

重庆市工程建设标准

工程勘察标准

Standard for site investigation

DBJ50/T-043-2024

主编单位:重庆市都安工程勘察技术咨询有限公司

重庆市设计院有限公司

批准部门:重庆市住房和城乡建设委员会

施行日期:2024年07月01日

2024 重 庆

重庆工程建设

重庆市住房和城乡建设委员会文件

渝建标〔2024〕15号

重庆市住房和城乡建设委员会 关于发布《工程勘察标准》的通知

各区县(自治县)住房城乡建委,两江新区、重庆高新区建设局,万盛经开区住房城乡建委、双桥经开区建设局、经开区生态环境建设局,各有关单位:

现批准《工程勘察标准》为我市工程建设地方标准,编号为DBJ50/T-043-2024,自2024年7月1日起施行,原《工程地质勘察规范》DBJ50/T-043-2016、《市政工程地质勘察规范》DBJ50-174-2014和《地下工程地质环境保护技术规范》DBJ50/T-189-2014同时废止。标准文本可在标准施行后登录重庆市住房和城乡建设技术发展中心官网免费下载。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆市都安工程勘察技术咨询有限公司负责具体技术内容解释。

重庆市住房和城乡建设委员会

2024年4月16日

重庆工程建设

前 言

根据重庆市住房和城乡建设委员会《关于下达 2021 年度重庆市工程建设标准制定修订项目计划(第一批)的通知》(渝建〔2021〕25 号)文件要求,《工程勘察标准》DBJ50/T-043-2024 对《工程地质勘察规范》DBJ50/T-043-2016、《市政工程地质勘察规范》DBJ50-174-2014 和《地下工程地质环境保护技术规范》DBJ50T-189-2014 进行了合编。标准编制组经深入调查研究,认真总结工程实践经验,参考有关国家和地方标准,并在广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准共分 12 章。主要技术内容包括:1. 总则;2. 术语、符号;3. 基本规定;4. 岩土分类与鉴别;5. 工程地质勘探方法;6. 房屋建筑与市政工程;7. 建筑边坡与基坑;8. 不良地质作用;9. 特殊地基;10. 水文地质;11. 岩土参数统计与取值;12. 工程地质评价与勘察成果。

本次合编的主要内容有:1. 综合了工程地质勘察、市政工程地质勘察和地下工程地质环境保护勘察内容;2. 修订了边坡工程勘察有关规定;3. 修订了不良地质场地勘察要求;4. 细化了水文地质勘察和评价的规定;5. 修订了岩质地基的地基条件系数取值。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆市都安工程勘察技术咨询有限公司负责具体技术内容解释。在本标准的执行过程中,若有意见和建议,请寄送重庆市都安工程勘察技术咨询有限公司(地址:重庆市江北区五里店南方上格林桥北苑 9 号 16 楼,邮编 400023)。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和审查专家：

主 编 单 位：重庆市都安工程勘察技术咨询有限公司

重庆市设计院有限公司

参 编 单 位：重庆市勘测院

中煤科工重庆设计研究院(集团)有限公司

重庆南江工程勘察设计集团有限公司

重庆川东南工程勘察设计院有限公司

重庆市高新工程勘察设计院有限公司

重庆设计集团有限公司

中设工程咨询(重庆)股份有限公司

中铁二院重庆勘察设计研究院有限责任公司

重庆地质矿产研究院

中机中联工程有限公司

重庆市建筑科学研究院有限公司

重庆六零七工程勘察设计有限公司

中国人民解放军陆军勤务学院

重庆大学

重庆建筑工程职业学院

重庆中煤科工工程技术咨询有限公司

中冶赛迪工程技术股份有限公司

中国建筑西南勘察设计院有限公司

重庆市二零八地质环境研究院有限公司

重庆长江勘测设计院有限公司

重庆一零七工程勘察设计院有限公司

四川省地质工程勘察院集团有限公司

招商局重庆交通科研设计院有限公司

重庆北江岩土工程勘察设计有限公司

重庆蜀通岩土工程有限公司

重庆中科勘测设计有限公司

中兵勘察设计研究院有限公司重庆分公司

中佳勘察设计院有限公司

广西华蓝岩土工程有限公司

重庆市兴正建设工程咨询有限公司

重庆城投基础设施建设有限公司

主要起草人:何 平 冯永能 尧红庆 杨德全 林义华
黄永泽 周成涛 唐秋元 陈希昌 陈建光
陈小平 杨福荣 谢应坤 范泽英 张顺斌
代 彤 张贵铜 李杨秋 张照秀 来武清
陈志平 赵洪波 廖云平 陈立川 王 凯
易朋莹 雷 用 刘新荣 汤启明 杨 越
邓继辉 王 锐 邓书金 刘廷登 刘卫星
吴德安 李长雄 李成芳 蒋文明 罗向奎
周海鹰 周 峰 李洪波 温 健 张天友
汪 凯 刘海军 江立群 任光剑 陈 涛
李正川 邹永才 龚 磊 扶 敏 陈立军
付国文 柴贺军 刘中帅 蒲世宽 曾洪波
胡仁强 唐春龙 黄承忠 廖月华 任秀文
熊启东 孔凡林 周 舟 王 振 李 涛
钟晓波 杨小堂 陈 锐 刘 力 曾志凯
李 铮

审 查 专 家:沈小克 化建新 戴一鸣 梁金国 徐张建
刘文连 郭明田 康景文 薛尚铃

重庆工程建设

目 次

1	总则	1
2	术语、符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	5
4	岩土分类与鉴别	13
4.1	岩石的分类	13
4.2	土的分类	17
4.3	岩土的描述与鉴别	22
5	工程地质勘探方法	24
5.1	一般规定	24
5.2	工程地质测绘和调查	24
5.3	勘探与取样	25
5.4	试验与测试	30
6	房屋建筑与市政工程	33
6.1	房屋建筑	33
6.2	城市道路	39
6.3	城市桥涵	47
6.4	城市隧道	54
6.5	城市堤岸	62
6.6	城市管道	66
6.7	架空索道	71
6.8	城市固体废弃物填埋场	74
7	建筑边坡与基坑	80

7.1	一般规定	80
7.2	勘察	83
7.3	岩土参数	87
7.4	边坡稳定性	88
8	不良地质作用	91
8.1	一般规定	91
8.2	岩溶	92
8.3	滑坡	97
8.4	危岩和崩塌	97
8.5	塌岸	98
8.6	采空区	99
9	特殊地基	101
9.1	一般规定	101
9.2	块碎岩地基	101
9.3	人工洞室地基	102
9.4	红黏土地基	103
9.5	填土地基	106
10	水文地质	109
10.1	一般规定	109
10.2	勘察	111
10.3	水文地质测试	114
10.4	地下水作用评价	116
11	岩土参数统计与取值	118
11.1	一般规定	118
11.2	岩土参数统计与分析	118
11.3	岩土体物理力学性质指标	120
11.4	地基极限承载力	122
12	工程地质分析评价与成果报告	126
12.1	一般规定	126

12.2	场地及地基稳定性与建筑适宜性评价	127
12.3	地震效应评价	127
12.4	地基评价及基础方案建议	128
12.5	相邻建(构)筑物影响评价	129
12.6	成果报告	130
附录 A	工程勘察委托书及工程勘察纲要	133
附录 B	物探方法适用性选择表	137
附录 C	浅层平板载荷试验	139
附录 D	深层平板载荷试验	141
附录 E	岩基平板载荷试验	143
附录 F	现场原位直剪试验	145
附录 G	岩土水平抗力试验	147
附录 H	岩土体波速测试	151
附录 J	隧道围岩分级	152
附录 K	环境水和土对钢结构的腐蚀性	156
附录 L	岩体性质指标标准值及结构面抗剪强度	157
附录 M	洞室调查表	160
附录 N	洞室地基稳定性验算	161
附录 P	地下工程洞室围岩稳定性评价及围岩压力计算 ...	163
附录 Q	水文地质参数测定方法	166
附录 R	抽水试验技术要求	168
本标准用词说明		170
引用标准名录		171
条文说明		173

重庆工程建设

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic requirements	5
4	Classification and identification of rock and soil	13
4.1	Rock classification	13
4.2	Soil classification	17
4.3	Description of rock and soil and their identification	22
5	Engineering geological investigation methods	24
5.1	General requirements	24
5.2	Surveying and investigation	24
5.3	Exploration and sampling	25
5.4	Test	30
6	Investigation of buliding construction and municipal engi- neering	33
6.1	Housing bulidings	33
6.2	Urban road	39
6.3	Urban bridge and culvert	47
6.4	Urban tunnel and underground cavern	54
6.5	Urban embankment	62
6.6	Urban pipeline	66
6.7	Aerial cableway	71

6.8	Municipal solid waste landfill	74
7	Geological investigation of slope engineering	80
7.1	General requirements	80
7.2	Requirements for geological investigation	83
7.3	Parameters of rock and soil	87
7.4	Stability assessment of slope	88
8	Adverse geologic site investigation	91
8.1	General requirements	91
8.2	Karst site	92
8.3	Landslide site	97
8.4	Dangerous rock and collapse site	97
8.5	Bank collapse site	98
8.6	Goaf site	99
9	Special foundation investigation	101
9.1	General requirements	101
9.2	Blocky-cataclastic rock mass ground	101
9.3	Foundation with cavern	102
9.4	Red clay foundation	103
9.5	Fill-foundation soil	106
10	Hydrogeological investigation	109
10.1	General requirements	109
10.2	Requirements for hydrogeological investigation	111
10.3	Hydrogeological test	114
10.4	Assessment of groundwater effect	116
11	Engineering geological quality index of rock and soil and bearing capacity of subgrade	118
11.1	General requirements	118
11.2	Statistics and analysis of engineering geological test re-	

sult	118
11.3 Engineering geological quality index of rock and soil	120
11.4 Ultimate bearing capacity of subgrade	122
12 Engineering geological assessment and report	126
12.1 General requirements	126
12.2 Assessment of site and foundation stability and build- ing suitability	127
12.3 Assessment of seismic effect	127
12.4 Assessment of foundation plan	128
12.5 Impact assessment of adjacent buildings(structures)	129
12.6 Engineering geological investigation report	130
Appendix A Power of attorney for engineering geological sur- vey and outline of engineering geological survey	133
Appendix B Selection table for applicability of geophysical prospecting	137
Appendix C Shallow plate loading test	139
Appendix D Deep plate loading test	141
Appendix E Plate loading test for rock foundation	143
Appendix F In-situ direct shear test	145
Appendix G Horizontal resistance test for rock and soil	147
Appendix H Wave velocity measurement of rock and soil	151
Appendix J Classification of tunnel surrounding rock ...	152
Appendix K Corrosiveness of environmental water and soil to steel structures	156

Appendix L	Standard values of rock mass property indicators and shear strength of structural planes	157
Appendix M	Chamber investigation	160
Appendix N	Checking computation of stability of chamber foundation	161
Appendix P	Stability assessment and pressure calculation of surrounding rock of underground engineering	163
Appendix Q	Determination method of hydrogeological parameters	166
Appendix R	Technical requirements of pumping test	168
	Explanation of Wording in this standard	170
	List of quoted standards	171
	Explanation of provisions	173

1 总 则

1.0.1 为了在工程勘察中贯彻执行国家技术经济政策,确保工程勘察质量,保障工程、人身、财产等公共安全和保护环境,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于重庆市房屋建筑与市政工程的工程勘察。

1.0.3 工程勘察应在了解工程特点、明确工程功能的基础上,按工程建设各阶段设计要求,选用有针对性的勘察手段并合理布置工作量,提供资料完整、评价合理、结论可靠、建议可行的勘察报告。

1.0.4 工程勘察除应符合本标准的规定外,尚应符合国家、行业和重庆市现行有关标准的规定。

2 术语、符号

2.1 术 语

2.1.1 工程勘察 site 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 工程地质条件 engineering geological condition

与工程建设有关的地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质和不良地质作用等地质环境条件。

2.1.3 建筑边坡 building slope

由于建(构)筑物和市政工程开挖或填筑施工所形成的人工边坡和对建(构)筑物安全或稳定有影响的自然边坡。

2.1.4 岩土混合边坡 rock and soil mixed slope

由土体与岩体组成的边坡。

2.1.5 人工洞室地基 artificial cave ground

变形或承载力受下伏或侧向人工洞室影响的地基。

2.1.6 块碎岩地基 blocky cataclastic-rock ground

块状或碎石状的似层状岩质结构体构成的地基。

2.1.7 红黏土地基 red clay ground

原生红黏土和次生红黏土组成的地基。

2.1.8 填土地基 filled ground

由填土组成的地基。

2.1.9 市政工程 municipal engineering

城市区域内设置的各种公共交通和给水、排水、燃气、环境卫生、供电照明等基础设施建设工程的总称。

2.1.10 地下工程 underground engineering

开发地下空间所形成的实体。

2.1.11 固体废弃物填埋场 landfill for solid waste

采用填埋方式处理固体废弃物的场所。

2.2 符 号

2.2.1 岩土性质和抗力指标：

γ —— 岩土体的重度；

e —— 土的天然孔隙比；

w —— 含水量，含水率；

w_L —— 土的液限；

w_p —— 土的塑限；

I_L —— 土的液性指数；

I_p —— 土的塑性指数；

c —— 岩土体的粘聚力；

φ —— 岩土体的内摩擦角；

c_s —— 结构面的粘聚力；

φ_s —— 结构面上的内摩擦角；

ν —— 岩土体泊松比；

μ —— 基底摩擦系数；

E —— 岩土体的弹性模量；

E_0 —— 岩土体的变形模量；

E_s —— 岩土体的压缩模量；

f_l —— 岩石抗拉强度；

f'_l —— 岩体抗拉强度；

f_r —— 岩石抗压强度

f'_r —— 岩体抗压强度；

f_0 —— 地基极限承载力平均值；

f_k ——地基极限承载力标准值；

q_e ——岩土体与锚固体的极限粘结强度。

2.2.2 作用力和作用效应：

p ——静载荷试验中的荷载值；

p_h ——洞室围岩的水平压力；

p_v ——洞室围岩垂直均布压力；

σ_h ——洞室围岩初始水平应力；

σ_v ——洞室围岩初始垂直应力；

σ_r ——洞室围岩径向应力；

σ_θ ——洞室围岩切向应力。

2.2.3 计算参数：

α, β ——应力集中系数；

I_0 ——承压板形状系数。

2.2.4 其它：

K ——岩体水平抗力系数；

K_v ——岩体完整性系数；

m ——土体水平抗力系数的比例系数；

N ——标准贯入锤击数；

$N_{63.5}$ ——重型圆锥动力触探锤击数；

N_{120} ——超重型圆锥动力触探锤击数；

s ——围岩类别、静载荷试验中与荷载值对应的沉降量；

μ_0 ——岩土性质指标算术平均值；

μ_k ——岩土性质指标标准值；

δ ——变异系数；

σ ——标准差；

η ——地基条件系数。

3 基本规定

3.0.1 工程勘察应在搜集建设场地及周边已有勘察设计资料、工程环境资料、地区建设经验的基础上,结合拟建工程功能特点、结构类型等工程条件,采用综合勘察方法查明场地工程地质和水文地质条件,进行岩土工程评价,提供设计、施工所需的岩土参数和勘察成果。

3.0.2 工程勘察工作应符合下列流程规定与内容要求:

- 1 签订工程勘察合同;
- 2 取得工程勘察委托书或工程勘察技术要求;
- 3 进行现场踏勘,并结合拟建场地工程地质条件及拟建工程特征,编制工程勘察纲要;
- 4 实施外业工作和室内试验;
- 5 进行内业整理、计算分析和编制勘察报告;
- 6 将工程勘察原始记录、影像资料、成果报告等相关资料归档;
- 7 参与施工验槽。

3.0.3 工程勘察委托书的格式及内容宜符合本标准附录 A 表 A.0.1、A.0.2 的要求。

3.0.4 工程勘察纲要应在搜集、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,结合拟建工程特点和场地工程地质条件编制,勘察纲要宜包括下列内容:

- 1 工程概况、委托单位、工程性质、规模、重要性、地基有无特殊要求等概要;
- 2 自然地理条件(位置、交通、水文、气象、地形、地理特征)、地层、岩性、地质构造、水文地质条件、不良地质作用、地震及其他

有关资料的搜集情况(包括建筑经验、勘察资料等);

- 3 勘察目的、任务要求及需要解决的主要岩土工程问题;
- 4 执行的技术标准,设计对勘察工作的技术要求;
- 5 选用的勘探方法,勘探质量要求;
- 6 勘察点、线布置、取样及测试工作布置等;
- 7 勘探完成后的钻孔封孔、填埋、作业环境清理等现场处理;
- 8 拟采取的质量控制、安全保障和环境保护措施;
- 9 拟投入的仪器设备、人员安排、勘察进度计划等;
- 10 勘察安全、技术交底内容;
- 11 拟建工程勘探点平面布置图及预计勘察工作量一览表;
- 12 拟提供的主要成果资料(名称、比例尺、数量)。

3.0.5 勘察等级为丙级的项目勘察纲要可按本标准附录 A 表 A.0.3 的表格形式编制。

3.0.6 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。

3.0.7 工程勘察范围包括拟建工程场地用地红线范围、拟建工程对周边建(构)筑物和环境有影响的区域,以及可能对拟建工程有影响的不良地质作用分布范围。

3.0.8 工程安全等级划分应符合表 3.0.8-1~3.0.8-7 的规定。

表 3.0.8-1 房屋建筑与构筑物工程安全等级

安全等级	建(构)筑物类型
一级	重要的工业与民用建(构)筑物 30 层以上或超过 100m 的建(构)筑物 跨度>24m 的单层厂房和跨度>12m 的多层厂房 单体建筑面积大于 $2 \times 10^4 \text{ m}^2$ 或总建筑面积大于 $3 \times 10^5 \text{ m}^2$ 的小区 大面积的多层地下建筑物(如地下车库、商场、运动场等)
二级	除一级、三级外的其它建(构)筑物
三级	一般工业厂房;荷载分布均匀的 7 层及 7 层以下民用建筑;次要的轻型建(构)筑物

表 3.0.8-2 城市道路工程安全等级

安全等级	工程类型
一级	快速路和主干路
二级	次干路
三级	支路

表 3.0.8-3 城市桥梁工程安全等级

安全等级	多孔跨径总长 L (m)	单孔跨径 L_0 (m)
一级(特大桥)	$L > 1000$	$L_0 > 150$
一级(大桥)	$100 \leq L \leq 1000$	$40 \leq L_0 \leq 150$
二级(中桥)	$30 < L < 100$	$20 \leq L_0 < 40$
二级(小桥)	$8 \leq L \leq 30$	$5 \leq L_0 < 20$
三级(涵洞及人行地下通道)	—	—

注:1 单孔跨径 L_0 系指标准跨径。梁式桥、板式桥以两桥墩中线之间桥中心线长度或桥墩中心与桥台台背前缘线之间桥中心线长度内标准跨径;拱式桥以净跨径为标准跨径;

2 梁式桥、板式桥的多孔跨径总长为多孔标准跨径的总长 L ;拱式桥为两岸桥台起拱线间的距离;其他形式的桥梁为桥面系的行车长度;

3 人行天桥参照桥梁分类确定工程安全等级;

4 采用明挖的人行通道当土质边坡高度大于 8m 时,工程安全等级可划分为一级;

5 按本表分类从特大桥向小桥推定,单孔跨径或多孔跨径总长满足一项者即为该等级。

表 3.0.8-4 城市隧道工程安全等级

安全等级	工程类型
一级	城市隧道、地下洞室及竖井工程(直径大于等于 3m 或深度大于等于 10m)
二级	直径小于 3m 且深度小于 10m 的竖井

注:表 3.0.8-4 中不包括采取明挖法施工的项目。

表 3.0.8-5 堤岸工程安全等级

安全等级	工程类型
一级	桩式堤岸、桩基加固的混合式堤岸、高度大于 30m 的堤岸、保护对象为重要或很重要的堤岸
二级	其它堤岸

注：关于城市堤岸安全等级的划分，堤岸类型为桩式堤岸和桩基加固的混合式堤岸或保护对象为重要、很重要时，工程安全等级应划为一级；其它堤岸工程的安全等级可划为二级。当圬工结构或钢筋混凝土结构的天然地基堤岸，包括重力式（含衡重式）、悬臂式、扶壁式等天然地基堤岸、土堤和采用浆砌块石或干砌块石勾缝的护坡堤岸构筑物高度大于 30m 时，应划为一级。

表 3.0.8-6 管道工程安全等级

安全等级	埋深 (m)	工法
一级	≥ 8	顶管、定向钻
二级	5~8	—
三级	< 5	—

表 3.0.8-7 城市固体废弃物填埋场工程安全等级

安全等级	工程规模	
	填埋场日处理能力 (t/d)	垃圾坝(污水坝)高度 (m)
一级	> 800	> 15
二级	800~300	15~8
三级	< 300	< 8

注：1 填埋场处理能力、垃圾坝(污水坝)高度两项中按孰高原则确定等级；

2 城市固体废弃物填埋场工程安全等级系参照住建部颁发的《工程设计资质标准》(2021 版)的规定，按填埋场日处理能力、垃圾坝(或污水坝)高度划分为三个等级综合确定。

3.0.9 建设场地地质环境复杂程度分类应符合表 3.0.9 的规定。

表 3.0.9 地质环境复杂程度分类

判定因素			地质环境复杂程度			
			复杂场地	中等复杂场地	简单场地	
1	地形、地貌		有两种以上地貌单元,地形坡角大于 30°	有两种地貌单元,地形坡角 10°~30°	地貌单元单一,地形坡角小于 10°	
2	岩层倾角(°)		>35	10~35	<10	
3	岩体完整性		岩体破碎或极破碎,裂隙发育	岩体较破碎,裂隙较发育	岩体较完整,裂隙不发育	
4	岩土特征		种类多,不均匀,性质变化大或有特殊性岩土	种类较多,较不均匀,性质变化较大,无特殊性岩土	种类少,均匀,性质变化不大,无特殊性岩土	
5	土层厚度(m)		>15	8~15	<8	
6	水文地质条件		复杂	中等复杂	简单	
7	不良地质作用影响程度		大	中等	小	
8	破坏地质环境的人类活动	边坡高度 (m)	土质边坡	>15	8~15	<8
			岩质边坡	>30	15~30	<15
		洞顶覆岩厚度与洞跨之比		<1	1~3	>3
		采空区影响程度		大	中等	小
9	对相邻建(构)筑物影响程度		大	中等	小	

注:1 地质环境复杂程度应由复杂场地向简单场地推定,不良地质作用、破坏地质环境的人类活动强烈程度、对相邻建筑影响程度中,任一项满足某类场地即为该类场地,其余因素中三项满足某类场地即为该类场地;

2 水文地质条件复杂程度分类应符合本标准表 10.1.5 的规定;

3 场地范围大、长线性工程,宜根据地质环境复杂程度差异分区分段划分;

4 “破坏地质环境的人类活动”是指既有的破坏地质环境的人类活动,而不是拟建工程将来破坏地质环境的人类活动。

3.0.10 工程勘察等级划分应符合表 3.0.10 的规定。

表 3.0.10 工程勘察等级

工程安全等级	地质环境复杂程度		
	复杂场地	中等复杂场地	简单场地
一级	甲级	甲级	乙级
二级	甲级	乙级	丙级
三级	甲级	乙级	丙级

注：分区分段划分地质环境复杂程度的项目，以最高复杂程度等级确定项目工程勘察等级。

3.0.11 工程勘察宜分阶段进行，可分为可行性研究勘察、初步勘察和详细勘察，并符合下列要求：

1 场地地质环境复杂程度复杂的大型项目或建设场地选址需要进行比选的项目，宜进行可行性研究勘察；

2 场地地质环境复杂程度复杂，工程安全等级为一级的项目应分初步勘察、详细勘察两阶段进行；

3 场地地质环境复杂程度简单或中等复杂，且设计方案已确定的项目，可直接进行详细勘察。

3.0.12 遇下列情况之一时，应进行补充勘察或施工勘察：

1 设计方案发生较大变更，原有勘察成果不能满足设计或施工要求；

2 场地或周边环境发生较大变化，原有勘察成果不能反映地质条件变化；

3 施工过程中出现较大的地质异常；

4 需进行施工勘察的其他情况。

3.0.13 工程勘察应搜集下列资料：

1 附有坐标和地形的建筑总平面布置图、场区地面整平标高、建(构)筑物的性质、规模、荷载、结构形式、拟采用的基础型式、埋置深度，地基允许变形等资料；

2 当地气象、水文等资料；

3 场地和周边既有勘察、设计、施工、监测、检测等资料及建筑经验；

4 场地和周边建(构)筑物及管网资料。

3.0.14 工程地质测绘的比例尺和精度应符合下列规定：

1 测绘的比例尺，可行性研究勘察阶段可选用 1:1000～1:10000，初步勘察阶段可选用 1:500～1:2000，详细勘察阶段可选用 1:200～1:500；

2 不良地质作用、地下水露头、软弱夹层、控制性结构面和洞穴等有重要影响的地质单元体，可扩大比例尺；

3 地质界线和地质观测点的测绘精度，最小尺寸在图上不应低于 2mm；

4 工程地质调查与测绘采用的地层单位应与勘察阶段的工作内容、深度和成图比例尺相适应，初勘阶段宜划分至组，详勘阶段宜划分至段。

3.0.15 采取岩土试样和原位测试应满足分析评价要求，并符合下列规定：

1 采取土试样和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，且不少于勘探孔总数的 1/2；

2 采取岩石试样的勘探孔数量应为勘探孔总数的 1/4～1/3；

3 每个场地每一主要岩、土层的取样或原位测试数据不应少于 6 件(组)。

3.0.16 勘探、取样、测试和试验仪器设备应保持正常使用状态，测试和试验仪器应在标定的有效期内使用。

3.0.17 选择勘察方法和布置勘察工作量时，应考虑勘探作业对拟建工程及周边环境的影响，并对勘探作业现场的危险源进行辨识，对地下管线、地下工程、架空线路及周边环境等应采取有效防护措施。钻孔、探井、探槽和探洞完工后应按规定及时回填，当需保留时应设置防护装置。

3.0.18 勘察外业过程中应采取保护环境、预防场地污染的措施。

3.0.19 勘察前应对勘探作业人员进行技术、环境保护、职业健康和安全作业交底。

3.0.20 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。当遇有异常情况时,应提出处理措施或修改设计的建议。

4 岩土分类与鉴别

4.1 岩石的分类

4.1.1 岩石的坚硬程度分类应符合表 4.1.1 的规定。

表 4.1.1 岩石坚硬程度分类

岩石类别		定性鉴别	岩石饱和单轴抗压强度 f_r (MPa)	代表性岩石
硬质岩	坚硬岩	锤击声清脆,有回弹,震手,难击碎;基本无吸水反应	$f_r > 60$	石英岩、石英砂岩、硅质石灰岩、白云岩、硅质板岩、硅铁质胶结的砂岩
	较硬岩	锤击声较清脆,轻微回弹,稍震手,难击碎;有轻微吸水反应	$60 \geq f_r > 30$	钙质胶结砂岩、石灰岩、白云岩、钙质砾岩
软质岩	较软岩	锤击不清脆,无回弹,较易击碎;浸水后指甲可划出印痕	$30 \geq f_r > 15$	泥质砂岩、砂质泥岩、砾岩
	软岩	锤击声哑,有较深凹痕,无回弹,易击碎;浸水后手可掰开,浸水后可能崩解	$15 \geq f_r > 5$	页岩、泥岩、泥质胶结的砂岩、绿泥石片岩、云母片岩
	极软岩	锤击声哑,有较深凹痕,无回弹,手易捏碎;浸水后易崩解	$f_r \leq 5$	泥岩、页岩

注:1 当无法取得岩石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 当岩体完整程度为破碎、极破碎时,可不进行坚硬程度划分。

4.1.2 岩石风化程度分类应符合表 4.1.2 的规定。

表 4.1.2 岩石风化程度分类

风化程度	特征	风化程度参数指标	
		波速比 K_b	风化系数 K_f
强风化	结构与构造大部分已破坏,颜色及矿物成分明显变化,风化裂隙很发育,岩石被裂隙分割成块碎石状;用手可折断,用镐可以挖掘。	$K_b \leq 0.6$	$K_f \leq 0.4$
中等风化	结构与构造部分破坏,岩石被分割成大块状,风化裂隙发育,岩石表面或裂面大都变色,裂隙中少有充填;不易击碎,用镐难挖掘。	$0.6 < K_b \leq 0.8$	$0.4 < K_f \leq 0.8$
微风化	结构基本未变,仅节理面有渲染或略有变色,有少量风化裂隙。	$0.8 < K_b \leq 0.9$	$0.8 < K_f \leq 0.9$
未风化	岩质新鲜,偶见风化痕迹	$0.9 < K_b \leq 1.0$	$0.9 < K_f \leq 1.0$

- 注:1 波速比 K_b 为风化岩石与新鲜岩石(未风化)压缩波波速度之比;
 2 风化系数 K_f 为风化岩石与新鲜岩石(未风化)饱和单轴抗压强度之比;
 3 岩石风化程度除按表列野外特征和定量指标划分外,也可根据当地经验划分。

4.1.3 岩层按单层厚度分类应符合表 4.1.3 的规定。

表 4.1.3 岩层按单层厚度分类

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

4.1.4 岩体结构类型划分应符合表 4.1.4 的规定。

表 4.1.4 岩体结构类型划分

岩体结构类型	岩体地质类型	主要结构体形状	结构面发育情况
整体状结构	巨厚层状沉积岩	巨块状	以层面裂隙及构造裂隙为主,多呈闭合型,裂隙间距大于 1.5m,一般为 1 组~2 组
块状结构	厚层状沉积岩	块状、厚层状	只具少量贯通性较好的裂隙,间距 0.7m~1.5m;一般为 2 组~3 组,有少量分离体

续表 4.1.4

岩体结构类型	岩体地质类型	主要结构体形状	结构面发育情况
层状结构	多韵律的薄层及中厚层状沉积岩	层状、透镜状	层理、层面发育,有裂隙
碎裂状结构	构造影响严重的破碎岩层	碎块状	断层破碎带,节理、片理或层理发育,一般有 3 组以上,裂隙间距多小于 0.3m,有许多分离体
散体状结构	构造影响严重或风化程度极高	碎屑状	构造和风化裂隙密集,结构错综复杂,多充填黏性土,形成无序小块和碎屑

4.1.5 岩体裂隙发育程度分级应符合表 4.1.5 的规定。

表 4.1.5 岩体裂隙发育程度分级

裂隙发育程度	划分指标		
	裂隙组数	裂隙平均间距 a (m)	裂隙基本特征
不发育	<2 组	$a > 1.0$	裂隙规则,多为密闭状,裂隙宽小于 1mm。岩体被切割成巨块状
较发育	2 组~3 组	$1.0 \geq a \geq 0.3$	裂隙呈 X 型,较规则,多为密闭状,裂隙宽小于 3mm,且大于或等于 1mm,部分为微张裂隙,少有充填物。岩体被切割成大块状
发育	≥ 4 组	$0.3 > a \geq 0.1$	裂隙呈 X 型或米字型,不规则,大部分为张开状,裂隙宽小于 5mm,且大于或等于 3mm,部分有充填物。岩体被切割成块状
极发育	≥ 4 组	$a < 0.1$	裂隙杂乱,不规则,以张开状为主,裂隙宽大于或等于 5mm,有个别宽张裂隙,一般均有充填物。岩体被切割成碎裂状

4.1.6 岩体完整程度分类应符合表 4.1.6 的规定。

表 4.1.6 岩体完整程度分类

完整程度等级 分类标准		完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
定性标准	裂隙发育程度	不发育	较发育	发育	极发育	极发育, 结构面无序
	岩体结构类型	整体状结构	厚层状~巨厚层状或块状结构	薄层状~中厚层状或碎裂状结构	碎裂状结构	散体状结构
定量标准	岩体完整性系数 K_v	>0.75	$0.75\sim0.55$	$0.55\sim0.35$	$0.35\sim0.15$	<0.15
	岩石质量指标 $RQD(\%)$	>90	$90\sim75$	$75\sim50$	$50\sim25$	<25

注: 1 $K_v = (V_{pm}/V_{pr})^2$; 式中 V_{pm} —纵波在岩体中的传播速度, V_{pr} —纵波在岩块中的传播速度;

2 RQD 指用直径 75mm 的金钢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, 长度不小于 10cm 的岩芯长度之和与该回次进尺之比。

4.1.7 岩体基本质量等级分类应符合表 4.1.7 的规定。

表 4.1.7 岩体基本质量等级分类

岩石坚硬程度 \ 岩体完整程度	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

4.1.8 当岩石软化系数等于或小于 0.75 时, 应定为软化岩石。

4.2 土的分类

4.2.1 晚更新世 Q_3 及其以前沉积的土,应定为老沉积土;第四纪全新世中近期沉积的土,应定为新近沉积土。按成因可将土划分为残积土、坡积土、崩积土、洪积土、冲积土、淤积土和人工填土等。

4.2.2 粒径大于 2mm 颗粒的质量超过总质量 50% 的土应定名为碎石土。碎石土分类应符合表 3.2.2 的规定。

表 4.2.2 碎石土分类

土的名称	颗粒形状	粒组含量
漂石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 200mm 的颗粒质量超过总质量的 50%
块石	棱角形为主	
卵石	圆形及亚圆形为主	粒径大于 20mm 的颗粒质量超过总质量的 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的 50%
角砾	棱角形为主	

注:分类时应根据粒组含量由大到小推定,以最先符合者确定。

4.2.3 对于平均粒径小于或等于 50mm,且最大粒径小于 100mm 的碎石土,其密实度分类应符合表 3.2.3 的规定。

表 4.2.3 碎石土密实度按 $N_{63.5}$ 分类

重型动力触探锤击数 $N_{63.5}$	密实度
$N_{63.5} \leq 5$	松散
$5 < N_{63.5} \leq 10$	稍密
$10 < N_{63.5} \leq 20$	中密
$N_{63.5} > 20$	密实

4.2.4 对于平均粒径大于 50mm 或最大粒径大于 100mm 的碎石土,其密实度分类应符合表 4.2.4 的规定。

表 4.2.4 碎石土密实度按 N_{120} 分类

超重型动力触探锤击数 N_{120}	密实度
$N_{120} \leq 3$	松散
$3 < N_{120} \leq 6$	稍密
$6 < N_{120} \leq 11$	中密
$11 < N_{120} \leq 14$	密实
$N_{120} > 14$	很密

4.2.5 当无触探测试资料时,对于平均粒径大于 50mm 或最大粒径大于 100mm 的碎石土,其密实度定性分类应符合表 4.2.5 的规定。

表 4.2.5 碎石土密实度定性分类

密实度	骨架颗粒质量和排列	可挖性	可钻性
稍密	骨架颗粒质量小于总质量的 60%,排列混乱,大部分不接触	镐可挖掘,井壁易坍塌,从井壁取出大颗粒后砂土立即坍落	钻进较容易,冲击钻探时钻杆稍有跳动,孔壁易坍塌
中密	骨架颗粒质量等于总质量的 60%~70%,呈交错排列,大部分接触	镐可挖掘,井壁有掉块现象,从井壁取出大颗粒处能保持颗粒凹面形状	钻进较困难,钻杆、吊锤跳动不剧烈,孔壁有坍塌现象
密实	骨架颗粒质量大于总质量的 70%,呈交错排列,连续接触	镐挖掘困难,用撬棍方能松动,井壁较稳定	钻进困难,钻杆、吊锤跳动剧烈,孔壁较稳定

注:1 骨架颗粒是指与本标准表 4.2.2 相对应的粒径的颗粒;

2 密实度应按表列各项判别条件综合确定。

4.2.6 粒径大于 2mm 的颗粒质量不超过总质量 50%,且粒径大于 0.075mm 颗粒质量超过总质量 50%的土应定名为砂土,其分类应符合表 4.2.6 的规定。

表 4.2.6 砂土分类

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

注：分类时应根据粒组含量由大到小以最先符合者确定。

4.2.7 砂土密实度定量分类应符合表 4.2.7 的规定。

表 4.2.7 砂土密实度分类

实测标准贯入试验锤击数 N	密实度
$N \leq 10$	松散
$10 < N \leq 15$	稍密
$15 < N \leq 30$	中密
$N > 30$	密实

4.2.8 砂土的湿度分类应符合表 4.2.8 的规定。

表 4.2.8 砂土湿度分类

湿度	饱和度 $S_r(\%)$	湿度	饱和度 $S_r(\%)$
稍湿	$S_r \leq 50$	饱和	$S_r > 80$
潮湿	$50 < S_r \leq 80$	—	—

4.2.9 粒径大于 0.075mm 颗粒质量不超过总质量 50%，且塑性指数等于或小于 10 的土应定名为粉土。粉土的密实度分类应符合表 4.2.9-1 的规定。粉土的湿度分类应符合表 4.2.9-2 的规定。

表 4.2.9-1 粉土密实度分类

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

表 4.2.9-2 粉土湿度分类

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

4.2.10 塑性指数大于 10 的土应定名为黏性土,其分类应符合表 4.2.10-1 的规定。黏性土状态分类应符合表 4.2.10-2 的规定。

表 4.2.10-1 黏性土分类

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

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

表 4.2.10-2 黏性土状态分类

液性指数 I_L	状态
$I_L \leq 0$	坚硬
$0 < I_L \leq 0.25$	硬塑
$0.25 < I_L \leq 0.75$	可塑
$0.75 < I_L \leq 1.00$	软塑
$I_L > 1.00$	流塑

4.2.11 在静水环境或缓慢流水环境中沉积,并经生物化学作用

形成,天然含水量大于液限、天然孔隙比大于或等于 1.5 的黏性土定名为淤泥。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 的黏性土或粉土定名为淤泥质土。含有大量未分解的腐殖质,有机质含量大于 60% 的土定名为泥炭;有机质含量大于或等于 10%,且小于或等于 60% 的土定名为泥炭质土;有机质含量大于或等于 5%,且小于或等于 10% 的土定名为有机质土。

4.2.12 碳酸盐岩系列的岩石经红土化作用形成的液限大于或等于 50% 的高塑性黏土应定名为红黏土。红黏土经搬运后仍保留红黏土的基本特征,其液限大于 45% 的土可定名为次生红黏土。

4.2.13 黏粒成分主要由亲水性矿物组成、具有显著的吸水膨胀和失水收缩特性、自由膨胀率大于或等于 40% 的黏性土应定名为膨胀土。

4.2.14 人工填土根据其成因可分为抛填土、冲填土和压实填土。人工填土根据其物质组成,可分为素填土和杂填土。

4.2.15 土的压缩性分类应符合表 4.2.15 的规定。

表 4.2.15 土的压缩性分类

压缩系数 a_{1-2} (MPa^{-1})	压缩性
$a_{1-2} < 0.1$	低压缩性土
$0.1 \leq a_{1-2} < 0.5$	中压缩性土
$a_{1-2} \geq 0.5$	高压缩性土

4.2.16 除按颗粒级配或塑性指数定名外,土的综合定名尚应符合下列规定:

- 1 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定名;
- 3 对同一土层中相间呈韵律沉积,当薄层与厚层的厚度比

大于 $1/3$ 时,宜定为“互层”;厚度比为 $1/10 \sim 1/3$ 时,宜定为“夹层”;夹层厚度比小于 $1/10$ 的土层,且多次出现时,宜定为“夹薄层”;

4 当土层厚度大于 0.5m 时,宜单独分层。

4.3 岩土的描述与鉴别

4.3.1 岩石的描述应包括所属地质年代、岩石名称、颜色、主要矿物成分、坚硬程度、结构、构造及风化程度,并应符合下列要求:

1 对沉积岩应描述沉积物的颗粒大小、形状、胶结物成份和胶结程度;

2 岩体的描述应包括结构面、结构体、岩层厚度和结构类型;

3 结构面的描述应包括结构面的类型、性质、产状、组合形式、间距、密度、发育程度、延展程度、贯通程度、闭合程度、粗糙程度、胶结程度、充填状况及充水状况;

4 结构体的描述应包括类型、形状、大小和结构体在围岩中的受力情况、完整程度、岩体基本质量等级等;

5 块碎岩的描述应包括岩石风化程度、层理特征、岩块直径、岩体完整性等;

6 膏盐的描述应包括膨胀性、腐蚀性等。

4.3.2 对岩体基本质量等级为Ⅳ级和Ⅴ级的软岩和极软岩岩体,除满足 4.3.1 条要求外,还应描述可软化性、膨胀性、崩解性等特殊性质;

4.3.3 碎石土应描述颜色、母岩成分、风化程度、粒径、颗粒级配、颗粒形状、颗粒排列、充填物含量、性质和充填程度、湿度、密实度及成层性特征。

4.3.4 土的描述应满足下列要求:

1 砂土应描述颜色、矿物成分、颗粒级配、颗粒形状、黏粒含

量、湿度、密实度及成层性特征；

2 粉土应描述颜色、包含物、湿度、密实度、成层性特征；

3 黏性土应描述颜色、包含物、结构、成层性特征及状态。

4.3.5 粉土和黏性土的目力鉴别应符合表 4.3.5 的规定。

表 4.3.5 粉土和黏性土的目力鉴别

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

4.3.6 土、石的工程分级应符合表 4.3.6 的规定。

表 4.3.6 土、石的工程分级

土、石等级	土、石类别	土、岩名称	开挖方法
I	松土	砂土、腐殖土、种植土、可塑、硬塑状的黏性土及粉土，松散的水分不大的黏土，含有 30mm 以下树根或灌木根的泥炭土	用铁锹挖，脚蹬一下到底的松散土层
II	普通土	水分较大的黏土，半坚硬、硬塑状的粉土、黏性土、含有 30mm 以下树根或灌木根的泥炭土、碎石土（不包括块石土或漂石土）	部分用镐刨松，再用锹挖，以脚蹬锹需连蹬数次才能挖动
III	硬土	坚硬粉土、黏性土、含有较多的块石土及漂石的土，各种全强风化岩石	必须用镐整个刨过才能用锹挖
IV	软石	各种松软岩石、盐岩，胶结不紧的砾岩、泥质页岩、泥岩、煤，较坚实的泥灰岩、块石土及漂石土，软的节理多的石灰岩和砂岩	部分用撬棍或十字镐及大锤开挖，部分用爆破法开挖
V	次坚石	硅质页岩、砂岩、白云岩、石灰岩，坚实的泥灰岩	用爆破法开挖
VI	坚石	坚实的石灰岩、白云岩	用爆破法开挖

5 工程地质勘探方法

5.1 一般规定

5.1.1 工程勘察应根据工程建设设计阶段及场地工程地质条件和水文地质条件,采用搜集资料、工程地质测绘与调查、工程地质勘探、原位测试、室内试验、遥感和监测等综合方法。宜采用外业数据自动采取、钻探参数自动采取、地质信息模型等信息化和数字化方法。

5.1.2 工程地质勘探和取样方法应根据勘察目的、岩土样质量级别要求和岩土层性质等确定。勘探手段可采用钻探、井探、槽探、洞探、工程物探和原位测试等。当选择静力触探、动力触探、工程物探作为勘探手段时,应与钻探等其它勘探方法配合使用。

5.1.3 原位测试和室内试验项目、方法应根据勘察目的、场地地质情况、项目合同或委托书确定。原位测试的仪器设备应定期检验和标定,测试成果应与原型试验、室内试验及工程经验等结合使用,并应进行综合分析。

5.1.4 室内岩土试验的仪器设备和试验操作方法应符合现行的《土工试验方法标准》GB/T 50123、《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的有关规定。非标准试验应有试验设计;同一试验项目采用多种试验方法时,应对各方法试验成果进行分析,说明取值建议及其依据。

5.2 工程地质测绘和调查

5.2.1 工程地质测绘和调查的内容根据工程性质、设计条件确

定,应包括下列主要内容:

- 1 地形地貌特征;
- 2 地层岩性及岩石风化程度;
- 3 地质构造、岩体结构、结构面的性状和发育特征;
- 4 水文地质条件;
- 5 特殊性岩土与不良地质作用;
- 6 人类工程活动对工程地质条件的影响。

5.2.2 工程地质测绘的地质观测点应具有代表性,在地质构造线、地层接触线、岩性分界线、不良地质作用、地下水露头、软弱夹层、岩体裂隙发育密集带等应有地质观测点,观测点数量应根据场地地质环境条件结合工程要求确定,在图面上每 $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 内的地质观测点数量按地质条件简单场地、中等复杂场地、复杂场地,宜分别不少于 2 个、3 个、5 个。

5.2.3 在地质构造线、地层接触线、岩性分界线、不良地质作用、地下水露头、软弱夹层、岩体裂隙发育密集带等应有地质观测点。对重要地质界线,应采用追索法或穿越法加以确定。

5.2.4 对不良地质作用、地下水露头和软弱夹层、地质界线和构造线等重要地质观测点,应用仪器法定位,一般观察点可采用地质罗盘定位。

5.2.5 工程地质测绘与调查可采用遥感技术、航空摄影和三维激光扫描等方法,辅以现场地质检验,检验观测点数量宜为工程地质测绘点数量的 30%~50%。

5.3 勘探与取样

5.3.1 钻探工艺、钻进方法应满足岩土鉴别和岩芯采取率的要求。钻探方法选用应符合表 5.3.1 规定。

表 5.3.1 钻探方法选用

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	++	++	++	+	++	++	++
冲击钻探		—	+	++	++	+	—	—
锤击钻探		++	++	++	+	—	+	++

注：++：适用；+：部分适用；—：不适用。

5.3.2 对滑带、破碎带、软弱夹层等性状较差、对地基和边(滑)坡有重大影响的需重点查明部位宜采用双层岩芯管连续取芯钻进。

5.3.3 水域钻探,应做好钻探施工平台定位,操作平台应能满足随水位变化自由调整的要求,钻孔水体部分应采用套管固定至稳定地层中。

5.3.4 钻探宜采用回转钻进方法;对于需采取岩芯和土样时应采用岩芯钻探方法;对于黏性土可采用锤击钻进方法;对于碎石土、极破碎岩石,可采用植物胶浆液护壁,双层岩芯管钻进工艺;对于地层条件复杂、成孔质量要求高时,可采用钻探参数自动采取的钻探工艺。

5.3.5 钻孔定位应符合下列规定:

1 在陆域,初步勘察阶段平面位置允许最大偏差为 0.50m,高程允许最大偏差为 $\pm 0.10\text{m}$;详细勘察阶段平面位置允许最大偏差为 0.25m,高程允许最大偏差为 $\pm 0.05\text{m}$;

2 在水域,初步勘察阶段平面位置允许最大偏差为 2.00m,高程允许最大偏差为 $\pm 0.20\text{m}$;详细勘察阶段平面位置允许最大偏差为 1.00m,高程允许最大偏差为 $\pm 0.10\text{m}$;

3 水域钻孔各分层标高应采用不随水位变动而变化的稳定点为基点进行计算。

5.3.6 钻孔口径除应满足钻进深度、岩芯采取率要求外,尚应满足取样和测试要求。对较完整和完整岩体,钻孔口径不宜小于91mm,深埋隧道的钻孔口径不宜小于75mm;对覆盖层、强风化层、极软岩、较破碎、破碎和极破碎岩体,薄层理发育或软硬相间岩层,钻孔口径不宜小于110mm。

5.3.7 采取岩芯的钻进回次进尺应根据地层情况和钻进方法确定,并应符合下列规定:

1 螺旋钻不超过0.50m;

2 满足鉴别厚度小于0.20m薄层的要求;

3 黏性土层,回次进尺不超过2.00m;粉土、饱和砂土,回次进尺不超过1.00m,且不得超过螺纹长度或取土筒(器)长度;

4 在预计的地层界限附近、滑带、软弱夹层、破碎带等需重点查明部位,回次进尺不宜超过0.50m;

5 采取原状土样前,应采用螺旋钻头清土,回次进尺不宜超过0.30m;

6 在岩层钻进时,回次进尺不得超过岩芯管长度;遇软质岩层,回次进尺不超过2.00m;遇破碎岩层或软弱夹层,回次进尺不超过0.80m。

5.3.8 岩芯采取率对较完整和完整的岩体不应低于80%,对较破碎、破碎、极破碎岩体和填土不应低于65%,对黏性土不应低于90%,对砂土和粉土不应低于70%,对碎石土不应低于50%。对采取芯样困难的地层,应通过扩大钻孔口径、改进钻探工艺和冲洗液等方法提高岩芯采取率。

5.3.9 钻探记录及地质编录应按钻进回次逐段鉴别和填写,并应在钻探作业过程中同步完成。

5.3.10 对位于陡崖、边坡和滑坡体边界等覆盖层较浅部位,或可能存在卸荷裂隙或不利结构面的区段,可采用探槽。对滑坡的

重要部位,为直接观察以及满足取样、现场试验需要,可采用探井、平洞等手段。探井和平洞的深度不宜深于地下水位,探井深度和平洞长度、断面应根据工程要求确定,并应有文字描述和附剖面图、展示图和照片。

5.3.11 对岩溶、岩体极破碎或地层岩性变化较大等场地应采用钻探、井探、坑探、槽探和物探等综合勘探手段。物探方法应根据探测对象的埋藏深度、规模及周围介质物性差异按本标准附录 B 选择。

5.3.12 岩石试样可用钻探岩芯制作或在探井、探槽和平洞中刻取。采取毛样的数量和尺寸应满足测试项目和室内试验试样加工的要求。当无法满足时,试样的形状、尺寸和方向可根据岩体力学试验设计要求确定,但不应小于或低于现行国家标准的有关规定。岩石试样采取应符合下列规定:

- 1 同一组试样应在同一地质单元中采取有代表性的岩样;
- 2 对软岩、极软岩、较破碎岩体、薄层理发育或软硬岩相间的岩层采取岩样进行单轴抗压强度测试时,开孔直径不应小于 110mm,终孔直径不应小于 91mm;最小单节岩样长度不应小于 150mm;在探井、探槽、平洞中刻槽取样,单块试样尺寸不应小于 150mm×150mm×150mm;
- 3 当岩体较破碎,采取岩样的长度不能满足单轴抗压强度测试标准试件尺寸要求时,可利用非标准试件进行测试,但岩样直径不宜小于 91mm、高径比不宜小于 1:1。

5.3.13 采取土样应符合下列规定:

- 1 钻孔取样时宜采用快速静力连续压入法,在预计取样位置 1m 以上改用回转钻进;
- 2 土试样质量等级划分与适用试验项目应符合表 5.3.13 规定。

表 5.3.13 土试样质量等级与适用试验项目

级别	扰动程度	试验内容
I 级	不扰动	土类定名、含水量、密度、强度试验、固结试验
II 级	轻微扰动	土类定名、含水量、密度
III 级	显著扰动	土类定名、含水量
IV 级	完全扰动	土类定名

注:1 不扰动是指原位应力状态虽有改变,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,评定用于试验的适宜性,并结合地区经验使用试验成果。

5.3.14 采取水试样应符合下列规定:

1 采取水样容器宜用带磨口玻璃塞的玻璃瓶或化学稳定性好的塑料瓶;容器应在取样前用取样点的水连续冲洗三遍,取样时严防杂物混入;

2 简分析水样应采取 500ml,分析侵蚀性 CO_2 的水样,应另采取 200ml 并加大理石粉 2g~3g;全分析水样应采取 3000ml;

3 钻孔取样应先经抽(提)水,使采取的水试件能代表天然水质条件的状态下进行;在多层地下水地区应分层采取水样。

5.3.15 岩、土、水试样的密封、存放与运输应符合下列规定:

1 岩土试样采取后应及时密封,并应填贴标签,标签方向应与试样方向一致;

2 岩土试样密封后,应置于温度和湿度稳定的环境,不得暴晒或受冻;

3 土试样应直立放置,严禁倒置或平放;保存期不宜超过两周;对易于振动液化和水分离析的土样,宜就近进行试验;

4 水试样采取后应立即封好瓶口,贴上标签,做好取样记录,应减少暴露时间,及时进行化验;水试样保存时间,对清洁水不超过 72h,对稍受污染或放射性水样不得超过 48h,对受污染的

水不得超过 12h；

5 岩土试样运输应装入专用试样箱内用软质缓冲材料填实保护。

5.3.16 钻探操作方法应符合《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 规定。

5.4 试验与测试

5.4.1 室内岩土试验项目应根据工程情况、勘察目的、场地地质情况、项目合同或委托书确定。岩石试验应包括满足工程地质评价要求的物性指标、强度和变形参数；土工试验应包括物性指标（含水理性质指标）、抗剪强度指标、压缩模量、土的腐蚀性试验等；工程需要时尚应作矿物成分分析、动力特性试验等。

5.4.2 岩石试件制作应符合下列规定：

- 1 应用岩石毛样制作岩石试件；
- 2 岩石单轴抗压强度、三轴压缩强度、单轴压缩变形试件应采用圆柱体，其直径不应小于 50mm，高径比为 2.0；
- 3 直剪试验试件直径或边长不应小于 50mm，高径比为 1.0；
- 4 岩石抗拉强度试件应采用圆柱体，直径不应小于 50mm，高径比为 0.5~1.0。

5.4.3 岩土静载荷试验应符合本标准附录 C、附录 D 和附录 E 规定。岩土原位直剪试验应符合本标准附录 F 规定。岩土水平抗力试验应符合本标准附录 G 规定。岩土波速测试应符合本标准附录 H 规定。

5.4.4 岩体原位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、孔底应变法和水压致裂法等。

5.4.5 岩体的变形参数可按现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 方法测定，也可用钻孔弹性模量试验确定。

5.4.6 圆锥动力触探类型和适用范围应符合表 5.4.6 规定。

表 5.4.6 动力触探类型及适用范围

情况		类型		
		轻型	重型	超重型
落锤	锤质量(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
贯入指标	深度(cm)	30	10	10
	锤击数	N_{10}	$N_{63.5}$	N_{120}
主要适用范围		4.0m 厚度范围内的成分为黏性土为主的素填土、砂土、粉土、黏性土	填土、砂土、碎石土、极软岩	填土、碎石土、极软岩、软岩

5.4.7 标准贯入试验主要用于确定砂土密实度、粉土及黏性土的状态,试验及试验成果的整理应符合下列规定:

1 标准贯入试验设备规格应符合表 5.4.7 的规定;

表 5.4.7 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)	2.5
钻杆		直径(mm)	42
		相对弯曲	<1/1000

2 标准贯入试验孔应采用回转钻进,钻至试验高程以上150mm处进行试验,并防止涌沙或塌孔;

3 试验应采用自动脱钩的自由落锤法,并采取措施减小导向杆与锤间的摩阻力;

4 锤击时应避免偏心及侧向晃动,锤击速率应小于30击/min;贯入器打入土中150mm后,开始记录每打入100mm的锤击数,累计打入300mm的锤击数为标准贯入击数;当锤击数大于等于50而贯入深度未达到300mm时,可记录实际贯入深度并终止试验;

5 标准贯入试验结束后应绘制单孔标准贯入击数与深度的关系曲线。

5.4.8 静力触探试验适用于软土、一般黏性土、粉土、砂土和含少量碎石的土。静力触探可根据工程需要采用单桥探头、双桥探头或带孔隙水压力量测的单、双桥探头测定比贯入阻力、锥尖阻力、侧壁摩阻力和孔隙水压力。

5.4.9 水文地质测试应符合本标准第10.3节规定。

6 房屋建筑与市政工程

6.1 房屋建筑

6.1.1 可行性研究勘察工作应符合下列要求：

1 在搜集和分析已有资料的基础上,通过踏勘了解勘察区的地层、地质构造、岩土性状、不良地质作用和地下水等工程地质条件；

2 当勘察区已有资料不能满足要求时,应进行工程地质测绘和必要的勘探、测试工作；

3 勘探点、线应根据工程要求和地质条件进行布置；

4 当有 2 个及以上备选场地时,应进行工程地质比选。

6.1.2 初步勘察应查明场地不良地质作用的类型、分布、规模及成因,并判定其对场地的影响程度和发展趋势。

6.1.3 初步勘察应初步查明场地地质构造、地层岩性、岩土工程特性及地下水情况等。

6.1.4 初步勘察勘探点、线的布置应以控制场地整体稳定性为主,并符合下列规定：

1 勘探线宜垂直地形等高线、地貌单元边界线、地质构造线；

2 不良地质体应布置勘探点、线；

3 勘探点宜沿勘探线布置,每个地貌单元及其交接部位均有勘探点,在微地貌和岩性变化大的地段以及岩层陡倾、岩土界面起伏大的地段,勘探点宜适当加密；

4 在地形平坦地区,可按方格网布置勘探点；

5 重要建筑物的基础位置宜布置控制性勘探点；

6 控制性勘探点宜占勘探点总数的 $1/4 \sim 1/3$,且每个地貌

单元均有控制性勘探点。

6.1.5 初步勘察阶段勘探线、点间距和勘探孔深度应符合表 6.1.5 规定。

表 6.1.5 初步勘察阶段勘探线、点间距和勘探孔深度

工程勘察等级	勘探点线布置原则	线距(m)	点距(m)	勘探孔深度
甲级	控制整个场地,兼顾建筑物周边、中心或筒体	30~60	20~40	控制孔进入预计持力层下 15m~20m 或稳定岩土层 20m~25m;一般孔进入预计持力层下 8m~15m 或稳定岩土层 15m~20m
乙级	以控制整个场地为主,兼顾建筑边线	40~70	30~50	控制孔进入预计持力层下 10m~15m 或稳定岩土层 15m~20m;一般孔进入预计持力层下 6m~10m 或稳定岩土层 10m~15m
丙级	控制整个场地	50~80	40~60	控制孔进入预计持力层下 6m~10m 或稳定岩土层 10m~15m;一般孔进入预计持力层下 3m~6m 或稳定岩土层 5m~8m

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 本表勘探线距、点距不适用于物探。

6.1.6 初步勘察岩土试样的采取和原位测试工作应符合下列规定:

1 采取岩土试样及进行原位测试的勘探点(井)应在平面上均匀分布,其数量占勘探点总数的 $1/4 \sim 1/2$,岩样可取较小值;

2 采取岩土试样或进行原位测试的数量和竖向间距,应按地层特点和岩土均匀程度确定;每层土均应采取土样或进行原位测试,对厚度较大可能作为基础持力层或边坡(含基坑)潜在滑动面的土层,其采取原状土样数量不应少于 6 组;

3 场地覆盖层厚度大于 3m 的地段宜作剪切波测试。

6.1.7 初步勘察水文地质工作应符合下列要求:

1 初步查明含水层的性质和埋藏条件,地下水类型、补给和

排泄条件,实测地下水位。

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含水层位同一时段统一量测地下水位。

6.1.8 详细勘察应查明场地范围内岩土层的类型、深度、分布、工程特性;查明埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对拟建工程不利的埋藏物。

6.1.9 详细勘察应查明场地含水层的性质和埋藏条件,地下水类型、补给和排泄条件,提供地下水位及其变化趋势。

6.1.10 当一个勘察项目中存在子项勘察等级不同的情况时,可根据子项的勘察等级单独布置勘探工作。

6.1.11 详细勘察勘探点布置应符合下列规定:

1 勘探点在平面上应能控制建(构)筑物地基基础范围。安全等级为一、二级的建筑物,应按主要柱列线或建筑物轮廓线及角点布置勘探点;安全等级为三级的建筑物,当地形较平坦时,可按建筑物或建筑群布置勘探点,且每个单体建筑应有勘探点控制;

2 重大设备应单独布置勘探点;单个重大的动力设备基础和高耸建筑物,勘探点不宜少于3个;

3 边坡与基坑勘察的勘探点布置尚应符合本标准第7章规定。

6.1.12 详细勘察勘探线、点间距和勘探孔深度应符合表6.1.12规定。

表 6.1.12 详细勘察勘探线、点间距和勘探孔深度

工程勘察等级	勘探点线布置原则	线距(m)	点距(m)	勘探孔深度	备注
甲级	沿建筑物轮廓线及柱列线	10~20	10~20	进入预计持力层下 8m~15m	每幢单体建(构)筑勘探孔不应少于4个

续表6.1.12

工程勘察等级	勘探点线布置原则	线距(m)	点距(m)	勘探孔深度	备注
乙级	沿建筑物轮廓线兼顾柱列线	18~30	18~30	进入预计持力层下 6m~10m	每幢单体建(构)筑勘探孔不应少于 3 个
丙级	沿建筑物轮廓线或控制建筑群	25~50	30~50	进入预计持力层下 5m~8m	每幢单体建(构)筑勘探孔不应少于 1 个

注:1 土质地基勘探点间距取较小值、勘探孔深度取较大值;岩质地基勘探点间距取较大值、勘探孔深度取较小值;

2 勘探孔深度应以预计基础底面为起算点;

3 桩基础的勘探孔深度,从预计桩底面起算,不应小于 3 倍桩径,且不得小于 5m。当桩端持力层较薄或存在软弱下卧层时,应加大勘探孔深度;

4 在预计勘探孔深度内,当存在溶洞及地下洞室、软弱岩(土)层或破碎带时,勘探孔应穿过其所在位置到达稳定地层一定深度;

5 当需要设置抗浮桩或抗浮锚杆时,勘探孔深度还应满足抗拔承载力评价的要求。

6.1.13 直接详细勘察尚应满足本标准初步勘察工作的要求,控制性勘探点布置数量不应少于勘探点总数的 1/3,且每幢重要建筑物均应有控制性勘探点。

6.1.14 高层建筑详细勘察的勘探工作布置除应符合本标准第 6.1.8 条、第 6.1.9 条、第 6.1.11 条、第 6.1.12 条规定外,尚应符合下列规定:

1 筒体、电梯井部位应有勘探点;

2 特殊体型的建筑物应按其体型变化需要布置勘探点;

3 单幢高层建筑的勘探点不应少于 5 个;进行直接详勘的,控制性勘探点不宜少于 3 个。

6.1.15 桩基工程勘察除应符合本标准第 6.1.8 条、第 6.1.9 条、第 6.1.11 条、第 6.1.12 条规定外,尚应符合下列规定:

1 位于斜坡、岩溶场地、岩土界面起伏大或深厚回填土等复杂场地的桩基工程勘察,勘探点应加密,且勘探点宜与桩基位置

一致；其中岩溶中等发育和强发育地基的一柱一桩工程，应每柱设置勘探点；

2 桩基邻近边坡坡顶、地下洞室、隐伏陡坎，持力层可能存在空洞、软弱夹层及破碎带时，勘探孔深度应穿越其埋藏深度达到稳定地层；

3 提出桩基持力层及施工工法建议，评价成桩可能性，评价桩基施工条件及其对环境的影响。

6.1.16 土质地基勘探孔深度除应符合本标准表 6.1.12 规定外，尚应符合下列规定：

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，勘探孔深度对于条形基础不应小于基础底面宽度的 3 倍，对独立基础不应小于 1.5 倍，且不应小于 5m；

2 需做变形验算的地基，控制性勘探孔深度应超过地基变形的计算深度，一般性勘探孔深度应大于主要受力层的深度；

3 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深度。

6.1.17 土质地基试样采取及原位测试工作应符合下列规定：

1 钻探取土样孔的数量不应少于勘探点总数的 1/2；勘察等级为甲级或乙级的单栋建筑场地勘察时，取样点数量应不少于 3 个；

2 主要受力层内采取土试样和原位测试点的竖向间距宜为 1m~2m；

3 主要受力层内厚度大于 0.5m 的夹层应采取土试样或进行原位测试；

4 当土层性质不均匀时，应增加取土试样和原位测试数量。

6.1.18 岩质地基的岩样采取工作应符合下列规定：

1 勘察等级为甲级时，取样勘探点的数量不应少于勘探点总数的 1/3，且单栋建筑场地取样勘探点数量应不少于 3 个；勘察等级为乙级时，取样勘探点的数量不应少于勘探点总数的 1/4，且

单栋建筑场地取样勘探点数量应不少于 1 个；勘察等级为丙级时，可根据地层岩性及工程经验提供岩土参数；

2 浅基础应在主要受力层范围内取样，且不大于基础底面以下 3m；桩基础应在设计或预计嵌岩段中部至桩端以下 1d 范围内取样，且竖向范围不大于 2m，承受较大水平荷载的桩基地段应加强嵌固段的取样；

3 采用点载荷强度试验时，每个统计单元的测试数量不少于 9 组。

6.1.19 勘察等级为甲级时，岩质地基应进行岩体完整性判别，声波测试勘探点不应少于 3 个。

6.1.20 地基载荷试验应符合下列规定：

1 工程安全等级为一级时，土质地基和岩体破碎～极破碎的岩质地基应进行现场载荷试验；工程安全等级为二级时，土质地基和岩体破碎～极破碎的岩质地基宜进行现场载荷试验；

2 对浅基础场地，载荷试验点的数量每 1000m^2 不少于 1 点，且同一持力层不少于 3 点，每一单栋建（构）筑物不应少于 1 点；对桩基础场地，载荷试验点的数量不少于总桩数的 1%，且同一持力层不少于 3 根，每一单栋建（构）筑物不应少于 1 点；

3 载荷试验点应布置于力学性状较差处、荷载较大或变形敏感的部位；对浅基础，载荷试验点应布置于基础底面标高附近；对桩基础，载荷试验点应布置于桩孔底部；

4 地基载荷试验宜在勘察阶段实施。

6.1.21 土层剪切波速测试及土层等效剪切波速计算，应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 规定。

6.1.22 当需要进行地基处理时，钻探、取样及原位测试工作应满足地基处理设计、施工的要求。

6.1.23 可行性研究勘察工程地质评价应包括下列内容：

1 评价拟建场地的稳定性和适宜性，确定场地的建设可行性；

2 当有 2 个及以上备选场地时,应分别进行评价,并提出场地比选建议。

6.1.24 初步勘察工程地质评价应包括下列内容:

- 1 分析不良地质作用对拟建场地的影响程度和发展趋势;
- 2 评价场地稳定性;
- 3 初步评价场地和地基的地震效应;
- 4 初步判定水和土对建筑材料的腐蚀性;
- 5 对可能采用的地基基础类型、基坑开挖与支护、工程降水方案进行初步分析评价。

6.1.25 详细勘察工程地质评价应包括下列内容:

- 1 分析不良地质作用影响,提出整治措施建议及所需岩土参数;
- 2 分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载力;
- 3 对需要进行沉降计算的建筑物,提供地基变形计算所需岩土参数;
- 4 分析地下水对拟建工程的影响,提供抗浮设计建议;
- 5 判定地表水、地下水和土对建筑材料的腐蚀性;
- 6 评价场地边坡与基坑的稳定性及其对周边环境的影响,提供边坡与基坑支护措施建议及所需岩土参数;
- 7 评价场地和地基的地震效应。

6.2 城市道路

6.2.1 城市道路工程中公交场站等建(构)筑物的工程勘察应符合本标准第 6.1 节的规定。

6.2.2 城市道路工程勘察搜集资料除应满足本标准第 3 章相关规定外,尚应搜集下列资料:

- 1 道路安全等级、设计桩号、路面设计高程、路幅宽度、道路纵横剖面;

2 可能形成的边坡长度、高度、形态和边坡类型,拟采用的边坡防护方案;

3 既有填土段的原始地形图。

6.2.3 城市道路路基类型划分应符合表 6.2.3 的规定。

表 6.2.3 城市道路路基类型

道路类型	划分标准
高路堤	填土高度大于 8m,或填土高度虽未达到 8m,但基底有软弱地层发育,填筑的路堤有可能失稳、产生过量沉降及不均匀沉降
陡坡路堤	地面横坡坡率陡于 1:2.5,或坡率虽未陡于 1:2.5,但当坡率大于 1:5,路堤有可能沿斜坡产生横向滑移
深路堑	土质边坡垂直挖方高度超过 8m,岩土混合边坡垂直挖方高度大于 12m,且土层厚度大于 4m,岩质边坡垂直挖方高度超过 15m,或挖方边坡需特殊设计
一般路基	除上述三类以外的路基

6.2.4 可行性研究勘察应符合下列要求:

1 在搜集和分析已有资料的基础上,通过踏勘了解场地的地层、构造、岩性、不良地质作用和地下水等工程地质条件;

2 当拟建场地工程地质条件复杂,已有资料不能满足评价要求时,应根据具体情况进行工程地质测绘、调查及必要的勘探、测试工作;

3 当有两个或两个以上拟选线路时,应进行工程地质条件比选分析。

6.2.5 初步勘察应符合下列要求:

1 搜集与拟建工程有关的文件,区域工程地质和水文地质、水文气象、道路沿线地形图等有关资料;

2 初步查明地形地貌的成因、类型、分布、形态特征和地表植被情况;

3 初步查明地层岩性、地质构造、岩石的风化程度、边坡的岩体类型和结构类型;

4 初步查明覆盖层的厚度、土质类型、密实度、含水状态和物理力学性质；

5 初步查明陡坡路堤沿基底滑动面或潜在滑动面产生滑动的可能性；

6 查明不良地质作用及特殊性岩土分布、规模、成因及其对场地的影响；

7 初步查明水文地质条件。

6.2.6 初步勘察的勘探点、线工作布置应符合下列规定：

1 每条道路至少有一条纵向勘探线和适量的横向勘探线，纵向勘探线应平行道路中线布置。当地质环境复杂时，应加密布置横向勘探线；

2 工程安全等级为一、二级的道路工程横向勘探线上的勘探点数量不应少于2个，重要性等级为三级的道路工程横向勘探线上的勘探点数量不应少于1个（在基岩露头区可以地质点作为勘探点）；

3 每个地貌单元、不同地貌单元交界部位、相同地貌内的不同工程地质单元均应布置勘探点，在微地貌变化较大的地段应予以加密；

4 控制性勘探孔不少于勘探孔总数的1/3；

5 初步勘察纵向勘探线上的勘探点间距，应符合表6.2.6的规定。

表 6.2.6 初步勘察纵向勘探线上的勘探点间距(m)

场地类别	一般路基	高路堤、陡坡路堤	深路堑
复杂	80~120	40~80	60~100
中等复杂	120~160	60~100	80~120
简单	160~200	100~140	120~160

注：1 安全等级为一级的道路工程取较小值，安全等级为三级的道路工程取较大值；

2 表中间距不适用于地球物理勘探。

6.2.7 初步勘察勘探深度应符合下列规定：

1 控制性勘探孔深度在有潜在滑面存在时应穿过最深潜在滑动面进入稳定地层不小于 5m,无潜在滑面存在时宜到达设计路面高程以下 5m,并应满足场地和地基稳定性分析、变形计算的要求；

2 一般性勘探孔对于一般道路填方段深度宜到达原地面以下 2m~5m(岩质路基取较小值,土质路基取较大值),并应满足承载力评价的要求；

3 一般性勘探孔,对于一般道路挖方段及深路堑,勘探深度宜进入开挖面以下 3m~5m(岩质路基取较小值,土质路基取较大值),对于高路堤、陡坡路堤,勘探深度宜达到稳定岩土层 5m~8m(岩质路基取较小值,土质路基取较大值)；

4 支挡结构勘探深度应符合本标准第 7.2.9 条规定；

5 当需要确定场地类别时,勘探孔深度应满足确定场地类别的要求；当需要进行地基处理时,勘探孔深度应满足地基处理深度的要求。

6.2.8 初步勘察采取岩土试样和原位测试应符合下列规定：

1 采取岩土试样及进行原位试验的勘探点(井)应结合地貌单元、地层结构和岩土的工程性质布置,其数量不少于勘探点总数的 1/2；

2 采取土试样的数量和孔内原位测试的竖向间距,应根据地层特点和土的均匀程度确定；每层土均应采取试样或进行原位测试,其数量不宜少于 6 个。

6.2.9 初步勘察应进行下列水文地质工作：

1 调查地下水的类型及埋藏条件、补给、径流及排泄条件,各含水层地下水位及其变化趋势；

2 量测地下水位。

6.2.10 详细勘察应符合下列要求：

1 取得附有坐标和地形的道路、公交场站、城市广场的设计

总平面布置图；

2 取得道路类别、路面设计标高、路基类型、宽度、道路纵横断面等资料；

3 搜集对拟建工程有不利影响的地下埋藏物的相关资料；

4 查明地形地貌的成因、类型、分布、形态特征和地表植被情况；

5 查明地层岩性、地质构造、岩石的风化程度、边坡的岩体类型和结构类型；

6 查明覆盖层的厚度、土质类型、密实度、含水状态和物理力学性质；

7 查明陡坡路堤沿基底滑动面或潜在滑动面产生滑动的可能性；

8 查明地下水类型、埋藏条件和岩土层的渗透性，提供地下水位及其变化幅度。

9 进一步查明不良地质作用和特殊性岩土成因、类型和分布范围，评价其对场地稳定性的影响。

6.2.11 详细勘察勘探点、线布置应符合下列规定：

1 每条道路应不少于一条纵勘探线和适量的横勘探线。纵勘探线应平行道路中线布置，横勘探线应垂直道路走向布置；当地质环境复杂时，应加密布置横勘探线；

2 对于有挖、填方边坡的地段尚应在可能支挡线处布置勘探线；

3 对高路堤、陡坡路堤及深路堑勘探范围应包括坡面区域及影响区域；

4 对于无外倾结构面控制的岩质边坡的勘探范围，到坡顶水平距离应不小于边坡高度；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的破坏模式确定。对于可能按土体内部圆弧法破坏的土质边坡，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；

5 安全等级为一、二级的道路工程,横向勘探线上的勘探点数量不应少于3个;安全等级为三级的道路工程,横向勘探线上的勘探点数量不应少于2个(在基岩露头区可以地质点作为勘探点);

6 每个地貌单元、不同地貌单元交界部位、相同地貌内的不同工程地质单元均应布置勘探点,在微地貌变化较大的地段应予以加密;

7 控制性勘探孔不少于勘探孔总数的1/3;

8 详细勘察纵向勘探线上的勘探点间距应符合表6.2.11的规定。

表 6.2.11 详细勘察纵向勘探线上的勘探点间距(m)

场地类别	一般路基	高路堤、陡坡路堤	深路堑	支挡结构
复杂	40~60	20~40	30~50	20~40
中等复杂	60~80	30~50	40~60	30~50
简单	80~100	50~70	60~80	50~70

注:1 安全等级为一级的道路工程取较小值,安全等级为三级的道路工程取较大值;

2 当线路通过古河道、岩溶区、浅埋洞穴、暗藏的沟坑等地段时,勘探点的间距应加密。

6.2.12 详细勘察勘探深度应符合下列规定:

1 一般路基的勘探深度宜到达开挖面下2m~5m(岩质路基取较小值,土质路基取较大值),在挖方道路及填方道路宜达到设计路面高程以下1m~4m(岩质路基取较小值,土质路基取较大值);宜选择少量具代表性钻孔加深,满足地震效应评价需要;

2 当道路通过填土、软土和红黏土地段时,勘探深度应满足地基处理或沉降计算的要求;

3 在预定的勘探深度内遇见基岩,勘探孔钻(挖)入基岩的深度不应小于1m;

4 高路堤勘探深度应满足稳定性分析评价要求,控制性勘

探点应满足变形计算的要求；

5 陡坡路堤、路堑、支挡工程的勘探深度应满足稳定性分析评价、地基处理、支挡结构对地基承载力和嵌固深度的要求；

6 支挡结构控制性勘探深度尚应符合本标准第 7.2.9 条的相关要求。

6.2.13 详细勘察采取岩、土试样和原位测试应符合下列规定：

1 一般路基采取岩土试样及原位试验的数量应为勘探点数量的 $1/4 \sim 1/2$ ，高路堤、陡坡路堤、路堑、支挡结构采取岩土试样和进行原位测试的勘探点数量不应少于勘探点总数的 $1/2$ ；

2 采取土样的竖向间距应根据地基的均匀性和代表性确定，在原地面或路面设计标高以下 1.5m 和软土地区原地面或路面设计标高以下 3.0m 深度范围内，取土间距宜为 0.5m，上述深度以下的取土间距可适当放宽；每一主要土层的原状土试样或原位测试数据不应少于 6 件（组），当采用动力触探为主要测试手段时，每个场地不应少于 3 个孔；路堑边坡应采取岩土试样；

3 划分路基土类别和路基干湿类型时，应进行颗粒分析、天然含水量、液限、塑限试验；

4 与道路工程有关的地表水和地下水，应进行水质分析、简易水文地质试验和量测水位。

6.2.14 勘察等级为甲级的深路堑边坡工程，边坡岩体应进行声波测试，测试孔数量不应少于 3 个；勘察等级为乙级及以下的边坡工程，边坡岩体宜进行声波测试，测试孔数量不宜少于 3 个。

6.2.15 填筑材料勘察可按《公路工程地质勘察规范》JTG C20 相关规定执行。

6.2.16 可行性研究勘察工程地质评价应包括下列内容：

- 1 分析评价拟建场地的稳定性及适宜性；
- 2 道路沿线位于抗震危险地段时，应分析评价地震诱发次生灾害的可能性及对工程的不利影响；
- 3 应了解沿线特殊性岩土的工程特性，分析评价可能造成

的不利影响；

4 应初步了解不良地质作用的分布范围，分析评价对道路工程的影响。

6.2.17 初步勘察工程地质评价应包括下列内容：

- 1 分析评价拟建场地稳定性和建设的适宜性；
- 2 评价不良地质体的稳定性及危害性，提出防治措施建议；
- 3 提供道路初步设计所需的岩土参数；
- 4 提出初步的路基、路垫、路堤处理措施建议；
- 5 对抗震设防烈度等于或大于 6 度的场地，应对场地的地震效应作出初步评价。

6.2.18 详细勘察工程地质评价应包括下列内容：

- 1 岩土分布特征、路基干湿类型，提供道路设计所需的岩土参数；
- 2 地下水的分布、变化规律和地表水情况，分析评价对工程的不利影响；
- 3 工程地质和水文地质条件变化较大时，应进行分区评价；
- 4 查明不良地质作用和特殊性岩土的分布范围，评价其对工程的影响，提出有针对性的工程处理措施和治理所需的岩土参数；
- 5 分析评价高路堤的地基承载力、稳定性，提供地基沉降计算参数，提出地基处理方法的建议，工程需要时应通过专项分析预测路基沉降；
- 6 评价挖方路堑段岩土条件、地下水对支挡结构的影响，提供边坡稳定性验算、支护结构设计与施工所需岩土参数；
- 7 高路堤及路堑设置支挡结构时，应分析评价地基的均匀性、变形特性、稳定性、承载力，提供地基处理方法、支护措施建议；
- 8 对路桥接驳过渡段，应分析桥台与路堤的变形差异特征，提出接驳段沉降协调控制的地基处理措施等相关建议；
- 9 评价土石的工程分级，土石的工程分级应符合本标准表

4.3.6 规定；

10 评价场地的地震效应；

11 评价场地水、土对建筑材料的腐蚀性；

12 分析地质条件可能引发的工程风险，并提出处理措施建议。

6.2.19 遇特殊性岩土时，工程地质评价尚应包括下列内容：

1 填土：根据填土堆积年限、堆积方式、填土的分布、成份、均匀性及密实度等，评价地基承载力，提供沉降计算参数，评价其湿陷性；根据填土性质、道路等级和设计要求，提出地基处理方法和检测的建议；

2 软土：根据软土的成因、应力历史、厚度、物理力学性质与排水条件，提供地基承载力、稳定性与沉降分析所需的岩土参数，以及地基处理措施建议；

3 红黏土：根据下伏基岩岩性、岩溶发育特征及红黏土特性、厚度变化关系，土体结构特征，评价红黏土地基的均匀性、复浸水特性、胀缩性，地基承载力和变形特征，必要时提出地基处理方法和检测建议；

4 膨胀土：根据膨胀土的岩土特征，分析评价其体积膨胀、强度降低引起路基(地基)破坏和边坡失稳的可能性；评价膨胀土地基的变形特点并提出处理措施建议。

6.3 城市桥涵

6.3.1 本节适用于城市桥涵(含立交桥)工程勘察，架空线路的桥梁可参照本节执行。

6.3.2 城市桥涵工程勘察搜集资料除应符合本标准第3章规定外，尚应搜集下列资料：

1 附有坐标和现状地形、地物的拟建桥涵工程设计总平面图、桥型布置和设计纵剖面图；

2 拟建桥涵工程规模、结构类型、结构特点、拟采用基础类型、尺寸、预计埋置深度、荷载等设计要求；

3 拟建桥涵工程区地下管网、管道、涵洞、地下洞室等地下埋藏物的分布资料；

4 跨江大桥应收集江(河)的水文资料及水下地形图。

6.3.3 可行性研究勘察应符合下列要求：

1 调查有无影响桥涵通行的不良地质作用、特殊性岩土及建(构)筑物分布，论证建设可行性及适宜性；

2 可行性研究勘察以资料搜集、工程地质测绘和调查为主；

3 跨江特大桥或地质环境复杂时，宜布置适当的勘探工作，勘探点线主要在跨江大桥主墩台位置或需探明稳定性的地段。

6.3.4 初步勘察应符合下列要求：

1 初步查明沟谷岸坡的成因、类型、形态、河流涨落及冲刷特征；

2 初步查明地层岩性、地质构造、岩石的风化程度、边坡的岩体类型和结构类型；

3 初步查明覆盖层的厚度、土质类型、密实度、含水状态和物理力学性质；

4 查明不良地质作用及特殊性岩土的分布、规模、成因及其对场地的影响；

5 初步查明地下水类型、分布及水的腐蚀性。

6.3.5 初步勘察勘探点、线布置应符合下列规定：

1 桥位区应进行 1:500 工程地质测绘。桥位区应进行工程地质分区并划分地质环境复杂程度，每个分区单元应至少有一条代表性勘探线控制；

2 桥(涵)的轴线应布置勘探线；勘探点宜布置在可能的墩台位置及评价岸(斜)坡整体稳定性需要的范围内；横向剖面应控制地形、周边建(构)筑物、交汇路段、斜边坡等。当桥梁不垂直岸坡时，应有垂直岸坡的勘探线控制。桥台和锚墩应结合基坑开挖

进行勘探点线布置；

3 勘探线及勘探孔深度应结合桥涵形式、重要性等级及地质复杂程度综合确定：

- 1) 在地质环境复杂场地每间隔 1 排桥墩或间距 60m~80m 布置勘探线,其他场地间隔 2 个~3 个桥墩或间距 90m~120m 布置勘探线；
- 2) 大桥、特大桥勘探深度宜为 30m~40m,中小桥勘探孔深度宜为 20m~25m；
- 3) 当场地覆盖层较厚时,桥梁勘探孔深度应进入中等风化岩层不小于 8 倍~10 倍桩径。

4 单跨大于 100m 的主墩(台)初步勘察勘探点数量和勘探孔深度详见表 6.3.5-1；

表 6.3.5-1 勘探点数量(个)和勘探孔深度(m)

桥梁形式	简单场地		中等复杂场地		复杂场地	
	点数	深度	点数	深度	点数	深度
斜拉、悬索桥主墩	3~5	50~60	5~8	50~60	8~11	50~60
其他主墩	1~2	40~50	2~3	40~50	3~5	40~50

注:锚碇墩(台)的勘探点数量和孔深可按斜拉桥主墩取下限。

5 桥位区砂卵石土、碎石土或人工填土等覆盖层较厚时,应布置一定数量的动力触探测试点;桥位区粉土或粉质黏土等覆盖层较厚,应分层和不同深度采取土样;覆盖层厚度大于 3m 应实测覆盖层剪切波速值,同一单元测试点应不少于 3 个；

6 可溶岩桥位区应布置工程物探工作,探查桥址溶洞、岩溶漏斗发育情况。测线宜沿桥梁轴线和主桥墩、代表性桥墩段横向布置；

7 临水段桥墩台宜布置抽水试验孔；

8 桥梁取样孔宜全孔段分层分段取样,取样孔应为勘探孔数量的 1/3~1/2,且同一地质单元每层取样数量不应少于 6 组；

单跨大于 100m 的主墩台宜按独立单元取样；

9 涵洞和地下通道勘探孔宜为 2~4 个，勘探深度宜进入底板以下稳定岩层 5m~10m，宜有横向勘探线控制边坡开挖的稳定性；

10 立交桥应结合场地条件布置控制整个场地的勘探线，勘探孔宜布置在交汇路口和周边永久边坡段，各结构物勘探线、孔间距需满足相关章节的要求，尽量共用勘探孔。

6.3.6 详细勘察应符合下列要求：

1 查明场地的地层岩性、地质构造、岩土体结构及其物理力学性质；

2 查明不良地质作用的成因、类型、分布范围、发展趋势、稳定程度和危害程度，提供治理所需的岩土参数；

3 查明特殊性岩土的类型、分布、性质；

4 查明地表水和地下水条件，涉水段应提供各岩土层的渗透系数；

5 查明锚锭区的工程地质条件和设计施工所需的岩土参数；

6 查明岸坡、基坑边坡的地质条件及稳定性。

6.3.7 详细勘察勘探孔布置应符合下列规定：

1 勘探孔宜在初步设计拟定的墩、台基础轮廓线的周边或中心布置，且宜控制桥台、锚锭等基坑边坡，分离式桥梁可按两座独立的桥梁布置勘探工作量；

2 桥梁工程勘探孔数量应根据场地类别和桥梁类型、桥跨设置及基础类型确定，宜一墩一勘探孔。复杂场地上的群桩基础，每个墩台应逐桩布点；地质条件简单时，桥跨小、桥墩多时可隔墩布置勘探孔；当桥面宽度较大，桥墩采用 2 个以上墩柱时，桥墩横勘探线上可隔柱布置勘探孔。中等复杂场地的群桩基础，可视桥型和勘探点密度进行适当调整；

3 单跨大于 100m 的桥梁主墩台勘探孔宜逐桩布设，地质条

件简单时可适当减少；

4 岩溶强发育区应逐桩布置勘探孔，并应布置相应工程物探工作；

5 当相邻勘探点揭示的地层变化较大，影响基础设计和施工方案的选择时，应适当增加勘探工作量；

6 城市涵洞和人行地下通道应结合结构形式进行布置，明挖应结合边坡进行勘探孔布置，勘探孔间距宜为 20m~35m；

7 锚碇区基坑边坡勘察范围宜能完整地反映整个锚索（或锚杆）区的工程地质条件；采用洞室锚应查明锚固段岩体的工程地质条件及物理力学参数，洞室段勘察宜符合本标准 6.4 节相关规定。

6.3.8 详细勘察勘探孔深度及测试应符合下列规定：

1 明挖桥台浅基础，勘探孔深度应进入预计的基础底面以下 3m~10m。重要性等级为三级的工程取 3m~5m；重要性等级为二级的工程取 5m~8m；重要性等级为一级的工程取 8m~10m，最小勘探孔深度不小于 15m；

2 桩基础桥墩台勘探孔深度应进入预计桩端以下 3 倍~5 倍桩径，且不应小于 5m；当无明确桩径时，可按现行桥梁 3 倍~5 倍桩径嵌岩估算桩端深度，极软岩按 6 倍~9 倍桩径嵌岩估算桩端深度；特大桥、跨江桥主桥墩勘探孔深度宜进入预计桩端深度以下 5 倍~10 倍桩径，且不应小于 15m；当在预计的深度范围内存在溶洞、断层破碎带时，应穿越溶洞、断层破碎带进入稳定基岩；

3 工程勘察等级为三级的桥涵，当采用覆盖层或基岩强风化层作持力层时，进入预计的基础底面以下的勘探孔深度为 5m~10m 且不宜小于墩、台基础底面宽度的 1.5 倍~2.0 倍；

4 对需要进行变形验算的地基，勘探孔深度尚应满足沉降计算需要；

5 桥位区应根据覆盖层厚度及性质布置动力触探、标准贯

入等原位测试工作,并分层采取土样,主要土层采取试样数量不宜少于 6 组;

6 当以完整~较破碎基岩作为桩基持力层时,应在桩侧、桩底分段分岩性采取试样。取样勘探点不少于勘探点总数的 1/2,每一墩台宜有取样点,且主要岩层取样数量不少于 9 组。当勘探点总数少于 3 个时,每个勘探点均应取样;

7 当以破碎~极破碎基岩作为桩基持力层时,宜按摩擦桩确定勘探深度,勘探深度宜不小于 30m;

8 桥梁宜实测覆盖层剪切波速值,中桥不少于 1 个,大桥不少于 2 个,特大桥不少于 3 个;小桥无实测时,可按岩土性状结合地区经验进行判定;

9 以基岩作为基础持力层时,工程重要性为一级、二级的桥位区应进行岩体声波测试,测试点数不少于 3 个,桥梁主墩宜逐墩测试。

6.3.9 可行性研究勘察工程地质评价应包括下列内容:

1 分析桥位区的地质条件、建设条件,评价桥位区的稳定性和建设的适宜性;

2 了解沿线特殊性岩土的分布及特征,分析对桥梁工程的影响;

3 了解不良地质作用分布及特征,分析评价对桥梁工程的影响。

6.3.10 初步勘察工程地质评价应包括下列内容:

1 分析评价特殊性岩土和不良地质作用对桥涵工程的影响,并提出处理措施建议;

2 分析岸坡稳定性及其对桥位区的影响;

3 评价地基稳定性,初步查明持力层的分布、厚度变化规律,提供验算地基承载力、地基变形、抗倾覆、抗滑移和抗冲刷所需的岩土参数;拟采用桩基时,应提供桩侧摩阻力和端阻力,提出桩型、工法的建议;

4 分析评价周边环境与拟建桥涵工程的相互影响,对可能出现的工程地质问题提出防治措施建议;

5 对桥涵平面布置的局部调整提出建议;

6 对比选方案进行地质分析论证及建议。

6.3.11 详细勘察工程地质评价应包括下列内容

1 分析潜在桩端持力层及下卧层的分布特征,提出桩端持力层的建议;

2 提供单桩承载力、变形验算的岩土参数,评价成(沉)桩可能性,论证成桩施工条件及其对环境的影响;

3 单跨大于 100m 的主墩(含锚墩)应逐墩取样和测试,并提供相应的岩土设计参数;

4 当采用沉井时,提供井壁与土体间的摩擦力、沉井设计、施工和沉井基础稳定性验算的相关岩土参数;

5 评价地下水、地表水对基础施工可能产生的影响,论证涉水桩基围堰施工条件、可行性及其对环境的影响;

6 对在河床中设墩的桥梁,应提供满足抗冲刷计算所需的参数;

7 对溶洞、岩溶漏斗发育地区,应根据岩溶发育的地质背景、溶洞、土洞、塌陷的形态、平面位置和顶底高程,分析岩溶洞穴的稳定性及其对拟建桥涵工程的影响,提出治理和监测的建议;

8 当存在采空区时,应根据采空区的埋深、范围和上覆岩层的性质等评价桥涵工程地基的稳定性,并提出处理措施建议;对现采空区和未来采空区,尚应通过计算预测地表移动和变形特征;

9 对厚层填土地区,应根据填土的堆积年代、方式、来源、分布、物质组成、均匀性及密实度等,评价填土地基的承载力;提供地基加固处理措施的建议;当采用桩基时,尚应分析产生桩侧负摩阻力的可能性及其对桩基承载性状的影响,提供负摩阻力系数和减少负摩阻力措施的建议;

10 对嵌岩桩,分析评价基岩面起伏、破碎带、软弱夹层、岩

溶、孤石等对桩基施工及承载力的影响；持力层为倾斜地层，基岩面凹凸不平或岩土中有洞穴、孤石时，应评价桩的稳定性，并提出处理措施建议；

11 分析工程建设过程可能引发或遭遇的地质风险，并提出应对措施建议。

6.3.12 当遇特殊性岩土及不良地质作用时，分析评价尚应满足本标准第8章、第9章的要求。

6.4 城市隧道

6.4.1 本节适用于暗挖法施工的城市隧道工程勘察。

6.4.2 城市隧道勘察搜集资料除应满足本标准第3章相关规定外，尚应搜集下列资料：

1 附有坐标、地形、地物、隧道里程桩号及洞口位置的平面布置图；

2 隧道纵剖面图、典型横剖面图；

3 隧道掘进方式、支护结构等相关资料。

6.4.3 陆域隧道勘探点宜布置在隧道边线外侧5m~8m，水下隧道勘探点宜布置在隧道边线外侧6m~10m，勘探点宜交错布置；隧道洞口、地质环境复杂的洞身段应布置横向勘探线。

6.4.4 浅埋、深埋隧道应根据围岩等级和埋深进行划分，并应符合下列规定：

1 对Ⅰ~Ⅲ级围岩，当埋深大于2.0倍压力拱高度时应划分为深埋隧道，当埋深小于等于2.0倍压力拱高度时应划分为浅埋隧道；

2 对Ⅳ~Ⅵ级围岩，当埋深大于2.5倍压力拱高度时应划分为深埋隧道；当埋深小于等于2.5倍压力拱高度时应划分为浅埋隧道。

6.4.5 可行性研究勘察应符合下列要求：

1 以搜集资料和工程地质调绘为主,辅以必要的勘探手段,了解隧址区的地质环境和地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件等资料;

2 初步查明可能影响线路方案的不良地质作用;

3 初步查明特殊性岩土和对拟建工程有不利影响的地下埋藏物;

4 了解隧道围岩分级、隧道进出口斜坡稳定性。

6.4.6 可行性研究勘察工作应符合下列规定:

1 工程地质测绘和调查比例尺宜为 $1:2000 \sim 1:5000$ 。陆域隧道的测绘范围宜为线位两侧各 $200\text{m} \sim 300\text{m}$,水下隧道的测绘范围宜为线位两侧 $300\text{m} \sim 500\text{m}$;

2 勘探点间距宜按 $400\text{m} \sim 500\text{m}$ 布置,埋深大于 3 倍洞跨的岩质隧道可按 $1000\text{m} \sim 1500\text{m}$ 布置;

3 勘探孔深度应钻至中心线底板以下并进入中等风化基岩不小于 8m ;

4 对可能影响线路方案的不良地质作用,应按本标准第 8 章的初步勘察阶段要求执行。

6.4.7 初步勘察应符合下列要求:

1 初步查明地层岩性、地质构造、岩土体结构及其物理力学性质、隧道围岩等级;

2 查明不良地质作用的分布、规模、类型、成因、发展趋势,并对场地的稳定性做出评价;

3 初步查明特殊性岩土的类型、分布、性质;

4 评价拟建工程场地稳定性和适宜性;

5 应按相关要求对场地的地震效应作出初步评价;

6 初步查明水文地质条件;

7 初步查明隧道进出口地带的地质结构、自然稳定状况、隧道施工诱发滑坡等不良地质作用的可能性;

8 初步查明隧道浅埋段覆盖层的厚度、岩体的风化程度、含

水状态及稳定性；

9 初步查明平行导洞、斜井、竖井等辅助坑道的工程地质条件。

6.4.8 初步勘察工作量布置应符合下列规定：

1 工程地质测绘和调查比例尺洞身段宜为 1:1000~1:2000,隧洞口边坡影响范围宜为 1:500；

2 洞口段勘探点数量不应少于 2 个；

3 洞身段勘探点间距应符合下列要求：

1) 土质隧道和埋深小于等于 3 倍洞跨的岩质隧道勘探点间距可按表 6.4.8-1 确定；

**表 6.4.8-1 土质隧道和埋深小于等于 3 倍洞跨的
岩质隧道初勘阶段勘探点间距 (m)**

场地类别	复杂场地	中等复杂场地	简单场地
勘探点间距	60~80	80~120	120~200

注：V~Ⅵ级围岩、基岩面起伏较大或埋深较小时，取小值。

2) 埋深大于 3 倍洞跨的岩质隧道勘探点间距可按隧道埋深的 3 倍~5 倍确定，但不超出表 6.4.8-2 规定的范围值。

表 6.4.8-2 埋深大于 3 倍洞跨的岩质隧道初勘阶段勘探点间距 (m)

场地类别	复杂场地	中等复杂场地	简单场地
勘探点间距	80~600	120~800	200~1000

注：1 V~Ⅵ级围岩、基岩面起伏较大或埋深较小时，取小值；

2 复杂场地取小值。

4 在人工填土层中，勘探孔应穿过填土层进入中等风化基岩不小于 5m；

5 在除填土外的第四系土层和强风化基岩中，一般性勘探孔应进入隧道底板以下不小于 1.5 倍隧道高度，控制性勘探孔应进入隧道底板以下不小于 2.5 倍隧道高度；

6 洞底为微风化或中等风化岩体时,勘探孔深度应进入隧道底板以下 5m~8m,控制性勘探孔取大值,一般孔取小值;

7 控制性勘探点数量不应少于勘探点总数的 1/3;

8 初步勘察取样和测试工作应符合下列规定:

1) 进行取样及原位测试勘探点的数量不宜少于勘探点总数的 1/3~1/2;

2) 对岩质隧道,洞口、洞身应选择代表性勘探点进行声波波速测试;

3) 水文地质试验应分水文地质单元、分层进行;当水文地质条件复杂时,应进行带有观测孔的水文地质试验;

4) 岩石试验项目应包括单轴抗压试验、三轴压缩试验等;

5) 物探有效测试深度应达到隧道洞底以下;

6) 取样、原位测试点主要布置在地质条件较复杂地段,同时兼顾控制整个场地范围。取样、原位测试点主要布置在洞顶和侧墙墙底和墙顶附近。隧道埋深范围内的主要地层均应取样。

6.4.9 详细勘察应符合下列要求:

1 查明地层岩性、地质构造、岩土体结构及其物理力学性质、隧道围岩等级;

2 进一步查明不良地质作用的分布、规模、类型、成因、稳定性、发展趋势、危害程度,提出整治方案建议及整治所需的岩土参数;

3 查明特殊性岩土的类型、分布、性质;

4 应按相关要求对场地的地震效应作出评价;

5 查明水文地质条件;评价水、土腐蚀性;

6 查明隧道进出口地带的地质结构、自然稳定状况、隧道施工诱发滑坡等不良地质作用的可能性;

7 查明隧道浅埋段覆盖层的厚度、岩体的风化程度、含水状态及稳定性；

8 查明平行导洞、斜井、竖井等辅助坑道的工程地质条件。

6.4.10 详细勘察应在下列地段布置勘探孔：

- 1 隧道洞口及设计纵剖面地形最低部位；
- 2 含煤地层及采空区、可溶岩与非可溶岩界面、褶皱轴部、地质构造复杂地段、断层带、岩体破碎带、软弱夹层；
- 3 地下水丰富或水文地质条件复杂的地段；
- 4 竖(斜)井、导坑、横洞等辅助通道；
- 5 与隧道走向平行或小角度斜交的沟谷；
- 6 隧道上方有道路、桥梁、隧道、房屋及其它重要设施处；
- 7 可能存在偏压影响的地段。

6.4.11 详细勘察洞身段勘探点间距应符合下列规定：

1 土质隧道和浅埋岩质隧道，详细勘察的勘探点间距宜按表 6.4.11-1 确定；

表 6.4.11-1 土质隧道和浅埋岩质隧道详勘阶段勘探点间距(m)

场地类别	复杂场地	中等复杂场地	简单场地
勘探点间距	25~40	40~60	60~80

注：埋深较大的取表中较大值。

2 深埋岩质隧道，勘探点间距可按隧道埋深的 1 倍~2 倍确定，且不宜超出表 6.4.11-2 规定的范围值；

表 6.4.11-2 深埋岩质隧道详勘阶段勘探点间距(m)

场地类别	复杂场地	中等复杂场地	简单场地
勘探点间距	40~200	60~400	80~600

注：复杂场地取小值。

3 埋深超过 30m 的深埋岩质越岭隧道的洞身段，勘探点数量和位置应根据初步勘察成果结合工程地质条件综合确定，沿隧

道纵向的勘探点间距可取隧道埋深的 1 倍~3 倍,且不大于 600m;

4 地层或岩性、岩层倾角变化较大时,勘探点间距宜适当加密。

6.4.12 详细勘察勘探孔深度应符合下列规定:

1 在人工填土层中,勘探孔深度应穿过填土层并进入中等风化基岩不小于 5m;

2 在除填土外的第四系土层和强风化基岩中,勘探深度宜进入隧道底板以下不小于 1.5 倍隧道跨度;

3 在微风化及中等风化岩石中勘探孔深度应进入隧道底板下不小于 5m;

4 当遇洞穴时,勘探孔深度应到达洞穴底板以下 2m~5m。

6.4.13 详细勘察取样和测试工作应符合下列规定:

1 采取试样和进行原位测试的勘探孔数量不应少于勘探点总数的 1/2;

2 隧道洞口及洞身段均应选择代表性勘探点进行波速测试;

3 根据隧址区地下水发育状况,宜对每个水文地质单元岩土体进行渗透性测试;可能导致地表塌陷的可溶岩地区或地下水丰富、水文地质条件复杂的地区,应按水文地质单元分别进行水文地质测试;

4 岩石试验项目应包括单轴抗压强度试验、三轴压缩试验、抗拉试验、岩体变形试验;

5 主要取样和测试点应位于洞身及其洞顶以上 1 倍~2 倍洞跨高度范围内;

6 对土质隧道,当土层为黏性土或砂土时,取样或进行原位测试的间距宜为 2m~3m,对碎石类土或碎石含量较高的土,应进行动力触探测试;

7 当洞区存在有害气体时,应进行有害气体测定;对高地应

力地区,应进行地应力测试;

8 隧道围岩中每一主要岩层宜进行热物理指标试验,试验数量不得少于3组。

6.4.14 洞口仰坡的勘察范围须包括仰坡的开挖范围及其影响区域,勘探线应以垂直仰坡走向或平行主滑方向布置,每单独洞口仰坡段勘探线不应少于3条,每条勘探线不应少于3个勘探点,勘探孔深度、取样和测试应符合本标准第7章的相关规定。

6.4.15 小净距隧道净距大于2倍洞跨时,宜作为两座单独隧道进行勘探,且应考虑两座隧道勘探点的相互利用。

6.4.16 在可溶岩地段、隐伏构造破碎带、采空区、地下洞室、覆盖层厚度和基岩面变化较大地段应加强物探工作,并根据物探成果及时调整勘察工作量。

6.4.17 当需要采用掘进机开挖隧道时,应重点查明沿线的地质构造、有无断层破碎带及溶洞等,并应进行岩石抗磨性试验;在含有大量石英或其它坚硬矿物的地层中,应作含量分析;当隧道开挖面存在软、硬地层界面,需查明界面形态。

6.4.18 当需要采用盾构法施工隧道时,应重点查明灵敏度高的软土层、透水性强的松散砂土层、高塑性的黏性土层、含有承压水的砂土层、含漂石或卵石的地层、开挖面的软、硬地层等分布及性状。

6.4.19 竖井应至少布置1个勘探孔。取样和测试应符合本标准6.4.13条规定。

6.4.20 城市隧道围岩分级应按本标准附录J执行。

6.4.21 隧道涌水量估算可参照《建设工程水文地质勘察标准》DBJ50/T-327的相关规定执行。

6.4.22 可行性研究勘察工程地质评价应包括下列内容:

1 初步进行隧道围岩分级,初步分析地应力分布、水文地质条件,评价成洞条件及隧道施工对环境的影响;

2 存在不良地质作用、特殊性岩土时,初步分析其对隧道建

设的影响；

3 对隧址及进出口位置提出建议。

6.4.23 初步勘察工程地质评价应包括下列内容：

1 初步确定围岩分级、岩土可挖性分级，提出围岩的物理力学性质及初步设计所需的岩土参数，评价洞室围岩的稳定性，提出工程防护措施的建议；

2 初步评价地表水、地下水对隧道施工的影响，并应对隧道涌水量进行分段预估；

3 初步评价进出洞口、竖（斜）井、导坑、横洞等位置的工程地质条件及岩土体稳定性，提出工程防护措施建议；

4 存在不良地质作用、特殊性岩土、高地应力、腐蚀性地层时，初步分析其对隧道建设的影响；

5 初步评价隧道施工对城市地质环境及相邻建、构筑物的影响；

6 初步评价地下有害气体情况及其对隧道施工和运营的影响。

6.4.24 详细勘察工程地质评价应包括下列内容：

1 分段确定隧道围岩等级；

2 分析评价隧道（含导坑、横洞等辅助通道）围岩和洞口斜（边）坡的工程地质条件及岩土体稳定性，并提出治理措施建议；

3 提供隧道影响深度范围内有害气体分布情况，并分析评价其对隧道设计和施工可能产生的影响，提出处理措施建议；当洞室穿过可能产生岩爆的高地应力区、具有腐蚀性的地层等地区时，应作出工程地质分析和评价，并提出针对性的治理措施建议；

4 地下工程应查明岩土和地下水的分布特征，评价地下水的影响，提出地下水控制措施建议，并提供设计所需的相关计算参数；

5 存在不良地质作用、特殊性岩土时，分析其对隧道建设的影响；

- 6 评价施工工法的适用性;
- 7 提供隧道设计和施工所需的岩土物理力学参数;
- 8 深埋及构造应力集中地段,对硬质岩层应预测岩爆的可能性,对软质岩层应预测围岩大变形的可能性;
- 9 评价地质条件可能造成的工程风险,对工程地质、水文地质条件复杂地段,提出超前地质预报建议;
- 10 提出施工阶段的环境保护和监测建议。

6.4.25 城市隧道工程的地震效应评价可按《公路隧道抗震设计规范》JTG 2232 执行。

6.5 城市堤岸

6.5.1 本节适用于城市江、河、水库堤岸工程勘察。

6.5.2 城市堤岸工程勘察搜集资料除应满足本标准第3章规定外,尚应搜集城市堤岸高度、整平高程、开挖线及堆坡线等资料。

6.5.3 城市堤岸工程勘察应查明下列内容:

- 1 地貌特征和地貌单元交界处的复杂地层;
- 2 高灵敏软土、混合土等特殊土和基本质量等级为V级岩体的分布和工程特性;
- 3 岸边滑坡、崩塌、冲刷、淤积、潜蚀等不良地质作用;
- 4 岸坡类型、地表水和地下水与堤岸工程的相互作用、岸坡稳定性。

6.5.4 城市堤岸工程勘察的勘探线应垂直岸坡走向和沿堤岸支挡线布置。

6.5.5 可行性研究勘察应以搜集资料、工程地质调查和测绘为主,以钻探为辅;初步勘察应通过物探、钻探等手段,初步查明场地的工程地质、水文地质条件,初步提供设计所需的岩土参数,对场地的稳定性进行评价;详细勘察阶段应以钻探为主,并与物探等勘探方法相结合。

6.5.6 初步勘察勘探点、线布置应符合表 6.5.6 的规定：

表 6.5.6 初步勘察阶段勘探线、点间距 (m)

场地类别	勘探线距	勘探点距
复杂场地	50~70	40~60
中等复杂场地	70~100	60~80
简单场地	100~150	80~100

注：勘探线间距对工程安全等级为一级的工程取较小值；对工程安全等级为二级的工程取较大值。

6.5.7 初步勘察勘探孔深度应符合下列规定：

1 控制性勘探孔深度应进入潜在滑动面以下 8m~12m，一般性勘探孔深度应进入潜在滑动面以下 5m~8m；

2 支挡线上的勘探孔深度除应符合本条第 1 款要求外，对于桩式堤岸和桩基加固的混合式堤岸中的悬臂桩宜进入嵌固面以下 2.0 倍悬臂长度，其它型式支挡结构宜进入基础底面以下 5m~8m；对于圬工结构或钢筋混凝土结构的天然地基堤岸宜进入持力层 5m~8m；土堤和采用浆砌块石或干砌块石勾缝的护坡堤岸宜为土堤高度的 2 倍~3 倍；

3 邻近河床的勘探孔深度宜适当加深；

4 勘探孔深度应满足稳定性验算、变形验算、抗冲刷验算及渗流稳定性分析等要求。

6.5.8 初步勘察取样和原位测试的勘探点占勘探点总数的 1/5~1/3。取样的数量和孔内原位测试的竖向间距，应按地层特点和土的均匀程度确定。

6.5.9 详细勘察勘探点布置应符合下列要求，勘探点、线间距应符合表 6.5.9 规定。

1 应垂直于堤岸轴线布置横向勘探线，宜沿堤岸轴线或在基础轴线布置纵向勘探线，每条横向勘探线上布置不少于 3 个勘探孔；

2 在每个地貌单元、不同地貌单元交界部位、微地貌和地层急剧变化处、堤岸走向转折点,以及堤岸结构形式变化部位,均应布置勘探孔;

3 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。

表 6.5.9 详细勘察阶段勘探点、线间距(m)

场地类别	勘探线距	勘探点距
复杂场地	25~35	20~30
中等复杂场地	35~50	30~40
简单场地	50~75	40~50

注:勘探线间距对工程安全等级为一级的工程取较小值;对工程安全等级为二级的工程取较大值。

6.5.10 详细勘察勘探孔深度应符合下列规定:

1 勘探孔深度应进入潜在滑动面以下 5m~8m;

2 在支挡线上的勘探深度除应符合本条第 1 款要求外,对于桩式堤岸和桩基加固的混合式堤岸中的悬臂桩宜进入嵌固面以下 1.5 倍悬臂长度,其它型式支挡结构宜进入基础底面以下 3m~5m;对于圬工结构或钢筋混凝土结构的天然地基堤岸宜进入持力层 3m~5m;土堤和采用浆砌块石或干砌块石勾缝的护坡堤岸宜为土堤高度的 1 倍~2 倍;

3 对需进行变形计算的地基,勘探孔深应达到地基压缩层的计算深度;

4 当需考虑堤岸附近大面积地面堆载的影响或有软弱下卧层时,勘探孔深度应适当加深;

5 当在预定勘探孔深度内遇基岩时,应进入中等风化岩石适当深度。

6.5.11 详细勘察采取岩、土样和进行原位测试的勘探点应主要布置在支挡线上。采取岩、土试样和进行原位测试的勘探点数

量,应根据岩土性状和设计要求确定,其数量宜占详勘勘探孔总数的 $1/4 \sim 1/2$,岩样宜取低值;每层土均应采取试样或进行原位测试,其数量不少于 6 个,每个场地不应少于 3 个勘探点取样。当岩土层性质不均匀时,应增加取样或进行原位测试的数量。

6.5.12 详细勘察宜进行碎石土颗粒分析和密实度测试。

6.5.13 详细勘察水文地质工作应包括下列内容:

- 1 钻孔抽水试验、钻孔注水试验或试坑注水试验等;
- 2 钻孔初见水位和静止水位量测。

6.5.14 可行性研究勘察工程地质评价应包括下列内容:

- 1 分析评价拟建场地的稳定性和适宜性;
- 2 不良地质作用的分布及影响;
- 3 分析评价及可能造成的不利影响。

6.5.15 初步勘察工程地质评价应包括下列内容:

1 根据河道冲淤变化、水流侧向侵蚀和岸坡的形态、防护和失稳情况,按表 6.5.15 对岸坡稳定性进行定性评价;

表 6.5.15 岸坡稳定性评价

稳定状态	岸坡特征
稳定	岸坡岩土抗冲刷能力强,无堤岸失稳现象
基本稳定	岸坡岩土抗冲刷能力较强,历史上基本未发生堤岸失稳事件或曾发生小规模堤岸失稳
欠稳定	岸坡岩土抗冲刷能力较差,历史上曾发生较大规模堤岸失稳
不稳定	岸坡岩土抗冲刷能力很差,历史上曾发生堤岸严重失稳事件或正在发生堤岸失稳

- 2 对堤岸工程地质条件及工程地质问题进行初步评价;
- 3 提出防治不良地质作用的初步建议;
- 4 初步提出设计方案所需的地基岩土参数;
- 5 初步分析地基土的渗透特性,评价地下水的补排条件及与地表水体的关系;

6 对堤岸治理及支护方式提出初步建议。

6.5.16 详细勘察工程地质评价应包括下列内容：

1 分析地表水与地下水补给关系,评价地下水对岸坡稳定性的影响,进行地基渗透变形(流沙、流土、管涌)、冲刷等工程地质问题评价;

2 分析评价不良地质作用的影响,提出防治措施建议;

3 基坑降水对岸边建(构)筑物影响评价;

4 提出地基处理和基础施工方案建议;

5 对堤基抗滑稳定性、冲刷深度进行评价,提出设计所需的岩土参数和工程措施建议;

6 评价岸坡和地基稳定性时,应按地质条件和土的性质,划分若干个区段进行验算。评价岸坡和地基稳定性时,应考虑下列因素:

1) 选用的设计水位;

2) 出现较大水头差和水位骤降的可能性;

3) 施工时的临时超载;

4) 较陡的挖方边坡;

5) 堤岸(岩)土体的抗冲刷能力,波浪作用;

6) 不良地质作用的影响等。

7 提出堤防工程监测的建议。

6.6 城市管道

6.6.1 本节适用于城市室外管道的工程勘察,其中采用钻爆法和盾构法施工的管道按本标准第 6.4 节执行。

6.6.2 城市管道勘察搜集资料除应满足本标准第 3 章相关规定外,尚应搜集下列资料:

1 附有管道平面布置的现状地形图、纵剖面图;

2 管道类型、管底高程、管径(或断面尺寸)、管材;

3 可能采取的施工工法；

4 管道沿线水库的分布情况、近期和远期规划、水库特征水位、回水淹没范围。

6.6.3 浅埋管道的勘察手段宜以轻型山地工程和人工螺旋钻为主。地质环境简单的岩石裸露区可用地质点代替勘探点。

6.6.4 明挖法施工管道边坡工程横向勘察工作布置应按本标准第7章执行。

6.6.5 可行性研究勘察以搜集资料、现场踏勘、调查为主，必要时辅以少量的勘探和测试工作。

6.6.6 初步勘察勘探工作布置应符合下列规定：

1 纵向勘探线应沿管轴线布置。纵向勘探线上的勘探点间距应符合表 6.6.6 的规定；

表 6.6.6 初步勘察纵向勘探线上的勘探点间距(m)

场地类别	架空管道	明挖法施工管道	顶管或定向钻施工管道
复杂	50~100	40~80	30~60
中等复杂	100~200	80~160	60~120
简单	200~300	160~280	120~250

注：1 工程安全等级为一级时取较小值；工程安全等级为三级时取较大值；

2 明挖法施工地段：土质基坑开挖深度小于 3m 取较大值，开挖深度 3m~6m 取较小值；岩质基坑开挖深度 8m~15m 取较小值；

3 架空管道勘探点布置宜兼顾墩台位置、线路转折点等；

4 当纵勘探线上的勘探点不能到位施工时，勘探点偏离管轴线外边线不宜大于 3m。

2 在穿越不同地貌单元、河流、湖(水库)、铁路、城市道路、岸坡、冲沟等地段宜加密勘探点；

3 沿地质环境复杂的大中型河流岸坡或陡斜坡走向布置的管道，应布置横勘探线，每条横勘探线上勘探点数量不宜少于 3 个；

4 明挖时，勘探深度应进入预计管底下 3m~5m；定向钻、顶管施工地段应进入预计管底下 5m~8m，架空段应进入基岩中

风化内 5m~8m,斜坡地段横勘探线钻孔深度尚应满足稳定性评价要求;

5 当管道穿越河流时勘探孔深应进入河床最大冲刷深度以下 3m~5m;

6 钻孔揭示地下水时,应布置代表性孔作抽水试验并取水样作水质分析;

7 临河地段应对粗粒土做颗粒级配试验,并分析基坑开挖引发流砂、潜蚀、管涌等工程地质问题。

6.6.7 对钢、铸铁金属管道,宜对管道埋设深度范围内各土层进行视电阻率测试,测试点宜按地貌单元布置,并按本标准附录 K 的规定评价环境水和土对钢结构的腐蚀性。

6.6.8 初步勘察采取岩土样和进行原位测试的勘探点数量宜为勘探点总数的 1/5~1/3。

6.6.9 详细勘察勘探工作布置应符合下列规定:

1 纵向勘探线应沿管道轴线布置。纵向勘探线的勘探点间距应符合表 6.6.9 的规定:

表 6.6.9 详细勘察纵向勘探线上的勘探点间距(m)

场地类别	架空管道	明挖法施工管道	顶管或定向钻施工管道
复杂	25~50	20~40	15~30
中等复杂	50~100	40~80	30~60
简单	100~150	80~140	60~120

注:1 工程安全等级为一级时取较小值,工程安全等级为三级时取较大值;

2 明挖法施工地段:土质基坑开挖深度小于 3m 取较大值,3m~6m 取较小值;岩质基坑开挖深度 8m~15m 取较小值。

2 管道转角处、穿越不同地貌单元处应布置勘探点,检查井等节点处宜布置勘探点,至少每 2 个~3 个检查井应有 1 个勘探点;

3 架空段宜结合墩台布置勘探点,可溶岩地段宜逐墩布置

勘探点；

4 从河流、湖(水库)、沟、坑、铁路、城市道路等下穿通过的地段和施工可能产生流砂地段宜加密勘探点；

5 当场地存在稳定性问题或基坑开挖存在不利潜在滑面时，应加密勘探点、线，以满足分析评价和治理设计需要，勘探点、线间距可根据场地地质条件复杂程度确定；

6 当检查井、工作井等直径较大时，应布置纵、横勘探线，每条勘探线不少于 3 个勘探点；

7 水平定向钻、顶管法施工地段的勘探点宜布置在中线外 5m~10m 处，并左右交叉布置，钻探完毕应回填封孔。

6.6.10 详细勘察段勘探孔深度应符合下列规定：

1 明挖地段，勘探孔深度进入管底下 1m~3m；

2 定向钻、顶管施工地段进入管底或潜在滑面下 3m~5m；

3 架空段，对天然地基，勘探孔深度宜为基础底面以下基础宽度的 2 倍~3 倍，且不应小于 5m；当在预定深度内见基岩时，应进入中等风化层内 2m~3m；当强风化层很厚时，应进入强风化层内 5m~10m；

4 可溶岩地段孔深宜适当加深；

5 一般性孔取小值，控制性孔取大值；

6 当采取降低地下水位施工时，勘探孔深度宜钻至基坑底面以下 3m~5m。

6.6.11 定向钻和顶管施工地段宜进行水文地质试验，提供水文地质参数；碎石类土和砂土宜取样进行颗粒分析，查明穿越地段的水文地质条件和松散地层的颗粒组成、工程地质特性。

6.6.12 详细勘察阶段采取岩土样和进行原位测试的勘探点宜沿管线轴线布置，采取岩土试样和原位测试的勘探点数量宜为勘探点总数的 1/4~1/2，岩样宜取低值。

6.6.13 可行性研究勘察工程地质评价应包括下列内容：

1 拟建管道沿线场地的稳定性和适宜性；

- 2 不良地质作用、特殊性岩土分布范围及影响；
 - 3 路线方案调整或比选意见与建议。
- 6.6.14 初步勘察工程地质评价应包括下列内容：**
- 1 评价管道沿线场地的整体稳定性；
 - 2 对顶管或定向钻施工段应从地层岩性、富水特征、有害气体等方面初步评价对施工的影响和可行性，对明挖段初步评价基坑边坡的稳定性；
 - 3 临近既有建(构)筑物地段，应分析评价相互影响，提出处治措施建议；
 - 4 评价不良地质作用对拟建管道的影响并提出防治建议；
 - 5 初步评价管道地基差异沉降变形的可能性，提出初步的处治建议。
- 6.6.15 详细勘察工程地质评价应包括下列内容：**
- 1 评价拟建管道沿线不良地质作用、特殊性岩土的分布情况、发展趋势及危害程度，分析管线产生沉陷、不均匀变形或整体失稳的可能性，提出防治措施建议，提供防治设计和施工所需岩土参数；
 - 2 明挖管线应根据埋置深度、沿线地面建筑或地下埋设物位置、岩土性质及地下水位等条件，分析明挖的可行性和基坑边坡的稳定性，对可能产生潜蚀、流砂、管涌和坍塌的边坡提出降排水、支护或放坡措施建议；
 - 3 顶管或定向钻工程应分析地层岩性变化、富水特征、有害气体及其影响，进行分段评价，对实施可行性做出评价，提供设计所需岩土参数；
 - 4 对工作井与接收井基坑边坡进行稳定性分析，提出地下水控制、支护措施建议；
 - 5 判定环境水和土对管道和管基材料的腐蚀性，并提出防治措施建议；
 - 6 采用钻爆法和盾构法施工的暗挖管道工程应按本标准第

6.4 节进行评价；

7 架空段应对墩台进行地基基础评价并提供设计所需岩土参数。

6.7 架空索道

6.7.1 本节适用于缆车索道的工程勘察。

6.7.2 架空索道勘察搜集资料除应满足本标准第3章相关规定外,尚应搜集杆塔位置、地锚形式、基础类型、气象、江河水位等资料。

6.7.3 大跨越工程宜进行场地地震安全性专项评价。

6.7.4 可行性研究勘察以搜集资料、现场踏勘、调查为主,了解各拟选方案的地形地貌、地层岩性、特殊性岩土分布、矿产分布、地下水条件、主要不良地质作用等工程地质条件及环境地质问题,做出可行性评价,进行各拟选方案的工程地质条件分析比较,提出比选意见。

6.7.5 初步勘察应为选定线路路径方案、塔位方案及确定地基基础初步方案提供所需勘察资料。

6.7.6 初步勘察应符合下列规定:

- 1 搜集标有线路路径各方案的 1:500~1:2000 地形图;
- 2 进行沿线地质调查测绘,了解沿线地形地貌特征、地层岩性及其分布,特殊性岩土和不良地质作用的分布、发育状况及其危害性;
- 3 基岩出露地段可采用山地工程或用地质点(观测点、摄影点等)代替勘探点;
- 4 可能布置塔位的大片土层覆盖地段,应布置勘探点,纵向勘探点间距 100m~300m;
- 5 对拟建工程有影响的滑坡等不良地质作用,以及可能布置塔位或地锚位置有较厚土层分布的陡斜坡地段,应根据其规模

至少布置一条控制性勘探线,每条勘探线不少于3个勘探点;

6 存在地锚锚碇端时,应根据可能的锚碇型式布置代表性勘探点;

7 大跨越工程的塔位应布置勘探点;

8 可溶岩地段宜布置物探工作,并对物探异常点布置少量钻探验证孔,初步查明岩溶发育情况,为杆塔和锚碇位置、基础类型的选择提供地质依据;

9 线路附近的勘探孔深度应钻入基岩中风化内10m~20m,其它离线路较远用于评价场地稳定性勘探线上的勘探孔深度钻入潜在滑面以下5m~8m;

10 采取岩土样和进行原位测试勘探点的数量宜为勘探点总数的 $1/3 \sim 1/2$,岩样宜取低值。

6.7.7 详细勘察工作应符合下列规定:

1 搜集或测量塔基断面(比例尺不小于1:200)、塔位地形图(比例尺不小于1:500);

2 应逐塔勘探,每塔布置1个~4个勘探点。对大跨越工程塔位或地质条件复杂地段,勘探点数取大值,地质条件简单且基础宽度较小时取小值;

3 基岩埋藏较浅的塔位,可采用坑探、槽探等方法,查明覆盖层厚度与下伏基岩的岩性、风化程度等;

4 重力式地锚的基坑边坡,按本标准第7章规定执行,隧洞锚按本标准第6.4节规定执行;

5 对拟建工程有影响的滑坡、岩堆和斜坡土体等存在稳定性问题需进行治理地段,应加密勘探点、线,勘探点、线间距根据其规模和场地地质条件复杂程度确定;

6 可溶岩地段宜采用物探和钻探相结合的综合勘察方法,遇溶洞时按照本标准第8.2节规定执行;

7 每个塔基和地锚应布置不少于1个控制性勘探点。

6.7.8 详细勘察阶段勘探深度应根据塔型、基础型式、基础尺寸与

埋深、荷载情况、塔位地质条件等因素综合确定,并符合下列规定:

1 对土质地基,一般塔位勘探孔深度应达到基础底面以下 1.0 倍~1.5 倍的基础宽度,且应不小于 8m~12m,大跨越工程塔位勘探深度应达到基础底面以下 1.5 倍~3.0 倍的基础宽度,且应不小于 10m~15m,在上述勘探孔深度内如遇软弱土层或可液化的饱和砂土、粉土层,勘探孔深度应适当加深;

2 对岩质地基,勘探孔深度应达到基础底面以下 0.5 倍~0.8 倍的基础宽度,且应不小于 5m,大跨越工程不小于 10m;

3 一般性勘探孔取小值,控制性勘探孔取大值。

6.7.9 采取岩、土试样和进行原位测试的勘探点数量宜为勘探点总数的 $1/3 \sim 1/2$,岩样宜取低值。

6.7.10 初步勘察工程地质评价应包括下列内容:

1 分析评价场地稳定性及不良地质作用、特殊性岩土等的发育状况及其危害性,提出避让或治理措施建议;

2 按水文地质和工程地质、地貌单元分段对各路线方案进行工程地质条件初步评价和汇总评价,提出方案比选意见;

3 提出塔、地锚位置和基础型式建议。

6.7.11 详细勘察工程地质评价应包括下列内容:

1 对塔位的工程地质条件和场地稳定性进行评价,提供岩土物理力学参数,对基础方案和工程措施等提出建议;

2 针对不同的地锚型式进行工程地质、水文地质条件评价,提出工程措施建议和岩土物理力学参数;

3 对施工和运行中可能出现的工程地质问题进行预测分析,并提出相应建议;对工程地质条件复杂的塔基,应提出基坑开挖时进行现场检验和检测的建议;

4 编制塔位工程地质条件一览表。

6.7.12 塔位工程地质条件一览表,应包括下列内容:

1 塔位编号;

2 塔位处的地形地貌;

- 3 各岩土层地质描述及其主要工程特性指标；
- 4 勘察期间地下水位及变化；
- 5 不良地质作用及处理措施建议；
- 6 塔位场地和地基稳定性；
- 7 主要工程地质问题及处理措施建议。

6.8 城市固体废弃物填埋场

6.8.1 本节适用于城市生活及生产垃圾、工程建设固体废弃物填埋场的工程勘察。其配套设施的勘察按本标准相关章节执行。

6.8.2 城市固体废弃物填埋场工程勘察搜集资料除应满足本标准第3章相关规定外,尚应搜集下列资料:

- 1 废弃物的填埋方式和填埋程序以及防渗衬层和封盖层的结构,渗出液集排系统的布置;
- 2 截污坝、拦挡坝、污水池、排(集)水井和相关构筑物情况等;
- 3 废弃物的种类、成分等主要物理化学性质以及主要来源;
- 4 山谷型填埋场的汇水面积、降水量及其极端强度;
- 5 邻近的水源地保护带、水源开采情况和环境保护要求。

6.8.3 可行性研究勘察应符合下列要求:

- 1 在搜集和分析已有资料的基础上,通过踏勘了解场地的地形、地貌、地层、构造、地震、水文和不良地质作用等工程地质条件;
- 2 以工程地质测绘为主,当拟建场地工程地质条件复杂、已有资料不能满足评价要求时,应根据具体情况进行必要的勘探、物探、测试等工作;
- 3 当有两个及以上备选场址、坝址时,应进行工程地质条件比选分析。

6.8.4 初步勘察应符合下列要求:

- 1 初步查明场地地形地貌的成因、类型、分布、形态特征和

地表植被情况；

2 初步查明场地地层岩性、地质构造、岩石的风化程度、边坡的岩体类型和结构类型；

3 初步查明场地覆盖层的厚度、土质类型、密实度、含水状态和物理力学性质；

4 初步查明废弃物特征以及对水源、岩土和环境的影响；

5 查明不良地质作用的分布、规模、成因及其对场地的影响；

6 初步查明场地水文地质条件，岩土和废弃物的渗透性；

7 初步查明筑坝材料、防渗和覆盖用黏土等地方材料。

6.8.5 初步勘察工作应符合下列规定：

1 工程地质测绘比例尺宜为 1:1000~1:2000；

2 应按库区和坝址区分别布置勘探工作：

1) 库区应布置不少于 1 条纵勘探线、沟心部位应有勘探线控制，坝址区应分别沿坝轴线和垂直坝轴线布置勘探线。勘探点、线间距应符合表 6.8.5 规定；

2) 每条勘探线的勘探点不少于 2 个，控制性勘探点不应少于勘探点总数的 1/3。

表 6.8.5 初步勘察勘探线、勘探点间距(m)

场地类别	勘探线间距	库区勘探点间距	坝址区勘探点间距
复杂	50~80	40~60	20~40
中等复杂	80~120	60~80	40~60
简单	120~200	80~100	60~100

注：1 表中间距不适用于地球物理勘探；

2 工程安全等级为一级时取较小值，工程安全等级为三级时取较大值；

3 垂直于地层走向的勘探线上的勘探点距宜酌情加密；

4 初步勘察工作重点针对坝址区，且坝肩应有勘探点控制；

5 若有排(集)水井、隧洞等构筑物按本标准相关章节执行，坝址边坡工程参照本标准第 7 章执行。

3 每个地貌单元、不同地貌单元交界部位、相同地貌内的不同工程地质单元均应布置勘探点,在微地貌变化较大的地段应予以加密;

4 城市固体废弃物填埋场勘察的探井、探槽、钻孔的防渗、隔水的封闭或封孔处理,应符合现行国家行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 的有关规定。库区钻孔应采用水泥浆或 4:1 水泥、膨润土浆液通过泥浆泵由孔底向上灌注回填封堵,并采用灌后物探测试法或透孔取芯法检验封孔效果,抽查孔数不宜少于 1/10,复杂场地不宜少于 1/4。

6.8.6 初步勘察勘探深度、采取岩土样和原位测试应符合下列规定:

1 勘探孔深度:对于填埋场库区宜进入中等风化基岩 3m~6m,坝址区宜进入坝底以下中等风化基岩 5m~8m,且满足地基承载力、变形、稳定性、防渗等计算需要;

2 坝址区采取岩、土试样和原位测试的勘探点数量宜为勘探点总数的 1/3~1/2,岩样宜取低值;库区可不采取岩样;

3 采取岩土试样和进行原位试验的勘探点(井)应结合地貌单元、地层结构和岩土的工程性质布置。

6.8.7 城市生活垃圾填埋场工程应按本标准第 10 章相关要求专门的水文地质勘察工作。

6.8.8 详细勘察应符合下列要求:

1 查明场地地形地貌、地质构造、地层岩性、岩土物理力学性质、岩土参数等;

2 查明水文地质条件、岩土和废弃物的渗透性、污染物的运移对水源和岩土的污染、潜在的渗漏等水文地质问题对生态环境的影响;

3 调查筑坝材料;

4 查明可溶岩分布地区的溶洞、溶隙、土洞和塌陷的发育条件、规模、程度及其分布,岩溶水的补给、迳流和排泄特征。

6.8.9 详细勘察勘探工作布置应符合下列规定：

1 工程地质测绘比例尺库区不宜小于 1:1000,坝址区不宜小于 1:500;

2 应按库区和坝址区分别布置勘探工作:

- 1) 库区应布置不少于 1 条纵勘探线、沟心部位应有勘探线控制,坝址区应分别沿坝轴线和垂直坝轴线布置勘探线控制。勘探点、线间距应符合表 6.8.9 规定;
- 2) 每条勘探线的勘探点不少于 3 个,控制性勘探点不应少于勘探点总数的 1/3。

表 6.8.9 详细勘察勘探线、勘探点间距(m)

场地类别	勘探线间距	库区勘探点间距	坝址区勘探点间距
复杂	25~40	20~30	10~20
中等复杂	40~60	30~40	20~30
简单	60~100	40~50	30~50

注:1 工程安全等级为一级时取较小值,工程安全等级为三级时取较大值;

2 当场地存在古河道、岩溶区、浅埋洞穴、暗藏的沟坑等时,勘探点的间距应适当加密。

3 每个地貌单元、不同地貌单元交界部位、相同地貌内的不同工程地质单元均应布置勘探点,在微地貌变化较大的地段应予以加密;

4 城市固体废弃物填埋场勘察的探井、探槽、钻孔的防渗、隔水的封闭或封孔处理,应符合本标准 6.8.5 节 4 款规定。

6.8.10 详细勘察勘探孔深度、采取岩土样和原位测试应符合下列规定:

1 勘探孔深度:对于填埋场库区宜进入中等风化基岩 2m~4m,坝址区宜进入坝底以下中等风化基岩 6m~10m,且满足基础、变形、稳定性、防渗等计算需要;

2 坝址区采取岩、土试样和进行原位测试的勘探点数量宜

为勘探点总数的 $1/3 \sim 1/2$, 岩样宜取低值; 库区可不采取岩样。

6.8.11 可行性研究勘察工程地质评价应包括下列内容:

1 分析评价拟建场地的整体稳定性及适宜性, 当有两个及以上备选场址、坝址时, 应进行工程地质条件比选分析并提出优选建议;

2 初步了解拟建场地特殊性岩土的工程特性, 分析评价可能造成的不利影响;

3 初步了解不良地质作用的分布范围, 分析评价对拟建工程的影响;

4 初步了解地下水的分布范围, 分析评价对拟建工程的相互影响。

6.8.12 初步勘察工程地质评价应包括下列内容:

1 分析评价库区、坝址区、边坡稳定性及拟建场地适宜性;

2 提供初步设计所需的岩土参数;

3 分析废弃物对地质环境的影响, 并提出处理建议;

4 分析评价场地岩土渗透性, 提出防治措施建议;

5 对坝址和相关构筑物的局部调整提出意见;

6 对于抗震设防烈度等于或大于 6 度的场地, 对场地和地基的地震效应作出初步评价。

6.8.13 详细勘察工程地质评价应包括下列内容:

1 废弃物堆积体、坝基、坝肩、库岸、边坡的稳定性, 地震对稳定性的影响;

2 不良地质作用和特殊性岩土对工程的影响;

3 当场地存在与工程建设有关的地下水分布时, 预测水位变化及其影响, 分析评价岩土层的渗透性, 提出防止渗漏和保护环境措施的建议;

4 垃圾渗沥液向临谷渗漏、坝下渗漏和绕坝渗漏的可能性, 以及污染物对周边环境的影响, 提出防治措施建议;

5 对防渗、筑坝材料的类型、产地、质量、供应量及开采条件

等的提出建议；

6 提出有关稳定、变形、水位、渗漏、水土和渗沥液化学性质监测工作的建议；

7 场地、坝基和边坡的稳定性；

8 可溶岩分布地区岩溶可能造成渗沥液的渗漏及其对工程稳定性的影响；

9 场地地震效应。

6.8.14 当设计方案、施工方案发生较大变更，或施工发现与勘察成果不符，以及地基、边坡变形失稳等，应进行施工勘察，采取有针对性的勘察手段进一步查明地质条件，并提出评价及建议。

7 建筑边坡与基坑

7.1 一般规定

7.1.1 建筑边坡与基坑按地层岩性可分为土质边坡与土质基坑、岩质边坡与岩质基坑以及岩土混合边坡与岩土混合基坑。

7.1.2 高度大于 30m 的岩质边坡、大于 15m 的土质边坡以及大于 25m 的岩土混合边坡,高度大于 15m 的岩质基坑、大于 8m 的土质基坑以及大于 12m 的岩土混合基坑,当地质环境条件为复杂时,其勘察纲要应进行专项论证。

7.1.3 建筑边坡与基坑工程地质环境条件复杂程度分类应符合表 7.1.3 的规定。

表 7.1.3 建筑边坡与基坑工程地质环境条件复杂程度划分

判定因素		复杂	中等复杂	简单
1	地形坡角($^{\circ}$)	>35	10~35	<10
2	土层厚度(m)	>8	4~8	<4
3	岩土组成	种类多,性质变化大	种类较多,性质变化较大	种类少,性质变化不大
4	裂隙发育程度	发育~极发育	较发育	不发育
5	地下水对边坡的影响程度	大	中等	小
6	外倾贯通结构面、土岩界面倾角($^{\circ}$)	>20	10~20	<10
7	不良地质作用对边坡的影响程度	大	中等	小
8	边坡对相邻建(构)筑物的影响程度	大	中等	小

注:1 不良地质作用系指危岩、滑坡、洞穴和岩溶;

2 外倾贯通结构面、土岩界面倾角、不良地质作用对边坡的影响程度、边坡对相邻建(构)筑物影响程度三项判定因素中,任意一项为复杂时,地质条件定为复杂;任意一项为中等复杂时,地质条件定为中等复杂。其他五项判定因素中

有三项为复杂时,地质条件定为复杂;其中两项为复杂或其中一项为复杂,剩余项为中等复杂或有三项为中等复杂时,地质条件定为中等复杂。其余情况的地质条件定为简单;

3 土体厚度小于 2m 的外倾临空土岩界面不作为判定因素。

7.1.4 建筑边坡与基坑的工程勘察等级应根据边坡与基坑类型、高度与深度以及地质环境条件复杂程度,分别按表 7.1.4-1、表 7.1.4-2 确定。

表 7.1.4-1 建筑边坡工程勘察等级

边坡类型	边坡高度 h (m)	边坡地质环境条件复杂程度	勘察等级
岩质边坡	$8 \leq h \leq 30$	复杂、中等复杂	甲级
土质边坡	$4 \leq h \leq 15$	复杂、中等复杂	甲级
岩土混合边坡	$8 \leq h \leq 25$	复杂、中等复杂	甲级
岩质边坡	$h < 8$	简单	丙级
土质边坡	$h < 4$		
除上述情况以外的其它边坡			乙级

注:1 边坡工程可根据实际情况分段确定勘察等级;

2 曾因地质条件引发安全事故的边坡,勘察等级宜确定为甲级;

3 高度大于 30m 的岩质边坡、高度大于 15m 的土质边坡、高度大于 25m 的岩土混合边坡勘察等级应确定为甲级;

4 边坡高度小于 8m 的岩土混合边坡按照土质边坡确定勘察等级。

表 7.1.4-2 基坑工程勘察等级

基坑类型	基坑深度 h (m)	边坡地质环境条件复杂程度	勘察等级
岩质基坑	$8 \leq h \leq 15$	复杂、中等复杂	甲级
土质基坑	$4 \leq h \leq 8$	复杂、中等复杂	甲级
岩土混合基坑	$8 \leq h \leq 12$	复杂、中等复杂	甲级
岩质基坑	$h < 8$	简单	丙级
土质基坑	$h < 4$		
除上述情况以外的其它边坡			乙级

注:1 基坑工程可根据实际情况分段确定勘察等级;

- 2 曾因地质条件引发过安全事故的基坑,勘察等级宜确定为甲级;
- 3 深度大于 15m 的岩质基坑、深度大于 8m 的土质基坑、深度大于 12m 的岩土混合基坑的勘察等级应确定为甲级;
- 4 深度小于 8m 的岩土混合基坑按照土质基坑确定勘察等级。

7.1.5 岩质边坡与基坑的破坏形式分类应符合表 7.1.5 的规定。

表 7.1.5 岩质边坡与基坑破坏形式分类

破坏形式	岩体特征		破坏特征
滑移型	由外倾结构面控制的岩体	整体状、层状、块状	沿外倾结构面滑移,分单面滑移与多面滑移,溃屈破坏
	不受外倾结构面控制和无外倾结构面的岩体	块状、碎裂状、散体状	沿极软岩、强风化岩、碎裂结构或散体状岩体中最不利滑动面滑移
崩塌型	受结构面切割控制的岩体	整体状、块状、层状	沿陡倾、临空的结构面塌滑;由内倾、外倾结构不利组合面切割,块体失稳倾倒;岩腔上岩体沿结构面剪切或坠落破坏
	无外倾结构面控制的岩体	整体状、块状	陡立边坡,因卸荷作用产生拉张裂缝导致岩体倾倒

注:外倾结构面系指结构面倾向与边坡坡向的夹角小于 30°的结构面。

7.1.6 岩质边坡工程勘察应根据岩石坚硬程度、岩体完整程度和裂隙发育程度对边坡岩体类型进行划分,并应符合表 7.1.6 的规定。

表 7.1.6 边坡岩体类型划分

边坡岩体类型	分类因素		
	岩石坚硬程度	岩体完整程度	裂隙发育程度
I	坚硬、较硬	完整	不发育
II	坚硬、较硬	较完整、较破碎	较发育、发育
	较软	完整	不发育

续表 7.1.6

边坡岩体类型	分类因素		
	岩石坚硬程度	岩体完整程度	裂隙发育程度
Ⅲ	较软	较完整、较破碎	较发育、发育
	软	完整、较完整	不发育、较发育
Ⅳ	坚硬~极软	破碎、极破碎	发育至极发育
	较软、软	较破碎至极破碎	较发育至极发育
	极软	完整至极破碎	不发育至极发育

注:1 强风化岩体应划为Ⅳ类;

2 确定边坡的岩体类型时,由坚硬程度不同的岩石互层组成且每层厚度小于5m的岩质边坡宜视为由相对软弱岩石组成的边坡。当边坡岩体由两层以上单层厚度大于5m,且坚硬程度不同的岩体组合时,可分段确定边坡类型。

7.1.7 建筑边坡与基坑工程勘察可与主体工程勘察阶段同步。当建筑边坡与基坑的位置、坡脚地坪设计标高、坡顶设计标高等设计条件明确时,建筑边坡与基坑也可进行直接详勘。

7.1.8 边坡稳定性状态划分应符合表 7.1.8 的规定。

表 7.1.8 边坡稳定性状态划分

边坡稳定性系数 F_s	$F_s < 1.00$	$1.00 \leq F_s < 1.05$	$1.05 \leq F_s < F_{st}$	$F_s \geq F_{st}$
边坡稳定性状态	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定

注: F_{st} 为边坡稳定性安全系数,按《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 确定。

7.2 勘 察

7.2.1 建筑边坡与基坑工程勘察应取得下列资料:

- 1 附有坐标和地形的边坡工程范围及其周边环境的平面布置图;
- 2 拟建场地的整平高程、坡底高程、边坡高度和边坡平面尺寸;

- 3 拟建场地的挖方、填方情况；
- 4 拟采用的支挡结构的性质、结构特点及基础形式等；
- 5 边坡滑塌区及影响范围内的建(构)筑物的相关资料；
- 6 边坡工程区域的相关气象资料；
- 7 场地区域最大降雨强度；河、湖特征水位资料；可能影响边坡水文地质条件的工业和市政管线、江河、水塘等水源因素，以及相关水库水位调度方案资料；
- 8 边坡周围山洪、冲沟和河流冲淤等情况；对边坡工程产生影响的汇水面积、排水坡度、地表水对坡面、坡脚的冲刷、坡面植被等情况。

7.2.2 建筑边坡与基坑工程勘察应符合下列规定：

- 1 查明场地地形、地貌单元；
- 2 查明岩土时代、成因、类型、性状、岩石风化程度和岩体完整程度；
- 3 查明岩体主要结构面的类型、产状、发育程度、延伸长度、贯通程度、结合程度、充填状况、充水状况、组合关系、力学属性与与临空面的关系；
- 4 查明岩、土体的物理力学性能；
- 5 查明地下水水位、水量、类型、主要含水层分布、岩体和软弱结构面中的地下水、岩土的透水性和地下水出露、地下水的补给及动态变化等情况，评价地下水对边坡稳定性的影响，提出地下水控制措施建议；
- 6 查明不良地质作用的范围和性质，边坡变形迹象和机制；
- 7 查明地下水、土对支护结构材料的腐蚀性；
- 8 评价边坡稳定性，提供边坡治理所需的岩土参数。

7.2.3 建筑边坡与基坑工程勘察宜在收集已有地质资料的基础上，进行工程地质测绘和调查工作。工程地质测绘和调查工作应查明边坡的形态、坡角、结构面产状和性质以及卸荷带特征等，工程地质测绘和调查范围应包括可能对边坡稳定有影响及受边坡

影响的范围。

7.2.4 建筑边坡与基坑工程勘探应采用钻探(直孔、斜孔)、坑(井)探、槽探和物探等方法。对于复杂、重要的边坡工程可辅以洞探。

7.2.5 建筑边坡高度与基坑深度超过本标准第 7.1.2 条所规定的限值,且受外倾结构面控制的岩质边坡与基坑宜采用双层岩芯管取芯。

7.2.6 建筑边坡与基坑工程勘探平面范围应包括坡面区域和坡面外围可能对建(构)筑物有潜在安全影响的区域,且应符合下列规定:

1 岩质边坡与岩质基坑的勘探范围不应小于边坡或基坑高度,以及锚索锚固段范围;受外倾结构面控制的岩质边坡与基坑的勘探范围尚应不小于外倾结构面影响范围;

2 对于可能按土体内部圆弧型破坏的土质边坡勘探范围不应小于 1.5 倍边坡高度,对可能沿岩土界面滑动的土质边坡和岩土混合边坡,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;

3 岩土混合边坡的勘探范围应根据岩质、土质边坡破坏模式和影响范围按不利原则确定。

7.2.7 建筑边坡与基坑工程勘探线应以垂直边坡走向或平行主滑方向布置为主,在拟设置支护结构的位置应布置平行和垂直支撑结构轴线的勘探线。成图比例尺应大于等于 1:500,剖面的水平与垂直比例应相同。

7.2.8 建筑边坡与基坑工程详细勘察的勘探线、点间距应符合表 7.2.8 的规定。每一单独边坡段勘探线不应少于 2 条,每条勘探线不应少于 3 个勘探点。

表 7.2.8 建筑边坡与基坑详细勘察的勘探线、点间距 (m)

边坡勘察等级	勘探线间距	勘探点间距
甲级	≤ 20	≤ 15
乙级	20~30	15~20
丙级	30~40	20~25

7.2.9 勘探孔深度应符合下列要求：

- 1 进入最下层潜在滑面不小于 5m；
- 2 支挡位置的控制性勘探孔深度应根据可能选择的支护结构型式确定。对于重力式挡墙、扶壁式挡墙应进入持力层不小于 5m；对于悬臂桩进入嵌固段的深度，土质时不宜小于悬臂长度的 1.5 倍，岩质时不小于 1.0 倍；
- 3 土质基坑的勘探孔深度不应小于基坑深度的 2 倍。

7.2.10 岩土物理力学试验应符合下列规定：

- 1 对主要岩土层和软弱层应取样进行室内物理力学性能试验，试验项目包括物性、强度及变形指标，试样的含水状态包括天然状态和饱和状态；
- 2 用于稳定性计算时，土的抗剪强度指标宜采用直接剪切试验获取，样品数量不应少于 6 组；
- 3 岩石抗压强度、岩石抗剪强度样品数量均不应少于 6 组，勘察等级为甲级的边坡工程取变形试验样品数量不应少于 6 组；
- 4 对于边坡稳定性受外倾结构面控制、勘察等级为甲级的岩质边坡工程，宜进行现场原位直剪试验，试验数量不应少于 3 组，并应符合本标准附录 F 的规定。

7.2.11 勘察等级为甲级的岩质边坡工程应进行岩体声波测试，测试孔数量不应少于 3 个；勘察等级为乙级及以下的边坡工程宜进行岩体声波测试，测试孔数量不宜少于 3 个。

7.2.12 勘察应提供水文地质参数。对于土质边坡及较破碎、破碎和极破碎的岩质边坡宜在不影响边坡安全前提下，采用抽水、

压水或渗水试验确定水文地质参数。

7.2.13 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,查明边坡填筑料的岩土工程性质,为边坡填筑的设计和施工提供依据。

7.2.14 作为拟建物地基的边坡工程勘察除满足本节规定外,尚应满足地基勘察的有关要求。

7.3 岩土参数

7.3.1 结构面的抗剪强度参数宜通过原位测试、室内试验,并结合工程经验综合确定。当无试验条件时,岩体结构面抗剪强度参数在初步设计阶段时可根据岩体结构面的类型和结合程度按本标准附录 L 表 L.0.1 确定。岩体结构面的结合程度可按本标准附录 L 表 L.0.2 确定。

7.3.2 对于存在潜在滑面,但尚未出现变形的边坡工程,滑动面抗剪强度参数可取现场原位测试的峰值强度值;处于变形阶段的边坡工程,滑动面抗剪强度参数可取介于峰值强度与残余强度之间值;处于滑动阶段或已滑动的边坡工程,滑动面抗剪强度参数可取残余强度值。

7.3.3 当边坡工程已产生变形或滑动时,可采用反演分析法确定滑动面抗剪强度参数。对出现明显变形的边坡工程,其稳定性系数宜取 1.00~1.05;对产生滑动的边坡工程,其稳定系数宜取 0.95~1.00。

7.3.4 初步勘察时,完整和较完整的边坡岩体性质参数可按本标准附录 L 的表 L.0.3 确定。也可利用岩石抗剪强度指标折减获取岩体的抗剪强度指标,折减系数应符合本标准第 11.3.4 条的规定。

7.3.5 无试验资料时,岩土的基底摩擦系数及与锚固体极限粘结强度标准值可按本标准附录 L 的表 L.0.4 确定。

7.3.6 不受外倾结构面控制的永久性边坡和基坑的岩体等效内摩擦角标准值宜符合表 7.3.6 的规定。

表 7.3.6 边坡与基坑岩体等效内摩擦角标准值

边坡岩体类型	I	II	III	IV
等效内摩擦角 φ_e (°)	$\varphi_e > 72$	$72 \geq \varphi_e > 62$	$62 \geq \varphi_e > 52$	$52 \geq \varphi_e > 42$

注:1 本表适用于高度小于等于 30m 的岩质边坡。当高度大于 30m 时,应做专门研究;

2 边坡高度较大时宜取较小值;高度较小时宜取较大值;当边坡岩体完整程度变化较大时,应按同等高度段分别取值;

3 坡顶有重要建(构)筑物,宜取较小值;

4 II、III、IV 类岩质临时性边坡可取表中大值。

7.4 边坡稳定性

7.4.1 边坡稳定性评价应在查明工程地质条件的基础上,根据边坡岩土类型和结构,采用定性和定量的综合评价方法。对于受外倾结构面控制以及岩体完整程度为较破碎、破碎或极破碎的岩质边坡应进行稳定性定量评价。

7.4.2 边坡稳定性计算之前,应根据其工程地质条件,对边坡可能的破坏形式、破坏影响范围和稳定状态做出定性判断。

7.4.3 边坡稳定系数计算时,应根据边坡岩土体结构及结构面分布特征确定潜在滑面位置和形态。计算土质边坡、破碎或极破碎岩质边坡的稳定系数时,可采用圆弧滑动面;计算沿结构面(基岩面、原地面、层面、裂隙面和断层面等)滑动的稳定系数时,可采用平面或折线型滑动面;对结构复杂的岩质边坡,可配合采用极射赤平投影法和实体比例投影法;当边坡破坏机制复杂时,可采用数值分析法。

7.4.4 当边坡可能存在多个滑动面时,应对各个可能的滑动面进行稳定系数计算。

7.4.5 边坡稳定性定量评价结果与定性评价明显不一致或定量计算结果明显不合理时,应检查计算模式、工况、结构面和岩土体强度参数和荷载取值的合理性。

7.4.6 边坡稳定性计算,对于抗震设防烈度为 7 度的永久性边坡应进行地震工况条件下边坡稳定性校核。

7.4.7 高度大于 30m 的岩质边坡、大于 15m 的土质边坡以及大于 25m 的岩土混合边坡,高度大于 15m 的岩质基坑、大于 8m 的土质基坑以及大于 12m 的岩土混合基坑,当地质环境条件为复杂时,其稳定性应采用不少于两种定量评价方法。

7.4.8 在边坡保持整体稳定的条件下,岩质边坡开挖的坡率允许值应根据工程经验,按工程类比的原则结合已有稳定边坡的坡率值分析确定。对无外倾软弱结构面的边坡,放坡坡率可按表 7.4.8 取值。

表 7.4.8 岩质边坡的坡率允许值

边坡岩体类型	风化程度	坡率允许值(高宽比)		
		$h < 8\text{m}$	$8\text{m} \leq h < 15\text{m}$	$15\text{m} \leq h < 25\text{m}$
I 类	未(微)风化	1:0.00~1:0.10	1:0.10~1:0.15	1:0.15~1:0.25
	中等风化	1:0.10~1:0.15	1:0.15~1:0.25	1:0.25~1:0.35
II 类	未(微)风化	1:0.10~1:0.15	1:0.15~1:0.25	1:0.25~1:0.35
	中等风化	1:0.15~1:0.25	1:0.25~1:0.35	1:0.35~1:0.50
III 类	未(微)风化	1:0.25~1:0.35	1:0.35~1:0.50	—
	中等风化	1:0.35~1:0.50	1:0.50~1:0.75	—
IV 类	中等风化	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00	—
	强风化	1:0.75~1:1.00	—	—

- 注:1 表中 h 为边坡高度;
 2 全风化岩体可按土质边坡坡率取值;
 3 临时性边坡可取表中较陡值。

7.4.9 土质边坡的放坡坡率允许值应根据工程经验,按工程类

比的原则并结合已有稳定边坡的坡率值分析确定。当无经验且土质均匀良好、地下水贫乏、无不良地质作用和地质环境条件简单时,永久性土质边坡放坡坡率允许值可按表 7.4.9 取值。

表 7.4.9 土质边坡的坡率允许值

边坡土体类别	状态	坡率允许值(高宽比)	
		$h < 5\text{m}$	$5\text{m} \leq h < 10\text{m}$
碎石土	密实	1:0.35~1:0.50	1:0.50~1:0.75
	中密	1:0.50~1:0.75	1:0.75~1:1.00
	稍密	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25
黏性土	坚硬	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25
	硬塑	1:1.00~1:1.25	1:1.25~1:1.50
	可塑	1:1.25~1:1.50	—
素填土	密实	1:0.75~1:1.00	1:1.00~1:1.25
	中密	1:1.00~1:1.25	1:1.25~1:1.50
	稍密	1:1.25~1:1.50	—

注:1 表中 h 为边坡高度;

2 表中碎石土的充填物为坚硬或硬塑状态的黏性土;

3 对于砂土或充填物为砂土的碎石土,其边坡坡率允许值应按自然休止角确定;

4 对于液性指数 ≥ 0.5 的可塑状黏性土,坡率允许值取较缓值;

5 表中素填土系指 20mm~200mm 的硬质颗粒含量超过全重 50% 的素填土;

6 临时性边坡可取表中较陡值;

7 当填土底面的天然坡度大于 20% 时,尚应验算其稳定性。

8 不良地质作用

8.1 一般规定

8.1.1 场地存在岩溶、滑坡、危岩和崩塌、塌岸、采空区等不良地质作用的勘察工作除符合本章的规定外,尚应符合《地质灾害防治工程勘查规范》DB50 143 规定。

8.1.2 场地勘察中有关不良地质作用的勘察深度,应符合下列要求:

1 场地可行性研究勘察阶段中的不良地质作用的勘察深度应达到初步勘察的深度要求;

2 场地初步勘察阶段中的不良地质作用的勘察深度应达到详细勘察的深度要求;

3 当不良地质作用的规模小、可能造成的直接损失小时,可与场地勘察阶段同步进行。

8.1.3 不良地质作用勘察搜集资料除应满足第 3 章相关规定外,尚应搜集下列资料:

1 附有不良地质作用及其影响区的建设场地总平面布置图;

2 场地地质灾害危险性评估报告;

3 不良地质作用的既有勘查、设计、施工和监测等相关资料。

8.1.4 勘察范围应包括与拟建工程有相互不利影响的不良地质作用范围。

8.1.5 拟建工程不应降低不良地质体的稳定性;场地稳定性应满足拟建工程的要求。

8.1.6 拟建工程勘察评价应结合不良地质作用进行。

8.2 岩 溶

8.2.1 岩溶勘察应查明对拟建场地和地基有不利影响的岩溶分布、形态、规模、岩溶地层完整性、基岩面起伏和上覆土层伴生的土洞、地表塌陷以及岩溶地下水状况,并评价场地和地基的稳定性与建设适宜性。

8.2.2 勘察纲要编制应在场地岩溶发育程度初判基础上进行,岩溶发育程度初判应符合表 8.2.2-1 的规定。勘察工作实施过程中,应对岩溶发育程度进行复判,并符合表 8.2.2-2 的规定。当复判岩溶发育程度与初判岩溶发育程度存在差异时,应及时调整勘察纲要。

表 8.2.2-1 岩溶发育程度初判标准

岩溶发育程度	地表岩溶发育特征	岩性特征	岩溶水赋存形式
岩溶强发育	地表有较多岩溶洼地、落水洞、漏斗、土洞发育。溶沟、溶槽、石芽密布	碳酸盐岩岩性较纯,连续厚度较大,出露面积较广,厚层至块状结构为主	有管道水或暗河分布
岩溶中等发育	地表岩溶洼地、落水洞、漏斗,土洞较发育。溶沟、溶槽、石芽较发育	由碳酸盐岩夹碎屑岩类地层组成,其中的碳酸盐岩连续分布,中厚层结构为主	有集中泉点或小规模管道水分布
岩溶微发育	地表岩溶形态稀疏发育,主要为溶沟、溶槽等	由碎屑岩夹碳酸盐岩或碎屑岩与碳酸盐岩互层地层组成,中薄层或互层结构	有分散泉点出露

注:岩溶发育程度初判以地表岩溶发育特征为主,辅以地层岩性特征、岩溶水赋存形式综合确定。

表 8.2.2-2 岩溶发育程度复判标准

岩溶发育程度	地表岩溶发育密度 (个/km ²)	溶槽或串珠状竖向溶洞发育深度 (m)	单位涌水量 (L/m ² ·s)	相邻钻孔(柱基)间基岩起伏面相对高差(m)	线岩溶率 (%)	钻孔见洞隙率 (%)
岩溶强烈发育	>6	>20	>1	>5	>20	>30

续表8.2.2-2

岩溶发育程度	地表岩溶发育密度 (个/ km^2)	溶槽或串珠状竖向溶洞发育深度 (m)	单位涌水量 ($\text{L}/\text{m} \cdot \text{s}$)	相邻钻孔(柱基)间基岩起伏面相对高差(m)	线岩溶率 (%)	钻孔见洞隙率 (%)
岩溶中等发育	1~5	5~20	0.1~1.0	2~5	3~20	10~30
岩溶微发育	<1	<5	<0.1	<2	<5	<10

注:1 地表岩溶发育密度是指单位面积内岩溶空间形态(洼地、漏斗、落水洞、土洞等)的个数;

2 单位涌水量是抽水试验时井孔内水位每下降一米时的涌水量;

3 线岩溶率=(见洞隙段的钻探进尺之和/可溶岩钻探总进尺) $\times 100\%$;

4 钻孔见洞隙率=(见洞隙钻孔数量/勘探钻孔总数) $\times 100\%$;

5 各等级的6项条件中,有一项符合者即判定为相应岩溶发育等级。

8.2.3 各阶段勘察工作应结合岩溶发育程度与拟建工程特点布置,并符合下列要求:

1 可行性研究勘察应搜集周边已有勘察成果,辅以工程地质测绘,了解区域岩溶发育程度、岩溶洞穴、土洞的发育状况,对其危害程度和发展趋势作出判断,对场地稳定性和建设适宜性作出初步评价;

2 初步勘察应采用工程地质测绘及综合物探,辅以验证性钻探,初步查明岩溶洞穴、伴生土洞、地表塌陷的分布、发育情况和发育规律,判定场地岩溶发育程度,评价岩溶对场地和地基的影响,并按场地稳定性和建设适宜性进行分区;

3 详细勘察应采用工程地质测绘、钻探、坑(槽)探、物探等多种手段,查明拟建物范围或对建设有不利影响地段的各种岩溶洞隙及土洞的形态、位置、规模、埋深、围岩和洞隙充填物性状、地下水埋藏特征,评价地基稳定性。

8.2.4 勘探工作布置应符合下列规定:

1 勘探线、点间距除应采用本标准第6章所规定的勘探线、点间距中的最小值外,遇有下列情况之一时,尚应加密勘探点:

- 1) 地面塌陷、地表水消失的地段;
- 2) 地下水活动强烈的地段;
- 3) 可溶性岩层与非可溶性岩层接触段;
- 4) 基岩埋藏较浅且起伏较大的石芽发育地段;
- 5) 物探异常或基础下有溶洞、暗河或规模较大的溶沟、溶隙分布地段;
- 6) 溶洞顶板可能作为地基持力层时;
- 7) 遇深溶槽或串珠状溶洞,拟采取钢筋混凝土梁、板跨越,需查找稳定支点时。

2 勘探孔深度应采用本标准第 6 章所规定的勘探深度最大值,当基岩面起伏大或受力层范围内有溶洞或异常带时,勘探孔应穿过其所在位置到达稳定地层一定深度;

3 详细勘察时,可采用探槽、探井查明浅埋岩溶的岩性分界、断裂及土洞的形态特征;土洞发育地段,宜布置静力触探、小螺旋钻探或钎探,并辅以工程物探验证手段。

8.2.5 工程物探工作宜符合下列规定:

1 对岩溶中等发育和强发育场地宜采用综合物探手段查明场地岩溶发育的宏观分布规律,地面物探剖面宜与勘探剖面重合;当采用电法勘探时,电测剖面布置宜垂直岩溶发育方向,物探点距、线距、深度应结合场地的岩溶特征和拟建工程需要布置;

2 探测溶洞空间位置及形态可采用地质雷达、钻孔间电磁波和超声波透视、管波探测、钻孔电视成像、波速试验等综合物探方法;

3 对岩溶地基岩体完整程度的定量划分,可采用声波测井,必要时也可采用电磁波测井;

4 对物探异常段宜加密测点,并经适量钻探验证。

8.2.6 岩溶场地施工勘察应结合基础设计型式根据岩溶特征和项目情况布置,并应符合下列规定:

1 对单柱基础着重查明下伏有无对地基稳定性有不利影响

的洞穴,对跨越式梁板基础应着重查明支承端的岩体结构、强度及稳定性;

2 岩溶塌陷、土洞发育地段,可在已开挖的基槽内布置触探或钎探、地质雷达等工作查明浅层岩溶发育情况;

3 重要或荷载较大的工程,在基槽底可采用小口径钻探进行检验;

4 大直径或岩溶中等发育和强发育地段嵌岩桩,勘探点逐桩布置;岩溶强发育地段桩径大于 2m 时,布置不少于 2 孔;勘探深度不应小于设计桩底面以下桩径的 3 倍且不小于 5m,当相邻桩底的基岩面起伏较大时应满足桩基对地基稳定性评价要求;桥梁勘探深度应进入桩端下不小于 10m;

5 条形基础宜按 6m~12m 布置钻孔。

8.2.7 测试工作宜符合下列规定:

1 抽水试验孔宜按不同岩溶发育地段布置,岩溶强烈发育地段不少于 2 个,岩溶中等发育地段不少于 1 个。探测场地岩溶管道或暗河的空间分布及走向,可采用物探或连通试验。预测降水可能造成不良环境工程问题时,宜将抽水试验改为压水试验或注水试验;

2 评价溶洞的稳定性,宜采取溶洞顶板的岩样进行物理力学性质试验;

3 查明土的性状与土洞形成的关系,宜作湿化、胀缩、可溶性及剪切试验;

4 分析地表水与地下水、地下水动力条件和流土作用的关系,预测土洞、地表塌陷的发生和发展,宜进行水位、流速、流向及水质的长期观测。

8.2.8 场地工程地质评价应包括下列内容:

1 存在下列情况之一的地段,当未经处理时应判定为不宜作为拟建物地基:

1) 浅埋溶洞、暗河、溶蚀漏斗、竖井和落水洞密集或规模

较大的地段；

- 2) 土洞和塌陷密集或因人工改变地下水动态而有可能产生塌陷的地段；
- 3) 岩溶通道排泄不畅且有可能导致暂时性淹没的地段；
- 4) 埋藏的漏斗、溶槽等覆盖有软弱土层的地段。

2 主要受力层范围内基岩面起伏较大或有软土分布时,应考虑拟建物的不均匀沉降；

3 有土洞分布的场地,应根据土洞成因,预测其发生和发展趋势,评价土洞对场地稳定性的影响；

4 地下水位高于基岩面附近的场地,需作施工降水时,应评价降水对周围环境的影响；

5 岩溶地基稳定性评价应符合下列要求；

- 1) 当具备下列条件之一时,对安全等级为二级或三级拟建物可不考虑岩溶洞穴对地基稳定性的不利影响:基础底面以下土层厚度大于3倍独立基础宽度或6倍条形基础宽度,且不具备形成土洞或产生其它地面变形的条件;洞体岩石的基本质量等级为Ⅰ级和Ⅱ级岩体,顶板岩石厚度大于或等于洞跨;洞体跨度较小,基础底面面积大于洞的平面尺寸,并有足够的支承长度;宽度小于1.0m的竖向溶蚀裂隙、落水洞、溶蚀漏斗近旁地段；
- 2) 对安全等级为一级的拟建物和不满足上述第1)款所列条件的安全等级为二级的拟建物应按本标准附录P进行洞室地基稳定性定量分析评价;有工程经验的地区,也可用类比法进行稳定性评价；
- 3) 位于溶槽、漏斗、岩石陡坎近旁的基础,当岩体中有倾向临空面的软弱结构面时,应验算地基滑移稳定性。

8.2.9 岩溶勘察应根据评价结果,提出施工勘察、地基基础设计、防治措施和监测建议。

8.3 滑 坡

8.3.1 滑坡勘察应查明滑坡区的环境条件、工程地质条件、水文地质条件、滑坡体特征、滑坡成因机制及破坏模式,分析滑坡稳定性及发展趋势。

8.3.2 勘察工作布置应满足滑坡体及拟建场地相应阶段的勘察深度要求。

8.3.3 滑坡稳定性评价应符合下列要求:

1 滑坡稳定性评价时应充分考虑拟建工程与滑坡间相互影响因素,从滑坡滑动对拟建工程安全影响和拟建工程加载、平场开挖等工程活动对滑坡稳定性影响两个方面分别进行评价;

2 当滑坡稳定性不满足拟建工程安全要求时,应对滑坡提出治理或加固措施建议;

3 当拟建工程影响滑坡稳定性时,应提出调整建筑方案建议或保护滑坡稳定性的限制性条件。

8.3.4 分析评价滑坡场地工程建设适宜性,并提出工程措施及监测建议。

8.4 危岩和崩塌

8.4.1 危岩和崩塌勘察应查明危岩地质环境条件;查明陡崖卸荷带和危岩的分布范围、规模、结构面特征、破坏方式及主要影响因素;查明崩塌堆积体的物质组成、规模、变形情况,对陡崖卸荷带、危岩和崩塌堆积体的稳定性及危害性作出评价。

8.4.2 勘察范围应包括对拟建场地有影响的陡崖、危岩体、孤石和崩塌堆积体。

8.4.3 勘探工程布置应能查明拟设防治工程地段的工程地质条件。

8.4.4 危岩和崩塌工程地质评价应符合下列要求：

1 危岩和崩塌评价与预测应给出危岩崩塌途经区域和可能到达的范围,进行危害性分析与预测；

2 陡崖稳定性评价可根据陡崖形态、卸荷裂隙特征、结构面组合关系及岩体完整性,采用地质类比或结构面赤平投影等方法；

3 崩塌堆积体整体稳定性定性评价宜结合崩塌堆积体特征和堆积床特征采用地质类比方法进行,其定量评价可按本标准第7章执行；

4 孤石的稳定性定性评价可根据孤石特征、周围岩土体特征及孤石与周围岩土体接触关系采用地质类比方法。

8.4.5 分析评价危岩和崩塌场地工程建设适宜性,并提出工程措施及监测建议。

8.5 塌岸

8.5.1 土质塌岸勘察应查明土层的物质结构、分布及厚度、下伏基岩面的起伏形状、地下水的分布与特征；岩质塌岸勘察应查明岩性、坡体结构、风化带厚度、各类结构面的组合及与临空面的关系。

8.5.2 勘察重点区域为水位变动带,勘探工作应结合塌岸类型和破坏模式布置。垂直岸坡坡向及走向布置纵、横勘探线,勘探线宜与治理工程构筑物轴线重合。

8.5.3 塌岸工程地质评价应符合下列要求：

1 评价岸坡在不同水位工况下的稳定性及对拟建工程的影响,提出治理措施建议；

2 评价水位变动带的水力地质作用(冲刷、掏蚀)及对岸坡整体稳定性的影响,提出处理措施建议；

3 对可能快速进入河流、水库产生涌浪灾害的塌岸,应预测涌浪高度、范围,评价涌浪对拟建工程的影响,提出处理措施建议；

4 滑移型塌岸评价尚应符合本章第 8.3.3 条的规定。

8.5.4 塌岸勘察应根据塌岸场地评价结果,判定评价塌岸场地工程建设适宜性,并对滑移型塌岸、崩塌型塌岸提出防治措施和监测建议。

8.6 采空区

8.6.1 采空区勘察应查明采空区上覆岩层的稳定性,预测现采空区和未来采空区的地表移动、变形的特征和规律性。

8.6.2 采空区勘察应以搜集资料、调查访问为主,并符合下列要求:

1 当采用搜集资料和工程地质调查方法不能查明采空区特征时,应布置工程物探和钻探等工作;

2 取得采空区特征资料后,应根据采空塌陷发生的可能性等级确定是否布置勘察工作量。采空塌陷发生可能性等级为小时,可不针对采空区布置勘探工作;可能性等级为中等或大时,应布置勘探工作对采空区特征进行验证;

3 勘探工作量的布置按现行标准《煤矿采空区岩土工程勘察规范》GB 51044 的规定执行。

8.6.3 采空区应计算或预测地表移动与变形值,计算方法可按现行国家标准《煤矿采空区岩土工程勘察规范》GB 51044 执行。

8.6.4 采空区场地宜根据开采情况,地表变形特征和变形大小,划分为不宜建设的场地和相对稳定的场地,并应符合下列要求:

1 下列地段不宜作为建设场地:

- 1) 在开采过程中可能出现非连续变形的地段;
- 2) 地表移动活跃的地段;
- 3) 特厚矿层和倾角大于 55° 的厚矿层露头地段;
- 4) 由于地表移动和变形引起边坡失稳和山崖崩塌的地段;

5) 地表倾斜大于 10mm/m , 地表曲率大于 0.6mm/m^2 或地表水平变形大于 6mm/m 的地段。

2 下列地段作为建设场地时, 应评价其适宜性:

1) 采空区采深采厚比小于 30 的地段;

2) 采深小, 上覆岩层极坚硬, 并采用非正规开采方法的地段;

3) 地表倾斜为 $3\text{mm/m} \sim 10\text{mm/m}$, 地表曲率为 $0.2\text{mm/m}^2 \sim 0.6\text{mm/m}^2$ 或地表水平变形为 $2\text{mm/m} \sim 6\text{mm/m}$ 的地段。

8.6.5 采空区的拟建物应避开地表裂缝和陷坑地段。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, 可根据拟建物的基底压力、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。

8.6.6 采空区场地勘察应根据开采深度、开采方式、地层特征、采空区特征和工程建设等需要, 提出采空区场地监测方案建议。

9 特殊地基

9.1 一般规定

9.1.1 特殊地基的勘察应查明特殊性岩土类型、成因、分布、发育程度及其工程影响,测定岩土的特性指标,提出处理措施的建议。

9.1.2 块碎岩地基、人工洞室地基、红黏土地基及填土地基的勘察应符合本章规定,其它特殊地基的勘察应按现行《岩土工程勘察规范》GB 50021 执行。

9.1.3 特殊地基勘察除应符合本章规定外,尚应符合本标准相关章节的规定。

9.2 块碎岩地基

9.2.1 块碎岩地基勘察应包括下列内容:

- 1 查明岩石种类及可溶性;
- 2 查明岩石的风化程度;
- 3 查明岩体中结构体、结构面、岩体结构特征及胶结程度;
- 4 查明块碎岩地基的均匀性;
- 5 查明地下水的赋存条件以及变化情况;
- 6 提供块碎岩地基的地基承载力及变形指标。

9.2.2 块碎岩地基勘察应符合下列规定:

1 初勘、详勘勘探线间距和点间距分别按本标准相关规定较小值选取,勘探深度按本标准相关规定较大值选取;宜布置一定数量的探井(槽);

2 钻探宜采用双层岩芯管钻进、植物胶浆液护壁等措施；

3 建(构)筑物安全等级为一级的场地地基应进行现场平板载荷试验和波速测试；建(构)筑物安全等级为二级的场地地基应进行波速测试，宜进行现场平板载荷试验；建(构)筑物安全等级为三级的场地地基宜进行波速测试，可进行现场平板载荷试验。

9.2.3 当块碎岩地基完整程度和风化程度有明显差异时，应分析产生不均匀沉降的可能性及对工程的不利影响。

9.3 人工洞室地基

9.3.1 人工洞室地基勘察应查明洞室特征、围岩特征及支护情况，对洞室围岩和洞室地基的稳定性作出评价，提出人工洞室地基处理方案的建议，提供洞室围岩支护和人工洞室地基处理所需的岩土参数。

9.3.2 人工洞室地基勘察应符合下列规定：

1 对于既有地下工程的人工洞室地基勘察，应充分收集、利用已有的资料；

2 可行性研究勘察应按本标准附录 M 调查了解洞室分布、顶板和底板高程、截面形状及尺寸、围岩特征和支护情况；

3 初步勘察应对洞室围岩的稳定性作出评价；沿洞室轴线方向应布置不少于 1 条勘探线，洞口及洞室中部应有不少于 1 条勘探线，地质环境条件复杂的洞室地段应布置勘探线；勘探点、线布置和钻孔深度除应符合本标准第 6.1.5 条规定外，尚应符合现行相关标准的规定；用以确定顶板岩层有效厚度的洞轴线上钻孔应到达中等风化岩层顶界，在洞顶岩层距洞顶 0.5 倍~1.0 倍洞跨范围内应取样；

4 详细勘察应按本标准第 6.1.11 条布置勘探点、线和确定钻孔深度，洞顶钻孔深度宜达到洞顶以上 1~2 米(基岩取小值)；

5 对安全等级为一级和对变形敏感的二级建(构)筑物人工

洞室地基,其围岩松动范围、完整性及变形参数宜通过现场测试确定。

9.3.3 洞室围岩应根据岩体强度和完整性以及地下水、初始应力状态和环境条件等因素按本标准附录 J 进行分级。

9.3.4 人工洞室地基稳定性验算可按本标准附录 N 进行。洞室围岩稳定性评价及围岩压力计算可按本标准附录 P 进行。

9.3.5 在洞室稳定且建(构)筑物使用期间洞室稳定性不降低的前提下,基础底面至洞顶间的岩体厚度大于或等于洞跨且大于 6 倍条形基础宽度或 3 倍独立基础宽度时可不考虑洞室对地基稳定性的影响。

9.3.6 当基础底面至洞室顶板间岩体厚度不满足本标准第 9.3.5 条时,应评价洞室地基稳定性。地基稳定性宜采用工程地质类比法、理论方法和经验计算法进行综合评价。

9.4 红黏土地基

9.4.1 红黏土地基勘察应搜集当地水文、气象、场地工程地质和水文地质等资料,了解红黏土工程病害及整治措施,查明红黏土的分布、竖向裂隙发育特征和地基的均匀性。

9.4.2 红黏土地基勘察应符合下列要求:

1 工程地质测绘与调查应查明下列内容:

- 1) 场地地形地貌单元,按成因判定原生红黏土或次生红黏土;
- 2) 红黏土分布范围、厚度和状态;
- 3) 地表水渗漏、地下水的分布、水文变化对红黏土状态的影响;
- 4) 裂隙和土洞分布、形态特征、浸水软化特性、成因规律、与降雨和岩溶的关系及对边坡稳定性的影响;
- 5) 现有建(构)筑物开裂原因分析,当地勘察、设计、施工

经验等。

2 红黏土地基的勘探工作布置应符合下列规定：

- 1) 初步勘察的勘探点、线间距和勘探深度应按本标准第 6.1.5 条相关规定执行,控制性钻孔深度应进入中等风化岩层;
- 2) 详细勘察的勘探点的间距,对红黏土均匀地基应按本标准第 6.1.11 条相关规定执行,控制性钻孔深度应进入中等风化岩层;对不均匀地基勘探孔间距宜取 6m~12m,厚度和状态变化大的地段或石芽出露分布地段,勘探点间距可适当加密;建(构)筑物安全等级为一级、二级的不均匀地基部分勘探孔应进入中等风化岩层,并满足桩基嵌岩深度要求;
- 3) 对不均匀地基、有土洞发育或采用岩石端承桩时,宜进行施工勘察,勘探点间距和深度按本标准有关岩溶勘察的规定执行;
- 4) 红黏土的钻探宜采用干钻,对裂隙的勘探应采用挖探。

3 红黏土地基的测试工作布置应符合下列要求：

- 1) 红黏土地基应进行膨胀性测试和复浸水试验;对裂隙发育的红黏土地基应进行三轴剪切或无侧限抗压强度试验;
- 2) 当需评价边坡稳定性时,宜进行重复剪切试验;
- 3) 应进行水文地质测试和地下水观测。

9.4.3 红黏土除按成因分类外,其他分类应符合表 9.4.3-1、表 9.4.3-2、表 9.4.3-3 和表 9.4.3-4 的规定：

- 1 红黏土的状态分类应符合表 9.4.3-1 的规定;

表 9.4.3-1 红黏土的状态分类

状态	含水比 a_w	比贯入阻力 P_s (kPa)
坚硬	$a_w \leq 0.55$	$P_s \geq 2300$
硬塑	$0.55 < a_w \leq 0.70$	$2300 > P_s \geq 1300$
可塑	$0.70 < a_w \leq 0.85$	$1300 > P_s \geq 700$
软塑	$0.85 < a_w \leq 1.0$	$700 > P_s \geq 200$
流塑	$a_w > 1.0$	$P_s < 200$

注: $a_w = w/w_L$ 。

2 红黏土的结构分类应符合表 9.4.3-2 的规定;

表 9.4.3-2 红黏土的结构分类

土体结构	类别	灵敏度 S_t	裂隙发育特征
致密状	I	$S_t > 1.2$	偶见裂隙(<1 条/m)
巨块状	II	$1.2 \geq S_t > 0.8$	较多裂隙(1~5 条/m)
碎块状	III	$S_t \leq 0.8$	富裂隙(>5 条/m)

3 红黏土的复浸水特性分类应符合表 9.4.3-3 的规定;

表 9.4.3-3 红黏土的复浸水特性分类

类别	I_r 与 I'_r 关系	复浸水特性
I	$I \geq I'_r$	收缩后复浸水膨胀,能恢复到原位
II	$I_r < I'_r$	收缩后复浸水膨胀,不能恢复到原位

注: $I_r = w_L/w_p$, $I'_r = 1.4000 + 0.0066w_L$ 。

4 红黏土的地基均匀性分类应符合表 9.4.3-4 的规定。

表 9.4.3-4 红黏土的地基均匀性分类

类别	地基均匀性	基底下 Z 深度范围内岩土组成
I	均匀地基	全部由红黏土组成
II	不均匀地基	由红黏土和岩石组成

注:当独立基础的总荷载 P_1 为 500kN~3000kN/柱、条形基础荷载 P_2 为 100~250kN/m 时,表中 Z 值可按下式确定;对独立基础, $Z(m) = Z_1 P_1 + 1.5$;对条形基础, $Z(m) = Z_2 P_2 - 4.5$ 。式中 Z_1 、 Z_2 折减系数; Z_1 可取 0.003m/kN, Z_2 可取 0.050m/kN。

9.4.4 红黏土地基工程地质评价应符合下列要求:

- 1 建(构)筑物应避开裂隙密集带或深长裂隙地段;
- 2 建(构)筑物的基础埋深应大于大气影响层的深度;炉窑等高温设备的基础应考虑地基土的不均匀收缩变形;开挖明渠时应考虑土体干湿循环的影响;在溶沟、溶槽地段,应考虑地表水下渗形成的地面变形;
- 3 选择适宜的持力层和基础形式,基础宜浅埋,并进行下卧软弱层承载力的验算;不能满足承载力和变形要求的,应建议进行地基处理或采用桩基础穿越处理;
- 4 基坑开挖时宜采取保湿措施,对边坡工程应及时封闭或支护,防止失水干缩变形,并做好坡顶和坡面的排水。

9.5 填土地基

9.5.1 填土地基勘察应包括下列内容:

- 1 了解场地及相邻地区原始地形地貌和地物等的变迁、填土的来源、堆积年限、堆积方式和当地的建筑经验;
- 2 查明填土的类型、分布范围、厚度、深度、物质成分、颗粒级配、含水量、接触关系,以及填土的均匀性、密实度、架空情况、压缩性和湿陷性;
- 3 查明填土中生活垃圾、有机物含量和有毒有害气体;查明有无暗塘、废采石场、旧排水沟、老洞穴等的存在;
- 4 查明填土下卧层性质、土岩面的起伏状况、原地面处理情况;
- 5 查明场地是否存在隐伏陡崖、岩腔和孤石;
- 6 查明地下水赋存状态、补径排条件及其与相邻地表水体的水力联系;
- 7 查明道路沿线各区段的填土路基湿度状况;

8 查明场地土、地下水对建筑材料及金属管线的腐蚀性。

9.5.2 填土地基勘探工作布置应符合下列规定：

1 勘探方法应根据填土的性质和勘察要求采用钻探、触探、物探和探井等方法确定；对粉土、黏性土为主的填土，宜用钻探或小螺旋钻等轻型钻具与原位测试相结合的方法；对含较多粗粒成分的填土，宜用钻探、触探，并在填土厚度较大、分布复杂的部位和拟建物重要部位布置一定数量的探井；

2 房屋建筑的填土初步勘察和详细勘察，勘探线、点间距按本标准表 6.1.5、6.1.11 中较小值选取，勘探深度按本标准表 6.1.5、6.1.11 中较大值选取，填土路基勘探线、点间距和勘探深度可根据路基类型按本标准相关要求确定。勘察工作布置应满足场地稳定性分析评价的要求。控制性勘探深度应穿透填土层，并应满足地基加固、沉降计算或设桩的需要；

3 深厚填土场地中含有块石、孤石时，对采用旋挖、打入、压入等非取芯成桩工艺的桩基，宜进行施工勘察。

9.5.3 填土地基测试应以原位测试为主，辅以室内试验，并符合下列规定：

1 建筑群的每栋建筑不少于 1 个原位测试点，单体建筑不少于 3 个原位测试点；

2 填土的均匀性及密实度宜用触探、物探，辅以探井等方法综合确定；砾石、碎石及粗粒填土宜用重型（或超重型）动力触探；以粉土、黏性土为主的填土宜用标准贯入试验和静力触探；

3 填土地基承载力宜采用载荷试验确定；填土的压缩性、湿陷性可采用湿陷性试验、浸水载荷试验确定；

4 以细颗粒为主的填土应进行击实试验，确定填料最优含水量和最大干密度；压实后应测定其干密度，计算压实系数；含块石、碎石等较多的粗颗粒填土应进行大重度试验；

5 有条件时，深厚填土的负摩阻力系数和水平抗力系数的比例系数可通过原位试验测定。

9.5.4 填土地基的工程地质评价应符合下列要求：

1 对填土地基稳定性和作为建(构)筑物地基、道路路基的可行性作出评价；

2 明确填土的成分、分布和堆积年代,判断其均匀性、密实度、压缩性和湿陷性。当填土地基差异大时应按厚度、强度、固结程度和变形特性指标进行分层和分区、分段评价；

3 对堆积年限较长的素填土、冲填土或由建筑垃圾和性能稳定无害的工业废料组成的杂填土,当较为均匀和较密实时,可考虑作一般建(构)筑物的天然地基。由有机质含量较多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应作为基础持力层；

4 填土地基在填土厚度变化较大时应考虑地基的不均匀变形。当填土侧向临空、底面坡度大于20%时应评价其稳定性；

5 位于斜坡及江畔的填土地基,应分析环境条件在施工及运营期间的改变是否会导致填土工程性质的恶化或场地平衡状态的破坏,对场地及地基稳定产生不利影响；

6 地基承载力和变形参数应结合测试与地区经验综合确定；

7 对填土地基可处理性、处理方式及实际效果进行分析评价,提出基础方案的建议；

8 填土地基当存在软弱下卧层或不良地质作用时,应进行分析评价并提出处置建议。

9.5.5 对拟采用桩基的厚层松散填土地基,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的措施建议；斜坡场地尚应分析填土沉降变形对桩基可能产生水平推力的影响。

9.5.6 填土地基桩侧负摩阻力系数应考虑土体类型、密实度、土层厚度、外部荷载、施工方法等因素综合取值。

10 水文地质

10.1 一般规定

10.1.1 水文地质勘察应查明场地的水文地质条件,为设计提供水文地质资料。

10.1.2 岩土体渗透性等级划分应符合表 10.1.2 规定。

表 10.1.2 岩土体渗透性等级

渗透性等级	标准		岩体特征	土体类型
	渗透系数 K (cm/s)	透水率 q (Lu)		
极微透水	$K < 10^{-6}$	$q < 0.1$	完整岩石,含等价开度 $< 0.025\text{mm}$ 裂隙的岩体	黏土
微透水	$10^{-6} \leq K < 10^{-5}$	$0.1 \leq q < 1.0$	含等价开度 $0.025\text{mm} \sim 0.050\text{mm}$ 裂隙的岩体	黏土~粉土
弱透水	$10^{-5} \leq K < 10^{-4}$	$1 \leq q < 10$	含等价开度 $0.05\text{mm} \sim 0.10\text{mm}$ 裂隙的岩体	粉土~细砂
中等透水	$10^{-4} \leq K < 10^{-2}$	$10 \leq q < 100$	含等价开度 $0.1\text{mm} \sim 0.5\text{mm}$ 裂隙的岩体	中粗砂~不均匀砾石
强透水	$K \geq 10^{-2}$	$q \geq 100$	含有连通孔洞或等价开度大于 0.5mm 裂隙的岩体	粒径均匀的砾石、卵石、块石

注:1 表中 L_u 为透水率,单位吕荣,1MPa 压力下每米试段的平均压入流量,以 L/min 计;

2 等价开度是指平均每米所含裂隙的开度总和。

10.1.3 水文地质勘察应包括下列内容:

- 1 调查气象水文对地下水的影响；
- 2 查明地表水与地下水的水力联系；
- 3 查明地下水的类型、埋藏条件、主要含水层及其渗透性；
- 4 查明地下水的补给、径流、排泄条件；
- 5 查明地下水位、水位变化趋势和主要影响因素；
- 6 查明地下水对建筑材料的腐蚀性。

10.1.4 水文地质勘察应根据地下工程结构形式、地基基础形式、边坡支护形式、施工方法等,分析评价地下水对设计、施工和环境的影响,评估可能产生的危害,提出预防和处理措施的建议。

10.1.5 场地水文地质条件复杂程度划分应符合表 10.1.5 规定。

表 10.1.5 水文地质条件复杂程度划分

复杂程度	水文地质特征
简单	基础、地下工程位于地下水位以上;地下水补给条件差,补给水源少;地质构造简单,岩性稳定均一,含水层结构简单;岩溶不发育;无沟槽汇集;地下水贫乏。
中等	基础、地下工程位于地下水位以下,地形有自然排水条件;地下水补给条件一般,有一定的补给水源;地质构造中等复杂,岩性变化较大,含水层结构较复杂;岩溶较发育;单一沟槽汇集;地下水较丰富。
复杂	基础、地下工程位于地下水位以下,地形不利于自然排水;地下水补给条件好,补给水源充沛;地质构造复杂,岩性变化大,含水层结构复杂;岩溶发育;多沟槽汇集;地下水丰富。

注:水文地质条件复杂程度应由复杂向简单推定,有任一地下水类型首先满足某较高等级时,水文地质条件复杂程度即为该等级。

10.1.6 当施工过程中发现水文地质条件改变或与原勘察资料不符,且可能影响施工和工程安全时,应进行施工阶段的水文地质勘察,宜开展地下水专项监测。

10.1.7 现场水文地质试验和测试工作不应対地下水造成污染、对工程建设留下隐患。

10.2 勘 察

10.2.1 水文地质勘察应搜集下列资料：

- 1 区域性气象资料，如年降水量、蒸发量及其变化；
- 2 可能影响工程场地水文地质条件的地表水资料；
- 3 相邻工程的地下水情况；
- 4 设计方案初拟的地下水处置措施。

10.2.2 水文地质勘察范围应包括地下水对工程建设有影响的区域和施工降、排水疏干的影响范围。

10.2.3 水文地质勘探工作布置应符合下列规定：

- 1 水文地质勘探点和观测孔宜利用工程地质勘探孔；
- 2 试验孔应根据建设工程特点和水文地质条件布置；
- 3 孔深应穿越与工程建设紧密相关的含水层(组)、含水构造带并不少于 8m；
- 4 在主要含水层宜布置不少于 1 个简易抽水试验孔；
- 5 整个场地宜采取不少于 1 组水样进行水质分析。

10.2.4 勘探孔钻进过程中应观测地下水位、水量及水温等的变化，详细记录涌水、漏水的位置、水头高度等。

10.2.5 场地水文地质条件复杂且满足下列条件之一的，宜进行专项水文地质勘察。

- 1 深基坑开挖、临水基坑等地下水的变化或含水层的水文地质特性对地基评价、基础抗浮和工程防排水有重大影响时；
- 2 富水岩溶隧道、垃圾填埋场、大面积地下工程等建设过程中易引起水环境改变而影响周边重要建构筑物及环境时；
- 3 需要专门论证抗浮设防水位，且已有资料不能满足要求时；

10.2.6 专项水文地质勘察的勘察纲要除满足本标准第 3 章的相关规定外，尚应结合拟建工程特征和环境保护要求布置专项的水文地质测试工作，并对各水文试验孔编制单孔设计。

10.2.7 专项水文地质勘察除了应符合本标准第 10.2.1~10.2.3 条规定外,尚应通过单孔或带观测孔的抽水或群孔抽水、分层分段抽水、联合水位观测、压水试验、连通试验、扩大测绘范围和提
高测绘精度等手段,并符合下列要求:

- 1 查明与工程相关的各层含水层相互之间的补给关系;
- 2 测定地层渗透系数、地下水流向、流速、水力坡度等水文地质参数;
- 3 查明场地地质条件对地下水赋存和渗流状态的影响,必要时可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特征;
- 4 对缺乏常年地下水位监测资料,无法确定地下水变化特征的地区宜设置长期观测孔,对各含水层地下水位进行长期观测;
- 5 对岩溶场地,尚需查明控制地下水汇集的暗河走向、埋藏情况;查明岩溶水发育规律,岩溶类型与地下水分布的关系;分析地下水分水岭位置及高程;对穿越岩溶地层的越岭隧道工程,明确垂直渗流带、水平径流带、深部缓流带的分布位置及其特征。

10.2.8 专项水文地质勘察的范围和工作量,应根据工程类型、水文地质条件和已有工作的深度,综合考虑确定,并符合下列规定:

- 1 勘察范围应包括影响工程的水文地质单元、地下水流动系统或施工降排水疏干影响范围;
- 2 勘探线应在充分利用已有工程地质勘探孔基础上顺地下水流向、沟谷发育方向和垂直地下水流向进行布置,数量不应少于 2 条,每条勘探线上的勘探孔不应少于 3 个;当影响工程涉及多个水文地质单元时,宜在每个水文地质单元中布置不少于 1 条勘探线;对基岩面有明显沟槽等汇水条件的场地,主勘探线宜布置在沟槽中心位置;
- 3 在断层破碎带、岩溶负地形区、覆盖层厚度大位置、原始沟槽汇水区等对建设工程可能有影响的相对富水地段,物探资料反映出可能存在隐伏岩溶区或地下水富集区等区域,宜布置至少

1 个水文地质试验孔；

4 当附近有影响工程的地表水体时，宜在场地与地表水体之间布置勘探孔，查明地下水与地表水之间的水力联系；

5 勘探孔、线间距宜符合表 10.2.8 的规定；

表 10.2.8 专项水文地质勘察勘探线、勘探孔间距 (m)

工程类型	线距	孔距
一般场地工程	30~50	20~50
线型工程	50~500	30~500

6 在可溶岩地区及地下水富集区应开展水文地质物探工作，采用的物探方法应满足能探测到拟建地下工程的埋置深度以下。地面物探应布置在可溶岩分布的槽谷和低洼地带，地面物探剖面尽量与勘探剖面重合，便于两种勘探手段的相互验证；水文地质物探测井的孔数不少于水文地质钻孔的 1/2；

7 应根据工程特点、含水层分布情况、水位埋深情况和水文地质评价的需求选择开展相应的水文地质试验，试验类型包括但不限于抽水试验、压水试验、注水试验、涌水量试验等，确保工程建设可能涉及到的每个含、隔水层均应有相应的试验工作并能分层提供水文地质参数。

10.2.9 专项水文地质勘察的勘探孔深度除需满足 10.2.3 条规定外，尚应根据场区水文地质条件和地下水控制工程的需要确定，并应符合下列规定：

1 获取含水层特征参数的勘探孔深度应进入预计基底下不小于 10m，并应满足相应地下水防治工程措施的深度要求；

2 辅助水文地质试验获取水位变化的勘探孔应能满足带观测孔抽水试验或施工降、排水疏干条件下地下水水位观测的要求。有多层地下水的，应能揭露最下一层与工程紧密相关的含水层不小于 5m。

10.3 水文地质测试

10.3.1 水文地质勘察应通过现场水文地质试验或室内试验测定水文地质参数。试验和测定方法应符合本标准附录 Q 表 Q.0.1 规定。

10.3.2 试验仪器及设备应定期进行检验及标定,并符合规定的精度要求。有条件时,可采用智能化、自动化设备进行试验数据的采取和处理。

10.3.3 地下水位量测应符合下列规定:

1 遇地下水时应量测地下水位(包括上层滞水);

2 对工程有影响的多层含水层的水位或承压水头量测,应采取分层隔水措施,将被测含水层与其他含水层隔开。

10.3.4 初见水位和稳定水位可在钻孔、探井或测压管内直接量测,并应符合下列规定:

1 钻孔中稳定水位量测前应抽干勘探孔中的钻探循环水,在水位恢复稳定后量测;

2 量测稳定水位的时间应根据地层的渗透性确定,从停钻到量测的间隔时间,对砂土和碎石土不宜少于 2h,对粉土和黏性土不宜少于 8h;

3 需绘制地下水等水位线图或工期较长时,应统一时间量测稳定水位。对位于江、河岸边的工程,地表水、地下水应同时量测,并注明量测时间;

4 水位量测读数至厘米,精度不得低于 $\pm 2\text{cm}$ 。

10.3.5 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三个测孔(井)。测点间距按岩土渗透性、水力梯度和地形坡度确定,宜为 50m~100m。测试时应同时量测各孔(井)内水位,确定地下水的流向。地下水流速的测定可采用指示剂法或充电法。

10.3.6 岩溶地区地下水流向、流速的测定宜采用连通试验,应符合下列规定:

1 连通试验的方法可按本标准附录 Q 表 Q.0.2 选用;

2 连通试验记录应包括试验点的坐标、高程,试验开始时间、初测时间、峰值时间及消退时间等。

10.3.7 污染场地弥散系数的测定,应根据场地水文地质条件、污染源的空间分布、污染物与地下水的相互关系确定其试验方法,可采用污染物的天然状态法、附加水头法、连续注水法和脉冲注入法。

10.3.8 抽水试验应符合下列规定:

1 抽水试验方法可按本标准附录 Q 表 Q.0.3 选用;

2 抽水试验孔应布置在能反映场地水文地质特征的部位,试验段孔径不宜小于 91mm;设备安装段,孔径应大于抽水设备外径不小于 40mm;观测孔宜平行或垂直地下水流向布置;

3 抽水试验技术要求应符合本标准附录 R 的有关规定。

10.3.9 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。注水稳定时间宜为 4h~6h。

10.3.10 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。

10.3.11 孔隙水压力测定应符合下列规定:

1 测定方法可按本标准附录 Q 表 Q.0.4 确定;

2 测试点应根据地质条件和分析需要布置;

3 测压计的安装和埋设应符合有关安装技术规定;

4 测试数据应及时分析整理,出现异常时应分析原因,并采取相应措施。

10.4 地下水作用评价

10.4.1 地下水作用评价应包括地下水对工程的影响和工程建设对地下水环境的影响,并应符合下列要求:

1 对基础、地下结构物和支挡结构应考虑最不利组合下的上浮作用;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 当有水头差且具备渗透条件时,对粉细砂、粉土、砂卵石地层应评价产生潜蚀、流土、管涌、基坑突涌、接触流失等的可能性,以及对施工和工程的危害;

3 验算边(滑)坡稳定性时,应考虑地下水对边坡稳定的不利影响;

4 分析地下水漏失或疏干可能诱发边坡失稳、周边环境变化的可能性;

5 当地下水位或承压水头高于基坑或地下工程底板标高时,应评价施工可行性;

6 对存在地下水的基坑或地下工程,应根据岩土的可渗透性、地下水补给条件,分析评价降水或隔水措施的可行性,并评价其对基坑稳定和邻近工程的影响;

7 分析地下水变化对地基沉降或边坡与基坑稳定性的影响;

8 勘察期间无统一地下水位或地下水贫乏的工程场地,宜对工程建设及营运期可能因环境改变而使地下水富集从而对地下结构物产生不利影响作出风险提示,并提出预防措施建议。

10.4.2 采取降水或隔水措施的场地,地下水作用评价尚应符合下列要求:

1 采取降(排)水措施的基坑和地下工程,应进行涌水量估算。基坑涌水量估算可采用等代大井法、数值分析等方法,地下工程涌水量估算可采用水均衡法、地下水动力学法、数值分析等

方法；

2 提供设计需要的相关参数；

3 对施工控制、环境保护和监测工作提出建议。

10.4.3 当有抗浮需要时，宜根据区域水文地质资料和地区经验、长期水位观测资料、场地排水条件、地下水类型、设计工作年限等综合分析提供抗浮设防水位建议值，并提出防治措施建议。

10.4.4 对水文地质条件复杂的重要工程，需提出抗浮设防水位时，应进行专门研究。

11 岩土参数统计与取值

11.1 一般规定

11.1.1 岩土测试成果应进行可靠性和适用性评价,岩土参数取值应考虑工程环境在施工和运营期可能的变化,必要时对关键性的岩土参数取值进行论证评价。

11.1.2 岩土测试数据应按概率理论进行统计,可靠性估值时风险概率取 0.05,置信概率取 0.95。

11.1.3 岩土测试数据分析和统计时,同一岩土层位、同一岩土性状的地质体可划分为同一地质单元,并根据地质单元内测试数据在空间上的差异进一步划分统计单元。

11.1.4 岩土测试数据分析和统计时,应对前期勘察阶段的测试数据进行综合分析,同一地质单元的测试数据应进行合并统计。

11.1.5 初步勘察时,岩土参数可按地质单元进行统计分析;详细勘察时,岩土参数应在划分地质单元的基础上进一步划分统计单元后再进行统计分析。

11.1.6 可行性研究勘察及初步勘察阶段宜按地质单元提供岩土参数区间值。

11.2 岩土参数统计与分析

11.2.1 岩土参数应以组为单位进行统计,岩样每一组试件的数量应符合《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的规定,土样每一组试件的数量应符合《土工试验方法标准》GB/T 50123 的规定。

11.2.2 每一主要土层每一统计单元参加统计分析的土样或原

位测试数量不应少于 6 组；每一主要岩层每一统计单元的岩石毛样最小试验数量应符合表 11.2.2 的规定。

表 11.2.2 岩样的最小试验数量(组)

物性指标	抗压强度	变形指标	抗剪指标	抗拉指标
6	9	6	6	3

11.2.3 岩土参数统计结果宜包括算术平均值、范围值、标准差、变异系数和样本数。

11.2.4 岩土参数算术平均值应按下式计算：

$$\mu_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mu_i \quad (11.2.4)$$

式中： μ_0 ——岩土参数算术平均值；

μ_i ——岩土性质指标测试值；

n ——参与统计的样本数量。

11.2.5 岩土参数标准差 σ 应按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n \mu_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \mu_i \right)^2}{n} \right]} \quad (11.2.5)$$

11.2.6 岩土参数变异系数 δ 应按下式计算：

$$\delta = \frac{\sigma}{\mu_0} \quad (11.2.6)$$

11.2.7 岩土参数标准值 μ_k 应按下式进行计算：

$$\mu_k = \Psi_a \cdot \mu_0 \quad (11.2.7-1)$$

$$\Psi_a = 1 \pm \left(\frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right) \delta \quad (11.2.7-2)$$

式中： Ψ_a ——修正系数。

式中“ $\pm$ ”号，当指标作为作用项时，取“+”；当指标作为抗力项时，取“-”。

11.2.8 岩土参数统计时，应按 0.05 的风险概率剔除异常数据。

11.2.9 被剔除的异常数据应分析误差过大的原因,对异常低值点应单独提供岩土参数建议值。

11.2.10 岩土测试数据不满足概率统计要求时,岩土参数标准值应在分析地层岩性及试验成果的基础上,结合地区经验提供相关参数值,无经验时可按下列方法取值:

1 数据最小数量不满足要求统计要求时,标准值可取小值平均值;

2 数据的变异系数大于 0.30,岩土自身性质不均匀且不能进一步细分统计单元时,修正系数宜按经验取值,但不宜小于 0.75。

11.3 岩土体物理力学性质指标

11.3.1 岩土体的物性指标及变形参数的建议值可取算术平均值,强度参数的建议值可取标准值。

11.3.2 当岩体完整、较完整或较破碎时,岩体的重度、泊松比可取岩石的重度、泊松比。

11.3.3 当岩体完整、较完整或较破碎时,岩体变形模量和弹性模量可采用岩石的变形模量和弹性模量乘以 0.6~0.8 的折减系数确定。岩体完整时折减系数取较大值,岩体较破碎时折减系数取较小值。

11.3.4 当岩体完整、较完整或较破碎时,岩体内摩擦角标准值可采用岩石内摩擦角标准值根据岩体完整性乘以 0.85~0.95 的折减系数确定,岩体完整时折减系数取 0.95,较完整时折减系数取 0.90,较破碎时折减系数取 0.85。岩体黏聚力标准值可采用岩石黏聚力标准值乘以 0.20~0.40 的折减系数确定。岩体完整时折减系数取 0.40,较完整时折减系数取 0.30,较破碎时折减系数取 0.20。

11.3.5 当岩体完整、较完整或较破碎时,岩体抗拉强度标准值可根据结构面产状和岩体完整性由岩石抗拉强度标准值折减确

定。当岩体抗拉强度不由结构面控制时,折减系数可取 0.20~0.50。岩体完整时折减系数取 0.50,较完整时折减系数取 0.40、较破碎时折减系数取 0.20。

11.3.6 当岩体破碎、极破碎时,岩体的变形和力学参数可按成分相近的土类取经验值。

11.3.7 边坡岩体、洞室围岩的抗剪强度标准值及抗拉强度标准值对永久性边坡应乘以 0.95~1.00 的时间效应系数,坡高或洞跨大时取较小值,坡高或洞跨小时取较大值。

11.3.8 当无试验条件时,土体水平抗力系数的比例系数 m 宜根据表 11.3.8 的规定取值。

表 11.3.8 土体水平抗力系数的比例系数 m 值

序号	土的类别	预制桩、钢桩		灌注桩	
		允许单桩嵌固顶面水平位移量(mm)	水平抗力系数的比例系数 $m(\text{MN}/\text{m}^4)$	允许单桩嵌固顶面水平位移量(mm)	水平抗力系数的比例系数 $m(\text{MN}/\text{m}^4)$
1	流塑、软塑状黏性土,孔隙比大于 0.90 粉土,松散粉细砂,松散、稍密填土	10	4.5~6.0	4~8	6~14
2	可塑状黏性土,孔隙比大于 0.75~0.90 粉土,中密填土,稍密细砂	10	6~10	3~6	14~35
3	硬塑、坚硬状黏性土,孔隙比小于 0.75 粉土,中密中粗砂,密实填土	10	10~22	2~5	35~100
4	中密、密实的砂砾、碎石类土	—	—	1.5~3.0	100~300

注:当单桩嵌固顶面水平位移量大于表列数值或当灌注桩配筋不小于 0.65% 时, m 值应适当降低;当水平荷载为长期或经常出现的荷载时,应将表中水平抗力系数的比例系数乘以 0.4 后采用。

11.3.9 当无试验条件时,岩体水平抗力系数 k 宜根据表 11.3.9 的规定取值。

表 11.3.9 岩体水平抗力系数 k 值

序号	岩石天然单轴抗压强度 标准值(MPa)	岩石饱和单轴抗压强度 标准值(MPa)	岩体水平抗力系数 $K(MN/m^3)$
1	<5	<2.5	40~60
2	5~10	2.5~6.0	60~120
3	10~15	6.0~9.5	120~180
4	15~20	9.5~13.0	180~300
5	20~30	13~21	300~420
6	30~40	21~30	420~550
7	40~50	30~38	550~700
8	50~60	38~48	700~950
9	60~80	48~66	950~2000

注:本表适用于完整、较完整岩体,允许单桩嵌固顶面水平位移量 10mm。

11.4 地基极限承载力

11.4.1 根据野外鉴别结果确定岩质地基极限承载力标准值应符合表 11.4.1 的规定。

表 11.4.1 岩质地基极限承载力标准值(kPa)

岩石完整程度 岩石类别	极破碎	破碎	较破碎	较完整	完整
坚硬岩及较硬岩	800~1200	1200~1800	1800~3600	3600~9600	9600~12000
较软岩	500~800	800~1200	1200~1800	1800~3600	3600~9600
软岩	500~800		800~1200	1200~1800	1800~3600
极软岩	500~800		800~1200	1200~1800	

注:1 表中岩石类别系根据对实际岩石强度的判断确定(已包括风化因素);

2 本表适用于安全等级为二级的初勘和安全等级为三级的初勘、详勘。

11.4.2 对于完整、较完整、较破碎岩体的地基极限承载力标准值可由岩石天然单轴抗压强度标准值乘以地基条件系数确定,当岩体受水浸泡时采用岩石饱和单轴抗压强度标准值,地基条件系数宜符合表 11.4.2 的规定;对于完整、较完整、较破碎岩体的地基极限承载力标准值,可由本标准附录 E 岩基载荷试验方法确定;对于破碎、极破碎岩体的地基极限承载力标准值,可由本标准附录 C 浅层平板载荷试验方法确定。

表 11.4.2 地基条件系数 η 取值

岩石坚硬程度	完整	较完整	较破碎
硬质岩	1.30~1.70	0.90~1.30	0.50~0.90
软质岩	1.70~2.10	1.30~1.70	0.90~1.30

注:基础型式为嵌岩桩时,取较大值;为浅基础时,取较小值。

11.4.3 土质地基的极限承载力标准值宜按下列方法确定,必要时可由平板载荷试验按本标准附录 C 的方法确定。

1 碎石土地基极限承载力标准值可根据密实度取值,并符合表 11.4.3-1 的规定;

表 11.4.3-1 碎石土地基极限承载力标准值 f_k (kPa)

土的名称	密实度		
	稍密	中密	密实
卵石	480~800	800~1280	1280~1600
碎石	400~640	640~1120	1120~1440
圆砾	320~480	480~800	800~1280
角砾	320~400	400~640	640~1120

2 淤泥及淤泥质土、黏性土、红黏土、粉土地基极限承载力平均值的确定宜符合表 11.4.3-2~表 11.4.3-5 的规定;

表 11.4.3-2 淤泥及淤泥质土地基极限承载力平均值 f_0 (kPa)

天然含水率 w (%)	36	40	45	50	55	65	75
承载力平均值 f_0	150	135	120	105	90	75	60

表 11.4.3-3 黏性土地基极限承载力平均值 f_0 (kPa)

第一指标 孔隙比 e	第二指标液性指数 I_L					
	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.20
0.5	805	730	660	(610)	—	—
0.6	680	610	550	500	(450)	—
0.7	550	500	450	405	355	285
0.8	465	405	370	340	285	225
0.9	390	355	320	285	225	195
1.0	340	305	270	225	195	—
1.1	—	270	225	195	175	—

注:1 有括号仅供内插用;

2 第二指标折减系数 ξ 取 0.1。表 11.4.3-4 红黏土地基极限承载力平均值 f_0 (kPa)

土的名称	第二指标 液塑比 I_r	第一指标含水比 a_w					
		0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
红黏土	$I_r \leq 1.7$	645	455	355	305	255	235
	$I_r \geq 2.3$	475	340	270	220	185	170
次生红黏土	—	425	320	255	220	185	170

注:1 第二指标折减系数 ξ 取 0.4;

2 表中含水比系含水率与液限之比;液塑比系液限与塑限之比;

3 当 $1.7 < I_r < 2.3$ 时,可内插取值。表 11.4.3-5 粉土地基极限承载力平均值 f_0 (kPa)

第一指标 孔隙比 e	第二指标含水率 w						
	10	15	20	25	30	35	40
0.5	695	660	(620)	—	—	—	—

续表11.4.3-5

第一指标 孔隙比 e	第二指标含水率 w						
	10	15	20	25	30	35	40
0.6	525	510	475	(455)	—	—	—
0.7	425	405	380	360	(345)	—	—
0.8	340	320	305	285	(280)	—	—
0.9	270	255	245	235	220	(210)	—
1.0	220	210	200	195	185	175	(170)

注:1 有括号者供内插用;

2 第二指标折减系数 ξ 取 0;

3 在湖、塘、沟、谷及河漫滩地段新近沉积的粉土,其工程性质一般较差,其承载力应根据实际情况确定。

3 淤泥及淤泥质土、黏性土、红黏土、粉土地基的极限承载力标准值可根据地基极限承载力平均值按下式确定:

$$f_k = \Psi_n f_0 \quad (11.4.3-1)$$

式中: Ψ_n ——修正系数,按第 11.2.7 条执行;

f_0 ——地基极限承载力平均值, kPa;

f_k ——地基极限承载力标准值, kPa。

4 按表 11.4.3-3~表 11.4.3-5 确定地基极限承载力时,当表中并列有二个指标,计算 Ψ_n 所采用的变异系数 δ 应按下式确定:

$$\delta = \delta_1 + \xi \delta_2 \quad (11.4.4-2)$$

式中: δ_1 、 δ_2 ——分别为第一和第二指标的变异系数;

ξ ——第二指标的折算系数,按表 11.4.3-3~11.4.3-5 中注解采用。

11.4.4 填土地基极限承载力标准值宜根据填料的成分、粒径、堆填方式、年限、密实程度、含水状况结合地区经验、平板载荷试验综合确定。

12 工程地质分析评价与成果报告

12.1 一般规定

12.1.1 工程地质分析评价除应符合本章规定外,尚应符合本标准相关章节的规定。

12.1.2 工程地质分析评价应在搜集已有资料、工程地质测绘、勘探、测试等工作的基础上,针对拟建工程特点、设计要求、施工条件等,结合周边环境进行分析评价,并提出解决工程地质问题的建议。

12.1.3 工程地质评价应包括下列内容:

- 1 场地及地基稳定性与建筑适宜性评价;
- 2 地震效应评价;
- 3 地下水作用评价;
- 4 边坡与基坑工程评价;
- 5 地基评价;
- 6 相邻建(构)筑物、环境影响评价;
- 7 水、土对建筑材料的腐蚀性评价;
- 8 不良地质作用与特殊性岩土评价;
- 9 地质条件可能引发的工程风险评价。

12.1.4 工程地质评价应考虑下列因素:

1 拟建工程类型、结构特点、荷载情况、高程设置和变形控制要求;

2 场地的地质背景,考虑岩土材料的非均质性、各向异性、时间效应和地质条件改变的影响,评估岩土参数的变异性;

3 地区和同类工程建设经验;

4 对于理论依据不足、实践经验不多的工程地质问题,可通过现场试验或室内模型试验取得实测数据进行分析评价;工程地质条件和环境条件复杂的,宜辅以数值模拟分析。

12.1.5 工程地质条件和场地的建筑适宜性可作定性评价,岩土体的稳定性应作定性和定量分析。

12.1.6 对不适宜建设的地段应提出治理或避让的建议。

12.2 场地及地基稳定性与建筑适宜性评价

12.2.1 场地稳定性评价应综合分析影响稳定性的因素,定性与定量相结合,定量分析应在定性分析基础上进行。

12.2.2 地基稳定性评价应分析拟建工程基础持力层和下卧层岩土体的稳定性。

12.2.3 对存在不良地质作用的场地,应结合其性质和规模,评价稳定性及对拟建工程的影响程度,并提出防治措施建议。

12.2.4 适宜性评价应综合场地、地基和相邻建(构)筑物影响因素,明确得出场地是否适宜拟建工程建设的结论。

12.3 地震效应评价

12.3.1 地震效应评价应包括对抗震地段的划分、确定场地类别、岩土地震稳定性分析等内容,并宜按单体建(构)筑物进行评价,无建(构)筑布局的可分区、分段对场地进行评价。

12.3.2 建筑与市政工程抗震地段应按现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 规定划分为对建筑有利、一般、不利和危险地段。

12.3.3 建筑与市政工程的场地类别应根据土层等效剪切波速和场地覆盖层厚度,并考虑工程场平因素,按现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 划分。

12.3.4 位于边坡、斜坡上的建构筑物应根据边坡的形态、相对高差、地层岩性、拟建工程至边坡的距离等因素,综合考虑进行地震效应评价。

12.3.5 抗震设防烈度大于 6 度的建筑场地,当存在地震可能液化的地层时,应进行液化判别,评价对工程的影响并提出抗液化措施建议。

12.4 地基评价及基础方案建议

12.4.1 地基评价应结合拟建工程荷载和变形对地基的要求、建筑场地工程地质条件、施工方法和周边环境因素、工程经验,提出地基基础方案建议,提供设计、施工所需岩土参数。

12.4.2 天然地基评价应包括下列内容:

- 1 采用天然地基的可行性,选择地基持力层;
- 2 地基均匀性评价;
- 3 提供地基承载力;
- 4 存在软弱下卧层时,提供承载力验算的计算参数;
- 5 提供地基变形计算所需岩土参数。

12.4.3 符合下列情况之一,宜判定为不均匀地基:

- 1 地基持力层跨越不同地貌单元或工程地质单元,工程特性差异显著;
- 2 土岩组合地基及块碎岩地基;
- 3 岩质地基中存在空洞、破碎带或软弱夹层;
- 4 中—高压缩性土质地基,持力层底面或相邻基底标高的坡度大于 10%。

12.4.4 不均匀地基应根据沉降量、差异沉降量和允许变形值等进行分析评价,并提出相应的地基处理建议。

12.4.5 桩基础评价与建议应包括下列内容:

- 1 提出建议可选的桩基类型和施工方法,评价建议的桩端

持力层工程性能,以基岩作为桩端持力层的应判定有无洞穴、临空面、陡倾基岩面、破碎岩体或软弱夹层,提出可能采用的桩型建议;

2 评价地下水对桩基设计和施工的影响;

3 评价不良地质作用、可液化土层和特殊岩土等对桩基的危害程度,提出防治措施建议;

4 提供单桩承载力和变形计算等桩基设计及施工所需的岩土参数;

5 对存在欠固结土、有大面积堆载、填土以及地下水可能大幅下降的工程,应分析桩侧产生负摩阻力的可能性及其影响,提供负摩阻力系数等参数;

6 分析成桩可能性,评价成桩可能遇到的风险和桩基施工对环境影响,提出设计、施工应注意的问题;

7 提出桩基础检测建议。

12.4.6 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。

12.5 相邻建(构)筑物影响评价

12.5.1 相邻建(构)筑物影响评价应包括下列对象:

1 紧邻拟建工程的建(构)筑物、边坡、道路、地下管线等;

2 场地附近既有或规划的隧道、轨道、桥梁项目等;

3 位于挖方路堑、填方路基坡顶及坡脚影响范围内的既有建(构)筑物等。

12.5.2 相邻建(构)筑物影响评价应包括下列内容:

1 拟建工程平场挖填与边坡施工、加载对周边环境的影响评价；

2 基坑开挖、降水对邻近的建(构)筑物、道路、地下管线等影响评价；

3 桩基施工、爆破、强夯等产生的震动等影响评价；

4 在已治理的地质灾害体及附近进行工程建设,应评价对其稳定性及治理结构的影响；

5 既有相邻建(构)筑物对拟建工程的影响评价。

12.5.3 相邻建(构)筑物影响评价宜采用定性与定量相结合的方法,当相邻建(构)筑物空间关系复杂时,可建立工程地质模型,进行专项数值分析或论证。

12.5.4 当工程建设可能对相邻建(构)筑物产生不良影响时,应有针对性地提出预防和处理措施建议。

12.6 成果报告

12.6.1 成果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。

12.6.2 成果报告应资料完整、真实、准确、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。

12.6.3 工程勘察报告的文字、术语、代号、符号、数字、计量单位、标点等应符合国家有关标准的规定。

12.6.4 工程勘察报告应有单位公章、相关责任人签署;图表应有名称、项目名称及相关责任人签署。

12.6.5 工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、勘察范围、工程特点和工程地质条件等情况编写,宜包括下列内容:

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、工作量布置、勘察工作完成情况及质量评述；
4 场地地形、地貌、地层、地质构造、岩土性质及其均匀性；
5 场地各岩土层的物理力学性质指标，提供设计所需岩土参数；

6 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 不良地质作用的描述、不良地质作用对工程影响的评价及治理措施建议；

8 边坡(斜坡)、洞室围岩、洞室地基、岩溶地基、地震效应、地质条件可能造成的工程风险评价及其它工程地质问题评价(如岩土的可挖性)；

9 拟建工程与相邻建(构)筑物及环境的相互影响评价；

10 场地(宜分区、分段进行)稳定性和适宜性评价；

11 地基均匀性、地下水作用、基础持力层及基础型式、特殊性土、成桩条件的评价；

12 水和土对建筑材料的腐蚀性评价；

13 结论及建议；

14 使用本报告的限制条件及其它需要说明的问题。

12.6.6 工程勘察报告应附下列图表：

1 勘探点平面布置图；

2 钻孔地质柱状图；

3 工程地质剖面图；

4 勘探点数据表；

5 原位试验成果数理统计表；

6 室内岩、土、水测试(含水质分析)成果数理统计表。

工程需要时，尚应有综合工程地质图、工程地质分区图、综合地质柱状图、基岩面等值线图、计算简图及计算成果图表及物探成果图表、影像等资料。

12.6.7 工程勘察报告应包括下列附件：

- 1 工程勘察合同；
- 2 工程勘察委托书；
- 3 工程勘察纲要；
- 4 原位测试成果报告；
- 5 室内岩、土和水试验报告。

附录 A 工程勘察委托书及工程勘察纲要

A.0.1 工程勘察委托书(房屋建筑和构筑物)的格式及内容宜符合表 A.0.1 的要求。

A.0.2 工程勘察委托书(市政工程)的格式及内容宜符合表 A.0.2 的要求。

A.0.3 工程勘察纲要宜包括下列基本内容:

1 委托单位与承担单位(协作单位),勘察目的与任务,工程性质、规模、重要性及地基有无特殊要求等的简要介绍,设计对勘察工作的技术要求,编写勘察设计的依据(包括合同、委托书、各种有关规范等),勘察阶段;

2 自然地理条件(位置、交通、水文、气象、地形、地理特征)、地层、岩性、地质构造、水文地质条件、不良地质作用、地震及其他,研究程度,有关资料的收集情况(包括建筑经验、勘察、设计、施工、验收、监测、检测资料等),现有条件下拟建场地及环境的主要工程地质问题;

3 制定方案的依据,拟使用的勘探方法(包括钻机类型、钻进方法等)和需要解决的问题,对所使用手段的主要技术要求,工作量表(包括各类勘探孔及测试孔的性质、数量、进尺、测试项目、取样深度等),人员编制及作业计划;内业整理所采用的主要方法及报告书编写的内容;勘察质量保障措施;环境保护及安全文明施工措施;技术交底及验槽等后期服务计划;拟提供的主要成果资料(名称、比例尺、数量),勘察费用预算;

4 拟建工程勘探点平面布置图;

5 需要说明的问题与建议;

6 工程勘察等级为丙级的项目勘察纲要可按表 A.0.3 的表格形式编制。

表 A.0.2 工程勘察委托书(市政工程)

工程名称	建设单位	委托单位	要求提交资料份数		份
工程地址	设计单位	勘察阶段	委托日期	要求提交资料日期	
1. 批准兴建的有关批文(复印件) 2. 设计文件: 2.1 总平面图 2.2 剖面图 2.3 纵断面图 2.4 其他设计文件 3. 地形图管网资料 3.1 现状地形图 3.2 现状管网图 3.3 地下洞室及人防图 4. 其他资料	工程勘察 任务要求	建设方要 求提交的 勘察资料 名称			
委托单位 应提供的 有关资料					

提出任务单位(盖章):

提任务书人:

表 A.0.3 工程勘察纲要

勘察单位:

工程名称	工程地址		建设单位 (业主)		执行的主要及 相关规范	
计划勘察 起止时间	外业: 内业:	项目负责人 (职称)	合同价款			
工程概况及 设计意图	周边环境及 相邻有关建 (构)筑物状况			勘察阶段		
场地工程地质 基本状况	主要工程地 质问题			场地施工条件及 拆迁情况		
勘察工作布置 (附图)及主要 技术措施	取样试验及 原位测试			提交的主要的 成果资料		
安全生产及 环境保护	单位内审 意见		(盖章) 审查人: _____ 年 月 日			

附录 B 物探方法适用性选择表

物探方法		探测项目												
		覆盖层探测	岩体完整性	岩性界线	断层破碎带	地下管线	溶洞	软弱夹层	地下水	滑坡体	动弹性力学参数	洞室围岩松弛圈	灌浆效果检测	洞室超前探测
电法	电测深法	++	+	++	+	—	++	—	++	++	—	—	—	—
	电剖面法	+	—	++	++	+	—	—	—	—	—	—	—	—
	自然电场法	—	—	—	+	+	—	—	++	—	—	—	—	—
	充电法	—	—	—	—	++	—	—	++	—	—	—	—	—
	激发极化法	—	—	—	+	—	—	—	++	—	—	—	—	—
地震法	大地电磁频谱探测(MD)	—	—	—	++	—	+	—	++	—	—	—	—	—
	可控源音频大地电磁测深(CSAMT)	—	—	—	++	—	+	—	++	—	—	—	—	—
	瞬变电磁法	++	—	+	++	—	+	—	++	—	—	—	++	—
	浅层折射法	++	—	++	++	—	—	—	++	—	—	—	—	—
地震法	浅层反射法	++	—	++	++	—	+	—	—	+	—	—	++	—
	面波法	++	—	—	—	—	—	—	—	++	—	—	—	—

续附录B

物探方法		探测项目											
	覆盖层探测	岩体完整性	岩性界线	断层破碎带	地下管线	溶洞	软弱夹层	地下水	滑坡体	动弹性力学参数	洞室围岩松弛圈	灌浆效果检测	洞室超前探测
弹性波测试法	声波测试	—	++	—	—	—	+	—	—	++	++	++	—
	声波穿透法	—	+	—	—	++	—	—	—	+	+	+	—
	地震波测试	—	++	++	—	—	—	—	—	++	++	—	++
	地震波穿透法	—	++	—	+	—	—	—	—	++	+	+	—
层析成像法 (CT)	电磁波 CT	—	+	++	—	++	—	—	—	—	++	++	—
	地震 CT	—	++	—	+	+	—	—	—	—	—	+	—
探地雷达法		+	—	—	++	++	—	+	—	—	—	—	++
测井法	电测井	+	—	++	+	—	++	++	—	—	—	—	—
	声波测井	—	++	+	+	—	++	—	—	++	++	++	—
	放射性测井	+	+	—	—	—	++	++	—	—	—	—	—
	电磁波法	—	—	—	+	++	—	+	—	—	—	—	—
	钻孔电视成像	—	++	+	++	—	++	++	—	—	—	+	—
	同位素示踪法	—	—	—	—	—	—	++	—	—	—	—	—

注：“++”表示推荐方法；“+”表示辅助方法；“—”表示不推荐的方法。

附录 C 浅层平板载荷试验

C.0.1 地基土浅层平板载荷试验适用于确定浅部地基土层的承压板下应力主要影响范围内的承载力和变形参数。承压板面积不应小于 0.25m^2 , 对于软土不应小于 0.5m^2 。

C.0.2 试验基坑宽度不应小于承压板宽度或直径的 3 倍。应保持试验土层的原状结构和天然湿度, 宜在拟试压表面用粗砂或中砂层找平, 其厚度不超过 20mm。

C.0.3 加荷分级按预估的极限荷载分级, 且不应小于 8 级。

C.0.4 每级加载后, 应按间隔 10、10、10、15、15min, 以后每隔 30min 测读一次沉降量, 当在连续两小时内每小时的沉降量小于 0.1mm 时, 可认为已趋稳定, 可加下一级载荷。

C.0.5 当出现下列情况之一时, 即可终止加载:

- 1 承压板周围的土明显地侧向挤出;
- 2 沉降 s 急剧增大, 荷载~沉降($p \sim s$)曲线出现陡降段;
- 3 在某一级荷载下, 24h 内沉降速率不能达到稳定;
- 4 沉降量与承压板宽度或直径之比大于或等于 0.06。

当出现前三种情况之一时, 其对应的前一级荷载应定为极限荷载, 该极限荷载即为极限承载力。

C.0.6 试验点承载力特征值的确定, 当 $p \sim s$ 曲线有比例界限点时, 取比例界限点与极限承载力的 $1/2$ 比较, 取小值作为承载力特征值; 当无法确定比例界限点时, 且承压板面积为 $0.25\text{m}^2 \sim 0.50\text{m}^2$, 取沉降量与承压板宽度或直径之比等于 $0.010 \sim 0.015$ 时所对应的压力值与极限承载力的 $1/2$ 比较, 取小值作为承载力特征值。

C.0.7 同一土层参与统计的试验点不应小于 3 点, 当试验实测

值的极差不超过其平均值的 30% 时, 取此平均值作为该土层地基极限承载力特征值; 当极差超过其平均值的 30% 时, 应分析原因, 结合工程实际判别, 可增加试点数量。

C. 0. 8 变形模量 E_0 (MPa) 可按式计算:

$$E_0 = I_0 (1 - \nu^2) \frac{pd}{s} \quad (\text{C. 0. 8})$$

式中: I_0 ——承压板形状系数, 方形承压板取 0. 88, 圆形承压板取 0. 79;

d ——圆形承压板的直径或方形承压板的边长, m;

p ——载荷试验中的荷载值(在 $p \sim s$ 曲线直线段中摘取), 即比例界限点, 当无法判断确定比例界限点时, 取沉降量与承压板宽度或直径之比等于 0. 01 时所对于的压力值, kPa;

s ——载荷试验中的荷载值所对应的沉降量, mm;

ν ——土体的泊松比。

附录 D 深层平板载荷试验

D.0.1 本方法适用于确定深部地基土层及大直径桩桩端土层在承压板下应力主要影响范围内的承载力和变形参数。

D.0.2 深层平板载荷试验的承压板应采用直径为 0.8m 的刚性板,紧靠承压板周围外侧的土层高度应不小于 0.8m。

D0.3 加荷等级可按预估极限承载力的 $1/10 \sim 1/15$ 分级施加,且不应小于 8 级。

D.0.4 每级加载后,第一个小时内按间隔 10、10、10、15、15min,以后为每隔半小时测读一次沉降。当在连续两小时内,每小时沉降量小于 0.1mm 时,则认为已趋于稳定,可加下一级荷载。

D.0.5 当出现下列情况之一时,可终止加载:

1 沉降 s 急聚增大,荷载~沉降($p \sim s$)曲线上有可判定极限承载力的陡降段,且沉降量超过 $0.04d$ (d 为承压板直径);

2 在某级荷载下,24 小时内速率不能达到稳定;

3 本级沉降量大于前一级沉降量的 5 倍;

4 当持力层土层坚硬,沉降量很小时,最大加载量不小于设计要求的 2 倍。

当出现前三种情况之一时,其对应的前一级荷载应定为极限荷载,该极限荷载即为极限承载力。

D.0.6 试验点承载力特征值的确定,当 $p \sim s$ 曲线有比例界限点时,取比例界限点与极限承载力的 $1/2$ 比较,取小值作为承载力特征值;当无法确定比例界限点时,取 $s/d = 0.010 \sim 0.015$ 时所对应的压力值与极限承载力的 $1/2$ 比较,取小值作为承载力特征值。

D.0.7 同一土层参与统计的试验点不应少于 3 个,当试验实测值的极差不超过平均值的 30% 时,取此平均值作为该土层的地基

承载力特征值。当极差超过其平均值的 30% 时, 应分析原因, 结合工程实际判别, 可增加试点数量。

D.0.8 变形模量 E_0 (MPa), 可按下式计算:

$$E_0 = \omega \frac{pd}{s} \quad (\text{D.0.8})$$

式中: ω ——与试验深度和土类有关的系数, 可按表 D.0.8 确定;

d ——承压板直径, m;

p ——载荷试验中的荷载值(在 $p \sim s$ 曲线直线段中摘取), 即比例界限点, 当无法判断确定比例界限点时, 取沉降量与承压板宽度或直径之比等于 0.01 时所对于的压力值, kPa;

s ——载荷试验中的荷载值所对应的沉降量, mm;

表 D.0.8 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
0.3	0.447	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。

附录 E 岩基平板载荷试验

E.0.1 本附录适用于完整、较完整、较破碎岩石地基作为天然地基或桩基础持力层时的承载力。

E.0.2 岩基平板载荷试验宜采用圆形刚性承压板,直径为 300mm。当岩石埋藏深度较大时,可采用钢筋混凝土桩,但桩周应采取措施消除桩身与土之间的摩擦力。

E.0.3 加压前,每隔 10min 应读数一次,连续三次读数不变时,可开始试验。

E.0.4 应采取单循环加载方式,荷载应逐级递增直到破坏,然后分级卸荷。

E.0.5 第一级加载值应为预估设计荷载的 $1/5$,以后每级加载值应为预估荷载的 $1/10$ 。

E.0.6 加载后应立即读数,以后每隔 10min 应读数一次。

E.0.7 连续三次读数之差均不大于 0.01mm 时,可加下一级荷载。

E.0.8 当出现下述现象之一时,即可终止加载:

- 1 承压板周边岩体出现明显隆起或径向裂缝持续发展;
- 2 沉降量读数不断变化,在 24h 内,沉降速率有增大的趋势;
- 3 压力加不上或勉强加上而不能保持稳定。

符合终止加载条件的前一级荷载应视为极限荷载,该极限荷载即为极限承载力。

E.0.9 每级卸载应为加载时的两倍,如为奇数,第一级可为三倍。每级卸载后,每隔 10min 应测读一次,测读三次后可卸下一级荷载。全部卸载后,当测读到 30min 回弹量小于 0.01mm 时,可认为稳定。

E.0.10 试验点承载力特征值确定,比例界限点与极限承载力除以 3 比较,取小值作为承载力特征值。

E.0.11 同一岩性参与统计的试验点不应少于 3 个,取最小值作为岩石地基承载力特征值。

E.0.12 岩体的变形模量 E_0 (MPa)可按下式计算:

$$E_0 = I_0 (1 - \nu^2) \frac{pd}{s} \quad (\text{E.0.12})$$

式中: I_0 ——承压板形状系数,圆形承压板取 0.79,方形承压板取 0.88;

d ——承压板直径 m;

p ——载荷试验中的荷载值(在 $p \sim s$ 曲线直线段中摘取)即比例界限点,MPa;

s ——载荷试验中的荷载值所对应的沉降量,mm;

ν ——岩体的泊松比。

E.0.13 岩石地基承载力不进行深宽修正。

附录 F 现场原位直剪试验

F.0.1 现场原位直剪试验可用于岩土体本身、岩土体软弱结构面、岩土体接触面和混凝土与岩体的接触面的抗剪强度试验。可分为岩体在法向应力作用下的沿剪切面破坏的抗剪断强度试验,岩体被剪断后,沿剪切面破坏的抗剪强度(摩擦)试验,法向应力为零的抗切试验;土体沿剪切面破坏的抗剪强度试验,土体沿剪切面破坏的残余抗剪强度试验。

F.0.2 现场原位直剪试验可在试洞、试坑、探槽和大口径钻孔内进行,当剪切面水平或接近水平时,可采用平推法或斜推法;当剪切面较陡时,可采用楔形体法。

F.0.3 同一组试验体岩性基本相同,受力状态应与岩土体在工程中实际受力状态相近。

F.0.4 现场原位直剪试验,对于岩体每组试体不应少于 5 个,剪切面积不小于 0.25m^2 ,试体最小边长不宜小于 500mm,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 1.0 倍;对于土体每组试体不应少于 3 个,剪切面积不小于 0.30m^2 ,高度不宜小于 300mm 或土体最大颗粒的 4 倍~8 倍,剪切面开缝应为土体最小颗粒的 $1/3\sim 1/4$,试体之间的距离应大于最小边长的 1.5 倍。

F.0.5 现场原位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 施加的法向应力和剪切应力应位于剪切面、剪切缝中心,或使法向应力与剪切应力的合力通过剪切面的中心,在每个试体的试验过程中,应保持法向应力不变;

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 $\pm 2\%$,对于软弱结构面最大法向应力不应导致结构面上充填物质被挤出;

4 每个试体法向应力分4~5级施加,当施加最后一级时,在2个10min内的变形量,对于岩体小于0.01mm,对于土体和软弱结构面小于0.05mm,可视为法向位移相对稳定,即可施加剪切应力;

5 每级剪切应力按预估的最大剪应力 $8\% \sim 10\%$ 分级施加,当某级剪应力作用下的剪位移超过上一级剪应力作用下的剪位移2倍时,剪应力应减半施加;剪应力的施加对于岩体按5min施加一级,对于土体按5min~10min施加一次;

6 当出现下列情况之一时,可终止试验:

- 1) 剪切应力加不上或无法稳定;
- 2) 剪切位移明显变大,在剪应力与剪位移($\tau \sim \nu$)曲线上出现明显的突变段;
- 3) 剪切位移增大在剪应力与剪位移($\tau \sim \nu$)曲线上未见明显的突变段,但总剪切位移已达到试件边长的10%。

7 对于岩体先进行抗剪断试验,当试体被剪断后,在同级法向应力作用下,进行抗剪强度(摩擦)试验,根据需要可按法向应力的从大到小进行单点抗剪强度(单点摩擦)试验;对于土体进行抗剪试验,根据需要可进行残余抗剪试验;

8 试验结束后,翻开试体进行地质描述,量测剪切面上起伏差和确定有效剪切面积。

F.0.6 现场原位直剪切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,剪切应力与法向位移曲线,根据曲线确定比例界限点、屈服强度和峰值强度;

2 绘制法向应力与剪应力关系曲线,确定抗剪强度参数。

附录 G 岩土水平抗力试验

G.0 试验目的和试样制备

G.0.1 岩土水平抗力试验用于确定抗滑桩岩土体水平抗力系数及水平承载力。

G.0.1 试验宜在竖井、试坑或平洞内,选择有地质代表性的试段进行。

G.0.2 试点受力方向应与岩土体实际受力方向一致。

G.0.3 对于岩体承压面积不宜小于 0.07m^2 ;对于土体承压板面积不宜小于 0.25m^2 。

G.0.4 试点边缘至井(洞)壁的距离应大于承压板直径或边长的 3 倍,至临空面的距离应大于承压板直径或边长的 4 倍。

G.0.5 承压面应采用人工方法凿平,起伏差应小于承压板直径的 5‰。

G.0.6 试验前应对试点进行地质描述。

G.1 试验设备及安装

G.1.1 宜采用圆形刚性承压板,承压板厚度不宜小于 500mm。对于破碎岩土体,承压板厚度可适当降低,但不宜小于 300mm。当承压板刚度不足时,可采用叠置垫板等方法提高承压板刚度。

G.1.2 水平推力加载装置宜采用油压千斤顶,加载能力应为预估最大试验荷载的 1.2 倍。

G.1.3 水平推力的反力可由井壁岩土体提供,如果预估反力不足应采取浇注混凝土后座进行处理。

G.1.4 荷载量测宜采用并联于千斤顶油路的压力表或压力传感器测定油压,根据千斤顶率定曲线换算荷载,或采用应力环、应变式荷重传感器直接测定。传感器的测量误差不应大于1%,压力表精度应优于或等于0.4级。试验用千斤顶油泵、油管的容许压力应分别大于最大加载时压力的1.2倍。当采用多台千斤顶同时加载时,应采用并联方式,以确保千斤顶出力一致。

G.1.5 岩土体的水平位移量测应采用电测位计或大量程百分表,并应符合下列规定:

- 1 测量误差不应大于1%,分辨率为0.01mm;
- 2 位移测试仪表应对称安装于承压板上,板外岩土体上宜布置测表;
- 3 基准梁应具有一定的刚度,梁的一端应固定在基准桩上,另一端应简支或自由;
- 4 固定和支撑位移计(百分表)的夹具及基准梁应确保不受气温、振动、试验变形及其他外界因素的影响。

G.1.6 加压及传力系统应符合下列规定:

- 1 清洗岩体试点表面,铺垫一层水泥浆,放置承压板并挤出多余水泥浆;
- 2 清除土体表面突起的颗粒,凹坑用细砂填平;
- 3 在承压板上依次安装千斤顶、钢垫板、传力柱、后座;
- 4 施加接触压力,使整个系统紧密接触;
- 5 承压板、千斤顶、传力柱等部件的中心在同一轴线上,轴线应水平垂直于承压板。

G.2 测 试

G.2.1 对于破碎岩类、软弱岩类、遇水软化、遇水膨胀等特殊岩类或土层,应进行预压,预压值为最大试验压力值的5%。

G.2.2 加压前测表初始读数应充分稳定,每隔10min读数一次,

直至所有测表连续三次读数不变。

G.2.3 荷载的极差应由大到小递减,先预估极限荷载 $P_{\max}$,荷载小于 $0.500P_{\max}$,极差为 $0.100P_{\max}$;荷载为 $0.500P_{\max} \sim 0.750P_{\max}$,极差为 $0.050P_{\max}$;荷载大于 $0.750P_{\max}$,极差为 $0.025P_{\max}$ 。

G.2.4 加载应采用变形控制。每级压力加压后应立即读数,以后每隔 10min 读数一次,当各测表相邻两次读数差与同级压力下第一次读数和前一级压力下最后一次读数之差比小于 5% 时,方可施加或退至下一级压力。

G.2.5 当压力与变形关系曲线不再呈直线或承压板周围岩土面出现裂缝时,应减小荷载极差。

G.2.6 试验采用逐级连续加载,直至试点破坏。

G.2.7 当出现下列情况之一时,可终止加载:

1 某级压力下,承压板上和板外测表的读数不断变化,且在一定时间间隔内这种变化有不断增大的趋势;

2 压力表读数显示荷载加不上或勉强加上但很快降下来;

3 承压板周围岩土表面出现明显隆起或裂缝持续发展;

4 设备出力不够,未能使岩土体达到上述破坏状态,但压力已达到工程设计压力的 2 倍。

G.2.8 加载结束后分 3~5 级卸载,每级卸载后应立即测读变形,卸载完成后应每隔 10min 测读一次,当连续三次读数不变,可终止试验。

G.2.9 试验结束后,应描述裂缝发生及发展情况。

G.3 试验数据整理

G.3.1 作用于试验点上的单位压力应按式计算:

$$P = \frac{Q}{A} \quad (\text{G.3.1})$$

式中: P ——作用于试点上的单位压力, kPa;

Q ——作用于试点上的法向荷载, kN;

A ——试点承压板面积, m^2 。

G.3.2 岩土体变形值应采用承压板上有效测表的平均变形值, 应绘制压力 P 与变形 w 关系曲线, 必要时应绘制 $w-lgt$ 关系曲线及承压板外岩土体 $P-w$ 关系曲线。各特征点的压力值应根据承压板 $P-w$ 关系曲线, 结合 $w-lgt$ 关系曲线和板外岩土体 $P-w$ 关系曲线确定。

G.3.3 岩土体水平变形模量根据下式计算:

$$E_0 = \frac{\pi}{4} (1 - \nu^2) \frac{(P - P_0)d}{\omega - \omega_0} \quad (\text{G. 3. 3})$$

式中: E_0 ——变形模量, kPa;

d ——承压板直径, m;

P —— $P-w$ 关系曲线直线段终点对应的压力, kPa;

P_0 —— $P-w$ 关系曲线直线段起点对应的压力, kPa;

ω —— $P-w$ 关系曲线直线段终点对于的岩土变形, m;

ω_0 —— $P-w$ 关系曲线直线段起点对于的岩土变形, m;

ν ——岩土体的泊松比。

G.3.4 岩土体水平弹性抗力系数应根据下式计算:

$$K = \frac{P - P_0}{\omega - \omega_0} \quad (\text{G. 3. 4})$$

式中: K ——岩土体水平弹性抗力系数, kN/m^3 , 其余符号同前。

附录 H 岩土体波速测试

H.0.1 波速测试适用于测定岩土体的纵波、剪切波、面波波速及场地自振频率。

H.0.2 波速测试可根据场地岩土体实际情况和工程设计的要求采用单孔法、跨孔法或面波法。

H.0.3 单孔法波速测试的技术要求应符合下列规定：

- 1 测试孔应垂直；
- 2 将声波探头或三分量检波器放在钻孔内预定深度处，并紧贴孔壁；
- 3 当测岩体纵波时，钻孔内应有水；
- 4 当测土层的剪切波时，应结合土层布置测点，测点的垂直间距宜取 $1\text{m}\sim 3\text{m}$ ，层位变化处加密；当测岩体压纵波时，测点的垂直间距宜取 $0.2\text{m}\sim 0.5\text{m}$ ；
- 5 可采用地面或孔内激振发射的激发方式。

H.0.4 跨孔法波速测试的技术要求应符合下列规定：

- 1 振源孔和测试孔应布置在一条直线上，发射和接收换能器在同一水平面；
- 2 测点的垂直间距宜取 0.5m ，近地表测点布置在 0.4 倍孔距的深度处。

H.0.5 面波波速测试可采用瞬态法和稳态法，应符合下列规定：

- 1 宜采用低频检波器；
- 2 道间距可根据场地条件通过试验确定。

H.0.6 场地自振频率测试，应符合下列规定：

- 1 应将检波器放于孔底；
- 2 应在排去外部振动干扰环境下测定岩土体自动振动频率。

附录 J 隧道围岩分级

J.0.1 岩质围岩基本质量指标 BQ 值,应根据岩石坚硬程度、岩体完整程度等两项分级因素的定量指标 R_c 的兆帕数值和 K_v ,按下式计算:

$$BQ = 100 + 3R_c + 250K_v \quad (J.0.1)$$

使用式(J.0.1)时,应遵守下列限制条件:

1 当 $R_c > 90K_v + 30$ 时,应以 $R_c = 90K_v + 30$ 和 K_v 代入计算 BQ 值;

2 当 $K_v > 0.04R_c + 0.4$,应以 $K_v = 0.04R_c + 0.4$ 和 R_c 代入计算 BQ 值。

J.0.2 遇有下列情况之一时,应对围岩基本质量指标 BQ 进行修正,并以修正后获得的围岩质量指标值依据本标准表 J.0.4 确定围岩级别:

- 1 有地下水;
- 2 岩体稳定性受结构面影响,且有一组起控制作用;
- 3 工程岩体存在由强度应力比所表征的初始应力状态。

J.0.3 围岩质量指标[BQ],可按下式计算。其修正系数 K_1 、 K_2 、 K_3 值,可分别按表 J.0.3-1、表 J.0.3-2 和表 J.0.3-3 确定。

$$[BQ] = BQ - 100(K_1 + K_2 + K_3) \quad (J.0.3)$$

式中:[BQ]——围岩质量指标;

K_1 ——地下水影响修正系数;

K_2 ——主要结构面产状影响修正系数;

K_3 ——初始应力状态影响修正系数。

表 J.0.3-1 地下水影响修正系数 K1

地下水出水状态	BQ				
	>550	550~451	450~351	350~251	≤250
潮湿或点滴状出水, $P \leq 0.1$ 或 $Q \leq 25$	0	0	0.0~0.1	0.2~0.3	0.4~0.6
淋雨状或线流状出水, $0.1 < P \leq 0.5$ 或 $25 < Q \leq 125$	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.4~0.6	0.7~0.9
涌流状出水, $P > 0.5$ 或 $Q > 125$	0.1~0.2	0.2~0.3	0.4~0.6	0.7~0.9	1.0

注:1 P 为地下工程围岩裂隙水压(MPa);

2 Q 为每 10m 洞长出水量(L/min · 10m)。

表 J.0.3-2 主要结构面产状影响修正系数 K2

结构面产状及其与 洞轴线的组合关系	结构面走向与洞 轴线夹角 $<30^\circ$ 结构面倾角 $30^\circ \sim 75^\circ$	结构面走向与洞 轴线夹角 $>60^\circ$ 结构面倾角 $>75^\circ$	其他组合
K_2	0.4~0.6	0.0~0.2	0.2~0.4

表 J.0.3-3 初始应力状态影响修正系数 K3

围岩强度应力比 $\left(\frac{R_c}{\sigma_{max}}\right)$	BQ				
	>550	550~451	450~351	350~251	≤250
<4	1.0	1.0	1.0~1.5	1.0~1.5	1.0
4~7	0.5	0.5	0.5	0.5~1.0	0.5~1.0

J.0.4 城市隧道与地下洞室工程围岩分级按表 J.0.4 确定。当根据围岩基本质量定性特征和基本质量指标 BQ 确定的级别不一致时,应通过对定性划分和定量指标的综合分析,结合工程经验,确定围岩分级。

表 J.0.4 城市隧道与地下洞室工程围岩分级

级别	围岩基本质量定性特征		BQ 或 [BQ]
	岩质围岩	土质围岩	
I	坚硬岩,岩体完整; 满足本级 BQ 值的岩石坚硬程度与岩体完整程度各种组合,如坚硬岩,岩体较完整;较坚硬岩,岩体完整。	—	>550
II	坚硬岩,岩体较完整; 较坚硬岩,岩体完整; 满足本级 BQ 值的岩石坚硬程度与岩体完整程度各种组合,如坚硬岩,岩体较破碎;较坚硬岩,岩体较完整;较软岩,岩体完整。	—	550~451
III	坚硬岩,岩体较破碎; 较坚硬岩,岩体较完整; 较软岩,岩体完整; 满足本级 BQ 值的岩石坚硬程度与岩体完整程度各种组合,如坚硬岩,岩体破碎;较坚硬岩,岩体较破碎;较软岩,岩体较完整;软岩,岩体完整。	—	450~351
IV	坚硬岩,岩体破碎; 较坚硬岩,岩体较破碎; 较软岩,岩体较完整; 软岩,岩体完整~较完整; 满足本级 BQ 值的岩石坚硬程度与岩体完整程度各种组合,如较坚硬岩,岩体破碎;较软岩,岩体较破碎~破碎;软岩,岩体较破碎;极软岩($R_c \geq 4\text{MPa}$)。	具压密或成岩作用的黏性土、粉土、砂性土;一般钙质或铁质胶结的碎、卵石土、大块石土	350~251

续表J.0.4

级别	围岩基本质量定性特征		BQ 或 [BQ]
	岩质围岩	土质围岩	
V	较软岩,岩体破碎; 软岩,岩体较破碎~破碎; 极软岩($R_c < 4\text{MPa}$)及全部极破碎岩; 满足本级 BQ 值的岩石坚硬程度与岩体完整程度各种组合。	液性指数 <0.50 的一般第四系黏性土;中密~密实、稍湿~干燥的粉土;中密~密实的稍湿状砂土;稍湿~湿的碎石类土及稍密~密实的块、碎石含量超过 25%的素填土。	<250
VI	呈角砾及粉末、泥土状的断层带	液性指数 ≥ 0.50 的黏性土;稍密、湿~很湿的粉土、砂土;很湿的碎石类土及松散素填土、杂填土。	

注:1 上表不适用于膨胀性岩土、腐蚀性岩土;

2 岩石坚硬程度按饱和抗压强度标准值划分,围岩在施工及运营中不受水的作用及影响,可采用天然抗压强度标准值。

附录 K 环境水和土对钢结构的腐蚀性

K.0.1 环境水和土对钢结构的腐蚀性评价应分别符合表 K.0.1-1、表 K.0.1-2 的规定。

表 K.0.1-1 环境水对钢结构的腐蚀性

腐蚀等级	pH 值和($\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}$)含量(mg/L)
弱	$\text{pH}3 \sim 11, (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}) < 500$
中	$\text{pH}3 \sim 11, (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-}) \geq 500$
强	$\text{pH} < 3, (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$ 任何浓度

注:1 环境水是指氧能自由溶入的水;

2 本表亦适用于钢管道;

3 如水的沉淀物中有褐色絮状沉淀(铁)、悬浮物中有褐色生物膜、绿色丛块或有硫化氢臭,应做铁细菌、硫酸盐还原细菌的检验,查明有无细菌腐蚀。

表 K.0.1-2 土对钢结构的腐蚀性

指标	等级			
	微	弱	中	强
土壤视电阻率($\Omega \cdot \text{m}$)	> 100	$50 \sim 100$	$20 \sim 50$	< 20
极化电流密度(mA/cm^2)	< 0.02	$0.02 \sim 0.05$	$0.05 \sim 0.20$	> 0.20
质量腐蚀速率[$\text{g}/(\text{dm}^2 \cdot \text{a})$]	< 1	$1 \sim 2$	$2 \sim 3$	> 3
氧化还原电位(mV)	> 400	$200 \sim 400$	$100 \sim 200$	< 100
pH	> 5.5	$4.5 \sim 5.5$	$3.5 \sim 4.5$	< 3.5

K.0.2 当本标准表 K0.1-1 和表 K.0.1-2 中各项腐蚀介质评价的腐蚀等级不同时,取各指标中腐蚀等级最高者。

附录 L 岩体性质指标标准值及结构面抗剪强度

L.0.1 当无条件进行试验时,岩体结构面抗剪强度指标标准值在初步设计时可按表 L.0.1 确定。

表 L.0.1 结构面抗剪强度指标标准值

结构面类型		结构面结合程度	内摩擦角 $\varphi_s(^{\circ})$	粘聚力 $C_s(\text{kPa})$
硬性结构面	1	结合良好	>35	>130
	2	结合一般	$35\sim27$	$130\sim90$
	3	结合差	$27\sim18$	$90\sim50$
软弱结构面	4	结合很差	$18\sim12$	$50\sim20$
	5	结合极差(泥化层)	<12	<20

注:1 除结合极差外,结构面两壁岩性为极软岩、软岩时取表中较低值;

2 取值时应考虑结构面的贯通程度;

3 结构面浸水时取表中较低值;

4 临时性边坡可取表中高值;

5 表中数值已考虑结构面的时间效应;

6 本表未考虑结构面参数在施工期和运行期受其它因素影响发生的变化,当判定为不利因素时,可进行适当折减。

L.0.2 岩体结构面的结合程度可按表 L.0.2 确定。

表 L.0.2 结构面的结合程度

结合程度	结合状况	起伏粗糙程度	结构面张开度 mm	胶结物或充填状况	岩壁岩性
结合良好	胶结	起伏粗糙	≤ 3	铁硅钙质胶结	硬岩或较软岩
结合一般	胶结	起伏粗糙	$3\sim5$	胶结铁硅钙质	硬岩或较软岩
	胶结	起伏粗糙	≤ 3	铁硅钙质胶结	软岩
	分离	起伏粗糙	≤ 3 (无充填时)	无充填或岩块、岩屑充填	硬岩或较软岩

续表 L. 0. 2

结合程度	结合状况	起伏粗糙程度	结构面张开度 mm	胶结物或充填状况	岩壁岩性
结合差	分离	起伏粗糙	≤ 3	干净无充填	软岩
	分离	平直光滑	≤ 3 (无充填时)	无充填或岩块、岩屑充填	各种岩层
	分离	平直光滑	—	岩块、岩屑夹泥或附泥膜	各种岩层
	分离	平直光滑、略有起伏	—	泥质或泥夹岩屑充填	各种岩层
	分离	平直很光滑	≤ 3	无充填	各种岩层
结合极差	结合极差	—	—	泥化夹层	各种岩层

注:1 起伏度:当 $R_A \leq 1\%$, 平直; $1\% < R_A \leq 2\%$ 时, 略有起伏, $2\% < R_A$ 时为起伏, 其中 $R_A = A/L$, A 为连续结构面起伏幅度 (cm), L 为连续结构面取样长度 (cm), 测量范围 L 一般为 (1.0~3.0) m;

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

L. 0. 3 初勘时完整和较完整的边坡岩体性质指标可按表 L. 0. 3 选用。

表 L. 0. 3 边坡岩体性质指标标准值

岩石类别	重度 γ (kN/m^3)	粘聚力 c (MPa)	内摩擦角 $\varphi(^{\circ})$	抗拉强度 f_t (MPa)	变形模量 E_0 (MPa)	泊松比 ν
坚硬岩	24.5~26.5	>1.80	>44	>0.75	>4500	<0.20
较硬岩	23.0~25.0	1.00~1.80	41~44	0.50~0.75	2500~4500	0.10~0.25
较软岩	24.0~25.0	0.50~1.00	36~41	0.25~0.50	1500~3000	0.20~0.30
软岩	23.5~25.0	0.25~0.50	30~36	0.15~0.25	1000~2000	0.25~0.33
极软岩	23.5~24.5	<0.25	<30	<0.15	<1000	>0.33

注: 本表中强度指标未考虑时间效应。

L. 0. 4 当无试验资料时, 岩土与基底摩擦系数及与锚固体极限粘结强度可按表 L. 0. 4 确定。

表 L.0.4 岩土与基底摩擦系数及与锚固体极限粘结强度

岩土种类	土的状态	摩擦系数 μ	极限粘结强度标准值 q_e (kPa)
黏性土	坚硬	0.30~0.40	65~100
	硬塑	0.25~0.30	50~65
	可塑	0.20~0.25	40~50
	软塑	—	20~40
粉土	—	0.25~0.35	30~50
砂土	稍密	0.35~0.45	100~140
	中密		140~200
	密实		200~280
碎石土	稍密	0.40~0.50	120~160
	中密		160~220
	密实		220~300
坚硬岩	—	0.65~0.75	2200~3200
较硬岩			1200~2200
较软岩	—	0.40~0.60	760~1200
软岩			360~760
极软岩			270~360

注:1 表中岩石的基底摩擦系数适用于岩体完整和较完整时;

2 表中岩土与锚固体极限粘结强度标准值适用于注浆强度等级为 M30,且为初步设计时选用,施工时应通过试验检验。

附录 M 洞室调查表

M.0.1 洞室调查应符合表 M.0.1 的要求:

表 M.0.1 洞室调查表

[illegible]

調査人:

时间： 年 月 日

附录 N 洞室地基稳定性验算

N.0.1 地下工程覆岩稳定性应按下式计算(图 N.0.1):

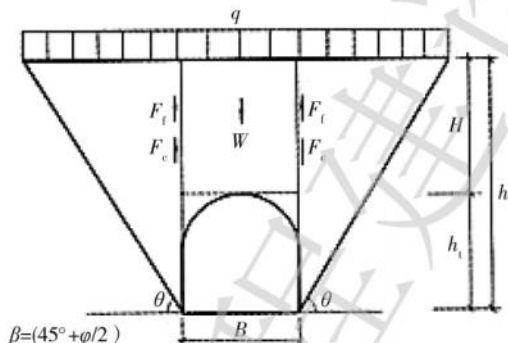


图 N.0.1 地下工程覆岩稳定性验算简图

$$F_s = \frac{2(F_t + F_c)}{W} \quad (\text{N.0.1})$$

$$W = (\gamma BH + qB_1)t \quad (\text{N.0.2})$$

$$F_t = \frac{1}{2} \gamma h^2 \tan^2(45^\circ - \frac{\varphi_k}{2}) \cdot \tan \varphi_k \cdot t \quad (\text{N.0.3})$$

$$F_c = c(H - h_q)t \quad (\text{N.0.4})$$

$$h_q = 0.45 \times 2^{s-1} \times \omega \quad (\text{N.0.5})$$

$$\omega = 1 + i(B - 5) \quad (\text{N.0.6})$$

式中: H ——岩柱高度;

h_q ——洞顶岩石塌落高度;

s ——对应洞室工程围岩分级的阿拉伯数字,对 I、II、III、IV、V、VI级分别为 1、2、3、4、5、6;

ω ——洞室跨度影响系数;

B ——洞室跨度;

i ——围岩压力增减率, $B < \text{m}$ 时, $i = 0.2$; $B > \text{m}$ 时, $i = 0.1$;

F_s ——覆岩稳定系数；

γ ——岩体重度；

h ——基础底面至洞底的距离；

φ_k ——岩体内摩擦角标准值；

B_1 ——地面建筑地基反力在洞室毛洞跨度范围内的作用宽度；

t ——基础底面平行洞轴方向的长度。

N.0.2 地下工程覆岩稳定状态应根据相应稳定系数按表 N.0.2 划分。

表 N.0.2 稳定状态划分

稳定系数 F_s	$F_s < 1.00$	$1.00 \leq F_s < 1.05$	$1.05 \leq F_s < F_{st}$	$F_s \geq F_{st}$
稳定状态	不稳定	欠稳定	基本稳定	稳定

注： F_s 为稳定安全系数。

N.0.3 地下工程覆岩稳定安全系数 F_{st} 对一级应为 1.25，对二级应为 1.20，对三级应为 1.15。

附录 P 地下工程洞室围岩稳定性评价及 围岩压力计算

P. 0.1 围岩稳定性评价可采用下列弹性理论方法：

对 I ~ III 级围岩洞顶厚度大于或等于 2 倍压力拱高度或 IV - VI 级围岩洞顶厚度大于或等于 2.5 倍压力拱高度的圆形、椭圆形或矩形洞室，洞室围岩切向应力 σ_θ 按 P. 0.1-1 式计算：

$$\sigma_\theta = \alpha \sigma_h + \beta \sigma_v \quad (\text{P. 0.1-1})$$

$$\sigma_v = \gamma H \quad (\text{P. 0.1-2})$$

$$\sigma_h = \frac{\nu}{1-\nu} \sigma_v \quad (\text{P. 0.1-3})$$

式中： σ_v ——洞室围岩初始垂直应力，kPa；

α 、 β ——应力集中系数，实测或查表 P. 0.1；

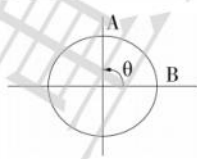
σ_v 、 σ_h ——分别为围岩初始垂直应力、初始水平应力，kPa；

γ ——岩体重度，kN/m³；

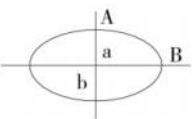
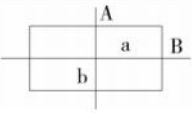
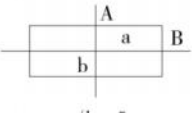
ν ——岩体泊松比；

H ——洞室埋深，m。

表 P. 0.1 各种洞形 α 、 β 值

图形	断面	应力集中系数		
		点号及角度	α	β
圆形		A 点, $\theta = 90^\circ$	3	-1
		B 点, $\theta = 0^\circ$	-1	3

续表 P. 0. 1

图形	断面	应力集中系数		
		点号及角度	α	β
椭圆形		A 点, $\theta=90^\circ$	$2 \frac{b}{a} + 1$	-1
		B 点, $\theta=0^\circ$	-1	$2 \frac{b}{a} + 1$
矩形	 $a/b=3.2$	A 点, $\theta=90^\circ$	1.4	-1
		B 点, $\theta=0^\circ$	-0.8	2.2
	 $a/b=5$	A 点, $\theta=90^\circ$	1.2	-0.95
		B 点, $\theta=0^\circ$	-0.8	2.4

当围岩切向应力为拉应力且满足下式时,可认为围岩稳定,不考虑围岩压力。

$$|\sigma_\theta| \leq \frac{f'_l}{K_l} \quad (\text{P. 0. 1-4})$$

式中: σ_θ ——洞室围岩切向应力, kPa;

f'_l ——天然湿度条件下岩体抗拉强度标准值, kPa;

K_l ——围岩抗拉安全系数,对岩质洞室,一级取 3.3,二级取 3.0,三级取 2.7;对土质洞室,一级取 2.2,二级取 2.0,三级取 1.8。

当围岩切向应力为压应力且满足下式时,可认为围岩稳定,不考虑围岩压力。

$$\frac{\sigma_\theta - \sigma_r}{\sigma_\theta + \sigma_r + 2c_m \cdot \cot \varphi_m} \leq \sin \varphi_m \quad (\text{P. 0. 1-5})$$

$$c_m = \frac{c}{K_s} \quad (\text{P. 0. 1-6})$$

$$\varphi_m = \frac{\varphi}{K_s} \quad (\text{P. 0. 1-7})$$

式中: σ_r ——洞室围岩径向应力, kPa; 无支护时, $\sigma_r = 0$;

c ——围岩岩体粘聚力, kPa;

φ ——围岩岩体内摩擦角, °;

K_s ——围岩抗剪安全系数, 对岩质洞室, 一级取 1.35, 二级取 1.30, 三级取 1.25; 对土质洞室, 一级取 1.25, 二级取 1.20, 三级取 1.15。

P. 0. 2 对于高跨比小于 1.7、深埋、围岩不产生显著偏压力及膨胀性压力且采用矿山法施工的洞室, 围岩压力可按下列经验方法确定:

1 围岩垂直均布压力按 P. 0. 2-1 式计算:

$$P_v = 0.45 \times 2^{i-1} \gamma \omega \quad (\text{P. 0. 2-1})$$

$$\omega = 1 + i(B - 5) \quad (\text{P. 0. 2-2})$$

式中: P_v ——围岩垂直均布压力, kPa;

S ——对应洞室工程围岩分级的阿拉伯数字, 按附录 N. 0.1 条确定;

γ ——围岩重度, kN/m³;

ω ——宽度影响系数, kN/m³;

B ——洞室跨度, m;

i ——以 $B=5\text{m}$ 的围岩垂直均布压力为准, B 每增减 1m 时的围岩压力增减率。

当 $B < 5$ 时, 取 $i = 0.2$; $B = 5 \sim 15$ 时, 取 $i = 0.1$; $B > 15\text{m}$ 时, 取 $i \leq 0.1$ 。

2 围岩水平均布压力按表 P. 0. 2 确定。

表 P. 0. 2 围岩水平均布压力

围岩级别	I ~ II	III	IV	V	VI
水平均布压力 P_h	0	$< 0.15 P_v$	$(0.15 \sim 0.30) P_v$	$(0.3 \sim 0.5) P_v$	$(0.5 \sim 1.0) P_v$

附录 Q 水文地质参数测定方法

Q.0.1 水文地质参数可按表 Q.0.1 的方法测定。

表 Q.0.1 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	抽水试验、渗水试验、注水试验、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、越流因素	多孔抽水试验(稳定流或非稳定流)
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
透水率	压水试验

Q.0.2 连通试验测定可按表 Q.0.2 的方法选用。

表 Q.0.2 连通试验方法和工作要点

试验方法分类		目的	试验工作要点
水位 传递法	闸水试验	了解地下水系的连通情况及流域特征;实测地下水流向、流速;查明地下水与地表水的转化补排关系	利用天然通道或钻孔,进行闸水、放水、堵水或抽水、注水,观测上下游水位、水量、水色之变化,以判断其连通情况
	泄水试验		
	堵水试验		
	抽水试验		
指示 剂法	浮标法		根据地下水得流速、流态、流途长短不同,分别在上游投放谷糠、稻草、锯木屑、示踪剂等,观测其连通情况。需要定量评价时,试验时应测定投放点与接受点的地下水位及流量
	比色法		
	化学试剂示踪法		
	电学性质法		
	放射性同位素示踪法		

续表 Q. 0. 2

试验方法分类		目的	试验工作要点
气体 传递法	烟熏火焰 幕弹法	了解与地下水有密切 联系得地下水位以上 的溶洞的连通情况	在与地下水有联系的无水溶洞或裂隙 内放烟,利用人工鼓风或自然通风,使 烟扩散,了解溶洞的贯通情况,判断地 下水系的连通情况

Q. 0. 3 抽水试验方法可按表 Q. 0. 3 选用。

表 Q. 0. 3 抽水试验方法和应用范围

试验方法	应用范围
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系数
带观测孔抽水	较准确测定含水层的各种参数

Q. 0. 4 孔隙水压力可按表 Q. 0. 4 的方法测定。

表 Q. 0. 4 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 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	各种土层	孔压通过透水石传导至膜片,引 起挠度变化,诱发电阻片(或钢 弦)变化,用接收仪测定
	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

附录 R 抽水试验技术要求

R.0.1 稳定流抽水试验应符合下列要求：

- 1 抽水试验前应对抽水孔及观测孔进行静止水位观测；
- 2 稳定流抽水试验应作三次水位降深，最大降深应接近工程设计所需的地下水降深高程，每次降深稳定的延长时间分别为16、8、4小时。简易抽水试验可简化为1~2次。当出现下列情况时，可只作一次降深：

- 1) 涌水量小于 $0.01\text{L/s} \cdot \text{m}$ ；
- 2) 钻孔涌水量大，水位降深小于1m。

- 3 水位降深顺序，基岩含水层宜先大后小(反向抽水)，松散含水层宜先小后大(正向抽水)，逐次进行；

- 4 在稳定延续时间内，渗水量和动水位与时间的关系曲线在一定的范围内波动，应没有持续的上升或下降。但水位降深小于10m时，水位波动值应不超过5cm，不应超过平均水位降深值的1%，渗水量波动值不应超过平均流量的3%；

- 5 观测频率及精度的要求：水位观测时间在开始抽水后第3、5、10、30、45、60、90分钟进行观测，以后每30分钟观测一次，稳定后可延至1小时1次。水位量测应采用同一方法和仪器，读数对抽水孔准确到厘米，对观测孔精确到毫米。涌水量观测应与水位观测同步进行，当采用堰箱或孔板计量时，读数精确到毫米；

- 6 停泵后立即进行恢复水位观测，观测时间间隔与抽水试验要求基本相同，当连续3小时水位不变或水位单向变化，4小时水位变化不超过1厘米时，即可停止观测。

R.0.2 非稳定流抽水试验应符合下列要求：

- 1 宜作一次水位降深抽水。抽水水量应保持常量，最大变

幅不大于平均流量的 3%；

2 抽水延续时间以最远观测孔水位下降与时间关系($s \sim \lg t$)曲线确定。当 $s \sim \lg t$ 曲线至拐点后出现平缓段,并可推出最大水位降深时,抽水可结束(在承压含水层中抽水,采用 $s \sim \lg t$ 曲线,在潜水含水层中抽水采用 $\Delta h_2 \sim \lg t$ 曲线, Δh_2 为潜水含水层在自然情况下的厚度 H 与抽水时的厚度 h 的平方差,即 $\Delta h_2 = H^2 - h^2$)；

3 观测频率及精度要求:水位宜按第 1、2、3、4、5、6、7、8、10、12、15、20、30、50、70、100、120 分钟进行观测,以后每隔 30 分钟观测一次,其余项目可参照稳定流抽水试验要求进行；

4 抽水孔与观测孔必须同步观测；

5 抽水试验结束后,必须观测恢复水位,观测频率与抽水一致,水位恢复到接近抽水前的静止水位。

R.0.3 试验期间,对原始资料应及时整理。抽水试验结束后,单孔抽水试验应提交抽水试验综合图表,包括:水位及流量随时间的过程($Q=f(t)$ 、 $S=f(t)$)曲线、恢复水位与时间关系曲线、抽水试验成果、水质化验结果、水文地质参数计算结果、施工柱状图等)。多孔抽水试验尚应提交抽水试验地下水降落漏斗平面图。

R.0.4 当利用抽水试验资料根据稳定流理论公式求取含水层渗透系数时,应根据含水层的水动力条件、抽水井的类型合理的选择计算模型。除计算渗透系数外,尚应确定水位降深与流量的关系。

R.0.5 利用多孔抽水试验资料根据非稳定流理论公式求取含水层水文地质参数,可采用双对数曲线法、直线法等分别求取含水层的水文地质参数,对各向异性的含水层,应取不同方向上参数的平均值。

R.0.6 抽水试验结束前,应采集地下水样进行与工程建设有关指标的检测。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《工程勘察通用规范》GB 50017
- 2 《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002
- 3 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 4 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330
- 5 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 6 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 7 《工程岩体分级标准》GB 50218
- 8 《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153
- 9 《煤矿采空区岩土工程勘察规范》GB 51044
- 10 《土工试验方法标准》GB/T 50123
- 11 《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266
- 12 《油气田及管道岩土工程勘察标准》GB/T 50568
- 13 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 14 《高层建筑岩土工程勘察标准》JGJ/72
- 15 《公路工程地质勘察规范》JTG C20
- 16 《公路路基设计规范》JTG D30
- 17 《公路隧道抗震设计规范》JTG 2232
- 18 《市政工程勘察规范》CJJ 56
- 19 《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166
- 20 《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476
- 21 《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87
- 22 《建筑地基基础设计规范》DBJ 50-047
- 23 《地质灾害防治工程勘查规范》DB50 143
- 24 《贵州省建筑岩土工程技术规范》DBJ52/T 046

- 25 《建设工程水文地质勘察标准》DBJ50/T-327
- 26 《工程勘察信息模型设计标准》DBJ50/T-284-建
- 27 《工程设计资质标准》建市〔2007〕86 号
- 28 《工程设计资质标准》(2021 版)
- 29 《房屋建筑和市政基础设施工程勘察文件编制深度规定
(2020 年版)》

重庆市工程建设标准

工程勘察标准

DBJ50/T-043-2024

条文说明

2024 重 庆

重庆工程建设

目 次

1	总则	177
3	基本规定	178
4	岩土分类与鉴别	181
4.1	岩石的分类	181
4.2	土的分类	181
4.3	岩土的描述与鉴别	182
5	工程地质勘探方法	183
5.1	一般规定	183
5.2	工程地质测绘和调查	183
5.3	勘探与取样	184
5.4	试验与测试	187
6	房屋建筑与市政工程	189
6.1	房屋建筑	189
6.2	城市道路	191
6.3	城市桥涵	193
6.4	城市隧道	193
6.5	城市堤岸	194
6.6	城市管道	197
6.7	架空索道	198
6.8	城市固体废弃物填埋场	201
7	建筑边坡与基坑	202
7.1	一般规定	202
7.2	勘察	203
7.3	岩土参数	204
7.4	边坡稳定性	205

8	不良地质作用	207
8.1	一般规定	207
8.2	岩溶	208
8.3	滑坡	209
8.4	危岩和崩塌	210
8.5	塌岸	210
8.6	采空区	211
9	特殊地基	215
9.1	一般规定	215
9.2	块碎岩地基	215
9.3	人工洞室地基	216
9.4	红黏土地基	217
9.5	填土地基	219
10	水文地质	222
10.1	一般规定	222
10.2	勘察	223
10.3	水文地质测试	225
10.4	地下水作用评价	228
11	岩土参数统计与取值	231
11.1	一般规定	231
11.2	岩土参数统计与分析	232
11.3	岩土体物理力学性质指标	237
11.4	地基极限承载力	238
12	工程地质分析评价与成果报告	241
12.1	一般规定	241
12.2	场地及地基稳定性与建筑适宜性评价	242
12.3	地震效应评价	242
12.4	地基评价及基础方案建议	243
12.5	相邻建(构)筑物影响评价	244
12.6	成果报告	245

1 总 则

1.0.2 重庆地处山区,地质条件复杂,是我国地质灾害多发区之一。经过多年的实践,在岩质地基勘察、填土地基勘察、边坡工程勘察、人工洞室地基勘察以及不良地质作用勘察等方面积累了较为丰富的经验,本标准反映了重庆地区的具体情况,具有鲜明的山地特点。

1.0.3 工程勘察应在了解工程特点、设计要求以及拟建工程对工程勘察的要求之后,按不同勘察阶段的深度要求进行。

1.0.4 执行本标准时,本标准未涉及的工程勘察内容应符合国家、行业和重庆市现行有关标准的规定。

3 基本规定

3.0.4 勘察纲要作为整个勘察过程的指导性文件,是十分重要的。本标准明确了勘察纲要编制内容。

3.0.6 勘察纲要的变更需要原审批人签字确认。

3.0.8 建筑物安全等级划分主要依据住建部《工程设计资质标准》建市〔2007〕86号文件中的大型工程划分依据确定,民用建筑仍按30层以上划段,对于地形高差大,吊层的建筑应按最低地面的层数起算,便于勘察人员对照使用。总建筑面积大于 $3 \times 10^4 \text{ m}^2$ 的小区修改为 $3 \times 10^5 \text{ m}^2$ 。高度大于30m的岩质边坡、高度大于25m岩土混合边坡、高度大于15m土质边坡、深度大于15m的岩质基坑、深度大于12m的岩土混合基坑及深度大于8m的土质基坑的工程安全等级均定为一级。

3.0.11 本条第1款所指的大型项目主要为跨江桥梁、隧道、大型场馆、超高层建筑、长线性工程、大型厂矿等。

3.0.12 第1款,各勘察阶段的勘察工作完成后,出现设计方案发生较大的变化勘察文件不能满足设计要求或施工要求时,应及时进行补充勘察;

第2款,施工前遇地形条件、地下水位、土体含水率(软弱土层范围变大)等发生较大变化,或施工周期较长,在施工期间遇地下水 and 周边环境发生较大的变化,原勘察资料不能反映地质条件变化,影响设计与施工时,应进行补充勘察;

第3款,岩土材料是漫长历史时期复杂地质作用的产物,具有不均匀性和各向异性的特点。勘察工作按点、线间距控制勘察精度,勘察揭示的是点状地质信息,地质条件复杂时钻孔之间可能出现较大的异常情况(如岩性或厚度突变、结构面产状和性状

变化、风化异常、地下水变化、古河道、暗浜等),超出详勘报告分析推测范围。当地质异常对工程结构及工程施工产生较大影响时,应在施工中进行补充勘察;

第4款,勘察中发现的溶洞、土洞、软弱夹层或破碎带、孤石、差异风化等,其分布往往具有随机性,详细勘察阶段时难以准确查明。为了满足设计与施工需要,需进行施工勘察,进一步查明场地地质环境条件、持力层地层特征和力学性状。

3.0.14 本条明确了工程地质测绘的比例尺和精度要求。为了达到工程地质测绘的精度,要求测绘填图必须采用现状地形图,且填图比例尺要比成图比例尺大;在同一张工程地质图上,比例尺应一致。对于有重要影响的地质单元体,采用扩大比例尺应能完整、清晰地反映地质单元体的分布范围、规模、形态、构成要素、组合等特征,宜为1:200~1:500。一般来说,对同一阶段,场地工程可选较大比例,而线性工程可选小值,对于城市隧道工程等市政工程测绘比例尺还应满足第6章的相关规定。

3.0.15 本条为取样数量的基本要求,各章节针对具体的勘察对象有详细要求。

3.0.17 探现场应进行危险源识别,危险源是指可能造成人员伤害、疾病、财产损失、破坏环境等其他损失的根源或状态,包括动物、植物、微生物伤害源,流行传染病种、疫情传染病,自然环境(地下管线、地下工程、架空线路及周边地表环境等)、居民、交通等生产过程中可能存在的不安全生产因素。钻孔、探井、探槽和探洞的回填应符合《建筑工程地质勘探与取样技术规程》(JGJ/T87)等相关规定,防护装置应确保无安全隐患。

3.0.18 勘察现场作业应做好环境保护,钻探、压水、注水等外业施工严禁使用污染水,妥善处理泥浆、油污、塑料、电池及其它废弃物。

3.0.19 勘察前应对勘探作业人员进行技术、环境保护、职业健康和安全教育,现场交底工作应由项目负责人完成。

3.0.20 重庆地区地形起伏大,隐伏岩土界面变化大且常有陡坎,按规范间距布置钻孔也不能完全准确的反映场地地质情况。因此,需加强施工验槽进一步核实岩土性状、确定基岩面起算点、中等风化基岩起算点等隐蔽验收工程需确定的问题。隧道项目钻孔间距大,施工验槽还应结合超前地质预报成果综合分析判定。

4 岩土分类与鉴别

4.1 岩石的分类

4.1.1 本条采用岩石饱和单轴抗压强度值作为岩石的坚硬程度分类标准,与国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和国家标准《工程岩体分级标准》GB 50218 一致。通常采用岩石饱和单轴抗压强度平均值进行场地内地质单元或统计单元的岩石坚硬程度划分,对黏土质、膨胀性岩石可采用岩石天然单轴抗压强度平均值进行划分。当岩体为破碎、极破碎时,可不进行坚硬程度划分。

4.1.2 《工程岩体分级标准》GB 50218 采用五分法,即分为:全风化、强风化、中等风化、微风化和未风化;《岩土工程勘察规范》GB 50021 采用六分法,即分为:残积土、全风化、强风化、中等风化、微风化和未风化。重庆地区以沉积岩为主,全风化层难以与残积土区分,视为土层,故未列入岩石风化程度分类中。本标准对岩石风化程度分类采用四分法,适合重庆地区岩石风化特征。

4.1.5 本条中所指裂隙主要包括构造裂隙、卸荷裂隙和层面裂隙,一般不包括风化裂隙;裂隙间距应包括纵向间距和横向间距。

4.1.6 本规范将岩体完整程度划分为完整、较完整、较破碎、破碎和极破碎五级,与《岩土工程勘察规范》GB 50021 一致。

岩体完整程度根据裂隙发育程度、岩体结构类型、岩体完整性系数和岩石质量指标综合判定。

4.2 土的分类

4.2.1 由于土体成因与其物理力学特征关系密切,对工程影响

大,在勘察中根据当地地质环境进行地质成因划分。

4.2.3 与《岩土工程勘察规范》GB 50021 保持一致,表中 $N_{63.5}$ 按《岩土工程勘察规范》GB 50021 修正。

4.2.4 与《岩土工程勘察规范》GB 50021 保持一致,表中 N_{120} 按《岩土工程勘察规范》GB 50021 修正。

4.2.14 随意倾倒、堆放填筑的土应定名为抛填土;由水力冲填泥砂形成的填土应定名为冲填土;按一定标准压实或夯实的填土定名为压实填土。由碎石土、砂土、粉土、黏性土等组成的填土应定名为素填土;含有大量建筑垃圾、工业废料、生活垃圾等杂物的填土应定名为杂填土。

4.3 岩土的描述与鉴别

4.3.6 土、石的工程分级采用了《公路工程地质勘察规范》JTG20 土、石的工程分级标准。

5 工程地质勘探方法

5.1 一般规定

5.1.1 任何单一的方法,往往都难以查明场地的工程地质条件和水文地质条件,采用多种方法获取基础资料,能有效增加数据的可靠性,从而达到查明场地地质环境条件和工程地质条件的目的。另外,由于工程建设的不同设计阶段,所需要的资料精度和丰富程度不一样,不同的场地,适用的方法也不同,因此,方法的选择要综合考虑设计阶段和场地特点。鼓励采用可以有效提高工作效率或增加数据采取和分析精度的新方法、新工艺,以促进工程勘察信息化发展。

5.1.2 本条明确了将触探、工程物探等只能间接获取地层信息的方法作为勘探手段时,不能单独使用,需与钻探等其它可直接获取或判读地层信息的勘探方法配合使用,进行验证。

5.1.3 本条明确了原位测试和室内试验项目、方法的确定原则,及测试成果的使用原则。

5.1.4 本条明确室内岩土试验的有关规定。原则上试验应采用标准件,确因无法采取到标准件时,可采用非标准件进行试验,但应进行试验设计。

5.2 工程地质测绘和调查

5.2.1 本条明确了测绘和调查的基本要素,实际上,由于工程差异的问题,评价时所需条件可能存在较大不同,应根据设计条件、工程性质需要选择调查内容,如有地下工程地质环境保护评价需

求的项目增加保护对象的类型、特征、重要性,及工作区内人口、产业、资源开发、土地利用情况的调查。

5.2.2 工程地质测绘时地质观测点密度在相应比例尺图面上每 $10\text{cm}\times 10\text{cm}$ 内的地质观测点数量宜不少于2个~5个,对于基岩裸露,填土大面积覆盖,界线分布规律平直稳定等地质条件简单地区可采用低值;对岩溶发育、破碎岩体不连续分布、地层分层多,各种界线走向变化大等地质条件复杂地区应采用高值。对于不良地质作用的观测点数量应适当增加。

5.2.3 本条主要明确在一些重要的部位应有观测点控制,且重要界线要进行追索,多次穿越进行控制,以保证填图精度。

5.2.4 对重要地质观测点的定位是准确分析评价的基础,加上近年来采用全球定位系统实时动态测量(RTK)技术的便携化GNSS接收机等测量设备在定位测量中的广泛使用,对这些重要地质要素采用较高精度的仪器法进行测量是必要的。对于沿途观察点、岩性确认点等一般观察点也可采用地质罗盘等半仪器法定位。对不良地质作用、地下水露头、软弱夹层等特殊地质观测点的记录可辅以清晰的照片或地质素描。

5.2.5 对勘察面积大(大于 1km^2)、线性工程较长(大于 5km)且涉及多个地质单元,或人员难以到达时,可采用航空摄影、遥感技术进行辅助勘探。遥感影像资料解译应进行现场地质检验。

5.3 勘探与取样

5.3.1 本条给出了不同岩土类别和勘察要求适用的钻探方法。

5.3.2 由于常规单管回旋钻进工艺在滑带、破碎带、软弱夹层等性状较差的部位往往采芯困难,并且对岩心的扰动较大,甚至形成新的假象滑面等情况。而这些部位,往往对稳定性评价影响很大,因此,对滑带、破碎带、软弱夹层等重要部位,采用单动双管的连续取芯工艺很有必要。

5.3.3 由于重庆的江河水位常常变化较大,基于安全和质量控制的需求,对在水面浮动的操作平台做出基本要求。

5.3.4 根据项目情况及钻探实施条件,鼓励在地层条件复杂、成孔质量要求高的钻孔采用一些新的钻探设备,在钻进时可实时同步采取传输孔内的一些钻进参数,并可及时进行数据分析及决策。如在钻探过程中随钻测井、录井等数据实时采取,对孔深、孔径、孔斜、钻头钻压、机械钻速、钻时(每米钻时、瞬时钻时)等数据实时获取,并由数据分析系统软件进行分析、对比、处理,分析结果最后到达决策应用层面,通过远程在线诊断系统解决现场发生的问题,及时指导钻探调整,钻进参数对后期资料整理分析也有较大的参考价值。

5.3.5 重庆属于山水城市,在江河湖塘里施工情况较常见,特别是在江河里施工时,若以钻探船或浮动平台的操作面定位钻孔,会因水位变化太快而出现孔深、分层标高错误。因此,施工期间,每天(水位变化太快时甚至每回次)应以参考基点(一般是套管下到稳定地层后作参考标记)进行校准钻孔的定位。

5.3.6 本条明确了钻孔口径设计的原则性要求。在钻孔口径设计时,应根据地层岩性、岩石强度、岩体完整性、钻进深度、岩芯采取率、取样要求等影响因素综合确定。针对覆盖层,强风化层,极软岩,较破碎、破碎和极破碎岩体,薄层理发育或软硬相间岩层等采取率往往不高,取样时易扰动等情况,对钻孔口径作了更高的要求。

5.3.8 本条针对不同地层的钻探难易程度及满足基本地层鉴别、取样等需求等做出了最低采取率要求。对于采芯困难的地层、勘探任务书有特别要求或满足取样等其它需求时,根据经验,可采用扩大钻孔口径、控制回次进尺、控制转速和水量、植物胶护壁或泥浆护壁、或者采用双层岩芯管连续取芯等措施来提高岩芯采取率。

5.3.9 本条对钻探记录及地质编录作出了明确规定。现场钻探

的记录和编录是勘察工作的一项重要成果,是编写勘察报告的基础资料之一,及时准确的填写和编录是获取正确数据的基本保证,若不能及时完成,有些现象就可能消失而无法观察到了。编录由工程技术人员或经过专业培训的描述员承担,司钻员和描述员在钻探记录上签字,并由勘察项目负责人签字验收。

5.3.12 本条第1款,重庆广泛分布的河、湖相沉积岩石,其岩性相变大,同时,受岩层结构、地质构造、岩体风化和含水状态等因素的影响,岩石的力学特性具有极不均匀的特点。勘察时,同一场地可能跨越不同的地质单元,若按一个场地进行统计,则会出现试验参数变异较大的情况,因此,在这里强调,取样数量按地质单元进行保证。取样时,为减少人为因素干扰,推荐取样时选取中短柱状岩芯或强度稍低的岩芯作为该地质单元的代表性岩样。

本条第2款,主要是为保证后期试验室制作标准试件需要,不管是圆的芯样还是方的试块尺寸,岩石毛样都是为了保证后期能加工成直径50mm的标准试件。最小芯样单节长度是为了保证一节样品至少能加工出一块试件。钻孔口径大小对岩芯采取率影响较大,而采取率对样品选择、样品质量影响也很大。对于极软岩、较破碎岩体、薄层理发育或软硬相间岩层,钻孔口径的影响更明显,本条规定样品的直径不小于110mm,对保证岩样的质量是必要的。岩样的测试项目包括物理性质、单轴抗压强度、单轴压缩变形、抗拉强度等,不同测试项目对毛样规格(直径、长度、节数)是不同的,岩样规格和数量应满足测试项目要求。而对取样总长的需求,不是简单的将单节长度要求 $\times$ 试块数量。一般情况下,物性指标,可以采用其它力学试验的样品测试,不需要独立样品。单轴抗压、单轴压缩,三轴压缩(一个状态一组需要3块)等试验标准件的试件高度为2倍直径,即100mm。抗拉强度(一个状态一组需要3块)为不小于0.5倍直径,即25mm。直剪试验(一个状态一组需要5块)需要加工成50mm的方样或直径50mm的圆样,高径比为1倍。因此,对较长的岩芯,能加工出的

试块数量,按长度除以标准件试件高度取整计算(总预留 50mm 加工损耗),每一个指标需要的件数,应满足《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的要求。若委托任务对执行规范或对试样有特殊要求的,从其要求。

本条第 3 款,因层理发育或软硬相间等岩层自身因素,在采取提高岩芯采取率措施后芯样长度仍不满足单轴抗压强度测试标准试件尺寸要求时,可利用非标准试件进行单轴抗压强度测试。非标准试件的芯样直径不宜小于 91mm、高径比不宜小于 1:1,试件制作应满足相关试验规定。

5.4 试验与测试

5.4.1 土的腐蚀性测试常常被忽视,本条明确了大部分场地的勘察应做土腐蚀性测试,对于无明显污染源或有邻近工程经验的场地,可依据地区经验或工程类比进行土的腐蚀性评价。

5.4.2 本条明确了岩石试件的制作要求。

岩石抗压强度试件采用 $\phi 50\text{mm} \times 100\text{mm}$ 的标准试件,当芯样无法制作标准试件时,根据岩性情况,可采用非标准试件,但高径比不宜小于 1:1。当高径比小于 2:1 时,非标准试件的强度值可按式(5.4.2)进行修正。

$$f_r = \frac{8f}{7 + 2 \frac{D}{H}} \quad (5.4.2)$$

式中: f_r ——高径比为 2:1 的强度值,MPa;

f ——非标准试件的强度值,MPa;

D ——非标准试件的直径,mm;

H ——非标准试件的高度,mm。

5.4.3 本条主要规定了各试验的基本方法。钻孔中声波测试是定量评价岩体完整性和判别岩体风化的主要测试手段。广泛应

用于隧道围岩分级、边坡岩体类型的划分、岩质地基地基条件系数的确定、软弱夹层划分等工程实践中。当钻孔有水时,宜采用孔内波速激振法进行声波测试;当受裂隙、溶洞、岩体破碎等因素影响导致钻孔无水时,可在封闭试段内注水后采用孔内波速激振法进行测试。

5.4.6 本条规定了圆锥动力触探的适用条件,重庆地区大量存在的填土中,若成分以黏性土为主时,也可采用轻型触探,但因轻型触探能量小,一般仅适用于厚度较小的土体。

6 房屋建筑与市政工程

6.1 房屋建筑

6.1.5 勘探点深度原则上以进入预计持力层作为深度起算点,但考虑到初勘阶段部分项目拟建内容尚未确定,故增加了以进入稳定岩土层为深度起算点内容。

6.1.10 在同一勘察项目中,各个建(构)筑物安全等级不同、场地工程地质条件复杂程度不同的现象非常普遍,由此带来的勘察等级也应不同,如果均按照同一勘察等级的要求进行勘察是不合理的。故本条规定,在一个勘察项目中存在不同勘察等级时,可根据各子项的勘察等级布置勘探工作,勘察项目的勘察等级应按勘察任务所覆盖的各子项中的最高等级确定。

6.1.11 按主要柱列线或建筑物轮廓线及角点布置勘探点,是目前我市各单位进行勘探点布置的基本方法,也是更适应我市山地建筑实际的方法,适宜于各类安全等级的建构筑物。对于三级建筑物,当地形较平坦时可按建筑物或建筑群的范围布置勘探点,可不按照主要柱列线或建筑物的周边线布置勘探点,但每个单体建筑宜有勘探点控制。

6.1.13 强调直接详勘的勘察工作布置除应满足详细勘察要求外,尚应满足初步勘察要求。控制性勘探点数量由原来的 $1/4 \sim 1/3$ 改为 $1/3$,与《工程勘察通用规范》GB 50017-2021 和《岩土工程勘察规范》GB 50021-2001(2009 年版)保持一致。

6.1.17 本条单独对土质地基试样采取及原位测试工作进行说明,依据《岩土工程勘察规范》GB 50021 和《工程勘察通用规范》GB 50017 进行了完善。

6.1.18 1 对于岩体的完整性为完整、较完整和较破碎的岩质地基,勘察等级为甲级时的取岩样勘探点比例为 1/3,乙级时比例为 1/4。勘察等级为丙级时,除适当取样试验外,可通过野外鉴别的方法根据表 11.4.1 提供岩质地基承载力经验值。取样勘探点比例未考虑原位测试数量,只考虑钻孔数量;

2 对浅基础,条形基础的主要受力层是基础底面宽度的 3 倍,独立基础是 1.5 倍;一般而言,附加应力在受力层的浅部最大,现行规范、标准目前尚无取样位置的相关规定,本次规定取样范围不大于基础底面以下 3m。对桩基础,根据嵌岩桩设计原理,嵌岩段的总极限阻力包括嵌岩段侧阻力和端阻力,理应在嵌岩段中部至桩端以下一定范围内取样;为判定桩基岩体的水平承载力和为抗力系数 K 值提供依据,应加强嵌固段的取样;

3 点载荷强度试验是一种间接获取岩石单轴抗压强度的方法,适用于取样困难、难以获取岩石单轴抗压强度试样的较破碎岩体,不适用于砾岩和岩石单轴抗压强度不大于 5MPa 的极软岩根据《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266,点载荷岩芯试件数量每组宜为 5 个~10 个,方块和不规则块体试件数量每组宜为 15 个~20 个。岩石点载荷强度指数 $IS(50)$ 按下式换算为岩石单轴抗压强度 R_c (单位 MPa)。

$$R_c = 22.82 I_{s(50)}^{0.75}$$

6.1.19 本条明确规定了勘察等级为甲级的场地应进行声波测试,定量判定岩体的完整性。对勘察等级为乙级、丙级的场地,可按本标准 4.1.6 条定性判定岩体完整性。

6.1.20 对破碎、极破碎岩体,其力学性能与完整、较完整和较破碎岩体有很大的不同,不能通过单轴抗压强度确定地基承载力,宜视为土质地基。当建筑物安全等级为一级时应通过现场载荷试验确定地基承载力。

对完整、较完整、较破碎岩体,通常采用单轴抗压强度确定地基承载力。众所周知,采用载荷试验确定的地基承载力远高于以

单轴抗压强度确定的地基承载力,通过大量的现场载荷试验资料统计表明,以载荷试验确定的极限承载力绝大多数比以单轴抗压强度值确定的极限承载力高出 1.5 倍以上。尤其是,对软岩、极软岩和层面倾角大于 30° 的薄层岩体,采用载荷试验确定地基承载力比以单轴抗压强度值确定的极限承载力高出更多,常常可达 2~3 倍以上。因此,从经济性考虑,采用现场载荷试验确定地基承载力是值得鼓励的。岩基载荷试验点应根据场地岩石单轴抗压强度试验划分的统计单元确定,每一统计单元的试验点数量应符合本条第 2 款的要求,且每一统计单元内的试验点应布置于岩石单轴抗压强度相对较低处。

地基载荷试验宜在勘察阶段实施。由于山地地形起伏较大,勘察期间进行地基载荷试验难度大,当勘察期试验条件不具备时,地基载荷试验可在场地平整之后、基础施工之前实施。

6.1.21 由于我市的山地特征,各类建筑工程往往需要进行整平,需按照整平后的场地进行场地的地震效应评价。对于勘察期间或工程竣工后覆盖层厚度小于 3m 的场地,也可根据本地区经验估算覆盖层剪切波速。对勘察后因场地整平而导致覆盖层厚度大于 3m 的,勘察报告可按经验进行预估、评价,但应建议在场地整平后进行实测覆盖层剪切波速以校核场地的地震效应评价。

6.2 城市道路

6.2.3 本条依据《公路工程地质勘察规范》JTGC20 的相关规定,结合重庆地区的地形、地貌、地质条件和道路特征,将道路路基类型划分为高路堤、陡坡路堤、深路堑和一般路基四类。

6.2.10 详细勘察应在确定的道路设计方案,设计对勘察的技术要求的基础上进行。

6.2.17 为满足初步设计的需要而开展的工程勘察工作为初步勘察。“初步查明”是指与建设项目初步设计相适应的勘察工作

深度,提供的工程勘察报告须满足工程方案论证、比选和初步设计文件编制的需要。初步勘察阶段应对场地稳定性及建筑适宜性进行评价、对路基处理措施提出建议和对拟线路调整提出意见。由于不良地质作用一般对拟建线路影响大,初步勘察应查明不良地质体特征,评价其稳定性及危害性,提出防治措施建议。

6.2.18 详细勘察阶段除应进行水、土腐蚀性评价及地震效应评价外,尚应进行边坡稳定性详细评价、路基土干湿类型评价和岩土可挖性评价,并针对路桥接驳过渡段的桥台与路堤的变形差异特征提出接驳沉降协调控制的地基处理建议。

道路工程属于线状工程,涉及的地形地貌单元较多,岩土性质变化较大,应根据工程需要并结合工程地质条件进行分段或分区评价,包括分段或分区提供岩土的物理力学参数、建议不同的地基处理和边坡支护措施等。

路基干湿类型的划分是为涉水地段道路路基评价所需,路基干湿类型的划分应查明沿线各区段土基湿度状况,土基湿度是影响道路强度和稳定性的重要因素,是划分路基干湿类型的依据。路基干湿类型划分应按《公路路基设计规范》JTG D30 的有关规定执行。

路桥接驳过渡段指路基与桥台接触段,因桥台采用桩基或基础置于密实的土层或岩石中,沉降量相对小;接驳过渡段路基填土较厚,沉降量相对较大;由于路与桥的差异沉降过大,导致车辆行使时发生跳车现象。因此勘察时需提出采取地基处理的建议。

岩土可挖性分级采用《公路工程地质勘察规范》JTG20 土、石工程分级标准,但省略了施工阶段相关参数,因为勘察阶段划分可挖性等级时难以预计到施工阶段的参数。

6.2.19 重庆地区常见的特殊性岩土有填土、软土、红黏土和膨胀土。特殊性岩土对路基的稳定性、路基变形特别是工后沉降控制等影响很大,如果不重视特殊性岩土的性質,或建议采取的地基处理措施不当,易引发路面沉陷、路面翻浆、路基边坡的塌方等

病害。本条规定了道路涉及填土、软土、红黏土和膨胀土时勘察成果报告评价的基本要求。

6.3 城市桥涵

6.3.3 可行性研究勘察阶段的主要工作以资料收集、地质调查为主,但跨江特大桥或当桥址区地质条件复杂且缺乏资料时,宜在主桥墩或关键位置进行适当勘探工作。

6.3.5 当桥梁桩径不确定时,中小桥可按 2m 桩径估算,大桥按 3m 桩径估算,特大桥或跨江桥按 4m 估算。桥梁因其特殊性,初勘钻孔应尽量取样,同一地质单元内钻孔数小于 3 个时,应每孔取样。同时为查明岩体深度上的软硬变化,应分层分段进行取样测试。

6.3.7 遇断裂带、破碎带、软弱夹层、孤石、采空区等不良地质或地质条件复杂时,宜加密勘探点;当邻近地铁、地下室等重要建筑物时,宜在桩位确定后布置勘探点。

按常规的基坑控制的 $1.0H \sim 1.5H$ 的范围不足以反映锚索或锚杆区的锚固条件,特别是岸坡区覆盖层厚度大且基岩面起伏较大时,浅部锚固区的地质条件经常会出现异常,故控制锚索(或锚杆)全长范围的地质条件十分重要。

6.4 城市隧道

6.4.1 地下洞室及竖井等地下工程可参照本节执行。本节包含的竖井规模为直径不大于 10m 或边长不大于 6m 且深径比不小于 2.0。采用明挖法、盖挖法的地下工程可参照本标准第 7 章基坑工程执行。

6.4.4 压力拱高度可由下式确定:

$$h = 0.45 \times 2^{i-1} \omega \quad (6.4.4-1)$$

$$\omega = 1 + i(B-5) \quad (6.4.4-2)$$

式中: h ——压力拱高度, m; 压力拱高度 h 的起算点, 可选择隧道起拱线端点;

S ——围岩级别, 可按附录 J 确定;

ω ——宽度影响系数;

B ——隧道跨度, m;

i ——围岩压力增减率, 以 $B=5\text{m}$ 为准, 当 $B<5\text{m}$ 时, $i=0.2$, $B\geq 5\text{m}$ 时, $i=0.1$ 。

6.4.5 城区隧道线位受地下人防、隧道、建(构)筑物基础等影响大, 可研阶段应初步查明重要地下埋藏物对拟建隧道线路方案的影响。

6.4.6 对于穿越中梁山、铜锣山等类型的越岭深埋隧道的勘探点可按 $1000\text{m}\sim 1500\text{m}$ 布置于构造轴部、断层带或分水岭等重要部位。

6.4.14 小净距隧道应考虑两洞口仰坡勘探点的相互利用。洞口仰坡宜利用隧道纵剖面。洞口仰坡影响区域内存在建(构)筑物时, 尚须符合本标准第 7 章的相关规定。

6.4.20 地下洞室及竖井工程的围岩分级参照城市隧道工程。

6.5 城市堤岸

6.5.1 重庆市河流纵横, 湖泊、水库较多, 著名的河流有长江、嘉陵江及其支流乌江、大宁河、綦江、涪江等。重庆市江、河、湖堤防工程分布广, 数量大, 除主城区两江四岸均建有堤防工程外, 各区县城区均建有堤防工程。部分为历史遗留堤防扩建、改建而成, 部分则为改革开放以来陆续新建工程, 大部分新建堤防工程进行了勘察工作。以往在进行勘察时, 多使用国标《岩土工程勘察规范》, 这些规范在重庆市进行堤防勘察时起到过很好的指导作用, 但由于重庆市属于丘陵山区, 有其特殊性, 在使用这些规范时也

有其局限性,勘察内容、深度、成果提供、随意性较大,特别是对勘察工作的成果质量缺乏统一的技术标准。

近年来,重庆市主城区一些已建堤防工程出现了不同程度的开裂变形迹象,需要进行加固整治勘察,所以,本标准也包括了已建堤防工程的加固整治勘察内容。

6.5.2 本标准已规定城市市政工程勘察应取得的基础资料,对于城市江、河、水库堤岸勘察前尚应取得如拟建构造物性质、结构特点及可能采取的基础形式和埋置深度,以及城市堤岸高度、坡底高程、开挖线及堆坡线等。

6.5.3 堤岸工程处于水陆交互地带,往往一个工程跨越几个地貌单元;地层复杂,层位不稳定,常分布有软土、混合土、层状构造土等;由于地表水的冲刷和地下水动水压力的影响,不良地质作用发育,多滑坡、坍岸、潜蚀、管涌等现象;船舶停靠挤压力,波浪、潮汐冲击力,系缆力等均对岸坡稳定性产生不利影响。堤岸工程勘察任务就是要重点查明和评价这些问题,并提出治理措施的建议。

6.5.4 垂直堤岸走向的横剖面是验算堤岸稳定性的重要依据,沿堤岸支挡线的纵剖面是直观反应堤岸沿线工程地质及水文地质条件的重要依据,是选择支挡结构形式,确定基础持力层及基础形式的重要依据。因此,在勘察中应垂直岸坡走向和沿堤岸支挡线布置勘探线。并实测纵、横剖面地形。

6.5.7 本条是对于堤防工程勘察勘探点、线布置及勘探点深度的规定,是为了满足评价稳定性和计算地基变形的需要。由于重庆市多江、河、湖泊、水库地处山区,岸坡的地形地貌条件变化大,岩土层均匀性差,性质变化大,水文地质条件较复杂,不良地质作用较发育,工程地质条件较复杂。在进行工程勘察时需要更加重视,所以需要投入的勘察工作量较平原区堤岸勘察投入的勘察工作量要多,勘探点线间距需要适当加密。这也是长期工程勘察实践中的经验总结。

6.5.9 勘探点、线间距应根据场地工程地质条件的复杂程度和各类堤岸结构对地基土的要求与适应性的不同分别确定。勘察时,可根据实际情况和地区经验,在表中规定的勘探点、线间距范围内灵活选用;垂直堤岸代表性横断面勘探点间距,以能控制地层性质变化,满足滑动验算要求为原则。

6.5.13 本条指出水文地质试验的重要性。水文地质试验是堤防勘察的重要内容,应根据不同的水文地质条件确定采用钻孔抽水试验、钻孔注水试验、试坑注水试验、渗透变形(管涌)试验等不同的试验方法。水文地质试验的部位、数量应在勘察任务书中予以规定。在堤防工程勘察中,钻孔抽(注)水试验最为普遍,试验目的主要是求算土(岩)层的渗透系数。有时为测定地下水位以上土层(包括堤身)的渗透系数,则进行试坑注水试验。抽水试验应按《水利水电工程钻孔抽水试验规程(试行)》SLJ-81 进行。各种水文地质试验的部位、数量未作明确规定,应在勘察任务书中予以明确。一般勘探点都进行钻孔抽水试验,在地下水位以上的孔段,可进行钻孔注水试验。渗透变形试验可有选择进行。

6.5.15 1 堤岸工程地质条件及评价应包括堤岸地质结构的划分、岩土物理力学性质、渗透性、堤岸稳定性等,并提出基础方案建议;

2 应综合考虑地表水、堤岸地质结构、水文地质条件等,对堤岸的稳定性进行评价,确定出稳定性差或稳定性较差的分布范围。堤岸的稳定性除与堤岸的物质组成有关外,还受地表水的影响较大,所以应了解河势水流的情况,分析水流对堤岸的影响。对于河道冲刷深度问题,可参考河道洪水评价技术成果资料;当堤岸由细粒土组成时,应根据堤岸土体物理力学性质和水文地质条件分析堤岸在退水期的稳定性;当堤岸存在不利于稳定的结构面时,应分析堤岸土体沿结构面滑移的可能性;而当堤岸受河水冲刷时,可根据堤岸岩土体抗冲刷能力对其分类评价。

6.5.16 1 该条强调新建堤防工程有别于其它市政工程的评价

内容,岩土评价要有针对性,充分体现堤防工程的特点,为堤防工程设计施工提供详细的地质资料;

2 主要工程地质问题及评价应包括堤岸地质结构的划分、岩土体物理力学性质及堤岸工程地质分段(区)。当场地工程地质条件复杂,应综合分析场地的工程地质要素(地形、岩土性质、地下水、不良地质作用及地质灾害等)的特征及其与工程的相互关系,进行不同工程地质区段评价;

3 对于持久状况的岸坡和地基稳定性验算,设计水位应采用极端低水位,对有波浪作用的直立坡,应考虑不同水位和波浪力的最不利组合。

当施工过程中可能出现较大的水头差、较大的临时超载、较陡的挖方边坡时,应按临时工况验算其稳定性。如水位有骤降的情况,应考虑水位骤降对土坡稳定的影响。

6.6 城市管道

6.6.1 本条明确了本节勘察规定的适用范围。

1 城市管道种类繁多,有给水、排水、热力、燃气、油气、电力、通讯等管道或综合管廊工程,有的工程有其行业勘察标准,如油气管道的《油气田及管道岩土工程勘察标准》GB/T 50568 等,因此有行业标准的执行其行业标准;

2 地下管道暗挖的施工方法较多,有顶管、定向钻、钻爆法和盾构法等,对于小洞径多采用顶管、定向钻施工,设计、施工对围岩的勘察要求较低,而钻爆法和盾构法施工的洞径较大,安全风险大,设计、施工对围岩的勘察要求高,因此钻爆法和盾构法施工的管道应按照隧道的勘察规定执行。

6.6.2 对于城市原有管道改造工程勘察,在勘察前还应收集附有原有管道平面位置的原始地形图、纵剖面图及重要地段横剖面图。

6.6.3 室外管线埋深较浅(埋深小于 3m)时,因荷载小,对地基条件要求不高,采用轻型山地工程和人工螺旋钻进行勘察即可达到目的;地质环境条件简单的岩石裸露区可用地质点代替勘探点。

6.6.5 当资料搜集、地区经验不足或存在重大不良地质作用、特殊性岩土等影响路线方案选择时,可进行少量的勘探测试工作。

6.6.8 简单场地的浅埋(埋深小于 3m)管道,采用轻型山地工程和人工螺旋钻时或岩石裸露区采用地质点代替勘探点时未取样测试,可通过野外鉴别根据工程经验提供岩土参数。

6.6.9 当检查井、工作井等直径较大时,井的“拱”效应减弱,其井壁的破坏模式更接近于边坡,故要求布置纵、横勘探线,且每条勘探线不少于 3 个勘探点。根据《油气田及管道岩土工程勘察标准》(GB/T 50568),大型竖井一般是指直径超过 10m 的竖井,因此,直径 $\geq 10\text{m}$ 的井工程宜按基坑工程进行勘察工作布置与评价。

6.6.11 1 机械开挖顶管法施工虽然不存在钻爆法隧洞施工的临空面,但施工中遇事故需进行处理时,地下水对处理方法选择和安全非常重要,因此查明穿越段的水文地质条件是必要的;

2 碎石类土的物质组成和颗粒级配对施工方法的可行性和难易程度判定是很重要的,因此需取样进行颗粒分析,同时颗粒分析的试样重量应满足下列要求:最大粒径超过 40mm 者,应为 4kg 以上;最大粒径不超过 40mm 者,应为 2kg~4kg;最大粒径不超过 20mm 者,应为 1kg~2kg;最大粒径不超过 10mm 者,应为 0.5kg~1.0kg;当河床表层为密实的卵漂石层时,应在现场挖掘探坑采取试样,按体积法进行测试。

6.7 架空索道

6.7.1 缆车站按本标准第 6.1 节执行;

6.7.3 1 由于大跨越工程跨度大或塔高,可能发生严重次生灾

害或修复困难,参考《架空输电线路大跨越工程勘测技术规程》DLT5049、《铁路工程抗震设计规范》GB5011,并参考 2014 年重庆市人民政府令第 283 号《重庆市地震安全性评价管理规定》中重大建设工程规模,提出本条规定,同时宜在可行性研究阶段开展本项工作;

2 大跨越工程是指档距在 1000m 以上或塔高在 100m 以上的架空索道工程,档距为两个相邻塔位桩之间的水平距离,塔位桩为杆塔位置中心桩。

6.7.4 本条规定了可研阶段勘察的主要工作内容。可行性研究的目的是为拟建工程立项、审批提供资料,原则上不进行地质测绘、勘探测试等投入较大的勘察工作,对线路路径影响较大的不良地质作用、大跨越工程等地段应重点调查,必要时可进行地质测绘和少量的勘探测试专题工作,并编制专题报告。

6.7.6 1 初步勘察的主要目的是为确定路线方案及塔位选择提供地质依据,因此本阶段勘察工作的重点为控制路线方案的不良地质作用和特殊性岩土;

2 当大片土层覆盖,一跨不能跨过时,进行适当的勘探工作,为塔位选择提供依据是必要的;

3 地锚分重力式锚和隧洞锚,重力式锚按基坑及边坡布置勘察工作,隧洞锚按隧道布置勘察工作,同时隧洞锚除了按隧道工程提供相应的物理力学岩土参数外,还需提供锚索工程所需的岩土物理力学参数;

4 大跨越工程勘探深度取大值。

6.7.7 1 塔基的基础型式和布置与一般的工程不同,其要求的断面方向也不同,一般为塔位中心至塔腿基础中心 4 个方向的塔基断面,且塔腿接地点宜测断面点,故在开展工作前应与设计沟通,以满足设计需要;

2 山区地形复杂,塔位距离远,地质条件变化大,原则上需进行逐塔勘探。丘陵山区架空索道的塔位往往位于山顶等地形

条件困难地带,钻探施工辅助费用高,在不影响塔基设计、施工要求情况下,可采用山地工程勘察方法,必要时可进行施工勘察;

3 大跨越工程塔位面积大时,应适当增加钻孔数量,以控制塔位场地工程地质条件。

6.7.8 1 勘探孔深度是根据高压线规范结合重庆山地条件综合确定的;在有类似架空线路工程的规范、标准中,对岩质地基的钻孔深度均未作规定,本次岩质地基钻孔深度的规定是参考《330kV~750kV 架空输电线路勘测标准》GB/T 50548 确定的;如果基底以下存在溶洞,会影响工程的安全性,故可溶岩地段钻孔孔深应适当加深;

2 岩质地基是指完整、较完整中风化岩体。

6.7.11 详细勘察阶段岩土工程勘察是针对具体塔基或具体的地质问题进行勘察工作,因此详细勘察报告应详细论述各塔位的工程地质条件,提供完整的地基设计计算、地基处理、不良地质作用的整治与防护等所需的岩土参数,并提供各塔位工程地质条件一览表。

6.7.12 1 本条对塔位工程地质条件一览表的主要内容进行了规定,编制时不限于这些要求,根据需要增加;

2 架空索道工程类似于桥梁工程,详勘报告中可对各塔的工程地质条件进行综合评价,也可逐塔评价,提供一览表是方便设计、施工使用;

3 塔位工程地质条件一览表是每一塔位工程地质条件的具体反映,其基本内容必须全面、准确,例如,岩土类别、黏性土的状态、砂类土与碎石类土的密实度、岩体的风化程度与结构类型分类、地下水位、不良地质作用等,对地质条件复杂的塔位必要时应辅以相应的图件说明。

6.8 城市固体废弃物填埋场

6.8.1 配套建筑及道路工程按本标准 6.1、6.2 节执行。

6.8.2 城市固体废弃物填埋场勘察资料搜集除满足一般要求外,依据《岩土工程勘察规范》GB 50021 综合要求应取得拟建工程的设计资料等,使勘察工作更具有针对性。这里的“降水量”含降雨量、降雪量等。

6.8.7 由于生活垃圾潜在的污染危害的特殊性,本条强调了针对生活垃圾填埋场的专门的水文地质勘察工作。

6.8.8 本条依据《岩土工程勘察规范》GB 50021 提出除通常需要查明的内容外,补充了还需要重点查明的内容。同时认为可溶岩分布区的水文地质条件对填埋场选址、设计、施工、运行影响极大,特别提出应针对性查明。

7 建筑边坡与基坑

7.1 一般规定

7.1.1 重庆地区绝大多数建筑场地位处丘陵、山区,地形、地貌复杂,地势起伏大,建筑时会形成大量的边坡与基坑,边坡与基坑岩土工程问题十分突出。由于场地地势起伏大,基坑开挖后与周边环境边坡常常融为一体,形成更高的边坡,有的基坑需要与建筑脱开,形成永久边坡,与平原地区以基坑为主有很大的不同。按地层岩性可分为土质边坡与土质基坑、岩质边坡与岩质基坑以及岩土混合边坡与岩土混合基坑,其中岩土混合边坡或岩土混合基坑指边坡上部为土体下部为岩体的组合边坡,一般土体厚度不小于4m。

7.1.2 此类边坡风险大、事故多发,对勘察纲要进行专项论证有利于保证边坡勘察质量。

7.1.3 表7.1.3是在本标准地质环境复杂程度分类表3.0.9的基础上结合边坡工程特点编制的。表3.0.9是针对整个场地进行划分,部分判定因素不符合边坡工程特征,用于边坡场地的地质环境条件复杂程度划分针对性不强。采用表7.1.3对边坡工程地质环境条件复杂程度分类表更具有针对性、合理性和可操作性。

7.1.4 表7.1.4-1和表7.1.4-2直接将边坡与基坑工程的工程勘察等级与边坡或基坑类型、高度以及其地质环境条件复杂程度挂钩,避免了过去因边坡破坏后果的严重性难以量化、边坡工程勘察等级易引起争议的问题,且更便于操作。考虑到土质、岩土混合与岩质组成的边坡与基坑的稳定性、安全风险性差异明显,

因此,在边坡高度取值划分上有所区别。高度小于 8m 的岩土混合基坑由于上部土层厚度大于 4m,下部岩层段高度较小,边坡主要受土体控制,故按土质基坑确定勘察等级。上述边坡与基坑工程勘察等级划分标准主要是针对保护对象为建(构)筑物的建筑边坡与基坑,对于其它边坡可参照执行。

7.1.5 溃屈破坏是指层面陡倾的顺向软质岩高边坡,当坡脚产生的剪应力超过坡脚岩体抗剪强度时,坡脚岩体屈服变形,发生较大位移,边坡上部岩体沿外倾层面发生滑移、垮塌破坏的现象,如陡倾薄层状页岩组成的高陡顺向边坡易发生溃屈破坏。

7.1.6 过去采用结构面结合程度、结构面产状、直立边坡自稳能力三个因素对边坡岩体类型进行判定,在实际勘察工作中由于结构面结合程度难以查明,已形成的直立边坡又很少见,划分边坡岩体类型操作起来比较困难。根据大量工程实践经验,采用岩石坚硬程度、岩体完整性及裂隙发育程度这三个主要控制因素对边坡岩体类型进行划分更加合理,且具有较好的可操作性。

7.1.7 建筑边坡与基坑位置、坡脚地坪设计标高、坡顶设计标高等设计条件,直接影响边坡勘探点、线,以及取样测试等勘探工作布置及岩土工程评价;当上述设计条件明确时,可进行直接详勘。

7.2 勘 察

7.2.5 破坏模式为受外倾结构面控制时,外倾结构面的性状对于边坡与基坑的稳定性判定以及潜在滑动面的抗剪强度参数的确定十分重要。常规的钻探工艺取芯质量不能清楚地反映结构面的情况,因此,需要采用双层岩芯管取芯工艺提高取芯质量。对于超过本章 7.1.2 条所规定的边坡与基坑高度的高边坡,由于其规模大、危害性大,钻探时采用双层岩芯管取芯工艺取芯,准确查明结构面性状,有利于边坡与基坑的稳定性分析与评价,有利于边坡与基坑的安全性与经济性。

7.2.8 7.2.6~7.2.8 条关于边坡与基坑工程勘探平面范围和详细勘察的勘探线、点间距的规定适用于保护对象为建(构)筑物的边坡与基坑,其它边坡的勘探线、点间距应符合本标准相关规定。初步勘察时,勘探线间距可取详细勘察阶段勘探线间距的 1.5~2.0 倍,勘探点间距可参照表 7.2.8 取值。

7.2.9 不同支挡结构型式的地基及嵌固段受力范围,确定了支挡位置的控制性勘探孔深度。钻孔深度应满足不同支护方案比选的要求。

7.2.10 对于工程勘察等级为甲级的边坡工程,往往对变形要求较高,为了便于进行边坡变形控制分析或边坡数值分析计算,要求变形指标试验不应少于 6 组。其它边坡工程不做硬性规定。

由于勘察期间常常不具备进行现场原位直剪试验条件,因此,只对甲级边坡工程规定宜进行现场原位直剪试验。

7.2.11 为判定边坡岩体完整性提供依据,明确了声波测试工作量要求。

7.3 岩土参数

7.3.1 附录 L 表 L.0.1 中的经验数据系通过大量现场试验取得的,具有一定的参考价值,可供初步设计阶段使用。但是,一些勘察单位在详细勘察阶段时也直接采用查表确定结构面的抗剪强度指标,没有充分考虑结构面的抗剪强度受结构面本身的力学性质变化、施工扰动程度大小、地下水影响、运营环境条件与时间等因素的影响,导致提供设计使用的指标不合理,造成投资浪费,有的甚至引起边坡工程事故。

准确确定结构面的抗剪强度指标是十分困难的,甚至是难以实现的。即使是做了现场剪切试验,也不能直接将试验成果用于边坡支护设计,因为试验成果代表的是一个“点”,而非整个“面”;试验成果是试验时“现在”的指标,而非边坡全寿命周期“未来”的

指标。大量的工程实践表明,结构面的抗剪强度受结构面本身的力学性质变化、施工扰动程度大小、运营环境条件与时间等因素的影响,具有明显的复杂性、差异性和不确定性。结构面的抗剪强度指标不是一个恒值,是动态变化的。因此,在详细勘察阶段时应根据原位测试、室内试验,并结合工程经验综合确定结构面的抗剪强度指标,该指标是一个能确保边坡在全寿命周期内使用安全的指标。

7.3.2 提供了不同变形阶段,按滑动面抗剪强度试验确定抗剪强度参数的方法。滑坡的演变阶段划分可参照《地质灾害防治工程勘察规范》DB50/143 执行。

7.3.3 滑动面抗剪强度指标应以测试结果为基础,结合宏观地质判断、工程类比、反演分析和地区经验综合确定。对于边坡工程已产生变形或滑动时,采用反演分析法是一种有效的确定滑动面抗剪强度参数的方法。按经验,弱变形阶段稳定性系数可取 1.02~1.05,强变形阶段稳定性系数可取 1.00~1.02。滑动后相对稳定的边坡,应恢复原地形反演分析,可以认为边坡在滑动瞬间处于极限平衡状态,反算时边坡的稳定系数可取 1.00。

7.4 边坡稳定性

7.4.1 对受外倾结构面控制的边坡应进行稳定性定量评价。一般来说,外倾结构面系指结构面倾向与边坡坡向的夹角小于 30° 的结构面。当岩质边坡存在外倾结构面时,应根据地区经验定性判断其是否为外倾控制结构面。需要说明的是,某些边坡由于受所处的地形条件、岩性条件、开挖长度与高度等因素的影响,在结构面倾向与边坡坡向的夹角大于 30° 时也应判定为外倾结构面,而不能简单地按结构面倾向与边坡坡向的夹角是否小于 30° 的原则来判定外倾结构面。在实际工程中,发生这类边坡破坏的工程事故不少,应当引起高度重视。不同边坡方向组合可能形成阳角

顺向边坡,也应引起高度重视。

7.4.3 对于均质土体边坡,一般宜采用圆弧滑动面条分法进行边坡稳定系数计算。破碎或极破碎岩质边坡,裂隙发育,可以认为岩体为各向同性介质,其破坏通常接近似圆弧滑面发生,宜采用圆弧滑动面条分法计算。

通过边坡地质结构分析,存在平面滑动可能性的边坡,可采用平面滑动稳定系数计算方法计算。

7.4.5 边坡工程勘察设计应当坚持“定性判断为主、定量计算为辅”“不求计算精确、只求判断正确”的理念,“边坡稳定性是判断出来的,而不是算出来的”,应做到先定性、再定量。当边坡稳定性定量评价结果与定性评价不一致时,应检查边坡计算模式、工况及结构面参数取值等是否合理。

8 不良地质作用

8.1 一般规定

8.1.1 根据《工程勘察通用规范》GB 55017 有关规定,结合重庆实际情况,列入了岩溶、滑坡、危岩和崩塌、塌岸和采空区 5 种类型,而泥石流、活动断裂及地裂缝在重庆区域不发育,故未列入本标准。不良地质作用勘察工作除满足本章对勘察工作的要求外,尚应满足《地质灾害防治工程勘查规范》DB50 143 的相关要求。

8.1.2 拟建工程建设场地按本标准第 6 章规定可分为可行性勘察、初步勘察、详细勘察三个阶段,由于拟建工程建设初步设计阶段时需要有明确的场地稳定性及建筑适宜性结论,而不良地质作用对场地稳定性及建筑适宜性影响大,因此,本标准规定对场地中的不良地质作用的勘察深度较之场地的勘察阶段提前,即可行性研究勘察阶段,不良地质作用的勘察应达到初步勘察的深度要求,初步勘察阶段,不良地质作用的勘察应达到详细勘察的深度要求;仅当不良地质作用的规模小、可能造成的直接损失小时(包括直接导致人员伤亡的可能性小、可能造成的直接经济损失小),才可与场地勘察阶段同步进行。

8.1.3 不良地质作用勘察时,业主应提供相关资料,供勘察单位分析、利用。

8.1.4 根据拟建工程与不良地质作用的位置关系,将不良地质作用场地划分为重叠区和影响区。即当拟建工程范围与不良地质作用范围重叠时,该区域称为重叠区;当拟建工程位于不良地质作用范围外但受不良地质作用影响时,其间的区域称为影响区。

当不良地质作用与拟建工程范围完全重叠或拟建工程受整

个不良地质作用的影响时,应对整个不良地质作用范围布置勘察工作量,查明整个不良地质作用与拟建工程的相互影响;

当不良地质作用与拟建工程范围局部重叠或拟建工程局部处在不良地质作用的影响区时,可仅对重叠区域或可能影响拟建工程的不良地质作用区域开展勘察工作,查明局部区域的不良地质作用与拟建工程的相互影响。

8.1.5 在不良地质作用场地或其影响范围内进行工程建设时,如工程建设中的挖填、加载等建筑活动,不应降低不良地质体的稳定性;影响拟建工程的不良地质作用场地的稳定性应满足拟建工程的稳定性要求,其稳定安全系数应达到拟建工程场地的稳定安全系数,以保证拟建工程的场地安全。

8.1.6 由于场地受不良地质作用的影响,故拟建工程勘察评价时需考虑不良地质作用与拟建工程间的相互影响,既要针对不良地质作用也要满足建设场地要求,不能把二者分开、孤立评价。

8.2 岩 溶

8.2.2 岩溶发育程度是一个综合性的评价指标,它受岩溶发育的多项因素影响,是地表地下岩溶的综合反映。本条将场地岩溶发育程度定性地划分为强、中、微三级。初判阶段是以岩性和沉积组合特征为基础,结合岩溶地貌和个体岩溶形态及水文地质特征的分析;复判阶段应综合通过勘察手段掌握的情况,考虑地表岩溶发育密度、溶槽或串珠状竖向溶洞发育深度、相邻钻孔(柱基)间基岩起伏面相对高差、线岩溶率、见洞隙率及富水性等指标,进行岩溶发育程度的复核。

这种划分只是一种相对的概念,因为在岩溶强发育地段中可能包含有弱发育的层位,弱发育区域也可能包含局部强发育地段。六个划分指标不必确定以哪一个为主,因为这涉及到勘察方法、手段的因素,如采用的是地面地质调查,则揭露的是地表岩溶

发育密度、溶槽或串珠状竖向溶洞发育深度、富水性指标;如采用的是钻探方法,则反映的是相邻钻孔(柱基)间基岩起伏面相对高差、线岩溶率和见洞隙率。通常线岩溶率法适用于钻孔,面岩溶率法适用于地质调查与测绘,体岩溶率法仅用于特定工程项目。按照一柱一孔开展勘察的场地,可直接按表 8.2.2-2 的基岩起伏面相对高差指标进行判定;未按照一柱一孔勘察的场地,因钻孔间距较大,表 8.2.2-2 的基岩起伏面相对高差指标偏小,应进行相应的放大调整。

8.2.3 本条明确了各阶段的勘察手段、物探方法、勘探工作布置、测试和观测方法等的选择。强调工作程序必须以岩溶工程地质测绘为主导,对岩溶规律的研究与勘察应遵循“面中求点”、“由稀至密”、“先物探后钻探”、“先控制后一般”、“先定性后定量”的原则。

8.2.5 由于岩溶发育的复杂性及不均一性,岩溶地基勘察中物探是重要手段之一,故对岩溶地基勘察中物探方法的选择作出了原则性的要求。

8.2.6 钎探是在基坑开挖达到设计标高后针对塌陷、浅层土洞的一种查验手段,通过将直径 20mm~25mm 的钢钎打入土中,实现对基坑底面的塌陷、土洞内土层填充情况进行探索,并判断土质的软硬情况。

8.3 滑 坡

8.3.2 滑坡场地勘探线和勘探点的布置应根据工程地质条件、地下水情况和滑坡形态确定,除按《地质灾害防治工程勘查规范》DB50 143 规定沿主滑方向和拟建支挡结构位置布置勘探线外,尚要按照本标准第 6 章的相关拟建场地要求布置勘探线和勘探点,钻孔深度应满足查明滑坡治理及工程建设的要求。

8.3.3 在各勘察阶段的勘察评价中,应从滑坡对拟建工程安全

影响和拟建工程加载、平场开挖、填筑等工程活动对滑坡稳定性影响两个方面分别进行评价；评价的核心内容是滑坡与拟建物的相互影响，评价结果应明确拟建场地的整体稳定性。当拟建工程影响范围内的滑坡稳定性不满足拟建工程安全要求时，应提出加固建议；当拟建工程对滑坡稳定性有影响时，应提出调整建筑方案建议或保障滑坡稳定性的限制性条件。

8.4 危岩和崩塌

8.4.2 本条为新增条文，根据近年来重庆市危岩和崩塌场地实际情况总结提出。在危岩和崩塌场地中，除了危岩体自身问题外，陡崖卸荷带的整体稳定性也应查明，同时与崩塌相伴生的坡面孤石、崩塌堆积体也可能存在稳定性问题，会产生次生灾害，所以在本次修订也将其纳入勘察范围。

8.4.3 危岩和崩塌场地勘探工作布置除了应查明危岩体边界、尺寸、物质组成、塌滑面形态、结构面切割情况、基座情况及陡崖岩性、结构面性状、岩体完整性等，尚应查明拟设治理位置工程地质条件，为危岩和崩塌场地治理提供地质依据。

8.4.5 根据评价结果，对于稳定性差、治理难度大的危岩和崩塌场地，不适宜工程建设的，应提出另选场址的建议。针对陡崖卸荷带、危岩体，及岩腔、软弱基座等影响危岩稳定性的关键因素，提出合理的防治措施和监测建议。

8.5 塌岸

8.5.2 各类岸坡的破坏关键地段为水位变动带，本条规定各勘察阶段均应对水位变动带作为勘察工作重点，应引起高度重视。

8.5.3 本条对岸坡稳定性评价内容进行了要求。根据目前对各类库岸破坏原因分析统计，水位变动带的稳定性评价及治理措施

建议应为重点。根据以往工作经验,勘察单位往往不注意对岸坡破坏类型转换评价(滑移型岸坡滑移后转变为侵蚀剥蚀破坏,侵蚀剥蚀型岸坡遭侵蚀剥蚀后转变为滑移破坏)。滑移型岸坡评价可按本章第 8.3.3 条的规定执行。

8.6 采空区

8.6.2 有些采空区虽然能够通过搜集资料和工程地质调查查明特征,但由于采空塌陷的过程漫长,在此过程中采空区会发生不断的变化,搜集的资料可能不能反映采空区形成后的塌陷情况,需要采取一定的勘察工作量进行验证。因重庆境内以煤矿采空区为主,故本条规定采空区勘察工作布置执行《煤矿采空区岩土工程勘察规范》GB 51044,其他金属、非金属采空区参考相关规范执行。采空塌陷发生的可能性分级按照以下过程判断。

1 正在开采区,采空塌陷发生可能性可按表 8.6.2-1 确定;

表 8.6.2-1 按地表移动变形值确定采空塌陷发生可能性等级

可能性 分级	地表移动变形值				开采深厚比 n
	下沉量 w (mm)	倾斜 i (mm/m)	水平变形 ϵ (mm/m)	地形曲率 k (mm/m ²)	
大	$w \geq 200$	$i \geq 6$	$\epsilon \geq 4$	$k \geq 0.3$	$n < 80$
中等	$200 > w \geq 100$	$6 > i \geq 3$	$4 > \epsilon \geq 2$	$0.3 > k \geq 0.2$	$120 > n \geq 80$
小	$w < 100$	$i < 3$	$\epsilon < 2$	$k < 0.2$	$n \geq 120$

注:1 开采深厚比指各开采层按厚度加权的平均埋深与各开采层的开采总厚度之比;

2 地表移动变形值各项参数及开采深厚比中有一项满足某较高等级条件时,采空塌陷发生可能性应定为该等级。

2 对终采区,采空塌陷发生可能性可按表 8.6.2-1 和表 8.6.2-2 综合确定,当按表 8.6.2-1 和表 8.6.2-2 确定的等级不同时应取较低等级;

表 8.6.2-2 按终采时间确定采空塌陷发生可能性等级

可能性等级	采空区终采时间 t
大	$t < 0.8T$ 或 $t < 365$
中等	$1.2T > t \geq 0.8T$ 且 $730 > t \geq 365$
小	$t \geq 1.2T$ 且 $t \geq 730$

注: T 为地表移动延续时间, 单位为天。

3 当无实测资料时, 地表移动延续时间可按下列方法确定:

1) 当采空区平均采深小于或等于 400m 时, 按下式计算:

$$T = 2.5H_0 \quad (8.6.2-1)$$

式中: H_0 ——采空区平均采深;

T ——地表移动延续时间。

2) 当采空区平均采深大于 400m 时, 按下式计算:

$$T = 1000 \exp(1 - 400/H_0) \quad (8.6.2-2)$$

8.6.3 由地下采煤引起的地表移动有下沉和水平移动, 由于地表各点的移动量不相等, 又由此产生三种变形: 倾斜、曲率和水平变形。这两种移动和三种变形将引起其上建(构)筑物基础和建(构)筑物本身产生移动和变形。地表呈平缓而均匀的下沉和水平移动, 建(构)筑物不会变形, 没有破坏的危险, 但过大的不均匀下沉和水平移动, 就会造成建(构)筑物严重破坏。

地表倾斜将引起建(构)筑物附加压力的重分配, 建筑的均匀荷重将会变成非均匀荷重, 导致建筑结构内应力发生变化而引起破坏。

地表曲率对建(构)筑物也有较大的影响。在负曲率(地表下凹)作用下, 使建(构)筑物中央部分悬空。如果建(构)筑物长度过大, 则在其重力作用下从底部断裂, 使建(构)筑物破坏。在正曲率(地表上凸)作用下, 建(构)筑物两端将会悬空, 也能使建(构)筑物开裂破坏。

地表水平变形也会造成建(构)筑物的开裂破坏。

8.6.4 根据地表移动特征、地表移动所处阶段和地表移动、变形值的大小等进行采空区场地的建设适宜性评价。下列场地不宜作为建设场地:

1 在开采过程中可能出现非连续变形的地段,当采深采厚比大于 $25\sim 30$,无地质构造破坏和采用正规采矿方法的条件下,地表一般出现连续变形;连续变形的分布是有规律的,其基本指标可用数学方法或图解方法表示;在采深采厚比小于 $25\sim 30$,或虽大于 $25\sim 30$,但地表覆盖层很薄,且采用高落式等非正规开采方法或上覆岩层有地质构造破坏时,易出现非连续变形,地表将出现大的裂缝或陷坑;非连续变形是没有规律的、突变的,其基本指标目前尚无严密的数学公式表示;非连续变形对地面建筑的危害要比连续变形大得多;

2 处于地表移动活跃阶段的地段,在开采影响下的地表移动是一个连续的时间过程,对于地表每一个点的移动速度是有规律的,亦即地表移动都是由小逐渐增大到最大值,随后又逐渐减小直至零。在地表移动的总时间中,可划分为起始阶段、活跃阶段和衰退阶段;其中对地表建(构)筑物危害最大的是地表移动的活跃阶段,是个危险变形期;

3 地表倾斜大于 10mm/m 或地表曲率大于 0.6mm/m^2 或地表水平变形大于 6mm/m 的地段;这些地段对砖石结构建(构)筑物破坏等级已达Ⅳ级,建(构)筑物将严重破坏甚至倒塌;对工业构筑物,此值也已超过容许变形值,有的已超过极限变形值,因此本条作了相应的规定。

应该说明的是,如果采取严格的抗变形结构措施,则即使是处于主要影响范围内,可能出现非连续变形的地段或水平变形值较大($\epsilon=10\text{mm/m}\sim 17\text{mm/m}$)的地段,也是可以建设的。

8.6.5 小窑采空区稳定性评价,首先是根据调查和测绘圈定地表裂缝、塌陷范围,如地表尚未出现裂缝或裂缝尚未达到稳定阶段,可参照同类型的小窑开采区的裂缝角用类比法确定,其次是

确定安全距离。地表裂缝或塌陷区属不稳定区域,建(构)筑物应予以避开,并有一定的安全距离。安全距离的大小可根据建(构)筑物等级、性质确定,一般应大于 $5\text{m} \sim 15\text{m}$ 。当建(构)筑物位于采空区影响范围之内时,要进行顶板稳定分析,但目前顶板稳定性的力学计算方法尚不成熟,主要靠搜集当地矿区资料和当地建筑经验,确定其是否需要处理和采取何种处理措施。

9 特殊地基

9.1 一般规定

9.1.2 特殊地基类型很多,但在重庆地区常见的特殊地基主要是块碎岩地基、洞室地基、红黏土地基及填土地基,故本章只对这些特殊地基作出规定。

9.1.3 特殊地基与一般地基有共性,本章只针对这些地基的特殊性作出规定,未作规定的按一般地基的规定执行。

9.2 块碎岩地基

9.2.1 重庆的巫山县、奉节县等地区广泛分布块碎岩,这类地层似层状,岩体破碎呈块状或碎石状,岩体风化程度差异较大,物理力学参数差异性也较大,其力学性质与一般的岩质、土质地基不同,“似岩似土”,具有其特殊性。本条对块碎岩地基勘察应重点查明的内容作了规定。部分块碎岩分布于江河岸边,地表水与地下水互为补给关系,对块碎岩的物理力学性质、场地以及地基的稳定性影响大。因此,查明地表水和地下水特征是必要的。

9.2.2 本条是对块碎岩地基勘察手段选择和勘探工作布置作出的规定。总体上勘察工作量有所增加,这是考虑到块碎岩地基均匀性差、成因复杂,本标准将其视为复杂地基确定工作量。

由于块碎岩岩体破碎,常规钻探工艺采芯困难;故提倡采用新工艺新方法,提高岩芯采取率。

块碎岩地基岩体完整性、地基承载力和变形参数、块碎岩的抗剪强度和重度参数等难以较准确确定,故作出本条规定。

9.2.3 由于块碎岩地基的风化程度和完整程度差异较大,因而在地质评价时应考虑不均匀沉降问题的评价。

9.3 人工洞室地基

9.3.1 由于历史及地形原因,重庆市建设场地往往存在防空洞、隧道等地下工程,在城市发展的进程中,不得不面临在人工洞室上修建建筑的难题,因此人工洞室地基的勘察在重庆地区具有其特殊性,勘察手段和洞室地基稳定性判定都不同于一般地基。

9.3.2 对于既有地下工程,尤其是城市轨道交通、市政隧道的洞室地基勘察,不具备在洞室正上方进行勘探和取样的条件时,更应充分搜集、利用已有的资料。洞室地基勘察除应满足本标准中对一般地基勘察的要求外,对洞室尚应按本标准附录 N 要求进行调查。有关洞室调查内容是洞室围岩、洞室地基定性评价最基本的基础资料。没有最基本的、准确的资料,稳定性评价就无从谈起,也不可能得出正确的评价结论。

9.3.3 关于洞室围岩级别的划分,公路和铁路等行业规范中有相应规定。建(构)筑物洞室地基的洞室围岩级别划分可参照执行,但应充分考虑工程的实际情况和特点进行划分。

9.3.4 地基稳定是建筑场地的基本条件,当用洞室围岩作为建(构)筑物的地基时,首要条件是洞室要稳定。而洞室的稳定应是洞室围岩稳定和洞室围岩及以外岩体在建(构)筑物基底附加应力作用下能长期保持稳定。故只有洞室及洞室地基均稳定时才具备建筑条件。因此,洞室地基评价应包括洞室围岩评价及洞室地基评价两个部分。

9.3.5 本条是基于:

- 1 重庆市的成功经验;
- 2 建(构)筑物基底的附加应力随深度增加而减小;
- 3 整体块状结构的岩体可近似的视为弹性体,在弹性介质

体内基底附加压力值在 6 倍条形基础宽度或 3 倍独立基础宽度的深度处已小于基底压力的 10%；

4 围岩压力拱能承受一定的附加应力。

9.3.6 本规定是根据工程经验总结提出的,当不符合上述条件时应进行评价。洞室地基评价有多种方法,工程地质类比法与理论、经验计算相结合的综合评价方法是现今评价洞室围岩和洞室地基稳定性的有效方法,工程地质类比应包括当地成功经验等内容。评价时应当遵循“定量评价应在准确的定性评价的基础上进行”,“多方法的综合评价较单一方法可靠”等基本原则。

近年来,数值模拟分析得到逐渐广泛地应用,如有限元法常常用于洞室地基的定量分析评价,虽然其能模拟洞室地基的复杂情况(包括岩体中的各种结构面),但要求地层模型、计算参数和边界条件准确。场地地质体是很不均一的,参数要准确取得也是较为困难,因此,不能将数值模拟法结果作为唯一的判定依据。

9.4 红黏土地基

9.4.1 红黏土在垂直方向上状态变化较大,从地表往下随深度的增加,含水量逐渐提高,土体会逐渐变软,呈现“上硬下软”特征。而一些地区在水平方向上厚度变化也较大,造成红黏土地基的不均匀性;裂隙发育破坏了红黏土体的完整性,降低土体强度,增加土体透水性。故本条提出要查明红黏土的状态分布、地基的均匀性和裂隙发育等特征。同时,在一个地区(或区域)红黏土发育都有一定规律,当地水文气象又影响红黏土的状态和裂隙发育,应注意收集当地的资料。

9.4.2 红黏土地区在布置勘探工作前宜取得工程地质测绘资料,在一般性工程地质测绘的基础上,提出了三个方面的内容需着重研究和查明,并结合工程及现场实际,可有所侧重或简略。对面积较大或复杂的场地,如缺少工程地质测绘与调查资料,在

详勘阶段需补作此项工作,使得勘探工作有的放矢。

勘探要根据红黏土结构特征、软弱夹层的层位、厚度、空间分布规律,地面裂隙与岩溶的关系等特征,结合勘探阶段、建(构)筑物类型布置勘探点,查明红黏土厚度、状态的变化和地下水的情况。

对一次性详勘工程,更应注重在勘探工作中结合红黏土的地基均匀性、建(构)筑物类型等调整勘探方案,确定勘探孔的间距和深度。

对不均匀地基,有土洞发育或采用基岩端承桩基础方案时,应在勘察报告中建议进行施工地质勘察。

裂隙发育的红黏土的抗剪强度应作三轴试验。由于裂隙发育对土体的稳定和受力条件产生不利影响,土的抗剪强度需作相应折减;当用直剪仪快剪指标时,抗剪强度指标应折减;粘聚力折减系数 0.6-0.8,内摩擦角折减系数 0.8-1.0。

红黏土还具有收缩性、复浸水土体容易软化,承载力显著降低的特性,故必要时可做收缩试验和复浸水试验。

土样的采取应注意取样的间距和深度,上部的硬壳层及下卧软层需分别取样,同一状态土层要求取样数量符合统计要求。

9.4.3 本条给出了红黏土的分类。其中涉及到采用比贯入阻力 P_s ,灵敏度 St 及地基均匀性的分类方法,来源于《贵州省建筑岩土工程技术规范》DBJ52/T 046。

9.4.4 红黏土地段的工程地质有多方面的评价,如在满足承载力和变形要求时,建(构)筑物基础以浅埋为宜;尽量利用上部建筑性能较好的红黏土硬壳层;石芽出露地段应考虑地表水下渗引起地面变形的可能性等。裂隙密集带红黏土的变形和抗剪强度变化较大,并易富集地下水,使土体发生软化,降低土的强度;深长的地裂缝长可达数百米、深数米,对建(构)筑物的安全和稳定影响较大,故建(构)筑物应避免裂隙密集带或深长裂隙地段。

9.5 填土地基

9.5.1 重庆市位于丘陵~山区,有三千年的文明史,在人类活动的城镇区域填土分布较广泛。在工程活动中有不少成功利用填土的经验,同时因对填土性质及地质环境条件认识不足等原因造成填土地基、边坡失稳形成灾害的事例也屡见不鲜。

本条结合重庆市填土地基及地质环境条件的特点,除阐明填土地基勘察应着重查明的一般内容外,在勘察范围上包括了相邻地区,也考虑了相关的环境问题;在资料收集中强调了对填土堆填方式的调查,例如是否采用分层碾压或强夯处理等;在调查访问中强调了解当地的建筑经验,以资对比借鉴;在勘察内容中强调了应查明有无旧排水沟、老洞穴、暗塘、废采石场等隐患的存在。

特别说明本节是针对既有填土勘察作出的规定,不包含未来填土的情况。

9.5.2 本条阐述了填土地基场地勘察工作的布置原则。填土的勘察应针对填土性质采用不同的、有效的手段,且宜用多种方法相互验证。当前我市不少勘察单位在对填土厚度大、分布复杂的部位和拟建物重要部位布置一定数量的探井,用以查明填土性状,开展原位测试工作和取样工作,已成为一种卓有成效的勘察手段。本标准特别强调这一手段的使用。应该注意的是当探井完成其观察、测试及取样的作用后应及时规范回填。

存在填土路基边坡的场地,勘察范围应延伸至坡脚和坡顶可能滑移区域以外,应在适当位置布置勘探点和勘探线,并合理布置一定数量的取样钻孔,为填土边坡稳定性计算提供可靠的地质剖面 and 合理的岩土物理力学参数。勘察工作内容和评价深度应按边坡勘察进行。

9.5.3 本条强调了建筑群中独栋建筑的原位测试点数量、压实填土和老填土的压缩性、湿陷性试验方法、填料最优含水量和最

大干密度测定、深厚填土的负摩阻力系数和水平抗力系数的比例系数取值方法以及可辅以波速测试、探地雷达测试及面波测试等要求。

对于重庆地区绝大多数场地的人工填土而言,因其无序堆填、级配差、大块石含量多或存在大块石群,块石最大粒径多大于500mm,甚至大于1000mm也屡见不鲜,且在场地各向分布极不均匀,填土的物质组成、密实度等方面差异巨大,故准确测试与判定填土的均匀性与密实度是十分困难的。本条指出对不同物质组成的填土应采用不同的测试方法以获取其各项物理力学性质指标数据。由于碎石土的平均粒径和最大粒径对动力触探测试成果影响较大,本标准第4.2.3条、第4.2.4条规定了采用动力触探判定碎石土密实度时平均粒径和最大粒径的适用范围。只有当人工碎石填土的平均粒径和最大粒径满足其适用范围时才能用触探锤击数直接判定碎石填土的密实度。否则,需采用动力触探、物探、探井及大重度测试等综合方法判定其密实度。

需强调的是必要时(或有条件时),应尽可能采用静载荷试验,取得可靠的承载力和变形数据,同时也可积累地区资料。

9.5.4 对填土地基进行工程地质评价,本条结合重庆市的地质环境条件特点强调:

1 首先应对填土作为建筑地基的可能性(进行经济技术比较后确定)和填土地段的稳定性作出评价;

2 对位于斜坡、沟谷及江畔的填土地段,回填后对区域内水文地质环境条件可能造成的改变,包括原有地表水、地下水的补给、排泄、运移,特别是赋存方式、规模是否会造成重大改变,应重视分析环境因素对施工期和使用期的影响,是否会因环境条件改变而导致填土工程性质的恶化或场地原有平衡条件的破坏等,产生对场地稳定性及变形等不利的影响;

3 应结合建(构)筑物结构特点和当地建筑经验进行评价;

可根据填土性质和厚度的差异性对建筑填方场地进行分区

评价,对填方路基进行分段评价;当填筑土的类型、时间、均匀性、密实度在竖向上有明显差异时,可进行分层评价。

以上评价是针对已有填土而言的。对于未来填土,可结合场地天然建筑材料,对填料性质、组成、填筑方式及压实度等提出要求。

10 水文地质

10.1 一般规定

10.1.2 本条考虑各行业岩土体的渗透性的划分标准不统一,不方便工程勘察人员使用,本标准参照水利水电规范及工程地质手册的划分标准进行了统一规定。表中各级渗透性分级所对应的岩体特征和土类只是经验对照,作为无相应试验数据时参考使用。

10.1.3 本条规定了水文地质勘察应通过搜集资料和布置勘察工作来掌握水文地质条件,明确了水文地质条件主要包括的内容。

10.1.4 本条规定了水文地质勘察评价的基本要求。随着城市建设的高速发展,地下水对基础工程和环境的影响问题日渐突出。大量工程经验表明,地下水作用对工程建设的安全与造价产生极大影响。因此,工程勘察中要求结合工程特点,评价地下水对工程的作用和影响,预测可能产生的工程与环境危害,为设计和施工提供必要的处置建议。

10.1.5 本条规定了按水文地质特征进行水文地质条件复杂程度的划分标准。结合重庆山地特点和工程的特性,增加了地质构造、岩性变化情况、岩溶发育情况和沟槽汇集情况等内容。

10.1.6 由于地下水的动态变化、复杂性及不均一性,施工期引起水文地质条件改变或施工中因水文地质条件掌握不清而出现安全问题的情况时有发生。因此,应重视施工阶段的地下水补充勘察工作。并且,设置地下水监测,能直观反映工程期间地下水的动态变化,指导施工。

10.1.7 本条是水文地质测试工作环保和现场处理的基本要求。

10.2 勘 察

10.2.2 本条明确了水文地质勘察的范围,应能满足对工程建设和环境影响评价的需要。

10.2.3 本条明确了水文地质勘察工作量的最低要求。实际工作中,水文地质钻孔和工程地质钻孔大多可共用,当仅以水位观测为目的的水文地质孔,其孔深可以采用工程地质孔孔深;但当以水文地质测试为目的的钻孔,仅采用工程地质钻孔可能不能有效查明影响工程的水文地质条件,或不满足试验需求,需要另行布置勘探孔或加深普通工程地质钻孔。共用孔的孔深确定应以工程勘探目的确定的孔深和水文地质试验所需孔深两者取大值确定。当抽水试验的降深和影响的含水层深度过小时,所获参数代表性差,因此,规定了试验孔所需深入含水层的厚度要求。简易抽水试验,一般指采用稳定时间 2 小时,一个降程的抽水泵抽水或用提桶提水试验。

10.2.4 水文地质勘察中应对勘探孔的孔内水位变化情况详细观测并记录,以便分析含、透水层的分布位置及水力性质。为区分钻探循环水与地下水,终孔后量测稳定水位前,应抽干勘探孔中的钻探循环水。对重大工程,特别是越岭隧道、大面积地下空间等工程,鼓励同时观测总溶解性固体物质(TDS)等其它指标。

10.2.5 本条明确了需要进行专项水文地质勘察的情况。当水文地质条件复杂时,重大工程或高层建筑深基坑、穿越可溶岩地层分布区的富水隧道或地下建筑工程、城市生活垃圾填埋场等建设场地(其场地可能位于地表水体附近且地层易于透水、或者存在影响工程的多层含水层、或者有高承压水头、或者处于低洼富水深厚填土区、或者工程建设可能引起水环境问题),其水文地质条件对地基评价、工程建设、周边水环境有重大影响时,或需要专门论证抗浮设防水位时,宜进行专项水文地质勘察。

10.2.6 专项水文地质勘察由于与常规的水文地质勘察工作程

度差异较大,试验测试工作多,工艺要求高,因此,其勘察纲要编制除符合第3章规定的基本内容外,尚应按以下要求加强水文地质测试:

- 1 目的任务要明确工程设计对水文地质参数的需求;
- 2 基本地质条件加强现有水文地质条件的总体认识及可能的影响因素分析;
- 3 对项目的重点和难点分析应强化水文地质单元划分、可能的水文地质环境问题等的分析;
- 4 工作布置及技术要求需要明确水文地质测试相关工作,勘探孔的注意事项,并编制单孔设计。

10.2.7 本条明确了专项水文地质勘察的工作内容。工程勘察时,虽然也需要掌握地层渗透性,地下水分布范围,水位等基础资料,但受限于勘察时投入的工作量和精度要求,其资料可保证程度较低,通过加大抽水试验的数量,延长稳定时间,采用群孔干扰抽水或带观测孔的抽水、以及分层、分段抽水等工作,可以较大幅度地提高所获取参数的保证程度,比如,通过多降程抽水,制作Q-S曲线,能更好的判断地下水是否具有承压性以及地层富水性。正式抽水的稳定延续时间要求不少于24小时,3个水位降程。由于地下水的赋存状态是随时间变化的,一般情况下勘察时间紧,只能了解勘察当时的状况,有时甚至没有足够时间进行完整的水文地质现场试验,因此,除要求加强对长期动态规律的资料搜集和分析工作外,提出了设置长期观测孔的要求。

10.2.8 专项水文地质勘察的范围和工作量,主要依据工程类型、场地水文地质条件的复杂程度和已有工程经验的丰富程度,综合考虑确定。

- 1 第2款规定了专项水文地质勘察工作量的最低要求。实际工作中,水文地质勘探孔应根据工程特点及影响工程的水文地质条件来布置,考虑到由于工程类型不同,工程建设过程中对地下水的处置措施可能存在较大差异,需要查明的水文地质条件精

度需求也相应存在较大差异,勘探工作间距要求也就存在较大变化,为了便于操作,本次结合相关规范对工作量线距和孔距根据不同的工程类型进行细化调整,具体间距可结合第 2、3、4 款,按表中数据选择;

2 实际工作中,部分勘探孔只为了查明地下水水位、观测水位变化情况,因此,宜布置在试验孔附近,可垂直或平行于地下水流向布置,其孔深只需要进入地下水位以下一定深度即可。

3 当场地附近存在影响工程的地表水体时,在场地与地表水体之间布置适量钻孔查明地表水与地下水的水力联系是必要的。

10.2.9 影响孔深设计的因素较多,主要与工程建设预计采用的地下水控制措施需求有关,同时又受地层本身的诸如透水能力、透水方式等影响。一般以基坑降排水和地下工程排水为目的的勘察,孔深达到基底以下 10m 能满足评价需要。当地层渗透性较好,而工程位于含透水层中部,需要考虑悬挂止水等情况时,孔深应动态调整,根据地层渗透性指标计算确定。当场地可能采用抗浮锚杆等措施时,可参考《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 确定孔深。

10.3 水文地质测试

10.3.1 水文地质勘察应根据工程需要,针对基础形式、开挖深度及施工工法等情况,确定所需提供的水文地质参数。本条规定了水文地质参数的测定方法。渗透系数等水文地质参数的测定,有现场试验和室内试验两种方法。室内试验误差较大,现场试验比较切合实际,故一般通过现场试验确定。当需了解某些弱透水性地层的参数时,也可采用室内试验方法。

10.3.2 为保证水文地质测试成果质量,相关试验所用的仪器、设备应符合现行国家标准,并定期进行校准。近年来,自动化的试验设备有了显著发展,建议有条件时采用智能化、自动化仪器,

以提高试验精度,减少人为误差。

10.3.4 10.3.3~10.3.4 对地下水的量测,着重说明以下几点:

1 上层滞水常无稳定水位,但对工程也存在不利影响(如腐蚀性、局部富集的浮托作用等),故应量测水位,掌握其分布位置;

2 对工程有重大影响的多层含水层的水位或承压水头分层量测较困难时,可采用埋设孔隙水压力计,或采用孔压静力触探试验,量测压力水头随深度的变化;

3 稳定水位是指钻探时的水位经过一定时间恢复到天然状态后的水位。当需要了解整个场地或场地与地表水体之间的水力联系时,应在所有钻孔完工后间隔规定时间后一起量测所有孔地下水水位及地表水的水位;

4 采用泥浆钻进时,为了避免孔内泥浆的影响,需将测水管打入含水层 20cm 方能较准确地测得地下水水位。

10.3.6 10.3.5~10.3.6 对地下水流速、流向的测定作如下说明:

1 用几何法测定地下水流向的钻孔布置,除应在同一水文地质单元外,尚需考虑形成锐角三角形,其中最小的夹角不宜小于 40° ,孔距宜为 50m~100m,过大和过小都将影响量测精度;

2 用指示剂法测定地下水流速,试验孔与观测孔的距离由含水层条件确定,一般细砂层为 2m~5m,含砾粗砂层为 5m~15m,裂隙岩层为 10m~15m,对岩溶水可大于 50m;指示剂可采用各种盐类、着色颜料等,其用量决定于地层的透水性和渗透距离等;

3 用充电法测定地下水的流速适用于地下水位埋深不大于 5m 的潜水;

4 连通试验常用方法有水位传递法、指示剂法、气体传递法等。

10.3.7 弥散系数(dispersion coefficient)又称纵向弥散系数,是表征流动水体中污染物在沿水流方向(纵向)弥散的速率系数,单位常用 m^2/s ,其物理意义是每秒钟污染物在纵向弥散的面积。

开展弥散试验的目的是获得进行地下水环境质量定量评价的弥散参数,用于预测污染物在地下水中运移时其浓度的时空变化规律。

10.3.8 鉴于目前抽水设备的不断改进,以及成孔工艺的实际条件,对孔径要求进行了优化,对抽水试验做如下说明:

1 抽水试验是求算含水层的水文地质参数较有效的方法,工程勘察一般用稳定流抽水试验即可满足要求,附录中所列的应用范围可结合工程特点、勘察阶段及对水文地质参数的精度要求进行选择;

2 抽水量和水位降深应根据工程性质、试验目的和要求确定。对于要求比较高的工程,应进行3次不同水位降深,并使最大水位降深接近工程设计的水位标高,以便得到较符合实际的数据。一般工程可进行1~2次降深;

3 试验孔和观测孔的量测应采用同一方法和器具,以减小其间的相对误差。对观测孔的水位量测读数至毫米,是因其不受水泵和抽水时水面波动影响,水位下降小,且直接影响水文地质参数的计算精度;

4 抽水试验的稳定标准是当出水量和动水位与时间关系曲线均在一定范围内同步波动而没有持续上升和下降的趋势时即认为达到稳定。稳定延续时间,可根据工程要求和含水地层的渗透性确定;

5 当采用分段止水抽水试验时,对试验段含水层埋深较大,但水位埋藏较浅的的钻孔,可能出现试验设备安装在试验段之上,因此,允许试验段孔径和设备安装段孔径不同。当设备安装在试验段内时,应采用同径控制,即孔径不小于设备外径40mm。

10.3.9 当场地无地下水或地下水埋藏较深,不便做抽水试验时,可采用渗水试验和注水试验确定岩土层的渗透性。本条所列渗水试验的几种方法是国内外测定饱和松散土的渗透性的常用方法。试坑法和试坑单环法只能近似地测得土的渗透系数。试

坑双环法因排除侧向渗透的影响,测试精度较高。试坑试验时坑内注水层厚度常用 10cm。

10.3.10 压水试验要求及成果分析可参照《水利水电工程钻孔压水试验规程》SL31 的规定进行。

10.3.11 孔隙水压力的测定按《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定进行。

10.4 地下水作用评价

10.4.1 地下水对工程的作用和影响包括力学的、物理的和化学的作用,本条规定了地下水作用评价的主要内容。水文地质勘察应将地下水勘探测试数据与搜集的区域水文地质资料相结合,全面评价地下水赋存状态、变化规律及对工程建设的影响。

工程实践表明,地下水是动态变化的。重庆位于丘陵山区,绝大多数场地不具备稳定的潜水,地下水不利作用与场地的地下水补给、径流和排泄条件密切相关。勘察期的地下水条件往往因后期环境改变而改变,因此,在地下水作用评价时需要充分考虑在现有设计方案的环境条件下,按最不利的原则对地下水的不良作用进行防治。

一方面,丘陵山区城市在规模化工程建设活动中,地形变迁总体上表现出“高挖低填”的特点。由生产建设项目在对沟谷进行回填整平后,一些勘察期间地下水贫乏的场地,往往因泉水堵塞和沟谷水流排水不畅,造成填土地基发生不均匀沉降,或因地下水位抬升导致地下工程底板受到浮托作用,对建筑结构安全产生不利影响,需要对这些因素影响下的地下水作用进行评价。

另一方面,由于工程全寿命周期内,有些影响因素的变化是勘察人员无法预知或量化的,比如在施工期由于未做好排水工作、肥槽回填不到位,或运营期市政管网发生泄漏造成地下水局部富集等,甚至是项目周边环境在后期运营期发生改变等,都可

能对地下结构造成不利影响。

因此,勘察单位应结合工程特点、岩土层渗透性、周围环境等在现有设计内容所确定的环境条件下进行综合分析评价,进行必要的风险提示和预防措施建议。

10.4.2 基坑、地下工程的排水设计需要掌握地下水涌水量,截(堵)水设计需要掌握地下水压力。由于水力边界条件、水文地质结构、渗透系数等计算参数难以准确掌握,涌水量及水压力的计算往往根据地下水动力学理论公式、经验公式、数值概化模型解析等多种方法综合确定。

地下水的升降对工程安全 and 环境的影响不容忽视,对地下水可能采取降水或隔水措施的工程,勘察时应对施工控制、环境保护和监测工作提出针对性的建议。

10.4.3 抗浮设防水位的确定是一个需要考虑场地水文地质环境要素并结合可能采用的工程措施进行综合分析的参数,因此,在勘察期间,主要是根据场地水文地质条件对有抗浮需要的工程提供抗浮设防水位建议值。工程设计实际采用的抗浮设防水位,应在设计阶段,由设计结合所采用的工程措施、地下水控制措施和设计等级等因素,在勘察提出的抗浮设防水位建议值的基础上,进一步综合分析确定。

一般情况下,地下水抗浮设防水位建议值可按下列原则确定:

1 对有长期水位观测资料的,按实测最高水位和建(构)筑物运营期间地下水的变化确定;当长期观测资料缺乏时,按勘察期间实测稳定水位结合场地地形地貌、地下水补给、排泄条件等综合确定;

2 场地有承压水且与潜水有水力联系时,应考虑承压水位影响;

3 只考虑施工期间的抗浮设防时,抗浮设防水位建议值可按一个水文年的最高水位确定;

4 当完成场平后场地低洼,应考虑使用期最大洪涝积水深度;

5 邻近地表水地块不应低于最高防洪水位；

6 当拟建场地范围较大时，可结合具体地段的条件分区考虑抗浮设防水位建议值。

10.4.4 水文地质条件复杂的场地由于地下水本身的影响因素比较多，地下水动态变化大，加之工程建设本身以及后期周边环境的变化也将对场地的地下水位产生重大影响。因此，确定场地抗浮设防水位十分困难。对水文地质条件复杂的重要工程的抗浮设防水位，通过专门研究确定是必要的。

11 岩土参数统计与取值

11.1 一般规定

11.1.1 岩土测试成果的可靠性评价包括统计单元的划分、取样数量、取样位置的代表性、数据的变异性、异常数据等统计分析和取样方法、试验方法、测试方法等因素的影响评价。岩土参数建议值不宜完全按勘察期的情况进行取值,岩土参数的取值的适用性评价还应考虑工程环境在施工和运营期可能的变化,如岩体风化、动荷载、水位上升、施工扰动、爆破施工、边坡开挖和洞室开挖的卸荷作用等将降低岩土强度,应对岩土参数进行适当折减。鉴于施工和运营情况不易确定,可以在勘察设计时明确施工和运营期间的适用性要求,对岩土参数的变化进行控制,根据不同工况提供建议值。部分关键性岩土参数,对安全和经济影响较大,如结构面抗剪强度指标、地基承载力特征值、负摩阻力系数等岩土参数,难以由试验测试获取,必要时应进行专门论证分析。

11.1.2 不同于建筑材料以某一指定截面上的内力为控制设计,岩土工程的控制设计是一定范围岩土体的平均性能为依据,应采用区间估计理论对总体平均值进行估计。岩土测试数据一般为小样本数据,假定误差为正态分布,采用 T 分布进行参数估计。根据《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153,采用区间估计理论时,强度指标可靠性估值风险概率宜取 0.05,置信概率宜取 0.95。

11.1.3 同一岩土层位、同一岩土性状的地质体可划分为同一地质单元。当某地质单元内测试数据在空间上的差异较大时应进一步划分统计单元;当某地质单元内测试数据差异较小时,该地质单元可直接作为统计单元。合理的划分地质单元和统计单元

很重要,对于重庆地区河湖相沉积地层,即使是同一岩土层位、同一岩性,由于空间位置的不同,力学性质也可能出现较大的差异。

11.1.4 重庆市岩层主要为河湖相沉积,岩石力学性质的离散性大,每一个勘察阶段(可研阶段、初步勘察阶段、详细勘察阶段和施工勘察阶段)试验成果都是一次反映场地岩石性能的过程,样本越多数据的代表性越好,统计成果的可靠度越高。在对前期勘察阶段测试数据的可靠性、适用性和空间分布进行综合分析后,将同一地质单元的测试数据进行合并统计是必要的。

11.1.5 初步勘察时,基础型式和持力层尚不明确且取样数量较少,可按地质单元进行统计分析。详细勘察时,主要岩土层的取样数量较多,应当根据测试数据在空间上的差异性进一步划分统计单元。对岩石而言,宜按强度指标划分统计单元,获得测试数据后,统计分析步骤如下:第一步,合理的划分地质单元;第二步,剔除异常数据后,对同一地质单元的数据进行统计;第三步,当地质单元的变异系数小于等于 0.3 时,该地质单元为一个统计单元,按统计单元提供标准值;当变异系数大于 0.3、测试数据的差异在空间上存在规律且数据满足最小数量要求时,应按其空间分布进一步划分统计单元进行二次统计,并按二次统计划分的统计单元提供标准值;当变异系数大于 0.3 且空间上数据无规律或数据最小数量不满足统计要求时,将该单元视为一个统计单元,按本标准 11.2.10 条提供该统计单元的标准值。

11.1.6 可行性研究勘察阶段样品数量少或未取样试验、初步勘察阶段样品数量较少,试验数据的代表性不够,达不到统计单元的要求,且建筑基础型式和持力层尚不明确,故结合地区工程经验按地质单元提供岩土参数区间值是合理的。

11.2 岩土参数统计与分析

11.2.1 岩土参数的统计单位为组,一组试验数据由若干试件的

试验单值获得。组的试验数据是该取样位置的岩土性能的代表值,以组为单位更能体现统计单元内各取样点的岩土特性。岩土体的平均性能是由岩土体空间中各取样点特性表征的,若按试件单值统计,人为增大了岩土体空间中取样点数量,是不合理的。《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 规定岩石单轴抗压强度测试时,每组为 3 个标准试件,以 3 个试验单值的算术平均值作为组的数据进行统计。采用岩石三轴压缩获取岩石抗剪强度指标时每组试件不得少于 5 件,由 5 个试验结果取得一个抗剪强度指标;《土工试验方法标准》GB/T 50123 规定土的直剪试验每组试件不得少于 4 件,由 4 个试验结果取得一个抗剪指标。根据《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的规定,岩石强度和变形指标每组试件的最小数量见下表。

表 11.2.1 每组岩样试验单值的最小数量(个)

单轴抗压强度	单轴压缩变形	三轴压缩强度	抗拉强度
3	3	5	3

11.2.2 主要土层的测试数据按《工程勘察通用规范》GB 55017 进行规定。表 11.2.2 所列组数是进行数理统计的最小试验数据量,不代表勘察项目必需获得数量。在实际工作中,如平板载荷试验、现场大剪试验数量、可行性研究勘察及初步勘察阶段的取样数量,地基中薄层和透镜体的取样数量,以及勘察等级为丙级的单体建(构)筑物的岩石试验的数量等;出现试验数量不满足本条规定的情况比较常见,这并不说明勘察取样不满足要求。对于此类情况,岩土参数可按本标准 11.2.10 条进行取值。

11.2.3 岩土参数统计结果一般应包括算术平均值、范围值、标准差、变异系数、样本数,对于岩土材料的强度指标,需提供标准值供岩土工程的设计计算。

11.2.7 岩土参数标准值应反映一定范围岩土体的综合性能,需采用区间估计理论对总体平均值进行估计。需利用子样估计岩

土体的总体平均值时,采用式 11.2-1 计算标准值 μ_k ,式中 t_a 为 T 分布的概率函数,与样本数量 n 和风险概率有关。

$$\mu_k = \left(1 \pm t_a \frac{\delta}{\sqrt{n}}\right) \mu_0 \quad (11.2-1)$$

取风险概率为 0.05 时,该式拟合后可采用式 11.2-2 计算标准值。式 11.2-2 来自《岩土工程勘察规范》GB 50021,已使用近 30 多年,实践证明是可行且方便的,得到本地勘察单位的普遍认同,故将其作为推荐公式。需要说明的是:

1 当样本数量 n 大于 6 时,11.21 式的修正系数与 11.2-2 式的修正系数基本一致,当样本数量 n 小于 3 时,修正系数的误差较大。为避免小样本误差,采用 11.2-2 式计算标准值时规定样本数量 n 应大于 6;

2 11.2-2 式适用小样本统计,样本大于 30 时,可直接利用式 11.2-3 统计标准值,其计算结果与式 11.2-2 的结果相同。

$$\mu_k = \left[1 \pm \left\{ \frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right\} \delta\right] \mu_0 \quad (11.2-2)$$

$$\mu_k = \left(1 \pm \frac{1.645}{\sqrt{n}} \delta\right) \mu_0 \quad (11.2-3)$$

式中“ $\pm$ ”号:作用项取“ $+$ ”和抗力项取“ $-$ ”;设备选型和土石开挖等级划分的强度统计时,宜取“ $+$ ”。

11.2.8 异常数据是指误差偏离正态分布的离群数据。根据正态分布的高斯误差定律和现行国家标准《数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理》GB/T 4883,风险概率取 0.05(置信概率 95%)时,可按 2 倍标准差剔除异常数据。变异系数 δ 小于 0.3 时,根据误差的正态分布曲线(如图 11.2.8-1),取置信概率 95%,误差大于 2 倍标准差(2σ)的数据为不满足置信概率的数据,为异常数据。即数据 $>$ 平均值 $+2$ 倍标准差($\mu_i > \mu_0 + 2\sigma$)或数据 $<$ 平均值 -2 倍标准差($\mu_i < \mu_0 - 2\sigma$),为异常数据。

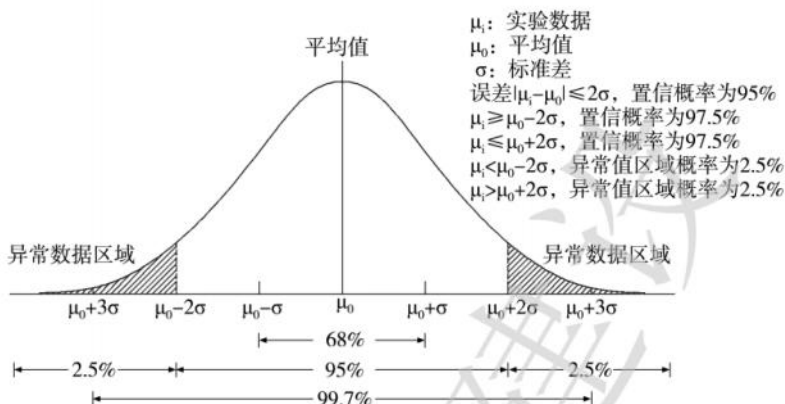


图 11.2.8-1 正态分布曲线图

研究表明,异常数据的剔除与剔除前的变异系数(δ)和剔除后的变异系数(δ')密切相关。当 δ 与 δ' 相差较大时,按2倍标准差可剔除明显的异常数据(如图11.2.8-2中明显异常数据);当 δ 与 δ' 相近时,图中的异常数据的识别较困难。由此,建议按0.4倍平均值剔除异常小值,按1.6倍平均值剔除异常大值,剔除后的变异系数 δ' 应小于0.3。其计算过程为:取 $\delta=0.3$,异常小值 $\mu_{\min} < \mu_0 - 2\sigma = \mu_0(1 - 2\delta)$, $\mu_{\min} < 0.4\mu_0$;异常大值 $\mu_{\max} > \mu_0(1 + 2\delta)$, $\mu_{\max} > 1.6\mu_0$ 。当剔除后的变异系数 δ' 仍大于0.3时,数据误差的偏离正态分布大,可采用经验方法确定异常数据,建议按0.2倍平均值剔除异常小值,按1.8倍平均值剔除异常大值。其计算过程为:取 $\delta=0.4$,异常小值 $\mu_{\min} < \mu_0 - 2\sigma = \mu_0(1 - 2\delta)$, $\mu_{\min} < 0.2\mu_0$;异常大值 $\mu_{\max} > \mu_0(1 + 2\delta)$, $\mu_{\max} > 1.8\mu_0$ 。

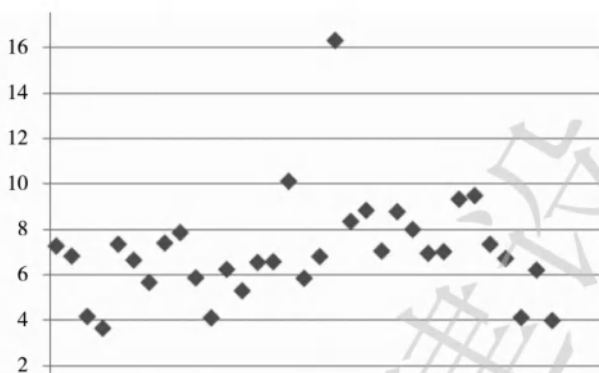


图 11.2.8-2 明显的异常数据

一些规范采用 3 倍标准差进行剔除异常数据,其风险概率是置信概率取 0.997,为与置信概率取 0.950 不一致,本标准推荐采用 2 倍标准差除异常数据,其剔除的异常值也包括 3 倍标准差剔除的异常值。在统计中测试数据被多次剔除是不合理的,原则上原始测试数据只剔除一次。

11.2.9 剔除异常数据的目的是使统计单元内的数据符合统计规律,但被剔除的数据不应置之不理,应予以处理。岩体强度不均匀性所致异常数据反映了岩体固有性状,异常大值不影响设计安全,可不处理;异常低值不被标准值统计所涵盖,具有一定的失效概率,影响设计安全,应进行处理。对详勘阶段统计发现的异常低值情况,应分析误差过大的原因,对异常低值点应单独提供岩土参数建议值。具备条件时可在异常低值取样点附近增加取样点进行验证,验证为异常值孤点按孤点提供岩土参数建议值,验证为异常低值区域时应划分为统计单元,提供异常低值区域的岩土参数建议值。详勘阶段不具备验证条件时,可在施工验收阶段增加取样进行验证。

11.2.10 数据量不满足最小要求包括以下几种情况:

1 地基中薄层和透镜体等非主要岩土层的试验数据量本身较少;

- 2 剔除异常数据后,有效的试验数据不满足最小数量要求;
- 3 被剔除的异常数据,不满足最小数量要求;
- 4 可行性研究勘察及初步勘察阶段,样品数量较少,不满足最小数量要求;

5 勘察等级为乙级、丙级的单体建(构)筑物场地,取样数量本身较少,不满足最小数量要求。对以上情况,应在对地层的认识、相关试验成果分析的基础上,参照相关规范和地区经验,提供设计所需的标准值,无规范参照和地区经验时可取小值平均值。

数据变异系数大于 0.30 时,已不适用 11.2.7 条统计标准值,但变异系数 δ 不宜大于 0.30 仅是统计学的规定,并不是试验存在问题或是分层不合理或是统计单元划分不合理,即使是同一场地、同一类岩土材料、同一取样点,其强度也可能存在比较大的差异。当变异系数大于 0.30,确系岩土自身性质不均匀且不能进一步细分统计单元时,修正系数宜按经验取值,但不应小于 0.75。修正系数不应小于 0.75 为参考湖北省《岩土工程勘察工作规程》(DB42_169-2003)13.2.3 条的建议。

11.3 岩土体物理力学性质指标

11.3.1 本条引用了《建筑地基基础设计规范》GB 50007 中工程特性指标的定义。可研和初勘时,岩体的物性及变形指标的建议值可按表 L.0.3 选用。

11.3.2 岩石重度受裂隙发育程度、岩体结构类型的影响较小,在数值上是很接近的,所以可将岩石的重度视为岩体的重度。

11.3.3 变形模量、弹性模量是给定岩石应力与相应产生的纵向应变的比值。当岩体中有裂隙存在时,纵向应变要增大,则模量要减小,所以应折减,据国内外某些资料岩体变形模量约为室内岩石变形模量试验平均值的 60%~65%,根据我市一些实践经验,选用室内岩石变形模量试验标准值的 60%~80%,作为岩体

变形模量标准值。

11.3.5 岩体抗拉强度和抗压强度的受力机理不同,其折减系数也是不同步的,岩石产生裂隙成为岩体,抗力能力将急剧下降,所以岩体抗拉强度的折减程度要大一些。根据工程经验取值时,岩体抗拉强度标准值可参照本标准表 L.0.3 取值。

11.3.6 当岩体破碎、极破碎时,其变形和力学性能与完整、较完整和较破碎岩体有很大的不同,与土类相似,不宜在岩石变形和力学指标的基础上进行折减。其泊松比、变形模量、弹性模量、内摩擦角、粘聚力和抗拉强度等指标的取值可按成分相近的土类取经验值。

11.4 地基极限承载力

11.4.2 当岩体完整、较完整、较破碎时,岩质地基极限承载力标准值可采用岩石单轴抗压强度、岩基载荷试验和野外鉴别等方法确定。对破碎、极破碎岩体,其力学性能与完整、较完整和较破碎岩体有很大的不同,如重庆的巫山县、奉节县等地区广泛分布的巴东组块状岩等,可视为土质地基,除按野外鉴别等方法确定外,必要时地基极限承载力标准值由土基平板载荷试验方法确定。本标准 5.2.20 条对选用载荷试验确定承载力的情况进行了说明;对于完整、较完整、较破碎岩体,勘察阶段通常采用单轴抗压强度确定地基承载力,但对于软岩、极软岩,当荷载较大时选用载荷试验确定地基承载力更加经济;对破碎、极破碎岩体,当荷载较大时应采用平板载荷试验。

当地基极限承载力标准值由岩石单轴抗压强度标准值乘以地基条件系数确定时,岩质地基承载力与岩石单轴受压有两方面的不同:一是岩质地基承载力受岩体完整性影响,完整性越差,承载力越低,而进行单轴抗压强度试验的试件一般视为完整岩体;二是岩质地基属半空间无限体,破坏方式和破坏范围与单轴受压

的岩石圆柱体不同。采用岩石单轴抗压强度标准值确定岩质地基极限承载力标准值时应乘以折减系数(完整性因素)和增大系数(空间条件因素),为方便计算,将折减系数和增大系数综合为地基条件系数。

通常岩基载荷试验的极限值更接近岩质地基的极限承载力,地基条件系数可近似为载荷试验极限值与单轴抗压强度的比值。在重庆的工程实践中,多年来积累大量的岩基载荷试验的试验数据。本次共收集 40 多个工程共 184 组对比试验数据,其中岩基载荷试验中桩基载荷试验(138 组)、独基载荷试验(46 组)。统计发现,载荷试验极限值与单轴抗压强度的比值较为集中的分布于 1.5-2.2 之间的区域(如图 11.4.2);抗压强度越低,比值越高;比值的平均值 1.97,变异系数达 0.59;比值小于 1.3 的数据 10 个占 5%左右。本次结合载荷试验的统计成果,对地基条件系数进行了一定程度的调整,对完整和较完整岩体提高了地基条件系数,对较完整、较破碎的硬岩降低了地基条件系数,调整方法如下:

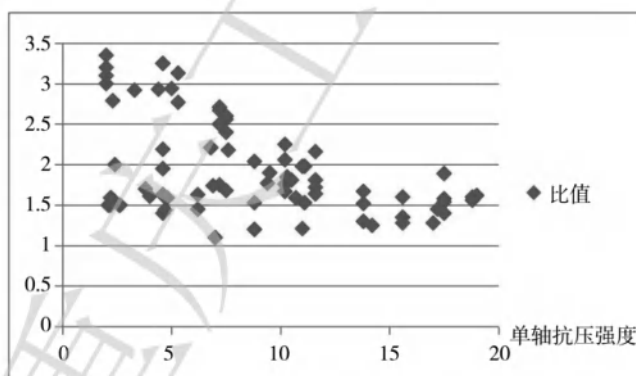


图 11.4.2 比值与单轴抗压强度的关系

1 鉴于以上载荷试验以较完整软质岩为主,地基条件系数是 1.30 的保证率在 95% 以上,首先确定较完整软质岩的地基条件系数的下限取 1.30;比值的平均值 1.97,考虑的数据离散性,

综合取平均值 1.70 作为的上限。由此,较完整软质岩的地基条件系数为 1.30~1.70,是原标准 1.10~1.40 的 1.2 倍。并由此确定完整软质岩的地基条件系数为 1.70~2.10,是原标准 1.40~1.70 的 1.2 倍。相应的,取较破碎软质岩的地基条件系数为 0.90~1.30,是原标准 0.70~1.10 的 1.2 倍;

2 如图 11.4.2 所示,抗压强度越低,比值越高。硬质岩的地基条件系数降低一档取值。完整硬质岩的地基条件系数取 1.30~1.70 与原标准 1.40~1.70 基本一致;较完整时地基条件系数取 0.90~1.30,是原标准 1.10~1.40 的 0.85 倍左右;较破碎时取 0.50~0.90,是原标准 0.70~1.10 的 0.80 倍左右;

3 对于嵌岩桩基础,桩端岩体受力为半无限空间体内部的一点,与浅基础的受力为半无限空间体不同,其破坏方式和破坏范围与浅基础不同,例如浅基础的载荷试验时,判定破坏的标准通常是地面出现裂纹和沉降出现突变,而桩基础的载荷试验时地面不可能出现裂纹,且尚无实际破坏的先例,一般将设计荷载的 2 倍作为破坏标准,这是十分保守的。较之浅基础,桩基础的岩石更难破坏,故浅基础和桩基础的地基条件系数应有所区别,故桩基础取表中较大值,浅基础取表中较小值;

4 岩体的完整程度对地基条件系数影响大,根据本标准 4.1.6 条判定岩体完整程度有试验法和经验法两种。按波速测试成果判定的岩体完整性可靠度较高;按野外鉴别(裂隙发育程度和岩芯节长等)等经验方法判定岩体完整性时,与个人经验有关,存在一定程度的人为误差。

11.4.3 对淤泥及淤泥质土、黏性土、红黏土、粉土地基,首先应采取代表性的土样进行土工试验,取样数量应符合本标准 11.2.2 条要求。

11.4.4 未经处理的新近填土,自重沉降尚未完成,不应作地基持力层,不宜提供地基极限承载力标准值。

12 工程地质分析评价与成果报告

12.1 一般规定

12.1.2 本条提出工程地质分析评价的总体要求,强调结合工程特点和环境条件,并注重评价的针对性和建议的实用性。

12.1.3 本条列出了工程地质评价的主要内容。水、土腐蚀性评价、不良地质与特殊岩土评价等应按前面章节的相关要求进行评价,本章不再进行详细要求。本章只针对工程地质评价的主要内容进行有针对性、概括性的要求,因此除按本章要求进行工程地质评价外,还应按本标准其它章节的相关规定进行评价。

12.1.4 由于岩土性质的复杂性以及多种难以预测的因素,仅仅通过有限的勘察工作量,取得的对工程地质问题的判断和预测,难以做到准确;因此,工程地质分析评价时充分利用地区经验和类似工程经验,并通过开展现场试验或室内模型试验取得实测数据;当工程地质条件和环境条件复杂时,宜辅以数值模拟分析。

12.1.6 本条规定综合评价后不适宜建设的区段应在报告中明确指出,并提出采取工程治理或避让的建议。一般情况下,下列地段应建议避开:

- 1 不良地质作用发育且对场地有严重影响的地段;
- 2 地基岩土性质严重不良地段;
- 3 建筑抗震危险地段;
- 4 洪水或地下水对建筑场地有严重不良影响的地段;
- 5 地下有未开采的有价值矿藏或不稳定的地下采空区地段。

12.2 场地及地基稳定性与建筑适宜性评价

12.2.1 影响场地稳定性和建筑适宜性的有自然地质因素,包括地质构造与不良地质作用,也有人类工程活动的影响,因此规定勘察报告必须对其进行评价,并强调定性 with 定量评价相结合,定量分析应在定性分析基础上进行。

地质构造方面主要针对活动断裂,应明确与建筑场地的位置关系,根据区域资料、历史记载判断其活动性,分析地震时发展趋势,综合评价对建筑场地及建构筑物的影响。

12.2.2 勘察时在充分收集拟建工程特征、建(构)筑物的规模、荷载、结构特点,可能的持力层及基础类型、尺寸和埋置深度等资料的基础上进行地基稳定性评价,应分析拟建工程基础持力层和下卧层岩土体的稳定性。

12.2.3 滑坡、崩塌、泥石流、岩溶等不良地质作用对建筑场地影响很大,直接影响建筑安全及造价,因此必须明确其性质、规模、稳定性及其发展趋势,并评价对场地及建构筑物的影响。

12.3 地震效应评价

12.3.1 本条明确了地震效应评价的内容。建筑宜按单体建构筑物进行评价,建筑方案已明确建筑结构单元时可按建筑结构单元进行评价;条文中“无建(构)筑布局的”也包括市政工程(如道路、管网等),此时应分区或分段进行评价。

12.3.2 建筑场地抗震地段应按《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 的规定划分为有利地段、一般地段、不利地段、危险地段。抗震不利地段一般是指地震时可能产生明显岩土变形或地基失效的地段。例如软弱填土厚度大于 15m 或土岩界面起伏很大(坡角大于 45°)的地段应划分为不利地段;对可能产生“鞭梢

效应”的坡顶建(构)筑物场地应划分为抗震不利地段;《城市桥梁抗震设计规范》CJJ 166-2011 第 4.1.1 条表 4.1.1 规定:严重不均匀地层地段(指岩性、土质、层厚、界面等在水平方向变化很大的地层)划分为不利地段;隧道围岩抗震地段类别受埋深、围岩影响,可查表判断。勘察报告应说明抗震地段划分的依据。地震效应评价是基于勘察期间场地的工程地质条件而进行,当后期场地工程地质条件发生变化,应建议复核场地地震效应评价。如进行了地基处理或后期开挖回填、压实、夯实填土地段,应建议实测土层剪切波速,核实地震效应评价。危险地段的滑坡、崩塌、地陷、地裂、泥石流和边(斜坡)坡等进行有效处置消除隐患后,应重新判定建筑抗震地段。

12.3.3 地震效应评价时应从工程安全出发,充分考虑工程意图和不利因素,对建(构)筑物以单体建筑物或结构单元为单位,按平场挖填后的场地进行评价。对存在基坑边坡的场地,应根据工程意图,针对边坡支护结构与主体建筑是否脱开分别评价,当两者相连(不脱开)时,覆盖层厚度则应考虑基坑边坡与建筑地基的土层之和,即场地覆盖层厚度从室外地坪起算。当地下室结构与主体结构脱开,主体结构的覆盖层厚度从地下室室底起算。当结构单元的划分在勘察期间未能确定时,应按边坡支护结构与主体建筑两者不脱开和脱开分别评价。当结构单元的划分发生改变时,勘察单位应依据重新划分的结构单元复核地震效应评价。对存在多种类型的复杂场地,应在图件上分区明确反映。

12.4 地基评价及基础方案建议

12.4.1 地基评价和基础方案建议是工程勘察报告的重点,评价中应充分考虑上部结构类型、基础形式、荷载大小、对地基承载力和变形的要求等因素,注重针对性与工程可行性相结合、安全性与经济性相结合、定性评价与定量评价相结合。

12.4.3 规定不均匀地基的确定方法,并要求结合拟建建筑评价地基的变形性能。工程中差异沉降危害更大,往往造成建(构)筑物倾斜甚至破坏,因此除应评价总沉降量外,必须评价建筑地基的不均匀沉降可能性。

按照现行《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的规定,建筑地基(或被沉降缝分隔区段的建筑地基)的主要受力层范围内,如遇下列情况之一者,属于土岩组合地基:

- 1 下卧基岩表面坡度较大的地基;
- 2 石芽密布并有出露的地基;
- 3 大块孤石或个别石芽出露的地基。

分布于巫山县、奉节县等地区的块碎岩地基,由于岩体的破碎、风化程度差异大、岩体力学性质变化大,宜判定为不均匀地基。

12.4.6 12.4.5~12.4.6 规定桩基础和地基处理应评价的内容。场地地质条件不满足建筑结构对天然地基浅基础要求时,对荷载大的高层建筑等宜考虑桩基方案;对建筑承载力要求不高而土层厚度大的场地,可推荐地基处理后的浅基础方案。勘察报告对此应进行专门评价,并提出相应措施建议和相关参数。

12.5 相邻建(构)筑物影响评价

12.5.1 近几年来,随着轨道、市政桥隧项目的兴建,对控制保护区内的建(构)筑物的评价已成为勘察报告编制的重点内容。地下轨道、隧道的控制保护区为结构外边线向外 50m,高架轨道控制保护区内为结构外边线向外 30m。

12.5.2 随着社会的发展,建筑场地周边环境不再单一,与邻近建筑、市政设施、地下工程等方面的相互影响日趋复杂,地质环境保护与环境工程地质问题日益突出,相邻建(构)筑物影响评价成为必要内容。

12.5.3 工程地质信息模型是评价分析的有效手段,也是进行数

值计算和定量分析的前提和基础。

对于相邻建(构)筑物空间关系复杂的场地,可根据《工程勘察信息模型设计标准》DBJ50/T-284 建立工程地质信息模型,为工程地质评价提供技术支撑。

12.6 成果报告

12.6.5 本条为工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、勘察范围、工程特点和工程地质条件等具体情况编写,根据通用规范的要求增加了第1、4、5、6款的内容。