3 水文地质条件复杂程度可根据拟建场地地下水类型、岩土层的水理性质、含水层和隔水层的空间分布和地下水位动态变化等对拟建工程的影响程度综合确定。

表 6.1.1-4 市政工程勘察等级

等级	划分条件
甲级	工程重要性等级、场地复杂程度等级、岩土工程条件复杂程度等级中有一项或多项为一级
乙级	除甲级和丙级以外的勘察项目
丙级	工程重要性等级、场地复杂程度等级、岩土工程条件复杂程度等级均为三级

6.1.2 可行性研究阶段勘察应以收集资料、现场踏勘为主，辅

以少量的勘探、取样和原位测试工作。必要时可采用无人机倾斜摄影结合工程地质测绘方法，查明拟建场地地形、地貌和地物分布现状。

6.1.3 初步勘察方法应采用以工程地质测绘和工程物探为主，辅以钻探、坑探、槽探、井探、取样和原位测试工作。

6.1.4 工程地质测绘、岩土分类、勘探、取样、原位测试、现场检验与监测、室内试验应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和本标准规定。

6.1.5 市政工程场地和地基的地震效应评价应符合现行国家现行相关抗震设计规范和本标准基本规定。

6.1.6 周边环境复杂的市政工程应按本标准第 11.5 节规定进行工程周边环境专项调查。

6.1.7 既有市政基础设施改扩建工程，应根据工程特点、新的工程设计条件和场地条件，在充分利用原勘察资料基础上合理制定勘察纲要和进行勘察。当需评估既有地基基础工程性状、分析其再利用性能时，应进行专项勘察。

6.1.8 市政工程勘察成果编制应符合国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017 和本标准第 19 章规定。

6.2 道路工程

6.2.1 本节适用于一般城市道路、填土高度超过 2.5m 的填土道路、陡坡路堤、深路堑的城市道路及公交场站和城市广场等地面工程的岩土工程勘察。

6.2.2 道路工程岩土工程勘察分为可行性研究阶段勘察、初步勘察和详细勘察三个阶段。

6.2.3 城市道路分类应符合表 6.2.3 规定。

6.2.4 可行性研究阶段勘察应了解拟建场地和影响范围内的地形地貌、区域地质、地震地质、工程地质、气象、水文等特征和

条件。对拟建道路工程存在的不利影响因素进行分析，对路基类型选择提出建议，对比选线路进行比选。

表 6.2.3 城市道路分类

类别	功能
快速路	为城市中大流量、长距离、快速交通服务
主干路	连接城市各主要分区的干路，以交通功能为主
次干路	与主干路结合组成道路网，起集散交通作用，兼有服务功能
支路	与次干路与街坊路的连接线，解决局部地区交通，以服务功能为主

6.2.5 初步勘察应初步查明道路沿线各地段的地形地貌特征、工程地质和水文地质条件，不良地质作用和特殊性岩土的分分布围对拟建工程的危害程度，并提出初步防治措施建议。

6.2.6 初步勘察勘探点应沿拟建线路布置，一般性勘探点间距宜为 150m~400m，高路堤和陡坡路堤勘探点间距宜为 100m~400m，公交场站和城市广场的道路勘探点间距宜为 100m~200m，岩土条件复杂的区段可加密勘探点，并应布置控制性横断面。勘探深度应根据工程性质及路基岩土工程条件等综合确定，应满足路基地基稳定性分析、变形计算、地基处理方案比选等的要求。

6.2.7 详细勘察应包括下列内容：

1 搜集附有坐标、道路走向、桩号和现状地形的道路工程总平面布置图或附有道路红线宽度、道路中心线和沿线桥涵位置的地形图。道路类别、路面设计标高、路基宽度、选用的路面结构组合类型和排水方式，地下埋藏物分布情况和设计对地基承载力和变形允许值（或工后沉降）的要求；

2 查明道路沿线各地段的地质构造、岩土类型、埋藏深度、分布范围和工程地质性能，特殊性岩土类型、分布范围和对道路工程的影响程度，不良地质作用的成因、分布范围、发展趋势和危害程度，提出整治方案的建议；

3 查明道路沿线各地段路基的湿度状况，划分路基土类别和路基干湿类型；根据道路和地面工程特点，提供道路设计所需

的各岩土层的物理力学性质指标和岩土参数；

4 查明道路沿线的故河道、沟、坑等对工程不利的地下埋藏物分布范围和埋藏深度；

5 查明道路沿线各路段地下水类型、地下水位和水文地质条件，地表水水位、积水时间和排水条件；分析地表水和地下水的相互关系，对路基稳定性的影响；

6 当岩土工程条件复杂时，可沿平行或垂直控制横断面方向采用工程物探剖面配合钻探等综合勘探方法。

6.2.8 详细勘察勘探点布置应符合下列规定：

1 勘探点可沿道路中心线布置，当条件不许可时，勘探点移位不宜超出路基范围；各交叉路口及道路与桥梁接驳处应布置勘探点。广场、停车场可按方格网布置勘探点，勘探点间距宜为50m~100m。当路基条件特别复杂时，应布置横断面；

2 每个地貌单元和不同地貌单元交界处均应布置勘探点。微地貌和地层变化较大的地段应增加勘探点密度；

3 道路工程勘探点间距可根据道路分类和场地及岩土条件复杂程度等级按表 6.2.8 确定。

4 当线路通过疏松杂填土、未经夯实回填土和软土分布地段时，勘探点间距应满足查明其分布范围；当线路通过河道、鱼塘、水沟等地表水体分布区域时，宜采用钎探等简易手段查明浮泥分布范围和边界；

5 路堑勘探点布置应满足控制横断面要求，每 100m 应布置 1 个勘探点；当岩土层变化或边坡高度较大时，勘探点可加密到 50m~100m 布置 1 个勘探点，或每个工段不少于 2 个勘探点。

6 填土路堤、陡坡路堤、路堑和支挡工程勘察，每一路段宜布置一控制性横断面，每条横断面勘探点不应少于 2~3 个，其中钻探孔应不少于 1 个。

表 6.2.8 道路工程勘探点间距 (m)

场地及岩土条件 复杂程度等级	勘探点间距			
	一般路基	高路堤、 陡坡路堤	路堑、 支挡结构	厚填土、 软土分布区
一级	50~100	30~50	30~50	20~30
二级	100~200	50~100	50~75	30~35
三级	200~300	100~200	75~150	35~40

注：厚填土指堆填厚度大于 5m 的填土。

6.2.9 详细勘察勘探深度应符合下列规定：

1 应根据道路等级及地基土物理力学性质确定；一般路基应达到原地面以下 5m，在挖方地段应达到路面设计标高以下 4m；当在预定勘探深度内遇中、微风化基岩，控制性勘探深度（井）应进入基岩 1m~3m，其它勘探孔至中、微风化基岩面即可；

2 填土路段勘探深度不应小于路堤高度，并应超过路基沉降计算深度以下 1m。广场、停车场勘探深度应根据设计要求确定；

3 当路基为疏松杂填土、未经夯实的回填土、软土和可液化土层等特殊土路段时，勘探深度应穿越并进入下覆稳定地层不少于 3m。当覆盖层厚度较大时，勘探深度应进入稳定地层 2m~3m；

4 填土路堤、陡坡路堤、深路堑勘察，勘探深度应满足稳定性分析评价、变形计算和地基处理要求。

6.2.10 详细勘察取样和原位测试应符合下列规定：

1 在原地面或路面设计标高以下 1.5m 和软土地区原地面或路面设计标高以下 3m 深度范围内，取土间距宜为 0.5m。每一主要土层均应采取试样，参与数理统计的有效样本数应不少于 6 件（组），岩样不得少于 9 件（组）。采取试样和原位测试的勘探点数量不应少于勘探点总数的 1/2~2/3；

2 高填方路基和软土地区，除应进行常规的土工试验项目外，尚应进行十字板剪切试验、承载比（CBR）试验，室内水平

和垂直向固结试验、三轴不固结不排水剪切试验和无侧限抗压强度试验，必要时应进行高压固结试验；

3 高填路堤、陡坡路堤等填方工程，应对填筑土料进行击实试验，测定其最优含水量和最大干密度；

4 深路堑工程，宜对边坡不利岩体结构面进行现场直剪试验，提供稳定性分析及设计所需的工程特性指标。

6.2.11 既有道路补强、加固工程，应对使用现状进行调查和检验，收集已有勘察资料和检测、监测资料，当已有勘察资料不能满足设计要求时，应进行补充勘察。

6.2.12 路基防护工程和丘陵地区城市道路工程勘察除应符合本标准规定外，尚应符合现行国家行业标准《公路工程地质勘察规范》JTG C20 规定。

6.2.13 详细勘察分析和评价应包括下列内容：

1 对道路沿线各路段工程地质条件进行分析和评价，对各路基段基底的稳定性，特殊路基段的地基处理进行分析和评价，提供治理所需的岩土参数并提出处理措施和建议；

2 对道路沿线地下水类型与水位变化幅度和地表水的分布和排水条件进行分析，评价地下水和地表水对路基稳定性的不利影响；

3 当道路沿线工程地质、水文地质条件较复杂时，宜进行分区评价；

4 分析和评价不良地质作用对拟建道路工程的影响，提供治理设计所需的岩土参数；提出防治措施和监测建议；

5 对高路堤地基承载力、稳定性和变形进行分析和估算，提供设计与施工所需的岩土参数和工程特性指标，提出地基处理方法的建议。工程需要时应通过专项分析预估路基沉降量；

6 对挖方路堑段岩土工程条件、地下水对支护结构的影响进行评价，提供边坡稳定性验算、支护结构设计 with 施工所需的岩土参数；

7 对路堑、下沉广场等挖方工程，应分析和评价地下水在施工期和使用期间的变化及其对工程的影响，提出防治措施和抗浮设计建议，需要时应进行专项勘察；

8 高路堤和路堑设置支挡结构时，应对地基的均匀性、稳定性和承载力进行分析和评价，提出地基处理方法和检验、监测建议；

9 路桥接驳过渡段，应分析桥台与路堤的变形差异特征，提出接驳段沉降协调控制的地基处理措施和相关建议；

10 公交场站、城市广场道路和地面工程，应结合工程特点分析地基的均匀性、承载力及变形特性，提供设计所需的岩土参数，工程需要时尚应提供地基处理、挖填方和支护措施的建议。

6.3 桥涵工程

6.3.1 本节适用于市政道路、城镇乡村公路桥涵、立交桥、高架道路、人行天桥、地下通道等工程的岩土工程勘察。

6.3.2 桥涵工程岩土工程勘察分为可行性研究阶段勘察、初步勘察和详细勘察三个阶段。

6.3.3 桥涵等级分类应符合表 6.3.3 规定。当桥的总宽度大于等于 30m 时，勘察等级可提高一级。

表 6.3.3 桥涵分类

桥涵分类	单孔跨径 L_0 (m)	多孔跨径总长 L (m)
特大桥	$L_0 > 150$	$L > 1000$
大桥	$150 \geq L_0 \geq 40$	$1000 \geq L \geq 100$
中桥	$40 > L_0 \geq 20$	$100 > L \geq 30$
小桥	$20 > L_0 \geq 5$	$30 > L \geq 8$
涵洞	$L_0 < 5$	$L < 8$

注：1 单孔跨径指标准跨径；

2 多孔跨径总长仅作为划分特大桥和大、中、小桥及涵洞的一个指标，梁式桥、板式桥涵为多孔跨径的总长，拱式桥涵为两岸桥台内起拱线间的距离，其它型式桥

梁为桥面的车道长度；

3 圆管涵和箱涵不论管径大小、孔数多少，均称为涵洞。

6.3.4 可行性研究阶段勘察应了解拟建场地和影响范围内的地形地貌、区域地质、地震地质、工程地质、水文地质、气象、水文等特征和条件。对拟建桥涵工程存在的不良影响因素进行分析。对桥涵工程比选方案进行比选。

6.3.5 初步勘察应根据拟建场地的岩土工程条件和水文地质条件，对桥涵工程地基础进行比选分析，对地基的稳定性和变形特征进行初步分析；对周边环境与拟建桥涵工程的相互关系进行综合评价，并提出防治措施和建议。

6.3.6 初步勘察的勘探线应与桥梁的轴线方向一致，勘探点宜布置在桥梁轴线两侧可能建造墩台的部位，勘探点间距宜为100m~200m；特大桥主桥每个墩台、大跨径主墩、主塔位置应布置不少于1个勘探点。控制性勘探深度应满足地基基础方案比选和地基稳定性、变形计算要求，一般性勘探深度应根据拟建桥梁类别、荷载大小和地基条件综合确定。

6.3.7 详细勘察应包括下列内容：

1 搜集附有坐标和地形的桥涵工程总平面布置图；桥涵工程的规模、基础形式、荷载、结构特点、埋置深度和允许变形值等与设计、施工有关的资料；

2 查明桥涵工程场地和影响范围的地形地貌特征，地质构造、水文和工程地质条件，不良地质作用和特殊性岩土的类型、成因、分布范围、发展趋势和危害程度；

3 查明地下水的类型、埋藏条件，提供地下水位及其变化幅度；当需采取降水措施疏干基坑或采取沉井施工方案时，尚应查明含水层的范围、颗粒组成、渗透系数和补给条件，评价承压水对基坑稳定性的影响。判定环境水、土对桥涵等建筑材料的腐蚀性；

4 查明河床的物质组成、冲刷情况和深度，调查、搜集跨

江、河段的水文资料；

5 根据桥梁墩台和地下箱涵等地下工程设计与施工需要，进行室内试验、原位试验和现场原型试验，提供设计所需的岩土参数和工程特性指标；

6 对采用墩台基础形式特大桥、大桥和相邻跨径差别悬殊的桥梁，当基础持力层地质条件复杂、地层不均匀时，应提供地基变形计算参数，预测地基的变形特征。

6.3.8 详细勘察勘探点布置应符合下列规定：

1 勘探点一般应布置在基础轮廓线的周边或中心位置；特大桥、大、中桥，每个墩台勘探点不应少于 2 个，大跨径主墩、主塔位置的勘探点不应少于 3 个；当跨径小、桥跨多或采用桩基础时，可隔墩台交叉布置勘探点；当桥面宽度大于 30m 时，可根据横向桥墩布置增加勘探点数量；

2 每个小型桥涵的勘探点不宜少于 2 个，地下通道、人行天桥的勘探点不宜少于 2 个；涵洞勘探点不宜少于 1 个；当桥跨较大、涵洞较长，场地或岩土工程条件复杂程度为一级时，应增加勘探点数量和加密勘探点间距；

3 立交桥、高架道路、特大桥与大桥的引桥，桥宽小于 30m，跨径小于 25m 的简支梁桥或跨径小于 18m 的连续梁桥；场地或岩土工程条件复杂程度等级为三级时，可隔墩两侧交叉布置勘探点；跨径大于或等于 25m 的简支梁桥或跨径大于或等于 18m 的连续梁桥，应每墩布置勘探点；

4 控制性勘探点数量不应少于勘探点总数的 1/3；当相邻勘探点揭示的地层变化较大，主要基础持力层界面坡度大于 10%，应加密勘探点；当采用沉井基础或有不良地质作用时，应根据墩台的平面布置加密勘探点。

6.3.9 详细勘察勘探深度应符合下列规定：

1 人行及车行地下通道勘探深度不宜小于开挖深度的 2.5 倍。涵洞勘探深度宜到基础底面以下 3m~5m；城市小型桥涵的

勘探深度，应符合表 6.3.9 规定；

2 对需要进行沉降计算的天然地基，勘探深度可按式确定：

$$H = d + Z_n \quad (6.3.9-1)$$

式中： H —勘探深度（m），按整平地面高程算起；

d —预计基础的埋置深度（m）；

Z_n —地基压缩层计算厚度（m），当地基为黏性土时，自基础底面起算至附加压力等于自重压力的 20% 处；当地基为软土时，自基础底面起算至附加压力等于自重压力的 10% 处；

3 对不需进行变形验算的天然地基，勘探深度应达到预计基础埋置深度以下 8m~10m，如遇软土时应穿越进入稳定地层；当地基覆盖层较薄或为基岩时，勘探深度应达到中等风化岩~微风化岩以下 2m；拟采用桩基时，控制性勘探深度应穿过桩端平面以下压缩层厚度；一般性勘探深度宜进入预计桩端以下 3 倍~5 倍桩径，且不应小于 3m；设计桩径 $\geq 800\text{mm}$ 的大直径桩不应小于 5m。嵌岩桩控制性勘探深度应进入预计嵌岩面以下 3 倍~5 倍设计桩径，一般性勘探深度应进入预计嵌岩面以下 1 倍~3 倍设计桩径，并应穿过溶洞、破碎带进入稳定地层；

4 当采用群桩需进行变形验算时，可将群桩按一实体基础考虑，勘探深度宜到预计桩端深度以下 0.5 倍~1.5 倍与群桩基础相当的实体基础宽度；

5 当持力层埋藏较浅，且采用排架桩基础时，勘探深度不应小于按式(6.3.9-2)计算的深度：

$$H = K_1(h + h_1) \quad (6.3.9-2)$$

式中： H —河底面算起的勘探深度（m）；

K_1 —系数，根据持力层以上土层的软硬程度而定，取 1.5~1.0；

h —河底至梁底的距离（m）；

h_1 —冲刷深度 (m)。

6 采用沉井基础, 勘探深度应根据沉井刃脚埋深和地质条件确定, 一般应达到沉井刃脚以下 5m; 大型沉井应达到沉井刃脚以下 1 倍沉井宽度或达到沉井刃脚以下的坚硬土层;

7 当基坑需采取降水疏干时, 勘探深度应满足施工降水设计要求, 其控制性勘探点应穿越主要含水层进入隔水层一定深度, 并应达到基坑底面以下 5m~10m。

表 6.3.9 城市小型桥涵勘探深度 (m)

桥涵类别	基底土层		
	碎石土	砂土、黏性土、粉土	软土、松砂
小桥	4~8	6~12	12~20
涵洞	3~8	4~8	6~15

6.3.10 详细勘察取样和原位测试应符合下列规定:

1 采取岩土试样和原位测试点的数量不应少于勘探点总数的 2/3, 当勘探点总数少于 3 个时, 每个勘探点均应采取岩土试样或进行原位测试;

2 采取岩土试样和原位测试点的竖向间距, 在地基主要持力层范围内宜为 1m; 但主要岩土层参与数理统计的样本数或原位测试数据不应少于 6 件 (组) /次; 在地基主要持力层范围内, 对于厚度大于 0.5m 的夹层或透镜体, 均应取样或进行原位测试;

3 判定环境水和土对桥涵工程建筑材料的腐蚀性时, 应采取有代表性的地表水、地下水和土试样进行腐蚀性分析, 每种试样的数量不应少于 3 件。

6.3.11 桥涵工程地基承载力确定, 应符合现行国家行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG 3363 规定。

6.3.12 需进行抗震验算的桥涵工程, 应进行波速试验或动三轴试验, 提供设计所需的动剪模量、阻尼比等地震动参数。

6.3.13 当基坑需采取降低地下水位疏干时, 应进行现场抽、注

水试验，提供设计、施工所需的各主要岩土层的水文地质参数。

6.3.14 立交箱涵、人行地下通道和人行过街天桥勘察，可按小桥勘察规定执行。

6.3.15 详细勘察分析、评价应包括下列内容：

1 应对拟建场地的岩土工程条件，桥涵工程、防护构筑物的地基稳定性和周边环境进行分析；对拟建桥址的适宜性和桥台、岸坡的稳定性进行评价，分析评价不良地质作用对拟建桥涵工程的危害程度；

2 提供设计、施工所需的岩土参数和工程特性指标，对拟建桥涵工程地基基础方案提出建议。拟采用桩基时，应符合本标准第 5.2 节规定；

3 应分析和评价地下水对墩台基础、箱涵、人行地下通道等地下工程施工期和使用期的影响，提出地下水控制、抗浮工程措施、基坑支护和周边环境保护监测等建议；

4 在河床中设置墩台的桥梁工程，尚应提供抗冲刷计算所需的岩土设计参数；

5 分析地质条件可能造成的工程风险和潜在的岩土工程问题，并提出相应的防治措施和检测、监测建议。

6.4 隧道工程

6.4.1 本节适用于各种城市隧道工程如地下隧道、山岭隧道、工作井等的岩土工程勘察。

6.4.2 隧道工程岩土工程勘察分为可行性研究阶段勘察、初步勘察和详细勘察三个阶段。

6.4.3 可行性研究阶段勘察应了解拟建场地和影响范围内的地形地貌、区域地质、地震地质、工程地质、水文地质、气象、水文等特征和条件。对拟建隧道工程存在的不利影响因素进行分析。对隧道选线和洞口选址进行可行性分析。

6.4.4 可行性研究阶段勘察，勘探点间距宜为 400m~500m，勘探深度应根据工程规模和拟建场地岩土工程条件综合确定，一般应大于拟建隧道结构底板下 2.5 倍隧道高度。

6.4.5 初步勘察应初步查明拟建隧道工程影响范围内断裂构造的性质、产状、充填程度、组合关系和分布范围，地下水类型、埋藏条件、补给和排泄关系，地下水位和水位动态变化幅度，初步分析地下水和地表水对拟建隧道工程的影响。对围岩等级和岩土施工等级进行初步划分，对隧道围岩和洞口的稳定性进行初步评价，对初步设计和施工方法的选择提出建议，初步分析隧道施工对周边环境的影响，并提出防治措施建议。

6.4.6 初步勘察勘探点宜沿隧道边线外侧 3m~5m 范围内交叉布置，工作井应布置勘探点，隧道口应布置勘探点。勘探点间距宜为 100m~200m；长、特长隧道勘探点间距宜为 200m~300m，也可根据场地复杂程度及设计要求确定。勘探深度一般不宜小于隧道底面以下 2.5 倍隧道直径；控制性勘探深度可根据隧道围岩岩体基本质量等级和水文地质条件确定。采取（岩）土试样和进行原位测试的勘探点数量不应少于勘探点总数的 2/3。

6.4.7 山岭隧道所有钻孔均应进行剪切波速测试，深埋山岭隧道尚应进行地应力测试，应通过现场抽、注水试验获取水文地质参数。

6.4.8 地质构造、节理裂隙、不良地质作用发育和植被覆盖率高的拟选场地，应以工程地质测绘和工程物探为主，辅以少量钻探或槽探、坑探、井探的勘探方法。工程物探测线应沿隧道中轴线和边线布置，工程物探有效探测深度不宜小于隧道底面以下 3 倍隧道直径。工程物探测线间距宜沿隧道两侧和轴线布置，且不宜少于 2 条，出入洞口处和区间应布置横断面测线，且不宜少于 2 条；测点间距应根据选用的工程物探方法并以满足探测深度和探测目标精度的要求确定。

6.4.9 详细勘察应包括下列内容：

1 应采用钻探、工程物探和原位测试为主的综合勘探方法，必要时可布置洞探。查明地层岩性、产状、埋置深度和分布范围，划分岩组和确定其风化程度；

2 查明断层、破碎带、节理裂隙密集带的位置、产状、分布范围和力学属性，与隧道的相交关系；分段划分岩体结构类型、岩土施工工程等级和围岩分级；

3 查明不良地质作用和不良地质体的类型、性质、分布范围，分析对拟建隧道工程的危害程度，提出防治措施的建议；

4 查明地下水类型、埋藏条件、补给和排泄条件、地下水位和水位变化幅度。通过现场抽、注水试验提供设计与施工所需的水文地质参数，需要时应估算隧道的涌水量；判定环境水、土对隧道工程建筑材料的腐蚀性；

5 提供隧道工程设计和施工所需的岩土参数和工程特性指标；

6 当施工阶段需进行地下水控制时，应分段提出地下水控制方案，分析评估对周边环境可能产生的影响，提出防护措施和监测建议；

7 查明隧道所在位置及周边建（构）筑物、地下管线的分布，分析隧道施工可能产生的影响，提出防护措施和监测建议。

6.4.10 详细勘察勘探点布置应符合下列规定：

1 勘探点宜沿隧道边线外侧 6m~8m 交叉布置，区间隧道勘探点间距一般不宜大于 50m，岩土变化复杂的场地宜小于 25m，中等复杂的宜为 25m~40m，简单的宜为 40m~80m。工作井勘探点间距宜为 10m~20m，并不宜少于 2 个；

2 进、出洞口两侧（斜坡）和中轴线位置应布置勘探点和工程物探测线，洞口两侧（斜坡）勘探点不宜超过隧道边线 5m；

3 工程物探测线和测点间距应根据初勘阶段发现的异常点和查明探测目标的空间位置进行加密布置；

4 采取（岩）土试样和原位测试的勘探点数量不应少于勘探点总数的 1/2。

6.4.11 详细勘察勘探深度应符合下列规定：

1 一般性勘探深度不宜小于隧道底以下 1.5 倍~2.0 倍隧道直径或至基底设计标高以下 6m~10m；控制性勘探深度应根据工程地质、水文地质、隧道埋深、防护设计等需要确定，一般不宜小于 2.5 倍~3.0 倍隧道直径；

2 微风化及中等风化岩勘探深度应进入隧道底板以下 0.5 倍隧道高度且不小于 5m。岩溶、土洞、暗河等，应穿越并根据需要加深；

3 工作井一般性勘探深度不宜小于 2.5 倍开挖深度，并同时满足不同基础类型及基坑支护对勘探深度的要求。控制性勘探深度应满足变形计算要求。

6.4.12 详细勘察取样和原位测试应符合下列规定：

1 采取（岩）土试样和进行原位测试的竖向间距宜为 1m~2m；

2 地基基床系数 K_{30} 应采用承压板边长为 30cm 的平板静载荷试验确定；

3 应通过现场测试获取场地岩土体的压缩波速度、剪切波速度和岩土动力参数。必要时可通过室内岩土动力性质试验提供场地岩土动力参数；

4 当隧道工程影响范围有含水地层或含水地质构造时，应测量其稳定水位和承压水头，并应通过现场抽水、注水试验获取水文地质参数；

5 当水文地质条件复杂时，应进行专门水文地质试验。

6.4.13 当隧道工程可能产生偏压、膨胀压力、岩爆等特殊情况时，应进行专门研究。

6.4.14 岩质隧道工程地质、水文地质条件复杂时，应进行专门地质超前预报工作。

6.4.15 详细勘察分析、评价应包括下列内容：

1 分析和评价不良地质作用、特殊性岩土对隧道工程的影响，并提供相应的防治措施和建议；

2 对地基和围岩的稳定性、均匀性和山岭隧道洞口斜坡的稳定性进行评价，提出洞址、洞口、洞轴线位置的建议；

3 根据不同地段地质构造的复杂程度、节理裂隙发育程度、不良地质作用和不良地质体的分布范围和埋藏深度，分段分析其对隧道工程的影响；

4 根据隧道工程影响范围内的水文地质条件、地下水水质和有毒有害气体分布情况，分析其对隧道设计和施工可能产生的影响，提出防治措施建议；

5 根据隧道沿线工程地质、水文地质和环境地质条件，评价隧道施工工法的适用性；对工程地质和水文地质条件复杂地段应提出进行超前地质预报的建议；

6 对进出洞口、竖（斜）井、导坑、横洞等辅助通道的工程地质、水文地质条件和稳定性进行分析、评价；

7 根据沿线地下设施及障碍物专项调查报告，分析、评价其对隧道设计、施工和环境的影响，并提出处理措施和建议；

8 分析隧道施工中潜在的岩土工程问题和地质条件可能产生的工程风险，并提出防治措施和监测建议。

6.5 室外管道工程

6.5.1 本节适用于城市室外给排水管道、输油、输气管道线路的岩土工程勘察。

6.5.2 管道工程岩土工程勘察可分为选线勘察、初步勘察和详细勘察三个阶段。

6.5.3 选线勘察应了解比选线路和影响范围内的地形地貌、区域地质、地震地质、工程地质、水文地质、气象、水文等特征和

条件。对拟建管道工程存在的不利影响因素进行分析，对比选管道线路进行可行性分析。

6.5.4 初步勘察应初步分析其对拟建管线工程的不利影响因素；针对可能采用的明挖、暗挖等施工工法，初步提出管道地基基础、地基加固、基槽支护和地下水控制等建议。

6.5.5 初步勘察勘探点间距宜为 200m~500m；管道通过地质条件复杂的大中型河流，除应进行工程物探外尚应进行钻探，每个穿、跨越方案宜布置 1 个~3 个钻探点；采用明挖法施工的勘探深度不应小于管底设计高程以下 5m，采用顶管、定向钻施工的勘探深度不应小于管底设计高程以下 5m~10m，控制性勘探点的勘探深度宜为 15m~20m。可根据地质条件复杂程度、地下水控制、支护设计与施工需要对勘探深度进行适度增减。采取岩土试样和原位测试的勘探点数量不应少于勘探点总数的 2/3。

6.5.6 详细勘察应包括下列内容：

1 搜集附有坐标、管道走向、桩号和现状地形的管道总平面布置图；管道类型、管底控制高程、管径（断面尺寸）、管材和可能采用的施工工法，以及地下埋设物分布等资料；

2 当管道沿山体或山前基岩浅埋地段通过时，应查明基岩的分布界线、埋藏深度、风化程度；当管道穿越铁路、公路、河谷地段时，应查明微地貌特征、穿越断面的断裂、节理和裂隙发育程度、地层结构和工程地质特性；

3 查明沿线各地段暗埋的河、湖、沟、坑的分布范围、埋深及覆盖层的厚度和工程地质特性；

4 采用明挖深埋施工方案，在无黏性土层或黏性土层中垂直开挖超过坑壁自然稳定临界深度时，应提供基坑支护、边坡稳定性计算所需的岩土参数。提供基坑支护、施工降水方案，并对基坑开挖、施工降水对周边环境的影响做出评价；

5 跨越或架空管道地段，应查明管墩地基岩土工程条件，为墩基设计提供所需的岩土参数和工程特性指标，对地基稳定性

进行评价。

6.5.7 详细勘察勘探点布置应符合下列规定：

1 勘探点应沿管道中心线布置。当条件不许可时，勘探点移位不宜超出预计开挖基坑范围；穿越铁路、道路或河道时，不宜偏离管道中心线 3m；勘探点间距应符合表 6.5.7 的规定；

2 每个地貌单元、地貌单元交界处和管道走向转角处均应布置勘探点，在微地貌和地层变化较大的地段应予以加密。管道穿越铁路、道路、河道时，应在河道两岸或道路、铁路两侧布置勘探点，勘探点间距宜为 30m~100m；穿越铁路、公路地段，勘探点数量不宜少于 2 个，穿越河道地段不宜少于 3 个；

3 对管径小于 1m，埋深小于等于 3m 的开槽埋设管道，勘探点间距宜为 200m~400m；倒虹管不宜少于 2 个勘探点；对顶管施工管道，当管道长度小于 50m 时，勘探点的数量不宜少于 2 个；

4 管道穿越暗埋的河、湖、沟、坑地段和可能产生流砂或地震液化的地段时，勘探点应适当加密。

表 6.5.7 详细勘察勘探点间距 (m)

场地或岩土条件复杂程度	埋深小于 5m，明挖施工	埋深 5m~8m，明挖施工	埋深大于 8m，明挖施工	顶管、定向钻施工
一级	50~100	40~75	30~50	20~30
二级	100~150	75~100	50~75	30~50
三级	150~200	100~200	75~150	50~100

注：表中埋深均指管底埋置深度

6.5.8 详细勘察勘探深度应符合下列规定：

1 所有管道工程勘探深度均应至管底设计标高以下不少于 3m；当管道穿越河道时，勘探深度应达到河床最大冲刷深度以下 3m~5m；当基底下存在软土或未经压实的填土时，勘探深度应穿越软土和填土层；当基底下存在可能产生流砂、潜蚀、管涌或液化土层时，勘探深度应穿越该地层；当采取降低地下水施工方法时，勘探深度应达到基坑底面以下 5m~10m；当有承压含

水层，且水头压力较高时，勘探深度应超过承压含水层，并测量其水头压力高度；

2 当管道沿线地段的管基下平均分布有 2m 以上厚度的密实土层，且无地下水影响时，勘探深度可钻至该密实土层即可；

3 架空管道的勘探深度应达到支架基础下 1.5 倍~2.0 倍基础宽度，顶管工程可根据顶管段深度确定勘探深度；

4 钢筋混凝土结构管道的勘探深度应根据设计要求适当加深。

6.5.9 详细勘察取样和原位测试应符合下列规定：

1 当管道穿越铁路、道路和河道时或是当管道基底设计标高以下有软土或可液化土层存在时，均应采取岩土试样或进行原位测试；

2 管道沿线采取岩土试样和进行原位测试的勘探点数量，不应少于勘探点总数 1/2；

3 采取岩土试样和原位测试的竖向间距，基础持力层应为 1m；每一主要地层取样和原位测试数量均应取样或进行原位测试，取样或进行原位测试的数量应满足数理统计要求，且不得少于 6 件（组）/次；

4 当基坑、基槽采用降低地下水位疏干方案时，应进行现场的抽水或注水试验，提供施工降水设计所需的水文地质参数；

5 判定地下水和土对管道材料的腐蚀性时，可每隔 2km 取水样 1 件，在管顶和管底部位各取土试样 1 件；对钢、铸铁金属管道尚应测定土层的电阻率；每项管道工程的取水试样不应少于 3 件，电阻率测定次数不应少于 3 组，管顶和管底部位取土试样不应少于 3 件。

6.5.10 详细勘察分析、评价应包括下列内容：

1 应分段评价岩土工程条件，提供设计所需的岩土参数和工程特性指标，提出地基基础、基坑支护和地下水控制等设计与施工方案建议；穿越工程尚应分析岸坡稳定性对管道的影响，提

出岸坡保护措施和建议；

2 对河床、岸坡的稳定性做出评价，分析管线产生沉降、不均匀沉降或整体失稳的可能性，提出防治措施和监测建议；

3 采用顶管、定向钻敷设管道工程时，应分析地层岩性变化、富水特征及其影响程度，对工作井与接收井地下水控制、支护措施和监测提出建议；

4 采用明挖施工方案的深埋管道段，在无黏性土层或黏性土层中垂直开挖超过坑壁自然稳定临界深度时，应提供基坑支护方案，提供稳定性验算、支护设计、降水设计所需的岩土参数；对基坑开挖、施工降水对邻近建（构）筑物的影响做出评价；

5 分析和评价室外管道工程施工中潜在的岩土工程问题和地质条件可能产生的工程风险，并提出防治措施和监测建议。

6.6 给排水工程

6.6.1 本节适用于给排水工程、厂区贮水构筑物、泵房和取排水构筑物的岩土工程勘察。厂区附属建筑物岩土工程勘察应按本标准第5章规定执行，管道工程岩土工程勘察应按本标准第6.5节执行。

6.6.2 给排水工程岩土工程勘察分为初步勘察和详细勘察两个阶段。

6.6.3 给排水工程等级，可根据厂区贮水构筑物规模按表6.6.3确定。

表 6.6.3 给排水工程等级

建设项目		工程等级		
		大型	中型	小型
给水工程	净水厂	≥ 10	5~10	< 5
	泵站	≥ 20	5~20	< 5
排水工程	处理厂	≥ 8	4~8	< 4
排水工程	泵站	≥ 10	5~10	< 5

注：单位为万立方米/日

6.6.4 初步勘察应根据场地岩土工程条件结合给排水工程特点，初步分析其对拟建工程的不利影响因素；分析地下水与地表水之间的相互关系，并提出初步防治措施和建议。当需进行抗浮设计时，应建议布置一定数量的地下水和地表水水位长期观测孔，对水位的动态变化进行监测，监测周期不宜少于一个水文年。

6.6.5 初步勘察勘探点可根据拟建（构）筑物的平面布置结合地形地貌特征、工程地质条件布置，水处理构筑物可按方格网布置，各独立建（构）筑物、泵站、取排水构筑物均应布置勘探点，勘探点间距宜为 50m~150m。勘探深度应根据各建（构）筑物的特点和场地岩土工程条件综合考虑确定，控制性勘探点的勘探深度应大于附加压力影响深度。

6.6.6 详细勘察应包括下列内容：

1 收集附有坐标、高程和现状地形的给排水工程总平面布置图，结构类型、荷载和变形要求，以及拟建场地和周边地下管线和设施等资料；

2 查明拟建场地的地下水类型、地下水位和变化幅度，地表水的来源、水位、积水时间和排水条件，分析地表水和地下水补、排关系；判定环境水、土对建筑材料的腐蚀性；

3 提供地基基础设计、建（构）筑物抗浮、地基处理和基坑工程等设计、施工所需的岩土参数和工程特性指标，对地基基础方案、基坑支护和地基处理等提出建议。

6.6.7 详细勘察勘探点布置应符合下列规定：

1 厂区贮水构筑物勘探点宜沿其周边布置，勘探点间距可根据基础方案按第 5.2 节规定确定。大型贮水构筑物应在拟建（构）筑物范围内布置勘探点；

2 进出水管道应根据管径大小和数量，垂直岸边布置勘探线，每一条勘察线的勘探点间距宜为 30m~60m，取水头部（排出口）应布置勘探点；

3 泵房应根据建筑面积和场地条件布置勘探点。建筑面积小于等于 200m^2 ，勘探点宜为 1~2 个；建筑面积大于 200m^2 ，勘探点不宜少于 2 个。泵房与管道接头处和重大设备基础应单独布置勘探点；

4 详细勘察控制性勘探点数量不应少于勘探点总数的 1/3；采取土试样和进行原位测试的勘探点数量不应少于勘探点总数的 1/2。

6.6.8 详细勘察勘探深度应符合下列规定：

1 厂区贮水构筑物的勘探深度应根据其基础形式确定，天然地基一般性勘探深度宜取 0.6 倍~0.8 倍基础宽度；控制性勘探深度应达地基压缩层计算深度以下 $1\text{m}\sim 2\text{m}$ 。桩基一般性勘探深度不宜小于桩端以下 3m ；

2 取水头部及进水管道的，天然地基一般性勘探深度宜取 0.6 倍~0.8 倍基础宽度，且不应小于基础底面以下 5m ；控制性勘探深度应达压缩层计算深度以下 $1\text{m}\sim 2\text{m}$ ；采用排架桩时，勘探深度不宜小于桩端以下 3 倍~5 倍设计桩径，且不宜小于 3m ；

3 槽式泵房的勘探深度不宜小于开挖深度的 2.5 倍，岸边泵房的勘探深度宜达到岸坡稳定验算深度以下 $3\text{m}\sim 5\text{m}$ ；采用沉井基础形式，勘探深度应根据沉井刃脚埋深和地质条件确定，宜至沉井刃脚以下 0.5 倍~1.0 倍沉井直径（宽度），但并不宜小于沉井刃脚以下 5m ；

4 勘探深度尚应同时满足不同基础形式及施工工法对勘探深度的要求；

5 基底以下分布对工程有影响的承压水时，勘探点应进入承压水含水层，并应选择部分勘探点测量稳定水位。

6.6.9 详细勘察每一工程地质单元各主要岩土层采取的原状土试样或原位测试数据不应少于 6 件（组）/次。

6.6.10 详细勘察分析评价应包括下列内容：

1 根据拟建场地的不良地质作用、特殊性岩土的分佈情

况，评价其对工程的影响，并提出地基处理、治理措施和监测建议；

2 应对给排水工程和厂区建（构）筑物的地基稳定性和变形特征进行分析；对地下结构抗浮措施提出建议；

3 应根据场地岩土工程条件和水文地质特征，对地下工程基坑支护结构的选型等提出建议；

4 分析对拟建工程有影响的各含水层地下水的埋藏条件、水位及其变化幅度，对地下水的浮力作用进行评价；水文地质条件复杂且对设计及施工有重大影响时，应提出专项水文地质勘察建议；

5 对基坑工程可能产生的流土、管涌、坑底突涌等进行分析、评价，并提出处理措施和监测建议；

6 对荷载较轻的贮水构筑物，应分析评价地下水对工程运营及空载状态时的影响，并提出处理措施和建议；

7 对取水、排放口的地基稳定性、承载力和变形进行分析，提出防冲刷措施和监测建议；

8 应根据拟定施工工法，如明挖、沉井等对泵房的地基稳定性、承载力和变形特征进行分析。

6.7 堤岸工程

6.7.1 本节适用于城市江、河、湖、海堤岸的岩土工程勘察。

6.7.2 堤岸工程岩土工程勘察分为初步勘察和详细勘察两个阶段。

6.7.3 堤岸根据其结构型式和使用的建筑材料，可分为桩式和人工地基堤岸、圻工结构或钢筋混凝土结构的天然地基堤岸和土堤三种类型，堤岸分类应符合表 6.7.3 规定。

表 6.7.3 堤岸分类

堤岸类别	堤岸类型
I 类堤岸	桩式堤岸及人工地基堤岸

续表 6.7.3

堤岸类别	堤岸类型
II类堤岸	圬工结构或钢筋混凝土结构的天然地基堤岸
III类堤岸	土堤

注：1 桩式堤岸包括自由式板桩壁、锚固式板桩岸壁和桩基加固的混合式岸壁，人工地基包括各种人工地基处理后的基础形式；

2 圬工结构或钢筋混凝土结构的天然地基堤岸包括重力式、半重力式、衡重式、悬臂式和扶壁式等挡墙；

3 土堤包括浆砌或干砌块石勾缝的护坡堤岸。

6.7.4 初步勘察应根据场地岩土工程条件结合堤岸工程特点，初步分析其对拟建堤岸工程的不利影响因素。分析地下水补、排条件与地表水体的相互关系，并提出初步防治措施和建议。根据河道冲淤情况、水流侧向侵蚀、岸坡防护和稳定状况，根据表 6.7.4 对堤岸稳定性进行初步评价。

表 6.7.4 堤岸稳定性分类

类别	划分条件
稳定堤岸	堤岸岩土体抗冲刷能力强，无堤岸失稳迹象
基本稳定堤岸	堤岸岩土体抗冲刷能力较强，历史上未发生堤岸失稳事件
稳定性较差堤岸	堤岸岩土体抗冲刷能力较差，历史上曾发生小规模堤岸失稳事件，危害性不大
稳定性差堤岸	堤岸岩土体抗冲刷能力差，历史上曾发生堤岸失稳事件，危害性大

6.7.5 初步勘察应沿岸线布置部分勘探点，勘探点间距宜为 100m~200m，垂直轴线的勘探点间距宜为 20m~50m，横剖面线间距宜为纵剖面勘探点间距的 2 倍~4 倍，勘探点不宜少于 3 个。勘探深度应根据堤岸类别和场地岩土工程条件综合确定，勘探深度宜至河床以下 5m~10m；控制性勘探深度应满足设计和岩土工程分析对稳定性、变形、抗冲刷验算和渗流稳定性分析等要求。

6.7.6 详细勘察应包括下列内容：

1 搜集附有坐标、高程、堤岸走向、桩号和现状地形的堤岸工程总平面图。堤岸结构类型、基础形式、单位荷载、允许变形等有相关资料；

2 查明堤岸和影响范围内的地层分布、岩性、工程特性和岩土工程条件，为填筑堤岸和工程回填材料的选择提供压实性指标；

3 查明地表水体的分布范围，地下水的类型和埋藏条件，地下水和地表水的水位及其变化幅度，地表水与地下水的补给、排泄关系；

4 对堤岸沿线地基的均匀性、渗透性和岸坡的稳定性进行分析，评价江、湖、河、海动力地质作用对岸线变迁的影响程度。

6.7.7 详细勘察勘探点布置应符合下列规定：

1 勘探点应沿堤岸轴线或平行堤岸轴线布置，每个地貌单元、不同地貌单元交界处、微地貌和地层急剧变化处，堤岸走向转折点、结构型式变化处，均应布置勘探点，勘探点间距应按表 6.7.7 确定；

2 应根据沿线各地段的地形、地层变化情况，选择有代表性的地段布置垂直于堤岸线的横断面勘探线；每条横断面勘探线布置的勘探点不宜少于 3 个，间距不宜大于 30m 并应满足滑动验算要求；

3 对堤岸改造、加固工程，勘探点不宜布置在原堤岸内；

4 控制性勘探点的数量不宜少于勘探点总数的 1/2，每个地貌单元、地层急剧变化处，堤岸走向转折处和堤岸结构形式变化处等应布置控制性勘探点。

表 6.7.7 勘探点间距 (m)

场地和岩土条件 复杂程度	堤岸工程重要性等级		
	一级	二级	三级
一级	25~35	35~50	50~100
二级	35~50	50~100	100~150
三级	50~100	100~150	150~200

注：表中勘探点间距为沿堤岸走向间距。

6.7.8 详细勘察勘探深度应符合下列规定：

1 I类桩式堤岸，勘探深度应达到桩尖以下3m~5m；桩式堤岸中的混合式桩式堤岸，应布置部分控制性勘探点，其勘探深度应达到桩尖以下1.5倍~2.0倍基础底面宽度；

2 II类圬工结构或钢筋混凝土结构采用天然地基堤岸，勘探深度应进入基础持力层3m~5m；

3 III类土堤岸，勘探深度应达到1倍~2倍土堤高度。当为软土地基时，勘探深度应加深并穿越软土层；

4 在预定勘探深度范围内遇到基岩时，控制性勘探深度应进入中等风化~微风化岩层1m~2m，一般性勘探深度至基岩面即可；

5 需进行变形验算的堤岸工程，控制性勘探深度应达到地基压缩层的计算深度；

6 当堤岸附近有大面积地面堆载或有软弱下卧层时应加深勘探深度。

6.7.9 详细勘察取样和原位测试应符合下列规定：

1 采取试样和原位测试的数量、竖向间距、试验项目等可按本标准第6.3.10条执行；

2 当采用混凝土重力式堤岸，需要为抗滑稳定性验算提供基底摩擦系数时，宜进行模型试验。如无实测资料时，可参考表6.7.9并结合工程实践经验综合确定；

3 需要判定环境水和土对堤岸建筑材料腐蚀性时，应采取有代表性的水试样、土试样进行腐蚀性分析，采取试样的数量分别不应少于3件。

表 6.7.9 基底与土（岩）摩擦系数 f

材料		摩擦系数
墙底与抛石基底	墙身为预制混凝土或钢筋混凝土结构	0.60
	墙身为预制浆砌块石结构	0.65
抛石基底与地基土	地基为细砂至粗砂	0.50~0.60
	地基为粉砂	0.40

表 6.7.9 基底与土（岩）摩擦系数 f

材料		摩擦系数	
抛石基底与地基土	地基为粉土	0.35~0.50	
	地基为黏土、粉质黏土	0.30~0.45	
挡土墙与地基土 (岩)	地基为黏性土	可塑	0.25
		硬塑	0.25~0.30
		坚硬	0.30~0.40
	地基为砂土		0.40
	地基为碎石土		0.40~0.50
	地基为软质岩石		0.40~0.60
	地基为表面粗糙的硬质岩石		0.60~0.70

6.7.10 既有堤岸改造或加固工程详细勘察，应在充分搜集、分析、利用已有资料和调查研究的基础上，根据设计要求、场地条件，确定勘察工作内容和方法；对有暗埋构筑物、地下障碍物和建筑垃圾等杂填土分布的地段，勘察方案应与设计和施工方商定后，方可实施。

6.7.11 详细勘察分析、评价应包括下列内容：

- 1 分析、评价不良地质作用和特殊性岩土对堤岸稳定性的影响，并提出防治措施的建议；
- 2 分析地表水和地下水的补给、排泄关系，评价地下水对堤岸稳定性的影响，对地基渗透变形进行分析和评价；
- 3 根据堤岸类别和拟采用的基础形式，对地基稳定性进行分析，提出地基基础方案、地基处理方法、施工方案和环境保护等建议；
- 4 对已失稳的堤岸和抢险加固地段，应收集已有勘察资料和水文、气象等资料。对险情发生过程进行调查，查明堤岸失稳的范围、类型、规模和崩岸速率，必要时应进行专项勘察，分析堤岸失稳的原因，提出加固处理措施建议；
- 5 提供既有堤岸改造、加固工程施工、运营期检测和监测建议。

6.8 地下综合管廊工程

6.8.1 本节适用于城市地下综合管廊的岩土工程勘察。

6.8.2 综合管廊岩土工程勘察可分为初步勘察和详细勘察两个阶段。

6.8.3 初步勘察应根据场地岩土工程条件结合地下综合管廊的工程特点，初步分析其对拟建工程的不利影响因素。分析地下水补、排条件与地表水体的相互关系，并提出初步防治措施和建议。

6.8.4 初步勘察勘探点可沿管道中心线布置或沿地下管廊两侧交叉布置，勘探点间距宜为 100m~200m，勘探深度应大于 2.5 倍管廊埋置深度，并应满足地基稳定性和变形验算的要求。当基底下存在软土、未经压实的填土和可能产生流砂、潜蚀、管涌或液化土层时，勘探深度应穿越至稳定地层。当采取地下水控制措施时，勘探深度应达到基坑底面以下 5m~10m；当有承压含水层，且水头压力较高时，勘探深度应超过承压含水层，并测量其水头压力高度；

6.8.5 详细勘察应包括下列内容：

1 搜集附有坐标、高程、管廊走向、桩号和现状地形的管廊工程总平面布置图；管廊埋置深度、管廊断面尺寸、拟采用的施工工法和地下埋设物分布等资料；

2 应查明管廊沿线各地段地层分布、深度和工程特性，特殊性土和不良地质作用的分布范围，是否有可液化土层；地表水的水位高程和动态变化幅度，地表水和地下水的补、排关系；

3 当管廊沿基岩浅埋地段通过时，应查明岩土分布界面、埋藏深度、风化程度；当管廊穿越既有铁路、公路、河谷地段时，应查明微地貌特征、穿越断面的地层结构、断裂、节理和裂隙发育程度和工程特性；穿越河流时，应查明穿越段河床和岸坡的地形高差，地层分布、物质组成和工程特性，水流对岸坡的冲刷程度，提供岸坡抗冲刷验算所需的计算参数；

4 采用明挖深埋施工方案，在无黏性土层或黏性土层中垂

直开挖超过坑壁自然稳定临界深度时，应对基坑支护、施工降水方案提出建议。

6.8.6 详细勘察勘探点布置应符合下列规定：

1 当综合管廊断面尺寸小于 10m 时，勘探点宜在管廊外侧交叉布置，当管廊断面尺寸大于等于 10m 时，勘探点宜在管廊两侧双排平行布置。

2 综合管廊出入口及纵剖面最低位置、水文地质条件复杂的地段应布置勘探点。

3 综合管廊交叉部位，与地下既有设施、周边环境交叉风险较高的位置应布置勘探点。

4 综合管廊勘探点间距应根据场地或岩土条件复杂程度按表 6.8.6 规定确定。

表 6.8.6 详细勘察管廊勘探点间距 (m)

场地或岩土条件复杂程度等级	勘探点间距
一级	10~20
二级	20~30
三级	30~50

6.8.7 详细勘察勘探深度应符合下列规定：

1 勘探深度应为 2 倍~3 倍开挖深度，且应满足支护设计和抗浮设计要求；

2 控制性勘探深度应满足基坑稳定性分析、地基变形计算以及地下水控制要求。

6.8.8 详细勘察取样和原位测试应符合下列规定：

1 采取岩土试样和进行原位测试的勘探点数量不应少于勘探点总数的 1/2；控制性勘探点数量不应少于勘探点总数的 1/3；

2 当水文地质条件复杂且对管廊设计、施工有影响时，应进行抽、注水试验，获取设计、施工所需的水文地质参数；

3 室内土工试验应根据基坑工程设计和施工需要确定试验项目。

6.8.9 详细勘察分析、评价应包括下列内容：

1 应在满足本标准基本规定和一般规定的基础上,对存在不良地质作用和特殊性岩土的地段,进一步分析其发展趋势及对综合管廊工程的危害程度,提出防治措施和监测建议;

2 对综合管廊沿线各地段地基的稳定性进行分析,分析管廊工程产生沉降、不均匀沉降或整体失稳的可能性,提出防治措施和监测建议;

3 应分析地下水对综合管廊施工期和使用期可能产生的影响,分析地下水浮力作用对综合管廊工程的影响,并提出抗浮工程措施建议;

4 对综合管廊地基基础方案、基坑开挖与支护方案选型、地下水控制等提出建议;

5 根据沿线地下设施和障碍物专项调查报告,分析其对综合管廊设计和施工的影响,以及综合管廊施工对环境的影响,并提出防治措施建议;

6 对工程结构物、周边环境、岩土体变形和地下水位变化等提出监测建议。

6.9 城市步栈道工程

6.9.1 本节适用于城市休闲步栈道、人行景观栈道等工程的岩土工程勘察。

6.9.2 城市步栈道工程岩土工程勘察分为初步勘察和详细勘察两个阶段。

6.9.3 城市步栈道工程勘察应以搜集资料、工程地质测绘为主、辅以钻探、物探、槽探等勘探方法、并结合室内土工试验和原位测试等综合勘察方法。收集资料应包括下列内容:

1 拟建步栈道沿线地形地貌、区域地质、地震地质、气象、水文和沿线邻近既有工程勘察等资料;

2 拟建物工程概况、设计方案等工程设计资料;

3 附有拟建步栈走向、坐标、高程和地形图的线路总平面规划图；

4 拟建步栈道沿线邻近建（构）筑物、地下工程设施和地下管线等资料。

6.9.4 初步勘察应根据拟建步栈道沿线地形地貌特征、工程地质和水文地质条件，并结合拟建步栈道工程特点，初步分析其对沿线各段步栈道工程的不利影响因素，对沿线各段场地的稳定性和适宜性进行评价。分析地下水补、排条件与地表水体的相互关系，并提出初步防治措施和建议。当步栈道工程有穿越河流、沟谷、山地斜坡等地形复杂地段时，应初步查明河道冲淤情况、河床堆积物物质组成、水流侧向侵蚀、岸坡等稳定状况，对岸坡、斜坡、边坡稳定性进行初步评价。有两种以上比选线路方案时，应对比选线路进行可行性比选分析。

6.9.5 初步勘察勘探线应与步栈道的轴线方向一致；悬空步栈道勘探点宜布置在步道轴线两侧可能设置墩台的部位，可采取隔墩台布置勘探点；贴地步栈道可参考城市道路工程勘探点布置原则布置。

6.9.6 详细勘察应包括下列内容：

1 当拟建栈道位于岩溶、土洞分布区或采空区时，应采用物探、钻探、井探、槽探等相结合的综合勘察手段，查明其分布范围，埋藏深度和填充情况等。分析其对拟建步栈道工程的影响，并提出防治措施和建议；

2 当步栈道工程有穿越河流、沟谷、山地斜坡等地形复杂地段时，应查明河道冲淤情况、河床堆积物物质组成、水流侧向侵蚀、岸坡等稳定状况；

3 对拟建工程的地基基础方案提出建议，对潜在的岩土工程风险进行分析，并提出防治措施和检测、监测建议。

6.9.7 详细勘察勘探点布置应符合下列规定：

1 悬空步栈道，可逐墩台布置勘探点；梯道可隔墩台布置

勘探点，梯脚部位应布置勘探点；

2 贴地步栈道的勘探点布置方法可参考城市道路工程勘探点布置原则布设；

3 当场地地形、基础持力层起伏变化较大、采用钻探方式困难时，可采用物探结合槽探、坑探和井探等综合勘探手段；

4 基础施工有可能诱发滑坡等地质灾害的边坡，勘探点应结合步道墩台布置和边坡稳定性分析的需要布置；

5 相邻勘探点揭示的潜在基础持力层面变化大于 10% 时、影响基础设计和施工方案的选择时，应根据墩台布置加密勘探点间距。

6.9.8 详细勘察勘探深度应符合下列规定：

1 拟采用天然地基时，勘探深度应穿越潜在基础持力层至下卧层一定深度；一般性勘探深度应至基础底以下 0.5 倍~1.0 倍基础宽度，且不应小于 5m；控制性勘探深度应超过地基变形计算深度；对覆盖层较薄的岩质地基，勘探深度应穿越潜在基础持力层或基础埋置深度以下 3m~5m；

2 拟采用桩基时，控制性点的勘探深度应穿越桩端持力层，且不小于 5 米；一般性勘探深度宜至预计桩端以下 3 倍~5 倍设计桩径，且不应小于 3m，对于大直径桩不应小于 5m；嵌岩桩控制性勘探深度应至桩端以下 3~5 倍设计桩径，一般性勘探深度应至预计桩端以下 2 倍~3 倍设计桩径，并应穿过溶洞、破碎带达到稳定地层；

3 贴地段步栈道一般路基段的勘探深度宜至原地面标高以下 5m；挖方地段宜至路面设计标高以下 4m。当分布有填土、软土等特殊岩土或可液化土层时，勘探深度应穿越特殊性土地层，或满足液化判别计算深度；

4 高路堤勘探深度应满足稳定性分析、评价要求，控制性勘探深度应满足变形计算的要求。陡坡路堤、路堑、支挡结构的勘探深度应满足稳定性分析和地基处理的要求。

6.9.9 详细勘察阶段，控制性勘探点数量不应少于勘探点总数的 1/3；采取土试样和进行原位测试的勘探点数量不应少于勘探点总数的 1/2；当勘探点总数少于 3 个时，每个勘探点均应取样或进行原位测试。

6.9.10 人行栈桥可根据城市桥涵工程勘察要求制定勘察方案。当人行栈桥、观景平台等需拟采用桩基础时，应符合桩基础勘察技术要求，并提供桩基设计所需的岩土参数。

6.9.11 详细勘察分析、评价应包括下列内容：

1 对拟建步栈道沿线特殊性岩土和不良地质作用的危害程度进行分析，并提出相应的防治措施和监测建议；

2 对沿线各地段地基基础方案进行对比分析，对设计与施工中潜在的岩土工程风险进行评估，并提出防治措施和监测建议；

3 人行栈桥、观景平台等拟采用桩基时，应根据场地岩土工程条件对桩基选型、桩端持力层和施工方法等进行分析对比；对成桩可行性、桩基施工对周边环境的影响等进行评价，并提出防治措施和监测建议；

4 当为人工填土地基时，应分析其均匀性、工程特性和提供工程特性指标，并提出相应的防治措施和建议；

5 人行栈道地基与边坡工程的稳定性分析、评价，可采用定性和定量评价相结合的方式。当人行栈道线路跨越不同岩土工程条件区段时，应分区段进行评价；

6 当步栈道在河床中设置墩台时，应提供抗冲刷计算所需的岩土参数。

7 环境岩土工程勘察技术要求

7.1 一般规定

7.1.1 本章适用于固体废弃物处理工程、垃圾填埋场工程（不包括核废料填埋场）、地下水污染治理工程和污染场地治理工程的环境岩土工程勘察。

7.1.2 垃圾填埋场、固体废弃物处理工程环境岩土工程勘察宜分为可行性研究勘察、初步勘察和详细勘察三个阶段；地下水污染治理工程和污染场地治理工程环境岩土工程勘察宜分为初步勘察和详细勘察两个阶段；场地岩土工程条件简单时，可直接进行详细勘察。

7.1.3 环境岩土工程勘察收集资料应包括下列内容：

1 勘察场地和影响范围的地形地貌、区域地质、地震地质、水文地质、水文、气象等资料，土地利用资料和社会经济发展资料等；

2 固体废弃物堆场、垃圾填埋场的堆填容量和使用年限；废弃物、垃圾的成分、粒度、物理和化学性质，废弃物、垃圾的日处理量、堆填方式和要求；

3 固体废弃物堆场和垃圾填埋场工程初期坝的坝长和坝顶标高，加高坝的最终坝顶标高和防渗结构的变形要求；

4 地下水污染和污染场地主要污染源及分布污染指标，周边城镇及工矿企业污水排放，固体废弃物排放种类及分布；大气和土壤污染状况，地表水污染程度、污染物组分及危害，地下水污染程度、污染物组分、浓度和分布情况等；

5 场地邻近的水源地保护带、水源开采情况和环境保护要

求。

7.1.4 工程地质测绘范围应包括拟建场地及邻近可能被影响的区域。工程地质测绘比例尺，可行性研究勘察宜为 1: 5000~1: 25000，初步勘察宜为 1: 2000~1: 5000，详细勘察的复杂地段宜为 1: 500~1: 1000。

7.1.5 工程地质测绘应包括下列内容：

- 1 拟处理工程场地和影响范围的地形、地貌特征，地质构造、地层分布、地表水体、周边工矿企业和居民区的分布；
- 2 与场地稳定性有关的不良地质作用和特殊性岩土；
- 3 有价值的自然景观、文物和矿产的分布，矿产的开采和采空情况；
- 4 地下水污染水体和土壤污染分布情况；
- 5 与渗漏有关的水文地质问题；
- 6 生态环境现状。

7.2 固体废弃物处理工程

7.2.1 勘察范围应包括堆填场（库区）、初期坝、相关的管线、隧洞等建设场地和临近可能被影响和污染的范围，以及填筑材料场地勘察。

7.2.2 可行性研究勘察应根据比选场地和影响范围内的地形地貌、区域地质、地震地质、工程地质、水文地质、气象、水文等特征和条件，对拟建固体废弃物处理工程存在的不利影响因素进行分析，对筑坝材料和防渗覆盖用黏土进行调查，对比选场地进行可行性分析。

7.2.3 初步勘察应在充分搜集、利用场地及其附近已有资料的基础上，以大比例尺工程地质测绘为主，辅以勘探、原位测试、工程物探、室内试验等；对拟建工程的总平面布置、场地的稳定性和废弃物对环境的影响等进行初步评价，并提出防治措施和建

议。对污染物的运移，对水源和岩土污染，对环境的影响进行初步分析。

7.2.4 初期坝的筑坝材料勘察、防渗和覆盖用黏土材料勘察，应包括材料的产地、储量、性能指标、开采和运输条件。可行性勘察应确定产地，初步勘察时应基本完成。

7.2.5 详细勘察应包括下列内容：

1 查明建设场地各地段和影响范围内的地质构造、不良地质作用、工程地质和水文地质条件，结合工程特点分析场地的防渗条件；

2 对场地的稳定性，堆积体的地震效应，废弃物对环境的影响进行分析；

3 评价场地岩土体和废弃物的渗透性、潜在污染源的下渗条件，并提出可行的防渗措施和建议；

4 对固体废弃物处理工程提出设计、治理、检测和监测工作建议。

7.2.6 废渣材料加高坝勘察应符合下列要求：

1 查明已有堆积体的成分、颗粒组成、密实程度、堆积规律；

2 查明堆积材料的工程特性和化学性质；

3 查明堆积体内浸润线位置及其变化规律；

4 对已运行坝体的稳定性，继续堆积至设计高度的适宜性和稳定性进行评价；

5 对废渣堆积坝在地震作用下的稳定性和废渣材料的地震液化可能性进行评价；

6 对加高坝运行可能产生的环境影响进行分析和评价。

7.2.7 详细勘察勘探点布置应符合下列规定：

1 勘察范围应包括堆填场（库区）、初期坝、相关的管线、隧道等构筑物 and 建筑物，以及邻近受工程影响范围；

2 勘探线应平行堆填场、拦污坝、隧洞、管线等构筑物的

轴线布置；

3 勘探点间距可根据填埋方式、工程特性、场地地质条件复杂程度综合确定；

4 当与场地稳定性、渗漏有关的地段，勘探点间距应加密或布置专门勘探工作；

5 拦污坝基勘察，应按堆积规模垂直坝轴线布设不少于 3 条勘探线，勘探点间距在堆场内可适当增大；

6 勘探手段宜采用工程物探辅以钻探、井（坑）探等。

7.2.8 详细勘察勘探深度应符合下列规定：

1 勘探深度可根据场地岩土工程条件、工程特性、荷载大小等综合确定；

2 勘探深度应满足稳定性、变形、渗漏分析和计算要求；

3 坝基勘察，一般性勘探深度应满足坝基稳定性计算要求，控制性勘探深度应超过坝基稳定性计算影响深度范围，并查明影响深度范围内是否存在相对软弱夹层。

7.2.9 详细勘察取样和原位测试应符合下列规定：

1 每一主要岩土层、软弱夹层应采取试样，软弱岩土层宜连续取样，参与数理统计的有效样本数，土层不应少于 6 件（组），岩层不应少于 9 件（组）；

2 坝基、隧洞勘察，宜进行现场直接剪切试验，抽水试验、注水试验或压水试验，提供设计、施工所需的岩土参数；

3 堆填场、坝基勘察可采用工程物探结合其它勘探手段，并提供场地和地基地震效应评价所需的（岩）土动力参数。

7.2.10 固体废弃物处理工程应按本标准第 16 章规定进行专门的水文地质勘察。

7.2.11 固体废弃物处理工程勘察分析、评价应包括下列内容：

1 崩塌、滑坡、泥石流、岩溶、断裂等不良地质作用对处理工程的影响；

2 坝基、坝肩和库岸的稳定性评价，地震作用对处理工程

稳定性的影响；

3 坝址和库区渗漏及建库对环境的影响；

4 废渣加高坝勘察，应分析、评价现状和达到最终高度时的稳定性，对堆积方式和应采取的防治措施提出建议；

5 对地方建筑材料的质量、储量、开采和运输条件进行技术经济对比分析；

6 对边坡、地下水位和库区渗漏等监测工作提出建议。

7.2.12 岩溶分布地区，应重点查明岩溶的发育条件，溶洞、土洞、塌陷的分布，岩溶水的通道和流向，有无可能造成地下水和渗出液的渗漏，以及岩溶对处理工程稳定性的影响，并应符合本标准第9章规定。

7.3 垃圾填埋场工程

7.3.1 垃圾填埋场工程勘察前搜集资料应包括下列内容；

1 垃圾的种类、成分和主要特性，以及填埋的卫生要求；

2 填埋方式和填埋程序以及防渗衬层和封盖层的结构，渗出液集排系统的布置；

3 防渗衬层、封盖层和渗出液集排系统对地基和废弃物的容许变形要求；

4 截污坝、污水池、排水井、输液输气管道和其他相关构筑物的分布情况。

7.3.2 可行性研究勘察范围和可行性研究勘察要求应符合本标准第7.2.1条～第7.2.2条规定，并对比选场地方案进行可行性比选分析。

7.3.3 初步勘察应重点查明坝基和边坡的稳定性。

7.3.4 详细勘察除应按本标准第7.2.5条、第7.2.6条规定执行外，尚应查明地下水污染水体和污染土壤分布情况和污染指标。

7.3.5 详细勘察勘探点布置、勘探深度、取样和测试除应按本

标准第 7.2.7 条~第 7.2.9 条规定执行外, 尚应符合下列要求:

- 1 需进行变形分析的地段, 其勘探深度应满足变形分析的要求;
- 2 生活垃圾的物理、化学和力学性质指标应根据其种类和特性采用合适的方法, 并可根据监测资料采用反分析方法获取设计参数;
- 3 测定垃圾渗出液的化学成分, 必要时应进行专门试验; 应对污染物的运移规律进行分析。

7.3.6 垃圾填埋场工程勘察分析、评价除应符合本标准第 7.2.11 条规定外, 尚应包括下列内容:

- 1 对工程场地的整体稳定性、堆积体的变形和稳定性进行评价, 提出保证整体稳定的措施和监测建议;
- 2 分析地基和废弃物变形, 导致防渗衬层、封盖层和其他设施失效的可能性; 提出减少变形、防止渗漏和保护环境措施和监测建议;
- 3 预测水位变化及其影响;
- 4 分析污染物的运移规律及对水源、农业、岩土和生态环境的影响;
- 5 对筑坝材料、防渗和覆盖用黏土等地方材料的产地等提出建议;
- 6 对施工期和使用期的监测工作提出建议。

7.4 地下水污染治理工程

7.4.1 本节不适用于放射性污染和致病性生物污染场地勘察。

7.4.2 地下水污染治理工程勘察前搜集资料应搜集与治理工程相关的区域地质、水文地质、气象和水文资料, 土地利用、污染源类型和分布等资料。

7.4.3 初步勘察应在充分搜集、利用场地及其附近已有资料的

基础上，以水文地质测绘为主，辅以工程物探、水文地质钻探、原位测试和室内试验等勘察方法。初步查明含水层性质、地下水类型、分布与化学成分，地下水的补给、径流、排泄条件和动态变化，地下水与邻近地表水的关系。初步查明场地污染源类型与分布，场地地下水中污染物种类和溶度；初步判定地下水污染途径和受污染范围，提出地下水污染治理初步方案和检测、监测建议。

7.4.4 水文地质测绘范围应包括拟建场地及邻近可能被影响范围，其比例尺宜为 1:2000~1:5000。工程物探方法应根据待查的污染场地水文地质条件按表 7.4.4 选择确定。勘探点间距和勘探深度可根据污染源需查明的程度、含水层与隔水层的分布特征、地下水流场特征等综合确定。

表 7.4.4 污染调查中常用的工程物探方法

方法	参数	应用
地质雷达法	介电常数、电磁波速、吸收衰减系数等	1 石油类污染源、污染晕等污染调查 2 垃圾填埋场边界及渗滤液污染空间分布 3 探测废弃管道、阀井及污染物渗漏位置 4 划分地层结构、岩性及水位等 5 圈定污灌渠、线状污染及扩散范围
高密度电法	土壤电阻率、场地电阻率空间变化情况	1 用于石油渗漏源、污染晕等污染调查 2 勘测垃圾填埋位置，边界及渗滤液空间范围 3 圈定城市污水渠，管道渗漏及扩散范围 4 测量地下水矿化度，划分咸淡水分界面
电磁法	地下介质分层电导率测量	1 石油渗漏源、污染晕、污染羽分布等调查 2 圈定浅地表污染源、边界范围 3 城市污水渠，管道渗漏及扩散范围 4 测量土壤导电特性、矿化度及划分咸淡水分界面等

7.4.5 详细勘察应包括下列内容：

1 查明治理场地和影响范围的污染源类型与分布，地下水中污染物种类和浓度，分析地下水受污染途径和受污染程度，确定地下水受污染范围；

2 查明含水层性质、地下水类型、分布与化学成分，地下

水的补给、径流、排泄条件和动态变化；测定地下水流向，并分析其对污染场地的影响；分析地下水、地表水和土壤的污染关系；

3 评价地下水质量、地下水污染程度、地下水系统防污性能、地下水被进一步污染的风险，提出地下水污染治理修复方案；

4 提供场地地下水污染治理和修复所需的设计参数和水文地质参数；

5 提出治理施工期和使用期检验、检测和监测建议。

7.4.6 详细勘察勘探点布置应符合下列规定：

1 勘探点布置应根据污染源分布情况，结合污染物在地下水中的迁移特征确定；

2 在确定的污染区内，应布设水文地质勘探点和地下水监测井、点。水文地质勘探点宜按网格状布置，点间距不宜超过40m；地下水监测井、点布置应满足查明地下水污染范围的要求，数量不应少于9个；其中污染区内地下水流向上游、两侧应各不少于1个监测井、点，地下水流向下游应不少于2个监测井、点，地下水污染区外上、下游两侧应各有不少于1个监测井、点；受污染含水层下覆含水层应布置不少于1个水文地质勘探点和1个地下水监测井、点；

3 试验井、点可根据污染修复设计需要结合监测井、点共用布设；

4 场地内或其附近存在地表水体时，每个地表水体应布置不少于1个地表水监测点。

7.4.7 详细勘察勘探深度应符合下列规定：

1 当为单一潜水分布地区，钻探遇地下潜水位可终止钻进；当为多含水层分布地区，钻探遇稳定含水层可终止钻进；

2 水文地质勘探深度宜穿越含水层；

3 地下水监测井深度应根据地下水分布条件和污染特征确

定，深度宜至可能受污染的各含水层底板。监测污染层下覆含水层的地下水监测井，进入含水层深度不应小于 2m；

4 测试井勘探深度应根据试验目的确定。

7.4.8 详细勘察取样和原位测试应符合下列规定：

1 水文地质勘探点和地下水监测井均应采取水样进行水质分析和污染物监测；采样过程应有避免被污染和污染物损失的防护措施；

2 采样深度应根据地下水分布和埋藏情况确定，单一含水层厚度小于 3m，可不分段采取地下水样；当含水层厚度大于等于 3m，宜按含水层上、中、下分别取样，取样数量不应少于 3 组；多含水层应分层采取地下水样，各层取样数量不应少于 3 组；

3 当存在漂浮状污染物时，应采取水面样品；

4 原位测试可与水文地质勘探点、地下水监测井结合使用，但应遵循先取样后测试的原则。当需要查明水流运动状态、渗流速度、地下水污染源、渗漏问题时，可采用示踪法。

7.4.9 地下水样品的检测项目应符合现行国家标准《地下水质量标准》GB/T 14848 规定。对于特定检测项目，可根据场地污染源和关注污染物确定。

7.4.10 地下水污染治理工程勘察应编制环境和职业健康安全保护专项计划，并应采取相应的个人安全防护措施和防止污染扩散措施。

7.5 污染场地治理工程

7.5.1 本节不适用于农用地、放射性污染和致病性生物污染场地的勘察。

7.5.2 污染场地治理工程勘察可简化勘察阶段直接进行详细勘察。当场地水文地质条件复杂或污染治理修复设计有特殊要求

时，应进行专项勘察。

7.5.3 污染场地治理工程勘察应包括下列内容：

1 应对拟处理场地周边的污染源排放点进行调查，采用工程地质和水文地质测绘结合钻探、槽探、井探、物探、化探、原位测试和室内试验等综合勘探手段，查明污染场地和影响范围的工程地质、水文地质条件和渗流场特征；

2 查明拟处理场地污染源的成因、分布和特征，拟处理场地的岩土体和地下水中污染物类型和浓度；

3 分析污染物运移途径，确定污染范围和污染物运移参数，分区评价拟处理场地受污染程度；

4 分析地下水、地表水和土壤的污染关系，分析污染场地治理及土地开发建设相关的环境岩土工程问题，提出修复与处理方案建议，提供场地污染治理工程设计所需的岩土参数及污染物运移参数。

7.5.4 污染场地工程地质和水文地质测绘的比例尺宜为 1：

500~1：5000，当地岩土条件和水文地质条件复杂时，应选用大比例尺；地质界线和测绘点精度在图上不应低于 3mm。测绘点布设应符合下列规定：

1 在地质构造线、地层接触线、岩性分界线、标准层位和每个地质单元体应布置监测点。

2 工程地质与水文地质测绘点的密度应根据场地的地貌、地质条件、成图比例尺并结合场地污染源分布状况等确定，并应具有代表性；

3 工程地质测绘点应布设在露头出露地段。当露头较少不满足测绘比例尺精度时，应布置一定数量的探坑或探槽；水文地质测绘点应布置在出露的井点、泉点；当井点较少不满足测绘比例尺精度时，宜布置一定数量的地下水监测井；

4 测绘点的定位应根据精度要求选用适当方法；地质构造线、地层接触线、岩性分界线、软弱夹层、地下水露头和不良地

质作用等特殊测绘点，宜用仪器定位。

7.5.5 勘探点可分为采样勘探点、环境水文地质勘探点和监测试验井、点三种类型。各类勘探点宜共用布设。

7.5.6 勘探点布置应符合下列规定：

1 污染源不明确的场地，勘探点宜采用网格布点法，采样勘探点间距应取 40m~80m；场地面积较小或工程地质及水文地质条件复杂时，宜取 40m；场地面积小于 10000m² 时，勘探取样间距不宜超过 40m；

2 污染源不明确的场地，且场地面积 ≤ 5000m² 时，采样勘探点数量不应少于 3 个；当场地面积 > 5000m² 时，采样勘探点数量不应少于 5 个；

3 污染源明确的场地宜采用专业判断布点法，场地中每个污染区中部或有明显污染的部位应布置采样勘探点，且每个污染区内采样勘探点水平间距宜小于 20m，污染边界附近应加密，布置的采样勘探点不应少于 3 个；

4 当地貌单元复杂、土层变化大时，应增加采样勘探点数量；

5 每个采样勘探点采样深度，应根据预测判断的污染源位置、污染物迁移特征和地层结构等综合确定，并应穿过潜在污染土层进入不透水层或弱透水层不小于 1m；

6 未污染的区域应布置不少于 3 个对照采样勘探点。

7.5.7 勘察勘探作业应符合下列要求：

1 勘探过程中应采取隔离、保护措施，避免污染扩散、交叉污染和二次污染；

2 需钻穿被污染含水层至下伏隔水层时，宜采用多级套管、分层灌浆回填的钻探方式；

3 钻探过程应使用套管护壁，套管之间的螺纹连接处不得使用润滑油；

4 用于环境质量分析的土试样取样的钻探不得使用冲洗

液；

5 钻探外业记录应对污染土及孔隙液的颜色、气味等进行鉴别和描述；

6 勘探作业完成后，应采用无污染、低渗透材料及时回填封孔。

7.5.8 勘察取样和原位测试除应符合本标准第7.4节规定外，尚应符合下列规定：

1 外业记录表应详细描述采取试样的深度、样品编号、取样日期、取样点坐标、水位标高，取样时的气象、气候信息、周边环境信息等，并拍摄现场取样照片留存；

2 取土器衬管不得使用与土试样中潜在污染物会发生化学反应的材质；

3 用于潜在污染物检测土试样的取样间距为0.5m~2.0m；地表以下3m深度以内取样间距应为0.5m，3m~6m内时取样间距应为1m，6m以下取样间距宜为2m；

4 每采取一个深度位置的样品后，应将取样工具清洗干净，再可取下一深度样品。非扰动取样器应为一次性取样器；

5 用于固体废弃物鉴别分析的取样点、取样深度和取样方法应根据场地类型、现场测试结果等综合确定，并应符合现行行业标准《工业固体废物采样制样技术规范》HJ/T 20规定；

6 简易垃圾堆填场，当钻探在堆填区内揭露有生活垃圾时，均应进行气体检测。

7.5.9 污染场地勘察室内物理、力学、生物、化学性质试验项目应根据风险评价和修复设计的需要确定。并应符合下列要求：

1 提供场地治理修复设计所需的岩土参数和工程特性指标应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021、《建筑地基基础设计规范》GB 50007和《土工试验方法标准》GB/T 50123规定；

2 土样的化学试验项目与试验方法应符合现行行业标准

《场地环境调查技术导则》HJ 25.1 规定；

3 垃圾土样品的试验项目应包括物理试验和化学试验，垃圾土和生活垃圾填埋气样品分析方法应符合现行行业标准《生活垃圾采样和分析方法》CJ/T 313 和《生活垃圾土工试验技术规程》CJJ/T 204 规定。

7.5.10 污染场地勘察应进行全过程监测，监测井宜与场地环境调查监测井和水文地质试验井结合使用。

7.5.11 污染场地治理工程勘察应对现场工程地质测绘、勘探和建井、现场采样、室内试验与现场测试全过程的环境、职业健康安全进行控制，并采取相应的安全防护措施。

7.5.12 污染场地治理工程勘察分析、评价除应符合本标准第 8.5 节规定外，尚应包括下列内容：

1 场地利用与场地污染历史；

2 场地地层、岩土体的空间分布，岩土物理、力学和化学性质特征；

3 地下水埋藏、分布、地下水水位和渗流场特征，水文地质参数；

4 场地污染特征；包括场地土和地下水中污染物类型、浓度和空间分布；场地内或其附近分布地表水的污染类型和浓度；污染物运移路径、运移特点；

5 对污染场地进行环境评价和岩土工程评价，提出污染场地治理措施和修复建议，对污染场地再利用规划和建设提出合理建议；

6 对可能影响场地治理修复设计、施工的环境岩土工程问题进行分析和预测，并提出防护措施和监测建议。

8 特殊性岩土

8.1 软土

8.1.1 天然孔隙比大于或等于 1.0，且天然含水量大于液限的细粒土应判定为软土，软土包括淤泥、淤泥质土、有机质土、泥炭土、泥炭。福建沿海地区软土主要物理力学性质指标详见附录 F 表 F.0.1-2，表 F.0.1-3。

8.1.2 软土勘察应包括下列内容：

- 1 查明软土的成因类型、分布规律、地层结构、灵敏度、砂土夹层的分布和均匀性；
- 2 查明软土的固结程度，应力历史和土体结构扰动对强度和变形的影响；
- 3 提供软土层强度与变形的工程特性指标；
- 4 判定地基产生失稳和不均匀变形的可能性；当地面有大面积堆载时应分析其对工程桩和相邻建（构）筑物与周边环境的不利影响；
- 5 当建设场地抗震设防烈度为 6 度以上时，应判定软土震陷的可能性；
- 6 对地基基础方案和地基处理措施提出建议。

8.1.3 勘探点布置应符合下列要求：

- 1 应根据工程规模、荷载大小、地基复杂程度综合确定；当软土层厚度变化较大或有暗埋的地下不明地质体、障碍物时，勘探点应予加密；
- 2 遇到暗浜，淤泥质填土、既有基础等不良地质体和地下障碍物时，勘探点应局部加密，宜以工程物探为主，辅以钻探、

钎探、坑探等勘探手段。

8.1.4 勘探深度应符合下列规定：

1 有多层软土分布地区，勘探深度应穿越软土进入稳定地层一定深度，且应满足拟建物地基基础、基坑工程、边坡工程稳定性、承载力和变形计算要求；

2 控制性勘探点应穿越软土层，进入下卧硬层或下覆基岩不少于 5m；

3 当软土层较厚时，勘探深度不应小于地基压缩层的计算深度，可取附加压力等于上覆有效自重压力 10% 的深度；

4 当建设场地抗震设防烈度为 7 度或 7 度以上时，应考虑在地震力作用下软土震陷产生的负摩擦作用对基桩承载力的影响，勘探深度应穿越软土层；

5 在勘探过程中，当可作为基础持力层的主要地层出现软土夹层或透镜体，勘探深度应穿越软土夹层或透镜体；

6 当需进行地基整体稳定性验算时，控制性勘探深度应满足稳定性验算要求。

8.1.5 采取软土试样应采用薄壁取土器，其规格应符合本标准第 12 章规定，每一软土层采取软土试样数量应满足数理统计要求。

8.1.6 软土工程特性指标确定应符合下列规定：

1 软土地区勘察原位测试宜采用静力触探、面波测试、十字板剪切试验、扁铲侧胀试验和静载荷试验；

2 软土的物理力学参数宜根据室内试验、原位测试结果，结合当地经验综合确定。有条件时，承载力特征值和变形模量可根据静载荷试验或工程监测资料通过反分析确定；软土的抗剪强度指标室内试验宜根据三轴剪切试验确定，对内摩擦角 $\varphi \approx 0^\circ$ 的软土，应采用 I 级试样进行无侧限抗压强度试验确定；压缩系数、先期固结压力、回弹指数和固结系数可分别采用常规固结试验、高压固结试验等方法确定；

3 当地基基础设计等级为丙级的建（构）筑物，采用软土上覆硬壳层作为基础持力层时，其软土地基承载力特征值和变形模量可按附录 F 表 F.0.1-2，表 F.0.1-3 取值。

8.1.7 软土勘察分析、评价应包括下列内容：

1 当地基受力范围内有基岩或硬土层，且表面起伏倾斜时，应评价地基产生滑移或不均匀变形的可能性；

2 当地基主要持力层中夹有薄砂层或软土与砂土互层时，应根据其固结排水条件，评价其对地基变形的影响；

3 当工程位于池塘、河岸、边坡附近时，宜对其稳定性进行分析计算，评价软土产生侧向挤出或滑移的危险程度；

4 当建筑物相邻高低层荷载相差较大时，应分析其差异沉降和相互影响，当地面有大面积堆载时，应分析其对相邻建筑物的不利影响。当建（构）筑物地下室埋置较深时，应考虑基坑开挖回弹，加荷再压缩地基产生的变形；

5 地基沉降计算可采用分层总和法或应力历史法；当软土厚度较大时，应优先选用应力历史法，并根据当地经验进行修正，必要时应考虑软土的次固结效应；

6 地基沉降计算时，变形计算深度应自基础底面起算，至附加压力等于土层自重压力 10% 的深度；

7 应提出控制软土地基不均匀沉降的技术措施和监测建议。

8.2 填土

8.2.1 填土根据其物质组成和堆填方式，可分为下列四种类型：

1 素填土：由碎石土、砂土、粉土和黏性土等一种或多种材料组成，不含杂物或含杂物很少；

2 杂填土：一般含有大量建筑垃圾、工业废料或生活垃圾

等杂物，根据其物质组成又可分为瓦砾填土、黏土质填土、淤泥质填土和软弱填土四个亚类；

3 冲填土：由水力冲填泥砂形成；

4 压实填土：按一定标准控制材料成分、密度、含水量，分层压实或夯实而成。

8.2.2 填土勘察应包括下列内容：

1 调查原始地貌、填土来源和堆填方式；

2 填土的类型、成分、硬杂质大小与含量、分布、厚度和堆填年代；

3 查明填土地基的均匀性、压缩性、密实度和湿陷性；

4 当填土作为基础持力层时，应评价湿陷性对工程的影响程度，提供变形参数与地基承载力，并提出地基检测的要求；

5 对地基基础方案和地基处理措施提出建议。

8.2.3 填土勘探工作应符合下列规定：

1 勘探点布置：对同一场地存在多种不同性质填土或有暗埋的塘、滨、坑等时，应按复杂场地要求加密勘探点，勘探点加密到足以确定其分布范围；

2 勘探深度：勘探点的勘探深度应穿越填土层至天然稳定岩、土地层以下不少于 3m；

3 勘探手段：应根据填土的性质确定，对由粉土或黏性土组成的素填土，可采用钻探取样、静力触探、小螺旋钻与原位测试相结合的方法；对含有较多粗粒成分的素填土和杂填土宜采用动力触探、钻探、工程物探相结合的方法，需要时可配合一定数量的探井、探槽进行取样和原位试验。

8.2.4 填土工程特性指标确定应符合下列规定：

1 填土的均匀性和密实度宜采用触探法，并辅以室内和现场试验综合确定；

2 填土的承载力、压缩性和湿陷性可采用室内固结试验或现场载荷试验确定，试验数量不应少于 3 个点；

3 填土的密度试验应采用大容积法，每一不同类型填土的有效试验数量不宜少于 6 组；

4 压实填土在压实前，应采用击实试验测定填料的最优含水量和最大干密度计算压实系数。

8.2.5 填土勘察分析、评价应包括下列内容：

1 应阐明填土的成分、分布范围和堆填时间，评价地基的均匀性、密实度和地基稳定性；必要时应按厚度、强度和变形特性分层或分区评价；

2 当场地基础施工设备重量、高度较大时，应分析、评价填土承载力和稳定性，提出处理措施的建议；

3 由有机质含量较高的生活垃圾和对基础有腐蚀性的工业废料组成的杂填土，未经处理不得作为基础持力层。未经检验查明以及不符合质量要求的压实填土，均不得作为地基持力层；

4 当地基基础设计等级为甲、乙级且采用填土作为基础持力层时，应提出地基处理的建议，地基承载力和变形参数宜采用现场载荷试验确定。对于丙级建筑物，当采用填土作为地基持力层时，其地基承载力和变形参数可根据勘探结果按附录 F 取值；

5 当填土底面的天然坡度大于 20%或下卧为软弱土层时，应评价其稳定性；

6 当工程采用桩基，且需要穿越填土层时，应分析、评价填土中的硬杂质对桩基施工的影响。

8.3 混合土

8.3.1 混合土勘察应包括下列内容：

1 查明混合土的成因、分布、下伏土层或基岩的埋藏条件。对由不良地质作用生成的混合土，应查明其不良地质作用是否有复发的可能性；

2 查明混合土的组成成分，中粗大颗粒的风化程度，细颗

粒的填充状况，查明混合土的均匀性，及其在水平方向和垂直方向上的变化规律；

3 查明混合土中对工程有影响的相对软弱夹层或相对硬层；

4 查明混合土中地下水的分布和赋存条件、透水性和富水性，不同含水层的水力联系。

8.3.2 混合土勘探工作应符合下列规定：

1 勘探点间距、勘探深度除应符合本标准第5章的要求外，勘探点间距应加密，勘探深度应满足判断场地均匀性和地基变形计算深度要求；

2 应采用井（坑）探、钻探、动力触探、工程物探等综合勘探手段，相互印证、相互补充；

3 有经验的地区，可以工程物探或超重型动力触探为主，辅以钻探的综合勘探方法，当混合土作为基础持力层时，钻探应采用植物胶护壁，岩芯采取率不应低于80%。

8.3.3 混合土工程特性指标确定应符合下列规定：

1 应采取大体积土试样进行颗粒分析和物理力学性质测定，抗剪强度指标宜通过室内直接剪切试验或现场直接剪切试验测定，室内试验剪切试验面积不宜小于 0.1m^2 ；

2 混合土现场载荷试验的承压板直径和现场直接剪切试验的剪切面直径都应大于试验土层最大粒径的5倍，载荷试验的承压板面积不应小于 1.0m^2 ，直接剪切试验的剪切面面积不宜小于 0.25m^2 ；

3 混合土的变形指标应根据载荷试验或其它原位测试成果并结合工程实践经验等综合确定。

8.3.4 混合土勘察分析、评价应包括下列内容：

1 应对混合土地基的均匀性和稳定性进行评价。应考虑其下覆岩土层层面产状和软弱层层面产状对地基稳定性的影响。当含有巨大漂石且粒间充填不密实或为软弱土，应考虑漂石在外力

作用下可能产生滑移对地基稳定性的影响；

2 混合土地基承载力，应根据载荷试验、原位测试结果并结合工程实际经验综合确定。当地基基础设计等级为丙级，可按表 8.3.4-1 和表 8.3.4-2 取值；

3 混合土地基沉降计算应采用变形模量，当混合土中含有粒径大于 200mm 的巨大颗粒质量超过总质量的 80%时，可将其所在位置按不可压缩段考虑；

4 应分析和评价混合土中地下水对拟建工程的影响，提出防治措施和建议；

5 应评价混合土对拟建工程的影响，提出处理措施和建议。

表 8.3.4-1 粗粒混合土承载力特征值 f_{ak}

干密度 (t/m^3)	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2
f_{ak} (kPa)	170	200	240	300	380	480	620

表 8.3.4-2 细粒混合土承载力特征值 f_{ak}

孔隙比 e	0.65	0.6	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
f_{ak} (kPa)	190	200	210	230	250	270	320	400

8.4 风化岩和残积土

8.4.1 岩石在风化营力作用下，其结构、成分和性质已产生不同程度变异的应定名为风化岩。已完全风化成土而未经搬运的，并具有母岩残余结构的应定名为残积土。

8.4.2 花岗岩风化程度划分应根据标准贯入击数、岩石风化系数和岩石饱和单轴抗压强度等指标按表 8.4.2 综合确定。

8.4.3 风化岩和残积土勘察应包括下列内容：

1 查明风化岩和残积土母岩的性质、地质年代、矿物成分、风化程度和名称，下伏基岩的产状和裂隙发育程度；

表 8.4.2 福建花岗岩风化程度划分标准

岩石风化程度	标准贯入试验锤击数 N	剪切波速度 v_s (m/s)	风化程度指标	
			风化系数 K_f	单轴抗压强度标准值 f_{rk} (MPa)
残积土	$N < 30$	$v_s \leq 250$	—	—
全风化	$30 \leq N < 50$	$250 < v_s \leq 350$	—	—
散体状	强风化 $N \geq 50$	$350 < v_s \leq 500$	$K_f < 0.4$	$f_{rk} \leq 30$
碎块状		$500 < v_s \leq 1000$		
中等风化	—	$1000 < v_s \leq 1800$	$0.4 \leq K_f < 0.8$	$30 < f_{rk} < 60$
微风化	—	$1800 < v_s \leq 2500$	$0.8 \leq K_f < 0.9$	$f_{rk} \geq 60$
未风化	—	$v_s \geq 2500$	$0.9 \leq K_f < 1.0$	—

注：1 表中 f_{rk} 为岩石的饱和单轴极限抗压强度；

2 N 为不经杆长修正的标准贯入锤击数实测值；

3 风化系数 K_f 为风化岩石与新鲜岩石饱和单轴抗压试验强度之比；

4 强风化可分碎块状强风化和散体状强风化。

2 查明其分布、埋深和厚度，并对其风化程度进行划分和工程分类；

3 查明风化岩和残积土的地下水赋存条件、透水性和富水性，与不同含水层的水力联系；

4 查明风化岩和残积土的均匀性和工程特性，以及在水平方向和垂直方向上的变化规律。查明破碎带、岩脉、软弱夹层和球状风化体（孤石）的分布范围和埋藏深度；

5 对于厚层强风化岩，可根据岩性和岩体的风化程度进一步划分为碎块状和散体状（砂土状、砂砾状）强风化岩；残积土根据砾粒含量进一步划分为砾质黏性土、砂质黏性土和黏性土；

6 当风化岩和残积土中发育破碎带、球状风化体（孤石）或岩脉，并对工程设计、施工有重大影响时，应提出进行施工勘察或专项勘察的建议。

8.4.4 风化岩和残积土勘探工作应符合下列规定：

1 勘探点间距、勘探深度除应符合本标准第 5 章的规定

外，尚应根据风化岩和残积土在水平和垂直方向上的分布规律，拟建（构）筑物的基础形式和勘察阶段对精度的要求，风化岩层面坡度大于 10% 时，应加密勘探点间距或提出施工勘察要求。以查明地质界面为目的，勘探深度应进入稳定地层一定深度。当采用一柱一桩且柱荷载较大时，宜每桩布置勘探点；

2 勘探手段除可采用钻探、井探、槽探和坑探外，尚可根据场地条件、不同岩类、不同风化程度风化岩和残积土的特点，选择工程物探等其它勘探方法；

3 当需要准确划分残积土、风化岩界面时，宜采用剪切波测试方法或标准贯入试验方法；每间隔 1m/孔~2m/孔进行一次剪切波速测试或标准贯入试验；

4 花岗岩凝灰岩类分布地区，当残积土和风化岩面起伏大，或发育有球状风化体（孤石）或岩脉时，应采用以工程物探为主，钻探、井探、坑探和槽探为辅的综合勘探方法；

5 具有膨胀性、湿陷性、遇水崩解等特性的风化岩和残积土，宜采用探井采取不扰动试样，每一风化程度不同地层采取试样数量不得少于 3 组；

6 应测定岩石的 RQD 指标和饱和单轴抗压强度，进行标准贯入试验和剪切波速测试，采用不少于两种指标结合现场岩芯样综合判断岩石的风化程度和破碎情况；

7 勘察等级为甲级，以花岗岩残积土和不同风化程度花岗岩作为基础持力层时，宜通过原位直剪试验、静载荷试验提供设计所需的工程特性指标；

8 全风化岩和残积土岩土界面可采用剪切波速度、标准贯入试验等原位测试方法划分；用于评价地基均匀性时，每一不同岩性的风化岩和残积土，原位测试数量不得少于 6 次。

8.4.5 风化岩和残积土工程特性指标确定，应符合下列规定：

1 残积土可按土工试验要求进行室内试验，必要时应进行湿陷性和膨胀性试验。

2 节理、裂隙发育的碎块状强风化花岗岩、凝灰岩，当无法采取到满足单轴抗压试验要求的岩样时，可采用点荷载试验方法，用点荷载强度指数 I_s 按式 (8.4.5-1) 换算单轴极限抗压强度 R_s (MPa)：

$$R_s = 22.82I_{s(50)}^{0.75} \quad (8.4.5-1)$$

式中： $I_{s(50)}$ —按直径 50mm 修正后的点荷载强度指数。

3 坡积土和残积土分布的边坡工程，地下水位以上宜采用大体积直接剪切试验，并需进行残余强度直接剪切试验和饱和强度直接剪切试验；一级边坡工程宜采用现场原位剪切试验获取其抗剪强度指标；

4 花岗岩类残积土的液性指数 I_L ，可根据测定粒径小于 0.5mm 细粒土的天然含水量 w_f 、塑限指数 I_p ，按下式计算：

$$w_f = \frac{w - w_A 0.01P_{0.5}}{1 - 0.01P_{0.5}} \quad (8.4.5-2)$$

$$I_p = w_L - w_p \quad (8.4.5-3)$$

$$I_L = \frac{w_f - w_p}{I_p} \quad (8.4.5-4)$$

式中： w —花岗岩残积土（包括粗粒、细粒土）的天然含水量（%）；

w_A —粒径大于 0.5mm 颗粒吸着水含水量（%），可取 5%；

$P_{0.5}$ —粒径大于 0.5mm 颗粒质量占总质量的百分比（%）；

w_L —粒径小于 0.5mm 颗粒的液限含水量（%）；

w_p —粒径小于 0.5mm 颗粒的塑限含水量（%）

5 岩土工程勘察等级为甲级的工程，当采用花岗岩风化岩和残积土作为基础持力层时，其地基承载力和变形模量应根据现场静载荷试验确定。岩土工程勘察等级为乙级及以下工程，当无载荷试验资料时，花岗岩残积土的变形模量和承载力特征值可根

据标准贯入试验成果，分别按下式计算：

1) 残积土变形模量：

$$E_0 = 1.167N' - 1.053 \quad (8.4.5-5)$$

式中： E_0 —变形模量 (MPa)；

N' —经杆长校正后的标准贯入试验锤击数。

2) 残积土承载力特征值：

$$f_{ak} = 11.97N' + 87.37 \quad (8.4.5-6)$$

式中： f_{ak} —承载力特征值 (kPa)；

N' —经杆长校正后的标准贯入试验锤击数。

8.4.6 风化岩和残积土勘察分析、评价应包括下列内容：

1 复杂场地应分段对场地的稳定性、地基承载力和变形特征进行分析和评价；

2 对地基的均匀性进行评价，当存在破碎带、岩脉或球状风化体（孤石）时，应评价其对地基基础和桩基施工的影响，提出处理措施的建议；当基础持力层为风化程度不均匀地基时，应根据其厚度、产状、分布范围等，对地基的稳定性和不均匀沉降进行分析和评价；

3 当地基是由风化程度不一的岩石或岩土组合时，应考虑地基的不均匀沉降。计算地基沉降时，岩体中的应力分布和应力—应变关系可采用弹性理论公式，强风化岩可按弹塑性考虑，变形模量应通过静载荷试验确定；

4 地基为风化花岗岩或残积土时，沉降计算宜采用实测变形模量。当岩土工程勘察等级为乙级和丙级、且无载荷试验资料时，残积土可根据原位测试成果按式(8.4.5-5)和式(8.4.5-6)估算残积土的变形模量和地基承载力。一般情况下，球状风化体（孤石）不单独提供承载力特征值，可按所在层位的承载力特征值取值；

5 计算地基沉降时，最终沉降量可按分层总和法计算。当

花岗岩残积土、强风化岩中残留有体积很大的球状风化体（孤石），计算地基沉降时可将该孤石所在位置作为不可压缩段。

8.4.7 应分析评价风化岩和残积土遇水软化、崩解对地基承载力、桩基承载力的不利影响和危害程度，提出防治措施和检测建议。

8.4.8 风化岩和残积土地基检验与监测应按本标准第 17 章规定执行。当基础施工或基槽开挖时发现与勘察报告不符时，应进行施工勘察。

8.5 污染土

8.5.1 由于致污物质侵入，使土的成分、结构和性质发生了显著变异的土应判定为污染土。污染土的定名可在原土的分类名称前冠以“污染”二字。

8.5.2 根据场地土受污染程度可对污染土进行划分，污染土可划分为严重污染土、中等污染土、轻微污染土。根据场地受污染的可能性程度分为三类：1 可能受污染的拟建场地；2 受污染的拟建场地；3 受污染的已建场地。

8.5.3 污染土勘察除应符合本标准第 7.5.3 条外，尚应包括下列内容：

1 应调查污染源的位置，污染物的成分和性质，污染途径和污染历史；

2 查明污染土的分布范围和影响深度，地下水受污染的空间范围；

3 根据场地土受污染程度和危害程度，对污染土场地进行分区；

4 查明地下水的分布、运动规律及其与污染作用的关系，分析其对工程建设和环境的影响；

5 提供污染土处置，设计、施工所需的岩土参数和工程特

性指标，提出污染土、水处置建议。

8.5.4 污染土勘探工作应符合下列规定：

1 污染土勘探点的布置应以查明污染土及污染程度的空间分布为原则，适当加密勘探点和采取试样间距；

2 勘探方法应根据土的原分类对该勘探方法的适宜性选用；

3 当场地有地下水时，应在勘探点的不同深度以 0.5m~1.0m 的间距连续采取水试样，及时送实验室做水的化学性质试验，并根据试验结果评价其被污染程度。

8.5.5 污染土工程特性指标确定应符合下列要求：

1 污染土的承载力宜采用载荷试验和原位测试方法确定，并进行污染土的对比试验；

2 应根据土与污染物相互作用特性，进行化学分析、矿物分析、物相分析、污染物含量分析、水对混凝土和金属的腐蚀性分析；

3 应考虑土与污染物相互作用的时间效应，并进行污染与未污染、不同污染程度的对比试验；

4 污染土、水化学分析项目应选择不少于 3 个污染特征指标。

8.5.6 污染土勘察分析、评价除应符合本标准第 7.5.12 条外，尚应包括下列内容：

1 分析污染土的变化特征和发展趋势，对污染源未完全隔绝条件下可能产生的后果进行评价，对污染作用的时间效应可能导致土的性质继续恶化做出预测；

2 根据污染土场地分区、场地土受污染程度和污染特征指标，划分污染等级；分区对污染土的危害程度进行分析和评价；

3 判定污染土、水对金属和混凝土材料的腐蚀性，评价其对工程建设和环境的影响；

4 提出防止污染和污染土处理措施和监测建议。

9 不良地质作用和地质灾害

9.1 一般规定

9.1.1 拟建场地或附近存在对工程安全有影响的岩溶、滑坡、危岩和崩塌、泥石流、采空区和活动断裂等不良地质作用时，应进行专门勘察。查明不良地质作用类型、成因、规模和危害程度。提供治理所需的岩土参数，提出治理措施和监测建议。

9.1.2 对不良地质作用进行专门勘察时，应以工程地质测绘为主、辅以勘探、原位测试和工程物探等勘察方法；工程地质测绘应符合本标准第 11 章规定。

9.1.3 当拟建场地或附近有不良地质作用，可能危及工程安全或正常使用；在工程建设和使用过程中可能加速不良地质作用发展或引发地质灾害，对附近环境可能产生显著不良影响时，应对不良地质作用进行治理和监测。

9.1.4 不良地质作用评价应考虑在地震作用时的稳定性问题。

9.2 岩溶和土洞

9.2.1 岩溶勘察应按埋藏条件和发育强度进行岩溶分类与分级，分类和分级标准应符合表 9.2.1-1 和表 9.2.1-2 规定。

表 9.2.1-1 岩溶按埋藏条件分类

类别	裸露型	浅覆盖型	深覆盖型	埋藏型	
地表可溶岩出露情况	大部分	少量	几乎没有	没有	
覆盖层	第四系土层	第四系土层	第四系土层	被不可溶岩层覆盖	
覆盖层厚度 $h(\text{m})$	$h < 10$	$10 \leq h < 30$	$h \geq 30$	$h < 100$	$h \geq 100$

续表 9.2.1-1

类别	裸露型	浅覆盖型	深覆盖型	埋藏型	
地表水与地下水连通情况	密切	较密切	一般不密切	随埋深变弱	不密切

表 9.2.1-2 岩溶发育强度分级

级别	强烈发育	中等发育	弱发育	微弱发育
岩溶形态	以大型暗河、廊道、较大规模溶洞、竖井和落水洞为主	沿断层、层面不整合面等有显著溶蚀，中小型串珠状洞穴发育	沿裂隙、层面溶蚀扩大为岩溶化裂隙或小型洞穴	以裂隙状岩溶或溶孔为主
连通性	地下洞穴系统基本形成	地下洞穴系统未形成	裂隙连通性差	裂隙不连通
地下水	有大型暗河	有小型暗河或集中径流	少见集中径流常有裂隙水流	裂隙透水性差
线岩溶率(%)	>15	10~15	5~10	<5

注：福建省岩溶主要发育在闽西、闽北沉积岩分布地区，其中以闽西最为发育，多以覆盖型岩溶出现，并常伴随有土洞发育。

9.2.2 岩溶和土洞勘察应包括下列内容：

- 1 调查岩溶发育区域的地质背景；
- 2 查明场地地形地貌特征、地层岩性、岩面起伏、形态和覆盖层厚度、可溶岩特性，按埋藏条件地岩溶进行分类；
- 3 查明场地构造类型、断裂构造、褶皱构造和节理裂隙发育位置、规模、性质、分布，分析构造与岩溶发育的关系；
- 4 查明地下水类型、埋藏条件、补给、径流和排泄情况及动态变化规律；地表水与地下水水力联系；
- 5 查明岩溶类型、形态、位置、大小、分布、充填情况和发育规律；
- 6 查明土洞和地面塌陷的成因、分布位置、埋深、大小、形态、发育规律、与下覆岩溶的关系、影响因素及发展趋势和危害性，地面塌陷与人工抽（降）水的关系；
- 7 对岩溶的发育强度进行分级，评价岩溶与土洞稳定性及对工程的影响；

8 提出施工勘察、防治措施和监测建议。

9.2.3 详细勘察勘探工作应符合下列规定：

1 勘探线应沿建筑物轴线布置，勘探点间距对地基复杂程度为一级的，应控制在 8m~15m，对地基复杂程度为二级的，应控制在 15m~20m；当基础形式为独立基础或岩溶发育强度为强烈发育区时，则每个独立基础均应布置勘探点；对一柱一桩或大直径嵌岩桩的基础，宜按柱位逐柱布置勘探点；

2 勘探深度除满足常规控制性勘探点的勘探深度要求外，天然浅基应达到压缩层计算深度以下 3m~5m，桩基宜进入桩端以下不小于 5 倍~7 倍设计桩径，且不小于 5m；直径 800mm 以上桩基应不小于 7m；

3 岩溶发育地区，以基岩（灰岩）为桩端持力层时，勘探深度应进入完整、较完整基岩；对岩溶弱发育的进入深度应不小于 5m，岩溶中等发育的应不小于 7m，岩溶强发育的应不小于 9m；

4 当预定深度内有洞体存在，且可能影响地基稳定时，勘探深度应达到洞底基岩面以下不小于 5m，必要时应确定洞体的分布范围；

5 在土洞和塌陷发育强度为强烈~中等的地段，应采用工程物探加密勘探点，结合静力触探、轻型动力触探、小口径钻探、槽探、井探等手段，详细查明其分布情况；

6 当需查明地质构造、地质界面、地下不明地质体的分布形态、范围和埋藏深度时，应根据物性条件采用有效的工程物探方法。对异常点应加密勘探点并采用钻探、槽探或井探进行验证。

9.2.4 施工勘察，在土洞、塌陷地段可在已开挖的基槽内布置触探或钎探。对重要工程或荷载较大的工程，可在基槽底采用小口径钻探进行检测。岩溶发育地区嵌岩桩每桩均应进行施工勘察，勘探点深度应符合 9.2.3 条第 3 款规定。当相邻桩底的基岩

面起伏较大时，应适当加深勘探深度。

9.2.5 岩溶地区勘察应查明场地的近代岩溶溶蚀基准面；岩溶发育地段应查明土洞、土洞群的位置。

9.2.6 岩溶发育地区，应在下列位置重点查明土洞和土洞群分布情况。

- 1 土层较薄、土中裂隙及其下岩体洞隙发育部位；
- 2 岩面张开裂隙发育，石芽或外露岩体与土体交接部位；
- 3 两组构造裂隙交汇处和宽大裂隙带；
- 4 其上有软弱土分布的负岩面地段；
- 5 地下水强烈活动于岩土交界面的地段和大幅度人工抽排水地段；
- 6 低洼地段和地表水体近旁。

9.2.7 岩溶勘察室内试验和原位测试应符合下列要求：

- 1 当溶洞发育，需要查明其分布规律和追索隐伏洞隙的联系时，应进行连通试验；
- 2 评价洞隙稳定性时，可采取洞体顶板岩样和充填物土样做物理力学性质试验，必要时可进行现场顶板岩体载荷试验；
- 3 当需查明土的性状与土洞形成的关系时，应进行湿化、胀缩、可溶性和剪切试验；
- 4 当需查明地下水动力条件、潜蚀作用，地表水与地下水联系，预测土洞和塌陷的发生、发展时，应进行流速、流向测定和水位、水质的长期监测。

9.2.8 岩溶发育强度，可用统计后的线岩溶率 K_L 、面岩溶率 K_A 、体岩溶率 K_V 表示。线岩溶率 K_L 、面岩溶率 K_A 、体岩溶率 K_V 可分别按下式计算：

$$K_L = H/L \times 100\% \quad (9.2.8-1)$$

$$K_A = A_p/A_0 \times 100\% \quad (9.2.8-2)$$

$$K_V = V_p/V_0 \times 100\% \quad (9.2.8-3)$$

式中： K_L —线岩溶率（%）；

K_A —一面岩溶率 (%)；

K_V —体岩溶率 (%)；

H —测量线上的溶洞、溶隙累计长度 (m)；

L —测量线上的长度 (m)；

A_p —测量面上的溶洞、溶隙累计面积 (m^2)；

A_0 —测量面总面积 (m^2)；

V_p —测量体内的溶洞、溶隙累计体积 (m^3)；

V_0 —测量体总体积 (m^3)。

9.2.9 在碳酸盐类岩石分布地区，当发育有溶洞、溶蚀裂隙、土洞等时，应对地基的稳定性和场地的适宜性进行评价。当符合下列条件之一时，工程重要性等级为二级和三级的工程可不考虑岩溶对地基稳定性的影响。

1 在岩溶地区，当基础底面以下的土层厚度大于 3 倍独立基础底宽或大于 6 倍条形基础底宽，且在使用期间不具备形成土洞或其他地面变形的条件；

2 基础位于较完整硬质岩石表面，且宽度小于 1m 的竖向溶蚀裂隙和落水洞近旁地段；

3 溶洞被密实的沉积物填满，其承载力超过 150kPa，且无被水冲蚀的可能时；

4 洞体较小，基础尺寸大于洞的平面尺寸，并又有足够的支承长度时；

5 在较完整硬质岩石中，当洞体顶板厚度接近或大于洞跨度时。

9.2.10 当溶洞顶板与基础底面之间的土层厚度小于本标准第 9.2.9 条规定时，应根据建（构）筑物荷载、洞体大小、顶板形状、岩体结构及强度、洞内充填情况以及岩溶水活动等因素进行洞体稳定性分析。

9.2.11 岩溶地基处理措施应符合下列规定：

1 重要建（构）筑物宜避开岩溶强烈发育区。不稳定岩溶

洞隙应以地基处理为主，未经有效处理的隐伏土洞或地表塌陷影响范围内不应采用天然地基，岩溶水宜采用疏导处理原则；

2 岩溶地基的处理措施一般可采用挖填、跨盖、灌注和排导等方法；

3 嵌岩桩岩面深度和终孔深度应根据施工勘察和施工过程的嵌岩速率综合确定，嵌岩速率大小可根据现场试桩确定，嵌岩速率不宜超过 0.5m/h。

9.3 滑坡

9.3.1 滑坡勘察应在工程可行性研究或初步勘察阶段进行。滑坡勘察应包括下列内容：

- 1 调查滑坡区的地质背景、水文、气象条件；
- 2 查明滑坡区的地形地貌、地层岩性、地质构造；
- 3 查明滑坡要素、变形迹象和特征，确定滑坡类型、范围、规模、滑动方向、形态特征及边界条件、滑动带岩土工程特性、近期变形破坏特征、发展趋势、影响范围及对工程的危害性；
- 4 查明场地水文地质特征、地下水类型、埋藏条件、岩土的渗透性，地下水补给、径流和排泄情况、泉和湿地等的分布；
- 5 查明地表水分布、场地汇水面积、地表径流条件；
- 6 提供滑坡稳定性分析所需的岩土抗剪强度等参数；
- 7 分析与评价滑坡稳定性、工程建设适宜性；
- 8 提供防治工程设计所需的岩土参数；
- 9 提出防治措施和监测建议。

9.3.2 滑坡勘察宜采用工程地质测绘结合工程物探、钻探、井探、槽探等综合勘察方法。工程地质测绘的范围应包括滑坡及其邻近地段，比例尺宜选用 1: 200~1: 500，并应采用仪器法或半仪器法，对重点部位应进行摄影或录像。

9.3.3 滑坡勘察工程地质测绘除应符合本标准第 11 章规定外，尚应重点查明滑坡成因、类型和滑坡影响因素，滑坡后缘、滑坡周界和滑坡前缘（剪出口）的变形迹象，滑动面位置、特征、滑坡体岩土层性质和厚度，滑坡规模和潜在规模；分析滑坡发育阶段及发展趋势。

9.3.4 滑坡勘探应符合下列规定：

1 勘探线应沿主滑方向和滑坡体两侧外缘布置，每条勘探线的勘探点数量不应少于 3 个，滑坡体转折处和拟治理地段也应布置勘探点；

2 初步勘察阶段应沿主滑方向布置主、辅纵勘探线，垂直主滑方向布置横勘探线；勘探线的间距宜为 80m~150m，勘探点间距宜为 40m~80m；

3 详细勘察阶段应在初步勘察的基础上进一步确认主滑方向和主滑勘探线，在主勘探线两侧及滑体外缘应加密布置一定数量的勘探线，勘探线的间距宜为 30m~50m，勘探点间距不宜大于 30m；

4 当地质条件变化大、工程重要性等级高时，可加密勘探线和勘探点的间距。岩土性质差异明显或有风化岩分布的场地，可采用工程地质测绘、工程物探为主结合钻探或洞探、井探、槽探，查明岩土界面、滑动面位置和滑体边界；

5 勘探深度应穿越滑动面进入稳定地层 3m 以上，控制性勘探深度应穿越滑动面进入稳定地层 5m 以上，且满足滑坡治理需要；

6 重要地段可布置洞探、井探或槽探，以便直接探明滑动面位置、地层分布和岩性，采取岩土试样和进行现场原位试验；

7 采用钻探时，钻至接近预计滑动面（带）以上 5m 或滑动面（带）时，应采用干钻或空气钻进方式；并宜增大钻压、降低转速，提高岩芯采取率；回次进尺不得大于 0.5m，并应及时检查岩芯，采取原状样，确定滑面位置；

8 勘探过程发现地下水时，应分层止水并测定初见水位和稳定水位，查明地下水埋藏条件、含水层厚度，提供滑坡治理设计、施工所需的水文地质参数；

9 对处于不稳定状态的滑坡，可通过在主滑断面埋设测斜管测试岩土体的变形，从而确定滑动面的位置。

9.3.5 滑坡勘察取样和原位测试应符合下列规定：

1 应在滑坡体、滑动面（带）和稳定地层中，采取有代表性的试样。每一岩土层取样数量不得少于 6 件（组），条件许可时，软弱层或滑动面宜连续取样，如无法采取滑动带原状土样时，可采取保持天然含水量的扰动土样或相同土层原状样；

2 应结合滑动条件、岩土性质、工程要求，采用与滑动受力条件相似的抗剪强度试验方法。现场条件允许时，可通过现场剪切试验，取得抗剪强度指标；

3 应进行室内或现场滑面重合剪试验；滑动带土宜进行直接剪切试验或不固结快剪试验，滑动面相同土层原状样进行重塑土多次剪试验，提供多次剪和残余剪的抗剪强度；

4 可根据滑坡调查采用类比法反演分析滑动面的抗剪强度指标；

5 遇地下水出露（泉）时，应查明地下水补给、径流条件，进行流量测试；当地下水对滑坡影响较大时，应进行渗透试验。

9.3.6 滑坡稳定性分析应符合下列规定：

1 应根据勘察成果，明确滑坡类型，滑动面位置，滑坡体岩土特征，分析花瓶的影响因素，选择有代表性的分析断面；

2 滑坡推力计算，应符合本标准 18.5.5 条规定；当可能存在局部滑动时，除应进行整体稳定性验算外，尚应进行局部稳定性验算；

3 当采用反分析法时，应采用滑动后实测主断面计算。对处于滑动状态的滑坡体，稳定性系数 F_s 可取 0.95~1.00；对处于

暂时稳定的滑坡体，稳定性系数 F_s 可取 1.00~1.05；

4 当滑坡体内已形成地下水位面时，应计入浮力和水压力。当滑坡体渗透系数小于 1×10^{-7} m/s 时，可不考虑地下水渗透力作用；

5 当有地震、降雨、冲刷、人类活动等因素时，应考虑这些因素对稳定性的影响，计入地震力、水位升高的渗透压力，并采用饱和抗剪强度指标。

9.3.7 滑坡治理措施应符合下列要求：

1 应整平、夯平、夯实滑坡坡面或夯填裂缝等措施，消除和减轻地表水入渗、软化对滑坡的危害；

2 应采取坡体排水措施，减小地下水对滑坡稳定性的影响；

3 可采用支挡、锚杆（索）拉拔等加固措施或采取后缘削坡减载、前缘反压等措施改善滑坡体的力学平衡条件，减小下滑力，增大抗滑力；

4 应采取截、排水措施，坡面设置急流槽并采取防冲刷等综合措施，完善排水系统。

9.3.8 滑坡勘察、治理和使用期间均应进行监测，监测点应沿滑动方向的纵、横断面布置。滑坡监测应包括下列内容：

1 监测保护对象、监测项目、监测点布置、监测方法、监测频率和监测预警值；

2 滑坡体地面水平、垂直位移，裂缝延伸、张开或闭合、移动方向，新增裂缝情况；

3 滑坡体坡面以下不同深度岩土体的位移。监测保护对象一建（构）筑物开裂、内力、水平位移和垂直位移等变化情况；

4 滑动带含水层的特征变化；主要为孔隙水压力变化，地表水位、水量，井、泉、钻孔等的水位、水量、水质、水温、流向的变化。

9.4 泥石流

9.4.1 泥石流勘察应在工程可行性研究或初步勘察阶段进行。

泥石流勘察应包括下列内容：

- 1 调查泥石流的地质背景，水文和气象条件；
- 2 查明地形地貌特征、地层岩性、地质构造与地震、水文地质条件、植被情况、有关的人类活动情况；
- 3 查明泥石流的类型、发生时间、规模、物质组成、颗粒成分，暴发的频度和强度、形成历史、近期破坏特征、发展趋势和危害程度；
- 4 查明泥石流形成区的水源类型、水量、汇水条件、汇水面积，固体物质来源、分布范围、储量；
- 5 查明泥石流流通区沟床、沟谷发育情况、切割情况、纵横坡度、沟床冲淤变化和泥石流痕迹；
- 6 查明泥石流堆积区的堆积扇分布范围、表面形态、堆积物性质、层次、厚度、粒径；
- 7 分析泥石流的形成条件，泥石流的工程分类，评价其对工程建设的影响；
- 8 提供防治所需的泥石流特征参数和岩土参数；
- 9 提出防治措施和监测建议。

9.4.2 泥石流勘察应以工程地质测绘为主，辅以物探、钻探等其他勘探手段。测绘范围应包括沟谷至分水岭的全部面积及可能受泥石流影响的地段。测绘比例尺：对全流域宜采用 1:

10000~1: 50000；对中下游可采用 1: 2000~1: 10000；沟床纵断面图可采用横向 1: 500~1: 1000，竖向 1: 100~1: 500；沟床横断面图可采用 1: 100 ~1: 500。

9.4.3 福建省泥石流发生的沟谷，多属 II 类低频率型泥石流，应按照 II 型低频率泥石流沟谷规定进行勘察。II 型低频率泥石流特征见表 9.4.3。

9.4.4 泥石流勘察应划分泥石流的发育阶段，其划分标准应符合表 9.4.4 规定。

9.4.5 泥石流勘探工作应符合下列规定：

表 9.4.3 II 型低频率泥石流特征表

类别	泥石流	流域特征	亚类	严重程度	流域面积 (km ²)	固体物质一次冲出量 (×10 ⁴ m ³)	流量 (m ³ /s)	堆积区面积 (km ²)
II 低频率泥石流沟谷	暴发周期一般为 10 年。固体物质主要来源于沟床，泥石流发生时“揭床”现象明显。暴雨时坡面产生的浅层滑坡往往是激发泥石流形成的重要因素。性质有黏有稀	山体稳定性相对较好，无大型活动性滑坡、崩塌。沟床和扇形地上巨砾遍布。植被较好，沟床内灌木丛密布，扇形地多已辟为农田。黏性泥石流沟中下游沟床坡度小于 4%	II ₁	严重	>10	>5	>100	>1
			II ₂	中等	1~10	1~5	30~100	<1
			II ₃	轻微	<1	<1	<30	—

注：1 表中流量对低频率泥石流沟谷指历史最大流量；

2 泥石流的工程分类宜采用野外特征与定量指标相结合的原则，定量指标满足其中一项即可。

1 在形成区：勘探线和勘探点应布置在主要固体物质来源相对集中的位置，具体布置可参照滑坡、危岩和崩塌勘察的规

定，

勘探深度应穿越松散体进入下伏基岩 3m~5m；

2 在堆积区：勘探线和勘探点的布置应包括泥石流堆积扇的堆积范围，主勘探线应布置在扇形轴部，勘探点间距宜为 30m~50m，勘探深度应穿越堆积体；

表 9.4.4 泥石流发育阶段划分标准

阶 段	发育初期	旺盛期	间 歇 期
形 态 特 征	沟床纵坡陡，上游沟床浅，下游呈“V”字形。沟口泥石流扇面新鲜，无固定沟槽	沟床纵坡陡，沟谷呈“V”字形，多急弯，常发生泥石流堵沟。泥石流扇面新鲜且发育，有漫流现象	沟床纵坡较缓，沟谷呈“U”字形，支沟较多，主沟内常有零星阶地。泥石流扇陈旧，部分已辟为秦耕地或建有村舍
地 质 作 用	沟谷内溯源侵蚀和坡面侵蚀较严重。崩塌、滑坡正处于发展阶段	沟谷山坡稳定性极差，滑坡、崩塌、岩堆很发育，松散固体物质丰富，补给量多，坡面和沟床侵蚀严重	沟谷内滑坡、崩塌体已趋于稳定，局部小坍方。松散固体物质补给量小。沟床有下蚀和侧蚀现象
坍方面积率 A (%)	$1 \leq A \leq 10$	$A > 10$	A 小于 1
冲 淤 趋 势	沟谷上游以冲刷为主，下游以淤为主，淤积速度增快	沟谷上游以冲刷为主，下游以淤为主或大冲大淤	沟谷上、下游有淤有冲，冲刷下切速度大于淤积速度

3 在设置防治工程地段：勘探线和勘探点的布置应沿拟建工程轴线布置，勘探点间距一般宜为 20m~40m，勘探深度穿越松散体进入下伏基岩 3m~5m 或为拟建拦挡坝高度的 0.5 倍~1.5 倍，查明基础持力层，满足稳定性评价要求，当采用桩锚拦挡时，尚应布置纵断面，查明锚杆（索）范围岩土层性质，并满足排桩设计要求。

9.4.6 泥石流勘察取样和原位测试应符合下列规定：

1 堆积物取样的颗分样品，每件不应少于 50kg；并应在现场把 $\geq 2\text{cm}$ 以上的颗粒筛分出来，将 $< 2\text{cm}$ 的样品送试验室进行颗分试验；

2 防治工程地段的每一稳定土层均应取样，其参与数理统计的数据不应少于 6 组；

3 其它测试方法的选用应符合不同区段堆积体的特点；

4 泥石流流体密度可采用实测法或体积比法；

5 泥石流流量可采用形态调查法或配方法；

6 泥石流堆积量可采用平均厚度法或经验公式法。

9.4.7 泥石流防治措施应符合下列规定：

1 形成区：宜采取地表截排水为主要措施。控制形成泥石流的水源和松散固体物质的聚集和启动；

2 流通区：应采取修筑各种拦挡设施为主要措施。对流通长度较大的，可分级拦挡，拦蓄固体物质或减少固体物质的供给量，减弱泥石流的规模和流量，并疏通水流的排泄；

3 堆积区：应采取修筑排导、停淤等设施为主要措施；固定河床、约束水流，改善泥石流流向、流速、调整流路，限制漫流，引导泥石流安全排泄或沉积于固定位置；

4 已建工程区：应采取修筑支挡设施为主要措施；抵御和消除泥石流对已建工程的冲击、侧蚀、淤埋等危害。

9.5 采空区

9.5.1 采空区勘察应以搜集资料、工程地质测绘为主，辅以钻探、工程物探等其他勘探手段。并应采用定位监测方法直接查明地表变化特征、变形规律及其发展趋势。

9.5.2 采空区勘察应包括下列内容：

1 调查采空区的区域地质概况和地形地貌条件；

2 查明采空区的范围、层数、埋藏深度、开采时间、开采方式、开采厚度、上覆岩层的特性等；

3 查明采空区的塌落、空隙、填充和积水情况，填充物的性状、密实程度等；

4 查明地表变形特征、变化规律、发展趋势，对工程的危害性；

5 查明场地水文地质条件、采空区附近的抽水和排水情况及其对采空区稳定的影响；

6 分析、评价采空区稳定性及工程建设的适宜性；

7 提供防治工程设计所需的岩土参数；

8 提出防治措施和监测建议。

9.5.3 采空区勘探应重点查明采空区的空间位置、塌落、回填和充水情况，地下水的动态变化及其对采空区的影响。

9.5.4 对现采空区和未来采空区，预测地表移动和变形时，计算方法可选用典型曲线法、负指数函数法或概率积分法。

9.5.5 采空区勘探点应根据勘探线路的纵、横断面，结合拟建（构）筑物类型、坑洞的埋藏深度、延伸方向进行布置。

9.5.6 采空区勘察取样和原位测试应符合下列规定：

1 对上覆和侧向不同性质的岩、土层应分别采取有代表性试样进行物理力学性质试验和原位测试，取样数量每层不得少于6件（组）；提供稳定性验算及工程设计所需的岩土参数；

2 应分别采取地下水 and 地表水试样进行水质分析，取样数量每层应不少于3件，提供稳定性验算及工程设计所需的水文地质参数应通过现场抽、注水试验获取；

3 对煤层或可能储气部位，应进行有害气体含量、压力的现场测试，测试点不得少于3个。

9.5.7 采空区勘察过程中应对采空区和拟建场地进行定位监测，监测周期可根据式(9.5.7)计算结果或按表 9.5.7-1 取值。监测线宜按平行和垂直矿层走向布置，长度应超过移动盆地的范围。监测点宜采用等间距布置，或按表 9.5.7-2 取值。

$$T = \frac{Kn\sqrt{2}}{S} \quad (9.5.7)$$

式中： T —监测周期（月）；

- n —水准测量平均误差 (mm);
 S —地表变形每月下沉量 (mm/月);
 K —系数, 一般取 2~3。

表 9.5.7-1 监测周期

开采深度 H (m)	监测周期 T
$H < 50$	10 天
$50 \leq H < 150$	2 周
$150 \leq H < 250$	1 个月
$250 \leq H < 400$	2 个月
$400 \leq H < 600$	3 个月
$H \geq 600$	4 个月

注: 在监测地表变形值的同时, 应监测地表裂隙、陷坑、台阶的发展情况。

表 9.5.7-2 定位监测点间距

开采深度 H (m)	监测点间距 L (m)
< 50	5
$50 \sim 100$	10
$100 \sim 200$	15
$200 \sim 300$	20
$300 \sim 400$	25
> 400	30

9.5.8 采空区应根据开采情况, 地表移动盆地特征和变形大小, 划分为不宜建筑的场地和相对稳定的场地, 应符合下列规定:

- 1 下列地段不宜作为建筑场地:
 - 1) 在开采过程中可能出现非连续变形的地段;
 - 2) 处于地表移动活跃阶段的地段;
 - 3) 特厚矿层和倾角大于 55° 的厚矿层露头地段;
 - 4) 由于地表移动和变形引起边坡失稳和山崖崩塌的地段;
 - 5) 地表倾斜大于 10mm/m , 地表曲率大于 0.6mm/m^2 或地表水平变形大于 6mm/m 的地段。
- 2 下列地段作为建筑场地时, 应评价其适宜性:
 - 1) 采空区采深采厚比小于 30 的地段;

- 2) 采深小，上覆岩层极坚硬，并采用非正规开采方法的地段；
- 3) 地表倾斜为 $3\text{mm/m} \sim 10\text{mm/m}$ ，地表曲率为 $0.2\text{mm/m}^2 \sim 0.6\text{mm/m}^2$ 或地表水平变形为 $2\text{mm/m} \sim 6\text{mm/m}$ 的地段。

9.5.9 采空区拟建（构）筑物应避开地表裂缝和陷坑地段。次要建（构）筑物且采空区采深/采厚比大于 30，地表已经稳定时可不进行稳定性评价；当采深/采厚比小于 30 时，可根据建（构）筑物的基底压力、采空区的埋深、范围和上覆岩层的力学性质等评价地基的稳定性，并根据矿区实践经验，提供处理措施的建议。

9.5.10 采空区防治措施应符合下列要求：

- 1 留设保护矿柱，减少一次采出厚度，进行协调开采；
- 2 设置变形缝、钢拉杆、钢筋混凝土圈梁、基础连系梁、钢筋混凝土锚固板、变形补偿沟，采用双板基础、堵砌门窗洞、千斤顶调整基础等结构措施，加强建（构）筑物的整体刚度，提高抗变形能力；
- 3 采用毛石混凝土、粉煤灰或砂、矸石进行回填或压力灌浆。

9.6 危岩和崩塌

9.6.1 当拟建工程场地或附近存在对工程安全有影响的危岩或崩塌时，或场地位于陡坡地区，坡高、陡面不平整呈上陡下缓，岩体的节理、裂隙发育，结构面多张开，坡脚、坡面有崩塌物堆积时，应进行危岩和崩塌勘察。危岩和崩塌勘察宜在可行性研究或初步勘察阶段进行。

9.6.2 危岩和崩塌勘察应包括下列内容：

- 1 调查危岩和崩塌地质背景，水文、气象条件；

2 查明地形地貌、地层岩性、地质构造与地震、水文地质特征、人类活动情况；

3 查明危岩和崩塌类型、范围、规模、崩落方向、形态特征及边界条件、物质组成，危岩体岩性特征、风化程度和岩体完整程度、近期变形破坏特征，分析对工程与环境的危害性；

4 查明危岩和崩塌的形成条件、影响因素和影响范围；

5 对危岩和崩塌的稳定性、危害程度和工程建设适宜性进行评价；

6 提供防治工程设计所需的岩土参数；

7 提出防治措施和监测建议。

9.6.3 崩塌按其形成机理可分为五类，分类形式应符合表 9.6.3 的规定。

表 9.6.3 崩塌形成机理分类

类型	岩性	结构面	地貌	受力状态	起始运动形式
倾倒式崩塌	直立岩层	多为垂直节理直立层面	峡谷、直立岸坡、悬崖	主要受倾覆力矩作用	倾倒
滑移式崩塌	多为软硬相间的岩层、土层	有倾向临空面的结构面	陡坡通常大于 55°	滑移面主要受剪切力	滑移
鼓胀式崩塌	黏土、坚硬岩层下有较厚软岩层	上部垂直节理下部为近水平的结构面	陡坡	下部软岩受垂直挤压	鼓胀伴有下沉、滑移、倾斜
拉裂式崩塌	多见于软硬相间的岩层	多为风化裂隙和重力拉张裂隙	上部突出的悬崖	拉张	拉裂
错断式崩塌	坚硬岩层	垂直裂隙发育，通常无倾向临空面的结构面	大于 45° 的陡坡	自重引起的剪切力	错落

9.6.4 崩塌勘察方法应以工程地质测绘及工程物探为主，辅以少量探槽、探井或钻探，查明崩塌体分布和深度。

9.6.5 工程地质测绘工作可按本标准第 11 章规定执行，危岩和

崩塌区工程地质测绘比例尺宜选用 1: 200~1: 500; 对危岩体和危岩崩塌方向主剖面的比例尺宜选用 1: 200。测绘和调查范围应超出其影响区域; 并应重点查明下列内容:

1 地形坡度, 相对高度, 坡顶和坡面微地貌特征; 包括: 坡顶凹地、坡面台阶个数、平台宽度、台阶高度等, 汇水条件和汇水面积;

2 查明危岩分布、大小、岩性特征、风化程度和稳定性; 查明崩塌发生位置、崩积物特征、规模、崩塌后坡面形状、坡度等崩塌迹象; 危岩和崩塌成因和影响因素;

3 危岩基座岩土体的组成结构和工程特性, 岩体基本质量等级、岩性特征和风化程度;

4 岩体结构类型, 结构面的产状、组合关系、闭合程度、力学属性、延展及贯穿情况;

5 大气降水、地下水对崩塌的影响;

6 搜集当地防治危岩和崩塌的经验。

9.6.6 应根据危岩的破坏型式按单个危岩形态特征进行定性或定量评价, 并提供相关图件, 标明危岩分布、大小和数量。

9.6.7 危岩监测除应符合本标准第 17 章规定外, 尚应符合下列要求:

1 应对危岩及裂隙进行详细测绘和编录;

2 应在危岩裂隙的主要部位设置伸缩仪, 记录其水平位移和垂直位移;

3 应绘制时间和水平位移、时间和垂直位移的关系曲线;

4 根据位移与时间的变化曲线, 计算出移动速度; 对潜在危岩的变形、发展速度做出判断和预报。

9.6.8 对危险性大、破坏后果严重的大型危岩, 应通过张裂缝位移变形监测判定危岩的稳定性。对可能发生崩塌的时间、规模、滚落方向、途径、危害范围等做出预测。

9.6.9 危岩和崩塌防治措施应符合下列要求:

1 中小规模崩塌区，当拟建物或线路工程与坡脚间的安全距离符合要求时，可在坡脚或半坡设置拦石墙、拦石堤、主动或被动防护网等；

2 中小规模崩塌区，且发生次数频繁，并受地形地质条件限制，难以修建拦截建（构）筑物时，可修建明洞或棚洞等防塌构筑物，但洞顶应有足够厚度的缓冲层；

3 小型崩塌区，当边坡或陡坡上存在较完整的危岩，且危岩下的地基条件较好时，可采用在危岩下修筑支柱等支挡加固措施；对易崩塌岩体可采用锚索或锚杆串联的加固办法；

4 小型崩塌区，当边坡或陡坡上的岩体较破碎，且危岩的体积较小时，可对岩体中的裂隙、空洞采用片石、混凝土灌浆和镶补勾缝等加固措施；

5 采取截、排水措施，减小地表水的冲刷作用；

6 对危岩和崩塌体，可采取清除、削坡减载、坡面防护，坡脚支挡等措施。

9.6.10 危岩和崩塌岩土工程分析、评价应包括下列内容：

1 规模大，破坏后果很严重，难于治理的，不宜作为工程场地；

2 规模较大，破坏后果严重的，应对可能产生崩塌的危岩和崩塌区进行加固处理；

3 规模小，破坏后果不严重的，可作为工程场地，但应对不稳定危岩和崩塌区采取治理措施。

9.7 地面沉降

9.7.1 本节适用于除岩溶及采空区外，由于自然或人类工程活动引起的大面积地面沉降的岩土工程勘察。

9.7.2 对已发生地面沉降的地区，勘察应查明地面沉降原因和现状，并预测其发展趋势，提出控制和治理方案。对可能发生地

面沉降的地区，应预测发生的可能性和发展趋势，并对可能的层位做出估计，对沉降量进行估算，提出预防和控制地面沉降的建议。

9.7.3 地面沉降勘察应包括下列内容：

1 查明场地的地形地貌和微地貌特征，对地面沉降现状进行调查；

2 查明松散堆积物的年代、成因、厚度、埋藏条件和土性特征，硬土层和软弱压缩层的分布；

3 查明场地地下水位以下可压缩层的固结程度和变形参数；

4 含水层和隔水层的埋藏条件和水文地质特征；历年地下水的开采量和回灌量，历年地下水位、水头的变化幅度和速率；

5 地下水的补给、径流、排泄条件，含水层间或地下水与地面水的水力联系；

6 抽排地下水引起的地面沉降，则应调查地下水位下降漏斗的形成和发展过程，含水层的渗透系数、单位涌水量等水文地质参数。

9.7.4 地面沉降现状调查应符合下列要求：

1 按精密水准测量要求进行长期监测，地面沉降水准测量应设置高程基准标、地面沉降标和分层沉降标；

2 调查地面沉降对建筑物的影响，包括建筑物的沉降、倾斜、裂缝和其发生时间和发展过程；

3 绘制不同时间的地面沉降等值线图，并分析地面沉降中心及控制因素；

4 绘制以地面沉降为特征的工程地质分区图。

9.7.5 对已发生地面沉降的地区，应根据长期监测资料和沉降区的工程地质和水文地质条件，分析产生地面沉降的致灾因素，计算沉降量，提出合理的控制措施和治理方案。

9.7.6 对可能发生地面沉降的地区，应预测地面沉降的可能性

和估算沉降量，提出应采取的防治措施和监测建议，并应符合下列要求：

- 1 根据场地工程地质和水文地质条件，预测可压缩层的分布；
- 2 根据抽水试验、渗透试验、先期固结压力试验、流变试验、载荷试验等测试成果和沉降监测资料，分析地面沉降特征和发展趋势；
- 3 提出在地面沉降区内进行工程建设应采取的防治措施和监测建议。

10 场地与地基的地震效应评价

10.1 一般规定

10.1.1 建筑与市政工程岩土工程勘察应按本章规定对场地与地基的地震效应进行评价。各类建筑与市政工程的抗震设防烈度不应低于本地区的抗震设防烈度，并按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 确定其抗震设防类别及其抗震设防标准。各地区遭受的地震影响，应采用相应于抗震设防烈度的设计基本地震加速度和特征周期表征，并应符合下列要求：

1 各地区抗震设防烈度与设计基本地震加速度取值的对应关系应符合表 10.1.1-1 的规定；

2 特征周期应根据工程所在地的设计地震分组和场地类别按表 10.1.1-2 的规定确定；

3 设计地震分组应根据现行国家标准《中国地震动参数区划图》GB 18306 中Ⅱ类场地条件下的基本地震东速度反应谱特征周期按表 10.1.1-3 的规定确定；

4 工程场地类别应按本标准第 10.2.4 条规定确定；

5 标准设防类（丙类）应按本地区抗震设防烈度确定其抗震措施和地震作用；重点设防类（乙类）应按高于本地区抗震设防烈度一度的要求确定其抗震措施和地震作用，同时按本地区抗震设防烈度确定其地震作用。

表 10.1.1-1 抗震设防烈度和Ⅱ类场地设计基本地震加速度的对应关系

抗震设防烈度	6 度	7 度	8 度	9 度		
Ⅱ类场地设计基本地震加速度	0.05g	0.10g	0.15g	0.20g	0.30g	0.40g

表 10.1.1-2 特征周期值 (s)

设计地震分组	场地类别				
	I ₀	I ₁	II	III	IV
第一组	0.20	0.25	0.35	0.45	0.65
第二组	0.25	0.30	0.40	0.55	0.75
第三组	0.30	0.35	0.45	0.65	0.90

注：计算罕遇地震作用时，特征周期应增加 0.05s

表 10.1.1-3 设计地震分组与 II 类场地地震动加速度反应谱特征周期的对应关系

设计地震分组	第一组	第二组	第三组
II 类场地地震动加速度反应谱特征周期	0.35s	0.40s	0.45s

10.1.2 建筑与市政工程进行岩土工程勘察时，应根据工程需要和地震活动情况、工程地质和地震地质等有关资料按表 10.1.2 对场地抗震地段进行综合评价。对不利地段，应尽量避免；当无法避开时应采取有效的抗震措施。对危险地段，严禁建造甲、乙、丙类建筑。

表 10.1.2 建筑场地抗震地段划分

地段类别	地质、地形、地貌
有利地段	稳定基岩，坚硬土，开阔、平坦、密实、均匀的中硬土等
一般地段	不属于有利、不利和危险的地段
不利地段	软弱土，液化土，条状突出的山嘴，高耸孤立的山丘，陡坡，陡坎，河岸和边坡的边缘，平面分布上成因、岩性、状态明显不均匀的土层（如古河道、疏松的断层破碎带、暗埋的塘浜沟谷和半填半挖地基），地表存在结构性裂缝等
危险地段	地震时可能发生滑坡、崩塌、地陷、地裂、泥石流等及发震断裂带上可能发生地表错位的部位

10.1.3 当建设场地有活动断裂时，应进行活动断裂专项勘察。活动断裂勘察应包括下列内容：

- 1 查明活动断裂的位置、类型、产状、规模、断裂带宽度、岩性、岩体破碎和胶结程度、富水性及与拟建工程的关系；
- 2 查明活动断裂的活动年代、活动速率、错动方式；
- 3 评价活动断裂对工程建设可能产生的危害和影响，提出避让或工程措施建议；

4 提出防治措施和监测建议。

10.1.4 天然地基应采用地震作用效应的标准组合和地基抗震承载力进行抗震验算。地基抗震承载力应取地基承载力特征值与地基抗震承载力调整系数的乘积。地基抗震承载力调整系数 ξ_a 应根据地基土的性状按表 10.1.4 的规定取值，但不得超过 1.5。

表 10.1.4 地基抗震承载力调整系数 ξ_a

岩土名称和性状	ξ_a
岩石，密实的碎石土，密实的砾、粗、中砂， $f_{ak} \geq 300\text{kPa}$ 的黏性土和粉土	1.5
中密、稍密的碎石土，中密和稍密的砾、粗、中砂，密实和中密的细、粉砂， $150\text{kPa} \leq f_{ak} < 300\text{kPa}$ 的黏性土和粉土，坚硬黄土	1.3
稍密的细、粉砂， $100\text{kPa} \leq f_{ak} < 150\text{kPa}$ 的黏性土和粉土，可塑黄土	1.1
淤泥，淤泥质土，松散的砂，杂填土，新近堆积黄土及流塑黄土	1.0

10.1.5 地下工程周围土体和地基存在液化土层时，应采取抗液化措施，并应符合下列要求：

1 对液化土层采取振冲密实、注浆加固和换土等消除或减轻液化影响的措施；

2 进行地下结构液化上浮验算，必要时采取增设抗拔桩、配置压重等相应的抗浮措施。

10.1.6 地下工程穿越地震时可能滑移的古河道岸坡或可能发生明显不均匀沉降的软土地带时，应采取更换软土或设置桩基础等措施。

10.2 场地类别划分

10.2.1 场地类别划分应根据岩石的剪切波速或土的等效剪切波速和场地覆盖层厚度按表 10.2.1 确定。

10.2.2 土层等效剪切波速测试应符合下列规定：

1 初步勘察阶段，当建设场地为同一地质单元，测试土层剪切波速的钻孔数量不宜少于 3 个；

表 10.2.1 各类场地的覆盖层厚度 (m)

岩石的剪切波速或土的等效剪切波速 (m/s)	场地类别				
	I ₀	I ₁	II	III	IV
$v_s > 800$	0				
$800 \geq v_s > 500$		0			
$500 \geq v_{se} > 250$		<5	≥ 5	—	—
$250 \geq v_{se} > 150$		<3	3~50	> 50	—
$v_{se} \leq 150$		<3	3~15	15~80	>80

注：表中 v_s 系岩石的剪切波速。

2 详细勘察阶段，对单幢建（构）筑物，波速孔的数量不宜少于 2 个；对群体建（构）筑物，波速孔不应少于 3 个；处于同一地质单元的高层建筑群，每幢建筑物不应少于 1 个波速试验孔。当数据变化较大时，宜适度增加波速试验孔数；

3 丁类建（构）筑物和丙类建（构）筑物，层数不超过 10 层、高度不超过 24m 的多层建（构）筑物，当无实测剪切波速时，可根据岩土名称和性状，结合当地工程实践经验，按表 10.2.2 确定剪切波速度范围和土的类型；

4 土层等效剪切波速应按下列式计算：

$$v_{se} = d_0 / t \quad (10.2.2-1)$$

$$t = \sum_{i=1}^n (d_i / v_{si}) \quad (10.2.2-2)$$

式中： v_{se} —土层等效剪切波速 (m/s)；

d_0 —计算深度 (m)，取覆盖层厚度和 20m 二者较小值；

t —剪切波在地面至计算深度之间的传播时间；

d_i —计算深度范围内第 i 层的厚度 (m)；

v_{si} —计算深度范围内第 i 层的剪切波速 (m/s)；

n —计算深度范围内土层的分层数。

10.2.3 建筑与市政工程场地覆盖层厚度确定应符合下列规定：

1 应按地面至剪切波速大于 500m/s 的土层顶面的距离确

定，并满足该深度以下地层剪切波速均大于 500m/s；

表 10.2.2 土的类型划分和剪切波速范围

土的类型	岩土名称和性状	土层剪切波速范围 (m/s)
岩石	坚硬、较硬且完整的岩石	$v_{se} > 800$
坚硬土或软质岩石	破碎和较破碎的岩石或软和较软的岩石，密实的碎石土	$800 \geq v_{se} > 500$
中硬土	中密、稍密的碎石土，密实、中密的砾、粗、中砂， $f_{ak} > 200$ 的黏性土和粉土	$500 \geq v_{se} > 250$
中软土	稍密的砾、粗、中砂，除松散外的细、粉砂， $f_{ak} \leq 200$ 的黏性土和粉土， $f_{ak} > 130$ 的填土	$250 \geq v_{se} > 150$
软弱土	淤泥和淤泥质土，松散的砂，新近沉积的黏性土和粉土， $f_{ak} \leq 130$ 的填土	$v_{se} \leq 150$

注： f_{ak} 为由荷载试验等方法得到的地基承载力特征值 (kPa)， v_{se} 为岩土剪切波速。

2 当地面 5m 以下存在剪切波速大于相邻上层土剪切波速 2.5 倍的土层，且其下卧岩土的剪切波速均不小于 400m/s 时，可按地面至该土层顶面的距离确定；

3 剪切波速大于 500m/s 的孤石、透镜体，应视同周围土层；

4 土层中的火山岩硬夹层，应视为刚体，其厚度应从覆盖土层中扣除；

5 当场地和附近无覆盖层厚度资料时，应进行勘探查明覆盖层厚度。

10.2.4 当场地存在较厚软土层或相对较厚软弱夹层，且剪切波速未随深度呈递增趋势时，可根据分析结果适当调整场地类别和设计地震动参数。

10.2.5 场地内存在发震断裂时，应评价发震断裂对工程的影响，评价工作应符合下列规定：

1 当抗震设防烈度小于 8 度、非全新世活动断裂或抗震设防烈度为 8 度和 9 度，且前第四纪基岩隐伏断裂的土层覆盖厚度

分别大于 60m 和 90m 时；可忽略发震断裂错动对地面建筑的影响；

2 对不符合本条第 1 款规定的情况时，应避开主断裂带。其避让距离不宜小于表 10.2.5 对发震断裂最小避让距离。在避让距离的范围内确有需要建造分散、低于三层的丙类、丁类建筑时，应按抗震设防烈度提高一度采取抗震措施，并提高基础和上部结构的整体性，且不得跨越断层线。

表 10.2.5 发震断裂的最小避让距离 (m)

烈度	建筑抗震设防类别			
	甲	乙	丙	丁
8	专门研究	200m	100m	—
9	专门研究	400m	200m	—

10.2.6 各类建筑与市政工程地震作用计算时，设计地震动参数应根据设防烈度按本标准第 10.1.1 条的相关规定确定，并应符合下列规定：

1 当工程结构处于发震断裂两侧 10km 以内时，应计入近场效应对设计地震动参数的影响；

2 当工程结构处于条状突出的山嘴、高耸孤立的山丘、非岩石和强风化岩石的陡坡、河岸与边坡边缘等不利地段时，应阐述边坡形态、相对高差、地层岩性、拟建工程至边坡的距离，应考虑不利地段对水平设计地震参数的放大作用。放大系数应根据不利地段的具体情况确定，其数值不得小于 1.1、最大不得大于 1.6。

10.3 液化判别

10.3.1 饱和砂土和饱和粉土的液化判别和地基处理，抗震设防烈度为 6 度时，一般可不进行液化判别和处理，但对液化沉陷敏感的乙类建筑可按 7 度的要求进行判别和处理，对甲类建筑应进行专门的液化勘察。抗震设防烈度 7 度~8 度时，乙类建筑可按

本地区抗震设防烈度的要求进行判别和处理。

10.3.2 对抗震设防烈度不低于 7 度的建筑与市政工程，当地面下 20m 范围内存在饱和砂土和饱和粉土时，应进行液化判别。当液化程度差异较大时，应进行分区、分别评价；存在液化土层的地基，应根据工程的抗震设防类别、地基的液化等级，结合具体情况采取相应的抗液化措施。

10.3.3 液化判别时应先进行初判，当饱和砂土或粉土符合下列条件之一时，可初步判别为不液化或可不考虑液化影响。

1 第四纪晚更新世 Q_3 及其以前时，7、8 度时可判为不液化；

2 当粉土的黏粒（粒径小于 0.005mm 的颗粒）含量百分率在 7 度区大于或等于 10，8 度区大于或等于 13 时，可判为不液化土（黏粒含量测定应采用六偏磷酸钠作为分散剂测定，采用其他方法时应按规定换算）；

3 浅埋天然地基的建（构）筑物，当上覆非液化土层厚度和地下水位深度符合下列条件之一时，可不考虑液化影响：

$$d_u > d_0 + d_b - 2 \quad (10.3.3-1)$$

$$d_w > d_0 + d_b - 3 \quad (10.3.3-2)$$

$$d_u + d_w > 1.5d_0 + 2d_b - 4.5 \quad (10.3.3-3)$$

式中： d_w —地下水位深度（m），宜按设计基准期内平均最高水位采用，也可按近期内年最高水位采用；

d_u —上覆盖非液化土层厚度（m），计算时宜将淤泥和淤泥质土扣除；

d_b —基础埋置深度（m），不超过 2m 应按 2m 计；

d_0 —液化土特征深度（m），可按表 10.3.3 采用。

表 10.3.3 液化土特征深度（m）

饱和土类别	7 度	8 度
粉土	6	7
砂土	7	8

注：当区域的地下水位处于变动状态时，应按不利的情况考虑。

10.3.4 饱和砂土或粉土液化判别应符合下列规定：

1 当饱和砂土、粉土的初步判别需进一步进行液化判别时，应采用标准贯入试验判别方法判别地面下 20m 范围内土的液化；符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 规定可不进行天然地基及基础抗震承载力验算的各类建（构）筑物，可只判别 15m 范围内土的液化；

2 当采用标准贯入法进行液化判别时，每个场地标准贯入试验孔数量不应少于 3 个，每幢建（构）筑物应有不少于 1 个判别孔。在需作判别的土层中，标准贯入试验点的竖向间距宜为 1.0m~1.5m，每层土的试验总数不应少于 6 个。

10.3.5 饱和土标准贯入锤击数（未经杆长修正）小于或等于按式(10.3.5)计算而得的液化判别标准贯入锤击数临界值时，应判为液化土，否则为不液化土。

$$N_{cr} = N_0 \beta \left[\ln(0.6d_s + 1.5) - 0.1d_w \right] \sqrt{3/\rho_c} \quad (10.3.5)$$

式中： N_{cr} —液化判别标准贯入锤击数临界值；

N_0 —液化判别标准贯入锤击数基准值，应按表 10.3.5 取值；

d_s —饱和土标准贯入点深度（m）；

d_w —地下水位深度（m），宜按设计基准期内年平均最高水位或按近期年最高水位采用；

ρ_c —黏粒含量的百分率，当小于 3 时应采用 3；

β —调整系数，设计地震第一组取 0.80，第二组取 0.95，第三组取 1.05。

表 10.3.5 液化判别标准贯入锤击数基准值 N_0

设计基本地震加速度（g）	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40
液化判别标准贯入锤击数基准值	7	10	12	16	19

10.3.6 当有成熟经验时，可采用静力触探或波速测试等对饱和砂土或粉土进行液化判别。

10.3.7 判别为可液化的砂土、粉土层，应根据各液化土层的深

度和厚度，按式(10.3.7)计算每个孔的液化指数，并按表 10.3.7 综合确定场地的液化等级。

$$I_{LE} = \sum_{i=1}^n (1 - N_i / N_{cr}) d_i W_i \quad (10.3.7)$$

式中： I_{LE} —液化指数；

n —每孔可液化土层的标准贯入试验总数；

N_i 、 N_{cr} —分别为第*i*点标准贯入锤击数的实测值和临界值，当实测值大于临界值时，取临界数值；当只需要判别 15m 范围以内的液化时，15m 以下的实测值可按临界值采用；

d_i —第*i*点所代表的土层厚度 (m)，可采用与该标准贯入试验点相邻的上、下两标准贯入点深度差的一半，但上界不高于地下水位深度，下界不深于液化深度；

W_i —第*i*土层单位土层厚度的层位影响权函数值 (单位为 m^{-1})。当该层中点深度不大于 5m 时应取 10，等于 20m 时应采用零值，5m~20m 时应按线性内插法取值。

表 10.3.7 液化指数划分液化等级标准

液化等级	轻微	中等	严重
液化指数 I_{LE}	$0 < I_{LE} \leq 6$	$6 < I_{LE} \leq 18$	$I_{LE} > 18$

10.3.8 液化层液化等级评价应符合下列要求：

1 应逐点判别，如发现异常点，要结合标准贯入试验样分析其原因，确保判别液化土层标准贯入试验锤击数的准确性；

2 应按孔计算每个试验孔的液化指数；

3 应按照每个孔的计算结果，结合场地的地形地貌条件，综合确定场地液化等级。

10.3.9 一般情况下，不宜将未经处理的液化土层作为天然地基持力层。在故河道以及临近河岸、海岸和边坡等有液化侧向扩展或流滑可能的地段内不宜修建永久性建（构）筑物，否则应进行

抗滑动验算，采取防土体滑动措施或结构抗裂措施。当液化土层平坦且均匀时，可根据建（构）筑物抗震设防类别及地基液化等级按表 10.3.9 选用地基抗液化措施。

表 10.3.9 地基抗液化措施

建筑抗震设防类别	地基液化等级		
	轻微	中等	严重
甲	全部消除地基液化沉陷	全部消除地基液化沉陷	全部消除地基液化沉陷
乙	部分消除液化沉陷，或对基础和上部结构处理	全部消除地基液化沉陷，或部分消除液化沉陷且对基础和上部结构处理	全部消除地基液化沉陷
丙	基础和上部结构处理，亦可不采取措施	基础和上部结构处理，或更高要求的措施	全部消除地基液化沉陷，或部分消除液化沉陷且对基础和上部结构处理
丁	可不采取措施	可不采取措施	基础和上部结构处理，或其它经济措施

注：甲类建筑的地基抗液化措施应进行专门研究，但不宜低于乙类的相应要求。

10.3.10 地基抗液化沉陷措施，应符合下列要求：

1 全部消除地基液化沉陷措施，可采用桩基、深基础、地基加固或置换处理，处理深度均应超过可液化土层至稳定地层一定深度；

2 部分消除地基液化沉陷措施，可采用地基加固、用非液化土置换可液化土、增加上覆非液化土层厚和改善周边排水条件，但经处理后的地基液化指数应小于 4；

3 对基础和上部结构处理措施，可采用调整基础的埋置深度和底面积，减少基础偏心，加强基础整体性和刚度，减轻荷载和增强上部结构的整体刚度，避免采用对不均匀沉降敏感的结构形式等。

10.4 软土震陷

10.4.1 抗震设防烈度等于 7 度或 7 度以上地区，当场地有较

厚软土且采用天然地基时，应评价和判定其产生震陷的可能性。

10.4.2 当软土层的等效剪切波速符合表 10.4.2 规定时，各类建（构）筑物可不考虑震陷影响，否则应在专门分析的基础上进行综合评价后采取有效的抗震措施。

表 10.4.2 软土地基等效剪切波速值与震陷的关系

抗震设防烈度	7 度	8 度
等效剪切波速(m/s)	>90	>140
震陷影响	不考虑	不考虑

10.4.3 软土震陷分析可采用波速测试、地基土承载力、上覆非软弱土层厚度，结合软土层厚度等综合分析；必要时尚可结合室内土的动力性质试验进行判别。

10.4.4 抗震设防烈度等于 7 度及 7 度以上地区，当采用天然地基或地基主要持力层范围内存在软土层时，应对其在地震力作用下可能产生的软土震陷进行分析和评价。并应符合下列要求：

- 1 甲类建（构）筑物和对沉降有严格要求的乙类建（构）筑物应进行专门的震陷分析；
- 2 对沉降无特殊要求的乙类建（构）筑物和对沉降敏感的丙类建（构）筑物，当无条件进行专门的震陷分析时，可按表 10.4.4 的规定确定软土的震陷估算值；
- 3 当软土厚度和承载力特征值与表 10.4.4 中规定的地基土条件有一项不符合时，可按实际条件变化的大小、建（构）筑物性质和结构类型，适当减小震陷值，当条件都不相符时，可不考虑震陷对建（构）筑物的影响。

表 10.4.4 乙、丙类建（构）筑物地震震陷估算参考值

地基土条件	地基主要持力层深度内软土厚度 $h > 3\text{m}$; 地基土承载力特征值 $f_{ak} \leq 70\text{kPa}$	
地震烈度	7	8
震陷估算值 (mm)	≤ 30	≤ 150

10.4.5 软土地基抗震措施应符合下列要求：

- 1 采用桩基、挖除全部软土或其它地基加固方法；
- 2 选择合适的基础埋置深度，减轻基础荷载，调整基础底面积，减少基础偏心；加强基础的整体性和刚性；
- 3 增加上部结构的整体刚度和对称性、合理设置沉降缝，预留结构净空，避免采用对不均匀沉降敏感的结构形式。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

11 工程地质测绘

11.1 一般规定

11.1.1 地形、地貌、地质条件较复杂的场地应进行工程地质测绘。地质条件简单的场地，可采用工程地质调查方法。

11.1.2 工程地质测绘宜在工程可行性研究或初步勘察阶段进行。在可行性研究阶段搜集资料时，宜包括航空相片、卫星相片的解译结果和无人机倾斜摄影资料。在详细勘察阶段可对某些专门地质问题作补充调查和大比例尺工程地质测绘。

11.1.3 工程地质测绘范围，应包括场地及工程建设可能被影响的范围。测绘的比例尺和精度应符合下列规定：

1 工程地质测绘比例尺：可行性研究阶段可选用 1: 5000~1: 50000；初步勘察阶段可选用 1: 2000~1: 10000；详细勘察阶段可选用 1: 500~1: 2000；必要时比例尺可适当放大；

2 对工程有重要影响的地质单元（滑坡、断层、软弱夹层、洞穴等），可采用大比例尺；

3 地质界面和地质观测点工程地质测绘精度，在图上的误差不应超过 3mm。大于测绘底图上宽度 2mm 的地质单元应标绘在图上，对工程有重要影响的地质单元即使是小于 2mm 图上宽度，也应用扩大比例尺的方法标绘在图上。

11.1.4 工程地质测绘地质观测点的布置、密度和定位应符合下列规定：

1 在地质构造线、地层接触线、岩性分界线、标准层位和每个地质单元体应布置地质观测点；

2 地质观测点的密度应根据场地的地貌、地质条件、成图比例尺和工程要求等确定，并应具有代表性；一般宜控制在图上距离 20mm~40mm。利用遥感影像资料解释成果进行工程地质测绘比对时，同一地区应有 2 套~3 套相片，现场检验的地质观测点数量宜为工程地质测绘点数的 30%~50%；

3 地质观测点应布置在具有代表性的天然露头和人工露头处，当露头数量不满足测绘精度时，应布置一定数量的探坑或探槽；

4 地质观测点定位可根据精度要求选用适当定位方法，当测绘比例尺等于或小于 1: 25000 时，地质观测点除少量重要地质观测点应用测量仪器定位外，可用目测法标绘；当测绘比例尺等于或小于 1: 10000 时，控制主要地质条件和地质单元的地质观测点应用测量仪器定位；当测绘比例尺大于 1: 5000 时，应全部采用测量仪器定位；

5 地质构造线、地层接触线、岩性分界线、软弱夹层、地下水露头和不良地质作用等特殊地质观测点，宜用仪器定位。

11.1.5 工程地质测绘时，地层单位划分应根据比例尺的大小确定，并应符合下列规定：

1 比例尺为 1: 100000~1: 50000，应划分到统或群；

2 比例尺为 1: 25000~1: 10000，应划分到阶或组；

3 比例尺为 1: 5000，应划分到带或按岩性、工程地质岩组划分；

4 比例尺为 1: 2000~1: 200，应按岩性或工程地质岩组划分。

11.2 工程地质测绘内容

11.2.1 工程地质测绘宜包括下列内容：

1 查明地形、地貌特征及其与地层、构造、不良地质作用

的关系，划分地貌单元；

2 查明地层的年代、成因、性质、厚度和分布；岩层应鉴定其风化程度和产状，对土层应区分新近沉积土、各种特殊性土；

3 查明岩体结构类型，各类结构面（尤其是软弱结构面）的产状和性质，岩、土接触面和软弱夹层的特性等，新构造活动的形迹及其与地震活动的关系；

4 查明地下水的类型、补给来源、排泄条件，井泉位置，含水层的岩性特征、埋藏深度、水位变化、污染情况及其与地表水体的关系；

5 搜集气象、水文、植被等资料；调查最高洪水位及其发生时间、淹没范围；

6 查明岩溶、土洞、滑坡、崩塌、泥石流、冲沟、地面沉降、地面塌陷、断裂、地震灾害、地裂缝、岸边冲刷等不良地质作用的形成、分布、形态、规模、发育程度及其对工程建设的影响；

7 调查人类活动对场地稳定性的影响，包括人工洞穴、地下采空、大挖大填、抽水排水和水库诱发地震等；

8 调查建（构）筑物的变形和工程经验。

11.2.2 工程地质测绘应在分析已有资料的基础上，重点研究工作区内地质构造与新构造运动的关系；调查各种构造形迹的分布、规模、力学性质、组合关系等。

11.2.3 应调查和搜集能反映新构造运动、历史地震和近期地震的有关资料，确定是否有活动性断裂、全新活动性断裂存在。调查测区内的地震活动规律、活动水平、活动特征和已发生破坏性地震的地震效应。分析发震断裂的构造部位和应力场特征。

11.3 工程地质测绘方法

11.3.1 工程地质测绘可根据工程和勘察需要，采用相片成图法或实地测绘法，按表 11.3.1 选择一种或多种工程地质测绘方法。

1 相片成图法：利用地面摄影或航空（卫星）遥感图片进行室内解译，划分出地层岩性、地质构造、地貌单元、水系分布、不良地质作用和地质灾害等，并根据第 11.1.4 条规定进行实地校对和验证。对室内解释难于获得的资料应进行野外补充并绘制成图；如有不合理现象应进行修正，重新解译或进行野外复验；

2 实地测绘法：主要有路线穿越法、追索法、布点法三种。实地测绘方法的选用应符合表 11.3.1 的规定。

表 11.3.1 工程地质测绘基本方法

基本方法	说明
路线穿越法	采用垂直穿越测绘区域内地貌单元、岩层和地质构造线走向的方法，把沿途观察到的各种地质界线、地貌界线、构造线、岩层产状及各种不良地质现象的位置标绘在地形图上。路线形式有“S”型和“直线”型两种，该方法适用于各种比例尺
追索法	沿地层走向、某一构造线方向或其它地质单元界线布点追索，并将界线测绘于图上。地表可见部分用实线表示，推测部分用虚线表示。该方法多用于中大比例尺
布点法	根据地质条件复杂程度和不同的比例尺，预先在图上布置一定的地质监测点和地质监测路线，地质监测点密度应满足要求且布置在地貌单元的边界、地层接触线、断层、地下水出露点、特殊性岩土及不良地质体的界面和具有代表性的节理和岩层露头，路线应力求避免重复，要求对第四系地层覆盖地段必须要有足够的人工露头，以保证测绘精度。该方法适用于大、中比例尺

11.3.2 地貌测绘可根据工程和勘察需要，按表 11.3.2 选择一种或多种地貌测绘方法。

表 11.3.2 地貌测绘方法

分析方法	说明
形态分析法	观察描述各种地貌单元的形态，测量其形态要素(长度、宽度、坡度、相对高度等)，并辅以影像资料、野外素描和室内分析图等判别地貌的组合依存关系，揭示其发展规律
沉积物相分析法	根据古地貌发育过程和沉积物特征，确定其发育的地理环境和地质作用过程，通过沉积物中保存下来的化石、同位素元素和地磁等信息，确定地貌的形成年代

续表 11.3.2

分析方法	说明
动力分析法	通过对地貌特征、微地貌的组合关系、堆积物的结构构造、生物化石、地球化学元素的迁移等分析地貌发育的外动力地质作用,通过对地貌发育过程多种地貌和新构造形迹的研究,分析内动力地质作用的性质和变化幅度

11.3.3 岩体结构面测量应采用罗盘测定其走向、倾角和倾向。当倾角较缓或确定有困难时,可采用三点法或“V”字型法确定。

11.3.4 节理、面理统计应符合下列规定:

- 1 统计点应选择在不同的构造单元或地层岩性典型地段;
- 2 每个统计点的节理、面理统计数量应控制在 30 个~50 个;
- 3 节理点的统计图示应根据各节理统计点的特点和适用范围选择统计图示,节理点的统计图示主要有玫瑰花图、极点图、等值线图三种,分析与临空面关系时,应采用赤平投影图。

11.4 工程地质测绘资料整理

11.4.1 工程地质测绘成果宜包括实际材料图、综合工程地质图、工程地质分区图、综合地质柱状图、工程地质剖面图以及各种素描图、照片和文字说明等。

11.4.2 工程地质分区应按场地稳定性和工程建设的适宜性以及工程地质条件相似性的原则进行分区,并附分区工程地质说明。当分区尚不能完全反映场地工程地质复杂程度时,可进一步划分亚区。

11.4.3 工程地质剖面图的水平比例尺宜采用 1:500,也可采用 1:200 或 1:1000;垂直比例尺宜采用 1:100,也可采用 1:50 或 1:200;水平比例尺与垂直比例尺宜采用 2:1~5:1 的比例关系。

11.4.4 绘制综合地质柱状图,应根据岩土层的工程地质特性,

从对工程最不利的角度出发确定其综合厚度，当地层厚度较大时，可将其断开用折线表示，但应标明实际尺寸；绘制内容应和剖面图一致。

11.4.5 特殊性岩土或专门岩土工程问题，可根据需要绘制相应的专门图件，如基岩等深线图、地下水等水位线图。绘制比例尺不应小于测绘比例尺，观测点的密度一般应控制在图上距离20mm~30mm。

11.4.6 工程地质测绘报告应包括下列内容：

- 1 工程地质测绘的目的和要求；
- 2 工程地质测绘的范围和工作方法；
- 3 工程地质测绘所完成的工作量和工作内容；
- 4 工作中遗留的问题以及对下一阶段勘察的工作重点和需要解决的问题提出建议。

11.5 工程周边环境专项调查

11.5.1 工程周边环境专项调查应包括下列内容：

1 调查范围、对象和内容，可根据工程设计方案、环境风险等级、施工工法、工程地质和水文地质条件等确定。调查内容宜包括环境类型、权属单位、使用单位、管理单位、使用性质、建设年代、设计使用年限、地质资料、设计文件、变形要求、与工程的空间关系、相关影像资料等；

2 应在取得工程周边（沿线）地形图、管线和地下设施分布图等资料的基础上，采用实地调查、资料调阅、现场勘察与探测等综合调查方法；

3 应调查建（构）筑物层数、规模、结构类型、基础形式、变形和损坏情况，调查是否存在裂缝、裂缝特征，分析和评价对现有结构强度的影响。

11.5.2 工程周边环境风险等级宜根据工程周边环境发生变形或

破坏的可能性和后果的严重性，采用工程风险评估方法确定，也可根据工程周边环境类型、重要性、与工程的空间位置关系和对工程的危害性按表 11.5.2 划分。

表 11.5.2 工程周边环境风险等级划分

周边环境风险等级	划分条件
一级	主要影响区内存在高速铁路、既有轨道交通设施、重要建（构）筑物、重要桥梁与隧道、河流或湖泊
二级	符合下列条件之一： 1 主要影响区内存在一般建（构）筑物、一般桥梁与隧道、铁路、高速公路或重要地下管线； 2 次要影响区范围内存在既有轨道交通设施、重要建（构）筑物、重要桥梁与隧道、河流或湖泊； 3 隧道工程上穿既有轨道交通设施。
三级	除周边环境风险等级为一级、二级以外的条件。

注：1 基坑工程取周边 1.0 倍开挖深度范围为主要影响区，主要影响区外边界至 2.0 倍~3.0 倍开挖深度为次影响区，基坑周边 2.0 倍~3.0 倍开挖深度外为可能影响区；
2 隧道工程正上方至隧道中心线外 0.7 倍隧道底板埋深范围为主要影响区，主要影响区外边界至隧道中心线外隧道底板埋深范围为次要影响区，隧道中心线隧道底板埋深外为可能影响区。

11.5.3 建（构）筑物应重点调查建（构）筑物的平面布置、上部结构形式、地基基础形式与埋深和持力层性质，基坑支护、桩基或地基处理设计与施工采用的岩土参数，建（构）筑物的沉降监测资料等。

11.5.4 地下构筑物和人防工程应重点调查工程的平面布置、结构形式、顶板和底板标高、工程施工方法，以及使用和充水情况等。

11.5.5 地下管线应重点调查管线的类型、平面位置、埋深或高程、铺设方式、材质、管节长度、接口形式、介质类型、工作压力和节门位置等。

11.5.6 既有城市轨道交通线路的调查工作应符合下列要求：

1 地下结构调查应包括结构的平面图、剖面图，地基基础形式与埋深，隧道断面形式与尺寸，支护形式与参数，施工方

法；

2 高架线路调查应包括桥梁的结构形式、墩台跨度与荷载、基础桩位、桩长和设计桩径等；

3 地面线路调查应包括路基的类型、结构形式、道床类型，涵洞与支挡结构形式，以及地基基础形式与埋深。

11.5.7 城市道路的调查工作应符合下列要求：

1 路基调查应包括道路的等级、路面材料、路堤高度、路堑深度；支挡结构形式和地基基础形式与埋深；

2 应调查道路或周边的地下管线类型、位置、埋深和使用的材料；

3 桥涵调查应包括桥涵的类型、结构形式、基础形式、跨度，桩基或地基加固设计和施工采用的参数。

11.5.8 文物建筑应重点调查建筑物的平面位置、名称、保护等级、结构形式、地基基础形式与埋深等。

11.5.9 水工构筑物应重点调查构筑物的类型、形式、地基基础形式与埋深、使用现状等。

11.5.10 架空线缆应重点调查架空线缆的类型、走廊宽度、线塔地基基础形式与埋深、线缆与轨道交通线路的交汇点坐标和悬高等。

11.5.11 地表水体应重点调查水位、水深、水体底部淤积物和厚度、防护措施，河流的流量、流速和水质，河床宽度和河床冲刷深度等。

11.5.12 工程周边环境专项调查报告编制应符合下列要求：

1 报告内容应包括：文字报告、调查对象成果表、调查对象平面位置图、调查对象的影像资料、调查记录等；

2 文字报告内容应包括：程概述、调查依据、调查范围、调查对象及内容、调查方法、工作量完成情况及调查成果汇总，初步分析工程与建（构）筑物的相互影响、划分环境风险等级，提出有关的措施和监测建议，说明调查工作遗留问题；

3 调查对象应包括：名称、产权单位、使用单位、使用性质、修建年代、地上和地下层数、地基基础形式与埋深等；

4 调查对象应在平面位置图上进行标识；

5 应详细说明资料的获取方式和来源。

11.5.13 地下管线探测成果编制应符合现行行业标准《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61 规定。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

12 勘探和取样

12.1 一般规定

12.1.1 勘探方法包括钻探、触探、槽探、井探、坑探、洞探和工程物探等。选择勘探方法应根据勘察目的、场地岩土特性、勘探方法的适用性和互补性等因素选择一种或多种方法。

12.1.2 选择勘探手段、勘探点布置和确定工作量时，应考虑勘探工作可能对周边环境的影响，并应对既有市政设施、地下管线、地下工程和周边环境采取防护措施。勘探作业完成后，钻孔、探槽、探坑、探井和探洞应回填封堵。

12.1.3 采用静力触探、动力触探和工程物探作为勘探手段时，应与钻探、槽探、井探和坑探等其它直接勘探方法配合使用。

12.1.4 勘探、取样和原位测试可采用全过程数据自动采集系统等自动化和信息化技术。

12.1.5 采取岩、土、水试样必须符合本章第 12.4 节规定。

12.2 钻探

12.2.1 钻探方法、钻进工艺和孔径应满足岩土鉴别、岩芯采取率、岩土试样和水试样采取、地下水位观测、孔内测试的要求。钻探方法可根据岩土类别和勘察要求按表 12.2.1 选用。

12.2.2 钻探口径和钻具规格应符合现行国家标准规定，成孔口径应满足取样、测试和钻进工艺的要求。

12.2.3 钻探工作应符合下列规定：

1 钻探过程中，对垂直孔应每隔 50m 测量一次垂直度，每 100m 的允许偏差为 $\pm 2^\circ$ 。对定向孔应每隔 25m 测量一次倾角

和方位角，倾角和方位角允许偏差不得超过 $\pm 0.1^\circ$ 和 $\pm 3.0^\circ$ ；

表 12.2.1 钻探方法的适用范围

钻探方法		钻进地层					勘察要求	
		黏性土	粉土	砂土	碎石土	岩石	直观鉴别、采取不扰动试样	直观鉴别、采取扰动试样
回 转	螺旋钻探	++	+	+	-	-	++	++
	无芯钻探	++	++	++	+	++	-	-
	岩芯钻探	++	++	++	+	++	++	++
冲 击	冲击钻探	-	+	++	+	-	-	-
	锤击钻探	++	++	++	+	-	++	++
振动钻探		++	++	++	+	-	+	++
冲洗钻探		+	++	++	+	-	-	++

注：1 表中++为适用；+为部分适用；-为不适用；

2 螺旋钻进不适用于地下水位以下的松散粉土和饱和砂土。

2 钻进深度和岩土分层深度的量测精度，陆域最大允许偏差为 $\pm 0.05\text{m}$ ，水域最大允许偏差为 $\pm 0.20\text{m}$ ；

3 应严格控制非连续取芯钻进的回次进尺，每一回次进尺长度不得大于 2m ；

4 采取扰动岩芯鉴别地层天然湿度，地下水位以上应干钻；当必须加水或使用循环液时，应采用双层岩芯管钻进；

5 使用岩芯管钻探取芯应采用回转钻进方式，其岩芯采取率，完整和较完整岩体不应低于 80% ；较破碎和破碎岩体不应低于 65% ；对需重点查明的部位（滑动带，软弱夹层等）应采用双层岩芯管连续取芯。对于黏性土，可根据地区经验采用螺旋钻进或锤击钻进方法；

6 碎石、含砂砾卵石、砂层，基岩破碎带、断层和碎块状强风化岩浆岩等胶结性差的地层，当作为持力层时，应采用植物胶冲洗液护壁，使用金刚石单动、双动双管钻具钻进；

7 岩溶发育地区，当钻穿溶洞顶板时应立即停钻，并用钻杆或动力触探进行试探；再根据溶洞发育和填充情况，确定后续

钻进方法和应采用的钻具。同时应详细记录溶洞顶、底板的埋置深度，洞内充填的物物质组成和充水情况，工程地质和水文地质条件等；

8 当需确定岩石质量指标 RQD 时，应采用 75mm 口径（N 型）双层岩芯管和金刚石钻头钻进；

9 螺旋钻进每回次进尺长度不宜超过 1.0m，采取未扰动土试样前应采用低压慢速钻进。

12.2.4 钻探操作方法应符合现行行业标准《建筑工程地质钻探与取样技术规程》JGJ/T 87 规定。水域钻探可按现行行业标准《水利水电工程钻探规程》SL/T 291 规定执行。

12.2.5 钻探现场编录应符合下列要求：

1 钻探编录应在钻探作业过程中同步完成，应按钻进回次逐项填写，不得事后追记。钻探编录表内容必须符合表 12.2.5，修改应留有原始印记；

表 12.2.5 钻探现场记录表格式

开孔时间：		终孔时间：		当前状态：					
孔径：		孔深：		初见水位：		稳定水位：			
回次	地层深度	岩土种类	风化程度	颜色	密实度	湿度	状态	包含物及地层描述	取芯率

2 现场钻探编录应由经过专业培训并取得上岗证书的描述员或工程技术人员承担，钻探机长（司钻员）和描述员应在钻探记录上签字，勘察项目负责人应验收并签字，电子编录单可采用电子签名；

3 钻探现场可采用肉眼和手触鉴别方法，也可采用微型贯入仪量测土的状态，用点荷载试验判别岩石风化程度和强度；

4 现场钻探采取的岩、土芯样，可根据工程要求保存一定期限或长期保存至工程竣工验收；钻探、取样、原位测试等主要

过程的影像资料和原始资料应存档备查。

12.3 井（坑）探、槽探和洞探

12.3.1 因场地条件限制，钻探设备不能到达勘探点就位作业或采用钻探方法难于获取符合要求试样的场地；使用钻探方法不易查明的地质现象或是使用钻探方法不经济时；可采用井（坑）探、槽探或洞探。

12.3.2 井（坑）探和槽探适用于第四系地层、全风化和强风化岩层；当需查明深部岩层性质、构造特征时，可采用竖井或平洞。

12.3.3 探槽、探井和探洞应进行现场编录，编录内容除文字描述外，尚应以剖面图、展开图等反映槽、井（坑）、洞壁和底部的岩性、地层分界、构造特征、取样和原位试验位置，并辅以代表性部位的彩色照片。

12.3.4 探槽、探井和探洞的深度、长度，断面可按工程要求确定，当探井深度超过地下水位时，应采取有效的降水措施。

12.3.5 探井断面形状宜采用圆形或矩形，圆形井筒直径宜为0.8m~1.2m，矩形井筒截面不宜小于1.0m×1.2m。在松软地层中开挖探井时，应采取必要的支护措施。

12.3.6 槽探的垂直开挖深度不宜大于3m，当开挖深度大于3m时，槽壁宜开挖成台阶形，在松软地层中应对槽壁采取必要的支护措施或放坡措施。开挖形成的弃土堆放，距离槽缘不应小于2m。

12.3.7 平洞断面形状宜采用梯形或拱形，不需支护的宜采用拱形断面。平洞净高不应低于1.8m，人行道宽度不宜小于0.50m~0.70m，洞口必须进行支护，当在松散破碎岩层开口时，应采取加强支护或超前支护措施。

12.4 取样

12.4.1 土试样的质量等级根据试验目的分为四个等级，其划分标准应符合表 12.4.1 规定。

表 12.4.1 土试样质量等级

级别	扰动程度	试验内容
I	不扰动	土类定名、含水量、密度、强度试验、固结试验
II	轻微扰动	土类定名、含水量、密度
III	显著扰动	土类定名、含水量
IV	完全扰动	土类定名

注：1 不扰动是指原位应力状态虽已改变，但土的结构、密度和含水量变化很小，能满足室内试验各项要求；

- 2 除地基基础设计等级为甲级的工程外，在工程技术要求允许的情况下可用 II 级土试样进行强度和固结试验，但宜先对土试样受扰动程度作抽样鉴定，判定用于试验的适宜性，并结合经验使用试验成果。

12.4.2 采取土试样的工具和方法可根据土的状态按表 12.4.2 选用。

表 12.4.2 不同等级土试样的取样工具和方法

土试样质量等级	取样工具和方法		适用土类										
			黏性土					粉土	砂土				砾砂 碎石土
			流塑	软塑	可塑	硬塑	坚硬		粉砂	细砂	中砂	粗砂	
I	薄壁取土器	固定活塞	++	++	+	-	-	+	+	-	-	-	-
		水压固定活塞	++	++	+	-	-	+	+	-	-	-	-
		自由活塞	-	+	++	-	-	+	+	-	-	-	-
		敞口	+	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-
	回转取土器	单动双重管	-	+	++	++	+	++	++	++	-	-	-
		双动三重管	-	-	-	+	++	-	-	-	++	++	+

续表 12.4.2

土试样质量等级	取样工具和方法		适用土类										
			黏性土					粉土	砂土				砾砂 碎石土
			流塑	软塑	可塑	硬塑	坚硬		粉砂	细砂	中砂	粗砂	
I	探井(槽)中刻取块状土样		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
II	薄壁取土器	水压固定活塞	++	++	+	-	-	+	+	-	-	-	-
		自由活塞	+	++	++	-	-	+	+	-	-	-	-
		敞口	++	++	++	-	-	+	+	-	-	-	-
	回转取土器	单动双重管	-	+	++	++	+	++	++	++	-	-	-
		双动三重管	-	-	-	+	++	-	-	-	++	++	++
	厚壁敞口取土器		+	++	++	++	++	+	+	+	+	-	
III	厚壁敞口取土器		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	-
	标准贯入器		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	-
	螺纹钻头		++	++	++	++	++	+	+	-	-	-	-
	岩芯钻头		++	++	++	++	++	++	+	+	+	+	-
IV	标准贯入器		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	-
	螺纹钻头		++	++	++	++	++	+	-	-	-	-	-
	岩芯钻头		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++

注: 1 ++: 适用; +: 部分适用; -: 不适用;
 2 采取砂土试样应有防止试样失落的补充措施;
 3 有经验时, 可用束节式取土器代替薄壁取土器。

12.4.3 取土器的技术规格应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 规定。取土器使用前, 应在其内壁涂抹润滑剂, 严禁使用刃口卷折、残缺, 取样管压偏, 内壁锈蚀, 衬管卷折或搭接不平的取土器。

12.4.4 在钻孔中采取 I、II 级砂样时, 可采用原状取砂器, 原

状取砂器的标准应符合现行行业标准《原状取砂器》JG/T 5061.10 规定。

12.4.5 钻孔中采取 I、II 级土试样应符合下列规定：

1 在软土、砂层中宜采用泥浆护壁；当使用套管护壁时，应保持管内水位等于或稍高于地下水位，取样位置应低于套管底三倍孔径距离；

2 采用冲洗、冲击、振动等方式钻进时，应在预计取样位置 1m 以上改用回转钻进；

3 钻孔在下放取土器前应进行清孔，清除扰动土、孔底残留浮土厚度不应大于取土器废土段长度（活塞取土器除外）；

4 采取软土或可塑状态试样宜采用静力连续压入法，具体操作方法应符合现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 规定；

5 每个场地原状土试样的采取数量应符合本标准有关章节的规定。

12.4.6 I、II、III 级土试样应即取即封，不得露天存放，勘察现场存留时间不得超过 1 天。运输过程应采取有效防振（震）措施，取样至试验时间不宜超过二周，对易于振动液化和水分分离的试样宜就近及时进行试验。

12.4.7 岩石试样采取和保护应符合下列要求：

1 岩石试样可利用钻探岩芯制作或在探槽、探井、竖井和平洞中刻取。采取的毛样尺寸应满足试块加工的要求。在特殊情况下，试样形状、尺寸和方向由岩体力学试验设计确定；

2 岩石试样应填写标签、标明上下方向。对进行密度、含水量试验的岩石试样，采取后应擦干净即刻蜡封；试样标签可采用二维码等数字化设备自动打印和粘贴；

3 进行磨片鉴定的岩石试样应标明名称、产状、结构和构造；断裂带上的岩石试样应标明断裂方向；

4 采取的岩样应放置在密封样盒中，采用硬质箱体装运，

箱体间隙应用锯末、碎布、聚酯泡沫等充填密实，防止运输途中发生碰撞。

12.4.8 水、土试样采取和保护应符合下列规定：

1 当混凝土或钢结构处于地下水位以下时，应采取地下水试样和地下水位以上的土试样；当处于地下水位以上时，应采取土试样；当处于地表水中时，应采取地表水试样；分别进行相应的腐蚀性试验；

2 每个场地水、土试样的采取数量不应少于 2 件，对建筑群不宜少于 3 件，当存在不同含水层时，应分层取样；

3 每件水试样的采集量，简分析和侵蚀性二氧化碳分析应不少于 500ml，全分析应不少于 1000ml；分析侵蚀性二氧化碳的水试样应加大理石粉 2g~3g；

4 水试样采取后应及时封好瓶口，贴好标签及时进行试验，不应超过试验项目要求的放置时间。清洁水放置时间不宜超过 72h，稍受污染的水不宜超过 48h，受污染的水不宜超过 12h；

5 土试样采取后应及时密封，填贴标签，标签上下应与土试样上下一致；密封后应置于温度和湿度稳定的环境中，不得暴晒或受冻。土试样应直立放置，严禁倒置或平放；

6 土、水试样应采用硬质箱体装运，箱体间隙应用锯末、碎布、聚酯泡沫等充填密实，防止运输途中发生碰撞。

13 原位测试

13.1 一般规定

13.1.1 原位测试和试验方法应根据拟建场地岩土条件、设计对岩土参数和工程特性指标的要求，地区经验和测试或试验方法的适用性等因素综合确定。

13.1.2 原位测试和试验点平面布置位置和数量应满足测试，试验成果可代表整个拟建场地，竖向测试、试验点应布置在测试目的层。当原位测试或试验位置受限地下障碍物或不良地质体时，应采用预钻式方法，先成孔后测试或试验。

13.1.3 原位测试和试验成果应与原型试验、工程经验等结合使用。利用地区性经验公式提供工程特性指标宜与室内土工试验和工程反分析成果进行对比分析综合确定。

13.1.4 原位测试和试验的仪器、设备应定期检验和标定，测试、试验前应对仪器、设备进行检验。

13.1.5 原位测试和试验应保留前期准备和试验过程的数据和信息。试验操作、记录和计算的责任人应在测试和试验记录、测试和试验成果签字。

13.1.6 原位测试和试验报告应包括测试内容、测试和试验方法和所依据的技术标准，测试或试验负责人应在成果报告签字。当勘探、试验、测试等技术服务工作交由具备相应技术条件的其他单位承担，工程勘察企业应对相关勘探、试验、测试工作成果质量全面负责。

13.1.7 原位测试、试验资料整理和成果利用，应考虑仪器设备、试验条件、试验方法和场地岩土条件等对试验的影响；对异

常数据应予剔除。

13.1.8 地基基础设计等级为甲级的建（构）筑物，当采用天然地基或人工地基时，应通过载荷试验确定地基承载力及变形模量等工程特性指标。

13.2 载荷试验

13.2.1 浅层平板载荷试验适用于浅层天然地基和复合地基；深层平板载荷试验适用于确定深层地基土和大直径桩的桩端土承载力和变形模量；螺旋板载荷试验适用于深层地基土或地下水位以下的地基土。深层平板载荷试验的试验深度不应小于 5m。

13.2.2 载荷试验应布置在有代表性的地点，每个场地同一地质单元，同一持力层不宜少于 3 个试验点，当岩土体不均匀时，应适当增加试验点的数量。浅层平板载荷试验应布置在基础底面标高处，复合地基应布置在桩顶标高处。

13.2.3 载荷试验应符合下列规定：

1 浅层平板载荷试验的试坑宽度或直径不应小于承压板宽度或直径的 3 倍，基准梁应设计在试坑之外；深层平板载荷试验的试井直径应等于承压板直径，试井直径宜取 0.8m~1.2m 或等于承压板直径；当试井直径大于承压板直径时，紧靠承压板周围土的高度不应小于承压板直径；

2 载荷试验试坑底的岩土应避免扰动，尽可能保持其原状结构和天然湿度，在承压板下应铺设不超过 20mm 的砂垫层找平；复合地基承压板下宜铺设 50mm~150mm 的粗砂或中砂垫层找平，并尽快安装试验设备；螺旋板载荷试验其螺旋板头入土时，应按每转一圈下入一个螺距进行操作，减少对土的扰动；

3 载荷试验宜采用圆形刚性承压板，承压板面积可根据附加荷载、岩土性状、影响深度或岩体裂隙密度选用合适的尺寸。浅层平板载荷试验承压板面积不应小于 1.0m²；深层平板载荷试

验承压板面积不应小于 0.5m^2 ；岩石载荷试验承压板面积不宜小于 0.07m^2 ；复合地基单桩载荷试验承压板可采用圆形或矩形，承压板面积可为一根桩所承担的处理面积，多桩复合地基载荷试验承压板可采用方形或矩形，承压板面积按所承担的处理面积确定；

4 载荷试验加荷方式应采用分级维持荷载沉降相对稳定法（常规慢速法）。加荷等级宜取 10 级~12 级，但不应少于 8 级，荷载量测精度不应低于最大荷载的 $\pm 1\%$ ；

5 承压板的沉降可采用百分表或电测位移计量测，其精度不应低于 0.01mm ；

6 载荷试验每级加载稳定标准：当试验对象为土体时，每级荷载施加后，间隔 5min 、 5min 、 10min 、 10min 、 15min 、 15min 测读一次沉降量，以后间隔 30min 测读一次沉降量，当连续 2h 每小时沉降量小于等于 0.1mm 时，可认为沉降已达到相对稳定标准，施加下一级荷载。当试验对象是岩体时，间隔 1min 、 2min 、 2min 、 5min 测读一次沉降量，以后每隔 10min 测读一次，当连续三次读数差小于等于 0.01mm 时，可认为沉降已达相对稳定标准，施加下一级荷载。当试验对象为复合地基时，每一级荷载加载前、后均应各读记承压板沉降量一次，以后每半小时读记一次，当 1h 内沉降量小于 0.1mm 时，即可施加下一级荷载。

13.2.4 载荷试验当出现下列情况之一时，可终止试验。

1 承压板周边土出现明显侧向挤出，周边岩土出现明显隆起或径向裂缝持续发展；

2 本级荷载的沉降量大于前级荷载沉降量的 5 倍，荷载与沉降()曲线出现可判定极限承载力的明显陡降段；

3 总沉降量与承压板直径（或宽度）之比超过 0.06；

4 在某级荷载下 24h 沉降速率不能达到相对稳定标准；

5 复合地基载荷试验：当出现上述 1、3 情况或达不到极限

荷载而最大加载量已大于设计值的 2 倍时，则满足其中一条即可终止试验；

6 深层平板载荷试验：当出现上述 2、4 情况或沉降急剧增大，且沉降量超过 0.04 倍载荷板直径；或持力层为坚硬土层而沉降量很小，且最大加载量已大于设计值的 2 倍时，则满足其中一条即可终止试验。

13.2.5 载荷试验成果应包括荷载（ p ）与沉降（ s ）曲线，各级载荷沉降（ s ）与时间（ t ）或时间对数（ $\lg t$ ）曲线和原始记录等资料。

13.2.6 承载力特征值应根据 $p \sim s$ 曲线的拐点确定，必要时可结合 $s \sim \lg t$ 曲线的特征确定，并应符合下列规定：

1 平板载荷试验：当 $p \sim s$ 曲线上有比例界限时，取该比例界限所对应的荷载值。当极限荷载小于对应比例界限荷载值的 2 倍时，取极限荷载值的一半。当无法满足前述二种取值要求时，且承压板面积为 $0.25\text{m}^2 \sim 0.50\text{m}^2$ ，可取所对应的荷载，但其值不应大于最大加载量的一半；

2 深层平板载荷试验：当 $p \sim s$ 曲线上有比例界限时，取该比例界限所对应的荷载值；当本级荷载沉降量大于前一级荷载沉降量的 5 倍或在某级荷载下 24h 沉降速率不能达到相对稳定或沉降量急剧增大，曲线上有可判定极限承载力的陡降段且沉降量超过 0.04 倍载荷板直径时，则满足其中一条其对应的前一级荷载可定为极限承载力。当该值小于对应的比例界限荷载值 2 倍时，取极限荷载的一半。当无法按前述二款要求确定时，可取所对应的荷载，但其值不应大于最大加载量的一半；

3 复合地基载荷试验：当曲线上能确定极限承载力，而其值不小于对应比例界限的 2 倍时，可取该比例界限所对应的荷载值。当其值小于比例界限的 2 倍时，可取极限荷载的一半。当曲线是平缓的光滑曲线时，可按相对变形值确定，但承载力特征值不应大于最大加载量的一半。

13.2.7 土的变形模量应根据 $p \sim s$ 曲线的初始直线段, 按均质各向同性半无限弹性介质弹塑性理论计算, 并应符合下列规定:

1 浅层平板载荷试验的变形模量 E_0 (MPa), 可按下式计算:

$$E_0 = I_0(1 - \mu^2) \frac{pd}{s} \quad (13.2.7-1)$$

2 深层平板载荷试验和螺旋板载荷试验的变形模量 E_0 (MPa), 可按下式计算:

$$E_0 = \omega \frac{pd}{s} \quad (13.2.7-2)$$

式中: I_0 —刚性承压板的形状系数, 圆形承压板取 0.785; 方形承压板取 0.886;

μ —土的泊松比 (碎石土取 0.27, 砂土取 0.30, 粉土取 0.35, 粉质黏土取 0.38, 黏土取 0.42, 淤泥质土和软黏性土取 0.41~0.46);

d —承压板直径或边长 (m);

p — $p \sim s$ 曲线线性段的压力 (kPa);

s —与 p 对应的沉降量 (mm);

ω —与试验深度和土类有关的系数, 可按表 13.2.7 选用。

表 13.2.7 深层载荷试验计算系数 ω

d/z	土类				
	碎石土	砂土	粉土	粉质黏土	黏土
0.30	0.477	0.489	0.491	0.515	0.524
0.25	0.469	0.480	0.482	0.506	0.514
0.20	0.460	0.471	0.474	0.497	0.505
0.15	0.444	0.454	0.457	0.479	0.487
0.10	0.435	0.446	0.448	0.470	0.478
0.05	0.427	0.437	0.439	0.461	0.468
0.01	0.418	0.429	0.431	0.452	0.459

注: d/z 为承压板直径和承压板底面深度之比。

13.2.8 确定地基土基床系数 K_s , 应符合下列规定:

1 根据承压板边长为 30cm 的平板载荷试验 $p \sim s$ 曲线, 基准基床系数 K_v 可按下式计算:

$$K_v = \frac{p}{s} \quad (13.2.8-1)$$

式中: K_v —基准基床系数即载荷试验地基土基床系数 (kN/m^3);

$\frac{p}{s}$ — $p \sim s$ 曲线上直线段斜率。如 $p \sim s$ 曲线上无直线段, p 值可取临塑荷载的一半, s 取相应于该 p 值的沉降值。

2 根据实际基础尺寸和 K_v 值, 修正后的地基土基床系数 K_{vl} 可按下式计算:

$$\text{黏性土} \quad K_{vl} = \frac{0.3}{b} K_v \quad (13.2.8-2)$$

$$\text{砂土} \quad K_{vl} = \left(\frac{b+0.3}{2b} \right)^2 K_v \quad (13.2.8-3)$$

式中: K_{vl} —修正后的地基土基床系数 (kN/m^3);

b —基础底面宽度 (m)。

3 根据实际基础尺寸和 K_{vl} 值, 地基土基床系数 K_s 可按下式计算:

$$\text{黏性土} \quad K_s = K_{vl} \left(\frac{2l+b}{3l} \right) \quad (13.2.8-4)$$

$$\text{砂土} \quad K_s = K_{vl} \quad (13.2.8-5)$$

式中: K_s —修正后的地基土基床系数 (kN/m^3);

l —基础底面长度 (m)。

13.2.9 同一土层参加统计的试验点不应少于三个, 当试验实测值的极差不超过其平均值的 30% 时, 取其平均值作为该土层的地基承载力特征值 f_{ak} 。

13.3 静力触探试验

13.3.1 静力触探试验适用于软土、一般黏性土、粉土、砂土和含少量碎石的土。静力触探试验根据工程需要可采用单桥探头、双桥探头或带孔隙水压力量测的单、双桥探头。

13.3.2 静力触探试验应符合下列规定：

1 在水域进行静力触探时，应有保证孔位不移动措施，水底以上部分宜加设防止探杆挠曲的装置；

2 当贯入深度超过 30m，或穿越厚层软土后再贯入硬土层或密实砂层时，宜采用导向管或采取防孔斜措施；也可配置测斜探头量测触探孔的偏斜角，校正土层界线的深度；

3 当静力触探孔附近已有其它勘探点时，静力触探孔与已有勘探点的距离，不宜小于 20 倍已有勘探点孔径，且不宜小于 2m。但进行对比试验时，孔距不宜小于 30 倍静探探头直径，且不宜大于 2m，并应先进行静力触探然后进行其他勘探、试验；

4 孔压探头在贯入前，应先在室内对探头进行饱和，保证探头应变腔为已排除气泡的液体所饱和，并在现场采取措施保持探头的饱和状态，直至探头进入地下水位以下土层为止；在进行孔压静力触探试验过程中不得上提探头；

5 在预定深度进行孔隙水压力消散试验时，应量测停止贯入后不同时间的孔隙水压力值，其计时间隔应先密后疏合理控制；试验过程不得松动探杆。

13.3.3 静力触探试验成果应包括下列内容：

1 绘制各种贯入曲线：单桥和双桥探头应绘制 $p_s \sim z$ 曲线、 $q_c \sim z$ 曲线、 $f_t \sim z$ 曲线、 $R_f \sim z$ 曲线；孔压探头尚应绘制 $u_i \sim z$ 曲线、 $q_t \sim z$ 曲线、 $B_q \sim z$ 曲线、 $p_s \sim z$ 曲线和孔压消散曲线： $u_t \sim \lg t$ 曲线；

其中： K_{vt} —摩阻比，($R_f = f_s/q_c \times 100\%$)；

u_i —孔压探头贯入土中量测的孔隙水压力（即初始孔压）

(kPa);

q_c —真锥头阻力 (kPa);

f_s —真侧壁摩阻力 (kPa);

q_t —真锥头阻力 (经孔压修正) (kPa);

f_t —真侧壁摩阻力 (经孔压修正) (kPa);

B_q —静探孔压系数, $B_q = \frac{u_t - u_0}{q_t - \sigma_{v0}}$;

u_0 —试验深度处静水压力 (kPa);

σ_{v0} —试验深度处总上覆压力 (kPa);

u_t —孔压消散过程时刻 t 的孔隙水压力 (kPa)。

2 根据贯入曲线的线型特征并结合相邻钻孔资料和地区经验, 划分土层和判定土的类型; 计算各土层静力触探试验数据的平均值, 或对数据进行统计分析。

13.3.4 根据静力触探资料和地区经验可估算土的塑性状态或密实度、强度、压缩性、地基承载力、单桩承载力、沉桩阻力和进行液化判别等, 单桩竖向极限承载力估算应符合附录 G 规定。根据孔压消散曲线可估算土的固结系数和渗透系数。

13.4 标准贯入试验

13.4.1 标准贯入试验适用于砂土、粉土、一般黏性土、残积土、全风化岩、散体状强风化岩层。

13.4.2 标准贯入试验应符合下列规定:

1 标准贯入试验孔宜采用回转钻进, 并保持孔内水位略高于地下水位。当孔壁不稳定时可用泥浆护壁, 钻至试验标高以上 15cm 处, 清除孔底残土后再进行试验, 若采用套管护壁, 套管底部应高出试验深度不小于 75cm;

2 采用自动脱钩的自由落锤法进行锤击, 并减小导向杆与锤间的摩阻力, 避免锤击时的偏心 and 侧向晃动, 保持贯入器、探

杆、导向杆连接后的垂直度，锤击速率应小于 30 击/min；

3 进行标准贯入试验时，应使用直径为 42mm 的钻杆；

4 贯入器打入土中 15cm 后，开始记录每打入 10cm 的锤击数，累计打入 30cm 的锤击数为标准贯入试验锤击数 N 值。当锤击数已达 50 击，而贯入深度未达 30cm 时，可记录 50 击的实际贯入深度，按下列换算成相当于 30cm 的标准贯入试验锤击数 N ，并终止试验。

$$N = 30 \times \frac{50}{\Delta s} \quad (13.4.2)$$

式中： Δs —50 击时的贯入度（cm）。

13.4.3 资料整理时应绘制单孔实测标准贯入试验锤击数 N 与深度关系曲线或直方图。也可把实测标准贯入试验锤击数 N 值标绘在工程地质剖面图上，并应分层统计实测标准贯入试验锤击数，对于异常值应予剔除。

13.4.4 标准贯入试验点竖向间距宜为 1.0m~3.0m，每一拟建场地试验孔数量不宜少于 3 个；液化判别标准时，标准贯入试验点竖向间距宜为 1.0m~1.5m。

13.4.5 根据标准贯入试验实测锤击数 N 值，可按本标准表 4.3.4-2 判定砂土的密实度；按附录 H 估算单桩竖向极限承载力。

13.4.6 采用标准贯入试验锤击数 N 值估算地基承载力和变形参数，对砂土进行液化判别，划分地基土的风化程度时，本标准未作说明的均不需进行杆长校正。

13.5 圆锥动力触探试验

13.5.1 圆锥动力触探试验可分为轻型、重型和超重型三种类型，其使用规格和适用的岩土类型应符合表 13.5.1 的规定。

13.5.2 圆锥动力触探试验应符合下列规定：

1 应采用自动落锤装置；

2 触探杆最大偏斜度不应超过 2%，锤击贯入应连续进行；同时防止锤击偏心、探杆倾斜和侧向晃动，保持探杆垂直度；锤击速率每分钟宜为 15 击~30 击；

3 每贯入 1m，宜将探杆转动一圈半；当贯入深度超过 10m，每贯入 20cm 宜转动一次；

4 轻型动力触探试验深度一般小于 4m，当 $N_{10} > 100$ 或贯入 15cm 锤击数超过 50 时，可停止试验；重型动力触探，当连续三次 $N_{63.5} > 50$ 时，可停止试验或改用超重型动力触探。

表 13.5.1 圆锥动力触探类型

类型		轻型	重型	超重型
落锤	锤的质量(kg)	10	63.5	120
	落距(cm)	50	76	100
探头	直径(mm)	40	74	74
	锥角(°)	60	60	60
探杆直径(mm)		25	42	50~60
指标		贯入 30cm 的读数 N_{10}	贯入 10cm 的读数 $N_{63.5}$	贯入 10cm 的读数 N_{120}
主要适用岩土		浅部的填土、砂土、粉土、黏性土	砂土、中密以下的碎石土、极软岩	密实和很密的碎石土、软岩、极软岩

13.5.3 圆锥动力触探试验成果应包括下列内容：

- 1 应绘制锤击数与贯入深度的关系曲线；
- 2 应单孔分层统计锤击数，计算场地分层贯入指标平均值。对于异常值应予剔除；

3 计算场地分层贯入指标平均值时，应根据各孔分层的贯入指标平均值，采用各孔厚度加权平均法。

13.5.4 根据圆锥动力触探试验连续贯入击数指标和地区经验可进行力学分层，用于评定土的均匀性和密实度应符合本标准表 4.3.4-1 和表 13.5.4 的规定，还可用于查明土洞、滑动面和软硬土层界面，检测地基处理效果等。

表 13.5.4 砂土的密实度与 $N_{63.5}$ 的经验关系表

密实度	松散	稍密	中密	密实
中砂	$N_{63.5} < 5$	$5 \leq N_{63.5} < 6$	$6 \leq N_{63.5} < 9$	$N_{63.5} > 9$
粗砂	$N_{63.5} < 5$	$5 \leq N_{63.5} < 6.5$	$6.5 \leq N_{63.5} < 9.5$	$N_{63.5} > 9.5$
砾砂	$N_{63.5} < 5$	$5 \leq N_{63.5} < 8$	$8 \leq N_{63.5} < 10$	$N_{63.5} > 10$

13.6 十字板剪切试验

13.6.1 十字板剪切试验适用于测定饱和软黏性土的不排水抗剪强度和灵敏度。

13.6.2 十字板剪切试验点的布置，对均质土竖向间距可为 1m，对非均质或夹薄层粉细砂的软黏性土，宜先进行静力触探，结合土层变化，选择软黏土进行试验。

13.6.3 十字板剪切试验应符合下列规定：

1 十字板头形状宜为矩形，径高比 1:2，板厚宜为 2mm~3mm；

2 十字板头插入钻孔底的深度不应小于钻孔或套管直径的 3 倍~5 倍；

3 十字板插入至试验深度后，至少应静止 2min~3min，方可开始试验；对各向同性的均质土层，试验点间距可为 1m~2m；对非均质土层，可根据静力触探试验资料确定试验点间距；

4 扭转剪切速率宜采用 $(1^\circ \sim 2^\circ)/10s$ ，并应在测得峰值强度后继续测记 1min；

5 在峰值强度或稳定值测试完后，顺扭转方向连续转动 6 圈后，测定重塑土的不排水抗剪强度 c_u ；

6 十字板剪切试验抗剪强度的量测精度应达到 0.1kPa。

13.6.4 十字板剪切试验成果应包括下列内容：

1 计算各试验点土（包括重塑土）的不排水抗剪峰值强度、残余强度、灵敏度；

2 绘制单孔十字板剪切试验点土（包括重塑土）的不排水抗剪峰值强度、残余强度、灵敏度随深度变化曲线，需要时可绘制抗剪强度与扭转角度的关系曲线；

3 根据土层条件和地区经验，对实测的十字板不排水抗剪强度进行修正。

13.6.5 根据原状土的抗剪强度 c_u 和重塑土的抗剪强度 c'_u 按式 (13.6.5) 计算土的灵敏度 S_t ：

$$S_t = \frac{c_u}{c'_u} \quad (13.6.5)$$

黏性土的灵敏度划分可按表 13.6.5 执行。

表 13.6.5 黏性土灵敏度分类

低灵敏度	中灵敏度	高灵敏度
$S_t < 2$	$2 \leq S_t < 4$	$4 \leq S_t < 8$

13.6.6 根据十字板剪切试验成果和地区经验，可确定地基承载力、单桩承载力，计算边坡稳定，判定软黏性土的固结历史。

13.7 扁铲侧胀试验

13.7.1 扁铲侧胀试验适用于软土、黏性土、粉土和松散~中密的砂土。

13.7.2 每个场地扁铲侧胀试验点的布置不宜少于 3 孔，测试点的竖向间距宜为 0.2m~0.5m。

13.7.3 扁铲侧胀试验应符合下列规定：

1 探头在每孔试验前后均应率定，取试验前后的平均值作为修正值，膜片的率定值合格标准应为率定时膨胀至 0.05mm 的气压实测值 $\Delta A = 5\text{kPa} \sim 25\text{kPa}$ ；率定时膨胀至 1.10mm 的气压实测值 $\Delta B = 10\text{kPa} \sim 110\text{kPa}$ ；

2 试验时，应以静力匀速将探头贯入土中，贯入速率宜为 2cm/s；试验间距可取 20cm~40cm，判别液化试验间距宜取

20cm;

3 探头到达预定深度后,应匀速加压和泄压测定膜片膨胀至 0.05mm、1.10mm 及恢复到 0.05mm 时的压力 A 、 B 、 C 值; A 和 B 的值必须满足 $B-A > \Delta A + \Delta B$;

4 消散试验应在需测试的深度进行,测读 A 或 C 随时间的变化。测读时间可取 1min、2min、4min、8min、15min、30min、60min、90min,以后每 60min 测读一次,直至消散大于 50%。

13.7.4 扁铲侧胀试验成果应包括下列内容:

1 扁铲侧胀试验数据膜片刚度修正,可按下列式计算:

$$p_0 = 1.05(A - z_m + \Delta A) - 0.05(B - z_m - \Delta B) \quad (13.7.4-1)$$

$$p_1 = B - z_m - \Delta B \quad (13.7.4-2)$$

$$p_2 = C - z_m + \Delta A \quad (13.7.4-3)$$

式中: p_0 —膜片向土中膨胀之前的接触压力 (kPa);

p_1 —膜片膨胀至 1.10mm 时的压力 (kPa);

p_2 —膜片恢复到 0.05mm 时的终止压力 (kPa);

z_m —调零前 (未加压时) 的压力表初读数 (kPa)。

2 扁铲指数可根据 p_0 、 p_1 、 p_2 按下式计算:

$$I_D = (p_1 - p_0) / (p_0 - u_0) \quad (13.7.4-4)$$

$$K_D = (p_0 - u_0) / \sigma'_{v0} \quad (13.7.4-5)$$

$$E_D = 34.7(p_1 - p_0) \quad (13.7.4-6)$$

$$U_D = (p_2 - u_0) / (p_0 - u_0) \quad (13.7.4-7)$$

式中: I_D —侧胀土性指数;

K_D —水平应力指数;

E_D —侧胀模量 (kPa);

U_D —孔压指数;

u_0 —静水压力 (kPa);

σ'_{v0} —试验点有效上覆压力 (kPa)。

3 根据需要绘制 p_0 、 p_1 、 p_2 、 Δp 、 I_D 、 K_D 、 E_D 和 U_D 与

深度的关系曲线（其中 $\Delta p = p_1 - p_0$ ）。

13.7.5 扁铲侧胀试验可用于确定地基土的静止侧压力系数、水平基床系数，计算黏性土的压缩模量、弹性模量、水平固结系数和划分土的分类。

13.8 现场直接剪切试验

13.8.1 现场直接剪切试验可用于岩土体本身、岩土体沿软弱结构面和岩体与其它材料接触面的剪切试验。

13.8.2 现场直接剪切试验可分为岩土体试样在法向应力作用下沿剪切面剪切破坏的抗剪断试验；岩土体剪断后沿剪切面继续剪切的抗剪试验；法向应力为零时岩体剪切的抗切试验。

13.8.3 现场直接剪切试验可在试洞、试坑、探槽或大口径钻孔内进行。当剪切面水平或接近于水平时，可采用平推法或斜推法；当剪切面较陡时，可采用楔形体法。同一组试验体的地质条件应基本相同，其受力状态应与岩土体在工程中的受力状态相近。

13.8.4 现场直接剪切试验应符合下列规定：

1 开挖试坑时应避免对岩土试验体的扰动和含水量的显著变化。在地下水位以下试验时，应避免水压力及渗流对试验的影响；

2 每组岩体试验不宜少于 5 点。面积不得小于 0.25m^2 。试验体最小边长不宜小于 50cm ，高度不宜小于最小边长的 0.5 倍。试体之间的距离应大于最小边长的 1.5 倍；

3 每组土体试验不宜少于 3 点。面积不宜小于 0.3m^2 ，高度不宜小于 20cm 或为最大粒径的 4 倍~8 倍，剪切面的开缝应为最小粒径的 $1/3\sim 1/4$ ；

4 施加的法向荷载、剪切荷载应位于剪切面、剪切缝的中

心；或使法向荷载与剪切荷载的合力通过剪切面的中心，并保持法向荷载不变；

5 最大法向荷载应大于设计荷载，并按等量分级；施加荷载的精度范围应为试验最大荷载的 $\pm 2\%$ ；

6 每一试体的法向荷载可分为4级~5级施加。当法向变形达到相对稳定时，即可施加剪切荷载；

7 每级剪切荷载按预估最大荷载的8%~10%分级等量施加。或按法向荷载的5%~10%分级等量施加。岩体按每5min~10min，土体按每30s施加一级剪切荷载。当剪切变形急剧增长或剪切变形达到试体尺寸的1/10时，可终止试验；

8 根据剪切位移大于10mm时的试验成果确定残余抗剪强度，当需要时可沿剪切面继续进行摩擦试验。

13.8.5 现场剪切试验成果应包括下列内容：

1 绘制剪应力与剪切位移曲线、剪应力与垂直位移曲线，确定比例强度、屈服强度、峰值强度、剪胀点和剪胀强度；

2 绘制法向应力与比例强度、屈服强度、峰值强度、残余强度的曲线，确定相应的参数。

13.9 波速测试

13.9.1 波速测试适用于测定各类岩土体的压缩波速、剪切波速，根据需要可采用单孔法、跨孔法、瞬态面波法和微动法。

13.9.2 单孔法波速测试应符合下列规定：

1 测试孔应垂直；

2 三分量检波器放置在孔内预定测试深度时，应紧贴孔壁；

3 激振方式可选用地面激振或孔内激振。当采用地面激振方式时，剪切波振源应采用重锤横向敲击上压重物木板长轴端的激发方式，压缩波震源应采用重锤敲击金属板的激发方式；

4 单孔剪切波测试时，应采用正反两个方向激振的方法，以便获得剪切波反向起跳波形，有利于识别剪切波的初至；

5 测点的布置应根据岩土层的厚度进行，一般情况下，测点的垂直间距宜取 1m~3m，并应自下而上逐点测试；

6 按直达波原理计算波速时，应以激发点与接收点之间的直线距离作为波的传输距离。

13.9.3 跨孔法波速测试应符合下列规定：

1 一个振源孔可与一个或多个测试孔相连合，可成直线或放射状排列；测试孔间距随激发能量和土的性质而变，第一对测试

孔的间距宜为 4m；

2 剪切波震源宜采用剪切波锤，也可采用标准贯入试验装置，压缩波震源宜采用电火花、爆炸或其它声波震源；

3 在土层中测试孔的孔距宜取 2m~5m，在岩层中测试孔的孔距宜取 8m~15m，测点垂直间距宜取 1m~2m；近地表测点宜布置在 0.4 倍孔距的深度处，震源和检波器应放置在同一标高处；

4 当测试深度大于 15m 时，应进行激振孔和测试孔倾斜度和倾斜方位的量测，测点间距宜取 0.5m~1.0m。

13.9.4 瞬态面波法波速测试应符合下列规定：

1 瞬态面波法应采用多道（ ≥ 12 道）接收，宜采用低频检波器；

2 应采用线性等道间距排列方式，震源应在检波器排列以外延长线上激发；

3 道间距可根据场地条件并通过试验确定，但应小于最小测试深度所需波长的二分之一；

4 震源选择可根据探测深度，分别选择锤击、落重或炸药震源等激震方式。当测试深度为 0m~15m 时，宜选择大锤激振；当测试深度为 0m~30m 时，宜采用落锤激振；当测试深度

为 0m~50m 时,宜选择炸药激振;当场地无法使用炸药时,亦可采用加大落锤重量或提高落锤高度的办法加大测试深度。

13.9.5 微动法波速测试应符合下列规定:

1 应采用不少于 4 个三分量低频一体化智能地震仪接收地表振动信号;

2 应采用圆形台阵排列方式,无需激发主动震源;

3 探测深度、台阵半径、计算方法需根据场地地质条件并通过试验确定。

13.9.6 单孔法、跨孔法波速测试成果分析应符合下列要求:

1 应在波形记录上识别压缩波和剪切波的初至时间;

2 计算由振源到达测点的距离;

3 根据波的传播时间和距离确定波速;

4 根据任务要求计算岩土小应变的动弹性模量、动剪切模量和泊松比。

13.9.7 剪切波速 v_s 可根据测试方法,分别按下式计算:

$$\text{单孔法} \quad v_s = \frac{X_n - X_{n-1}}{t_n - t_{n-1}} n - 1 \quad (13.9.7-1)$$

$$\text{跨孔法} \quad v_s = \frac{X_n}{t_n} \quad (13.9.7-2)$$

式中: X_n , X_{n-1} —第 n 或 $n-1$ 测点波的传输距离;

t_n , t_{n-1} —波至 n 点或 $n-1$ 点所需的传输时间。

13.9.8 场地覆盖层的固有周期可按达到基岩面的实测分层剪切波速按式(13.9.8-1)计算确定,亦可用微动三分量谱比 H/V 曲线中的频率峰值 F_0 对应的周期按式(13.9.8-2)计算确定。

$$T = \sum_{i=1}^n \frac{4h_i}{v_{si}} \quad (13.9.8-1)$$

$$F_0 = \frac{v_s}{4d_{ov}} \quad (13.9.8-2)$$

式中: T —场地基土的基本周期 (s);

h_i —第 i 层土的厚度 (m);
 v_{si} —第 i 层土的剪切波速度 (m/s);
 n —土层数;
 F_0 —微动三分量谱比 H/V 曲线中的频率峰值;
 v_s —覆盖层加权平均剪切波速度 (m/s);
 d_{ov} —松散覆盖层厚度 (m)。

13.9.9 土层的动剪变(切)模量 G_d 、动弹性模量 E_d 和土的动泊松比 μ_d 可分别按下式计算:

$$G_d = \rho v_s^2 \quad (13.9.9-1)$$

$$E_d = 2(1 + \mu_d) \rho v_s^2 \quad (13.9.9-2)$$

$$\mu_d = \frac{v_p^2 - 2v_s^2}{2(v_p^2 - v_s^2)} \quad (13.9.9-2)$$

式中: v_p 、 v_s —分别为土层压缩波速度和剪切波速度 (m/s);
 μ_d —土的动泊松比;
 ρ —土的质量密度;
 G_d —土的动剪切模量 (MPa);
 E_d —土的动弹性模量 (MPa)。

13.9.10 瞬态面波法、微动法波速测试成果应包括下列内容:

- 1 应计算并绘制半波长—速度频散曲线图;
- 2 应分层计算层速度。

13.10 场地微振动测试

13.10.1 场地微振动(又称地脉动)测试主要用于测定周期在 0.1s~1.0s、振幅小于 3 μ m 的地面或地下随机振动,其测试结果可为工程抗震和隔震设计提供卓越周期和地脉动幅值。

13.10.2 场地微振动测试应布置在场地有代表性的地方,每个场地不宜少于 2 个。也可根据工程需要,增加测试点的数量。当进行地下微振动测试时,测点深度应根据工程需要进行布置。

13.10.3 场地微振动测试应符合下列规定：

- 1 测试点宜选择在天然土地基上及波速测试孔附近；
- 2 拾振器应沿东西、南北、竖向三个方向布置，并应放置在坚实土层上；
- 3 当进行孔内测试时应使拾振器紧贴孔壁或孔底；
- 4 测试时宜在深夜安静环境下进行；
- 5 在记录地脉动信号时，距离测试点 100m 范围内，应无人为振动干扰。

13.10.4 场地微振动测试仪器应符合下列规定：

- 1 可采用速度型或加速度传感器，通频带应满足 0.5Hz~40Hz；
- 2 低频特性应稳定可靠，系统放大倍数不应小于 10^6 ；
- 3 测试系统应与数据采集系统相匹配。

13.10.5 记录微振动信号时，应根据所需频率范围设置低通道滤波频率和采样频率，采样频率宜取 50Hz~100Hz，每次记录时间不应少于 15min，记录数不得少于 2 次。

13.10.6 数据处理时，宜作富氏谱或功率谱分析。每个样本数据宜采用 1024 个点，采样时间间隔宜取 0.01s~0.02s，并加窗函数处理，频域平均次数不宜少于 32 次。

13.10.7 卓越周期确定应符合下列要求：

- 1 按谱图中最大峰值所对应的周期确定；
- 2 当谱图中出现多峰且各峰的峰值相差不大时，可在谱分析的同时，进行相关或互谱分析，对场地卓越周期进行综合评价。
- 3 必要时，一个场地可给出两个或两个以上的卓越周期供设计选定。

13.10.8 微振动幅值确定应符合下列要求：

- 1 微振动幅值应取实测微振动信号的最大幅值；
- 2 确定微振动信号的幅值时，应排除人为干扰信号的影响。

响。

13.10.9 场地微振动测试成果应包括下列内容：

- 1 测试的数据处理方法及分析结果；
- 2 场地微振动功率谱图；
- 3 富氏谱或功率谱图；
- 4 场地微振动测试成果表。

13.11 旁压试验

13.11.1 旁压试验可用于黏性土、粉土、砂土、碎石土、残积土、极软岩和软岩等。

13.11.2 旁压试验应在有代表性的位置和深度进行，旁压器的量测腔应在同一土层内。试验点的垂直间距应根据地层条件和工程要求确定，但不宜小于1m，试验孔与已有钻孔的水平距离不宜小于1m。

13.11.3 旁压试验应符合下列规定：

1 预钻式旁压试验应保证成孔质量，钻孔直径与旁压器直径应良好配合，防止孔壁坍塌；自钻式旁压试验的自钻钻头、钻头转速、钻进速率、刃口距离、泥浆压力和流量等应符合规定；

2 加荷等级可采用预期临塑压力的1/5~1/7，初始阶段加荷等级可取小值，必要时，可作卸荷再加荷试验，测定再加荷旁压模量；

3 每级压力应维持1min或2min后再施加下一级压力，维持1min时，加荷后15s、30s、60s测读变形量，维持2min时，加荷后15s、30s、60s、120s测读变形量；

4 当量测腔的扩张体积相当于量测腔的固有体积时，或压力达到仪器的容许最大压力时，应终止试验。

13.11.4 旁压试验成果应包括下列内容：

1 对各级压力和相应的扩张体积(或换算为半径增量)分别进行约束力和体积的修正后, 绘制压力与体积曲线, 需要时可作蠕变曲线;

2 根据压力与体积曲线, 结合蠕变曲线确定初始压力、临塑压力和极限压力;

3 根据压力与体积曲线的直线段斜率, 旁压模量可按下式计算:

$$E_m = 2(1 + \mu) \left(V_c + \frac{V_0 + V_f}{2} \right) \frac{\Delta p}{\Delta V} \quad (13.11.4)$$

式中: E_m —旁压模量 (kPa);

μ —泊松比按 第 13.2.6 条第 2 款取值;

V_c —旁压器量测腔初始固有体积 (cm^3);

V_0 —与初始压力 p_0 对应的体积 (cm^3);

V_f —与临塑压力 p_f 对应的体积 (cm^3);

$\Delta p / \Delta V$ —旁压曲线直线段的斜率 (kPa/cm^3)。

13.11.5 根据初始压力、临塑压力、极限压力和旁压模量, 结合地区经验可评定地基承载力和变形参数。根据自钻式旁压试验的旁压曲线, 还可测求土的原位水平应力、静止侧压力系数、不排水抗剪强度等。

13.12 氦含量测试

13.12.1 新建、扩建的民用建筑工程, 设计前应对拟建场地土壤中氦浓度或土壤表面氦析出率进行测试, 并提交相应的检测报告。

13.12.2 拟建场地土壤氦浓度/土壤表面氦析出率检测宜在工程勘察之前或同时进行。

13.12.3 测试仪器性能指标应符合下列规定:

1 工作环境温度 $-10^\circ\text{C} \sim +40^\circ\text{C}$;

- 2 相对湿度： $\leq 90\%$ ($+40^{\circ}\text{C}$)；
- 3 不确定度 $\leq 20\%$ ；
- 4 土壤氡浓度探测下限 $\leq 400\text{Bq}/\text{m}^3$ 、表面析出率探测下限 $\leq 0.01\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

13.12.4 测试范围应与岩土工程勘察范围或工程用地红线范围一致。测试点应采用 10m 为间距的网格布置方式，各网格点即为测试点；当遇较大石块时，可偏离 $\pm 2\text{m}$ ，布置的测试点总数不应小于 16 个。

13.12.5 取样和测试时间宜在每天 8:00 至 18:00 之间。现场取样和测试工作应避开雨天，如遇雨天，应在雨后 24h 视情况而定，土壤表面氡析出率测量应在无风或微风条件下进行。

13.12.6 氡浓度测定应符合下列规定：

- 1 土壤中氡浓度的测量可以采用电离室法、静电收集法、闪烁瓶法、金硅面垒形探测器等方法进行测量；

- 2 在每个测试点，应采用专用钢钎打孔。孔的直径宜为 20mm~40mm，孔的深度宜为 500mm~800mm；

- 3 成孔后，应使用头部有气孔的特制取样器，插入打好的孔中，取样器在靠近地表处应进行密闭，避免大气渗入孔中，然后进行抽气。宜根据抽气阻力大小抽气 3 次~5 次；

- 4 所采集土壤间隙中的空气样品，宜采用静电扩散法、电离室法或闪烁瓶法、高压收集金硅面垒形探测器测量等方法测定现场土壤氡浓度；

- 5 现场测试应有记录，记录内容包括：测试点布置图、成孔点土壤类别、现场地表状况描述、测试前 24h 内拟建场地的气象状况等；

- 6 地表土壤氡浓度测试报告的内容，应包括取样过程描述、测试方法、土壤氡浓度测试结果等。

13.12.7 氡析出率测定应符合下列规定：

- 1 土壤表面氡析出率测量取样设备为盆状，工作原理分为

被动收集型和主动抽气收集型两种；

2 测量时，需清扫采样点地面，去除腐殖质、杂草及石块，把取样器扣在平整后的地面上，并用泥土对取样器周围进行密封，防止漏气，准备就绪后，开始测量并开始计时（ t ）；

3 被测地面的氡析出率应按下式计算：

$$R = N_t V / (S \cdot T) \quad (13.12.7)$$

式中： R —土壤表面氡析出率 { $\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ }

N_t — t 时刻测得的罩内氡浓度 (Bq/m^3)；

S —聚集罩罩住的介质表面的面积 (m^2)；

V —聚集罩罩住的罩内容积 (m^3)；

T —测量经历的时间 (s)。

13.12.8 氡浓度/表面氡析出率分析、评价应符合下列规定：

1 已进行过场地土氡浓度或场地土表面氡析出率区域性测定的民用建筑工程，当场地土氡浓度测定结果平均值不大于 $10000\text{Bq}/\text{m}^3$ 或场地土表面氡析出率测定结果平均值不大于 $0.02\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时，且拟建场地不存在断裂构造时，可不再进行场地土氡浓度测定；其他情况均应进行场地土氡浓度和场地土表面氡析出率测定；

2 拟建场地土氡浓度不大于 $20000\text{Bq}/\text{m}^3$ 或场地土表面氡析出率测定结果平均值不大于 $0.05\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时，可不采取氡防治工程措施；

3 拟建场地土氡浓度测定结果大于 $20000\text{Bq}/\text{m}^3$ 且小于 $30000\text{Bq}/\text{m}^3$ ，或土壤表面氡析出率大于 $0.05\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 且少于 $0.1\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时，应对建筑物底层地面采取抗开裂工程措施；

4 拟建场地土氡浓度测定结果大于或等于 $30000\text{Bq}/\text{m}^3$ 且小于 $50000\text{Bq}/\text{m}^3$ ，或场地土表面氡析出率大于或等于 $0.1\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 且少于 $0.3\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时，除对建筑物底层地面采取抗开裂工程措施外，还必须按现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 中的一级防水要求，对基础进行处理；

5 拟建场地土氡浓度测定结果大于或等于 $50000\text{Bq}/\text{m}^3$ ，或土表面氡析出率大于或等于 $0.3\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 时，应对建筑物采取综合防氡工程措施；

6 拟建场地土中氡浓度大于或等于 $50000\text{Bq}/\text{m}^3$ 时，或场地土表面氡析出率大于或等于 $0.3\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 时，尚应对场地土中的镭-226、钍-232、钾-40 的比活度进行测定。当测定结果表明内照射指数 (I_{Ra}) 大于 1.0 或外照射指数 (I_γ) 大于 1.3 时，拟建场地土不得作为工程回填土使用。

13.13 孔隙水压力测试

13.13.1 孔隙水压力测试适用于测定饱和土层、砂层中孔隙水压力随深度和荷载大小的变化。

13.13.2 孔隙水压力可采用孔压静力触探、孔隙水测压计（立管式、电测式、水压式、气动式）等方法量测。仪器的精度、灵敏度和量程必须满足测试要求，并应符合下列规定：

- 1 测定方法可按表 13.13.2 确定；
- 2 测试点应根据地质条件和分析需要布置；
- 3 测压计的安装和埋设应符合有关安装技术规定；
- 4 测试数据应及时分析整理，出现异常时应分析原因，并采取相应措施。

13.13.3 孔隙水压力计量程不宜选择太大，上限值高于静水压力值与预估的超孔隙水压力值之和，宜为 $100\text{kPa}\sim 200\text{kPa}$ 。

13.13.4 测试孔和测点的布置应符合下列规定：

- 1 每项工程测试孔的数量应不少于 3 个；
- 2 在平面上测试孔宜沿着应力变化最大方向并结合监测对象位置布设；

表 13.13.2 孔隙水压力测定方法和适用条件

仪器类型		适用条件	测定方法
测压计式	立管式测压计	渗透系数大于 10^{-4} cm/s 的均匀孔隙含水层	将带有过滤器的测压管打入土层，直接在管内量测
	水压式测压计	渗透系数低的土层，量测由潮汐涨落，挖方引起的压力变化	用装在孔壁的小型测压计探头，地下水压力通过塑料管传导至水银压力计量测
	电测式测压计 (电阻应变式、钢弦式)	各种土层	孔压通过透水石传导至膜片，引起挠度变化，诱发电阻片（或钢弦）变化，用接收仪量测
	气动测压计	各种土层	利用两根排气管使压力为常数，传导的孔压在透水元件中的水压阀产生压差量测
孔压静力触探仪		各种土层	在探头上装有多孔透水过滤器、压力传感器，在贯入过程中量测

3 在垂直方向上测点应根据应力分布特点和地层结构布设。一般每 1m~3m 布设 1 个测点；当分层设置时，每个测试孔每层应不少于 1 个测点；对需要提供孔隙水压力等值线的工程或部位，测试孔应适当加密，且埋设同一高程点的测点高差宜小于 0.5m；

4 对控制性的测点，埋设后遇到测定的初始值不稳定、孔隙水压力计失效或因施工等原因遭受损坏且无法修复等情况，必须及时补点。

13.13.5 孔隙水压力计埋设应符合下列要求：

1 孔隙水压力计埋设方法可分为钻孔埋设法、压入埋设法和填埋法；

2 同一测试孔中设置多个孔隙水压力计时，宜采用钻孔埋设法，孔隙水压力计之间，应采取有效止水措施；

3 在软弱土层中埋设单个孔隙水压力计时，宜采用压入埋设法；

4 在填方工程中宜采用填埋法，可在填筑过程中按要求将孔隙水压力计埋入预定深度。

13.13.6 孔隙水压力初始值确定应符合下列规定：

- 1 埋设结束后应逐日定时测量，以监测初始值的稳定性；
- 2 稳定值连续 3 天的读数差应满足电测式、液压式小于 2kPa，气压式小于 10kPa，水位计小于 5cm；
- 3 初始值应取稳定后读数的平均值或中值。

13.13.7 孔隙水压力测试应符合下列要求：

- 1 孔隙水压力上升期间，应逐日定时测定；当上升值接近控制标准时，应进行跟踪监测；
- 2 孔隙水压力消散期间的量测，可根据工程需要和消散规律确定测定方式；
- 3 每次量测均应做好原始记录；
- 4 绘制孔隙水压力与时间及荷载等有关因素关系曲线图；
- 5 测试过程中应随时计算、校核、分析测试数据；当出现异常值时，应及时复测，并分析原因，提出意见和建议。

13.13.8 孔隙水压力测试成果应包括下列内容：

- 1 孔隙水压力在垂直、水平方向上随时间增长和消散的规律；
- 2 孔隙水压力与荷载、位移（水平、垂直）、时间、降雨、施工速率、土的性质等的关系；
- 3 测试成果分析宜结合其他测试成果进行综合分析和评价。

14 工程物探

14.1 一般规定

14.1.1 工程物探方法选择应根据勘探目的、方法适用条件、场地条件、物性差异、干扰条件、探测深度与精度要求等因素综合确定，并符合表 14.1.1 规定。

14.1.2 采用工程物探方法，场地条件应符合下列要求：

- 1 被探测对象与其周围介质间应有明显的物性差异；
- 2 被探测对象应具有一定规模，能产生可被量测的地球物理异常场；
- 3 干扰因素产生的干扰场应足够小，或能被识别；
- 4 作业现场应具备足够空间，能布置探测装置和开展现场探测工作。

14.1.3 工程物探勘察应符合下列要求：

- 1 应通过工程物探方法有效性试验，选择适宜、有效的物探方法、技术和数据采集参数；
- 2 物探工作宜采用多种方法进行综合勘探；
- 3 工作时应收集和利用已有的地质、水文地质、地球物理、勘察、设计、施工及运营等资料；
- 4 工程物探成果应用应与钻探或其它直接勘探方法相结合、相互印证。

14.1.4 确定工程物探方法前，应先进行工程物探方法的有效性试验；试验地段应选择在有对比资料、且具有代表性的地段。

14.1.5 工程物探仪器、设备和附件应满足参数合理、指标可靠、性能稳定、构件牢固、防潮、抗震和绝缘性能良好的要求，

表 14.1.1 工程物探方法适用范围

探测方法		适用范围										
		地层结构、风化层及岩埋深	断裂、破碎带及裂隙密集带	孤石、岩溶、土洞、防空洞、采空区	场地、岩土物性参数和钻孔岩土参数	水底地形、地层结构和水下障碍物、抛石、沉船	软弱地层、砂砾石层探测	滑坡、地面塌陷及环境污染探测	地下水；地病害探测	岩体完整性评价	地下障碍物、管线及隐蔽工程探测	地基注浆加固效果、强夯加固评价
地震法	微动勘探法	●	●	●	●		●	●	●	●	●	●
	主动源面波法	●	○	●	●		●	●	●	●	●	●
	反射波法	●	●	●	●		○	○				○
	折射波法		○						●			
	地震波透射法	●	●	●	○	●	○		●			
直流电法	高密度电阻率法	●	●	○	○	●	●	○	●	●	○	●
	激发极化法	○	○	●			○	○				○
	自然电场法						○	○				
	充电法		○				○	○				
	电测深法	○	●	○			○	○				○
	电剖面法	○	○	●			○	○				○
电磁法	探地雷达法	○	○	○				○	●	●		●
	TEM/CSAMT	●	●	●				○				
	电磁测深法	○	●	○			○					
	瞬变电磁法	○	●	○		●	○		●		○	○
	核磁共振法								●			

续表 14.1.1

探测方法		适用范围	地层结构、风化层分带及基岩埋深	断裂、破碎带及裂隙密集带	孤石、岩溶、土洞、防空洞、采空区	场地、岩土层物性参数和钻孔岩土参数	水底地形、地层结构和水下障碍物、抛石、沉船	软弱地层、砂砾石层探测	滑坡、地面塌陷及环境污染探测	地下水；地下害体探测	岩体完整性评价	地下障碍物、及隐蔽工程探测	地基注浆加固效果、强夯加固评价	文物古迹探测
井中探测法	井间层析成像	●	●	●				○	○		●			
	超声成像测井	○	○	○	○				○		●			
	钻孔全景光学成像	○	○	○	●		○	○		○				●
	电测井	○		○										
	弹性波测井	○	○	○			○				●			
	电磁波测井	○	○	○			○	○			●			
	磁测井		○	○			○							
	放射性测井	○				○	○							
水域探测法	管波探测法			●										
	其他探测方法				○	○		○		○		○	○	
	声呐测深法					●								
	侧扫声呐法					●								
	水域地震法					●								
	浅地层剖面法					●								
	水域直流电法					●								
	水域磁法					●				○			○	

注：●—推荐方法 ○—可选方法

并应定期进行检验和保养。

14.1.6 勘探点间距和数量应根据勘探目的、建（构）筑物特点和场地复杂程度确定；场地复杂程度一级，物探点间距宜为5m~10m，场地复杂程度二级，物探点间距宜为10m~15m。

14.1.7 工程物探原始资料应真实完整、不得涂改或重抄，电子记录应与班报记录对应并备份。

14.1.8 工程物探资料解释应符合下列要求：

1 资料解释应在分析测区物性参数和既有勘探资料的基础上，按照从已知到未知、由浅及深、点面结合、综合分析、定性指导定量的原则；

2 定性解释应根据工程物探异常的幅值、强度、形态、分布等特征确定异常体的性质及分布，估算其埋深；初步建立工程物探参数异常的地质体与正常地质体的对应关系；

3 定量解释宜利用已有的钻探、测井及物性参数测试结果作为约束条件进行；

4 各种工程物探方法的解释结果应相互补充、相互验证、综合分析，有验证钻孔的工点宜利用钻孔资料对解释结果进行修正。

14.1.9 工程物探解释成果显示的异常点应通过钻探、槽探、井（坑）探等直接勘探手段验证，验证点宜布置在异常明显地方或异常中心位置。

14.1.10 工程物探勘察报告应包括工程概况、目的任务、地质及地球物理特征、工作方法、依据的技术标准，数据处理与解释、验证情况、成果分析、结论与评价，以及存在问题和建议等。并应附带有地形等高线的测线（测点）平面位置图、解释地质剖面和其他附表，比例尺应与工程地质平面和剖面图一致。

14.2 水域工程物探

14.2.1 水域工程物探可用于探测水底地形、水下障碍物、地层结构及隐伏断裂构造等。探测方法可分为水域地震反射波法、浅地层剖面法、声纳测深法、侧扫声纳法、水域电法、水域磁法。

14.2.2 水域工程物探应根据现场作业条件和勘探目的布设测线、测网和选择工程物探方法。布设测线宜通过勘探钻孔，采用多种工程物探方法综合探测时，同一测线宜采用统一的测线桩号。

14.2.3 水域工程物探测线测量应符合下列要求：

1 走航式测线测量定位应采用 GNSS 实时动态测量方法，固定测线测量定位可选用全站仪及卫星定位等方法；

2 测量精度应符合现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 规定；

3 作业期间应量测并记录水位变化。

14.2.4 水域工程物探现场作业时，作业船应保持沿每条测线定向匀速航行。

14.2.5 水域工程物探应实时监控作业全过程数据采集质量。对不符合要求的测点（线）应及时进行补测或重测。

14.2.6 水域测线布置应符合下列要求：

1 主测线应平行于桥梁、大坝、码头等建筑（构）物轴线，或垂直于水下地形等深线（最大凸起、凹陷方向）或岸线，或垂直于地质构造走向，或垂直于探测目标体走向，联络测线方向应与主测线垂直；

2 有勘探点时，测线应沿勘探点布设。

14.2.7 作业前，应在测区内进行有效性试验，选择最佳的激发、接收及仪器设备等。数据采集应符合下列规定：

1 水域地震反射波法探测宜采用走航式方式；可选用多次覆盖监测系统；

2 在河道、水库、湖泊中工作时，每天开始和结束工作时应各测量一次水面高程；作业期间，当水位涨落变化大于 0.3m

时，应固定时间间隔测量水位变化，并绘制水位随时间变化的曲线；

3 海域宜选择在平潮期作业。

14.2.8 水域磁法可选用光泵式磁力仪、质子磁力仪、水下磁探头。仪器探测精度应满足设计要求，作业前应对仪器探测精度进行检验，多台仪器同时投入作业时，应对仪器进行一致性检验。

14.3 陆域工程物探

14.3.1 岩土工程勘察工程物探应根据现场地形、地质条件，结合工程的类型、挖填高度、岩土性质等确定探测方案，工程物探方法可选用微动勘探法、反射波法、瑞利面波法、高密度电法、电测深等。陆域工程物探应包括下列内容：

- 1 查明覆盖层厚度、土岩分界面和岩体风化程度、孤石埋藏深度和位置；
- 2 查明滑坡、岩溶、土洞、采空区等不良地质体的位置及规模；
- 3 探测深度应满足岩土工程勘察需要；
- 4 解释成果应满足岩土工程评价的需要。

14.3.2 路基、边坡工程勘探应符合下列规定：

- 1 根据路基初步工程地质勘探的要求，在 1:2000 工程地质调绘的基础上进行；
- 2 一般路基宜沿路线中线布置测线，必要时布置横测线；
- 3 高路堤、陡坡路堤、深路堑的测线布置宜与勘探断面一致，地形、岩性变化较大时可适当增加测线；
- 4 特殊路基应根据不良地质和特殊性岩土发育规律，结合路基类型布置测线，每段路基不少于一纵一横两条测线，测线长度应超出路基工程的长度及宽度；
- 5 评价路基边坡岩体风化程度及完整性时，宜测定边坡岩

体的弹性波速度。

14.3.3 采用工程物探对岩溶、土洞勘探时，宜查明岩溶、土洞的分布、埋深、规模及充填情况，物探方法可按表 14.3.3 选择确定：

表 14.3.3 岩溶、土洞工程物探方法

勘察目的	物探方法
地表及浅埋的岩溶	微动勘探法、高密度电法、瞬变电磁法、地震反射波法、电剖面法、电测深法等
埋深较大的岩溶	微动勘探法、瞬变电磁法、大地电磁法等
水域岩溶	地震反射波法、电测深法等
钻孔周围的岩溶	孔中管波探测法
相邻钻孔或平行隧道之间的岩溶	地震波透射法、电磁波透射法等
可溶岩与非可溶岩接触带	微动勘探法、自然电位法、电剖面法、激发极化法等
追踪与地下水活动有关的岩溶发育带或地下暗河	微动勘探法、充电法、激发极化法、电剖面法等

14.3.4 岩溶、土洞测线布置应符合下列要求：

- 1 沿线路走向或垂直岩溶发育带走向布置，测网密度根据岩溶的发育规律结合勘察阶段的深度要求确定；
- 2 初步勘察阶段宜沿中线布置，在异常位置布置横测线，初步确定异常的范围；探查与地下水活动有关岩溶发育带时，应根据具体情况布置一定数量的追踪测线；
- 3 详细勘察阶段应在分析利用初步勘察资料基础上，根据岩溶工程地质评价的需要，针对岩溶异常地段，结合岩溶的发育规律、工程类型和基础设置布置测线；
- 4 测区范围应超出工程受岩溶影响的范围。

14.3.5 孤石勘探应符合下列要求：

- 1 勘探方法宜选用微动勘探法、跨孔层析成像法；
- 2 微动勘探法应采用三分量速度检波器，宜采用二维台阵监测方式；
- 3 微动勘探法应采用专业软件提取垂直分量面波频散曲线和台阵平均 H/V 曲线，根据面波相速度等值线图 and H/V 曲线图

的异常进行解释推断；

4 测线（测点）的布置宜涵盖孤石可能发育范围，沿隧道或连续墙、基坑支挡结构的中心线布设；对重点勘探区域，测线、测点应加密或网状布设。

14.3.6 滑坡勘探应符合下列要求：

- 1 查明滑坡体的范围、厚度和滑坡区地下水的分布；
- 2 滑坡体的厚度勘探可选用微动勘探法、反射波法、瑞利面波法、高密度电法、电测深、探地雷达等；
- 3 滑坡体地下水勘探时可选用电剖面法、激发极化法、充电法、瞬变电磁法等。

14.3.7 滑坡测线布置应符合下列要求：

- 1 中、小型滑坡沿滑坡轴线布置，必要时增加横测线；
- 2 大型、巨型滑坡采用网格状或扇形测网，测线平行和垂直主滑方向布置，并与钻探剖面一致，测网密度根据滑坡的规模和级块划分，结合勘察阶段的具体要求合理确定；
- 3 滑坡周界以外原始地层中适当布置测线、测点。

14.3.8 采空区勘探应符合下列要求：

- 1 测线垂直矿层或采空区走向布置；
- 2 测网密度根据采空区的埋深、规模及勘察阶段的具体要求确定，对于采空资料匮乏、无规划开采的采空区通过现场试验确定；
- 3 测区边界大于采空区对工程的影响范围；
- 4 勘探深度应至最大开采深度以下；
- 5 取芯困难的钻孔宜采用综合测井查明孔内地质情况。

14.3.9 断层勘探应符合下列要求：

- 1 测线应垂直断层走向布置，测线数量不宜少于 2 条，测点间距应小于预估断层破碎带宽度的 1/2，必要时可布置孔中物探详查；
- 2 勘探深度应满足工程地质评价的需要。

14.3.10 覆盖层勘探应符合下列要求：

1 测线宜沿路线中线布置，厚度变化较大时可适当布置横测线；

2 高烈度区应按抗震设计要求实测场地土的剪切波速，划分场地土类别。

14.3.11 基岩风化层测线应根据勘探要求布置，必要时可在钻孔中实测岩体波速，划分风化层厚度，评价岩体的完整程度。

14.3.12 管线勘探应符合下列要求：

1 勘察前应充分搜集已有场地地下管线资料，通过现场调查结合探测技术，查明工程影响范围内地下管线的埋设深度、管径、埋设方式、权属单位、材质、流向；

2 勘探非金属类管道（线）时，宜采用探地雷达法、直流电阻率法或浅层地震法；

3 勘探金属类管道（线）时，宜优先选用电磁感应法、夹钳法、直接法或探地雷达法，深埋金属管道可选择综合物探方法。

15 室内试验

15.1 一般规定

15.1.1 试验项目及试验方法应根据工程要求和岩土性质特点确定。制定试验方案时应考虑岩土试样的原始应力状态及非均质性等特点，尽可能使试验条件接近实际情况。非标准试验项目应制订详细的试验方案。

15.1.2 试验室应对试验仪器进行定期检定，仪器测量精度应符合国家现行相关规范规定。

15.1.3 土的力学性质试验和密度试验，应采用Ⅰ级~Ⅱ级土试样，进行物理性（密度试验除外）试验可采用质量等级Ⅲ级以上的试样。

15.1.4 室内试验应保留前期准备和试验过程的数据和信息。试验操作、记录和计算的责任人应在试验记录和成果中签字。

15.1.5 试验报告中各项指标应真实、准确，物理力学指标间的关系应相互吻合。试验报告应包括试验内容、试验方法、所依据的技术标准和试验成果，试验成果包括试验汇总表、相应的曲线等组成和试验说明，同一试验项目有多种试验方法时，试验报告中应注明试验方法。试验负责人应在成果报告中签字。

15.1.6 当岩土工程勘察等级为丙级、工程无特殊要求，周边已有勘察资料，且因地层变化无法满足规范要求进行取样和原位测试时，可根据福建省常见岩石物理力学性质指标和常见土的物理力学性质指标附录 J、附录 F 经验统计指标综合确定。

15.2 试样制备

15.2.1 试样制备应有记录，记录内容应包括土样描述、每筒土样制备的试样数量和每个试样的试验项目，土样描述应包括土性、气味、颜色、夹杂物、均匀性、饱和度状态等。

15.2.2 切削原状试样时，低塑性和高灵敏度的软土不得扰动，对非饱和土、含有粗颗粒或有潜在结构面的试样必须小心切削，保证试样规格符合现行国家相关规范规定。

15.2.3 根据力学性质试验项目要求，原状土样同一组试样间的密度允许差值为 0.03g/cm^3 ，同一组扰动试样的密度与要求的密度之差不得大于 $\pm 0.01\text{g/cm}^3$ ，同一组扰动试样的含水率与要求的含水率之差不得大于 $\pm 1\%$ 。

15.2.4 切取试样后，宜留取有代表性的试样做液塑限或颗粒分析试验，并留取部分试样或留取经力学试验后的残余试样备查，并至少保留到勘察文件提交时。

15.2.5 对于饱和度大于 95% 的原状土样，可不进行饱和，当工程要求考虑不利情况下的物理力学性质指标时，应对非饱和试样进行饱和。

15.2.6 试样饱和应符合下列规定：

- 1 粗粒土宜采用浸水饱和法；
- 2 渗透系数大于 10^{-4}cm/s 的细粒土，宜采用毛管饱和法；
- 3 渗透系数小于或等于 10^{-4}cm/s 的细粒土，宜采用抽气饱和法。

15.3 土的物理性质试验

15.3.1 土的含水率试验宜采用烘干法，应进行两次平行测定，取其算术平均值，最大允许平行差值应符合表 15.3.1 规定。

15.3.2 土的密度试验宜采用环刀法，应进行两次平行测定，其最大允许平行差值应为 $\pm 0.03\text{g/cm}^3$ 。取其算术平均值。

表 15.3.1 含水率测定的最大允许平行插值 (%)

含水率 w	最大允许平行差值
<10	±0.5
10~40	±1.0
>40	±2.0

15.3.3 液限含水率可采用下沉深度为 10mm 的 76g 瓦氏圆锥法测量，塑限含水率可采用搓条法或联合测定法。对于塑性指数 $I_p < 10$ 的土，宜进行颗粒分析试验测定其黏粒、粉粒、砂粒的含量。

15.3.4 颗粒分析试验，粒径大于 0.075mm 可采用筛析法，粒径小于 0.075mm 可采用密度计或移液管法（六偏磷酸钠作分散剂），若试样中易溶盐含量大于 0.5% 时，应洗盐。

15.3.5 土粒比重试验可采用比重瓶法、浮称法、虹吸筒法。

15.3.6 当工程需要时，砂土应测定最大、最小干密度，水上水下自然休止角。测定最大干密度可采用振动锤击法，测定最小干密度可采用漏斗法和量筒法，测定休止角可采用休止角测定仪。粗颗粒土的相对密度试验可采用振动台法或容器法。

15.3.7 填方工程，应根据工程需要选择轻型或重型击实试验，测定最大干密度及最优含水量。

15.3.8 有机质含量试验可采用重铬酸钾容量法，只要求粗略测定有机质含量时，可采用烧灼失重法。

15.4 土的力学性质试验

15.4.1 固结试验应符合下列规定：

1 加荷等级应根据试样的软硬程度选择第一级压力，一般宜为 50kPa，对于软土第一级压力宜为 12.5kPa 或 25kPa，加荷荷重率不宜大于 1，当采用压缩模量计算沉降时，最后一级压力应大于土的有效自重压力与附加压力之和；

2 固结试验宜采用慢速法，当渗透性较大的细粒土、可塑

上限的黏性土、坡积土和残积土，不作为建筑工程持力层或对计算沉降要求精度不高，且不需要进行固结系数、前期固结压力和回弹系数试验时，可采用快速法；

3 当考虑基坑开挖卸荷和再加荷影响时，应进行回弹试验，施加压力时应与实际加、卸荷状态一致；

4 当需要对残积土进行沉降计算时，应进行回弹再压缩试验，回弹起始压力应选择 200kPa、自重压力与附加压力之和的较大者，回弹终止压力应选择 100kPa 与自重压力的较小者；

5 固结系数及次固结系数测定宜采用慢速法，测定范围为土的自重压力至自重压力与附加压力之和；

6 压缩试验报告应提供 100kPa~200kPa 的压缩系数以及各级压力段下的压缩模量，必要时应附有代表性的 $e \sim p$ 曲线；对进行回弹试验的试样，应提供回弹及再压缩指标。

15.4.2 当考虑土的应力历史进行沉降计算时，应进行先期固结压力试验，试验应符合下列规定：

1 应采用 I 级土样；

2 加荷等级，第一级压力值宜用 12.5kPa，荷重率不大于 1，当接近先期固结压力段附近时，荷重率宜减少，施加的压力应使测得的 $e \sim \lg p$ 曲线出现明显的直线段；

3 回弹试验宜在大于土的先期固结压力后进行，或在最后一级压力固结稳定后卸压，直到第一级压力止；

4 加荷、卸荷稳定标准应为 24h 或每小时变形量小于 0.005mm；

5 宜用最小曲率半径法（ c 法）确定先期固结压力 p_c ；

6 试验报告应提供 p_c 、 C_c 、 C_s 、 C_r 值并附 $e \sim \lg p$ 曲线。

15.4.3 直接剪切试验可分为快剪、固结快剪和慢剪，对于渗透性较好的砂性土宜采用慢剪试验。直接剪切试验应符合下列规定：

1 试验宜用四块性质相同的试样，密度差不宜大于

0.03g/cm³;

2 四级垂直压力，第一级垂直压力宜接近土的自重压力，第四级垂直压力宜接近土的自重压力与附加压力之和；

3 固结快剪的固结时间可采用每小时变形量不大于 0.005mm，也可采用 1h，但在试验说明中应注明；

4 采用预压仪对试样进行预固结时，经预压固结后的试样推入剪力盒后，宜有足够的时间进行再固结；

5 抗剪强度参数宜采用各级垂直荷载下的抗剪强度值，采用最小二乘法计算或采用作图法确定。

15.4.4 大体积直接剪切试验应符合下列规定：

1 试样尺寸不宜小于 150mm×150mm×125mm；

2 每组试验应取 4 个试样，在 4 种不同垂直压力下进行剪切试验。可根据工程实际和土的软硬程度施加各级垂直压力，垂直压力的各级差要大致相等。也可取垂直压力分别为 100kPa、200kPa、300kPa、400kPa；

3 抗剪强度宜采用各级垂直荷载下抗剪强度值或剪应力峰值，采用最小二乘法计算或采用作图法确定。

15.4.5 三轴压缩试验应符合下列规定：

1 加荷速率快、排水条件差的黏性土宜采用不固结不排水试验；饱和软黏土，试样应在有效自重压力下预固结后再进行试验；当考虑附加荷载或排水固结作用时，可采用固结不排水试验。采取的土样直径与长度应大于试样规定的尺寸，并应满足制备 3 个土质相同的试样；

2 试验围压宜根据工程实际荷载确定，第一级围压宜接近土的自重压力，最大一级围压宜与最大的实际荷重大致相同；

3 试样起始孔隙水压力系数 B 值不宜小于 0.95，排水固结稳定标准宜采用孔隙水压力消散达 95% 以上；

4 试验报告，UU 试验应提供 c_u 、 ϕ_u ，附摩尔包络线；CU 试验应提供 c_{cu} 、 ϕ_{cu} 、 c' 、 ϕ' ，附总应力和有效应力摩尔圆包络

线。

15.4.6 无侧限抗压强度试验适用于饱和黏性土、软土，应采用Ⅰ级土样并注明取样方法，试验报告应提供 q_u 、 S_r 。

15.4.7 常水头渗透试验适用于砂土，变水头渗透试验适用于黏性土和粉土；渗透试验宜重复测记三次以上，计算渗透系数宜取三个误差不大于 2×10^{-n} 的数据平均值。透水性很差的饱和黏性土可采用测定固结系数 c_v 、 c_h ，计算渗透系数 k_v 、 k_h 。

15.4.8 残余抗剪强度可采用反复直接剪切试验，宜在滑动带和潜在的滑动带取原状样，试验剪切方向应与滑动方向一致，若无法取得原状样，可取扰动土制备试样。

15.5 土的动力性质试验

15.5.1 土的动力性质试验应符合下列规定：

1 测定应变幅为 $10^{-4} \sim 10^{-1}$ 范围的动模量和阻尼比时，可进行动三轴、动单剪或动扭剪试验；

2 测定应变幅为 $10^{-6} \sim 10^{-3}$ 范围的动模量和阻尼比时，可进行共振柱试验；

3 边坡或地基土动力稳定性分析需要测定土的动强度时，可进行动三轴试验；

4 用应力法判别土层液化可能性需测定砂土、粉土抗震液化强度时，其测定方法可采用动三轴、动单剪或动扭剪试验；

5 用刚度法判别土层液化可能性需测定砂土、粉土发生孔压增长的门槛剪应变时，可进行共振柱试验。

15.5.2 动强度和液化试验破坏标准应符合下列规定：

1 轴向动应变达到5%时；

2 孔隙水压力上升，达到初始固结围压时。

15.5.3 各种动力性质试验成果应符合下列要求：

1 绘制动模量和阻尼比试验应提供动模量与动应变关系曲

线，阻尼比与动应变关系曲线；

2 绘制动强度试验应提供不同固结压力下的动剪应力与振次关系曲线；

3 绘制液化强度试验应提供不同固结压力下的液化应力与振次关系曲线。

15.6 岩石物理、力学性质试验

15.6.1 岩石的成分和物理性质试验可根据工程需要分别选择岩矿分析鉴定、颗粒密度和块体密度试验、吸水率和饱和吸水率试验、耐崩解性试验、膨胀试验等项目。

15.6.2 单轴抗压强度试验应分别测定干燥和饱和状态下的强度，并提供极限抗压强度和软化系数。岩石的弹性模量和泊松比，可根据单轴压缩变形试验测定。各向异性明显的岩石应分别测定平行和垂直层理面的抗压强度。

15.6.3 岩石直接剪切试验可测定岩石、节理面、滑动面、断层面或岩层层面等不连续面上的抗剪强度，并提供 c 、 φ 值和各法向应力下的剪应力与位移曲线。

15.6.4 岩石抗拉强度试验采用劈裂法时，可在试件直径方向上，施加一对线性荷载，使试件沿直径方向破坏，间接测定岩石的抗拉强度。

15.6.5 当间接确定岩石的强度和模量时，可进行点荷载试验和声波速度测试。

15.7 水、土化学试验

15.7.1 水的化学试验包括地下水和环境水（地表水和地下水）的化学试验。水和土的测试项目和试验方法除应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和《土工试验方法标准》GB/T 50123 规定外，尚应符合下列要求：

1 水对混凝土结构腐蚀性的测试项目应包括：pH 值、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、侵蚀性 CO_2 、游离 CO_2 、 NH_4^+ 、 OH^- 、总矿化度；

2 土对混凝土结构腐蚀性测试项目包括：pH 值、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 的易溶盐（土、水比 1：5）分析；

3 土对钢结构的腐蚀性的测试项目包括：pH 值、氧化还原电位、极化电流密度、电阻率、质量损失；

4 腐蚀性测试项目的试验方法应符合表 15.7.1 的规定。

表 15.7.1 腐蚀性试验方法

序号	试验项目	试验方法
1	pH 值	电位法或锥形玻璃电极法
2	Ca^{2+}	EDTA 容量法
3	Mg^{2+}	EDTA 容量法
4	Cl^-	摩尔法
5	SO_4^{2-}	EDTA 容量法或质量法
6	HCO_3^-	酸滴定法
7	CO_3^{2-}	酸滴定法
8	侵蚀性 CO_2	盖耶尔法
9	游离 CO_2	碱滴定法
10	NH_4^+	钠氏试剂比色法
11	OH^-	酸滴定法
12	总矿化度	计算法
13	氧化还原电位	铂电极法
14	极化电流密度	原位极化法
15	电阻率	四级法
16	质量损失	管罐法

15.7.2 土的酸碱度（pH）测试方法有电测法或比色法两种。现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 规定酸碱度试验宜用电测法，比色法主要作为野外快速试验的辅助方法。

15.7.3 土的易溶盐试验，土中易溶盐的总量以及各阴离子和阳

离子的含量应以烘干土（在 180℃）中所含易溶盐的质量百分比表示；易溶盐总量的测定方法宜采用烘干法，各种离子的测定方法宜采用化学分析法和仪器分析法。

15.7.4 土的中溶盐试验，土中石膏含量应以烘干土中所含石膏的质量百分比表示。其测定方法宜采用酸浸—质量法。

15.7.5 土的难溶盐试验，土中钙、镁碳酸盐类的含量应以烘干土中所含碳酸钙、镁的质量百分比表示。其测定方法宜采用气量法。

15.7.6 土的有机质试验，土中有机质含量应以烘干土量的百分比表示。其测定方法宜采用重铬酸钾容量法。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

16 地下水

16.1 一般规定

16.1.1 岩土工程勘察应根据工程要求，通过搜集资料和勘探工作，查明场地的水文地质条件，并应符合下列要求：

1 收集对场地水文地质条件有影响的区域气象、水文资料；

2 查明地下水类型和赋存条件、地下水初见水位、稳定水位，地下水位变化幅度，提供历史最高地下水位或近3年~5年最高地下水位；

3 查明主要含水层的分布规律及其渗透性和富水性，提供工程设计所需的水文地质参数；

4 查明地下水的补给、径流和排泄条件，地下水与地表水的水力联系；分析和评价地下水位变化趋势和主要影响因素；

5 评价地下水、土的腐蚀性及其等级。

16.1.2 水文地质条件复杂程度可根据场地含水层分布、地下水补、径、排条件和地质构造等因素，按表 16.1.2 划分为复杂、中等和简单三个类型。

表 16.1.2 水文地质条件复杂程度划分

复杂程度	水文地质特征
复杂	地质构造复杂、地下水类型多； 含水层岩性多样、厚度和层面坡度变化大； 存在多层含水层、水力联系复杂； 地下水的补给、径流和排泄条件复杂； 地下水动态变化规律不明确
中等	地质构造较复杂、地下水类型较多； 含水层岩性多样、厚度和层面坡度变化较大； 多层含水层水力联系较复杂；

表 16.1.2 水文地质条件复杂程度划分

复杂程度	水文地质特征
中等	地下水的补给、径流和排泄条件较复杂； 地下水动态变化规律基本明确
简单	地质构造简单、地下水类型单一； 含水层岩性单一、厚度和层面坡度变化小且稳定； 地下水的补给、径流和排泄条件明确； 地下水动态变化规律明确

16.1.3 当场地水文地质条件复杂，且对地基基础评价、设计、施工有重大影响时，应进行专门的水文地质勘察。

16.2 地下水勘察技术要求

16.2.1 地下水勘察应查明地下含水层和隔水层的埋藏条件，地下水类型、水位及其变化幅度，地下水的补给、径流、排泄条件。并应评价地下水对工程的影响。

16.2.2 在岩溶、土洞、塌陷、滑坡、地面沉降等不良地质作用发育地区，应分析地下水对不良地质作用的影响；应分析地下水对特殊性岩土的影响；在污染土地地，应查明地下水和地表水的污染源及其污染程度。

16.2.3 当未能收集到拟建场地历史最高地下水位，近3年~5年最高地下水位、水位变化趋势和主要影响因素时，宜在初步勘察时设置地下水位监测孔，对地下水位进行长期监测。

16.2.4 地下水位量测应符合下列规定：

- 1 遇地下水时应量测地下水位；
- 2 对工程有影响的多层含水层的水位量测，应采取止水措施，将被测含水层与其它含水层隔开，分层量测地下水位。

16.2.5 采取水试样应符合下列规定：

- 1 取水容器应清洗干净，取样前应用水试样的水对水样瓶反复冲洗3次。
- 2 采取水样时应将水样瓶沉入水中预定深度缓慢将水注入

瓶中，严防杂物混入，水面与瓶塞间要留 10mm 左右的空隙；

3 分析侵蚀性二氧化碳的水试样取出后，应加入 2g~3g 的大理石粉；

4 采取的水试样应及时试验，清洁水放置时间不宜超过 72h，稍受污染的水不宜超过 48h，受污染的水不宜超过 12h。

16.2.6 专门水文地质勘察应符合本标准 16.2.1 条、16.2.3 条、16.2.4 条的规定外，尚应符合下列要求：

1 对工程有影响的多层地下水含水层应查明不同含水层互相之间的水力联系；

2 查明场地地质条件对地下水赋存和渗流状态的影响；必要时应设置监测孔，或在不同深度埋设孔隙水压力计，量测压力水头随深度的变化；

3 应通过现场抽、注水试验，测定含水层渗透系数等水文地质参数。

4 分析、评价场地水文地质条件对工程的影响，分析评价产生渗透破坏、流砂、管涌、坑底突涌的可能性，验算涌水量大小，提出地下水控制措施和地下水监测的建议。

16.3 水文地质参数测定

16.3.1 岩土工程勘察应根据设计和施工需要，提供建设场地水文地质参数。水文地质参数测定方法可分为注水试验、抽水试验和压水试验；按水头可分为变水头试验和常水头试验。

16.3.2 地下水位可在钻孔或套管内直接量测，稳定水位应在勘察结束后统一量测，量测读数应至厘米，精度不得低于±20mm。必要时，可埋设孔隙水压力计量测地下水位或采用孔压静力触探进行量测；在黏性土中采用孔压静力触探量测地下水位时，必须要有足够的消散时间。

16.3.3 量测稳定水位时，强透水层（砂土、碎石土）稳定时间

不得少于 0.5h；弱透水层（粉土、黏性土）稳定时间不得少于 8h；软土层稳定时间不得少于 24h。对位于江、河、海岸边工程，地表水和地下水应同时量测，并应注明量测时间。钻孔中稳定潜水位应在水位恢复稳定后量测；微承压或承压水位量测时，应采取止水措施将被测含水层与其它含水层隔离。

16.3.4 水文地质参数可采用稳定流抽水试验测定，对节理不发育的岩石和黏性土可根据室内试验或经验确定。抽水试验方法可根据应用范围按表 16.3.4 确定。抽水试验宜采用三次降深，最大降深宜接近工程需要降低的地下水位标高。抽水试验结束后应量测恢复水位。抽水试验及参数确定可按现行国家标准《供水水文地质勘察规范》GB 50027 规定执行。

表 16.3.4 抽水试验方法和应用范围

试验方法	应用范围
钻孔或探井简易抽水	粗略估算弱透水层的渗透性参数
不带监测孔抽水	初步测定含水层的渗透性参数
带监测孔抽水	较准确测定含水层的各种参数，主要用于降水设计

16.3.5 勘察等级为乙级、丙级工程项目和弱透水层分布的场地，可在钻孔中进行简易抽水或注水试验确定水文地质参数；勘察等级甲级工程项目和有强透水层分布的场地，应采用带水位监测孔的抽水试验确定含水层的水文地质参数。

16.3.6 压水试验应根据工程要求，结合工程地质测绘和钻探资料，确定试验孔位置；按岩层的渗透性划分试验段，按需要确定试验的起始压力、最大压力和压力级数；应绘制压力与压入水量的关系曲线，计算试验段的透水性，确定 $p \sim Q$ 曲线的类型。

16.3.7 压水试验和确定水文地质参数应符合现行行业标准《水电工程钻孔压水试验规程》NB/T 35113 规定。

16.3.8 渗水试验和注水试验可在试坑或钻孔中进行。砂土和粉土，可采用试坑单环法；黏性土可采用试坑双环法；试验深度较大时可采用钻孔法。

16.3.9 渗水试验、注水试验和确定水文地质参数应符合现行行

业标准《水电工程钻孔注水试验规程》NB/T 35104 规定。

16.3.10 含水层渗透性等级划分宜符合表 16.3.10 的规定。

表 16.3.10 含水层渗透性等级

等级	特强透水	强透水	中等透水	弱透水	微透水	不透水
k (m/d)	$k > 200$	$10 \leq k < 200$	$1 \leq k < 10$	$0.01 \leq k < 1$	$0.001 \leq k < 0.01$	$k < 0.001$

16.4 地下水评价

16.4.1 建筑和市政工程地下水评价应包括下列内容：

1 应评价地下水对建（构）筑物基础设计、施工的影响，对基坑、边坡开挖、支护结构的危害，提出预防和处理措施的建议；

2 需进行排水或降水的工程，应在分析场地水文地质条件的基础上，定量评价地基土的透水性，提出地下水控制措施的建议，并提供地基各主要岩土层的渗透性指标；

3 分析、评价地下水对建筑材料的腐蚀性；

4 存在抗浮问题时应进行抗浮评价，提出抗浮措施建议。

16.4.2 对基础、地下结构物和挡土墙、边坡支护，应考虑地下水的水平作用和浮力作用；对基础持力层和坡体岩土层的软化作用。

16.4.3 基坑（槽）开挖过程中有渗流时，地下水渗流作用应根据现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 5007 附录 W、现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 有关规定，对基坑抗渗流稳定性进行验算，分析评价地下水坑底突涌、流砂、管涌的可能性，提出处理措施的建议。

16.4.4 边坡及其支护结构稳定性验算时，应根据地下水的渗透性、补径排条件、隔排水措施等，分析和评价静水压力、渗透力对边坡及其支护结构稳定性的影响。

16.4.5 边坡有地下水但未形成渗流时，作用于支护结构上的侧压力计算，应符合下列要求：

- 1 砂土和粉土可按水土分算原则计算；
- 2 黏性土宜按水土合算原则计算；
- 3 按水土分算计算时，作用在支护结构上的侧压力等于土压力和静止水压力之和，地下水水位以下的土压力应采用浮重度 γ' 和有效应力抗剪强度指标 c' 、 ϕ' 计算；
- 4 按水土合算计算时，地下水水位以下的土压力应采用饱和重度和总应力抗剪强度指标计算。

16.4.6 当边坡有地下水渗流作用时，作用于支护结构上的侧压力除应按第 1 款计算外，尚应计算其渗透压力，并应符合下列要求：

- 1 地下水水位以下岩土体的重度应取浮重度；
- 2 第 i 计算条块岩土体所受的总渗透力 P_w (kN/m) 可按下式计算：

$$P_w = \gamma_w V_i \sin \frac{1}{2}(\alpha_i + \theta_i) i \quad (16.4.6)$$

式中： γ_w —水的重度 (kN/m³)；

V —第 i 计算条块单位宽度岩土体的水下体积 (m³/m)；

θ_i ， α_i —第 i 计算条块底面倾角和地下水水位面倾角 (°)。

- 3 总渗透力作用的角度为计算条块底面和地下水水位面倾角的平均值，指向低水头方向。

16.4.7 软质岩、残积土和强风化岩，应评价地下水可能产生的软化、崩解、湿陷和潜蚀等作用的危害性。

16.4.8 当工程需要降低地下水位时，应根据含水层渗透性和降深要求，选择适宜的降、排水措施，并应估算其涌水量，分析工程降、排水的可行性，评价降水对周边环境的影响。

16.4.9 评价施工降水可能产生地面不均匀沉降及对周边环境影

响，应符合下要求：

1 应根据场地岩土工程条件，估算地基可压缩层厚度和含水层的分布，查明地下水类型、水头高度，地下水赋存和排泄条件；

2 应根据室内、外试验成果和沉降监测资料，估算可能产生的地面沉降和不均匀沉降；

3 应调查场地周边已有的施工降水经验，提供拟建场地施工降水的周期和降水形成的水位线；

4 提出控制地面沉降应采取的措施和监测建议。

16.4.10 施工降水控制地面沉降时，应重点注意下列问题：

1 当施工降水形成水头差时，应考虑地下水对基坑侧壁和坑底土体稳定性的影响，对坑底以下的承压水应采取有效的降压措施；

2 降低地下水位时，应考虑是否会对邻近建（构）筑物和市政设施造成不利影响，必要时，采取回灌措施；

3 降低地下水位时，应采取防止细粒土颗粒流失的措施；

4 降低地下水位时，应考虑基坑（槽）底部土体中毛细作用对地基承载力和压缩性可能产生的不利影响。应保持地下水位降至开挖面以下一定距离，砂土应大于 0.5m，黏性土和粉土应大于 1.0m。

16.5 抗浮评价

16.5.1 抗浮工程应根据工程地质和水文地质条件的复杂程度、地基基础设计等级、使用功能要求和抗浮失效可能对正常使用造成的影响程度或危害程度等划分为三个设计等级，并按表 16.5.1 确定。

16.5.2 抗浮设计等级为甲级、水文地质条件比较复杂的乙级场地，应进行抗浮工程专项勘察。专项勘察应符合现行行业标准

《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 规定。

表 16.5.1 建筑抗浮工程设计等级

抗浮工程设计等级	建筑工程特征
甲级	工程地质和水文地质条件复杂场地的工程； 设计地坪低于防洪设防水位或处于经常被淹没场地的工程； 埋深较大和结构荷载分布变化较大的工程； 对上浮、隆起及其裂缝等有特殊要求的工程； 抗浮失效危害严重的工程； 现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 规定设计等级为甲级的工程； 进行抗浮治理的既有工程
乙级	除甲级、丙级以外的工程
丙级	工程地质和水文地质条件简单场地的工程； 抗浮失效对工程安全危害不严重的工程； 现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 规定设计等级为丙级的工程； 临时工程

16.5.3 抗浮工程设计等级为丙级和水文地质条件一般的乙级的工程，抗浮工程勘察可与场地岩土工程勘察结合进行。抗浮工程勘察范围不应小于建设场地或预计地下结构底板埋置深度 2 倍宽度；水文地质条件复杂时，应进行专项勘察。

16.5.4 抗浮工程专项勘察应采用有针对性的勘探手段，查明场地的水文地质条件和环境特征，分析和评价岩土体的渗透性、地下水动态变化规律，及其对工程抗浮安全性的影响；提供抗浮设计与施工所需的水文地质参数，水文地质参数测定应按本标准第 16.3 节有关规定执行。

16.5.5 抗浮设防水位应根据场地地下水历史最高水位、长期地下水水位监测资料、水位预测咨询成果和工程经验等综合分析，并结合建（构）筑物使用功能和抗浮设计等级，按施工期和使用期分别确定。施工期和使用期抗浮设防水位可采用相同的抗浮设防水位；拟采取地下水控制措施的工程可采用不同的抗浮设防水位。

16.5.6 施工期和使用期抗浮设防水位不应采用未经分析论证的

勘察期间实测的地下水水位。抗浮设计等级为甲级和水文地质条件比较复杂的乙级工程应进行专项勘察；对拟采用的抗浮设防水位有异议，应通过专项论证确定。

16.5.7 当地下建（构）筑物位于斜坡地段或场地及其周边设计的整平标高差异较大时，宜分区划分抗浮设防区，并采用不同的抗浮设防水位。不同平台地下水可向下一级平台自行排泄时，抗浮设防水位可按平台水位线中点处的标高取值。

16.5.8 遇有下列情况之一时，应对施工期和使用期内可能遭遇的最高地下水水位进行专门论证，并提供可作为抗浮设防水位确定依据的专项咨询报告：

- 1 抗浮设计等级为甲级和水文地质条件比较复杂的乙级工程，或有特定功能要求的工程；
- 2 斜坡、地形起伏较大且周边环境比较复杂的场地；
- 3 水文地质条件比较复杂、水位变幅较大的场地；
- 4 因工程建设可能导致地下水补给、径流和排泄等条件改变的场地；
- 5 建设单位或设计单位要求的其他情况。

16.5.9 施工期抗浮设防水位取值应符合下列要求：

- 1 地下水水位预测咨询报告提供的施工期最高水位；
- 2 勘察期间获取的场地稳定地下水水位并考虑季节变化影响的最不利工况水位；
- 3 考虑地下水控制方案、邻近工程建设对地下水补给及排泄条件影响的最不利工况水位；
- 4 场地近 5 年内的地下水最高水位；当有长期地下水水位监测资料时，可按一个水文年的最高水位确定。

16.5.10 使用期抗浮设防水位取值应符合下列要求：

- 1 地区抗浮设防水位区划图中场地区域的水位区划值；
- 2 水位预测咨询报告提供的使用期最高水位；
- 3 与设计使用年限相同时限的场地历史最高水位；

- 4 与使用期相同时限的场地地下水长期监测的最高水位；
- 5 多层地下水的独立水位、有水力联系含水层的最高混合水位。

16.5.11 抗浮工程特殊条件场地，抗浮设防水位取值应符合下列规定：

1 地势低洼、有淹没可能性的场地，抗浮设防水位应取设计室外地坪高程以上 0.50m；

2 地势平坦、岩土透水性等级为弱透水及以上且疏排水不畅的场地，抗浮设防水位可取设计室外地坪高程；

3 地势较平坦且周边位道路有排水措施，抗浮设防水位可取道路高程或室外地坪标高以下 0.5m；若道路（低）与场地（高）存在挡墙时，应考虑挡墙阻水影响，参照泄水孔标高取值；

4 当地下水与地表水发生水力联系时，抗浮设防水位可取地表水的历史最高洪水位；

5 当场地地下水类型为潜水，并有长期地下水位监测资料时，场地抗浮设防水位可采用长期监测期间最高水位；

6 当场地承压水与潜水发生水力联系时，应通过实测承压水水位并考虑其对抗浮设防水位的影响；

7 对于大面积填方的场地，抗浮设防水位应考虑填方后可能导致地下水位上升的影响；

8 对勘察后需进行开挖整平降低标高的场地，抗浮设防水位可根据水文地质条件的改变和场地排水条件等因素综合确定；

9 当仅考虑施工期间的抗浮设防时，抗浮设防水位可按 1 个水文年的最高水位确定。

16.5.12 既有工程抗浮设防水位宜根据抗浮安全性鉴定报告，并结合后续使用年限确定。

16.5.13 当地下水位呈稳定状态时，地下建（构）筑物所受的浮力可按静水压力计算。对临时高水位作用下所受的浮力，黏性

土地基可根据当地经验适当折减。

16.5.14 当地下建（构）筑物自重小于地下水浮力时，应根据上部荷载大小和地下抗浮结构的强度，分别考虑采用主动或被动抗浮措施，或主、被动联合抗浮措施。

16.5.15 抗浮设计等级为甲级、水文地质条件比较复杂的乙级工程，或设计有明确要求或缺乏工程经验时，抗浮锚杆、抗浮桩设计前应通过抗拔静载试验确定其抗拔承载力。抗拔静载荷试验应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 406 规定。

16.5.16 初步设计时，抗浮桩承载力标准值估算应符合下列规定：

1 群桩呈非整体破坏时，单根抗浮桩极限承载力标准值可按下式计算：

$$Q_{uk} = \sum \lambda_r q_{sik} u_i l_i \quad (16.5.16-1)$$

式中： Q_{uk} —单根抗浮桩极限承载力标准值（kN）；

u_i —桩的破坏表面周长（m），对于等直径桩取 $u_i = \pi d$ ，

对于扩底桩可按表 16.5.16-1 取值；

λ_r —抗拔系数，可按表 16.5.16-2 取值；

q_{sik} —桩侧表面第 i 层土粘结强度标准值（kPa），由桩的静载荷试验获取；无试验资料时可按现行行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 规定取值；

l_i —第 i 层土内的桩长（m）；

D —桩的扩底直径（m）；

d —桩身直径（m）。

2 群桩呈整体破坏时，单根抗浮桩极限承载力标准值应按下式计算：

$$Q_{uk} = \frac{1}{n} (W + u \sum \lambda_r q_{sik} l_i) \quad (16.5.16-2)$$

式中： W —桩群与桩间土组成的实体浮重度计算的自重标准值（kN）；

n —桩数量。

表 16.5.16-1 扩底桩破坏表面周长 u_i

自桩底算起的长度 l_i	$\leq 5d$	$> 5d$
u_i	πD	πd

表 16.5.16-2 抗拔系数 λ_i

土类	砂土	黏性土、粉土
λ_i	0.50~0.70	0.70~0.80

注：1 桩长径比小于 20 时， λ_i 取小值；长径比大于 40 时，可取大值；

2 灌注桩采用桩侧后注浆时，抗拔系数可适当提高。

16.5.17 抗浮桩埋置深度范围内存在液化土层时，该液化土层极限侧阻力标准值应乘以表 18.3.10 的折减系数。

16.5.18 抗浮锚杆抗拔承载力特征值应按下式计算：

$$N_{ka} \leq R_t / 2 \quad (16.5.18)$$

式中： N_{ka} —抗浮锚杆抗拔承载力特征值（kN）；

R_t —锚杆抗拔极限承载力标准值（kN）。

16.5.19 抗浮设计等级为甲级的工程锚杆抗拔承载力和设计参数应通过现场荷载试验确定。初步设计时可按下列公式估算，并取其中最小值。

1 群锚呈非整体破坏时岩石锚杆极限抗拔承载力标准值应按下式计算：

$$R_t = \xi \pi d l_m f_{rbk} \quad (16.5.19-1)$$

式中： R_t —锚杆抗拔极限承载力标准值（kN）；

d —锚杆锚固体直径（m）；

l_m —锚固体长度（m），可按现行行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 的规定取值；

f_{rbk} —锚固体与岩层的极限粘结强度标准值（kPa），应由试验确定，无试验资料时可按现行行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 规定取值；

ξ —经验系数，可取 0.8。

2 群锚呈非整体破坏时土层锚杆极限抗拔承载力标准值应按下式计算：

$$R_i = \pi d \sum \lambda_i q_{sia} l_i \quad (16.5.19-2)$$

式中： λ_i —第*i*土层的抗拔系数，宜取 0.8~1.0，土层含水率较高时取低值；

q_{sia} —第*i*土层中锚固段粘结强度标准值（kPa），应由试验确定，无试验资料时可按《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 的规定取值；

d —锚杆锚固体直径（m）；

l_i —第*i*土层中锚固体有效锚固长度（m）， $\sum l_i \geq l_m$ ，可按《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 的规定取值。

3 群锚呈整体破坏时锚杆极限抗拔承载力标准值可按现行行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 有关计算公式进行估算。

17 检验与监测

17.1 一般规定

17.1.1 现场检验应在工程施工期进行，基槽、基坑和边坡开挖到设计标高时，应对其进行检验。检验开挖后所揭露的地基现状或边坡岩土体是否与勘察成果相符合。经检验合格或复核确认后，方可进行上部结构或支护结构施工。

17.1.2 当地基条件复杂，对工程和周边环境可能产生影响或设计有要求时，建设工程应进行施工期和使用期监测。根据工程施工不同阶段和使用期使用要求，监测工作可分为基础施工监测、基坑（边坡）监测、施工降水监测、周边环境监测、建（构）筑物沉降和垂直度监测等。

17.1.3 工程监测应符合现行国家标准《工程测量通用规范》GB 55018、《工程测量标准》GB 50026、《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 和本标准的有关规定。

17.1.4 现场检验与监测工作应符合下列规定：

- 1 现场检验与监测前，应收集与检验和监测有关的工程勘察、设计和施工有关资料，编制相应的检验和监测纲要；
- 2 现场检验与监测除应记录检验与监测内容外，尚应注明日期、工程进展情况、气候条件，检测人员、项目负责人和审核人应对原始资料进行验收和签名；
- 3 现场检验与监测数据应真实可靠，符合测试精度要求；
- 4 监测资料应及时整理和分析，当次监测报告提交时间不宜超过 24h。当监测数据达到预警值时应立即预警；当出现险情或极端气候条件时，应提高监测频率或增加监测内容，并应及时

提交监测资料；

5 现场检验与监测工作完成后，应提交成果报告，并附相关的图件和数据统计资料，作为工程验收材料之一。

17.1.5 现场检验与监测报告应包括下列内容：

1 现场检验与监测内容、委托单位、依据的技术标准技术和检验与测试方案；

2 监测点的布置与埋设方法与测点维护；

3 各种检验与监测仪器的型号、规格、标定和计量资料；

4 现场检验与监测资料汇总，各种应力、应变曲线图和统计分析图表；

5 整理后的检验与监测成果和成果分析，监测预警与措施建议；

6 工程使用期间需继续进行监测的工作内容和技术要求；

7 检验和测试单位、检验和测试负责人应在成果报告签字、盖章。

17.2 现场检验

17.2.1 基槽或基坑检验可用触探或其他方法，边坡土体核验可根据勘察报告结合现场踏勘或其它辅助手段进行检验；当发现与勘察报告、设计文件不一致或遇到异常情况时，应根据工程地质条件提出处理建议。

17.2.2 压实填土，应分层取样检测填土的干密度和含水量。每 $50\text{m}^2\sim 100\text{m}^2$ 面积内应有一个检测点，根据检测结果求得的压实系数不得低于现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 表 6.3.8 规定，碎石土干密度不得低于 $2.0\text{t}/\text{m}^3$ 。

17.2.3 桩基工程应通过试打、试压、试钻检验建设场地岩土工程条件与勘察成果是否相符合。大直径人工挖孔桩或大口径墩基础终孔时，应进行桩端持力层检验，检验深度应大于桩底下 3 倍

设计桩径且不小于 5m，查明检验深度范围内有无空洞、破碎带、软弱夹层等不良地质体；埋深较大的嵌岩桩，应通过钻探取芯，结合嵌岩进尺速率判断岩面和终孔深度。

17.2.4 桩身质量检测可采用高、低应变动测法、声波透射法或小口径钻孔取芯法等间接或直接检测手段。

17.2.5 单桩竖向抗压、抗拔静载荷试验应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 规定。单桩静载荷试验、复合地基和天然地基平板载荷试验，同一地质条件下的试验数量不应少于 3 根（点）。施工完成后的工程桩应进行竖向承载力检测，检测桩数不得少于同条件下总桩数的 1%，且不得少于 3 根。

17.2.6 抗浮桩和抗浮锚杆的抗拔极限承载力应通过现场抗拔静载荷试验确定，抗浮桩或抗浮锚杆的检测数量不得少于抗浮锚杆或抗浮桩总数的 3%，且不得少于 6 根，现场抗拔静载荷试验应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 规定。用于基坑支护锚杆（土钉）的抗拔极限承载力，一般宜通过现场抗拔试验确定，试验数量不少于 5%，且不少于 5 根，预应力锚索另外 95% 可采用单循环抗拔试验检验。

17.2.7 当发现现场检验有异常时，应分析异常原因，并提出处理措施和监测建议。必要时应进行施工阶段补充勘察。

17.2.8 现场检验内容和检验方法可按表 17.2.8 确定。

表 17.2.8 现场检验内容和检验方法一览表

类别	检验内容	试验方法	检验要求	应提交的资料
基槽（坑）检验	基槽或基坑开挖后所揭示的地基岩土条件是否与勘察报告相符	现场观察	及时检验	验槽报告或验槽记录，如地质条件与勘察报告有较大出入时，应提出处理措施或补充施工勘察的建议

续表 17.2.8

类别	检验内容	试验方法	检验要求	应提交的资料
复合地基检测	1 加固前后地基物理力学性质指标变化 2 加固体和被加固体的加固质量 3 加固体和被加固体的竖向强度和变形 4 复合地基承载力	1 各种室内试验 2 静力触探 3 轻型动力触探 4 标准贯入试验 5 静载荷试验 6 工程物探	1 加固体应达到龄期 2 载荷板应为刚性板 3 载荷板面积宜与单桩截面积或与单桩所承担的加固面积一致 4 载荷板底面高程宜与基础底面设计高程一致	复合地基检测报告(各种试验、检测对比成果)
桩基检测	单桩竖向抗压(抗拔)承载力	1 单桩竖向抗压(抗拔)静载荷试验 2 高应变动测法	1 工程桩检测时,应在被检测桩达到休止期后才可进行 2 采用高应变动测法应有静载荷试验对比资料 3 采用高应变动测法应有足够的锤重	1 桩基竖向(抗拔)静载荷试验报告 2 桩基动测检测报告
桩身质量	1 高应变动测法 2 低应变动测法 3 小口径钻孔取芯法 4 超声波检测法	1 超长桩慎用低应变动测法 2 钻孔取芯法和超声波检测法适用于大口径灌注桩及人工挖孔桩	1 桩基静载荷试验报告 2 桩基动测报告 3 桩基取芯检测报告 4 桩基超声波检测报告	
锚杆检测	锚杆的极限承载力	锚杆抗拔试验	锚固长度应符合设计要求	锚杆抗拔试验报告

17.3 桩基工程监测

17.3.1 桩基础施工前,应对场地周边建(构)筑物的类型、基础型式、结构强度、已有裂缝等进行调查和标记;查明场地周边地下管线分布位置和埋深,并评估其对桩基施工影响的承受能力;根据调查情况提出相应的应对措施。

17.3.2 当拟建物临近既有建（构）筑物时，应进行沉降（或上浮）、倾斜监测。沉降监测点宜根据建（构）筑物的分布情况布置，每幢建（构）筑物沉降监测点不得少于6个，倾斜监测点不得少于2个。一般宜控制既有建（构）筑物最大沉降量小于30mm，当拟建物周边为采用桩基的既有建（构）筑物时，宜控制建（构）筑物沉降量小于15mm；且既有建（构）筑物不均匀沉降量应小于现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007规定的允许值。桩基施工过程中，尚应对周边建（构）筑物既有裂缝变化进行监测。

17.3.3 当拟建场地周边有地下管线时，应在管线埋设位置布置地面沉降和水平位移监测点，布点间距宜为10m~20m。煤气管道及其它重要设施，最大变形量宜小于30mm；自来水管、地下电缆，最大变形量宜小于50mm。

17.3.4 当采用打入式或振动静压式桩基施工时，除应符合第17.3.1条~第17.3.3条规定外，尚应对施工产生的振动进行地面加速度监测，地面振动加速度预警值宜控制在0.05g~0.08g。

17.3.5 当采用挤土型桩基时，应对施工所产生的挤土效应进行监测，监测内容宜包括建设场地及周边土体的孔隙水压力、土体隆起和位移、工程桩变形和位移等。其中孔隙水压力、土体变形监测数量不宜少于3处，工程桩变形和位移监测数量不宜少于总桩数的3%。

17.3.6 桩基施工结束后，应根据桩基设计施工图对桩基工程桩位偏差进行量测检验，实际桩位偏差应在设计允许偏差范围。

17.4 基坑工程监测

17.4.1 基坑开挖应根据设计要求进行施工监测，基坑监测时间应从开挖开始至地下室施工、坑壁（肥槽）回填结束。

17.4.2 基坑开挖监测内容应包括支护结构安全监测和周边环境

监测，每个工程监测项目应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 规定。

17.4.3 支护结构变形监测点布置应符合下列规定：

- 1 测斜监测点的间距宜为 15m~30m；
- 2 坡顶变形监测点的间距宜为 10m~20m；
- 3 监测范围应包括基坑侧边至 3 倍开挖深度距离内的建（构）筑物；若采取降水措施，监测范围应大于 5 倍地下水位降深，测点间距宜为 8m~15m；
- 4 构件应力、土体变形、土压力及孔隙水应力的监测与布置应根据设计要求进行。

17.4.4 一级基坑应对构件钢筋应力、土体变形、土压力、孔隙水压力或地下水位进行监测。基坑采用爆破开挖方式应对周边环境和邻近建（构）筑物等进行振动监测。当采用锚杆时，应对锚杆应力进行监测，锚杆的监测数量不得少于 10%，且不得少于 6 根。

17.4.5 基坑施工前，应对周边环境现状进行调查，收集邻近建（构）筑物、地下管线等有关资料，提出应采取的监测措施和建议。基坑支护结构施工过程中，应按监测技术要求埋设相应的传感器和测点，并对监测点采取保护措施。各项监测项目的传感器均应在基坑开挖前埋设到位，并在基坑开挖前测量其数据初值。

17.4.6 基坑开挖过程，宜每 1 天~3 天对监测项目量测 1 次。当测试数据变化较大或基坑开挖至邻近坑底标高时，应加密监测次数；当出现异常或变形达到预警值时，应及时报警；情况紧急时应进行实时监测，停止开挖作业并采取应急处置措施。基坑封底和底板施工完成后，可延长监测时间间隔。

17.4.7 基坑施工监测，每次监测时均应记录当天的气候、挖方、填方、堆载等情况。

17.4.8 基坑施工降水监测，应在基坑内、外布置地下水位监测孔，监测降水过程地下水动态变化；监测点宜沿平行和垂直地下

水流向的断面布置，每个断面布置监测点的数量不宜少于 3 个。

17.4.9 各个监测项目应在现场测试后 24h 内提供监测成果。

17.4.10 基坑开挖对周边环境影响的控制指标应符合本标准第 17.3.2 条、17.3.3 条规定。

17.5 边坡工程监测

17.5.1 边坡工程可根据安全等级、地质环境、边坡类型、支护结构类型和变形控制要求，按表 17.5.1 确定工程所需进行的监测项目。

表 17.5.1 边坡工程监测项目表

监测项目	测点布设位置	边坡工程安全等级		
		一级	二级	三级
坡顶水平位移和垂直位移	支护结构顶部或预估支护结构变形最大处	应测	应测	应测
地表裂缝	墙顶背后 $1.0H$ (岩质) ~ $1.5H$ (土质) 范围内	应测	应测	应测
坡顶建(构)筑物	边坡坡顶建(构)筑物基础、墙面	应测	应测	应测
管线	管线节点、转角处、位移变化敏感或预测变形较大处	应测	应测	应测
降雨、洪水与时间关系		应测	应测	选测
锚杆(索)拉力	外锚头或锚杆主筋	应测	选测	可不测
支护结构变形	主要受力构件	应测	选测	可不测
支护结构应力	应力最大处	选测	选测	可不测
地下水、渗水与降水光系	出水点	应测	选测	可不测

注：1 在边坡塌滑区内有重要建(构)筑物，破坏后果严重时，应加强对支护结构的应力监测；

2 H 为边坡高度 (m)。

17.5.2 边坡工程监测方案应根据设计要求、边坡稳定性、周边环境 and 施工进度等因素确定。监测方案应包括监测项目、监测目

的、监测方法、测点布置、监测项目报警值和信息反馈制度等内容。

17.5.3 边坡工程监测点应按照边坡上、中、下断面布置。高边坡坡顶位移监测，应在每一典型边坡段的支护结构顶部设置不少于3个监测点，监测坡体位移量、位移速度和移动方向。

17.5.4 非预应力锚杆应力监测，监测数量不宜少于锚杆总数的3%。预应力锚索（杆）应力监测，监测数量不应少于预应力锚索（杆）总数的5%，且不应少于3根。

17.5.5 边坡工程施工初期，宜每天监测一次，且应根据地质环境复杂程度、周边建（构）筑物、管线对边坡变形敏感程度、气候条件和监测数据调整监测时间及频率；当接近预警值或出现险情时应增大监测频率。

17.5.6 永久性一级边坡工程竣工后的监测时间不宜少于2年且达到稳定标准。

17.5.7 位于水体附近或地下水发育地段的边坡工程宜进行长期监测，监测时间不应少于2个水文年，且边坡变形达到稳定标准，稳定标准应符合本标准第17.6.8条规定。

17.5.8 边坡工程施工过程和监测期间遇到下列情况时，应及时报警并采取相应的应急处理措施：

1 有软弱外倾结构面的岩土边坡支护结构坡顶有水平位移迹象或支护结构受力裂缝有发展；无外倾结构面的岩质边坡或支护结构构件的最大裂缝宽度达到国家现行相关标准的允许值；土质边坡支护结构坡顶的最大水平位移已大于边坡开挖深度的1/500或20mm，以及其水平位移速度已连续3d大于2mm/d；

2 土质边坡坡顶邻近建（构）筑物的累计沉降、不均匀沉降或整体倾斜已大于现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007规定允许值的80%，或建（构）筑物沉降变化速率已连续3d大于2mm/d~3mm/d；

3 坡顶邻近建（构）筑物出现新裂缝、原有裂缝有新发

展；

4 支护结构中有重要构件出现应力骤增、压屈、断裂、松弛或破坏的迹象；

5 边坡底部或周围岩土体已出现可能导致边坡剪切破坏的迹象或其他可能影响安全的征兆；

6 根据工程经验判断已出现其他必须报警的情况。

17.5.9 当地质条件复杂、采用新技术、新材料和新工法的一级边坡工程，应建立长期数据自动采集监测系统。数据自动采集监测系统应包括监测基准网和监测点建设、监测设备安装和保护、数据自动采集与传输、数据处理与分析、预警预报等。

17.6 建（构）筑物沉降与垂直度监测

17.6.1 下列建（构）筑物工程应在施工期和使用期进行变形监测。

1 地基基础设计等级为甲级的建筑物；

2 复合地基或软弱地基上地基基础设计等级为乙级的建筑物；

3 加层、扩建的建筑物或处理地基上的建筑；

4 受邻近深基坑开挖施工影响或受场地地下水等环境因素变化影响的建筑物；

5 采用新型基础或新型结构的建筑；

6 大型城市基础设施；

7 体型狭长且地基土变化明显的建筑；

8 需要积累建筑经验或进行设计反分析的工程。

17.6.2 常规建筑变形监测项目，测量精度等级可根据建（构）筑物类型、变形测量类型、勘察、设计、施工、使用或委托方的要求，根据表 17.6.2 确定。

17.6.3 沉降监测点布设应符合下列规定：

- 1 应能反映建筑及地基变形特征，并应顾及建筑结构和地质结构特点。当建筑结构或地质条件复杂时，应加密监测点；
- 2 民用建筑沉降监测点宜布设在下列位置：

表 17.6.2 建（构）筑物变形测量等级、精度和适用范围

等级	沉降监测	位移监测	主要适用范围
	监测点测站高差中误差 (mm)	监测点坐标中误差 (mm)	
特等	0.05	0.3	特高精度要求的变形测量
一等	0.15	1.0	地基基础设计为甲级的建筑的变形测量；重要的古建筑、历史建筑的变形测量；重要的城市基础设施的变形测量等
二等	0.5	3.0	地基基础设计为甲、乙级的建筑的变形测量；重要场地的边坡监测；重要的基坑监测；重要管线的变形测量；地下工程施工及运营中的变形测量；重要的城市基础设施的变形测量等
三等	1.5	10.0	地基基础设计为乙、丙级的建筑的变形测量；一般场地的边坡监测；一般的基坑监测；地表、道路及一般管线的变形测量；一般的城市基础设施的变形测量；日照变形测量；风振变形测量等
四等	3.0	20.0	精度要求低的变形测量

- 注：1 沉降监测点测站高差中误差：对水准测量，为其测站高差中误差；对静力水准测量、三角高程测量，为相邻沉降监测点间等价的高差中误差；
- 2 位移监测点坐标中误差：指的是监测点相对于基准点或工作基点的坐标中误差、监测点相对于基准线的偏差中误差、建筑上某点相对于其底部对应点的水平位移分量中误差等。坐标中误差为其点位中误差的 $1/\sqrt{2}$ 倍。
- 3 建筑物地基基础设计等级按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 规定执行。

- 1) 建筑的角点、变型、柱位核心筒上布点间距沿外墙每 10m~20m 处或不超过 2 根柱位；
- 2) 高低层建筑、新旧建筑和纵横墙等交接处的两侧；
- 3) 建筑裂缝、后浇带两侧、沉降缝两侧、基础埋深相差悬殊处、人工地基与天然地基接壤处、不同结构的分

界处及填挖方分界处以及地质条件变化处两侧；

- 4) 对宽度大于或等于 15m、宽度虽小于 15m 但地质条件复杂的建筑，应在承重内隔墙中部设内墙点，并在室内地面中心及四周设地面点；
- 5) 邻近堆置重物处、受振动显著影响的部位及基础下的暗浜处；
- 6) 框架结构及钢结构建筑的每个或部分柱基上或沿纵横轴线上；
- 7) 筏形基础、箱形基础底板或接近基础的结构部分之四角处及其中部位置；
- 8) 型设备基础和动力设备基础的四角、基础形式或埋深改变处；
- 9) 超高层建筑或大型网架结构的每个大型结构柱监测点数量不宜少于 2 个，且应布设在对称位置；

3 电视塔、烟囱、水塔、油罐、炼油塔、高炉等大型或高耸建筑，监测点应沿周边与基础轴线相交的对称位置布设，监测点数量不应少于 4 个；

4 城市市政设施，监测点布设应符合结构设计及结构监测的要求。

17.6.4 沉降监测应设置沉降基准点，工作基准点应设置在离被测建筑物 30m~50m 外相对稳定的位置上。特等、一等沉降监测，基准点不应少于 4 个；其他等级沉降监测，基准点不应少于 3 个；基准点之间应形成闭合环。

17.6.5 选择沉降基准点位置应符合下列规定：

1 基准点应避开交通主干道主路、地下管线、仓库堆栈、水源地、河岸、松软填土、滑坡地段、机器振动区以及其他可能使标石、标志易遭腐蚀和破坏的地方；

2 密集建筑区内，基准点与待测建筑的距离应大于该建筑基础最大埋置深度的 2 倍；

3 二等、三等和四等沉降监测，基准点可选择在满足前款距离要求的其他稳固的建筑上；

4 地铁、高架桥等大型工程，以及大范围建设区域等长期变形测量工程，宜埋设 2 个~3 个基岩标作为基准点。

17.6.6 沉降监测应符合下列要求：

1 沉降监测必须采用环行或往返闭合方法，先闭合后监测。实测时其闭合差应符合相应测量等级的精度要求；

2 同一工程的沉降监测应使用固定的测量仪器、水准尺，作业人员宜相对固定。监测线路和测点宜保持不变。

17.6.7 沉降监测周期和监测时间应符合下列规定：

1 施工阶段监测宜在基础完工后或地下室砌体完工后开始，监测次数与间隔时间应视地基与荷载增加情况确定。民用高层建筑宜每加高 2 层~3 层监测 1 次，工业建筑宜按回填基坑、安装承重柱和屋架、砌筑墙体、设备安装等不同施工阶段分别进行监测。若建筑施工均匀增高，应至少在增加荷载的 25%、50%、75% 和 100% 时各测 1 次；施工过程若暂时停工，应在停工和重新开工时各监测 1 次，停工期间可每隔 2 月~3 月监测 1 次；

2 运营阶段的监测次数，应视地基土类型和沉降速率大小确定。除有特殊要求外，可在第一年监测 3 次~4 次，第二年监测 2 次~3 次，第三年后每年监测 1 次，至沉降达到稳定状态或满足监测要求为止；

3 监测过程中，若发现大规模沉降、严重不均匀沉降、严重裂缝，或基础附近地面荷载突然增减、基础四周大量积水、长时间连续降雨等情况时，应提高监测频率，并实施安全预案。

17.6.8 沉降稳定标准可通过沉降量与时间关系曲线确定。当建（构）筑物、地基处理工程沉降速率小于 0.01mm/d ~

0.04mm/d ，且延续时间达 100d 以上时，可认为该建（构）筑物达到相对稳定标准。对具体沉降监测项目，最大沉降速率的取值宜结合当地地基土的压缩性能来确定。

17.6.9 垂直度监测应在建（构）筑物内布置监测点，应与施工单位放样点一致，每座建（构）筑物垂直度监测点不宜少于4个；每层楼板监测孔的预留尺寸宜为200mm×200mm。

17.6.10 垂直度监测应采用垂准仪，垂直度测量误差每100m不得超过5mm。

17.6.11 垂直度监测宜每施工完1层~3层监测一次，建（构）筑物封顶后监测次数应不少于1次~2次。

17.7 不良地质作用和地质灾害监测

17.7.1 有下列情况之一时，应进行不良地质作用和地质灾害监测：

1 场地及其附近有不良地质作用或地质灾害，并可能危及工程安全或正常使用时；

2 工程建设期和运行期，可能加速不良地质作用的发展或引发地质灾害时；

3 工程建设期和运行期，对周边环境可能产生显著不良影响时。

17.7.2 不良地质作用和地质灾害监测，应根据场地及其附近的地质条件和工程实际需要编制监测纲要，按纲要进行监测。监测纲要应包括下列内容：

1 监测目的和要求，监测工作依据的技术标准，预报、预警值；

2 监测项目、测点布置、监测时间间隔和期限，监测仪器、方法和精度；

3 拟提交的数据、图件和报告等主要内容；

4 监测现场作业安全措施和相关安全和质量管理规定；

5 需要业主、设计、施工单位配合的事项。

17.7.3 岩溶土洞发育区监测应包括下列内容：

- 1 地面变形；
- 2 地下水位的动态变化；
- 3 场区及其附近的抽水情况；
- 4 地下水位变化对土洞发育和塌陷发生的影响。

17.7.4 滑坡监测点应沿滑动方向布置，且应包括下列内容：

- 1 滑坡体的位移；
- 2 滑面位置及错动；
- 3 滑坡裂缝的发生和发展；
- 4 滑坡体地下水位或滑带孔隙水压力；
- 5 支挡结构及其他工程设施的位移、变形、裂缝的发生和发展。

17.7.5 当需判定崩塌剥离体或危岩的稳定性时，应对张裂缝进行监测。对可能造成较大危害的崩塌，应对滑坡体水平位移和沉降进行系统监测，监测点不少于 3 个。

17.7.6 采空区地表移动和建筑物变形监测，应符合下列规定：

- 1 监测线宜平行和垂直矿层走向布置，其长度应超过移动盆地的范围；
- 2 监测点的间距可根据开采深度确定，并大致相等；
- 3 监测周期应根据地表变形速率、观测时间和开采深度等综合确定。对于长壁垮落法采空区，观测周期可按表 17.7.6-1 确定，观测期间可根据变形速率、工程重要性等加密或延长；其它非长壁垮落法采空区，其观测周期可根据开采方式和回采率延长。

表 17.7.6-1 观测周期

开采深度 H (m)	≤ 50	50~200	200~300
观测周期 (d)	5~10	10~20	20~30

注：地面变形活跃期内，观测周期宜取小值；地面变形衰退期及以后，可取大值。

4 采空区地表移动变形监测点的观测精度要求，应符合表 17.7.6-2 的规定。

17.7.7 因城市生活、工程建设或工业用水，大量抽取地下水而引起的区域性地面沉降，应进行区域性的地面沉降监测，沉降监测技术要求应符合本章一般规定。

表 17.7.6-2 地表移动变形监测精度

监测点类型	等级	点位中误差 (mm)
水平位移	三级	±6
垂直位移	四级	±4

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

18 勘察成果分析与评价

18.1 一般规定

18.1.1 岩土工程勘察分析和评价应在勘探、测试及岩土指标统计分析等工作的基础上，结合工程特点提供设计、施工所需的岩土参数。应对场地稳定性和工程建设适宜性进行评价，对场地和地基的地震效应进行评价，根据拟建工程特点和场地岩土工程条件、岩土层的均匀性，对地基基础方案进行分析和对比，并提出持力层选择、基础形式和施工的建议；对地质条件可能造成的工程风险提出防治措施的建议。

18.1.2 岩土参数确定应符合下列要求：

- 1 充分了解工程结构的类型、特点、荷载情况和变形控制要求；
- 2 应考虑岩土体的非均质性，各向异性和随时间的变化，评价岩土参数的不确定性，确定其最佳估值；
- 3 各岩土层物理力学指标的统计分析应符合本章第 18.2 节的有关规定；
- 4 应充分考虑当地经验和类似工程的经验。

18.1.3 岩土参数选用应符合下列要求：

- 1 评价岩土性状的物理性质指标及正常使用极限状态计算所需要的参数指标，如压缩系数、压缩模量、渗透系数等宜采用算术平均值；
- 2 当采用岩土物理性质指标查表确定地基承载力特征值时，应取岩土物理性质指标的标准值；
- 3 根据岩土力学性质指标进行承载能力极限状态计算时，

采用的岩土力学性质指标，抗剪强度、饱和单轴抗压强度、点荷载换算强度、十字板剪切试验、标准贯入试验、静力触探测试等应选用标准值；

4 载荷试验承载力应取特征值。

18.1.4 勘察成果分析、评价应在定性分析的基础上进行定量分析。岩土体的强度、变形和渗透性应定量分析，场地的稳定性和适宜性可定性分析，边坡稳定性应结合定量分析。

18.1.5 对重大岩土工程问题或工程需要时，可进行专门的试验研究，并提交相应的试验研究报告。

18.2 岩土参数数理统计

18.2.1 岩土参数应根据现场、室内试验和原位测试结果结合当地经验综合确定。当采用多种现场、室内试验和原位测试方法时，宜根据其可靠性确定，确定顺序应符合下列要求：

1 原型试验和原位试验；如等比例原型试验、沉降监测结果、载荷试验、野外直接剪切试验、抽水试验等；

2 一般原位测试；如标准贯入试验、动力触探、静力触探、十字板剪切试验、扁铲侧胀试验、旁压试验、波速测试等；

3 室内土工试验。

18.2.2 通过现场、室内试验和原位测试获取的岩土物理力学指标应进行数理统计，并应符合下列要求：

1 应按不同工程地质单元进行分层统计；

2 子样的取舍应先分析产生偏差的原因，后考虑数据的离散程度和已有的工程经验；

3 按工程的性质及各类岩土参数在工程设计中的作用，可分别给定范围值、计算值（算术平均值或最大、最小平均值）、子样数及变异系数。

18.2.3 除饱和单轴抗压强度取平均值、载荷试验承载力取特征

值外，子样取舍可按下式计算。

$$T_0 = \frac{|X_0 - \phi_m|}{\sigma_f} \quad (18.2.3)$$

式中： X_0 —可能舍弃的数据；

ϕ_m —平均值；

σ_f —标准差。

当计算式 T_0 大于表 18.2.3 的 T 值时， X_0 必须舍弃，过程可以重复，直至数据再没有可剔除的数据为止。

表 18.2.3 舍弃值的临界值 T

样品数	置信水平		样品数	置信水平	
	95%	99%		95%	99%
3	1.15	1.15	12	2.29	2.55
4	1.46	1.49	13	2.33	2.61
5	1.67	1.75	14	2.37	2.66
6	1.82	1.94	15	2.41	2.71
7	1.94	2.10	20	2.56	2.88
8	2.03	2.22	25	2.66	3.01
9	2.11	2.32	30	2.75	—
10	2.18	2.41	40	2.87	—
11	2.23	2.48	60	3.03	—

注：当采用三倍标准差方法时， $T_0=3$ 。

18.2.4 子样取舍后进行岩土参数统计应符合下列要求：

1 平均值 ϕ_m 、标准差 σ_f 、变异系数 δ 可按下式计算：

$$\text{平均值} \quad \phi_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \phi_i \quad (18.2.4-1)$$

$$\text{标准差} \quad \sigma_f = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n \phi_i^2 - n\phi_m^2 \right)} \quad (18.2.4-2)$$

$$\text{变异系数} \quad \delta = \frac{\sigma_f}{\phi_m} \quad (18.2.4-3)$$

2 岩土参数标准值 ϕ_k 可按下式计算：

$$\text{统计修正系数} \quad \gamma_s = 1 \pm \left[\frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right] \delta \quad (18.2.4-4)$$

$$\text{标准值} \quad \phi_k = \gamma_s \phi_m \quad (18.2.4-5)$$

式中： ϕ_m —岩土参数的平均值；
 σ_f —岩土参数的标准差；
 δ —岩土参数的变异系数。
 γ_s —统计修正系数。

注：式中正负号按不利组合考虑，如抗剪强度指标的修正系数应取负值。

18.2.5 当变异系数较大时，应分析误差产生的原因，提出建议值。抗剪强度指标变异系数大于 30%时，宜剔除大值，取小值平均确定计算值。

18.2.6 原位测试参数如静力触探、十字板剪切强度、标准贯入击数、剪切波速等指标应提供分层统计值，并绘制随深度的变化曲线。当静力触探的测试数据离散较小时，也可采用单孔分层平均法确定计算值。

18.3 承载力确定

18.3.1 应采用可靠的岩土参数确定天然地基承载力特征值。地基基础设计等级为甲级或地质条件复杂的乙级的天然地基承载力特征值应通过现场载荷试验确定。其它可通过现场载荷试验、原位测试、土工试验及工程经验等方法确定，并应符合下列规定：

- 1 黏性土可根据室内土工试验或原位测试结果综合确定；
- 2 粉土、砂土等宜根据原位测试结果或静载荷试验成果综合确定；

- 3 卵石、碎卵石可根据超重型动力触探实测击数，参考表 18.3.1 规定并结合工程经验综合确定；

- 4 对填土、混合土、残积土、岩石地基宜采用静载荷试验方法确定。

18.3.2 根据静载荷试验确定地基承载力应符合下列规定：

- 1 浅、深层平板载荷试验，同一土层参加统计的试验点不应少于 3 点，当试验实测值的极差不超过其平均值的 30%，可取其平均值作为该土层地基承载力特征值 f_{ak} ，超过 30%时，应

增加相应数量的试验点；

2 岩石地基承载力可取载荷试验实测值的最小值作为地基承载力特征值，不需要进行深宽修正。

表 18.3.1 卵石极限承载力特征值 f_{ak} (kPa)及变形模量 E_0 (MPa)

N_{120}	4	5	6	7	8	9
f_{ak}	350	430	500	580	670	750
E_0	21	23.5	26	28.5	31	34
N_{120}	10	12	14	16	18	20
f_{ak}	820	900	980	1020	1070	1100
E_0	37	42	47	52	57	62

注： N_{120} 为按本标准附录 E 表 E.0.2 修正后的超重型圆锥动力触探锤击数。

18.3.3 根据土工试验成果计算地基承载力特征值应符合下列规定：

1 根据土工试验统计结果，查表估算地基极限承载力特征值时，可按本标准附录 K 的规定执行。所采用的岩土试验参数应按本标准第 18.2 节的有关要求统计；

2 当有类同工程检测资料，并且其岩土工程条件等相类似时，应尽可能采用类比法确定地基承载力特征值；

3 当偏心距 e 小于或等于 0.033 倍基础底面宽度时，在满足变形要求条件下，根据地基土的抗剪强度指标确定地基承载力特征值可按下式计算：

$$f_a = M_b \gamma b + M_d \gamma_m d + M_c c_k \quad (18.3.3-1)$$

式中： f_a —由土的抗剪强度指标确定的地基承载力特征值 (kPa)；

M_b 、 M_d 、 M_c —承载力系数，按表 18.3.3 确定；

b —基础底面宽度，大于 6m 时按 6m 取值，对于砂土小于 3m 时按 3m 取值；

c_k —基底下一倍短边宽深度内土的粘聚力标准值。

4 对完整、较完整和较破碎的岩石地基承载力特征值，可

根据室内饱和单轴抗压强度按下式计算：

$$f_a = \psi_r \cdot f_{rk} \quad (18.3.3-2)$$

式中： f_a — 岩石地基承载力特征值 (kPa)；

f_{rk} — 岩石饱和单轴抗压强度标准值 (kPa)；

ψ_r — 折减系数。根据岩体完整程度以及结构面的间距、宽度、产状和组合，由地区经验确定。无经验时，对完整岩体可取 0.5；对较完整岩体可取 0.2~0.5；对较破碎岩体可取 0.1~0.2。

表 18.3.3 承载力系数 M_b 、 M_d 、 M_c

土的内摩擦角标准值 φ_k (°)	M_b	M_d	M_c
0	0	1.00	3.14
2	0.03	1.12	3.32
4	0.06	1.25	3.51
6	0.10	1.39	3.71
8	0.14	1.55	3.93
10	0.18	1.73	4.17
12	0.23	1.94	4.42
14	0.29	2.17	4.69
16	0.36	2.43	5.00
18	0.43	2.72	5.31
20	0.51	3.06	5.66
22	0.61	3.44	6.04
24	0.80	3.87	6.45
26	1.10	4.37	6.90
28	1.40	4.93	7.40
30	1.90	5.59	7.95
32	2.60	6.35	8.55
34	3.40	7.21	9.22
36	4.20	8.25	9.97
38	5.00	9.44	10.80
40	5.80	10.84	11.73

注： φ_k — 基底下一倍短边宽深度内土的内摩擦角标准值。

18.3.4 当基础宽度大于 3m 或埋深大于 0.5m 时，根据载荷试验或其它原位测试、经验值等方法确定的地基承载力特征值

f_{ak} ，尚应按下式修正：

$$f_a = f_{ak} + \eta_b \gamma (b - 3) + \eta_d \gamma_m (d - 0.5) \quad (18.3.4)$$

式中： f_a — 修正后的地基承载力特征值 (kPa)；

f_{ak} —地基承载力特征值，可由载荷试验或其它原位测试、公式计算、并结合工程实践经验等方法综合确定（kPa）；

η_b 、 η_d —基础宽度和埋深的地基承载力修正系数，按基础底下土类别查表 18.3.4 取值；

γ —基础底面以下土的重度，地下水位以下取浮重度（kN/m³）；

b —基础底面宽度（m），当基宽小于 3m 按 3m 取值，大于 6m 按 6m 取值；

γ_m —基础底面以上土的加权平均重度，地下水位以下取浮重度（kN/m³）；

d —基础埋置深度（m），一般自室外地面标高算起。在填方整平区，可自填土地面标高算起，但填土在上部结构施工后完成时，应从天然地面标高算起；对于地下室，如采用箱形基础或筏基时，基础埋置深度自室外地面标高算起；当采用独立基础或条形基础时，应从室内地面标高算起。

表 18.3.4 承载力修正系数

土类别		η_b	η_d
淤泥和淤泥质土		0	1.0
人工填土		0	1.0
e 或 I_L 大于等于 0.85 的黏性土		0	1.0
红黏土	含水比 $\alpha_w > 0.8$	0	1.2
	含水比 $\alpha_w \leq 0.8$	0.15	1.4
大面积压实填土	压实系数大于 0.95，粘粒含量 $\rho_c \geq 10\%$ 的粉土 最大干密度大于 2.1t/m ³ 的级配砂石	0	1.5
		0	2.0
粉土	粘粒含量 $\rho_c \geq 10\%$ 的粉土	0.3	1.5
	粘粒含量 $\rho_c < 10\%$ 的粉土	0.5	2.0

续表 18.3.4

土的类别	η_b	η_b
e 、 I_L 均小于 0.85 的黏性土	0.3	1.6
粉砂、细砂（不包括很湿与饱和时的稍密状态）	2.0	3.0
中砂、粗砂、砾砂和碎石土	3.0	4.4
残积土	0.3~0.5	1.6~2.0
全风化岩	0.5~1.0	2.0~2.2
强风化岩	1.0~1.3	2.5~2.8

- 注：1 碎块状强风化岩、中等风化岩和微风化岩不修正；
 2 地基承载力特征值按《建筑地基基础设计规范》GB5007-2011 附录 D 深层平板载荷试验确定时 η_a 取 0；
 3 含水比是指土的天然含水量与液限的比值；
 4 大面积压实填土是指填土范围大于两倍基础宽度的填土。

18.3.5 天然地基抗震承载力验算时，应取经深宽修正后地基承载力特征值 f_a 乘以地基抗震承载力调整系数 ξ_a ，调整后的地基抗震承载力 f_{aE} 可按下列式计算：

$$f_{aE} = \xi_a f_a \quad (18.3.5)$$

式中： f_{aE} —调整后的地基抗震承载力（kPa）；

ξ_a —地基抗震承载力调整系数，按表 10.1.4 选取；

f_a —深宽修正后地基承载力特征值（kPa），按本标准第 18.3.4 条的规定执行。

18.3.6 根据静载荷试验确定单桩承载力特征值应符合下列规定：

1 单桩竖向静载荷试验参加统计的试桩数量不得少于 3 根，当满足其极差不超过平均值的 30% 时，应取其平均值作为单桩竖向极限承载力。极差超过平均值的 30% 时，宜增加试桩数量并分析其原因，结合工程具体情况确定极限承载力；

2 单桩竖向极限承载力除以安全系数 2，即为单桩竖向承载力特征值。单桩竖向承载力特征值 R_a 可按下列式计算：

$$R_a = \frac{Q_u}{K} \quad (18.3.6)$$

式中： R_a —单桩竖向承载力特征值（kN）；

Q_u —按本标准有关规定估算的单桩竖向极限承载力
(kN);

K —安全系数, 取 $K=2$ 。

18.3.7 根据静力触探试验成果、标准贯入试验成果估算单桩竖向极限承载力, 可分别按按本标准附录 G、附录 H 有关规定估算。

18.3.8 当桩基承受上拔力时, 抗拔桩的抗拔承载力应通过现场抗拔静载荷试验确定。有经验时, 也可根据桩型、桩长取竖向抗压桩侧阻力的 0.5 倍~0.7 倍作为抗拔承载力值。当桩基承受水平荷载时, 单桩水平承载力特征值应通过单桩水平静载荷试验确定。必要时, 也可采用带承台桩的水平静载荷试验确定。

18.3.9 非液化土低承台桩基抗震验算, 应符合下列规定:

1 单桩的竖向和水平向抗震承载力特征值, 均可比非抗震设计时提高 25%;

2 当承台周围的回填土夯实至干密度小于现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 对填土的要求时, 可由承台正面填土与桩共同承担水平地震作用; 但不应计入承台地面与地基土间的摩擦力。

18.3.10 可液化土层低承台桩基抗震验算, 应符合下列规定:

1 承台埋深较浅时, 不宜计入承台周围土的抗力或刚性地坪对水平地震作用的分担作用;

2 当桩承台底面上、下分别由厚度不小于 1.5m、1.0m 的非液化土层或非软弱土层时, 可按下列二种情况进行桩的抗震验算, 并按不利情况设计:

1) 桩承受全部地震作用, 桩承载力按本标准第 18.3.9 条取值, 液化土的桩周摩阻力及桩水平抗力均应乘以表 18.3.10 的折减系数;

2) 地震作用按水平地震影响系数最大值的 10%采用, 桩

承载力仍按本标准第 18.3.9 条取值，但应扣除液化土层的全部摩阻力及桩承台下 2m 深度范围内非液化土层的桩周摩阻力；

3 打入式预制桩及其他挤土桩，当平均桩距为 2 倍~4 倍设计桩径，且桩数不少于 50 根时，可计入打桩对土的加密作用及桩身对液化土变形限制的有利影响。当打桩后桩间土的标准贯入锤击数值达到不液化的要求时，单桩承载力可不折减，但对桩尖持力层作强度校核时，桩群外侧的应力扩散角应取为零。打桩后桩间土的标准贯入锤击数宜由试验确定，也可按下式计算：

$$N_1 = N_p + 100\rho(1 - e^{-0.3N_p}) \quad (18.3.10)$$

式中： N_1 —打桩后的标准贯入锤击数；

ρ —打入式预制桩的面积置换率；

N_p —打桩前的标准贯入锤击数。

表 18.3.10 土层液化折减系数 ψ_i

$\lambda_N = N/N_{cr}$	地下结构底板算起的液化土层深度 d_L (m)	ψ_i
$\lambda_N \leq 0.6$	$d_L \leq 10$	0
	$10 < d_L \leq 20$	1/3
$0.6 < \lambda_N \leq 0.8$	$d_L \leq 10$	1/3
	$10 < d_L \leq 20$	2/3
$0.8 < \lambda_N \leq 1.0$	$d_L \leq 10$	2/3
	$10 < d_L \leq 20$	1

注：1 N 为饱和土标准贯入锤击数实测值， N_{cr} 为液化判别标准贯入锤击数临界值；

2 N_{cr} 、 λ_N 按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 确定；

3 对于挤土桩，当桩距小于 $4d$ 且总桩数不少于 25 根时，土层液化折减系数可取 $2/3 \sim 1$ ；桩间土标贯击数达到 N_{cr} 时，取 $\psi_i = 1$ 。

18.3.11 复合地基承载力特征值应通过现场复合地基载荷试验确定，或采用增强体的载荷试验结果和其周边土的承载力特征值结合经验确定，复合地基承载力特征值不进行修正。

18.4 地基变形分析

18.4.1 详细勘察阶段，应根据工程规模、工程重要性、场地岩土复杂程度、设计要求等对建筑物的天然地基及桩基进行最终沉降量估算。对地基基础设计等级为甲级的建筑物桩基（嵌岩桩除外）；体型复杂、荷载不均匀或桩端以下存在软弱土层的设计等级为乙级的建筑物桩基；摩擦桩基础应进行沉降估算。地基沉降估算结果应满足本标准 18.4.12 条的规定。

18.4.2 天然地基最终沉降量可采用分层总和法按下式计算，并根据表 18.4.2 进行修正。

$$s = \psi_s s' = \psi_s \sum_{i=1}^n \frac{p_0}{E_{si}} (z_i \bar{\alpha}_i - z_{i-1} \bar{\alpha}_{i-1}) \quad (18.4.2-1)$$

式中：\$s\$—地基最终沉降量（mm）；

\$s'\$—按分层总和法计算出的地基（桩基）沉降量（mm）；

\$\psi_s\$—沉降计算经验系数，可按表 18.4.2 选用；

\$n\$—沉降计算深度范围内所划分的土层数量；

\$p_0\$—对应于荷载效应准永久组合时，基础（桩端）底面处的附加压力（kPa）；

\$E_{si}\$—基础（桩端）底面下第 \$i\$ 层土的压缩模量（MPa）；

\$z_i\$、\$z_{i-1}\$—基础（桩端）底面计算点至第 \$i\$ 层土、第 \$i-1\$ 层土底面的距离（m）；

\$\bar{\alpha}_i\$、\$\bar{\alpha}_{i-1}\$—基础（桩端）底面计算点至第 \$i\$ 层土、第 \$i-1\$ 层土底面范围内平均附加应力系数。

表 18.4.2 沉降计算经验系数 \$\psi_s\$

\$\bar{E}_s\$ (MPa)	2.5	4.0	7.0	18.0	20.0
基底附加压力					
\$p_0 \geq f_{ak}\$	1.4	1.3	1.0	0.4	0.2
\$p_0 \leq 0.75 f_{ak}\$	1.1	1.0	0.7	0.4	0.2

注：\$\bar{E}_s\$ 为沉降计算深度范围内压缩模量的当量值。应按下式计算：

$$\bar{E}_s = \frac{\sum A_i}{\sum \frac{A_i}{E_{si}}} \quad (18.4.2-2)$$

式中: A_i —第 i 层土附加应力系数沿土层厚度的积分值。

18.4.3 地基沉降计算深度 z_n (图 18.4.3), 应按下式计算:

$$\Delta s'_n \leq 0.025 \sum_{i=1}^n \Delta s'_i \quad (18.4.3)$$

式中: $\Delta s'_i$ —在计算深度范围内, 第 i 层土的计算沉降值;
 $\Delta s'_n$ —在由计算深度向上取厚度为 Δz 的土层计算沉降值,
 Δz 见图 18.4.3, 并按表 18.4.3 确定。
 如确定的计算深度下部仍有较软土层时, 应继续计算。

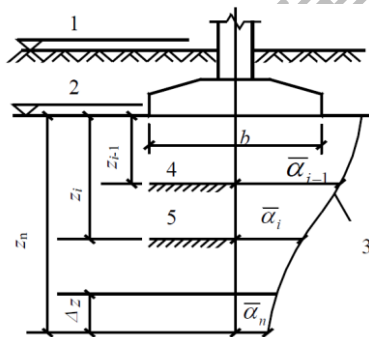


图 18.4.3 基础沉降计算的分层示意

1—天然地面标高; 2—基底标高; 3—平均附加应力系数 $\bar{\alpha}$ 曲线;
 4— $i-1$ 层; 5— i 层

表 18.4.3 沉降计算深度 Δz

b (m)	$b \leq 2$	$2 < b \leq 4$	$4 < b \leq 8$	$8 \leq b$
Δz (m)	0.3	0.6	0.8	1.0

18.4.4 当考虑应力历史对地基的影响时, 天然地基最终沉降量可根据土的固结状态—正常固结土、超固结土、欠固结土, 分别按下式计算:

1 正常固结土:

$$s = \psi_s \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1 + e_{0i}} \left[C_{ci} \lg \left(\frac{p_{li} + \Delta p_i}{p_{li}} \right) \right] \quad (18.4.4-1)$$

式中： ψ_s —沉降计算经验系数，可根据类似工程条件下沉降监测资料及表 18.4.2 确定；

s —基最终沉降量（m）；

h_i —第 i 层土的厚度（m）；

i —第 i 层土的初始孔隙比；

p_{li} —第 i 层土的自重应力平均值（kPa）；

Δp_i —第 i 层土的附加应力（有效应力增量）的平均值（kPa）；

C_{ci} —第 i 层土的压缩指数。

2 超固结土：

当 $\Delta p_i > p_{ci} - p_{li}$ 时，

$$s_{cn} = \psi_s \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1+e_{0i}} \left[C_{si} \lg \left(\frac{p_{ci}}{p_{li}} \right) + C_{ci} \lg \left(\frac{p_{li} + \Delta p_i}{p_{ci}} \right) \right] \quad (18.4.4-2)$$

当 $\Delta p_i \leq p_{ci} - p_{li}$ 时，

$$s_{cm} = \psi_s \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1+e_{0i}} \left[C_{si} \lg \left(\frac{p_{li} + \Delta p_i}{p_{ci}} \right) \right] \quad (18.4.4-3)$$

地基总沉降量：

$$s = s_{cn} + s_{cm} \quad (18.4.4-4)$$

式中： n —分层计算沉降时，压缩土层中有效应力增量

$\Delta p_i > p_{ci} - p_{li}$ 时的分层数；

m —分层计算沉降时，压缩土层中具有 $\Delta p_i \leq p_{ci} - p_{li}$ 的分层数

C_{ci} —第 i 层土的回弹指数；

p_{ci} —第 i 层土的先期固结压力（kPa）；

其它符号意义同上。

3 欠固结土：

$$s = \psi_s \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1 + e_{0i}} \left[C_{ci} \lg \left(\frac{p_{ci} + \Delta p_i}{p_{ci}} \right) \right] \quad (18.4.4-5)$$

式中：符号意义同上。

18.4.5 当考虑深基坑开挖回弹对箱形和筏形基础最终沉降量 s 计算的影响时，可按下式计算：

$$s = \sum_{i=1}^n \left(\psi_c \frac{p_c}{E_{ci}} + \psi_s \frac{p_s}{E_{si}} \right) (z_i \bar{\alpha}_i - z_{i-1} \bar{\alpha}_{i-1}) \quad (18.4.5)$$

式中： ψ_c —虑回弹影响的沉降计算经验系数，无经验时取

$$\psi_c = 1;$$

p_c —基础底面处地基土的自重压力标准值 (kPa)；

E_{ci} —基础底面下第 i 层土的回弹再压缩模量 (MPa)。

18.4.6 天然地基沉降计算应符合下列要求：

1 天然地基压缩层厚度应自基础底面起算，到附加压力等于土的自重应力的 10% 处止；

2 有相邻建（构）筑物时，应考虑相邻荷载的影响，其值可按应力叠加原理，采用角点法计算；

3 大面积地面堆载的地基沉降计算，应按大面积均布荷载计算；

4 同一整体基础上的主附建（构）筑物或建（构）筑物群，应按上部结构、基础与地基的共同作用进行沉降计算。

18.4.7 桩基最终沉降量 s 可按公式(18.4.2-1)估算，并应符合下列规定：

1 将桩基承台、桩群与桩间土作为实体深基础，且不考虑沿桩身的应力扩散；则桩尖土作为实体基础的底面积 A ，可按下式计算：

$$A = \left(l_0 + 2l \tan \frac{\varphi_0}{4} \right) \left(b_0 + 2l \tan \frac{\varphi_0}{4} \right) \quad (18.4.7)$$

式中： l_0 、 b_0 —桩尖平面处实体基础的长度和宽度 (m)；

l —桩长 (m);

φ_0 —桩长范围内各层土内摩擦角按厚度的加权平均值 (°)。

2 桩基压缩层厚度自桩端全断面算起, 到附加应力等于土的自重应力的 20% 处为止, 附加应力计算应考虑相邻基础的影响;

3 桩基最终沉降量计算时, 应采用地基土的自重压力至自重压力加附加压力时的压缩模量;

4 根据公式(18.4.2-1)估算桩基最终沉降量 s 时, 公式中 ψ_s 为沉降经验系数, 应根据表 18.4.7 采用。

表 18.4.7 福建省桩基沉降估算经验系数 ψ_s

\bar{E}_s (MPa)	$\bar{E}_s < 15$	$15 \leq \bar{E}_s < 30$	$30 \leq \bar{E}_s < 40$
ψ_s	0.25	0.2	0.15

18.4.8 当沉降计算深度范围内为超固结土且 $p_0 + p_s < p_c$ 或受土层为残积土时; 采用公式(18.4.2-1)计算沉降量, E_s 应取回弹再压缩段的 E_s , 沉降计算经验系数 ψ_s 应取 1.0。

18.4.9 当建筑物地下室基础埋置较深, 需考虑基坑开挖地基土回弹时, 则地基土回弹变形量可按下列式计算:

$$s_c = \psi_c \sum_{i=1}^n \frac{p_c}{E_{ci}} (z_i \bar{\alpha}_i - z_{i-1} \bar{\alpha}_{i-1}) \quad (18.4.9)$$

式中: s_c —地基回弹变形量;

ψ_c —考虑回弹影响的沉降计算经验系数, ψ_c 取 1;

p_c —基坑底面以上土的自重压力 (kPa), 地下水以下应扣除浮力;

E_{ci} —土的回弹模量, 按现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 确定。

18.4.10 在同一整体大面积基础上建有多栋高层和低层建筑, 应按上部结构、基础与地基的共同作用进行变形计算。

18.4.11 建筑物地基沉降允许值, 可按表 18.4.11 规定采用。表

中未包括的建筑物，其地基沉降允许值应根据上部结构对地基变形的适应能力使用上的要求确定。

表 18.4.11 建筑物地基沉降允许值

变 形 特 征		地 基 土 类 别	
		中、低压 缩性土	高压缩性土
砌体承重结构基础的局部倾斜		0.002	0.003
工业与民用建筑相邻柱基的沉降差	框架结构	0.002 l	0.003 l
	砌体墙填充的边排柱	0.0007 l	0.001 l
	当基础不均匀沉降时不产生附加应力的结构	0.005 l	0.005 l
单层排架结构（柱距为 6m）柱基的沉降量（mm）		（120）	200
桥式吊车轨面的倾斜 （按不调整轨道考虑）	纵 向	0.004	
	横 向	0.003	
多层和高层建筑的整体 倾斜	$H_g \leq 24$	0.004	
	$24 < H_g \leq 60$	0.003	
	$60 < H_g \leq 100$	0.0025	
	$H_g > 100$	0.002	
体型简单的高层建筑基础的平均沉降量（mm）		200	
高耸结构基础的倾斜	$H_g \leq 20$	0.008	
	$20 < H_g \leq 50$	0.006	
	$50 < H_g \leq 100$	0.005	
	$100 < H_g \leq 150$	0.004	
	$150 < H_g \leq 200$	0.003	
	$200 < H_g \leq 250$	0.002	
高耸结构基础的沉降量 （mm）	$H_g \leq 100$	350	
	$100 < H_g \leq 200$	250	
	$200 < H_g \leq 250$	150	

注：1 本表数值为建筑物地基实际最终沉降允许值；

2 有括号者仅适用于中压缩性土；

3 为相邻柱基的中心距离（mm）； H_g 为室外地面起算的建筑物高度（m）；

- 4 倾斜指基础倾斜方向两端点的沉降差与距离的比值；
- 5 局部倾斜指砌体承重结构沿纵向 6m~10m 内基础两点的沉降差与其距离的比值。

18.5 稳定性分析

18.5.1 稳定性验算应根据建设场地岩土工程条件和实际受力情况，选择合适的计算方法和计算指标。对于黏性土，宜采用不排水抗剪强度指标；对重大工程或地质条件复杂的工程，宜进行现场直接剪切试验。

18.5.2 进行稳定性分析时，荷载应取基本组合，分项系数取 1.0。当抗震设防烈度大于 6 度时，应考虑地震力对稳定性的影响。

18.5.3 稳定性计算应合理确定潜在滑面位置和形态。对土质边坡，极软岩、破碎或极破碎岩边坡，应沿最不利的滑移方向选择圆弧形滑动面；对基岩面、原地面、岩土层面和结构面，可根据其倾角选择平面或折线形滑动面。

18.5.4 当滑动面为圆弧形时，基坑、边坡稳定性系数 F_s 可采用简化毕肖普法，并按按下式计算：

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad (18.5.4-1)$$

$$R_i = N_i \tan \varphi_i + c_i l_i \quad (18.5.4-2)$$

$$N_i = \left[(G_i + G_{bi}) + P_{wi} \sin \beta_i - \frac{c_i l_i \sin \beta_i}{F_s} \right] \frac{1}{m_{ai}} \quad (18.5.4-3)$$

$$m_{ai} = \cos \theta_i + \frac{\sin \theta_i \tan \varphi_i}{F_s} \quad (18.5.4-4)$$

式中： R_i ——第 i 计算条块滑动面上的抗滑力 (kN/m)；
 T_i ——第 i 计算条块滑动面切线上的滑动力 (kN/m)；
 N_i ——第 i 计算条块滑动面法向上的反力 (kN/m)；

G_i —第 i 计算条块单位宽度的岩土体自重 (kN/m); 地下水水位以下取浮重度; 地下水水位以上取天然重度, 当地下水水位由高变低时, 水位变幅范围取饱和重度;

G_{bi} —第 i 计算条块地表单位宽度超载 (包括建筑自重及允许荷载) (kN/m);

P_{wi} —第 i 计算条块单位宽度的渗透水压力 (kN/m), 可按本标准第 16.4.6 条第 2 款的规定计算;

c_i 、 φ_i —第 i 计算条块滑动面上岩土体的粘聚力标准值 (kPa)、内摩擦角标准值 ($^\circ$);

l_i —第 i 计算条块的弧长 (m);

θ_i —第 i 计算条块的弧线中点切线与水平线夹角 ($^\circ$);

β_i —第 i 计算条块地下水流线平均倾角 ($^\circ$);

18.5.5 当滑动面为折线时, 稳定性系数 F_s 可分别按下式计算:

1 传递系数显式解法:

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left(R_i \prod_{j=1}^{n-1} \psi_j \right) + R_n}{\sum_{i=1}^{n-1} \left(T_i \prod_{j=1}^{n-1} \psi_j \right) + T_n} \quad (18.5.5-1)$$

$$\psi_i = \cos(\theta_i - \theta_{i+1}) - \sin(\theta_i - \theta_{i+1}) \tan \varphi_{i+1} \quad (18.5.5-2)$$

式中: R_i —第 i 计算条块滑动面上的抗滑力 (kN/m);

T_i —第 i 计算条块滑动面切线上的滑动力 (kN/m);

ψ_i —第 i 计算条块的剩余下滑推力向第 $i+1$ 计算条块的传递系数;

其他符号意义同上。

2 传递系数隐式解法:

$$P_i = P_{i-1} \psi_{i-1} + T_i - R_i / F_s \quad (18.5.5-3)$$

$$\psi_i = \cos(\theta_i - \theta_{i+1}) - \frac{\tan \varphi_{i+1}}{F_s} \sin(\theta_i - \theta_{i+1}) \quad (18.5.5-4)$$

式中: P_{i-1} 、 P_i —第 i 计算条块滑动面上的抗滑力 (kN/m);

其他符号意义同上。

计算时，应假定 F_s 由第 1 条块逐块算至第 i 条块，当所假定的 F_s 能使 P_n 为 0 时，该值即为所求。

18.5.6 当滑动面为圆弧形或折线形时，计算条块的划分应符合下列规定：

1 滑面倾角变化处、滑面与水位线相交处、滑面强度指标变化处、地下水位线倾角明显变化处、地形坡角明显变化处、地形线与河（水库）水位线相交处、地面荷载明显变化处应作为条块分界点；

2 划分的条块数量不宜少于 8 块。

18.5.7 当滑动面为平面时，稳定性系数 F_s 可按下式计算：

$$F_s = \frac{R}{T} \quad (18.5.7-1)$$

$$R = [(G + G_b) \cos \theta - V \sin \theta - U] \tan \varphi + cl \quad (18.5.7-2)$$

$$T = (G + G_b) \sin \theta + V \cos \theta \quad (18.5.7-3)$$

式中： R 、 T —符号意义与本标准第 18.5.4 条公式中的符号意义基本相同，但指整个滑体；

U —滑体后缘裂隙水压力（kN/m）；

V —滑面水压力（kN/m）。

18.5.8 当考虑边坡潜在滑体后缘裂隙水压力和滑面水压力时，后缘裂隙水压力 V 和滑面水压力 U 可分别按下式计算：

$$V = \frac{1}{2} \gamma_w h_w^2 \quad (18.5.8-1)$$

$$U = \frac{1}{2} \gamma_w l h_w \quad (18.5.8-2)$$

式中： h_w —裂隙充水高度（m），视汇水和蓄水情况，一般取裂隙深度的 1/2~2/3；

γ_w —水的重度（kN/m³）；

l —计算条块滑动面长度（m）。

18.5.9 基坑抗隆起稳定性验算可按下列式计算：

$$f = \sum \gamma_j h_j N_q + c N_c \geq 1.15 \gamma_0 \left(\sum_{i=1}^n \gamma_i h_i + q \right) \quad (18.5.9-1)$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \tan^2 (45^\circ + \varphi / 2) \quad (18.5.9-2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \tan \varphi \quad (18.5.9-3)$$

式中： γ_i 、 h_i —基坑内开挖面至支护桩（墙）底各土层的天然重度（ kN/m^3 ）厚度（ m ）；

q —地面超载（ kN/m ）；

N_q 、 N_c —（桩底）地基土承载力系数；

γ_0 —重要性系数，可按第 5.4 节表 5.4.2 确定；

c 、 φ —桩（墙）底地基土粘聚力（ kPa ）、内摩擦角（ $^\circ$ ）；

其他符号意义同前。

18.5.10 当考虑锚杆作用时，稳定性安全系数可按下列式计算：

$$F_s = \frac{s \sum_{i=1}^n c_i l_i + s \sum_{i=1}^n (q b_i + w_i) \cos \theta_i \tan \varphi_i + \sum_{j=1}^m T_j}{s \sum_{i=1}^n (q b_i + w_i) \sin \theta_i} \quad (18.5.10-1)$$

$$T_j = T_{nj} \left[\cos(\alpha_j + \theta_j) + \frac{1}{2} \sin(\alpha_j + \theta_j) \tan \varphi_j \right] \quad (18.5.10-2)$$

式中： s —锚杆间距（ m ）；

T_j —锚杆抗滑作用力（ kN/m ）；

T_{nj} —锚杆抗拔力设计值（ kN/m ）；

α_j —锚杆与水平面夹角（ $^\circ$ ）；

θ_i —锚杆与滑动面交点处切线与水平线夹角（ $^\circ$ ）；

其它符号同前。

18.5.11 锚板桩主要用于基坑开挖深度不大于 4m 的临时支护。其入土深度可按试算法确定，抗倾覆安全系数不应小于 2.0，板桩截面尺寸可按土压力作用下的悬臂板确定。

18.5.12 深埋单锚板桩，可按等值法计算。计算时，地面荷载应取最不利位置，其中主动土压力一般可不折减，被动土压力应考虑桩或墙与土的摩擦作用，将桩或墙前后的被动土压力予以增减。

18.5.13 当存在多个滑动面时，应分别对各种可能的滑动面组合进行稳定性计算，稳定性系数取其最小值。当存在多级滑动面时，应分别对各级滑动面组合进行稳定性计算。

18.5.14 当稳定性定量评价结果与定性评价结果明显不一致或定量评价结果明显不合理时，应检查结构面和岩土体强度参数取值和荷载取值的合理性。若非其它因素所致，则应对强度参数取值进行调整。

18.6 工程特性指标

18.6.1 确定工程特性指标时，试验方法及数量应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和《建筑地基基础设计规范》GB 50007 规定，并同时满足本标准第 13 章的要求。

18.6.2 采用室内试验方法确定工程特性指标时，试验方法除应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 规定外，尚应符合本标准第 15 章规定。试验数量应满足数理统计需要。

18.6.3 土的工程特性指标包括物理指标、强度指标、压缩性指标，以及静力触探锥尖阻力和侧摩阻力、标准贯入试验锤击数、圆锥动力触探锤击数、载荷试验承载力和变形模量等。岩石的工程特性指标包括物理指标、强度指标、载荷试验承载力等。

18.6.4 工程特性指标的代表值分别为标准值、平均值及特征值。抗剪强度指标应取标准值，压缩性指标应取平均值，载荷试验承载力应取特征值。

18.6.5 土的抗剪强度指标，可根据原状土室内剪切试验、无侧限抗压强度试验、室内大体积剪切试验、现场剪切试验、十字板

剪切试验等方法综合确定。并应符合下列规定：

1 一级建（构）筑物黏性土地基，应采用现场剪切试验或三轴剪切试验方法；

2 二、三级建（构）筑物黏性土地基，可采用常规直接剪切试验方法；

3 位于地下水位以上的粉质黏土、坡积粉质黏土，可根据工程需要采用大体积直接剪切试验方法；

4 加荷速率较快的饱和软土地基，试样应在有效自重压力下进行预固结后，再进行不固结不排水剪试验；也可采用现场十字板剪切试验；

5 经预压处理或排水条件好的地基、加荷速率不大或加荷速率较大但地基土的超固结程度较高，以及需验算水位迅速下降时边坡稳定性时，可采用固结不排水剪试验方法。固结时间可取 1h，抗剪强度按峰值乘以折减系数 0.8。

18.6.6 土的压缩性指标可采用原状土室内压缩试验、现场平板载荷试验或深层平板载荷试验等方法确定。一般工程土的压缩-固结试验可采用快速法，为软土时，固结时间应为 2h，其它土类，固结时间为 1h。

18.6.7 地基土的压缩性可按 $p_1=100\text{kPa}$ ， $p_2=200\text{kPa}$ 相对应的压缩系数 α_{1-2} 按表 18.6.7 进行划分。

表 18.6.7 地基土的压缩性划分标准

地基土的压缩性	α_{1-2} (MPa^{-1})
低压缩性	$\alpha_{1-2} < 0.1$
中压缩性	$0.1 \leq \alpha_{1-2} < 0.5$
高压缩性	$\alpha_{1-2} \geq 0.5$

18.6.8 当工程需要时，尚可根据室内压缩试验提供其它压缩性指标；如压缩指数（压缩曲线 $e \sim \lg p$ 上直线段的斜率）、回弹指数（压缩回弹曲线 $e \sim \lg p$ 上相应段的平均斜率）、次固结系数（压力 p_1 作用下对数曲线 $e \sim \lg p$ 上直线段的斜率）或土的弹

性模量等。

18.6.9 当以静力触探、动力触探、旁压试验、标准贯入试验等原位测试方法确定地基的工程特性指标时，宜与载荷试验或其它直接试验结果进行对比后确定。

18.6.10 工程特性指标确定应符合下列要求：

1 地基基础设计等级为甲级时，应提供载荷试验指标、抗剪强度指标、变形指标和原位测试资料等；地基基础设计等级为乙级时，应提供抗剪强度指标、变形指标、原位测试资料等；地基基础设计等级为丙级时应提供触探及钻探和土工试验资料等；

2 地基土的抗剪强度指标，可根据原状土室内剪切试验、无侧限抗压强度试验、现场剪切试验、十字板剪切试验等确定。当采用室内剪切试验时，欠固结土应采用三轴试验的不固结不排水剪切试验（或快剪直剪试验）。正常固结或超固结土可采用三轴试验的固结不排水剪切试验（或固结快剪直剪试验）；

3 地基变形计算，可通过室内压缩试验确定其压缩模量，试验所施加的最大压应力应超过土的有效自重压力与预计的附加压力之和；当考虑土的应力历史进行沉降计算时，应进行高压固结试验，确定先期固结压力、压缩指数，试验成果用 $e \sim \lg p$ 曲线表示；确定回弹指数时，应在达到估计的先期固结压力之后进行一次卸荷，再继续加荷至预定的最后一级压力；

4 当考虑深基坑开挖卸荷和再加荷时，应进行回弹再压缩试验，其施加的压力应与实际的加卸荷状况一致。

18.7 水、土腐蚀性评价

18.7.1 有足够经验和充分资料，且认定工程场地及其附近的土和水对建筑材料为微腐蚀性时，工程勘察等级为丙级的工程项目可采用邻近资料进行腐蚀性评价。否则应取水试样或土试样进行试验，并按本节规定评价场地土和水对建筑材料的腐蚀性。

18.7.2 采取水试样和土试样，腐蚀性测试项目和试验方法应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 规定。

18.7.3 水和土对建筑材料的腐蚀性，可分为微、弱、中、强四个等级。腐蚀性评价应符合下列要求：

1 腐蚀性等级中，只出现微腐蚀，无强腐蚀、中等腐蚀或弱腐蚀时，应综合评定为微腐蚀；

2 腐蚀性等级中，只出现弱腐蚀，无强腐蚀或中等腐蚀时，应综合评定为弱腐蚀；

3 腐蚀性等级中，无强腐蚀，最高为中等腐蚀时，应综合评定为中等腐蚀；

4 腐蚀性等级中，有一个或一个以上为强腐蚀，应综合评定为强腐蚀。

18.7.4 受环境类型影响，水和土对混凝土结构的腐蚀性评价，应符合表 18.7.4-1 规定。环境类型划分应符合表 18.7.4-2 规定

表 18.7.4-1 按环境类型水和土对混凝土的腐蚀性评价

腐蚀等级	腐蚀介质	环境类型		
		I	II	III
微腐蚀 弱腐蚀 中腐蚀 强腐蚀	硫酸盐含量 SO_4^{2-} (mg/L)	<200 200~500 500~1500 >1500	<300 300~1500 1500~3000 >3000	<500 500~3000 3000~6000 >6000
微腐蚀 弱腐蚀 中腐蚀 强腐蚀	镁盐含量 Mg^{2+} (mg/L)	<1000 1000~2000 2000~3000 >3000	<2000 2000~3000 3000~4000 >4000	<3000 3000~4000 4000~5000 >5000
微腐蚀 弱腐蚀 中腐蚀 强腐蚀	铵盐含量 NH_4^+ (mg/L)	<100 100~500 500~800 >800	<500 500~800 800~1000 >1000	<800 800~1000 1000~1500 >1500

续表 18.7.4-1

腐蚀等级	腐蚀介质	环境类型		
		I	II	III
微腐蚀 弱腐蚀 中腐蚀 强腐蚀	苛性碱含量 OH^- (mg/L)	<35000 35000~43000 43000~57000 >57000	<43000 43000~57000 57000~70000 >70000	<57000 57000~70000 70000~100000 >100000
微腐蚀 弱腐蚀 中腐蚀 强腐蚀	总矿化度 (mg/L)	<10000 10000~20000 20000~50000 >50000	<20000 20000~50000 50000~60000 >60000	<50000 50000~60000 60000~70000 >70000

- 注：1 表中数值适用于有干湿交替作用的情况，II类腐蚀环境无干湿交替作用时，表中硫酸盐含量数值应乘以 1.3 系数；
- 2 表中数值适用于水的腐蚀性评价，对土的腐蚀性评价，应乘以 1.5 的系数，单位以 mg/kg 表示；
- 3 表中苛性碱（ OH^- ）含量应为 NaOH 和 KOH 中的 OH^- 含量。

表 18.7.4-2 环境类型分类

环境类型	场地环境地质条件
I	高寒区、干旱区直接临水；高寒区、干旱区强透水层中的地下水
II	高寒区、干旱区、弱透水层中的地下水；各气候区湿、很湿的弱透水层，湿润区直接临水；湿润区强透水层中的地下水
III	各气候区稍湿的弱透水层；各气候区地下水位以上的强透水层

- 注：1 高寒区是指海拔高度等于或大于 3000m 的地区；干旱区是指海拔高度小于 3000m，干燥度指数 k 值等于或大于 1.5 的地区；湿润区是指地下水位 k 值小于 1.5 的地区；
- 2 强透水层是指碎石土和砂土；弱透水层是指粉土和黏性土；
- 3 含水量 $w < 3\%$ 的土层，可视为干燥土层，不具有腐蚀环境条件。当混凝土结构一边接触水或地下水，一边暴露在大气中，水可以通过渗透或毛细作用在暴露大气中一边蒸发时，应定为 I 类；
- 4 当有地区经验时，环境类型可根据地区经验划分；当同一场地出现两种环境类型时，应根据具体情况选定。

18.7.5 受地层渗透性影响，水和土对混凝土结构的腐蚀性评价，应符合表 18.7.5 规定。

表 18.7.5 按地层渗透性水和土对混凝土的腐蚀性评价

腐 蚀 等 级	pH		侵蚀性 CO ₂ (mg/L)		HCO ₃ ⁻ (mmol/L)	
	A	B	A	B	A	B
微腐蚀	>6.5	>5.0	< 15	< 30	>1.0	—
弱腐蚀	5.0~6.5	4.0~5.0	15~30	30~60	1.0~0.5	—
中等腐 蚀	4.0~5.0	3.5~4.0	30~60	60~100	0.5	—
强腐蚀	<4.0	<3.5	>60	—	—	—

- 注：1 表中 A 是指直接临水或强透水层中的地下水；B 是指弱透水层中的地下水；强透 水层是指碎石土和砂土、弱透水层是指粉土和黏性土。
 2 HCO₃⁻ 含量是指水的矿化度低于 0.1g/L 的软水时，该类水质 HCO₃⁻ 的腐蚀性；
 3 土的腐蚀性评价只考虑 pH 值指标；评价其腐蚀性时应以最不利条件判定，其中 A 是指含水率≥20%的强透水土层；B 是指含水率≥30%的弱透水土层。

18.7.6 水和土对混凝土结构中钢筋的腐蚀性评价，应符合表 18.7.6 规定。

表 18.7.6 水和土对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性评价

腐蚀等级	水中的含量(mg/L)		土中的含量 Cl ⁻ (mg/kg)	
	长期浸水	干湿交替	A	B
微腐蚀	<10000	<100	<400	<250
弱腐蚀	10000~20000	100~500	400~750	250~500
中腐蚀	—	500~5000	750~7500	500~5000
强腐蚀	—	>5000	>7500	>5000

- 注：A 是指地下水位以上的碎石土、砂土、稍湿的粉土，坚硬、硬塑的黏性土；B 是湿、很湿的粉土，可塑、软塑、流塑的黏性土。

18.7.7 土对钢结构的腐蚀性评价，应符合表 18.7.7 规定。

表 18.7.7 土对钢结构的腐蚀性评价

腐蚀等级	pH	氧化还原电 位 (mv)	电阻率 (Ω·m)	极化电流密 度 (mA/cm ²)	质量损 失(g)
微腐蚀	>5.5	>400	>100	<0.02	<1
弱腐蚀	5.5~4.5	400~200	100~50	0.02~0.05	1~2
中腐蚀	4.5~3.5	200~100	50~20	0.05~0.20	2~3
强腐蚀	<3.5	<100	<20	>0.20	>3

- 注：土对钢结构的腐蚀性评价，取各指标中腐蚀等级最高者。

18.7.8 水、土对建筑材料腐蚀的防护，应符合现行国家标准

《工业建筑防腐设计标准》GB 50046 规定。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

19 岩土工程勘察成果编制

19.1 一般规定

19.1.1 岩土工程勘察成果应按不同的勘察阶段编制，并应符合现行国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017、《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 等技术标准和有关工程勘察文件编制深度的规定。

19.1.2 岩土工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、工程特点和拟建场地岩土工程条件，针对主要岩土工程问题，通过对原始勘察资料的整理、检查和分析，提出资料真实、结构完整、工程针对性强、评价合理、结论可靠、建议可行、能满足阶段设计要求的岩土工程勘察报告。并应包括下列内容：

- 1 拟建工程概况；
- 2 勘察目的、任务要求和依据的技术标准；
- 3 勘察方法和勘察工作布置；
- 4 场地地形、地貌、地层、地质构造、岩土性质及其均匀性；
- 5 场地各岩土层的物理力学性质指标，设计所需的岩土参数，如强度参数、变形参数、地基承载力等建议值；
- 6 地下水埋藏情况、类型、水位及其变化，需要进行地下水控制应提供相关水文地质参数；
- 7 土和水对建筑材料的腐蚀性；
- 8 不良地质作用对工程稳定性和危害程度的影响分析与评价；

- 9 场地地震效应评价；
- 10 场地稳定性和适宜性评价；
- 11 地基基础分析与评价；
- 12 基坑或边坡工程与周围环境的相互影响评价；
- 13 地质条件对工程可能造成的风险；
- 14 结论与建议；
- 15 相关图表。

19.1.3 岩土工程勘察成果编制所依据的原始资料应完整、真实、可靠；所使用的术语、符号和计量单位等均应符合国家有关标准规定。

19.1.4 岩土工程勘察报告应包括封面、责任页、目录、岩土工程勘察报告文字部分、图表和附件。责任页应包括岩土工程勘察报告名称、勘察阶段、勘察单位名称、单位资质等级及编号、工程编号、相关责任人签字和签章、提交日期等内容。

19.1.5 勘察报告签章应符合下列规定：

- 1 勘察报告封面应有勘察单位公章；
- 2 报告责任页应有法定代表人和单位技术负责人签章；应有项目负责人、审核人、审定人姓名打印及签字，并根据注册执业规定加盖注册土木工程师（岩土）印章；
- 3 图表应有相关责任人的签字；
- 4 室内试验和原位测试试验操作、记录和计算的责任人应在测试、试验记录和成果中签字，测试、试验的承担单位和测试、试验负责人应在成果报告中签字盖章；
- 5 测试、试验项目委托其他单位完成时，受委托单位提交的成果应有该单位公章、单位资质等级及责任人签字、签章。

19.1.6 原位测试和室内试验应保留前期准备和试验过程的数据和信息；报告应包括试验和测试内容，并应说明委托单位、测试及试验方法所依据的技术标准。

19.2 岩土工程勘察报告文字部分

19.2.1 勘察报告应根据业主或设计单位提出的勘察任务书，结合拟建物特点、勘察阶段、场地岩土工程条件、周边环境信息等具体情况有针对性编写。当岩土工程勘察等级为丙级或地形地貌简单，岩土种类单一的场地，勘察报告内容可适当简化，采用以图表为主，辅以必要的文字说明。

19.2.2 应根据勘探资料对场地地形、地貌特征、岩土层的工程性状分别进行描述。根据其分布规律、地基均匀性和工程特性进行定量和定性分析和评价。

19.2.3 应阐明场地地下水的类型、埋藏条件、地下水位，并提供设计、施工所需有关的水文地质参数。评价地下水、土对混凝土、混凝土结构中钢筋及钢结构的腐蚀性等。

19.2.4 进行场地地震效应评价时，应对建筑场地的抗震性能、地震基本烈度、场地类别、设计基本加速度、设计地震分组等进行划分；对可能产生液化和软土震陷作用的地层应进行判别，并计算其液化指数；对场地和地基的地震稳定性（如滑坡、崩塌、液化和震陷特性等）进行评价；对可能产生砂土液化和软土震陷的地基提出抗液化和消除震陷措施的建议。

19.2.5 应根据场地工程地质和水文地质条件，针对拟建工程特性，对可能采用的地基基础方案进行分析和评价；提供设计、施工所需的各种参数，对地基承载力进行计算，对地基变形特征进行预测。

19.2.6 基础型式、基础持力层的选择应从经济、质量、工期、施工技术的可行性，以及对周边环境的影响等进行对比分析。

19.2.7 应对基础施工、基坑支护等施工中可能出现的岩土工程问题和施工病害进行预测，并提出防治措施和检测、监测建议。

19.2.8 应根据场地地质条件结合边坡及基坑支护、土方开挖、地下水控制措施，分析对工程可能引发的边坡、基坑失稳、地下

水位降低、管涌、流砂、突涌等对工程和周边环境可能造成的风险，提出相应措施和建议。

19.2.9 结论与建议应包括下列内容：

- 1 岩土工程勘察等级；
- 2 场地的稳定性和适宜性评价结论；
- 3 场地地震效应评价结论；
- 4 土和水对建筑材料的腐蚀性；
- 5 地基基础方案、基坑、边坡工程支护方案的建议；
- 6 工程设计、施工应注意的问题；
- 7 工程施工对环境的影响，防治措施和监测建议；
- 8 其他相关问题及处置建议。

19.3 图表及附件

19.3.1 岩土工程勘察成果编制的图件和附件应与报告内容相一致。岩土工程勘察报告应附的主要的图表及附件包括：

- 1 勘探点一览表；
- 2 拟建建筑平面位置及勘探点平面布置图；
- 3 工程地质剖面图；
- 4 原位测试图表；
- 5 室内试验成果图表。

19.3.2 岩土工程勘察报告可根据需要选附下列图表：

- 1 各种分区图；
- 2 各种等深线图和等厚线图；
- 3 典型钻孔柱状图；
- 4 区域地质图；
- 5 岩土工程设计、分析的有关图表；
- 6 其它需要的图表。

19.3.3 勘探点一览表应包括下列内容：

1 勘探点类型、编号、孔口标高、孔深、地下水位（初见水位、稳定水位）深度和标高；

2 取样数量（原状、扰动）、原位测试工作量；

3 勘探点坐标。

19.3.4 建筑物与勘探点平面布置图应符合下列要求：

1 标明坐标系统、高程引测点、正北或磁北方向、比例尺、图例；

2 标明拟建建筑物和已建建筑物的轮廓线以及它们和红线之间的关系，建筑物的层数（或高度）及其名称和编号，拟定的场地整平标高，当勘察场地地形起伏较大时，应有地形等高线；

3 标明勘探点、原位测试点、取样点的位置、类型、编号和高程；

4 标明剖面线的位置和编号；勘探点和剖面线编号应遵从自上而下，从左至右的原则编号；

5 标明建设场地和周边主要地下管线、对工程不利的地下埋藏物和不良地质现象的平面位置。

19.3.5 编制工程地质剖面图应符合下列要求：

1 剖面线应尽可能与基础轴线方向一致，剖面方向应按平面图上的位置从左至右和自上而下排列；

2 标明勘探点位置、勘探点编号、勘探点标高、勘探点间距、勘探点深度、分层深度或层底标高、取样位置、原位测试位置和测试成果、标高参照系尺度，标高参照系尺度应列于图的左侧；

3 标明地下水稳定水位线；各种地质构造、地质界面、各种不良地质体、地表水体及其它埋藏物的位置、埋深、大小和产状等；

4 各岩土层的定名、分层必须与报告书文字一致，并标注各岩土层的编号、名称和图例；

5 垂直与水平比例尺应选择恰当，应能反映出土层沿剖面

图方向在深度和广度上的变化情况。

19.3.6 编制钻孔柱状图应符合下列要求：

- 1 钻孔编号、直径、深度、钻探日期和孔口标高等；
- 2 地层编号、年代和成因，层底深度、标高、层厚，柱状图，取样及原位测试位置，岩土描述、地下水位、测试成果，岩芯采取率或岩石质量指标 RQD（对于岩石）等；
- 3 钻孔位置坐标。

19.3.7 编制原位测试成果图表应符合下列要求：

- 1 应有测试点编号、地面高程、测试深度、岩土名称、地下水位、测试时间；
- 2 测试数据及其与测试深度的关系曲线；
- 3 水平比例尺和垂直比例尺宜与剖面图一致。

19.3.8 室内土工试验成果应汇总在土工试验成果汇总表中，编制土工试验汇总表应符合下列要求：

- 1 工程项目名称、工程编号、土样编号、取土深度、岩土名称、土层代码、颗粒组成、含水量、密度、比重、天然孔隙比、饱和度、液限、塑限、液性指数、塑性指数、砂类土的水上及水下坡角、固结、压缩、抗剪强度试验成果等内容；
- 2 各栏土的指标均应标明名称、符号、计量单位，压缩系数和压缩模量应注明压力段范围，抗剪强度指标应注明试验方法；
- 3 试验员、计算人、校对人和审核人，汇总时间（年、月、日）等。

19.3.9 编制室内特殊试验项目成果图、表应符合下列要求：

- 1 高压固结试验成果图表应有；不同压力下的孔隙比值， $e \sim \lg p$ 曲线图，先期固结压力、压缩指数和回弹指数；
- 2 三轴剪切试验应提供主应力差和轴向应变关系曲线，摩尔圆和强度包络线图，必要时尚应提供主应力比与轴向应变关系曲线，孔隙水压力或体积应变与轴向应变关系曲线，应力路径曲

线；

3 试验员、计算人、校对人和审核人，制图、表时间（年、月、日）等。

19.3.10 编制水质分析成果表应符合下列要求：

1 工程项目名称、工程编号、应有取样地点、勘探点编号、水样编号、取样深度（取水所在含水层）、取样时间、试验时间；

2 应标明水样的颜色、悬浮物、沉淀物、pH 值、 Ca^+ 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、侵蚀性 CO_2 、游离 CO_2 、 NH_4^+ 、 OH^- 、总硬度、暂时硬度、永久硬度、长碱度、总矿化度等内容；

3 试验员、计算人、校对人和审核人，制表时间应包括年、月、日等。

19.4 岩土工程勘察信息模型

19.4.1 为满足建设工程全生命期数据（信息）共享、协同工作需要，支持各阶段、各项任务和各相关方信息获取、更新、管理，岩土工程勘察等级为甲级的勘察项目，提交岩土工程勘察成果时，宜同时提交岩土工程勘察信息模型。

19.4.2 岩土工程勘察信息模型的创建、使用和管理应符合《岩土工程勘察信息模型技术规程》DBJ/T 13-330 规定。

19.4.3 岩土工程勘察信息模型建模深度和交付深度等级应与勘察阶段相吻合。

附录 A 工程建设适宜性的定性分级

表 A 工程建设适宜性的定性分级标准

级别	分级要素	
	工程地质与水文地质条件	场地治理难易程度
不适宜	1 场地不稳定 2 地形起伏大，地面坡度大于 50% 3 岩土种类多，工程性质很差 4 洪水或地下水对工程建设有严重威胁 5 地下埋藏有待开采的矿藏资源	1 场地平整很困难，应采取大规模工程防护措施 2 地基条件和施工条件差，地基专项处理及基础工程费用很高 3 工程建设将诱发严重次生地质灾害，应采取大规模工程防护措施，当地缺乏治理经验和技術 4 地质灾害治理难度很大，且费用很高
适宜性差	1 场地稳定性差 2 地形起伏较大，地面坡度大于等于 25%且小于 50% 3 岩土种类多，分布很不均匀，工程性质差 4 地下水对工程建设影响较大，地表易形成内涝	1 场地平整较困难，需采取工程防护措施 2 地基条件和施工条件较差，地基处理及基础工程费用较高 3 工程建设诱发此生地质灾害的机率较大，需采取较大规模工程防护措施 4 地质灾害治理难度较大或费用较高
较适宜	1 场地基本稳定 2 地形有一定起伏，地面坡度大于 10%且小于 25% 3 岩土种类较多，分布较不均匀，工程性质较差 4 地下水对工程建设影响较小，地表排水条件尚可	1 场地平整较简单 2 地基条件和施工条件一般，基础工程费用较低 3 工程建设可能诱发次生地质灾害，采取一般工程防护措施可以解决 4 地质灾害治理简单
适宜	1 场地稳定 2 地形平坦，地貌简单，地面坡度小于等于 10% 3 岩土种类单一，分布均匀，工程性质良好 4 地下水对工程建设无影响，地表排水条件良好	1 场地平整简单 2 地基条件和施工优良，基础工程费用低廉 3 工程建设不会诱发次生地质灾害

- 注：1 表中未列条件，可按其对场地工程建设的影响程度比照推定；
 2 划分每一级别场地工程建设适宜性分级，符合标准条件之一时即可；
 3 从不适宜开始，向适宜性差、较适宜、适宜推定，以最先满足的为准。

附录 B 场地稳定性的定性分级

表 B 场地稳定性的定性分级标准

级别	分级要素
不稳定	1 强烈全新活动断裂带 2 对建筑抗震的危险地段 3 不良地质作用强烈发育，地质灾害危险性打地段
稳定性差	1 微弱或中等全新活动断裂带 2 对建筑抗震的不利地段 3 不良地质作用中等~较强烈发育，地质灾害危险性中等地段
基本稳定	1 非全新活动断裂带 2 对建筑抗震的一般地段 3 不良地质作用弱发育，地质灾害危险性小地段
稳定	1 无活动断裂； 2 对建筑抗震的有利地段； 3 不良地质作用不发育

注：1 等级划分只需满足划分依据中任何一个条件即可，但稳定级应同时满足三个条件；

2 从不稳定开始，向稳定性差、基本稳定、稳定推定，以最先满足的为准。

附录 C 福建省岩石地层划分标准

C.0.1 福建省岩石地层可按表 C.0.1-1 和表 C.0.1-2 进行划分。

表 C.0.1-1 福建省岩石地层单位划分表

岩石地层		地质年代		内 陆 地 层 小 区				沿海地层小区	
				武夷地层小区		闽西南地层小区		闽北地层小区	
		分区		南武夷地层分区		北武夷地层分区		东南沿海地层分区	
		层		闽北小区		闽中小区			
		年代							
新生代	第四纪	全新世	(Qh)				东山组、长乐组 (Qh)		
	全新世	更新世	(Qp)				天宝组、同安组、龙海组 (Qp)		
中生代	白垩纪	晚白垩世	赤石群 (K ₂ C)	崇安组 (K ₂ c)	均口组 (K ₂ j)	沙县组 (K ₂ s)	石牛山组 (K ₂ sh)		
		早白垩世	石帽山群 (K ₁ S)	寨下组 (K ₁ z)	黄坑组 (K ₁ h)	吉山组 (K ₁ j)	石帽山群 (K ₁ S)	寨下组 (K ₁ z)	黄坑组 (K ₁ h)
中生代	侏罗纪	晚侏罗世	坂头组 (K ₁ b)				小溪组 (K ₁ x)		
		中侏罗世	下渡组 (K ₁ xd)						
中生代	三叠纪	晚三叠世	南园组 (J ₃ n)				南园组 (J ₃ n)		
		早三叠世	长林组 (J ₃ c)				长林组 (J ₃ c)		
中生代	二叠纪	晚二叠世	漳平组 (J ₂ z)				漳平组 (J ₂ z)		
		早二叠世	象牙群 (J ₁ X)	潘坑组 (J ₁ P)	下村组 (J ₁ x)	梨山组 (J ₁ l)	梨山组 (J ₁ l)		
中生代	石炭纪	晚石炭世	文寨山组 (T ₁ w)	文寨山组 (T ₁ w)		焦坑组 (T ₁ j)			
		早石炭世	大坑村组 (T ₁ d)	安仁组 (T ₁ a)					
中生代	泥盆纪	晚泥盆世	溪口组 (T ₁ x)	石碧溪泥岩段 (T ₁ x')	兰田灰岩段 (T ₁ x')	新兴角岩段 (T ₁ x')			
		早泥盆世	罗坑组 (P ₂ l)	翠屏山组 (P ₂ cp)	童子岩组 (P ₂ t)	长兴组 (P ₂ c)			
中生代	志留纪	晚志留世	文笔山组 (P ₂ w)	泉上组 (P ₂ qs)		泉上组 (P ₂ qs)			
		早志留世	栖霞组 (P ₂ q)	栖霞组 (P ₂ q)					
中生代	奥陶纪	晚奥陶世	船山组 (P ₁ c)	船山组 (P ₁ c)					
		早奥陶世	老虎洞组 (C ₂ h)	老虎洞组 (C ₂ h)					
中生代	寒武纪	晚寒武世	经畚组 (C ₂ j)	经畚组 (C ₂ j)		经畚组 (C ₂ j)			
		早寒武世	林地组 (C ₁ l)	林地组 (C ₁ l)		林地组 (C ₁ l)			
中生代	震旦纪	晚震旦世	安砂群	桃子坑组 (D ₃ z)	天凡茶组 (D ₃ t)				
		早震旦世	罗峰溪组 (O ₂₋₃ l)	罗峰溪组 (O ₂₋₃ l)					
中生代	震旦纪	晚震旦世	魏坊组 (O ₁ w)	魏坊组 (O ₁ w)					
		早震旦世	东坑口组 (E ₄ d)	东坑口组 (E ₄ d)					
中生代	震旦纪	晚震旦世	林田组 (E ₁₋₃ l)	林田组 (E ₁₋₃ l)		亲营山(岩)组 (AnDq)			
		早震旦世	黄莲组 (Pt ₃ ^h)	黄莲组 (Pt ₃ ^h)					
中生代	震旦纪	晚震旦世	南岩组 (Pt ₃ ⁿ)	南岩组 (Pt ₃ ⁿ)					
		早震旦世	楼子坝组 (Pt ₃ ^l)	楼子坝组 (Pt ₃ ^l)					
中生代	震旦纪	晚震旦世	楼前组 (Pt ₃ ^l)	楼前组 (Pt ₃ ^l)					
		早震旦世	西溪组 (Pt ₃ ^x)	西溪组 (Pt ₃ ^x)					
中生代	震旦纪	晚震旦世	万全(岩)群 (Pt ₃ ^w)	下峰(岩)组 (Pt ₃ ⁻² x)	马面山(岩)群 (Pt ₃ ⁻² M)	龙北溪(岩)组 (Pt ₃ ⁻² l)			
		早震旦世	黄潭(岩)组 (Pt ₃ ⁻² h)	黄潭(岩)组 (Pt ₃ ⁻² h)		大岭(岩)组 (Pt ₃ ⁻² d)	东岩(岩)组 (Pt ₃ ⁻² d)		
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代	震旦纪	晚震旦世							
		早震旦世							
中生代									

表 C. 0. 1-2 福建侵入岩岩石单位划分表

时代	岩浆期	岩石名称	代号	武夷岩浆区	沿海岩浆区	
				闽北岩浆区	闽西南岩浆区	
				闽北岩浆区	闽西南岩浆区	
				北武夷岩浆区	南武夷岩浆区	
N	喜马拉雅期	辉绿岩	βN	βN		
		辉长岩	vN	vN		
		橄榄辉长岩	σvN	σvN		
K ₂	燕山期	晚	闪长玢岩、花岗闪长斑岩、二长花岗斑岩、花岗斑岩、碱长花岗斑岩、石英正长斑岩	$\delta\mu K_2$ 、 $\gamma\delta\pi K_2$ 、 $\eta\gamma\pi K_2$ 、 $\gamma\pi K_2$ 、 $\kappa\gamma\pi K_2$ 、 $\xi\sigma\pi K_2$	$\delta\mu K_2$ 、 $\eta\gamma\pi K_2$ 、 $\gamma\pi K_2$ 、 $\kappa\gamma\pi K_2$ 、 $\xi\sigma\pi K_2$	$\delta\mu K_2$ 、 $\gamma\delta\pi K_2$ 、 $\eta\gamma\pi K_2$ 、 $\gamma\pi K_2$ 、 $\kappa\gamma\pi K_2$ 、 $\xi\sigma\pi K_2$
			晶洞碱性花岗岩	$\kappa\gamma K_2$		$\kappa\gamma K_2$
			晶洞碱长花岗岩	$\kappa\gamma K_2$	$\kappa\gamma K_2$	$\kappa\gamma K_2$
		中	正长花岗岩	$\xi\gamma K_1$	$\xi\gamma K_1$	$\xi\gamma K_1$
			二长花岗岩	$\eta\gamma K_1$	$\eta\gamma K_1$	$\eta\gamma K_1$
			花岗闪长岩	$\gamma\delta K_1$	$\gamma\delta K_1$	$\gamma\delta K_1$
			石英二长闪长岩	$\delta\eta\sigma K_1$	$\delta\eta\sigma K_1$	$\delta\eta\sigma K_1$
			石英闪长岩	$\delta\sigma K_1$	$\delta\sigma K_1$	$\delta\sigma K_1$
			闪长岩	δK_1	δK_1	δK_1
			辉长岩	$v K_1$		$v K_1$
		早	橄榄岩	σK_1		σK_1
			石英正长岩	$\delta\sigma K_1$	$\delta\sigma K_1$	$\delta\sigma K_1$
			石英二长岩	$\eta\sigma K_1$	$\eta\sigma K_1$	$\eta\sigma K_1$
			正长花岗岩	$\xi\gamma J_3$	$\xi\gamma J_3$	$\xi\gamma J_3$
J ₃	中期	二长花岗岩	$\eta\gamma J_3$	$\eta\gamma J_3$	$\eta\gamma J_3$	
		花岗闪长岩	$\gamma\delta J_3$	$\gamma\delta J_3$	$\gamma\delta J_3$	
		石英二长闪长岩	$\delta\eta\sigma J_3$	$\delta\eta\sigma J_3$	$\delta\eta\sigma J_3$	
		石英闪长岩	$\delta\sigma J_3$	$\delta\sigma J_3$	$\delta\sigma J_3$	
		正长花岗岩	$\xi\gamma J_1$	$\xi\gamma J_1$	$\xi\gamma J_1$	
J ₁	早期	二长花岗岩	$\eta\gamma J_1$	$\eta\gamma J_1$	$\eta\gamma J_1$	
		花岗闪长岩	$\gamma\delta J_1$	$\gamma\delta J_1$		

续表 C. 0. 1-2

时代	岩浆期		岩石名称	代号	武夷岩浆区		沿海岩浆区	
					闽北岩浆区		闽西南岩浆区	
					闽北岩浆区		闽西南岩浆区	
					北武夷岩浆区		南武夷岩浆区	
J ₁	燕山期	早期	二长闪长岩 闪长岩	δηJ ₁ δJ ₁			δηJ ₁ δJ ₁	
					T ₂	印支期	正长岩	ξT ₂
石英二长岩	ησT ₂	ησT ₂						
正长花岗岩	ξγT ₂	ξγT ₂		ξγT ₂				
二长花岗岩	ηγT ₂	ηγT ₂		ηγT ₂				
花岗闪长岩	γδT ₂	γδT ₂						
石英二长闪长岩 石英闪长岩	δησT ₂ δοT ₂	δησT ₂ δοT ₂						
S	加里东期	正长花岗岩	ξγS	ξγS		ξγS		
		二长花岗岩	ηγS	ηγS		ηγS		
		花岗闪长岩	γδS	γδS		γδS		
		石英闪长岩	δσS	δσS				
		辉长岩	vS	vS				
		角闪石岩	ψσS	ψσS				
		橄榄岩	σS	σS				
Pt ₃	晋宁期	花岗质片麻岩	γPt ₃	γPt ₃				
		英云闪长质片麻岩	γδσPt ₃	γδσPt ₃		γδσPt ₃		
		辉长质片麻岩	vPt ₃	vPt ₃		vPt ₃		
Pt ₁	吕梁期	英云闪长质片麻岩	γδσPt ₁	γδσPt ₁		γδσPt ₁		

C. 0. 2 定性划分岩石坚硬程度等级应符合表 C.0.2 规定。

表 C. 0. 2 岩石坚硬程度等级定性分类

坚硬程度等级		抗压强度 (MPa)	定性鉴定	代表性岩石
硬质岩	坚硬岩	>60	锤击声清脆，有回弹，震手，难击碎，基本无吸水反应	未风化~微风化的花岗岩、闪长岩、辉绿岩、玄武岩、安山岩、凝灰岩、片麻岩、石英岩、石英砂岩、硅质砾岩、硅质石灰岩等硬质岩

续表 C.0.2

坚硬程度等级		抗压强度 (MPa)	定性鉴定	代表性岩石
硬质岩	较硬岩	30~60	锤击声较清脆, 有轻微回弹, 稍震手, 较难击碎, 有轻微吸水反应	1 中等风化的硬质岩; 2 未风化~微风化的大理岩、板岩、石灰岩、白云岩、钙质砂岩等
软质岩	较软岩	5~15	锤击声不清脆, 无回弹, 较易击碎, 浸水后指甲可刻出印痕	1 中等风化~碎裂状强风化的坚硬岩或较硬岩; 2 微风化~中等风化的大理岩、板岩、石灰岩、白云岩、钙质砂岩等; 3 未风化~微风化的千枚岩、泥灰岩、砂质泥岩等软质岩
	软岩	5~15	锤击声哑, 无回弹, 有凹痕, 易击碎, 浸水后手可掰开	1 强风化的坚硬岩或较硬岩; 2 中等风化~强风化的较软岩; 3 未风化~微风化的页岩、泥岩、泥质砂岩等
极软岩		<5	锤击声哑, 无回弹, 有较深凹痕, 手可捏碎, 浸水后手可捏成团	1 散体状强风化、全风化的各种岩石; 2 各种半成岩

注: 抗压强度指新鲜岩块的饱和单轴极限抗压强度。

C.0.3 定性划分岩体完整程度应符合表 C.0.3 规定。

表 C.0.3 岩石完整程度等级定性分类

完整程度	结构面发育程度		主要结构面的结合程度	主要结构面类型	相应结构类型
	组数	平均间距			
完整	1~2	>1.0	结合好或结合一般	裂隙、层面	整体状或巨厚层状结构
较完整	1~2	>1.0	结合差	裂隙、层面	块状或厚层状结构
	2~3	1.0~0.4	结合好或结合一般		块状结构
较破碎	2~3	1.0~0.4	结合差	裂隙、层面、小断层	裂隙块状或中厚层状结构
	≥3	0.4~0.2	结合好 结合一般		镶嵌碎裂结构 中、薄层状结构
破碎	≥3	0.4~0.2	结合差	各种类型结构面	裂隙块状结构
		≤0.2	结合一般或结合差		碎裂状结构

表 C.0.3 岩石完整程度等级定性分类

完整程度	结构面发育程度		主要结构面的结合程度	主要结构面类型	相应结构类型
	组数	平均间距			
极破碎	无序	—	结合很差	—	散体状结构

注：平均间距指主要结构面（1组~2组）间距的平均值。

C.0.4 定性划分岩体结构类型应符合表 C.0.4 规定。

表 C.0.4 岩体结构类型定性分类

岩体结构类型	岩体结构特征	可能发生的岩土工程问题
整体状结构	岩体稳定，均质，以层面和原生、构造节理为主多呈闭合型，间距大于1.5m，一般1组~2组，无危险结构	局部滑动或坍塌，深埋洞室的岩爆
块状结构	岩体基本稳定，结构面互相牵制，有少量贯穿节理裂隙，结构面间距大于0.7m~1.5m，一般2组~3组，有少量分离体	
层状结构	稳定性较差，变形和强度受层面控制，有层理、片理、节理，常有层间错动	可沿结构面滑塌，软岩可产生塑性变形
碎裂状结构	稳定性很差，整体强度很低，并受软弱结构面控制，断层、节理、片理、层理发育，结构面间距0.25m~0.5m，一般3组以上，有许多分离体	易发生规模较大的岩体失稳
散体状结构	稳定性遭极大破坏，稳定性极差，构造和风化裂隙密集，结构面错综复杂、多充填黏性土，形成无序小块	易发生规模较大的岩体失稳，地下水加剧失稳

附录 D 福建省第四系地层划分标准

表 D 福建省第四系地层划分简表

地质年代				地层及时限 (年)	地层代号	界面及标志层	成因类型	接触关系	土的名称举例	
系	统	组	段							
第四系	全新统	长乐组	上段	3000 ~ 4000	Q_4^3	黄褐色黏土 侵蚀面	冲积冲洪积、风 积	假整合	人工填土层，近 期冲积淤积层， 褐黄色黏性土 层，风积砂层	
			下段		Q_4^{1-2}	淤泥 风化面	海积海陆过渡		淤泥质黏土及淤 泥 1，淤泥及 粉、细、中砂夹 层或互层沉积， 含泥或泥质中细 砂层，细中砂层	
	上更新统	东山组			10000±	Q_4^3	黄、灰、灰绿 色黏性土 风化面	冲积海积湖积风 积	假整合	黏土 2，轻砂质 黏土和粉土，淤 泥 2，淤泥质 土；中细砂，中 粗砂及其含泥 层；细中砂，中 砂或粗砂层；砂 砾卵石层
		龙海组	上段	25000± 蒙戈事件	Q_3^2	黄、灰绿色黏 性土	冲积海积冲洪 积、湖积	假整合	灰黄、褐黄、灰 绿色黏性土及粉 土层；泥质砂 砾、碎卵石层； 淤泥 3、淤泥质 土	
			下段	70000±	Q_3^{1-2} Q_3^1	砂砾卵石层、 灰黄、白灰色 黏性土 风化面			灰黄、灰白色黏 性土及粉性土； 黄`色砂砾卵石层 (泥质)	
		中更新统	同安组		125000± 布莱克事件	Q_2	固结风化泥质 砂砾碎石及黏 性土层 侵蚀面	冲洪积、洪积	假整合	黄色泥质砂砾卵 碎石，通体风 化；褐红、浅色 含砾卵石黏性土 层；局部可见玄 武岩
	下更新统	流会组		730000±	Q_1	玄武岩（较新 鲜） 侵蚀面	喷发	不整合		
	不分			2430000±	Q_p^{el}	可见母岩	残积（局部有坡 积层覆盖）	不整合	褐黄、砖红、褐 红或灰黄、灰白 黏性土及粉性土 层	

附录 E 圆锥动力触探锤击数修正

E.0.1 当采用重型圆锥动力触探确定碎石土密实度时，锤击数 $N_{63.5}$ 应按下式修正：

$$N'_{63.5} = \alpha_1 \cdot N_{63.5} \quad (\text{E.0.1})$$

式中： $N'_{63.5}$ —修正后的重型圆锥动力触探锤击数；

α_1 —修正系数，按表 E.0.1 取值；

$N_{63.5}$ —实测重型圆锥动力触探锤击数。

表 E.0.1 重型圆锥动力触探锤击数修正系数

$N'_{63.5}$ L (m)	5	10	15	20	25	30	35	40	≥ 50
2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	—
4	0.96	0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86	0.84
6	0.93	0.90	0.88	0.85	0.83	0.81	0.79	0.78	0.75
8	0.90	0.86	0.83	0.80	0.77	0.75	0.73	0.71	0.67
10	0.88	0.83	0.79	0.75	0.72	0.69	0.67	0.64	0.61
12	0.85	0.79	0.75	0.70	0.67	0.64	0.61	0.59	0.55
14	0.82	0.76	0.71	0.66	0.62	0.58	0.56	0.53	0.50
16	0.79	0.73	0.67	0.62	0.57	0.54	0.51	0.48	0.45
18	0.77	0.70	0.63	0.57	0.53	0.49	0.46	0.43	0.40
20	0.75	0.67	0.59	0.53	0.48	0.44	0.41	0.39	0.36

注：表中 L 为杆长。

E.0.2 当采用超重型圆锥动力触探确定碎石土密实度时，锤击数 N_{120} 应按下式修正：

$$N'_{120} = \alpha_2 \cdot N_{120} \quad (\text{E.0.1})$$

式中： N'_{120} —修正后的超重型圆锥动力触探锤击数；

α_2 —修正系数，按表 E.0.2 取值；

N_{120} —实测超重型圆锥动力触探锤击数。

表 E. 0. 2 超重型圆锥动力触探锤击数修正系数

N'_{120} L (m)	1	3	5	7	9	10	15	20	25	30	35	40
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	0.96	0.92	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89	0.88	0.88	0.88
3	0.94	0.88	0.86	0.85	0.84	0.84	0.84	0.83	0.82	0.82	0.81	0.81
5	0.92	0.82	0.79	0.78	0.77	0.77	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.72
7	0.90	0.78	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71	0.70	0.68	0.68	0.67	0.66
9	0.88	0.75	0.72	0.70	0.69	0.68	0.67	0.66	0.64	0.63	0.62	0.62
11	0.87	0.73	0.69	0.67	0.66	0.66	0.64	0.62	0.61	0.60	0.59	0.58
13	0.86	0.71	0.67	0.65	0.64	0.63	0.61	0.60	0.58	0.57	0.56	0.55
15	0.86	0.69	0.85	0.63	0.62	0.61	0.59	0.58	0.56	0.55	0.54	0.53
17	0.85	0.68	0.63	0.61	0.60	0.60	0.57	0.56	0.54	0.53	0.52	0.50
19	0.84	0.66	0.62	0.60	0.58	0.58	0.56	0.54	0.52	0.51	0.50	0.48

注：表中 L 为杆长。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

附录 F 福建省常见土层物理力学指标

F.0.1 福建省常见土层物理力学性质指标一览表仅供参考，不得作为岩土工程勘察成果直接作为设计依据。

表 F.0.1-1 福建省常见土层物理力学性质指标

序号	土层名称	状态	天然重度 γ	粘聚力 c	内摩擦角 φ	承载力特征值 f_{ak}	压缩模量 $E_{s0.1-0.2}$
			kN/m ³	kPa	°	kPa	kPa
1	瓦砾填土	松散	≤16.0	—	—	70~80	—
		稍密	16.0~18.0	—	—	80~100	—
		中密	18.0~20.0	—	—	100~120	—
2	黏土质填土	中密、可塑	17.5~19.0	—	—	70~90	—
3	黏土(I)	$I_L=0.4\sim0.6$	18.0	10~25	10~20	120~150	2.0~3.0
		$I_L=0.6\sim0.95$	17.5	10~18	10~15	100~120	1.5~2.5
4	淤泥质黏土	$I_L=1.0\sim1.2$	16.5	8~15	10~15	60~80	1.5~2.5
		$I_L=0.9\sim1.3$	16.5~17.0	12~20	12~15	80~100	2.0~3.0
		$I_L=0.8\sim1.2$	17.0	15~25	15~20	100~120	3.0~4.0
5	淤泥	$I_L=1.5\sim2.0$	14.5~16.5	8~12	4~10	45~60	1.0~2.0
		$I_L=1.2\sim1.6$	16.0	15~20	10~15	60~80	2.0~2.5
		$I_L=0.8\sim1.4$	16.5~18.0	18~25	12~18	70~100	2.5~3.0

续表 F. 0. 1-1

序号	土层名称	状态	天然重度	粘聚力 c	内摩擦角	承载力特征值	压缩模量
			γ		φ	f_{ak}	$E_{s0.1-0.2}$
			kN/m ³	kPa	°	kPa	kPa
6	黏土 (II)	$I_L=0.3\sim 0.7$	18.0~ 20.0	16~ 30	15~ 25	150~ 180	6.0~ 12.0
		$I_L=0.3\sim 0.7$	18.0~ 20.0	16~ 30	15~ 25	150~ 180	6.0~ 12.0
7	黏土 (III)	$I_L=0.2\sim 0.4$	19.0	20~ 40	16~ 25	200~ 250	6.0~ 18.0
		$I_L=0.6\sim 0.8$	19.0	18~ 30	15~ 20	150~ 200	5.0~ 14.0
8	淤泥夹砂	稍密	17.0~ 19.0	8~20	12~ 20	90~ 120	2.0~6.0
9	淤泥中细砂交互层	—	17.5~ 19.0	8~15	16~ 26	—	—
10	淤泥质中细砂	稍密	18.0	6~15	15~ 25	100~ 120	3.0~6.0
11	中细砂	中密	18.0	—	21~ 26	180~ 250	—
12	粗中砂	中密	19.0	—	24~ 32	200~ 300	—
13	泥质砾卵石	中密~密实	21.0	—	—	250~ 400	—
14	砂砾卵石层	—	21.0	—	—	300~ 450	—
15	砂质黏土	$I_L=0.45\sim 0.8$	19.0	20~ 40	15~ 25	180~ 250	5.0~ 13.0
16	残积黏性土	$I_L=0.4\sim 0.9$	20.0	15~ 30	20~ 28	200~ 350	6.0~ 15.0
		—	20.0	20~ 40	15~ 25	160~ 400	9.0~ 20.0

注：抗剪强度指标按固结时间为 1h 的直剪强度乘以 0.8 计。

表 F. 0. 1-2 福建省沿海地区软土主要物理性质指标

地区	含水量 w (%)	重度 γ (kN/m ³)	孔隙比 e	饱和度 S_r	液限 w_L	塑性指数 I_L
福州	45.0~80.0	15.0~17.5	1.1~2.7	90~98	35~75	16~35
马尾	45.7~73.0	16.0~17.5	1.15~1.9	90~100	35~75	16~35

续表 F. 0. 1-2

地区	含水量 w (%)	重度 γ (kN/m ³)	孔隙比 e	饱和度 S_r	液限 w_L	塑性指数 I_L
福州	45.0~80.0	15.0~17.5	1.1~2.7	90~98	35~75	16~35
马尾	45.7~73.0	16.0~17.5	1.15~1.9	90~100	35~75	16~35
厦门	50.0~70.0	14.5~18.0	1.0~1.7	85~100	35~60	15~25
漳州	45.0~65.0	15.5~17.5	0.9~1.8	85~96	40~65	16~30
泉州	45.0~75.0	15.0~17.0	1.0~1.8	96~99	40~60	17~30
诏安	36.0~65.0	16.7~18.5	0.99~1.6	86~100	50~68	10~25

表 F. 0. 1-3 福建省沿海地区淤泥、淤泥质土承载力特征值 f_{ak}

天然含水量 w (%)	36	40	45	50	55	65	75
f_{ak} (kPa)	90	80	70	60	50	40	35

注：本表仅适用于一般工程，应同时进行地基变形验算。缺乏经验地区，必须有可靠的试验对比或实际工程验证。

附录 G 静力触探试验估算单桩竖向极限承载力

G.0.1 根据双桥静力触探试验成果 q_c 、 f_{si} 值，估算预制桩单桩竖向极限承载力 Q_u ，可按式(G.0.1-1)~(G.0.1-3)进行：

$$Q_u = u \sum_{i=1}^n l_i \beta_i f_{si} + \alpha \overline{q_c} A_p \quad (\text{G.0.1-1})$$

式中： f_{si} —第 i 层土的探头侧摩阻力 (kPa)；

u —桩身周长 (m)；

β_i —第 i 层土桩身侧摩阻力修正系数，按下式计算：

$$\text{黏性土} \quad \beta_i = 10.043 f_{si}^{-0.55} \quad (\text{G.0.1-2})$$

$$\text{砂性土} \quad \beta_i = 5.045 f_{si}^{-0.45} \quad (\text{G.0.1-2})$$

α —桩端阻力修正系数，对黏性土取 2/3，对饱和砂土取 1/2；

$\overline{q_c}$ —桩端上、下探头阻力，取桩尖平面以上 4d 范围内按厚度加权的平均值，然后再和桩端平面以下 1d 范围内的 q_c 值进行平均 (kPa)。

注：上述计算预制桩单桩竖向极限承载力公式(G.0.1-1)~(G.0.1-3)仅适用于黏性土和砂土。

G.0.2 当根据单桥静力触探资料确定混凝土预制桩单桩竖向极限承载力标准值时，可按式计算：

$$Q_u = u \sum q_{sik} l_i + a_b p_{sk} A_p \quad (\text{G.0.2-1})$$

当 $p_{sk1} \leq p_{sk2}$ 时

$$p_{sk} = \frac{p_{sk1} + \beta p_{sk2}}{2} \quad (\text{G.0.2-2})$$

当 $p_{sk1} > p_{sk2}$ 时

$$p_{sk} = p_{sk2} \quad (\text{G.0.2-3})$$

式中： Q_u —单桩竖向极限承载力（kN）；

u —桩身周长（m）；

q_{sik} —用静力触探比贯入阻力 p_s 估算的第 i 层土的桩周极限侧阻力 q_{sik} （kPa），表 G.0.1-1 的规定取值；

l_i —第 i 层土桩的长度；

a_b —桩端阻力修正系数，按表 G.0.1-2 取值；

p_{sk} —桩端附近静力触探比贯入阻力平均值（kPa）；

p_{sk1} —桩端全断面以上 8 倍设计桩径范围内的比贯入阻力平均值（kPa），如桩端持力层为密实的砂土层，起闭关如阻力平均值超过 20MPa 时，则需乘以表 G.0.1-3 中的系数 C 予以折减后，再计算 p_{sk} ；

p_{sk2} —桩端全断面以下 4 倍设计桩径范围内的比贯入阻力平均值（kPa）；

β —折减系数，根据 p_{sb2}/p_{sb1} 由表 G.0.1-4 取值；

A_p —桩端断面（m²）。

表 G.0.1-1 桩周极限侧阻力 q_{sik} 值

土层		q_{sik} (kPa)
地表以下 6m 范围内的浅层土		15
黏性土	$p_s \leq 1000\text{kPa}$	$p_s/20$
	$p_s > 1000\text{kPa}$	$0.025p_s + 25$
粉性土和砂性土		$p_s/50$

表 G.0.1-2 桩端阻力修正系数 a_b 值

桩长 l (m)	$l \leq 7$	$7 \leq l \leq 30$	$l > 30$
a_b	2/3	5/6	1

表 G.0.1-3 系数 C

p_{sk} (MPa)	20~30	35	>40
C	5/6	2/3	1/2

表 G. 0. 1-4 折减系数 β 值

p_{sk2}/p_{sk1}	<5	5~10	10~15	>15
β	1	5/6	2/3	1/2

注：当比贯入阻力值为 2500kPa~6500kPa 的浅层粉性土及稍密的砂性土时，计算的桩端阻力和桩周侧阻力数值可能会偏大；因此，用 p_s 估算桩的极限端阻力不宜超过 8000kPa，桩周极限侧阻力不宜超过 100kPa。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

附录 H 标准贯入试验估算单桩竖向极限承载力

H.0.1 根据标准贯入试验成果可按下式(H.0.1)估算预制桩、预应力管桩和沉管灌注桩的单桩竖向极限承载力 Q_u ：

$$Q_u = \beta_s u \sum_{i=1}^n q_{sis} l_i + q_{ps} A_p \quad (\text{H.0.1})$$

式中： q_{sis} —第 i 层土的极限侧阻力 (kPa)，可按表 H.0.1-1 采用；

q_{ps} —桩端土极极限端阻力 (kPa)，可按表 H.0.1-2 采用；

β_s —桩侧阻力修正系数，土层埋深 h (m)，当 $10 \leq h \leq 30$ 时取 1.0；土层埋深 $h > 30$ 时，取 1.1~1.2；

其他符号意义同附录 G

表 H.0.1-1 极限侧阻力 q_{sis}

土的类型	土(岩)层平均标准贯入实测击数 (击)	极限侧阻力 q_{sis} (kPa)
淤泥	<1~3	<10~16
淤泥质土	3~5	18~26
黏性土	5~10	20~30
	10~15	30~50
	15~30	50~80
	30~50	80~100
粉土	5~10	20~40
	10~15	40~60
	15~30	60~80
	30~50	80~100
粉细砂	5~10	20~40
	10~15	40~60
	15~30	60~90
	30~50	90~110
中砂	10~15	40~60
	15~30	60~90

续表 H. 0. 1-1

土的类别	土(岩)层平均标准贯入实测击数 (击)	极限侧阻力 q_{sis} (kPa)
中砂	30~50	90~110
粗砂	15~30	70~90
	30~50	90~120
砾砂(含卵石)	>30	110~140
全风化岩	30~50	100~160
强风化软质岩	40~50	160~200
强风化硬质岩	≥ 50	200~240

注：表中数据对无经验的地区应先用试桩资料进行验证。

表 H. 0. 1-2 极限端阻力 q_{ps}

桩入土深度	标准贯入击数					
	70	50	40	30	20	10
15	9000	8200	7800	6000	4000	1800
20	11000	8600	8200	6600	4400	2000
25		9000	8600	7000	4800	2200
30		9400	9000	7400	5000	2400
>30		10000	9400	7800	6000	2600

注：1 表中数据可以内插；

2 对无经验地区，表中数据必须先与试桩资料进行对比验证。

附录 J 福建省常见岩石物理力学性质指标

J.0.1 福建省常见岩石的物理力学性质指标一览表仅供参考，不得作为岩土工程勘察成果直接作为设计依据。

表 J.0.1-1 福建省常见岩石物理力学性质指标

岩石名称	重度 (kN/m ³)	饱和单轴极限抗压强度 (MPa)	软化系数	抗剪强度 (MPa)	弹性模量 (×10 ³ MPa)
花岗岩	24.9~30.0	84.8~250.0	0.60~1.00	7.06~8.10	14.0~69.0
花岗斑岩	25.3~26.0	64.0~216.0	0.67~0.94	—	—
石英闪长岩	26.3~30.5	85.9~139.6	—	—	—
花岗闪长岩	25.4~26.7	93.9~176.6	0.66~0.88	—	—
正长岩	25.0~29.0	33.9~151.3	0.70~0.90	—	15.0~91.2
闪长玢岩	25.7~28.6	75.0~168.8	0.78~0.90	3.28	—
辉绿岩	25.3~29.7	67.8~165.2	0.50~0.65	6.32	55.2~63.2
辉长岩	25.5~29.9	102.1~179.1	—	—	—
凝灰熔岩	25.9~26.4	37.2~89.8	0.66~0.95	12.10~13.40	—
流纹岩	25.7~27.0	36.5~119.5	0.66~1.00	—	22.0~90.2
凝灰岩	26.2~30.0	37.6~75.0	0.64~0.97	—	—
石英片岩	27.1~27.4	70.3~195.4	0.61~0.86	7.30~10.80	—
变粒岩	25.0~26.4	44.5~158.2	0.75~0.97	—	16.6~17.3
粉砂岩	21.7~27.2	9.0~40.0	0.20~0.51	1.28~2.16	—
砂岩	22.0~29.0	20.0~50.0	0.67~1.00	4.71~11.8	19.5~37.8
泥岩	23.5~27.4	9.9~23.8	0.40~0.66	—	6.0
石灰岩	23.0~29.0	40.0~70.0	0.70~0.90	—	14.7~58.8

注：表中所列数值系为中等风化~微风化岩石的试验结果统计值。

表 J.0.1-2 福建省风化岩承载力特征值 f_{rk} (kPa)

岩石类型	砂土状强风化	碎块状强风化	中等风化	微风化
硬质岩石	500~800	1000~1500	2500~4000	≥4000
软质岩石	200~400	500~700	1200~1800	1500~2000

注：1 除风化程度不同外，尚应结合岩体裂隙、节理、夹层及均匀性综合取值；

2 对于微风化硬质岩石，当承载力取值超过表中数值时，应通过试验确定。

附录 K 天然地基极限承载力估算

K.0.1 根据地基土室内土工试验指标估算天然地基极限承载力 f_u ，可按式 K.0.1 估算：

$$f_u = \frac{1}{2} N_r \zeta_r b \gamma + N_q \zeta_q \gamma_0 d + N_c \zeta_c c_k \quad (\text{K.0.1})$$

式中： f_u —地基极限承载力（kPa）；

N_r 、 N_q 、 N_c —地基承载力系数，根据地基持力层内摩擦角标准值 φ_k 按表 K.0.1-1 确定；

ζ_r 、 ζ_q 、 ζ_c —基础形状修正系数，按表 K.0.1-2 确定；

b 、 l —分别为基础（包括箱形基础和筏形基础）底面的宽度与长度，当基础宽度大于 6mm 时，取 $b=6\text{m}$ ；

γ_0 、 γ —分别为基底以上和基底组合持力层的土体平均重力密度（kN/m³）；位于地下水位以下且不属于隔水层的土层取重力密度；当基底土层位于地下水位以下但属于隔水层时， γ 可取天然重力密度；当基底以上的地下水与基底高程处的地下水之间有隔水层时，基底以上土层在计算 γ_0 时可取天然重度密度；

d —基础埋置深度（m），应根据不同情况按下列规定选取：①一般自室外地面高程算起；对于地下室采用箱形或筏形基础时，自室外天然地面起算，采用独立柱基或条形基础时，从室内地面起算；②在填方整平地区可自填土地面起算；但若填方在上部结构施工后完成时，自填方前的天然地面起算；③当高层建筑周边附属建筑为超补偿基础时，宜分析和考虑周边附属建筑基底压力低于土层自重压力的影响；

c_k —地基持力层粘聚力标准值 (kPa)

表 K. 0. 1-1 极限承载力系数表

φ_k (°)	N_c	N_q	N_r	φ_k (°)	N_c	N_q	N_r
0	5.14	1.00	0.00	26	22.25	11.85	12.54
1	5.38	1.09	0.07	27	23.94	13.20	14.47
2	5.63	1.20	0.15	28	25.80	14.72	16.72
3	5.90	1.31	0.24	29	27.86	16.44	19.34
4	6.19	1.43	0.34	30	30.14	18.40	22.40
5	6.49	1.57	0.45	31	32.67	20.63	25.99
6	6.81	1.72	0.57	32	35.49	23.18	30.22
7	7.16	1.88	0.71	33	38.64	26.09	35.19
8	7.53	2.06	0.86	34	42.16	29.44	41.06
9	7.92	2.25	1.03	35	46.12	33.30	48.03
10	8.35	2.47	1.22	36	50.59	37.75	56.31
11	8.80	2.71	1.44	37	55.63	42.92	66.19
12	9.28	2.97	1.69	38	61.35	48.93	78.03
13	9.81	3.26	1.97	39	67.87	55.96	92.25
14	10.37	3.59	2.29	40	75.31	64.20	109.41
15	10.98	3.94	2.65	41	83.86	73.90	130.22
16	11.63	4.34	3.06	42	93.71	85.38	155.55
17	12.34	4.77	3.53	43	105.11	99.02	186.54
18	13.10	5.26	4.07	44	118.37	115.31	224.64
19	13.93	5.80	4.68	45	133.88	134.88	271.76
20	14.83	6.40	5.39	46	152.10	158.51	330.35
21	15.82	7.07	6.20	47	173.64	187.21	403.67
22	16.88	7.82	7.13	48	199.26	222.31	496.01
23	18.05	8.66	8.20	49	229.93	265.51	613.16
24	19.32	9.60	9.44	50	266.89	319.09	762.86
25	20.72	10.66	10.88				

注: $N_q = e^{\pi \tan \varphi_k} \cdot \tan^2(45^\circ + \frac{\varphi_k}{2})$; $N_c = (N_q - 1) \cot \varphi_k$; $N_r = 2(N_q + 1) \tan \varphi_k$

表 K. 0. 1-2 基础形状系数

基础形状	ζ_r	ζ_q	ζ_c
条形	1.00	1.00	1.00
矩形	$1 - 0.4 \frac{b}{l}$	$1 + \frac{b}{l} \tan \varphi_k$	$1 + \frac{bN_q}{lN_c}$
圆形或方形	0.60	$1 + \tan \varphi_k$	$1 + \frac{N_q}{N_c}$

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，可采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897
- 2 《地下水质量标准》GB/T 14848
- 3 《中国地震动参数区划图》GB 18306
- 4 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 5 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 6 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 7 《工程测量标准》GB 50026
- 8 《供水水文地质勘察规范》GB 50027
- 9 《工业建筑防腐设计标准》GB 50046
- 10 《地下工程防水技术规范》GB 50108
- 11 《土工试验方法标准》GB/T 50123
- 12 《工程岩体分级标准》GB/T 50218
- 13 《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497
- 14 《岩土工程勘察安全标准》GB/T 50585
- 15 《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002
- 16 《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003
- 17 《工程勘察通用规范》GB 55017
- 18 《工程测量通用规范》GB 55018
- 19 《城市测量规范》CJJ/T 8
- 20 《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61
- 21 《建设电子文件与电子档案管理规范》CJJ/T 117
- 22 《生活垃圾土工试验技术规程》CJJ/T 204
- 23 《生活垃圾采样和分析方法》CJ/T 313
- 24 《工业固体废物采样制样技术规范》HJ/T 20

- 25 《场地环境调查技术导则》 HJ 25.1
- 26 《建筑工程地质钻探与取样技术规程》 JGJ/T 87
- 27 《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
- 28 《建筑基坑支护技术规程》 JGJ 120
- 29 《建筑桩基检测技术规范》 JGJ 406
- 30 《建筑工程抗浮技术标准》 JGJ 476
- 31 《原状取砂器》 JG/T 5061.10
- 32 《公路工程地质勘察规范》 JTG C20
- 33 《公路桥涵地基与基础设计规范》 JTG 3363
- 34 《水电工程钻孔注水试验规程》 NB/T 35104
- 35 《水电工程钻孔压水试验规程》 NB/T 35113
- 36 《水利水电工程钻探规程》 SL/T 291
- 37 《岩土工程勘察信息模型技术规程》 DBJ/T 13-330

福建省工程建设地方标准

岩土工程勘察标准

DBJ/T 13-84-2022

条文说明

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

修订说明

《岩土工程勘察标准》DBJ/T 13-84-2022，经福建省住房和城乡建设厅 2020 年 11 月 17 日以闽建科(2020)13 号文批准发布，并经住房和城乡建设部备案，备案号为 J 18057-2022。

本标准是在《岩土工程勘察规范》DBJ 13-84-2006 的基础上修订而成，上一版的主编单位是福建省建筑设计研究院，参编单位是福建省建筑科学研究院、福建省水利水电勘测设计研究院、附件交通规划设计院、福建省地质工程勘察院、厦门华岩勘测设计有限公司、福州市建筑设计院、福州市勘测院、福建岩土工程勘察研究院、厦门地质工程勘察院、福建泉州岩土勘测设计研究院，主要起草人员是戴一鸣、吴铭炳、陈振建、赖树钦、张家金、郑也平、彭文、何伯干、朱德昌、林小富、严可煊、林民勇、李哲生、俞强、董金荣、李永胜、宋清辉。本次修订的主要内容是：

1. 对第 2 章术语和符号作了增减；
2. 增加了第 3 章基本规定；
3. 将原第 5 章工程勘察技术要求拆分为第 5 章建筑工程勘察技术要求和第 6 章市政工程勘察技术要求，并对原内容作了修订；
4. 增加了第 7 章环境岩土工程勘察技术要求；
5. 对第 10 章场地与地基的地震效应评价作了修订；
6. 增加了第 11.5 节工程周边环境与专项调查；
7. 第 13 章原位测试增加了旁压试验、土壤氩测试和孔隙水压力测试内容；
8. 将原第 10 章 10.5 节工程物探拆分独立成章，增加了第 14 章工程物探；
9. 增加了第 17.7 节不良地质作用和地质灾害监测；
10. 将原第 12.8 节水、土对建筑材料的腐蚀性评价调整至第 18.7 节水、土腐蚀性评价，并对原内容进行了修订；
11. 增加了第 19.4 节三维可视化勘察信息模型；
12. 增加了建设场地适宜性和稳定性评价内容和评价方法；
13. 增加了圆锥动力触探锤击数修

正方法；14.删除了原附录 E 抗拔静载荷试验技术要求和附录 F 单桩竖向抗压静载荷试验技术要求；15.将原附录 K 边坡处理常用方法和坡率允许值调整至第 5.5 节。

本标准修订过程中，修编组根据国家现行有关规范和标准，经过广泛调查研究，认真总结了福建省近十几年岩土工程实践经验和科研成果，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过现场试验取得了福建省常见岩石、土层物理力学性质指标等重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《岩土工程勘察标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	303
3	基本规定	304
4	地貌与岩土分类	309
4.1	地貌	309
4.2	岩石分类与定名	309
4.3	土的分类与定名	313
5	建筑工程勘察技术要求	316
5.1	一般规定	316
5.2	建（构）筑工程勘察	317
5.3	地基处理	319
5.4	基坑工程	320
5.5	边坡工程	323
5.6	建（构）筑物改造和加固	327
6	市政工程勘察技术要求	329
6.1	一般规定	329
6.2	道路工程	330
6.3	桥涵工程	332
6.4	隧道工程	334
6.5	室外管道工程	335
6.6	给排水工程	336
6.7	堤岸工程	338
6.8	地下综合管廊工程	339
6.9	城市步栈道工程	340
7	环境岩土工程勘察技术要求	342

7.1	一般规定	342
7.2	固体废弃物处理工程.....	343
7.3	垃圾填埋场	345
7.4	地下水污染治理工程.....	345
7.5	污染场地治理工程	348
8	特殊性土岩土	356
8.1	软土	356
8.2	填土	358
8.3	混合土	360
8.4	风化岩和残积土	362
8.5	污染土	366
9	不良地质作用	368
9.1	一般规定	368
9.2	岩溶和土洞	368
9.3	滑坡	372
9.4	泥石流	374
9.5	采空区	377
9.6	危岩和崩塌	379
9.7	地面沉降	380
10	场地与地基的地震效应评价	382
10.1	一般规定	382
10.2	场地类别划分	382
10.3	液化判别	385
10.4	软土震陷	387
11	工程地质测绘.....	389
11.1	一般规定.....	389
11.2	工程地质测绘内容.....	390
11.3	工程地质测绘方法.....	390
11.4	工程地质测绘资料整理.....	391

11.5	工程周边环境调查	391
12	勘探和取样	394
12.1	一般规定	394
12.2	钻探	394
12.4	取样	396
13	原位测试	397
13.1	一般规定	397
13.2	载荷试验	399
13.3	静力触探试验	401
13.4	标准贯入试验	403
13.5	圆锥动力触探试验	406
13.6	十字板剪切试验	406
13.7	扁铲侧胀试验	408
13.8	现场直接剪切试验	408
13.9	波速测试	409
13.10	场地微振动测试	412
13.11	旁压试验	413
13.12	氦含量测试	416
13.13	孔隙水压力测试	417
14	工程物探	419
14.1	一般规定	419
14.3	陆域工程物探	420
15	室内试验	423
15.1	一般规定	423
15.2	试样制备	425
15.3	土的物理性质试验	426
15.4	土的力学性质试验	428
15.5	土的动力性质试验	430
15.6	岩石物理、力学性质试验	430

15.7	水、土化学试验	431
16	地下水	436
16.1	一般规定	436
16.2	地下水勘察技术要求	436
16.3	水文地质参数测定	437
16.4	地下水评价	439
16.5	抗浮评价	441
17	检测与监测	450
17.1	一般规定	450
17.2	现场检验	450
17.3	桩基工程监测	452
17.4	基坑工程监测	453
17.5	边坡工程监测	454
17.6	建（构）筑物沉降与垂直度监测	455
17.7	不良地质作用和地质灾害监测	457
18	勘察成果分析与评价	459
18.1	一般规定	459
18.2	岩土参数数理统计	459
18.3	承载力确定	460
18.4	地基变形分析	461
18.5	稳定性分析	464
18.6	工程特性指标	465
18.7	水、土腐蚀性评价	466
19	岩土工程勘察成果编制	468
19.1	一般规定	468
19.2	岩土工程勘察报告文字部分	469
19.3	图表及附件	469
19.4	岩土工程勘察勘察信息模型	469

1 总 则

1.0.1 本次修订根据现行国家全文强制性标准《工程勘察通用规范》GB 55017、《建筑于市政地基基础通用规范》GB 55003、《建筑于市政工程抗震通用规范》GB 55002、部分现行相关国家标准、行业标准和住房和城乡建设部《建设工程勘察质量管理办法》（建设部令第115号，建设部令第163号修改，住房和城乡建设部令第53号修改）等法律、法规和现行国家、行业相关技术标准，对原规范做了修订和补充。同时尽可能地体现本省勘察行业多年来在岩土工程勘察领域所取得的一些研究成果和地方经验。

1.0.2 本标准适用于一般的土木工程。对于水利、交通、核电等未涉及到的行业，由于其专业性和技术上有特殊要求，其岩土工程勘察应按现行国家有关的规范、标准执行。

1.0.3 国务院《建设工程勘察设计管理条例》（国务院令第293号，国务院令第662号文修改）明确规定“先勘察、后设计、再施工”是工程建设必须遵守的程序。

3 基本规定

3.0.1 条文强调岩土工程勘察应根据工程类型、规模大小、任务要求和国家现行技术标准，根据现场踏勘、搜集到的资料，场地条件，合理制定勘察纲要；采用各种有效的勘探设备和技术，查明、分析、评价建设场地的工程地质、水文地质、周边环境和岩土工程条件，编制建设工程勘察文件。勘察文件应符合国家规定勘察文件编制深度要求。勘察报告除应正确反映场地和地基的工程地质条件外，还应结合工程设计和施工条件，对可能存在的岩土工程问题进行分析、论证和评价，提出解决问题的建议。

3.0.2 强调勘察阶段的划分应与设计阶段相吻合，主要是考虑到勘察工作是一种探索性工作，对自然的认识总是由浅而深。每一设计阶段所需要勘察专业解决的岩土工程技术问题和需要提供的技术资料也不一样，勘察的目的和任务也不同。勘察工作是随着勘察阶段的深入由宏观到微观，工作精度由粗到细。

1 强调对特殊或特大型工业项目、市政项目和建筑面积 50 万平方米以上的住宅小区，以及新规划的开发区或成片开发项目应进行可行性研究阶段勘察。通过该阶段勘察，对场地的稳定性和建设的适宜性进行评价，对拟建场地的工程地质和水文地质条件，地震地质背景、不良地质作用和地质灾害等情况有初步了解。对项目投资决策，环境影响和保护、经济效益预期等提供依据。

2 由于各行业设计阶段的划分不完全一致，工程的规模和技术要求各不相同，对场地和地基的复杂程度划分标准也有较大差别。当拟建场地周边或邻近场地已有可供可行性研究使用的勘察资料，可以简化勘察阶段，划分为初步勘察和详细勘察二个阶

段：

3 对工程规模小或场地岩土工程条件简单，特别是拟建场地及周边地区已有较多的岩土工程勘察资料和工程建设经验时，可根据任务要求简化勘察阶段，仅进行一次详细勘察。

4 施工勘察的主要任务是解决在施工阶段发生设计变更，或是由于岩土工程的复杂性，施工验槽、基础施工时发现现场的岩土工程条件与原勘察报告有较大的出入且可能影响到工程质量和工程施工时，导致勘察技术成果不能完全满足设计、施工要求而需要进行的补充勘察或专项勘察。

3.0.3 本条文系根据住房和城乡建设部（建设部令第115号，建设部令第163号修改，住房和城乡建设部令第53号修改）

《建设工程勘察质量管理办法》第22条规定，并参考行业标准《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T 72-2017规定而新增加的条文，岩土工程勘察从勘察纲要编制到不同设计阶段勘察工作均需要许多基础性相关资料，如气象、水文、电力、邻近周边市政工程设施、地下管线分布等。显然需要业主向有关政府管理部门协商提供这些相关的基础资料。因此，条文强调建设单位应履行向勘察单位提供必要和所需资料的义务。

3.0.4 勘察纲要是岩土工程勘察实施全过程的指导性文件。纲要编制的主要内容、审批和变更等应符合国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017-2021第3.1节的有关规定。

当纲要编制勘察工作量布置时，需要开展工程地质测绘和调查工作，应明确测绘范围和成果要求。

市政工程勘察场地位置多处于城市中心地段，多分布各类型地下市政管网管线和地下设施设备物，勘察外业进场前应加强对地下管线等设施的资料收集、现场排查等工作，必要时应提前联系相关管线产权单位协调确认。钻孔应按相关规定及时进行回填封孔，消除安全隐患，做到安全文明作业。

纲要勘察安全措施应根据勘察现场条件和拟采用的勘察手段

等，依据国家标准《岩土工程勘察安全标准》GB/T 50585-2019 规定和地方政府有关法律、法规和管理规定，首先应对勘察场地的危险源和潜在危险源进行辨识，然后有针对性制定相应的安全生产防护措施和提出相应的安全生产防护要求。勘察现场作业开始前，应先对全体项目参与人员进行勘察安全生产和勘察技术交底。

3.0.5 可行性研究勘察工作主要是以搜集拟建场地区域资料为主，包括区域地质、地震地质、工程地质和水文地质条件，邻近周边既有勘察资料、气象和水文等资料；通过现场踏勘了解是否存在不良地质作用和地质灾害现象。主要任务是对拟建场地的适宜性作出评价，对拟建场地稳定性进行初步评价；对有两个以上比选场地进行可行性比选工作。

2 建设场地适宜性评价方法系引用国家行业标准《城乡规划工程地质勘察规范》CJJ 57-2012 的有关规定和附录 C。

3.0.6 初步勘察工作主要是对比选后的拟建场地或已拟定的建设场地，且总体方案已基本确定，为满足初步设计而进行的勘察工作。该阶段的主要任务是在可行性研究阶段工作的基础上，以工程地质测绘、工程物探为主，辅以少量勘探、测试和试验工作，重点初步查明场地地层分布特征、工程地质与水文地质条件，不良地质作用、特殊性岩土和不良地质体类型和分布范围，对场地和拟建地段的稳定性作出评价。考虑到一个工程建设项目，往往有诸多子项或分为多期建设，初步勘察应重点解决场地和拟建地段的稳定性问题，场地稳定性和拟建地段稳定性是初步勘察需要解决的主要问题，而不应留给详细勘察阶段解决。

3.0.7 详细勘察阶段一般总体平面布置已确定，工作任务主要是为单体工程提供详细的岩土工程资料，提供设计、施工所需的岩土参数；从岩土工程师的角度，对地基基础、地下工程、基坑工程、边坡工程、不良地质作用治理、工程抗浮等方面提出解决方案和建议；分析拟建工程实施过程中可能涉及的岩土工程问题

和潜在的工程风险，提出防治措施、检验和监测建议。

3.0.8 施工勘察的任务主要是解决施工设计详图和施工过程需要进一步查明、细化与施工阶段有关的岩土工程为题，包括需要进一步查明局部工程地质、水文地质和周边环境条件等进行的补充勘察工作。施工勘察采取的勘察手段、试验和测试方法应根据任务要求确定，不一定需要与详勘阶段勘察一致。

3.0.9 本次修订，结合全文强制性条文国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017的有关规定，将地基基础评价应包括的基本内容归纳为5款，作为岩土工程勘察必须遵守的基本规定。具体的工程类型，如：市政工程、基坑工程、边坡工程等，在遵守基本规定的基础上，尚应根据工程特点和设计要求，补充相关的评价内容。

3.0.10 建筑与市政工程的场地和地基地震效应评价应符合本条基本规定；本条系引自国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002-2021的有关规定。

7 系根据2021年9月1日起实施的国务院令 第774号《建设工程抗震管理条例》规定新增的条款。

3.0.11 条文主要依据国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003-2021、《工程勘察通用规范》GB 55017-2021的有关规定，并对通用规范中的有关规定做了延伸。条文中的桩基系指人工成孔、机械成孔的钢筋混凝土灌注桩和墩基础。当施工验槽发现揭露的地质条件与勘察报告不一致时，条文要求“应提出处理措施”主要是指应建议进行补充勘察。由于工程建设场地的工程地质条件往往异常复杂，仅靠详勘阶段有限的勘探点揭示的地层资料很难完全反应场地的岩土工程条件，基础工程施工中进行地基验槽对消除地基基础安全隐患，保证工程质量意义重大，需予以重视。

3.0.12 条文系根据2021年4月1日正式实施的住房和城乡建设部《建设工程勘察质量管理办法》（建设部令第115号，根据

建设部令第 163 号修改，根据住房和城乡建设部令第 53 号修改)第十四条、第十七条、第十八条规定而制定。目的是提升工程勘察单位对勘察质量管理信息化水平。同时也是为了满足第十七条关于“工程勘察企业应当建立工程勘察档案管理制度。工程勘察企业应当在勘察报告提交建设单位后 20 日内将工程勘察文件和勘探、试验、测试原始记录及成果、质量安全管理记录归档保存。归档资料应当经项目负责人签字确认，保存期限应当不少于工程的设计使用年限。”以及第十八条“工程勘察质量监督部门应当运用互联网等信息化手段开展工程勘察质量监管，提升监管的精准化、智能化水平。”的有关管理规定。

3.0.13 条文系根据 2021 年 4 月 1 日正式实施的《建设工程勘察质量管理办法》(建设部令第 115 号，根据建设部令第 163 号修改，根据住房和城乡建设部令第 53 号修改)第二十四条，国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017-2021 有关规定而新增的。

3.0.14 近十几年来，岩土工程勘察数字化已在各勘察单位不同程度得到推广和应用。以互联网、物联网等现代信息技术开发的各种实时自动数据采集系统和信息管理平台层出不穷，为了进一步推动和规范我省勘察单位的数字化应用水平和技术水平，确保工程质量安全，本次修订根据住房和城乡建设部的有关规定，对勘察数字化方面作出必要规定。

4 地貌与岩土分类

4.1 地貌

4.1.1 福建省地貌根据其形态可分为山地、丘陵和平原，根据其成因可分为侵蚀地貌和堆积地貌两大类。

4.2 岩石分类与定名

4.2.1~4.2.5 国内外岩石分类方法有好多种，但最基本的分类方法主要有地质分类和工程分类两种。地质分类方法主要是根据岩石的成因类型和风化程度进行分类，工程分类主要是根据岩体的工程性状进行分类；国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009版）是按岩石强度分为极硬岩、较硬岩、较软岩、软岩和极软岩，并以新鲜岩块的饱和抗压强度 30MPa 为分界标准的工程分类。但由于未风化的新鲜岩样难于取得，勘察现场主要是采用定性的地质分类方法。工程分类的目的是使岩土工程师对岩石建立起明确的工程特性概念，便于进行工程评价；地质分类是基本分类方法，工程分类应在地质分类的基础上进行。

岩石风化程度的定性划分是指从岩石的结构、矿物成分、掘进难易程度、破碎程度等因素进行综合分析确定，该分类方法受人的经验和主观因素的影响较大。岩石风化程度定性划分标准如下：

- 1 未风化：岩石岩质新鲜，偶见风化痕迹，岩石组织结构未变。
- 2 微风化：岩石岩质新鲜，沿着节理面有些铁锰质渲染的

痕迹或略有变色，有少量的风化痕迹，没有疏松物质，矿物质和岩石的组织结构基本没发生改变。

3 中等风化：岩石构造层理清晰，但被节理裂隙切割成岩块状，裂隙里填充着少量风化物；结构部分破坏，矿物质的成分基本没发生变化，只沿着节理面出现了次生矿物；锤击声音脆，岩体不容易击碎，用镐难挖掘，岩芯钻方可钻进。

4 强风化：岩体被节理、裂隙分割为成块的碎块状；岩体结构大部分被破坏，构造层理不清晰，矿物质成分显著发生变化；锤击声音哑，碎岩可以手折断，干钻不容易钻进，用镐可以挖掘。

5 全风化：岩体被节理、裂隙分割成了散体状；岩体结构基本被破坏，只有外观仍保持着原岩状态；碎石可以手捏碎，用镐可以挖掘，干钻可钻进。

岩石风化程度定量划分标准主要采用波速比和风化系数两个指标。波速比是指风化岩石与新鲜岩石压缩波速度之比；风化系数是指风化岩石与新鲜岩石饱和单轴抗压强度之比。由于岩石的类型、物质成分、结构和构造等多种多样，影响岩石风化的因素也很复杂，各种岩石风化的速度和风化后的形态变化也不同，很难建立一套统一定量划分岩石风化程度的标准。尽管目前给出的物理、力学定量指标使岩石风化程度的划分有了定量的依据，但这些还是非常初步的。因此岩石风化程度的划分应当采用定量指标和定性描述相互结合的方法，通过两者相互印证来积累采用定量指标划分岩石风化程度的相关经验。

岩石经过物理、化学风化作用，其矿物质成分会发生变化，形成各种新的次生矿物。其中黏土矿物的发育特征是划分岩石风化程度的重要标志。岩石主要成岩的矿物质在风化过程中会表现出阶段性特征，主要的硅酸盐经过风化后，会逐步向最终稳定的矿物质转化，在转化过程中会经历相当长的时间，并且会通过许多中间的过渡性矿物质来分阶段实现。这一些风化阶段则能够反

映出岩石不同的风化程度。因此，可以根据黏土矿物成分和风化作用的转变阶段来划分岩石风化程度。

本标准岩石风化程度划分标准与国家标准一致，均分为五级。由于岩石的风化程度是一种渐变的过程，且受地质构造、节理裂隙发育程度和物理、化学等风化条件控制，实际上不存在天然的风化地层界面，如花岗岩、凝灰岩等岩浆岩类地层。在这种情况下，可采用过渡放大分类方法；即用类似“强风化~全风化”，“中风化~强风化”等表述。岩体的完整性也可用类似的方法表述。对这类风化岩石由于钻孔岩芯取芯率低，代表性不强，故应注意天然露头 and 人工露头的描述，宜采用探槽、探井等方法进行鉴定，并应加强原位测试工作。本次修订根据工程物探技术的发展和我省十几年来积累的诸多工程实践经验，提供了面波速度和剪切波速度两个定量指标划分标准。

关于软化岩石和特殊性岩石的分类标准与国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009版）相同，软化岩石以软化系数 0.75 为界限。

现行国内外技术标准均无岩石与土之间明确的分界标准，对极软岩无下限，对硬土无上限。国家标准《工程岩体分级标准》GB/T 50218-2014 和《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001

（2009版）规定，当饱和单轴极限抗压强度小于 5.0MPa，可定为极软岩。国外如国际岩石力学学会规定小于 1.25MPa；

ISO13689-2003 规定小于 1.0MPa 可定为极软岩。对于硬土，ISO13689-2003 和国际土力学与基础工程学会规定不排水强度大于 300kPa 为很高或极硬，也是无上限。现行国内外标准多是采用岩石饱和单轴抗压强度作为划分岩石软硬程度的判别依据。对于过渡性岩土，特别是对于极软岩和极破碎岩，有的学者建议应以天然湿度单轴抗压强度作为划分依据较为合理，并提出过渡性岩土的天然湿度单轴极限抗压强度可定为 0.3~1.0MPa。定名时应视具体性状或地质年代，有时可称“硬土”，有时可称“极软

岩”。这类岩石的代表主要为泥质岩类，但在我省其单轴抗压强度大多介于 10MPa~25MPa，判别时应注意。

极软岩中的全风化硬质岩、散体状强风化岩干钻不易钻进，钻探采用岩芯管钻取芯样的难度比粘性土大幅增大，需要采用单动三重管或双动三重管取芯。为使岩土类别的划分更好地与岩土性状及岩土工程勘察工作的难易程度相对应，本次修订条文说明中在参考原国家 2002 年《工程勘察设计收费标准》（修订）表 3.3-1 的基础上，根据前述实际情况增加该方面内容，为工程勘察收费提供参考。

表 1 岩土工程勘探与原位测试复杂程度表

岩土类别	I	II	III	IV	V	VI
松散地层	流塑、软塑、可塑粘性土，稍密、中密粉土，含硬杂质 ≤10% 的填土	硬塑、坚硬粘性土，密实粉土，含硬杂质 ≤25% 的填土，湿陷性土，红粘土，膨胀土，盐渍土，残积土，污染土	砂土，砾石，混合土，多年冻土，含硬杂质 >25% 的填土	粒径 ≤50mm、含量 >50% 的卵（碎）石层	粒径 ≤100mm、含量 >50% 的卵（碎）石层，混凝土构件、面层	粒径 >100mm、含量 >50% 的卵（碎）石层、漂（块）石层
岩石地层		全风化软质岩	全风化硬质岩、散体状强风化岩	碎块状强风化岩	中风化岩	微风化岩

注：强风化、中风化和微风化岩，包括硬质岩及软质岩。

4.2.7 岩石质量指标 RQD 是指用直径为 75mm 的金刚石钻头和双层岩心管在岩石中钻进，连续取芯，回次钻进所取岩芯中，长度大于 10cm 的岩心段长度之和与改回此进尺的比值，以百分数表示。

4.3 土的分类与定名

4.3.1~4.3.2 土的分类与国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009版）基本一致，在特殊性土的划分仅保留了福建省有分布的特殊性土部分。

4.3.3 一般性土的划分除了粉土、黏性土分类外，其它与国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009版）一致。由于粉土的性质介于砂土和黏性土之间，其差异对工程的影响很大，根据福建省的实际情况和工程实践，认为有必要对粉土、黏性土进一步划分亚类。在征求大部分勘察单位意见，以及对数百个工程的资料进行复核、分析的基础上，提出了符合我省实际情况的分类标准。在国家标准分类的基础上，把细粒土分为五类即：黏土、粉质黏土、砂质黏土、粘质粉土、粉土。具体说明如下：

1 原规范土的分类中“轻砂质黏土”系从原“轻亚黏土”演变过来的，根据原划分原则，这类土 $3 \leq I_p \leq 10$ ， $M_c = 5 \sim 25\%$ ， $\geq 0.075\text{mm}$ 的颗粒质量超过总质量 50%；根据国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009版）的划分原则，这类土可并入砂类土。

2 本标准保持了粉质黏土 I_p 界限不变，扩大了砂质黏土 I_p 界限范围，把 I_p 的下限调整到 7。其理由是：我省许多冲洪积物由于其沉积环境的原因，导致其分选性很差，许多黏性土中常夹杂有砂粒。由于界限含水量试验是先烘干试样再过 0.5mm 筛后进行的，尽管已把 $>0.5\text{mm}$ 的砾、粗砂剔除，但筛余试样中仍保留着 $<0.5\text{mm}$ 的中、细、粉砂，这些砂粒使试样的 I_p 值大幅度下降。但在实际工作中，这些被肉眼及现场鉴定为黏性土的试样，经过室内试验其 I_p 值常小于 10，当作进一步的颗粒分析，发现这种土的粘粒含量较高，通常在 20%以上。根据国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009版）的划分原则，

本应为黏性土却被划分为粉土。我们对收集到的几十个试样进行分析统计，发现其 I_p 值一般在 10~7 之间，粘粒含量通常在 20% 以上。因此，将砂质黏土的 I_p 值下限调整到 7，还这类土的本来面目。

3 “砂质”与“粉质”之间的区分，本次修订仍认为应根据含砂量的多少来划分较为合理。因此，本标准采用含砂量指标即 $\geq 0.075\text{mm}$ 的颗粒含量来划分。砂质黏土与粉土的区别在于砂质黏土有较高的粘粒含量，一般 $\geq 20\%$ ，而粉土一般 $< 20\%$ 。砂质黏土因含砂量较高 ($\geq 25\%$) 造成 I_p 值降低，而粉土却是因为颗粒含量较高造成 I_p 值降低。

4 关于定名原则：黏土可采用单一指标 I_p 判定；粉质黏土、砂质黏土应采用第一指标塑性指数 I_p 及第二指标 $> 0.075\text{mm}$ 颗粒含量判定。定名时只需进行界限含量试验及筛分试验即可，有条件可辅以颗粒分析试验。对于粉土，若不需要进一步细分，则仅需进行筛分及界限含水量试验即可定名；若需要进一步细分，则应进行颗粒分析试验。但对于抗震设防烈度 7 度以上地区，粉土均必须进行颗粒分析，必须根据粘粒含量，对粉土进行液化判别。

4.3.4 碎石土和砂土密实度划分，我省已经积累了许多使用动力触探和波速测试鉴别碎石土密实度，使用标准贯入试验锤击数和静力触探锥尖阻力 q_c 鉴别砂土密实度的经验。特别是波速测试能较好地解决动力触探和其它测试方法对含有较大颗粒碎、卵石地层难于进行测试的问题。此外，波速也可间接地反映碎、卵石土层物理力学性质。鉴于我省勘察单位广泛使用双桥静力触探和标准贯入试验来鉴别砂土的密实度，并积累有较多的对比资料；因此，本次标准修订时仍保留原规定，以方便勘察单位选用。但应注意所使用的动力触探和标准贯入试验锤击数应采用实测值。

4.3.7 土的野外描述和定名十分重要，勘察成果质量好坏很大

部分取决于野外第一手原始资料质量的好坏。因此，野外勘探工作中碰到的各种薄层、互层、夹层和透镜体等的定名和对土层的描述，应尽可能给予明确，它们有时对工程的设计、施工影响很大。如：如对淤泥的描述除了应按条文规定的内容外，尚需描述臭味；对填土尚需描述物质成分、堆积年代、密实度和均匀性等。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

5 建筑工程勘察技术要求

5.1 一般规定

5.1.2 工程重要性等级划分标准，系根据国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009版）、国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011和建设部勘察设计单位资质标准等结合我省实际情况制定的，列为省、市重点工程项目可提高一级确定工程重要性。由于涉及到各行业，很难对工程项目作更具体的划分和界定，原则上应按工程项目的整体性进行划分。

5.1.4 地基复杂程度等级的划分条件，关键是判别地基土的性质对工程设计及工程的影响程度。对单一特殊性土且对工程安全有较大影响时，应列为一级地基。

5.1.5 岩土工程勘察等级划分时，应注意场地复杂程度和地基复杂程度划分应从最高等级开始，向下推定，以最先满足的为准。

5.1.6 要求在选择勘察手段和方法时，应根据场地的岩土工程条件及工程技术要求，有针对性地进行选择。选择的原则应在考虑技术适用的条件下兼顾其经济性。当采用单一手段不能解决建设场地的岩土工程问题时，应根据各种勘察方法、原位测试和室内外试验方法的互补性，综合利用，摒弃单一的勘察手段。根据我省各勘察单位的技术装备水平，应尽可能采用一些原位测试手段，如：静力触探、旁压试验、十字板剪切试验、扁铲侧胀试验、标准贯入试验、工程物探（剪切波测试、面波测试、高密度电法、微动探测等），查明建设场地的岩土工程条件，提供准确、可靠的岩土设计参数。

5.1.7 由于勘探点的疏密主要取决于地基的复杂程度，勘探深度主要决定于建（构）筑物的基础埋深、基础宽度、荷载大小和变形计算要求等因素。当建设场地的地基较复杂且勘探点总数较少时，应适当增加控制点的比例。本条文重点结合我省区域工程地质特点对勘探点的布置和勘探深度的控制原则做了规定，有利于勘察工程技术人员掌握其尺度。控制性勘探点包括钻探和槽、井、坑探等直接勘探手段，并宜与取样和测试共享。

当根据柱（墙）间距、基础形式、潜在基础持力层和勘察纲要确定的勘探点间距不能满足设计需要时，除应加密勘探点间距外，尚应在勘察报告中建议进行施工阶段勘察。

5.2 建（构）筑工程勘察

5.2.1 可行性研究阶段勘察手段应以工程地质测绘和调查工作为主，辅以少量必要的勘探工作，对建设场地的适宜性做出评价、对场地的稳定性做出初步的评价和论证。对需进行比选的场地，应进行比选分析。

5.2.2 对场地的稳定性进行评价是初步勘察阶段的主要工作内容，该问题应在初勘阶段解决，不应留给详勘阶段。对地基基础、基坑支护、地下水控制措施等工程技术问题应在本阶段进行初步的分析、评价，为详勘阶段的勘察工作提供初步依据。

5.2.4 本条主要参考国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009版）的有关规定，对详细勘察阶段的主要工作内容和应解决的问题做出具体规定，并结合行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476中相关技术要求对部分内容进行了延伸。

应注意当合并勘察阶段直接按详细勘察阶段进行详勘工作时，应对建设场地的稳定性和适宜性进行评价。

5.2.5 对详细勘察阶段勘探点的布置作了原则性的规定。对岩土工程条件复杂、有特殊性土分布或有不良地质作用的场地，勘

探间距可进行调整和加密。勘探点加密可结合持力层层面坡度及厚度、下卧层情况及拟采用的基础型式综合考虑。当持力层层面坡度 $>10\%$ 时应予以加密，加密勘探点的间距一般不小于10米，加密勘探点间距后持力层层面坡度变化仍较大时，应根据上部结构柱网和基础形式建议进行施工勘察。由于岩土体的成因和风化作用的程度非常复杂。因此，在实际工作中应根据具体情况具体分析，灵活掌握，即要满足技术要求又要体现其经济合理性。高层建筑勘探点布置原则系根据《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T 72-2017的相关规定做了相应修订。

3、4、5 主要参考行业标准《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ72/T 72-2017、《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008 相关条文修订。福建省不同地区地质条件变化较大，本次修订对采用摩擦桩、抗拔桩基础形式，要求勘探点间距应适当加密。并参考行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008 有关规定，规定当持力层层面坡度大于 10% ，且可能影响到基础设计或施工方案选择时，应适当加密勘探点。花岗岩、凝灰岩分布地区，孤石和岩溶发育地区等地质条件复杂的场地，持力层判断困难，施工难度大，处理不当将存在较大的工程隐患，因此应加密勘探点，建议每柱不宜少于一个勘探点。对地基条件复杂的岩溶地区桩基，必要时可结合桩基施工图设计图，按一桩一柱进行施工勘察。

5.2.6

2 本次修订要求一般性勘探点的勘探深度应大于预计桩端以下3倍~5倍桩径。控制性勘探点可根据岩性、岩体的风化程度和完整性等适当加深。如勘察时桩基方案未定，为满足桩型比选的要求，勘探深度应以拟建议桩型和可能选用埋藏最深的持力层和变形计算要求作为确定依据。

5.2.7 要求详勘阶段每一地质单元各岩土层采取原状土试样或进行原位测试的数量不应少于6组（件）/次是一个最低标准，实际工作中应根据工程规模大小，场地岩土工程条件和不同地质

单元进行合理安排。当同一地质单元工程规模较大或土质不均匀时，应调整和增加采取试样和原位测试的数量，即适度增加参与统计的样本数量，以提高岩、土、水参数统计分析的可靠性和代表性。当土工试验成果的离散性较大且无法满足数理统计要求时，应增加取土数量和试验数量，也就是说土工试验的数量和采取土试样的数量应考虑到土的不均匀性这一实际状况，实际工作中应在规范规定的基础上适度增加采取试样和土工试验的数量。

5.2.8 本次修订增加了对淤泥、淤泥质土、泥炭土等欠固结软土的试验要求。

5.3 地基处理

5.3.1 当设计可能采用地基处理方案时，岩土工程勘察应符合常规勘察要求外，尚应针对可能采用的地基处理方法，满足本条文所提出的其它勘察技术要求。不同的地基处理方法对岩土工程勘察的技术要求和应提供的各种试验、测试、评价要求也不一样。本次修订增加了地基处理勘察范围及勘察深度的有关规定。

5.3.2~5.3.6 根据我省较常采用的地基处理方法，规定了不同的地基处理方法对岩土工程勘察的基本要求，各种地基处理方法岩土工程勘察时，应重点查明以下内容：

1 换填垫层法关键是应选择适宜的换填材料、碾压设备，以及控制好垫层的碾压密实度，并应注意地下水位对填土碾压密实度的影响，以及换填材料对地下水的污染；

2 预压法的关键是使荷载的增加与地基承载力的增长率相适应。为加速地基固结速率，采用该方法时一般均应设置砂井或排水板以增加地基的排水通道；

3 强夯法适用于碎石土到黏性土的各种土类，但对饱和软黏土应慎重使用。由于其施工产生的噪音和振动对周边环境影响较大，应查明可能影响范围内的各类不利埋藏物，并加强试验监

测。强夯施工前应进行现场试夯，通过试验确定强夯的设计参数——单点夯击能、最佳夯击能、夯击遍数和夯击间歇时间等；

4 桩土复合地基适用于松砂、软土、填土等土类，在我省应用较为普遍。这种由两种不同强度介质组成的人工地基又称为复合地基，其桩柱体起到置换和挤密的作用，除可提高地基承载力，减少变形外，还能起到消除湿陷和液化沉陷的作用。桩土复合地基包括柔性桩复合地基（如砂桩、碎石桩、灰土桩等）、半刚性桩复合地基（如 CFG 桩、水泥搅拌桩、高压旋喷桩等）、刚性桩复合地基（如素混凝土桩、预制桩等）等。

条款中的不良地质体主要指暗埋的古河道、沟浜、暗塘、孤石和土洞等。不利埋藏物主要指地下管线、旧基础、填石、地下设施、等。桩体与水土间的相互作用主要指地下水对桩材的腐蚀性，桩材对周围环境的污染等。成桩工艺对环境的影响包括噪音、振动、侧向挤土、地表的隆起、沉陷等；

5 注浆法适用于各种岩土地基处理、基坑支护、建造地下防渗帷幕等。但应注意大部分浆液具有一定的毒性，应防止浆液对地下水的污染。

5.4 基坑工程

5.4.2 基坑工程安全等级及重要性系数划分标准系参考了国家行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120-2012 的有关规定，并结合工程实际情况修订的，增加了基坑开挖深度、场地岩土工程条件、基坑周边环境等三个对基坑侧壁安全起重要作用的因素；力图通过一些对基坑侧壁安全起重要作用并易于定量的因素来划分基坑工程安全等级。随着地下空间开发利用的迅速发展，目前基坑工程开挖深度和面积越来越大，参考国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 有关规定，一级基坑工程开挖深度定为 10m；而福建省工程建设地方标准《地铁基坑工程技术

规程》DBJ/T 13-283-2018 将一级基坑工程开挖深度定为 20m，本次修订从安全角度出发，遵循国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 规定，将一级基坑工程开挖深度调整为 10m。

5.4.3

2 基坑周边环境调查的主要对象是为确定基坑支护施工或基坑开挖需要保护的对象，保证基坑施工引起的周边土体变形，不会影响保护对象的正常使用或破坏提供依据。

3 新近填土、暗塘、暗浜、古河道及地下障碍物等的分布范围和埋藏深度等对基坑工程支护方案、支护设计和施工影响较大。

4 地下水能否处理得当，是支护结构设计成功的基本条件，也是基坑侧向计算荷载的重要指标。因此，应查明场地水文地质条件，地下水的水理性质、分布特征，提供设计、施工所需的水文地质参数。

5.4.4 要求基坑工程勘察范围应大于基坑开挖边界 2 倍~3 倍的开挖深度范围，主要是考虑整体稳定性计算所需。当基坑分布有软土、或采用锚杆、或需进行地下水控制时，勘察范围应适当扩大到 3 倍开挖深度。当基坑勘察范围内不具备钻探作业条件时，可采用工程物探与其它直接勘探手段相结合的综合勘探方法，当周边勘察范围内已有既有建构筑物的勘察资料且勘察深度满足要求时，也可参考使用。

5.4.6 由于支护结构主要承受的是侧向土压力和水压力，所以勘探点的深度应以满足支护结构设计要求为宜。对于软土地区，勘探深度应穿过软土层进入相对稳定硬层。

5.4.7

2 由于软弱土夹层、互层或透镜体厚度一般较小，所以要求应连续取样以满足试验指标统计分析的需要。

3 水文地质参数的准确性对基坑工程排、降水设计和基坑

施工安全影响很大。所以条文规定安全等级为一、二级的基坑工程，应通过现场抽、注水试验确定水文地质参数。安全等级为三级的基坑工程，允许可根据其影响范围内各岩土层名称查表

5.4.7 选取其渗透系数和渗透等级。例如：某地铁 1 号线基岩裂隙带渗透系数达到 49.571m/d、地铁 6 号线达到 21.1m/d，属于中等~强透水层。表 5.4.7 系根据福建省诸多工程项目现场抽水试验和是室内土工试验获取的渗透系数经统计分析结合工程实践经验提供的经验数值。

5.4.8 基坑支护结构荷载、内力和抗力计算所需的岩土参数主要为固结快剪强度指标 c 、 φ 和各土层的重度 γ ，试验方法宜采用三轴试验。原规范编制时，收集到福州、厦门等地 23 项工程设计资料和福建省建筑设计研究院《软土地基深基坑支护应用研究》科研成果，结合规范实施十多年来的工程实践经验，对淤泥、淤泥质土、黏性土的部分指标进行了更新。对于安全等级为三级的基坑，在无实测资料时，可根据场地岩土工程条件结合当地经验查表 5.4.8 综合确定。

此外，应注意在选取支护设计的抗剪强度参数时，应考虑基坑开挖会改变边界条件和地下水条件等因素，对超固结土原则上取值应低于原状试样的试验结果。砂土、粉土应采用密度计法或移液管法进行颗粒分析试验，得到粒径小于 0.005mm 颗粒含量，以便对砂土、粉土进行液化判别，以及对基坑流土、流砂、管涌等抗渗稳定性进行分析计算。

5.4.10 基坑工程稳定性评价确定基坑外侧水平荷载时，其计算方法和参数取值宜采用简单、直观偏于安全的方式。对砂土及碎石土规定应采用水土分算的原则，不考虑有效粘聚力 c' 和有效内摩擦角 φ' 的影响。基坑内侧土体抗力的确定可以采用不同的方法，如按朗肯土压力假定，内侧各点的水平抗力标准值应以被动土压力系数确定的被动土压力值较为合理。

5.4.11 当地下水埋藏较浅，地下室或地下构筑物存在上浮问题

时，应按行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476-2019 相关规定进行抗浮稳定性评价。

5.5 边坡工程

5.5.1~5.5.2 根据我省工程实践经验，参照国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013 的规定，对边坡工程安全等级和应进行的勘察工作做了具体规定。本次修订增加了分阶段勘察和需进行施工勘察的要求。由于表 5.5.4 并未包含边坡高度 $H > 30\text{m}$ 的岩质边坡和边坡高度 $H > 15\text{m}$ 土质边坡，对于此类超限边坡工程，勘察纲要和报告均应进行专项论证。

5.5.3 结合面结合程度系引用国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013 表 4.3.2 的有关规定。

5.5.4~5.5.5 参考国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013 的规定，结合我省边坡工程实践经验，制定边坡岩土工程勘察等级划分标准。进行边坡工程勘察时，应注意边坡工程可能诱发古滑坡复活、崩塌或危岩滑塌等地质灾害。

5.5.7

2 “气象条件” 主要指恶劣气候条件和台风、暴雨期的“暴雨强度”。

4 边坡工程场地常常难于满足常规钻探作业要求，应因地制宜选择以工程地质测绘和工程物探为主，结合部分钻探或槽探、井探等有效的综合勘探手段。

5.5.9 本条参照国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013 的规定，对边坡工程勘探点、线的布置原则、勘探点的性质和成图比例等作了规定。控制性勘探点一般要求应采取土样和进行原位测试，宜采用钻探手段。但有些山地、斜坡等边坡工程受场地地形变化和植被覆盖等条件限制，无法进行钻探作业，可采用工程物探结合井探、槽探、坑探等勘探方法。但是工程物探

解释成果应通过直接勘探手段（钻探、槽探、坑探、井探）验证，保证物探解释结果的可靠性。

5.5.10~5.5.11 参照国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013 的规定，对边坡工程勘探点深度及取样、原位测试要求作了具体规定。但应注意下列事项：

1 建筑边坡工程的勘察范围应包括可能对建（构）筑物有潜在安全影响的区域；

2 确定勘探点进入稳定地层的深度，应根据查明支护结构基础持力层的需要决定；避免在坡脚（或沟心）出现判层错误，将大块石或孤石误判为基岩等。本次修订增加抗滑桩支挡的勘探深度要求。

3 正确划分软弱带和潜在滑动带对边坡稳定性评价影响很大，应保证层位判定、采取土试样和原位测试结果的可靠性。本次修订增加了对软弱带和潜在滑动带勘探方面的要求，当合并勘察阶段时，勘探深度、取样、原位测试应按照最严格的要求执行。

5.5.12 在全面总结了我省在边坡工程勘察、设计、施工方面的经验和教训的基础上，提出了福建省岩体结构面强度指标和福建省风化花岗岩和残积土强度指标一览表，对边坡工程勘察工程特性指标确定做了具体的规定，表中的粘聚力、内摩擦角均为直剪快剪强度标准值。应注意所提供的各种边坡工程设计参数的可靠性和实验方法的适用性，地下水埋藏、补给、排泄条件及所提供的水文地质参数的可靠性。天然边坡一般可采用直接快剪强度指标或三轴不固结不排水剪强度指标，若已经滑动则应采用残余抗剪强度；若边坡岩土体处于饱和状态或进行不利工况稳定性验算时，则应采用饱和状态下抗剪强度。

孔内剪切试验（borehole shear test，简称 BST）是近年来一种新型的原位测试手段，具有较高的可靠性，代表性仪器设备如美国生产的 Iowa 原位孔内剪切测试仪等。对于埋藏较深的软弱

结构面无法进行现场直剪试验时，可考虑采用孔内剪切试验对钻孔内不同深度土层进行剪切试验。

5.5.13

2 边坡工程定性稳定性评价方法主要有以下几种：

- 1) 工程地质类比法：将所要研究的斜坡或边坡与已研究过工程地质条件类似的斜坡或边坡进行类比，以评定其稳定性或确定其坡角和坡高。采用该方法时，要求类似边坡与所研究边坡的坡高、坡形和工程地质条件（岩体完整性、结构面产状、结构面结合程度、岩石坚硬程度和地下水活动特征）上要有较强的可比性。同时，应注意二者在空间形态和坡顶荷载等方面的差异。
- 2) 坡率允许值法：将边坡坡率与相应坡率允许值进行比较判断。该方法适用于无贯通性较好的外倾结构面、坡顶近于水平、坡面近于平面的边坡。当坡率明显小于相应坡率允许值时，可判断该边坡稳定；坡率等于或小于相应坡率允许值时，可判断该边坡基本稳定；当坡率大于相应坡率允许值时，可判断该边坡欠稳定；当坡率明显大于相应坡率允许值时，可判断该边坡不稳定。
- 3) 极射赤平投影法：通过极射赤平投影图分析结构面之间及结构面与坡面之间的组合关系，判断边坡的抗滑稳定性。该方法主要用于岩质边坡中局部块体的稳定性分析；当结构面、岩体完整性较好、岩石强度较高时，也可用于岩质边坡的整体稳定性分析。当无外倾结构面（或结构面组合交线）时，可判断该边坡稳定；当有外倾结构面（或结构面组合交线）且倾角大于坡角时，可判断该边坡稳定或基本稳定；当有外倾结构面（或结构面组合交线）且倾角小于坡角时，如

结构面倾角小于其内摩擦角可判断该边坡基本稳定或欠稳定，如结构面倾角大于其内摩擦角可判断该边坡欠稳定或不稳定。分析时应注意结构面的贯通程度和结合程度、倾向切割情况。

- 4) 极限平衡法是目前最常用的边坡稳定性定量分析方法。根据边坡上的滑体分块的力学平衡原理（即静力平衡原理）分析边坡各种破坏模式下的受力状态，以及边坡滑体上的抗滑力和下滑力之间的关系来评价边坡的稳定性。工程中常用的有 Fellenius 法、Bishop 法、Janbu 法、Morgenstern-Price 法、Spencer 法、传递系数法、Janbu 法、楔形体法、Sarma 法等；此外还可采用 Hovland 法和 Leshchinsky 法等对滑坡进行三维极限平衡分析。

5 随着现代计算机技术及数值分析方法的发展，对破坏机制复杂的边坡，可有针对性地选择有限元法（FEM）、离散元法（DEM）、边界元法（BEM）、无界元法（IDEM）、快速拉格朗日法（FLAC）、无网格法（EFG、NEM 等）等数值分析方法进行计算分析。

6 参照国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013 第 5.2.5 条规定，修订对抗震设防烈度为 7 度及 7 度以上地区的永久性边坡，应考虑地震作用进行地震工况下的稳定性校核。

5.5.14~5.5.15 对边坡稳定性状态的定量分析和边坡稳定性系数的确定做了规定，边坡稳定性计算详见本标准第 18.5 节。条文中的边坡稳定性状态划分标准系直接引用国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013 规定，边坡稳定安全系数根据国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013 中第 5.3.2 条进行修订。边坡常用处理方法系根据国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB50330-2013 中第 3.1.4 条进行修订。

5.6 建（构）筑物改造和加固

5.6.1 既有建（构）筑物增层、改建、扩建、纠倾和加固的岩土工程勘察可不分勘察阶段。勘察前一定要在搜集已有勘察资料和各种监测、检测资料的基础上，针对建（构）筑物现状和周边可勘察环境，有针对性地选择可行的勘察方案、勘探手段，合理的布置勘察工作量。

新增荷载是既有建（构）筑物地基中应力状态发生改变的主要因素，其附加荷载对邻近地基会产生应力叠加，导致既有建（构）筑物地基产生不均匀附加沉降，并造成建筑物的相对变形或挠曲、裂损，也是此类工程的岩土工程特点。要求试验工作应具有针对性，所获取的数据、资料要科学、适用。系统的监测工作是确保工程能否成功的重要保证之一。

5.6.3

1 接建、邻建建筑物所带来主要岩土工程问题是新建建筑物的荷载引起的，对现有建筑物紧邻新建部分地基中产生的应力叠加。这种应力叠加将导致既有建（构）筑物地基土的不均匀附加压缩并造成建筑物的相对变形或挠曲、裂损。所以在接建、邻建建筑物部位应专门布置勘探点。

2 既有建（构）筑物增层、改扩建和加固工程进行岩土工程勘察的目的，是查明现状条件下地基土的承载能力，从而确定是否尚有潜力可以增层或增载。而增层或增载的地基承载力潜力是不宜通过查承载力表来确定的。最好的办法就是通过载荷试验对地基土的承载能力进行对比试验。本条修订时强调应采用载荷试验、静力触探或旁压试验等原位试验和测试手段获取岩土参数，其目的时提高岩土参数的准确性及可靠性。基础持力层深度埋藏浅时，可考虑采用平板荷载试验，持力层深度较大时，可考虑采用螺旋板载荷试验。

5.6.4 增层和加固勘察，勘探深度应按控制性勘探点的要求确

定，本次修订按国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011 中条形基础的主要持力层深度为 3 倍基础宽度的要求，将勘探深度由原 2.5 倍调整为 3 倍基础宽度。拟采用桩基补强时，勘探深度应满足桩基承载力计算及地基变形计算的要求，详见 5.2 节有关规定。

5.6.5 考虑变形计算的需要，对地基主要持力层深度内的地基土均要求进行采取土试样和原位测试，其中一倍基础宽度深度内的土层影响最大，故要求加密采取土试样和试验间距。考虑到同一勘探点可能在采取土的同时还需进行标准贯入试验等原位测试，采取土试样和试验间距 0.50m 偏小，故本次修订适当加大其间距。

5.6.7 我省大部分城区地下水埋藏浅，基坑开挖或地下工程施工常常需要进行大面积抽降地下水，所引起的地面沉降与变形不仅仅会在软土等高压缩性土层分布地区发生；对于压缩性不大、但厚度大的土层也可能出现数值可观的地面沉降。福建省几个沿海城市，如福州市已发生因地面沉降与变形过大，造成部分市政设施严重破坏；许多高层建筑地下室室外预留标高不足，导致运营期因强暴雨天气发生雨水倒灌进地下室等现象。

6 市政工程勘察技术要求

6.1 一般规定

6.1.1 本次修订根据不同市政工程类别，结合我省十几年的工程实践经验，增加了市政工程重要性等级划分标准。该划分标准主要参考了行业标准《城市道路工程设计规范》CJJ 37-2012、行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60-2015 和《工程设计资质标准》（2007 年修订本）。市政工程勘察项目应根据表 6.1.1-1、表 6.1.1-2、表 6.1.1-3 和表 6.1.1-4 对市政工程勘察等级进行划分。

6.1.4 市政工程勘察项目类型较多，必须根据工程需要和设计的要求，分别采用多种综合勘察手段查明拟建工程场地的岩土工程条件，并对潜在的岩土工程问题进行分析和评价，提供设计、施工所需的岩土参数和工程特性指标。要求各种勘察手段的使用、操作等技术标准应符合现行国家、行业标准和本标准的有关规定。

6.1.5 条文要求市政工程勘察场地土分类、场地类别、地震液化判别等场地和地基地震效应评价应该根据不同工程类别抗震设计要求执行相应的规范。因为目前城市道路、公交场站和城市广场工程主要按照行业标准《公路工程抗震规范》JTG B02-2013 的相关规定执行；城市桥梁、涵洞及人行地下通道工程按行业标准《公路桥梁抗震设计细则》JTG/T B02-01-2008 的相关规定执行；室外管道工程则按国家标准《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB 50032-2003 规定执行；而给排水厂站等工程的场地地震效应则按国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011-

2010（2016版）规定执行。所以条文未对具体应执行的抗震规范进行规定，在具体实施过程中，应根据市政工程类别和设计要
求采用相应的抗震设计规范。

6.1.6 市政工程周边环境通常较为复杂，特别是中心城区常常紧邻地面和地下既有建（构）筑物。基坑开挖、桩基施工、顶管施工等都会对周边环境产生较大影响，造成周边既有建（构）筑物、既有地下设施的损坏和影响正常使用。对于建设场地周边环境复杂的隧道工程、地下通道、桥梁、顶管等重要工程应进行工程周边环境专项调查，以满足设计、施工需要，确保工程及其周边环境安全。其他市政建设工程可根据工程特点及周边环境复杂程度，针对重点路段（部位）进行工程周边环境专项调查。

6.2 道路工程

6.2.3 城市道路分类主要依据国家标准《城市道路工程技术规范》GB 51286-2018、行业标准《城市道路工程设计规范》CJJ 37-2012（2016版）有关规定进行修订。

6.2.6 本次修订对公交场站和城市广场道路初步勘察的勘探点间距、勘探深度做了补充规定。

6.2.7

2 要求查明道路沿线各地段的地质构造、岩土类别、不良地质作用等，主要是考虑我省部分丘陵、山地地区的市政工程建设需要；

3 要求查明路基的湿度状况，提供划分路基土类别和路基干湿类型所需的参数，主要是考虑土基湿度是影响道路强度和稳定性的一个重要因素。而颗粒组成、天然含水量、液限和塑限是划分路基土类别和路基干湿类型的必要依据。根据行业标准《城市道路路基设计规范》CJJ1 94-2013 规定：路基的干湿类型可采用分界稠度值进行划分，当缺少资料时，也可根据路基相对高度

确定。可划分为干燥、中湿、潮湿、过湿等四种类型。本次修订系直接引用现行国家行业标准《城市道路路基设计规范》CJJ 194-2013 表 4.2.1-1 和表 4.2.1-2 规定。

5 地下水和地表水是影响路基湿度状态的主要因素，在路基稳定性评价时，应注意以下问题：

- 1) 岩石路堑边坡的稳定性主要取决于岩层的产状与结构特征，边坡失稳岩体的滑动面和软弱结构面。进行稳定性分析时应先进行定性分析，确定失稳岩体的范围和软弱结构面（滑动面）后，再进行定量分析、计算；
- 2) 软土路基应考虑软土在荷载（动、静）作用下，可能产生的侧向滑移或较大的沉降，一般要求采取适当的稳定措施。对于薄层软土，原则上要求采取换土措施；对于较厚层软土，如果填土高度超过软土容许的临界高度（指软土在天然状态下，未采取任何加固措施）时，应采取加固措施。必要时，应进行临界高度计算和软土路基稳定性分析和计算；
- 3) 浸水路堤除承受自重和动荷载作用外，还受到水的浮力和渗透水压力作用。水的浮力大小，取决于浸水深度，渗透水压力则视动水位的坡降大小而定。水位变化对路堤的不利影响，除水的流向外，水位升降迅猛，渗透流速高，坡降大，则很容易将路堤内的细粒土带出，从而使边坡失稳，必要时，应进行边坡稳定性计算。

6.2.8

1 停车场系指地面露天停车场。而地下停车场或采用桩基的多层停车场，勘探点间距应根据工程性质、基础型式等参照执行。

3 道路工程勘探点间距表 6.2.8 主要考虑了场地及岩土条件

复杂程度，并结合不同道路分类，对详细勘察勘探点间距做了规定。

6.2.9 根据行业标准《市政工程勘察规范》CJJ 56-2012 第 5.4.3 条规定对原条文进行了修订。填土路堤、陡坡路堤、深路堑岩土工程勘察，应选择有代表性的工程地质横断面，并按地质横断面进行相关的工程勘察工作。

6.2.10

3 填筑土料的击实试验，宜采用重锤击实试验（锤重为 4.5kg、落高 45cm），并按重型击实标准控制。

4 岩体结构面直剪试验应符合《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 规定。

6.2.11 城市原有道路的拓宽、补强和加固，对原道路现状与使用效果的调查是十分重要的。其调查结果是确定原有路面改建措施，进行路基和路面设计的依据，也是确定原有路面可利用和需处理的依据。原有道路改建岩土工程勘察，勘探点位置可与检验原路面结构的坑位相结合。

6.2.12 丘陵地区城市道路勘察与公路勘察具有很多相似特点，所需解决的岩土工程问题也相同。因此，本标准规定丘陵地区城市道路勘察除应符合本标准的规定外，尚应符合现行国家行业标准《公路工程地质勘察规范》JTG C20-2011 规定。

6.3 桥涵工程

6.3.3 桥涵类别划分标准与公路桥涵类别划分标准相同。当城市道路、立交桥的桥宽大于 30m 时，勘察等级应提高一类；人行过街桥和地下通道可按小桥、涵洞的勘察要求执行。

6.3.8 详细勘察过程中，如发现地层、基岩面起伏变化较大，有不利于抗震、抗渗透变形的地层及破碎带，或存在地下空洞、不良地质体等，应适当增加勘探点的数量，增加数量以查明其空

间分布为准。

特大桥、大桥主要墩台系指主桥的主墩，此类墩台荷载大、对沉降要求严、墩台尺寸大，勘探点宜布置在基础周边或角点上。而对于辅助墩台的勘探点布置，可酌情减少。

中桥一般采用三跨四墩（台）居多，往往墩台设在离岸边较近（小于或等于 10m）的河中，虽然河床的宽度不大，但水上钻探困难大，费用高，故一般均多以工程物探为主，辅以少量的钻探工作。

简支梁桥墩台允许沉降量（小于 200mm）及相邻墩台沉降差（小于 50mm）要求相对较低，连续梁桥沉降控制要求较严格，相邻墩台沉降要求宜大致相同。连续梁桥一般是按每墩布置勘探点，圆盘转弯段跨径小，宜采用隔墩布置勘探点控制。

桥梁墩、台勘探点布置可参考国家行业标准《公路工程地质勘察规范》JTG C20-2011 桥梁详细勘察勘探钻孔布置图（图 6.11.3）。

6.3.9 详细勘察当拟建场地位于河漫滩、一级阶地等含有漂（块）、卵石层时，应注意控制性勘探深度应穿越漂（块）石层，防止将漂（块）石误判为基岩。

5 当桩基持力层埋藏较浅且采用排架桩时，应考虑排架桩采用高桩承台桩的嵌固稳定性问题；即桩身露出地面土层部分的长度 L （m）与嵌固深度（即桩身进入稳定地层的深度） H_1 ，必须满足 $L=(1.5\sim 1.0)H_1$ 的要求。

6.3.14 城市立交箱涵、人行过街天桥，若按其单孔跨径分类，有的应属小桥，有的应属涵洞，不同于一般公路的小型桥涵，勘察工作应符合本节中小桥有关勘察规定。

6.3.15 本次修订增加了涵洞、人行地下通道等地下市政工程应分析、评价地下水对工程的影响，以及地质条件可能造成的工程风险等有关规定。

6.4 隧道工程

6.4.3 可行性研究勘察应重点分析和评价下列内容：

- 1 拟建场地的稳定性和适宜性；
- 2 初步分析评价隧道围岩分级、地应力分布、水文地质条件、洞口稳定条件及隧道施工对环境的影响等，对隧道选线和洞口选址进行可行性分析，并提出建议；

- 3 存在不良地质作用、特殊性岩土时，应初步分析其对隧道建设的影响。

6.4.5 初勘阶段工程物探是隧道工程重要的勘察手段，由于我省丘陵山地覆盖层厚、植被发育，难以开展工程地质测绘工作；勘探手段应以工程物探为主结合少量钻探或槽探、井探的综合勘察方法。钻孔或槽探、井探等勘探点应布置在工程物探异常点，或沟谷、地质构造、不良地质作用和地质灾害分布的范围。

6.4.6 本次修订针对隧道工程初步勘察阶段的勘探点布置要求作了进一步补充和完善。

6.4.9 对隧道工程，地下水和断层的相互关系、分布范围、水理性质、力学性质，对隧道工程设计和施工安全尤其重要。详细勘察阶段应重点查明下列内容：

- 1 查明断层区分布、范围、与隧道相交关系，查明断层区活动以及对隧道可能影响，提出防治措施的建议；

- 2 查明断层区地下水流向、流速以及补给条件，查明断层区地下水分布对隧道防排水、注浆的可能影响，提出防治措施的建议。

6.4.10 山岭隧道和第四系地层中的隧道工程，因其岩土工程条件相差较大，设计和施工要求不一样。工作井虽属隧道工程的一部分，因其结构特殊，宜按单体构筑物来布置勘探点，但应兼顾基坑工程设计的需要。勘探点间距按岩土复杂程度作了不同规定，但在实际工作中一般以 25m~40m 为宜。工作井勘察范围一

般较小，当有采用沉井基础的可能时，可按沉井基础布置勘探点，故规定不宜少于 2 个勘探点。

6.4.12

1 隧道工程详细勘察加密了取样和原位测试竖向间距，主要是考虑其勘探点的间距和勘探深度有限，其目的是在隧道掘进范围内均可能获得更多的室内试验和原位测试数据，为设计、施工提供更准确、可靠的岩土参数。

2 采用承压板边长为 300mm 的载荷试验测定地基土的基床系数是铁路的习惯用法。标准基床系数的测定应该用 0.305m 即(1.0ft)宽标准载荷板试验。当通过载荷试验与扁铲侧胀试验建立地区经验关系后，地基基床系数也可根据扁铲侧胀试验求取。

4 现场渗透试验是测定土体或岩体渗透系数的一种原位试验方法。按方法特征可分为注水试验、抽水试验和压水试验；按水头特征又可分为变水头渗透试验和常水头渗透试验。其中变水头试验仅适用于饱和土层和渗透性较大的地层。对地下水位以上的地层可用注水试验，地下水位以下的地层可用抽水试验。在坚硬及半坚硬岩层中，地下水位距地表很深时，可用压水试验评价岩层透水性。对粉砂及细砂，则可利用渗压计测定渗透系数。

6.5 室外管道工程

6.5.6 室外管道工程详细勘察，在跨越或架空管道的地段，应重点查明管墩地基的稳定性、地层分布特征、岩土工程和水文地质条件，为墩基设计提供所需的各种岩土参数。在顶管地段，应重点查明工作井、接收井和顶管段的岩土工程条件、地下水条件和地下障碍物埋藏情况等，为工作井、接收井的开挖、降水与支护和顶管施工方案确定提供依据。此外，还应查明沿线土、水的化学成分，金属管道或钢结构材料的电化学反应，为管道防腐提供依据。

6.5.7 室外管道工程是线性结构物，勘探点一般应沿管道中轴线布置；当条件不许可时，勘探点允许移位距离应符合条文中的规定。条文中规定“在微地貌的地层变化较大的地段应予以加密”这主要是考虑到微地貌往往是某些地质现象在地表的反映，在微地貌变化较大的地段加密勘探点，对于查明一些隐伏的地质构造和不良地质现象十分重要。

6.5.8 室外管道工程详细勘察阶段勘探深度除应满足本条文的规定外，还应考虑不同的管道类型、不同施工方法、不同地段岩土工程条件对勘探深度的不同要求。具体问题具体解决，不能生搬硬套。如管道基础应避免将可液化土层作为基础持力层，当基底为可能产生液化土层时，勘探深度就应适当加深穿越可液化地层进入下卧稳定地层。

6.5.9 要求采取水样进行水质分析，主要是考虑地下水对管道和顶管设备可能产生的腐蚀性。当采用明挖法施工时，要求应提供三轴试验指标、渗透系数等岩土参数和水文地质参数，主要是考虑到沟槽边坡稳定性分析和支护方案选择的需要，以及施工降水设计的需要。

6.5.10 室外管道的断面尺寸一般不大，大部分直径在 1400mm 以下，干管及重要综合管道才会达到 2000mm×2000mm 以上。管道基础的埋置深度，除排水管道和大型管道会超过 3m 外，其它多为浅埋管道。对地基承载力和变形要求不高，当持力层影响深度范围内有厚度小于 1m 的夹层或透镜体时，是否采取土试样或进行原位测试，可根据其对地基稳定性、基坑开挖和边坡稳定性的影响程度确定。

6.6 给排水工程

6.6.1 本次修订对给排水管道工程应执行的技术标准作了补充，厂区建（构）筑物按本标准第 5 章规定执行，管道工程按本

标准第 6.5 节规定执行。

6.6.3 本次修订主要参考了上海市工程建设规范《岩土工程勘察规范》DGJ 08-37-2012 和《工程设计资质标准》（2007 年修订本）相关内容，对市政行业给排水工程等级划分标准作了规定，根据给排水工程的建设规模（日处理能力）划分为大、中、小三种类型。

6.6.7~6.6.8 给排水构筑物的建造规模越来越大，埋深也越来越深。此类构筑物主要承受往复荷载。排空时应考虑抗浮问题，充水时则要考虑抗压问题，此外还要考虑差异沉降的影响等。

取水头往往布置在岸边或伸入江河中。因此，勘探点的布置和勘探深度应根据工程特点和拟采用的基础型式而定。

贮水构筑物和泵房基础常采用沉井，沉井作为深埋构筑物，在施工和使用期间，将会受到土压力、水压力和浮力、井壁与土的摩阻力和基底反力，以及沉井自重和上部结构等的作用。当沉井下沉深度内遇到块石、漂石等障碍物或未查明地层分布时，将会给施工带来很大的麻烦，可能造成重大的直接经济损失和延误工期。由于勘探点的数量和沉井的尺寸与地质条件复杂程度有关，所以要求面积小于 200m^2 的沉井，应不少于 2 个勘探点；面积大于或等于 200m^2 的沉井，应在沉井的四周（圆形为相互垂直两直径与圆周的交点）附近各布置一个勘探点；当沉井规模较大或地质条件复杂时应酌情增加勘探点的数量。

软土分布地区，因施工和稳定性分析与计算等需要，勘探深度应适当加深，一般性勘探点应钻至沉井刃脚以下 5m，对刃脚以下的软弱土层，控制性勘探点应钻穿至稳定地层。

本次修订对详细勘察控制性勘探点、采取土试样和进行原位测试的勘探点数量占勘探点总数量的比例做了具体规定。

6.6.9 土工试验和原位测试数据的准确性对确定沉井井壁与土体的摩擦力大小、沉井的结构计算、下沉系数、抗浮稳定验算和施工等都有很大的影响。因此本条对取样和原位测试的数量提出

了最低要求。沉井井壁与土体的摩擦力确定应符合下列规定：

对于外壁不设台阶的沉井，单位摩阻力在 0m~5m 范围内呈直线分布，由零增至最大值，当深度超过 5m 即保持常数。井壁与土体间的侧摩阻力，可根据测试资料估算，也可参考类似工程设计所采用的参数。如无上述资料时，对下沉深度最大不超过 30m 的沉井，也可参考下表 2 的经验数据选用。

表 2 沉井外壁与土体间单位摩阻力

土的类型	土与沉井外壁的单位摩阻力 f (kPa)
砂卵石	18~30
砂砾石	15~20
砂土	12~25
(流塑)黏性土、软土	10~12
(软塑及可塑)黏性土、粉土	12~25
(硬塑)黏性土、粉土	25~50

注：1 本表适用于深度不超过 30m 的沉井，表中数值为标准值。

2 当采用泥浆助沉时，单位摩阻力 f 可取 3kPa~5kPa；当井壁外侧为阶梯形并采用灌砂助沉时，灌砂段的单位摩阻力 f 可取 7kPa~10kPa；

3 当沉井深度内存在多种类型的土层时，单位井壁摩阻力可取各土层厚度的单位摩阻力加权平均值。

6.6.10 本次修订针对详细勘察阶段，给排水工程应重点分析和评价的岩土工程问题和内容等作出了具体规定。

6.7 堤岸工程

6.7.3 各类堤岸具有各自的工程特点，对地基强度、变形和稳定性要求也不一样，同样对勘察工作的要求也会有所差异。

I 类桩式堤岸的特点是桩本身就是堤岸或堤岸的一部分，主要承受的是水平荷载，垂直荷载一般较小。在没有其它超载的情况下，沉降变形不是主要问题。

II 类圬工结构或钢筋混凝土结构物，天然地基堤岸的特点是以本身自重与基底土之间的摩擦力来抵抗水平力，对地基的强度要求较高。这类结构物墙前的被动土压力一般不考虑或取其计算值的 30%；主要是考虑到当产生被动土压力时，挡土墙会产生

较大的位移（根据试验资料，位移值约为4%的墙高），而堤岸工程是不允许发生如此大的位移。

III类土堤的特点是对沉降要求不敏感，允许地基有较大的塑性变形。当塑性展开区较大时，往往采用反压马道，使塑性展开区保持在土堤下一定范围，不会形成连续大滑动面。当土堤越高，对地基强度的要求也越高，土堤的断面也应逐渐扩大，以保持土堤的稳定。

6.7.9 条文中的表 6.7.9 混凝土重力式堤岸基础底面与地基土之间的摩擦系数 f 值，系根据《水利水电工程勘察规范》GB 50487-2008、《水闸设计规范》SL 265-2016、《泵站设计规范》GB/T 50265-97 GB 50265-2010、《水运岩土工程勘察规范》JTS 133-2013 等标准中提供的 f 值，经综合分析汇编成本表，便于规范使用者参考。

6.7.11 在原有堤岸临江、临河地带，常分布有大块抛石、工业废渣和建筑垃圾等杂填土，采用常规勘探手段要查明其分布情况是极其困难的。对这类杂填土除了采用工程物探方法配合部分槽探、坑探、井探外，目前尚无其他较有效的勘探方法。特别是当地下水位较高的情况下，挖掘工作将很难进行，必须进行施工降水。因此，对此类杂填土应先通过调查，初步查明其分布大致范围和堆填物质成分，根据调查结果配合工程物探进一步查明其分布范围和埋藏深度，并通过少量的槽、坑、井探进行取样和验证。对这类杂填土应注意了解其堆填时间、分布的均匀性和渗透性。

6.8 地下综合管廊工程

6.8.1 地下综合管廊是近几年我省城市一种新的地下构筑物，多分布于城市主干道上，综合管廊可以将各类公用类管线集中容纳于一体化空间内，并留有供维护、检修人员进入的工作通道。

多采取明挖开槽施工。

6.8.6 地下综合管廊详细勘察勘探点间距已考虑了管廊基坑工程的相关要求，无需另行进行管廊基坑工程岩土工程勘察。

6.8.7 综合管廊埋深较大，荷载较小，勘探深度除应考虑地基方案选择、基坑稳定性分析和基坑支护设计需要外，还应满足不利条件下的抗浮设计要求。

6.8.9 采用明挖法施工的综合管廊，勘察内容与一般基坑工程具有相同之处，但由于综合管廊大多位于城市主干道，除开发区、卫星城等新建区域外，在现状道路范围内综合管廊的基坑开挖深度一般较大，周边环境复杂，对变形的要求比一般建筑基坑严格。

3 综合管廊应视为线性地下工程，其基坑开挖过程地下水控制对环境影响较大。如采用止水帷幕或连续墙等支护形式，可能会永久性改变地下水的渗流场；如果采用降低地下水水位的方式，又要考虑降水可能引发的地面沉降导致周边建构筑物、市政设施等的附加沉降。因此，综合管廊勘察应重点查明沿线水文地质条件，对地下水控制方案进行充分的分析和论证。

4 拟建综合管廊沿线周边的建构筑物 and 地下设施，不但会影响地下水控制的实施，还会对管廊的基坑支护设计选型产生影响，如影响锚索的实施和围护结构的布置等。因此，对城市建成区地下管廊工程勘察应对拟建管廊与周边环境的相互影响进行分析。

6.9 城市步栈道工程

6.9.1 近年来，随着城市基础设施建设不断完善，城市品质不断提升，我省各地兴起了修建城市休闲步道的热潮，其中主要以滨江休闲步道、环湖木栈道、山地公园景观慢行步道等多见。本次修订针对该类步栈道工程特点，对相应的岩土工程勘察工作做

了具体规定。

6.9.4 随着无人机倾斜摄影技术在工程建设中的广泛应用，步栈道工程多是沿江、河、湖等地表水体、城市道路周边和山地公园等地形、环境复杂区域布设。因此，在初勘阶段，拟建场地（线路）由于地形、地物和植被覆盖等的影响，可能部分拟建路段无法进入现场进行工程地质测绘工作，这种情况下，可选择采用无人机进行航拍，利用航拍资料弥补难以进行现场工程地质测绘的不足。

6.9.8 城市步栈道多为一般道路路基工程，多采用天然地基和浅基础，勘探点的勘探深度主要考虑满足浅基础方案即可。当存在人行栈桥、观景平台等拟采用桩基础时，勘探点的勘探深度尚应满足桩基础设计的要求。

6.9.11 城市步栈道线路多穿越不同地貌单元，局部地段会采用设置桥梁跨越、人行栈桥等小型构筑物，应根据拟建构筑物的形式考虑其是否会采用桩基形式，其次景观步道观景平台多采用外挑延伸的露台形式，设计时也多采用桩基础。其次，步栈道工程沿线尚会形成较多边坡工程，勘察工作应满足相关工程项目设计和相关技术标准的要求。

7 环境岩土工程勘察技术要求

7.1 一般规定

7.1.1 条文所述的废弃物主要指矿山尾矿、发电厂灰渣、城市固体垃圾等各种废弃物，不包括核废料。

7.1.2 环境岩土工程勘察分阶段是必要的，但由于各类处理工程的规模、污染物不同，对勘察的技术要求也不同。本次修订根据类似工程条件，工程重要性和对环境的影响程度等因素，经综合考虑按不同类型的处理工程划分相应的勘察阶段。

如：污染场地治理工程勘察，由于场地土被污染的空间分布一般具有不均匀、污染程度变化大的特点，勘察过程是一个从表面认知到逐步查明的过程，且勘察工作量与处理方法密切相关，所以污染场地治理工程勘察宜分两阶段进行。初步勘察阶段可通过现场污染源调查、采取少量土样和地下水样进行化学分析，初步判定场地地基土和地下水是否受污染、污染的程度、污染的大致范围。详细勘察阶段则是在初步勘察阶段的基础上，根据治理设计和施工要求，并结合可能采用的治理措施，重点查明场地土和地下水被污染的空间分布范围，根据设计、施工所需的岩土水设计指标和参数制定相应的勘察方案和试验方案，该阶段的应有很强的针对性，以解决工程具体需要为目的。

7.1.3 本条对环境岩土工程勘察前需搜集的专门性资料作了规定，但未包括与一般场地勘察要求相同的地形图、地质图、工程总平面图等，各阶段搜集资料的重点亦有所不同。

污染源资料：包括工业污染源、农业污染源、生活污染源、污染物集中处理设施、地表（地下）污染水体和海（咸）水入侵

等分布情况和主要污染指标。具体调查内容如下：

工业污染源调查：包括机械、电子、化工、采矿、冶炼、石油等企业的名称、位置，污水、废渣（尾矿）排放量、排放方式、规模、途径和排放口位置，污染物种类、数量、成分及危害，以及重要污染企业废弃场地、废弃井、油品和溶剂等地下储存设施等的调查。

生活污染源调查：包括垃圾场的分布、规模、垃圾处理方式与效果、淋滤液产生量及主要污染组分、存放场地的地质结构情况等；生活污水产生量、处理与排放方式、主要污染物及其浓度和危害等的调查。

农业污染源调查：包括土地利用历史与现状；农田施用化肥和农药的品种、数量、方式、时间等；污灌区范围、灌溉污水主要污染物及浓度、污灌次数和污灌量。养殖场及规模，乡镇企业污染源情况等。

地表污染水体调查：包括污染水体（河、湖、塘、水库及水渠等）的分布、规模、利用情况及水质状况等。

2 废弃物堆场或填埋场的堆填容量包括总容量和有效容量。

7.2 固体废弃物处理工程

7.2.1 本条对废弃物处理工程的勘察范围作了规定。废弃物的堆积方式和工程性质不同于天然土，按其性质可分为似土废弃物和非土废弃物。似土废弃物如尾矿、赤泥、灰渣等，非土废弃物如生活垃圾等。对于山谷型废弃物堆场，一般由下列工程组成：

- 1 初期坝：**一般为土石坝，有的上游用砂石、土工布组成反滤层；
- 2 堆填场：**即库区，有的还设截洪沟，防止洪水入库；
- 3 管道、排水井、隧洞等，**用以输送尾矿、灰渣，降水、

排水，对于垃圾堆埋场，尚有排气设施；

4 截污坝、污水池、截水墙、防渗帷幕等，用以集中有害渗出液，防止对周围环境的污染，对垃圾填埋场尤为重要；

5 加高坝：废弃物堆填超过初期坝高后，用废渣材料加高坝体；

6 污水处理厂，办公用房等建筑物；

7 垃圾填埋场的底部设有复合型密封层，顶部设有密封层；赤泥堆场底部也有土工膜或其他密封层；

8 稳定、变形、渗漏、污染等监测系统。

7.2.2 可行性研究阶段应根据固体废弃物填埋工程的特点，对拟建场地或比选场地的可行性进行分析和评价。固体废弃物填埋工程一般是由衬垫系统、渗滤液收集系统、气体排放系统、封顶系统组成的。与普通构筑物不同，为了防止渗滤液造成二次污染，选址时（可行性研究阶段）对于场地的隔水条件及地基土的不均匀沉降有较高的要求；如果天然隔水条件好，就可节约大量的人工防渗处理费用。而地基的不均匀沉降可造成衬垫层拉裂，使渗滤液外泻造成二次污染。

7.2.3 固体废弃物处理工程初步勘察阶段应基本完成筑坝材料、防渗和覆盖用黏土材料的勘察工作。其工作内容应包括材料的产地、储量、性能指标、开采和运输条件。

7.2.4 初期坝建筑材料、防渗和覆盖用黏土的费用对工程投资影响较大，故应在可行性勘察时确定产地，初步勘察时应基本查明。

7.2.5 固体废弃物填埋场作为一个存放巨大污染源的特殊构筑物，对其长期稳定性和安全性有非常严格的要求。因此，在进行岩土工程勘察时，应把查明场地防渗条件和场地稳定性评价作为勘察工作的重点。

7.2.9 本条仅对勘探取样和原位测试的技术要求与工作量确定做了一般规定。在实际工作中，应根据处理工程场地的实际情

况，以能满足查明处理工程场地岩土工程条件和分析、评价要求为准。

固体废弃物的堆积方式和性质不同于天然土，按其性质可分为似土废弃物和非土废弃物。似土废弃物如尾矿、灰渣等，类似于砂土、粉土、黏性土，其颗粒组成、物理力学性质、渗透性等可以用土工试验方法测试。非土废弃物如生活垃圾，取样测试都较困难，应根据具体情况专门考虑。有些力学参数可通过现场监测，用反分析法确定。

7.3 垃圾填埋场

7.3.5 生活垃圾是一种非固体废弃物，垃圾填埋场工程勘察可参照固体废弃物处理工程的勘察技术要求，采取试样和原位测试都较困难，应根据工程需要和具体情况专门研究。有些力学参数也可通过现场监测，用反分析法确定。

7.3.6 场地整体稳定性、堆积体的稳定性和有机物污染是垃圾填埋场工程评价的主要问题，条文对评价内容作了具体规定。

地基变形也会影响工程的安全和正常使用。土石坝的差异沉降可引起坝身裂缝；废弃物和地基土的过量变形，可造成封盖和底部密封系统开裂，导致垃圾渗出液渗漏污染地下水。

7.4 地下水污染治理工程

7.4.1 本条主要对地下水污染治理工程的范围作了规定，包括（搬迁遗留）工业污染场地、加油站、废弃矿山遗留地、污灌农田等对地下水造成污染的区域。

7.4.3 初步勘察阶段应收集的资料包括以下内容：

1 气象资料：收集近 30 年来气象监测资料，包括多年平均及月平均降水量、蒸发量、气温等资料；大气主要污染物及酸雨状况资料。

2 水文资料：收集地表水系分布状况，流量与水位变化，各水体或水系不同区段的化学成分分析资料；污染状况，污染分布特征，污染物组分、浓度及其变化资料；水体底泥污染情况等资料。

3 地形地貌，区域地质、水文地质资料：收集区域地形地貌类型与分区，地层岩性、地质构造，包气带、含水层、隔水层的岩性、厚度、结构与分布，地下水补给、径流、排泄条件，水量、水质、水位和水温监测资料，井、泉分布和集中开采地下水水源地分布情况，开发利用状况及其主要环境地质问题等资料，地下水化学组分和污染物分析资料，区域地下水污染状况的调查或研究成果等资料。

4 土地利用资料：城镇建设、工矿企业用地及变迁，建设规模及其布局，土地规划、农业用地和林业用地现状及变化资料。

5 污染源资料：污染源的类型、分布，主要污染物组成，污染物的排放方式、排放强度（堆放量）和空间分布等资料；重大水污染事件发生的时间、原因、过程、危害、遗留问题和防范措施等资料。

7.4.4 地下水污染调查常用的工程物探测井方法详见表 3：

表 3 地下水污染调查主要物探测井方法

物探测井方法	用途
电阻率法 (常规和单点)	测定不同岩层的特性和厚度，识别多孔沉积物分布，说明水质和可能受到的污染，区别黏土 / 页岩、砂 / 砂岩的岩性以及淡水和咸水。追踪回灌水的运移，污染质的扩散、稀释和迁移等
自然电位法 (SP)	确定地下水流向
天然伽马测井法 (无管和有管)	定性分析岩层间的相关关系和透水性，评估岩石类型
测径仪法	测量钻孔直径，测定下管深度、洞穴位置、碳酸盐岩含水层等
流量测井法	测定井中水来源和流动状况（特别是裂隙水和强透水带），井管渗漏等
温度测井法	确定污染含水层位置

续表 3

物探测井方法	用途
井下电视视频法	确定洞穴、节理位置，划分岩层

7.4.6 详细勘察应在初步勘察成果的基础上，根据污染源调查以及初步勘察对地下水污染程度的判断结果，分析可能存在的地下水污染区域；污染区的大小和形状取决于几个不同的因素，主要包括地下水流速、水位和水力传导系数，污染源的分布和运移时间。污染源的下游区，是应重点关注的可能受影响的区域；在确定可能受影响区时，还应考虑地下水流向随时间的变化，多个污染源的综合影响，以及非均质含水层中污染边界的不规则等因素。当初步勘察确认场地存在地下水较大范围受污染时，应综合考虑场地的水文地质条件以及污染源状况，初步估计地下水受污染范围。在估计的地下水受污染范围内，可按网格状，沿地下水流向和垂直地下水流向布置水文地质勘探点。按照距离衰减理论，随着与污染源距离的加大，污染浓度逐渐降低，勘探和监测点间距可逐渐加大。

在含水层渗透性强、地下水渗流速度较大的场地，污染物的运移较快，监测井点可稀疏些，监测线适当延伸；在地下水流速小的场地，污染物运移缓慢，污染范围相对较小，监测井点布置在污染源附近较小的区域内即可。除此之外，不同污染物的土一水分配系数差异较大，会导致其随地下水流运移的速度也有明显区别。布设监测井时，还需考虑不同种类污染物的延迟效应，结合地下水流速和污染运移时间，综合确定监测井、点的具体位置和井、点之间的距离。若污染范围较大或监测井、点不能控制地下水污染范围时，可增加监测线及监测井、点数量；并依据前批次污染检测结果，分析污染物浓度在地下水中的变化情况，确定新的监测井、点位置，逐步圈定地下水受污染范围。最终需要达到在地下水受污染范围内，地下水流向上游、两侧各有 1 个地下水监测井，地下水流向下游有 2 个地下水监测井，在地下水污染

范围外的上游、下游、两侧各有 1 个地下水监测井。

为分析地下水受污染背景，还应对未被污染层位的地下水进行同步监测，以确认场地地下水受污染程度。

7.4.7 单一潜水层场地，当钻探至潜水含水层的地下水位以下即可终止钻进。多含水层场地，采样勘探孔需要钻进至稳定的含水层方可终孔。

水文地质勘探点应查明地下水分布情况，宜穿越含水层，并进入非污染土层，但不宜进入下层的未污染的含水层，以免造成污染物的下移。

地下水监测井主要用于地下水的监测和样品采集，需要监测可能受污染的各层地下水，勘探深度达到含水层底板附近即可。

7.4.8 对于地下水而言，应以采集有代表性水样为原则，并在采样过程中尽量避免被污染和污染物损失。

7.5 污染场地治理工程

7.5.2 根据污染场地治理工程实践经验，一般污染治理工程场地均已积累了有较多的工程勘察资料和相关环境调查资料，且场地治理方案已经确定，所以污染场地治理工程勘察工作宜简化勘察阶段直接进行详细勘察。当场地水文地质条件复杂或污染治理修复设计有特殊要求时，应进行专项勘察。

详细勘察应先进行风险识别，然后以现场勘察、现场试验、取样和室内分析、为治理工程施工图设计提供依据为主。目前国内土壤污染治理技术发展很快，各种新型治理方法层出不穷，为满足设计工作需要，规定对于污染治理修复设计有特殊性要求及场地水文地质条件复杂的项目，应进行专项勘察。

7.5.3 污染场地治理工程勘察的工作方法与常规的工程勘察类似，包括资料搜集、现场调查、测绘、勘探、测试和室内试验等。除此之外，为提高对污染物检测的有效性，根据污染物在土

壤和地下水中迁移所造成的水土介质电阻率、电磁波特性和化学性质等的变化，可采用物探、化探技术用于污染监测、环境治理和评价等方面；包括电法、磁法等物探技术，以及应用于重金属和有机物快速检测的同位素分析、微量元素分析等化探技术。因此，为有效开展污染场地的勘察工作，采用先进勘察方法手段，真实反映污染场地特征，所以建议在有经验的地区可采用物探、化探技术进行污染物的定性或定量分析工作。工程物探方法包括重力勘探、磁法勘探，地震法勘探等，化探方法包括金属活动态测量法、活动金属离子法等。

污染场地治理工程勘察应明确回答场地是否存在污染或环境风险，如果有污染还应确定污染物的种类。场地是否存在污染或环境风险可通过与国家、地方相关标准以及环境背景进行对比和判定。

地下水是土壤中污染物迁移的主要动力源，土壤中的污染物质与地下水中的污染物质存在密切关系。福建为多雨地区，大部分污染场地的地下水位比较高，查明水文地质条件对土壤污染治理工程能否成功实施关系重大，故条文中突出强调了水文地质工作的有关要求。

7.5.5 本条对污染场地治理工程勘察的勘探点进行了分类，分类主要是基于查明污染场地特征；由于治理场地可能同时存在土壤和地下水污染问题，而污染物在土壤和地下水中的迁移规律又有着明显区别，为查清污染物的分布而进行的勘察工作，由于介质的差异同样会存在明显区别，即针对土壤污染和地下水污染的勘探点布置、深度等都会有差异。因此，对污染场地治理工程勘察按不同用途的勘探点进行分类很有必要。

工业污染场地采样勘探点主要用于采集土壤样品、查明污染特征和地层结构；垃圾简易堆填场地采样勘探点主要用于采集垃圾土试样，查明垃圾堆填体的物质组成、分布和污染特征，并查明垃圾土的结构。

工业污染场地环境水文地质勘探点主要用于查明水文地质特征，同时兼具采样功能；垃圾简易堆填场地环境水文地质勘探点主要用于查明垃圾土周边土壤的污染特征和水文地质条件；

监测井、点主要用于现场量测地下水和渗滤液水位，查明地下水和渗滤液的分布；采取地下水，渗滤液和气体样品分析污染性质；试验井点主要用于进行水文地质试验，提供治理设计、施工所需的水文地质参数等。

各类勘探点应根据勘察阶段和勘察内容的需求灵活布设，为了充分发挥各类勘探点的综合效能，避免浪费，勘探点宜相互结合使用。环境水文地质勘探点与采样勘探点可相互借用，监测井、点可利用环境水文地质勘探点钻孔后建设成井。

7.5.6 条文各款系参考环境保护部行业标准《场地环境调查技术导则》HJ 25.1 和《场地环境监测技术导则》HJ 25.2 有关规定，采样地块面积不宜大于 1600m²；并参考国外污染场地勘察标准中规定的 10m、30m 的勘探点间距，土壤采样勘探点间距在 20m 左右较为适宜，当场地环境水文地质条件复杂时，宜缩小间距，当场地环境水文地质条件简单时，可加大间距。而制定的。

采样勘探点布置，应根据场地环境调查成果确定的污染场地分布情况，结合污染物在土层中的迁移特征和污染场地使用类型、修复方法等综合确定。以查明污染物迁移特征和水文地质条件的为目的，可采用专业判断布点法或网格布点法进行土壤采样勘探点的布设。

潜在污染明确的场地采用专业判断布点法，专业判断布点法主要是根据已经掌握的场地污染源分布信息和区域水文地质资料以及专家经验来判断和选择土壤采样勘探点位。土壤采样勘探点数目应足以判别可疑点是否被污染，在每个疑似污染地块内或设施基础下布置不少于 3 个采样勘探点。

当污染状况不明或污染分布范围比较大、污染基本均匀分布

时，采用网格布点法，可在场地内设定一定边长的正方形网格，在每个网格中心或交界点处布设土壤采样勘探点。网格间距系参照国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

7.5.7~7.5.8 考虑到环境工程勘察的特殊性，从防止勘察过程中出现样品污染，保证工作质量，避免出现二次污染环境和安全问题等方面综合考虑作出的规定。对简易垃圾填埋场堆填区内揭露生活垃圾土和混合垃圾土的勘探点，进行垃圾土中填埋气体的原位检测，可以掌握其中有机质的降解情况和垃圾矿化程度；污染土的颜色、气味等外观特征，在一定程度上可以辅助判别土壤受污染的情况。

7.5.9 条文对现场试验、室内试验的试验项目和试验方法的选择，应执行的相关技术标准等方面作了原则性规定。

土壤样品的化学性质测试项目宜结合污染识别阶段收集的场地生产工艺、所用原材料、产品类型、产生的废弃物种类等因素确定，可选择的检测项目包括：重金属、挥发性有机物、半挥发性有机物、持久性有机污染物等，应按现行环境保护行业标准《场地环境调查技术导则》HJ 25.1 等规定进行检测。

垃圾土属于特殊性土，岩土工程勘察应按现行国家有关标准执行。其物理试验包括：容重、粒径、含水率、有机质等，化学试验包括：可燃分及灰分、热值试验等。

7.5.10 全过程监测是环保部门对环境调查工作提出的要求。

7.5.11 由于污染场地勘察是一项具有潜在危险的工作，勘察人员应高度重视环境和职业健康安全，应对现场调查与测绘、现场勘探、建井与采样、样品保存与运输、现场检测与试验以及室内试验等全过程的环境因素和危险源进行辨识，并采取相应控制措施。应在开展现场工作前进行环境和职业健康安全策划，制定与勘察工作相关的环境、健康与安全防护措施和应急预案，并在勘察全过程进行有效控制，如现场工作人员应穿戴安全鞋、安全帽、口罩或防毒面具、橡胶手套、劳保服等个体防护装置，以避

免对施工和采样人员的身体健康构成风险。如在钻探过程中，钻具拆卸时应注意穿戴个人防护用具，避免与污染土壤或水体直接接触或吸入有毒有害气体；在槽探与井探施工时，施工人员必须在较为密闭的环境中进行施工作业，应为施工人员配备必要的个人防护用具，并采取通风等防护措施；避免作业人员与污染土壤或水体有过多直接接触或吸入有毒有害气体，这在有机类污染场地作业时应给予高度重视和关注。对钻探过程中可能遭遇的未知地下设施（如遭遇液态废物、地理污罐或管线等）应布置收集槽、缓冲罐和适当的消防设备，对现场作业人员应进行应急事件培训，一旦发生中毒事件，确保得到及时处理。

由于污染场地的工程地质和水文地质条件相对复杂，导致污染物在场地土壤和地下水中分布不均匀，污染程度空间分布差异较大。勘察各个环节操作的规范性都会对检测数据的准确性产生重要影响，因此应结合污染物的运移特性，在现场勘探、采样与测试、样品保存与运输以及室内试验等全过程进行质量控制与质量保证。

7.5.12 常用的污染场地治理措施主要包括挖掘、稳定/固化、化学淋洗、气提、热处理、生物修复技术等。

1 挖掘：指通过机械、人工等手段，使土壤离开原位置的过程。一般包括挖掘过程和挖掘土壤的后处理、处置和再利用过程。在场地修复的各个阶段和多种修复技术实施过程中都可能采用挖掘技术，如场地环境评估、修复活动中和后评估阶段。作为修复技术，挖掘仅仅是作为修复工程的一部分。

2 稳定/固化：指通过固态形式在物理上隔离污染物或者将污染物转化成化学性质不活泼的形态，降低污染物的危害；可分为原位和异位稳定/固化修复技术。原位稳定/固化技术适用于重金属污染土壤的修复，一般不适用于有机污染物污染土壤的修复；异位稳定/固化技术通常适用于处理无机污染物，不适用于半挥发性有机物和农药杀虫剂污染土壤的修复。

3 化学淋洗：指借助能促进土壤环境中污染物溶解或迁移作用的溶剂，通过水头压力推动清洗液，将其注入被污染土层中，然后再将含有污染物的液体从土层中抽提出来，进行分离和污水处理的技术；可分为原位和异位化学淋洗技术。原位化学淋洗技术适用于水力传导系数大于 10^{-3}cm/s 的多孔隙、易渗透的土壤，如沙土、砂砾土壤、冲积土和滨海淤积土，不适用于红壤、黄壤等质地较细的土壤；异位化学淋洗技术适用于土壤粘粒含量低于 25%、被重金属、放射性核素、石油烃类、挥发性有机物、多氯联苯和多环芳烃等污染的土壤。

4 气提技术：指利用物理方法通过降低土壤孔隙的蒸汽压，把土壤中的污染物转化为蒸汽形式而加以去除的技术，可分为原位土壤气提技术、异位土壤气提技术和多相浸提技术。气提技术适用于地下含水层以上的包气带；多相浸提技术适用于包气带和地下含水层。原位土壤气提技术适用于处理亨利系数大于 0.01 或者蒸汽压大于 66.66Pa 的挥发性有机化合物，如挥发性有机卤代物或非卤代物，也可用于去除土壤中的油类、重金属、多环芳烃或二噁英等污染物；异位土壤气提技术适用于修复含有挥发性有机卤代物和非卤代物的污染土壤；多相浸提技术适用于处理中、低渗透型地层中的挥发性有机物。

5 热处理：指通过直接或间接热交换，将污染介质及其所含的有机污染物加热到足够的温度 ($150^{\circ}\text{C}\sim 540^{\circ}\text{C}$)，使有机污染物从污染介质挥发或分离的过程，按温度可分为低温热处理技术（土壤温度为 $150^{\circ}\text{C}\sim 315^{\circ}\text{C}$ ）和高温热处理技术（土壤温度为 $315^{\circ}\text{C}\sim 540^{\circ}\text{C}$ ）。热处理修复技术适用于处理土壤中挥发性有机物、半挥发性有机物、农药、高沸点氯代化合物，不适用于处理土壤中重金属、腐蚀性有机物、活性氧化剂和还原剂等。

6 生物修复：生物修复指利用微生物、植物和动物将土壤、地下水中的危险污染物降解、吸收或富集的生物工程技术系统。按处置地点可分为原位和异位生物修复。生物修复技术适用

于烃类及衍生物，如汽油、燃油、乙醇、酮、乙醚等，不适合处理持久性有机污染物。

污染土治理（修复）可根据期望达到治理技术要求，参考表4土壤修复技术评价参数表选择适宜的治理（修复）技术措施。

表4 土壤修复技术评价参数表

分类方法	技术	成熟性	适合的目标污染物	适合的土壤类型	治理成本	污染物去除率(%)	修复时间 ⁵
污染源	植物修复	P	a~f	无关	¥	<75	2年以上
	生物通风	F	b~d	D~I	¥	>90	1~12个月
	生物堆	F	a~d	C~I	¥	>75	1~12个月
	化学氧化(原位)	F	a~f	不详	¥¥	>50	1~12个月
	化学氧化/还原(异位)	F	a~f	不详	¥¥	>50	1~12个月
	热处理	F	a~f, 除了c	A~I	¥¥	>90	1~12个月
	土壤淋洗(原位)	F	a~f	F~I	¥¥	50~90	1~12个月
	土壤淋洗(异位)	F	b~f	F~I	¥¥+	>90	1~6个月
	电动	P	e~f	不详	¥¥¥	>50	—
	土提技术	F	a~b	F~I	¥	75~90	6个月~2年
暴露途径	挖掘	F	a~f	A~I	¥	>95	1~3个月
	帽封	F	c~f	A~I	¥	75~90	6个月~2年
	稳定/固化	F	c, e~f	A~I	¥¥	>90	6~12个月
受体	垂直/水平阻隔系统	F	c~f	A~I	¥¥	—	2年以上
	改变土地利用方式 移走受体	F	a~f	A~I	¥	—	—

注：1 成熟性：F-规模应用；P-中试规模；

2 污染物类型：a-挥发性；b-半挥发性；c-重碳水化合物；d-杀虫剂；e-无机物；f-重金属；

3 土壤类型：A—细粘土；B—中粒粘土；C—淤质粘土；D—粘质肥土；E—淤质肥土；F—淤泥；G—砂质粘土；H—砂质肥土；I—砂土；

- 4 Y=低成本；Y+=低到中等成本；YY=中等成本；YYY=高成本；
- 5 修复时间为每种技术的实际运行时间，不包括修复调查、可行性研究、修复技术筛选、修复工程设计等的时间；
- 6 “—”表示不确定。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

8 特殊性土岩土

8.1 软土

8.1.1 福建省沿海地区广泛分布的软土，具有触变性、流变性、高压缩性、低强度、低渗透性和不均匀性等工程性质。福建地区软土的主要类型有以下三类：

1 第一类属溺谷相沉积，一般厚度较大，层理垂直向变化较大，水平向变化较小，如福州、泉州一带。

2 第二类属滨海相沉积，如厦门、闽东一带近代海退所形成的浅海沉积，常混杂有泥砂，具有向海倾斜的层理，厚度一般不大，但变化较大。

3 第三类属内陆型，常零星分布于山间盆地或河谷一侧，范围不大，包括沼泽土和淤泥质土等。

福建省沿海地区软土主要物理力学性质指标附录 F 表 F.0.1-2 和表 F.0.1-3 系根据原福建省地方标准《建筑地基基础勘察设计规范》DBJ 13-07-91 和福建省水利电力勘察设计院、福建省建筑设计研究院提供的资料编制而成的。

8.1.2 本次修订系根据国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017-2021 有关规定，对原条文进行修改。在软土分布地区进行岩土工程勘察时，应注意不同成因类型的软土，当沉积环境不同时，其分布范围、土层厚度和土的均匀性是不一样的。如福州、泉州一带的溺谷相沉积成因的软土，其层位的稳定性相对较好，分布范围较大、厚度也大。山区或山前地带，其软土沉积条件复杂，受下卧基岩顶板的坡度和起伏控制，土层厚度和层理在水平和垂直分布上变化大，是影响场地地基的抗滑稳定性和造成地基

不均匀沉降的主要因素。

勘察时应注意查明软土的固结历史和固结程度，确定是否是欠固结土、正常固结或超固结土。不同固结程度的软土的应力应变关系有不同的特征；如福州地区埋深在 30m 以上的第三层淤泥，其力学性质指标与第二层正常固结黏性土接近，是典型的超固结土，查清其固结历史对工程建设具有重要的意义。确定先期固结压力，必须保证取样的质量，应注意其受扰动后结构破坏对强度和变形的影响。

8.1.3 软土勘察勘探点的间距，应根据不同成因类型的软土和地基复杂程度采用不同的布置原则和不同的勘探手段。

8.1.4 软土勘探深度不应简单地按地基变形计算深度确定，而应根据地质条件、建筑物特点、可能选用的基础类型综合确定。此外，尚应考虑可能采取的地基处理方案对勘探深度的要求。

8.1.6 软土勘察宜采用钻探取样与原位测试相结合的方法确定软土的物理力学性质指标。当场地条件许可时，宜采用静力触探为主钻探为辅的综合勘探方法；如采用十字板剪切试验测定软土的无侧限抗压强度和灵敏度，用静载荷试验、扁铲侧胀试验等确定软土的承载力、变形模量等岩土参数和工程特性指标。

8.1.7 当考虑相邻荷载的影响进行差异沉降分析时，可按应力叠加原理采用角点法计算。

确定软土地基承载力不宜简单依靠理论计算，而应以根据室内试验和原位测试结果，结合当地工程经验综合确定。

根据福建省建筑设计研究院有限公司在福州市的十几项非嵌岩桩桩基工程沉降监测资料，经过与规范法等计算结果对比；在软土厚度分布较大的地区，按国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011 分层总和法计算，其计算结果与实测资料相差较大。高层建筑其计算误差可达 200mm 以上。地基最终沉降量计算方法应选用土的应力历史法较合理。变形计算深度应自基础底面算起，应算至附加压力等于土层自重压力的 10% 处。

8.2 填土

8.2.1 填土在福建省的分布范围很广，所有城镇均有分布，厚度变化很大，在老城区有的厚度可达 2m~5m。其工程特性和均匀性很复杂，对工程的影响大，是许多基础和基坑工程常见的土类之一，也是众多村镇民宅常选用的基础持力层。根据国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009 年版）的分类标准，在保持其大分类不变的前提下，根据福建省杂填土的物质构成情况，参照原福建省地方标准《建筑地基基础勘察设计规范》DBJ 13-07-91，对杂填土进一步划分为四个亚类。

8.2.2~8.2.3 本次修订系根据国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017-2021，对原条文进行修改。填土地基勘察除应满足常规要求外，重点应查明填土的不均匀性和密实度。条文针对填土的工程特性，对勘察工作应重点查明的问题提出了要求。对勘探点的布置、勘探深度、勘探手段和勘察方法的选择和确定强调不能受常规限制，应从解决问题出发，保证所提供的勘察成果应满足设计、施工要求。

8.1.4

1 填土的均匀性和密实度以采用触探法，并辅以室内试验。轻型动力触探适用于细颗粒的素填土和杂填土；静力触探适用于粉土、黏性土为主的素填土和冲填土；重型动力触探适用于粗颗粒的填土。室内试验项目应包括密度、含水量、颗粒分析、相对密度、有机质含量、固结和浸水固结试验、抗剪强度等。

2 填土的工程特性指标如地基承载力和变形指标宜采用现场载荷试验成果确定。当设计等级为丙级及以下，无实测资料时，可根据经验参考表 5 中的数值综合确定。

3 有效试验数量是指满足数理统计要求的样本数，即剔除了离散性差异大的样本。主要考虑填土的非均质性对统计结果的影响，也就是要求应根据填土的均匀性增加试验的数量。

表 5 福建省沿海地区填土主要物理力学性质指标

填土名称	状态		天然重度 (kN/m ³)		压实系数 λ		承载力特征值 f_{ak} (kPa)	
	福州	厦门	福州	厦门	福州	厦门	福州	厦门
素填土 (黏土质填土)	中密可塑	中密可塑	17.5~19	18	—	—	100~150	120~160
杂填土 (瓦砾填土)	松散	松散	<16	17~19	—	—	70~100	80~100 100~150
	稍密	稍密	16~18				90~120	
	中密	中密	18~20	18			120~150	
压实填土	碎石、卵石				0.94~0.97		200~300	
	砂夹石(其中碎石、卵石占全重 30%~50%)						200~250	
	土夹石(其中碎石、卵石占全重 30%~50%)						150~200	
	黏性土 ($10 < I_p < 14$)						130~180	

当采用载荷试验检验压实填土的承载力时，应考虑压板的尺寸与压实填土厚度的关系。压实填土厚度大，压板尺寸也要相应增大，或采取分层检验的方法。否则，检验结果只能反映上层或某一深度范围内压实填土的承载力。

4 根据国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB55003-2021 第 4.3.5 条规定，压实填土作为地基持力层时，在填筑前应对拟压实的填土提出质量要求，未经检验查明以及不符合质量要求的压实填土，均不得作为地基持力层。也就是要求压实填土必须在填筑前、后均应根据设计要求的压实系数，采用击实试验测定填料的最优含水量和最大干密度计算压实系数。

压实填土包括分层压实和分层夯实填土，压实填土地基包括压实填土及其下部天然土层两部分，压实填土地基的变形也包括压实填土及其下部天然土层两部分的变形。压实填土自身的变形与其厚度、干密度等因素有关。在干密度相同的情况下，其厚度

小变形也小；反之，变形也大。而下部天然土层的变形则与其土的性质有关。

压实填土需根据设计要求进行分层压实或分层夯实，对其填料性质和施工质量严格控制。使其承载力和变形满足地基设计要求。不允许对未经检验查明的以及不符合要求的压实填土作为建筑工程的地基持力层。

8.3 混合土

8.3.1 混合土的成因类型主要有洪积、坡积、冰水沉积、湖积、滑塌堆积、残积等。除残积外其它混合土的形成条件最重要的是要有提供大颗粒的条件。

根据国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001 的有关条文说明，经专门研究表明：黏性土、粉土中碎石组分的质量只有超过总质量 25% 时，才能起到改善土的工程性质作用；而在碎石土中，当黏粒组分的质量大于总质量 25% 时，则对碎石土的工程性质有明显的影响，特别是当含水量较大时。

8.3.2 本条修订系根据国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017-2021 规定对原条文进行修改。由于混合土的固体颗粒大小混杂，不易取得原状土样，必须采用套管或植物胶护壁、双重岩芯管钻进方式采可获取扰动土样；有条件的勘察项目应布置一定数量的探井，以便采取原状试样或动力触探对粗颗粒混合土是一种很好的勘探和测试手段。但使用时应有一定数量的钻孔或探井配合。作为测试手段试用时，一定要严格按照规范的规定执行，地层是否适宜连续贯入及采用自由落锤方式是决定是否可作为测试手段的关键。判定地基土的承载力和变形指标应有载荷试验对比资料。本次修订仍因缺乏对比材料无法提供我省地区性的经验指标，尽管征求意见时有许多单位提出这方面的要求，可参考四川省工程建设地方标准《成都地区建筑地基基础设计规范》

DB51/T 5026-2001 有关规定。

8.3.3 混合土的载荷试验和现场直接剪切试验；要求载荷板的直径应大于试验土层最大颗粒直径的 5 倍，且载荷试验的承压板面积不应小于 0.5m^2 ，混合土剪切试验的剪切面面积不宜小于 0.25m^2 。现场密度试验，对砂质黏性土，一般可用大环刀法取样分析，对含粗颗粒较多的混合土，可用试坑充砂法或充水法测定其密度。当工程重要性等级为三级，受条件限制无法通过载荷试验获取混合土的承载力时，可根据大体积土试样的干密度 ρ_d 或孔隙比 e 按表 6 确定。

表 6 混合土承载力特征值

干密度 ρ_d (t/m^3)	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3
f_{ak} (kPa)	170	200	240	300	380	480	620	—
孔隙比 e	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
f_{ak} (kPa)	190	200	210	230	250	270	320	400

注：表中数值是根据载荷试验与大体积土试验对比得出的资料，按式(8-1)和式(8-2)关系确定的。

$$1/p_0 = 2.431/\rho_d - 0.9701 \quad (1)$$

式中：样品数容量 $n=51$ ，线性相关系数 $\gamma=0.79$ ，

$\rho_d = 1.53 \sim 2.30 \text{t}/\text{m}^3$ 。方差 $S=0.1061$ ， $F=81.55$ 。

$$1/p_0 = 0.6877 - 0.1368/e \quad (2)$$

式中：样品数容量 $n=51$ ，线性相关系数 $\gamma=0.82$ ，

$e = 0.21 \sim 0.58$ 。方差 $S=0.1039$ ， $F=97.13$ 。

8.3.4

3 混合土地基变形计算；一般可采用变形模量计算地基沉降量。因为混合土难于获取原状土试样进行室内压缩试验，混合土的变形指标只能通过现场静载荷试验获得。

条款中规定“当混合土中含有巨大颗粒时，可将其所在位置按不可压缩段考虑。”系指颗粒粒径大于 400mm 以上，并位于结构的重要节点位置且对沉降计算有影响时，则该位置可作为不

可压缩段。

4 岩溶地区混合土中的地下水，常易产生潜蚀现象造成地面塌陷，因此勘察过程中应重点查明场地的水文地质条件，评价地下水对拟建工程施工、运营期的影响。

8.4 风化岩和残积土

8.4.2 福建沿海地区主要为岩浆岩分布地区，内地主要为沉积岩和变质岩分布地区，沿海地区岩浆岩分布以花岗岩为主。福建省岩石风化程度划分标准是根据我省勘察单位在长期工作实践中积累的一些对比资料和习惯用法归纳总结而成。本次修订针对采用标准贯入锤击数划分岩石风化程度的锤击数划分区间进行了调整。岩石风化程度划分可采用标准贯入试验的贯入锤击数，也可根据波速测试的剪切波速度或岩石极限抗压强度指标。

8.4.3 本次修订系根据国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017-2021 有关规定，对原条文进行修改。风化岩和残积土勘察技术要求，应根据不同工程对地基承载力和变形要求确定。当作为天然地基时，应重点查明岩、土的均匀性和物理、力学性质；作为桩基础持力层时，应重点查明破碎带、软弱夹层和差异风化体的产状、厚度、分布范围和埋藏深度。花岗岩类和凝灰岩类分布地区，应注意采用适宜的勘探手段，重点查明和正确划分不同风化程度岩层界面、岩脉和球状风化体（孤石）的分布。

8.4.4 勘探点的布置除应遵循一般规定外，对层状沉积岩、变质岩分布地区，勘探线应垂直走向布置，并应考虑具有软弱夹层的特点。对风化花岗岩分布地区，由于花岗岩的风化程度和深度常常变化很大，界面起伏很大，采用传统钻探方法很难查清地层界面起伏变化情况，以及不良地质体的空间分布；因此，可利用工程物探可连续加密测点获取连续地质界面的这一特点，根据物性的差异程度，有针对性的采用综合工程物探手段为主，辅以钻

探、坑探等直接勘探手段进行验证的综合勘察方法。

8.4.5

1 强风化岩因取样、制样困难，难于进行室内岩石单轴抗压试验，因此，强风化岩其强度指标可根据点荷载试验结果进行换算，用点荷载强度指数 I_s 换算单轴极限抗压强度 R_c (MPa)。

3 应注意条文中提到的测试成果反映的是岩土的动力学性质，相同波速值、标准贯入锤击数对于不同类别的岩石，其风化程度并不一定相同，应与其它测试、试验结果建立相关关系；

4 室内试验对花岗岩残积土特别规定应增做细粒土的天然含水量 w 、塑性指数 I_p 。这主要是考虑到这类土用常规方法所做出的天然含水量常常失真，导致计算出的液性指数都小于零，显然与实际不符。这是由于细粒土的比表面积大，细粒土的矿物成分多为亲水黏土矿物，水分多集中在细粒土上，而在石英质粗颗粒土上为少量附着水。因此，规定在计算液性指数时不能全部用土的天然含水量，只能用细粒土部分的天然含水量，（即筛除大于 0.5mm 颗粒剩余部分）。

5 鉴于花岗岩残积土难于取得原状土试样进行室内压缩试验，因此，花岗岩残积土的承载力和变形模量主要是以载荷试验方法取得。在本标准编写过程中，共收集到福州、厦门、泉州等地区 40 多台残积砂质黏性土标准贯入试验和载荷试验对比资料，通过筛选后，对剩余的 29 组数据进行统计分析，得到地基承载力特征值 f_{ak} 、变形模量 E_0 (MPa) 与标贯击数（修正）的经验关系式。

该经验关系式仅适用岩土工程勘察等级为乙级及以下的工程，对岩土工程勘察等级为甲级的工程应通过载荷试验获取地基承载力特征值 f_{ak} 和变形模量 E_0 。

（1）变形模量 E_0 与标贯击数 N （修正）的对应关系

通过对福州、厦门等地区 29 组数据的统计分析，得到变形模量 E_0 (MPa) 与标贯击数 N （修正）的对应关系散点图如图 1 所

示:

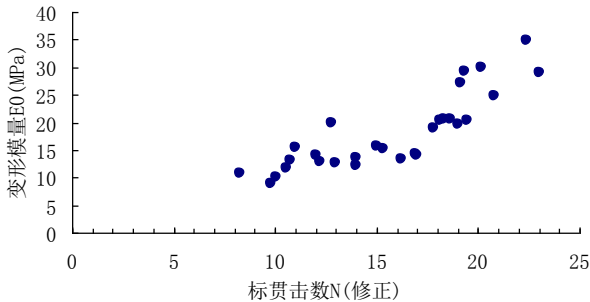
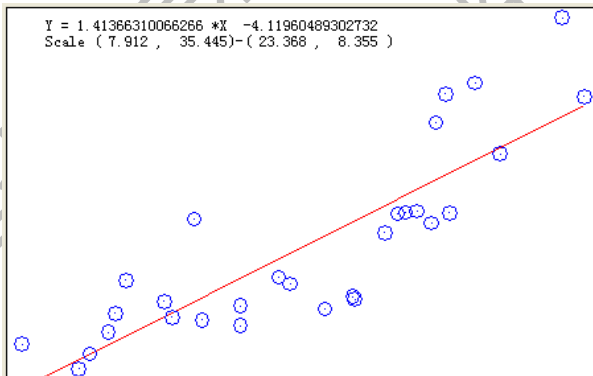


图1 变形模量与标贯击数之间的对应关系散点图

采用最小二乘法对 E_0 与 N 的关系进行线性拟合, 得到以下公式:

$$E_0 = 1.414N - 4.12(\text{MPa}) \quad (3)$$

相关系数 $R = 0.851$ 。



由以上线性拟合结果可以看出, 变形模量与标贯击数之间具有较好的线性相关性, 因此, 可以利用上式通过标贯击数 N 来估计土的变形模量 E_0 。

(2) 地基承载力特征值 f_{ak} 与标贯击数 N (修正) 的对应关系

通过对福州、厦门、泉州等地区的工程地质勘察资料 28 组

数据的统计分析，得到了地基承载力特征值 f_{ak} 与标贯击数 N （修正）的对应关系散点图如图 2 所示：

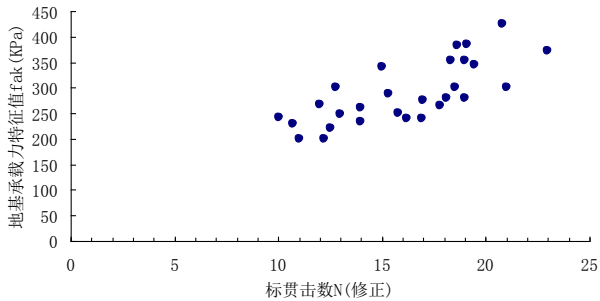
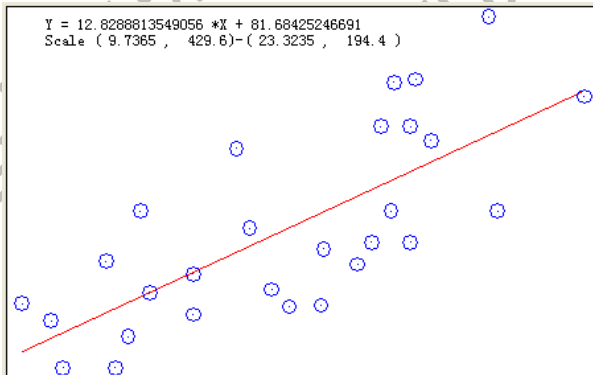


图 2 地基承载力特征值与标贯击数（修正）的对应关系散点图

采用最小二乘法对以上 28 组数据进行线性拟合，得到了二者的对应关系式，如式(4)所示：

$$f_{ak} = 12.829N + 81.68(\text{kPa}) \quad (4)$$

相关系数 $R = 0.741$ 。



从以上结果可以看出，地基承载力特征值与标贯击数 N （修正）之间的线性相关性一般，因此，在实际工程勘察中，可以利用标贯击数来近似估计地基土的承载力。

8.4.6 对风化岩和残积土进行岩土工程评价应考虑以下因素：

- 1 岩质地层中软弱夹层和软硬互层的厚度、产状、分布范

围对边坡稳定性、地基稳定性和均匀性等的影响；

2 未风化球状体（孤石）、岩脉、断裂、构造破碎带的产状、分布范围对地基均匀性的影响；

3 残积土厚度均匀性对地基变形均匀程度的影响；

4 风化岩和残积土是否具有膨胀性。

8.4.8 风化岩和残积土地基，由于受风化程度、岩性等控制，往往表现出同一岩性或不同岩性在不同地段的强度和变形模量变化很大，特别是当有岩脉穿插则表现出更强的不均匀性。不均匀沉降对工程的影响是这类地基的主要特点。因此，加强这类地基的检验和监测工作十分必要。

8.5 污染土

8.5.1 致污物质指工业垃圾（如工业废气、废液、废渣等）、生活垃圾通过渗透、扩散等途径侵入土体，导致原土体的物理、力学和化学性质发生变化的土称为“污染”土。

8.5.2 可能受污染的拟建场地：指在勘察期间地基土尚未被污染，但邻近有污染源或工程本身在工程建设过程中或建成后可能改变现状导致拟建场地被污染。对此类场地勘察时，应评价一旦被某种物质污染后地基土的物理、力学和化学性质会出现什么样的改变，并提出防止污染的措施和建议。

受污染的拟建场地：对这类场地，则需进行污染土调查的基础上进行地基处理。

受污染的已建场地：这类场地多是地基土受污染后出现了事故而需进行治理。

8.5.3 根据国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017-2021 规定，对原文进行修改。

8.5.4 污染土勘探点的布置应遵循“近污染源处密，远污染源处疏”的原则，根据污染程度的不均匀情况予以加密。

8.5.5 污染土地区，必须采取地下水、地表水（如有）和土试样进行全分析。化学分析项目应包括土的全量分析、某元素（或某化合物）的定量分析、易溶盐含量、有机质含量、pH 值等。为了查明污染土分布、污染程度和其特征，至少应选择的三个以上“污染特征指标”如易溶盐含量、pH 值、有机质含量等进行分析。

8.5.6

2 作为污染等级划分标志“污染特征指标”应具备的条件是：（1）与土和污染物相互作用有明显的相关性；（2）与土的物理力学指标变化有明显的相关性；（3）该参数的测定有较简易、迅速、经济的方法。

污染等级可根据“污染特征指标”确定，一般应采用三个以上污染特征指标进行综合划分。污染等级可划分为下列三个等级：

- 1) 严重污染：指场地土的物理力学性质指标与原土体有较大幅度变化；
 - 2) 中等污染：指场地土的物理力学性质指标有明显变化；
 - 3) 轻微污染：指场地土的物理力学性质指标只有轻微变化，仅能从土的化学分析中检测出有污染物存在。
- 4** 防治污染和治理污染土的措施一般可分为：
- 1) 隔断污染源：根据污染的空间位置，采用垂直挡墙和上部覆盖的方法，防止污染物的迁移和扩散；
 - 2) 地基处理：对受污染场地土采用换土、化学处理、热处理等地基处理方法。

9 不良地质作用

9.1 一般规定

9.1.1 强调对拟建工程有影响的不良地质作用应进行专门岩土工程勘察的必要性，以及专门勘察的主要工作内容。

9.1.3 强调监测工作在工程建设过程和使用期间，对不良地质作用或地质灾害预测、预警所起的重要作用。监测工作内容应按本标准第 17 章的有关要求执行。

9.2 岩溶和土洞

9.2.1 岩溶和土洞是我省闽西、闽北地区普遍存在的一种不良地质作用。特别是隐覆岩溶分布地区，当大量抽取地下水导致地下水位急剧下降时，常会引发土洞的发展和地面塌陷的发生，所引发的地质灾害常危及到许多工程和人民群众的生命财产安全。所以在一般规定中明确规定：所有拟建工程场地或其附近存在对工程安全有影响的不良地质作用时，应进行专项勘察。

岩溶的分类方法较多，本标准主要是根据我省岩溶作用的形成条件和埋藏条件进行分类，根据岩溶的形态、连通性、地下水特征或岩溶率对其发育强度进行分级，这样易于掌握和使用。

9.2.2 本次修订系根据国家标准《工程勘察通用规范》GB55017-2021，对原条文进行修改。如何查明岩溶、土洞的发育规律，目前主要还是沿用传统的岩溶发育特征分析方法基础上，通过地图信息的数字化和等高线数字信息构建三维地形模型。这种基于 GIS 地理信息系统对岩溶发育特征的数字化分析，能够更直观表达岩溶的发育特征，有助于对岩溶发育规律从定性分析到定量分析的研究。岩溶和土洞勘察工作一般应遵循以

下原则:

1 岩溶地区勘察,宜先进行工程地质测绘和调查,然后选择适宜的勘探手段,查明岩溶、土洞的位置、规模、埋深、填充物的性状和地下水特征。

2 岩溶地区勘探手段的选择,宜采用工程物探和钻探相结合的综合勘探方法,通过多种勘探方法进行综合判断和相互印证,查明溶洞和土洞的分布;

3 由于岩溶和土洞的形态、分布在具体场地上是无序的;所以岩溶地区一般均应进行施工勘察;

4 应根据岩溶勘察结果,对拟建设场地的地基基础设计和岩溶、土洞的治理提出建议;评价其对工程稳定性的影响程度。

9.2.3 岩溶地区勘察应采用先地表后地下、先定性后定量、先控制后一般,先疏后密的工作准则。勘察手段的选择和勘察工作量的布置应有针对性、灵活性和多样性,特别是隐覆岩溶和土洞发育区,由于它们的形态、分布、很复杂,虽然宏观上是有规律的,但在具体场地则常常表现是无序的,要注意总结本地区一些行之有效的综合勘探方法和评价方法。条件复杂时,应加密勘探点间距;主要应根据勘探手段确定,如果采用钻探手段则加密勘探点间距是有限度的,但采用工程物探手段其道间距则可加密到0.5m~1.0m左右。勘探方法的选择应注意方法的适用性。

9.2.8 岩溶发育强度分级,本标准提出按“岩溶形态、连通性、地下水”三个因素的定性分类方法或根据岩溶率的定量分类方法。土洞是指埋藏在隐覆岩溶上覆土层中的空洞,其发展的最终结果即形成地面塌陷。由于土洞和塌陷的形成与发展一般都是分布在岩溶的发育区,所以这些地区应该是土洞勘察的重点区域。并应关注以下几个主要部位:

1 土层较薄、土中裂隙及其下覆岩体洞隙发育部位;

2 岩面张开裂隙发育,石芽或外露的岩体与土体交接部位;

- 3 两组构造裂隙交汇处和宽大裂隙带；
- 4 隐伏溶沟、溶槽、漏斗等，其上有软弱土分布的负岩面地段；
- 5 地下水强烈活动于岩土交界面的地段和大幅度人工降水地段；
- 6 低洼地段和地表水体近旁。

9.2.10 岩溶地区稳定性评价，应根据工程经验采用定性和定量相结合的方法。定量评价方法主要是通过简化溶洞顶板的边界条件和受力条件，借用结构力学的一些计算公式，对溶洞顶板所需安全厚度进行估算。岩溶地基稳定性定量评价即溶洞顶板所需安全厚度可按以下方法进行估算：

1 溶洞顶板塌陷自行填塞洞体所需厚度 H 可按式(5)计算：

当溶洞顶板为中厚层、薄层、裂隙发育、易风化的软弱岩层且顶板有塌陷可能，并已知洞体高度时，所需塌落高度 H ：

$$H = \frac{H_0}{K-1} \quad (5)$$

式中： H_0 —洞体最大高度（m）；

K —岩石松散（胀余）系数，石灰岩 $K=1.2$ ，黏土 $K=1.05$ 。

2 假设溶洞顶板受力与结构的梁板受力一样，其受力弯矩可根据下列情况分别计算：

1) 当溶洞顶板跨中有裂缝，且顶板两端支座处的岩石坚固完整时，可按悬臂梁计算：

$$M = \frac{1}{2} PL^2 \quad (6)$$

2) 当裂缝位于支座处，且溶洞顶板较完整时，可按简支梁计算：

$$M = \frac{1}{8} PL^2 \quad (7)$$

3) 当支座和溶洞顶板的岩层较完整时, 可按两端固定梁计算:

$$M = \frac{1}{12} PL^2 \quad (8)$$

抗弯验算: $\frac{6M}{bH^2} \leq \sigma$, 即 $H \geq \sqrt{\frac{6M}{b\sigma}}$; 抗剪验算:

$$\frac{4f_s}{H^2} \leq SH, \text{ 即 } H \geq \sqrt{\frac{4f_s}{S}};$$

式中: M —弯矩 (kN·m);

P —溶洞顶板所受总荷载 $P = P_1 + P_2 + P_3$;

P_1 —溶洞顶板厚为 H 岩体自重 (kN/m);

P_2 —溶洞顶板上覆土层自重 (kN/m);

P_3 —溶洞顶板上附加荷载 (kN/m);

σ —岩体计算抗弯强度 (石灰岩一般为允许抗压强度的 1/8) (kPa);

f_s —支座处的剪力;

L —溶洞跨度 (m);

S —岩体计算抗剪强度 (石灰岩一般为允许抗压强度的 1/12) (kPa);

b —梁板宽度 (m);

H —溶洞顶板岩层厚度 (m)。

3 溶洞顶板抵抗受荷剪切的厚度可根据极限平衡条件公式计算:

$$T \geq P \quad (9)$$

$$T = HSL \quad (10)$$

式中: P —溶洞顶板所受总荷载 (kN);

T —溶洞顶板总抗剪力 (kN);

L —溶洞平面的洞长 (m) ;

其他符号意义同前。

也有不少人通过研究提出了一些溶洞顶板挠度的简化分析方法, 如: 湖南省轻工纺织设计院的吴岳明; 根据岩溶地区当上部荷载要求较高的情况下, 普遍采用嵌岩灌注桩这一特点。把嵌岩灌注桩与岩溶顶板的作用机理, 看成一个相互作用的系统, 对该系统进行简化处理, 使之形成两个对应的力学模型, 得出相应的计算公式即中心局部均布荷载下, 圆形顶板受力的挠度 w 表达式如下:

$$w = \frac{qd^2R^2}{256D} \left[3 - \frac{3d^2}{4R^2} + \frac{d^2}{16R^2} \right] \left[1 - \frac{r^2}{R^2} \right] \quad (11)$$

式中: q —直径为 d 的中心圆面积上所受均布荷载 $q = 4p/\pi d^2$;

d —中心圆的直径 (桩径) ;

R —溶洞顶板半径;

r —实际半径 (桩的实际半径), 可用当量半径 r' 取代,

当量半径 r' 取决于顶板厚度 h ;

当 $r < 0.5h$, $r' = \sqrt{1.6r^2 + h^2} - 0.675h$;

当 $r \geq 0.5h$, $r' = r$;

D —溶洞顶板的直径。

再利用弹性力学公式求圆板的弯矩与剪应力的表达式, 得出在一定荷载下, 岩溶顶板中最大弯矩与最大剪应力。从而反推顶板在一定荷载作用下的安全厚度, 或者根据一定安全厚度的顶板来计算顶板极限荷载。

也可按国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001 中的第 5.1.9 条~第 5.1.11 条规定执行。

9.3 滑坡

9.3.1 本次修订系根据国家标准《工程勘察通用规范》GB

55017-2021 有关规定对原条文进行修改。

9.3.4 滑坡勘察勘探工作量很难做出统一的规定，这是因为每个滑坡体的规模不同，其滑动面的形状也不一样，只能由勘察人员根据实际情况确定。本条仅作了一般性规定，它适合规模较大的滑坡勘察。对滑坡规模较小的，其勘探点的间距应适当缩小，以查清滑坡要素为原则。

在滑坡勘探时，各种勘探方法的选择及勘探点的布置原则可以根据需要参照表 7 进行选择。在条件允许的情况下，可布置部分井探或坑探对寻找、查清滑动面是有帮助的。

滑坡勘探工作应遵循先勘探主剖面、后勘探辅助剖面的原则。但在实际工作中，应根据实际情况灵活掌握，特别是勘探点间距和勘探深度，应以查明主要滑坡要素和满足稳定性评价为前提，该增大工作量就应增大。

表 7 滑坡勘探方法适用条件及勘探点布置要求

勘探方法		适用条件及勘探点布置要求
钻探		适用于了解滑体结构，滑面（带）的深度，个数、地下水埋深及水量，监测深部位移，采集滑体、滑带及滑床的岩、土、水试样
槽探		适用于确定滑坡周界、后缘滑壁和前缘剪出口附近滑面的产状及裂隙延伸情况，有时也可用作现场剪切试验及重度试验的试坑
井探		适用于观察滑体结构和滑面（带）特征，采集原状土样和进行现场剪切试验及重度试验。勘探点应主要布置在滑坡的中前部主剖面附近
洞探（平洞或斜洞）		适用于地质环境复杂、深层、超深层滑破。了解滑坡内部特征，采集原状土样和进行现场剪切试验及重度试验。洞口宜选择在滑坡两侧沟壁或滑坡前缘，平洞可兼做监测洞，也可用于汇、排地下水，常结合滑坡排水整治施工布置
工程物探	电法勘探	常用方法为高密度电法，主要用于探测滑体厚度、岩性变化、下覆基岩起伏和断裂破碎带的分布，滑坡区含水层、富水带的分布和埋深。适用于在滑坡规模较大、物性差异较大、地形地物变化较小时采用。勘探线宜布置在主剖面上、剖面线间及支挡线附近
	地震勘探	常用方法为浅层地震反射法，主要用于探测滑坡区基岩埋深、滑面位置、形状适用于在非人口密集区滑坡规模较大时采用。勘探线宜布置在主剖面上、剖面线间及支挡线附近

9.3.5 滑动带抗剪强度参数确定时，应注意以下几个问题：

1 岩质边坡滑动面内摩擦角、粘聚力除按规定需进行现场剪切试验外，其它可按国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013 中的表 4.3.1 确定；

2 当滑动带土中粗颗粒含量较高时，其抗剪强度指标宜以现场剪切试验成果为主并参考室内试验成果综合确定，综合取值时宜将室内快剪试验指标乘以 1.15~1.25 的增大系数；

3 通过反分析法获取抗剪强度指标应根据滑坡所处演变阶段确定滑坡稳定系数 F_s 值。对处于强变形阶段， F_s 可取 1.15~1.05；对处于滑动阶段， F_s 可取 0.95~1.00；对处于弱变形阶段，滑动面 c ， φ 值不应小于根据 F_s 为 1.05 反算出的结果。当采用两条剖面进行联合求解时，两条剖面的 F_s 值应相差不大，粗颗粒的滑动带土宜先确定 c 值，反算 φ 值；细颗粒土的滑动带土宜先确定 φ 值，反算 c 值。

9.3.6 滑坡稳定性分析时，应注意以下几个问题：

1 滑坡体内如已形成统一地下水面时，应考虑静水压力和动水压力的作用；当滑坡体渗透系数小于 $1 \times 10^{-7} \text{m/s}$ 时，可不考虑静水压力和动水压力的作用；

2 当有可能产生局部滑动时，除验算整体稳定性外，尚应验算局部稳定性；除考虑滑坡沿已查明的滑动面滑动外，还应考虑沿其它可能的滑动面和剪出口滑动。对涉水边坡尚应分析塌岸后滑坡体的稳定性变化；

3 对每条纵勘探线和每个潜在的滑动面均应进行滑坡稳定性评价，当稳定系数小于安全系数时应算出剩余下滑力（推力）。

9.4 泥石流

9.4.1 本次修订系根据国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017-2021，对原条文进行修改。本条要求泥石流勘察应在可行

性研究或初步勘察阶段完成，主要是考虑到泥石流问题如果不在前期工作中发现和解决，会给以后的工程建设造成被动或在直经济上造成损失。因此，规定泥石流勘察应在可行性研究或初步勘察阶段完成。

9.4.2 泥石流勘察一般以工程地质测绘和调查为主，辅于少量的勘探和测试工作，查明形成泥石流的几大要素和特征参数，泥石流形成要素包括：泥石流沟谷区、形成区、流通区和堆积区。工程地质测绘和调查的范围应包括沟口至分水岭的全部地段即包括形成区、流通区和堆积区。

9.4.3 泥石流的工程分类系引用国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009年版）的有关规定，本标准仅列出福建省常见的泥石流类型。

9.4.5 泥石流特征参数的确定：

1 泥石流流体密度：

1) 实测法：即通过现场采取泥石流流动时的代表性样品，或用现场泥石流堆积物加水搅拌，配制成相当于暴发时泥石流状态的试件，称其重量和测量其体积后，按式(12)估算泥石流的流体密度；

$$\rho = \frac{G}{V} \quad (12)$$

式中： ρ —泥石流的密度（ kg/m^3 ）；

G —样品质量（ kg ）；

V —样品体积（ m^3 ）

2) 体积比法：即通过调查了解泥石流流体中固体物质和水的体积比，按式(13)估算泥石流的流体密度；

$$\rho_m = \frac{(G_m \cdot f + 1) \rho_w}{f + 1} \quad (13)$$

式中： ρ_m —泥石流密度（ t/m^3 ）；

ρ_w —水的密度 (t/m^3) ;

G_m —固体物质的比重, 一般取 2.4~2.7;

f —固体物质体积与水的体积之比。

2 泥石流流量

1) 形态调查法: 根据泥石流痕迹的高度和沟槽形态, 确定泥石流流过的断面大小, 按式(14)估算泥石流流量;

$$Q_m = F_m V_m \quad (14)$$

式中: Q_m —泥石流流量 (m^3/s) ;

F_m —泥石流流体的横断面面积 (m^2) ;

V_m —泥石流断面平均流速 (m/s) 。

2) 配方法: 按泥石流流体中水和固体物质的比例, 用在一定设计标准下可能出现的洪水流量加上按比例所需的固体物质体积配合而成的泥石流流量, 按式(15)估算泥石流流量;

$$Q_m = Q_w(1+C) \quad (15)$$

$$C = \frac{1-\alpha}{\alpha - w_m(1-\alpha)} \quad (16)$$

$$\alpha = \frac{G_m - \rho_m}{G_m - 1} \quad (17)$$

式中: Q_m —设计泥石流流量 (m^3/s) ;

Q_w —泥石流流体的横断面面积 (m^3/s) ;

α —泥石流流体中水的体积含量;

w_m —泥石流补给区中物质的原始含水量, 以小数计 (可以实测, 也可以用气象站的土壤含水量资料) ;

G_m —固体物质的比重, 一般取 2.4~2.7;

ρ_m —泥石流密度 (kg/m^3) 。

3 泥石流堆积量:

- 1) 平均厚度法：根据泥石流的沉积范围和平均厚度按式(9-14)估算泥石流的堆积量。

$$W = F \cdot h \quad (18)$$

式中： W —泥石流的堆积量（ m^3 ）；

F —泥石流的堆积面积（ m^2 ）；

h —泥石流的堆积平均厚度（ m ）。

- 2) 经验公式法：根据泥石流发生区域的降雨量和汇水面积按式(19)估算泥石流得当堆积量。

$$W = 1000H \cdot a \cdot F \cdot P \quad (19)$$

式中： W —泥石流的堆积量（ m^3 ）；

F —有效汇水面积（ km^2 ）；

H —引起泥石流的降雨量（ mm ）；

P —固体物质含量的百分数；

a —面流系数，山坡高度大于 2500m 取 0.5~0.7；高度为 1000~2500m 取 0.3~0.5；低于 1000m 取 0.1~0.3。

9.4.7 泥石流综合治理应上、中、下游全面规划，生物措施与工程措施相结合进行。生物措施系指植草、植树和造林。工程措施系指修建一系列蓄水工程、引水工程，拦挡工程、排导工程、停淤工程和农田建设中的改土工程等。

9.5 采空区

9.5.1 由于不同采空区的勘察内容和评价方法有所不同，所以本节把采空区分为老采空区、现采空区和未来采空区三种类型，条文中未特别指明的即老采空区。老采空区主要应查明采空区的分布范围、埋深、充填情况和密实程度等，评价其上覆岩层的稳定性；对现采空区和未来采空区应预测地表移动的规律，计算变形特征值。通过上述工作判定其作为建筑场地的适宜性和对建筑物的危害程度。

采空区勘察选择工程物探方法时，除了应考虑方法本身的适用性外，还应结合地形、采空区埋深和探测范围按表 8 确定。

表 8 工程物探方法在采空区勘察中的适用条件

地形	地形较平坦				地形起伏较大	
采空区埋深(m)	0~10	10~40	40~100	100~200	0~40	40~200
工程物探方法	微重力法		折射法	瞬变电磁法	射气法	瞬变电磁法
	地质雷达	瑞利波法	高密度电法	高分辨率地震勘探法	瑞利波法	井间 CT 法(电磁波、弹性波)

9.5.2 本次修订根据国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017-2021 有关规定，对条文进行了修改。

9.5.4 预测地表移动与变形的特征值应通过计算作为依据。计算方法主要有典型曲线法、负指数函数法和概率积分法三种，具体计算方法可参考《简明岩土工程勘察设计手册》的有关章节。对于缓倾斜（倾角小于 25°）的矿层，可按表 9 中所列公式选用。

表 9 地表移动和变形预测计算公式

项目	最大变量量	任一点 (x) 的变量量
下沉 W (mm)	$W_{\max} = \eta m$	$W_{(x)} = \frac{W_{\max}}{r} \int_x^{\infty} e^{-\pi\left(\frac{x}{r}\right)^2} dx$
倾斜 T (mm/m)	$T_{\max} = \frac{W_{\max}}{r}$	$T_{(x)} = \frac{W_{\max}}{r} e^{-\pi\left(\frac{x}{r}\right)^2}$
曲率 K (mm/m ²)	$K_{\max} = \pm 1.52 \frac{W_{\max}}{r^2}$	$K_{(x)} = \pm 2\pi \frac{W_{\max}}{r^3} \left(\frac{x}{r}\right) e^{-\pi\left(\frac{x}{r}\right)^2}$
水平移动 U (mm)	$U_{\max} = bW_{\max}$	$U_{(x)} = bW_{\max} e^{-\pi\left(\frac{x}{r}\right)^2}$
水平变形 ε (mm/m)	$\varepsilon_{\max} = \pm 1.52b \frac{W_{\max}}{r}$	$\varepsilon_{(x)} = \pm 2\pi b \frac{W_{\max}}{r} \left(\frac{x}{r}\right) e^{-\pi\left(\frac{x}{r}\right)^2}$

式中：η 一下沉系数，与矿层倾角、开采方法和顶板管理方法有关，宜取 0.01~0.95；

- m —矿层的采出厚度 (m) ;
 r —主要影响半径 (km^2) ;
 b —水平移动系数, 宜取 0.25~0.35。

9.5.8 根据地表移动特征、地表移动所处阶段和地表移动、变形值的大小等对采空区场地的建筑适宜性进行评价时, 可参考国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001 (2009 年版) 第 5.5.5 条文说明。

9.5.9 小窑采空区稳定性评价, 首先应根据工程地质调查和测绘划定地表裂缝、塌陷范围。其次是确定安全距离。地表裂缝或塌陷区属不稳定地段, 建筑物应避让, 并应有一定的安全距离, 一般应大于 5m~15m。

9.6 危岩和崩塌

9.6.1 查明拟建场地和周边影响范围是否存在危岩和崩塌, 应在选址或可行性研究阶段进行, 否则将会给工程建设带来巨大的经济损失。

9.6.2 本次修订系根据国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017-2021, 对原条文进行修改。应注意形成崩塌的基本条件有以下几点:

- 1 地形条件: 规模较大的崩塌, 一般都产生在高度大于 30m, 坡度大于 45° 的陡峭斜坡上;
- 2 岩性条件: 坚硬岩石当岩层节理裂隙发育, 岩石破碎时易产生崩塌; 软硬岩石互层, 由于风化差异, 当岩层上硬下软时, 形成上陡下缓或上凸下凹坡面时易产生崩塌;
- 3 构造条件: 各种岩层的结构面, 当形成对边坡稳定不利的软弱结构面, 如倾向临空面时, 被切割的不稳定岩块 (危岩) 易沿结构面发生崩塌;
- 4 其它条件: 主要是温差变化, 暴雨、地震、及人为的采

矿、边坡开挖或爆破作业等，都可促使岩体产生崩塌。

9.6.7~9.6.8 对危岩进行监测是判断、预测发生崩塌最好和最主要的方法和手段。

9.6.10 危岩和崩塌区的岩土工程评价应在查明形成崩塌的基本条件的基础上，划分可能产生崩塌的范围和危险区，评价作为工程场地的适宜性，并提出相应的防治对策和方案建议。

9.7 地面沉降

9.7.1 根据福建省历史上已发生的大面积地面沉降案例分析，多发生在福建沿海的一些滨海相沉积盆地内，且多是由于常年超采地下水引发的，如福州盆地常年超采地下热水。

9.7.2 地面沉降勘察主要针对两种情况，一是勘察地区已发生了地面沉降；二是勘察地区有可能发生地面沉降。两种情况的勘察内容是有区别的，对于前者，主要是调查地面沉降的原因，预测地面沉降的发展趋势，并提出控制和治理方案；对于后者，主要应预测地面沉降的可能性和估算沉降量。

9.7.3 地面沉降勘察主要应包括三个方面的内容，即场地工程地质条件、水文地质条件和场地内人类工程活动如：抽取地下水等。

从岩土工程角度研究地面沉降，应着重研究地表下一定深度内可压缩层的变形机理及其过程。国内外已有研究成果表明，地面沉降机制与产生沉降的土层的地质成因、固结历史、固结状态、孔隙水的赋存形式及其释水机理等密切关系。福建省产生地面沉降的地区，主要表现为沿海一些滨海相沉积盆地内，由于这些区内多存在范围较广且厚度较大的欠固结软土层。

9.7.4 对地面沉降现状调查主要应包括下列内容：

- 1 地面沉降量的监测；
- 2 地下水的监测

3 对地面沉降范围内已有对建筑物的调查，包括建筑物的沉降、倾斜、裂缝及其发生时间和发展过程等。

地面沉降量的监测应以高精度水准测量为基础。由于地面沉降的发展和变化一般都较缓慢，用常规水准测量方法无法满足精度要求。

进行地面沉降水准测量时，一般需设置三种标点。1 高程基准，应设置在地面沉降所不能影响的范围，作为衡量地面沉降基准的标点。2 地面沉降，标用于监测地面沉降的地面水准点。3 分层沉降标，用于监测某一深度处土层的沉降幅度的监测标。

地面沉降水准测量方法和要求应按国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB 12897 规定执行。一般沉降速率大时可用 II 等精度水准，缓慢时要用 I 等水准。

9.7.5~9.7.6 已发生地面沉降地区主要应分析产生地面沉降的致灾因素。可能发生地面沉降主要应预测地面沉降的可能性和估算沉降量，可采用理论计算方法、半理论半经验方法和经验方法，其中半理论半经验方法是较简单实用的计算方法。但最重要和最可靠的沉降计算方法应是根据长期监测资料推导出的地区经验计算公式进行计算更为准确，对可能发生地面沉降的地面的地面沉降预测和估算也可参考《岩土工程勘察规范》GB50021-2001（2009 年版）的有关规定。

10 场地与地基的地震效应评价

10.1 一般规定

10.1.1 本条系根据国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002-2021 第 2.2.2 条修订。

10.1.2 本条系根据国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002-2021 修订。建筑场地抗震地段的划分对选择适宜的建设场地具有重要意义，因此应在选址阶段进行该项工作。在表 10.1.2 建筑场地抗震地段划分中增加了一类地段类别即一般地段，主要是考虑到国家标准只对有利地段、不利地段和危险地段进行划分，而除此之外还应有一类一般地段，或者在使用上很不方便，并且常常带来许多的争议，而这又是事实存在的。因此，本标准在地段类别划分时根据实际情况增加了一类地段即一般地段，它涵盖了除有利、不利、危险地段以外的其它地段。

10.2 场地类别划分

10.2.2 土层等效剪切波速的确定应以波速试验为准。对可以依据岩土性状按当地经验估算的工程，应根据表 10.2.2 按土的名称和性状确定土的类型，并在相应的剪切波速范围内估计土层剪切波速。使用中应注意土名、土的状态或密实度、土的承载力与土的类型、相应剪切波速度的一致性，不应前后矛盾。

10.2.3 场地覆盖层厚度一般以基岩面或准基岩面，即该层及其以下地层剪切波速均大于 500m/s 为准。根据实测资料，强风化岩的剪切波速并不一直都是大于 500m/s，有的数值还较低。因此，当缺乏当地经验时，直接以强风化岩面埋深作为覆盖层厚度

是不正确的，应根据风化岩层性状、风化程度、厚度等综合确定或以中风化岩面为准，特别是沉积岩或变质岩地区。

覆盖层厚度一般按地面至剪切波速大于 500m/s 的地层顶面距离确定。当设计整平标高与勘察期间现场地面标高相差不大时，可按勘察期间现场地面标高至剪切波速大于 500m/s 的地层顶面距离确定；若是设计整平标高与勘察期间现场地面标高相差较大时（指大面积、大厚度的挖方或填方），则应按设计整平标高至剪切波速大于 500m/s 的地层顶面距离确定。

对于住宅小区或规模较大的工程，且场地土存在明显软硬不均或覆盖层厚度变化很大时，可根据覆盖层厚度及波速试验资料按表 10.2.1 “各类场地的覆盖层厚度”，针对不同的建筑物（构筑物）分布状况划分出不同的场地类别，并根据不同建（构）筑物对其进行分区。

10.2.4 主要考虑到当地存在较厚软弱夹层或较厚的软土层时，其对短周期地震动具有抑制作用，可以根据分析结果适当调整场地类别和设计地震动参数，调整的幅度视软弱夹层和软土层的厚度、埋深和常时微振动测试结果而定。

10.2.5 评价断裂对工程的影响问题，主要是指地震时老断裂重新错动直通地表，在地面产生错位，这对建筑在错位带上的建筑物，其破坏不易用工程措施加以避免的。因此规范中划分为危险地段应予避开。

在地震烈度小于 8 度的地区，可不考虑断裂对工程的错动影响，因为根据国内外地震中破坏现象均说明，在小于 8 度的地震区，地面一般不产生断裂错动。

另一需要说明的是；对一般建筑工程只考虑 1.0 万年（全新世）以来活动过的断裂，在此以前的活动断裂可不予以考虑。

10.2.6 局部突出地形对地震动参数的放大作用主要有以下几种情况：

- 1 高突地形距离基准面的高度愈大，高处的反映愈强烈；

- 2 离陡坎和边坡顶部边缘的距离愈大，反映相对减小；
- 3 从岩土构成方面看，在同样地形条件下，土质结构的反映比岩质结构大；
- 4 高突地形顶面愈开阔，远离边缘的中心部位的反应明显减小；
- 5 边坡愈陡，其顶部的放大效应相应加大。

以突出地形高差 H ，坡降角度的正切 H/L 和场址距突出地形边缘的相对距离 L_1/H 为参数，各种地形的地震放大作用如下：

$$\lambda = 1 + \xi\alpha \quad (20)$$

式中： λ —局部突出地形顶部的地震影响系数的放大系数；

α —局部突出地形地震动参数的增大幅度，按表 10 采用；

ξ —附加调整系数，与拟建场地离突出台地边缘的距离 L_1 与相对高差 H 的比值有关。当时 $L_1/H < 2.5$ ， ξ 可取为 1.0；当 $2.5 \leq L_1/H < 5$ 时， ξ 可取为 0.6；当 $L_1/H \geq 5$ 时， ξ 可取为 0.3。 L 、 L_1 均应按场地的最近点考虑。

表 10 局部突出地形地震影响系数的增大幅度

突出地形的高度 H (m)	非岩质地层	$H < 5$	$5 \leq H < 15$	$15 \leq H < 25$	$H \geq 25$
	岩质地层	$H < 20$	$20 \leq H < 40$	$40 \leq H < 60$	$H \geq 60$
局部突出地形边缘的侧向平均坡降 (H/L)	$H/L < 0.3$	0	0.1	0.2	0.3
	$0.3 \leq H/L < 0.6$	0.1	0.2	0.3	0.4
	$0.6 \leq H/L < 1.0$	0.2	0.3	0.4	0.5
	$H/L \geq 1.0$	0.3	0.4	0.5	0.6

2 条款规定最大增幅 0.6 是根据分析结果和综合判断给出的。该条款规定适用于各种地形，包括山包、山梁、悬崖、陡坡。

10.3 液化判别

10.3.1 由于甲类建筑地震作用应按本地区设防烈度提高 1 度计算，当为 8、9 度时，尚应专门研究。因此，本条规定所有甲类建筑均应进行专门的液化勘察。

10.3.2 本条文系根据国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002-2021 修订。

10.3.4 为提高判别的准确性和减少人为误差，要求应布置专门的液化判别孔，并对其数量、深度和测试间距提出专门要求。对于非液化判别孔上零星进行的标贯测试数据不宜作为液化判别的依据。

10.3.5 采用标准贯入试验进行液化判别时，钻孔宜采用泥浆护壁，回转钻进，严格遵守标准贯入试验的现场操作规定，保证标准贯入试验锤击数能客观反映地层的实际状况，当标准贯入器携带的试样中出现夹层时应作记录，粘粒含量指标应采用标准贯入试验点贯入器携带的土试样进行颗粒分析的试验结果。

本标准液化判别公式(10.3.5)系直接引用国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011（2016 年版）的液化判别公式。采用该公式进行液化判别时，应注意场地起始标高确定问题，如果按设计整平标高作为场地起始标高，计算结果会出现较大变化。对于填方工程，会表现出液化指数和液化等级变小；反之对于挖方工程，则会表现出液化指数和液化等级变大。取设计整平标高作为液化判别的依据应慎重，只有当填方区或挖方区覆盖整个液化判别土层时，上述计算结果才成立。因为可液化土层在地震力作用下产生液化将是该整层的砂土全部产生液化，而不会在某一个点或在一个面积很小的场地因上覆有填土或局部挖方而不会产生液化或产生液化，即降低液化等级或加大液化等级。

标准修编组建议在进行液化判别时，确定场地起始标高应根据工程勘察专业的特点和勘察现场条件，宜采用勘察时场地自然

地面标高作为液化判别的起始标高，但应在岩土工程勘察报告中声明。

关于粘粒含量对饱和砂土液化判别的影响，虽然福建省的大部分地区砂土由于其成因时的水动力条件变化大而造成其颗粒的分选性差，常有一定的含泥量（粘粒含量 $\rho_c(\%) > 3$ ）而颗粒试验结果又表明是砂土。对液化的影响如何，目前还缺乏这方面的实例。但 $\rho_c(\%) = 3$ 是粉土与砂土的分界线，当 $\rho_c(\%) \leq 3$ 时，取 $\rho_c(\%) = 3$ ；国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 明确规定，只要是砂土，判别时就不考虑粘粒含量的影响，直接取 $\rho_c(\%) = 3$ 。

本次修订，根据国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010（2016年版）第 4.3.4 条，对液化判别标准贯入锤击数临界值计算公式进行了修改。

10.3.6 在地震力作用下，砂土液化是由多种内外因共同作用的结果，当地层分布复杂时如含有较多的透镜体和夹层时，可结合静力触探、波速试验或室内模拟试验等方法进行综合分析判别。

10.3.7 本次修订系根据国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010（2016年版）第 4.2.1 条规定对原条文做了相应修改，对可不进行天然地基及基础的抗震承载力验算的各类建筑，计算液化指数时 15m 地面下的土层均视为不液化。

10.3.8 一个场地或不同的工程地质单元应有明确的液化等级，当按单孔液化指数判定液化等级出现结果不一致时，应结合地质、地貌条件综合确定。一般情况下，可采用整个场地各孔液化指数平均值或多数液化判别结果确定液化等级。对于地质、地貌条件特殊的，如：具有侧向扩展危险的河岸和斜坡地带的液化地层，应根据情况进行专门研究。

10.3.9 本条文系直接引用国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中的第 4.3.6 条规定。

液化的危害主要来自震陷，特别是不均匀震陷。震陷量主要

取决于土层的液化程度和上部结构荷载。由于液化指数不能反映上部结构荷载影响，因此有趋势直接采用震陷量来评价液化的危害程度。有关震陷量估算方法可详见国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010（2016年版）第4.3.6条条文说明。抗液化措施就是对可液化地基采取挤密、置换等综合治理。

10.4 软土震陷

10.4.2 产生软土震陷的因素很多，如振动作用下的触变，振动破坏土的加固粘着力，地震作用产生的动剪应力、振动下的排水、排气造成的土体积减少以及竖向地震力使地基中应力增加等均可引起软土的震陷。评价软土是否震陷的条件应根据其等效剪切波速、静承载力、上覆非软弱土层厚度、软土厚度等综合确定。满足本标准表 10.4.2 等效剪切波速值的软土仅是不考虑软土震陷的充分条件，而非必要条件，使用时应予以注意。

表 10.4.2 中是根据我省不同抗震设防地区的上千个剪切波速资料经统计而成的，并考虑到等效剪切波速的大小，实际上已间接反映了土层的力学特性。由于软土的地基承载力难于直接测定，在实际工作时很难操作，如果采用两个指标进行综合判别，则很容易出现矛盾。因此，经过编制组多次讨论，决定只采用等效剪切波速单一指标作为判别软土震陷的依据。

10.4.3 软土震陷分析可按行业标准《软土地区岩土工程勘察规程》JGJ 83-2011 的有关规定执行。

10.4.4 软土地区地震烈度为 7 度或大于 7 度时，采用天然地基的建筑物都存在震陷问题。表 10.4.4 是根据 1969 年渤海地震和 1976 年唐山大地震，天津市区和新港区建筑物震陷实测值结合地质条件综合分析统计后提出的。采用表中数值时应依据本地区的地震烈度、场地岩土条件和建筑物性质等综合分析后选用。

软土震陷量估算，是指通过试验获得软土的动、静力学参

数，结合建筑物的性质，采用理论计算方法来估算震陷量。主要的分析计算方法是根据“软化模型”提出的，其基本概念是：认为震动作用的结果使土质变软，模量降低，从而产生震陷。该方法假设：震动前的软土模量为 E_i ，与震动作用相应的拟割线模量定义为 $E_p = \sigma_d / \varepsilon_p$ ，式中 σ_d 为动应力， ε_p 为残余应变。则软化后的土的模量：

$$E_{ip} = \frac{1}{\frac{1}{E_i} + \frac{1}{E_p}} \quad (21)$$

然后进行两次静力有限元分析，第一次用 E_i ，第二次用 E_{ip} 。两次静力分析求得的位移之差，即为待求的震陷量。

10.4.5 目前对震陷产生的机理及理论研究不深，认识也不统一。但防止软土震陷的最好措施就是采用桩基础，其次是换土法。如不具备这些条件时，可采用降低地基承载力 20%~25% 取值，达到减小震陷量的目的。

11 工程地质测绘

11.1 一般规定

11.1.1~11.1.2 为查明拟建场地和周边影响范围的地形地貌特征、地质构造条件，对场地的稳定性和适宜性做出评价，进行工程地质测绘和调查工作具有很重要的意义。工程地质测绘和调查工作宜在可行性研究或初步勘察阶段进行，详细勘察可在初步勘察工程地质测绘和调查的基础上，对某些专门地质问题，如滑坡、断裂等作必要的补充工作。

11.1.3 工程地质测绘所选用地形图的比例尺大小，不仅与勘察阶段有关，也直接关系到测绘成果的精度。我国各行业技术标准都有自己的规定，一直到国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-94 的发布实施，才对此做了统一规定。

为了达到精度要求，一般要求在测绘填图时，应采用比提交成图比例尺大一级的地形图作为底图。如：进行 1:1000 比例尺测绘时，一般应采用 1:500 的地形图作为外业填图的底图，外业填图完成后再缩成 1:1000 成图，以提高测绘成图的精度。

11.1.4 工程地质测绘观测点在图上的控制距离，要求宜控制在 2cm~4cm，比国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 严格，主要是考虑放宽的幅度不宜过大，但在规范用词上使用了在条件许可时首先应这样做的用词，允许稍有选择。观测点的密度可根据地质条件的复杂程度，并结合对工程的影响作适当加密或放宽。当天然露头不足，特别是大比例尺测绘时，可根据场地的具体情况，布置一定数量的勘探工作。观测点定位所采用的标测方法通常有以下几种：

1 目测法：主要适用于小比例尺的工程地质测绘，通常在可行性研究阶段（选址阶段）采用。该方法系根据地形、地物以目估或步测距离来为地质观测点定位。

2 半仪器法：主要适用于中等比例尺的工程地质测绘，通常在初步勘察阶段时采用。该方法是借助于罗盘仪、气压计等简单的测量仪器测定方位和高度，使用步测或测绳量测距离来为地质监测点定位。

3 仪器法：主要适用于大比例尺的工程地质测绘，通常用于详细勘察阶段。该方法是借助于经纬仪、水准仪等较精密的仪器测定地质监测点的位置和高程。对于有特殊意义的地质监测点（如地质构造线、地下水露头、软弱夹层等）以及对工程有重要影响的不良地质现象，也宜用仪器法测定其位置和高程。

4 卫星定位系统：满足精度条件下均可应用。

11.2 工程地质测绘内容

11.2.1~11.2.3 重点强调工程地质测绘应与岩土工程条件紧密结合，其工作内容应针对工程潜在或存在的岩土工程问题，为分析和解决这些岩土工程问题服务。

11.3 工程地质测绘方法

11.3.1 采用相片成图法所收集的航空像片与卫星像片的数量，在同一地区应有 2 套~3 套，一套用于镶嵌略图，一套用于野外调查与测绘，一套用于室内清绘。其工作程序如下：

1 初步解译阶段：通过对航空像片与卫星像片在立体镜下进行判读，对地貌及第四纪地质进行解译，初步划分松散沉积物与基岩界线，地质构造等。

2 野外踏勘与验证阶段：把初步解译的成果图，通过野外实地核实其在图片上的位置，并选择部分地段进行分析和实地穿

越踏勘，实测一些地层地质剖面，并采集一些必要的岩性标本。

3 成图阶段：把解译资料，野外验证的资料及其它方法获取的资料，集中转绘到地形图底图上，然后进行图面结构分析。如有不合理现象，必须进行修正、重新解译，并应到野外进行复验直至整个图面结构合理为止。

11.3.3~11.3.4 岩体结构面的测量方法和节理或面理的统计方法是工程地质测绘的主要工作方法，具体量测和统计方法可参考林宗元大师主编的《简明岩土工程勘察设计手册》。

11.4 工程地质测绘资料整理

11.4.1~11.4.6 对工程地质测绘和调查资料整理应提供的成果，图件编制标准和精度作了规定；对为解决某一专门岩土工程问题而编绘的专门性图件精度也作了原则性规定。

在资料整理时，首先应认真检查各项外业原始资料的可靠性和准确性，确保测绘和调查成果的质量。其次是应该重视各种素描图、照片和文字说明的分析和整理工作。

11.5 工程周边环境调查

11.5.2 工程周边环境风险等级划分标准系参考国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307-2012、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911-2013 和《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009 版）的有关规定。国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307-2012 将工程周边环境风险等级划分为四个等级，而我国岩土工程勘察等级分为三个等级，为便于使用者使用和分级管理，本标准将工程周边环境风险等级划分为三个等级。

要求不同等级的环境风险应采取不同的管理措施，一级环境风险需进行专项评估、专项设计和编制专项施工方案；二级环境

风险应在设计文件提出环境保护措施并编制专项施工方案；三级环境风险应在施工方案制定环境保护措施。

不同级别环境风险的保护措施对岩土工程勘察的要求也不同。一般情况下，可行性研究勘察应重点关注一级环境风险，并提出规避措施建议；初步勘察应重点关注一级和二级环境风险，并提出保护措施建议；详细勘察应关注所有等级的环境风险，并提出明确的环境保护措施建议。

工程影响分区应根据岩土工程条件、施工方法和措施特点，结合当地工程实践经验进行调整。当遇下列情况时，应调整工程影响分区的界线：

1 隧道、基坑周边土体为淤泥、淤泥质土或其它高压缩性软土为主时，应增大工程主要影响区和次要影响区的范围；

2 隧道穿越或基坑处于富水砂层、断层破碎带、岩溶、土洞、全风化岩和残积土等不良地质作用或特殊性岩土发育区，应根据其分布和对工程的危害程度调整工程影响分区界线；

3 采用锚杆支护、注浆加固、高压旋喷等工程措施时，应根据其施工对岩土体的扰动程度和影响范围调整工程影响分区界线；

4 采用地下水控制措施时，应该根据施工降水影响范围和预计的地面沉降量大小调整工程影响分区界线；

5 施工期间出现严重涌砂、涌土、管涌或较严重渗漏水、支护结构变形过大、周边建（构）筑物或地下管线变形严重等异常情况时，应根据具体实际情况增大工程主要影响区和次要影响区的范围。

11.5.3 建筑物一般指供人们生产、生活或其他活动的房屋和场所。如：工业建筑、民用建筑、园林建筑等。

构筑物一般指人们不直接在内进行生产、生活或活动的场所。如：水塔、烟囱、堤坝、蓄水池、化粪池、人防工程、地下管线、地下管廊、地下隧道等。根据研究对象和研究目的又对其

作了进一步细分，一般把地下工程单列为地下构筑物或根据使用功能又进行细分，如：地下管廊、地下管线、人防工程等。

11.5.5 地下管线一般都是采用浅埋形式，对变形比较敏感。由于城市交通道路经常改扩建，造成其平面位置、埋置深度经常发生变化，很难提供完整、准确的资料。周边工程基坑施工、施工降水、勘察钻探等工程活动，经常造成管线断裂、变形渗漏、甚至破坏，给工程建设和居民正常生活带来严重的影响和经济损失。因此，对地下管线进行调查对工程设计、施工是非常重要的和必须的。

11.5.12 工程周边环境调查报告与岩土工程报告的编写内容要求不一样。调查报告编写的主要内容，是根据对工程影响分区范围内的既有建（构）筑物、道路、地下管线等设施现状情况进行调查的结果，分析它们与拟建工程在空间、时间上的相互关系，结合拟建场地工程地质与水文地质条件和施工方法，分析和评价拟建工程施工过程对周边环境可能产生的影响和潜在的风险，提出防控措施和监测建议。

12 勘探和取样

12.1 一般规定

12.1.3 静力触探具有可连续贯入进行力学分层的功能，特别是对于一些难于采用钻探获得原状土试样的地层，如：砂土、软土等；静力触探与钻探具有很好互补性。由于静力触探是通过贯入过程获取的侧壁摩阻力和锥尖贯入阻力进行力学划分地层，容易造成误判。因此，当采用静力触探为主要勘探手段时，应辅于一定数量的钻探等勘探手段，避免其多解性可能造成误判。

12.1.4 条文规定可以采用钻探全过程数据自动采集系统对钻探、取样、标准贯入试验和动力触探等全过程数据进行自动采集，从而对现场钻探质量、取样和原位测试质量等进行实时信息化监管，促进我省勘察现场作业质量的提升。为岩土工程勘察大数据应用和人工智能辅助判别地层提供数字技术支撑。

12.2 钻探

12.2.3

5 岩芯质量标准通常用岩芯采取率表述，岩芯采取率是指每回次钻进深度，长度在 10cm 以上的岩芯总长与该回次钻进深度之比，以百分数表示。国际通用标准是量测时应以岩芯的中心线为准。

6 植物胶主要是指 SM 植物胶，一般作为膨润土造浆时的添加剂，添加量一般为 1%~2%；不同地层 SM 植物胶应采用不同的添加量；加量越大，其黏度越大，护壁效果越好，但成本会相应增高；实践中在极松散的覆盖层中添加量会达到 4%以上，

故本次修订规定其上限为 4%。

SM 植物胶是 2005 年以来研制开发的产品，主要有 SH 和 ST 两种类型的植物胶，与 SM 胶一起统称为 S 系列植物胶。天然植物胶种类有：SM 植物胶、KL 植物胶、PW 植物胶、ST 植物胶，统称为植物胶。不同种类的植物胶其使用的环境及要求不同，使用时需按相应的说明书操作。

S 系列植物胶配制的粘弹性钻井液表现出突出的特殊功能主要有：（1）护壁作用（满足岩芯采取率）；（2）黏弹性减振作用；（3）减少摩阻效应。在很大程度上解决了复杂地层取芯难的问题，砂层和碎卵石层的岩芯采取率可达到 90% 以上。

金刚石单动双管钻具配合植物胶冲洗液在砂卵石层钻进与常规方法比较，有以下几个突出优点：

- 1) 植物胶冲洗液流动性好携带岩粉能力强，孔底干净进尺较快，完工钻孔质量好。
- 2) 植物胶冲洗液润滑性好、减少钻具回转阻力，提高钻进效率。减少管材磨损，降低成本，提高钻探效率，缩短勘探周期。
- 3) 取芯质量好，可保持岩样的原状结构，可有效、准确判定地质特征。

本次修订要求砂、砾、卵石层，基岩的断层带、软弱夹层、严重破碎的挤压破碎带、软酥脆岩层，以及自然状态下完整，但一经钻进就成为粗砂颗粒的岩层，就需要采用植物胶冲洗液护壁，才能保证岩芯采取率满足国家技术标准的有关规定。

12.2.5 钻探工作的具体成果主要是体现在现场编录上，现场钻探编录是一项十分重要的基础工作，也是一项需要技术和经验紧密结合的技术工作，应由具备足够专业知识和工作经验，并获得上岗证书的作业人员承担。它关系到整个勘察项目的成果质量。部分条款系根据住房和城乡建设部新修订的部令 2021 年 4 月 1 日正式实施的《建设工程勘察质量管理办法》有关规定新增和修

改。

12.4 取样

12.4.5 采取 I、II 级土试样时，应该符合国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009 版）有关规定，能够采用静力压入法的一定要优先采用静力压入法，压入应连续而不间断，压力和速度应均匀。

12.4.6 I、II、III 级土试样密封应该使用蜡封，以防止试样的湿度发生变化。条文规定保存时间不宜超过二周比国家标准要求严，主要是考虑到我省地处南方，温度、湿度变化大，不易保持土试样的天然湿度。野外保存不得超过 1 天，且不得在露天存放，应存放在现场临时作业用房内。

12.4.8 是否采取水、土试样，取决于有无足够充分资料可认定工程场地的土或水对建筑材料不具腐蚀性，否则应采取试样进行试验，并根据试验结果进行腐蚀性评价。简分析水试样应取 500ml 以上；分析侵蚀性二氧化碳的水试样应取 500ml，并应加大理石粉 2g~3g；进行全分析水试样应取 500ml~1000ml。

13 原位测试

13.1 一般规定

13.1.1 原位测试是获取岩土体力学性质指标一种十分重要的手段，本标准所列的各种原位测试方法，大部分是我省勘察单位广为应用的常规测试手段。在选择原位测试方法时，应注意原位测试方法与室内试验项目的相匹配和互补性。

选择原位测试方法应根据拟建场地岩土条件、设计对岩土参数的需求，地区实践经验和测试方法的适用性等因素按表 11 选用。

表 11 常用原位测试项目一览表

试验项目	测定参数	主要用途
浅层平板载荷试验	比例界限压力 p_0 (kPa)、极限压力 p_u (kPa)	1 确定地基承载力 2 确定地基土 3 计算岩土的基础系数
深层平板载荷试验	比例界限压力 p_0 (kPa)、极限压力 p_u (kPa)	1 确定地基承载力 2 确定地基土的变形模量 3 计算岩土的机床系数 4 确定桩的端阻力
螺旋版载荷试验	比例界限压力 p_0 (kPa)、极限压力 p_u (kPa)	1 确定地基承载力 2 确定地基土
静力触探试验	单桥比贯入阻力 p_s (MPa)，双桥锥尖阻力 q_c (MPa)、侧壁摩阻力 f_s (kPa)，CPTU 的孔隙水压力 u (kPa)	1 判别土层均匀性和划分图层 2 选择桩基持力层、估算单桩承载力 3 估算地基承载力、压缩模量和变形模量 4 划分砂性土密实度、判断沉桩可能性 5 判别地基土野花可能性及等级 6 CPTU 可测定渗透系数与固结系数

续表 11

试验项目	测定参数	主要用途
标准贯入试验	标准贯入实测锤击数 N (击)	<ol style="list-style-type: none"> 1 判别土层均匀性和划分土层和风化带 2 判别土层均匀性和划分土层和风化带 3 估算砂土密实度、地基承载力、压缩模量和变形模量 4 选择桩基持力层、估算单桩承载力 5 判断沉桩可能性
圆锥动力触探试验	动力触探锤击数 N_{10} 、 $N_{63.5}$ 、 N_{120} (击)	<ol style="list-style-type: none"> 1 判别土层均匀性和划分土层和风化带 2 估算地基土承载力、变形模量 3 选择桩基持力层、估算单桩承载力
十字板剪切试验	不排水抗剪强度峰值 c_u (kPa) 和残余值 c_{u0} (kPa)	<ol style="list-style-type: none"> 1 测求饱和软黏性土的不排水抗剪强度和灵敏度 2 估算软土地基承载力 3 计算边坡稳定性 4 判断软黏性土的应力历史
旁压试验	初始压力 p_0 (kPa)、临塑压力 p_f (kPa)、极限压力 p_l (kPa) 和旁压模量 E_m (kPa)	<ol style="list-style-type: none"> 1 测求地基土的临塑荷载和极限荷载强度, 估算地基承载力 2 测求地基土的变形模量 3 计算岩石的水平基床系数 4 自钻式旁压试验可确定土的原位水平应力和静止侧压力系数 5 估算桩侧阻力和单桩承载力
扁铲侧胀试验	侧胀模量 E_D (kPa)、侧胀土性指数 I_D 、侧胀水平应力指数 K_D 和侧胀孔压指数 U_D	<ol style="list-style-type: none"> 1 确定静止侧压力系数 2 计算土的水平基床系数
波速测试	压缩波速 v_p (m/s)、剪切波速 v_s (m/s)	<ol style="list-style-type: none"> 1 划分场地类别 2 划分岩石风化带 3 提供地震反应分析所需的场地土地动力参数 4 评价岩体完整性

13.1.2 当原位测试的目的层厚度较大时, 竖向测试点间距宜为 2m。

13.1.3 原位测试成果的应用, 应以地区经验积累为依据, 并经过工程实践验证。在本次修订过程中, 许多专业技术人员希望尽

可能多地提供本省一些地方性的工程特性指标和地区性的经验公式。但通过多次资料搜集，所能收集到可用的资料不多，且代表性有限，特别是闽西、北山区。

13.1.7 影响原位测试数据真实性的因素很多，主要有测试仪器、试验条件、操作技能、岩、土的不均匀性等。资料整理时应根据数理统计要求剔除异常数据，保证测试数据的可靠性。

13.1.8 地基基础设计等级为甲级的建（构）筑物，当采用天然地基或人工地基时，应在详细勘察阶段进行平板静载荷试验，提供设计所需的地基承载力和变形模量等工程特性指标。也可在天然地基方案确定或人工地基形成之后，专门委托有资质的机构进行平板静载荷试验，对勘察单位提供的地基承载力和变形模量等工程特性指标进行复核。

13.2 载荷试验

13.2.1 平板静载荷试验方法在我省勘察单位中早已得到广泛应用，特别是软土地基和花岗岩残积土地基承载力和变形指标的确定，并积累了许多浅层平板载荷试验和深层平板载荷试验方面的经验。在高地下水位的场地进行静载荷试验时，可通过降排水方式先将地下水位降低到试验目的层位以下不少于 0.5m，并采取一些必要的保护措施，使试验目的层不受扰动，降低的地下水位应保持在恒定位置直至试验结束。

13.2.2 平板静载荷试验虽然是最可靠的一种模型试验方法，但由于土层往往是非均质的，因此它仅仅是反映承压板影响范围内地基土的性状，与实际基础下地基土的性状还有很大的差异。所以进行静载荷试验时，应对其尺寸要有足够的估计，载荷板的面积可根据试验目的层的岩土性状尽量增大。

13.2.3 静载荷试验技术要求：

- 1 试坑底部的试验面应尽可能平整，避免发生扰动，并应

确保承压板与试验土层之间有很好的接触。

2 承压板的形状宜采用圆形压板，主要是考虑圆形可按轴对称的弹性理论解；如为方形则成为三维复杂课题，这将为资料分析造成较大困难。

3 承压板的尺寸对确定地基承载力的影响不大，但对试验的成功与否却起较大作用。一般土层载荷试验的承压板最小尺寸为 50.5cm~70.7cm 或直径 ϕ 56.4cm~79.8cm，但如为不均匀土层，则承压板的面积不宜小于 5000cm²。

4 承压板的埋深对确定地基承载力影响较大，一般要求其埋深等于零，（荷载施加在半无限空间的表面）；所以试坑底部的宽度一般均要求等于或大于承压板宽度的 3 倍。为了挖掘地基承载力的潜力，可模拟实际基础的埋深进行载荷试验。

5 螺旋板载荷试验 $p \sim s$ 曲线和 $s \sim t$ 曲线与试验土层土的性质之间的理论关系，与平板载荷试验有所不同。主要表现在 1) $p \sim s$ 曲线上螺旋板载荷试验的 p_0 压力之前没有或只有极小的沉降（扰动所致）；2) 螺旋板载荷试验 $p \sim s$ 曲线的直线段可用弹性理论来分析荷载与沉降的关系。

13.2.5~13.2.7 静载荷试验成果分析，除需要确定地基土的承载力和变形模量外，也可利用快速载荷试验所得到的极限载荷反算地基土的不排水抗剪强度。

快速载荷试验一般试验过程为 2 个小时，要求试验时每隔 15min 加荷一次，整个试验过程加荷 8 次。快速载荷试验主要适用于沉降速率快、容易稳定的地层，如碎石类土、砂类土、混合土等。估算地基土的不排水抗剪强度 c_u (kPa)：

$$c_u = (p_u - p_0) / N_c \quad (22)$$

式中： c_u —地基土的不排水抗剪强度 (kPa)；

p_u —快速法载荷试验得到的极限荷载 (kPa)；

p_0 —承压板周边外的超载或土自重应力 (kPa)；

N_c —计算系数。对于圆形或方形承压板，当周边无超载时， $N_c = 6.15$ ；当承压板大于或等于4倍板的直径或宽度时， $N_c = 9.25$ 。

假如试验目的是为了确定土的变形模量，则快速加荷的结果只反映不排水条件的变形特性，不反映排水条件的固结变形特性。

一般可根据试验目的层的岩土类别和软硬程度来确定加荷等级，具体如下：

- | | | |
|---|------------------|---------------------|
| 1 | 软塑黏性土和松散砂 | 12.5kPa ~ 25.0kPa |
| 2 | 可塑~硬塑黏性土和中密砂 | 25.0kPa ~ 50.0kPa |
| 3 | 硬塑~坚硬黏性土、密实砂和极软岩 | 50.0kPa ~ 100.0kPa |
| 4 | 碎石类土和软岩 | 100.0kPa ~ 200.0kPa |
| 5 | 较硬岩石 | 200.0kPa ~ 500.0kPa |

13.2.9 确定地基承载力特征值时应注意：同一土层参加统计的试验点不应少于3点，当试验实测值的极差不超过其平均值的30%时，可取平均值做为该土层的地基承载力特征值 f_{ak} ，否则应取最小值为该土层的地基承载力特征值。

13.3 静力触探试验

13.3.2 常用的单、双桥静力触探探头规格见表12。

表12 单、双桥静力触探探头规格

锥头截面积 A (cm ²)	探头直径 d (mm)	锥角 (°)	单桥探头	双桥探头	
			侧壁长度 L (mm)	摩擦筒侧面积 F (cm ²)	摩擦筒长度 L (mm)
10	35.7	60	57	200	179
15	43.7		70	300	219
20	50.4		81	300	189

本标准参考行业标准《铁路工程地质原位测试规程》TB 10018-2018 和国家标准《土工实验方法标准》GB/T 50123-2019

有关规定，规定已有钻探点时，静力触探点与其间距不宜小于2m。根据现场试桩和模型试验证明，30倍探头直径以外的边界条件，对测试结果的影响可以忽略。因此，进行对比试验时，应先进行静力触探然后进行钻探和其他原位测试，且点间距不宜小于30倍静探探头直径（常规静力触探探头直径为35.7mm~43.7mm）。此外，土的非均质性也会影响平行试验结果，故点间距不宜过大。

13.3.3 静力触探试验资料的整理和分析，应注意以下几个问题：

1 原始数据的修正：（1）当记录深度与实际深度有出入时，应进行深度误差修正（按线性进行）；（2）一般应按归零检查的深度间隔，对测试数据采用线性内插法进行修正。

2 划分土层界线：根据静力触探曲线进行土的力学分层，一定要有钻探资料作对比，以免出现误判。土层划分时应充分考虑曲线超前与滞后现象对土层划分精度的影响。消除其影响的作法有以下几点：（1）上下层贯入阻力相差不大时，取超前深度和滞后深度的中点，或中点偏向小阻值土层5cm~10cm处作为分层界面；（2）上下层贯入阻力相差一倍以上时，当由软层进入硬层或由硬层进入软层时，取软层最后一个（或第一个）贯入阻力小值偏向硬层10cm处作为分层界面；（3）上下层贯入阻力几乎无变化时，可结合侧壁阻力或孔隙水压力的变化确定分层界面。

3 计算单孔各分层的贯入阻力时，可采用算术平均法或根据静力触探曲线采用面积法。计算时应剔除异常值和超前滞后值。计算场地的分层贯入阻力时，可采用各孔穿越该层的厚度加权平均法或场地的分层平均贯入阻力。

13.3.4 静力触探试验成果应用时应注意以下几个问题：

1 砂土强度参数：（1）采用 p_s 或 q_c 直接确定砂土的相对密度 D_r 或内摩擦角 φ ，这种方法的缺点是没有考虑测试点的原位应力状态及土的压缩性，是一种很粗糙的估算。（2）在确定砂土

内摩擦角 φ 时，应考虑在互层情况下， q_c 还可能未达到该层的极限值。

2 土的变形参数：采用 p_s 或 q_c 确定土的变形模量 E_0 或压缩模量 E_s ，不管砂土还是黏性土均是根据经验关系进行估算的，是经验值。

3 地基承载力：采用单桥探头获得的比贯入阻力 p_s 估算地基承载力，在这方面国内已积累了大量的经验，全国各地在这方面的经验公式有 40 多种，各有其适用范围、适用地区和土类。因此，在使用过程中要注意其适用条件和适用范围并应进行对比试验。

4 单桩承载力：主要是采用双桥探头获得的锥尖探头阻力 q_c 和侧壁摩阻力 f_s 估算单桩承载力，在国内已有比较成熟的经验和估算公式，但应注意加强积累对比试验资料。

13.4 标准贯入试验

13.4.1 标准贯入试验是世界上各国普遍使用的一种原位测试手段，它适用于除混合土和淤泥之外的各种土层。

13.4.2 对标准贯入试验锤击数 N 值影响最大的是钻孔孔底土的应力状态和锤击能量的传递，也是造成误差的主要来源。因此，要求在试验前应对所用的钻杆进行检查，钻杆的相对弯曲应小于 1/1000，钻杆接头应牢固，否则锤击后钻杆会晃动，锤击会部分消耗在接头处。

标准贯入试验实际是分两阶段进行；（1）初打阶段：先将贯入器打入土中 15cm，如锤击已达到 50 击，贯入度未达到 15cm，则记录实际贯入度。（2）试验阶段：将贯入器再打入土中 30cm，记录每打入 10cm 的锤击数，累计打入 30cm 的锤击数即为标准贯入击数 N 值。

标准贯入试验的主要设备规格见表 13

表 13 标准贯入试验的主要设备规格

落锤		锤的重量(kg)	63.5
		落距(cm)	76
贯入器	对开器	长度(mm)	>500
		外径(mm)	51
		内径(mm)	35
	管靴	长度(mm)	50~76
		刃口角度(°)	18~20
		刃口单刃厚度(mm)	1.6
钻杆		直径(mm)	42
		相对弯度	<1/1000

13.4.3 标准贯入试验成果整理时，所需资料应包括：钻孔孔径、钻进方式、护孔方式、落锤方式、地下水位及孔内水位、预打贯入度、标准贯入试验锤击数、记录深度、贯入器采取扰动土样的描述等。作为勘察资料提供绘制剖面图时，不必对 N 值进行杆长修正，上覆压力修正和地下水位修正。应结合钻探和其它原位试验资料，根据 N 值在深度上的变化，对各土层的 N 值进行统计，统计时应剔除个别异常值，并且不可以依据单孔标准贯入试验资料提供设计参数。根据 N 值提供定量设计参数时，应有地区对比试验资料和经验。

13.4.6 关于标准贯入试验锤击数 N 值修正问题，国内外对此意见并不一致。国内基本不考虑地下水位和上覆土压力修正，只着重杆长修正，而实际杆长修正是依据牛顿碰撞理论为基础计算的，并非实测所得，与实际并不相符。通过实测杆件的锤击应力波，发现锤击传输给杆件的能量变化远大于杆长变化时能量的衰减，因此，原规范与国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009年版）一样，规定不作杆长修正的 N 值是基本值；但考虑到过去的许多工程特性指标是与经杆长修正的 N 值建立经验关系，故给出了钻杆长度校正系数表，当杆长大于 21m 时的校正系数计算公式是来自于《水工建筑勘察》，它是以前国家标准《地基基础设计规范》GBJ 7-89 中的 α 值为依据，用多项式拟合曲线，分别得到杆长小于 21m 和大于 21m 的校正系数 α

值。在实际应用 N 值时，应按本条文的规定使用。钻杆长度的校正系数可根据钻杆长度按表 14 选用。

表 14 标准贯入试验杆长校正系数 α

钻杆长度 L (m)	≤ 3	6	9	12	15	18
校正系数 α	1.00	0.92	0.86	0.81	0.77	0.73
钻杆长度 L (m)	21	25	30	40	50	75
校正系数 α	0.70	0.68	0.65	0.60	0.55	0.50

注: $N' = \alpha N$

N' —校正后的锤击数 (击);

α —校正系数;

N —实测锤击数 (击);

L —钻杆长度 (m)。

本次修订针对杆长修正这一长期悬而未解的问题，由福建省建筑设计研究院有限公司和华东水电勘察设计研究院有限公司向福建省住房与建设厅申请立项了福建省建设科技项目 2020-K-56 “基于物联网传感技术研究杆长对标准贯入试验技术的影响” 研究课题，通过一年多试验研究，实测不同长度杆件的锤击应力波速度和锤击数。

锤击应力波速度试验测试了长度 80m、60m、30m 和 1m 钻杆不同位置质点的锤击冲击波加速度，并积分求取应力波速度。表 15 统计了试验中采集的质点峰值弹性波速最大值、平均值和最小值，数值波动小于 5%，可见锤击产生的质点峰值弹性波速随着杆长的增加无明显衰减。

标准贯入锤击数试验采用实验室制备统一规格的重塑中砂为地层样本，使用不同长度的钻杆进行标准贯入试验，记录贯入 30cm 时的击数，表 16 统计了杆长分别为 2m、30m 和 60m 的平均锤击数，锤击数并未随着杆长的变化而出现明显变化。

由以上试验结果，可见标准贯入试验不需要对杆长进行修正。

表 15 质点峰值弹性波速

统计数据	平均值	最大值	最小值
指点峰值弹性波速 (km/s)	61.263	63.830	58.597

表 16 不同杆长标准贯入平均击数

杆长	2m	30m	60m
平均锤击数	10	9.6	10.5

13.5 圆锥动力触探试验

13.5.1 圆锥动力触探对难以取样的砂土、碎石类土等，以及静力触探难以贯入的土层是一种十分有效的勘探测试手段。本标准列入三种常用的圆锥动力触探试验，轻型动力触探、重型动力触探、超重型动力触探。其中轻型动力触探的优点是轻便，主要适用于施工验槽和浅表层填土、软弱土层、洞穴等勘察。重型动力触探是应用最为广泛的一种，其规格标准与国际通用标准一致。超重型动力触探是一非国际标准由国内创新的动力触探方法，主要用于碎、卵石层的原位测试。

13.5.4 圆锥动力触探试验是一种常规原位测试方法，由于未收集到圆锥动力触探试验与地基承载力、变形模量的对比资料，虽然该试验方法使用很普遍，但仅可以将其用于判断碎、卵石层和砂土的状态和密实度。

13.6 十字板剪切试验

13.6.1 十字板剪切试验是我省沿海软土分布地区广泛使用的一种原位测试手段，适用于灵敏度 $S_r \leq 10$ 、固结系数 $C_v \leq 100 (\text{m}^2/\text{y})$ 的饱和软黏土。对于不均匀软土层，特别是夹有薄层粉细砂或粉土的软黏土，十字板剪切试验成果会出现较大的差异，使用时应谨慎区别。

13.6.2 要求试验点竖向间距为 1m，主要是考虑方便均匀地绘

制不排水抗剪强度~深度变化曲线；当土层随深度的变化复杂时，可根据静力触探成果和工程实际需要，选择有代表性的位置布置试验点，不需要在竖向按统一的间距布置试验点；但遇到地层变化，则应增加试验点。

13.6.3 十字板剪切试验主要技术要求如下：

1 国内外推荐使用的十字板头规格详见表 17，当试验深度小于 10m~15m 时，宜选用尺寸大的十字板头，当试验深度大于 10m~15m 时，宜选用尺寸小的十字板头；

2 试验时，十字板插入钻孔底下软土层深度不应小于钻孔或套管直径的 3~5 倍，主要是为了保证十字板能在未扰动软土中进行剪切试验。

3 十字板插至试验深度后，应休止 2min~3min 方可开始试验。需要一定的休止时间主要是考虑十字板插入时会产生超孔隙水压力，必须等超孔隙水压力消散后才可进行试验，否则会使侧向有效应力增长。

4 应控制好扭转剪切速率，如剪切速率过慢，由于排水会导致强度增长；剪切速率过快，饱和软黏土由于粘滞效应也会使强度增长。

5 要求在测试完峰值强度或稳定值后，应顺扭转方向连续转动 6 圈，主要是为了使十字板头周围土体得到充分的扰动，以便测定重塑土的不排水抗剪强度。

表 17 十字板头规格

十字板尺寸	板高 H (mm)	板宽 D (mm)	板厚 e (mm)	刃角 α (°)	常数 K (m^{-3})
国外(推荐)	125±25	62.5±12.5	2	—	—
国内	100	50	2~3	60	2182.70
	150	75	2~3	60	646.72

13.6.4 十字板剪切试验所测得的不排水抗剪强度峰值，一般认为是偏高的，土的长期强度只有峰值强度的 60%~70%。因此，在工程应用时，应对十字板剪切试验测定值作必要的修正。

13.7 扁铲侧胀试验

13.7.1 扁铲侧胀试验适用于软土和松散土，随着土的坚硬程度或密实程度的增加，适宜性越差。当采用加强型薄膜片时，也可应用于密实砂土和坚硬土层。扁铲侧胀试验在不同土类中的适用性详见表 18。

表 18 不同土类扁铲侧胀试验的适用性

土类	土的状态					
	$q_c < 1.5\text{MPa}$, $N < 5$		$q_c < 7.5\text{MPa}$, $N < 25$		$q_c < 15\text{MPa}$, $N < 40$	
	未压实填土	自然状态	轻压实填土	自然状态	紧密压实填土	自然状态
黏土	A	A	B	B	B	B
粉土	B	B	B	B	C	C
砂土	A	A	B	B	C	C
砾石	C	C	G	G	G	G
卵石	G	G	G	G	G	G
风化岩石	G	C	G	G	G	G
带状粘	A	B	B	B	C	C
黄土	A	B	B	B	—	—
泥炭	A	B	B	B	—	—
沉泥、尾矿砂	A	—	B	—	—	—

注：适用性分级：A 最适用；B 适用；C 有时适用；G 不适用。

13.7.5 扁铲侧胀试验是用静力（或锤击动力）将一扁铲型探头贯入到土中某一预定深度，然后加压使其侧向扩张，量测不同侧向压力下侧胀位移，根据这些相应不同位移时的压力值，确定地基的岩土参数。

13.8 现场直接剪切试验

13.8.1 现场直接剪切试验主要适用于测定岩体软弱结构面、岩石和土的接触面、滑动面、混合土、粗颗粒土、残积土的抗剪强度。其试验原理与室内试验的直剪仪基本相同，由于试样的受剪面积比室内试验大的多，且是在现场直接进行试验，因此比室内

试验更符合岩土的实际状况。

13.8.4 现场直接剪切试验岩体试样的尺寸不应小于 $50\text{cm} \times 50\text{cm}$ ，一般与国际标准一致，采用 $70\text{cm} \times 70\text{cm}$ 规格的方形体。土体试样一般采用圆柱体或方柱体，试样的高度不应小于最小边长的 0.5 倍。试验时，应注意以下几个问题：

- 1 试验前后均应测定土的重度和天然含水量；
- 2 制备试样、试验设备安装和试验操作时，应采取必要的保护措施，如：试坑的顶部应增设保护围栏、护套等（护套底面应在剪切面以上），防止岩土试样的原状结构受扰动；
- 3 在地下水位以下试验时，应先降低地下水位，安装好试验装置，恢复水位后，再进行试验；
- 4 试验过程中应注意保持法向荷载不变，尽量使法向荷载和剪切荷载通过剪切面中心；对高含水量的软弱层，法向荷载应分级施加，以免软弱层被挤出。

13.8.5 试验资料整理时，应注意以下几个问题：

- 1 根据现场直接剪切试验获取的 c 、 φ 值按理论公式计算临塑荷载和极限荷载时，对于低压缩性土往往较荷载试验测得的数值偏大很多；对于高压缩性土则偏小或较接近；
- 2 现场直接剪切试验获取的 c 、 φ 值的使用主要取决于经验，有的可直接使用，有的使用峰值的 70%，具体可根据岩土的性状、工程特性、对比试验等确定；
- 3 岩体结构面的抗剪强度与结构面的形状，闭合、充填程度，荷载大小和方向有关。验算岩土体的抗滑稳定性，可取残余强度作为抗剪强度。

13.9 波速测试

13.9.1 波速测试主要是根据弹性波在岩土体内的传播速度，间接测定岩土体在小应变条件下($10^{-4} \sim 10^{-6}$)的动弹性模量。波速测

试成果可用于岩土工程以下几个方面：

- 1 计算岩土体的动弹性模量、动剪切模量和动泊松比；
- 2 进行场地土的类型划分、建筑场地类别和场地土层的地震反应分析；
- 3 在岩土工程勘察中，配合其它测试方法综合评定场地土的工程力学性质。

13.9.2 单孔法波速测试，测试方式主要沿孔向上或沿孔向下检层进行测试。主要测试被测地层的水平剪切波速，识别第一个剪切波的初至是关键，测试深度与激震能量有关。激振方式通常是用重锤沿水平方向敲击上压重物的木板或混凝土板，作为水平剪切波的振源。板与孔口距离一般为 1m~3m，板上压重应大于 400kg，板与地面应紧密接触。沿板的纵轴从两个相反方向敲击板的两端，记录极性相反的两组剪切波形。除地面激振外，也可在孔内激振。

13.9.3 跨孔法波速测试，测试方式是在一条直线上布置三个钻孔，一个钻孔作为激震孔，二个钻孔作为接收孔。当测试深度大于 15m 时，必须对所有试验孔的倾斜度及倾斜方位进行量测，量测精度应达到 0.1° ，以便对激发孔与检波孔的水平距离进行修正。现场应及时对所记录的波形进行判断，确定是否有用，否则应重做。

13.9.4 多道瞬态面波法测试，适用于地质条件较简单、地层波速差异较大的场地，该方法较稳态面波法具有简便快捷、测试深度大等优点。目前，国内面波勘探以多道瞬态面波为主。本标准所涉及的面波系指瑞利波。多道瞬态面波测试步骤如下：

- 1 将多个检波器（一般 ≥ 12 个）沿直线等距排列，在检波器排列延长线上垂直向地面激发地震波，由面波仪接收，地震波中有 P 波、S 波和 R 波，其中 R 波占全部能量的 2/3；
- 2 经过数据处理，提取面波频散曲线；
- 3 在频散曲线上分层，并计算层速度（面波在土中传播速

度与剪切波相近，其差值与泊松比有关)。

面波与剪切波速度对应关系如下：

$$v_R = \frac{0.87 + 1.12\mu}{1 + \mu} v_s \quad (23)$$

式中： v_R —面波速度 (m/s)；
 v_s —剪切波速度 (m/s)；
 μ —土的泊松比。

13.9.6 波速测试成果分析应符合下列要求：

- 1 应在现场根据波形记录识别压缩波和第一剪切波的初至时间；
- 2 应正确计算激振点与检波点之间的距离，跨孔法如钻孔有偏斜，应对孔距进行校正；
- 3 根据实测资料计算动剪切模量 G_d 、动弹性模量 E_d 和动泊松比 μ_d ，可按本标准 13.9.9 公式计算。

13.9.7 单孔法压缩波或剪切波从振源到达测点的时间，应按下列公式进行斜距校正：

$$T = KT_L \quad (24)$$

$$K = \frac{H + H_0}{\sqrt{L^2 + (H + H_0)^2}} \quad (25)$$

式中： T —压缩波或剪切波从振源到达测点经斜距校正后的时间 (s)，(相应于波从孔口到达测点的时间)；
 T_L —压缩波或剪切波从振源到达测点的实测时间 (s)；
 K —斜距校正系数；
 H —测点的深度 (m)；
 H_0 —振源与孔口的高差 (m)，当振源低于孔口时， H_0 为负值；
 L —从板中心到测试孔的水平距离。

13.9.8 场地固有周期是地基土的重要动力特性，一般应通过实测确定场地地基土的基本周期，当无实测值时可按重复反射理论，用该式进行计算。微动 H/V 峰值频率与松散沉积层的共振频率相吻合，这和很多应用结果相符，实际应用中可以把微动 H/V 峰值振幅作为场地放大系数的下限。H/V 曲线中的频率峰值与松散覆盖层的平均剪切波速度和覆盖层厚度相关，可按本标准式(13.9.8-2)计算。

13.10 场地微振动测试

13.10.1 随着振动信号分析技术的发展，场地微振动测试已广泛应用于场地振动特性测试和场地周边振动环境的检测。基于不同的测试目的，分析的重点也不一样。如进行场地振动特性测试，长周期低频波段、邻近建筑物的固有周期和风荷载的影响均应加以考虑。

场地微振动测试有长周期和短周期之分，周期大于 1.0s 的称为长周期，周期小于 1.0s 的称为短周期。本标准涉及的是周期在 0.1s~1.0s 范围内，属于短周期。

场地微振动是由气象变化、潮汐、海浪等自然力和交通运输、动力机械等人为扰力引起的波动，经地层多重反射和折射，由四面八方传播到测试的多维波群随机集合而成。随时间作不规则的随机振动，其振幅为小于几微米的微弱振动。它具有平稳随机过程的特性，即微振动信号的频率特性不随时间的改变而有明显的不同，它主要反映场地地基土层结构的动力特性。因此，它可以用随机过程样本函数集合的平均值来描述，如富氏谱、功率谱等。

13.10.2 每个场地规定地面微振动测试点不宜少于 2 个，但是当同一个建筑场地有不同的地质地貌单元且地层结构不同时，其场地微振动的频谱特征也会有差异，遇此情况时应增加测试点数

量。

此外，尚应考虑不同建构筑物的基础埋深和形式不同，以及在城区进行微振动监测时，交通运输等人为干扰因素 24h 不断，地面振动干扰大，但它随深度衰减很快这些因素。所以应根据实际工程需要，在钻孔内一定深度合理的布置微振动测试点，进行竖向微振动测试。通常远处振源的微振动信号是通过基岩传播反射到地层表面的，通过地面与地下微振动测试，不仅可以了解微振动频谱的性状，还可以了解场地微振动信号的竖向分布情况和场地土层对微振动信号的放大和吸收作用。

13.10.3

1 建筑场地钻孔波速测试和微振动测试，虽然其目的和方法有别，但它们都与覆盖层厚度和地层的土性有关，地层剪切波速与场地的卓越周期有内在的必然联系。微振动监测点布置于波速孔附近，有利于探索其内在的联系。

2 每个测点三个传感器的布置应考虑到地层具有不均匀性和方向性。如第四系冲洪积地层其颗粒具有分选性，以致地层均匀性在不同方向会显现出明显的差异。同样基岩中的构造断裂也具有方向性。因此，要求每个测点三个传感器应沿东西、南北、竖向三个方向布置。

13.11 旁压试验

13.11.1 旁压试验 (PMT) (pressuremeter test) 是用可侧向膨胀的旁压器，对钻孔孔壁周围的土体施加径向压力的一种原位测试方法，根据压力和变形关系，计算土的模量和强度。

旁压仪有预钻式、自钻式和压入式三种类型。国内目前以预钻式为主。旁压器分为单腔式和三腔式，当旁压器的有效长径比大于 4 时，可认为属无限长圆柱扩张轴对称平面应变问题。单腔式、三腔式所得变形模量无明显差别。

13.11.2 旁压试验水平和垂直方向测试点的布置，应在了解地层分布的基础上进行，最好在已有动力触探、静力触探或标准贯入试验成果的基础上进行。布置竖向测试点时要保证旁压器量测腔在同一地层内。根据实践经验，旁压试验的影响范围，水平向约为 60cm，上下方向约 40cm。为避免相邻试验点应力影响范围重叠，建议试验点的垂直间距至少为 1m。

13.11.3 旁压试验技术要求应符合下列要求：

1 成孔质量是预钻式旁压试验成败的关键，成孔质量差会使旁压试验曲线失真。为保证成孔质量，钻孔孔径应略大于旁压器外径，一般宜大 2mm~8mm；钻进时应采用泥浆护壁，尽可能减少对孔壁的扰动，并保证孔壁垂直、呈规则圆形状；

2 加荷等级可根据土的临塑压力或极限压力而定，不同土类加荷等级可按表 19 选用。

表 19 旁压试验加荷等级表

土的特性	加荷等级 (kPa)	
	临塑压力前	临塑压力后
淤泥、淤泥质土、流塑黏性土和粉土、饱和松散的粉细砂	≤15	≤30
软塑黏性土和粉土、稍密很湿粉细砂、稍密中粗砂	15~25	30~50
可塑~硬塑黏性土和粉土、中密~密实很湿粉细砂、稍密~中密中粗砂	25~50	50~100
坚硬塑黏性土和粉土、密实中粗砂	50~100	100~200
中密~密实碎石土、软质岩	≥100	≥200

3 国内一些单位对比试验表明，“快速法”、“慢速法”两种不同加荷速率对临塑压力和极限压力影响不大。为提高试验效率，本标准采用“快速法”，在操作和读数熟练的情况下，尽可能采用短的加荷时间；快速加荷所得旁压模量相当于不排水模量。

4 旁压试验终止条件：（1）加荷接近或达到极限压力；（2）量测腔的扩张体积相当于量测腔固有体积，避免弹性膜破裂；（3）国产 PY2-A 型旁压仪，当量管水位下降刚达 36cm 时

(绝对不能超过 40cm)，即应终止试验；(4) 法国 GA 型旁压仪规定，当蠕变变形等于或大于 50cm^3 或量筒读数大于 600cm^3 时应终止试验。

13.11.4 旁压试验成果分析和应用应包括下列内容：

1 绘制压力 (p) 与扩张体积 (ΔV) 或 ($\Delta V/V_0$)、水管水位下沉量 (s)、或径向应变曲线前，应先进行弹性膜约束力和仪器管路体积损失校正。由于约束力随弹性膜的材质、使用次数和气温而变化，因此新装或使用多次后均需对弹性膜的约束力进行标定。仪器的综合变形，包括调压阀、量管、压力计、管路等在加压过程中的变形。国产旁压仪还需作体积损失的校正，对国外 GA、Gam 型旁压仪，如果体积损失很小可不作体积损失的校正。

2 特征值包括初始压力 (p_0)，临塑压力 (p_f) 和极限压力 (p_l)。初始压力 p_0 的确定可按 M'enard，定为旁压曲线中段直线段的起始点或蠕变曲线的第一拐点相应的压力；根据国内经验，该压力比实际的原位初始侧向应力大，因此推荐直接按旁压曲线用作图法确定 p_0 。临塑压力 p_f 为旁压曲线中段直线的末尾点或蠕变曲线的第二拐点相应的压力。极限压力 p_l 是量测腔扩张体积相当于量测腔固有体积（或扩张后体积相当于二倍固有体积）时的压力；或是 $p \sim \Delta V$ 曲线的渐近线对应的压力，或用 $p \sim (l/\Delta V)$ 关系，末段直线延长线与 p 轴的交点相应的压力。

3 利用旁压曲线的特征值评定地基承载力时，可根据当地经验，直接取用 p_f 或 $p_f \sim p_0$ 作为地基承载力；或根据当地经验，取 $(p_f - p_0)$ 除以安全系数作为地基承载力。

4 计算旁压模量由于本次修订规定加荷采用快速法，相当于不排水条件；依据弹性理论，对于预钻式旁压仪，可采用本标准公式 13.11.4 计算旁压模量。

自钻式旁压试验，可与预钻式旁压试验一样，采用公式 13.11.4 计算旁压模量。由于自钻式旁压试验的初始条件与预钻

式旁压试验不同，预钻式旁压试验的原位侧向应力经钻孔后已释放。两种试验对土的扰动也不同，故两者的旁压模量也不相同，所以应说明试验所使用的旁压仪类型。

13.12 氡含量测试

13.12.1 本条文系根据现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325-2020 第 4.1.1 条强制性条文而新增。

13.12.2 测试开始时间的选择，主要是考虑拟建场地现状尚未遭破坏，场地土中氡浓度或土壤表面氡析出率测试结果更贴近实际状况。在这一阶段进行测试，利于取得相对客观的检测结果，如果场地条件和测试时间均不理想，既增加了测试难度又可能使得测试结果较大偏离客观真实的情况。测试开始时间宜符合下列条件：

- 1 场地内未经基础施工；
- 2 场地内地基未经人工处理或虽经填筑但尚未有大型施工机械碾压；
- 3 场地内未经工程勘察或与工程勘察同期。

13.12.3 条文对测氡仪器性能的要求仅仅是一般规定，根据所测物理量的不同或者测试范围的变化，应当选用符合测试要求的仪器设备。测试所使用的辅助仪器、仪表应具备测试工作所必须的防尘、防潮、防震等功能，最低应满足以下工作条件和精度要求：

- 1 工作环境温度： $-10^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ ；测量误差：不大于 0.5°C ；
- 2 相对湿度： $\leq 90\%$ ；测量误差：不大于 $\pm 1\%$ ；
- 3 风速测量： $(0\sim 50)\text{m/s}$ ；测量误差：不大于 0.2m/s ；
- 4 计时装置：测量误差：不大于 1 分钟。

13.12.8 工程拟建场地土壤氡浓度值越高，渗入封闭空间使室内

空气中的氦浓度值就越大。对于不同算术平均值的氦浓度地段的地下工程应采用不同的处理措施，既完全必要，又相对合理。

13.13 孔隙水压力测试

13.13.1 遇下列情况之一时，宜布置孔隙水压力测试工作：

- 1 加载预压地基中，需控制加载速率和固结度；
- 2 桩基工程需控制沉桩速率，减少对邻近环境的影响；
- 3 强夯加固地基施工，需控制强夯的间歇时间和确定强夯影响深度；
- 4 地下水控制工程，需控制地面沉降时；
- 5 滑坡治理工程，需对边坡进行稳定性分析；
- 6 各种振动引起的孔隙水瞬间变化对地基产生影响，以及各种岩土工程科学试验。

孔隙水压力测试用于加载预压工程中加载速率控制，一般加载间歇时间应满足孔隙水压力消散率达到 70%。孔隙水压力消散率为各级荷载下孔隙水压力消散量累计值与孔隙水压力增量累计值之比。挤土桩沉桩速率控制，应根据沉桩引起的超孔隙水压力与有效覆盖层压力之比确定，其比值宜小于 60%。强夯间歇时间可按每遍加夯后孔隙水压力的消散率控制，其消散率宜大于 70%。

13.13.2 电测式孔隙水压力计，包括振弦式、电阻式、差动变压式等适用于各种具渗透性的土层。当量测误差要求小于等于 2kPa 时，必须使用电测式孔隙水压力计；使用期大于 1 个月、测试深度大于 10m 或在一个监测孔中多点同时量测时，宜选用电测式孔隙水压力计；

流体压力式（包括液压力、气压式）和开口式孔隙水压力计适用于渗透系数 K 大于 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 的土层。当量测误差允许大于等于 2kPa 时，方可使用液压力式孔隙水压力计；当量测误差允

许大于等于 10kPa 时，方可选用气压式孔隙水压力计。流体压力式孔隙水压力计使用期不宜超过 1 个月；液压式孔隙水压力计不宜在气温低于零摄氏度时使用。

13.13.3 由于孔隙水压力计的精度与耐压强度成反比关系，为兼顾二者关系所选的仪器量程上限值不宜过大，以保证孔隙水压力的量测精度。

13.13.6 初始值的测定，采用钻孔埋设法时，将会使土体原有的孔隙水压力改变，而回填材料的性状不可能与周围土体一致，埋设和回填会使原土体产生变形，虽然这种变形量很小，但在一定程度上多少都会影响孔隙水压力的量测精度。采用压入埋设法时，孔隙水压力计在压入过程中，亦会对周围土体产生挤压而引起孔隙水压力变化。因此，要求埋设过程中尽可能较少对土体的扰动，并在施工前尽可能提前埋设好孔隙水压力计，以尽量消除孔隙水压力计埋设对初始值的影响，一般须提前一周时间才能稳定。

13.13.7 应根据量测目的、施工方式、施工速率、地质条件和环境条件等因素，合理制定量测间隔时间，以获取孔隙水压力峰值和掌握孔隙水压力增长~消散规律。

桩基工程监测，应根据压桩荷载大小、每日沉桩数量和沉桩速率等因素合理安排测试时间。特别是施工速率较快的情况下，会使影响范围内土体中的孔隙水压力急剧增高；当接近允许的控制标准时，可能会导致已沉桩的基桩接头处出现脱焊、浮桩等施工病害。一般情况下，每天量测次数不得少于 1 次。

饱和软黏土地基累积的孔隙水压力会随着时间增长，消散时间也越长。为掌握其消散的规律，一般情况下，施工结束后仍应继续量测孔隙水压力一段时间，但可逐渐延长量测时间间隔。根据许多工程案例分析，孔隙水压力消散具有初期消散较快，以后逐渐缓慢，当有设置袋装砂井或塑料排水板等排水措施时，会加快消散的规律。

14 工程物探

14.1 一般规定

14.1.1 工程物探应根据勘探任务目的与条件，确定解决岩土工程问题的重点。每种物探方法都有自己的适用条件和适用范围，有针对性地选择物探方法，可以取得事半功倍的效果。

14.1.2 工程物探是以地下介质之间的物性差异为基础，通过仪器在介质表面或介质内部探测物理场的分布和变化，确定勘探对象的空间分布范围及物性参数，达到解决工程地质问题的目的。工程物探仪器探测到的物理场是由勘探对象和周围介质及干扰场源共同引起的，勘探对象的异常强度除与激发场源的强度有关外，还取决于勘探对象与周围介质之间的物性差异、勘探对象的埋深、规模、尺寸及现场干扰情况等。因此，只有能够探测到勘探对象产生的物理场异常，并以此推断地下探测目标体的分布和性质，从而实现物理勘探的目的。本条规定使用工程物探的4个基本条件。条件不满足时，不宜采用工程物探。

14.1.3

2 工程物探因其能够获得连续的地质物性信息，可有效地弥补钻探的不足。工程建设中经常存在因场地条件无法满足钻探需要的情况，而工程物探因设备轻便，在场地受限的情况下相对钻探具有更大的优势。不同的工程物探方法有不同的适用范围，在不良地质体勘探中也有不同的响应特征。

综合工程物探方法主要是采用多种地球物理勘探方法，从地质体的电性、波阻抗性质、磁性、重力等多个物性参数着手，充分获取了地质体的多维度物性信息，有效降低了单一工程物探方

法勘探的局限性，能够精准地还原地质体真实信息，更适用于工程建设中对不良地质体勘探精度的需要。

14.1.5 物探仪器设备是工程物探获得可靠信息和提高工作效率的基本保证，是确保工程物探工作顺利进行的必备条件。因此，本条规定了性能稳定、构件牢靠的要求，适应工作环境温度和湿度条件的仪器设备方能投入实际应用，这是对仪器设备的基本要求。并且要求物探仪器设备应做到定期检验、校正，经常维护保养，使其保持良好性能状态。

14.3 陆域工程物探

14.3.4 岩溶发育地区一般均存在溶洞和土洞。溶洞一般分为充填、半充填或无充填。充填岩溶在高密度电法剖面上一般表现为低阻异常，反之则为高阻异常；跨孔弹性波 CT 表现为弹性波低速区域，微动对于充填溶洞一般表现为低速特征。对复杂和岩溶发育地区，宜采用综合工程物探方法。

14.3.8 工程物探可用于勘探采空区的分布、埋深及规模。

1 埋深较小的采空区宜选用微动勘探法、瞬变电磁法、地震反射波法、高密度电法等；

2 埋深较大的采空区宜选用微动勘探法、瞬变电磁法、大地电磁法等；

3 电磁干扰强的工点宜选用微动勘探法、地震反射波法、微重力测量、直流电测深等；

4 当采空区分布无规律、地面痕迹不明显、无法进入坑洞内进行调查和验证的地区，应采用微动勘探法、电法、地震、跨孔层析成像等综合工程物探方法，并用工程物探结果指导钻探，必要时可进行综合测井。多种方法的勘探结果应得到相互补充和验证。

采空区无充水时，微动面波相速度表现为高速异常，瞬变电

磁常表现为高阻异常，而跨孔弹性波 CT 则表现为低速异常。可在微动高速异常、瞬变电磁解释成果中的高阻异常布设钻孔进行验证。采用跨孔弹性波 CT 勘探时，若在高阻电磁区域同时获得低速特征，基本可判定为采空区。

14.3.9 工程物探用于勘探断层的位置、埋深、产状及破碎带的宽度和赋水情况时，选择工程物探方法应符合下列条件：

1 出露或浅埋工程的断层勘探宜选用微动勘探法、地震反射波法、地震折射波法、高密度电法和电剖面法等，必要时可采用综合测井方法；

2 深埋隧道等地下工程的断层勘探宜选用微动勘探法、瞬变电磁法和大地电磁法等；

3 水域勘探宜选用地震反射波法、瞬变电磁法和磁法等；

4 活动性断层勘探宜采用氦气测量法，必要时辅以微动勘探法、地震反射波法等其他方法。

断层构造往往以断裂破碎带的形式出现，破碎带在浅层地震成果上会出现反射波同相轴错位等特征，破碎带一般富水，在高密度电法成果中存在明显的低阻异常。断裂破碎带和断裂上、下盘的地层差异在微动剖面上会出现明显的横向面波速度变化。由于单一工程物探方法存在较多的干扰和不确定性，在解释中往往存在成果的过度解读，所以应采用综合物探方法，先利用浅层地震和高密度电法可大面积铺设的特点进行普查，对浅层地震和高密度电法同时存在断裂异常的位置精细布设微动勘探点，可获得断裂的具体位置和产状。

14.3.10 工程物探用于查明覆盖层厚度、划分地层、基岩面起伏形态时，可采用微动探测法、瑞利面波法、地震折射波法、地震反射波法、电测深或高密度电法等；需要详细划分地层时则宜采用综合测井。

14.3.11 工程物探用于查明风化层的分布、厚度和风化程度时，可采用地震折射波法、电测深或高密度电法等，也可采用孔

内声波测井或地震波速测井。

14.3.12 采用电磁感应法勘探地下管线，应在平面定位的基础上采用直读法、特征点法、比值法或多种测深方法进行综合定深，定深应符合下列要求：

- 1 勘探目标管线埋深应先在实地确定管线的平面位置；
- 2 定深点宜选在靠近目标管线特征点两侧各 3 倍~4 倍管线埋深范围内，且应选在中间无分支与相邻管线之间距离较大处；
- 3 采用直读法定深时，应保持接收机天线垂直，并根据试验确定的修正系数校正只读结果。

15 室内试验

15.1 一般规定

15.1.1 试验项目的选择应满足工程勘察、设计、施工要求，试验操作和试验仪器应符合国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 和国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的有关规定。当上述两标准未能涵盖的试验项目，可参照相关行业标准。各种试验项目、测定参数和工程应用详见表 20。

由于实际现场的岩土性状受诸多因素的影响，包括应力历史、应力场、边界条件、非均质性、非等向性、不连续性和尺寸效应等，使其与室内试验的岩土试样在性状之间存在不同程度的差别。因此，试验时应尽可能使试验条件接近（或模拟）实际现场的岩土状况。条文强调试验项目和试验方法的选择应有目的性和针对性，应尽可能与工程实际一致。

表 20 室内土工试验项目、参数与工程应用

试验类别	试验项目	测定参数	工程应用
物理性质	含水率 质量密度 重力密度 比重	含水率 w 密度 ρ 重度 γ 比重 G_s	土的基本参数计算
	液限 塑限	液限 w_L 塑限 w_p 塑性指数 I_p 液性指数 I_L	黏性土的分类，判定黏性土状态

续表 20

试验类别	试验项目	测定参数	工程应用
物理性质	颗粒分析	颗粒大小分布曲线 不均匀系数 $C_u = d_{60}/d_{10}$ 曲率系数 $C_c = d_{30}/(d_{60} \cdot d_{10})$	粉土和砂土的分类, 确定粘粒含量, 判别液化, 评价流砂、管涌可能性, 盾构选型及裂缝宽度验算
	烧失量	烧失量 Q	有机质土的分类
水理性质	渗透	渗透系数 k_v 、 k_h	土层渗透性评价, 降水设计
力学性质	固结	$e \sim p$ 曲线 压缩系数 a 压缩模量 E_s	沉降计算
		$e \sim \lg p$ 曲线 先期固结压力 p_c 超固结比 OCR 压缩指数 C_c 回弹指数 C_s	土的应力历史评价, 考虑应力历史的沉降计算
		固结系数 c_v 、 c_h	黏性土沉降速率和固结度的计算
	直剪快剪	内摩擦角 φ 粘聚力 c	天然地基瞬时加荷时的稳定性验算
	直剪固结快剪	内摩擦角 φ 粘聚力 c	天然地基承载力计算, 基坑及边坡稳定性验算
	直剪慢剪	内摩擦角 φ_s 粘聚力 c_s	边坡长期稳定性验算
	三轴不固结不排水剪 (UU)	内摩擦角 φ_u 粘聚力 c_u	地基承载力计算; 施工速度较快, 排水条件差的黏性土的地基稳定性验算; 桩周土极限摩阻力计算; 桩端下软弱下卧层强度验算
	三轴固结不排水剪 (CU)	总应力内摩擦角 φ_{cu} 总应力粘聚力 c_{cu} 有效应力内摩擦角 φ' 有效应力粘聚力 c'	施工速度较慢, 考虑上部荷载引起地基强度增长, 固结后地基稳定性验算; 一级基坑稳定性验算

续表 20

试验类别	试验项目	测定参数	工程应用
力学性质	三轴固结排水剪 (CD)	内摩擦角 φ_d 粘聚力 c_d	非常缓慢加荷的地基稳定性验算
	无侧限抗压强度	抗压强度 q_u 灵敏度 S_l	饱和软黏性土地基强度计算, 施工期稳定性验算
	静止侧压力系数	侧压力系数 K_0	静止侧压力计算
	承载比 击实	浸水后吸水膨胀量 δ_w 承载比 $CRB_{2.5}$ 或 $CRB_{5.0}$ 最大干密度 ρ_{max} 最优含水量 w_{opt}	路面基层、底层材料和各种土料的强度检测 填土压实质量控制
动力性质	动三轴 动三剪	应变幅度 $10^{-4} \sim 10^{-1}$ 范围的动强度、动弹性模量 E_d 、阻尼比 λ	地震反应分析, 地基液化判别
	共振柱	应变幅度 $10^{-6} \sim 10^{-3}$ 范围的动剪切模量 G_d 、阻尼比 λ	地震反应分析, 地基液化判别

15.1.2 为了保证试验质量, 要求对土工试验仪器应定期进行检定, 使用符合精度要求的仪器设备。对于测力计、压力表、百分表、天平要求一年应标定一次。

15.2 试样制备

15.2.1 由于岩土体是一种非均质材料, 且取样时可能受到扰动, 所以强调室内试验应有开土记录, 并对土试样进行描述, 以

便了解土试样的均匀程度、夹杂物和试样的质量，才能保证物理性试验项目所选取的试样与力学性质试验项目所选取的试样的一致性。开土记录也是编写试验报告，试验数据分析和实验数据合理取舍的重要依据。

15.2.3 要求试样制备时应控制同一组试样的密度或含水率，其目的是为了保证各项试验指标的一致性。用切土盘切取无侧限抗压试验、三轴压缩试验的试样，制作试样时应避免土样被扰动，量测试样的直径应采用游标卡尺。

15.2.5 当土样的饱和度大于 95% 时，一般可当作饱和土。在进行直接剪切试验和固结试验时，可不进行饱和；但三轴试验仍应按相关要求要求进行饱和。

15.3 土的物理性质试验

15.3.1 土的含水率试验一般可采用烘干法，特殊情况下需快速简易测定细粒土的含水率时，也可采用其它方法，如酒精燃烧法。

15.3.2 土的密度试验方法主要有环刀法、蜡封法、灌砂法和灌水法等。

1 环刀法：适用于细粒土，即粒径大于 0.075mm 的颗粒含量少于 50% 的土；粒径大于 2mm 的颗粒含量少于 50% 的砂土，也可采用环刀法，但应注意土样的扰动程度。

2 蜡封法：适用于易破裂土和形状不规则的坚硬土；由于各种蜡的密度不同，试验前应测定蜡的密度。

3 灌砂法和灌水法：适用于现场测定粗粒土的密度。

15.3.3 液塑限试验主要有 76g 瓦氏圆锥仪法、卡氏碟式仪法和液塑限联合测定法等。国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009 版）规定使用 76g 瓦氏圆锥仪入土深度 17mm 和 10mm 两种标准。它适用于粒径小于 0.5mm 以及有机质含量

不大于试样总质量 5% 的土。根据我省大部分勘察单位长期使用入土深度 10mm 标准的习惯，且已积累了大量资料，所以条文规定福建省的工程勘察项目液塑限试验采用 10mm 标准。塑限试验主要采用搓条法，也可采用液塑限联合测定仪进行测定。搓条法适用于粒径小于 0.5mm 的土。当塑性指数 $I_p < 10$ 时，由于塑限搓条法误差大，要求复测颗粒分析，并根据颗粒分析试验结果综合定名。但不管采用何种试验方法，均应在试验报告上注明。

15.3.4 颗粒分析试验也称粒度试验，其试验方法主要有筛析法、密度计法和移液管法等。

1 筛析法：主要适用于粒径小于 60mm、大于 0.075mm 的土。

2 密度计法：主要适用于粒径小于 0.075mm 的土，其分散剂有多种，如无特殊原因，宜采用六偏磷酸钠作为分散剂。

3 移液管法：主要适用于粒径小于 0.075mm 而相对密度（比重）大的土，其操作方法较复杂。

15.3.5 土粒比重试验方法主要有比重瓶法、浮称法和虹吸筒法。

1 比重瓶法：适用于粒径小于 5mm 的土。

2 浮称法：适用于粒径等于、大于 5mm 的土，且其中粒径大于 20mm 土的质量应小于土总质量的 10%。

3 虹吸筒法：适用于粒径等于、大于 5mm 的各类土，且其中粒径大于 20mm 土的质量应等于、大于土总质量的 10%。

15.3.7 击实试验方法分轻型和重型两种；

1 重型击实试验：要求试验时每圈要加一击，两层角界处土面要刨毛，最后一层土面超出试样筒顶部应小于 6mm。

2 轻型击实试验：当粒径大于 5mm 的质量小于或等于试样总质量的 30% 时，应对最大干密度及最优含水率进行校正。

由于轻型与重型击实试验锤击能量不同，试验结果也不一样。因此，在试验报告中应予以说明。

15.3.8 有机质含量试验方法主要有重量法、容量法、比色法等。对有机质含量小于 15% 的土，宜采用重铬酸钾容量法。该法操作简便、快速、再现性好，不受大量碳酸盐存在的干扰，设备简单。但应考虑其对试验人员身体健康的影响和对环境的污染，并应采取相应的防护措施。

15.4 土的力学性质试验

15.4.1 固结试验是在完全侧限条件下，测定土样在竖向荷载作用下的压缩量，计算土的力学性质指标，它适用饱和土。对于非饱和土，当只进行压缩时称为压缩试验；如计算精度要求不高，且不需要计算固结系数，可使用快速法，但最后一级压力应大于上覆土层的计算压力 100kPa~200kPa。固结试验加荷等级应根据土的软硬程度确定，一般宜用 12.5kPa、25kPa、50kPa，以不把土挤出为限。

残积土由于受母岩残余应力的影响，其力学特性类似超固结土，但由于残积土有很强的结构性，取样和制样通常会对其原有结构产生扰动，使压缩性指标与实际产生较大的偏差。因此，规定对要求进行沉降计算的残积土，应参照超固结土进行回弹再压缩试验，并提供回弹指数或回弹再压缩系数，以及压缩模量供沉降计算使用。

15.4.3 直接剪切试验方法有慢剪试验、固结快剪试验和快剪试验三种；试验方法应根据荷载大小、加荷速率和地基土的排水条件综合确定。

1 规定宜采用四块密度差值小于 $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ 剪力块，是为了减少其试验结果的离散性，由于在直剪试验中，不同密度的四块剪力块的排列顺序对 c 、 φ 值有一定的影响，第一块和第四块用接近以平均密度的试样，第二块用小密度试样。第三块用大密度试样。其试验结果 c 、 φ 值较接近于真值。

5 固结快剪的固结时间可采用 1 小时，抗剪强度指标可采用在各级荷载下的抗剪强度峰值打 0.8 折后经计算确定，这主要是考虑到我省所积累的许多资料和经验关系都是基于上述条件获取的。因此，保留了上述规定，但在试验报告中应以说明。

15.4.4 大体积直接剪切试验是本次修订新增加的试验方法。该方法由福建省建筑设计研究院有限公司、国土资源部丘陵山地地质灾害防治重点实验室（福建省地质灾害重点实验室）和华东勘测设计院（福建）有限公司共同完成的福建省住建厅 2020 年建设科学技术计划项目《尺寸效应对室内直剪试验——土的强度指标影响研究》2020-K-71，开展了室内大体积直接剪切试验和常规小尺寸直接剪切试验的对比试验，研究尺寸效应对土的强度指标的影响。通过课题研究发现大体积直接剪切试验得到的 c 、 ϕ 值比室内常规直接剪切试验要大，其中坡积粉质黏土由于受其颗粒组成的影响，大体积直接剪切试验的 c 、 ϕ 值约为室内常规直接剪切试验的两倍；而冲积成因粉质黏土大体积直接剪切试验的内摩擦角 ϕ 值较室内常规直接剪切试验值增大的幅度约为 1.06%，但粘聚力 c 值要大两倍以上。通过室内大体积直接剪切试验可以弥补常规室内小尺寸直接剪切试验方法（国家标准）由于受试样尺寸的影响导致其试验成果抗剪强度指标偏小的缺陷，大体积试验获得的强度指标，更贴近实际情况。

15.4.5 三轴压缩试验方法包括固定围压试验和等压固结试验。当要求固定围压下轴向应力与轴向应变关系时，应采用固定围压试验。当要求等压固结围压与体积应变关系时，确定土样的变形参数，应采用等压固结试验。

1 固定围压试验：应采用三个或三个以上不同的固定围压，分别使试样固结，然后逐级增加轴压直至破坏；每个围压试验宜进行一至三次回弹，并将试验结果整理成相应于各固定围压的轴向应力与轴向应变关系曲线。

2 等压固结试验：应使围压与轴压相等，然后逐级增加荷

载，获得围压与体积应变的关系曲线。

15.4.7 渗透系数试验方法很多，常用的试验方法主要有常水头试验和变水头试验两种，试验用水应为脱气的纯静水，水温应高于室温 $3^{\circ}\text{C}\sim 4^{\circ}\text{C}$ 。常水头试验适用于粗粒土（砂土）；变水头试验适用于细粒土（黏性土、粉土）；透水性很低的软土可通过固结试验测定固结系数、体积压缩系数和计算渗透系数。

15.5 土的动力性质试验

15.5.1 当工程设计要求测定土的动力性质指标时，选择试验方法和试验仪器应考虑试验方法和试验仪器在动应变大小上的适用范围。进行土的动力性质试验应使用 I 级土试样。

动三轴试验，在施加荷载前宜在模拟原位应力条件下先使土样固结。动荷载的施加应从小应力开始，连续监测若干循环周数，然后逐渐加大动应力。

测定既定的循环周数下轴向应力与应变关系，一般用于分析软土震陷和饱和砂土液化。动强度和液化强度是随振动次数增加而减少，所以动强度和液化强度是某一振次条件下的强度，试验资料应提供强度与振次关系曲线，以便选用。

土的动模量和阻尼比随应变幅大小的变化十分明显，为便于在计算分析中考虑其影响，一般应测定动模量、阻尼比随应变幅变化的规律。

15.6 岩石物理、力学性质试验

15.6.1 颗粒密度试验可采用比重瓶法；块体密度试验可采用量积法、水中称量法或蜡封法。岩石吸水率试验可采用自由浸水法，岩石饱和吸水率试验可采用煮沸法或真空抽气法。岩石膨胀性试验应包括岩石自由膨胀率试验、岩石侧向约束率试验和岩石膨胀压力试验。

15.6.2 单轴抗压强度试验在国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011 是作为确定岩石地基承载力特征值的依据。并且其试验方法和仪器较为简单，是最主要的岩石试验项目之一。岩石三轴压缩试验宜根据其应力状态选用四种围压，并提供不同围压下的主应力差与轴向应变关系、抗剪强度包络线和强度参数 c 、 φ 值。

15.6.4 测定岩石抗拉强度试验的方法很多，常用的主要有劈裂法和直接拉伸法。一般试验不采用直接拉伸法，本标准推荐的是劈裂法，即将一圆柱形试件在直径方向上施加线性荷载，将试件沿直径方向压坏，根据弹性理论公式测定抗拉强度 σ_t ；

$$\sigma_t = \frac{2P}{\pi DL} \quad (26)$$

式中： P —破坏荷载；

D 、 L —试件直径与长度。

15.6.5 点荷载试验和声波速度试验都是间接试验方法，利用试验关系确定岩石的强度参数，在工程上是一种很实用的方法。点荷载试验与单轴抗压试验对试件的要求不一样，单轴抗压试验要求规则的试件，而点荷载试验不要求规则的试件。在实际工作中，由于种种原因不能制备规则试件的情况下，点荷载试验方法就显现出其优越性。

点荷载强度指数 $I_{s(50)}$ 与单轴饱和抗压强度 R_c 可按式 (27) 进行换算：

$$R_c = \beta I_{s(50)} \quad (27)$$

式中： β —对于长轴加载取 21~23；短轴加载取 17~19；

$I_{s(50)}$ —加载点间距 D 为 50mm 的试件的岩石点荷载强度指数。

15.7 水、土化学试验

15.7.1 水的化学试验包括地下水和环境水的化学试验。分析水、土的腐蚀性和对环境介质的影响，必须首先分析水、土中的化学成分。水、土对建筑材料的腐蚀性评价详见本标准第 18 章规定。

地下水的化学性质主要由酸碱度、氢离子浓度（pH 值）、硬度和矿化度四项指标综合反映。地下水的化学试验项目主要有：酸碱度、氢离子浓度、硬度和矿化度。pH 值反映的是水的酸碱性，它由酸、碱和盐的水解因素所决定。酸度是指强碱滴定水样中的酸至一定 pH 值的碱量。碱度是指强酸滴定水样中的碱至一定 pH 值的酸量。硬度是反映水中含盐量的特性指标，其值为钙、镁、铁、锰、锶等溶解盐类的总量，以毫克当量或德国度表示。矿化度是水中所含各种离子、分子与化合物的总量，也称总矿化度，一般以每升水中所含克数表示。矿化度包括了全部的溶解组分和胶体物质，但不包括游离气体。一般以 105℃～110℃时将水蒸干所得的干涸残余物总量来表征矿化度。

环境水的化学试验项目主要有：酸碱度（pH 值）、EH、电导率、溶解氧、酸度、碱度、硬度、矿化度、游离 CO₂、侵蚀性 CO₂、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、NH₄⁺、Fe²⁺、Fe³⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻、CO₃²⁻、NO₃⁻ 及有机质等。

15.7.2 酸碱度（pH 值）是了解土的物理化学性质和工程性质的一项重要指标。当土呈碱性时，土的颗粒表面易形成较扩展的扩散双电层，使土颗粒处于松散状态，这时土的塑性较大而抗剪强度不大；当土呈酸性时，土的颗粒之间通过带正电的边、角和带负电的基面的静电力相互吸引而呈较牢固的连结，这时土具有较高的力学强度。

15.7.3 易溶盐：土中易溶盐包括所有的氯化物盐类、易溶的硫酸盐类和碳酸盐类，它们以固态和液态的形式存在于土中，并且常互相转换，处于一种动平衡状态，从而引起土的物理力学性质发生差异。

易溶盐试验主要是测定土中易溶盐的总量以及各阴离子和阳离子的含量。易溶盐总量按下式计算：

$$W = \frac{(m_2 - m_1) \frac{V_w}{V_{w1}} (1 + w_0)}{m_0} \times 100 \quad (28)$$

式中：W—易溶盐总量（%），精确到 0.01%；

m_0 —土试样的质量（g）；

m_1 —蒸发皿质量（g）；

m_2 —蒸发皿加烘干试样质量（g）；

V_w —浸出液加纯水量（ml）；

V_{w1} —吸取浸出液量（ml）；

w_0 —土的含水量。

易溶盐根的测定主要根据所要测定的易溶盐根采用不同的测定方法，具体如下：

1 碳酸根及重碳酸根含量的测定可采用双指示剂中和滴定法。由标准酸液用量算出碳酸根和重碳酸根的含量。

2 氯根含量的测定可采用硝酸银滴定法，以铬酸钾为指示剂。

3 硫酸根含量的测定可采用 EDTA 络合滴定法和比浊法测定。

4 钙离子和镁离子含量的测定可采用原子吸收光度法。

5 钠离子和钾离子含量的测定可采用火焰光度法。

15.7.4 中溶盐：中溶盐是指土中所含的石膏含量，以 1kg 烘干土（105℃~110℃下恒重）中所含的石膏的克（g）数表示，当土中石膏含量很高时，以 55℃~60℃烘干或风干土计算为宜。测定土中石膏含量的方法主要有水浸法和酸浸法。由于水浸法费时，且难于溶解完全，故国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 规定采用酸浸—质量法。

酸浸—质量法适用于石膏含量较多的土样。当土中易溶性硫酸盐含量较高时，应对测定结果加以校正，即减去易溶盐中 SO_4^{2-} 的含量。

减去易溶盐硫酸根含量时，中溶盐石膏的含量按下式计算：

$$W_{CSH} = \left[\frac{(m_{FS} - m_F) \times 0.4114(1 + w_0)}{m_0} \times 100 - W_{\text{SO}_4^{2-}} \right] \times 1.7922 \quad (29)$$

式中： W_{CSH} —溶盐石膏的含量（%），精确至 0.01%；

$W_{\text{SO}_4^{2-}}$ —易溶盐硫酸根含量（%）；

m_{FS} —瓷坩埚与沉淀总质量（g）；

m_F —瓷坩埚质量（g）；

m_0 —土的质量（g）；

w_0 —土的含水量；

0.4114—由 BaSO_4 换算为硫酸根的系数；

1.7922—由硫酸根换算为石膏的系数。

15.7.5 难溶盐：土中难溶盐是指土中所含钙、镁碳酸盐类的含量，它以烘干土所含碳酸钙的质量百分比表示。难溶盐的测定可采用气量法，碳酸钙的含量按下式计算（精确至 0.1%）：

$$W_{CC} = \frac{V_{\text{CO}_2} \times \rho_{\text{CO}_2} \times 2.272}{m_d \times 10^6} \times 100 \quad (30)$$

式中： ρ_{CO_2} —在试验温度和气压条件下 CO_2 的密度（ $\mu\text{g/ml}$ ）；

查有关物理手册；

V_{CO_2} —二氧化碳体积（ml）；

m_d —试样干质量（g）；

10^6 —微克与克的换算系数。

15.7.6 有机质：有机质含量是指土中碳、氮、氢、氧为主，以及少量硫、磷和金属元素组成的有机化合物。有机质含量试验是通过测定土中的有机碳，再乘以 1.724 的经验系数后换算成有机质，以烘干土量的质量百分比表示。常用的测定方法是重铬酸钾

容量法，由于重铬酸钾容量法的氧化能力有一定限度，故有机质含量高于 15% 的土样不适用。有机质含量按下式计算（精确至 0.01%）：

$$W_u = \frac{C_{FeSO_4} \times (V'_{FeSO_4} - V_{FeSO_4}) \times 0.003 \times 1.724 (1 + w_0)}{m_0} \quad (31)$$

式中： C_{FeSO_4} —硫酸亚铁标准溶液浓度（mol/l）；
 V'_{FeSO_4} —测定试样时硫酸亚铁标准溶液用量（ml）；
 V_{FeSO_4} —空白试验时硫酸亚铁标准溶液用量（ml）；
0.003—1/4 硫酸亚铁标准溶液浓度时毫摩尔质量；
 w_0 —土的含水量（%）
 m_0 —土的质量（g）。

16 地下水

16.1 一般规定

16.1.1 地下水根据其埋藏条件可划分为上层滞水、潜水和承压水；根据其含水层性质可划分为孔隙水、裂隙水和岩溶水。上层滞水是分布于包气带中局部隔水层之上的重力水，其含水层厚度一般不大，分布范围有限，勘察中应注意其与潜水的区别。

1 区域气象、水文资料是指对拟建场地水文地质条件有影响，如降雨量、蒸发量的变化对地下水水位的影响，邻近河流、湖泊与地下水的水力联系对地下水水位、含水量等的影响；

2 沿海平原区在确定地下水历史最高水位时，应考虑汛期地表积水的影响。

16.1.2 水文地质条件的复杂程度划分标准系参考行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476-2019 有关规定，将其划分为简单、中等和复杂三个等级。表 16.1.2 中，水文地质条件复杂程度与地层岩性、地下水埋藏条件、场地地质地貌复杂性有关。通常在平原区或宽广的河流阶地，地层厚度和层面坡度变化不大，地下水类型单一，补给和排泄条件简单，地下水动态变化规律也较简单，容易查明水文地质条件；而在山区、浸没场地、斜坡、岩溶发育等特殊场地，地质地貌多样，尤其是岩溶发育的地区，地层厚度和层面坡度变化大，地下水补给、径流和排泄条件复杂，地下水动态变化规律复杂，这些场地均应按复杂场地对待。

16.1.3 工程施工过程中需要对地下水进行控制的工程，当已有资料不能满足要求时，必须进行专门的水文地质勘察。

16.2 地下水勘察技术要求

16.2.1 岩土工程勘察时应根据工程设计和施工需要，查明场地的水文地质条件，提供设计、施工所需的各种水文地质参数，评价地下水的作用和对工程建设、周边环境的影响，预测可能产生的后果和提出可行的工程措施建议。

16.2.3 地下水的赋存状态是随时间而变化的，其动态变化规律应通过长期地下水观测获取，由于各勘察阶段工作周期一般很短，只能获得勘察期间的地下水动态变化，无法获取地下水长期的动态变化资料。因此，本条除要求加强对地下水长期动态变化资料搜集和分析工作外，并提出在初勘阶段预设短期地下水位监测孔的要求。

16.2.4 多层地下水应分层量测地下水位，尤其是承压水压力水头的量测，上层滞水一般无稳定水位，但量测地下水位时仍应量测。量测地下水位时，钻孔应采取隔水措施，宜采用套管隔水，套管进入含水层深度应大于 200mm。为了保证量测地下水位的精度，宜在工程结束后统一量测一次稳定水位，且地下水位的量测精度应满足国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001

（2009 版）规定的量测精度 $\pm 20\text{mm}$ 。地下水位对工程设计和施工质量、安全和造价控制具有十分重要意义，勘察单位和技术人员应加强现场勘探作业质量管理，不能仅提供混合水位或缺少该项资料。

16.2.6 进行专门水文地质勘察时应注意必须与工程紧密结合，以解决工程问题为目的。渗透系数等水文地质参数的测定有室内和现场试验两种方法，一般室内试验误差较大，现场试验较切合实际。所以规定专门水文地质勘察时，应通过现场试验提供设计、施工所需的各种水文地质参数，对场地水文地质条件进行分析和评价，分析其对工程建设的影响，并提出控制措施和建议。

16.3 水文地质参数测定

16.3.1 一般应通过现场试验获取所需的水文地质参数。测定水文地质参数的方法有多种，应根据地层的透水性、工程重要性、设计和施工对参数的要求选择适宜的试验方法。按测定方法可分为注水试验、抽水试验和压水试验；按测定水头可分为变水头渗透试验和常水头渗透试验。

16.3.3 稳定水位是指钻探时的初见水位经过一定时间恢复到静止状态后的水位；但地下水位要恢复到静止状态所需时间受含水层的透水性能影响很大。因此，根据不同含水层渗透性差异，规定了恢复到静止状态所需的最少时间。当需要编制地下水等水位线图或工期较长时，宜在勘察工程结束后统一量测稳定水位。

16.3.4~16.3.5 抽水试验是求算含水层水文地质参数最可靠的方法；采用哪一种抽水试验方法取决于工程的重要性以及设计、施工对水文地质参数精度的要求。由于带水位监测孔的稳定流抽水试验不仅费用大而且又费时，所以对一般工程和弱透水层分布场地规定可以采用简易稳定流抽水试验，采用1次~2次降深，所测定的水文地质参数即可满足要求。对重要工程和强透水层分布的场地，应采用带观测孔的稳定流抽水试验，并应进行3次不同水位降深观测，其最大的水位降深应接近工程设计的水位标高，对于估算涌水量及施工降水等地下水控制方案的选择具有更符合工程实际意义，所以本次修订将其列入正式条文；观测孔的水位量测读数应精确至毫米。

16.3.6~16.3.7 压水试验一般多用于蓄水工程和岩石地层；其试验段长度一般为5m，应根据地层的单层厚度、裂隙发育程度以及工程要求等因素确定。

压水试验应按工程需要确定试验最大压力、压力施加的分级数和起始压力。调整压力表的工作压力为起始压力，一般取1.0MPa为试验最大压力；每1min~2min记录压入水量，当连续五次读数的最大值和最小值与最终值之差，均小于最终值的10%时，为本级压力的最终压入水量。

压水试验压力的施加应逐级增加到最大压力后，再由小到大逐级减小到起始压力；并逐级测定相应的压入水量、绘制压力与压入水量的相关图表。

压水试验的资料整理及水文地质参数确定可按现行国家行业标准《水利水电工程钻孔压水试验规程》NB/T 35113 的规定执行。

16.3.8~16.3.9 渗水和注水试用试坑双环法；试验深度较大时可采用钻孔法。渗水和注水试验方法是测定饱和松散土渗透性能的常用方法。试坑法和试坑单环法测试精度较差，而试坑双环法测试精度较高。试验时坑内的注水高度一般为 10cm。

钻孔法渗透试验包括常水头法和变水头法，常水头法一般适用于砂、砾、卵石等强透水地层，变水头法一般适用于粉砂、粉土、黏性土等弱水地层。试验孔成孔时应采用清水钻进，不得使用泥浆，试验前应仔细清孔。

渗水和注水试验的资料整理及水文地质参数确定可按现行国家行业标准《注水试验规程》NB/T 35104 的规定执行。

16.4 地下水评价

16.4.1 评价地下水对建（构）筑物基础设计、施工的影响应重点考虑以下几个方面：

1 对地基基础、地下结构物和挡土墙应考虑在最不利组合情况下，地下水对结构物的上浮作用，原则上应按设计水位计算浮力；对节理不发育的岩石和黏土有实测数据时，可根据经验确定；

2 验算边坡稳定时，应考虑地下水及其渗流作用产生的水压力对边坡稳定的不利影响；

3 在地下水位下降的影响范围内，应考虑地面沉降及其对工程的影响；当地下水位回升时，应考虑可能引起的回弹和附加

浮托力；

4 当墙背填土为粉砂、粉土或黏性土或验算支挡结构物的稳定时，应根据不同排水条件评价静水压力、渗透水压力对支挡结构物的作用；

5 当粉细砂、粉土地层中存在有水头压力差时，应评价产生流砂、涌土、管涌的可能性；

6 在地下水位以下开挖基坑或地下工程时，应根据岩土体的渗透性、地下水补给条件，分析、评价降水或隔水措施的可行性及其对基坑稳定和邻近工程的影响。

16.4.3 基坑（槽）开挖过程产生渗流时，渗流作用可能会产生潜蚀、流砂、涌土、管涌等渗流变形现象。当渗流产生向上的渗透力等于土的浮重度时，土体处于临界状态，便产生流砂。根据土质条件判断，当不均匀系数小于 10 的均匀砂土或不均匀系数虽大于 10，但细粒含量超过 35% 的砂砾石，其破坏形式为流砂或流土；对于正常级配砂砾石，当不均匀系数大于 10，但细粒含量小于 35% 时，其破坏形式为管涌；对于缺乏中间粒径的砂砾石，当细粒含量小于 25% 时，其破坏形式为管涌，大于 30% 时，其破坏形式为流土。

当基坑底下存在承压含水层进行抗突涌验算时，一般只考虑承压含水层上覆土层的自重能否平衡承压水头压力。

当侧壁有含水层且采用隔水帷幕阻隔地下水进入基坑而进行的抗侧壁管涌验算，其计算原则是按最短渗流路径计算水力坡降、与临界水力坡降比较。

16.4.4 在验算边坡稳定性时，应将地下水及其渗透力作为一种作用来考虑。地下水位以下的土体受水的浮托作用，因而地下水水位以下土体的重度在稳定验算时应取浮重度。如在滑动土体内有地下水坡降时，应考虑渗流对边坡的作用。考虑渗流作用可以用渗透压力和饱和重度的组合来分析边坡的稳定，此时渗透压力表示流动水体所具有的动水压力。如果边坡中存在软弱土层，则

上部填土或荷载会产生孔隙水压力，其作用如动水压力一样增加了滑动的危险性，孔隙水压力可采用理论方法计算或进行现场测试。

验算支挡结构物的稳定性时，要考虑地下水对支挡结构物的作用，这主要指的是静水压力，当地下水全部水压力作用在支挡结构物上时，此时土压力按浮重度计算，把土压力和水压力分别计算后相加即为地下水对支挡结构物的作用力。当水位差很大时，还应考虑渗流的作用。渗流作用会使主动土压力稍有增加，而使另一侧的被动土压力显著降低，这种作用对支挡结构物的稳定性是很不利的。

16.4.8 当工程需要采取降水措施时，估算其涌水量采用的水文地质参数应根据现场抽水试验确定，现场抽水试验应符合国家标准《供水水文地质勘察规范》GB 50027 的规定。

16.4.10 根据福州地区工程实践经验，施工降水引起的地面沉降与水位降幅、地层排水固结条件、降水延续时间等多种因素有关。而建（构）筑物受损程度不仅与水位坡降有关，而且与地层水平向排水—固结条件和建（构）筑物的结构类型有关。受损害建（构）筑物和地面沉降最大区域不一定都在基坑旁，可能是远离基坑外的某处。因此，评价施工降水对周边环境的影响主要通过调查、搜集类似工程实践经验和历史水文、气象资料，必要时可进行非稳定流渗流场分析和地基压缩—固结时间过程分析。

16.5 抗浮评价

16.5.1 本条系引用了行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476-2019 第 3.0.1 条有关规定。

由于建筑工程形成的空间、使用功能和用途等不同，对地下水浮力产生的不利作用和要求也不同。如地下综合管廊、地下通道等主要是满足使用空间需要，对渗漏和防潮的要求不高，甚至

允许底板可以有适度隆起变形或开裂。而地下商场综合体、地下医院等公共场所、或具有独立使用功能的地下库房等对防渗、防水、防潮以及底板变形要求就比较严格。因此，本标准结合国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153 关于结构安全等级划分的相关规定，并依据国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 等对地基基础设计等级的划分，考虑到水文地质条件的复杂性对抗浮结构和构件的承载特性和耐久性，以及水浮力和稳定性要求等的影响，同时兼顾使用期间对锚固在地下结构底板下地基中的抗浮构件修复难度较大，地下水浮力可能产生的危害程度，以及拟建或既有工程所处的自身荷载特点和在地下水浮力下的稳定状态与变形要求等因素，对建筑抗浮工程设计等级进行了划分。

1 工程地质、水文地质复杂主要是指位于地层结构变化、地下水的补给、径流和排泄条件复杂、存在多层含水层且厚度和层面坡度变化大、地下水类型多、不同含水层水力联系复杂，以及地下水动态变化规律尚不够明确的场地。

2 场地水文地质及地基条件简单、荷载分布均匀的建筑工程，当体量大、抬升、隆起、渗漏要求不严格、挖除岩土重量小于上部结构自重、临时性建筑、抗浮失效危害小不会构成公共安全等问题等工程，宜综合分析确定其抗浮设计等级。

16.5.2 由于岩土工程勘察时间较短，不可能掌握地下水的动态变化规律。而抗浮工程不仅受场地现状条件影响，环境因素和地下水动态变化常常起着主要作用甚至是控制性作用。因此，当缺乏场地长期地下水动态变化资料，或场地环境影响显著，或是重要工程等应进行专项勘察。

值得注意的是，有些岩土工程勘察报告所提供的抗浮设防水位建议值仅根据勘察期间测得的稳定地下水位进行推测，缺少详实的依据。显然如果勘察期间是处于当地枯水期，则所提供的地下水位偏低不安全，反之则偏高保守。所以勘察、设计人员应要

求业主进行专项勘察。

场地水文地质条件的复杂程度应按表 16.1.2 确定。水文地质条件复杂程度与地层岩性、地下水埋藏条件、场地地质条件和地形地貌复杂程度有关。一般在平原地区或河流阶地，地层厚度和层面坡度变化不大，地下水类型、补给和排泄条件、地下水动态变化规律较简单，即水文地质条件相对简单。而在山区或沟谷、浸没场地和斜坡、岩溶发育等特殊场地，地质和地形条件复杂，尤其是岩溶发育的地区，地层厚度和层面坡度变化大，地下水补给、径流和排泄条件复杂，地下水动态变化规律复杂，这些场地均应按复杂场地对待。

16.5.3 抗浮工程专项勘察目的是查明建设场地水文地质条件和地下水动态变化规律，提供抗浮设计和施工所需的有关参数。专项勘察的重点是掌握地下水的变化规律。因此，应尽量利用区域已有水文地质资料尤其是城市地下水长期监测资料，并综合考虑拟建工程特点、重要性和抗浮设计要求等因素。

由于岩土工程勘察和抗浮工程设计、施工所需工程地质、水文地质资料的侧重点有所不同，岩土工程勘察与抗浮工程勘察结合时，勘察成果应提供包括抗浮工程设计和施工所需要的资料。

当拟建场地水文地质条件复杂且已有资料不足、或无地下水长期监测资料时，抗浮设计等级为甲级、水文地质条件比较复杂的乙级场地应进行抗浮工程专项勘察，不能由岩土工程勘察替代，更不能无依据随意提供抗浮设防水位。

16.5.4 本条明确了抗浮工程专项勘察的基本内容和要求。由于地下水对基础、地下结构的基坑支护和边坡支护等工程抗浮设计，以及施工降、排水等工程措施对周边环境、工程安全和造价等的负面影响越来越突出。因此，专项勘察应查明与工程有关的水文地质条件和地下水动态变化规律，为抗浮工程设计和施工提供所需的参数和资料。

16.5.5 抗浮设防水位预测关系到工程施工期和使用期的安全，

在无可靠资料的情况下，不应作为岩土工程勘察报告的一部分内容。主要是基于考虑以下二个方面的原因：一方面，通常在场地勘察时，工程设计的诸多内容均尚未确定，勘察单位无法对工程使用期间的各种状态进行预判，如设计使用年限、拟建工程埋置位置、结构单元划分、结构底板标高、结构荷载大小和分布等。仅就设计使用年限而言，根据国家现行有关设计标准，一般建筑工程为40年~70年或更长时间的设计基准期。而地下水具有多变性，在设计基准期（寿命期）内是否可能出现的最高地下水位和罕遇最高洪水位等，地表水体水位变化最大幅度和恶劣气候天气，如强、暴雨等产生地表积水下渗导致地下水位提高等，这些因素在勘察期间是无法预测和判断的。另一方面，由于一般工程勘察时间比较短，可获取的资料有限，同时还受搜集相关资料困难等条件所限，显然无法在勘察期间查明工程抗浮设计、施工所需的场地水文地质条件、地下水最高水位、地下水变化规律。因此，需要另行委托勘察单位或专业咨询机构承担专项抗浮工程勘察任务。通过全面、详尽地收集资料后，对场地可能遭遇的最高地下水位进行预测，以满足抗浮工程设计和施工需要。

根据工程建设、使用全寿命期，结合抗浮工程费用投入等因素综合考虑，抗浮设防水位宜分为施工期抗浮设防水位和使用期抗浮设防水位；但从安全和简化的角度出发，可按统一的抗浮设防水位进行稳定性分析和设计。

从“设防”角度上讲，施工期可能遇到的最高水位并不完全属于“设防水位”，确切地讲应是“预防水位”，但为统一称谓和简化表述，统称为“设防水位”。

16.5.6 影响抗浮设防水位的因素较多，仅依靠勘察期间实测的地下水位来确定工程的抗浮设防水位与工程全寿命期可能遇到的实际情况在符合性和时限性等方面均存在很大的偶然性，无法控制工程使用期内可能出现更高水位的风险。对于一般建筑工程，无论是岩土工程勘察还是抗浮工程专项勘察，其实施过程所经历

的时间毕竟有限，有些工程甚至要求在一定时限内完成勘察任务，在如此短的勘察期间，通过实测地下水位来代表整个工程全寿命期的历史最高水位其概率显然极小，既不能代表一个水文年的状态，更不能表征建筑工程全生命周期的状态。即便可能收集到一定时期内的已有资料，但仍不能完全据此确定建筑工程的抗浮设防水位是其全生命周期内的最不利水位，何况是短期现场实测的地下水位。因此，本条强调不应单独依据勘察期间实测的地下水位确定抗浮设防水位。

地下水位随时间的变化受工程建设、地下水开发利用等因素的影响大而复杂，抗浮设防水位的确定受技术、经济等因素的制约，表现出一定的人为干预性和随机性。因此，无论是抗浮设计单位还是建设单位，对不同方式确定的抗浮设防水位存在不同意见时，可通过专项勘察或提请当地的行政主管部门组织有关专家进行专项论证，以避免各控制环节争议而延误工程建设的有序进行。

16.5.7 山区、山地工程建设经常会出现大挖大填的情况，导致同一个场地的地形、地貌特征，工程地质、水文地质条件和岩土工程条件等均会发生较大的变化。当室外场地高差较大或同一个项目的不同区域可能有不同室外标高时，若按一个统一抗浮设防水位进行抗浮稳定分析和抗浮设计，难免会出现违背“经济合理”的基本原则。因此，应根据工程建设场地整平后的现状条件，分区确定抗浮设防水位。抗浮设防分区应符合下列要求：

1 跨越多个地貌单元、地下水存在水力坡降的场地可根据水文地质条件分区；

2 场地内有不同竖向设计标高区时，可按竖向设计标高分区；

3 同一竖向设计标高区域，原始地形、地层分布和水文地质条件等变化较大的场地，可按工程结构单元分区。

山地建筑场地，当地上、地下设计有较完善的排水系统时，

行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476-2019 规定，可以将上一个台阶区域的抗浮设防水位按下一个台阶的室外标高取值。但考虑到如有深大基坑可能会出现较大的水力梯度，会存在一定的安全隐患，对平台后缘高水位区域的底板结构抗浮是不利的。因此，本标准建议抗浮设防水位按平台水位线中点处的标高取值。

16.5.8 抗浮设防水位的确定是抗浮设计的主要内容之一，由于地下工程面积越来越大，埋置深度也越来越深，抗浮设防水位定得太高，可能会造成很大的工程费用浪费；定得太低则会导致建筑工程的不安全。

抗浮设防水位不是勘察期间实测到的场地最高水位，也不完全是历史上监测记录到的历史最高水位，而是工程施工和使用期间可能遇到的最高水位。必须根据场地岩土工程条件、当地历史气象资料和长期水位监测资料等进行综合分析，预测施工期间和未来使用期间可能出现的最高水位。

16.5.9 本条规定了施工期抗浮设防水位的确定原则。一些地下结构底板埋置不太深，不需设置永久性抗浮锚杆或抗浮桩的工程项目，由于施工期对抗浮稳定性不重视，未采取相应的工程技术措施，所以经常出现施工期结构底板上浮破坏等工程事故。

虽然基础的施工期比较短，但基坑、基槽开挖后如未及时封闭，在强降雨天气条件下可能造成积水，工程建设过程也可能改变地下水补给、径流和排泄条件，造成局部地下水位上升，在上部结构荷载尚未施加完成时，极易造成地下结构工程上浮事故。因此，施工期抗浮设防水位的确定应综合考虑上述施工过程可能出现的状况，根据勘察时实测的场地地下水位、预计施工期雨季可能出现的地下水最高水位和近 3 年~5 年最高地下水位的最不利工况。当有长期地下水位监测资料时，可按一个水文年的最高水位确定。

16.5.10 本条规定了使用期抗浮设防水位的确定原则。

1 已有抗浮设防水位区划的地区，已考虑相关不利影响因素；

2 当有地下水长期监测资料时，可推定和预测今后使用期间的地下水最高水位；本标准中所称的“历史最高水位”是指与设计使用年限相同时限内出现过的最高水位，如设计使用年限50年、100年，“历史最高水位”即是在50年、100年中出现过的最高水位；

3 在多层地下水条件下，各层地下水的赋存条件可能存在较大差异，地下水水位的影响因素也会千差万别。因此，各层地下水可能具有各自的独立水位和最高水位。当各层水位通过某种方式（工程活动）形成联系时将形成混合水位；

4 确定使用期抗浮设防水位时，不仅要考虑地下水水位历史变化情况和现状条件改变，还应根据城市近、中、远期规划考虑在建筑设计使用期限内地下水赋存、排泄条件的变化，通过全面分析研究，预测其发展趋势，合理地确定使用期设防水位。

16.5.11 本条文系参考行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476-2019的有关规定，对特殊条件场地确定抗浮设防水位的基本原则作了规定。

1 我省在雨季和台风季经常会遭遇特大暴雨，导致城市一些低洼地区出现水涝灾害，短期内造成大面积积水，出现地表积水倒灌地下室造成重大财产损失事故。从保证地下结构安全的角度出发，规定其抗浮设防水位可取室外地坪高程以上0.50m。

2 主要是考虑当建设场地地势较平坦，地下工程处于不透水地层且场地排水不畅时，若基坑肥槽回填土为非粘性土、且未经夯实密实度差，地下水渗流或雨水下渗等将赋存在肥槽中，由于无排泄条件而形成水头差，将会对基础底板产生较大的浮力，导致工程事故发生。从工程安全角度出发，规定也可以取室外地坪标高作为抗浮设防水位。

4 当建设场地地下水与地表水有水力联系时，地表水体一

般都有系统的水文监测资料，可通过地表水体 50 年、100 年的洪水水位来推定地下水 50 年或 100 年的最高水位，抗浮设防水位可取与设计使用年限同时限内的洪水水位或潮水位。

16.5.12 既有工程抗浮设防水位确定涉及的影响因素较多，既不能完全按照新建工程的方式确定，又不能采取没有任何“设防”意识的“就事论事”方式，更不能采取不顾对既有工程功能影响的加固措施，还应考虑既有工程的剩余使用年限条件。目前，主要采取通过事故原因分析，并结合工程现状条件，根据稳定性反演确定“抗浮设防水位”，再进行后续的抗浮治理。

16.5.13 地下建（构）筑物所受浮力可按静水压力计算；即使在黏性土地基或地下建（构）筑物基础底板直接与基岩接触也不宜折减。因为地下建（构）筑物所受的地下水浮力是永久荷载，不会因黏性土渗透性差而减小，即使是其基础底板直接与基岩接触的情况下，由于基岩经常存在节理和裂隙等，并且混凝土与基岩接触面也会存在微裂隙，所以静水压力不宜折减。如因暴雨等因素产生临时高水位，如果该水位持续时间较短，在黏性土中不能形成有效浮力，根据当地经验可以适当折减。

16.5.14 被动抗浮措施主要指抗浮锚杆、抗浮桩、加强地下抗浮结构强度和增加覆土重量。主动抗浮措施主要指通过降水、降压等措施控制地下水位高度，满足地下工程抗浮稳定性要求。

当地下建（构）筑物上部荷载较大或直接位于高层建筑主体之下时，考虑的主要问题是施工期间的临时抗浮稳定性，一般可通过工程桩或基坑临时强排水措施来解决。而对于上部荷载较小或独立的地下建（构）筑物则属永久性抗浮问题，从工程经济合理性的角度出发，可以根据上部荷载大小和地下抗浮结构的强度，分别考虑采用主动或被动抗浮措施，或主、被动联合抗浮措施。如果岩土工程条件差，使用期地下水位变化很大或地下建（构）筑物使用荷载变化较大，并且变化频繁，可能在基底产生频繁的拉压循环荷载，并且受压时地基承载力明显不足时，宜选

用抗浮桩。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

17 检测与监测

17.1 一般规定

17.1.1 检验和检测工作是确保工程质量的一项重要措施。由于岩土工程条件的不确定性因素很多，岩土体又是一种非均质材料，设计所需的岩土工程设计参数主要是通过工程勘察时以点代面的勘探工作和有限的测试、试验成果结合工程经验提供的。所提供资料和参数的可靠性、准确性和代表性只能通过施工现场的检验与检测工作来验证和校核，才能确保工程设计质量和避免保守设计造成一些经济上的不必要浪费。本次修订增加了边坡检验的相关内容。

17.1.3 国家标准《工程测量通用规范》GB 55018-2021 是全文强制性工程建设规范体系中的通用技术类规范。该规范中的工程量是指建设工程规划、设计、施工和使用中的测量活动。包括控制测量、现状测量、工程放样、变形监测以及相应的信息管理服务。在实施监测项目时，不得违反该规范的有关规定。

17.1.4

4 基坑和支护结构监测预警值和建筑基坑工程周边环境监测预警值主要是依据国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497-2019 的有关规定。周边环境复杂或对变形有特殊要求的工程项目，建（构）筑物的变形控制标准可按国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011 中的允许变形值和差异沉降值，作为安全临界值即预警值。

17.2 现场检验

17.2.1 系根据国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017-2021 和《建筑地基基础设计规范》GB 5007-2011 有关规定并做了适度的延伸。

验槽手段宜使用袖珍贯入仪或轻便钎探，但如果持力层下卧有砂层而承压水头又高于基底时，则不宜采用钎探，以免造成涌砂。当施工揭露的岩土条件与勘察报告有较大差别或验槽人员认为有必要时，可有针对性地进行补充勘察工作。本次修订增加边坡的内容。

17.2.2 在压（夯）实填土的过程中，分层取样的厚度视施工机械而定，一般情况宜按 20cm~50cm 进行分层检验。

17.2.3 桩基工程如为预制桩，则不管沉桩方式是采用打入式还是静压式，均应提供经确认的桩顶标高、桩底标高、桩端进入持力层的情况等。如果沉桩方式是采用打入式则应提供最后三阵的锤击贯入度、总锤击数等资料；如采用静压式则应提供最大压力值等。当桩的入土深度与勘察资料不符或对桩端下卧层有怀疑时，可采用补充勘察的方法，检查自桩端以上 1m 起至下卧层 5 倍设计桩径范围内的标准贯入击数和岩土特性。

对直径大于 800mm 的嵌岩桩，桩身质量和桩底沉渣厚度是控制承载力的主要因素，应采用可靠的钻孔取芯法或声波透射法（或两者组合）进行检测。每个桩下承台的桩抽检数不得少于一根，单柱单桩的嵌岩桩必须 100% 检测。直径大于 800mm 非嵌岩桩检测数量不应少于总桩数的 10%。小直径桩其抽检数量宜为 20%。对预制桩，当接桩质量可靠时，抽检率可比灌注桩稍低。

对大直径人工挖孔桩或大口径墩基础终孔时，应进行桩端持力层检验，原规范规定应视岩性检验桩底下 3 倍设计桩径或 5m 深度范围内有无空洞、破碎带、软弱夹层等不良地质条件。根据国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 有关嵌岩桩的规定，将原规范规定的“桩底下 3 倍设计桩径或 5m”改为“桩底

下3倍设计桩径且不小于5m”深度范围内有无空洞、破碎带、软弱夹层等不良地质条件。

17.2.4 桩基工程事故大部分是由桩身质量问题造成的。因此，合理地选取工程桩进行完整性检测，评定其质量是十分必要的。抽检方式应随机、有代表性，对于预制桩、小直径灌注桩的检测，宜采用低应变方法，一般情况下，低应变方法能检测到桩顶下第一个浅部缺陷的界面。但是当桩身存在多个缺陷或桩周土阻力很大或桩长较大时，宜采用高应变检测方法。对于大直径桩，特别是嵌岩桩，应采用钻孔取芯法或声波透射法对桩身质量进行检测。前者可随机抽检，可直观地通过取芯判别桩身混凝土的连续性，持力层岩土特征及沉渣情况，又可通过芯样进行试压，了解混凝土和岩样的强度。后者可通过预埋管逐个剖面检测桩身质量，不足之处是需要预埋管，检测缺乏随机性，仅能有效检测桩身质量。实际工作中，将声波透射法和钻孔取芯法有机地结合是大直径桩质量检测的有效手段。

17.3 桩基工程监测

17.3.1 目前我省大部分建设工程均采用桩基础。由桩基础施工引起周边临近建（构）筑物、地下管线及各种市政设施的工程事故屡见不鲜。因此，要求在桩基础施工前对场地周边临近建

（构）筑物、地下管线及各种市政设施进行现场调查，评估其对桩基施工影响的承受能力，并提出相应的应对措施。

17.3.2~17.3.3 要求采用桩基础的工程应对临近建（构）筑物、地下管线及各种市政设施进行监测。并对监测点的布置原则、监测精度和控制标准做出了规定。周边建（构）筑物、管网允许的最大沉降变形是确定报警值的依据。应注意周边建（构）筑物原有的沉降与基坑开挖造成的附加沉降叠加值不能超过允许的最大沉降变形值。原规范 17.3.2 原条文中的“工程施工不得破

坏周边环境”是对施工的要求，不属于监测要求，本次修订将其删除。

17.3.4 桩基施工产生的振动对邻近建（构）筑物、地下管线等设施的影响，其监测内容主要为地面振动加速度监测和邻近建（构）筑物的震动变形监测。根据我省大量监测资料统计分析，地面振动加速度预警值宜控制在 $0.05g \sim 0.08g$ 。

17.3.5 挤土型桩在桩基施工过程中所产生的挤土效应，不仅会影响到邻近建（构）筑物、地下管线、市政设施等周边环境，也会造成相邻桩基抬起或移位，严重影响成桩质量和单桩承载力，因此对其进行施工监测显得非常必要。监测内容应包括孔隙水压力、土体位移变形测量、邻近建（构）筑物和地下管线和地下设施等的水平和垂直变形监测和沉降监测，以及工程桩本身的变形、位移监测。同时对监测点的布置原则和数量也做了规定。

行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 97-2008 第 9.3.4 条规定对于挤土预制桩和挤土灌注桩，施工过程均应对桩顶和土体的竖向和水平位移进行系统监测，本次修订后可以与行业标准保持一致。

17.4 基坑工程监测

17.4.1 由于设计、施工不当造成的基坑工程事故时有发生，使人们认识到基坑工程监测是实施信息化施工、避免事故发生的有效措施，又是完善设计理论、提高设计水平和施工水平的重要手段。在基坑边缘开挖深度 1 倍~2 倍范围内需要保护的既有建（构）筑物、地下管线等市政设施均应作为监测对象，具体范围应根据岩土工程条件、周边保护对象的重要性决定。

17.4.2 监测项目的选择应根据基坑支护形式、地质条件、工程规模、施工工况与季节及环境保护的要求等因素综合而定。国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497-2019 中对监测项

目作了更高要求，本次修订按照地方标准不低于国家标准要求的原则，直接引用国家标准的有关规定。

17.4.3 为了保证基坑工程安全，工程监测是实现动态设计、信息化施工的必要手段。通过对支护结构内力和变形，基坑侧土体水平和垂直方向的变形、土压力、孔隙水压力和地下水位变化等进行监测，可以及时获得支护结构体系和基坑侧土体变形数据，确保施工期基坑支护结构体系处于设计安全允许值范围内，必要时可及时调整施工顺序或调整支护设计。本条对支护结构、基坑侧土体的内力和变形监测点布置原则做出具体的规定。

17.4.5 要求基坑施工前，应对周边环境现状进行调查，提出应采取的监测措施和建议。并要求各种监测设备、测试仪器和传感器等应与支护结构施工进度同步进行，按监测技术要求准确埋设到位，并做好监测点和传感器的防护工作。基坑开挖前必须预先测得其数据初值。

17.5 边坡工程监测

17.5.1 边坡工程监测项目可根据地质环境、安全等级、边坡类型、支护结构类型和变形控制标准等综合分析后，按本标准表 17.5.1 确定。

17.5.8 边坡工程支护结构变形值的大小与边坡高度、地质条件、水文条件、支护类型、坡顶荷载等多种因素有关。现行国家标准均未提出较成熟的边坡变形计算方法。因此，很难准确地提出边坡工程变形预警值，特别是岩质边坡工程或岩土体组合边坡工程的变形控制更难提出统一的判定标准。工程实践中只能根据地区经验，采用工程类比法或反分析方法确定。本条对边坡工程施工过程及监测期间可能遭遇的几种常见情况，要求应及时报警和采取相应的应急处理措施，但在实际工作中不限于条文中所规定的这几种情况。报警值的确定考虑了边坡类型、安全等级

和被保护对象对变形的敏感程度等因素，变形控制标准比地基不均匀沉降要严。

17.5.9 对地质条件复杂或采用新技术、新材料和新工法的一级边坡工程，由于缺少相关的实践经验，为确保边坡工程安全，促进边坡工程监测技术发展和进步，对信息化监测系统应包括的内容等提出了具体要求。

17.6 建（构）筑物沉降与垂直度监测

17.6.1 建（构）筑物变形监测的目的是为了获取建设场地、地基、基础、上部结构和周边环境保护对象在施工和使用期间的变形信息，为建筑施工、运营及质量安全管理等服务，为工程设计、管理及科研等提供所需的资料。国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011、《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009年版）、行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8-2016均对原有相关条文进行了修订或局部修订，本次修订对原规范2006版条文中的第1款~第5款也作了相应修改和调整，调整后为第1款~第4款、第8款。并新增加了第5款~第7款。

17.6.2 本标准2006版精度等级采用“级”来表述，分为特级、一级、二级和三级4个级别。修订后的国家标准《工程测量标准》GB 50026-2020、行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8-2016监测测量精度等级多采用“等”和“级”的组合，精度较高的用“等”，精度较低的用“级”。本次修订系根据行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8-2016和一些测量单位的建议，综合多方面因素，统一将精度等级改用“等”来表述，并在原4级的基础上进行了扩充。修订后变形测量精度等级的对应关系为：现特等、一等、二等、三等的精度分别为原规范2006版的特级、一级、二级、三级精度；新增加的四等精度是在原三等精度的基础上放宽1倍。这样处理一方面是为了保持本标准修订前后精度指标的延续性；

另一方面也将精度要求相对低一些的变形测量业务纳入统一的精度等级体系中。

本条适用范围中的建筑地基基础设计等级系引用国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011 表 3.0.1 规定。

本标准表 17.6.2 中各等级沉降监测的精度指标可按下述方法确定。以现行国家推荐性标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897-2006 规定的各等水准测量每千米往返测高差中数的偶然中误差 M_{Δ} ，及相应最长视线长度 S 为基础，由式 (32) 计算单程监测站高差中误差 m_0 ，经取舍后可得沉降测量基本精度指标 (表 21)。而特等精度则是根据有关统计数据，并考虑其与一等精度之间的数值比例关系而确定。

$$m_0 = M_{\Delta} \sqrt{S/250} \quad (32)$$

表 21 各等级沉降监测精度指标计算

等级	M_{Δ} (mm)	S (m)	换算的 m_0 值 (mm)	取用值(mm)
一等	0.45	30	0.16	0.15
二等	1.0	50	0.45	0.5
三等	3.0	75	1.64	1.5
四等	5.0	100	3.16	3.0

本标准表 17.6.2 中位移监测精度等级主要是根据有关统计数据并结合实际应用情况而确定。

17.6.3 沉降监测点布设对获取和分析建构筑物的沉降特征影响很大。具体的构筑物变形测量项目布设监测点时，应与结构设计、岩土工程勘察等专业技术人员进行沟通后确定。

17.6.5 沉降监测时间一般周期很长，为保证测量精度，应设置沉降测量基准点。规定特等和一等沉降监测的基准点数不应少于 4 个，其他等级沉降监测的基准点数不应少于 3 个，是为了保证有足够数量的基准点可用于检测其稳定性，从而保证沉降监测成果的可靠性和准确性。要求基准点之间布设成闭合环是为便于监测成果的检核校验。

对沉降基准点的位置选择作出规定，目的是为了保证沉降基准点的(相对)稳定并便于长期保存。工程实践过程中，发现有时受现场条件限制，基准点只能布设在建筑区内，遇这种情况时，基准点应尽可能布设在待测建筑的影响范围之外，影响距离一般应大于基础最大深度的 2 倍。

4 对于特殊的重要变形测量项目，要求基准点埋设基岩标是保证在较长期的变形测量过程中可以提供稳定的基准点。埋设基岩标的数量应视区域大小确定，一般宜布设 2 个~3 个。基岩标的规格应符合国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897-2006 的有关规定。目前，许多城市如广州、武汉等已广泛采用基岩标。

17.6.7 关于建筑沉降监测周期与监测时间的规定，是在综合有关标准规定和工程实践经验基础上制定的。由于监测目的不同，荷载和地基类型各异，执行中还应结合实际情况灵活运用。对于从施工开始直至沉降达到稳定状态为止的长期监测项目，应统一考虑施工期间及竣工后的监测周期、次数与监测时间。对于已建建筑或从基础浇灌后才开始监测的项目，在分析最终沉降量时，要注意所漏测的基础沉降问题。

17.6.8 对沉降是否达到稳定状态，本标准采用最后 100d 的最大沉降速率是否小于 $0.01\text{mm/d}\sim 0.04\text{mm/d}$ 作为判断标准。该取值来源于对几个城市有关设计、勘测单位的调查资料。实际工作中，沉降速率的具体取值尚需根据工程类型、设计要求、结合不同地区地基土的压缩性能综合确定，并在项目设计文件中予以明确。

17.7 不良地质作用和地质灾害监测

17.7.7 地面沉降监测技术要求除应符合国家标准《工程测量通用规范》GB 55018-2021、《国家一、二等水准测量规范》GB/T

12897-2016、《工程测量标准》GB 50026-2020 和本标准的规定外，也可参考团体标准《地质灾害地下变形监测技术规程（试行）》T/CAGHP 046-2018 的有关规定。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

18 勘察成果分析与评价

18.1 一般规定

18.1.1 本条文系根据国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017-2021 修订。

18.1.2~18.1.5 岩土工程分析评价时，应结合场地区域地质、地震地质背景，工程地质和水文地质条件、工程性质和周边环境条件等，做到重点突出、针对性强，评价正确、建议和结论合理。强调岩土参数确定应搜集类似工程经验如检测、监测等资料的重要性，明确定量分析应在定性分析的基础上进行，对重大岩土工程问题应进行专门的试验研究。

18.2 岩土参数数理统计

18.2.1 当采用多种室内、外试验和测试时，岩土参数应通过综合分析，根据其可靠性，按先原型试验、再一般原位测试、后室内土工试验的原则综合确定。

18.2.2~18.2.6 关于岩土物理力学指标的统计原则与取值问题，应按工程地质单元、分区段和层位分别进行统计。在统计中，应根据已有经验和数据的离散程度，对子样进行适当取舍。当指标离散性较大时，应进行具体分析并查找原因，尤其是对分层、地质单元划分是否合理等方面进行复核，经综合分析提出建议值。

由于岩土工程勘察报告一般不提供岩土参数的设计值，只提供标准值，因此本节未列入岩土参数设计值的计算要求。如有需要时，可采用分项系数描述设计表达式计算，岩土参数设计值

ϕ_d 可按下式计算:

$$\phi_d = \frac{\phi_k}{\gamma} \quad (33)$$

式中: γ —岩土参数的分项系数, 按有关设计规范的规定取值。

18.3 承载力确定

18.3.1 岩、土、水参数的分项系数, 按有关设计规范的规定取值。

3 本款系参考四川省工程建设地方标准《成都地区建筑地基基础设计规范》DB51/T 5026-2001 规定, 表 18.3.1 系四川省成都地区通过 100 多台静载荷试验与超重型动力触探 N_{120} 对比试验, 总结的成都地区卵石土的极限承载力标准值 f_{uk} 及变形模量 E_0 经验值。超重型动力触探 N_{120} 必须采用连续贯入试验, 方可使用该表。

18.3.2 静载荷试验是确定地基承载力特征值的基本方法, 本标准与国家标准一致, 要求对重要工程应进行一定数量的载荷试验, 根据载荷试验的 $p \sim s$ 曲线特征确定地基承载力特征值。但在实际选用时, 应充分考虑到地基土常常是由多种地层构成的特点, 以及静载荷试验边界条件与实际基础条件的区别 (尺寸效应)。因此, 提供地基承载力设计值时, 可根据其它原位测试和试验方法测定的承载力, 对其进行对比修正后综合确定。

岩石地基的承载力一般较土层高的多, 因此规定用载荷试验方法确定。对完整、较完整和较破碎的岩石地基承载力特征值, 可根据室内饱和单轴抗压强度乘以相应的折减系数确定。国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 第 5.2.6 条已对岩石地基承载力特征值的确定做了详细的规定。但应注意试验的岩样尺寸应为 $\phi 50\text{mm} \times 100\text{mm}$ 。

18.3.3

4 公式(18.3.3-2)中的折减系数 ψ_r 未考虑施工和使用期岩石持续风化作用因素；对于泥质岩，在确保施工期和使用期不遭水浸泡时，也可采用天然湿度的试样，不进行饱和处理。

18.3.6 根据静载荷试验确定单桩承载力特征值，对重要的大型桩基工程或场地地质条件较复杂时，应在桩基施工前进行现场静载试验确定单桩极限承载力标准值。为充分发挥地基的潜力，在确保桩身强度不破坏的条件下，应尽可能加载至基桩达到极限状态。

18.3.9~18.3.10 条文系引用国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011-2010（2016版）第4.4.2条、第4.4.3条，具体详见该规范条文说明。

18.4 地基变形分析

18.4.2 天然地基最终沉降量可按分层总和法计算，与国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011一致。我省沿海地区普遍分布有1层~3层的淤泥，第1层淤泥的厚度约为10m~20多米，该层还常下卧有第2层淤泥，由于地基附加应力叠加所产生的附加沉降，往往造成在此类地基上建造的5层~7层（高度在24m以内）建筑物，实测沉降量大多超过40cm，部分工程建筑物竣工后两年沉降量即可达60cm左右。根据统计结果，此类地基计算最终变形量与实测值之比一般在0.75~0.90之间变化，因此按国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011建议的沉降计算经验系数 ψ_s 进行修正，其估算值往往偏小10%~30%；反之在一些排水固结条件较好或无软土分布的地基，按国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011建议的沉降计算经验系数进行修正，其估算值与实测值相比往往偏大。

由于我省沿海软土分布地区，城市建设用地的日趋紧张，加上抗震设防烈度的提高，城市建（构）筑物基础形式基本均采用

桩基或地基处理，采用天然地基做基础持力层已非常少见。因此，本次修订不做更多的讨论和规定。

18.4.3 确定地基变形计算深度 z_n 可按国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007-2011 规定；当无相邻荷载影响，基础宽度在 1m~30m 范围内，基础中点的地基变形计算深度可按下式计算：

$$z_n = b(2.5 - 0.4 \ln b) \quad (34)$$

式中： b —基础宽度。

在计算深度范围内存在基岩时， z_n 可取至基岩表面；当存在较厚的坚硬黏性土层，其孔隙比小于 0.5、压缩模量大于 50MPa，或存在较厚的密实砂卵石层，其压缩模量大于 80MPa 时， z_n 可取至该层土表面。

该计算公式是以实测压缩层深度 z_n 与基础宽度 b 的比值与 b 的关系分析统计而得，由于均是按实测压缩层深度分析后得到的，因此较为切合实际。

18.4.4 关于考虑土的应力历史对地基土的固结沉降影响时，通过标准固结试验指标，采用应力历史法估算地基固结变形量，这是饱和土地区和国际习惯使用的方法之一。本条系参考行业标准《高层建筑岩土工程勘察规程》JGJ 72-2017 和上海市工程建设规范《岩土工程勘察规范》DGJ 08-37 的有关规定而修订。

18.4.7 关于桩基最终沉降量估算及其计算指标。一般可按实体基础估算，当有详细荷载分布图和桩位图时，也可采用 Mindlin 应力解的单向压缩分层总和法估算。但通过大量工程沉降监测资料统计，其估算值精度仍不够理想，特别是我省沿海软土和沉积层分布厚度大的地区表现更为明显。造成上述计算精度差的主要原因有以下几点：

1 该计算方法没有考虑桩侧土的应力扩散作用，虽然我省沿海地区的淤泥、淤泥质土等软土的内摩擦角较小，但根据一些

工程试验桩的测试资料分析，还是存在一定的桩身摩擦力，且随桩的深度增加，土的固结程度越高，摩擦力也增大。这样必然导致计算结果即作用在实体深基础底面（桩端平面处）的附加应力偏大，相应桩端平面处以下土中的有效应力也偏大。

2 由于计算桩端平面处以下土中的有效应力时，采用的是弹性理论中的 Mindlin 或 Boussinesq 应力解，与土性无关（土层的软弱、土颗粒的粗细等），可能造成实际土体中的应力与计算值不相符，导致计算应力偏小或偏大，这在软土和密实砂土中表现尤为突出。

3 受目前勘察技术水平的限制，采取的原状土样受扰动的程度很大，很难保证土试样从采取到试验时不被扰动，特别是粘性土和砂土受扰动程度更大，导致土工试验获得的压缩模量偏小或严重失真，而地基土的压缩模量是变形计算的一个关键参数。

4 为提高桩基沉降量的估算精度，桩基沉降估算经验系数应根据类似工程条件下沉降监测资料和经验确定。因此，在原规范编制过程中，编制组根据福州市十几份有代表性的高层建筑沉降监测资料，采用分层总和法和应力历史法对这十几个工程项目的最终沉降量进行估算，并将其估算结果分别与沉降监测结果进行对比分析和统计，提出了福建省桩基沉降估算经验系数 ψ_s ，即条文中的表 18.4.7。

统计结果表明，采用应力历史法计算得到的桩基沉降量与实际沉降监测结果比较接近，是沉降监测结果的 1.04~1.76 倍；而采用分层总和法计算得到的最终变形量与沉降监测结果差别较大，是沉降监测结果的 2.38~4.70 倍。因此，采用应力历史法估算桩基最终沉降量相对于采用分层总和法显得更为合理一些（如图 18-1 所示）。因此，当岩土工程勘察需要估算桩基沉降量时，宜采用应力历史法进行计算；如果采用分层总和法进行计算，桩基沉降估算经验系数宜按本标准表 18.4.7 取值。

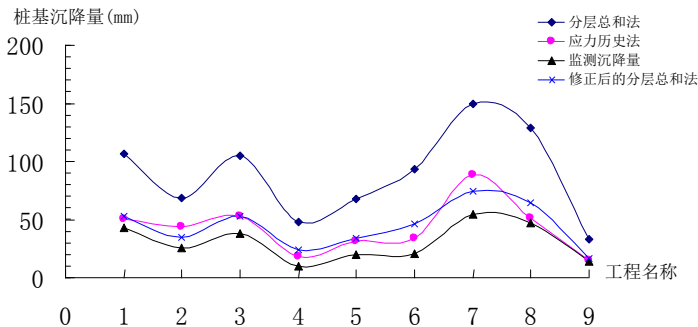


图3 不同沉降估算方法与沉降监测结果对比

18.5 稳定性分析

18.5.1 国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013 第4.5.6条规定：按水土合算原则进行稳定性计算时，地下水位以下的土宜采用土的自重固结不排水抗剪强度指标；按水土分算原则计算时，地下水位以下的土宜采用土的有效抗剪强度指标。验算结果应满足在最不利组合的情况下，稳定性系数 K_s 应大于稳定安全系数 K 。

18.5.3~18.5.8 将地基、基坑、边坡、滑坡等各章节中的有关稳定性验算和计算问题归纳到一节中以方便使用。在使用这些计算公式时应注意以下几个问题：

1 地震作用的影响：地震作用对稳定性的影响主要表现在由水平加速度产生的附加惯性力和对岩土体结构松弛的影响，造成滑动面抗剪强度降低。附加惯性力可按下式估算：

从偏于安全角度出发，假定附加惯性力为水平力，且作用于滑体的重心则：

$$P = \frac{\alpha}{g} W \quad (35)$$

式中： P —作用于滑体重心的地震水平惯性力（kN/m）；

α —设计基本地震加速度值 (m/s^2) ;

g —重力加速度, 取 9.80665 (m/s^2)

W —滑体的重力 (kN/m)

2 滑动面为圆弧形和折线形时, 计算条块的数量不宜少于 8 块; 滑动面倾角明显变化处、滑动面与水位线相交处、滑动面强度指标变化处、地下水位线倾角明显变化处、地形坡角明显变化处、地形线与河(库)水位线相交处、地面荷载明显变化处应作为划分条块的分界点。

3 当滑动面为圆弧形时, 稳定性系数计算结果瑞典法明显偏小, 而简化毕肖普法则与严格满足静力平衡条件的条分法的计算结果相当。这主要是瑞典法不计条间力而简化毕肖普法考虑了水平条间力。

4 当滑动面为平面时, 稳定性系数可按本标准第 18.5.5~18.5.6 条中的公式计算, 其符号意义基本相同, 但系指整个滑体的稳定性。

5 当水下部分岩土体取浮重度时, 则潜在滑动面的抗剪强度指标应取有效应力强度指标。

本标准作为岩土工程勘察规范, 主要着重于稳定性评价方面, 稳定性定量分析(计算)方面可按现行国家、行业标准的规定执行。

18.6 工程特性指标

18.6.1 准确提供工程特性指标是工程勘察工作的主要任务之一, 工程特性指标应根据不同的岩土和工程服务对象, 采用不同的试验和测试方法, 试验条件应尽量符合实际工程的受力、变形等条件。当试验成果的离散性较大且无法满足数理统计要求时, 应分析原因并增加取土数量和试验数量。

18.6.3 采用原位测试确定地基承载力时应注意, 当地基基础设

计等级为甲级和乙级时，应结合室内试验成果综合分析，不可单独使用。

18.6.4 本条明确规定了工程特性指标代表值的选取原则。标准值取其概率分布的 0.05 的分位数；地基承载力特征值是由载荷试验地基土压力变形关系线性变形段内不超过比例界限的地基压力值，即为地基承载力的允许值。

18.6.5 室内试验确定土的抗剪强度指标影响因素很多，包括土的分层合理性、土样均匀性、操作水平等，某些情况下会使试验结果的变异系数较大，这时应分析原因，增加试验组数，合理取值。对于饱和粘性土采用室内无侧限抗压强度可反应土的综合强度指标，对于施工速度较快的工程采用该试验方法比较合理。

18.7 水、土腐蚀性评价

18.7.1 根据福建省已有的工程资料分析，在无污染源的场区，一般情况下地下水、场地土对混凝土结构、钢筋混凝土结构的钢筋均为微腐蚀性。对于场地工程地质和水文地质条件简单和无污染源的丙级岩土工程勘察项目，当邻近场地已有试验资料足以表明场地土和水为微腐蚀性时，可以不取水、土试样，但在报告中应附所引用的相关资料。条文中所述的水系包括地表水和地下水。

18.7.4 条文中表 18.7.4-1 和表 18.7.4-2 系直接引用国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021-2001（2009 版）中的表 12.2.1 和附录 G。

干湿交替是指地下水位变化和毛细水升降时，建筑材料的干湿变化情况。干湿交替和气候区与腐蚀性的关系十分密切。相同浓度的盐类，在干旱地区的湿润地区，其腐蚀程度是不同的。前者可能是强腐蚀，而后者可能是弱腐蚀或微腐蚀性。我省大部分地区都属于这一类型，应引起特别注意。

18.7.5~18.7.8 条文中表 18.7.5、表 18.7.6、表 18.7.8 均系直接引用国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021-2001（2009 版）中的表 12.2.2、表 12.2.4、表 12.2.5。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

19 岩土工程勘察成果编制

19.1 一般规定

19.1.2 本条系引用国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001（2009年版）有关规定。它是对各勘察阶段成果文件的基本要求，勘察报告编制时，应依据勘察阶段和勘察目的，针对具体的工程特点、岩土工程条件及当地工程经验，做到重点突出。与传统的工程地质报告比较，岩土工程勘察报告深化了以下内容：

- 1 对岩土的评价、利用、整治、改造方案的分析和论证；
- 2 对工程施工和运营期间可能发生的岩土工程问题进行预测并提出监控、预防措施的建议；
- 3 强调地下水的作用和评价；水对建设场地及周边环境影响的分析和评价。

19.1.4~19.1.5 系根据《房屋建筑和市政基础设施工程勘察文件编制深度规定》（2020年版）的有关要求，本次修订新增的条文。勘察报告封面加盖勘察单位公章是勘察单位主体责任的体现，单位技术负责人通常指单位总工程师。本规定明确勘察报告责任页除法定代表人、单位技术负责人需要签章外，还要求项目负责人姓名打印及签字，既容易辨认，又可明确责任。

19.1.6 系根据住建部《建设工程勘察质量管理办法》（建设部令第115号，建设部令第163号修改，住房和城乡建设部令第53号修改）第十四条、住建部《房屋建筑和市政基础设施工程勘察文件编制深度规定》（2020年版）第2.0.6条规定，本次修订新增的条文。

19.2 岩土工程勘察报告文字部分

19.2.8 根据《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（住房和城乡建设部令第37号）第六条规定：“勘察单位应当根据工程实际及工程周边环境资料，在勘察文件中说明地质条件可能造成的工程风险”，本条明确了工程风险提示应包含但不限于的内容。对岩土工程风险分析与评价应注重当地实践经验的收集和归类，根据“区内相似，区际相异”的原则，采用定性、半定量分析法，进行工程建设区和规划区岩土工程风险评价。当资料齐全、边界清晰情况下应尽可能采用数值模拟、三维可视化信息模型等数字化技术。

19.2.9

8 对尚不具备现场勘察条件的勘探点，应明确下一步的工作要求，提出完成工作的条件。对确实无法满足工作条件的勘探点，应提出解决问题的方法和建议。对钻孔无法实施、地质条件复杂的地段应提出施工勘察、超前地质预报的建议或专项勘察的建议。

19.3 图表及附件

本节强调了岩土工程勘察成果编制的图件和附件应与勘察报告内容相一致。所编制的图件和附件应能说明某个问题或对某个问题的说明有所帮助，不能生搬硬套或随意减少。对岩土工程勘察报告应附的主要图件及附件做了规定，并对其编制深度提出了具体要求。

19.4 岩土工程勘察勘察信息模型

为实现工程建设项目全生命期不同阶段、不同参与方之间的信息共享和协同工作，提升工作质量和效率，本节规定了岩土工

程勘察等级为甲级的勘察项目，在提交岩土工程勘察成果时，宜同时提交岩土工程勘察信息模型。目前，岩土工程勘察信息模型主要处于探索阶段，相关资料较少，模型的创建、使用和管理应符合福建省工程建设地方标准《岩土工程勘察信息模型技术规程》DBJ/T 13-330 规定，模型建模深度和交付深度等级应与勘察阶段相吻合。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用