

山东省工程建设标准



DB37/T 5269—2023

JXXXXX—202X

市政基础设施岩土工程勘察标准

Standard for geotechnical investigation of
municipal infrastructure projects

（备案稿）

2023-10-10 发布

2023-12-01 实施

山东省住房和城乡建设厅
山东省市场监督管理局

联合发布

山东省工程建设标准

市政基础设施岩土工程勘察标准

standard for geotechnical investigation of

municipal infrastructure projects

DB37/T 5269-2023

住房和城乡建设部备案号 Jxxxxx-202x

主编单位：济南市市政工程设计研究院

（集团）有限责任公司

中石化石油工程设计有限公司

批准部门：山东省住房和城乡建设厅

山东省市场监督管理局

施行日期：2023年12月01日

XXXXXXXXX出版社

2023 济南

前 言

根据山东省住房和城乡建设厅和山东省市场监督管理局《关于印发 2022 年山东省工程建设标准制修订计划的通知》（鲁建标字〔2022〕8 号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结山东地区实践经验，参考有关国内标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本标准。

本标准的主要内容：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 工程勘察要求；5. 工法勘察；6. 特殊性岩土和不良地质作用；7. 地下水；8. 调绘、勘探与原位测试；9. 室内试验；10. 岩土参数统计与选用；11. 岩土工程分析评价；12. 成果报告。

本标准由山东省住房和城乡建设厅负责管理，由济南市市政工程设计研究院(集团)有限责任公司负责具体技术内容的解释。本标准在执行过程中如有意见和建议，请寄送济南市市政工程设计研究院(集团)有限责任公司编制组（地址：济南市市中区二环南路 3377 号市政设计大厦，邮编 250003，联系电话：0531-89733268，电子邮箱：zhaoqingliang@jnszy.com，网址：<http://www.jnszy.cn>）

主 编 单 位：济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司

中石化石油工程设计有限公司

参 编 单 位：济南市勘察测绘研究院

山东建勘集团有限公司

山东省交通规划设计院集团有限公司

山东地矿开元工程科技有限公司
山东建筑大学工程鉴定加固研究院有限公司
山东正元地质资源勘查有限责任公司
山东中泉建勘岩土工程有限公司
山东轨道交通勘察设计院有限公司

主要起草人员：苏玉玺 荆少东 赵庆亮 孔凡龙
武登辉 秦新平 徐帅陵 牟晓东
付 垚 叶胜林 张明晶 郑卫琴
宋 娜 刘国辉 李 虎 付瑞勇
罗平凡 邵广彪 李登科 林 波
陈圣仟 刘 明 胡国庆 肖代胜
刘振东 刘元庆 朱培代 黄文龙
徐玉臻 翟建国 许 杰 刘 燕
程爱华 郑明万 徐 跃 樊瑞华
宋军强 赵 亮 时文彪 代传洋
董庆贺 林祥峰 卢 琪 李松皓
主要审查人员：梁金国 刘俊岩 郑全明 孙 杰
郜宪存 张乾青 康 建 毛伟刚
黄 薛

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	4
3	基本规定	6
4	工程勘察要求	14
4.1	一般规定	14
4.2	城市道路工程	14
4.3	城市桥涵工程	21
4.4	地下洞室工程	26
4.5	综合管廊工程	30
4.6	城市隧道工程	34
4.7	室外管道工程	39
4.8	城市堤岸工程	43
4.9	城市废弃物填埋场工程	48
4.10	城市绿地工程	51
4.11	城市给排水厂站工程	56
4.12	既有市政基础设施改扩建工程	60
5	工法勘察要求	65
5.1	一般规定	65
5.2	明挖和沉井法	65
5.3	盾构法	68
5.4	顶管法	71
5.5	定向钻法	73
6	特殊性岩土和不良地质作用	76
6.1	一般规定	76
6.2	填土	76
6.3	软土	78

6.4	黄土	81
6.5	膨胀土	84
6.6	盐渍土	87
6.7	风化岩和残积土	95
6.8	岩溶和土洞	97
6.9	断裂和地震效应	105
7	地下水	114
7.1	一般规定	114
7.2	地下水的勘察内容	114
7.3	水文地质参数测定	117
7.4	地下水作用评价	121
8	调绘、勘探与原位测试	123
8.1	一般规定	123
8.2	调查与测绘	123
8.3	工程物探	124
8.4	勘探点定位和测量	126
8.5	原位测试	126
8.6	钻探	127
8.7	井探、槽探与洞探	129
8.8	取样	130
9	室内试验	132
9.1	一般规定	132
9.2	土的物理性质试验	133
9.3	土的压缩—固结试验	134
9.4	土的抗剪强度试验	135
9.5	土的动力性质试验	136
9.6	土的热物性试验	137
9.7	岩石试验	138
10	岩土参数统计与选用	140
10.1	一般规定	140

10.2	岩土参数统计分析	140
10.3	岩土参数代表值的选用	142
10.4	地基承载力	143
10.5	桩基承载力	145
10.6	锚杆(索)	151
11	岩土工程分析评价	154
11.1	一般规定	154
11.2	场地稳定性适宜性评价	156
11.3	地基基础评价	159
11.4	地下工程和基坑与边坡工程评价	160
12	成果报告	162
12.1	一般规定	162
12.2	成果报告的基本内容	162
12.3	成果报告的图表	166
附录 A	岩土试验项目	167
附录 B	沉井外壁与土体间的单位摩阻力	169
附录 C	基床系数经验值	170
附录 D	围岩分级	172
附录 E	岩土施工工程分级	176
附录 F	顶管阻力计算	178
附录 G	渗透系数计算	182
附录 H	地下水类型与岩土体渗透等级	188
附录 J	常用的工程物探方法	190
附录 K	常用的原位测试方法	197
附录 L	岩土热物理指标经验值	200
附录 M	地基岩土的承载力特征值	202
	本标准用词说明	210

引用标准名录 211

条文说明 213

1 总 则

1.0.1 为保证市政基础设施岩土工程勘察质量，做到安全适用、技术先进、经济合理、保护生态环境，结合区域岩土工程特点，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于山东省行政区域内市政基础设施的岩土工程勘察。

1.0.3 在进行市政基础设施岩土工程勘察时，应广泛搜集、分析、利用已有资料和建设经验，针对工程特点、建设需要、岩土和环境条件，进行策划和实施，勘察成果应资料真实、结构完整、评价合理、结论可靠、建议可行。

1.0.4 市政基础设施岩土工程勘察，除应符合本标准的规定外，尚应符合国家及山东省现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 市政基础设施 municipal infrastructure

在城乡规划区，为满足城镇居民生活需要和其他公共服务需求而控制的、促进城市可持续发展所需的工程设施。本标准中特指城市道路、城市桥涵、地下洞室、综合管廊、城市隧道、室外管道、城市堤岸、城市废弃物填埋场、城市绿地、城市给排水厂站等工程设施。

2.1.2 综合管廊 utility tunnel

建于城市地下用于容纳两类及以上城市工程管线的构筑物及附属设施。

2.1.3 室外管道 outdoor pipeline

室外敷设的给水、雨水、污水、再生水、燃气、热力、电力、通讯等地下管路设施（不含工业管线）。

2.1.4 城市废弃物填埋场 municipal waste landfills

以填埋的方式处理城市废弃物，并按卫生填埋设计、建设、运营的场所。

2.1.5 管线路由 pipeline routing

指确定管道或管线的最佳路径或路线，以便在其中运输液体、气体或其他物质。

2.1.6 工程周边环境 engineering surroundings

影响市政基础设施工程设计、施工及运营的周边建（构）筑物、既有地下管线、架空线路、地表水体等环境对象的统称。

2.1.7 工法勘察 geotechnical investigations for construction methods

为施工方法和工艺选择、设备选型及施工组织设计提供针对

性的工程地质、水文地质资料进行的勘察工作。

2.2 符 号

2.2.1 岩土物理性质和颗粒组成

e ——孔隙比；

I_L ——液性指数；

I_p ——塑性指数；

n ——孔隙度，孔隙率；

W_u ——有机质含量；

S_r ——饱和度；

ω ——含水量，含水率；

ω_L ——液限；

ω_p ——塑限；

γ ——重力密度（重度）；

ρ ——质量密度(密度) ；

ρ_d ——干密度。

2.2.2 岩土变形参数

a ——压缩系数；

E_s ——压缩模量；

E_0 ——变形模量；

δ_{ef} ——自由膨胀率。

2.2.3 岩土强度参数

f_{rk} ——岩石饱和单轴抗压强度标准值；

f_{ak} ——地基承载力特征值；

f_a ——修正后的地基承载力特征值。

c ——黏聚力；

φ ——内摩擦角；

2.2.4 触探及标准贯入试验指标

N ——标准贯入锤击数；

N_{10} ——轻型圆锥动力触探试验锤击数；

$N_{63.5}$ ——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；

q_c ——静力触探锥尖阻力；

f_s ——静力触探侧阻力。

2.2.5 其他符号

k ——渗透系数；

q_{sik} ——单桩第 i 层土的极限侧阻力标准值；

q_{pk} ——单桩极限端阻力标准值；

v_s ——剪切波波速；

v_{se} ——等效剪切波速；

v_p ——压缩波波速；

δ ——变异系数；

σ_f ——标准差；

ϕ_m ——平均值。

3 基本规定

3.0.1 市政基础设施岩土工程勘察应在搜集、分析已有资料和现场踏勘的基础上，根据勘察目的、任务和现行相应技术标准的要求，针对拟建工程特点和场地工程地质条件编制勘察纲要。

3.0.2 市政基础设施岩土工程勘察应根据工程重要性、场地复杂程度和岩土条件复杂程度进行勘察等级划分，并应符合下列规定：

1 工程重要性等级划分应符合表 3.0.2-1 的规定；

表 3.0.2-1 市政基础设施的工程重要性等级

工程类别		工程重要性等级		
		一级	二级	三级
道路工程		快速路和主干路、 $H>8\text{m}$ 的挡土工程	次干路、 $8\text{m}\geq H\geq 5\text{m}$ 的挡土工程	支路、公交场站和城市广场的道路与地面工程、 $H<5\text{m}$ 的挡土工程
桥涵工程		特大桥、大桥	除一级、三级之外的城市桥涵	小桥、涵洞及人行地下通道
地下洞室、综合管廊工程、隧道工程		均按一级	-	-
室外管道工程	顶管或定向钻方法施工	均按一级	-	-
	明挖法施工	$h>8\text{m}$	$8\text{m}\geq h\geq 5\text{m}$	$h<5\text{m}$

续表 3.0.2-1

工程类别		工程重要性等级		
		一级	二级	三级
堤岸工程		桩式堤岸和桩基加固的混合式堤岸、一级堤防堤岸	圬工结构或钢筋混凝土结构的天然地基堤岸、二级堤防堤岸	土堤、三级及其以下堤防堤岸
城市废弃物填埋场工程		日处理量 $\geq 1200\text{t}$	日处理量 $200\text{t} \sim 1200\text{t}$	日处理量 $\leq 200\text{t}$
城市绿地工程	堆山工程	$H > 6\text{m}$	$6\text{m} \geq H \geq 4\text{m}$	$H < 4\text{m}$
	挖湖工程	$h > 8\text{m}$	$8\text{m} \geq h \geq 5\text{m}$	$h < 5\text{m}$
	绿化种植、栈道、园林小品	-	-	均按三级
	给排水厂站工程	大型、中型厂站	小型厂站	-

注：1 h ：明挖施工开挖最大深度； H ：支挡结构最大高度、堆山工程堆填最大高度。

2 挖湖工程包含人工湿地。

3 根据设计路面标高与原地面标高的相对关系，道路工程可分为一般路基、高路堤、陡坡路堤和路堑。高路堤、陡坡路堤和路堑的工程重要性等级宜在表 3.0.2-1 基础上提高一级。

4 地下式污水处理厂均按一级。

2 场地复杂程度等级划分应符合表 3.0.2-2 的规定；

表 3.0.2-2 场地复杂程度等级

等级	场地复杂程度	划分依据
一级	复杂	1 地形地貌复杂； 2 抗震危险地段； 3 不良地质作用强烈发育； 4 地质环境已经或可能受到强烈破坏； 5 地下水对工程的影响大； 6 周边环境条件复杂。
二级	中等复杂	1 地形地貌较复杂； 2 抗震不利地段； 3 不良地质作用一般发育； 4 地质环境已经或可能受到一般破坏； 5 地下水对工程的影响一般； 6 周边环境条件中等复杂。
三级	简单	1 地形地貌简单； 2 抗震有利、一般地段； 3 不良地质作用不发育； 4 地质环境基本未受破坏； 5 地下水对工程无影响； 6 周边环境条件简单。

注：1 等级划分只需满足划分依据中任何一个条件即可。

2 从一级开始，向二级、三级推定，以最先满足的为准。

3 市政基础设施工程的岩土条件复杂程度等级划分应符合表 3.0.2-3 的规定；

表 3.0.2-3 岩土条件复杂程度等级

等级	岩土条件复杂程度	划分依据
一级	复杂	1 岩土种类多，很不均匀； 2 围岩或地基、边坡的岩土性质变化大； 3 存在需进行专门治理的特殊性岩土。
二级	中等复杂	1 岩土种类较多，不均匀； 2 围岩或地基、边坡的岩土性质变化较大； 3 特殊性岩土不需要专门治理。
三级	简单	1 岩土种类单一，均匀； 2 围岩或地基、边坡的岩土性质变化不大； 3 无特殊性岩土。

注：1 等级划分只需满足划分依据中任何一个条件即可；

2 从一级开始，向二级、三级推定，以最先满足的为准。

4 市政基础设施的岩土工程勘察等级划分应符合表 3.0.2-4 的规定。

表 3.0.2-4 市政基础设施的岩土工程勘察等级

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

注：岩质地基上工程重要性等级为一级的工程，当场地复杂程度等级和岩土条件复杂程度等级均为三级时，岩土工程勘察等级可划分为乙级。

3.0.3 市政基础设施岩土工程勘察宜按可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察三个阶段开展工作，并可根据工程需要进行施工

勘察、专项勘察和工法勘察，岩土勘察等级为丙级的工程可直接进行详细勘察。

3.0.4 市政基础设施岩土工程勘察应根据不同的勘察阶段、工程类别和重要性、场地及岩土条件的复杂程度、设计要求，确定勘察方案和提交勘察成果。

3.0.5 市政基础设施可行性研究勘察应对拟建场地的稳定性和工程建设的适宜性作出评价，主要以搜集资料、工程地质测绘和调查为主，必要时应进行适当的勘探、测试及试验。可行性研究勘察工作应包括下列内容：

- 1 搜集区域地质、构造、地震、水文、气象、地形、地貌等资料；

- 2 了解场地的工程地质条件和水文地质条件概况；

- 3 调查拟建场区及周边环境条件；

- 4 分析不良地质作用和场地稳定性，划分抗震地段类别；

- 5 评价拟建场地工程建设的适宜性；

- 6 存在两个或以上拟选场地时，进行比选分析。

3.0.6 市政基础设施初步勘察宜在可行性研究勘察的基础上，初步查明拟建场地的岩土工程条件，提出初步设计所需的建议及岩土参数。初步勘察工作应包括下列内容：

- 1 初步查明拟建场地不良地质作用的分布、规模、成因、发展趋势等；

- 2 初步查明场地岩土体地质年代、成因、结构及其性质；

- 3 初步查明地下水的埋藏条件、动态变化规律以及地表水

的补排关系；

- 4 初步判定水和土对工程材料的腐蚀性；
- 5 初步查明特殊性岩土的工程性质并对其进行相应的评价；
- 6 初步评价场地和地基的地震效应；
- 7 对可能采用的地基基础方案、围岩及边坡稳定性进行初步分析评价；
- 8 对工程地质条件可能引发的工程风险进行初步评价。

3.0.7 市政基础设施详细勘察应针对工程特点和场地岩土条件，进行岩土工程分析与评价，提供设计和施工所需的岩土参数及有关结论和建议。详细勘察工作应包括下列内容：

- 1 查明拟建场地的地形地貌、地质构造、地层结构和岩土工程特性，提供设计和施工所需的岩土参数和水文地质参数；
- 2 查明拟建场地不良地质作用的分布、规模、成因，分析发展趋势，评价其对拟建场地的影响，提出防治措施的建议；
- 3 查明特殊性岩土、河湖沟坑及暗浜的分布范围，调查工程周边环境条件，分析评价其对设计与施工的影响；
- 4 查明地下水的类型、埋藏条件及与地表水的补排关系，提供地下水位动态变化规律，根据需要分析评价其对工程的影响；
- 5 判定环境水、土对工程材料的腐蚀性；
- 6 对场地和地基的地震效应进行评价，提供抗震设计所需要的参数；

7 根据需要对地基工程特性、围岩分级及稳定性、边坡稳定性等进行分析与评价；

8 对设计与施工中的岩土工程问题进行分析评价，提供岩土工程技术建议和相关岩土参数。

3.0.8 当遇下列情况之一时，应进行专项勘察工作：

1 工程周边存在重要建（构）筑物或对工程建设有重要影响的地下设施；

2 水文地质条件对工程评价或地下水控制有重大影响，需论证工程使用期间水位变化和需要提出使用期抗浮设防水位时；

3 存在滑坡、崩塌、泥石流、采空区、地裂缝、活动断裂、区域地面沉降、岩溶等不良地质作用，并对工程有较大影响；

4 存在对工程有较大影响的高边坡；

5 既有市政基础设施的改扩建工程，需评估既有地基基础的工程状态、分析其再利用性能；

6 工程场地存在污染土或地下水受到污染；

7 生活垃圾填埋场改扩建工程，需对现有堆填体的稳定性及变形特征进行分析；

8 受地质条件影响较大的海绵城市设施，需要论证地质条件适宜性。

3.0.9 施工勘察应在详细勘察的基础上，针对施工方法、施工措施的特殊要求或施工过程中出现的工程地质或岩土工程问题，开展施工阶段勘察工作，其勘察工作内容和成果应满足施工

阶段设计和施工的相关要求。

3.0.10 市政基础设施岩土工程勘察的岩土分类与鉴定应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

3.0.11 市政基础设施工程的岩土试验项目可按本标准附录 A 和设计施工条件、工程地质与水文地质条件综合确定。

4 工程勘察要求

4.1 一般规定

4.1.1 本章适用于城市规划区内的道路、桥涵、地下洞室、综合管廊、室外管道、城市堤岸、废弃物填埋场、绿地、给排水厂站工程、城市隧道工程、既有市政基础设施改扩建工程等建设项目的岩土工程勘察。

4.1.2 市政基础设施岩土工程勘察应在搜集、分析利用已有勘察资料的基础上，根据不同的勘察阶段、工程类别、勘察等级、设计要求和施工方法等特征信息，制定勘察方案和提交勘察成果。

4.1.3 市政基础设施岩土工程勘察实施前，应取得地形图以及地下管线、设施和障碍物等现状资料，并经现场确认，方可进行勘察作业，必要时应开展工程周边环境及地下设施的专项调查。

4.1.4 路基防护工程勘察和丘陵地区城市道路勘察除应按本标准规定执行外，尚应符合现行行业标准《公路工程地质勘察规范》JTG C20 的规定。

4.2 城市道路工程

4.2.1 本节适用于城市道路、公交场站和城市广场等工程的岩土工程勘察。

4.2.2 城市道路工程勘察前应根据不同勘察阶段工作的要求，应取得下列图纸和资料：

- 1 道路、公交场站、城市广场的设计总平面布置图；
 - 2 道路类别、路面设计标高、路基类型、宽度、道路纵横断面、拟采用的路面结构类型，城市广场的基底高程；
 - 3 工程需要时，尚应取得高填方路堤的工后沉降控制标准等。
- 4.2.3 城市道路勘察应对沿线路基的稳定性和岩土条件作出工程评价，并为路基设计、不良地质作用的防治、特殊性岩土的治疗等提供必要的岩土参数和建议。
- 4.2.4 城市道路勘察工作除应符合本标准第 3 章的规定外，尚应包括下列内容：
- 1 应查明沿线各区段的土基湿度状况，并提供划分路基干湿类型所需参数；
 - 2 应评价地表水和地下水对路基稳定性的影响；
 - 3 应评价沿线不良地质作用及特殊性岩土对路基稳定性的影响，并提出防治措施的建议。
- 4.2.5 可行性研究勘察勘探点布设及分析评价应符合下列规定：
- 1 勘探点间距可根据勘察任务要求、场地或岩土条件复杂程度等级一级、二级、三级分别按照 300m~500m、500m~1000m、1000m~2000m 布设，每个工程地质单元应布置勘探点，地质条件复杂时，应加密勘探点，勘探孔深度应满足场地稳定性、工程建设适宜性评价等的需要。
 - 2 可行性研究勘察分析评价应符合本标准第 11 章的规定。

4.2.6 初步勘察勘探点的间距宜根据道路分类、场地及岩土条件的复杂程度按表 4.2.6 确定。公交场站和城市广场的道路与地面勘探点间距宜为 100m~200m。对场地及岩土条件特别复杂的区段，可加密勘探点，并应布置控制性横剖面。

表 4.2.6 初步勘察勘探点间距 (m)

场地及岩土条件复杂等级	一般路基	高路堤、陡坡路堤	路堑、支挡结构
一级	150~300	100~150	100~150
二级	300~500	150~300	150~250
三级	400~600	300~500	250~400

4.2.7 初步勘察勘探孔的深度应满足路基地基稳定性分析、变形计算、地基处理方案比选的要求。

4.2.8 初步勘察分析评价除符合本标准第 11 章的规定外，尚应分析评价下列内容：

1 根据路基地基土、地下水条件，提供道路初步设计所需的岩土参数；

2 根据特殊性岩土、不良地质作用的分布范围和影响程度，提出初步的防治措施建议。

4.2.9 详细勘察勘探点的布置应符合下列规定：

1 道路勘探点宜沿道路中线布置，并满足下列要求：

1) 当一般路基的道路宽度大于 50m、其他路基形式的道路宽度大于 30m 时，宜在道路两侧交错布置勘探点；

2) 当路基岩土条件特别复杂时，应布置横剖面。

2 详细勘察勘探点的间距可根据道路分类、场地和岩土条件的复杂程度按表 4.2.9 确定。公交场站和城市广场的道路与地

面可按方格网布置勘探点，勘探点间距宜为 50m~100m；

表 4.2.9 详细勘察勘探点间距（m）

场地及岩土条件复杂等级	一般路基	高路堤、陡坡路堤	路堑、支挡结构
一级	50~100	30~50	30~50
二级	100~200	50~100	50~75
三级	200~300	100~200	75~150

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，在微地貌和地层变化较大的地段应予以加密；

4 路堑、陡坡路堤及支挡工程的勘察，应在代表性的区段布设工程地质横断面，数量不得少于 1 条，地质条件变化复杂时，应增加勘探断面数量；每条横断面上的勘探点不应少于 2 个；

5 当线路通过沟、掩埋的沟坑和古河道等地段时，勘探点的间距宜控制在 20m~40m，控制边界线勘探点间距宜适当加密。

4.2.10 详细勘察勘探孔深度应符合下列规定：

1 一般路基、公交场站和城市广场的道路与地面的勘探孔深度宜达到原地面以下 5m，在挖方地段宜达到路面设计标高以下 5m；当分布有填土、软土和可液化土层等特殊岩土时，勘探孔应加深；在勘探深度内遇基岩时，应有勘探孔（井）钻（挖）入基岩一定深度，查明基岩风化特征。其他勘探孔（井）可钻（挖）入基岩适当深度；

2 高路堤勘探深度应结合设计方案需要确定，应能满足稳定性分析、变形计算和地基处理的要求；

3 陡坡路堤、路堑、支挡工程的勘探孔深度应满足稳定性分析评价和地基处理的要求。

4.2.11 详细勘察的取样和测试工作应符合下列规定：

1 采取土试样和进行原位测试的勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/2；控制性勘探孔的比例不应少于勘探孔总数的 1/3；

2 每个场地每一主要土层均应采取试样，样本数不应少于 6 件（组）；对于岩质地基，岩样不应少于 9 件（组）；当采用连续记录的静力触探或动力触探时，每个场地不应少于 3 个勘探孔；

3 采取土样的竖向间距应按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 3m 的深度范围内，取土间距宜为 0.5m，上述深度以下的取土间距可适当放宽；

4 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；

5 软土地区高路堤宜进行标准固结试验、静三轴压缩试验（不固结不排水）、无侧限抗压强度试验；

6 对路堑、下沉广场等挖方工程，需要时应进行水文地质试验；

7 对高路堤、陡坡路堤等填方工程，需要时宜对填筑土料进行击实试验，测定其最优含水率和最大干密度；

8 深路堑工程条件允许时，宜对可能出现边坡变形破坏的岩体结构面进行现场直剪试验，提供稳定性分析及设计所需的工程特性指标；

9 应取沿线地表水、地下水进行水质分析，可每隔 2km 取地下水试样 1 组，单位工程不宜少于 3 组。遇水文地质条件变化区域，应加取地表水及地下水样品。

4.2.12 详细勘察重点分析评价除符合本标准第 11 章的规定外，尚应包括下列内容：

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 工程地质、水文地质条件变化较大时，应进行分区评价；

3 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；

4 评价挖方路堑段岩土条件、地下水对支护结构的影响，提供边坡稳定性验算、支护结构设计及施工所需岩土参数；

5 对路堑、下沉广场等挖方工程，工程需要时，应进行专项工作，分析评价地下水在施工和使用期间的变化及其对工程的影响，提出防治措施及抗浮设计建议；

6 高路堤及路堑设置支挡结构时，应分析评价地基的均匀性、稳定性、承载力，提供地基处理方法的建议；

7 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；

8 根据公交场站、城市广场的道路与地面工程特点，分析地基的均匀性、承载力及变形特性，提供设计所需的参数，工程需要时尚应提供地基处理、挖填方或支护措施的建议。

4.2.13 当拟建场地存在特殊性岩土时，分析评价除符合本标准第6章的规定外，尚应包括下列内容：

1 对湿陷性土，应根据沿线土层的湿陷程度、地下水分布特征及变化，分析评价可能引起的道路病害，并根据土质特征和地区经验，提出路基（地基）处理方法的建议；

2 对膨胀性岩土，应根据岩土层的工程特性，分析评价其体积、膨胀、强度降低而引起路基（地基）破坏和边坡失稳的可能性；并应根据影响岩土胀缩变形的自然条件的变化特点，评价膨胀土地基的变形特点；

3 对软土，应根据软土的成因、应力历史、厚度、物理力学性质与排水条件，提供路基（地基）承载力、稳定性与沉降分析所需的岩土参数，建议适宜的地基处理方法；工程需要时，应通过专项分析预测其沉降性状；

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

5 对盐渍土，应根据盐渍土的成因、分布、含盐化学成分、含盐量及盐渍土地基的溶陷性和盐胀性，评价盐渍土地基的

变形特点和对路基、路面、边坡的危害程度，评价盐渍土对工程材料的腐蚀性，提出病害防治措施的建议。

4.3 城市桥涵工程

4.3.1 本节适用于城市桥梁、涵洞及人行地下通道等工程的岩土工程勘察。

4.3.2 城市桥涵工程勘察前应根据不同勘察工作阶段的要求，取得下列图纸和资料：

- 1 工程设计总平面图；
- 2 工程规模、结构类型、基础形式、尺寸、荷载等设计资料；
- 3 周边环境和地下设施的相关资料。

4.3.3 城市桥涵勘察应对地基作出岩土工程评价，为地基方案选择及基础设计提供工程地质依据和必要的设计参数，并提出相应的建议。

4.3.4 城市桥涵勘察工作除应符合本标准第3章的规定外，还应包括下列内容：

- 1 应提出可能采用的地基基础形式，并提供相应的设计与施工岩土参数；
- 2 对于跨河桥应搜集河流水文资料；
- 3 应评价拟建工程与既有地下设施之间的相互影响。

4.3.5 可行性研究勘察应符合下列规定：

- 1 可行性研究勘察应以搜集资料、工程地质调查和测绘为主，在特大桥、大桥的主要墩台部位宜进行适当的勘探工作；

2 可行性研究勘察分析评价应符合本标准第 11 章的规定。

4.3.6 初步勘察工作量布置应符合下列规定：

1 初步勘察勘探线应与桥梁的轴线方向一致，勘探点宜布置在桥梁轴线两侧可能建造墩台的部位；对特大桥的主桥，每个墩台勘探点不宜少于 1 点，对其他桥梁，可采取隔墩台或隔墩台交错布置勘探点；

2 采取土试样和进行原位测试的勘探孔数量宜占勘探孔总数的 $1/3 \sim 1/2$ ；

3 控制性勘探孔的深度应满足地基基础方案比选和地基稳定性、变形计算的要求，一般性勘探孔的深度应满足查明地基持力层和软弱下卧土层分布的要求；

4 对于岩溶、土洞、采空区，应采用物探、钻探、井探、槽探相结合的综合勘察手段。

4.3.7 初步勘察重点分析评价除符合本标准第 11 章的规定外，尚应包括下列内容：

1 拟采用桩基时，分析拟选桩端持力层的分布变化规律，提出桩型、施工方法的初步建议，提供桩侧阻力和端阻力，必要时提供桩水平承载力参数；

2 当存在特殊性岩土时，分析其工程特性，并评价其对桥涵工程产生的不利影响；

3 分析评价周边环境与拟建桥涵工程的相互影响，提出防治措施初步建议。

4.3.8 详细勘察勘探点的布置应符合下列规定：

1 对特大桥的主桥，每个墩台勘探点不应少于 2 个；对其他桥梁，宜逐墩台布置勘探点，岩土条件复杂程度等级为三级时可隔墩台布点；

2 对人行天桥主桥可逐墩台布点，梯道可隔墩台布点，梯脚部位应布置勘探点；

3 城市涵洞和人行地下通道的勘探点间距宜为 20m~35m 单个涵洞、人行地下通道的勘探点不应少于 2 个，当场地或岩土条件复杂程度为一级时应适当增加勘探点；

4 对立交桥、高架道路、特大桥与大桥的引桥，以及桥宽小于 30m、跨径小于 25m 的简支梁桥或跨径小于 18m 的连续梁桥，当场地复杂程度等级为三级时，可隔墩两侧交错布置勘探点；跨径大于或等于 25m 的简支梁桥或跨径大于或等于 18m 的连续梁桥，宜每墩布置勘探点；

5 当相邻勘探点揭示的地层变化较大或持力层面坡度大于 10%，应加密勘探点；当采用沉井基础或有不良地质作用时，应根据墩台的平面布置加密勘探点。

4.3.9 详细勘察勘探孔深度应符合下列规定：

1 当拟采用天然地基时，勘探孔深度应能控制地基主要受力层；一般性勘探孔应达到基底下 0.5 倍~1.0 倍的基础宽度，且不应小于 5m；控制性勘探孔的深度应超过地基变形计算深度，对覆盖层较薄的岩质地基，勘探孔深度应达到持力层或埋置深度以下 3m~5m；

2 当拟采用桩基时，控制性勘探孔应穿透桩端平面以下压

缩层厚度，一般性勘探孔深度宜达到预计的桩端以下 3 倍~5 倍桩径，且不应小于 3m，对于大直径桩不应小于 5m；嵌岩桩的控制性勘探孔应达到嵌岩面以下 3 倍~5 倍桩径，一般性勘探孔应达到嵌岩面以下 1 倍~3 倍桩径，并应穿过溶洞、破碎带等达到稳定地层；

3 当采用沉井基础时，勘探孔深度应根据沉井刃脚埋深和地质条件确定，宜达到沉井刃脚以下 0.5 倍~1.0 倍沉井直径（宽度），且不应小于 5m。

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

4.3.11 应取拟建场地内地表水、地下水进行水质分析，采取地表水、地下水样数量均不应少于 3 组。

4.3.12 详细勘察重点分析评价除符合本标准第 11 章的规定外，尚应包括下列内容：

1 当拟采用桩基时，分析拟选桩端持力层及下卧层的工程特性，提供可选的桩基类型、施工方法和桩端持力层；提出桩长、桩径方案的建议；

2 提供单桩承载力计算、桩基变形验算的岩土参数，分析评价成（沉）桩可行性、桩基施工条件及其对周边环境的影响；

3 当桩身周围有液化土层分布时，提供土层液化影响折减系数，分析评价液化土层对基桩设计的影响；

4 当桩身周围存在可能产生负摩阻力的土层时，提供负摩阻力系数，分析评价其对基桩承载力的影响；

5 当拟采用沉井时，提供沉井设计、施工和沉井基础稳定性验算的岩土参数。当沉井外壁与土的摩阻力无测试数据时，可按本标准附录 B 取值；

6 分析评价地下水对沉井施工的影响、沉井施工可行性、沉井施工条件及其对环境的影响；

7 对涵洞、人行地下通道等工程，分析评价地下水对工程的影响。工程需要时，应进行专项论证工作，分析评价运营期地下水变化的影响，提供抗浮设计的建议；

8 对在河床中设墩台的桥梁，提供抗冲刷计算所需的岩土参数。

4.3.13 当拟建场地内存在不良地质作用或特殊性岩土时，分析评价除符合本标准第 6 章的规定外，尚应包括下列内容：

1 岩溶发育地区，应根据岩溶发育的地质背景、溶洞、土洞、塌陷的形态、平面位置和顶底标高，分析岩溶的稳定性及其对桥涵工程的影响，提出治理和监测的建议；

2 当存在采空区时，应根据采空区的埋深、范围、变形特征及上覆岩土层的工程特性，分析评价桥涵工程地基的稳定性，提出治理和监测的建议；

3 湿陷性土地区，应根据湿陷性土层的湿陷程度、分布范围及地下水条件，分析评价其对桥涵工程的危害程度，提出地基处理措施的建议；

4 膨胀岩土地区，应根据岩土层的膨胀潜势、地基胀缩等级、工程特征及场地的环境条件，分析评价桥涵工程的地基强度和变形特征，提出地基处理措施的建议；

5 软土地区，应根据软土的分布范围、分布规律和物理力学性质，分析评价桥涵地基的稳定性和变形特征，提出地基处理措施的建议；

6 对厚层填土，应根据填土的堆积年代、物质组成、均匀性、密实度等，分析评价其对桥涵工程的影响，提出地基处理措施的建议。

4.4 地下洞室工程

4.4.1 本节适用于城市地下人防、独立地下室和独立地下车库等暗挖法施工的城市地下工程的岩土工程勘察。

4.4.2 勘察前应收集以下资料：

1 反映场地地形、地貌变迁及周围环境的档案资料；

2 附有坐标、地形、地物、洞口位置的平面布置图、典型剖面图、地下洞室掘进方式、支护结构等相关资料。

4.4.3 可行性研究勘察应通过搜集区域地质资料，现场踏勘和调查，了解拟选方案的地形地貌、地层岩性、地质构造、工程地质、水文地质和环境条件，做出可行性评价，选择合适的洞址和洞口。

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

供依据。

4.4.5 初步勘察工作除符合本标准第3章的规定外，尚应包括下列内容：

1 断裂和主要裂隙的性质、产状、充填、胶结、贯通及组合关系；

2 地表水体的分布及其与地下水的水力联系及位置关系；

3 洞室穿越地面建筑物、地下构筑物、管道等既有工程时的相互影响。

4.4.6 初步勘察时，勘探与测试应符合下列规定：

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

2 勘探点宜沿洞室外侧交错布置，勘探点间距宜为100m～200m，采取试样和原位测试勘探孔不宜少于勘探孔总数的2/3；控制性勘探孔深度，对岩体基本质量等级为Ⅰ级和Ⅱ级的岩体宜钻入洞底设计标高下1m～3m；对Ⅲ级岩体宜钻入3m～5m，对Ⅳ级、Ⅴ级的岩体和土层，勘探孔深度应根据实际情况确定；

3 每一主要岩层和土层均应采取试样，当有地下水时应采取水试样；当洞区存在有害气体或地温异常时，应进行有害气体成分、含量或地温测定；对高地应力地区，应进行地应力测量；

4 必要时，可进行钻孔弹性波或声波测试，钻孔地震CT或钻孔电磁波CT测试；

5 室内岩石试验和土工试验项目，应符合本标准第9章的

规定。

4.4.7 详细勘察工作除符合本标准第3章的规定外，尚应包括下列内容：

1 查明断裂构造和破碎带的位置、规模、产状和力学属性，划分岩体结构类型；

2 查明主要含水层的分布、厚度、埋深，地下水的类型、水位、补给排泄条件，预测开挖期间出水状态、涌水量和水质的腐蚀性；

3 城市地下洞室需降水施工时，应分段提出工程降水方案和有关参数；

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

4.4.8 详细勘察可采用浅层地震勘探和钻孔地震 CT 或钻孔电磁波 CT 测试等方法，详细查明基岩埋深、岩石风化程度，隐伏体（如溶洞、破碎带等）的位置，在钻孔中进行弹性波波速测试，为确定岩体质量等级（围岩类别），评价岩体完整性，计算动力参数提供资料。当洞室宽度大于等于 5m 时，声波测试孔不应少于 3 个。

4.4.9 详细勘察时，勘探点宜在洞室中线外侧 6m~8m 交错布置，并符合下列规定：

1 城市地下洞室的勘探点间距，岩土条件复杂的场地宜小于 25m，中等复杂的宜为 25m~40m，简单的宜为 40m~80m；

2 对于边墙高度大于 15m 的洞室，应布置垂直边墙的勘探

线，线距宜为 20m~30m。

3 采取土试样和进行原位测试的勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/2；控制性勘探孔的比例不应少于勘探孔总数的 1/3；

4.4.10 详细勘察时，第四系中的控制性勘探孔深度应根据工程地质、水文地质条件、洞室埋深、防护设计等需要确定；一般性勘探孔可钻至基底设计标高下 6m~10m，控制性勘探孔深度应进入拟建洞室底板以下不小于 2.5 倍洞室高度。

4.4.11 详细勘察的室内试验和原位测试，除应满足初步勘察的要求外，尚应根据设计要求进行下列试验：

1 基床系数在有经验地区可通过原位测试、室内试验结合本标准附录 C 的经验值综合确定，必要时通过专题研究或现场 K_{30} 载荷试验确定；

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

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

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

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

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

4.4.15 详细勘察阶段地下洞室分析评价及岩土工程勘察报告，除满足本标准第 11 章、第 12 章的规定外，尚应包括下列内容：

- 1 根据附录 D 划分围岩类别；
- 2 提出洞址、洞口、洞轴线位置的建议；
- 3 对洞口、洞体的稳定性进行评价；
- 4 提出支护方案和施工方法的建议；
- 5 对地面变形和既有建筑的影响进行评价。

4.5 综合管廊工程

4.5.1 本节适用于城市新建综合管廊的岩土工程勘察。

4.5.2 综合管廊工程勘察前，应专项调查沿线重要建（构）筑物的基础类型、结构形式和使用状态，分析评价工程建设与周边重要建（构）筑物、地下设施的相互影响。

4.5.3 可行性研究勘察应以搜集资料、现场踏勘与调查为主，辅以必要的勘探测试工作，其勘探点布设可按照 4.2.5 条规定。分析评价应符合本标准第 11 章规定。

4.5.4 初步勘察勘探点的布置宜沿综合管廊外侧交错布设。勘探点间距应根据场地或岩土条件复杂程度按表 4.5.4 的要求确定。

表 4.5.4 初步勘察勘探点间距（m）

场地或岩土条件复杂程度等级	勘探点间距
一级	50~80
二级	80~120

续表 4.5.4

场地或岩土条件复杂程度等级	勘探点间距
三级	120~150

4.5.5 初步勘察勘探孔深度不应小于 2 倍的开挖深度，且应满足地基与基坑稳定性分析、变形计算、抗浮设计以及地下水控制的要求。当基底分布有填土、软土等特殊岩土和可液化土层时，勘探孔深度应适当加深。

1 控制性勘探孔深度，对岩体基本质量等级为 I 级和 II 级的岩体宜钻入底板设计标高下 1m~3m；对 III 级岩体宜钻入 3m~5m，对 IV 级、V 级的岩体和土层，勘探孔深度应根据实际情况确定；

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

4.5.6 初步勘察取样及测试工作应符合下列规定：

1 每一主要岩层和土层均应采取试样，当有地下水时应采取水试样；采取岩土试样和进行原位测试的勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 2/3；

2 当水文地质条件复杂且对管廊设计、施工有不利影响时，应进行水文地质试验。

4.5.7 初步勘察除应符合本标准第 3 章的规定外，尚应包括下列内容：

1 初步查明沿线的地表水、地下水条件，评价对管廊施工的影响；

2 初步分析沿线重要地下设施与管廊设计、施工的相互影响。

4.5.8 详细勘察时，应搜集以下资料：

1 附有坐标和地形、地物的总平面布置图、设计纵断面图、典型横断面图；

2 拟建工程场区的地下管网、涵洞、地下洞室等地下埋藏物分布图。

4.5.9 详细勘察的勘探点布置应符合下列规定：

1 当综合管廊断面尺寸小于 10m 时，勘探点宜在综合管廊外侧交错布置，当综合管廊断面尺寸大于 10m 时，勘探点宜在综合管廊两侧双排平行布置；

2 综合管廊出入口及纵剖面最低部位、水文地质条件复杂的地段应布置勘探点；

3 综合管廊与地下既有设施交叉部位及周边环境风险较高的部位应布置勘探点。

4.5.10 详细勘察勘探点间距应根据场地或岩土条件复杂程度按照表 4.5.10 的要求确定。

表 4.5.10 勘探点间距 (m)

场地或岩土条件复杂程度等级	勘探点间距
一级	15~30
二级	30~50
三级	50~80

4.5.11 详细勘察勘探孔深度应符合下列规定：

1 勘探孔深度不应小于 2 倍的开挖深度，且应满足抗浮设

计要求；

2 控制性勘探孔深度还应满足基坑稳定性分析、地基变形计算以及地下水控制的要求；

3 遇基岩时，勘探孔深度可适当减小，但应达到综合管廊底板设计深度以下。

4.5.12 详细勘察的取样及测试工作应符合下列规定：

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

2 当水文地质条件复杂且对拟建管廊设计、施工有重要影响时，应进行水文地质试验；

3 室内土工试验应根据基坑工程设计和施工需要确定试验项目；

4.5.13 详细勘察重点分析评价除符合本标准第 11 章的规定外，尚应包括下列内容：

1 分析评价地下水对管廊施工可能产生的影响，提出抗浮设计水位的建议；

2 提出管廊地基基础方案、基坑开挖与支护方案选型、地下水控制等相关建议；

3 根据沿线地下设施及障碍物专项调查报告，分析评价其对管廊设计与施工的影响，以及管廊施工对周边环境的影响，提出处理措施的建议；

4 提出工程结构、周边环境、岩土体变形、地下水位变化等监测的建议；

5 对综合管廊工程中危险性较大的分部分项工程，应进行专项论证。

4.6 城市隧道工程

4.6.1 本节适用于各类城市隧道工程的岩土工程勘察。

4.6.2 城市隧道工程勘察前应根据不同勘察工作阶段的要求，取得下列图纸和资料：

1 附有隧道里程号、进出洞口位置的平面布置图和隧道纵断面图；

2 拟建场地的地形地貌、区域地质图、工程周边环境等资料；

3 水下隧道工程，应搜集地表水体情况和水下地形等相关资料。

4.6.3 城市隧道工程岩土工程勘察应采用工程地质测绘、工程物探、工程钻探、取样试验、水文地质试验等综合勘察方法，查明场地的工程地质和水文地质条件，分析评价进出洞口、竖（斜）井、横洞、风道等特殊部位的工程地质条件，确定隧道围岩级别，分析评价隧道的涌水量围岩地质条件及围岩稳定性，提供设计与施工所需的勘察资料。

4.6.4 城市隧道工程勘察时，应专项调查沿线重要建（构）筑物的基础类型、结构形式和使用状态，分析评价隧道工程建设与周边重要建（构）筑物、地下设施之间的相互影响。

4.6.5 可行性研究勘察应以搜集区域地质资料、现场踏勘和调查为主，辅以少量勘探工作。

4.6.6 可行性研究阶段勘察，勘探点间距宜为 400m~500m，勘探深度应根据工程规模和拟建场地岩土工程条件综合确定。

4.6.7 初步勘察应以工程地质调查和测绘为主，辅以部分勘探工作，勘探工作宜采用钻探与工程物探相结合的综合勘探方法，除符合本标准第 3 章的规定外，尚应符合下列规定：

1 初步查明断裂和构造的性质、产状、充填程度、组合关系、分布范围；

2 初步查明地震地质背景；

3 深埋山岭隧道应进行地应力测试；

4 初步勘察的物探要求，物探方法的选择和物探测线的布置应根据隧道的地质条件、地形、地貌及周边环境条件综合确定。分离式隧道应沿隧道轴线布置不少于 1 条测线；洞口处应布置不少于 3 条横测线；不同的地质体或构造类型，应布置 2 条~3 条测线。

4.6.8 初步勘察勘探点的布置、勘探深度、取样和原位测试工作，应符合下列规定：

1 勘探点宜沿隧道边线外侧 3m~5m 范围内交错布置，工作井应布置勘探点，隧道口应布置勘探点及物探工作。勘探点间距宜为 100m~200m；长、特长隧道勘探点间距宜为 200m~300m，也可根据场地复杂程度及设计要求确定；

2 勘探深度在松散地层中，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；在微风化及中等风化岩石中，应进入隧

道底板以下，且不宜小于 1 倍隧道高度。遇岩溶、土洞、暗河等，应穿透并根据需要加深；

3 采取（岩）土试样和进行原位测试的勘探点不宜少于勘探点总数的 2/3；

4 山岭隧道钻孔均应进行波速测试；

5 当水文地质条件复杂时，应进行水文地质试验。

4.6.9 详细勘察应采用工程钻探、工程物探和测试为主的综合勘探方法，必要时可布置洞探，应分段划分围岩类别。除符合本标准第 3 章的规定外，尚应包括下列内容：

1 查明断裂、构造的位置、规模、产状和力学属性，划分岩体结构类型；

2 提供隧道设计和施工所需的岩土参数和水文地质参数；

3 查明隧道场地的工程地质和水文地质条件，预测隧道的涌水量，分段划分隧道围岩级别；

4 查明隧道所在位置及周边建（构）筑物、地下管线的分布，预测隧道施工可能产生的影响；

5 对隧道所穿越区域工程地质和水文地质条件及围岩和洞体的稳定性进行评价。

4.6.10 详细勘察勘探点的布置应符合下列规定：

1 对于山岭隧道，在地质条件简单、岩性单一、无构造影响的洞身段，勘探点间距宜为 100m~150m；岩土条件复杂的洞身段，勘探点间距宜为 50m~100m；隧道口应根据岩土条件复杂程度布置横断面；

2 对于松散地层中隧道，场地及岩土条件复杂时，勘探点间距应为 10m~30m；场地及岩土条件中等复杂时，勘探点间距应为 30m~40m；场地及岩土条件简单时，勘探点间距应为 40m~50m；

3 采取岩土试样和原位测试的勘探点数量不应少于勘探点总数的 1/2。

4.6.11 详细勘察勘探深度应符合下列规定：

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

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

3 工作井一般性勘探点的勘探深度不宜小于 2.5 倍开挖深度，并应同时满足不同基础类型及基坑支护对孔深的要求。控制性勘探点的勘探深度应满足沉降计算要求。

4.6.12 详细勘察取样和原位测试应符合下列规定：

1 取（岩）土试样和进行原位测试的竖向间距宜为 1m~2m；

2 地基基床系数 K_{30} 应通过承压板边长为 30cm 的平板静载荷试验获取；

3 应通过现场测试获取场地土的压缩波速、剪切波速和岩土动力参数；必要时，应通过室内岩土动力性质试验提供场地岩土动力参数；在孔底或路线设计高程以上 3 倍~5 倍的洞径范围内应进行孔内波速测试，采取岩石试样做岩块波速测试，获取围岩岩体的完整性指标；

4 当隧道工程影响范围内有承压含水层分布时，应测量其承压水头；当有碎石、砂土等含水层分布时，应进行现场抽水、注水试验获取水文地质参数。当水文地质条件复杂时，应进行专门水文地质试验；

5 当存在有害气体或放射性物质时，应进行取样化验分析；地温异常时，应测试地温；对高地应力地区，应测试地应力；

6 当隧道工程可能产生偏压、膨胀压力、岩爆等特殊情况时，应进行专门勘察工作；

7 洞身段钻孔，在设计高程以上 3 倍~5 倍的洞径范围内应采取岩、土试样，同一地层中，岩、土试样的数量不宜少于 6 组；进出口段钻孔，应分层采取岩、土试样。

4.6.13 详细勘察分析评价除应符合本标准第 11 章的规定外，尚应包括下列内容：

1 分析评价进隧道出洞口、竖（斜）井、导坑、横洞等辅助通道的工程地质条件、水文地质条件和稳定性。应对隧道围岩的稳定性，山岭隧道洞口斜坡的稳定性进行分析、评价；

2 分析评价山岭隧道洞口斜坡的稳定性，分析评价地质构

造复杂地段及不利地形对隧道工程建设的影响，提出设计与施工防护措施的建议；

3 根据隧道沿线工程地质条件、水文地质条件、环境地质条件，分析评价隧道施工工法的适用性。应分析、评价地质构造复杂地段及不利地形对隧道工程的影响；

4 分析评价地下水对隧道工程建设的影响，预测隧道的涌水量，提出隧道施工排水或止水措施的建议；

5 分段划分隧道围岩级别，分析评价隧道围岩的稳定性，提出隧道支护及衬砌等工程措施的建议；

6 分析评价有害气体、放射性物质等对隧道施工的影响，提出施工防护措施的建议；

7 分析评价地下设施及障碍物对隧道设计和施工的影响，分析评价隧道施工对周边环境的影响，提出处理措施的建议；

8 对存在不良地质作用、特殊性岩土和水文地质条件复杂地段，分析评价隧道施工中潜在的岩土工程风险，提出超前地质预报的建议与要求，提出工程防治措施和监测的建议。

4.6.14 隧道围岩宜采用定性和定量相结合的方法进行分级，可按本标准附录 D 确定围岩级别。

4.6.15 对工程地质条件或岩土条件特别复杂的地段，应在详细勘察工作的基础上，针对隧道施工方法的专门要求进行施工勘察。

4.7 室外管道工程

4.7.1 本节适用于给水、排水、热力、燃气、电力、通讯等城

市地下管道工程的岩土工程勘察。

4.7.2 室外管道工程勘察前应根据不同勘察阶段的要求，取得下列图纸和资料：

1 管道总平面布置图；

2 管道类型、管底控制高程、管径（或断面尺寸）、管材和可能采取的施工工法；

3 周边既有地下埋设物分布情况。

4.7.3 室外管道工程的岩土工程勘察应为明挖法管道地基基础、非开挖方式施工（盾构法、顶管法、定向钻法）工程设计、地基处理与加固、管道基槽开挖与支护、排水设计等提供必要的岩土参数和相关建议。

4.7.4 室外管道工程的岩土工程勘察除应符合本标准第3章规定外，尚应符合下列规定：

1 管道通过基岩埋藏较浅的地段时，应查明对设计和施工方案有影响的基岩埋深及其风化、破碎程度；

2 应在管顶和管底部位采取土、水试样进行腐蚀性分析试验。对钢、铸铁金属管道，尚应对管道埋设深度范围内各岩土层进行电阻率测试。

4.7.5 可行性研究勘察应以搜集资料、现场踏勘与调查为主，辅以必要的勘探测试工作。其勘探点布设可按照4.2.5条规定。可行性研究勘察分析评价应符合本标准第11章规定。

4.7.6 初步勘察应以钻探、坑探、槽探和井探为主，辅以必要的工程地质测绘与调查、物探等勘察方法，初步查明拟建场地的

工程地质及水文地质条件，评价拟建场地的稳定性。

4.7.7 初步勘察的勘探点间距应符合表 4.7.7 的规定。地质条件复杂的大中型、河流地段，应进行钻探，每个穿越、跨越方案宜布置 2 个～3 个勘探点。

表 4.7.7 初步勘察勘探点间距（m）

场地及岩土条件复杂程度	埋深小于 5m，明挖施工	埋深 5m～8m，明挖施工	埋深大于 8m，明挖施工	盾构法、顶管法、定向钻法施工
一级	100～200	50～100	40～75	30～60
二级	200～300	100～200	75～150	60～100
三级	300～500	200～400	150～300	100～150

注：表中埋深均指管底埋置深度。

4.7.8 明挖管道勘探深度应满足开挖、地下水控制、支护设计及施工的要求，且不应小于管底设计高程以下 5m；当预定深度内有软弱夹层时，勘探孔深度应适当增加。采用盾构法、顶管法、定向钻法施工敷设的管道勘探孔深度应达到管底设计高程以下 5m～10m。

4.7.9 采取土试样和进行原位测试的勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 2/3。

4.7.10 初步勘察分析评价应符合本标准第 11 章规定。

4.7.11 详细勘察的勘探点布置应符合下列规定：

1 明挖管道勘探点宜沿管道中线布置；因现场条件需移位调整时，勘探点位置不宜偏离管道中线 3m。管道走向转角处、工作井（室）宜布置勘探点；

2 采用盾构法、顶管法、定向钻法施工管道的勘探点宜在管道中线两侧交错布置，并应满足设计与施工要求；

3 对盾构法、顶管法始发（接收）井宜布置勘探点 2 个～4 个，勘探点沿圆形竖井的周边轮廓线或矩形竖井的角点布置；

4 管道穿越河流时，河床及两岸均应布置勘探点；穿越铁路、道路时，铁路和道路两侧应布置勘探点；可能产生流砂或地震液化的地段时，勘探点应适当加密；

5 详细勘察勘探点间距应符合表 4.7.11 的规定。

表 4.7.11 详细勘察勘探点间距 （m）

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

4.7.12 详细勘察的勘探孔深度应符合下列规定：

1 明挖管道勘探孔深度应满足开挖、地下水控制、支护设计与施工的要求，且应达到管底设计高程以下不少于 3m；

2 当基底下存在松软土层、厚层填土和可液化土层时，勘探孔深度应满足地震效应评价的要求；

3 当管道穿越河流时，勘探孔应达到河床最大冲刷深度以下不少于 3m，明挖施工的倒虹管及大型深埋管道，勘探孔深度宜为 2.5 倍开挖深度；

4 采用盾构法、顶管法或定向钻法等非开挖方式敷设管

道，勘探孔深度应达到管底设计高程以下 5m~10m。

4.7.13 详细勘察采取土试样和进行原位测试的勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/2。

4.7.14 详细勘察分析评价除应符合本标准第 11 章的规定外，尚应符合下列规定：

1 对拟采用明挖施工方案的深埋管道及工作竖井，提供基坑边坡稳定性计算参数及基坑支护设计参数；

2 当采用盾构法、顶管法、定向钻法敷设管道时，提供相应工法设计与施工所需参数；对于可能产生流砂、管涌等稳定性较差地层，提出预加固处理的建议；

3 管道穿越堤岸时，分析破堤对堤岸稳定性的影响和堤岸变形对管道的影响，提供相关建议。

4.8 城市堤岸工程

4.8.1 本节适用于城市河、湖、海堤岸等市政工程的岩土工程勘察。

4.8.2 勘察前应根据不同勘察工作阶段的要求，取得下列图纸和资料：

1 堤岸工程设计总平面布置图；

2 垂直于堤岸走向的地形横断面图；

3 堤岸顶面设计标高、各段堤岸的结构形式、断面尺寸和采取的基础类型、尺寸、预计埋藏深度、单位荷载以及说明地基基础设计施工的特殊要求等资料。

4.8.3 对原有堤岸改造或加固工程的勘察，应在充分搜集、分

析利用已有资料和调查研究的基础上，根据设计要求、场地条件和需要，确定勘察工作的内容和方法。

4.8.4 城市堤岸工程勘察宜根据地质条件和场地条件综合选用物探、钻探、坑探、槽探或井探等方法。坑、槽、井施工完毕后应回填压实；钻孔完成后应封孔，封孔材料和封孔工艺应当根据当地经验或实验资料确定。

4.8.5 可行性研究勘察应以搜集资料、工程地质调查和测绘为主，辅以必要的勘探测试工作。其勘探点布设可按照 4.2.5 条规定。可行性研究勘察分析评价应符合本标准第 11 章规定。

4.8.6 初步勘察勘探工作应根据工程设计方案和工程地质条件综合考虑布置，且应满足场地稳定性分析、地基变形计算要求。勘探点布置应符合下列规定：

1 勘探点间距宜为 100m~200m，场地及岩土条件简单时可适当放宽。

2 横剖面线间距宜为纵剖面上勘探点间距的 2 倍~4 倍，横剖面的勘探点不宜少于 3 个。

4.8.7 勘探孔深度宜深入河床以下 5m~10m。控制性勘探孔的孔深应根据工程地质条件、设计方案和岩土工程分析需要综合确定，并应满足稳定性验算、变形验算、抗冲刷验算及渗流稳定性分析等要求。

4.8.8 初步勘察分析评价除符合本标准第 11 章规定外，尚应重点分析评价下列内容：

1 对堤岸工程地质条件及工程地质问题进行初步评价；

2 根据河势情况、河道冲淤变化、水流侧向侵蚀和岸坡的形态、防护及失稳情况，对堤岸稳定性进行初步评价；

3 初步分析地基土体的渗透特性及渗透稳定性，评价地下水的补排条件及与地表水体的关系。

4.8.9 详细勘察的勘探点布置应根据场地复杂程度、岩土条件复杂程度及堤岸工程重要性等级确定，并应符合下列规定：

1 应沿堤岸轴线或在基础轮廓线以内、平行堤岸轴线布置勘探点，也可根据沿线地段的地形地貌、地层变化，沿堤岸轴线每隔 2 倍~4 倍孔距布置一条垂直于堤岸轴线的横断面勘探线，在该勘探线上布置 2 个~3 个勘探点；

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，均应布置勘探点；

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；

4 详细勘察的勘探点间距应符合表 4.8.9 的规定；

5 控制性勘探点不宜少于勘探点总数的 1/2。

表 4.8.9 详细勘察勘探点间距 （m）

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

4.8.10 详细勘察勘探孔深度应符合下列规定：

1 桩式堤岸应达到桩端以下 3m~5m，对桩基加固的混合式堤岸，应达到桩端以下 1.5 倍~2.0 倍基础底面宽度；圬工结构或钢筋混凝土结构天然地基堤岸应进入拟选持力层 3m~5m；土堤应达到 1 倍~2 倍土堤高度；

2 对需进行变形计算的地基，控制性勘探孔应达到地基压缩层的计算深度；

3 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；

4 当在预定勘探深度内遇基岩时，控制性勘探孔应钻（挖）入中等风化或微风化岩石适当深度，其余勘探孔应钻至基岩面。

4.8.11 采取土试样和进行原位测试的勘探孔（井）的数量、竖向间距及岩土试验项目等的特殊要求，应符合现行行业标准《堤防工程地质勘察规程》SL 188 的有关规定。

4.8.12 当需为验算抗滑稳定性提供基底摩擦系数时，宜进行模型试验，当无实测试验资料时，可采用表 4.8.12 规定的系数。

表 4.8.12 基底与土（岩）摩擦系数 f

材料		摩擦系数
墙底与抛石基底	墙身为预制混凝土或钢筋混凝土结构	0.60
	墙身为预制浆砌块石结构	0.65
抛石基底与地基土	地基为细砂至粗砂	0.50~0.60
	地基为粉砂	0.40
	地基为粉土	0.35~0.50
	地基为黏土、粉质黏土	0.30~0.45

续表 4.8.12

材料			摩擦系数
挡土墙与地基土（岩）	地基为黏性土	可塑	0.20~0.25
		硬塑	0.25~0.30
		坚硬	0.30~0.40
	地基为粉土		0.25~0.35
	地基为砂土		0.40
	地基为碎石土		0.40~0.50
	地基为软质岩石		0.40~0.60
	地基为表面粗糙的硬质岩石		0.60~0.70

4.8.13 当工程需要时，详细勘察应为填筑堤岸和工程回填材料的选择提供压实性指标。

4.8.14 详细勘察分析评价除符合本标准第 11 章的规定外，尚应重点分析评价下列内容：

1 分析评价不良地质作用和特殊性岩土对堤岸稳定性的影响，提出防治措施建议；

2 分析地表水与地下水补排关系，评价地下水对堤岸稳定性的影响，进行地基渗透变形分析；

3 根据堤岸的类别和基础形式，提供基底稳定性验算所需参数，进行地基稳定性分析，必要时提出合理的基础方案、地基处理方法和施工方案的建议；

4 对已失稳的堤岸及除险加固地段，应根据搜集的堤岸失稳的范围、类型、规模和崩岸速率、发生险情过程等资料和必要的专项勘察，分析堤岸失稳的原因，提出加固处理建议。

4.9 城市废弃物填埋场工程

4.9.1 本节适用于新建、改（扩）建城市废弃物填埋场的勘察，不适用于城市废弃物焚烧厂的勘察。

4.9.2 城市废弃物填埋场勘察前根据不同勘察阶段的要求，搜集资料应包括下列内容：

1 城市废弃物的种类、成分和主要特性，以及填埋的卫生要求；

2 堆填容量和使用年限；

3 填埋方式和填埋程序，防渗衬层和封盖层的结构，渗出液集排系统的布置；

4 防渗衬层、封盖层和渗出液集排系统对地基和废弃物的容许变形要求；

5 截污坝、污水池、排水井、输液及输气管道、其他相关构筑物的分布情况；

6 区域气象、水文资料；

7 场地及附近已有的工程地质与水文地质资料；

8 场地及周边的环境保护要求。

4.9.3 城市废弃物填埋场工程勘察范围应包括堆填场（库区）、初期坝、相关的管线、隧洞等建（构）筑物的建设场地，临近可能受影响或污染的地段，以及填筑材料场地。

4.9.4 可行性研究勘察应以搜集资料、工程地质测绘和调查为主，辅以少量勘探测试工作，其勘探点布设可按照 4.2.5 条规定。分析评价应符合本标准第 11 章规定，对拟选场址提出推荐

的建议。

4.9.5 初步勘察应在利用已有资料的基础上，以工程地质测绘为主，辅以现场勘探、原位测试、工程物探、水文地质调查、室内试验等勘察方法，对拟建工程的总平面布置、场地的稳定性、地层渗透性、废弃物对环境的影响等进行初步评价和防治措施的建议。

4.9.6 初步勘察的勘探点间距宜为 200m~300m，勘探孔深度应满足稳定、变形、渗漏分析计算要求。

4.9.7 详细勘察除应符合本标准第 3 章规定外，尚应符合下列规定：

- 1 查明建设场地的防渗条件；

- 2 分析、评价场地岩土体和废弃物的渗透性、潜在污染源的下渗条件，并提出可行的防渗建议。

4.9.8 详细勘察的勘探点布置应符合下列规定：

- 1 勘探线应平行于堆填场、拦污坝、隧洞、管线等构筑物的轴线布置；

- 2 勘探孔间距可根据填埋方式、工程特性、场地地质条件复杂程度综合确定，宜为 50m~100m；在工程地质和水文地质条件复杂地段、存在潜在渗漏地段应加密勘探或布置专门勘探工作，勘探点数量不宜少于 6 个；

- 3 采取岩土试样和进行原位测试的勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/2，控制性勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/3；

- 4 对拦污坝基，按堆积规模垂直坝轴线布设勘探线不宜少

于 3 条，勘探点间距在堆场内可适当增大。

4.9.9 详细勘察的勘探点深度应符合下列规定：

1 勘探深度可根据场地岩土工程条件、工程特性、荷载大小等综合确定，勘探深度应满足稳定性、变形和渗漏分析、计算要求；

2 对拦污坝基，一般性勘探孔深度应满足坝基稳定性计算要求，控制性勘探孔深度应超过坝基稳定性计算影响深度，且应查明影响深度范围内的软弱夹层。

4.9.10 详细勘察取样和原位测试应符合下列规定：

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

2 对拦污坝基和隧洞，宜进行现场直接剪切试验、抽水试验、注水试验或压水试验，提供设计与施工所需的岩土参数和水文地质参数；

3 对拦污坝基和堆填场，可采用工程物探结合其他勘探测试手段，提供场地和地基地震效应评价所需的岩土动力参数。

4.9.11 详细勘察分析评价除应符合本标准第 11 章规定外，尚应包括下列内容：

1 坝基、坝肩和库岸的稳定性评价，地震作用对处理工程稳定性的影响；

2 分析评价场地岩土体和废弃物的渗透性、潜在污染源的下渗条件，分析评价坝址和库区渗漏及建库对环境的影响，提出

可行的防渗建议：

3 对废渣加高坝，分析评价现状和达到最终高度时的稳定性，提出堆积方式和防治措施的建议；

4 对建筑材料的质量、储量、开采和运输条件进行技术经济对比分析；

5 提出边坡、地下水位、库区渗漏等监测工作的建议；

6 废弃物堆积体的变形和稳定性；

7 地基和废弃物变形，导致防渗衬层、封盖层及其他设施失效的可能性；

8 坝基、坝肩、库区和其他部位渗漏对环境的影响；

9 污染物的运移规律，对水源、农业、岩土和生态环境的影响；

10 提出场地稳定性、减少变形、防止渗漏和保护环境措施的建议；

11 提出筑坝材料、防渗和覆盖用黏土等材料的建议；

12 对施工期、空载候填期的填埋场，提出衬垫防渗系统、集水井、调节池等结构抗浮设计的建议；

13 提出建设期和运营期监测工作的建议。

4.9.12 在岩溶分布地区，应重点查明岩溶的发育条件，溶洞、土洞、塌陷的分布特征，岩溶水的通道和流向，分析评价地下水、渗出液的渗漏影响和岩溶对工程稳定性的影响。

4.10 城市绿地工程

4.10.1 本节适用于城市内以自然植被、人工植被和水系、人工

湿地等城市绿地工程的岩土工程勘察，包括城市建设绿化用地及生态保护、游憩休闲和社会文化等绿色空间系统。

4.10.2 可行性研究勘察应符合本标准第 3 章的规定。

4.10.3 可行性研究勘察的工程地质调查和测绘比例尺宜为 1：2000～1：5000。

4.10.4 可行性研究勘察应以搜集资料、现场踏勘与调查为主，辅以必要的勘探测试工作。其勘探点布设可按照 4.2.5 条规定。

4.10.5 可行性研究勘察分析评价除应符合本标准第 11 章的规定外，尚应包括下列内容：

- 1 存在两个或以上拟选建设场地时，应进行比选分析；
- 2 提出初步勘察工作的建议。

4.10.6 初步勘察工作应符合本标准第 3 章的规定。

4.10.7 初步勘察的勘探点布置应符合下列规定：

1 挖湖工程、堆山工程的勘探点可采用方格网布置，勘探点间距应根据场地或岩土条件复杂程度按表 4.10.7 确定；

表 4.10.7 初步勘察勘探点间距 （m）

场地或岩土条件复杂程度等级	勘探点间距
一级	30～50
二级	50～100
三级	100～200

2 栈道工程的勘探点应沿栈道中心线布置，勘探点间距宜为 50m～100m，且不宜少于 1 个勘探点；

3 园林小品的勘探点可采用方格网布置，勘探点间距宜为 50m～100m，且不宜少于 1 个勘探点；

4 每个地貌单元均应布置勘探点，在地貌单元交接部位和地层变化较大的地段，勘探点应予加密。

4.10.8 初步勘察勘探孔深度应符合下列规定：

1 挖湖工程、堆山工程的勘探孔深度应根据工程重要性等级按表 4.10.8 确定，同时尚应满足变形及稳定性评价需要；

表 4.10.8 初步勘察勘探孔深度 (m)

工程重要性等级	勘探孔深度
一级	≥ 15
二级	10~15
三级	6~10

2 栈道工程、园林小品的勘探孔深度应能控制地基主要受力层，且应需满足地基、边坡稳定性分析评价和地基处理的要求；

3 当基底分布有填土、软土等特殊土或可液化土层时，勘探孔应适当加深。

4.10.9 初步勘察分析评价除应符合本标准第 11 章的规定外，尚应包括下列内容：

1 初步查明场地内是否存在大面积不透水层，并确定其分布范围；

2 初步评价场地的自然渗透能力；

3 初步分析评价堆山工程的稳定性；

4 初步评价挖湖工程的湖岸边坡稳定性、地层渗透性。

4.10.10 详细勘察工作除应符合本标准第 3 章的规定外，尚应

查明场地内埋藏的古河道、人防、沟坑的空间分布，分析评价场地周边环境对设计与施工的影响。

4.10.11 详细勘察应搜集以下资料：

1 附有坐标和地形的城市绿地总平面图；场区的地面整平标高，挖湖、堆山高度及材料要求，结构类型，荷载、基础形式、埋置深度及地基允许变形等资料；

2 人工湿地、水体对地层渗透性的要求，岸坡防护形式等；

3 拟种植范围、种植植物及其对种植土壤的要求；

4 拟建工程场区的用地历史和地下设施的分布情况等。

4.10.12 详细勘察的勘探点布置应符合下列规定：

1 挖湖工程、堆山工程勘探点按方格网布置，控制性勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/3，勘探点间距应符合表 4.10.12 的规定，且应满足稳定性评价的要求；

表 4.10.12 详细勘察勘探点间距 （m）

场地或岩土条件复杂程度等级	勘探点间距
一级	15~25
二级	25~50
三级	50~100

2 栈道工程的勘探点应沿栈道中心线布置，勘探点间距宜为 30m~50m，且不宜少于 2 个勘探点；在荷载和体型突变部位宜适当布置勘探点；

3 园林小品的勘探点可采用方格网布置，勘探点间距宜为

30m~50m，且不宜少于 1 个勘探点；

4 当主要地基持力层或有影响的下卧层起伏变化较大时，勘探点应予加密；

5 如遇掩埋的河、湖、沟、坑等异常情况时，勘探点应予加密，查明其分布情况。

4. 10. 13 详细勘察的勘探孔深度应符合下列规定：

1 对堆山工程，控制性勘探孔的深度应满足地基变形计算、边坡稳定性评价的需要，一般性勘探孔深度应能控制地基主要持力层；

2 对挖湖工程，控制性勘探孔的深度应满足湖岸边坡稳定性评价的需要，且不应小于 3 倍的开挖深度，一般性勘探孔深度不应小于 2 倍的开挖深度；

3 对栈道工程和园林小品，一般性勘探孔深度应能控制地基主要受力层。在基础底面宽度不大于 5m 时，勘探孔深度对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 倍基础底面宽度且不应小于 5m；

4 当需进行地基处理时，勘探孔深度应满足地基处理设计与施工的要求；

5 勘探深度内如遇基岩时，勘探孔深度可适当减小。

4. 10. 14 采取岩土试样和进行原位测试的勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/2。

4. 10. 15 对于已发生过大规模挖方、填方等人类工程活动的场地，可辅以工程物探手段，查明厚层填土的分布情况。

4.10.16 对于水体区及存在地下水的挖方区域，应进行现场水文地质试验，且应进行室内渗透试验和水质分析试验。

4.10.17 城市绿地种植区域的土壤取样与检测应符合国家现行标准规范的有关规定。

4.10.18 详细勘察分析评价除应符合本标准第 11 章的规定外，尚应包括下列内容：

- 1 对堆山工程，提出对周边环境监测的建议；
- 2 对挖湖工程，分析评价地层渗透性和湖岸边坡的稳定性，提出地下水控制与防渗措施、边坡防护措施的建议；
- 3 对水体驳岸，提出防冲刷处理措施的建议；
- 4 对绿地种植区域，分析评价场地的自然渗透能力。

4.11 城市给排水厂站工程

4.11.1 本节适用于给排水工程厂区贮水构筑物、泵房以及取排水构筑物的岩土工程勘察。管道工程应符合本标准第 4.7 节的规定，厂区建筑物的勘察应符合现行国家标准《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003 和《岩土工程勘察规范》GB 50021 等标准规范的规定。

4.11.2 给排水工程等级可根据厂区贮水构筑物规模按表 4.11.2 确定。

表 4.11.2 给排水工程等级

建设项目		工程等级		
		大型	中型	小型
给水工程	净水厂	≥10	5~10	<5

续表 4.11.2

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

注：单位为万立方米 / 日

4.11.3 城市给排水厂站勘察前应根据不同勘察阶段的要求，取得下列图纸和资料：

- 1 给排水厂站的总平面图；
- 2 各构筑物可能采用的基础设计方案、施工工法等；
- 3 设计对勘察的技术要求；
- 4 工程需要时，尚应搜集拟建场地及周边的地下管线及设施等资料。

4.11.4 可行性研究勘察应以搜集资料、现场调查为主，辅以必要的勘察测试。分析评价应符合本标准第 11 章规定，当存在两个或以上拟选场址时，应进行可行性比选分析。

4.11.5 初步勘察应初步查明场地的工程地质条件和水文地质条件，评价拟建场地稳定性，提出地基基础方案的建议。

4.11.6 初步勘察的勘探点布置应符合下列规定：

- 1 厂区水处理构筑物勘探点可按方格网布置，勘探点间距宜为 100m~200m；
- 2 各单独构筑物及厂区外的泵站、取排水构筑物等应布置勘探点。

4.11.7 初步勘察的勘探孔深度应根据拟建构筑物性质、拟采用的基础形式、施工工法及地基岩土条件等综合确定，控制性勘探孔深度应大于附加压力影响深度。

4.11.8 初步勘察分析评价应满足本标准第 11 章的规定。

4.11.9 详细勘察的勘探点布置应符合下列规定：

1 拟采用天然地基或地基处理方案时，场地及岩土条件复杂时勘探点间距宜为 10m~15m；场地及岩土条件中等复杂时勘探点间距宜为 15m~30m；场地及岩土条件简单时勘探点间距宜为 30m~50m；

2 拟采用桩基方案时，端承桩的勘探点间距宜为 12m~24m，相邻勘探点揭露的持力层层面高差宜控制为 1m~2m；摩擦桩的勘探点间距宜为 20m~35m，当地层条件复杂、影响成桩或设计有特殊要求时，勘探点间距宜适当加密；

3 单座泵房布置勘探点不应少于 2 个，取水头部（排放口）应布置勘探点，重大设备基础布置勘探点不宜少于 3 个；

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

4.11.10 详细勘察的勘探孔深度应符合下列规定：

1 控制性勘探孔深度应满足地基变形计算深度要求，厂区内水处理构筑物尚应考虑变形计算、空载期的抗浮以及地基处理等要求。对桩基，一般性勘探孔深度应达到桩端以下 3 倍~5 倍桩径且不应小于 3m；对天然地基，一般性勘探孔深度应取 0.6 倍~1.0 倍的基础宽度，且不应小于基础底面以下 5m；

2 开槽式泵房勘探孔深度不宜小于开挖深度的 2.5 倍；岸边泵房勘探孔深度宜达到岸坡稳定验算深度以下 3m~5m；采用沉井基础时，勘探孔深度应根据沉井刃脚埋深和地质条件确定，宜达到沉井刃脚以下 0.5 倍~1.0 倍沉井直径（宽度）且不应小 5m，勘探孔深度尚应满足不同基础类型及施工工法的要求；

3 勘探深度内如遇基岩时，勘探孔深度可适当减小；基底以下分布对工程有影响的承压水时，勘探孔应进入承压含水层，且应量测稳定水位。

4. 11. 11 详细勘察分析评价除应满足本标准第 11 章的规定外，尚应包括下列内容：

1 水文地质条件复杂且对设计与施工有重大影响时，提出专项水文地质勘察的建议；

2 对可能产生的流沙、管涌、坑底突涌等进行分析评价，提出相应处理措施的建议；

3 对荷载较轻的储水构筑物，分析评价地下水对工程运营和空载状态的影响，提出抗浮设计的建议；

4 对厂区水处理构筑物，分析评价不均匀沉降的影响，提出防护措施的建议；

5 对取水头部（排放口），分析评价地基的稳定性和承载力，提出防冲刷措施的建议；

6 对泵房，分析评价施工工法（明挖法、沉井法）应注意的问题，提出施工防护措施的建议。

4.12 既有市政基础设施改扩建工程

4.12.1 本节适用于既有市政基础设施的建（构）筑物增层、改建、扩建和加固工程的岩土工程勘察。勘察前应收集既有建（构）筑物地基基础勘察、设计、施工和变形监测资料，分析评价地基土的实际附加荷载分布情况和建（构）筑物现状；应根据增层、改扩建和加固方案制定勘察纲要和选择勘察手段，合理布置勘察工作量。

4.12.2 当已有勘察资料的勘探点间距和勘探深度满足加载后变形计算要求时，可重点查明既有基础以下地基土的物理力学性质变化情况。当已有资料不满足加载要求或缺乏勘察资料时，应进行补充勘察，提供符合设计要求的勘察资料。

4.12.3 改扩建工程的勘探工作应符合下列规定：

- 1 勘探手段宜采用钻探、探井，应布置一定数量的标准贯入试验、静力触探、旁压试验等原位测试；

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

- 3 当增层数较多、荷载增量较大或需进行对比试验时，应采用载荷试验确定地基土的承载力，提供持力层的比例界限荷载、极限荷载、变形模量和回弹模量，试验深度宜与基础埋置深度一致。

4.12.4 勘探深度应满足增层或改造加载后地基土变形计算要求，探井宜为 $1.5b \sim 3b$ （ b 为基础宽度），钻孔和原位测试孔应大于 $3b$ ；当采用桩基补强时，勘探深度应符合桩基勘察的有关

规定。

4.12.5 采取土试样和原位测试宜在主要持力层内进行，勘探深度在 $1b$ (b 为基础宽度) 范围内，取样和测试间距宜为 $0.5\text{m}\sim 1.0\text{m}$ ，在 $1b$ 深度以下取样和测试间距宜为 $1.0\text{m}\sim 1.5\text{m}$ 。采取土试样宜在基础以下和基础外侧同时进行，对比试验的取样深度和原位测试深度应一致。

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

4.12.7 进行大面积抽降地下水时，应分析评价地基固结沉降和不均匀沉降对既有建（构）筑物和周边环境的影响，估算地基沉降量，预测沉降变形的趋势。

4.12.8 改建道路工程勘察应在已建项目岩土工程勘察资料的基础上，查明道路沿线及各类构筑物建设场地的工程地质和水文地质条件。

4.12.9 改建道路工程勘察除应符合本标准第 3 章的规定外，尚应包括下列内容：

- 1 收集改建道路沿线各类构筑物建筑场地的地震动参数或地震烈度，沿线筑路材料的类别，料场位置、储量及开采条件等资料；

- 2 利用已建道路工程的勘察、设计、施工和运营期的各项资料，结合道路沿线各类构筑物的设计，采用工程地质调绘、钻

探、工程物探、原位测试等综合勘察手段；

3 岩土工程勘察报告编制应综合分析利用已有各项基础资料，结合沿线各类构筑物的工程设计要求，满足改建道路工程的设计与施工要求；

4 对改建工程的构筑物、偏离已建工程的改线段，应按新建项目进行岩土工程勘察；

5 特殊性岩土和不良地质作用的勘察应符合本标准第 6 章的规定。

4.12.10 路基改造应查明以下内容：

1 已建工程路基的填土类别、断面特征、稳定状况，岩土层分界线、类别及其工程分级；

2 加宽路基时，查明加宽一侧的工程地质条件，包括地貌特征、山坡和河岸的稳定状况、水流影响、岩土性质、地下水情况等；

3 加高路基时，调查借土来源、工程性质及工程量；

4 路基坡脚需防护时，调查防护工程的岩土工程条件；

5 路基受水流冲刷时，调查汇水面积、径流情况，提出截流、导流等排水措施及边坡防护方案；

6 在需开挖视距台处，调查岩土工程条件及边坡稳定情况；

7 查明刷坡清方、增设坡面防护、放缓边坡、绿化加固等地段的工程地质条件；

8 预测深挖路基的不良地质情况，提出施工处理措施的建议

议。

4.12.11 改建道路各类路基病害地段的岩土工程勘察应进行下列调查：

1 调查沿线路基病害的类型与规模、病害的发生原因及发展情况；

2 调查病害地段的地貌特征、工程地质条件与病害的关系；

3 调查原有防护工程的位置、结构类型、各部尺寸及防治效果，提出利用、加固或改建设计的建议；

4 调查地下水的水位、地面水的滞留时间，查明导致翻浆的水源；

5 调查当地相关工程治理病害的经验。

4.12.12 桥梁改（扩）建工程应查明以下内容：

1 原有人工构筑物地基的工程地质和水文地质条件；

2 原有人工构筑物变形破坏的迹象，分析发生的原因，提出防护处理措施的建议；

3 改建人工构筑物地基的工程地质和水文地质条件，岩土层的物理力学特性及冻胀、冲刷等不良地质情况。

4.12.13 隧道改（扩）建工程应查明以下内容：

1 原有隧道工程的工程地质和水文地质条件，岩土层的物理力学特性；

2 原有隧道工程变形破坏的迹象，分析发生的原因，提出防护处理措施的建议；

3 原有隧道工程的运营情况，分析评价改（扩）建工程对原有隧道工程的影响，提出施工防护措施的建议。

5 工法勘察要求

5.1 一般规定

5.1.1 本章适用于市政基础设施工程中的明挖和沉井法、盾构法、顶管法、定向钻法等施工工法的岩土工程勘察。

5.1.2 工法勘察前，应取得下列图纸和资料：

- 1 拟建工程设计总平面图；
- 2 拟建管道、隧道、综合管廊和地下道路的设计纵断、断面尺寸，给排水厂站的设计基底高程；
- 3 拟采用及备选的施工工法；
- 4 周边建（构）筑物、既有地下埋设物情况。

5.1.3 采用工法施工修筑市政基础设施的地下工程时，岩土工程勘察除符合本标准第3章和第4章的规定外，尚应根据施工工法特点，为施工方法的比选与设计提供所需的岩土工程资料。

5.1.4 各勘察阶段均应开展工法勘察工作，应结合施工工法的特点选取合理的岩土工程勘探、原位测试、室内试验等勘察手段和方法，提供工法设计与施工所需的岩土参数和水文地质参数。

5.2 明挖和沉井法

5.2.1 明挖和沉井法勘察应提供放坡开挖、支护开挖等设计、施工所需要的岩土工程资料。

5.2.2 明挖法勘察除应满足本标准第3章和第4章的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 重点查明填土、软弱土夹层及饱和砂层的分布，基岩埋

深较浅地区的覆盖层厚度、基岩起伏、坡度及岩层产状；

2 明挖法应按照本标准附录 E 提供岩土工程施工分级；

3 土的抗剪强度指标应根据土的性质、基坑安全等级、支护形式和工况条件选择室内试验方法；当地区经验成熟时，也可通过原位测试结合地区经验综合确定；

4 查明场地水文地质条件，判定基坑开挖人工降低地下水位的可能性，为地下水控制设计提供参数；分析地下水位降低对工程及工程周边环境的影响，当采用坑内降水时还应预测降低地下水位对基底、坑壁稳定性的影响，并提出处理措施的建议；

5 根据粉土、粉细砂分布及地下水特征，分析基坑发生流土、管涌、突涌的可能性，提出防护处理措施的建议；

6 搜集场地附近既有建（构）筑物基础类型、埋深和地下设施资料，分析评价既有建（构）筑物、地下设施与基坑边坡的相互影响，提出工程周边环境保护措施的建议。

5.2.3 明挖法勘察勘探点布置应符合下列规定：

1 明挖法勘察宜在开挖边界外按开挖深度的 1 倍～2 倍范围内布置勘探点，对于软土勘察范围尚应适当扩大，当开挖边界外无法布置勘探点时，可通过搜集、调查取得相应资料；

2 明挖法勘探点间距及平面布置应符合本标准第 4.4.8 条、第 4.5.10 条和第 4.6.13 条相关规定的要求，地层变化较大时，应加密勘探点；

3 勘探孔深度应满足基坑稳定分析、地下水控制、支护结构设计的要求；

4 支护开挖勘察应查明支护桩墙和立柱桩端的持力层深度、厚度，提供桩墙和立柱桩承载能力及变形计算参数。

5.2.4 明挖法勘察应根据开挖方法和支护结构设计需要，按表 5.2.4 提供必要的岩土参数。

表 5.2.4 明挖法勘察岩土参数选择表

开挖施工方法		密度	黏聚力	内摩擦角	静止侧压力系数	无侧限抗压强度	十字板剪切强度	水平基床系数	水平抗力系数的比例系数	回弹及回弹再压缩模量	弹性模量	渗透系数	土体与锚固体黏结强度	桩基设计参数
放坡开挖		√	√	√	—	√	○	—	—	—	—	√	—	—
支护开挖	土钉墙	√	√	√	—	√	○	—	—	—	—	√	√	—
	排桩	√	√	√	√	√	○	√	○	○	○	√	○	○
	钢板桩	√	√	√	○	√	○	√	○	○	—	√	○	—
	地下	√	√	√	√	√	○	√	○	√	√	√	○	○
	水泥土	√	√	√	—	√	○	—	—	—	—	√	—	—
盖挖		√	√	√	√	√	○	√	√	○	√	√	—	√

注：表中○表示可提供，√表示应提供，—表示可不提供。

5.2.5 沉井法勘察应符合下列规定：

1 沉井的位置应有勘探点控制，并宜根据沉井的大小和工

程地质条件的复杂程度布置 1 个~4 个勘探孔；

2 勘探孔进入沉井底以下的深度：进入土层不宜小于 10m，或进入中等风化或微风化岩层不宜小于 5m；

3 查明岩土层的分布及物理力学性质，特别是影响沉井施工的基岩面起伏、软弱岩层中的坚硬夹层、球状风化体、漂石等；

4 查明含水层的分布、地下水位、渗透系数等水文地质条件，必要时进行抽水试验；

5 提供岩土层与沉井侧壁的摩擦系数、侧壁摩阻力、沉井设计、施工和沉井基础稳定性验算的相关岩土参数。

5.2.6 明挖和沉井法勘察分析评价除应符合本标准第 11 章的规定外，尚应包括以下内容：

1 提供基坑支护设计、施工所需的岩土参数及水文地质参数；

2 分析基坑支护设计、施工需重点关注的岩土工程问题，评价基坑支护结构的安全等级；

3 分析评价不良地质作用和特殊性岩土的施工风险，提出控制措施的建议；

4 提出施工阶段的环境保护和监测工作建议。

5.3 盾构法

5.3.1 盾构法勘察应提供盾构机选型、盾构施工、隧道管片设计等所需要的岩土工程资料。

5.3.2 盾构法勘察除应满足本标准第 3 章和第 4 章的要求外，

还应符合下列规定：

1 重点查明高灵敏度软土层、松散砂土层、高塑性粘性土层、含承压水砂层、软硬不均地层、含漂石或卵石地层等的分布和特征，分析评价对盾构施工的影响；

2 基岩地区应查明岩土分界面位置、岩石坚硬程度、岩石风化程度、结构面发育情况、构造破碎带、岩脉的分布与特征等，分析评价对盾构施工可能造成的危害；

3 通过专项勘察查明岩溶、土洞、孤石、风化岩和残积土中的球状风化体、地下障碍物、有害气体的分布；

4 根据隧道围岩条件，宜按照表 5.3.2 提供盾构工法所需的岩土参数；

5 根据围岩岩土条件及工程周边环境变形控制要求，对不良地质体的处理及环境保护提出建议。

表 5.3.2 盾构法勘察岩土参数选择表

类别	参数	类别	参数
地下水	1.地下水位； 2.孔隙水压力； 3.渗透系数	有害气体	1.土的化学成分； 2.有害气体成分、压力、含量
力学性质	1.无侧限抗压强度； 2.黏聚力、内摩擦角； 3.压缩模量、压缩系数； 4.泊松比； 5.静止侧压力系数； 6.标准贯入锤击数；	物理性质	1.比重、含水量、密度、孔隙比； 2.含砾石量、含砂量、含粉砂量、含黏土量； 3. d_{10} 、 d_{50} 、 d_{60} 及不均匀系数 d_{60}/d_{10} ； 4.砾石中的石英、长石等硬质矿物含量；

续表 5.3.2

类别	参数	类别	参数
力学 性质	7.基床系数; 8.岩石质量指标 (RQD); 9.岩石天然湿度抗压强度; 10.卵石、漂石点载荷试验 强度	物理 性质	5.最大粒径、砾石形状、尺寸及硬度; 6.颗粒级配; 7.液限、塑限; 8.灵敏度; 9.围岩的纵、横波速度; 10.岩石岩矿组成及硬质矿物含量

5.3.3 盾构法勘察勘探点间距及平面布置应符合本标准第 4.6 节的规定，勘探过程中应结合盾构施工要求对勘探孔进行封填，并详细记录钻孔内遗留物的情况。

5.3.4 盾构法勘察分析评价除应符合本标准第 11 章的规定外，尚应包括下列内容：

1 对盾构始发（接收）井及区间联络通道的岩土工程条件、施工应注意的岩土工程问题进行分析评价，提出岩土加固范围和方法措施的建议；

2 盾构下穿地表水体时应调查地表水与地下水之间的水力联系，分析地表水体对盾构施工可能造成的危害，提出处理措施的建议；

3 分析评价隧道下伏的淤泥层及易产生液化的饱和粉土层、砂层对盾构施工和隧道运营的影响，提出处理措施的建议；

4 分析评价盾构法施工造成的土体隆起或下降对附近建（构）筑物及周边环境的影响，提出设计与施工防护处理措施的建议；

5 对不良地质作用及特殊性岩土可能引起的盾构法施工风

险提出控制措施的建议。

5.4 顶管法

5.4.1 顶管法勘察应提供顶管竖井、顶管区段、顶管设备选型等设计与施工所需的岩土工程勘察资料。

5.4.2 顶管法的勘察除应满足本标准第3章和第4.7节的要求外，还应符合下列规定：

1 查明顶管区段沿线暗埋的河、湖、沟、坑的分布范围、埋置深度，提供覆盖层的工程地质特性；

2 查明顶管区段沿线可能产生流沙、潜蚀、管涌、液化地层及软弱土层的分布范围、埋深、厚度及其工程地质特性；

3 查明地下障碍物及邻近地段地下埋设物的分布范围、埋置深度和特性；

4 查明顶管区段沿线对人有害气体和其他有害物质的分布位置；

5 位于化工区内的顶管工程，应查明地下受工业污染的程度及分布范围；

6 顶管井的勘察可根据施工工法宜按本标准第5.2节规定的明挖法、沉井法的勘察要求进行。

5.4.3 顶管工程的地下水勘察除应符合本标准第7.2节规定外，还应符合下列规定：

1 在有地下水的地区，应测定地下水的水温随深度的变化。当无地下水时，应测定土体温度随埋深的变化；

2 应判别对钢、铸铁及橡胶的腐蚀程度；

3 当地下有承压水分布时，应测定承压水的水头高度，分析评价对顶管施工的影响。

5.4.4 顶管法勘察勘探孔的布置除应符合本标准第 4.7.12 条和第 4.7.13 条规定外，还应符合下列规定：

1 沉井法施工，顶管井的勘探孔深度宜达沉井以下 0.5 倍~1.0 倍井宽（或井直径）；且不小于沉井刃脚以下 5m；明挖法施工，顶管井的勘探孔深度不宜小于基坑开挖深度 2.5 倍；

2 当基底存在可能产生流沙、潜蚀、管涌层或发现存在需要降水施工的承压含水层时，勘探孔应加深。

5.4.5 顶管法勘察提供的岩土物理力学指标应符合下列规定：

1 顶管区段存在不同的地质单元时，应按地质单元分区统计岩土层的物理力学性质指标；

2 对土层宜提供土的颗粒分析、密实度、渗透系数、黏聚力、内摩擦角、土与管材的摩擦系数、土的变形模量、泊松比、地基承载力等参数；

3 对岩石层宜提供岩石的块体重度、单轴抗压强度试验（天然、饱和、干燥）、抗剪强度、变形试验参数、岩石与管材的摩擦系数等参数。并进行岩石坚硬程度、完整程度分类；

4 对碎石土，应提供颗粒级配、密实度、抗压强度等参数；

5 对于金属管道，应提供管道埋设深度范围内各岩土层电阻率值；

6 顶管阻力计算需要的经验参数可根据地区经验结合本标

准附录 F 选取。

5.4.6 顶管法勘察分析评价除应符合本标准第 11 章的规定外，尚应包括以下内容：

1 对顶管始发（接收）井及顶管区段的岩土工程条件、施工应注意的岩土工程问题进行分析评价，提出岩土加固范围和方法措施的建议；

2 顶管下穿地表水体时应调查地表水与地下水之间的水力联系，分析地表水体对顶管施工可能造成的危害，提出处理措施的建议；

3 分析评价顶管下伏的淤泥层，可能产生流沙、潜蚀、管涌层及可能存在的承压含水层对顶管施工的影响，提出处理措施的建议；

4 分析顶管法施工对附近建（构）筑物及周边环境的影响，提出设计与施工防护处理措施的建议；

5 对不良地质作用及特殊性岩土可能引起的顶管法施工风险提出控制措施的建议。

5.5 定向钻法

5.5.1 定向钻法勘察应提供管线路由、定向钻穿越设计与施工所需的岩土工程勘察资料。

5.5.2 定向钻法的勘察除应符合本标准第 3 章和第 4.7 节的规定外，还应符合下列规定：

1 查明拟穿越山体、水域、冲沟的地貌成因、形态特征及其发展趋势，查明不良地质作用的发育情况；

2 查明地面及地下既有建（构）筑物对工程施工的不利条件，查明有无影响施工的干扰源等情况；

3 查明场地地下水类型、含水层性质、稳定水位等水文地质条件；当存在多层地下水时，查明含水层的分布规律、地下水补给和排泄条件，评价承压水对施工的影响；

4 根据敷设管线类型、定向钻施工要求确定岩土试验和水质化验项目。

5.5.3 定向钻法勘探点的布置除应符合本标准第 4.7.12 条和第 4.7.13 条规定外，还应符合下列规定：

1 穿越山体时，应结合山体形态、岩性特点布置勘探孔，勘探孔间距宜为 200m~400m；

2 穿越公路、铁路、地表障碍物时，宜在其两侧布孔，孔数不宜少于 2 个；穿越河谷时，河谷两岸及河床应布置勘探孔，孔数不应少于 3 个；

3 当基底下存在可能产生流沙、潜蚀、管涌层或发现存在需要降水施工的承压含水层时，勘探孔应适当加深。

5.5.4 定向钻法勘察提供的岩土物理力学指标应符合下列规定：

- 1 对黏性土层，提供天然含水量、塑性状态指标；
- 2 对粉土层，提供颗粒分析、天然含水量、塑性状态指标；
- 3 对砂土地层，提供标准贯入度值（N 值），密实度，颗粒级配；

4 对含碎石类土层，提供颗粒级配、密实度、抗压强度等参数；提供碎石（卵石、砾石）的粒径及百分含量；

5 对岩石层，提供岩石的块体重度、单轴抗压强度、岩石质量指标（RQD）；

6 水分析试验项目提供 PH 值、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、侵蚀性 CO_2 、游离 CO_2 、 NH_4^+ 、 OH^- 、总矿化度；对土化学分析试验项目提供 PH 值、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 及易溶盐总量。

5.5.5 定向钻法勘察分析评价除应符合本标准第 11 章的规定外，尚应包括以下内容：

1 对河流穿越工程，调查河流的航道等级和通航频率，提供最高洪水位、冲刷深度等工程水文数据，分析评价岸堤及边坡的稳定性，提出护岸措施的建议；

2 对定向钻穿越的适宜性分析评价，对定向钻出土点、入土点进行岩土工程评价；

3 当有承压水分布时，分析评价承压水层对定向钻回扩孔孔壁稳定性的影响，提出设计与施工防护措施的建议；

4 分析评价不良地质作用和特殊性岩土对定向钻施工的影响，提出防护处理的建议；

5 分析评价定向钻施工对周边建（构）筑物的影响，分析评价泥浆渗漏对周边环境的影响，提出环境保护措施的建议。

6 特殊性岩土和不良地质作用

6.1 一般规定

6.1.1 对于场地及周边特殊性岩土及不良地质作用发育情况，应分析评价其成因类型、规模、发育程度、发展趋势，及其对工程建设和运营期间的的影响，提出有关地基处理与基础选型、防治措施的建议，提供设计与施工所需的岩土参数。

6.1.2 在分布特殊性岩土的场地，应通过踏勘、资料搜集、工程地质测绘与调查等，结合市政基础设施工程特点，制定合理的岩土工程勘察方案。勘察手段的选用和布置，应能查明特殊性岩土的分布特征，其原位测试和室内试验的项目的设置，应能查明特殊性岩土的工程特性。

6.1.3 不良地质作用的勘察应采用遥感解译、工程地质测绘与调查、岩土工程勘探、现场试验、室内试验、现场监测相结合的综合勘察方法，根据不良地质作用的成因类型，针对性开展勘察工作。

6.1.4 在市政基础设施岩土工程勘察工作中遇到的本章规定外的特殊性岩土、不良地质作用，应按现行国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017 和《岩土工程勘察规范》GB 50021 及相关规范的规定进行专项勘察工作。

6.2 填土

6.2.1 填土的勘察应查明下列内容：

- 1 地形、地物的变迁，填土的来源、物质成份、堆填方

式、堆填年代；

2 不同物质成份填土的分布、厚度、深度、均匀程度及相互接触关系；

3 不同物质成份填土的堆填时间与加载、卸荷经历；

4 填土的含水量、密度、颗粒级配、有机质含量、密实度、压缩性、湿陷性及腐蚀性等；

5 地下水的赋存状态、补给、径流、排泄方式及腐蚀性等。

6.2.2 填土的勘探应符合下列规定：

1 勘探点的布置应能查明暗埋的塘、坑的范围，查明不同种类与物质成份填土的分布、厚度、工程性质及其变化；

2 勘探孔的深度应穿透填土层，并应满足工程设计及地基加固施工的需要；

3 勘探方法应根据填土性质确定。对由粉土或粘性土组成的素填土，可采用钻探取样、轻型钻具与原位测试相结合的方法；对含较多粗粒成份的素填土和杂填土，宜采用钻探、动力触探及其他原位测试手段，在具备施工条件时，可布置一定数量的探井。

6.2.3 填土的工程特性指标宜采用下列方法确定：

1 填土的均匀性和密实度宜采用触探法，并辅以室内试验；

2 填土的压缩性和湿陷性宜采用室内固结试验或现场载荷试验；

3 杂填土的密度试验宜采用大容积法；

4 对压实填土，在压实前应测定填料的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；

5 填土的承载力可采用原位测试方法结合当地经验确定，

必要时应作载荷试验。

6.2.4 填土的岩土工程分析与评价应包括下列内容：

- 1 阐明填土的成份、分布、厚度与岩土工程性质及其变化；
- 2 对填土的承载力、抗剪强度、基床系数和天然密度等提出建议值；
- 3 桩穿越较厚松散填土时，应评价桩侧负摩阻力对桩承载力及沉降的影响和处理建议；
- 4 暗挖工程应评价填土及其含水状况对隧道围岩稳定性的影响，提出处理措施和监测工作的建议；
- 5 明挖、盖挖工程应评价填土对边坡坡度、支护形式及施工的影响，提出处理措施和监测工作的建议；
- 6 填土开挖时应进行验槽，必要时应补充勘探及测试工作。

6.3 软土

6.3.1 软土的勘察除应符合常规要求外，尚应查明下列内容：

- 1 软土的成因类型、形成年代、岩性、分布规律、厚度变化、地层结构及均匀性；
- 2 软土分布区的地形、地貌特征，尤其是沿线微地貌与软土分布的关系，以及古牛轭湖、埋藏谷，暗埋的塘、浜、坑、穴、沟、渠等分布范围及形态；
- 3 软土硬壳层的分布、厚度、工程性质及随季节变化情况；硬夹层的空间分布、形态、厚度及性质；下伏硬底层的岩土组成、性质、埋深和起伏；
- 4 软土的沉积环境、固结程度、强度、压缩特性、灵敏度、有机质含量等；

5 软土中各含水层的分布、颗粒成份、渗透系数；

6 调查基坑开挖施工、隧道掘进、基桩施工、填筑工程、工程降水等造成的土性变化、土体位移、地面变形及由此引起的工程设施受损或破坏及处理的情况。

6.3.2 软土的勘探应符合下列规定：

1 应采用钻探取样和原位测试相结合的综合勘探方法。原位测试可采用静力触探试验、十字板剪切试验、扁铲侧胀试验、旁压试验、螺旋板载荷试验等方法；

2 勘探点的平面布置应根据市政基础设施的工程类型、施工方法、基础形式及软土的地层结构、成因类型、成层条件和岩土工程治理的需要确定；勘探点的密度应满足相应勘察阶段岩土工程评价、工程设计的需要。当需要圈定重要的局部变化时，可以加密勘探点，必要时进行横断面勘探；

3 勘探孔的深度应满足设计要求，一般应穿透软土层，钻至硬层或下伏基岩内 2 m ~5m。当软土层较厚时，勘探、测试孔深度应满足地基压缩层的计算深度和围护结构计算的要求；

4 软土应采用薄壁取土器采取I级土样，应严格按相关要求 进行钻探、取样和及时送样、试验。对重要工点和重要的建筑物，在工程地质单元中每层的试样数量不应少于 10 组。

6.3.3 软土的室内试验应符合下列规定：

1 试验项目应根据不同勘察阶段、不同工程类别和处理措施选定；

2 除常规项目外，一般还应包括：渗透系数、固结系数、抗剪强度、静止侧压力系数、灵敏度、有机质含量等；

3 在每一工程地质单元应有代表性高压固结试验，成果按 $e\text{-}lgp$ 曲线的形式整理，确定先期固结压力并计算压缩指数和回弹指数。

6.3.4 软土的岩土工程分析与评价应包括下列内容：

1 应按土的先期固结压力与上覆有效土自重压力之比，判定土的历史固结程度；

2 邻近有河湖、池塘、洼地、河岸、边坡时，或软土围岩和地基受力范围内有起伏、倾斜的基岩、硬土层或存在较厚的透镜体时，应分析软土侧向塑性挤出或产生滑移的危险程度，分析软土发生变形、不均匀变形的可能性，并提出工程处理措施意见；

3 软土地基主要受力层中有薄的砂层或软土与砂土互层时，应根据其固结排水条件，判定其对地基变形的影响；

4 应根据软土的成层、分布及物理力学性质对影响或危及市政基础设施工程安全的不均匀沉降、滑动、变形作出评价，提出加固处理措施的意见；

5 判定地下水位的变化幅度和承压水头等水文地质条件对软土地基和隧道围岩稳定性和变形的影响；

6 对软土地层基坑和隧道的开挖、支护结构类型、地下水控制提出建议，提供抗剪强度参数、土压力系数、渗透系数等岩土参数；

7 根据建（构）筑物对沉降的限制要求，采用多种方法综合分析评价软土地基的承载能力：一般建筑物可利用静力触探及其他原位测试成果，结合地区经验确定，或采用工程地质类比法确定；对重要建筑物和缺乏经验的地区，宜采用载荷试验方法确定；

8 桩基评价应考虑软土继续固结所产生的负摩擦力。当桩基邻近有堆载时，还应分析桩的侧向位移或倾斜；

9 抗震设防烈度等于或大于 7 度的厚层软土，应判别软土震陷的可能性；

10 对含有沼气等有害气体的软土地基、围岩，应判定有害气体逸出对地基稳定性、变形及施工的影响；

11 对软土场地因施工、取土、运输等原因产生的环境地质问题应作出评价，并提出相应措施。

6.4 黄土

6.4.1 黄土场地的勘察应查明下列内容：

1 黄土的时代、成因、工程场地及其周边的地形地貌等工程地质条件；

2 黄土的地层结构、分布范围及厚度变化；

3 黄土的湿陷系数和湿陷程度、湿陷起始压力、场地的湿陷类型、地基的湿陷等级，湿陷系数随深度的变化；

4 黄土地基土的垂直向和水平向的渗透性；

5 古墓、井坑、井巷、地道等的分布；

6 大气降水的汇集与排泄条件，地下水位季节变化幅度及升降趋势；

7 当地消除湿陷性的建筑经验。

6.4.2 黄土的勘探除应符合本标准第 4 章的规定外，尚应符合下列规定：

1 初步勘察阶段，取样和原位测试勘探点在平面上布局应

具控制性，其数量不得少于全部勘探点的 1/2；详细勘察阶段，采取不扰动样和原位测试的勘探点不应少于全部勘探点的 2/3，且取样勘探点不宜少于全部勘探点的 1/2；

2 取土勘探点中，应有足够数量的探井，其数量应为取土勘探点总数的 1/3~1/2，并不宜少于 3 个；

3 探井的深度，宜穿透湿陷性黄土层；

4 探井中取样，竖向间距宜为 1m，土样直径不宜小于 120mm；钻孔中取样应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 的有关规定；

5 勘探孔的深度，除应大于地基压缩层深度外，在非自重湿陷性场地尚应达到基础底面以下不小于 10m；

6 探井和钻孔应分层回填夯实，宜采用原土回填，回填密实度不宜小于原土。

6.4.3 黄土的试验应符合下列规定：

1 室内试验除应满足本标准第 9 章的要求外，尚应进行湿陷系数、湿陷起始压力等试验，对浸水可能性大的工程，应进行饱和状态下的压缩和剪切试验；

2 黄土的抗剪强度指标宜采用三轴固结不排水剪试验和固结快剪试验确定；

3 根据工程需要可进行现场试坑浸水试验和现场载荷试验；

4 黄土的原位及室内试验应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 的有关规定。

6.4.4 黄土的岩土工程分析与评价应包括下列内容：

- 1 湿陷性黄土地基湿陷量 Δ_s 计算方法应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 的有关规定；
- 2 湿陷性黄土地基的湿陷等级应按表 6.4.4-1 的规定确定；

表 6.4.4-1 湿陷性黄土地基的湿陷等级

场地湿陷类型 Δ_{zs} (mm) Δ_s (mm)	非自重 湿陷性场地	自重 湿陷性场地	
	$\Delta_{zs} \leq 70$	$70 < \Delta_{zs} \leq 350$	$\Delta_{zs} > 350$
$50 < \Delta_s \leq 100$	I (轻微)	I (轻微)	II (中等)
$100 < \Delta_s \leq 300$		II (中等)	
$300 < \Delta_s \leq 700$	II (中等)	II (中等) 或 III (严重)	III (严重)
$\Delta_s > 700$	II (中等)	III (严重)	IV (很严重)

注：对 $70 < \Delta_{zs} \leq 350$ 、 $300 < \Delta_s \leq 700$ 一档的划分，当湿陷量的计算值 $\Delta_s >$ 于 600mm、自重湿陷量的计算值 $\Delta_{zs} > 300$ mm 时，可判为 III 级，其他情况可判为 II 级。

3 新近堆积黄土可根据室内试验，按下列公式进行判定；

1) 在 50kPa~150kPa 压力段变形较大，小压力下具有高压缩性。

$$2) R = -68.45e + 10.98a - 7.16\gamma + 1.18\omega \quad (6.4.4)$$

$$R_0 = -154.80$$

当 $R > R_0$ 时，判定该土为新近堆积黄土。

式中： e ——土的孔隙比；

a ——土的压缩系数（ MPa^{-1} ），应取 50kPa~150kPa 或 0kPa~100kPa 压力下的大值；

γ ——土的重度（ kN/m^3 ）；

ω ——土的天然含水量（%）。

4 湿陷性黄土的承载力确定应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 的有关规定；

5 应提出消除地基湿陷性措施的建议；

6 应对黄土中可能存在的钙质结核及钙质结核富集层对隧道施工的影响进行分析评价。

6.5 膨胀土

6.5.1 膨胀土的勘察应查明下列内容：

1 膨胀土的地层岩性、形成年代、成因、结构、分布及节理、裂隙等特征；

2 膨胀土分布区的地形、地貌特征；

3 膨胀土分布区不良地质作用的发育情况与危害程度；

4 膨胀土的强度、胀缩特性及不同膨胀潜势、胀缩等级的分布特征；

5 地表水的排泄条件，地下水位与变化幅度；

6 多年的气象资料及大气的影响深度；

7 当地的建筑经验，建筑物与道路的破坏形式，发生发展特点与防治措施等。

6.5.2 膨胀土的勘探应符合下列规定：

1 勘探点宜结合地貌特征和工程类型布置，采用钻探和井探相结合，钻探宜采用干钻；

2 取土试样钻孔、探井的数量不应少于钻孔、探井总量的1/2；

3 勘探深度，除应超过压缩层深度外，尚应大于大气影响深度；勘探深度还应满足各类工程设计的需要；

4 在大气影响深度内的土试样，取样间隔宜为 1m，在大气影响深度以下，取样间隔可适当增大；

5 钻孔、探井应分层回填夯实。

6.5.3 膨胀土室内试验应符合下列规定：

1 一般应包括常规物理力学指标、无侧限抗压强度、自由膨胀率、一定压力下的膨胀率、收缩系数、膨胀力等特性指标，必要时可测定蒙脱石含量和阳离子含量；

2 计算在荷载作用下的地基膨胀量时，应测定土样在自重与附加压力之和作用下的膨胀率；

3 必要时，进行三轴剪切试验、残余强度试验等。

6.5.4 膨胀土的岩土工程分析与评价应包括下列内容：

1 膨胀土膨胀潜势应按表 6.5.4-1 的规定进行分类：

表 6.5.4-1 膨胀潜势分类

膨胀潜势 分类指标	弱	中	强
自由膨胀率 δ_{ef} (%)	$40 \leq \delta_{ef} < 60$	$60 \leq \delta_{ef} < 90$	$\delta_{ef} \geq 90$
蒙脱石含量 M' (%)	$7 \leq M' < 17$	$17 \leq M' < 27$	$M' \geq 27$

续表 6.5.4-1

膨胀潜势 分类指标	弱	中	强
阳离子交换量 $CEC(NH_4^+)$ (mmol/kg)	$170 \leq CEC$ (NH_4^+) < 260	$260 \leq CEC$ (NH_4^+) < 360	$CEC(NH_4^+) \geq$ 360

注：当有两项指标符合时，即判定为该等级。

2 场地应按下列条件进行分类：

1) 平坦场地：地形坡度小于 5° ，且同一建筑物范围内局部高差不超过 1m；地形坡度大于 5° 小于 14° 而距坡肩的水平距离大于 10m 的坡顶地带；

2) 坡地场地：地形坡度等于或大于 5° ；地形坡度虽小于 5° 但同一座建筑物或工程设施范围内的局部地形高差大于 1m；

3 膨胀土地基胀缩等级划分应符合表 6.5.4-2 的规定：

表 6.5.4-2 膨胀土地基胀缩等级

级别	地基分级变形量 S_c (mm)
I	$15 \leq S_c < 35$
II	$35 \leq S_c < 70$
III	$S_c \geq 70$

注：1 测定膨胀率的试验压力应为 50kPa。

2 分级变形量的计算应符合现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112 的有关规定。

4 确定地基土的承载力应按下列要求进行：

1) 重要建（构）筑物或工程设施的地基承载力宜采用载荷

试验或浸水载荷试验确定；

2) 一般建（构）筑物或工程设施的地基承载力宜根据三轴不固结不排水剪试验结果计算确定。

5 确定土体抗剪强度应按下列要求进行：

1) 表面风化层宜采用干湿循环试验确定；

2) 地下水位以下或坡面无封闭、有雨水、地表水渗入，宜采用浸水条件下的直剪仪慢剪试验确定；

3) 地下水位以上或坡面及时封闭、无雨水、无地表水渗入，宜采用非浸水条件下的直剪仪慢剪试验确定；

4) 裂隙面强度宜采用无侧限抗压强度试验或直剪仪裂面重合剪试验确定；

6 分析膨胀土对工程的影响，建议相应的基础埋深、地基处理及隧道、边坡、基坑支护和防水、保湿措施等。

7 应对建（构）筑物、工程设施、边坡等的变形、岩土的水量变化及气候等环境条件变异的监测提出建议。

6.6 盐渍土

6.6.1 盐渍土地勘的勘察应查明下列内容：

1 收集当地的气象资料和水文资料；

2 调查场地及附近盐渍土地区地表植被种属、发育程度及分布特点；

3 调查场地及附近盐渍土地区工程建设经验和既有建（构）筑物使用、损坏情况；

4 查明盐渍土的成因、分布、含盐类型和含盐量；

- 5 查明地表水的径流、排泄和积聚情况;
- 6 查明地下水类型、埋藏条件、水质、水位、毛细水上升高度及季节性变化规律;
- 7 测定盐渍土的物理和力学性质指标;
- 8 评价盐渍土地基的溶陷性及溶陷等级;
- 9 评价盐渍土地基的盐胀性及盐胀等级;
- 10 评价环境条件对盐渍土地基的影响;
- 11 评价盐渍土对建筑材料的腐蚀性;
- 12 测定天然状态和浸水条件下的地基承载力特征值;
- 13 提出地基处理方案及防护措施的建议。

6.6.2 盐渍土的勘探测试除应符合本标准第 4 章的规定外,尚应符合下列规定:

1 勘探深度应根据盐渍层的厚度、建(构)筑物荷载大小与重要性及地下水位等因素确定,以钻穿盐渍土层或至地下水位以下 2m~3m 为宜,且不应小于建(构)筑物地基压缩层计算深度。当盐渍土层厚度很大时,宜有一定量的勘探点钻穿盐渍土层;

2 在进行盐渍物理性质试验时,应分别测定天然状态和洗除易溶盐后的物理性质指标。各项指标的测试除应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 的规定外,尚应符合现行国家标准《盐渍土地区建筑技术规范》GB/T 50942 附录 A、附录 B 的有关规定。对以中溶盐为主的盐渍土,也宜测定洗盐后的物理性质指标;

3 工程需要时,应确定毛细水强烈上升的高度;

4 除进行常规室内土工试验外，尚应进行溶陷性或盐胀性试验，工程需要可进行土的化学成分分析和结构鉴定。

6.6.3 盐渍土和水试样的采取应符合下列规定：

1 对扰动土试样的采取，其取样间距为：在深度小于 5m 时，应为 0.5m；在深度为 5m~10m 时，应为 1.0m；在深度大于 10m 时，应为 2.0m。

2 对不扰动土试样的采取，应从地表处开始，在 10m 深度内取样间距应为 1.0m~2.0m，在 10m 深度以下应为 2.0m~3.0m，初步勘察取大值，详细勘察取小值；在地表、地层分界处及地下水位附近应加密取样。

3 对于细粒土，扰动土试样的重量不应少于 500g；对于粗粒土，粒径小于 2mm 的颗粒的重量不应少于 500g，粒径小于 5mm 的颗粒的重量不应少于 1000g；非均质土样不应少于 3000g。

4 盐渍土地勘察时，在勘察深度范围内有地下水时，应取地下水试样进行室内试验，取样数量每一建筑场地不得少于 3 件，每件不少于 1000mL。

6.6.4 盐渍土的化学成分分析应按现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 执行，试验应包含下列内容：

- 1 pH 值、易溶盐含量、中溶盐含量、总盐量；
- 2 易溶盐中的 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NH_4^+ 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 离子含量；
- 3 中溶盐 CaSO_4 的含量。

6.6.5 盐渍土的岩土工程评价应包括下列内容：

- 1 土中含盐类型、含盐量及主要含盐矿物对工程性能的影响；
- 2 土的溶陷性、盐胀性、腐蚀性和场地工程建设的适宜性；
- 3 盐渍土地基的承载力应分别考虑天然状态和浸水状态；
- 4 盐渍土边坡的稳定性。

6.6.6 当碎石土盐渍、砂盐渍土以及粉土盐渍土的湿度为饱和，黏性土盐渍土状态为软塑～流塑，且工程的使用环境条件不变时，可不计溶陷性对建（构）筑物的影响。当盐渍土地基中硫酸钠含量小于 1%，且使用环境条件不变时，可不计盐胀性对建（构）筑物的影响。

6.6.7 各类盐渍土地基的溶陷性（或盐胀性）均应根据地基的溶陷（或盐胀）等级，结合场地的使用环境条件 A 或 B 作出综合评价。盐渍土地基可分为 A 类、B 类使用环境划分见表

6.6.7:

表 6.6.7 盐渍土地基使用环境划分

盐渍土地基使用环境	环境条件
A 类使用环境	工程实施前后和工程使用过程中不会发生大的环境变化，能保持盐渍土地基的天然结构状态，地基受淡水侵蚀的可能性小或能够有效防止淡水侵蚀。
B 类使用环境	工程实施前后和工程使用过程中会发生较大的环境变化，盐渍土地基受淡水侵蚀的可能性大，且难以防范。

6.6.8 当溶陷系数大于或等于 0.01 时，应判定为溶陷性盐渍

土。根据溶陷系数的大小可将盐渍土的溶陷程度分为下列三类：

- 1 当 $0.01 < \delta_{\text{rx}i} \leq 0.03$ 时，溶陷性轻微；
- 2 当 $0.03 < \delta_{\text{rx}i} \leq 0.05$ 时，溶陷性中等；
- 3 当 $\delta_{\text{rx}i} > 0.05$ 时，溶陷性强。

6.6.9 盐渍土地基的溶陷等级确定应符合表 6.6.9 的规定；盐渍土地基的总溶陷量除可直接测定外，也可按下式计算：

$$s_{\text{rx}} = \sum_{i=1}^n \delta_{\text{rx}i} h_i \quad (i=1, \dots, n) \tag{6.6.9}$$

式中 s_{rx} ——盐渍土地基的总溶陷量计算值(mm)；
 $\delta_{\text{rx}i}$ ——室内试验测定的第 i 层土的溶陷系数；
 h_i ——第 i 层土的厚度(mm)；
 n ——基础底面以下可能产生溶陷的土层层数。

表 6.6.9 盐渍土地基的溶陷等级

溶陷等级	总溶陷量 s_{rx} (mm)
I 级 弱溶陷	$70 < s_{\text{rx}} \leq 150$
II 级 中溶陷	$150 < s_{\text{rx}} \leq 400$
III 级 强溶陷	$s_{\text{rx}} > 400$

6.6.10 盐渍土的盐胀性可根据盐胀系数的大小和硫酸钠含量按表 6.6.10-1 进行分类，盐胀等级的确定应符合表 6.6.10-2 的规定。盐渍土地基的总盐胀量除可直接测定外，也可按下式计算：

$$s_{yz} = \sum_{i=1}^n \delta_{yzi} h_i \quad (i=1, \dots, n) \quad (6.6.10)$$

式中 s_{yz} ——盐渍土地基的总盐胀量计算值(mm);

δ_{yzi} ——室内试验测定的第 i 层土的盐胀系数;

h_i ——第 i 层土的厚度(mm);

n ——基础底面以下可能产生盐胀的土层层数。

表 6.6.10-1 盐渍土的盐胀性分类

指标盐胀性	非盐胀性	弱盐胀性	中盐胀性	强盐胀性
盐胀系数 δ_{yz}	$\delta_{yz} \leq 0.01$	$0.01 < \delta_{yz} \leq 0.02$	$0.02 < \delta_{yz} \leq 0.04$	$\delta_{yz} > 0.04$
硫酸钠含量 C _{ssn} (%)	C _{ssn} ≤ 0.5	0.5 < C _{ssn} ≤ 1.2	1.2 < C _{ssn} ≤ 2.0	C _{ssn} > 2.0

注：当盐胀系数和硫酸钠含量两个指标判断的盐胀性不一致时，应以硫酸钠含量为主。

表 6.6.10-2 盐渍土地基的盐胀等级

盐胀等级	总盐胀量 S_{yz} (mm)
I 级 弱盐胀	$30 < S_{yz} \leq 70$
II 级 中盐胀	$70 < S_{yz} \leq 150$
III 级 强盐胀	$S_{yz} > 150$

6.6.11 水和土的腐蚀性评价，除应符合现行国家标准《岩土工

程勘察规范》GB 50021 的规定，还应符合下列规定：

1 当环境土层为弱盐渍土、土体含水量小于 3%且工程处于 A 类使用环境条件时，可初步认定工程场地及其附近的土为弱腐蚀性，可不进行腐蚀性评价。

2 水和土对砌体结构、水泥和石灰的腐蚀性评价应符合现行国家标准《盐渍土地区建筑技术规范》GB/T 50942 的规定。

6.6.12 当土层中易溶盐含量大于或等于 0.3%，且小于 20%，并具有溶陷、盐胀、腐蚀等工程特性时，应判定为盐渍土。

6.6.13 盐渍土的分类应符合下列规定：

1 盐渍土根据成因可划分为滨海盐渍土、冲积平原盐渍土、内陆盐渍土；

2 盐渍土按盐的化学成分分类时，应符合表 6.6.13-1 的规定；

表 6.6.13-1 盐渍土按含盐的化学成分分类

盐类名称	盐渍土名称	$\frac{c(\text{Cl}^-)}{2c(\text{SO}_4^{2-})}$	$\frac{2c(\text{CO}_3^{2-}) + c(\text{HCO}_3^-)}{c(\text{Cl}^-) + 2c(\text{SO}_4^{2-})}$
氯盐类	氯盐渍土	>2.0	—
	亚氯盐渍土	$>1.0, \leq 2.0$	—
硫酸盐类	亚硫酸盐渍土	$>0.3, \leq 1.0$	—
	硫酸盐渍土	≤ 0.3	—
碳酸盐类	碱性盐渍土	—	>0.3

注：表中 $c(\text{Cl}^-)$ 、 $c(\text{SO}_4^{2-})$ 、 $c(\text{CO}_3^{2-})$ 、 $c(\text{HCO}_3^-)$ 分别表示氯离子、硫酸根

离子、碳酸根离子、碳酸氢根离子在 0.1kg 土中所含毫摩尔数，单位为

mmol/0.1kg。

3 盐渍土按含盐量分类时，应符合表 6.6.13-2 的规定。

表 6.6.13-2 盐渍土按含盐量分类

盐渍土名称	盐渍土层的平均含盐量（%）		
	氯盐渍土及 亚氯盐渍土	硫酸盐渍土及 亚硫酸盐渍土	碱性盐渍土
弱盐渍土	$\geq 0.3, < 1.0$	—	—
中盐渍土	$\geq 1.0, < 5.0$	$\geq 0.3, < 2.0$	$\geq 0.3, < 1.0$
强盐渍土	$\geq 5.0, < 8.0$	$\geq 2.0, < 5.0$	$\geq 1.0, < 2.0$
超盐渍土	≥ 8.0	≥ 5.0	≥ 2.0

6.6.14 盐渍土地应根据地基土含盐量、含盐类型、水文与水文地质条件、地形、气候、环境等因素按表 6.6.14 划分为简单、中等复杂和复杂三类场地。

表 6.6.14 盐渍土地类型分类

场地类型	条件
复杂场地	1.平均含盐量为强或超盐渍土； 2.水文和水文地质条件复杂； 3.气候条件多变，正处于积盐或褪盐期
中等复杂场地	1.平均含盐量为中盐渍土； 2.水文和水文地质条件可预测； 3.气候条件环境条件单向变化
简单场地	1.平均含盐量为弱盐渍； 2.水文和水文地质条件简单； 3.气候环境条件稳定

注：场地划分应从复杂向简单推定，以最先满足的为准；每类场地满足相应的单个或多个条件均可。

6.7 风化岩和残积土

6.7.1 残积土、全风化岩和强风化岩的勘察应查明下列内容：

1 母岩的地质年代和名称、原岩矿物的风化程度、组织结构的变化程度；

2 残积土、全风化岩和强风化岩的分布、埋深与厚度变化；

3 残积土、全风化岩和强风化岩的不均匀程度，破碎带和软弱夹层的分布、特征；

4 残积土、全风化岩和强风化岩中岩脉的分布、透水性和富水性、物理力学性质及参数；

5 当地残积土、全风化岩和强风化岩的工程经验。

6.7.2 残积土、全风化岩和强风化岩的勘探与测试应符合下列规定：

1 采用钻探与标准贯入试验、动力触探试验、波速测试等原位测试相结合的手段进行勘察工作；

2 勘探点间距应按照本标准第4章的规定取小值；

3 根据工程需要按本标准第10章的规定，对全风化岩、残积土和呈土状的强风化岩进行土工试验，对呈岩块状的强风化岩进行岩石试验，对残积土必要时进行湿陷性和湿化试验。

6.7.3 残积土、全风化岩和强风化岩的技术指标和参数宜采用原位测试与室内试验相结合的方法确定。其承载力和变形模量 E_0 宜采用原位测试方法确定，亦可按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的有关规定确定。

6.7.4 对花岗岩类的残积土、全风化岩和强风化岩的勘察，应符合下列规定：

1 花岗岩类的残积土、全风化岩和强风化岩的划分应符合表 6.7.4 的规定；

表 6.7.4 花岗岩类的残积土、全风化岩和强风化岩划分

测试项目及指标 岩土名称	标准贯入 N 值 (实测值)	剪切波波速 v_s (m/s)
强风化岩	$N \geq 50$	$v_s \geq 400$
全风化岩	$50 > N \geq 30$	$400 > v_s \geq 300$
残积土	$N < 30$	$v_s < 300$

2 可根据含砾或含砂量将花岗岩类残积土划分为砾质粘性土、砂质粘性土和粘性土；

3 勘察除满足本标准第 6.1.1 条的要求外，尚应着重查明花岗岩分布区残积土、全风化岩和强风化岩中球状风化体（孤石）的分布；

4 对花岗岩类残积土和全风化岩进行细粒土的天然含水量、塑性指数、液性指数等试验。

6.7.5 残积土、全风化岩和强风化岩的岩土工程分析与评价应包括下列内容：

1 评价残积土、全风化岩和强风化岩的地基及边坡稳定性，并提出工程措施的建议；

2 评价残积土、全风化岩和强风化岩中的桩基承载力和稳定性；

3 分析岩土的不均匀程度，尤其是破碎带和软弱夹层的分布，指出隧道和基坑开挖、桩基施工中存在的岩土工程问题，提出工程措施的建议；

4 评价残积土、全风化岩和强风化岩的透水性和富水性，分析在不同工法下，地下水对岩土体稳定性的影响，提出地下水控制措施的建议；

5 分析岩脉、孤石和球状风化体对工程的影响，提出工程措施的建议。

6.8 岩溶和土洞

6.8.1 拟建工程场地或其附近存在对工程安全有影响的岩溶和土洞发育时，应进行专门的岩溶和土洞勘察，勘察宜分阶段进行。

6.8.2 场地岩溶发育等级应符合表 6.8.2 的规定。

表 6.8.2 场地岩溶发育等级

岩溶发育等级	场地岩溶特征
岩溶强发育	地表岩溶塌陷、漏斗、洼地、土洞发育；溶沟、溶槽、石芽密布 钻孔见洞隙率大于 30%，线岩溶率大于 20%，土洞率大于 10% 相邻柱基之间基岩起伏面相对高差大于 5m 岩溶裂隙或串珠状溶洞发育深度大于 20m 地下有暗河、伏流，岩溶裂隙水丰富，地表泉眼多有分布

续表 6.8.2

岩溶发育等级	场地岩溶特征
岩溶中等发育	地表岩溶塌陷、漏斗、洼地、土洞较发育；溶沟、溶槽、石芽较发育 钻孔见洞隙率 10%~30%，线岩溶率 5%~20%，土洞率小于 10% 相邻柱基之间基岩起伏面相对高差 2m~5m 岩溶裂隙或串珠状溶洞发育深度小于 20m 地下有暗河、伏流，岩溶裂隙水较丰富，地表有泉眼
岩溶微发育	无岩溶塌陷、漏斗，溶沟、溶槽较发育 钻孔见洞隙率小于 10%，线岩溶率小于 5%，无土洞 相邻柱基之间基岩起伏面相对高差小于 2m 岩溶裂隙或串珠状溶洞发育深度大于 5m 岩溶裂隙多被充填，地下水不丰富。

注： 1 各等级的 5 项条件中，有一项符合即可判定为相应的岩溶发育等级。

2 当钻孔遇洞率为 0，基岩面起伏高差大于 5m、5m~2m、小于 2m 时，可分别定为表生岩溶强发育、中等发育和微发育。

6.8.3 岩溶和土洞的勘察，宜采用工程地质测绘和调查、工程物探、钻探等多种手段结合的方法进行，并应符合下列规定：

1 可行性研究勘察，应查明岩溶洞隙、土洞的发育条件，并对其危害程度和发展趋势作判断，对工程场地的稳定性及适宜性做出初步评价；

2 初步勘察，应查明岩溶洞隙及土洞的分布、发育程度和发育规律，并按场地的稳定性和适宜性进行分区；

3 详细勘察，应查明拟建工程范围及有影响地段的各种岩溶洞隙和土洞的位置、规模、埋深，岩溶堆填物的性状和地下水特性，对地基基础的设计和岩溶的治理提出建议；

4 施工勘察应针对某一地段或尚待查明的专门问题进行补充勘察；场地较小且无特殊要求的工程可合并勘察阶段。当建筑物平面布置已经确定，且场地或其附近已有岩土工程勘察资料时，可根据实际情况，直接进行详细勘察或施工勘察。

6.8.4 岩溶场地的工程地质测绘和调查除应符合本标准第4章的规定外，尚应调查下列内容：

1 岩溶洞隙、塌陷、漏斗、洼地、泉眼的分布、形态和发育规律；

2 覆盖层厚度，基岩面起伏、溶沟、溶槽、石芽形态和分布情况；

3 岩溶地下水赋存情况、水位变幅、水质水量和运动规律；

4 岩溶发育程度、洞隙特征及其与地貌、构造、岩性与地下水的关系；

5 土洞和塌陷的分布、形态、成因、发育规律和发展趋势；

6 场地附近地下水开采及矿山疏排水情况；

7 当地治理岩溶、土洞和塌陷的工程经验。

6.8.5 可行性和初步勘察宜采用工程地质测绘和调查、综合工程物探并结合钻探进行，并符合下列规定：

1 勘探点的间距不应大于本标准第4章的规定，岩溶发育地段应予以加密；

2 工程地质测绘和工程物探发现的异常地段，应选择有代

表性的部位布置验证性钻孔；

3 控制性勘探孔的深度应穿过表层岩溶发育带。

6.8.6 详细勘察的勘探工作应符合下列规定：

1 充分搜集场地及其附近地段的岩土工程勘察资料、建（构）筑物特征及工程经验；

2 勘探线应沿建（构）筑物轴线布置，勘探点间距对岩溶微发育地段宜按中等复杂场地考虑，对岩溶中等发育地段和强发育地段宜按复杂地基考虑。在下列条件下，可加密勘探，勘探点布置宜垂直于岩溶发育方向：

1) 拟利用溶洞顶板作为地基持力层；

2) 遇深溶槽或串珠状溶洞，拟采取梁板跨越，需查找稳定支点时；

3 勘探孔深度宜达到持力层 3 倍~5 倍基础短边宽度，或达到桩基底面以下 3 倍桩径且不小于 5m。当在该深度内遇溶洞时，钻探深度从溶洞底起算，遇串珠状溶洞或溶隙较深时，宜结合施工的可行性确定；

4 对土洞和塌陷发育地段，可采用静力触探试验或小口径钻探等手段，详细查明其分布；

5 当需查明地质构造、岩土分界、洞隙和土洞形态、塌陷等情况时，应布置适量的探槽或探井；

6 宜根据场地物性条件采用有效的工程物探方法，对异常点应采用钻探验证。当发现或可能存在危害工程的洞体时，应加密勘探点；

7 凡人员可以进入的洞体，均应入洞勘查；人员不能进入的洞体，宜用井下电视等勘探手段探测；

8 为评价浅埋溶洞顶板强度与稳定性，可进行原位实体载荷试验，最大加荷不宜小于地基设计荷载的 2 倍；

9 对岩溶地基岩体完整程度的定量划分，可采用声波测井，划分标准应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的相关规定。测点间距可根据岩性结构及岩体破碎程度取 0.2m~0.4m。必要时，可采用电磁波测井。

6.8.7 施工勘察工作量应根据岩溶地基设计和施工要求布置，并符合下列规定：

1 在土洞、塌陷地段，可在已开挖的基槽内布置触探或钎探；

2 对重要工程或荷载较大的工程，可在槽底采用小口径钻探进行勘探；

3 对大直径嵌岩桩，勘探点应逐桩布置、勘探深度应满足本标准第 4 章的规定；

4 当相邻桩底基岩层面起伏较大时应适当加深。

6.8.8 岩溶勘察的测试和观测应符合下列规定：

1 当追索隐伏洞隙的联系时，可进行连通试验；

2 评价洞隙稳定性时，可采取洞体顶板岩样和充填物土样作物理力学性质试验，必要时可进行现场顶板岩体的载荷试验；

3 当需查明土的性状与土洞形成的关系时，可进行湿化、胀缩、可溶性和剪切试验；

4 当需查明地下水动力条件、潜蚀作用与地表水、地下水的联系,预测土洞和塌陷的发生、发展时,可进行流速、流向测定和水位、水质的长期观测。

5 对水文地质条件复杂的岩溶地段,应进行水文地质测试或地下水动态观测,观测期不少于 1 个水文年。

6.8.9 当场地存在下列情况之一时,可判定为未经处理不宜作为地基的不利地段:

- 1 浅部洞体或溶洞群,洞径大,且不稳定的地段;
- 2 埋藏的漏斗、槽谷等,并覆盖有软弱土体的地段;
- 3 土洞或塌陷成群发育地段;
- 4 岩溶水排泄不畅,可能暂时淹没的地段。

6.8.10 当地基属下列条件之一时,对二级和三级工程可不考虑岩溶稳定性的影响:

1 基础底面以下土层厚度大于独立基础宽度的 3 倍或条形基础宽度的 6 倍,且不具备形成土洞或其他地面变形的条件;

2 基础底面与洞体顶板间岩土厚度虽小于本条第 1 款的规定,但符合下列条件之一时:

1) 洞隙或岩溶漏斗被密实的沉积物填满且无被水冲蚀的可能;

2) 洞体为基本质量等级为 I 级或 II 级的岩体,顶板岩石厚度大于或等于洞跨;

3) 洞体较小,基础底面大于洞的平面尺寸,并有足够的支撑长度;

4) 平行于基础轴线的长度或直径小于 1.0m 的竖向洞隙、落水洞近旁地段。

6.8.11 当不符合本标准第 6.8.10 条规定时, 应进行洞室地基稳定性分析, 并符合下列规定:

1 顶板不稳定, 但洞内为密实堆积物充填且无流水活动时, 可认为堆积物受力, 按不均匀地基进行评价;

2 当能取得计算参数时, 可将洞体顶板视为结构自承重体系进行力学分析;

3 有经验的地区, 可按类比法进行稳定性分析;

4 基本质量等级为 III 级或 IV 级的岩体, 可作原位实体基础荷载试验评价溶洞顶板的强度与稳定性, 最大加载量应不小于地基设计要求的 2 倍;

5 在基础近旁有洞隙或临空面时, 应验算向临空面倾覆或沿裂面滑移的可能性;

6 当地基为石膏、岩盐等易溶盐时, 应考虑溶蚀继续作用的不利影响;

7 对不稳定的岩溶洞隙可建议采用地基处理或桩基础;

8 若单个溶洞规模较大, 有多个基础位于其上时, 溶洞顶板的强度与稳定性应专门研究评价。

6.8.12 稳定性分析应根据洞体大小、顶板形状、岩体结构及强度、洞内充填情况以及岩溶水活动等因素进行, 并应符合下列规定:

1 对于一般工程, 可根据已查明的地质条件, 结合基底荷

载情况，对影响溶洞稳定性的各种因素进行分析比较，作出稳定性评价。各因素对地基稳定的有利与不利情况应符合表 6.8.12 的规定；

表 6.8.12 岩溶地基稳定性评价

评价因素	对稳定有利	对稳定不利
地质构造	无断裂、褶曲，裂隙不发育或胶结良好	有断裂、褶曲，裂隙发育，有两组以上张开裂隙切割岩体，呈于砌状
岩层产状	走向与洞轴线正交或斜交，倾角平缓	走向与洞轴线平行，倾角陡
岩性和层厚	厚层块状，纯质灰岩，强度高	薄层石灰岩、泥灰岩、白云质灰岩，有互层，岩体强度低
洞体形态及埋藏条件	埋藏深，覆盖层厚，洞体小（与基础尺寸比较），溶洞呈竖井或裂隙状，单体分布	埋藏浅，洞径大，呈扁平状，在基底附近，复体相连
顶板情况	顶板厚度与洞跨比值大，平板状，或呈拱状，有钙质胶结	顶板厚度与洞跨比值小，有切割的悬挂岩块，未胶结
充填情况	为密实沉积物填满，且无被水冲蚀的可能性	未充填，半充填或水流冲蚀充填物
地下水	无地下水	有水流或间歇性水流
地震设防烈度	地震设防烈度小于 7 度	地震设防烈度等于或大于 7 度
建筑物荷重及重要性	建筑物荷重小，为一般建筑物	建筑物荷重大，为重要建筑物

2 对于重要工程，应取得岩土物理力学参数，可采用定量计算进一步对溶洞顶板的稳定性进行验算。

6.8.13 岩溶和土洞勘察分析评价及成果报告除应符合本标准第 11 章和第 12 章有关规定外，尚应包括下列内容：

1 岩溶发育的地质背景和形成条件；

- 2 基岩等高线图；
- 3 岩溶发育程度的分区图，洞隙、土洞、塌陷纵横剖面图，绘出洞隙、土洞、塌陷的平面位置及岩深洞隙、土洞特征；
- 4 岩溶稳定性分析；
- 5 提出基础埋置深度、降水方案的建议；
- 6 岩溶治理和监测建议。

6.9 断裂和地震效应

(I) 活动断裂

6.9.1 市政基础设施工程的场地应进行活动断裂（以下简称断裂）勘察。断裂勘察应查明断裂的位置和类型，分析其活动性和地震效应，评价断裂对工程建设可能产生的影响，并提出处理方案。

6.9.2 断裂的地震工程分类应符合下列规定：

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

- 2 非全新活动断裂：一万年以前活动过，一万年以来没有发生过活动的断裂。

6.9.3 全新活动断裂分级应符合表 6.9.3 的规定。

表 6.9.3 全新活动断裂分级

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

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

6.9.5 断裂勘察工程地质测绘，除应符合本标准第 8 章的规定外，尚应调查下列内容：

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

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

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

6.9.6 市政基础设施工程在可行性研究勘察时，应建议避让全新活动断裂和发震断裂，避让距离应根据断裂的等级、规模、性质、覆盖层厚度、地震烈度等因素，按有关标准综合确定。非全新活动断裂可不采取避让措施，但当浅埋且破碎带发育时，可按不均匀地基处理。

（II）场地和地基的地震效应

6.9.7 市政基础设施工程场地和地基地震效应的岩土工程勘察，应根据国家批准的地震动参数区划和有关规范，提出勘察场地的抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震分组。

6.9.8 市政基础设施工程的场地抗震勘察应符合下列规定：

1 根据工程场址所处地段的地质环境等情况，应对地段抗震性能做出有利、一般、不利或危险的评价。当场地位于抗震危险地段时，应根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的要求，提出专门研究的建议；

2 应对工程场地的类别进行评价与划分；

3 对工程场地的地震稳定性能，如液化、震陷、横向扩展、崩塌和滑坡等，应进行评价，并应给出相应的工程防治措施建议方案；

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

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

6 对需要采用场址人工地震波进行时程分析法补充计算的工程，尚应根据设计要求提供土层剖面、场地覆盖层厚度以及其他有关的动力参数。任务需要时，可进行地震安全性评估。

6.9.9 市政基础设施工程进行场地勘察时，应根据工程需要和地震活动情况、工程地质和地震地质等有关资料按表 6.9.9 对地段进行综合评价。对不利地段，应尽量避免；当无法避开时应采取有效的抗震措施。对危险地段，严禁建造甲、乙、丙类建筑。

表 6.9.9 有利、一般、不利和危险地段的划分

地段类别	地质、地形、地貌
有利地段	稳定基岩，坚硬土、开阔、平坦、密实、均匀的中硬土等
一般地段	不属于有利、不利和危险的地段
不利地段	软弱土，液化土，条状突出的山嘴，高耸孤立的山丘，陡坡，陡坎，河岸和边坡的边缘，平面分布上成因、岩性、状态明显不均匀的土层（含古河道、疏松的断层破碎带、暗埋的塘沟谷和半填半挖地基），高含水量的可塑黄土，地表存在结构性裂缝等
危险地段	地震时可能发生滑坡、崩塌、地陷、地裂、泥石流等及发震断裂带上可能发生地表位错的部位

6.9.10 工程场地应根据岩石的剪切波速或土层等效剪切波速和场地覆盖层厚度分类应符合表 6.9.10 的规定。当有可靠的剪切波速和覆盖层厚度且其值处于表 6.9.10 所列场地类别的分界线附近时，应按插值方法确定地震作用计算所用的特征周期。

表 6.9.10 各类建筑场地的覆盖层厚度 (m)

岩石的剪切波速或 土的等效剪切波速 (m/s)	场地类别				
	I ₀	I ₁	II	III	IV
$v_s > 800$	0				
$800 \geq v_s > 500$		0			
$500 \geq v_{sc} > 250$		< 5	≥ 5		
$250 \geq v_{sc} > 150$		< 3	3~50	> 50	
$v_{sc} \leq 150$		< 3	3~15	15~80	> 80

注：表中 v_s 系岩石的剪切波速。

6.9.11 建筑场地的特征周期值应根据场地类别和设计地震分组按表 6.9.11 采用。

表 6.9.11 特征周期值 (s)

设计地震分 组	场地类别				
	I ₀	I ₁	II	III	IV
第一组	0.20	0.25	0.35	0.45	0.65
第二组	0.25	0.30	0.40	0.55	0.75
第三组	0.30	0.35	0.45	0.65	0.90

注：计算罕遇地震作用时，特征周期应在上表规定的基础上增加 0.05s。

6.9.12 建筑场地覆盖层厚度的确定，应符合下列规定：

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

4 土层中的火山岩硬夹层，应视为刚体，其厚度应从覆盖土层中扣除。

6.9.13 土层的等效剪切波速，应按下列公式计算：

$$v_{se} = d_0/t \quad (6.9.13-1)$$

$$t = \sum_{i=1}^n (d_i/v_{si}) \quad (6.9.13-2)$$

式中： v_{se} ——土层等效剪切波速（m/s）；

d_0 ——计算深度（m），取覆盖层厚度和 20m 两者的较小值；

t ——剪切波在地面至计算深度之间的传播时间；

d_i ——计算深度范围内第 i 土层的厚度（m）；

v_{si} ——计算深度范围内第 i 土层的剪切波速（m/s）；

n ——计算深度范围内土层的分层数。

6.9.14 市政基础设施场地类别划分，应以土层等效剪切波速和场地覆盖层厚度为准，勘探孔布置应符合下列规定：

1 评价场地类别的剪切波速孔测试深度不应小于 20m 或覆盖层厚度。当缺乏资料时，其深度应大于覆盖层厚度。当覆盖层厚度大于 80m 时，勘探孔深度应大于 80m，并分层测定剪切波速值；

2 建筑工程土层剪切波速的测量要求：同一地质单元，测试土层剪切波速的钻孔数量，初步勘察阶段不宜少于 3 个。详细勘察阶段，对单幢建筑场地，不宜少于 2 个；建筑场地有多幢高

层时，每幢高层建筑物（含大跨空间结构）均不得少于 1 个；

3 构筑物工程土层剪切波速的测量要求：同一地质单元，测试土层剪切波速的钻孔数量，初步勘察阶段应为控制性勘探孔数量的 1/5～1/3，山间河谷地区可适量减少，但不宜少于 3 个。详细勘察阶段，对单个构筑物，不宜少于 2 个，数据变化较大时，应适量增加；对区域中处于同一地质单元内的密集构筑物群，数量可适量减少，但每个大型构筑物均不得少于 2 个；对地下管道不应少于控制性钻孔的 1/2；

4 建筑工程中，对丁类建筑及丙类建筑中层数不超过 10 层、高度不超过 24m 的多层建筑；构筑物工程中，对丁类构筑物及丙类构筑物中高度不超过 24m 的构筑物；室外给排水和燃气热力工程中，对厂站内的小型附属建（构）筑物或埋地管道。当无实测剪切波速时，可按岩土名称和性状，根据表 6.9.14 划定的范围，并结合经验估计各土层的剪切波速。

表 6.9.14 土的类型划分和剪切波速范围

土的类型	岩土名称和性状	土层剪切波速范围（m/s）
岩石	坚硬、较硬且完整的岩石	$v_s > 800$
坚硬土 或软质岩石	破碎和较破碎的岩石或软和较软的岩石，密实的碎石土	$800 \geq v_s > 500$
中硬土	中密、稍密的碎石土，密实、中密的砾、粗、中砂， $f_{ak} > 150\text{kPa}$ 的黏性土和粉土，坚硬黄土	$500 \geq v_s > 250$
中软土	稍密的砾、粗、中砂，除松散外的细、粉砂， $f_{ak} \leq 150\text{kPa}$ 的黏性土和粉土， $f_{ak} > 130\text{kPa}$ 的填土，可塑新黄土	$250 \geq v_s > 150$

续表 6.9.14

土的类型	岩土名称和性状	土层剪切波速范围 (m/s)
软弱土	淤泥和淤泥质土, 松散的砂, 新近沉积的黏性土和粉土, $f_{ak} \leq 130 \text{kPa}$ 的填土, 流塑黄土	$v_s \leq 150$

6.9.15 对抗震设防烈度不低于 7 度的市政基础设施工程, 当地面下 20m 范围内存在饱和砂土或饱和粉土时, 应进行液化判别; 存在液化土层的地基, 应根据工程的抗震设防类别、地基的液化等级, 结合具体情况采取相应的抗液化措施。

6.9.16 饱和砂土和饱和粉土 (不含黄土) 的液化判别和地基处理, 应符合下列规定:

1 6 度时, 一般情况下可不进行判别和处理, 但对液化沉降敏感的乙类建 (构) 筑物可按 7 度的要求进行判别和处理;

2 7 度~9 度时, 乙类建 (构) 筑物可按本地区抗震设防烈度的要求进行判别和处理。

6.9.17 场地地震液化判别应先进行初步判别, 当初步判别认为有液化可能时, 应再作进一步判别。液化判别宜采用多种方法, 综合判定液化可能性和液化等级。

6.9.18 液化初步判别除应符合现行国家有关抗震规范规定外, 尚宜包括下列内容:

1 分析场地地形、地貌、地层、地下水等与液化有关的场地条件;

2 当场地及其附近存在历史地震液化遗迹时, 宜分析液化发生的可能性;

3 倾斜场地或液化层倾向水面或临空面时，应评价液化引起土体滑移的可能性。

6.9.19 地震液化的进一步判别应在地面以下 20m 的范围内进行，并符合下列规定：

1 对于设计按现行国家抗震类标准规定的可不进行天然地基和基础的抗震承载力验算的各类建（构）筑物，可只判别地面下 15m 范围内土的液化；

2 液化判别应采用标准贯入试验判别法，勘探孔深度应大于液化判别深度；

3 当有成熟经验时，可采用其他判别法。

6.9.20 采用标准贯入试验锤击数进行液化判别时，每个场地标准贯入试验勘探孔数量不应少于 3 个，每个土层至少应有 6 个，试验点竖向间距宜为 1.0m~1.5m。

6.9.21 市政基础设施工程场地的地震液化初判和进一步判别，应根据各建（构）筑物采用的抗震设计规范规定的方法和要求进行判别。判别为可液化的场地，应按现行抗震类国家标准的规定确定其液化指数和液化等级。勘察报告除应阐明可液化的土层、各孔的液化指数外，尚应根据各孔液化指数综合确定场地液化等级。

6.9.22 抗震设防烈度等于或大于 7 度的厚层软土分布区，宜判别软土震陷的可能性并估算震陷量。

7 地下水

7.1 一般规定

7.1.1 市政基础设施岩土工程勘察应查明沿线与工程有关的地下水性质和变化规律，提供水文地质参数。

7.1.2 地下水勘察应在搜集已有工程地质和水文地质资料的基础上，采用调查与测绘、钻探、室内试验、物探、水文地质试验、动态观测等多种手段相结合的综合勘察方法，必要时进行模型分析。

7.1.3 市政基础设施岩土工程勘察应评价地下水对工程的作用和影响，预估可能产生的危害，提供预防和处理措施的建议。

7.2 地下水的勘察内容

7.2.1 市政基础设施工程地下水的勘察应包括下列内容：

- 1 搜集区域气象与水文资料，评价其对地下水的影响；
- 2 调查搜集不少于 1 个水文年的区域水文地质资料；查明地下水的类型和赋存状态、含水层的分布规律，划分水文地质单元；查明地下水的补给、径流和排泄条件，掌握地下水的动态变化规律；
- 3 调查可能影响拟建工程地下水的地表水与季节性地表水，分析评价其对拟建工程地下水的影响，查明地下水与地表水的水力联系；
- 4 查明勘察时的地下水位，历史最高地下水位、近 3 年～5 年最高地下水位、地下水水位年变化幅度、变化趋势、主要影响

因素；

5 调查人类活动对地下水动态变化、水质等影响情况；

6 调查是否存在污染地下水和地表水的污染源及可能的污染程度；

7 在膨胀土、盐渍土、湿陷性土等特殊岩土地区，应根据工程需要和地质情况，分析地下水对特殊性岩土的影响；

8 在岩溶、土洞、塌陷、滑坡等不良地质作用发育地区，应分析地下水对不良地质作用的影响；

9 提供地下工程施工地下水控制所需的水文地质参数；

10 提供地下结构抗浮工程设计所需的参数及抗浮设防水位建议值；

11 评价地下水对工程结构、工程施工的作用和影响，提出防治措施的建议；

12 评价地下水对建筑材料的腐蚀性；

13 必要时评价地下工程修建对地下水环境的影响。

7.2.2 山岭隧道或基岩隧道工程地下水的勘察还应符合下列规定：

1 查明不同岩性接触带、断层破碎带及富水带的位置与分布范围；

2 当隧道通过可溶岩地区时，查明岩溶的类型、蓄水构造和垂直渗流带、水平径流带的分布位置及特征；

3 预测隧道通过地段施工中可能发生集中涌水段、点的位置以及对工程的危害程度；

4 分段预测施工阶段可能发生的最大涌水量和正常涌水量，并提出工程措施的建议。

7.2.3 应根据地下水类型、地下工程开挖形状与含水构造特点等条件，提出地下水控制措施的建议。

7.2.4 地下水对地下工程有影响时，应根据工程实际情况布设一定数量的水文地质试验孔和长期观测孔。

7.2.5 已有地区经验但场地水文地质条件复杂或无经验地区，地下水的变化或含水层的水文地质特性对地基评价、建（构）筑抗浮和工程降水有重大影响时，应进行专项水文地质勘察，专项水文地质勘察除应符合本标准第 7.2.1 条和第 7.2.2 条规定外，还应符合下列规定：

- 1 查明含水层和隔水层的埋藏条件、地下水类型、流向、水位及其变化规律；当场地存在对工程有影响的多层地下水时，应分层量测地下水位，并查明互相之间的水力联系；

- 2 查明场地地质条件对地下水赋存和渗流状态的影响；

- 3 在岩溶地区，应查明场地岩溶裂隙水的主要发育特征及其不均匀性；

- 4 通过现场水文地质试验，测定主要含水层与隔水层渗透系数、给水度等参数；

- 5 对缺乏常年地下水监测资料的地区，在初步勘察阶段应设置长期观测孔或孔隙水压力计，对有关层位的地下水进行长期观测；

- 6 综合分析场区地下水位的动态和影响动态的各种因素，

并预测各因素对场区未来地下水位变化的影响。

7.2.6 水和土的腐蚀性试验应符合下列规定：

1 水试样应及时试验，清洁水放置时间不宜超过 72h，稍受污染的水不宜超过 48h，受污染的水不宜超过 12h；

2 水腐蚀性及土的腐蚀性的取样、测试项目、试验方法、评价方法应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

7.3 水文地质参数测定

7.3.1 水文地质参数的测定方法应符合表 7.3.1 的规定；水文地质参数的计算应符合附录 G 的有关规定。

表 7.3.1 水文地质参数测定方法

参 数	测定方法
水位	自钻孔、探井或测压管观测。水位测定方法应是测压管、测钟、电测绳或自测水位计等
渗透系数、导水系数	抽水试验、注水试验、压水试验、室内渗透试验
给水度、释水系数	单孔抽水试验、非稳定流抽水试验、地下水位长期观测、室内试验
越流系数、越流因数	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

注：1 除水位外，当对数据精度要求不高时，可采用经验数值。

2 松散岩类含水层的给水度可采用室内试验确定，岩石裂隙、岩溶的给水度可采用裂隙率、岩溶率代替，有经验的地区，可采用经验值。

7.3.2 地下水类型和岩土体的渗透性等级可按本标准附录 H 确

定。

7.3.3 勘察时遇地下水应量测水位。当场地存在对工程有影响的多层含水层时，应采取止水措施，将被测含水层与其他含水层隔开，分层量测。

7.3.4 现场勘探过程中量测地下水位，应符合下列规定：

1 初见水位和稳定水位可在钻孔、探井或测压管内直接量测。稳定水位测量的间隔时间按地层的渗透性确定，对砂土和碎石土不得少于 0.5h，对粉土和黏性土不得少于 8h，在软土中不得少于 24h，并应在勘察结束后统一量测稳定水位。量测精度不得低于 $\pm 2\text{cm}$ ；

2 量测多层地下水的水位时，钻孔的数量应满足场地水文地质评价的需要。对第一层水的稳定水位量测可在揭露第一层水时停钻稳定一定时间后进行；其他层地下水的量测应埋设测压管并在测压管内量测，在钻孔中直接量测时，需对已揭露的其他层地下水采取可靠的止水措施；

3 地下水位长期观测孔应根据场地水文地质条件和观测对象设置。长期观测孔的井管内径不应小于 108mm，基岩观测孔裸孔井段的孔径不应小于 108mm。观测孔的成孔宜采用清水钻进或水压钻进，下管、填料结束后应及时进行洗井。

7.3.5 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 3 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。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。

7.3.6 抽水试验和注水试验布置应符合下列规定：

- 1 试验应布置在不同地貌单元、不同含水层（组）且富水性较强的地段，并应在地下结构外侧 3m~5m；
- 2 需人工降低地下水位的地下工程宜布置试验孔；
- 3 抽水试验的观测孔宜垂直或平行地下水流向；
- 4 在含水构造复杂且富水性较强的地段应分层或分段进行抽水试验；对潜水与承压水应分别进行抽水试验。

7.3.7 抽水试验应符合下列规定：

- 1 抽水试验方法可按表 7.3.7 选用。抽水试验宜采用 3 次降深，最大降深应接近工程设计所需的地下水位降深的标高；
- 2 水位量测应采用同一方法和仪器，读数对抽水孔为厘米，对观测孔为毫米；
- 3 当涌水量与时间关系曲线和动水位与时间关系曲线，在一定范围内波动，而没有持续上升和下降时，可认为已经稳定。

抽水试验应同时观测水位和水量，抽水结束后应量测恢复水位。水位稳定后的延续时间不少于：卵石、圆砾和粗砂含水层为 6h，中砂、细砂和粉砂含水层为 16h，基岩含水层（带）为 24h。

表 7.3.7 抽水试验方法和应用范围

试验方法	应用范围
钻孔或探井简易抽水	粗略估算弱透水层的渗透系数
不带观测孔抽水	初步测定含水层的渗透系数
带观测孔抽水	较准确测定含水层的各种参数

7.3.8 注水试验和渗水试验可在试坑或钻孔中进行。试验深度较浅时可采用试坑法，对砂土和粉土，可采用试坑单环法，对粘性土可采用试坑双环法；试验深度较大时可采用钻孔法。

7.3.9 孔隙水压力的测定应符合下列规定：

- 1 测试点应根据地质条件和分析需要布置；
- 2 测压计的安装和埋设应符合有关安装技术规定；
- 3 测试数据应及时整理，出现异常时应分析原因，并采取相应措施；
- 4 孔隙水压力的测定方法应符合表 7.3.9 的规定。

表 7.3.9 孔隙水压力测定方法和适用条件

仪器类型		适用条件	测定方法
测压计形式	立管式测压计	渗透系数大于 $1\times 10^{-4}\text{cm/s}$ 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
测压计形式	水压式测压计	渗透系数低的土层，量测由潮汐涨落、挖方引起的压力变化	用装在孔壁的小型测压计探头，地下水压力通过塑料管传导至水银压力计测定
	电测式测压计 (电阻应变式、钢弦应变式)	各种土层	孔压通过透水石传导至膜片，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

续表 7.3.9

仪器类型	适用条件	测定方法
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

7.4 地下水作用评价

7.4.1 地下水力学作用的评价应包括下列内容：

1 对基础、地下结构物和挡土墙，应考虑在最不利组合情况下，地下水对结构物的上浮作用；对节理不发育的岩石和黏土可根据经验确定；有渗流时，地下水的水头和作用宜通过渗流计算进行分析评价；

2 验算边坡稳定性时，应考虑地下水对边坡稳定的不利影响；

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

4 因水头压差而产生自下而上的渗流时，应评价产生潜蚀、流土、管涌的可能性；

5 在地下水位下开挖基坑或地下工程时，应根据岩土的可透性、地下水补给条件，分析评价降水或隔水措施的可行性及其对基坑稳定和邻近工程的影响；

6 在地下水位下降的影响范围内，应分析地面沉降及其对工程和周边环境的影响；当地下水位回升时，应考虑可能引起的回弹和附加的浮托力。

7.4.2 当地下工程有抗浮需要时，应提供抗浮设防水位建议值，及抗浮措施建议，并提出抗浮设计与施工所需的岩土参数。

7.4.3 场地及其周边或场地竖向设计的分区标高差异较大时，宜按划分抗浮设防分区采用不同的抗浮设防水位。抗浮设防分区的划分应符合下列规定：

- 1 跨越多个地貌单元、地下水存在水力坡降的场地可根据地质条件分区；
- 2 场地内有不同竖向设计标高区时，可按竖向设计标高分区；
- 3 同一竖向设计标高区域，原始地形、地层分布和水文地质条件等变化较大的场地，可按工程结构单元分区。

7.4.4 地下水的物理、化学作用的评价应包括下列内容：

- 1 对地下水位以下的工程结构，应评价地下水对混凝土、金属材料的腐蚀性，评价方法应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定；

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

- 3 人类活动对地下水位和水质的影响。

8 调绘、勘探与原位测试

8.1 一般规定

- 8.1.1 当需查明岩土的性质和分布，可采用调查、测绘、勘探、原位测试等多种手段。勘探方法的选取应符合勘察的目的和岩土的特性，宜采用多种勘探手段配合使用。
- 8.1.2 在实施勘探作业前，应对场地及周边存在的危险源进行识别，应针对地下管线、地下构筑物及架空电力线路等制定勘察作业安全保证措施，避免对人身安全造成损害，并避免对地下管线、地下构筑物、架空电力线路和自然环境造成破坏。
- 8.1.3 钻孔、探井和探槽完工应按要求进行回填，对需进行水位观测等特殊要求的钻孔、探井、探槽等应按要求的设置防护装置。
- 8.1.4 勘察现场作业应采取保护生态环境、预防场地污染的措施，严禁遗弃泥浆、油污、塑料、电池及其他废弃物。
- 8.1.5 钻探工艺、钻进方法和孔径应满足岩土鉴别、岩芯采取率、岩土试样和水试样采取、地下水位观测、孔内测试的要求。
- 8.1.6 原位测试的项目、方法和依据的技术标准应根据勘察目的、场地地质情况、任务书或项目合同确定。非标准的试验应有试验设计。同一试验项目有多种试验方法时，试验报告中应注明试验方法。

8.2 调查与测绘

- 8.2.1 市政基础设施岩土工程勘察前，应取得地形图、地下设

施工图件或资料，必要时应开展工程周边环境及地下设施的专项调查。

8.2.2 工程周边环境调查应采用实地调查、查阅资料和现场勘查与探测、测绘等方法。

8.2.3 市政勘察期间对周边环境的调查，除建设单位提供的相关资料，还应调查工程场地周边的建（构）筑物、道路、管线、桥梁等。

8.2.4 当工程周边环境与现有资料存在变动时，应复核现有资料或重新调查。

8.2.5 地下管线应重点调查管线的类型、平面位置、埋深或高程、铺设方式、走向、材质、管节长度、接口形式、介质类型、工作压力、节门位置等。

8.2.6 工程地质测绘与调查时形成的原始记录、照片、录像、素描、实际材料图，以及各种原始图件应及时检查、整理、校对，现场填绘工程地质图件，应及时清绘校对。

8.3 工程物探

8.3.1 在市政勘察工作中，可在下列方面采用地球物理勘探：

1 作为钻探的先行手段，了解隐蔽的地质界线、界面或异常点；

2 在钻孔之间增加地球物理勘探点，为钻探成果的内插、外推提供依据；

3 作为原位测试手段，测定岩土体的波速、动弹性模量、动剪切模量、卓越周期、电阻率、放射性辐射参数、土对金属的

腐蚀性等。

8.3.2 工程物探方法的选择应根据场地条件、目标体性质、设备性能、物性参数及工程需求确定。物探方法及提供资料成果应按本标准附录 J 选择。

8.3.3 当采用工程物探查明勘察场地复杂的地质条件时，应采用两种及以上的方法进行相互验证。

8.3.4 应用工程物探方法应具备以下条件：

1 被探测对象与周围介质要有明显的电性、弹性、磁性、密度、放射性等物性差异；

2 被探测对象对于埋深、围岩等具有一定的规模，且地球物理差异有足够的强度；

3 外界干扰因素可控，能从干扰背景场中分辨出被探测对象激发的异常场；

4 场地条件对物探影响较小，能开展物探野外工作；

5 探测方法在有代表性地段进行方法的有效性试验证实有效。

8.3.5 工程物探方法的选择和仪器应符合现行行业标准《城市工程地球物理探测标准》CJJ/T 7 的规定。

8.3.6 工程物探提供的成果资料在解译过程中应考虑其多解性，应结合地质钻探及搜集到的区域工程地质资料进行综合判定，相互验证，必要时宜采用不同的物探方法进行综合判断，提高探测质量。

8.4 勘探点定位和测量

8.4.1 勘探点的定位与测量应根据场地条件选择合适的测量仪器和方法，基准点的选择应保证稳固持久、不受外界及人为影响。

8.4.2 勘探点测设定位应根据勘察阶段、场地条件确定，并满足以下条件：

1 可行性研究勘察阶段：可利用适当比例尺的地形图，根据场地地形、地物特征确定，或利用坐标放样，对周边无控制点进行校核时，可设置专门固定坐标点；

2 初步勘察阶段：应利用坐标放样，陆域平面位置允许偏差 $\pm 0.50\text{m}$ ，高程允许偏差 $\pm 0.10\text{m}$ ；水域平面位置允许偏差 $\pm 2.00\text{m}$ ，高程允许偏差 $\pm 0.20\text{m}$ 。对周边无控制点进行校核时，应设置专门固定坐标点；

3 详细勘察阶段：应利用坐标放样，陆域平面位置允许偏差 $\pm 0.25\text{m}$ ，高程允许偏差 $\pm 0.05\text{m}$ ；水域平面位置允许偏差 $\pm 1.00\text{m}$ ，高程允许偏差 $\pm 0.10\text{m}$ 。

8.4.3 勘探点位应设置点位编号的稳定标志，勘探开工前应根据勘探点布置图校核勘探点标号及位置，若勘探点位置因场地条件需进行偏移时，需经项目负责人同意，并将改变后的勘探点位坐标和高程进行标注。

8.5 原位测试

8.5.1 原位测试应与钻探取样和室内试验配合使用，在有经验

的地区，可以原位测试为主。

8.5.2 原位测试方法的选择应考虑工程性质、岩土条件、设计要求、测定参数、地区经验和测试方法的适用性等因素。测试方法的选用应符合本标准附录 K 的规定。

8.5.3 原位测试的应用，应以地区经验的积累为依据，应通过工程实践验证建立地区性的经验关系。

8.5.4 原位测试的仪器、设备应进行定期检验和标定，以确保原位测试数据的准确性。

8.5.5 原位测试数据分析过程中，应考虑仪器设备、试验条件和试验方法的影响，结合地层条件，剔除异常数据。

8.5.6 原位测试成果应与钻探资料、室内土工试验及工程经验综合分析，提供准确、合理的岩土工程特性参数以供设计及施工使用。

8.6 钻探

8.6.1 钻探方法可根据岩土类别和勘察要求按表 8.6.1 选用。

表 8.6.1 钻探方法的适用范围

钻探方法		钻进地层					勘察要求	
		黏性土	粉土	砂土	碎石土	岩石	直观鉴别、采取不扰动试样	直观鉴别、采取扰动试样
回转	螺旋钻探	++	+	+	-	-	++	++
	无岩芯钻探	++	++	++	+	++	-	-
	岩芯钻探	++	++	++	+	++	++	++

续表 8.6.1

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
冲击	冲击钻探	-	+	++	++	-	-	-
	锤击钻探	++	++	++	+	-	++	++
振动钻探		++	++	++	+	-	+	++
冲洗钻探		+	++	++	-	-	-	-

注：1 ++表示适用，+表示部分适用，-表示不适用。

2 螺旋钻探不适用于地下水位以下的松散粉土和饱和砂土。

8.6.2 勘探浅部土层可采用下列钻探方法：

- 1 小孔径麻花钻（或提土钻）钻进；
- 2 小口径勺形钻钻进；
- 3 洛阳铲钻进。

8.6.3 钻探口径和钻具规格应符合相关国家现行标准的规定。
成孔口径应满足取样、测试和钻进工艺的要求。

8.6.4 钻探施工应符合下列规定：

- 1 应严格控制非连续取芯钻进的回次进尺，钻进深度和岩土分层深度的量测精度，不应低于 $\pm 5\text{cm}$ ；
- 2 对鉴别地层天然湿度的钻孔，在地下水位以上应进行干钻；当必须加水或使用循环液时，应采用双层岩芯管钻进；
- 3 岩芯钻探的岩芯采取率，对完整和较完整岩体不应低于80%，较破碎和破碎岩体不应低于65%；对需重点查明的部位

(滑动带、软弱夹层等)应采用双层岩芯管连续取芯;

4 当需确定岩石质量指标 RQD 时,应采用 75mm 孔径(N 型)双层岩芯管和金刚石钻头。

8.6.5 钻探编录、岩芯保存及水位量测应符合下列要求:

1 钻探野外记录应由经过专业训练的人员承担;钻探记录应按照钻进回次逐段编录,不得合并进尺进行编录;

2 钻探野外记录应根据肉眼鉴别、手触方法、土样切面,对土层名称、状态、包含物、结构等地质特征进行详细描述;

3 钻孔野外记录应包括地层描述、孔口标高、地下水位、取样及原位测试、钻进异常等;

4 按要求保存岩芯样,必要时应按要求的装箱保存,对岩芯样拍摄彩色照片以备后期资料处理进行查看或纳入勘察成果资料;

5 遇地下水时,应及时测记地下水初见水位及稳定水位,数量不宜少于勘探孔总数量的 1/2。

8.7 井探、槽探与洞探

8.7.1 当钻探方法难以准确查明岩土层情况时,可采用探井、探槽进行勘探。在坝址、地下工程、大型边坡等勘察中,需详细查明深部岩土层性质、构造特征时,可采用竖井或平硐。

8.7.2 探井的深度不宜超过地下水位。竖井和平硐的深度、长度、断面按工程要求确定。

8.7.3 对探井、探槽和探洞除文字描述记录外,应以剖面图、展示图等反映井、槽、洞壁和底部的岩性、地层分界、构造特

征、取样和原位试验位置，并辅以代表性部分的彩色照片。

8.7.4 当需在松散、软弱土层或无粘性的砂、卵石中进行井探、槽探与洞探时，应采取相应的保护措施，避免出现坍塌。

8.8 取样

8.8.1 土试样质量应根据试验目的按表 8.8.1 分为四个等级。

表 8.8.1 土试样质量等级

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

注：1 不扰动是指原位应力状态虽已改变，但土的结构、密度和含水量变化很小，能满足室内试验各项要求。

2 除地基基础设计等级为甲级的工程外，在工程技术要求允许的情况下可用Ⅱ级土试样进行强度和固结试验，但宜先对土样土试样受扰动程度作抽样鉴定，判定用于试验的适宜性，并结合地区经验使用试验成果。

8.8.2 各种取土器具适用的土层及土样质量等级应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 的有关规定。

8.8.3 在钻孔中采取Ⅰ、Ⅱ级砂样时，可采用原状取砂器，并按相应的现行标准执行。

8.8.4 在钻孔中采取Ⅰ、Ⅱ级土试样时，应满足下列要求：

1 在软土、砂土中宜采用泥浆护壁；如使用套管，应保持

管内水位等于或稍高于地下水位，取样位置应低于套管底三倍孔径的距离；

2 采用冲洗、冲击、振动等方式钻进时，应在预计取样位置 1m 以上改用回转钻进；

3 下放取土器前应仔细清孔，清除扰动土，孔底残留浮土厚度不应大于取土器废土段长度（活塞取土器除外）；

4 采取土试样宜用快速静力连续压入法；

5 具体操作方法应符合现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 的有关规定。

8.8.5 土样取出后应进行立即密封并做好标识，土试样在运输和保存过程中应避免振动并及时送到实验室避免土试样受到扰动，并避免暴晒或冰冻。

8.8.6 岩石试样可利用钻探岩芯制作或在探井、探槽、竖井和平硐中采取。采取的岩石样尺寸应满足试块加工的要求。在特殊情况下，试样形状、尺寸和方向由岩体力学试验设计确定。

9 室内试验

9.1 一般规定

9.1.1 岩土室内试验项目、方法和依据的技术标准应根据勘察目的、场地地质情况、任务书或项目合同确定。非标准试验应有试验设计。同一试验项目由多种试验方法时，试验报告中应注明试验方法。

9.1.2 室内试验应保留前期准备和试验过程的数据和信息。试验操作、记录和计算的责任人应在测试、试验记录和成果中签字。

9.1.3 室内试验的实验室应有完善的给水排水、电气、通风、除尘、消防、防爆等设施。废水、废气、固体废弃物的处置应符合卫生与环境保护规定。

9.1.4 室内试验的报告应包括测试、试验内容，测试及试验方法所依据的技术标准，测试、试验负责人应在成果报告中签字。当室内试验委托外单位时，测试、试验的承担单位应在成果报告中签字盖章。

9.1.5 试验方法应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 和《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的相关规定。

9.1.6 试验仪器设备应定期校准标定，做好标识，并符合各种试验设备规定的精度要求。

9.1.7 对照所送岩、土、水样和试验项目清单应逐个、逐项进

行检查验收；取样之日起至试验的时间，土样不宜超过 10 d，水样不宜超过 48 h。

9.1.8 制备试样前，应对岩土样品的特征和重要性状做肉眼鉴定描述。

9.1.9 试验报告中的指标应真实、准确，物理力学性质指标间关系宜匹配。岩土工程评价时所选用的参数值，宜与相应的原位测试成果或原型观测反分析成果比较，经修正后确定。

9.2 土的物理性质试验

9.2.1 各类工程均应测定表 9.2.1 中的分类指标和物理性质指标。

表 9.2.1 土的物理性质试验要求

土的名称	应测指标
砂土	颗粒级配、比重、天然含水量、天然密度、最大和最小密度
粉土	颗粒级配、液限、塑限、比重、天然含水量、天然密度和有机质含量
黏性土	液限、塑限、比重、天然含水量、天然密度和有机质含量

注：1 对砂土，如无法取得 I 级、II 级、III 级土试样时，可只进行颗粒级配试验。

2 目测鉴定不含有机质时，可不进行有机质含量试验。

9.2.2 测定液限时，应根据分类评价要求，选用现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 规定的方法，并应在试验报告上注明。

9.2.3 当需进行渗流分析，降水设计等要求提供土的透水性参数时，可进行渗透试验，并符合下列规定：

1 常水头试验适用于砂土和碎石土；

2 变水头试验适用于粉土和黏性土；

3 透水性很低的软土可通过固结试验测定固结系数、体积压缩系数，计算渗透系数。

9.2.4 当需对土方回填或填筑工程进行质量控制时，应进行击实试验，测定土的干密度与含水量关系，确定最大干密度和最优含水量，报告中应说明采用的试验方法。

9.2.5 土的有机质含量不大于 15%时，可采用重铬酸钾容量法进行有机质含量分析；大于 15%时，采用灼矢量法测定。

9.3 土的压缩—固结试验

9.3.1 当采用压缩模量进行沉降计算时，固结试验最大压力应大于土的有效自重压力与附加压力之和，试验成果可用 $e-p$ 曲线整理，压缩系数和压缩模量的计算应取自土的有效自重压力至土的有效自重压力与附加压力之和的压力段。当考虑基坑开挖卸荷和再加荷影响时，应进行回弹试验，其压力的施加应模拟实际的加、卸荷状态。

9.3.2 当考虑土的应力历史进行沉降计算时，试验成果应按 lgp 曲线整理，确定先期固结压力并计算压缩指数和回弹指数。施加的最大压力应满足绘制完整的 $e-lgp$ 曲线。为计算回弹指数，应在估计的先期固结压力之后，进行一次卸荷回弹，再继续加荷，直至完成预定的最后一级压力。

9.3.3 当需进行沉降历时关系分析时，应选取部分土试样在土的有效自重压力与附加压力之和的压力下，作详细的固结历时记录，并计算固结系数。

9.3.4 对存在厚层高压缩性软土的工程，任务需要时应取一定数量的土试样测定次固结系数，用以计算次固结沉降及其历时关系。

9.3.5 当需进行土的应力应变关系分析，为非线性弹性、弹塑性模型提供参数时，可进行三轴压缩试验，并应符合下列规定：

- 1 采用三个或三个以上不同的固定围压，分别使试样固结，然后逐级增加轴压，直至破坏；每个围压的试验宜进行 1 次～3 次回弹，并将试验结果整理成相应于各固定围压的轴向应力与轴向应变关系曲线；

- 2 进行围压与轴压相等的等压固结试验，逐级加荷，取得围压与体积应变关系曲线。

9.4 土的抗剪强度试验

9.4.1 三轴剪切试验的试验方法应按下列条件确定：

- 1 对饱和黏性土，当加荷速率较快时宜采用不固结不排水试验；饱和软土应对试样在有效自重压力下预固结后再进行试验；

- 2 对经预压处理的地基、排水条件好的地基、加荷速率不高的工程或加荷速率较快但土的超固结程度较高的工程，以及需验算水位迅速下降时的土坡稳定性时，可采用固结不排水试验；当需提供有效应力抗剪强度指标时，应采用固结不排水测孔隙水压力试验；

- 3 基床系数宜采用三轴固结排水试验测定。

9.4.2 直接剪切试验的试验方法，应根据荷载类型、加荷速率

和地基土的排水条件确定。对内摩擦角 $\phi \approx 0$ 的软黏土，可用 I 级土试样进行无侧限抗压强度试验。

9.4.3 测定滑坡带等已经存在剪切破裂面的抗剪强度时，应进行残余强度试验。在确定计算参数时，宜与现场观测反分析的成果比较后确定。

9.4.4 当岩土工程评价有专门要求时，可进行 K_0 固结不排水试验、 K_0 固结不排水测孔隙水压力试验，特定应力比固结不排水试验，平面应变压缩试验和平面应变拉伸试验等。

9.5 土的动力性质试验

9.5.1 当工程设计要求测定土的动力性质时，可采用动三轴试验、动单剪试验或共振柱试验。在选择试验方法和仪器时，应注意其动应变的适用范围。

9.5.2 动三轴和动单剪试验可用于测定土的下列动力性质：

- 1 动弹性模量、动阻尼比及其与动应变的关系；
- 2 既定循环周数下的动应力与动应变关系；
- 3 饱和土的液化剪应力与动应力循环周数关系。

9.5.3 共振柱试验可用于测定小动应变时的动弹性模量和动阻尼比。

9.5.4 各种动力性质试验宜提供下列成果：

- 1 动模量和阻尼比试验提供动模量与动应变关系曲线，阻尼比与动应变关系曲线；
- 2 动强度试验提供不同固结压力下的动剪应力与振次关系曲线；

3 液化强度试验提供不同固结压力下的液化应力与振次关系曲线。

9.6 土的热物性试验

9.6.1 当工程设计需要时，可通过试验确定岩土热物性指标，包括导热系数、比热容、导温系数。岩土热物理指标的经验值，按本标准附录 L 执行。

9.6.2 岩土热物性指标的测定，可采用面热源法、热线比较法、热流计法及热平衡法。

9.6.3 采用面热源法、热线比较法及热流计法测定土的热物性指标时应符合下列规定：

1 试样尺寸和厚度的选择应满足试验方法及选用试验仪器的要求，试样表面宜加工平整，使试件和测试仪器的工作表面紧密接触；

2 试验时，应测定试样的含水率和密度等物理性质参数；

3 测试时测试温度的选择应与时间工况相符合，并进行 2 次平行测定；

4 测试报告应提供采用的仪器和方法、土试样的名称、厚度、含水率及密度等。

9.6.4 采用热平衡法测试岩土的比热容时，应符合以下规定：

1 试验时应根据实际工况条件确定试样的加热温度和恒温加热时间；

2 宜进行 2 次平行测定，差值不宜大于 $0.1\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$ ，取 2 个值的平均值作为试验结果。

9.7 岩石试验

9.7.1 对岩石的成分和物理性质试验、力学指标试验常规项目，试验方法应符合现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的规定。

9.7.2 岩石试验可根据工程需要选定下列项目：

- 1 岩矿鉴定；
- 2 颗粒密度和块体密度试验；
- 3 吸水率和饱和吸水率试验；
- 4 耐崩解性试验；
- 5 膨胀试验；
- 6 单轴抗压强度试验；
- 7 点荷载试验；
- 8 直接剪切试验；
- 9 变形试验；
- 10 抗拉强度试验。

9.7.3 单轴抗压强度试验应分别测定干燥和饱和状态下的强度，并提供极限抗压强度和软化系数。岩石的弹性模量和泊松比，可根据单轴压缩变形试验测定。对各向异性明显的岩石应分别测定平行和垂直层理面的强度。

9.7.4 岩石三轴压缩试验可选用四种围压，并提供不同围压下的主应力差与轴向应变关系、抗剪强度包络线和强度参数 c 、 ϕ 值。

9.7.5 岩石直接剪切试验可测定岩石以及节理面、滑动面、断

层面或岩层层面等不连续面上的抗剪强度，并提供 c 、 ϕ 值和各法向应力下的剪应力与位移曲线。

9.7.6 岩石抗拉强度试验可在试件直径方向上，施加一对线性荷载，使试件沿直径方向破坏，间接测定岩石的抗拉强度。

9.7.7 当间接确定岩石的强度和模量时，可进行点荷载试验和声波速度测试。

10 岩土参数统计与选用

10.1 一般规定

10.1.1 场地地基岩土参数应根据岩土测试指标统计成果结合地区性工程经验确定。对于主要地基持力层，当测试数据统计成果代表性差时应提供建议值。

10.1.2 岩土参数应根据工程特点和地质条件选用，并按下列内容评价其可靠性和适用性：

- 1 取样方法和其他因素对试验结果的影响；
- 2 采用的试验方法和取值标准；
- 3 不同测试方法所得结果的分析比较；
- 4 测试结果的离散程度；
- 5 测试方法与计算模型的配套性。

10.2 岩土参数统计分析

10.2.1 通过室内试验和原位测试获得的岩土参数进行统计时，应符合下列规定：

- 1 应按工程地质单元和层位分别统计；
- 2 子样的取舍应先分析产生偏差的原因，后考虑数据的离散程度和已有的工程经验。

10.2.2 岩土参数统计应符合下列规定：

- 1 应按下列公式计算平均值、标准差和变异系数：

$$\phi_m = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i}{n} \quad (10.2.2-1)$$

$$\sigma_f = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^n \phi_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n \phi_i \right)^2}{n} \right]} \quad (10.2.2-2)$$

$$\delta = \frac{\sigma_f}{\phi_m} \quad (10.2.2-3)$$

式中 ϕ_m ——岩土参数的平均值；

σ_f ——岩土参数的标准差；

δ ——岩土参数的变异系数。

2 岩土参数的标准值可按下列公式确定；

$$\phi_k = \gamma_s \phi_m \quad (10.2.2-4)$$

$$\gamma_s = 1 \pm \left\{ \frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n^2} \right\} \delta \quad (10.2.2-5)$$

式中 γ_s ——统计修正系数。

注：式中正负号按不利组合考虑，如抗剪强度指标的修正系数应取负值。

统计修正系数也可按岩土工程的类型和重要性、参数的变异性 and 统计数据的个数，根据经验选用。

10.3 岩土参数代表值的选用

10.3.1 在岩土工程勘察报告中,一般情况下,应提供岩土参数的平均值、标准差、变异系数、数据分布范围和数据的数量。

10.3.2 评价岩土性状的指标:天然密度、天然含水率、液限、塑限、塑性指数、液性指数、饱和度、相对密度、吸水率等,宜选用指标的平均值。

10.3.3 正常使用极限状态计算需要的岩土参数指标,宜选用平均值。

10.3.4 承载能力极限状态计算需要的岩土参数指标,宜选用指标的标准值。

10.3.5 载荷试验承载力应取特征值;旁压试验确定的承载力应取标准值;静力触探阻力、剪切波速取平均值,标准贯入锤击数应取标准值,重型(超重型)动力触探应取厚度加权平均值。

10.3.6 容许应力法计算需要的岩土指标,应根据计算和评价的方法选定,可选用指标的标准值,并作适当的经验调整。

10.3.7 密度、吸水等岩石的物理性质指标取平均值,岩石的变形类指标取平均值,岩石的强度指标应取标准值。

10.3.8 室内试验渗透系数用于评价渗透性时取平均值,用于降水设计时宜取最大值。

10.3.9 热物理参数、电阻率可取平均值,基床系数、静止侧压力系数可取平均值,当用于承载能力分析时,按不利组合考虑,可取最大平均值或最小平均值。

10.4 地基承载力

10.4.1 对于地基基础设计等级为甲级及缺乏经验或地质条件复杂的乙级建筑物，当采用天然地基基础设计方案时，地基持力层的天然地基承载力特征值应通过现场载荷试验确定。其他情况可通过现场载荷试验、原位测试、土工试验及山东各地区经验方法等确定，（可按照附录 M 选用）并应符合下列规定：

1 对素填土、黏性土、粉土，可根据室内土工试验和原位测试成果综合确定；

2 对冲填土、砂土、碎石土、全风化岩、强风化岩和残积土等，宜根据原位测试成果或静载荷试验成果综合确定；

3 对中等风化岩和微风化岩，可根据室内岩石单轴抗压试验成果或岩基载荷试验成果综合确定；

4 当杂填土、混合土作为地基持力层或主要受力层时，其地基承载力特征值宜采用静载荷试验方法确定，其他情况可采用地区经验或原位测试方法确定。

10.4.2 根据静载荷试验确定地基承载力应符合下列规定：

1 浅层平板载荷试验：同一土层参加统计的试验点不应少于 3 点，当实测试验值的极差不超过其平均值的 30% 时，可取其平均值作为该土层的地基承载力特征值 f_{ak} ，超过 30% 时，应增加相应数量的试验点；本试验得到的地基承载力特征值 f_{ak} 可进行深宽修正；

2 深层平板载荷试验、螺旋板载荷试验：同一土层同一深度参加统计的试验点不应少于 3 点，当实测试验值的极差不超过

其平均值的 30%时，可取其平均值作为该土层既定深度的地基承载力特征值 f_a ，超过 30%时，应增加相应数量的试验点；本试验得到的地基承载力特征值 f_a 为土体既定深度的地基（原位）承载力，不再进行深度修正，可作为大直径桩端土承载力特征值 q_{pa} ；

3 岩石地基载荷试验：同一场地同一岩层的试验数量不应少于 3 个，应取试验值的最小值作为岩石地基承载力特征值，且不进行深宽修正。

10.4.3 当按旁压试验确定地基土承载力特征值 f_{ak} 时，同一土层参加统计的试验点不应少于 6 点，可取其统计标准值作为该土层的地基承载力特征值 f_{ak} ， f_{ak} 可进行深宽修正。

10.4.4 根据岩土参数确定地基承载力特征值时应符合下列规定：

1 以室内试验、原位测试指标或野外鉴别等方法确定天然地基承载力特征值时，可按本标准附录 M 进行；

2 岩石地基承载力特征值可根据室内饱和单轴抗压强度，按下式计算。

$$f_a = \psi_r f_{rk} \quad (10.4.4)$$

式中 f_a ——岩石地基承载力特征值（kPa）；

f_{rk} ——岩石饱和单轴抗压强度标准值（kPa）；

ψ_r ——折减系数。根据岩体完整程度以及结构面的间距、宽度、产状和组合，结合经验确定。无经验时，对完

整岩体可取 0.5；对较完整岩体可取 0.2~0.5；对较破碎岩体可取 0.1~0.2。

10.5 桩基承载力

10.5.1 当根据土的物理指标与承载力参数之间的经验关系确定单桩竖向承载力时，可按现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 中的方法计算。其参数应符合表 10.5.1-1 和表 10.5.1-2 的规定。

表 10.5.1-1 桩的极限侧阻力标准值 q_{sik} (kPa)

土的名称	土的状态		混凝土 预制桩	泥浆护壁 钻（冲）孔桩	干作业 钻孔桩
填土			22~30	20~28	20~28
淤泥			14~20	12~18	12~18
淤泥质土			22~30	20~28	20~28
黏性土	流塑	$I_L > 1$	24~40	21~38	21~38
	软塑	$0.75 < I_L \leq 1$	40~55	38~53	38~53
	可塑	$0.50 < I_L \leq 0.75$	55~70	53~68	53~66
	硬可塑	$0.25 < I_L \leq 0.50$	70~86	68~84	66~82
	硬塑	$0 < I_L \leq 0.25$	86~98	84~96	82~94
	坚硬	$I_L \leq 0$	98~105	96~102	94~104
红黏土	$0.7 < a_w \leq 1$		13~32	12~30	12~30
	$0.5 < a_w \leq 0.7$		32~74	30~70	30~70

续表 10.5.1-1

土的名称	土的状态		混凝土 预制桩	泥浆护壁 钻（冲） 孔桩	干作业 钻孔桩
粉土	稍密	$e > 0.9$	26~46	24~42	24~42
	中密	$0.75 \leq e \leq 0.9$	46~66	42~62	42~62
	密实	$e < 0.75$	66~88	62~82	62~82
粉细砂	稍密	$10 < N \leq 15$	24~48	22~46	22~46
	中密	$15 < N \leq 30$	48~66	46~64	46~64
	密实	$N > 30$	66~88	64~86	64~86
中砂	中密	$15 < N \leq 30$	54~74	53~72	53~72
	密实	$N > 30$	74~95	72~94	72~94
粗砂	中密	$15 < N \leq 30$	74~95	74~95	76~98
	密实	$N > 30$	95~116	95~116	98~120
砾砂	稍密	$5 < N_{63.5} \leq 15$	70~110	50~90	60~100
	中密、密实	$N_{63.5} > 15$	116~138	116~130	112~130
圆砾、角砾	中密、密实	$N_{63.5} > 10$	160~200	135~150	135~150
碎石、卵石	中密、密实	$N_{63.5} > 10$	200~300	140~170	150~170
全风化软质岩	$30 < N \leq 50$		100~120	80~100	80~100
全风化硬质岩	$30 < N \leq 50$		140~160	120~140	120~150
强风化软质岩	$N_{63.5} > 10$		160~240	140~200	140~220
强风化硬质岩	$N_{63.5} > 10$		220~300	160~240	160~260

注：1 对于尚未完成自重固结的填土和以生活垃圾为主的杂填土，不计算其侧阻力；

2 a_w 为含水比， $a_w = \omega / \omega_L$ ， ω 为土的天然含水量， ω_L 为土的液限；

3 N 为标准贯入击数； $N_{63.5}$ 为重型圆锥动力触探击数；

4 全风化、强风化软质岩和全风化、强风化硬质岩系指其母岩分别为 $f_{tk} \leq 15\text{Mpa}$ 、 $f_{tk} > 30\text{Mpa}$ 岩石。

表 10.5.1-2 桩的极限端阻力标准值 q_{pk} (kPa)

土名称	桩型 土的状态		混凝土预制桩桩长 l (m)				泥浆护壁钻 (冲) 孔桩桩长 l (m)				干作业钻孔桩桩长 l (m)		
			$l \leq 9$	$9 < l \leq 16$	$16 < l \leq 30$	$l > 30$	$5 \leq l < 10$	$10 \leq l < 15$	$15 \leq l < 30$	$30 \leq l$	$5 \leq l < 10$	$10 \leq l < 15$	$15 \leq l$
黏性土	软塑	$0.75 < I_L \leq 1$	210 ~ 850	650 ~ 1400	1200 ~ 1800	1300 ~ 1900	150 ~ 250	250 ~ 300	300 ~ 450	300 ~ 450	200 ~ 400	400 ~ 700	700 ~ 950
	可塑	$0.50 < I_L \leq 0.75$	850 ~ 1700	1400 ~ 2200	1900 ~ 2800	2300 ~ 3600	350 ~ 450	450 ~ 600	600 ~ 750	750 ~ 800	500 ~ 700	800 ~ 1100	1000 ~ 1600
	硬可塑	$0.25 < I_L \leq 0.50$	1500 ~ 2300	2300 ~ 3300	2700 ~ 3600	3600 ~ 4400	800 ~ 900	900 ~ 1000	1000 ~ 1200	1200 ~ 1400	850 ~ 1100	1500 ~ 1700	1700 ~ 1900
	硬塑	$0 < I_L \leq 0.25$	2500 ~ 3800	3800 ~ 5500	5500 ~ 6000	6000 ~ 6800	1100 ~ 1200	1200 ~ 1400	1400 ~ 1600	1600 ~ 1800	1600 ~ 1800	2200 ~ 2400	2600 ~ 2800
粉土	中密	$0.75 \leq e \leq 0.9$	950 ~ 1700	1400 ~ 2100	1900 ~ 2700	2500 ~ 3400	300 ~ 500	500 ~ 650	650 ~ 750	750 ~ 850	800 ~ 1200	1200 ~ 1400	1400 ~ 1600
	密实	$e < 0.75$	1500 ~ 2600	2100 ~ 3000	2700 ~ 3600	3600 ~ 4400	650 ~ 900	750 ~ 950	900 ~ 1100	1100 ~ 1200	1200 ~ 1700	1400 ~ 1900	1600 ~ 2100

续表 10.5.1-2

土名称	桩型 土的状态		混凝土预制桩桩长 l (m)				泥浆护壁钻（冲）孔桩桩长 l (m)				干作业钻孔桩桩长 l (m)		
			$l \leq 9$	$9 < l \leq 16$	$16 < l \leq 30$	$l > 30$	$5 \leq l < 10$	$10 \leq l < 15$	$15 \leq l < 30$	$30 \leq l$	$5 \leq l < 10$	$10 \leq l < 15$	$15 \leq l$
粉砂	稍密	$10 < N \leq 15$	1000 ~ 1600	1500 ~ 2300	1900 ~ 2700	2100 ~ 3000	350 ~ 500	450 ~ 600	600 ~ 700	650 ~ 750	500 ~ 950	1300 ~ 1600	1500 ~ 1700
	中密、密实	$N > 15$	1400 ~ 2200	2100 ~ 3000	3000 ~ 4500	3800 ~ 5500	600 ~ 750	750 ~ 900	900 ~ 1100	1100 ~ 1200	900 ~ 1000	1700 ~ 1900	1700 ~ 1900
细砂	中密、密实	$N > 15$	2500 ~ 4000	3600 ~ 5000	4400 ~ 6000	5300 ~ 7000	650 ~ 850	900 ~ 1200	1200 ~ 1500	1500 ~ 1800	1200 ~ 1600	2000 ~ 2400	2400 ~ 2700
中砂			4000 ~ 6000	5500 ~ 7000	6500 ~ 8000	7500 ~ 9000	850 ~ 1050	1100 ~ 1500	1500 ~ 1900	1900 ~ 2100	1800 ~ 2400	2800 ~ 3800	3600 ~ 4400
粗砂			5700 ~ 7500	7500 ~ 8500	8500 ~ 10000	9500 ~ 11000	1500 ~ 1800	2100 ~ 2400	2400 ~ 2600	2600 ~ 2800	2900 ~ 3600	4000 ~ 4600	4600 ~ 5200
砾砂	中密、密实	$N > 15$	6000 ~ 9500		9000 ~ 10500		1400 ~ 2000		2000 ~ 3200		3500 ~ 5000		
角砾、圆砾		$N_{63.5} > 10$	7000 ~ 10000		9500 ~ 11500		1800 ~ 2200		2200 ~ 3600		4000 ~ 5500		
碎石、卵石		$N_{63.5} > 10$	8000 ~ 11000		10500 ~ 13000		2000 ~ 3000		3000 ~ 4000		4500 ~ 6500		
全风化软质岩		$30 < N \leq 50$	4000 ~ 6000				1000 ~ 1600				1200 ~ 2000		

续表 10.5.1-2

土名称	桩型 土的状态		混凝土预制桩桩长 l (m)				泥浆护壁钻（冲）孔桩桩长 l (m)				干作业钻孔桩桩长 l (m)		
			$l \leq 9$	$9 < l \leq 16$	$16 < l \leq 30$	$l > 30$	$5 \leq l < 10$	$10 \leq l < 15$	$15 \leq l < 30$	$30 \leq l$	$5 \leq l < 10$	$10 \leq l < 15$	$15 \leq l$
全风化硬质岩		$30 < N \leq 50$	5000 ~ 8000				1200 ~ 2000				1400 ~ 2400		
强风化软质岩		$N_{63.5} > 10$	6000 ~ 9000				1400 ~ 2200				1600 ~ 2600		
强风化硬质岩		$N_{63.5} > 10$	7000 ~ 11000				1800 ~ 2800				2000 ~ 3000		

注：1 砂土和碎石类土中桩的极限端阻力取值，宜综合考虑土的密实度、桩端进入持力层的深径比，土愈密实、深径比愈大，取值愈高。

2 预制桩的岩石极限端阻力指桩端支承于中、微风化基岩表面或进入强风化岩、软质岩一定深度条件下的极限端阻力。

3 全风化、强风化软质岩和全风化、强风化硬质岩系指其母岩分别为 $f_{rk} \leq 15\text{MPa}$ 、 $f_{rk} > 30\text{MPa}$ 岩石。

10.5.2 根据土的物理指标与承载力参数之间的经验关系，确定大直径桩单桩竖向承载力时，计算方法应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的相关规定，其极限端阻力标准值应符合 10.5.2 的规定。

表 10.5.2 干作业挖孔桩（清底干净，D=800mm）的极限端阻力标准值 q_{pk} (kPa)

土名称		状态		
黏性土		$0.25 < I_L \leq 0.75$	$0 < I_L \leq 0.25$	$I_L \leq 0$
		800~1800	1800~2400	2400~3000
粉土		-	$0.75 \leq e \leq 0.9$	$e < 0.75$
		-	1000~1500	1500~2000
砂土、 碎石类土		稍密	中密	密实
	粉砂	500~700	800~1100	1200~2000
	细砂	700~1100	1200~1800	2000~2500
	中砂	1000~2000	2200~3200	3500~5000
	粗砂	1200~2200	2500~3500	4000~5500
	砾砂	1400~2400	2600~4000	5000~7000
	圆砾、角砾	1600~3000	3200~5000	6000~9000
	卵石、碎石	2000~3000	3300~5000	7000~11000

- 注：1 当桩进入持力层的深度 h_b 分别为： $h_b \leq D$ ， $D < h_b \leq 4D$ ， $h_b > 4D$ 时， q_{pk} 可相应取低、中、高值。
- 2 砂土密实度可根据标贯击数判定， $N \leq 10$ 为松散， $0 < N \leq 15$ 为稍密， $15 < N \leq 30$ 为中密， $N > 30$ 为密实。
- 3 当桩的长径比不大于 8 时， q_{pk} 宜取较低值。
- 4 当对沉降要求不严格时， q_{pk} 可取高值。

10.6 锚杆（索）

10.6.1 边坡工程中锚杆（索）和采用锚杆作为抗浮结构，估算锚杆的锚固长度时，岩土层与锚固体之间的极限黏结强度标准值（kPa），应通过试验确定，当无试验资料时取值应符合表

10.6.1-1 和表 10.6.1-2 的规定。

表 10.6.1-1 岩石与锚固体之间的极限黏结强度标准值 f_{rbk} (kPa)

岩石类别	f_{rbk} (kPa)
极软岩	270~360
软岩	360~760
较软岩	760~1200
较硬岩	1200~1800
坚硬岩	1800~2600

- 注： 1 表中数据适用于注浆强度等级为 M30。
2 表中数据仅适用于初步设计，施工时应通过试验检验。
3 岩体结构面发育时，取表中下限值。

表 10.6.1-2 土体与锚固体之间的极限黏结强度标准值 f_{rbk} (kPa)

土层种类	土的状态	f_{rbk} (kPa)
黏性土	软塑	20~40
	可塑	40~50
	硬塑	50~65
	坚硬	65~100
砂土	稍密	100~140
	中密	140~200
	密实	200~280
碎石土	稍密	120~180
	中密	160~220
	密实	220~300

注： 1 表中数据适用于注浆强度等级为 M30。

2 表中数据仅适用于初步设计，施工时应通过试验检验。

10.6.2 基坑支护采用锚杆（索）作为支护结构时，估算单根锚杆（索）极限抗拔承载力标准值时，锚固体与土层的极限黏结强度标准值（kPa），可根据工程经验结合表 10.6.2 取值：

表 10.6.2 锚杆的极限黏结强度标准值

土的名称	土的状态或密实度	q_{sk} （kPa）	
		一次常压注浆	二次压力注浆
填土		16~30	30~45
淤泥质土		16~20	20~30
黏性土	$I_L > 1$	18~30	25~45
	$0.75 < I_L \leq 1$	30~40	45~60
	$0.50 < I_L \leq 0.75$	40~53	60~70
	$0.25 < I_L \leq 0.50$	53~65	70~85
	$0 < I_L \leq 0.25$	65~73	85~100
	$I_L \leq 0$	73~90	100~130
粉土	$e > 0.90$	22~44	40~60
	$0.75 \leq e \leq 0.90$	44~64	60~90
	$e < 0.75$	64~100	80~130
粉细砂	稍密	22~42	40~70
	中密	42~63	75~110
	密实	63~85	90~130
中砂	稍密	54~74	70~100
	中密	74~90	100~130
	密实	90~120	130~170

续表 10.6.2

土的名称	土的状态或密实度	q_{sk} (kPa)	
		一次常压注浆	二次压力注浆
粗砂	稍密	80~130	100~140
	中密	130~170	170~220
	密实	170~220	220~250
砾砂	中密、密实	190~260	240~290
风化岩	全风化	80~100	120~150
	强风化	150~200	200~260

- 注：1 采用泥浆护壁成孔工艺时，应按表取低值后再根据具体情况适当折减。
- 2 采用套管护壁成孔工艺时，可取表中的高值。
- 3 采用扩孔工艺时，可在表中数值基础上适当提高。
- 4 采用分段劈裂二次压力注浆工艺时，可在表中二次压力注浆数值基础上适当提高。
- 5 当砂土中的细粒含量超过总质量的 30%时，按表取值后应乘以 0.75 的系数。
- 6 对有机质含量为 5%~10%的有机质土，应按表取值后适当折减。
- 7 当锚杆锚固段长度大于 16m 时，应对表中数值适当折减。

11 岩土工程分析评价

11.1 一般规定

11.1.1 岩土工程分析评价应在工程地质测绘、勘探、测试和岩土指标统计分析等工作的基础上，结合工程特点和要求进行。

11.1.2 岩土工程分析评价应对需要解决的岩土工程问题，在试验与测试数据基础上，充分考虑当地工程或类似工程经验，依据具体市政工程的特点有针对性地进行，应评价场地稳定性和工程建设适宜性，以及地质条件可能造成的工程风险，提出防治措施的建议，提供设计所需的岩土参数。

11.1.3 岩土工程分析评价应在定性分析的基础上进行定量分析。岩土体的变形、强度和稳定应定量分析；场地的适宜性、场地地质条件的稳定性，可仅作定性分析。

11.1.4 可行性研究阶段岩土工程分析评价应包括以下内容：

- 1 拟建场地的稳定性和适宜性；
- 2 场地和地基的地震效应评价；
- 3 场地地层结构、岩土工程特性、地下水埋藏条件分析评价；
- 4 涉及不良地质作用及特殊性岩土时，分析评价可能造成的不利影响；
- 5 地下工程与周围环境的相互影响评价；
- 6 地质条件可能造成的工程风险评价。

11.1.5 初步勘察阶段岩土工程分析评价应包括以下内容：

- 1 场地稳定性与适宜性的评价；
 - 2 场地地层结构、岩土工程特性、地下水埋藏条件初步分析评价；
 - 3 特殊性岩土의初步评价；
 - 4 对场地和地基的地震效应作出初步评价；
 - 5 对可能采取的地基基础类型、基坑开挖与支护和地下水控制方案进行初步分析评价；
 - 6 地质条件可能造成的工程风险评价；
 - 7 其他岩土工程问题分析初步评价。
- 11.1.6 详细勘察阶段岩土工程分析评价应在工程地质测绘与调查、勘探、测试和搜集已有资料的基础上，结合工程特点和要求进行，并提供设计与施工所需的岩土参数。
- 11.1.7 详细勘察阶段岩土工程分析评价应包括以下内容：
- 1 场地稳定性、适宜性评价；
 - 2 场地和地基的地震效应评价；
 - 3 地基稳定性评价；
 - 4 特殊性岩土评价；
 - 5 地下水和地表水评价；
 - 6 水（土）对建筑材料的腐蚀性评价；
 - 7 地基基础分析评价；
 - 8 地下工程与周围环境的相互影响评价；
 - 9 地质条件可能造成的工程风险评价；
 - 10 其他岩土工程问题分析评价。

11.1.8 岩土工程计算应符合下列规定：

1 按承载力极限状态计算，可用于评价岩土地基承载力和边坡、挡墙、地基稳定性等问题，可根据有关设计规范规定，用分项系数或总安全系数方法计算，有经验时也可用隐含安全系数的抗力容许值进行计算；

2 按正常使用极限状态要求进行验算控制，可用于评价岩土体的变形、动力反应、透水性和涌水量等。

11.1.9 岩土工程的分析评价，应根据岩土工程勘察等级区别进行，并符合下列规定：

1 对丙级岩土工程勘察，可根据邻近工程经验，结合触探和钻探取样试验资料进行；

2 对乙级岩土工程勘察，应在详细勘探、测试的基础上，结合邻近工程经验进行，并提供岩土의强度和变形指标；

3 对甲级岩土工程勘察，除按乙级要求进行外，尚宜提供载荷试验资料，必要时应对其中的复杂问题进行专门研究，并结合监测对评价结论进行检验。

11.1.10 任务需要时，可根据工程原型或足尺试验岩土体性状的量测结果，用反分析的方法反求岩土参数，验证设计计算，查验工程效果或事故原因。

11.2 场地稳定性适宜性评价

11.2.1 场地稳定性可划分为不稳定、稳定性差、基本稳定和稳定四级。

11.2.2 场地稳定性可划分分级应符合下列规定：

1 符合下列条件之一的，应划分为不稳定场地：

- 1) 强烈全新活动断裂带；
- 2) 对建筑抗震的危险地段；
- 3) 不良地质作用强烈发育，地质灾害危险性大地段。

2 符合下列条件之一的，应划分为稳定性差场地：

- 1) 微弱或中等全新活动断裂带；
- 2) 对建筑抗震的不利地段；
- 3) 不良地质作用中等—较强烈发育，地质灾害危险性中等

地段。

3 符合下列条件之一的，应划分为基本稳定场地：

- 1) 非全新活动断裂带；
- 2) 对建筑抗震的一般地段；
- 3) 不良地质作用弱发育，地质灾害危险性小地段。

4 符合下列条件的，应划分为稳定场地：

- 1) 无活动断裂；
- 2) 对建筑抗震的有利地段；
- 3) 不良地质作用不发育。

11.2.3 工程建设适宜性可划分为不适宜、适宜性差、较适宜和适宜四级。

11.2.4 工程建设适宜性的定性评价应符合表 11.2.4 的规定。

表 11.2.4 工程建设适宜性的定性分级标准

级别	分级要素	
	工程地质与水文地质条件	场地治理难易程度
不适宜	1) 场地不稳定 2) 地形起伏大, 地面坡度大于 50% 3) 岩土种类多, 工程性质很差 4) 洪水或地下水对工程建设有严重威胁 5) 地下埋藏有待开采的矿藏资源	1) 场地平整很困难, 应采取大规模工程防护措施 2) 地基条件和施工条件差, 地基专项处理及基础工程费用很高 3) 工程建设将诱发严重次生地质灾害, 应采取大规模工程防护措施, 当地缺乏治理经验和技术 4) 地质灾害治理难度很大, 且费用很高
适宜性差	1) 场地稳定性差 2) 地形起伏较大, 地面坡度大于等于 25%且小于 50% 3) 岩土种类多, 分布很不均匀, 工程性质差 4) 地下水对工程建设影响较大, 地表易形成内涝	1) 场地平整较困难, 需采取工程防护措施 2) 地基条件和施工条件较差, 地基处理及基础工程费用较高 3) 工程建设诱发次生地质灾害的概率较大, 需采取较大规模工程防护措施 4) 地质灾害治理难度较大或费用较高
较适宜	1) 场地基本稳定 2) 地形有一定起伏, 地面坡度大于 10%且小于 25% 3) 岩土种类较多, 分布较不均匀, 工程性质较差 4) 地下水对工程建设影响较小, 地表排水条件尚可	1) 场地平整较简单 2) 地基条件和施工条件一般, 基础工程费用较低 3) 工程建设可能诱发次生地质灾害, 采取一般工程防护措施可以解决 4) 地质灾害治理简单

续表 11.2.4

级别	分级要素	
	工程地质与水文地质条件	场地治理难易程度
适宜	1) 场地稳定 2) 地形平坦, 地貌简单, 地面坡度小于等于 10% 3) 岩土种类单一, 分布均匀, 工程性质良好 4) 地下水对工程建设无影响, 地表排水条件良好	1) 场地平整简单 2) 地基条件和施工条件优良, 基础工程费用低廉 3) 工程建设不会诱发次生地质灾害

注: 1 表中未列条件, 可按其对场地工程建设的影响程度比照推定。

2 划分每一级别场地工程建设适宜性分级, 符合表中条件之一时即可。

3 从不适宜开始, 向适宜性差、较适宜、适宜推定, 以最先满足的为准。

11.3 地基基础评价

11.3.1 地基基础评价应根据拟建工程的设计条件、拟建场地工程地质条件、地下水情况、拟采用施工方法和周边环境因素, 结合工程经验进行, 并应符合下列规定:

- 1 应分析评价地基均匀性;
- 2 应对拟采用地基基础方案进行评价;
- 3 应提出安全可靠、技术可行的地基基础方案建议, 并提供设计所需岩土参数;

4 应分析施工可能遇到的地质问题及工程与周围环境的相互影响, 并应提出防治措施和监测的建议。

11.3.2 天然地基评价应包括下列内容:

- 1 采用天然地基的可行性;

- 2 提出天然地基持力层的建议;
- 3 提供地基承载力,挡土墙应提供基底摩擦系数;
- 4 存在软弱下卧层时,应提供验算软弱下卧层计算参数,必要时进行软弱下卧层强度计算;

- 5 需进行地基变形计算时,应提供变形计算参数。

11.3.3 桩基础评价应包括下列内容:

- 1 提供桩基设计及施工所需的岩土参数;
- 2 提出可选的桩基类型和施工方法、建议桩端持力层;
- 3 对存在欠固结土及有大面积堆载、回填土、自重湿陷性黄土的项目,分析桩侧产生负摩阻力的可能性及其影响;
- 4 评价成桩可能遇到的风险以及桩基施工对环境影响,提出设计、施工应注意的问题;
- 5 提出桩基础检测建议。

11.3.4 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。

11.4 地下工程和基坑与边坡工程评价

11.4.1 地下工程和基坑工程评价应包括下列内容:

- 1 说明地下工程、基坑工程地基岩土和地下水以及周围环

境条件；

2 提供岩土的重度和抗剪强度指标，并说明抗剪强度的试验方法，提供锚固体与地层摩阻力等岩土参数；

3 提出基坑和地下工程开挖与支护方法的建议；

4 采用暗挖、盾构等工法的隧道工程应划分围岩分级，评价地基及围岩的稳定性；

5 当基坑开挖需进行地下水控制时，应提出地下水控制所需水文地质参数及防治措施建议；

6 评价地质条件可能造成的工程风险；

7 提出施工阶段的环境保护和监测建议。

11.4.2 边坡类工程分析评价应包括下列内容：

1 分析评价结构面与临空面的关系；

2 分析评价地下水对结构面的作用；

3 提供软弱结构面的抗剪强度及相关的支护设计参数；

4 分析边坡和建在坡顶、坡上建（构）筑物的稳定性，以及对坡下工程和环境的影响；

5 提出最优坡形和坡角的建议；

6 提出不稳定边坡整治措施和监测方案建议。

12 成果报告

12.1 一般规定

12.1.1 岩土工程勘察报告所依据的原始资料，应进行整理、检查、分析，确认无误后方可使用。

12.1.2 岩土工程勘察报告应资料真实、内容完整，有工程针对性。

12.1.3 岩土工程勘察成果文件应按不同勘察阶段的要求和工程特点，分阶段进行编制，并符合编制深度要求。

12.1.4 岩土工程勘察报告的文字、术语、代号、符号、数字、计量单位、标点等均应符合国家现行有关标准的规定。

12.1.5 岩土工程勘察报告应对岩土利用、整治和改造的方案进行分析论证，提出建议；预测工程施工和使用期间可能发生的岩土工程问题，提出监控和预防措施的建议。

12.1.6 丙级岩土工程勘察的成果报告内容可适当简化，可采用图表形式，并辅以必要的文字说明。

12.2 成果报告的基本内容

12.2.1 工程勘察报告应包括文字部分和图表部分，并应符合下列规定：

- 1 勘察报告应有单位公章、相关责任人签章；
- 2 图表应有名称、项目名称及相关责任人签字。

12.2.2 工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、工程特点和工程地质条件等编写，并应包括下列内容：

- 1 拟建工程和勘察工作概况；
 - 2 勘察目的、任务要求和依据的技术标准；
 - 3 勘察方法和勘察工作布置；
 - 4 场地地形、地貌、地层、地质构造、岩土性质及其均匀性；
 - 5 场地各岩土层的物理力学性质指标，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 土和水的腐蚀性评价；
 - 8 可能影响工程稳定的不良地质作用和对工程危害程度的评价；
 - 9 场地的地震效应评价；
 - 10 场地稳定性和适宜性的评价；
 - 11 地基基础分析评价；
 - 12 结论与建议；
 - 13 相关图表。
- 12.2.3 工程和勘察工作概况应包括下列内容：
- 1 拟建工程概况；
 - 2 勘察目的、任务要求及依据的主要技术标准；
 - 3 岩土工程勘察等级；
 - 4 需要解决的主要岩土工程技术问题；
 - 5 勘察日期、勘察手段、方法及工作量完成情况；

6 特殊场地勘察工作及其他必要的说明。

12.2.4 勘察目的、任务要求及依据的主要技术标准，除应符合相应的技术标准外，尚应满足勘察委托任务书和勘察合同的要求。

12.2.5 勘察方法及工作量完成情况应包括下列内容：

1 工程地质测绘与调查的范围、面积、比例尺以及测绘调查的方法；

2 勘探点的布置范围、数量、技术要求、测放依据和方法、完成情况及工作量；

3 勘察设备和勘察手段；

4 原位测试的种类、数量及方法；

5 岩、土、水试验完成情况；

6 其他问题说明。

12.2.6 场地环境条件应包括下列内容：

1 气象和水文条件；

2 场地地形和地貌特征，包括地貌类型、地面高程、地表起伏状况、河湖或水塘等地表水体、原场地使用情况等；

3 地理交通和地表地物条件，地表地物条件宜包括场地周围的建（构）筑物、管线、道路、河流、堆土或其他堆载的分布，邻近工程建设情况等；

4 区域地质条件应包括：地质构造；地层分布特征；地震历史。

12.2.7 地层描述应包括场地地层的岩土名称、年代、成因、分

布、工程特性，岩体结构、岩石风化程度以及出露岩层的产状、构造等。

12.2.8 场地各岩土层的物理力学性质指标、应提供设计所需的岩土参数，应符合本标准第 11 章相关规定。

12.2.9 地下水埋藏情况、类型、水位及其变化，需要地下水控制时应提供的相关水文地质参数以及土和水的腐蚀性评价，应符合本标准第 7 章相关规定。

12.2.10 岩土工程分析评价部分应符合本标准第 12 章相关规定。

12.2.11 结论与建议应有明确的针对性，并符合下列规定：

1 在初步勘察阶段宜对拟建项目的布置方案的优化提出建议，并对下阶段的勘察工作提出建议；

2 在详勘阶段宜对施工中应注意的问题及可能进行的检测与检验提供建议；

3 对尚不具备现场勘探条件的勘探点，应明确下一步的工作要求，提出完成工作的条件；

4 对确实无法满足工作条件的勘探点，应提出解决问题的方法和建议；

5 对地质条件复杂的地段，应提出施工勘察、超前地质预报或专项勘察的建议。

12.2.12 结论与建议主要包括下列内容：

1 岩土工程评价的主要结论；

2 工程设计施工应注意的问题；

- 3 工程施工对环境的影响及防治措施的建议；
- 4 地质条件可能造成的工程风险；
- 5 其他相关问题及处置建议。

12.3 成果报告的图表

12.3.1 岩土工程勘察报告应附下列图件：

- 1 勘探点一览表；
- 2 建筑物与勘探点平面位置图；
- 3 工程地质柱状图；
- 4 工程地质剖面图；
- 5 原位测试及工程物探成果图表；
- 6 室内土（水）试验成果图表，包括土工试验成果图表、分层土工试验成果图表、分层综合固结试验曲线等；
- 7 其他图表。

12.3.2 当需要时，尚可附综合工程地质图、综合地质柱状图、地下水等水位线图、素描、照片、综合分析图表以及岩土利用、整治和改造方案的有关图表、岩土设计计算简图及计算成果图等。

12.3.3 勘察报告图表应有图表名称、项目名称，图件应有图例、比例尺，平面图应有方向标。

12.3.4 图表中各土层编号、名称应与勘察报告的文字部分相一致。

附录 A 岩土试验项目

A.0.1 岩石试验宜包括物理、力学性质试验，如密度、吸水性试验、软化或崩解试验、抗压、抗剪、抗拉试验等，具体项目应根据不同市政基础设施的要求确定。

A.0.2 市政基础设施的室内土工试验项目可按表 A.0.2 执行。

表 A.0.2 土的试验项目

试验项目	物理性质试验										力学性质试验		
	密度	含水率	土粒相对密度	界限含水率	颗粒分析	渗透试验	有机质含量	击实试验	易溶盐试验	固结试验	直接剪切试验	三轴压缩试验	无侧限抗压强度试验
市政基础设施类别													
城市道路	√	√	√	√	√	○	○	○	○	√	√	○	○
城市桥涵	√	√	√	√	√	○	○	○	○	√	√	○	○
地下洞室	√	√	√	√	√	○	○	○	√	√	√	○	○
综合管廊	√	√	√	√	√	○	○	○	√	√	√	○	○
城市隧道	√	√	√	√	√	○	○	○	○	√	√	○	○
城市室外管道	√	√	√	√	√	○	○	○	√	√	√	○	○

续表 A.0.2

试验项目	物理性质试验									力学性质试验			
	密度	含水率	土粒相对密度	界限含水率	颗粒分析	渗透试验	有机质含量	击实试验	易溶盐试验	固结试验	直接剪切试验	三轴压缩试验	无侧限抗压强度试验
市政基础设施类别													
城市堤岸	√	√	√	√	√	○	○	○	○	√	√	○	○
城市废弃物填埋场	√	√	√	√	√	√	○	○	√	√	√	○	○
城市绿地	√	√	√	√	√	○	○	○	○	√	√	○	○
城市给排水厂站	√	√	√	√	√	○	○	○	○	√	√	○	○

注：1 表中符号√为应做项目；○为根据需要选做项目。

2 本表不包括特殊性岩土。

3 工程需要时，可进行土的动力性质试验。

4 土粒相对密度，可直接测定也可根据经验值确定。

5 对城市隧道工程，应根据具体施工方法（矿山法、盾构法等）及设计要求，进行相应的试验项目，如岩土的热物理性质试验、基床系数试验等。

附录 B 沉井外壁与土体间的单位摩阻力

表 B 沉井外壁与土体间的单位摩阻力

土质类型	沉井外壁与土体间的单位摩阻力 (kPa)
砂卵石	18~30
砂砾石	15~20
砂土	12~25
硬塑黏性土、粉土	25~50
可塑、软塑黏性土、粉土	12~25
软土	10~12

- 注：1 本表适用于深度不超过 30m 的沉井。
- 2 采用泥浆助沉时，单位摩阻力取 3kPa~5kPa。
- 3 当井壁外侧为阶梯形并采用灌砂助沉时，灌砂段的单位摩阻力可取 7kPa~10kPa。
- 4 沉井外壁的单位摩阻力分布，在 0m~5m 深度内，单位面积的摩阻力从零按直线增加，大于 5m 时为常数；当沉井深度内存在多种类型的土层时，单位摩阻力可按各土层厚度取加权平均值。

附录 C 基床系数经验值

表 C 基床系数经验值

岩土类别		状态/密实度	基床系数 K (MPa/m)	
			水平基床系数 K_h	垂直基床系数 K_v
新近沉积土	黏性土	软塑	10~20	5~15
		可塑	12~30	10~25
	粉土	稍密	10~20	12~18
		中密	15~25	10~25
软土（软黏性土、软粉土、淤泥、淤泥质土、泥炭和泥炭质土等）		—	1~12	1~10
黏性土		流塑	3~15	4~10
		软塑	10~25	8~22
		可塑	20~45	20~45
		硬塑	30~65	30~70
		坚硬	60~100	55~90
粉土		稍密	10~25	11~20
		中密	15~40	15~35
		密实	20~70	25~70
砂类土		松散	3~15	5~15
		稍密	10~30	12~30
		中密	20~45	20~40
		密实	25~60	25~65
圆砾、角砾		稍密	15~40	15~40
		中密	25~55	25~60
		密实	55~90	60~80

续表 C

岩土类别	状态/密实度	基床系数 K (MPa/m)	
		水平基床系数 K_h	垂直基床系数 K_v
卵石、碎石	稍密	17~50	20~60
	中密	25~85	35~100
	密实	50~120	50~120
新黄土	可塑、硬塑	30~50	30~60
老黄土	可塑、硬塑	40~70	40~80
软质岩石	全风化	35~39	41~45
	强风化	135~160	160~180
	中等风化	200	220~250
硬质岩石	强风化或中等风化	200~1000	
	未风化	1000~15000	

注：基床系数宜采用 K_{30} 试验结合原位测试和室内试验以及当地经验综合确定。

附录 D 围岩分级

表 D 围岩分级

围岩 级别	围岩主要工程地质条件		围岩开挖后 的稳定状态 (单线)	围岩压缩波 波速 v_p (km/s)
	主要工程地质特征	结构形态和 完整状态		
I	坚硬岩 (单轴饱和抗压强度 $f_{rk} > 60\text{MPa}$) : 受地质构造影响轻微, 节理不发育, 无软弱面 (或夹层); 层状岩层为巨厚层或厚层, 层间结合良好, 岩体完整	呈巨块状整体结构	围岩稳定, 无坍塌, 可能产生岩爆	>4.5
II	坚硬岩 ($f_{rk} > 60\text{MPa}$) : 受地质构造影响较重, 节理较发育, 有少量软弱面 (或夹层) 和贯通微张节理, 但其产状及组合关系不致产生滑动; 层状岩层为中层或厚层, 层间结合一般, 很少有分离现象; 或为硬质岩偶夹软质岩石; 岩体较完整	呈大块状砌体结构	暴露时间长, 可能会出现局部小坍塌, 侧壁稳定, 层间结合差的平缓岩层顶板易塌落	$3.5 \sim 4.5$
	较硬岩 ($30 < f_{rk} \leq 60\text{MPa}$) : 受地质构造影响轻微, 节理不发育; 层状岩层为厚层, 层间结合良好, 岩体完整	呈巨块状整体结构		

续表 D

围岩 级别	围岩主要工程地质条件		围岩开挖后 的稳定状态 (单线)	围岩压缩波 波速 v_p (km/s)
	主要工程地质特征	结构形态和 完整状态		
III	坚硬岩和较硬岩：受地质构造影响较重，节理较发育，有层状软弱面（或夹层），但其产状组合关系尚不致产生滑动；层状岩层为薄层或中层，层间结合差，多有分离现象；或为硬、软质岩石互层	呈块（石） 碎（石）状 镶嵌结构	拱部无支护 时可能产生 局部小坍塌，侧壁基本稳定，爆破震动过大易塌落	2.5~4.0
	较软岩（ $15 < f_{tk} \leq 30\text{MPa}$ ）和软岩（ $5 < f_{tk} \leq 15\text{MPa}$ ）：受地质构造影响严重，节理较发育；层状岩层为薄层、中厚层或厚层，层间结合一般	呈大块状结构	拱部无支护 时可能产生 局部小坍塌，侧壁基本稳定，爆破震动过大易塌落	
IV	坚硬岩和较硬岩：受地质构造影响极严重，节理较发育；层状软弱面（或夹层）已基本破坏	呈碎石状压 碎结构	拱部无支护 时可产生较 大坍塌，侧 壁有时失去 稳定	1.5~3.0
	较软岩和软岩：受地质构造影响严重，节理较发育	呈块石、碎 石状镶嵌结 构		

续表 D

围岩 级别	围岩主要工程地质条件		围岩开挖后 的稳定状态 (单线)	围岩压缩波 波速 v_p (km/s)
	主要工程地质特征	结构形态和 完整状态		
IV	土体: 1.具压密或成岩作用的黏 性土、粉土及碎石土 2.黄土 (Q_1 、 Q_2) 3.一般钙质或铁质胶结的 碎石土、卵石土、粗角砾 土、粗圆砾土、大块石土	1 和 2 呈大 块状压密结 构, 3 呈巨 块状整体结 构	拱部无支护 时可产生较 大坍塌, 侧 壁有时失去 稳定	1.5~3.0
V	岩体: 受地质构造影响严 重, 裂隙杂乱, 呈石夹土 或土夹石状	呈角砾碎石 状松散结构	围岩易坍 塌, 处理不 当会出现大 坍塌, 侧壁 经常小坍 塌; 浅埋时 易出现地表 下沉(陷) 或塌至地表	1.0~2.0
	土体: 一般第四系的坚 硬、硬塑的黏性土、稍密 及以上、稍湿或潮湿的碎 石土、卵石土、圆砾土、 角砾土、粉土及黄土 (Q_3 、 Q_4)	非黏性土呈 松散结构, 黏性土及黄 土松软状结 构		
VI	岩体: 受地质构造影响严 重, 呈碎石、角砾及粉 末、泥土状	呈松软状	围岩极易坍 塌变形, 有 水时土砂常 与水一起涌 出, 浅埋时 易塌至地表	<1.0 (饱和 状态的土 < 1.5)
	土体: 可塑、软塑状黏性 土、饱和的粉土和砂类等 土	黏性土呈易 蠕动的松软 结构, 砂性 土呈潮湿松 散结构		

注：1 表中“围岩级别”和“围岩主要工程地质条件”栏，不包括膨胀性围岩、多年冻土等特殊岩土。

2 软质岩石Ⅱ、Ⅲ类围岩遇有地下水时，可根据具体情况和施工条件适当降低围岩级别。

附录 E 岩土施工工程分级

表 E 岩土施工工程分级

等级	分类	岩土名称及特征	钻1m所需时间			岩石单轴饱和抗压强度（MPa）	开挖方法
			液压凿岩台车、潜孔钻机（净钻分钟）	手持风枪湿式凿岩合金钻头（净钻分钟）	双人打眼（工天）		
I	松土	砂类土、种植土、未经压实的填土	—	—	—	—	用铁锹挖，脚蹬一下到底的松散土层，机械能全部直接铲挖，普通装载机可满载
II	普通土	坚硬的、硬塑和软塑的粉质黏土、硬塑和软塑的黏土，膨胀土，粉土，Q3、Q4黄土，稍密、中密的细角砾土、细圆砾土、松散的粗角砾土、碎石土、粗圆砾土、卵石土，压密的填土，风积沙	—	—	—	—	部分用镐刨松，再用锹挖，脚蹬连蹬数次才能挖动的。挖掘机、带齿尖口装载机可满载、普通装载机可直接铲挖，但不能满载
III	硬土	坚硬的黏性土、膨胀土，Q1、Q2黄土，稍密、中密粗角砾土、碎石土、粗圆砾土、碎石土，密实的细圆砾土、细角砾土、各种风化成土状的岩石	—	—	—	—	必须用镐先全部松动才能用锹挖。挖掘机、带齿尖口装载机不能满载、大部分采用松土器松动方能铲挖装载

续表 E

等级	分类	岩土名称及特征	钻1m所需时间			岩石单轴饱和抗压强度 (MPa)	开挖方法
			液压凿岩台车、潜孔钻机 (净钻分钟)	手持风枪湿式凿岩合金钻头 (净钻分钟)	双人打眼 (工天)		
IV	软质岩	块石土、漂石土、含块石、漂石30%~50%的土及密实的碎石土、粗角砾土、卵石土、粗圆砾土; 岩盐, 各类较软岩、软岩及成岩作用差的岩石: 泥质砾岩, 煤、凝灰岩、云母片岩、千枚岩	—	<7	<0.2	<30	部分用撬棍及大锤开挖或挖掘机、单钩裂土器松动, 部分需借助液压冲击镐解碎或部分采用爆破方法开挖
V	次坚石	各种硬质岩: 硅质页岩、钙质岩、白云岩、石灰岩、泥灰岩、玄武岩、片岩、片麻岩、正长岩、花岗岩	≤10	7~20	0.2~1.0	30~60	能用液压冲击镐解碎, 大部分需用爆破法开挖
VI	坚石	各种极硬岩: 硅质砂岩、硅质砾岩、石灰岩、石英岩、大理岩、玄武岩、闪长岩、花岗岩、角岩	>10	>20	>1.0	>60	可用液压冲击镐解碎, 需用爆破法开挖

注: 1 软土 (软黏性土、淤泥质土、淤泥、泥炭质土、泥炭) 的施工工程分级, 一般可定为 II 级;

2 表中所列岩石均按完整结构岩体考虑, 若岩体极破碎、节理很发育或强风化时, 其等级应按表对应岩石的等级降低一个等级。

附录 F 顶管阻力计算

F.0.1 顶进阻力可按式 (F.0.1-1) 或式 (F.0.1-2) 计算, 亦可采用当地的经验公式确定:

$$F_p = \pi D_0 L f_k + N_F \quad (\text{F.0.1-1})$$

式中 F_p ——顶进阻力 (kN);

D_0 ——管道的外径 (m);

L ——管道设计顶进长度 (m);

f_k ——管道外壁与土的单位面积平均摩阻力

(kN/m²), 通过试验确定; 对于采用触变泥浆减阻技术的宜按表 F.0.1-2 选用;

N_F ——顶管机的迎面阻力 (kN); 不同类型顶管机的迎面阻力宜按表 F.0.1-1 选择计算式。

表 F.0.1-1 顶管机迎面阻力 (N_F) 的计算公式

顶进方式	迎面阻力 (kN)	式中符号
敞开式	$N_F = \pi(D_g - t)tR$	t ——工具管刃脚厚度 (m)
挤压式	$N_F = \frac{\pi}{4} D_g^2 (1 - e) R$	e ——开口率

续表 F.0.1-1

顶进方式	迎面阻力 (kN)	式中符号
网格挤压	$N_F = \frac{\pi}{4} D_R^2 \alpha R$	α ——网格截面参数, 取 $\alpha = 0.6 \sim 1.0$
气压平衡式	$N_F = \frac{\pi}{4} D_R^2 (\alpha R + P_n)$	P_n ——气压强度 (kN/m ²)
土压平衡和泥水平衡	$N_F = \frac{\pi}{4} D_g^2 P$	P ——控制土压力

注: 1 D_i ——顶管机外径 (mm)。

2 R ——挤压阻力 (kN/m²), 取 $R=300 \sim 500$ kN/m²。

表 F.0.1-2 采用触变泥浆的管外壁单位面积平均摩擦阻力 f (kN/m²)

土类 管材	黏性土	粉土	粉、细砂土	中、粗砂土
钢筋混凝土管	3.0~5.0	5.0~8.0	8.0~11.0	11.0~16.0
钢管	3.0~4.0	4.0~7.0	7.0~10.0	10.0~13.0

注: 当触变泥浆技术成熟可靠、管外壁能形成和保持稳定、连续的泥浆套时, f 值可直接取 3.0~5.0 kN/m²。

$$F_p = f \gamma D_0 \left[2H + (2H + D_0) \tan^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2}) + \frac{\omega}{\gamma D_0} \right] L + P_F$$

(F.0.1-2)

式中 F_p ——顶进阻力 (kN);

γ ——管道所处土层的重力密度 (kN/m³);

D_0 ——管道的外径 (m);

H ——管道顶部以上覆盖土层的厚度 (m);

φ ——管道所处土层的内摩擦角 ($^{\circ}$);

ω ——管道单位长度的自重 (kN/m);

L ——管道的计算顶进长度 (m);

f ——顶进时, 管道表面与其周围土层之间的摩擦系数, 其取值可按表 F.0.1-3 所列数据选用;

P_F ——顶进时, 工具管的迎面阻力 (kN), 其取值, 宜按不同顶进方法由表 F.0.1-4 所列公式计算。

表 F.0.1-3 顶进管道与其周围土层的摩擦系数

土类	湿	干
黏土、粉质黏土	0.2~0.3	0.4~0.5
砂土、粉土	0.3~0.4	0.5~0.6

表 F.0.1-4 顶进工具管迎面阻力 (P_F) 的计算公式

顶进方法		顶进时, 工具管迎面阻力 (P_F) 的计算公式 (kN)
手工掘进	工具管顶部及两侧允许超挖	0
	工具管顶部及两侧不允许超挖	$\pi \cdot D_{av} \cdot t \cdot R$

续表 F.0.1-4

顶进方法	顶进时，工具管迎面阻力（ P_F ）的 计算公式（kN）
挤压法	$\pi \cdot D_{av} \cdot t \cdot R$
网格挤压法	$\alpha \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_0^2 \cdot R$

注： D_{av} ——工具管刃脚或挤压喇叭口的平均直径（m）。

t ——工具管刃脚厚度或挤压喇叭口的平均宽度（m）。

R ——手工掘进顶进管法的工具管迎面阻力，或挤压、网格挤压顶管法的挤压阻力。

前者可采用 500kN/m^2 ，后者可按工具管前端中心处的被动土压力计算
（ kN/m^2 ）。

α ——网格截面参数，可取 $0.6 \sim 1.0$ 。

附录 G 渗透系数计算

G.0.1 单孔稳定流抽水试验。当利用抽水孔的水位下降资料计算渗透系数时，可采用下列公式：

1 当 $Q-s$ （或 Δh^2 ）关系曲线呈直线时（ $\Delta h^2 = H^2 - h^2$ ）

1) 承压水完整孔

$$k = \frac{Q}{2\pi sM} \ln \frac{R}{r} \quad (\text{G.0.1-1})$$

2) 承压水非完整孔

当 $M > 150r$, $L/M > 0.1$ 时：

$$k = \frac{Q}{2\pi sM} \left(\ln \frac{R}{r} + \frac{M-L}{L} \ln \frac{1.12M}{\pi r} \right) \quad (\text{G.0.1-2})$$

当过滤器位于含水层的顶部或底部时：

$$k = \frac{Q}{2\pi sM} \left[\ln \frac{R}{r} + \frac{M-L}{L} \ln \left(1 + 0.2 \frac{M}{\pi r} \right) \right] \quad (\text{G.0.1-3})$$

3) 潜水完整孔

$$k = \frac{Q}{\pi(H^2 - h^2)} \ln \frac{R}{r} \quad (\text{G.0.1-4})$$

4) 潜水非完整孔

当 $\bar{h} > 150r$, $L/\bar{h} > 0.1$ 时：

$$k = \frac{Q}{\pi(H^2 - h^2)} \left[\ln \frac{R}{r} + \frac{\bar{h} - L}{L} \ln \left(1.12 \frac{\bar{h}}{\pi r} \right) \right] \quad (\text{G.0.1-5})$$

当过滤器位于含水层的顶部或底部时：

$$k = \frac{Q}{\pi(H^2 - h^2)} \left[\ln \frac{R}{r} + \frac{\bar{h} - L}{L} \cdot \ln(1 + 0.2) \frac{\bar{h}}{r} \right]$$

(G.0.1-6)

式中: k ——渗透系数 (m/d);

Q ——出水量 (m³/d);

s ——水位下降值 (m);

M ——承压水含水层的厚度 (m);

H ——自然情况下潜水含水层的厚度 (m);

h ——潜水含水层在抽水试验时的厚度 (m);

$\bar{h}$ ——潜水含水层在自然情况下和抽水试验时厚度的平均值 (m);

L ——过滤器长度 (m);

R ——影响半径 (m);

r ——抽水孔过滤器的半径 (m)。

G.0.2 单孔稳定流抽水试验。当利用观测孔中的水位下降资料计算渗透系数时,若观测孔中的值 s (或 Δh^2) 在 s (或 Δh^2) — $\lg r$ 关系曲线上能连成直线,可采用下列公式:

1) 承压水完整孔:

$$k = \frac{Q}{2\pi M (s_1 - s_2)} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (\text{G.0.2-1})$$

2) 潜水完整孔:

$$k = \frac{Q}{\pi(\Delta h_1^2 - \Delta h_2^2)} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad (\text{G.0.2-2})$$

式中: s_1 、 s_2 ——在 s — $\lg r$ 关系曲线的直线段上任意两点的纵坐标值 (m);

Δh_1^2 、 Δh_2^2 ——在 Δh^2 — $\lg r$ 关系曲线的直线段上任意两点的纵坐标值 (m^2);

r_1 、 r_2 ——在 $s(\Delta h^2)$ — $\lg r$ 关系曲线上纵坐标为 s_1 、 s_2 (或 Δh_1^2 、 Δh_2^2) 的两点至抽水孔的距离 (m)。

G.0.3 用非稳定流抽水试验或水位恢复法计算渗透系数、导水系数、给水度、释水系数等水文地质参数时,应符合下列要求:

- 1 非稳定流抽水试验的地质条件与计算假定条件一致。
- 2 非稳定流抽水试验的涌水量应保持恒定。
- 3 按观测时间与水位降深之间的关系。
- 4 抽水延续时间应根据 $s(\Delta h^2)$ — $\lg t$ 曲线确定,并符合:

- 1) $s(\Delta h^2)$ — $\lg t$ 曲线拐点后出现平缓段,并能推出最大水位降深时,即可结束。
- 2) 如 $s(\Delta h^2)$ — $\lg t$ 曲线无拐点,而呈直线延伸,则 $\lg t$ 轴上的数据不得少于两个对数周期。
- 3) 有观测孔时,宜用观测孔的观测数据,多孔观测时

宜用较远观测孔的观测数据。

G.0.4 试坑注水试验。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。渗透系数的计算应符合下列要求：

1 单环法：

$$k = \frac{Q}{F} \quad (\text{G.0.4-1})$$

式中： k ——试验土层的渗透系数（cm/min）；

Q ——注入流量（cm³/min）；

F ——铁环的底面积（cm²）。

2 双环法：

$$k = \frac{Qz}{F(H+z+H_a)} \quad (\text{G.0.4-2})$$

式中： k ——试验土层的渗透系数（cm/min）；

Q ——内环的注入流量（cm³/min）；

F ——内环的底面积（cm²）；

H ——试验水头（cm）；

z ——从试坑底算起的渗入深度（cm）；

H_a ——试验土层的毛细压力值（cm）。

G.0.5 孔内注水试验，包括常水头法和变水头法。对于砂、砾石、卵石等强透水地层可采用常水头法，对于粉砂、粉土、黏性土等弱透水地层可采用变水头法。渗透系数的计算应符合下列要求：

1 常水头法：

$$k = \frac{Q}{AH} \quad (\text{G.0.5-1})$$

式中： k ——试验土层的渗透系数（cm/min）；

Q ——注入流量（cm³/min）；

H ——试验水头（cm）；

A ——形状系数，由钻孔和水流边界条件确定，可查相关手册取值。

2 变水头法：

$$k = \frac{\pi r^2}{A} \times \frac{\ln \frac{H_1}{H_2}}{t_1 - t_2} \quad (\text{G.0.5-2})$$

式中： k ——试验土层的渗透系数（cm/min）；

H_1 ——在时间 t_1 时的试验水头（cm）；

H_2 ——在时间 t_2 时的试验水头（cm）；

r ——工作管内径（cm）；

A ——形状系数，由钻孔和水流边界条件确定，可查相关手册取值。

G.0.6 压水试验，应根据工程要求，结合工程地质测绘和钻探资料，确定试验孔位，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，绘制压力 p 与压入水量 Q 的关系曲线，计算试段的透水率，确定 $p-Q$ 曲线的类型。当需要根据压水试验成果确定岩土体渗透系数时，可按下式计算：

$$k = \frac{Q}{2\pi HL} \ln \frac{L}{r_0} \quad (\text{G.0.6-2})$$

式中： k ——岩体渗透系数（m/d）；

Q ——压入流量（m³/d）；

L ——试段长度（m）；

H ——试验水头（m）；

r_0 ——钻孔半径（m）。

G. 0. 7 利用稳定流抽水试验观测孔中的水位下降资料计算影响半径时，可采用下列公式：

1 承压水完整孔：

$$\lg R = \frac{s_1 \lg r_2 - s_2 \lg r_1}{s_1 - s_2} \quad (\text{G.0.7-1})$$

2 潜水完整孔：

$$\lg R = \frac{\Delta h_1^2 \lg r_2 - \Delta h_2^2 \lg r_1}{\Delta h_1^2 - \Delta h_2^2} \quad (\text{G.0.7-2})$$

缺少观测孔的水位下降资料时，影响半径可采用经验数据，也可选用有关公式计算。

附录 H 地下水类型与岩土体渗透等级

H.0.1 地下水类型宜按表 H.0.1 划分。

表 H.0.1 地下水类型划分

地下水类型	特征	
包气带水	孔隙水	包括非孔隙水饱和带水、毛细水、上层滞水等
	裂隙水	岩体裂隙带垂直入渗过程中的水
	岩溶水	溶隙和溶洞带垂直入渗过程中的水
潜水	孔隙水	存在于土的孔隙中，分布范围较大的，有统一水面的无压地下水
	裂隙水	存在于岩体裂隙中，分布范围较大的，有统一水面的无压地下水
	岩溶水	存在于溶洞和溶隙中，分布范围较大的，有统一水面的无压地下水
承压水	孔隙水	存在于土的孔隙中，分布范围较大的，有压地下水
	裂隙水	存在于岩体裂隙中的有压地下水
	岩溶水	存在于溶洞和溶隙中的有压地下水

H.0.2 岩土体渗透性等级划分应符合表 H.0.2-1 和表 H.0.2-2 的规定。

表 H.0.2-1 岩体渗透性等级

等级	透水率 q (Lu)	岩体特征
极微透水	$q < 0.1$	完整，裂隙等价张开度 $< 0.025\text{mm}$
微透水	$0.1 \leq q < 1$	裂隙等价张开度 $0.025\text{mm} \sim 0.05\text{mm}$

续表 H.0.2-1

等级	透水率 q (Lu)	岩体特征
中等透水	$0.1 \leq q < 1$	裂隙等价张开度 0.1mm~ 0.5mm
强透水	$10 \leq q < 100$	裂隙等价张开度 0.5mm~ 2.5mm
极强透水	$q \geq 100$	裂隙等价张开度 > 2.5mm, 连通孔洞

注: L_u , 为透水率吕荣值, 是指 1MPa 压力下每米试段的平均压入量, 以 L/min 计。

表 H.0.2-2 土体渗透性等级

等级	透水系数 k (cm/s)	土类
极微透水	$k < 10^{-6}$	黏性土
微透水	$10^{-6} \leq k < 10^{-5}$	黏性土~粉土
弱透水	$10^{-5} \leq k < 10^{-4}$	粉土, 含细粒土砂
中等透水	$10^{-4} \leq k < 10^{-2}$	砂, 含砂砾石
强透水	$10^{-2} \leq k < 1$	砾石, 卵石
极强透水	$k \geq 1$	均匀的漂砾

附录 J 常用的工程物探方法

J.0.1 工程物探方法应用范围及提交成果应按表 J.0.1 的要求合理选择。

表 J.0.1 工程物探方法应用范围及提交成果

方法名称		适用范围	图表要求
电 法	自然电场法	1 探测隐伏断层、破碎带； 2 测定地下水流速、流向。	1 提供隐伏断层、破碎带剖面图； 2 提供地下水流速、流向。
	充电法	1 探测地下洞穴； 2 测定地下水流速、流向； 3 探测地下或水下隐埋物体； 4 探测地下管线。	1 提供地下洞穴剖面图； 2 提供地下水流速、流向； 3 提供地下或水下隐埋物体埋藏条件； 4 提供地下管线埋藏条件。
	电阻率测试	1 测定基岩埋深，划分松散沉积层序和基岩风化带； 2 探测隐伏断层、破碎带； 3 探测地下洞穴； 4 测定潜水面深度和含水层分布； 5 探测地下或水下隐埋物体。	1 划分基岩面、松散沉积层和基岩风化带； 2 提供隐伏断层、破碎带剖面图； 3 提供地下洞穴剖面图； 4 提供潜水面深度和含水层分布； 5 提供地下或水下隐埋物体剖面图。
	电阻率剖面法	1 测定基岩埋深； 2 探测隐伏断层、破碎带； 3 探测地下洞穴； 4 探测地下或水下隐埋物体。	1 提供基岩埋深剖面； 2 提供隐伏断层、破碎带剖面图； 3 提供地下洞穴剖面图； 4 提供地下或水下隐埋物体剖面图。
	高密度电阻率法	1 测定潜水面深度和含水层分布； 2 探测地下或水下隐埋物体。	1 提供潜水面深度和含水层分布； 2 提供地下或水下隐埋物体剖面图。

续表 J.0.1

方法名称		适用范围	图表要求
电 法	激 发 极 化 法	1 探测隐伏断层、破碎带； 2 探测地下洞穴； 3 划分松散沉积层序和基岩风化带； 4 测定潜水面深度和含水层分布； 5 探测地下或水下隐埋物体。	1 提供隐伏断层、破碎带剖面图； 2 提供地下洞穴剖面图； 3 划分基岩面、松散沉积层和基岩风化带； 4 提供潜水面深度和含水层分布； 5 提供地下或水下隐埋物体剖面图。
电 磁 法	甚 低 频	1 探测隐伏断层、破碎带； 2 探测地下或水下隐埋物体； 3 探测地下管线。	1 提供隐伏断层、破碎带剖面图； 2 提供地下或水下隐埋物体剖面图； 3 提供地下管线埋藏条件。
	频 率 测 深	1 测定基岩埋深，划分松散沉积层序和基岩风化带； 2 探测隐伏断层、破碎带； 3 探测地下洞穴； 4 探测河床水深及沉积泥砂厚度； 5 探测地下或水下隐埋物体； 6 探测地下管线。	1 划分基岩面、松散沉积层和基岩风化带； 2 提供隐伏断层、破碎带剖面图； 3 提供地下洞穴剖面图； 4 提供河床水深及沉积泥砂厚度； 5 提供地下或水下隐埋物体剖面图； 6 提供地下管线埋藏条件。
	电 磁 感 应 法	1 测定基岩埋深； 2 探测隐伏断层、破碎带； 3 探测地下洞穴； 4 探测地下或水下隐埋物体； 5 探测地下管线。	1 提供基岩面埋藏深度； 2 提供隐伏断层、破碎带剖面图； 3 提供地下洞穴剖面图； 4 提供地下或水下隐埋物体剖面图； 5 提供地下管线埋藏条件。

续表 J.0.1

方法名称		适用范围	图表要求
电 磁 法	地质雷达	1 测定基岩埋深，划分松散沉积层序和基岩风化带； 2 探测隐伏断层、破碎带； 3 探测地下洞穴； 4 测定潜水面深度和含水层分布； 5 探测河床水深及沉积泥砂厚度； 6 探测地下或水下隐埋物体； 7 探测地下管线。	1 划分基岩面、松散沉积层和基岩风化带； 2 提供隐伏断层、破碎带剖面图； 3 提供地下洞穴剖面图； 4 提供潜水面深度和含水层分布条件； 5 提供河床水深及沉积泥砂厚度； 6 提供地下或水下隐埋物体剖面图； 7 提供地下管线埋藏条件。
	地下电磁波法（无线电波透视法）	1 探测隐伏断层、破碎带； 2 探测地下洞穴； 3 探测地下或水下隐埋物体； 4 探测地下管线。	1 提供隐伏断层、破碎带剖面图； 2 提供地下洞穴剖面图； 3 提供地下或水下隐埋物体剖面图； 4 提供地下管线埋藏条件。
地 震 波 法 和 声 波 法	折射波法	1 测定基岩埋深，划分松散沉积层序和基岩风化带； 2 测定潜水面深度和含水层分布； 3 探测河床水深及沉积泥砂厚度。	1 划分基岩面、松散沉积层和基岩风化带； 2 提供潜水面深度和含水层分布条件； 3 提供河床水深及沉积泥砂厚度。

续表 J.0.1

方法名称		适用范围	图表要求
地震波法和声波法	反射波法	1 测定基岩埋深，划分松散沉积层序和基岩风化带； 2 探测隐伏断层、破碎带； 3 探测地下洞穴； 4 测定潜水面深度和含水层分布； 5 探测河床水深及沉积泥砂厚度； 6 探测地下或水下隐埋物体； 7 探测地下管线。	1 划分基岩面、松散沉积层和基岩风化带； 2 提供隐伏断层、破碎带剖面图； 3 提供地下洞穴剖面图； 4 提供潜水面深度和含水层分布条件； 5 提供河床水深及沉积泥砂厚度； 6 提供地下或水下隐埋物体剖面图； 7 提供地下管线埋藏条件。
	直达波法	划分松散沉积层序和基岩风化带。	划分基岩面、松散沉积层和基岩风化带。
	瑞雷波法	1 测定基岩埋深，划分松散沉积层序和基岩风化带； 2 探测隐伏断层、破碎带； 3 探测地下洞穴； 4 探测地下隐埋物体； 5 探测地下管线。	1 划分基岩面、松散沉积层和基岩风化带； 2 提供隐伏断层、破碎带剖面图； 3 提供地下洞穴剖面图； 4 提供地下或水下隐埋物体剖面图； 5 提供地下管线埋藏条件。

续表 J.0.1

方法名称		适用范围	图表要求
地震波法和声波法	声波法	1 测定基岩埋深，划分松散沉积层序和基岩风化带； 2 探测隐伏断层、破碎带； 3 探测含水层； 4 探测地下洞穴和地下或水下隐埋物体； 5 探测地下管线； 6 探测滑坡体的滑动面。 (也可用于检测隧道混凝土衬砌质量及回填密实度)	1 划分基岩面、松散沉积层和基岩风化带； 2 提供隐伏断层、破碎带剖面图； 3 提供地下洞穴剖面图； 4 提供地下或水下隐埋物体剖面图； 5 提供地下管线埋藏条件； 6 提供滑坡体的滑动面。
		1 探测河床水深及沉积泥砂厚度； 2 探测地下或水下隐埋物体。	1 提供河床水深及沉积泥砂厚度； 2 提供地下或水下隐埋物体剖面图。
	声纳浅层剖面法	1 探测地下洞穴； 2 划分松散沉积层序和基岩风化带； 3 测定潜水面深度和含水层分布； 4 探测地下或水下隐埋物体。	1 提供地下洞穴剖面图； 2 划分松散沉积层序和基岩风化带； 3 提供潜水面深度和含水层分布条件； 4 提供地下或水下隐埋物体剖面图。

J. 0. 2 采空区物探方法可按表 J.0.2 选择。

表 J.0.2 常用的采空区工程物探方法

方 法 名 称		解决问题	应用条件
电法	高密度电阻率法	采空区的位置、埋深、空间形态及充填状况；地面塌陷区结构	地形无剧烈变化，要求有一定场地条件，勘探深度一般小于 60m
	电测深法	采空区的位置、埋深和地下水源；塌陷区地层结构	地形无剧烈变化，电性变化大且地层倾角较陡地区不宜，勘探深度一般小于 100m
电磁法	瞬变电磁法	采空区的位置、埋深、空间形态及充填状况；探测塌陷区地层结构、位置、埋深及水文地质调查	受地形、接地电阻影响小，电网密集、游散电流区不宜工作，勘探深度一般小于 200m
	探地雷达法	采空区的位置、埋深、空间形态；探测塌陷区地层结构、地下水埋深	受地形、场地限制较小，勘探深度一般小于 50m
	可控源音频大地电磁法	采空区的位置、埋深、空间形态；探测塌陷区地层结构、位置、埋深；判定岩性分布及厚度	工业电磁噪声和人工噪音大的地区施工难度大，勘探深度一般小于 200m
浅层地震法	折射波法	采空区的位置、埋深、规模；测定塌陷区的位置、埋深、岩性变化；测定潜水面深度和含水层分布	人工噪音大的地区施工难度大，要求有一定范围的施工场地，勘探深度一般小于 100m

续表 J.0.2

方 法 名 称		解决问题	应用条件
浅层 地震法	反射 波法	采空区的位置、埋深、规模；测定塌陷区的位置、埋深、岩性变化；探测沉降带；测定潜水面深度和含水层分布	人工噪音大的地区施工难度大，勘探深度一般小于 100m
	瑞雷 波法	探测采空区的位置、埋深及空间形态；探测塌陷区地层结构、位置、埋深；判定岩性分布及厚度	受地形、场地条件限制较小，勘探深度一般小于 50m
高精度重力法		采空区的位置；探测塌陷区的位置、范围、埋深、岩性变化	要求精确的测地工作，不受场地、环境限制，可在坑道，平硐中可开展工作，勘探深度一般小于 40m

附录 K 常用的原位测试方法

表 K 原位测试方法及用途

试验项目	测定参数	主要用途
浅层平板 载荷试验	比例界限压力 p_0 (kPa) 极限压力 p_u (kPa)	1 确定地基土承载力; 2 确定地基土的变形模量; 3 计算岩土的基础系数。
深层平板 载荷试验	比例界限压力 p_0 (kPa) 极限压力 p_u (kPa)	1 确定地基土承载力; 2 确定地基土的变形模量; 3 计算岩土的基础系数; 4 确定桩的端阻力。
螺旋板 载荷试验	比例界限压力 p_0 (kPa) 极限压力 p_u (kPa)	1 确定地基土承载力; 2 确定地基土的变形模量。
静力触探试验	单桥比贯入阻力 p_s (MPa) 双桥锥尖阻力 q_c (MPa) 双桥侧摩阻力 f_s (kPa) 贯入时孔隙水压力 u_2 (kPa)	1 判别土层均匀性和划分土层; 2 选择桩端持力层、估算单桩承载力; 3 确定地基承载力、压缩模量和变形模量; 4 判定砂性土密实度、评价成桩可行性; 5 判定砂土和粉土的液化可能性及液化程度; 6 判定土的强度。

续表 K

试验项目	测定参数	主要用途
标准贯入试验	实测锤击数 N (击)	1 判别土层均匀性和划分土层; 2 判定砂土和粉土的液化可能性及液化程度; 3 选择桩端持力层、估算单桩承载力; 4 确定地基承载力、压缩模量和变形模量; 5 判定砂性土密实度、评价成桩可行性。
圆锥动力触探 试验	动力触探锤击数 N_{10} 、 $N_{63.5}$ 、 N_{120} (击)	1 判别土层均匀性和划分土层; 2 确定地基承载力、变形模量; 3 选择桩端持力层、估算单桩承载力。
十字板剪切试验	原状土的不排水抗剪强度峰值 c_u (kPa) 和重塑土的不排水抗剪强度峰值 c'_u (kPa)	1 确定饱和软黏性土的不排水抗剪强度, 计算灵敏度; 2 估算软土地基承载力; 3 计算边坡稳定性; 4 判断软黏性土的应力历史。

续表 K

试验项目	测定参数	主要用途
旁压试验	初始压力 p_0 (kPa) 临塑压力 p_y (kPa) 极限压力 p_L (kPa) 旁压模量 E_m (kPa)	1 测求地基土的临塑荷载和极限荷载强度, 估算地基承载力; 2 测求地基土的变形模量; 3 计算岩土的水平基床系数; 4 自钻式旁压试验可确定土的原位水平应力和静止侧压力系数; 5 估算桩侧阻力和单桩承载力。
扁铲侧胀试验	侧胀模量 E_D (kPa) 侧胀土性指数 I_D 侧胀水平应力指数 K_D 侧胀孔压指数 K_D	1 确定静止侧压力系数; 2 计算土的水平基床系数。
波速测试	压缩波速 v_p (m/s) 剪切波速 v_s (m/s)	1 划分场地类别; 2 划分岩石风化带; 3 提供地震反应分析所需的场地土动力参数; 4 评价岩体完整性。

附录 L 岩土热物理指标经验值

表 L 岩土热物理指标

岩土类别	含水量 ω (%)	密度 ρ (g/cm ³)	热物理指标		
			比热容 C [kJ/ (kg · K)]	导热系数 λ [W/ (m · K)]	导温系数 $a \times 10^{-3}$ (m ² /h)
黏性土	$5 \leq \omega < 15$	1.90~2.00	0.82~1.35	0.25~1.25	0.55~1.65
	$15 \leq \omega < 25$	1.85~1.95	1.05~1.65	1.08~1.85	0.80~2.35
	$25 \leq \omega < 35$	1.75~1.85	1.25~1.85	1.15~1.95	0.95~2.55
	$35 \leq \omega < 45$	1.70~1.80	1.55~2.35	1.25~2.05	1.05~2.65
粉土	$\omega < 5$	1.55~1.85	0.92~1.25	0.28~1.05	1.05~2.05
	$5 \leq \omega < 15$	1.65~1.90	1.05~1.35	0.88~1.35	1.25~2.35
	$15 \leq \omega < 25$	1.75~2.00	1.35~1.65	1.15~1.85	1.45~2.55
	$25 \leq \omega < 35$	1.85~2.05	1.55~1.95	1.35~2.15	1.65~2.65
粉、细砂	$\omega < 5$	1.55~1.85	0.85~1.15	0.35~0.95	0.90~2.45
	$5 \leq \omega < 15$	1.65~1.95	1.05~1.45	0.55~1.45	1.10~2.55
	$15 \leq \omega < 25$	1.75~2.15	1.25~1.65	1.20~1.85	1.25~2.75
中砂、粗砂、砾砂	$\omega < 5$	1.65~2.30	0.85~1.05	0.45~1.05	0.90~2.85
	$5 \leq \omega < 15$	1.75~2.25	0.95~1.45	0.65~1.65	1.05~3.15
	$15 \leq \omega < 25$	1.85~2.35	1.15~1.75	1.35~2.25	1.90~3.35
圆砾、角砾	$\omega < 5$	1.85~2.25	0.95~1.25	0.65~1.15	1.35~3.35
	$5 \leq \omega < 15$	2.05~2.45	1.05~1.50	0.75~2.55	1.55~3.55
卵石、碎石	$\omega < 5$	1.95~2.35	1.00~1.35	0.75~1.25	1.35~3.45
	$5 \leq \omega < 10$	2.05~2.45	1.15~1.45	0.85~2.75	1.65~3.65
全风化软质岩	$5 \leq \omega < 15$	1.85~2.05	1.05~1.35	1.05~2.25	0.95~2.05
	$15 \leq \omega < 25$	1.90~2.15	1.15~1.45	1.20~2.45	1.15~2.85

续表 L

岩土 类别	含水量 ω (%)	密度 ρ (g/cm ³)	热物理指标		
			比热容 C [kJ/ (kg · K)]	导热系数 λ [W/ (m · K)]	导温系数 $a \times 10^{-3}$ (m ² /h)
全风化	$10 \leq \omega < 15$	1.85~2.15	0.75~1.45	0.85~1.15	1.10~2.15
硬质岩	$15 \leq \omega < 25$	1.90~2.25	0.85~1.65	0.95~2.15	1.25~3.00
强风化 软质岩	$2 \leq \omega < 10$	2.05~2.40	0.57~1.55	1.00~1.75	1.30~3.50
强风化 硬质岩	$2 \leq \omega < 10$	2.05~2.45	0.43~1.46	0.90~1.85	1.50~4.50
中风化 软质岩	$\omega < 5$	2.25~2.45	0.85~1.15	1.65~2.45	1.60~4.00
中风化 硬质岩	$\omega < 5$	2.25~2.55	0.75~1.25	1.85~2.75	1.60~5.50

附录 M 地基岩石的承载力特征值

M.0.1 当根据野外鉴定结果确定地基承载力特征值时，应符合表 M.0.1-1、M.0.1-2 的规定。

表 M.0.1-1 基岩承载力特征值 f_{ak} (kPa)

风化程度	强风化	中等风化	微风化
硬质岩石	500~1000	1500~2500	≥ 4000
软质岩石	200~500	700~1200	1500~2000

注：对于微风化的岩石，其承载力如取用大于4000kPa时，应由试验确定。

表 M.0.1-2 碎石土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

土的名称 \ 密实度	稍密	中密	密实
卵石	300~500	500~800	800~1000
碎石	250~400	400~700	700~900
圆砾	200~300	300~500	500~700
角砾	200~250	250~400	400~600

注：1 表中数值适用于骨架颗粒空隙全部由中砂、粗砂或硬塑、坚硬状态的黏性土或稍湿的粉土所充填。

2 当粗颗粒为中等风化或强风化时，可按其风化程度适当降低承载力，当颗粒间呈半胶结状时，可适当提高承载力。

M.0.2 当根据室内物理力学指标标准值确定地基承载力特征值时，可按表 M.0.2-1~表 M.0.2-8 确定。

表 M.0.2-1 粉土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

ω (%) 孔隙比 e_0	10	15	20	25	30	35	40
0.5	370	370	(345)				
0.6	285	285	270	(260)			
0.7	230	230	215	205	(195)		
0.8	180	180	170	160	(155)		
0.9	145	145	140	135	125	(120)	
1.0	120	120	115	110	105	100	(95)

注：1 在湖、塘、沟、谷与河漫滩地段新近沉积的粉土，其工程性能一般较差，应根据工程经验取值，且不高于是表列值的85%。

2 有括号者仅供内插使用。

表 M.0.2-2 黏性土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

I_L e_0	0	0.25	0.50	0.75	1.00	1.20
0.5	440	400	360	(330)		
0.6	370	330	300	270	(240)	
0.7	300	270	240	220	190	155
0.8	250	220	200	180	155	125
0.9	210	190	175	155	125	95
1.0	180	165	145	125	105	
1.1		145	125	105	95	

注：本表适用于第四纪全新世中早期沉积的黏性土。第四纪晚更新世（ Q_3 ）及其以前沉积的老黏性土，其工程性能通常较好，这些土可结合原位测试、含水比等指标适当提高。

表 M.0.2-3 新近沉积黏性土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

$\begin{matrix} I_L \\ e_0 \end{matrix}$	≤ 0.25	0.50	0.75	1.00	1.25
0.8	130	120	110	100	90
0.9	120	110	100	90	80
1.0	110	100	90	80	70
1.1	100	90	80		

注：指在湖、塘、沟、谷与河漫滩地段第四纪中近期沉积的黏性土。

表 M.0.2-4 老黏性土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

含水比 $u = \omega / \omega_L$	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
f_{ak} (kPa)	700	580	500	430	380

注：1 本表适用于压缩模量 E_s 大于15MPa的老黏性土。

表 M.0.2-5 沿海地区淤泥和淤泥质土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

天然含水量 ω (%)	36	40	45	50	55
f_{ak} (kPa)	90~80	80~70	70~60	60~50	50~40

注：1 高塑性黏性土、采用复合地基设计或以软土作为下卧层使用时，可选用高值；低塑性黏性土或以软土作为主要受力层时，宜选用低值。

2 对于内陆淤泥和淤泥质土，可参照使用。

表 M.0.2-6 素填土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

压缩模量 E_{s1-2} (MPa)	7	5	4	3	2
f_{ak} (kPa)	140	125	105	75	55

注：本表适用于堆积时间超过十年的黏性土，以及超过五年的粉土。

表 M.0.2-7 压实填土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

填土类型	压实系数 λ_c	f_{ak} (kPa)
碎石、卵石	0.95~0.97	200~300
砂夹石 (其中碎石、卵石占全重 30%~50%)		200~250
土夹石 (其中碎石、卵石占全重 30%~50%)		150~200
粉质黏土、粉土 ($8 \leq I_p \leq 14$)		130~180

表 M.0.2-8 混合土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

干密度 ρ_d (g/cm ³)	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2
f_{ak} (kPa)	170	190	230	300	380	480	620

孔隙比 e_0	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
f_{ak} (kPa)	190	200	210	230	250	270	320	400

M.0.3 当根据土的原位测试指标标准值确定地基承载力特征值时,可按表 M.0.3-1~表 M.0.3-11 取值。静力触探和动力触探测试指标以单孔厚度加权平均值为 1 组数据,静力触探指标标准值可采用平均值减去 1 倍标准差。

表 M.0.3-1 碎石土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

$N'_{63.5}$ (击)	3	4	5	6	8	10	12	14	16
f_{ak}	125	160	190	230	310	390	470	530	600

注: 1 适用的深度范围为 1m~20m。

- 2 本表一般适用于冲积和洪冲积的碎石土,其 d_{60} 不大于 30mm,不均匀系数不大于 120。
- 3 碎石素填土当 $N'_{63.5}$ 小于 10 击时,可按上表的 50%~70% 取值, $N'_{63.5}$ 高时取低值,低时取高值。

表 M.0.3-2 砂土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

N (击) 土的名称	10	15	30	50
中、粗砂	180	250	340	500
粉、细砂	130	170	250	340

表 M.0.3-3 中粗砾砂承载力特征值 f_{ak} (kPa)

$N'_{63.5}$ (击)	3	4	5	6	8	10
f_{ak}	120	150	200	240	320	400

表 M.0.3-4 中粗砾砂承载力特征值 f_{ak} (kPa)

q_c (MPa)	f_{ak}	q_c (MPa)	f_{ak}
1	35~60	7	280~300
2	90~110	8	310~330
3	130~150	9	340~360
4	170~190	10	370~390
5	210~230	11	400~420
6	250~270	12	430~450

表 M.0.3-5 粉细砂承载力特征值 f_{ak} (kPa)

q_c (MPa)	f_{ak}	q_{ck} (MPa)	f_{ak}
5	135~145	11	265~275
6	155~165	12	290~300
7	180~190	13	310~320
8	200~210	14	330~340
9	220~220	15	350~360
10	240~250	16	370~380

表 M.0.3-6 黏性土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

N' (击)	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23
f_{ak} (kPa)	100	140	180	225	270	315	360	410	490	570	650

表 M.0.3-7 黏性土承载力特征值 f_{ak} (kPa)、压缩模量 E_s 、变形模量 E_0
(MPa)

P_s (MPa)	f_{ak} (kPa)	E_s (MPa)	E_0 (MPa)
0.3	35~45	2.3	2.3
0.6	65~75	3.5	3.5
0.9	95~105	4.6	8.2
1.2	120~135	5.7	11.2
1.5	145~165	8.8	13.1
1.8	175~195	10.0	15.0
2.1	200~225	11.1	17.0
2.4	230~255	12.2	20.9
2.7	260~290	13.3	23.9
3.0	290~310	13.4	28.8

注： $P_s=q_c+6.4f_s$ ， q_c 和 f_s 可采用平均值减去1倍方差。

表 M.0.3-8 老黏性土承载力特征值 f_{ak} (kPa)、压缩模量 E_s 、变形模量 E_0
(MPa)

P_s (MPa)	f_{ak} (kPa)	E_s (MPa)	E_0 (MPa)
3.0	290~310	13.4	30.6
3.3	320~340	13.5	34.1
3.6	350~380	14.7	39.7
3.9	380~410	15.8	41.2

续表 M.0.3-8

P_s (MPa)	f_{ak} (kPa)	E_s (MPa)	E_0 (MPa)
4.2	410~440	18.8	44.7
4.5	440~470	20.0	47.3
4.8	470~500	21.1	51.8
5.1	500~530	20.2	55.3
5.4	530~570		57.8
5.7	570~600		62.4
8.0	600~630		65.9

注: $P_s=q_c+6.4f_s$, q_c 和 f_s 可采用平均值减去1倍方差。

表 M.0.3-9 黏性土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

N_{10} (击)	15	20	25	30
f_{ak} (kPa)	95	135	175	215

表 M.0.3-10 素填土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

N_{10} (击)	10	20	30	40
f_{ak} (kPa)	75	105	125	145

表 M.0.3-11 花岗岩类残积土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

N'' (击) 土的名称	4~10	10~15	15~20	25~30
砾质黏性土	(100)~250	250~300	300~350	250~(400)
砂质黏性土	(80)~200	200~250	250~300	300~(350)
黏性土	150~200	200~240	240~(270)	

M.0.4 当根据室内土工试验指标标准值确定黄土的地基承载力特征值时,可按表 M.0.4-1~表 M.0.4-2 确定。

表 M.0.4-1 一般湿陷性黄土的承载力特征值 f_{ak} (kPa)

ω ω_L/e_0	10	13	16	19	22	25	28
22	190	180	170	150	130	110	
25	210	190	180	160	140	120	100
28	230	210	190	170	150	130	110
31	250	230	210	190	170	150	130
34		250	230	210	190	170	150
37			250	230	210	190	

表 M.0.4—2 压缩性较高的新近堆积黄土承载力特征值 f_{ak} (kPa)

含水比	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
f_{ak} (kPa)	130	120	110	100	90	75

本标准用词说明

1 为了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）表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

（2）表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的用词：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

（3）表示有选择，在一定条件下可以这样做，采用“可”。

2 标准中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应符合的……规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《工程勘察通用规范》GB 55017
- 2 《工程结构通用规范》GB 55001
- 3 《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002
- 4 《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003
- 5 《工程测量通用规范》GB 55018
- 6 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 7 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 8 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 9 《工程岩体分级标准》GB/T 50218
- 10 《土的工程分类标准》GB/T 50145
- 11 《土工试验方法标准》GB/T 50123
- 12 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330
- 13 《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307
- 14 《中国地震动参数区划图》GB 18306
- 15 《盐渍土地区建筑技术规范》GB/T 50942
- 16 《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025
- 17 《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112
- 18 《市政工程勘察规范》CJJ 56
- 19 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 20 《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87
- 21 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79

- 22 《公路工程地质勘察规范》 JTG C20
- 23 《公路土工试验规程》 JTG 3430
- 24 《公路桥涵地基与基础设计规范》 JTG 3363
- 25 《堤防工程地质勘察规程》 SL 188
- 26 《建筑基坑支护技术规程》 JGJ 120
- 27 《建筑工程抗浮技术标准》 JGJ 476
- 28 《城市地下管线探测技术规程》 CJJ 61
- 29 《建筑岩土工程勘察设计规范》 DB37/ 5052
- 30 《工程建设地下水控制技术规范》 DB37/T 5059

山东省工程建设标准

市政基础设施岩土工程勘察标准

DB37/T xxxx-202x

条文说明

目 次

1	总 则	217
3	基本规定	218
4	工程勘察要求	225
4.2	城市道路工程	225
4.3	城市桥涵工程	230
4.4	地下洞室工程	231
4.5	综合管廊工程	232
4.6	城市隧道工程	233
4.7	室外管道工程	239
4.8	城市堤岸工程	242
4.9	城市废弃物填埋场工程	247
4.10	城市绿地工程	249
4.11	城市给排水厂站工程	249
4.12	既有市政基础设施改扩建工程	253
5	工法勘察要求	255
5.1	一般规定	255
5.2	明挖和沉井法	255
5.3	盾构法	257
5.4	顶管法	260
5.5	定向钻法	262
6	特殊性岩土和不良地质作用	264
6.1	一般规定	264

6.2	填土·····	265
6.3	软土·····	265
6.4	黄土·····	270
6.6	盐渍土·····	273
6.7	风化岩和残积土·····	280
6.8	岩溶和土洞·····	282
6.9	断裂和地震效应·····	288
7	地下水·····	296
7.1	一般规定·····	296
7.2	地下水的勘察内容·····	297
7.3	水文地质参数测定·····	298
7.4	地下水作用评价·····	304
8	调绘、勘探与原位测试·····	307
8.1	一般规定·····	307
8.2	调查与测绘·····	307
8.3	工程物探·····	308
8.4	勘探点定位和测量·····	308
8.5	原位测试·····	309
8.6	钻探·····	310
8.7	井探、槽探与洞探·····	310
8.8	取样·····	311
9	室内试验·····	312
9.1	一般规定·····	312
9.2	土的物理性质试验·····	313

9.3	土的压缩—固结试验·····	314
9.4	土的抗剪强度试验·····	315
9.5	土的动力性质试验·····	316
9.6	土的热物性试验·····	317
9.7	岩石试验·····	318
10	岩土参数统计与选用·····	319
10.1	一般规定·····	319
10.2	岩土参数统计分析·····	320
10.3	岩土参数代表值的选用·····	320
10.4	地基承载力·····	321
10.5	桩基承载力·····	322
10.6	锚杆(索)·····	322
11	岩土工程分析评价·····	324
11.1	一般规定·····	324
11.2	场地稳定性适宜性评价·····	325
11.3	地基基础评价·····	325
11.4	地下工程和基坑与边坡工程评价·····	329
12	成果报告·····	332
12.1	一般规定·····	332
12.2	成果报告的基本内容·····	332
12.3	成果报告的图表·····	333
附录 G	渗透系数计算·····	334

1 总 则

1.0.1 本条明确了制定本标准的目的和指导思想，即在勘察过程中，针对山东地区的岩土工程特点，结合地区经验，在符合法律法规前提下，以社会经济发展为导向，增强标准的针对性和适用性，落实国家高质量发展与提高城市精细化管理水平，统一技术标准，促进勘察的技术进步。

1.0.4 本标准 of 地方标准，不可能将岩土工程勘察中遇到的所有技术问题全部包括进去。勘察人员进行工作时，还需遵守其他有关规范和标准的规定。

3 基本规定

3.0.2 本条对市政基础设施岩土工程勘察等级做了比较原则的规定。

1 各类市政基础设施有其自身的项目特点，其重要性等级划分方法也不相同。

1) 根据道路在路网中的地位、交通功能以及对沿线建筑物的服务功能，道路可按表 1 分为四类：

表 1 道路分类表

道路分类	道路功能
快速路	快速路应中央分隔、全部控制出入、控制出入口间距及形式，应实现交通连续通行，单向设置不应少于两条车道，并应设有配套的交通安全与管理设施。
主干路	主干路应连接城市各主要分区，应以交通功能为主。
次干路	次干路应与主干路结合组成干路网，应以集散交通的功能为主，兼有服务功能。
支路	支路宜与次干路和居住区、工业区、交通设施等内部道路相连接，应解决局部地区交通，以服务功能为主。

表中道路分类系引自现行行业标准《城市道路工程设计规范》CJJ 37。

道路工程重要性等级的划分，综合考虑了道路的分类、由于岩土工程问题造成工程破坏或影响正常使用的后果两方面因素，其中道路的分类系指道路功能分类。一般而言，快速路与主干路一旦出现工程质量问题，对城镇交通影响大，故重要性等级确定为一类，次干路与支路对城镇交通影响相对小，重要性等级分别

为二级和三级。公交场站与城市广场因功能相对单一，定为三级。

针对支挡工程，按其结构高度做重要性等级划分。

2) 桥梁分类，可根据单孔跨径或多孔跨径总长，按表 2 的规定确定。

表 2 城市桥梁分类

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

表中单孔跨径系指标准跨径；梁式桥、板式桥的多孔跨径总长为多孔标准跨径的总长；拱式桥为两岸桥台内起拱线间的距离；其他形式桥梁为桥面的行车道长度；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线与桥台台背前缘线之间桥中心线长度为准；拱式桥以净跨径为准。

3) 室外管道按施工工法、管线埋深进行工程重要性等级划分。

4) 给排水工程厂站工程的工程重要性等级，按照住房和城乡建设部颁布的《工程设计资质标准》(2007 年修订版) 将建筑项目设计规模划分为大、中、小三类。可根据厂区水处理构筑物、泵站规模按表 3 确定。

表 3 给排水厂站工程规模

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

注：单位为万立方米/日。

5) 本标准中城市绿地工程的勘察对象主要为堆山、挖湖（含人工湿地）、绿化种植、栈道、园林小品。堆山工程的重要性等级主要依据工程经验，按照土方堆填高度进行重要性等级划分。挖湖工程主要面临的是基坑稳定性问题，因此，根据开挖深度进行重要性等级划分。

7) 堤岸根据筑堤材料、结构类型划分为三类：

I类：桩式堤岸，系指以桩作为堤岸或桩基作为堤岸基础的堤岸。II类：圬工结构或钢筋混凝土结构的天然地基堤岸，这类堤岸以重力式、半重力式为主。III类：土堤，包括堤岸采用浆砌石或干砌块石勾缝的护坡堤岸。上述三类堤岸具有各自的特点，对地基基础强度、稳定性的要求也有差异，是目前我国城市堤岸的常用类型。在此基础上，本标准将I类堤岸的工程重要性等级定为一类，II类堤岸重要性等级定为二类，III类堤岸重要性等级定为三类。

此外，依据现行国家标准《堤防工程设计规范》GB 50286-2013，堤防工程的级别根据保护对象的防洪标准，按表4确定。

表 4 堤防工程的级别

防洪标准 [重现期(年)]	$\geq$ 100	<100 且 $\geq$ 50	<50 且 $\geq$ 30	<30 且 $\geq$ 20	<20 且 $\geq$ 10
堤防工程的级 别	一级	二级	三级	四级	五级

因此，本标准规定一级堤防工程的重要性等级为一级，二级堤防工程的重要性等级为二级，三级及其以下堤防工程的重要性等级为三级。

2 场地复杂程度主要指工程地质条件的复杂程度，包括地形地貌、地震效应、不良地质作用、地下水以及周边环境条件等。

“不良地质作用强烈发育”，是指泥石流沟谷、崩塌、滑坡、土洞、塌陷、岸边冲刷、地下水强烈潜蚀等极不稳定的场地，这些不良地质作用直接威胁着工程安全。“不良地质作用发育”是指虽有上述不良地质作用，但并不十分强烈，对工程安全的影响不严重。

“地下水对工程的影响大”是指有影响工程的多层地下水、岩溶裂隙水或其他水文地质条件复杂、需专门研究的场地。“地下水对工程的影响一般”是指基础位于地下水位以下的场地。

此处为了突出城市的特点，增加了周边环境条件。环境因素对工程的影响是很大的，首先是拟建场区内的土地使用情况、农田、水利设施、地上地下建构筑物、地下管线设施，另外场区内是否有公园、保护林、文化遗址、纪念建筑等需要保护的重要地物，在做具体环境条件影响分析时，可重点考虑以上因素。

3 本标准提出对岩土条件复杂程度进行等级划分主要是考虑到：市政基础设施工程类别众多，需要解决的岩土工程问题也不尽相同，既涉及地基承载力、地基变形，也涉及围岩稳定、边坡工程、地下水控制等，因此需要针对具体的市政基础设施工程特点，综合划分岩土条件复杂程度等级。等级划分考虑的因素包括岩土的种类、均匀性，围岩或地基、边坡的工程性质以及特殊性岩土等。围岩的工程性质根据围岩分级划分，边坡的工程性质根据边坡安全等级划分，地基条件根据承载力和均匀性等进行划分。

4 划分市政基础设施岩土工程勘察等级，目的是突出重点、有的放矢。一般情况下，勘察等级可在勘察工作开始前，通过搜集已有资料确定。但随着勘察工作的开展，对自然认识的深入，勘察等级也可能发生改变。对于岩质地基，场地地质条件的复杂程度是控制因素。建造在岩质地基上的工程，如果场地和岩土条件比较简单，勘察工作的难度是不大的。故即使是工程重要性等级为一级，场地及岩土条件复杂程度均为三级时，岩土工程勘察等级也可定为乙级。

3.0.3 一般情况下，市政基础设施岩土工程勘察可按三个阶段划分，即可行性研究勘察、初步勘察和详细勘察，以对应不同的设计阶段。在实际工作中，由于市政基础设施涵盖的工程类型较多、各项工程的工程规模大小不一、轻重缓急程度有所不同、已有地质资料亦有所差异，因此应根据工程的特定条件充分与建设方及设计方沟通，以确保勘察阶段的成果能够满足要求。对中小

型市政基础设施，当场地及岩土条件简单或已有资料丰富时，可直接进行详细勘察。对某些市政基础设施，为满足工程建设进度需要，勘察工作深度可适当超前。

3.0.5 本条明确了可行性研究勘察的主要目的和应包含的内容，即对拟建场地的稳定性和适宜性作出评价，提供建设工程选址所需的工程地质资料，具体工程可根据工程特点和具体地质条件进行其他有针对性的分析评价。市政基础设施一般位于城市市区内或近郊，可供参考的资料较多，一般情况下可以搜集资料和工程地质测绘为主，当上述工作不能满足要求时，可适当进行勘探。

3.0.6 本条所列内容是初步勘察应包含的内容，具体工程可根据工程特点和具体地质条件进行其他有针对性的分析评价。

3.0.7 详细勘察时，拟建工程的平面位置已经确定，详细勘察的目的就是针对具体工程特点和场地岩土条件进行勘察，提供施工图设计所需的岩土工程资料和参数。本条所列内容是详细勘察应包含的基本内容和任务，勘察工作中可根据不同市政基础设施特点和具体地质条件进行其他有针对性的分析评价。

3.0.8 本条所列的情况超出了常规岩土工程勘察分析评价的内容，需在岩土工程勘察的基础上，进行专项工作或专题研究，并提供专项或专题报告。

抗浮设防水位是很重要的设计参数，但要预测建筑物使用期间水位可能发生的变化和最高水位有时相当困难，不仅与气候、水文地质等自然因素有关，还涉及工程建设、区域性补给和排泄

条件、地下水开采、上下游水量调配、跨流域调水等复杂因素，故规定需要明确提供抗浮设防水位时，应进行专门研究。

3.0.9 在某些特定条件下需要进行施工勘察，以满足施工图设计或工程施工的需要。以下列举了常见的几种情况：（1）对于场地及岩土条件特别复杂的项目，详细勘察时未必能将所有的工程地质问题查清，如层面起伏非常大的地层，岩溶、土洞发育的场地，暗埋的沟、坑、墓穴、防空洞、废井等。（2）某些工程地质因素往往是动态变化的，如地基土的含水量、地下水位等，详细勘察时的某些工程地质条件未必能代表地基基础施工时的相应条件。（3）在施工阶段因某种原因需要对施工图进行变更，而原有的勘察资料不能满足变更后的施工图设计，尤其是隧道工程，这种情况较多。（4）环境地质条件的改变，如场地附近新建了对该场地产生显著影响的工程（如人工湖、水库等）。

3.0.11 本标准附录 A 给出了不同市政基础设施所需试验项目的建议、具体的试验标准、操作规程可根据设计要求参照相关标准执行。

4 工程勘察要求

4.2 城市道路工程

4.2.1 本条阐述了城市道路工程勘察适用的范围。本条所述城市广场指城市地面广场，不包括城市地下广场。

4.2.2 为使勘察方案科学合理，勘察前了解拟建道路的性质是必需的。对于高填土路基，特别是软土地区的高填土路基，其工后沉降控制标准与地基处理方法选择密切相关，因此规定在工程需要时，尚应取得工后沉降控制标准。

4.2.3 本条是城市道路勘察评价的总体要求。

路基是道路的重要组成部分，是路面的基础。路基的强度与稳定性与沿线工程地质条件密切相关。路基设计通常综合考虑路基的整体稳定性、边坡稳定性、水稳定性。路基的整体稳定性，与道路沿线的地质构造、不良地质有关；路基土质边坡的稳定与岩土的性质、边坡高度与坡度、水文地质条件等有关。

岩石路堑边坡的稳定性，与岩层产状、结构特征、地质构造的软弱面及周边影响范围内的水文地质环境条件等有关；软土路基，当路堤填土高度超过软土容许的临界高度时，如果不采取地基处理措施，路基易发生侧向滑动或较大的沉降；路基的水稳定性指构成路基的土、石材料在水、温度等自然条件变化过程中的强度稳定性。

4.2.4 本条重点强调了道路工程对路基湿度、地表水与地下水、不良地质及特殊性岩土的勘察要求。土基湿度是影响道路强

度和稳定性的一个重要因素，是划分路基干湿类型的依据。地表水和地下水也是路基状态的主要影响因素。不良地质作用与特殊性岩土对路基稳定性影响很大，如城市道路区域的洪、塘、厚层填土、液化土层的分布范围查明及地基处理建议是道路勘察的重要内容之一。

划分路基干湿类型不同规范有不同规定，且结果有可能相互矛盾，为统一规定，以便更具体地指导勘察工作，故建议以现行的《城市道路路基设计规范》为划分依据。

对于原有道路的改建（拓宽、补强、加固），道路的现状和路面结构的调查十分重要，是确定原有路面利用和处理的依据。对原道路曾发生病害的原因分析，是为使道路的改扩建中采取的防治措施具有针对性与有效性。

4.2.5 可行性研究勘察，以搜集资料与现场踏勘为主，考虑到线路工程一般情况下调查、踏勘手段不能满足要求，需要布设一定量的勘探、测试工作，故对线路工程提供勘探工作量布置规定。

4.2.6 勘探点间距确定综合考虑了场地类别与道路功能分类（快速路、主干路、次干路、支路）两个因素，勘探点间距确定综合考虑下列因素：

道路工程在不同勘察阶段的勘探点间距差异大，对初步勘察、详细勘察阶段均采用表格形式规定了勘探点间距。

勘探点间距与场地及岩土条件复杂程度密切相关，勘探点间距需综合考虑场地及岩土条件的复杂程度等级。

考虑实际工程中勘探点间距与一般路基、高路堤、陡坡路堤、路堑关联度相对大，与道路功能分类有关联，但关联度相对要小，将初步勘察、详细勘察均调整为按一般路基、高路堤、陡坡路堤、路堑分别确定勘探点间距。高路堤、陡坡路堤与路堑涉及的岩土工程问题相对一般路基复杂，因此勘探点间距相对一般路基小；路堑因涉及挖方，边坡稳定性问题是关键，通常工程地质条件相对复杂，因此勘探点间距相对高路堤小；考虑支挡结构的重要性，其勘探点间距参考路堑。

考虑我省范围内岩土类型多，复杂程度差异大，用一个表格难以覆盖全部情况。故规定初勘阶段在场地及岩土条件特别复杂的区段，可视工程情况与设计要求加密勘探点，以便设计方案的比选。必要时可布置控制性横剖面的规定，主要是针对道路横断面方向岩土条件变化很大的情况。

4.2.7 考虑初步勘察阶段，路基类型与路基处理方法等未确定，勘探孔深度仅作原则性要求，主要强调勘探孔深度应留有余地，以满足道路工程不同设计方案比选的需要。

4.2.9 详细勘察勘探点的布置应符合下列规定：

1 道路是线型工程，故大多数情况下勘探点沿道路中线布置；当道路宽度较大时，为控制道路横断面方向岩土条件的变化，采用在道路两侧“之”字形布点方法相对合理；当路基岩土条件复杂时，布置一定数量的横剖面是为了详细查明道路横断面方向路基的变化情况；

5 在含有有机质垃圾、疏松的杂填土、未经沉实的近期回

填土以及软土分布地段应重视已有地质资料的搜集与现场踏勘工作，在此基础上布置勘探点更具针对性。需要说明的是，本条所指软土是路基范围内局部分布的软土，而非指软土地区大范围的软土。

4.2.10 详细勘察勘探孔深度应符合下列规定：

1 道路在行车荷载作用下，路面以下将产生显著的应力状态，其范围称为工作区。行车荷载越大，则工作区深度越大。关于工作区深度，一般载重汽车约为 1.5m，重型汽车一般达 3m 左右，个别重型自卸汽车行车荷载大，工作区深度近 4m，故规定一般路基勘探孔深度宜达原地面以下 5m，对挖方地段考虑通常路基条件相对较好，勘探孔宜达路面设计标高以下 5m。道路工程通常对填土、软弱土需要采取地基加固措施，对可液化土层根据液化严重程度确定是否需要采取地基处理，软土路基一般需要验算地基变形，本条综合考虑上述因素，规定涉及填土、软土和可液化土层时，勘探孔应适当加深。

3 对高路堤、陡坡路堤、路堑、支挡工程，为满足变形计算分析的要求，应有一定比例的控制性勘探点；对一般路基，可不再单独布置控制性勘探点。

4.2.12 地下水来源、排泄条件、含水层的特性、埋藏深度及与地表水体的关系；滨河道路或穿越河流、沟谷的道路，宜分析浸泡冲刷作用对路堤稳定性的影响，并提出防治措施建议。浸水路堤除承受自重和行车荷重外，还受到水浮力和渗透动水压力的作用。

道路工程属于线状工程，当沿线岩土性质变化大、涉及不同的工程地质单元时，笼统进行工程地质条件评价针对性不强。应根据工程需要，进行工程地质条件的合理分区与评价，包括分区提供岩土的物理力学参数、建议不同的地基处理措施等。

不良地质既包括路基范围内岩溶洞穴、对道路有不利影响的滑坡、崩塌、地震液化等，也包括沿线洪、塘、欠固结的填土等；详细勘察阶段需要对各类涉及的不良地质进行分析评价，提出具体的处理建议。

本条规定当工程需要时宜预测路基的沉降性状，主要考虑软土地区高路堤，为了严格控制工后沉降量，需要预测沉降与时间的关系等。当土性渗透系数很小时，高路堤路基固结时间会很长，通常需要采用增加排水通道等方法加速地基排水固结，以减少路基工后沉降量。

在地下水位相对较高的区域，采用 U 形支撑的地下道路（路堑段），需要了解道路在施工期与营运期的地下水位。抗浮设计水位是判断是否需要采取抗浮措施的重要依据，当地下水浮力大于上覆荷重时，需要提出抗浮措施建议。

路桥接驳过渡段，因桥台采用桩基或基础置于密实的土层，沉降量相对小；接驳过渡段路基填土厚度较大，沉降量相对大；由于路桥接驳过渡的差异沉降过大，导致汽车行驶时发生跳车现象。因此勘察时需要根据接驳过渡段填土的高度、路基性质、差异变形控制要求（变形协调原则）等提出采取地基处理的建议。

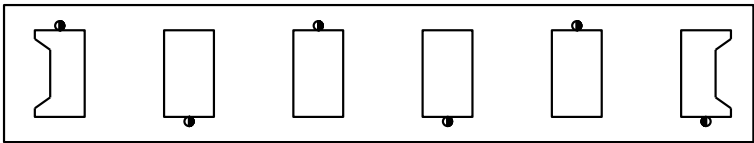
4.2.13 特殊性岩土对路基的稳定性、路基变形特别是工后沉降

控制等影响很大，如果不重视特殊性岩土的性质，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湿陷性土、膨胀性岩土、软土、厚层填土、盐渍土时勘察成果报告评价的基本要求。

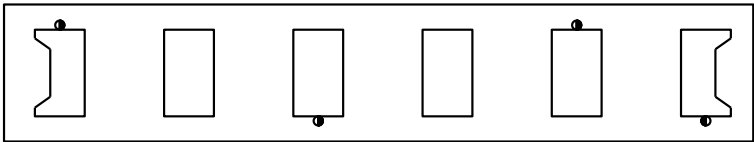
4.3 城市桥涵工程

4.3.6 初步勘察

2 在场地及岩土条件简单的场地，按图 1 布置勘探点比按桥轴中心线布置的控制面大得多，能够合理控制勘探工作量。



(a) 逐墩台布置



(b) 隔墩台布置

图 1 交错布置勘探点示意图

4.3.8 详细勘察

1 对特大桥的主桥，本标准仅规定每个墩台勘探孔数量的下限值（不应少于 2 个）。当岩土条件复杂时，需要根据现场工程地质环境特征的具体情况合理确定（图 2）

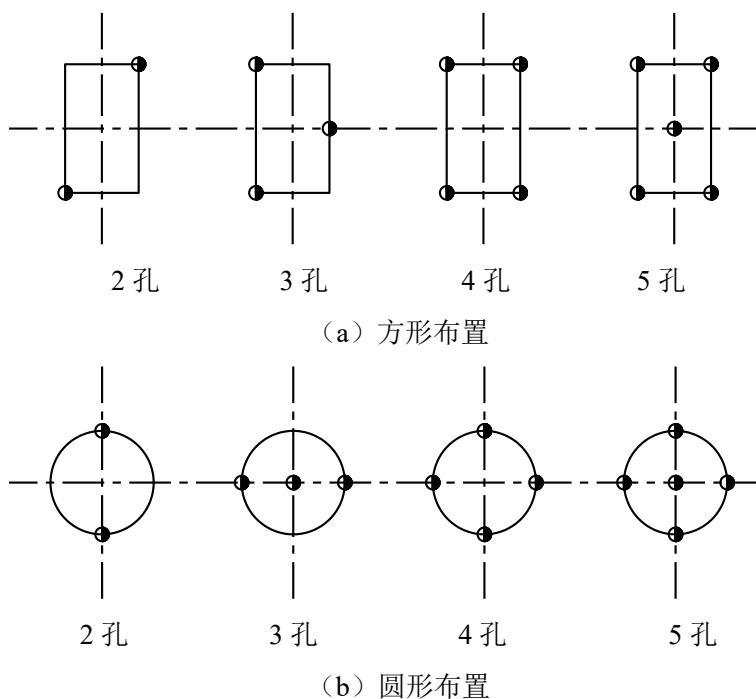


图2 每个墩台多个勘探点布置示意图

4.4 地下洞室工程

4.4.6 本条是对初步勘察工作布置的要求。

其中规定对边墙高度大于15m的洞室应布置垂直边线的勘探线是因为当存在外倾顺向结构面（特别是岩层面）时，易发生顺结构面的滑动；试验项目中要求要做“弹性模量和泊松比”是进行数值分析的需要；地下水对地下工程的施工和运营影响很大，故特别强调“场地存在季节性含水层但勘察时无地下水时，应进行钻孔压（注）水试验”。

4.5 综合管廊工程

4.5.2 综合管廊是近几年城市特别是新区建设过程中新兴的构筑物，多分布于城市主干道上，是将各类公用类管线集中容纳于一体化空间内，并留有供检修人员维护时进入的工作通道的构筑物及附属设施，多采取明挖开槽施工。

4.5.8 综合管廊界面尺寸一般较大，埋深较深，多采用现浇钢筋混凝土结构，或采用预制箱涵拼接，设计施工难度较大，对地质勘察精度要求较高。

4.5.9 详细勘察综合管廊勘探点间距已结合了管廊基坑工程的相关要求。

4.5.11 综合管廊埋深较大，荷载较小，因此勘探点的勘探深度除应考虑地基方案选择、基坑稳定性分析需要之外，还应满足不利条件下的抗浮设计要求。

4.5.13 明挖施工的综合管廊勘察内容与一般基坑工程具有相同之处，但由于综合管廊大多位于城市主干道，除开发区、卫星城等新建区域外，在现状道路范围内规划的综合管廊基坑一般开挖深度大，周边环境复杂，对变形的要求比一般建筑基坑严格。本条规定了综合管廊勘察的重点内容。

1 综合管廊作为场地较大的线性工程，其基坑开挖过程的地下水控制方案对环境影响较大。如采用止水帷幕或连续墙等支护形式，可能会永久性改变地下水流场；如果采用降低地下水位的方式，又要考虑降水引起的地面沉降、周边建构筑物变形等危害。因此，勘察工作应对地下水控制方案进行充分分析论证。

3 拟建管廊沿线的建构筑物 and 地下设施的存在，不但影响地下水控制方案的实施，还会对管廊的基坑支护设计选型产生影响，如影响锚索的实施和围护结构的布置等。因此对城市建成区范围内的管廊勘察要对拟建管廊与周边环境的相互影响进行分析。

5 综合管廊多属深大基坑工程，属危险性较大的分部分项工程，应根据住房和城乡建设部建质〔2018〕37号文《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（2018版）相关规定，应编制专项施工方案，超过一定规模应进行专项论证，确保工程安全。

4.6 城市隧道工程

4.6.1 隧道包括（山岭隧道、地下隧道、水下隧道、工作井等）几种形式。隧道工程在山区多为山岭隧道通过，而在平原或冲积阶地，过江、河除采用桥梁跨越通过外，也以地（水）下隧道穿越通过，两种地貌单元的施工工法有差异，勘察方法与重点也有一定差别。按隧道的施工工艺可分为明挖法和暗挖法，明挖法又分为放坡开挖、支护开挖、盖挖法，其相关内容可参照本标准其他章节或其他相关规范执行；暗挖法分为矿山法和盾构法。一般山岭隧道多采用矿山法施工，而地（水）下隧道多采用盾构法施工，施工工艺不同，勘察时所采取手段和方法也有差异，测试和要求提供参数也不同。本章主要针对暗挖法施工的隧道工程。

4.6.3 隧道勘察一个明显的特点是手段多样，每种手段都有其

优缺点，本条强调隧道勘察应采取多种手段综合进行。

调查与测绘包含地质、工程地质、水文地质三个方面进行，对于山岭隧道、水下隧道由于所处地貌、地质、地面建筑环境等不一样，其调绘重点存在差异，对隧道线位区域地表测绘工作。

针对山岭隧道工程，一般地质地区的调查、测绘，主要是通过地对地表露头的勘查或采用简单的揭露手段（槽探、坑探），来查明隧道区地形、地貌、岩性、构造等以及它们之间的关系和变化规律，从而推断不完全显露或隐埋深部的地质情况。通过调绘主要应该查清对隧道有控制性的地质问题（如地层、岩性、构造），进而对隧道工程地质与水文地质作出定性的评价，为隧道的方案选定提供第一手资料；调查地表分水岭、隧道通过段水文地质单元、含水层和地下水富水性；不良地质地区的隧道调绘是指在有大的构造破碎带、滑坡、压矿区、采空区等地区进行地质调查、测绘。该区的调绘，应充分利用现有的地质资料，通过大量的野外露头调查或人工简易揭露等手段来发现、揭露不良地质存在，找出它们之间的关系以及变化规律。对控制隧道方案及路线方案大的不良地质、特殊性岩土问题，应做出定性、定量评价，并从地质角度提出优选方案，为隧道方案设计和路线走向、工程造价等方案性问题提出指导性意见。

地（水）下隧道的调绘较陆上隧道困难。因地（水）下隧道位于地表水体以下，露头少，隐伏的地质构造和地层不易揭露，实地直接调绘难度较大，能搜集到的资料较少，所以，地（水）下隧道调绘应以调查、访问、搜集各类地质资料为主。如广泛搜

集隧道区域桥址、大型水下建筑物勘察资料和河床断面资料，为隧道的选址提供有参考价值的地质资料。

地球物理勘探具有快速经济的特点，它所显示的是一条直线或一个面的综合情况。对隧道勘探，该方法能帮助探测基岩埋深起伏和隧道围岩分界面、地下洞穴和断裂构造带等，而不像钻孔那样只能反映某一点的有限的情况，所以，在隧道初勘中物探应广泛应用而且应较钻探先行一步。通过物探大面积的勘探来查明隧道区地层、岩性、构造等地质情况，再通过少量钻孔对不良地质、隧道区的地质重点或难点进行揭露，达到经济、快速、基本准确查明隧道区地质情况之目的。物理勘探手段多种多样，每一种物探手段都有它的适应条件及使用范围。同时，物理勘探方法是高度专业化的，每一种方法都要有经验的操作者和解释者。对于隧道的勘探采用哪种方法、怎样布线、测点多密等，一般没有很明确的标准，应根据隧道区地形、地质条件和被测体的规模等来选定。

钻探仍然是隧道勘察最为重要的手段，它除具有直观的特点外，多种原位测试及现场试验的工作需在钻孔中进行。岩质隧道围岩部位钻探必须采用不小于 75mm 的双层岩芯管，金刚石钻头钻进，求得围岩的 RQD 值。岩芯直径、长度应满足各项试验要求；对于风化岩层和土质隧道，围岩部位钻探必须保证岩芯采取率，每回次钻进深度一般不得大于 2m。

原位测试尤其是动、静力触探与十字板剪切试验是土质隧道勘察时不可或缺的手段，它可综合获取土层的力学性质；波速试

验、钻孔内各种水文地质试验是确定围岩类别，判断其涌水量的重要依据。

4.6.5 了解拟选方案场地的地形地貌、地层岩性、地质构造、工程地质、水文地质和环境地质条件，对隧道选线和洞口选址进行可行性分析和评价。

4.6.6 隧道线路可行性研究要综合考虑线路平面和竖向的地质条件，因此勘探孔深度应该适当加深。松散地层指土层、岩土混合层、全风化和强风化岩层。

4.6.7 工程地质测绘仍是本阶段勘察的主要手段，测绘的内容主要包括：

1 隧道通过地段的地形、地貌、地层、岩性、构造特征。对岩质隧道应查明岩层层理、片理、节理等软弱结构面的产状及组合关系与形式。隧道通过地段地层层序、成因、地质年代、接触关系、岩层风化破碎程度。

2 土质隧道应查明土的类型、成因、地质年代、结构特征、物质成分、粒径大小、密实及饱和程度等各类构造的类型、产状、几何要素，岩层破碎风化的程度、规模及影响范围。

3 隧道的横向、平行导坑及斜井、竖井等工程的地质条件。

4 隧道是否通过煤层、矿体、膨胀岩、黄土、采空区、岩溶区等特殊地质及不良地质地段。

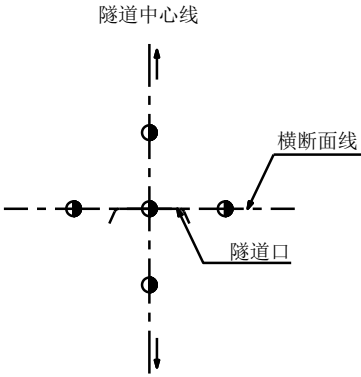
5 对隧道通过含可燃气体、有害气体、放射性物质等地区，应查明其含量、压力、性质，并判断其对隧道施工、营运的

影响。

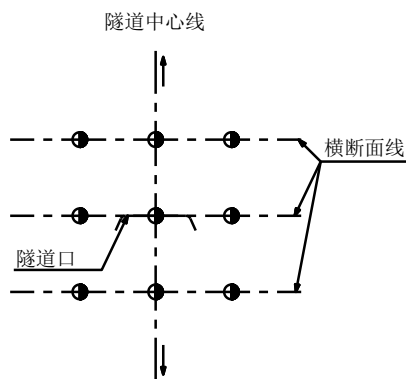
6 隧道区的井泉分布、含水层、隔水层的性质，判明地下水类型、补给、径流、排泄条件，地下水的侵蚀性和洞身各段涌水量的大小。

4. 6. 8 初勘阶段钻孔应少而精，重点是对物探发现的构造破碎带或其他不良地质地段，洞口是整个隧道的关键，故要求在洞口必须有勘探孔控制。

4. 6. 10 隧道洞口应根据地质条件复杂程度布置纵横断面，布置方式可以按图 3 布置。



(a) 地质条件简单隧道口布孔示意图



(b) 地质条件复杂隧道口布孔示意图

图 3 隧道口布孔平面示意图

4.6.11 对于水下隧道勘探孔布置及钻孔深度，参考上海地区规范“采用盾构法施工的隧道”。

1) 隧道勘探孔的平面布置：隧道陆域段，勘探点应在隧道边线外侧 3m~5m 布置，孔距（投影距）宜为 50m；隧道水域段，勘探点应在隧道外侧 6m~10m 范围内交错布置；孔距（投影距）宜 ≤ 40 m。

2) 隧道勘探孔的深度要求：一般性勘探孔不宜小于隧道以下 1.5 倍隧道直径；控制性勘探孔不宜小于 2.5 倍隧道直径。

3) 采用明挖法施工的工作井，其勘探工作量要求参考基坑工程。

4) 连接通道（旁通道）勘探孔不宜少于 2 个，勘探深度宜为隧道底以下 2 倍~3 倍隧道直径。

4.6.12 隧道工程勘察根据其特点，可选择进行如下试验项目：

在隧道工程影响范围内有承压含水层分布地段应测定承压水头，在粉性土、砂土分布地段宜进行现场渗透试验。

无侧限抗压强度试验、三轴不固结不排水剪切试验、十字板剪切试验，提供软黏性土的不排水抗剪强度指标。

颗粒分析试验，提供颗粒分析曲线、土的不均匀系数。

水质分析，判别对混凝土有无腐蚀性。

渗透试验，提供土层垂直向、水平向渗透系数。

必要时，宜进行旁压试验、扁铲侧胀试验，以提供土的静止侧压力系数、水平基床系数；进行孔压试验、波速试验，以提供孔隙水压力系数及地震效应分析所需的场地土动力参数。

孔内涌水量压测法试验。

测定有害气体的含量、压力与性质。

采取岩石样求取物理指标及进行抗压、抗切、抗拉强度力学试验指标。

水下隧道或水文地质条件复杂的隧道，应做钻孔抽水、注水或井中测流试验，若为海底隧道宜进行盐水注入试验。

4.7 室外管道工程

4.7.1 城市室外管道主要或优先采用地下埋设方式，自然条件比较特殊的地区，经过技术论证，亦可采用土堤埋设、地上敷设和水上敷设等方式。本章适用于地下埋设的管道，包括明挖施工和非开挖（顶管、定向钻）施工。

4.7.2 勘察前必须取得的图纸和资料是勘察任务书的主要内容，应由设计单位在下达（委托）任务时提供。

4.7.3 城市公用设施中的各种地下管网是生命线工程的重要组成部分：给水管道一般具有内压，常用钢管、铸铁管、预应力混凝土管及预制钢筋混凝土（或现浇）管敷设，小口径管道也有采用石棉水泥管或塑料管敷设的；排水管道均为无压重力流，以采用混凝土管、钢筋混凝土管居多。大口径（或断面尺寸）的排水管道通常采用钢筋混凝土矩形管道敷设；煤气、热力和输气管道，均具有内压，多用钢管、铸铁管材敷设。各种管道的直径大多在 1400mm 以下，干管及重要管道的综合管廊，有的断面尺寸达到 2000mm×2000mm 以上。管基的埋置深度，除排水管道及大型管道超过 3m 者外，其他多为浅埋管道。

由于管道工程具有的上述特点，对地基基础的强度要求不高，一般地基土的承载力能够满足强度要求，常采用直埋管道敷设，或采用不厚的混凝土基础或钢筋混凝土基础。管道工程通常采用顶管法或明挖法施工。管道通过河谷地段，有时采用修建管架桥穿越岭地段（指丘陵城市和山城）常采用架空线路形式通过。

结合上述管道工程的特点，将管道工程需要通过勘察、设计解决的主要岩土工程问题归纳为 9 项说明如下：（1）当管道穿越软弱地基与坚实地基交界部位时，需判明由于地基土差异沉降导致管道损坏的可能性。（2）软弱地基和振动液化地层适宜的处理和加固方案的选择。（3）当管道通过河谷地段时，河床和岸坡稳定性分析及适宜的敷设方案的选择。（4）当采用顶管法施工时，顶管顶力计算和土壁后背安全验算问题。（5）深埋管道，当拟采

用明挖法施工时，深槽边坡稳定性分析和适宜的支护方案的选择。(6)在地下水位高、对工程有影响的地段，当需采取施工排水措施时，适宜的排水方式（排水井、井点或深井泵排水）的选择和对可能产生流砂、潜蚀、管涌等现象防治措施的落实。(7)强震区地震震害（抗震设防烈度大于或等于 7 度地区的场地和地基地震反应分析）。根据历次震害调查证明，管网震害与场地和地基土质、地下水条件密切相关。管道位于地基软弱、土质不均匀地段、河、湖、沟、坑（包括暗埋的）的边缘、地裂缝带、振动液化地区以及过河管道，多遭破坏，震害率高，震害严重。一般来讲，管道敷设宜避开这些地段。当无法避开时，应采取相应的防震措施，如采用柔性接口结构、改善管道与附件（弯头、三通、四通、阀门）的连接、混凝土枕基等。在可能发生振动液化的地段，必要时可采用打桩补强措施。城市各种地下管网是生命线工程的重要组成部分，一旦发生破坏，会给人民生活和生产带来很大的困难，并且还可能带来次生灾害。(8)不良地质作用的危害，一般对平原城市管道工程不是主要问题，对越岭地段和管道通过河谷地段的管道工程，应进行认真的调查和研究分析。(9)判明环境水和土对管材的腐蚀性，采取相应的防腐措施，以加强管材的耐久性和耐震性。

城市管道工程勘察不仅要结合勘察区的工程地质环境特征和任务要求，对上述可能出现的岩土工程问题进行论证，还应为设计与施工提供工程地质依据和必要的设计参数，并提出相应的建议。

4.7.5 可行性研究勘察（选线勘察）主要是搜集和分析已有资料，对线路主要的控制点（例如大中型河流穿、跨越点）进行踏勘调查，一般不进行勘探工作。可行性研究勘察为一个重要的勘察阶段。以往有些单位在选线工作中，由于对地质工作不重视，不进行可行性研究勘察，事后发现选定的线路方案有不少工程地质问题。例如沿线的滑坡、泥石流等不良地质作用发育，不易整治。如果整治，则耗费很大，增加工程投资；如不加以整治，则后患无穷。在这种情况下，有时不得不重新组织选线。为此，加强可行性研究勘察是十分必要的。

管道遇有河流、湖泊、冲沟等地形、地物障碍时，必须跨越或穿越通过。河流的穿、跨越点选得是否合理，是关系到设计、施工和管理的关键问题。所以，在确定穿、跨越点以前，应进行必要的勘察工作。通过认真地调查研究，比选出最佳的穿、跨越方案。既要照顾到整个线路走向的合理性，又要考虑到工程地质条件的适宜性。

4.7.6 初勘阶段要求初步查明管道埋设深度内的地层岩性、厚度和成因。这里的初步勘察是指把岩土的基本性质查清楚，如有无流砂、软土和对工程有影响的不良地质作用。山区河流河床的第四系覆盖层厚度变化大，单纯用钻探手段难以控制，可采用电法或地震勘探，以了解基岩的埋藏深度。

4.8 城市堤岸工程

4.8.2 本阶段岩土工程勘察的主要任务是以搜集基础地质资料为主，重点了解工程区的区域地质情况及各工程方案的基本地质

条件，以便为规划设计方案的确定提供工程地质依据。

4.8.6

1 本阶段的勘探布置原则需根据设计方案、勘察等级确定总体方案，应沿设计轴线布置，勘探剖面上的勘探点间距宜根据堤岸工程地质条件、堤岸类型合理布置。

2 横剖面上勘探点的布置应根据实际情况适当增减，有堤防功能的则堤内横剖面长度一般应大于 600m；对有滑坡的地段，进行堤岸工程勘察时需一并考虑，同时为滑坡综合治理提供工程地质勘察资料。

4.8.8

1 堤岸工程地质条件及评价应包括堤岸地质结构的划分、岩土体物理力学性质、渗透性、堤岸稳定性等，并提出基础方案建议。

2 应综合考虑水流条件、堤岸地质结构、水文地质条件等，对堤岸的稳定性进行全面的评价，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，还受水流情况的影响较大，所以应了解河势的情况，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。

表 5 堤岸稳定性分类

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

4.8.9

1 由于堤岸是线形结构物，同时考虑到垂直堤岸走向的横断面工程地质资料是验算堤岸稳定性不可缺少的重要依据，从地质角度看，垂直堤岸走向的沿岸地带，由于岸线的历史变迁，地质情况、地层土质又复杂多变，因此本标准规定除平行堤岸轴线布置勘探点外，还应布置具有代表性的横断面勘探线。

3 对原有堤岸的改造或加固工程的勘察，应根据不同类别改造与加固工程的设计要求、场地条件和需要，确定勘察工作的内容和方法。根据实践经验，在原有堤岸临江、临河地带，常有可能存在工业废渣填土（如大块钢渣填土等）及大块抛石等。要查清其空间分布情况，进行勘探是极其困难的，但不查明情况，就会给堤岸设计与施工带来较大的影响。对这类填土和大块抛石，目前尚没有较有效、适宜的勘探方法，只能采用大开挖方法清除后才能继续钻进。特别当地下水位较高时，挖掘工作就很难进行。如果故意蛮干，则将会损耗大量机具和器材，也难以得到满意的效果。一般在这种情况下，应首先进行调查，了解填土的

来源、性质、分布范围及厚度，然后根据调查了解的情况，会同设计、施工有关人员共同商讨处理方案，对这类填土尚应注意调查了解其渗透性。

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的原因是：

1) 需要改造、加固的堤岸，一般情况下，原有堤岸仍作为改建后堤岸的组成部分继续使用。在原有堤岸范围内勘探，不仅有害于原有堤岸结构，还可能由于勘探严重扰动原有堤岸基底下的地基土，从而造成工程隐患。尤其是在分布有疏松地层的地段进行勘探，若勘察方法选择不当，就有可能导致钻孔内大量塌孔、涌砂等现象，使地基土遭受严重扰动或形成空洞，钻孔回填工作若不符合要求，均有可能对堤岸造成局部隐患。在防汛期间，尤应避免在老堤岸上或堤岸附近进行勘探，必要时，应取得防汛主管部门同意，采取适当措施后，方能进行勘探。

2) 原有堤岸基底下的地基土已受长期荷载压密，与原堤外未经压密的地基土性质必然有所差别，另外，沿岸地带的地层土质又往往复杂多变，当原堤侧向需要加固、加高时，在原堤范围内进行勘探所取得的资料作为设计的依据，就难以保证其可靠性。同时，根据压密后地基土的性质，提供计算参数进行地基强度和稳定性验算，其安全度也会降低。

4 勘探点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。一般来讲，Ⅲ类土堤对地基土的不均匀沉降适应性较强，其他两类堤岸对地

基土的要求较高。标准中表 4.8.9 勘探孔间距是根据堤岸勘察实践中一般选用的勘探孔间距，并参考了其他规范的有关规定提出的。勘察时，可根据现场实际情况和地区经验，在表中规定的勘探孔间距范围内灵活选用；垂直堤岸代表性横断面勘探孔间距，以能控制地层土质变化，满足滑动验算要求为原则。每条横断面勘探线，一般可布置 2 个~3 个勘探孔。当采用锚定板桩岸壁时，则应在锚定板处布置适量的浅孔，以了解锚定板处的土质情况，合理确定锚定板的位置等。

4.8.10

1 对堤岸勘察勘探孔深度的要求是根据各类堤岸的特点、堤岸勘察的实践经验，参考了相关规范的有关要求，并考虑了不同地基计算类别的需要确定的。

4.8.14

1 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、不良地质现象及地质灾害等）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。

2 堤基的渗透变形评价堤岸地基稳定分析和堤基的渗透变形评价时，应考虑下列因素：

- 1) 应选用设计洪水位。
- 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。

堤基的渗透变形判别可参照现行行业标准《堤防工程地质勘察规程》SL 188 的有关规定执行。

4.9 城市废弃物填埋场工程

4.9.3 本条规定了废弃物处理工程的勘察范围。对于山谷型废弃物堆场,一般由下列工程组成:

- 1 初期坝:一般为土石坝,有的上游用砂石、土工布组成反滤层。
- 2 堆填场:即库区,有的还设截洪沟,防止洪水入库。
- 3 管道、排水井、隧洞等,用以输送尾矿、灰渣,降水、排水,对于垃圾堆埋场,尚有排气设施。
- 4 截污坝、污水池、截水墙、防渗帷幕等,用以集中有害渗出液,防止对周围环境的污染,对垃圾填埋场尤为重要。
- 5 加高坝:废弃物堆填超过初期坝高后,用废渣材料加高坝体。
- 6 污水处理厂,办公用房等建筑物。
- 7 垃圾填埋场的底部设有复合型密封层,顶部设有密封层。赤泥堆场底部也有土工膜或其他密封层。
- 8 稳定、变形、渗漏、污染等的监测系统。

4.9.4 废弃物填埋工程一般是由衬垫系统、渗滤液收集系统、气体排放系统、封顶系统组成的。与普通构筑物不同,为了防止

渗滤液造成二次污染，选址时对于场地的隔水条件及地基土的不均匀沉降有较高的要求；如果天然隔水条件好，就可节约大量的人工防渗处理费用。而地基的不均匀沉降可造成衬垫层拉裂，使渗滤液外泄造成二次污染。

4.9.7 废弃物填埋场作为一个存放巨大污染源的特殊构筑物，对其长期稳定性和安全性有非常严格的要求。因此，在进行岩土工程勘察时，应把查明场地防渗条件和场地稳定性评价作为勘察工作的重点。

4.9.8~4.9.9 对勘探测试工作量和技术要求，本节未作具体规定，应根据工程实际情况和有关行业标准的要求确定，以能满足查明情况和分析、评价要求为准。

4.9.10 本条仅对勘探取样和原位测试的技术要求与工作量确定做一般规定。在实际工作中，应根据工程实际情况，以能满足查明场地岩土工程条件和分析、评价要求为准。废弃物的堆积方式和性质不同于天然土，按其性质可分为似土废弃物和非土废弃物。似土废弃物如尾矿、灰渣等，类似于砂土、粉土、黏性土，其颗粒组成、物理力学性质、渗透性等可以用土工试验方法测试。非土废弃物如生活垃圾，取样测试都较困难，应根据具体情况专门考虑。有些力学参数可通过现场监测，用反分析法确定。

4.9.11 力学稳定和化学污染是废弃物处理工程评价两大主要问题，故条文对评价内容作了具体规定。变形有时也会影响工程的安全和正常使用。土石坝的差异沉降可引起坝身裂缝；废弃物和地基土的过量变形，可造成封盖和底部密封系统开裂。

4.10 城市绿地工程

4.10.2 本条所列内容是可行性研究勘察重点分析评价包含的内容，具体工程可根据工程特点和具体地质条件进行其他有针对性的分析评价。

4.10.7 目前国内对挖湖、堆山工程勘探点的布置尚未有明确的规范规定，本条文对挖湖、堆山工程勘探点的布置参考了济南市相关行业的勘察经验。

4.11 城市给排水厂站工程

4.11.1 给排水工程主要由下列五类情况组成：

1 管道。

2 水处理构筑物（厂区的各类水处理构筑物，此类构筑物对不均匀沉降比较敏感，还有空载期的抗浮问题）。

3 泵站（主要由泵房、管道及附属建（构）筑物组成，其中泵房是主要的构筑物）。

4 建筑物（主要是指厂区、泵站中的一些建筑物）。

5 取排水构筑物（由取水头部或者排放口以及管道组成）。

本章主要针对厂区水处理构筑物、泵房以及取水头部（排放口）等构筑物的勘察。厂区、泵站的建筑物工程按相关规范执行，管道工程按本标准第4.7章相关内容执行。

4.11.2 给排水工程等级主要参考了住房和城乡建设部《工程设计资质标准》（2007年修订本）相关内容，对市政行业给排水工程设计规模划分为大、中、小三种类型。

4.11.7 在初勘阶段往往最终设计方案尚未确定，而各地区的工程地质条件差异较大，因此初步勘察勘探孔深度应考虑拟建建（构）筑物性质及场地工程地质条件、可能采用的基础形式、施工工法等综合确定，以满足设计方案比选的要求为原则。

4.11.9 详细勘察

1 勘探点宜沿水处理构筑物基础范围周边布置，主要的转角处宜有勘探点控制。大面积的基础，尚应按相应的勘探点间距在基础范围内布置勘探点。当相邻勘探点揭露的地层变化较大并影响到基坑设计或施工方案选择时，应适当加密勘探点。

浅部地层情况，特别是填土和暗浜对基坑支护结构的设计和施工影响较大，必要时可沿基础范围周边布置小螺纹钻孔进行浅层勘察。坑内一般可不布置小螺纹钻孔，探查深度应进入正常土层不少于 0.5m。由于有些基坑是采用放坡施工，基础边界线的外延不良地质作用也会给设计和施工带来较大的影响。因此当场地条件许可时应该适当地外延探查不良地质作用的范围。目前浅层勘察常用手段是小螺纹钻，依靠目测鉴定，常常精度不是很高，因此在实际工作中可采用手摇静探来代替，这样可以提高勘察的质量，对于一些回填土（如素填土、冲填土）也能提供强度参数。在很多勘察工程中，由于受场地条件限制如地坪很厚、下部大块碎石、道路路面等，勘察期间无法完成探查工作，因而需要施工单位的配合，进行施工勘察或施工验槽使探查工作能顺利开展，为设计和施工提供必要的资料。

3 取水头部（排放口）有可能布在岸边或者伸入江中，勘

探点布置应根据其工程规模、特点以及采用的基础形式综合确定。

4.11.10 本条规定了详细勘察阶段勘探孔的深度布置原则：

1 厂区水处理构筑物的建筑规模越来越大，有的开挖深度也越来越深，其结构形式也多种多样，有开挖埋深式，也有叠合式的结构（此类构筑物是两种功能的水处理构筑物叠合在一起，一部分埋在地下，一部分在地面以上）。在地下潜水水位较高地区，对于开挖埋深式结构的水处理构筑物，承受往复荷载；排空时存在抗浮问题，充满水时则要考虑抗压荷载；对于叠合式结构的水处理构筑物也应进行抗浮验算，当验算结果排空时不需要考虑抗浮问题时，则主要考虑抗压荷载的影响，否则也需要考虑承受往复荷载；另外，此类构筑物由于建筑面积大，需要考虑不均匀沉降的影响。

2 由于目前泵房的建设规模越来越大，基坑的开挖深度越来越深。根据工程经验，围护桩墙的插入深度通常为基坑开挖深度的1倍左右，因而确定勘探孔的测试深度为2.5倍的基坑开挖深度一般可以满足设计的要求。一些大型泵房基坑开挖深度达到30m~40m，如按2.5倍基坑开挖深度确定勘探孔深度将达到75m~100m，显然勘探孔深度偏深。因此对于这些超深的基坑工程，在基坑开挖影响深度范围内遇到密实的砂（粉）土或硬土层时，可根据支护的设计要求减少勘探孔深度。有许多泵房工程上部可能会与主体建筑共建或基础可能采用桩基等形式，因此勘探孔深度的确定要同时满足不同基础类型及施工工法对孔深的要

求。

3 基础范围内揭露承压含水层的钻孔，为防止承压水头对施工的影响，应选择适当的钻探方法和钻探工艺，在钻探和测试工作结束后，严格按相关规定进行回填工作。一般宜用蒙古土球作为填料封孔，当承压水可能会对施工产生较大影响时应采用水泥注浆进行封孔。

本标准同时提出了对工程有影响的微承压水和承压水的量测要求。为了较准确地量测承压水稳定水位，现场进行观测试验时应采取措施将不同的含水层有效地隔开，并连续观测一定时间。根据大量实测资料的分析，稳定水位的量测时间一般不宜少于连5d，当微承压或承压含水层中夹较多蒙古性土时，观测时间尚应适当延长。

4.11.11 根据统计，很多事故都是由地下水引发。因此勘察报告应提供有关潜水、微承压水或承压水的埋藏条件、水位变化幅值以及土层的渗透性能等的详细资料，并根据勘探、测试资料，对地下水引发流砂、管涌、坑底突涌等危害的可能性进行分析评价。

由于地下水一般随季节有一定的变化，工程勘察阶段短期观测资料未必能够测得该区域承压水高水头值并获得其变化规律，因此不能简单将勘察阶段测得的承压水位作为判别深大基坑开挖是否发生水土突涌的依据，工程勘察阶段所进行的一些简单室内外渗透试验，很难模拟实际的施工工况。因此对一些大型重要工程当水文地质条件复杂且对设计及施工有重大影响时，应提出专

门的水文地质勘察的建议，以满足施工降水设计的要求。

4.12 既有市政基础设施改扩建工程

4.12.1 既有建（构）筑物增层、改建、扩建、纠倾和加固的岩土工程勘察可不分勘察阶段。勘察前一定要在搜集已有勘察资料和各种监测、检测资料的基础上，针对建（构）筑物现状和周边可勘察环境，有针对性地选择可行的勘察方案、勘探手段，合理地布置勘察工作量。

新增荷载是既有建（构）筑物地基中应力状态发生改变的主要因素，其附加荷载对邻近地基会产生应力叠加，导致既有建（构）筑物地基产生的不均匀附加沉降，并造成建筑物的相对变形或挠曲、裂损，这也是这类工程的岩土工程特点。

要求试验工作应针对性要强，所获取的数据、资料要科学、适用。系统的监测工作是确保工程能否成功的重要保证之一。

4.12.3 勘探工作应符合下列规定：

1 接建、邻建建筑物所带来主要岩土工程问题是新建建筑物的荷载引起的，在现有建筑物紧邻新建部分的地基中的应力叠加。这种应力叠加将导致既有建（构）筑物地基土的不均匀附加压缩并造成建筑物的相对变形或挠曲、裂损。所以在接建、邻建建筑物部位应专门布置勘探点。

2 既有建（构）筑物增层、改扩建和加固的岩土工程勘察的目的，是查明地基土的实际承载能力，从而确定是否尚有潜力可以增层或增载。而增层或增载的地基承载力潜力是不宜通过查承载力表来衡量的。最好的办法就是通过载荷试验对地基土的承

载能力进行对比试验。本条修订时强调采用载荷试验、旁压试验等原位测试手段提高岩、土、水参数的准确性及可靠性。地基持力层深度埋藏浅时，可考虑采用平板荷载试验，持力层深度较大时，可考虑采用螺旋板载荷试验。

4.12.4 增层和加固勘探点按控制性钻孔的要求进行，参考现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007-2011 中条形基础的主要持力层深度为 $3b$ ，钻孔深度由原 $2.5b$ 调整为 $3b$ 。采用桩基补强的，勘探深度应满足桩基承载力计算及地基变形计算的要求。

4.12.5 考虑变形计算的需要，对地基主要持力层深度内的地基土均要求进行取土及原位测试，其中一倍基础宽度深度内的土层影响最大，故要求密取样及试验。考虑到同一钻孔可能在采取土的同时，还进行标准贯入试验等原位测试，取土及试验间距 $0.5m$ 偏小，适当加大。

4.12.7 基坑开挖或修建地下工程进行大面积抽降地下水，所引起地面沉降与变形不仅发生在软黏性土等高压缩性土层分布地区，对于压缩性不大，但厚度巨大的土层也可能出现数值可观的地面沉降与挠曲。

5 工法勘察要求

5.1 一般规定

5.1.3 市政基础设施岩土工程勘察不仅要为工程结构设计服务，还需要满足施工方案和施工组织设计的需要。市政基础设施施工的工法较多、工艺复杂、不同的工法工艺对地质条件的适应性不同，需要的岩土参数不同，对地下水的敏感性不同，需要解决的工程地质问题也不相同，因此，需要针对不同的施工工法提出具体的勘察要求。通过调研，山东省市政基础设施施工涉及的工法主要包括明挖法、盾构法，非开挖工法中的顶管法及定向钻法。本标准未涉及的其他工法可参照有关规范进行勘察。

5.1.4 工法的选择往往会影响工程的成败，对工程造价、工期、工程安全均会产生较大的影响，在各阶段的勘察均要根据施工方法的要求开展相应的勘察工作。工法的勘察应结合工法的具体特点、地质条件选取合理的勘察手段和方法，并进行分析评价，提出适合工法要求的措施、建议及岩土参数。

5.2 明挖和沉井法

5.2.1 明挖法涉及的工作内容包括：基坑支护、土方开挖、地下水控制设计与施工；基坑突涌和基底隆起的防治；施工设备选型和工艺参数的确定；工程风险评估、工程周边环境保护以及工程监测方案设计。明挖法勘察应根据工程需要为设计和施工提供的相关的岩土勘察资料。

5.2.2 明挖法勘察内容与一般基坑工程勘察具有相同之处，市

政基础设施工程明挖法具有周边环境复杂、变形控制要求严、存在明暗相接区段、明挖结构开洞较多等自身的一些特点。本条规定了明挖法的重点勘察内容。

1 岩土条件往往给支护工程带来极大麻烦，如沿软弱夹层产生整体滑动，产生流砂而造成地面塌陷等。因此，必须给予更多的投入查清其产状与分布，以便采取防范措施。

2 按工程施工情况和现场的饱和粘性土存在的不同排水条件，考虑究竟采用总应力法或有效应力法，以期更接近实际，取得较好效果。对抗剪强度指标的选用，现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120-2012 做了明确的规定。

3 人工降低水位与深基坑开挖密切相关。勘察工作首先要分析判断要不要人工降低水位，并应对降低水位形成地层固结导致地面沉降、建筑物变形以及潜蚀带来的危害等有充分估计。实践中这类教训是不少的，为此勘察中应充分论证和预测，以便采取有效措施，使之对既有建筑的危害减至最低限度。

5.2.4 明挖法一般提供的岩土参数包括土的密度、黏聚力和内摩擦角、渗透系数等，按不同的支护类型，并提供下列岩土参数。

土钉墙支护：土钉锚固体与土体极限黏结强度。

排桩支护：静止侧压力系数、土体与锚固体极限黏结强度、水平抗力系数的比例系数。

地下连续墙支护：静止侧压力系数、水平基床系数、水平抗力系数的比例系数。

5.2.5 沉井可用于竖井的施工。本条特别说明了沉井或沉箱的勘察要求，主要包括钻孔布置、终孔深度，以及查明岩土层的分布、物理力学性质和水文地质条件，特别提及可能遇到对沉井施工不利情况的勘察要求。钻孔数量不宜多，一般1个~4个钻孔可满足要求。

5.2.6 对明挖法、沉井法的勘察，其勘察报告除满足常规基坑评价内容，宜结合岩土条件、周边环境条件，提出其明挖法基坑围护方法的建议与相应的设计参数；根据大量市政基础设施工程经验，对存在的不良地质作用，如暗浜、厚度较大的杂填土等，如果勘察未查明或施工处理不当，可能引起支护结构施工质量问题（如地下连续墙露筋、接头分叉，灌注桩缩径，止水结构断裂等），对周边环境产生不利影响（如地面塌陷，管道断裂，房屋倾斜等），因此，在勘察报告中应增加不良地质作用可能引起明挖法施工风险的分析，并提出控制措施及建议的要求。

5.3 盾构法

5.3.2 从以下几方面理解盾构法岩土工程勘察的要求。

1 关于第1款，常见的不良岩土条件对盾构法施工的影响主要为以下几个方面：

1) 灵敏度高的软土层：由于土层流动造成开挖面失稳。

2) 透水性强的松散砂土层：涌水并引起开挖面失稳和地面下沉。

3) 高塑性的粘性土地层：因粘着造成盾构设备或管路堵塞，使开挖难以进行。

4) 含有承压水的砂土层: 突发性的涌水和流砂, 随着地层空洞的扩大引起地面大范围的突然塌陷。

5) 含漂石或卵石的地层: 难以排除, 或因被切削头带动而扰动地层, 造成超挖和地层下沉。

6) 上软下硬复合地层: 因软弱层排土过多引起地层下沉, 并造成盾构在线路方向上的偏离。因此, 以上岩土条件是盾构法的重点勘察内容。

2 当盾构穿越含有漂石或卵石的地层时, 粒径大小、含量及强度对盾构机的选型、设计, 以及设备配置等有直接影响。随着盾构技术的发展, 在此种含水地层中, 采用密闭型盾构施工的实例正在增多, 但也不乏因情况不明或设计不周导致机械故障, 造成难以推进的例子。所以, 当用常规钻孔无法搞清情况时, 就应该采用大口径勘探孔以便摸清地质情况, 据此设计盾构机切削刀头的前面形状、支承方式, 确定刀盘的开口形状和尺寸, 刀头的材质和形状, 螺旋输送机或其他水力输送机的直径、结构等。由于受到盾构内部作业空间的限制, 输送管道允许采用的口径与盾构内径有关。一般当粒径大于输送管道直径的 $1/3$ 时, 就容易出现堵塞现象, 而需在盾构中设置破碎机。

3 关于第 4 款, 盾构勘察中各项勘察试验目的见表 6。

表 6 各项勘察试验目的

勘察项目	勘察试验目的
地下水位	计算水压力 (衬砌及盾构设计用); 决定气压盾构的气压和最小覆土厚度; 盾构选型

续表 6

勘察项目	勘察试验目的
孔隙水压力	计算水压力
渗透系数	决定降水方法及抽水量；判定注浆难易；选择注浆材料及注浆方法；盾构选型；推求土层的透气系数
地下水流速、流向	分析注浆法和冻结法的可行性
无侧限抗压强度	推算粘性土的抗剪强度；评价开挖面的稳定性
土的黏聚力	计算土压力；盾构选型；推算粘性土强度
内摩擦角	计算土压力；盾构选型；推算砂性土强度；确定剪切破坏区
变形系数	有限元分析的输入参数；计算地层变形量
泊松比	有限元分析的输入参数；计算地层变形量
标贯击数	盾构选型（表示土的强度及密实度）；液化判定
基床系数	计算地层反力
土的重力密度	计算土压力
孔隙比	了解土孔隙的大小；估计注浆率；计算粘性土的固结下沉量
含水量	计算浆体充填量；施工稳定性分析
颗粒分布曲线	明确颗粒粗细；推算渗透系数；测算注入率；选择注浆材料和压注方式；判定砂土液化；开挖面自稳性分析
液限	推算土的稳定性；结合土的灵敏度，选择注入率；粘性土固结下沉量估算
塑限	推算土的稳定性；结合土的灵敏度，选择注入率

续表 6

勘察项目	勘察试验目的
岩石的岩性和风化程度	盾构机设计和刀具选择
岩石的单轴抗压强度	盾构机设计和刀具选择
岩石的 RQD 值	盾构机刀具的配置
岩石的结构、构造和矿物成分	施工参数的选择和刀具磨损的评估

5.3.3 盾构法施工管片背后注浆压力比较大，如钻孔封填不密实，浆液可能沿钻孔喷出地面。

5.3.4 盾构法勘察分析评价除应符合本标准第 11 章规定外，提出尚应重点关注的内容。

1 盾构始发井、到达井及联络通道是盾构施工中最容易出现事故的部位，因此，盾构法的岩土工程勘察工作需要对盾构始发、接收井及盾构区间联络通道的地质条件进行分析和评价，预测可能发生的岩土工程问题，提出岩土加固范围和方法建议。

2 盾构下穿地表水体时，尤其是盾构处在掘进困难时，受到地表水体危害的可能性是较大的，因此，岩土工程勘察应对这种情况进行分析。

3 淤泥层、液化的饱和粉土层及砂层等对盾构施工产生很大影响，而且这种影响会持续到运营期间，严重时会影响盾构隧道的稳定性。因此，岩土工程勘察不仅需要分析评价淤泥层、液化的饱和粉土层及砂层对盾构施工安全的影响，还要提出这些不良地质层对将来运营期间隧道稳定性可能产生的影响。

5.4 顶管法

5.4.2 顶管区段的勘察要求:

1 对管道沿线分布的暗浜(塘),宜在调查的基础上有针对性地。采用小螺纹孔查明其分布情况;对管道穿越的明浜(塘),应进行河床断面测量,提供地表水水位及淤泥厚度等。避免顶管处于软硬极不匀的土层上或管顶覆土不足引起管道上拱。

2 当有地下障碍物,应查明障碍物范围、埋深和特性。

3 地下存在沼气及其他有毒有害物质时,应查明分布范围、埋深和特性。

4 在化工厂区地下顶管时,查明酸碱和油脂的污染程度。供设计单位对管材选用和防腐处理作参考。

5.4.3 针对顶管工程特点,提出地下水勘察应重点关注工作内容:

1 地下水温度或土体温度对顶管设计很重要,影响管道中继间的闭合温度,应当在勘察报告中提供。

2 地下的承压水有可能威胁顶管施工的安全,特别应提供必要的数据库。

5.4.5 顶管法勘察对提供的岩土物理力学指标要求:

1 本条要求提供的物理力学的基本要求,是针对顶管工程的必需资料,所列的土层和岩石层物理力学系数是顶管设计和施工的必需参数,不同于一般的工程勘察项目。

2 目前国内规范,划分岩石的坚硬程度是以饱和单轴抗压强度为依据,但是,对于顶管工程来说,判断能不能顶管,顶管

机的选型，岩石的天然单轴抗压强度更加符合顶管的实际工况，因此地质报告要求一定要提供岩石的天然单轴抗压强度。岩石顶管不同于土层顶管，顶管机迎面切削的碎削；顶进过程中，泥浆套周边剥落的岩石碎削，会严重影响顶管顶进，引起卡管、破坏管道外防腐层，因此，必须进行岩石的完整程度分类，以便引起施工单位的重视。

5.4.6 顶管法勘察分析评价除应符合本标准第 11 章规定外，提出尚应重点关注的内容。

1 不同的岩土条件，对顶管施工工法影响很大，可能出现施工事故，因此，顶管法岩土工程勘察要预测可能发生的岩土工程问题，提出岩土加固范围和方法建议。

2 顶管下穿地表水体时，顶管施工受到地表水体危害的可能性是较大的，应调查地表水与地下水之间的水力联系，应对地表水体的影响情况进行分析。

3 淤泥层、流沙、潜蚀、管涌层及承压含水层等对顶管施工影响很大，严重时会造成施工安全事故，这种影响会持续到运营期间，不良地质作用及特殊性岩土对顶管施工也会造成一定程度的施工风险，岩土工程勘察均应有相关提示、评价和建议。

5.5 定向钻法

5.5.2 定向钻法勘察要求

1 要了解施工场地地面建筑物的功能、基础类型、规格尺寸、区域环境和植被及地形变化；交通状况，施工进退场道路；了解水域覆盖面积、深度变化；查看高空及地表有无强磁场干扰

及通过地面窰井，查找可能存在的干扰源等。

2 一般情况下，应测试土的分类指标和物理性质指标；基坑有降水设计要求时，应做渗透试验；地下水对管材具有腐蚀性时，应进行地下水的腐蚀性评价。

5.5.3 定向钻工程勘察布孔要求

水平定向钻法管道穿越工程可能需要调整穿越轨迹，因此勘探孔的深度应在设计管底标高以下确保有效影响深度满足设计及施工要求。如遇不同地质单元、不同地貌、地层变化频繁和出现大量砾石、卵石、漂石时，应加密勘探取样钻孔的水平间距和勘探深度，为设计及施工提供合理指导依据。

5.5.4 定向钻穿越适用范围：1) 适于采用定向钻穿越的地层有：粉土、粉质黏土、黏土、粉砂、细砂、中砂、软质岩石层；2) 穿越有一定难度，但经过处理后可以穿越的地层有：粗砂层、含量小于 50%的砾石层、埋深较浅厚度不大的卵砾石地层；3) 不适于采用定向钻穿越的地层有：裂隙发育的硬质岩石层、流沙层、含量大于 50%的砾石层、粒径大于 10cm 的卵石层。为方便定向钻法穿越工程设计，对提供的岩土物理力学指标做出了基本要求。

5.5.5 定向钻法属于非开挖穿越方法，定向钻穿越方法也有其局限性，穿越长度和管径受钻机、钻杆能力限制，要求河岸一侧有平坦开阔的管线组装场地，河床地层复杂时，施工风险较大，一旦发生卡钻，则必须更换穿越点重新穿越，若施工操作不当，易发生地面变形、冒浆等问题，影响附近建（构）筑物安全。

6 特殊性岩土和不良地质作用

6.1 一般规定

6.1.1~6.1.2 针对山东地区存在的特殊性岩土和市政基础设施工程的特点，对特殊性岩土的勘察工作内容、基本要求进行了总体规定和说明，由于不少国标、行业标准及地方标准对特殊岩土都有详细的规定，涉及测试及定量评价，应按国标及与轨道交通工程有关的行业设计规范标准的有关规定执行。

关于污染土的说明：

随着人们环境保护和生态建设意识的增强，污染土和地下水造成的环境影响，尤其是对人体健康的影响日益受到重视，国际上环境岩土工程也已成为是否突出的问题。

根据《国务院关于印发土壤污染防治行动计划的通知》（国发〔2016〕31号）、《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》（环发〔2012〕140号）、《关于加强工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》（环发〔2014〕66号）、《污染地块土壤环境管理办法（试行）》（环境保护部令 第42号）等相关文件的要求，建立土地用途改变及流程中土壤环境状况调查评估制度，根据场地调查评估工作阶段实际需要，编制《场地环境初步调查报告》《场地环境详细调查报告》《场地环境风险评估报告》，并将相关材料和结果呈报所在地设区市级以上政府部门备案。

6.1.3~6.1.4 不良地质作用对市政基础设施工程的设计方案、

施工方案、工程安全、工程造价、工期等会产生重大影响，同时不良地质作用随时空的变化而变化，伴随在工程建设和运营的全过程中，因此，应对不良地质作用应有针对性的开展勘察工作进行专项勘察工作。

6.2 填土

6.2.1~6.2.4 调查原始地形地貌，能分析填土的分布规律，填土的堆积年代和堆积方式与填土的密实度关系很大；填土一般为不均匀土，其物质组成、颗粒级配与土的力学性质相关联，多为欠固结土，有必要查明其湿陷性和压缩性；填土组成物质较复杂，物质来源多样，没有自然沉积规律，离散性大，难以取不扰动样，应加强外业钻探施工鉴别和原位测试，还应判定场地土对建筑材料的腐蚀性。

6.3 软土

6.3.1 山东地区的软土主要分布于黄河冲积平原、湖积平原（南四湖、东平湖等湖区）、滨海平原（渤海、黄海滩涂）、内陆坑塘。软土工程勘察应特别注意查明：

- 1 微地貌形态与不同性质的软土层分布有内在联系，查明微地貌、旧堤、堆土场、暗埋的塘、沟、坑、穴等，有助于查明软土的分布。

- 2 薄层理与夹砂层分布特征对软土的排水固结条件、沉降速率、强度增长起关键作用，是地层结构及均匀性评价的重点内容之一；对变形敏感的工程，确定软土的固结历史有利于分析其

变形特征。

3 软土地带工程施工,降水、开挖、打桩及大面积回填等会导致软土中的应力状态突变或孔隙水压力骤升,使土体及工程产生变形、位移或造成破坏,软土勘察应提出措施建议。

6.3.2 薄壁取土器采取的土样基本能够满足I级不扰动土样要求。青岛市勘察测绘研究院在7个软土试坑内采取了48组I级土样,同时在各试坑周边钻孔中用薄壁取土器采取了159组土样,进行了室内试验,其物理指标相差小于3%,强度及变形指标相差多在6%以内。

静力触探试验适用性比较强,也是比较成熟和直观的一种测试方法,当静力触探试验深度满足勘察要求时,可用静力触探孔代替部分钻探孔,用双桥静力触探以获取更全面可靠的软土参数。

自钻式旁压仪比预钻式旁压仪更适宜软土,若条件允许,鼓励采用十字板剪切试验、扁铲侧胀试验、螺旋板载荷试验等测试方法对软土参数进行相互校对和验证。

6.3.3 软土的室内试验作以下几点说明:

1 软土的室内试验,要与设计条件及施工工况条件相协调或一致,对基坑工程,室内试验应满足基坑支护设计、施工所需的参数及评价要求,室内试验以提供抗剪强度及渗透性指标为主。

2 对需进行地基处理的软土,应根据可能采取的处理方案选择不同的测试试验方法。

如需采取预压法，应提供待处理软土的先期固结压力、压缩性参数、固结特性参数和抗剪强度指标等，对于重要工程宜选择代表性的试验区进行预压试验并反算软土的固结系数、预测固结度与时间、沉降量的关系。

如需采用换土垫层法，软土的室内试验应能满足评定垫层以下软弱下卧层的承载力和变形特征。

如需采用水泥土搅拌法，室内试验应能提供软土的含水率、塑性指数、有机质含量、地下水的 PH 值及其腐蚀性。

如需采用复合桩基，室内试验应能提供桩端以下变形计算深度范围内各土层的压缩性参数。

3 试验土样的初始应力状态、应力变化速率、排水条件均应尽可能模拟工程的实际条件。固结试验第一级加荷根据有效自重应力大小及成果要求，宜用 25kPa 或 50kPa，必要时，可取 12.5kPa。

6.3.4 软土的岩土工程分析与评价应考虑下列问题：

软土的承载力应结合建筑物等级和场地地层条件按变形控制的原则确定，或根据已有成熟的工程经验采用土性类比法确定。当采用不同方法所得结果有较大差异时，应综合分析加以选定，并应说明其适用条件。

青岛环胶州湾的滨海软土，颜色呈灰黑色～灰色，软塑～流塑状态为主；粒度成分以粉粒、黏粒为主，含较多海相生物贝壳；物质成分含蒙脱石、伊利石等黏土矿物、云母矿物、长英质矿物等，含有机质和易溶盐。该层土的主要物理力学指标见表

7。

表 7 胶州湾滨海软土的物理力学性质指标统计表

指标 项目	平均 值	极大 值	极小 值	标准 差	变异 系数	统计 个数	中值	代表性 值域区间
ω	36.4	79.8	23.7	9.2	0.25	1158	33.7	28~45
ρ (g/cm ³)	1.84	1.97	1.39	0.09	0.05	1158	1.84	1.70~1.90
e	1.007	2.570	0.772	0.251	0.25	1158	1.009	0.9~1.5
Sr (%)	95.9	100.0	90.3	3.8	0.04	1158	97	93~100
ω_L (%)	30.9	57.3	22.5	7.4	0.24	1158	28.5	24~37
ω_P (%)	16.3	32.7	12.0	4.0	0.24	1158	15.1	13~19
$I_P\%$	14.6	29.5	10.1	4.0	0.27	1158	14	11~18
$I_L\%$	1.39	2.63	0.94	0.27	0.19	1158	1.33	1.0~1.7
a_{v1-2} (MPa ⁻¹)	0.67	1.58	0.30	0.35	0.54	159	0.57	0.4~0.9
E_{S1-2} (MPa)	3.61	6.33	1.70	1.30	0.36	159	3.47	2.0~4.5
c_{uu} (kPa)	12.9	24.2	3.8	5.1	0.40	28	14	7.2~17.0
Φ_{uu} (°)	4.6	12.9	2.6	1.7	0.37	28	4.5	3~12
c (kPa)	6.3	17.8	2.6	2.5	0.40	78	6.2	3~10
Φ (°)	7.6	17.6	1.2	2.9	0.37	78	5.8	1.6~14
cq (kPa)	11.4	20.6	6.4	2.5	0.22	67	14	7.2~17
Φq (°)	8.0	17.3	2.0	2.6	0.32	67	7.2	4~15
qu (kPa)	26.0	49.3	5.8	10.1	0.39	50	27.2	10.2~41.2

载荷试验采用平板载荷试验，配重方式为压重平台千斤顶加荷，每级荷载 10kPa；每级加载后在连续 2h 内，每小时沉降小于 0.1mm 时，加下一级荷载。软土载荷试验的难度非常大，可参考资料少，本次研究平均每个载荷试验的周期为 17d，最长的一级加荷稳定时间长达 111h。5 组载荷试验仅见荷载板周边裂缝，累计沉降达 142.43mm~235.55mm，若继续加载，地基土还能承受，只能产生更大的压缩变形，预计最后将沿载荷试验板边

缘产生垂直冲剪破坏。载荷试验成果见表 8。

表 8 载荷试验成果汇总表

试验 编号	比例界 限点 P_0 (kPa)	最大 加载 P (kPa)	P_{u1} (kPa)	P_{u1} 对应 沉降量 (mm)	P_{u2} (kPa)	P_{u2} 对应 沉降量 (mm)	E_0 (MPa)
Z1	无	110	60	45.56	80	105.22	1.4
Z2	无	220	80	41.73	140	99.43	1.6
Z3	40	160	80	37.65	100	60.95	4.5
Z4	无	180	40	42.59	100	96.26	0.5
Z5	无	180	50	43.38	100	90.06	0.8

载荷试验成果分析如下：

1 极限荷载 P_{u1} ，Z1 加载 70kPa 时 24h 不稳定，其他为对应总沉降量超过 $s/b=0.06$ 的前一级荷载。

2 极限荷载 P_{u2} ，载荷板周边地基土开始出现裂缝（出现侧向挤出），或 $P-S$ 曲线变化较为强烈的前一级荷载。根据青岛地区已有的对变形不是非常敏感的建筑分析总结，胶州湾滨海软土的承载力特征值一般不小于 40kPa，但上表结果，胶州湾第 6 层滨海软土承载力特征值低于经验值，与以往的工程实践相比也有一定差距。分析原因排除了试验条件、试验过程等的影响，可能与软土自身的高压缩性及根据现行规范确定的极限荷载取值方式有关。

3 根据以往工程经验，建议充分考虑软土的固结及剪切蠕变强度效应，对于可以允许较大变形的工程可以选择较高的地基承载性能参数，反之，则应严格控制承载力指标的确定，避免非预期沉降，影响工程正常使用，这与我国多年的软土地区工程实践的经验也是吻合的。

4 应提出不均匀沉降趋势分析, 推荐减少不均匀沉降的措施。

5 软土地基的沉降计算仍推荐分层总和法, 一维固结沉降计算模式并乘经验系数的计算方法, 但也可采用其他新的计算方法, 以便积累经验, 提高技术水平。

软土地基总沉降量及不均匀沉降都较大, 可能影响工程安全, 因此, 应提出不均匀沉降趋势分析, 推荐减少不均匀沉降的措施。

6.4 黄土

6.4.1 湿陷性黄土受水浸湿后会产生较大的沉陷和强度下降。

山东省黄土主要分布在鲁中山区以及山前冲洪积平原中上部, 多为次生黄土。厚度一般小于 10m, 局部地区大于 10m, 其成因有风积、坡积、洪积、冲洪积等, 可划分为黄土、黄土状粉质黏土和黄土状粉土, 颜色呈浅黄~黄褐色, 具有大孔或虫孔结构, 可见白色钙质条纹, 局部含钙质结核(姜石), 有的地区含有砖屑、陶片等人类活动遗物, 湿陷性黄土多为非自重湿陷性黄土, 湿陷系数一般随深度增加而减小, 湿陷性黄土地基的湿陷等级一般为Ⅰ级, 局部为Ⅱ级。部分地区在冲沟两侧及沟口处的洪积扇和山前坡积地带, 河道拐弯处的内侧, 河漫滩及低阶地, 山间凹地的表层, 山前平原被淹没的洼地可能存在新近堆积黄土。

场地环境水上升, 可能引起黄土地基软化, 承载能力降低、变形增加, 查明场地的降水排泄渗透条件、地下水位变化情况对地基基础工程、基坑工程评价和处理有着重要的工程意义。

6.4.2 为了保证湿陷性评价的准确性，湿陷性试验要求土样取样质量等级必须是I级，由于湿陷性土的结构容易破坏，截至目前，在国内勘探工作中，探井取黄土原状样仍然是最有效且符合实际地质条件的取样手段。对黄土钻探取样必须采用专用黄土薄壁取土器和相应的钻探工艺（见现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025）。

6.4.3 湿陷性黄土遇水增湿后，其强度将显著降低，导致坑壁失稳，当基坑壁受水浸湿可能性较大时，宜采用饱和状态下黄土的强度参数进行校核，校核采用的安全系数宜根据基坑重要性及浸水可能性大小确定，但不宜小于 1.05。

6.4.4 山东地区的新近堆积黄土一般分布在冲沟两侧及沟口处的洪积扇和山前坡积地带，河道拐弯处的内侧，河漫滩及低阶地，山间凹地的表层，山前平原被淹没的洼地；颜色多为灰黄、黄褐、褐黄、棕褐，或相杂、相间；结构上表现为土质不均匀、松散、大孔排列杂乱，多虫孔和植物根，铁锨易挖；常含有砂粒、砾石、岩石碎屑，局部含有砖屑、瓦片和陶瓷碎片等人类活动痕迹，在探井井壁上可见白色钙质粉末或条纹，有时零星分布姜石。

黄土的湿陷系数和湿陷程度、场地的湿陷类型、地基的湿陷等级和地基处理评价及措施可参阅现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025 的有关规定确定及条文说明的相关部分。

6.5.1 本节膨胀土不包括膨胀岩。搜集山东省建筑经验，确定

膨胀土主要分布在我省泰安、济宁、枣庄、临沂等市。可根据下列特征进场初判:

- 1 多分布在二级或二级以上阶地、山前丘陵和盆地边缘。
- 2 地形平缓,无明显自然陡坎。
- 3 常见浅层滑坡、地裂、新开挖的路堑、边坡、基槽易发生坍塌。
- 4 裂缝发育、方向不规则,常有光滑面和擦痕,裂缝中常充填灰白、灰绿色黏土。
- 5 自然条件下呈坚硬或硬塑状态,遇水软化。
- 6 自由膨胀率一般大于 40%。
- 7 未经处理的建筑物成群破坏,低层较多层严重,刚性结构较柔性结构严重。

6.5.2 勘探孔的深度,除应满足基础埋深和附加应力的影响深度外,尚应超过大气影响深度;控制性勘探孔不应小于 8m,一般性勘探孔不应小于 5m。

6.5.3 当为深基坑工程提供支护设计参数时,剪切试验应采用饱和状态下不固结不排水三轴剪切试验。

6.5.4 膨胀土土地上建筑物的因胀缩性导致建筑物毁坏与场地的微地貌形态有很大关系,一般坡地场地较平坦场地严重得多,对建在膨胀土上的建筑物,其基础埋深、地基处理、桩基设计、总平面布置、建筑和结构措施、施工和维护、应符合现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112 的规定。

对边坡及位于边坡上的工程,应进行稳定性验算;验算时应

考虑坡体内含水量变化的影响；均质土可采用圆弧滑动法，有软弱夹层及层状膨胀土应按最不利的滑动面验算；具有胀缩裂缝和地裂缝的膨胀土边坡，应进行沿裂缝滑动的验算；对基坑支护工程，应考虑膨胀力对锚杆、土钉等支护结构抗拔力的影响。

6.6 盐渍土

6.6.1 本条对盐渍土地区的岩土工程勘察内容做出了规定。

1 盐渍土的形成与气候条件的关系，通常收集气温、地温、湿度、降水、蒸发等 5 个主要气象要素及土的最大冻结深度、干燥度等气象资料，其中降水和蒸发两个要素最为重要。极端干旱的气候条件，不仅能加速地表盐分的积累，同时气温的剧烈变化改变着盐类的溶解度和相态，影响盐渍土的工程性质。

干燥度是划分气候干旱程度的指标，目前多采用中国科学院自然区划工作委员会(1959 年)采用的计算公式：

$$DI = E/r$$

式中：DI——干燥度；

E ——可能蒸发量($0.0162\sum t$)(mm)；

$\sum t$ ——日平均气温不低于 10°C 时期内的积温($^{\circ}\text{C}$)；

r ——同期降水量(mm)。

2 盐渍土的成因是决定盐渍土各项性质的主要因素。有内陆盐渍土、冲积平原盐渍土、滨海盐渍土，这三种盐渍土在成因、颗粒级配、厚度和工程特性上各不相同。内陆盐渍土的特点是：成因复杂，颗粒粗细混杂，厚度多变，对工程危害性大。在成因方面，这类盐渍土有冲积、洪积和风积等；在颗粒级配上，

从以粗颗粒为主、粗细混杂的碎石土到以细粒为主的黏性土、粉土、黄土状土都出现过；在厚度上，从几米到超过 20m 不等，变化很大；在对工程的危害性方面，干燥的盐渍土以溶陷性为主、盐胀性次之、腐蚀性较轻，含水量大的盐渍土则以腐蚀性为主，基本不具有溶陷性。滨海盐渍土和冲积平原盐渍土在颗粒级配上主要是细颗粒的黏性土，厚度均不大，一般不超过 4m，其工程危害性也比较单一，主要是腐蚀性。盐渍土中含盐化学成分和含盐量对盐渍土的工程特性影响较为显著。氯盐类的溶解度随温度变化甚微，吸湿饱水性强，使土体软化；硫酸盐类则随温度的变化而产生胀缩，破坏土体结构使其强度降低；碳酸盐类的水溶液有强碱性反应，使黏土胶体颗粒分散，引起土体膨胀。

3 地下水所含盐分决定盐渍土的含盐成分，同时地下水矿化度越高，向土层输送的盐分越多；地下水的埋深、变化幅度与盐分的积聚有密切关系，地下水位越高，蒸发越强，土层的积盐也越强；毛细水上升会携带盐分上升，为上部地层提供盐分，使土层的积盐发生变化。

4 盐渍土遇水后，可溶盐溶解于水或流失，致使土体结构松散，在土的饱和自重压力或附加压力作用下，产生溶陷。盐渍土溶陷性的大小与可溶盐的性质、含量、赋存状态、水的径流条件和浸水时间长短有关。

5 在盐渍土地区进行勘察时，要特别注意内陆地区干燥的盐渍土，这种土在天然状态下有较高的结构强度，较大的地基承载力，但一旦浸水后会产生较大的溶陷变形，对工程建设的危害

极大。

6 盐渍土地基的主要特点是：浸水后因盐溶解而产生地基溶陷；在盐类溶滤过程中，土的物理力学性质会发生变化，其强度指标显著降低；某些盐渍土（如含硫酸钠的土），在温度和湿度变化时，会产生体积膨胀，对建（构）筑物和地面设施造成危害；土中的盐溶液会导致建（构）筑物基础或地下设施的材料腐蚀。因此，对盐渍土地基上建（构）筑物或其他设施的设计、施工以及使用和维修时，均应充分考虑到这些特点，并结合各地盐渍土的区域特点（地形、地貌、气候和地下水等条件），根据具体情况，因地制宜，采取防水与地基处理或结构措施相结合的综合治理原则，以防为主，实践证明，按照这一原则，可以保证建（构）筑物的安全和正常使用。

6.6.2 本条对盐渍土的勘探测试做了补充规定。

1 根据盐渍土地基特点，提出了勘探深度以钻穿盐渍土或至地下水位以下 2m~3m 为宜，这样才能满足地基溶陷计算的需要。每一个建筑场地，原则上要求有一个勘探点钻穿盐渍土层，这对于选择合理的地基处理措施是十分重要的。

2 盐渍土的三相组成与常规土不同，区别在于其固态骨架中除土的固体颗粒外，还有不稳定的结晶盐，遇水后部分或全部转变成液态，如同冻土中的冰结晶一样。故测定盐渍土的物理指标时应考虑到两种状态，即天然状态和浸水（盐溶解后的）状态。盐渍土中难溶盐基本不溶解，故可作为固体骨架，所以在测定盐渍的物理指标中，含盐量中不包含难溶盐，至于是否包含中

溶盐，则视具体情况而定。考虑到中溶盐含量的分析试验较为困难，本规范除以中溶盐为主的盐渍土外，可不考虑中溶盐对物理指标的影响。

3 盐渍土层中毛细水的上升可直接造成地基土或换填土吸水软化及次生盐渍化，促使溶陷、盐胀等病害的发生。盐渍土毛细水强烈上升高度的观测，可根据场地条件选用试坑直接观测法、曝晒前后含水量曲线交汇法和塑限与含水量曲线交汇法，黏性土用塑限含水量判定。这些毛细水强烈上升高度的确定方法，是铁道部一院多年来在南疆铁路、青藏铁路、南疆公路和静及焉耆等地区的试验观测成果。

盐渍土地勘察时，应确定毛细水强烈上升高度。设计等级为甲级的建（构）筑物宜实测毛细水强烈上升高度，设计等级为乙级、丙级的建（构）筑物可按表 9 的规定取值。

表 9 各类土毛细水强烈上升高度经验值

土的名称	毛细水强烈上升高度（m）
含砂黏土	3.00~4.00
含黏砂土	1.90~2.50
粉砂	1.40~1.90
细砂	0.90~1.20
中砂	0.50~0.80
粗砂	0.20~0.40

6.6.3 根据大量调查资料统计，盐渍土的含盐量一般是距地表不深处变化较大，尤其是表层 2.0m 深度盐分比较富集，深部变化较小。因此，对取土样间隔的规定，浅层较小深部较大。建筑工程项目不同，其地基要求、基础形式、防护措施不同，故取样

深度不同。

6.6.5 盐渍土由于含盐性质及含盐量的不同，土的工程特性各异，地域性强，目前尚不具备以土工试验指标与载荷试验参数建立关系的条件，故载荷试验是获取盐渍土地基承载力的基本方法。

氯和亚氯盐渍土的力学强度的总趋势是总含盐量 (S_{DS}) 增大，比例界限 (P_0) 随之增大，当 S_{DS} 在 10% 范围内， P_0 增加不大，超过 10% 后， P_0 有明显提高。这是因为中氯盐在其含量超过一定的临界溶解含量时，则以晶体状态析出，同时对土粒产生胶结作用。使土的力学强度提高。

硫酸和亚硫酸盐渍土的总含盐量对力学强度的影响与氯盐渍土相反，即土的力学强度随 S_{DS} 的增大而减小。其原因是，当温度变化超越硫酸盐盐临界温度时，将发生硫酸盐体积的胀与缩，引起土体结构破坏，导致地基承载力降低。

6.6.6 盐渍土地基产生膨胀的主要原因是土中 Na_2SO_4 ，在温度或湿度变化时结晶而发生体积膨胀。 Na_2SO_4 的溶解度随温度变化，当温度由高变低时，溶解度变小，使部分 Na_2SO_4 结晶析出。当地温低于 32.4°C 时，如土的原始含水量较高，溶解了较多的硫酸盐后因水分蒸发含水量减小，也会使水中含盐量饱和以重结晶析出。 Na_2SO_4 结晶时，结合 10 个水分子，体积膨胀可达 3 倍以上，造成不良后果。由上所述，盐渍土地基的膨胀量大小除与硫酸盐的含量有关外，主要取决于温度和含水量的变化。此外，它还与地基上压力的大小有关，实践证明，当土中 Na_2SO_4

的含量小于 1%时,可以不考虑其膨胀作用。此外,盐渍土地区建筑工程在考虑盐胀的同时应考虑冻胀,地下水位较高,在盐胀的同时往往伴随有冻胀,在有些情况下冻胀远比盐胀量大。

6.6.7 环境条件尤其是水环境对盐渍土的工程危害性具有决定性作用,有的项目寿命周期较短,在寿命期内水环境可以有效预测;有的项目位置特殊并且有长期气象观测资料,可以准确预测水环境条件。根据工程实施前后环境条件的变化和工程使用过程中的环境条件,将盐渍土地基分为 A 类使用环境和 B 类使用环境。

6.6.9~6.6.10 盐渍土溶陷系数的测定、盐胀性试验方法及盐渍土地基的总溶陷量、地基总盐胀量的直接测定方法,应符合《盐渍土地区建筑技术规范》GB/T 50942 的规定。

6.6.12 盐渍土是当地下水沿土层的毛细管升高至地表或接近地表,经蒸发作用水中盐分被析出,并聚集于地表或地下土层中形成的,形成条件、盐渍土的定义包括两个方面,第一是定量:用易溶盐的含量 0.3%作为界限;第二是定性:且具有溶陷、盐胀、腐蚀等特性的土称为盐渍土,易溶盐主要分为氯盐类、硫酸盐类、碳酸盐类。

6.6.13 盐渍土的分类

1 按含盐化学成分分类:地基中常含多种盐类,不同性质盐的含量多少,影响着盐渍土的工程性质。如含氯盐为主的盐渍土,因氯盐的溶解度较大,遇水后土中的结晶盐极易溶解,使土质变软,强度降低,并产生溶陷变形。此外,其盐溶液会对钢筋混凝

土基础和其他地下设施中的钢筋或钢材产生腐蚀。含硫酸盐为主的盐渍土,除会产生溶陷变形外,其中的硫酸钠(俗称芒硝)在温度和湿度变化时,还将产生较大的体积变形,造成地基的膨胀或收缩,此外,其溶液对基础和其他地下设施的材料也会产生腐蚀作用。碳酸盐对土的工程性质的影响,视盐的成分而定,碳酸钙和碳酸镁等很难溶于水,对土起着胶结和稳定的作用,而碳酸钠和碳酸氢钠则使土在遇水后产生膨胀。目前一般采用 0.1kg 中阴离子含量的比值作为分类标准。

2 按含盐量分类:综合国内外对盐渍土按含盐量进行分类的方法,可知以含盐量作为单一指标来区分盐渍土工程危害的严重程度,可能无法准确反映它对工程的实际危害性。例如,易溶盐含量超过 0.5%的砂土,浸水后可能产生较大溶陷,而同样的含盐量对黏土几乎不产生溶陷;即便对同一类土含盐量和含盐性质相同,其溶陷性也可能相差甚远,对土骨架紧密接触的结构,盐仅填充土中孔隙,盐的溶解对土的结构变化影响较小;反之,如土骨架之间是通过盐结晶胶结的,则盐的溶解使土的结构完全解体,造成很大的溶陷变形。表 6.6.2-2 采用现行国家标准《盐渍土地区建筑技术规范》GB/T 50942 对盐渍土按含盐量分类。

滨海盐渍土:滨海一带受海水侵袭后,经蒸发作用,水中盐分凝聚于地表或地表下土层中,盐类成分主要是氯盐类;冲积平原盐渍土:主要由于河床淤积或人工兴修水利等,使地下水局部升高,导致局部地区的土层盐渍化;内陆盐渍土:易溶盐随水流从高处带到低洼地带,经蒸发作用盐分凝聚而成,成因复杂,颗

粒粗细混杂，厚度变化大。

6.6.14 关于水文和水文地质条件以及气候环境条件,需结合当地经验资料进行判断，必要时要进行现场专业测定。

6.7 风化岩和残积土

6.7.1 残积土属基岩剧烈风化的产物，原岩的结构构造已无法辨认，但与原岩在物质成分上有关联，在空间分布形态上具渐变过渡关系。应注意区别残积土与粒径大小及岩性成分有差异的坡积土、洪积土。

残积土、全风化岩和强风化岩的分布、埋深与厚度变化对线路敷设方式、线路埋深、施工工法选择都有重要影响。残积土、全风化岩和强风化岩中的球状风化及孤石对隧道工程施工的影响很大，应予以查明。

岩土的不均匀程度，岩块和软弱夹层的分布，特征对岩体的整体强度和稳定性常起着控制作用，也应予以查明。

6.7.2~6.7.3 由于残积土、全风化岩和强风化岩结构易扰动，I级原状样采取困难，采用标准贯入试验、重型动力触探试验 $N_{63.5}$ 、超重型动力触探试验 N_{120} 、波速测试等原位测试手段，评价岩土的均匀性及工程力学性质，是很好的有效手段。

有的风化岩和残积土具有特殊的岩土工程性状，如湿陷、膨胀、软硬不均等，应按特殊土进行评价。济南地区闪长岩残积土比较发育，有的厚度达几十米，其土工试验指标往往是高压缩性、大孔隙比，但 N 很少小于 10 击的，载荷试验结果表明其承载力大于 200kPa，按土工试验结果对其评价是不准确的。泰安

杂岩风化岩（强风化、全风化、残积土）暴露后，尤其是湿水时，有时候强度下降剧烈，若处置不当，会给工程带来安全隐患。

6.7.4 花岗岩类的残积土、全风化岩和强风化岩的勘察

对于花岗岩残积土应在筛去大于 0.5mm 的粗颗粒后，进行细粒土试验，确定细粒土的天然含水量 ω_f 、塑性指数 I_p 和液性指数 I_L 。细粒土的天然含水量也可用下式计算：

$$\omega_f = \frac{\omega - \omega_A 0.01P_{0.5}}{1 - 0.01P_{0.5}}$$

式中： ω_f ——花岗岩残积土中小于 0.5mm 的颗粒细粒土的天然含水量。

ω ——花岗岩残积土包括粗、细粒土的天然含水量。

ω_A ——土中粒径大于 0.5mm 颗粒的吸着含水量，无试验资料时可取 5%。

$P_{0.5}$ ——土中粒径大于 0.5mm 颗粒含量占总质量的百分比（%）。

6.7.5 软弱层（带）的成因及空间分布是均匀性评价的主要内容，是否具有湿陷、胀缩、空洞等特殊性状是稳定性评价的主要内容。具有上述特征，且对工程有影响时，应进行定性定量评价。同一风化带岩体可能部分构成基坑（边坡）土体，部分构成主要受力层，基底标高的差异也会对厚层风化带的工程性状评价造成影响，工程需要时，应进行带内工程性状的细化或划分亚带。

残积土、全风化岩和强风化岩的不均匀程度，尤其是岩块和软弱夹层的分布，对隧道掘进和基坑、桩基施工的影响很大。桩基施工容易将球状风化体误判中等风化岩层，为进一步判断确认球状风化体（孤石），可在地面或隧道内进行超前钻。

残积土、全风化岩和强风化岩，渗透性差异大，扰动后，水流进入，岩体很容易崩解和强度降低。

6.8 岩溶和土洞

6.8.1 岩溶是我省在济南、泰安、临沂、枣庄等地较普遍存在的一种不良地质作用。因工程建设和大量抽取地下水，引起水位骤降或频繁波动，导致土洞内土体部分或全部掏空和地面塌陷的发生，对工程安全造成较大影响，在泰安、临沂都有出现；另外，岩溶发育、土洞存在，虽不具备产生塌陷的水动力条件，但对基础形式的选择有较大影响，都应进行岩溶勘察，以保证工程的安全和正常使用。

6.8.2 岩溶发育与岩性、地质构造、地形地貌、地下水运移条件等诸因素及其相互组合有关，因此岩溶发育存在着严重的不均匀性。场地岩溶发育程度的分类等级，可相当于本标准划分场地和地基的复杂程度等级。即岩溶强发育相当于一级（复杂）场地和地基，岩溶中等发育相当于二级（复杂）场地和地基，岩溶微发育相当于三级（复杂）场地和地基。

面岩溶率和体岩溶率的代表性较好，但测量困难；线岩溶率可在岩层裸露的地表测量，也可在钻孔、探井和探洞中测量。线岩溶率、面岩溶率、体岩溶率可按下列公式确定：

$$K_L = \frac{H}{L} \times 100\%$$

$$K_A = \frac{A_p}{A_0} \times 100\%$$

$$K_V = \frac{V_p}{V_0} \times 100\%$$

式中： K_L ——线岩溶率（%）。

K_A ——面岩溶率（%）。

K_V ——体岩溶率（%）。

H ——测量线上的溶洞、溶隙累计长度（m）。

L ——测量线总长度（m）。

A_p ——测量面上的溶洞、溶隙累计面积（m²）。

A_0 ——测量面总面积（m²）。

V_p ——测量体内的溶洞、溶隙累计体积（m³）。

V_0 ——测量体总体积（m³）。

6.8.3 岩溶勘察阶段的划分不可教条硬套，应根据任务委托和工程需要进行，山东省内岩溶发育程度大多一般，其勘察大多在详勘和施工勘察阶段中进行。

6.8.5 本条强调岩溶勘察以工程地质测绘和调查为先导，多手段相互验证、综合判断分析；工程物探手段是较有效的岩溶勘探手段之一。

6.8.6~6.8.7 对详细勘察及施工勘察作了较具体的规定，岩溶发育地段对于大直径嵌岩桩可采用一桩一探，并结合其他手段进行综合判定。

6.8.9 根据工程经验调查情况，提出几种采用宏观定性判断对工程不利的情况，当场地勘察遇到所列情况，宜建议绕壁或舍弃，否则将会增大处理工程量，在经济上是不合理。

6.8.12 目前主要是按经验公式对溶洞顶板的稳定性进行验算。

1 顶板坍塌后，塌落体积增大，当塌落至一定高度 H 时，溶洞空间自行填满，无需考虑对地基的影响。所需塌落高度 H 按下式计算：

$$\frac{H_0}{H} = K - 1$$

式中： H_0 ——塌落前洞体最大高度（m）。

K ——岩石松散（涨余）系数，石灰岩 K 取 1.2，黏土 K 取 1.05。

适用于顶板为中厚层、薄层，裂隙发育，易风化的岩层，顶板有坍塌可能的溶洞，或仅知洞体高度时。

2 当顶板岩层比较完整，强度较高，厚层，而且已知顶板厚度和裂隙切割的情况时，若岩体抗弯强度大于弯矩、抗剪强度大于其所受的剪力，则洞室顶板稳定，满足这些条件的岩层最小厚度 H 计算如下：

顶板按梁板受力计算，受力弯矩按下列公式计算：

当顶板跨中有裂缝，顶板两端支座处岩石坚固完整时，按悬臂梁计算：

$$M = \frac{1}{2} pl^2$$

若裂隙位于支座处，而顶板较完整时，按简支梁计算：

$$M = \frac{1}{8} pl^2$$

若支座和顶板岩层均较完整时，按两端固定梁计算：

$$M = \frac{1}{12} pl^2$$

抗弯验算：

$$\frac{6M}{bH^2} \leq \sigma \text{ 或 } H \geq \sqrt{\frac{6M}{b\sigma}}$$

抗剪验算

$$\frac{4f_s}{H^2} \leq S \text{ 或 } H \geq \sqrt{\frac{4f_s}{S}}$$

式中： M ——弯矩（kN.m）。

P ——顶板所受总荷载（kN/m），为顶板厚 H 的岩体自重、顶板上覆土体自重和顶板上附加荷载之和。

l ——溶洞跨度（m）。

σ ——岩体计算抗弯强度（可取抗压强度的 1/8）

（kPa）。

f_s ——支座处的剪力（kN）。

S ——岩体计算抗剪强度（可取抗压强度的 1/12）

（kPa）。

b ——梁板的宽度（m）。

H ——顶板岩层厚度（m）。

3 顶板能抵抗受荷载剪切的厚度计算按极限平衡条件的下列公式计算：

$$T \geq P$$

$$T = HSL \text{ 或 } H = T / SL$$

6.8.13 岩溶和土洞的勘察

1 岩溶洞隙

对于影响地基稳定性的岩溶洞隙,应根据其位置、大小、埋深、围岩稳定性和水文地质条件等综合分析,因地制宜地采取下列处理措施:

1) 换填、镶补、嵌塞与跨盖等。对于洞口较小的洞隙,挖除其中的软弱充填物,回填碎石、块石、素混凝土或灰土等,以增强地基的强度和完整性。必要时可加跨盖。

2) 梁、板、拱等结构跨越。对于洞口较大的洞隙,采用这些跨越结构,应有可靠的支承面。梁式结构在岩石上的支承长度应大于梁高的 1.5 倍。也可辅以浆砌块石等堵塞措施。

3) 灌浆加固、清爆填塞。用于处理围岩不稳定、裂隙发育、风化破碎的岩体。

4) 洞底支撑或调整柱距。对于规模较大的洞隙,可采用这种方法。必要时可采用桩基。

5) 钻孔灌浆。对于基础下埋藏较深的洞隙,可通过钻孔向洞隙中灌注水泥砂浆、混凝土、沥青及硅液等,以堵填洞隙。

6) 调整地基变形。在压缩性不均匀的土岩组合地基上,凿去局部突出的基岩(如石芽或大块孤石),在基础与岩石接触的部位设置“褥垫”(可采用炉渣、中砂、粗砂、土夹石等材料),以调整地基的变形量。

7) 调整基础底面积。对有平片状层间夹泥或整个基底岩体

都受到较强烈的溶蚀时，可进行地基变形验算，必要时可适当调整基础底面面积，降低基底压力；当基底蚀余石基分布不均匀时，可适当扩大基础底面面积，以防止地基不均匀沉降造成基础倾斜。

8) 地下水排导。对建筑物地基内或附近的地下水宜疏不宜堵。可采用排水管道、排水隧洞等进行疏导，以防止水流通道堵塞，造成场地和地基季节性淹没。

2 土洞

土洞对地基的影响，应按下列规定综合分析处理：

1) 在地下水强烈活动于岩土交界面的地区，应考虑由地下水作用所形成的土洞对地基的影响，预测地下水位在建筑物使用期间的变化趋势。设计总图布置前，应获得场地土洞发育程度分区资料。施工时，除已查明的土洞外，尚应沿基槽进一步查明土洞的特征和分布情况。

2) 在地下水位高于基岩表面的岩溶地区，应注意人工降水引起土洞进一步发育或地表塌陷的可能性。塌陷区的范围及方向可根据水文地质条件和抽水试验的观测结果综合分析确定。在塌陷范围内不应采用天然地基。并应注意降水对周围环境和建筑物（构）的影响。

3) 由地表水形成的土洞或塌陷，应采取地表截流、防渗或堵塞等措施进行处理。应根据土洞埋深，分别选用挖填、灌砂等方法进行处理。由地下水形成的塌陷及浅埋土洞，应清除软土，抛填块石作反滤层，面层用黏土夯填；深埋土洞宜用砂、砾石或

细石混凝土灌填。在上述处理的同时，尚应采用梁、板或拱跨越。对重要的建筑物，可采用桩基处理。

6.9 断裂和地震效应

6.9.1 活动断裂的勘察和评价是重大市政基础设施工程在选址时应进行的一项重要工作，对社会有重大价值和重大影响。考虑到断裂勘察的主要研究问题是断裂的活动性和地震，断裂主要在地震作用下才会对场地稳定性产生影响。因此，本条规定市政基础设施场地应进行活动断裂勘察。

6.9.2~6.9.3 考虑到建设工程安全的实际需要，同时也考虑工程建设评价的操作性的需要和适用性，对断裂的分类及其涵义作了明确的规定，在活动断裂前冠以“全新”二字，并赋予较为确切的涵义。考虑到“发震断裂”与“全新活动断裂”的密切关系，将一部分近期有强烈地震活动的“全新活动断裂”定义为“发震断裂”。这样划分可以将地壳上存在的绝大多数断裂归入对工程建设场地稳定性无影响的“非全新活动断裂”中去，对工程建设有利。

考虑断裂的活动时间、活动速率和地震强度等因素，将全新活动断裂分为强烈全新活动断裂，中等全新活动断裂和微弱全新活动断裂。

6.9.4~6.9.5 断裂的影响作用主要是参考已有的地震地质研究成果和工程实践经验，在工程中勘察与评价活动断裂一般都可以通过搜集、查阅文献资料，进行工程地质测绘和调查就可以满足要求，只有在必要的情况下，才进行专门的勘探和测试工作。

搜集和研究线路所经过地区的地质资料和有关文献档案是鉴

别活动断裂的第一步，也是非常重要的一步，在许多情况下，甚至只要搜集、分析、研究已有的丰富的文献资料，就能基本查明和解决有关活动断裂的问题。

在充分搜集已有文献资料 and 进行航空相片、卫星、相片解译的基础上进行野外调查，开展工程地质测绘是目前进行断裂勘察、鉴别活动断裂的最重要、最常用的手段之一。活动断裂都是在老构造的基础上发生新活动的断裂，一般说来它们的走向、活动特点、破碎带特性等断裂要素与构造有明显的继承性。因此，在对一个工程地区的断裂进行勘察时，应首先对本地区的构造格架有清楚的认识和了解。野外测绘和调查可以根据断裂活动引起的地形地貌特征、地质地层特征和地震迹象等鉴别活动特征。

6.9.6 本条原则性地规定了拟建市政基础设施场地在可行性研究中，对可能影响工程稳定性的全新活动断裂，应采取避让的处理措施。避让的距离应根据工程和活动断裂的情况进行具体分析和研究确定。

6.9.7 场地和地基地震动峰值加速度范围为 0.05g、0.10g、0.15g 和 0.20g，相对应的抗震设防烈度分别为 6 度、7 度和 8 度区，设计地震分组包括第一组、第二组和第三组。在省内市政基础设施工程均应进行场地和地基地震效应的岩土工程勘察。

由国家批准，《中国地震动参数区划图》GB 18306-2015 已于 2016 年 6 月 1 日实施。同时，现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 规定了我国主要城镇抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计特征周期分区。《山东省建设工程抗震设防条

例》(2020年修订版全文)抗震设防要求,规定“第十条 县级以上人民政府地震工作主管部门应当根据国家地震动参数区划图、地震小区划图、地震安全性评价结果,结合建设工程类型、场地类别和其他因素,按照不低于地震动峰值加速度分区值0.10g确定抗震设防要求。位于国家地震动参数区划图区划分界线两侧规定范围内和位于地震小区划图区划分界线两侧各二百米区域内的建设工程,其抗震设防要求应当按照就高原则确定。”勘察报告应提出这些基本数据。

6.9.8 地震造成建筑的破坏,除了地震动直接引起的结构破坏外,还有场地的原因,诸如地基不均匀沉降、砂性土液化、滑坡、地表错动和地裂、局部地形地貌的放大作用等。为了减轻场地造成的地震灾害、保证勘察质量能满足抗震设防的需要,本条规定了岩土工程抗震勘察的基本内容和成果表现等基本要求。勘察实施包括以下内容:

1 勘察内容:应根据实际的土层情况确定,大致应包括地段划分、液化判别,不利地段的地质、地貌、地形条件资料以及滑坡、崩塌、软土震陷等岩土稳定性评价等。

2 场地地段的划分,在选择建筑场地的勘察阶段进行,根据地震活动情况和工程地质资料进行综合评价。对软弱土、液化土等不利地段,要按本标准的相关规定提出相应的措施。对于危险地段,常规勘察往往不能解决问题,应提出进行专门性研究的建议。

3 场地类别划分要依据场地覆盖层厚度和土层的等效剪切

波速两个因素决定。对于多层砌体结构，场地类别与抗震设计无直接关系，可略放宽场地类别划分的要求：对深基础和桩基，均不改变其场地类别，必要时可通过考虑地基基础与上部结构共同工作的分析结果，适当减小计算的地震作用。

4 提供覆盖层范围内各土层的动力参数，包括不同变形状态下的动变形模量和阻尼比，是为了在采用时程分析法计算时形成场址的人工地震波，设计单位无此要求时可不做。

6.9.9 本条明确工程场址选择的基本原则和地段划分标准。地震造成建筑的破坏，情况多种多样，大致可以分为三类，其一是地震动直接引起的结构破坏，其二是海啸、火灾、爆炸等次生灾害所致，其三是断层错动、山崖崩塌、河岸滑坡、地层陷落等严重地面变形导致。因此，选择有利于抗震的工程场址是减轻地震灾害的第一道工序。场地地段的划分，是在选择建筑场地的勘察阶段进行的，要根据地震活动情况和工程地质资料进行综合评价。对软弱土、液化土等不利地段，要按有关抗震规范的相关规定提出相应的措施。

6.9.10~6.9.11 为了避免规范Ⅱ类至Ⅳ类的跳跃，按《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 规定当有可靠的剪切波速和覆盖层厚度且其值处于表 6.9.10 所列场地类别的分界线附近时，应按插值方法确定地震作用计算所用的特征周期。

6.9.10~6.9.13 场地类别是工程抗震设计的重要参数，直接涉及工程结构地震作用取值是否合适。场地类别划分，要依据场地覆盖层厚度和场地土层软硬程度（以等效剪切波速表征）这两个

因素划分。评价场地类别的剪切波速孔测试深度不应小于 20m 或覆盖层深度。

计算等效剪切波速时，土层的分界处应有波速测试值，波速测试孔的土层剖面应能代表整个场地；覆盖层厚度和等效剪切波速都不是严格的数值，有 $\pm 15\%$ 的误差属正常范围，当上述两个因素距相邻两类场地的分界处属于上述误差范围时，允许勘察报告说明该场地介于两类场地之间，以便设计人员通过插入法确定设计特征周期。

6.9.14 根据市政基础设施的工程特点，结合各建（构）筑物的工程抗震设计要求，明确了评价场地类别的剪切波速孔的布置要求。

新黄土是指第四纪晚更新世 Q_3 以来的黄土。

6.9.15 本条明确液化判别要求和处理原则。地震时由于砂性土（包括饱和砂土和饱和粉土）液化而导致建筑或工程破坏的事例很多，因此，应对砂土液化问题充分重视。本条较全面地规定了减少地基液化危害的对策：首先，液化判别的范围是除 6 度设防外存在饱和砂土和饱和粉土的土层；其次，一旦属于液化土，应确定地基的液化等级；最后，根据液化等级和建筑抗震设防类别，选择合适的处理措施，包括地基处理和对上部结构采取加强整体性的相应措施等。本条饱和土液化判别要求不含黄土。

6.9.17 凡初判法认定为不液化或不考虑液化影响，不能再用标准贯入法判别（含其他原位测试方法，如静力触探法判别、波速判别法），否则可能出现混乱。用于液化判别的黏粒含量，因沿

用 20 世纪 70 年代的试验数据，需要采用六偏磷酸钠作分散剂测定，采用其他方法时应按规定换算。

液化判别宜用多种方法综合判定，这是因为地震液化是由多种内因（土的颗粒组成、密度、埋藏条件、地下水位、沉积环境和地质历史等）和外因（地震动强度、频谱特征和持续时间等）综合作用的结果，目前各种判别液化的方法都是经验方法，都有一定的局限性和模糊性，故强调“综合判别”。

6.9.18 河岸和斜坡地带的液化，会导致滑坡失稳，对工程的危害很大，应予特别注意。

6.9.19~6.9.21 液化判别的标准贯入数据，每个土层至少应有 6 个。深基础和桩基的液化判别深度应为 20m。

关于场地的地震液化判别，由于市政基础设施工程包含建筑工程、构筑物工程、室外给排水和燃气热力工程的建（构）筑物及管道工程等，各建（构）筑物抗震设计及抗震措施执行的规范不统一，液化判别有所不同，勘察报告中液化评价及抗液化措施应有所区分。

计算地基液化指数时，需对每个钻孔逐一计算，然后对整个地基综合评价。检查液化判别，要查看勘察报告提供的液化判别依据、液化指数和处理措施。

6.9.22 强烈地震时软土发生震陷，不仅被科学实验和理论研究的证实，而且在宏观震害调查中，也证明它的存在。

对自重湿陷性黄土或黄土状土，研究表明具有震陷性。若孔隙比大于 0.8，当含水量在缩限（指固体与半固体的界限）与

25%之间时，应该根据需要评估其震陷量。对含水量在 25%以上的黄土或黄土状土的震陷量可按一般软土评估。

(1) 地基中软弱黏性土层的震陷判别，可采用下列方法。
饱和粉质黏土震陷的危害性和抗震陷措施应根据沉降和横向变形大小等因素综合研究确定，8 度（0.30g）和 9 度时，当塑性指数小于 15 且符合下式规定的饱和粉质黏土可判为震陷性软土。

$$\omega \geq 0.9\omega_L$$
$$I_L \geq 0.75$$

式中： ω ——天然含水量。
 ω_L ——液限含水量，采用液塑限联合测定法测定。
 I_L ——液性指数。

(2) 当地基承载力特征值或剪切波速大于表 10 数值时，可不考虑震陷影响。

表 10 临界承载力特征值和等效剪切波速

抗震设防烈度	7 度	8 度	9 度
承载力特征值 f_a (kPa)	>80	>100	>120
等效剪切波速 v_{se} (m/s)	>90	>140	>200

(3) 当建筑基础底面以下非软土层厚度符合表 11 中的要求时，可不采取消除软土地基的震陷影响措施。

表 11 基底地面以下非软土厚度

抗震设防烈度	基底地面以下非软土厚度 (m)
7 度	$\geq 0.5b$ 且 ≥ 3
8 度	$\geq b$ 且 ≥ 5
9 度	$\geq 1.5b$ 且 ≥ 8

7 地下水

7.1 一般规定

7.1.1 地下水对市政基础设施工程建设影响重大，如结构抗浮问题、抗渗问题、施工方法选择、地下水控制、结构水土压力计算、工程建设对周边环境的影响等均与地下水密切相关，在施工过程中因地下水问题产生的工程事故与不利影响事件频发，地下水勘察是岩土工程勘察的重要组成部分。

7.1.2 水文地质条件简单时，在详细勘察工作中采取的一些水位观测、水文地质试验等可满足工程需要；鉴于地下水对市政基础设施工程建设的重要性，对于复杂的水文地质条件，一般通过采用专门水文地质钻孔，专门地下水动态长期观测孔，抽水试验孔等手段开展水文地质专项勘察工作。

7.1.3 在岩土工程的勘察、设计、施工过程中，地下水的影响始终是一个极为重要的问题，因此，在工程勘察中应当对其作用进行预测和评估，提出评价的结论与建议。

地下水对岩土体和建（构）筑物的作用，按其机制可以划分为两类：一类是力学作用；一类是物理化学作用。力学作用原则上应当是可以定量计算的，通过力学模型的建立和参数的测定，可以用解析法或数值法得到合理的评价结果。很多情况下，还可以通过简化计算，得到满足工程要求的结果。由于岩土特性的复杂性，物理、化学作用有时难以定量计算，但可以通过分析，得出合理的评价。

7.2 地下水的勘察内容

7.2.1 本条是市政基础设施工程地下水的勘察基本要求。

1 工程经验表明,地下水对工程的安全与造价有很大影响,而水文地质资料调查搜集工作是有效便捷的勘察手段之一。地下水水位上升在很多地方都有发生,一些地区上升的情况很显著,在山东省内也出现多处已建工程因水位上升超过原设计的抗浮设计水位而出现事故的案例。随着南水北调等跨区域调水工程的建成,山东省一些地市地下水位也得以逐渐抬升,原有地面沉降地区的沉降速率趋缓,掌握地下水的动态变化规律,合理确定地下水对工程的影响和合理确定抗浮设计水位尤其重要。

2 地表水对地下水往往具有直接影响,拟建工程附近有地表水时,应查明两者的水力联系。

3 由于地下含水透镜体分布的复杂性,在勘察中不但要查明稳定含水层分布规律,还应查明地下含水透镜体的分布。

4 历史最高水位指长期观测孔中历年地下水达到的最高纪录,一般不低于30年观测资料,概率不大于2%。

5 人类活动,如大挖大填工程建设、建设的蓄水、抽水建(构)筑物对提升或降低区域地下水位往往具有巨大影响,勘察时应对此进行调查,说明可能的影响程度。

6 地下水的存在,常常加剧特殊性岩土、不良地质作用对工程的不利影响。在污染土地,污染影响范围内的地下水必然同时受到污染,地下水也是污染物扩散的载体。

9 市政基础设施的地下工程勘察一般通过现场勘察、试验

取得具体水文地质参数。

7.2.2 山岭隧道中不同岩性接触带、断层带和富水带是隧道施工中最易发生大量涌水的地段和部位，本条参考了现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 规定。

7.2.5 专项水文地质勘察是工程地质勘察工作之外的为进一步查明水文地质条件而增加的勘察阶段，勘察内容、要求、方法等宜专门提出委托说明。

7.3 水文地质参数测定

7.3.1 具体工程勘察中，首先根据地层、岩性、透水性和工程重要性等条件的不同确定地下水作用的评价内容，并根据评价内容的要求，明确水文地质参数及其测定方法。岩土给水度的经验值可参考表 12。

表 12 岩土给水度的经验值

岩土名称	给水度	岩土名称	给水度
粉砂与黏土	0.100~0.150	粗砂及砾砂	0.250~0.350
细砂与泥质砂	0.150~0.200	黏土胶结的砂岩	0.020~0.030
中砂	0.200~0.250	裂隙灰岩	0.008~0.100

7.3.2 地下水产生浮力的大小与地下水的类型、地基岩土体的渗透性密切相关，目前国内工程界对不同渗透性岩土体产生浮力大小的计算尚未形成统一的方法，但诸多试验表明，水浮力可以根据岩土体的渗透性采用不同的计算方法，其结果较目前采用的

完全透水地层静水压力计算的浮力有一定降低，虽有利于工程节约，但在没有可靠经验时仍具有一定的安全风险。为倡导“集约型”和体现“经济合理性”，现行行业标准《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 提出了作为逐步实现根据渗透性计算地下水浮力的思路。

7.3.3 地下水一般分层赋存于含水地层中，各含水层的地下水位多数情况下不同，多层地下水分层水位的量测，尤其是承压水水头的观测，对隧道设计与施工、基坑支护设计与施工十分重要。

地下水对工程施工影响很大，在实际操作中，由于钻探工艺（如泥浆护壁）、地下水分布的复杂性（多层地下水、滞水等）和多变性（随时间变化），给准确量测地下水位带来困难。当存在多层地下水时，要求分层量测（特别是对工程有影响时），如以混合水位代替分层水位，会导致真实水位误判。

多层地下水分层水位的量测要注意钻探过程中套管是否隔开上层水的影响，这是需要在现场进行判断的，如果无法取得准确的各层水水位，就需要设置分层观测孔。采用泥浆钻进时，应采取安设护壁管、换浆等措施避免孔内泥浆对水位的影响。

上层滞水常无稳定水位，但应量测。

7.3.4 地下水位的量测，着重说明下列几点：

1 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；地下水位恢复到天然状态的时间长短受含水层渗透性影响最大，根据含水层渗透性的差异，第 7.3.4 条规定了至少

需要的间隔时间；当需要编制地下水等水位线图或工期较长时，在工程结束后统一量测稳定水位。

2 当场地有多层对工程有影响的地下水时，应采取止水措施将被测含水层与其他含水层隔离后测定地下水位或承压水头高度。必要时，宜埋设孔隙水压力计，或采用孔压静力触探试验进行量测，但在黏性土中应有足够的消散时间。

3 地下水位量测精度规定为 $\pm 2\text{cm}$ 是指量测工具、观测等造成的总误差的限值，因此量测工具应定期用钢尺校正。

4 上层滞水常无稳定水位，但应量测。

7.3.5 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，尚应考虑形成锐角三角形，其中最小的锐角不宜小于 40° ；孔距宜为 $50\text{m}\sim 100\text{m}$ ，过大或过小都将影响测量精度。

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 $2\text{m}\sim 5\text{m}$ ，含砾粗砂层为 $5\text{m}\sim 15\text{m}$ ，裂隙岩层为 $10\text{m}\sim 15\text{m}$ ，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。

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。

7.3.6~7.3.7

1 地下水控制往往是决定工程成败的关键，地下工程往往埋深大、涉及多个含水层，仅靠经验参数进行地下水控制的设计

不能满足要求，因此需要在现场布置一定数量的抽水试验，通过现场试验获取可靠的参数满足地下水控制设计与施工的需要。

2 抽水试验是获利水文地质参数的常用且有效的方法，岩土工程勘察一般用稳定流抽水试验可满足要求。抽水孔的适宜半径 $r \geq 0.01M$ (M 为含水层厚度)，深度根据试验目的层确定，可以利用适宜半径与深度的勘察钻孔。

3 观测孔的布置，取决于地下水的流向、坡度和含水层的均一性。一般布置在与地下水流向垂直的方向上，与抽水孔的距离以 1 个~2 个含水层厚度为宜。孔深一般要求进入抽水孔试验段厚度之半。

4 抽水量和水位降深应根据工程性质、试验目的和要求确定；进行 3 次不同水位降深，并使最大的水位降深接近工程设计的水位标高，可以得到较符合工程实际的数据。

5 试验孔和观测孔的水位量测采用同一方法和器具，可以减少其间的相对误差；对观测孔的水位量测读数至毫米，是因其不受抽水泵和抽水时水面波动的影响，水位下降较小，且直接影响水文地质参数计算的精度。

6 试验成果分析可参照现行国家标准《供水水文地质勘察规范》GB 50027 进行。

7 影响半径可用算法求得，表 13 列出了常用的计算公式：

表 13 影响半径计算公式

计算公式		适用条件	备注
潜水	承压水		
$\lg R = \frac{s_w(2H-s_w)\lg r_1 - s_1(2H-s_1)\lg r_1}{(s_w-s_1)(2H-s_w-s_1)}$	$\lg R = \frac{s_w \lg r_1 - s_1 \lg r_w}{s_w - s_1}$	1 完整井 2 一个观测孔	结果偏大
$\lg R = \frac{s_1(2H-s_1)\lg r_2 - s_2(2H-s_2)\lg r_1}{(s_1-s_2)(2H-s_1-s_2)}$	$\lg R = \frac{s_1 \lg r_2 - s_2 \lg r_1}{s_1 - s_2}$	两个观测孔	精度可靠
$\lg R = \frac{1.366k(2H-s_w)s_w}{Q} \lg r_w$	$\lg R = \frac{2.73kMs_w}{Q} + \lg r_w$	单孔	一般偏大
$R = 2s\sqrt{Hk}$	$R = 10s\sqrt{k}$	单孔	概略计算

7.3.8 注水试验宜采用常水头试验；渗水试验时坑内注水水层厚度常用 10cm，用双环法可排除侧向渗透的影响，测试精度较高。

7.3.9 孔隙水压力对土体的变形和稳定性有很大影响。在隧道开挖阶段，采取工程降水时，为了控制地面沉降，对有关土层进行孔隙水压力的监测有利于地面沉降原因的分析。

1 对孔隙水压力的测定方法说明以下几点：

1) 所列孔隙水压力测定方法及适用条件主要参考英国规范及我国实际情况制定，各种测试方法的优缺点简要说明如下：

立管式测压计安装简单，并可测定土的渗透性，但过滤器易堵塞，影响精度，反应时间较慢。

水压式测压计反应快，可同时测定渗透性，宜用于浅埋，有时也用于在钻孔中量测大的孔隙水压力，但因装置埋设在土层，施工时易受损坏。

电测式测压计（电阻应变式钢弦应变式）性能稳定、灵敏度高，不受电线长短影响，但安装技术要求高，安装后不能检验，透水探头不能排气，电阻应变片不能保持长期稳定性。

气动测压计价格低廉，安装方便，反应快，但透水探头不能排气，不能测渗透性。

孔压静力触探仪操作简便，可在现场直接得到超孔隙水压力曲线，同时测出土层的锥尖阻力。

2) 在选择测试方法和测试仪器时，应注意地层条件和分析需要，是否能达到测试目的。对于静水压力和稳定渗流条件下的孔隙水压力的测试，孔隙水压力随时间的变化很小，可以忽略，可以选用反应虽然较慢但性能稳定的方法和仪器；对非稳定的超静孔隙水压力的测试，如打桩、强夯等产生的孔隙水压力，增长和消散随时间的变化很快，应选用反应迅速的方法和仪器。

3) 目前我国测定孔隙水压力，多使用振弦式孔隙压力计即电测式测压计和数字式钢弦频率接收仪。

2 孔隙水压力测试应注意下列问题：

1) 孔隙水压力试验点的布置，应考虑地层性质、工程要求、基础形式等，包括量测地基土在荷载不断增加过程中，新建建筑物对邻近建筑物的影响、深基础施工和地基处理引起孔隙水压力的变化。对圆形基础一般以圆心为基点按径向布孔，其水平及垂直方向的孔距宜为 5m~10m。

2) 测压计的埋设与安装质量直接影响测试成果的正确性。测压计埋设前必须经过标定，安装时将测压计探头放置到预定深

度，其上覆盖 30cm 砂均匀充填，并投入膨润土球，经压实，注入泥浆密封。泥浆的配合比为 4（膨润土）：8~12（水）：1（水泥），地表部分应有保护罩，以防水灌入。

3）试验成果应提供孔隙水压力与时间变化的曲线图和剖面图（同一深度），孔隙水压力与深度变化曲线图。

7.4 地下水作用评价

7.4.1 地下水力学作用的评价

1 地下水对基础的浮力作用，是最明显的一种力学作用，应按静水压力计算。在静水环境中，浮力可以用阿基米德原理计算。一般认为，在透水性较好的土层或节理发育的岩石地基中，计算结果即等于作用在基底的浮力；对于渗透系数很低的黏土来说，上述原理在原则上也应是适用的，但是有实测资料表明，由于渗透过程的复杂性，黏土中基础所受到的浮托力往往小于水柱高度。在现行行业标准《铁路路基设计规范》TB10001 中，曾规定在此条件下，浮力可作一定折减。由于这个问题缺乏必要的理论依据，很难确切定量，故本条规定，只有在具有经验或实测数据时，方可进行一定的折减；在渗流条件下，由于土单元体的体积 V 上存在与水力梯度 i 和水的重力密度 γ_w 成正比的渗流力（体积力） J ，

$$J=i \gamma_w V$$

造成了土体中孔隙水压力的变化，因此，其浮力与静水条件下不同，应通过渗流分析得到。

2 无论采用何种条分极限平衡方法验算边坡稳定性，孔隙

水压力都会对各分条底部的有效应力条件产生重大影响，从而影响最后的分析结果。当存在渗流条件时，和上述原理一样，渗流状态还会影响到孔隙水压力的分布，最后影响到安全系数的大小。因此，条文对边坡稳定性分析中地下水作用的考虑作了原则规定。

3 验算基坑支护支挡结构的稳定性时，不管是采用水土合算还是水土分算的方法，都需要首先将地下水的分布搞清楚，才能比较合理地确定作用在支挡结构上的水土压力。当渗流作用影响明显时，还应考虑渗流对水压力的影响。

4 渗流作用可能产生潜蚀、流土或管涌现象，造成破坏。以上几种现象都是因为基坑底部某个部位的最大渗流梯度 i_{max} 大于临界梯度 i_{cr} ，致使安全系数 F_s 不能满足要求：

5 对于地下水位以下开挖基坑需采取降低地下水位的措施时，需要考虑的问题主要有：

- 1) 能否疏干基坑内的地下水，得到便利安全的作业面。
- 2) 在造成水头差条件下，基坑侧壁和底部土体是否稳定。
- 3) 由于地下水的降低，是否会对邻近建筑、道路和地下设施造成不利影响。

7.4.2 《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476-2019 之 3.0.6 条规定抗浮设防水位应根据建筑使用功能、抗浮设计等级、场地历史最高水位和长期水位观测资料、勘察报告建议、水位预测咨询成果和工程经验综合分析后，按施工期和使用期分别确定。因此，勘察工作中应根据掌握的工程环境岩土条件提供抗浮设防水位建议

值，对抗浮措施提出建议、并提供抗浮设计与施工所需的参数，供设计参考。工程勘察时，提供的抗浮设防水位建议值应分为施工期抗浮设防水位和使用期抗浮设防水位，建议值的提供应综合考虑下列因素：（1）场地的地形、地貌单元、地层结构、地下水类型、各层地下水水位及其变化幅度；（2）地下水补给、径流、排泄等条件，历史水位的变化及幅度；（3）设计使用年限和工程建设可能导致水文地质条件改变引起的地下水位变化程度；（4）邻近工程降水、区域地下水开采和水文环境变化的影响程度和趋势；（5）区域水利规划、邻近地表水系水位变化等对场地地下水水位的影响程度和趋势；（6）场地及其周边已有排水系统的分布和有效能力等。

7.4.4 即使是在赋存条件和水质基本不变的前提下，地下水对岩土体和结构基础的作用往往也是一个渐变的过程，开始可能不为人们所注意，一旦危害明显就难以处理。由于受环境，特别是人类活动的影响，地下水位和水质还可能发生变化。所以，在勘察时要注意调查研究，在充分了解地下水赋存环境和岩土条件的前提下做出合理的预测和评价。

8 调绘、勘探与原位测试

8.1 一般规定

8.1.1 为达到理想的技术经济效果，宜将多种勘探手段配合使用，如钻探加静探，钻探加工程物探，必要时增加原位测试手段。

8.1.2~8.1.4 这几条规定了在勘探作业施工前应对场地及周边危险源进行识别，可以采用现场踏勘、资料搜集，对周边可能存在的危险源进行避让。勘探完工后，应将钻孔、探井、探槽及时妥善回填，避免对自然环境造成破坏或引起人身伤害和工程事故等后果的发生。回填材料及方法可按表 14 选择。

表 14 回填材料及方法

回填材料	回填方法
原土	每 0.5m 分层夯实
直径 20mm 左右黏土球	均匀回填，每 0.5-1.0m 分层捣实
水泥、膨润土（4：1）制成浆液或水泥浆	泥浆泵送入孔底，逐步向上灌注
素混凝土	分层捣实
灰土	每 0.3m 分层夯实

8.2 调查与测绘

8.2.1~8.2.5 工程地质调查与测绘一般在可行性研究阶段或初步勘察阶段进行，目的是评价场地稳定性、适宜性。详细勘察阶段在初步勘察阶段测绘和调查的基础上，针对专门的地质问题进行补充工程勘察调查和测绘工作。

8.2.6 工程场地及周边环境专项调查报告的附图表应包括调查对象的平面位置图、竣工图纸、影像资料、成果资料等。

8.3 工程物探

8.3.1 在市政基础设施岩土工程勘察过程中由于城市场地条件影响或地质条件较复杂时，钻探工作无法进行，应辅助工程物探方法，主要用于探查地下管线、地下障碍物等，保证施工安全，在山区作业时，由于地质条件较复杂基岩出露较浅，分布断层、裂隙、溶洞等不良地质体，采用常规的钻探方法很难查清，采用工程物探方法是非常有效的，应用较广泛。

8.3.6 各种工程物探方法使用前，应结合当地地质条件论证物探方法的适用性，特别是首次使用时应进行方法的有效试验。工程物探解译存在多解性，实际工程应用中应采用两种以上物探方法，进行相互认证，综合分析，必要时通过钻探或挖探进行验证。

8.4 勘探点定位和测量

8.4.1~8.4.3 勘探点定位与测量的基准点一般由建设单位或委托方提供，与用地红线、规划审批及建筑施工放样保存一致。当建设单位或委托方无法提供基准点时，勘探单位可在稳定区域建立基准点，并标注说明。

当勘探孔位置发生变动时，应对孔口标高和孔位进行复测。勘探点测设成果包含各勘探点点号、坐标、孔口标高、基准点坐标及高程等。

8.5 原位测试

8.5.1 原位测试在探测地层分布、测定岩土特性、确定地基承载力等方面，有突出的优点，能更直接、客观、准确地获取工程设计和施工所需的有关参数，是岩土工程勘察十分重要的手段。

原位测试从广义上讲，按机理可分为原位检测和原位试验两部分；狭义上讲，指利用一定的试验手段，在天然状态（天然应力、天然结构和天然含水率）下，测试岩土的反应和一些特定的物理力学性质指标，进而依据理论分析或推演的经验公式评价岩土的工程性质和状态。

原位测试方法按照力学机理可分为：原位荷载应变型或承压型，包括载荷试验、旁压试验、扁铲侧胀试验、十字板剪切试验；刺入破坏型，静力触探试验、动力触探试验、标准贯入试验；物理穿透型，包括波速测试、地电参数测试等。原位荷载应变型对土层的应力历史较为敏感，刺入型不太敏感。

8.5.2~8.5.3 由于区域差异，各地岩土特性的差别较大，原位测试成果的应用应以地区经验的积累为主要依据，确保原位测试应用的可靠性。

8.5.4 对原位测试的仪器、设备按规定检定/校准是为了保证测试数据的准确性。

8.5.5 原位测试数据存在误差的因素较多，包括试验仪器、试验条件和方法、操作人员的技术水平、土层的不均匀性等，因此，应根据实际情况综合分析数据异常值，对试验数据进行修正，确保试验数据的可靠性。

8.5.6 原位测试作为土工试验数据的一种补充，两者互补，确保提供准确的岩土参数。

8.6 钻探

8.6.1~8.6.2 钻探方法的选择一般按照地层特点及钻探的有效性原则，能保证以一定的精度鉴别地层，了解地下水的情况；尽量避免或减少对取样段的扰动。

8.6.4 岩土层的岩芯采取率对工程地质分层和评价影响很大，是钻探质量的一种表现形式，必须严格控制。

8.6.5 钻探编录是岩土工程勘察报告编写的第一手资料，是否准确直接影响勘察成果质量，对于钻探编录工作应由经过专业培训的技术人员进行操作，保证钻探编录的可靠性。

8.7 井探、槽探与洞探

8.7.1~8.7.4 探井、探槽、探洞和平硐的深度、长度、断面尺寸等按勘察任务要求确定。现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 规定：

1 探井深度不宜超过 20m，掘进深度超过 7m 时，应向井内通风、照明；遇地下水时，应采取相应的排水和降水措施。

2 探井断面可采用圆形或矩形，且圆形探井直径不宜小于 0.8m，矩形探井不宜小于 1.0m×1.2m；当根据土质情况需要放坡或分级开挖时，井口宜加大。

3 探槽挖掘深度不宜大于 3m，大于 3m 时，应根据槽壁的稳定情况增加支撑或改进开挖方法，槽底宽度不小于 0.6m；探

井两壁的坡度按开挖深度及岩土性质确定。

4 探洞断面可采用梯形、矩形或拱形，洞宽不宜小于1.3m，洞高不宜小于1.8m。

5 探井的井口、探洞的洞口位置宜选择在坚固且稳定的部位。

8.8 取样

8.8.1 对不同的土层，应针对其特点采用不同的取土器，尽量减少对土样的扰动。试验资料显示：薄壁取土器所取试样的质量要好于厚壁取土器，尤其在淤泥质土中，力学指标存在明显差异，粉土、粉砂宜采用原状取砂器。

8.8.4 砂土应以原位测试为主，辅以必要的Ⅰ、Ⅱ级土试样。

8.8.5 土样取出后应及时蜡封，并填写土样标签、装箱保护，平稳运输与移交等均是不可忽略的环节。

9 室内试验

9.1 一般规定

9.1.1 试验项目的选择应满足工程勘察、设计、施工要求，当需要时应考虑岩土的原位应力场和应力历史，工程活动引起的新应力场和新边界条件，使试验条件尽可能接近实际；并应注意岩土的非均质性、非等向性和不连续性以及由此产生的岩土体与岩土试样在工程性状上的差别。

9.1.2 保留室内试验过程资料，具有可追溯性。

9.1.3 此条规定了实验室安全和工作条件和危废处理要求。

9.1.4 本条规定了室内试验成果报告的要求。土工试验可以委托具备资质的实验室进行，成果报告应由具体完成单位签字盖章。

9.1.5 试验操作和试验仪器应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 和《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的规定，当上述两标准未能涵盖的试验项目，可参照相关的行业标准。

9.1.6 为了保证试验质量，要求对土工试验仪器定期进行检定或校准，使用符合精度要求的仪器设备。

9.1.7 因土样中的残余有效应力、天然含水量等随其储存时间会显著变化，土样的质量随着时间的推移而变坏。因此，取土后应尽快试验。但对受污染的土、水试样，其放置时间应根据不同的测试目的与要求确定。

9.1.8 岩土样品特征和重要性状做的肉眼鉴定描述，是分析试验数据的基础。

9.1.9 岩、土试样因没有标准样品可以检验试验质量，试验报告中指标的真实、准确和物理力学性指标间匹配关系，是审核岩、土试验报告的主要依据。

9.2 土的物理性质试验

9.2.1 本条规定的都是最基本的试验项目，一般工程都应进行。

9.2.2 测定液限，我国通常用 76g 瓦氏圆锥仪，但在国际上更通用卡氏碟式仪，故目前我国是两种方法并用，现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123-2019 也同时规定这两种方法和液塑限联合测定法。由于测定方法的试验成果有差异，故应在试验报告上注明。

土的比重变化幅度不大，有经验的地区可根据经验判定，误差并不大，是可行的。但在缺乏经验的地区，仍应直接测定。

9.2.3 土的渗透系数室内试验误差往往较大，取值应与野外抽水试验或注水试验的成果比较后确定。

9.2.4 击实试验方法分轻型和重型两种。

1 重型击实试验每圈要加一击，两层交界处土面要刨毛，最后一层土面超出试样筒顶部应小于 6mm。

2 轻型击实试验，当粒径大于 5mm 的质量小于或等于试样总质量的 30%时，应对最大干密度及最优含水率进行校正。

由于轻型与重型击实试验锤击能量不同，试验结果也不一

样，因此，在试验报告中应予以说明。

9.2.5 有机质含量试验方法主要有重量法、容量法、比色法等。对有机质含量不大于 15% 的土，宜采用重铬酸钾容量法。该法操作简便、快速、再现性好，不受大量碳酸盐存在的干扰，设备简单。但应考虑其对环境的污染程度及对健康的影响。

9.3 土的压缩—固结试验

9.3.1 采用常规固结试验求得的压缩模量和一维固结理论进行沉降计算，是目前广泛应用的方法。由于压缩系数和压缩模量的值随压力段而变，故本条作了明确的规定。

9.3.4 沉降计算时一般只考虑主固结，不考虑次固结。但对于厚层高压缩性软土，次固结沉降可能占相当分量，不应忽视。

9.3.5 除常规的沉降计算外，有的工程需建立较复杂的土的力学模型进行应力应变分析，试验方法包括：

1 三轴试验，按需要采用若干不同围压，使土试样分别固结后逐级增加轴压，取得在各级围压下的轴向应力与应变关系，供非线性弹性模型的应力应变分析用；各级围压下的试验，宜进 1 次～3 次回弹试验。

2 当需要时，除上述试验外，还要在三轴仪上进行等向固结试验，即保持围压与轴压相等；逐级加荷，取得围压与体积应变关系，计算相应的体积模量，供弹性、非线性弹性、弹塑性等模型的应力应变分析用。

9.4 土的抗剪强度试验

9.4.1 排水状态对三轴试验成果影响很大,不同的排水状态所测得的 c 、 ϕ 值差别很大,故本条在这方面做了一些具体的规定,使试验时的排水状态尽量与工程实际一致。不固结不排水剪得到的抗剪强度最小,用其进行计算结果偏于安全,但是饱和软黏土的原始固结程度不高,而且取样等过程又难免有一定的扰动影响,故为了不使试验结果过低,规定了在有效自重压力下进行预固结的要求。

基床系数是地基土在外力作用下产生单位变形时所需的应力,三轴试验法是将土样经饱和处理后,在 K_0 状态下固结,对一组试样分别进行 $(\Delta\sigma_3/\Delta\sigma_1) = 0.0、0.1、0.2、0.3$ 应力路径下的三轴固结排水试验(其中 $\Delta\sigma_1$ 为大主应力增量, $\Delta\sigma_3$ 为小主应力增量),得到有效大主应力增量与试样变形 $(\Delta\sigma_1 \sim \Delta h_1)$ 关系曲线,求得初始切线模量或某一割线模量,即为基床系数 K 。

9.4.2 虽然直剪试验存在一些明显的缺点,受力条件比较复杂,排水条件不能控制等,但由于仪器和操作都比较简单,又有大量实践经验,故在一定条件下仍可利用,但对其应用范围应予以限制。

无侧限抗压强度试验实际上是三轴试验的一个特例,适用于 $\phi \approx 0$ 的软黏土,国际上用得较多,故在本条作了相应的规定,但对土试样的质量等级作了严格规定。

9.4.3 测滑坡带上土的残余强度,应首先考虑采用含有滑面的土样进行滑面重合剪试验。但有时取不到这种土样,此时可用取

自滑面或滑带附近的原状土样或控制含水量和密度的重塑土样做多次剪切。试验可用直剪仪，必要时可用环剪仪。

9.4.4 本条规定的是一些非常规的特种试验，当岩土工程分析有专门需要时才做，主要包括两大类：

1 采用接近实际的固结应力比，试验方法包括 K_0 固结不排水 (CK_0U) 试验 K_0 固结不排水测孔压 (CK_0U) 试验和特定应力比固结不排水 (CKU) 试验。

2 考虑到沿可能破坏面的大主应力方向的变化，试验方法包括平面应变压缩 (PSC) 试验，平面应变拉伸 (PSE) 试验等。

这些试验一般用于应力状态复杂的堤坝或深挖方的稳定性分析。

9.5 土的动力性质试验

9.5.1 动三轴、动单剪、共振柱是土的动力性质试验中目前比较常用的三种方法。其他方法或还不成熟，或仅作专门研究之用。故不在本标准中规定。

不但土的动力参数值随动应变而变化，而且不同仪器或试验方法有其应变值的有效范围。故在提出试验要求时，应考虑动应变的范围和仪器的适用性。

9.5.2 用动三轴仪测定动弹性模量、动阻尼比及其与动应变的关系时，在施加动荷载前，宜在模拟原位应力条件下先使土样固结。动荷载的施加应从小应力开始，连续观测若干循环周数，然

后逐渐加大动应力。

测定既定的循环周数下轴向应力与应变关系，一般用于分析震陷和饱和砂土的液化。

9.5.4 该条规定了土的动力性质试验一般需要提交的资料。

9.6 土的热物性试验

9.6.1 岩土的热物理指标主要用于地下洞室通风负荷设计和地源热泵工程设计等。岩土热物理指标包括导热系数、比热容、导温系数，三者之间关系如下：

$$\alpha = \frac{\lambda}{C\rho}$$

式中 ρ ——密度 (kg/m^3);
 α ——导温系数 (m^2/h);
 λ ——导热系数 ($\text{W/m} \cdot \text{K}$);
 C ——比热容 ($\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$)。

9.6.2 因岩土的导热系数基本在 $0.5\text{W/m} \cdot \text{K} \sim 5\text{W/m} \cdot \text{K}$ 范围内，根据其自身的特性及常用的测试方法，本标准规定可选用面热源法、热线比较法、热流计法及热平衡法测定岩土的热物理指标。

1 测定热物理性能的试验方法较多，各种不同的方法有一定的适用范围，测试前宜考虑到材料导热系数的大致范围，选用合适的测量方法。

2 岩土的热物理指标性能与密度、含水率及化学成分有关。导热系数、导温系数随着密度和含水率的增加而变化,而含水率对比热容的影响较大。此外,在相同密度及含水率的情况下,由于化学成分不同,其值也相差较大。

9.6.4 该两条规定了面热源法、热线比较法及热流计法和热平衡法测定土的热物性指标时应符合的要求。

9.7 岩石试验

9.7.6 由于岩石对于拉伸的抗力很小,所以岩石的抗拉强度是岩石的重要特征之一。测定岩石抗拉强度的方法很多,但比较常用的有劈裂法和直接拉伸法。

9.7.7 点荷载试验和声波速度试验都是间接试验方法,利用试验关系确定岩石的强度参数,在工程上是很实用的方法。

10 岩土参数统计与选用

10.1 一般规定

10.1.1 本条规定岩土工程参数确定的基本原则。所有市政工程均应提供下列岩土参数：

- 1 岩土的天然重度、天然含水率。
- 2 粉土、黏性土的孔隙比、稠度指标。
- 3 土的压缩性、抗剪强度等力学性质指标。
- 4 岩石的单轴抗压强度。
- 5 地基承载力。

针对各类市政基础设施特点，还应分别提供以下参数：

- 1 揭露地下水的市政工程应提供岩土渗透性参数；可能采用桩基础的市政工程应提供桩端阻力及桩侧阻力指标。
- 2 高填方路基应提供承载比（CBR）、水平和垂直向固结系数，并提供填筑土料进的最优含水量和最大干密度。
- 3 需抗震验算的特大桥和大桥，宜作原位波速试验或室内共振柱试验，提供岩土层的动剪切模量、阻尼比等动力参数。
- 4 地下洞室及城市隧道工程应提供导温系数、导热系数、比热容、弹性波或声波波速；土的动弹性模量、动剪切模量、动泊松比；岩石的软化系数、弹性模量、泊松比。
- 5 堤岸工程及边坡工程应提供基础底面与地基土之间的摩擦系数。
- 6 金属室外管道工程应测定地层电阻率。

7 顶管法及定向钻法土的颗粒级配、管壁与土的摩阻力；明挖法应提供土钉锚固体与土体极限黏结强度；盾构法应提供砂土、碎石土的颗粒组成、最大粒径及曲率系数和不均匀系数，耐磨矿物成分及含量，土层的黏粒含量。

10.1.2 本条规定了评价岩土工程参数的可靠性与适用性的各项依据内容。

10.2 岩土参数统计分析

10.2.1 本条规定岩土工程参数确定的基本原则。

10.2.2 本条给出了岩土参数标准值的计算公式。当变异系数较大时，应分析误差产生的原因，提出建议值。抗剪强度指标变异系数大于 30%时，宜剔除大值，取小值平均确定计算值。

10.3 岩土参数代表值的选用

10.3.2、10.3.3 评价岩土性状的物理性质指标及正常使用极限状态计算所需要的参数指标，如压缩系数、压缩模量、渗透系数等，宜采用算术平均值。

10.3.4 当根据岩土的动力学性质指标进行承载能力极限状态计算时，所采用的岩土力学性质指标，抗剪强度、饱和单轴抗压强度（含点荷载换算强度）、十字板剪切试验、标准贯入试验、静力触探测试等应选用标准值。

10.3.5 当按静力触探、标准贯入试验相关关系确定其参数时，应按经验公式的要求选用相应的代表值 静力触探阻力、标准贯入（动力触探）试验锤击数用于分析预制桩的沉桩难度时，

宜取最大平均值。

10.3.8~10.3.9 渗透系数、基床系数、静止侧压力系数室内试验结果的可靠性一般较差，原位测试获得指标比较可靠，代表值的确定应结合经验值综合考虑。

10.4 地基承载力

10.4.1 现场载荷试验包括浅层平板载荷试验、深层平板载荷试验、螺旋板载荷试验等，地基承载力也可用旁压试验确定，实际工作中，可根据持力层深度、地下水埋藏条件等选择。

10.4.2 对静载荷试验确定承载力特征值说明如下：

1 浅层平板载荷试验的试坑尺寸等试验条件模拟的是半无限空间条件，所以浅层平板载荷试验确定的地基承载力特征值可进行深宽修正。

2 深层平板载荷试验、螺旋板载荷试验的试验条件模拟的不是半无限空间，而是地基原位深度下的条件，故本试验得到的地基承载力特征值不可进行深度修正；如果所试验的土层较厚，必须明确试验深度，试验深度的确定通常根据设计要求，如果设计要求不明确，则有必要按不同深度进行系列试验。

3 岩层表部进行岩石地基载荷试验，由于岩石地基承载力相对较高，上覆土层的重量对岩石地基承载力数值的影响有限，可不考虑试验深度即上覆土层厚度对试验结果的修正，对于岩体而言符合半无限空间条件。但是，如果岩石很软，埋藏较深，需考虑上覆土层重量对软质岩地基承载力的修正作用。

10.4.3 利用旁压曲线的特征值评定地基承载力，可以采取临塑

荷载法和极限荷载法。对于一般土宜采用临塑荷载法；对旁压曲线过临塑压力后急剧变陡的土宜采用极限荷载法。

10.4.4 根据岩土参数确定地基承载力特征值说明如下：

1 以室内试验、原位测试指标或野外鉴别等方法确定天然地基承载力特征值时，可参考本标准附录 M。

2 岩石饱和单轴抗压强度与地基承载力之间的不同在于：

第一，抗压强度试验时，岩石试件处于无侧限的单轴受力状态；而地基承载力则处于有围压的轴应力状态。如果地基是完整的，则后者远远高于前者。第二，岩块强度与岩体强度是不同的，原因在千岩体中存在或多或少，或宽或窄，或显或隐的裂隙，这些裂隙不同程度地降低了地基的承载力，越破碎，降低越通常在同条件下硬质岩石的脆性导致岩体微裂隙较软质岩石发育，因此需要进行折减。

10.5 桩基承载力

10.5.1、10.5.2 本条中提供的桩的极限侧阻力标准值 q_{sk} 、桩的极限端阻力标准值 q_{pk} 参考值，引自现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94-2008，如果在设计计算中需要采用其他标准的计算公式，应采用相对应标准的参考值。

10.6 锚杆（索）

10.6.1 本条中提供的岩土层与锚固体之间的极限黏结强度标准值（kPa）引自现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330-2013。如果在设计计算中需要采用其他标准的计算公式，

应采用相对应标准的安全系数、经验参数。

作为抗浮结构时，其安全系数取 2.0，作为边坡支护结构时，岩土锚杆锚固体抗拔安全系数应按表 15 取值：

表 15 锚杆锚固体抗拔安全系数 K

边坡工程安全等级	安全系数	
	临时锚杆	永久锚杆
一级	1.8	2.6 (2.2)
二级	1.6	2.4 (2.0)
三级	1.4	2.2 (2.0)

当使用扩体锚杆进行永久性支护时，安全系数按表中括号内取值；永久性锚杆抗震验算时，其安全系数应按 0.8 折减。

10.6.2 本条中提供的岩土层与锚固体之间的极限黏结强度标准值 (kPa) 经验参考值适用于锚杆 (索) 用于基坑工程等临时性支护结构，引自现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120-2012，其对应的安全系数根据基坑安全等级确定，安全等级为一、二、三级的支护结构，对应的安全系数分别为 1.8、1.6、1.4。如果在设计计算中需要采用其他标准的计算公式，应采用相对应安全系数、经验参数。

11 岩土工程分析评价

11.1 一般规定

11.1.1 本条主要提出了岩土工程分析评价的总要求，说明与本标准各章的关系。对于各类工程、各种工法、特殊性岩土和不良地质作用、地下水的分析评价，本标准分别在第4章、第5章、第6章和第7章进行了规定。

11.1.2 岩土工程分析评价应充分了解工程结构的类型、特点、荷载情况和变形控制要求；掌握场地的地质背景，考虑岩土材料的非均质性、各向异性和随时间的变化，评估岩土参数的不确定性，确定其最佳估值；充分考虑当地经验和类似工程的经验；对于理论依据不足、实践经验不多的岩土工程问题，可通过现场模型试验或足尺试验取得实测数据进行分析评价；必要时可建议通过施工监测，调整设计和施工方案。

11.1.3 岩土体的变形、强度和稳定性对工程的安全至关重要，对于不同工程，场地的岩土体性质及工程对变形、强度的要求各有差异，所以对岩土体的变形、强度和稳定性的定量分析应充分考虑工程特点和岩土体性质。变形的定量分析包括岩土变形参数的确定，有条件时应根据需要进行初步变形估算；强度定量分析包括提供岩土强度参数、确定承载力，需要时应进行承载力验算；稳定定量分析主要指地基的整体稳定及其与边坡有关的稳定性计算，在何种条件下需要进行定量分析，应根据工程建设场地地形地貌、岩土体自身性质和外部条件综合确定。

11.2 场地稳定性适宜性评价

11.2.2 稳定性评价是通过对活动断裂、所处抗震地段、不良地质作用和地质灾害等方面分析，定性地对场地稳定性作出分级，其评价结论是工程建设适宜性评价的先决条件。稳定性分级划分应从不稳定开始，向稳定性差、基本稳定、稳定推定，以最先满足的为准。

11.2.3、11.2.4 工程建设适宜性评价是通过分析地形地貌、水文、工程地质、水文地质、不良地质作用和地质灾害、活动断裂和地震效应、地质灾害治理难易程度等影响因素，从地质的角度定性、定量评价场地内工程建设的适宜程度，本标准根据现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 相关规定，可以仅做定性分析，如工程需要需进行定量分析，可根据现行行业标准《城乡规划工程地质勘察规范》CJJ 57—2012 第 7 章及该规范附录 D 有关规定采用评价单元多因子分级加权指数和法评价。

11.3 地基基础评价

11.3.1 本条规定了地基基础评价工作和内容的基本要求。也是现行国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017-2021 要求。天然地基方案应在拟建场地整体稳定性基础上，根据附属建筑、相邻的既有或拟建建筑、地下设施和地基条件可能发生显著变化的影响等情况进行分析论证。对判定为不均匀的地基，应进行沉降、差异沉降、倾斜等特征分析评价、并应提出相应建议。符合下列情况之一者，应判定为不均匀地基：

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 地基持力层虽属于同一地貌单元或工程地质单元，但存在下列情况之一：

1) 中—高压缩性地基，持力层底面或相邻基底高程的坡度大于 10%。

2) 中—高压缩性地基，持力层及其下卧层在基础宽度方向上的厚度差值大于 $0.05b$ (b 为基础宽度)。

3 同一建筑物虽处于同一地貌单元或同一工程地质单元，但各处地基土的压缩性有较大差异时，可在计算各钻孔地基变形计算深度范围内当量模量的基础上，根据当量模量最大值 $\bar{E}_{s\max}$ 和当量模量最小值 $\bar{E}_{s\min}$ 的比值判定地基均匀性。当 $\frac{\bar{E}_{s\max}}{\bar{E}_{s\min}}$ 大于表 16 中地基不均匀系数界限值 K 时，可按不均匀地基考虑。

表 16 地基不均匀系数 K 界限值

同一建筑物下各钻孔压缩模量当量 值 $\bar{E}_s$ 的平均值 (MPa)	≤ 4	7.5	15	> 20
不均匀系数界限值 K	1.3	1.5	1.8	2.5

在地基变形计算深度范围内，某一个钻孔的压缩模量当量值 $\bar{E}_s$ 应根据平均附加应力系数在各层土的层位深度内积分值 A_i 和各土层压缩模量 E_{si} ，(按实际应力段取值)按下式计算：

$$\bar{E}_s = \frac{\sum A_i}{\sum \frac{A_i}{E_{si}}}$$

式中： $\bar{E}_s$ ——压缩模量当量值；

A_i ——第 i 层土的层位深度内平均附加应力系数的

积分值。

11.3.2 天然地基评价应提供地基强度和变形计算等所需的岩土参数，提供天然地基持力层及基础选型建议。

当地基受力层范围内有软弱下卧层时，进行软弱下卧层强度计算时应符合下列规定：

1 按下式验算软弱下卧层的地基承载力：

$$P_z + p_{cz} \leq f_{az}$$

式中： P_z ——相应于作用的标准组合时，软弱下卧层顶面处的附加压力值（kPa）；

p_{cz} ——软弱下卧层顶面处的土的自重压力值

（kPa）；

f_{az} ——软弱下卧层顶面处经深度修正后的地基承载力特征值（kPa）。

2 对条形基础和矩形基础， p_z 值可按下式计算：

条形基础

$$P_z = \frac{b(p_k - p_c)}{b + 2z \tan \theta}$$

矩形基础

$$P_z = \frac{lb(p_k - p_c)}{(b + 2z \tan \theta)(l + 2z \tan \theta)}$$

式中： l 、 b ——基础长度、宽度（m）；

p_c ——基础底面处的土的自重压力值（kPa）；

z ——基础底面至软弱下卧层顶面的距离（m）；

θ ——地基压力扩散线与垂线的夹角（°），可按表 17 采用。

表 17 地基压力扩散角 θ （°）

E_{s1}/E_{s2}		1	3	5	10
z/b	0.25	4	6	10	20
	0.50	12	23	25	30

表中 E_{s1} 、 E_{s2} 分别为上层土、下层土压缩模量； $z/b < 0.25$ 时取 $\theta = 0$ ，必要时宜由试验确定； $z/b > 0.50$ 时 θ 值不变； z/b 在 0.25~0.50 之间时可插值使用。

需进行地基变形计算时，应提供变形计算参数 E_{si} （基础底面下第 i 层土的压缩模量（MPa））应取土的自重压力至土的自重压力与附加压力之和的压力段计算。

11.3.3 桩基础分析评价应包括下列内容：

1 提供的桩基设计及施工所需的岩土参数可根据本标准 12.5 节规定选取，应提供桩基持力层及桩基设计所需岩土参数，包括桩基持力层的埋藏条件、各土层的桩侧阻力特征值、桩端阻力特征值、压缩模量建议值；对抗拔桩，尚需提供各土层的抗拔承载力系数。

2 需要时,估算单桩竖向承载力特征值和单桩抗拔承载力特征值;对沉(成)桩可行性以及沉(成)桩施工对周围环境的影响进行分析,并提出对策建议。

3 对欠固结土及有大面积堆载、回填的工程,分析桩侧产生负摩阻力的可能性及其影响;当有软弱下卧层时,验算软弱下卧层的承载力。

4 持力层为倾斜地层、基岩面凹凸不平或岩土中有洞穴时,应评价桩的稳定性,并提出处理措施的建议。

5 对桩基工程设计、施工、检测的建议及注意事项。当需要进行施工勘察时,应提出相应的建议。

11.3.4 本条规定了地基基础评价工作和内容的基本要求。具体参数及评价和建议,可参考现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 相关规定。

11.4 地下工程和基坑与边坡工程评价

11.4.1 本条规定了地下工程和基坑工程评价内容的基本要求。

1 地下工程及基坑工程周围环境、岩土和水文地质条件,是该类工程的重点关注的内容,为确定基坑支护结构的安全等级,是分析工程施工对周边环境的影响以及周边环境对工程施工的影响的基本条件;对周边环境复杂且安全等级为一级的基坑工程,可提出进行专项环境调查的建议。

2 提供岩土的抗剪强度指标,应符合下列规定:

1) 对地下水位以上的各类土,土压力计算、土的滑动稳定性验算时,对黏性土、黏质粉土,土的抗剪强度指标应采用三轴

固结不排水抗剪强度指标或直剪固结快剪强度指标，对砂质粉土、砂土、碎石土，土的抗剪强度指标应采用有效应力强度指标。

2) 对地下水位以下的黏性土、黏质粉土，可采用土压力、水压力合算方法，土压力计算、土的滑动稳定性验算可采用总应力法；此时，对正常固结和超固结土，土的抗剪强度指标应采用三轴固结不排水抗剪强度指标或直剪固结快剪强度指标，对欠固结土，宜采用有效自重压力下预固结的三轴不固结不排水抗剪强度指标。

3) 对地下水位以下的砂质粉土、砂土和碎石土，应采用土压力、水压力分算方法，土压力计算、土的滑动稳定性验算应采用有效应力法；此时，土的抗剪强度指标应采用有效应力强度指标，对砂质粉土，缺少有效应力强度指标时，可采用三轴固结不排水抗剪强度指标或直剪固结快剪强度指标；对砂土和碎石土，有效应力强度指标可根据标准贯入试验实测击数和水下休止角等物理力学指标取值。

4) 土的抗剪强度指标尚可根据室内、原位试验得到的其他物理力学指标，按经验方法确定。

3 围岩分级可按照附录 D 进行，并分析隧道开挖、围岩加固及初期支护等可能出现的岩土工程问题，提出防治措施建议，提供隧道围岩加固、初期支护和衬砌设计与施工所需的岩土参数。

4 当基坑开挖需进行地下水控制时，应根据本标准第 8 章

相关规定提供设计计算参数，分析地下水对工程施工的影响，预测基坑和隧道突水、涌砂、流土、管涌的可能性及危害程度。分析地下水对工程结构的作用，对需采取抗浮措施的地下工程，提出抗浮设防水位的建议，提供抗拔桩或抗浮锚杆设计所需的各岩土层的侧摩阻力或锚固力等计算参数，必要时对抗浮设防水位提出进行专项研究的建议。还应分析评价工程降水、岩土开挖对工程周边环境的影响，提出周边环境保护措施的建议。

5 岩质基坑及土岩组合基坑尚应符合《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的有关规定。

11.4.2 本条规定了边坡工程评价内容的基本要求。提供边坡工程设计进行土压力计算和稳定性验算时，采用的土的抗剪强度指标应符合下列规定：

1 用于土质边坡，在计算土压力或抗倾覆计算时，对黏性土宜选择直接固结不排水剪或三轴固结不排水剪；对粉土、砂土和碎石土宜选择有效应力强度指标。

2 土质边坡计算整体稳定、局部稳定和抗滑稳定性时，对一般的黏性土、砂土和碎石土，按第 1 款相同的试验方法，但对饱和黏性土，宜选择直接快剪、三轴不固结不排水剪切试验或十字板剪切试验。

3 土质边坡按水土合算原则计算时，地下水位以下宜采用饱和和自重压力下的固结不排水抗剪强度指标；按水土分算原则计算时，地下水位以下宜采用土的有效抗剪强度指标。

12 成果报告

12.1 一般规定

12.1.2 岩土工程勘察报告应资料完整、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。

12.1.3 初步勘察阶段岩土工程勘察报告应满足初步设计要求。

初步勘察阶段岩土工程勘察报告文字部分应包括工程和勘察工作概况、场地环境与区域地质条件、工程地质与水文地质条件、岩土工程初步分析评价、结论与建议等。

详细勘察阶段岩土工程勘察报告应满足施工图设计要求。市政桥梁、隧道工程勘察报告应根据要求分册编写，城市轨道交通工程勘察报告应按车站、区间等划分工点编写。详细勘察阶段岩土工程勘察报告文字部分应包括工程和勘察工作概况、场地环境与区域地质条件、工程地质与水文地质条件、岩土工程分析评价、结论与建议等。

12.2 成果报告的基本内容

12.2.3 拟建工程概况应包括委托单位名称、工程名称和工程地点，拟建建（构）筑物性质、层数或高度，拟采用的结构形式、基础类型及预计基础埋深。设计条件明确时，应叙述设计室内外地坪标高、荷载条件、沉降及差异沉降控制标准、抗震设防类别及其他特殊设计要求。

12.2.12 本条中所提到的岩土工程评价的主要结论应包括下列

内容:

- 1 场地地基稳定性与适宜性的评价结论。
- 2 场地地震效应的评价结论。
- 3 不良地质作用和特殊性岩土评价的结论。
- 4 设计施工所需的地下水抗浮水位（或埋深）建议值，水（土）对建筑材料的腐蚀性评价结论。
- 5 对地基基础设计方案的建议，对施工中可能涉及的岩土工程问题提出处理建议。
- 6 对基坑支护设计与施工方案的建议。
- 7 工程设计、施工中主要岩土参数的建议值。
- 8 标准冻结深度。

12.3 成果报告的图表

12.3.4 本节主要明确岩土工程勘察成果报告应提供的附图、表的主要内容，具体标准格式要求可以参照建设部《房屋建筑与市政基础设施工程勘察文件编制深度规定》2020 版和现行山东省地方标准《岩土工程勘察文件编制标准》DB37/T 5226。

附录 G 渗透系数计算

G. 0. 1~G. 0. 2 各种计算公式均有一定的假定条件及适用范围，只有地质条件与计算公式及其假定条件一致才可能求得较准确的水文地质参数，当试验条件不符合时，不可生搬硬套。

G. 0. 3 非稳定流抽水试验中，抽水孔（井）应保持涌水量稳定，若前后两次观测的流量变化超过 5% 时，应及时调整流量；涌水量与动水位的观测时间，主要应满足于绘出计算用的各种曲线图，特别是对数关系曲线。要求在开泵的 10min~20min 内，尽可能准确记录较多的数据。一般观测时间间隔如下：1 min、2 min、2 min、5 min、5 min、5 min、5 min、5 min、10 min、10 min、10 min、10 min、20 min、20 min、20 min、30 min，以后每隔 30min 观测一次。

G. 0. 4~G. 0. 5 该两条所列注水试验方法是国内外测定饱和松散土渗透性能的常用方法。试坑单环法只能近似地测得土的渗透系数，而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水层厚度常用 10cm。

G. 0. 6 本条主要参照现行行业标准《水利水电工程钻孔压水试验规程》SL31 及美国规范制定，常规性的压水试验为吕荣试验，该方法是 1993 年吕荣（M.Lugeon）首次提出，经多次修正完善，已为我国和大多数国家采用；成果表达采用透水率，单位为吕荣（Lu），当试段压力为 1MPa，每米试段的压入流量为 1L/min 时，称为 1Lu；除了常规性吕荣试验外，也可根据工程需要，进行专门的压水试验。

G. 0. 7 影响半径采用裘布依公式求得。但由于裘布依公式推导时的条件与实际不符，因此计算结果是一个近似值。此外，在没有观测孔的情况下，影响半径的确定，目前只能依赖于经验数据或经验公式。