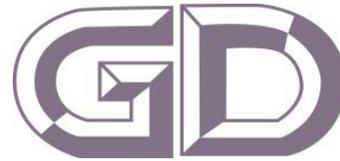


广东省标准



DBJ/TXX-XXX-20XX

备案号 J XXXXXX-20XX

岩土工程勘察标准

Code for investigation of geotechnical engineering

(公开征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

(本标准不涉及专利)

广东省住房和城乡建设厅 发布

广东省标准

岩土工程勘察标准

Code for investigation of geotechnical engineering

DBJ 15-XXX-20XX

住房和城乡建设部备案号：

批准部门：广东省住房和城乡建设厅

施行日期：20xx 年月日

XXX 出版社

20XX XX

广东省住房和城乡建设厅关于发布广东省标准
《岩土工程勘察标准》的公告

粤建公告[20xx]x号

经组织专家委员会审查，现批准《岩土工程勘察标准》为广东省地方标准，编号为 DBJ xx-xx-20xx。本标准自 20xx 年 x 月 x 日起实施。

本标准由广东省住房和城乡建设厅负责管理，广州市设计院集团有限公司负责具体技术内容的解释。

广东省住房和城乡建设厅

年 月 日

前言

根据《广东省住房和城乡建设厅关于发布《2019年广东省工程建设标准制订、修订计划》的通知》（粤建科函[2019]1118号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验和科研成果，参考有关国家标准和地方标准，并在广泛征求意见基础上，制定本标准。

本标准的主要技术内容是：1.总则；2.术语和符号；3.勘察分级和岩土分类；4.各类工程的勘察基本要求；5.不良地质作用和地质灾害；6.特殊性岩土；7.场地与地基的地震效应评价；8.地下水；9.工程地质测绘和调查；10.勘探和取样；11.原位测试；12.室内试验；13.岩土工程成果报告和现场检验；14.勘察信息化；15.绿色勘察。

本标准不涉及专利。

本标准由广东省住房和城乡建设厅负责管理，由广州市设计院集团有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送广州市设计院集团有限公司标准编制组（地址：广州市天河区体育东横路3号设计大厦，邮编：510620，Email：ytgc@gzdi.com）。

本标准主编单位：广州市设计院集团有限公司

本标准参编单位：广州地铁设计研究院股份有限公司

广州市城市规划勘测设计研究院有限公司

广东省重工建筑设计院有限公司

广东省水利电力勘测设计研究院有限公司

广东省交通规划设计研究院集团股份有限公司

深圳市勘察研究院有限公司

深圳市勘察测绘院（集团）有限公司

深圳市工勘岩土集团有限公司

深圳市建设综合勘察设计院有限公司

广州市市政工程设计研究总院有限公司

广东省建筑设计研究院有限公司

广东省工程勘察院

广东省珠海工程勘察院

中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司
建材广州工程勘测院有限公司
广州珠江外资建筑设计院有限公司
广东省地质物探工程勘察院
东莞市建筑科学研究院有限公司

本标准主要起草人员：黄俊光 张晓伦 王 典 彭功勋
张修杰 刘 伟 林华国 龚旭亚
李新元 马鑫磊 赵建国 连长江
吴国荣 李小虎 杨洪东 覃志毅
贾海鹏 李小破 王占华 冯瀚文
刘志方 郭典塔 侯刘锁 张宇明
李学文 李伟科 梅玉丽 张金平
李红波 周书东 林 健 肖 兵
甘展孜 李建平

本标准主要审查人员：

目 次

1 总则	1
2 术语和符号	2
2.1 术语	2
2.2 符号	4
3 勘察分级和岩土分类	7
3.1 勘察分级	7
3.2 岩石的分类和鉴定	8
3.3 土的分类和鉴定	13
4 各类工程的勘察基本要求	18
4.1 一般规定	18
4.2 房屋建筑和构筑物	19
4.3 地下洞室	24
4.4 边坡工程	27
4.5 基坑工程	30
4.6 桩基础	34
4.7 地基处理	36
4.8 既有建筑物的增载和保护	38
4.9 市政工程	39
4.10 造地工程	46
4.11 废弃物处理工程	50
4.12 土壤环境调查	54
5 不良地质作用和地质灾害	57
5.1 岩溶	57
5.2 滑坡	60
5.3 危岩和崩塌	62
5.4 泥石流	63
5.5 采空区	65
5.6 地面沉降	66
5.7 地面塌陷	67
6 特殊性岩土	70
6.1 填土	70
6.2 软土	71

6.3 红黏土	72
6.4 风化岩和残积土.....	73
6.5 花岗岩球状风化体（孤石）	75
6.6 污染土	76
6.7 膨胀岩土	78
6.8 混合土	80
7 场地与地基的地震效应评价.....	81
7.1 活动断裂	81
7.2 场地类别划分.....	82
7.3 液化判别	84
7.4 软土震陷	87
8 地下水.....	89
8.1 勘察要求	89
8.2 水文地质参数的测定.....	90
8.3 地下水作用的评价.....	92
8.4 抗浮设防水位.....	92
9 工程地质测绘和调查.....	94
9.1 工程地质测绘.....	94
9.2 工程场地及周边环境专项调查.....	95
10 勘探和取样.....	97
10.1 一般规定	97
10.2 钻探	97
10.3 井探、槽探和洞探.....	99
10.4 取样	100
10.5 工程物探	103
11 原位测试.....	105
11.1 一般规定.....	105
11.2 载荷试验.....	105
11.3 静力触探试验.....	107
11.4 圆锥动力触探试验.....	109
11.5 标准贯入试验.....	109
11.6 十字板剪切试验.....	110
11.7 旁压试验.....	111

11.8	扁铲侧胀试验.....	112
11.9	现场直接剪切试验.....	113
11.10	波速测试.....	114
11.11	岩体原位应力测试.....	117
11.12	激振法测试.....	117
11.13	氦气测试.....	118
12	室内试验.....	120
12.1	一般规定	120
12.2	试样的制备和试样的饱和.....	120
12.3	土的物理性质试验.....	121
12.4	土的压缩-固结试验	122
12.5	土的抗剪强度试验.....	123
12.6	土的动力性质试验.....	123
12.7	岩石的物理力学性质试验.....	124
12.8	水和土的腐蚀性试验.....	125
13	岩土工程成果报告和现场检验及监测.....	128
13.1	一般规定	128
13.2	岩土参数的分析和选定.....	129
13.3	成果报告的基本要求.....	131
13.4	现场检验	133
13.5	现场监测	133
14	勘察信息化.....	136
14.1	一般规定	136
14.2	勘察作业信息化.....	136
14.3	勘察成果信息化.....	137
15	绿色勘察.....	138
附录 A	广东省地质构造分布图.....	139
附录 B	广东省基岩分布图.....	140
附录 C	广东省部分城市常见岩土层物理力学性质指标	141
附录 D	土的野外鉴别和定名.....	143
附录 E	水文地质参数测定方法	145
附录 F	取土器技术标准	152
附录 G	物探方法.....	153

附录 H 圆锥动力触探和标准贯入锤击数修正表.....	155
附录 J 场地环境类型	157
本标准用词说明.....	158
引用标准名录.....	159

Contents

1	General Provisions	1
2	Terminology and Symbols	2
2.1	Terminology	2
2.2	Symbols	4
3	Grading of Investigation and Classification of Rock and Soil	7
3.1	Investigation Grade	7
3.2	Classification and Identification of Rocks	8
3.3	Classification and Identification of Soils	13
4	Basic Investigation Requirements of Various Projects	18
4.1	General Requirements	18
4.2	Buildings and Structures	19
4.3	Underground Cavern	24
4.4	Slope Engineering	27
4.5	Foundation Pit Engineering	30
4.6	Pile Foundation	34
4.7	Ground Treatment	36
4.8	Loading and Protection of Existing Buildings	38
4.9	Municipal Engineering	39
4.10	Land Reclamation Engineering	46
4.11	Waste Treatment Engineering	49
4.12	Investigation of Soil Environment	54
5	Adverse Geological Ations and Geological Hazards	57
5.1	Karst	57
5.2	Landslide	60
5.3	Dangerous Rock and Collapse	62
5.4	Debris Flow	63
5.5	Goaf	63
5.6	Ground Subsidence	66
5.7	Ground Collapse	67
6	Special Rock and Soil	70
6.1	Fill	70
6.2	Soft Soil	70
6.3	Red Clay	72
6.4	Weathered Rock and Residual Soil	73
6.5	Granite Globular Weathering Body (Boulder)	76
6.6	Contaminated Soil	77
6.7	Expansive Rock and Soil	79
6.8	Mixed soil	80
7	Evaluation of Seismic Effect of Site and Foundation	81
7.1	Active Fault	81
7.2	Site Classification	82
7.3	Liquefaction Discrimination	84

7.4 Soft Soil Subsidence	87
8 Ground Water	89
8.1 Prospecting Requirements for Groundwater	89
8.2 Determination of Hydrogeological Parameters	90
8.3 Evaluation of Groundwater Effects	92
8.4 Determination of Anti-Floating Design Water Level	92
9 Engineering Geological Mapping and Survey	94
9.1 Engineering Geological Surveying	94
9.2 Special Investigation of The Engineering Site and Surrounding Environment	90
10 Exploration and Sampling	97
10.1 General Requirements	97
10.2 Drilling	97
10.3 Test-pitting, Trenching and Hole Exploration	99
10.4 Sampling	100
10.5 Geophysical Prospecting	103
11 In-Situ Test	105
11.1 General Requirements	105
11.2 Loading Test	105
11.3 Static Cone Penetration Test	107
11.4 Cone Dynamic Penetration Test	109
11.5 Standard Penetration Test	109
11.6 Vane Shear Test	110
11.7 Pressuremeter Test	111
11.8 Dilatometer Test	112
11.9 Field Direct Shear Test	113
11.10 Wave Velocity Test	114
11.11 In-Situ Stress Test of Rock Mass	117
11.12 Excitation Test	117
11.13 Radon Test	118
12 Laboratory Tests	118
12.1 General Requirements	120
12.2 Preparation and Saturation of Samples	120
12.3 Test of Physical Properties of Soil	121
12.4 Compression-Consolidation Test of Soil	122
12.5 Shear Strength Test of Soil	123
12.6 Tests on Dynamic Properties of Soil	123
12.7 Test of Physical and Mechanical Properties of Rock	124
12.8 Corrosivity Test of Water and Soil	125
13 Geotechnical Engineering Results Report and Field Inspection	128
13.1 General Requirements	128
13.2 Analysis and Selection of Geotechnical Parameters	129
13.3 Basic Requirements for Outcome Reporting	131
13.4 Field Inspection	133
13.5 Field Monitoring	133

14 Investigation Informationization.....	136
14.1 General Requirements	136
14.2 Informatization of survey operation	136
14.3 Informatization of the survey results	137
15 Green Investigation	138
Appendix A Map of Geological Structure Distribution in Guangdong Province.....	138
Appendix B Map of Bedrock Distribution in Guangdong Province	139
Appendix C Common Physical and Mechanical Property Index of Rock and Soil Layers in Some Yities in Guangdong Province	140
Appendix D Field Identification and Naming of Soil	142
Appendix E Methods for The Determination of Hydrogeological Parameters	144
Appendix F Technical Standards for Soil Samplers	151
Appendix G Geophysical Methods	152
Appendix H Correction Table of Cone Dynamic Penetration Test and Standard Penetration Test	155
Appendix J Site Environment Type.....	157
Explanation of Wording in This Code	157
List of Quoted Standards	158
Addition: Explanation of Provisions.....	159

1 总则

1.0.1 为了在广东省岩土工程勘察中贯彻执行国家有关的技术经济政策,服务于工程建设全过程,做到技术先进、安全可靠、经济合理、确保质量、保护环境、节约能源和提高投资综合效益,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于广东省内建筑工程、市政工程、地下工程、造地工程和土壤环境调查等工程的岩土工程勘察。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。

1.0.3 工程勘察应根据工程建设不同阶段的要求,进行策划、实施,勘察成果应正确反映工程地质条件,查明不良地质作用,提供资料真实、结构完整、评价合理、结论可靠、建设可行的勘察报告。

1.0.4 广东省内岩土工程勘察,除应符合本标准的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

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。

2.1.2 工程地质测绘 engineering geological mapping

采用搜集资料、调查访问、地质测量、遥感解译等方法，查明场地的工程地质要素，并绘制相应的工程地质图件。

2.1.3 摄影测量 photogrammetry

利用摄影影像测定目标物的形状、大小、空间位置、性质和相互关系的科学技术。

2.1.4 工程勘探 geotechnical exploration

钻探、井探、槽探、坑探、洞探以及物探、触探等工程勘察手段的统称。

2.1.5 原位测试 in-situ tests

在岩土体基本保持岩土原来的结构、湿度和应力状态的位置，对岩土体进行的测试。

2.1.6 岩土工程勘察报告 geotechnical investigation report

在现场和室内获取的原始资料基础上进行整理、统计、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。

2.1.7 岩石质量指标（RQD） rock quality designation

用直径为 75mm 的金刚石钻头和双层岩芯管在岩石中钻进，连续取芯，回次钻进所取岩芯中长度大于 10cm 的岩芯段长度之和与该回次进尺的比值，以百分数表示。

2.1.8 软化系数 softening coefficient

岩石饱和单轴抗压强度与干燥状态的单轴抗压强度的比值。

2.1.9 岩芯采取率 core recovery

钻探中每个回次取得的岩芯长度与该回次钻探进尺的比值，以百分数表示。岩芯长度包括比较完整的岩芯和破碎的碎块、碎屑。

2.1.10 海积土 marine soil

海底环境中沉积形成的土。

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

按土试样受扰动程度不同划分的等级。

2.1.12 不良地质作用 adverse geologic process

由地球内力或外力产生的对人类活动、工程建设或环境具有危害性的地质作用。

2.1.13 地质灾害 geological disaster, geological hazards

因自然或者人为因素作用诱发产生的, 危及人身、财产、工程或环境安全的地质现象。

2.1.14 地面沉降 ground subsidence, land subsidence

由地下水过量抽吸产生区域性降落漏斗引起的大面积地面下沉。

2.1.15 球状风化体 onion weathering, spheroidal weathering body

风化岩中残留的未风化或风化程度低的球形岩块。又称孤石。

2.1.16 红层 red rock

中生代以泥岩、泥质粉砂岩、砂岩为主的红色陆相碎屑岩层。

2.1.17 岩溶 karst

水对可溶岩进行以化学溶蚀作用为特征, 并包括水的机械侵蚀和崩塌作用, 以及物质的携出、转移和再沉淀的综合地质作用, 以及由此产生的现象的统称, 又称喀斯特。可溶岩包括碳酸盐类、硫酸盐类、卤素盐类等岩石。

2.1.18 基床系数 coefficient of subgrade reaction

岩土体在外力作用下, 单位面积岩土体产生单位变形时所需的压力, 也称弹性抗力系数或地基反力系数。按照岩土体受力方向分为水平基床系数和垂直基床系数。

2.1.19 岩土参数标准值 standard value of a geotechnical parameter

岩土参数的基本代表值。通常取概率分布的 0.05 分位数。

2.1.20 抗浮设防水位 fortification water table against uplift

建筑工程在施工期和使用期内满足抗浮设防标准时可能遭遇的地下水最高水位, 或建筑工程在施工期和使用期内满足抗浮设防标准最不利工况组合时地下结构底板底面上可能受到的最大浮力按静态折算的地下水水位。

2.2 符号

2.2.1 岩土物理性质和颗粒组成

e ——孔隙比；
 I_L ——液性指数；
 I_P ——塑性指数；
 n ——孔隙度，孔隙率；
 S_r ——饱和度；
 ω ——含水量，含水率；
 ω_L ——液限；
 ω_P ——塑限；
 W_u ——有机质含量；
 γ ——重力密度（重度）；
 ρ ——质量密度（密度）；
 ρ_d ——干密度。

2.2.2 岩土变形参数

a ——压缩系数；
 C_c ——压缩指数；
 C_e ——再压缩系数；
 C_s ——回弹指数；
 C_h ——水平向固结系数；
 C_v ——垂直向固结系数；
 E_0 ——变形模量；
 E_D ——侧胀模量；
 E_m ——旁压模量；
 E_s ——压缩模量；
 G_s ——剪切模量；
 p_c ——先期固结压力。

2.2.3 岩土强度参数

c ——黏聚力；
 f_c ——天然湿度单轴抗压强度；
 f_d ——干燥状态下的单轴抗压强度；
 f_r ——饱和单轴抗压强度；

p_0 ——载荷试验比例界限压力，旁压试验初始压力；
 p_f ——旁压试验临塑压力；
 p_L ——旁压试验极限压力；
 p_u ——载荷试验极限压力；
 q_u ——无侧限抗压强度；
 τ ——抗剪强度；
 φ ——内摩擦角。

2.2.4 触探及标准贯入试验指标

R_f ——静力触探摩阻比；
 f_s ——静力触探侧阻力；
 p_s ——静力触探比贯入阻力；
 q_c ——静力触探锥头阻力；
 N_{10} ——轻型圆锥动力触探锤击数；
 $N'_{63.5}$ ——实测重型圆锥动力触探锤击数；
 $N_{63.5}$ ——经过修正的重型圆锥动力触探锤击数；
 N'_{120} ——实测超重型圆锥动力触探锤击数；
 N_{120} ——经过修正的超重型圆锥动力触探锤击数；
 N' ——标准贯入试验锤击数（实测击数）；
 N ——标准贯入试验锤击数（修正击数）。

2.2.5 水文地质参数

B ——越流系数；
 k ——渗透系数；
 Q ——流量，涌水量；
 R ——影响半径；
 S ——释水系数；
 T ——导水系数；
 u ——孔隙水压力；

2.2.6 其他符号

F_s ——边坡稳定系数；
 I_D ——侧胀土性指数；
 K_D ——侧胀水平应力指数；
 K_f ——风化系数；
 K_h ——水平基床系数；

K_v ——波速比；垂直基床系数；
 p_e ——膨胀力；
 U_D ——侧胀孔压指数；
 s ——基础沉降量，载荷试验沉降量；
 S_t ——灵敏度；
 α_w ——红黏土的含水比；
 v_p ——压缩波波速；
 v_s ——剪切波波速；
 δ ——变异系数；
 δ_{ef} ——自由膨胀率；
 μ ——泊松比；
 σ ——标准差。

3 勘察分级和岩土分类

3.1 勘察分级

3.1.1 工程重要性可根据工程的规模和特征,以及由于岩土工程问题造成工程破坏或影响正常使用的后果,可划分为四个等级:

- 1 特级工程:极重要工程,后果极严重;
- 2 一级工程:重要工程,后果很严重;
- 3 二级工程:一般工程,后果严重;
- 4 三级工程:次要工程,后果不严重。

3.1.2 场地的复杂程度可按下列规定划分为三个等级:

1 符合下列条件之一者为一级场地(复杂场地):

- 1) 对建筑抗震危险的地段;
- 2) 场地不良地质作用强烈发育;
- 3) 场地地质环境已经或可能受到强烈破坏;
- 4) 场地地形地貌复杂;
- 5) 有影响工程的多层地下水、岩溶裂隙水或其他水文地质条件复杂,需专门研究的场地。

2 符合下列条件之一者为二级场地(中等复杂场地):

- 1) 对建筑抗震不利的地段;
- 2) 不良地质作用一般发育;
- 3) 地质环境已经或可能受到一般破坏;
- 4) 地形地貌较复杂;
- 5) 基础位于地下水位以下的场地。

3 符合下列条件者为三级场地(简单场地):

- 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、有利的地段;
- 2) 不良地质作用不发育;
- 3) 地质环境基本未受破坏;
- 4) 地形地貌简单;
- 5) 地下水对工程无影响。

注:1 从一级开始,向二级、三级推定,以最先满足的为准;第3.1.3条、第3.1.4条亦分别按本方法确定地基等级和工程周边环境风险等级;

2 对建筑抗震地段的划分,应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关规定。

3.1.3 地基的复杂程度可按下列规定划分为三个等级：

- 1 符合下列条件之一者为一级地基（复杂地基）：
 - 1) 岩土种类多，很不均匀，性质变化大，需特殊处理；
 - 2) 严重膨胀、污染的特殊性岩土，以及其他情况复杂，需作专门处理的岩土。
- 2 符合下列条件之一者为二级地基（中等复杂地基）：
 - 1) 岩土种类较多，不均匀，性质变化较大；
 - 2) 除本条第 1 款规定以外的特殊性岩土。
- 3 符合下列条件者为三级地基（简单地基）：
 - 1) 岩土种类单一，均匀，性质变化不大；
 - 2) 无特殊性岩土。

3.1.4 工程周边环境风险等级可按下列规定划分为四个等级：

- 1 特级风险：工程周边环境极复杂或对变形要求极严格；
- 2 一级风险：工程周边环境复杂或对变形要求严格；
- 3 二级风险：工程周边环境较复杂或对变形要求较严格；
- 4 三级风险：工程周边环境简单且对变形要求不严格。

3.1.5 根据工程重要性等级、场地复杂程度等级、地基复杂程度等级和工程周边环境风险等级，可按表 3.1.5 的规定划分岩土工程勘察等级。

表 3.1.5 岩土工程勘察等级划分

勘察等级	划分条件
特级	工程重要性或工程周边环境风险等级为特级且场地复杂程度或地基复杂程度为一级
甲级	满足以下条件之一： <ol style="list-style-type: none">1 工程重要性或工程周边环境风险等级为特级且场地复杂程度和地基复杂程度为二级或三级2 工程重要性、场地复杂程度、地基复杂程度、工程周边环境风险有一项或多项为一级
乙级	除勘察等级为特级、甲级和丙级以外的勘察项目
丙级	工程重要性、场地复杂程度、地基复杂程度和工程周边环境风险等级均为三级

注：建筑在岩质地基上的一级工程，当场地复杂程度、地基复杂程度和工程周边环境风险等级均为三级时，岩土工程勘察等级可定为乙级。

3.2 岩石的分类和鉴定

3.2.1 岩土工程勘察应鉴定岩石的地质名称，并进行岩石坚硬程度、风化程度、岩体完整程度和岩体基本质量等级的划分。

3.2.2 岩石坚硬程度应按表 3.2.2-1 划分，当缺乏有关试验数据时，可在现场按表 3.2.2-2 的规定进行定性划分。

表 3.2.2-1 岩石坚硬程度分类

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 (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，换算方法按现行国家标准《工程岩体分级标准》GB 50218 执行；

2 泥岩或黏土岩的岩石抗压强度可采用天然单轴抗压强度；

3 当岩体完整程度为极破碎时，可不进行坚硬程度分类。

表 3.2.2-2 岩石坚硬程度等级的定性分类

岩石类别		定性鉴定	代表性岩石
硬 质 岩	坚硬岩	锤击声清脆，有回弹，震手，难击碎，浸水后基本无吸水反应	未风化—微风化的花岗岩、闪长岩、辉绿岩、玄武岩、安山岩、片麻岩、石英岩、石英砂岩、硅质砾岩、硅质石灰岩等
	较硬岩	锤击声较清脆，有轻微回弹，稍震手，较难击碎，浸水后有轻微吸水反应	1 微风化的坚硬岩 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	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—强风化的坚硬岩或较硬岩 2 未风化—微风化的凝灰岩、千枚岩、泥灰岩、泥质砂岩等
	软岩	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、砂质泥岩等
	极软岩	锤击声哑，无回弹，有较深凹痕，手可捏碎，浸水后可捏成团	1 全风化的各种岩石 2 各种半成岩

3.2.3 岩石的风化程度可按表 3.2.3 划分为未风化、微风化、中等风化、强风化和全风化。

表 3.2.3 岩石风化程度的划分

风化程度	特征	风化程度参数指标	
		波速比 K_v	风化系数 K_f
未风化	结构和构造未变，岩质新鲜，偶见风化痕迹	0.9~1.0	0.9~1.0
微风化	结构和构造基本未变，仅节理面有铁锰质渲染或矿物略有变色，有少量风化裂隙	0.8~0.9	0.8~0.9
中等风化	1. 组织结构部分破坏，矿物成分基本未变，沿节理面出现次生矿物，风化裂隙发育 2. 岩体被节理、裂隙分割成200mm~500mm块状；硬质岩锤击声脆，且不易击碎；软质岩锤击易碎 3. 用镐难挖掘，用岩芯钻方可钻进	0.6~0.8	0.4~0.8

续表 3.2.3

风化程度	特征	风化程度参数指标	
		波速比 K_v	风化系数 K_f
强风化	1. 组织结构已大部分破坏, 矿物成分已显著变化 2. 岩体被节理、裂隙分割成20mm~200mm碎石状, 碎石用手可以折断 3. 用镐可以挖掘, 用干钻不易钻进	0.4~0.6	<0.4
全风化	1. 结构基本破坏, 但尚可辨认 2. 岩石已风化或成坚硬或密实土状, 可用镐挖, 干钻可钻进 3. 需用机械普遍刨松方能铲挖满载	0.2~0.4	-
残积土	组织结构全部破坏, 已风化或成土状, 锹镐易挖掘, 干钻易钻进, 具可塑性	<0.2	-

注: 1 波速比 K_v 为风化岩石与新鲜岩石压缩波速度之比;

2 风化系数 K_f 为风化岩石与新鲜岩石饱和单轴抗压强度之比;

3 花岗岩类的岩石风化岩, 可采用实测标准贯入击数 N' 划分, $N' \geq 70$ 为强风化; $70 > N' \geq 40$ 为全风化; $N' < 40$ 为残积土。其他岩石的风化岩, 可采用实测标准贯入击数 N' 划分, $N' \geq 50$ 为强风化; $50 > N' \geq 30$ 为全风化; $N' < 30$ 为残积土;

4 泥岩和半成岩, 可不进行风化程度划分。

3.2.4 岩体完整程度应根据岩体完整性指数按照表 3.2.4 进行分类。当缺乏试验资料或不能进行该项试验时, 可在现场按表 3.2.4 的规定进行划分。

表 3.2.4 岩体完整程度的分类

岩体完整程度	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	岩体完整性指数
	定性描述	组数	平均间距 (m)				
完整	不发育	1~2	>1.0	结合好或结合一般	节理、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	节理、裂隙、层面	块状或厚层状结构	0.75~0.55
	较发育	2~3	1.0~0.4	结合好或结合一般		块状结构	
较破碎		发育	2~3	1.0~0.4	结合差	节理、裂隙、劈理、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	很发育	≥ 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	极发育	无序		结合很差		散体状结构	<0.15

注: 1 平均间距指主要结构面 (1 组~2 组) 间距的平均值;

2 完整性指数为岩体压缩波速度与岩块压缩波速度之比的平方, 选定岩体和岩块测定波速时, 应

注意其代表性。其中，岩块波速为波速测试孔或其邻近范围相同岩性类型岩块实测未风化岩块的压缩波波速实测值。

3.2.5 岩体基本质量等级应按表 3.2.5 划分。

表 3.2.5 岩体基本质量等级分类

坚硬程度 \ 完整程度	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

3.2.6 当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。

3.2.7 岩石的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。对沉积岩应着重描述沉积物的颗粒大小、形状，胶结物成分和胶结程度。对岩浆岩和变质岩应着重描述矿物结晶大小和结晶程度。

3.2.8 岩石质量可根据岩石质量指标 RQD 按表 3.2.8 进行分类。

表 3.2.8 岩石质量分类

岩石质量分类	好的	较好的	较差的	差的	极差的
岩石质量指标 (RQD)	≥90	75~90	50~75	25~50	<25

3.2.9 岩体的描述应包括结构面、结构体、岩层厚度和结构类型，并宜符合下列规定：

1 结构面的描述包括类型、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 结构体的描述包括类型、形状、大小和结构体在围岩中的受力情况等；

3 岩层厚度应按表 3.2.9 分类。

表 3.2.9 岩层厚度分类

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

3.2.10 对地下洞室和边坡工程，尚应确定岩体的结构类型。岩体结构类型的划分应符合表

3.2.10 规定。

表 3.2.10 岩体按结构类型划分

岩体结构类型	岩体地质类型	结构体形状	结构面发育情况	岩土工程特征	可能发生的岩土工程问题
整体状结构	巨块状岩浆岩和变质岩，巨厚层沉积岩	巨块状	以层面和原生、构造节理为主，多呈闭合型，间距大于1.5m，一般为1组~2组，无危险结构	岩体稳定，可视为均质弹性各向同性体	局部滑动或坍塌，深埋洞室的岩爆
块状结构	厚层状沉积岩，块状岩浆岩和变质岩	块状柱状	有少量贯穿性节理裂隙，结构面间距0.7m~1.5m。一般为2组~3组，有少量分离体	结构面互相牵制，岩体基本稳定，接近弹性各向同性体	
层状结构	多韵律薄层、中厚层状沉积岩，副变质岩	层状板状	有层理、片理、节理，常有层间错动	变形和强度受层面控制，可视为各向异性弹塑性体，稳定性较差	可沿结构面滑塌，软岩可产生塑性变形
碎裂状结构	构造影响严重的破碎岩层	碎块状	断层、节理、片理、层理发育，结构面间距0.25m~0.50m，一般3组以上，有许多分离体	整体强度很低，并受软弱结构面控制，呈弹塑性体，稳定性很差	易发生规模较大的岩体失稳，地下水加剧失稳
散体状结构	断裂破碎带，强风化及全风化带	碎屑状	构造和风化裂隙密集，结构面错综复杂，多充填黏性土，形成无序小块和碎屑	完整性遭极大破坏，稳定性极差，接近松散体介质	

3.2.11 对岩体基本质量等级为IV级和 V 级的岩体，鉴定和描述除按本标准第 3.2.7 条~第 3.2.10 条执行外，尚应符合下列规定：

- 1 对软岩和极软岩，应注意是否具有可软化性、膨胀性、崩解性等特殊性质；
- 2 对极破碎岩体，应说明破碎的原因，如断层、全风化等；
- 3 开挖后是否有进一步风化的特性。

3.3 土的分类和鉴定

3.3.1 土按沉积年代分为老沉积土、一般沉积土、新近沉积土，并应符合下列规定：

- 1 第四纪晚更新世（ Q_3 ）及其以前沉积的土应定为老沉积土；
- 2 第四纪全新世（ Q_4 ）早期沉积的土应定为一般沉积土；
- 3 第四纪全新世（ Q_4 ）中、晚期以来沉积的土，应定为新近沉积土。

3.3.2 土按地质成因可分为残积土、坡积土、洪积土、冲积土、海积土和淤积土等。

3.3.3 土根据有机质含量（ W_u ）可按表 3.3.3 进行分类。

表 3.3.3 土按有机质含量（ W_u ）分类

分类名称	有机质含量 W_u (%)	现场鉴别特征
无机土	$W_u < 5\%$	颜色浅，无腥臭味，不含腐殖质
有机质土	$5\% \leq W_u \leq 10\%$	深灰色，有光泽，味臭，除腐殖质外尚含少量未完全分解的动植物体，浸水后水面出现气泡，干燥后体积收缩
泥炭质土	$10\% < W_u \leq 60\%$	深灰或黑色，有腥臭味，能看到未完全分解的植物结构，浸水体胀，易崩解，有植物残渣浮于水中，干缩现象明显
泥炭	$W_u > 60\%$	除有泥炭质土特征外，结构松散，土质很轻，暗无光泽，干缩现象极为明显

注：1 有机质含量 W_u 按灼失量试验确定。

2 泥炭质土可根据地区特点和需要按 W_u 细分为：弱泥炭质土（ $10\% < W_u \leq 25\%$ ）、中泥炭质土（ $25\% < W_u \leq 40\%$ ）、强泥炭质土（ $40\% < W_u \leq 60\%$ ）。

3.3.4 土按颗粒级配或塑性指数可分为碎石土、砂土、粉土和黏性土。黏性土、粉土和砂土可按照本标准附录 D 表 D.0.1 进行野外鉴别。

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 3.3.4-1 进一步分类；

表 3.3.4-1 碎石土的分类

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 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。

2 粒径大于 2mm 颗粒的质量不超过总质量 50%、粒径大于 0.075mm 颗粒的质量超过总质量 50% 的土，应定名为砂土，并按表 3.3.4-2 进一步分类；

表 3.3.4-2 砂土的分类

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

注：定名时应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。

3 粒径大于 0.075mm 的颗粒质量不超过总质量的 50% 且塑性指数等于或小于 10 的土，应定名为粉土；

4 粒径大于 0.075mm 的颗粒质量不超过总质量的 50% 且塑性指数大于 10 的土，应定名为黏性土，并按表 3.3.4-3 的进一步划分为黏土和粉质黏土。

表 3.3.4-3 黏性土分类

土的名称	塑性指数 I_p
黏土	$I_p > 17$
粉质黏土	$10 < I_p \leq 17$

注：塑性指数由相应于 76g 圆锥仪沉入土样中深度为 10mm 时测定的液限计算而得。

3.3.5 特殊性土应结合颗粒级配或塑性指数定名。花岗岩残积土可按照本标准附录 D 表 D.0.2 进行颗粒组成分类，定名时宜结合野外鉴别及室试验结果，冠以土的塑性状态描述。

3.3.6 除按颗粒级配或塑性指数定名外，土的综合定名应符合下列规定：

- 1 对特殊成因和年代的土类应结合其成因和年代特征定名；
- 2 对混合土，应冠以主要含有的土类采用并列式或前缀式定名；
- 3 对同一土层中相间呈韵律沉积，且明显有层状构造特征时，宜按表 3.3.6 的规定划分；

表 3.3.6 韵律沉积按厚度比分类

分层名称	薄层与厚层的厚度比
互层	大于 1/3
夹层	1/10~1/3
夹薄层	小于 1/10，且薄层多次出现

4 当土层厚度大于 0.5m 时，宜单独分层。

3.3.7 土的鉴定应在野外现场描述的基础上，结合室内试验的开土记录和试验结果综合确定。土的描述应符合下列规定：

1 碎石土宜描述颗粒级配、颗粒形状、颗粒排列、母岩成分、风化程度、充填物的性质和充填程度、密实度等；

2 砂土宜描述颜色、矿物组成、颗粒级配、颗粒形状、细粒含量、湿度、密实度等；

3 粉土宜描述颜色、包含物、湿度、密实度等；

4 黏性土宜描述颜色、状态、包含物、土的结构等；

5 特殊性土除应描述上述相应土类规定的内容外，尚应描述其特殊成分和特殊性质，如对淤泥尚应描述臭味，对填土尚应描述物质成分、堆积年代、密实度和均匀性等；

6 具有互层、夹层、夹薄层特征的土，应描述各层的厚度和层理特征；

7 需要时，可用目力鉴别土的摇振反应、光泽反应、干强度和韧性，按表 3.3.7 区分粉土或黏性土。

表 3.3.7 目力鉴别粉土和黏性土

鉴别项目	摇振反应	光泽反应	干强度	韧性
粉土	迅速、中等	无光泽反应	低	低
黏性土	无	有光泽、稍有光泽	高、中等	高、中等

3.3.8 碎石土的密实度可根据修正后的圆锥动力触探锤击数按表 3.3.8 确定。当缺少圆锥动力触探试验数据时，也可按附录 D 表 D.0.3 的规定进行定性描述。

表 3.3.8 碎石土密实度按圆锥动力触探锤击数分类

试验类型	密实度				
	松散	稍密	中密	密实	很密
重型动力触探锤击数 $N_{63.5}$	$N_{63.5} \leq 5$	$5 < N_{63.5} \leq 10$	$10 < N_{63.5} \leq 20$	$N_{63.5} > 20$	-
超重型动力触探锤击数 N_{120}	$N_{120} \leq 3$	$3 < N_{120} \leq 6$	$6 < N_{120} \leq 11$	$11 < N_{120} \leq 14$	$N_{120} > 14$

注：1 重型动力触探适用于平均粒径等于或小于 50mm，且最大粒径小于 100mm 的碎石土；

2 对于平均粒径大于 50mm，或最大粒径大于 100mm 的碎石土，可用超重型动力触探或用野外观察鉴别；

3 圆锥动力触探击数修正见本标准附录 H 修正。

3.3.9 砂土的密实度可根据实测的标准贯入试验击数 N' 、经过修正的重型圆锥动力触探试验击数 $N_{63.5}$ 或静力触探单桥比贯入阻力 p_s 、双桥锥尖阻力值 q_c 按表 3.3.9 规定划分。

表 3.3.9 砂土密实度分类

密实度 试验类型	松散	稍密	中密	密实
N'	$N' \leq 10$	$10 < N' \leq 15$	$15 < N' \leq 30$	$N' > 30$
$N_{63.5}$	$N_{63.5} \leq 5$	$5 < N_{63.5} \leq 6.5$	$6.5 < N_{63.5} \leq 9.5$	$N_{63.5} > 9.5$
P_s (MPa)	$P_s \leq 4.0$	$4.0 < P_s \leq 6.5$	$6.5 < P_s \leq 13.0$	$P_s > 13.0$
q_c (MPa)	$q_c \leq 3.5$	$3.5 < q_c \leq 6.0$	$6.0 < q_c \leq 12.0$	$q_c > 12.0$

注：1 表内用 $N_{63.5}$ 值划分砂土的密实度仅适用于粗砂层；

2 表内用 p_s 、 q_c 值划分砂土的密实度仅适用于粉细砂层。

3.3.10 粉土的密实度应根据孔隙比 e 按表 3.3.10-1 的规定划分，野外也可根据实测的标准贯入试验击数 N' 或静力触探锥尖阻力值 q_c 按表 3.3.10-1 的规定划分；粉土的湿度应根据含水量 w (%) 按表 3.3.10-2 划分为稍湿、湿、很湿。

表 3.3.10-1 粉土密实度分类

密实度	松散	稍密	中密	密实
e	--	$e > 0.90$	$0.75 \leq e \leq 0.90$	$e < 0.75$
N'	$N' \leq 5$	$5 < N' \leq 10$	$10 < N' \leq 15$	$N' > 15$
q_c (MPa)	$q_c \leq 2.0$	$2.0 < q_c \leq 4.5$	$4.5 < q_c \leq 7$	$q_c > 7$

表 3.3.10-2 粉土湿度分类

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

3.3.11 黏性土的状态可根据液性指数 I_L 划分，野外可参考实测的标准贯入试验击数 N' 和经过修正的重型圆锥动力触探试验击数 $N_{63.5}$ 按表 3.3.11 分类。

表 3.3.11 黏性土状态分类

状态	I_L	N'	$N_{63.5}$
流塑	$I_L > 1$	$N' \leq 2$	$N_{63.5} \leq 1.5$

续表 3.3.11

状态		I_L	N'	$N_{63.5}$
软塑		$0.75 < I_L \leq 1$	$2 < N' \leq 4$	$1.5 < N_{63.5} \leq 3$
可塑	软可塑	$0.50 < I_L \leq 0.75$	$4 < N' \leq 10$	$3 < N_{63.5} \leq 7.5$
	硬可塑	$0.25 < I_L \leq 0.50$	$10 < N' \leq 15$	
硬塑		$0 < I_L \leq 0.25$	$15 < N' \leq 20$ (30)	$7.5 < N_{63.5} \leq 10$
坚硬		$I_L \leq 0$	20 (30) $< N' \leq 30$ (40)	$N_{63.5} > 10$

注：括号内数值适用于花岗岩残积土。

3.3.12 软土可根据无侧限抗压强度试验或现场十字板剪切试验按表 3.3.12 进行灵敏性分类。

表 3.3.12 软土按灵敏度分类

灵敏度	$S_t \leq 2$	$2 < S_t \leq 4$	$4 < S_t \leq 8$	$8 < S_t \leq 16$	$S_t > 16$
S_t	低灵敏性	中灵敏性	高灵敏性	极灵敏性	流性

注：采用无侧限抗压强度试验时，灵敏度为原状土与重塑土的无侧限抗压强度比值；采用十字板剪切试验时，灵敏度为十字板剪强度与十字板剪复剪强度的比值。

3.3.13 土的压缩性可根据 p_1 为 100kPa、 p_2 为 200kPa 时相对应的压缩系数值 a_{1-2} ，按表 3.3.13 划分。

表 3.3.13 土的压缩性分类

压缩性等级	低压缩性	中低压缩性	中高压缩性	高压缩性
压缩系数值 a_{1-2} (MPa^{-1})	$a_{1-2} < 0.1$	$0.1 \leq a_{1-2} < 0.3$	$0.3 \leq a_{1-2} < 0.5$	$0.5 \leq a_{1-2}$

3.3.14 淤泥、淤泥质土等饱和软黏土的固结状态，可根据超固结比 OCR 按表 3.3.14 划分。

表 3.3.14 土的固结状态分类

超固结比 OCR	土的固结状态
$OCR < 1.0$	欠固结土
$1.0 \leq OCR \leq 1.2$	正常固结土
$OCR > 1.2$	超固结土

注：超固结比 OCR 为先期固结压力 p_c 与土的有效自重压力 p_z 的比值。

4 各类工程的勘察基本要求

4.1 一般规定

4.1.1 勘察阶段的划分应与设计阶段的划分相对应，一般可划分为可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察和施工勘察四个阶段。对工程规模小、无特殊要求的工程，可合并勘察阶段。先期阶段勘察应考虑后续阶段勘察的需要，后续阶段勘察应合理利用先前勘察阶段已有的勘察成果。

4.1.2 可行性研究勘察工作应搜集和分析区域地质资料、既有地质勘察资料；了解场地工程地质、不良地质作用、水文地质条件；初步评价拟建项目场地的稳定性和适宜性；提出项目规划、选址、技术可行性论证、经济方案比选的初步建议。

4.1.3 初步勘察工作应收集拟建工程的设计方案、地形图、工程地质和岩土工程资料；初步查明地质构造、地层结构、岩土工程特性、水文地质条件；初步判定水和土对建筑材料的腐蚀性；查明不良地质作用的成因、分布、规模、发展趋势；评价场地的稳定性和适宜性；初步评价场地和地基的地震效应；对基础持力层及基础类型选择、不良地质作用和特殊性岩土、地下水控制、周边环境保护等进行初步分析评价；对拟建项目的平面布置、基础类型和持力层、施工方法、不良地质作用和特殊性岩土治理措施提出初步建议。

4.1.4 详细勘察工作应符合下列规定：

- 1 应取得拟建工程设计资料，搜集与工程建设相关的地质资料和环境资料；
- 2 开展地质调查、钻探与取样、地球物理勘探、原位测试、水文地质试验、室内试验等工作；
- 3 查明不良地质作用，提出防治措施的建议，提供治理所需的岩土参数；
- 4 查明特殊性岩土及其工程影响，提出处理措施的建议；
- 5 查明岩土层，对地基进行分析和评价；
- 6 查明并评价水和土对建筑材料的腐蚀性及其对工程的影响；
- 7 进行岩土工程分析和评价，说明地质条件可能造成的工程风险，提出工程建议；
- 8 提供设计和施工所需的岩土参数。

4.1.5 当场地地质条件或水文地质条件复杂或施工中发现地质条件异常、原有详细勘察资料不能满足施工要求时，应开展施工勘察。

4.1.6 各勘察阶段可根据查明特定地质条件的需要，开展专项勘察。

4.1.7 工程勘察应在搜集、分析已有资料和现场踏勘的基础上，根据勘察目的、

任务和现行相应技术标准的要求,针对拟建工程特点和场地工程地质条件编制勘察纲要。勘察纲要应包括下列内容:

- 1 工程概况;
- 2 概述拟建场地环境、工程地质条件、附近参考地质资料(如有);
- 3 勘察目的、任务要求及需解决的主要技术问题;
- 4 执行的技术标准与选用的勘探方法;
- 5 勘察工作布置;
- 6 勘探完成后的现场处理;
- 7 拟采取的质量控制、安全保证和环境保护措施;
- 8 拟投入的仪器设备、人员安排、勘察进度计划等;
- 9 勘察安全、技术交底及验槽等后期服务;
- 10 拟建工程勘探点平面布置图。

4.1.8 勘察纲要中勘察工作布置应包括下列内容:

- 1 钻探(井探、槽探、洞探)布置;
- 2 地球物理勘探、原位测试的方法和布置;
- 3 取样方法和取样器选择,采取岩样、土样和水样及其存储、保护和运输要求;
- 4 室内岩、土、水试验内容、方法与数量。

4.1.9 当勘察纲要中拟定的勘察工作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。

4.1.10 对于特级勘察项目的详细勘察,应在开展勘察工作前对勘察纲要进行专项论证。

4.1.11 岩土工程勘察宜统一所在地区的岩土层划分、命名及编号规则。

4.1.12 勘探、取样和原位测试、室内试验等的原始记录、影像资料和工程勘察报告均应归档保存,并应可追溯。

4.1.13 勘察单位应参与施工验槽、检验开挖揭露的地质条件与工程勘察报告的一致性。如有异常情况,应提出处理措施或修改设计的建议。

4.2 房屋建筑和构筑物

4.2.1 房屋建筑和构筑物(以下简称建筑物)的岩土工程勘察,应在搜集建筑物上部荷载、功能特点、结构类型、基础形式、埋置深度和变形限制等方面资料的基础上进行。其主要工作内容应符合下列规定:

- 1 查明场地和地基的稳定性、地层结构、持力层和下卧层的工程特性、土的应力历史和不良地质作用、特殊性岩土;

- 2 查明地下水的埋藏条件及对建筑材料的腐蚀性；
- 3 进行场地与地基的地震效应评价；
- 4 提供满足设计、施工所需的岩土参数，确定地基承载力，预测地基变形性状；
- 5 提出地基基础、基坑支护、工程降水和地基处理设计与施工方案的建议；
- 6 提出对建筑物有影响的不良地质作用的防治方案建议。

4.2.2 建筑物岩土工程勘察宜采用以钻探、原位测试和室内试验为主，以工程地质测绘和调查、物探等为辅的综合勘察手段。

4.2.3 当建筑物平面布置已经确定，且场地或其附近已有岩土工程资料时，可根据实际情况，直接进行详细勘察。

4.2.4 初步勘察的勘探工作应符合下列要求：

- 1 勘探线应垂直地貌单元、地质构造和地层界线布置；
- 2 每个地貌单元均应布置勘探孔，在地貌单元交接部位和地层变化较大的地段，勘探孔应予加密；
- 3 在地形平坦地区，可按网格布置勘探孔；
- 4 勘探线、勘探点间距、勘探孔的深度应符合本标准规定。

4.2.5 初步勘察勘探点间距可按表 4.2.5 确定，局部异常地段应予加密。

表 4.2.5 初步勘察勘探线、勘探点间距

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

注：1 本表间距不适用于地球物理勘探等特殊用途勘探孔；

2 控制性勘探点宜占勘探点总数的 1/3~1/2，且每个地貌单元均应有控制性勘探点。

4.2.6 初步勘察勘探孔的深度可按表 4.2.6 确定，对于特级工程应在本表基础上适当加深并满足特级工程勘察纲要的要求。

表 4.2.6 初步勘察勘探孔深度

工程重要性等级	一般性勘探孔	控制性勘探孔
一级（重要工程）	进入预计持力层 8m~10m 且孔深不小于 20m	进入预计持力层 10m~15m 且孔深不小于 30m
二级（一般工程）	进入预计持力层 6m~8m 且孔深不小于 15m	进入预计持力层 8m~10m 且孔深不小于 25m
三级（次要工程）	进入预计持力层 5m~6m 且孔深不小于 10m	进入预计持力层 6m~8m 且孔深不小于 20m

注：1 表中孔深对岩质地基宜取较小值，对土质地基宜取较大值；

2 勘探孔包括钻孔、探井和原位测试孔，特殊用途的钻孔除外。

4.2.7 当初步勘察遇下列情形之一时，应适当增减勘探孔深度：

1 当勘探孔的地面标高与预计整平地地面标高相差较大时，应按其差值调整勘探孔深度；

2 如预计持力层非基岩，在预计深度内遇基岩时，除控制性勘探孔仍应钻入基岩适当深度外，其他勘探孔达到确认的基岩后即可终止钻进；

3 当预定深度内有软弱土层、断裂破碎带、溶（土）洞、球状风化体时，勘探孔深度应适当增加；

4 对重型工业建筑应根据结构特点和荷载条件适当增加勘探孔深度。

4.2.8 初步勘察采取岩、土试样和进行原位测试应符合下列要求：

1 采取岩、土试样和进行原位测试的勘探孔应结合地貌单元、地层结构和岩、土的工程性质布置，其数量宜占勘探孔总数的 1/3~1/2；

2 采取岩、土试样的数量和孔内原位测试的竖向间距，应按地层特点和岩、土的均匀程度确定；每层岩、土均应采取不扰动试样或进行原位测试，其数量不宜少于 6 个。

4.2.9 初步勘察的水文地质工作应符合下列要求：

1 初步查明含水层的埋藏条件和性质，地下水类型，补给和排泄条件，实测地下水位，调查其变化幅度，必要时可设置长期观测孔，监测水位变化；

2 当需绘制地下水等水位线图时，应根据地下水的埋藏条件和层位，统一量测地下水位；

3 采取水土试样进行腐蚀性评价；

4 高层建筑水文地质工作尚应满足《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T 72 的相关要求。

4.2.10 详细勘察应按单体建筑物或建筑群提出详细的岩土工程资料和设计、施工所需的岩土参数；对建筑地基进行岩土工程评价，并对地基类型、基础形式、地基处理、基坑支护、工程降水和不良地质作用的防治等提出具体方案建议，并应符合下列规定：

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，建筑物的性质、规模、荷载、结构特点、基础形式和埋置深度、地基允许变形等资料；

2 查明不良地质作用的类型、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 查明建筑范围内岩土层的类型、深度、分布、工程特性、分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力；

4 对需进行沉降计算的建筑物，提供地基变形计算参数，预测建筑物的变形特征；

- 5 查明埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物情况；
- 6 查明地下水的埋藏条件、提供地下水位及其变化幅度，当有抗浮需求时提出抗浮设计水位，判定水和土对建筑材料的腐蚀性，论证地下水在施工期间对工程和环境的影响；
- 7 对于建筑物的基坑、桩基等工程勘察应符合本标准的相关规定。

4.2.11 详细勘察的勘探点布置，应符合下列规定：

- 1 勘探点宜按建筑物轮廓线、角点或柱网布置，筒体、电梯井部位应有勘探孔，对无特殊要求的其他建筑物可按建筑物或建筑群的范围布置；
- 2 同一建筑范围内的主要受力层或有影响的下卧层起伏较大时，应加密勘探孔；
- 3 重大设备基础应单独布置勘探孔，重大的动力机器基础和高耸构筑物，勘探孔不宜少于 3 个。

4.2.12 详细勘察勘探点的间距可按表 4.2.12 确定。

表 4.2.12 详细勘察勘探点的间距

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

注：控制性勘探点宜占勘探点总数的 1/3~1/2；

4.2.13 详细勘察的单栋高层建筑勘探孔的布置，应满足对地基均匀性评价的要求，且不应少于 5 个，控制性勘探孔的数量不应少于 3 个；对密集的高层建筑群，勘探孔可适当减少，但每栋建筑物至少应有 1 个控制性勘探孔。

4.2.14 详细勘察的勘探深度自基础底面算起，应符合下列规定：

- 1 勘探孔深度应能控制地基主要受力层，当基础底面宽度不大于 5m 时，勘探孔的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；
- 2 对高层建筑和需作变形计算的地基，控制性勘探孔的深度应超过地基变形计算深度；高层建筑的一般性勘探孔应达到基底下 0.5 倍~1.0 倍的基础宽度，并深入稳定分布的地层；
- 3 对仅有地下室的建筑或高层建筑的裙房，当不能满足抗浮设计要求，需设置抗浮桩或锚杆时，勘探孔深度应满足抗拔承载力评价的要求；
- 4 当有大面积地面堆载或软弱下卧层时，应适当加深控制性勘探孔的深度；
- 5 天然地基勘探孔在拟定深度内遇基岩或厚层碎石土等稳定地层时，勘探孔

深度可适当调整。

4.2.15 详细勘察的勘探孔深度，除应符合本标准第 4.2.14 条的要求外，尚应符合下列规定：

1 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% 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% 的深度；

2 建筑总平面内的裙房或仅有地下室部分或当基底附加压力 ($p_0 \leq 0$ 时) 的控制性勘探孔的深度可适当减小，且根据荷载和土质条件不宜少于基底下 0.5 倍~1.0 倍基础宽度，并应深入稳定分布地层；

3 当需进行地基整体稳定性验算时，控制性勘探孔深度应根据具体条件满足验算要求；

4 当需确定场地抗震类别而邻近无可靠的覆盖层厚度资料时，应布置波速测试孔，其深度应不小于 20m 或覆盖层深度；

5 大型设备基础勘探孔深度不宜小于基础底面宽度的 2 倍；

6 当需进行地基处理时，勘探孔的深度应满足地基处理设计与施工要求；

7 当需进行抗浮设计时，勘探孔深度应满足抗浮设计要求。

4.2.16 详细勘察采取岩、土试样和进行原位测试应满足岩土工程评价要求，并符合下列规定：

1 采取岩、土试样和进行原位测试的勘探孔数量，应根据地层结构、地基土的均匀性和工程特点确定，采取岩、土试样及进行原位测试勘探孔合计不应少于勘探孔总数的 1/2；钻探取岩、土试样孔的数量不应少于勘探孔总数的 1/3；

2 每个场地每一主要土层的不扰动试样或原位测试数据不应少于 6 件(组)，当采用连续记录的静力触探或动力触探为主要勘察手段时，每个场地不应少于 3 个勘探孔；

3 在地基主要受力层内，对厚度大于 0.5m 的夹层或透镜体，宜采取土试样或进行原位测试；

4 岩层应采取岩样进行岩石物理力学试验，同一岩层中各主要岩性岩石试样采取数量不应少于 6 件(组)，以中等风化、微风化岩石作为持力层时，每层不宜少于 9 件(组)；

5 当岩、土层性质不均匀时，应增加岩、土试样或原位测试数量；

6 采用标准贯入试验锤击数进行液化判别时，每个场地标贯试验勘探孔数量不应小于 3 个。

4.2.17 地基承载力应结合地区经验按有关标准与要求综合确定。有不良地质作用的场地、建在坡上或坡顶的建筑物，以及基础侧有临空面的建筑物，应评价其

稳定性。

4.2.18 遇下列地质条件的嵌岩桩工程时，宜进行施工阶段勘察。勘探点的布置宜按本标准第 4.6 节相关规定执行：

- 1 场地发育岩溶；
- 2 场地岩层内发育软弱夹层；
- 3 场地发育球状风化体；
- 4 场地相邻勘探点的岩面起伏大；
- 5 遇到其他不利地质条件且对桩基工程影响较大时。

4.3 地下洞室

4.3.1 本节适用于拟建的无压地下洞室的岩土工程勘察。

4.3.2 地下洞室工程勘察前应根据不同勘察工作阶段的要求，取得下列图纸和资料：

- 1 附有隧道进出洞口位置的平面布置图、隧道纵断面图及地下洞室的剖面图；
- 2 地下洞室所在位置的区域地质图；
- 3 地形地貌资料、工程周边环境资料；
- 4 水下地下洞室工程，应搜集地表水体的分布、水位、流量和大气降水、地面蒸发及地表径流、潮汐等气象、水文情况和水下地形等相关资料。

4.3.3 地下洞室勘察的围岩分级方法应与地下洞室设计采用的标准一致。

4.3.4 可行性研究勘察应以搜集区域地质资料、现场调查为主，可辅以必要的勘探、测试工作，了解拟选方案的地形地貌、地层岩性、地质构造、不良地质作用、特殊性岩土的发育情况、水文地质条件和环境条件，对拟建场地的稳定性及适宜性做出可行性评价，对洞址、洞口选择提出工程地质评价意见，对初步选定的洞址、洞口进行工程地质评价。

4.3.5 初步勘察方法应采用工程地质测绘、勘探和测试等方法，初步查明选定方案的地质条件和环境条件，初步确定岩体质量等级或围岩类别，对洞址和洞口的稳定性做出评价，为初步设计提供依据。

4.3.6 初步勘察时，工程地质测绘和调查应初步查明下列问题：

- 1 地貌形态和成因类型；
- 2 地层岩性、产状、厚度、风化程度；
- 3 断裂和主要裂隙的性质、产状、充填、胶结、贯通及组合关系；
- 4 不良地质作用的类型、规模和分布；
- 5 地震地质背景；
- 6 地应力的最大主应力作用方向；

- 7 地下水类型、埋藏条件、补给、排泄和动态变化；
- 8 地表水体的分布及其与地下水的关系，淤积物的特征；
- 9 洞室穿越地面建筑物、地下构筑物、管道等既有工程时的相互影响；
- 10 地下有害气体情况；
- 11 提出初步设计和施工方法选择所需的岩土参数和相关建议。

4.3.7 初步勘察时，勘探与测试应符合下列要求：

1 采用浅层地震剖面法或其他有效方法圈定隐伏断裂、构造破碎带，查明基岩埋深、划分风化带；

2 勘探点宜沿洞室外侧交叉布置，勘探点间距宜为 100m~200m，采取试样和原位测试勘探孔不宜少于勘探孔总数的 2/3；控制性勘探孔深度，对岩体基本质量等级为 I 级和 II 级的岩体宜钻入洞底设计标高下 1.0 倍隧道高度或 5m~10m；对 III 级岩体宜钻入洞底设计标高下 1.0 倍~1.5 倍隧道高度或 8m~15m；对 IV 级、V 级的岩体和土层，勘探孔深度应钻入洞底设计标高下 1.5 倍~2.5 倍隧道高度或 15m~20m；遇岩溶、土洞、采空区、软土层等根据需要适当加深；

3 每一主要岩层和土层均应采取试样，当有地下水时应采取水试样；

4 当洞区存在有害气体或地温异常时，应进行有害气体成分、含量或地温测定；

5 对高地应力地区，应进行地应力量测；

6 必要时，可进行钻孔弹性波或声波测试，钻孔地震 CT 或钻孔电磁波 CT 测试；

7 室内岩石试验和土工试验项目，应按本标准第 12 章的规定执行。

4.3.8 详细勘察应采用钻探、钻孔物探和测试为主的勘察方法，必要时可结合施工导洞布置洞探，详细查明洞址、洞口、洞室穿越线路的工程地质和水文地质条件，分段划分岩体质量等级或围岩类别，评价洞体和围岩的稳定性，为设计支护结构和确定施工方案提供资料。

4.3.9 详细勘察工作应符合下列要求：

1 查明地层岩性及其分布，划分岩组和风化程度，进行岩石物理力学性质试验；

2 查明断裂构造和破碎带的位置、规模、产状和力学属性，划分岩体结构类型；

3 查明不良地质作用的类型、性质、分布，并提出防治措施的建议；

4 查明主要含水层的分布、厚度、埋深，地下水的类型、水位、补给排泄条件，预测开挖期间出水状态、涌水量，并采水样实验分析评价水质的腐蚀性；

5 城市地下洞室需降水施工时，应分段提出工程降水方案和有关参数；

6 查明洞室所在位置及邻近地段的地面建筑和地下构筑物、管线状况，预测洞室开挖可能产生的影响，提出防护措施。

4.3.10 详细勘察可采用浅层地震勘探和孔间地震 CT 或孔间电磁波 CT 测试等方法，详细查明基岩埋深、岩石风化程度，溶洞、破碎带等隐伏体的位置，在钻孔中进行弹性波波速测试，为确定岩体质量等级及围岩类别，评价岩体完整性，计算动力参数提供资料。

4.3.11 当采用矿山法、新奥法、盾构掘进机法、全断面隧道掘进机（TBM）法施工时，陆域段的勘探点宜布置在地下洞室边线外侧 3m~5m，山岭区宜布置在地下洞室边线外侧 5m~8m；水域段的勘探点宜布置在隧道边线外侧 6m~10m。

4.3.12 山区地下洞室勘探点应针对过沟段、浅埋段、风化槽、地质构造布置，且浅埋洞室勘探点间距不宜大于 50m，深埋洞室勘探点间距宜为 50m~150m；平原区地下洞室的勘探点间距，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。采集试样和原位测试勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/2。

4.3.13 详细勘察时，第四系中的控制性勘探孔深度应根据工程地质、水文地质条件、洞室埋深、防护设计等需要确定；控制性勘探孔深度，可按本节第 4.3.7 条第 2 款的规定执行；一般性勘探孔可钻至基底设计标高下 5m~10m，当遇土洞或软弱松散地土层应钻穿并进入稳定地层 1 倍洞高或 3m~5m。

4.3.14 详细勘察的室内试验和原位测试，除应满足初步勘察相关要求外，对城市地下洞室尚应根据设计要求进行下列试验：

1 采用承压板边长为 30cm 的载荷试验测求地基基床系数；

2 采用面热能法或热线比较法进行热物理指标试验，计算热物理参数：导温系数、导热系数和比热容；

3 当需提供动力参数时，可用压缩波波速 v_p 和剪切波波速 v_s 计算求得；可采用室内动力性质试验，提供动力参数；

4 论证 TBM 施工条件时，除按本标准第 12 章的规定执行外，应进行岩石的岩石耐磨性、岩石成分、石英含量试验。

4.3.15 地下洞室围岩的稳定性评价可采用工程地质分析与理论计算相结合的方法，可采用数值法或弹性有限元图谱法计算。

4.3.16 当洞室可能产生偏压、膨胀压力、岩爆和其他特殊情况时，应进行专门研究。

4.3.17 详细勘察阶段地下洞室岩土工程勘察报告，除按本标准第 13 章的要求执行外，尚应包括下列内容：

1 提出洞址、洞口、洞轴线位置的建议；

- 2 对洞口、洞体的稳定性进行评价；
- 3 划分围岩类别，评价 TBM 施工的工程地质条件适宜性；
- 4 提出支护方案和施工方法的建议；
- 5 对地面变形和既有建筑的影响进行评价。

4.3.18 对地质条件或岩土条件特别复杂的地段，应在详勘工作的基础上，针对隧道施工方法的专门要求，进行施工勘察。

4.3.19 施工勘察应配合导洞或毛洞开挖进行，当发现与勘察资料有较大差异时，应提出修改设计和施工方案的建议。

4.3.20 当施工过程中可能遇到影响施工安全、围岩稳定等重大地质问题的地下洞室开挖工程，应提出隧洞超前地质预报的建议。

4.4 边坡工程

4.4.1 边坡工程勘察的范围和深度应根据环境条件、地质条件、边坡工程特点确定，并应满足稳定性评价和边坡工程设计要求。位于复杂场地或复杂地基的一级及以上边坡工程，应进行专门性边坡勘察；其他类型的边坡工程，边坡勘察可与建筑工程勘察一并进行，但勘察的工作深度和要求，应满足边坡勘察要求。

4.4.2 边坡工程勘察应查明下列内容，并对边坡进行稳定性评价，提出治理方案建议：

1 拟建边坡的特征，包括：高度、坡度、形态、坡顶高程、坡底高程、边坡平面尺寸；

2 边坡周边环境，边坡本身及邻近建（构）筑物的荷载、结构、基础形式和埋深，地下设施的分布和埋深；

3 气象水文条件，最大降雨强度，地表各类水体最高水位，汇水面积，地表水对坡面、坡脚的冲刷情况，现状排泄通道；

4 地形地貌条件，现状边坡的形态和坡度，坡面植被及建构筑物，覆盖层厚度、孤石发育情况；

5 区域地质条件，地质构造，地震效应；

6 岩土的类型、成因、状态、岩石风化和完整程度；岩质边坡的岩体分类、岩体主要结构面的类型、产状、发育程度、延展情况、贯通程度、闭合程度、充填状况、充水状况、组合关系、力学属性和与临空面的关系；

7 地下水的类型、水位、主要含水层的分布情况，岩土的透水性和地下水的出露情况；

8 滑坡、崩塌、泥石流、岩溶、地面塌陷等场地发育的不良地质作用和地质灾害的特征、成因及发展趋势；

9 岩、土、水物理力学性质，包括天然及饱和重度、天然及饱和抗剪强度指标、锚固力特征值、承载力特征值、岩体等效内摩擦角、结构面的抗剪强度、水和土腐蚀性等边坡治理设计与施工所需的岩土参数。

4.4.3 专门性边坡工程勘察宜分阶段进行，并应符合下列要求：

1 初步勘察应收集地质资料，结合规划条件，进行工程地质测绘和调查、辅以勘探、室内试验和测试手段，对拟建场地的稳定性和适宜性做出评价，评价边坡的稳定性；

2 详细勘察应根据规划资料，对可能失稳的边坡及相邻地段进行工程地质测绘、勘探、试验，对边坡进行稳定性评价，并提出边坡治理措施建议；

3 当地质环境复杂、前期勘察深度未达到设计要求、施工过程中发现地质环境与既有勘察资料不符且可能影响边坡治理效果或因设计、施工原因变更边坡支护方案时应进行现场验槽或补充勘察。

4.4.4 边坡工程勘察应搜集以下资料：

1 满足边坡设计要求的地形图；

2 拟建边坡影响范围的总平面布置图（带有竖向标高）；

3 拟建场地的历史及将来的挖方、填方情况；

4 拟建支挡结构的性质、结构特点及拟采取的基础形式、尺寸和埋置深度；

5 边坡滑塌区及影响范围内的建（构）筑物、管线、超载及可能超挖情况的相关资料；

6 拟建场地的气象水文资料；

7 邻近场地的工程地质资料。

4.4.5 边坡工程勘察应先进行工程地质测绘。地质测绘的范围应包括可能对边坡稳定影响及受边坡影响的所有地段，内容主要应包括地形地貌、人类工程活动、基岩出露情况、危岩或孤石、地质构造、不良地质作用等；对于水文地质条件中等复杂及以上的场地，尚应进行水文地质调绘。

4.4.6 有变形迹象的一级及特级边坡工程，应在勘察期间进行监测；二级及以下等级的边坡工程，宜在勘察期间进行监测。

4.4.7 边坡工程勘探范围应包括拟建边坡坡面区域和可能对建（构）筑物有潜在安全影响的区域，且根据边坡地形地貌特征、坡体岩土性质、边坡规模、边坡重要性等级和边坡周边环境风险等级等因素适当外扩，并应符合下列规定：

1 对于无外倾结构面控制的岩质边坡，拟定坡顶勘探边线至坡脚线的水平投影距离不应小于对应区段边坡高度，且至拟开挖坡顶边线的水平投影距离不应少于 10m，坡脚勘探边线至拟定坡脚线水平距离不应少于 5m；对于受外倾结构面控制的岩质边坡，勘探范围尚应在拟开挖边坡受岩体结构面临空影响范围

适当外扩；

2 对于土质边坡，拟定坡顶勘探边线至坡脚线的水平投影距离不应小于对应区段边坡高度的 2 倍，且至拟开挖坡顶边线或可能滑塌后缘边线的水平投影距离不应少于 20m；坡脚勘探边线至拟定坡脚线或可能剪出口前缘水平投影距离不应少于 10m；当边坡存在滑动面，勘探范围应在滑动范围外适当外延；

3 对于岩土混合边坡，勘探范围可结合岩质边坡和土质边坡的要求综合确定。

4.4.8 边坡工程勘探可采用钻探（直孔、斜孔）、坑（井）探、钻孔电视、槽探和物探等方法。对于复杂、重要的边坡工程可辅以洞探，需查明边坡的覆盖层厚度、软弱结构面、滑动面、空洞、溶土洞等特征时，可采用物探结合钻探等手段进行。

4.4.9 勘探线和勘探点的布置可采用主-辅勘探线法，主勘探线宜设置在最不利位置附近。勘探线应以垂直边坡走向或平行主滑方向布置为主，在拟设置支挡结构的位置应布置平行和垂直的勘探线。成图比例尺应大于或等于 1:500，剖面的纵横比例应相同，剖面位置应沿最不利地形剖切。

4.4.10 工程地质条件复杂、大型的边坡工程控制性钻孔不少于总数的 1/3，工程地质条件简单或小型的边坡工程，控制性钻孔比例不少于总数的 1/4，并应满足统计分析的要求。

4.4.11 详细勘察的勘探点（线）间距可根据边坡等级和工程地质复杂程度按表 4.4.11 或地区经验确定。每一边坡段勘探线不应少于 2 条，每条勘探线不宜少于 3 个勘探点。

表 4.4.11 详细勘察的勘探点（线）间距（m）

边坡重要性等级 工程地质复杂程度	特级	一级	二级	三级
	复杂	≤15 (≤20)	15~20 (20~25)	20~25 (25~30)
中等复杂	≤20 (≤25)	20~25 (25~30)	25~30 (30~35)	30~40 (35~45)
简单	≤25 (≤30)	25~30 (30~35)	30~40 (35~45)	40~50 (45~60)

注：1 括号内数值为勘探线间距；

2 工程地质复杂程度划分可按本标准第 3.1.2 条和 3.1.3 条的复杂程度综合确定；

3 初步勘察阶段的勘探线、点间距可适当放宽；

4 坡面裸露的高陡边坡，当通过工程地质测绘可以调查清楚裸露区域坡面地质条件时，勘探点间距可以适当放宽；

5 岩质边坡勘探点和勘探线间距可适当放宽。

4.4.12 边坡工程勘探点的深度应进入最下层潜在或估测滑面下，控制性钻孔不

应少于 5.0m，一般性钻孔不应少于 2.0m。拟定支挡结构位置处的勘探线、勘探点间距除满足第 4.4.11 条的要求外，勘探点平面布置和深度尚应满足下列要求：

1 对于锚杆（索），在锚杆（索）水平投影范围内，均应有勘探点控制，勘探点深度应穿过拟布置锚索对应的最低标高不少于 5m；

2 对于挡土墙，应沿挡土墙基底中心线布置勘探线，当挡土墙基底宽度超过 10m 时，宜设置两条勘探线。勘探点深度应进入持力层不少于 5m；持力层下方存在软弱土层时，应穿过软弱土层不少于 5m，孔深应满足变形及稳定性验算要求；

3 对于抗滑桩，沿抗滑桩中心线布置勘探线，勘探点深度应穿过拟设置抗滑桩桩底不少于 5m。

4.4.13 宜在土层、全风化岩层和强风化岩层进行标准贯入试验或动力触探试验。受外倾结构面控制的岩质边坡，必要时，宜采用钻孔电视查明边坡内部岩体结构面特征。

4.4.14 边坡工程勘察岩土试样采取应符合下列规定：

1 主要岩土层和软弱层应采取试样，软弱层宜连续取样；

2 花岗岩残坡积土质边坡具备开槽条件时宜采用现场刻槽取样；

3 主要岩土层和软弱层应采取试样。对土层每层的试样不应少于 6 件，对岩层不应少于 9 件，软弱层宜连续取样。

4.4.15 岩土试验除应符合本标准第 12 章规定外，尚应符合下列要求：

1 岩土试验项目应满足边坡稳定性分析和治理设计的要求；

2 对控制边坡稳定的软弱结构面，宜进行原位剪切试验；

3 抗剪强度指标，应根据实测结果结合当地经验确定，并宜采用反分析方法验证；

4 三轴压缩试验的最高围压和直接剪切试验的最大法向压力的选择，应与试样在坡体中的实际受力情况相近；

5 对于重要性等级为一级及以上的边坡，可进行岩体应力测试、波速测试、动力测试、孔隙水压力测试和模型试验。

4.4.16 边坡工程勘察工作中的钻孔、探井、探坑和探槽等，除用于监测孔外，在野外工作完成后应及时封填密实。

4.5 基坑工程

4.5.1 本节主要适用于土质基坑和土岩组合基坑的勘察。对岩质基坑，应根据场地的地质构造、岩体特征、风化情况、基坑开挖深度等，按相关标准或当地经验进行勘察。

4.5.2 对于较复杂的、周边环境风险较高的基坑工程应根据基坑设计和施工的要求，进行专项岩土工程勘察。

4.5.3 基坑支护工程勘察前，宜取得以下资料：

- 1 拟建建筑物的红线图及总平面图；
- 2 拟建建筑物坐标、场地地面高程、基底高程、基坑外轮廓线等；
- 3 已有的基坑周边环境资料等。

4.5.4 基坑支护岩土工程勘察应解决以下主要问题：

- 1 查明场地所在地貌单元、地层时代、成因、地层结构及水平与垂直方向分布规律；
- 2 提供各岩土层的物理力学性质指标；
- 3 查明岩土层的膨胀性、软化性、崩解性、触变性；
- 4 查明岩体的岩性、产状、风化程度，结构面（尤其是外倾软弱面）的类型、力学性质、发育程度以及软质岩石开挖暴露后工程性能恶化对基坑稳定性的影响；
- 5 查明地下水的类型、补给来源、水位及其动态变化，以及土层的渗透性等。

4.5.5 基坑工程勘察应符合下列规定：

- 1 应针对基坑工程设计的要求进行勘察；
- 2 在初步勘察阶段，应根据基坑开挖深度、岩土工程条件、周边环境条件，初步判定开挖可能发生的问题，提出与基坑支护、地下水控制相关的勘察分析评价内容和初步建议；
- 3 在详细勘察阶段，应根据开挖深度、岩土和地下水条件以及环境要求，分析评价可能的岩土工程问题和环境影响，提出相关岩土参数、基坑支护、地下水控制及环境保护的建议和安全监控的要求。
- 4 在施工阶段，必要时尚应进行施工勘察。

4.5.6 勘探点间距应根据地层复杂程度确定，宜为 15m~25m，且每一条侧边勘探点不宜少于 3 个。存在暗沟、暗塘、岩溶、花岗岩球状风化体等地层结构突变的特殊地层应适当加密勘探点，进一步查明其分布及工程特性。

4.5.7 基坑工程勘察的勘探深度应根据场地条件和场地环境和基坑开挖深度确定。勘探深度不宜小于 2.0 倍基坑开挖深度，并应穿过主要的软弱土层和含水层。当 2.0 倍基坑开挖深度范围内遇微风化岩时，控制性勘探点可钻入微风化岩 3.0m~5.0m，一般性勘探点可钻入微风化岩 1.0m~2.0m。每一条基坑侧边控制性勘探点的数量不宜少于该侧边勘探点数的 1/3；当基坑开挖面以上有软弱沉积岩出露时，控制性钻孔应进入基坑底面以下不小于 3.0m。

4.5.8 勘察的平面范围宜超出开挖边界外开挖深度的 2 倍~3 倍。深厚软土区勘察范围尚应适当扩大。在开挖边界外不具备钻探条件时，勘察手段以调查研究、

搜集已有资料为主，复杂场地和斜坡场地应布置适量的勘探点。

4.5.9 在受基坑开挖影响和可能设置支护结构的范围内，应查明岩土分布，分层提供支护设计所需的抗剪强度指标。土的抗剪强度试验方法，应与基坑工程设计要求的参数一致，符合设计采用的标准，并应在勘察报告中说明。

4.5.10 在边坡影响范围内开挖基坑，应同时满足基坑和边坡的勘察要求。

4.5.11 不良地质基坑工程勘察时，可按本标准第 5 章的规定进行。地质情况复杂时，施工前宜进行施工勘察。

4.5.12 在特殊性岩土分布区进行基坑工程勘察时，可参照本标准第 6 章的规定进行勘察，对软土的蠕变和长期强度，软岩和极软岩的失水崩解，膨胀土的膨胀性和裂隙性以及非饱和土增湿软化等对基坑的影响进行分析评价。

4.5.13 当场地水文地质条件复杂，在基坑开挖过程中需要对地下水进行控制（降水或隔水），且已有资料不能满足要求时，应进行专门的水文地质勘察，并应符合下列规定：

1 查明场地地下水类型和补给与排泄条件，各含水层的埋深、厚度和分布以及土层的渗透性等；

2 水文地质条件复杂或岩溶水发育地区应进行单孔或群孔分层抽水试验，测定含水层的渗透系数和影响半径，当存在承压水时应分层测量地下水水位，并确定承压水水头高度；

3 分析施工过程水位降低对支护结构和周围环境的影响，提出应采取相应措施的建议。

4.5.14 当基坑开挖可能产生流砂、流土、管涌等渗透性破坏时，应有针对性地进行勘察，分析评价其产生的可能性及对工程的影响。当基坑开挖过程中有渗流时，地下水的渗流作用宜通过渗流计算确定。

4.5.15 基坑工程勘察应查明下列基坑周边环境条件：

1 既有建（构）筑物的用途、结构类型、层数、与基坑的相对位置，基础的形式、埋深；

2 道路的类型、宽度、路基形式和最大的车辆荷载等；桥梁基础形式、桩基长度和持力层位置；

3 各种既有地下管线和地下构筑物的类型、主要尺寸及其埋深，既有的供水、污水、雨水等地下输水管线的使用状况及渗漏状况等；

4 邻近地铁车站或区间的相关竣工资料，包括车站的埋深、尺寸、基础形式，区间的埋深、尺寸、与基坑的位置关系，区间管片的现状等；

5 场地地表水的汇流与排泄条件。

4.5.16 基坑工程勘察应针对基坑安全稳定和环境影响的进行分析，提供有关岩

土参数和勘察分析建议，取样和测试应符合下列规定：

1 原状岩土试样或原位测试的数量，应满足每一建筑基坑每一主要土层不少于 6 个（组），连续记录的静力触探或动力触探，每一建筑基坑不应少于 3 孔；

2 室内试验除常规试验项目外，重点试验项目宜包括重度、直接快剪及固结快剪试验、三轴不固结不排水剪切固结试验、渗透试验等，饱和软黏土宜进行高压固结试验判定其应力历史，砂土应做休止角试验，当需进行抗渗透破坏稳定性计算时，宜进行颗粒分析试验，绘制颗粒大小分布曲线，厚度大于 3.0m 的人工素填土应进行重度和抗剪强度试验；

3 对原位测试的重点试验项目，黏性土和砂土应进行标准贯入试验；淤泥、淤泥质土应进行十字板剪切试验和静力触探试验；碎石土和较厚的填土应进行标准贯入试验或重型动力触探试验。

4.5.17 基坑工程勘察应针对以下内容进行分析，提供有关计算参数和建议：

- 1 基坑支护的局部稳定性、整体稳定性和坑底抗隆起稳定性；
- 2 坑底和侧壁的渗透稳定性；
- 3 挡土结构和边坡可能发生的变形；
- 4 降水效果和降水对环境的影响；
- 5 开挖和降水对邻近建筑物和地下设施的影响。

4.5.18 基坑工程岩土工程勘察报告应包括下列内容：

- 1 基坑工程有关的场地条件、工程地质和水文地质条件及周边环境条件；
- 2 支护结构选型的建议和基坑设计相关的计算参数；
- 3 地下水控制方法及相关计算参数；
- 4 基坑开挖和降水对周边环境的影响评价；
- 5 渗透稳定性的评价，并提供相关计算参数；
- 6 对施工阶段的环境保护和监测工作的建议；
- 7 特殊性岩土的分布及其特殊性质对基坑影响的分析评价。

4.5.19 岩土工程勘察报告中应提供以下主要图表：

- 1 勘探点平面布置图，图中应绘出基坑开挖范围线以及周边环境条件等；
- 2 沿基坑周边的工程地质剖面图；
- 3 钻孔柱状图；
- 4 水文地质试验图表及有关原位测试和室内试验成果图表等；
- 5 对岩层中开挖的基坑工程应提供具有岩层的岩性与产状、结构面产状、软弱岩层和破碎带的分布等特征的工程地质图，当软弱结构面对基坑稳定性起控制作用时宜分段提供有代表性的结构面极射赤平投影分析图。

4.6 桩基础

4.6.1 桩基岩土工程勘察应包括下列内容：

- 1 查明场地各层岩土的类型、深度、分布、工程特性和变化规律；
- 2 当采用基岩作为桩的持力层时，应查明基岩的岩性、构造、岩面变化、风化程度、确定其坚硬程度、完整程度和基本质量等级，判定有无洞穴、临空面、破碎岩体或软弱岩层；
- 3 查明水文地质条件，评价地下水对桩基设计和施工的影响，判定水质对建筑材料的腐蚀性；
- 4 查明不良地质作用，可液化土层和特殊性岩土的分布及其对桩基的危害程度，并提出防治措施的建议；
- 5 评价成桩可能性，论证桩的施工条件及其对环境的影响。

4.6.2 桩基岩土工程勘察宜采用钻探和触探以及其他原位测试相结合的方式；对软土、黏性土、粉土和砂土的测试手段，宜采用静力触探、十字板和标准贯入试验；对碎石土宜采用重型或超重型圆锥动力触探。岩溶地区的施工阶段勘察亦可采用管波、跨孔 CT 等物探方法配合钻孔查明桩基持力层岩石的完整性。

4.6.3 桩基岩土工程勘探点间距应符合下列规定：

- 1 对端承桩宜为 12m~24m，相邻勘探点揭露的持力层面高差宜控制在 1m~2m；
- 2 对摩擦桩宜为 20m~30m，当地层条件复杂，影响成桩或设计有特殊要求时，勘探点应适当加密；
- 3 复杂地基的一柱一桩工程，宜每柱设置勘探点；
- 4 嵌岩桩应进行施工阶段勘察，遇花岗岩孤石、碎屑岩夹层或岩溶发育等复杂场地，或荷载较大的桩基工程，应每柱设置勘探点，必要时宜每桩至少设置 1 个勘探孔，不同桩径下的钻孔数量可参考表 4.6.3。

表 4.6.3 嵌岩桩不同桩径下钻孔孔数布置表

桩径 d (m)	$d < 1.4$	$1.4 \leq d < 2.0$	$d \geq 2.0$
每桩位布置钻孔数 (个)	1	2	3

注：该表适用于非岩溶发育区的嵌岩桩工程，岩溶发育区嵌岩桩的布孔应符合本标准第 5.1.10 条的相关要求。

4.6.4 桩基岩土工程勘察勘探孔的深度应符合下列规定：

- 1 勘探孔的深度应达到预计桩长以下 $3d \sim 5d$ (d 为桩径)，且不得小于 3m；对一般岩质地基的嵌岩桩，勘探孔深度应钻入预计嵌岩面以下 $3d \sim 5d$ ，且不应小于 5m；对岩溶发育及花岗岩孤石发育地区的嵌岩桩，勘探孔深度应进入预计嵌岩面以下 5m~8m；遇软弱层、孤石、构造破碎带或溶洞时，宜将软弱层、孤石、

构造破碎带或溶洞钻穿，并满足桩基对持力层厚度的要求；

2 控制性勘探孔深度应满足不同桩型的桩基持力层及其下卧层验算要求；对需验算沉降的桩基，应超过地基变形计算深度；

3 对单桩承载力要求较高，需要进行多种桩型或桩长方案比选时，应查明不同桩型可能存在的桩基持力层及按最长桩方案确定勘探孔深度。

4.6.5 岩土室内试验应满足下列要求：

1 当需估算桩的侧阻力、端阻力和验算下卧层强度时，宜进行三轴剪切试验或无侧限抗压强度试验；三轴剪切试验的受力条件应模拟工程的实际情况；当桩侧存在较厚软土层时，宜进行固结系数和先期固结压力试验；

2 对需估算沉降的桩基工程，应对桩基压缩层范围内存在的主要黏性土层进行压缩试验，试验最大压力宜大于上覆自重压力与附加压力之和；提供桩基各压缩层的变形参数；

3 当桩端持力层为基岩时，对硬质岩进行饱和单轴抗压强度试验；对软岩和极软岩，可进行天然湿度的单轴抗压强度试验；软质岩宜进行软化试验；对无法取样进行单轴抗压强度试验的破碎和极破碎的岩石，宜进行原位测试；

4 嵌岩桩施工勘察阶段岩土工程勘察，应在嵌岩段及桩端采取一定数量具有代表性的岩样进行饱和或天然湿度单轴抗压强度试验，结合详勘岩样试验结果提出嵌岩段及桩端持力层岩石抗压强度建议参数；对需要按每条桩下持力层岩石抗压强度进行承载力计算或碎屑岩等岩石抗压强度变化较大的场地，宜每孔均在嵌岩段及桩端持力层采取具有代表性的岩样。

4.6.6 桩基工程岩土工程勘察报告除应符合本标准的第 13.1 节~第 13.3 节外，尚应包括下列内容：

- 1 提供可选的桩基类型和桩的桩端持力层，提出桩长、桩径方案建议；
- 2 当有软弱下卧层时，验算软弱下卧层强度；
- 3 对欠固结的土和面积堆载的工程，应分析桩侧产生负摩阻力的可能性及其对桩基承载力的影响，并提供负摩阻力系数和减少负摩阻力措施的建议；
- 4 分析成桩的可能性，成桩和挤土效应的影响，并提出保护措施的建议；
- 5 持力层为倾斜地层，基岩面凸凹不平或者岩土中有洞穴时，应评价桩的稳定性，并提出处理措施的建议。

4.6.7 嵌岩桩施工阶段岩土工程勘察报告宜包括下列内容：

- 1 工程概况、勘察任务及委托情况；
- 2 岩层分布、性状及物理力学性质描述；
- 3 提出桩基持力层或桩长建议；
- 4 分析成桩过程中的不利地质因素影响，并提出保护措施建议；

- 5 钻孔柱状图、物探成果图、基岩面等高线图、岩芯照片等图件或照片；
- 6 岩石试验报告；
- 7 其他建议或说明。

4.7 地基处理

4.7.1 地基处理的岩土工程勘察应满足下列要求：

1 查明地基处理影响范围内各岩土层的类型、分布、埋深、成因类型和物理力学性质及水文地质条件；

勘察孔深度应满足地基承载力、变形计算和稳定性分析评价要求，间距宜根据地基处理形式按 15m~30m 控制，地层变化较大或遇到特殊岩土时，应适当加密勘探点；

2 提出地基处理方案建议，预测地基处理效果，并评价地基处理对周边环境的影响；

3 针对可能采用的地基处理方案、工程地质条件和荷载条件等，采用合适的勘察手段，提供地基处理设计和施工所需的岩土特性参数；

4 当场地条件复杂且缺乏成功经验时，应建议在施工现场对拟选方案进行试验或对比试验，检验方案的设计参数和处理效果。

4.7.2 换填垫层法的岩土工程勘察应重点查明下列内容：

1 查明待换填的不良土层的分布范围和埋深，换填土层厚度变化较大时，应适当加密勘探点，必要时宜对换填土土源进行勘察；

2 应重点查明垫层以下软弱下卧层的承载力和变形参数，评估接触面的抗滑稳定性；

3 应评估换填材料对地下水环境的影响；

4 宜对换填施工过程中，开挖、回填和降水等事项提出建议；

5 当施工验槽时发现与勘察报告不一致时，应进行施工勘察；当发现垫层底部存在古井、古墓、洞穴、旧基础、暗塘等软硬不均的部位时，应要求设计和施工单位进行处理。

4.7.3 预压法的岩土工程勘察宜重点查明下列内容：

1 查明拟处理软土的成层条件（包括是否有夹砂层和下卧砂层），软土的埋深和分布等；查明拟处理软土上覆填土的成因、分布、埋深、粒径、水源补给情况和透水情况；

2 除提供待处理软土的一般物理力学参数外，应着重提供软土的先期固结压力、压缩性曲线、竖向和水平向固结系数、抗剪强度指标、软土在预压过程中强度的增长规律等参数；

3 对重要工程，应建议设计人员选择代表性试验区进行预压试验，为预压处理的设计施工提供可靠依据。

4.7.4 强夯法的岩土工程勘察应重点查明下列内容：

1 查明强夯影响深度范围内土层的组成、分布、物理力学性质、透水性和地下水条件等；

2 查明施工场地和周围受影响范围内的地下管线和建（构）筑物的位置、标高；调查有无对振动敏感的设施，对是否需在强夯施工期间进行监测等提出建议；

3 对重要工程，应建议设计人员选择代表性区域进行强夯试验，检验强夯施工可行性、施工参数和加固效果。

4.7.5 复合地基的岩土工程勘察宜重点查明下列内容：

1 重点查明大粒径块石、地下洞穴、植物残体、管线、障碍物等可能影响复合地基中增强体施工的因素；

2 复合地基中增强体施工对加固区土体挤密或扰动程度较高时，宜测定增强体施工后加固区土体的压缩性指标和抗剪强度指标；

3 宜根据拟采用复合地基中增强体类型，按表 4.7.5 要求重点提供岩土参数。

表 4.7.5 不同增强体类型提供的岩土参数

序号	增强体类型	需提供的岩土参数
1	深层搅拌桩	含水量，pH，有机质含量，地下水和土的腐蚀性，黏性土的塑性指数等
2	高压旋喷桩	pH，有机质含量，地下水和土的腐蚀性等
3	挤密砂石桩	砂土、粉土的黏粒含量，液化评价，天然孔隙比、最大孔隙比、最小孔隙比、标准贯入击数等
4	置换砂石桩	软黏土的含水量，不排水抗剪强度，灵敏度等
5	强夯置换墩	软黏土的含水量，不排水抗剪强度，灵敏度，标准贯入或动力触探击数，液化评价等
6	管桩、CFG 桩等刚性桩	地下水和土的腐蚀性，不排水抗剪强度等

4.7.6 注浆法的岩土工程勘察宜重点查明下列内容：

1 查明岩土体渗透性、孔隙比或岩石的裂隙宽度和分布规律，地下水埋深、流向和流速，岩土的化学成分和有机质含量；岩土的渗透性宜通过现场试验测定；

2 查明临近的既有地下构筑物 and 地下管线等的埋深、渗漏或可能存在的裂缝等，评估其注浆时发生渗漏的可能性；

3 对重要工程或既有建筑物地基加固工程，任务需要时宜选择代表性试验区进行注浆试验。

4.8 既有建筑物的增载和保护

4.8.1 既有建筑物的增载和保护的专项勘察应符合下列要求：

1 搜集既有建筑物场地的勘察报告、地基基础设计、施工图纸、变形观测、地下管线和其他地下隐蔽工程资料，必要时，宜通过探井或物探等手段进行核实；

2 当已有勘察资料不能满足既有建筑物增载或保护设计要求时，应根据增载或者保护方案开展勘察工作，并应查明地基土的承载力，分析增载后产生附加沉降和差异沉降的可能性；对建造在斜坡上的建筑物尚应进行稳定性验算；

3 评价地下水抽降对建筑物的影响时，应进行水文地质试验，分析抽降引起地基土的固结作用和地面下沉对既有建（构）筑物的影响，并预测其发展趋势；

4 评价基坑开挖对邻近既有建筑物的影响时，应分析开挖卸载导致的基坑底部剪切隆起，因坑内外水头差引发管涌、坑壁土体的变形与位移、失稳等危险；并应分析基坑降水引起的地面不均匀沉降的不良环境效应；

5 评价施工对既有建筑物的影响时，应分析伴随岩土体内的应力重分布出现的地面下沉、挠曲等变形或破裂、施工降水的环境效应，过大的围岩变形或坍塌等对既有建筑物的影响。

4.8.2 建筑物的增载的岩土工程勘察应包括下列内容：

1 勘探点应紧靠基础外侧布置，有条件时宜在基础中心线布置，每栋单独建筑物的勘探点不宜少于 4 个；勘探点深度应能控制主要受力层，并满足变形计算的要求；

2 勘探方法除钻探外，宜包括探井和静力触探或旁压试验；取土和旁压试验的间距，在基底以下一倍基宽的深度范围内宜为 0.5m，超过该深度时可为 1m；当拟增载量较大时，宜作载荷试验，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 宜与原勘察报告的测试指标进行比对分析，对增载后的地基土承载力进行分析评价，提出关于设计方案、施工措施和变形监测的建议。

4.8.3 建筑物接建、邻建的岩土工程勘察按新建建筑物进行勘察，在新、旧建筑物地基基础影响区勘探点间距、深度按复杂地基考虑。

4.8.4 基坑开挖或地下水抽降对既有建筑物影响的岩土工程勘察应符合下列要求：

1 分析已有勘察资料，必要时应做补充勘探测试工作；

2 勘探孔深度应超过可压缩地层的下限，并应取土试验或进行原位测试；

3 详细查明含水层的分布、性质、渗透系数和水力联系，设置观测孔，监

测地下水水位变化；

4 研究地下水抽降与含水层埋藏条件、可压缩土层厚度、土的压缩性和应力历史等的关系，做出评价和预测；

5 岩土工程勘察报告应分析预测场地可能产生地面沉降、形变、破裂及其影响，提出保护既有建筑物的措施和变形监测的建议。

4.8.5 室内实验除应提供常规物理学指标外，尚应符合下列要求：

1 进行标准固结试验，提供 $e-lgp$ 曲线、先期固结压力、压缩指数、回弹指数和与增荷后土中垂直有效压力相应的固结系数；

2 抗剪强度宜提供三轴不固结不排水剪切试验成果。

4.9 市政工程

4.9.1 本节适用于以下市政工程项目的岩土工程勘察：

1 城市道路、公交场站和城市广场的道路与地面工程及附属的支挡工程等城市道路工程；

2 城市桥梁、涵洞等城市桥涵工程；

3 城市的山岭隧道、平原隧道、水下隧道等城市隧道工程；

4 埋设于地下的给水、排水、热力、燃气、电力、通讯等城市室外管线工程等城市室外管道工程；

5 厂区水处理建（构）筑物、泵房以及取水头部、排放口等城市给排水厂站工程；

6 江、河、湖、海等的城市堤岸工程。

4.9.2 市政工程应根据其工程类别和场地工程地质条件编制勘察纲要、开展勘察工作，取样和测试工作应符合本标准第 4.1 节~第 4.7 节的相关规定。

4.9.3 市政工程重要性等级可结合项目特点按表 4.9.3 划分。跨海大桥、跨海隧道、地质条件特别复杂的山岭隧道，工程重要性等级可定为特级。

表 4.9.3 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、主干路	次干路	支路、绿道、慢行道路、公交场站、广场
桥涵工程	特大桥、大桥	中桥	小桥、涵洞
隧道工程	全部	——	——
给排水厂站工程	大型、中型或埋地式	小型非埋地式	——

续表 4.9.3

工程类别	一级	二级	三级
室外管道工程	明挖法施工	基坑开挖深度 $\geq 5\text{m}$	基坑开挖深度 3 m ~5m
综合管廊工程	全部	——	——
堤岸工程	桩式堤岸和桩基加固的混合式堤岸、一级堤防堤岸	圬工结构或钢筋混凝土结构的天然地基堤岸、二级堤防堤岸	土堤、三级及以下堤防堤岸

注：1 以上有两种等级划分标准的，按两种标准判别结果中等级高的一种确定重要性等级，并从一级开始向二级、三级推定，以先满足的为准；

2 根据设计路面标高和原地面标高的相对关系，道路工程可分为一般道路、高路堤、陡坡路堤、路堑和支挡结构。高路堤、陡坡路堤、路堑和支挡结构的工程重要性等级均定为一级；

3 表中的综合管廊工程包括干线综合管廊和支线综合管廊，缆线管廊的工程重要性等级按室外管道工程确定；

4 人行过街天桥按其主桥跨径和长度确定工程重要性等级，梯道重要性等级为三级。

4.9.4 城市道路工程勘察应符合下列规定：

1 勘探点布置方式宜根据拟新建或扩建宽度，按以下方式布置：

1) 宽度小于 20m 时，勘探点宜沿中线布置或呈左右交错布置；

2) 宽度 20m~50m 时，勘探点宜沿道路两侧呈左右交错布置；

3) 宽度大于 50m 时，宜分左右幅分别布置勘探点；

4) 一侧挖方、一侧填方的山区路段，宜于代表性路段布置勘探横剖面。

2 初步勘察勘探点间距宜根据道路分类、场地和地基复杂程度等级按表 4.9.4-1 控制。公交场站和城市广场的道路与地面工程勘探点间距宜为 100m~200m。

表 4.9.4-1 初步勘察勘探点间距(m)

场地和地基复杂程度等级	道路分类	
	一般路基	高路堤、陡坡路堤、路堑和支挡结构
一级	150~250	60~100
二级	250~300	100~150
三级	300~500	150~200

注：1 不同地貌单元应布置勘探点；

2 高路堤、陡坡路堤、路堑和支挡结构应布置勘探点。

3 详细勘察勘探点间距宜根据道路分类、场地和地基复杂程度等级按表

4.9.4-2 控制。公交场站和城市广场的道路与地面工程勘探点间距宜为 50m~100m。

表 4.9.4-2 详细勘察勘探点间距(m)

场地地基 复杂程度等级	道路分类	一般路基	高路堤、陡坡路堤、 路堑和支挡结构
一级		50~75	20~30
二级		75~100	30~50
三级		100~200	50~100

注：1 不同地貌单元及其交界部位均应布置勘探点，在地质复杂地段应加密勘探点；

2 山区半挖半填路段、陡坡路堤、路堑及支挡工程，应在代表性的区段布设工程地质横断面；

3 通过沟、浜、湮埋的沟坑和古河道时，勘探点的间距宜控制在20m~40m。

4 勘探孔深度应符合下列规定：

1) 一般路基、公交场站和城市广场的道路与地面工程，勘探孔深度宜达到原地面以下不小于 5m；挖方地段宜达到路面设计标高以下不小于 4m；

2) 在拟定勘探深度范围内分布有未经有效处理的填土、软土和可液化土等特殊土质时，一般性勘探孔应满足地基处理深度要求，控制性勘探孔宜予以钻穿并进入下卧可塑或稍密以上土层不小于 3m；

3) 在拟定勘探深度内遇岩层时，应钻入岩层不小于 1m；

4) 高路堤、陡坡路堤、路堑、支挡工程的勘探孔深度应满足稳定性分析评价与地基处理的要求，高路堤勘探孔深度尚应满足变形计算的要求。

4.9.5 城市桥涵工程勘察应满足符合以下规定：

1 初步勘察勘探线的布置应与桥涵的轴线相一致，勘探点宜布置在可能建造墩台的范围内，勘探点沿桥梁轴线投影间距宜为 100m~150m；特大桥的主桥，每个墩台的勘探点不宜少于 1 个；每座中小桥、涵洞的勘探点不宜少于 1 个；

2 详细勘察勘探点布置应符合下列规定：

1) 采用灌注桩基础的桥梁，勘探点布置应符合表 4.9.5 的规定；人行过街天桥主桥宜每座墩台布置 1 个勘探点；多桩桥墩勘探点，灌注桩不应少于桩数的 1/3，预制桩不应少于桩数的 1/10；多桩桥台勘探点，灌注桩不应少于桩数的 1/6，预制桩不应少于桩数的 1/20。

表 4.9.5 采用灌注桩基础的城市桥梁详细勘察勘探点布置原则

工程重要性等级	勘探点布置原则
一级	1. 应每座墩台布置不少于 1 个勘探点 2. 特大桥每一主桥墩应不少于 4 个 3. 每一主桥墩勘探点数不宜少于桩数的 1/2

续表 4.9.5

工程重要性等级	勘探点布置原则
一级	4.对于高架桥、立交桥和引桥，上部结构为单孔跨径 $L_k < 25\text{m}$ 的简支梁桥或单孔跨径 $L_k < 18\text{m}$ 的连续梁桥时，在场地与岩土复杂程度等级为三级条件下可每隔 1 座墩台布置 1 个勘探点
二级	宜每座墩台布置 1 个勘探点，场地与岩土复杂程度等级为三级时可每隔 1 座~2 座墩台布置 1 个勘探点
三级	可每隔 1 座~2 座墩台布置 1 个勘探点

注：1岩溶地区应逐桩布置勘探点；

2当邻近地铁、地下室等重要建筑物时，宜逐桩布置勘探点；

3遇断裂带、软弱夹层等不良地质或地质条件复杂时，结合设计需要酌情增加勘探点数量。

2) 采用浅基础或沉井基础的桥梁，宜每座墩台布置不少于 1 个勘探点，勘探点间距宜为 10m~20m；

3) 悬索桥和斜拉桥的桥塔、锚碇基础、高墩基础的勘探点，宜根据其外形对称布置于边缘，优先布置于角点，可在中心布置勘探点；情况复杂时，按设计要求研究后布置。勘探点可参考图 4.9.5 进行平面布置。

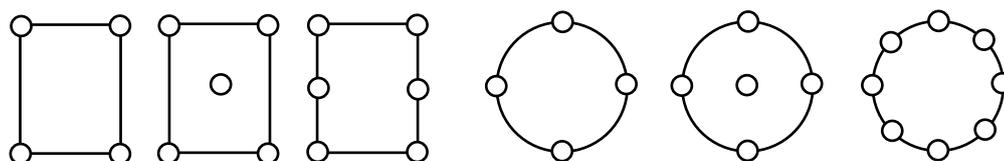


图 4.9.5 悬索桥和斜拉桥的桥塔、锚碇基础、高墩基础的勘探点布置图

4) 单座涵洞的勘探点数不宜少于 2 个，勘探点间距 20m~30m。

5) 人行过街天桥梯脚部位应布置勘探点。

3 勘探孔深度应满足下列规定：

1) 拟采用浅基础时，勘探孔宜达到基底下 1.5 倍~2.0 倍基础宽度且不应小于 10m，遇到软土层分布时应超过地基变形计算深度；覆盖层较薄的岩质地基，勘探孔应进入持力层及基础埋置深度以下不小于 3m；

2) 拟采用桩基础时，勘探孔深度应符合本标准 4.6.4 条的规定；

3) 拟采用沉井基础时，勘探孔深度应根据沉井刃脚埋深和地质条件确定，宜达到沉井刃脚以下 0.5 倍~1 倍沉井直径或宽度，并不应小于 5m；

4) 临近地铁、地下室等重要建筑物时，勘探孔宜适当加深。

4.9.6 城市隧道工程勘察应符合下列规定：

1 隧道工程勘察应结合拟采用的工法制定相应的勘察方案；

2 初步勘察应符合下列规定：

1) 暗挖法隧道应符合本标准 4.3 节的规定；

2) 明挖法、沉管法隧道宜沿基槽底边线左右交错或并排布置勘探点，根据场地和地基复杂程度等级按表 4.9.6-1 控制勘探点间距，按表 4.9.6-2 控制勘探孔深度。

表 4.9.6-1 明挖法、沉管法初步勘察勘探点间距 (m)

场地和地基复杂程度等级	一级	二级	三级
勘探点间距	30~60	60~120	120~150

表 4.9.6-2 明挖法、沉管法初步勘察勘探孔进入结构底板以下深度 (m)

结构底板以下地层条件	明挖法	沉管法
松散地层	$\geq 1.5h$ 且 $\geq 15m$	$\geq 1.0w$
碎石土、全风化岩、强风化岩或极软岩	$\geq 1.0h$ 且 $\geq 10m$	$\geq 0.7w$
中等风化岩、微风化岩	$\geq 6m$	$\geq 0.5w$

注：h 为隧道开挖深度；w 为隧道底板宽度。

3 详细勘察应符合下列规定：

- 1) 暗挖法隧道应符合本标准第 4.3 节的规定；
- 2) 明挖法、沉管法隧道宜沿基槽底边线并排布置勘探点，根据场地和地基复杂程度等级按表 4.9.6-3 控制勘探点间距，按表 4.9.6-4 控制勘探孔深度；基槽底宽度超过边线纵向勘探点间距的 1.5 倍时，可沿中线按表 4.9.6-3 的 2 倍增加一排勘探点；

表 4.9.6-3 明挖法、沉管法详细勘察勘探点间距 (m)

场地和地基复杂程度等级	一级	二级	三级
勘探点间距	10~20	20~40	40~50

表 4.9.6-4 明挖法、沉管法详细勘察勘探孔进入结构底板以下深度 (m)

结构底板以下地层条件	明挖法	沉管法
松散地层	$\geq 1.0h$ 且 $\geq 12m$	$\geq 0.6w$
碎石土、全风化岩、强风化岩或极软岩	$\geq 0.7h$ 且 $\geq 8m$	$\geq 0.4w$
中等风化岩、微风化岩	$\geq 5m$	$\geq 0.3w$

注：h 为隧道开挖深度；w 为隧道底板宽度。

- 3) 沉管法隧道两侧放坡范围应布置勘探点，勘探点间距宜为 40m~60m。

4.9.7 城市室外管道工程和管廊工程勘察应符合下列规定：

- 1 初步勘察勘探点间距宜根据场地和地基复杂程度等级按表 4.9.7-1 控制；

表 4.9.7-1 初步勘察勘探点间距 (m)

场地和地基复杂程度等级	一级	二级	三级
勘探点间距	60~100	100~150	150~300

注：1 明挖法施工时，基槽开挖宽度不大于10m的管道，勘探点应沿中心线布置；管廊及基槽开挖宽度大于10m的管道，宜沿基槽支护结构线左右交错布置勘探点；

- 2 非开挖法敷设时，管道勘探点宜沿边线外侧1m~2m左右交错布置，管廊陆域段勘探点宜沿边线外侧3m~5m左右交错布置，管廊水域段勘探点宜沿边线外侧5m~8m左右交错布置；

- 3 当勘探孔需要移位钻探时，陆域孔不宜偏出外边线 5m，水域孔不宜偏出外边线 10m。

2 管道工程详细勘察勘探点间距宜根据工程重要性等级、场地和地基复杂程度等级按表 4.9.7-2 控制。

表 4.9.7-2 管廊工程详细勘察勘探点间距 (m)

场地和地基复杂程度等级	施工工法	明挖法	暗挖法
	一级	20~30	10~30
二级	30~50	30~50	
三级	50~100	50~60	

注：1. 明挖法施工管廊勘探点宜沿支护结构线左右交错布置；暗挖法施工管廊勘探点宜沿结构轮廓线外侧3m~5m（水域5m~8m）左右交错布置；地质条件复杂、管廊横断面尺寸较大时，勘探点可沿综合管廊外侧并排布置；

2. 管廊工作井、施工工法变换处、走向转角处、节点处或暗挖施工的工作井处宜布置勘探点。

3 勘探孔深度应符合下列规定：

1) 明挖法施工段及井位勘探孔深度应满足基坑支护、止水设计要求，不小于 2 倍基坑开挖深度且不小于管底以下 5m；

2) 非明挖法施工段，管道勘探孔深度宜达到管底以下 5m~10m，管廊勘探孔深度进入综合管廊底以下不小于 3.0 倍管廊直径（宽度）深度；

3) 当基底下存在软弱土层、厚层填土、可液化砂层、承压含水层、溶土洞时，勘探孔应适当加深，必要时予以钻穿；

- 4) 当基底以下钻遇坚硬黏性土、碎石土和岩层时，可适当减少勘探深度。

4.9.8 城市给排水工程勘察应符合下列规定：

- 1 初步勘察厂区水处理构筑物勘探点可按网格状布置，间距宜为

50m~150m；各单体构筑物及厂区外的泵房、取排水构筑物等应布置勘探点；

2 详细勘察勘探点布置应符合下列规定：

1) 拟采用天然地基或地基处理方案的厂区水处理构筑物和厂区内的基坑勘探点宜根据场地和地基复杂程度等级按表 4.9.8 控制；

表 4.9.8 详细勘察勘探点间距 (m)

场地和地基复杂程度等级	水处理构筑物	基坑边界	基坑边线外
一级	10~15	10~15	20~30
二级	15~30	15~20	30~40
三级	30~50	20~25	40~50

2) 单个泵房的勘探点不宜少于 2 个；重大设备基础应单独布置勘探点，且勘探点不宜少于 3 个；取水头部、排放口应布置勘探点。

3 勘探孔深度应符合下列规定：

1) 厂区水处理构筑物按其基础形式，勘探孔深度应分别符合本标准 4.2.15、4.2.16、4.6.4 条的规定；基坑勘探孔深度应符合本标准 4.5.4 条的规定；

2) 开槽式泵房勘探孔深度不宜小于 2.5 倍基坑开挖深度；岸边泵房勘探孔深度宜达到岸坡稳定验算深度以下 3m~5m；采用沉井基础时，勘探孔深度可取 $H+(0.5\sim 1.0)b$ (H 为沉井深度，b 为井宽或井径)，并不应小于沉井刃脚以下 5m；勘探孔深度还应满足不同基础类型及施工工法对孔深的要求；

3) 重大设备勘探孔深度不宜小于 2 倍基础宽度；

4) 取水头部或排放口采用排架桩时，勘探孔深度不宜小于桩端以下 3m；采用其他基础形式时，勘探孔深度不应小于基础底面以下 5m；

5) 在勘探深度范围内遇基岩时，勘探孔深度可适当减小。

4.9.9 城市堤岸工程勘察应符合下列规定：

1 勘探纵勘探线、勘探点间距宜根据工程重要性等级、场地和地基复杂程度等级按表 4.9.9-1 确定；对于堤岸改造或加固工程，勘探点应避免原有堤岸支护结构布置；控制性勘探点不宜少于勘探点总数的 1/3；

表 4.9.9-1 初步勘察勘探点间距 (m)

工程重要性等级 场地和地基复杂程度等级	一级	二级	三级
	一级	50~70	70~100
二级	70~100	100~150	150~200
三级	100~150	150~200	200~250

2 详细勘察纵勘探线应沿堤岸轴线或平行堤岸轴线布置，勘探点间距宜根据工程重要性等级、场地和地基复杂程度等级按表 4.9.9-2 控制；堤岸走向转折点、结构型式变化处，均应布置勘探点；宜按纵勘探线勘探点间距的 2~4 倍布置横勘探线，横勘探线的勘探点间距宜为 20m~50m，且不宜少于 3 个；对堤岸的改造、加固工程勘察的勘探点，不宜布置在原有堤岸范围内；地质条件复杂地段和历史险情多发地段，应适当加密勘探点；控制性勘探点不宜少于勘探点总数的 1/2，且每条横勘探线应有控制性勘探点；

表 4.9.9-2 详细勘察勘探点间距 (m)

工程重要性等级 场地和地基复杂程度等级	一级	二级	三级
一级	25~35	35~50	50~75
二级	35~50	50~75	75~100
三级	50~75	75~100	100~150

3 详细勘察的勘探孔深度应符合下列规定：

1) 一般性勘探孔应深入河床以下 6m~8m，控制性勘探孔深度应深入河床以下 8~12m；在预定勘探深度内遇软土层或砂层时，勘探孔深度应穿过软土层或砂层一定深度，并应满足稳定性验算、变形验算、抗冲刷验算及渗流稳定性分析等要求；

2) 当存在滑动面时，一般性勘探孔应进入潜在滑动面以下 3m~5m，控制性勘探孔应进入潜在滑动面以下 5m~8m；

3) 在预计勘探深度内遇基岩时，控制性勘探孔应钻入中等风化基岩不小于 3m，其余勘探孔应钻至中等风化基岩面；

4) 桩式堤岸应达到桩端以下 3m~5m，对桩基加固的混合式堤岸，应达到桩端以下 1.5 倍~2.0 倍基础底面宽度；圬工结构或钢筋混凝土结构天然地基堤岸应进入基底以下持力层 3m~5m；土堤应达到 1.5 倍~2.0 倍土堤高度；当为软土地基时，应适当加深勘探深度；

5) 当堤岸内侧需填方或堤岸附近存在大面积地面堆载的影响时，勘探孔深度还应满足填方或地面堆载对堤岸稳定性评价要求。

4.10 造地工程

4.10.1 本节适用于造地工程大面积挖方和造地工程填筑前场地的岩土工程勘察。

4.10.2 造地工程的勘察范围应根据建设场地分区和规划确定，当场地附近存在影响工程安全的不良地质作用时，应扩大勘察范围，并应进行天然建筑材料的勘

察。

4.10.3 造地工程的勘察阶段应根据项目规模和设计、施工要求确定；对地质条件特别复杂的关键地段，当需对异常或可疑地段岩土工程条件进行复查时，应进行施工勘察。

4.10.4 造地工程的工程地质测绘和调查应包括场地的全部范围及其邻近有关地段，除应按本标准第 9 章的要求执行外，尚应着重调查下列内容：

- 1 地形、地貌特征并划分地貌单元；
- 2 洪水、滑坡、泥石流、岩溶、断裂等与场地稳定性有关的不良地质作用；
- 3 地层岩性、产状、厚度、风化程度，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；
- 4 地下水的类型、补给来源、排泄条件，泉井位置，地表水体的分布及其与地下水的关系。

4.10.5 在可能发生严重渗漏和大量浸没的地区或是可能对工程的安全、稳定产生影响以及水文地质条件复杂地区，应按本标准第 8 章的要求进行专门的水文地质勘察。

4.10.6 造地工程的岩土工程勘察工作应在充分收集资料的基础上，合理布置工作量，采用工程地质调查和测绘、勘探、物探、室内试验和原位测试等综合勘察手段。

4.10.7 填海造地工程勘察宜包括下列内容：

- 1 查明场地的地层结构及其工程特性，分析评价场地和地基的稳定性，提供满足陆域形成设计、施工所需的岩土参数，确定地基承载力，预测地基变形性状；
- 2 查明地下水类型、埋深条件、各地层透水性、调查水位变化幅度、补给与排泄以及与地表水体的相互联系；
- 3 查明场区不良地质作用的类型、成因、分布、发育程度，分析预判陆域形成过程中及陆域形成后不良地质作用的发展趋势和危害程度，并提出整治方案的建议；
- 4 查明与工程建设有关的地质构造，收集地震资料，对抗震设防烈度大于或等于 6 度的场地，进行场地与地基的地震效应评价；
- 5 分析场地的工程地质条件，分析评价围堰的稳定性，对后期陆域形成、人工岸坡防护、地基处理等提出建议；
- 6 分析评价腐蚀环境对建筑材料的腐蚀性。

4.10.8 填海造地工程勘探点布置应符合下列规定：

- 1 陆域形成区勘探线宜垂直于岸向，勘探线间距宜为 100m~200m，勘探点

间距宜为 50m~200m;

2 围堰区勘探线宜沿轴线布置 1 条~3 条, 勘探点间距宜为 50m~100m; 沿垂直于轴线方向布置横剖面, 横剖面间距宜为轴线勘探点间距的 2 倍至 4 倍, 每个地貌单元不少于一条横剖面, 每条横剖面勘探点数量宜不少于 3 个, 勘探点间距宜为 20m~50m;

3 地貌单元交接部位和地层变化较大地段, 勘探点应予以加密。

4.10.9 填海造地工程勘探孔深度应能满足场地地基处理、填筑地基的变形计算与边坡稳定性计算的要求。

4.10.10 填海造地工程陆域形成后宜按本标准第 4.7 节要求进行地基处理专项勘察。

4.10.11 山地丘陵造地工程勘察宜包括下列内容:

1 查明填方区域的地层结构、各层岩土的工程特性, 特殊性岩土、不良地质作用的分布范围与程度, 并做出稳定性等评价, 对场地地基处理提出建议;

2 对挖方区各种填料进行分类和详细评价, 并提供各种填料的比例和各种料源分布平面图及相应的工程技术参数; 开挖至设计高程后应查明地面下有无软弱地层、岩溶与土洞和其他不良地质作用, 评价其工程影响, 提出处理意见和建议;

3 查明场区地下水的补给、径流、排泄条件及水位埋深、动态变化及与地表水体的相互联系等水文地质条件, 并提出地下水和地表水处理的建议;

4 边坡区应查明岩土层分布及其工程特性, 查明影响边坡稳定的各类结构面、软弱夹层等的分布、特征及其组合关系, 提供边坡稳定分析与支护所需的物理力学参数;

5 对可能采用的地基处理方案, 宜提供地基处理设计和施工所需的岩土特性参数和注意事项;

6 查明场区内可液化的地层、断裂破碎带的分布情况, 进行场地环境工程地质评价和地质灾害预测, 提出防治和监测措施建议。

4.10.12 山地丘陵造地工程勘探点的布置应符合下列规定:

1 勘探线可按工程范围和建设场地分区, 沿地形坡向、沟谷走向等布置, 勘探点间距应能满足场地地基处理、填筑地基的变形计算与边坡稳定性计算的要求;

2 勘探点应沿勘探线布置, 每个地貌单元和不同地貌单元交接部位应布置勘探点; 对地质条件复杂的地段应适当加密布置勘探点;

3 对场区内每个岩溶漏斗、岩溶洼地、地表塌陷和断层破碎带均应布置勘探点, 数量应根据岩溶漏斗、岩溶洼地、地表塌陷和断层破碎带的范围确定, 并满足查明充填物及岩溶的发育情况要求;

4 挖方地段填料勘察应按山体坡度和基岩出露情况布置勘探线, 并根据地质

条件和物探成果合理布置勘探孔；

5 边坡、支挡结构以及其它建构筑物按本标准相关要求布置勘探点；

6 填方区勘探点宜按 50m~100m 间距呈方格网布置。

4.10.13 山地丘陵造地工程勘探点孔深应满足下列规定：

1 勘探点孔深应满足查明边坡稳定性、地基稳定性、地基处理和控制沉降计算深度要求；

2 挖方区勘探点孔深应从该处地势设计高程起算；挖方区填料勘察的钻孔深度应根据实际地质情况确定，并宜进入地势设计高程以下 2m；

3 岩溶勘察钻孔的深度应穿透表层岩溶发育带。

4.10.14 填料场地勘察宜包括下列内容：

1 查明填料的分布、厚度、结构特征、风化程度和上覆剥离层及无用夹层、有害夹层的分布、厚度等，查明填料的质量与储量；

2 查明料场的开采和运输条件；

3 测试填料的物理力学性质，评价填料的适宜性；

4 评价填料开采对环境的影响。

4.10.15 填料场地勘察工作布置应符合下列规定：

1 应在地质调查与测绘的基础上布置其它勘察工作；

2 物探方法应根据探测目的，结合地形地质条件和岩土物性条件选择；

3 勘探剖面宜根据料场类型，沿岩相和岩性变化大的方向布置。勘探点宜按网格布置，勘探点间距可取 50m~150m；

4 勘探点深度应至有用层以下 2m，有用层很厚时勘探点深度应超过最大开采深度；

5 对填料应采取代表性样品进行试验。块石料宜根据不同深度和不同岩性采取样品；其它填料宜每隔 1m~2m 采取一个样品。

4.10.16 试验项目应根据填料类别和用途确定，并应满足下列要求：

1 块石料进行干燥、饱和单轴极限抗压强度试验，天然密度、吸水率等试验；

2 碎石料进行颗粒分析，视需要增加击实试验；

3 砂料进行颗粒分析，水上、水下休止角等试验；

4 土料进行含水率、塑限、液限、密度、颗粒分析、有机质含量、击实试验等。

4.10.17 成果报告应就填料的种类、分布、储量、剥离量、开采运输条件和对环境的影响等问题进行论述。当填料条件复杂和对工程的影响重大时，应编制专题报告。

4.11 废弃物处理工程

4.11.1 本节适用于工业废渣堆场、垃圾填埋场等固体废弃物处理工程的岩土工程勘察。

4.11.2 废弃物处理工程的勘察应配合工程建设分阶段进行。可分为可行性研究勘察、初步勘察和详细勘察，并应符合有关标准的规定。

4.11.3 废弃物处理工程勘察前，应搜集下列技术资料：

- 1 废弃物的成分、粒度、物理和化学性质、日处理量、输送和排放方式；
- 2 堆场或填埋场的总容量、有效容量和使用年限；
- 3 山谷型堆场的流域面积、降水量、径流量、多年一遇洪峰流量；
- 4 初期坝的坝长和坝顶标高，加高坝的最终坝顶标高；
- 5 活动断裂和抗震设防烈度；
- 6 邻近的水源地保护带、水源开采情况和环境保护要求。

4.11.4 废弃物处理工程勘察的范围，应包括堆填场（库区）、坝址、相关的管线、隧洞等构筑物 and 建筑物，以及邻近相关地段，并应进行天然建筑材料的勘察。

4.11.5 废弃物处理工程的岩土工程勘察，应查明下列内容：

- 1 地形地貌特征和气象水文条件；
- 2 地质构造、岩土分布和不良地质作用；
- 3 岩土的物理力学性质；
- 4 水文地质条件、岩土和废弃物的渗透性；
- 5 场地、地基和边坡的稳定性；
- 6 污染物的运移，对水源和岩土的污染，对环境的影响；
- 7 筑坝材料和防渗覆盖用黏土的调查；
- 8 全新活动断裂、场地地基和堆积体的地震效应。

4.11.6 可行性研究勘察，主要采用工程地质调查、测绘等手段，辅以必要的勘探工作，根据岩土工程条件分析其对周边环境的影响，预测可能引起的地质环境问题，初步评价拟建场地的稳定性及适宜性。

4.11.7 初步勘察应重点查明下列内容：

1 库区初步勘察应重点查明下列内容：

1) 初步查明库区地貌特征，断层破碎带、古河道以及单薄分水岭等特殊地质构造，可溶岩等地层岩性，强透水岩土层、相对隔水层、地下水位以及地下水的补给条件等水文地质条件；

2) 初步查明库区对工程建筑物有影响的滑坡、崩塌和其他潜在不稳定边坡的分布、范围等；

2 坝址初步勘察应重点查明下列内容：

1) 初步查明坝址区第四纪沉积物厚度、成因类型、组成物质及其分布，基岩面埋深、产状、风化程度；

2) 初步查明坝址区内主要断层、破碎带的产状、性质规模、充填和胶结情况及活动性，进行节理裂隙统计，分析各类结构面组合对坝基、边坡稳定性和渗漏的影响；地下水含水层厚度及埋藏条件，水位、补排关系和地下水的腐蚀性等水文地质条件；

3) 查明不良地质作用，评价其对坝址的影响并提出防治措施。

4.11.8 初步勘察方法应符合下列规定：

1 库区工程地质测绘的比例尺可选用 1:2000~1:5000，对可能威胁工程安全的不良地质作用和潜在不稳定边坡应采用更大的比例尺。坝址初步勘察工程地质测绘比例尺可选用 1:1000~1:2000；

2 勘探孔的布置及钻孔深度见本标准第 4.11.9 条~第 4.11.10 条规定；

3 库区应根据地形地质条件，采用综合物探的方法，探测隔水层的埋深、渗漏段及隐伏断层破碎带的埋藏和延伸情况等；坝址地球物理勘探线宜结合勘探剖面线布置，并根据地形、地质条件选择适宜方法，宜进行岩体波速测试；

4 采取岩土样品，进行岩土物理力学性质试验，并结合适宜的原位测试试验，初步确定各岩土物理力学性质参数。

4.11.9 初步勘察钻孔布置应符合下列规定：

1 废弃物处理工程库区勘探线、勘探点间距宜按表 4.11.9 确定；

表 4.11.9 初步勘察阶段库区勘探线、勘探点的间距(m)

场地复杂程度	勘探线间距	勘探点间距
复杂	50~70	30~50
中等复杂	70~150	50~100
简单	150~300	100~200

2 坝址区至少应布置一条代表性勘探剖面，必要时可增加勘探剖面。勘探点间距可采用 50m~150m，坝肩及坝基部位应布置钻孔。

4.11.10 初步勘察勘探孔深度应符合以下要求：

1 库区勘探孔深度应满足初步勘察评价要求，当荷载尚不明确时宜按表 4.11.10 确定；

表 4.11.10 初步勘察阶段库区勘探孔深度(m)

工程重要性等级	一般性勘探孔	控制性勘探孔
一级	≥20	≥30
二级	15~20	20~30
三级	10~15	15~20

2 控制性勘探孔深度满足分析地基变形、稳定性及渗漏的要求，一般宜为坝高的 1.0 倍~1.5 倍；一般性勘探孔宜为坝高的 0.6 倍~1.0 倍；帷幕线上的勘探孔深度应进入相对隔水层不小于 10m；

3 当遇下列情形之一时，应适当增加或减小勘探孔深度：

1) 预计勘探深度内遇基岩时，勘探孔深度可适当减小，但是勘探孔进入基岩深度应满足渗透评价的要求；

2) 预计勘探深度内有软弱土层时，应适当增大勘探深度，必要时控制性勘探孔应穿透软弱土层；

3) 预计勘探深度内有厚度较大，分布均匀，且为相对隔水的硬土层时，一般性勘探孔的深度可适当减小；

4) 预计勘探深度内遇透水岩土层时，应予以穿透，并进入相对隔水层一定深度。

4.11.11 详细勘察应重点查明以下内容：

1 库区的详细勘察应重点查明以下内容：

1) 查明库区的地下水位及动态，相对隔水层的厚度及埋藏条件；

2) 查明渗漏地段的位置、形态和规模，提出防渗处理的建议；

3) 查明排污管、排水井、截水沟等构筑物场地的岩土层结构、物理力学性质等；

4) 查明滑坡、崩塌等不良地质作用，并提供防治设计所需的岩土参数。

2 坝址的详细勘察应重点查明以下内容：

1) 查明坝址场地地基土的结构、厚度、物理力学性质等；

2) 查明坝址区可溶岩、软弱夹层、断层破碎带、裂隙密集带等特殊岩土层的分布特征、规模、物理力学性质等；

3) 查明坝基、坝肩岩体的完整性、结构面产状、延伸情况，划分岩体基本质量等级，评价边坡开挖的稳定性；

4) 查明坝基、坝肩岩土体渗透特性等水文地质条件，提出防渗处理建议。

4.11.12 详细勘察方法选用应符合下列规定：

1 工程地质测绘，库区可选用 1：1000~1：2000，坝址区可选用 1：500~1：1000；

2 勘探点布置及孔深要求见本标准第 4.11.13 条及第 4.11.14 条规定；

3 水文地质试验点应布置在帷幕线上，基岩钻孔应进行压水试验，覆盖层应根据含水层的性质进行抽水试验或注水试验，必要时进行地下水动态观测，观测时间应延续一个水文年以上；

4 地球物理探测，宜采用综合测井方法调查结构面、软弱带的产状、分布、

含水层和渗漏带的位置，钻孔之间可采用物探方法了解地下水位、相对隔水层及埋深等，宜对岩体进行波速测试，并提供动弹性模量等参数；

5 场地主要岩土层取土样数量不应小于 6 件（组），判定岩体基本质量等级的岩层，取样数量不宜小于 9 组。

4.11.13 详细勘察钻孔布置应符合下列规定：

1 库区勘探点间距宜按表 4.11.13 确定，在每个地貌单元和地貌交接部位应布置勘探点，并在地貌和地层变化较大的地段予以加密；

表 4.11.13 详细勘察阶段库区勘探点间距（m）

工程重要性等级 场地复杂程度	一级	二级	三级
复杂场地	10~15	15~25	25~35
中等复杂场地	15~30	25~40	35~50
简单场地	30~50	40~60	50~70

2 坝址区勘察点布置应符合下列规定：

1) 沿坝基轴线或防渗线应布置主勘探剖面线，必要时可布置辅助勘探剖面线，辅助剖面可根据构筑物的位置和需要而定；

2) 岩基坝址区：土石坝勘探点间距宜采用 50m~100m；混凝土重力坝勘探点间距可采用 20m~50m；

3) 平原型土基坝址区勘探点间距宜按表 4.11.13 确定。

4.11.14 详细勘察勘探孔深度应符合下列规定：

1 库区：勘探孔深度宜满足本标准表 4.11.10 的要求；

2 坝址区：控制性勘探孔深度满足分析地基变形、稳定性及渗漏的要求，一般宜为坝高的 1.0 倍~2.0 倍；一般性勘探孔宜为坝高的 0.6 倍~1.0 倍；帷幕线上的勘探孔深度应进入相对隔水层不小于 10m；

3 当在勘探深度内遇到基岩、相对坚硬的不透水层、软弱土层及透水性岩土层时按本标准第 4.11.10 条执行。

4.11.15 改扩建项目勘察工作布置、孔深应符合下列规定：

1 库区勘探线宜平行于堆体边坡走向、扩建堆体及关键库区设施的轴线布置。勘探线、勘探点间距可按表 4.11.15 确定，对于堆积体性质变化大的地段应加密钻孔。

2 加高坝址区的勘探线不宜少于 3 条，按堆积规模垂直坝轴线布设，每条勘探线不少于 3 个勘探点，应有勘探线延伸到库区内，勘探点间距可按表 4.11.15 执行，堆场内可适当增大；一般勘探孔深度应进入自然地面以下一定深度，控制性勘探孔深度应能查明可能存在的软弱层；

表 4.11.15 改扩建项目库区初步勘察、详细勘察的勘探线、勘探点间距 (m)

堆积体复杂程度	初步勘察阶段		详细勘察阶段
	勘探线间距	勘探点间距	勘探点间距
复杂	≤100	50~100	30~50
中等复杂	≤200	100~200	50~100
简单	不少于 5 个勘探点		

3 孔深应满足稳定、变形和渗漏分析的要求。布置于堆场内勘探孔深度应结合已有勘察资料、施工资料及设计要求综合确定,不宜穿透场底衬垫系统;当原有资料不能满足分析评价要求而钻孔必须穿透场底衬垫系统时,应有有效封孔、防渗、防污染措施。

4.11.16 在可溶岩分布区,除应符合本标准第 5.1 节的规定外,尚应着重查明岩溶水的通道和流向,岩溶造成地下水和渗出液的渗漏,岩溶对工程稳定性的影响。

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

4.11.18 废弃物处理工程的岩土工程评价应包括下列内容:

- 1 洪水、滑坡、泥石流、岩溶、断裂等不良地质作用对工程的影响;
- 2 工程场地的整体稳定性以及废弃物堆积体的变形和稳定性;
- 3 地基和废弃物变形,导致防渗衬层、封盖层及其他设施失效的可能性;
- 4 坝基、坝肩和库岸的稳定性,地震对稳定性的影响;
- 5 坝基、坝肩和库区的渗漏及建库对环境的影响;
- 6 预测水位变化及其影响;
- 7 污染物的运移及其对水源、农业、岩土和生态环境的影响;
- 8 对地方建筑材料的质量、储量、开采和运输条件,进行技术经济分析;
- 9 宜对坝体、库区、废弃物堆积体在施工及运行期间的安全、环境保护监测提出建议。

4.12 土壤环境调查

4.12.1 本节适用于因工业、农业、养殖业、尾矿、垃圾填埋或其它因素等导致土壤环境正在或已经遭受污染,且可能存在污染土需进行污染土专项勘察或修复设计、治理的建设场地。不适用于核污染、生物细菌污染场地的勘察。

4.12.2 土壤环境调查宜在污染土专项勘察前进行,亦可结合场地污染土初步勘

察同步进行。

4.12.3 土壤环境调查应结合工程特点、建设场地功能和设计要求，以现场调查为主，辅以测绘、取样、现场测试、室内试验、数据分析等综合手段进行调查。

4.12.4 土壤环境调查应结合调查任务要求，可分三个阶段进行，各阶段的主要工作如下：

1 污染识别阶段，以资料收集与分析、现场踏勘和人员访谈为主的污染识别阶段，原则上不进行现场采样分析。若该阶段调查确认场地内及周围区域当前和历史上均无可能的污染源，则认为土壤环境可以接受，调查活动可以结束；

2 采样与分析阶段，对调查分析出来的潜在污染范围内的土壤进行采样与分析，以证实土壤环境遭受污染。可分为初步采样分析和详细采样分析，根据初步采样分析结果确定是否需要进行详细采样分析；详细采样分析是在初步采样分析的基础上，进一步采样和分析，确定土壤环境遭受污染的程度和范围；

3 补充采样和测试阶段，针对需要进行风险评估或污染修复的土壤，进行补充采样和测试，获取满足评估和修复的相关参数。

4.12.5 土壤环境调查工作应符合下列要求：

1 主要收集建设场地利用变迁资料、场地环境资料、场地相关记录、有关政府文件以及场地所在区域的自然和社会信息；当建设场地与相邻场地存在相互污染的可能时，需调查相邻场地的相关记录和资料；调查范围宜不小于建设用地红线外 50m，如污染源位于场地红线范围外，应调查至污染源所在位置；

2 现场踏勘应配备必要的防护用品，主要了解建设场地、相邻场地及周围区域的现状与历史情况，区域的工程水文地质、地形、地物、地貌的描述等。踏勘的重点对象应为影响土壤环境的有毒有害物质的生产、使用、存储、处置情况；

3 主要调查建设场地的利用史、用地性质、污染源、污染史、污染途径、污染范围和污染物的成分，评价污染物对场地及周边环境的影响程度；

4 选用钻探或坑探采取土试样，钻探、坑探施工和取样全程均不得带水作业，且在无雨天气进行；现场观察污染土颜色、状态、气味和外观结构等，并与正常土比较，查明污染土分布范围和深度；

5 采样点布置应有代表性，每 1600m² 不应少于 1 个采样点，每个污染源影响范围不应少于 1 个采样点，且单个场地不宜少于 3 个采样点；详细采样分析可根据现场实际情况，适当加密；

6 钻探或坑探深度应穿越污染物影响深度以下 3m，宜进入相对隔水层不小于 1m；

7 采样间距应根据污染物随影响深度的含量变化分别取代表性样品，如污染物含量在影响深度范围内变化不明显，可按 0.5m~2.0m 等间距取样，详细采样分析时，每个污染源影响范围不宜少于 3 个样品；

8 直接接触试验样品的取样设备应严格保持清洁，每次取样后均应用清洁水冲洗后再进行下一个样品的采取；对易分解或易挥发等不稳定组分的样品，装样时应尽量减少土样与空气的接触时间，防止挥发性物质流失并防止发生氧化；土样采集后宜采取适宜的保存方法并在规定时间内运送试验室。

4.12.6 建设场地通过土壤环境调查确定受污染且需进行专项污染土勘察时，其勘察工作应满足本标准第 6.5 节相关要求。

4.12.7 土壤的物理力学性能需要确定时，宜按本标准第 10 章~第 12 章中的相关要求 进行钻探取样、原位测试和室内土工试验工作。

4.12.8 对土壤的勘探测试，当污染物对人体健康有害或对机具仪器有腐蚀性时，应采取必要的防护措施。

4.12.9 土壤和地下水的室内试验和相关评价应满足本标准第 6.5 节相关要求。

5 不良地质作用和地质灾害

5.1 岩溶

5.1.1 拟建场地或其附近存在对工程安全有影响的岩溶时，应进行岩溶勘察。

5.1.2 场地岩溶发育等级应按表 5.1.2 选用。

表 5.1.2 场地岩溶发育等级

岩溶发育等级	地表岩溶发育密度 (个/km ²)	线岩溶率 (%)	钻孔见洞隙率 (%)	岩溶发育特征
岩溶强烈发育	>5	>20	>45	岩溶洞穴分布广，地表有较多的洼地、漏斗、落水洞、泉眼、暗河、岩溶发育
岩溶中等发育	5~1	20~5	45~15	地表发育有洼地、漏斗、落水洞、泉眼、暗河稀疏、溶洞较少见
岩溶弱发育	<1	<5	<15	地表岩溶形态稀疏，泉眼、暗河及溶洞少见

注：1 同一档次的三个划分指标中，根据最不利组合的原则，从高到低，有 1 个指标达标即可定为该等级；

2 地表岩溶发育密度是指每平方公里内岩溶空间形态（塌陷、落水洞等）的个数。

5.1.3 岩溶勘察应由面到点、由浅入深，分阶段开展工作，宜采用工程地质测绘和调查、物探、钻探、槽探等多种手段结合的方法进行，并应符合下列规定：

1 可行性研究勘察阶段应查明岩溶洞隙、土洞的发育条件，并对其危害程度和发展趋势做出判断，对场地的稳定性和工程建设的适宜性做出初步评价；

2 初步勘察阶段应查明岩溶洞隙及其伴生土洞、塌陷的分布、发育程度和规律，并按场地的稳定性和适宜性进行分区。对可能采取的地基基础类型、基坑支护方案、工程降水方案进行初步分析评价；

3 详细勘察阶段应查明拟建工程范围及有影响地段的各种岩溶洞隙和土洞的位置、规模、埋深，岩溶堆填物性状和地下水特征，探明溶洞之间关系及其与地下水和地表水之间的联系。对地基基础的设计和岩溶的治理提出建议，预测施工或使用期间可能发生的岩土工程问题，并提出相应的预防措施；

4 施工勘察阶段应针对某一地段或尚待查明的问题进行勘察。

5.1.4 岩溶地区工程地质测绘和调查，应着重调查以下内容：

1 岩溶洞隙的分布、形态和发育规律；

2 岩面起伏、形态和覆盖层厚度；

3 地下水赋存条件、水位变化和运动规律；

4 岩溶发育与地貌、构造、岩性、地下水的关系；

5 土洞和塌陷的分布、形态和发育规律;

6 土洞和塌陷的成因及其发展趋势;

7 当地治理岩溶、土洞和塌陷的经验。

5.1.5 岩溶发育地区,宜在工程地质测绘和调查的基础上,结合钻探等其它勘探成果开展物探工作。岩溶勘察同时采用物探和钻探手段时,其成果应综合分析评价。常用物探方法选用宜符合下列要求:

1 地面可采用高密度电法、浅层地震法、微动勘探法,探测岩溶洞隙、土洞的大致位置与分布、地质构造、基岩面起伏;

2 单孔可采用管波探测法、孔中雷达,探明桩基持力层完整性及桩位范围岩溶洞隙、软弱岩层的发育和分布情况;

3 孔间可采用跨孔 CT 法,探明钻孔之间岩溶洞隙的位置、形状、大小及连通性,临空面及桩基持力层中岩溶洞隙的发育和分布情况;

4 桩孔内可采用桩孔壁岩体完整性探测法,探明桩孔壁岩溶洞隙、完整岩体的位置。

5.1.6 初步勘察勘探线、点的间距应满足本标准第 4 章的规定。

5.1.7 初步勘察勘探孔的深度应满足本标准第 4 章的规定,当遇下列情形之一时,应增加勘探孔深度:

1 当预定深度内有洞体存在时,应钻至洞底基岩面下不少于 2m;

2 在预定深度内遇可溶岩时,勘探孔钻入完整可溶岩层的深度,控制性勘探孔应不少于 6m,一般性勘探孔应不少于 3m。

5.1.8 详细勘察勘探孔应沿建(构)筑物轴线、周边和角点布置,高层建筑中心应布置勘探孔,勘探孔间距应满足本标准第 4 章的规定;对下列情况之一地段,应结合场地岩溶发育程度加密勘探点:

1 地面塌陷或地表水消失的地段;

2 地下水强烈活动的地段;

3 可溶岩与非可溶岩接触的地段;

4 可溶岩埋藏较浅且起伏较大的石芽发育地段;

5 软弱土层分布不均匀的地段;

6 物探成果异常或基础下有溶洞、暗河、伴生土洞分布的地段;

7 构造导水断层或导水破碎带以及交汇地段;

8 存在采空区和其它人类工程活动强烈的地段。

5.1.9 详细勘察勘探孔的深度除应满足国家现行有关标准、标准等的规定外,尚应符合下列规定:

1 当基础底面以下土层厚度不大于独立基础宽度的 3 倍或条形基础宽度的 6

倍，且具备形成土洞或其它地面变形条件时，全部勘探孔应钻至基岩面下不少于 3m；

2 当预计深度内有溶洞存在且可能影响地基稳定时，应钻至洞底基岩面下不少于 5m，必要时应增加勘探孔和孔间 CT 物探剖面确定洞体范围；

3 采用桩基础时，勘探深度应深入桩端以下不应小于 4 倍桩径，且不小于 8m；当相邻桩底的基岩面起伏较大时应适当加深勘探孔的深度；

4 为验证物探异常带布置的勘探孔，应钻至异常带以下不少于 2m；

5 对重大建筑物基础应适当加深勘探孔的深度；

5.1.10 岩溶中等发育及以上的场地，基础施工可能进入可溶岩基岩面以下时，应进行施工勘察。施工勘察工作布置应符合下列规定：

1 对于抗拔桩、基坑立柱桩宜采用一桩一孔；

2 对于支护结构的承重连续墙，宜按每槽段布置 1 个钻孔，或采用钻孔结合孔间物探查明连续墙持力层性状；

3 对于承受竖向荷载较大的嵌岩桩，宜采用一桩多孔或钻孔结合孔中物探方法确定持力层性状，一桩多孔的钻孔数量宜符合表 5.1.10 规定。

表 5.1.10 不同桩径下钻孔孔数布置表

桩径 d (m)	$d < 1.0$	$1.0 \leq d < 1.2$	$1.2 \leq d < 1.6$	$d \geq 1.6$
每桩位布置钻孔数 (个)	1	2	3	≥ 4

注：1 当辅以物探时，每根桩应布置不少于 1 个钻孔；孔中物探可选用管波探测法、孔中雷达法等；

2 当钻孔数量为 1 个时，宜在桩位中心布置；当钻孔数量为 2 个~3 个时，宜在距离桩中心 $0.4d \sim 0.5d$ 范围内均匀布置；当钻孔数量超过 3 个时，宜在桩位中心布置 1 个钻孔，其他钻孔在距离桩中心 $0.4d \sim 0.5d$ 范围位均匀布置。

5.1.11 岩溶勘察报告除应符合本标准第 13 章的规定外，尚应评价下列内容：

1 岩溶发育的区域地质背景；

2 场地地貌、地层岩性、岩面起伏、形态和覆盖层厚度、可溶岩特性、填充物特性；

3 场地构造类型，断裂构造、褶皱构造和节理裂隙密集的位置、规模、性质、分布，分析构造与岩溶发育的关系；

4 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 岩溶类型、形态、位置、大小、分布、充填情况和发育规律；

6 土洞和地面塌陷的原因、分布位置、埋深、大小、形态、发育规律、与下伏岩溶的关系、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 评价岩溶与土洞稳定性及对工程的影响；
- 8 提出施工勘察、岩溶防治措施和监测建议。

5.2 滑坡

5.2.1 拟建或已建工程场地或其附近存在对工程安全有影响的滑坡或有滑坡可能时，应进行专门的滑坡勘察。

5.2.2 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 查明滑坡发生时间、类型、范围、规模、滑动方向、形态特征及边界条件、诱发因素、威胁对象、潜在经济损失，滑动带岩土特性，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 分析滑坡产生的条件和原因，判定滑坡稳定性，预测发展趋势，评价工程建设适宜性；
- 7 提供进行稳定性分析和防治设计所需的岩土参数、地下水参数及抗震设计参数；
- 8 提出防治措施和监测建议。

5.2.3 滑坡勘察范围应包括滑坡区及其影响区。勘察区后部应包括滑坡后缘壁以上一定范围的稳定斜坡，勘察区前部应包括剪出口以下的稳定地段，勘察区两侧应到达滑体以外一定距离。

5.2.4 滑坡勘察应以工程地质测绘和调查、钻探、物探为主，并宜辅以井探和槽探。

5.2.5 工程地质测绘和调查的比例尺宜选用 1:200~1:1000，用于整治设计时，比例尺宜选用 1:200~1:500。并应根据滑坡长度或宽度、滑坡地质条件复杂程度、防治工程等级和滑坡治理工程设计的需要进行选择。

5.2.6 滑坡区的工程地质测绘和调查，除应遵守现行国家标准、规范及本标准第 9 章的规定外，尚应调查下列内容：

- 1 工程地质测绘应调查滑坡区及周边主要地质现象和地物要素等。对于滑坡有关的重要地质现象，应有足够的调查点控制。对重要观测点的定位应采用仪器测量，一般观测点可采用半仪器定位。受表土覆盖影响的重要地质观测点宜采用

剥土、槽探等手段进行人工揭露；

2 场地环境地质踏勘在收集有关资料基础上,对滑坡区地形地貌、滑坡类型、规模进行野外踏勘,分析滑坡所在场地地质基本情况；

3 滑坡区应调查地形地貌、地质构造、地层特征,滑坡边界特征、表部特征与变形活动特征,滑坡类型、形态与规模、运动形式、形成年代、发生时间、滑坡体组成物质类型、稳定程度,滑坡及周边地下水特征及地表降雨产流特征,滑坡及周边地区人类工程经济活动,滑坡影响范围,承载体类型、数量及危险性,既有防治工程的结构、现状、功效,施工条件和当地滑坡治理经验等。

5.2.7 滑坡勘探工作应符合下列规定：

1 勘探线和勘探点的布置应根据工程地质条件、地下水情况、滑坡体的结构、滑坡复杂程度和滑坡形态确定；

2 勘探线应平行滑坡主滑方向,采用主辅勘探线,主勘探线应纵贯整个滑坡体,辅助勘探线分布在主勘探线两侧,勘探线间距宜为 20m~40m。主勘探线不宜少于 3 个勘探点,勘探点间距宜为 20m~40m；

3 勘探孔深度应穿过最下一层滑面进入稳定地层,控制性勘探孔深度进入稳定地层 5m,一般性勘探孔进入稳定地层 3m,且应满足滑坡治理需要；

4 重要地段可布置一定数量的探井,探井深度应揭穿最下一层滑动面。

5.2.8 滑坡勘察时,岩土的物理力学试验应符合下列规定：

1 滑带土抗剪强度指标,应根据试验成果并结合经验反演和类比的确定；

2 应在滑坡体、滑坡带和稳定地层中采取岩土试样进行试验,数量各不应少于 6 件；

3 若无法采取原状土样时,可取保持天然含水率的扰动土样,作重塑土试验；

4 岩(土)体抗剪强度指标标准值取值时宜根据滑坡所处变形滑动阶段及含水状态分别选用峰值强度指标、残余强度指标或两者之间的强度指标,以及天然强度指标、饱和强度指标或两者之间的强度指标；

5 对滑坡体宜进行不同岩(土)体的室内直剪试验与压缩试验；

6 对滑带土,宜进行室内或现场滑面重合剪试验,滑带宜作重塑土或原状土多次剪试验,并提供多次剪和残余剪的抗剪强度；

7 对岩样进行常规物理力学试验；

8 滑坡体渗透系数可通过现场抽水试验获得,当无法进行抽水试验时,在确保滑坡稳定的条件下可采用注水试验,抽(注)水试验数量不宜少于 2 组。

5.2.9 滑坡稳定性分析评价应采用定性与定量相结合的方式进行,宜符合下列规定：

1 定性分析评价应根据滑坡的岩土类型和结构、地形地貌、工程地质和水文

地质条件、滑坡成因、类型、范围、规模、滑动面位置及形态、已经出现的变形破坏迹象等综合确定；

- 2 定量分析评价应根据滑动类型和物质组成选择相应的计算方法；
- 3 当有局部滑动可能时，除验算整体稳定外，尚应验算局部稳定；
- 4 当滑坡体内已形成地下水位面时，应计入浮托力和水压力；
- 5 当有地震、降雨、冲刷、人类活动等影响因素时，应考虑其对稳定性的影响；

6 滑坡稳定性的综合评价，应根据定性分析和定量验算结果进行，并应分析发展趋势和危害程度，提出治理方案的建议。

5.2.10 滑坡勘察报告宜包括下列内容：

1 文字部分：前言，勘察区自然地理与地质环境条件，滑坡类型与基本特征，滑坡稳定性评价，滑坡危害性预测，拟治理工程部位工程地质条件，滑坡防治方案和监测建议，结论与建议；

2 图件和附件：滑坡勘察平面图、滑体等厚线图、工程地质剖面图、钻孔柱状图、探槽、探井、平洞展示图、试验报告、物探报告等。

5.3 危岩和崩塌

5.3.1 拟建工程场地或其附近存在对工程安全有影响的危岩体或崩塌体时，应进行专门的危岩和崩塌勘察。

5.3.2 危岩和崩塌勘察宜在可行性研究或初步勘察阶段进行，应查明产生崩塌的条件及其规模、类型、范围，并对工程建设适宜性进行评价，提出防治方案的建议。施工图阶段应结合施工揭示情况进行复核和动态设计。

5.3.3 危岩体及崩塌体勘察范围宜包括边坡开口线以外或建筑物之上至一级谷肩，一级谷肩以上存在明显的且对工程影响较大的危岩体，宜进行专项勘察。

5.3.4 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、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；
- 5 评价危岩和崩塌的稳定性、影响范围、危害程度及工程建设的适宜性；
- 6 提供防治工程设计的岩土参数；

7 提出防治措施和监测建议。

5.3.5 勘察宜采用工程地质调查与测绘、勘探、试验等方法，并符合下列规定。

1 对工程影响较大的大型、特大型危岩体且人员可以到达的部位宜进行工程地质测绘；

2 对人员不易到达部位可选用三维激光扫描、近景摄影、航测、无人机摄影与测量等方法；

3 工程地质勘察的比例尺宜采用 1:500~1:1000，崩塌方向主剖面的比例尺宜采用 1:200。

5.3.6 危岩监测应符合本标准第 13 章的规定。

5.3.7 危岩和崩塌的岩土工程评价应符合下列规定：

1 规模较大，破坏后果很严重，难于治理的，不宜作为工程场地，应绕避；

2 规模较大，破坏后果严重的，应对可能产生崩塌的危岩进行加固处理，应采取防护措施；

3 规模小，破坏后果不严重的，可作为工程场地，但应对不稳定危岩采取治理措施。

5.3.8 危岩和崩塌区的岩土工程勘察报告除应遵守本标准第13章的规定外，尚应阐明危岩和崩塌区的范围、类型、作为工程场地的适宜性，并提出防治方案的建议。

5.4 泥石流

5.4.1 拟建或已建工程场地或其附近有发生泥石流的条件并对工程安全有影响时，应进行专门的泥石流勘察，泥石流勘察以工程地质测绘和地质环境条件调查为主，以勘探与测试、工程物探为辅。

5.4.2 泥石流勘察应包括下列内容：

1 地质测绘比例尺，对全流域宜采用 1:10000~1:50000，对中下游宜采用 1:1000~1:10000，对工程治理部位宜采用 1:200~1:1000；

2 调查泥石流的地质背景，水文、气象条件，尤其是要收集极端降雨天气与发生泥石流的历史资料；

3 查明地形地貌特征、地层岩性、地质构造与地震、水文地质特征、植被情况、有关的人类活动情况；

4 查明泥石流的类型、发生时间、规模、发育阶段、活动规律和危害，物质组成、颗粒成分，爆发的频度和强度、形成历史、近期破坏特征、发展趋势和危害程度；

5 查明泥石流形成区的水源类型、水量、汇水条件、汇水面积，固体物质的

来源、分布范围、储量；

6 查明泥石流流通区沟床、沟谷发育情况、切割情况、纵横坡度、沟床的冲淤变化和泥石流痕迹；

7 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；

8 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，并对工程场地做出适宜性评价；

9 提供防治需要的泥石流特征参数和岩土参数；

10 结合当地泥石流防治经验，提出防治措施和监测建议。

5.4.3 泥石流勘察范围应包括泥石流形成区、流通区、堆积区及可能受泥石流影响的区域。

5.4.4 当需要对泥石流采取防治措施时，应进行勘探测试，勘探包括钻探、井探、槽探，进一步查明泥石流堆积物的性质、结构、厚度、固体物质含量、最大粒径、流速、流量，冲出量和淤积量。在拟设治理工程部位应布置勘探点，进一步查明工程地质条件。

5.4.5 泥石流地区工程建设适宜性的评价，应符合下列要求：

1 I_1 与 II_1 类泥石流沟谷不应作为工程场地，各类线路宜避开；

2 I_2 与 II_2 类泥石流沟谷不宜作为工程场地，当必须利用时应采取治理措施；线路应避免直穿堆积扇，可在沟口设桥（墩）通过；

3 I_3 与 II_3 类泥石流沟谷可利用其堆积区作为工程场地，但应避开沟口；线路可在堆积扇通过，可分段设桥和采取排洪、导流措施，不宜改沟、并沟；

4 当上游大量弃渣或进行工程建设，改变了原有供排平衡条件时，应重新判定产生新的泥石流的可能性。

5.4.6 泥石流勘察报告宜包括以下内容：

1 文字部分：前言；勘察区自然地理与地质环境条件；泥石流形成条件；泥石流基本特征与类型；泥石流特征值计算；滑坡崩塌集中物源参与泥石流活动分析；泥石流活动和发展趋势预测；工程建设适宜性评价；拟设治理工程部位工程地质条件；既有防治工程评述及泥石流防治方案和监测建议；结论与建议；

2 图件和附件：平面图、剖面图、钻孔综合柱状图、探槽、探井展示图、试验报告、物探报告等。

5.5 采空区

5.5.1 本节适用于采空区的岩土工程勘察。

5.5.2 采空区的勘察宜以收集资料、采矿调查和工程地质测绘和调查为主，并应查明下列内容：

- 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性的影响；
- 6 分析评价采空区稳定性及工程建设的适宜性；
- 7 提供防治工程设计的岩土参数；
- 8 提出防止措施和监测建议。

5.5.3 采空区的采矿调查应包括以下内容：

- 1 矿产的经营性质、开采矿种、规模、层位、方式、回采率、顶板管理方式及开采的起始、终止时间；
- 2 采空区的埋深、采高、开采范围、空间形态、顶板支护方式、顶板垮落情况；
- 3 采空区地下水赋存、补给、径流及排泄情况；
- 4 矿渣堆放的位置、规模情况；
- 5 矿区突水、冒顶和有害气体等灾害性事故情况；
- 6 采空区地表变形程度、影响范围和地表移动盆地特征；
- 7 采空区地表建筑物的类型、基础形式、变形破坏情况。

5.5.4 当工程地质测绘和调查不能查明采空区的特征时，应进行物探和钻探。

5.5.5 采空区勘察的钻孔位置和数量应根据工程地质测绘和调查成果、物探异常带、地表变形观测资料、建筑物位置及其重要性综合确定，并宜符合下列规定：

- 1 初勘阶段对于资料丰富、可靠的采空区宜符合下列规定：
 - 1) 当采空区对拟建工程影响程度中等或影响大时，钻孔的数量对于单栋建筑物的场地不应少于 2 个，多栋建筑物的场地每栋不宜少于 1 个或整个场地不宜少于 5 个；
 - 2) 当采空区对拟建工程影响程度小时，钻孔的数量对于单栋建筑物的场地不宜少于 1 个，多栋建筑物的场地不宜少于 3 个；
 - 3) 对于资料缺乏、可靠性差的采空区场地，应根据物探成果，对异常地段

加密布置。钻探孔间距尚应满足孔间测试的需要；

4) 对于需要进行地基变形验算的建筑物，应根据其平面布置加密布设，单栋建筑物钻孔数量不应少于 2 个，钻探孔深度应达到有影响的开采矿层底板以下不少于 3m，且应满足孔内测试的需要。

2 详勘阶段钻孔应在初勘钻孔基础上结合工程类型及规模布置。对于稳定性差、需进行治理的采空区场地，勘探点布置应结合采空区治理方法确定，钻孔深度应达到对工程建设有影响的采空区底板以下不小于 3m，且应满足地基基础设计要求；

3 钻孔应全孔取芯，钻探每个回次进尺不得大于 2m；单层厚度为 0.5m~2m 的地层应取样 1 件；单层厚度大于 2m 时，应每隔 2m 取样 1 件。

5.5.6 采空区场地稳定性划分为稳定、基本稳定和不稳定三个等级，其分析评价宜根据采空区类型和特征采用定性与定量相结合的方法，依据采空区终采时间、地表变形特征、顶板岩性、松散层厚度、地面下沉速度等因素综合考虑。

5.5.7 采深小、地表变形剧烈且为非连续变形的小窖采空区，应通过收集资料、调查、物探和钻探等工作，查明采空区和巷道的位置、大小、埋藏深度、开采时间、开采方式、回填塌落和充水情况；并查明地表裂缝、陷坑的位置、形状、大小、深度、延伸方向及其与采空区的关系。

5.5.8 小窖采空区的建筑物应避开地表裂缝和陷坑地段。对次要建筑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，可根据建筑物的基底压力、采空区的埋深、范围和上覆岩层的性质等评价地基的稳定性，并根据矿区经验提出处理措施的建议。

5.6 地面沉降

5.6.1 本节适用于抽吸地下水引起水位、水压下降而造成大面积地面沉降的岩土工程勘察。

5.6.2 对已发生地面沉降的地区，地面沉降勘察应查明其原因和现状，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，并对可能的沉降层位做出预估，对沉降量进行估算，提出预防和控制地面沉降的建议。

5.6.3 地面沉降地区应以调查和钻探为主，必要时采用物探手段做为辅助措施；厚层软土应采用静力触探和十字板剪切试验等原位测试手段。

5.6.4 地面沉降勘察应包含下列内容：

- 1 调查场地的地貌和微地貌；
- 2 调查已发生地面沉降的历史、现状及成因；

3 查明场地第四纪堆积物的年代、成因、厚度、埋藏条件和土性特征，重点查明软弱压缩层的分布情况；

4 查明含水层的埋藏条件和承压性质，提供各含水层的渗透系数、单位涌水量等水文地质参数；

5 查明天然条件下地下水的补给、径流、排泄条件，含水层间或地下水与地表水的水力联系；

6 调查历史地下水位、承压水头的变化幅度和速率，查明勘察期间地下水位、水头的变化情况，必要时设置长期水位观测井。

5.6.5 对地面沉降现状的调查，应符合下列要求：

1 搜集调查区域地面沉降及地下水位的观测资料；

2 按精密水准测量要求进行长期观测，并按不同的结构单元设置高程基准标、地面沉降标和分层沉降标；对于大面积的地面沉降调查，可采用 InSAR 等；

3 对地下水的水位升降、开采量、化学成分、污染情况和孔隙水压力消散、增长情况进行观测；

4 调查地面沉降对建筑物、市政管网、轨道交通线路的影响，包括沉降、倾斜、裂缝及其发生时间和发展过程；

5 绘制不同时间的地面沉降等值线图，并分析地面沉降中心与地下水下降漏斗的关系及地面回弹与地下水位反漏斗的关系；

6 绘制以地面沉降为特征的工程地质分区图。

5.6.6 地面沉降勘察的岩土工程分析与评价应包括下列内容：

1 地面沉降与地质环境的关系；

2 分析地面沉降区域硬土层和软弱压缩层的分布及物理力学性质，评价主要软弱压缩层的变形特征；

3 第四纪含水层的水文地质特征，特别是地下水的埋藏深度和承压性质，各含水层间及地下水与地表水的水力联系等，提供水文地质参数；

4 分析评价地面沉降的现状、原因以及危害程度，预测现状地面沉降的发展趋势，提出工程建设的适宜性、稳定性评价；

5 对可能发生地面沉降的区域，应预测基坑及隧道开挖、降水、施工加载等引起沉降的可能性，对沉降量进行估算，分析可能造成的影响，提出预防和控制地面沉降的工程措施建议。

5.7 地面塌陷

5.7.1 城市道路、广场、地下管线沿线及周边、地铁及综合管廊沿线及周边、在建或既有地下空间或构筑物影响范围内发生非岩溶地质、非采空区原因诱发或

导致的塌陷隐患和既有地面塌陷时，应进行专项地面塌陷勘察。

5.7.2 塌陷隐患调查应查明以下主要内容：

- 1 场地地形、地物、地貌、工程地质及水文地质条件；
- 2 场地既有建构筑物及地下空间开发利用情况；
- 3 塌陷隐患影响范围内必要的岩土物理性状、参数；
- 4 可能影响、诱发地面塌陷的工程地质及水文地质、岩土性状等专业因素调查、分析及评估；
- 5 预估塌陷隐患深度、规模和影响范围，提出预防和防治地面塌陷的建议。

5.7.3 既有地面塌陷勘察应查明以下主要内容：

- 1 塌陷坑的平面位置、深度、大小等规模参数；塌陷体的规模大小、岩土成分；
- 2 塌陷体及影响范围内的场地地形、地物、地貌、工程地质及水文地质条件，必要的岩土物理性状、参数；
- 3 塌陷及影响范围内的既有建构筑物及地下空间开发利用情况；
- 4 导致塌陷的工程地质、水文地质、岩土性状等方面的专业原因调查、分析，推测其主要或直接原因；
- 5 预测塌陷影响发展趋势，提出控制和治理方案建议。

5.7.4 塌陷隐患调查及既有地面塌陷的勘察方法宜遵循如下原则：

- 1 宜采用收集资料、工程测绘、调查分析、工程物探、钻探或挖探、原位测试、钻孔电视、室内试验等综合方法；但以工程物探为主要手段时，宜辅以一定比例的钻探、挖探或洛阳铲等直接方法对物探成果进行验证；
- 2 选用的工程物探方法应合理可行，满足勘察精度要求，应根据塌陷类型、介质特性、工作环境、探测深度不同有针对性的选用探地雷达、高密度电阻率、瞬态面波、智能微动、管波、跨孔 CT 或地震映像等方法；
- 3 城市管道、排水箱涵等构筑物的运营状态调查宜采用管道内窥法；
- 4 选用的任何勘察方法均不宜导致塌陷隐患或既有塌陷进一步扩大，如勘察工作可能对塌陷及其影响范围存在不利影响，则宜采取合理的安全保证措施。

5.7.5 勘察工作布置应具有针对性，应能够满足塌陷隐患或既有地面塌陷勘察任务要求。宜遵循如下原则：

- 1 钻探、坑（槽）探、挖探或洛阳铲等勘探点位布置应能查清勘察范围内的地层结构；
- 2 工程物探布置应综合考虑勘察任务要求、工程地质与水文地质条件、环境影响因素等；有限范围的平面场地宜按等间距条带状或方格网布置勘探线；道路、地铁、管廊、重要地下管线及其影响范围内宜沿其走向按合理的间距布置勘探线；

基坑及其周边影响范围内宜沿基坑边线按合理间距布置工作量。对可能存在塌陷隐患的异常区应适当加密勘探线布置，应采用两种以上方法相互验证；

3 工程物探的探测深度应超过塌陷垂直发育最低点以下不小于 **1m**；

4 原位测试、室内试验数量应能查明塌陷及影响范围内岩土体的物理力学性状，并宜满足统计要求。

6 特殊性岩土

6.1 填土

6.1.1 填土根据物质组成和堆填方式，可分为下列四类：

1 素填土：由碎石土、砂土、粉土和黏性土等一种或几种材料组成，不含杂物或含杂物较少，根据其成分特征可按表 6.1.1 进行细分。

表 6.1.1 素填土按粒组含量的分类

名称	粒组含量
碎石素填土	由碎石土、砂土、粉土和黏性土等一种或几种材料组成，且粒径大于 20mm 的颗粒质量超过总质量 50%
砂土素填土	由碎石土、砂土、粉土和黏性土等一种或几种材料组成，且粒径大于 0.075mm 的颗粒质量超过总质量 50%
黏性土素填土	由碎石土、砂土、粉土和黏性土等一种或几种材料组成，且粒径大于 0.075mm 的颗粒质量不超过总质量 50%

注：定名时应根据颗粒级配由大到小以最先符合者确定。

2 杂填土：含有大量建筑垃圾、工业废料或生活垃圾等杂物；

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。

6.1.2 填土勘察应包括下列内容：

1 调查原始地貌、填土来源和堆积方式；

2 填土的类型、成分、分布、厚度和堆填年代；

3 分析评价地基的均匀性、压缩性、密实度和湿陷性；

4 当填土作为持力层时，提供变形参数与地基承载力；

5 提出填土地基处理和基础方案建议。

6.1.3 填土勘察应在本标准第 4 章规定的基础上加密勘探点，确定暗埋的塘、滨、坑的范围。勘探孔的深度应穿过填土层。

6.1.4 勘探方法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、轻型钻具与原位测试相结合的方法；对含较多粗粒成分的素填土和杂填土宜采用动力触探、钻探，并可有一定数量的探井、探坑。对大面积填土，可结合地球物理勘探方法查明填土的分布特征。

6.1.5 填土的工程特性指标宜采用下列测试方法确定：

1 填土的均匀性和密实度宜采用触探法，并辅以室内试验；

2 填土的压缩性宜采用室内固结试验或现场载荷试验；

3 杂填土的密度试验宜采用大容积法；

4 对压实填土，在压实前宜测定填料的最优含水量和最大干密度，压实后宜测定其干密

度，计算压实系数。

6.1.6 填土的岩土工程评价应符合下列要求：

1 阐明填土的成分、分布和堆积年代，判定地基的均匀性、压缩性和密实度，必要时按厚度、强度和变形特性分层或分区评价；

2 对堆积年限较长的素填土、冲填土和由建筑垃圾或性能稳定的工业废料组成的杂填土，当较均匀和较密实时可作为天然地基；由有机质含量最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，不宜作为天然地基；

3 填土的地基承载力，可采用圆锥动力触探、标准贯入、静力触探和取样分析并结合地区经验确定，必要时宜采用现场平板载荷试验确定；

4 当填土底面的天然坡度大于 20% 时，应验算其稳定性；

5 对于欠压实填土采用桩基础时应考虑其负摩阻力。

6.1.7 填土地基基坑开挖后应进行施工验槽。处理后的填土地基应进行质量检验。对复合地基，宜进行载荷试验。

6.2 软土

6.2.1 软土包括淤泥、淤泥质土和有机质土等饱和软黏土。淤泥为在静水或缓慢的流水环境中沉积，并经生物化学作用形成，其天然含水量大于液限、天然孔隙比大于或等于 1.5 的黏性土。当天然含水量大于液限而天然孔隙比小于 1.5 但大于或等于 1.0 的黏性土或粉土应为淤泥质土。需按有机质含量进一步划分时应符合本标准表 3.3.3 中的规定。

6.2.2 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、砂土夹层分布和均匀性；

2 查明软土层的强度与变形特征指标，固结情况和土体结构扰动对强度和变形的影响；

3 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相邻建（构）筑物的不利影响；

4 提出地基处理或基础形式的建议。

6.2.3 软土地区勘察宜采用钻探取样与原位测试相结合的手段。钻探取样应采用薄壁取土器，其规格应符合本标准第 10 章的要求；原位测试应根据工程要求，宜采用静力触探、十字板剪切试验、旁压试验、扁铲侧胀试验和螺旋板载荷试验等。

6.2.4 当软土层的厚度较大，软土的物理、力学性质随深度有明显变化时，应在不同深度部位分别采取土样或进行原位测试。

6.2.5 勘探点布置应根据土的成因类型、工程特点和地基复杂程度确定。当土层变化较大或有暗埋的塘、浜、沟、坑、穴时应予加密。

6.2.6 软土勘察勘探深度应穿过软土层钻至主要持力层一定深度，且需满足本标准第 4 章的规定。

6.2.7 软土的力学参数宜采用室内试验、原位测试结合当地经验确定。抗剪强度指标宜采用直接剪切试验、三轴试验静力触探试验和十字板剪切试验；压缩系数、先期固结压力、压缩指数、回弹指数、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。

6.2.8 软土的岩土工程评价应包括下列内容：

1 当地基土受力范围内有基岩或硬土层，且表面起伏倾斜时，应评价其对地基产生滑移和不均匀变形的影响；

2 当工程位于池塘、河岸、边坡附近时，应评价软土侧向变形或产生滑移的可能性；

3 对于欠固结软土，应分析软土的固结沉降对工程的不利影响，并提出防治建议；

4 当建筑物相邻高低层荷载相差较大时，应分析其变形差异和相互影响；当地面有大面积堆载时，应分析对相邻建筑物的不利影响；

5 地基沉降计算可采用分层总和法或土的应力历史法，并应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 提出地基处理、基础形式和持力层的建议。

6.3 红黏土

6.3.1 颜色为棕红或褐黄，覆盖于碳酸盐岩系之上，其液限大于或等于 50% 的高塑性黏土，应判定为原生红黏土。原生红黏土经搬运、沉积后仍保留其基本特征，且液限大于 45% 的黏土，可判定为次生红黏土。

6.3.2 红黏土地区的岩土工程勘察，应着重查明其状态、分布、裂隙发育特征及地基的均匀性。

6.3.3 红黏土勘察应包括下列内容：

1 查明红黏土的类型、分布、厚度、物质组成、土性等特征；

2 查明红黏土膨胀收缩裂隙发育分布深度、发育程度及其特征；

3 查明红黏土下伏基岩岩性，岩溶发育特征及其与红黏土土性、厚度变化的关系；

4 查明地下水、地表水的分布、动态及其与红黏土状态垂向分带的关系；

5 评价地基的均匀性；

6 提出地基持力层、基础形式以及地裂密集带或深长地裂地段避让的建议。

6.3.4 红黏土的勘探点应沿建筑物轴线布置，并应取较密的间距，查明红黏土厚度和状态的变化。对不均匀地基、有土洞发育或采用岩面端承桩时，勘探孔深度应达到基岩。

6.3.5 当岩土工程评价需要详细了解地下水埋藏条件、运动规律和季节变化时，应在地质测绘调查的基础上补充水文地质勘察。

6.3.6 红黏土的室内试验除应满足本标准第 12 章的规定外，对裂隙发育的红黏土应进行三轴剪切试验或无侧限抗压强度试验。为判别红黏土的胀缩性除进行自由膨胀率试验外，尚应进行膨胀试验、收缩试验；必要时，可进行复浸水试验。当需评价边坡稳定性时，宜进行重复剪切试验。

6.3.7 红黏土的地基承载力应按本标准第 4 章的规定确定。有条件时可采用静载荷试验和其它原位测试（如标准贯入试验、静力触探试验、旁压试验等）、理论公式计算并结合当地经验等方法综合确定。

6.3.8 红黏土地基岩土工程评价应符合下列要求：

- 1 根据工程需要划分出红黏土类型和空间分布，并分别进行工程评价、提出特性参数；
- 2 分析地表水、上层滞水、裂隙水、岩溶水的分布及相互连通补给关系，并分析其对基础施工及建筑物正常使用的影响；
- 3 建筑物应避免跨越地裂密集带或深长地裂地段；
- 4 轻型建筑物的基础埋深应大于大气影响急剧层的深度；炉窑等高温设备的基础应考虑地基土的不均匀收缩变形；在石芽出露的地段，应考虑岩土界面土体收缩，地表水下渗形成的地面变形；
- 5 选择适宜的持力层和基础形式，在满足本条第 4 款要求的前提下，基础宜浅埋，利用浅部硬壳层，并进行下卧层承载力的验算；当浅埋的深度小于大气影响急剧层的深度时，进行地基处理或利用下部岩石作为桩（墩）端持力层。

6.4 风化岩和残积土

6.4.1 风化岩和残积土的定名和划分应符合本标准第 3 章规定。对厚层残积土可根据标准贯入试验资料划分为可塑状及硬塑状残积土；对于厚度较大的强风化岩，可结合当地经验进一步划分为碎块状、碎屑状和土状。

6.4.2 风化岩和残积土勘察应包括下列内容：

- 1 查明残积土母岩的地质年代和岩石名称，下伏基岩的产状和裂隙发育程度；
- 2 查明风化程度的划分及其分布、埋深和厚度；
- 3 查明地下水的赋存条件、透水性和富水性，不同含水层的水力联系；
- 4 查明岩脉和孤石的分布、破碎带和软弱夹层的分布，分析其工程影响；
- 5 评价地基的均匀性；
- 6 提出处理措施的建议。

6.4.3 风化岩和残积土的勘探和测试应符合下列要求：

1 勘探点间距应符合本标准第 4 章规定，并满足风化岩和残积土厚度变化、岩面起伏、岩脉、花岗岩球状风化体（孤石）、风化不均、风化深槽、破碎带和软弱夹层的勘察要求；

2 宜采用双重管、三重管采取试样；

3 根据风化岩和残积土的状态，选用标准贯入试验、圆锥动力触探、旁压试验、波速测试或载荷试验等测试方法；

4 对于风化岩，宜布置现场波速测试工作，结合室内岩块的波速试验结果，判定岩石的风化程度和岩体完整性；

5 对于花岗岩、灰岩等风化岩和残积土厚度或岩面埋深变化大的岩性，宜采用地球物理勘探、槽探和钻探相结合的综合勘探方法。

6.4.4 风化岩与残积土室内试验除符合本标准第 12 章规定外，对花岗岩残积土和全风化岩需测定塑性指数 I_p 、液性指数 I_L 时，应先筛去粒径大于 0.5mm 粗颗粒，测定剩余细粒土的天然含水量 ω_f 、塑限 ω_p 和液限 ω_L 。

6.4.5 花岗岩和泥质软岩的残积土、全风化岩及强风化岩的变形模量 E_0 值，应按浅层平板荷载试验确定；或可根据旁压试验、动力触探结合地区经验确定；对乙级、丙级工程，当无条件试验时，可用实测标准贯入试验锤击数按下式估算：

$$E_0 = \alpha N' \quad (6.4.5)$$

式中： E_0 ——变形模量（MPa）；

α ——变形模量与标准贯入试验比值经验系数，可按表 6.4.5 取值；

N' ——实测标准贯入击数。

表 6.4.5 变形模量与实测标准贯入试验比值经验系数

花岗岩		泥质软岩	
N'	α	N'	α
$10 < N' \leq 30$	2.3	$10 < N' \leq 25$	2.0
$30 < N' \leq 50$	2.5	$25 < N' \leq 40$	2.3
$50 < N' \leq 70$	3.0	$40 < N' \leq 60$	2.5
$N' > 70$	3.5	$N' > 60$	3.0

6.4.6 风化岩和残积土的岩土工程评价应符合下列要求：

1 应评价场地稳定性、地基承载力和均匀性，分析不均匀沉降对工程的影响并提出工程应对措施和建议；

2 对岩脉、花岗岩球状风化体（孤石）、风化不均、风化深槽、破碎带和软弱夹层，应分析评价其对地基（包括桩基、基坑）的影响，并提出相应的建议；

3 对于易风化岩及易遇水软化、崩解的风化岩和残积土，基槽、基坑开挖至预定深度后应及时检验检测，及时砌筑基础或浇筑底板，防止基底岩层继续风化发展，防止风化岩和残积土软化、崩解。

6.4.7 风化岩和残积土地基应加强检验与监测工作，当基础施工或基槽开挖时发现与勘察报告不符，应进行补充勘察。

6.5 花岗岩球状风化体（孤石）

6.5.1 球状风化体的岩石分类和鉴定，应符合本标准第 3.2 节相关要求。

6.5.2 球状风化体勘察除应符合本标准前述章节提出的要求外，还应根据基础类型和工法需要，查明以下内容：

1 场地球状风化体的分布情况及球状风化体发育等级；

2 球状风化体的岩性类别、矿物组成、风化程度、顶部和底部标高、揭露厚度、岩石单轴极限抗压强度；

3 分析球状风化体与周围岩土体的物理、力学性质差异程度；

4 评价球状风化体对地基基础方案、施工工法的影响。

6.5.3 场地球状风化体的发育程度等级，应按表 6.5.3 规定进行划分。

表 6.5.3 场地球状风化体发育程度分级表

球状风化体发育等级	球状风化体揭示率 (%)	串珠状球状风化体孔数(孔)	球状风化体线发育率 (%)	球状风化体发育特征
强烈发育	≥10	≥4	≥5	常位于燕山期花岗岩发育区的山丘或丘间沟谷地带，风化壳较厚，球状风化体岩质新鲜、岩体完整且与围岩风化程度差异大；钻孔见球状风化体率高，串珠状球状风化体发育，揭露球状风化体的钻孔连续分布。
中等发育	5~10	2~3	2~5	介于强烈发育和弱发育之间。
弱发育	<5	1	<2	常位于混合花岗岩、花岗片麻岩发育区，揭露的球状风化体风化程度较深（以中风化或强风化为主），球状风化体与围岩风化程度差异小；区段未揭露或球状风化体零星揭露球状风化体；未揭露串珠状球状风化体发育，揭露球状风化体的钻孔未连续分布。

注：1 同一工点多个区段穿越花岗岩残积土和风化岩时，宜按不同区段划分等级；

2 发育程度从高到低判定，满足其中一个条件即可定为该等级。

6.5.4 球状风化体勘察方法宜采用工程地质测绘与物探、钻探相结合的综合勘察方法。

6.5.5 各勘察阶段应根据设计和施工需要，在球状风化体的可能发育的场地适当加密勘探点布置。

6.5.6 发育球状风化体的场地，勘探点深度一般要求穿过球状风化体，同时还应根据设计和施工需要，满足地基基础设计和岩土工程施工要求。

6.5.7 勘探揭露球状风化体时，应根据需要采取球状风化体岩样进行饱和状态单轴极限抗

压强度试验；必要时，还应进行球状风化体岩石矿物组成及含量分析。

6.5.8 球状风化体岩土工程分析与评价应符合以下要求：

- 1 分析球状风化体发育场地的地形地貌、地层岩性及水文地质条件的关系；
- 2 分析球状风化体的岩性类别、矿物组成、风化程度及球状风化体空间分布、与拟建线结构的关系、抗压强度等特征；
- 3 评价球状风化体对地基基础、隧道围岩稳定性、边坡稳定性的影响，预测可能出现的岩土工程问题，提出工程措施建议；
- 4 评价球状风化体对明挖法、盾构法、顶管法、桩基施工、地基处理施工等的影响，提出球状风化体工程处理措施与建议。

6.6 污染土

6.6.1 本节适用于工业污染土、尾矿污染土和垃圾填埋场渗滤液污染土，且根据本标准第4.12节进行土壤环境调查后确定已受污染的已建场地和地基或已受污染的拟建场地和地基的详细勘察。

6.6.2 污染土勘察应包括下列内容：

- 1 调查污染源的位置、成分、性质；
- 2 查明污染土分布的平面范围和深度、地下水受污染的空间范围；
- 3 评价污染程度；
- 4 评价污染土和水对建筑材料的腐蚀性及其对工程建设及环境的影响；
- 5 提出污染土、水处置建议。

6.6.3 污染土场地和地基的勘察，应根据工程特点和设计要求选择适宜的勘察手段，并应符合下列要求：

- 1 以现场调查为主，对工业污染应着重调查地块使用历史、污染源、污染史、污染途径、污染物成分、污染场地已有建筑物受影响程度、周边环境等；
- 2 对尾矿污染应重点调查不同的矿物种类和化学成分，了解选矿所采用工艺、添加剂及其化学性质和成分等；
- 3 对垃圾填埋场应着重调查垃圾成分、日处理量、堆积容量、使用年限、防渗结构、变形要求及周边环境等；
- 4 采用冲击或液压钻探（无水）或坑探采取土试样，现场观察污染土颜色、状态、气味和外观结构等，并与正常土比较，查明污染土分布范围和深度；
- 5 直接接触试验样品的取样设备应严格保持清洁，每次取样后均应用清洁水冲洗后再进行下一个样品的采取；对易分解或易挥发等不稳定组分的样品，装样时应尽量减少土样与空气的接触时间，防止挥发性物质流失并防止发生氧化；土样采集后宜采取适宜的保存方法并在规定时间内运送试验室；

6 对需要确定地基土工程性能的污染土，宜采用以原位测试为主的多种手段；当需要确定污染土地基承载力时，宜进行载荷试验。

6.6.4 污染土勘察应进行监测，监测宜从初步勘察阶段开始，并应符合下列规定：

1 监测范围为前期土壤环境调查初步确定的边界范围；

2 监测对象宜包括土体、地下水、地表水、环境空气等；

3 地下水监测应采用监测井；

4 监测项目宜包括土体的 pH、含水率、污染物浓度等，地下水与地表水的水温、pH、电导率、溶解氧、污染物浓度等，地下水位、流速、流向、渗透系数等水文地质条件变动情况。

6.6.5 拟建场地污染土勘察宜分为初步勘察和详细勘察阶段，初步勘察宜结合土壤环境调查进行，详细勘察应符合下列规定：

1 应在初步勘察的基础上，进一步补充详实的场地环境信息并开展场地土壤和地下水详细调查监测的工作。同时开展场地土壤理化特征参数调查，获取满足健康风险评估及土壤和地下水修复设计、拟建项目地基基础设计和施工所需要的参数；

2 勘探点布置，对于连片污染区域的加密布点每 400m²（20m×20m 网格）不少于 1 个；对于孤立的超标点位，应加密至每 100m²（10m×10m）不少于 1 个；当污染物分布存在显著差异时，勘探点间距宜适当加密；

3 勘探点深度应穿过污染土分布深度，且应满足土壤和地下水修复设计、拟建项目地基基础设计和施工要求；

4 地下水监测点布设，监测指标应包含初步勘察确定的地块土壤和地下水超标污染；原则上在污染区域（初步勘察确定超标的区域）加密布点，地下水采样点位数每 6400m²（80m×80m）不少于 1 个，也可根据实际情况确定；同时要在超标点位附近增加不同层位的地下水监测井，以便进一步查明垂直方向地下水污染深度；

5 用于确定污染深度的采样点，分层采样应采取以下原则：建议修改为“3m 以内采样”间隔为 0.5m，3m~6m 采样间隔为 1m，6m 以下采样间隔不大于 2m。

6.6.6 勘探测试工作量的布置应结合污染源和污染途径的分布进行，近污染源处勘探点间距宜密，远污染源处勘探点间距宜疏。为查明污染土分布的勘探孔深度应穿过污染土。详细勘察时，采取污染土试样的间距应根据其厚度及可能采取的处理措施等综合确定。

6.6.7 有地下水的勘探孔应采取不同深度地下水试样，查明污染物在地下水中的空间分布。同一钻孔内采取不同深度的地下水试样时，应采用严格的隔离措施，防止因采取混合水样而影响判别结论。

6.6.8 污染土和水的室内试验，应根据污染情况和任务要求进行下列试验：

1 污染土和水的化学成分；

2 污染土的物理力学性质；

- 3 对建筑材料腐蚀性的评价指标；
- 4 对环境影响的评价指标；
- 5 力学试验项目和试验方法应充分考虑污染土的特殊性质，进行相应的试验；
- 6 必要时进行专门的试验研究。

6.6.9 污染土勘察应对场地和建筑物地基进行评价，并应符合下列要求：

- 1 污染源的位置、成分、性质、污染史及对周边的影响；
- 2 污染土分布的平面范围和深度、地下水受污染的空间范围；
- 3 污染土的物理力学性质，污染对土的工程特性指标的影响程度；
- 4 工程需要时，提供地基承载力和变形参数，预测地基变形特征；
- 5 污染土和水对建筑材料的腐蚀性；
- 6 分析污染场地土壤和地下水污染物对人群的主要暴露途径，评估污染物对人体健康的致癌风险或危害水平；
- 7 分析污染发展趋势；
- 8 对已建项目的危害性或拟建项目适宜性的综合评价；
- 9 处理与修复建议。

6.6.10 污染土和水对建筑材料的腐蚀性评价和腐蚀等级的划分，应符合本标准第 12 章的有关规定。

6.6.11 污染源对土的工程特性影响程度可按表 6.6.11 划分。根据工程具体情况，可采用强度、变形、渗透等工程特性指标进行综合评价。

表 6.6.11 污染对土的工程特性的影响程度

影响程度	轻微	中等	大
工程特性指标变化率(%)	<10	10~30	>30

注：“工程特性指标变化率”是指污染前后工程特性指标的差值与污染前指标之百分比。

6.6.12 污染土和水对环境影响的评价应结合工程具体要求进行，无明确要求时可按现行国家标准《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准（试行）》GB36600、《地下水质量标准》GB/T 14848 和《地表水环境质量标准》GB 3838 进行评价。

6.7 膨胀岩土

6.7.1 膨胀性岩土为含有大量亲水矿物，湿度变化时有较大的体积变化，变形受约束时产生较大内应力的岩土。

6.7.2 膨胀岩土场地，按地形地貌条件可分为平坦场地和坡地场地。

- 1 符合下列条件之一者应划为平坦场地：

- 1) 地形坡度小于 5° ，且同一建筑物范围内局部高差不超过 1m；
 - 2) 地形坡度大于 5° 小于 14° ，与坡肩水平距离大于 10m 的坡顶地带。
- 2 不符合以上条件的应划为坡地场地。

6.7.3 膨胀岩土工程地质测绘和调查应包括下列内容：

- 1 查明膨胀岩土的地质年代、岩性、矿物成分、成因、产状、分布以及颜色、裂隙发育情况和充填物等特征；
- 2 划分地形、地貌单元和场地类型；
- 3 调查地表水的排泄和积聚情况、地下水的类型、水位及其变化规律；
- 4 搜集当地降水量、干湿季节、干旱持续时间等气象资料、大气影响深度；
- 5 测定自由膨胀率、一定压力下的膨胀率、收缩系数、膨胀力等指标；
- 6 确定膨胀潜势、地基的膨胀变形量、收缩变形量、胀缩变形量、胀缩等级；
- 7 提供膨胀岩土预防措施及地基处理方案的建议。

6.7.4 膨胀岩土勘察应符合下列规定：

- 1 勘探孔宜结合地貌单元和微地貌形态布置；在地形地貌交界处、地层岩性急剧变化处应有勘探孔，其数量应比非膨胀岩土地区适当增加，控制性勘探孔不应少于勘探孔总数的 1/2；
- 2 勘探孔深度除应满足基础埋深和附加应力的影响深度外，尚应超过大气影响深度，控制性勘探孔不应小于 8m，一般性勘探孔不应小于 5m；
- 3 在大气影响深度内，每个控制性勘探孔均应采取 I、II 级土试样，取样间距不应大于 1.0m，在该深度以下取样间距可适当加大为 1.5m~2.0m；一般性勘探孔从地表下 1m 至 5m 深度内，可取 III 级土试样，测定天然含水量；同一岩土单元主要岩土层每层不应少于 6 件（组）。

6.7.5 勘探孔施工应采取干作业，岩土样品应保持天然结构和天然湿度。

6.7.6 重要及特殊要求的工程场地，应进行现场浸水载荷试验、剪切试验或旁压试验；对膨胀岩应进行黏土矿物成分、体膨胀量和无侧限抗压强度试验；对各向异性的膨胀岩土，应测定其不同方向的膨胀率、膨胀力和收缩系数。

6.7.7 膨胀岩土的岩土工程评价应包括下列内容：

- 1 对建在膨胀岩土上的建筑物，其基础埋深、地基处理、桩基设计、总平面布置、建筑和结构措施、施工和维护，应符合现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GBJ 112 的规定；
- 2 一级工程的地基承载力应采用浸水载荷试验方法确定；二级工程宜采用浸水载荷试验；三级工程可采用饱和状态下不固结不排水三轴剪切试验计算或根据已有经验确定；
- 3 对边坡及位于边坡上的工程，应进行稳定性验算；验算时应考虑坡体内含水量变化的影响；均质土可采用圆弧滑动法，有软弱夹层及层状膨胀岩土应按最不利的滑动面验算；具有胀缩裂缝和地裂缝的膨胀土边坡，应进行沿裂缝滑动的验算；
- 4 干湿循环次数对土体强度的不利影响。

6.8 混合土

6.8.1 由细粒土和粗粒土混杂且缺乏中间粒径的土应定名为混合土。可按下列要求进一步细分粗粒混合土和细粒混合土：

当碎石土中粒径小于 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 的粗粒土质量超过总质量的 25%时，应定名为细粒混合土。

6.8.2 混合土勘察应包含下列内容：

- 1 查明混合土的名称、物质组成、来源；
- 2 查明混合土的成因、分布，下伏土层或基岩的埋藏条件；
- 3 查明混合土中粗大颗粒的风化情况，细颗粒的成分和状态；
- 4 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；
- 5 查明地下水的分布和赋存条件、透水性和富水性，不同水体的水力联系；
- 6 评价混合土地基对工程的影响，提出处理措施的建议。

6.8.3 混合土的岩土工程评价除符合本标准第 4 章的规定外，尚应包括下列内容：

- 1 混合土的承载力应采用载荷试验、动力触探试验并结合当地经验确定；
- 2 混合土边坡的容许坡度值可根据现场调查和当地经验确定。对重要工程应进行专门试验研究。

7 场地与地基的地震效应评价

7.1 活动断裂

7.1.1 抗震设防烈度 7 度及以上地区的重大工程场地，应活动断裂（以下简称断裂）勘察。断裂勘察应查明断裂的位置和类型，分析其活动性和地震效应，评价断裂对工程建设可能产生的影响，并提出处理方案。

7.1.2 断裂的地震工程分类应符合下列规定：

1 全新活动断裂为在全新地质时期（一万年）内有过地震活动或近期正在活动，在今后一百年可能继续活动的断裂；全新活动断裂中、近期（近 500 年来）发生过地震震级 $M \geq 5$ 级的断裂，或在今后 100 年内，可能发生 $M \geq 5$ 级的断裂，可定为发震断裂；

2 非全新活动断裂，一万年以前活动过，一万年以来没有发生过活动的断裂。

7.1.3 全新活动断裂可按表 7.1.3 分级。

表 7.1.3 全新活动断裂分级

指标		活动性	平均活动速率 v (mm/a)	历史地震震级 M
I	强烈全新活动断裂	中晚更新世以来有活动、全新世活动强烈	$v > 1$	$M \geq 7$
II	中等全新活动断裂	中晚更新世以来有活动、全新世活动较强烈	$1 \geq v \geq 0.1$	$7 > M \geq 6$
III	微弱全新活动断裂	全新世有微弱活动	$v < 0.1$	$M < 6$

7.1.4 断裂勘察，应搜集和分析有关文献档案资料，包括卫星航空相片、区域构造地质、强震震中分布、地应力和地形变、历史和近期地震资料等。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、断裂带的宽度、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。

7.1.5 断裂勘察工程地质测绘，除应符合本标准第 9 章的要求外，尚应包括下列内容的调查：

1 地形地貌特征：山区或高原不断上升剥蚀或有长距离的平滑分界线；非岩性影响的陡坡、峭壁，深切的直线型河谷，一系列滑坡、崩塌和山前叠置的洪积扇；定向断续线型分布的残丘、洼地、沼泽、芦苇地、盐碱地、湖泊、跌水、泉、温泉等；水系定向展布或同向扭曲错动等；

2 地质特征：近期断裂活动留下的第四系错动，地下水和植被的特征；断层带的破碎和胶结特征等；深色物质宜采用放射性碳 14 (C¹⁴) 法，非深色物质宜采用热释光法或铀系法，测定已错断层位和未错断层位的地质年龄，并确定断裂活动的最新时限；

3 地震特征：与地震有关的断层、地裂缝、崩塌、滑坡、地震湖、河流改道和砂土液化等。

7.1.6 活动断裂的探测、鉴定和定位，应符合现行国家标准《活动断层探测》GB/T 36072 的相关规定。

7.1.7 工程场地内存在发震断裂时，应评价断裂对工程的影响。

7.2 场地类别划分

7.2.1 岩土工程勘察应确定场地类别，划分对建筑抗震有利、一般、不利和危险地段。

7.2.2 场地抗震地段类别应按表 7.2.2，划分为对建筑抗震有利、一般、不利和危险地段。

表 7.2.2 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（含古河道、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位错的部位

7.2.3 对需要采用时程分析的工程，应根据设计要求，提供土层剖面、场地覆盖层厚度和剪切波速等有关参数。

7.2.4 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 7.2.4 确定，其中 I 类分为 I₀、I₁ 两个亚类。当有可靠的剪切波速和覆盖层厚度且其值处于表 7.2.4 所列场地类别的分界线附近时，应允许按插值方法确定地震作用计算所用的特征周期。

表 7.2.4 各类场地的覆盖层厚度 (m)

岩石的剪切波速 v_s 或土的等效剪切波速 v_{se} (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	—	—

续表 7.2.4

岩石的剪切波速 v_s 或土的等效剪切波速 v_{se} (m/s)	场地类别				
	I ₀	I ₁	II	III	IV
$250 \geq v_{se} > 150$	—	<3	3~50	>50	—
$v_{se} \leq 150$	—	<3	3~50	15~80	>80

7.2.5 剪切波速测试应符合下列规定：

- 1 各勘察阶段波速测试孔布置应符合表 7.2.5-1 的有关规定：

表 7.2.5-1 土层剪切波速的测试钻孔数量要求

工程类型	土层剪切波速的测试要求
建筑工程	<p>1 初步勘察阶段，对大面积的同一地质单元，测试孔数量不宜少于 3 个；</p> <p>2 详细勘察阶段，对单幢建筑、测试孔数量不宜少于 2 个，测试数据变化较大时，可适量增加；对小区中处于同一地质单元内的密集建筑群，测试孔数量可适量减少，但每幢高层建筑和大跨空间结构的测试孔数量均不得少于 1 个；</p> <p>3 对丁类建筑及丙类建筑中层数不超过 10 层、高度不超过 24m 的多层建筑，当无实测剪切数据时，可根据岩土名称和性状，按表 7.2.6-2 划分土的类别，再利用当地经验在表 7.2.6-2 的剪切波速范围内估算各土层的剪切波速。</p>
桥涵工程	甲、乙和丙类桥梁应通过现场实测确定，每座桥测试孔数量中桥不少于 1 个，大桥不少于 2 个，特大桥应适当增加；丁类桥梁可根据地区经验估算
地下洞室和 城市隧道工程	<p>1 初步勘察阶段，对同一地质单元，测试孔数量不宜少于 3 个；</p> <p>2 详细勘察阶段，对线状工程，同一地质单元每千米测试孔数量不宜少于 3 个；对面状单体工程，测试孔数量不宜少于 3 个，对面状群体工程，每一单体测试孔数量不宜少 2 个。测试数据变化较大时，可适量增加</p>
城市给排水厂站工程	同一地质单元不少于 3 个；且详细勘察阶段抗震设防类别乙类及以上的单体构筑物不应少于 1 个，丙类及以下不宜少于 1 个
城市堤岸工程	一、二级工程每千米不少于 1 个，同一地质单元不少于 3 个；三级工程可根据地区经验估算
废弃物处理工程	坝址区测试数量不宜少于 3 个

注：桥涵、城市堤岸工程等级划分应符合现行国家行业标准《市政工程勘察规范》CJJ 56 的有关规定。

2 对丁类建筑及丙类建筑中层数不超过 10 层、高度不超过 24m 的多层建筑，以及丁类桥涵工程，当无实测剪切数据时，可根据岩土名称和性状，按表 7.2.5-2 划分土的类别，再利用当地经验在表 7.2.5-2 的剪切波速范围内估算各土层的剪切波速。

3 为划分场地类别布置的剪切波速试验孔，当缺乏资料时，其深度应大于覆盖层厚度。当覆盖层厚度大于 80m 时，勘探孔深度应大于 80m，并分层测定剪切波速。

表 7.2.5-2 场地土的类型划分和剪切波速范围

土的类型	岩土名称和形状	土层剪切波速范围(m/s)
岩石	坚硬、较硬且完整的岩石	$v_s > 800$
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	$800 \geq v_s > 500$
中硬土	中密、稍密的碎石土，密实、中密的砾、粗、中砂， $f_{ak} > 150$ 的黏性土和粉土	$500 \geq v_s > 250$
中软土	稍密的砾、粗、中砂，除松散外的细、粉砂， $f_{ak} \leq 150$ 的黏性土和粉土， $f_{ak} > 150$ 的填土	$250 \geq v_s > 150$
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	$v_s \leq 150$

注： f_{ak} 为由载荷试验等方法得到的地基承载力特征值(kPa)； v_s 为岩土剪切波速。

7.2.6 场地覆盖层厚度的确定，应符合下列规定：

- 1 一般情况下，应按地面至剪切波速大于 500m/s 且其下卧各层岩土的剪切波速均不小于 500m/s 的土层顶面的距离确定；
- 2 当地面 5m 以下存在剪切波速大于其上部各土层剪切波速 2.5 倍的土层，且该层及其下卧各层岩土的剪切波速均不小于 400m/s，可按地面至该土层顶面的距离确定；
- 3 剪切波速大于 500 m/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。

7.2.7 土层的等效剪切波速，应按下列公式计算：

$$v_{se} = d_0 / t \quad (7.2.7-1)$$

$$t = \sum_{i=1}^n (d_i / v_{si}) \quad (7.2.7-2)$$

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 两者的较小值；

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 土层的厚度（m）；

v_{si} ---计算深度范围内第 i 土层的剪切波速（m/s）；

n ---计算深度范围内土层的分层数。

7.3 液化判别

7.3.1 抗震设防烈度不低于 7 度时、地面下 20m 范围内存在饱和砂土与饱和粉土时，应进行

液化判别；抗震设防烈度为 6 度时，一般情况下可不进行判别，但对液化沉降敏感的乙类建筑可按 7 度的要求进行判别和处理；7 度和 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；甲类建筑应进行专门的液化勘察。

7.3.2 场地地震液化判别应先进行初步判别，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：

1 地质年代为第四纪晚更新世（Q₃）及其以前时，7、8 度时可判为不液化；

2 粉土的黏粒（粒径小于 0.005mm 的颗粒）含量百分率 7 度、8 度分别不小于 10、13 时，可判为不液化土；

注：用于液化判别的黏粒含量系用六偏磷酸钠作分散剂测定，采用其他方法时应按有关规定换算。

3 软土地区，当土层为粉土或粉砂与黏土互层且黏性土合计厚度达到或超过土层总厚度 1/3 时，或粉土或砂土层的平均厚度不足 1m 或呈局部透镜体状时，可不考虑液化影响；

4 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：

$$d_u > d_0 + d_b - 2 \quad (7.3.2-1)$$

$$d_w > d_0 + d_b - 3 \quad (7.3.2-2)$$

$$d_u + d_w > 1.5d_0 + 2d_b - 4.5 \quad (7.3.2-3)$$

式中： d_w ——地下水位埋深（m），宜按设计基准期内年平均最高水位采用，也可按近期年内最高水位采用；

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层扣除；

d_b ——基础埋置深度（m），不超过 2m 时应采用 2m；

d_0 ——液化土特征深度（m），可按表 7.3.2 采用。

表 7.3.2 液化土特征深度(m)

饱和土类别	抗震设防烈度	
	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。

7.3.3 当饱和砂土、粉土的初步判别认为需进一步进行液化判别时，应采用标准贯入试验判别法判别地面下 20m 深度范围内土的液化；但对符合现行国家标准《建筑抗震设计标准》GB/T 50011 规定可不进行天然地基及基础的抗震承载力验算的各类建筑，可只判别地面下 15m 范围内土的液化。标准贯入试验判别液化还应并符合下列规定：

1 每个场地液化判别孔不应少于 3 个，每幢建筑物、每座市政工程桥涵至少应有 1 个判别孔，勘探孔深度应大于液化判别深度；

2 在需作液化判别的土层中，试验点的竖向间距宜为 1.0m~1.5m，每层土的试验点数量不宜少于 6 个。

3 对粉土进行液化判别时，应采取土样并用六偏磷酸钠作分散剂测定粉土的黏粒含量。

7.3.4 在地面下 20m 深度范围内，液化判别标准贯入锤击数临界值可按下式计算：

$$N_{cr} = N_0 \beta [\ln(0.6d_s + 1.5) - 0.1d_w] \sqrt{3/\rho_c} \quad (7.3.4)$$

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，可按表 7.3.4 采用；

d_s ——饱和土标准贯入点深度(m)；

d_w ——地下水位埋深(m)，宜按设计基准期内年平均最高水位采用；当无工程设计基准期内最高水位时，按不利因素考虑，广东地区液化判别中的地下水位可采用孔口标高。

ρ_c ——黏粒含量百分率，当小于 3 或为砂土时，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 7.3.4 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	
液化判别标准贯入锤击数基准值	7	10	12	16	

7.3.5 对存在液化砂土层、粉土层的地基，应探明各液化土层的深度和厚度，按下式计算每个钻孔的液化指数，并按表 7.3.5 综合划分地基的液化等级：

$$I_{LE} = \sum_{i=1}^n \left[1 - \frac{N_i}{N_{cri}} \right] d_i W_i \quad (7.3.5)$$

式中： I_{LE} ——液化指数；

n ——在判别深度范围内每一个钻孔标准贯入试验点的总数；

N_i 、 N_{cri} ——分别为 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应取临界值；

d_i —— 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、下两标准贯入试验点深度差的一半，但上界不高于地下水位深度，下界不深于液化深度；

W_i —— i 土层单位土层厚度的层位影响权函数值 (单位为 m^{-1})。若判别深度为 15m，当该层中点深度不大于 5m 时应采用 10，等于 15m 时应采用零值，5~15m 时应按线性内插法取值；若判别深度为 20m，当该层中点深度不大于 5m 时应采用 10，等于 20m 时应采用零值，5~20m 时应按线性内插法取值。

表 7.3.5 液化等级与液化指数的对应关系表

液化等级	轻微	中等	严重
液化指数 I_{LE}	$0 < I_{LE} \leq 6$	$6 < I_{LE} \leq 18$	$I_{LE} > 18$

7.3.6 勘察评价液化等级时，应符合下列规定：

- 1 阐明可液化的土层，逐点判别每个标准贯入试验点液化可能性，按孔计算各个试验孔的液化指数；
- 2 按照每个孔的计算结果，结合场地地质地貌条件，综合确定场地液化等级。
- 3 对于大面积场地工程和线路工程，可分区域或分段落综合确定各区域、段落的液化等级，分区域、段落评价时各区域、段落应有不少于 3 个液化判别孔。

7.4 软土震陷

7.4.1 抗震设防烈度等于或大于 7 度的地区，当场地分布厚度超过 3m 的软土时，宜判别软土震陷的可能性和估算震陷量。

7.4.2 当软土层的等效剪切波速符合表 7.4.2 的规定时，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陷措施。

表 7.4.2 软土地基等效等效剪切波速和震陷的关系

抗震设防烈度	7 度	8 度
剪切波速 v_s (m/s)	>90	>140
震陷影响	不考虑	不考虑

7.4.3 软土震陷分析可根据波速测试、地基土承载力、上覆非软弱土层厚度、软土层厚度等资料进行；必要时尚可结合室内土的动力性质试验进行判别。

7.4.4 软土震陷进行分析与评价应符合下列规定：

- 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，可参考表 7.4.4 的有关规定确定软土的震陷估算值；
- 3 当实际的地基土条件与表 7.4.4 中规定的两项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 7.4.4 乙、丙类建（构）筑物地震震陷估算参考值

地基土条件	地基主要受力层深度内软土厚度>3m; 地基土等效剪切波速度<90m/s	
抗震设防烈度	7 (0.1g~0.15g)	8(0.2g)
震陷估算值(mm)	30~80	≤150

注：当需要估算软土震陷量时，宜采用以静力计算代替动力分析的简化分层总和法。

4 当软土分布区域会产生软土震陷时，应提出相应的软土地基抗震陷措施建议。

8 地下水

8.1 勘察要求

8.1.1 岩土工程勘察应根据工程要求，通过搜集资料和勘察工作，掌握下列水文地质条件：

- 1 地下水的类型和赋存状态；
- 2 主要含水层的分布规律；
- 3 区域性气候资料，如年降水量、蒸发量及其变化和对地下水位的影响；
- 4 地下水的补给排泄条件、地表水与地下水的补排关系、地表水对地下水位的影响；
- 5 勘察时的地下水位、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；
- 6 是否存在对地下水和地表水的污染源及其可能的污染程度。

8.1.2 对缺乏常年地下水位监测资料的地区，在高层建筑或重大工程的初步勘察时，宜设置长期观测孔，对相关层位的地下水进行长期观测。

8.1.3 抗浮设计等级为甲级的工程，当区域水文地质条件复杂，场地岩土工程勘察成果不能满足抗浮设计时，应进行抗浮水文地质专项勘察，并应包含以下内容：

- 1 查明含水层和隔水层的埋藏条件，地下水类型、流向、水位及其变化幅度；
- 2 当场地有多层对工程有影响的地下水时，应分层量测地下水位，并查明相互之间的补给关系；
- 3 查明场地地质条件对地下水赋存和渗流状态的影响；必要时应设置观测孔，或在不同深度处理设孔隙水压力计，量测压力水头随深度的变化；
- 4 通过现场试验，测定地层渗透系数等水文地质参数。

8.1.4 抗浮水文地质专项勘察应对以下几方面进行评价：

- 1 根据场地所处地貌单元、地层结构、地下水类型和地下水动态变化规律，对地下室结构设计年限内可能遇到的最高水位进行预测，提供抗浮工程设计所需的各地层渗透参数；
- 2 分析判断工程活动对地下水位变化的影响；
- 3 根据地下水位变化和抗浮设计等级，对总体或分区抗浮设防水位提出建议；
- 4 临水库、江、河、湖、海等场地应查明水体与场地的水力联系情况。当有联系时，应利用该地水利资料，查明水库、江、河、湖、海等水体的水位逐年变动情况，预测该地可能出现的最高和最低水位。

- 5 当建筑物所处场地地势低洼、应查明场地的排水情况，并估算可能发生的积水高度对

抗浮设防水位的影响。

8.1.5 水试样采取和试验应符合本标准第 12.8 节的规定。

8.2 水文地质参数的测定

8.2.1 水文地质参数的测定方法应符合表 8.2.1 要求。

表 8.2.1 水文地质参数测定方法

参数	测定方法
水位	钻孔、探井或测压管观测
渗透系数、导水系数、影响半径	抽水试验、注水试验、压水试验、室内渗透试验
给水度、释水系数	单孔抽水试验、非稳定流抽水试验、 地下水位长期观测、室内试验
越流系数、越流因数	稳定流或非稳定流的多孔抽水试验
单位吸水率	注水试验、压水试验
毛细水上升高度	试坑观测、室内试验

8.2.2 地下水位的量测应符合下列规定：

- 1 遇地下水时应量测水位；
- 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，将被测含水层与其他含水层隔开；
- 3 对临江、滨海等地下水位受潮汐影响的场地，宜量测勘察期间动水位的变化幅度。

8.2.3 初见水位和稳定水位可在钻孔、探井或测压管内直接量测；稳定水位的间隔时间按地层的渗透性确定，对砂土和碎石土不得少于 0.5h，对粉土不得少于 8h，黏性土不得少于 24h，并宜在勘察结束后统一量测稳定水位。量测读数至厘米，精度不得低于 $\pm 2\text{cm}$ 。

8.2.4 测定地下水流向可用几何法；量测点不应少于呈三角形分布的 3 个测孔（井）。量测点间距按岩石的渗透性、水力梯度和地形坡度确定，宜为 50m~100m。应同时量测各孔（井）内水位，确定地下水的流向。

8.2.5 地下水流速的测定可采用指示剂法或充电法。

8.2.6 抽水试验应符合下列规定：

- 1 抽水试验方法可按表 8.2.6 选用，渗透系数计算公式可按附录 E；
- 2 抽水试验宜三次降深，最大降深应接近工程设计所需的地下水位降深的标高；
- 3 水位量测应采用同一方法和仪器，读数精度对抽水孔为厘米，观测孔为毫米；
- 4 当涌水量与时间关系曲线和动水位与时间的关系曲线，在一定范围内波动，而没有持续上升和下降时，可认为已经稳定；

5 抽水结束后应量测恢复水位。

表 8.2.6 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系数
不带观测孔抽水	初步测定含水层的渗透性参数
带观测孔抽水	较准确测定含水层的各种参数

8.2.7 渗水试验和注水试验可在试坑或钻孔中进行。对砂土和粉土，可采用试坑单环法；对黏性土可采用试坑双环法；试验深度较大时可采用钻孔法。

8.2.8 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，按岩层的渗透特性划分试验段，按需要确定试验的起始压力、最大压力和压力级数，及时绘制压力与压入水量的关系曲线，计算试段的透水率，确定 $p-Q$ 曲线的类型。

8.2.9 孔隙水压力的测定应符合下列规定：

- 1 测定方法可按表 8.2.9 确定；
- 2 测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。

表 8.2.9 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测定
	电测式测压计 (电阻应变式、钢弦应变式)	各种土层	孔压通过透水石传导膜片，引起挠度变化，诱发电阻片(或钢弦)变化，用接收仪测定
	气动测压计	各种土层	利用两根排气管使压力为常数，传来的孔压在透水元件中的水压阀产生压差测定
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，在贯入过程中测定

8.3 地下水作用的评价

8.3.1 岩土工程勘察应评价地下水的作用和影响，并提出预防措施的建议。

8.3.2 地下水力学作用的评价应包括下列内容：

1 对基础、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；对节理不发育的岩石和黏土且有地方经验或实测数据时，可根据经验确定；有渗流时，地下水的水头和作用宜通过渗流计算进行分析评价；

2 验算边坡稳定时，应考虑地下水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的浮托力；

4 当墙背填土为粉砂、粉土或黏性土，验算支挡结构物的稳定时，应根据不同排水条件评价地下水压力对支挡结构物的作用；

5 因水头压差而产生自下向上的渗流时，应评价产生潜蚀、流土、管涌的可能性；

6 在地下水位下开挖基坑或地下工程时，应根据岩土的渗透性、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周边邻近建筑物、地下构筑物等环境造成的不良作用和影响，并提出采取有效防治措施建议。

8.3.3 地下水的物理、化学作用的评价应包括下列内容：

1 对地下水位以下的工程结构，应评价地下水对混凝土、金属材料的腐蚀性，评价方法按本标准第 12.8 节执行；

2 对软质岩石、全风化岩石、强风化岩石、残积土、湿陷性土和膨胀岩土等，应评价地下水的聚集和散失所产生的软化、崩解、湿陷、胀缩和潜蚀等有害作用；

3 在粉土、砂土、卵石地层中，当可能受潮汐波动或地下水渗流影响时，宜评价灌注桩、旋喷桩、搅拌桩以及注浆工程产生混凝土或水泥浆流失或水泥浆液呈支脉状流失的影响；

4 在岩溶、土洞、塌陷、滑坡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。

8.3.4 当需要进行工程降水时，应根据含水层渗透性和降深要求，选用适当的降低水位方法。当几种方法有互补性时，亦可组合使用。

8.4 抗浮设防水位

8.4.1 抗浮设防水位应根据地形地貌、工程重要性、区域历史最高水位、勘察期间实测资料、水位预测咨询成果（必要时）和工程经验综合分析后提出建议。

8.4.2 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位。

8.4.3 抗浮设防水位建议值可按下列要求确定：

1 抗浮设防水位应取设计使用年限内最高水位；

2 当无工程设计使用年限内最高水位资料时，无承压水的平地地形，抗浮设防水位可取设计室外地坪标高；有承压水的平地地形，抗浮设防水位取潜水位和承压水头较大值，潜水位可取设计室外地坪标高；

3 坡地抗浮设防水位应根据周边地形、上下游水头、分水岭、雨水补给、地质条件、地下室分布等综合考虑，室外高差变化较大时可分段确定抗浮设防水位；

4 场地地势低洼且有可能发生淹没、浸水时，抗浮水位应综合考虑周边环境条件、积水深度、内涝时间及周边积水下渗等因素综合确定；

5 对于临江、河等大型地表水体场地，应结合场地与地表水体的水力联系确定抗浮设防水位，且应综合考虑最高洪水位的影响；

6 对于大面积填方的场地，应按填方后上升的地下水位来评价及确定抗浮设防水位。

8.4.4 建筑使用过程中如出现室外地坪标高调整、周边路面加高、周边出现大挖大填等情况，应委托相应资质单位进行抗浮水位变化预测评估，并提出加固或隔水减浮等措施建议。

9 工程地质测绘和调查

9.1 工程地质测绘

9.1.1 岩石出露或地貌、地质条件较复杂的场地应进行工程地质测绘。对地质条件简单的场地，可用调查代替工程地质测绘。

9.1.2 工程地质测绘和调查宜在可行性研究阶段或初步勘察阶段进行，宜包括航空相片、卫星相片的解译结果。在详细勘察阶段可针对某些专门地质问题进行补充调查。

9.1.3 工程地质测绘前，宜收集以下基础资料：

- 1 工程规划、设计资料；
- 2 地形资料、卫片、航片、其它有关文字、图像等资料；
- 3 区域地质、区域水文地质、地方地质志、地震及地震地质、地质灾害等资料；
- 4 水文、气象资料；
- 5 矿产资源、生态环境保护规划；
- 6 当地类似工程经验、附近工程建设的相关资料。

9.1.4 工程地质测绘前，宜根据工程地质勘察大纲或测绘任务书的要求，结合已有资料和现场踏勘情况，编制工程地质测绘作业计划。工程地质测绘作业计划应包括下列内容：

- 1 测绘目的、任务要求；
- 2 地质概况、可能存在的主要工程地质问题；
- 3 工作条件、工作方法、测绘比例尺、工作量；
- 4 计划进度安排；
- 5 需提交的成果；
- 6 人员组织、工作装备以及质量保证、安全保障和环保控制措施。

9.1.5 工程地质测绘和调查的范围，应包括工程建设场地及邻近地段，当需追溯地质问题、地质界限时，可根据需要扩大测绘和调查范围。

9.1.6 工程地质测绘的内容宜包括地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质、物理地质现象、岩溶、人类工程活动等与工程有关的地质现象的测绘和调查。

9.1.7 工程地质测绘比例尺及精度应符合下列要求：

1 测绘用图比例尺宜选用比最终成图比例大一级的地形图作底图，并根据不同勘察阶段选择相应比例尺；在可行性研究勘察阶段可选用 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；当地质条件复杂时，比例尺可适当放大；

2 对工程有重要影响的地质单元体（滑坡、断层、软弱夹层、洞穴等），可采用扩大比

例尺表示；

3 地质界线和地质观测点的测绘精度，在图上不应低于 3mm。

9.1.8 工程地质测绘和调查宜根据精度要求和地质体实际情况选用遥感图像解译、野外实地测绘、航空摄影技术和三维激光扫描等方法；工程地质测绘和调查宜充分利用数字化地质测绘技术，并构建地质信息数据库。

9.1.9 工程地质测绘地质观测点的布置应符合下列要求：

1 地质构造线、地层接触线、岩性分界线、标准层位、不良地质作用及特殊性岩土发育地段应设置地质观测点；

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；地质点的间距宜为相应比例尺图上 2cm~3cm，地质条件较简单的地区可采用 3cm~5cm。调绘点在图上的密度每 100mm×100mm 不得少于 4 个；

3 工程地质测绘应充分利用露头，当露头不能满足要求时应布置一定数量的探坑或探槽；需判明环境水、土的腐蚀性以及岩土的性质时，应采集样品进行分析。

9.1.10 工程地质测绘地质观测点的定位可根据精度要求选用目测法、半仪器法、仪器法、GPS 定位法、航拍三维模型定位等方法；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地质观测点，宜用仪器法或航拍三维模型法定位。

9.1.11 利用遥感影像资料解译进行工程地质测绘时，现场检验地质观测点数宜为工程地质测绘点数的 30%~50%。野外工作应包括检查解译标志、解译结果、外推结果以及对室内解译难以获得的资料进行野外补充等内容。

9.1.12 工程地质测绘和调查的成果资料宜包括实际材料图、工程地质平面图、工程地质剖面图、综合工程地质图、工程地质分区图、综合地质柱状图以及各种素描图、照片和文字说明等。

9.2 工程场地及周边环境专项调查

9.2.1 对于周边环境复杂或环境保护有特殊要求的建设场地，当工程建设对周边环境影响较大时，建设单位应委托专业单位进行周边环境专项调查。

9.2.2 周边环境调查范围不宜小于施工影响范围。

9.2.3 不同类型建（构）筑物周边环境专项调查的内容应符合下列规定：

1 地上建（构）筑物需重点调查建筑层数、高度、建筑物用途、结构形式、基础形式、基础埋深（标高）、设计允许沉降量、沉降观测资料、现状裂缝、结构老化情况等内容；采用复合地基、桩基的建（构）筑物还包括地基基础的主要设计参数、施工工艺等；

2 地下构筑物需重点调查结构形式、外轮廓尺寸、顶和底板埋深（标高）、施工开挖范

围、支护结构形式、抗浮措施等内容；

3 地下管线及地上架空线缆，需重点调查管线的类型、功能、材质、管径、位置、走向、埋设方式、埋深或架空（标高）、施工方法、塔杆位置埋深及基础形式等内容；各类管道还包括管节长度、接口形式、接头位置、拐点坐标、管径变化位置、节门（或检查井）位置、工作压力（或充满度）、使用情况（正常、废弃、渗漏）等；

4 桥梁涵洞需重点调查结构形式、桥宽、桥长、跨度、基础型式及桥梁承载力标准、桥梁限载、限速、桥面及涵洞破损情况、桩基参数（桩长、桩径等）、设计允许沉降变形量和沉降变形观测资料等内容；

5 隧道需重点调查隧道的顶和底板埋深（标高）、断面尺寸、衬砌厚度、施工方法、人防联通、附属结构（洞门、竖井、小室）、变形缝设置及渗漏情况等内容；

6 道路需重点调查道路等级、路面材料、路面宽度、路基填料及填筑厚度、支挡结构、养护情况、破损情况等内容；

7 轨道交通设施（地铁、轻轨、铁路）需重点调查敷设方式、线路形式、道床形式、行车间隔、运行速度、车辆荷载、轨道变形要求、道岔接触网杆、轨道设施等内容；

8 地表水体需重点调查水体范围、水底淤积厚度、水深、用途、防洪水位、通航要求、防渗方式、水工建筑的设计允许沉降量和沉降观测资料等内容；

9 水井需重点调查井深、井径、井壁材质、出水量等内容；

10 文物及风貌建筑需重点调查文物等级、分布范围、保护控制范围等内容。

9.2.4 环境调查报告主要包括以下内容：

1 工程概况；

2 调查目的和依据；

3 调查范围和对象；

4 调查方法和手段；

5 调查成果及资料说明；

6 周边环境风险说明及对工程设计、施工的建议；

7 附图、附表。

10 勘探和取样

10.1 一般规定

10.1.1 当需查明岩土的性质和分布，采取岩土试样或进行原位测试时，可采用钻探、井探、槽探、洞探和物探等。勘探和取样方法应根据岩土样质量级别要求和岩土层性质确定，并符合勘察目的。

10.1.2 布置勘探工作时应考虑勘探对工程自然环境的影响，防止对地下管线、地下工程和自然环境的破坏。

10.1.3 静力触探、动力触探作为勘探手段时，应与钻探等其它勘探方法配合使用。

10.1.4 勘察项目负责人应对勘探作业人员进行技术、环境保护、职业健康和安全交底。

10.2 钻探

10.2.1 钻探工艺、钻进方法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。

10.2.2 钻探方法可根据岩土类别和勘察要求按表 10.2.2 选用。

表 10.2.2 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	++	+	+	-	-	++	++
	无岩芯钻探	++	++	++	+	++	-	-
	岩芯钻探	++	++	++	+	++	++	++
冲 击	冲击钻探	-	+	++	++	-	-	-
	锤击钻探	++	++	++	+	-	++	++
振动钻探		++	++	++	+	-	+	++
冲洗钻探		+	++	++	-	-	-	-

注：1 ++：适用；+：部分适用；-：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。

10.2.3 勘探浅部土层可采用下列钻探方法；

1 小口径麻花钻（或提土钻）钻进；

2 小口径勺形钻钻进；

3 洛阳铲钻进。

10.2.4 钻探口径和钻具规格应符合现行国家标准的规定。成孔口径应满足取样、测试和钻进工艺的要求。

10.2.5 钻探应符合下列规定：

1 对于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 $\pm 5\text{cm}$ ，水域最大允许偏差为 $\pm 20\text{cm}$ ；

2 应严格控制非连续取芯钻进的回次进尺，使分层精度符合要求；

3 对鉴别地层天然湿度的钻孔，在地下水位以上应进行干钻；当必须加水或使用循环液时，可采用内管超前的双层岩芯管钻进或三重管取土器钻进；当处于地下水位以下，可采用无泵反循环钻进；

4 岩芯钻探的岩芯采取率，对于土层及岩层应符合表 10.2.5 的规定，对需重点查明的部位（滑动带、软弱夹层、断层破碎带等）应根据工程技术要求提高取芯率，并宜定向连续取芯。

表 10.2.5 岩芯采取率

岩土层		岩芯采取率 (%)
黏土层		≥ 90
粉土、砂土层	地下水位以上	≥ 80
	地下水位以下	≥ 70
碎石层		≥ 50
完整岩层		≥ 80
破碎岩层		≥ 65

10.2.6 钻探操作的具体方法，应按现行标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 执行。

10.2.7 钻孔的记录和编录应符合下列要求：

1 钻探应进行编录并应在钻探作业过程中同步完成，记录要真实，按钻进回次逐项填写，不得事后追记；

2 钻探现场可采用肉眼鉴别和手触方法，有条件或勘察工作有明确要求时，可采用微型贯入仪等定量化、标准化的方法；

3 岩土芯样可根据工程要求保存一定期限或长期保存，亦可拍摄岩芯、土芯彩照纳入勘

察成果资料；

4 现场钻探编录应由经过专业培训的描述员或工程技术人员承担，司钻员和描述员在钻探记录上签字并应由勘察项目负责人签字验收。

10.2.8 钻探成果应包括下列内容：

- 1 钻探现场记录；
- 2 钻探点坐标、高程数据一览表等；
- 3 彩色岩芯照片，根据工程需要保存钻探过程视频资料。

10.3 井探、槽探和洞探

10.3.1 当钻探方法难以准确查明地下情况时，可采用探井或探槽进行勘探；在坝址、地下工程、大型边坡等勘察中，当需详细查明深部岩层性质、构造特征、滑坡滑动面时，可采用竖井或平洞进行勘探。

10.3.2 探井的深度不宜超过地下水位，当探井深度需要超过地下水位时，应采取有效的降水措施。探井和平洞的深度、长度、断面按工程要求确定。

10.3.3 对探井、探槽和探洞除文字描述记录外，尚应以剖面图、展示图等反映井、槽、洞壁和底部的地层分界、岩性、构造特征、滑动面、取样和原位试验位置等并辅以代表性部位的彩色照片。

10.3.4 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，矩形井筒截面宜为 0.8m×1.2m，在松软地层中开挖探井时，应采取必要的支护措施。

10.3.5 探槽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。

10.3.6 探洞断面宜采用梯形或直墙拱形，不支护或喷锚支护宜采用直墙拱形断面，选用木支护宜采用梯形断面。平洞净高不宜小于 2m，净宽不宜小于 1.8m。宜尽量采用反坡自流排水。探洞施工应做好有害气体、粉尘、噪声及放射性等的监测，针对有害因素采取防护和保健措施，编制护应急预案。

10.3.7 探井、探槽、探洞经地质观测、编录及采样、验收等工作结束后，对不需保留的探井、探槽、探洞，应进行回填压实，需保留的探洞应做好洞口封闭，并设立警示牌。

10.4 取样

10.4.1 土试样质量应根据试验目的按表 10.4.1 分为四个等级。

表 10.4.1 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，并结合地区经验使用试验成果。

10.4.2 试样采取的工具和方法可按表 10.4.2 选择。

表 10.4.2 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、软岩
			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	单动三重管 双动三重管	-	+	++	++	+	++	++	++	-	-	-
			-	-	-	+	++	-	-	-	++	++	+
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	单动三重管 双动三重管	-	+	++	++	+	++	++	++	-	-	-
-			-	-	+	++	-	-	-	++	++	++	
厚壁敞口取土器		+	++	++	++	++	+	+	+	+	+	-	

续表 10.4.2

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、软岩
		流塑	软塑	可塑	硬塑	坚硬		粉砂	细砂	中砂	粗砂	
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；

4 三重管回转取土器的内管超前长度应根据土类不同予以调整，也可以采用有自动调整装置的取土器；

5 特殊场地及特殊性岩土，应根据工程需要选择合适的取样设备。

10.4.3 取土器的技术规格应按本标准附录 F 执行。

10.4.4 现场采取样品时，宜在控制性钻孔中采取；若控制性钻孔取样数量不能满足要求，可以在一般性钻孔中补取。对于不合格样品应进行补取。

10.4.5 在钻孔中采取 I、II 级土样时，应满足下列要求；

1 在软土、砂土中宜采用泥浆护壁；如使用套管，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的距离；

2 在粉土、饱和砂土中采取 I、II 级样时，可采用原状取砂器；

3 对于较硬土质，宜采用二、三重管回转取土器钻进取样，也可采用重锤少击法取样；

4 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；

5 下放取土器前应仔细清孔，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）；

6 采取土试样宜用快速静力连续压入法；

7 具体操作方法应按现行标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 执行。

10.4.6 岩石试样可利用钻探岩芯制作或在探井、探槽、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。

10.4.7 岩土试样采取后应及时密封，并应填贴标签，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，不得曝晒或受冻。土试样应直立放置，严禁倒置或平

放；运输岩土试样时，应将试样装入箱内，并用柔软缓冲材料填实，避免振动，保存时间不宜超过三周。对易于振动液化和水分分离析的土试样宜就近进行试验。

10.4.8 花岗岩地区的取样，应满足以下要求：

- 1 对于残积土、全风化、土状强风化岩，宜采取原状样品；
- 2 有孤石揭露且对工程有影响的场地，宜采取孤石样品进行抗压强度试验。

10.4.9 进行腐蚀性评价时，采取水试样和土试样应符合以下规定：

- 1 结构处于地下水位以上时，应取土试样作土的腐蚀性试验；
- 2 结构处于地表水或地下水中时，应取地表水、地下水试样作水的腐蚀性试验；
- 3 结构部分处于地下水位以上、部分处于地下水位以下时，应分别取地下水试样和地下水位以上的土样作腐蚀性试验；

4 水试样和土试样应在混凝土结构所在的深度采取，每个场地不少于 2 组；当土中盐类成分和含量分布不均匀时，应分区分层取样，每区、每层不应少于 2 组；当场地内水的腐蚀性试验成果存在明显差异或异常时，应分区分层加密取样；

5 当有足够经验或充分资料，认定工程场地及其附近的水和土（包括地表水、土和地下水）对建筑材料为微腐蚀时，可不取样试验，进行腐蚀性评价。

10.4.10 水试样的采取和保管应符合下列规定：

- 1 采集水样应使用能密封的玻璃或聚乙烯容器；
- 2 采样前应用合成洗涤剂将采样容器洗涤干净，采样时必须用欲采集的水样冲洗采样容器 3 次~4 次，容器内应留有 15ml~20ml 空间；采集后及时密封样瓶、贴好标签，同时记录采样深度、时间、地点和水源周围污染情况等；

3 应确保所采取水样的代表性，避免采取被杂质干扰或二次污染的水样，避免采集孔内或坑内混合水样；

4 每组水样的采样体积，简分析和侵蚀性 CO_2 分析应不小于 500ml，全分析应为 500ml~1000ml；

5 对于需测侵蚀性 CO_2 水样，应在取样容器中加 1g~2g 碳酸钙粉末，注入水样至瓶口，密封、反复倒转，使碳酸钙粉末混合均匀并在样品标签中注明；

6 采集的水样运输前应仔细检查水样瓶是否密封，运输中应采取防晒、防冻、防破损、防污染的措施；

7 水试样采取后应及时进行试验，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。

10.5 工程物探

10.5.1 工程物探可作为工程地质测绘和调查、钻探的先行或同期进行的勘察手段。

10.5.2 工程物探应具备下列条件：

- 1 被探测对象与其周围介质应存在足够的物性差异；
- 2 被探测对象应具有一定的规模，能产生可被观测的地球物理异常场；
- 3 干扰因素产生的干扰场应小于被探测对象产生的异常场；
- 4 工作现场应具备足够空间，能布置探测装置和开展现场物探勘察工作。

10.5.3 工程物探工作的开展应符合下列规定：

1 工作前应收集和利用已有地质、水文地质、物探、勘察、设计等资料；应通过方法试验，选用有效的物探方法及数据采集参数；

2 当单一方法存在多解时，宜采用多种方法进行综合勘察。

10.5.4 工程物探工作程序宜包括接受任务、现场踏勘、方案编写、工作准备、测量放线、数据采集、资料处理与解释、成果报告编写和成果提交等。

10.5.5 工程物探应根据勘察对象的埋深、规模及其与周围介质的物性差异，综合考虑其勘察阶段、环境特性、探测精度等选择合理的物探方法，物探方法的选择宜按附录 G 执行。

10.5.6 工程物探测线、测点布置应符合下列规定：

1 布置范围应覆盖整个建筑场地，并适当外延；

2 测线布置宜垂直于主要地质构造走向，沿建（构）筑物轴线、边线布置，不良地质体发育场地宜采用测网形式布置；

3 地面物探测线间距宜符合各个勘察阶段勘探线距的要求，可行性勘察阶段线距宜取 50m~100m，初步勘察阶段线距宜取 20m~50m，详细勘察阶段线距宜取 10m~20m，不良地质体发育场地及重要建（构）筑物宜适当加密布设；

4 物探点间距应满足所使用方法的空间采样率的要求，地面物探点间距宜取 1m~5m，跨孔中物探点间距宜取 0.5m~1.0m，单孔中物探点间距宜取 0.1m~0.2m。

10.5.7 物探仪器设备应满足性能稳定、勘探精度应符合相应方法的要求。仪器应定期检查、校准和保养。在同一场地相同方法的多台套仪器设备，需要进行一致性试验。

10.5.8 工程物探测量工作应符合下列规定：

1 测量放样精度应符合相关测量规范的有关规定；

2 水域探测时，探测点的高程测量应根据水位的变化进行校正；

3 探测工作使用的比例尺，不应小于同阶段、同工程的岩土工程勘察所使用的比例尺。

10.5.9 工程物探成果解释时应考虑其多解性，区分有用信息与干扰信息。必要时，应采用多种物探方法进行综合探测、解释，针对物探解释成果应选择代表性的地段、特别是地质异

常地段进行钻孔验证。

10.5.10 工程物探成果报告应包括下列主要内容：

- 1 工作的目的、任务、范围、期限和工程场地位置等；
- 2 场地工程地质概况与地球物理条件；
- 3 工作方法技术、仪器设备与工作参数；
- 4 资料处理与解释方法、成果分析及其地质解释、成果验证、结论建议等；
- 5 物探测线（测点）平面图、综合解释成果平面图、地质解释剖面图、各类物探剖面等附图。

11 原位测试

11.1 一般规定

11.1.1 原位测试方法应根据岩土条件、设计对参数的要求和测试方法的适用性等因素选用。

11.1.2 根据原位测试成果估算岩土工程特性参数和对岩土工程做出评价时，应与室内试验和工程反算参数作对比，检验其可靠性。

11.1.3 原位测试的仪器设备应定期检验和标定。

11.1.4 分析原位测试成果资料时，应注意仪器设备、试验条件、试验方法等对试验的影响，结合地层条件，剔除异常数据。

11.2 载荷试验

11.2.1 载荷试验可用于测定承压板下应力主要影响范围内岩土的承载力和变形模量。浅层平板载荷试验适用于浅层地基土；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；深层平板载荷试验适用于深层地基土和大直径桩的桩端土。深层平板载荷试验的试验深度不应小于 5m。

11.2.2 载荷试验应布置在有代表性的地点，每个场地不宜少于 3 个；当场地内岩土体不均时，应适当增加。浅层平板载荷试验应布置在基础底面标高处。

11.2.3 载荷试验的技术要求应符合下列规定：

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三倍；深层平板载荷试验的试井直径应等于承压板直径；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 试坑或试井底的岩土应避免扰动，保持其原状结构和天然湿度，并在承压板下铺设不超过 20mm 的砂垫层找平，尽快安装试验设备；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，根据土的软硬或岩体裂隙密度选用合适的尺寸；土的浅层平板载荷试验承压板面积不应小于 0.25m^2 ，对软土和粒径较大的填土不应小于 0.5m^2 ；土的深层平板载荷试验承压板面积宜选用 0.5m^2 ；岩石载荷试验承压板的面积不宜小于 0.07m^2 ；

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）；有地区经验时，可采用分级加荷沉降非稳定法（快速法）或等沉降速率法；加荷等级宜取 10 级~12 级，

不应少于 8 级；荷载量测精度不应低于最大荷载的±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 对慢速法，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，以后间隔 30min 测读一次沉降，当连读两小时每小时沉降量小于等于 0.1mm 时，可认为沉降已达相对稳定标准，施加下一级荷载；当试验对象是岩体时，间隔 1min、2min、2min、5min 测读一次沉降，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；

7 当出现下列情况之一时，可终止试验，进行卸荷回弹观测：

- 1) 承压板周边的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明显陡降；
- 3) 在某级荷载下 24 小时沉降速率不能达到相对稳定标准；
- 4) 总沉降量与承压板直径（或宽度）之比超过 0.06。

11.2.4 根据载荷试验成果分析要求，应绘制荷载（ p ）与沉降（ s ）曲线，必要时绘制各级荷载下沉降（ s ）与时间（ t ）或时间对数（ $\lg t$ ）曲线。

应根据 p - s 曲线拐点，必要时结合 s - $\lg t$ 曲线特征，确定比例界限压力和极限压力。当 p - s 呈缓变曲线时，可取对应于某一相对沉降值（即 s/d ， d 为承压板直径）的压力评定地基土承载力。

11.2.5 土的变形模量应根据 p - s 曲线的初始直线段，可按均质各向同性半无限弹性介质的弹性理论计算。

1 浅层平板载荷试验的变形模量 E_0 （MPa），可按式计算：

$$E_0 = I_0(1 - \mu^2) \frac{pd}{s} \quad (11.2.5-1)$$

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），可按式计算：

$$E_0 = \omega \frac{pd}{s} \quad (11.2.5-2)$$

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（碎石土可取 0.27，砂土可取 0.30，粉土可取 0.35，粉质黏土可取 0.38，黏土可取 0.42）；

d ——承压板直径或边长（m）；

p —— p - s 曲线线性段的压力（kPa）；

s ——与 p 对应的沉降（mm）；

ω ——与试验深度和土类有关的系数，可按表 11.2.5 选用。

表 11.2.5 深层载荷试验计算系数 ω

土类 d/z	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。

11.2.6 基床系数在有经验地区可通过原位测试、室内试验结合本标准附录 C 的经验值综合确定，必要时通过专题研究或现场 K_{30} 载荷试验确定。基准基床系数 K_v 可根据承压板边长为 30cm 的平板载荷试验（ K_{30} 载荷试验），按下式计算：

$$K_v = \frac{p}{s} \quad (11.2.6)$$

11.3 静力触探试验

11.3.1 静力触探试验适用于软土、一般黏性土、粉土、砂土和残积土。静力触探试验可根据工程需要采用单桥探头、双桥探头和多桥探头。

11.3.2 静力触探试验的技术要求应符合下列规定：

1 反力装置应根据设备和现场条件及探测深度确定，宜采用触探车自重或地锚等，必要时可将多种方法联合使用，确保平稳贯入；

2 单、双桥探头圆锥锥底截面积应采用 10cm^2 或 15cm^2 ，孔压探头圆锥锥底截面积应采用 10cm^2 ；单桥探头侧壁高度应分别采用 57mm 或 70mm；双桥探头侧壁面积应采用 $150\text{cm}^2 \sim 300\text{cm}^2$ ，孔压探头侧壁面积应采用 150cm^2 ；锥尖锥角应为 60° ；

3 探头测力传感器应连同仪器、电缆进行定期标定，室内探头标定测力传感器的非线性误差、重复性误差、滞后误差、温度漂移、归零允许误差均应小于 1%FS，现场试验归零误差应小于 3%，绝缘电阻不小于 $500\text{M}\Omega$ ；孔压静力触探用于现场测试的探头其绝缘电阻不应小于 $50\text{M}\Omega$ ；

4 孔压静力触探探头在工作状态下，各部传感器的互扰值应小于本身额定测试值的 0.3%；

5 在满负荷水压条件下，孔压传感器的应变腔的体（容）积变化应小于 4mm^3 ，体变率

宜小于 0.2%；

6 孔压静力触探测试期间，零点读数应在探头温度与地面温度接近的条件下读取，标定时与工作时的温度变化不宜大于 20℃，探头传感器温度敏感性应满足锥尖阻力不大于 2.0kPa/℃、侧壁摩阻力不大于 0.1kPa/℃、孔隙水压力不大于 0.05kPa/℃的要求；

7 试验前应将设备调平，贯入系统与地面垂直；静力触探试验时，应对探头进行归零（零漂），检查贯入速率为(1.2±0.3)m/min；深度记录的误差不大于触探深度的 1%；当贯入深度超过 30m，或穿过厚层软土后再贯入硬土层时，应采取措施防止孔斜或断杆，最初 5 根探杆的偏斜应小于 0.5mm/m，其余应小于 1mm/m；可配置测斜探头，量测探孔的偏斜角，校正土层界线的深度；静力触探孔位附近已有其他勘探钻孔时，应将静力触探孔布置在距已有勘探钻孔 25 倍孔径以外的范围；进行对比试验时孔距不宜大于 2m，并应先进行静力触探，然后进行其他勘探、测试；

8 孔压探头在贯入前，应在室内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的土层为止；在孔压静力触探试验过程中不得上提探头；

9 水上静力触探试验应有保证孔位不致发生移动的的稳定措施；水底以上部位应加设防止探杆挠曲的装置。

11.3.3 孔压消散试验应符合下列规定：

- 1 试验过程中，不得松动、碰撞探杆，也不得施加使探杆产生上、下位移的外力；
- 2 当贯入到预定深度进行孔压消散试验时，应从探头停止贯入之时起，记录不同时刻的孔压值；
- 3 孔压消散试验数据的记录频率应符合表 11.3.3 的规定；

表 11.3.3 孔压消散试验数据记录频率

持续时间 (min)	记录频率 (s/次)
0~1	0.5
1~10	1
10~100	2
> 100	5

4 当地下水位或土层不确定时，至少应有一个触探孔做到孔压消散达到稳定值为止；

5 软黏土中孔压消散试验的持续时间至少为对应超静孔隙水压力消散达到 50%的时间。

11.3.4 试验资料整理与分析应符合下列要求：

1 绘制各种贯入曲线：静力触探应绘制 p_s-z 曲线、 q_c-z 曲线、 f_s-z 曲线、 R_f-z 曲线，孔压静力触探尚应绘制 u_i-z 曲线、 q_t-z 曲线、 f_t-z 曲线、 B_q-z 曲线、 I_c-z 曲线和孔压消散曲线 u_i-igt ；

2 根据贯入曲线的线型特征,结合相邻钻孔资料和地区经验,划分土层和判定土类;计算各土层静力触探有关试验数据的平均值、代表值或对数据进行统计分析,提供静力触探数据的空间变化规律。

11.3.5 根据静力触探资料,利用地区经验,可进行力学分层,估算土的塑性状态或密实度、强度、压缩性、地基承载力等。根据孔压消散曲线可估算土的固结系数和渗透系数。

11.4 圆锥动力触探试验

11.4.1 圆锥动力触探试验适用于填土、黏性土、砂土、碎石、卵石、极软岩和软岩。动力触探试验可根据工程需要采用轻型动力触探、重型动力触探和超重型动力触探。

11.4.2 圆锥动力触探试验技术要求应符合下列规定:

1 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 15~30 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 宜转动探杆一次;

4 对轻型动力触探,当 $N_{10}>100$ 或贯入 15cm 锤击数超过 50 击时,可停止试验;对重型动力触探,当连续三次 $N_{63.5}>50$ 击时,可停止试验或改用超重型动力触探;

11.4.3 圆锥动力触探试验成果分析应包括下列内容:

1 单孔连续圆锥动力触探试验应绘制锤击数与贯入深度关系曲线;

2 计算单孔分层贯入指标平均值时,应剔除临界深度以内的数值、超前和滞后影响范围内的异常值;

3 根据各孔分层的贯入指标平均值,用厚度加权平均法计算场地分层贯入指标平均值和变异系数。

11.4.4 根据圆锥动力触探试验指标和地区经验,可用于判别土层均匀性、划分地层、估算地基土承载力及变形模量、选择桩基持力层、估算单桩承载力,还可用于查明土洞、滑动面、软硬土层界面、检测地基处理效果等。圆锥动力触探锤击数宜根据具体情况,按附录 H 表 H.0.1-1~表 H.0.1-2 进行修正。

11.5 标准贯入试验

11.5.1 标准贯入试验适用于砂土、粉土、一般黏性土、残积土和全风化岩、土状强风化岩等。

11.5.2 标准贯入试验应符合下列要求:

1 标准贯入试验孔采用回转钻进，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；

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，避免锤击时的偏心和侧向晃动，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 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锤击数 N' ；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，并按公式 (11.5.2-1) 换算成相当于 30cm 的标准贯入锤击数 N ，并终止试验；对于花岗岩类风化层可记录 70 击的实际贯入深度，并按公式 (11.5.2-2) 进行换算；

$$N' = 30 \times (50/\Delta S) \quad (11.5.2-1)$$

$$N' = 30 \times (70/\Delta S) \quad (11.5.2-2)$$

式中：

ΔS ——50（或 70）击时的贯入度（cm）

4 对贯入器中采得的土样应进行详细描述、鉴别，必要时可留取扰动土样进行颗粒分析等室内试验。

11.5.3 标准贯入锤击数可直接标在工程地质剖面图上，也可绘制单孔标准贯入击数与深度关系曲线或直方图。统计分层标准贯入击数平均值时，应剔除异常值。

11.5.4 根据标准贯入锤击数，可对砂土、粉土的密实度和一般黏性土、残积土的塑性状态、土状风化岩的风化强度进行划分，也可用于估算土的强度参数、变形参数、地基承载力、单桩承载力或评价砂土、粉土的液化等。标准贯入锤击数可根据具体情况，按附录 H 表 H.0.2 进行修正。

11.6 十字板剪切试验

11.6.1 十字板剪切试验可用于测定饱和软黏性土的不排水抗剪强度和灵敏度。

11.6.2 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，宜先作静力触探，结合土层变化，选择软黏土进行试验。

11.6.3 十字板剪切试验的主要技术要求应符合下列规定：

1 十字板板头形状宜为矩形，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；

4 扭转剪切速率宜采用 (1~2°) /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；

6 对开口钢环十字板剪切仪，应修正轴杆与土间的摩阻力。

11.6.4 十字板剪切试验成果分析应包括下列内容：

- 1 计算各试验点土的不排水抗剪峰值强度、残余强度、重塑土强度和灵敏度；
- 2 绘制单孔十字板剪切试验土的不排水抗剪峰值强度、残余强度、重塑土强度和灵敏度随深度的变化曲线，需要时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。

11.6.5 十字板剪切试验成果可按地区经验，确定地基承载力、单桩承载力，计算边坡稳定，判定软黏土的固结历史。

11.7 旁压试验

11.7.1 旁压试验适用于黏性土、粉土、砂土、碎石土、残积土、极软岩和软岩等。

11.7.2 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质条件和工程要求确定，但不宜小于 1.5m，试验孔与已有钻孔的水平距离不宜小于 1m。

11.7.3 旁压试验的技术要求应符合下列规定：

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；预钻式旁压试验应与钻探配合交替进行，严禁一次成孔、多次试验，每个试验段成孔后应立即进行试验，时间间隔不宜超过 15min；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通过试验确定；

2 加荷等级应采用预期极限压力的 1/10~1/12，在试验初始阶段和软黏土层加荷等级宜取小值；

3 每级压力应维持相对稳定的观测时间，对黏性土、粉土、砂土宜为 2min，对碎石土、残积土、极软岩和软岩等宜为 1min；当稳定时间维持在 1min 时，加荷后宜按 15s、30s、60s 测读变形量，维持 2min 时，加荷后宜按 15s、30s、60s、90s、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。

11.7.4 旁压试验成果分析应包括下列内容：

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，按下式计算旁压模量：

$$E_m = 2(1 + \mu) \left(V_c + \frac{V_0 + V_f}{2} \right) \frac{\Delta p}{\Delta V} \quad (11.7.4)$$

式中： E_m ——旁压模量（kPa）；

μ ——泊松比，按式 11.2.5 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 ）

11.7.5 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，可评定地基土承载力和变形参数；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。

11.8 扁铲侧胀试验

11.8.1 扁铲侧胀试验适用于软土、一般黏性土、粉土和松散状~中密状的砂土。

11.8.2 扁铲侧胀试验技术要求应符合下列规定：

1 扁铲侧胀试验探头长 230mm~240mm、宽 94mm~96mm、厚 14mm~16mm；探头前缘刃角 $12^\circ \sim 16^\circ$ ，探头侧面钢膜片的直径 60mm；

2 每孔试验前后均应进行探头率定，取试验前后的平均值为修正值；膜片的合格标准为：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 $\Delta B = 10\text{kPa} \sim 110\text{kPa}$ ；

3 试验时，应以静力匀速将探头贯入土中，贯入速率宜为 2cm/s；试验点间距可取 20cm~50cm；

4 探头达到预定深度后，应匀速加压和减压测定膜片膨胀至 0.05mm、1.10mm 和回到 0.05mm 的压力 A 、 B 、 C 值；

5 扁铲侧胀消散试验，应在需测试的深度进行，测读时间间隔可取 1min、2min、4min、8min、15min、30min、90min，以后每 90min 测读一次，直至消散结束。

11.8.3 扁铲侧胀试验成果分析应包括下列内容：

1 对试验的实测数据需按下列公式进行膜片刚度修正：

$$p_0 = 1.05(A - z_m + \Delta A) - 0.05(B - z_m + \Delta B) \quad (11.8.3-1)$$

$$p_1 = B - z_m - \Delta B \quad (11.8.3-2)$$

$$p_2 = C - z_m + \Delta A \quad (11.8.3-3)$$

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 ——膜片回到 0.05mm 时的终止压力（kPa）；
 z_m ——调零前的压力表初读数（kPa）。

2 根据 p_0 、 p_1 和 p_2 ，按下列公式计算下列指标：

$$E_D = 34.7(p_1 - p_0) \quad (11.8.3-4)$$

$$K_D = (p_0 - u_0)/\sigma_{v0} \quad (11.8.3-5)$$

$$I_D = (p_1 - p_0)/(p_0 - u_0) \quad (11.8.3-6)$$

$$U_D = (p_2 - u_0)/(p_0 - u_0) \quad (11.8.3-7)$$

式中： E_D ——侧胀模量（kPa）；
 K_D ——侧胀水平应力指数；
 I_D ——侧胀土性指数；
 U_D ——侧胀孔压指数；
 u_0 ——试验深度处的静水压力（kPa）；
 σ_{v0} ——试验深度处土的有效上覆压力（kPa）。

3 绘制 E_D 、 K_D 、 I_D 、 U_D 与深度的关系曲线。

11.8.4 根据扁铲侧胀试验指标和地区经验，可判别土类，确定黏性土的状态、静止侧压力系数、水平基床系数等。

11.9 现场直接剪切试验

11.9.1 现场直剪试验可用于岩土体本身、岩土体沿软弱结构面和岩体与其他材料接触面的剪切试验，可分为岩土体试体在法向应力作用下沿剪切面剪切破坏的拉剪断试验，岩土体剪断后沿剪切面继续剪切的抗剪试验(摩擦试验)，法向应力为零时岩体剪切的抗切试验。

11.9.2 现场直剪试验可在试洞、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。

同一组试验体的岩性应基本相同，受力状态应与岩土体在工程中的实际受力状态相近。

11.9.3 现场直剪试验每组岩体不宜少于 5 个。剪切面积不得小于 0.25m²。试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。

每组土体试验不宜少于 3 个。剪切面积不宜小于 0.3m²，高度不宜小于 20cm 或为最大

粒径的 4 倍~8 倍，剪切面开缝应为最小粒径的 1/3~1/4。

11.9.4 现场直剪试验的技术要求应符合下列规定：

1 开挖试坑时应避免对试体的扰动和含水量的显著变化；在地下水位以下试验时，应避免水压力和渗流对试验的影响；

2 施加的法向荷载、剪切荷载应位于剪场面、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；

3 最大法向荷载应大于设计荷载，并按等量分级；荷载精度应为试验最大荷载的 $\pm 2\%$ ；

4 每一试体的法向荷载可分 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；

5 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；

6 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；

7 根据剪切位移大于 10mm 时的试验成果确定残余抗剪强度，需要时可沿剪切面继续进行摩擦试验。

11.9.5 现场直剪试验成果分析应包括下列内容：

1 绘制剪切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，确定相应的强度参数。

11.10 波速测试

11.10.1 波速测试可适用于测定岩土层的弹性波波速，可应用于确定岩土弹性参数、进行场地类别划分、评价岩体的完整性和风化程度等。根据震源类型不同，可分为声波测井、地震波测井。

11.10.2 波速测试孔应符合下列规定：

1 孔壁光滑，不坍塌，不掉块，测试段无金属套管；破碎地层的孔段可放置塑料套管；

2 声波测井的测试段有井液，且井液浓度不大；测试段的纵波波速高于井液波速；

3 测试横波时宜为裸孔。如有塑料套管，管外空间事先用水砂充填或注入水泥砂浆并固结。

11.10.3 仪器设备应符合下列规定：

1 仪器对地绝缘电阻大于 $10M\Omega$ ，电缆对地绝缘电阻大于 $2M\Omega$ 。孔中探头具有良好的耐压性、抗震性和防水性；

2 声波测井使用一发双收声波探头，发射和接收换能器的谐振频率一致，谐振频率在 10kHz~50kHz 之间；接收换能器灵敏度不低于 150 μ V/Pa 的水听器；记录仪器 AD 转换器精度不小于 16 位、最小采样间隔不大于 0.1 μ s、通频带宽于 10kHz~50kHz；声时测量精度优于 $\pm 0.1\mu$ s；

3 地震波测井接收探头采用带推靠贴壁装置的三分量检波器，三个分量之间正交放置，其横波检波器采用固有频率不大于 15Hz 的水平速度检波器，纵波检波器应采用水听器或固有频率不大于 40Hz 的垂直速度检波器；采用的速度检波器灵敏度不小于 0.25V·s/cm，采用的水听器接收灵敏度不小于 150 μ V/Pa。检波器电缆不得有破损、短路、串道、断道等故障。记录仪器 A/D 转换器精度不小于 16 位，最小采样间隔不大于 0.1ms，失真度不大于 0.2%，通频带宽于 10Hz~2000Hz。

11.10.4 现场工作应符合下列规定：

1 测试前应收集钻孔资料，了解钻孔结构、孔内地质情况及安全状况；孔中探头下井之前先检查孔壁、孔深，清除松动岩、土块，详细、准确记录套管的安装情况；

2 声波测井应符合下列规定：

- 1) 测试前后均对记录仪器进行对零检查；
- 2) 探头下井前应在金属套管中进行校验；
- 3) 一发双收探头源检距的选择应以到达接收探头的初至波是沿孔壁地层的滑行折射波为原则；
- 4) 两个接收探头之间间距、测点间距的选择满足分层和曲线分辨率的要求；
- 5) 从孔底开始自下而上进行测试，测点间距不大于 0.2m；
- 6) 宜针对不同岩性，采集多组新鲜完整的岩芯、岩块，在室内测试其岩块纵波波速。室内进行波速测试的岩芯、岩块两端打磨平整，测试面相互平行，测试前宜在清水中浸泡 24h 后沥干。

3 地震波测井应符合下列规定：

- 1) 激发板采用条状板，上面压以重物。条状板中心距离孔口 2m~5m，长轴垂直于钻孔至板中心的连线；
- 2) 从孔底开始自下而上逐点进行测试，测点间距 0.5m~2.0m；
- 3) 测试横波时，三分量检波器贴壁，并进行正反方向激发，分别记录。同一测点接收探头不得旋转、移位；
- 4) 进行质量检查时，检查观测点分布在不同井段，相对误差小于 5.0%。

11.10.5 资料处理与解释应符合下列规定：

1 声波测井资料处理与解释应符合下列规定：

1) 采用两个接收道的时差计算各测试点的波速，并绘制波速—深度曲线。结合地质或岩土情况，将波速—深度曲线上波速不同的测试段进行波速层划分，采用算术平均值作为波速层的岩体波速；

2) 利用声波波速计算岩体完整性指数时，对于同一场地的同类岩性，使用新鲜完整岩块测定的同一纵波波速。岩体完整性指数 K_v 按下式计算，并按表 3.2.4 评价岩体完整程度：

$$K_v = (V_p/V_{pr})^2 \quad (11.10.5-1)$$

式中： V_p ——岩体纵波波速（m/s）；

V_{pr} ——新鲜完整岩块的纵波波速（m/s）。

2 地震波测井资料处理与解释应符合下列规定：

1) 拾取波至时间时，横波应采用水平检波器记录的正反向叠加显示波形；纵波应采用垂直检波器记录的波形。采用水听器在孔中接收时，纵波应采用水听器记录的波形；

2) 波速层的划分，应结合地质或岩土情况，按时距曲线上具有不同斜率的折线段确定；

3) 每一波速层的纵波速度或横波速度 V 应按下式计算：

$$V = \frac{\sqrt{h_2^2 + x^2} - \sqrt{h_1^2 + x^2}}{(t_2 - t_1)} \quad (11.10.5-2)$$

式中： V ——波速层的纵波速度或横波速度（m/s）；

h_2 ——波速层底深度（m）；

h_1 ——波速层顶深度（m）；

t_1 ——纵波或横波传播到波速层顶面的时间（s）；

t_2 ——纵波或横波传播到波速层底面的时间（s）；

x ——激发板中点或激发点到孔口的距离（m）。

4) 利用每一波速层的实测纵波速度、横波速度可按下列公式分别计算地基动剪切模量 G_d 、动弹性模量 E_d 、动泊松比 μ_d ：

$$G_d = \rho V_s^2 \quad (11.10.5-3)$$

$$E_d = \rho V_s^2 (3V_p^2 - 4V_s^2) / (V_p^2 - V_s^2) \quad (11.10.5-4)$$

$$\mu_d = (V_p^2 - 2V_s^2) / [2(V_p^2 - V_s^2)] \quad (11.10.5-5)$$

式中： ρ ——波速层的质量密度（kg/m³）；

V_s ——波速层的横波波速（m/s）；

V_p ——波速层的纵波波速（m/s）。

11.11 岩体原位应力测试

11.11.1 岩体应力测试适用于完整或较完整的岩体。可采用孔壁应变法、孔径变形法和孔底应变法、水压致裂法、表面应变法测求岩体空间应力和平面应力。

11.11.2 测试岩体原始应力时，测点深度应超过应力扰动影响区；在地下洞室中进行测试时，测点深度应超过洞室直径的二倍。

11.11.3 岩体应力测试技术要求应符合下列规定：

- 1 在测点测段内，岩性应均一完整；
- 2 测试孔的孔壁、孔底应光滑、平整、干燥；
- 3 稳定标准为连续三次读数（每隔 10min 读一次）之差不超过 $5\mu\varepsilon$ ；
- 4 同一钻孔内的测试读数不应少于三次。

11.11.4 岩芯应力解除后的围压试验应在 24 小时内进行；压力宜分 5 级~10 级，最大压力应大于预估岩体最大主应力。

11.11.5 深部应力测量宜采用水压致裂法，测段上下 1.5m 范围内岩性应均一完整，测点间距宜大于 3m，岩体的透水率宜小于 1Lu。

11.11.6 测试成果整理应符合下列要求：

- 1 根据测试成果计算岩体平面应力和空间应力，计算方法应符合现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T50266 的规定；
- 2 根据岩芯解除应变值和解除深度，绘制解除过程曲线；
- 3 根据围压试验资料，绘制压力与应变关系曲线，计算岩石弹性常数。

11.12 激振法测试

11.12.1 激振法测试可用于测定天然地基和人工地基的动力参数，为动力机器基础设计提供阻尼比、参振质量和地基刚度系数。

11.12.2 周期性振动机器的基础应采用强迫振动测试方法；冲击性振动机器的基础应采用自由振动测试方法；有条件时宜同时采用强迫振动和自由振动两种测试方法。

11.12.3 激振法测试应搜集机器性能、设计基础的位置和基底标高、地基岩土条件、地下埋藏物分布、干扰震源等资料，桩基础还需搜集桩的设计长度、截面尺寸及间距。

11.12.4 激振法测试应符合下列规定：

1 采用机械式激振设备时，工作频率宜为 3Hz~60Hz；采用电磁式激振设备时，激振力不宜小于 2000N；

2 自由振动测试时，竖向激振宜采用重锤自由落体的方式进行，重锤的质量不宜小于基础质量的 1/100，落高宜为 0.5m~1.0m；

3 块体基础的尺寸宜采用 2.0m×1.5m×1.0m，宜采用两个块体基础进行对比试验，基底面积一致，高度不同；桩基础宜采用 2 根桩，桩间距应取设计值，承台的长宽比应为 2: 1，其高度不宜小于 1.6m，承台沿长度方向的中心轴应与两桩中心连线重合，承台宽度与桩间距相同；

4 模拟基础应置于拟建基础的邻近处，其土层性质宜与拟建基础的土层性质相同；

5 应分别进行明置和埋置两种情况的测试，埋置基础的回填土应分层夯实；

6 设备和仪器的精度，安装、测试方法和要求等，应符合现行国家标准《地基动力特性测试规范》GB/T 50269 的规定。

11.12.5 激振法测试成果应包括下列内容：

1 强迫振动测试的各种幅频响应曲线和自由振动测试的各种波型图；

2 根据各种幅频响应曲线和波形图，按现行国家标准《地基动力特性测试规范》GB/T 50269 计算阻尼比、参振总质量和地基刚度系数。

11.13 氡气测试

11.13.1 新建、扩建的民用建筑工程设计前，应进行土壤中氡浓度或土壤表面氡析出率测定工作。测定工作可以按建筑工程所在城市区域进行，当未进行区域测定工作时应对建筑场地进行氡浓度或析出率的测定。

11.13.2 按建筑场地进行测定时，测量区域范围应与工程地质勘察范围相同。测点应以方格网布置，土壤中氡浓度测定间距应为 10m，布点数不应少于 16 个；土壤表面氡析出率测定的间距应为 20m，布点数不应少于 16 个。布点应覆盖基础工程范围。

11.13.3 氡气测试的技术要求应符合下列规定：

1 测试设备的性能指标应能满足现场工作环境的要求。现场工作温度应为-10℃~40℃，相对湿度不应大于 90%，测量不确定度不应大于 20%，氡浓度探测下限不应大于 400Bq/m³，表面氡析出率不应大于 0.01Bq/(m²·s)；

2 土壤中氡浓度测定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；当测定土壤表面氡析出率时，应对采样点平整清扫，并用泥土对取样器周围进行密封；

3 土壤中氡浓度测定宜采用少量抽气-静电收集-射线探测器法或埋置测量装置法。采用少量抽气-静电收集-射线探测器法测量时，抽气测量宜接续进行 3 次~5 次，第一次抽气测量数据应舍弃，测量值应取后几次测量平均值；

4 试验过程中应注意仪器与地表处的密封，避免大气渗入或取样器中的氡气泄漏；

5 取样测试应在适宜的时间段及气候条件下进行。土壤中氡浓度的取样测试宜在

8:00~18:00 进行, 不应在雨天取样测试, 如遇雨天, 应在雨后 24h 后进行; 土壤表面氡析出率的测试应在无风或微风条件下进行。

11.13.4 氡气含量的分析评价可按下列要求执行:

1 已进行过土壤中氡浓度或土壤表面氡析出率区域性测定的民用建筑工程, 当土壤氡浓度测定结果平均值不大于 $10000\text{Bq}/\text{m}^3$ 或土壤表面氡析出率测定结果平均值不大于 $0.02\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, 且工程场地所在地点不存在地质断裂构造时, 可不再进行土壤氡浓度测定; 其他情况均应进行工程场地土壤氡浓度或土壤表面氡析出率测定;

2 当民用建筑工程场地土壤氡浓度平均值不大于 $20000\text{Bq}/\text{m}^3$ 或土壤表面氡析出率平均值不大于 $0.05\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 时, 可不采取防氡工程措施;

3 当民用建筑工程场地土壤氡浓度测定结果平均值大于 $20000\text{Bq}/\text{m}^3$ 且小于 $30000\text{Bq}/\text{m}^3$, 或土壤表面氡析出率平均值大于 $0.05\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 且小于 $0.10\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 时, 应采取建筑物底层地面抗开裂措施;

4 当民用建筑工程场地土壤氡浓度测定结果平均值不小于 $30000\text{Bq}/\text{m}^3$ 且小于 $50000\text{Bq}/\text{m}^3$ 或土壤表面氡析出率平均值不小于 $0.10\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 且小于 $0.30\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 时, 除采取建筑物底层地面抗开裂措施外, 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 当民用建筑工程场地土壤氡浓度测定结果平均值不小于 $50000\text{Bq}/\text{m}^3$ 或土壤表面氡析出率平均值不小于 $0.30\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 时, 应采取建筑物综合防氡措施。

11.13.5 当I类民用建筑工程场地土壤氡浓度测定结果平均值不小于 $50000\text{Bq}/\text{m}^3$ 或土壤表面氡析出率平均值不小于 $0.30\text{Bq}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 时, 尚应进行工程场地土壤中的镭-226、钍-232、钾-40 比活度测定。当内照射指数大于 1.0 或外照射指数大于 1.3 时, 工程场地土壤不得作为工程回填土使用。

12 室内试验

12.1 一般规定

12.1.1 岩土室内试验的试验项目、试验方法和依据的技术标准应根据勘察目的、场地地质情况、任务书或项目合同确定。非标准的试验应有试验设计，特种试验项目应制定专门的试验方案。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。

12.1.2 需要时，试验条件应考虑岩土的原位应力场和应力历史、工程活动引起的新应力场和新边界条件，使试验条件尽可能接近实际；并应注意岩土的非均质性、非等向性和不连续性以及由此产生的岩土体与岩土试样在工程性状上的差别。

12.1.3 岩土性质的室内试验具体操作方法和试验仪器应符合现行国家标准《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 及其他行业标准的有关规定。

12.1.4 试验应保留前期准备和试验过程的数据和信息。

12.1.5 实验室应有完善的给水排水、电气、通风、除尘、消防、防爆等设施，保证试验人员的健康卫生和安全。废水、废气、固体废弃物的处置应符合卫生与环境保护的要求。

12.1.6 试验报告应包括试验内容、试验方法所依据的技术标准。

12.2 试样的制备和试样的饱和

12.2.1 试样制备的扰动土和原状土的颗粒粒径应小于 60mm。

12.2.2 制备试样前，应对岩土的重要性状做肉眼鉴定和简要描述。

12.2.3 试样制备的数量应满足试验需要并应有一定的备用量；同一组原状土样或扰动土样的密度及含水率指标应相近，最大允许差值应根据试验项目要求控制在一定范围，并满足下列要求，确保同一组试样性质基本相同。

1 原状土样密度最大允许差值为 $\pm 0.03\text{g/cm}^3$ ，含水率最大允许差值为 $\pm 2\%$ ；

2 扰动土样密度最大允许差值为 $\pm 0.02\text{g/cm}^3$ ，含水率最大允许差值为 $\pm 1\%$ 。

12.2.4 扰动土试样的制备视工程实际情况可分别采用击样法、击实法和压样法。

12.2.5 原状土试样制备时，应辨别土样上下和层次，整平土样两端；无特殊要求时，切土方向应与天然层次垂直。

12.2.6 岩石试样制备时，应根据具体的试验项目确定制备试样的形状、尺寸、数量、含水状态及试验条件等。

12.2.7 试样制备应做好记录。原状土试样应做好开土记录，扰动土试样应做好扰动土试样制备记录；岩石试样制备时，应根据试验项目，对试样制备之前、制备过程及制备好的试样进行描述与记录，描述内容可以包括名称、颜色、矿物成分、结构、构造、风化程度、胶结物性质等。

12.2.8 土试样饱和方法视土样的透水性能，可选用浸水饱和法、毛管饱和法及真空抽气饱和法：

- 1 砂土可直接在仪器内浸水饱和；
- 2 较易透水的细粒土，渗透系数大于 $1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 时，宜采用毛管饱和法；
- 3 不易透水的细粒土，渗透系数不大于 $1 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 时，宜采用真空饱和法；
- 4 当土的结构性较弱时，抽气可能发生扰动，不宜采用真空饱和法。

12.2.9 岩石试样的饱和，根据试验项目可以采用自由浸水法、煮沸法及真空抽气法。

12.3 土的物理性质试验

12.3.1 各类工程均应测定下列土的分类指标和物理性质指标：

- 1 砂土：颗粒级配、比重、天然含水量、天然密度、最大和最小密度。
- 2 粉土：颗粒级配、液限、塑限、比重、天然含水量、天然密度和有机质含量。
- 3 黏性土：液限、塑限、比重、天然含水量、天然密度和有机质含量。

注：1 对砂土，如无法取得I级、II级、III级土试样时，可只进行颗粒级配试验；

2 目测鉴定不含有有机质时，可不进行有机质含量试验。

12.3.2 含水率试验宜采用烘干法，并应进行两次平行测定，取算术平均值；在野外当无烘箱设备或要求快速测定含水率时，可以用酒精燃烧法测定细粒土含水率。

12.3.3 密度试验，细粒土宜采用环刀法；对于易碎裂及难以切削的试样，可以采用蜡封法。

12.3.4 比重试验，可采用比重瓶法、浮称法及虹吸筒法；当有地区经验时，比重可根据经验确定。

12.3.5 液、塑限试验，可采用联合法同时测定，也可以采用碟式仪测液限、搓滚法测塑限。采用联合法时，采用 76g 圆锥仪测量，下沉深度为 17mm 所对应的含水率为液限，下沉深度为 10mm 所对应的含水率为 10mm 液限，下沉深度为 2mm 所对应的含水率为塑限。

12.3.6 颗粒分析试验，粒径为 0.075mm~60mm 可采用筛分法；粒径小于 0.075mm 可采用密度计法或移液管法；当土中粗细颗粒兼有时，应联合使用筛分法和密度计法或筛分法和移液管法。

12.3.7 当需进行渗流分析、基坑降水设计等而要求提供土的透水性参数时，可进行渗透试验。常水头试验适用于砂土和碎石土；变水头试验适用于粉土和黏性土；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，计算渗透系数。土的渗透系数取值应与野外抽水试验或注水试验的成果比较后确定。

12.3.8 当需对土方回填或填筑工程进行质量控制时，应进行击实试验，测定土的干密度与含水量关系，确定最大干密度和最优含水量。

12.4 土的压缩-固结试验

12.4.1 当采用压缩模量进行沉降计算时，固结试验应符合下列要求：

1 第一级压力视土的软硬程度宜采用 12.5kPa、25.0kPa 或 50.0kPa（减去预压压力），软土的第一级压力宜为 12.5kPa 或 25.0kPa；

2 最后一级压力应大于土的有效自重压力与附加压力之和；

3 试验成果可用 $e-p$ 曲线整理，压缩系数和压缩模量的计算应取自土的有效自重压力至土的有效自重压力与附加压力之和的压力段；

4 当考虑基坑开挖卸荷和再加荷影响时，应进行回弹试验，其压力的施加应模拟实际的加、卸荷状态。

12.4.2 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，试验应满足下列要求：

1 试验成果应按 $e-lgp$ 曲线整理，可以确定先期固结压力并计算压缩指数和回弹指数；

2 加荷率宜小于 1，可采用 0.5 或 0.25；

3 施加的最大压力应满足绘制完整的 $e-lgp$ 曲线，并使 $e-lgp$ 曲线下段出现较长的直线段；

4 为计算回弹指数，应在估计的先期固结压力之后，进行一次卸荷回弹，再继续加荷，直至完成预定的最后一级压力。

12.4.3 当需进行沉降历时关系分析时，应选取部分土试样在土的有效自重压力与附加压力之和的压力下，作详细的固结历时记录，并计算固结系数。

12.4.4 对厚层高压缩性软土上的工程，任务需要时应取一定数量的土试样测定次固结系数，用以计算次固结沉降及其历时关系。

12.4.5 当需进行土的应力应变关系分析，为非线性弹性、弹塑性模型提供参数时，可进行三轴压缩试验，并宜符合下列要求：

1 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；每个围压的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 进行围压与轴压相等的等压固结试验，逐级加荷，取得围压与体积应变关系曲线。

12.5 土的抗剪强度试验

12.5.1 直接剪切试验有快剪、固结快剪和慢剪三种，快剪和固结快剪试验的土样宜为渗透系数小于 $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ 的细粒土。固结快剪试验应满足下列要求：

- 1 试验宜采用四件性质相近的试样，密度差不宜大于 0.03g/cm^3 ；
- 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 在试样上施加规定的垂直压力后，当每小时垂直变形读数变化不大于 0.005mm 时，认为已达到固结稳定；
- 4 抗剪强度参数宜绘制抗剪强度与垂直压力关系曲线确定。

12.5.2 三轴剪切试验的技术要求应符合下列规定：

1 试验方法应与实际工程一致，对于加荷速率快、排水条件差的饱和黏性土宜采用不固结不排水 (UU) 试验。对于饱和软土，应对试样在有效自重压力下预固结后再进行试验。对经预压处理的地基、排水条件好的地基、加荷速率不高的工程或加荷速率较快但土的超固结程度较高的工程，以及需验算水位迅速下降时的土坡稳定性时，可采用固结不排水 (CU) 试验。当需提供有效应力抗剪强度指标时，应采用固结不排水测孔隙水压力 ($\bar{C}U$) 试验；

2 试验围压宜根据工程实际荷重确定，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 土工试验报告中， UU 试验应提供 c_{uu} 、 ϕ_{uu} ，宜附摩尔包络线； CU 试验应提供 c_{cu} 、 ϕ_{cu} 、 c' 、 ϕ' ，宜附总应力和有效应力摩尔包络线。

12.5.3 无侧限抗压强度试验适用于饱和软黏土，宜用 I 级土试样并注明取样方法，试验报告应提供 q_u 、 q_u' 、 S_t 。

12.5.4 测定滑坡带等已经存在剪切破裂面的抗剪强度时，应进行残余强度试验。在确定计算参数时，宜与现场观测反分析的成果比较后确定。

12.5.5 当岩土工程评价有专门要求时，可进行 K_0 固结不排水试验、 K_0 固结不排水测孔隙水压力试验、特定应力比固结不排水试验、平面应变压缩试验和平面应变拉伸试验等。

12.6 土的动力性质试验

12.6.1 当工程设计要求测定土的动力性质时，可采用动三轴试验、动单剪试验或共振柱试验等。在选择试验方法和仪器时，应注意其动应变的适用范围。

12.6.2 动三轴和动单剪试验可用于测定土的下列动力性质：

- 1 动弹性模量、动阻尼比及其与动应变的关系；
- 2 既定循环周数下的动应力与动应变关系；

3 饱和土的液化剪应力与动应力循环周数关系。

12.6.3 共振柱试验可用于测定小动应变时的动弹性模量和动阻尼比。

12.7 岩石的物理力学性质试验

12.7.1 岩石试样采取应具有代表性。试验内容、试验方法、技术条件等应符合工程建设勘测、设计、施工、质量检验的基本要求和特性。

12.7.2 岩石的成分和物理性质试验可根据工程需要选定下列项目：

1 岩矿鉴定；

2 颗粒密度试验，可采用比重瓶法或水中称量法测定；

3 块体密度试验，可采用量积法、水中称量法或蜡封法测定；

4 含水率试验，可采用烘干法测定；

5 吸水率试验，可采用自由浸水法测定；

6 饱和吸水率试验，可采用煮沸法或真空抽气法测定，并在岩石吸水率试验后进行；

7 膨胀试验，包括岩石自由膨胀率试验、岩石侧向约束膨胀率试验和岩石体积不变条件下的膨胀压力试验；遇水易崩解的岩石不可采用岩石自由膨胀率试验；

8 耐崩解性试验，遇水易崩解的岩石可进行岩石耐崩解性试验；

9 冻融试验，可采用直接冻融法测定，试样需制成规则形状。

12.7.3 单轴抗压强度试验可根据需要分别测定天然、干燥及饱和状态下的强度，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。对各向异性明显的岩石应视工程需要分别测定平行和垂直层理面的强度。

12.7.4 岩石三轴压缩试验应满足下列要求：

1 试件应制为圆柱体，直径应为试验机承压板直径的 0.98 倍~1.00 倍，试件高度应为试件直径的 2.0 倍~2.5 倍；

2 加载采用一次连续加载法，以 0.5MPa/s~1.0MPa/s 的加压速率施加轴向荷载，逐级测读轴向荷载及轴向变形，测值不宜少于 10 组；

3 应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。

12.7.5 岩石直接剪切试验可测定岩石以及节理面、滑动面、断层面、岩层层面或岩石与混凝土接触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关系曲线。

12.7.6 岩石抗拉强度试验应满足下列要求：

1 岩石试件应制作成圆柱体，厚度宜为直径的 0.5 倍~1.0 倍，并应大于岩石中最大颗粒直径的 10 倍；

2 宜采用劈裂法，通过垫条沿试件轴线方向上，施加一对线形荷载，使试件沿直径方向破坏，间接测定岩石的抗拉强度；

3 加压时应使试件均匀受力，加压速率宜为 0.3MPa/s~0.5MPa/s；

12.8 水和土的腐蚀性试验

12.8.1 水和土腐蚀性的试验项目和试验方法应符合下列规定：

1 水对混凝土结构腐蚀性的试验项目包括：pH、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻、CO₃²⁻、侵蚀性 CO₂、游离 CO₂、NH₄⁺、OH⁻、总矿化度；

2 土对混凝土结构腐蚀性的试验项目包括：pH、Ca²⁺、Mg²⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻、CO₃²⁻ 易溶盐（土水比 1:5）分析；

3 土对钢结构的腐蚀性的试验项目包括：pH、氧化还原电位、极化电流密度、电阻率、质量损失；

4 腐蚀性试验项目的试验方法应符合表 12.8.1 的规定。

表 12.8.1 水、土腐蚀性试验方法

试验项目	试验方法	试验项目	试验方法
pH	电位法或锥形玻璃电极法	OH ⁻	酸滴定法
NH ₄ ⁺	钠氏试剂比色法	侵蚀性 CO ₂	盖耶尔法
Ca ²⁺	EDTA 容量法	游离 CO ₂	碱滴定法
Mg ²⁺	EDTA 容量法	总矿化度	计算法
Cl ⁻	摩尔法	氧化还原电位	铂电极法
SO ₄ ²⁻	EDTA 容量法或质量法	极化电流密度	原位极化法
HCO ₃ ⁻	酸滴定法	电阻率	四极法
CO ₃ ²⁻	酸滴定法	质量损失	管罐法

注：1 EDTA 是指乙二胺四乙酸，化学式为 C₁₀H₁₆N₂O₈；

2 氧化还原电位法、极化电流密度、电阻率、质量损失为原位测试项目。

12.8.2 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 12.8.2 的规定；环境类型的划分按本标准附录 J 执行。

12.8.3 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 12.8.3 的规定。

12.8.4 当按表 12.8.2 和表 12.8.3 评价的腐蚀等级不同时，应按下列规定综合评定：

表 12.8.2 按环境类型水和土对混凝土结构的腐蚀性评价

腐蚀等级	腐蚀介质	环境类型		
		I	II	III
微 弱 中 强	硫酸盐含量 SO ₄ ²⁻ (mg/L)	<u>≤200</u> 200~500 500~1500 >1500	<u>≤300</u> 300~1500 1500~3000 >3000	<u>≤500</u> 500~3000 3000~6000 >6000
微 弱 中 强	镁盐含量 Mg ²⁺ (mg/L)	<u>≤1000</u> 1000~2000 2000~3000 >3000	<u>≤2000</u> 2000~3000 3000~4000 >4000	<u>≤3000</u> 3000~4000 4000~5000 >5000
微 弱 中 强	铵盐含量 NH ₄ ⁺ (mg/L)	<u>≤100</u> 100~500 500~800 >800	<u>≤500</u> 500~800 800~1000 >1000	<u>≤800</u> 800~1000 1000~1500 >1500
微 弱 中 强	苛性碱含量 OH ⁻ (mg/L)	<u>≤35000</u> 35000~43000 43000~57000 >57000	<u>≤43000</u> 43000~57000 57000~70000 >70000	<u>≤57000</u> 57000~70000 70000~100000 >100000
微 弱 中 强	总矿化度 (mg/L)	<u>≤10000</u> 10000~20000 20000~50000 >50000	<u>≤20000</u> 20000~50000 50000~60000 >60000	<u>≤50000</u> 50000~60000 60000~70000 >70000

注：1 表中的数值适用于有干湿交替作用的情况，I、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 的系数；

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 表中的苛性碱（OH⁻）含量（mg/L）应为 NaOH 和 KOH 中的 OH⁻含量（mg/L）。

表 12.8.3 接地层渗透性水和土对混凝土结构的腐蚀性评价

腐蚀等级	pH		侵蚀性 CO ₂ (mg/L)		HCO ₃ ⁻ (mmol/L)
	A	B	A	B	A
微	<u>≥6.5</u>	<u>≥5.0</u>	<u>≤15</u>	<u>≤30</u>	<u>≥1.0</u>
弱	<u>6.5~5.0</u>	<u>5.0~4.0</u>	15~30	30~60	1.0~0.5
中	<u>5.0~4.0</u>	<u>4.0~3.5</u>	30~60	60~100	<0.5
强	<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 HCO_3^- 含量是指水的矿化度低于 0.1g/L 的软水时，该类水质 HCO_3^- 的腐蚀性；

3 土的腐蚀性评价只考虑 pH 指标；评价其腐蚀性时，A 是指强透水土层；B 是指弱透水土层。

1 腐蚀等级中，只出现弱腐蚀，无中等腐蚀或强腐蚀时，应综合评价为弱腐蚀；

2 腐蚀等级中，无强腐蚀；最高为中等腐蚀时，应综合评价为中等腐蚀；

3 腐蚀等级中，有一个或一个以上为强腐蚀，应综合评价为强腐蚀。

12.8.5 水和土对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性评价，应符合表 12.8.5 的规定：

表 12.8.5 对钢筋混凝土结构中钢筋的腐蚀性评价

腐蚀等级	水中的 Cl^- 含量 (mg/L)		土中的 Cl^- 含量 (mg/kg)	
	长期浸水	干湿交替	A	B
微	≤ 10000	≤ 100	≤ 400	≤ 250
弱	$10000 \sim 20000$	100~500	400~750	250~500
中	—	500~5000	750~7500	500~5000
强	—	> 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。

12.8.6 土对钢结构的腐蚀性评价，应符合表 12.8.6 规定：

表 12.8.6 土对钢结构腐蚀性评价

腐蚀等级	pH	氧化还原电位 (mV)	视电阻率 ($\Omega \cdot \text{m}$)	极化电流密度 (mA/cm^2)	质量损失 (g)
微	> 5.5	> 400	> 100	< 0.02	< 1
弱	5.5~4.5	400~200	100~50	0.02~0.05	1~2
中	4.5~3.5	200~100	50~20	0.05~0.20	2~3
强	< 3.5	< 100	< 10	< 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。

12.8.7 水、土对建筑材料腐蚀的防护，应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计标准》GB/T 50046 的规定。

13 岩土工程成果报告和现场检验及监测

13.1 一般规定

13.1.1 工程勘察分析评价应在工程地质测绘、勘探、测试和搜集已有资料的基础上，结合工程特点和要求进行。评价应针对拟建场地和地基进行，应评价场地稳定性和工程建设适宜性，场地地震效应和地基基础评价以及地质条件可能造成的工程风险，提出防治措施的建议，提供设计所需的岩土参数。各类工程、不良地质作用和地质灾害以及各种特殊性岩土的分析评价，应分别符合本标准第4章、第5章和第6章的规定。

13.1.2 工程勘察分析评价应包括下列内容：

- 1 场地稳定性、适宜性评价；
- 2 场地地震效应评价；
- 3 地基基础评价。

13.1.3 场地地震效应评价应在搜集场地地震历史资料和地质资料的基础上结合工程情况进行。地震效应评价应符合下列规定：

- 1 应明确评价依据，勘察工作应满足评价要求；
- 2 应划分场地类别，及划分对建筑抗震有利、一般、不利和危险的地段；
- 3 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。

13.1.4 场地地基岩土参数应根据岩土测试指标统计成果结合地区性工程经验确定。对于主要地基持力层，当测试数据统计成果代表性差时应提供建议值。

13.1.5 地基基础评价应根据拟建工程的设计条件、拟建场地工程地质条件、地下水情况、拟采用施工工法和周边环境因素，结合工程经验进行，并应符合下列规定：

- 1 应分析评价地基均匀性；
- 2 应对拟采用地基基础方案进行评价；
- 3 应提出安全可靠、技术可行的地基基础方案建议，并提供设计所需岩土参数；
- 4 应分析施工可能遇到的地质问题及工程与周围环境的相互影响，并应提出防治措施和监测的建议。

13.1.6 天然地基评价应包括下列内容：

- 1 采用天然地基的可行性；
- 2 提出天然地基持力层的建议；
- 3 提供地基承载力，挡土墙应提供基底摩擦系数；
- 4 存在软弱下卧层时，应提供验算软弱下卧层计算参数；

5 需进行地基变形计算时，应提供变形计算参数。

13.1.7 桩基础评价应包括下列内容：

- 1 提供桩基设计和施工所需的岩土参数；
- 2 提出可选的桩基类型和施工方法、建议桩端持力层；
- 3 对存在欠固结土及有大面积堆载、回填土的项目，分析桩侧产生负摩阻力的可能性及其影响；
- 4 评价成桩可能性遇到的风险以及桩基施工对环境影响，提出设计、施工应注意的问题；
- 5 提出桩基础检测建议。

13.1.8 地基处理评价应包括下列内容：

- 1 地基处理的必要性、处理方法的适宜性；
- 2 提出地基处理方法、范围建议，提供地基处理设计和施工所需的岩土参数；
- 3 提出地基处理设计施工可能遇到的风险及对环境的影响；
- 4 提出应注意的问题和检测的建议。

13.1.9 地下工程和基坑工程评价应包括下列内容：

- 1 说明地下工程、基坑工程地基岩土和地下水以及周围环境概况；
- 2 提供岩土的重度和抗剪强度指标，并说明抗剪强度的试验方法，提供锚固体与地层摩阻力等岩土参数；
- 3 提出基坑和地下工程开挖与支护方法的建议；
- 4 采用暗挖、盾构等工法的隧道工程应划分围岩分级，评价地基及围岩的稳定性；
- 5 当基坑开挖需进行地下水控制时，应提出地下水控制所需水文地质参数及防治措施建议；
- 6 评价地质条件可能造成的工程风险；
- 7 提出施工阶段的环境保护和监测建议。

13.2 岩土参数的分析和选定

13.2.1 岩土参数应根据工程特点和地质条件选用，并按下列内容评价其可靠性和适用性。

- 1 取样方法和其他因素对试验结果的影响；
- 2 采用的试验方法和取值标准；
- 3 不同测试方法所得结果的分析比较；
- 4 测试结果的离散程度；
- 5 测试方法与计算模型的配套性。

13.2.2 岩土参数统计应符合下列规定：

- 1 岩土的物理力学指标，应按场地的工程地质单元和层位分别统计；
- 2 应按下列公式计算平均值、标准差和变异系数：

$$\phi_m = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i}{n} \quad (13.2.2-1)$$

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n \phi_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \phi_i \right)^2}{n} \right]} \quad (13.2.2-2)$$

$$\delta = \frac{\sigma_f}{\phi_m} \quad (13.2.2-3)$$

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。

ϕ_i —第 i 个岩土参数；

n —岩土参数的样本数。

- 3 分析数据的分布情况并说明数据的取舍标准。

13.2.3 主要参数宜绘制沿深度变化的图件，并按变化特点划分为相关型和非相关型同，需要时应分析参数在水平方向上的变异规律。

相关型参数宜结合岩土参数与深度的经验关系，按下列公式，并用剩余标准差计算变异系数。

$$\sigma_r = \sigma_f \sqrt{1-r^2} \quad (13.2.3-1)$$

$$\delta = \frac{\sigma_r}{\phi_m} \quad (13.2.3-2)$$

式中： σ_r —剩余标准差；

r —相关系数；对非相关型， $r=0$ 。

13.2.4 岩土参数的标准值 ϕ_k 可按下列方法确定：

$$\phi_k = \gamma_s \phi_m \quad (13.2.4-1)$$

$$\gamma_s = 1 \pm \left\{ \frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right\} \delta \quad (13.2.4-2)$$

式中： 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。

统计修正系数 γ_s 也可按岩土工程的类型和重要性、参数的变异性 and 统计数据的个数，根据经验选用。

13.2.5 在岩土工程勘察报告中，应按下列不同情况提供岩土参数值：

1 一般情况下，应提供岩土参数的平均值、标准差、变异系数、数据分布范围和数据的数量；

2 承载能力极限状态计算需要的岩土参数标准值，应按式（13.2.4-1）计算；当设计规范另有专门规定的标准值取值方法时，可按有关规定执行。

13.3 成果报告的基本要求

13.3.1 岩土工程勘察报告所依据的原始资料，应进行整理、检查、分析，确认无误后方可使用。

13.3.2 岩土工程勘察报告应资料真实、内容完整、数据无误、图表清晰、结论有据、建议合理、便于使用和适宜长期保存，并应因地制宜，重点突出，有明确的工程针对性。

13.3.3 岩土工程勘察报告应对岩土利用、整治和改造的方案进行分析论证，提出建议；对工程施工和使用期间可能发生的岩土工程问题进行预测，提出监控和预防措施的建议。

13.3.4 对岩土的利用、整治和改造的建议，宜进行不同方案的技术经济论证，并提出对设计、施工和现场监测要求的建议。

13.3.5 岩土工程勘察报告应包括文字部分和图表部分，并应符合下列规定：

- 1 勘察报告应有单位公章、相关责任人签章；
- 2 图表应有名称、项目名称及相关责任人签字。

13.3.6 岩土工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、工程特点和地质条件等具体情况编写，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 场地工程地质条件，包括如场地地形、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，提供设计所需岩土参数；

6 场地地下水埋藏情况，类型、水位及其变化，需要地下水控制时提供相关水文地质参数；

7 土和水对建筑材料的腐蚀性；

8 可能影响工程稳定的不良地质作用和对工程危害程度的评价；

9 场地的地震效应评价；

10 场地稳定性和适宜性的评价；

11 地基基础分析评价；

12 地质条件可能造成的风险性评估；

13 结论与建议；

14 相关图表。

13.3.7 成果报告应附下列图表：

1 勘探点平面位置图；

2 工程地质柱状图；

3 工程地质剖面图；

4 原位测试成果图表；

5 室内试验成果图表。

注：当需要时，尚可附综合工程地质图、综合地质柱状图、地下水等水位线图、素描、照片、综合分析图表以及岩土利用、整治和改造方案的有关图表、岩土工程计算简图及计算成果图表等。

13.3.8 任务需要时，可提交下列专题报告：

1 岩土工程测试报告；

2 岩土工程检验或监测报告；

3 岩土工程事故调查与分析报告；

4 岩土利用、整治或改造方案报告；

5 专门岩土工程问题的技术咨询报告。

13.3.9 勘察报告的文字、术语、代号、符号、数字、计量单位、标点、均应符合国家有关标准的规定。

13.3.10 对丙级岩土工程勘察的成果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；对甲级和特级岩土工程勘察的成果报告除应符合本节规定外，尚可对专门性的岩土工程问题提交专门的试验报告、研究报告或监测报告。

13.4 现场检验

13.4.1 在设计施工过程中，应结合设计施工进度进行现场检验确认，并对检验中发现的问题进行分析，提出处理措施的建议。现场检验方法可根据工程类型、岩土条件及周边环境采用现场观察、试验、仪器量测等手段。

13.4.2 天然地基的基槽检验宜采用目测、钎探、小钻、袖珍贯入仪等简易手段，检验地基持力层与勘察报告的相符性。如有异常情况，应提出处理措施或修改设计的建议。检验应包括下列内容：

- 1 岩土分布及其性质；
- 2 地下水情况；

3 对土质地基，可采用轻型圆锥动力触探或其他机具进行检验，对换填地基处理的换填材料应进行密实度检验。

13.4.3 桩基工程应通过试钻或试打，检验岩土条件是否与勘察报告一致。如遇异常情况，应提出处理措施或修改设计的建议。单桩承载力的检验，应采用载荷试验与动测相结合的方法。对大直径挖孔桩，应逐桩检验孔底尺寸和岩土情况。

13.4.4 地基处理效果的检验，除载荷试验外，尚可采用静力触探、圆锥动力触探、标准贯入试验、旁压试验、波速测试等方法，并应按本标准相应章节的规定执行。

13.4.6 现场检验应形成检验记录，必要时辅以相应的图像及描述。

13.4.7 现场检验完成后，应提交成果报告。报告中应附有相关曲线和图纸，并进行分析评价，提出建议。

13.5 现场监测

13.5.1 应根据工程特点、设计要求、施工工艺、周边环境等综合因素确定监测对象和项目，现场监测的记录、数据和图件，应保持完整，并按工程要求整理分析，监测资料应及时向有关方面报送。当监测数据接近危及工程的临界值时，必须加密检测，并及时报告。检测完成后应提交成果报告，报告中应附有相关曲线和图纸，并进行分析评价，提出建议。

13.5.2 基坑工程监测方案，应根据场地条件和开挖支护的施工设计确定，并应包括下列内容：

- 1 支护结构的变形；
- 2 基坑周边的地面变形；
- 3 邻近工程和地下设施的变形；
- 4 地下水位；
- 5 渗漏、冒水、冲刷、管涌等情况。

13.5.3 下列工程应进行沉降观测：

- 1 地基基础设计等级为甲级的建筑物；
- 2 不均匀地基或软弱地基上的乙级建筑物；
- 3 加层、接建、邻近开挖、堆载等，使地基应力发生显著变化的工程；
- 4 因抽水等原因，地下水位发生急剧变化的工程；
- 5 其他有关规范规定需要做沉降观测的工程。

13.5.4 沉降观测应按现行标准《建筑物变形测量规范》JGJ 8 的规定执行。

13.5.5 工程需要时可进行岩土体的下列监测：

- 1 洞室或岩石边坡的收敛量测；
- 2 深基坑开挖的回弹量测；
- 3 土压力或岩体应力量测。

13.5.6 不良地质作用和地质灾害的监测应符合下列规定：

1 下列情况应进行不良地质作用和地质灾害的监测：

- 1) 场地及其附近有不良地质作用或地质灾害，并可能危及工程的安全或正常使用时；
- 2) 工程建设和运行，可能加速不良地质作用的发展或引发地质灾害时；
- 3) 工程建设和运行，对附近环境可能产生显著不良影响时。

2 不良地质作用和地质灾害的监测，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。纲要内容包括：监测目的和要求、监测项目、测点布置、观测时间间隔和期限、观测仪器、方法和精度、应提交的数据、图件等，并及时提出灾害预报和采取建议；

3 岩溶土洞发育区应着重监测下列内容：

- 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。

4 滑坡监测应包括下列内容：

- 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) 滑坡体内外地下水位、流向、泉水流量和滑带孔隙水压力；
- 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。

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，应进行系统监测，并根据监测结果，对可能发生崩塌的时间、规模、塌落方向和途

径、影响范围等做出预报；

6 对现采空区，应进行地表移动和建筑物变形的观测，并应符合下列规定：

- 1) 观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) 观测点的间距可根据开采深度确定，并大致相等；
- 3) 观测周期应根据地表变形速度和开采深度确定。

7 因城市或工业区抽水而引起区域性地面沉降，应进行区域性的地面沉降监测，监测要求和方法应按有关标准进行。

13.5.7 地下水动态监测应符合下列规定：

1 遇到下列情况应进行地下水位动态监测：

- 1) 地下水位升降影响岩土稳定，可能使岩土产生软化、湿陷、胀缩时；
- 2) 地下水位上升产生浮托力对地下室或地下构筑物的防潮、防水或稳定性产生较大影响时；
- 3) 施工降水对拟建工程、相邻工程、周边环境有较大影响时；
- 4) 施工或环境条件改变，造成孔隙水压力、地下水压力变化，对工程设计或施工有较大影响时；
- 5) 需要进行污染物运移对环境的影响评价时。

2 监测工作的布置，应根据监测目的、场地条件、工程要求和水文地质条件确定。

3 地下水监测方法应符合下列规定：

- 1) 地下水位的监测，可设置专门的地下水位观测孔，或利用水井、地下水天然露头进行；
- 2) 孔隙水压力、地下水压力的监测，可采用孔隙水压力计、测压计进行；
- 3) 用化学分析法监测水质时，采样次数每年不应少于4次，进行相关项目的分析。

4 监测时间应满足下列要求：

- 1) 动态监测时间不应少于一个水文年；
- 2) 当孔隙水压力变化可能影响工程安全时，应在孔隙水压力降至安全值后方可停止监测；
- 3) 对受地下水浮托力的工程，地下水压力监测应进行至工程荷载大于浮托力后方可停止监测。

14 勘察信息化

14.1 一般规定

14.1.1 岩土工程勘察信息化,应根据工程特点和管理需求,通过移动互联网、物联网、GIS、GPS、云计算及三维地质模型等信息化技术,建立作业管理、监控和数据采集、统计、处理的信息平台,逐步实现项目管理、勘察作业和成果制定的全流程数字化和信息化。

14.1.2 全过程信息化宜采用数据自动采集、电子化录入、传输和存储,进行实时数据统计、分析、处理并实现成果输出,支持作业过程的可视化远程监控,支持文件在线上传、下载、查阅、审批和数字化归档。

14.1.3 勘察信息化应基于可靠的数据采集、共享和传递方式,保证数据的原始性和可追溯性,以及数据传递的准确性、完整性和有效性。

14.1.4 勘察信息化平台系统宜采用通用的数据格式和支持信息交换标准,应用软件应符合现行国家技术标准的有关规定,保障数据安全,并应具有开放性和可扩展性,数据共享、查验模型和各相关方协同工作等功能,平台维护与运营应符合相关法律法规的规定。

14.1.5 勘察行业宜逐步推广勘察信息化技术。

14.2 勘察作业信息化

14.2.1 数据标准格式建立应统一地层要素及编码,相关岩土分类、定名、描述等标准应符合本标准的相关规定。

14.2.2 外业编录数据采集宜以手持智能终端为载体,可自动导入项目信息和技术要求,电子化录入岩土分层、描述、岩土水样品等信息,并通过移动互联网实时传递。

14.2.3 数据采集系统宜通过与原位测试和土工试验设备建立数据采集及交互接口,自动记录原位测试或土工试验数据并实时上传。

14.2.4 数据采集、修改、校审和审批的过程应实时记录,确保数据的真实性、可靠性和过程的可追溯性。

14.2.5 数据采集系统宜具备实时数据统计和分析功能,可结合现行规范和技术要求进行实时校验。

14.2.6 勘察作业宜通过数字传输技术,将远程视频监控接入信息化管理平台,建立远程视频监控系统,实现作业现场在线可视化监控。

14.2.7 视频监控系统宜具备云台控制、抓图、录像控制、预置点管理、监控点 3D 放大、视频存储、检索等功能,可对现场作业实施过程进行记录和回溯。

14.3 勘察成果信息化

14.3.1 勘察信息化系统宜具备数据统计与图形转换功能，可自动生成各类统计表格、成果图件，图例和线型符合相关标准要求。

14.3.2 成果电子文件应采用通用存储格式，数据表格宜采用纯文本或 XLS 格式，文档文件宜采用 PDF 或 DOC 格式，CAD 图形文件宜采用 DWG 或 DXF 格式，光栅图像文件宜采用 JPG 或 TIFF 格式。

14.3.3 宜结合工程需要，提供 BIM 或其他类型的三维地质信息模型，可视化展示场地的岩土层分布及地层构造情况。

14.3.4 勘察成果数据宜建立网络管理云平台，对岩土工程勘察报告数据和档案进行数字化管理，并逐步实现工程建设的全过程服务。

15 绿色勘察

15.0.1 岩土工程勘察应以绿色发展理念为指导，结合项目特点优先采用先进的低噪声、低污染的技术、方法、工艺、设备和措施，减少勘察作业对环境和生态的影响。

15.0.2 现场作业应满足以下要求：

1 勘探现场作业应进行危险源识别，应根据任务要求查明可能存在的危险物品、可燃气体、有毒物质、有害物质等，并应针对地下管线、地下构筑物及架空电力线路等制定勘探作业安全保证措施；

2 勘探现场作业应采取保护生态环境、预防场地污染的措施，严禁遗弃泥浆、油污、塑料、电池及其他废弃物；

3 现场勘探、井探、槽探和洞探时，应采取有效措施，确保施工安全，并应符合现行国家标准《岩土工程勘察安全标准》GB/T 50585 的相关规定；

4 勘探工作完成后，除需要水位观测等特殊要求的钻孔、探井、探槽、探洞之外，应按规定及时回填。需保留的钻孔、探井、探槽、探洞，应设置防护装置。对于环境、工程建设要求较高的场地，宜对钻孔进行封孔处理。

15.0.3 在城市、公共区、绿地、资源和环境保护区等地段勘察时，应采取以下措施进行绿色勘察：

1 作业前对作业人员进行环境保护交底；

2 在城市和公共区勘察时，按相关要求做好施工围蔽工作，将勘察设备、人员和物资、材料、岩芯等放置在围蔽范围以内；

3 对易产生扬尘的勘察材料、渣土等采取覆盖或洒水等处置措施；

4 作业过程中收集泥浆、弃土和油液等废弃物并集中存放、统一处理；

5 公共区、居民区、校园等对噪声排放有要求的地段，按国家或地方政府有关标准和规定控制噪声排放；场地位于或邻近野生动物保护区、养殖场或其它敏感环境区域时，评估勘察作业过程的震动、噪音和人类活动可能产生的影响，经相关权属方和管理机构许可后方可作业；

6 勘察完成后应及时清洁场地、钻孔封孔、修复地面；

7 需要砍伐植物时，应取得相关方许可，并尽量减少砍伐范围。

15.0.4 勘察现场临时居住区宜配备排污处理措施和垃圾回收设施，保持日常环境卫生。

附录 A 广东省地质构造分布图

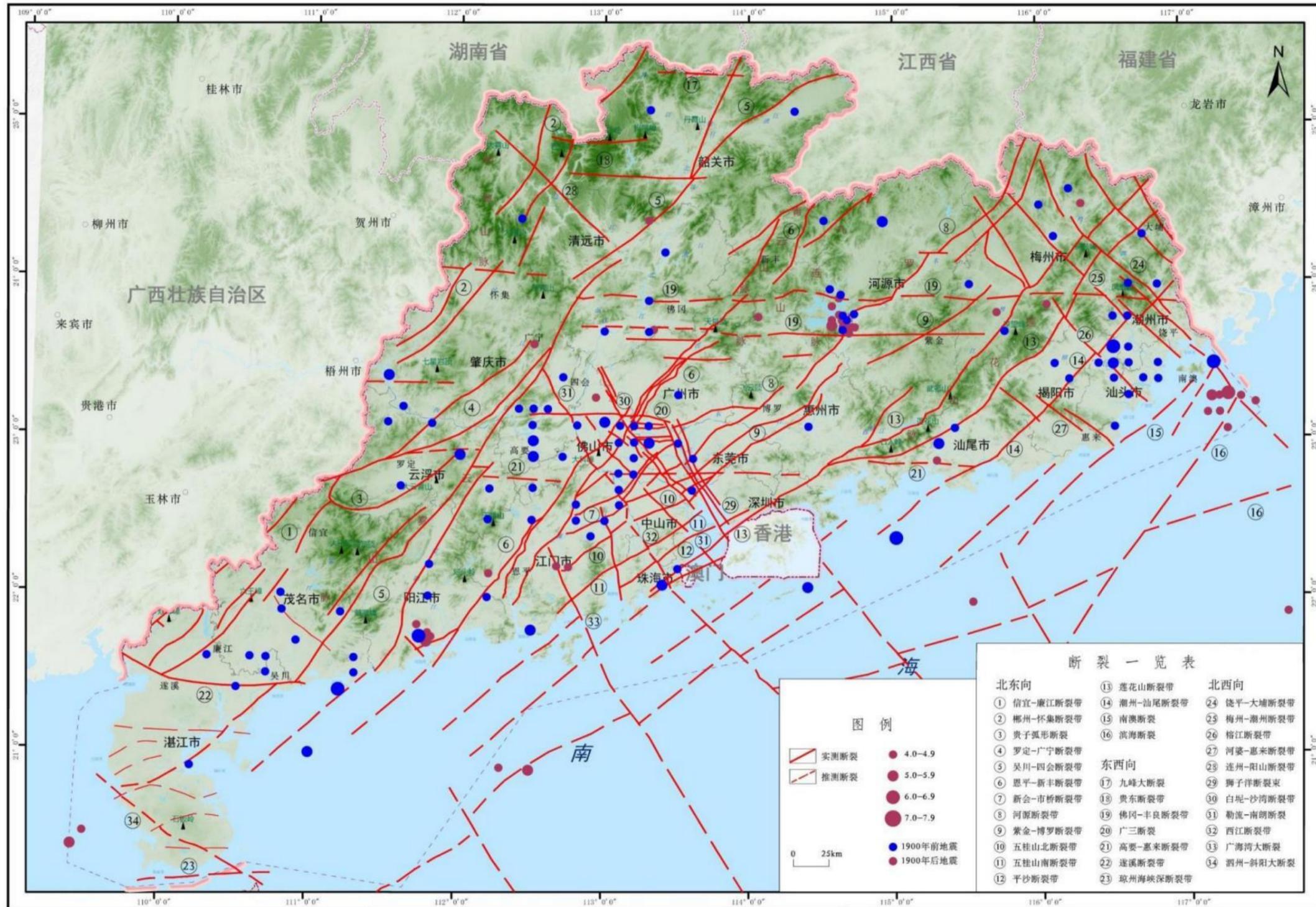


图 A 广东省地质构造分布图

附录 C 广东省部分城市常见岩土层物理力学性质指标

表 C 广东省部分城市常见岩土层物理力学性质指标

序号	土层名称	状态	直接快剪指标		压缩模量 Es ₁₋₂	变形模量 E ₀	泊松比 μ	基床系数		渗透系数 k	土体与锚固体摩阻力特征值 qsk	承载力特征值 frk
			粘聚力 c	内摩擦角 φ				水平向	垂直向			
			kPa	°(度)				MPa/m	MPa/m			
1	淤泥	流~软塑	3~5	1~3	0.8~1.7	1~2	0.40~0.45	0.5~1.5	1.0~2.0	10 ⁻⁸ ~10 ⁻⁷	8~10	40~50
2	淤泥质土	流~软塑	5~8	2~4	1.2~3.0	2~3	0.35~0.42	0.5~1.5	1.0~2.0	10 ⁻⁷ ~10 ⁻⁵	8~15	50~60
3	粘土	可塑	15~25	14~16	4.0~5.0	4~8	0.33~0.35	1.0~2.8	2.0~4.0	10 ⁻⁶ ~10 ⁻⁴	20~30	100~120
		硬塑	23~28	15~17	6.0~7.5	8~12	0.31~0.32	2.0~4.2	4.0~6.0	10 ⁻⁶ ~10 ⁻⁴	30~50	120~140
4	粉质粘土	可塑	15~25	15~16	5.0~6.0	4~8	0.33~0.35	1.0~2.8	2.0~4.0	10 ⁻⁶ ~10 ⁻⁴	20~30	100~120
		硬塑	23~28	18~20	7.0~8.0	8~12	0.32~0.33	2.0~4.2	4.0~6.0	10 ⁻⁶ ~10 ⁻⁴	30~40	120~140
		坚硬	30~35	20~24	8.0~10.0	12~16	0.30~0.32	3.0~7.0	6.0~10.0	10 ⁻⁶ ~10 ⁻⁴	40~50	140~180
5	粉土	稍密	3~5	10~15	5~8	5~20	0.25~0.26	10~20	12~18	10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁴	10~20	100~110
		中密	5~7	15~20	8~10	5~20	0.24~0.25	15~25	14~25	10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁴	20~30	110~130
		密实	7~10	20~25	10~15	5~20	0.24~0.25	20~25	20~25	10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁴	30~40	130~150
6	粉细砂	稍密	0	15~20	—	10~20	0.26~0.28	10~30	12~30	10 ⁻⁴ ~10 ⁻³	10~20	100~120
		中密	0	20~25	—	10~20	0.24~0.26	20~45	20~40	10 ⁻⁴ ~10 ⁻³	20~30	120~150
		密实	0	25~30	—	10~20	0.24~0.26	25~60	25~65	10 ⁻⁴ ~10 ⁻³	30~40	150~180
7	中砂	中密	0	20~30	—	30~50	0.20~0.25	20~45	20~40	10 ⁻³ ~10 ⁻²	20~40	130~160
		密实	0	25~35	—	30~50	0.20~0.25	25~60	25~65	10 ⁻³ ~10 ⁻²	30~45	150~180
8	粗砂	中密	0	20~30	—	40~80	0.20~0.25	20~45	20~40	10 ⁻³ ~10 ⁻²	30~50	140~160
		密实	0	25~35	—	40~80	0.20~0.25	25~60	25~65	10 ⁻³ ~10 ⁻²	40~60	160~180
9	砾砂	中密	0	25~35	—	40~100	0.20~0.25	20~45	20~40	10 ⁻³ ~10 ⁻¹	50~60	150~170
		密实	0	30~40	—	40~100	0.20~0.25	25~60	25~65	10 ⁻³ ~10 ⁻¹	60~70	170~200
10	圆砾、角砾	中密	0	40~50	—	80~180	0.15~0.20	25~55	25~60	10 ⁻² ~10 ⁻¹	80~100	200~400
		密实	0	50~60	—	80~180	0.15~0.20	55~90	60~80	10 ⁻² ~10 ⁻¹	100~120	400~600
11	碎石、卵石	中密	0	45~50	—	80~180	0.15~0.20	25~85	35~100	10 ⁻² ~10 ⁻¹	100~120	400~700
		密实	0	50~60	—	80~180	0.15~0.20	50~120	50~120	10 ⁻² ~10 ⁻¹	120~140	700~900
12	泥岩、泥质粉砂岩风化粘土、粉质粘土	可塑	27~38	13~16	4.9~6.7	4~8	0.30~0.33	1.0~2.8	2.0~4.0	10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁴	20~30	100~120
		硬塑	37~44	16~20	6.5~8.3	8~12	0.30~0.32	2.0~4.2	4.0~6.0	10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁴	30~40	120~140
		坚硬	43~47	20~24	7.8~10.5	12~16	0.23~0.28	3.0~7.0	6.0~10.0	10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁴	40~50	140~180
13	细、中、粗砂岩风化粉质粘土	可塑	20~30	18.5~23	5.2~6.4	4~8	0.30~0.33	1.0~2.8	2.0~4.0	10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁴	20~30	100~120
		硬塑	30~40	23~26	7.0~8.5	8~12	0.30~0.32	2.0~4.2	4.0~6.0	10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁴	30~40	120~140
		坚硬	40~48	24~28	8.5~11.5	12~16	0.23~0.28	3.0~7.0	6.0~10.0	10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁴	40~50	140~180

续表 C

序号	土层名称	状态	直接快剪指标		压缩模量 Es1~2	变形模量 E0	泊松比 μ	基床系数		渗透系数 k	土体与锚固 体摩阻力特 征值 qsk	承载力特 征值 frk
			粘聚力 c	内摩擦角 φ				水平向	垂直向			
			kPa	°(度)				MPa/m	MPa/m			
14	砂砾岩、砾岩 风化粉质粘土	可塑	23~25	17~20.5	3.6~4.8	4~8	0.30~0.33	1.0~2.8	2.0~4.0	$10^{-5}\sim 10^{-4}$	20~30	100~120
		硬塑	28~34	19.5~22.5	4.8~5.2	8~12	0.30~0.32	2.0~4.2	4.0~6.0	$10^{-5}\sim 10^{-4}$	30~40	120~140
		坚硬	33~42	22~23.5	5.8~6.6	12~16	0.23~0.28	3.0~7.0	6.0~10.0	$10^{-5}\sim 10^{-4}$	40~50	140~180
15	灰岩残积土	可塑	23~25	17~20.5	3.6~4.8	4~8	0.30~0.33	1.0~2.8	2.0~4.0	$10^{-5}\sim 10^{-4}$	20~30	100~120
		硬塑	28~34	19.5~22.5	4.8~5.2	8~12	0.30~0.32	2.0~4.2	4.0~6.0	$10^{-5}\sim 10^{-4}$	30~40	120~140
		坚硬	33~42	22~23.5	5.8~6.6	12~16	0.23~0.28	3.0~7.0	6.0~10.0	$10^{-5}\sim 10^{-4}$	40~50	140~180
16	花岗岩风化砂 质粘土	可塑	33~38	19~25	3.8~6.4	4~8	0.30~0.33	1.0~2.8	2.0~4.0	$10^{-5}\sim 10^{-4}$	20~30	100~120
		硬塑	34~40	22~28	5.0~7.7	8~12	0.30~0.32	2.0~4.2	4.0~6.0	$10^{-5}\sim 10^{-4}$	30~40	120~140
		坚硬	38~46	22~28	6.2~11.0	12~16	0.23~0.28	3.0~7.0	6.0~10.0	$10^{-5}\sim 10^{-4}$	40~50	140~180
17	花岗岩风化砾 质粘土	可塑	32~38.2	21.5~23	4.0~5.0	4~8	0.30~0.33	1.0~2.8	2.0~4.0	$10^{-5}\sim 10^{-4}$	20~30	100~120
		硬塑	33~42.0	22~25.5	7.2~8.8	8~12	0.30~0.32	2.0~4.2	4.0~6.0	$10^{-5}\sim 10^{-4}$	30~40	120~140
		坚硬	25~46.0	25~27	8.7~10.8	12~16	0.23~0.28	3.0~7.0	6.0~10.0	$10^{-5}\sim 10^{-4}$	40~50	140~180
18	软质岩	全风化	22~28	23~30	10~15	40~80	0.25~0.30	35~39	41~45	$10^{-4}\sim 10^{-3}$	40~50	250~300
		强风化	20~25	25~35	15~18	80~130	0.23~0.28	135~160	160~180	$10^{-4}\sim 10^{-3}$	60~80	300~400
19	硬质岩	全风化	20~25	30~35	10~17	50~110	0.23~0.30	35~39	41~45	$10^{-3}\sim 10^{-2}$	60~70	300~350
		强风化	15~20	35~40	16~20	100~150	0.23~0.28	200~1000	200~1000	$10^{-3}\sim 10^{-2}$	80~110	350~500
20	花岗岩	全风化	20~25	30~35	10~17	50~110	0.23~0.30	35~39	41~45	$10^{-3}\sim 10^{-2}$	15~20	300~350
		强风化	15~20	35~40	16~20	100~150	0.23~0.28	200~1000	200~1000	$10^{-3}\sim 10^{-2}$	15~20	350~500

附录 D 土的野外鉴别和定名

D.0.1 黏性土、粉土和砂土可按表 D.0.1 进行野外鉴别和定名。

表D.0.1 黏性土、粉土和砂土野外鉴别和定名

土的类别及名称		野外鉴别
黏性土	黏土	切面非常光滑，刀刃黏滞，湿土时手感油腻，能搓成小于0.5mm直径的土条，且能揉成土团后再次搓条；无摇震反应，土面呈油脂光泽；干土捏不碎，抗折强度大，折断后有棱角
	粉质黏土	稍有滑腻感，夹有少量细颗粒，能搓成直径0.5~2mm的土条；摇震时反应慢或基本无反应，淤泥质土有摇震反应；土面较光滑~稍粗糙，但稍有光泽；干土用力才能捏碎且较容易折断，可以再揉成土团，但手捏即碎裂
粉土	粉土	切面无光滑，摇震反应中等~快，干强度低，韧性低，搓条直径一般大于3mm
砂土	粉砂	大部分颗粒与小米粉近似
	细砂	大部分颗粒与粗玉米粉(>0.1mm)近似
	中砂	有一半以上颗粒与砂糖或白菜籽(>0.25mm)近似
	粗砂	有一半以上颗粒比小米粒(0.5mm)大
	砾砂	约有1/4以上颗粒比荞麦或高粱粒(2mm)大

D.0.2 花岗岩残积土可按表D.0.2进行野外鉴别和定名。

表D.0.2 花岗岩残积土野外鉴别和定名

土的名称	砾质黏性土	砂质黏性土	黏性土
母岩名称	中粗粒花岗岩，结晶颗粒大于2mm	细粒花岗岩，结果颗粒0.2~2mm	以花岗岩体中的脉岩为主，如煌斑岩、辉绿岩、正长岩等
颜色	灰白、褐红、褐红夹白色	灰白、褐黄、褐红夹白色	褐色、深褐、灰白、灰色
结构性	保持原岩结构并尚可辨认	保持原岩结构并尚可辨认	结构不易辨别
用手捏摸时的感觉	除石英颗粒基本未风化外，其它矿物，如长石已风化成高岭土，黑色矿物风化成黏土，手捏细腻具滑感	除石英颗粒基本未风化外，其它矿物，如长石已风化成高岭土，黑色矿物风化成黏土，手捏细腻具滑感	无石英颗粒，均为黏土，可搓成较细土条
颗粒状况	粒径大于2mm颗粒超过全重20%	粒径大于2mm颗粒不超过全重20%	—
湿润量用刀切	有阻力，切不成光滑土片	稍有阻力，能切成不太光滑的土片	易切成土片，切面光滑细腻

D.0.3 缺少圆锥动力触探试验数据时，可按表 D.0.3 定性描述碎石土的密实度。

表D.0.3 碎石土密实度野外鉴别

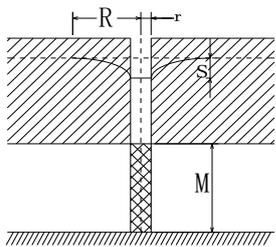
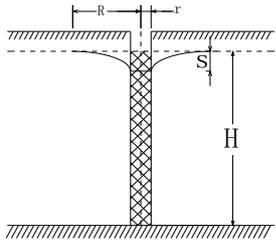
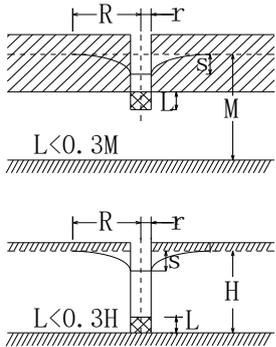
密实度	松散	中密	密实
骨架颗粒含量和排列	骨架颗粒质量小于总质量的60%，排列混乱，大部份不接触	骨架颗粒质量等于总质量的60%~70%，呈交错排列，大部份接触	骨架颗粒质量大于总质量的70%，呈交错排列，连续接触
可挖性	锹可以挖掘，井壁易坍塌，从井壁取出大颗粒后，立即塌落	锹镐可挖掘，井壁有掉块现象，从井壁取出大颗粒处，能保持凹面形状	锹镐挖掘困难，用撬棍方能松动，井壁较稳定
可钻性	钻进较易，钻杆稍有跳动，孔壁易坍塌	钻进较困难，钻杆、吊锤跳动不剧烈，孔壁有坍塌现象	钻进困难，钻杆、吊锤稍跳动剧烈，孔壁较稳定

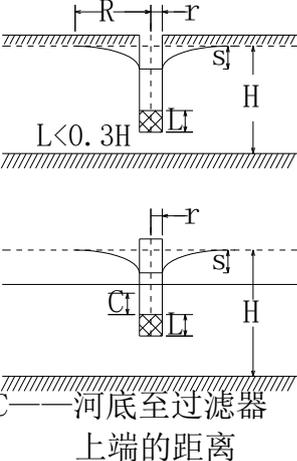
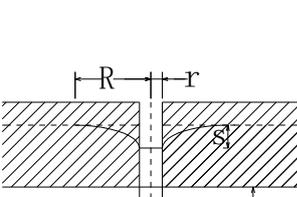
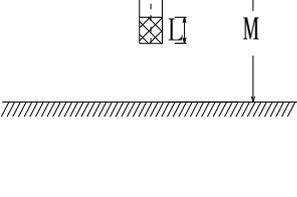
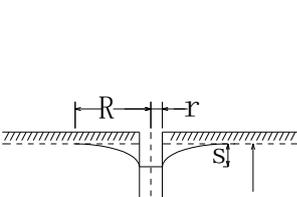
注：密实度应按表列各项特征综合确定。

附录 E 水文地质参数测定方法

E.0.1 单孔抽水渗透系数可按表 E.0.1 中的公式计算。

表 E.0.1 单孔抽水渗透系数计算公式

序号	类型	示意图	计算公式	适用条件
1	承压水完整孔		$K = \frac{0.366Q}{MS} \lg \frac{R}{r}$	承压水含水层 单孔完整井
2	潜水完整孔		$K = \frac{0.732Q}{(2H-S)S} \lg \frac{R}{r}$	潜水含水层 单孔完整井
3	承压水、潜水非完整孔		$K = \frac{0.366Q}{LS} \lg \frac{aL}{r}$ <p style="text-align: center;">a=1.6</p> <p style="text-align: center;">a=1.32</p>	1. 承压水、潜水含水层 2. 过滤器紧接含水层顶板或底板 3. L<0.3M或 L<0.3H

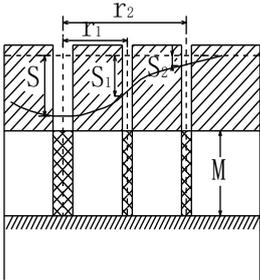
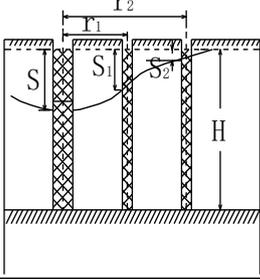
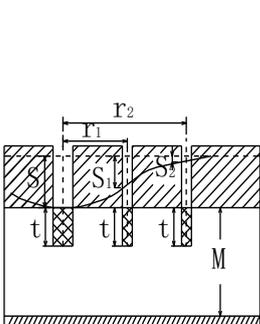
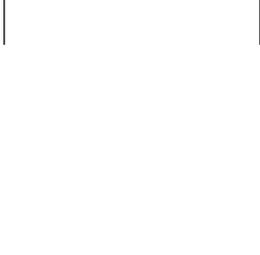
序号	类型	示意图	计算公式	适用条件
4	潜水、承压水非完整孔	 <p>C——河底至过滤器上端的距离</p>	$K = \frac{0.366Q}{LS} \lg \frac{0.66L}{r}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水、承压水含水层 2. 过滤器置于含水层中部 3. 应用于河床抽水 C 值不应小于 3m 4. $L < 0.3M$ 或 $L < 0.3H$
5	承压水、潜水非完整孔		$K = \frac{Q}{2\pi SM} \left(\ln \frac{R}{r} + \frac{M-L}{L} \ln \frac{1.12M}{\pi r} \right)$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 承压水、潜水含水层。用于潜水时，将 M 换成 H 或 $H+h/2$ 2. $L > 0.2M$
6	潜水非完整孔		$K = \frac{Q}{2\pi SM} \left[\ln \frac{R}{r} + \frac{M-L}{L} \ln \left(1 + 0.2 \frac{M}{L} \right) \right]$	
7	潜水非完整孔		$K = \frac{0.366Q}{(S+L)S} \lg \frac{R}{r}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层 2. 过滤器在含水层中部

序号	类型	示意图	计算公式	适用条件
8	潜水非完整孔		$K = \frac{0.732Q}{(H+L)S} \lg \frac{R}{r}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层 2. 过滤器在含水层下部
9	潜水非完整孔		$K = \frac{0.732Q}{S \left(\frac{L+S}{\lg \frac{R}{r}} + \frac{L}{\lg \frac{0.66L}{r}} \right)}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层 2. 非淹没式过滤器 3. $L < 0.3H$
10	潜水完整孔		$K = \frac{0.732Q}{(2H-S)S} \lg \frac{2b}{r}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层单孔完整井 2. 邻河 3. $b < 2H$
11	潜水非完整孔		$K = \frac{0.732Q}{S \left(\frac{L+S}{\lg \frac{2b}{r}} + \frac{L}{\lg \frac{0.66L}{r} + 0.25 \frac{L}{m} \lg \frac{b^2}{m^{2+0.14}}} \right)}$ <p>式中：m为由含水层底板到过滤器有效工作部分中点的长度</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层 2. 非淹没式过滤器 3. 邻河 4. 含水层厚度有限 5. $b > m/2$

序号	类型	示意图	计算公式	适用条件
12	潜水非完整孔		$K = \frac{0.732Q}{s \left(\frac{L+S}{1.6 \frac{2b}{r}} + \frac{L}{1.6 \frac{0.66L}{r} - 0.22 \operatorname{arsh} \frac{0.44L}{b}} \right)}$	1. 潜水含水层 2. 非淹没式过滤器 3. 邻河 4. 含水层厚度很大 5. $b > L$
13			$K = \frac{0.732Q}{s \left(\frac{L+S}{1.6 \frac{2b}{r}} + \frac{L}{1.6 \frac{0.66L}{r} - 0.11 \frac{L}{b}} \right)}$	1. 潜水含水层 2. 非淹没式过滤器 3. 邻河 4. 含水层厚度很大 5. $b < L$
14	潜水非完整孔	<p style="text-align: center;">$L < 0.3H$</p>	$K = \frac{0.16Q}{LS} \times \left(2.3Lg \frac{0.66L}{r} - \operatorname{arsh} \frac{0.45L}{b} \right)$	1. 潜水含水层 2. 邻河 3. 过滤器在含水层中部 4. $b < 0.3H$
15	潜水非完整孔	<p style="text-align: center;">$L < 0.3H$</p>	$K = \frac{0.16Q}{LS} \times \left(2.3Lg \frac{1.32L}{r} - \operatorname{arsh} \frac{0.9L}{b} \right)$	1. 潜水含水层 2. 邻河 3. 过滤器紧接含水层底部 4. $b < 0.3H$

E.0.2 多孔抽水渗透系数可按表 E.0.2 中的公式计算。

表 E.0.2 多孔抽水渗透系数计算公式

序号	类型	示意图	计算公式	适用条件
1	承压水完整孔		$K = \frac{0.366Q}{M(S_1 - S_2)} \lg \frac{r_2}{r_1}$	承压水含水层 多孔完整井
2	潜水完整孔		$K = \frac{0.732Q}{(2H - S_1 - S_2)(S_1 - S_2)} \lg \frac{r_2}{r_1}$	潜水含水层 多孔完整井
3	承压水非完整孔		$K = \frac{0.16Q}{L(S_1 - S_2)} \times \left(\operatorname{arsh} \frac{L}{r_1} - \operatorname{arsh} \frac{L}{r_2} \right)$	1. 承压水含水层 2. 过滤器紧接含水层顶板 3. $L < 0.3M$ 4. $r_2 \leq 0.3M$ $r_1 = 0.3r_2$ 5. $t = L$
4	承压水非完整孔		$K = \frac{0.16Q}{L(S_1 - S_2)} \times \left[\operatorname{arsh} \frac{L}{r_1} - \operatorname{arsh} \frac{L}{r_2} - \frac{L}{M} \times \left(\operatorname{arsh} \frac{M}{r_1} - \operatorname{arsh} \frac{M}{r_2} - \ln \frac{r_1}{r_2} \right) \right]$	1. 承压水含水层 2. $L > 0.3M$

序号	类型	示意图	计算公式	适用条件
5	潜水非完整孔		$K = \frac{0.16Q}{L''(S_1 - S_2)} \times \left(\operatorname{arsh} \frac{L''}{r_1} - \operatorname{arsh} \frac{L''}{r_2} \right)$ <p>式中 $L'' = L_0 - 0.5(S_1 + S_2)$</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层 2. 抽水孔为非淹没式过滤器 3. $L < 0.3H$ 4. $S < 0.3L_0$ 5. $r_1 = 0.3r_2$ $r_2 \leq 0.3H$
6	潜水非完整孔		$K = \frac{0.08Q}{L''(S_1 - S_2)} \times \left[\left(\operatorname{arsh} \frac{0.4L''}{r_1} + \operatorname{arsh} \frac{1.6L''}{r_1} \right) - \left(\operatorname{arsh} \frac{0.4L''}{r_2} + \operatorname{arsh} \frac{1.6L''}{r_2} \right) \right]$ <p>式中 $L'' = L_0 - 0.5(S_1 + S_2)$</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层 2. 过滤器位于含水层中部 3. $L < 0.3H$ 4. $r_2 < 0.3H$ 5. $t = L$
7			$K = \frac{Q}{2\pi L''(S_1 - S_2)} \times \left[\left(\operatorname{arsh} \frac{L''}{r_1} + \operatorname{arsh} \frac{L''}{r_2} \right) - \frac{L''}{H} \right] \times \left(\operatorname{arsh} \frac{H}{r_1} - \operatorname{arsh} \frac{H}{r_2} - \ln \frac{r_2}{r_1} \right)$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层 2. $L > 0.5H$
8			$K = \frac{0.366Q}{(2S - S_1 - S_2 + L)(S_1 - S_2)} \times \operatorname{Lg} \frac{r_2}{r_1}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层 2. 过滤器位于含水层中部
9	潜水完整孔		$K = \frac{0.732Q}{(2H - S_1)S_1} \operatorname{Lg} \frac{2b - r_1}{r_1}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层 2. 邻河 3. 观测线垂直于岸边、观测孔位于近河一侧 4. 一个观测孔
10			$K = \frac{0.732Q}{(2H - S_1 - S_2)(S_1 - S_2)} \times \operatorname{Lg} \frac{r_2(2b - r_1)}{r_1(2b - r_2)}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层 2. 邻河 3. 观测线垂直于岸边、观测孔位于近河一侧 4. 两个观测孔

序号	类型	示意图	计算公式	适用条件
11	潜水完整孔		$K = \frac{0.732Q}{(2H-S_1)S_1} \text{Lg} \sqrt{\frac{4b^2 + r_1^2}{r_1^2}}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层 2. 邻河 3. 观测线平行岸边
12	潜水完整孔		$K = \frac{0.732Q}{(2H-S_1-S_2)(S_1-S_2)} \times \left[\frac{1}{2} \text{Lg} \frac{4b^2 + r_1^2}{4b^2 + r_2^2} + \text{Lg} \frac{r_2}{r_1} \right]$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层 2. 邻河 3. 观测线平行岸边 4. 两个观测孔
13	潜水非完整孔		$K = \frac{0.16Q}{LS_1} \times \left(\text{arsh} \frac{L}{r_1} - \text{arsh} \frac{L}{\sqrt{4b^2 + r_1^2}} \right)$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层 2. 过滤器位于含水层中部 3. 邻河 4. 观测线平行岸边 5. $L < 0.3H$
			$K = \frac{0.16Q}{LS_1} \times \left(\text{arsh} \frac{L}{r_1} - \text{arsh} \frac{L}{2b \pm r_1} \right)$	<ol style="list-style-type: none"> 1. 潜水含水层 2. 过滤器位于含水层中部 3. 邻河 4. 观测线垂直岸边且在远河一侧 ($2b+r_1$) 或近河一侧 ($2b-r_1$) 5. $L < 0.3H$

附录 F 取土器技术标准

F.0.1 取土器技术参数应符合表 F.0.1 的规定。

表 F.0.1 取土器技术参数

取土器参数	厚壁取土器	薄壁取土器		
		敞口 自由 活塞	水压 固定 活塞	固定 活塞
面积比 $\frac{D_w^2 - D_t^2}{D_t^2} \times 100(\%)$	13~20	≤10	10~13	
内间隙比 $\frac{D_s - D_t}{D_t} \times 100(\%)$	0.5~1.5	0	0.5~1.0	
外间隙比 $\frac{D_w - D_t}{D_t} \times 100(\%)$	0~2.0	0		
刃口角度 $\alpha(^{\circ})$	<10	5~10		
长度 $L(mm)$	400, 550	对砂土: (5~10) D_e 对黏性土: (10~15) D_e		
外径 $D_t(mm)$	75~89, 108	75, 100		
衬管	整圆或半合管, 塑料、酚酞层压纸或镀锌铁皮制成	无衬管, 束节式取土器衬管同左		

注: 1 取样管及衬管内壁必须光滑圆整;

2 在特殊情况下取土器直径可增大至150~250mm;

3 表中符号:

D_e —取土器刃口内径;

D_s —取样管内径, 加衬管时为衬管内径;

D_t —取样管外径;

D_w —取土器管靴外径, 对薄壁管 $D_w = D_t$ 。

附录 G 物探方法

G.0.1 工程勘察中，物探方法的选择可参照表 G.0.1 执行。

表 G.0.1 物探方法的适用范围表

适用范围 物探方法		地层结构、风化层分带及基岩起伏形态探测	断裂、破碎带及裂隙密集带探测	软弱地层、砂砾石层和孤石探测	水下地形、地层结构、障碍物、抛石、管线探测	地下水及含水体探测	桩位岩溶及桩基持力层完整性探测	岩溶、采空区、障碍物、管线及隐蔽工程探测	滑坡、地面塌陷探测
直流电法	充电法	—	○		○	●	—	○	—
	电测深法	○	●	○	○	●	—	○	—
	电剖面法	○	○	●	○	○	—	○	—
	高密度电法	○	●	○	○	●	—	●	●
电磁法	大地电磁法(AMT)	○	●	○	—	—	—	○	—
	瞬变电磁法	○	●	○	—	○	—	○	○
	探地雷达法	●	●	●	○	○	—	●	●
浅层地震法	反射波法	●	●	●	●		—	●	●
	透射波法	●	○	○	○	○	—	○	○
	折射波法	○	○	○	○	○	—	○	○
	面波法	●	○	●	—	—	—	○	○
	微动勘探法	●	●	●	—	—	—	●	●
水域物探	声纳测深法	—	—	—	●	—	—	—	—
	侧扫声纳法	—	—	—	●	—	—	—	—
	水域地震法	—	—	—	●	—	—	—	—
	浅地层剖面法	—	—	—	●	—	—	—	—

续表 G.0.1

适用范围		地层结构、风化层分带及基岩起伏形态探测	断裂、破碎带及裂隙密集带探测	软弱地层、砂砾石层和孤石探测	水下地形、地层结构、障碍物、抛石、管线探测	地下水及含水层探测	桩位岩溶及桩基持力层完整性探测	岩溶、采空区、障碍物、管线及隐蔽工程探测	滑坡、地面塌陷探测
孔中物探	电测井	○		○	○	○	—	—	—
	弹性波测井	○	○	○	○	—	—	—	—
	电磁波测井	○	○	○	○	○	—	○	—
	磁测井	—	○	○	○	—	—	—	—
	跨孔弹性波 CT 法	○	●	○	—	—	●	●	○
	钻孔全景光学成像	○	○	○	○	○		○	○
	管波探测法	○	●	●	—	○	●	●	●
	孔中雷达法	○	○	○	—	—	●	●	○

注：●为推荐方法，○为可选方法。

附录 H 圆锥动力触探和标准贯入锤击数修正表

H.0.1 当采用重型和超重型动力触探试验确定碎石土的密实时，锤击数应分别乘以表 H.0.1-1、表 H.0.1-2 所示的修正系数 α_1 、 α_2 进行修正。

表 H.0.1-1 重型动力触探锤击数修正系数 α_1

杆长(m) \ $N_{63.5}$	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	0.72	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

表 H.0.1-2 超重型动力触探锤击数修正系数 α_2

杆长(m) \ N_{120}	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	0.68	0.65	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

H.0.2 当采用标准贯入试验判断岩土层的力学特性时，锤击数应乘以表 H.0.2 所示的修正系数 α_3 进行修正。

表 H.0.2 标准贯入试验锤击数修正系数 α_3

杆长(m)	≤3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
42	1.00	0.92	0.86	0.81	0.77	0.73	0.70	0.67	0.64	0.61	0.58	0.55

附录 J 场地环境类型

J.0.1 场地环境类型的分类，应符合表 J.0.1 的规定。

表 J.0.1 环境类型分类

环境类型	场地环境条件或地质条件
I	混凝土结构一面接触地面水或地下水，一面暴露在大气中，水可以通过渗透或毛细作用在暴露大气中的一面蒸发时
II	直接临水；湿、很湿的弱透水层；地下水位以下的强透水层
III	稍湿的弱透水层；地下水位以上的强透水层

注：1 广东省全境属于湿润区，环境类型分类均按湿润区考虑。

- 2 强透水层是指碎石土、砂土；弱透水层是指粉土、黏性土及除划归强透水层之外的其他岩层；
- 3 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。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词，说明如下：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：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用词：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，在条件许可时首先应这样做的用词：正面词采用“宜”或“可”，反面词采用“不宜”。

2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”。非必须按所指定的标准、规范或其他规定执行时，写法为“可参照……”。

引用标准名录

- 《建筑与市政工程抗震通用规范》 GB 55002
- 《建筑与市政地基基础通用规范》 GB 55003
- 《工程勘察通用规范》 GB 55017
- 《工程测量通用规范》 GB 55018
- 《建筑与市政工程施工质量控制通用规范》 GB 55032
- 《中国地震动参数区划图》 GB18306
- 《建筑地基基础设计规范》 GB50007
- 《建筑抗震设计规范》 GB50011
- 《岩土工程勘察规范》 GB50021
- 《工程测量规范》 GB50026
- 《供水水文地质勘察规范》 GB 50027
- 《工业建筑防腐蚀设计规范》 GB 50046
- 《工程岩体分级标准》 GB 50218
- 《城市轨道交通岩土工程勘察规范》 GB50307
- 《民用建筑工程室内环境污染控制标准》 GB 50325
- 《建筑边坡工程技术规范》 GB50330
- 《建筑基坑工程监测技术规范》 GB50497
- 《膨胀土地区建筑技术规范》 GBJ 112
- 《岩土工程勘察安全标准》 GB/T50585
- 《土工试验方法标准》 GB/T 50123
- 《工程岩体试验方法标准》 GB/T 50266
- 《地基动力特性测试规范》 GB/ T 50269
- 《岩土工程基本术语标准》 GB/T 50279
- 《市政工程勘察规范》 CJJ56
- 《建筑工程抗浮技术标准》 JGJ 476
- 《建筑地基处理技术规范》 JGJ 79

《软土地区岩土工程勘察规程》 JGJ 83
《建筑桩基技术规范》 JGJ 94
《高层建筑岩土工程勘察标准》 JGJ/T 72
《岩土工程勘察术语标准》 JGJ/T 84
《建筑工程地质勘探与取样技术规程》 JGJ/T 87
《公路工程地质勘察规范》 JTG C20
《建筑地基基础设计规范》 DBJ 15-31
《岩溶地区建筑地基基础技术规范》 DBJ 15-136
《岩土工程勘察信息模型技术规程》 DBJ/T 13-330
《建筑地基处理技术规范》 DBJ/T 15-38
《广西壮族自治区岩土工程勘察规范》 DBJ/T 45-066
《上海工程建设规范岩土工程勘察规范》 DGJ 08-37
《铁路工程地质原位测试规程》 TB 10018

广东省标准

岩土工程勘察标准

DBJ/TXX-XXX-20XX

条文说明

(公开征求意见稿)

制定说明

广东省《岩土工程勘察标准》DBJ **-*-20**, 经广东省住房和城乡建设厅 20**年 月 日以 号公告批准发布。

本标准编制过程中, 编制组进行了广泛的调查研究, 结合我省岩土工程勘察的情况和经验, 参考了大量国家已有的相关法规、技术标准, 征求了专家意见, 并与国家政策相衔接。

为便于广大勘察单位的有关人员在使用本标准时, 能正确理解和执行条文规定, 编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明, 对条文的目、依据以及执行中需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.....	166
2 术语和符号.....	168
2.1 术语.....	168
2.2 符号.....	169
3 勘察分级和岩土分类.....	170
3.1 勘察分级.....	170
3.2 岩石的分类和鉴定.....	172
3.3 土的分类和鉴定.....	173
4 各类工程的勘察基本要求.....	176
4.1 一般规定.....	176
4.2 房屋建筑和构筑物.....	184
4.3 地下洞室.....	186
4.4 边坡工程.....	188
4.5 基坑工程.....	192
4.6 桩基础.....	192
4.7 地基处理.....	193
4.8 既有建筑物的增载和保护.....	195
4.9 市政工程.....	196
4.10 造地工程.....	199
4.11 废弃物处理工程.....	201
4.12 土壤环境调查.....	202
5 不良地质作用和地质灾害.....	204
5.1 岩溶.....	204
5.2 滑坡.....	207
5.3 危岩和崩塌.....	209
5.4 泥石流.....	210
5.5 采空区.....	213
5.6 地面沉降.....	215
5.7 地面塌陷.....	218
6 特殊性岩土.....	220
6.1 填土.....	220
6.2 软土.....	220

6.3	红黏土.....	222
6.4	风化岩和残积土.....	223
6.5	花岗岩球状风化体（孤石）.....	224
6.6	污染土.....	226
6.7	膨胀岩土.....	226
6.8	混合土.....	228
7	场地与地基的地震效应评价.....	229
7.1	活动断裂.....	229
7.2	场地类别划分.....	229
7.3	液化判别.....	230
7.4	软土震陷.....	231
8	地下水.....	232
8.1	地下水的勘察要求.....	232
8.2	水文地质参数的测定.....	234
8.3	地下水作用的评价.....	239
8.4	抗浮设防水位.....	239
9	工程地质测绘和调查.....	241
9.1	工程地质测绘.....	241
9.2	工程场地及周边环境专项调查.....	244
10	勘探和取样.....	245
10.1	一般规定.....	245
10.2	钻探.....	245
10.3	井探、槽探和洞探.....	245
10.4	取样.....	247
10.5	工程物探.....	249
11	原位测试.....	250
11.1	一般规定.....	250
11.2	载荷试验.....	250
11.3	静力触探.....	250
11.4	圆锥动力触探试验.....	251
11.5	标准贯入试验.....	251
11.6	十字板剪切试验.....	253
11.7	旁压试验.....	254
11.8	扁铲试验.....	254

11.9	现场直接剪切试验.....	254
11.10	波速测试.....	255
11.11	岩体原位应力测试.....	256
11.12	激振法测试.....	256
11.13	氦气测试.....	257
12	室内试验.....	259
12.1	一般规定.....	259
12.2	试样的制备和试样的饱和.....	259
12.3~12.6	土的物理力学性质试验、动力性质试验	259
12.7	岩石的物理力学性质试验.....	262
12.8	水和土的腐蚀性试验.....	264
13	岩土工程成果报告和现场检验.....	266
13.2	岩土参数的分析和选定.....	266
13.3	成果报告的基本要求.....	266
14	勘察信息化.....	267
14.1	一般规定.....	267
14.2	勘察作业信息化规定.....	268
14.3	勘察成果信息化.....	269
15	绿色勘察.....	270

1 总则

1.0.1 广东省北依南岭，南濒南海，地势北高南低，从粤北山地逐步向南部沿海递降，形成北部山地、中部丘陵、南部以平原台地为主的地貌格局，山地、丘陵、台地和平原分布面积占全省土地总面积的 33.7%、24.9%、14.2%和 21.7%。广东地层发育，自中—新元古界至第四系均有出露，地层出露面积占陆地总面积的 65%，沉积建造类型复杂，赋存各类沉积矿产，尤其是海域油气藏远景较大。

根据《中国区域地质志》，广东中—新元古界为变质变形强烈的非正常地层，以夹有多层变质火山岩为特征，出露于粤西北区的连山鹰扬关、粤西区云开大山、粤中区的增城、博罗、粤东北区的梅县等地，构成了广东的古老基底。广东南华系至志留系记录了华南洋的生成、发展、消亡的演化历史，由大陆裂谷发展为边缘海，再演化为沟弧盆体系，至残留洋盆，直至陆陆碰撞造山，扬子陆块与华夏陆块拼贴为一体。新元古界南华系、震旦系为浅变质的类复理石碎屑岩建造，出露于粤西北区的连山鹰扬关、粤西区云开大山、粤东北区的梅县、和平九连山等地，南华系下统的粗碎屑岩建造代表了裂谷盆地的沉积，南华系上统的坑坪细碧角斑岩系代表了初始洋壳的物质，震旦系大套巨厚的浅海—半深海类复理石为边缘海沉积。下古生界寒武系以类复理石碎屑岩为主，局部夹碳酸盐岩类，反映了多岛洋的沉积环境。奥陶纪至志留纪广东大地构造背景转化为陆块汇集环境，粤西与其它地区沉积环境分异明显，在粤北及粤中区，奥陶系下中统为笔石页岩相，中上统为类复理石碎屑岩建造，粤西区则以含壳相化石的碎屑岩为主。志留系为半深水笔石页岩相沉积和浅海类复理石沉积。晚奥陶世至志留纪为残留洋盆环境。

上古生界岩性及岩相变化较大。总的特点是海浸由西北向东南扩大。泥盆系中、上统以陆相—浅海相碎屑岩为主，与粤北、粤西、粤中区见碳酸盐岩沉积。石炭系及下二叠统下部以浅海台地相碳酸盐岩为主夹海陆交互相及浅海相碎屑岩。上二叠统以海陆交互相含煤碎屑岩为主。下中三叠统，在粤北区为浅海碳酸盐岩沉积过渡到滨海湖泊相碎屑岩；粤中区以碎屑岩为主。

印支运动开始了广东大陆以断陷为主的发展阶段。上三叠统以明显角度不整合覆于下伏地层之上，粤东区良口群以浅海—滨岸相碎屑岩为主，局部夹火山岩；粤中及粤北区为海陆交替含煤碎屑岩；粤西区小云雾山群为陆相含煤碎屑岩，沿断裂带呈串珠状分布。下侏罗统金鸡组以海相碎屑岩为主；桥源组为海陆交互相，局部夹火山岩。中侏罗统漳平组为湖泊相红色碎屑岩沉积，普遍含火山凝灰质。粤北区下侏罗统马梓坪组以山间盆地相粗碎屑岩为主。上侏罗统高基坪群分布于粤东地区，为巨厚的陆相火山碎屑岩及熔岩堆积。白垩系及第三系，除珠江口及北部湾盆地外，普遍以陆相红色碎屑岩为主夹多层火山岩及膏盐沉积，近海见滨

岸沼泽相及海相含油页岩沉积。第四系除海、陆相碎屑岩沉积外，还见玄武岩广泛出露于雷琼地区。

第四纪松散沉积物多分布于沿海地区，特别在珠三角和雷州半岛出露更广泛，以海陆交互相沉积为主，内陆地区沿河谷发育有河流冲积的阶地。复杂的地形、地貌条件叠加丰富多样的地层、构造特征，使广东省的地质复杂程度居于全国之首，素有“地质博物馆”之称。

本标准是根据广东省复杂的工程地质、水文地质特征及工程建设要求，参考国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和兄弟省勘察规范，形成符合广东省实际情况的标准。通过制定广东省标准《岩土工程勘察标准》，进一步规范广东地区岩土工程勘察的技术要求和办法，提供可靠的勘察成果，保证勘察成果质量稳定，在岩土工程勘察和工程建设期间的全过程技术先进、安全可靠、经济合理、确保质量、保护环境、节约能源和提高投资综合效益，促进省内勘察行业的技术进步和企业的高质量发展。

1.0.2 本条规定了本标准的适用范围为广东省各类建筑工程（基坑、边坡、地基处理、既有建筑改造等）、市政工程、地下工程、造地工程、土壤环境调查等工程的岩土工程勘察；涉及其他如水利、铁路、公路、电力、港口等行业，由于其专业性和技术上的特殊要求，应根据其工程特点，按照有关的标准、规范进行勘察活动，也可参考本标准执行。

《建设工程勘察设计管理条例》（国务院令[2015]第 662 号）明确规定了“先勘察、后设计、再施工”是工程建设必须遵守的程序，是国家一再强调的十分重要的基本政策。无论是什么行业的工程建设，必须先勘察、后设计、再施工。

1.0.3 本条直接引用《工程勘察通用规范》GB 55017 中总则第 1.0.3 条。

岩土工程勘察应按工程建设勘察阶段的要求，精心勘察、精心分析，正确反映工程地质条件和水文地质条件，查明不良地质作用和地质灾害，对拟建场地的岩土工程特性做出符合实际的分析与评价，提出资料完整可靠、评价正确、建议合理的勘察成果文件。

作为设计、施工依据的岩土工程勘察成果文件，特别强调其所提供资料的真实性，严禁弄虚作假；在此基础上，强调其所提供的资料能准确分析和评价拟建场地的地质特征。

勘察成果文件除应正确反映场地的水文地质与工程地质条件外，还应对设计、施工中可能遇到的岩土工程问题有针对性地进行评价，并提出结论和建议。

1.0.4 本标准可能无法把勘察活动中遇到的所有问题全部包含在内，所以勘察技术人员在进行工作时，还需根据具体工作需要，参考执行其它相关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

根据 2002 年 12 月 4 日中华人民共和国建设部令第 115 号“总则”中关于建设工程勘察的定义和 2007 年 6 月 26 日中华人民共和国建设部令第 160 号“附则”中关于建设工程勘察包括的内容,参考《岩土工程基本术语标准》GB/T 50279 等有关名词术语标准,在现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和相关内容对应的标准等标准的基础上,规定了与岩土工程勘察密切相关的一般术语。

近些年无人机测量技术发展迅速,根据《广东省历史建筑数字化成果标准》DBJ/T 15-195,增加了摄影测量的术语定义。其中近景摄影测量(close-range photogrammetry)定义为:利用对物距不大于 300m 的目标物摄取的立体像对进行的摄影测量。

岩石质量指标 RQD,在岩石、岩体评价中不可匮乏,而规范规定的金刚石钻头、双层岩芯管的施工工艺在实际施工中应用不多,大多是采用合金钻头、单管钻进取芯;根据在高铁勘察、高速公路勘察中的实际应用情况和经验,采用其他钻探取样工艺所取岩芯,有成熟经验时,可使用相应参考数值表示岩石质量指标 RQD。

地质灾害,国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 定义为:由不良地质作用引起的,危及人身、财产、工程或环境安全的事件。国家标准《岩土工程基本术语标准》GB/T 50279 定义为:因自然或者人为因素作用诱发产生的,危及人身、财产、工程或环境安全的地质现象。《地质灾害防治条例》所称地质灾害,包括自然因素或者人为活动引发的危害人民生命和财产安全的山体崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地裂缝、地面沉降等与地质作用有关的灾害。综合此三种定义,《岩土工程基本术语标准》GB/T 50279 更贴切,因此本标准采用该定义。

由地下水过量抽吸产生区域性降落漏斗导致大面积地面下沉,大面积地下采空、大面积堆土、软土区自重固结沉降、生活管线漏水等也可引起地面沉降。

近些年来,地下室因抗浮问题发生了不少工程事故,设防水位的取值引起工程行业广泛关注和争议,本次标准参考国家行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 增加了抗浮设防水位定义。

2.2 符号

本节参考有关名词术语标准和技术标准，以现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 为基础，将本标准中出现频率较高的符号作出规定，同时在标准条文公式中也做出了相应说明；对主体含义不变但有差别的符号用角标、大小写等形式区分。

根据广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 15-31，明确标准贯入试验锤击数实测击数定义为 N' ，修正击数定义为 N 。同时补充了天然湿度单轴抗压强度、干燥状态下的单轴抗压强度和饱和单轴抗压强度的符号规定。

3 勘察分级和岩土分类

3.1 勘察分级

3.1.1 《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068,根据结构破坏后对人的生命、经济、社会或环境影响,将建筑结构分为三个安全等级,《建筑地基基础设计规范》GB 50007 根据地基复杂程度、建筑物规模和功能特征以及由于地基问题可能造成建筑物破坏或影响正常使用的程度,将地基基础设计分为三个等级,上述规范都是从设计角度考虑的。对于勘察,本标准参照国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的划分原则,主要考虑工程规模大小和特点,以及由于岩土工程问题造成破坏或影响正常使用的后果进行工程重要性等级划分。

本标准涵盖各个行业的勘察要求,涉及的工程类型众多,工程重要性等级难以列举说明,故本条只对工程重要性等级作出原则性的规定。以住宅和一般公用建筑为例,高度超过 250m (含 250m) 的超高层建或高度超过 300m (含 300m) 的高耸结构可定为特级,30 层以上的定为一,7~30 层的可定为二,6 层及 6 层以下的可定为三;大面积的多层地下建筑物(如城市综合体、地下车库、商场、运动场)、轨道交通枢纽和控制中心、重要的输变电站等,考虑其破坏的影响与后果工程重要性等级宜定为一。

3.1.2 “不良地质作用强烈发育”,是指泥石流沟谷、崩塌、滑坡、土洞、塌陷、岸边冲刷、地下水强烈潜蚀等极不稳定的场地,这些不良地质作用直接威胁着工程安全;“不良地质作用一般发育”是指虽有上述不良地质作用,但并不十分强烈,对工程安全的影响不严重。

“地质环境”是指人为因素和自然因素引起的地下采空、地面沉降、地裂缝、化学污染、水位上升等。所谓“受到强烈破坏”是指对工程的安全已构成直接威胁,如浅层采空、地面沉降盆地的边缘地带、横跨地裂缝、因蓄水而沼泽化等。

“受到一般破坏”是指已有或将有上述现象,但不强烈,对工程安全的影响不严重。

3.1.3 严重膨胀是指Ⅲ级膨胀土地基。其他需作专门处理的,以及变化复杂,同一场地上存在多种强烈程度不同的特殊性岩土时,也应列为一级地基。

3.1.4 工程周边环境风险是指工程施工可能导致周边环境受到影响或发生不利事件的风险,例如基坑及隧道施工控制不当时可能引起周边建(构)筑物倾斜、地基沉降和管线破裂,地下水位下降可能引起土体固结沉降,挤土桩施工可能造成土体隆起和地下室上浮,施工设备振动和荷载可能引起周边建(筑)物变形或破坏等,勘察分级应考虑上述工程周边环境风险。城市轨道交通行业对工程周边

环境风险等级划分进行了系统划分。本标准规定工程周边环境风险等级划分标准可参照表 3-1。

表 3-1 工程周边环境风险等级划分

周边环境 风险等级	划分条件
特级	主要影响区内存在对沉降和变形特别敏感的重要建（构）筑物、重要地下管线或大型地表水体，如既有高速铁路、既有轨道交通设施、超高层建筑、变形要求严格的特殊实验楼、特大桥、暗埋隧道或过江过河隧道、特大型供水输水管道、大型燃油燃气管道、大型河流或湖泊等
一级	符合下列条件之一： 1) 主要影响区内存在对沉降和变形较敏感的重要建（构）筑物、重要市政地下管线或较大型地表水体，如高层建筑、大桥或中桥、车行隧道、铁路、高速公路、综合管廊、大型供水输水管道、市政燃气主干管道、污水主干管道、河涌或鱼塘等 2) 次要影响区内存在对沉降和变形敏感的重要建（构）筑物、重要地下管线或大型地表水体
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、城市快速路或主干路、小桥、天桥、人行地道、一般地下管线 2) 次要影响区内存在对沉降和变形较敏感的重要建（构）筑物、重要市政地下管线或较大型地表水体
三级	除特级、一级和二级以外的其他情况

注：1 对于基坑工程，基坑周边取 H 范围为主要影响区，主要影响区外边界至 $(2.0\sim 3.0)H$ 范围为次要影响区，基坑周边 $(2.0\sim 3.0)H$ 范围外为可能影响区，其中 H 为基坑开挖深度；

2 对于隧道工程，隧道正上方至隧道中心线外 $0.7z_0$ 范围为主要影响区，主要影响区外边界至隧道中心线外 z_0 范围为次要影响区，隧道中心线 z_0 范围外为可能影响区，其中 z_0 为隧道底板埋深。

3 不含基坑及隧道工程的其它工程，无特殊情况时工程周边环境风险等级定为三级。

3.1.5 工程建设过程中，因施工造成工程周边环境损伤或破坏的情况较多见，如基坑和隧道修建引起地面沉降和土体的水平位移，造成邻近建（构）筑物倾斜、开裂及地下管线破坏，顶管和桩基施工造成相邻场地地面隆起和建（构）筑物破坏。本标准规定岩土工程勘察分级除了考虑工程重要性、场地复杂程度和地基复杂程度外，还应考虑工程周边环境风险等级。

国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 将岩土工程勘察等级划分为甲级、乙级和丙级三个等级。随着城市地下开发利用程度不断加深，新建和改建工程受场地及周边环境制约因素越来越多，相应地对岩土工程勘察提出越来越高的要求。国家行业标准《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T 72 已提出特级勘察项目的划

分和特级勘察的工作要求,该标准将勘察等级特级的标准定为:1)高度超过 250m (含 250m) 的超高层建筑; 2) 高度超过 300m (含 300m) 的高耸结构; 3) 含有周边环境特别复杂或对基坑变形有特殊要求基坑的高层建筑。

本标准在沿用国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 岩土工程勘察等级划分原则基础上,增加了特级勘察的划分规定。

3.2 岩石的分类和鉴定

3.2.1 岩石的工程性质极为多样,差别很大,进行工程分类很有必要。岩石的地质名称采用岩石学名称,如花岗岩、砂岩、灰岩等。岩石的坚硬程度直接反应地基承载力和变形性质。岩体的完整程度反映了岩体中的裂隙性特征,破碎岩石的强度和稳定性较完整岩石大大削弱,划分岩体完整程度对边坡、基坑、隧道等工程作用突出。岩体的基本质量等级划分标准,与《工程岩体分级标准》GB 50218 和《建筑地基基础设计规范》GB 50007 一致。

3.2.2 岩石坚硬程度分类、岩石坚硬程度等级的定性分类标准与现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 一致。根据点荷载试验换算饱和单轴抗压强度时,由于野外取样容易选取风化程度稍低的试样且点荷载试验结果通常偏高,宜结合工程经验进行折减。

3.2.3 岩石风化程度分为未风化~全风化五类,与国家标准《工程岩体分级标准》GB 50218 一致。为了便于比较,本标准将残积土也列在表 3.2.3 中。岩石风化带是逐渐过渡的,没有明确的界线,有时不能连续划分出全部五种类型的风化程度。一般花岗岩的风化分带比较完整、连续,而石灰岩、泥岩等常常不完整、不连续。第三系的砂岩、泥岩等半成岩,处于岩石与土之间,划分风化带意义不大,不一定都要描述风化程度。

广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 15-31 规定,花岗岩类的风化岩和其它岩类风化岩可采用实测的标准贯入试验击数 N 划分。

3.2.4~3.2.5 岩体完整程度分类的标准,与国家行业标准《铁路隧道设计规范》TB 10003 一致,岩体基本质量等级分类的标准,与国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 一致。

岩体完整程度、岩体基本质量等级分类间并无绝对明确的界线,实际工作中有时不能明确地划分岩体完整等级和基本质量等级,此时可采用类似“极破碎~破碎”、“较完整~完整”、“Ⅲ级~Ⅳ级”、“Ⅳ级~Ⅴ级”等语句表述。

3.2.6 软化系数是指岩石饱和单轴抗压强度与干燥状态的单轴抗压强度的比值。软化系数是衡量水对岩石强度影响程度的判别准则之一,软化的岩石浸水后的承载力明显降低。分类标准参照《岩土工程勘察规范》GB 50021 以 0.75 作为软化

岩石的分界限值，软化系数大于 0.75 的参照《铁路工程岩土分类标准》TB 10077 定为不易软化岩石。

3.2.7~3.2.9 岩石和岩体的野外描述十分重要，规定应当描述的内容十分必要，岩石质量指标（RQD）是国际上通用的鉴别岩石工程性质好坏的方法。本标准的岩石和岩体的描述参照了现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 制定。

野外对钻孔岩芯状态的描述，参考了中国地质调查局地质调查技术标准《固体矿产勘查原始地质编录规程》DD 200601 关于岩芯块度的划分原则：长柱状 > 20cm，柱状 10~20cm，块状 10~5cm，碎块状 5~2cm，碎屑状 < 2cm。

3.3 土的分类和鉴定

3.3.1 老沉积土一般具有较高的强度和较低的压缩性，一般沉积土一般为正常固结土，新近沉积土一般为欠固结土，且具有强度较低和压缩性较高特征。

3.3.3 如现场能鉴别或有地区经验时，可不实测有机质土的有机质含量。

3.3.6 混合土采用并列式时命名时，应以含量最多的两种粒径进行命名，其中含量多者在后，少者在前，例如“粉细砂”“中粗砂”；采用前缀式时命名时，应在主要组成成份层前面加上前缀，例如“淤泥质”粉砂、“含螺壳”中砂、“含砾”黏性土等。

3.3.7 本条 1~4 款规定描述的内容，有时不一定全部需要，因此用“宜”表述”。第 7 款土的光泽反应、摇振反应、干强度和韧性的鉴定是现场区分粉土和黏性土的有效方法，野外描述时若无既有勘察经验或室内试验数据作为鉴定依据时，可选用该方法进行野外判断。

摇振反应试验是将软塑或流动的小土块捏成土球，放在手掌上反复摇晃，并以另一手掌击此手掌，土中自由水将渗出，球面呈现光泽；用二个手指捏土球，放松后水又被吸入，光泽消失；摇振反应根据渗水和吸水反应快慢进行下列区分：立即渗水及吸水者为反应快，渗水及吸水中等者为反应中等，渗水、吸水慢者为反应慢，不渗水、不吸水者为无反应。

3.3.8 本条规定与国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 一致，并进一步明确当缺少圆锥动力触探试验数据时，也可按附录 B.0.3 的规定进行定性野外鉴别描述。

3.3.9 采用标准贯入试验的方法来划分砂类土的密实程度，内容与《岩土工程勘察规范》GB 50021 一致。这种方法准确、简便易行。因此，在确定砂类土的密实程度时，应将标准贯入试验作为主要手段。

本标准编制时，增加了根据重型圆锥动力触探试验、静力触探试验划分砂土

密实度方法。其中，静力触探单桥比贯入阻力 p_s 和双桥锥尖阻力值 q_c 的经验关系，参考了王钟琦、孙广忠等《岩土工程测试技术》中国建筑工业出版社 1986 年 2 月，国内外利用 p_s 或 q_c 评定砂土密实度的界限值表 6.3.3 的资料、原铁道科学研究院铁建所在各类土中建立了 $q_c \sim P_s$ 的经验关系式 $q_c = 0.91P_s$ ，另外参考了《铁路工程地质原位测试规范》TB 10018、华东地区的有关勘察规范成果以及结合广东省地方工程经验。

3.3.10 《岩土工程勘察规范》GB 50021 提出按孔隙比评价粉土的密实状态，但粉土取原状土样比较困难，室内试验时粉土容易失水同样使孔隙比减小，土工试验指标的测试结果与实际出入较大，不易评价正确，因此还是通过原位测试来划分粉土的密实状态为好。在粉土中采用标准贯入试验划分密实状态积累有较多地方经验。粉土采用 q_c 划分参考了华东地区勘察规范成果和结合本省工程经验。

3.3.11 根据液性指数 I_L 和经过修正的重型圆锥动力触探试验击数 $N_{63.5}$ 划分黏性土状态，参考了广东省标准《建筑地基基础设计规范》DB 15-31-2016 第 4.2.14 的有关内容。可根据液性指数 I_L 将黏性土进一步划分为软可塑状、硬可塑状。

按标准贯入试验击数判别黏性土天然状态，是美国太沙基（Terzaghi）最早提出的，是国内外普遍采用的标准。目前，国内根据标准贯入试验击数划分黏性土的状态各规范的规定不完全一致，表 3.3-1 列出了部分规范根据标准贯入试验击数划分黏性土的标准。

表 3.2 标准贯入试验击数划分黏性土标准对比表

规范名称	《水运工程岩土勘察规范》(JT S133-2013)	《建筑地基检测技术规范》(JG J340-2015)	《建筑地基基础设计规范》(DBJ15-31-2016)	《高层建筑岩土工程勘察标准》(JGJ/T72-2017)	《铁路工程地质原位测试规程》(TB10018-2018)
状态	N (实测)	N_k' (修正, 标准值)	N' (实测)	N (实测)	\bar{N} (实测平均)
流塑	$N < 2$ (很软)	/	$N' \leq 3$	$N \leq 2$	$N \leq 2$
软塑	$2 \leq N < 4$	$2 < N_k' \leq 4$	$3 < N' \leq 5$	$2 < N \leq 4$	$2 < \bar{N} \leq 8$
软可塑	$4 \leq N < 8$	$4 < N_k' \leq 8$	$5 < N' \leq 10$	$4 < N \leq 8$	/
硬可塑		$8 < N_k' \leq 14$	$10 < N' \leq 15$	$8 < N \leq 15$	/
硬塑	$8 \leq N < 15$	$14 < N_k' \leq 25$	$15 < N' \leq 20$	$15 < N \leq 30$	$8 < \bar{N} \leq 32$
坚硬	$N \geq 15$	$N_k' > 25$	$N' > 20$	$N > 30$	$\bar{N} > 32$

注：表中各符号及其含义与对应的规范、标准一致。

本标准在沿用广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 15-31 划分标准基础上，参考国家行业《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T 72，将实测标准贯入

试验击数是否超过 30 击作为划分硬塑黏性土、坚硬状黏性土标准。

3.3.12 软土灵敏度的取得，一般采用现场十字板剪切试验和原状土室内试验两种方法。现场十字板抗剪强度试验是将十字板剪切的“峰值强度”与“重复剪土的强度”的比值作为灵敏度指标；室内试验是将“原状土的无侧限抗压强度”与“原状土同密度、同含水率，但结构彻底破坏的重塑土的无侧限抗压强度”的比值作为灵敏度指标。软土灵敏度的划分依据是国家现行行业标准《铁路工程岩土分类标准》TB 10077、J 123。

3.3.13 土的压缩性分类与国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 基本一致，表 3.3.20 采用了 100kPa 至 200kPa 压力区间的压缩系数作为评价土的压缩性指标。考虑本省新近沉积黏性土分布范围广、厚度大，黏性土的压缩性与地基沉降密切相关，本标准编制时进一步细分了中低压缩性、中高压缩性的区分界限。

3.3.14 关于正常固结的确定，不同学者的观点和考虑不尽相同（ $OCR=1\sim 2$ ）。本标准综合考虑后，参考《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/T 72 的划分标准，按 OCR 略高于理论值（以 1.0~1.2）确定，并结合地区经验进行修正和判断，但在工程实践中，首要的影响因素是取样的质量，如取样、包装、防护和运输条件等。

对于欠固结软土，可结合当地经验进一步划分为一般欠固结土和严重欠固结土。例如，横琴粤澳深度合作区、西区淤泥层平均厚度 20m，未进行预压处理的淤泥， OCR 多数在 0.4 左右，采用预应力管桩的居民住宅工程竣工验收后 20 年后，室外地面沉降量为 1.20m~1.50m，且沉降仍在继续。当地工程经验表明，当 $0.85\leq OCR < 1.0$ 时、建筑物工后室外地面沉降量相对较小，当 $0.85\leq OCR < 1.0$ 时，可判定为一般欠固结土，当 $OCR < 0.85$ 时，可判定为严重欠固结土。

4 各类工程的勘察基本要求

4.1 一般规定

4.1.1 岩土工程勘察应分阶段开展工作，符合人们对自然的认识规律，即由粗而细、由浅而深，不断深化，逐步认识场地工程地质条件，准确提供不同阶段所需的岩土工程资料。特别在地质条件复杂地区，若不按阶段进行岩土工程勘察工作，轻则会造成返工浪费，给后期工作带来被动，重则可能会给工程造成损失或给工程使用期的安全留下后患。

实际工作中，可视项目特点和场地已有勘察资料情况，合并勘察阶段。对于设计方案已经稳定的工点，可根据实际情况直接开展详细勘察。

4.1.2 可行性研究勘察应对场地典型的地质条件进行勘察，从岩土工程角度研究和论证项目建设方案的可行性。可行性研究勘察方法应在搜集已有地质资料和工程地质调查与测绘的基础上，开展必要的勘探与取样、原位测试、室内试验等工作。搜集和分析资料时，应从可靠性、时效性等角度分析其可利用程度，确保搜集到的资料可靠、有效、能为工程所用。

4.1.3 初步勘察应在可行性研究勘察成果基础上，进一步查明地质、水文和地基条件，针对可能选用的设计方案、基础型式和施工方法开展勘察工作。初步勘察方法应以钻探、取样、原位测试和室内试验为主，辅以井探、槽探和地球物理勘探等。对于岩溶、球状风化体、断裂、采空区等地质条件，宜开展地球物理勘探。

4.1.4 取得拟建工程设计资料后，应重点了解建筑物的性质、规模、荷载、结构特点、基础形式、埋置深度、地基允许变形等要求。

详细勘察应在初步勘察成果基础上，针对建（构）筑物类型、施工方法、场地复杂程度和环境条件，合理选择勘察方法并布置勘探工作量。详勘阶段勘察方法应以钻探、取样、原位测试和室内试验为主，辅以水文地质试验、井探、槽探、地球物理勘探等工作。

4.1.5 实际工作中有时参建单位难以区分施工勘察和补充详细勘察的工作内容。上海市《岩土工程勘察规范》DGJ08-37-2012规定，因设计变更需补充的勘察资料，属于详细勘察阶段的范畴。为了区分详细勘察和施工勘察的工作界面，本标准作出如下界定：

施工勘察，是指限于详勘工作的目的，受详细勘察阶段工作量布置限制而不能彻底查清楚地质条件，需在施工阶段进一步开展的勘察工作，例如施工阶段进一步查明层面起伏、溶洞、土洞、球状风化体、断裂破碎带、暗埋的地下构筑物等的分布等。施工勘察可结合要解决的工程问题，选择一种勘察方法或多种勘察

方法组合。

补充详细勘察,是指施工阶段由于设计方案调整,或采用了新技术、新工艺、新方法、新材料,或施工阶段遇到有别于详细勘察成果中揭示的地质条件,而需要在施工阶段进一步开展勘察工作,补充详细勘察仍属于详勘工程范畴。

在岩溶、花岗岩球状风化体或基岩中存在软弱风化夹层的地段,当以基岩为基础持力层时,为了查明初定的持力层是否存在缺陷,常常要在施工阶段开展勘探工作,行业内习惯称之为“超前钻”。在隧道工程中,为了提前发现和分析隧道掌子面前方一定距离内的岩体和不良地质体状态、特征,采用勘探、坑探和地球物理勘探等工作手段组合的施工勘察,习惯上称为“超前地质预报”。

除上述情况外,有时还根据施工工法和工艺特殊要求或施工中出现的工程地质问题开展工作,以满足施工方案调整 and 风险控制要求。

4.1.6 可根据拟建工程项目所需要查明的特定地质条件,开展专项勘察,如水文专项勘察、物探专项勘察、断裂专项勘察、岩溶专项勘察等。专项勘察可视工程需要单独开展,也可与各阶段勘察、施工并行开展。专项勘察成果可单独编制成果报告,也可与各阶段勘察合并编制成果报告。

4.1.7~4.1.9 勘察纲要的内容组成、勘察工作布置应包括的内容与国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017 一致。

4.1.10 特级勘察项目工程重要性极重要,或工程周边环境特别复杂,对勘察目的、任务和工作布置提出更严格的要求,因此规定,对于特级勘察项目的详细勘察,应在开展勘察工作前对其勘察纲要进行专项论证。特技项目包含且不限于以下一些情况:1)超过一定高度的超高层建筑物;2)采用全新结构的建构筑物(如鸟巢、雄安新机场航站楼等)3)洞径超过现有最大尺寸的隧道;4)超大型地下空间工程;5)跨海大桥工程;6)其它需要开展专项研究的特殊建设工程。

4.1.11 广东省部分城市的岩土层划分标准可参考表 4-1~表 4-4。

表 4-1 广州市岩土层划分简表

岩土层号	岩土层名称	岩土亚层名称	时代与成因/岩性
1	填土层	杂填土	Q ₄ ^{ml} , 人类活动
		素填土	
		耕植土	
2	淤泥层和淤泥质砂土层	淤泥	Q ₄ ^{mc} , 海陆交互相沉积(或新近河湖相沉积)
		淤泥质土	Q ₄ ^{mc} , 海陆交互相沉积
		淤泥质粉细砂(或灰色粉细砂)	
		淤泥质中粗砂(或含蚝壳片中粗砂或灰色中粗砂)	
粉质黏土层、粉土			

续表 4-1

岩土层号	岩土层名称	岩土亚层名称	时代与成因/岩性
3	砂层、碎石土层	粉细砂	Q ₃₊₄ ^{al+pl} , 海相冲积、陆相冲积-洪积
		中粗砂	
		砾砂	
		圆砾、角砾	
		卵石、碎石	
4	冲积-洪积-坡积土层	稍密粉土	Q ₃₊₄ ^{al+pl} , 冲积, 洪积
		中密粉土	
		密实粉土	Q ₃₊₄ ^{al+pl} , 冲积, 洪积
		流塑-软塑状黏性土	
		可塑状黏性土	
		硬塑-坚硬状黏性土	Q ₃₊₄ ^{al} , 河湖相沉积
		淤泥	
		淤泥质土	
		坡积土	Q ₃₊₄ ^{dl} , 坡积
5	残积土层	稍密-中密状粉土	Q ^{el} , 沉积碎屑岩类残积(上层)
		可塑状黏性土	
		密实状粉土	Q ^{el} , 沉积碎屑岩类残积(下层)
		硬塑-坚硬状黏性土	
		可塑状黏性土	Q ^{el} , 岩浆岩残积(上层)
		硬塑-坚硬状(砂质、砾质)黏性土	Q ^{el} , 岩浆岩残积(下层)
		软塑状黏性土(含红黏土)	Q ^{el} , 石灰岩分布区残积
		可塑状黏性土(含红黏土)	
		硬塑-坚硬状黏性土(含红黏土)	
		可塑状黏性土	Q ^{el} , 变质岩分布区残积(上层)
硬塑-坚硬状(砂质、砾质)黏性土	Q ^{el} , 变质岩分布区残积(下层)		
6	岩石全风化带	沉积碎屑岩类全风化	沉积碎屑岩
		岩浆岩全风化	岩浆岩
		灰岩类全风化	石灰岩类
		变质岩全风化	震旦系变质岩
7	岩石强风化带	砾岩、粗砂岩、含砾粗砂岩强风化	沉积碎屑岩
		泥岩、粉砂质泥岩、页岩强风化	
		粉砂岩、细砂岩、泥质粉砂岩强风化	
		石灰岩强风化	石灰岩类
		半岩半土状强风化	岩浆岩
		碎块状强风化	
		半岩半土状强风化	震旦系变质岩
碎块状强风化			

续表 4-1

岩土层号	岩土层名称	岩土亚层名称	时代与成因/岩性		
8	岩石中风化带	砾岩、粗砂岩、含砾粗砂岩中风化	沉积碎屑岩		
		泥岩、粉砂质泥岩、页岩中风化			
		粉砂岩、细砂岩、泥质粉砂岩中风化			
				岩浆岩中风化	岩浆岩
				泥炭质灰岩、泥灰岩中风化	石灰岩类
				石灰岩、硅质灰岩中风化	石灰岩类
				变质岩中风化	震旦系变质岩
9	岩石微风化带	砾岩、粗砂岩、含砾粗砂岩微风化	沉积碎屑岩		
		泥岩、粉砂质泥岩、页岩微风化			
		粉砂岩、细砂岩、泥质粉砂岩微风化			
				岩浆岩微风化	岩浆岩
				泥炭质灰岩、泥灰岩微风化	石灰岩类
				石灰岩、硅质灰岩微风化	
				变质岩微风化	震旦系变质岩
0	溶、土洞	土洞	—		
		溶洞	—		
F	断裂破碎带	土状、断层泥	—		
		角砾状	—		
		碎块状	—		

表 4-2 深圳市第四系地层划分简表

地层时代		成因类型	土层名称	土层特征	主要分布的地貌单元
统	代号				
全新统	Q ^{ml}	人工填土	素填土	由黏性土、砾（砂）质黏性土、吹填土、淤泥质黏性土等组成	填海造陆人工地貌及沟谷洼地
			填石层	卵（碎）石、块石等	
			填砂层	地基处理、填海造地的吹砂、堆填砂等	
			杂填土	由建筑垃圾、工业废物和生活垃圾等组成	
	Q ^m	海积	浮泥、流泥	深灰~灰色，饱和，呈悬浮状、流塑状	平缓的浅海沉积区
	Q ^{al+dl}	冲积、坡积	黏性土、砂、塘泥、耕植土	浅灰浅黄色黏性土、砂，软塑、松散状；褐灰色耕植土	河谷洼地、塘中、山前地带及耕地
	Q ^{4mc}	海陆交互沉积	淤泥质砂	灰~灰黑色，饱和，松散。含淤泥及海洋生物遗骸	河流出口、海积平原
	Q ^{4m}	海积	淤泥	深灰~灰黑色，流塑。含较多海洋生物遗骸	浅海、滨海等海积平原
			淤泥质黏性土	灰~深灰色，流塑。含少量有机质，局部夹砂	
			含淤泥粉细砂	灰~深灰色，饱和，松散。含海洋生物遗骸和腐木	
中~粗砂			灰白~灰色，饱和，松散。含少量海洋生物遗骸和腐木		

续表 4-2

地层时代		成因类型	土层名称	土层特征	主要分布的地貌单元
统	代号				
全新统	Q ₄ ^{mc}	海积~冲积	淤泥质黏性土	灰~深灰色, 软塑。含少量有机质, 局部夹砂	古砂堤、海积平原、泻湖平原、海陆交互沉积平原
			含淤泥粉细砂	灰~深灰色, 饱和, 松散~稍密。含腐木、贝壳	
			黏性土	灰白~青灰色, 湿, 可塑。褐黄色等杂色	
			粗、砾砂	浅黄色, 饱和, 稍密。含较多黏性土或夹薄层黏性土	
	Q ₄ ^{al+pl}	冲积~洪积	淤泥质黏性土	灰黑色, 软塑。含有机质和少量腐木	河流阶地及河漫滩
			黏性土	褐黄等色, 可塑为主。隐斑状结构, 含少量砂砾	
			细~中砂	黄白~灰白色。饱和, 松散~稍密	
			砾砂、卵石	黄白~灰白色。饱和, 稍密~中密	
上更新统	Q ₃ ^{al+pl}	冲积~洪积	黏性土	褐黄、黄白、紫红等杂色, 花斑状结构, 湿, 可塑~硬塑。含少量砂砾及铁锰结核	冲洪积阶地、冲洪积平原、沟谷洼地
	Q ₃ ^h	湖沼沉积	含泥炭质黏性土	灰黑~深黑色, 很湿~饱和, 软塑~可塑。局部含大量腐木, 底部含粉、细砂	
	Q ₃ ^{al+pl}	冲积~洪积	中砂、粗砂、砾砂	浅灰~灰白色, 石英质, 饱和, 中密~密实。底部多含卵石, 偶夹薄层黏土, (局部见漂石、块石)	
	Q ₃ ^{dl}	坡积	黏性土	褐红、铁红、黄白等杂色相间, 稍湿, 可塑~硬塑。网纹状结构, 含少量石英砂	低丘坡地、台地坡地
含砾黏性土			褐红、铁红、黄白等杂色相间, 稍湿, 坚硬~硬塑。网纹状结构, 含较多石英砾和铁氧化物(局部含漂石、卵石)		
Q ₂ ^{el}	残积	砾质黏性土	肉红、褐黄、灰白等色, 湿, 可塑~坚硬。含石英角砾 20%~40%。局部含孤石	广泛分布于以各类岩石为基底的低山、丘陵、台地等地貌	
		砂质黏性土	紫红、灰绿、黄褐等杂色, 湿, 可塑~坚硬。含石英角砾<20%。局部夹脉状石英		
		黏性土	黄褐、深灰、灰褐色等杂色, 稍湿~很湿, 软塑~硬塑。含铁质氧化物和风化岩块		
Q ₁ ^{pr}	溶洞、溶槽堆积	黏性土	灰褐、灰绿、深灰色, 黏性土为主, 湿~很湿, 软塑为主。含角砾状岩块	分布于碳酸岩为基底岩石的地区	
		含黏性土砾砂	灰褐、深灰色, 含黏性土及角砾状岩块。饱和, 松散为主		

表 4-3 深圳市侵入岩地层划分简表

地质时代		构造期	地层代号	地层序号	代表性岩石	岩性组合	
纪	世						
白垩纪	晚世	燕山五期	γK_2 、 $\gamma\pi K_2$	10	花岗岩、花岗斑岩	细粒状花岗岩、部分花岗斑岩	
			$\eta\gamma K_2$			细粒斑状黑云二长花岗岩	
	早世	燕山四期	γK_1	11	花岗岩	中粒花岗岩	
			$\gamma\beta^5 K_1$ 、 $\eta\gamma^5 K_1$			粗中粒黑云母花岗岩 部分（粗）中粒黑云母二长花岗岩	
			$\gamma\beta^4 K_1$ 、 $\eta\gamma^4 K_1$			细粒斑状黑云母花岗岩 部分细粒斑状黑云母二长花岗岩	
			$\gamma\beta^3 K_1$			中粒斑状角闪黑云母花岗岩，局部中（细中）粒斑状角闪石黑云母二长花岗岩	
		燕山三期	$\gamma\beta^2 K_1$	12	花岗岩	中粒斑状黑云母花岗岩	
			$\gamma\beta^1 K_1$			中粒斑状黑云母花岗岩	
	侏罗纪	晚世	燕山三期	$\gamma\beta J_3$	13	花岗岩、闪长斑岩	中粒斑状黑云母花岗岩、局部中细粒斑状黑云母二长花岗岩
				$\eta\gamma^2 J_3$			中粒斑状黑云母二长花岗岩
中世		燕山二期	$\eta\gamma^1 J_3$	13	花岗岩、闪长斑岩	细粒斑状黑云母二长花岗岩	
			$\eta\gamma J_2$ 、 $\delta\sigma J_2$			细粒斑状黑云母二长花岗岩、部分细粒斑状角闪石黑云母花岗岩闪长岩和石英闪长岩	
			$\delta\mu J_2$			闪长斑岩	
三叠纪	晚世	印支期	γT_3	14	花岗岩	细粒斑状花岗岩	
奥陶纪	早世	加里东期	$\eta\gamma O_1$	15	花岗岩	片麻状细粒斑状黑云母二长花岗岩	
寒武纪	晚世		$\gamma\delta\in_3$ 、 $\gamma\sigma\in_3$	16	花岗闪长岩、花岗岩	片麻状细粒角闪黑云母花岗岩闪长岩、部分片麻状细粒黑云母斜长花岗岩	

注：全风化、强风化、中风化、微风化分别在岩层序号后冠以 1、2、3、4 亚层编号予以区分。

表 4-4 深圳市岩石地层划分简表

年代地层			岩石地层单位	地层代号	地层序号	代表性岩石	岩性组合
系	统	阶					
古近系	古新统		莘庄村组	E1x	17	粉砂岩、砾岩、泥岩	上部为紫红色含砂砾钙质粉砂岩夹砂质砾岩、砂质粉砂岩、细砂岩；下部以紫红色砂质砾岩为主，中夹含砾砂岩、粉砂岩薄层或透镜体

续表 4-4

年代地层			岩石地 层单位	地层 代号	地层 序号	代表性岩石	岩性组合	
系	统	阶						
白 垩 系	上 统	—	大朗山 组	K _{2d}	18	砾岩、砂 岩、粉砂岩	褐红、砖红色厚层状花岗岩质砾岩及花岗 质砂砾岩，夹细砂岩、粉砂岩	
	下 统	—	官草湖 组	K _{1g}	19	砂岩、凝灰 岩、砂砾岩	紫红色复成分粗砾岩夹复矿砂岩、含角砾 凝灰砂岩、砂砾岩，夹流纹质含角砾凝灰 岩、流纹质熔结凝灰岩	
侏 罗 系	上 统	—	七娘山 组	J ₃ - K _{1qn}	20	火山角砾 岩、角砾熔 岩、凝灰熔 岩	上段顶部出现岩流自碎角砾岩、泡沫状角 砾熔岩、球粒流纹岩、石泡流纹岩；上部 为流纹质含火山角砾凝灰岩，流纹岩；中 部为火山角砾岩、流纹质含火山角砾凝灰 岩，流纹岩；下部为含黑曜岩、流纹岩、 石英砂岩、泥质岩集块的火山集块岩或英 安质火山角砾岩，流纹岩。下段主要为含 火山角砾凝灰岩、流纹质、英安质凝灰 岩、流纹岩、少斑珍珠岩、霏细岩	
		—	梧桐山 组	J _{2-3w}	21	火山角砾 岩、凝灰 岩、流纹岩	上部为流纹斑岩、流纹岩、凝灰熔岩、角 砾熔岩，流纹质、英安质凝灰岩、火山角 砾岩；下部为流纹岩、球粒流纹岩、英安 岩，流纹质、英安质凝灰岩、火山角砾 岩、含英安岩、流纹岩、石英砂岩、泥质 岩集块的火山集块岩，在第三韵律层爆发 相中夹凝灰质砾岩、凝灰质砂岩、凝灰质 粉砂岩及泥岩	
	中 统	—	吉岭湾 组	J _{2j}	23	安山岩	灰色安山岩，底部集块角砾凝灰质泥岩 (分布在北部市外凤岗附近)	
		—	塘厦组	J _{1-2t}	24	石英砂岩、 长石石英砂 岩、泥岩	上部以石英砂岩为主，层间砾岩及火山岩 夹层减少，底为含砾石英砂岩；中部为长 石石英砂岩、粉砂质泥岩、凝灰质砂岩， 夹多层砾岩及火山岩；下部为石英砂岩、 长石石英砂岩，基本不含火山岩	
	下 统	—	桥源组	J _{1q}	25	粉砂岩、泥 岩、炭质页 岩	上部细粒长石石英砂岩、泥质粉砂岩及粉 砂质泥岩；下部含砾石英砂岩、粉砂质泥 岩、长石石英砂岩夹炭质页岩	
		—	金鸡组	J _{1j}	26	泥岩、粉砂 岩、炭质页 岩	上部为空晶石斑点板岩、石英砂岩、含红 柱石石英砂岩、炭质粉砂质斑点板岩、含 砾粗砂岩，下部为石英质砂砾岩、蚀变石 英砂岩、透辉石石英角岩	
	三 叠 系	上 统	—	小平组	T _{3x}	27	粉砂岩、泥 岩、炭质页 岩	上部为紫红色粉砂岩、粉砂质泥岩夹炭质 页岩薄层及煤线，下部为灰白、浅灰色中 厚层状砂砾岩、含砾砂岩、中细粒石英砂 岩、长石石英砂岩，底部砂砾岩

续表 4-4

年代地层			岩石地 层单位	地层 代号	地层 序号	代表性岩石	岩性组合
系	统	阶					
石 炭 系	上 统		壶天组	C _{2h}	28	白云质灰岩、 灰岩	灰白、浅灰至灰色，局部浅紫红色白云质 灰岩、结晶灰岩，靠下部夹角砾状灰岩
			大 塘 阶	测水组	C _{1c} ²	29	石英砂岩、页 岩
	C _{1c} ¹	30			粉砂岩、页 岩、炭质粉砂 岩	灰、深灰色砂泥质页岩、粉砂岩夹炭质粉 砂岩及含砾砂岩或薄煤层，底部夹灰岩透 镜体	
	石磴子 组	C _{1s}		31	白云岩、灰 岩、大理岩	深灰色白云岩、含生物碎屑白云岩、白云 质灰岩、白云质大理岩、大理岩	
	岩 关 阶	大湖组	C _{1d}	32	粉砂岩、石英 砂岩、泥岩、 页岩	黄褐色中厚层含砾石英细砂岩、石英砂岩 夹泥质粉砂岩、砂质页岩	
泥 盆 系	上 统	—	双头群	D _{sh}	33	砂岩、泥质粉 砂岩	黄白、灰紫色厚层状—巨厚层状石英砂砾 岩、石英砂岩、长石石英砂岩、粉砂岩， 底部为复成分砾岩
	中 统	—	鼎湖山 群	D _{dh}	34	砾岩、砂岩夹 泥岩	灰色、灰绿色（风化后紫红色）薄层状— 厚层状长石石英砂岩、石英砂岩及粉砂质 泥岩（板岩）夹含炭质页岩，局部见含钙 质砂岩
震 旦 系	—	—	黄婆山 组	Z _h	35	片岩	浅灰、灰绿、紫灰色长石云母片岩、石英 片岩为主，夹堇青石黑云母石英片岩、砂 线石黑云母片岩以及炭质板岩
	—	—	石岭组	Z _s	36	石英岩	浅灰至灰白色石英岩（硅质）、局部夹 变质石英砂岩、云母石英岩
南 华 系	—	—	笔架山 群	N _{hb}	37	石英砂岩、石 英岩、片岩	上部为变质中细粒石英砂岩、石英岩、混 合质变粒岩、石英云母片岩，下部为黑云 母斜长片麻岩，底部为中粒石英岩或变质 砂砾岩
蓟 县 系 — 青 白 口	—	—	银湖群	J _x - Q _{by}	38	片麻岩、混合 花岗岩	上部浅肉红色片麻状混合花岗岩，常见变 粒岩、石英岩、片岩、片麻岩；中部为黑 云斜长片麻岩、钾长混合花岗岩、斜长变 粒岩、夹石榴石长石石英岩，偶夹混合质 变质砂岩；下部条带状混合岩、条痕状混 合岩、眼球状混合岩及混合花岗岩

续表 4-4

年代地层			岩石地层单位	地层代号	地层序号	代表性岩石	岩性组合
系	统	阶					
长城系	—	—	福永片麻群	C_{hf}	39	混合岩、混合花岗岩、片岩、变粒岩	上部深肉红色细中粒黑云母斑状混合花岗岩；下部眼球状混合岩、条带状混合岩、片麻状混合花岗岩、混合质黑云母片岩、黑云斜长变粒岩。未见底
构造岩					40-①	糜棱岩带	糜棱岩、断层泥岩
					40-②	碎裂岩带	碎裂岩、压碎岩、角砾岩

注：全风化、强风化、中风化、微风化分别在岩层序号后冠以 1、2、3、4 亚层编号予以区分。

4.2 房屋建筑和构筑物

4.2.1 许多工程实例表明，由于不重视周边边坡稳定性，仅对建筑物场地进行工程勘察和提供的勘察报告是不完整的，给施工阶段带来安全隐患，因此，勘察单位务必给予重视，除对建筑场地布置工作量外，尚应对建设场地及周边斜坡进行工程地质调查，必要时，应布置勘探和测试工作，并提出处理建议。

4.2.2 各项工程的规模和要求不同，场地和地基的复杂程度有差别，采用单一的勘察手段难以查明情况，故建议根据工程情况采用综合勘察手段。

4.2.3 勘察单位应根据任务要求进行相应的勘察工作。在城市和工业区，一般已经积累了大量的工程勘察资料。要求每个工程都分阶段勘察是不实际也是不必要的。但对于超高层建筑和其他重要工程或存在不易查明的复杂岩土工程问题时，宜分阶段进行勘察。

4.2.5 勘探点包括钻孔、探井和原位测试孔等勘探孔，不包含进行波速、旁压、扁铲、地下水位长期观测、地球物理勘探等特殊用途的钻孔；实际勘察工作中可采用不同类型勘探孔。此说明不仅适用于本条，也适用于其他勘察阶段；根据本地区初步勘察的实际情况，本条对初勘勘探孔进行了间距要求。因地基复杂程度可能随初勘进展发生变化，故勘探孔间距可按照实际揭露地基情况进行动态调整；勘探孔布置原则：甲级，控制整个场地，兼顾建筑物周边、中心或筒体；乙级，以控制整个场地为主，兼顾建筑边线；丙级，控制整个场地。

4.2.6 勘探孔的深度主要取决于建筑物的基础埋深、基础宽度、荷载大小等因素，因初勘时缺乏详尽数据且存在方案发生变化的可能，故对初勘勘探孔深度进行了较保守的要求；满足详勘任务要求的初勘勘探孔可作为详勘勘探孔进行利用。

4.2.7 根据地质条件和工程要求适当增减勘探孔深度的规定，不仅使用于初勘阶

段，也适用于详勘和其他勘察阶段。

4.2.8 考虑到目前勘察的实际情况，为避免出现剔除异常数据后不满足 6 个统计样本要求的情况，数量可适当增加。此处仅对最低要求进行规定，具体取样或测试数量由工程规模和项目需要确定。

4.2.10 埋藏的古河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等，对工程的安全性影响很大，但查明难度较大，要求勘探点下的一定要查明。如勘探点控制范围以外的不良地质及埋藏物不一定能通过常规勘察查清时，勘察有义务提出对不良地质及埋藏物进行专项调查，并根据情况在不良地质及埋藏物分析评价中作适当说明。

4.2.13 高层建筑平面为矩形时按双排布置勘探线，当为不规则形状时，应在凸角和凹角布置勘探点；在层数、荷载和建筑体形变化较大处应布置勘探点；对高层建筑的中心点或筒体部位及电梯井等处应布置勘探点，故建议单幢高层建筑的勘探点数量不宜少于 5 个。

4.2.14~4.1.15 对天然地基，控制性勘探孔的深度，应满足一下几个方面的要求：

- 1 等于或略深于由设计单位确定的地基变形计算的深度，满足变形计算要求；
 - 2 满足地基承载力和弱下卧层验算的需要；
 - 3 满足支护体系和工程降水设计的要求；
 - 4 满足对某些不良地质作用追索的要求；
- 以上起控制作用的是满足变形计算要求。

对于需要进行稳定分析的情况，孔深应根据稳定分析的具体要求确定。对于基础侧旁开挖，需验算稳定时，控制性勘探孔达到基底下 2 倍宽度时可以满足；对于建筑在坡顶和坡上的建筑物，应结合边坡的具体条件，根据可能的破坏模式确定孔深。

当场地或场地附近没有可信的资料时，至少要有 2 个勘探孔满足划分建筑场地类别对覆盖层厚度的要求。

4.2.16 此处仅对取土试样和原位测试的数量及试验项目作最低要求进行规定，具体取样或测试数量由工程规模和项目需要确定；6 组取土试验数据仅为最低要求，且异常数据不包括在内；原位测试主要指标准贯入试验、十字板剪切试验、扁铲侧胀试验等，不包括载荷试验、静力触探和动力触探；6 组取土试验数据和 3 个触探孔两个条件至少满足其中之一，不同的测试方法的数量不能相加。

全风化岩取样数量应满足不少于 6 组；强风化岩如具备室内土工试验条件，则取样数量亦应满足不少于 6 组的要求，否则应采用原位测试。

4.2.18 广东省地质条件复杂，溶洞、球状风化体、断裂带、差异风化等广泛发育且多数场地岩体岩面埋深起伏较大，对设计和施工影响较大。由于详勘工作量有限，无法在详勘阶段全部查明所需地质条件，因此，有必要根据施工阶段判定

桩基持力层、不良地质条件治理等设计、施工需要，开展施工勘察。

4.3 地下洞室

4.3.1 地下洞室一般是指在岩土体中用人工方法开凿修建的地下空间。《岩土工程勘察规范》GB 50021 把范围限制于人工开挖无压地下洞室，随着科技进步，地下洞室开挖手段逐渐多样，有明挖法、矿山法（钻爆法）、盾构法、TBM 掘岩机法等，为避免引起人工开挖、机械开挖误会，本标准删除人工开挖的限定；考虑海绵城市建设修建的深隧，洞内内有水压以及供水隧洞也会有一定水压，故删除无压的限制。

4.3.2 广泛收集已有的各种比例尺的地质图和航片、卫片资料，充分利用航片、卫片解译技术，对已建工程进行调研，总结已有工程经验，进行工程地质类比分析，是一项重要工作。本条规定收集各种相关资料，以充分利用已有资料，并了解设计意图，勘察工作更有针对性。

4.3.3 国内目前围岩分类方法很多，国家标准有：《锚杆喷射混凝土支护技术规范》GB 50086、《工程岩体分级标准》GB 50218 和《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307。另外，水利系统、铁路系统和公路系统均有自己的围岩分类。

本标准推荐国家标准《工程岩体分级标准》GB 50218 中的岩体质量分级标准和《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 中的围岩分类。

前者首先确定基本质量级别，然后考虑地下水、主要软弱结构面和地应力等因素对基本质量级别进行修正，并以此衡量地下洞室的稳定性，岩体级别越高，则洞室的自稳能力越好。

后者则为了与《地铁设计规范》GB 50157 相一致，采用了铁路系统的围岩分类法。这种围岩分类是根据围岩的主要工程地质特征（如岩石强度、受构造的影响大小、节理发育情况和有无软弱结构面等）、结构特征和完整状态以及围岩开挖后的稳定状态等综合确定围岩类别。并可根据围岩类别估算围岩的均布压力。

而《锚杆喷射混凝土支护技术规范》GB 50086 的围岩分类，则是根据岩体结构、受构造的影响程度、结构面发育情况、岩石强度和声波指标以及毛洞稳定性情况等综合确定。

以上三种围岩分类，都是国家标准，各有特点，各有用途，使用时应注意与设计采用的标准相一致。

4.3.4 根据多年的实践经验，地下洞室勘察分阶段实施是十分必要的。这不仅符合按程序办事的基本建设原则，也是由于自然界地质现象的复杂性和多变性所决定。因为这种复杂多变性，在一定的勘察阶段内难以全部认识和掌握，需要一个逐步深化的认识过程。分阶段实施勘察工作，可以减少工作的盲目性，有利于保

证工程质量。与《岩土工程勘察规范》GB 50021 一致，划分为可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察和施工勘察四个阶段，并详细规定了各勘察阶段的勘察内容和勘察方法。当然，也可根据拟建工程的规模、性质和地质条件，因地制宜地简化勘察阶段。

可行性研究勘察阶段可通过搜集资料和现场踏勘，对拟选方案的适宜性做出评价，选择合适的洞址和洞口。

4.3.5~4.3.7 这三条规定了地下洞室初步勘察的勘察内容和勘察方法。规定初步勘察宜采用工程地质测绘，并结合工程需要辅以物探、钻探和测试作。

工程地质测绘的任务是初步查明地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件和不良地质作用，为评价洞区稳定性和建洞适宜性提供资料；为布置物探和钻探工作量提供依据。在地下洞室勘察中，工程地质测绘做好了，可以起到事半功倍的作用。

工程物探可采用浅层地震剖面勘探和地震 CT 等方法圈定地下隐伏体，探测构造破碎带；在钻孔内测定弹性波或声波波速，可评价岩体完整性，计算岩体动力参数，划分围岩类别等。

钻探工作可根据工程地质测绘的疑点和工程物探的异常点布置。本节第 4.3.7 条规定的勘探点间距和勘探孔深度是综合了《岩土工程勘察规范》GB 50021、《城市轻轨交通岩土工程勘察规范》GB 50307、《市政工程勘察规范》CJJ 56 等几本规范的有关内容制定的。

4.3.8~4.3.14 这七条规定的是详细勘察。

详细勘察阶段是地下洞室勘察的一个重要勘察阶段，其任务是在查明洞体地质条件的基础上，分段划分岩体质量级别或围岩类别，评价洞体和围岩稳定性，为洞室支护设计和确定施工方案提供资料。勘探方法应采用钻探、孔内物探和测试，必要时，还可布置洞探。工程地质测绘在详勘阶段一般情况下不单独进行，只是根据需要作一些补充性调查。

试验工作除常规的以外，对地下铁道，尚应测定基床系数和热物理参数。

1 基床系数用于衬砌设计时计算围岩的弹性抗力强度，应通过载荷试验求得（参见本标准第 11.2.6 条）；

2 热物理参数用于地下洞室通风负荷设计，通常采用面热源法和热线比较法测定潮湿土层的导温系数、导热系数和比热容；热线比较法还适用于测定岩石的导热系数，比热容还可用热平衡法测定，具体测定方法可参见国家标准《城市轻轨交通岩土工程勘察规范》GB 50307 条文说明；

3 室内动力性质试验包括动三轴试验、动单剪试验和共振柱试验等；动力参数包括动弹性模量、动剪切模量、动泊松比。

4.3.15 评价围岩稳定性，应采用工程地质分析与理论计算相结合的方法。两者不可偏颇。

关于地下洞室围岩稳定性计算分析，可采用数值法或“弹性有限元图谱法”，计算方法可参照有关书籍。

4.3.20 地下洞室勘察，凭工程地质测绘、工程物探和少量的钻探工作，其精度是难以满足施工要求的，尚需依靠施工勘察和超前地质预报加以补充和修正。因此，施工勘察和地质超前预报关系到地下洞室掘进速度和施工安全，可以起到指导设计和施工的作用。

超前地质预报主要包括下列四方面：

- 1 断裂、破碎带和风化囊的预报；
- 2 不稳定块体的预报；
- 3 地下水活动情况的预报；
- 4 地应力状况的预报。

超前预报的方法，主要有超前导坑预报法、超前钻孔测试法和掌子面位移量测法、反射地震类、电磁类和电法类超前探测地球物理方法等。

4.4 边坡工程

4.4.1 本条规定，重要性等级或周边环境风险等级为一级及以上的边坡工程，边坡规模大、破坏后果很严重，边坡安全等级高，为查清楚边坡地质条件，需要进行边坡专门性勘察；对于其他类型的边坡工程，边坡规模较小，安全等级低，边坡勘察可以和场地勘察同时进行，但勘察的工作深度和要求，应满足边坡勘察要求。

4.4.3 本条文规定对需要进行专门性边坡勘察的勘察阶段提出宜分阶段要求，对其他类型的边坡工程项目，勘察阶段没有限制。

初步勘察成果应满足边坡初步设计阶段的要求；详细勘察成果应满足边坡工程施工图设计阶段的要求；如施工过程中发现地质条件与勘察资料不符，或因勘探点位于红线外、现场地形陡峭、植被发育等原因，不能按勘察方案或规范要求实施，导致前期勘察深度未达到要求，需要在边坡开挖后，由勘察单位现场验槽踏勘或进行补充勘察，根据开挖后的地质条件和补充勘察资料，修正前期勘察成果，以达到信息化施工要求。

4.4.4 边坡勘察可分为不同阶段，前期由于条件不具备，有些资料不足，可以适当放宽，但详细勘察阶段应取得相关资料。

满足设计要求的地形图是边坡设计的基础，一般的边坡工程，地形图的精度要达到 1:500，对于建（构）筑物密集的区域或其他地形地物特别复杂的区域，

应采用更高精度的地形图。

带有竖向标高的总平面布置图是确定边坡开挖标高、边坡坡脚和坡顶边线的依据。

需取得的气象水文资料主要包括：场地区域最大降雨强度，二十年一遇及五十年一遇最大降水量；河、湖历史最高水位和二十年一遇及五十年一遇的水位资料；可能影响边坡水文地质条件的工业和市政管线、江河等水源因素，以及相关水库水位资料。

4.4.5 边坡工程地质和水文地质的调查和测绘是边坡勘察的一项重要工作内容，主要应包括：

1 地形地貌复杂场地，应查明地貌的形态特征、成因类型，重点调查天然边坡坡度、自稳坡率、陡坎、地表岩土层的分布特征；

2 人类活动强烈场地，应重点调查与边坡影响范围内的特征，包括已有建（构）筑物的特征、道路、管线、挡土墙、锚杆（索）格构、抗滑桩、截排水系统等，查明人类工程活动的内容、时间、施工方法和运营情况，调查人类活动对边坡稳定、排水系统、施工条件等方面的影响；

3 基岩出露场地，工程地质测绘的内容宜包括：形成年代、成因类型、地层学名称、岩石名称、颗粒组成、颜色、矿物成分、结构和构造、坚硬程度、完整程度、风化程度、岩层厚度、岩相变化、岩组或层组特征、产状和接触关系等；

4 存在危岩或孤石的场地，宜包括：

1) 危岩体或孤石的位置、形态、分布高程、规模、岩性、临空面、侧边界、底界岩土体特征、发生失稳次数、崩塌前兆特征、运动距离、运动方式和轨迹、堆积场所、诱发因素、危害对象、坡面形态、坡面植被等；

2) 对于危岩体，还应调查裂隙或结构面特征、历史上危岩体形成的时间、分析危岩体崩塌的可能性、失稳模式等；

3) 对于孤石，还应调查微地貌形态、孤石群的特征、埋在地下的形态特征、基座有无冲刷迹象或冲刷可能、基座岩土体特征、稳定性判别，未开挖的边坡在开挖后应进行补充调绘。

5 存在地质构造的场地，宜包括：

1) 褶皱和断层的分布、产状、形态、规模、类型、性质、组合形式、交切关系、构造线的走向及其所属大地构造单元或构造体系，各类构造的发育程度和分布规律；

2) 节理的形态、类型、分布密度、产状、节理间距、延伸长度、张开宽度、充填物性状和成分；主要节理组数和各组节理相互切割关系，节理面粗糙、起伏、风化、蚀变等情况，缓倾角节理与其他节理、断层的关系等；

6 已发生崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害的场地，工程地质测绘要求参照地质灾害防治标准执行；

7 水文地质调绘的工作内容宜包括：

1) 对于地表水，主要调查边坡的汇水面积、植被发育情况、坡度、坡面硬化情况、现状山洪冲沟情况、水土流失情况、河流冲淤情况、已有的截排水系统和冲沟特征、拟布设截排水的出水口与市政排水管网关系、周边的江、湖、塘等水域特征；

2) 泉眼出露地段，主要调查地下水类型、地下水出露位置、所处地貌部位、高程、流出方向、流量及其季节变化、出露处的地层、岩性和地质构造等；

3) 对于地下水，主要调查地下水的埋藏条件、类型、流向、水位及变化幅度、含水层和隔水层的性质与埋深、补充排泄条件、各岩土层的渗透系数等。

8 对大型待填的填土边坡宜进行料源勘察，针对可能的取料地点，查明用于边坡填筑的岩土工程性质，宜对填筑土料进行击实试验，为边坡填筑的设计和施工提供依据。

4.4.6 勘察期间对已有变形迹象的边坡，可以通过设置监测判定边坡是否有继续发展，进而查明滑动面的位置，同时也可通过监测边坡的位移发展趋势，确保勘察期间相关人员生命财产安全。监测的项目宜包括裂缝大小、位移、沉降、深部位移和水位。对于工程水文地质条件异常复杂的大型边坡，通过监测可以为后期治理提供依据。

4.4.7 边坡工程勘探范围是指拟布置勘探点、勘探线的实物工作范围，工程地质测绘范围应在此基础上外扩。边坡工程勘探范围应根据现场地形地貌、工程及水文地质条件、拟开挖边坡形态特征、边坡安全等级等方面综合确定，应当包括边坡可能的滑塌范围并适当外扩，如前期勘察工作的勘察范围不能满足要求，应进行补充勘探或调绘手段，查明边坡岩土体性状。

关于边坡工程的勘探范围，《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 规定如下：

边坡工程勘探范围应包括坡面区域和坡面外围一定的区域。对无外倾结构面控制的岩质边坡的勘探范围：到坡顶的水平距离一般不应小于边坡高度；外倾结构面控制的岩质边坡的勘探范围应根据组成边坡的岩土性质及可能破坏模式确定。对于可能按土体内部圆弧型破坏的土质边坡不应小于 1.5 倍坡高。对可能沿岩土界面滑动的土质边坡，后部应大于可能的后缘边界，前缘应大于可能的剪出口位置。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。

按此规定，对无外倾结构面的岩质边坡，勘探范围较大，往往很难实施；对可能圆弧滑动破坏的土质边坡，其规定的勘探范围也不合理。

因此本条文针对岩质边坡和土质边坡的勘探范围作了调整。对于勘探范围超

出用地红线时，如现场钻探难以实施时，可利用工程地质测绘结合物探手段布置勘探工作。

4.4.8 边坡工程勘探普遍采用钻探、槽探方法，当受用地红线、地形地貌限制，直孔钻探无法实施，可以采用斜孔钻探。利用钻孔电视三维成像技术，对钻孔进行全孔壁高清成像、录像，关键部位抓拍图片，获取虚拟岩心，从成像平面图上量测地层或各种结构面的厚度、宽度、走向、倾向和倾角等。

边坡勘察时，受地形、地貌、地表植被、用地红线、勘察经费、工期等因素影响，不能布置太多钻探工程量，可以结合工程需要，选用合适的物探方法，查明边坡的覆盖层厚度、软弱结构面、滑动面或溶洞，物探方法可根据不同的地形地貌条件、水文地质特征、岩土体性质、项目特征等结合勘察目的选用。

4.4.9 主勘探线宜布置在最高陡边坡或工程地质条件最差区段附近，勘探点一般应垂直边坡走向或平行主滑方向布置，当现场条件受限，部分勘探点没有位于勘探线上，应根据边坡的整体地质条件将勘探点揭露的地层信息投影到勘探线上。

4.4.11 勘探点主要用于查明工程地质条件，地质条件越复杂，需要布置的勘探线和勘探点越密，因此本条文将勘探线和勘探点的间距先根据工程地质复杂程度确定范围值。对于边坡重要性等级高的，间距应取小值，而对于重要性等级低的，间距可取大值；经验证的物探点和物探线可以分别作为勘探点和勘探线使用。

坡面裸露的边坡，如通过工程地质测绘结合其他手段可以查明边坡坡面的岩土体特征，坡面的钻孔可以适当减少，但未裸露区域及坡脚仍应有钻孔控制。对于岩质边坡，边坡的稳定性主要是受构造、结构面和软弱夹层控制，工程地质测绘和钻孔电视显得更加重要，因此本条规定，岩质边坡的勘探线、勘探点间距可适当放宽。

4.4.13 花岗岩坡残积土、全~强风化岩天然状态下强度较大，但存在遇水软化崩解的特点，而钻探过程中一般采用泥浆护壁回转钻进，钻进及取样时对土体扰动很大，室内试验获取的岩土物理力学参数不准确，因此对花岗岩残坡积的土质边坡现场有条件时建议采用现场刻槽取样，并增加现场原位测试数量以获取准确参数。对于可能存在外倾结构面的岩质边坡，建议采用钻孔电视获取岩体结构面的产状、裂隙宽度、发育特征等。

4.4.15 对主要岩土层和软弱层应采样进行室内物理力学性质性能试验，试验项目应包括物理力学性质、强度及变形指标，试样的含水状态应包括天然状态和饱和状态。需要时应采集岩样进行变形指标试验，有条件时应进行结构面的抗剪强度试验。

4.5 基坑工程

4.5.3 已有的周边环境的资料如不全时应在勘察过程中继续补充完善。

4.5.4 建筑工程勘察时，主要关心地基的承载能力和变形模量，包括桩基持力层和桩侧与桩端阻力，而基坑工程勘察主要关心地层分布规律，尤其需查明软土及砂层的分布与特征，以及地基土的抗剪强度，以便计算作用在支护结构上的土压力、验算地基的稳定性。本条第2款中基坑支护设计、施工所需的有关参数主要指土的 c 、 φ 值，包括直剪和三轴的不固结不排水及固结不排水指标。

4.5.5 一般来说，勘察深度是保证基坑施工的基坑勘察深度范围 $2H$ 大致相当于一般土质条件下悬臂桩墙的嵌入深度。在土质特别软弱时可能需要更大的深度。国标《岩土工程勘察规范》GB 50021 规定，勘察深度宜为开挖深度的 2 倍~3 倍。在此深度内遇到和岩层，可根据岩土类别和支护设计要求减少深度。在深厚软土区勘察深度应加大。

但是随着基坑开挖深度越来越大，10m 以上较为常见，若以基坑开挖深度规定勘察深度，部分勘察深度将达到 30m~40m 甚至更深。因此，基坑工程勘察深度应根据具体场地和设计要求确定。

4.5.8 基坑勘察中，对于基坑开挖范围内及支护结构施工范围内，应进行勘察。对于基坑开挖影响范围内，应进行调查研究、搜集基础资料等。

4.5.13~4.5.14 广东省大部分地区地下水位较高，地下水对基坑开挖影响较大，不仅影响到作用于支护结构上的水土压力，影响基坑稳定性，还涉及基坑周边环境的安全。由于地下水渗漏、突涌等现象导致的工程事故时有发生，有必要对地下水情况进行详细摸查。

专门的水文地质勘测可摸查清楚地下水的渗透性和流网分布等，预测基坑支护和开挖过程中的地下水量和水位变化情况，是基坑开挖过程中对地下水控制（降水或截水）的重要依据。

4.5.15 地质情况复杂的基坑工程施工勘察时，对于基坑立柱桩宜采用一桩一孔；对于排桩支护宜采用三桩一孔；对于采用承重连续墙的支护结构，宜采用一槽两孔。

4.6 桩基础

4.6.1 桩基础勘察应提出有关岩土的承载力、基桩侧阻力、端阻力、变形、验算软弱下卧层、负摩阻力等桩基础设计相关参数；持力层为倾斜地层，基岩面凹凸不平或岩土中有洞穴时，应评价桩的稳定性，并提出处理措施的建议。

4.6.2 桩基施工阶段勘察钻孔在桩截面位置的布置方案应遵循有利于揭露桩端持力层最不利地质因素的原则，可根据不同岩性情况由设计人及勘察人协商确定。

1 桩 1 孔的孔位宜位于桩中心；1 桩超过 1 孔时，宜在桩径范围内均匀对称布置。

4.6.3 当地面起伏较大、岩性发生变化或遇到构造破碎带时，应适当加密钻孔。

嵌岩桩施工阶段勘察俗称桩基超前钻，桩基超前钻钻孔在桩截面位置的布置方案应遵循有利于揭露桩端持力层最不利地质因素的原则，可根据不同岩性情况由设计人及勘察人协商确定。1 桩 1 孔的孔位宜位于桩中心；1 桩超过 1 孔时，宜在桩径范围内均匀对称布置。可按图 4-1 布置。



图 4-1 桩界面勘探孔布置示意图

4.6.4 广东部分区域上部覆盖层较厚或构造破碎带较深，当勘探点深度能满足桩基的要求时，勘探点深度可适当减少，不对钻穿上部覆盖层或构造破碎带进行强制要求。

4.6.5 编制施工勘察阶段（超前钻）工程勘察纲要时，应收集场地详勘报告，对场地地质情况进行充分了解，制定科学合理的岩样取样计划。

碎屑岩由于包含物及胶结物的不均匀，岩石抗压强度变化比较大。场地面积较大的项目，如果不同区域的岩石抗压强度变化较大时，宜根据岩石强度规律划分不同分区，分别提出建议参数。

4.6.6 本阶段勘察目的和任务一般较为明确，即在详勘成果基础上进一步查明桩端岩层的性质和特征，为施工阶段设计、施工确定桩底标高提供依据。本条规定了嵌岩桩施工阶段岩土工程勘察报告宜包括的内容。

在满足本阶段勘察目的和任务前提下，岩土工程勘察报告内容可简化，重点突出岩层的分布、性质描述，并提供持力层岩石抗压强度试验结果。进行岩土工程分析和评价时，宜分析成桩过程中可能遇到的不利地质因素以及处理建议，宜提出施工、监测、检测 and 环境保护措施与建议。

4.7 地基处理

4.7.2 当采用换填垫层法时，岩土工程勘察应查明待换土层的分布范围和埋藏深度；测定换填材料的最优含水量、最大干密度，评价换填材料对地下水的环

境影响；对垫层以下软弱下卧层的承载力和抗滑稳定性进行评价，估算建筑物的沉降；应对换土垫层的质量进行检验和试验。

4.7.3 当采用预压法时，岩土工程勘察应查明被加固土体和其上填土层的成层条件、埋深和厚度，地下水的补给和排泄条件，特别是透水夹层的分布；当场地存在块石层时，应提出施工排水板的引孔范围和平均深度；测定被加固土体水平和垂直方向的固结特性参数、强度指标；预估预压荷载的大小、加荷速率、预压时间、最终沉降量、强度的增长规律；应建议对预压效果进行检验和试验。

评价预压地基处理效果的勘察宜结合详勘进行；对于软土宜每隔 5m 深度获取、统计其物理力学参数，基坑开挖深度范围内间距可适当减小。

4.7.4 当采用强夯法时，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；应查明施工对周边环境和设施的影响范围；应选择合适的试验区进行试夯，根据试验、监测和检测结果，确定有效加固深度、夯击遍数与夯沉量的关系。

4.7.5 当采用桩土复合地基时，岩土工程勘察应查明建设场地地下不明地质体的分布和埋深，被加固地基的土层分布、力学性质、厚度；预估成桩的可能性和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；预估单桩承载力和复合地基承载力，估算复合地基的沉降量；应对桩间土、单桩和复合地基进行检测和载荷试验。

软黏土含水量高于 70%，不排水抗剪强度小于 15kPa 时，散体材料桩（墩）或灌注桩扩孔严重，采用这些桩（墩）时需要测定软黏土的含水量和不排水抗剪强度。

采用水泥作为黏结材料的桩会受腐蚀性地下水、腐蚀性土的腐蚀，水泥与地基土拌和时水泥的黏结质量受有机质含量、土体 pH 的影响。因此，采用水泥作为黏结材料的桩应查明地下水、土的腐蚀性，水泥与地基土拌和时应查明地基土的有机质含量、pH 等。

欠固结软黏土对采用深层搅拌桩、高压旋喷桩、刚性桩的复合地基有影响，因此，有条件时宜查明软黏土的超固结比。

4.7.6 当采用注浆法时，岩土工程勘察应查明被加固岩土体孔隙和裂隙大小及分布规律，岩土体的渗透性、地下水的工程特性，岩土体的有机质含量；岩土体的渗透性应通过现场试验测定；应根据岩土性质和工程要求选择注浆方法，并通过现场试验确定注浆工艺和注浆参数预估地基加固效果；应通过开挖、室内外试验、原位测试、监测和检测等对加固效果进行检验。

4.8 既有建筑物的增载和保护

4.8.1 本节勘察对象主要为：在既有建筑物上增加层数或改变外观、功能增加荷载，比如房子加层、天桥增加雨棚等；在既有建筑物侧面接建或者临建，在地集中形成新旧应力叠加，比如老旧小区安装电梯；既有建筑物出现倾斜、裂缝，需要进行地基加固；既有建筑物的地基收到地下水抽降导致有效应力增加，或者收到基坑开挖、盾构掘进等环境变形影响，需要对既有建筑地基基础进行保护研究。

本条指出了各类增载和保护工程的岩土工程勘察的工作重点，注意搞清所指出的重点问题，就能使勘探、试验工作的针对性强，所获的数据资料科学、适用，从而使岩土工程分析和评价建议，能抓住主要矛盾，符合实际情况。此外，系统的监测工作是重要手段之一，往往不能缺少。

4.8.2 为建筑物的增载或增层而进行的岩土工程勘察的目的，是查明地基土的实际承载能力(临塑荷载、极限荷载)，从而确定是否尚有潜力可以增层或增载。增层、增载所需的地基承载力潜力是不宜通过查以往有关的承载力表的办法来衡量的；这是因为：

1) 地基土的承载力表是建立在数理统计基础上的；表中的承载力只是符合一定的安全保证概率的数值，并不直接反映地基土的承载力和变形特性，更不是承载力与变形关系上的特性点；

2) 地基土承载力表的使用是有条件的；岩土工程师应充分了解最终的控制与衡量条件是建筑物的容许变形(沉降、挠曲、倾斜)；因此，原位测试和室内试验方法的选择决定于测试成果能否比较直接地反映地基土的承载力和变形特性，能否直接显示土的应力—应变的变化、发展关系和有关的力学特性点；

4.8.3 建筑物的接建、邻建所带来的主要岩土工程问题，是新建建筑物的荷载引起的、在既有建筑物紧邻新建部分的地基中的应力叠加。针对这一主要问题，需要在接建、邻建部位专门布置勘探点。原位测试和室内试验的重点，应以获得地基土的承载力和变形特性参数为目的，以便分析研究接建、邻建部位的地基土在新的应力状态下的稳定程度，特别是预测地基土的不均匀附加沉降和既有建筑物将承受的局部性的相对变形或挠曲。

4.8.4 基坑降水导致作用于土层上的有效压力增加，对相邻既有建筑物的影响主要有：

- 1 基坑边坡变形、位移，甚至失稳的影响；
- 2 由于基坑开挖、卸荷所引起的四邻地面的回弹、挠曲；

3 由于施工降水引起的邻近建筑物软基的压缩或地基土中部分颗粒的流失而造成的地面不均匀沉降、破裂；在岩溶、土洞地区施工降水还可能导致地面塌陷；

4 造成临近既有建筑产生不均匀沉降、桩基负摩擦等。

岩土工程勘察研究内容就是要分析上述影响产生的可能性和程度，从而决定采取何种预防、保护措施。本条还提出了关于基坑开挖过程中的监测工作的要求。对基坑开挖，这种信息法的施工方法可以弥补岩土工程分析和预测的不足，同时还可积累宝贵的科学数据，提高今后分析、预测水平。

4.9 市政工程

4.9.1 就本条各款说明如下：

1 城镇地下广场或地下公交场站基坑参照“4.4 基坑工程”执行；城镇地上多层公交场站参照“4.1 房屋建筑和构筑物”执行；

3 地下隧道指地表为陆地的非山岭隧道，水下隧道则为跨地表水域的隧道。水下隧道岸上段按照地下隧道考虑。城镇隧道根据埋藏深度又可以分为浅埋隧道和深埋隧道；

5 厂区内一般建筑物勘察参照“4.1 房屋建筑和构筑物”执行。

4.9.2 本条强调了既有勘察资料收集。事实上，由于城镇为人类建设活动密集区域，拟建市政工程项目往往存在两个突出的现象：1) 勘察工作往往受邻近相关设施，尤其地下设施的制约而难以按计划实施；2) 邻近建构筑物建设工程已积累一定的勘察资料可资参考。因此，充分、有效地收集邻近场区的相关工程勘察资料，包括地质资料、地下管线及其它地下设施资料，是顺利开展市政工程勘察的重要前提和有效手段。

4.9.4 就本条各款说明如下：

1 道路勘探点布置要考虑地层沿道路纵向的变化，也要顾及地层沿横向的变化，同时要兼顾钻孔有效代表的道路设计面积。因此，对于较窄的道路，沿道路中线布置勘探点较为合理；对于较宽的道路，则宜左右交错呈之字形交错布置勘探点；而对于宽度很大的，单个勘探点横向代表性不足，宜分左右幅分别布置勘探点；

3 考虑到广东省的总体地质条件较为复杂，过大的间距往往出现遗漏微地貌、误判地层变化等情况，进而导致设计变更，故勘探点间距比行标《市政工程勘察规范》CJJ 56 略为加密；

由于城市建设区多为人类密集活动区，地貌改造剧烈而频繁，沟、浜、湮埋

的沟坑和古河道等旧地貌往往需要通过调查旧地形或其它相关资料来获得；

4 本条文基本参照行标《市政工程勘察规范》CJJ 56。变化主要有两点：1) 关于拟定勘探深度遇基岩的情况，行标要求“入基岩适当深度”，此处则根据岩体风化强度作了入岩深度的具体要求。对于道路，基岩的承载力或变形要求都是足够的，只是全、强风化岩相对中、微风化岩更加难以判定，故入岩深度的要求适当放宽。2) 把高路堤、陡坡路堤的条款合并了，且要求高路堤孔的深度都应满足变形计算的要求，以达到精细化勘察设计的目的。

4.9.5 就本条相关条款说明如下：

2 关于桥梁勘探点的布置，主要基于 4 个方面的考虑：1) 行标《市政工程勘察规范》CJJ 56 未区分桩基础和其他基础，本条作了区分；2) 采用灌注桩基础时，对于特大桥、大桥、中桥的主桥墩，要求其勘探点数不少于桩数的 1/2，以确保主桥墩勘察资料的准确性；3) 采用浅基础或沉井基础的城市桥梁，其勘探点一般宜逐墩台布置勘探点；场地与岩土条件简单、桥跨较小的，也可隔墩台布置勘探点；4) 悬索桥和斜拉桥的桥塔、锚碇基础、高墩基础的勘探点布置，参考了《公路工程地质勘察规范》JTG C20 的相关条款；

3 桥梁勘探点深度行标《市政工程勘察规范》CJJ 56 基础上略有调整，主要是适当调整了浅基础情况的孔深要求。主要基于对地基变形计算深度的分析，对于一般尺寸的基础，大约基底以下 1.5 倍~2.0 倍基础宽度这个深度恰恰是地基变形计算深度，平均大约 10m；行标规定“达到基底以下 0.5 倍~1.0 倍基础宽度，且不应小于 5m”则偏浅。

4.9.6 就本条相关条款说明如下：

1 城市隧道多位于城区已有道路或其他公共区域，地面、地下建筑物多，有时地下重要管网会直接影响隧道的线位或施工支护方案，因此需对拟建区域地下管线和地下构筑物进行详细调查；城市隧道在历史名城修区修建时，应特别注意地下文物调查和保护工作；对隧道通过段可能影响到的建筑物基础类型、埋深及结构进行专项调查；对于通过段附近地表水系发育区，要对隧道修建时对地表水影响进行调查与评价；

4 除行标《市政工程勘察规范》CJJ 56 的规定外，从目前各省市的相关规范看，关于隧道详细勘察勘探点间距，因地域条件不同，无论隧道分类方式还是间距大小都悬殊较大，例如：北京市的《市政基础设施岩土工程勘察规范》DB11T 1726 将隧道划分为平原区隧道和山岭隧道，勘探点间距分别为 15m~60m 和 50m~400m；上海市的《岩土工程勘察规范》DGJ08-37 分为明挖隧道、沉管隧道、盾构隧道，勘探点间距分别为 20m~35m、35m~50m、≤50m；重庆市的《市政工程地质勘察规范》DBJ50-174 则分为土质隧道、浅埋隧道和深埋隧道，前两

者勘探点间距 20m~80m，后者勘探点间距 40m~600m；

本标准在参考相关规范基础上，总结我省的相关工作经验基础上，制定了上表。其中，放坡开挖、沉管法隧道主要依据行标《市政工程勘察规范》CJJ 56，并在参考《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 基础上，比照北京、上海规范、重庆规范进行适当调整；支护开挖、盖挖法隧道在参考《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 基础上，比照北京、上海规范、重庆规范进行适当调整；

《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 规定的勘探线、点间距较小，但其主要针对边坡治理，且基于有各种高度的边坡，安全等级高低不一；相对而言，采用放坡开挖、沉管法的隧道，坡高一般不大，安全等级相对没那么高，因此，钻孔间距在《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 基础上略有放宽；

5 松散地层指以土质为主的地层，其主体地层的剪切波速一般小于 500m/s。

4.9.7 常用的工法包括明挖法（含盖挖法）、沉管法、暗挖法；其中，暗挖法包括盾构法（含 TBM 法）、矿山法、新奥法、顶管法等工法；对顶管法、定向钻施工的管道，《给水排水工程顶管技术规程》CECS 246、广东省地方标准《顶管技术规程》DBJ/T 15-106，以及北京、上海等地的地方标准，其要求的勘探点间距都较行标《市政工程勘察规范》CJJ 56 更大。鉴于广东省地质条件的复杂性，作为地方标准，本标准的要求宜严不宜松，故沿用了行标《市政工程勘察规范》CJJ 56 的勘探点间距要求。

对明挖法施工的管道，行标《市政工程勘察规范》CJJ 56 的钻孔间距要求要低于顶管、定向钻施工的管道。但是，随着经济的发展，一方面管道工程周边的环境日趋复杂，另一方面全社会对基坑施工的安全要求日益提高。对于明挖法施工的重视，在《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 体现得尤为明显，其地下区间段的勘探点间距要求并不区分明挖还是盾构，而明挖施工为主的车站处勘探点间距还略严于区间段。

与此同时，根据住建部印发的《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）、《广东省住房和城乡建设厅关于危险性较大的分部分项工程安全管理的实施细则》，基坑开挖深度超过 3m（含 3m）为危险性较大的分部分项工程，超过 5m（含 5m）为超过一定规模的危险性较大的分部分项工程。

为此，综合考虑，本标准对于明挖法施工管道的勘探点间距按其工程重要性等级划分，对于深度 5m 以上的深基坑，其要求与顶管、定向钻施工的管道一致；埋深度 3m~5m 和埋深小于 3m 的间距相应减小。

当基底下存在软弱土层、厚层填土、可液化砂层、承压含水层、溶土洞时，宜选取部分或一定比例的勘探孔予以钻穿。

4.9.8 就本条相关条款说明如下：

2 本条款在参照行标《市政工程勘察规范》CJJ 56 第 9.4.2 条基础上，作了如下调整：

1) 鉴于当前地埋式厂站、泵站较为普遍，在行标《市政工程勘察规范》CJJ 56 基础上，增加了厂站基坑工程勘探点的布置原则；

2) 对存在土岩界面，或岩层存在明显的层理或软弱夹层的基坑，要查明其是否存在顺层滑动的风险，故宜在基坑外侧至少布置一排勘探点，以查明结构面的产状；

3) 桩基工程其实在勘察之前并无法确定是端承桩还是摩擦桩，因此本标准未按行标进行区分；

4) 对于建筑面积 $\leq 200\text{m}^2$ 的泵房，边长小于 15m，地质条件相对简单时可酌情仅钻一个钻孔即可，此条参考了福建省《岩土工程勘察规范》DBJ 13-84；

3 本条款在参照行标《市政工程勘察规范》CJJ 56 第 9.4.3 条基础上，作了如下调整：

1) 区分了条形基础、独立基础和筏（梁）板基础，并依据国标《岩土工程勘察规范》GB 50021 第 4.1.18 条的深度要求作了规定；对于水处理构筑物，需考虑排空时的抗浮问题，同时应严格控制不均匀沉降，孔深均需满足变形计算要求；

2) 根据地基变形计算深度简算公式，地基变形计算深度一般不超过 2.5 倍基础宽度，故对于重大设备，勘探孔深度按 2.5 倍基础宽度控制；

3) 取水头部或排放口的竖向荷载一般不大，但往往承受一定的水平荷载，地基稳定性要求较高，孔深应综合考虑地基稳定性要求。

4.9.9 根据《堤防工程设计规范》GB 50286-第 3.1.3 条的堤防工程级别划分，重现期 ≥ 100 年为 1 级，重现期 50 年~100 年为 2 级，重现期 30 年~50 年为 3 级，重现期 20 年~30 年为 4 级，重现期 < 20 年为 5 级。行标《市政工程勘察规范》仅按堤岸的型式对其进行了划分，未考虑堤防工程级别。此处同时考虑了堤防工程级别和堤岸型式两个维度的影响。

4.10 造地工程

4.10.1 本节主要适用于造地工程大面积挖方或堆填前原场地的岩土工程勘察。

4.10.2 造地工程往往占地比较广，地形差异大，不同区域或挖或填，功能设置不一，填海造地工程一般分为围堰区和堆填区，山地或丘陵地带造地工程一般分

为挖方区、填方区、平整区、边坡区等，不同的区段其勘察的内容、重点和时机有所不同，对勘察的要求也各不相同，因此勘察范围的确定应结合场地规划和各分区功能综合考虑。

4.10.3 造地工程勘察工作因工程的规模和要求各不相同，不宜硬性规定分阶段进行勘察，一方面占地面积很大的造地工程，往往工程地质条件复杂，而勘察工作本身就是不断探索与揭示的过程，由粗到细，不可能一步到位，且造地工程的复杂性与特殊性，决定了项目的规划与竖向设计等经常会进行调整，对勘察成果往往有不同的要求，因此宜进行分阶段勘察；另一方面对规模较小或者场地、地基条件简单的造地工程，亦可进行一次性勘察。

4.10.5 填方工程往往占地面积非常大，涉及整个流域或横跨多个流域，应着眼大的区域进行水文地质条件的调查与分析评价，工程修建后，往往会造成区域水文地质条件的改变，应分析工程修建后区域水文地质条件改变可能引起的环境地质和地质灾害问题，并做出评价。对场地水文地质条件相对简单的场地，水文地质勘察可以与岩土工程勘察合并进行，在进行岩土工程勘察时，布置必要的水文地质钻探、试验工作，查清场地水文地质条件。当场地水文地质条件可能对造地工程的安全、稳定产生影响时，应进行专门的水文地质勘察。

4.10.10 填海工程陆域形成后地表层以软弱土层为主，未经处理不能够直接利用，同时填海工程涉及范围很广，规划用地性质多存在调整，往往地基处理与建构筑物建设不能一同完成，因此在本章节中增加的地基处理专项勘察的内容，以使填海工程勘察在程序形成完整的闭合。

4.10.11 挖方区作为填料来源、料场时，应对填料进行分类，对土、石工程等级类别进行鉴定，提供各种填料的比例、料源分布平面图和有关参数。挖方区挖至设计高程后应进行必要的勘察，若存在软弱地层、湿陷性土层、溶洞与土洞等现象，在雨季地表水入渗后有可能对填方工程产生不利影响，尤其对挖填过渡区域应特别关注。

造地后当上覆土厚度很大时，原场地地基下的可液化土层可能不具备液化条件，但厚度较小的坡脚等地带，应重视可液化地层对填方的影响；因为填方场区内有些滑坡、崩塌等地质灾害，可能不具备发生的条件，但由于挖方等原因，也许会使得原来稳定的滑坡等变得不稳定，因此，有必要对场地的环境地质问题进

行预测与评价，提出有关防治与监测的建议。

4.10.12 1 岩溶地区的岩溶漏斗、岩溶洼地、地表塌陷等的存在对高填方工程的稳定与安全影响很大，因此勘察阶段应对场地内的每个岩溶漏斗、岩溶洼地和地表塌陷等布置钻孔以查明其充填物及岩潜发育情况。

2 挖方区填料勘察勘探点的间距要考虑地质条件的复杂程度，可结合物探及地质调查成果，对填料料源性质变化大的地段应加密布置，填料类型单一的地段，勘探点间距可以放宽。

3 山地丘陵造地工程一般涉及的范围广，地貌、地质、水文条件复杂，勘探工作的布置除了满足以上要求外，还要结合功能分区、地势设计、土石方调配、场地地基处理、填筑、排水、边坡等因素综合考虑。

4.10.13 勘探点的深度应满足原场地地基处理、变形计算的要求，应按照上覆填土荷载情况，估算影响深度；边坡区稳定性分析由于方法的不同，勘探点的深度应超过潜在滑动面位置，勘探及取样、测试点的位置应满足稳定分析的需要。

4.11 废弃物处理工程

4.11.1 本条规定了广东省范围内固体废弃物处理工程勘察的适用性，不包括核废料的填埋处理。

4.11.4 废弃物处理工程中涉及房屋建筑应按本标准的 4.1 执行。

4.11.7、4.11.8、4.11.11、4.11.12 初步、详细勘察工作重点查明的内容及工作方法参考浙江省《工程建设岩土工程勘察规范》DB33/T 1065 的相关规定。

4.11.9、4.11.13 初步、详细勘察钻孔布置间距参考江苏省标《岩土工程勘察规范》DGJ32/TJ 208 的相关规定。

4.11.10、4.11.14 关于钻孔深度说明如下：

1 库区工程重要性等级及勘探孔深度参考江苏省标《岩土工程勘察规范》DGJ32/TJ 208 的相关规定。重要性等级的划分：一级工程日处理量 $\geq 1200\text{t/d}$ ，库容 ≥ 1200 万 m^3 ；二级工程日处理量在 $200\text{t/d}\sim 1200\text{t/d}$ ，库容 200 万 $\text{m}^3\sim 1200$ 万 m^3 ；三级工程日处理量 $< 200\text{t/d}$ ，库容 < 200 万 m^3 。

2 坝址的勘探孔深参考第五册《工程地质手册》中的相关规定。

4.11.15 本条规定是对于已有废弃物堆积体及加高坝勘察的规定，对于天然场地上的扩建工程应执行 4.11.7 条~4.11.14 条的规定。

堆体复杂程度分级可以参考江苏省标《岩土工程勘察规范》DGJ32/TJ 208，分为 3 级：复杂堆体是指埋埋物种类较多，除单一废弃物以外还有污水污泥等废弃物，或埋埋过程大量采用低渗透性的中间覆土；简单堆体是指埋埋物比较单一且其组分变化不显著的；中等复杂堆体是除复杂、简单以外的堆体。

4.12 土壤环境调查

4.12.1 近年来，土地资源已经成为制约一些城市发展的重要因素之一，为了集约、高效、合理利用既有土地资源，城市单元更新、老旧城区改造、土地性质变更、城市扩容等无疑是目前常用且有效的措施之一，但原场地用地性质多样、建构物复杂，场地正在或已经遭受污染，为了确保人民的健康权，应进行场地土壤环境调查工作，为下一步修复设计和施工提供依据；另外，一些建设场地对土壤环境有特殊要求的，亦应进行相应的工作。经近年工作实践证明，该项工作是必要的。

土壤环境调查工作所涉及的现场调查、工程测绘、现场测试、取样、室内试验、数据分析、钻探取芯等方法和手段，目前市场上基本采用的是岩土工程的工作方法、仪器、设备，除极少数检测项需进行专项委托外，岩土工程勘察单位均能独立完成，故本次将土壤环境调查工作纳入岩土工程勘察单位可进行的业务范畴，并制定相应的标准。工业污染土、尾矿污染土和垃圾填埋场渗滤液污染土适用本标准 6.5 节。

4.12.2 土壤环境调查首先就是要调查清楚建设场地是否可能受到污染；如受到污染，应调查污染源、污染物是什么，污染范围有多大，对拟建场地的影响如何等。经调查确定了建设场地存在污染土，才有针对性的进行专项污染土勘察，如调查不存在污染土，则无需进行污染土的勘察工作。故一般情况下，土壤环境调查工作应前置。往往受到建设工程开发周期的制约，将土壤环境调查同污染土的勘察同步开展也是可以的；但无论是分开进行还是同步开展，土壤环境调查工作均应先进行。

4.12.4 建议土壤环境调查工作分阶段开展的主要原因，是考虑到对建设场地土壤环境的认知是随调查工作的开展由浅入深的一个过程，调查工作应结合调查任务要求、调查目的、时间、经费等因素综合考虑。比如同一个建设方，在场地选择阶段和即将进行开发建设阶段的土壤环境调查目的可能相差较大，前者可能只需了解场地土壤环境是否遭受过污染，后者既要了解污染情况还要了解污染程度、污染范围、修复的可能性和修复费用等，二者的工作深度相差较大，其任务要求、投入的时间和经费自然不同。《场地环境调查技术导则》HJ25.1 中对场地环境调查的工作程序规定同本条规定类似，亦可参考。

补充采样和测试阶段调查工作可单独进行，也可结合污染土专项勘察工作开展。

4.12.5 参考了生态环境部发布《场地环境调查技术导则》HJ25.1 里面的相关内容，同时结合勘察工作的思路，对相关工作进行了量化的界定。本条对已经查明的污染土应进行那些试验的内容没有明确规定，主要是考虑到不同建设场地对土壤的相关特征指标规定不一样，无法统一要求，其试验指标应结合调查任务要求和目的有针对性的进行。

单独开展的第三阶段土壤环境调查工作，其采样密度应根据实际情况适当加密或有针对性的增加采样点，调查的土壤特征参数应紧密结合调查任务要求和目的的进行。

5 不良地质作用和地质灾害

5.1 岩溶

5.1.1 由于岩溶场地的复杂性，岩溶勘察需有别于一般场地的勘察，勘察的阶段划分、勘察手段、勘察精度、勘察成果评价均要比一般勘察有更高的要求，因此，应进行专门的岩溶勘察。

岩溶地区的地质灾害和工程事故多数与地下水及其变化有关。与非岩溶地区不同，岩溶地区的地下水具有流动性高，承压性大、连通性强以及水位稳定性差等特征。在岩溶地区进行工程建设时，地下水水位变化易造成场地周边建筑物、道路及管线等下沉或损坏，甚至破坏；岩溶水流失或被抽取时，会导致或引发地面塌陷；基坑开挖时，岩溶水突涌易造成基坑工程事故并影响周边环境；场地位于狭长的沟谷或封闭的洼地时，应充分地估计岩溶地下水的季节性动态变化；地下室抗浮计算往往会低估地下水的承压性等问题。所以，对于岩溶发育区一些与地下水密切关联的工程应进行专门的水文地质勘察，尤其是岩溶水文地质勘察。同时，通过水文地质勘察，有利于拟建项目的可行性研究，如建设场地应避免基础或地下构筑物拦堵地下水的正常流泄；对已查明的洞穴系统或巨大的溶洞或暗河分布区，当地面稳定性较差时，群体建筑物的布置宜绕避等。

5.1.3 岩溶专门勘察应坚持以岩溶工程地质调查研究为先导的工作程序；遵循从面到点、分区对待、先已知后未知、先地面后地下、先控制点后一般点、先疏后密，以及评价中先定性后定量的工作准则。依不同的探测对象和工程影响程度，合理选用勘探手段。使用物探方法时，要求有多种方法和手段相互印证，排除假象。根据场地地形及地质条件，也可以选用钻探、槽探、坑探、小口径钻探等勘探手段查明地层分布情况。

在岩溶区建筑工程中，应重视可行性研究勘察。在项目决策阶段，科学的预测、实事求是地分析可能存在的危害，以做出正确的抉择，对日后的建设将起到关键的作用。对于大型建筑物或占地面积大的工程项目，应在项目立项时进行可行性研究勘察，通过勘察对场地的稳定性和工程建设的适宜性做出初步评价，对于确实不适宜进行工程建设或处理费用非常高昂的场地，应另行选择场地进行工程建设。

通过勘察，预测施工或使用期间可能产生的岩土工程问题和预防措施：场地上主要建筑物的位置应尽量避免避开岩溶发育的强烈地段，尽可能选择在非岩溶分布地段；在总平面布局上，各安全等级建筑物的布置应与岩溶发育程度或场地稳定程度相适应；当地形条件受限制时，某些生产工艺流程或特定的建筑物要求必须

布置在那些稳定性较差的地段时，应当将建筑物长轴方向布置于垂直或斜交岩溶发育带方向，其目的是尽量减少工程处理工作面。为预防塌陷发生，场地地坪设计标高应尽量保持与某一水平溶洞或洞隙有一定的距离，或在场地平整中尽量能够将不利的岩溶洞隙带予以挖除。对于工程地质条件简单和有一定工程资料的中小型工程，勘察阶段可根据实际情况适当合并。岩溶地区的工程地质测绘和调查宜在可行性研究或初步勘察阶段进行。后期勘察阶段仅在工程地质条件复杂或工程关键地段进行详细测绘，或对某些专门地质问题作补充调查。

工程地质测绘和调查，宜充分利用航空摄影像片或卫星摄影像片资料进行遥感地质解译，在露头良好的地形陡峻地段、溶洞进行大比例尺测绘时，可采用大比例尺航空摄影像片、无人机倾斜摄影技术、三维扫描技术等手段进行遥感地质解译。解译成果应实地验证核实。

5.1.5 在岩溶发育地区，尤其在岩溶强烈发育地区，物探作为重要的勘探手段，对查明溶（土）洞发育等岩溶情况是十分必要的，也是非常有效的。各勘察阶段，岩溶地区的物探侧重点各有不同：

1 可行性研究应查明可溶岩分布，断裂破碎带、岩溶洞隙、土洞大体分布规律；

2 初步勘察应查明岩溶洞隙、土洞和塌陷的分布形态和发育规律、岩面起伏形态和覆盖层厚度；

3 详细勘察应查明岩溶洞隙的空间分布形态、大小、埋深及连通性；

4 施工勘察应针对某一地段或尚待查明的专门问题，结合钻探进行补充勘察；岩溶地区的桩基勘察是施工勘察的重要阶段，桩基勘察应查明桩基持力层及其下卧层内岩溶洞隙、软弱夹层和临空面的分布情况，并评价桩基持力层完整性。

按照现有的岩溶勘探技术及要求，想完全查清建设场地的溶（土）洞、溶沟（槽）等岩溶情况是不现实的，也是不可能的。众所周知，钻探揭露的溶洞只能说明钻孔处的情况，而不能说明钻孔以外是否存在溶洞等情况，需要辅以物探。地面物探可从宏观、大尺度、较粗略地反映岩溶的分布范围与发育情况，孔中物探可以从微观、小尺度、较精细地反映岩溶的分布范围与发育情况。

应强调的是，由于物探方法的多解性、局限性、灵敏度、精确度和人为因素以及岩溶体材料复杂性、不均匀性等多方面的影响，不宜以未经验证的物探成果作为施工图设计和地基处理的依据。

物探作为岩溶地区勘察的重要手段，应与其它勘察方法相结合。物探在查明岩溶洞隙及其伴生土洞、塌陷的分布、发育程度、发育规律、岩面起伏形态和覆盖层厚度方面具有其它手段不可替代的优势。物探方法门类较多，适用条件、勘察精度和分辨能力各不相同，应通过现场适宜性试验选择最优的方法。地区经验

也具有很好的借鉴意义。

5.1.7 本条规定了岩溶场地勘察时，初步勘察阶段钻孔深度的要求。广东省标准《岩溶地区建筑地基基础技术规范》DBJ/T 15-136 是根据工程重要性等级对勘察钻孔深度作出规定，实施过程中，存在一些问题。如部分地区开孔就是中微风化岩层，钻孔的深度偏大；而对于部分地区，存在软土埋藏较深或存在土洞的场地的三级工程，一般性钻孔仅按 6m~10m，在预定深度内未揭露软土层或土洞提前终孔，也不能满足要求。同时，由于初勘钻孔没有对入岩深度做统一规定，如果入岩深度较小，钻孔揭露岩溶的概率也较小，经常出现对场地岩溶发育程度误判的情况，因此，本条要求岩溶地区初步勘察勘探孔终孔要求按入连续完整中微风化岩考虑。

当场地基岩岩面埋藏深度大或岩溶强烈发育，终孔条件钻孔深度很大时，如一级工程钻孔深度超过 50m、二级工程钻孔深度超过 40m、三级工程钻孔深度超过 30m，可以根据不同地质条件、工程重要性、拟采用的基础型式等因素，按表 5-1 确定。对入连续完整中微风化岩深度进行调整。

表 5-1 初步勘察勘探孔入连续完整中、微风化岩要求 (m)

工程重要性等级	一般性勘探孔	控制性勘探孔
一级（重要工程）	≥5	≥8
二级（一般工程）	≥3	≥6
三级（次要工程）	≥1	≥3

5.1.10 本条规定了施工勘察的条件和具体实施办法。岩溶中等发育以上的场地，如基础施工可能进入可溶岩岩面以下时，应进行施工勘察，通过施工勘察指导基础施工，同时确定桩底标高。对于岩溶弱发育场地，或基础不会进入可溶岩岩面以下的场地，是否进行施工勘察可以根据工程重要性、拟采用的基础型式、岩溶发育特征等综合确定。

对于承重连续墙的支护结构，宜沿连续墙纵向布置勘探孔，钻孔间距可以采用 1m 左右，也可采用跨孔 CT 法查明连续墙持力层岩溶发育特征，确定墙底标高。

对于嵌岩桩，本条规定的钻孔数量与广东省标准《岩溶地区地基基础技术规范》DBJ/T 15-136 一致，并进一步明确了一桩多孔的布置方法和孔中物探方法。实际实施时，钻孔的数量可以根据岩溶发育程度、桩基础的重要性等因素适当调整。鉴于岩溶地区地质条件的复杂性，采用“一桩一孔”钻探资料进行设计，嵌岩桩存在巨大风险。广东省标准《岩溶地区地基基础技术规范》DBJ/T 15-136 明

确了嵌岩桩应一桩多孔或单孔辅以孔中物探。广东省内在岩溶区施工勘察中应用孔中物探已有非常成熟的工程经验,桩径 2m 以内基本采用“一桩一孔一管波”。

据统计,管波法已经全国超百家勘察设计单位,近十多年来在高层建筑、高速公路、高速铁路、水运工程、城市轨道交通等领域超千项工程,超过三十万例桩位岩溶勘察的实施验证。省内也有十余家勘察设计单位,近十多年来在高层建筑、高速公路、城市轨道交通等领域应用超过六万个桩位。现在,管波法已是一种同行业专家、学者公认的理论成熟、依据充分、勘探效果显著的孔中物探方法,取得了良好的经济效益和社会效益。

管波法应用于岩溶区嵌岩桩桩位岩溶探测,一般与桩位超前钻探同步进行。其利用桩位中心的一个超前钻孔,即可快速、准确、全面查明整个桩位的岩溶发育情况,评价基桩持力层岩土性状,指导基桩设计和施工。其有效探测直径约 2m,可分辨大于 0.3m 的孔旁岩溶、软弱岩层及裂隙发育带,定位误差小于 0.3m。实施验证表明,管波法具有可靠性高、分辨能力强、精度高、快速、准确等优点,对桩径 2m 以内的桩,“一桩一孔一管波”可完全覆盖整个桩位,替代“一桩多孔”钻探,显著节约投资与工期。

5.2 滑坡

5.2.1 广东省滑坡分布广泛,规模以中、小型滑坡为主。广东省滑坡的空间分布特征主要受斜坡的地层岩性、地质构造、地形地貌、斜坡水文地质结构和降雨作用的控制。考虑到滑坡勘察的特点,应进行专门的滑坡勘察。

滑坡严重威胁工程安全,原则上应在工程建设前完成勘察、治理工作。但仍有部分已建工程因前期不重视或暴雨等原因导致场地或其附近出现对工程安全有影响的滑坡或有滑坡可能,也应进行专项滑坡勘察。滑坡勘察尚应符合《滑坡防治工程勘查规范》GB/T 32864 的相关规定。

5.2.4 物探可作为辅助勘查手段,不宜单独以物探结果直接作为防治工程设计依据。

5.2.6 滑坡调查应在勘察的前期准备阶段进行,作为滑坡防治工程勘察项目立项和布置勘探工作的依据。工程地质测绘应充分收集已有资料,了解前人工作程度。施工条件对滑坡治理工程造价影响较大,应调查施工征地、临时道路、房屋和坟墓等拆迁对象、水电供应、弃土场、青苗情况等。近年来,无人机技术发展迅速,无人机技术具有低成本、灵活、适应性强等优点,非常适合地质灾害调查工作,

滑坡工程地质测绘和调查中宜使用。

5.2.7 对于拟治理滑坡，勘探孔深度应超过支护结构最大深度。物探方法的选择可参考《滑坡防治工程勘查规范》GB/T 32864 附录 C。

5.2.8 滑带土的抗剪强度指标直接影响滑坡稳定性计算结果，应使稳定性计算结果与实际相符。滑带土抗剪强度指标应根据试验成果，结合经验反演和类比综合确定。当用反分析方法检验滑动面抗剪强度指标时，应采用滑动后实测主断面计算，对正在滑动的滑坡体，稳定系数 F_s 可取 0.95~1.00，对处于暂时稳定的滑坡体，稳定系数 F_s 可取 1.00~1.05。

5.2.9 由于影响滑坡稳定的因素十分复杂，计算参数难以选定，计算的模型与实际情况亦存在着偏差，故不宜单纯依靠计算，应综合评价。对于岩土混合边坡，必须注意沿土岩界面（软弱结构面）滑动的可能性，尤其是当土岩界面有地下水渗出时，土岩界面的参数取值必须慎重。

定量分析评价可根据滑动面类型和物质组成选择下列计算方法。

1 土质滑坡，包括 2 种滑动面类型：

- 1) 折线形滑动面：用传递系数法进行稳定性评价和推力计算；
- 2) 圆弧形滑动面：用毕肖普法（Bishop 法）进行稳定性评价和推力计算。

2 岩质滑坡，包括 3 种滑动面类型：

- 1) 折线形滑动面：用传递系数法进行稳定性评价和推力计算；
- 2) 单一平面滑动面：用二维块体极限平衡法进行稳定性评价和推力计算；
- 3) 多组弱面组合滑动面：用二维块体极限平衡法进行稳定性评价和推力计算。

3 岩土混合滑坡应根据滑坡岩土空间分布情况分区段分别采用上述土质或岩质滑坡稳定性计算方法，具体可采用圆弧滑动法、直线滑动法、赤平投影、三维楔形体稳定性分析法等进行判别或计算。

5.2.10 本提纲是编写滑坡详细勘察报告的建议提纲，可根据实际情况做相应调整或简化。

前言包括任务由来、勘察工作概况、勘察工作依据、勘察目的与任务、以往工作程度、勘察阶段及范围、勘察方法及完成工作量等；勘察区自然地理与地质环境条件包括地理位置及交通、气象和水文、地形地貌、地层与岩石、地质构造与地震、水文地质条件、人类工程活动等；滑坡类型与基本特征包括形态特征及

边界条件、滑体特征、滑带特征、滑床特征、滑坡水文地质特征、变形破坏特征、影响因素及形成机制、滑坡类型等；滑坡稳定性评价包括滑坡稳定性定性分析、滑坡稳定性计算、综合评价等；滑坡危害性预测包括危害范围、威胁人数、可能造成的经济损失等；拟治理工程部位工程地质条件包括工程地质条件、存在的主要工程地质问题、施工条件等；滑坡防治方案和监测建议包括防治方案和监测建议、防治工程设计参数建议等。

5.3 危岩和崩塌

5.3.1~5.3.2 在山区选择场址和考虑总平面布置时,应判定山体的稳定性,查明是否存在危岩和崩塌。实践证明,这些问题如不在选择场址或可行性研究阶段及早发现和解决,会给工程建设造成巨大的损失。因此,本条规定危岩和崩塌勘察应在选择场址或初步勘察阶段进行。

危岩和崩塌的涵义有所区别,前者是指岩体被结构面切割在外力作用下产生松动和塌落,后者是指危岩的塌落过程及其产物。

5.3.3 工程实际中分水岭以下都可能存在危岩体,对其进行全面调查、勘察与防治将工程投入巨大,实际工作中无此必要。一级谷肩,是指由于侵蚀基准面下降或构造运动抬升,在古谷地中下切形成谷中谷,离新河谷最近的老谷地之底则成为新河谷的一级谷肩,一般指从河床底或谷地往上至一级谷肩,地形明显变缓,且具一定宽度,地形上存在一明显缓冲。从工程风险概念,一级谷肩以下危岩体对工程危害程度相对较大,而一级谷肩以上危岩体绝大多数危岩体对工程无危害,只有明确的且对工程危害较大的一级谷肩以上危岩体才可进行专项调查或者可不进行相应工作。

5.3.5 危岩和崩塌勘察的主要方法是进行工程地质测绘和调查,着重分析研究形成崩塌的基本条件,这些条件包括

1 地形条件:斜坡高陡是形成崩塌的必要条件,规模较大的崩塌,一般产生在高度大于 30m,坡度大于 45°的陡峻斜坡上;而斜坡的外部形状,对崩塌的形成也有一定的影响;一般在上陡下缓的凸坡和凹凸不平的陡坡上易发生崩塌;

2 岩性条件:坚硬岩石具有较大的抗剪强度和抗风化能力,能形成陡峻的斜坡,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,形成锯齿状坡面,当岩层上硬下软时,上陡下缓或上凸下凹的坡面亦易产生崩塌;

3 构造条件:岩层的各种结构面,包括层面、裂隙面、断层面等都是抗剪性较低的、对边坡稳定不利的软弱结构面。当这些不利结构面倾向临空面时,被切割的不稳定岩块易沿结构面发生崩塌;

4 其他条件：如昼夜温差变化、暴雨、地震、不合理的采矿或开挖边坡,都能促使岩体产生崩塌。危岩和崩塌勘察的任务就是要从上述形成崩塌的基本条件着手,分析产生崩塌的可能性及其类型、规模、范围,提出防治方案的建议,预测发展趋势,为评价场地的适宜性提供依据。

5.3.6 危岩的观测可通过下列步骤实施：

- 1 对危岩及裂隙进行详细编录；
- 2 在岩体裂隙主要部位要设置伸缩仪,记录其水平位移量和垂直位移量；
- 3 绘制时间与水平位移、时间与垂直位移的关系曲线；
- 4 根据位移随时间的变化曲线,求得移动速度。

必要时可在伸缩仪上联接警报器,当位移量达到一定值或位移突然增大时,即可发出警报。

5.3.8 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,圈出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的建议。

5.4 泥石流

5.4.1 广东省泥石流数量相对较少,大多为中、小型坡面泥石流,主要以暴雨为其水源,但由于广东省人口密集,经济发达,人类工程活动强烈,使得泥石流造成的损失相当严重。广东省泥石流主要分布在粤北的韶关、清远,粤西的云浮、阳江,珠江三角洲的从化、花都、深圳,粤东的梅州、汕尾等地。泥石流对工程威胁很大,应在工程前期发现和解决。考虑到泥石流勘察的特点,应进行专门的泥石流勘察。泥石流勘察可参照《泥石流灾害防治工程勘查规范》T/CAGHP 006的相关规定。

工程物探可用于查明难以采用钻探的泥石流物源区和堆积区堆积体的分层结构、厚度、基覆界面情况,应充分利用地质测绘成果和钻探、井探、槽探成果解译,物探仪器探测深度应大于推测的覆盖层厚度、基覆面埋深、软夹层深度、地下水埋深等,宜采用高密度电法、地质雷达、浅层地震、瑞雷利面波法等。

5.4.2 泥石流工程地质测绘范围应包括沟谷至分水岭的全部地段和可能受泥石流影响的地段。泥石流工程地质测绘和地质环境条件调查除应遵守现行国家标准、规范及本标准第9章的规定外,尚应符合下列要求：

1 收集流域内气象水文、社会经济发展及相关规划、土壤植被、地形地质、泥石流调查评价及沟域内既有工程的相关资料；

2 暴雨强度、前期降雨量、一次最大降雨量、一次降雨总量、平均及最大流量,地下水活动、地表水体情况；

3 地形地貌特征包括斜坡形态、类型、结构、坡度，以及悬崖、沟谷、河谷、河漫滩、阶地、沟谷口冲积扇等，沟谷的发育程度、切割情况、坡度、弯度、粗糙程度，微地貌组合特征、形成时代及其演化历史，并划分泥石流的形成区、流通区和堆积区，圈绘整个沟谷的汇水面积；

4 地质构造应核实调查主要活动断裂性质、方向、活动强度和特征及其地貌、地质证据，分析活动断裂与泥石流等地质灾害的分布及成生关系。调查沟域内各种构造结构面、原生结构面和风化卸荷结构面的产状、形态、规模、性质、密度及其空间组合关系；

5 岩土体工程地质调查，包括地层层序、地质时代、成因类型、岩性特征、接触关系、工程岩组特征、斜坡结构特征、岩体风化特征、土体工程地质特征；

6 人类工程经济活动调查，包括泥石流活动范围内人类生产、生活设施状况，人类活动造成的水土流失情况，弃土弃渣，水利工程情况；

7 形成区的物源类型、分布、规模和启动方式；水源类型、水量、汇水条件、山坡坡度，岩层性质和风化程度；断裂、滑坡、崩塌、岩堆等不良地质作用的发育情况及可能形成泥石流固体物质的分布范围、储量；

8 流通区的沟床纵横坡度、堵点、跌水、卡口、弯道、冲淤段等的特征；沟床两侧山坡坡度、稳定程度，沟床的冲淤变化和泥石流的痕迹；

9 堆积区的堆积扇分布范围，表面形态，纵坡，植被，沟道变迁和冲淤情况；堆积物的性质、层次、厚度、一般粒径和最大粒径；判定堆积区的形成历史、堆积速度，估算一次最大堆积量；沟道的排泄能力、与主河的关系及主河的输沙能力，泥石流冲淤及危险区范围、威胁对象及财产；

10 泥石流沟谷的活动历史及危害，历次泥石流的发生时间、频数、规模、形成过程、暴发前的降雨情况和暴发后产生的灾害情况；近期泥石流物源启动位置、泥痕、淤积漫流范围、受灾房屋、公路、桥梁、农田等应进行测绘并统计泥石流造成的人员伤亡和财产损失情况；

11 既有工程分布位置、类型、结构、地基基础及运行效果等；

12 施工条件应调查施工征地、临时道路、房屋和坟墓等拆迁对象、水电供应、弃土场、青苗情况等；

5.4.5 泥石流可根据流域特征、物质特征、水源和物源成因、集水区地貌特征、物质组成、流体性质、一次性暴发规模及暴发频率进行分类；或根据泥石流特征、流域特征、严重程度、流域面积、固体物质一次冲出量、流量、堆积区面积，对泥石流进行工程分类。可按表 5-2 进行分类。

表 5-2 泥石流的工程分类和特征

类别	泥石流特征	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)
I 高频率泥石流沟谷	基本上每年均有泥石流发生。固体物质主要来源于沟谷的滑坡、崩塌。暴发雨强小于 2~4mm/10min。除岩性因素外, 滑坡、崩塌严重的沟谷多发生黏性泥石流, 规模大, 反之多发生稀性泥石流, 规模小	多位于强烈抬升区, 岩层破碎, 风化强烈, 山体稳定性差。泥石流堆积新鲜, 无植被或仅有稀疏草丛。黏性泥石流沟中下游沟床坡度大于 4%	I ₁	严重	>5	>5	>100	>1
			I ₂	中等	1~5	1~5	30~100	<1
			I ₃	轻微	<1	<1	<30	—
II 低频率泥石流沟谷	暴发周期一般在 10 年以上。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。暴发雨强, 一般大于 4mm/10min。规模一般较大, 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 表中流量对高频率泥石流沟指百年一遇流量; 对低频率泥石流沟指历史最大流量;

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。

5.4.6 本提纲是编写泥石流详细勘察报告的建议提纲, 可根据实际情况做相应调整或简化。

前言包括任务由来、勘察工作概况、勘察工作依据、勘察目的与任务、以往工作程度、勘察阶段及范围、勘察方法及完成工作量等; 勘察区自然地理与地质环境条件包括地理位置及交通、气象和水文、地形地貌、地层与岩石、地质构造

与地震、水文地质条件、人类工程活动；泥石流形成条件包括地形地貌及沟道条件、物源条件、水源条件；泥石流基本特征包括泥石流危害、沟道冲淤特征、堆积物特征、发生频率和规模、成因机制和引发因素、潜在堵点特征；泥石流特征值计算包括流体容重、流量、流速、一次泥石流过流总量、一次泥石流固体冲出物、整体冲压力、爬高和最大冲起高度、弯道超高；滑坡崩塌集中物源参与泥石流活动分析包括物源所在斜坡特征，物源点形态、堆积体规模和地质结构特征、物源体变形破坏情况、物源启动特征分析、参与泥石流活动方式及动储量计算；泥石流活动和发展趋势预测包括泥石流易发程度、泥石流发生频率和发展阶段、泥石流可能冲出规模及危险区范围预测；工程建设适宜性评价包括泥石流分类、工程建设适宜性评价；拟设治理工程部位工程地质条件包括稳坡固源区工程地质条件、拦砂坝区工程地质条件、排导槽区工程地质条件、施工条件；既有防治工程评述及泥石流防治方案和监测建议包括既有防治工程评述、防治工程目标及总体治理思路、防治工程设计参数建议、防治方案和监测建议。

5.5 采空区

5.5.1 地下矿层被开采后形成的空间称为采空区。采空区分为老采空区、现采空区和未来采空区。老采空区是指历史上已经开采过，现已停止开采的采空区；现采空区是指正在开采的采空区；未来采空区是指计划开采而尚未开采的采空区。

5.5.2 采空区对拟建工程影响程度分为大、中等和小，可根据采空区场地稳定性、建筑物重要程度和变形要求、地表变形特征及发展趋势、地表移动变形值、采深或采深采厚比、垮落裂隙带的密实状态、活化影响因素等，采用工程类比法、采空区特征判别法、活化影响因素分析法、地表剩余变形判别法等方法进行判别，宜按表 5-3~5-6 的规定划分。

表 5-3 按场地稳定性及工程重要性等级定性分析采空区对工程的影响程度

场地稳定性	拟建工程重要程度和变形要求		
	重要拟建工程、 变形要求高	一般拟建工程、 变形要求一般	次要拟建工程、 变形要求低
稳定	中等	中等~小	小
基本稳定	大~中等	中等	中等~小
不稳定	大	大~中等	中等

表 5-4 采用工程类法定性分析采空区对工程的影响程度

影响程度	类比工程或场地的特征
大	地面、建筑物开裂、塌陷，且处于发展、活跃阶段
中等	地面、建筑物开裂、塌陷，但已经稳定 6 个月以上且不再发展
小	地面、建筑物无开裂；或有开裂、塌陷，但已经稳定 2 年以上且不再发展；邻近同类型采空区场地有类似工程的成功经验

表 5-5 根据采空区特征及活化影响因素定性分析采空区对工程的影响程度

影响程度	采空区特征			活化影响因素	备注
	采空区采深 H(m)/ 采空区深厚比 H/M	采空区的密实状 态及充水状态	地表变形特征 及发展趋势		
大	$H < 50\text{m}$ 或 $H/M < 30$	存在空洞，钻探过程中出现掉钻、孔口串风	正在发生不连续变形；或现阶段相对稳定，但存在发生不连续变形的可能性大	活化的可能性大，影响强烈	具备其一
中等	$50\text{m} \leq H \leq 200\text{m}$ 或 $30 \leq H/M \leq 80$	基本密实，钻探过程中采空区部位大量漏水	现阶段相对稳定，但存在发生不连续变形的可能	活化的可能性中等，影响一般	具备其一
小	$H > 200\text{m}$ 或 $H/M > 80$	密实，钻探过程中不漏水、微量漏水但返水或间断返水	不再发生不连续变形	活化的可能性小，影响小	同时具备

表 5-6 根据采空区地表剩余变形确定采空区对工程的影响程度

影响程度	地表剩余变形				备注
	下沉值 ΔW (mm)	倾斜值 Δi (mm/m)	水平变形值 $\Delta \epsilon$ (mm/m)	曲率值 ΔK ($\times 10^{-3}/\text{m}$)	
大	>200	>10	>6	>0.6	具备其一
中等	100~200	3~10	2~6	0.2~0.6	具备其一
小	<100	<3	<2	<0.2	同时具备

5.5.6 可以根据采条件判别法和地表移动变形判别法，将采空区场地稳定性划分为稳定、基本稳定和不稳定三个等级。

开采条件判别法判别标准应以工程类比和所在地区经验为主，可参照表 5-7

综合各因素进行判别。

表 5-7 场地稳定性等级评价标准

评价因子	场地稳定性		
	不稳定	基本稳定	稳定
采空区终采时间 t (d)	$t < 0.8T$ 或 $t \leq 365$	$0.8T \leq t \leq 1.2T$ 且 $t > 365$	$t > 1.2T$ 且 $t > 730$
地表变形特征	非连续变形	连续变形	连续变形
	抽冒型或切冒型	盆地边缘区	盆地中间区
	地面有塌陷坑、台阶	地面倾斜、有地裂缝	地面无地裂缝、台阶、塌陷坑
顶板岩性	无坚硬岩层分布或为薄层或软硬岩层互层状分布	有厚层状坚硬岩层分布且 $15.0\text{m} > \text{层厚} > 5.0\text{m}$	有厚层状坚硬岩层分布且 $\text{层厚} \geq 15.0\text{m}$
松散层厚度 h (m)	$h < 5$	$5 \leq h \leq 30$	$h > 30$

注：T 为地表移动的延续时间。

地表移动变形判别法宜以地面下沉速率为主要指标，并结合其他参数按照表 5-8 综合判别。

表 5-8 按地表移动变形值确定场地稳定性等级评价标准

场地稳定性	评价因子				备注
	下沉速率 V_w (mm/d)	倾斜 Δi (mm/m)	曲率 ΔK ($\times 10^{-3}/\text{m}$)	水平变形 $\Delta \epsilon$ (mm/m)	
稳定	$< 1.0\text{mm/d}$ ，且连续 6 个月累计下沉 $< 30\text{mm}$	< 3	< 0.2	< 2	同时具备
基本稳定	$< 1.0\text{mm/d}$ ，但连续 6 个月累计下沉 $\geq 30\text{mm}$	3~10	0.2~0.6	2~6	具备其一
不稳定	≥ 1.0	> 10	> 0.6	> 6	具备其一

5.6 地面沉降

5.6.1 本条规定了本节内容的适用范围。

1 地面沉降是在自然和人为因素作用下，由于地壳表层土体压缩而导致区域性地面标高降低的一种环境地质现象，是一种不可补偿的永久性环境和资源损失。沉降原因主要包括常年抽取地下水引起水位、水压下降。

本节不包括由于以下原因所造成的地面沉降：

- 1) 地质构造运动和海平面上升所造成的地面沉降；

- 2) 地下洞穴或采空区的塌陷;
- 3) 建筑物基础沉降时对附近地面的影响;
- 4) 欠压密土的自重固结;
- 5) 地震、滑坡等造成的地面陷落。

2 本节规定适用于较大范围的地面沉降,一般在 100km^2 以上,不适用于局部范围由于抽排地下水(如基坑、隧道施工降排水)引起水位下降而造成的地面沉降。

5.6.2 地面沉降勘察包括已发生地面沉降和预计可能发生地面沉降两种情况,不同情况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,预测其发展趋势,并提出控制和治理方案;对于后者,主要预估地面沉降的可能性和可能发生的沉降量。

5.6.4 地面沉降勘察主要包括场地工程地质条件、场地地下水埋藏条件和地下水动态变化情况三个方面的内容。

抽吸地下水引起水位或水压下降,使上覆土层有效自重压力增加,引起土层尤其是软弱土层的固结,是产生地面沉降的主要原因。因此,对场地地下水埋藏条件和历年来地下水变化动态进行调查分析,对于研究地面沉降来说至关重要。

5.6.5 对已经发生的地面沉降,现状调查工作主要包括地面沉降量的观测、地下水的观测以及地面沉降范围内已有建(构)筑物、市政管网、轨道交通线路等的调查。

地面沉降量的观测通常以高精度的水准测量为基础,其方法和要求应按现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB 12897 规定执行。但往往由于地面沉降的发展较为缓慢,周期较长,常规水准测量方法难以满足观测要求,因此,对于大面积的地面沉降,可采用 InSAR 长期监测数据结合局部水准测量的技术手段进行调查和分析。

广州市城市规划勘测设计研究院深入分析了广州市南沙、番禺、白云、花都、从化、增城等区多年现场监测和 InSAR 数据,研究发现广州地面沉降主要集中在软土最为发育的南沙区和番禺区。区域沉降量大小与软土厚度值的大小成正相关,即软土厚度大的地方沉降量也大,局部一些软土厚度较大地区,但沉降量相对较小,主要是因为农田广泛分布,人类工程活动较少。

自 1990~2019 年,南沙区呈整体下降趋势,累计沉降量呈北小南大的规律;存在东涌—大岗—横沥—珠江—万顷沙沉降带,沉降速率较快,沉降速率普遍大于 15mm/a ,其中沉降速率最快的区域主要集中在万顷沙南部、龙穴岛一带,沉降速率普遍大于 20mm/a ,南沙海港大厦以西、集装箱三期码头年平均沉降速率大于 30mm/a ;沉降带两侧的东涌、榄核、黄阁、南沙街道等年均沉降量大都在

处于 5mm/a~15mm/a 区间；局部山地丘陵地带，沉降量较小。

番禺区地面沉降主要集中在东部软土较为发育地段，其中平均沉降速率大于 20mm/a，主要分布在海鸥岛和石楼镇临江区域，软土厚度普遍在大于 20m；平均沉降速率 10~20mm/a 区间，主要分布在海鸥岛北端、石楼镇沙南村、沙北村、南派村、莲花山、化龙广汽基地临江一带；平均沉降速率 5mm/a~10mm/a 区间，主要分布在番禺东部和东南部软土厚度 10m~20m 区域。

5.6.6 对于发生地面沉降的地区，其地质环境通常以冲积平原、三角洲平原、断陷盆地为主，并且具有产生地面沉降的地质结构，即第四纪松散堆积层厚度很大，尤其是软土层厚度，与区域沉降量是成正相关的。

大量开采地下水、地下水溶性气体或石油等活动，已被公认为是人类活动中造成大幅度、急剧地面沉降的最主要原因，调查第四纪含水层的水文地质特征和地下水动态，是分析、评价和预测地面沉降的重要环节。

地面沉降作为一种缓变性、持久性的灾害，预测其沉降量和发展趋势是一大难题，国内外的地面沉降计算方法很多，包括理论计算方法、半理论半经验方法和经验方法等，由于地面沉降区地质条件和各种边界条件的复杂性，采用半理论半经验方法或经验方法，经实践证明是较简单实用的计算方法。

广州市城市规划勘测设计研究院重点分析了南沙区 1990~2018 年四个阶段的 InSAR 监测数据，得到了南沙区地面沉降的分布和发育规律；同时采用一维粘-弹-塑性模型，并考虑软土的固结蠕变特性和时空效应，建立了一种考虑主、次固结耦合的非线性沉降分析模型，对南沙区 2019~2035 年软土沉降量和沉降速率进行计算和预测。

2019 至 2035 年，南沙区东涌—鱼窝头—大岗东南部—横沥—万顷沙镇沉降带的沉降量将持续增加，年均沉降量大于 10mm/a 的区域面积约为 43.95km²，主要分布在龙穴岛作业区、南沙街道滨海半岛、万顷沙保税港加工制造业区、南沙枢纽区块、明珠湾起步区块、南沙湾区块局部、庆盛枢纽区块局部、海港区-沙仔岛作业区等；年均沉降量大于 20mm/y 的区域面积约为 0.43km²，主要分布在海港区块、龙穴岛作业区。

2019 至 2035 年，累计沉降量大于 100mm 的区域面积约为 100.67km²，主要分布在龙穴岛作业区、南沙街道滨海半岛、万顷沙保税港加工制造业区、南沙枢纽区块、明珠湾起步区块、南沙湾区块局部地区、庆盛枢纽区块局部地区、海港区-沙仔岛作业区、万顷沙镇同兴村等；局部地区累计沉降量大于 200mm 的面积约为 11.48km²，主要集中在万顷沙镇以及龙穴街道等。

5.7 地面塌陷

5.7.1 近年，管道老化破损漏水、地下空间开发或建构筑物施工、地铁或综合管廊施工等非岩溶地质原因诱发的地面塌陷时有发生，且具备隐蔽性和突发性的特点，一旦发生地面塌陷，极易造成人员伤亡和财产损失，造成严重的恐慌和不良影响，为了社会公共利益，地面塌陷前的隐患或塌陷后的调查、勘察是非常有必要的。

岩溶地质、采空区导致的地面塌陷原因较复杂，一般情况下勘察的范围较大，收集资料多，相关工作耗时较长，且多为基础地质调查的工作范畴，目前相应的专业规范亦有规定，故不列入本标准规定的勘察范围，可参照使用。

根据近年地区工作经验，城市主干道路、广场、重要管线沿线及周边、老城区区的人口密集区等宜定期进行塌陷隐患调查工作；排水管涵、河道周边等区域，宜在汛前、汛后进行调查；新建的重要地下建构筑物及地下空间影响范围内，应在工程施工前后或工况突变后进行塌陷隐患调查工作。存在重大塌陷隐患或发生了塌陷的地方应第一时间进行勘察工作，及时提出控制和治理方案建议，避免塌陷影响进一步扩大。

5.7.4 本条对勘察方法仅作原则性的规定，主要是基于如下考虑：1) 隐患调查及既有地面塌陷勘察为综合性较强、复杂的岩土工程问题，单一的勘察方法得到的结果准确性有限，故采用不同方法相互印证有利于提高勘察成果的精确度。2) 塌陷隐患或既有塌陷往往涉及城市人民生命、财产或建构筑物的安全问题，调查、勘察、治理等工作刻不容缓；且经常发生在交通繁忙、人员密集、场地狭窄等场地。故从空间、环境等方面考虑，理论上最好、最直接的勘察方法并不一定是最适用的。根据实际工作环境、时间要求、勘察任务要求选用切实可行的勘察方法才是必要的。

塌陷隐患调查和既有地面塌陷勘察在工作方法和手段的选择上有共同点亦存在各自的侧重点，如收集资料、工程测绘、调查分析是二者均必须采用的工作方法。隐患调查宜侧重于无损、高效的探测手段，故工程物探是较好的选择，但工程物探受干扰因素较多且成果解析往往具有多解性的特点，故宜采用钻探、挖探等直接方法加以验证。既有地面塌陷勘察既要注重准确性也要突出及时性，故间接和直接方法宜并重。

每种工程物探方法均有自己的优缺点和适用范围,如地质雷达受电磁干扰较大,对不同的介质应选择适宜频率的天线,且探测深度较小;高密度电法对介质的固有电阻的差异性要求较高,易受电磁干扰,但探测深度较大。故工程物探方法的选择应充分的考虑塌陷类型、介质特性、工作环境、探测深度等影响因素,择优选用。钻探施工用水、人工开挖形成的临空面、工程物探法产生的震动等因素可能对塌陷及影响范围带来新的不利影响,易导致塌陷提前发生或已经发生塌陷的范围进一步扩大等现象,故应采取合理、安全的措施规避不利的影响产生。

5.7.5 塌陷勘察工作经常存在时限性,往往是越快越好,且受投资、影响程度、关注重点、任务要求等不同,勘察工作深度有一定的差异,如量化勘察工作布置,可操作性不强,故本条对勘察工作布置仅做原则性的规定。

6 特殊性岩土

6.1 填土

6.1.1 根据《岩土工程勘察规范》GB 50021 对于素填土的定义,其包含素填土、填石、填砂三种类型的填土,不仅组成材料和工程性质差异很大,与其对应的工程处理措施也有较大不同,用素填土统称的方式容易引起误导和混乱,而在现实勘察工作中也多依据填土对工程的影响进行了分类,因此在本条中将素填土进行了细分,确定了量化标准,另外由于填土组成的复杂性,不同的含量及颗粒粒径对工程的影响与处理措施存在较大差异,量化分类的同时还应对各分类进行必要的成分及含量描述。

6.1.4 填土的勘察方法,应针对不同的物质组成,采用不同的手段。轻型动力触探适用于黏性土、粉土素填土,静力触探适用于冲填土和黏性土素填土,动力触探适用于粗粒填土。杂填土成分复杂,均匀性很差,单纯依靠钻探难以查明,应有一定数量的探井。近年来,地球物理勘探方法发展很快,探地雷达、面波测试、剪切波速测试以及神经网络多参数非线性预测理论等方法均可定性地进行大面积填土的均匀性评价,采用钻探与地球物理勘探相结合的方法可提高勘察工作效率。

6.1.5 素填土和杂填土可能有湿陷性,如无法取样作室内试验,可在现场用浸水载荷试验确定。本条的压实填土指的是压实黏性土填土。

6.1.6 除了控制质量的压实填土外,一般说来,填土的成分比较复杂,均匀性差,厚度变化大,利用填土作为天然地基应持慎重态度。

6.2 软土

6.2.1~6.2.2 我省沿海、沿江流域广泛分布有软土层,尤其江河出海口处沉积的软土层厚度极大且往往与其他地层呈韵律沉积或夹层、互层发育,软土的工程特性包括高压缩性、低强度、高灵敏度、低透水性和高流变性,且在较大地震力作用下可能出现震陷,新填方区的软土一般为欠固结土。软土中生物碎屑、腐殖质砂土等的含量影响软土层的物理力学性质,同时直接影响软基处理的水泥土搅拌桩的成桩质量。随着我省建设规模的发展,软土分布地区的地坪沉降、基坑失稳、桩基损坏等问题日益凸显,本条提出的软土勘察应查明内容,旨在为软基沉降控制、软基处理、基础选型等需要采取的工程措施提供更可靠的依据。

6.2.3 我省沿海地区软土强度低、结构敏感性高,易扰动,保证取土质量是十分重要的;采用十字板剪切试验测定内摩擦角近似为零的软土强度和静力触探试验

进行精确分层在我省软土地区应用最为广泛，积累了非常丰富的经验，可根据场地条件和工程特点采用十字板剪切试验孔或静力触探孔取代一定数量的勘探孔，其他原位测试方法可根据工程的特点和要求进行。

6.2.4 软土层厚度较大时，其成层过程中随着沉积时间和环境的改变其成分及力学性质在不同深度处可能存在一定的差异性，其工程特性随深度的变化有较大的差异；当软土层上部分布堆填时间较长的填土或勘探前经过预压处理时，软土的工程特性随深度变化也有较大的差异；查明不同深度处软土的物理力学指标对于地基稳定性和沉降分析、基坑的支护设计等意义重大。

6.2.5 勘探点的间距除应根据各类工程特点满足本标准第4章的要求外，还应根据土的成因类型和地基复杂程度采用不同布置的原则。当地层中的软土层起伏较大或软土呈夹层、透镜体分布时，及遇到暗埋的塘、浜、沟、坑、穴等不良地质条件时易产生不均匀地基沉降和对基坑工程的不利影响，进而可能影响建（构）筑物和基坑支护结构的安全使用，查明上述不良地质条件的发育情况有利于指导基础选型、地基处理及基坑支护等工程设计和施工。

6.2.6 欠固结软土层的固结沉降过程产生的地下管网断裂、地面沉降、建（构）筑物开裂、桩基础负摩阻力等工程问题日渐凸显，查明欠固结软土层的分布厚度，是软基处理必要的依据。

6.2.7 土的抗剪强度指标，当采用室内试验确定时，宜采用三轴试验，鉴于我省长期工程实践中已积累了相关经验，通常情况下直接剪切试验指标也可采用；查明软土的固结历史，确定其固结程度，为软土沉降产生的病害防治提供相应的数据支撑，对工程建设具有重要的意义。

6.2.8 软土的岩土工程分析与评价应考虑下列问题：

1 当采用天然地基浅埋基础时，应评价建筑物下卧软土层的不均匀性造成地基失稳和过大沉降差的可能；

2 当建筑物位于池塘、河岸及边坡附近时，应注意岸坡的稳定性；

3 软土的地基承载力特征值不宜单靠理论计算，要结合当地经验综合评定；

4 当场地内分布欠固结软土时，其固结沉降容易引起地坪开裂、地下管网断裂地基与基础分离及对桩基础产生负摩阻力等一系列的不利影响，应提出相应的防治建议；

5 当场地内建筑物相邻太近且荷载相差较大或建筑物附近需进行大面积堆载时应考虑软土地基对建筑物的不利影响并提请设计重点关注，采取相应措施。

6.3 红黏土

6.3.1 红黏土是红土的一个亚类，母岩为碳酸盐岩系（包括间夹其间的非碳酸盐岩类岩石），是经湿热条件下的红土化作用形成的特殊土类。红黏土包括原生与次生红黏土。颜色为棕红或褐黄，覆盖于碳酸盐岩系之上，其液限不小于 50% 的高塑性黏土，可判定为原生红黏土，其成因类型为残积。原生红黏土经搬运、沉积后仍保留其基本特征，且其液限大于 45% 的黏土，可判定为次生红黏土，其成因类型为冲积。原生红黏土比较易于判定，次生红黏土则可能具备某种程度的过渡性质。勘察中可通过第四纪地质、地貌的研究，根据红黏土特征保留的程度确定是否判定为次生红黏土。

我省红黏土主要分布于灰岩发育的局部地区，以原生红黏土为主。红黏土的矿物成分主要为高岭石、伊利石和绿泥石，小于 0.003mm 的胶粒含量占 40%~70%，粒度组成具有高分散性。具有天然含水率高、孔隙比大、液塑限高、水稳性差等特点。其物理力学指标见表 6-1。

表 6-1 红黏土物理力学指标经验值

天然含水率 (%)	孔隙比 e	液限 w_L (%)	塑限 w_p (%)	塑性指数 I_p	饱和度 S_r (%)	压缩系数 a (MPa ⁻¹)	自由膨胀率 δ_{ef} (%)
30~75	0.7~3.1	40~100	30~60	35~50	80~100	0.1~0.4	35~60

红黏土的 CBR 值小于 3，水稳性差，不能直接用作建筑工程填料；在水平方向上，地基压缩层厚度往往相差悬殊，并具有上硬下软的特点，地基易产生不均匀沉降，导致基础变形开裂；红黏土地区，裂隙发育，破坏土的整体性，降低土体的强度，严重时，可形成深长地裂，长可达数百米，深可延伸至地表下数米，给地表建筑造成严重损坏；岩溶发育地段，可有土洞发育，严重影响地基稳定；挖方基坑，土体的胀缩变形，可降低边坡土体强度，引起坡面冲刷、滑坡等地质灾害。工程地质勘察要注重对红黏土的鉴别。

6.3.3 红黏土地区的工程地质测绘和调查，是在一般性的工程地质测绘基础上进行的。其内容与要求可根据工程现场的实际情况确定。条文中提及的六个方面，工作中可以灵活掌握，有所侧重，或有所简略。

6.3.4 由于红黏土具有垂直方向湿度状态变化大，以及水平方向厚度变化也大的特点，故地基勘探中采用较密的勘探间距。厚度变化大的地段，勘探点间距还可加密。

红黏土底部常有软弱土层，基岩面的起伏也很大，故勘探深度不宜单纯根据地基变形计算深度来确定，以免漏掉对场地与地基评价的重要信息。因此，

在地基变形计算深度内存在软塑土时，宜加深勘探深度。

对于基岩面高低不平，基岩面倾斜或有临空面时，嵌岩桩容易失稳，宜进行施工勘察。

6.3.5 水文地质条件对红黏土评价是非常重要的因素。仅仅通过地面的测绘调查往往难以满足岩土工程评价的需要。此时补充进行水文地质勘察、试验、观测工程是必要的。

6.3.6 裂隙发育是红黏土的重要特性，故红黏土的抗剪强度宜采用三轴试验。红黏土有收缩特性，收缩再浸水(复水)时又有不同的性质，故必要时可做收缩试验和复浸水试验。因此，当采用直接快剪试验指标时，对计算参数予以修正，对 c 值乘 0.6~0.8，对 φ 值乘 0.8~1.0。

红黏土以失水收缩为主，遇水膨胀作用不明显，故土样试验不仅要测定自由膨胀率还要测定土的线收缩率和不同压力下土的相对膨胀率，并评价红黏土的胀缩性等级和红黏土地基的胀缩等级。

6.3.7 红黏土承载力的确定方法，原则上与一般土并无不同，宜采用多种测试手段综合确定。特别注意的是红黏土裂隙的影响以及裂隙发展和复浸水可能使其承载力下降。考虑到各种不利的临空边界条件，尽可能选用符合实际的测试方法。实践中已积累的确定红黏土承载力的地区性成熟经验，需充分利用，但对于工程重要性等级为一级的工程宜进行静载荷试验。由于红黏土收缩裂隙的发育破坏了土的结构，复浸水后强度降低，因此在确定承载力特征值时综合考虑这些特征。

6.4 风化岩和残积土

6.4.2 本条规定了风化岩和残积土勘察的任务，但对不同的工程应有所侧重。如作为建筑物天然地基时，应着重查明岩土的风化程度、埋深、厚度及均匀性及沿水平和垂直方向上颗粒组成、强度和压缩性变化规律，作为桩基础时应重点查明岩脉、花岗岩球状风化体(孤石)、风化不均、风化深槽、破碎带和软弱夹层的分布。

6.4.3 勘探点布置除遵循一般原则外，对层状岩应垂直走向布置，并考虑具有软弱夹层的特点。

勘探取样，规定在探槽或探井中刻取或采用双重管、三重管取样器，目的是为了保证采取风化岩土样质量的可靠性。风化岩和残积土一般很不均匀，取样试验的代表性差，故应考虑原位测试与室内试验结合的原则，并以原位测试为主。

6.4.4 花岗岩残积土和全风化岩需测定塑性指数 I_p 、液性指数 I_L 时，应先筛去粒

径大于 0.5mm 粗颗粒，测定剩余细粒土的天然含水量 ω_f 、塑限 ω_p 和液限 ω_L 可按下列公式计算：

$$\omega_f = \frac{\omega - \omega_{0.5} \times 0.01P_{0.5}}{1 - 0.01P_{0.5}} \quad (6-1)$$

$$I_p = \omega_L - \omega_p \quad (6-2)$$

$$I_L = \frac{\omega_f - \omega_p}{I_p} \quad (6-3)$$

式中： ω_f ——花岗岩残积土细粒土的天然含水量（%）；

ω ——花岗岩残积土（包括粗、细粒土）的天然含水量（%）；

$\omega_{0.5}$ ——粒径大于和等于 0.5mm 颗粒的吸着水含水量（%），无试验资料时取 12%；

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

ω_L ——粒径小于 0.5mm 颗粒的液限（%）；

ω_p ——粒径小于 0.5mm 颗粒的塑限（%）。

6.4.6~6.4.7 岩石地基的承载力特征值可采用岩体荷载试验直接确定，当进行大型载荷试验或大型剪切试验有困难时，对于完整、较完整岩石，可采用饱和单轴抗压强度作为评价承载力的基础。

6.4.7 风化岩和残积土一般很不均匀，当基础施工或基槽开挖时发现与勘察报告不符，应进行补充勘察，进一步查明岩土分布特征。

6.5 花岗岩球状风化体（孤石）

6.5.1 球状风化体是自然界中受不同方向节理切割的岩块经长期风化作用后，岩块边缘和隅角逐渐消失，最终形成的球状或椭球状岩石，一般发育于花岗岩、花岗片麻岩和混合花岗岩等花岗质岩石的残积土、全风化带和强风化带，又称孤石。花岗岩球状风化体的成分类型仍为岩石，因此采用岩石的分类和鉴定方法对其进行分类和鉴定。

6.5.2 花岗质岩石不同地貌单元、不同深度的残积土、全风化带、强风化带中均有发育花岗岩球状风化体的可能。盾构法施工如遇球状风化体，掘进非常困难并频繁卡刀盘，令盾构机姿态难以控制，刀具磨损非常严重，刀座和刀盘易变形，特别是在隧道地质条件较差或球状风化体上方存在地面建筑物、繁忙道路及密集管线时，盾构法掘进时震动很大，刀盘压力较难控制，对保护地面环境极为不利。基坑围护结构施工和桩基施工遇球状风化体时，成槽和成孔困难。对于桩基工程，

由于残积土和岩石全风化带、强风化带中发育球状风化体，会增加嵌岩桩的持力层位判定困难，若将球状风化体误判为嵌岩桩持力层，将可能造成安全隐患。对于天然地基和浅基础，球状风化体会影响地基均匀性。此外，球状风化体还会造成顶管难以顶进，影响地基处理方法选择。因此，球状风化体勘察除满足本标准其它章节规定外，还应满足本条规定提出的勘察要求。

6.5.3 球状风化体对盾构法、顶管法、基坑围护结构和桩基施工的影响均不可忽视，当球状风化体强烈发育时，球状风化体对工程安全、施工工期、工程周边环境保护、建设投资控制等的影响会更突出。岩土工程勘察应考虑球状风化体发育程度对场地复杂程度定级、勘察等级划分的影响。

本标准关于球状风化体发育程度的划分方法与《建筑地基基础设计规范》GB 50007 划分岩溶发育程度类似。球状风化体揭示率是指在花岗质岩类场地中揭示出球状风化体的钻孔数量与全部钻孔数量的百分比，球状风化体线发育率是指在花岗质岩石勘察场地中球状风化体全部钻孔累计揭露厚度与全部钻孔揭露花岗岩类残积土及全、强风化岩总进尺的百分比。

表 6.5.3 中不同发育程度的各界限值参考了广州地铁的划分经验。与广州地铁划分标准不同的是，本标准按球状风化体线发育率划分时中等发育、强烈发育的界限值分别为 2%、5%，广州地铁为了加强球状风化体对盾构法施工风险的防控，将中等发育、强烈发育的界限值分别取为 1%、3%，考虑本标准要满足大多数建（构）物类型和施工方法要求，本条提高了球状风化体线发育率的界限值。

总体上看，表 6.5.3 规定的球状风化体发育等级界限值远小于同等级别岩溶发育程度的界线值，这是由于球状风化体的发育机理、形成与岩溶存在本质区别。岩溶发育受地下水活动影响，溶洞一般沿水平、垂直方向发展和延伸。孤石是风化剥蚀而成，不具备发展和延伸特征，随着风化作用持续进行地层中的孤石将进一步变小。因此，自然界地层中的球状风化体发育数量、密集度比可溶盐层中的溶洞总体上要小得多。

6.5.4 球状风化体在地层中的分布复杂，不具备明显规律，采用单一勘察手段和方法是很难查明球状风化体，宜采用工程地质测绘与物探、钻探相结合的综合勘察方法进行花岗岩球状风化体的探查。

6.5.5 根据我省勘察和岩土施工经验，球状风化体常呈现“堆”状或“群”状发育的特征，已揭露球状风化体的钻孔部位发育球状风化体的概率较大，在球状风化体的可能发育的场地适当加密布置勘探点，有利于发现更多球状风化体。

6.5.6 球状风化体的直径一般在 1~3m，少数球状风化体直径会超过 5m，球状风化体发育区的钻孔应钻入岩层足够的深度方可判断是否为球状风化体。桩基工程钻探深度应穿过球状风化体后并进入稳定岩土层，对于顶管法和盾构法隧

道，钻孔深度一般应到结构底面以下不少于 1m 且钻穿球状风化体。

6.5.7 球状风化体岩石坚硬程度影响桩机和盾构机等施工设备选择，球状风化体岩石矿物组成中如果石英含量较高，将加大钻掘设备磨损。勘察时应根据设计和施工需要采取球状风化体岩样进行室内试验，查明球状风化体岩石单轴极限抗压强度和岩石矿物组成。

6.5.8 球状风化体岩土工程分析与评价时，应结合岩性类别、矿物组成、风化程度、岩石坚硬程度及球状风化体与基础和结构的关系等，评价球状体对工程的影响。

6.6 污染土

6.6.1 对于回填于场地的污泥或垃圾，应依据《危险废物鉴别技术规范》HJ/T 298 的相关规定先对回填的固体废物进行危险废物鉴定，对于属于危险废物回填土按危险废物进行处置，属于一般工业固废的按一般工业固废进行处置，处置后的场地可依据本标准进行勘察。

我省对污染场地一般先进行土壤环境调查，初步查明场地是否受到污染，再判断是否需要详细勘察。根据初步采样分析结果，如果污染物浓度均未超过《土壤环境质量建设用土壤污染风险管控标准（试行）》GB 36600 中对应用地类型的筛选值以及清洁对照点浓度（有土壤环境背景的无机物），并且经过不确定性分析确认不需要进一步调查后，可以结束勘察，否则认为可能存在环境风险需要进行详细勘察。

对污染土的勘探测试，当污染物对人体健康有害或对机具仪器有腐蚀性时，应采取必要的防护措施。

6.6.5 初步勘察宜结合土壤环境调查进行，具体内容见本标准 4.11 节。

详细勘察阶段采样点的布设应根据初步采样所揭示的污染物垂直分布规律来确定，符合污染初步采样阶段的相关要求及《场地环境监测技术导则》HJ25.2 的相关要求，采样系统布点法加密布设采样点，

详细勘察取样层位原则上应符合《场地环境监测技术导则》HJ25.2 的相关要求，采样深度应扣除地表非土壤硬化层厚度。

6.7 膨胀岩土

6.7.1 含有大量亲水矿物，湿度变化时有较大体积变化，变形受约束时产生较大内应力的岩土，判定为膨胀岩土。膨胀岩土包括膨胀岩和膨胀土。膨胀土的主要特征是：

- 1 粒度组成中黏粒（粒径小于 0.002mm）含量大于 30%；
- 2 黏土矿物成分中，伊利石、蒙脱石等强亲水性矿物占主导地位；
- 3 土体湿度增高时，体积膨胀并形成膨胀压力；土体干燥失水时，体积收缩并形成收缩裂缝；
- 4 膨胀、收缩变形可随环境变化往复发生，导致土的强度衰减；
- 5 属液限大于 40%的高塑性土。

具有上述 2、4、5 项特征的黏土岩类岩石称膨胀岩。

膨胀岩土作为基础持力层的建设工程，隧道工程洞身及其围岩、明挖工程开挖深度内、边坡工程等分布有膨胀岩土时，对工程设计和施工有重大影响，应重视。

6.7.2 本条的规定与现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GBJ 112 一致，自然环境不同，对土的含水率影响也随之而异，必然导致胀缩变形的显著区别。平坦场地和坡地场地处于不同的地形地貌单元上，具有各自的自然环境，便形成了各自的工程地质条件，将其划分为两类场地是必要的。

6.7.4 勘探孔的间距、勘探孔的深度、取土数量是根据膨胀土的特殊情况规定的。大气影响深度是膨胀土的活动带，在活动带内，适当增加试样数量。我国平坦场地的大气影响深度一般不超过 5m，故勘察孔深度要求超过这个深度。在斜坡上勘探时，可考虑整平后地面标高的变化，一般加深勘探孔的深度为 3m~5m。

采取试样要求从地表下 1m 开始，这是因为在计算含水率变化值 $\Delta\omega$ 需要地表下 1m 处土的天然含水率和塑限含水率值。根据大气影响深度及土试样胀缩性评价所需的最少土样数量，规定膨胀土地面下 8m 内必须采取土样，在大气影响深度内每隔 1m 取样 1 件（组），主要岩土层进行胀缩性试验的土试样不少于 6 件（组）。

6.7.6 因膨胀岩土的裂隙较多，易沿裂隙破坏而降低承载力，故对重要和有特殊要求的工程，宜进行浸水静载荷试验、现场剪切试验或旁压试验，以确定地基承载力特征值。

对于高层或重要的建筑物应符合《膨胀土地区建筑技术规范》GBJ 112 的规定来确定承载力。试验表明，土吸水愈多，膨胀量愈大，其强度降低愈多，俗称“天晴一把刀，下雨一团糟”。因此，如果先浸水后做试验，必将得到较小的承载力，不符合实际情况。正确的方法是，先加载至设计压力，然后浸水，再加载至极限值。

6.8 混合土

6.8.1 混合土在颗粒分布曲线形态上反映出呈不连续状。主要成因有坡积、洪积、冰水沉积。

经验和专门研究表明:黏性土、粉土中的碎石组分的质量只有超过总质量的25%时,才能起到改善土的工程性质的作用;而在碎石土中,粘粒组分的质量大于总质量的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。

6.8.2 本条是从混合土的特点出发,提出了勘察时应重点注意的问题。混合土大小颗粒混杂,故应有一定数量的探井,以便直接观察,采取试样。动力触探对粗粒混合土是很好的手段,但应有一定数量的钻孔或探井配合。

7 场地与地基的地震效应评价

7.1 活动断裂

7.1.1 活动断裂的勘察与评价是重大工程在选址时应进行的一项重要工作。重大工程的定义和分类可参照现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 相关条文说明。

7.1.3 活动断裂的活动强度不同，对场地稳定性的影响也不同。本标准关于全新活动断裂分级标准与国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 一致。

7.1.4 近年来，随着广东省大批重大工程项目建设，特别是大型电厂、水电站、交通工程等的建设，广东省积累了丰富的地震地质研究成果和工程实践资料，包括工程场地地震安全性评价报告、断裂专题勘察资料、岩土工程施工资料等，在工程中勘察与评价活动断裂可通过搜集、查询文献及工程资料，进行工程地质测绘和调查一般可满足要求。当缺乏资料或资料不充分时，应进行专门的勘探和测试工作。

本条与《工程勘察通用规范》GB 55017 一致，规定了活动断裂勘察内容的要求。

7.1.5 本条补充了活动断裂工程地质测绘和调查的特殊要求。

7.1.6 全新活动断裂地表及其附近地表变形十分强烈，破坏力巨大，无法通过采取适当的设防标准来抵御灾害的发生，因此应采取避让措施。避让的距离应综合考虑工程性质及断裂的等级、规模、产状、活动性、场地地震动参数等因素的影响分析确定。

重大工程场地或大型工业建设场地，在可行性研究勘察时，应建议避让全新活动断裂和发震断裂，避让距离应根据断裂的等级、规模、性质、覆盖层厚度、地震烈度等因素，按现行有关标准综合确定。现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011、《地下结构抗震设计标准》GB/T 51336、《地热电站岩土工程勘察规范》GB 50478 和国家行业标准《民用机场勘测规范》MH/T 5025 等对活动断裂的避让距离作出了规定。非全新活动断裂可不采取避让措施，但当浅埋且破碎带发育时，可按不均匀地基处理。

7.2 场地类别划分

7.2.5 对于大型工程项目，项目场地常涉及多种地质单元，场坪后挖方区、填方区以及挖填交界区，场地土层等效剪切波速和场地覆盖层厚度存在显著差异，单

一以某种场地类别划分显然不合理，需分区划分评价。

7.2.6 就本条规定作出如下条文说明：

1 对建筑工程，丁类建筑及丙类建筑中层数不超过 10 层、高度不超过 24m 的多层建筑，估算剪切波速需每个单体建（构）筑物至少有 1 个勘探孔达 20m 以上或孔深不足 20m 但已达中等风化基岩面，且应考虑不利组合选择估算孔。当场地或场地附近无可信资料时，至少应有一个钻孔满足划分工程场地类别对覆盖层厚度划分的要求。

对城市桥梁工程，现行国家行业标准《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166 规定，甲、乙、丙类桥梁均需实测剪切波速。

2 估算土层剪切波速时，有经验地区也可根据当地 V_s 与静力触探阻力或者标准贯入锤击数的经验关系来估算各土层的 V_s 。当估算孔的等效剪切波速处于土类别分界线（ $\pm 15\%$ ）时，估算值对场地类别划分有较大影响，此时，建议实测剪切波速来确定场地类别。

3 为划分场地类别布置剪切波速孔，其深度应大于覆盖层厚度，并分层测定土的剪切波速。当已有工程资料或当地工程经验可基本确定场地覆盖层厚度并满足以下情况时，为划分场地类别布置的勘探孔深度只需达到 20m 即可：1) 中软土覆盖层厚度明确小于 50m 或大于 50m；2) 软弱土覆盖层厚度明确小于 80m 或大于 80m。

7.3 液化判别

7.3.1 地震液化的岩土工程勘察，应包括三方面的内容，一是判定场地土有无液化的可能性；二是评价液化等级和危害程度；三是提出抗液化措施的建议。

7.3.2 场地地层初步判别为不液化或不考虑液化影响时，无需再做进一步液化判别。

7.3.3 需进一步液化判别的工程，为提高判别的准确性，规定要布置专门的液化判别孔，并对其数量、深度及测试竖向间距等作出规定。专门布置的液化判别孔，是指满足液化判别相关要求钻孔，也可兼做采取土试样和进行原位测试的勘探孔。对于市政类工程，由于种类多样，规模大小不一，小桥、涵洞等小型点状构筑物液化判别孔的数量不少于 1 个。

通常情况下液化判别深度应达到 20m，但对可不进行天然地基及基础的抗震承载力验算的建筑工程液化判别深度可为 15m。

7.3.6 评价液化等级的基本方法是：逐点判别，按孔计算，综合评价。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。当各孔液化指数差别较大，或对于大面积场地和线路工程，综合评价难以确定场地液化等级时，可分区域或分段落应进行液化等级分区。当单体建（构）筑物位于液化等级分区分界线时，应按最不利因素确定场地液化等级。

7.4 软土震陷

7.4.1 强烈地震时软土发生震陷，不仅被科学试验和理论研究证实，而且在宏观震害调查中，也证明它的存在。

7.4.2 国内规范和标准判别软土震陷可能性时，主要依据唐山和天津地区经验，根据临界地基承载力特征值和等效剪切波速进行评价。国家行业标准《软土地区岩土工程勘察规程》JGJ 83 指出，我国南方沿海地区浅表和上部软土地基承载力特征值较低，但现场实测的剪切波速测值一般大于 90m/s，若按地基土承载力评价和按等效剪切波速值两者结论矛盾，由于现场剪切波速测试结果较为可靠，本规程选用等效剪切波速值作为软土震陷判别标准，当等效剪切波速值 $v_{se} > 90\text{m/s}$ 时，可不考虑震陷影响。

7.4.4 从上部结构处理和基础方面考虑的抗震陷措施主要有一下几种：

1)采用桩基或换填全部软弱土层，当软弱土层较厚时，亦可采用地基处理方法对软土进行处理；

2)选择合适的基础埋置深度；

3)减轻基础荷载，调整基础底面积，减少基础偏心；

4)加强基础的整体性和刚性；

5)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。

8 地下水

8.1 地下水的勘察要求

8.1.1 近年来广东地区地下工程规模和技术难度在加大,主要体现在面积和深度方面,出现了很多深度超过 20m 的地下工程,地下水对地下工程的影响极大,查明水文地质条件是十分有必要的。

1 地下水的类型,根据埋藏条件可分为上层滞水、潜水和承压水,按其赋存状态可分为孔隙水、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。

2 广东地区地下水丰富,一个场地往往出现多个含水层,尤其是在地下工程周边存在地铁、综合管廊等对变形敏感地下建构筑物需要查明各含水层之间的水力联系,便于有针对性的对周边建构筑物进行保护。

3 地下水位的变化对基坑支护影响较大,地下水对支护结构产生侧向的附加压力,掌握水位变化规律可以在设计阶段考虑水位的不利影响。

4 临江、临海区域江海受潮汐作用每日水位均会出现规律性变化,根据相关资料记载珠江三角洲年平均潮差为 1.2m~1.5m,雷州半岛年平均潮差则达到 2m~3m。动水作用对建构筑物及基坑支护均有较大的影响,因此查明地下水的补给与排泄条件、地表水与地下水的水力联系尤为重要。临江、临海区域还要注意动水对建构筑物的不利影响。

5 搜集分析历史地下水位数据是十分有必要的,通过历史地下水变化的分析,结合建筑正负零标高,判断出抗浮水位对主体结构的影响。如无法搜集到历史数据应在场地内设置观测井进行观测,并宜持续不少于 1 个水文年。

广东地区沿海区域分布面积较广,近些年出现较多咸水上溯现象,除考虑地表及地下水的污染情况外,还需要考虑咸水上溯可能发生的情况。

6 地表水和地下水的污染,对拟建工程有重大影响。水体的污染影响工程桩和地下室结构的防腐蚀措施和保护层厚度等,甚至对建成后主体结构、周边配套设施的使用也会产生不利影响。

8.1.2 由于地下水的赋存状态是随时间变化的,不仅有年变化规律,也有长期的动态规律;一般情况下勘察阶段时间较短,只能了解勘察期间的地下水状况,因此除搜集长期动态观测资料和分析工作外,提出了有关在初勘阶段预设长期观测孔和专项水文地质勘测要求。

8.1.3 广东地区,特别是广州的花都、清远,深圳的龙岗等地,岩溶发育,而且深厚砂层与灰岩直接接触,该类场地的基础抗浮设计等级往往为甲级,其地下室基坑安全等级基本为一级、且需工程降水或止水;其场地内地下水对主体结构基础设计、主体结构抗浮、基坑降水等有非常大的影响,有必要进行专项

水文地质勘察。

抗浮设计等级和场地水文地质条件复杂程度可参考《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476相关条文，现引用如表8-1~表8-2：

表 8-1 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； 《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； 《建筑地基基础设计规范》GB 50007 规定设计等级为丙级的工程； 临时性工程

表 8-2 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； 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。

近年来对于临近地表水体项目和坡地建筑抗浮问题较多，对于临江、临海、临湖等邻近大面积地表水体的项目和坡地建筑也应进行专门水文地质勘察。

8.1.4 本条结合广东省标准《建筑工程抗浮设计规程》DBJ/T 15 相关条文,重点关注临近地表水体场地抗浮水位应注意与地表水体的水力联系，另外低洼易涝地段应综合考虑排水条件，考虑积水对抗浮的影响。

1 不同的地貌单元，不同的含水层，水文地质变化规律是不同的，场地是否存在承压水，是否与大型地表水体有水力联系等。目前只能根据历史资料分析的规律对建筑使用年限内可能遇到的情况进行预测，故搜集资料和长期水文观测是非常重要的。

2 近些年来城市建设高速发展，场地建设及周边的规划对后续水文地质条件的影响是非常重大的，比如一个建筑建设期标高比较低，后续规划需要对周边场地进行加高处理，那么场地的抗浮水位就会随着周边标高的变化而发生变化，故判断工程活动是非常重要的。

4 对于临近水库、江、河、湖、海等场地，应根据历史重现期搜集水库的正常蓄水位、设计洪水位、河流的多年平均水位、设计洪水位、海洋的多年平均高潮位、多年平均高潮水位等资料，根据水利资料综合分析后提取抗浮水位建议。

5 对于地势低洼场地，尤其周边有地表水体场地要注意场地周边的排水条件，今年因场地积水造成的抗浮事故较多，勘察期间应综合分析周边的水文条件及排水状况。

8.2 水文地质参数的测定

8.2.2 对于周边建筑对变形敏感且有深基坑开挖时，多层含水层应分层测量，不可用混合水位代替。临江、滨海等受潮汐影响的场地，其地下水位变化幅度大，对基坑支护工程、后续建筑结构均有一定的影响，勘察过程中应重视这类情况。

8.2.3 本条提出了不同土层的水位测量时间间隔要求，特别是对于黏性土层中考虑到渗透性较低，测量水位的时间间隔应不少于 24h。

8.2.5 地下水实际流速测定方法详见表 8-3。

表 8-3 地下水实际流速测定方法

方法	原理	指示剂
化学方法	通过化学分析确定盐分在观测孔出现的时间及其浓度变化	氯化钠
		氯化钙
		亚硝酸钠
		硝酸钠
比色法	利用着色浓度的变化确定通过两孔的时间	碱性水（荧光红、荧光黄、伊红）
		弱酸性水（刚果红、亚甲基蓝、苯胺蓝）
电解法	利用专门电测设备确定钻孔见电解质的运动及其在观测孔内出现的情况	氯化铵
充电法	利用融化的食盐，沿地下水流向扩散，使投放孔附近电场发生变化	食盐
放射性示踪原子法	利用仪器确定示踪剂通过观测孔的时间	氚（H ³ ）、碘（I ¹³¹ ）、镍（Ni ⁶³ ）、钠（Na ²⁴ ）、硫（S ³⁵ ）等

注：1 所列各种方法中硝酸盐类作为指示剂比较好。其主要优点是灵敏度高，

干扰较少，试验简单，操作方便，重现性较好，价格便宜。但亚硝酸钠不稳定，具有一定的毒性。

2用硝酸盐类作为指示剂的方法，试验前需预先取一瓶观测点的水样，便于在试验中出现异常或有怀疑时进行对比。

8.2.6~8.2.8 为了使渗透系数等水文参数更接近工程实际情况，在勘察工作中一般采用抽水试验、注水试验等现场测试方法确定。

表 8-4 为对《建筑基坑支护技术规程》JGJ120-2012、《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB50307-2012、《水利水电工程水文地质勘察规范》SL373-2007、《工程地质手册》（第五版）中岩土的渗透系数经验值的统计和对比，以供参考。

表 8-4 岩土的渗透系数经验值

岩土名称	《建筑基坑支护技术规程》JGJ120-2012		《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB50307-2012		《水利水电工程水文地质勘察规范》SL373-2007		《工程地质手册》（第五版）	
	m/d	cm/s	m/d	cm/s	m/d	cm/s	m/d	cm/s
淤泥	——	——	——	——	——	$10^{-7} \sim 10^{-6}$	——	——
淤泥质土	——	——	——	——	——	$10^{-6} \sim 10^{-5}$	——	——
黏土	<0.005	$<6 \times 10^{-6}$	<0.001	$<1.2 \times 10^{-6}$	<0.001	$<10^{-6}$	0.001	——
粉质黏土	0.005~0.1	$6 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-4}$	0.001~0.100	$1.2 \times 10^{-6} \sim 1.2 \times 10^{-4}$	0.001~0.01	$10^{-6} \sim 10^{-5}$	0.02	——
砂质粉土-粉质黏土	——	——	——	——	——	——	0.1	——
砂质粉土	——	——	——	——	——	——	0.2	——
黏质粉土	0.1~0.5	$1 \times 10^{-4} \sim 6 \times 10^{-4}$	——	——	——	——	——	——
粉质壤土	——	——	——	——	0.005~0.05	$6.0 \times 10^{-6} \sim 6.0 \times 10^{-5}$	——	——
壤土	——	——	——	——	0.05~0.1	$6.0 \times 10^{-5} \sim 1.0 \times 10^{-4}$	——	——

续表 8-4

岩土名称	《建筑基坑支护技术规程》 JGJ120-2012		《城市轨道交通岩土工程勘察规范》 GB50307-2012		《水利水电工程水文地质勘察规范》SL373-2007		《工程地质手册》 (第五版)	
	m/d	cm/s	m/d	cm/s	m/d	cm/s	m/d	cm/s
新黄土(泥质)	——	——	——	——	0.001~0.01	$10^{-6}\sim 10^{-5}$	——	——
黄土	0.25~10	$3\times 10^{-4}\sim 1\times 10^{-2}$	0.250~0.500	$3.0\times 10^{-4}\sim 6.0\times 10^{-4}$	0.25~0.5	$3.0\times 10^{-4}\sim 6.0\times 10^{-4}$	——	——
老黄土(砂质)	——	——	——	——	0.1~1.0	$10^{-4}\sim 10^{-3}$	——	——
粉土	0.5~1.0	$6\times 10^{-4}\sim 1\times 10^{-3}$	0.100~0.500	$1.2\times 10^{-4}\sim 6.0\times 10^{-4}$	0.01	1.0×10^{-5}	——	——
砂壤土	——	——	——	——	0.1~0.5	$1.0\times 10^{-4}\sim 6.0\times 10^{-4}$	——	——
粉砂	1.0~5	$1\times 10^{-3}\sim 6\times 10^{-3}$	0.500~1.000	$6.0\times 10^{-4}\sim 1.2\times 10^{-3}$	0.5~1.0	$6.0\times 10^{-4}\sim 1.0\times 10^{-3}$	2~3	——
粉细砂	——	——	——	——	——	——	5~8	——
细砂	5~10	$6\times 10^{-3}\sim 1\times 10^{-2}$	1.000~5.000	$1.2\times 10^{-3}\sim 6.0\times 10^{-3}$	1.0~5	$1.0\times 10^{-3}\sim 6.0\times 10^{-3}$	6~8	——
中细砂	——	——	——	——	——	——	17	——
中砂	10~20	$1\times 10^{-2}\sim 2\times 10^{-2}$	5.000~20.000	$6.0\times 10^{-3}\sim 2.4\times 10^{-2}$	5~20	$6.0\times 10^{-3}\sim 2.0\times 10^{-2}$	20	——
中粗砂	——	——	——	——	——	——	22	——
均质中砂	35~50	$4\times 10^{-2}\sim 6\times 10^{-2}$	35.000~50.000	$4.0\times 10^{-2}\sim 6.0\times 10^{-2}$	35~50	$4\times 10^{-2}\sim 6\times 10^{-2}$	——	——
粗砂	20~50	$2\times 10^{-2}\sim 6\times 10^{-2}$	20.000~50.000	$2.4\times 10^{-2}\sim 6.0\times 10^{-2}$	20~50	$2\times 10^{-2}\sim 6\times 10^{-2}$	20~30	——

续表 8-4

岩土名称	《建筑基坑支护技术规程》 JGJ120-2012		《城市轨道交通岩土工程勘察规范》 GB50307-2012		《水利水电工程水文地质勘察规 范》SL373-2007		《工程地质手册》 (第五版)	
	m/d	cm/s	m/d	cm/s	m/d	cm/s	m/d	cm/s
均质粗砂	60~75	$7 \times 10^{-2} \sim 8 \times 10^{-2}$	60.000~75.000	$7.0 \times 10^{-2} \sim 8.6 \times 10^{-2}$	60~75	$7 \times 10^{-2} \sim 8 \times 10^{-2}$	—	—
砂砾石	—	—	—	—	—	—	45~50	—
圆砾	50~100	$6 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-1}$	50.000~100.000	$6.0 \times 10^{-2} \sim 1.2 \times 10^{-1}$	75~200	$8 \times 10^{-2} \sim 2 \times 10^{-1}$	—	—
砂卵石	—	—	—	—	—	—	80	—
卵石	100~500	$1 \times 10^{-1} \sim 6 \times 10^{-1}$	100.000~500.000	$1.2 \times 10^{-1} \sim 6.0 \times 10^{-1}$	100~500	$1 \times 10^{-1} \sim 6 \times 10^{-1}$	—	—
无充填物卵石	500~1000	$6 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^0$	500.000~1000.000	$6.0 \times 10^{-1} \sim 1.2$	500~1000	$6 \times 10^{-1} \sim 1 \times 10^0$	—	—
粒径均匀的巨砾	—	—	—	—	≥ 1000	$\geq 10^0$	—	—
稍有裂隙岩石	—	—	20.000~60.000	$2.4 \times 10^{-2} \sim 7.0 \times 10^{-2}$	—	—	—	—
裂隙多的岩石	—	—	> 60.000	$> 7.0 \times 10^{-2}$	—	—	—	—

8.3 地下水作用的评价

8.3.3 考虑到广东地区尤其是沿海地区场地与地下水水力联系紧密,对施工过程中的水泥浆有一定影响,特别是对于灌注桩、旋喷桩、注浆等影响较大,工程应重点进行评价。

8.3.4 广东地区地下水发育,地下工程基坑开挖时,宜优先采用封闭式止水方案,特别是对于建筑密集区及对于变形敏感区应采用合理可靠的止水技术。根据地质条件和基坑开挖面积、开挖深度,可采取坑内疏干方式或者轻型井点降水方式。对于周边开阔、对抽水引起的沉降不敏感地区,可采用悬挂式止水方式,配合坑内轻型井点降水或者坑内、坑外联合井点降水方式。

8.4 抗浮设防水位

8.4.1 抗浮设防水位的确定除考虑历史最高水位外还应结合工程重要性、地形地貌及周边排水条件综合确定,周边排水条件重点考虑是否会产生积水及积水对抗浮的影响。

8.4.2 为防止对抗浮水位不正确的认识产生工程事故,加入本条,强调勘察期间的实测水位未经分析论证不可作为抗浮设防水位。

8.4.3 目前确定抗浮水位的规范有行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476、广东省标准《建筑工程抗浮设计规程》DBJ/T 15-125 和广东省标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 15-31。本次标准综合考虑了上述三本规范的规定。

1 抗浮设防水位应取地下室自施工期间到设计使用年限内可能遇到的最高水位。地下室抗浮设防水位应根据场地所在地貌单元、地层结构、地下水类型、各层地下水位及其变化幅度和地下水补给、排泄条件等因素综合确定;当有长期水位观测资料时,应参考实测最高水位以及地下室使用期间水位的变化经分析论证后确定。

2 多层地下水条件下,各层地下水具有各自的独立水位和最高水位时,或者场地有承压水且承压水与潜水有水力联系时,应按各层水的混合最高水位确定。

3 坡地建筑一般室外地坪会有较大的高差,且坡地在暴雨等情况下水位也会有较大变化,对于坡地建筑的抗浮水位可以分区进行建议,另外坡地建筑近年来出现较多基坑肥槽内出现地表水渗入的情况,因受支护结构的影响,水位恢复时间较长,可能会出现高出抗浮水位建议值的情况,针对该种情况在抗浮水位提取和设计中均应引起重视。

4 对于低洼地段应根据排水条件及地质条件综合确定抗浮水位,考虑积水的

影响，应在出现积水的标高适当考虑安全系数。

对于易积水的场地，抗浮设防水位可根据积水深度在地坪标高基础上适当提高，无积水深度资料时可提高 0.5m~1.0m。

5 对于临江、临河等地表水体的场地应查明场地地下水与地表水体的水力联系，并搜集相关的水利资料，根据最高洪水位确定抗浮水位，同时应考察场地周边的排水条件，防止出现积水淹没等不利情况。

6 对于填方场地，应考虑填方后地下水位重新分布后的情况，应按照填方后水位上升的最高值及可能出现的积水情况按上述原则来综合提取。

8.4.4 建筑使用期一般 50 年~70 年，使用期内周边环境可能随着周边建设发生变化，如果建筑地坪标高发生变化或者周边地坪标高出现抬高的情况，或出现大面积开挖回填的情况，地下水位会随着周边环境发生变化，遇到该情况，原抗浮设计水位建议值不再适用，应重新评估抗浮水位，并根据新抗浮水位设置相应的隔水、疏排水措施，如止水帷幕、集水盲沟、泄压井等。

9 工程地质测绘和调查

9.1 工程地质测绘

9.1.1~9.1.2 工程地质测绘和调查一般在可行性研究阶段或初步勘察阶段进行，目的是评价场地的稳定性、适宜性。详细勘察阶段在初步勘察阶段测绘和调查的基础上针对专门地质问题进行补充工程地质测绘和调查。

9.1.5 对不良地质作用及特殊性岩土发育的场地，工程地质测绘和调查的范围要超出其影响边界。

9.1.6 各类地质测绘的工作内容应符合以下规定：

1 地貌测绘宜包括：形态特征、分布规律、地貌类型；地貌与地层岩性、地质构造、第四纪地质及新构造活动的关系；地貌与侵蚀、搬运及堆积作用的关系；水系的分布特征及其与地貌的关系；植被的种类、分布及其与地貌的关系；研究微地貌的特点，分析地貌环境对工程的影响。

2 地层岩性测绘宜包括：地层年代及岩性类别、名称、分布、变化规律、层序与接触关系；标志层的岩性特征及分布、发育规律；岩土层的工程地质特性、岩性、岩相、厚度及其变化规律。

3 地质构造测绘宜包括：根据区域资料分析区域构造背景，确定所属大地构造单元；各类地质构造的分布、产状、形态、规模、性质、级别序次及组合关系；构造形迹的形成时代、相互关系和发展过程；结构面的发育程度、分布规律、形态特征，构造岩的物质组成、结构特征和工程地质特性；第四纪以来断层的活动迹象、特点和地震活动情况，初步判别断层的活动性。

4 水文地质测绘宜包括：地下水天然露头（泉）、人工露头（水井、钻孔、矿坑等）及地表水体（河流、湖泊、沼泽、池塘等）的分布；地下水的类型、埋藏条件、径流和动态变化情况；隔水层、透水层和含水层的分布及渗透性，含水层的赋水性，各含水层的补给、径流和排泄条件以及和地表水的补排关系；环境水的物理性质、化学成分和化学类型；分析水文地质条件及其变化对岩、土体性质、工程和环境的影响。

5 物理地质现象测绘宜包括：岩体风化、岩体卸荷、危岩体、滑坡、崩塌堆积体、蠕变体、泥石流、洞穴等各种物理地质现象的分布位置、形态特征、规模、类型和发育程度；分析各种物理地质现象的成因机制及其对工程建筑物可能产生的影响。

6 岩溶测绘宜包括：岩溶区地貌类型、地层及地质构造特征；可溶岩的类型、分布、岩性、产状、结构、构造、厚度和矿物化学成分，及其岩溶水文地质层组

类型；岩溶区河谷岩溶水文地质结构及河谷岩溶水动力类型；岩溶形态特征、地下岩溶系统、地下暗河、伏流及其空间分布、规模和组合形式；岩溶发育历史、发育程度、发育规律和夷平面、河谷阶地的对应关系；岩溶盆地、河间地块、邻谷与岩溶发育的关系；覆盖型岩溶上覆盖层的岩性、结构、工程地质性状、厚度变化及其与岩溶塌陷等变形现象的关系；分析岩溶对工程的不利影响和可能产生的环境地质问题。

7 人类工程活动调查宜包括：包括地铁、管道、涵洞、各种类型建构筑物基础、人工洞穴、地下采空区、挡土墙、水库等与地质相关的工程活动。

9.1.7 工程地质测绘比例尺的选择和精度，要与工程设计的需要及地质条件的复杂程度相对应，通常要求在测绘填图中，采用比提交成图比例尺大一级的地形图作为填图的底图；如进行 1:10000 比例尺测绘时，常采用 1:5000 的地形图作为外业填图底图，外业填图完成后再缩成 1:10000 的成图，以提高测绘的精度。

9.1.8 对于小比例尺地质测绘，宜以遥感地质解译为主，必要时进行野外地质测绘；中比例尺地质测绘，宜采用遥感地质解译和野外地质测绘相结合的方法。大比例尺地质测绘，宜以野外地质测绘为主。必要时，应辅以航空摄影技术和三维激光扫描方法。

遥感图像解译可应用于识别断裂构造、地层岩性、特殊岩土分布，地下水溢出带、富水带等水文地质特征，识别崩塌、滑坡、泥石流、岩溶、塌陷、流水侵蚀等不良地质现象，以及识别植被、水体污染、废弃物等生态和环境问题。还可利用不同时期的遥感图像对工程地质条件进行动态分析。在露头良好的地形陡峻地段进行大比例尺测绘时，可采用大比例尺航空摄影像片或陆地摄影像片进行遥感地质解译。解译成果应实地验证核实。

野外地质测绘主要有路线穿越法、追索法，布点法三种。岩体结构面的测量一般采用罗盘仪测定其走向、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”字形法则确定。节理或面理的统计，统计地点选择在不同的构造单元或地层岩性典型的地段；每个统计点的节理、面理统计数量一般控制在 80 个~100 个；节理点的统计图示主要有玫瑰花图、极点图、等值线图三种。

近年来，无人机航拍技术发展很快，利用无人机航拍可以形成清晰的三维模型、全景图、正射图等，进行后期处理后，可以获取地形图，岩体结构面产状等信息。对于高陡边坡、坡面裸露、危岩调查，无人机航拍解决传统野外地质测绘无法实地调查的缺点，是值得广泛推广的工程地质测绘方法。

三维激光扫描可以穿透植被，形成精确的地形图，亦可以对危岩体进行扫描，分析危岩体结构面，也是值得广泛推广的工程地质测绘方法。

数字化地质测绘技术是基于 3S 技术和野外数据采集电子设备，对地质现象

进行定位、描述、记录及存储的计算机辅助地质测绘技术。目前数字化地质测绘技术在地质测绘工作中应用前景广泛，是工程地质测绘的发展方向，因此在工作中要重视推广新技术的应用。

9.1.9 地质观测点一般要布置在地质构造线、地层接触线、岩性分界线、不整合面和不同地貌单元、微地貌单元的分界线和不良地质作用分布的地段。

地质观测点布置需充分利用岩石露头，例如采石场、路堑、基坑、基槽等。通过岩石露头可以观测岩性、物质成分、岩石风化程度、结构面形态及其力学性质、地下水等。当天然露头不足时，需根据场地的具体情况布置一定数量的勘探工作。条件适宜时，还可配合进行物探工作，探测地层、岩性、构造、不良地质作用等问题。

9.1.10 地质观测点的定位标测，对成图质量影响很大，常采用以下方法：

1 目测法，适用于小比例尺的工程地质测绘，该法系根据地形、地物以目估或步测距离标测；

2 半仪器法，适用于中等比例尺的工程地质测绘，它是借于罗盘仪、气压计等简单的仪器测定方位和高度，使用步测或测绳量测距离；

3 仪器法，适用于大比例尺的工程地质测绘，即借助于经纬仪、水准仪等较精密的仪器测定地质观测点的位置和高程，对有特殊意义的地质观测点，如地质构造线、不同时代地层接触线、不同岩性分界线、软弱夹层、地下水露头以及有不良地质作用等，均宜采用仪器法；

4 卫星定位系统（GPS），满足精度条件下均可以应用；

5 倾斜摄影法，利用无人机航拍技术，将调查对象形成三维模型、正摄图、等高线图等，在模型和图件中获取准确的地质点相关信息。

9.1.12 工程地质分区可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，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，需进一步划分亚区。绘制综合地质柱状图，一般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，要将其断开用折线表示，但需标明实际尺寸，绘制内容和剖面图一致。

对特殊性岩土或专门性岩土工程问题，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。

工程地质测绘和调查报告的文字说明，宜包括以下内容：目的和要求、范围和工作方法、所完成的工作量和工作内容、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。

9.2 工程场地及周边环境专项调查

9.2.1 工程周边环境复杂是指工程建设影响范围内存在重要的既有（或在建）房屋、管线、桥梁、隧道、道路、文物、地表水体、轨道交通等建（构）筑物和设施。

对周边环境影响较大的工程建设主要包括：桩基础施工（打桩、压桩、植桩，钻、冲、挖孔桩等）、爆破、强夯、预压、降水、基坑开挖、隧道工程等。拟建工程位于周边环境复杂的场地，在开展这些工程建设前，建设单位应当委托相关单位对其影响范围内进行周边环境专项调查。

周边环境调查是通过查询收集、实地调查走访和必要的现场勘查探测等手段，获取周边环境资料，掌握周边环境实际情况，并提交环境调查报告的活动。

9.2.2 环境调查的范围应根据工程特征、地质条件、周边建构筑物等方面综合判定，调查范围应不小于工程施工影响范围。对于桩基础施工，调查范围一般在桩基础分布范围外不少于 50m，在软土地区和岩溶地区，其调查范围应根据施工工艺的影响程度适当扩大；对于基坑工程，一般不小于 3 倍基坑开挖深度范围，对于软土地区，不应小于 5 倍基坑开挖深度范围。

9.2.3 周边环境调查主要包括建构筑物与拟建工程的相对关系（图）、修建年代或竣工日期、产权管理或使用单位、修建单位（含建设、勘察、设计、施工单位等）、使用现状、类型（或用途）、竣工图纸及特殊保护要求等。本条文列举了不同类型的建构筑物调查的主要内容，其他建构筑物可以借鉴。

10 勘探和取样

10.1 一般规定

10.1.1 本条规定了广东省范围内岩土工程勘察方法及手段选取的总体要求。

10.1.3 触探对于岩土的力学分层有很好的判定，但由于其多解性容易误判，因此触探手段不宜单独使用，一般应有一定数量的钻孔配合。

10.2 钻探

10.2.4 成孔直径既要满足钻孔技术的一般要求，也要满足勘察技术要求，如取样及原位测试要求等；对于砂土、碎石土及特殊性岩土，孔径应根据工程特点及勘察技术要求综合确定。

10.2.5 本条对钻孔的倾斜度未作规定，但随着建筑物的规模不断扩大，深基础的广泛应用及某些特殊的要求，钻孔的深度不断增加，很多钻孔深度超过了 100 米，垂直度带来的误差已经不能忽略；不同行业对于钻孔倾斜度的规定不同，广东省建筑行业可参照现行标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 中的规定“对于垂直钻孔，每 50m 应测量一次垂直度，每 100m 的允许偏差为 $\pm 2^\circ$ ；近年来，在工程勘察钻探中，全液压钻机结合金刚石绳索取芯钻进工艺得到大量应用实践，钻孔倾斜度质量大幅提升，100 米内的钻孔倾斜度可以控制在 $\pm 0.5^\circ$ 以内，对于重要等级二级以上的建筑工程，建议优先采用全液压钻机和金刚石绳索取芯钻进工艺，以保证钻孔的垂直度；对于定向钻孔，每 25m 应测量一次倾斜度和方位角，钻孔倾角和方位角的测量精度分别为 $\pm 0.1^\circ$ 和 $\pm 3^\circ$ ”执行。

10.2.7 关于本条进行以下说明：

电子化编录是一种高效的编录方式，其省去了后期数据录入等基础性工作，且通过软件平台现场可以及时查看地质情况，提高了外业编录工作的效率；同时电子化编录是勘察信息化、地质大数据库的基础工作，因此在具备条件时，应推荐使用电子化编录。

10.2.8 关于本条进行以下说明：

对于重点工程，或者对工程建设影响较大的钻探关键节点，必要时应留存终孔、取样、原位测试过程的视频资料。

10.3 井探、槽探和洞探

10.3.1 因场地条件限制，钻探设备不能到达勘探点就位作业或当钻探方法难以

取得符合要求试样的场地，可以采用坑探作为勘探手段；坑探（包括井探、槽探和洞探）是岩土工程勘探的重要手段之一。通过坑探工程（井探、槽探和洞探等）可以直接观察、描述地层岩性、地质构造等地质现象，同时为岩（土）体试样采取和原位测试提供条件。

坑探施工前需做好准备工作。收集地形地质资料、现场查看及注意安全。

收集地形地质资料主要包括施工现场和周边地区的地形图、地质图及相关资料。水文气象资料主要包括施工期当地降雨、降雪及气温变化等资料。位于河流岸边的探洞、探井要特别注意收集河水流量、流速、水深、历年最高洪水位等资料。

现场查勘要了解施工现场的地形、地质条件和环境地质条件。特别是易于引发山洪、泥石流、滑坡、坍塌等有害于施工安全的地质环境以及地层岩性、地质构造、水文地质等与施工有关的地质条件。在满足勘察目的的条件下，坑探工程的位置要选择在相对安全地带。渣（土）堆放地选择要以不影响环境、不产生水土流失和易于恢复原地形为原则。

坑探工程施工环境和施工条件存在诸多不确定因素，安全生产十分重要。编制施工技术计划或施工组织设计时，要贯彻安全第一的方针。

10.3.2~10.3.4 探井按设计开挖断面中心线与水平面夹角可分为竖井和斜井。设计开挖中心线与水平面夹角呈 90° 为竖井，设计开挖断面中心线与水平面夹角呈 $40^\circ\sim 60^\circ$ 为斜井。

探井深度大于 3m、小于 10m 者为浅井，断面一般呈方形或圆形。

竖井开挖为自上而下施工，为确保井下作业安全，井口选择和支护、防护十分重要。布置于河流岸边的竖井井口防护圈的构筑标准要根据施工期最高洪水位确定。竖井断面规格除特殊要求外，主要依据井深、施工方法和施工设备而定。一般施工断面采用矩形而不采用圆形是因为矩形断面便于支护，利于安全施工。在滑坡体上布置竖井时，采用矩形断面其长边要垂直可能滑移方向，以防止滑动。

10.3.5 探槽常布置于松散地层，主要用于追踪查明下伏地层产状、岩性、地层界线、构造线、破碎带、岩脉等的分布、物质组成及结构特征等。依坡向布置可分为横槽、竖槽，可视勘探目的确定。在同一地区同等条件下施工，竖槽两壁较之横槽稳定，一般采用自上而下的施工程序。横槽施工中要注意上游壁失稳，必要时增加隔墙。

10.3.6 支护是洞探施工中一项重要的工序，支护的根本目的是充分满足洞内施工、作业的安全要求。因此，支护的形式和材料选择及支护的作业、检查、加固、修复等都要以安全为最大原则。探洞口是开挖进洞的关键部位，为确保洞口安全，防止上方岩（土）体崩落，洞口要进行支护。支护应支出洞外不少于 3m，并在

顶部加覆盖物。

拱形断面有利于自然稳定,梯形断面便于支护,施工中可根据具体情况选用。断面规格的设计要根据本条所列的因素确定。

探洞通风:为改善施工环境,保护施工作业人员的身体健康,探洞开挖特别是洞深大于 30m 的探洞要搞好施工通风。通风方式可以分为自然通风、压入式通风、抽出式通风和混合式通风四种。小断面勘探平洞的通风方式可根据平洞深度,结合通风机具性能进行选择。

应在探洞施工过程中,对有毒有害气体、瓦斯、粉尘、噪声及放射性气体进行监测,并做好相应的防护措施。

10.3.7 坑探工作是直接观察各种地质现象的主要手段之一。为能收集到更多翔实的地质资料,开挖过程中要认真做好施工记录。开挖结束后,要编制总结报告。

10.4 取样

10.4.1 勘察工作中室内试验和原位测试是确定岩土参数的主要依据,而取样质量又控制着室内试验成果的准确性,因此合格的样品质量是提供准确勘察成果的基础,必须重视现场取样工作。针对勘察工作的现状,很多质量问题都是由现场取样不当,所取样品的质量达不到室内试验的要求,从而引起试验成果失真,最终导致了确定的岩土参数准确性不高;结合广东省的地质情况,为提高样品的采取效率和质量,进行新的取样方法、取样工具的探索研究是必要的。

10.4.2 随着科学技术的发展,出现了许多新型取样技术,例如在污染土地,取到保持化学原状性的土壤成为污染判别的关键,新型 Denison 取样器、Pitcher 取样器可以有效防止土壤二次污染,是污染土地比较适宜的取样设备。

10.4.8 为测定特殊性岩土的物理力学性质及工程特性,需根据其性质进行有针对性的取样及试验;不同特殊性岩土的取样方法、取样仪器、样品要求等级及取样间距等要求各不相同,因此特殊性岩土的取样除满足本节要求外,尚应满足各自专有规范及标准的相关规定。

10.4.9 就本条规定第 4 款~第 5 款作出如下说明:

4 有的勘察场地发育两个或两个以上的地下水含水层(如第四系松散层孔隙水和基岩裂隙水,第四系中由黏性土间隔的不同透水砂层),不同含水层之间被其它地层阻隔不具备明显的水力联系,此时不同含水层中的地下水腐蚀性可能存在差异,因此当有多层地下水,应分层采取地下水试样。

地下水腐蚀性对混凝土结构耐久性经济投资影响很大,广东省不少地段水文地质条件复杂,场地不同部位、不同含水层水的腐蚀性结论差异较大,实际工作中常常出现不同勘察阶段水的腐蚀性结论出现明显差异,或同一勘察阶段场地不

同部位的水样腐蚀性存在差异，给工程投资控制造成困扰，因此，本条规定了采取水样的最少数量。

需要指出的是，本款所指“含水层”是从水力联系角度提出的，概念不同于岩土工程勘察的岩土层“分层”，例如，当勘察单独划分出的细砂层、中砂层间存在水力联系时，仍应当作同一含水层处理；

5 广东省降水丰沛，地下水活动复杂，工业生产和工程建设容易改变地下水的化学特征，因此，除非有足够的经验或场地范围有近期充分可靠的水和土腐蚀性评价依据资料，否则勘察均应进行水和土腐蚀性取样与试验，获取水和土对于建筑材料腐蚀性的判别依据。

可行性研究阶段，可搜集利用已有水、土腐蚀性分析成果，当无可搜集或利用的成果时，宜进行取样和试验；初步勘察和详细勘察阶段，对于大面积勘察场地和水、土腐蚀性条件复杂的场地，宜增加水和土腐蚀性取样和试验数量。

10.4.10 本条第 1、2、5 款规定，参考了国家行业标准《铁路工程水质分析规程》TB10104；第 7 款水样的放置时间，与《岩土工程勘察规范》GB 50021 一致。

本条第 3 款规定，应采取有代表性能真实反应地下水性质的水样，避免采取受污染的水样。由于不同“含水层”水样腐蚀性等级可能不同，本款还规定不得采取混合水样。

1) 采集江、河、湖泊、水库等表层水样，应在中心部位或在水流汇集处采集，水面较宽时应在不同地点分别采集。采集江、河、湖泊、水库、池、塘等较深处水样，应用可设定深度取水装置采集。

2) 采集钻孔水样，应先将孔中积水抽出后采集。抽水试验的钻井，应在抽水试验最大水位降低时采集。采集自喷井水样，应尽量靠近喷出口采集。

3) 采集自来水或具有抽水机械设备的井水，应先放水数分钟，排出管中杂质，再正式采样；采集无抽水机械设备的井水，可用清洁吊桶或水样采集瓶采集。

4) 采集泉水水样，应在泉水流出处采样。

5) 采集探槽或试坑中水样时，应先清除坑中积水，再等流量稳定后采集。采集沼泽水样，应在地下水流量大、贮量多、无人畜活动的隐蔽处采集，采集时应避免漂浮物和水下淤泥混入水样。

10.5 工程物探

本节内容仅涉及应用工程物探方法的一般原则，目的在于指导非工程物探专业的工程地质与岩土工程师结合工程特点选择工程物探方法。强调工程地质、岩土工程与工程物探的工程师密切配合，共同制定方案，分析判释成果。工程物探方法具体方案的制定与实施，应执行现行工程物探规程的有关规定。行业标准《城市工程地球物理探测标准》CJJ 7 包含的方法较为齐全，适合作为工程物探的实施规程。

工程物探发展很快，不断有新的技术方法出现。工程地质、岩土工程与工程物探的工程师宜通过现场适宜性试验验证其效果的基础上大胆应用，共同推动勘察技术的发展。

10.5.5 常用物探方法如下：

1 地面物探可采用地震折射法、地震反射法、瞬态面波法、微动勘探法、高密度电法、直流电测深法、探地雷达法、瞬变电磁法、大地电磁法等方法，查明场地的地层结构、风化层分带、基岩起伏形态、断裂、破碎带、软弱地层、孤石、岩溶、采空区、隐蔽工程、滑坡、地面塌陷等地质问题；

2 单孔物探可采用管波探测法、孔中雷达法及孔内摄像等方法，探明桩基持力层完整性、桩位范围岩溶洞隙、软弱岩层的发育及分布情况，可采用钻孔波速测试、钻孔电阻率测试、综合测井等方法测定岩土体的波速、动弹性模量、动剪切模量、电阻率、放射性辐射参数等；可采用旁孔地震透射波法、磁测井等方法，探明桩基入土深度、缺陷及钢筋笼长度等问题；

3 孔间物探可采用跨孔弹性波 CT 法、跨孔电磁波 CT 法等方法，探明钻孔之间地层分布及岩溶隙、软弱岩层、破碎带的位置、规模等空间分布情况；

4 水域物探可采用水域地震法、浅地层剖面法、声纳探测法、侧扫声纳法，水域直流电法、水域电磁法、水域磁法等方法，探明水下地形、水下地层结构、水下障碍物、抛石、沉船和管线。

11 原位测试

11.1 一般规定

11.1.1 岩土工程勘察中，原位测试是十分重要的手段，在探测地层分布，测定岩土特性，确定地基承载力等方面，有突出的优点，应与钻探取样和室内试验配合使用。在有经验的地区，可以原位测试为主。在选择原位测试方法时，应考虑的因素包括土类条件、设备要求、勘察阶段等，而地区经验的成熟程度最为重要。

布置原位测试，应注意配合钻探取样进行室内试验。一般应以原位测试为基础，在选定的代表性地点或有重要意义的地点来取少量试样，进行室内试验。这样的安排，有助于缩短勘察周期，提高勘察质量。

11.1.2 原位测试成果的应用，应以地区经验的积累为依据。由于我国各地的土层条件、岩土特性有很大差异，建立全国统一的经验关系是不可取的，应建立地区性的经验关系，这种经验关系必须经过工程实践的验证。

11.1.4 各种原位测试所得的试验数据，造成误差的因素是较为复杂的，由测试仪器、试验条件、试验方法、操作技能、土层的不均匀性等所引起。对此应有基本估计，并剔除异常数据，提高测试数据的精度。静力触探和圆锥动力触探，在软硬地层的界面上，有超前和滞后效应，应予注意。

11.2 载荷试验

11.2.2 一般认为，载荷试验在各种原位测试中是最为可靠的，并以此作为其他原位测试的对比依据。但这一认识的正确性是有前提条件的，即基础影响范围内的土层应均一。实际土层往往是非均质土或多层土，当土层变化复杂时，载荷试验反映的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将有很大的差异。故在进行载荷试验时，对尺寸效应要有足够的估计。

11.3 静力触探

11.3.1 国标《岩土工程勘察规范》GB 50021 第 10.3.1 条提到“含少量碎石的土”概念不明确，本处改为残积土。目前在广东省已开展过在相关应用和研究。此外，目前一些静力触探设备供应商已根据需要研发携带其它传感器的静力触探探头，形成多桥探头，可测定比贯入阻力、锥尖阻力、侧壁摩阻力、贯入时的孔隙水压力和探头倾角，必要时还可测定温度、磁力、电磁力等。

11.3.2 本条在国标《岩土工程勘察规范》GB 50021 第 10.3.2 条基础上作了部分

补充，包括：

- 1 对孔压静力触探探头各部传感器之间的互扰值作了限定要求；
- 2 对孔压传感器的体变率作了限定要求；
- 3 对探头传感器的温度敏感性作了限定要求；
- 4 对贯入过程探杆的偏斜作了限定要求；
- 5 对水下静力触探试验的探杆保护作了相关规定。

11.3.3 本条对孔压消散试验作了规定。本条依据《孔压静力触探测试技术规程》T/CCES 1-2017 第 5.2.3 和 5.2.4 条。

11.3.4~11.3.5 均依据国标《岩土工程勘察规范》GB 50021 编制。

11.4 圆锥动力触探试验

11.4.1~11.4.4 均依照国标《岩土工程勘察规范》GB 50021，略作简化。圆锥动力触探锤击数一般受杆长、侧壁摩擦和地下水的影响，根据具体情况，当影响明显时宜进行修正。

圆锥动力触探试验的类型、规格和适用土类应符合表 11-1 规定。

表 11-1 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

11.5 标准贯入试验

11.5.1~11.5.4 均依照国标《岩土工程勘察规范》GB 50021，略作简化。在此基础上对贯入器内土样类型的确认进行规定，以避免标准贯入击数错误计入相邻土

层或忽略受局部夹层影响而产生的异常。

标准贯入锤击数一般受杆长、侧壁摩擦和地下水的影响，根据具体情况，当影响明显时宜进行修正。

此外，目前普遍采用的钻杆杆径都是 50mm，而非标准贯入试验所要求的 42mm。国内外开展的相关研究有一个共同的结论，即：杆径的不同会导致标贯击数的差异。因此，对 $\phi 50\text{mm}$ 杆的标贯击数宜进行杆径修正，换算成标准杆径的标贯击数值。现阶段对此开展的研究有限，对具体的修正系数尚无定论，各单位可根据统计情况酌情采用。

中交第四航务工程勘察设计院有限公司 2013 年的研究认为，在 20m 深度范围内，两种杆径的标贯差异很小， $N=1.02N_{\phi 50}$ 。但该研究主要根据标贯锤垫下测试到的能量转换比进行推定，未考虑钻杆质量、刚度各方面的影响。

河北建设勘察研究院有限公司和河北省岩土工程技术研究中心 2017 年的研究则认为，在 0~30m 杆长范围内 $N=0.85\sim 0.87N_{\phi 50}$ ，而在 30m~40m 杆长范围内 $N=1.09N_{\phi 50}$ 。对于杆长 30m 前后发生这么大的跳跃，该研究的解释是长度超过 30m 后，对能量耗散的影响从钻杆质量转为钻杆挠曲变形（刚度）。

广州市市政工程设计研究总院有限公司在广州市南沙区分别用 $\phi 42$ 杆和 $\phi 50$ 杆开展了上千次标准贯入测试。对比研究表明，如图 4.3 所示， $\phi 50$ 杆的锤击数比 $\phi 42$ 杆的锤击数大，采用 $\phi 50$ 杆所测得的标贯击数应乘以杆径校正系数 k 进行校正。如图 11.5-1 所示， k 值随杆长而变化，杆长短的时候杆径效应不明显，而当杆长超过 3m 后则越来越明显。

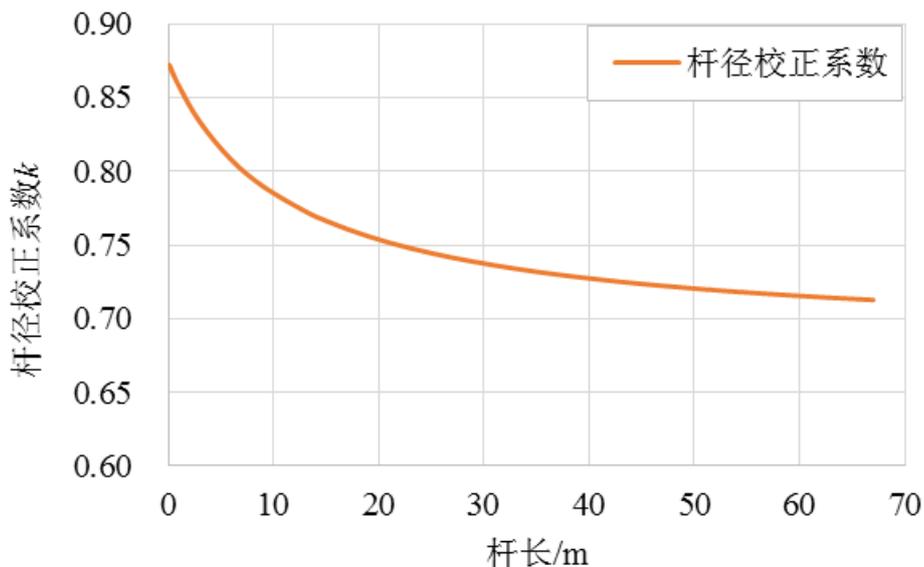


图 11-1 杆径校正系数 k 随杆长的变化

标准贯入实验的设备应符合表 11-2 的规定。

表 11-2 标准贯入试验设备规格

落 锤		锤的质量 (kg)	63.5
		落距 (cm)	76
贯 入 器	对开管	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
		相对弯曲	<1/1000

11.6 十字板剪切试验

11.6.1 十字板剪切试验 (VST) (vane shear test) 是用插入土中的标准十字板探头，以一定速率扭转，量测土破坏时的抵抗力矩，测定土的不排水抗剪强度。

十字板剪切试验的适用范围，大部分国家规定限于饱和软粘性土 ($\varphi \approx 0$)，我国的工程经验也限于饱和软黏性土，对于其他的土，十字板剪切试验会有相当大的误差。

鉴于微型十字板剪切仪的应用日益常见，在此对其相关使用技术进行说明。微型十字板剪切仪可适用于实验室、现场测试坑、沟渠或挖掘的侧面快速测定黏性土壤的不排水抗剪强度。也可以用于钻孔、薄壁等多种取样器取出的样品的表层不排水抗剪强度测定。微型十字板剪切测试是一种简易、快速的原位测试或室内测试方法，但不能取代常规的十字板剪切测试。微型十字板测试的技术要求：

1 电测式微型十字板剪切仪由一数显式测力计及小、中、大三种不同规格的测试板头组成，板头测试面直径分别为 19.1mm、25.4mm、47.6mm，对应抗剪强度量程分别为 0-250kPa、0-100kPa、0-20kPa，分别用于测试硬土、一般土、软土。

2 本测试方法应选择未经扰动的样品进行测试，测试时需使用削刀整平测试面，整平试样表面时，不能反复涂抹，尽量减少对土样的扰动。

3 本测试应选择土壤均匀连续、无粗糙颗粒、无硬物的土样进行测试，测试位点与试样边缘的距离以及同一试样上的平行试验贯入点之间的距离不宜小于 3 倍测试板头直径。

4 每次剪切试验的平行试验不宜少于 3 次，将平行试验中偏差大的读数剔

除，以其余读数的平均值作为试验结果。

5 进行剪切测试时，开启电测式微型十字板剪切仪，选用适当的测试板头和对应的量程。手握电测式微型十字板剪切仪上部，将板头压入土样至板头齿深度。保持恒定的垂直压力，顺时针以 5s/周~10s/周的速率旋转仪器的上部至土体被剪切破坏。土体破坏后缓慢的取出剪切仪，避免触碰测试板头，记录屏幕上的读数。

6 在进行剪切测试时，若产生的读数不足该板头对应量程的 10%，应改用更小的板头及量程进行测试，若产生的读数超过该板头对应量程的 90%，应该用更大的板头及量程进行测试，以保证测试精度。

7 电测式微型十字板剪切仪需定期进行标定测试，维持其综合精度在 $\pm 2\%$ 。

11.7 旁压试验

11.7.2 旁压试验点的布置，应在了解地层剖面的基础上进行，最好先做静力触探或动力触探或标准贯入试验，以便能合理地在有代表性的位置上布置试验。布置时要保证旁压器的量测腔在同一土层内。根据实践经验，旁压试验的影响范围，水平向约为 60cm，上下方向约为 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。

11.8 扁铲试验

11.8.1 扁铲侧胀试验最适宜在软弱、松散土中进行，随着土的坚硬程度或密实程度的增加，适应性渐差。当采用加强型薄膜片时，也可应用于密实的砂土。……扁铲侧胀试验成果的应用经验目前尚不丰富。根据铁道部第四勘测设计院的研究成果，利用侧胀土性指数划分土类，黏性土的状态，利用侧胀模量计算饱和黏性土的水平不排水弹性模量，利用侧胀水平应力指数确定土的静止侧压力系数等，有良好的效果，并列入铁道部《铁路工程地质原位测试规程》。上海、天津以及国际上都有一些研究成果和工程经验，由于扁铲侧胀试验在我国开展较晚，故应用时必须结合当地经验，并与其他测试方法配合，相互印证。

11.9 现场直接剪切试验

11.9.1 考虑到现场三轴试验已非常规，属于专门性试验，故不列入本标准。《岩土工程勘察规范》GB 50021，以及国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266也未包括现场三轴试验。现场直剪试验，应根据现场工程地质条件、工程荷载特点，可能发生的剪切破坏模式、剪切面的位移和方向、剪切面的应力等条件，确定试验对象，选择相应的试验方法。由于试验岩土体远比室内试样大，试验成果

更符合实际。

11.9.2 本条所列的各种试验布置方案，各有适用条件。

图 11.9.2 中(a)、(b)、(c)剪切荷载平行于剪切面，为平推法；(d)剪切荷载与剪切面成 α 角，为斜推法。(a)施加的剪切荷载有一力臂 e_1 存在，使剪切面的剪应力和法向应力分布不均匀。(b)使施加的法向荷载产生的偏心力矩与剪切荷载产生的力矩平衡，改善剪切面上的应力分布，使趋于均匀分布，但法向荷载的偏心力矩 e_2 较难控制，故应力分布仍可能不均匀。(c)剪切面上的应力分布是均匀的，但试验施工存在一定困难。

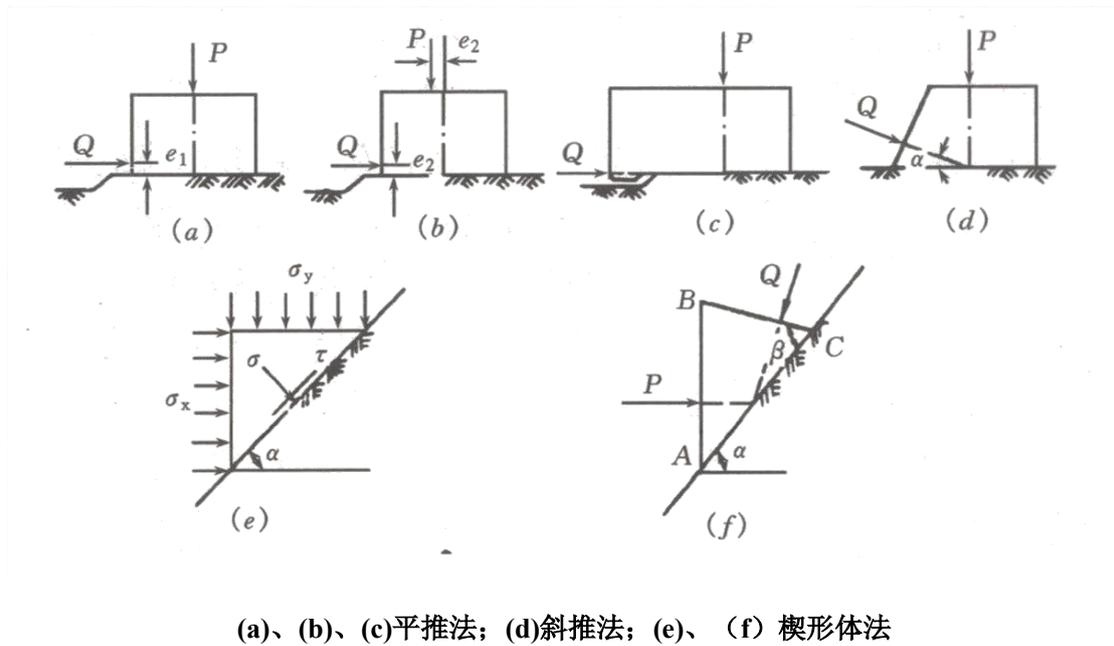


图 11-2 现场直剪方案布置

图 11.9.2 中(d)的法向荷载和斜向荷载均通过剪切面中心， α 角一般为 15° 。在试验过程中，为保持剪面上的正应力不变，随着 α 值的增加， P 值需相应降低，操作比较麻烦。进行混凝土与岩体的抗剪试验，常采用斜推法，进行土体、软弱面（水平或近乎水平）的抗剪试验，常采用平推法。

当软弱面倾角大于其内摩擦角时，常采用楔形体(e)、(f)方案，前者适用于剪切面上正应力较大的情况，后者则相反。

图中符号 P 为竖向(法向)荷载； Q 为剪切荷载； σ_x 、 σ_y 为均布应力； τ 为剪应力； σ 为法向应力； e_1 、 e_2 为偏心距；(e)、(f)为沿倾向软弱面剪切的楔形试体。

11.10 波速测试

11.10.1 波速测试主要在勘察钻孔中开展，也称为钻孔波速测试。声波测井在单个钻孔中开展。地震波测井在单个钻孔中开展时称为单孔地震波测井，在两个或

三个钻孔之间开展时称为跨孔地震波测井，本标准仅对单个钻孔作规定。

11.10.2 金属套管对弹性波存在屏蔽作用，故要求测试段无金属套管。除横波测试外，其它钻孔波速测试均需要井液耦合，井液浓度不大，最好采用清水。测试横波时，要求裸孔或充填套管管外空间是为了保证横波的接收。

11.10.5 采用水平检波器记录的正反向波形叠加显示，可提高横波波至时间的拾取精度。采用公式 11.10.5-2 计算分层波速，可消除触发延时的影响。

11.11 岩体原位应力测试

11.11.1 孔壁应变法测试采用孔壁应变计，量测套钻解除应力后钻孔孔壁的岩石应变；孔径变形法测试采用孔径变形计，量测套钻解除应力后的钻孔孔径的变化；孔底应变法测试采用孔底应变计，量测套钻解除应力后的钻孔孔底岩面应变。按弹性理论公式计算岩体内某点的应力。当需测求空间应力时，应采用三个钻孔交会法测试。

11.11.3 岩体应力测试的设备、测试准备、仪器安装和测试过程按现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 执行。

11.11.4 应力解除后的岩芯若不能在 24h 内进行围压试验，应对岩芯进行错封，防止含水率变化。

11.11.5 孔壁应变法、孔径变形法和孔底应变法计算空间应力、平面应力分量和空间主应力及其方向，可按《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 附录 A 执行。

11.12 激振法测试

11.12.1 激振法测试应用强迫振动测试和自由振动测试测定天然地基和人工地基的动力参数。

由于地基动力参数值与基础尺寸、基底应力、基础埋深等有关，而现场测试基础尺寸、基底应力、基础埋深与设计的实际动力机器基础在这些方面都不可能相同。因此由现场测试基础实测得到的地基动力参数应用于机器基础设计时，必进行相应的换算后，才能提供给设计应用。具体计算方法和计算公式按现行国家标准《地基动力特性测试规范》GB/T 50269 的规定执行。

11.12.2 基础设计应采用实际相符的地基动力参数数据，而测试方法不同，则所得出的地基动力参数也会有所不同，因此测试方法的选择，应与设计基础的振动类型相符，如设计周期性振动的机器基础，应在现场采用强迫振动测试方法。

11.12.4 机械式激振设备的扰力可分为几档，由于块体基础水平回转耦合振动的固有频率及在软弱地基土的竖向振动固有频率一般均较低，因此激振设备的最低频率规定为 3Hz~5Hz，这样测出的完整的幅频响应共振曲线才能较好地满足数

据处理的需要，而桩基础的竖向振动固有频率高，要求激振设备的最高工作频率尽可能的高，最好能达到 60Hz 以上，以便能测出桩基础的共振峰值。电磁式激振设备的工作频率范围很宽，只是扰力太小时对桩基础的竖向振动激不起来，因此规定扰力不宜小于 2000N；重锤质量太小时，难以激发块体基础的自由振动，因此本条规定重锤质量不宜小于基础质量的 1/100，规定落高的目的是为了保证落锤具有足够的能量激起能满足测试需要的基础振动。明置基础测试可获得地基的动力参数，而埋置基础的测试是为获得埋置后对动力参数的提高效果，因此本条规定“测试基础应分别做明置和埋置两种情况的测试”。

11.12.5 强迫振动测试得到各种幅频响应曲线，自由振动测试得到各种波型图。根据幅频响应曲线上的共振频率、共振振幅及波形图上的振幅和周期数计算动力参数。具体计算方法和计算公式按现行国家标准《地基动力特性测试规范》GB/T 50269 的规定执行。

11.13 氡气测试

11.13.1 本条是广东省范围内建筑工程土壤氡水平测试的总要求。2004 年《中国土壤氡水平研究》专项研究在广州老八区和深圳经济特区二线区域进行了区域性的土壤氡浓度的调查工作；广东省其他未进行区域性土壤氡浓度调查的地区，新建及扩建工程需进行建筑场地氡浓度或析出率的测定工作。

11.13.2 本条规定了测试的范围及布点要求；土壤中氡浓度测点按 10 米的方格网布置，如遇场地问题或大石块时，可偏离±2 米。

11.13.3 对于本条进行以下 2 点说明：

2 对于取样孔的深度，考虑到太深会加大测试工作的难度；太浅，土壤中氡含量易受到大气环境的影响，一般取 500mm~800mm 较为适宜。

3 测试设备的性能指标：不确定度不应大于 20%；探测下限不应大于 400Bq/m³ 及 0.01Bq/（m²·s）。

11.13.4 本条综合说明如下：

土壤表面氡析出率的计算公式为：

$$R = \frac{N_t \cdot V}{S \cdot t} \quad (11-1)$$

式中：R——土壤表面氡析出率 [Bq/（m²·s）]；

N_t——时刻测得的罩内氡浓度（Bq/m³）；

S——聚集罩所罩住的介质表面的面积（m²）；

V——聚集罩所罩住的罩内容积（m³）；

t ——测量经历的时间（s）。

11.13.5 民用建筑工程按现行国家标准《民用建筑工程室内环境污染控制规范》GB 50325 进行分类，其中I类民用建筑工程为住宅、医院、老年建筑、幼儿园、学校教室等。

12 室内试验

12.1 一般规定

12.1.3 试验仪器设备应进行校准标定，未经校准标定的仪器或经检定不合格的仪器不得用于室内试验的测试工作。

12.1.4 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。

12.1.6 试验负责人应在成果报告中签字。当试验委托外单位时，承担单位应在成果报告中签字盖章。

12.2 试样的制备和试样的饱和

12.2.6 不同岩石试验对试样要求不同，试样形状有圆柱体、正方体、长方体等；不同试验对径高比要求不同，膨胀性试验、直剪试验宜为 1: 1，单轴抗压试验、三轴压缩试验宜为 1: (2.0~2.5)，抗拉强度试验宜为 1: (0.5~1.0)。

12.2.7 由于土样是非均质的且可能受到扰动，因此试样的制备过程中应做好记录，及时对土样进行描述，以便了解土样的均匀程度、夹杂物及土样的质量，才能保证物理性试验项目所选的试样与力学性质试验项目所选的试样的一致性。

12.3~12.6 土的物理力学性质试验、动力性质试验

12.3.5 当确定土的液限值用于了解土的物理性质及塑性图分类时，应采用碟式仪法或 17mm 时的含水率确定液限；现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 确定黏性土承载力标准值时，按 10mm 液限计算塑性指数和液性指数。

12.3~12.6 土的物理力学性质试验、动力试验项目及测定参数见表 12-1~表 12-3，试验项目宜根据工程需要确定。

表 12-1 土的物理力学性质试验、动力试验项目和测定参数

试验项目	测定参数	试验方法	适用条件或用途
颗粒分析试验	颗粒级配曲线 不均匀系数 C_u 曲率系数 C_c	1 筛分法 2 密度计法 3 移液管法	1 土的定名 2 计算不均匀系数、曲率系数 3 液化判别 4 降水工程及渗透变形评价 5 盾构选型

续表 12-1

试验项目	测定参数	试验方法	适用条件或用途
相对密度试验	最大干密度 P_{\max} 最小干密度 P_{\min} 相对密度 D_r	最大干密度：振动锤击法 最小干密度：漏斗法或量筒法	1 划分砂土密实度 2 估算内摩擦角
界限含水率试验	液限 W_L 塑限 W_p	1 液、塑限联合测定法 2 碟式仪液限试验 3 滚搓法塑限试验	1 计算液限指数、塑性指数 I_p 2 评价土的状态 3 评价地基承载力、桩基承载力
比重试验	比重 G	1 比重瓶法 2 浮称法 3 虹吸筒法	换算各项物理指标
含水率试验	含水率 w	烘干法	换算各项物理指标
密度试验	天然密度 ρ	1 环刀法 2 蜡封法 3 灌水法 4 灌砂法 5 大容积法	1 换算各项物理指标 2 计算土压力、荷载 3 大容积法适用于碎石土、杂填土等
三轴压缩不固结不排水 (UU) 试验	粘聚力 c_{uu} 内摩擦角 φ_{uu}	—	加荷速率较快的饱和黏性土 (包括软土)
三轴压缩固结不排水剪 (CU) 试验	总应力粘聚力 c_{cu} 总应力内摩擦角 φ_{cu} 有效应力粘聚力 c' 有效应力内摩擦角 φ'		对经预压处理的 (软土) 地基、排水条件好的地基、加荷速率慢的工程; 加荷速率较快但土的超固结程度较高的工程; 需验算水位迅速下降时的土坡稳定性
三轴压缩固结排水剪 (CD) 试验	粘聚力 c_{cd} 内摩擦角 φ_{cd}		施工速度缓慢、排水条件良好的地基长期稳定性验算
无侧限抗压强度试验	原状土无侧限抗压强度 q_u 重塑土无侧限抗压强度 q'_u	—	计算土的无侧限抗压强度; 计算灵敏度 S_t
无黏性土休止角试验	水上休止角 α_c 水下休止角 α_m	—	推算砂土内摩擦角

表 12-2 土的物理力学性质试验、动力试验项目和测定参数续表

试验项目	测定参数	试验方法	适用条件或用途
直接剪切快剪试验	粘聚力 c_q 内摩擦角 φ_q	直接剪切试验	土压力及边坡稳定性计算 可采用固结快剪指标 地基长期稳定性验算采用慢剪试验指标
直接剪切固结快剪试验	粘聚力 c_{cq} 内摩擦角 φ_{cq}		
直接剪切慢剪试验	粘聚力 c_s 内摩擦角 φ_s		
反复直接剪切试验	残余粘聚力 c_r 残余内摩擦角 φ_r	反复直接剪切强度试验	确定滑动带或潜在滑动带的强度
固结试验	压缩系数 a_v 压缩模量 E_s	标准固结试验	评价土的压缩性 提供 $e-p$ 曲线, 进行沉降计算
	压缩指数 C_c 回弹指数 C_s 体积压缩系数 m_v 先期固结压力 P_c		计算超固结比 OCR , 评价土考虑应力历史的沉降计算
	回弹再压缩模量 E_c		开挖土体回弹量估算
	固结系数 C_v 、 C_h 次固结系数 C_a	快速固结试验	黏性土沉降速率和固结度的计算
基床系数	基床系数 (K_h 、 K_v)	固结试验 三轴压缩试验	竖向基床系数用于弹性地基梁、板计算 水平向基床系数用于桩、墩台基础及地下结构的横向受力和变位计算
土的静止侧压力系数试验	静止侧压力系数 K_0		计算泊松比 μ 土压力计算
土的动力性质试验	动弹性模量 E_d 动剪变模量 G_d 阻尼比 ζ_l 动强 σ_d	动三轴试验 动单剪试验 动扭剪试验 共振柱试验	动力反应分析
			地基液化分析
渗透试验	渗透系数 K_h 、 K_v	1 变水头法 2 常水头法	1 透水性评价 2 降水方案评价 3 涌水量计算 4 地基处理的评价 5 盾构选型

续表 12-2

试验项目	测定参数	试验方法	适用条件或用途
有机质含量试验	有机质含量 W_u	1 重铬酸钾容量法 2 烧灼失重法	1 土的分类 2 软土处理方法的评价
承载比试验	承载比 $CBR_{u.5}$ 承载比 $CBR_{0.5.0}$	贯入试验法	路面基层和底层材料以及各种土和混合料的强度检测
击实试验	最大密度 P_{dmax} 最优含水率 W_{opt}	1. 轻型击实法 2 重型击实法	回填土压实度控制
胀缩试验	膨胀力 P_e	膨胀力试验	膨胀土分析、计算

表 12-3 土的物理力学性质试验、动力试验项目和测定参数续表

试验项目	测定参数	试验方法	适用条件或用途
热物理性质试验	导温系数 a 导热系数 λ 比热容 C	1 面热源法 2 热线法 3 热平衡法	地下工程分析计算
胀缩性质试验	自由膨胀率 δ_{ef}	自由膨胀率试验	膨胀土分析、计算
	有荷膨胀率 δ_{ep}	有荷膨胀率试验	
	无荷膨胀率 δ_e	无荷膨胀率试验	
	线收缩率 δ_{si} 体缩率 δ_v 收缩系数 λ_n	收缩试验	
湿陷试验	湿陷系数 δ_s 自重湿陷系数 δ_{zs}	湿陷系数试验 自重湿陷系数试验	可用于评价土的湿陷性

12.7 岩石的物理力学性质试验

12.7.1 岩石的物理力学性质试验项目和测定参数见表 12-4，试验项目宜根据工程需要确定。

表 12-4 岩石的物理力学性质试验项目和测定参数

指标	试验项目	测定参数	试验方法	适用条件或用途
物理指标	岩矿鉴定	矿物成份	综合测定	定名
	含水率试验	含水率 ω	烘干法	
	颗粒密度试验	颗粒密度 ρ_s	比重瓶法、水中称量法	
	块体密度试验	块体密度 ρ	量积法、水中称量法或蜡封法	
	吸水性试验	吸水率 ω_a	自由浸水法	

续表 12-4

指标	试验项目	测定参数	试验方法	适用条件或用途
物理指标	饱和吸水率试验	饱和吸水率 ω_{sa}	煮沸法、真空抽气法	
	耐崩解性试验	耐崩解指数 I_{d2}	干燥、浸水称重	黏土类岩石、风化岩
力学指标	膨胀性试验	岩石轴向自由膨胀率 V_H 岩石径向自由膨胀率 V_D 岩石侧向约束膨胀 V_{HP} 膨胀压力 p_s	自由膨胀率试验、侧向约束膨胀率试验、膨胀力试验	膨胀岩
	单轴抗压强度试验	天然单轴抗压强度 R 饱和单轴抗压强度 R_C 干燥单轴抗压强度 R_d	无侧限轴向受压	确定岩石的强度，一般进行饱和单轴抗压强度试验，黏土质岩和极软岩可采用天然单轴抗压强度试验；当需考虑岩体软化时，需进行干燥单轴抗压强度试验，计算软化系数
	点荷载试验	点荷载强度 $I_s (50)$		确定岩石的强度，一般用于破碎岩石
	直接剪切试验	岩石内聚力 C 岩石内摩擦角 φ 结构面内聚力 C 结构面内摩擦角 φ	直接剪切 三轴压缩 扭转试验	用于洞室（体）、岩质边坡的稳定评价等；结构面直接剪切强度应采用室内结构面（重合）直接剪切试验。
	变形试验	弹性模量 E 变形模量 E_0 泊松比 μ	单轴压缩	变形特性评价
	岩石抗拉强度试验	岩石抗拉强度 σ_t	劈裂法 直接法	

12.7.7 对于可以制成圆柱体的岩石试样，应优先选用单轴抗压强度试验测定岩石强度；当岩体较破碎时，不能制成标准试件，可以做点荷载试验间接测定岩石强度，并在成果报告中注明试验方法。

12.8 水和土的腐蚀性试验

12.8.1 表中氧化还原电位法、极化电流密度、电阻率、质量损失是原位测试项目，用于评价土对钢结构的腐蚀性，具体试验方法和评价标准可参见林宗元主编的《岩土工程试验监测手册》。

12.8.2 目前，水利工程、铁路、公路和桥隧工程以外的工程建设岩土工程勘察主要执行《岩土工程勘察规范》GB 50021，结构设计主要要执行《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476，这两种规范对于水和土引起的建筑材料腐蚀性环境作用类型、作用等级评价标准不同：《岩土工程勘察规范》GB 50021 将环境划分为I~III类，而《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 将混凝土构件暴露的环境分为一般环境（I类）、冻融环境（II类）、海洋氯化物环境（III类）、除冰盐等其他氯化物环境（IV类）和化学腐蚀环境（V类）共五个种类；《岩土工程勘察规范》GB 50021 将腐蚀性等级划分为“微、弱、中、强”四个等级，而《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 将环境作用等级分为“轻微、轻度、中度、严重、非常严重、极端严重”六种程度，并进一步具体划分为“I-A”至“V-E”和“III-F”共十六个等级。勘察规范与设计规范的不一致，常常给实际勘察和设计工作造成困扰。

本标准要求岩土工程勘察应提供水和土腐蚀性试验结果，并要求水和土对混凝土结构、土对钢结构的腐蚀性评价分别符合《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476、《岩土工程勘察规范》GB 50021 相关规定，即岩土工程勘察按照《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476，提供III类、IV类环境作用等级，按照《岩土工程勘察规范》GB 50021 评价土对钢结构的腐蚀性等级。本条规定的提出，主要是考虑并综合了以下因素：

1 《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 规定，确定混凝土结构所处环境类别是混凝土结构耐久性设计的内容之一，当结构构件受到多种环境类别共同作用时，应分别针对每种环境类别进行耐久性设计。对照混凝土结构暴露环境类别划分结果，岩土工程勘察获取的水土腐蚀性试验结果仅能用于判定除冰盐等其他氯化物环境（IV类）、化学腐蚀环境（V类）对混凝土结构的作用等级，其它环境类别（I~III类）对混凝土结构的作用等级不需要依据水和土的腐蚀性试验结果进行确定，由设计人员根据混凝土结构所处的工作环境确定。

2 根据《钢结构设计标准》GB 50017，钢结构的腐蚀影响因素复杂，与环境腐蚀条件、钢材质量、钢结构构造、所处的环境中水气含量和电解质含量等均有关，但是《钢结构设计标准》GB 50017 并未就如何考虑岩土工程中水和土对钢结构的腐蚀性影响、评价作出说明和规定。另根据《岩土工程勘察规范》GB 50021，勘察需评价土对钢结构的腐蚀性。

3 考虑到有时候勘察技术人员不能全面了解建筑结构在施工、运营服务期间可能经历的环境，本条规定岩土勘察报告中还应提供水和土腐蚀性试验结果（即水和土的腐蚀性试验数据结果），以便设计人员根据需要复核或修正环境作用等级。

12.8.3~12.8.6 各条规定与《岩土工程勘察规范》GB 50021 一致。

13 岩土工程成果报告和现场检验

13.2 岩土参数的分析和选定

13.2.4 岩土参数变异性分级应符合表 13-1 的规定。

表 13-1 岩土参数的变异性分级

变异系数 (δ)	$\delta \leq 0.1$	$0.1 < \delta \leq 0.2$	$0.2 < \delta \leq 0.3$	$0.3 < \delta \leq 0.4$	$\delta > 0.4$
变异性	很低	低	中等	高	很高

当变异系数 $\delta > 0.3$ 时，应分析误差过大的原因，必要时应增加试样数量或重新划分统计单元体。当确系岩土自身性质不均匀且统计单元不能进一步细分时，统计修正系数可按经验取值。

13.2.5 岩土工程勘察报告一般只提供岩土参数的标准值，不提供设计值，故本条未列岩土参数设计值的计算。需要时，当采用分项系数描述设计表达式计算时，岩土参数设计值 ϕ_d 按下式计算：

$$\phi_d = \frac{\phi_k}{\gamma} \quad (13-1)$$

式中： γ ——岩土参数的分项系数，按有关设计规范的规定取值。

对于正常使用极限状态计算需要的岩土参数指标，例如压缩系数、压缩模量、渗透系数，宜选用平均值；承载能力极限状态计算需要的岩土参数：岩土抗剪强度指标，宜选用指标的标准值；载荷试验承载力应取特征值；容许应力法计算需要的岩土指标，应根据计算和评价的方法选定，可选用指标的标准值，并作适当的经验调整。

13.3 成果报告的基本要求

13.3.5 本条主要是结合《工程勘察通用规范》GB 55017 第 6.2.2 要求增加相应要求。

13.3.6 鉴于岩土工程的规模大小各不相同，目的要求、工程特点、自然条件等差别很大，要制订一个统一的适用于每个工程的报告内容和章节名称，显然是不切实际的，因此本条主要是结合《工程勘察通用规范》GB 55017 提出了岩土工程详细勘察报告的基本内容，其他岩土工程勘察成果可根据工程需要予以调整。

14 勘察信息化

14.1 一般规定

14.1.1 目前，互联网信息化技术已渗透到各行各业，引领新的工业革命，勘察行业在钻探设备、数据采集、项目管理和成果应用各方面尚较为落后，作业模式相对传统。勘察信息化旨在将信息化技术利用到勘察工作的各个环节，改善传统人工作业模式，提高工作效率，促进行业发展。勘察工作主要包括数据采集、数据管理、数据应用三个环节，岩土工程勘察信息化应包括以上三个方面，实现勘察工作全流程信息化。

数字化、信息化管理已渗透到各行各业，勘察信息化的推广关系到行业的快速进步和高质量发展，鉴于目前行业各单位、人员的信息化工作程度参差不齐，暂时无法全面推广勘察信息化，建议各行业单位根据工程建设和自身发展的需要，逐步推进勘察信息化建设。

14.1.2 岩土工程勘察数据来源广泛且数据量大，包括现场测量、地质测绘、勘探、测试、取样、室内实验获取的各种原始数据（且大部分是属性数据，如地层描述等信息），人工采集不仅工作量大，且容易造成人为误差甚至错误，是目前岩土勘察的一大痛点。同时勘探、取样和原位测试均具有不可重复性，原始数据的准确性、原位测试和室内试验的合规性等，都直接影响到所提供设计、施工所需参数的真实性和准确性。因此，现场各种勘探、测试和室内试验过程的数据（信息）通过实时自动采集、传输和存储，并进行实时数据统计、分析、处理并实现成果输出，可在显著提高作业效率的基础上确保成果质量。

同时，目前的勘察项目管理相对粗放，文件流转、审批效率较为低下，通过勘察项目管理信息化功能，包括勘察技术要求、钻孔布置图、管线图、地形图等文档便携式在线查阅，各类流程手续文件、勘察大纲、会议纪要等在线上传及审批，能够实现开工准备、方案审批、现场实施、成果编制、归档结算等全过程管理，有效提高行业管理水平。

14.1.3 勘察信息化作业旨在脱离传统的纸质作业模式，但是数据的原始性和准确性无法很好的体现，容易被质疑，因此本条提出勘察信息化软件应采取可靠的数据采集、共享和传递方式，记录下数据采集、录入、修改和传递等每一步过程的时空信息，确保勘察数据的准确性、完整性和有效性。

14.1.4 勘察工作的环节较多，如针对不同环节开发多种信息化系统软件而不能无缝连接和数据自由传送，则信息化效应将大打折扣，因此本条规定勘察信息化应建立交换结构标准化，实现各个环节的信息化系统在同一个平台完成操作和应

用，实现数据共享、查验和各方协同，确保勘察信息化软件能真正为技术人员接受、应用和推广。

14.2 勘察作业信息化规定

14.2.1 勘察作业信息化主要包括外业数据采集和处理、土工试验数据采集和处理等，数据采集信息化系统必须建立在数据标准格式的基础上，对岩土层分类和定名进行编码，统一岩土描述的各项要素。

广东省岩土层非常多，分层标准也不统一，广州、深圳等地在岩土层分类和定名上均做出了一定的探索，包括广州市地质信息子系统、广州市轨道交通线网岩土分层系统（俗称“九分法”）、深圳市岩土工程勘察报告数字化规范 SJG36-2017 等，勘察作业信息化可参考上述较为成熟的地层编码系统进行标准化。

14.2.2 本条规定外业数据采集的内容和要求，采集内容宜包括项目编号、钻孔编号、钻孔设计坐标与标高、终孔深度要求等，外业采集过程中可电子化录入岩土层分类、定名、深度、厚度、岩性描述、岩土水取样、原位测试结果、岩芯照片等数据和信息。

目前勘察外业进行岩土水取样时，通常采用纸质的岩土标签记录样品的编号、定名、取样深度和取样日期等基本信息，并贴在样盒上进行标识，同时再填写一份送样单，注明样品的基本信息及需进行的试验项目，与样品一起送实验室。上述工作均人工进行，样签和送样单重复记录，效率低，容易混淆，且运输过程中容易破损或遗失。勘察信息化应实现电子化录入，通过二维码标签记录样品的所有信息及需实施的试验内容，将样签和送样单合二为一，提高现场效率，减少人为失误、样单破损和遗失。

14.2.3 目前勘察外业的很多原位测试工作，需要人工记录读数，比如标贯、动力触探等，另有部分原位测试数据则自动记录在测试设备中，需到室内重新导入电脑中再进行人工处理。勘察信息化系统应能对接各原位测试设备，实现原位测试数据自动记录、上传和处理，减少人工记录引起的误差，实现数据自处理功能，提高工作效率和质量。另外，土工试验设备同样种类繁多，勘察作业信息化应实现对所有土工试验数据对口采集，并进行统计和处理，形成土工试验成果，提交技术人员使用。

14.2.4 通过项目管理信息系统自动记录设备的时空信息，监控外业数据采集时的时间和地点，一定程度上控制数据采集过程的真实性。实时记录勘察作业及校审或审批的每一个过程，有利于勘察项目管理的过程追溯，查找问题源头。

14.2.5 目前勘察外业数据采集基本由现场技术人员完成，或多或少存在失误或

差错，如常见的“标贯跨层”现象、钻孔深度不满足要求、取样和原位测试的间距和数量不满足规范或总体技术要求等，而数据查验工作通常由室内校审人员进行，发现问题之后已经相对比较滞后，缺乏实时性。因此本条对勘察信息化软件的数据统计和分析功能提出要求，在数据采集后可自动进行统计和分析，发现异常可实时提醒现场技术人员，进行人工干预处理。

14.2.6、14.2.7 目前施工工地基本上已实现视频监控全覆盖，而勘察外业由于流动性大的特点，一直以来存在实时监管难、盲点多、安全文明施工亟待提高的问题，本条对勘察作业现场或室内试验远程视频监控提出要求，通过视频监控手段，记录现场作业情况，对现场作业人员有一定的监管和震慑作用，有利于提高现场作业的安全文明施工水平及钻探质量。

14.3 勘察成果信息化

14.3.1 目前的勘察工作模式，成果生成效率相对较为低下，通常由外业技术人员完成钻孔编录后，将编录成果提交室内制图员二次输入电脑，才能生成柱状图和剖面图等成果。勘察信息化应实现现场数据录入后，能根据需要自动生成勘察报告所需的相关统计表格，自动生成钻孔柱状图、剖面图和等高线图等，提高成果输出的自动化水平。

14.3.2 本条规定对勘察成果电子化文件和数据格式提出要求。

14.3.3 目前的勘察成果报告主要通过柱状图、二维剖面图来展示岩土层的分布情况，三维成果非常少，在建筑、轨道交通专业大力推广 BIM 的大环境下，地质三维模型也需大力推广，并实现与设计专业无缝连接，从而提高勘察成果的展示水平，推动行业发展。

14.3.4 目前勘察成果管理较为分散，主要掌握在各勘察单位手中，成果归档基本以纸质报告和电子光盘的形式为主，缺乏统一的信息化平台汇总和展示已有的勘察成果数据，不利于成果数据的规模化管理和二次开发应用。应逐步建立成果数据云平台，提高既有成果的利用率，并在此基础上逐步实现工程建设的全过程服务。

15 绿色勘察

15.1 绿色勘察是指遵循绿色发展和环保理念，借助绿色勘探技术，避免、消除或减轻对人员安全的危害及对环境的污染和破坏，把勘探所产生的废弃物进行无公害处理和绿色固化处理，结束后进行环境修复治理的持续活动。

“绿水青山就是金山银山”，以生态环境保护为主的绿色发展的道路是我们的一项基本国策。绿色勘察是以绿色发展理念为指导，把生态环境保护的理念落实到工程勘察工作中，在完成勘察目的和任务的同时，将勘察作业过程对生态环境的不利影响控制在最小程度。在日常工作中倡导绿色勘察的理念，是勘察单位和勘察技术人员需要履行的社会责任。

勘察作业过程中，不可避免地会产生泥浆、油污、烟尘、噪声、弃土等污染物，但勘察人员应当采取恰当的勘察技术、方法、工艺、设备和措施，合理组织勘察作业，持续改进，不仅在勘察过程中减少和控制对生态环境造成的影响，并且做好施工完成后的场地恢复工作，有效控制勘察作业对环境的影响程度、影响范围和影响时长。

15.3 城镇、公共区、绿地、资源和环境保护区等地段，是施行绿色勘察措施的重点区域。

1 勘察作业前应对作业人员进行环境保护交底，结合场地和环境特点明确绿色勘察措施要求，作业前还应检查和维护勘探设备，减少进场后因设备故障引起的固、液、气废弃物排放；

2 城镇和公共区勘察时进行作业场地围蔽，有益于城市和环境美观，降低作业产生的废弃物、噪声对环境的影响。部分城市出台了道路区、风景区施工围蔽要求和标准，勘察施工围蔽还应符合当地管理标准与要求；

3 勘察现场的膨润土、水泥及土状岩芯易产生扬尘，应采取覆盖、遮挡或洒水等措施，防止产生粉尘污染；

4 钻探时应采取有效措施，防止泥浆、弃土和机油、柴油等污染路面、农田、绿地、地表水体等环境，勘察作业过程中产生的泥浆、渣土、废弃岩芯等种类废弃物不得排放至绿化带、路边、下水道和河涌，应集中收集后统一处理，必要时外运至主管部门允许的排放场地；

5 噪声超标时应采取整改措施，达到标准后方可继续作业；钻探工作时，对内燃机等高声源设备宜定期检验，确保噪声排放符合标准，对于噪声排放有特殊要求的地段，可噪声声源进行消音降噪改造；在学校、商场或居民区作业时，应做好沟通，在学习和休息时间段以外的时间作业。勘察作业过程中，还应做好作业人员的自身防护，当作业环境噪声超过 85 分贝时，勘察作业人员应佩戴个体

防护噪声装备。

6 勘察完成后,应根据场地景观恢复要求和地质条件、地下岩土工程施工安全需要等,进行钻孔封孔并对地面进行恢复。实际工作中,常常采用各钻孔灌注水灰比为 0.5~0.7 的水泥浆进行封孔。由于水泥浆固体过程中的渗漏或收缩、回填土体固结沉降等原因,间隔一段时间后作业区地面仍可能再次出现孔口下沉或地面沉降,第一次完成地面修复完成间隔一段时间后,应再次复查现场恢复情况并进行二次修复。