

深圳市工程建设地方标准

SJG

SJG 150 – 2024

城市道路工程勘察标准

Standard for Geotechnical Investigation of
Urban Road Engineering

2024-01-12 发布

2024-05-01 实施

深圳市住房和建设局
深圳市交通运输局

联合发布

深圳市工程建设地方标准

城市道路工程勘察标准

Standard for Geotechnical Investigation of
Urban Road Engineering

SJG 150 – 2024

2024 深 圳

前 言

根据深圳市住房和建设局《关于发布 2020 年深圳市工程建设标准制订修订计划项目的通知》（深建标〔2020〕2 号）的要求，标准编制组在深入调查研究，认真总结现有工程经验，参考有关国家和地方标准，并在广泛征求意见的基础上，制定了本标准。

本标准主要技术内容有：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 勘察阶段的划分与基本工作内容；5. 道路工程；6. 桥涵工程；7. 矿山法隧道工程；8. 盾构法隧道工程；9. 明挖法隧道工程；10. 沉管法隧道工程；11. 专项勘察；12. 勘察成果。

本标准由深圳市住房和建设局、深圳市交通运输局联合批准发布，由深圳市交通运输局业务归口并组织深圳市勘察测绘院（集团）有限公司等编制单位负责技术内容的解释。本标准实施过程中如有意见或建议，请寄送至深圳市勘察测绘院（集团）有限公司（地址：深圳市福田区上步中路 1043 号深勘大厦五楼，邮编：518028），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：深圳市交通公用设施建设中心
深圳市勘察测绘院（集团）有限公司

本标准参编单位：深圳市市政设计研究院有限公司
深圳市建设综合勘察设计院有限公司
深圳市勘察研究院有限公司
深圳市工勘岩土集团有限公司
云基智慧工程股份有限公司
深圳市地质局
深圳市长勘勘察设计院有限公司
深圳市岩土综合勘察设计院有限公司
深圳市广汇源环境水务有限公司

本标准主要起草人员：龚旭亚 谭 琛 霍荣金 孔祥岁 齐明柱
李爱国 黄力平 熊金安 李洁文 李 军
徐泰松 徐名彬 金亚兵 刘辉喜 康巨人
李新元 吴旭彬 耿光旭 王 硕 李继民
汪全信 张 波 汤小泓 涂 俊 陈 鹏
熊清林 吴圣超 许 岩 祁恒远

本标准主要审查人员：石汉生 陈晓丹 曾德清 杨世平 周保生
肖 兵 戴志祥

本标准主要指导人员：韩立清 贾丽巍 张志锋 王学坤 张 伟
陈福斌

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
4	勘察阶段的划分与基本工作内容	5
4.1	一般规定.....	5
4.2	可行性研究勘察	5
4.3	初步勘察.....	5
4.4	详细勘察.....	5
5	道路工程	7
5.1	一般规定.....	7
5.2	可行性研究勘察	7
5.3	初步勘察.....	7
5.4	详细勘察.....	8
6	桥涵工程	10
6.1	一般规定.....	10
6.2	可行性研究勘察	10
6.3	初步勘察.....	10
6.4	详细勘察.....	11
7	矿山法隧道工程	13
7.1	一般规定.....	13
7.2	可行性研究勘察	13
7.3	初步勘察.....	13
7.4	详细勘察.....	15
8	盾构法隧道工程	17
8.1	一般规定.....	17
8.2	可行性研究勘察	17
8.3	初步勘察.....	18
8.4	详细勘察.....	19
9	明挖法隧道工程	21
9.1	一般规定.....	21
9.2	可行性研究勘察	21
9.3	初步勘察.....	21
9.4	详细勘察.....	22
10	沉管法隧道工程	24
10.1	一般规定.....	24
10.2	可行性研究勘察	24
10.3	初步勘察.....	24
10.4	详细勘察.....	25

11	专项勘察	27
11.1	一般规定	27
11.2	岩溶专项勘察	27
11.3	滑坡专项勘察	28
11.4	水文地质专项勘察	30
12	勘察成果	34
12.1	一般规定	34
12.2	勘察报告基本要求	34
12.3	勘察信息模型要求	35
附录 A	深圳市岩土层划分标准	36
附录 B	隧道围岩分级	42
附录 C	土、石工程分级	45
附录 D	场地稳定性和工程建设适宜性评价	46
附录 E	岩土试验项目	47
附录 F	工程物探常用方法及其适用范围	48
附录 G	深圳市岩溶发育分布图	50
附录 H	预测隧道涌水量的方法	51
	本标准用词说明	54
	引用标准名录	55
	附：条文说明	56

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Basic Requirements	3
4	Working Phases and Basic Scope of Work	5
	4.1 General Requirements	5
	4.2 Feasibility Study Investigation.	5
	4.3 Preliminary Investigation	5
	4.4 Detailed Investigation	5
5	Urban Road.	7
	5.1 General Requirements	7
	5.2 Feasibility Study Investigation.	7
	5.3 Preliminary Investigation	7
	5.4 Detailed Investigation	8
6	Urban Bridge and Culvert.	10
	6.1 General Requirements	10
	6.2 Feasibility Study Investigation.	10
	6.3 Preliminary Investigation	10
	6.4 Detailed Investigation	11
7	Mining Method.	13
	7.1 General Requirements	13
	7.2 Feasibility Study Investigation.	13
	7.3 Preliminary Investigation	13
	7.4 Detailed Investigation	15
8	Shield Tunneling Method	17
	8.1 General Requirements	17
	8.2 Feasibility Study Investigation.	17
	8.3 Preliminary Investigation	18
	8.4 Detailed Investigation	19
9	Cut and Cover Method	21
	9.1 General Requirements	21
	9.2 Feasibility Study Investigation.	21
	9.3 Preliminary Investigation	21
	9.4 Detailed Investigation	22
10	Immersed Tube Method	24
	10.1 General Requirements	24
	10.2 Feasibility Study Investigation.	24
	10.3 Preliminary Investigation	24
	10.4 Detailed Investigation.	25
11	Special Investigation.	27
	11.1 General Requirements	27

11.2	Karst Investigation.	27
11.3	Landslide Investigation.	28
11.4	Hydrology Geology Investigation.	30
12	Geotechnical Investigation Report	34
12.1	General Requirements	34
12.2	Requirements for Investigation Report	34
12.3	Requirements for Survey Information Model	35
Appendix A	Standard for Classification of Rock and Soil Strata in Shenzhen	36
Appendix B	Tunnel Surrounding Rock Classification	42
Appendix C	Cutability Classification of Soil and Rock	45
Appendix D	Site Stability and Suitability Evaluation	46
Appendix E	Geotechnical Test Items.	47
Appendix F	Common Methods for Engineering Geophysical Prospecting and Application	48
Appendix G	Distribution Map of Karst Development in Shenzhen	50
Appendix H	Calculation of the Water Gushing Yield for Tunnel	51
	Explanation of Wording in This Standard.	54
	List of Quoted Standards	55
	Addition: Explanation of Provisions	56

1 总 则

1.0.1 为在深圳市城市道路工程勘察工作中贯彻执行国家及地方技术经济政策，做到安全适用、技术先进、确保质量、保护环境、经济合理，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于深圳市行政区域内道路、桥涵、隧道等城市道路工程的岩土工程勘察。

1.0.3 城市道路工程勘察应根据工程建设不同阶段的要求，搜集、分析、利用已有资料和工程经验，针对城市道路工程特点和岩土条件进行策划、实施，勘察成果应正确反映工程地质条件，提供资料真实、结构完整、评价正确、结论可靠、建议可行的勘察报告。

1.0.4 城市道路工程勘察除执行本标准外，尚应符合国家、行业、广东省及深圳市现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 填石 rockfill

颗粒形状以棱角形为主，粒径大于 100mm 的颗粒含量超过总质量 50% 的填土。

2.0.2 溶洞 karst cave

由岩溶作用形成且发育在岩体内的洞穴。

2.0.3 土洞 soil cave

发育在可溶岩上覆土层中的空洞。

2.0.4 球状风化体 spherical weathering rock

花岗岩类残积土、风化岩中残留的未风化或风化程度低的球形岩块，又称孤石或风化球。

2.0.5 控制性勘探孔 controlling borehole

为控制场地地层结构，满足场地、地基基础和基坑工程的稳定性、承载力和变形评价的要求布置的勘探孔。

2.0.6 一般性勘探孔 identification borehole

为查明地基主要受力层性质，满足主要受力层地基承载力评价等问题的要求布置的勘探孔。

2.0.7 工程周边环境 surrounding environment / engineering surroundings

工程建设影响范围内的既有建（构）筑物、市政工程、地下管线、轨道交通和地表水体等环境对象。

2.0.8 岩土条件 geotechnical condition

对城市道路工程设计、施工具有影响的岩土体的工程特性，包括岩土种类、岩土物理力学性质及其均匀性、围岩或地基和边坡的工程性质、特殊性岩土等。

2.0.9 工程地质分区 division of geologic engineering

在勘察区内，根据岩土分布、不良地质作用、地下水等工程地质条件的差异结合工程特点进行的区划。

2.0.10 勘察纲要 method statement for investigation works

根据工程特点、场地条件和任务要求编制的包括勘察依据、目的、方法、工作量、预期成果、人员设备与进度安排、勘察安全等技术文件。

2.0.11 勘察信息模型 geotechnical information model

反映城市道路工程勘察成果信息，满足工程建设全生命期各阶段数据传递和应用需求的三维数字化表达。

3 基本规定

3.0.1 城市道路工程勘察应根据城市道路工程的重要性、场地复杂程度和岩土条件复杂程度进行等级划分，并应符合下列规定：

1 城市道路工程的重要性等级划分应符合表 3.0.1-1 的规定。

表 3.0.1-1 城市道路工程重要性等级

工程类别	一级	二级	三级
道路工程	快速路、主干路	次干路	支路、公交场站、城市广场的道路与地面工程、绿道和慢行系统道路
桥涵工程	大桥、特大桥、互通立交桥	除一级、三级之外的城市桥涵	小桥、涵洞
隧道工程	均按一级	——	——

2 城市道路工程的场地复杂程度等级划分应符合表 3.0.1-2 的规定。

表 3.0.1-2 场地复杂程度等级

等级	场地复杂程度	划分依据
一级	复杂	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 不良地质作用中等发育 4 地质环境已经或可能受到一般破坏 5 地下水对工程影响中等 6 周边环境条件中等复杂
三级	简单	1 地形地貌简单 2 抗震有利或一般地段 3 不良地质作用不发育 4 地质环境基本未受破坏 5 地下水对工程影响小 6 周边环境条件简单

注：1 只需满足划分依据中任何一个条件即可；

2 等级划分从一级开始，向二级、三级推定，以最先满足的为准。

3 城市道路工程的岩土条件复杂程度等级划分应符合表 3.0.1-3 的规定。

表 3.0.1-3 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 存在需进行专门处理的特殊性岩土
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处理
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 无特殊性岩土或特殊性岩土不需要处理

注：1 只需满足划分依据中任何一个条件即可；

2 等级划分从一级开始，向二级、三级推定，以最先满足的为准。

4 城市道路工程的勘察等级可按表 3.0.1-4 划分。

表 3.0.1-4 城市道路工程的勘察等级

等级	划分条件
甲级	工程重要性等级、场地复杂程度等级、岩土条件复杂程度等级中有一项或多项为一级
乙级	除甲级、丙级外情况
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

3.0.2 城市道路工程的工程地质调查和测绘、岩土分类、勘探、取样、原位测试、室内试验、现场检验与监测应符合现行国家标准《工程勘察通用规范》GB 55017、《建筑与市政地基基础通用规范》GB 55003 及《岩土工程勘察规范》GB 50021 的相关规定。

3.0.3 岩土层划分宜按本标准附录 A 执行。

3.0.4 隧道围岩分级和土、石工程分级宜按本标准附录 B、附录 C 执行。

3.0.5 场地稳定性和工程建设适宜性评价宜按本标准附录 D 执行。

3.0.6 既有城市道路改扩建工程，应针对工程特点和设计要求，在分析利用原工程资料基础上进行勘察。

3.0.7 城市道路工程勘察应在搜集、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。当勘察纲要中拟定的勘察工作不能满足任务要求时，应及时调整勘察纲要或编制补充勘察纲要。

3.0.8 城市道路工程勘察应取得区域地质及已有的勘察资料、地形图、地下管线图和地下建（构）筑物资料，对于地形地貌发生重大变化的场地，宜收集不同时期地形图、场地沿革等资料。

3.0.9 勘察作业前，应对危险源进行辨识，针对地下管线、地下建（构）筑物及架空电力线路等，应制定相应的勘察作业安全生产防护措施。

3.0.10 勘探点完成后应复测勘探点的平面位置及高程，并按要求进行封孔。

3.0.11 城市道路工程勘察岩土试验项目宜根据勘察等级、工程类别、场地条件、设计和施工要求，按附录 E 综合确定，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。

3.0.12 水和土对建筑材料的腐蚀性评价应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 相关规定。

3.0.13 城市道路工程勘察场地和地基的地震效应评价应符合现行国家标准《建筑与市政工程抗震通用规范》GB 55002 和相关行业抗震设计标准的规定。

3.0.14 工程地质调查和测绘、勘探、取样和原位测试、室内试验等原始记录、影像资料和工程勘察报告均应归档保存，并应可追溯。

3.0.15 符合下列情况时，应进行专项勘察工作：

1 对工程周边重要建（构）筑物或对工程建设有重要影响的地下设施，应进行专项勘察，并应查明其埋藏、分布情况，分析其与拟建城市道路工程之间的相互影响；

2 当场地存在岩溶、滑坡等不良地质作用或水文地质条件复杂，且对工程建设或工程安全有重大影响时。

3.0.16 对现场不具备作业条件的勘探孔，应在成果报告中说明并提出解决方案。

3.0.17 综合管廊、人行地下通道等工程的勘察宜根据其施工工法参照本标准第 7~9 章的相关规定执行。

4 勘察阶段的划分与基本工作内容

4.1 一般规定

4.1.1 城市道路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
据施工阶段的需要进行施工勘察。

4.1.2 城市道路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。

4.2 可行性研究勘察

4.2.1 可行性研究勘察应对拟建场地稳定性和工程建设适宜性作出评价，并应以搜集资料、工程
地质调查和测绘为主，辅以必要的勘探、测试及试验工作。

4.2.2 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、水文地质条件概况；
- 3 调查拟建场地及周边环境条件；
- 4 调查场地用地历史；
- 5 划分抗震地段类别；
- 6 分析不良地质作用和场地稳定性，评价拟建场地工程建设适宜性；
- 7 存在两个或以上拟选场地时，进行地质条件比选分析。

4.3 初步勘察

4.3.1 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
计所需的岩土参数及相关建议。

4.3.2 初步勘察工作应包括下列内容：

- 1 初步查明地质构造、地层结构、岩土工程特性，提供设计所需岩土参数；
- 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，初步评价对工程的影响
等；
- 3 初步查明地下水的埋藏条件、动态变化规律以及和地表水的补排关系；
- 4 初步判定水和土对建筑材料的腐蚀性；
- 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 初步评价地质条件可能造成的工程风险。

4.4 详细勘察

4.4.1 详细勘察应在初步勘察的基础上，查明场地的岩土工程条件，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。

4.4.2 详细勘察工作应包括下列内容：

- 1 查明地质构造、地层结构及其物理力学性质；
- 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，评价其对拟建工程的影响，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、水文地质参数及其与地表水的补排关系，分析地下水位变化规律，评价其对工程的影响；
- 5 判定水、土对建筑材料的腐蚀性；
- 6 对场地和地基的地震效应进行评价，提供抗震设计所需的有关参数；
- 7 对地基基础、基坑支护方案、围岩分级及稳定性、边坡稳定性等进行分析与评价，并提供相关岩土参数和设计与施工建议；
- 8 评价地质条件可能造成的工程风险。

5 道路工程

5.1 一般规定

- 5.1.1 本章适用于新建或改扩建道路、公交场站、城市广场等工程的岩土工程勘察。
- 5.1.2 道路工程勘察前应根据不同勘察阶段工作的要求，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、道路纵横向设计断面、拟采用的路面结构类型，城市广场的设计标高；
 - 3 工程需要时，尚应取得高填方路堤的工后沉降控制标准、软弱土体地基处理的竣工资料等。
- 5.1.3 道路工程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、特殊性岩土的治理等提供必要的岩土参数和建议。
- 5.1.4 道路工程勘察除应符合本标准第4章的相关规定外，尚应符合下列规定：
- 1 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 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；
 - 3 评价地表水和地下水对路基稳定性的影响；
 - 4 当线路工程地质条件差异较大时，应按工程地质分区（段）进行岩土工程分析、评价。

5.2 可行性研究勘察

- 5.2.1 可行性研究勘察应通过搜集资料、工程地质调查和测绘，辅以必要的勘探、测试工作，了解道路沿线工程地质条件、水文地质条件及不良地质作用，评价场地稳定性和工程建设适宜性。
- 5.2.2 工程地质调查和测绘比例尺宜为1:2000~1:5000，范围宜为线位两侧各100m~200m。
- 5.2.3 勘探点间距宜为400m~500m，每个地貌单元应不少于1个勘探点，勘探孔深度应满足场地稳定性和工程建设适宜性评价的要求。
- 5.2.4 可行性研究勘察应重点分析评价下列内容：
- 1 根据沿线工程地质和水文地质条件，分析评价拟建场地稳定性和工程建设适宜性；
 - 2 道路沿线涉及特殊性岩土时，应了解其工程特性，分析评价可能造成的不利影响；
 - 3 道路沿线涉及不良地质作用时，应初步了解其分布范围，分析评价对道路工程的影响。

5.3 初步勘察

- 5.3.1 初步勘察应以工程地质调查和测绘、钻探、测试为主，辅以必要的工程物探工作，初步查明道路沿线的工程地质和水文地质条件，为路基类型选择、不良地质作用的防治及特殊性岩土的处理提供依据。
- 5.3.2 工程地质调查和测绘比例尺宜为1:1000~1:2000，范围宜为线位两侧各50m~100m。
- 5.3.3 道路工程勘探点布置应符合下列规定：
- 1 道路宽度小于30m时，勘探点宜沿道路中心线或道路两侧交错布置；
 - 2 道路宽度为30m~50m时，勘探点宜在道路两侧交错布置；
 - 3 道路宽度大于50m的，宜在道路中心线及两侧采用梅花形布置；
 - 4 当路基岩土条件特别复杂时，应布置横向勘探断面；
 - 5 道路工程勘探点可结合道路范围或邻近桥涵、管廊等工程的勘探点进行布置；
 - 6 公交场站和城市广场的勘探点宜按方格网布置；

7 既有道路改扩建工程的拓宽部分应按新建道路要求布置勘探点,原路基范围宜根据设计要求和工程需要布置勘探点。

5.3.4 初步勘察勘探点间距宜根据道路分类、场地或岩土条件的复杂程度按表 5.3.4 确定。

表 5.3.4 初步勘察勘探点间距 (m)

场地或岩土条件复杂等级	一般路基	高路堤、陡坡路堤、路堑、支挡结构	公交场站和城市广场
一级	100~150	60~100	100~150
二级	150~250	100~150	
三级	250~400	150~200	

5.3.5 沟、浜、塘、湮埋的沟坑、古河道等地段、不同地貌单元交界部位、微地貌发育段均应布置勘探点。

5.3.6 路堑、陡坡路堤、高路堤及支挡工程的勘察,应布设代表性横向勘探断面,每条横向勘探断面上的勘探点不应少于 2 个。

5.3.7 初步勘察勘探孔的深度应符合下列规定:

1 一般路基、公交场站和城市广场的勘探孔深度应进入原地面以下不小于 10m,挖方段进入路面设计标高以下不小于 5m;遇软弱土层宜钻穿,并满足地基变形计算、软基处理和抗震液化判别的要求,遇基岩时可适当减少孔深;

2 路堑、陡坡路堤、高路堤及支挡工程的勘探孔深度应满足稳定性分析和支护方案比选的需要。

5.3.8 控制性勘探孔数量不宜少于勘探孔总数的 1/2。采取土试样和进行原位测试的勘探孔的数量不宜少于勘探孔总数的 1/2。

5.3.9 初步勘察应重点分析评价下列内容:

- 1 阐明沿线的地形地貌、地质构造,进行拟建地段稳定性评价;
- 2 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;
- 3 根据不良地质作用和地质灾害的分布范围和影响程度,提出初步的防治措施建议;
- 4 根据特殊性岩土的类别、分布范围和性质,提出初步的处理建议;
- 5 根据设计需要对既有道路改扩建工程原路基范围进行岩土工程评价。

5.4 详细勘察

5.4.1 详细勘察应根据道路设计方案、设计对勘察的技术要求,为道路设计、路基处理、道路施工等提供详细的岩土参数,并作出分析、评价,提出相关建议。

5.4.2 勘察方法应以钻探和测试为主。

5.4.3 详细勘察勘探点的布置应满足本标准 5.3.3 条的规定,勘探点间距应符合下列规定:

- 1 勘探点间距宜根据道路分类、场地或岩土条件的复杂程度按表 5.4.3 确定;

表 5.4.3 详细勘察勘探点间距 (m)

场地或岩土条件复杂等级	一般路基	高路堤、陡坡路堤、路堑、支挡结构	公交场站和城市广场
一级	30~50	20~30	30~50
二级	50~100	30~50	
三级	100~150	50~100	

- 2 不同地貌单元交界部位、不同工程地质单元均应布置勘探点;

3 当线路通过沟、浜、塘、湮埋的沟坑和古河道等地段时，勘探点的间距宜控制在 15m~30m，控制边界线勘探点间距宜适当加密；

4 路堑、陡坡路堤，高路堤及支挡工程的勘察，应布设横向勘探断面，横向勘探断面间距宜为 20m~40m，每条横向勘探断面上的勘探点不应少于 2 个。

5.4.4 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勘探孔深度应进入原地面以下不小于 8m，在挖方地段应进入路面设计标高以下不小于 4m；当分布有填土、软土等特殊岩土和可液化土层时，勘探孔应适当加深，并满足地基处理设计和变形验算的需要；遇基岩时勘探孔深度可适当减小；

2 路堑、路堤及支挡工程的勘探孔深度应满足稳定性分析评价、变形计算、支护设计和地基处理的要求。

5.4.5 详细勘察的取样和测试工作应符合下列规定：

1 控制性勘探孔的比例不应少于勘探孔总数的 1/3；

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

3 采取土样的竖向间距应按地基的均匀性和代表性确定，一般路基、公交场站和城市广场在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 软土地区宜采用十字板剪切试验或静力触探试验，填土区宜采用动力触探试验。

5.4.6 详细勘察应重点分析评价下列内容：

1 岩土分布特征，提供道路设计所需的岩土参数；

2 地下水的分布、水位变化规律和地表水情况，分析评价其对工程的不利影响；

3 不良地质作用的分布及其对工程的影响，提出针对性处理建议；

4 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；

5 对厚层填土，尚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，提供地基承载力、稳定性与沉降分析所需的岩土参数，提出地基处理方法的建议；

6 分析评价路堤的稳定性，提供地基沉降计算参数，提出放坡坡率、坡面防护和地基处理方法的建议；

7 对路堑、下沉道路等挖方工程，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，提供抗浮设计建议；

8 路堤及路堑设置支挡结构时，应分析评价地基的均匀性和稳定性，提供稳定性验算、支挡结构设计与施工所需岩土参数，提出支挡结构形式和地基基础方案的建议；

9 对路桥接驳过渡、道路拼接段，应分析桥台与路堤、新旧路堤的变形差异特征，提出沉降协调控制的地基处理措施等相关建议；

10 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。

6 桥涵工程

6.1 一般规定

- 6.1.1** 本章适用于桥梁、涵洞等工程的岩土工程勘察。
- 6.1.2** 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、荷载等设计要求；
 - 3 工程周边环境相关资料。
- 6.1.3** 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。
- 6.1.4** 桥涵工程勘察工作除应符合本标准第4章相关规定外，尚应符合下列规定：
- 1 跨河桥应搜集河流水文资料；
 - 2 跨海桥应搜集沿海岸地区的水文条件、海岸变迁、潮位等资料。

6.2 可行性研究勘察

- 6.2.1** 可行性研究勘察应以搜集资料、工程地质调查和测绘为主，必要时辅以适当的勘探工作。
- 6.2.2** 工程地质调查和测绘比例尺宜为 1:2000~1:5000，范围宜包括桥轴线、引线及两侧各 100m~300m 范围。
- 6.2.3** 可行性研究勘察勘探点应符合下列规定：
- 1 特大桥、大桥的勘探点间距宜为 200m~500m，主要墩台部位宜布置勘探点；
 - 2 勘探点深度宜进入微风化岩不小于 5m，遇断层破碎带、溶洞应穿透并适当加深。
- 6.2.4** 可行性研究勘察应重点分析评价下列内容：
- 1 分析评价拟建场地稳定性和工程建设适宜性；
 - 2 初步调查不良地质作用的分布范围，分析评价其影响；
 - 3 当分布有特殊性岩土时，应分析其工程特性及可能造成的不利影响。

6.3 初步勘察

- 6.3.1** 初步勘察应初步查明拟建场地的工程地质及水文地质条件，评价拟建地段的稳定性，为基础方案比选提供依据。
- 6.3.2** 初步勘察应以钻探、测试为主，辅以必要的工程地质调查和测绘、工程物探工作。
- 6.3.3** 工程地质调查和测绘比例尺宜为 1:1000~1:2000，范围宜包括桥轴线、引线及两侧各 100m~200m。
- 6.3.4** 对于岩溶区、采空区等地质条件复杂地段宜采用工程物探和钻探相结合的综合勘察手段，物探方法应根据地质条件及周边环境条件按本标准附录 F 综合确定。
- 6.3.5** 初步勘察勘探点布置应根据工程地质条件和桥型、桥跨、基础形式等综合确定，并符合下列规定：
- 1 勘探点宜在桥梁可能建造墩台的部位隔墩台布置，对特大桥、大桥的主跨，每个墩台勘探点不宜少于 1 个；
 - 2 单座涵洞勘探点不宜少于 1 个。

6.3.6 勘探孔深度应符合下列规定：

1 桥梁勘探孔宜进入中风化岩不小于 10m 或微风化岩不小于 5m；岩溶区勘探孔应进入稳定基岩不小于 8m；基岩埋深大、拟采用摩擦桩场地的勘探孔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；

2 涵洞勘探孔宜进入底板以下不小于 10m 并满足地基稳定性及变形计算的要求，遇软弱土层应予以钻穿并适当加深，遇基岩时可适当减小。

6.3.7 控制性勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/2。采取土试样和进行原位测试的勘探孔数量应占勘探孔总数的 1/3~1/2。

6.3.8 初步勘察应重点分析评价下列内容：

1 分析评价场地及地基稳定性、地基变形特征，对可能采用的基础方案进行比选分析；提供设计所需岩土参数初步建议值；

2 拟采用浅基础时，分析评价持力层，提出地基处理的相关建议；

3 拟采用桩基时，分析评价桩基持力层及其分布变化规律，提出桩型、施工方法的初步建议；

4 拟采用沉井基础时，分析评价沉井施工的可行性，提出沉井施工的相关建议；

5 当存在岩溶时，分析其空间分布特点，评价其发育程度及其对桥涵工程的不利影响；

6 当存在球状风化体时，分析其空间分布特征，评价其发育程度及其对桥涵工程的不利影响。

6.4 详细勘察

6.4.1 详细勘察应查明拟建场地的工程地质及水文地质条件，评价拟建场地稳定性，提供地基基础设计、地基处理与加固、不良地质作用防治与特殊性岩土治理的建议和相关岩土技术参数。

6.4.2 详细勘察以钻探、测试为主，辅以必要的工程物探工作。

6.4.3 勘探点的布置应符合下列规定：

1 勘探点宜逐墩台布置，对特大桥、大桥的主跨，每个墩台勘探点不应少于 2 个；

2 采用浅基础、沉井基础时，勘探点应根据基础尺寸、地质条件在基础的周边或中心布置。当存在不良地质作用、特殊性岩土或基础设计需进一步探明地质情况时，可在轮廓线外围布点，或与物探结合进行综合勘探；

3 采用桩基础时，多桩承台勘探点宜隔桩或交错布置，勘探点数量不宜不少于 2 个；

4 悬索桥和斜拉桥的桥塔、锚碇基础、高墩基础的勘探点，宜参照浅基础布置勘探点或按设计要求研究后布置；

5 对人行天桥主桥宜逐墩台布置勘探点，梯道可隔墩台布点，梯脚部位应布置勘探点；

6 涵洞的勘探点应沿其轴线方向布置，间距宜为 20m~30m，单个涵洞的勘探点不应少于 2 个，当场地或岩土条件复杂时应适当增加勘探点数量；

7 对嵌岩桩，在花岗岩球状风化体中等~强烈发育区宜逐桩布置勘探点；在岩溶中等~强烈发育区应逐桩布置勘探点，必要时宜根据条件布置适量的物探测线（点）；

8 当揭露断裂破碎带或相邻勘探点地层变化大，影响基础设计和施工方案选择时，应适当增加勘探点数量。

6.4.4 勘探孔深度应符合下列规定：

1 当拟采用浅基础时，勘探孔深度应能控制地基主要受力层，控制性勘探孔的深度应超过地基变形计算深度，一般性勘探孔应达到基底下（0.5~1.0）倍的基础宽度，且不应小于 5m；对覆盖层较薄的岩质地基，勘探孔深度应达到可能的持力层（或基底埋深）以下 5m；

2 当拟采用摩擦桩基础时，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深入预计的桩端以下 3~5 倍桩径，且不应小于 5m；遇溶洞、断层破碎带、软弱夹层宜钻透或适当加深；

3 拟采用嵌岩桩基础时，勘探孔应深入预计嵌岩面以下稳定基岩 3~5 倍桩径且不小于 5m；岩溶区的勘探孔深度应进入稳定基岩不少 5 倍桩径且不应小于 8m；花岗岩球状风化体中等~强烈发育区的勘探孔深度宜进入稳定基岩 3~5 倍桩径，且不小于 7m；

4 当拟采用沉井基础时，勘探孔深度应根据沉井刃脚埋深和地质条件确定，宜达到沉井刃脚以下（0.5~1.0）倍沉井直径（宽度），并不应小于 5m，遇软弱土层宜钻穿。

6.4.5 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。

6.4.6 详细勘察应重点分析评价下列内容：

1 对地基基础方案、地基稳定性及均匀性进行分析评价，提供设计所需的岩土参数，对设计与施工中的岩土工程问题作出分析评价和建议；

2 当拟采用桩基础时，分析拟选桩端持力层的岩土工程特性，提出桩端持力层方案、桩基选型和施工方法的建议；

3 对存在欠固结土及有大面积堆载及回填土的项目，分析桩侧产生负摩阻力的可能性及其影响；

4 评价成桩可能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 当拟采用沉井时，提供井壁与土体间的摩擦力、沉井设计、施工和沉井基础稳定性验算的相关岩土参数，评价地基土的均匀性；

6 评价沉井施工的可行性，评价地下水对沉井施工产生的影响，论证沉井施工条件及其对环境的影响；

7 涵洞应分析评价地下水对施工的影响，提供抗浮设防水位和抗浮措施建议；

8 对在河床中设墩台的桥梁，应提供抗冲刷计算所需的岩土参数。

7 矿山法隧道工程

7.1 一般规定

- 7.1.1** 本章适用于矿山法隧道工程的岩土工程勘察。
- 7.1.2** 矿山法隧道工程勘察前应根据不同勘察阶段的工作要求，取得下列图纸和资料：
- 1 标注隧道里程、进出洞口位置及附属设施的平面布置图、隧道纵断面图；
 - 2 隧道所在位置的区域地质资料、工程周边环境资料；
 - 3 场地及邻近的地表水体的水文资料。
- 7.1.3** 应根据设计阶段的任务、目的和要求，采用综合勘察方法，评价隧道围岩的工程地质条件、水文地质条件、地基及围岩稳定性以及进出洞口、工作井、联络通道等部位的工程地质条件，提供设计、施工相关的岩土参数。
- 7.1.4** 矿山法隧道勘察除应符合本标准第4章相关规定外，尚应符合下列规定：
- 1 隧道围岩分级应采用定性和定量相结合的方法按本标准附录B划分；
 - 2 应评价隧道工程与工程周边环境之间的相互影响。

7.2 可行性研究勘察

- 7.2.1** 可行性研究勘察应了解隧址工程地质及水文地质条件，尤其是地质构造、不良地质作用、特殊性岩土的发育情况，初步评价对隧道的影响。
- 7.2.2** 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。
- 7.2.3** 工程地质调查和测绘比例尺宜为1:2000~1:5000，范围宜为线位两侧各300m~500m。
- 7.2.4** 可行性研究勘察的勘探工作应符合下列规定：
- 1 地（水）下隧道勘探点间距宜为400m~500m，每个地貌单元应不少于1个勘探点；山岭隧道可根据需要布置适量的勘探点或物探测线；
 - 2 勘探孔深度应满足场地稳定性、工程建设适宜性评价和隧道选线、工法选择的需要。遇软弱土层、断层、溶洞、土洞、暗河等不良地质，应穿透并根据需要加深。
- 7.2.5** 可行性研究勘察应重点分析评价下列内容：
- 1 场地稳定性和工程建设适宜性；
 - 2 初步分析评价隧道围岩分级、工程地质条件、水文地质条件、洞口稳定条件及隧道工程与工程周边环境之间的相互影响；
 - 3 存在不良地质作用、特殊性岩土时，初步分析其对隧道建设的影响。

7.3 初步勘察

- 7.3.1** 初步勘察应为初步设计和施工方法的选择提供岩土参数和相关建议。
- 7.3.2** 初步勘察宜采用地质调查和测绘、工程物探、钻探、原位测试、室内试验等多种手段相结合的综合勘察方法。
- 7.3.3** 初步勘察的工程地质调查和测绘比例尺洞身段宜为1:1000~1:2000，隧道洞口边坡影响范围宜为1:500，断面图宜为1:100~1:200，范围宜为线位两侧各100~200m。遇对线路方案有重大影响区域性断裂、岩溶，或隧道上方及邻近区域存在河流、水库等地表水体时，应适当扩大调绘范围。
- 7.3.4** 初步勘察物探测线的布置应符合下列规定：

- 1 宜沿隧道轴线布设不少于 1 条物探测线；
- 2 洞口处应布置不少于 3 条横测线；
- 3 断层、岩溶、岩性接触带等地质条件复杂地段应根据现场地形、地质条件确定物探测线的数量和位置。

7.3.5 矿山法隧道工程勘察的勘探点布置应符合下列规定：

- 1 山岭隧道的勘探点宜布置在隧道边线外侧 5m~8m，地下隧道的勘探点宜布置在隧道边线外侧 3m~5m，水域段宜布置在隧道边线外侧 6m~10m；
- 2 山岭隧道勘探点宜沿隧道两侧交错布置；分离式独立双洞隧道，当隧道围岩地质条件简单、围岩岩土性质变化不大且净间距小于 3 倍隧道开挖断面宽度时，隧道间勘探孔可双洞共用；
- 3 地（水）下隧道勘探点宜沿隧道两侧交错或对称布置；
- 4 地质构造和水文地质条件复杂地段应布置勘探点；线路纵断面洞身最低点、地形沟谷及低洼埋埋部位应布置勘探点；隧洞口应布置横向勘探断面且不应少于 3 个勘探点。

7.3.6 初步勘察勘探点间距宜按表 7.3.6 确定。

表 7.3.6 初步勘察勘探点间距（m）

场地或岩土条件复杂程度等级	山岭隧道	地（水）下隧道
一级	150~300	30~60
二级	300~400	60~90
三级	300~400	90~120

注：1 山岭隧道的勘探点间距指勘探点在隧道中心线上的投影距离；
2 地（水）下隧道的勘探点间距指隧道单边勘探点之间的距离。

7.3.7 初步勘察的勘探孔深度应符合下列规定：

- 1 在第四系地层及全、强风化岩层中，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；
- 2 在中风化及微风化岩石中，一般性勘探孔宜进入隧道底板以下不小于 1.0 倍隧道高度且不小于 8m，控制性勘探孔宜进入隧道底板以下不小于 1.0 倍隧道高度且不小于 10m；
- 3 遇采空区、断层、岩溶、暗河等不良地质时，应穿透并根据需要加深。

7.3.8 控制性勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/2；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。

7.3.9 初步勘察的取样及测试工作应符合下列规定：

- 1 洞身段钻孔取样和测试工作应主要在隧道底板以上 3~5 倍的洞径范围内进行，进出口段钻孔应分层采取岩、土试样；
- 2 矿山法山岭隧道钻孔均应进行波速测试；
- 3 当水文地质条件复杂时，应进行水文地质试验；
- 4 高应力区隧道及埋深大于 200m 的隧道宜进行地应力测试；
- 5 采空区、煤层或其他可能产生有毒有害气体的地层应进行有害气体测定等；
- 6 室内试验宜参照本标准附录 E 执行。

7.3.10 初步勘察应重点分析评价下列内容：

- 1 初步评价不良地质作用和地质灾害、特殊性岩土对隧道工程的影响，提出防治措施的建议；
- 2 初步评价地表水、地下水对隧道施工的影响；
- 3 根据沿线工程地质条件、水文地质条件及周边环境，初步评价施工方法的适宜性；
- 4 初步确定沿线岩土施工工程分级、围岩分级，提出围岩的物理力学性质参数，评价地基及围岩的稳定性；

- 5 初步评价进出洞口、竖（斜）井、导坑、横洞等位置的工程地质条件以及岩土体（或围岩）的稳定性，提出工程防治措施的建议；
- 6 根据设计方案分析评价开挖、支护、地下水控制等岩土工程问题，提出初步处理措施建议；
- 7 初步评价地下有害气体对工程影响；
- 8 初步评价隧道工程与周边重要建（构）筑物及地下设施之间的相互影响，并提出处理措施建议。

7.4 详细勘察

- 7.4.1 详细勘察应针对工程特点和场地岩土条件开展工作，为施工图设计和施工提供所需的岩土参数及相关建议。
- 7.4.2 详细勘察应以钻探和测试为主，辅以必要的工程地质调查与测绘、工程物探工作。
- 7.4.3 详细勘察的勘探点布置除应满足本标准 7.3.5 条规定外，尚应符合下列规定：
 - 1 山岭隧道洞口宜布置不少于 3 条横向勘探断面且每条断面不少于 3 个勘探点；
 - 2 竖（斜）井、导坑、横洞等辅助通道应布置勘探点；
 - 3 工程地质条件复杂、水文地质条件复杂、地下水丰富的地段应布置勘探点；
 - 4 穿越岩体的隧道应在地质构造复杂地段、岩体破碎地段布置勘探点；
 - 5 勘探点间距宜按表 7.4.3 确定。

表 7.4.3 详细勘察勘探点间距（m）

场地或岩土条件复杂程度等级	山岭隧道	地（水）下隧道
一级	50~100	10~30
二级	100~150	30~45
三级	150~200	45~60

注：1 山岭隧道的勘探点间距指勘探点在隧道中心线上的投影距离；
 2 地（水）下隧道的勘探点间距指隧道单边勘探点之间的距离。

- 7.4.4 详细勘察的勘探孔深度应符合下列规定：
 - 1 在第四系地层及全、强风化岩层中，一般性勘探孔宜进入隧道底板以下不小于 1.5 倍隧道高度，控制性勘探孔宜进入隧道底板以下不小于 2.5 倍隧道高度；
 - 2 在中风化及微风化岩石中，勘探孔应进入隧道底板以下不小于 0.5 倍隧道高度且不小于 5m，遇采空区、断层、岩溶、暗河等不良地质时，应穿透并根据需要加深。
- 7.4.5 控制性勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/3；采取岩、土试样和原位测试的勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/2。
- 7.4.6 详细勘察的取样及测试工作应符合第 7.3.9 条的规定。
- 7.4.7 详细勘察应重点分析评价下列内容：
 - 1 分析评价拟建场地的不良地质作用、特殊性岩土的分布情况及其对隧道的影响，提供相应处理措施的建议；
 - 2 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；
 - 3 根据岩土条件、地质构造及地下水等特征，进行围岩分级，评价隧道围岩的稳定性，提出开挖、支护方式等建议；
 - 4 分析评价进出洞口、工作井、竖（斜）井、导坑、横洞的工程地质条件、围岩和边坡的稳定性，并提出支护措施建议；
 - 5 分析评价地表水、地下水对隧道设计和施工可能产生的影响，预测施工中发生涌水、突涌的可能性，预测施工阶段最大涌水量和正常涌水量，提出工程措施建议；

- 6** 评价地下有害气体对工程影响；
- 7** 根据沿线工程地质条件、水文地质条件、环境地质条件，评价施工工法的适宜性；对工程地质、水文地质条件特别复杂地段，提出超前地质预报的建议与要求；
- 8** 评价地质条件可能造成的工程风险；
- 9** 评价隧道工程与周边重要建（构）筑物及地下设施之间的相互影响，并提出处理措施建议；
- 10** 提出施工阶段的环境保护和监测建议。

8 盾构法隧道工程

8.1 一般规定

8.1.1 本章适用于盾构法隧道工程的岩土工程勘察。

8.1.2 盾构法隧道工程勘察前应根据不同勘察阶段的工作要求，取得下列图纸和资料：

1 标注隧道里程、盾构始发（接收）工作区域位置、工法变换处及附属设施的平面布置图、隧道纵断面图；

2 隧道所在位置的区域地质资料、工程周边环境相关资料；

3 场地及邻近的地表水体的水文资料。

8.1.3 应根据设计阶段的任务、目的和要求，采用综合勘察方法，评价隧道及盾构始发（接收）井等附属结构的工程地质条件、水文地质条件，提供设计、施工相关的岩土参数及建议。

8.1.4 盾构法隧道勘察除应符合本标准第4章相关规定外，尚应符合下列规定：

1 应查明高灵敏度软土层、松散砂土层、高含水量的黏性土层、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，并应分析评价其对盾构设计、施工和运营的影响；

2 基岩地区应查明岩土分界面位置、岩石坚硬和风化程度、构造破碎带、球状风化体、岩面分布与特征，并应评价其对盾构施工的影响；

3 应查明砂、卵石层的颗粒组成、最大粒径、曲率系数、不均匀系数及土层的黏粒含量；

4 应查明岩石裂隙特征、岩石质量指标（RQD值）、饱和单轴抗压强度、矿物成分、耐磨矿物成分及含量；

5 下穿水域的盾构隧道应查明水文条件。

8.2 可行性研究勘察

8.2.1 可行性研究勘察应了解隧址工程地质及水文地质条件，尤其是不良地质作用、特殊性岩土的发育情况，初步评价对隧道的影响。

8.2.2 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。

8.2.3 工程地质调查和测绘比例尺宜为1:2000~1:5000，调绘范围宜为线位两侧各300m~500m。

8.2.4 可行性研究勘察的勘探工作应符合下列规定：

1 水下隧道宜沿隧道轴线布设不少于1条物探测线；

2 勘探点间距宜为400m~500m，每个地貌单元应不少于1个勘探点；

3 勘探孔深度应满足场地稳定性、工程建设适宜性评价和隧道选线、工法选择的需要。遇软弱土层、断层、溶洞、土洞、暗河等不良地质，应穿透并根据需要加深。

8.2.5 可行性研究勘察应重点分析评价下列内容：

1 场地稳定性及工程建设适宜性；

2 初步分析评价线路的工程地质条件、水文地质条件，提出适宜的隧道位置、方案及工法建议；

3 存在不良地质作用、特殊性岩土时，初步分析其对隧道建设的影响；

4 初步分析线路与周边建（构）筑物及地下设施的相互影响，提出规避、保护的初步建议。

8.3 初步勘察

8.3.1 初步勘察应为初步设计和施工方法的选择提供岩土参数和相关建议。

8.3.2 初步勘察宜采用地质调查和测绘、工程物探、钻探、原位测试、室内试验等多种手段相结合的综合勘察方法。

8.3.3 工程地质测绘比例尺宜为 1:1000~1:2000,范围宜为线位两侧各不小于 200m 的带状区域。

8.3.4 物探测线的布置应符合下列规定:

1 物探测线宜沿隧道轴线或在其两侧平行隧道轴线布置,横向地质条件变化复杂时,宜布置横向物探测线;

2 遇断层、岩溶、风化槽等不良地质,或岩土分界面变化大等地质条件复杂地段应根据地形、地质条件确定物探测线的数量和位置。

8.3.5 盾构法隧道工程勘察的勘探点布置应符合下列规定:

1 隧道勘探点宜沿隧道两侧交错或对称布置,陆域勘探点距隧道结构外侧的距离宜为 3m~5m,水下隧道勘探点距结构外侧的距离宜为 6m~10m;

2 盾构始发(接收)工作区域勘探点宜沿基坑边线、中线布置;具备条件时,在开挖边线外 2~3 倍的开挖深度范围内宜布置适量勘探点;

3 岩土界面变化大、不良地质发育和水文地质条件复杂地段应布置勘探点。

8.3.6 勘探点间距应满足下列要求:

1 勘探点间距宜按表 8.3.6 确定;

2 始发(接收)工作井每条勘探断面上的钻孔数量不宜少于 3 个。

表 8.3.6 初步勘察勘探点间距 (m)

场地或岩土条件复杂程度等级	一级	二级	三级
隧道	30~60	60~120	120~150
工作井	30~50	50~70	70~100

注:勘探点间距指隧道单边勘探点之间的距离。

8.3.7 初步勘察勘探孔深度应符合下列规定:

1 隧道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,或进入隧道底板以下不小于 1.0 倍隧道高度且进入中~微风化岩不小于 10m;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,或进入隧道底板以下不小于 1.0 倍隧道高度且进入中~微风化岩不小于 8m;

2 始发(接收)工作井控制性勘探孔深度不宜小于 2.5 倍基坑开挖深度,或进入基坑底板以下中~微风化岩不小于 8m;一般性勘探孔深度不宜小于 2 倍的基坑开挖深度,或进入基坑底板以下中~微风化岩不小于 5m;

3 遇软弱土、断层破碎带、溶洞、土洞、暗河等,应穿透并根据需要加深。

8.3.8 控制性勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/2;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。

8.3.9 初步勘察的取样及测试工作应符合下列规定:

1 室内试验除参照附录 E 执行外,碎石土应选取代表性砾石、卵石、漂石,岩石应选取代表性岩样,做矿物成分分析,测定石英、长石等硬质矿物含量和黏土矿物含量;

2 软土应做十字板剪切试验,测定土层的不排水抗剪强度 S_u 和灵敏度 S_t ;

3 采空区、煤层或其他可能产生有毒有害气体的地层应进行有害气体测定等;

4 隧道通过岩体,应进行孔内波速测试,评价围岩岩体的完整性;

5 地下水发育时，应在工作井及隧道代表性钻孔中进行抽（注）水试验，分层获取各含水层水文地质参数，评价地下水的富水性和涌水量；有承压水时，应分层测量其水头高度。

8.3.10 初步勘察应重点分析评价下列内容：

- 1 根据沿线工程地质条件、水文地质条件及周边环境，初步评价施工方法的适宜性；
- 2 初步确定沿线岩土施工工程分级、围岩分级，提出围岩的物理力学性质参数，评价地基及围岩的稳定性；
- 3 初步分析隧道在高灵敏度软土地层中施工因土层流动造成开挖面失稳的可能性；
- 4 初步分析评价高塑性黏土地层，软硬不均地层，球状风化体、含漂石、卵石地层对施工的影响，并提出处理措施建议；
- 5 初步分析含承压水砂土层因突发性涌水、流沙形成空洞，引起地面大范围塌陷和沉降的可能性；
- 6 初步分析在岩溶发育带、节理密集带、风化槽、断裂带的富水性及在施工过程中发生突水、突泥、刀具断裂、盾构姿态变化的可能性；
- 7 初步分析评价隧道下伏淤泥层及易产生液化地层对盾构施工及隧道运营的影响，提出初步处理措施的建议；
- 8 初步分析有害气体、放射性岩体的危害；
- 9 对盾构设备选型及刀盘、刀具的选择以及辅助工法的确定提出初步建议；
- 10 初步分析评价工作井的工程地质及水文地质条件，提出基坑支护、地基处理、抗浮设计、地下水控制及岩土加固的相关建议；
- 11 初步分析隧道工程与周边建（构）筑物及地下设施的相互影响，提出规避、保护的初步建议。

8.4 详细勘察

8.4.1 详细勘察应针对工程特点和场地岩土条件开展工作，为施工图设计和施工提供所需的岩土参数及相关建议。

8.4.2 详细勘察应以钻探和测试为主，辅以必要的物探工作。

8.4.3 详细勘察阶段的勘探点布置除应满足本标准 8.3.5 条规定外，尚应符合下列规定：

- 1 勘探点间距宜按表 8.4.3 确定；

表 8.4.3 详细勘察勘探点间距（m）

场地或岩土条件复杂程度等级	一级	二级	三级
隧道	10~20	20~40	40~50
工作井	15~25	25~35	35~50

注：勘探点间距指隧道单边勘探点之间的距离。

- 2 联络通道、洞口、工法变换处应布勘探点；

3 岩溶、断层、岩体破碎带、风化槽、球状风化体、岩土分界面等地质复杂地段应适当加密勘探点；

- 4 水文地质条件复杂、地下水丰富的地段应适当加密布置勘探点。

8.4.4 详细勘察勘探孔深度应符合下列规定：

- 1 隧道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，或进入隧道底板以下中~微风化岩不小于 8m；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，或进入隧道底板以下中~微风化岩不小于 5m；

2 始发（接收）工作井控制性勘探孔深度不宜小于 2.5 倍基坑开挖深度，或进入基坑底板以下中～微风化岩不小于 5m；一般性勘探孔深度不宜小于 2 倍的基坑开挖深度，或进入基坑底板以下中～微风化岩不小于 3m；

3 遇软弱土、断层破碎带、溶洞、土洞、暗河等，应穿透并根据需要加深。

8.4.5 控制性勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/3；采取岩、土试样和原位测试的勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/2。

8.4.6 详细勘察的取样及测试工作应符合第 8.3.9 条的规定。

8.4.7 详细勘察应重点分析评价下列内容：

1 根据沿线工程地质条件、水文地质条件及周边环境，评价施工方法的适宜性；对工程地质、水文地质条件特别复杂地段，提出超前地质预报的建议与要求；

2 确定沿线岩土施工工程分级、围岩分级，提出围岩的物理力学性质参数，评价地基及围岩的稳定性；

3 分析隧道在高灵敏度软土地层中施工因土层流动造成开挖面失稳的可能性；

4 分析、评估对高塑性黏土地层，软硬不均地层，球状风化体、含漂石、卵石地层在施工过程中存在的地质问题；

5 基岩地区，应分析评价岩土分界面位置、岩石坚硬和风化程度、构造破碎带、岩面分布与特征对盾构施工的影响；

6 分析评价地表水、地下水对隧道设计和施工可能产生的影响，分析评价含承压水砂土层因突发性涌水、流沙形成空洞，引起地面大范围塌陷和沉降的可能性，提出处理措施建议；

7 分析在岩溶发育带、节理密集带、风化槽、断裂带的富水性及在施工过程中发生突水、突泥、刀具断裂、盾构姿态变化的可能性；

8 应分析评价隧道下伏淤泥层及易产生液化地层对盾构施工及隧道运营的影响，并提出处理措施的建议；

9 分析评价盾构工作井的工程地质及水文地质条件，针对可能存在的岩土工程问题提出基坑支护、地基处理、抗浮设计、地下水控制及端头岩土加固的相关建议；

10 分析地下有害气体对工程影响；

11 评价地质条件可能造成的工程风险；

12 评价隧道工程与周边重要建（构）筑物及地下设施之间的相互影响，并提出处理措施建议。

13 提出施工阶段的环境保护和监测建议。

9 明挖法隧道工程

9.1 一般规定

- 9.1.1 本章适用于明挖法隧道工程的岩土工程勘察。
- 9.1.2 明挖法隧道工程勘察前应根据不同勘察阶段的工作要求，取得下列图纸和资料：
- 1 标注隧道里程、进出洞口位置、工法变换处及附属设施的平面布置图、隧道纵断面图；
 - 2 工程周边环境相关资料。
- 9.1.3 应根据设计阶段的任务、目的和要求，采用综合勘察方法，查明隧道工程地质及水文地质条件，为基坑开挖及支护、地基处理、地下水控制和抗浮等提供设计、施工所需的岩土参数及相关建议。
- 9.1.4 明挖法隧道勘察除应符合本标准第 4 章相关规定外，岩质基坑尚应查明岩体主要结构面（特别是外倾软弱结构面）、构造破碎带及软弱夹层的特征，评价其对基坑工程的影响。

9.2 可行性研究勘察

- 9.2.1 可行性研究勘察应了解隧址工程地质及水文地质条件，尤其是不良地质作用、特殊性岩土的发育情况，初步评价对工程的影响。
- 9.2.2 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。
- 9.2.3 工程地质调查和测绘比例尺宜为 1 : 2000~1 : 5000。调绘范围宜为线位两侧各 300m~500m。
- 9.2.4 可行性研究勘察的勘探工作应符合下列规定：
- 1 勘探点间距宜为 400m~500m，每个地貌单元应不少于 1 个勘探点；
 - 2 勘探孔深度应满足场地稳定性、工程建设适宜性评价和隧道选线、工法选择的需要。遇软弱土层、断层破碎带、溶洞、土洞、暗河等，应穿透并根据需要加深。
- 9.2.5 可行性研究勘察应重点分析评价下列内容：
- 1 场地稳定性及工程建设适宜性；
 - 2 初步分析不良地质作用、特殊性岩土对隧道建设的影响；
 - 3 初步分析评价工程地质条件、水文地质条件对隧道工程的影响，提出适宜的隧道方案及工法的建议；
 - 4 初步分析线路与周边环境的相互影响，提出规避、保护的初步建议。

9.3 初步勘察

- 9.3.1 初步勘察应为初步设计和施工方法的选择提供岩土参数和相关建议。
- 9.3.2 初步勘察的勘察方法应以地质调查和测绘、钻探、测试为主，辅以必要的工程物探工作。
- 9.3.3 工程地质测绘比例尺宜为 1 : 1000~1 : 2000，范围宜为线位两侧各 100m~200m。
- 9.3.4 明挖法隧道工程勘察的勘探点布置应符合下列规定：
- 1 勘探点宜沿隧道开挖边线平行布置，当开挖宽度大于 30m 时，宜沿隧道开挖边线和中线布置；
 - 2 具备条件时，在开挖边线外 2~3 倍的开挖深度范围内宜布置适量勘探点；
 - 3 在软土、填土、饱和粉细砂、暗沟、暗塘等分布地段以及岩溶区，勘探点应适当加密。
- 9.3.5 初步勘察勘探点间距应按表 9.3.5 确定。

表 9.3.5 初步勘察勘探点间距 (m)

场地或岩土条件复杂程度等级	一级	二级	三级
勘探点间距	30~50	50~70	70~100

注：勘探点间距指隧道单边勘探点之间的距离。

9.3.6 初步勘察的勘探孔深度应符合下列规定：

- 1 控制性勘探孔深度不宜小于 2.5 倍隧道开挖深度，或进入隧道底板以下中~微风化岩不小于 8m；一般性勘探孔深度不宜小于 2 倍的隧道开挖深度，或进入隧道底板以下中~微风化岩不小于 5m；
- 2 遇软弱土层、断层破碎带、溶洞、土洞、暗河等，应穿透并根据需要加深。

9.3.7 控制性勘探孔数量不宜少于勘探孔总数的 1/2；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。

9.3.8 初步勘察的取样及测试工作应符合下列规定：

- 1 淤泥、淤泥质土宜进行十字板剪切试验或静力触探试验；
- 2 在水文地质条件复杂或岩溶水发育地区应进行抽水试验，实测含水层的渗透系数和影响半径，分层获取各含水层水文地质参数，评价地下水的富水性和涌水量；有承压水时，应分层测量其水头高度；
- 3 室内试验宜参照附录 E 执行，重点试验项目为重度、直剪快剪及固结快剪试验，或三轴不固结不排水剪及固结不排水剪试验，渗透试验等；对砂土应作休止角试验，当需进行抗管涌稳定性计算时，宜进行颗粒分析试验，绘制颗粒大小分布曲线；当人工素填土厚度大于 3.0m 时，宜进行重度和抗剪强度试验。

9.3.9 初步勘察应重点分析评价下列内容：

- 1 初步评价不良地质作用和地质灾害、特殊性岩土对隧道工程的影响，提出防治措施的建议；
- 2 初步评价地表水、地下水对隧道工程的影响；
- 3 对基坑支护、地基处理、抗浮设计及地下水控制方案提出初步建议；
- 4 初步评价施工对工程周边环境的不利影响，并提出处理措施建议。

9.4 详细勘察

9.4.1 详细勘察应针对工程特点和场地岩土条件开展工作，为施工图设计和施工提供所需的岩土参数及相关建议。

9.4.2 详细勘察应以钻探和测试为主，辅以必要的工程物探工作。

9.4.3 详细勘察的勘探点布置除应满足本标准 9.3.4 条规定外，尚应符合下列规定：

- 1 勘探点间距宜按表 9.4.3 确定；

表 9.4.3 详细勘察勘探点间距 (m)

场地或岩土条件复杂程度等级	一级	二级	三级
勘探点间距	15~25	25~35	35~50

注：勘探点间距指隧道单边勘探点之间的距离。

- 2 具备条件时，在开挖边界线外 2~3 倍基坑开挖深度范围宜布置代表性的横向勘探断面；
- 3 工程地质条件复杂、水文地质条件复杂、地下水丰富的地段应布置勘探点。

9.4.4 详细勘察勘探孔深度应符合下列规定：

- 1 控制性勘探孔深度不宜小于 2.5 倍隧道开挖深度，或进入隧道底板以下中~微风化岩不小于 5m；一般性勘探孔深度不宜小于 2 倍的隧道开挖深度，或进入隧道底板以下中~微风化岩不小于 3m；

2 遇软弱土层、断层破碎带、溶洞、土洞、暗河等，应穿透并根据需要加深。

9.4.5 控制性勘探孔数量不宜少于勘探孔总数的 1/3；采取岩、土试样和原位测试的勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/2。

9.4.6 详细勘察的取样及测试工作应符合第 9.3.8 条的规定。

9.4.7 详细勘察应重点分析评价下列内容：

1 根据沿线工程地质条件、水文地质条件、环境地质条件，提出基坑开挖及支护、地基处理的建议；

2 分析评价拟建场地的不良地质作用、特殊性岩土分布情况及其对隧道的影响，提供相应处理措施的建议；

3 根据场地地下水含水层、隔水层的埋深、厚度和分布情况，判断地下水类型、分布和补给、排泄条件，分析地下水水位的变化规律，提供抗浮设防水位与抗浮措施建议；

4 当存在粉砂、细砂或承压水时，应分析坑底、侧壁的渗流稳定性，评价其对工程的不利影响，并提出处理措施建议；

5 分析施工过程中水位降低对周边环境的影响，并提出应采取的相应措施建议；

6 对岩质基坑，应分析不利结构面、构造破碎带等对基坑安全的影响，并提出支护建议；

7 评价地质条件可能造成的工程风险；

8 分析施工开挖可能对工程周边环境产生的影响，提出施工阶段的环境保护和监测建议。

10 沉管法隧道工程

10.1 一般规定

10.1.1 本章适用于沉管法隧道工程的岩土工程勘察。

10.1.2 沉管法隧道工程勘察前应根据不同勘察阶段的工作要求，取得下列图纸和资料：

1 隧道建设规模、标准，以及标注隧道里程、进出洞口位置及附属设施的平面布置图、隧道纵断面图；

2 气象资料，包括气温、湿度、降水、雾况、风向、风速等；

3 水文地质资料，包括水位、波浪、流速、流向、水温、重度、水质、防洪标准、河道整治、河（海）势变化等；

4 沿线地面、地下及水下建（构）筑物资料，包括建（构）筑物、管线、文物、军事设施、矿产资源、危险爆炸物等。

10.1.3 应根据设计阶段的任务、目的和要求，采用综合勘察方法，评价隧道的工程地质条件、水文地质条件、地基及浚挖边坡稳定性，提供设计、施工相关的岩土参数。

10.1.4 沉管法隧道勘察除应符合本标准第4章相关规定外，尚应查明沉船、水下油、气及通讯管线、邻近建筑物或构造物的分布情况。

10.2 可行性研究勘察

10.2.1 可行性研究勘察应了解隧址工程地质及水文地质条件，尤其不良地质作用、特殊性岩土的发育情况，初步评价对隧道的影响。

10.2.2 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。

10.2.3 工程地质调查和测绘比例尺宜为 1 : 2000~1 : 5000。调绘范围宜为线位两侧各 2km~3km。

10.2.4 可行性研究勘察的勘探工作应符合下列规定：

1 物探测线应沿隧道轴线布设，且不少于 1 条；

2 勘探点沿隧道轴线布设，间距宜为 400m~500m，每个地貌单元应不少于 1 个勘探点；

3 勘探孔深度应满足场地稳定性、适宜性评价和隧道选线、工法选择的需要。

10.2.5 可行性研究勘察应重点分析评价下列内容：

1 场地稳定性及工程建设适宜性；

2 初步分析评价工程地质条件、水文地质条件及隧道施工对环境的影响等，提出适宜的隧道位置、方案及工法的建议；

3 存在不良地质作用、特殊性岩土时，初步分析其对隧道建设的影响。

10.3 初步勘察

10.3.1 初步勘察应为初步设计、基础方案及施工方法的选择提供岩土参数和相关建议。

10.3.2 初步勘察宜采用地质调查和测绘、工程物探、钻探、原位测试、室内试验等多种手段相结合的综合勘察方法。

10.3.3 工程地质测绘比例尺宜为 1 : 1000~1 : 2000，调绘范围宜为隧道轴线两侧各 0.5km~1km。

10.3.4 物探测线的布置应符合下列规定：

1 物探测线宜沿隧道轴线及其两侧平行布置，数量不宜少于 3 条；横向地质条件变化复杂时，宜布置横向物探测线；

2 断层、岩溶、岩性接触带等地质条件复杂地段宜加密物探测线。

10.3.5 沉管法隧道勘察的勘探点布置应符合下列规定：

1 勘探点应沿基槽开挖边线布置，当基槽宽度大于 30m 时宜沿边线和中线按梅花形布置；

2 浚挖边坡范围应布置代表性横向勘探断面，每条勘探线上勘探点数量宜不少于 3 个；

3 地质条件和水文地质条件复杂地段应布置勘探点。

10.3.6 初步勘察的勘探点间距可按表 10.3.6 确定。

表 10.3.6 初步勘察勘探点间距 (m)

场地或岩土条件复杂程度等级	一级	二级	三级
勘探点间距	60~90	90~120	120~150

注：勘探点间距指隧道单边勘探点之间的距离。

10.3.7 初步勘察的勘探孔深度应符合下列规定：

1 隧道控制性勘探孔宜进入隧道底板以下不小于 2.5 倍的隧道高度，或进入隧道底板以下中~微风化岩不小于 1.5 倍隧道高度；一般性勘探孔宜进入隧道底板下不小于 1.5 倍的隧道高度，或进入隧道底板以下中~微风化岩不小于 1.0 倍隧道高度；

2 遇软弱土层、可液化砂土层、断层破碎带、溶洞、土洞、暗河等，应穿透并根据需要加深。

10.3.8 控制性勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/2；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。

10.3.9 初步勘察的取样及测试工作应符合下列规定：

1 软土应做十字板剪切试验，测定软土的不排水抗剪强度和灵敏度；

2 软土、黏性土、砂土宜在控制性横断面上的钻孔的旁侧位置作孔压静力触探试验；

3 黏性土、砂土、软质岩及风化岩宜选择代表性位置做孔内载荷试验或旁压试验，测试地基岩土的承载力和变形参数；

4 应选择代表性钻孔进行抽（注）水试验，分层获取各含水层水文地质参数，预测并评价含水层的富水性、承压性和涌水量；

5 应进行水域段水的重度、流速、水位测试；

6 室内试验宜参照附录 E 执行。

10.3.10 初步勘察应重点分析评价下列内容：

1 初步评价不良地质作用和地质灾害、特殊性岩土对隧道工程的影响，提出防治措施的建议；

2 根据沿线工程地质条件、水文地质条件及周边环境，初步评价施工方法的适宜性；

3 初步分析沉管隧道地基的均匀性及产生工后沉降和不均匀沉降的可能性；提出地基处理初步建议；

4 初步分析基槽浚挖边坡的稳定性，提出支护建议；

5 初步评价饱和砂土液化的可能性；

6 初步评价地下设施及障碍物对设计和施工的不利影响，并提出处理措施建议。

10.4 详细勘察

10.4.1 详细勘察应针对工程特点和场地岩土条件开展工作，为施工图设计和施工提供所需的岩土参数及相关建议。

10.4.2 详细勘察应以钻探和测试为主，辅以必要的工程物探工作。

10.4.3 详细勘察阶段的勘探点布置除应满足本标准 10.3.5 条规定外，尚应符合下列规定：

1 勘探点间距宜按表 10.4.3 确定；

表 10.4.3 沉管法隧道详细勘察勘探点间距（m）

场地或岩土条件复杂程度等级	一级	二级	三级
沉管法隧道	20~30	30~40	40~50

注：勘探点间距指隧道单边勘探点之间的距离。

2 浚挖边坡范围应布置横向勘探断面，勘探线间距宜为纵向勘探点间距的 2 倍~4 倍，勘探点间距宜为 30m~60m，每条勘探线上勘探点数量宜不少于 4 个；

3 管节浮运区域需疏浚时，疏浚范围内应布设勘探孔，勘探孔深度应满足疏浚工程量计算需要，勘探孔间距根据区域地质环境具体确定。

10.4.4 详细勘察勘探孔深度应符合下列规定：

1 控制性勘探孔宜进入隧道底板以下不小于 2.5 倍的隧道高度，或进入隧道底板以下中~微风化岩不小于 1.0 倍隧道高度；一般性勘探孔宜进入隧道底板下不小于 1.5 倍的隧道高度，或进入隧道底板以下中~微风化岩不小于 0.5 倍隧道高度；浚挖边坡范围的勘探孔应进入沉管设计底标高下 5m~8m，并满足边坡稳定验算的要求；

2 遇软弱土层、断层破碎带、溶洞、土洞、暗河等，应穿透并根据需要加深。

10.4.5 控制性勘探孔数量不宜少于勘探孔总数的 1/3；采取岩、土试样和原位测试的勘探孔数量不应少于勘探孔总数的 1/2。

10.4.6 详细勘察应重点分析评价下列内容：

1 根据沿线工程地质条件、水文地质条件、环境地质条件，评价施工工法的适宜性；

2 分析评价拟建场地的不良地质作用、特殊性岩土的分布情况及其对隧道的影响，提供相应处理措施的建议；

3 分析评价地表水、地下水对隧道设计和施工可能产生的影响，提出处理措施建议；

4 提供水重度、流速、深度、水面标高、水底地面标高、基岩异常凸起及其变化幅度；

5 分析管节基底沉降和变形特征，提出基础类型、持力层选择及地基处理的建议；

6 分析评价基槽浚挖边坡范围岩土体的稳定性，提出水下基槽开挖、疏浚等措施建议；

7 评价地下设施对隧道设计和施工的不利影响，并提出处理建议；

8 评价地质条件可能造成的工程风险；

9 提出施工阶段的环境保护和监测建议。

11 专项勘察

11.1 一般规定

11.1.1 本章适用于对城市道路工程工程建设或工程安全有重大影响的岩溶、滑坡和水文地质的专项勘察。

11.1.2 专项勘察应在分析已有勘察资料的基础上，针对勘察目的编制专项勘察方案。

11.1.3 专项勘察成果应针对具体岩土问题，分析其可能造成的工程风险，提出防治措施及设计方案优化的建议，提供设计和施工所需岩土参数。

11.2 岩溶专项勘察

11.2.1 当拟建隧道工程场地位于岩溶中等发育或强烈发育区时，应进行岩溶专项勘察，评价岩溶对工程建设的影响，以及工程施工可能引发岩溶突水、岩溶塌陷等对周边环境产生的影响。

11.2.2 岩溶发育程度可按表 11.2.2 的规定划分。

表 11.2.2 场地岩溶发育程度

岩溶发育程度	岩溶发育特征
岩溶强烈发育	①钻孔见洞隙率>30%； ②线岩溶率>20%； ③地下有暗河、伏流，岩溶裂隙水丰富； ④溶沟、溶槽、石芽密布，相邻钻孔间存在临空面、且基岩面高差大于 5m。
岩溶中等发育	①钻孔见洞隙率 10%~30%； ②线岩溶率 5%~20%； ③地下无暗河、伏流，岩溶裂隙水较丰富； ④溶沟、溶槽、石芽发育，相邻钻孔间存在临空面、且基岩面高差 2m~5m。
岩溶弱发育	①钻孔见洞隙率<10%； ②线岩溶率<5%； ③岩溶裂隙多被充填，地下水不丰富； ④溶沟、溶槽、石芽较发育，相邻钻孔间存在临空面、且基岩面高差小于 2m。

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

2 当地区岩溶发育存在显著差异时，应根据岩溶发育程度进行工程地质分区；

3 深圳市岩溶分布概况可参考本标准附录 G。

11.2.3 岩溶专项勘察宜采用综合地质调查、钻探、工程物探、水文地质试验和室内试验等多种手段结合的方法进行，重点查明岩溶分布特征、发育规律和发育程度，岩溶与工程的关系，岩溶水特征及周边人类工程活动等，为岩溶处理设计和施工提供依据。勘察范围宜根据场地地质条件、施工工法及周边环境适当扩大。

11.2.4 岩溶专项勘察过程中宜根据揭示的岩溶分布和发育情况及场地适用条件动态调整勘察工作布置。

11.2.5 工程地质调查和测绘比例尺宜为 1:1000~1:2000，应重点查明下列内容：

- 1 地形地貌、地层岩性、地质构造、地下水情况；
- 2 岩溶塌陷和地面沉降的分布、形态和发育规律；
- 3 场地内及附近地段人类工程活动与场地岩溶水文地质环境的相互影响；
- 4 场地及附近地段岩溶塌陷防治、岩溶处理及地下水控制的经验。

11.2.6 岩溶专项勘察的勘探工作应根据岩溶发育程度、岩溶分布情况、探测对象、工程特点和主要工程问题等综合确定，并符合下列规定：

- 1 地面物探测线宜避开地形及其他干扰的影响、垂直于或大角度相交于岩溶发育带或断层并结合线路走向布置，测网密度根据探测目标的规模确定；
- 2 勘探点宜在隧道两侧 3m~5m 处布置，间距 10m~20m；
- 3 勘探孔深度应进入隧道底板以下进入中~微风化岩不小于 10m，揭露溶洞时应根据工程需要适当加深，并满足物探测试要求；
- 4 物探测试手段可选择跨孔电磁波 CT、弹性波 CT、管波法等；
- 5 工程物探确定的物性异常点应布置验证勘探点；验证孔深度应钻入异常体以下不少于 2m。

11.2.7 岩溶专项勘察测试应符合下列要求：

- 1 岩溶区不明成因含角砾粉质黏土应进行重型动力触探试验或标贯试验、室内物理力学性质试验；
- 2 应取岩样进行物理力学性质试验、岩矿分析；
- 3 岩溶水文条件复杂宜进行抽水、压水和连通等水文地质试验，测定地下水流速、流向等水文地质参数；
- 4 需要时，应在暗河、岩溶发育且地下水丰富地段进行地下水动态观测，观测时间不宜少于 1 个水文年。

11.2.8 岩溶专项勘察报告除应符合本标准第 12 章的规定外，尚应包括下列内容：

- 1 岩溶发育的地质背景、形成条件及其发展趋势；
- 2 溶洞、土洞及岩溶塌陷的发育及分布特征、岩溶发育程度分区及相关图表；
- 3 分析地下水与地表水之间的关系；
- 4 根据岩溶发育特征，进行场地、地基稳定性分析评价，提出施工工法及工程措施建议；
- 5 分析隧道工程施工过程中产生涌（突）水的可能性及涌（突）水重点部位，参照本标准 11.4.7 条的相关规定预测涌（渗）水量，评价涌（突）水的可能危害，提出处理措施与监测建议；
- 6 分析工程建设引起地面沉降、岩溶塌陷可能性，评价对工程建设和周边建（构）筑物安全的影响并提出处理措施与监测建议；
- 7 提供岩溶治理设计和施工所需的岩土及水文地质参数。

11.3 滑坡专项勘察

11.3.1 拟建道路工程场地或其附近存在对工程安全有影响的滑坡或潜在滑坡时，应进行滑坡专项勘察。

11.3.2 滑坡专项勘察应查明滑坡成因、类型、规模及其危害程度，分析滑坡稳定性，预测滑坡发展趋势，提供防治设计所需的岩土参数，提出防治措施和监测建议。

11.3.3 滑坡专项勘察宜采用工程地质调查和测绘、工程物探、钻探、井探、槽探、洞探和测试等综合方法。

11.3.4 工程地质调查和测绘的比例尺可选用 1:200~1:1000，用于整治设计时比例尺应选用 1:200~1:500，调绘范围应包括滑坡及其邻近地段和影响区域。

11.3.5 工程地质调查和测绘应符合下列规定：

- 1 搜集地质、水文、气象、地震、人类活动和勘察及监测等相关资料；
- 2 调查地形地貌、地层岩性、地质构造等工程地质条件；
- 3 调查滑坡的形态要素（滑动面、剪出口、滑坡裂缝、滑坡擦痕、滑坡台阶、滑坡壁、滑坡鼓丘、滑坡洼地等），分析其演化过程，圈定滑坡周界；

4 岩体结构与产状，软硬岩组合与分布，岩石风化、破碎程度，卸荷带、破碎带、软弱结构面、层间错动带在坡体上的展布特征及其含水状态；

5 调查地表水、地下水、泉和湿地等的分布以及滑坡区的汇水条件及排水条件；

6 调查建（构）筑物、树木等的变形、位移等情况；

7 调查本地滑坡治理经验。

11.3.6 勘探线、勘探点应根据工程地质条件、地下水情况、滑坡形态布置，并符合下列规定：

1 勘探线应在工程地质调查和测绘的基础上，结合滑坡规模和治理工程需要沿主滑方向及其两侧进行布置，勘探线间距不宜大于 40m，滑坡体转折处和预计采取工程措施的地段应布置勘探线；

2 工程物探测线宜勘探线重合布置；

3 钻探孔布置应在工程地质调绘和物探的基础上，结合测试和治理工程需要，沿确定的纵向或横向勘探线布置；每条主滑方向及滑坡体外两侧的勘探线不宜少于 3 个勘探点，勘探点间距不宜大于 30m；

4 勘探点深度应穿过最下一层滑面进入稳定地层不小于 5m，并满足滑坡治理设计的需要；

5 主滑地段宜布置一定数量的探井，探井深度应揭穿最下一层滑动面；

6 钻探应采用干钻或无泵反循环、双层岩芯管钻进；在滑动面（带）及其上下 5.0m 的范围应采用干钻或双管单动钻进技术。

11.3.7 滑坡专项勘察取样、测试应符合下列要求：

1 在滑坡体、滑动面（带）及稳定地层中，应分层采取土、水试样；

2 土的强度试验应符合下列要求：

1) 应取原状土样，对于无法采取到滑带土样的情况，可采用野外滑面重合剪试验，或采取与滑带土性质相同的土样进行残余剪切试验；

2) 采用与滑动受力条件相似的试验方法；

3) 采用反分析方法检验滑动面的抗剪强度指标。

3 滑坡物理性质试验项目应取原状土样，当无法采取原状土样时，可取保持天然含水率的扰动土样，试验项目应包括：天然重度，比重，天然含水率，塑限、液限，颗粒组成、矿物成分及微观结构。

11.3.8 滑坡的稳定性分析应符合下列要求：

1 选择主滑断面进行分析，合理划分牵引段、主滑段和抗滑段；

2 滑带土的强度指标宜根据测试成果、反分析和本地工程经验综合确定；

3 有地下水时，应计入浮托力和水压力；

4 根据滑面（滑带）的空间形态，选用平面、圆弧或折线进行稳定性计算；

5 当有局部滑动的可能时，除验算整体稳定外，尚应验算局部稳定；

6 当有地震、冲刷、人类活动等影响因素时，应考虑这些因素对滑坡稳定的影响。

11.3.9 滑坡专项勘察报告除应符合本标准第 12 章的规定外，尚应包括下列内容：

1 滑坡的地质背景和形成条件；

2 滑坡的形态要素、性质和演化；

3 提供滑坡的平面图、剖面图和岩土工程特性指标；

4 滑坡稳定性计算与分析；

5 滑坡发展趋势预测；

6 滑坡防治和监测的建议。

11.4 水文地质专项勘察

11.4.1 当隧道工程下穿或邻近地表水体，或水文地质条件复杂且对工程建设及周边环境有重要影响时，应进行水文地质专项勘察。隧道水文地质条件的复杂程度可按表 11.4.1 的规定进行划分。

表 11.4.1 隧道工程水文地质条件复杂程度等级

等级	水文地质特征
简单	隧道位于沿线洼地标高之上，地形有利于自然排水，主要充水含水层和构造破碎带富水性弱至中等
中等	隧道位于部分洼地标高之下，地形有自然排水条件，主要充水含水层和构造破碎带富水性中等至强，地下水补给条件一般；或附近地表水不构成隧道的主要充水因素，地下水补给条件差，第四系覆盖面积小且薄，疏干排水可能产生少量塌陷，水文地质边界较复杂。
复杂	构造破碎带发育，导水性强且连通区域强含水层或地表水体；隧道位于沿线洼地标高以下，主要充水含水层富水性强，补给条件好，并具较高水压；第四系厚度大、分布广，疏干排水有产生大面积塌陷、沉降的可能，水文地质边界复杂。

11.4.2 水文地质专项勘察方法宜采用水文地质测绘、工程物探、钻探、水文地质试验和动态观测等多种手段相结合的综合勘察方法。重点查明场地水文地质条件，分析评价地下水、地表水对设计、施工及周边环境等的影响，提出预防措施建议。

11.4.3 水文地质测绘比例尺宜为 1:1000~1:2000，调绘范围应包括可能对工程有影响的地表水、地下水分布范围。水文地质测绘宜包括下列内容：

- 1 地貌的形态、成因类型及其与含水层的分布、地下水的埋藏、补给、径流、排泄的关系；
- 2 地层的时代成因、岩性、层序、产状、分布范围、接触关系、透水性及富水性；
- 3 断层的类型、规模、产状和构造岩特征及透水性和富水性，节理裂隙类型、产状、发育成程度、充填物性质、胶结情况、透水性和富水性；
- 4 地下水露头（井、泉）的地下水类型、水头、水量、水温与水质的动态变化，泉的地质成因、补给条件、水力特性；
- 5 地表水的洪水位、枯水位、流量（容量）、水质、水温、浑浊、渗漏等；地表水与地下水水力联系。

11.4.4 工程物探方法应根据场地作业条件、水文地质条件、勘察目的及被探测体的物理特征等因素确定，宜采用多种方法进行综合探测。

11.4.5 水文地质勘探工作应符合下列规定：

- 1 水文地质勘探线（剖面）可根据场地水文地质结构特征、含水层及相对隔水层分布、地下水流向等，结合线路走向布置，勘探孔间距宜根据具体需要确定；
- 2 水文地质试验孔，应根据工程场地水文地质条件复杂程度，重点布置在下列地段：
 - 1) 主要含水层分布地段；
 - 2) 断层破碎带、构造复合部位、褶皱轴部、不整合接触带和不同岩性接触带；
 - 3) 地表水系汇集地段，山间沟谷、河谷盆地和洼地地段；
 - 4) 岩溶发育地段、暗河及物探解释为富水区段（点）；
 - 5) 隧道工程施工地下水控制重点地段（点）；
- 3 勘探孔深度宜进入目标含水层以下不小于 5m，并满足拟建工程地下水控制的需。

11.4.6 水文地质参数的测定应符合下列规定：

- 1 地下水流向测定可采用三点法、放射性同位素单井法或仪器观测法，地下水流速测定可采用水力坡度计算法、指示剂或示踪剂法、仪器观测法；

2 地层渗透性和富水性等水文地质参数的测定,应根据岩土层特性和工程需要,由现场钻孔或探井抽水试验、注水试验或压水试验确定;

3 当需查明地下水的补给范围、补给速度、补给量及与相邻地下水的关系和地下水与地表水的转化、补给关系及连通性时,宜进行连通试验;

4 水文地质试验钻孔应进行钻孔结构和成井工艺的专门设计;

5 水文地质参数计算应采用与场地水文地质条件相适应的计算公式和地下水控制设计水位降深相近的水位变化值;

6 宜根据需要布置地下水动态长期观测孔,观测时间不宜少于一个水文年;

7 水文地质参数可按表 11.4.6 的方法测定。

表 11.4.6 水文地质参数测试方法

参数类型	定义	测定方法
渗透系数	流体通过土颗粒孔隙骨架的难易程度	抽水试验、注水试验、压水试验、室内渗透试验等
导水系数	表示含水层全部厚度导水能力的一个参数,为渗透系数与含水层厚度的乘积	抽水试验、注水试验、压水试验和室内渗透试验
给水度	潜水含水层中地下水水位下降个单位高度时,地表至潜水面之间的单位水平面积垂直岩土柱中所能给出的水量	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
释水系数	又称储水系数,指承压含水层中地下水水位(水头)下降或上升一个单位高度时,从单位底面积和高度等于含水层厚度的柱体中弹性释放或储存的水量	
越流系数 越流因数	表征弱透水层垂直方向上传导越流水量能力的参数。指弱透水层上、下含水层之间的水头差为一个单位时,垂直渗透水流通过弱透水层与含水层界面上单位面积的流量	多孔抽水试验 (稳定或非稳定流)
单位吸水量	在 0.01MPa (或 1m 水柱) 压力下,单位长度 (1m) 试段在单位时间内的吸水量 (L/min)。其单位为: L / (MPa · m · min)	注水试验、压水试验

11.4.7 水文地质计算和评价应符合下列要求:

1 含水层的富水程度和隧道围岩的富水程度分区宜按表 11.4.7-1、11.4.7-2 的规定进行划分;

表 11.4.7-1 含水层富水程度分区

项目 \ 分区名称	极弱富水区	弱富水区	中等水区	强富水区
钻孔单位出水量 $q[m^3/(h \cdot m)]$	<1	$1 \leq q < 5$	$5 \leq q < 10$	$q \geq 10$

注: q 为 $s=1m$ 时的出水量,过滤管半径 $r=100mm$ 。

表 11.4.7-2 隧道围岩富水程度分区

项目 \ 分区名称	贫水区(段)	弱富水区(段)	中等富水区(段)	强富水区(段)
洞身单位长度可能正常涌水量 $q[m^3/(h \cdot m)]$	<1	$1 \leq q < 5$	$5 \leq q < 10$	$q \geq 10$
地下径流模数 $M[m^3/(d \cdot km^2)]$	$M < 100$	$100 \leq M < 1000$	$M \geq 1000$	

注:可选择具有代表性的一个指标进行分区。地下径流模数法强富水区的确定,尚需采用其他方法或指标。

2 含水层的渗透性可根据渗透系数 k 按表 11.4.7-3 的规定进行划分;

表 11.4.7-3 含水层的渗透性

类别	特强透水	强透水	中等透水	弱透水	微透水	不透水
k (m/d)	$k > 200$	$10 \leq k \leq 200$	$1 \leq k < 10$	$0.01 \leq k < 1$	$0.001 \leq k < 0.01$	$k < 0.001$

3 岩溶涌水等级可按表 11.4.7-4 的规定, 根据涌水量、岩溶水流类型、危害程度进行划分;

表 11.4.7-4 岩溶涌水等级划分表

涌突水类别	涌水量 (l/s)	岩溶水类型	危害程度
微量	<1.0	溶蚀裂隙涌水	对施工基本无影响
少量	1.0~10.0	细脉状岩溶管道涌水	对施工有一定影响
中等	10.0~100.0	脉状岩溶管道涌水	对施工有较大影响, 排水较易
大量	100.0~1000.0	岩溶管道涌水	较严重影响施工, 危及设备及人身安全, 排水较困难
特大	>1000.0	暗河或岩溶管道涌水	严重影响施工, 危及重大设备及人身安全, 排水困难

4 隧道施工中最大涌水量和运营中的正常涌水量的预测, 应采用多种方法综合分析后确定, 根据水文地质条件可采用下列方法, 具体计算方法可参考本标准附录 H 的规定:

- 1) 当越岭隧道通过一个或多个地表水流域时, 预测隧道正常涌水量可采用地下径流深度法、地下径流模数法;
- 2) 当隧道通过潜水含水层且埋藏深度较浅时, 可采用降水入渗法预测隧道正常涌水量;
- 3) 当隧道通过潜水含水层时可用古德曼经验式、佐藤邦明非稳定流式预测隧道最大涌水量;
- 4) 当隧道通过潜水含水层时, 可采用裘布依理论式、佐藤邦明经验式预测隧道正常涌水量;
- 5) 当新建隧道附近有水文地质条件相似的既有隧道或坑道以及岩溶区时, 可采用水文地质比拟法预测隧道涌水量;
- 6) 当隧道通过潜水含水层且有给水度或裂隙率资料时, 可采用同位素氚 (T) 法预测隧道正常涌水量;
- 7) 岩溶区地下洞室涌水量预测, 应根据水文地质条件, 有针对性地采用计算方法。涌水量可采用水文地质比拟法、洼地渗入量法、水均衡法、动态观测法、地下水动力学法等方法进行估算, 也可采用现场实测法。

11.4.8 水文地质专项勘察报告除应符合本标准第 12 章的规定外, 尚应包括下列内容:

1 含水岩组的类型及分布情况, 岩土层透水性, 富水性分区情况, 地下水类型、补给、径流、排泄条件等;

2 水文地质综合平面图、水文地质断面图等图件, 水文地质试验、水文地质观测、涌水量计算成果及相关图表;

3 线路位于地表水体 (河流、湖泊、水库、海) 范围和附近时, 应根据岩土层、断层和节理裂隙的空间分布、渗透性能、富水程度和地下水的补给、径流、排泄特征等, 分析地表水与地下水的水力联系和补给关系, 预测地表水涌入隧道、基坑的可能性及对工程建设的不利影响;

4 线路位于可溶岩地区时, 应分析施工中突水、突泥的可能性及其模式, 预测施工诱发地面沉降、岩溶塌陷的可能性以及对工程施工、运营安全和周边环境的不利影响, 并提出相应的工程措施;

5 线路通过断层带时, 应分析断层带的富水性、透水性以及地下水的承压性, 评价断层带产生集中涌水的可能性以及对施工的影响, 并提出工程措施意见;

6 线路位于第四系松散地层且下部有承压水时, 根据承压水埋藏深度及其水头高度、隔水顶板的岩性和厚度, 预测基底溃底、涌砂的可能性, 并提出工程措施意见;

7 预测隧道施工中可能发生集中涌水段、点的位置、涌水量以及对工程的危害程度，并提出工程措施建议；

8 当采用降（排）水方法进行地下水控制时，应分析评价工程降（排）水可能引起的环境问题和风险，提出处理措施建议。

12 勘察成果

12.1 一般规定

12.1.1 城市道路工程勘察成果应在工程地质调查和测绘、勘探、室内试验和原位测试、综合分析已有相关资料的基础上,根据不同勘察阶段的要求进行编写,做到数据准确、内容齐全、结论有据、建议合理。

12.1.2 对各类岩土工程问题,应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,依据具体城市道路工程的特点有针对性地进行评价。

12.1.3 岩土层划分和地层序号编排宜符合本标准附录 A 的相关规定。

12.1.4 城市道路工程勘察应根据需要提交勘察信息模型,并提交相关勘察成果数据。

12.2 勘察报告基本要求

12.2.1 文字部分宜包括下列内容:

- 1 工程概况;
- 2 勘察目的、任务要求和依据的技术标准;
- 3 岩土工程勘察等级、勘察方法、勘察工作量的布置及勘察工作完成情况;
- 4 区域水文气象条件;
- 5 区域地质与地震背景;
- 6 场地地形地貌、地层岩性和地质构造;
- 7 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;
- 8 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;
- 9 水和土对建筑材料的腐蚀性评价;
- 10 可能影响工程稳定的不良地质作用、特殊性岩土和对其危害影响程度的评价;
- 11 场地的地震效应评价;
- 12 场地稳定性和适宜性的评价;
- 13 各类城市道路工程的重点分析评价内容;
- 14 评价地质条件可能造成的工程风险;
- 15 结论及建议。

12.2.2 图表及附件宜包括下列内容:

- 1 综合工程地质平面图(地质条件简单时可替代为勘探点平面布置图);
- 2 工程地质剖面图;
- 3 钻孔柱状图;
- 4 勘探点主要数据一览表;
- 5 原位测试图表;
- 6 室内试验图表;
- 7 统计分析图表;
- 8 场景、岩芯照片、工程物探报告及其他附件。

12.3 勘察信息模型要求

12.3.1 勘察信息模型应符合下列规定：

- 1 应反映城市道路工程勘察的成果；
- 2 应进行几何表达并反映岩土体属性信息和项目信息；
- 3 模型应与属性信息自动关联；
- 4 应与工程设计信息模型有效衔接，满足相应阶段的数据传递和应用需求。

12.3.2 勘察单位交付的勘察信息模型应满足深圳市《道路工程勘察信息模型交付标准》SJG 89及深圳市《岩土工程勘察报告数字化规范》SJG 36的相关规定。

附录 A 深圳市岩土层划分标准

A.0.1 深圳市岩土层划分宜按表 A.0.1-1~A.0.1-3 执行。

表 A. 0. 1-1 深圳市第四系地层地层序号及划分标准

地层时代		成因类型	地层序号	土层名称	土层特征	C ¹⁴ 年龄 (a)	地貌单元
统	代号						
	Q ^{ml}	人工填土	1-①	素填土	由黏性土、砾(砂)质黏性土、吹填土、淤泥质黏性土等组成。	新近堆积	主要分布于海积冲积平原、泻湖及三角洲平原、阶地地貌、填海造陆人工地貌及沟谷洼地
			1-②	填石层	由硬杂质粒径≥100mm, 含量≥50%的棱角形颗粒组成。		
			1-③	填砂层	地基处理的砂垫层、填海造地的吹砂层、回填的砂层等。		
			1-④	杂填土	由硬杂质粒径≤100mm, 含量<50%的建筑垃圾和生活垃圾组成。		
			1-⑤	冲(吹)填土	由水力冲填或吹扬运送泥砂形成, 土质分布不均, 多呈透镜状、薄片状、锥体状		
			1-⑥	压实填土	按一定标准控制材料成分、密度、含水量, 经分层碾压或夯实填筑的土, 成分单一, 土质较均匀		
	Q ^m	海积	2-①	流泥	深灰~灰色, 饱和, 呈悬浮状、流塑状。	新近沉积	广泛分布海积冲积平原、泻湖、三角洲平原地貌单元、海相、陆相河谷洼地、塘中、山前地带及耕地
	Q ^{al}	冲积	2-②	黏性土、砂、耕植土	黏性土、砂浅灰黄色, 软塑、松散状; 耕植土褐灰色。		
	Q ^{mc}	海陆交互沉积	2-③	含淤泥粗、砾砂	灰~灰黑色, 含淤泥及海洋生物遗骸。饱和, 松散。		
全新统	Q ₄ ^m	海积	3-①	淤泥	深灰~灰黑色, 含较多海洋生物遗骸。饱和, 流塑。	640±70~ 2150±90	海积平原、冲积平原
			3-②	淤泥质黏性土	灰~深灰色, 含少量有机质, 局部夹砂。很湿~饱和, 流塑。		
			3-③	含淤泥粉细砂	灰色~深灰色, 含海洋生物遗骸和腐木。饱和, 松散。		
			3-④	中~粗砂	灰白~灰色, 饱和, 松散。含少量海洋生物遗骸和腐木。		
	Q ₄ ^{mc}	海积~冲积	4-①	淤泥质黏性土	灰~深灰色, 含少量有机质, 局部夹砂。很湿~饱和, 流塑~软塑。	2530±90~ 3860±110	古砂堤、海积平原、泻湖、冲积平原
			4-②	含淤泥粉细砂	灰~深灰色, 含腐木、贝壳。饱和, 黏性土呈软塑状态。粉、细砂为松散~稍密状态。		
			4-③	黏性土	灰白~青灰色, 褐黄色等杂色。湿, 可塑。		
			4-④	粗、砾砂	浅黄色, 含较多黏性土或夹薄层黏性土。饱和, 稍密。		
	Q ₄ ^{al+pl}	冲~洪积	5-①	淤泥质黏土	灰白色, 软塑。含有机质和少量腐木。	4300±140~ 7080±160	冲积平原
			5-②	黏性土	褐黄色为主, 隐斑状结构, 含少量砂粒。湿, 硬塑~可塑。		
			5-③	细~中砂	黄白~灰白色。饱和, 稍密。		
			5-④	砾砂、卵石	黄白~灰白色。饱和, 稍密~中密。		
上更新统	Q ₃ ^h	湖沼沉积	6-①	含泥碳质黏性土	灰黑~深黑色, 局部含大量腐木, 底部含粉、细砂。很湿~饱和, 软塑~可塑。	14380±280 ~ 32610±120	阶地、台地凹部、古冲沟
	Q ₃ ^{al+pl}	冲~洪积	6-②	黏性土	褐黄、黄白、紫红等杂色, 斑纹状结构, 含少量砂砾及铁锰结核。湿, 硬~可塑。		冲积阶地、冲积平原
			6-③	中砂、粗砂、砾砂	浅灰~灰白色, 石英质, 底部多含卵石, 偶夹薄层黏土, (局部见漂、块石)。饱和, 中密~密实。		
上、中更新统	Q ₃ ^{dl}	坡积	7-①	黏性土	褐红、铁红、黄白等杂色相间, 网纹状结构, 含少量石英砂。稍湿, 可塑~硬塑。	按风化(脱硅)速率 1m/2 万年计算 约 10 万~70 万年	低山、丘陵、台地、低丘坡地
			7-②	含砾黏性土	褐红、铁红、黄白等杂色相间, 网纹状结构, 含较多石英砾和铁氧化物。稍湿, 坚硬~硬塑。		
	Q ^{el}	残积	8-①	砾质黏性土	肉红、褐黄、灰白等色, 含石英角砾 20%~40%。湿, 可塑~坚硬。局部含孤石。		广泛分布于以各类岩石为基底的低山、丘陵、台地等地貌
			8-②	砂质黏性土	紫红、灰绿、黄褐等杂色, 含石英角砾<20%。湿, 可塑~坚硬。局部夹脉状石英。		
			8-③	黏性土	黄褐、深灰、灰褐色等杂色, 含铁质氧化物和风化岩块。稍湿~很湿, 可塑~硬塑。		
	Q ^{pr}	溶洞、溶槽堆积	9-①	黏性土	灰褐、灰绿、深灰色, 黏性土为主, 含角砾状岩块。湿~很湿, 软塑为主。		成因、年龄不明。
9-②			含黏性土砾砂	灰褐、深灰色, 含黏性土及角砾状岩块。饱和, 松散为主。			

表 A. 0. 1-2 深圳市侵入岩地层序号及划分标准

地质时代			构造期	地层代号	地层序号	代表性岩石	岩性组合	化石或同位素年龄值 (Ma)
代	纪	世						
中生代	白垩纪	晚世	燕山五期	γK_2 、 $\gamma\pi K_2$	10	花岗岩、花岗斑岩	细粒状花岗岩、部分花岗斑岩	81.8
				$\eta\gamma K_2$			细粒斑状黑云二长花岗岩	
		早世	燕山四期	γK_1	11	花岗岩	中粒花岗岩	90.4~138
				$\gamma\beta^5 K_1$ 、 $\eta\gamma^5 K_1$			粗中粒黑云母花岗岩	
				$\gamma\beta^4 K_1$ 、 $\eta\gamma^4 K_1$			部分(粗)中粒黑云母二长花岗岩	
	$\gamma\beta^3 K_1$	细粒斑状黑云母花岗岩 部分细粒斑状黑云母二长花岗岩						
	侏罗纪	晚世	燕山三期	$\gamma\beta^2 K_1$	12	花岗岩	中粒斑状黑云母花岗岩	140.7~146
				$\gamma\beta^1 K_1$			中粒斑状黑云母花岗岩	
				$\gamma\beta J_3$			中粒斑状黑云母花岗岩、局部中细粒斑状黑云母二长花岗岩	
		中世	燕山二期	$\eta\gamma^2 J_3$	13	花岗岩、闪长斑岩	中粒斑状黑云母二长花岗岩	157±3
$\eta\gamma^1 J_3$				细粒斑状黑云母二长花岗岩				
$\eta\gamma J_2$ 、 $\delta\alpha J_2$	细粒斑状黑云母二长花岗岩、部分细粒斑状角闪石黑云母花岗岩闪长岩和石英闪长岩							
$\delta\mu J_2$	闪长斑岩							
三叠纪	晚世	印支期	γT_3	14	花岗岩	细粒斑状花岗岩	223.5±3	
古生代	奥陶纪	早世	加里东期	$\eta\gamma O_1$	15	花岗岩	片麻状细粒斑状黑云母二长花岗岩	486±23
	寒武纪	晚世		$\gamma\delta\in_3$ 、 $\gamma\alpha\in_3$	16	花岗闪长岩、花岗岩	片麻状细粒角闪黑云母花岗闪长岩、部分片麻状细粒黑云母斜长花岗岩	523

表 A. 0. 1-3 深圳市岩石地层划分标准

年代地层			岩石地层单位	地层代号	地层序号	代表性岩石	岩性组合	化石或同位素年龄值 (Ma)	
系	统	阶							
古近系	古新统		莘庄村组	E _{1x}	17	粉砂岩、砾岩、泥岩	上部为紫红色含砾钙质粉砂岩夹砂质砾岩、砂质粉砂岩、细砂岩；下部以紫红色砂质砾岩为主，中夹含砾砂岩、粉砂岩薄层或透镜体。	含介形虫、腹足类化石	
白垩系	上统		大朗山组	K _{2d}	18	砾岩、砂岩、粉砂岩	褐红、砖红色厚层状花岗岩质砾岩及花岗质砂砾岩，夹细砂岩、粉砂岩。		
	下统		官草湖组	K _{1g}	19	砂岩、凝灰岩、砂砾岩	紫红色复成分粗砾岩夹复砂岩、含角砾凝灰砂岩、砂砾岩，夹流纹质含角砾凝灰岩、流纹质熔结凝灰岩。	含植物化石 U-Pb: 107.3±1.8	
侏罗系	上统		七娘山组	J ₃ K _{1qn}	20	火山角砾岩、角砾熔岩、凝灰熔岩	上段顶部出现岩流自碎角砾岩、泡沫状角砾熔岩、球粒流纹岩、石泡流纹岩；上部为流纹质含火山角砾凝灰岩，流纹岩；中部为火山角砾岩、流纹质含火山角砾凝灰岩，流纹岩；下部为含黑曜岩、流纹岩、石英砂岩、泥质岩集块的火山集块岩或英安质火山角砾岩，流纹岩。下段主要为含火山角砾凝灰岩、流纹质、英安质凝灰岩、流纹岩、少斑珍珠岩、霏细岩，底部流纹斑岩。	Rb-Sr: 131±2 U-Pb: 141.3±3.2, 145.4±1.7	
			梧桐山组	J _{2-3w}	21 22	火山角砾岩、凝灰岩、流纹岩 火山角砾岩、凝灰岩、英安岩	上部为流纹斑岩、流纹岩、凝灰熔岩、角砾熔岩，流纹质、英安质凝灰岩、火山角砾岩；下部为流纹岩、球粒流纹岩、英安岩，流纹质、英安质凝灰岩、火山角砾岩、含英安岩、流纹岩、石英砂岩、泥质岩集块的火山集块岩，在第三韵律层爆发相中夹凝灰质砾岩、凝灰质砂岩、凝灰质粉砂岩及泥岩。	U-Pb: 156.9±2, 165.8±2.9, 168.4±1.1	
	中统		吉岭湾组	J _{2j}	23	安山岩	灰色安山岩，底部集块角砾凝灰质泥岩（分布在北部市外凤岗附近）	Rb-Sr: 152±12	
	下统		塘厦组	J _{1-2t}	24	石英砂岩、长石石英砂岩、泥岩	上部以石英砂岩为主，层间砾岩及火山岩夹层减少，底为含砾石英砂岩；中部为长石石英砂岩、粉砂质泥岩、凝灰质砂岩，夹多层砾岩及火山岩；下部为石英砂岩、长石石英砂岩，基本不含火山岩。	含植物、叶肢介化石	
			桥源组	J _{1q}	25	粉砂岩、泥岩、炭质页岩	上部细粒长石石英砂岩、泥质粉砂岩及粉砂质泥岩；下部含砾石英砂岩、粉砂质泥岩、长石石英砂岩夹炭质页岩。	含植物化石	
			金鸡组	J _{1j}	26	泥岩、粉砂岩、炭质页岩	上部为空晶石斑点板岩、石英砂岩、含红柱石石英砂岩、炭质粉砂质斑点板岩、含砾粗砂岩，下部为石英质砂砾岩、蚀变石英砂岩、透辉石石英角岩。	含双壳类、菊石、植物化石	
三叠系	上统		小坪组	T _{3x}	27	粉砂岩、泥岩、炭质页岩	上部为紫红色粉砂岩、粉砂质泥岩夹炭质页岩薄层及煤线，下部为灰白、浅灰色中厚层状砂砾岩、含砾砂岩、中细粒石英砂岩、长石石英砂岩，底部砂砾岩。	含植物化石	
石炭系	上统		壶天组	C _{2h}	28	白云质灰岩、灰岩	灰白、浅灰至灰色，局部浅紫红色白云质灰岩、结晶灰岩，靠下部夹角砾状灰岩。	含蜓类、海百合茎化石	
	下统	大塘阶	测水组	C _{1c}	C _{1c} ²	29	石英砂岩、页岩	石英砂岩为主夹少量泥质页岩。	含腕足类、海百合茎、苔藓虫、三叶虫、植物等化石
					C _{1c} ¹	30	粉砂岩、页岩、炭质粉砂岩	灰、深灰色砂泥质页岩、粉砂岩夹炭质粉砂岩及含砾砂岩或薄煤层，底部夹灰岩透镜体。	
			石磴子组	C _{1s}	31	白云岩、灰岩、大理岩	深灰色白云岩、含生物碎屑白云岩、白云质灰岩、白云质大理岩、大理岩。	含珊瑚、蜓类、有孔虫化石	
	岩关阶	大湖组	C _{1d}	32	粉砂岩、石英砂岩、泥岩、页岩	黄褐色中厚层含砾石英细砂岩、石英砂岩夹泥质粉砂岩、砂质页岩。	含植物、介形虫化石		
泥盆系	上统		双头群	D _{sh}	33	砂岩、泥质粉砂岩	黄白、灰紫色厚层状—巨厚层状石英砂砾岩、石英砂岩、长石石英砂岩、粉砂岩，底部为复成分砾岩。		
	中统		鼎湖山群	D _{dh}	34	砾岩、砂岩夹泥岩	灰色、灰绿色（风化后紫红色）薄层状—厚层状长石石英砂岩、石英砂岩及粉砂质泥岩（板岩）夹含炭质页岩，局部见含钙质砂岩。		
震旦系			黄婆山组	Z _h	35	片岩	浅灰、灰绿、紫灰色长石云母片岩、石英片岩为主，夹堇青石黑云母石英片岩、矽线石黑云母片岩以及炭质板岩。	含微古植物藻类化石	
			石岭组	Z _s	36	石英岩	浅灰至灰白色石英岩（硅质）、局部夹变质石英砂岩、云母石英岩。		
南华系			笔架山群	N _{hb}	37	石英砂岩、石英岩、片岩	上部为变质中细粒石英砂岩、石英岩、混合质变粒岩、石英云母片岩，下部为黑云母斜长片麻岩，底部为中粒石英岩或变质砂砾岩。	U-Pb: 758±8	
蓟县系—青白口系			银湖群	J _x Q _{by}	38	片麻岩、混合花岗岩	上部浅肉红色片麻状混合花岗岩，常见变粒岩、石英岩、片岩、片麻岩；中部为黑云斜长片麻岩、钾长混合花岗岩、斜长变粒岩、夹石榴石长石石英岩，偶夹混合质变质砂岩；下部条带状混合岩、条痕状混合岩、眼球状混合岩及混合花岗岩。	U-Pb: 上部 826±13.9; 中部 889.82±24.19; 958±26 980±87; 下部 1007±25	
长城系			福永片麻群	C _{1f}	39	混合岩、混合花岗岩、片岩、变粒岩	上部深肉红色细中粒黑云母斑状混合花岗岩；下部眼球状混合岩、条带状混合岩、片麻状混合花岗岩、混合质黑云母片岩、黑云斜长变粒岩。未见底。	U-Pb: 上部 1609±23 下部 1814±266	
构造岩					40-①	糜棱岩带	糜棱岩、断层泥岩。		
					40-②	碎裂岩带	碎裂岩、压碎岩、角砾岩。		

注：表中为构造岩编号是为了满足勘察数字化的需求。

A.0.2 淤泥性土宜根据孔隙比和含水率按表 A.0.2 进行划分。

表 A.0.2 淤泥性土按天然孔隙比和含水率分类

类型	天然孔隙比 e	含水率 w (%)
淤泥质土	$1.0 \leq e < 1.5$	$36 \leq w < 55$
淤泥	$1.5 \leq e < 2.4$	$55 \leq w < 85$
流泥	$e \geq 2.4$	$w \geq 85$

A.0.3 风化岩和残积土宜根据标贯（动探）击数按表 A.0.3-1~4 划分。

1 非花岗岩类岩石及残积土风化程度可按表 A.0.3-1 划分。

表 A.0.3-1 非花岗岩类岩石及残积土风化程度划分

风化程度	划分依据	实测标贯击数 N'
残积土		$N' \leq 30$
全风化		$30 < N' \leq 50$
强风化		$N' > 50$

2 花岗岩类岩石及残积土风化程度宜按表 A.0.3-2 划分。

表 A.0.3-2 花岗岩类岩石及残积土风化程度划分

风化程度	划分依据	实测标贯击数 N'
残积土		$N' \leq 40$
全风化		$40 < N' \leq 70$
强风化		$N' > 70$

3 具明显风化差异特征的强风化花岗岩，可按其标贯、超重型动探击数及表观特征划分为土状、砂砾状和碎块状，按表 A.0.3-3 划分。

表 A.0.3-3 强风化花岗岩划分

分带名称	划分依据	实测标贯击数 N'	超重型动力触探击数（修正值） N_{120} 划分依据	岩芯表观特征
强风化上带		$70 < N' \leq 120$	$5 < N_{120} \leq 12$	土状
强风化中带		$120 < N' \leq 200$	$12 < N_{120} \leq 60$	砂砾状
强风化下带		$N' > 200$	$N_{120} > 60$	碎块状

注：表中分带划分应同时满足标贯（动探）击数和表观特征两个条件。

A.0.4 球状风化体发育程度宜按表 A.0.4 规定进行划分。

表 A.0.4 球状风化体发育程度

程度	串珠状揭露钻孔数量（个）	揭露率（%）	球状风化体发育特征
强烈发育	> 4	> 10	常位于花岗岩发育区的山丘或丘间沟谷地带，风化壳较厚，球状风化体岩质新鲜、岩体完整且与围岩风化程度差异大；钻孔见球状风化体率高，串珠状球状风化体发育，揭露球状风化体的钻孔连续分布。
中等发育	$2 \sim 3$	$5 \sim 10$	介于强烈发育和弱发育之间。

续表 A.0.4

程 度	串珠状揭露钻孔数量 (个)	揭露率 (%)	球状风化体发育特征
弱发育	≤1	<5	常位于混合花岗岩、花岗片麻岩发育区, 揭露的球状风化体风化程度较深, 以中风化或强风化为主; 球状风化体与围岩风化程度差异小; 区段零星揭露球状风化体, 鲜见串珠状球状风化体。

注: 1 等级划分从强到弱判定, 满足其中一个条件即可定为该等级;

2 当同一工程多个区段穿越花岗岩残积土和风化岩, 或球状风化体发育程度存在明显差异时, 宜分区 (段) 划分等级。

附录 B 隧道围岩分级

B.0.1 隧道围岩可根据围岩定性特征、岩体基本质量指标及围岩弹性纵波速度按表 B.0.1 确定围岩级别。

表 B.0.1 隧道围岩分级

围岩级别	围岩主要工程地质条件		岩体基本质量指标 BQ	围岩开挖后的稳定状态	围岩弹性纵波速度 v_{pm} (km/s)
	主要工程地质特征	结构形态和完整状态			
I	坚硬岩：受地质构造影响轻微，节理不发育，无软弱面（或夹层）；层状岩石为巨厚层或厚层，层间结合良好，岩体完整	呈巨块状整体结构	>550	围岩稳定，无坍塌，可能产生岩爆	>4.5
II	坚硬岩：受地质构造影响较严重，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	550~451	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	3.5~4.5
	较硬岩：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			
III	坚硬岩和较硬岩：受地质构造影响严重，节理发育，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	450~351	拱部无支护时可产生小坍塌，侧壁基本稳定，爆破震动过大易坍	2.5~4.0
	较软岩和软岩：受地质构造影响较严重，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			
IV	坚硬岩和较硬岩：受地质构造影响极严重，节理裂很发育；层状软弱面（或夹层）已基本破坏	呈碎块状压碎结构	350~251	拱部无支护时，可产生较大的坍塌，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，节理发育；	呈块状、碎块状镶嵌结构			
	土体：1、压密或成岩作用的黏性土粉土及碎石土； 2、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			

续表 B.0.1

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	≤250	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、稍湿至潮湿的碎石土、卵石土，圆砾土、角砾土、粉土。	非黏性土呈松散结构，黏性土及黄土呈松软状结构			
VI	岩体：受地质影响严重，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齐涌出；浅埋时易塌至地表	<1.0 (饱和状态的土<1.5)
	土体：人工填土，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 本表不适用于特殊条件的围岩分级，如膨胀性围岩等；

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；

3 岩石按饱和单轴抗压强度可划分为：坚硬岩 ($f_{rk} > 60\text{MPa}$)、较硬岩 ($30\text{MPa} < f_{rk} \leq 60\text{MPa}$)、较软岩 ($15\text{MPa} < f_{rk} \leq 30\text{MPa}$)、软岩 ($5\text{MPa} < f_{rk} \leq 15\text{MPa}$) 和极软岩 ($f_{rk} \leq 5\text{MPa}$)。

B.0.2 岩体基本质量指标 BQ 应根据岩石饱和单轴抗压强度 f_r 和完整性系数 K_v 按式(B.0.2-1)计算：

$$BQ = 100 + 3f_r + 250K_v \quad (\text{B.0.2-1})$$

且满足式(B.0.2-2)：

$$\begin{cases} \text{取 } f_r = 90K_v + 30, \text{ 当 } f_r > 90K_v + 30 \\ \text{取 } K_v = 0.04f_r + 0.4, \text{ 当 } K_v > 0.04f_r + 0.4 \end{cases} \quad (\text{B.0.2-2})$$

岩质围岩详细定级时，根据地下水、主要软弱结构面、初始应力状态的影响程度，对岩体基本质量指标 BQ 按式(B.0.2-3)修正，得到岩体修正质量指标 $[BQ]$ ：

$$[BQ] = BQ - 100(K_1 + K_2 + K_3) \quad (\text{B.0.2-3})$$

式中：

K_1 —— 下水影响修正系数；

K_2 —— 主要软弱结构面产状影响系数；

K_3 —— 初始地应力状态影响修正系数。

K_1 、 K_2 、 K_3 的取值可分别按表 B.0.2-1、表 B.0.2-2、表 B.0.2-3 确定。

表 B.0.2-1 地下水影响修正系数 K_1

地下水出水状态	岩体基本质量指标 BQ				
	>550	550~451	450~351	350~251	≤250
潮湿或点滴状出水	0	0	0~0.1	0.2~0.3	0.4~0.6
淋雨状或线流状出水	0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.4~0.6	0.7~0.9
涌流状出水	0.1~0.2	0.2~0.3	0.4~0.6	0.7~0.9	1.0

表 B.0.2-2 主要结构面产状影响修正系数 K_2

结构面产状及其与洞轴线的组合关系	结构面倾角 $30^\circ \sim 75^\circ$	结构面倾角 $>75^\circ$	其他组合
	结构面与洞轴线夹角 $<30^\circ$	结构面与洞轴线夹角 $>60^\circ$	
K_2	0.4~0.6	0~0.2	0.2~0.4

注：本表特指存在一组起控制作用结构面的情况，不适用于有两组或两组以上起控制作用结构面的情况。

表 B.0.2-3 初始地应力状态影响修正系数 K_3

初始地应力状态	岩体基本质量指标 BQ				
	>550	550~451	450~351	350~251	≤250
极高地应力区	1.0	1.0	1.0~1.5	1.0~1.5	1.0
高地应力区	0.5	0.5	0.5	0.5~1.0	0.5~1.0

B.0.3 隧道岩质围岩初始地应力状态，当无实测资料时，可按表 B.0.3 评估。

表 B.0.3 初始地应力状态评估基准

初始地应力状态	主要现象		评估基准 (f_t/σ_{\max})
一般地应力	硬质岩	开挖过程中不会出现岩爆，新生裂隙较少，成洞性一般较好	>7
	软质岩	岩芯无或少饼化现象，开挖过程中洞壁岩体有一定位移，成洞性一般较好	
高地应力	硬质岩	开挖过程中可能出现岩爆，洞壁岩体有剥离和掉块现象，新生裂隙较多，成洞性较差	4~7
	软质岩	岩芯时有饼化现象，开挖过程中洞壁岩体位移显著，持续时间较长，成洞性差	
极高地应力	硬质岩	开挖过程中有岩爆发生，有岩块弹出，洞壁岩体发生剥离，新生裂隙多，成洞性差	<4
	软质岩	岩芯时常有饼化现象，开挖过程中洞壁岩体有剥离，位移极为显著，甚至发生大位移，持续时间长，不易成洞	

注: f_t 为岩石饱和单轴抗压强度 (MPa), σ_{\max} 为垂直洞轴线方向的最大初始地应力值 (MPa)。

附录 C 土、石工程分级

C.0.1 土、石工程分级宜按表 C.0.1 进行。

表 C.0.1 土、石工程分级表

土、石工程分级	土、石的名称或特性	开挖方法及工具
I (松土)	砂土、腐殖土、耕植土，可塑、硬塑状的黏性土及粉土，松散的水分不大的黏土，含有 30mm 以下树根或灌木根的泥炭土	用铁锹挖，脚蹬一下到底的松散土层少，机械能全部直接铲挖，普通装载机可满载
II (普通土)	水分较大的黏土，半坚硬、硬塑状的粉土、黏性土，含有 30mm 以上的树根或灌木根的泥炭土、碎石土（不包括块石土或漂石土）	部分用镐刨松，再用锹挖，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)	坚硬粉土、黏性土，含有较多的块石土及漂石的土，各种风化成土的岩石	必须用镐先全部松动才能用锹挖掘。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
IV (软石)	各种松软岩石，胶结不紧的砾岩、泥质页岩、煤，块石土及漂石土，块状强风化岩	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)	中风化的砂岩、混合岩、片麻岩、花岗岩，微风化的粉砂岩类	能用液压冲击镐解碎，大部分需用爆破法开挖
VI (坚石)	微风化的灰岩、砂岩、片麻岩、混合岩、闪长岩、粗粒花岗岩、石英岩	可用液压冲击镐解碎，需用爆破法开挖

附录 D 场地稳定性和工程建设适宜性评价

D.0.1 场地稳定性可划分为不稳定、稳定性差、基本稳定和稳定等四级，其分级宜符合表 D.0.1 的规定：

表 D.0.1 场地稳定性分级标准

不稳定	稳定性差	基本稳定	稳定
1) 强烈全新活动断裂带 2) 对建筑抗震的危险地段 3) 不良地质作用强烈发育，地质灾害危险性大地段	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	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	1) 无活动断裂 2) 对建筑抗震的有利地段 3) 不良地质作用不发育

注：1 符合上述分级列表中各条件之一，即可划分为此类稳定性等级。

2 从不稳定开始，向稳定性差、基本稳定、稳定推定，以最先满足的为准。

D.0.2 工程建设适宜性可划分为不适宜、适宜性差、较适宜和适宜等四级，其定性评价宜符合表 D.0.2 的规定。

表 D.0.2 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，城面坡度大于 50% 3) 岩土种类多，工程性质差 4) 洪水或地下水对工程建设有严重威胁 5) 地下埋藏有待开发的 矿藏资源	1) 场地平整很困难，应采取大规模工程防护措施 2) 地基条件和施工条件差，地基专项处理及基础工程费用很高 3) 工程建设将诱发严重次生地质灾害，应采取大规模工程防护措施，当地缺乏治理经验和技術 4) 地质灾害治理难度很大，且费用很高
适宜性差	1) 场地稳定性差 2) 地形起伏较大，地面坡度大于等于 25% 且小于 50% 3) 岩土种类多，分布很不均匀，工程性质差 4) 地下水对工程建设影响较大，地表易形成内涝	1) 场地平整较困难，需采取工程防护措施 2) 地基条件和施工条件较差，地基处理及基础工程费用较高 3) 工程建设诱发次生地质灾害的机率较大，需采取较大规模工程防护措施 4) 地质灾害治理难度较大或费用较高
较适宜	1) 场地基本稳定 2) 地形有一定起伏，地面坡度大于 10% 且小于 25% 3) 岩土种类较多，分布较不均匀，工程性质较差 4) 地下水对工程建设影响较小，地表排水条件尚可	1) 场地平整较简单 2) 地基条件和施工条件一般，基础工程费用较低 3) 工程建设可能诱发次生地质灾害，采取一般工程防护措施可以解决 4) 地质灾害治理简单
适宜	1) 场地稳定 2) 地形平坦，地貌简单，地面坡度小于等于 10% 3) 岩土种类单一，分布均匀，工程性质良好 4) 地下水对工程建设无影响，地表排水条件良好	1) 场地平整简单 2) 地基条件和施工条件优良，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。

附录 E 岩土试验项目

E.0.1 岩土试验项目和试验方法应根据岩土性质、试样类型、工程特点选定。试验项目宜符合表 E.0.1-1 及表 E.0.1-2 的规定。

表 E.0.1-1 土的试验项目

试验项目 工程类别	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	热 物 理 指 标	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	静 止 侧 压 力 系 数	基 床 系 数
道路	√	√	√	√	√	○	○	○	√	-	√	√	○	○	-	○
桥涵	√	√	√	√	√	○	○	○	√	-	√	√	○	○	○	○
矿山法隧道	√	√	√	√	√	○	○	○	√	○	√	√	○	○	○	○
盾构法隧道	√	√	√	√	√	√	○	○	√	○	√	√	○	○	○	√
明挖法隧道	√	√	√	√	√	√	○	○	√	○	√	√	○	○	○	√
沉管法隧道	√	√	√	√	√	○	○	○	√	○	√	√	○	○	○	√

- 注：1 表中符号√为应做项目；○为根据需要选做项目；
 2 砂类土可仅提供天然（水下）坡角、颗粒分析、相对密度、渗透试验等；
 3 当采用盾构法施工时，碎石土尚应进行矿物成分分析，当采用沉管法施工时，对可能的持力层尚应进行高压固结试验；
 4 工程需要时，可进行土的动力性质试验；
 5 土粒相对密度可直接测定也可根据经验值确定。

表 E.0.1-2 岩石试验项目

试验项目 工程类别	物理性质试验		力学性质试验			
	密 度	矿 物 成 分 分 析	岩 石 单 轴 抗 压 强 度	岩 石 抗 拉 强 度	剪 切 试 验	泊 松 比
道路	○		√		○	
桥涵			√			
矿山法隧道	○	○	√	○	○	
盾构法隧道	√	√	√	○	○	√
明挖法隧道	○		√		○	
沉管法隧道	○	○	√		○	

- 注：1 表中符号√为应做项目；○为根据需要选做项目；
 2 黏土质岩做天然湿度单轴抗压强度试验，其他岩石做饱和单轴抗压强度试验。

附录 F 工程物探常用方法及其适用范围

F.0.1 工程物探应在综合考虑工程类型、工程地质条件、环境特性、适用范围及探测精度等基础上选取工程物探方法。工程物探方法的选择可参照表 F.0.1。

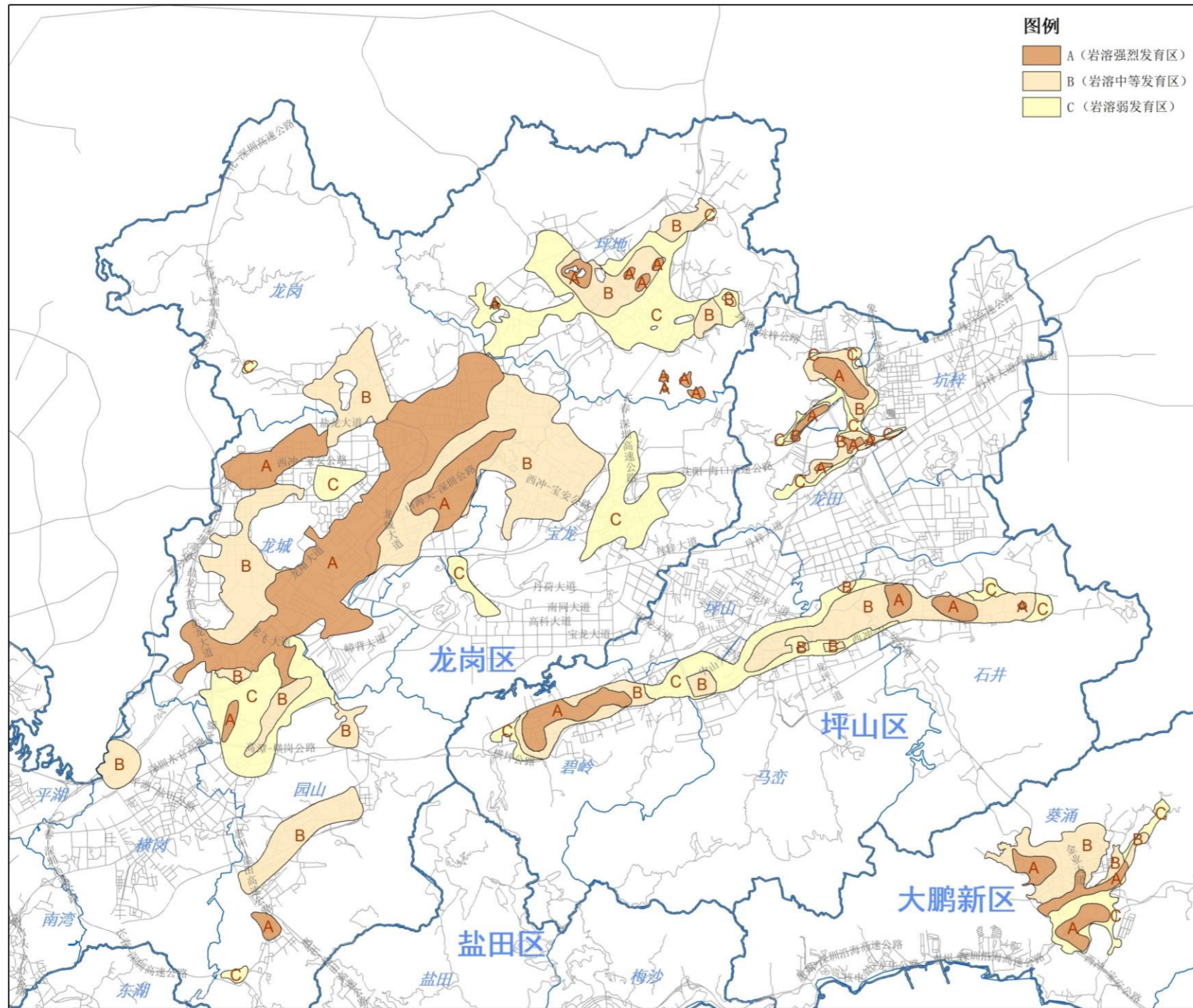
表 F.0.1 深圳市常用工程物探方法及适用范围表

适用范围 工程物探方法		地层结构、 风化层分带 及基岩形态探测	断裂、破碎带 及裂隙密集带 探测	软弱地层、 砂砾石层 和孤石探测	水下地层结构	地下水 及含水体 探测	桩位岩溶探测	岩溶、采空区及 隐蔽工程探测	滑坡、岩溶塌陷探测
直 流 电 法	充电法		○		○	●		○	
	电测深法	○	●	○	○	●		○	
	电剖面法	○	○	●	○	○		○	
	高密度电法	●	●	○	○	●		●	●
电 磁 法	音频大地电磁法	○	●	○				○	
	瞬变电磁法	●	●	○	○	○		●	●
	探地雷达法	●	●	●	○	○	●	●	●
浅层 地 震 法	反射波法	●	●	●	●		○	●	●
	折射波法	●	●	○	○	○		○	○
	面波法	●	●	●		○	○	●	●
	微动勘探法	●	●	●				●	●
水域探 测法	水域地震法	●	●	●	●		○		
	浅地层剖面法	○	○	○	●				
孔 中 物 探	电测井	○	○	○	○	○			
	弹性波测井	○	○	○	○		○		
	电磁波 CT	○	○	○	○	○	○	○	
	跨孔弹性波 CT 法	●	●	●			●	●	○
	钻孔全景光学成像	○	○	○	○	○	○	○	○
	管波探测法	○	●	●		○	●	●	●
	孔中雷达法	○	○	○			●	●	○

注：表中●为推荐方法，○为可选方法。

附录 G 深圳市岩溶发育分布图

比例尺 1:100,000



注：本图参考《深圳市地质灾害易发程度分区图》（2021年修订版）修订而成。

附录 H 预测隧道涌水量的方法

H. 1 简易水均衡法

H. 1. 1 当越岭隧道通过一个或多个地表水流域时，预测隧道正常涌水量可采用下列方法：

1 地下径流深度法

$$Q_s = 2.74h \cdot A \quad (\text{H. 1. 1-1})$$

$$h = W - H - E - SS \quad (\text{H. 1. 1-2})$$

$$A = L \cdot B \quad (\text{H. 1. 1-3})$$

式中：

Q_s ——隧道通过含水体地段的正常涌水量（ m^3/d ）；

2.74 ——换算系数；

h ——年地下径流深度（ mm ）；

A ——隧道通过含水体地段的集水面积（ km^2 ）；

W ——年降水量（ mm ）；

H ——年地表径流深度（ mm ）；

E ——某流域年蒸发蒸散量（ mm ）；

SS ——年地表滞水深度（ mm ）；

L ——隧道通过含水体地段的长度（ km ）；

B ——隧道涌水地段 L 长度内对两侧的影响宽度（ km ）。

2 地下径流模数法

$$Q = M \cdot A \quad (\text{H. 1. 1-4})$$

$$M = Q' / F \quad (\text{H. 1. 1-5})$$

式中：

M ——地下径流模数 [$\text{m}^3/(\text{d}) \cdot \text{km}^2$]；

Q' ——地下水补给的河流的流量或下降泉流量（ m^3/d ），采用枯水期流量计算；

F ——与 Q' 的地表水或下降泉流量相当的地表流域面积（ km^2 ）；

其他符号意义同式（H. 1. 1-1）。

H. 1. 2 当隧道通过潜水含水体且埋藏深度较浅时，可采用降水入渗法预测隧道正常涌水量：

$$Q_s = 2.74\alpha \cdot W \cdot A \quad (\text{H. 1. 2})$$

式中：

α ——降水入渗系数。

H. 2 地下水动力学法

H. 2. 1 当隧道通过潜水含水层时，可用下列公式预测隧道最大涌水量：

1 古德曼经验式

$$Q_0 = L \cdot \frac{2\pi \cdot K \cdot H}{\ln \frac{4H}{d}} \quad (\text{H. 2. 1-1})$$

式中：

- Q_0 ——隧道通过含水层地段的最大涌水量（ m^3/d ）；
- K ——含水层渗透系数（ m/d ）；
- H ——静止水位至洞身横断面等价圆中心的距离（ m ）；
- d ——洞身横断面等价圆直径（ m ）；
- L ——隧道通过含水层的长度（ m ）。

2 佐藤邦明非稳定流式

$$q_0 = \frac{2\pi \cdot m \cdot K \cdot h_2 q}{\ln \left[\tan \frac{\pi(2h_2 - r_0)}{4h_c} \cot \frac{\pi \cdot r_0}{4h_c} \right]} \quad (\text{H. 2. 1-2})$$

式中：

- q_0 ——隧道通过含水层地段的单位长度最大涌水量 [$\text{m}^3/(\text{d} \cdot \text{m})$]；
- m ——换算系数，一般取 0.86；
- K ——含水层渗透系数（ m/d ）；
- h_2 ——静止水位至洞身横断面等价圆中心的距离（ m ）；
- r_0 ——洞身横断面等价圆半径（ m ）；
- h_c ——含水层厚度（ m ）。

H. 2. 2 当隧道通过潜水含水层时，可采用下列公式预测隧道正常涌水量：

1 裘布依理论式

$$Q_s = L \cdot K \frac{H^2 - h^2}{R_y - r} \quad (\text{H. 2. 2-1})$$

式中：

- Q_s ——隧道正常涌水量（ m^3/d ）；
- K ——含水层的渗透系数（ m/d ）；
- H ——洞底以上潜水含水层厚度（ m ）；
- h ——洞内排水沟假设水深（一般考虑水跃值）（ m ）；
- R_y ——隧道涌水地段的引用补给半径（ m ）；
- L ——隧道通过含水层的长度（ m ）。

2 佐藤邦明经验公式

$$q_s = q_0 - 0.584\varepsilon \cdot K \cdot r_0 \quad (\text{H. 2. 2-2})$$

式中：

- q_s ——隧道单位长度正常涌水量 [$\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{m})$]；
- ε ——试验系数，一般取 12.8；
- r_0 ——洞身横断面等价圆半径（ m ）。

H.3 其他方法

H.3.1 新建隧道附近有水文地质条件相似的既有隧道或坑道以及岩溶区时，可采用水文地质比拟法预测隧道涌水量：

$$Q = Q' \frac{F \cdot s}{F' \cdot s'} \quad (\text{H. 3. 1-1})$$

$$F = B \cdot L \quad (\text{H. 3. 1-2})$$

$$F' = B' \cdot L' \quad (\text{H. 3. 1-3})$$

式中：

Q, Q' ——新建、既有隧道（坑道）通过含水体地段的正常涌水量或最大涌水量（ m^3/d ）；

F, F' ——新建、既有隧道（坑道）通过含水体地段的涌水面积（ m^2 ）；

s, s' ——新建、既有隧道（坑道）通过含水体中自静止水位计起的水位降深（ m ）；

B, B' ——新建、既有隧道（坑道）洞身横断面的周长（ m ）；

L, L' ——新建、既有隧道（坑道）通过含水体地段的长度（ m ）。

H.3.2 道通过潜水含水体且有给水度或裂隙率资料时，可采用同位素氡（T）法预测隧道正常涌水量。

$$Q_s = \frac{L \cdot A \cdot \mu}{365t} \quad (\text{H. 3. 2-1})$$

$$t = 40.727 \lg \frac{N_0}{N_t} \quad (\text{H. 3. 2-2})$$

式中：

L —— N_0 与 N_t 两样品间的距离（ m ）；

μ ——含水体给水度（基岩可用裂隙率代替）；

365 ——年平均天数（ d ）；

t —— N_0 与 N_t 两样品间的时间差（ a ）；

N_0 ——样品中氡含量起始值（ TR ）；

N_t ——与 N_0 比较的样品中氡含量（ TR ）；

其他符号意义同式（H. 1. 1-1）。

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) 表示很严格，非这样做不可的用词：
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
 - 2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
 - 3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
 - 4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。
- 2 条文中指明应按其他有关的标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《建筑与市政工程抗震通用规范》 GB 55002
- 2 《建筑与市政地基基础通用规范》 GB 55003
- 3 《工程勘察通用规范》 GB 55017
- 4 《中国地震动参数区划图》 GB 18306
- 5 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 6 《建筑抗震设计规范》 GB 50011
- 7 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 8 《工程岩体分级标准》 GB 50218
- 9 《堤防工程设计规范》 GB 50286
- 10 《城市轨道交通岩土工程勘察规范》 GB 50307
- 11 《建筑边坡工程技术规范》 GB 50330
- 12 《水利水电工程地质勘察规范》 GB 50487
- 13 《岩土工程勘察安全标准》 GB/T 50585
- 14 《沉管法隧道设计标准》 GB/T 51318
- 15 《软土地区岩土工程勘察规程》 JGJ 83
- 16 《建筑基坑支护技术规程》 JGJ 120
- 17 《公路工程地质勘察规范》 JTG C20
- 18 《公路隧道抗震设计规范》 JTG 2232
- 19 《公路桥涵地基与基础设计规范》 JTG 3363
- 20 《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》 JTG 3370.1
- 21 《公路桥梁抗震设计规范》 JTG/T 2231-01
- 22 《市政工程勘察规范》 CJJ 56
- 23 《铁路工程地质勘察规范》 TB 10012
- 24 《铁路工程水文地质勘察规范》 TB 10049
- 25 《岩溶场地岩土工程勘察技术规程》 DB52/T 1336
- 26 《建筑地基基础设计规范》 DBJ 15-31
- 27 《建筑基坑工程技术规程》 DBJ/T 15-20
- 28 《岩溶地区建筑地基基础技术规范》 DBJ/T 15-136
- 29 《城市轨道交通岩土工程勘察规范》 DBJ/T 15-241
- 30 《基坑支护技术标准》 SJG 05
- 31 《深圳市建筑基桩检测规程》 SJG 09
- 32 《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（住房和城乡建设部令第 37 号）
- 33 《房屋建筑和市政基础设施工程勘察文件编制深度规定（2020 版）》（建质〔2020〕52 号）

深圳市工程建设地方标准

城市道路工程勘察标准

SJG 150 - 2024

条文说明

编制说明

本标准在制定过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了深圳市岩土工程勘察的实践经验，同时参考了现行国家标准及行业标准，为深圳市城市道路工程岩土工程勘察提供依据。

为便于广大勘察、设计、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总则	60
2	术语	62
3	基本规定	63
4	勘察阶段的划分与基本工作内容	68
4.1	一般规定	68
4.2	可行性研究勘察	68
4.4	详细勘察	68
5	道路工程	69
5.1	一般规定	69
5.2	可行性研究勘察	69
5.3	初步勘察	69
5.4	详细勘察	71
6	桥涵工程	73
6.1	一般规定	73
6.2	可行性研究勘察	73
6.3	初步勘察	73
6.4	详细勘察	73
7	矿山法隧道工程	76
7.1	一般规定	76
7.2	可行性研究勘察	76
7.3	初步勘察	77
7.4	详细勘察	79
8	盾构法隧道工程	80
8.1	一般规定	80
8.2	可行性研究勘察	80
8.3	初步勘察	81
8.4	详细勘察	82
9	明挖法隧道工程	83
9.1	一般规定	83
9.2	可行性研究勘察	83
9.3	初步勘察	83
9.4	详细勘察	84
10	沉管法隧道工程	85
10.1	一般规定	85
10.2	可行性研究勘察	85
10.3	初步勘察	85
11	专项勘察	86
11.2	岩溶专项勘察	86

11.3	滑坡专项勘察	87
11.4	水文地质专项勘察.....	88
12	勘察成果	91
12.1	一般规定.....	91
12.3	勘察信息模型要求.....	91
附录 A	深圳市岩土层划分标准.....	92
附录 B	隧道围岩分级.....	94
附录 C	土、石工程分级.....	95
附录 F	工程物探常用方法及其适用范围.....	96

1 总 则

1.0.1 本标准是在总结深圳过去 40 多年城市道路工程勘察经验和教训的基础上，以国家的技术经济政策和构建深圳市工程建设领域国际化、高质量的“深圳标准”体系作为指导思想，以查明工程地质及水文地质条件、评价主要岩土工程问题为核心，以适应地方特点、覆盖新的城市道路工程类型和新的施工工法等编制而成。本标准编制依据主要有以下四个方面：

1 深圳地方特色。深圳市多山近海、地貌多元且微地貌发育，地质构造发育、地质条件复杂，具有鲜明的地方特色。

2 本地岩土工程勘察经验。勘察是工程建设的先导和基础，是决定工程质量的首要环节。40 多年来，深圳城市道路工程建设经历了从起步、高速发展到深化发展并趋于成熟理性的过程，涌现了一批具有深圳特色的城市道路工程，为城市的功能完善和市容市貌的改变做出了突出贡献，在这期间积累了丰富的地方经验。

3 城市道路工程新特点和新的工法的要求。深圳市低山、丘陵面积约占 48%（据《深圳地质》2009.8），随着城市建设推进，城市用地异常紧张。受自然条件的限制及自然生态和城市自然景观要求，解决城市交通瓶颈的城市道路开始不断往地下空间发展，新建隧道工程越来越多。目前构建“十横十三纵”路网体系大多含隧道工程。

4 构建高质量、精细化城市道路工程勘察的“深圳标准”。深圳城市建设高度发达，可使用的土地极为紧缺，工程建设条件极度严峻，周边环境高度复杂和敏感，城市道路工程勘察面临的岩土工程和环境问题复杂多样，对勘察工作提出了更高的要求。同时，国家的技术经济政策和城市道路工程相关的技术标准体系均发生了较大变化，确立了高质量、精细化、节能保护、以人为本的理念。深圳市提出了构建工程建设领域国际化、高质量的“深圳标准”体系的目标。

1.0.2 根据深圳市城市道路工程的建设类型，本条规定了本标准适用的城市道路工程类型，涵盖城市道路、桥涵、隧道工程等。

1 在深圳近期的建设项目中，城市综合管廊工程已是常见，考虑到综合管廊的工程特征和施工方法与城市隧道相似，故规定综合管廊工程的勘察参照本标准隧道工程的相关规定执行。

2 深圳市城市隧道工程的特点：

- 1)** 隧道线路“点对点”的目的性强，受自然生态保护、城市景观要求和城市用地紧张的限制，线位可比选的余地较小，且隧道占比越来越大；
- 2)** 为解决大流量交通难题，断面尺寸越来越大，为多采用双向六车道，甚至八车道。
- 3)** 隧道多位于建成区，地面可进行地质调绘的内容不多，但建成区的勘察资料比较丰富特别是各种大型工业与民用建筑工程的基础设计、施工、监测资料可供借鉴参考；
- 4)** 建设环境复杂，建成区一般会涉及地下管线及穿越既有建（构）筑物（如地铁、大干线铁路、LNG 等），施工安全问题突出；
- 5)** 隧道施工工法多样，从早期矿山法为主，到现在盾构法、明挖法、沉管法等，尤其是盾构法已广为使用。不同的工法对地质条件的适应性、需要的岩土参数、对地下水的敏感性、需要解决的工程地质问题均有不同，勘察方法与重点存在差异。山岭隧道多采用矿山法（代表性有坪盐通道马峦山隧道、梧桐山隧道、东部过境高速莲塘隧道等）；平原建成区隧道多采用明挖法（如桂庙路快速化改造工程、妈湾跨海通道、滨海大道超总基地下沉段等）和大断面盾构法（如春风路隧道、机荷改扩建荷坳隧道等）；深中通道采用沉管法施工。

为增强标准的指导性、适用性和实用性，本标准按矿山法、盾构法、明挖法、沉管法分别对隧道工程的勘察提出规定和要求进行编制。

3 增设专项勘察

- 1) 根据《深圳市住房和建设局关于加强岩溶地区建设工程质量安全管理的通知》（深建质安〔2021〕69号）的规定：涉及岩溶地区施工的，建设单位应委托勘察单位进行岩溶专项勘察和水文地质专项勘察。深圳市住房和建设局关于印发《深圳市房屋建筑和市政基础设施工程施工安全监督“110”工作规程（试行）》的通知（2022年7月25日）附件“房屋建筑和市政基础设施工程抽查事项清单”，岩溶区域地下工程有无“专项勘察报告”是抽查重点之一。
- 2) 根据近年深圳及周边地区城市道路工程出现的与岩土或工程地质相关的工程变更或工程事故的调查结果，显示其多发生在复杂地质条件场地，如在地下水的富水区、地下水与地表水连通区、岩溶发育区、滑坡和岩溶易塌陷地段，对设计方案、工程建设和工程安全尤其是隧道工程具有复杂而重大的影响。这些复杂的场地的地质条件需要根据工程设计需求和现场条件，通过适当扩大勘察范围并采取一些针对性的勘察手段予以查明，以满足设计和施工的要求。而常规勘察（指初勘、详勘）因受项目工期、勘察范围、勘探间距、勘探手段和勘察成本等因素的影响，难以满足要求。
- 3) 《市政工程勘察规范》CJJ 56中3.0.8条也有“专项勘察”的要求，但如何开展“专项勘察”未做具体规定。

基于此，根据深圳市工程建设精细化、高质量勘察要求，本标准结合深圳勘察经验和地质条件的实际情况，增加了岩溶、滑坡、水文地质等专项勘察。

1.0.3 本条规定了工程勘察的目标。在《工程勘察通用规范》GB 55017中1.0.3条的基础上强调各阶段城市道路工程勘察应充分利用前期已有资料和工程经验。

1.0.4 本标准涉及的城市道路工程勘察相关内容符合《工程勘察通用规范》GB 55017的要求，本标准未涉及内容应遵照国家、行业、广东省及深圳市现行有关标准规定执行。

2 术 语

2.0.1 本标准的填石定义为“颗粒形状以棱角形为主，粒径大于 100mm 的颗粒含量超过总质量 50% 的填土”，与《岩土工程勘察规范》GB 50021-2021、《岩土工程勘察术语标准》JGJ/T 84 中碎石土的粒径划分标准不同，主要基于三点考虑：一是深圳市开发初期，挖高填低、挖山填海活动较强，所用填料多为开山石，尚未发现有由漂石、卵石、圆砾或角砾等成份形成的具有工程意义的填石（土）存在；二是人工填土（石）中粒径大于 100mm 的颗粒含量直接影响土方开挖、地基处理、顶管、盾构、桩基等工程施工方案的选择；三是人工填土（石）层钻探取芯困难、无法采样进行室内试验，现场主要根据钻探岩芯、钻机响应和现场调查定名，钻探所见粒径往往小于其真实粒径。

2.0.5~2.0.6 控制性勘探孔除了满足一般性勘探孔的要求外，还应该满足沉降计算、结构验算、整体稳定验算等要求，所以深度要大于一般性勘探孔。在未特别说明的情况下，本标准中规定的孔深出现区间值时，控制性勘探孔可取大值，一般性勘探孔可取小值；未给定区间值的，其控制性勘探孔可适当加深 3m~5m。

3 基本规定

3.0.1 划分城市道路工程勘察等级，目的是突出重点，区别对待，以利管理管理。城市道路工程勘察等级应在城市道路工程的重要性等级、场地复杂程度等级和岩土条件复杂程度等级的基础上划分。

1 城市道路工程的重要性等级按城市道路工程的规模分类，方式如下：

1) 根据城市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，城市道路可分为四类（见表1）；

表1 城市道路分类表

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

注：表中道路分类系引自《城市道路设计规范》CJJ 37。

近年，新建或对既有道路两侧进行改造以增加绿道或慢行系统的项目逐年增多，为了给此类工程的勘察提供规范依据，城市绿道和城市慢行系统道路等非机动车行驶为主的低等级道路的重要性等级均可按三级考虑；

2) 参照现行行业标准《公路路基设计规范》JTG D30，高路堤指路基填土边坡高度大于20m的路堤；陡坡路堤指地面斜坡陡于1:2.5的路堤；

3) 城市桥梁依据现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60按表2的规定进行分类；

表2 城市桥梁分类

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

注：1 单孔跨径系指标准跨径；

2 梁式桥、板式桥的多孔跨径总长为多孔标准跨径的总长；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；

3 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之间桥中心线长度为准；拱式桥为净跨径为准。

4) 根据《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1的规定，隧道类型按长度(L)划分，短隧道：L小于等于500m，中隧道：L大于500m且小于等于1000m，长隧道：L大于1000m且小于等于3000m，特长隧道：L大于3000m。

2 关于场地复杂程度等级的划分：

1) 根据《深圳市地质图》、《深圳地质》等资料，深圳地貌类型主要有：

(1) 山地：低山（高程>500m）；

(2) 丘陵：高丘陵（高程250m~500m）、低丘陵（高程100m~250m）；

(3) 台地：高台地（高程60m~80m）、中台地（高程30m~45m）、低台地（高程10m~25m）；

(4) 阶地：洪积阶地（高程多为3m~20m）、冲洪积阶地（高程多为1m~10m）、海积阶地（高程多为3m~7m）；

- (5) 平原：冲洪积平原（高程 1m~10m）、海积冲积平原（高程 1.2m~1.5m）、泻湖平原（高程 1.5m~1.7m）；
- 2) 地形地貌复杂是指有两种或两种以上地貌单元，或地形坡度大于 30°，地面相对高差大；地形地貌简单是指地形坡度小于 10°的单一地貌，地面相对高差小；其它情况属于地形地貌较复杂；
- 3) 抗震地段划分见《建筑抗震设计规范》GB 50011；
- 4) “不良地质作用强烈发育”，是指泥石流沟谷、崩塌、滑坡、岩溶塌陷、地面沉降、地震液化、岸边冲刷、地下水强烈潜蚀等极不稳定的场地，这些不良地质作用直接威胁着工程安全；“不良地质作用一般发育”是指虽有上述不良地质作用，但并不十分强烈，对工程安全的影响不严重；
- 5) “地质环境”是指人为因素和自然因素引起的地下采空、地面沉降、地裂缝、化学污染、水位上升等。所谓“受到强烈破坏”是指对工程的安全已构成直接威胁，如浅层采空、地面沉降盆地的边缘地带、横跨地裂缝、因蓄水而沼泽化等；“受到一般破坏”是指已有或将有上述现象，但不强烈，对工程安全的影响不严重；
- 6) “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，或拟建工程下穿江、河、湖、海等地表水体；“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。深圳属于滨海城市，雨量充足，每年 4~9 月为雨季，年降雨量约 1933.3mm，地下水位高，基本上不存在“地下水对工程无影响”的情况；
- 7) 周边环境存在学校、医院、居民区、地铁、道路、高速公路、铁路、地下管线、电塔、水库等需要保护的重要建（构）筑物，需要制定专门保护方案的，判定为周边环境复杂；需要临时采取某些针对性保护措施但不需专门制定方案的，判定为周边环境中等复杂；只需采取少量常规性保护措施，对工程建设基本无影响的，判定为周边环境简单。周边环境风险等级划分可参照表 3。

表 3 周边环境风险等级划分

周边环境风险等级	划分条件
一级	主要影响区内存在高速铁路、既有轨道交通设施、重要建（构）筑物、重要桥梁与隧道、河流或湖泊
二级	符合下列条件之一： 1) 主要影响区内存在一般建（构）筑物、桥梁与隧道、铁路、高速公路或重要地下管线； 2) 次要影响区内存在既有轨道交通设施、重要建（构）筑物、重要桥梁与隧道、河流或湖泊； 3) 隧道工程上穿既有轨道交通设施。
三级	符合下列条件之一： 1) 主要影响区内存在城市重要道路、一般地下管线或一般市政设施； 2) 次要影响区内存在一般建（构）筑物、一般桥梁与隧道、高速公路或重要地下管线； 3) 次要影响区内存在城市重要道路、一般地下管线或一般市政设施。

注：1 对于基坑工程，基坑周边取 0.7H 和 $H \cdot \tan(45^\circ - \varphi/2)$ 二者较大值范围为主要影响区指，主要影响区外边界至 (2.0~3.0) H 范围为次要影响区，基坑周边 (2.0~3.0) H 范围外为可能影响区，其中 H 为基坑开挖深度。

2 对于隧道工程，隧道正上方至隧道中心线外 0.7z0 范围为主要影响区，主要影响区外边界至隧道中心线外 z0 范围为次要影响区，隧道中心线 z0 范围外为可能影响区，其中 z0 为隧道底板埋深。

3 隧道、基坑周边以软土为主或处于断裂破碎带、岩溶、花岗岩残积土或全~强风化带时，或采用锚杆支护、注浆加固、高压旋喷、降水措施时，应调整工程影响分区界线。

3 关于岩土条件复杂程度等级的划分：

- 1) 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：深圳地区微地貌发育，城市道路工程类别众多，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城市道路工程特点，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。围岩分级可按本本标准附录 B 执行；边坡安全等级可以按现行深圳市标准《边坡工程技术标准》SJG 85 的相关规定执行。

岩土层划分按本标准附录 A 执行；

- 2) 深圳特殊性岩土主要指填土、软土、花岗岩残积土及风化岩等，是否需专门治理要考虑工程需要和设计要求。

3.0.7 勘察纲要是勘察工作开展的纲领性文件，是勘察实施过程中的重要技术文件，也是保证勘察成果质量的前提。对于勘察等级为甲级的工程项目，勘察纲要宜组织行业内专家进行评审，确保纲要技术可行、方法正确、工作量布置合理，达到既能保证勘察质量又能控制勘察费用的目的。

1 勘察纲要的内容应包括勘察依据、目的、方法、工作量布置、预期效果、进度安排、勘察安全等，并经设计单位和建设单位复核确认。强调勘察纲要中勘察工作量应由勘察单位完成或主导完成，设计单位复核或确认，理由有三：

- 1) 勘察单位对当地工程地质条件更熟悉，经过前期踏勘、调绘以及其本地经验，更了解场地地质条件和勘察的重难点，结合工程特点布置勘探方案更能达到有的放矢、事半功倍的效果；
- 2) 勘察单位对相关勘察规范更熟悉。根据以往经验，大多设计单位布置勘探点往往直接采用勘察规范钻孔间距，以“等间距”或单纯根据“建构筑物特点”布置，而忽视现场地质条件的差异性，可能出现有些地方过多，有些地方深度不够。譬如深圳道路工程勘察，由于微地貌发育，地质条件较好的台地的勘探点间距可适当取大值，而冲沟、低洼区多分布有软弱土层，其勘探点间距宜取小值甚至予以加密；山岭隧道勘察应以洞口、浅埋部位及构造发育地段为重点，而非采用等间距布点；
- 3) 勘察单位、勘察项目负责人对勘察成果质量终身负责。按照住建部关于建筑工程五方责任主体项目负责人的管理规定，勘察单位项目负责人应当保证勘察设计文件符合法律法规和工程建设强制性标准的要求，对因勘察导致的工程质量事故或质量问题承担责任，所以由勘察单位布置工作量更符合国家和地方的责权管理制度。

2 工程勘察在搜集、分析已有资料和现场踏勘的基础上，根据勘察目的、任务和现行相应技术标准的要求，针对拟建工程特点和场地工程地质条件编制勘察纲要。勘察纲要包括下列内容：

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

3 勘察方法包含工程地质调查和测绘、钻探、物探、原位测试及取样测试等。实施过程中采用多种勘探手段综合应用和相互验证，方可取得较为准确、可靠数据和结果。勘察时遵循先调绘（踏勘）、后工程物探、再钻探（原位测试、室内试验）的顺序。

例如：在深圳地区山岭隧道工程较多，隧道围岩分级是勘察重点。断裂构造是影响围岩分级的主要因素之一，也是山岭隧道勘察的重点之一。针对断层的勘察，采用“地质调绘→工程物探

→钻探→孔内成像”等多种勘探手段、方法的有机结合。通过地质调绘确定工程物探方案，应用工程物探成果进行地质分析来确定钻孔位置和提出钻探技术要求，然后结合钻探成果进行工程物探资料的再解释，提高工程物探质量。最后通过孔内成像在钻孔内对断层产状、宽度及特征等进行测量和观察，达到精准勘察的效果。对所取得的各项资料进行综合分析才能发挥综合勘察的优越性，起到互相补充，互相验证，提高勘察质量和效率。

4 城市道路工程勘察方法选用和勘探点布置需要注意下列内容：

- 1) 勘察方法的选用一般结合工程类型、设计要求、工程地质条件及勘察阶段综合确定。当采用多种勘察方法时，注重相互配合、相互验证；
- 2) 工程地质调查和测绘一般在可行性研究或初步勘察阶段进行；
- 3) 工程物探方法可参考本标准附录 F，根据探测对象分布特征和场地条件在方法试验的基础上选择一种或多种有效方法；
- 4) 勘探点在踏勘和分析前期资料的基础上，根据工程地质条件、勘察阶段、设计要求和工程特点，结合场地条件布设。

5 勘察纲要中勘察工作布置一般包括下列内容：

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

6 当场地地质条件、构筑物设置、设计方案、勘察要求等发生变化时，勘察纲要需要根据变化情况进行调整。

3.0.8~3.0.9 城市道路工程周边存在着大量的地上、地下建（构）筑物、地下管线、人防工程 etc 环境条件，对工程设计方案和工程安全产生重大的影响，同时，城市道路工程的施工容易导致周边环境产生破坏。因此，岩土工程勘察前需要从建设单位获取地形图、地下管线及地下设施分布图，以便勘察单位在勘察期间确保地下管线和设施的安全，并在勘察成果中分析工程与周边环境的相互影响。

深圳地区地形地貌复杂，微地貌发育，经过 40 年建设，存在大量挖方、开山和填沟、填海、地基处理场地，通过地质调绘搜集原始地形图和不同时期工程资料，城市更新类宜搜集勘察区遗留建（构筑物基础），对于勘察方案的制定和提高勘察成果的质量极具意义。

地下管线、地下构筑物（电力、燃气、供水、地铁）是在城市工程勘察外业中最大危险源。近年由于地下管线偏差或地下管线探测资料未查明导致钻探施工时损坏地下管线和勘察安全事故时有发生，处理不好不仅造成不必要的经济损失，影响城市正常运转秩序，甚至危及市民生命安全，对工程及相关单位造成较大损失。因此，勘察前首先要取得准确和完整的地下管线探测资料，同时进行有效的复核和必要的探挖工作。

为确保地下管线的安全，钻探施工需遵守如下三道排查程序：

- 1) 地下管线详查（搜集）：与地形测量同步，在城市既有管线普查数据及管线权属单位提供资料基础上，通过现场验证和加密探查开展场区的地下管线详查，获得更为精确的现场地下管线资料；
- 2) 逐孔排查、管线权属单位确认：在勘察方案制定后，将布设的钻孔测放到现场，地下管线探测人员对孔位处的地下管线埋藏情况进行排查，并经管线权属单位现场确认，进一步确认钻孔孔位处管线安全；
- 3) 挖三砸六：进场钻探前，对于疑似分布管线区域的钻孔，必须采用人工挖探或者其他不易损伤地下管线的方法开孔。可先进行人工探挖，深度不小于 3m，再采用卷扬起吊穿心锤小落程轻击岩芯管贯入方式，击进至地表以下 6m 深度，确保地下管线的安全。

3.0.10 复测理由：野外钻探在机台就位过程中由于现场条件限制（陡坡地段需要平整机台、躲避障碍物）可能造成孔位平面位置偏移及孔口高程变化，如果钻探完成后不复测会影响勘察数据的准确性。

封孔目的：

- 1) 防止钻孔成为地下水流通通道，影响拟建项目的防渗、止水效果，尤其是隧道、基坑等地下工程；
- 2) 防止由于孔口对地面人类活动造成影响；
- 3) 造成岩溶塌陷等次生灾害。当作业难以连续时，应使采取措施对钻孔进行临时封堵。封孔方法可参照《工程勘察钻探封孔工作指引》（深圳市交通公用设施建设中心，2021年3月）。对于开挖形成的泥浆池应做回填处理。

3.0.13 城市道路工程勘察场地土分类、场地类别、地震液化判别等应根据设计要求，执行相应的规范。目前城市道路、公交场站和城市广场工程多按照现行行业标准《公路工程抗震设计规范》JTG 004 的相关内容执行；城市桥梁、涵洞及人行地下通道工程按现行行业标准《公路桥梁抗震设计规范》JTG/T 2231-01 的相关内容执行。在具体执行过程中，可以根据城市道路工程类别和设计要求选用。

3.0.15 专项勘察的必要性

1 工程周边环境资料是工程设计、施工的重要依据，地形图及地下管线图往往不能满足周边环境与工程相互影响分析及工程环境保护设计、施工的要求。因此，有必要在工程建设中开展周边环境专项调查工作，取得周边环境的详细资料，以便采取环境保护措施，保证周边环境和城市道路工程建设的安全。

2 专项勘察用于查明特定的岩土工程问题，本标准主要针对线路位于岩溶中等~强发育区、滑坡，或隧道工程临近或下穿地表水体，或者水文地质条件复杂地段，可能对设计方案、工程建设或工程安全有重大影响时进行专项勘察。专项勘察的勘察范围不局限于场地内，需结合实际情况扩大勘察范围。勘察精度比常规勘察更高。

3.0.16 对于现场限制无法施工的钻孔点，勘察单位优先通过其他方法（收集既有资料、采用工程物探）提出初步资料，并明确初步资料可靠程度和可能导致的地质风险；向建设单位提出可实施钻孔施工的方案，施工条件具备后，勘察单位应及时补钻，并提交相应资料。

3.0.17 深圳综合管廊、人行地下通道工程特征与施工工法与城市隧道相似（明挖法、暗挖法），故本标准规定综合管廊工程、人行地下通道的工程勘察按本标准第7、8、9章的相关规定执行。

4 勘察阶段的划分与基本工作内容

4.1 一般规定

4.1.1 一般情况下，城市道路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，由于城市道路工程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，因此勘察前应与设计单位、设计单位进行充分沟通，详细了解工程情况和设计需求，以确保勘察成果能够满足设计要求。对中小型城市道路工程，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。

施工勘察应针对施工阶段具体岩土工程问题的设计要求或施工过程中出现的岩土工程问题等开展勘察工作。遇下列情况宜进行施工勘察：

- 1 场地分布岩溶、球状风化体、破碎带等复杂地质体或岩土层，并对工程施工、工程质量造成不利影响，设计要求需进一步查明；
- 2 施工过程中出现地质异常，对工程施工、工程结构、工程造价等产生较大影响；
- 3 场地地下水水位变化较大或施工中发现水文异常，影响工程施工或危及工程安全。

专项勘察与按详略程度划分的一般勘察阶段不同，专门用于解决特定岩土工程问题，其成果主要服务于设计，一般在施工图设计前完成。

4.2 可行性研究勘察

4.2.2 本条所列内容是可行性研究勘察应包含的基本内容，具体到工程项目可根据工程特点、设计要求和地质条件等增加相应内容。

4.4 详细勘察

4.4.2 根据住建部 37 号文《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》第六条：勘察单位应当根据工程实际及工程周边环境资料，在勘察文件中说明地质条件可能造成的工程风险。

5 道路工程

5.1 一般规定

5.1.1 本条阐述了城市道路工程勘察适用的范围。本条所述改扩建城市道路包含既有道路的改扩建工程和城市道路化改造工程，城市广场指城市地面广场，不包括城市地下广场或下沉式广场（基坑）。

5.1.2 为使勘察方案科学合理，勘察前了解拟建道路的等级和设计参数是必需的。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。另外，多期建设或人工改造场地，地貌经过较大改变的地段应调查不同时期的地形、地貌情况，宜调查、收集地基处理方法、处理深度及处理范围的相关资料。

5.1.3 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；路基边坡的稳定与岩土的性质、边坡高度与坡度等有关；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。

5.1.4 本条重点强调了道路工程对路基湿度、地表水与地下水、不良地质作用及特殊性岩土的勘察和分析评价要求。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。路基土的干湿类型划分可参照现行行业标准《城市道路路基设计规范》CJJ 194 的相关内容。对快速路和主干路，路基应处于干燥或中湿状态；对次干路和支路，路基宜处于干燥或中湿状态。否则，应采取翻晒、换填、改良或设置隔水层、降低地下水位等措施。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，如城市道路区域的浜、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。

道路工程属于线状工程，往往跨越较多地貌单元，不同地貌单元间的水力联系较复杂，笼统进行工程地质条件评价针对性不强。当沿线岩土性质变化大、涉及不同的工程地质单元时根据工程需要，进行工程地质区、段划分与评价，包括分区提供岩土物理力学参数、建议不同的地基处理措施等。

5.2 可行性研究勘察

5.2.1 深圳市经过 40 年的城市建设，积累了大量的地质勘察资料，因此在城市道路可行性研究勘察中，强调搜集资料、工程地质调查和测绘的重要性，在此基础上根据具体情况，再布置适量和必要的勘探测试工作。

5.3 初步勘察

5.3.2 工程地质调查和测绘范围应结合勘察任务书要求、道路两侧环境相互影响情况、地形地貌条件等因素综合确定，如工程地质测绘应包括可能影响路基稳定的两侧山体或边坡范围。

5.3.3 城市道路工程勘探点布置示意图 1：

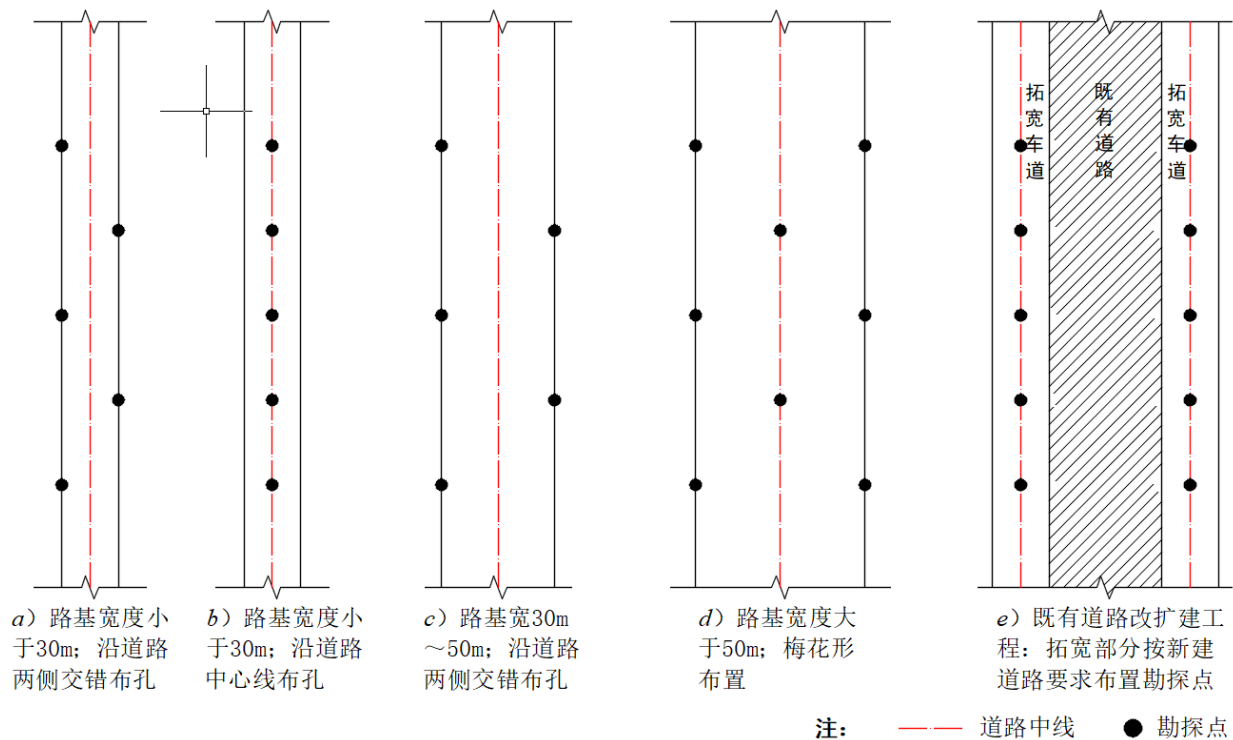


图 1 道路工程勘探点布置示意图

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，为控制道路横向勘探断面方向岩土条件的变化，采用在道路两侧“之”字形布点或沿道路中心线及两侧布置；当路基岩土条件复杂时，布置一定数量的横向勘探断面是为了查明道路沿宽度方向岩土层的变化情况。

同一项目中桥涵、管廊等工程的勘探孔深度一般可满足道路工程勘探深度的需求，故在勘探布孔时可综合考虑，就近桥涵、管廊等工程勘探孔，道路工程可利用，即“一孔多用”，降低勘察成本。

城市既有道路改扩建工程，应充分利用已有勘察资料，对拓宽或新建区段参照本章规定进行勘察，一般在软弱土层分布区段、新老路基搭接段和填方区布置；对既有路基范围，当需查明既有路基结构或既有路基持力层性质时，宜布置勘探点。

5.3.4 深圳地区地貌单元复杂多变、微地貌发育，根据以往的经验，过大的间距可能遗漏微地貌，存在软弱土层未查明的情况，深圳软弱土层主要两类，一是填土问题，由于城市建设过程中常存在无序堆填，一段线路中可能同时存在素填土、填石、杂填土、冲填土等多种填土类型，过去按行标（《市政工程勘察规范》CJJ 56）间距 50m，多发生难以查明填土层厚度、成分的变化情况；二是软土问题，深圳属于滨海城市，由于填海造陆、人工挖填等活动影响，造成许多地段软土层在空间分布和厚度上存在不连续的情况，行标 50m 间距难以查明软土层的分布。根以上两类问题未查明会导致工程变更，增加地基处理费用，由于地基处理的多采用换填或桩式处理，一般变更金额较大，而一般道路钻孔深度较浅（一般小于 20m），勘察费用很小，和路基地基处理变更增加成本相比加密钻孔间距增加勘察成本微乎其微，但可以有效查明地层变化，减少过程变更。综合以上因素，道路工程初步勘察以及详细勘察阶段勘探点间距在现行国家行业标准《市政工程勘察规范》CJJ 56 规定的基础上，结合本地勘察经验进行了适当加密。

5.3.6 本条规定布设代表性横向勘探断面及勘探点数量，目的是满足边坡稳定性初步分析评价及支护方案初步选择的需要。工程地质条件复杂时，可增加勘探断面数量。

5.3.7 勘探孔深度主要考虑深圳地质特点和工程经验，深圳微地貌发育，冲沟、鱼塘、软土及填土多有分布，在原行标的基础上适当加深更具指导意义。

路堑、陡坡路堤、高路堤及支挡工程的勘探孔，当存在软弱地层或可能的滑动面（带）时需钻穿。

5.4 详细勘察

5.4.3 岩溶、沟、浜、湮埋的沟坑和古河道等地段岩土分布、性质及地下水等变化较大，按常规的间距布设勘探点，经常不能有效的查明其分布范围，易导致后期较大的设计和施工变更，故应加密勘探点。当需查明土石比时，应根据建设单位和设计的精度要求，结合场地工程地质条件等因素，选用适宜的勘探方法和有针对性的布置勘探点。

5.4.4 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 8m。挖方地段路基条件相对较好，勘探孔宜达路面设计标高以下 4m。填土、软土等软弱土需要采取地基加固措施，勘探孔应适当加深。路基以下 20m 范围内存在可能液化的砂土、粉土时，应选择部分勘探孔深度按不小于 20m 控制，以满足相关的抗震评价和计算需要。“遇基岩”指勘探深度内见稳定的中~微风化岩；

道路挖方地段涉及土石比分级的问题，因此孔深应达设计路面标高以下，预计深度范围内遇中~微风化岩时应达到稳定微风化岩层，当场地风化球发育时孔深宜适当加深。

5.4.5 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。由于路基的钻孔间距较大，为充分查明浅部地层岩土物理力学特性，需要取得满足统计和分析要求的岩土样和原位测试数据的数量，因此作出采取土试样和进行原位测试的勘探孔数量的规定。

5.4.6 详勘报告需要阐述道路沿线的地下水类型、补给来源、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水压力的作用。

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，也包括沿线浜、塘、欠固结的填土（属特殊性岩土）等；详细勘察阶段需要对涉及的不良地质进行分析评价，提出具体的处理建议。

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，易引发路面沉降、路面翻浆、路基边坡的塌方等病害。本条规定了深圳辖区内道路可能涉及的软土、厚层填土时勘察成果报告评价的基本要求。

1) 软土地基处理方法可参考深圳市《道路设计标准》SJG 69 中的相关内容。

2) 厚层填土系指路基设计标高以下大于行车荷载工作区深度的填土层，其压缩变形或工后沉降对行车或路基的正常使用、使用年限等存在不利影响，结合地区工作经验，本条厚层填土指路基设计标高以下厚度超过 3m 的欠固结或工程力学特性差异大且未经处理的填土层，其不能直接作为路面持力层使用。

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。抗浮设防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。

6 桥涵工程

6.1 一般规定

6.1.1 人行地下通道多采用矿山法、顶管等暗挖工法，其工程特点同隧道工程，应按城市隧道工程要求进行勘察工作。

6.2 可行性研究勘察

6.2.3 小桥、涵洞工程工可研阶段以搜集资料、工程地质调查和测绘为主，对勘探孔的数量不做具体要求。在局部风化深槽或微风化基岩埋藏较深地段，勘探孔深度可与设计协商，以满足设计需要为主。

6.3 初步勘察

6.3.5 主跨指多跨桥中跨度最大的一跨，墩台荷载相对较大，且对桥梁方案影响大，应作为布置勘探点的重点位置。当桥头岸坡需评价稳定性时，应根据边坡情况按照《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的规定布置勘探点。

6.4 详细勘察

6.4.2 工程物探与钻探、测试结合能更有效的查明复杂地质条件，如在岩溶中等~强烈发育区可采用管波探测、跨孔弹性波 CT 法、钻探、测试查明岩溶空间分布。

6.4.3 深圳市桥梁工程的基础型式多采用桩基础，少见浅基础、沉井基础、锚碇基础、高墩基础等。因此浅基础、沉井基础的布孔方式参照了《公路工程地质勘察规范》JTG C20 的相关规定，勘探点布置根据基础尺寸、地质条件选用图 2 所示的方式布置。悬索桥和斜拉桥的桥塔、锚碇基础、高墩基础的勘探点，可根据其外形按图 2 中的 4、5、6 布置。

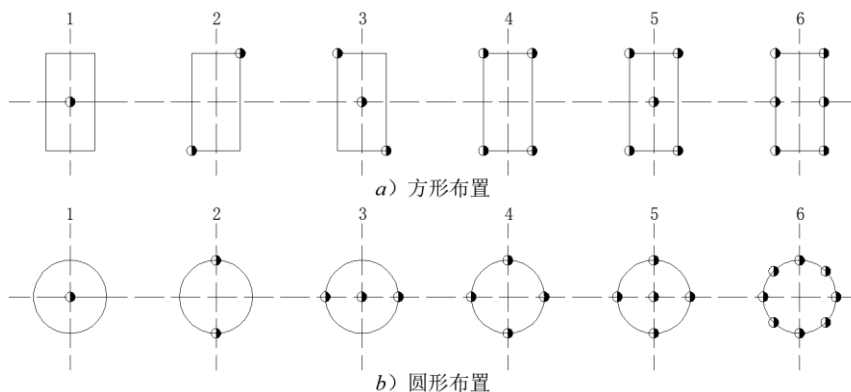


图 2 浅基础、沉井基础的勘探点布置示意图

采用桩基础时，多桩承台勘探点布置方式可参照图 3，其中多桩承台指桩数大于等于 3 的承台；

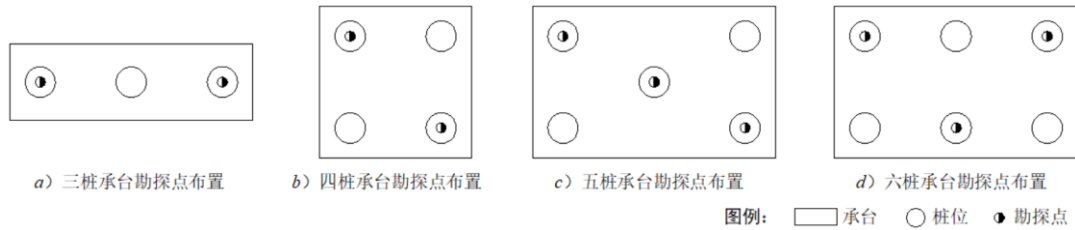


图3 多桩承台勘探点布置示意图

6.4.4 《深圳市建筑基桩检测规程》SJG 09 第 10.1.3 条第 1 款规定“承压桩每桩至少应有 1 孔钻至设计要求的桩端持力层深度，如设计无明确要求时应钻入持力层 3 倍桩径，当 3 倍桩径大于 5m 时可钻取 5m，当 3 倍桩径小于 3m 时应钻取 3m，其余孔钻入桩端持力层深度不应小于 1m”、第 4 款规定“对详勘阶段揭露的场地内有软弱夹层、断裂破碎带和溶（土）洞发育、风化球等不良工程地质条件的场地，各钻孔钻入持力层均不宜少于 5m”，结合深圳地区桩基勘察经验，详勘阶段勘察勘探孔深度应满足设计要求，同时兼顾桩基检测的需要；

深圳市岩溶为覆盖型和埋藏型，岩溶发育形态复杂，为查明稳定基岩的分布情况，岩溶区勘探点深度加大至应进入稳定基岩不小于 8m。当场地串珠状溶洞发育，钻孔揭示稳定基岩厚度无法满足上述要求时，应专门会同设计沟通基础方案、研究确定勘探深度。

在深圳花岗岩分布区，残积土、全风化带和强风化带中常发育球状风化体，尤其以龙华区和南山区西丽街道最为典型，主编单位对上述区域范围内项目勘察揭示的球状风化体发育情况进行了统计分析，见表 4。

表 4 深圳部分项目球状风化体揭露情况统计表

项目名称	地点	入基岩 钻孔总 数	钻孔见及率	串珠状风化球钻孔占比	厚度 (m)	平均厚度 (m)
某东西向城市主干线	宝安区	241	28.20%	13.30%	0.4~8.9	2.07
	龙华区	394	13.20%	2.80%	0.2~4.6	1.23
福田至龙华某高速公路	福田区	233	40.40%	11.10%	0.4~5.2	1.5
	龙华区	99	13.80%	3.00%	0.2~6.5	1.6
某大学校园建设工程	南山区	319	32.60%	14.80%	0.2~3.7	1.3
某地铁线	南山区	97	6.20%	1.00%		

注：上述项目中仅某东西向城市主干线揭露了厚度超过 7m 的风化球，钻孔数量为 7 个，占项目钻孔总数的 2.9%，占上述项目钻孔总数的 5%。

此外，深圳市市政设计研究院有限公司曹权等收集的深圳地区 216 个工点的勘察报告，筛选出 90 个揭示有球状风化体的工程勘察项目，统计到 854 个球状风化体详细分布数据，得出了深圳地区球状风化体的一些分布规律：

- 1) 三分之二以上的花岗岩球状风化体成份为微风化花岗岩，不到三分之一的为中风化花岗岩；
- 2) 花岗岩球状风化体 60% 以上分布在强风化花岗岩层中，30% 左右分布在残积层和全风化层中，中风化层出现很少；
- 3) 花岗岩球状风化体层顶埋深集中在 10m~20m 范围内，层顶分布高程主要在 40m~70m 区间内，两者出现频率均接近 40%；
- 4) 80% 的球状风化体揭示“厚度”不超过 2.50m；
- 5) 三分之二花岗岩球状风化体主要发育一层，随着发育层数的增多，出现频率锐减。

综上，在花岗岩球状风化体中等～强烈发育区拟采用桩基础时，勘探孔的深度加大至进入稳定基岩不小 7m。

7 矿山法隧道工程

7.1 一般规定

7.1.1 根据地形地貌，矿山法隧道可分为山岭隧道和地（水）下隧道，按工法可细分为钻爆法隧道、浅埋暗挖法隧道法等。山岭隧道主要指低山、丘陵区隧道，地（水）下隧道主要指台地、平原（城市建成区）或水下（河、海、湖）的隧道。

7.1.2 勘察前取得设计、周边环境、工程地质与水文地质资料等尤为重要，对前期编制勘察纲要、开展勘察作业及后期设计、施工有重要影响。

7.1.3 矿山法山岭隧道需解决的主要岩土问题有：

1 洞口边坡稳定问题

1) 隧道洞口主要解决的是边坡稳定性问题。洞口不宜设在滑坡、崩塌、岩堆、泥石流等不良地质条件及排水困难的沟谷低洼或不稳定的悬崖陡壁下。应遵循“早进晚出”的原则，合理选定洞口的位置，避免在洞口形成高边坡和高仰坡。

2) 勘察中需重点关注进出洞口地质条件，尤其是填土厚度，区分填石与基岩。

2 洞身围岩稳定问题

1) 一定埋深条件下围岩，地质环境条件往往不均匀，围岩性质不稳定，矿山法隧道勘察、设计、施工就是要解决隧道洞身及附属结构围岩的稳定性问题。

2) 浅埋段：围岩级别一般不会太高，易于形成冒顶；水平方向不均匀，有沟谷通过的地段，地质上讲逢沟必断，沟谷地段一般岩石相对破碎，构造相对发育，是勘察的重点地段；

3) 洞身断裂发育地段：影响围岩岩体结构的一个重大因素是断层，断层破碎带及其影响带一般为散体结构或碎裂结构，围岩类别低，稳定性极差，需进行专门的支护，工程造价较高。另外断层破碎带往往是地下水通道，涌水量大。断裂带与隧道夹角越大、断面越陡，则在空间上（水平、垂直）断裂带对隧道工程围岩影响范围越小，反之则较大。

4) 傍山段：易于形成偏压，造成洞室围岩两侧不一致。

7.1.4 城市隧道多位于城区已有道路或其他公共区域，地面、地下建筑物多，有时地下重要管网会直接影响隧道的线位或施工支护方案，因此需对拟建区域地下管线和地下构筑物进行详细调查。城市隧道在历史名城修建于时，应特别注意地下文物调查和保护工作。对隧道通过段可能影响到的建筑物基础类型、埋深及结构进行专项调查。对于通过段附近地表水系发育区，要对隧道修建时对地表水影响进行调查与评价。

7.2 可行性研究勘察

7.2.4 矿山法山岭隧道工可阶段在地质调绘得基础上，可根据现场条件和设计要求布置勘探点或物探测线。工可阶段对山岭隧道钻孔未做明确要求有以下几方面考虑：

1 工可阶段方案未完全稳定，对山岭隧道，设计需求更多的是不良地质、区域构造方面的内容，通过现场踏勘和地质调绘基本能满足要求；

2 山岭区开展钻探施工困难、周期长、成本高；

3 山岭隧道围岩性质变化较小。

7.2.5 矿山法隧道线位主要考虑因素如下：

- 1 隧道应选择在地层稳定、构造简单、地下水不发育、进出口山体稳定的位置，隧道轴线宜与岩层、区域构造线的走向垂直；
- 2 隧道应避免通过岩溶发育区、地下水富集区和地层松软、破碎地带；
- 3 隧道洞口应避免避开滑坡、崩塌、岩堆、危岩、泥石流等不良地质，以及排水困难的沟谷低洼地带；
- 4 傍山隧道，洞轴线宜向山体一侧内移，避开外侧构造复杂、岩体卸荷开裂、风化重，以及堆积层和不良地质地段。

7.3 初步勘察

7.3.3 矿山法隧道工程地质调绘的内容主要包括：

- 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；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；
- 2 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、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。

7.3.4 隧道的工程物探采用哪种方法、测点间距等应根据隧道区地形、地质条件和被测体的规模等情况综合选定。一般提倡采用多种工程物探进行综合勘探，以便相互印证，提高勘察成果的准确性和可靠性；对于山岭隧道多采用浅层地震折射法、高密度电法等对线位纵断面进行探测；分离式隧道原则上沿隧道轴线纵向至少应布置物探测线 1 条，两洞口布置横测线各 5 条，测点间距 5m~10m；不同的地质体或构造类型，要有 2~3 条物探测线穿过，每条测线的测点应不少于 3 个，地质条件复杂时应适当加密。

地质条件复杂是指岩溶发育、有风化沟槽或富水体、断层与隧道近距离平行或小角度相交等。

7.3.5 钻探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（为保证岩芯采取率优先选用绳索取芯钻机）。

现行行业标准《市政工程勘察规范》CJJ 56 对山岭地区分离式独立双洞隧道两隧道中间勘探点的布置未作明确规定，在实际工作中设计、勘察及建设各方对此也往往存在争议，特别是近年广东地区隧洞工程事故使得前期勘察设计工作更加审慎。由于隧道勘探孔应布置在隧道边线外侧按 5m，有设计人员理解为双洞净距（分离式隧道间未开挖岩土体厚度）大于 10m，两隧道应该分别按独立隧道布置山岭隧道钻孔。根据近年深圳诸多山岭隧道勘察经验（见表 5），当地质条件简单（指岩性单一，地质构造简单、围岩为稳定的微风化、岩土性质变化不大）时，两隧道间钻孔可为双洞共用。

表 5 深圳部分山岭隧道工程勘探点平面布置情况表

工程名称	洞径/宽×高 (m)	左右线间距 (m)	单洞总长 (m)	洞身钻孔间距 (m)	平均间距 (m)	双洞间勘探孔是否共用
某市政路北延工程	9.4×14.6	10-50	6600	100-150	130	是
某东西向快速路	15×7.5	<40	400-2480	50-110	80	是
南山区某山岭隧道	17×9	9	280	40-70	55	是
福田区某山岭隧道	10	30-60	3330	100-170	135	是
罗湖区某山岭隧道	9	15-50	8837	35-264	118	是
坪山区某山岭隧道	13	35	15740	106~559	234	是
龙岗区某大道	16	30	910	两侧间距 200-250m, 左右 线中间无勘探线	200	/

如果严格按距边线 5m 控制，钻孔数量将增加 1/3，造成勘察造价大幅度增加。本条文参考了《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307-2012 条文 7.3.4 第 4 款的规定：对于单线单洞隧道和双线单洞但左右线距离小于 3 倍隧道开挖断面宽度的隧道时可交叉布点，隧道间勘探孔可双洞共用；左右线距离大于 3 倍隧道开挖断面宽度时，可视为分离式独立双洞隧道，采用双排孔布置。

矿山法隧道工程勘探线（点）可参考图 4 布置。

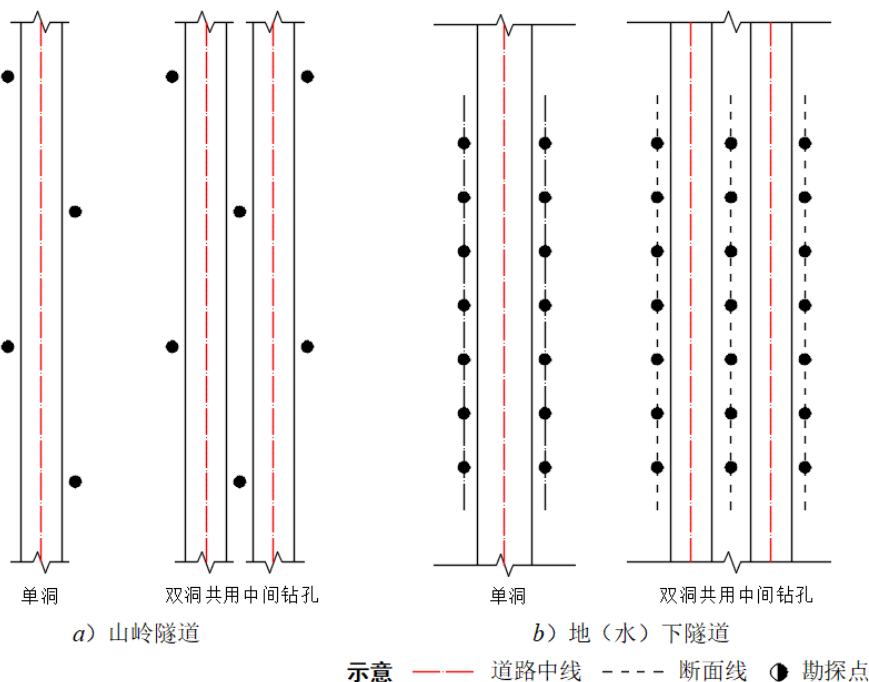


图 4 矿山法隧道工程勘探点布置示意图（以详勘为例）

7.3.6 根据深圳市政府投资工程建设经验，严格概算控制，建设项目初步设计精度要求高，对初勘精度要求相对提高，本标准勘察布孔间距在行业标准基础上进行了适当加密。当隧道埋深浅、断面尺寸大、岩土条件差时勘探点间距取小值，反之取大值。

勘探点布置参考了《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307、《市政工程勘察规范》CJJ 56，并结合深圳地区的勘察经验。

7.3.7 初步勘察阶段的勘探孔深度规定，在参照现行行业标准《市政工程勘察规范》CJJ 56 相关规定的规定的基础上，结合深圳市大多数地区基岩埋深不大的特点，增加了进入中~微风化岩石的孔深规定。

7.3.9 地下水发育，分布有富水性的地层、岩性接触带、裂隙、岩溶、断层破碎带及富水带等情况，或隧道下穿或邻近地表水体等条件时，应结合现场条件进行水文地质试验。

本标准根据深圳地区地应力经验，将超过 200m 的山岭隧道划分为需考虑地应力效应影响的深埋隧道并宜进行地应力测试。

7.4 详细勘察

7.4.3 矿山法山岭隧道洞口应布置横向勘探断面，布置方式可按图 5 布设：

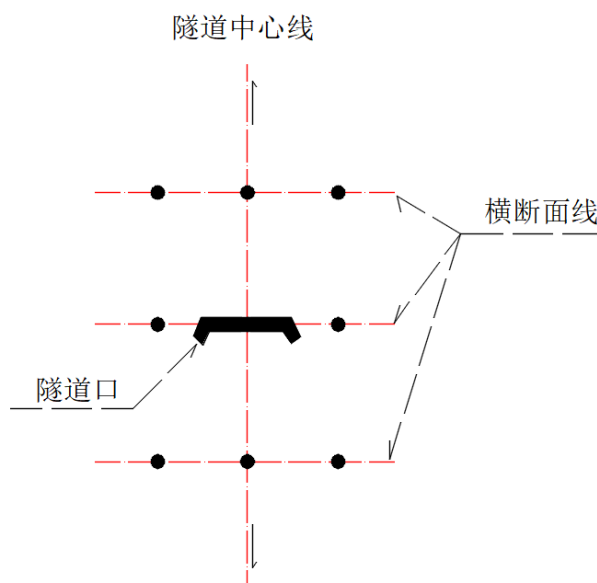


图 5 地质条件复杂隧道口布孔示意图

根据深圳经验，当山岭隧道埋深较大，岩性单一，如花岗岩地区，无构造影响时，隧道围岩性质稳定即岩土条件复杂程度等级为三级时，详勘阶段勘探间距可适当放宽，能保证围岩分级准确性，同时能节省勘察造价和工期。所以在详勘阶段，对于岩土条件简单地段，勘察间距上限相对于行标从 150m 放大至 200m。

8 盾构法隧道工程

8.1 一般规定

8.1.3 盾构法隧道的主要工程问题：

1 盾构工作井问题，即为基坑支护问题。

2 洞身隧道围岩及穿越地段均匀性、围岩稳定性问题，

如穿越半软半硬地层、孤石或漂石地层；穿越岩溶发育、暗河、采空区、富含可燃气体、高膨胀性等不良地质体；穿越深厚的欠固结软土地层；穿越地质断裂带或地裂缝。

3 盾构机选型

盾构机按平衡开挖面土压与水压的原理不同，可分为土压式（常用泥土压式）和泥水式两种。按换刀盘方式分为：常压刀盘和常规刀盘。盾构机刀具是根据工程地段硬岩、软岩的不同强度和地质特点，根据刀具在软、硬岩中不同的破岩机理来进行设计和选择的。

4 端头预加固与地基预加固范围：

端头预加固：盾构始发或到达时围护结构外侧的土体为淤泥（软弱地层）、砂层（强透水性地层），直接人工凿除洞门会发生涌水、涌砂、涌泥等安全事故。对进出洞土体进行加固处理，有止水、加固土体的作用，稳定围护结构外侧的土体，使得盾构始发、接收时，破除洞门更加安全。地基预加固：盾构穿越建（构）筑物时为防止发生沉降对地基提前进行加固。

8.1.4 位于基岩地区的盾构隧道，盾构施工受岩土分界面位置、岩石坚硬和风化程度、构造破碎带、岩面分布的影响较大，地质勘察时需要重点查明，。盾构隧道尽量避免风化程度较弱的硬岩地层中长距离穿越，否则需对盾构机的刀盘、刀具和驱动系统进行针对性设计。盾构穿越构造破碎带时要提前进行地质预报，必要时应采取地层加固措施。本标准列入的不良地质有活动断裂、地裂缝、岩溶、地面沉降区、有害气体和采空区，特殊地质有孤石和球形风化体。这些均为

盾构隧道工程建设中可能遇到的地质现象，对盾构隧道工程的线路方案、结构设计、盾构选型、施工方案、工程安全、工程造价和工期等会产生重大影响。在工程方案设计阶段，要根据地址调查初步勘察资料，尽量规避并远离这些不良地质和特殊地质；当确实无法规避或远离时，要在详勘阶段针对性地开展不良地质和特殊地质专项勘察并提出地质评价和处理建议，为工程设计和施工提供基础资料。

水底隧道的工程实施难度及风险均较大，隧道设计及施工受地面水体的水位、流量、冲刷等影响较大，工程勘察时进行水文地质调查非常重要，必要时进行防洪评价，为隧道的设计和施工提供基础资料。

8.2 可行性研究勘察

8.2.4 水下隧道的地质信息大多为水体所覆盖，工程地质调查和测绘较陆域困难，同时水域既有资料相对较少，故工可阶段水域隧道宜布置物探测线，结合钻探探查工程地质概况。

8.2.5 盾构法隧道选先主要考虑下列因素：

1 宜选择在地层稳定、构造简单、地下水不发育、进出口条件有利的位置。

2 宜避免平行于区域性大断裂，以及在断裂交汇部位通过。

3 避免通过岩溶发育区、节理密集带、岩相接触带、侵入蚀变带、风化槽等地层性质复杂地带。

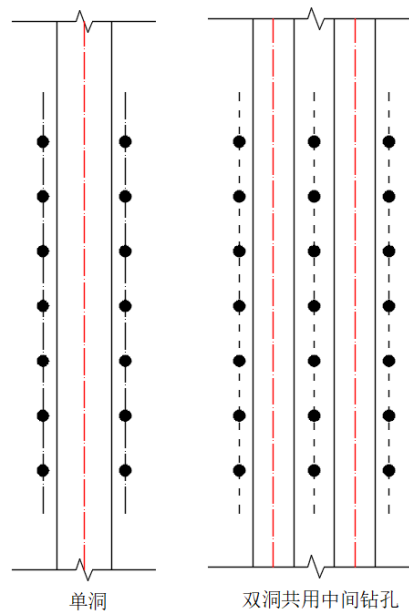
4 避免通过地裂缝、地震液化、地震沉陷、含有害气体地层、膨胀性地层、放射性岩体、地下水富集易产生塌方、流沙、喷涌及地表沉陷的地层松软地带。

5 穿越河（海）的水下盾构隧道，宜选择在冲淤浅、河（海）床稳定，地层均匀的土层及砂层中穿越，避开水域深槽及冲淤严重的不稳定河段，避免穿越漂（卵）石地层和硬层上部为富水松散砂层、淤泥层以及岩土交界面等地层严重不均匀地段。

8.3 初步勘察

8.3.4 盾构隧道多位于建成区，周边环境复杂，对工程物探影响较大，应在方法试验的基础上选定物探方法和技术参数。

8.3.5 本标准参考国家现行标准《铁路隧道设计规范》TB 10003 和《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307，推荐隧道勘探孔在隧道两侧交错或对称布置（见图 6），避免布置在隧道、联络通道等永久结构的空间范围内。勘探完成后要采用黏土球等材料对勘探孔进行有效封堵，确保封孔的质量，避免形成渗水通道。



示意 —— 道路中线 --- 断面线 ● 勘探点

图 6 盾构法隧道工程勘探点布置示意图（以详勘为例）

8.3.9 盾构隧道的围岩地质条件及岩土参数对工程方案的确定和施工方法、施工参数的选择有重要影响，与其他地下工程相比，盾构隧道在设计和施工方法上有其特殊性，对勘察工作有专门要求，反映在测试项目上则有所不同，说明几点：

- 1) 颗粒分析试验提供的资料能够定量描述土粒中各个粒组的含量，为土的工程分类和了解土的工程性质提供依据。就盾构隧道而言，土体中的砾石、砂粒、粉粒及粘粒含量， d_{60} 、 d_{30} 、 d_{10} 和不均匀系数 $C_u = d_{60}/d_{10}$ ，碎石土中漂石、卵石、砾石的最大粒径、形状、尺寸、硬度和石英、长石等硬质矿物含量等是盾构选型、确定施工方法、选择切削刀具、分析岩石的磨蚀性和评价土层管涌、潜蚀及流砂的可能性所需的基础资料。
- 2) 砾、卵石和岩石中的石英、长石含量高，其单轴抗压强度和耐磨性亦较高，盾构掘进易因撞击高强度颗粒，导致刀具硬质合金崩裂，也易造成刮刀磨损；泥质岩类粘粒含量高，容易在掌子面形成“泥饼”，造成盾构掘进困难；含盐、含石膏、含膨胀性矿物的地层，对管片结构影响较大。通过矿物成分分析，有利于正确认识岩土的工程特性，为设计和施工提供依据。
- 3) 不同的抗剪强度试验方法，可以得出不同的抗剪强度 c 、 φ 值，造成此种不同结果的原因之一是试验过程中的排水条件不同所致。三轴不固结不排水 UU 试验是在

完全不排水条件下进行的试验，其结果用总应力法表示；三轴固结排水 CD 试验，是在完全固结排水条件下进行的试验，其结果采用有效应力法表示；只有三轴固结不排水 CU 试验才既可用总应力法又可以用有效应力法表示。在实际工作中，抗剪强度试验方法通常根据地层条件、施工速度、排水条件及计算公式等选用，原则上应尽可能符合工程的实际受力状态。

- 4) 黏土、粉质黏土由于其渗透性能低，工作井作为深基坑工程，土体开挖后往往没有充分的时间进行固结排水，开挖卸荷后土体中的剪应力很快产生，用于土压力和滑动稳定性验算的抗剪强度指标，一般采用固结不排水剪切试验提供抗剪强度参数。三轴试验提供三轴固结不排水抗剪强度指标 C_{cu} 、 φ_{cu} ，直剪试验提供直剪固结快剪强度指标 C_{cu} 、 φ_{cu} 。
- 5) 黏土矿物含量超过 25% 时，盾构掘进时容易结泥饼，对盾构掘进和工期有不利影响。岩石全风化带、强风化带及断层破碎带的矿物分析，应查明黏土矿物含量，分析盾构结泥饼的可能性。岩石中的石英含量高低影响 TBM 选择和更换刀具，通过对岩样进行矿物成分分析可以查明岩石的石英含量。

8.3.10 工程地质和水文地质条件与盾构工程的各个方面密切相关，包括：盾构隧道的轴线和工作井位置的选定，盾构设备选型，盾构施工参数选定，管片设计和附属工程的加固设计。

8.4 详细勘察

8.4.3 断层、构造破碎带、节理密集带等直接影响围岩等级，且有构成富水带和导水通道的可能，同时造成盾构施工易出现结泥饼现象，并影响刀具的选择和更换，因此需加密布置勘探点。如深圳市春风隧道工程详细勘察阶段，设计和施工要求在断层影响范围内按照 5m 的间距布置勘探点。

9 明挖法隧道工程

9.1 一般规定

9.1.1 明挖法分为坡率法、支护开挖、盖挖法等。

9.1.2 工法变换处隧道施工方法由一种工法变换成另一种工法线路位置,如盾构法变为明挖法或矿山法等。

明挖隧道穿越区域的周边环境一般比较复杂,经常会遇到地铁、大铁、LNG等重要线路及其它建筑物。隧道与重要管线及建筑物的关系有三种:

- 1 上跨: 需要考虑建(构)筑物或管线卸荷后回弹隆起问题;
- 2 下穿: 需要考虑建(构)筑物或管线的稳定,一般常见于盾构隧道;
- 3 侧穿: 考虑建(构)筑物或管线的横向变形及降水引起沉降。

9.1.3 明挖法隧道解决的主要岩土问题为:

- 1 基坑支护: 地层结构准确性、提供合理、科学的基坑支护参数;
- 2 地基处理: 承载力及变形情况;
- 3 基础抗浮: 安全可靠的抗浮水位。

9.2 可行性研究勘察

9.2.5 明挖法隧道方案主要考虑下列因素:

- 1 选择在地层稳定、构造简单、地下水不发育、进出口条件有利的位置。
- 2 避免通过岩溶发育区、节理密集带、岩相接触带、侵入蚀变带、风化槽等地层性质复杂地带。
- 3 避免通过地裂缝、地震液化、地震沉陷、含有害气体地层、膨胀性地层、放射性岩体、地下水富集易产生塌方、流沙、喷涌及地表沉陷的地层松软地带。
- 4 洞口避开可能产生滑坡的不良地质地带,以及排水困难的沟谷低洼地带。

9.3 初步勘察

9.3.2 隧道明挖段多位于建成区,埋深较浅,一般不进行线位工程物探工作,如有特殊需要视情况而定。

9.3.5 勘探点间距结合了深圳市《基坑支护技术标准》SJG 05的规定,基于深圳市的成熟经验,当场地及岩土条件复杂程度等级为一级时初勘采用30m~50m间距,详勘采用15m~25m间距,并规定“在软土、填土、饱和粉细砂、暗沟、暗塘等分布地段以及岩溶区,勘探点应适当加密”;场地及岩土条件复杂程度等级为二、三级的明挖隧道占比少,且支护设计及施工的技术难度相对较小,勘探点间距略有放宽。

9.3.8 本条第4款引用自深圳市《基坑技术标准》SJG 05,抗剪强度的试验方法和参数取值应尽可能与实际工程中的受力情况相一致,其试验方法的选取应符合以下规定:

1 进行主动土压力和被动土压力计算以及抗倾覆稳定性的计算时,对黏土和粉质黏土(包括淤泥、淤泥质土),宜采用直剪固结快剪或三轴固结不排水(CU)试验参数,但对饱和海相淤泥土,由三轴CU所得值宜乘以0.5~0.75的折减系数;对饱和粉土、砂土和碎石土可根据水下休止角试验和标准贯入试验的实测击数,按经验估算其有效内摩擦角;

2 抗隆起稳定性计算，应采用直剪快剪试验或三轴不固结不排水（UU）试验结果，或十字板剪切试验的不排水强度 c_u 值；

3 整体稳定、局部稳定以及抗滑稳定性计算，当最危险滑动面所穿过的土体为一般黏性土时，宜采用直剪固结快剪或三轴固结不排水（CU）试验所求得强度参数；当为砂土和碎石土时宜采用有效强度参数；当为饱和软黏性土时，宜采用直剪快剪或三轴不固结不排水（UU）试验，或十字板剪切试验的不排水强度 c_u 值。

9.4 详细勘察

9.4.7 本条文规定岩土工程勘察应在岩土工程评价方面有一定的深度，通过比较全面的分析评价，使支护方案选择的建议更为确切，更有依据。

10 沉管法隧道工程

10.1 一般规定

10.1.1 本标准勘察不含干坞、人工岛的勘察，干坞的勘察要求视干坞规模、场地条件等确定。人工岛勘察视总平面图布置、构筑物结构和基础形式、施工方法等确。需要时可参考现行行业标准《公路跨海通道工程地质勘察规程》JTG/T 3221-04 执行。

10.1.2 沉管法隧道需要重点收集线址范围及周边地形、地质、水域环境条件、建（构）筑物分布、水域历史最高和最低水位及波浪、水流流速，河（海）床历年冲淤变化情况及台风、雾霾等极端天气发生的历史记录资料等，为选定隧道位置、确定工程方案提供基础资料。

10.2 可行性研究勘察

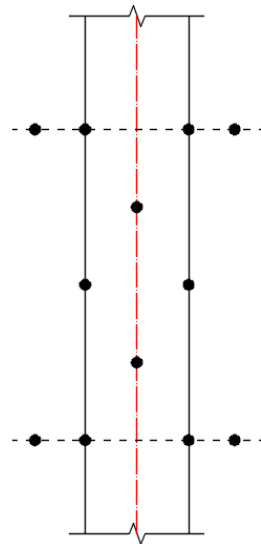
10.2.4 沉管法隧道选线主要考虑下列因素：

- 1 选择在地层稳定、构造简单、进出口条件有利的位置。
- 2 避开区域性活动断裂，以及活动性断裂交汇部位。
- 3 避免通过软土深厚，岩溶、可液化土发育，含有毒有害气体的地层。

10.3 初步勘察

10.3.4 对于水下隧道，提倡采用水域地震法和浅地层剖面法进行勘探。

10.3.5 沉管法隧道工程勘探线（点）可参考图 7 布置。



示意 ———— 道路中线 - - - - 断面线 ● 勘探点

图 7 沉管法隧道工程勘探点布置示意图（以详勘为例）

10.3.6 沉管法隧道勘察布孔参照现行国家标准《沉管法隧道设计标准》GB/T51318、在建深中通道沉管勘察经验，并结合深圳地质条件总体上为中等复杂至复杂的基本特点，适当减小了勘探点间距。

11 专项勘察

11.2 岩溶专项勘察

11.2.1 《深圳市住房和建设局关于加强岩溶地区建设工程质量安全管理的通知》（深建质安〔2021〕69号）的规定，“建设单位应当依法提供真实、准确、完整的工程地质、水文地质、建（构）筑物、地下（上）管线、人员密集场所等施工可能影响到的工程周边环境等资料。涉及岩溶地区施工的，建设单位应委托勘察单位进行岩溶专项勘察和水文地质专项勘察”。深圳市住房和建设局关于印发《深圳市房屋建筑和市政基础设施工程施工安全监督“110”工作规程（试行）》的通知（2022年7月25日）也将岩溶区域地下工程有无“专项勘察报告”列为抽查重点。

深圳地区可溶岩主要为下石炭统大塘阶石磴子组碳酸盐岩，分布在龙岗河、坪山河及其支流断陷谷地和葵涌盆地等地段。按其出露条件可分为覆盖型与埋藏型两种类型，覆盖型岩溶主要分布在横岗-龙岗-坪地河谷平原、碧岭-坪山-坑梓河谷平原、葵涌盆地，埋藏型岩溶主要分布在上述河谷平原两侧及葵涌盆地周边。岩溶发育形态主要有溶洞、溶沟、溶槽、溶隙及溶孔等。岩溶区工程建设存在岩溶塌陷、隧洞或基坑突（涌）水及桩基持力层稳定性等工程问题。

11.2.2 由于岩溶发育具有严重的不均匀性，为区别对待不同岩溶发育程度场地上的地基基础设计，将岩溶场地划分为岩溶强烈发育、中等发育和弱发育三个等级，用以指导勘察、设计、施工，对建（构）筑物的选择、平面布局、基础类型和施工方法等均具有重要意义。

场地岩溶发育等级划分依据国标《建筑地基基础设计规范》GB 50007；

见洞隙率=遇岩溶洞隙的钻孔总数/揭露可溶盐岩钻孔总数×100%；

线岩溶率=全部钻孔岩溶洞隙总长度/全部钻孔穿过可溶岩的总长度×100%。

11.2.3 岩溶专项勘察应做到不同勘察方法之间的相互验证，包括不同物探方法之间的相互验证、物探与钻探和测试之间的相互验证。

岩溶专项勘察应针对岩溶区具体工程问题，在常规勘察的（初勘、详勘）成果的基础上进一步查清岩溶的发育程度和分布特征、岩溶水的埋藏和连通等特征。拟建工程影响范围也主要考虑上述因素并根据揭示的情况不断修正。深圳市岩溶地区的工程建设常见问题有：隧道或基坑等施工产生突（涌）水并引发岩溶塌陷、地面沉降及周边建（构）筑物变形破坏问题；建（构）筑物地基稳定性问题；围岩稳定性问题；桩基施工困难及桩端持力层稳定问题等。此外，岩溶区施工属于隐蔽性工程，加之周边建筑物密集，经济活动量大，建议加强岩溶区施工前后的岩溶塌陷自动化监测工作。

11.2.6 物探方法宜根据探测目的和场地条件选用，常用物探方法如下：

- 1) 地面可采用高密度电法或微动，探测岩溶洞隙、土洞的大致位置与分布、地质构造、基岩面起伏；
- 2) 孔中可采用管波探测法、孔中雷达、钻孔摄像、声纳法、三维激光法，探明岩体完整性及岩溶洞隙、软弱岩层的发育和分布情况；
- 3) 孔间可采用跨孔CT法，探明钻孔之间岩溶洞隙、软弱岩层的位置、形状、大小及连通性，临空面及桩基持力层、下卧层中岩溶洞隙的发育和分布情况。

勘探孔布置、深度综合考虑设计要求和物探要求。

岩溶中等~强烈发育区嵌岩桩基础勘探孔布置与深圳市《建筑基桩检测规程》SJG 09-2020中关于钻芯法的要求一致。当钻孔为1个时，宜在距桩中心10cm~15cm的位置布孔；当钻孔超过1个时，宜在桩径范围内均匀对称布置。

11.2.7 不明成因含角砾粉质黏土（局部为含角砾黏土），分布在在深圳东部覆盖型岩溶区（包括龙岗、坪山等地），位于测水组砂岩与石磴子组白云质灰岩之间、坡残积层与石磴子组白云质灰岩之间，野外特征“褐黄、灰褐色，含10%~25%碎石，碎石粒径2cm~5cm，呈棱角状，软~硬塑状态为主”，层厚几米至几十米，最厚可达40余米，具有自上而下，力学性质变差（硬塑变软塑）特点。当前，深圳岩土工程界对此层的成因有不同的认识和看法，可归纳为以下几种：

- 1) 岩溶堆积成因型：该看法认为，该层系灰岩、白云质灰岩溶蚀形成空洞、后期的充填物，当该层夹在非可溶岩层中时划为土洞、在可溶岩层中划分为溶洞。
- 2) 岩溶塌落型：该看法认为，下部石磴子组白云质灰岩在接触带强烈溶蚀形成地下空腔、暗河，其顶板测水组砂页岩地层由于重力作用，失去稳定渐进式塌落，填充空洞，后期经风化而成土。
- 3) “含角砾泥岩”的风化物：据区域地质研究，测水组属于海陆互交地层，砂岩、泥质页岩、灰岩中所见“含角砾粉质黏土”是下石炭纪时期正常沉积的“含角砾泥岩”，后经剥蚀、风化后变成土状。具体工程案例有：深圳大运中心、宝荷医院、满京华喜悦里二期、坪山新区深圳市第九高级中学等。

在工程上过去多认为其工程特性力学性质较差，一般按软弱土层对待。近年部分工程项目通过原位测试及岩矿鉴定等测试，认为存部分地区该层土可能在风化残积成因，且土层（尤其上段）工程特性较好，在工程上可以利用作为持力层。所以，在岩溶区勘察工作中需应对对含角砾粉质黏土的成因和工程性质加强研究，以期利用，节约造价。

11.3 滑坡专项勘察

11.3.1 滑坡是指斜坡上的岩土体受河流冲刷、地下水活动、地震及人工切坡等因素的影响，在重力作用下，沿着一定的软弱面或软弱带整体或分散的顺坡向下滑动的自然现象，是长期地壳运动和地质作用的结果，其形成主要受地形地貌、地层岩性、地质构造等各种条件控制。

- 1) 地形地貌：地形地貌条件的复杂程度及斜坡坡度控制着滑坡产生的临空条件。深沟大川强烈切割、悬崖高耸的地形条件是滑坡最有利的发生地段。各级阶地和剥夷面间的斜坡地带，滑坡十分发育。上下陡中部缓的折线坡，当山坡上部呈马蹄形的环形地形，汇水面积大，易产生沿基岩与土体接触界面滑动的土质滑坡。受水流冲刷、淘蚀的山区河流凹岸，河流高阶地前缘斜坡，均易发生滑坡。深圳市的人工边坡坡度一般 $50^{\circ}\sim 70^{\circ}$ ，具有良好的临空条件，边坡后缘一般有自然斜坡，自然斜坡坡度较缓，具有一定的汇水面积，在强降雨入渗地下水等作用下，人工边坡易失稳产生滑坡。鉴于上述上缓中陡下平的人工边坡条件，滑坡形成后运动距离不会太远，一般在1.6倍的坡高范围内，占总数的83.3%，少量超过这个范围的滑坡，其坡体形态是上缓中陡下缓或下陡。
- 2) 地层岩性：地层岩性是发生滑坡的物质基础。有的斜坡由坚硬岩体组成，有的斜坡由软弱岩体组成，有的斜坡则由土体组成。由于地层岩性不同，其抗剪强度各异，发生滑坡的难易程度也就不同。新鲜的石灰岩、花岗岩、石英岩等致密坚硬，能经受很大的剪切力而不变形，完全由这些坚硬岩体组成的斜坡高陡而稳定，很少发生滑坡。相反，页岩、泥岩、千枚岩和各种成因的地表覆盖层（如黏土、碎石土）这些塑性岩土体的抗剪强度比较低，容易变形而发生滑坡。据统计，滑坡主要发生在砂（页）岩（占48%）、花岗岩（占20%）、第四系残坡积土（占17%）、泥岩（占8%）、板岩（占5%）和填土（占2%）中，易滑地层主要是石炭系测水组（ C_{1c} ）砂泥质岩夹炭质页岩、各期侵入花岗岩（ $J_3^{1b}\eta\gamma$ 、 $K_1^{1b}\eta\gamma$ ）强风化层、第四系残坡积层（ Q^{ed} ）。深圳市土质滑坡岩性主要为弃土、填土，斜坡表部的坡残积土，一般厚1m~5m，土体结构松散，透水性强，力学强度低。岩质滑坡岩性组合多为硬夹软或软硬相间产出，此种岩性组合边坡在不利、

因素影响下，易沿软弱结构面（如泥岩层面、泥质充填裂隙面等）产生岩质滑坡。（据《深圳地质》2009年）

- 3) 地质构造：一个地区的地质构造环境对滑坡的形成有多方面的影响：①断裂破碎带为滑坡提供了物质来源；②各种地质构造面，如层面、断层面、节理面、片理面和地层的不整合面等，控制了滑动面的空间位置和滑坡的周界；③控制了山体斜坡地下水的分布和运动规律。深圳市断裂构造发育，岩质滑坡侧缘多追踪构造裂隙，后缘往往追踪平行临空面的卸荷拉张裂隙，滑动面多为软弱结构面。

滑坡的形成和发展受自然因素和人为因素的影响。自然因素包括昼夜温差、季节温度变化、地表水冲刷及入渗、地下水位变化、河水涨落、地震等；人为因素包括采掘矿产、开挖斜坡、堆填加载、采石、劈山、乱砍滥伐、水库蓄水、泄水和渠道渗漏等。

滑坡是一种对工程安全有严重威胁的地质灾害，可能造成重大人身伤亡和经济损失，后果严重，故本条指出拟建工程场地存在滑坡或有滑坡可能时，应进行滑坡勘察，拟建工程场地附近存在滑坡或有滑坡可能，如危及工程安全，也应进行滑坡勘察。

深圳市自然滑坡较少，多为人类工程活动引起的滑坡，且多发于建成区边缘，滑坡规模一般不大，但危害性大。需要指出，性质复杂或多个连续分布的滑坡，方案比选时需优先绕避。

11.3.5 深圳针对部分危险滑（边）坡开展了监测、巡查等工作，这些资料对分析滑（边）坡稳定性和滑动过程有重要作用。

地表水、地下水往往在滑坡的形成和发展中起到了关键作用。地下水对滑动面不仅起到润滑、浮托作用，还增加水压力，降低滑动面的摩擦力，助推滑坡的发生和发展，地表水则在滑体滑动后沿滑坡裂缝集中渗入滑动面和滑动体中，加剧滑坡的发展。因此，调查地表水、地下水、泉和湿地等的分布以及滑坡区的汇水条件及排水条件等对分析滑坡成因、发展和稳定性等都十分重要。

11.3.6 由于滑坡的规模不同，滑动面的形状不同，滑坡勘察的工作量很难作出统一的具体规定，应由勘察人员根据实际情况确定。对规模较小的滑坡，勘探点的间距以查清滑坡为原则。

11.3.7 勘探时，对滑动面（带）的岩土层都需采取原状土样，以取得符合实际的物理力学性质试验数据。当滑动面（带）土层厚度较小，且埋藏深度难以预测准确，按常规方法很难取得原状土样时，取滑动面（带）土的扰动土样，进行重塑土样试验。为保持扰动土样的原含水率，要及时取样和封闭，并尽早进行试验。滑动面（带）的室内剪切试验，根据滑坡性质、滑动面（带）土结构、滑坡稳定状态和发展情况确定，一般采用下列方法：

- 1 正在活动的滑坡，滑动面（带）为黏性土时，采用残余强度剪或重复剪试验。
- 2 已稳定的滑坡，包括处于暂时稳定的滑坡，采用固结快剪或三轴固结不排水剪试验。
- 3 当滑动面（带）土的稠度不大、滑动面清晰时，采用沿滑动面的重合剪切试验。
- 4 当滑动面（带）土为饱和状或泥化流动状、滑动面不清晰时，采用饱和快剪试验。
- 5 对水敏感的滑动带土，采用不同含水状态的快剪试验。

11.4 水文地质专项勘察

11.4.1 根据近几年广东省工程事故案例调查结果，地下水对地下工程建设影响大，是导致工程事故主要因素之一。对城市隧道工程下穿水库、河流、鱼塘、湖泊等地表水体时，或水文地质条件复杂时可能存在较大风险，对设计方案、施工工法影响重大，常规勘察难以查明时，进行专门的水文地质勘察。

关于水文地质条件复杂程度的划分，不同的标准的依据有所区别，如《建筑与市政工程地下水控制技术规范》JGJ 111 从降水规模和含水层特征角度进行划分，《建筑工程抗浮技术标准》JGJ 476 从水文地质特征角度进行划分，《铁路工程水文地质勘察规范》TB 10049 还区分了孔隙水、裂隙水、岩溶水等不同类型的地下水。本标准关于水文地质条件复杂程度的划分主要用于隧道工

程，援引了广西壮族自治区《岩溶区公路隧道技术规范》DB45/T 2125，主要考虑含水层的富水性、构造破碎带发育情况、隧道线位与地形的关系、与地表水体的连通性及水文地质边界条件等。

11.4.3 水文地质调绘是对地面地质、地貌、地下水露头及与地下水有关的各种地质现象所进行的实地调查、观测和填图工作。开展过程中应结合水源地和工程设置场地的自然环境，分析水文地质条件，合理有效的布置勘探测试工作，为水源地和工程提供准确的水文地质资料。其工作内容包包括遥感图像水文地质解译、地貌、地质（含地层、地质构造）调查、地表水和地下水露头调查和水质调查分析等，主要目的是通过含水地层岩性、富水（或储水）构造、裂隙、水系和地下水埋深及井泉的调查，查明水文地质条件（补给、径流、排泄条件，地下水类型、性质、分布范围及危害程度等）。

11.4.4 水文地质物探应充分考虑被探测对象的物性特征，采用有效方法进行综合探测，关键点及典型地段的探测成果应经钻探验证。可采用物探方法探测覆盖层厚度、地下水位、地下水流向、古河道、隐伏断层、采空区及岩溶洞穴等。

11.4.6 连通试验的主要目的用于研究地下水的以下特征：①地下水的补给范围、补给速度、补给量及与相邻地下水的关系；②地下水的径流特征，实测地下水流向、流速、流量；③地下水与地表水的转化、补给等关系；④配合抽水试验等确定水文地质参数。

连通试验常用的方法及应用场合见表 6。

表 6 连通试验常用方法表

试验方法		目的	野外工作要点
水位传递法	闸水试验 放水试验 堵水试验 抽水试验	了解地下水系的连通情况及流域特征	利用天然通道或钻孔，进行闸水、放水、堵水或抽水、注水，观测上下游水位、水量、水色之变化，以判断其连通情况
指示剂法	浮标法 比色法 化学指示踪法 放射性同位素踪法	了解地下水连通情况及流域特征，实测地下水流向、流速、流量、查明地下水与地表水的转化补、排关系等	浮标法是根据地下水的流速、液态、流途长短等的不同，分别在上游投放谷糠、稗壳、稻草、锯木梢、废机油、黄泥水等，观测其连通情况
气体传递法	熏烟或烟或烟幕弹法	了解与地下水系有密切联系的地下水位以上的溶洞连通情况	在溶洞内放烟，用人工鼓风或自然通风，使烟扩展，了解溶洞的连贯情况，判断地下不系的连通状况

连通试验段（点）的选择需要符合下列原则：需在测绘的基础上，有一定的地质依据说明有连通性的地段；目的性要明确，针对性要强，并需考虑与试验方法相适应；尽量做到试验与观测方便；要经济合理，尽量做到就地取材。

连通试验的资料整理应根据需要进行下列工作：绘制试验段（点）的水位、水温、水量、水质或试验指示剂浓度变化的历时曲线；对曲线的各种形态和现象，结合区域水文地质资料进行合理的水文地质解释与定量计算；绘制试验得出的地下水连通平面图或岩溶地下水水系分布图；提供简要文字总结，其内容包括试验任务的提出，试验段（点）平面位置分布，连通地段的水文地质条件，试验采用方法，对试验结果的评述，经验教训以及建议等。

水文地质参数计算方法可参考《工程地质地质手册》、《水文地质手册》。

11.4.7 本条引自《铁路工程地质水文勘察地质规范》TB 1049 和贵州省《岩溶场地岩土工程勘察技术规程》DB52/T 1336。

11.4.8 含水层的富水程度和隧道围岩的富水程度可参考《铁路工程水文地质勘察规范》TB 10049。

根据深圳地区经验，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对于地下工程，查明汇水构造、不同岩性的接触带、断层带、和岩溶发育带等富水带的位置及分布范围尤为重要。

隧道施工阶段涌水量计算可参考本标准附录 H。基坑涌水量，参考广东省《建筑基坑工程技术规程》DBJ/T 15-20 附录 E 采用“大井法”进行计算。

12 勘察成果

12.1 一般规定

12.1.4 根据《深圳市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》和《深圳市新型智慧城市建设总体方案》（深府〔2018〕47号）的工作部署，岩土工程勘察应提供地质空间信息模型，大力发展建筑信息模型技术，加强与工程设计的协调关联，为促进建筑业高质量发展提供基础。

12.3 勘察信息模型要求

12.3.2 为规范深圳市道路工程勘察信息模型的交付行为，提高道路工程勘察信息模型的应用水平，深圳市住房和建设局、深圳市交通运输局联合发布了《道路工程勘察信息模型交付标准》SJG 89及《深圳市岩土工程勘察报告数字化规范》SJG 36等标准和规范，勘察信息模型数据应满足相关规定。

附录 A 深圳市岩土层划分标准

A.0.1 本表引自《深圳市岩土工程勘察报告数字化规范》SJG 36。

第四系沉积厚度及种类各地相差悬殊，与下伏基岩密切相关。位于燕山晚期侵入的中粗粒花岗岩区的河流上游风化壳厚度大，水土流失严重，下游淤浅严重，第四系沉积层厚度大，种类多；位于碎屑岩、变质岩、火山岩及燕山早期细粒花岗岩区的河流，因岩石风化壳厚度小，植被覆盖好，水土流失轻微，下游第四系沉积层厚度小，种类少。此外深圳湾海岸沿线曾进行过大面积的填海造陆活动，由此形成了大小不一、厚度不均的人工填土区。

深圳地区第四系地层按 C14 年龄划分为全新统、上更新统和下更新统三类。按沉积成因分为人工堆填、海积、海陆交互沉积、湖沼沉积、冲积+洪积、坡积和残积七类。

A.0.2 本表参考《水运工程岩土勘察规范》JTS 133、《港口工程地基规范》JTS 147。淤泥性土划分的三个亚类（淤泥、淤泥质土、流泥），未列入浮泥，因为研究浮泥对工程不起支撑作用。以上三个亚类土均有不同的特性：淤泥和淤泥质土具有结构强度，有附着力，流泥稍具结构强度，有附着力。

编制组对深圳市主要淤泥性土层的物理性质指标进行了统计，统计结果见表 7，可供参考。样本搜集了深圳地区中部、西部滨海地貌 19 项重大工程实验资料 689 件试样资料，主要项目有：西部通道工程、妈湾跨海通道工程、深圳国际会展中心（空港新城）、大铲湾码头、铜鼓航道工程、滨海大道工程、机场第二跑道工程填海及软基处理工程、西部沿江新城储备用地、地铁 11 号线（后海-机场段）、地铁 2 号线首期工程后海段、地铁 5 号线工程前海段、深圳第七高级中学、创业路、登良路软基处理工程、空港新城（展览大道）、海滨大道工程、科苑路软基处理、地铁前海软基处理、西部航道工程等。

表 7 深圳市主要淤泥性土物理性质指标统计值

统计指标 地层名称			天然含水率 w (%)	土的密度 ρ (g/cm ³)	孔隙比 e	液限 w_L (%)	塑限 w_p (%)	塑性指数 I_p	液性指数 I_L
海积 Q_4^m	淤泥	范围值	57.8~127.8	1.48~1.67	1.54~3.14	40.4~58.5	18~34	22.0~25.5	1.60~3.67
		平均值	91.0	1.58	2.32	49.5	25.5	23.2	2.64
海陆交互沉积 Q_4^{mc}	淤泥质黏性土	范围值	40.2~65.3	1.67~1.80	1.11~1.45	28.4~44.5	16~29	12.0~15.5	1.50~2.35
		平均值	50.7	1.73	1.28	36.4	22.5	13.7	1.86
湖沼沉积 Q_3^h	淤泥质黏性土	范围值	37.1~60.2	1.59~1.84	1.01~1.49	26.4~57.5		11.6~24.9	0.75~1.37
		平均值	46.2	1.74	1.21	44.1		19.3	1.09

此外，对于深圳市主要淤泥性土在不同含水率状态下部分力学指标的统计结果见表 8，可供参考但应用时需予验证。

表 8 深圳市主要淤泥性土不同含水率状态下部分力学指标统计值

地层名称		指标	指标				
			w (%)	α (MPa ⁻¹)	E_s (MPa)	c_q (kPa)	φ_q (°)
湖沼沉积 Q ₃ ^h	淤泥质黏性土	范围值	35.7-48.5	0.49-1.10	2.76-4.83	10.6-26.6	0.7-4.31
		平均值	44.23	0.76	3.36	18.19	4.31
海积、海陆交互沉积 Q ₄ ^m	淤泥质黏性土	范围值	48.8-54.7	0.92-1.37	2.17-2.76	9.7-17	2.2-10.6
		平均值	51.37	1.07	2.42	13.13	4.72
	淤泥	范围值	55.0-59.4	1.00-1.75	1.60-2.67	8.1-21	1.1-11.3
		平均值	57.36	1.31	2.14	13.10	3.56
		范围值	59.9-71.5	1.26-1.74	1.72-2.21	6.0-14.8	0.9-6.10
		平均值	65.41	1.47	2.01	9.89	2.64
		范围值	73-100	1.51-2.42	1.40-1.99	2.0-10.6	0.1-2.83
		平均值	81.43	1.97	1.70	6.52	1.50
范围值	>100	>2.42	<1.40	<2.0	<0.1		

A.0.3 深圳地区花岗岩广泛分布，包括燕山期花岗岩和加里东期混合花岗岩，以燕山期花岗岩最具代表性。花岗岩自上而下随埋深加大，风化程度也逐渐降低，且常因风化带厚度大而具风化差异的特征，对于具明显风化差异特征的强风化花岗岩，可按其标贯试验、超重型动探试验击数及岩芯表观特征划分为土状、砂砾状和碎块状。

根据深港西部通道口岸港方旅检区、货检区、口岸场地详勘资料，在燕山期中粗粒花岗岩强风化中带进行标贯试验 350 次，实测击数 88 至超过 200 击；赛格群星广场标贯试验资料同样显示燕山期中粗粒花岗岩强风化中带的标贯试验实测击数可达到 200 击，而到了块状强风化岩则标贯无法贯入。

根据深圳市赛格群星广场强风化分带原位测试资料，强风化上带（土状）、中带（砂砾状）、下带（块状）的超重型动力触探试验分别呈现出不同的击数特征，统计结果见表 9。

表 9 赛格群星广场强风化花岗岩超重型动力触探 (N_{120}) 统计表

划分依据 分带名称	超重型动力触探击数 (实测值) N_{120}			建议分带值	岩芯表观特征
	统计个数	范围值	平均值		
强风化上带	82	5~17	9.6	$5 < N_{120} \leq 12$	土状
强风化中带	62	10~44	19.4	$12 < N_{120} \leq 50$	砂砾状
强风化下带	6	46~101	77.5	$N_{120} > 50$	碎块状

强风化岩层分带不应机械地按厚度大小进行多个亚层划分，应根据其原位测试反映出来的实际状态结合岩芯表观特征综合评判，确定亚层划分。

附录 B 隧道围岩分级

B.0.1 隧道围岩分级的定性标准参考了现行行业标准《市政工程勘察规范》CJJ 56，定量指标参考了现行行业标准《公路隧道设计规范第一册土建工程》JTG3370.1。

B.0.2 围岩分级 BQ 指标由岩石饱和单轴抗压强度和岩体完整性指数计算得出，进一步考虑地下水、主要结构面产状和初始应力状态的影响进行修正，对于跨度等开挖扰动的影响一般不考虑。然而岩体的工程状态不能等同于岩体的原始状态，两者差异主要体现在：

- 1 跨度增大影响岩体内的应力变化，使岩体从强度破坏向失稳破坏转化；
- 2 跨度增大会使岩石内原有的缺陷得到恶化，出现裂纹的二次开裂或者裂隙的贯通。

跨度直接影响岩体单轴抗压强度和岩石完整性，进而影响 BQ 指标的准确性和可靠度。针对上述问题，建设综合勘察研究设计院有限公司与中国矿业大学合作进行了“隧道洞室跨度对围岩工程分级 BQ 指标的影响研究”的课题，提出了 K₄ 指标修正公式。

$$[BQ] = BQ - 100(K_1 + K_2 + K_3 + K_4) \quad (1)$$

得出以下的结论：

- 1) 通过不同高径比试件的岩石力学试验，得出了随着高径比增加，试件的抗压强度有逐渐减小趋势，一定程度上说明隧道的跨度对于围岩的稳定性具有一定影响；
- 2) 针对不同跨度影响下隧道的变形和破坏展开了 FLAC3D 和 DDA 模拟，确定了拱顶处位移和应力作为围岩等级状态的评价指标，得出了随着跨度增加围岩等级弱化规律。

基于实验和模拟结果，对围岩工程分级 BQ 指标进行了修正，提出了一个跨度修正系数 K₄，并给出了能够在工程中应用的 K₄ 取值，参照表 10 和简化计算公式。

表 10 隧道尺寸效应对 BQ 值影响系数 K₄ 的取值

跨度	围岩等级	I			II			III			IV			V		
	BQ 范围	>550	550	450	450	400	350	350	317	283	250	<250	200	150		
8								0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2		
10						0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3		
12				0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3		
15	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4		
20	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.5		
30	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9	0.8	0.7	0.7	0.9	0.8	0.8		

$$K_4 = \begin{cases} \frac{[BQ]}{100} - \frac{[BQ] + 2.44}{4370a} [BQ] \left(1 - \frac{[BQ] - 119}{826.92} \right) - \frac{[BQ] - 119}{82692} [BQ], & (x > a_*) \\ 0, & (x \leq a_*) \end{cases} \quad (2)$$

该成果目前已试验性运用于一些山岭隧道项目围岩分级。

附录 C 土、石工程分级

C.0.1 土、石的名称或特性参考现行行业标准《公路工程地质勘察规范》JTG C20，开挖方法及工具参考现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307。

附录 F 工程物探常用方法及其适用范围

F.0.1 工程物探工作开展前应收集和利用已有地质、水文地质、工程物探、勘察、设计等资料，通过试验选用有效的工程物探方法及数据采集参数，从已知到未知，从简单到复杂，当单一方法存在多解时，宜采用多种方法进行综合勘察。城市道路工程勘察可用工程物探解决以下八类问题：地层结构、风化层分带及基岩形态探测；断裂、破碎带及裂隙密集带探测；软弱地层、砂砾石层和孤石探测；水下地形、地层结构、障碍物、抛石、管线探测；地下水及含水体探测；桩位岩溶及桩基持力层完整性探测；岩溶、采空区、障碍物、管线及隐蔽工程探测；滑坡、岩溶塌陷探测。