

中华人民共和国工程建设地方标准



DBJ52/T099-2020

备案号:

贵州城市轨道交通岩土工程勘察规范

Code for Geotechnical Investigations of Urban

Rail Transit of Guizhou

2020-03-16 发布 **2020-05-01** 实施

贵州省住房和城乡建设厅发布

中华人民共和国工程建设地方标准

贵州城市轨道交通岩土工程勘察规范

Code for Geotechnical Investigations of Urban Rail Transit of
Guizhou

DBJ52/T099-2020

批准部门：贵州省住房和城乡建设厅

施行日期：2020年05月01日

2020 贵 阳

前 言

本规范根据贵州省住房和城乡建设厅《关于下达贵州省工程建设地方标准〈贵州城市轨道交通岩土工程勘察规范〉编制任务的通知》（黔建科字[2018]205号），由贵阳市城市轨道交通集团有限公司、中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限责任公司、中铁二院工程集团有限责任公司主编，6个勘察设计及1所高校参编，计10个单位分章节编写，参考了国内有关规程、规范，广泛征求了省内外有关单位及专家意见，经多次讨论审查，编制而成。

本规范针对贵州常见的岩土类型和典型地质问题，结合贵州城市轨道交通工程特点编写，共16章8个附录，正文主要内容包括：总则，术语和符号，基本规定，岩土分类、岩溶发育程度及围岩分级，可行性研究勘察，初步勘察，详细勘察，施工勘察，工程地质调查与测绘，勘探与测试，不良地质作用，特殊性岩土，地下水，岩土工程分析评价与成果报告，现场检验与检测，勘察风险管控。附录包括：附录A 岩溶发育程度分级，附录B 贵阳轨道交通工程岩土分层代码，附录C 轨道交通工程勘探点编号规则，附录D 碳酸盐岩溶蚀风化带划分，附录E 围岩分级，附录F 碳酸盐岩石（体）及结构面物理力学性质指标值，附录G 基坑涌水量预测，附录H 隧道涌水量预测。

本规范是对现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307的延伸与补充，力求反映贵州城市轨道交通工程岩溶场地的勘察特点，将岩溶勘察手段选择和勘察内容确定融入各阶段勘察过程中，常规性岩土工程勘察部分仅提出基本要求和要点，为避免与国标过多的重复，本规范未罗列部分，在实际工作中应遵照现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307执行。

希望各单位在使用本规范的过程中，结合工程实际，加强经

验总结和资料积累，以便为今后的规范修订提供技术依据。

本规范由贵州省住房和城乡建设厅归口管理，由主编单位负责具体技术内容的解释。

主 编 单 位：贵阳市城市轨道交通集团有限公司
中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司
中铁二院工程集团有限责任公司

参 编 单 位：（排序不分先后）
上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司
贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司
贵阳建筑勘察设计有限公司
贵州正业工程技术投资有限公司
贵州地质工程勘察设计研究院
中国电建集团贵州电力设计研究院有限公司
贵州大学

主要起草人：（排序不分先后）
陈发达 王 祥 郭维祥 王天良 蒋益平
唐 军 杨振杰 宋小庆 康长平 黄质宏
董 鹏 刘远明 李 辉 吴海宝 马振兴
余 波 王平易 李建强 田茂中 沈志平
刘建浩 朱 军 田 硕 项培林 程 宇
何文勇 耿 培 陈再谦 朱代强 秦 洁
殷家禾 黄 松 陈 俊 冉 军 胡 政
彭 放 朱小辉 王伦月 何 云 刘祥刚
刘金洋 曹振东 赵 健 刘 永 陈洪胜
吴 斌 侯越译 张羽军 张广泽 谭玉强
李法滨

主要审查专家：（排序不分先后）
许再良 杨智国 罗湘赣 常大美 辛 伟
曹卫峰 王 伟 陈晓丹 康成磊 时南翔

莫安儒

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	3
3	基 本 规 定	6
4	岩土分类、岩溶发育程度及围岩分级	10
4.1	岩石分类	10
4.2	土的分类	11
4.3	岩溶发育程度分级	13
4.4	围岩分级与岩土施工工程分级	14
5	可行性研究勘察	19
5.1	一般规定	19
5.2	目的与任务	19
5.3	勘察要求	20
6	初步勘察	22
6.1	一般规定	22
6.2	目的与任务	22
6.3	地下工程	23
6.4	高架工程	26
6.5	路基、车辆综合基地场平、涵洞工程	27
6.6	地面房屋建筑及构筑物工程	28
6.7	电缆通道	29
7	详细勘察	30
7.1	一般规定	30
7.2	目的与任务	30
7.3	地下工程	32
7.4	高架工程	37
7.5	路基、车辆综合基地场平、涵洞工程	39
7.6	地面房屋建筑及构筑物工程	42
7.7	电缆通道	45
8	施工勘察	47
9	工程地质调查与测绘	50

9.1	一般规定	50
9.2	工作方法	50
9.3	工作范围	51
9.4	工作内容	51
9.5	工作成果	52
10	勘探与测试	54
10.1	一般规定	54
10.2	地球物理勘探	55
10.3	钻探	60
10.4	坑探	63
10.5	原位测试	63
10.6	岩土取样	65
10.7	室内试验	66
11	不良地质作用	69
11.1	一般规定	69
11.2	岩溶	69
11.3	地面塌陷	72
11.4	滑坡	73
11.5	危岩、崩塌（落石）	76
11.6	泥石流	78
11.7	采空区	80
11.8	有害气体	83
12	特殊性岩土	85
12.1	一般规定	85
12.2	填土	85
12.3	红黏土	87
12.4	膨胀岩土	92
12.5	软土	95
12.6	强风化岩、全风化岩和残积土	98
13	地下水	100
13.1	一般规定	100
13.2	水文地质勘察要求	101
13.3	水文地质参数测定	104
13.4	地下水长期观测与监测	105
13.5	地下水作用	107

13.6	地下水控制.....	111
14	岩土工程分析评价与成果报告.....	112
14.1	一般规定.....	112
14.2	岩土参数的分析与选定.....	113
14.3	成果分析与评价.....	114
14.4	勘察报告资料整理.....	118
14.5	勘察报告的内容.....	120
15	现场检验与检测.....	122
16	勘察风险管控.....	125
16.1	一般规定.....	125
16.2	勘察外业风险.....	125
16.3	地质条件可能造成的工程风险.....	127
附录 A	岩溶发育程度分级.....	129
附录 B	贵阳轨道交通工程岩土分层代码.....	133
附录 C	轨道交通工程勘探点编号规则.....	139
附录 D	碳酸盐岩溶蚀风化带划分.....	141
附录 E	围岩分级.....	143
附录 F	碳酸盐岩石（体）及结构面物理力学性质指标值.....	149
附录 G	基坑涌水量预测.....	155
附录 H	隧道涌水量预测.....	158
	本规程用词说明.....	160
	引用标准名录.....	161
	附：条文说明.....	163

Contents

1	General provisions.....	1
2	Terms and symbols.....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	3
3	Basic requirements.....	6
4	Classification of rock & soil , Grading of karst development degree and surrounding rock.....	10
4.1	Classification of rock.....	10
4.2	Classification of soil.....	11
4.3	Grading of karst development degree.....	13
4.4	Grading of surrounding rock and geotechnical construction engineering.....	14
5	Feasibility study investigation.....	19
5.1	General requirement.....	19
5.2	Purpose and task.....	19
5.3	Requirement of investigation.....	20
6	Preliminary investigation.....	22
6.1	General requirement.....	22
6.2	Purpose and task.....	22
6.3	Underground engineering.....	23
6.4	Viaduct project.....	26
6.5	Subgrade, vehicle integrated base field-leveling and culvert engineering.....	27
6.6	Engineering of building construction and structure foundation on ground.....	28
6.7	Engineering of cable channel.....	29
7	Detailed investigation.....	30
7.1	General requirement.....	30
7.2	Purpose and task.....	30
7.3	Underground engineering.....	32
7.4	Viaduct project.....	37
7.5	Subgrade, vehicle integrated base field-leveling and culvert engineering.....	39
7.6	Engineering of building construction and structure foundation on ground.....	42

7.7	Engineering of cable channel.....	45
8	Construction investigation.....	47
9	Engineering geological investigation and mapping.....	50
9.1	General requirement.....	50
9.2	Working methods.....	50
9.3	Working range.....	51
9.4	Working contents.....	51
9.5	Working achievement.....	52
10	Exploration and in-situ tests.....	54
10.1	General requirement.....	54
10.2	Geophysical exploration.....	55
10.3	Drilling.....	60
10.4	Pitting.....	63
10.5	In-situ tests.....	63
10.6	Sampling of rock and soil.....	65
10.7	Laboratory test.....	66
11	Adverse geological actions.....	69
11.1	General requirement.....	69
11.2	Karst.....	69
11.3	Land collapse.....	72
11.4	Landslide.....	73
11.5	Dangerous rock & toppling (rockfall).....	76
11.6	Debris flow.....	78
11.7	Mined-out area.....	80
11.8	Harmful gas.....	83
12	Special rock & soil.....	85
12.1	General requirement.....	85
12.2	Fill.....	85
12.3	Red clay.....	87
12.4	Expansive rock & soil.....	92
12.5	Soft soil.....	95
12.6	Highly weathered and fully weathered & residual soil.....	98
13	Underground water.....	100
13.1	General requirement.....	100
13.2	Requirement of hydro-geological investigation.....	101
13.3	Measurement of hydro-geological parameters.....	104

13.4	Long-term observation and monitoring of underground water....	105
13.5	Action of underground water.....	107
13.6	Control of underground water.....	111
14	Geotechnical analysis and evaluation & achievement report...	112
14.1	General requirement.....	112
14.2	Analysis and selection of geotechnical parameters.....	113
14.3	Achievement analysis and assessment.....	114
14.4	Processing of data for investigation report.....	118
14.5	Contents of investigation report.....	120
15	In-situ inspection and checking.....	122
16	Investigation risk control.....	125
16.1	General requirement.....	125
16.2	Survey field risks.....	125
16.3	Possible engineering risks caused by geological conditions.....	127
Appendix A	Grading of of karst development degree.....	129
Appendix B	Geotechnical stratification code table for Guiyang urban rail transit project.....	133
Appendix C	Numbering rule of exploration sites for urban rail transit project.....	139
Appendix D	Rock weathering zone identification of carbonate rock	141
Appendix E	Grading of surrounding rock.....	143
Appendix F	Physical and mechanical properties of carbonate rocks (rockmass) and structural planes.....	149
Appendix G	Prediction of water inflow in foundation pit.....	155
Appendix H	Prediction of tunnel water inflow.....	158
	Explanation of wording in this code.....	160
	List of quoted standards.....	161
	Addition:Explanation of provisions.....	163

1 总 则

1.0.1 为规范贵州城市轨道交通岩土工程勘察的技术要求，做到安全适用、保护环境、技术先进、经济合理、确保质量、控制风险，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于贵州城市轨道交通工程的岩土工程勘察。

1.0.3 城市轨道交通岩土工程勘察应广泛搜集已有的勘察、设计、施工与工程周边环境资料，科学制订勘察方案，精心组织实施，提供资料完整、数据可靠、评价正确、建议合理的勘察报告。

1.0.4 贵州城市轨道交通岩土工程勘察除应执行本规范外，尚应符合国家、行业和地方现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 城市轨道交通 urban rail transit

在不同型式轨道上运行的大、中运量城市公共交通工具，是当代城市中地铁、轻轨、单轨、自动导向、磁浮、市域快速轨道交通等轨道交通的统称。

2.1.2 岩溶 karst

可溶岩被水长期溶蚀、侵蚀而形成的各种地质现象和地貌形态的总称。

2.1.3 溶洞 karst cave

地下水溶解侵蚀可溶岩所形成的洞穴。

2.1.4 土洞 soil cave

发育在可溶岩上覆土层中的空洞。

2.1.5 结构面 structural plane

岩体中分割固相组分的地质界面的总称，包括层理、片理、裂隙、断层等不连续的开裂面。

2.1.6 围岩 surrounding rock

由于开挖，地下洞室周围初始应力状态发生了变化的岩土体。

2.1.7 工程周边环境 environment around engineering

指城市轨道交通工程施工影响范围内的建（构）筑物、地下管线、城市道路、城市桥梁、高架线缆、既有城市轨道交通、铁路和高速公路、地表水体等环境对象。

2.1.8 抗浮设防水位 groundwater level for prevention of up-floating

为满足地下结构抗浮设防安全及抗浮设计技术经济合理的

需要,根据场地水文地质条件、地下水长期观测资料和地区经验,预测地下结构在施工期间和使用年限内可能遇到的地下水最高水位,用于设计按静水压力计算作用于地下结构基底的最大浮力。

2.1.9 不良地质作用 adverse geologic actions

由地球的内、外营力造成的对人类活动、工程建设或环境具有危害性的地质作用。

2.1.10 岩溶塌陷 karst collapse

岩溶地区由于岩体中洞穴顶板塌落,或上覆土层中的土洞顶板下沉或塌落现象的通称。

2.1.11 岩溶涌水 karst water inflow

岩溶含水层中的地下水流被人工揭露或受自然因素影响而涌出的现象。

2.1.12 最大涌水量 maximum water inflow

隧道或其他工程某段在含水体中掘进时的峰值涌水量。

2.1.13 正常涌水量 normal water inflow

隧道或其他工程的涌水达到相对稳定时的涌水量。

2.1.14 基床系数 coefficient of subgrade reaction

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

2.1.15 热物理指标 thermophysical index

反映岩土体导热、导温、储热等能力的指标,包括导热系数、导温系数和比热容等。

2.2 符 号

2.2.1 岩土物理性质和颗粒组成

e ——孔隙比;

I_L ——液性指数；
 I_P ——塑性指数；
 k ——渗透系数；
 ω ——天然含水量；
 ω_L ——液限；
 ω_P ——塑限；
 W_u ——有机质含量；
 μ ——泊松比；
 ρ ——密度；

2.2.2 岩土变形参数

$a_{1.2}$ ——压缩系数；
 $ES_{1.2}$ ——压缩模量；
 E ——弹性模量；
 E_C ——回弹模量；
 E_d ——动弹性模量；
 E_0 ——变形模量；
 E_m ——旁压模量；
 G_d ——动剪切模量；
 v_p ——压缩波波速；
 v_s ——剪切波波速；
 K_0 ——静止侧压力系数。
 K ——基床系数。

2.2.3 岩土强度参数

c ——黏聚力；
 φ ——内摩擦角；
 f_{ak} ——地基承载力特征值；
 R_c ——岩石饱和单轴抗压强度；
 q_{pk} ——极限端阻力标准值；
 q_{sik} ——极限侧阻力标准值；

c_u ——原状土的十字板剪切强度；
 c_u' ——重塑土的十字板剪切强度；
 S_r ——土的灵敏度；
 P_c ——先期固结压力；
 q_u ——无侧限抗压强度。

2.2.4 原位测试指标

N ——标准贯入试验锤击数；
 $N_{63.5}$ ——重型圆锥动力触探锤击数；
 N_{120} ——超重型圆锥动力触探锤击数；
 f_s ——静力触探侧壁摩阻力；
 P_s ——静力触探比贯入阻力；
 q_c ——静力触探锥尖阻力。

2.2.5 水文地质参数

A ——基坑突涌系数；
 F ——集水面积；
 Q ——涌水量；
 V ——地下水流速；
 β_c ——外水压力折减系数。

2.2.6 热物理指标

α ——导温系数；
 λ ——导热系数；
 C ——比热容。

2.2.7 其它指标

K_v ——岩体完整性指数；
 ρ ——电阻率；
 σ ——导电率。

3 基本规定

3.0.1 城市轨道交通工程应按基本建设程序分阶段进行岩土工程勘察。

3.0.2 城市轨道交通岩土工程勘察应分为可行性研究勘察、初步勘察和详细勘察。施工阶段可根据需要开展施工勘察工作。

3.0.3 城市轨道交通工程线路或场地附近存在对工程设计方案和施工有重大影响的岩土工程问题时应进行专项勘察。

3.0.4 城市轨道交通岩土工程勘察应在充分搜集当地已有勘察设计资料、工程周边环境资料和建设经验的基础上，结合不同的线路敷设方式以及各类工程的建筑类型、结构形式、施工工法等工程条件，制订勘察大纲。采用综合勘察方法，布置合理的勘察工作量，查明工程地质条件、水文地质条件，进行岩土工程评价，提供设计、施工所需的岩土参数，提出岩土治理、环境保护以及工程监测建议。

3.0.5 轨道交通工程岩土工程勘察等级可根据工程重要性、场地复杂程度和工程周边环境风险进行划分，并应符合下列规定：

1 在工程重要性等级、场地复杂程度等级和工程周边环境风险等级中，有一项或多项为一级的勘察项目，其岩土工程勘察等级为甲级。

2 工程重要性等级、场地复杂程度等级均为三级且工程周边环境风险等级为四级的勘察项目，其岩土工程勘察等级为丙级。

3 除勘察等级为甲级和丙级以外的勘察项目，其岩土工程勘察等级为乙级。

3.0.6 工程重要性等级可根据工程的规模、建筑类型和特点以及因岩土工程问题造成工程破坏或影响正常使用的后果，按照表 3.0.6 的规定进行划分：

表 3.0.6 工程重要性等级

工程重要性等级	工程破坏的后果	工程规模及建筑类型
一级	很严重	车站主体、地下区间、高架区间、大中桥梁、地下停车场、控制中心、主变电站、各类通道
二级	严重	路基、涵洞、小桥、车辆段及综合基地内的各类房屋建筑、出入口、风井、风道、施工竖井、盾构始发井、盾构接收井、水泵房
三级	不严重	次要建筑物、地面停车场

3.0.7 场地复杂程度等级可根据地形地貌、工程地质条件、水文地质条件、岩溶发育程度按照下列规定进行划分，从一级开始，向二级、三级推定，以最先满足的为准。其中，岩溶作为不良地质作用，相应场地岩溶发育程度分级应符合本规范附录 A 的规定。

1 符合下列条件之一者为一级场地（或复杂场地）：

- 1) 地形地貌复杂。
- 2) 建筑抗震危险和不利地段。
- 3) 不良地质作用强烈发育。
- 4) 特殊性岩土需要专门处理。
- 5) 地基、围岩或边坡的岩土性质较差。
- 6) 地下水对工程的影响较大需要进行专门研究和治理。

2 符合下列条件之一者为二级场地（或中等复杂场地）：

- 1) 地形地貌较复杂。
- 2) 建筑抗震一般地段。
- 3) 不良地质作用一般发育。
- 4) 特殊性岩土不需要专门处理。
- 5) 地基、围岩或边坡的岩土性质一般。
- 6) 地下水对工程的影响较小。

3 符合下列条件者为三级场地（或简单场地）：

- 1) 地形地貌简单。
- 2) 抗震设防烈度 6 度区或建筑抗震有利地段。
- 3) 不良地质作用不发育。
- 4) 地基、围岩或边坡的岩土性质较好。
- 5) 地下水对工程无影响。

3.0.8 工程周边环境风险等级宜根据周边环境发生变形或破坏的可能性和后果的严重程度，或根据周边环境的类型、重要性、与工程的空间位置关系和对工程的危害性按表 3.0.8 划分。其工程影响区划分可按现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911-2013 的规定进行。

表 3.0.8 工程周边环境风险等级

周边环境风险等级	等级划分标准	破坏后果
一级	主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	工程周边环境与工程相互影响很大，破坏后果很严重
二级	主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 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 隧道工程上穿既有轨道交通设施	工程周边环境与工程相互影响大，破坏后果严重
三级	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 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	工程周边环境与工程相互影响较大，破坏后果较严重
四级	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	工程周边环境与工程相互影响小，破坏后果轻微

3.0.9 城市轨道交通岩土工程勘察大纲的编制应符合下列要求：

1 勘察大纲编制前，应搜集有关的地质、气象和水文等资料，并应搜集勘察作业场地内的各类地下管线等资料。

2 勘察大纲应分阶段编制，具体根据各勘察阶段目的、任务及要求编写。

3 勘察大纲编制时，应结合各工点采取的施工工法，并根据工程地质、水文地质特点等进行勘探工作量的布置。

4 勘察大纲编制内容宜包括工程概况、地质勘察执行的技术标准、自然地理和工程地质概况、勘察内容、勘察方法和精度、勘探点布置原则及主要工作量、勘察组织机构、人员组成、设备配置、进度计划、质量、安全及文明施工保证措施、成果资料类型及数量、附图、附件及附表等。

3.0.10 城市轨道交通岩土工程勘察工作开展前，应制定本区域范围内统一的岩土分层代码和勘探点编号规则。

3.0.11 岩土分层代码的制定应符合下列规定：

1 每个城市均应统一划分岩土层，赋予统一的岩土分层代码。

2 首先根据时代成因划分出大类，再进一步细分至每一主要岩土层。时代成因大类应按从新到老或从上而下的顺序划分。

3 不同的土层，可根据实际情况按颗粒大小、密实程度或塑性指数、物理力学性质细分亚层；不同岩性的基岩层，可根据风化程度细分亚层。

4 岩土分层代码可借鉴贵阳市轨道交通工程建设经验，参照本规范附录 B 进行制定。

3.0.12 勘探点编号规则应符合下列规定：

1 每个城市均宜统一勘探点编号规则。

2 勘探点编号规则可借鉴贵阳市轨道交通工程建设经验，参照本规范附录 C 进行制定。

4 岩土分类、岩溶发育程度及围岩分级

4.1 岩石分类

4.1.1 岩石坚硬程度应按表 4.1.1 的规定进行分类。定性划分可按现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB50307 的规定进行。

表 4.1.1 岩石坚硬程度分类

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

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

4.1.2 岩体完整程度可根据完整性指数按表 4.1.2 的规定进行分类。

表 4.1.2 岩体完整程度分类

完整程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
完整性指数	$K_v > 0.75$	$0.55 < K_v \leq 0.75$	$0.35 < K_v \leq 0.55$	$0.15 < K_v \leq 0.35$	$K_v \leq 0.15$

注：完整性指数为岩体压缩波速度与岩块压缩波速度之比的平方，选定岩体和岩块波速时，应注意其代表性。

4.1.3 岩体基本质量等级分类应符合表 4.1.3 的规定。

表 4.1.3 岩体基本质量等级分类

完整程度 \ 坚硬程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎
坚硬岩	I	II	III	IV	V
较硬岩	II	III	IV	IV	V
软岩	III	IV	IV	V	V
软岩	IV	IV	V	V	V
极软岩	V	V	V	V	V

4.1.4 非可溶岩类岩石的风化程度分类应符合现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 的规定。碳酸盐岩溶蚀风化带划分宜符合本规范表 D.0.1 的规定。

4.1.5 当软化系数小于或等于 0.75 时，应定为软化岩石。当岩石具有特殊成分、结构或性质时，应定为特殊性岩石。

4.2 土的分类

4.2.1 晚更新世 Q_3 及其以前沉积的土，应定为老沉积土；第四纪全新世早期沉积的土，应定为一般沉积土；第四纪全新世中晚期沉积的土，应定为新近沉积土。

4.2.2 土根据有机质含量 (W_a) 可按表 4.2.2 的规定进行分类。

表 4.2.2 土按有机质含量 (W_a) 分类

土的名称	有机质含量 (%)	土的名称	有机质含量 (%)
无机土	$W_a < 5$	泥炭质土	$10 < W_a \leq 60$
有机质土	$5 \leq W_a \leq 10$	泥炭	$W_a > 60$

注：有机质含量 W_a 为 550℃ 时的灼失量。

4.2.3 土按颗粒级配或塑性指数可分为碎石土、砂土、粉土和黏性土。

4.2.4 粒径大于 2mm 颗粒的质量超过总质量 50% 的土，应定名

为碎石土，并按表 4.2.4 的规定进一步分类。

表 4.2.4 碎石土的分类

土的名称	颗粒形状	颗粒含量
漂石	浑圆或圆棱状为主	粒径大于 200mm 颗粒的质量超过总质量的 50%
块石	尖棱状为主	
卵石	浑圆或圆棱状为主	粒径大于 60mm 颗粒的质量超过总质量的 50%
碎石	尖棱状为主	
粗圆砾	浑圆或圆棱状为主	粒径大于 20mm 颗粒的质量超过总质量的 50%
粗角砾	尖棱状为主	
细圆砾	浑圆或圆棱状为主	粒径大于 2mm 颗粒的质量超过总质量的 50%
细角砾	尖棱状为主	

注：分类时应根据粒组含量由大到小，以最先符合者确定。

4.2.5 粒径大于 2mm 颗粒的质量不超过总质量 50%、粒径大于 0.075mm 颗粒的质量超过总质量 50% 的土，应定名为砂土，并按表 4.2.5 的规定进一步分类。

表 4.2.5 砂土的分类

土的名称	颗粒含量
砾砂	粒径大于 2mm 颗粒的质量占总质量大于 25%，且小于 50%
粗砂	粒径大于 0.5mm 颗粒的质量超过总质量的 50%
中砂	粒径大于 0.25mm 颗粒的质量超过总质量的 50%
细砂	粒径大于 0.075mm 颗粒的质量超过总质量的 85%
粉砂	粒径大于 0.075mm 颗粒的质量超过总质量的 50%

注：分类时应根据粒组含量由大到小，以最先符合者确定。

4.2.6 粒径大于 0.075mm 颗粒的质量不超过总质量 50%，且塑性指数 I_p 小于或等于 10 的土，应定名为粉土。并按表 4.2.6 的规定进一步分类。

表 4.2.6 粉土的分类

土的名称	塑性指数 I_p
砂质粉土	$3 < I_p \leq 7$
黏质粉土	$7 < I_p \leq 10$

注：塑性指数由相应于 76g 圆锥体沉入土样中深度为 10mm 时测定的液限计算而得。当有地区经验时，可结合地区经验综合考虑。

4.2.7 塑性指数 I_p 大于 10 的土应定名为黏性土，并按表 4.2.7 的规定进一步分类。

表 4.2.7 黏性土分类

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

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

4.2.8 特殊性岩土主要包括填土、红黏土、膨胀岩土、软土、强风化岩、全风化岩和残积土等。

4.3 岩溶发育程度分级

4.3.1 场地岩溶发育程度可根据碳酸盐岩层组类型、岩溶发育特征、岩溶水特征等进行定性或定量分级，并划分为岩溶强发育、岩溶中等发育、岩溶弱发育三个等级。定性分级应符合本规范表 A.0.1 的规定，定量分级应符合本规范表 A.0.3 的规定。

4.3.2 场地岩溶发育程度分级应按勘察阶段进行。可行性研究勘察阶段宜进行场地岩溶发育程度的定性分级。初步勘察阶段应进行工点或区间的岩溶发育程度定性分级，资料充分的站址或建筑物场地可进行定量分级。详细勘察阶段，路基、隧道、高架等线（带）状工程以定性分级为主，勘探资料充分的工点，可分区段或分墩台进行定量分级，车站及集中建（构）筑物场地应进行定

量分级。

4.4 围岩分级与岩土施工工程分级

4.4.1 围岩分级宜采用定性分级与定量分级相结合的方法，综合分析确定围岩级别。

4.4.2 围岩分级应根据隧道围岩工程地质条件、开挖后的稳定状态、岩溶形态组合类型、弹性压缩波波速、围岩基本质量指标(BQ或【BQ】值)按本规范附录表 E.0.1 划分为 I 级、II 级、III 级、IV 级、V 级、VI 级，其中 III、IV、V 级围岩宜进行亚级划分。

4.4.3 当围岩为可溶岩类时，应考虑岩溶发育程度及岩溶形态组合类型对围岩类别的影响。岩溶形态组合类型划分宜符合本规范表 E.0.3 的规定。

4.4.4 围岩定量分级宜采用围岩基本质量指标 BQ 值进行。BQ 值应根据岩石坚硬程度、岩体完整程度分级因素的定量指标 R_c 的兆帕数值和 K_v 计算确定，具体按公式 $BQ=100+3R_c+250K_v$ 计算。

其中，BQ 值计算时，应符合下列规定：

1 当 $R_c > 90K_v + 30$ 时，应以 $R_c = 90K_v + 30$ 和 K_v 代入计算 BQ 值。

2 当 $K_v > 0.04R_c + 0.4$ 时，应以 $K_v = 0.04R_c + 0.4$ 和 R_c 代入计算 BQ 值。

4.4.5 当遇下列情况之一时，应对围岩基本质量指标 BQ 值进行修正，并以修正后获得的围岩基本质量指标值【BQ】值依据本规范附录表 E.0.1 确定围岩级别。

1 有地下水；

2 围岩稳定性受结构面影响，且有一组起控制作用。

4.4.6 围岩基本质量指标修正值【BQ】，可按公式【BQ】=BQ-100(K_1+K_2) 计算， K_1 为地下水影响修正系数； K_2 为主要软弱结构面产状影响修正系数。地下水影响修正系数 K_1 可分别按表 4.4.6-1

取值，主要软弱结构面产状影响系数 K_2 可按表 4.4.6-2 取值。

表 4.4.6-1 地下水影响修正系数 K_1

地下水出水状态	围岩基本质量指标 BQ 值				
	>550	550~451	450~351	350~251	≤250
潮湿或点滴状出水， $P \leq 0.1$ 或 $Q \leq 25$	0	0	0~0.1	0.2~0.3	0.4~0.6
淋雨状或线流状出水， $0.1 < P \leq 0.5$ 或 $25 < Q \leq 125$	0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.4~0.6	0.7~0.9
涌流状出水， $P > 0.5$ 或 $Q > 125$	0.1~0.2	0.2~0.3	0.4~0.6	0.7~0.9	1.0

注：1 P 为围岩裂隙水压 (MPa)；

2 Q 为每 10m 洞长涌水量 [L/(min.10m)]。

表 4.4.6-2 主要软弱结构面产状影响系数 K_2

结构面产状及其与洞轴线的组合关系	结构面走向与洞轴线夹角 $< 30^\circ$ ，结构面倾角 $30^\circ \sim 75^\circ$	结构面走向与洞轴线夹角 $> 60^\circ$ ，结构面倾角 $> 75^\circ$	其它组合
K_2	0.4~0.6	0~0.2	0.2~0.4

4.4.7 岩溶地区地下工程围岩性状在详细勘察或施工勘察阶段宜根据需要分顶拱、边墙、底板进行地质描述与围岩质量评价。

4.4.8 施工阶段应复核前期勘察阶段划分的围岩级别，并符合下列要求：

1 施工勘察阶段和前期勘察阶段围岩分级应采用相同的围岩分级指标体系。

2 围岩地质条件复杂时，应加强围岩级别的复核。

4.4.9 地下工程通过溶洞时，应根据溶洞规模、形态、填充情况和充填物性状，以及其出露位置与洞室关系、岩层结构、强度等，分析溶洞对洞室稳定性的影响。

4.4.10 当地下工程跨越溶洞堆积物时，应研究堆积物的组成物质、性状和强度等，分析评价其对地基稳定的不利影响。

4.4.11 岩土施工工程分级可根据岩土名称及特征、岩石饱和单轴抗压强度、钻探难度按表 4.4.11 分为松土、普通土、硬土、软质岩、次坚石和坚石。

表 4.4.11 岩土施工工程分级

等级	分类	岩石名称及特征	钻 1m 所需时间			岩石饱和单轴抗压强度 (MPa)	开挖方法
			液压凿岩台车、潜孔钻机 (净钻分钟)	手持风枪湿式凿岩合金钻头 (净钻分钟)	双人打眼 (工天)		
I	松土	砂类土、冲填土、耕植土、未经压实的填土	—	—	—	—	用铁锹挖，脚蹬一下到底的松散土层，机械能全部直接铲挖，普通装载机可满载
II	普通土	坚硬至软塑的粉质黏土、硬塑至软塑的黏土、流塑的软黏土，粉土，稍密、中密细角砾土、细圆砾土，松散粗角砾土、碎石土、粗圆砾土、卵石土，混合土、硬塑至软塑红黏土、软	—	—	—	—	部分用镐刨松，再用锹挖，脚蹬连蹬数次才能挖动。挖掘機、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

等级	分类	岩石名称及特征	钻 1m 所需时间			岩石饱和单轴抗压强度 (MPa)	开挖方法
			液压凿岩台车、潜孔钻机 (净钻分钟)	手持风枪湿式凿岩合金钻头 (净钻分钟)	双人打眼 (工天)		
		土 (淤泥质土、泥炭质土、泥炭)、素填土、压实填土					
III	硬土	坚硬的黏性土, 稍密、中密粗角砾土、碎石土、粗圆砾土、碎石土, 密实的细圆砾土、细角砾土、坚硬红黏土、杂填土、各种风化成土状的岩石	—	—	—	—	必须用镐先全部才能用锹挖。挖掘机、带齿尖口装载机不能满载、大部分采用松土器松动方能铲挖装载
IV	软质岩	块石土、漂石土, 含块石、漂石 30%~50% 的土及密实的碎石土、粗角砾土、卵石土、粗圆砾土; 各类较软岩、软岩及成岩作用差的岩石: 泥岩、泥页岩、泥灰岩、泥质白云岩、砂质泥岩、泥质砂岩、泥质粉砂岩、泥质砾岩等	—	<7	<0.2	<30	部分用撬棍及大锤开挖或挖掘机、单钩裂土器松动, 部分需借助液压冲击镐解碎或部分采用爆破方法开挖

等级	分类	岩石名称及特征	钻 1m 所需时间			岩石饱和单轴抗压强度 (MPa)	开挖方法
			液压凿岩台车、潜孔钻机 (净钻分钟)	手持风枪湿式凿岩合金钻头 (净钻分钟)	双人打眼 (工天)		
V	次坚石	各种较硬岩：熔结凝灰岩、板岩、白云岩、石灰岩、玄武岩、钙质砂岩、砂岩、砾岩等	≤10	7~20	0.2~0.1	30~60	能用液压冲击镐解碎，大部分需用爆破法开挖
VI	坚石	各种坚硬岩：石灰岩、含硅质灰岩、石英砂岩、硅质岩、玄武岩、硅质胶结的砾岩等	>10	>20	>1.0	>60	可用液压冲击镐解碎，需用爆破法开挖

注：表中所列岩石均按完整结构岩体考虑，若岩体极破碎、节理很发育或强风化时，其等级应按表对应的等级降低一个等级。

5 可行性研究勘察

5.1 一般规定

5.1.1 可行性研究勘察应针对城市轨道交通工程线路方案开展工程地质勘察工作，研究线路场地的地质条件，为线路方案比选提供地质依据。

5.1.2 可行性研究勘察应重点研究影响线路方案的岩溶水文地质条件、不良地质作用、特殊性岩土及控制性工程的关键地质问题。

5.1.3 可行性研究勘察应在搜集已有地质资料和工程地质调查与测绘的基础上，开展必要的勘探与取样、原位测试、室内试验等工作。

5.2 目的与任务

5.2.1 可行性研究勘察应调查城市轨道交通工程线路场地的岩土工程条件、周边环境条件，研究控制线路方案的主要工程地质问题和重要工程周边环境，为线位、站位、线路敷设形式、施工方法等方案的设计与比选、技术经济论证、工程周边环境保护及编制可行性研究报告提供地质资料。

5.2.2 可行性研究勘察应符合下列要求：

1 搜集区域地质、地形、地貌、水文、气象、地震、矿产等资料，以及沿线的工程地质条件、水文地质条件、工程周边环境条件和相关工程建设经验。

2 调查线路沿线的地层分布、地质构造、岩溶发育特征，重点调查沿线岩性组合及单层厚度，可溶岩与非可溶岩的分布及接触关系，地表岩溶形态及分布等；划分工程地质单元，进行工程地质分区，评价场地稳定性和适宜性。

3 调查线路沿线的水文地质条件，对控制线路方案的重要

地表水体、河流、暗河、大型岩溶管道、岩溶地下水集中排泄区等，了解其规模及补径排条件，分析其对线位、站位方案比选的影响。

4 对控制线路方案的工程周边环境，分析其与线路的相互影响，提出规避、保护的初步建议。

5 对控制线路方案的不良地质作用、特殊性岩土，了解其类型、成因、范围及发展趋势，分析其对线路的危害，提出规避、防治的初步建议。

6 研究场地的地形、地貌、工程地质、水文地质、工程周边环境等条件，分析路基、高架、地下等工程方案及施工方法的可行性，提出线路比选方案的建议。

5.3 勘察要求

5.3.1 可行性研究勘察的资料搜集应包括下列内容：

1 工程所在地的气象、水文、防洪标准以及与工程相关的水利、防洪设施等资料。

2 区域地质、构造、地震及液化等资料。

3 沿线地形、地貌、地层岩性、地下水、特殊性岩土、不良地质作用和地质灾害等资料。

4 沿线河、湖、沟、坑的历史变迁及工程活动引起的地质条件变化等资料。

5 影响线路方案的重要建（构）筑物、桥涵、隧道、既有轨道交通设施等工程周边环境的设计与施工资料，及可能影响工程实施的其他环境条件。

6 工程沿线岩溶塌陷发生情况，岩溶塌陷及土洞治理经验等。

5.3.2 可行性研究勘察的勘探工作应符合下列规定：

1 勘探点间距不宜大于 1000m，每个车站应有勘探点。

2 勘探点数量应满足工程地质分区的要求；每个工程地质单元或地貌单元均宜有勘探点，在地质条件复杂地段宜加密勘探点。

3 应充分收集工程沿线已有建（构）筑物的勘察资料。利用已有勘探点时，其距离拟建线路轴线不宜大于 50m。

4 当有两条或两条以上比选线路时，各比选线路均应布置勘探点。

5 控制线路方案的河、湖等地表水体及不良地质作用和特殊性岩土地段应布置勘探点。

6 勘探孔深度应满足场地稳定性、适宜性评价和线路方案设计、工法选择等需要。

7 岩溶水文地质条件复杂的车站，宜利用勘探钻孔设置地下水位长期观测孔。

8 沿线对工程有影响的溶洞，人员可以进入的应入洞进行调查测绘，人员不能进入的溶洞，宜用钻孔电视等手段探测。

5.3.3 可行性研究勘察的取样、原位测试、室内试验的项目和数量，应根据线路方案、沿线工程地质和水文地质条件确定。

6 初步勘察

6.1 一般规定

6.1.1 初步勘察应在可行性研究勘察的基础上，针对工程线路敷设形式、各类工程的结构形式、施工方法等工作，为初步设计提供地质依据。

6.1.2 初步勘察应对控制线路平面、埋深及施工方法的关键工程或区段进行重点勘察，并结合工程周边环境提出岩土工程防治和风险控制初步建议。

6.1.3 初步勘察应根据沿线工程地质、水文地质和工程周边环境等条件，采用工程地质调查与测绘、勘探与测试等多种手段相结合的综合勘察方法。可溶岩区段和山岭隧道等宜采用物探与钻探相结合的方法。

6.1.4 取样、原位测试的勘探点数量不应少于勘探点总数的2/3。

6.2 目的与任务

6.2.1 初步勘察应初步查明城市轨道交通工程线路、车站、车辆基地和相关附属设施的工程地质和水文地质条件，分析评价地基基础形式和施工方法的适宜性，预测可能出现的岩土工程问题，提供初步设计所需的岩土参数，提出复杂或特殊地段岩土治理的初步建议。

6.2.2 初步勘察应符合下列要求：

1 搜集带地形图的拟建线路平面图、线路纵断面图、施工方法等有关设计文件及可行性研究勘察报告、沿线地下管线及既有建（构）筑物基础等地下设施分布图等。

2 初步查明沿线地质构造、岩土类型及分布、岩土物理力学性质、岩溶发育特征、地下水埋藏条件，进行岩溶发育程度分级、

工程地质分区及水文地质单元划分。

3 初步查明特殊性岩土的类型、成因、分布、规模、工程性质，分析其对工程的危害程度，并提出初步防治措施建议。

4 查明沿线场地不良地质作用的类型、成因、分布、规模，预测其发展趋势，分析其对工程的危害程度，并提出初步防治措施建议。

5 初步查明沿线地表水的水位、流量、水质、淤积情况，以及地表水与地下水的补排关系，评价其对工程的影响。

6 初步查明沿线地下水类型，地下水水位、历史最高水位及其动态变化规律，补给、径流、排泄条件等。

7 初步评价场地和地基的地震效应。

8 评价场地稳定性和工程适宜性。

9 初步评价水和土对建筑材料的腐蚀性。

10 对可能采取的地基基础类型、地下工程开挖与支护方案、地下水控制方案、穿越河道方案进行初步分析评价，提供设计所需的地基岩土物理力学指标及其他的技术参数。

11 根据场地工程地质和周边环境条件，结合工程设计方案，说明地质条件可能造成的工程风险。

12 对环境风险等级较高的工程周边环境，分析可能出现的工程问题，提出预防措施的建议。

6.3 地下工程

6.3.1 地下车站与区间工程初步勘察除应符合本规范第6.2.2条的要求外，尚应符合下列要求：

1 初步划分车站、区间隧道的围岩分级和岩土施工工程分级。

2 根据车站、区间隧道的结构形式及埋置深度，结合岩土工程条件，提供初步设计所需的岩土参数，提出地基基础方案的初

步建议。

3 每个地下水系统，特别是岩溶强发育的地下水系统，均宜选择代表性地段进行水文地质试验，提供水文地质参数，宜设置地下水位长期观测孔。

4 初步查明地下有害气体、污染土层的分布、成分，评价其对工程的影响。

5 针对车站、区间隧道的施工方法，结合岩土工程条件，分析基坑支护、围岩支护、盾构设备选型、岩土加固与开挖、地下水控制等可能遇到的岩土工程问题，提出处理措施的初步建议。

6.3.2 勘察工作平面布置应符合下列规定：

1 地下车站

1) 地下车站的勘探点宜按结构轮廓线布置，勘探横剖面不宜少于 2 条，勘探点间距不宜大于 100m，每个车站勘探点不宜少于 4 个；山岭车站勘探孔可适当减少。

2) 岩溶场地宜沿基坑两侧结构轮廓线各布置 1 条物探测线，对物探解译的影响工程建设的大型岩溶异常，宜进行勘探验证。

3) 水文地质条件复杂的地下车站，宜选择 1 个~2 个孔进行水文地质试验，并设置不少于 1 个地下水位长期观测孔，观测时间不应少于 1 个水文年。

2 暗挖区间

1) 勘探点宜交叉布置在隧道边线外侧 3m~5m 范围内，勘探点投影间距可根据场地复杂程度确定，宜为 100m~200m，区间竖井、中间风井宜布置勘探孔，隧道洞口位置应布置勘探点。

2) 可溶岩分布场地宜沿隧道中心线布置 1 条物探测线，对物探解译的影响工程建设的大型岩溶异常，宜进行勘探验证。非可溶岩分布场地的穿河隧道和山岭隧道宜沿隧道中心线布置 1 条物探测线。

3) 山岭隧道宜在物探测试成果分析基础上,在隧道进出口、地形垭口、地层分界线或构造破碎带等部位布置勘探孔。

4) 穿河隧道宜在物探解译成果分析基础上,在河道岸边、河床等部位布置勘探孔,并利用钻孔开展水文地质试验与原位测试,试验与测试结束后,应及时对钻孔进行可靠封孔。

3 明挖法区间及过渡段

1) 勘探点宜沿结构轮廓线布置,勘探点间距不宜大于100m。

2) 岩溶场地宜沿两侧结构轮廓线各布置1条物探测线,对物探解译的影响工程建设的大型岩溶异常,宜进行勘探验证。

6.3.3 勘探孔深度应根据地质条件及设计方案综合确定,并符合下列规定:

1 地下车站、明挖法区间及过渡段勘探孔进入结构底板以下土层不小于30m,或进入结构底板以下全风化、强风化层不小于15m,或进入结构底板以下中等风化层不应小于5m,并应满足围护结构和桩基设计要求。

2 暗挖区间勘探孔进入结构底板以下土层不应小于25m,或进入结构底板以下全风化、强风化层不应小于15m,或进入结构底板以下中等风化层不小于5m。

3 达到预计钻进深度后,孔底仍为松散状土或软土时,应加深钻孔至硬土层或基岩内3m~5m。在预计孔深范围内遇破碎带时,勘探孔深度应适当加深。

4 岩溶场地钻孔进入结构底板以下中等风化层不应小于10m。遇溶洞应钻穿,并根据需要适当加深。

6.3.4 初步勘察宜结合施工工法和设计需要,提供地基岩土的物理性质指标、力学性质指标、热物理指标及水文地质参数等。

6.4 高架工程

6.4.1 高架车站及区间工程初步勘察除应符合本规范第6.2.2条的要求外，尚应符合下列要求：

1 查明对高架工程有控制性影响的不良地质体的分布范围，明确工程设计应注意的事项。

2 采用天然地基时，初步评价墩台基础地基稳定性和承载力，提供地基变形、基础抗倾覆和抗滑移稳定性验算所需的岩土参数，初步推荐地基持力层。

3 采用桩基时，初步查明桩基持力层的分布、厚度变化规律，提出桩型及成桩工艺、施工可行性的初步建议，提供桩侧摩阻力、桩端端阻力、岩石单轴饱和抗压强度初步建议值，并评价桩基施工对工程周边环境的影响。

4 对跨河桥，宜搜集河流水文条件、冲刷计算所需的颗粒级配等参数。

6.4.2 勘察工作布置应符合下列规定：

1 高架区间勘探点宜结合场地复杂程度和设计拟定墩台位置沿区间轴线布置，投影间距宜为100m~150m，跨河大桥和特大桥主桥墩宜布置1个勘探孔。

2 高架车站勘探点宜结合场地复杂程度和设计拟定墩台位置沿轴线布置，投影间距不宜大于100m，且每个车站不宜少于3个勘探点。

3 勘探孔深度应满足墩台基础或桩基沉降计算和软弱下卧层验算的要求。勘探孔深度进入中等风化基岩不小于10m。遇溶洞或破碎带应钻穿，并根据需要适当加深。

4 岩溶场地的跨河（沟）大桥及特大桥，高架区间有大型构造破碎带、采空区、岩溶塌陷等不良地质分布时，宜沿区间可能设置墩台位置布置物探测线。

6.5 路基、车辆综合基地场平、涵洞工程

6.5.1 车辆基地场平和轨道线路路基及相应边坡工程、涵洞工程、支挡结构及其附属工程等的初步勘察，除应符合本规范第6.2节的规定外，尚应符合本节规定。

6.5.2 路基工程初步勘察应符合下列要求：

1 初步查明各岩土层的岩性、分布情况及物理力学性质，查明对路基工程有控制性影响的不稳定岩土体、软弱土层等不良地质体的分布范围。

2 初步评价路基基底的稳定性，划分岩土施工工程等级，明确路基设计应注意的事项并提出相关建议。

3 初步查明水文地质条件，评价地下水对路基的影响，提出地下水控制措施的建议。

4 高路堤应初步查明软弱土层的分布范围和物理力学性质，提出天然地基的填土允许高度或地基处理建议，对路堤的稳定性进行初步评价；可进行取土场勘察。

5 深路堑应初步查明岩土体的不利结构面，调查沿线天然边坡、人工边坡的工程地质条件，评价边坡稳定性，提出边坡治理措施的建议。

6 支挡结构应初步评价地基稳定性和承载力，提出地基基础形式及地基处理措施的建议。路堑挡土墙应提供墙后岩土体物理力学性质指标。

6.5.3 涵洞工程初步勘察应符合下列要求：

1 初步查明涵洞场地地形地貌、地层分布和岩性、地质构造、岩溶、天然沟床稳定状态、隐伏的基岩倾斜面、不良地质作用和特殊性岩土。

2 初步查明涵洞地基的水文地质条件，提供水文地质参数。

3 初步评价涵洞地基稳定性和承载力，提供涵洞设计、施工所需的岩土参数。

6.5.4 勘察工作布置应符合下列规定：

1 路堤、路堑勘探点间距可根据场地复杂程度确定，勘探点宜沿线路两侧交错布置，间距宜为 100m~200m。

2 车辆综合基地场平和场内路基勘探点间距可根据场地复杂程度确定，勘探点可采用沿线路交错或网格状布置，间距宜为 100m~200m。

3 地面车站勘探点宜沿线路两侧交错布置，孔间距不宜大于 100m，且每个车站不宜少于 3 个勘探点。

4 高路堤、深路堑、车辆综合基地边坡工程应布设横断面，横断面间距不宜大于 100m，每条横断面勘探点数量不宜少于 3 个。

5 涵洞勘探点宜沿中线方向布置，每一涵洞不宜少于 1 个勘探点。

6 勘探深度应满足地基处理、稳定性评价、变形计算、软弱下卧层验算的要求。钻孔应穿过软弱土层进入基底以下土层不小于 15m，或进入基底以下全风化、强风化层不小于 10m，或进入基底以下中等风化层不小于 5m。遇溶洞应钻穿，并根据需要适当加深。

7 采用桩基础时，孔深应满足桩基设计要求。

6.6 地面房屋建筑及构筑物工程

6.6.1 地面房屋建筑及构筑物工程初步勘察应符合国家现行标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和《贵州省建筑岩土工程技术规范》DBJ52/T 046 的有关规定。

6.6.2 主变电所初步勘察除应满足本规范 6.2 节的要求外，尚应符合下列规定：

1 为确定总平面布置和主要建筑物地基基础方案提供岩土工程勘测资料和建议。

2 勘探孔数量不宜少于 2 个。

3 勘探深度应满足场地稳定性评价和基底高程拟定的需要。钻孔应穿过软弱土层进入基底以下土层不小于 10m，或进入基底以下全风化、强风化层不小于 5m，或进入基底以下中等风化层不小于 3m。遇溶洞应钻穿，并根据需要适当加深。

4 应进行场地电阻率的量测。

6.7 电缆通道

6.7.1 架空线路工程初步勘察以搜集资料结合现场地质调查与测绘为主，对岩土工程条件特别复杂或缺少资料的地段，现场调查又不能满足需要时，宜进行必要的现场勘探工作。

6.7.2 地下电力管道及电力隧道工程初步勘察以地质调查与测绘为主，辅以适量的物探、钻探、坑槽探及岩土测试工作。

7 详细勘察

7.1 一般规定

7.1.1 详细勘察应充分收集前期勘察设计文件和专题研究成果，依据施工图阶段设计资料，针对各类工程的建筑类型、结构形式、埋置深度、施工方法、工程周边环境等工作，满足施工图设计的要求。

7.1.2 详细勘察应根据各类工程场地的工程地质、水文地质和工程周边环境等条件，复核前期工程地质调查与测绘成果，采用钻探、原位测试、室内试验，辅以工程物探等多种手段相结合的综合勘察方法。

7.1.3 各类勘探孔在预计深度内遇软弱层、破碎带、土洞、溶洞、暗河、人为坑洞等，应结合工程需要适当加深。

7.1.4 对前期勘察物探解译的影响工程建设的异常范围，应布置勘探点进行验证。

7.2 目的与任务

7.2.1 详细勘察应查明各类工程场地的工程地质和水文地质条件，分析评价地基、围岩及边坡稳定性，预测可能出现的岩土工程问题，提出地基础础选型与持力层选择、围岩加固与支护、边坡治理、地下水控制、施工工法技术措施、周边环境保护方案建议，提供设计、施工所需的岩土参数。

7.2.2 详细勘察工作前应收集下列资料：附有坐标和地形的拟建工程平面图、纵断面图、荷载、结构类型与特点、施工方法、基础形式及埋深、地下工程埋置深度及上覆土层的厚度、变形控制要求；隧道围岩衬砌方案、基坑支护方案；拟建场地挖填方情况及环境边坡治理措施；拟建工程及其影响范围内的重要建（构）

筑物的地基岩土条件、基础类型、结构形式和使用状态等。

7.2.3 详细勘察应符合下列要求：

1 查明场地范围内岩土层的类型、年代、成因、分布范围、工程特性、岩土物理力学性质，分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载能力，提出天然地基、地基处理或桩基等地基基础方案和持力层选择的建议，对需进行沉降计算的建（构）筑物，提供地基变形计算参数。

2 查明岩性组合，层理、片理、裂隙等产状及组合形式，构造及破碎带的位置、规模、产状和力学属性，岩石坚硬程度和风化程度、岩体完整性，划分岩体结构类型。

3 查明对工程有影响的地表水体的分布、水位、水深、水质、防渗措施、淤积情况及地表水与地下水的水力联系等，分析地表水体对工程可能造成的危害。

4 查明地下水的埋藏条件，提供场地的地下水类型、勘察时水位、水质、岩土渗透系数、地下水位变化幅度等水文地质资料，确定抗浮设防水位，分析地下水对工程的作用，提出地下水控制措施的建议。

5 查明特殊性岩土及对工程施工不利的饱和砂土、碎块石土等地质条件的分布与特征，分析其对工程的危害和影响，提出工程防治措施的建议。

6 查明不良地质作用的特征、成因、分布范围、发展趋势和危害程度，提出治理方案的建议。

7 查明岩溶和岩溶水分布范围、发育特征，进行岩溶发育程度分级，评价对工程的影响程度。

8 查明软塑至流塑状红黏土的分布及特征，分析其对工程的危害和影响，提出工程防治措施的建议。

9 查明煤系地层及其采空区、有害气体，以及膏盐地层的分布范围、危害程度，提出治理方案的建议。

10 分析隧道围岩的稳定性和可挖性，对围岩进行分级和岩

土施工工程分级，分析隧道开挖、围岩加固及初期支护等可能出现的岩土工程问题，提出对隧道有不利影响的工程地质问题及防治措施的建议，提供隧道围岩加固、初期支护和衬砌设计与施工所需的岩土参数。

11 分析基坑、路基及建（构）筑物场地周边等各类边坡的稳定性及可能出现的岩土工程问题，提供边坡稳定性计算和支护设计所需岩土参数，提出基坑支护和边坡治理的工程措施建议。

12 判定地下水和土对建筑材料的腐蚀性。

13 分析工程周边环境与工程的相互影响，提出环境保护措施的建议。

14 确定场地类别，对抗震设防烈度大于 6 度的场地，进行液化判别，提出处理措施的建议。

15 根据场地工程地质和周边环境条件，结合工程设计方案，说明地质条件可能造成的工程风险。

7.3 地下工程

7.3.1 地下车站、地下区间、联络通道、施工辅助坑道等地下工程的详细勘察除应符合本规范第7.2节的要求外，尚应符合下列要求：

1 查明地下水补给、径流、排泄条件，分析地下水对工程施工的影响，预测基坑涌水、底板隆起和隧道涌水、突泥的可能性及危害程度，预测基坑、隧道最大涌水量和正常涌水量。

2 分析地下水对工程结构的作用，对需采取抗浮措施的地下工程，提出抗浮设防水位的建议，提供抗拔桩或抗浮锚杆设计所需的各岩土层的侧摩阻力或锚固力等参数。

3 分析评价工程降水、岩土开挖对工程周边环境的影响，提出工程周边环境保护措施的建议。

4 根据工程特点、场地地质条件和工程周边环境条件，对出入口与通道、风井与风道、施工辅助坑道、联络通道等附属工程及隧道断面尺寸变化较大区段进行针对性岩土工程分析与评价。

5 对地基承载能力、地基处理和围岩加固效果等的工程检测提出建议，对工程结构、工程周边环境、岩土体的变形及地下水位变化等的工程监测提出建议。

6 提供各岩土层的物理力学性质指标及工程设计、施工所需的基床系数、静止侧压力系数、热物理指标和电阻率等岩土参数。

7 明挖法勘察尚应查明软弱岩土夹层的分布、基岩面起伏情况；当采用坑内降水时应预测降低地下水位对周边环境条件、基底及坑壁稳定性的影响，提出处理措施建议；放坡开挖法应提出人工边坡坡度允许值的建议；盖挖法应查明支护桩墙和立柱桩端的持力层深度、厚度。

8 矿山法勘察尚应预测施工可能产生涌水、突泥、开挖面坍塌、冒顶、围岩松动等风险地段，提出防治措施的建议。

9 盾构法尚应查明高灵敏度软土、高塑性黏性土、强透水松散砂土、含块石（漂石）或碎石（卵石）土、软硬不均地层、黏土岩、含燧石类岩的分布和特征，分析评价其对盾构施工的影响；查明溶洞、地下障碍物、采空区、有害气体的分布；提供含块石（漂石）或碎石（卵石）土、软硬不均地层、硬质岩地层中的石质强度、耐磨矿物成分及含量。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建议。

7.3.2 勘探点平面布置应符合下列规定：

1 沿结构纵向的勘探点间距宜根据场地复杂程度、地下工程类别及地下工程的埋深、断面大小、工程周边环境条件等，按表 7.3.2 的规定综合确定。

表 7.3.2 沿结构纵向的勘探点间距(m)

场地复杂程度	复杂场地	中等复杂场地	简单场地
基坑工程及浅埋暗挖车站	10~20	20~40	40~50
深埋暗挖车站	20~40	40~60	60~80
山岭车站	40~60	60~80	80~100
区间隧道	10~30	30~50	50~60

注：1 勘探点间距为在线路中线的投影距离。

2 浅埋暗挖车站指拱顶埋深小于等于 30m 的暗挖车站。

3 深埋暗挖车站指拱顶埋深大于 30m 的暗挖车站。

4 山岭车站指位于山体上不具备通行条件的深埋车站，可采用钻孔交叉布置。

2 山岭隧道的钻孔布置应视地质复杂程度而定。进出洞门有覆盖层时，应有勘探点；洞身宜按不同地貌及地质单元布置勘探孔，主要地层分界线、断层破碎带、褶皱核部、裂隙密集带、岩相接触带、可溶岩与非可溶岩接触带、重要物探异常点、含煤地层及采空区、浅埋过沟谷段、可能存在偏压影响地段、岩溶强发育地段、地下水丰富或水文地质条件复杂地段宜布置勘探点。

3 基坑工程及暗挖车站不应少于2条纵剖面 and 3条有代表性的横剖面。

4 基坑工程及暗挖车站勘探点宜沿结构轮廓线布置，结构角点及其出入口与通道、风井与风道、施工辅助坑道等附属工程部位应有勘探点控制。

5 宽度小于 15m 的线型基坑，勘探点可沿基坑边线两侧交错布置，但基坑角点应有勘探点控制。

6 基坑工程宜根据开挖深度和场地的岩土工程条件，在开挖边界外 1 倍~2 倍基坑深度范围内布置适量勘探点，满足基坑稳定分析和设计的要求。当开挖边界外无法进行勘探时，可通过调查或搜集取得相关资料。地层起伏变化较大、存在不利结构面或软弱层、土质基坑等复杂场地以及斜坡场地应加密勘探点，并可

根据需要扩大勘察范围。

7 双线及以下的单洞区间隧道,应视地质条件适当加密勘探点。

8 工程周边环境风险等级为一级、二级的区段,应有勘探点控制,条件许可时应布设横剖面。

9 在区间隧道洞口、陡坡段、大断面、异型断面、工法变换、平面曲线半径较小等部位以及联络通道、渡线、施工辅助坑道等应有勘探点控制,并布设剖面。

10 岩溶场地的车站立柱桩宜沿轴线布置物探测线,对物探解译的桩底岩溶异常应采用一定数量的钻孔进行验证。

11 区间隧道勘探点宜在隧道中线附近洞身范围内布置,下穿水域地段的勘探点宜布置在隧道结构外侧3m~5m位置。

12 净距大于等于2倍洞跨的分离式隧道,每座隧道宜单独进行进行勘探,但应考虑对勘探资料的相互利用。

13 当岩体出露条件较好,构造较简单时,可采用实测地质剖面或地质观测点、探坑、探槽适当代替钻探工作。

7.3.3 勘探孔深度应符合下列规定:

1 控制性勘探孔的深度应满足地基、隧道围岩、基坑边坡稳定性分析、变形计算以及地下水控制的要求。

2 控制性勘探孔进入结构底板以下土层不小于25m,或进入结构底板以下全风化、强风化层不小于15m,或进入结构底板以下中等风化层不小于5m。

3 一般性勘探孔进入结构底板以下土层不小于15m,或进入结构底板以下全风化、强风化层不小于10m,或进入结构底板以下中等风化层不小于3m。

4 当采用承重桩、抗拔桩或抗浮锚杆时,勘探孔深度应满足其设计的要求。

5 岩溶场地及有人为坑洞的地段,钻探深度应进入结构底板以下中等风化基岩不小于5m,遇溶洞、空洞、人为坑洞时,应结

合工程需要适当加深。

6 当预定深度范围内存在软弱夹层、破碎带等时，勘探孔深度应适当增加。

7.3.4 控制性勘探孔的数量不应少于勘探点总数的 1/3。取样、原位测试孔数量应根据地层结构、土的均匀性和地下工程特点确定，车站工程不应少于勘探点总数的 1/2，区间工程不应少于勘探点总数的 2/3。

7.3.5 采取岩土试样和进行原位测试应满足岩土工程评价的要求。每个车站或区间工程每一主要岩土层的原状土试样或原位测试数据不应少于 10 件(组)，且每一地质单元的每一主要岩土层不应少于 6 件(组)。

7.3.6 原位测试应根据需要和地区经验选取适合的测试手段，并符合本规范第 10 章的规定。每个车站或区间工程的波速测试孔不宜少于 3 个，每个车站或区间工程的岩土层电阻率测试孔不宜少于 2 个。

7.3.7 室内试验除应符合本规范第 10 章的规定外，尚应符合下列规定：

1 抗剪强度室内试验方法应根据施工方法、施工条件、设计要求等确定。

2 静止侧压力系数和热物理指标试验数据每一主要岩土层不宜少于 3 组。

3 在基底以下压缩层范围内宜采取岩土试样进行回弹再压缩试验，每层试验数据不宜少于 3 组。

4 应采取地表水、地下水试样或地下结构范围内的土试样进行腐蚀性测试，地表水每处不应少于 1 组，岩土试样或地下水每层不应少于 2 组。

5 在基岩地区宜进行岩块的弹性波波速测试，并应进行岩石的饱和单轴抗压强度试验；软岩、极软岩可进行天然湿度的单轴抗压强度试验，宜进行软化试验及膨胀性试验，对无法取样的

破碎和极破碎的岩石，宜进行动探、载荷试验等原位测试。每个场地每一主要岩层的试验数据不应少于3组。

7.3.8 基床系数可通过原位测试、室内试验结合现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307的经验值综合确定，也可通过专题研究或现场 K_{30} 荷载试验确定。

7.3.9 当地下水对车站和区间工程有影响时宜布置长期水文观测孔，对需要进行地下水控制的车站和区间工程宜进行水文地质试验，分层分段获取水文地质参数，分析评价其涌水、突泥的可能性，评价其富水性、预测其最大涌水量和正常涌水量。

7.4 高架工程

7.4.1 高架车站、高架区间及其附属工程等的详细勘察除应符合本规范第7.2节的要求外，尚应符合下列要求：

1 查明各墩台基础岩体的风化与破碎程度、坚硬程度及完整性、软弱夹层情况和基岩面形态等；建议墩台基础与桩基持力层，提供各岩土层的物理力学性质指标；分析桩基承载能力，结合当地经验提供桩基稳定性、承载力和变形计算参数。

2 查明溶洞、土洞、人为坑洞和特殊性岩土的分布与特征，分析其对墩台基础和桩基的不利影响，评价墩台地基和桩基的稳定性，提出防治措施的建议。

3 查明水文地质条件，评价地下水对墩台基础及桩基设计和施工的影响。

4 查明场地是否存在产生桩侧负摩阻力的地层，评价负摩阻力对桩基承载力影响，并提出负摩阻系数及处理措施的建议。

5 分析桩基施工存在的岩土工程问题，评价成桩的可能性，论证桩基施工对工程周边环境的影响，并提出处理措施的建议。

7.4.2 勘探点的平面布置应符合下列规定：

1 轨道桥梁勘探点应逐墩、台布设。基础面积较大、地质条

件复杂或高墩、大跨及特殊结构的桥墩，可根据需要增加勘探点。

2 车站站厅及附属地面建筑结构与轨道桥梁分离时，车站站厅及附属地面建筑结构勘探点布置应按现行地方标准《贵州省建筑岩土工程技术规范》DBJ52/T 046的规定执行。

3 岩溶场地的轨道桥梁勘探点应根据岩溶发育程度分级综合确定，岩溶弱发育地段按每个墩台布置1孔~2孔，岩溶中等发育地段每个墩台适当增加钻孔，岩溶强发育地段对于明挖扩大基础应布置5个钻孔、对于桩基础应逐桩布置钻孔。视需要，可与物探结合进行综合勘探。

7.4.3 勘探孔深度应符合下列规定：

1 控制性勘探孔应满足场地稳定性评价、基础设计选型、沉降计算和下卧层验算等要求，一般性勘探孔应满足探明地基各岩土层分布、厚度及地基承载力的要求。

2 明挖扩大基础的控制性勘探孔应进入基底以下基岩中等风化层 5m~8m 或全风化层、强风化层 10m~20m；一般性勘探孔应进入基底以下基岩中等风化层 2m~3m 或全风化层、强风化层 5m~10m。

3 桩基的勘探孔应深入预计桩端平面以下 3 倍~5 倍桩身设计直径且不应小于 5m，在此深度内遇软弱层或破碎带时，应结合工程需要适当加深。

4 岩溶场地及有人为坑洞地段，钻探深度应进入基础底面或桩端平面以下中等风化基岩不小于 10m，遇溶洞、暗河、人为坑洞时，应结合工程需要适当加深。

5 高墩、大跨及特殊结构的桥梁，其孔深在上述规定基础上应适当加深。

7.4.4 控制性勘探孔的数量不应少于勘探点总数的 1/3，取样及原位测试孔数量不应少于勘探点总数的 1/2。岩土条件复杂的桥梁，每个墩、台位置宜有取样或原位测试勘探孔。

7.4.5 采取岩土试样和进行原位测试应符合本规范第 7.3.5 条、第

7.3.6 条的规定。

7.5 路基、车辆综合基地场平、涵洞工程

7.5.1 车辆基地场平和轨道线路路基及相应边坡工程、涵洞工程、支挡结构及其附属工程等的详细勘察，除应符合本规范第7.2节的规定外，尚应符合本节规定。

7.5.2 路堤详细勘察应符合下列要求：

1 查明基底的地基条件、压缩层厚度，提供验算地基强度及变形的岩土参数。

2 查明地面坡度、地层结构、地质构造、岩土界面及形态、岩土工程性质。

3 查明不利倾向软弱夹层或软弱结构面的分布范围和特征，提供土层、岩土界面或不利结构面的物理力学强度指标，评价其稳定性及潜在危害程度。

4 查明地下水活动情况及其对基底稳定性的影响。

5 分析基底和斜坡稳定性，提出路基和斜坡加固方案的建议。

7.5.3 路堑详细勘察应符合下列要求：

1 调查沿线天然边坡、人工边坡的工程地质条件；分析边坡工程对周边环境产生的不利影响。

2 查明岩土界面及形态，岩体风化破碎程度、各种结构面特征及其组合形式（特别是倾向线路的不利结构面或软弱夹层的发育特征）、地下水活动特征、边坡岩土体和岩体结构面的物理力学指标。

3 分段划分岩土施工工程等级。

7.5.4 支挡结构详细勘察应符合下列要求：

1 查明支挡地段地形地貌、不良地质作用和特殊性岩土，地层结构及岩土性质，评价支挡结构地基稳定性和承载力，提供支

挡结构设计所需的岩土参数，提出支挡形式和地基基础方案建议。

2 查明支挡地段水文地质条件，评价地下水对支挡结构的影响，提出处理措施建议。

7.5.5 涵洞详细勘察应符合下列要求：

1 查明地形地貌、地层岩性、天然沟床及河岸坡稳定状态、隐伏的基岩斜坡、不良地质作用和特殊性岩土。

2 查明场地的水文地质条件，可进行水文地质试验，提供水文地质参数。

3 采取勘探与测试综合确定地基承载力，提供涵洞设计所需的岩土参数。

7.5.6 勘探点的平面布置应符合下列规定：

1 一般路基勘探点间距宜为 40m~80m，当路段间地层变化较大时，应适当增加勘探点，可布置横断面勘探。高路堤、深路堑、支挡结构的勘探点间距可根据场地复杂程度按表 7.5.6 的规定综合确定。

表 7.5.6 勘探点间距(m)

场地复杂程度	复杂场地	中等复杂场地	简单场地
勘探点间距	15~30	30~50	50~60

2 高路堤、深路堑应根据基底和边坡的特征，结合工程处理措施，确定代表性工程地质断面的位置和数量。每个断面的勘探点不宜少于 3 个，地质条件简单时不宜少于 2 个。

3 深路堑工程遇有软弱夹层或不利结构面时，勘探点应适当加密。

4 支挡结构应布置勘探点，勘探点布置应满足稳定性分析的需要。挡墙结构工程应沿延伸方向布置勘探点，抗滑桩工程应沿桩位纵向布置勘探点。

5 轨道下的桩板结构工程，非可溶岩和岩溶弱发育场地根据场地复杂程度按表 7.5.6 规定的间距布置勘探点；岩溶中等发育场

地可在代表性桩位布设勘探点且勘探点间距不宜大于 30m；岩溶强发育区应加密勘探点。

6 每座涵洞的勘探点不应少于 1 个。长大涵洞宜沿涵洞轴向按 20m~40m 间距布置勘探点。

7 当岩体出露条件较好，构造较简单时，可采用实测地质剖面或地质观测点、探坑、探槽适当代替钻探工作。

8 岩溶场地的路基工程，应先开展综合物探圈定异常范围，再采用钻探验证物探异常，查明基底溶洞、溶蚀破碎带和土洞。

7.5.7 勘探孔的深度应符合下列规定：

1 控制性勘探孔深度应满足地基及边坡稳定性分析，以及地基变形计算的要求。

2 路堤的一般性勘探孔应穿过软弱层进入持力层以下 3m~5m 或满足沉降计算要求；控制性勘探孔应穿过软弱层进入持力层以下 5m~8m，或岩土分界面、岩体不利结构面等潜在滑移面以下 5m~8m。

3 路堑的一般性勘探孔深度应能探明软弱层厚度及软弱结构面产状，且穿过最下层潜在滑动面并进入稳定地层 3m~5m，轨道路基附近的钻孔应至设计路基持力层以下 3m~5m，并满足支护设计要求；地下水发育地段，根据排水工程需要适当加深。

4 支挡结构的一般性勘探孔深度应达到基底持力层以下不小于 5m，且应满足查明基底岩土结构及设计验算的要求。

5 轨道下的桩基工程，勘探孔应进入预计桩端平面以下 3 倍~5 倍桩身设计直径且不应小于 5m，遇软弱层或破碎带时，应结合工程需要适当加深。岩溶场地及有人为坑洞地段，钻探深度应进入桩端平面以下中等风化基岩不小于 5m，遇溶洞、暗河、人为坑洞时，应结合工程需要适当加深。

6 非可溶岩分布区域的涵洞勘探孔深度应至基底持力层或进入基岩不小于 3m，且满足沉降变形计算要求，遇软弱层时应适当加深。可溶岩分布区域的勘探孔深度应至基底以下中等风化基

岩不小于 5m。预计孔深范围内基底为土层时，勘探孔应穿过压缩层，并大于沉降变形计算深度。

7.5.8 控制性勘探孔的数量不应少于勘探点总数的 1/3，取样及原位测试孔数量应根据地层结构、土的均匀性和设计要求确定，不应少于勘探点总数的 1/2。每个工点每一主要岩土层的原状土试样或原位测试数据不应少于 10 件(组)，且每一地质单元的每一主要岩土层不应少于 6 件(组)。

7.5.9 腐蚀性试验应采取地表水、地下水试样或基础范围内地下水位以上的岩土试样进行，每处地表水、每层地下水及岩土试样不应少于 2 组。

7.5.10 每个地面车站或区间工程的波速测试孔不宜少于 3 个。长度大于 1km 的区间工程应根据地质条件适当增加波速测试孔。车辆段、停车场按地质单元布置波速测试孔，每个地质单元不宜少于 1 个，并应考虑建筑单体建筑抗震设计需要。每个地面车站、车辆基地的电阻率测试孔不宜少于 2 个。

7.6 地面房屋建筑及构筑物工程

7.6.1 民用建筑勘察工作应符合下列要求：

1 民用建筑勘察应符合国家现行标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和《贵州省建筑岩土工程技术规范》DBJ52/T 046 的有关规定。

2 建筑边坡工程勘察应符合国家现行标准《岩土工程勘察规范》GB 50021、《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 和《贵州省建筑岩土工程技术规范》DBJ52/T 046 的有关规定。

3 当边坡区岩体出露条件较好，构造较简单时，可采用实测地质剖面或地质观测点、探坑、探槽代替部分边坡区钻探工作。

7.6.2 工业建（构）筑物勘察工作应符合下列规定：

1 勘探点的平面布置应符合下列规定：

1) 勘探点的布置应根据建筑物面积、场地的复杂程度等综合确定，宜采用钻探与触探相结合的勘探方法。

2) 勘探点宜按柱网布置，建（构）筑物轴线、边线和角点应有勘探点控制，且每处建（构）筑物不宜少于 1 个勘探孔。简单场地宜间隔 3 个~4 个柱位布置 1 孔，中等复杂场地宜间隔 1 个~2 个柱位布置 1 孔，复杂场地宜每个柱位布置 1 孔。重大设备基础应单独布置勘探点。

当发现存在可能影响地基稳定的溶洞等，应适当增加勘探孔，或采用物探与钻探相结合进行综合勘探。

3) 在已进行过地基处理的场地上进行工程建设时，应收集前期勘察、设计、施工、监测、检测、竣工验收等资料，通过综合分析、评价，提出勘察成果。可适当增加勘探、测试工作。

4) 岩溶场地应先开展综合物探圈定异常范围，再采用钎探、挖探、钻探验证物探异常，查明基底溶洞和土洞。

2) 钻孔深度自基础底面算起，应符合下列规定：

1) 应控制地基主要受力层，对单独柱基不应小于基础底宽度的 1.5 倍，且不应小于 5m。

2) 对桩基础，应达到预计桩基底面以下 3 倍~5 倍桩径，且不应小于 3m；对大直径桩，不应小于 5m。

3) 岩溶场地的勘探孔进入桩端平面以下中等风化基岩不应小于 5m，遇溶洞时，应结合工程需要适当加深。

4) 钻至预计深度遇软弱层、破碎带时，应结合工程需要适当加深。

7.6.3 主变电所的主控楼、配电装置楼等建筑物详细勘察应符合国家现行标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和《贵州省建筑岩土工程技术规范》DBJ52/T 046 的有关规定。

7.6.4 主变电所的构筑物详细勘察除应符合本规范第 7.2 节的规定外，尚应符合下列规定：

- 1 勘探点的平面布置应符合下列规定：
 - 1) 每台变压器区域的勘探点数量不少于 1 个。
 - 2) 构架、支架场地可结合基础位置按网格布置，勘探点间距宜为 10m~20m。
 - 3) 泵房、水池、事故油池等其他构筑物可按结构轮廓线布置勘探点。
 - 4) 控制性勘探点的数量应按场地复杂程度确定，且不宜少于勘探点总数的 1/3，地基变形敏感的构筑物应布置控制性勘探点。
- 2 自基础底面算起的勘探孔深度应符合下列规定：
 - 1) 一般性勘探孔深度应能控制地基主要受力层，当基础宽度不大于 5m 时，勘探孔深度对于条形基础不应小于基础底宽度的 3 倍，对于独立基础不应小于基础底宽度的 1.5 倍，且不应小于 5m。
 - 2) 控制性勘探孔深度应大于地基变形计算深度，一般宜为 8m~15m。
 - 3) 在预定勘探深度内遇到基岩时，一般性勘探孔在达到确认的基岩后即可终孔，控制性勘探孔入岩深度不宜小于 3m。
 - 4) 在预定勘探深度内遇到软弱地层时，勘探孔深度应适当加深或穿透软弱地层。
 - 5) 岩溶场地的勘探孔进入基岩不应小于 5m，遇溶洞时，应结合工程需要适当加深。
- 3 电阻率量测应符合下列规定：
 - 1) 电阻率测点应结合主变电所规模、场地复杂程度、电性层特性和设计要求均匀布置，且不宜少于 30 点。地质地貌单元及地层较复杂地段应增加测点。
 - 2) 当地层电阻率各向异性较大时，应在测点相互垂直的两个方向上布设测线量测。

7.6.5 接触网柱、声屏障工程勘察工作应符合下列要求：

1 应查明接触网柱、声屏障沿线岩土分布情况，提出地基基础设计所需岩土参数。

2 对影响接触网柱、声屏障地基和基础稳定的特殊性岩土和特殊地质问题进行分析和评价。勘察时一般以地质调查与测绘为主，可进行适量的勘探工作，确定其影响与危害程度，提出相应的措施建议。

3 对于已进行过轨道工程路基详细勘察的场地，可直接利用相应详勘资料进行综合分析和评价。

7.7 电缆通道

7.7.1 架空线路工程详细勘察宜符合现行行业标准《220kV 及以下架空送电线路勘测技术规程》DL/T 5076 的有关规定。其勘察工作以地质调查与测绘为主，对各杆塔宜进行逐基勘探。

7.7.2 地下电力管道工程详细勘察应符合现行行业标准《市政工程勘察规范》CJ 56 有关城市室外管道工程详细勘察的规定。

7.7.3 地下电力隧道详细勘察除应符合本规范第 7.2 节的要求外，尚应符合下列规定：

1 隧道勘探以钻探为主，辅以物探、原位测试等手段进行综合勘探。岩溶场地宜沿隧道中心线布置 1 条物探测线，对物探解译的影响工程建设的大型岩溶异常，应进行钻孔验证。

2 勘探点间距应符合表 7.7.3 的规定。

表 7.7.3 勘探点间距(m)

场地复杂程度	复杂场地	中等复杂场地	简单场地
勘探点间距	<30	30~50	50~100

3 勘探点宜在隧道中线附近洞身范围内布置，下穿河道段勘探点宜布置在隧道外侧 3m~5m；隧道洞口、隧道纵断面最低部

位、地质构造复杂地段、岩体破碎带、物探异常部位、采空区、地下水丰富或水文地质条件复杂的地段均应布置勘探点。

4 自结构底板起算的勘探孔深度应符合下列规定：

1) 一般性勘探孔不应小于 2.5 倍隧道直径（宽度），遇中等风化岩层不应小于 3m。

2) 控制性勘探孔的深度应满足地基稳定性、隧道围岩质量评价及地下水控制的要求，且不应小于 3 倍隧道直径（宽度），遇中等风化岩层不应小于 5m。

3) 当预定深度范围内存在软弱夹层、破碎带等时，勘探孔深度应适当增加，满足地基稳定验算和变形分析的要求。

4) 可溶岩地层勘探孔进入基岩不应小于 5m，遇溶洞时，应结合工程需要适当加深。

5 控制性勘探孔的数量不应少于勘探点总数的 1/3。

6 每一地质单元的每一主要岩土层的取样、原位测试数据不应少于 6 个。

7 对岩质隧道，洞口、洞身均应选择代表性钻孔进行声波波速测试。

8 当有地下水时应采集地下水试样进行腐蚀性试验，每个水文地质单元不少于 2 组。

8 施工勘察

8.0.1 施工勘察应针对施工方法、施工工艺的特殊要求和施工中出现的工程地质问题等开展工作，满足施工方案调整和风险控制的要求。施工勘察包括施工地质工作和施工专项勘察。

8.0.2 施工地质工作宜符合下列要求：

1 复核前期工程地质勘察资料，根据场地工程地质条件及不良地质作用和特殊性岩土分布情况，预测施工中可能遇到的工程地质问题，提出施工应注意的地质风险和工程措施建议。

2 复核工程周边环境条件变化情况、周边工程施工情况及对场区地层的扰动程度、场地地下水位变化及地下管道渗漏情况，分析地质与周边环境条件的变化对工程可能造成的危害。

3 施工中通过观察开挖面岩土成分、密实度、湿度，软弱夹层、裂隙、破碎带，地下水情况等实际地质条件，核实、修正勘察资料。

4 根据施工进度，绘制基坑、边坡和矿山法隧道开挖揭露地质素描图，并进行施工过程和开挖面的摄影摄像。

5 场地水文地质条件复杂或施工抽排水对周边环境影响较大时，对场区及周边地下水动态进行观测。

6 开展前期勘察阶段延续下来的相关观测工作。

7 施工中发现地质情况与前期勘察资料有差异时，及时复核并调整施工地质资料，并提出针对性地质缺陷处理建议。

8.0.3 遇下列情况宜进行施工专项勘察：

1 场地地质条件复杂、施工过程中出现地质异常，对工程结构及工程施工产生较大危害。

2 场地存在古河道、空洞、溶洞、土洞、采空区等不良地质条件影响工程安全。

3 场地存在漂石、球状风化体、破碎带、风化深槽等特殊性质岩土体对工程施工造成不利影响。

4 场地地下水位变化较大或施工中发现不明水源或周边地表水体出现异常，影响工程施工、危及工程安全或出现新的环境水文地质问题。

5 施工方案有较大变更或采用新技术、新工艺、新方法、新材料，详细勘察资料不能满足要求。

6 基坑或隧道施工过程中出现桩或墙变形过大、基底隆起、涌水或突泥、坍塌、失稳等岩土工程问题，或发生地面沉降过大、地面塌陷、相邻建(构)筑物开裂等工程环境问题。

7 工程降水，地表土体需全面改良，盾构始发井端头、接收井端头、联络通道的岩土加固等辅助工法需要时。

8 岩溶场地的车站立柱桩在施工成孔后，宜采用物探方法进行孔底岩溶探测。

9 需要进行施工专项勘察的其他情况。

8.0.4 对抗剪强度、静止侧压力系数、基床系数、桩端阻力、桩侧摩擦力等岩土参数缺少相关工程经验的地区，宜在施工阶段进行现场原位测试。

8.0.5 施工专项勘察工作应符合下列要求：

1 搜集施工方案、已有地质资料和工程周边环境资料以及施工中形成的开挖、支护、地基与围岩的加固、工程降水等相关资料。

2 搜集和分析各种工程检测、监测和观测资料。

3 充分利用施工开挖条件，了解地层岩性、岩土性质、岩溶、地下水、软弱夹层、岩石裂隙发育、岩石破碎程度等工程地质条件，分析需要解决的工程地质问题。

4 根据工程地质条件的复杂程度、已有勘察工作等确定勘察方法和工作量。

5 针对具体的工程地质问题进行分析评价，并提供所需岩土

参数，提出工程处理措施的建议。

6 对于工程施工险情或事故处理需要进行的施工专项勘察，应采取多种勘察手段快速综合验证，并进行不同状态及边界条件下的分析评价。

9 工程地质调查与测绘

9.1 一般规定

9.1.1 工程地质调查与测绘宜在可行性研究勘察和初步勘察阶段进行。在详细勘察或施工勘察阶段，可对工程地质条件复杂地段和工程关键地段的专门问题进行补充调查与测绘。

9.1.2 工程地质调查与测绘应搜集工程沿线的区域地质、水文地质、环境地质、矿产资料及周边建（构）筑物工程资料，并进行综合分析研究，为各勘察阶段的勘探与测试工作布置提供依据。

9.2 工作方法

9.2.1 工程地质调查与测绘工作应遵循远观近察、由面到线、由线到点、点线面结合的原则，以资料综合分析研究和实地调绘为主，可辅以少量的轻型勘探和测试。

9.2.2 利用航片和卫片等进行遥感解译的地段，除室内解译外，尚应进行必要的野外验证工作。

9.2.3 地质观测点的布置和定位应符合下列规定：

1 地质观测点应布置在具有代表性的岩土露头、地层界线、断层及长大结构面、地下水露头、不良地质作用和地质灾害、特殊岩土界线等处。

2 地质观测点密度宜根据场地周边环境条件、地形地质条件和成图比例尺等因素综合确定。

3 地质观测点宜根据场地地形地质条件选用目测法、半仪器法、仪器法进行定位。对地质构造线、地层分界线、溶洞、泉点、不良地质作用和特殊性岩土等重要的地质观测点，应采用仪器定位。

9.2.4 大比例尺地质图宜采用填图的方法进行调查与测绘。小比

例尺地质图和既有地质资料比较充分的中小比例尺地质图可采用编图方法进行调查与测绘。

9.3 工作范围

9.3.1 根据各阶段确定的线路走向、建（构）筑物范围及邻近影响地段，开展场区地质调查与测绘工作，其范围应满足线路方案比选、建（构）筑物选址、地质条件评价的需要。

9.3.2 工程地质调查与测绘范围，一般区间直线段向两侧不应少于 100m，车站、区间弯道段及车辆基地向外侧不应少于 200m，山岭隧道应根据需要适当扩大工作范围。对可溶岩分布地段，其两侧调查与测绘范围尚应满足场地岩溶水文地质分析评价的需要。

9.3.3 对工程建设有影响的断裂构造、不良地质作用、特殊性岩土、地下水富集区、既有建（构）筑物、既有支护设施等地段应扩大工作范围。

9.3.4 工程建设可能诱发地质灾害、破坏既有建（构）筑物及引发其它环境地质问题的地段，其工作范围应包含可能的地质灾害发生和环境地质问题的影响区域。

9.3.5 场地岩溶水文地质条件复杂时，应扩大水文地质调查研究范围，涵盖与工程场地有关的岩溶水文地质单元，圈定与工程场地有关的岩溶地下水流动系统。

9.4 工作内容

9.4.1 工程地质调查与测绘前，应充分收集已有地质资料，内容包括：

- 1 区域地质、水文、气象、遥感、建筑及植被等资料。
- 2 既有建（构）筑物的岩土工程勘察资料和施工经验。
- 3 已有地质病害、岩土工程事故类型、地质灾害案例及处置

经验和人类工程活动的强烈程度。

9.4.2 工程地质调查与测绘工作宜包括下列内容：

1 地形与地貌特征及其与地层、构造、不良地质作用的关系，划分地貌单元，确定成因类型。

2 地层岩性、时代、成因、结构、构造、产状和分布，岩体结构特征和风化程度，了解岩石坚硬程度和岩体完整程度。

3 地质构造类型、形态、产状和分布，对断裂、褶皱、长大结构面等进行分类，调查断裂、长大结构面等的分布、性状、破碎带及影响带宽度及物质组成，确定主要结构面与线路的关系。

4 碳酸盐岩层组类型，地表岩溶形态特征及展布，可溶岩地层的溶蚀特性。

5 地表水体及河床演变历史，主要河流的最高洪水位、流速、流量、河床标高、淹没范围等。

6 地下水含水层类型、水位、变化幅度、水力联系，补给、径流和排泄条件，地下水动态变化与地表水系的联系、腐蚀性情况，以及历年地下水位的长期观测资料。

7 填土堆积年代、坑塘淤积层厚度，以及软土、红黏土、膨胀性岩土等特殊岩土分布范围和工程地质特征。

8 岩溶、采空区、地面塌陷、滑坡、危岩和崩塌(落石)、泥石流、岸边冲刷、古河道、暗浜、含有害气体地层等不良地质作用的成因、规模、分布、影响因素、发展趋势及其对工程建设的影响。

9 天然和人工边坡的类型、坡率、防护措施和稳定情况。

9.5 工作成果

9.5.1 工程地质调查与测绘成果所引用的原始资料，应进行整理、检查和分析，确认无误后方可使用。

9.5.2 工程地质调查与测绘成果应准确可靠、图文相符。对工程

设计、施工有影响的工程地质现象，宜进行现场素描或拍照记录并附文字说明。

9.5.3 工程地质调查与测绘成果比例尺宜符合下列规定：

1 可行性研究勘察阶段宜选用 1 : 1 000~1 : 2 000，初步勘察、详细勘察和施工勘察阶段宜选用 1 : 500~1 : 1000，在工程地质条件复杂地段宜适当放大比例尺。测绘用底图宜包括最新的地形、河流、公路、铁路、地表水体、建筑物、构筑物等基本要素。

2 当需开展场地岩溶水文地质调查与测绘时，宜采用 1 : 10 000 地形图作底图，并绘制岩溶水文地质平面图。

9.5.4 工程地质调查与测绘的成果资料应符合下列要求：

1 对地质条件简单地段，工程地质调查与测绘成果可纳入相应阶段的岩土工程勘察报告。

2 对地质条件复杂地段，应编制工程地质调查与测绘报告。报告内容包括文字报告、遥感地质解译资料、图件、照相录像资料、统计图表等。

9.5.5 岩溶发育地段宜编制岩溶发育程度分区图，并在图中嵌表进行简要地质说明和岩溶水文地质问题分析评价。

10 勘探与测试

10.1 一般规定

10.1.1 钻探、物探、坑探等勘探方法的选择,应根据地层特性、勘探深度、取样及原位测试要求、场地现状等确定。

10.1.2 勘探应分层准确,不得遗漏对工程有影响的软弱夹层,软弱面(带);勘探点测量应采用与设计相符的平面及高程控制系统,引测基准点应满足其精度要求。

10.1.3 勘探作业应考虑对工程及环境的影响,防止对地下管线、地下构筑物 and 环境的破坏,并采取有效措施,确保勘探施工安全。

10.1.4 钻孔、坑探地质信息采集完毕后应及时封孔或回填,并记录封孔或回填的方法、材料和过程;封孔或回填质量应满足工程施工要求,避免对工程施工造成危害。

10.1.5 原位测试方法应根据岩土条件、设计对参数的需要、地区经验和测试方法的适用性等因素综合确定,其仪器设备应定期检验和标定。

10.1.6 原位测试成果应与现场试验、室内试验及工程经验等结合使用,并应进行综合分析。对重要的工程或缺乏使用经验的地区,应与工程反算参数作对比,检验其可靠性。

10.1.7 岩土试验方法、操作和采用的仪器设备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 的有关规定。岩土试样的采取方法应结合地层条件、岩土试验技术要求确定。

10.1.8 岩土室内试验项目应根据岩土性质、工程类型、设计和施工需要综合确定。其室内力学性质试验宜在与工程所处环境和状态基本相同或相似的条件下进行。

10.1.9 岩土室内试验资料的整理应结合相应的原位测试成果和

既有的经验数据进行综合分析，为工程设计、施工提供准确可靠的参数。

10.2 地球物理勘探

10.2.1 遇下列情况时可采用地球物理勘探：

1 探测隐伏的地质界线、界面、不良地质体、采空区、路面脱空、地下管线、地下空洞、土洞、溶洞等。

2 在钻孔之间增加地球物理勘探点，为钻探成果的内插、外推提供依据。

3 测定沿线大地导电率、岩土体波速及电阻率等，计算动弹性模量、动剪切模量、卓越周期。

10.2.2 选用地球物理勘探方法时，应具备下列条件：

1 被探测对象与其周围介质间存在一定的物性(电性、弹性、磁性、密度、温度等)差异。

2 被探测对象的几何尺寸与其埋藏深度或探测距离之比不应小于 1/10。

3 能抑制各种干扰，区分有用信号和干扰信号。

4 外业场地应具备足够的作业空间。

5 地形变化产生的异常畸变，应不显著改变探测对象的异常形态或可进行校正。

10.2.3 在选用地球物理勘探方法时，应进行方法的有效性试验，试验地段应选择在有对比资料，且具有代表性的地段。同时，应沿测线进行简要的地质描述并做好记录。

10.2.4 解译地球物理勘探资料时，应考虑其多解性。当需要时，可采用多种勘探手段，包括多种地球物理勘探方法，并应有一定数量的钻探验证孔，在相互印证的基础上，对资料进行综合解译。

10.2.5 地球物理勘探资料解译应满足下列要求：

1 应首先校验原始数据的真实性、可靠性与完整性，剔除异

常数据，进行必要的地形校正和数据处理。

2 应利用各种已知资料，在分析物性资料的基础上，按照从已知到未知，由浅及深、点面结合，定性指导定量的原则解译，解译结论应明确。如果解译结论不够充分时，应作必要的外业补充工作。

3 应根据地球物理勘探异常的特征确定地质体的性质及分布范围，建立地球物理勘探异常与地质体的对应关系。

4 宜利用已有的钻探、测井及物性参数测试成果等已知资料作为解译的约束条件。

5 各种地球物理勘探方法的解译结果应相互补充、相互验证、综合分析。

10.2.6 地球物理勘探解译成果图及解译报告内容、格式应符合下列要求：

1 解译成果图应符合下列要求：

1) 解译成果图应包括单一地球物理勘探方法或综合地球物理勘探方法的平面或剖面图，可以是曲线图、等值线图或图像等。

2) 解译成果图应是对实测资料的定性和定量解译的体现，应与物性资料对应。

3) 地球物理勘探成果图与成果解译图宜绘制在一张图上，利于分析。

2 地球物理勘探报告内容宜包括概况，地形、地质简况及地球物理特征，工作方法与技术，资料解译与成果分析，结论与评价，问题与建议。

3 地球物理勘探成果报告中的附图和附表应符合各方法的要求。

10.2.7 地球物理勘探用于岩溶探测应符合下列规定：

1 可用于探测岩溶的分布、埋深、规模、延伸方向、充填情况，地表土层与深部岩溶的连通情况，可溶岩和非可溶岩界面等。

2 测线应沿线路中线或垂直岩溶发育带走向布置,测网布置宜超出轮廓线边界。

3 城市环境下选择地球物理勘探方法应符合下列要求:

- 1) 当基岩裸露时,探测埋藏较浅的岩溶可选用探地雷达、地震映像法,探测埋藏较深的岩溶宜选用瞬变电磁法、音频大地电磁法。
- 2) 当覆盖层较薄时,可选用电剖面法、电测深法、高密度电法、地震映像法、探地雷达、人工源面波法等。
- 3) 当覆盖层较厚时,可选用高密度电法、瞬变电磁法、电剖面法、电测深法、天然源面波法、大地电磁法等。
- 4) 探测既有隧洞周围的溶洞,可选用探地雷达、地震反射法、声波法等。
- 5) 探测钻孔周围的岩溶,可选用单孔电磁波反射法等。
- 6) 探测相邻钻孔或平行隧道之间的岩溶,可选用跨孔或跨洞 CT 等。
- 7) 探测已揭示的无充填溶洞,可选用三维激光扫描仪。
- 8) 探测水域岩溶,可选用地震反射法、电测深法等。
- 9) 追踪与地下水活动有关的岩溶发育带或暗河时宜选用充电法等。

10.2.8 地球物理勘探用于地下水探测应符合下列规定:

1 可用于探测富水地层和储水构造、裂隙、地下水水位、流速及流向等。

2 测线应垂直含水层走向布置,测点密度应反映含水层厚度的变化特征。

3 测线应垂直储水构造、裂隙、岩溶发育带走向布置。

4 城市环境下选择地球物理勘探方法应符合下列要求:

- 1) 探测富水地层和储水构造、裂隙、岩溶,可选用电测深法、电剖面法、高密度电法、瞬变电磁法等。
- 2) 探测地下水位宜选用电测深法、瞬变电磁法等;当地

下水埋藏较浅、无强电磁干扰时，可选用核磁共振法直接找水。

3) 当有钻孔时，可选用综合测井。

4) 探测地下水流速、流向和渗流速度宜选用自然电场法、充电法。

5) 探测埋藏较深的地下水宜选用瞬变电磁法。

10.2.9 地球物理勘探用于隐伏构造探测应符合下列规定：

1 探测断层等隐伏构造的位置、埋深、产状、破碎带宽度和富水情况，测试破碎带的物性参数等。

2 测线宜垂直或大角度相交于构造走向布置；测线宜与地质勘探线和其它地球物理勘探方法的测线一致。

3 城市环境下选择地球物理勘探方法应符合下列要求：

1) 当区内没有较强的工业游散电流、接地条件良好时，可选用高密度电法、电剖面法、电测深法。

2) 当覆盖层较薄时，可选用人工源面波法、探地雷达、地震折射法、地震反射法、天然源面波法。

3) 当覆盖层较厚时，可选用地震反射法、天然源面波法、瞬变电磁法。

4) 当构造破碎带被钻孔揭露且为良导体时，探测其走向可选用充电法。

5) 当探测具有明显断距的断层时，可选用地震反射法、地震映像法。

6) 当探测水底地层构造时，宜选用地震反射法。

7) 有钻孔时，测试构造破碎带的物性参数可选用综合测井。探测构造破碎带的位置、规模和延伸情况可选用跨孔 CT。

10.2.10 地球物理勘探用于岩土界面探测时应符合下列规定：

1 探测土层厚度及分布范围、基岩面起伏形态，进行土性分层和土层物性参数测试。

2 探测滑坡或堆积体时，应沿其轴向布置主测线，平行和垂直主测线布置辅助测线，测线数量和长度应根据滑坡或堆积体的规模和厚度确定。

3 探测第四系碎石土、砂土、粉土、黏性土、填土、软土、砂卵砾石层时，应综合考虑工程特点和探测目的，合理布置测线长度、数量、方向和测网密度等，地下工程宜沿线路中线或结构轮廓线布置测线。

4 当测区边界附近发现重要异常时，应在测区外适当布置追踪测线。

5 城市环境下选择地球物理勘探方法时应符合下列要求：

1) 当电性界面与地质界面相关，区内没有较强的工业游散电流，接地条件良好时，可选用电测深法、高密度电法等直流电法类方法。

2) 当土层较薄、电磁波反射信号明显、无强烈的电磁干扰时，可选用探地雷达，宜优先选用屏蔽天线。

3) 当地形和基岩面起伏不大时，可选用人工源面波法、天然源面波法、地震映像法、地震折射法、地震反射法等。

4) 当探测水底土层时，可选用地震映像法、电测深法、高密度电法等。

10.2.11 地球物理勘探用于采空区探测应符合下列要求：

1 可用于探测采空区的分布、埋深及规模。

2 测线宜垂直控制地层的走向布置，测网密度应根据采空区的规模和埋深确定，测网范围应大于采空区对工程的影响范围。

3 城市环境下选择地球物理勘探方法应符合下列要求：

1) 埋深较小的采空区可选用地震反射法、高密度电法、瞬变电磁法等。

2) 埋深较大的采空区可选用瞬变电磁法、天然源面波法等。

3) 电磁干扰强的工点可选用地震反射法、微重力法、电测深法等。

4) 复杂采空区可选用跨孔 CT，或采用综合地球物理勘探。

10.2.12 地球物理勘探用于施工超前地质预报应符合下列要求：

1 可用于探测隧洞掌子面前方一定距离内的断层破碎带、溶洞、地下水富集区、软弱层等不良地质体。

2 城市环境下选择地球物理勘探方法应符合下列要求：

1) 当预报范围较大、掌子面不可利用、被探测目的体为具有一定规模的反射面时可选用地震负视速度法（TSP、TST、TRT、TGP 等）。

2) 当预报范围较近、掌子面可利用时，可选用探地雷达。

3) 当预报范围较远、掌子面可利用时，可选用弹性波垂直反射法、瞬变电磁法。

4) 对于较复杂的隧道洞段宜采用综合方法进行超前地质预报。

10.2.13 地球物理勘探用于路基隐伏病害探测应符合下列要求：

1 可用于探测城市道路下方及管线周边产生的路面脱空、空洞、土体疏松、土体富水、岩溶等，探测路面塌陷的影响范围、影响深度等。

2 可用于施工阶段的轨道施工安全和路面交通安全等风险隐患的地球物理勘探。

3 宜沿线路方向布置测网，测网密度应满足探测要求，测网布置宜超出轮廓线边界。

4 探测方法可选用地质雷达、地震映像法、电测深法、高密度电法、瞬变电磁法。

10.3 钻探

10.3.1 钻探方法可根据岩土类别和勘察要求，按现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 的规定选用。

10.3.2 钻孔直径和钻具规格应符合国家现行标准的有关规定。成孔口径应满足取样、原位测试、水文地质试验、物探测试和钻进工艺的要求。

10.3.3 钻探作业除应按符合国家现行标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 和《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 的有关规定外，遇岩溶、土洞等，尚应采用下列措施：

1 为防止钻穿溶洞顶板时岩芯脱落，宜用卡簧或爪簧取芯钻具卡取岩芯。

2 在溶蚀破碎地层钻进，宜使用双管单动钻进。

3 钻进时如发现岩层变软、进尺加快、突然漏水、取出岩芯有钟乳石和溶蚀现象等，应采取措施防止掉钻事故。

4 钻进时遇溶洞，应立即停钻，用钻具试探溶洞底板深度，粗径钻具长度不够时应另用长岩芯管拭探，拭探中应详细记录溶洞顶底板深度，有无充填物及其性质。

5 钻穿溶洞后，应根据溶洞深度情况，下入适当直径的导向管或用加长的粗径钻具钻进，采用低压、慢转钻进至溶洞底板下 2m~3m，取出完整岩芯后，下入套管隔离溶洞，导向管或加长岩芯管的长度应比溶洞高度大 2 倍~3 倍。如再次有溶洞，可采用起管扩孔再下套管的办法，不宜轻易采用换径下小一级套管的作法。

6 为探测土洞及溶洞充填物的物理力学状况，土层应采用干钻，溶洞充填物应采用双层岩芯管或无泵钻进。

7 完整和较完整可溶岩，岩芯采取率应大于或等于 80%；较破碎和破碎可溶岩，应大于或等于 65%；破碎带和溶洞充填物应大于 65%，软塑、流塑状黏土视实际情况确定。

8 岩溶强至中等发育地段的勘探过程中，应注意机器振动、抽水试验抽取地下水等情况下，可能诱发岩溶塌陷造成安全事故

的风险。

10.3.4 钻进及试验测试工作结束后,非地下水位长期观测钻孔应按及时回填,钻孔回填材料及回填方法宜符合表 10.3.4 的规定。

表 10.3.4 钻孔回填材料及回填方法

回填材料	回填方法
直径 20mm 左右黏土球	1. 均匀回填,每 0.5m~1.0m 分层捣实; 2. 有套管护壁的钻孔应边拔套管边回填
水泥浆、水泥与膨润土或粉煤灰浆液	泥浆泵送入孔底,逐步向上灌注

10.3.5 岩芯整理应符合下列要求:

1 采取的岩芯应按上下顺序装箱摆放,填写回次标签,在同一回次内采得两种不同岩芯时应注明变层深度。

2 当发现滑动面、软弱结构面或薄层时,应加填标签注明起止深度,放在岩芯相应位置。

3 对重要的钻孔,应装箱妥善保存岩芯、土样,分箱拍摄彩色照片。

10.3.6 钻探记录和编录应符合下列要求:

1 钻探现场岩芯鉴别和编录可采用按钻探要求回次的采取率、破碎完整程度及外形的描述等综合手段。

2 钻探记录应按回次进尺进行编录,应包括回次进尺和深度、钻进情况、孔内情况、钻进参数、地下水位、岩土性质描述、取样类别及取样位置、原位测试及其位置等内容。

3 岩溶场地的钻孔,尚应记录下列内容:

1) 钻具自然下落和自然减压的起止深度及状况。

2) 遇空洞、溶隙或破碎岩层时的孔内掉块、钻具跳动等的起止深度。

- 3) 钻穿洞穴顶板后应详细记录顶板深度、充填物性质、地下水情况。
- 4) 冲洗液变化情况, 孔内漏水、涌水和返水颜色突然变化的起止深度。
- 5) 岩溶发育情况, 测定钻孔线岩溶率。

10.4 坑探

10.4.1 在建筑物密集、地下设施复杂或分布不明确、不良地质作用发育、缺少基岩露头等地段, 可采用坑探查明地下情况。对卵石、碎石、漂石、块石等粗颗粒土, 钻探难以查明岩土性质或需做大型原位测试时应采用坑探, 坑探宜在地下水位以上进行。

10.4.2 探井宜采用圆形或方形断面, 在井内取样应随开挖工作及及时进行。在松散地层中掘进时应进行护壁, 且应每隔 0.5m~1.0m 设一检查孔。探井施工时, 应根据实际情况, 向井中送风并应监测井内有害气体含量。

10.4.3 为探查地下工程岩溶涌水情况, 可在洞室顶部适当位置布置探洞, 对地下水出水构造进行追踪, 为地下水引排创造条件。

10.4.4 为揭露地表溶沟溶槽分布及起伏、充填物情况及石牙风化特征, 可使用探坑或探槽。探坑或探槽工作宜在物探查明的异常区进行。

10.4.5 为探明溶洞的平面展布、发育深度、充填物性状等, 可采用探洞进行追索或在溶洞处开挖探井。

10.4.6 对坑探除文字描述记录外, 尚应以断面图、展开图等反映坑壁和底部的岩性、地层分界、构造特征、取样和原位测试位置, 并辅以代表性部位的彩色照片。

10.5 原位测试

10.5.1 原位测试项目应在初步了解地层结构的情况下, 根据场地

岩土条件、各测试方法的适用性及工程设计对岩土参数的要求按表 10.5.1 选用。

表 10.5.1 原位测试项目

试验项目	测定参数	主要试验目的
标准贯入试验	标准贯入锤击数 N (击)	1. 判别土层均匀性和划分土层; 2. 判别地基液化可能性及等级 (标准贯入试验);
动力触探试验	动力触探锤击数 M_{10} 、 $M_{63.5}$ 、 M_{120} (击)	3. 估算砂土密实度、黏性土状态; 4. 估算土体基床系数和比例系数; 5. 估算土体强度指标; 6. 选择桩基持力层、估算单桩承载力; 7. 判断沉桩的可能性
旁压试验	初始压力 p_0 (kPa)、 临塑压力 p_y (kPa)、 极限压力 p_L (kPa)、 旁压模量 E_m (kPa)	1. 估算地基土强度和变性指标; 2. 计算土的侧向基床系数; 3. 估算桩基承载力; 4. 确定土的原位水平应力和静止侧压力系数 (自钻式旁压试验)
静力触探试验	单桥比贯入阻力 p_s (MPa), 双桥锥尖 阻力 q_c (MPa)、侧 壁摩阻力 f_s (kPa)、 摩阻比 R_f (%), 孔 压静止触探的孔隙水 压力 u (kPa)	1. 判别土层均匀性和划分土层; 2. 估算地基土强度和变形指标; 3. 估算土的侧向基床系数和比例系数; 4. 判断盾构推进难易程度; 5. 估算桩基承载力; 6. 判断沉桩可能性; 7. 判别地基土液化可能性及等级

试验项目	测定参数	主要试验目的
载荷试验 (平板、螺旋板)	比例界限压力 p_0 (kPa)、极限压力 p_u (kPa) 和压力与变形关系, 地基基床系数 K (kPa/m)	1. 评定岩土承载力; 2. 估算土的变形模量; 3. 计算土体竖向基床系数
扁铲侧胀试验	侧胀模量 E_D (kPa)、侧胀土性指数 I_D 、侧胀水平应力指数 K_D 和侧胀孔压指数 U_D	1. 划分土层和区分土类; 2. 计算土的侧向基床系数; 3. 判别地基土液化可能性
十字板剪切试验	不排水抗剪强度 c_u (kPa) 和重塑土不排水抗剪强度 c'_u (kPa)	1. 测求饱和黏性土的不排水抗剪强度和灵敏度; 2. 估算地基土承载力和单桩侧阻力; 3. 计算边坡稳定性; 4. 判断软黏性土的应力历史
波速测试	压缩波波速 v_p (m/s)、剪切波波速 v_s (m/s)	1. 划分场地类别; 2. 提供地震反应分析所需的场地土动力参数; 3. 评价岩体完整性; 4. 估算场地卓越周期
岩体现场直接剪切试验	岩体的摩擦角 ϕ_p ($^\circ$)、残余摩擦角 ϕ_R ($^\circ$)、黏聚力 c (kPa)	1. 确定岩体、结构面抗剪强度; 2. 计算岩质边坡的稳定性
地温测试	地温 ($^\circ\text{C}$)	测定结构物范围内地温。

10.5.2 原位测试项目的选择和测试点的布置, 应注意各测试方法间及其与勘探、室内试验的相互配合, 并注意地质资料的综合分析对比。

10.6 岩土取样

10.6.1 土试样质量等级、采取的工具和方法应符合现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307的有关规定。

10.6.2 在钻孔中采取 I、II 级土试样时，应满足下列规定：

1 软土、砂土的采取，宜采用泥浆护壁；如使用套管，应保持管内水位等于或稍高于地下水位，取样位置应低于套管底 3 倍孔径的距离。

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

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

4 采取土试样宜用快速静力连续压入法。在硬塑和坚硬的黏性土和密实的粉土层中压入法取样有困难时，可采用击入法，并应重锤少击。

10.6.3 I、II、III 级土试样应妥善密封，防止湿度变化，严防暴晒或冰冻，保存时间不宜超过两周。在运输中应避免振动，对易于振动液化和水分离析的土试样宜就近进行试验。

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

10.6.5 特殊性岩土的取样除应满足试验要求外，尚应符合本规范特殊性岩土勘察的有关规定。

10.6.6 比热容、导热系数、导温系数、基床系数、动三轴特殊试验项目的取样，应满足相应试验的要求。

10.7 室内试验

(I) 土的物理性质试验

10.7.1 土的物理性质试验应测定颗粒级配、比重、天然含水量、天然密度、塑限、液限、有机质含量等。

10.7.2 当需对填筑工程进行质量控制时,应进行击实试验,确定最大干密度和最优含水量。

10.7.3 当需进行渗流分析,基坑降水设计等要求提供土的透水性参数时,可进行渗透试验。常水头试验适用于砂土和碎石土;变水头试验适用于粉土和黏性土;透水性很低的软土可通过固结试验测定固结系数、体积压缩系数,计算渗透系数。土的渗透系数取值应与抽水试验或注水试验的成果比较后确定。

10.7.4 土的腐蚀性试验宜结合地质条件和工程类型进行。

10.7.5 岩土热物理指标的测定应符合现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 的有关规定。

(II) 土的力学性质试验

10.7.6 土的力学性质试验一般包括固结试验、直剪试验、三轴压缩试验、膨胀试验、无侧限抗压强度试验、静止侧压力系数试验、回弹试验、基床系数试验等。

10.7.7 压缩试验的最大压力值应大于土的有效自重压力与附加压力之和。

10.7.8 需确定先期固结压力时,施加的最大压力应满足绘制完整的 $e-\lg p$ 曲线的要求,可测定回弹模量和回弹再压缩模量。

10.7.9 在有经验的地区,可采用直接快剪和固结快剪的方法测定内摩擦角、黏聚力。当采用三轴试验方法测定时,排水条件不好或施工速度较快的工况,宜采用三轴不固结不排水剪(UU),排水条件较好或施工速度较慢的工况,宜采用三轴固结不排水剪(CU)。

10.7.10 确定土的灵敏度时，宜进行原状土和重塑土的无侧限抗压强度试验。

10.7.11 当工程需要时可采用侧压力仪测定土体的静止侧压力系数。

10.7.12 在有经验的地区可采用三轴试验或固结试验的方法测得土的基床系数。

10.7.13 当需要测定土的动力性质时，可采用动三轴试验、动单剪试验或共振柱试验，其试验方法选择应符合现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 的规定。

(III) 岩石试验

10.7.14 岩石试验主要包括颗粒密度、块体密度、吸水性试验，膨胀性试验、耐崩解性试验，抗压、抗剪、抗拉强度试验等。

10.7.15 岩石单轴抗压强度试验应分别测定干燥、饱和状态下的参数，软质岩类易崩解岩石可只测定天然状态下的强度。

10.7.16 裂隙面、层面等软弱结构面抗剪强度试验应在不同法向应力下进行。

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

10.7.18 当间接测定岩石的力学性质时，可采用点荷载试验和波速测试方法。

10.7.19 碳酸盐岩石（体）及结构面物理力学性质指标值可参考本规范附录 F 的统计经验值，并结合具体岩石（体）及结构面室内试验及现场试验成果综合分析提出。

(IV) 其他试验

10.7.20 场地主要岩石应进行物理力学性质试验，可选样进行镜下鉴定、化学分析和溶蚀试验；泥灰岩、泥质白云岩、泥岩等应

增加软化系数试验。

10.7.21 覆盖层土样应进行物理力学性质、膨胀性、渗透性试验，可进行矿物与化学成分分析；溶洞充填物应进行物理力学性质试验，可进行黏土矿物成分分析。

10.7.22 地表水、地下水水样除进行一般水质分析试验项目外，应增加游离 CO_2 和侵蚀性 CO_2 含量分析。

11 不良地质作用

11.1 一般规定

11.1.1 轨道交通线路或其附近存在不利于场地稳定及工程安全的不良地质作用且无法规避时，应进行专项勘察工作。

11.1.2 岩溶、地面塌陷（含岩溶塌陷）、滑坡、危岩、崩塌（落石）、泥石流、采空区、有害气体等不良地质作用的勘察应符合本章规定；对工程有影响的其他不良地质作用应按照国家现行有关标准进行勘察。

11.1.3 工程沿线不良地质作用勘察应查明其成因类型、分布范围、规模及特征，评价其对工程的影响和工程施工对不良地质作用的影响，提出避让或防治措施的建议。

11.1.4 不良地质作用勘察宜采用遥感解译、地质调查与测绘、工程勘探、原位测试及室内试验、现场监测相结合的综合勘察手段和资料分析，根据不同的成因类型，确定具体勘察工作内容和方法，有针对性地开展工作。

11.2 岩溶

11.2.1 轨道交通线路通过地表或地下广泛分布可溶岩的地区、且存在对工程安全有影响或潜在影响的岩溶地质问题时，应进行岩溶勘察。

11.2.2 岩溶勘察主要应查明下列内容：

- 1** 岩溶地貌类型、规模、形态特征、分布范围。
- 2** 可溶岩地层岩性成分、地层厚度、结晶程度、裂隙发育程度、单层厚度、产状、所含杂质及溶蚀、风化程度。
- 3** 可溶岩与非可溶岩的分布特征、接触关系。
- 4** 断裂的力学性质、产状，断裂带的破碎程度、宽度、胶结

程度、阻水或导水条件，以及与岩溶发育程度的关系。

5 褶曲不同部位的特征，裂隙性质，岩体破碎程度，以及与岩溶发育程度的关系。

6 地下岩溶发育情况，包括较大溶洞、暗河的空间位置、形态、深度及分布和充填情况，岩溶与工程的关系。

7 溶洞或暗河发育的层数、标高、连通性，分析地下水排泄基准面与岩溶发育的关系。

8 岩溶地下水分布特征及补给、径流及排泄条件，岩溶地下水的流向、流速，岩溶泉的出露位置、水量及变化情况，岩溶水与地表水的联系。

9 岩溶发育程度分级，圈定岩溶地下水富水区。

10 岩溶塌陷及土洞的成因、分布、形态、发育规律、发展趋势，以及当地治理经验。

11 地质调查与测绘、勘探、试验过程中，应避免因岩溶因素引发或可能遭遇的安全或环境风险。

11.2.3 岩溶勘察应符合下列要求：

1 岩溶勘察宜分阶段进行，各阶段勘察工作深度应满足下列要求：

1) 可行性研究勘察应调查岩溶水文地质背景和岩溶洞隙、土洞的发育条件，并对其危害程度和发展趋势作出判断，对场地稳定性和工程建设适宜性进行初步评价。

2) 初步勘察应初步查明岩溶洞隙、伴生土洞、塌陷的分布，及其发育程度和规律，并按场地的稳定性和适宜性进行分区。

3) 详细勘察应查明岩溶发育程度，各种岩溶洞隙和土洞的位置、规模、埋深，岩溶充填物性状和地下水特征，对地基基础的设计和岩溶的治理提出建议。

4) 当场地条件复杂、或施工过程中发现对建（构）筑物地基基础设计有较大影响的岩溶形态时，应进行施工勘

察。

2 岩溶勘察应遵循地质调查分析由面到点、勘探工作由疏到密的原则，针对建（构）筑物特征和场地条件，宜采用地质调查与测绘、物探、钻探、测试等多种手段相结合的方法进行。

3 岩溶勘探点布置、勘探深度、钻孔护壁方法及材料应根据勘察阶段并结合物探方法和水文地质试验的要求确定。

4 浅层溶洞和覆盖土层厚度可用挖探查明或验证，土洞可用轻便型、密集型勘探查明或验证。

5 与工程岩溶水文地质评价有关的溶洞，凡人员可以进入的均应入洞进行调查测绘，人员不能进入的溶洞，宜用钻孔电视等手段探测。

6 与线路有关的落水洞、溶洞、暗河、岩溶泉等宜进行连通试验，查明其分布规律、主发育方向。

7 土洞发育区尚应收集场区及其周边的地下水抽排情况，持续观测其地面变形、地下水位的动态变化，分析评价地下水位变化对土洞发育和地面塌陷的影响。

11.2.4 岩溶强发育地段，宜在施工期进行补充勘察或开展施工地质工作；隧道工程应加强施工地质配合，对工程影响较大的岩溶应进行复查。

11.2.5 岩溶场地的岩土工程分析与评价应包括下列内容：

1 阐明岩溶的空间分布、发育程度、发育规律、对各类工程的影响和处理原则、存在问题及施工注意事项等。

2 岩溶场地的基坑、隧道涌水量应采用多种方法计算比较确定，并应对岩溶涌水、突泥位置和强度、地下水位下降的可能性、对地表水和工程周边环境的影响、可能发生地面塌陷的地段等岩土工程问题作出预测和评估，提出可行的设计、施工措施建议。

3 线路工程跨越或置于隐伏溶洞之上时，应评价隐伏溶洞的稳定性。

4 宜编制岩溶工程地质平面图（比例尺 1 : 500~1 : 5000）、

工程地质纵断面图(比例尺横向 1 : 200~1 : 2000、竖向 1 : 100~1 : 500)、工程地质横断面图(比例尺 1 : 200~1 : 500)及隐伏岩溶、洞穴或暗河的平面、纵横剖面图(比例尺视需要确定,纵、横比例宜一致),图中应标出各类岩溶形态分布位置、与线路工程相互关系。

11.3 地面塌陷

11.3.1 本节适用于施工扰动、管网渗漏、地下水抽排、岩溶、土洞、软土触变等引起的地面塌陷岩土工程勘察,包括已发生地面塌陷场地勘察和可能发生地面塌陷场地勘察。

11.3.2 已发生地面塌陷地段的岩土工程勘察应包括下列内容:

1 查明勘察范围内历史记载和当今地面塌陷的分布范围、发生时间和程度。

2 查明地面塌陷对建筑物、既有城市轨道交通线路的影响,包括建筑物和既有城市轨道交通线路的沉降、倾斜、裂缝及其发生时间和发展过程。

3 查明地面塌陷对高程基准点的影响。

4 查明地下管道的破裂情况,重点查明供水管网是否渗冒水、煤气管道是否破裂等。

5 查明地面塌陷的发生原因,并预测其发展趋势。

6 研究制定地面塌陷的控制和治理方案。

7 提出监测措施建议。

11.3.3 尚未发生地面塌陷的地段,其地面塌陷勘察宜包括以下内容:

1 场地及附近工程施工、管网渗漏、地下水位抽排等周边环境状况。

2 场地微地貌特征。

3 上覆土层厚度、物质组成、颗粒级配、物理力学性质及土

洞发育情况等。

4 下伏基岩岩性特性，重点是可溶岩地层的岩溶发育规律、程度和溶洞规模等。

5 水力条件，包括地下水分布及动态变化、补径排条件、工程活动对地下水渗流场的影响等。

6 综合判定场地产生地面塌陷的可能性及发展趋势。

7 研究制定地面塌陷的预防和控制方案。

8 提出监测措施建议。

11.3.4 地面塌陷的岩土工程分析与评价应包括下列内容：

1 线路通过已发生地面塌陷地段时，应分析引起地面塌陷的原因，预估地面塌陷的发展趋势，并提出控制和治理方案。

2 线路通过可能发生地面塌陷地段时，应根据沿线地形地貌、上覆土层厚度与结构、下伏基岩岩溶发育程度、地下水位等进行综合评价，分析塌陷的主要原因，预测塌陷可能性及发展趋势，分析评价其对工程线路展布、建（构）筑物地基正常使用的影响，提出避让或处理措施建议。

11.3.5 城市轨道交通工程施工时，应重视对可能诱发地面塌陷的风险源的辨识，加强管网渗漏情况调查，严格控制施工扰动强度和地下水抽排量，开展施工过程中的地面变形监测。对可能产生地面塌陷的地段，宜在勘察阶段开始进行地下水动态观测和地面变形监测，监测方法包括直接监测法和间接监测法，以间接监测法为主。

11.4 滑坡

11.4.1 在轨道交通线路及其附近存在对轨道交通工程及其附属设施安全有影响的滑坡或有滑坡可能时，应进行滑坡勘察。其勘察方法及技术要求应符合现行国家标准《滑坡防治工程勘查规范》GB/T 32864 的有关规定。

11.4.2 滑坡地段勘察应查明下列内容：

- 1 滑坡地段的地形地貌、斜坡形态、地层岩性、地质构造、地震动参数及当时气象资料。
- 2 滑坡成因、类型、规模、分布范围、发育规律及诱发因素。
- 3 滑坡周界、滑坡后缘与两侧裂缝、前缘临空面、滑动面（带）、滑坡体微地貌和鼓丘等要素的分布位置及发育情况。
- 4 软硬岩层组合与分布、软弱夹层、风化层及松散层的分布及其特征。
- 5 水文地质特征，重点调查地表水、泉、湿地的分布，地表水的入渗条件、径流情况，地下水的埋深、流向等。
- 6 滑动面（带）的分布位置、层数、厚度、形态特征及其物质组成、含水状态、物理力学性质。
- 7 滑动体的物质组成及其分级、分块、分层情况，滑床的形态特征、物质组成、物理力学性质和地质结构。
- 8 滑坡体上植被类型及持水特性。
- 9 滑坡裂缝的分布、长度、宽度、形状、力学属性及组合形态，以及建筑物的开裂、膨胀、或压缩变形与滑坡的关系。
- 10 滑坡区的人类工程活动，主要包括开挖坡脚、蓄水、排水、堆填加载、劈山开矿的爆破作用等。
- 11 滑坡的治理情况及滑坡的现状稳定性，以及当地滑坡勘察、设计和治理经验。

11.4.3 滑坡勘察应进行工程地质调查与测绘，调查与测绘范围应包括滑坡及其邻近地段。比例尺可选用 1 : 500~1 : 2000，用于整治设计时，比例尺应选用 1 : 200~1 : 500。

11.4.4 滑坡地段勘探与测试应符合下列规定：

- 1 勘探可采用主辅勘探线（剖面）法，勘探线应平行滑坡主滑方向布置，主轴部位应有一条勘探线，每条勘探断面上勘探点数量不应少于 3 个。当滑坡规模较大时，主轴两侧尚应布置 1 条~2 条勘探线，并超过滑坡影响范围 10m~20m。勘探点的布置，应

考虑绘制横剖面的需要。视需要，可在后缘稳定地段布置勘探点。

2 勘探线（剖面）应由钻探、坑探及物探等勘探点构成。

3 纵向勘探线的布置应结合滑坡分区进行，不同滑坡单元均应有主勘探线控制，其方向应与该单元的滑动方向一致，在其两侧可布置辅助勘探线。

4 横向主勘探线宜布置在滑坡中部至前缘剪出口之间。

5 勘探深度应穿透最下一层滑动面，并进入滑床 3m~5m，并满足治理设计的需要，多次滑动或滑面有向深部发展的可能时，应适当加深。

6 钻探至预估滑动面（带）以上 5m 或发现滑动带迹象，采用干法钻进方法时，回次进尺不得大于 0.3m，应及时编录岩芯，确定滑动面位置。

7 应逐层对滑坡体、滑动面（带）、软弱夹层及其上下土层取样进行物理力学性质试验，有条件的情况下宜进行滑动带土的现场剪切试验。

8 地下水发育时，应进行水文地质试验，并对地表水、地下水等分别采样进行测试。

9 应对滑坡区地下水位及孔隙水压力变化、位移进行监测。正在活动的滑坡可设置测斜管监测滑坡动态。

11.4.5 滑坡地段的岩土工程分析与评价应符合下列要求：

1 在滑坡稳定性验算前，应根据滑坡的规模、主导因素、滑坡前兆、滑坡区的工程地质和水文地质条件等资料，对滑坡的整体稳定性做出宏观评价。

2 稳定性验算

1) 选择有代表性的断面，并划分出牵引、主滑和抗滑地段。

2) 正确选用强度指标，宜根据测试成果、反演分析和当地经验确定。

3) 有地下水时，应计入浮托力和水压力。

4) 根据滑面(带)条件,按平面、圆弧或折线,选用正确的计算模型。

5) 对滑坡的稳定性进行定性和定量分析,定量分析宜采用极限平衡条分法、有限元强度折减法。

6) 除整体稳定性外,尚应验算局部滑动的可能性。

7) 有地震、冲刷、人类活动等影响因素时,应考虑这些因素对稳定的影响。

3 滑坡稳定性的综合评价,应结合宏观评价及稳定性验算结果进行,并应分析其发展趋势及危害程度,提出治理方案建议。

4 宜编制滑坡区工程地质平面图(1:500~1:2000)、工程地质纵横断面图(1:200~1:1000)。

11.5 危岩、崩塌(落石)

11.5.1 轨道交通线路通过下列斜坡地带时,应按危岩、崩塌(落石)地段开展工作:

1 坡面高陡,不平整,上陡下缓。

2 斜坡岩体裂隙发育,结构面呈张开状,有危岩(落石)分布。

3 坡脚、坡面有崩塌物停积,且存在崩塌(落石)的可能。

11.5.2 危岩、崩塌(落石)地段地质调查与测绘应符合下列要求:

1 结合工程线路及建(构)筑物的方案比选进行1:500~1:2000的工程地质调查与测绘,测绘范围应包括不良地质体及对工程有影响的区域。

2 可直接量测的危岩,应采用钢尺、罗盘等逐条测量危岩主控结构面,并采用全站仪或手持式GPS进行定位;人员无法直接到达的位置,可从已知起算点采用无棱镜激光测距仪定位对象的方位、高程,也可采用无人机航拍、三维激光扫描等手段进行地质测绘。

- 3 工程地质调查与测绘宜包括下列内容：
 - 1) 地形地貌和微地貌特征。
 - 2) 地层岩性、岩层结构、软质岩和硬质岩的分布和风化程度。
 - 3) 岩体结构类型、结构面性质、产状、发育与充填特征, 优势结构面特征及其与坡面组合关系。
 - 4) 陡崖卸荷带产状、延伸长度、宽度、深度、充填物等情况。
 - 5) 地表水、地下水、降雨、人类活动对崩塌的影响。
 - 6) 危岩的空间分布范围, 裂缝的位置、性质、形状、宽度、深度、延伸长度、充填情况及稳定性。
 - 7) 危岩的破坏模式、基座岩性、岩腔情况、变形情况等特征。
 - 8) 崩塌规模、分布范围及成因机制。
 - 9) 斜坡脚崩塌崩堆积体的类型、规模、分布范围、物质组成及稳定性。
 - 4 应结合支挡防护工程, 查明支挡建筑物地基情况和锚固条件。
 - 5 搜集气象、地震及有关水文资料, 调查危岩、崩塌、落石发展史及当地防治经验。
- 11.5.3** 危岩、崩塌(落石)地段勘探与测试应符合下列规定:
- 1 危岩、崩塌(落石)地段勘察以地质调查与测绘为主, 可选用挖探、钻探、洞探等相结合的手段。
 - 2 可采用无人机航拍测量、三维激光扫描等手段进行勘测。
 - 3 崩塌堆积体的勘探深度应至稳定地层中不小于 3m, 且必须大于最大块石粒径的 1.5 倍, 并满足崩塌体稳定性分析的需求。
 - 4 崩塌堆积体路段, 宜间隔 50m~200m 进行横断面勘探, 每条勘探断面上勘探点数量不应少于 3 个。
 - 5 为了解危岩体的落石滚落特点, 可在现场做落石试验。

6 对于直接影响工程施工及运营安全的危岩,应对张裂隙进行监测。

11.5.4 危岩、崩塌(落石)地段的岩土工程分析与评价应包括下列内容:

1 危岩、崩塌(落石)形成的条件、分布范围、规模、发生崩塌时的滚落方向、危害范围等。

2 危岩、崩塌(落石)的现状稳定程度和发展趋势。

3 危岩、崩塌(落石)破坏后的危害程度,对工程线路的选线及防治措施提出建议。

4 宜编制工程地质图,标明裂隙位置、危岩、崩塌(落石)范围界线(比例尺1:500~1:2000),代表性纵向、横向工程地质断面图(比例尺1:200~1:1000),裂隙统计图等。

11.6 泥石流

11.6.1 城市轨道交通路线通过沟口或坡脚存在大量无分选的洪流堆积物、沟内或山坡存在滑坡堆积物或大量松散物质、有泥石流暴发的历史记录或泥石流活动痕迹的地段时,应按泥石流地开展相关工作。

11.6.2 泥石流勘察应在可行性研究或初步勘察阶段进行,应查明泥石流的形成条件和泥石流的类型、规模、发育阶段、活动规律,并对工程场地适宜性评价,提出防治方案的建议。

11.6.3 泥石流地段工程地质调查和测绘应符合下列要求:

1 宜采用遥感图像地质解译与野外地质调绘相结合的方法进行地质调绘。

2 测绘范围应包括沟谷至分水岭的全部地段和可能受泥石流影响的地段。

3 查明沿线沟谷的发育程度、切割情况,坡度、弯曲、粗糙程度,并划分泥石流的形成区、流通区和堆积区。

4 形成区应着重调查地层岩性、地质构造、风化破碎情况，不良地质的发育、分布情况，植被情况。调查人为活动对山坡岩体的破坏；分析可能发生泥石流的规模及对工程危害程度。

5 流通区应着重调查沟床纵横坡度、跌水、急湾等特征、沟床两侧山坡坡度、沟床的冲淤变化和泥石流的痕迹；分析线路通过的可能和方式。

6 堆积区应着重调查堆积扇分布范围、表面形态、纵坡、植被、沟道变迁和冲淤情况。查明堆积物的性质、层次、厚度、一般粒径和最大粒径。判定堆积区的形成历史、堆积速度，估算一次最大堆积量；分析线路通过的可能和影响。

7 调查泥石流沟集雨范围内的湖泊、水库、弃渣等的分布及其与泥石流的关系；搜集当地气象、水文、地震资料，特别是泥石流爆发期间的资料，着重调查泥石流发育区的暴雨强度、一次最大降雨量，沟谷的平均及最大流量，地下水活动等情况。

8 调查泥石流发展史和周期，当地防治泥石流的规划措施和经验。

11.6.4 泥石流地段勘探与测试应符合下列规定：

1 宜采用物探、挖探、钻探等进行综合勘探。

2 泥石流堆积物勘探深度应至基底以下稳定地层中不小于 3m，且不得小于最大块石直径的 1.5 倍。勘探点的数量及位置应根据地形条件，泥石流堆积物的组成、厚度及其对轨道交通工程线路的影响等确定。

3 泥石流排导工程的勘探点宜沿排导工程的延伸方向布置，探井（坑）或钻孔深度应至冲刷线以下不小于 5m。

4 泥石流拦渣坝宜沿沟槽横断面方向布置勘探断面，基底及沟槽两侧边坡宜布置勘探点，探井（坑）或钻孔深度应至基底以下稳定地层不小于 3m。

5 泥石流流体密度、固体颗粒密度、颗粒分析试验宜在现场进行，堆积物的土样应在有代表性的位置采取。

6 对需要整治的泥石流物源区不良地质体,按整治工程的需要布置勘探、测试工作。

11.6.5 泥石流区段的岩土工程分析与评价应包括下列内容:

1 阐明泥石流特征、规模、发生与发展原因、固体物质补给方式、储量、一次性补给量,预测泥石流发生频率及淤积、冲蚀对工程的影响。

2 分析松散堆积物的稳定性。

3 分析沟床两侧边坡的稳定程度。

4 线路穿越流通区时,应分析线路通过的可能和方式。

5 线路穿越堆积区,应分析线路通过的可能和影响。

6 宜编制泥石流流域工程地质略图(比例尺 1:10000~1:50000)、沟床工程地质纵横断面图(比例尺横 1:100~1:2000)。

11.7 采空区

11.7.1 本节适用于采空区岩土工程勘察,按采空程度可分为大面积采空区和小窑采空区。

11.7.2 采空区地段工程地质调查与测绘应符合下列规定:

1 采空区工程地质调查与测绘,宜在工程项目的可行性研究勘察或初步勘察阶段进行。详细勘察阶段主要针对专门性工程地质问题做补充性工程地质调查与测绘。

2 采空区调查与测绘范围,应包括拟建场地及周边对场地稳定性有影响的采空区,可结合保护煤(岩)柱的宽度,按开采边界角计算范围。测绘比例尺应符合下列规定:

1) 可行性研究勘察阶段调查与测绘比例尺应为 1:2000~1:5000。

2) 初步勘察阶段调查与测绘的比例尺应为 1:1000~1:2000。

3) 详细勘察阶段或采空区分布复杂地段,比例尺可适当

放大。

4) 调查与测绘方法可根据采空区特征采用测线测绘法、界线追踪法、露头标绘法等。

5) 观测点可用手持 GPS 定位并拍摄照片，同时应对测点的地形地貌、地表裂缝宽度及沉陷变形情况进行详细记录；当测点处于边坡地段时，还应查明边坡变形破坏情况等。

3 调查与测绘前宜搜集相关地质图、矿床分布图、矿区规划图、地表变形和有关变形的观测、计算资料，地表最大下沉值、最大倾斜值、最小曲率半径、移动角等资料，了解加固处理措施及效果。

4 工程地质调查与测绘宜包括下列内容：

1) 地层层序、岩性、地质构造、矿层的分布范围、开采深度、厚度。

2) 采空区的开采历史、开采计划、开采方法，开采边界、顶板管理方法、工作面推进方向和速度，巷道平面展布、断面尺寸及相应的地表位置，顶板的稳定情况，洞壁完整性和稳定程度。

3) 地下水的季节与年变化幅度、最高与最低水位及地下水动态变化对坑洞稳定性的影响；了解采空区附近工业、农业抽水和水利工程建设情况及其对采空区稳定的影响。

4) 采空区的空间位置、塌落、支撑、回填和充水情况。

5) 有害气体的类型、分布特征、压力和危害程度。在调查与测绘过程中应注意有害气体对人体造成的危害。

5 地表变形调查宜包括地面塌陷、地裂缝的分布位置、高程、延伸方向、发生时间、发展速度，及其与采空区的关系等。

6 建（构）筑物变形调查宜包括下列内容：

1) 建（构）筑物变形的特征，变形开始时间，发展速度，

裂缝分布规律、延伸方向、形状、宽度等。

2) 建（构）筑物的结构类型、所处位置与采空区、地质构造、开采边界、工作面推进方向的相互关系。

11.7.3 采空区地段勘探与测试应符合下列要求：

1 在采空区分布无规律、地面痕迹不明显、无法进入坑洞内进行调查和验证的地区，应采用电法、地震和地质雷达等综合物探，并用物探结果指导钻探，可进行综合测井。各种方法的勘探结果应得到相互补充和验证。

2 勘探线、勘探点应根据工程线路走向、敷设形式，并结合坑洞的埋藏深度、延伸方向布置，勘探孔数量和深度应满足稳定性评价与加固、治理工程设计的要求。

3 对上覆不同性质顶板岩土层应分别取代表性试样进行物理力学性质试验，提供稳定性验算及工程设计所需岩土参数。

4 应分别取地下水和地表水试样进行水质分析。

5 对可能储气部位，宜进行有害气体含量、压力的现场测试。

11.7.4 当缺乏资料且难以查明采空区的基本特征时应进行定位观测。

11.7.5 当采空区矿层多、采深大、采空范围大，已造成大面积变形、冒落、山体滑坡、崩塌时，宜做专项勘察。通过勘察研究，若治理费用过高或治理难度大，应提出避让建议。

11.7.6 采空区地段岩土工程分析与评价应包括下列内容：

1 采空区的稳定性。

2 采空区的变形情况和发展趋势。

3 进行场地稳定性及工程建设的适宜性评价与分区。

4 采空区对工程建设可能造成的影响及治理方案对比分析。

5 采空区中残存的有害气体、充水情况及其造成危害的可能性。

6 线路通过采空区应采取的工程措施。

7 施工和运营期间防治措施的建议。

8 宜编制采空区地段的工程地质图（比例尺 1 : 2000~1 : 5000）、工程地质纵断面图（比例尺 1 : 500~1 : 2000）、工程地质横断面图（比例尺 1 : 100~1 : 200）、坑洞平面图（比例尺 1 : 200~1 : 500）等。

11.7.7 采空区变形监测宜从可行性研究勘察阶段或初步勘察阶段开始，并应与后期的采空区治理、建（构）筑物施工阶段的施工监测、竣工运营监测相衔接，或根据变形发展趋势监测至变形稳定。

11.8 有害气体

11.8.1 在城市轨道交通地下工程通过工业垃圾和生活垃圾地段、富含有机质的软土地区，以及含煤层、含气层或曾发现过有害气体的地区应开展有害气体勘察工作。

11.8.2 有害气体地段的工程地质调查与测绘应符合下列要求：

1 查明地层成因、沉积环境、岩性特征、结构、构造、分布规律、厚度变化。

2 查明含气地层的物理化学特征、具体位置、层数、厚度、产状及纵、横方向上的变化特征、圈闭构造。

3 查明有害气体生成、储藏和保存条件，确定有害气体运移、排放、液气相转换和储存的压力、温度及地质因素。

4 查明地下水水位与变化幅度、补给、径流、排泄条件，含水层分布位置、孔隙率与渗透性，地下水与有害气体的共存关系。

5 查明有害气体的分布、范围、规模、类型、物理化学性质。

6 查明当地有关有害气体的利用及危害情况和工程处理经验。

11.8.3 有害气体地段的勘探与测试应符合下列规定：

1 应采用钻探、物探和现场测试等综合勘探手段。勘探点应结合地层复杂程度、含气构造和工程类型确定，勘探线宜按线路

纵、横断面方向布置，并应有部分勘探点通过生气层、储气层部位；勘探点的数量根据实际情况合理确定。

2 勘探孔深度宜结合生气层、储气层深度确定。

3 岩层、砂层岩芯采取率不宜小于 80%，黏性土、粉土、煤层不宜小于 90%。

4 各生气层、储气层应取样不少于 2 组，隔气顶、底板各不少于 1 组。

5 有害气体的类型、含量、浓度、压力、温度及物理化学性质。

6 生气层、储气层的密度、含水量、液限、塑限、有机质含量、孔隙率、饱和度、渗透系数。煤层的密度、孔隙率、水分、挥发分、全硫、坚固性系数、瓦斯放散初速度、等温吸附常数、自燃倾向性、煤尘爆炸性。

7 封闭有害气体的顶、底板岩层物理力学性质。

8 水的腐蚀性。

11.8.4 有害气体的分析与评价应包括下列内容：

1 地下工程通过段的工程地质与水文地质条件，有害气体生气层、储气层的埋深、长度、厚度、与线路交角、分布趋势、物理化学性质及封闭圈特征。

2 地下工程通过段的有害气体类型、含量、浓度、压力，预测施工时有害气体突出危险性、突出位置、突出量，评价有害气体对施工及运营的影响，提出工程措施的建议。

3 可编制详细工程地质图（比例尺 1：500~1：5000）、工程地质纵、横断面图（比例尺 1：200~1：2000），应填绘有害气体的类型、分布范围及生气层、储气层的具体位置、有关测试参数等。

12 特殊性岩土

12.1 一般规定

12.1.1 贵州省城市地区常见的特殊性岩土主要有填土、红黏土、膨胀岩土、软土、强风化岩、全风化岩和残积土。对上述特殊性岩土的勘察应符合本规定，对工程有影响的其他特殊性岩土的勘察应按有关规定进行。

12.1.2 在分布特殊性岩土的场地，应通过踏勘、搜集已有工程资料 and 进行地质调查与测绘等，初步判断场地特殊性岩土种类和场地复杂程度，结合轨道交通工程重要程度，制定合理的勘察方案。其勘探的种类、数量、间距和深度等应满足查明特殊性岩土分布特征的要求；原位测试和室内试验的项目、方法和数量等应满足查明特殊性岩土工程特性的要求。

12.1.3 特殊性岩土的勘探与测试方法、工艺和操作要点等，应确保能充分反映特殊性岩土的工程特性。

12.1.4 特殊性岩土的勘察应评价其对轨道交通工程建设和运营的影响，提供设计、施工所需的特殊性岩土的物理力学参数。

12.2 填土

12.2.1 填土按照堆填方式可分为非压实填土和压实填土两大类：

1 非压实填土指由生产和生活废弃物在地表自然堆填而成。按其物质组成可分为：

1) 素填土：由碎石土、砂土、黏性土等一种或多种材料组成，不含或少含杂物。

2) 杂填土：含有大量建筑垃圾、生活垃圾等杂物混合而成。

3) 工业废料填土：由炉渣、煤灰、煤矸石等组成。

4) 混合填土：由上述两种以上填土混合而成。

2 压实填土指对选定的填料按压实标准，有组织分层填筑的土层。按压实方法可分为机械振动碾压填土和强夯压实填土。

12.2.2 填土的勘察应包括下列内容：

1 地形、地物的变迁，填土的来源、物质成分、堆填方式。

2 不同物质成分填土的分布、厚度、深度、均匀程度及相互接触关系。

3 不同物质成分填土的堆填时间与加载、卸荷经历。

4 填土含水量、密度、颗粒级配、有机质含量、密实度、压缩性、湿陷性及腐蚀性。

5 填土中水的赋存状态、补给、径流、排泄方式及腐蚀性等，以及与邻近水体的联系，分析对填土固结与施工的影响。

6 有无暗浜、暗塘、渗井、废土坑、旧基础、墓穴等，如有提出相应的处治建议。

12.2.3 填土的勘察应符合下列要求：

1 勘探点密度应能查明不同种类与物质成分填土的分布、厚度、工程性质及其变化。

2 勘探孔的深度应穿透填土层，并应满足工程设计及地基加固施工的需要。

3 勘探方法应根据填土性质确定。对于粉土或黏性土组成的素填土，可采用钻探取样、轻型钻具与原位测试相结合的方法；对含较多粗粒成分的素填土和杂填土，宜采用动力触探、钻探，在具备施工条件时，可适当布置一定数量的探井。

4 对分布范围较大的填土区，宜采用综合物探方法，根据场地条件、勘探要求及填土物性参数特征等，选用地震、地质雷达、声波、高密度电法等方法。

12.2.4 填土的工程特性指标应采用下列方法确定：

- 1 填土的均匀性和密实度宜采用触探法，并辅以室内试验。
- 2 填土的压缩性宜采用室内固结试验或现场载荷试验。
- 3 杂填土的密度实验宜采用大容积法。
- 4 对压实填土应测定干密度，并应测定填料的最优含水量和最大干密度，计算压实系数。

5 填土的承载力、抗剪强度指标可采用原位测试方法结合当地经验确定，承载力的确定宜进行载荷试验。

12.2.5 填土的岩土工程分析与评价应符合下列要求：

- 1 阐明填土的成分、分布、厚度、密实度与岩土工程性质及其变化。
- 2 对填土的承载力、抗剪强度、基床系数和天然密度等提出建议值。
- 3 暗挖工程应评价填土及其含水状况对隧道围岩稳定性的影响，提出处理措施和监测工作的建议。
- 4 明挖、盖挖工程应评价填土对边坡坡度、支护形式及施工的影响，提出处理措施和监测工作的建议。
- 5 当填土作为地基或路基时，应分析评价其沉降变形情况，并提出处理措施建议。
- 6 填土开挖时应进行验槽，视需要补充勘探及测试工作。

12.3 红黏土

12.3.1 红黏土指颜色为棕红或褐黄色、覆盖于碳酸盐岩之上、且液限大于或等于 50% 的高塑性黏土。红黏土经搬运、沉积后仍保留其特征，且液限大于 45% 的土，可判定为次生红黏土。

12.3.2 红黏土除按成因分类外，根据工程需要可按以下特征进行岩土工程分类：

- 1 红黏土的状态分类可按含水比 α_w 、液性指数 I_L 和比贯入阻力 P_s 等指标进行判定，并应符合表 12.3.2-1 的规定。

表 12.3.2-1 红黏土的状态分类

状态	含水比 α_w	液性指数 I_L	比贯入阻力 P_s (kPa)
坚硬	$\alpha_w \leq 0.55$	$I_L \leq 0$	$P_s \geq 2300$
硬塑	$0.55 < \alpha_w \leq 0.70$	$0 < I_L \leq 0.25$	$1300 \leq P_s < 2300$
可塑	$0.70 < \alpha_w \leq 0.85$	$0.25 < I_L \leq 0.75$	$700 \leq P_s < 1300$
软塑	$0.85 < \alpha_w \leq 1.00$	$0.75 < I_L \leq 1.00$	$200 \leq P_s < 700$
流塑	$\alpha_w > 1.00$	$I_L > 1.00$	$P_s < 200$

注： $\alpha_w = \omega / \omega_L$ ； $\alpha_w = 0.45 I_L + 0.55$

2 红黏土的结构类型、综合灵敏度指标和裂隙发育特征应符合表 12.3.2-2 的规定。

表 12.3.2-2 红黏土的结构类型、综合灵敏度指标和裂隙发育特征

土的结构	类型	灵敏度 S_f	裂隙发育特征
致密状	I	$S_f > 1.2$	偶见裂隙 (<1 条/m)
块状	II	$1.2 \geq S_f > 0.8$	有较多裂隙 (1~5 条/m)
碎块状	III	$S_f \leq 0.8$	富裂隙 (>5 条/m)

3 红黏土的复浸水特性分类应符合表 12.3.2-3 的规定。

表 12.3.2-3 红黏土的复浸水特性分类

类别	液塑比 I_L 与界限液塑比 I_L' 关系	复浸水特性
I	$I_L \geq I_L'$	收缩后浸水膨胀，能恢复到原位
II	$I_L < I_L'$	收缩后浸水膨胀，不能恢复到原位

注： $I_L' = \omega_L / \omega_p$ ， $I_L' = 1.4 + 0.0066 \omega_L$

4 红黏土的地基变形均匀性分类应符合表 12.3.2-4 的规定。

表 12.3.2-4 红黏土的地基变形均匀性分类

类别	地基变形均匀性	基底下 Z 深度范围内岩土构成
I	变形均匀地基	全部由红黏土构成
II	变形不均匀地基	由红黏土和岩石构成

注: 1 当单独基础的总荷载 p_1 为 500kN/柱~3000kN/柱, 条形基础荷载 p_2 为 100kN/m~250kN/m 时, Z 值可按下式确定:

单独基础: $Z(m) = Z_1 p_1 + 1.5$

条形基础: $Z(m) = Z_2 p_2 - 4.5$

式中 Z_1 、 Z_2 系数: Z_1 可取 0.003m/kN, Z_2 可取 0.05m/kN。

- 2 若不满足上述条件时, 按《建筑地基基础设计规范》的相关规定, 对建(构)筑物地基的沉降进行估算。
- 3 对于岩土组合地基, 若受拟建场地内红黏土的厚度变化大、建筑荷载差异大、对建(构)筑体型复杂等因素的影响, 应结合实际明确勘察的内容, 并对不同建(构)筑物地基存在的变形差异影响进行评价。

12.3.3 红黏土的勘察应重点查明下列内容:

1 不同地貌单元上红黏土和次生红黏土的平面分布、厚度变化、物质组成、土性等特征及其差异, 并判定其状态。

2 下伏基岩的岩性、岩溶发育特征及其与红黏土土性、厚度变化的关系。

3 土体结构特征, 土体中裂隙发育的密度、深度、延展方向等特征规律, 土体裂缝的成因及分布特征。

4 斜坡与人工边坡的土性、坡率与高度、裂隙分布及变形破坏特征的调查统计。

5 地表水和地下水的分布、水位动态变化及其与红黏土状态在埋深方向的关系。

6 已有建筑物开裂原因分析, 当地勘察、设计与施工经验等。

12.3.4 红黏土的勘察应符合下列规定:

1 红黏土的勘察宜采用钻探、室内试验与原位测试相结合的

手段进行。

2 钻探施工应干作业，岩芯采取率应不小于 90%，回次钻进深度应小于取土管长度，岩芯管钻进每回次不宜超过 0.5m。

3 勘探点的布置应符合本规范第 6 章和第 7 章的要求，对基坑工程、埋深较浅的隧道工程、路基工程、边坡工程，当红黏土受下伏基岩起伏控制，其分布、厚度变化较大或需要圈定软塑、流塑状红黏土的范围时，可适当加密勘探点。

4 勘探孔的深度应满足设计要求，当红黏土厚度较大时，钻探深度应进入下伏基岩内 5m~8m。

5 红黏土的取样及室内试验应按土质单元分别进行。同一土质单元，常规试验应不少于 10 组，胀缩性试验、热物理试验、三轴试验、无侧限抗压强度试验、反复直剪等特殊试验应不少于 3 组，腐蚀性试验应不少于 2 组。

6 采取质量等级为 I~II 级的原状土，必须使用与质量等级相对应的取土器，采取软塑、流塑土试样应使用活塞取土器，并采用快速静力连续压入或重锤少击法取样，为鉴别土的状态可连续采取 III 级保湿土试样。

7 红黏土的原位测试应按土质单元分别进行，对坚硬、硬塑及可塑状红黏土，原位测试宜采用标准贯入、静力触探或载荷试验；对软塑、流塑状红黏土，宜采用旁压试验、十字板剪切试验。标准贯入试验，每个工点应不少于 2 个测试点，可在钻孔内兼做。

8 采用红黏土作为地基的建（构）筑物场地，其勘察应符合现行地方标准《贵州省建筑岩土工程技术规范》DBJ52/T 046 的有关规定。

9 当出现下列情况时，应进行施工勘察，施工勘察阶段勘探点的间距和勘探孔的深度应根据需要确定。

1) 针对基坑工程、埋深较浅的隧道和边坡工程，红黏土厚度、状态变化大，基岩面起伏大，有石牙出露，或基岩面上土层特别软弱，按详细勘察阶段勘探点间距规定

难以查清这些变化时，应进行施工勘察，可采用钻探和原位测试相结合的方法。

2) 土层中有土洞发育，详细勘察阶段未能查明所有情况时，应进行施工勘察，可采用钻探和工程物探（地表地质雷达法）相结合的方法。

3) 针对高架区间工程，采用端承桩，因基岩面倾斜、基岩面高低不平或有临空面，嵌岩桩有失稳危险时，应进行施工勘察，可采用钻探和工程物探（地表地质雷达法）相结合的方法。

12.3.5 红黏土的室内试验应符合下列要求：

1 红黏土的室内试验项目应根据不同勘察阶段、不同工程类别和处理措施选定，参数应按土质单元提供。

2 红黏土的室内试验包括常规试验、收缩性试验、腐蚀性试验、热物理试验。对裂隙发育的红黏土应进行三轴剪切试验或无侧限抗压强度试验，确定灵敏度时应进行重塑土的无侧限抗压强度试验。当需评价边坡稳定性时，宜进行重复剪切试验。当工程需要时可采用侧压力仪测定土体的静止侧压力系数。

3 判定红黏土的胀缩性应进行收缩性试验和复浸水试验。红黏土的收缩性试验指标包括线收缩率、体收缩率、收缩系数。

4 除常规试验指标、收缩性指标、腐蚀性指标和热物理指标外，一般还应提供以下参数指标：承载力特征值、基床系数、静止侧压力系数、无侧限抗压强度、土体与锚固体极限黏结强度标准值、基底摩擦系数、临时变坡率、桩的极限端阻力标准值、桩的极限侧阻力标准值、电阻率等。

5 内摩擦角、黏聚力在有经验的地区可采用直接快剪和固结快剪的方法测定。采用三轴试验方法测定时：当排水条件不好或施工速度较快时，宜采用三轴不固结不排水剪(UU)；当排水条件较好或施工速度较慢时，宜采用三轴固结不排水剪(CU)。

6 红黏土的地基承载力特征值可通过载荷试验或其他原位

测试、公式计算、并结合工程实践经验等方法综合确定，也可按现行地方标准《贵州建筑地基基础设计规范》DBJ52/T 045 确定。

12.3.6 红黏土的岩土工程分析与评价应符合下列要求：

1 应根据工程需要划分出红黏土类型的空间分布、状态，分别提出特性参数，并进行岩土工程评价。

2 当选择红黏土作为地基时，应根据表 12.3.2-4 进行地基均匀性评价。

3 应分析红黏土天然剖面的基本特征及其岩土界面特征，评价红黏土在岩土界面的突变性和松散性对工程的影响。

4 应分析评价红黏土“上硬下软”的“反均衡性”剖面特征对工程的影响。

5 应分析红黏土中的裂隙特征，评价其对红黏土力学性能的影响和其对工程的影响。

6 应分析评价红黏土的胀缩性对工程的影响。

7 应分析评价地表水、地下水及其季节性变化对红黏土状态与裂隙特征分带的影响，同时还应分析地表水、上层滞水、土中与岩面裂隙水、岩溶水的不均匀分布及其相互间的连通性和补给关系，评价其对工程的影响。

8 应分析红黏土中土洞的分布、规模、成因，评价其对工程的不利影响和对地面变形甚至塌陷的影响，并提出处理措施建议。

9 边坡稳定性评价时，尤其是对复浸水特性属 I 类的红黏土，土的计算参数设计值的确定，应考虑开挖面土体失水收缩裂隙发展及复浸水使土质软化的不利影响。

12.4 膨胀岩土

12.4.1 膨胀岩土指含有大量亲水矿物，同时具有显著的吸水膨胀软化、崩解和失水收缩开裂，且往复变形，变形达到足以危害建筑物安全，变形受约束时产生较大内应力的岩土。膨胀岩土的初

判应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定，终判应在初判基础上按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定进行。

12.4.2 膨胀岩土的勘察应包括下列内容：

1 膨胀土的地层岩性、形成年代、成因、结构、分布及裂隙等特征；膨胀岩的地质构造、岩层产状、风化程度。

2 膨胀岩土分布区的地形、地貌特征。

3 膨胀岩土分布区不良地质作用的发育情况与危害程度。

4 膨胀岩土的强度、胀缩特性及不同膨胀潜势、胀缩等级的分布特征。

5 地表水的排泄条件，地下水位与变化幅度。

6 多年的气象资料及大气的影晌深度。

7 当地的建筑经验，建筑物与道路的破坏形式，发生发展特点与防治措施等。

12.4.3 膨胀岩土的勘察应符合下列规定：

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

2 取土试样钻孔、探井的数量不应少于钻孔、探井总数的 1/2。

3 勘探孔深度，除应超过压缩层深度外，尚应大于大气影响深度和满足各类工程设计的需要。控制性勘探孔不应小于 8m，一般性勘探孔不应小于 5m。

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

5 钻孔、探井应分层回填夯实。

6 按岩性、风化带分层采取代表性样品，进行密度、含水量、自由膨胀率、膨胀力、岩石的饱和吸水率等试验。

7 室内试验一般应包括常规物理力学指标、无侧限抗压强度、自由膨胀率、一定压力下的膨胀率、收缩系数、膨胀力等特

性指标，可测定蒙脱石含量和阳离子含量。

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

9 可进行三轴剪切试验、残余强度试验等。

12.4.4 膨胀岩土的工程分析与评价应符合下列要求：

1 膨胀土的膨胀潜势分类应符合表 12.4.4-1 的规定：

表 12.4.4-1 膨胀潜势分类

分类指标	膨胀潜势		
	弱	中	强
自由膨胀率 δ_{ef} (%)	$40 \leq \delta_{ef} < 60$	$60 \leq \delta_{ef} < 90$	$\delta_{ef} \geq 90$
蒙脱石含量 M' (%)	$7 \leq M' < 17$	$17 \leq M' < 27$	$M' \geq 27$
阳离子交换量 CEC(NH ₄ ⁺)(mmol/kg)	$170 \leq \text{CEC}$ (NH ₄ ⁺) < 260	$260 \leq \text{CEC}$ (NH ₄ ⁺) < 360	$\text{CEC}(\text{NH}_4^+) \geq 3$ 60

2 场地应按下列条件进行分类：

1) 平坦场地：地形坡度小于 5°；地形坡度大于 5°、小于 14°而距坡肩的水平距离大于 10m 的坡顶地带。

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

3 膨胀岩土的地基胀缩等级划分应符合表 12.4.4-2 的规定：

表 12.4.4-2 膨胀岩土的地基胀缩等级划分

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

注：1 测定膨胀率的试验压力应为 50kPa。

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

的有关规定。

- 4 确定地基土的承载力应按下列要求进行：
 - 1) 重要建(构)筑物或工程设施的地基承载力宜采用载荷试验或浸水载荷试验确定。
 - 2) 一般建(构)筑物或工程设施的地基承载力宜根据三轴不固结不排水剪(UU)试验结果计算确定。
- 5 确定土体抗剪强度应按下列要求进行：
 - 1) 表面风化层宜采用干湿循环试验确定。
 - 2) 地下水位以下或坡面无封闭、有雨水、地表水渗入，宜采用浸水条件下的直剪仪慢剪试验确定。
 - 3) 地下水位以上或坡面及时封闭、无雨水、无地表水渗入，宜采用非浸水条件下的直剪仪慢剪试验确定。
 - 4) 裂隙面强度宜采用无侧限抗压强度试验或直剪仪裂面重合剪试验确定。
- 6 分析膨胀岩土对工程的影响，建议相应的基础埋深、地基处理及隧道、边坡、基坑支护和防水、保湿措施等。
- 7 应对建(构)筑物、工程设施、边坡等的变形、岩土的含水量变化及气候等环境条件变异的监测提出建议。

12.5 软土

12.5.1 软土指天然孔隙比大于或等于 1.0，且天然含水量大于液限的细粒土，包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土。

12.5.2 软土的勘察应包括下列内容：

1 软土的成因类型、形成年代、岩性、分布规律、厚度变化、地层结构及均匀性。

2 软土分布区的地形地貌，尤其是沿线微地貌与软土分布的关系，以及古牛轭湖、埋藏谷，暗埋的塘、浜、坑、穴、沟、渠等分布范围及形态。

3 软土硬壳层的分布、厚度、性质及随季节变化情况；硬夹层的空间分布、形态、厚度及性质；下伏硬底层的岩土组成、性质、埋深和起伏。

4 软土的沉积环境、固结程度、强度、压缩特性、灵敏度、有机质含量等。

5 地下水类型、埋藏深度与变化幅度、补给与排泄条件，软土中各含水层的分布、颗粒成分、渗透系数；地表水汇流和水位季节变化、地表水疏干条件等。

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

12.5.3 软土的勘探与测试应符合下列规定：

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

2 勘探点的平面布置应根据城市轨道交通的工程类型、施工方法、基础形式及软土的地层结构、成因类型、成层条件和岩土工程治理的需要确定；勘探点的密度应满足相应勘察阶段岩土工程评价、工程设计的需要，一般宜为 25m~50m。当需要圈定重要的局部变化时，可加密勘探点。当需了解横断面方向变化时，可进行横断面勘探。

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

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

5 试验项目应根据不同勘察阶段、不同工程类别和处理措施 选定。

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

7 在每一地貌单元应有代表性高压固结试验，成果按 $e-\lg p$ 曲线的形式整理，确定先期固结压力并计算压缩指数和回弹指数。

12.5.4 软土的岩土工程分析与评价应符合下列要求：

1 应按土的先期固结压力与上覆有效土自重压力之比，判定土的历史固结程度。

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

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

4 应根据软土的成层、分布及物理力学性质对影响或危及城市轨道交通工程安全的不均匀沉降、滑动、变形作出评价，提出加固处理措施的建议。

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

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

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

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

9 抗震设防烈度大于或等于 7 度的厚层软土，应判别软土震陷的可能性。

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

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

12.6 强风化岩、全风化岩和残积土

12.6.1 岩石结构大部分破坏，矿物成分显著变化，风化裂隙很发育，岩体破碎，用镐可挖，干钻不易钻进的应判定为强风化岩；岩石结构基本破坏，但尚可辨认，有残余结构强度，用镐可挖，干钻可钻进的应判定为全风化岩；已完全风化成土状且原岩结构破坏而未经搬运的应定名为残积土。

12.6.2 强风化岩、全风化岩和残积土的勘察应着重查明下列内容：

- 1** 母岩的地质年代和名称。
- 2** 原岩矿物的风化程度、组织结构的变化程度。
- 3** 强风化岩、全风化岩和残积土的分布、埋深与厚度变化。
- 4** 强风化岩、全风化岩和残积土的不均匀程度，破碎带和软弱夹层的分布、特征以及岩脉的分布。
- 5** 强风化岩、全风化岩和残积土的透水性和富水性。
- 6** 强风化岩、全风化岩和残积土的物理力学性质及参数。
- 7** 当地强风化岩、全风化岩和残积土的工程经验。

12.6.3 强风化岩、全风化岩和残积土的勘察应符合下列规定：

- 1** 宜采用钻探、室内试验与原位测试相结合的手段进行勘察，原位测试可采用标准贯入试验、重型动力触探试验、波速测试、现场直剪试验、载荷试验等。
- 2** 应有一定数量的探井，并绘制探井开挖展示图。
- 3** 勘探点的布置应符合本规范第6章和第7章的要求，当需要圈定差异风化情况严重、厚度变化较大等重要的局部变化时，

可适当加密勘探点。

4 在强风化岩、全风化岩和残积土中应取得 I 级试样, 根据工程需要按本规范第 10.7 节室内试验的规定, 对全风化岩、残积土和呈土状的强风化岩进行土工试验, 对呈块状的强风化岩进行岩石试验, 对不能取样进行室内试验的, 宜进行现场原位测试。

5 强风化岩、全风化岩和残积土的技术指标和参数宜采用原位测试与室内试验相结合的方法确定。宜采用平板载荷试验测定其承载力、变形模量 E_0 和基床系数, 宜采用现场直剪试验测定其抗剪强度指标。

12.6.4 强风化岩、全风化岩和残积土的岩土工程分析与评价应包括下列内容:

1 评价强风化岩、全风化岩和残积土的地基及边坡稳定性, 并提出工程措施的建议。

2 评价强风化岩、全风化岩和残积土中的桩基承载力和稳定性。

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

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

5 分析岩脉、孤石和球状风化体对工程的影响, 提出工程措施的建议

13 地下水

13.1 一般规定

13.1.1 城市轨道交通工程勘察应查明沿线与工程有关的水文地质条件，结合工程特点，分析评价地下水对工程结构和工程施工可能产生的作用，并提出防治措施的建议。

13.1.2 当区间或站点的地下水补径排关系明确、汇流面积小、水文地质单元简单，且地下水位、水量变化对建（构）筑物结构影响较小时，其水文地质勘察可随工点岩土工程勘察一并进行。

13.1.3 当场区水文地质条件复杂且对工程及地下水控制有重要影响，或施工过程中水文地质条件明显变化并引起相应工程设计方案重大调整时，应在详细勘察或施工勘察阶段进行水文地质专项勘察。

13.1.4 水文地质勘察应在搜集已有工程地质和水文地质资料的基础上，采用工程地质调查与测绘、物探、钻探、试验和动态观测等多种手段结合的综合勘察方法。

13.1.5 可行性研究勘察或初步勘察阶段，应充分利用勘探钻孔，在重要工点位置，布设地下水位长期观测孔。

13.1.6 水文地质勘察宜分阶段进行，各阶段勘察深度应符合下列要求：

- 1 可行性研究阶段勘察工作深度应符合下列要求：
 - 1) 调查地貌、地质构造、水文等对地下水补给、径流、排泄的控制作用，调查地下水补给、径流和排泄条件。
 - 2) 调查含（隔）水层的岩性结构、厚度、分布及其变化，主要含水层间的水力联系。
 - 3) 调查地下水开发利用状况及水环境问题。
- 2 初步勘察阶段勘察工作深度应符合下列要求：

- 1) 初步查明含水层系统的空间结构和边界条件,地下水补给、径流和排泄条件,地下水水位、水质和水量。
 - 2) 初步查明地下水动态特征及影响因素。
 - 3) 针对拟建工程,合理布置地下水动态观测和监测点。
 - 4) 初步计算场地主要含水地层的水文地质参数。
- 3 详细勘察阶段勘察工作深度应满足下列要求:
- 1) 查明含水层系统的空间结构和边界条件,地下水补给、径流和排泄条件,地下水水位、水质和水量。
 - 2) 查明地下水动态特征及影响因素。
 - 3) 查明场地主要含水地层的水文地质参数。
 - 4) 查明工程建设与地下水作用有关的环境地质问题、分布、规模大小和危害程度,预测发展趋势,并提出防治措施建议。

13.2 水文地质勘察要求

13.2.1 水文地质勘察应符合下列要求:

1 搜集当地已有的水文气象、基础地质、水文地质、工程地质、环境地质、工程环境等资料。

2 查明地下水类型和赋存状态,对孔隙水应查明含水层和隔水层的埋藏条件和分布规律;对岩溶管道水宜查明其进出口位置、规模、走向、主控结构面性质、连通情况等。

3 量测勘察时的初见水位和稳定水位,收集或调查历史地下水水位资料。勘察工作结束后,应量测终孔稳定水位,岩溶地区尚应复核孔内水位的代表性,可设置地下水水位长期观测孔。

4 当存在对工程有影响的多层含水层时,应分层量测水位,分层取样,并查明各含水层之间、地下水与地表水之间的水力联系和补径排关系。

害及影响,

5 提供地下水控制所需的水文地质参数。

6 调查是否存在污染地下水和地表水的污染源及可能的污染程度。

7 评价地下水对地下工程结构、工程施工的作用和影响，提出可行的防治措施建议。

8 查明工程沿线及影响范围内是否有采空区，如有，应评价采空区积水对工程的危并提出防治措施建议。

9 宜评价地下工程修建对地下水环境的影响。

13.2.2 水文地质专项勘察除应符合本规范第 13.2.1 条的要求外，尚应符合以下要求：

1 在前期勘察基础上，扩大水文地质调查与测绘范围，重点查明与工点或车站有关的岩溶地下水流动系统的岩溶水文地质结构。

2 查明岩溶地下水的补径排条件，可开展水文网演化分析，结合工程方案，分析评价集中岩溶管道水或暗河对车站或区间的影响，提出工程处理措施建议。

3 查明岩溶发育规律、形态及规模，重点调查可溶岩与非可溶岩接触带、断层破碎带及其他岩溶富水带等的位置与空间展布。

4 山岭隧道通过可溶岩地区时，应查明大型岩溶发育的部位及空间分布、主要蓄水构造、垂直渗流带及水平径流带的分布位置及特征。

5 预测隧道通过地段施工中可能发生集中涌水突泥段、点的位置以及对工程的危害程度。分段预测施工阶段可能发生的最大涌水量和正常涌水量，提出工程处理措施建议。

13.2.3 根据地下水类型、地下水运动特征与含水构造等条件，结合地下工程特点，提出地下水控制措施建议。

13.2.4 地下水对地下工程或已有建（构）筑物有影响时，应根据工程实际情况布设一定数量的水文地质试验孔和长期动态观测孔。

13.2.5 对工程有影响的地下水应取样进行水质分析,水质分析试验应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

13.2.6 水文地质调查与测绘应符合下列要求:

1 场地水文地质条件复杂时,应扩大水文地质调查范围,涵盖与工程有关的完整地下水系统,针对可溶岩地区,重点查明与工程线路有关的岩溶地下水流动系统范围内的岩溶水文地质条件。

2 水文地质调查与测绘宜在可行性研究或初步勘察阶段进行,测绘范围较大时,可采用遥感解译。详细勘察或施工勘察阶段主要结合施工揭示情况,复核前期勘察成果。

3 水文地质调查与测绘,除应符合本规范第9章的规定外,尚应包括下列内容:

- 1)** 区域水系、地表水体分布,水文网演化情况和河谷发育史。
- 2)** 地貌、地质构造、水文等对地下水补给、径流、排泄的控制。
- 3)** 岩溶地下水的开采利用情况及水环境问题。
- 4)** 地下水动态特征及影响因素。
- 5)** 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。

13.2.7 水文地质物探应符合下列要求:

1 水文地质物探应在水文地质调查与测绘的基础上,开展综合物探工作,为初步判断地下水位、地质构造、岩溶发育情况、合理布置勘探孔等提供依据。

2 物探的工作内容、方法应根据地层岩性的物性差异、工程所在地的水文地质条件和勘查目的,以及勘察区周边环境,合理选择。

3 测线应尽量垂直于断裂构造、地层及岩溶地下水主径流带

布设，并尽可能避免或减少地形影响和其他干扰因素的影响。

4 水文地质物探的成果资料，应结合工程场地地质、水文地质条件和勘探资料综合解释，并对水文地质情况做出评价。

13.2.8 水文地质钻探应符合下列规定：

1 应在地质调查与测绘、物探基础上，布置水文地质勘探试验孔。

2 布置的勘探试验孔，应满足查明工程地质和水文地质条件、隐伏岩溶发育深度及规模、取得水文地质参数和评价地下水水质等方面的需要。

3 水文地质勘探试验孔的孔径、孔深，应满足相关试验的要求。

4 水文地质勘探试验孔应保持垂直，在 100m 深度内孔斜度不宜大于 1.5° ，深度大于 100m 时随孔深递增计算。

5 水文地质勘探试验孔，在钻进中合理使用钻井液护壁或清水钻井，开展试验时应进行洗井。

13.3 水文地质参数测定

13.3.1 地下水埋深较浅的场地，可根据抽水试验的抽水井水位特征曲线和实际涌水量，计算和推断区间、地下车站最大涌水量、单位涌水量、渗透系数、影响半径等参数，预测基坑涌水量。

13.3.2 估算弱透水层的渗透系数时，可采用钻孔或探井简易抽水试验。初步测定含水层的渗透系数时，可采用不带观测孔的抽水试验、钻孔或探井简易抽水试验；准确测定含水层的渗透系数时，应合理选择观测孔，观测抽水试验时水位变化动态。

13.3.3 地下水位埋深较大的场地，可通过压水试验测试岩体透水性、渗透系数，为汛期地表水入渗涌水量计算提供相关参数。

13.3.4 地层渗透性较好、且压水试验不能确定其渗透性参数时，可采用注水试验。

13.3.5 当需要查明地下水的流速、流向时，可利用已有钻孔、竖井或落水洞等进行连通试验。

13.4 地下水长期观测与监测

13.4.1 下列情况应进行地下水长期观测与监测：

- 1** 地下水位升降影响岩土稳定。
- 2** 地下水位上升产生浮托力对地下室或地下构筑物的防潮、防水或稳定性产生较大影响。
- 3** 施工降水对拟建工程、相邻工程、或周边环境有较大影响。
- 4** 施工或环境条件改变，造成的孔隙水压力、地下水压力变化，对工程设计或施工有较大影响。
- 5** 地下水位下降可能造成周边地面塌陷。
- 6** 地下水位可能使岩土产生软化、湿陷、胀缩。
- 7** 工程建设影响范围内存在岩溶地下水主径流带。

13.4.2 地下水长期观测与监测工作的布置，应根据观测与监测目的、场地条件、工程要求和岩溶水文地质条件确定。其中，地下水位长期观测点设置宜结合初步勘察或详细勘察工作统筹考虑，地下水监测孔宜结合工程建设与环境的相互影响有针对性布设。

13.4.3 地下水长期观测点宜按不同的地下水流动系统分别布设，且宜设置在地下水的主径流带上。观测时可设置专门的地下水位观测孔，或利用井、泉、暗河、岩溶天窗、钻孔及场地附近水体、积水洼地等进行观测。

13.4.4 地下水位长期观测的内容及方法应符合下列规定：

- 1** 井、钻孔、地表水体及积水洼地的水位观测，宜在同一时间测量。
- 2** 存在多层地下水时，应分层观测水位。
- 3** 测量水位时，应记录长观点是否受抽水、注水及其他工程施工因素的影响。

4 潜水水位观测宜 5d 观测 1 次,雨季应加密至 2d~3d 观测 1 次;近地表水体的地下水长观点应增加观测次数,洪水期应每日观测 1 次。对于承压含水层,可 10d 观测 1 次。

5 当观测地下水与地表水之间的水力联系时,应对地下水水位与地表水水位同步进行观测。

6 每次测量结果应当场核查,出现异常时应及时补测。

13.4.5 孔隙水压力、地下水压力的测定应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定,可采用孔隙水压力计、测压计等进行监测。

13.4.6 孔隙水压力、地下水压力的监测时间应符合下列规定:

1 地下水长期观测与监测时间不应少于一个水文年。

2 当孔隙水压力、地下水压力变化可能影响工程安全时,应在孔隙水压力、地下水压力降至安全值后方可停止监测。

3 对受地下水浮托力影响的工程,地下水压力监测应进行至工程荷载大于浮托力后方可停止监测。

13.4.7 流量长期观测的内容及方法应满足下列要求:

1 流量观测方法应根据观测对象、现场条件和测量精度要求等确定,可采用流量计法、堰测法及流速仪法等。

2 应同步进行流量与水位观测。

3 观测过程中流量数据出现异常时,应及时检查,确保数据的准确性。

13.4.8 水质长期监测的内容及方法应符合下列规定:

1 对工程有影响的地下水应进行水质长期监测,水质监测内容应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

2 水质监测宜丰、平、枯季各 1 次。

3 采取水质监测水样时,应同步量测水温。

13.4.9 地下水动态观测与监测整编资料宜包括:

1 地下水位、流量、降水量等动态变化曲线图。

- 2 地下水等水位线图。
- 3 孔隙水压力、地下水压力动态变化曲线图。
- 4 水质化学分析成果表。

13.5 地下水作用

13.5.1 城市轨道交通岩土工程勘察应根据施工方法、开挖深度、建设环境条件及环境因素变化情况等，评价地下水的力学作用和物理、化学作用，并提出预防措施建议。

13.5.2 地下水力学作用的评价应包括下列内容：

1 对地下结构物和挡土墙应考虑在最不利组合情况下，地下水对结构物的上浮作用，提供抗浮设防水位。对裂隙不发育的岩石和黏土可根据地方经验或实测数据确定。有渗流时，地下水的水头和作用宜通过渗流计算进行分析评价。遇岩溶管道水或导水性好的构造破碎带时，其地下水的水头不应折减。

2 验算基坑边坡稳定时，应考虑地下水对边坡稳定性的不利影响。

3 在地下水位变幅的影响范围内，应分析地面塌陷及其对工程和周边环境的影响。

4 在有水头压差的粉细砂、粉土地层、流塑状红黏土层、强风化岩和覆盖型岩溶区，应分析产生潜蚀、流土、管涌的可能性。

5 地下涌水的评价应包括下列内容：

1) 当建设工程位于地下水位以下时，应分析施工过程中，揭露砂卵石层、规模较大的断层、岩溶管道或暗河等产生涌水、突泥的可能性。

2) 涌水量应根据施工阶段、水文地质条件，选用水文地质比拟法、注地渗入量法、水均衡法、动态观测法、地下水动力学法、实测法等多种方法计算比较确定，基坑涌水量预测和隧道涌水量预测可分别按本规范附录 G、

附录 H 的公式计算。

3) 岩溶地区应分别评价丰水期、平水期和枯水期的地下涌水量。

4) 应对涌水可能造成的地面塌陷、周边地表水体漏失、河水倒灌等环境地质问题，以及对地下水资源及生态环境可能造成的影响作出预测和评估。

13.5.3 地下水物理、化学作用的评价应包括下列内容：

1 对地下水位以下的工程结构，应评定地下水对建筑材料的腐蚀性。

2 对软质岩、强风化岩、残积土，红黏土、膨胀性岩土，应评价地下水的聚集和散失所产生的软化、崩解、胀缩和潜蚀等有害作用。

13.5.4 地下水、土对建筑材料的腐蚀性评价除应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定外，地下车站及区间隧道尚应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的有关规定，高架车站及区间桥梁尚应符合现行行业标准《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005 的有关规定。

13.5.5 当车站、地面建（构）筑物地下室的一部分或全部位于地下水位以下时应提出抗浮设防水位，其取值应符合下列规定：

1 确定抗浮设防水位时，宜预估工程施工和使用期间地下水最高水位，并考虑下列因素：

1) 场区地形地貌条件。

2) 场地岩土层的组合关系、相关含水层水位的动态变化规律。

3) 地下结构基底所处岩土层的渗透性。

4) 历史最高水位。

5) 降雨量和地下水位的多年变化。

6) 地下水开采量变化的影响。

7) 城市和工程建设对地下水补给、径流、排泄条件的影响。

8) 跨流域调水及其他人为因素的影响。

2 岩溶区抗浮设防水位的取值,应重视工程场地所处岩溶水文地质环境和岩溶地下水补径排条件的研究。

3 抗浮设防水位应结合工程平面布置、使用年限、抗浮设计等级,并按下列原则综合确定:

1) 当场地地下水类型为潜水、且有长期地下水观测资料时,应采用峰值水位。

2) 当场地地下水类型为潜水、且无长期地下水观测资料时,应收集邻近场地的抗浮设防水位,结合场地实测的稳定水位、地下水位变幅等综合确定抗浮设防水位。

3) 工点周边存在对场地地下水位有直接影响的地表水体、或场地地势低洼有发生淹没可能时,当地下结构的出口高程高于防洪设防水位时,抗浮设防水位按防洪设防水位确定;当地下结构的出口高程与地坪高程一致时,抗浮设防水位按地坪高程确定。

4) 地下工程结构位于地下水位随地形变化的斜坡地段或存在多个岩溶地下水系统时,可根据工程结构布置对工点分段或分区提供抗浮设防水位。

5) 当场地存在多层地下水时,应分别实测其稳定水位,取其中的高水位,根据场地所在的地貌单元、地层结构、地下水类型、地下水补径排条件等因素综合分析确定抗浮设防水位。

4 岩溶场地存在承压地下水,且对抗浮有影响时,应进行水位长期观测,确定抗浮水位。

13.5.6 当区间隧道或其它地下结构物位于地下水位以下或横穿岩溶管道时,应考虑外水压力对衬砌结构的影响和地下结构物对

地下水通道过流的影响。

13.5.7 可溶岩地区地下结构物外水压力的确定宜符合下列规定：

1 可溶岩地区地下结构物外水压力可根据相应洞段洞顶以上的洞上水头，采用地下水头折减系数法进行确定，可溶岩地区外水压力折减系数宜根据表 13.5.7 的规定进行取值。

表 13.5.7 可溶岩地区外水压力折减系数

级别	岩溶发育程度	岩溶形态	地下水活动状态	地下水影响	β 值
1	岩溶弱发育	溶孔、晶孔、溶隙	洞壁干燥或潮湿、沿结构面有渗水或滴水	无明显影响或对软弱夹层产生软化作用	0.10~0.40
2	岩溶中等发育	溶蚀裂隙、溶蚀宽缝	沿裂隙或结构面有大量滴水、线状流水或股状流水	地下水冲刷结构面或溶洞中的充填物质，有渗透压力，能劈裂较薄的软弱层。对软弱夹层产生软化作用	0.65~1.00
3	岩溶强发育	溶蚀宽缝、溶洞	严重股状流水，或突涌水	地下水冲刷带出结构面或溶洞中的充填物质、突泥。对软弱夹层产生软化作用	1.00

注：1 当相应洞段存在一定厚度的构造破碎带时，其洞上水头宜根据构造破碎带的透水性按上表选取相应的外水压力折减系数。其中，强透水及以上对应岩溶强发育，中等透水对应岩溶中等发育，弱透水对应岩溶弱发育。

2 非可溶岩地区可根据岩体透水程度，对应上表选取外水压力折减系数。

2 洞上水头宜按下列原则综合确定：

- 1) 当洞段有长期地下水观测资料时，宜采用峰值水位。
- 2) 当洞段无长期地下水观测资料时，宜结合洞段实测的

稳定水位、地下水位变幅等综合确定洞上水头。

3)当洞段周边存在对地下结构物地下水位有直接影响的地表水体时，宜结合其防洪设计水位综合分析，确定洞上水头。

3 水文地质条件复杂的深埋洞段，宜实测外水压力。

13.6 地下水控制

13.6.1 城市轨道交通工程的地下水控制方法包括降水、隔水和引排等，具体控制措施应根据施工方法、开挖深度、地下水资源和环境要求、地下水补径排条件、含水层性质和地层组合关系等综合确定。

13.6.2 降水方法应根据工程规模、场地水文地质条件、降水目的、降水技术要求、降水工程可能涉及的工程环境保护等因素按现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 的规定选用。采用降水方法进行地下水控制时，应符合下列要求：

1 设计井位应能控制基岩裂隙地区的风化层厚度和构造裂隙带，岩溶地区地下水富集的断裂带、溶蚀破碎带、岩溶管道、暗河等。

2 应进行涌水量和水位的预测。

3 对同一地下水系统内的泉水衰减、地面塌陷进行应预测和观测。

4 应评价工程降水可能引起的其它岩土工程问题。

13.6.3 当降水对工程周边建（构）筑物、地下管线、道路等造成危害或对工程环境造成长期不利影响时，可采用帷幕方法控制地下水。

13.6.4 当地下工程严重阻断岩溶管道或暗河，且岩溶管道或暗河中地下水径流量大时，宜以排水导流方式进行地下水控制。

14 岩土工程分析评价与成果报告

14.1 一般规定

14.1.1 城市轨道交通岩土工程勘察报告，应在搜集已有资料，取得工程地质调查与测绘、勘探、测试和室内试验成果的基础上，根据勘察阶段、工程特点、设计方案、施工方法对勘察工作的要求，进行岩土工程分析与评价，提供工程场地的工程地质和水文地质资料。

14.1.2 勘察报告应资料完整，签署齐全，数据真实，内容可靠，逻辑清晰，结论合理并具有前瞻性，文字、表格、图件互相印证；文字、标点符号、术语、数字和计量单位等应符合国家现行有关标准的规定。

14.1.3 岩土工程分析评价应充分结合地区工程经验，采取定性定量评价相结合的方式，论据应充分、逻辑合理，所提建议应技术可行、经济合理。岩土参数的分析与选用应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 的有关规定。

14.1.4 可行性研究阶段岩土工程勘察报告应按线路编制；初步勘察阶段岩土工程勘察报告应按线路编制或按照地质单元、线路敷设方式编制；详细勘察阶段岩土工程勘察报告应按车站、区间、车辆基地、停车场、主变所等分别编制。

14.1.5 勘察报告中应统一全线地质单元划分、工程地质和水文地质分区、岩土分层的划分标准与代码、勘探点编号规则等。

14.1.6 各阶段勘察成果应具有连续性、完整性；相邻区段、相邻工点的衔接部位或不同线路交叉部位的勘察成果资料应互相利用、保持一致。

14.1.7 勘察报告中的图例宜符合现行国家标准《城市轨道交通岩

土工程勘察规范》GB 50037 的规定。

14.2 岩土参数的分析与选定

14.2.1 通过室内试验和原位测试获取的岩土参数进行统计分析时，应符合下列规定：

1 岩土参数统计应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的规定。

2 应按地质单元、岩土体特征、物理力学性质进行分层统计分析；统计结果应包括样本数、范围值、平均值、标准差、变异系数，视需要计算试验成果标准值。

3 统计样本取舍时，应综合分析取样方法，不同试验、测试方法对测试结果的影响，并充分考虑样本离散程度要求及地区工程经验。

4 参数选取时，应充分考虑工程性质、施工方法，岩土参数的适用条件、相互逻辑关系、在工程设计中的作用等因素。应以现场原位测试取得的数据为主导，综合对比不同试验方法成果，给出合理的参数建议值。

14.2.2 岩土指标的选用应符合下列规定：

1 表示岩土性状的物理性质指标及按正常使用极限状态计算的沉降变形指标，可采用平均值，如天然含水量、密度、孔隙比、塑性指数、液性指数、压缩系数、压缩模量、基床系数、渗透系数等。

2 当按承载能力极限状态计算强度或稳定性时，可用标准值，如黏聚力、内摩擦角、岩石单轴抗压强度；地基承载力采用特征值；当设计规范另有专门规定标准值的取值方法时，按有关规范执行。

3 红黏土抗剪强度指标可通过室内直剪试验、三轴剪切试验确定，对于软塑、流塑状的红黏土也可采用现场十字板剪切试验，

并结合地区工程经验综合确定。红黏土还应提出含水比、复浸水特征指标。

4 岩体抗剪断强度及岩体结构面抗剪强度宜通过现场剪切试验，并结合地区工程经验综合确定。当采用室内岩块剪切指标评价时，应结合岩石的完整性程度评价进行折减。岩体完整时，岩体内摩擦角标准值可由岩块内摩擦角标准值乘以 0.90~0.95 的折减系数；岩体较完整时，可乘以 0.85~0.90 的折减系数；当岩体较破碎时，可乘以 0.80~0.85 的折减系数。

5 土质地基承载力特征值应由载荷试验或其他原位测试方法，并结合工程实践及地区工程经验等综合确定。

6 岩石地基承载力特征值由岩石地基载荷试验方法确定，对于完整、较完整和较破碎的岩石地基承载力也可根据岩块室内饱和单轴抗压强度折减取值。折减系数可根据岩体完整程度、结构面间距、宽度、产状和组合、地区经验确定，无经验时，完整岩体可取 0.5；较完整岩体可取 0.2~0.5；较破碎整岩体可取 0.1~0.2。

7 软硬夹层或互层状岩石地基承载力确定时，可按现行地方标准《贵州省建筑岩土工程技术规范》DBJ52/T 046 的规定执行。

14.3 成果分析与评价

14.3.1 勘察报告中的岩土工程分析与评价应包括下列内容：

- 1** 工程建设场地的稳定性、适宜性评价。
- 2** 地基土的均匀性、稳定性评价。
- 3** 划分场地土类型和场地类别，进行抗震地段划分，评价地震液化和软土震陷的可能性。
- 4** 地下工程、高架工程、路基及各类建筑工程岩土层分布特征、水文地质条件；各类工程地基基础形式、地基承载力及持力层分析与评价，地基基础方案的建议。

5 地基、边坡、围岩稳定性和变形分析，提出支护方案和施工措施的建议。

6 不良地质作用及特殊性岩土对工程影响的分析与评价，提出避让或治理措施建议。

7 岩土施工工程分级、地下工程围岩分级。

8 地下水对工程的静水压力、浮托作用等影响分析，提出地下水控制措施的建议。

9 水和土对建筑材料腐蚀性的评价。

10 工程建设与工程周边环境相互影响的预测及防治对策的建议。

11 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环境条件可能造成的工程风险，并提出措施建议。

14.3.2 基坑工程应重点分析评价下列内容：

1 基坑边坡稳定性分析评价；分析基底隆起、基坑突（涌）水的可能性，提出基坑开挖方式、围护结构、支护方案及支撑系统方案的建议。

2 提供围护桩（墙）、立柱桩及抗拔桩的桩基持力层和桩基设计参数，分析成桩（墙）可行性。

3 结合基坑开挖方式、周边环境条件及地质特征，提出基坑周边及基底岩溶加固范围、措施建议及设计参数。

4 顺层结构面、软弱结构面、软塑至流塑状红黏土的空间分布、特性及其对边坡、坑壁稳定的影响。

5 岩土层的富水性、透水性及地下水位变化，计算基坑涌水量，评价排水、降水、截水等措施的可行性；确定基坑抗浮设防水位。

6 基坑开挖、降水过程中可能出现的岩土工程问题，以及对地表水体、附近地面、邻近建（构）筑物和管线等周边环境的影响，提出防护、检测及监测措施建议。

14.3.3 矿山法施工隧道（车站）应重点分析评价下列内容：

1 分析岩土及地下水的特性,进行围岩分级,评价隧道围岩的稳定性,提出隧道开挖、支护衬砌、超前支护措施及截(排)水方案建议。

2 分析坍塌、冒顶、边墙失稳、洞底隆起、涌水、突泥、有害气体等高风险因素分布的地段,提出防治措施建议。

3 岩土层的富水性、透水性及地下水位变化,计算隧道涌水量,评价截(排)水措施的可行性;评价分析地表水体与隧道施工的相互影响,提出工程措施建议。

4 分析隧道开挖引起的地面变形及影响范围,提出防护、检测及监测措施建议。

5 分析周边重要给(排)水管线等破损、渗漏情况及分布地段,预测其对工程施工产生的影响,提出防治措施建议。

6 分析开挖爆破可能产生的影响及范围,提出防治措施建议。

14.3.4 盾构法施工隧道应重点分析评价下列内容:

1 分析岩土层的特征,提出盾构机选型及设计应注意的地质问题。

2 盾构始发(调出)井端头加固方法及设计参数建议。

3 分析围岩软硬不均、地表水体、管线渗透、地下障碍物等对盾构施工的不利影响,明确其分布范围,提出处理建议。

4 分析溶洞分布特征、稳定性、充填物性状等,评价其对盾构施工的适宜性影响,提出工程措施建议。

5 分析盾构施工可能造成的土体变形,评价其对工程周边环境的影响,提出防护、监测措施建议。

14.3.5 高架工程应重点分析评价下列内容:

1 分析岩土层的特征,提出基础型式、持力层及埋深的建议,提供地基承载力及变形计算所需的岩土参数。桩基础应提出桩型、桩基持力层建议,提供桩端承载力极限值及桩侧岩土层摩阻力极限值。

2 评价成桩的可能性和桩基施工对周边环境的影响,指出成桩过程中应注意的问题。

3 分析评价土洞、岩溶等不良地质作用和软塑至流塑状红黏土、填土等对桩基稳定性和承载力的影响,提出防治措施的建议。

4 分析评价地表河流冲刷对桥梁基础的不利影响。

5 评价桥台边坡稳定性,分析桩基施工对桥台边坡稳定性的影响。

14.3.6 路基工程应重点分析评价的内容:

1 一般路基工程重点分析评价内容:

1) 分段划分岩土工程施工分级。

2) 评价路基基底的稳定性。

2 高路堤工程重点分析评价内容:

1) 分析软弱层对工程的影响,评价基底和斜坡稳定性。

2) 分析地下水活动对基底稳定性的影响。

3) 分段提供验算基底稳定性的岩土参数。

4) 软塑至流塑状红黏土区段的高路堤应提供变形计算参数,提出地基处理方法建议,工程需要时估算沉降量和工后沉降。

3 深路堑工程重点分析评价内容:

1) 评价岩土透水性及地下水对路堑边坡及地基稳定性的影响。

2) 提供边坡稳定性计算和支护设计参数。

3) 提出边坡最优开挖坡率和排水措施建议。

4 支挡结构工程重点分析评价内容:

1) 评价支挡结构的地基及稳定性。

2) 提供地基处理方法和支挡工程建议。

3) 根据支挡地段的水文地质条件,评价地下水对支挡建筑物的影响,提出降排水措施建议。

14.3.7 地面建(构)筑物的岩土工程分析评价,应符合现行国家

标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 和《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 的有关规定。

14.3.8 工程建设对工程周边环境影响的分析评价宜包括下列内容：

1 基坑开挖、隧道掘进和桩基施工等可能引起的地面沉降、隆起和土体的水平位移，对邻近建（构）筑物及地下管线的影响。

2 工程建设导致地下水位变化，出现区域性降落漏斗，水源减少、水质恶化、地面固结沉降、生态失衡等情况，提出防治措施建议。

3 工程建成后或运营过程中，可能对周围岩土体、工程周边环境的影响，提出防治措施建议。

14.4 勘察报告资料整理

14.4.1 编制勘探点平面图、工程地质平面图时应符合下列要求：

1 平面图宜选取合适的比例尺，应包含坐标系统、指北针、地形、线位、站位、里程、结构轮廓、施工工法等。

2 应清晰标注地层分界线、岩层产状、地质观测点、不良地质界线、小柱状图、地震动参数、勘探点类型等各类地质要素。地质钻孔应包括勘探孔号、孔口标高、水位深度、水位标高。

3 应标明工程地质、物探等纵横剖面位置及编号。剖面线应遵循从左至右、从上至下的原则。

4 应清晰标注场区内存在重大风险隐患的建（构）筑及地下管线平面位置。

14.4.2 地质构造图、区域交通位置图等应包括线路位置和重要车站、区间名称的标识。

14.4.3 编制工程地质断面图时应符合下列要求：

1 工程地质纵（横）断面数量须满足本规范第 5、6、7 章的相关要求。

2 应清晰标注各类地质要素。如勘探点分层深度及标高, 岩土分层代码、图式图例, 土石界线、不良地质体范围、地下水位线、岩层产状(包括真、视倾角)、软弱夹层位置、取样位置、原位测试位置及成果等。

3 绘制工程地质纵断面图时, 勘探点宜投影至线路断面上。断面图应包含里程标、地面高程、线路及结构轮廓、重要建(构)筑物特征; 横断面图还应包括设计边坡率、边坡开挖线、断面方位、勘探点间距等。

4 工程地质纵断面图应分段提供工程地质条件评价内容、隧道围岩级别、施工工法, 可叠加工程物探成果内容。

5 盾构法施工时, 应重点在洞身及洞身附近取样位置处标注试样天然、饱和抗压强度指标。

14.4.4 工程地质柱状图宜包括工点名称、设计结构底板标高, 钻孔编号、类别、坐标, 孔口标高、地下水位、岩土分层特征(代码、时代成因、层底标高、层底深度、分层厚度等)、图式图例、岩土特征描述、采取率及 RQD 指标, 取样编号及位置、原位测试相关内容等。原位测试和物探测试成果图应附测试曲线, 内容应符合国家现行有关标准的规定。

14.4.5 室内岩土试验成果统计应符合本规范第 14.2 节的规定, 并应符合下列要求:

1 统计表宜包括试样试验编号、野外编号, 岩土分层代码、取样深度、试验指标、岩土定名等。

2 各项统计指标应标明名称、符号、计量单位, 压缩性指标应注明压力段范围; 剪切指标应注明试验方法。

14.4.6 原位测试成果统计表宜包括测试点编号、试验深度、岩土分层代码、岩土定名, 试验测试指标、计算指标及评价内容。

14.4.7 水质分析成果汇总统计表宜包括试验编号、取样编号、工点名称、取样深度(试样所在含水层), 水源类别、水质类型、

试验指标、侵蚀性评价等。

14.5 勘察报告的内容

14.5.1 勘察报告应包括文字部分、表格、图件和附件，重要的支持性资料可作为附件。

14.5.2 勘察报告文字部分宜包括下列内容：

1 勘察任务依据、工程概况、勘察目的与技术要求、勘察依据与技术标准、岩土工程勘察等级划分、勘察方案及完成工作量、资料利用情况、勘察质量自评等。

2 区域地质特征及场地地形地貌、地层岩性、地质构造、水文、气象、地震、现状地质灾害等。

3 场地现状地面条件及工程周边环境特征。

4 岩土分层及基本工程特性、空间分布特征、物理力学试验指标及原位测试、地球物理勘探资料统计成果。

5 地下水类型及赋存条件，地下水补给、径流、排泄条件，水化学特征及水文地质试验成果，地下水位及其变化幅度，地层透水及隔水特性、历史最高水位和抗浮设防水位。

6 不良地质作用、特殊性岩土的描述。

7 场地土类型、场地类别、抗震地段划分、抗震设防烈度、液化判别等。

8 按本规范第 14.3 节的要求进行岩土工程分析与评价，并提出工程措施建议。

9 结论及其他需要说明的问题。

14.5.3 勘察报告表格部分宜包括下列内容：

1 岩土物理力学参数建议值表。

2 勘探点主要数据一览表。

3 岩土层室内试验、水质分析成果统计表。

4 原位测试、水文地质试验、现场原位试验、地球物理勘探

成果统计表。

5 其他相关表格。

14.5.4 勘察报告中图件宜包括下列内容：

1 区域地质构造图、区域水文地质图。

2 勘探点平面图、工程地质平面图、工程地质纵、横剖面图。

3 钻孔柱状图。

4 水文地质试验成果图。

5 原位测试成果图。如旁压试验、静力触探试验、动力触探试验等。

6 物探探测成果图。如波速、电阻率、地温等测试成果图，地面物探探测成果图。

7 其它相关图件。

14.5.5 勘察报告的附件宜包括下列内容：

1 岩土工程勘察委托书。

2 室内岩土水试验原始记录及成果报告，现场原位试验记录及成果报告。

3 工程物探成果报告。

4 水文地质试验成果报告。

5 基坑边坡稳定性评价计算书。

6 钻孔岩芯照片等影像资料。

7 其它相关资料。如地质观测点、测量放孔及复测记录、引用坐标点数据、各种勘察测试及检测监测的原始记录。

14.5.6 勘察中遇到特殊岩土工程问题，需进行专项勘察时，应提交专项勘察报告。专项勘察报告内容可按本规范第 14.5.1~14.5.5 条的规定执行。

15 现场检验与检测

15.0.1 现场检验、检测方法可根据工程类型、岩土条件及周边环境采用现场观察、试验、仪器量测等手段。

15.0.2 基槽、基坑、路基开挖后及隧道开挖过程中，应检验地基和围岩的地质条件与勘察成果是否一致，遇到异常情况时，应提出处理措施或修改设计的建议，当与勘察报告有较大差异时宜进行施工勘察。

15.0.3 地基检验应包括下列内容：

- 1 岩土分布、均匀性和特征。
- 2 土洞、岩溶发育情况及分布特征。
- 3 地下水情况。
- 4 检查是否有暗浜、古井、古墓、暗沟、洞穴、防空掩体及地下埋设物等，并查清其位置、深度、性状。
- 5 检查地基是否受到施工的扰动，及扰动的范围和深度。
- 6 岩土层内有害气体的分布与特征。
- 7 冬季、雨季施工时应注意检查地基的防护措施，地基土质是否受冻、浸泡和冲刷、干裂等，并查明影响的范围和深度。
- 8 对土质地基，可采用轻型圆锥动力触探进行检验。
- 9 对可溶岩地基，宜采用地质雷达等物探手段对基底岩溶发育情况进行检验。

15.0.4 隧道围岩检验应包括下列内容：

- 1 开挖揭露的围岩性质、分布和特征。
- 2 岩溶发育特征及地下水情况。
- 3 工作面岩土体的稳定状态。
- 4 围岩超挖或坍塌情况。
- 5 根据开挖揭露的岩土情况，辅以简易测试及物探方法对围

岩分级进行确认或修正。

15.0.5 桩基检验应包括以下内容：

1 桩基应通过试钻或试打，检验岩土条件是否与勘察报告一致，如遇异常情况，应提出处理措施。

2 对大直径人工挖孔桩，应逐桩检验孔底尺寸和岩土情况，并宜采用钎探、地质雷达等探测桩基岩溶及软弱结构面分布情况。

3 对大直径钻孔桩或冲孔桩，应采用孔底钻孔或物探等方法检验桩底岩土条件、岩溶及软弱结构面分布情况等。

15.0.6 现场检验应填写检验报告，可绘制开挖面实际地质素描图或拍照。

15.0.7 桩基检测应包括以下内容：

1 基桩检测可分为施工前为设计依据的试验桩检测和施工后为验收提供依据的工程桩检测。基桩检测应根据检测目的、检测方法的适应性、桩基的设计条件、成桩工艺等合理选择检测方法。基桩检测的抽检数量应符合现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的有关规定。

2 工程桩应按要求对桩身质量及承载力进行抽样检测，单桩竖向承载力应采用静载试验，桩身完整性宜采用钻孔抽芯法、声波透射法或动测法等多种方法进行。

3 对于抗拔桩或水平承载桩，应对单桩竖向抗拔或水平承载力进行抽样检测。

15.0.8 地基处理效果检测的项目、方法、数量应符合国家现行标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 和《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定。

15.0.9 路基密实度可采用环刀法、灌砂法、灌水法、核子密度仪法、瑞雷波法等方法进行检测。

15.0.10 隧道围岩加固的范围、效果应进行检测，其检测方法可采用钻芯、原位测试或物探等。检测工作宜包括下列内容：

1 盾构始发井、接收井加固体的强度、抗渗性、完整性。

- 2 隧道衬砌或管片背后注浆的范围和充填情况。
- 3 止水帷幕的强度、完整性和止水效果。

15.0.11 轨道交通工程施工及运营过程出现险情时，应检验出现险情部位的岩土性状，分析其与原勘察成果的差异，为应急措施制定提供依据。

15.0.12 遇下列情况应对城市轨道交通工程结构进行沉降观测：

- 1 地质条件复杂、岩溶发育、地基软弱或采用人工加固地基。
- 2 因地基变形、局部失稳影响工程结构安全时。
- 3 受力条件复杂的工程结构、设计有特殊要求的工程结构。
- 4 采用新的施工技术时。
- 5 地面沉降等不良地质作用发育区段。
- 6 受附近深基坑开挖、隧道开挖、工程降水等施工影响的工程结构。

15.0.13 沉降观测方法和要求应符合国家现行标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897、《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308 和《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

16 勘察风险管控

16.1 一般规定

16.1.1 勘察风险包括勘察外业风险和地质条件可能造成的工程风险。

16.1.2 勘察单位应根据现场作业条件,对可能遭遇的安全风险和勘察作业对地下管网、交通、周边环境等可能造成的风险进行有效管控。

16.1.3 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。

16.2 勘察外业风险

16.2.1 城市轨道交通工程勘察作业过程中的安全风险管控应遵循现行国家标准《岩土工程勘察安全规范》GB 50585 的有关规定。

16.2.2 勘察作业过程中应重视地下管线的保护,其具体的操作可按下列规定执行:

1 钻探开孔前,宜按照收集、核对管线资料 → 孔位物探探测 → 开挖探坑 → 物探再探测 → 确认开钻的流程进行实施。

2 钻探前应做好地下管线资料的调查、收集,配合管线权属单位开展管线现场交底,结合现场情况合理采取现场调查、测量、物探等方法确定地下管线实际位置。

3 勘探点布设应避开各类地下管线。

4 在钻孔位置开挖探坑前及挖好探坑后均应采用物探方法对地下管线进行探查验证。

5 探坑开挖应采用人工方式,并尽量利用洛阳铲等工具探挖至原状土层。探坑深度一般控制在 2m 以内,原则上不宜超过 3m。

6 钻探时应避让架空管线，整体移动钻机时需确保安全。

16.2.3 勘察作业可通过交通疏解、安全警示、围挡等安全技术措施进行安全风险管控。具体的安全管控技术措施应符合下列要求：

1 勘察工作需占用城市道路时需在实施前编制交通疏解方案。

2 占用车行道的路段，宜按照“同一路段、同一时段只占用一条机动车道”的原则组织实施。

3 在满足勘察精度要求前提下，可根据道路交通疏解组织的需要适当调整钻孔位置。

4 交通拥堵的局部路段分布于不同车行道的钻孔可调整到同一车行道，避免同时影响多条车行道。

5 宜尽量避开公交车站进、出站车道，少占用转弯车道。

6 勘察围挡宜采用标准化围挡，做到横平竖直，四周封闭，宽度与车行道宽度相适应。

7 对于部分人行道较窄的路段，钻探围挡占用人行道后，宜在围挡外靠近慢车道一侧使用交通锥及警示带围出保障行人正常通行的通道。

8 勘察工作结束后，应及时封孔并回填探坑，按照道路管理部门要求恢复好路面后再撤除围挡及相应安全防护设施。

16.2.4 勘察作业产生的废水应及时收集进行循环利用，废油收集后进行无害化处理。

16.2.5 抽水试验等钻探降水过程中，应加强对周边地面、建（构）筑物以及地表水体变化的监测。

16.2.6 开展示踪剂连通试验前，应按程序做好报审公示工作，试验过程中应采用无害的示踪剂。

16.2.7 利用放射源开展孔内测试工作时，应做好防放射性污染措施。

16.3 地质条件可能造成的工程风险

16.3.1 勘察报告应结合工程特点和周边环境条件,说明工程建设过程中地质环境条件可能造成的工程风险:

1 地下工程因地质环境条件可能造成的工程风险包括:隧道或基坑涌水突泥、盾构掘进偏向及磕头、围岩失稳、隧道渗漏水和变形、边坡滑塌、地表水体漏失、地面或周边建筑物沉降变形、路面脱空、地面塌陷、地下管线破坏、有害气体等。

2 桩基工程因地质环境条件可能造成的工程风险包括:岩溶塌陷和掉桩、混凝土超量灌注、不均匀沉降、复杂地质条件沉桩困难等。

3 路基工程和涵洞工程因地质环境条件可能造成的工程风险包括:边坡滑塌、地面塌陷或岩溶塌陷、差异沉降等。

4 边坡工程和支挡结构因地质环境条件可能造成的工程风险包括:边坡滑塌、地面塌陷或岩溶塌陷等。

5 基坑工程因地质环境条件可能造成的工程风险包括:坑壁滑塌、底板隆起、基坑突涌水、地下管线破坏、地面或周边建筑物沉降变形等。

16.3.2 勘察报告中应根据工程周边建(构)筑物地基基础附近地质条件,分析工程与周边环境的相互影响,并提出保护措施的建议。

16.3.3 勘察文件中应说明勘探中遇地面塌陷、垮孔、涌水、地下障碍物及遗留钻具情况。

16.3.4 因现场场地条件或现有技术手段的限制,存在无法探明的工程地质或水文地质条件时,应分析设计和施工中潜在的风险,提出明确的处理措施建议。

16.3.5 对勘探孔回填封孔质量进行分析评价,对未按规定及时回填勘探孔的,应说明对后期工程施工可能造成的影响。

16.3.6 针对轨道交通建设过程中地质条件可能造成的工程风险,

除制定详细的施工安全控制措施外，尚应加强施工期检测、监测工作。具体检测、监测对象包括：

- 1 邻近建（构）筑物的变形监测及裂缝观测（含周边支护体系的状态监测）。
- 2 地表沉降、地下管线监测(含过水管道的渗漏监测)。
- 3 地面脱空及浅表土洞检测。
- 4 岩土体出碴量的监测。
- 5 工作面前方岩溶水压力的监测。
- 6 隧道沉降和隧道结构变形监测(含运营期监测)。
- 7 岩体爆破地面质点振动速度和噪声监测。
- 8 拱顶下沉及周边净空收敛位移。
- 9 钢筋应力、锚杆应力监测等。

附录 A 岩溶发育程度分级

A.0.1 场地岩溶发育程度定性分级宜符合表 A.0.1 的规定。

表 A.0.1 岩溶发育程度定性分级

分 级	碳酸盐岩 层组类型	岩溶发育 特征	岩溶水 特征	贵州代表性地层
岩 溶 强 发 育	出露面 积较广、 连续厚度 较大的纯 碳酸盐 岩。如均 匀碳酸盐 岩层组	地 表 岩 溶洼地、落 水洞、漏斗 等多见，溶 沟、溶槽、 石牙密布， 有时见岩 溶塌陷现 象。地下土 洞、溶洞发 育	地 下 有岩溶 管道水 或暗河 分布， 泉水分 布较多	<ol style="list-style-type: none"> 1. 三叠系狮子山组(T_{2sh})灰岩、白云岩； 2. 三叠系永宁镇组(T_{1yn})灰岩、白云岩夹泥岩； 3. 三叠系安顺组(T_{1a})、茅草铺组(T_{1m})或谷朗组灰岩、白云岩，时夹溶塌角砾岩； 4. 三叠系大冶组(T_{1d})或夜郎组(T_{1y})灰岩； 5. 二叠系栖霞组、茅口组(P_{1q+m})灰岩； 6. 石炭系马平群(C_{3mp})灰岩、白云岩； 7. 石炭系黄龙群(C_{2hn})灰岩、白云岩； 8. 奥陶系桐梓、红花园组(O_{1t+h})灰岩、白云质灰岩、白云岩； 9. 寒武系清虚洞组(∈_{1q})灰岩、白云岩

分 级	碳酸盐岩 层组类型	岩溶发育 特征	岩溶水 特征	贵州代表性地层
岩 溶 中 等 发 育	次纯碳酸盐岩层组，其中的碳酸盐岩呈条带状分布、有一定连续厚度。如碳酸盐岩夹碎屑岩层组	地表岩溶洼地、落水洞、漏斗、溶沟、溶槽、石牙较发育，偶见小规模岩溶塌陷现象。地下土洞、溶洞较发育	地下有小规模岩溶管道水分布，泉水出露较少	<ol style="list-style-type: none"> 1. 三叠系杨柳井组(T₂yl)白云岩夹泥质白云岩； 2. 三叠系关岭组(T₂g)白云岩、白云质灰岩、泥质白云岩、溶塌角砾岩； 3. 二叠系长兴、大隆组(P₂c+d)灰岩； 4. 石炭系大塘组(C₁d)灰岩、泥质灰岩、泥质白云岩； 5. 石炭系岩关组(C₁y)灰岩、泥质灰岩； 6. 泥盆系尧梭组(D₃y)灰岩、白云岩； 7. 泥盆系望城坡组(D₃w)瘤状灰岩、泥灰岩及含燧石结核灰岩
岩 溶 弱 发 育	不纯碳酸盐岩层组，其中的碳酸盐岩呈间互状分布、且单层厚度较薄。如碳酸盐岩与碎屑岩互层岩组、碎屑岩夹碳酸盐岩	地表岩溶形态稀疏发育，主要为溶沟、溶槽等。地下岩溶形态以溶孔、晶孔、溶蚀麻面为主，无土洞发育	岩溶裂隙多被充填，泉水出露较少或无泉水	<ol style="list-style-type: none"> 1. 三叠系松子坎组(T₂s)白云岩、泥质白云岩、溶塌角砾岩 2. 寒武系娄山关群(∈₂₋₃ls)白云岩； 3. 寒武系高台组(∈₂g)白云质粉砂岩，泥质白云岩夹白云质黏土岩； 4. 寒武系石冷水组(∈₂s)白云岩

A.0.2 碳酸盐岩层组类型的划分应符合表 A.0.2 的规定。

表 A.0.2 碳酸盐岩层组类型的划分

分类	亚类	厚度百分比 (%)		岩性组合特征
		碳酸盐岩	碎屑岩	
纯碳酸盐岩类	均匀灰岩层组	≥90	<10	连续沉积的灰岩，无明显碎屑岩夹层 (<5m)，酸不溶物含量小于 10%
	均匀白云岩层组	≥90	<10	连续沉积的白云岩，无明显碎屑岩夹层 (<5m)，酸不溶物含量小于 10%
	均匀白云岩灰岩层组	≥90	<10	灰岩、白云岩互层或夹层沉积，无明显碎屑岩夹层，酸不溶物含量小于 10%
次纯碳酸盐岩类	碳酸盐岩夹碎屑岩层组	70~90	30~10	夹层型沉积，碳酸盐岩连续厚度大，碎屑岩夹层明显，酸不溶物含量大于 10%，小于 30%
不纯碳酸盐岩类	碳酸盐岩与碎屑岩互层岩组	30~70	70~30	碳酸盐岩、碎屑岩互层沉积，酸不溶物含量大于 30%，小于 70%
	碎屑岩夹碳酸盐岩层组	≤30	>70	夹层型沉积，碎屑岩连续厚度大，碳酸盐岩呈夹层状分布，酸不溶物含量大于 70%

A.0.3 场地岩溶发育程度定量分级应符合表 A.0.3 的规定。

表 A.0.3 岩溶发育程度定量分级

分级	岩溶发育特征
岩溶强发育	① 钻孔遇洞率 $>30\%$ ，或线岩溶率 $>10\%$ ，或土洞率 $>10\%$ 。 ② 沿结构边线或地基柱列线方向的基岩面起伏高差平均值 $>5\text{m}$ 。 ③ 基岩内岩溶裂隙或串珠状溶洞发育深度 $>20\text{m}$
岩溶中等发育	① 钻孔遇洞率 $10\% \sim 30\%$ ，或线岩溶率 $3\% \sim 10\%$ ，或土洞率 $0 \sim 10\%$ 。 ② 沿结构边线或地基柱列线方向的基岩面起伏高差平均值 $2\text{m} \sim 5\text{m}$ 。 ③ 基岩内岩溶裂隙或串珠状溶洞发育深度 $5\text{m} \sim 20\text{m}$
岩溶弱发育	① 钻孔遇洞率 $<10\%$ 、线岩溶率 $<3\%$ 、无土洞。 ② 沿结构边线或地基柱列线方向的基岩面起伏高差平均值 $<2\text{m}$ 。 ③ 基岩内岩溶裂隙或串珠状溶洞发育深度 $<5\text{m}$

注：1 各等级的 3 项条件中，有一项符合者即判定为相应岩溶发育等级。

2 考虑到小型洞穴对地基稳定性的影响有限、且易于处理，钻孔遇洞率统计时，只统计尺寸大于等于 0.5m 的岩溶洞穴。

3 当钻孔遇洞率为 0，沿结构边线或地基柱列线方向的基岩面起伏高差平均值 $>5\text{m}$ 、 $5\text{m} \sim 2\text{m}$ 、 $<2\text{m}$ 时可分别定为表生岩溶强发育、中等发育和弱发育。

附录 B 贵阳轨道交通工程岩土分层代码

附录 B 贵阳轨道交通工程岩土分层代码

大类号	岩土层名称	次级代号	时代成因		备注
1	素填土	<1-1>	Q ₄ ^{ml}	人类活动 形成	A、红黏土、黏土、粉质黏土、膨胀土应按流塑 1、软塑 2、可塑 3、硬塑 4、坚硬 5 再细分地层代号。
	杂填土	<1-2>			
	填石	<1-3>			
	填混凝土	<1-4>			
2	淤泥质土	<2-1>	Q ₄ ^{al+pl}	冲洪积	以红黏土为例，流塑状红黏土<3-2-1>，软塑状红黏土<3-2-2>，可塑状红黏土<3-2-3>，硬塑状红黏土<3-2-4>，坚硬状红黏土<3-2-5>。
	黏土	<2-2>			
	粉质黏土	<2-3>			
	粉土	<2-4>			
	砂土	<2-5>			
	圆砾土	<2-6>			
3	卵石土	<2-7>	Q ₄ ^{dl+pl}	坡洪积	B、碎石类土应按松散 1、稍密 2、中密 3、密实 4 再细分地层代号。 以碎石土为例，松散碎石土为<4-5-1>，稍密碎石土为<4-5-2>，中密碎石土为<4-5-3>，密实碎石土为
	淤泥质土	<3-1>			
	红黏土	<3-2>			
	粉质黏土	<3-3>			
	膨胀土	<3-4>			
	粉土	<3-5>			
	砂土	<3-6>			
	角砾土	<3-7>			
碎石土	<3-8>				
4	红黏土	<4-1>	Q ₄ ^{el+dl}	残坡积	
	粉质黏土	<4-2>			
	膨胀土	<4-3>			

大层号	岩土层名称	次级代号	时代成因		备注
	角砾土	<4-4>			<4-5-4>。
	碎石土	<4-5>			
	块石土	<4-6>			
5	红黏土	<5-1>	Q ^{el}	残积	
	粉质黏土	<5-2>			
	膨胀土	<5-3>			
	角砾土	<5-4>			
	碎石土	<5-5>			
	块石土	<5-6>			
6	黏土	<6-1>	Q ^{ca}	溶洞堆积	
	砂土	<6-2>			
	圆砾土	<6-3>			
	角砾土	<6-4>			
	卵石土	<6-5>			
	碎石土	<6-6>			
	块石土	<6-7>			
7A	泥岩	<7A-1>	K ₂ h	白垩系上统惠水组	C、基岩应按全风化层 a，强风化层 b，中风化层 c，微风化层 d 再细分地层代号。
	砂岩	<7A -2>			
	砾岩	<7A -3>			
7	泥岩	<7-1>	J ₂ x	侏罗系中统下沙溪庙组	
	砂岩	<7-2>			
	石英砂岩	<7-3>			
8	泥岩、页岩	<8-1>	J ₁₋₂ zl	侏罗系中下统自流井群	
	砂岩	<8-2>			
	石英砂岩	<8-3>			
	灰岩	<8-4>			
	炭质页岩	<8-5>			

大层号	岩土层名称	次级代号	时代成因		备注
9	泥岩、页岩	<9-1>	T _{3e}	三叠系上统二桥组	D、基岩应按全风化层 a，强风化层 b，中风化层 c，微风化层 d 再细分地层层代号，如： 下沙溪庙组全风化砂岩为<7-2-a>， 下沙溪庙组强风化砂岩为<7-2-b>， 下沙溪庙组中风化砂岩为<7-2-c>， 下沙溪庙组微风化砂岩为<7-2-d>。
	砂岩	<9-2>			
	石英砂岩	<9-3>			
	炭质页岩	<9-4>			
	砂岩夹页岩、炭质页岩	<9-5>			
10	页岩	<10-1>	T _{3sq}	三叠系上统三桥组	
	砂岩	<10-2>			
	石英砂岩	<10-3>			
	灰岩	<10-4>			
	砂岩夹页岩、炭质页岩	<10-5>			
11	页岩夹砂岩	<11-1>	T _{2gc}	三叠系中统改茶组	
	灰岩	<11-2>			
	白云岩	<11-3>			
	溶塌角砾岩	<11-4>			
	页岩、灰岩夹砂岩	<11-5>			
12	页岩夹泥质白云岩	<12-1>	T _{2yl}	三叠系中统杨柳井组	
	白云岩	<12-2>			
	白云岩夹泥质白云岩	<12-3>			
13	页岩、泥岩夹泥质白云岩	<13-1>	T _{2sz}	三叠系中统松子坎组	
	灰岩	<13-2>			
	白云岩	<13-3>			
	溶塌角砾岩	<13-4>			
	白云岩夹溶塌角砾岩	<13-5>			

大层号	岩土层名称	次级代号	时代成因		备注
14	页岩夹泥质白云岩	<14-1>	T _{1a}	三叠系下统安顺组	
	白云岩	<14-2>			
	溶塌角砾岩	<14-3>			
	石膏	<14-4>			
	白云岩夹溶塌角砾岩	<14-5>			
15A	灰岩	<15A-1>	T _{1l}	三叠系下统罗楼组	
	泥质灰岩夹灰岩	<15A-2>			
15	灰岩偶夹页岩	<15-1>	T _{1d}	三叠系下统大冶组	
16	泥岩、页岩	<16-1>	T _{1s}	三叠系下统沙堡湾组	
	泥灰岩	<16-2>			
17	泥岩、页岩	<17-1>	P _{2d}	二叠系上统大隆组	
	硅质岩	<17-2>			
18	灰岩	<18-1>	P _{2c}	二叠系上统长兴组	
19	泥岩、页岩	<19-1>	P _{2lt}	二叠系上统龙潭组	E、基岩应按全风化层 a，强风化层 b，中风化层 c，微风化层 d 再细分地层代号，如： 龙潭组全风化砂岩为<19-2-a>， 龙潭组强风化砂岩为<19-2-b>， 龙潭组中风化砂岩为<19-2-c>， 龙潭组微风化砂岩
	砂岩	<19-2>			
	硅质岩	<19-3>			
	灰岩	<19-4>			
	炭质页岩夹煤层	<19-5>			
	砂岩、灰岩夹泥质灰岩、泥岩、页岩、硅质岩、煤层	<19-6>			
20	泥岩、页岩	<20-1>	P _{1m}	二叠系下	

大层号	岩土层名称	次级代号	时代成因		备注
	灰岩	<20-2>		统茅口组	为<19-2-d>。
	白云岩	<20-3>			
	硅质岩	<20-4>			
21	灰岩	<21-1>	P _{1q}	二叠系下统栖霞组	
22	泥岩、页岩	<22-1>	P _{1l}	二叠系下统梁山组	
	砂岩	<22-2>			
	石英砂岩	<22-3>			
	煤层	<22-4>			
23	灰岩	<23-1>	C _{2hn}	石炭系中统黄龙组	
24	灰岩	<24-1>	C _{1b}	石炭系下统摆佐组	
	白云岩	<24-2>			
25	页岩、泥质白云岩	<25-1>	C _{1d}	石炭系下统大塘组	
	灰岩	<25-2>			
	白云岩	<25-3>			
	石英砂岩	<25-4>			
	煤层	<25-5>			
26	白云岩	<26-1>	D _{3g}	泥盆系上统高坡场组	
	泥质白云岩	<26-2>			
	灰岩	<26-3>			
27	白云岩	<27-1>	D _{2m}	泥盆系中统麟山群	
	页岩	<27-2>			
	泥质白云岩	<27-3>			
	石英砂岩	<27-4>			
	砂岩	<27-5>			

大层号	岩土层名称	次级代号	时代成因		备注
28	泥岩	<28-1>	S _{2g} z	志留系中统高寨田组	
	页岩	<28-2>			
	砂岩	<28-3>			
	泥灰岩	<28-4>			
	灰岩	<28-5>			
29	灰岩	<29-1>	O ₂₋₃	奥陶系中上统	F、基岩应按全风化层 a，强风化层 b，中风化层 c，微风化层 d 再细分地层代号，如：龙潭组全风化砂岩为<19-2-a>，龙潭组强风化砂岩为<19-2-b>，龙潭组中风化砂岩为<19-2-c>，龙潭组微风化砂岩为<19-2-d>。
	泥质灰岩	<29-2>	hh	黄花冲组	
30	灰岩	<30-1>	O _{1g}	奥陶系下统牯牛潭组	
31	砂岩	<31-1>	O ₁ m	奥陶系下统湄潭组	
	页岩	<31-2>			
	硅质岩	<31-3>			
	灰岩	<31-4>			
32	灰岩	<32-1>	O _{1h}	奥陶系下统红花园组	
33	白云岩	<33-1>	O _{1t}	奥陶系下统桐梓组	
	页岩	<33-2>			
34	断层角砾、断层泥、糜棱岩	<34-1>	Fbr	断层破碎带	
	断层角砾岩	<34-2>			
	断层压碎岩	<34-3>			

附录 C 轨道交通工程勘探点编号规则

C.0.1 轨道交通工程勘探点编号由线路代号、勘察阶段代号、工点代号、勘探类型代号、勘探点序号等组成。

C.0.2 轨道交通工程勘探点可按如下规则进行编号。

1 可行性研究阶段勘探点编号组成：**#1-xxx

其中，**为轨道交通线代号，见表 C.0.2-1；#为勘探类型代号，见表 C.0.2-2；1代表可行性研究勘察阶段；xxx为勘探点序号（阿拉伯数字）。

表 C.0.2-1 轨道交通线代号表

代号	含义	代号	含义	代号	含义
M1	轨道交通 1 号线	M4	轨道交通 4 号线	S3	轨道交通 S3 线
M2	轨道交通 2 号线	S1	轨道交通 S1 线	S4	轨道交通 S4 线
M3	轨道交通 3 号线	S2	轨道交通 S2 线	G1	轨道交通 G1 线

表 C.0.2-2 勘探点类型代号表

代号	含义	代号	含义	代号	含义
Z	钻孔	D	动力触探孔	S	十字板剪切孔
J	静力触探孔	C	槽探点		

如：M4Z1-007，代号轨道交通 4 号线可行性研究勘察阶段第 007 个钻孔。

2 初步勘察阶段勘探点编号组成：**#2-&&-xxx

其中，**为轨道交通线代号；#为勘探类型代号；2代表初步勘察阶段；&&代表工点代号，由小里程到大里程按工点排序编号；xxx为勘探点序号（阿拉伯数字）。如出现比较线则在比较线段勘探点前加 B，如 M4Z2-05-B007 代表轨道交通 4 号线初步勘察阶段从 05 工点开始的比较线的第 007 个钻孔。

3 详细勘察阶段勘探点编号组成：#3-##-xxx**

其中，**为轨道交通线代号；#为勘探类型代号；3代表详细勘察阶段；##代表工点代号；xxx为勘探点序号（阿拉伯数字）。

4 施工勘察阶段勘探点编号组成：#4-##-xxx**

其中，**为轨道交通线代号；#为勘探类型代号；4代表施工勘察阶段；##代表工点代号；xxx为勘探点序号（阿拉伯数字）。

C.0.3 勘探点编号顺序宜从小里程至大里程、从左至右编排，在实施过程中，如有加减孔，可采用附加编号及缺号。

附录 D 碳酸盐岩溶蚀风化带划分

D.0.1 灰岩、白云质灰岩、灰质白云岩、白云岩等碳酸盐岩，其风化往往具溶蚀风化特点，碳酸盐岩溶蚀风化带划分应符合本规范表 D.0.1 规定。

D.0.2 部分微裂隙极其发育的白云岩和豆状、瘤状、鲕状等特殊结构构造的灰岩，有时具均匀风化特征，当其均匀风化特征明显时，风化带划分宜按现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 附录 B 进行。

D.0.3 灰岩、白云岩与泥岩之间的过渡岩类，随着泥质含量的增加，其风化形式逐渐由溶蚀风化向均匀风化过渡，当以溶蚀风化为主时，其碳酸盐岩溶蚀风化带划分宜按本规范表 D.0.1 进行，当以均匀风化为主时，风化带划分宜按现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 附录 B 进行。

表 D.0.1 碳酸盐岩溶蚀风化带划分

风化带	主要地质特征
强溶蚀风化带	岩体全部或大部分呈黄褐色；沿断层、裂隙及层面等溶蚀强烈；溶隙、溶沟、溶槽、溶缝及风化裂隙发育，充填黏土、碎块石；溶蚀风化宽度达数厘米至数十厘米不等。 岩石组织结构清楚、完整，断口色泽较新鲜。 岩体完整性差，岩体强度低。
中等溶蚀风化带	岩体颜色基本新鲜，少部分呈黄褐色；沿断层、裂隙及层面等溶蚀较强烈；以发育溶蚀裂隙或层间软弱夹层为主，充填夹泥现象较普遍或胶结物蚀变较明显，溶蚀风化宽度一般 0.5cm 至 1cm，局部宽达数厘米。 岩石组织结构清楚、无变化，断口色泽新鲜，岩石表面或裂隙面溶蚀、风化蚀变或褪色明显。 岩体完整性受结构面溶蚀风化明显，岩体强度明显降低。

风化带	主要地质特征
强溶蚀风化带	<p>岩体全部或大部分呈黄褐色；沿断层、裂隙及层面等溶蚀强烈；溶隙、溶沟、溶槽、溶缝及风化裂隙发育，充填黏土、碎块石；溶蚀风化宽度达数厘米至数十厘米不等。</p> <p>岩石组织结构清楚、完整，断口色泽较新鲜。</p> <p>岩体完整性差，岩体强度低。</p>
微溶蚀风化带	<p>岩体色泽新鲜，沿断层、长大裂隙、个别层面等溶蚀扩展或发育溶孔、晶孔等现象，充填和夹泥现象较少，溶蚀风化宽度一般小于0.5cm。</p> <p>岩石组织结构清楚、无变化，岩石表面或裂隙面有轻微褪色。</p> <p>岩体完整性受溶蚀影响轻微，整体力学强度降低不明显，结构面或层面受溶蚀影响部位力学强度有所降低。</p>

附录 E 围岩分级

E.0.1 围岩分级应根据围岩工程地质条件、开挖后的稳定状态、岩溶形态组合类型、弹性纵波波速、围岩基本质量指标(BQ或[BQ]值)按表 E.0.1 划分。

表 E.0.1 围岩分级

围岩级别		围岩工程地质条件		岩溶形态组合类型	纵波速度 v_p (km/s)	BQ 或【BQ】值	围岩开挖后的稳定状态 (单线)
基本级别	亚级	主要工程地质特征	岩体结构类型				
I	--	坚硬岩; 岩体新鲜~微风化, 完整, 裂隙不发育, 无软弱面(或夹层); 岩层呈厚层、巨厚层状, 层间结合良好	巨厚层状结构	--	>5.3	>550	围岩稳定, 无坍塌
II	--	坚硬岩; 岩体新鲜~微风化, 较完整, 裂隙较发育, 有少量软弱面(或夹层)和贯通微张裂隙, 其产状不构成不利组合块体; 岩层呈厚层状, 层间结合一般	厚层状结构	溶孔型	4.5~5.3	550~451	暴露时间长, 可能会出现局部小坍塌, 侧壁稳定, 局部层间结合差的平缓岩层顶板易塌落
		较硬岩; 岩体新鲜~微风化, 完整, 裂隙不发育至较发育, 无软弱面或夹层; 岩层呈厚层、巨厚层状, 层间结合好或一般	巨厚层状结构	溶孔型			
III	III ₁	坚硬岩; 岩体中等风化, 较破碎, 裂隙较发育, 有层状软弱面(或夹层)和贯通性结构面分布, 但其产状尚不构成不利组合块体; 岩层呈中厚层夹厚层状, 层间结合一般或差, 充填少量次生泥	中厚层夹厚层状结构	溶孔型~溶隙型	3.0~4.5	450~391	拱部无支护时可能产生局部小坍塌, 侧壁基本稳定, 爆破震动过大易塌落
		较硬岩、或硬岩夹软岩, 软岩占比10%~30%, 软岩水敏性弱; 岩体中等风化, 较完整, 裂隙不发育, 有层状软弱面(或夹层)和贯通性结构面分布, 但其产状尚不构成不利组合块体; 岩层呈厚层夹中厚层状, 层间结	厚层夹中厚层状结构	溶孔型~溶隙型			

围岩级别		围岩工程地质条件		岩溶形态组合类型	纵波速度 v_p (km/s)	BQ 或【BQ】值	围岩开挖后的稳定状态 (单线)
基本级别	亚级	主要工程地质特征	岩体结构类型				
		合一般, 局部充泥					
III	III ₂	坚硬岩; 岩体中等风化, 较破碎, 裂隙发育, 有层状软弱面 (或夹层) 和贯通性结构面分布, 其产状可能在顶拱或侧壁构成不利组合块体; 岩层呈中厚层夹薄层状, 层间结合一般, 充填少量次生泥	中厚层夹薄层状结构	溶隙型	3.0 ~ 4.5	390 ~ 351	拱部无支护时可能产生小坍塌, 侧壁基本稳定, 爆破震动过大易塌落
		较硬岩、或硬岩夹软岩, 软岩占比 10%~30%, 软岩水敏性弱; 岩体中等风化, 较完整, 裂隙较发育, 有层状软弱面 (或夹层) 和贯通性结构面分布, 其产状可能在顶拱或侧壁构成不利组合块体; 岩层呈中厚层夹厚层状, 层间结合一般, 见泥膜或充填少量次生泥	中厚层状结构	溶隙型			
		较软岩; 岩体微风化, 较完整至完整, 裂隙不发育, 有少量层状软弱面 (或夹层) 和贯通性结构面分布, 其产状可能在顶拱或侧壁构成不利组合块体; 岩层呈厚层、巨厚层状, 层间结合好或一般, 层间见泥膜	厚层状结构	溶隙型			
IV	IV ₁	坚硬岩和较硬岩; 岩体中等风化~强风化, 较破碎, 裂隙发育至很发育, 有层状软弱面 (或夹层) 和贯通性结构面分布, 其产状可能在顶拱或侧壁构成不利组合块体; 岩层呈互层状或夹薄层状, 层间结合差至极差, 普遍充泥	裂隙块状结构或薄层状结构	溶隙型~沟槽型	2.0 ~ 3.5	350 ~ 311	拱部无支护时可能产生较大坍塌, 侧壁有时失去稳定
		较软岩; 岩体中等风化, 较破碎至较完整, 裂隙较发育至发育; 岩层呈中厚层夹薄层状, 岩石水敏性弱, 层间结合差至极差, 普遍充泥	碎裂结构或中厚层夹薄层状结构	溶隙型			
		软岩; 岩体微风化, 较完整, 裂隙不发育至较发育; 岩层呈中厚层夹薄层状, 岩石水敏性弱, 层间结合一般至差, 普遍充泥	块裂结构或中厚层夹薄层	溶隙型			

围岩级别		围岩工程地质条件		岩溶形态组合类型	纵波速度 v_p (km/s)	BQ 或【BQ】值	围岩开挖后的稳定状态 (单线)
基本级别	亚级	主要工程地质特征	岩体结构类型				
			状结构				
IV	IV ₂	坚硬岩和较硬岩；岩体强风化，破碎，裂隙很发育；岩层呈薄层状，层间结合极差，普遍充泥	碎裂结构或薄层状结构	宽缝型 ~ 洞穴型	2.0 ~ 3.5	310 ~ 251	拱部无支护时可能产生较大坍塌，侧壁有时失去稳定
		较软岩；岩体中等风化~强风化，较破碎至较完整，裂隙发育至很发育；岩层呈互层状，岩石水敏性中等，层间结合差至极差，普遍充泥	裂隙块状结构或互层状结构	溶隙型 ~ 沟槽型			
		软岩；岩体中等风化，较破碎至较完整，裂隙较发育；岩层呈中厚层夹薄层状，岩石水敏性中等，层间结合良好至一般	块裂结构中厚层夹薄层状结构	溶隙型			
	IV ₃	软岩夹硬岩，岩层产状较平缓，顶板厚度大于 5m，岩性组合以软岩为主，硬岩占比 10%~30%，水敏性弱至中等	中厚层夹薄层状结构	溶隙型 ~ 沟槽型			
		硬岩夹软岩，岩层产状较平缓，顶板岩体厚度小于 5m，岩性组合以硬岩为主，软岩占比 10%~30%，水敏性中等至强	互层状结构	溶隙型 ~ 沟槽型			
		软岩与硬岩呈互层状，岩层产状较平缓，顶板岩体厚度小于 5m，岩性组合以硬岩为主，软岩占比超过 30%，水敏性弱至中等	互层状结构	溶隙型 ~ 沟槽型			
V	V ₁	较软岩；裂隙很发育、结合差，岩体破碎	裂隙块状或碎裂结构	填泥型 ~ 块屑型	1.0 ~ 2.5	250 ~ 211	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
		1. 中等风化软岩；裂隙发育，岩体较破碎至破碎；	裂隙块状或				

围岩级别		围岩工程地质条件		岩溶形态组合类型	纵波速度 v_p (km/s)	BQ 或【BQ】值	围岩开挖后的稳定状态 (单线)
基本级别	亚级	主要工程地质特征	岩体结构类型				
		2. 弱胶结的构造破碎带	碎裂结构				下沉(陷)或塌至地表
V	V ₂	1. 全风化、强风化的软岩; 2. 极软岩; 3. 强烈构造破碎带; 4. 全断面为填泥型、块屑型强烈溶蚀破碎岩体; 5. 水敏性强的薄层泥质白云岩、泥页岩、炭质泥岩、溶塌角砾岩等集中分布洞段	角砾、状松散结构	填泥型~块屑型	1.0~2.5	≤211	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
		一般第四系坚硬、硬塑状黏性土, 稍密及以上、稍湿或潮湿的碎石土、圆砾土、角砾土、粉土	非黏性土呈松散结构, 黏性土呈松软状结构	--			
	V ₃	1. 上覆基岩顶板厚度小于 5m、岩层陡倾或陡倾溶蚀裂隙发育的围岩; 2. 顶拱及部分边墙为: 可塑、软塑、流塑状黏性土, 饱和的粉土和砂类土, 松散状填土, 可塑、软塑、流塑状溶洞充填物, 土体占隧道断面积小于 40%	断面围岩介一质均性差, 为特殊洞段	--			顶拱围岩极易坍塌下沉, 需对其进行改良或预加固处理后, 才能开挖
VI	--	顶拱及部分边墙为: 可塑、软塑、流塑状黏性土, 饱和的粉土和砂类土, 松散状填土, 土体占隧道断面积超过 40%	黏性土呈蠕动的松软结构, 砂性土呈潮湿松散状态	--	<1.0 (饱和状态的土 < 1.5)	--	围岩极易坍塌变形, 有水时土砂常与水一起涌出; 浅埋时易塌至地表
	--	顶拱及部分边墙为: 可塑、软塑、流塑状溶洞充填物, 伴随有水流出, 土体占隧道断面积超过 40%		--		--	当洞顶地面有岩溶负地形时, 易发生岩溶塌陷

注: 1 当围岩内发育大于 5m 的大型溶洞时, 宜在详细探明溶洞空间展布的基础上, 将溶洞按空洞单元考虑, 并结合溶洞形成时代、过水状态、稳定现状、周边岩溶水文地质条件进行针对性处理。

2 综合判定为 III₁、III₂、IV₁、IV₂ 类围岩的洞段, 但局部发育溶蚀宽缝时, 可根据

具体情况进行局部降级及针对性支护处理。

E.0.2 岩石水敏性分级宜符合表 E.0.2 的规定。

表 E.0.2 岩石水敏性分级

岩石名称	软化系数	水敏性分级
灰岩、结晶类白云岩、白云质灰岩	>0.75	水敏性弱
含泥质灰岩、含白云质灰岩、泥质灰岩	0.65~0.75	水敏性中等
泥岩、泥页岩、炭质页岩、泥灰岩、角砾状白云岩、泥质白云岩、溶塌角砾岩	<0.65	水敏性强

注：1 岩石均属微风化至新鲜。

2 软化系数为岩石单轴饱和抗压强度与岩石单轴干抗压强度的比值。

E.0.3 可溶岩类岩体的岩溶形态组合类型划分宜符合表 E.0.3 的规定。

表 E.0.3 可溶岩类岩体的岩溶形态组合类型划分

序号	岩溶形态组合类型	岩体溶蚀特性
1	溶孔晶孔型 (溶孔型)	岩溶形态以晶孔、溶孔、溶蚀麻面为主，局部有少量溶隙，但溶蚀轻微，层面和裂面大多闭合
2	溶蚀裂隙型 (溶隙型)	岩溶形态以溶隙为主，部分形成串珠状洞穴或溶蚀缝隙，一般溶宽 0.5cm~2.0cm。偶见溶穴、小溶洞，洞径一般小于 0.5m
3	溶沟溶槽型 (沟槽型)	岩溶形态以溶隙、溶沟、溶槽为主，部分沟槽交叉成网格状，一般溶宽 2.0cm~20.0cm。溶蚀沟槽下部见小型溶洞，一般洞径 0.5m~2.0m
4	溶蚀宽缝型 (宽缝型)	岩溶形态以溶蚀宽缝为主，普遍充泥，一般溶宽大于 20.0cm。溶蚀宽缝下部见中型溶洞，一般洞径 2.0m~5.0m

	溶管溶洞型 (洞穴型)	以溶管、裂隙状溶洞、溶井、管道状溶洞为主。除浅部洞穴岩体溶蚀破碎风化多泥外,稍深洞穴周围岩体较完整,一般洞径 2.0m~5.0m,局部见洞径大于 5.0m 的大型溶洞
5	网状溶蚀破碎填 泥型 (填泥型)	由纵横交错的沟槽、洞穴组合成网格状,围岩溶蚀风化破碎多泥,容易松动
	溶带块屑型 (块屑型)	沿断层、断层交汇带和构造挤压带等形成的构造、溶蚀破碎混合类型,宽数米至数十米。由大块岩石、角砾碎屑和泥质组成

附录 F 碳酸盐岩石（体）及结构面物理力学 性质指标值

F.0.1 碳酸盐岩石主要物理性质指标见表 F.0.1。

表 F.0.1 碳酸盐岩石主要物理性质指标

岩性	比重		容重 (kN/m ³)		孔隙率 (%)		吸水率 (%)	
	区间值	平均值	区间值	平均值	区间值	平均值	区间值	平均值
灰岩	2.69~2.79	2.73	26.4~27.2	27.0	0.66~1.67	0.95	0.11~2.06	0.44
白云质灰岩、 灰质白云岩	2.71~2.86	2.79	26.4~28.3	27.3	1.00~2.79	1.58	0.36~1.32	0.67
结晶类白云岩	2.83~2.85	2.84	27.8~28.2	27.9	0.99~1.96	1.35	0.45~0.77	0.72
角砾状白云岩	2.70~2.73	2.70	25.8~26.4	26.0		2.40		3.10
泥质白云岩	2.78~2.85	2.80	26.0~27.0	26.5	1.05~2.58	1.98	0.50~2.80	2.40
含泥质(白云质)灰岩	2.72~2.75	2.74	26.5~27.2	27.0	0.90~2.60	1.55	0.50~1.20	0.92
泥质灰岩	2.70~2.78	2.74	26.3~27.2	26.9	1.10~2.85	1.80	0.45~1.50	1.35
泥灰岩	2.70~2.77	2.73	26.3~27.0	26.5	1.85~3.58	2.35	0.65~1.60	1.47

注：岩石均属微风化至新鲜。

F.0.2 碳酸盐岩石单轴抗压强度指标见表 F.0.2。

表 F.0.2 碳酸盐岩石单轴抗压强度指标

岩石名称	干抗压强度(MPa)		饱和抗压强度 (MPa)		软化系数	
	区间值	平均值	区间值	平均值	区间值	平均值
灰岩	45~160	79	40~120	64	0.62~0.93	0.79
结晶类白云岩	60~120	90	55~105	85	0.75~0.90	0.81
角砾状白云岩	30~50	40	18~32	27	0.58~0.65	0.61
白云质灰岩	65~162	115	53~149	99	0.81~0.91	0.84
含泥质(白云质)灰岩	50~110	67	40~80	55	0.58~0.74	0.69
泥质灰岩	45~100	57	35~85	48	0.61~0.80	0.70
泥质白云岩	40~65	55	25~40	35	0.57~0.73	0.65
泥灰岩	27~60	46	20~50	29	0.51~0.71	0.59
泥岩	15~30	25	10~20	15	0.45~0.55	0.50

注：岩石均属微风化至新鲜。

F.0.3 碳酸盐岩石三轴抗剪（断）强度指标见表 F.0.3。

表 F.0.3 碳酸盐岩石三轴抗剪（断）强度指标

岩石名称	抗剪断峰值强度 f'		抗剪断峰值强度 c' (MPa)	
	区间值	平均值	区间值	平均值
灰岩	0.81~1.43	1.24	12.09~24.89	16.51
白云岩	1.02~1.84	1.48	9.41~18.52	13.36
薄层灰岩与泥灰岩互层	0.70~1.78	1.01	0.03~0.75	0.53
厚层生物碎屑灰岩	--	1.53	--	6.86
含方解石团块灰岩	--	1.33	--	10.80
含炭泥质灰岩	--	1.25	--	9.23
角砾状灰岩	--	1.31	--	11.90
炭泥质灰岩	--	1.10	--	6.91

薄层生物碎屑灰岩	--	1.13	--	10.35
----------	----	------	----	-------

F.0.4 碳酸盐岩体抗剪（断）强度指标见表 F.0.4。

表 F.0.4 碳酸盐岩体抗剪（断）强度指标

岩石名称	抗剪断峰值强度 f'		抗剪断峰值强度 c' (MPa)	
	区间值	平均值	区间值	平均值
中厚层至厚层灰岩、白云质灰岩， 较完整	0.94~2.20	1.44	0.50~2.40	1.39
薄层灰岩夹泥岩	0.68~1.30	0.80	0.33~1.04	0.39
薄层、极薄层灰岩、泥质灰岩	1.06~1.43	1.17	0.95~1.37	1.13
中等风化白云岩	1.21~2.41	1.73	0.96~1.35	1.05
微风化白云岩	1.03~3.01	1.84	0.88~1.78	1.24

F.0.5 混凝土与碳酸盐岩胶结面抗剪（断）强度指标见表 F.0.5。

表 F.0.5 混凝土与碳酸盐岩胶结面抗剪（断）强度指标

岩体性状	抗剪断峰值强度 f'		抗剪断峰值强度 c' (MPa)	
	区间值	平均值	区间值	平均值
中厚层至厚层灰岩	0.85~1.92	1.22	0.73~1.82	1.21
薄层灰岩，微方解石脉发育	1.07~1.27	1.18	0.81~1.21	1.03
薄至中厚层灰岩、泥质灰岩	0.87~1.85	1.28	0.87~1.85	1.40
薄层含泥质灰岩	1.55~1.77	1.65	0.60~1.39	0.99
微风化白云岩	1.13~1.92	1.35	0.60~1.82	1.10

F.0.6 碳酸盐岩体中的原生结构面抗剪（断）强度指标见表 F.0.6。

表 F.0.6 碳酸盐岩体中的原生结构面抗剪（断）强度指标

软弱原生结构面性状	抗剪断峰值强度	
	f'	c' (MPa)
灰岩层面，夹泥化泥炭质薄膜	0.40~0.50	0.05~0.08
灰岩层面，夹炭质薄膜，干燥，咬合良好	0.55~0.81	0.08~0.12
灰岩层面，充填方解石及铁锰质(剪断面有 10~30%的岩体)	0.65~0.78	0.2~0.30
灰岩层面，充填方解石及铁锰质，见次生黄泥	0.31~0.41	0.03~0.06
中厚层灰岩、泥质灰岩层面，见泥炭质薄膜，局部充填黄色黏泥	0.53~0.67	0.05~0.06
厚层灰岩、泥质灰岩、白云质灰岩层面，局部见铁质浸染	0.70~0.78	0.11~0.12
厚层泥质灰岩层面，见铁质、泥质浸染	0.64~0.78	0.15~0.33
白云岩层面，局部夹方解石薄膜及黄色黏土	0.45~0.55	0.12~0.17

F.0.7 碳酸盐岩体中的构造结构面抗剪（断）强度指标见表 F.0.7。

表 F.0.7 碳酸盐岩体中的构造结构面抗剪（断）强度指标

结构面特征	抗剪断峰值强度	
	f'	c' (MPa)
方解石脉胶结的平直光滑裂隙面或小断层	0.65~0.81	0.06~0.18
充填方解石薄膜的裂隙面	0.45~0.78	0.34~0.37
充填方解石及黄泥的裂隙面	0.55~0.78	0.14~0.21

F.0.8 碳酸盐岩体中的溶蚀结构面抗剪（断）强度指标见表 F.0.8。

表 F.0.8 碳酸盐岩体中的溶蚀结构面抗剪（断）强度指标

结构面特征	抗剪断峰值强度 f'		抗剪断峰值强度 c' (MPa)	
	区间值	平均值	区间值	平均值
溶蚀夹泥	0.18~0.30	0.25	0.02~0.05	0.035
充填次生黏土，含水量大，裂面较平整，延伸长	0.35~0.50	0.46	0.05~0.10	0.07

F.0.9 碳酸盐岩石弹性（变形）模量指标见表 F.0.9。

表 F.0.9 碳酸盐岩石的弹性(变形)模量指标

岩石名称	弹性模量(GPa)		变形模量(GPa)		泊松比	
	区间值	平均值	区间值	平均值	区间值	平均值
灰岩	55~85	72.4	45~75	67.4	0.27~0.32	0.29
白云岩	60~95	84.2	48~85	78.8	0.26~0.29	0.27
瘤状泥灰岩	45~70	65.6	--		0.27~0.32	0.30
薄层泥灰岩	40~55	48.6	35~50	44.4	0.30~0.35	0.34
角砾状灰岩	50~75	65.2	45~55	51.4	0.34~0.40	0.38

F.0.10 碳酸盐岩体不同方向的弹性（变形）模量指标见表 F.0.10。

表 F.0.10 碳酸盐岩体不同方向的弹性（变形）模量指标

岩体特性		平行层面 $E_{//}$			垂直层面 E_{\perp}			$E_{//}/E_{\perp}$
		$E_{弹}$ (GPa)	$E_{变}$ (GPa)	弹变比	$E_{弹}$ (GPa)	$E_{变}$ (GPa)	弹变比	
厚层块状灰岩、白云质灰岩，充填方解石脉	区间值	31~65	14.9~42	1.5~1.8	30.3~41.6	16.8~25.5	1.6~1.8	1.3~1.4
	平均值	48.5	28.5	1.7	36.0	21.2	1.7	1.4
中厚层至厚层灰岩、白云质灰岩，充填方解石脉	区间值	10.6~83.8	7~67.8	1.5~2.6	10.4~55.6	7.16~26.3	1.6~2.2	1.3~1.4
	平均值	29.9	16.8	1.8	21.4	11.6	1.8	1.4
中厚层晶洞灰岩	区间值	--	--	--	11.6~16.4	7.8~8.4	1.6~1.8	--
	平均值	--	--	--	14.0	8.2	1.7	--
薄层条带灰岩	区间值	31.0~35.0	--	--	--	11.5~13.5	--	--
	平均值	33.3	--	--	--	12.6	--	--
新鲜薄层灰岩	区间值	19.5~23.1	12.0~14.5	1.5~1.7	13.5~16.7	8.5~9.6	1.5~1.8	1.4~1.6
	平均值	21.7	13.9	1.6	15.5	8.9	1.7	1.5
新鲜薄层、极薄层灰岩	区间值	15.5~17.6	8.2~9.5	1.8~2.1	11.5~13.7	7.5~8.6	1.6~1.8	1.1~1.3
	平均值	16.6	8.7	1.9	12.8	7.7	1.7	1.2
微风化含泥质灰岩	区间值	--	--	1.4~1.	14.8~24.7	9.7~13.7	1.3~1.5	1.1~1.2
	平均值	19.8	12.7	1.6	16.8	11.7	1.4	1.1
厚层块状白云岩	区间值	--	--	--	--	16.5~18.8	--	--
	平均值	--	--	--	--	17.6	--	--
厚层块状角砾状白云岩	区间值	--	--	--	--	7.8~9.2	--	--
	平均值	--	--	--	--	8.2	--	--
中厚层白云岩，方解石脉较发育	区间值	16.5~21.2	7.4~9.5	1.9~2.3	15.5~17.8	6.5~8.0	2.1~2.4	1.1~1.2
	平均值	17.9	8.2	2.2	16.2	7.1	2.3	1.1

附录 G 基坑涌水量预测

G.0.1 水均衡法：当基坑所在的可溶岩地层基本出露于地表时，可按式计算基坑涌水量。

$$Q = \frac{1000 \cdot \alpha \cdot A \cdot H_s}{d} S \quad (\text{G.0.1})$$

式中：

Q ——地下工程或洞室群的涌水量， m^3/d ；

α ——入渗系数，一般可采用 0.3~0.6；

A ——地下工程或洞室群的地表汇水面积， km^2 ；

H_s ——涌水量计算时段的多年平均降水量， mm ；

d ——计算时段天数， d ；

S ——涌入洞室水量占地下水径流总量的份额，一般为 0.1~

0.4。

在计算集水面积 A 时，不但要考虑地表补给面积，而且要考虑地下补给面积。由于岩溶水的袭夺，有时地下水补给面积常常大于地表补给面积，因此在圈定集水面积 A 时，必须综合研究区域岩溶水文地质条件。

对于入渗系数 α 的选取，应力求使用实际观测资料，比如降雨量、蒸发量、地表及地下径流量的总均衡条件求取。同时应对岩溶发育程度，岩体的渗透性和地下水动力条件作出具体分析。

G.0.2 水文地质解析法：岩溶基坑涌水分为管道流涌水、扩散流涌水或两者的组合。

1 渗透性相对比较均匀的岩溶基坑，主要为扩散流涌水，其涌水量可按式估算：

$$Q_{\text{计}} = K \cdot S \cdot I \quad (\text{G.0.2-1})$$

式中:

$Q_{\text{计}}$ ——计算涌水量, m^3/d ;

K ——渗透系数, m/d ;

S ——基坑涌水断面面积, m^2 ;

I ——水力梯度。

2 岩溶管道发育的基坑, 主要为管道流涌水, 其涌水量可按式估算:

$$Q_{\text{计}} = S \cdot V \quad (\text{G.0.2-2})$$

式中:

S ——岩溶管道过水断面面积, m^2 ;

V ——岩溶管道水流速, m/d ;

其它符号意义同前。

3 当不考虑岩溶管道涌水时, 相应计算涌水量和实际涌水量比较接近。但多数发生岩溶涌水的基坑工程的计算涌水量远小于实际涌水量, 实际岩溶涌水量最大可达计算涌水量的 10 倍。为了充分考虑突水因素的影响, 多数工程在进行基坑涌水量预测时, 通常将计算的涌水量 ($Q_{\text{计}}$) 乘以基坑突涌系数 (A) 来修正, 即:

$$Q_{\text{预}} = A \cdot Q_{\text{计}} \quad (\text{G.0.2-3})$$

式中: $Q_{\text{预}}$ 为预测涌水量, m^3/d 。

基坑突涌系数 (A) 为 1~10, 它的取值主要考虑以下因素:

- 1) 贯通基坑内外的岩溶渗漏通道的数量、规模和可能发生基坑岩溶涌水的性质。
- 2) 基坑涌水的水源补给区大小, 吸收降水和地表径流的特点。

3) 溶洞充填物的充填程度、状态及其渗透性，特别应注意流塑、软塑及可塑状黏性土和砂砾充填的洞隙产生涌水的危害程度。

4) 基坑内外水头差或可能产生涌水水压力的大小。

5) 基坑内溶洞开挖处理方式及延续时间等因素对涌水的影响。

G.0.3 水文地质比拟法：类比岩溶水文地质条件相似的工程基坑，参照其实测涌水量，可采用式K.0.3进行类比估算本工程基坑的涌水量。

$$Q = Q_1 \cdot \frac{S}{S_1} \cdot \sqrt{\frac{H}{H_1}} \quad (\text{G.0.3})$$

式中：

Q, Q_1 ——新建、既有工程基坑开挖过程中的涌水量， m^3/d ；

S, S_1 ——新建、既有工程基坑开挖前静止地下水位以下的基坑侧壁及底板面积， m^2 ；

H, H_1 ——新建、既有工程基坑开挖前静止地下水位至基坑底板的高差， m 。

附录 H 隧道涌水量预测

H.0.1 水均衡法：当地下工程所在的岩溶地层基本出露于地表时，可采用本规程附录G式（G.0.1）计算洞室的涌水量。

H.0.2 动态观测法：当洞室位于水平流动带及深部缓流带时，根据水文地质试验及动态观测资料，可采用式H.0.2估算隧道涌水量。

$$Q = 1000 \cdot \alpha \cdot F \cdot X \cdot \eta \quad (\text{H.0.2})$$

式中：

Q ——洞室涌水量， m^3/d ；

α ——入渗系数，一般可采用0.3~0.6；

F ——集水面积， km^2 ；

X ——根据钻孔水位与降水量关系曲线，取最大降雨入渗时的日降水量值， mm ；

η ——滞后系数，从动态观测曲线上确定的水位或流量洪峰，滞后于降水时间的倒数， $\eta \approx 1/T$ ；

T ——滞后时间，不足一日以一日计， d 。

H.0.3 水文地质比拟法：类比岩溶水文地质条件相似的地下工程或洞室群，参照其实测涌水量，可采用式L.0.3进行类比估算本工程洞室的涌水量。

$$Q = Q_1 \cdot \frac{B \cdot L \cdot S}{B_1 \cdot L_1 \cdot S_1} \quad (\text{H.0.3})$$

式中：

Q ， Q_1 ——新建、既有地下工程通过岩溶含水地段段的涌水量， m^3/d ；

B, B_f ——新建、既有地下工程洞身横断面的周长, m;

L, L_f ——新建、既有地下工程通过岩溶含水地段长度, m;

S, S_f ——新建、既有地下工程通过岩溶含水段中自静止水位起的水位降深, m。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，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

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- 《国家一、二等水准测量规范》GB 12897
- 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112
- 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202
- 《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307
- 《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308
- 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330
- 《岩土工程勘察安全规范》GB 50585
- 《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911
- 《滑坡防治工程勘查规范》GB/T 32864
- 《土工试验方法标准》GB/T 50123
- 《工程岩体分级标准》GB/T 50218
- 《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266
- 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476
- 《铁路隧道设计规范》TB 10003
- 《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005
- 《铁路工程地质勘察规范》TB 10012
- 《铁路工程不良地质勘察规程》TB 10027
- 《公路工程地质勘察规范》JTG C20
- 《公路隧道设计规范》JTG D70
- 《220kV 及以下架空送电线路勘测技术规程》DL/T 5076
- 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79
- 《建筑变形测量规范》JGJ 8
- 《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87

《建筑基桩检测技术规范》 JGJ 106
《市政工程勘察规范》 CJJ 56
《贵州建筑地基基础设计规范》 DBJ52/T 045
《贵州省建筑岩土工程技术规范》 DBJ52/T 046

中华人民共和国工程建设地方标准

贵州城市轨道交通岩土工程勘察规范

DBJ××/××—201×

条文说明

目 次

1	总 则.....	167
2	术语和符号.....	168
	2.1 术 语.....	168
3	基 本 规 定.....	169
4	岩土分类、岩溶发育程度及围岩分级.....	172
	4.1 岩石分类.....	172
	4.3 岩溶发育程度分级.....	172
	4.4 围岩分级与岩土施工工程分级.....	173
5	可行性研究勘察.....	178
	5.1 一般规定.....	178
	5.2 目的与任务.....	178
	5.3 勘察要求.....	179
6	初步勘察.....	181
	6.1 一般规定.....	181
	6.2 目的与任务.....	181
	6.3 地下工程.....	182
	6.4 高架工程.....	183
	6.5 路基、车辆综合基地场平、涵洞工程.....	183
	6.6 地面房屋建筑及构筑物工程.....	183
	6.7 电缆通道.....	184
7	详细勘察.....	185
	7.1 一般规定.....	185
	7.2 目的与任务.....	185
	7.3 地下工程.....	186
	7.4 高架工程.....	188
	7.6 地面房屋建筑及构筑物工程.....	190
	7.7 电缆通道.....	191

8	施工勘察.....	192
9	工程地质调查与测绘.....	195
	9.1 一般规定.....	195
	9.2 工作方法.....	195
	9.3 工作范围.....	196
	9.4 工作内容.....	197
	9.5 工作成果.....	197
10	勘探与测试.....	198
	10.1 一般规定.....	198
	10.2 地球物理勘探.....	199
	10.3 钻探.....	207
	10.4 坑探.....	207
	10.5 原位测试.....	207
	10.6 岩土取样.....	208
	10.7 室内试验.....	208
11	不良地质作用.....	210
	11.1 一般规定.....	210
	11.2 岩溶.....	210
	11.3 地面塌陷.....	210
	11.4 滑坡.....	211
	11.5 危岩、崩塌（落石）.....	212
	11.6 泥石流.....	212
	11.7 采空区.....	212
	11.8 有害气体.....	213
12	特殊性岩土.....	214
	12.1 一般规定.....	214
	12.2 填土.....	214
	12.3 红黏土.....	217
	12.4 膨胀岩土.....	223

12.5	软土.....	225
12.6	强风化岩、全风化岩和残积土.....	229
13	地下水.....	232
13.1	一般规定.....	232
13.2	水文地质勘察要求.....	232
13.3	水文地质参数测定.....	233
13.4	地下水长期观测与监测.....	235
13.5	地下水作用.....	235
13.6	地下水控制.....	237
14	岩土工程分析评价与成果报告.....	238
14.1	一般规定.....	238
14.2	岩土参数的分析与选定.....	238
14.3	成果分析与评价.....	239
14.4	勘察报告资料整理.....	239
14.5	勘察报告的内容.....	239
15	现场检验与检测.....	241
16	勘察风险管控.....	243
16.1	一般规定.....	243
16.2	勘察外业风险.....	243
16.3	地质条件可能造成的工程风险.....	244
附录 A	岩溶发育程度分级.....	246
附录 B	贵阳轨道交通工程岩土分层代码表.....	247
附录 C	轨道交通工程勘探点编号规则.....	248
附录 D	碳酸盐岩溶蚀风化带划分.....	249
附录 E	围岩分级.....	251
附录 F	碳酸盐岩石（体）及结构面物理力学性质指标值.....	253
附录 G	基坑涌水量预测.....	254
附录 H	隧道涌水量预测.....	255

1 总 则

1.0.1 本规范是根据贵州省各类工程建设过程中揭示的工程地质及水文地质条件，特别是其岩溶水文地质特点，参考现行国家标准《岩土工程勘察规范》（GB50021-2001，2009版）、《城市轨道交通岩土工程勘察规范》（GB50307-2012），结合贵阳市已建及在建轨道交通岩土工程勘察技术及相关领域所取得的科研成果和地方工程经验编写的地方标准。

1.0.2 本规范主要适用于贵州省城市轨道交通工程的隧道、车站、高架、路基、车辆基地及附属工程。由于本规范编制依托工程主要为贵阳市轨道交通1号线、2号线、3号线，相应勘察设计及施工管理方面的经验教训也主要来源于贵阳市轨道交通建设，因此，在省内其它地州市开展轨道交通建设时，需不断总结经验，为下一步修订规范打下基础。同时，因城际铁路采用城市轨道交通制式，其主要特点与城市轨道交通基本一致时，可以参考使用，但需注意城际铁路所涉及的地质条件更复杂、范围更广。

1.0.3 根据需要采用实地调查、资料调阅和现场勘查与探测等方法，搜集附有坐标和地形地物的工程线路平面布置图，线路纵断面，线路敷设形式、施工方法、地下工程埋置深度及覆土厚度、已有工程地质条件等资料；调查工程周边环境类型及现状情况，并根据工程周边环境与工程的相互关系及重要程度，对设计与施工可能涉及的岩土工程问题进行针对性评价，提出结论和建议及风险控制措施。

1.0.4 有关高填土地基及红黏土地基评价、岩溶地基稳定及岩溶地下水影响等问题，尚应符合国家、行业和地方现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.9 岩溶塌陷是与岩溶有关的地面塌陷现象。它是由于溶洞或溶蚀裂隙上覆岩土体在自然和人为因素影响下发生变形破坏，最后在地面形成塌陷坑（洞）。可分为基岩塌陷和土层塌陷两种。前者由于溶洞顶板失稳塌落而产生；后者由于土洞顶板塌落或土层在地下水渗流作用下发生破坏而产生。

3 基本规定

3.0.1 国务院《建设工程勘察设计管理条例》(国务院令第 293 号)明确规定“先勘察,后设计,再施工”是工程建设必须遵循的程序。

3.0.2 可行性研究勘察的任务是根据线路或比选线路方案,通过必要的调查和勘察工作,研究各线路方案的基本地质条件,重点研究对线路方案有重大影响的不良地质作用、特殊性岩土及重点地段的工程地质问题,提供线路方案研究所需的地质依据。

初步勘察的任务是初步查明线路、车站、车辆基地和相关附属设施的工程地质、水文地质条件,分析评价地基基础形式、施工方法的适宜性,预测设计施工中的岩土工程问题,提供必要的设计施工岩土参数,提出复杂或特殊地段的岩土治理初步建议。

详细勘察的任务是查明各类工程场地的工程地质、水文地质条件,为施工图设计、施工方案、工程周边环境保护方案提供详细的岩土工程资料和设计施工所需的岩土参数。

3.0.3 轨道交通工程沿线或场地附近对工程设计方案和施工有重大影响的岩土工程问题包括影响线路方案选择的规模较大的不良地质体、排水较困难的岩溶管道性涌水问题、危及交通和周边建筑物安全的岩溶塌陷问题、严重影响工程周边环境的岩溶水文地质问题及严重影响施工安全的有害气体问题等。

3.0.4 城市轨道交通工程为复杂的系统工程,同时具有线路工程、建筑工程、地下工程、环境工程的特点。从其形式及功用上分为车站工程、区间工程、车辆基地及附属工程,其结构类型多,施工工法复杂,对岩土工程勘察要求高。为满足不同工法的需求,仅提供常规的物理力学指标是不能满足的,还应根据需要提供基床系数、热物理指标、无侧限抗压强度、围岩分级等特殊参数和指标。岩土工程勘察应满足线路方案、工法选择、施工工艺、设

备选择和施工方案编制的需要。岩土工程勘察工作前，应根据工程不同设计阶段的任务、目的、要求，充分搜集附近已有的区域地质、地震、气象、水文资料、工程建设的成果和水文地质资料等。结合工程的重要性和建筑场地的地形、地貌及工程地质、水文地质特点，制定科学合理的技术方案。

3.0.7 场地复杂程度等级可根据地形地貌、工程地质条件、水文地质条件、岩溶发育程度进行划分。其中，岩溶作为一种不良地质作用，岩溶强发育对应不良地质作用强烈发育，岩溶中等发育对应不良地质作用一般发育，岩溶弱发育对应不良地质作用不发育。

3.0.8 本条主要引自《城市轨道交通工程监测技术规范》（GB50911）。现对相关概念简述如下：

1) 基坑、隧道工程施工对周边岩土体的扰动范围、扰动程度是不同的，一般来说，邻近基坑、隧道地段的岩土体受扰动程度最大，由近到远的影响程度越来越小。这一受施工扰动的范围称之为工程影响区。在施工影响范围内根据受施工影响程度的不同，从基坑、隧道外侧由近到远依次划分为主要影响区、次要影响区和可能影响区。

2) 重要建（构）筑物一般是指文物古迹、近代优秀建筑物，10层以上高层、超高层民用建筑物，重要的烟囱、水塔等；重要桥梁是指城市高架桥、立交桥等；重要隧道是指城市过江隧道、公路隧道、铁路隧道等；重要地下管线是指雨污水干管、中压以上煤气管、直径较大的自来水管、中水管等；城市重要道路是指城市快速路、主干路等；市政设施是指由市政府出资建造的公共设施，一般指市政规划区内的各种建筑物、构筑物、设备等，主要包括城市道路（含桥梁）、供水、排水、燃气、热力、道路照明、垃圾处理等设施及附属设施。

3.0.9 勘察大纲中的附图主要指勘探平面布置图，附件主要包括项目批复文件、设计对地勘的技术要求、业主提供的测量控制点

报告及其它既有资料等，其中，勘探工作统计表、投入勘察机械和设备表、项目主要工作人员统计表、勘察工作进度计划等既可作为勘察大纲的附表，也可在大纲正文中直接体现。

4 岩土分类、岩溶发育程度及围岩分级

4.1 岩石分类

4.1.4 鉴于碳酸盐岩风化与一般岩体风化特点差异较大，为此，本规范增加岩土工程碳酸盐岩溶蚀风化带划分表附录 D.0.1，其中，强溶蚀风化带相当于岩土工程勘察规范定义的强风化带，中等溶蚀风化带相当于中等风化带，微溶蚀风化带相当于微风化带。

4.1.5 软化系数为岩石单轴饱和抗压强度与岩石单轴干抗压强度的比值。软化系数是衡量水对岩石强度影响程度的判别准则之一，软化的岩石浸水后的承载力明显降低，分类标准和现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021 一致，规定软化系数为 0.75 作为不软化和软化的界限值。特殊性岩石包括易溶性岩石、膨胀性岩石、崩解性岩石、盐渍化岩石等。

4.3 岩溶发育程度分级

4.3.1 场地岩溶发育程度等级以划分为“岩溶强发育、岩溶中等发育、岩溶弱发育”三级为宜。因为岩溶发育程度分级的主要目的是指导详勘阶段勘察工作布置，其分级在初勘阶段须基本确定，而初勘阶段定量性勘探指标尚不多，因此，不宜划分太细，同时，考虑岩溶发育程度分级与可溶岩类岩体的溶蚀风化带分级能配套使用，并与一般岩体的风化带划分具有可对比性。本规范的岩溶发育程度分级与现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 中的岩溶发育程度分级前三级完全对应，因国标 GB 50307 中第四级“岩溶微弱发育”对岩体质量基本无影响，故舍去此分级。本规范的岩溶发育程度分级也保持与现行地方标

准《贵州省建筑岩土工程技术规范》DBJ52/T 046 中的岩溶发育程度分级一致，但分级名称略有差异。

岩溶场地的岩土工程勘察工作，应首先调查岩溶发育的基本控制因素，并根据碳酸盐岩层组类型、岩溶发育特征、岩溶水特征等对场地的岩溶发育程度进行定性分级，其分级指标应符合本规范附录 A 表 A.0.1 的有关规定。在此基础上，结合建（构）筑物特点，开展相应阶段的勘探工作，依据钻孔、物探等揭示的岩溶发育情况，视需要对场地岩溶发育程度进行定量分级，其定量分级指标应符合本规范附录 A 表 A.0.3 的有关规定。

4.3.2 可行性研究勘察阶段一般以地质调查与测绘为主，实物勘探工作量少，因此，宜充分收集场区周边的区域岩溶水地质资料和沿线邻近建（构）筑物勘察资料，进行场地岩溶发育程度的定性分级。初步勘察阶段的岩溶发育程度分级较重要，是详细勘察工作布置的重要依据，因此，应结合划分的工点或区间单元进行岩溶发育程度的定性分级，其中对于资料充分的站址或建筑物场地可进行定量分级。详细勘察阶段一般实物勘探工作量较多，对于路基、隧道、高架等线（带）状工程，以定性判别为主，勘探资料充分的工点，可分区段或分墩台进行定量分级，车站及集中建（构）筑物场地具备进行岩溶发育程度定量分级的条件。

4.4 围岩分级与岩土施工工程分级

4.4.1 为科学合理制定可溶岩地区轨道交通工程的隧道围岩分级表，对贵阳市已建及在建 1、2 号线的围岩分级及变更情况进行了系统调研，现总结如下：

1 本规范围岩分级未考虑偏压及复杂周边环境等因素的影响，对于偏压、复杂周边环境（如紧邻既有建构筑物等）等特殊情况，可通过工程措施进行解决，而不在围岩级别划分中进行体现。

2 贵阳城市轨道交通隧道多数埋深较浅。贵阳轨道交通 1 号线隧道统计长度 29302m, 埋深 0~10m 洞段长 5320.7m, 占统计隧道长度的 18.2%, 埋深 10m~20m 洞段长 9155.55m, 占统计隧道长度的 31.2%, 埋深 20m~30m 洞段长 3744.55m, 占统计隧道长度的 12.8%, 埋深深 30m~50m 洞段长 2168.1m, 占统计隧道长度的 7.4%, 大于 50m 洞段长 8913.1m, 占统计隧道长度的 30.4%; 贵阳轨道交通 2 号线隧道统计长度 29463m, 埋深 0~10m 洞段长 2566m, 占统计隧道长度的 8.7%, 埋深 10m~20m 洞段长 15120m, 占统计隧道长度的 51.4%, 埋深 20m~30m 洞段长 6665m, 占统计隧道长度的 22.6%, 埋深深 30m~50m 洞段长 2927m, 占统计隧道长度的 9.9%, 大于 50m 洞段长 2185m, 占统计隧道长度的 7.4%。

3 贵阳城市轨道交通隧道围岩以 IV 级、V 级为主, 总体围岩条件较差, 详勘阶段确定的围岩分级与施工开挖揭示情况差异不大。贵阳轨道交通 1 号线隧道统计长度 29302m, 详勘确定的 III 级围岩占 7.4%, IV 级围岩占 55.1%, V 级围岩占 35.2%, VI 级围岩占 2.3%, 施工阶段围岩进行了局部调整, 最终确定的 III 级围岩占 5.3%, IV 级围岩占 58.2%, V 级围岩占 33.5%, VI 级围岩占 3.0%; 贵阳轨道交通 2 号线隧道统计长度 29463m, 详勘确定的 III 级围岩占 8.7%, IV 级围岩占 52.2%, V 级围岩占 39.1%, 施工阶段围岩进行了局部调整, 最终确定的 III 级围岩占 8.8%, IV 级围岩占 50.8%, V 级围岩占 40.4%。

4 贵阳轨道交通 1 号线和 2 号线围岩分级变更原因分析: a) 泥质白云岩、泥页岩及炭质页岩等较软岩、软岩及极软岩, 水敏性强, 当位于地下水位以下时, 其围岩稳定性下降明显; b) 当洞顶上覆基岩厚度薄、且陡倾溶蚀裂隙、溶槽贯穿顶板基岩时, 围岩稳定性受岩溶发育程度影响明显; c) 溶塌角砾岩、构造破碎带等弱胶结类岩体洞段, 地下水将因洞室开挖而富集, 在地下水位渗流作用下, 其围岩稳定性下降明显; d) 薄层、极薄层状

岩体，当位于顶拱且岩层平缓时，抗顶部荷载能力差，极易塌顶，当位于边墙且岩层陡倾时，极易发生倾倒破坏。

5 轨道交通线路隧道沿线地层岩性以可溶岩为主，其差异化溶蚀明显、地下水位浅埋、岩体结构特征杂乱、横断面围岩质量不均困扰贵阳轨道交通隧道围岩分级的主要问题。鉴于现有相关规范围岩分级方法对指导贵阳轨道交通隧道围岩分级针对性不是很强，故结合贵阳轨道交通隧道实际情况，特别是可溶岩地区岩溶发育特点，制定针对性地下工程围岩分级表。

4.4.2 本规范围岩分级表参照现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307、《铁路隧道设计规范》TB 10003、《公路隧道设计规范》JTG D70 等围岩分级方法，仍将围岩分为六个基本级别。考虑到原有围岩级别级差较大、且贵阳市隧道断面围岩不均一性特点非常明显，故对贵阳轨道交通隧道围岩级别中的Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级围岩增加了亚级划分，考虑勘察阶段围岩分级获取地质信息有限，围岩亚级划分不宜太细，对于同一介质的围岩按两个亚级划分，但对于不同介质的围岩作为特殊围岩类别予以定义。

本规范围岩分级表 E.0.1-1 中对Ⅳ、Ⅴ类围岩定义了特殊岩类，其中Ⅳ₃类主要为碳酸盐岩软硬互层状岩体中，存在水敏性强至中等的软岩时，对围岩稳定性影响较大，但其总体围岩稳定性尚处于Ⅳ类围岩范围内，而定义的特殊岩类，设计需针对性确定支护方案；Ⅴ₃类围岩主要针对顶拱为稳定性极差的土体或顶拱为厚度较薄且溶蚀切割严重的围岩而定义的特殊岩类，针对此特殊岩类，需先对其进行改良或预加固处理后再进行隧道开挖，其目的是对介于Ⅴ类和Ⅵ类之间的顶拱围岩，采用特殊岩类并进行针对性处理，从而避免在城市人口密集区采用明挖大基坑进行开挖施工。

4.4.3 大量工程实例及建基岩体质量检测成果表明，溶孔晶孔型溶蚀主要影响围岩的整体强度，其分类与非可溶岩类无本质差

别；网状溶蚀破碎填泥型和溶带块屑型岩体多呈泥包石或石夹泥状，相当于V类围岩；当围岩内发育洞径大于5m的大型溶洞时，一般的岩溶形态组合类型不能涵盖，宜在详细探明溶洞空间展布的基础上，将溶洞按空洞单元考虑。

4.4.4~4.4.6 围岩级别宜采用围岩基本质量指标BQ法进行定量分级。围岩定量分级方法可按现行行业标准《铁路隧道设计规范》TB 10003的规定执行。先计算围岩基本质量指标BQ值，进行围岩基本分级，再根据地下水出水状态、主要结构面产状及状态等因素，进行围岩基本质量指标值【BQ】修正，从而实现围岩级别的定量修正。

考虑到贵州各地州市范围内的构造应力水平总体较低，均主要为自重应力场，故不考虑初始应力状态影响的修正。

4.4.7 考虑到贵阳城市轨道交通隧道由于埋深较浅，岩溶区开挖面围岩质量不均一现象较为突出，为提高支护设计的针对性，在详勘阶段或施工勘察阶段要求，宜根据需要分顶拱、边墙、底板进行地质描述与围岩质量评价。

4.4.9 溶洞的存在状态及其对地下工程的影响，主要有以下几种情况：

1 溶洞位于隧道不同部位，对洞室的围岩稳定影响程度不一样。当溶洞直接处于洞周时，顶拱的溶洞易引起塌顶，有时会塌至地面，给施工安全造成威胁和对洞室产生破坏；侧壁的溶洞一旦涌水突泥，同样会引起地面变形；而底板的溶洞会使隧洞悬空、或者洞穴顶板过薄不能承受荷载而发生坍塌，主要对轨道长期运行的安全性影响较大，应及时查明其平面及空间展布情况，制定针对性的临时支护及永久支护措施；

2 遇到有充填物的溶洞，且有地下水活动时，对地下工程的影响很大。其影响程度取决于充填物性质和涌水量大小。溶洞充填物有化学沉积和碎屑沉积两大类。碎屑沉积主要是黏土、砂、砾及岩块等，化学沉积主要是指各种形态的碳酸钙沉积。溶洞充

填物具有松散、含水量高、强度低、稳定性差等特点。

3 当溶洞处于洞周围岩一定深度时，对施工可能不产生影响，但对隧道围岩稳定和运行期的稳定会有不同程度影响。此时，应查明隐伏溶洞的空间分布，围岩应力松弛圈范围以内的溶洞应根据其是否为过水岩溶管道进行针对性处理，如是，则需查明地下水径流途径，尽量疏通原有管道，不宜盲目封堵，围岩应力松弛圈范围以外的溶洞可不进行处理。

4.4.10 当地下工程跨越溶洞堆积物时，相当于软基，其承载能力及抗变形能力较差，需开展溶洞堆积物的物理力学特性研究，分析评价其对地基稳定的不利影响。

4.4.11 根据贵州各主要地州市岩土分布特点，对表 4.4.11 中的岩土类型进行适当增减。

5 可行性研究勘察

5.1 一般规定

5.1.1 城市轨道交通工程在规划可研阶段,就需要考虑众多的影响和制约因素,如城市发展规划、交通方式、预测客流等,以及地质条件、环境设施、施工难度等,这些因素是确定线路走向、埋深和工法时应重点考虑的内容。

5.1.2 可行性研究勘察需重点查明制约线路敷设方式、工期、投资的主要地质因素,包括不良地质作用、特殊性岩土和线路控制节点的工程地质与水文地质问题等。除要求必须在可行性研究阶段开展的地质灾害和地震安全性评估以及地下障碍物调查等专题研究外,对影响线路方案比选的滑坡、崩塌堆积体、采空区、暗河、岩溶塌陷区等大型不良地质作用,宜扩大勘察范围,提供满足可研线路方案比选的勘察资料。

5.1.3 由于城市轨道交通工程设计中,一般可行性研究阶段与初步设计阶段之间还有总体设计阶段,在实际工作中,可行性研究阶段的勘察报告还需要满足总体设计阶段的需要。如果仅依靠搜集资料来编制可研勘察报告难以满足上述两个阶段的工作需要,因此强调开展现场勘探、测试和试验工作的必要性。

5.2 目的与任务

5.2.1 由于比选线路方案、完善线路走向、确定敷设方式和稳定车站等工作,需要同时考虑对环境的保护和协调,如重点文物保护单位的保护、既有桥隧、地下设施等,并认识和把握既有地上、地下环境所处的岩土工程背景条件。因此,可行性研究阶段勘察,应从岩土工程角度,提出线路方案与环境保护的建议。

5.2.2 轨道交通工程为线状工程，不良地质作用、特殊性岩土以及重要的工程周边环境决定了工程线路敷设形式、开挖形式、线路走向等方案的可行性，并影响着工程的造价、工期及施工安全。

3 岩溶地区的地表水、地下水水力联系复杂，轨道交通工程施工可能对周边重要水体、集中地下水排泄通道等造成影响，对周边岩溶水文地质环境、地下工程施工安全等影响较大，故可行性研究阶段要求对重要岩溶水文地质问题进行初步调查。

5.3 勘察要求

5.3.1 地下含水层的分布范围、水位等资料对轨道交通这类地下工程的建设影响较大，因此，在轨道交通工程可行性研究阶段，勘察单位应对地下含水层尤其是岩溶含水层的分布范围、水位等区域性水文地质资料进行广泛搜集，供设计参考使用。

5.3.2 可行性研究勘察的勘探工作布置应符合下列规定：

1 可行性研究阶段勘察所依据的线路方案一般都不稳定和具体，且各地的场地复杂程度、线路的城市环境条件也不同，可行性研究阶段勘探点间距可根据地质条件和实际灵活掌握，区间长度超过 1000m 可适当布置勘探孔，场段位置可适当布置勘探孔。

2 广州城市轨道交通工程可行性研究阶段勘察的做法是：沿线路正线 250m~350m 布置一个钻孔，每个车站均有钻孔，当搜集到可利用钻孔时，对钻孔进行删减；北京城市轨道交通工程可行性研究阶段勘察的做法是：沿线路正线 1000m 布置一个钻孔，并满足每个车站和每个地质单元均有钻孔控制，对控制线路方案的不良地质条件进行钻孔加密；浙江省轨道交通工程可行性研究阶段勘察的做法是：勘探点间距不宜大于 1000m，每个站点不少于 1 个勘探点，每个工程地质单元应有 1 个勘探点控制，在不良地质作用及特殊性岩土分布区段应加密勘探点；天津市轨道交通

可行性阶段勘察的做法是：勘探点间距不宜大于 1000m，每个车站应有勘探点，勘探点数量应满足工程地质分区要求，每个工程地质单元应有勘探点，在地质条件复杂地段应加密勘探点。

3 可行性研究勘察应尽可能利用工程沿线已有地质资料。考虑贵州地质条件复杂，当已有勘探点距离拟建方案线路轴线大于 50m 时利用价值不大，故本条对利用勘探孔的距离做此规定。同时在已有资料利用过程中，应加强已有资料可靠性的分析评价工作。为保证利用资料的可追溯性，勘察报告中应注明利用资料来源。

7 针对岩溶地区地下水位变幅较大的特点，为合理评价车站区域的岩溶水文地质条件，为确定合理的抗浮水位提供基础，针对岩溶水文地质条件复杂的车站，宜在可研阶段提前设置地下水位长期观测孔（观测孔除钻孔外，可在工程周边的岩溶潭、岩溶竖井、岩溶天窗、岩溶泉、水井等设置水文观测点代替），观测时间不应少于 1 个水文年，条件具备时，宜保持观测至运行期，为分析评价车站建设前后的地下水位变化及抗浮设防安全提供依据。

6 初步勘察

6.1 一般规定

6.1.1 初步勘察阶段根据设计方案针对性布置勘察工作量，为初步设计提供相应的岩土体参数、地质分析评价意见与建议。

6.1.2 初步设计过程中，对一些控制性工程，如穿越水体和重要建筑物地段，换乘站点等往往需要对位置、埋深、施工方法进行多种方案的比选，因此，初步勘察需要为控制性站点工程的设计和比选提供地质依据资料。

6.1.3 物探作为一种间接、有效的勘探手段，具有连续解译剖面、使用方便快捷的特点，在工程勘察中解决地质问题有着不可替代的优势；初步勘察针对岩溶发育区域和山岭隧道等复杂区段布置工程物探，钻探与物探相结合，能够做到点面结合，很大程度上克服了常规钻探的局限性，可规避大的工程风险。贵阳3号线一期初步勘察针对可溶岩区域和山岭隧道沿线路布置工程物探剖面，进行普查，取得了较好的效果。

6.1.4 根据轨道交通工程勘察特点，结合可溶岩地区岩溶发育特征，初步勘察阶段钻孔较少，宜尽量进行综合利用，开展水文地质试验、原位测试和取样等，但贵州多数地州市地处可溶岩山区，地形起伏较大，多数地段土层厚度较薄，绝大多数地下工程结构底板处于基岩中，土层利用程度较低，取样及原位测试的重点可结合现场实际地质条件进行调整。

6.2 目的与任务

6.2.2 对本条说明如下：

11 根据《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（住

房与城乡建设部令第 37 号)，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。

6.3 地下工程

6.3.2 对本条说明如下：

1 3) 考虑到岩溶地下水的变幅较大，将地下水的长期观测工作提前，在初勘阶段针对水文地质条件复杂的地下车站布置地下水水位长期观测孔，观测时间不应小于 1 个水文年，具备持续观测的钻孔，建议持续观测其地下水位，为下阶段抗浮水位选取、甚至长期运行安全性评估提供可靠的水文地质资料。

2 1) 考虑到初勘阶段城市轨道交通工程地下区间的施工工法尚未最终确定，为避免掉钻遗留钻具等，影响后期盾构等工法施工，要求地下区间勘探钻孔布置在拟定隧道结构轮廓线以外一定距离。

2 2) 结合贵州省可溶岩地层分布面积广的特点，初勘阶段沿隧道中心线、车站基坑结构轮廓线布置物探测线，达到溶洞普查的目的，并可避免线路经过大型溶洞的风险，为详勘阶段勘察工作布置起到指导作用。

6.3.3 对本条说明如下：

1、2 勘探深度一般以条件最先达到者来控制，比如结构底板以下先后遇土、全风化层、强风化层、中风化层，则后一岩土层（力学性质较好）厚度可累计至前一岩土层（力学性质较差）的厚度，先达到某岩土层厚度要求者即可认为满足条件。

4 考虑可能的岩溶形态对结构底板稳定的影响，对进入结构底板以下完整基岩的钻孔深度终孔标准进行规定，并在非可溶岩基础上适当加深。

6.3.4 地基岩土的物理性质指标主要包括比重、含水量、密度、

孔隙比、液限、塑限、黏粒含量、颗粒级配、灵敏度、岩石岩矿组成及硬质矿物含量、围岩的纵横波速度等；岩土の力学性质主要包括内摩擦角、黏聚力、静止侧压力系数、无侧限抗压强度、基床系数、压缩（变形）模量、弹性模量、泊松比、岩石质量指标（RQD）、岩石天然湿度抗压强度、土体与锚固体粘结强度、桩基设计参数等；岩土的热物理指标主要包括比热容、导热系数、导温系数等；水文地质参数主要包括地下水位、水量、孔隙水压力、渗透系数等。

6.4 高架工程

6.4.2 初勘阶段考虑岩溶发育的复杂性，针对跨河大桥的主桥墩宜布置1个勘探孔。对于已经基本明确桥柱位置和柱跨情况，勘探孔宜布置在墩台位置，对于岩溶中等至强发育区域，勘探孔宜布置在可能孔桩位置。初勘阶段暂不考虑过街天桥和附属设施勘探点布置。

6.5 路基、车辆综合基地场平、涵洞工程

6.5.1 明确车辆综合基地场平和边坡工程，路基两侧边坡工程按本节的相关规定执行。

6.5.4 对高路堤、深路堑、车辆综合基地边坡工程的勘探工作布置进行了初步规定。明确轨道交通工程相关边坡工程按本规范6.5.4条的规定执行，以区别于现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330对建筑边坡的勘察要求。

6.6 地面房屋建筑及构筑物工程

6.6.2 对本条说明如下：

- 1 初步勘察要初步确定建（构）筑物地基基础形式和建筑

总平面布置方案。勘察工作一方面要为这些方案的确定提供所需岩土资料，另一方面要对建筑总平面布置提供优化建议。

2 勘探点布置应考虑场地的复杂程度。复杂场地勘探点需结合场地地形地貌、地质构造和不良地质作用发育情况，有针对性地布置，条件适宜时，可布置一定数量的探井和探槽，特别是在特殊性土分布地区。

4 场地岩土的电阻率测量一般采用对称四极装置施测。

6.7 电缆通道

6.7.1 架空线路工程初步勘察阶段，一般通过调查和搜集资料大多可以满足要求，不需进行现场勘探工作。当线路沿线地质条件比较复杂，积累的资料较少时，一般调查无法满足初步设计和编制概算需要时，布置适量的勘探工作是必要的。

6.7.2 地下电力管道及电力隧道工程在城市轨道交通工程建设中属于附属工程，根据贵阳市轨道交通建设经验，初步勘察阶段地下电力管道及电力隧道工程路径方案仍有较大的不确定性，因此初步勘察阶段相关工作进行了适当简化。

7 详细勘察

7.1 一般规定

7.1.1 详细勘察工作开展前，应充分收集工可阶段和初勘阶段的勘察成果，收集地震、地灾、压矿、环评等专题报告以及初步设计文件等资料，分析前期对沿线工程地质及水文地质条件的认识情况，了解工程方案的比选研究过程、遗留的需重点查明的地质条件等。

7.1.2 因基岩地区的层理、大型节理等常常对边坡工程产生不利影响，故详勘工作应核查前期工程地质调查与测绘成果的可靠性，例如核实岩层产状、地层岩性、地质构造、不良地质作用等，避免因前期认识的不足到详勘阶段仍得不到及时纠正。

7.1.3 人为坑洞指人工开凿的各种坑道和洞穴，主要包括采矿（煤）巷道、掏煤洞、古窑、人防工程、采石坑（洞）、地（菜）窖、枯井、墓穴等。

7.1.4 详勘阶段应充分利用前期已有资料，对初勘阶段解译的重要物探异常范围宜布置勘探点进行验证。

7.2 目的与任务

7.2.3 对本条说明如下：

7 岩溶区需重点勘察的内容包括溶沟、溶槽、石芽、漏斗、洼地、竖井、落水洞、溶洞、塌陷坑、岩溶泉、暗河进出口等的位置、形态、大小、高程，溶沟、溶槽、溶洞的充填特征（充填程度及充填物性质），以及所在层位的岩性特征、裂隙发育程度、富水特征。水文地质条件复杂时，按相关要求查明各岩溶水系统分布特征和水文地质条件，包括岩溶水的赋存条件、类型，分布

规律，补给、径流、排泄特征，水位及变幅、水量、水质等。

15 根据《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（住房和城乡建设部令第37号），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。

7.3 地下工程

7.3.1 本处地下工程指建成后埋置于地面以下的设施，主要包括地下区间、地下车站。采用明挖法施工的为基坑工程，采用矿山法、盾构法施工的为隧道工程。

7.3.2 对本条说明如下：

8 根据贵阳轨道交通建设经验，工程周边环境风险等级为一级和二级的区段，周边既有建（构）筑物与工程相互影响大，需要掌握既有建（构）筑物基础附近的岩土层分布及性状，分析评价相互影响程度，为保护措施设置提供依据，需加密勘探点，条件许可时应布设剖面勘探。

10 立柱桩为临时性基础，前期阶段主要通过物探测线进行宏观控制，对一些较大的桩底岩溶异常点需通过一定数量的钻孔进行验证。

11 贵州地区基岩面起伏大，特别是岩溶区岩土条件变化快，隧道外地质条件对结构附近代表性差，而洞顶地质条件对隧道安全性影响大。考虑到岩溶地区地质条件的复杂性，且贵州城市浅层承压水分布不多、砂层稀少且水压力不大，产生突涌等危害不大，为此要求勘探点尽量布置在结构中心线附近洞身范围内。实际实施时，可结合交通疏解条件、岩土复杂程度、水文地质条件、施工工法情况，适当调整位置，在不影响勘探精度的前提下可把钻孔布置在隧道结构外侧。为防止地下水贯通对隧道施工构成隐患，勘探结束后，应有可靠的封孔措施，需要按要求对

勘探孔封填密实，贵阳一般采用水灰比为 1 : 2 的水泥砂浆通过钻杆注浆回填至地面附近。位于隧道范围内存在遗落钻具等情况的钻孔，应采取有效措施将钻具完全取出。

7.3.3 贵州的城市主要位于基岩地区，基岩面都有一定起伏度，为探明地层结构、找到稳定地层，为设计、施工提供基础资料，根据贵州工程建设经验，在地层结构不稳定、不明确的情况下，勘探孔深度一般需进入基岩内。

2、3 勘探深度一般以条件最先达到者来控制，比如结构底板以下先后遇土、全风化层、强风化层、中风化层，则后一岩土层（力学性质较好）厚度可累计至前一岩土层（力学性质较差）的厚度，先达到某岩土层厚度要求者即可认为满足条件。

5 根据围护结构、抗拔桩、筏板基础等不同工程的设计需要确定加深深度，比如围护结构、抗拔桩可能仅需要探到溶洞、暗河、人为坑洞的稳定底界，筏板结构的结构底板可能需要穿越至稳定地层不小于 5m。

7.3.4 此条在现行国家标准《轨道城市交通岩土工程勘察规范》GB50307 中是强条。根据贵州地质特点及勘察实际情况，在执行此强条时应注意以下二个方面的问题：1）贵州多数地州市区主要为可溶岩地层分布，岩溶区的勘探孔分常规性勘探和验证性勘探两类，为探明土层中土洞的分布和为查明场地范围内溶洞空间分布所布置的探孔均为验证性钻孔，在进行勘探点总数统计时，不应包括验证性钻孔；2）贵州多数地州市地处岩溶山区，地形起伏较大，多数地段土层厚度较薄，绝大多数地下工程结构底板处于基岩中，土层利用程度较低，对其进行大量取样及原位测试必要性差，有时现场不具备相应的条件。

7.3.6 不同岩性及不同地质单元均宜有波速测试孔。长度大于 1km 的区间工程宜根据地质条件适当增加波速测试孔数量，一般宜按每 300m 增加 1 个测试孔，对于岩质围岩应重点进行压缩波速度测试、土质围岩（包括全风化层、强风化层）应同时进行压

缩波和剪切波速度测试。

一般情况下，钻孔内进行电阻率测试能满足要求，其测试深度不应小于结构底板下 5.0m，接地有特殊要求时，可根据设计要求确定。若所测电阻率大于 $1000\Omega\cdot\text{m}$ 时，应与设计专业协调，通常需测试场地各岩土层的电阻率供设计选用。场地岩土层的电阻率测试工作应具代表性，需注意在不同季节、不同天气条件下岩土潮湿程度的变化影响，一般应按场坪标高以下 1m、3m、5m、10m、15m 测试分层岩土电阻率，平面测点网距为 $5\text{m}\times 5\text{m}$ 。

7.3.7 对本条说明如下：

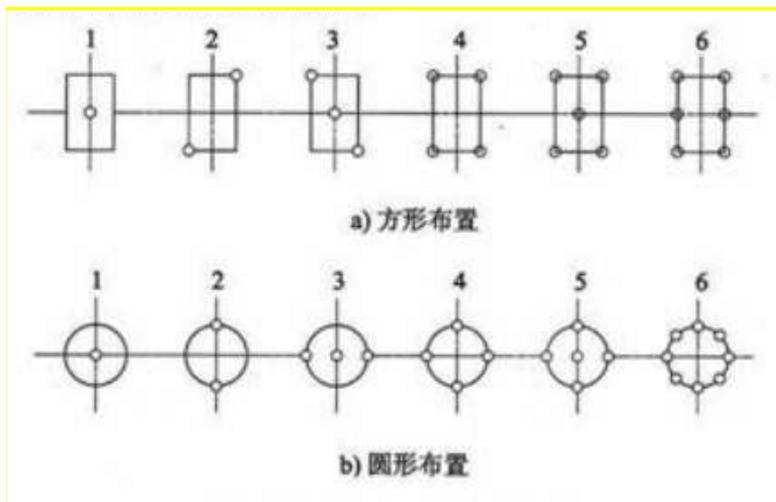
5 贵州地区侏罗系和三叠系等泥岩、页岩、绿豆岩、黏土岩，常具膨胀性，已发生过多起工程事故，后期增加巨大治理费用。软化试验可通过取岩样进行饱和、干燥、天然状态下的单轴极限抗压强度试验，计算其软化系数来评价岩石的软化特性。

7.3.9 当存在多层地下水时，可通过连通试验查明各含水层的补径排条件。

7.4 高架工程

7.4.2 勘探点的平面布置应符合下列规定：

1 站桥合一式高架车站（车站主体与轨道桥梁的结构结合在一起的车站结构形式），也执行本条规定。勘探钻孔宜根据地质条件、基础形式等，参考下图进行布置。



2 站桥分离式高架车站（车站主体与轨道桥梁的结构完全分开，轨道桥梁从车站建筑体中穿过的车站结构形式）的站房部分，执行本款规定。

7.5 路基、车辆综合基地场平、涵洞工程

7.5.1 轨道交通路基、涵洞工程勘察包括轨道线路路基、地面车站轨道路基、停车场和车辆段场平工程、涵洞工程，以及路基支挡结构工程等。路基工程勘察包括路堤（填方）、路堑（挖方）及相应边坡工程。

7.5.3 对于顺层及地形地质复杂的深路堑，主要以地质调绘为主，辅以必要的钻探、挖探，查明地层岩性、地质构造、顺层层面、各种结构面特征及其组合关系、含水层性质等水文地质条件，重点调查附近既有顺层滑坡，综合分析本地区顺层层面指标。

7.5.6 对本条说明如下：

4 抗滑桩工程包括路堤段路肩和路堑边坡的桩墙、桩梁结构和桩板结构。

7.5.9 涵洞工程、支挡结构物位置应有水、土腐蚀性试验成果。

7.6 地面房屋建筑及构筑物工程

7.6.1 轨道交通工程民用建筑物包括地面车站房建、高架车站桥建分离中车站房建、车辆基地主体房建、变电所、控制中心房建工程。车辆基地主体房建工程包括办公生活区（厂前区）房建，主要包括综合楼、信号楼、运营总部、公安用房、档案馆、公寓、浴室、食堂、文体中心门卫房等。

建筑边坡工程为因修建主体建筑工程形成的边坡或需加固的边坡，不包括修筑道路、站场股道及出入线轨道、场平工程形成的边坡。

7.6.2 轨道交通工程工业建（构）筑物包括车辆段基地生产区及辅助生产区的停车列检棚、检查库、滤筒滤网清洗间、大型配件库、材料棚、杂品库（间）、不落轮旋库、卸污车库、牵引降压混合变电所、综合维修中心、物资总库、调机工程车库、检修库办公房、真空卸污泵房、维修保养点、空压机间、污水处理站及其气浮设备棚、洗刷作业棚（洗车机棚）及控制室、蓄电池间、垃圾房（场）、电单车棚、给水所及消防泵房、试车间、轮对踏面及受电弓检测棚等。

基础底面岩面起伏不大、岩溶弱发育时，宜划为简单场地；基础底面岩面起伏一般、岩溶中等发育时，宜划为中等复杂场地；基础底面岩溶强发育时，宜划为复杂场地。

7.6.4 工程经验表明，主变电所构筑物基底荷载一般不大于150kPa，地基土强度在多数情况下可以满足要求。当有相应的设计资料时，勘察单位除应对地基均匀性进行评价和提供地基土变形参数外，还可以进行变形分析。

7.6.5 接触网柱、声屏障基础对地基持力层要求低，在无影响地基稳定性的特殊性岩土及特殊地质问题情况下可根据路基岩土

工程勘察相关数据进行设计。

7.7 电缆通道

7.7.1 架空线路工程详细勘察工作内容包括定线和杆塔定位。定线时根据工程经验进行排查，当塔基存在对稳定影响较大的不良地质作用，或塔基施工及环境整治比较困难，需要排除这些场地不稳定的杆塔，推荐岩土整治相对容易的杆塔位置，为路径方案的优化提供重要保障。杆塔定位时查明各塔位的地质条件，为地基基础设计、施工及环境整治提供岩土工程勘察资料。

8 施工勘察

8.0.1 城市轨道交通工程尤其是地下工程经常发生因地质条件变化而产生的施工安全事故，因此施工阶段的勘察显得非常重要。此外，在施工过程中因采用新的施工方法、施工工艺有特殊要求时，前期勘察不满足相关要求时施工勘察尤为重要。施工阶段的勘察主要包括施工中的地质工作以及施工专项勘察工作。

8.0.2 施工地质工作是施工过程中的必要工作，是信息化施工的重要手段。本条规定了施工中常开展的地质工作，在实际工作中不限于这些工作。

8.0.3 轨道交通工程施工中遇到新的岩土工程问题、发现和详细勘察报告不一致需验证、施工方案设计采用新技术和新工艺而需要补充相关岩土工程参数、或工程遇施工险情和事故需要应急抢险时，应针对需要解决的具体问题进行施工专项勘察。施工阶段需进行的专项勘察工作内容主要是从以往勘察和工程施工工作中总结出来的，这些内容往往对城市轨道交通施工的安全和解决工程施工中的重大问题起重要作用，需要在本阶段重点查明。

1 由于钻孔为点状地质信息，地质条件复杂时在钻孔之间会出现较大的地层异常情况，尤其在岩溶发育区基岩起伏面变化大，常常会出现与详细勘察报告分析推测不一致的情况。施工过程中常见的地质异常主要包括地层岩性出现较大的变化，岩土厚度变化大，地下水位明显上升，出现不明水源，出现新的含水层或透镜体。

2、3 在施工过程中经常会遇见古河道、空洞、溶洞、土洞、采空区以及卵石地层中的漂石、残积土层中的球状风化体、风化深槽等增加施工难度、危及施工安全的地质条件。这些地质条件在前期勘察工作中虽已发现，但其分布具有随机性，同时受详细勘察精度和场地条件影响，难以查清其确切分布状况，尤其是溶

洞、土洞、空洞规律性差，前期勘察工作很难完全查明。因此，在施工阶段有必要开展针对性的勘察工作以查清此类地质条件，为工程施工提供依据。

4 由于前期勘察阶段距离施工阶段的时间跨度较大，场地周边环境可能会发生较大变化，常见的包括场地附近由于其他地下工程建设导致水文地质条件变化、场地范围内埋设了新的地下管线，周边出现新的工程施工，既有管线发生渗漏等，如贵阳市轨道交通2号线一期工程施工过程中多次出现由于自来水管和雨污管道渗漏导致地面塌陷、洞内涌水涌泥情况，严重危及道路地面安全和工程施工安全。

5 施工阶段因现场环境条件变化或限制，施工方案有较大变更或采用新技术、新工艺、新方法、新材料，详细勘察资料不能满足要求，开展施工勘察工作显得尤为重要。

6 基坑或隧道施工过程中常出现桩、墙变形过大、基底隆起、涌水或突泥、坍塌、失稳等岩土工程问题，或发生地面沉降过大、地面塌陷、相邻建筑物、构筑物开裂等工程环境问题，需要查明其地质情况为工程抢险和恢复施工提依据。

7 一般城市轨道交通工程的工程降水，地表土体的改良，盾构始发井端头、接收井端头、联络通道的岩土加固等辅助措施的施工方案在施工阶段方能确定，详细勘察阶段的地质工作往往缺乏针对性，需要在施工阶段补充相应的岩土工程资料。

8 由于前期勘察过程中，对车站立柱桩未实施逐桩钻探，考虑到立柱桩承受的荷载较大，一旦桩底存在隐伏溶洞，对上部盖板稳定影响较大。为此，要求在施工成孔后，宜采用物探方法进行孔底岩溶探测。

8.0.4 施工阶段由于地层已开挖，为实施原位试验提供了良好条件，本规范建议在缺少工程经验的地区开展关键参数的原位试验为工程积累资料。

8.0.5 施工勘察阶段，需补充查明详细勘察阶段未完全查清的岩

土地质问题，并根据施工过程中发现的动态变化、隐蔽岩土地质问题和对施工安全、结构安全、环境条件等有重大影响的地质问题开展专项勘察工作。

9 工程地质调查与测绘

9.1 一般规定

9.1.1 工程地质调查与测绘是岩土工程勘察的基础工作内容，是从宏观上获取场地地质条件的主要手段。结合各阶段勘察目的及要求，工程地质调查与测绘工作主要在可行性研究和初步勘察阶段进行，在详细勘察和施工勘察阶段主要进行专题性的调绘工作，工程地质调查与测绘工作应贯穿勘察设计各阶段的始终。加强工程地质调查与测绘工作有助于增加地质信息量，指导后期勘探布置，提高勘察工作的针对性。

9.1.2 针对城市轨道交通工程所处场地环境复杂的特点，原始地形地貌受既有建（构）筑物建设而发生变化，收集沿线相关地质资料对城市轨道交通岩土工程勘察是极其重要的。对搜集的各种资料进行综合分析，能有效指导勘探布置及勘察工作的开展。

9.2 工作方法

9.2.1 工程地质调查与测绘过程中原则上不投入大量勘探工作量，根据需要可结合各阶段勘察目的及要求采用少量的轻型勘探和原位测试工作。

9.2.2 遥感解译具有覆盖面广、信息量丰富的特点，能减少外业调绘强度，提高大面积调绘的工作质量。但受信息处理和比例关系等因素的影响，其也具有图像失真、假象或对一些地质现象难以识别等局限性。进行现场踏勘验证，提高工程地质调查和测绘工作质量和效率。遥感地质解译应按“建立解译标志，分析解释成果，确定调查重点，实地核对、修改，补充解译，复判”的程序开展工作。

9.2.3 对本条作以下说明:

1 地质观察点的布置是否合理,对于调绘工作质量、成果质量以及岩土工程评价至关重要。地质观察点应布置在不同类型的地质界线上,例如:地层、岩体、岩性、构造、不整合面、不同地貌成因类型等地质界线。

地质观察点的布置要充分利用岩石露头。如,采石场、路堑、基坑、基槽、冲沟、基岩裸露等,它们可以提供有关岩土体的工程地质性状,包括岩性、物质成分、粒度成分、层序及其变化、岩石风化程度、岩体结构类型、构造类型、结构面形态及其力学性质、地下水等。当地质体隐蔽时或天然露头、人工露头稀少时,可根据具体情况(场地的地形、工作环境、技术要求等),辅以一定数量的轻型勘探与测试工作。

2 在工程地质调查与测绘中关于地质观察点的密度,国内外未有统一的规定。《公路工程地质勘察规范》JTG C20 规定,工程地质调绘点在图上的密度每 $100\text{mm}\times 100\text{mm}$ 不得少于 4 个。轨道交通工程多位于城区,其地质观测点密度宜根据场地周边环境条件、地形地质条件和成图比例尺等因素综合确定,并尽量控制不同类型的地质界线和地质单元体的变化。

3 针对岩溶、地面塌陷(含岩溶塌陷)、滑坡、危岩、崩塌(落石)、泥石流、采空区等,应布置地质观测点并采用仪器定位,调查其分布、形态、规模等。

9.3 工作范围

9.3.2 工程地质调查与测绘范围,在碎屑岩地段,可根据国内一些城市轨道交通工程岩土勘察的经验总结并参照国标执行,而可溶岩地段,宜结合轨道交通工程场地环境特点及地区经验,对工程地质调查与测绘的宽度适当扩大,以满足岩土工程评价需要。

9.3.5 本条规定当场地岩溶水文地质条件复杂时,应扩大调查研

究范围至与工程场地有关的一个完整岩溶地下水系统，为后续勘察分析研究地下水的补给、径流、排泄条件，确定抗浮设防水位等奠定基础。

9.4 工作内容

9.4.1 各种既有资料的搜集是地质调绘重要工作，必须在岩土工程勘察前期统筹规划、全面考虑和认真落实。调查搜集轨道交通工程沿线以往岩土工程事故发生的原因、处理的措施和整治效果，对勘察工作中的岩土工程分析有重要意义。

9.5 工作成果

9.5.3 工程地质调查与测绘比例尺宜参照现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 的有关规定选用，本条强调岩溶水文地质调查与测绘的工作要求。

10 勘探与测试

10.1 一般规定

10.1.1 坑探是为揭露地质现象而在地表或地下挖掘不同类型坑道所进行的工程。包括探槽、探坑、浅井、平洞、斜井和竖井。

10.1.3 在进行城市轨道交通勘察施工时，安全风险是施工控制的重点，同时勘察工作也会受限于周边环境对勘察质量的影响。因此勘察前，对场地周边环境做好充分的调查与研究，并制定切实可行的应对措施对于确保勘察施工安全及提高勘察工作质量至关重要。

10.1.4 钻孔完成后，根据地层情况，分层回填，孔口要用不透水黏性土封好孔，以免地上污水污染地下水。位于隧道结构线范围内的勘探点应列为回填的重点，一旦回填不好，将成为地下水渗水通道，可能对施工造成严重的影响，或隧道衬砌后注浆时，浆液通过钻孔喷出地面，对环境造成污染。

10.1.5~10.1.6 本规范针对各原位测试方法仅做一般规定，具体测试方法的详细操作过程及技术要求应符合现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 和《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

原位测试基本上是在原位的应力条件下对岩土体进行测试，其测试结果有较好的可靠性和代表性，但原位测试评定岩土的工程参数主要是建立在统计的经验基础上，有很强的地区性和岩土类别的局限性，因此，在选择原位试验方法时应根据岩土条件、设计对参数的要求、地区经验和试验方法的适用性等确定。

布置原位试验时，应注意配合钻探取样进行室内土工试验，其目的是建立统计经验公式并有助于缩短勘察周期和提高勘察质量。原位测试成果的应用主要应以地区性经验的积累为依据，

建立相应的经验关系，这种经验关系必须经过工程实践的验证。

10.1.7 岩土试验应遵循共同的试验准则，使试验结果具有一致性和可比性。土试样的质量要求，应根据工程的需要而定，在工程的关键部位，需要Ⅰ级土样，进行热物理指标测试可用Ⅱ级土样，进行颗粒分析可用Ⅳ级土样。土试样采取的工具和方法可按现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307选取。

10.1.8 岩土工程勘察的目的是为设计、施工服务的，试验项目的选择要结合工程类型、设计和施工需要综合确定。试验时尽可能模拟实际情况，并应注意岩土的非均质性、非等向性和不连续性以及由此产生的岩土体与岩土试样在工程形状上的差别。

10.1.9 由于岩土试样和试验条件不可能完全代表现场的实际情况，故规定试验成果整理、试验指标选择时，对不合理的数据要分析原因，并宜将试验结果与原位测试成果和既有的经验数据比较，并做必要的修正。

10.2 地球物理勘探

编制本节的目的在于指导非地球物理勘探专业的岩土工程勘察技术人员结合工程特点选择适宜的地球物理方法。强调岩土工程勘察人员与地球物理勘探人员的密切配合，共同制定方案，分析解释成果。

故本节内容仅涉及采用地球物理勘探方法的一般原则、注意事项以及探测不良地质的工作布置原则和在城市环境下的方法选择原则。自然环境下的地球物理勘探方法的选择原则应执行现行地球物理勘探规程，如现行行业标准《铁路工程地球物理勘探规范》TB10013、《城市工程地球物理探测标准》CJJ7的有关规定。无论城市环境或自然环境，各种具体地球物理勘探方法的定制与实施也应执行如上。

城市环境是特指受人类活动开发或干扰较大的城市物理环境,如城市道路、居民区、工矿企业、建设工地、电网辐射区等;自然环境是特指城市环境之外的其他环境,如林地、耕地、河流、湖泊、水库、城市公园以及其它等未开发的城市用地。

10.2.1 应充分发挥地球物理勘探在绘制沿线连续地质剖面的作用,因地制宜地开展沿线的地球物理勘探工作,对拟建工程沿线的岩溶发育程度等级、岩体质量等级进行准确划分,以补充其他勘探手段在线上和面上控制的不足。

10.2.2 选用地球物理勘探方法时,应具备下列条件:

1 本款是地球物理勘探应用的一个基本前提,地球物理勘探是利用岩土体物理性质的差异进行探测,差异越大,干扰越小,探测效果越好。

3 电法和电磁法易受游散电流、较强的电磁源干扰和地下管线的干扰,探地雷达易受四周电磁干扰,地震方法受城市噪音、震动干扰,应避免深埋的泄洪涵等地下构筑物的干扰。为抑制沥青等硬质路面的干扰,可钻穿硬质路面,将电极或检波器埋置于面层之下。

4 所选用的地球物理勘探方法不同,对场地的要求也不同,方法选择时需要分析外业场地是否具备作业条件,城市环境下能否改善工作条件以满足场地要求。

10.2.7~10.2.13 城市环境下,具体的地球物理勘探方法有其特有的应用范围和适用条件。常用的物探方法应用范围及适用条件详见表1。

10.2.10 对本条第5款的第3)项中的面波法说明如下:《铁路工程地球物理勘探规范》TB10013中的“瑞雷波法”、《城市工程地球物理探测标准》CJJ7中的“面波法”实为一种方法的两种称谓,本规范中将两者统一称作“人工源面波法”;《城市工程地球物理探测标准》CJJ7中的“微动勘探法”称作“天然源面波法”。以下条文均遵从该规定。

表 1 地球物理勘探方法应用范围和适用条件表

方法名称		应用范围	适用条件	
			适用地质条件	适用环境条件
直 流 电 法	自然 电场 法	1、探测隐伏断层、 破碎带； 2、测定地下水流速、 流向	地下水埋藏较浅，流速 足够大，并有一定的矿 化度，电极接地良好	1、附近无空中电线电网的自然环 境； 2、附近无居民密集区的自然环 境； 3、附近无正生产经营的工矿厂房 的自然环境
	充电 法	1、探测岩溶、地下 洞穴； 2、测定地下水流速、 流向	含水层埋深小于 50m， 地下水流速大于 1m/d，地下水矿化度微 弱，覆盖层电阻率均 匀，电极接地良好	
	电测 深法	1、探测基岩埋深， 划分松散沉积层序 和基岩风化带； 2、探测隐伏断层、 破碎带； 3、探测岩溶、地下 洞穴； 4、探测含水层分布； 5、测定地下水或水下 隐埋物体； 6、测定沿线大地导 电率和电阻率	被测岩层有足够厚度， 岩层倾角小于 20°，相 邻层电性差异显著，水 平方向电性稳定，地形 平缓，电极接地良好。	1、附近无空中电线电网的自然环 境； 2、附近无居民密集区的自然环 境； 3、附近无生产经营工矿厂房的自然 环境； 4、附近地下无金属管网或管涵、 管廊、地下室等干扰的下列场地： 城市沥青路面及其道路两侧，非 路面城市环境，当为沥青路面时 应将电极布置于沥青层之下； 5、附近无成片接地的挡网、防护 栏、挡板、篱笆、声障等金属干 扰物的边坡、城市绿化区等； 6、流速不大、流速均匀的河流； 7、地形起伏不大的湖泊、水库

方法名称		应用范围	适用条件	
			适用地质条件	适用环境条件
直 流 电 法	电剖面法	探测隐伏断层、破碎带	被测地质体有一定的宽度和长度,电性差异显著,电性界面倾角小于 30° ,覆盖层薄,地形平缓,电极接地良好。	1、附近无空中电线电网的自然环境; 2、附近无居民密集区的自然环境; 3、附近无生产经营工矿厂房的自然环境; 4、较薄覆盖层、基岩面起伏不大、附近地下无金属管网或管涵、管廊、地下室等干扰的下列场地: 城市沥青路面及其道路两侧,非路面城市环境,当为沥青路面时应将电极布置于沥青层之下; 5、附近无成片接地的挡网、防护栏、挡板、篱笆、声障等金属干扰物的边坡、城市绿化区等; 6、流速不大、流速均匀的河流; 7、地形起伏不大的湖泊、水库
	高密度电法	1、探测基岩埋深,划分松散沉积层序和基岩风化带; 2、探测隐伏断层、破碎带; 3、探测岩溶、地下洞穴; 4、探测含水层分布; 5、探测地下或水下隐埋物体	被测地质体上方没有极高阻或极低阻的屏蔽层,电极接地良好。	1、附近无空中高压、特高压电网的自然环境; 2、附近无居民密集区的自然环境; 3、附近无生产经营工矿厂房的自然环境; 4、附近无沿测线方向的金属管网或管涵、管廊、地下室等干扰的城市沥青路面或非路面城市环境,当为沥青路面时应将电极布置于沥青层之下; 5、附近无成片接地的挡网、防护栏、挡板、篱笆、声障等金属干扰物的边坡、城市绿化区等; 6、流速不大、流速均匀的河流; 7、地形起伏不大的湖泊、水库

方法名称		应用范围	适用条件	
			适用地质条件	适用环境条件
直流 电法	激发极化法	1、探测隐伏断层、破碎带； 2、探测岩溶、地下洞穴； 3、划分松散沉积层序； 4、测定潜水面深度和含水层分布； 5、探测地下或水下隐埋物体	存在激电效应差异。	1、附近无空中电线电网的自然环境； 2、附近无居民密集区的自然环境； 3、附近无正生产经营的工矿厂房的自然环境
	电磁测深法	1、探测基岩埋深，划分松散沉积层序和基岩风化带； 2、探测隐伏断层、破碎带； 3、探测岩溶、地下洞穴； 4、探测河床水深及沉积泥沙厚度； 5、探测地下或水下隐埋物体； 6、探测地下管线	被测地质体与围岩电性差异显著，覆盖层的电阻率不能太低	1、附近无空中电线电网的自然环境； 2、附近无广告牌、路灯杆等空中电磁干扰的城市环境； 2、探测“探测内容第1、2、3、4项”时，附近无地下输电线路或金属管线的城市环境
电磁法	瞬变电磁法	1、探测基岩埋深； 2、探测隐伏断层、破碎带； 3、探测地下或水下隐埋物体； 4、探测岩溶、地下洞穴； 5、探测地下管线	地质异常相比围岩呈明显低阻	1、测点附近无空中电线电网、无金属干扰的自然环境； 2、附近无地面金属干扰、无地下输电线路或金属管线的城市环境

方法名称		应用范围	适用条件	
			适用地质条件	适用环境条件
电磁法	探地雷达	1、探测基岩埋深，划分松散沉积层序和基岩风化带； 2、探测隐伏断层、破碎带； 3、探测岩溶、地下洞穴； 4、探测地下或水下隐埋物体； 5、探测河床水深及沉积泥沙厚度； 6、探测地下管线	被测地质体上方没有极低的屏蔽层和地下水的干扰	1、测点附近无空中高压电网、无金属等强干扰的自然环境； 2、附近地面无大范围金属干扰的、无无线电射频源的沥青路面等城市环境； 3、流速不大或流速均匀的河流； 4、水深不大的湖泊
	跨孔电磁波层析成像法(CT)	1、探测岩溶洞穴； 2、探测隐伏断层	孔间距不大于孔内探测区间距离的 2/3，初至明显	孔内无金属套管，孔间距满足探测要求且无无线电射频源的场地环境，包括自然环境和城市环境
地震波法	折射波法	1、探测基岩埋深，划分松散沉积层序和基岩风化带； 2、探测河床水深及沉积泥沙厚度	被测地层的波速大于上覆地层波速，地形和地质界面起伏不大	1、附近无噪音干扰且无地下管廊、大型管涵、地下通道、地下停车场等地下空间开发的城市环境，如：沥青路面、水泥路面或广场； 2、附近无噪音干扰的、较平坦或地形起伏不大的自然环境； 3、流速不大或流速均匀的河流； 4、水下地形起伏不大的湖。
	反射波法	1、探测基岩埋深，划分松散沉积层序和基岩风化带； 2、探测隐伏断层、破碎带； 3、探测岩溶、地下洞穴； 4、探测河床水深及沉积泥沙厚度； 5、探测地下或水下隐埋物体	被测地层与相邻地层之间、不良地质体与围岩之间有明显的波阻抗差异，地形和地质界面起伏不大	

方法名称		应用范围	适用条件	
			适用地质条件	适用环境条件
地震波法	地震映像法	1、探测基岩埋深，划分松散沉积层序和基岩风化带； 2、探测隐伏断层、破碎带； 3、探测岩溶、地下洞穴； 4、探测河床水深及沉积泥沙厚度； 5、探测地下或水下隐埋物体	被测地层与相邻地层之间、不良地质体与围岩之间有明显的波阻抗差异，地形和地质界面起伏不大	1、附近无噪音干扰且无地下管廊、大型管涵、地下通道、地下停车场等地下空间开发的城市场环境，如：沥青路面、水泥路面或广场； 2、附近无噪音干扰的、较平坦或
	人工源面波法	1、探测基岩埋深，划分松散沉积层序和基岩风化带； 2、探测隐伏断层、破碎带； 3、探测岩溶、地下洞穴； 4、探测地下管线	被测地层与相邻地层之间、不良地质体与围岩之间有明显的面波波速差异，地形和地质界面起伏不大。	地形起伏不大的自然环境； 3、流速不大或流速均匀的河流； 4、水下地形起伏不大的湖。
	天然源面波法	1、探测基岩埋深，划分松散沉积层序和基岩风化带； 2、探测隐伏断层、破碎带； 3、探测岩溶、地下洞穴	被测地层与相邻地层之间、不良地质体与围岩之间有明显的波阻抗差异，地形和地质界面起伏不大。	因其无源特性，尤适合于附近无噪音干扰且无地下管廊、大型管涵、地下通道、地下停车场等地下空间开发的城市场环境，如：沥青路面、水泥路面或广场
	TSP法	1、探测隧道掌子面前方地层界线； 2、探测隧道掌子面前方断层、破碎带 3、探测隧道掌子面前方岩溶发育情况	被测地层与相邻地层之间、不良地质体与围岩之间有明显的波阻抗差异。	隧道掌子面

方法名称		应用范围	适用条件	
			适用地质条件	适用环境条件
地震波法	跨孔地震波层析成像法 (CT)	1、探测小煤窑采空洞穴； 2、探测岩溶洞穴； 3、探测隐伏断层、破碎带； 4、划分松散沉积层序和基岩风化带	被测地层与相邻地层之间、不良地质体与围岩之间有明显的波速差异，钻孔内有井液耦合，孔间距不大于孔内探测区间距离的 2/3	孔间距满足探测要求且无强噪音干扰的场地环境，包括自然环境和城市环境
	声呐浅层剖面法	1、探测河床水深及沉积泥沙厚度； 2、探测地下或水下隐埋物体	水流平缓的水域	1、流速不大或流速均匀的河流； 2、湖泊
地球物理测井		1、分地层界线； 2、划分含水层； 3、测定潜水面深度和含水层； 4、划分场地土类型和类别； 5、计算动弹性模量、动剪切模量及卓越周期等； 6、测定放射性辐射参数； 7、测定土对金属的腐蚀性； 8、探测钻孔周边 5 米范围内岩溶发育情况。		1、电法类测井与钻孔耦合良好、无工业游散电流干扰和套管； 2、电磁波法类测井无其它电磁波射频源干扰和金属套管； 3、弹性波法类测井与钻孔耦合良好、无噪音干扰和金属套管
红外辐射法		1、探测热力管道； 2、探测断层、破碎带； 3、探测地下水	被测不良地质体与环境之间有明显的热辐射差异	1、隧道掌子面； 2、沥青路面、水泥路面、广场等城市环境

10.3 钻探

10.3.1 钻探方法选择应综合考虑并满足地层特点及钻探方法的有效性、准确鉴别地层及了解地下水情况、避免或减轻对取样段的扰动等要求进行选取。

10.3.3 城市轨道交通工程勘探在技术上要求较高，为充分取得有效的地质资料，一般的钻探作业要求应按现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 和现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 的有关规定执行。本条对滑坡及岩溶勘察过程中钻探要求进行规定，提高滑坡及岩溶勘察的准确性。

10.3.6 本条对岩溶场地钻探过程中注意事项进行明确。

10.4 坑探

10.4.1 在无条件进行钻探的地点，人工挖探是一种非常有效的勘察手段，其直观便于鉴定、描述和取样，目前已广泛应用与城市轨道交通岩土工程勘察。

10.4.2 探井的开挖及支护应根据不同地层的特点进行针对性处置，确保安全。

10.4.4 施工过程中可根据揭露岩溶现象的实际情况，有针对性布置探坑或探槽。

10.5 原位测试

10.5.1 本条主要针对轨道交通岩土工程勘察原位测试的特点列举了原位测试方法，原位测试过程中应满足现行有关规范的规定。有关各类原位测试方法的现场操作、资料分析、成果应用等参见有关测试规程、手册。

10.6 岩土取样

本节针对城市轨道交通岩土工程勘察过程中取样基本要求进行明确，对应取样要求和方法可按国家现行标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307、《岩土工程勘察规范》GB 50021及《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87的有关规定执行。

10.7 室内试验

10.7.1 采用原状土或扰动土进行土的物理性质试验一般需要保持其天然含水状态。试样制备首先对土样进行描述，了解土样的均匀程度、含夹杂物等，保证物理性质试验所选用的试样一致，并作为统计分层的依据。

10.7.6 选用试验数据时，宜结合原位测试成果和既有的经验数据进行综合分析研究，给出合理的推荐值。

10.7.15 岩石单轴抗压强度试验应提供极限抗压强度和软化系数。对各向异性明显的岩石应分别测定平行和垂直层理面的强度。

10.7.16 岩石抗剪试验可提供 c 、 φ 和各法向应力下的剪应力与位移曲线。

10.7.20~10.7.22 现行行业标准《公路工程地质勘察规范》JTG C20、《铁路工程地质勘察规范》TB 10012、《铁路工程不良地质勘察规程》TB 10027和贵州省交通行业标准《岩溶地区公路工程地质勘察技术指南》中，对可溶岩地层分布地段提出以下试验、测试要求：

1 针对可溶岩场地中的主要岩石宜进行镜下鉴定、化学分析和溶蚀试验。泥灰岩等软质岩类应增加软化系数试验。

2 针对可溶岩场地中的覆盖层土样，可进行矿物成分和化学成分分析。

3 针对可溶岩场地中的地表水和地下水样除常规水质分析项目外，应增加游离 CO_2 和侵蚀性 CO_2 含量分析。

11 不良地质作用

11.1 一般规定

11.1.2 不良地质作用种类较多，本规范列出贵州省城市地区常见不良地质作用包括岩溶、采空区、地面塌陷、滑坡、危岩、崩塌（落石）、泥石流、有害气体等，对轨道交通勘察工作中可能遇到的其它不良地质作用，应按照国家现行相关标准进行勘察。

11.2 岩溶

11.2.4 鉴于岩溶发育无规律且隐蔽性较强，单靠钻探查明隐伏岩溶的发育情况是极其不现实的，施工前应采取综合物探手段进行超前预报，对于物探探测到的代表性异常点，布置钻孔进行验证。

11.3 地面塌陷

11.3.1 施工扰动、管网渗漏、地下水抽排、岩溶塌陷、土洞塌落、软土触变等均可能引起地面塌陷。本节所指的岩溶塌陷，主要针对无基岩顶板、且岩溶洞穴与上覆土层有直接关联的塌陷类型。当隐伏溶洞上覆基岩顶板时，尚应评价在加载或环境水文地质条件改变的情况下，隐伏溶洞顶板的稳定性及引发地面塌陷的可能性。

11.3.3 场地是否会产生岩溶塌陷，需具备以下三个条件：下部有可溶岩地层，有溶蚀的空间（溶洞或土洞），为地下水和塌陷物质提供存储场所或通道；上部有一定厚度的松散土层；其三是产生岩溶塌陷的主导因素--致塌作用力（水动力条件）。

岩溶塌陷按产生的原因，可分为自然塌陷及人为塌陷。按岩溶塌陷成因机制分析，其产生的根本原因是盖层的部分土体受力失稳破坏，塌陷体受到的致塌力超过抗塌力。由于所处的地质环境和引起塌陷的作用不同，对一个岩溶塌陷来说，不可能同时受到上述所有力的作用，因受力状态不同，产生的力学效应不一样，并有不同的成因机制，形成不同的致塌模式，所以岩溶塌陷的形成是多机制的。

11.3.5 岩溶塌陷的监测方法归纳起来可分为直接监测法和间接监测法两类。直接监测法就是通过直接监测地下土体或地面的变形来判断地面塌陷的方法，如监测地面沉降、地面和房屋开裂等常规方法，以及地质雷达和光导纤维等监测地下土体变形的非常规方法。间接监测法主要有岩溶管道系统中水(气)压力的动态变化传感器自动监测技术。

在可能产生岩溶塌陷的隐伏可溶岩区，建立具有一定密度的岩溶水监测网络，对岩溶地下水位、水质进行监测。当岩溶地下水位下降至覆盖层底部时，应加密监测。并及时整理监测资料，做出等水位线平面图，了解岩溶地下水运动方向；当岩溶地下水位快速下降、单井涌水量骤减甚至岩溶水浑浊时，根据监测资料结果划定隐伏土洞形成范围及可能塌陷区范围。

11.4 滑坡

11.4.2 滑坡的分类各规范均存在一定差异，由于本标准为贵州省地方标准，因此滑坡分类按贵州省地方标准《贵州省建筑岩土工程技术规范》DBJ52/T046-2018 的规定执行。根据该规范规定，按滑体厚度分类见表 2，按滑体体积分类见表 3。

表 2 按滑体厚度分类

滑坡类型	浅层滑坡	中层滑坡	深层滑坡
滑体厚度 H (m)	$H \leq 5$	$5 < H \leq 10$	$H > 10$

表 3 按滑体体积分类

滑坡类型	小型滑坡	中型滑坡	大型滑坡
滑坡体积 V (m ³)	$V \leq 1 \times 10^4$	$1 \times 10^4 < V \leq 5 \times 10^4$	$V > 5 \times 10^4$

11.5 危岩、崩塌（落石）

11.5.2 可按照崩塌体体积 (V) 的大小进行崩塌分类, 主要分为小型崩塌 ($V \leq 500\text{m}^3$)、中型崩塌 ($500\text{m}^3 < V \leq 5000\text{m}^3$)、大型崩塌 ($V > 5000\text{m}^3$)。根据崩塌形成机理, 崩塌可分为倾倒式崩塌、滑移式崩塌、拉裂式崩塌、错断式崩塌。

11.6 泥石流

11.6.1 城市轨道交通路线主要通过城区及周边经济开发区, 因此, 在线路通过沟口时, 除应关注可能的天然泥石流外, 还应重点关注冲沟上游是否存在人工弃渣场等, 防止次生泥石流灾害。

11.7 采空区

11.7.5 贵阳市环城高铁金华至白云段原设计线路在环城高速路外侧, 因金华段 2km 范围受多家煤矿采空, 采深 10m~102m, 地表变形严重, 最终避让到环城高速内侧。因此不论是现在采空区还是老采空区, 规模较大且治理难度大或治理困难时, 应提出避让建议。

11.8 有害气体

11.8.1 对城市轨道交通地下工程附近的燃气、油气管道渗漏、化学污染、人工有机物堆积、化粪池等产生、储存有害气体地段,应参照本规范第 11.8 节的规定进行有害气体的勘察与评价,并提出处理建议。

12 特殊性岩土

12.1 一般规定

12.1.1 我国特殊性岩土种类繁多，但贵州省碳酸盐岩分布区约占全省国土面积的 73.8%，碳酸盐岩区分布的特殊性岩土主要为红黏土，贵州省常见的其他特殊性岩土主要还有填土、膨胀岩土、软土、强风化岩、全风化岩和残积土等。本条主要是针对贵州省各城区常见的特殊性岩土，对工程有影响的其他特殊性岩土的勘察应按有关规范进行。

12.1.2 特殊性岩土场地的勘察，应在初步判断场地的特殊性岩土种类和场地的复杂程度基础上，结合轨道交通工程的重要程度，制定合理的岩土工程勘察方案，有针对性地开展勘察工作。以查明特殊性岩土的分布特征和工程特性为目的，有针对性的选择勘察手段，合理的布置工作量。

12.2 填土

12.2.1 根据堆填方式将填土分为非压实填土和压实填土，填土的压实程度不同，在轨道交通建设中对其利用和处理方式也不同。根据贵州省省情将杂填土和工业废料填土区分开，杂填土是不可利用的，作为地基、路基或者隧道穿越区都是需要特殊处理的；而由炉渣、煤灰、煤矸石等组成的填土在一定条件下是可以利用的，尤其是停车场和车辆段是可以充分利用其作为地基的，利用其作为地基或路基既可节约投资，又可保护环境。我省的公路及建筑部门有这方面的利用经验，都取得了良好的效果。

12.2.2 对本条主要说明以下两点：

1 掌握填土的堆填年限和固结程度。特别是填土是否经过超载，在对填土的岩土工程评价中有重要意义。一般而言，填土之所以“松”、压缩性高，主要是由于它只经过自重压力（这一压力还是不大的）固结或（对年轻的填土）仍在经受自重压力的固结。归纳言之，一是固结压力小，二是正常固结或欠固结的。这就是填土常常难以直接作为地基土的主要原因。若填土在历史上曾有过超载，则它是超固结的，超载愈大，超固结比愈大。有过这样经历的填土就有被直接利用作为天然地基的可能性。填土年代愈久，经受过超载的概率愈高，因此，往往年代和超载指的是同一过程和效应。

2 强调查明填土的种类和物质成分，是为了划分其类别。在本款中，还要求对其厚度变化予以特别注意。这是因为填土不是自然过程形成的物质，它不但成分多变，厚度也极不稳定。

12.2.3 由于填土具有特殊性，其勘探与取样亦有特殊要求。

1 由于填土的物质成分和厚度多变，勘探点的密度自然宜大于一般情况，但在具体布置上不应一步到位而宜采取逐步加密和有目的追索、圈定的方法。

2 对于填土厚度较大的场地，按照第 7 章相关孔深要求勘探时，并不一定穿透填土层，但为了满足地基处理要求时，勘探孔的深度应穿透填土层，并应满足工程设计及地基加固施工的需要。

3 填土的勘探与取样也应有一定数量的探井，这既是对填土成分和组织结构进行直接观察的需要，也是采取高质量等级的土样和进行大体积密度测定的需要。便携钻具由于成本低、能进入到钻机不易去的地方等，在圈定填土范围时能发挥较大的作用。

4 物探方法是一种快速高效、经济、立体的勘探方法，但要求探测对象与周围介质有足够物性差异，同时使用上存在受地形和环境的影响的局限，因此必须经过现场试验，选用有效合理

的探测方法。物探资料与其他勘探测试资料综合分析，互相验证补充，以提高解释的准确性和可靠性。

12.2.4 由于填土的物质成分多变，取高质量等级的土样不但不易而且所测得的岩土技术性质参数变异性大，为弥补这些不足应充分利用原位测试技术，特别是轻便型原位测试设备。只有勘探取样和原位测试结合起来，才能取得好的效果。

12.2.5 填土的性质为成分不一、厚薄多变、密实度低、均匀性差、固结程度低，在难以定量评价其特性时，应进行定性分析评价，提出对填土的处理措施建议。同时填土往往还具有颗粒粒径大、孔隙率大、透水性极强的特点，对轨道交通的基坑开挖、桩基成孔、盾构施工及防水、防渗措施、隧道围岩的稳定性等影响极大，勘察评价时应引起高度的重视。

1 填土的历史超载程度与其压缩性高低和强度大小有直接关系。填土是否有过超载和超载程度，除进行调查和经验分析外，有时还可通过室内试验解决。在有相似建筑经验的地区，轻便静力触探、动力触探等测试数据有时亦能反映超载效应是否存在。

2 对于城市轨道交通工程而言，除了地基问题外主要就是基坑和隧道开挖问题，因此填土的承载力、抗剪强度、基床系数和天然密度等物理力学指标是必不可少的。

3 对于暗挖工程穿越填土区域时，由于填土结构松散、稳定性差，水对其稳定性影响较大，开挖过程中极易发生坍塌或冒顶现象。

4 有较厚填土分布场地，基坑坑壁局部或大范围坍塌是深基坑开挖时的常遇现象，特别当填土形成年代较短和成分复杂时更为常见。

5 由于轨道交通地面建筑地基和路基荷载相对较小，对承载力要求较低，填土经过处理后是可以作为地基或路基使用的。但出现下列条件之一时，不得作为建筑地基或路基使用：富含有机

机质生活垃圾的杂填土和混合填土；对建筑材料有腐蚀、可能自燃的工业废料填土；具湿陷性的填土。

6 施工验槽是针对填土的物质成分和分布厚度多变的现实情况提出来的。坚持施工验槽能揭露勘探过程中遗漏的重要现象（即使勘探工作密度和数量较多时）。补充勘探测试工作可以修改岩土工程评价和建议中的不当、不足之处，防止事故，总结经验。

12.3 红黏土

12.3.1 本节所指的红黏土是我国红土的一个亚类，即母岩为碳酸盐岩（包括间夹其间的非碳酸盐岩类岩石），经湿热条件下的红土化作用形成的特殊土类。碳酸盐岩在贵州分布很广，除了黔东南地区雷山县以东、三穗县以南地区的梵净山一带为火成岩和变质岩系，习水以西为白垩系砂泥岩，以及西部六盘水一带为煤系地层、峨眉山玄武岩与碳酸盐类岩石间杂分布外，其余绝大部分地区为碳酸盐岩。因此，红黏土是贵州省内分布范围最广的土类，不连续的覆盖在地形相对较低的碳酸盐岩组成的缓丘上或岩溶盆地、岩溶洼地中。

红黏土比较易于判定，次生红黏土是红黏土经搬运再沉积而形成的，可能具备某种程度的过渡性质，在相同物理指标情况下，其承载力只及红黏土的 $3/4$ 左右，而且呈可塑、软塑状态的比例在总量中也明显增高，压缩性也较高。因此勘察中应通过第四纪地质、地貌的研究，根据红黏土特征保留的程度，判定是否为次生红黏土。

红黏土的物理力学性质指标与一般黏性土有很大区别，主要表现在：

1) 粒度组成的高分散性, 红黏土中小于 0.005mm 的黏粒含量为 60%~80%, 其中小于 0.002mm 的胶粒含量占 40%~70%, 使红黏土具有高分散性;

2) 天然含水率、饱和度、界限指标(液限、塑限、塑性指数)和天然孔隙比都很高, 但却具有较高的力学强度和较低的压缩性, 这与具有类似指标的一般黏性土力学强度低、压缩性高的规律完全不同;

3) 在竖向剖面上具有“上硬下软”的“反均衡性”特性, 红黏土与下伏基岩呈不整合接触, 是突变关系;

4) 在胀缩性能上以收缩为主, 天然状态下膨胀量很小、收缩性很高;

5) 土中裂隙的存在, 使土体与土块的力学参数尤其是抗剪强度指标相差很大。

12.3.2 除按成因划分为红黏土与次生红黏土外, 根据工程需要, 红黏土可按特性对其进行岩土工程分类, 以区别对待和合理利用:

1 湿度状态是影响红黏土工程性能的重要因素, 在岩土工程勘察中, 必须按湿度状态划分土质单元。黏土的湿度状态一般以液性指数划分, 但根据贵州大量工程实践, 红黏土的湿度状态划分宜采用含水比划分法, 根据大量资料统计得到的静探比贯入阻力与含水比之间的相关关系, 也可按比贯入阻力值进行划分, 如有疑问时, 应采样进行对比试验。

2 红黏土富含网状裂隙, 为反映红黏土裂隙发育的特征, 工程中可根据裂隙特征进行量测和描述, 对土体结构进行分类。红黏土的网状裂隙分布, 与地貌有一定联系, 如坡度、朝向等, 且呈由浅而深递减之势, 红黏土中的裂隙会影响土的整体强度, 降低承载力和抗剪强度, 是土体稳定的不利因素。天然土与重塑土的无侧限抗压强度试验对比, 可以反映出土中裂隙的存在, 对试样破损的影响, 因此也可借灵敏度指标, 进行土体结构分类。

3 红黏土天然状态膨胀率仅 0.1%~2.0%，其胀缩性主要表现为收缩，线缩率一般 2.5%~8%，最大达 14%。但红黏土在缩后复水特性上却有明显不同的表现，根据统计分析提出了经验方程 $I_r=1.4+0.0066 \omega_L$ ，以此对红黏土进行复水特性划分。划属 I 类者，复水后随含水量增大而解体，胀缩循环呈现胀势，缩后土样高大于原始高，胀量逐次积累以崩解告终；风干复水，土的分散性、塑性恢复、表现出凝聚与胶溶的可逆性。划属 II 类者，复水土的含水量增量微，外形完好，胀缩循环呈现缩势，缩量逐次积累，缩后土样高小于原始高；风干复水，干缩后形成的团粒不完全分离，土的分散性、塑性及 I_r 值降低，表现出胶体的不可逆性。这两类红黏土表现出不同的水稳性和工程性能，工程中应予区分。

4 红黏土具有水平方向上厚度与竖向上湿度状态分布不均的特征。为了初步判别红黏土地基变形的均匀性，根据事先假定条件、并对所得的地基变形计算结果进行归纳，提出按变形均匀性对红黏土地基进行分类，并结合 GB50021 进行了修改，将 II 类变形不均匀地基修改为“土岩组合地基”。其中对于符合 I 类岩土条件的地基，由于在确定 Z 值时，已经概括了不利条件的组合，所以已满足地基不均匀变形问题，即使在岩土剖面上显示土层厚度有变化，仍可视为变形属均匀的地基。对“土岩组合地基”的地基，由于情况比较复杂，地基变形差是否满足要求，应作具体分析 with 检验计算。

Z 值计算的假定条件为：

1) 地基岩土模型有：基底下全部为硬塑状态土；基底下 3.0m 为硬塑，其下为可塑；基底下 3.0m 为硬塑，其下 3.0m 为可塑，再下为软塑土。

2) 硬塑土 E_s 取 12.0MPa，可塑土 E_s 取 7.0MPa，软塑土 E_s 取 3.0MPa。

3) 沉降检验段长度按最小勘探点间距 6m。

4) 考虑了刚性下卧层对基底下土中应力增大及部分相邻基础作用的影响。

12.3.3 红黏土地区的勘察，其内容及要求可根据工程和现场的实际情况确定。条文中提及的6个方面，工作中可以灵活掌握，有所侧重，或有所简略。重点说明以下5点。

1 厚度分布特征。红黏土层总的平均厚度不大，这是由其成土特性和母岩岩性所决定的。红黏土层厚度在水平方向上变化很大，往往造成可压缩性土层厚度变化悬殊，地基变形均匀性条件很差。红黏土层厚度变化与母岩岩性有一定关系。厚层、中厚层石灰岩、白云岩地段，岩表面岩溶发育，岩面起伏大，导致土层厚薄不一；泥灰岩、泥质灰岩地段则土层厚度变化相对较小。在地貌横剖面上，坡顶和坡谷土层较薄，坡麓则较厚；古夷平面及岩溶洼地、槽谷中央土层相对较厚。

2 上硬下软现象。在红黏土地区天然竖向剖面上，往往出现地表呈坚硬、硬塑状态，向下逐渐变软，成为可塑、软塑甚至流塑状态的现象。随着这种由硬变软现象，土的天然含水率、含水比和天然孔隙比也随深度递增，力学性质则相应变差。据统计，上部坚硬、硬塑土层厚度一般大于5m，约占统计土层总厚度的75%以上；可塑土层占10%~20%；软塑土层占5%~10%。较软土层多分布于基岩面的低洼处，水平分布往往不连续。当红黏土作为一般建筑物天然地基时，基底附加应力随深度减小的幅度往往快于土随深度变软或承载力随深度变小的幅度。因此，在大多数情况下，当持力层承载力验算满足要求时，下卧层承载力验算也能满足要求。

3 岩土接触关系特征。红黏土是在经历了红土化作用后由岩石变成土的，无论外观、成分还是组织结构上都发生了明显不同于母岩的质的变化。除少数泥灰岩分布地段外，红黏土与下伏基岩呈岩溶不整合接触，它们之间的关系是突变面不是渐变的。

4 红黏土的裂隙性。红黏土在自然状态下呈致密状，无层

理，表部呈坚硬、硬塑状态，失水后含水率低于缩限，土中即开始出现裂缝，近地表处呈竖向开口状，向深处渐弱，呈网状闭合微裂隙。裂隙破坏土的整体性，降低土的总体强度；裂隙使失水通道向深部土体延伸，促使深部土体收缩，加深加宽原有裂隙。严重时甚至形成深长地裂。土中裂隙发育深度一般2~4m，已见最深者可达8m。裂面中可见光滑镜面、擦痕、铁锰质浸染等现象。

5 红黏土中地下水特征。当红黏土呈致密结构时，可视为不透水层；当土中存在裂隙时，碎裂、碎块或镶嵌状的土块周边便具有较大的透气性、透水性，大气降水和地表水可渗入其中，在土体中形成依附网状裂隙赋存的含水层。该含水层很不稳定，一般无统一水位，在补给充分、地势低洼地段，才可测到初见水位和稳定水位，一般水量不大。多为潜水或上层滞水。

12.3.5 本条主要规定了红黏土室内试验的主要内容和基本要求。

2 红黏土（原状土）常规试验指标包括：比重、天然含水量、天然密度、天然孔隙比、饱和度、液限、塑限、塑性指数、液性指数、含水比、压缩系数、压缩模量、内摩擦角、黏聚力。

3 红黏土的组成矿物亲水性不强，交换容量不高，交换阳离子以 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 为主，天然含水率接近缩限，孔隙呈饱和水状态，以致表现在胀缩性能上以收缩为主，在天然状态下膨胀量很小，收缩性很高；红黏土的膨胀势能主要表现在失水收缩后复浸水的过程中，一部分可表现出缩后膨胀，另一部分则无此现象。因此，不宜把红黏土与膨胀土混同。因此，判定红黏土的胀缩性应进行收缩性试验和复浸水试验。

12.3.6 红黏土作为贵州省主要的特殊性岩土，分布范围最广，在工程建设中经常遇到，积累的勘察经验在贵州省也是最多的。

1 勘察中应划分出各类红黏土，描述各土质单元在平面、剖面上的空间分布形态，并提供相应的特性参数的范围值、平均

值等，在此基础上方可进行地基变形均匀性评价、基础沉降计算也才能提出合理的地基基础建议。

2 红黏土的厚度随下卧基岩面起伏而变化，致使红黏土的厚度变化较大，常引起地基不均匀沉降。当选择红黏土作为地基时，应进行地基均匀性评价。

3、4 红黏土在竖向剖面上具有“上硬下软”的“反均衡性”特性，与下伏基岩呈不整合接触，是突变关系，在基坑和边坡中存在软基座问题，在隧道工程中存在围岩稳定性问题，因此需要评价评价红黏土在岩土界面的突变性和松散性对工程的影响，以及“上硬下软”的“反均衡性”剖面特征对工程的影响。

5 红黏土富含网状裂隙，裂隙有随远离地表而递减之势，裂隙的赋存会破坏土的整体性，降低承载力和抗剪强度，是土体稳定的不利因素。应描述裂隙发育特征，评价其对红黏土力学性能的影响和其对工程的影响程度。

6 红黏土的胀缩性，对边坡及地基均有不利影响。评价时应决定是否按膨胀土地基考虑。若为膨胀土时，对低层、三级建筑物建议的基础埋深应大于当地大气影响急剧层深度。对炉窑等高温设备基础，应考虑基底土不均匀收缩变形的影响。开挖明渠，应考虑土体干湿循环以及在有石牙出露的地段，由于土的收缩形成通道，导致地表水下渗冲蚀形成地面变形的可能性，并避免把建筑物设置在地裂密集带和深长地裂地段。

7 着重研究地下水埋藏、运动条件与土体裂隙特征关系及地表水，上层滞水、岩溶水之间的连通性，根据赋存于土中宽大裂隙的地下水流分布的不均性、季节性，评价其对工程的影响。

8 由于红黏土下卧基岩岩溶现象发育，因而覆于其上的红黏土层中常有土洞存在，土洞对建筑物地基和路基的稳定性以及路面的安全极为不利。对土洞、塌陷的处理，各种成因的土洞，都有发育速度快、易引起地面塌陷的特点，尤其是在土层较薄的地段，严重危及建筑场地和地基的稳定性。预防土洞塌陷的关键

在于“治水”，如杜绝地表水大量集中下渗，稳定和控制地下水动态变化等。对于地面塌陷和顶板较薄的土洞处理，可清除其软土后用块石、碎石、砂土、黏土自下而上地做反滤层予以处理。对埋藏较深的土洞，可用梁板跨越或用混凝土灌注土洞及其下的岩溶通道。

9 对红黏土尤其是复浸水特性属 I 类的红黏土，人工边坡稳定性评价时，土的计算参数设计值确定，应考虑开挖面土体失水收缩裂隙发展及复浸水使土质软化的不利影响。

12.4 膨胀岩土

12.4.1 膨胀岩土的主要特征为：

- 1) 粒度组成中黏粒（粒径小于 0.002mm）含量大于 30%；
- 2) 黏土矿物成分中，伊利石、蒙脱石等强亲水性矿物占主导地位；
- 3) 土体湿度增高时，体积膨胀并形成膨胀压力，土体干燥失水时，体积收缩并形成收缩裂缝；
- 4) 膨胀、收缩变形可随环境变化往复发生，导致土的强度衰减；
- 5) 液限大于 40% 的高塑型土。膨胀岩土包括膨胀土和膨胀岩，常见的膨胀岩有泥岩、泥质粉砂岩、页岩、风化的泥灰岩、蒙脱石化的凝灰岩、含硬石膏、芒硝的岩石等。

《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112 对膨胀土的定义包括三个内容：

1) 控制膨胀土胀缩势能大小的物质成分主要是土中蒙脱石的含量、离子交换量以及小于 $2\mu\text{m}$ 黏粒含量，这些物质成分本身具有较强的亲水特性，是膨胀土具有较大的胀缩变形的物质基础；

2) 除了亲水性外，物质本身的结构也很重要，电镜试验证明，膨胀土的微观结构属面叠聚体，它比团粒结构有更大的吸水

胀和失水收缩的能力；

3) 任何黏性土都具有胀缩性，问题在于这种特性对房屋安全的危害程度。以未经处理的一层砌体结构房屋的极限变形幅度15mm作为划分标准。当计算建筑物地基土的胀缩变形量超过此值时，即应按膨胀岩土进行勘察、设计、施工和维护。

针对膨胀岩土，目前尚无统一的判定标准，一般采用综合判定，分初判和详判两步。初判主要根据野外地质特征和自由膨胀率，详判是在初判的基础上，作进一步的室内试验分析。膨胀岩土的初判应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021的规定，终判应在初判的基础上计算土的膨胀变形量、收缩变形量和胀缩变形量，并划分胀缩等级。计算和划分方法应符合现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112的规定。当拟建场地或其邻近有膨胀岩土损坏的工程时，并进行详细调查，分析膨胀岩土对工程的破坏机制，估计膨胀力的大小和胀缩等级。

12.4.2 本条主要是为了综合判定膨胀岩土的需设定的。即从岩性条件、地形条件、水文地质条件、水文和气象条件以及当地建筑损坏情况和治理膨胀土的经验等诸方面判定膨胀土及其膨胀潜势，进行膨胀岩土评价，并为治理膨胀岩土提供资料。

12.4.3 本条主要规定了膨胀岩土勘察手段的选择，取样和室内试验等的基本要求。勘探点的间距、勘探孔的深度和取土数量是根据膨胀土的特殊情况规定的。由于膨胀土中有众多裂隙，钻探取样难免扰动，而且在膨胀土中钻进难度较大，而用水是绝对不允许的，故为了取得质量等级为I级的土样，必须有一定数量的探井。关于钻探、探井中取土钻探、探井的比例。气候的干湿周期性交替对膨胀土的胀缩有直接的影响。多年周期的气候干湿大变化的影响能达到较大的深度，称之为大气影响深度。经多年观测，我国膨胀土分布区内平坦场地的大气影响深度一般在5m以内，再往下土的含水量受气候变化影响很小，以至消失。显而易见，勘探取样深度必须超过这个深度的下限，而且在这个深度范

围内应采取 I 级土样，取样间隔宜为 1m，往下要求可以放宽。对于膨胀岩中的洞室，钻探深度应按洞室勘察要求考虑。关于在设计（实际）压力作用下的地基胀缩量计算，应按现行国家标准《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112 的有关规定执行。

12.5 软土

12.5.1 软土是指天然孔隙比大于或等于 1.0，且天然含水量大于液限的细粒土，包括淤泥、淤泥质土、泥炭、泥炭质土等。软土的工程特性为具有触变性（高灵敏度）、高流变性、高压缩性、低强度、低透水性和不均匀性。软土的分类标准如表 4 所示。

表 4 软土的分类标准

土的名称	划分标准	备注
淤泥	$e \geq 1.5, \omega > \omega_L$	e ---天然孔隙比 ω ---天然含水量 ω_L ---液限 W_u ---有机质含量
淤泥质土	$1.5 > e \geq 1.0, \omega > \omega_L$	
泥炭	$W_u > 60\%$	
泥炭质土	$10\% < W_u \leq 60\%$	

12.5.2 本条的各款内容是针对软土的工程特性提出的。

1 不同成因的软土，由于其沉积环境不同，其分布范围、层位的稳定性、土层的厚度均有其特点。软土的厚度及其变化对沉降和差异沉降的预测，地基处理与结构措施的选择，桩基设计及基坑开挖与支护方法关系甚大。贵州的软土分布相对较少，成因类型相对单一，厚度不大。如贵阳市轨道交通 1 号线局部穿越河流、小溪沟、鱼塘、岩溶洼地等，分布少量的淤泥质土，主要分布在金阳车辆段、大寨站基坑西侧、延安路站基坑西侧、中山路站至人民广场站区间穿越南明河段、沙冲路站至望城坡站区间隧道明挖段（原八一水库区域），以及沿线低洼沟谷地段和原人工鱼塘区域。

2 地貌的变化在很大程度上反映了地质情况的变化，特别是微地貌，往往是地层变化或软土分布在地表上的反映。如贵阳市轨道交通 1 号线延安路站，地貌单元属于溶蚀类型的丘峰谷地地貌（贵阳岩溶盆地），但该车站西侧存在微地貌单元，原始地形地貌为较低洼的碟形岩溶洼地，通过其中的裂隙及落水洞，水流活动频繁，逐渐溶蚀形成漏斗及周边的溶槽和小溶洞，深度可达 35m 以上。后因排水通道堵塞，漏斗淤积成塘，由于有机物的大量参与，形成较厚的淤泥质（有机质）黏土，然后干涸，间歇性的冲积和坡积作用形成的黏土将漏斗填平，再后才是人工堆积杂填土形成现所见地形地貌。该洼地中的淤泥质黏土为灰黑，部分为青灰色，有光泽、味臭，夹有机质杂物及植物根须等，有机质含量亦多亦少，颜色亦深亦浅，与上复黏土似有渐变现象。其成因主要为洪积形成，状态为流塑状。厚度变化较大，埋深一般为 6.8m~10.7m，一般厚度在 0.7m~21.8m，平均厚度为 6.1m。这种情况的软土在勘察过程中容易发生误判，在勘察过程中应注意加强原始地貌或微地貌的调查，进行详尽分析。

3 查明软土的硬壳和硬底状态，对分析各类工程的稳定和变形具有重要意义。

4 软土的固结应力历史及反映这个历史的不排水抗剪强度，先期固结压力（亦称最大历史压力）， e - $\lg p$ 曲线上的回弹指数与压缩指数等对确定软土的承载力，选择地基处理方法及预测地基性状与表现等是重要的依据。将软土按超固结比 OCR 划分为欠固结土、正常固结土与超固结土（后者还可进一步划分）对反映软土固结应力历史具有实用意义。

5 软土中的含水层数量、位置、颗粒组成与各层的水头高度是深基坑降水、开挖与支护设计及地下结构的防水所需要的资料。

6 应指出施工或相邻工程的施工（包括降水、开挖设桩或大

面积填筑等)会导致软土中应力状态的突变或孔隙水压的骤升,使土体和已竣工工程变形、位移或破坏。软土的勘察应特别注意此类问题的分析,并提出措施建议。

12.5.3 本条主要针对软土的特殊性,提出的勘探与取样要求。

1 本款强调勘探与原位测试相结合。勘探(简易勘探、挖探、钻探等)和原位测试(静力触探、十字板剪切试验、旁压试验、螺旋板载荷试验等)应在地质调绘的基础上综合运用,一般情况下,宜先采用简易勘探、静力触探,再布置探、十字板剪切试验等。在软土地区应充分采用静力触探测定软土层在天然结构下的物理力学性能,划分地层层次。原位测试进行软土地基的勘探、测试虽然具有显著的优越性,但目前还只能通过各种相关关系的建立来提供软土的物理力学指标。所以,对各种勘探、测试方法、设计参数的选取,在有经验的地区,应充分利用当地的有关规则、规定和经验公式,宜结合当地经验进行,以保证勘探结果的可靠性。

2 由于贵州省软土分布较少,当软土分布范围较小、厚度较小、对工程建设无影响时,勘探孔的布置一般符合本规范第6章和第7章的要求即可。当软土厚度较大、对工程建设有影响,需要圈定其范围或重要的局部变化时,可加密勘探点。当需了解横断面方向变化时,可进行横断面勘探。

3 压缩层计算深度宜用应力比法控制,在实际工作中,软土地基计算压缩层的计算深度可作如下控制:

1) 对于均质厚层软土,软土地基附加应力为自重应力为0.1~0.15时相应的深度;

2) 对于非均质分布的软土地层,软土地基附加应力为自重应力的比例为0.15~0.2时相应的深度;如果在影响深度范围内,软土层下出现有密实或硬塑的下卧硬层或岩质底板时,在查明其性质并确定有一定厚度后,可不再继续计算;

3) 压缩层计算中应注意：对可透水性饱和土层的自重应力应采用浮重度；当软弱土地基不均匀时，所确定的计算深度下如果还有软土层，则应继续向下计算，以避免计算深度下的软土层的变形使总变形量超过允许变形值。

4 软土具有触变性、高流变性，易扰动，取样要求较高，应采用薄壁取土器采取 I 级土样，并严格按相关要求进行了钻探、取样和及时送样、试验。

5 为地基承载力计算测定强度参数时，当加荷速率高，土中超孔隙水压力消散慢，宜采用自重压力预固结的不固结不排水剪(UU)试验或快剪试验。当加荷速率低，土中孔隙水压力消散快，可采用固结不排水剪(CU)试验或固结快剪试验。

6 支护结构设计中土压力计算所需用的抗剪强度参数应根据不同条件和要求选用总应力强度参数或有效应力强度参数。后者可用固结不排水剪(CU)测孔隙水压力试验确定。

7 固结试验方法，各土样的最大试验压力及所取得的系数应符合沉降计算的需要。

12.5.4 本条中各款的规定，对软土而言是有很强的针对性的，按超固结比划分软土，对确定承载力和预测沉降有指导作用，掌握了软土的灵敏度有助于重视挖土方法，选好支护措施或合理布置打桩施工程序，以防止出现坑底隆起、土体滑移、桩基变位或隧道坍塌等事故。

软土地区城市轨道交通运营线路已经出现了过量沉降问题，并导致隧道结构开裂、渗漏水等问题。产生过量沉降的因素很复杂，一般包括施工扰动、自然固结以及运营震动影响等。因此，软土地区城市轨道交通工程的沉降问题应引起勘察与设计人员的高度重视。

12.6 强风化岩、全风化岩和残积土

12.6.1 本条阐述风化岩和残积土的定义。不同的气候条件和不同的岩类具有不同风化特征，湿润气候以化学风化为主，干燥气候以物理风化为主。层状岩多受岩性控制，硅质比黏土质不易风化，风化后层理尚较清晰，风化厚度较薄。可溶岩以溶蚀风化为主，其界面起伏较大，风化岩保持原岩结构和构造，而残积土则已全部风化成土，矿物结晶、结构、构造不易辨认，成碎屑状的松散体。

12.6.2 强风化岩、全风化岩与残积土的勘察重点与其他岩土层的勘察重点有明显不同。

1 确定母岩的地质年代、岩石的类别，是强风化岩、全风化岩与残积土勘察的基本要求。

2 原岩矿物的风化程度、组织结构的变化程度是岩石定名的基本依据。

3 强风化岩、全风化岩与残积土的分布、埋深与厚度变化对线路敷设方式、线路埋深、施工工法选择都有重要影响。

4 岩土的不均匀程度，岩块和软弱夹层的分布、特征对岩体的整体强度和稳定性常起着控制作用。

5 由于原岩矿物成分的不同和节理裂隙密度与发育程度的差别，强风化岩、全风化岩与残积土的透水性和富水性有很低的，也有很高的，必须予以查明。而且在水的作用下，强风化岩、全风化岩与残积土往往具有遇水易崩解的工程特征。

12.6.3 本条规定了强风化岩、全风化岩与残积土的勘探、测试基本要求。

1 本款强调钻探与原位测试（特别是标准贯入试验、动力触探试验）相结合。这是由于强风化岩、全风化岩与残积土的Ⅰ级试样采取困难，数量有限。国内外常用标准贯入试验、动力触探试验等方法，通过击数等指标与风化岩的工程性质建立相关关

系，以更好地进行风化岩的分级并推求工程技术性质指标。

2 强风化岩、全风化岩与残积土的勘探与取样也应有一定数量的探井，这既是对其成分、组织结构、风化状态进行直接观察的需要，也是采取高质量等级样品的需要。

3 对强风化岩、全风化岩与残积土的勘探点的布置一般应符合本规范第6章和第7章的要求。当需要圈定差异风化情况严重、厚度变化较大等重要的局部变化时，勘探点密度需要加密，但在具体布置上不应一步到位而宜采取逐步加密和有目的追索、圈定的方法。

4 强风化岩、全风化岩与残积土的结构极易受到扰动。本款规定在强风化岩、全风化岩与残积土中应取I级试样，以保证取样质量。为了取得质量等级属I级的试样，现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021规定，应采用三重管(单动)取样器，其中的第三重管是衬管。利用三重管取样器达到100%的岩心采取率并取得I级试样，这在国外已很普及或成定规。根据轨道交通的工程实践，对强风化岩、全风化岩与残积土的岩土试验方法作了明确规定，即对全风化岩、残积土和呈土状的强风化岩进行土工试验，对呈岩块状的强风化岩进行岩石试验，对不能取样进行室内试验的，宜进行现场原位测试。

5 鉴于取得I级土样比较困难，而且有的试验(如压缩试验)不易在试验室内完成，原位测试作为取样试验的必要补充，迄今几乎已是必不可缺。

12.6.4 本条规定应对强风化岩、全风化岩与残积土进行岩土工程分析与评价，并根据岩土工程特性和轨道交通工程实践，列举了可能包括的分析与评价内容，但不限于这些内容。

1、2 这两款所称的“评价稳定性”，主要针对强风化岩，全风化岩与残积土遇水易软化崩解的工程特征而言。

3 工程实践表明，强风化岩、全风化岩与残积土的不均匀程度，尤其是岩块和软弱夹层的分布，对隧道掘进和基坑、桩基

施工的影响很大。在强风化岩或全风化岩中往往夹有中风化岩块，桩基施工遇到这种情况时，切勿认为已经挖到中等风化岩层。

4 强风化岩、全风化岩和残积土本身的渗透系数不一定较大，但经过扰动之后，其中的含水量不论多寡，会使岩土体迅速崩解。因此，本款提出了对地下水的评价要求。

5 为进一步查明球状风化体(孤石)，可在地面和隧道内进行超前钻。

13 地下水

13.1 一般规定

13.1.1 城市轨道交通工程建设中，地下水对工程的影响重大，如结构抗浮问题、抗渗问题、施工方法的选择、地下水的控制、岩溶区地质灾害、结构水土压力计算等均与地下水密切相关，在施工过程中因地下水问题产生的工程事故频发，地下水勘察是轨道交通岩土工程勘察的重要组成部分。

13.1.3 根据贵州省水文地质勘察经验，非岩溶区地下水赋存具有较强的规律性，水文地质条件较为简单，可随场区岩土工程勘察一并查明。而岩溶区水文地质条件一般较复杂，为了便于地质人员进行场地的水文地质条件复杂程度判定，本规范列出了6个方面的条件：①地貌类型多样；②地层及地质构造复杂；③地下水系统结构复杂、含水层空间分布不稳定；④地下水补给、径流和排泄条件、水动力特征复杂；⑤水文地质条件发生很大变化，环境地质问题突出；⑥人类工程活动强烈，地下水环境平衡破坏程度严重。当场地水文地质条件满足以上3项及以上时，可判定为水文地质条件复杂场地。

13.1.5 由于岩溶地区的水文地质条件较复杂，相应水文地质参数选择影响多，因此，本规范规定，在重要工点位置，应充分利用前期勘探钻孔，尽早布设地下水位长期观测孔，开展地下水位的长期观测工作。

13.2 水文地质勘察要求

13.2.1 对本条说明如下：

- 3 岩溶地区钻孔的终孔稳定地下水位是水文地质问题分析

评价最重要的基础资料，其水位的可靠性广受关注。通过长期的勘察实践，为获取相对可靠的稳定地下水位，一般选择在岩溶场地地下水的主径流带布置水位观测孔，终孔后，采用沙筒等提水工具抽取孔内至少 2/3 的钻探残留水，通过观测其恢复后的稳定水位，作为终孔稳定地下水位。

13.2.3 贵州轨道交通岩土工程勘察过程中，孔隙水和裂隙水的地下水赋存特征和涌水量较易查明，而岩溶水具有裂隙流与管道流并存、层流与紊流并存、线性流与非线性流并存，以及可相互转化的特征，岩溶水具有孔隙水流、裂隙水流、管道流的运动规律，因此，应从地下水系统的角度综合考虑，提出合理的地下水控制措施建议。

13.2.4 地下工程结构包括轨道交通沿线拟建地下工程结构和轨道交通沿线周边受地下水影响范围内已有地下工程结构，既有建筑指轨道交通沿线周边受地下水影响范围内已建建筑物，尤其是以特殊性岩土或经处理的地基土作持力层的既有建筑，一旦轨道交通建成后，可能改变地下水径流速度和方向、减小过水断面，形成附加水头导致地下水位抬升，软化特殊岩土或经处理的地基土，造成既有建筑物产生不均匀沉降或倾斜现象，应设置水文地质试验孔和长期动态观测孔，获取相应的水文地质参数，为工程安全运行提供基础资料。

13.3 水文地质参数测定

13.3.1 抽水试验是求算含水层水文地质参数较有效的方法；岩土工程勘察一般用稳定流抽水试验即可满足要求。抽水试验应根据场实际情况及边界情况布置试验点和选择相应的计算模型。试验孔和观测孔的水位测量采用同一方法和器具，可以减小其间的相对误差。

当抽水试验时单位涌水量较大，采用单孔抽水试验无法满足

降水要求时，可开展群孔抽水试验。

13.3.3 压水试验主要获取岩土体的透水性指标，在岩溶发育地段进行压水试验时，试验栓塞位置的选择直接影响试验结果是否可靠。

13.3.5 开展连通试验应注意以下问题：

1 当需要查明场地或周边地下水的补径排特征或地下水位以下岩溶管道的连通关系，可进行连通试验。通过钻孔、竖井或落水洞将示踪剂注入含水层中，并在预期示踪剂能到达的周边井、孔、泉或坑道进行监测和取样分析。

2 示踪剂应选择无毒无残留危害、易溶于水、性质稳定、有成熟灵敏的检查方法、背景值低且波动小的物质。

3 连通试验应在充分调查场地水文地质条件后进行，选择地下水系统的补给区或主径流通道作为投源点，在可能的径流通道或排泄区进行示踪剂取样和检测。

4 连通试验宜在洪水或平水期进行，当洪水期与平水期补径排条件不一致，宜开展不同季节的连通试验。为查明同一场地多个地下水系统，可同时使用多种不互相干扰的示踪剂进行多元连通试验。

5 试验前应测定示踪剂的背景值和波动水平，示踪剂的用量根据示踪距离、流量、示踪剂背景值和波动水平确定。示踪剂应在地面充分溶解后，快速注入含水层中。

6 宜定量检测示踪剂浓度。应根据地下水和管道的畅通程度、距离、流量等因素，确定示踪剂取样和观测时间，投源初期观测间隔较短，后期可逐渐增加间隔时间；当检测到示踪剂时，应加密观测。

7 连通试验结束后，可根据需要编制试验段（点）的水位、水温、水量及试验指示剂浓度变化的历时曲线，并结合区域水文地质条件和历时曲线确定地下水的流向、流速及水力坡度。

13.4 地下水长期观测与监测

13.4.2 地下水的动态变化包括水位的季节变化和多年变化，人为因素造成的地下水变化，水中化学成分的运移等。为工程建设进行的地下水监测与地下水长期观测不同，监测要求随工程而异。

13.5 地下水作用

13.5.2 根据岩性组合关系、地质构造发育特征以及水文地质条件，在结合物探及钻探基础上，可初步判断地下涌水的可能性及涌水形式。岩溶区易发生涌水的蓄水形式主要有裂隙岩溶蓄水形式、溶腔溶潭蓄水形式、断层岩溶蓄水形式、地下河及岩溶管道蓄水形式。岩溶地区地下涌水评价必须注重水文地质条件的研究，因为每一种方法、公式的提出都是基于地质条件的研究基础之上的。

13.5.4 贵州城市轨道交通工程的地下水、土对建筑材料的腐蚀性评价除应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021的规定外，对于地下车站及区间隧道设计尚应按现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》要求，识别混凝土结构所处环境类别是氯化物环境还是化学腐蚀环境，并根据其作用因素进行环境作用等级判别；对于高架车站及区间桥梁设计尚应按现行行业标准《铁路混凝土结构耐久性设计规范》要求，识别混凝土结构所处环境类别是氯盐环境还是化学侵蚀环境，并根据其环境条件进行环境作用等级判别。

13.5.5 贵阳市城市轨道交通涉及山岭隧道和城市隧道，对于山岭隧道而言，勘察时可不提供抗浮水位。

在确定城市轨道交通工程抗浮水位时，首先应进行大范围的地下水系统分析，划分地下水系统，并分析各系统内地下水的补给、径流及排泄条件，为确定工程抗浮设防水位奠定基础。

抗浮设防水位既不是工程所在位置的常年最高水位，也不是勘察期间的当前水位，而应综合分析历年地下水动态资料，根据地下水类型、各层地下水水位及其变化幅度、地下水补径排条件等因素，结合工程重要性以及工程建成后地下水水位变化的可能性来确定的。抗浮水位具有一定的不确定性，其不但与地下水本身天然变幅、地层赋存条件以及气候变化、降水多寡等自然因素有关，而且还受地下水开采、水资源利用、水库蓄洪泄水、工程建设影响等人为因素影响。抗浮设防水位单纯的以历史最高水位、历史最低水位以及勘察期间水位来确定都不准确。应根据区域的水文地质条件或地下水埋藏条件来综合决定，具体涉及到地下水的类型、分布、埋藏深度、含水层数目、岩性结构、含水层构造特点以及地下水的补给、排泄条件等。

13.5.6 当区间隧道横穿岩溶管道时，外水压力将直接作用于隧道衬砌结构上，此时不能考虑外水压力的折减。同时隧道施工可能阻塞原有的地下水过流通道，应考虑相应的引排或疏通措施。

13.5.7 由于影响外水压力的因素很多，现行国家标准《水利水电工程地质勘察规范》GB 50487 推荐按岩体渗透系数确定外水压力折减系数，现行行业标准《水工隧洞设计规范》DL/T 5195 推荐按开挖后地下水出露状态来确定外水压力折减系数，外水压力折减系数的取值至少与以下四个因素密切相关：地下水位、岩体渗透特性及变化规律、围岩是否进行回填或固结灌浆及效果、排水与否及效果。本规范参照水利水电行业研究成果，在一般岩层区外水压力取值工作经验基础上，提出岩溶区外水压力折减系数表，其中，前期勘察阶段可根据相应洞段洞顶以上的地下水位观测成果，结合岩溶发育程度和揭示的岩溶形态特征，选取合适的外水压力折减系数，确定相应洞段的外水压力；施工开挖阶段提供的地质信息更丰富，可根据洞段揭露的岩溶形态、地下水活动状态和地下水影响等因素，进行外水压力折减系数综合取值。

13.6 地下水控制

13.6.1 贵州城市轨道交通工程建设过程中，常用地下水控制方法有降水、隔水和引排三类，各种地下水控制方法可单独或组合使用。对补给来源明确的岩溶管道或暗河，宜以截断补给为主，辅以引排措施；对工程范围内来源不明确的涌水，宜以封堵为主，辅以引排措施；为保护地下水资源或减小周边环境影晌时，宜以封堵为主。

13.6.3 隔水帷幕按布置方式分为悬挂式竖向隔水帷幕、落底式竖向隔水帷幕和水平向隔水帷幕。当基础底部以下存在连续分布、埋深较浅的隔水层时，应采用落底式竖向隔水帷幕；当基础底部以下含水层厚度较大，隔水层不连续或埋深较深时，可采用悬挂式竖向隔水帷幕，同时应采取隔水帷幕内侧降水，必要时采取帷幕外侧回灌或与水平隔水帷幕结合的措施；处于地下的工程可采用水平向或斜向隔水帷幕。

13.6.4 岩溶管道和暗河是岩溶区地下水的优势径流带，受地下工程严重阻隔后，易造成上游地下水位抬升，诱发一系列的地质环境和水环境问题。

14 岩土工程分析评价与成果报告

14.1 一般规定

14.1.2 岩土工程勘察报告是工程设计、施工的依据。编制岩土工程勘察报告时应遵循“论据真实、逻辑清晰、结论合理”的原则。岩土工程勘察报告组成不是单纯的各项地质内容罗列，其内容重点应包括基础地质资料描述分析及岩土工程分析评价部分，应确保各类原始资料的准确性、合理性、统一性、完整性。外业工作应注重地质调绘、钻探鉴定编录，内业资料整理时加强检查、分析，避免出现不合理或错误结论。

14.2 岩土参数的分析与选定

14.2.1 岩土参数统计样本取舍时，不能机械地以离散性指标作为数据取舍标准，应结合岩土特征、试验方法等分析离散性较大数据的产生原因，系统复核岩土体地质单元划分、分层定名，并根据地方工程经验对异常数据进行有效剔除，确保基础数据的合理性。

14.2.2 红黏土具高含水率、高孔隙比等特性，裂隙发育，抗剪强度指标确定宜采用室内三轴剪切试验，当采用室内直剪指标时，计算参数应予以修正，黏聚力(c)乘 0.6~0.8，内摩擦角(φ)乘 0.8~1.0。

岩石地基承载力计算折减系数取值未考虑施工因素及建筑物使用后风化作用的继续。对大面积平坦岩石地基，其折减系数可根据岩体完整程度取其中较大值；对于石牙、岩石边坡地基，应根据岩体完整程度取其中较小值。

黏土质类岩石，易风化崩解，在确保施工期及使用期不致遭水浸泡时，其岩块强度可取天然单轴抗压强度。

14.3 成果分析与评价

14.3.1 本条结合《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（住建部部令第37号）要求，增加了地质环境条件可能造成的工程风险分析章节。

14.3.2~14.3.7 对不同工程类型、施工工法勘察成果分析评价提出了具体要求。贵阳地区具“地貌变化大、可溶岩分布范围广、岩性复杂多变（软弱夹层分布无规律）、岩溶及地下水特征复杂”等特点，各类工程勘察成果分析评价时应重点结合地区地质特征，充分搜集既有工程资料，借鉴既有工程经验，进行合理分析，针对性评价。应采用赤平投影、定量计算等方法对边坡稳定性进行分析评价；隧道围岩稳定性应综合岩体抗压强度、完整程度、岩石质量指标（RQD）、地下水发育情况、岩溶分布特征等因素综合分析；高架工程桥台多数位于陡坎边坡处，应加强桥台边坡稳定性分析及危岩落石调查、分析评价。其次，应结合工程地质条件，分析预判渗漏对工程建设的影响作用。

14.4 勘察报告资料整理

本节结合贵阳轨道交通以往勘察成果咨询、强审机构及专家评审意见，提出了勘察报告图件、表格编制具体要求。

14.5 勘察报告的内容

14.5.1~14.5.6 对岩土工程勘察报告的编写内容及应阐明的的问题提出了具体要求。应注重勘察报告的减负工作，使各级审查人员、设计人员能快速阅读到重要信息，报告中应突出岩土参数

取值论证和重要结论分析内容，工程措施建议部分应有的放矢、尽量精简。

15 现场检验与检测

15.0.1 轨道交通多为隐蔽工程，开挖后一般由建设单位、勘察、设计、施工、监理、监测、检测等有关单位共同验槽、验坑、验边坡、验洞、验桩，并进行会签，如与勘察资料相符合则可进行下一道工序。

15.0.2 城市轨道交通工程地基、路基、基坑、竖井及隧道的现场检验，是工程建设中对地质体检查的最后一道关口，通过检验发现异常地质情况，及时采取措施确保工程施工和结构的安全。该项工作是必须做的常规工作，通常由地质人员会同建设、设计、施工、监理以及质量监督部门共同进行。

检验时，一般首先核对基础、基槽或基坑的位置、平面尺寸和坑底标高，是否与图纸相符。对土质地基，可用肉眼、微型贯入仪、轻型动力触探等简易方法，检验土的密实度和均匀性，可在槽底普遍进行轻型动力触探。但坑底下埋有砂层，且承压水头高于坑底时，应特别慎重，以免造成冒水涌砂。当岩土条件与勘察报告出入较大或设计有较大变动时，可有针对性地进行施工勘察。

15.0.3~15.0.4 这二条所列检验内容，都是以往工程实践中发现的，影响地基、基槽、基坑、路基和围岩稳定和变形的重要因素，在现场检验、检测时需要给予充分的重视。

15.0.5 桩长设计一般采用地层和标高双控制，并以勘察报告为设计依据。但在工程实践中，当发现实际的地质条件与勘察报告和设计文件不一致、或遇到异常情况，应通过试打试钻，检验岩土条件是否与设计时预计的一致，在工程桩施工时，也应密切注意是否有异常情况，以便及时采取必要的措施。大直径人工挖孔桩，一般设计承载力很高，对工程影响重大，所以在终孔时应逐桩检验孔底尺寸和岩土情况，应视岩性检验孔底下3倍桩径或5m

深度范围内有无土洞、溶洞、破碎带或软弱夹层、临空面等不良地质条件。对大直径冲（钻）孔桩，应采用钻芯等方法检验孔底岩土情况、桩底沉渣厚度等。

15.0.7 现行行业标准《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 对施工完成后的工程桩检验范围和方法作了明确的规定。确定桩的承载能力虽然有多种方法，但目前最可靠的仍是载荷试验。目前在桩身质量检验方面，动力测桩技术已较为成熟，普遍使用，但对操作人员和仪器要求较高，必须符合有关规范和规定。

15.0.8 地基处理施工前，应根据设计文件，现场核查设计图纸、设计参数、设计要求、施工机械、施工工艺及质量控制指标等；复合地基的竖向增强体，尚应试打或试钻，通过试打或试钻检验岩土条件与勘察成果的相符性，确定沉桩或成孔的可能性，确定施工机械、施工工艺的适用性以及质量控制指标。对于有经验的工程场地，试打或试钻可结合工程桩进行。发现问题及时与有关部门研究解决。对缺乏施工经验的场地或采用新工艺时，应进行地基处理效果的测试。

15.0.10 对围岩加固范围、加固效果进行检测是确保工程施工安全的重要环节，目前主要是采用钻探与物探相结合的方法进行检测。

16 勘察风险管控

16.1 一般规定

16.1.3 住房和城乡建设部发布自 2010 年 1 月 8 日起施行的《城市轨道交通工程安全质量管理暂行办法》（建质[2010]5 号）中对勘察单位提出明确要求：勘察单位提交的勘察文件应当真实、准确、可靠，符合国家规定的勘察深度要求，满足设计、施工的需要，并结合工程特点明确说明地质条件可能造成的工程风险，必要时针对特殊地质条件提出专项勘察建议。

住房和城乡建设部发布自 2018 年 6 月 1 日起施行的《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》中对勘察单位提出明确要求：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。

16.2 勘察外业风险

16.2.2 城市轨道交通作为线状工程，线长面广，多沿城区道路敷设。城市建设发展过程中形成不同时期各种地下管线新旧交错、杂乱无序，加之很多管线档案资料缺失，致使地下管线情况清查困难，但管线一旦遭受破坏，对市民正常生产生活将造成较大影响。因此，在实施城市轨道交通岩土工程勘察工作前应根据本地区地下管线敷设特点制定行之有效的管线保护措施。

16.2.5 在岩溶场地开展抽水试验时，一旦抽水孔内的溶蚀裂隙被疏通，将导致周边岩溶洼地内产生地表变形或地面沉降；同时，抽出的地下水在排放过程中，可能会通过连通的管道又返回孔内，从而严重影响抽水试验成果的可靠性。因此，在抽水试验过程中，除应监测周边地表变形情况外，还应对周边水体及消水情

况进行监测。

16.2.6 在城市区域开展连通试验时，由于采用的示踪剂多为有色化学物品，一旦从某一泉点或井内流出，被不明真相的群众看到，极易引起恐慌，从而引起公众事件，为此，要求在开展连通试验前，应按程序向有关部门报送试验方案，经批准后，才能开展相应试验工作。

16.2.7 国家对放射性物质的管理有严格的规定，在利用放射源进行孔内测试工作时，除应履行必要的报备手续外，尚应有可靠的防放射性污染措施。

16.3 地质条件可能造成的工程风险

16.3.1 城市轨道交通建设过程中除常遇到锚索、老基础、防空洞等不利施工建设的地下埋藏物外，经常遇到以下因地质条件引起的工程风险：

1) 岩溶地面塌陷或岩溶地基失稳，贵州几大城市市区范围内均主要为可溶岩地层分布，存在岩溶危害，在地下工程施工时，向上发展会引起地面塌陷，而对于基底岩溶，宜采用地质雷达或地质地震映像等物探方法进一步查明基底岩溶发育情况；

2) 路面脱空或土洞塌陷，由于城市管网渗漏水或地下工程施工扰动，引起岩溶基覆界面附近软塑至流塑状黏土流动或向下伏岩溶洞穴流失，从而引起土洞发展或土体流失；

3) 地下管线，在施工前，应根据地下段部分沿线建（构）筑物基础调查报告，在现场进行比对，并联系相关部门，在施工过程中进行动态监测工作，以保证相关地下设施的安全及工程的顺利施工；

4) 既有建筑物沉降，轨道交通建设场地周边，建筑物密集，且部分建筑物离拟建线路边线很近，部分高架桥位于地下工程正上方，其开挖将可能导致既有建筑物和道路地基变形、建筑物的

开裂，更有甚者不能保证建筑物的安全，因此，对周边既有建筑物进行详细调查，加强施工过程中的变形监测和现场施工管理，制定应急抢险方案非常必要；

5) 地下障碍物，轨道交通线路沿线部分基坑距离线路较近，存在地下锚索、锚杆等地下障碍物，对施工存在较大的风险，在施工前和施工阶段应进一步开展探查工作进行确认，确保施工的顺利进行；

6) 岩溶涌水突泥，受岩溶发育影响，施工过程易出现涌水突泥现象，特别是沿线下穿河流或地表水体时，汛期水量尤其大，对设备、人员安全影响较大；

7) 岩土工程不确定性，这些不确定性风险因素加大了施工的复杂性，影响工程建设，岩土工程中，地基或岩土环境几乎不可能完全探知，主要是由于岩土参数分布、勘探孔分布和取样的随机性，地层变位的不确定性及人类对工程环境的认知局限，因此，不确定性分析和工程风险分析在施工管理中十分重要。

针对基坑工程，因基坑周边不合理堆载、基坑支护结构设计缺陷、基坑侧壁回填不合理等引起的基坑滑塌事故较多，在轨道交通建设过程中更应重视基坑工程的勘察设计和风险管控。

16.3.2 此处工程周边建（构）筑物包括：临近或下穿江河、桥梁、房屋、既有轨道线路、重要管线等。

16.3.4 不具备勘察条件而无法实施的勘探工作（包括钻探、物探），应在勘察文件中说明情况，提出合理建议。

附录 A 岩溶发育程度分级

A.0.1 场地岩溶发育程度定性分级的主要目的是为了有效指导勘察单位开展现场的实物勘探工作布置。在开展场地岩溶水文地质调查与测绘工作前，首先应系统调查场区周边区域岩溶水文地质环境，确定场地处于岩溶地下水系统的补径排部位，结合场区岩性特征、岩溶发育特征及岩溶水特征等，科学合理的进行场地岩溶发育程度分级。

A.0.3 考虑到轨道交通工程的特点，在制定场地岩溶发育程度定量分级表时，选择钻孔遇洞率、线岩溶率、土洞率、沿地基柱列线方向的基岩面起伏高差平均值、岩溶裂隙或串珠状溶洞发育深度等指标作为定量分级依据。

表 A.0.3 中的定量分级指标与现行地方标准《贵州省建筑岩土工程技术规范》DBJ52/T 046 中的定量分级指标基本保持一致。对其中的几个指标进行了修正：1) 考虑到小型洞穴对轨道交通工程的地基稳定影响有限、且易于处理，在钻孔遇洞率统计时只统计大于等于 0.5m 的岩溶洞穴；2) 考虑到“相邻柱基之间基岩起伏面相对高差”的含义存在较大歧义，本规范结合轨道交通工程特点，将此指标修改为“沿结构边线或地基柱列线方向的基岩面起伏高差平均值”；3) 大量工程实例统计分析表明，现行贵州省地方标准 DBJ52/T 046 中的岩溶发育程度定量分级表内钻孔遇洞率和线岩溶率指标存在不协调性，表现为线岩溶率指标明显偏高，也不符合工程实例统计的实际情况，为此本次地方标准制订时，对此表中的线岩溶率指标进行了调整；4) 表 A.0.3 中的基岩内岩溶裂隙或串珠状溶洞发育深度指相应岩溶形态发育的垂直深度。

在应用表 A.0.3 进行场地岩溶发育程度定量分级时，应充分收集邻近线路沿线建（构）筑物钻孔资料，以勘察工点或区间勘探统计数据为依据。

附录 B 贵阳轨道交通工程岩土分层代码表

在贵阳轨道交通建设过程中，针对已有线路遇到的岩土层制定了相应的岩土分层代码表，该表中的岩土层可能涵盖不全，贵阳轨道交通其它线路勘察过程中，可根据实际情况进行增减，贵州其它地州市可参照编制符合地方特色的岩土分层代码表。

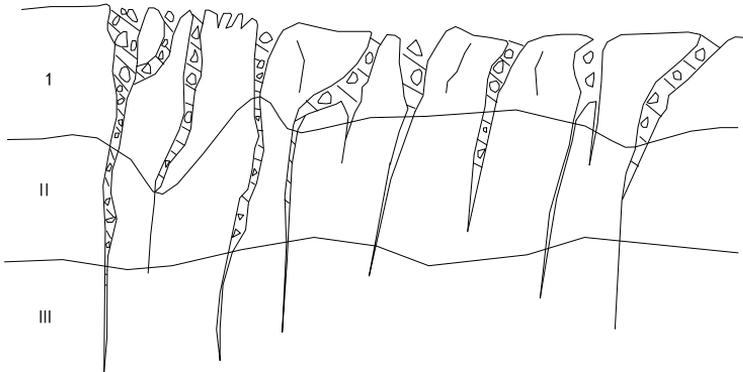
附录 C 轨道交通工程勘探点编号规则

在贵阳轨道交通建设过程中，参照现行国家标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307，并结合其它城市轨道交通勘察经验，针对已有线路开展的勘察工作情况，制定了相应的勘探点编号规则，贵州省内轨道交通工程勘察过程中，可参照贵阳轨道交通工程勘探点编号规则进行编号。

附录 D 碳酸盐岩溶蚀风化带划分

D.0.1~D.0.3 碳酸盐岩具有以下风化特点:

- 1) 碳酸盐岩以化学风化为主, 风化形式多为差异风化, 风化界线起伏大;
- 2) 碳酸盐岩风化带具空间分布不连续性, 厚度变化大;
- 3) 碳酸盐岩风化带溶蚀风化结构面长大, 性状多变;
- 4) 碳酸盐岩风化带存在溶洞、管道水, 在其附近有加剧的趋势;
- 5) 碳酸盐岩风化带铅直风化强于水平向风化;
- 6) 碳酸盐岩风化带岩石蚀变不明显, 单块岩石强度变化小, 但岩体强度、变模递减显著, 工程地质特性差异大。鉴于碳酸盐岩溶蚀风化与一般岩体风化特点差异较大, 在具体岩土工程勘察过程中, 各单位对此划分标准及风化带定义均不统一, 在勘察成果送审过程中, 出现争议, 为此, 本规范增加岩土工程碳酸盐岩溶蚀风化带划分表, 其中, 强溶蚀风化破碎带相当于岩土工程勘察规范定义的强风化带, 中等溶蚀风化带相当于中风化带, 微溶蚀风化带相当于微风化带。



以上为贵州某工程开挖断面, 其溶蚀风化分带特征如下:

表层强溶蚀风化带（I带），缓坡地带较发育，一般厚3m~5m，局部河流阶地附溶蚀较充分，达10m~15m，主要沿断层、近垂直构造裂隙、层面等结构面强烈溶蚀成宽缝，一般宽数cm至数十cm不等，呈上宽下窄的喇叭状，有的呈空缝，多数充填黏土或碎石，或者形成“泥包石”、“石夹泥”现象。对应风化状态为典型的强风化特征。

中等溶蚀风化带（II带）厚度一般15m~30m，主要沿断层、近垂直裂隙及层面等结构面溶蚀风化呈窄缝状，部分充泥，溶蚀结构面少见溶蚀扩大现象，结构面溶蚀张开宽度一般0.5cm~2.0cm，局部宽达3.0cm~5.0cm。对应风化状态为典型中等风化特征。

微溶蚀风化带（III带）以断层、近垂直裂隙及层面的溶蚀风化为主，结构面两侧大多见风化蚀变或溶蚀充泥现象，结构面溶蚀张开宽度一般小于0.5cm。对应风化状态为典型的微风化特征。

附录 E 围岩分级

E.0.1 为合理确定隧道围岩等级，对表 E.0.1 的应用说明如下：

1) 前期勘察阶段，主要根据围岩工程地质条件进行围岩的定性分级，施工开挖阶段可结合开挖揭示的岩溶形态组合类型、开挖后的稳定状态修正围岩定性分级。岩体纵波波速可根据钻孔测试获得，是一个比较容易获取的定量指标，可作为定量分级指标之一，围岩定量分级时，宜计算相应洞段的围岩基本质量指标 BQ 值。

2) 为针对性制定城市轨道交通工程围岩分级标准，编制组对贵州主要地州市区的地质展布情况进行了详细统计，各地州市区主要出露沉积岩，毕节和六盘水市区分布有二叠系玄武岩，也呈似层状，因此，本规范中的岩体结构类型主要按层状岩体结构类型进行划分。各地州市区出露地层情况及主要岩性如下：① 贵阳市区从奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系至下第三系的地层均有分布，主要地层岩性包括灰岩、燧石灰岩、泥质灰岩、含泥质灰岩、溶塌角砾岩、白云岩、泥质白云岩、泥灰岩、泥岩、硅质岩、煤层、页岩、炭质页岩、砂岩、岩屑砂岩、石英砂岩等；② 遵义市区分布二叠系、三叠系和侏罗系地层，主要地层岩性包括灰岩、白云岩、泥岩、页岩、炭质页岩、黏土岩、硅质岩、砂岩、粉砂岩及煤层等；③ 凯里市区主要分布寒武系地层，主要地层岩性包括灰岩、泥质灰岩、灰质白云岩、白云岩、泥质白云岩、页岩、炭质页岩、粉砂岩、泥质粉砂岩、泥质细砂岩、白云质石英砂岩、白云质粉砂岩、白云质黏土岩等；④ 都匀市区从寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系的地层均有分布，主要地层岩性包括灰岩、燧石灰岩、白云岩、泥质灰岩、含泥质灰岩、泥灰岩、泥岩、硅质岩、页岩、煤层、石英砂岩、泥质粉砂岩、钙质粉砂岩、钙

质砂岩等；⑤六盘水市分布石炭系、二叠系地层，主要地层岩性包括灰岩、泥灰岩、泥质灰岩、白云岩、白云质灰岩、硅质岩、页岩、石英砂岩、粉砂质泥岩、砂岩、粉砂岩、煤层、玄武岩、集块岩、凝灰岩、角砾岩等；⑥毕节市区从寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系的地层均有分布，主要地层岩性包括灰岩、燧石灰岩、白云岩、泥质白云岩、泥灰岩、页岩、泥岩、岩屑石英细砂岩、粉砂岩、石英砂岩、凝灰岩、角砾玄武岩、集块岩等；⑦安顺市区分布三叠系关岭组和永宁镇组地层，主要地层岩性包括灰岩、白云岩、白云质灰岩、泥岩、泥质白云岩、溶塌角砾岩等；⑧兴义市区分布三叠系和下第三系地层，主要地层岩性包括灰岩、泥质灰岩、白云岩、泥质白云岩、泥灰岩、泥岩、页岩、石英砂岩、粉砂岩、细砂岩、泥质粉砂岩、砾岩、底砾岩等。

E.0.3 本表中定义了大型溶洞、中型溶洞、小型溶洞。为此，参照《铁路隧道设计规范》中的溶洞规模分级，并结合贵阳城市轨道交通隧道尺寸，将溶洞洞径大于等于 $1/2$ 隧道开挖洞径或洞径大于等于 5m 的岩溶洞穴叫大型溶洞，溶洞洞径大于 $1/4$ 、小于 $1/2$ 隧道开挖洞径或洞径大于 2m 、小于 5m 的岩溶洞穴叫中型溶洞，溶洞洞径小于 $1/4$ 隧道开挖洞径或洞径小于 2m 的岩溶洞穴叫小型溶洞。

附录 F 碳酸盐岩石（体）及结构面物理力学

性质指标值

该表系根据市政勘察和水利水电勘察过程中积累的大量岩石（体）及结构面试验成果整理而得，其成果对岩石试验开展较少和没有开展现场试验的工程，有一定的参考价值。

附录 G 基坑涌水量预测

G.0.2 水文地质解析法在基坑岩溶涌水量预测中经常被使用，但是效果并不十分理想，其主要原因是对其应用条件的认识不够。首先，并不是所有的水文地质条件下的地下水运动都有解析解，只有少数特殊水文地质条件才有解析解；其次，涌水量预测的解析公式都有一个最基本的假定，即含水介质是均质各向同性的，地下水运动满足达西定律（即地下水流态为层流），对于松散的孔隙介质和均匀的裂隙介质相对比较适用，而岩溶含水介质通常具有高度非均质各向异性的特点，且岩溶地下水运动常常既有层流也有紊流，一般不能满足上述基本条件，在这种条件下运用解析法获得的涌水量是不可靠的，必然造成预测值与实际误差较大。因此，对于基坑岩溶涌水量预测，尤其是强岩溶化地层的涌水量准确预报，不能依赖解析公式，只有当通过岩溶水文地质调查和勘测后认为基坑岩溶相对不发育，含水介质主要为较均匀的裂隙—溶隙介质时，该方法预测的涌水量才会接近实际涌水量。

附录 H 隧道涌水量预测

当隧道位于垂直渗流带时是否涌水，决定于隧道是否遇到垂直发育的落水洞或溶隙，故不能简单套用地下水动力学法及均衡法等公式计算，应根据隧道上方洼地汇水面积、降雨量、蒸发量、地表迳流量计算洼地入渗量，以洼地入渗量确定该段的涌水量值。

运用动态观测法进行预测的计算公式 $Q=1000 \times a \times F \times A \times \eta$ 在盘西线平关、胜境关隧道和京广线南岭隧道的涌水量预测（科研）中应用，经施工验证，较接近实际。

地下水动力学法计算隧道涌水量，可按水平集水建（构）筑物的水量计算公式计算，该类公式在教科书、水文地质计算手册中均有，可结合水文地质条件选用，本规程附录中未一一列出。