

重庆市工程建设标准

城市轨道交通工程地质勘察与测量标准

Code for investigation and surveying of urban rail transit

DBJ50/T-349-2020

主编单位：重庆市轨道交通(集团)有限公司

重庆市勘察院

批准部门：重庆市住房和城乡建设委员会

施行日期：2020年6月1日

2020 重 庆

重庆工程建设

# 重庆市住房和城乡建设委员会文件

渝建标〔2020〕7号

## 重庆市住房和城乡建设委员会 关于发布《城市轨道交通工程地质勘察与测量 标准》的通知

各区县(自治县)住房城乡建委,两江新区、经开区、高新区、万盛经开区、双桥经开区建设局,有关单位:

现批准《城市轨道交通工程地质勘察与测量标准》为我市工程建设推荐性标准,编号为DBJ50/T-349-2020,自2020年6月1日起施行。本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆市勘测院负责具体技术内容解释。

重庆市住房和城乡建设委员会

2020年2月18日

# 重庆工程建设

## 前 言

本标准系根据重庆市住房和城乡建设委员会(渝建[2016]378号)文件的要求,由重庆市轨道交通(集团)有限公司、重庆市勘测院会同有关单位编制而成。

现行《岩土工程勘察规范》(GB 50021)、《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/T 50308)自公布实施以来,对统一城市轨道交通工程地质勘察与测量技术要求,提高城市轨道交通工程地质勘察技术水平,保证城市轨道交通工程地质勘察与测量质量起到了重要作用。随着重庆城市轨道交通建设的发展,轨道交通建设规模越来越大,涉及的地质问题越来越复杂,工程设计对基础资料的要求不断提高,加上山地城市轨道交通工程地质勘察与测量的特殊性,导致国家标准在重庆地区使用的过程中由于地区差异出现一些新的问题。为规范重庆城市轨道交通工程地质勘察和测量的技术要求,做到安全适用、技术先进、经济合理、保护环境、确保质量、控制风险,组织制定地方标准《城市轨道交通工程地质勘察与测量标准》。本标准编制过程中,编制组认真总结实践经验,与现行实施和正在修订的相关国家标准和地方标准进行了协调,经多次讨论和反复修改审查后定稿。

本标准共分17章和12个附录,主要技术内容包括:总则、术语和符号、基本规定、线路现状图测绘及线路定线测量、施工测量、竣工测量、可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察、地下水、周边环境专项调查、轨道交通隧道围岩分级、岩土参数取值、取样和室内试验、现场测试、地球物理勘探、工程地质勘察报告等。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆市勘

测院负责标准技术内容的解释。本标准在执行过程中,请各单位认真总结经验,积极积累技术资料,如发现需要修改和补充完善之处,请将修改意见或建议邮寄至重庆市勘测院总工办(地址:重庆市两江新区大竹林青竹东路6号,邮编:401121,电话:023-67959726,网址:www.cqkcy.com),以供今后修订时使用和参考。

重庆工程集团

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和审查专家：

主编单位：重庆市轨道交通(集团)有限公司

重庆市勘测院

参编单位：中国人民解放军陆军勤务学院

重庆市轨道交通设计研究院有限责任公司\*

重庆市都安工程勘察技术咨询有限公司

重庆市勘察设计有限公司

重庆大学

中冶建工集团有限公司

主要起草人：王 峙 陈翰新 冯永能 马 虎 郑颖人

林 莉 张乃基 何 平 姜德义 李长雄

付铁军 张 秋 王明权 杜逢彬 郭彩立

邹光炯 岳仁宾 王永甫 张宇川 周成涛

唐晓松 曾维刚 侯大伟 滕德贵 邓海泉

蒋红梅 邹喜国 江景雄 周庆人 郭 微

欧阳明明 王乾程 石金胡 刘 洋 吴 静

张 荣\* 冯文伟 彭 辉 张 荣

审查专家：钱志雄 张治清 罗济章 肖了林 张天友

范泽英 张贵铜

# 重庆工程建设



# 目 次

1	总则	1
2	术语、符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	5
4	线路现状图测绘及线路定线测量	9
4.1	一般规定	9
4.2	控制测量	10
4.3	线路带状地形图测绘	11
4.4	地下管线测量	13
4.5	地下空间测量	16
4.6	线路定线测量	17
5	施工测量	20
5.1	一般规定	20
5.2	地面控制测量	21
5.3	联系测量	24
5.4	地下控制测量	26
5.5	高架结构及桥梁施工测量	29
5.6	暗挖隧道、车站施工测量	31
5.7	明挖隧道、车站施工测量	36
5.8	车辆基地施工测量	38
5.9	贯通误差测量	40
5.10	线路中线调整和结构断面测量	40
5.11	铺轨基标测量	43

5.12	跨座式轨道交通工程测量	43
5.13	设备安装测量	44
6	竣工测量	45
6.1	一般规定	45
6.2	工程竣工测量	45
6.3	规划竣工测量	47
7	可行性研究勘察	48
7.1	一般规定	48
7.2	勘察要求	48
7.3	勘察工作布置	49
7.4	勘察成果	50
8	初步勘察	52
8.1	一般规定	52
8.2	目的与任务	52
8.3	地下工程	54
8.4	高架工程	57
8.5	路基、涵洞工程	58
8.6	地面车站、车辆基地及附属设施	60
9	详细勘察	62
9.1	一般规定	62
9.2	目的与任务	62
9.3	地下工程	64
9.4	高架工程	67
9.5	路基、涵洞工程	69
9.6	地面车站、车辆基地及附属设施	71
9.7	施工勘察	71
10	地下水	73
10.1	一般规定	73
10.2	地下水勘察	74

10.3	水文地质参数测定	75
10.4	地下水作用	77
10.5	地下水控制	78
11	周边环境专项调查	80
11.1	一般规定	80
11.2	调查范围	80
11.3	调查内容	81
11.4	调查报告	82
12	轨道交通隧道围岩分级	83
12.1	一般规定	83
12.2	基本质量分级因素及其确定方法	83
12.3	围岩基本质量级别的确定	86
12.4	围岩级别的修正	88
12.5	各级围岩的自稳能力	89
13	岩土参数取值	92
13.1	一般规定	92
13.2	岩土测试成果的统计与分析	92
13.3	岩土体物理力学性质指标	93
13.4	地基承载力	94
13.5	隧道工程各级围岩的物理力学参数	95
14	取样和室内试验	97
14.1	一般规定	97
14.2	取样	97
14.3	岩土试验	100
15	现场测试	103
15.1	一般规定	103
15.2	标准贯入试验	104
15.3	圆锥动力触探试验	105
15.4	载荷试验	106
15.5	波速测试	109

15.6	综合测井	110
15.7	抽水试验	111
15.8	压水试验	113
15.9	现场直接剪切试验	114
15.10	地温测试	116
15.11	岩土电阻率测试	117
16	地球物理勘探	119
16.1	一般规定	119
16.2	根据地质问题选择地球物理勘探方法	119
16.3	地球物理勘探工作布置	120
16.4	数据处理、资料解释及成果报告	122
17	工程地质勘察报告	124
17.1	一般规定	124
17.2	工程地质勘察报告编制	124
附录 A	地质环境复杂程度分类	129
附录 B	水文地质条件复杂程度分类	131
附录 C	工程周边环境专项调查样表	133
附录 D	岩石饱和单轴抗压强度测试的规定	135
附录 E	岩体完整性指数测试的规定	136
附录 F	岩土体水平抗力系数	137
附录 G	基床系数经验值	138
附录 H	不同等级土试样的取样工具和方法	140
附录 I	岩土热物理指标经验值	142
附录 J	抽水试验记录要求	144
附录 K	压水试验记录表	146
附录 L	地球物理勘探方法应用一览表	147
	本标准用词说明	149
	引用标准名录	150
	条文说明	153

## Contents

1	General Provisions .....	1
2	Terms and Symbols .....	2
2.1	Terms .....	2
2.2	Symbols .....	3
3	Basic Requirements .....	5
4	Survey of Present State of Route and Route Location .....	9
4.1	General Requirement .....	9
4.2	Control Survey .....	10
4.3	Survey of Route Band Topographic Map .....	11
4.4	Survey of Underground Pipelines .....	13
4.5	Survey of Underground Spaces .....	16
4.6	Survey of Route Location .....	17
5	Construction Survey .....	20
5.1	General Requirement .....	20
5.2	Ground Control Survey .....	21
5.3	Connection Survey .....	24
5.4	Underground Control Survey .....	26
5.5	Survey of Viaduct Project and Bridge .....	29
5.6	Survey of Bored Tunnel and Station .....	31
5.7	Survey of Open cut tunnel and Station .....	36
5.8	Construction of Vehicle Base Survey .....	38
5.9	Survey of Through Error .....	40
5.10	Survey of Structures Midline and section .....	40
5.11	Survey of Track Laying Control Points .....	43

5.12	Survey of Straddle-type monorail transition	43
5.13	Device Installation Survey	44
6	Finished Construction Survey	45
6.1	General Requirement	45
6.2	Engineering Finished Construction Survey	45
6.3	Planning Finished Construction Survey	47
7	Feasibility Study Investigation	48
7.1	General Requirement	48
7.2	Requirement of Investigation	48
7.3	Working Contents	49
7.4	Working Achievement	50
8	Preliminary Investigation	52
8.1	General Requirement	52
8.2	Purpose and Task	52
8.3	Underground Engineering	54
8.4	Viaduct Project	57
8.5	Subgrade Engineering and Culvert Engineering	58
8.6	Ground Station, Vehicle Base and Affiliated Facilities	60
9	Detailed Investigation	62
9.1	General Requirement	62
9.2	Purpose and Task	62
9.3	Underground Engineering	64
9.4	Viaduct Project	67
9.5	Subgrade Engineering and Culvert Engineering	69
9.6	Ground Station, Vehicle Base and Affiliated Facilities	71
9.7	Construction Investigation	71

10	Underground Water .....	73
10.1	General Requirement .....	73
10.2	Investigation of Underground Water .....	74
10.3	Mensurement of Hydro-geological Parameters .....	75
10.4	Action of Underground Water .....	77
10.5	Control of Underground Water .....	78
11	Investigation of Surrounding Environment .....	80
11.1	General Requirement .....	80
11.2	Field of Investigation .....	80
11.3	Content of Investigation .....	81
11.4	Report of Investigation .....	82
12	Classification of Surrounding Rock of Rail Transit .....	83
12.1	General Requirement .....	83
12.2	Basic Quality Grading Factors and Determination .....	83
12.3	Determination of Basic Quality of Surrounding Rock .....	86
12.4	Classification Correction of Surrounding Rock .....	88
12.5	Self-supporting Capacity of Surrounding Rock .....	89
13	Geotechnical Parameters and Subsoil Bearing Capacity .....	92
13.1	General Requirement .....	92
13.2	Statistics and Analysis of Test Result of Rock Mass .....	92
13.3	Physical and Mechanical Index Properties of Rock Mass .....	93
13.4	Subsoil Bearing Capacity .....	94
13.5	Physical and Mechanical Parameters of Surrounding Rock at All Levels .....	95

14	Sampling and Laboratory Test	97
14.1	General Requirement	97
14.2	Sampling	97
14.3	Rock Test	100
15	In-situ Tests	103
15.1	General Requirement	103
15.2	Standard Penetration Test	104
15.3	Cone Dynamic Penetration Test	105
15.4	Loading Test	106
15.5	Wave Velocity Test	109
15.6	Comprehensive Logging	110
15.7	Pumping Test	111
15.8	Water Pressure Test	113
15.9	Field Direct Shear Test	114
15.10	Geothermal Test	116
15.11	Geotechnical Resistivity Test	117
16	Geophysical Exploration	119
16.1	General Requirement	119
16.2	Purpose and Task	119
16.3	Contents of Geophysical Exploration	120
16.4	Data Processing, Interpretation and Achievement Report	122
17	Investigation Report	124
17.1	General Requirement	124
17.2	Contents of Investigation Report	124
Appendix A	Classification of Geological Environment Complexity	129
Appendix B	Classification of Complexity of Hydrogeological Conditions	131



Appendix C	List of Investigation of Surrounding Environment	133
Appendix D	Test Requirements for Uniaxial Compressive Strength of Saturated Rock	135
Appendix E	Measurement Requirements for Index of Rock Mass Integrality	136
Appendix F	Horizontal Resistance of Rock and Soil	137
Appendix G	Empirical Value of Subgrade Reaction Coefficient	138
Appendix H	Sampling Tools and Methods for Sampling of Different Grades	140
Appendix I	Empirical Value of Geotechnical Thermophysical Index	142
Appendix J	Pumping Test Technical Requirements	144
Appendix K	Water Pressure Test Technical Requirements	146
Appendix L	Selection List of Geophysical Exploration	147
	Explanation of Wording in This Code	149
	List of Quoted Standards	150
	Explanation of Provisions	153

# 重庆工程建设

# 1 总 则

**1.0.1** 为在城市轨道交通工程地质勘察与测量中贯彻执行国家技术经济政策,做到安全适用、技术先进、经济合理、保护环境,保证工程质量、提高投资效益,制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于重庆市新建、改建和扩建的城市轨道交通工程的工程地质勘察与工程测量。

**1.0.3** 城市轨道交通工程测量应充分收集、分析和利用已有测绘成果,避免重复投入。当已有测绘成果无法满足要求时,应按照本标准相关要求重新测绘。

**1.0.4** 城市轨道交通工程地质勘察应在收集已有勘察、设计、施工、建设经验和工程周边环境资料的基础上,结合不同的线路敷设形式及工程结构形式、施工方法等工程条件,采用综合、适用的勘察手段,查明轨道沿线不良地质现象、特殊岩土及其他工程地质条件,为设计、施工提供资料完整、评价正确的勘察报告。

**1.0.5** 城市轨道交通工程地质勘察与测量除应符合本标准外,尚应符合现行国家及重庆市相关标准的有关规定。

## 2 术语、符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 城市轨道交通 urban rail transit

采用专用轨道导向运行的城市公共客运交通系统,包括地铁系统、轻轨系统、单轨系统、有轨电车、磁浮系统、自动导向轨道系统。

#### 2.1.2 工程周边环境 environment around engineering

泛指城市轨道交通工程建设影响范围内既有(或在建)的房屋、高压电杆、管线、桥梁、隧道、挡墙、道路、地下洞室、轨道交通等建(构)筑物和设施。

#### 2.1.3 移动测量 mobile mapping

在移动载体上装配 GNSS、CCD、INS 等传感器和设备,实现移动过程中实时采集周边物体空间位置数据和属性数据的一种数据获取技术。

#### 2.1.4 精密导线 precise traverse

城市轨道交通三等线路加密控制网,在二等线路平面控制网的基础上进行加密,以便更好地服务轨道交通施工建设,一般采用附和导线或结点导线网的方式布设。

#### 2.1.5 专项调查与测绘 special investigation surveying and mapping

为满足城市轨道交通工程勘察、设计、施工需要,必须进行的沿线建筑、管线、水域、房屋拆迁和勘测定界等调查测绘工作。

#### 2.1.6 定线测量 final survey, route location survey

将线路工程设计图纸上的线路位置测设于实地的测量工作。

#### 2.1.7 线路中线测量 center line survey

对实地测设的线路中线点进行角度与边长的测量工作。

#### 2.1.8 地下空间设施 facility in underground space

地下空间内已有或规划建设的具有特定功能的设施或系统。

#### 2.1.9 地下建构(筑)物 underground building and structure

除地下交通设施、综合管廊及地下管线外的地下空间建筑物、构筑物及其附属设施。

#### 2.1.10 地下交通设施 underground traffic facility

建于地下用于行人、车辆通行的设施,包括地下道路设施、轨道交通设施、地下公交场站、地下停车设施及其附属设施。

#### 2.1.11 综合管(沟)廊 utility tunnel

建于地下用于敷设两类及以上城市工程管线的专用隧道及其附属设施,可分为干线综合管廊、支线综合管廊和缆线管廊等。

#### 2.1.12 不良地质 unfavorable geological condition

由于各种地质作用和人类活动而造成的工程地质条件不良的地质现象的统称。城市轨道交通修建和运营中经常遇到的不良地质现象主要指滑坡、危岩、崩塌、泥石流、塌岸、岩溶、人为坑洞(采空区)、地面塌陷、地表沉降、地裂缝等。

#### 2.1.13 纵向测线 longitudinal survey line

沿轨道交通线路轴线、平行轨道交通线路轴线、沿构造走向或平行构造走向布置的地球物理勘探测线。

## 2.2 符 号

### 2.2.1 误差

$m_{弱}$  最弱点点位中误差;

$m_w$  导线点横向误差;

$m_g$  贯通中误差;

$\sigma$  基线长度中误差;

$a$  固定误差;

$b$  比例误差系数。

### 2.2.2 岩土性质和抗力指标

$R_C$  岩石单轴饱和抗压强度；

$R_A$  起伏度；

$K_V$  岩体完整性指数；

$\mu_0$  岩土参数算术平均值；

$\mu_i$  岩土参数测试实测值；

$\sigma$  岩土参数标准差；

$\delta$  岩土参数变异系数；

$\mu_k$  岩土参数标准值；

$E_S$  土体压缩模量

$e_0$  土体孔隙比；

$\mu$  土的泊松比；

$[\sigma]$  地基容许承载力；

$\sigma_0$  地基基本承载力；

$P_u$  极限承载力；

$\gamma$  岩土体的重度；

$K$  基床系数；

$K_v$  垂直基床系数；

$K_b$  水平基床系数；

$E_0$  变形模量。

### 2.2.3 其它

$N$  实测标准贯入锤击数；

$\Delta S$  50击时的贯入度；

$I_0$  刚性承压板的形状系数；

$d$  承压板直径或边长；

$p$   $p \sim s$  曲线线形段的压力；

$s$  与  $p$  对应的沉降；

$\omega$  载荷试验中与试验深度和土类有关的系数。

### 3 基本规定

#### 3.0.1 轨道交通工程控制测量应符合下列规定:

1 平面坐标系统宜采用 2000 国家大地坐标系,当需要使用城市地方平面坐标系统或工程独立坐标系统时,应当建立与 2000 国家大地坐标系的转换关系;高程系统应与项目所在地城乡规划、工程建设所采用的高程系统一致;

2 以中误差作为衡量测绘精度的标准时,应以 2 倍中误差作为极限误差;

3 应鼓励采用和推广经鉴定并批准的新技术、新方法、新设备和新软件,但应符合国家相关部门的规定或相关技术标准要求。

#### 3.0.2 轨道交通工程建设过程中,轨道铺设施工测量、设备安装测量、线路贯通测量以及与限界有关的各项测量工作,应采用共同的控制测量基准。

#### 3.0.3 城市轨道交通工程地质勘察宜按相应规划、设计阶段的技术要求分可行性研究勘察、初步勘察和详细勘察,施工阶段可根据特殊需要开展施工勘察。

#### 3.0.4 城市轨道交通工程地质勘察应根据工程不同设计阶段的任务、目的和要求,针对拟建工程的结构类型、特点、规模和场地地质条件,制定勘察大纲。

#### 3.0.5 工程重要性等级可根据工程规模、建筑类型和特点以及因岩土工程问题造成工程破坏的后果,按照表 3.0.5 的规定进行划分:

表 3.0.5 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	城市轨道交通工程区间及车站主体、车场出入段线、控制中心、主变电站、地下停车场、各类隧道、车辆基地内的轨行区大中型桥梁等涉轨项目
二级	严重	车辆基地内的非轨行区路基、小桥和涵洞、车站出入口(不含隧道)、风井、施工竖井、盾构始发(接收)井等非涉轨的附属设施

注:上表所列项目以外的其它建设工程,与轨行区结构分离的,其重要性等级划分应符合现行地方标准《工程地质勘察规范》DBJ 50/T-043 的有关规定。

3.0.6 建设场地地质环境复杂程度分类应符合本标准附录 A 的规定。

3.0.7 工程周边环境风险等级可根据工程周边环境与工程的相互影响程度及破坏后果的严重程度进行划分:

1 一级环境风险,工程周边环境与工程相互影响很大,破坏后果很严重;

2 二级环境风险,工程周边环境与工程相互影响大,破坏后果严重;

3 三级环境风险,工程周边环境与工程相互影响较大,破坏后果较严重;

4 四级环境风险,工程周边环境与工程相互影响小,破坏后果轻微。

3.0.8 城市轨道交通工程地质勘察等级,可按下列条件划分:

1 甲级,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或复杂的勘察项目;

2 乙级,除勘察等级为甲级以外的勘察项目;

3 表 3.0.5 所列建筑类型以外的建设工程,其勘察等级的划分应符合现行地方标准《工程地质勘察规范》DBJ 50/T-043 和《市政工程地质勘察规范》DBJ 50-174 的有关规定。



**3.0.9** 乙级勘察的勘察工作量应在本标准规定的范围内,按工作量较少的原则确定。

**3.0.10** 城市轨道交通岩土分类与鉴定应符合现行地方标准《工程地质勘察规范》DBJ 50/T-043 的有关规定。城市轨道交通工程的场地土类型划分、场地抗震地段类别划分、地基土液化判别应符合现行国家标准《城市轨道交通结构抗震设计规范》GB 50909、《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

**3.0.11** 深浅埋隧道划分应符合现行行业标准《铁路隧道设计规范》TB 10003 的有关规定。

**3.0.12** 边坡工程除应符合现行地方标准《工程地质勘察规范》DBJ 50/T-043 的有关规定外,还应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的有关规定。不良地质场地、特殊地基的勘察工作应符合现行行业标准《铁路工程不良地质勘察规程》TB 10027、《铁路工程特殊岩土勘察规程》TB 10038 的有关规定。

**3.0.13** 地球物理勘探方法的选择应根据勘探目的、地表建构筑物、地形、地貌、地质和地球物理条件综合分析,合理确定。

**3.0.14** 城市轨道交通工程应对周边环境进行专项调查,保证工程周边环境专项调查资料满足工程勘察、设计、施工需要,确保工程及其周边环境安全。

**3.0.15** 当存在对工程的安全性和经济性有重大影响不良地质现象时,宜对不良地质现象进行专项勘察。

**3.0.16** 遇下列情况时,应进行水文地质的专项勘察:

- 1 工程建设对区域地下水疏干或环境保护有重大影响时;
- 2 沿线水文地质条件复杂,且工程建设对地下水控制有重要影响时;
- 3 地下水的水文地质专项勘察应符合现行地方标准《建设工程水文地质勘察标准》DBJ 50/T-327 的规定。

**3.0.17** 根据国家有关法规需要定期进行检定的测量器具、试验与测试设备及勘测工具,使用时应在有效的检定周期内。作业时

应避免作业环境对仪器的影响。

**3.0.18** 钻孔、探井、探槽在编录、测试完成后应及时妥善回填，避免对工程和人员造成危害。

重庆工程建设

## 4 线路现状图测绘及线路定线测量

### 4.1 一般规定

4.1.1 线路现状图测绘包括控制测量、线路带状地形图测绘、地下空间及地下管线测量。

4.1.2 线路现状图测绘工作前,应尽量收集线路范围内的测绘成果,并分析其适用性。在此基础上开展线路现状图修测或测绘工作。

4.1.3 根据工程建设不同阶段的要求,可行性研究阶段线路现状图比例尺可采用 1:2 000,初步勘察阶段和详细勘察阶段线路现状图比例尺可采用 1:500,车站局部地区和区间重点部位按设计要求可选用 1:200 比例尺。

4.1.4 线路现状图图式应符合现行国家标准《国家基本比例尺地形图图式第 I 部分:1:500 1:1 000 1:2 000 地形图图式》GB/T 20257.1 和现行地方标准《重庆市城乡规划基础空间数据要求》DB 50/T592 的有关规定,对于没有规定的图式符号,应在技术设计、技术总结中进行说明。

4.1.5 线路现状图测绘可选用全站仪数字化测图、航空摄影测量成图、GNSS RTK 测图、三维激光扫描仪测图、移动测量等能够达到本标准规定精度的测绘方法,并提供数字化成果。

4.1.6 线路现状图测绘、表示方法、取舍和注记应符合现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 的有关规定。

4.1.7 线路现状图及线路定线测量成果质量检查与验收应符合现行国家标准《测绘成果质量检查与验收》GB/T 24356 的有关规定。

4.1.8 需要进行房屋拆迁测量、勘测定界测量、水域地形测量等工作时,应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/

T 50308 的有关规定。

## 4.2 控制测量

4.2.1 控制测量包括地面图根控制测量和地下图根控制测量。

4.2.2 地面图根控制测量应利用城市各等级控制点或城市轨道交通工程地面各等级控制点进行加密,或采用 GNSS RTK、图根导线等方法进行布设,并应符合下列规定:

1 GNSS RTK 测量宜采用网络 RTK 方法进行,困难地区可采用后处理动态测量方法进行;GNSS 高程测量宜与 GNSS RTK 同步测量,具体作业方法与技术要求应符合现行行业标准《卫星定位城市测量技术标准》CJJ/T 73 的有关规定;

2 采用附和图根导线时,附和次数不宜超过 2 次;现场无法布设附和图根导线时,可布设支导线;图根导线测量技术要求应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

4.2.3 地下图根控制测量宜采用导线测量方法进行,地下高程控制测量可采用图根水准或光电测距三角高程测量方法,具体作业方法与技术要求应符合现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 的有关规定。当边长和导线长度较短时,其技术要求应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 地下图根控制导线测量技术要求

导线长度 (m)	平均边长 (m)	每边测距相 对中误差	水平角观测回数 (Ⅲ级全站仪)	方位角闭合差 (")	导线全长相对 闭合差
300	30	1/2 000	1	$+90\sqrt{n}$	1/1 000

注:1  $n$  为测站数;

2 困难测区导线超长或导线边长过短时,应提高测量精度,导线坐标闭合差应在 $\pm 0.3\text{m}$ 以内。

4.2.4 地下图根导线宜布设为附合导线,条件不具备时,可布设支导线,支导线测量技术要求应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

4.2.5 地下空间有出入口的,地下图根导线宜经由出入口布设,也可通过联系测量方式进行地下导线定向测量。

4.2.6 地下导线或支导线超长时,宜在导线中间或支导线 2/3 处采用陀螺经纬仪加测方位角。

### 4.3 线路带状地形图测绘

4.3.1 线路带状地形图应在收集已有地形图基础上进行,已有地形图满足精度、现势性等要求时宜直接利用,否则应重新测绘。

4.3.2 线路带状地形图分幅应符合下列规定:

1 带状地形图宜采用自由分幅,施测前应进行分幅设计;

2 自设计线路起点沿线路前进方向顺序编号,编号以分数表示,分母为总图幅数,分子为所在图幅号;

3 图幅长度宜在 100cm~150cm 之间,相邻图幅长度不宜变化过大;

4 分幅不宜设在重要建筑、路口、设计车站等位置;当线路有比选方案时,宜将其测绘在同一幅图内;当设计对接图位置有特殊要求时,应满足设计要求。

4.3.3 线路带状地形图测量范围应符合下列规定:

1 区间部分距中线距离在可行性研究阶段不应小于 200m,初勘阶段不应小于 100m,详勘阶段不应小于 50m;

2 车站部分距中线距离不应小于 200m;

3 带状地形图测量范围可根据勘察、设计、施工等工作需要进行调整,线路周边有不良地质现象的还应包括其影响范围。

4.3.4 线路带状地形图基本等高距 1:500 比例尺宜为 0.5m, 1:2 000 比例尺宜为 1m。

#### 4.3.5 线路带状地形图成图精度应符合下列要求：

1 地物点相对于邻近图根点点位中误差、邻近地物点间距中误差和细部点点位中误差应符合表 4.3.5-1 的规定：

表 4.3.5-1 地物点相对于邻近图根点点位中误差、邻近地物点间距中误差和细部点点位中误差(mm)

测点类别	地物点相对于邻近图根点的图上点位中误差	邻近地物点的图上间距中误差	细部点的点位中误差
建筑区 或平坦地区	+0.5	+0.4	+50
困难地区	+0.7	+0.6	+70

2 地形图注记点高程中误差和细部点高程中误差应符合表 4.3.5-2 的规定：

表 4.3.5-2 地形图注记点高程中误差和细部点高程中误差(mm)

测点类别	地物注记点高程中误差	地形注记点高程中误差	细部点高程中误差
建筑区 或平坦地区	+50	+150	+20
困难地区	+80	+150	+30

3 等高线内插点的高程中误差应不大于 $+0.5H_d$ ， $H_d$ 为基本等高距。

4.3.6 线路带状地形图测绘时，应进行已知点检校，检查点平面位置误差不应大于图上 0.2mm，高程较差不应大于 1/5 基本等高距。

4.3.7 线路带状地形图基本等高距为 0.5m 时，高程注记点应注记至 0.01m；基本等高距大于 0.5m 时，可注记至 0.1m。

4.3.8 线路带状地形图测绘时，等于或高于 10 千伏的高压线应测绘线高、线宽，并应标注电压伏数、线路名称及观测时温度。

4.3.9 线路带状地形图采用航空摄影测量成图时，测量方法、技

术要求等应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 和现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 的有关规定。

**4.3.10** 现状地形图测绘结束后,应提交技术设计书、地形图成果文件、技术总结、质量检查验收报告等资料。

## 4.4 地下管线测量

**4.4.1** 地下管线测量内容应包括给水、排水、燃气、热力、工业、电力、通信(含广播电视)、综合管沟(廊)等管道(沟、廊)、线缆及其附属设施。地下管线取舍标准应符合表 4.4.1 的规定。

表 4.4.1 地下管线取舍标准

管线类别	需探测的管线
给水	管径 $\geq 100\text{mm}$
排水	管径 $\geq 200\text{mm}$ 或方沟 $\geq 300\text{mm} \times 300\text{mm}$
燃气	管径 $\geq 75\text{mm}$
工业	全测
热力	全测
电力	全测
通信	全测
综合管沟(廊)	全测

**4.4.2** 地下管线调查和测绘前应收集相关资料,内容宜包括:

- 1 已有控制成果和地形图资料;
- 2 地下管线工程档案,包括设计图(含总平面图和平面图)、施工图、竣工图及相应的技术说明等资料;
- 3 已建成的地下管线库、城管部件库、人防信息库等数据库中涉及地下管线的资料;
- 4 已有各种物探方法试验资料,探测误差统计与开挖验证

资料等。

**4.4.3** 现场踏勘时,应察看地下空间分布情况,地下建筑物和地下交通设施的出入口和内部布局、地下管线明显点的分布和走向、地面测量标志保存情况等,并了解当地的环境和地球物理条件及可能对探查和测量产生的干扰。

**4.4.4** 线路沿线地下管线应进行实地调查、量测,并应符合下列规定:

1 应查明管线的性质(载体)、类型、埋设方式、材质、建设日期、权属单位和附属设施等;

2 在明显管线点上应量测地下管线的埋深;

3 应查明地下管线的规格,管道、管廊(沟)或管线隧道应量测其断面尺寸,电缆管块(组)应量测其外包络的宽和高,多孔箱涵应量测其单孔的断面尺寸、总孔数,并根据设计或施工需要量测占用孔数,地下管线规格应以毫米为单位表示;

4 因缺乏明显管线点或在已有明显管线点上不能查明有关属性项目时,应注明原因,或借助其他方式进行调查。

**4.4.5** 隐蔽地下管线宜查明位置、走向、埋深等,并应符合下列规定:

1 探查前应进行探查方法试验和仪器检校;

2 地下管线探查应确定其交叉点、分支点、转折点、变径点、起终点及附属设施中心点等特征点在地面的投影位置,对设计、施工有特殊需要的位置也应进行探查;

3 经探查定位的地下管线点宜设置地面标志;

4 探查所获资料尚不能满足设计与施工要求时,应根据现场情况确定补充开挖、调查与测绘的位置和范围。

**4.4.6** 地下管线测量可采用全站仪极坐标法或 GNSS RTK 方法施测,测量内容应包括明显管线点、起终点、转折点等管线特征点及管线附属设施的平面位置及高程。当地下管线中心线偏离检修井中心,且偏距大于 0.2m 时,应测量管线在地面的投影位



置,并将检修井作为管线附属设施。

#### 4.4.7 地下管线探测精度应符合下列规定:

- 1 明显管线点埋深量测精度应符合下列规定:
  - 1) 埋深小于或等于 3m 时量测中误差不应大于+5cm;
  - 2) 埋深大于 3m 时量测中误差不应大于+7.5cm。
- 2 隐蔽管线点探查精度应符合下列规定:
  - 1) 平面位置探查中误差不应大于 $\pm 0.05h$ ( $h$ 为管线中心埋深,单位为厘米,当 $h < 100\text{cm}$ 时按 $h - 100\text{cm}$ 计算);
  - 2) 埋深探查中误差不应大于 $\pm 0.075h$ ( $h$ 为管线中心埋深,单位为厘米,当 $h < 100\text{cm}$ 时按 $h - 100\text{cm}$ 计算)。
- 3 地下管线点的测量精度应符合下列规定:
  - 1) 相对于邻近控制点的平面位置测量中误差不应大于+5cm;
  - 2) 相对于邻近控制点的高程测量中误差不应大于+5cm。
- 4 特殊项目精度要求可根据设计或施工需要确定。

4.4.8 地下管线数据宜按照管线和设施分层存储,并可根据设计需要输出专业管线图、综合管线图或管线剖面图。地下管线数据分层、颜色、代号、分类代码、图式等应符合现行行业标准《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61 的有关规定。

4.4.9 地下管线成果表内容宜包括管线点号、管线连接点号、管线类型、管径或断面尺寸、材质、埋深、管线点坐标、高程、压力或电压、电缆根数或总孔数及已用孔数、权属单位和埋设日期等。

4.4.10 轨道交通工程建设过程中,可根据不同工程阶段设计、施工的具体要求,对影响轨道交通工程建设的重点区域、主要管线等进行复查或复探。

4.4.11 管线测绘完成后应进行抽样检查,隐蔽管线点和明显管线点的抽样比例分别不少于各自总点数的 5%,检查内容应包括

管线点的几何精度和属性。

## 4.5 地下空间测量

4.5.1 地下空间测量内容包括地下空间设施、地下建筑物、地下交通设施及其附属设施。

4.5.2 地下空间调查和测绘前应进行现场踏勘和收集相关资料。现场踏勘应察看地下空间分布情况,地下建筑物和地下交通设施的出入口和内部布局等。资料收集的内容宜包括:

- 1 已有控制成果和地形图资料;
- 2 地下空间设施开发、利用和管理资料;
- 3 地下空间设施工程档案,包括设计图(含总平面图和平面图)、断面图、施工图、竣工图及相应的技术说明等资料。

4.5.3 对轨道交通线路沿线地下空间设施应进行现场调查,填写属性信息调查表,属性信息调查表宜包括设施类型、主要用途、建筑结构、权属单位等内容。

4.5.4 地下空间测绘应测定各类地下空间特征点、线的坐标和高程,除应符合本标准 4.3 节相关规定外,还应符合下列规定:

- 1 地下建筑物应测定其内轮廓,如设计施工需要结构厚度时,应通过专项基础调查确定墙壁厚度;
- 2 通风口、地下通道及其出入口等主要设施应测注几何断面各特征点坐标和顶、底板高程,地下通道转弯或高程变化处应加测特征点坐标和高程;
- 3 地下建筑物底面高程注记应与地面高程注记相区分;
- 4 地下通道除测量巷道及附属设施平面位置外,还应测量起点、终点、转折点、交点、变坡点等处内顶、内底板高程;地下通道平面图上应注记衬砌材料和通道名称等;
- 5 多层地下建筑宜分层施测。

4.5.5 地下空间测绘成果应叠加地形图,地下空间图应以虚线

表示。复杂或有特殊需要的地下空间宜用专题图表示。

## 4.6 线路定线测量

4.6.1 轨道交通线路定线测量宜根据设计、施工需要开展,包括线路中线测量、线路纵横断面测量。中线测量和纵断面测量宜同步开展,特殊情况下可分别进行。

4.6.2 轨道交通定线测量可利用线路带状地形图控制点或其加密点,也可在该线路施工控制网点及其加密点上,加密控制点精度不应低于图根控制点。

4.6.3 线路定线测量前,应对线路中线设计资料进行复核,数据无误后根据线路初步设计要求编制测量作业方案。

4.6.4 线路中线桩应包括百米桩、曲线要素桩等,同时宜在车站两端和站中、不同地物和地貌分界点、地形起伏变化处、沟坎渠坡等处应设置加密桩。

4.6.5 纵断面桩点间距直线段不应大于 20m、曲线段不应大于 10m。纵断面桩点应包括百米桩、曲线要素桩等,遇下列情况应加桩:

- 1 车站两端和站中;
- 2 线路中线与建筑物、铁路、公路、桥涵、沟渠、水域边界交点;
- 3 高差大于 0.5m 的坡、坎上下等地形变化处;
- 4 设计中有特殊要求的位置。

4.6.6 横断面间距与纵断面桩点间距保持一致,宜在每个纵断面桩点上,进行横断面测量。在直线段横断面测量应沿中线垂直方向施测,在曲线段应沿线路法线方向施测。对于外业施测困难的区域,可利用大比例尺数字地形图图解获得横断面成果。

4.6.7 纵横断面测量,可利用数字地形图解析、水准测量、全站仪电磁波测距三角高程、GNSS RTK、三维激光扫描等方法进行。

利用数字地形图解析方法测量纵横断面时,应对地物地貌特征点进行加密测量。

**4.6.8** 纵横断面测量点应选择在反映地物、地貌特征以及河湖沟坎坡、线路与建构筑物 and 铁路公路的交叉处等位置以及设计有特殊要求的位置。绘横断面时需注意各断面相邻位置,避免交叉重叠。

**4.6.9** 纵断面桩点涉及设计所依据的铁路轨顶、桥面、道路路面、探坑等重要位置时,其高程测量精度应符合本标准表 4.3.5-2 中细部点高程精度要求。

**4.6.10** 横断面测量宽度及测点间距应符合下列规定:

1 测量宽度应包括左线中线左侧、右线中线右侧各不小于 30m 及两中线之间的全部范围内;

2 横断面测量宽度需充分考虑设计和施工方案,如线路两侧形成边坡,测量宽度应包含边坡坡顶线或坡底线以外 5m 范围;

3 横断面测点间距一般为 10m,地貌、地物变化复杂地段,横断面测点应加密布设。

**4.6.11** 纵横断面测量成果应通过内业检查、实地巡查和实地抽查。实地巡查应覆盖沿线地物、地貌复杂区域,检核施放桩位是否合理;实地抽查不应少于工作量的 5%。纵断面实地抽查测量精度不应低于原施测精度,复测纵断面桩点平面点位较差不应大于 +10cm,高程较差不应大于 10cm;横断面实地抽查宜在对应纵断面桩点上设站,距离、高差的检测互差限差应符合表 4.6.11 的规定。

表 4.6.11 横断面检测互差限差

项目	互差限差(m)
距离	$\leq L/100+0.1$
高差	$\leq h/100+L/1\ 000+0.2$

注:1 L 为检测点至线路中桩的水平距离(m);

2 h 为检测点至线路中桩的高差(m)。

**4.6.12** 绘制纵横断面图时,比例尺应符合现行国家标准《城市

轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定,有特殊用途的,可按照设计需要的比例尺绘制。

**4.6.13** 线路定测成果应包括线路中桩高程表、线路纵断面图、各中桩横断面图。

**4.6.14** 线路定测其他要求应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

## 5 施工测量

### 5.1 一般规定

5.1.1 施工阶段测量应包括控制测量,高架结构及桥梁施工测量,明挖隧道、车站施工测量,暗挖隧道、车站施工测量,车辆基地施工测量,贯通误差测量,线路中线调整和结构断面测量,铺轨基标测量,设备安装测量等内容。

5.1.2 施工控制测量应满足轨道交通土建施工和设备安装的精度要求,控制点布设应考虑施工工序和施工工况,确保点位稳定,方便使用和保护。

5.1.3 施工控制测量应包括地面控制测量、联系测量、地下控制测量。

5.1.4 高架结构及桥梁施工测量应包括高架结构及桥梁的柱(墩)基础、柱(墩)、柱(墩)上的横梁、横梁上的纵梁等结构的施工测量。

5.1.5 隧道、车站施工测量应包括暗挖隧道、车站施工测量和明挖隧道、车站施工测量。

5.1.6 暗挖隧道、车站施工测量应包括施工导线测量、施工高程测量、隧道及车站施工测量等。

5.1.7 明挖隧道、车站施工测量应包括基坑围护结构、基坑开挖和结构施工测量等。

5.1.8 施工测量方案编写前应进行踏勘和收集资料,并根据工程特点、施工工法、施工工艺过程、工程周边环境以及使用的仪器设备等条件和要求编写施工测量方案。

5.1.9 施工期间应加强测量控制点保护,并对破坏的测量控制点进行恢复。

5.1.10 本标准未明确规定的其他技术要求,应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

## 5.2 地面控制测量

5.2.1 地面控制网应根据城市轨道交通线网规划布局,建设步骤和工程建设要求进行设计,并分等级布设。

5.2.2 平面控制网应分为三个等级,一等为城市轨道交通卫星定位控制网,二等为线路卫星定位控制网,三等为线路精密导线网。一等网应一次全面布设,二、三等网可分期、分线路布设。

5.2.3 城市轨道交通卫星定位控制网投影面高程应与城市现有坐标系统投影面高程一致,若城市轨道交通工程线路轨道的平均高程与城市投影面高程的高差影响每千米大于5mm时,应采用线路轨道平均高程作为投影面高程。

5.2.4 一、二等平面控制网测量应符合表 5.2.4 的规定。

表 5.2.4 一、二等平面控制网主要技术要求

控制网等级	平均边长(km)	固定误差 <i>a</i> (mm)	比例误差 <i>b</i> (mm/km)	相邻点的相对点位中误差(mm)	最弱点点位中误差(mm)	最弱边相对中误差	不同线路控制网重合点坐标较差(mm)
一等	8	≤5	≤2	+20	/	1/200 000	/
二等	2	≤5	≤5	+10	+12	1/100 000	≤25

基线长度中误差宜按式 5.2.4 计算。

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (b \cdot d \cdot 10^{-6})^2} \quad (5.2.4)$$

式中: $\sigma$  基线长度中误差(mm);

$a$  固定误差(mm);

$b$  比例误差系数(ppm);

$d$  基线边长(km)。

5.2.5 一、二等平面控制网测量应符合表 5.2.5 的规定。

表 5.2.5 一、二等平面控制网测量技术要求

项目	一等平面控制网	二等平面控制网
接收机类型	双频	双频
观测量	载波相位	载波相位
接收机标称精度	$\leq(5\text{mm}+2\times 10^{-6}\times d)$	$\leq(5\text{mm}+2\times 10^{-6}\times d)$
卫星高度角( $^{\circ}$ )	$\geq 15$	$\geq 15$
同步观测接收机(台)	$\geq 3$	$\geq 3$
有效观测卫星数(颗)	$\geq 4$	$\geq 4$
每站重复设站数(次)	$\geq 2$	$\geq 2$
观测时段长度(min)	待测点间基线观测时间 $\geq 120$ , 与 CORS 站联测的基线观测 时间 $\geq 240$	$\geq 60$
数据采样间隔(s)	10~30	10~30
点位几何图形强度因子 (PDOP)	$\leq 6$	$\leq 6$

注:表中  $d$  为相邻点间距离,单位 km。

5.2.6 三等平面控制网应为附合导线、闭合导线或结点导线网。三等平面控制网测量应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

5.2.7 二等、三等平面控制网使用前应采用 I 级全站仪进行边长角度检核,检核限差应符合表 5.2.7 的规定。

表 5.2.7 二、三等平面控制网边长角度检核限差

项目	较差限差	
	二等	三等
实测夹角与坐标解析夹角较差( $''$ )	$\leq 4.0$	$\leq 7.0$
实测边长与坐标解析边长较差(mm)	$\leq 10\sqrt{1+(d\cdot 10^{-6})^2}$	$\leq 2\sqrt{2}(1+d\cdot 10^{-6})$

注: $d$  为检核边长度,单位为 km。



**5.2.8** 高程控制网布设范围应与地面平面控制网相适应,应分两个等级布设,一等是城市轨道交通高程控制网,二等为轨道线路高程控制网。一等网应一次全面布设,二等网应根据建设需要分期布设。

**5.2.9** 高程控制网应采用水准测量方法施测,一等水准网水准点平间距应小于 4km,二等水准网水准点平间距应小于 1.5km。高程控制网测量应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

**5.2.10** 水准点标石和标志应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定,墙水准点应选在稳固的永久性建筑、加固坎上。

**5.2.11** 凡符合一、二、三等平面控制网要求的现有城市控制点的标石应充分利用。

**5.2.12** 已建成的二等平面、高程控制网宜 1~2 年复测 1 次,也可根据控制点稳定情况调整复测频次,控制网复测应符合下列规定:

- 1 控制网复测方案与原控制网测量方案应一致;
- 2 同一平面控制点复测结果与原成果坐标较差限差为 +24mm;
- 3 同一高程控制点间复测高差与原成果高差较差限差为  $6\sqrt{L}$  ( $L$  为高程控制点间水准路线长度,单位为千米)。

**5.2.13** 控制网测量结束后,应提交下列资料:

- 1 一、二等平面控制网,应包括下列内容:
  - 1) 技术设计书;
  - 2) 控制点点之记;
  - 3) 控制网示意图;
  - 4) 外业观测手簿及其他记录;
  - 5) 仪器检验资料;
  - 6) 控制网平差及精度评定资料;
  - 7) 控制点成果表;

- 8) 技术总结。
- 2 三等平面控制网,应包括下列内容:
    - 1) 技术设计书;
    - 2) 导线点点之记;
    - 3) 控制网示意图;
    - 4) 外业观测记录及内业计算成果;
    - 5) 仪器检验资料;
    - 6) 导线点坐标及精度评定成果表;
    - 7) 技术总结。
  - 3 高程控制网,应包括下列内容:
    - 1) 技术设计书;
    - 2) 水准点点之记;
    - 3) 水准网示意图;
    - 4) 外业观测手簿及仪器检验资料;
    - 5) 高程成果表及精度评定等资料;
    - 6) 技术总结。

### 5.3 联系测量

5.3.1 联系测量应包括地面近井导线测量、近井水准测量以及通过竖井、斜井、平峒、钻孔的定向测量和高程传递测量。

5.3.2 地面近井点包括平面近井点和高程近井点,应埋设在井口附近便于观测和保护的位置,并标识清楚。

5.3.3 地面平面近井点可直接利用卫星定位点或精密导线点测设,并应符合下列规定:

- 1 需进行导线点加密时,地面平面近井点与卫星定位点或精密导线点应构成附和或闭合导线;近井导线总长度不宜超过350m,导线边数不宜超过5条;

- 2 平面近井点测量技术要求应符合本标准第5.2.6条规

定,边长应大于 50m,近井点点位中误差应小于 10mm。

**5.3.4** 定向测量的地下近井定向边应大于 60m,且不应少于 2 条,传递高程的地下近井高程点不应少于 2 个,作业前应对地下定向边之间和高程点之间的几何关系进行检核。

**5.3.5** 隧道贯通前的联系测量工作应不少于 3 次,宜在隧道掘进到约 100m、300m 以及距贯通面 100m~200m 时分别进行一次。各次地下近井定向边方位角较差应小于  $12''$ ,地下高程点高程较差应小于 3mm,符合要求时,可取各次测量成果平均值作为后续测量起算数据指导隧道贯通。

**5.3.6** 隧道单向贯通距离大于 1.5km 时,应采用高精度联系测量方法或采取增加联系测量次数等,提高定向测量精度。

**5.3.7** 根据现场条件,定向测量宜采用联系三角测量、陀螺全站仪和铅垂仪组合定向法、导线直接传递法和投点定向测量法等。具体技术要求应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

**5.3.8** 高程传递测量应包括地面近井水准测量、高程传递测量以及地下近井水准测量。

**5.3.9** 高程近井点应利用一、二等水准点测定,并应构成附和、闭合水准路线。高程近井点测量应符合本标准第 5.2.9 条和第 5.2.10 条的规定。

**5.3.10** 高程传递测量宜采用悬挂钢尺法、电磁波测距三角高程法、水准测量法。

**5.3.11** 传递高程时,每次应独立观测三测回,测回间应变动仪器高,三测回测得地上、地下水准点间高差较差应小于 3mm。

**5.3.12** 在竖井内采用悬挂钢尺的方法进行高程传递时,应符合下列规定:

- 1 地上和地下安置的两台水准仪应同时读数,并应在钢尺上悬挂与钢尺检定时相同质量的重锤;

- 2 高差应进行温度、尺长改正,当井深超过 50m 时应进行钢

尺自重张力改正。

**5.3.13** 在斜井内采用电磁波测距法进行高程传递时,应符合下列规定:

1 应使用 I 级全站仪,距离往返观测各 4 测回,一测回 4 次读数,距离往返较差应不大于  $\sqrt{2}(a+b \cdot d \cdot 10^{-6})$  mm ( $a$  为测距仪固定误差,  $b$  为测距仪比例误差,  $d$  为测距边长度,单位为千米),距离测量值应进行常数改正和气象改正;

2 垂直角应往返各观测 6 测回,垂直角测回差和指标差较差应不大于  $5''$ ; 视线长度不宜大于 300m,前后视距差应不大于 15m,前后视距累计差应不大于 30m,视线垂直角不得大于  $10^\circ$ ;往返高差较差应不大于  $8\sqrt{d}$  mm ( $d$  为测距边长度,单位为千米);

**5.3.14** 高程传递测量采用水准测量方法时应符合本标准第 5.2.9 条的规定。

## 5.4 地下控制测量

**5.4.1** 地下控制测量应包括地下平面控制测量和地下高程控制测量。

**5.4.2** 直接从地面通过联系测量传递到地下的联系测量成果应作为地下平面和高程控制测量起算点。

**5.4.3** 地下平面和高程控制点标志,应根据施工方法和隧道结构形状确定,并宜埋设在隧道底板、顶板或两侧边墙上。

**5.4.4** 隧道贯通面一侧的长度大于 1500m 时,应通过钻孔投测坐标点或加测陀螺方位角等方法提高地下控制导线测量精度。

**5.4.5** 地下平面、高程控制测量开始前,应对起算点进行检校。平面控制测量起算点应采用不低于 II 级全站仪进行边长角度检校,其水平角较差应小于  $12''$ ,边长较差应小于  $2(a+b \cdot d \cdot 10^{-6})$  mm ( $a$  为固定误差,  $b$  为比例误差,  $d$  为测距数值(单位为千米));高程

控制测量起算点应采用不低于 DS1 等级水准仪进行段差检校,检校高差较差应小于  $6\sqrt{L}$  ( $L$  为检测测段长度,单位为千米,当检测测段长度小于 1 千米时,按 1 千米计算)。

**5.4.6** 地下平面控制测量点间平均边长宜为 150m,曲线段点间距不应小于 60m。

**5.4.7** 隧道掘进距离满足地下控制测量条件时,应及时进行地下控制测量。

**5.4.8** 控制点应避开强光源、热源、淋水等位置,控制点间视线距隧道壁或设施应大于 0.5m。

**5.4.9** 地下平面控制测量应采用导线测量等方法。导线测量应使用不低于 II 级全站仪施测,左右角各观测两测回,左右角平均值之和与  $360^\circ$  较差应小于  $4''$ ,边长往返观测各两测回,往返边长平均值较差应小于 4mm。测角中误差应小于  $+2.5''$ ,测距中误差应小于  $+3\text{mm}$ 。

**5.4.10** 控制点点位横向误差应符合式 5.4.10 要求:

$$m_u \leq m_v \times (0.8 \times d/D) \quad (5.4.10)$$

式中:  $m_u$  导线点横向误差(mm);

$m_v$  贯通中误差(mm);

$d$  控制导线长度(m);

$D$  贯通距离(m)。

**5.4.11** 地下控制导线延伸前,应对已有控制点进行检测,并以稳定的控制点作为延伸测量的起点。

**5.4.12** 控制导线点在隧道贯通前应至少测量三次,并宜与竖井定向同步进行。重合点重复测量坐标分量的较差应小于  $30 \times d/D$  (mm) ( $d$  为控制导线长度,  $D$  为贯通距离,单位均为米)。满足要求时,应取逐次测量平均值作为控制点成果指导隧道掘进。

**5.4.13** 高程控制测量应采用二等水准测量方法,并应起算于地下近井水准点。

**5.4.14** 高程控制点可利用地下导线点,单独埋设时宜每 200m

埋设一个。

**5.4.15** 地下高程控制测量的方法和精度,应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 中二等水准测量的有关规定。

**5.4.16** 水准测量应在隧道贯通前进行三次,并应与高程传递测量同步进行。重复测量的高程点间高程较差应小于 5mm,满足要求时,应取其平均值作为控制点成果。

**5.4.17** 相邻竖井间或相邻车站间隧道贯通后,应以地面二等平面控制点为起算点,在地下布设地下精密导线点,其点位应采用强制归心标志,测量应符合表 5.4.17、表 5.4.18 的规定。以地面二等水准点为起算点,组成附和导线线路,在地下按照二等水准测量精度布设水准点。

表 5.4.17 地下精密导线主要技术要求

平均边长 (m)	闭合环或附和导线总长度 (km)	每边测距中误差 (mm)	测角中误差 (")	方位角 闭合差 (")	全长相 对闭 合差	相邻点的相对 点位中误差 (mm)
120	3.6	$\pm 3.0$	$\pm 1.8$	$\pm 3.6\sqrt{n}$	1/35 000	+8

注:1  $n$  为精密导线的角度个数,不宜超过 30 个,导线边长不应小于 40m,且相邻边比例不宜大于 2:1;

2 附和导线超长时,宜布设成结点导线网,结点间角度个数不应超过 8 个;

3 其他技术要求应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

**5.4.18** 地下精密导线应采用 I 级全站仪观测,技术要求应符合表 5.4.18 的规定。

表 5.4.18 地下精密导线测量基本技术要求

水平角测回数	边长测回数	点位中误差(mm)	测距相对中误差
4	往返测距各 2 测回	15	1/40 000

注:当测距边长小于 120m 时,测距相对中误差可不受上表限制,但测距边长中误差不应大于 +3mm。

**5.4.19** 使用地下精密导线点时,应采用 1 级全站仪进行测角测距检校。实测夹角与坐标解析夹角较差和实测边长与坐标解析边长较差应满足本标准第 5.2.7 条中三等平面控制网边长角度检核限差。

## 5.5 高架结构及桥梁施工测量

**5.5.1** 进行高架结构及桥梁施工测量时,应根据高架线路结构和桥梁设计图,选择卫星定位点、精密导线点和二等水准点等测量控制点作为起算点。

**5.5.2** 柱、墩基础施工应利用卫星定位点或精密导线点采用极坐标法等进行放样,放样后应进行检核。

**5.5.3** 同一里程多柱或柱下多桩组合的基础放样应分别进行,放样后应对柱或桩间的几何关系进行检核。

**5.5.4** 柱、墩基础放样精度应符合下列要求:

- 1 横向放样中误差应小于+5mm;
- 2 柱、墩间距测量中误差应小于+5mm;
- 3 各跨纵向累积测量中误差应小于 $+5\sqrt{n}$ mm( $n$ 为跨数);
- 4 柱下基础高程测量中误差应小于+10mm。

**5.5.5** 基础放样后应测设基础施工控制桩,施工控制桩宜设立 2 组,每组控制桩两侧应不少于 2 个,其中一组控制桩间连线宜垂直于线路方向。

**5.5.6** 柱、墩基础施工时,应以施工控制桩为依据,测定基坑边沿线、基础结构混凝土模板位置线,其位置中误差应小于+10mm;基底高程、基础结构混凝土面或灌注桩桩顶高程中误差应小于+10mm。

**5.5.7** 柱、墩基础施工完成后,应进行基础承台施工测量。基础承台施工测量应符合下列规定:

1 主要放样内容应包括中心或轴线位置、模板支立位置和顶面高程；

2 基础承台中心或轴线位置测量中误差应小于+5mm、模板支立位置测量中误差应小于+7.5mm、顶面高程测量中误差应小于+5mm。

5.5.8 柱、墩施工时，应对柱、墩中心位置、模板支立位置及尺寸、垂直度以及顶部高程等进行检测。柱、墩中心位置测量中误差不大于+5mm、模板支立位置及尺寸测量中误差不大于+5mm、垂直度测量误差为1%、顶部高程测量中误差不大于+5mm。

5.5.9 柱、墩施工测量应满足下列要求：

1 中心或轴线位置应利用施工控制桩或精密导线点进行测设，测量精度应小于+5mm；

2 施工模板位置线应以柱、墩中心和轴线控制，用经纬仪或钢卷尺进行标定，并以墨线标记；

3 模板支立铅垂度可使用经纬仪或吊锤进行测量，垂直度偏差应小于1%；

4 高程可采用水准测量、钢尺丈量等方法，并应在设计高度标记高程线。

5.5.10 浇筑混凝土前，应对模板中心坐标和垂直度等进行复核测量，模板中心坐标测量误差应小于+3mm，垂直度偏差应小于1%。

5.5.11 柱、墩施工完成后，应按下列要求测定柱、墩顶帽中心坐标和高程。

1 利用精密导线点，将柱、墩中心独立两次投测到柱、墩顶帽，两次投测较差应小于3mm；以两次投点连线的中点作为最终投点，并埋设中心标志；中心标志固定后应测量其点位坐标，其实测坐标与设计坐标较差应小于10mm；

2 利用水准仪和悬吊的钢尺，将高程传递到每一个柱、墩顶



部高程点上;高程传递按现行国家标准《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898 的规定独立测量两次,其较差应小于 5mm,并以两次测量高程均值作为最终高程。

5.5.12 横梁施工前,应对柱、墩顶部中心位置、高程及相邻柱距进行检核和位置调整。依据检核后的控制点进行横梁位置标定。

5.5.13 横梁现浇前应检测模板支立的位置、方位和高程,其轴线测量误差应小于+5mm,结构断面尺寸和高程测量误差应小于+1.5mm。

5.5.14 预制梁安装前必须检查其几何尺寸和预埋件位置。

5.5.15 纵梁架设前应对支承横梁上线路中线点、桥墩跨距和顶帽上的高程点进行检测。

5.5.16 纵梁采用混凝土预制梁,安装预制梁时,其中线和高程与线路设计中线和高程的较差应小于 5mm。

5.5.17 纵梁采用混凝土现浇梁时,应在现浇梁端模上测设线路中线和高程控制点,其测量精度均应小于+5mm。

## 5.6 暗挖隧道、车站施工测量

5.6.1 施工测量前,应熟悉设计图纸,检核设计数据,并对已有测量资料进行检核。

5.6.2 施工竖井、斜井等地面放样,应测设结构四角或十字轴线,放样后应进行检核。临时结构放样中误差为+50mm,永久性结构放样中误差为+20mm。

5.6.3 暗挖隧道掘进初期,施工测量应以联系测量成果为起算依据,进行地下施工导线和施工高程测量,测量前应对联系测量成果进行检核,其中水平角较差应不大于+20",测距较差应不大于+8mm,检核高程点间高差较差应不大于+6mm。

5.6.4 随着暗挖隧道的延伸,应以地下平面控制点和高程控制点为依据,进行地下施工导线和施工高程测量。

5.6.5 暗挖隧道施工测量应以地下平面控制点或施工导线点测设线路中线或隧道中线,以地下高程控制点或施工高程点测设施工高程控制线。

5.6.6 隧道掘进距贯通面 60m 时,应对线路中线或隧道中线和高程控制线进行检核。

5.6.7 隧道贯通后,应立即进行平面和高程贯通误差测量。

5.6.8 施工导线测量应符合下列要求:

- 1 导线边数不应超过 3 条,总长不应超过 180m;
- 2 导线点宜设置在线路中线或隧道中线上;
- 3 施工导线测量技术要求应符合表 5.6.8 规定。

表 5.6.8 施工导线测量技术要求

仪器等级(全站仪)	测角中误差(″)	测距中误差(mm)	测回数
Ⅱ	+6	+5	1
Ⅲ	+6	+5	2

5.6.9 施工高程测量应符合下列要求:

1 施工高程测量应采用水准测量方法,水准点宜每 50m 设置一个;

2 施工高程测量可采用不低于 DS3 级水准仪和区格式木制水准尺,并按城市四等水准测量技术要求进行往返观测,其闭合差应在  $\pm 20\sqrt{L}$  mm ( $L$  为水准路线长度,单位为千米)之内。

5.6.10 矿山法隧道线路或结构中line测设应符合下列规定:

1 中线测设应以地下平面控制点或施工导线点为起算点,高程控制线测设应以地下高程控制点或施工高程点为起算点;

2 中线或结构中心线宜采用不低于Ⅲ级全站仪,高程控制线宜采用不低于 DS3 级水准仪测定;隧道每掘进 30m~50m 应重新标定中线和高程控制线,标定后应进行检查;

3 曲线隧道施工宜采用全站仪极坐标法进行曲线要素点和

加密曲线点测设。

**5.6.11** 利用激光指向仪指导隧道掘进时,应符合下列规定:

1 激光指向仪设置的位置和光束方向,应根据中线和高程控制线设定;

2 仪器设置必须安全牢固,激光指向仪安置距工作面的距离不应小于 30m;

3 隧道掘进中,应经常检查激光指向仪位置的正确性,并对光束进行校正。

**5.6.12** 采用喷锚构筑法进行隧道施工时,宜以中线为依据,安装超前导管、管棚及隧道初期支护中的钢拱架和边墙格栅以及控制喷射混凝土支护的厚度,其测量允许误差为 $\pm 20\text{mm}$ 。

**5.6.13** 采用弦线支距法测设曲线时,与弦线相对应的曲线矢距在下列条件下,应以弦线代替曲线,并应符合下列规定:

1 开挖土方和进行导管、管棚、格栅等混凝土支护施工,矢距不大于 20mm;

2 混凝土结构施工,矢距不大于 10mm。

**5.6.14** 隧道二衬结构施工前应进行贯通测量,相邻车站或竖井间的地下控制导线和水准线路应形成附合线路,并进行严密平差;以平差后地下控制点作为二衬施工测量依据,进行中线和高程控制线测量。

**5.6.15** 在隧道未贯通前必须进行二衬施工时,应采取增加控制点测量次数(联系测量和控制点复测)、钻孔投点以及加测陀螺方位等方法,提高现有控制点精度,并以其调整中线和高程控制线。同时应预留不小于 150m 长度的隧道不得进行二衬施工,作为贯通误差调整段。待预留段贯通后,应以平差后的控制点为依据进行二衬施工测量。

**5.6.16** 用台车浇筑隧道边墙二衬结构时,台车两端中心点与中线偏离允许误差为 $\pm 5\text{mm}$ 。曲线段台车长度与其相应曲线的矢距不大于 5mm 时,台车长度可代替曲线长度。台车两端隧道结

构断面中心点的高程,应采用直接水准测设,与其相应里程的设计高程偏差应小于 5mm。

**5.6.17** 掘进机法隧道施工测量应包括掘进机始发、掘进和接收三个阶段施工测量工作。

**5.6.18** 掘进机始发井建成后,应利用联系测量成果加密测量控制点,满足中线测设、掘进机组装、反力架和导轨安装等测量需要。线路中线、反力架及导轨测量控制点的三维坐标测设值与设计值较差应小于 3mm。

**5.6.19** 掘进机姿态测量时,在掘进机上所设置的测量标志应符合下列规定:

1 掘进机测量标志不应少于 3 个,测量标志应牢固设置在掘进机纵向或横向截面上,标志点间距离应尽量大,前标志点应靠近切口位置,标志可粘贴反射片或安置棱镜;

2 测量标志点的三维坐标系应和掘进机几何坐标系一致或建立明确的换算关系。

**5.6.20** 掘进机就位始发前,必须利用人工测量方法测定掘进机初始位置和掘进机姿态,掘进机自身导向系统测得的成果应与人工测量结果一致。

**5.6.21** 掘进机姿态测量应符合下列规定:

1 掘进机姿态测量内容应包括平面偏差、高程偏差、俯仰角、方位角、滚转角及切口里程;

2 应及时利用掘进机配置的导向系统或人工测量法对掘进机姿态进行测量,并应定期采用人工测量方法对导向系统测定的掘进机姿态数据进行检核校正;

3 掘进机配置的导向系统宜具有实时测量功能,人工辅助测量时,测量频率应根据其导向系统精度确定;掘进机始发 10 环内、到达接收井前 50 环内应增加人工测量频率;

4 利用地下平面控制点和高程控制点测定掘进机测量标志点,测量误差应小于 +3mm;

5 掘进机姿态测量计算数据取位精度要求应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

#### 5.6.22 衬砌环测量应符合下列规定：

1 衬砌环测量应在盾尾内完成管片拼装和衬砌环完成壁后注浆两个阶段进行；

2 在盾尾内管片拼装成环后应测量盾尾间隙；

3 衬砌环完成壁后注浆后，宜在管片出车架后进行测量，内容宜包括衬砌环中心坐标、底部高程、水平直径、垂直直径和前端面里程，测量误差应小于+3mm；

4 每次测量完成后，应及时提供掘进机和衬砌环测量结果，供修正运行轨迹使用。

5.6.23 车站采用分层开挖施工时，宜在各层测设地下控制导线点或基线，其测量中误差应小于+5mm。有条件时各层间应进行贯通测量。

5.6.24 采用双侧壁或桩及梁柱导洞法施工时，应利用施工导线测设壁、桩或梁柱的位置，其测量误差应小于+5mm。

5.6.25 采用导洞法施工，上层边孔拱部隧道和下层边孔隧道两侧各开挖到100m时，应进行上下层边孔的贯通测量，其上下层边孔贯通中误差为+30mm。贯通测量后必须进行上、下层线路中线的调整，并标定出隧道下层底板上的左、右线线路中心点和其它特征点。

5.6.26 车站钢管柱的位置，应根据车站线路中线点测定，其测设允许误差应小于+3mm。钢管柱安装过程中应监测其垂直度，安装就位后应进行复核测量。

5.6.27 进行车站结构二衬施工测量时，应先恢复上、下层底板上的线路中线点和水准点，下层底板上恢复的线路中线点和水准点，应与车站两侧区间隧道的线路中线点进行贯通误差测量和线路调整。贯通误差分配时应考虑车站施工现状，下层底板上的线路中线点和水准点调整幅度不宜超过5mm。

5.6.28 车站站台的结构和装饰施工,应使用调整后的线路中线和水准点。站台沿边线模板测设应以线路中线为依据,其间距允许误差应为 $0\text{mm}\sim+5\text{mm}$ 。站台模板高程宜低于设计高程,测设允许误差应为 $-5\text{mm}\sim 0\text{mm}$ 。

## 5.7 明挖隧道、车站施工测量

5.7.1 明挖隧道、车站施工测量应包括其基坑围护结构、基坑开挖和结构施工测量等。

5.7.2 施工前测量人员应收集设计和测绘资料,对接收的测绘资料应进行复核,对各类控制点进行检测,加固保护,并根据施工方法和现场测量控制点状况制定施工测量方案。

5.7.3 施工放样应依据卫星定位点、精密导线点、二等水准点等测量控制点进行。

5.7.4 对精密导线点、二等水准点的检测方法和精度要求,应按照本标准第5.2节的有关规定执行。检测成果与原成果较差,精密导线点应小于 $10\text{mm}$ ,二等水准点应小于 $5\text{mm}$ 。

5.7.5 根据施工需要宜将明挖隧道区域内各种管线、地下建筑物的投影位置放样到地面。

5.7.6 基坑采用地下连续墙围护结构时,其施工测量应符合下列规定:

- 1 连续墙中心线放样允许误差应为 $+10\text{mm}$ ;
- 2 内外导墙应平行于地下连续墙中线,其放样允许误差应为 $+5\text{mm}$ ;
- 3 连续墙槽施工中应测量其深度、宽度和垂直度;
- 4 连续墙竣工后,应测定其实际中心线与设计中心线的偏差,偏差值应小于 $30\text{mm}$ 。

5.7.7 基坑采用护坡桩围护结构时,其施工测量应符合下列规定:

1 护坡桩地面位置放样,应依据线路中线控制点或精密导线点进行,放样允许误差纵向不应大于 100mm,横向为 0mm~+50mm;

2 桩成孔过程中,应测量其孔深、孔径及其铅垂度;

3 采用预制桩施工过程中应监测桩的铅垂度;

4 护坡桩竣工后,应测定各桩位置及与轴线的偏差,其横向允许偏差值为 0mm~+50mm。

5.7.8 采用自然边坡的基坑,边坡线位置应根据线路中线控制点或精密导线点进行放样,放样允许误差为+50mm。

5.7.9 基坑开挖过程中,应使用坡度尺或采用其它方法检测边坡坡度,坡脚距隧道结构的距离应满足设计要求。

5.7.10 基坑开挖至底部后,应采用附和导线将线路中线引测到基坑底部。基坑底部线路中线纵向允许误差为+10mm,横向允许误差为+5mm。

5.7.11 高程传入基坑底部可采用水准测量方法、电磁波测距三角高程测量方法。水准测量和电磁波测距三角高程测量精度要求应符合本标准第 5.2 节、5.3 节的规定。

5.7.12 结构底板绑扎钢筋前,应依据线路中线,在底板垫层上标定出钢筋摆放位置,放线允许误差为+10mm。

5.7.13 底板混凝土模板、预埋件和变形缝位置放样后,必须在混凝土浇筑前依据设计要求进行检核测量。

5.7.14 结构边墙、中墙模板支立前,应按设计要求,依据线路中线放样边墙内侧和中墙两侧线,放样允许偏差为 0mm~+5mm。

5.7.15 顶板模板安装过程中,应将线路中线点和顶板宽度测设在模板上,并结合模板板跨预拱度进行高程放样和模板高程调整,其高程测量误差应在 0mm~+10mm 之内,中线测量允许误差为+10mm,宽度测量误差应在-10mm~+15mm 之内。

5.7.16 结构施工完成后,应对设置在底板上的线路中线控制点和高程控制点进行复测,复测方法和精度要求应符合本标准第 5.

4 节的规定。

**5.7.17** 采用盖挖逆作法的结构施工测量应按下列方法进行：

1 顶板立模前，应在连续墙或桩墙的顶面，每 5m 测量一个高程点并标定其位置，同时在连续墙或桩墙的侧面标出顶板底面设计高程线，其测量误差应在  $0\text{mm}\sim+10\text{mm}$  之内；

2 中板施工前，应对顶板上的线路中线控制点和高程控制点进行复测，并通过顶板上的预留孔或预留口将控制点坐标和高程传递到中板的基坑面上，作为支立中板模板和钢筋的依据；在浇筑混凝土前应对标定在模板上的线路中线控制点和高程控制点进行检核，其中线测量允许误差为  $+10\text{mm}$ ，高程测量误差应在  $0\text{mm}\sim+10\text{mm}$  之内；

3 底板施工测量方法同中板，其中线测量允许误差为  $+10\text{mm}$ ，高程测量误差应在  $-10\text{mm}\sim 0\text{mm}$  之内。

**5.7.18** 采用盖挖顺作法施工的隧道、车站，其结构施工测量方法和技术要求应符合本标准第 5.6 节的规定。

## 5.8 车辆基地施工测量

**5.8.1** 车辆基地施工测量应包括施工场地测量、建筑及附属设施测量。

**5.8.2** 施工场地测量应包括场地平整、施工道路、临时管线敷设、临时建筑以及场地布置等测量工作，并应符合下列规定：

1 场地平整测量应根据总体设计及施工方案的有关要求来进行。采用方格网法时，方格网边长在平坦场区宜为  $20\text{m}\times 20\text{m}$ ，地形起伏场区宜为  $10\text{m}\times 10\text{m}$ ；

2 施工道路、临时管线与临时建筑等的位置，应利用场区测量控制点，根据施工现场总平面图，采用极坐标等方法进行施工放样；

3 施工场地测量的允许误差应符合表 5.8.2 的规定；



表 5.8.2 施工场地测量允许误差(mm)

内容	平面位置误差	高程误差
场地方格网测量	+50	+20
场区施工道路	+70	+50
临时上下水管道	+70	+50
临时电缆管线	+50	+50
其它临时管线	+50	+70
临时建筑	+50	+30

4 对施工场地内需要保留的原有地下建筑、地下管线、古树等,应采用极坐标法进行细部测量。

5.8.3 建筑施工测量应包括建筑轴线施工控制测量、建筑及附属设施细部点放样测量等,并应符合下列规定:

1 建筑轴线施工平面控制网宜布设成矩形、十字轴线或平行于建筑外轮廓的多边形,根据建筑物结构类型,平面控制网应分为三个等级,其技术要求应符合表 5.8.3 的规定;

表 5.8.3 建筑施工平面控制网主要技术要求

等级	适用范围	测角、测距中误差		测距边长
		测角(")	测距(mm)	相对中误差
一级	钢结构、超高层等连续性高的建筑	+9	+3	1/24 000
二级	框架高层等连续性一般的建筑	+12	+5	1/15 000
三级	一般建筑	+24	+10	1/8 000

2 建筑施工高程控制网,可直接利用车辆基地施工高程控制点,或在其基础上进行加密;加密高程控制点时,应采用水准测量方法,并构成附(闭)合水准路线;建筑施工高程控制测量精度要求,应符合本标准第 5.2 节中二等水准测量的规定;

3 放样测量前应对设计资料及放样数据进行复核和验算;

平面放样测量宜采用极坐标法、直角坐标法和交会法等；高程放样测量宜采用水准测量方法；

4 细部放样以及竖向投测误差应小于建筑施工允许偏差的 $1/2\sim 1/3$ 。

## 5.9 贯通误差测量

5.9.1 地面路基、高架结构、桥梁、地下隧道及车站相邻结构贯通后，应立即进行平面和高程贯通误差测量。

5.9.2 贯通误差测量应包括贯通面纵向、横向和方位角贯通误差测量以及高程贯通误差测量。

5.9.3 平面贯通误差测量应符合下列规定：

1 平面贯通误差测量包括贯通面上的纵向、横向和方位角的贯通误差测量；

2 进行平面贯通误差测量时，应利用贯通面两侧的平面控制点分别测量贯通面上设置的同一个临时点的坐标和与贯通面相邻的同一导线边的方位角不符值，并由此计算出纵向、横向和方位角贯通测量误差；

3 计算贯通测量误差时，应将坐标不符值分别投影到线路和线路的法线方向上确定纵向、横向贯通测量误差；方位角贯通测量误差为与贯通面相邻的同一导线边的方位角较差。

5.9.4 高程贯通误差测量应由两侧地下高程点测定贯通面上同一水准点的高程较差。

5.9.5 贯通误差测量方法和精度要求应符合本标准第 5.4、5.5、5.6、5.7 节的规定。

## 5.10 线路中线调整和结构断面测量

5.10.1 线路中线调整测量应使线路的几何关系满足设计要求。

**5.10.2** 线路中线点进行联测时,联测的附和导线长度不应大于1500m,起算控制点宜选用车站或区间竖井投测的施工控制点,直线段中线点的间距宜为120m;曲线段除曲线要素外,中线点的间距不应小于60m。

**5.10.3** 对中线点组成的附和导线,应使用不低于Ⅱ级全站仪测量,水平角的左、右角各观测两测回,左、右角平均值之和与 $360^\circ$ 较差应小于 $6''$ ;导线边长测量往返测各两测回,测回间较差应小于5mm,往返测平均值较差应小于4mm。

**5.10.4** 数据处理应采用严密平差,相邻中线点间纵、横向中误差应满足下列要求:

1 直线段应满足下列要求:

- 1) 纵向中误差 $\pm 10\text{mm}$ ;
- 2) 横向误差 $\pm 5\text{mm}$ 。

2 曲线段应满足下列要求:

- 1) 纵向中误差 $\pm 5\text{mm}$ ;
- 2) 横向中误差应根据曲线上中线点间距大小区别对待,曲线边长小于60m时,其横向中误差为 $\pm 3\text{mm}$ ;曲线边长大于60m,其横向中误差为 $\pm 5\text{mm}$ 。

**5.10.5** 平差后线路中线应依据设计坐标进行归化改正。对归化改正后的线路中线点几何关系应重新检测,检测结果与设计值之差应满足下列要求:

1 直线段实测水平角值与 $180^\circ$ 之差不应大于 $8''$ ;

2 曲线段实测水平角值与设计值之差应根据曲线段线路中线点的间距大小区别对待,当间距小于60m时,其角度值之差不应大于 $20''$ ;当间距大于60m时,其角度值之差不应大于 $15''$ 。

**5.10.6** 归化改正后的线路中线点检测满足要求后,应做好标志并标识清楚,同时编制线路测量成果图。

**5.10.7** 地下线与高架间地面联络线的中线调整测量,应以地下线路的出(进)洞点及其线路方向和高架线路起(终)点及其线路

方向为依据,进行地面联络线路的中线调整测量。

**5.10.8** 线路中线调整后,应根据调整后的测量成果进行隧道、车站和高架桥等的结构横断面测量。

**5.10.9** 结构横断面测量可采用全站仪极坐标法、断面仪法、支距法、三维激光扫描法及摄影测量等。

**5.10.10** 结构横断面、底板纵断面测量应以恢复后的地下控制点或利用恢复后的地下控制点测设的线路中线点为起算依据,按设计要求,直线段每 6m、曲线段每 5m 测量一个横断面和底板高程点,结构横断面变化段和施工偏差较大段应加测断面。

**5.10.11** 结构横断面测量点的位置,应为建筑限界控制点或设计指定位置的断面点。

**5.10.12** 采用光面爆破与预爆破等方法施工的隧道,对于不规则断面,除应按本标准第 5.10.10~5.10.12 条相关条款测量外,还应加测隧道突出处的断面和断面上的突出点。

**5.10.13** 结构横断面测量可采用不低于Ⅲ级全站仪或断面仪等测量设备进行限界控制点测量。横断面里程中误差应不大于+50mm,断面点与线路中线法距的测量中误差应小于+10mm,断面点高程的测量中误差应小于+20mm。

**5.10.14** 底板纵断面高程点测量应使用不低于 DS3 级水准仪测量,里程中误差应不大于+50mm,高程测量中误差应小于+10mm。

**5.10.15** 断面测量完成后,应对结构断面测量成果进行检核,限界尺寸冗余度小的断面应进行复测。

**5.10.16** 结构横断面和底板纵断面测量完成后,应按设计要求的数据格式编制和提供断面测量成果。

**5.10.17** 结构断面测量后,当结构断面净空不能满足要求,线路设计变更时,应根据变更后的设计文件重新测设变更区段线路中线点。

**5.10.18** 重新测设的变更区段线路中线点,应与变更区段两端

的线路中线联测,并依据测量结果进行归化改正,归化改正后的线路中线点应标识清楚。

**5.10.19** 变更区段内结构断面应重新测量,并符合本节规定。

### 5.11 铺轨基标测量

**5.11.1** 铺轨基标应根据铺轨综合设计图,利用调整好的线路中线点或贯通平差后的控制点进行测设。

**5.11.2** 铺轨基标测设应对控制基标和加密基标进行测设。基标测设时,应首先测设控制基标,然后利用控制基标测设加密基标。

**5.11.3** 铺轨基标宜设置在线路中线上,也可设置在线路中线的内侧。

**5.11.4** 道岔基标应利用控制基标单独测设,道岔基标分为道岔控制基标和道岔加密基标,道岔基标宜设置在道岔直股和曲股的外侧。

**5.11.5** 控制基标应设置成等高等距,埋设永久标志;加密基标可设置成等距不等高,埋设临时标志。

**5.11.6** 控制基标测量、加密基标测量及道岔基标测量技术要求应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308的有关规定。

### 5.12 跨座式轨道交通工程测量

**5.12.1** 跨座式轨道交通工程测量包括平面和高程控制网、隧道结构施工、高架结构施工、轨道梁架设等测量。

**5.12.2** 平面和高程测量应符合本标准第 5.2、5.3、5.4 节的规定。

**5.12.3** 隧道施工测量应符合本标准第 5.6、5.7 节的规定。

5.12.4 高架结构施工应符合本标准第 5.5 节的规定。

5.12.5 轨道梁架设应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

### 5.13 设备安装测量

5.13.1 设备安装测量应包括接触轨、接触网、隔断门与疏散平台、行车信号与线路标志、车站站台与屏蔽门的安装测量。

5.13.2 编制安装测量方案应依据设备安装设计图,方案编制完成审核批准后实施。

5.13.3 设备安装测量精度及限差应按相关设备安装技术要求确定。

5.13.4 安装完成后必须进行检查,确保设备不侵入限界。

5.13.5 接触轨与接触网、隔断门、行车信号与线路标志、车站站台与屏蔽门的安装测量应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

## 6 竣工测量

### 6.1 一般规定

6.1.1 轨道交通线路竣工时应进行工程竣工测量和规划竣工测量。

6.1.2 竣工测量采用的坐标系统、高程系统、图式等应与原施工测量一致。

### 6.2 工程竣工测量

6.2.1 工程竣工测量应包括轨道竣工测量、线路建筑结构竣工测量、线路设备竣工测量、地下管线竣工测量。

6.2.2 轨道交通线路在各分项工程施工完成后,应进行轨道交通线路竣工测量。对于部分需要掩埋和封闭处理的分项工程,应在施工过程中进行竣工测量。

6.2.3 工程竣工测量时,应收集并充分利用已有测量成果及设计、施工等资料,对已经变更的、不满足要求的测量资料应重新测量。重新测量的方法和精度要求应与原施工测量相同,并按实测资料编绘竣工测量成果。

6.2.4 工程竣工测量成果应满足重庆轨道交通工程竣工测量与验收要求。

6.2.5 轨道交通线路应在轨道竣工并锁定后进行轨道竣工测量,轨道竣工测量应以控制基标或线路施工控制网点为起算数据,测量技术指标应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

6.2.6 线路建筑结构竣工测量内容应包括区间地面线、隧道、高架桥、车站结构限界竣工测量和其附属建筑竣工测量。

6.2.7 线路区间地面线、隧道、高架桥、车站结构及附属建筑竣工测量的内容和竣工测量成果应符合下列规定：

1 对地面线应进行路基、轨道和附属设施的平面位置、高程测量；对地下区间隧道和地下车站及附属设施应进行其内侧平面位置、高程和结构尺寸的测量，并调查结构厚度；对高架桥、高架车站及其柱（墩）应进行其平面位置、高程、结构尺寸以及主要角点距相邻建筑的距离测量；对车站出入口、通道、电动扶梯和区间风道结构应进行其平面位置、高程和结构尺寸测量；

2 地下区间隧道和地下车站及附属设施的结构厚度，宜根据地下施工测量成果或设计资料确定。

6.2.8 线路建筑结构竣工测量已有实测资料的抽检应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

6.2.9 轨道交通线路设备安装完成后，应以铺轨控制点为测量依据进行接触轨、架空接触网、风机以及行车信号与线路标志设备的竣工测量，测量要求应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

6.2.10 轨道交通线路地下管线系统建设过程中，应根据工程进度进行施工拆迁、改移、复原的现有管线和新建管线测量。施工拆迁、改移、复原的现有管线测量时应充分利用已有城市地下管线测量成果，新建管线测量应在覆土或遮掩前进行测量，测量内容和要求应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

6.2.11 轨道交通线路工程竣工测量完成后，应提交以下成果：

- 1 工程竣工测量控制测量成果；
- 2 各分项竣工图及成果表；
- 3 工程测量成果的验收资料；



#### 4 工程竣工测量报告。

### 6.3 规划竣工测量

6.3.1 轨道交通工程竣工后应根据重庆市规划自然资源主管部门要求进行规划竣工测量。

6.3.2 规划竣工测量时,应收集原有的规划报建、审批资料,结合测量成果进行平面位置、建筑面积的核实。

6.3.3 轨道工程规划竣工核实测量工作应包括竣工地形图测量、地下管线探测、建筑面积测量以及规划管理需要的其他测量内容。

6.3.4 规划竣工核实测量前应依据重庆市规划自然资源主管部门出具的条件,收集有关的规划红线资料、规划审批图等相关资料。

6.3.5 规划竣工地形图测量宜采用数字成图方法施测,测量范围宜满足以下要求:

- 1 对于开挖或填土区域,测量范围宜为坡脚线或坡顶线外扩 50m;
- 2 对于车站、车辆段,测量范围宜为建设区域外扩 50m;
- 3 对于高架、区间隧道,测量范围宜为轨道线路两侧 70m。

6.3.6 规划竣工各分项测量应符合现行国家标准、行业标准和重庆市规划自然资源主管部门规范性文件技术要求。

6.3.7 规划竣工测量完成后,提交的成果资料应符合重庆市规划管理要求。

## 7 可行性研究勘察

### 7.1 一般规定

7.1.1 可行性研究勘察应针对城市轨道交通线路方案开展工程地质勘察工作,调查主要的工程地质条件、工程地质与水文地质问题,为线路方案比选和方案设计提供地质依据。

7.1.2 可行性研究勘察应重点研究影响线路方案的周边环境条件、不良地质、特殊性岩土及控制工程的地质条件,分析评价周边环境可能对轨道交通工程造成的不利影响及拟建轨道交通工程对环境的影响。

7.1.3 可行性研究勘察应在搜集地形变迁资料、已有基础地质资料和工程经验基础上,进行工程地质调查与测绘工作;必要时适当开展勘探工作,选择钻探、坑(槽)探、物探、原位测试及取样、室内试验等手段进行。

7.1.4 对影响线路的不良地质、特殊性岩土的工程地质与水文地质问题应进行专项勘察,基本查明其性质、类型、成因、发展趋势;分析其对线路的危害,提出线路方案与环境保护的规避、防治建议。

### 7.2 勘察要求

7.2.1 可行性研究勘察的资料搜集应包括下列内容:

1 区域地质、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 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条件的设计、施工资料和相关工程建设经验；

3 工程所在地的气象、水文以及与工程相关的水利、防洪设施等资料；

4 工程所在地地形、地貌、地层岩性、地质构造、地下水、特殊性岩土、不良地质作用和地质灾害等资料；

5 沿线古城址及河、湖、沟、坑的历史变迁及工程活动引起的地质变化等资料。

7.2.2 可行性研究勘察工作应满足下列要求：

1 可行性研究勘察工程地质测绘比例尺宜为 1:2 000~5 000；对控制线路方案或影响工程结构设计的地质界线，宜采用仪器定位；

2 勘探孔深度应满足场地稳定性适宜性初步评价和线路方案设计等需要；

3 调查线路沿线的地层岩性、地质构造、地下水埋藏条件等，划分工程地质单元，进行工程地质分区，初步评价场地稳定性和适宜性；

4 初步了解拟建工程沿线地层岩性及物理力学性质，各岩性段的富水性和渗透性；初略划分隧道围岩级别，提供重要建(构)筑物地基承载力；

5 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；

6 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。

### 7.3 勘察工作布置

7.3.1 工程地质测绘工作应符合下列规定：

1 工程地质测绘点布置在地貌单元边界、地层接触线、断层、地下水出露点、特殊性岩土及不良地质体的界线、具有代表性的节理和岩层露头及大桥、特大桥、长隧道、特长隧道、高填深挖等部位；

2 地质调查点的密度应根据场地地貌、地质条件和工程要求等确定，图面上的密度每  $0.01\text{m}^2$  ( $10\text{cm}\times 10\text{cm}$ ) 范围内地质调查点的数量宜为 1~3 个，不良地质体观测点数量应适当增加。

7.3.2 可行性研究勘察的勘探工作应符合下列要求：

1 区间勘探点间距按地质环境复杂程度宜取  $300\text{m}\sim 800\text{m}$ ，每个车站不应少于 1 个勘探点；

2 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；

3 特大桥、特长隧道等控制性工程应有勘探点；

4 控制路线方案的越岭地段、区域性断裂通过的峡谷、区域性储水构造应有勘探点；

5 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；

6 应沿线路前进方向依序布置适量的横勘探线，横勘探线间距宜为  $500\text{m}\sim 800\text{m}$ ，每条横勘探线上的勘探点(含地质点)不少于 2 个；

7 每个车站的横勘探线应不少于 1 条，车场的纵、横勘探线应各不少于 2 条。

7.3.3 可行性研究勘察的物探、原位测试、取样及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。

## 7.4 勘察成果

7.4.1 可行性研究勘察报告文字部分应包括下列内容：

1 应对沿线的地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条

件、新构造运动、地震动参数等基本地质条件进行说明；

2 对不良地质和特殊性岩土应阐明其类型、性质、分布范围、发育规律及其对拟建工程的影响和防治措施建议；

3 线路通过区域性储水构造或地下水排泄区时，应就对线路方案有重大影响的水文地质和工程地质问题进行论证、评价；

4 对大桥及特大桥、过江隧道及越岭隧道、建设场地条件复杂的控制性工程，应进行工程地质评价；提供工程方案论证、比选所需的岩土参数，提供方案的地质比选意见。

7.4.2 可行性研究勘察报告图表资料应包括的内容：

- 1 1:2 000~5 000 线路工程地质平面图；
- 2 1:1 000~5 000 线路工程地质纵剖面图；
- 3 1:500 重要工点工程地质平面图；
- 4 1:200~500 典型工程地质横剖面图；
- 5 主要岩土参数附表。

## 8 初步勘察

### 8.1 一般规定

8.1.1 初步勘察应在可行性研究勘察的基础上,针对城市轨道交通工程线路敷设形式、各类工程的结构形式、施工方法等工作,并从工程地质的角度对设计方案的可行性、合理性进行评价和建议,为初步设计提供地质依据。

8.1.2 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,以及地质条件复杂或特殊岩土地段进行重点勘察,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。

8.1.3 初步勘察工作应根据沿线区域地质和场地工程地质、水文地质、工程周边环境等条件,采用工程地质调查与测绘、钻探、山地工程、物探、原位测试、取样及室内试验等多种手段相结合的综合勘察方法。

8.1.4 初步勘察阶段应在可行性研究勘察阶段对周边环境调查的基础上,进一步核实和调查对影响线路方案的重要工程周边环境,调查内容应符合本标准第 11 章的规定。

### 8.2 目的与任务

8.2.1 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,对沿线各工点场地的稳定性、线路敷设方式、地基与基础形式、隧道围岩分级和施工方法的适宜性进行分析评价,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,对复杂或特殊地段岩土治理

提出初步建议。

### 8.2.2 初步勘察应进行下列工作：

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、沿线地下设施分布图；

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、地下水埋藏条件，进行工程地质分区；

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；

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；

5 初步查明场地有无埋藏的河道、沟浜、墓穴、防空洞、孤石等对工程不利的埋藏物；

6 初步查明沿线地表水的水位、流量、水质、河湖淤积物的分布，以及地表水与地下水的补排关系；

7 调查含水层的性质和埋藏条件，初步查明地下水水位，地下水类型，补给、径流、排泄条件，岩土体的渗透性，历史最高水位，地下水动态和变化规律，必要时可设长期观测孔，监测水位变化；

8 对抗震设防烈度大于或等于 6 度的场地，应初步评价场地的地震效应；

9 评价场地稳定性和工程建设适宜性；

10 初步评价水和土对建筑材料的腐蚀性；

11 对可能采取的地基基础类型、地下工程开挖与支护方案、地下水控制方案进行初步分析评价；

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。

### 8.2.3 工程地质测绘和地面调查工作应符合下列规定：

1 工程地质测绘成图比例尺宜为 1:500~2 000；

2 工程地质测绘点布置在地貌单元边界、地层接触线、断层、地下水出露点、特殊性岩土及不良地质体的界线、具有代表性

的节理和岩层露头及大桥、特大桥、长隧道、特长隧道、高填深挖等部位；

3 地质观测点的密度应根据场地地貌、地质条件和工程要求等确定，图面上的密度每  $0.01\text{m}^2$  ( $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ ) 范围内调查点的数量应符合表 8.2.3 的规定，不良地质现象发育场地的调查点数量应适当增加。

表 8.2.3 地质调查点的数量(点)

地质条件复杂程度		
复杂	中等复杂	简单
4~5	2~4	$\geq 2$

8.2.4 初步勘察阶段进行取样或原位测试的勘探点数量不应少于勘探点总数的  $2/3$ ；控制性钻孔数量应大于钻孔总数的  $1/3$ 。

8.2.5 初步勘察阶段勘探工作量可根据以下条件作适当调整：

1 场地研究程度较高、地质条件简单且不存在场地稳定性问题的场地，勘探点的数量和深度可适当减少，勘探点的间距可适当加大；

2 当场地地形起伏较大时，垂直地形等高线方向的勘探点、线密度可适当增加，当有预计整平高程时应结合整平高程调整孔深；

3 当场地基岩面起伏较大或岩层产状较陡地带，需查清岩层层序、基岩面起伏状况等时，孔距、孔深可适当加密、加深；

4 当预定深度内有软弱夹层、人工填土、软土、崩塌堆积体、膨胀性岩土等特殊岩土时，钻孔应穿过并进入稳定岩土层；

5 当预定深度内遇地下洞室(人工洞室和天然洞室)、暗河及采空区等不良地质现象时，钻孔应穿透并根据需要适当加深。

## 8.3 地下工程

8.3.1 地下车站与区间隧道初步勘察应符合本标准 8.2.2 条



的规定外,尚应满足下列要求:

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 每个水文地质单元选择代表性地段进行水文地质试验,提供水文地质参数,必要时设置地下水位长期观测孔;

4 初步查明岩溶、断裂带、采空区、地下洞室、地表水体发育地段产生突水、突泥及塌方冒顶的可能性;

5 傍山隧道及岩层倾角较陡地段,应初步分析隧道围岩应力偏压的可能性及其危害;

6 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;

7 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;

8 在可溶岩地段、隐伏构造破碎带、采空区、地下洞室、覆盖层厚度和基岩面变化较大地段应布置适量的物探工作。

8.3.2 地下车站的勘探点宜按结构轮廓线布置,每个车站勘探点数量不宜少于4个,且勘探点间距不宜大于100m。

8.3.3 区间隧道的勘探点应根据场地复杂程度和设计方案布置,并符合下列要求:

1 勘探点宜沿区间线路布置,且下述位置应有钻孔控制:

- 1) 褶皱构造轴部、断层破碎带;
- 2) 可溶岩与非可溶岩接触带及物探主要异常点;
- 3) 隧道进出口及边坡。

2 钻孔宜交叉布置在距隧道结构外侧5m~8m,下穿水域段的勘探孔距隧道结构外侧应不小于8m;

3 区间隧道的勘探点间距按表 8.3.3 布置。

表 8.3.3 区间隧道沿隧道纵向的钻孔间距(m)

工程性质	地质条件复杂程度		
	复杂	中等复杂	简单
暗挖深埋隧道	80~100	100~150	150~200
明挖隧道浅埋暗挖隧道	60~80	80~120	120~200

注:1)埋深超过 30m 且大于 3 倍洞跨的岩质围岩隧道勘察(含越岭隧道)按本条第 5 款确定;

2)表中钻孔间距为相邻钻孔在隧道中线的投影距离;

3)隧道深埋、浅埋的划分标准应符合现行行业标准《铁路隧道设计规范》TB 10003 的相关规定。

4 在地貌、地质单元交界部位、地层变化较大地段、不良地质作用和可溶岩以及特殊性岩土发育地段应加密勘探点;

5 埋深超过 30m 且大于 3 倍洞跨的岩质围岩隧道勘察(含越岭隧道)的钻孔数量和钻孔位置应根据区域地质资料、工程地质调绘成果及物探成果综合确定;钻孔间距可取隧道埋深的 2~4 倍,但一般不宜大于 600m,也不宜小于表 8.3.3 的规定。

8.3.4 取样、原位测试孔主要布置在重要构筑物和地质条件较复杂地段,同时兼顾控制整个场地范围。

8.3.5 取样、原位测试段主要布置在洞顶和侧墙墙底和墙顶附近。

8.3.6 钻孔进入结构底板以下中等风化岩石深度应符合下表规定:

表 8.3.6 钻孔深度(m)

钻孔性质	隧道性质		
	车站	区间	各类通道
控制性钻孔	12~15	8~12	6~10
一般性钻孔	8~12	6~10	5~8

注:岩体完整取小值,岩体破碎取大值。

## 8.4 高架工程

8.4.1 高架车站与区间工程初步勘察除应符合本标准第 8.2.2 条的规定外,尚应满足下列要求:

1 重点查明对高架方案有控制性影响的不良地质体的分布范围,指出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;

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的初步建议,提供桩侧岩、土层摩阻力、桩端岩、土层端阻力初步建议值,并评价成桩可能性、桩基施工条件以及对工程周边环境的影响;

4 对跨江(河)桥,还应初步查明河流水文条件、岸坡稳定性,提供冲刷计算所需的颗粒级配等参数。

8.4.2 高架线路勘探点应沿线路中线布置,如有墩台方案,应结合墩台位置布置;地形或基岩面变化较大地段,中线两侧应布置勘探点。

8.4.3 高架线路勘探点间距应根据场地复杂程度和设计方案按表 8.4.3 确定:

表 8.4.3 高架线路工程沿线路轴向的钻孔间距(m)

场地复杂程度	复杂	中等复杂	简单
钻孔间距	60~80	80~120	120~150

注:本表不适用于跨江大桥主桥(跨江大桥主桥按 8.4.5 条确定)

8.4.4 高架车站勘探点数量不宜少于 3 个,沿线路轴线的间距应根据场地复杂程度和设计方案确定,宜为 60m~150m;如有墩台方案,应结合墩台位置布置;地形或基岩面变化较大地段,墩台

两侧应适当布置勘探点。

**8.4.5** 跨江大桥主桥桥墩每个桥墩位置的钻孔不宜少于 2 个，引桥连接的连接墩(或转换墩)位置宜根据场地条件布置钻孔，对于地形或基岩面变化较大地段，应增加勘探点以满足场地稳定性评价的需要。

**8.4.6** 对线路有影响的不良地质应加密布置勘探点、线。

**8.4.7** 取样、原位测试孔主要布置在墩台和地质条件较复杂地段，同时兼顾控制整个场地范围。

**8.4.8** 取样、原位测试段主要布置在持力层和基坑两侧附近。

**8.4.9** 高架工程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 控制性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，一般性勘探孔应满足查明墩台基础或桩基持力层和软弱下卧土层分布的要求；

2 墩台基础置于地表水水面下时，勘探孔均应穿过水流最大冲刷深度达持力层以下；

3 控制性勘探孔进入预计持力层下 15m~30m；

4 一般性勘探孔进入预计持力层下 10m~20m；

5 对于跨江大桥主桥墩、荷载大的桥墩，勘探孔深宜取高限值。

## 8.5 路基、涵洞工程

**8.5.1** 路基工程初步勘察应符合本标准第 8.2.2 条的规定外，尚应符合下列规定：

1 查明对路基工程有控制性影响的不良地质的分布范围；

2 初步评价路基基底的安全性，划分岩土施工工程等级，指出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,必要时进行水文地质试验,提供水文地质参数;

4 对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;

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

6 对支挡结构,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。对路堑挡土墙,还应提供墙后岩土体物理力学性质指标。

**8.5.2 涵洞工程初步勘察除应符合本标准第 8.2.2 条的规定外,尚应符合下列规定:**

1 初步查明涵洞场地天然沟床稳定状态、隐伏的基岩倾斜面和特殊性岩土;

2 初步查明涵洞地基的水文地质条件,必要时进行水文地质试验,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。

**8.5.3 路基、涵洞工程勘探点布置及间距应符合下列要求:**

1 勘探点布置应结合工程类型(填方、挖方等)和地形、地貌、地质条件等综合确定;

2 勘探线宜垂直地形等高线、地貌单元边界线、地质构造线;

3 不良地质体或可能的致灾地质体应布置勘探点、线;

4 每个地貌单元及其交接部位均应布置勘探点,在微地貌和岩性变化大(特别是陡倾岩层)的地段,勘探点应适当加密;

5 高路堤、深路堑应布置横向勘探线;

6 支挡结构应有勘探点、线控制;

7 涵洞应沿纵轴线布置勘探点；

8 路基的勘探点间距应根据场地复杂程度和设计方案按表 8.5.3 确定。

表 8.5.3 路基工程沿线路轴线方向的勘探孔间距(m)

工程性质	地质条件复杂程度		
	复杂	中等复杂	简单
一般路基	80~100	100~150	150~200
路堤、路堑	60~80	80~120	120~180

8.5.4 采集岩土试样或进行原位测试的数量和竖向间距,应按地层特点和岩土的均匀程度确定;每层土均应采集土样或进行原位测试,对厚度较大可能作为持力层或可能作为边坡(含基坑)潜在滑动面的土层,其采集原状土样数量不应少于 6 组,同一土层中采集土样或进行原位测试的竖向间距一般不宜大于 2m。

8.5.5 路基、涵洞工程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 控制性勘探孔深度应满足稳定性评价、变形计算、软弱下卧层验算的要求,勘探孔进入预计基底下中等风化基岩 5m~8m;

2 一般性勘探孔进入预计基底下中等风化基岩 3m~5m;

3 路堤、路堑边坡勘探孔进入可能的破裂面(或潜在的最深滑动面)下中等风化基岩 3m~5m。

8.5.6 路堤、路堑高边坡勘探点、线间距和孔深应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的有关规定。

## 8.6 地面车站、车辆基地及附属设施

8.6.1 地面车站、车辆基地及附属设施的建(构)筑物初步勘察应符合现行地方标准《工程地质勘察规范》DEJ 50/T-043 和现行

国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的有关规定。

8.6.2 车辆基地的路基工程初步勘察要求应符合本标准第 8.5 节的规定。

重庆工程建設

## 9 详细勘察

### 9.1 一般规定

9.1.1 详细勘察应充分利用前期勘察成果,依据经批准的初步设计文件,针对城市轨道交通各类工程的建筑类型、结构形式、敷设方式及施工方法等工作,满足施工图设计要求。

9.1.2 详细勘察应根据具体工程类型、沿线区域地质和场地工程地质、水文地质、工程周边环境等条件,采用工程地质调查与测绘、钻探、物探、原位测试、取样及室内试验等多种手段相结合的综合勘察方法。

### 9.2 目的与任务

9.2.1 详细勘察应在初步勘察阶段工作的基础上,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,通过勘探和取样、原位测试、室内试验,辅以必要的工程物探,并对已有工程地质调查与测绘成果进行补充、核对。查明拟建场地的工程地质与水文地质条件,分析评价地基、围岩与边坡稳定性,预测可能出现的岩土工程问题,提出地基基础、围岩加固与支护、边坡治理、地下水控制、周边环境保护方案建议,提供设计、施工所需的岩土参数。

9.2.2 详细勘察前,应搜集或取得下列资料:

- 1 附有坐标和地形的拟建工程平面图、纵断面图;
- 2 拟建物结构类型及特点、设计荷载、施工方法;
- 3 地面工程及高架工程拟建物基础形式;



- 4 地下工程围岩衬砌方案或基坑支护方案；
- 5 拟建场地挖方、填方情况及环境边坡治理方案；
- 6 拟建工程及其影响范围内的不利埋藏物资料以及重要建(构)筑物的地基条件、基础类型、结构形式和使用状态等的专项调查资料。

### 9.2.3 详细勘察应进行下列工作：

1 查明场地地形、地貌、地质构造、地层结构、岩土类型与分布范围及其工程特性；提供各类建(构)筑物、路基、桥涵、隧道、边坡(基坑)支护、环境保护等工程的设计、施工所需的岩土参数；

2 查明不良地质作用及特殊岩土防治工程范围(特别是支挡构筑物范围)的工程地质与水文地质条件,对防治方案提出建议,并提供防治工程所需的岩土参数；

3 分析和评价地基的稳定性、均匀性和承载能力,提出地基持力层选用和基础型式的建议,对需进行沉降计算的建(构)筑物、路基等,尚应提供地基变形计算参数；

4 分析和评价基坑和边坡岩土体的稳定性,提出治理措施的建议；

5 分析地下工程围岩的稳定性和可挖性,进行隧道围岩分级和岩土施工工程分级,提出对地下工程有不利影响的工程地质问题及防治措施建议；

6 查明对工程建设有影响的地表水体的分布、水位、水深、水质、防渗措施、淤积物分布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；

7 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、岩土渗透性、地下水位变化幅度等水文地质资料,分析地下水对工程的作用,提出地下水控制措施的建议；

8 判定地下水和土对建筑材料的腐蚀性；

9 查明工程影响范围内的人类工程活动情况,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；

10 对拟建场地进行地震效应评价并确定场地类别;对抗震设防烈度大于 6 度的场地,应进行液化判别。

9.2.4 各类勘探孔在预计深度内遇软弱层、基岩破碎带、岩溶、土洞、暗河等,应穿透并根据需要加深。

9.2.5 采取岩土试验样品和进行原位测试、钻孔物探测试、水文地质试验的技术性钻孔合计数量应符合下列规定:

- 1 路基工程不少于钻孔总数的 1/3;
- 2 隧道工程不少于钻孔总数的 1/2;
- 3 高架线路每个桥墩和桥台位置均应布置技术性钻孔,且不少于钻孔总数的 1/2。

4 涵洞工程、路堤及路堑段支护结构物位置不少于钻孔总数的 1/2。

9.2.6 采取岩土试样和进行原位测试的数量应满足岩土工程评价的需要,在每个车站或区间工程场地内,采集岩土试样和进行原位测试的勘探孔数量和平面位置应按地基(围岩)岩土的均匀性和设计要求确定,通过室内试验或原位测试取得的地基主要受力层或隧道围岩岩土物理力学性质指标的样本数量,岩石不应少于 10 个,土层不应少于 6 个,对陡倾岩层或特殊岩土宜适当增加样本数量。

### 9.3 地下工程

9.3.1 地下工程除应符合本标准 9.2 节的规定外,还应符合下列规定:

1 当隧道通过含可燃气体、有害气体、放射性物质等地区时,应查明其含量、压力、性质,判断其对隧道施工、营运的影响;

2 水下隧道的详细勘察尚应包括查明隧道所通过水域(江河、湖泊、水库等)的常水位、洪水位、水面宽、水深、流量、流速、水质及冲刷和淤积条件,查明隧道通过地段的含水层、隔水层分布

规律,必要时,可填绘水文地质图;

3 提供地下工程围岩热物理参数。

9.3.2 拟建隧道通过水文地质条件复杂的可溶岩地区或隧道建设可能导致作为生活或生产水源的地下水或地表水疏干、地面塌陷时,应取得专项水文地质勘察资料。

9.3.3 勘探点平面布置应符合下列规定:

1 车站主体(含配线段)、车站出入口(不含隧道)、风井、施工竖井、盾构始发(接收)井等场地勘探点宜沿结构轮廓线布置;

2 区间隧道、施工斜井(通道)、车站出入口(隧道)的勘探点宜交叉布置在距隧道结构外侧 5m 左右,下穿水域段的勘探孔距隧道结构外侧应不小于 6m;单、双线及多线隧道转换部位等隧道跨度突变点、钻爆法与盾构法施工工法转换部位、明暗挖的分界位置及进出洞口宜有勘探点控制,并布设横剖面;

3 褶皱轴部、断层带、岩体破碎带、可溶岩与非可溶岩接触带、物探异常点、含煤地层及采空区、与浅埋隧道走向平行或小角度斜交的沟谷或隐伏沟谷地段、可能存在偏压影响的地段、隧道洞口及设计纵断面上浅埋段 V 型坡的最低点、地下水丰富或水文地质条件复杂的地段应布置勘探点;

4 上方有道路、桥梁、隧道、重点保护建筑及其他重要设施的浅埋隧道段应有勘探点控制;

5 暗挖隧道的钻孔应避免布置在隧道正上方。

9.3.4 地下工程的钻孔布置应根据地下工程结构形式、施工方式、地质条件等因素综合考虑,并符合下列规定:

1 埋深超过 30m 且洞顶覆岩厚度大于 3 倍洞跨的岩质围岩隧道(含越岭隧道)的洞身段,钻孔数量和位置应根据初步勘察成果结合工程地质条件综合确定,沿隧道纵向的钻孔间距可取隧道埋深的 1 倍~3 倍,且不大于 400m;

2 不满足前款埋深条件的岩质围岩隧道与土质围岩隧道,可按表 9.3.4 的规定确定沿隧道纵向的钻孔间距;

表 9.3.4 地下工程沿隧道纵向的钻孔间距(m)

工程性质		地质条件复杂程度		
暗挖隧道	洞顶岩层厚度	复杂	中等复杂	简单
	≤洞跨	20~30	30~40	40~60
	>洞跨	30~40	40~60	60~80
明挖隧道及土质围岩暗挖隧道		15~20	20~30	30~40

注:1)表中钻孔间距为钻孔在隧道中线的投影距离;

2)地下车站及跨度大于12m的区间暗挖隧道钻孔取表中较小值,埋深较大的取表中较大值。

**9.3.5** 一般地段横勘探线的间距可按表 9.3.4 规定的钻孔间距的 2 倍~3 倍确定,每条横勘探线上的钻孔一般为 1~2 个;对于岩土界面横坡较陡的地段、岩层走向与隧道走向夹角小于 30°且岩层倾角大于 20°及存在严重偏压影响的地段、隧道洞口及隧道明暗挖分界处,应加密勘探线,且每条勘探线上的钻孔不应少于 2 个。

**9.3.6** 洞口存在永久仰坡的勘察点、线布置宜按现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 执行。

**9.3.7** 钻孔深度应进入隧道结构底板以下中等风化基岩 5m~8m,当在结构物理深范围内遇可溶岩层时,钻孔应进入结构物底板下的稳定岩层中不小于 10m。

**9.3.8** 应选择代表性钻孔进行波速测试,每个区间、车站均应布置波速测试孔,并符合下列规定:

1 对于整体或部分位于中等风化基岩中的隧道,应进行声波测试;

2 对于整体或部分位于土层中的暗挖隧道及明挖隧道场地的覆盖土层,应进行剪切波测试。

**9.3.9** 隧道围岩宜进行热物理指标试验,每一主要岩层的试验

数据不宜少于 3 组。

**9.3.10** 应对每个水文地质单元进行岩土渗透性测试。地下水发育的场地,应进行抽水试验;地下水不发育的场地,可采用注水试验或压水试验。

**9.3.11** 应采取地表水、地下水试样及地下水水位以上的岩土试样进行腐蚀性试验,每个水文地质单元不应少于 2 组。

**9.3.12** 对整体或部分位于土层中的隧道,当土层为黏性土或砂土时,应取样进行室内土工试验或进行原位测试;当土层为碎石类土或土中碎石含量较高时,应进行动力触探试验,且动力触探试验孔不应少于 3 个。

## 9.4 高架工程

**9.4.1** 高架工程详细勘察应符合本标准 9.2 节的规定外,还应符合下列规定:

1 确定墩台基础与地基持力层,分析地基承载力,提供地基承载力计算和地基变形计算参数;

2 查明埋藏的地下洞穴、采空区、孤石、沟浜等对拟建工程不利的埋藏物和特殊岩土的分布与特征,分析其对工程建设的不利影响,评价墩台地基稳定性,提出防治措施建议;

3 查明场地是否存在产生桩周负摩阻力的地层,评价其影响,并提出处理措施的建议;

4 分析桩基施工存在的岩土工程问题,评价成桩的可能性、施工条件,论证桩基施工条件及对工程周边环境的影响,提出防治措施建议。

**9.4.2** 勘探点的平面布置应符合下列规定:

1 高架车站的勘探点应沿结构轮廓线及柱网布置,勘探点间距宜为 15m~35m;当岩层(岩土界面)倾角大于  $20^{\circ}$  时,应在其倾向方向上加密勘探点;

2 当基础受特殊地质体影响时,应扩大勘察范围;

3 跨径小于 50m 的高架线路应按一墩一孔布置;对于工程地质条件简单且岩层(或岩土界面)倾角小于  $20^{\circ}$ 、桥墩间距小于 20m 的区间高架桥,可隔墩布孔;

4 采用群桩基础、承台边长超过 10m 但小于 15m 的桥墩,当工程地质条件复杂或岩层(岩土界面)倾角大于  $20^{\circ}$  时,宜在岩层(岩土界面)倾向方向上布置不少于 2 个钻孔;

5 桥台及跨径大于 50m 的高架线路(含跨江大桥)桥墩,当采用沉井基础或承台边长超过 15m 的群桩基础时,每个墩、台的钻孔不应少于 2 个;基础面积较大时,可按 15m~20m 的线间距按方格网布置钻孔;当水上桥墩拟采用围堰施工时,围堰周边宜按间距 20m~30m 布置钻孔。

6 高架线路详细勘察阶段的钻孔宜布置在初步设计拟定的桥台基础轮廓线的周边、桥墩中心位置;

7 悬索桥索锚固区的钻孔按 20m~25m 的方格网布置,数量不宜少于 5 个;锚固区基坑边坡应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的有关规定;

8 桥址区为可溶岩层,溶洞、岩溶漏斗发育时,应逐墩布置钻孔;

9 车站站厅及附属地面建筑结构与轨道梁桥分离时,车站站厅及附属地面建筑结构可按现行地方标准《工程地质勘察规范》DBJ 50/T-043 的有关要求布置勘探工作。

9.4.3 钻孔深度应根据场地工程地质条件结合上部结构、荷载的要求以及地基持力层性质确定,并应符合以下规定:

1 桥台、跨径及墩高均小于 50m 的桥梁,技术孔深度应进入预计基底高程下中等风化基岩 8m~10m,鉴别孔深度应进入预计基底高程下中等风化基岩 5m~8m;

2 跨径 50m~100m、墩高小于 50m 的桥梁,技术孔深度应进入预计基底高程下中等风化基岩 12m~15m,鉴别孔深度应进

入预计基底高程下中等风化基岩 8m~12m;

3 悬索桥塔墩、跨径大于 100m 及墩高大于 50m 的桥梁(含跨江大桥)桥墩,技术孔深度应预计基底高程下中等风化基岩 20m~25m,鉴别孔深度应进入预计基底高程下中等风化基岩 15m~20m;

4 沉井基础的钻孔应进入预计基础底面以下中等风化基岩 5m~8m;

5 围堰钻孔进入基岩 3m~5m 或预计围堰底 3m~5m。

9.4.4 桥区粗粒土覆盖层较厚时,应布置一定的动力触探试验孔探查土的均匀性和密实度;桥区细粒土覆盖层较厚时,应分层采集土样或进行原位测试,主要土层试样或原位测试数量不宜少于 6 组。

9.4.5 应选择代表性钻孔进行剪切波测,每个区间、车站均应布置波速测试孔,必要时,可布置声波测试孔。

9.4.6 根据场地地下水发育状况,应对每个水文地质单元进行岩土渗透性测试。

9.4.7 应采取地表水、地下水水试样及地下水水位以上的岩土试样进行腐蚀性试验,每个水文地质单元不应少于 2 组。

## 9.5 路基、涵洞工程

9.5.1 路基工程勘察包括一般路基、高路堤及陡坡路堤、深路堑。路基、涵洞详细勘察除应符合本标准 9.2 节规定外,还应符合本节规定。

9.5.2 涵洞工程的详细勘察应查明天然沟、河岸坡稳定性,查明场地水文地质条件,提供水文地质参数。

9.5.3 路基、涵洞工程详细勘察阶段的勘探工作应符合下列要求:

1 钻孔线路轴线的间距按表 9.5.3 确定。

表 9.5.3 勘探孔间距(m)

勘察等级	拟建物性质	复杂	中等复杂	简单
甲级	一般路基	35~45	45~50	50~60
	路堤、陡坡路堤、路堑、涵洞	25~35	35~45	45~55
乙级	一般路基	40~50	50~60	60~80
	路堤、陡坡路堤、路堑、涵洞	35~45	45~55	55~70

2 钻孔宜沿线路中线布置,并应布置适量的横勘探线,横勘探线布置应符合下列要求:

- 1) 一般路基段的横勘探线间距可按照表 9.5.3 所列勘探孔间距的 2 倍~3 倍确定,每条横勘探线上的钻孔数量不应少于 2 个;
- 2) 高路堤、深路堑、陡坡路堤及涵洞的横勘探线间距宜按照表 9.5.3 所列勘探孔间距的 1 倍~2 倍确定,每条横勘探线上的钻孔数量不应少于 3 个。

9.5.4 一般路基段的一般孔深度应达到设计轨(路)面下中等风化基岩内 3m~5m,技术孔深度应达到设计轨(路)面下中等风化基岩内 5m~8m。

9.5.5 涵洞工程的钻孔应进入设计洞底下中等风化基岩 5m~8m,技术孔取大值,一般孔取小值。

9.5.6 路堤、路堑段及其影响范围内的钻孔深度应进入最下层潜在滑面下 3m~5m,技术孔取大值,一般孔取小值。支护结构位置的钻孔深度,应根据可能采用的支护结构形式确定:

1 对于重力式挡墙、扶壁式挡墙及锚杆(索)挡墙,钻孔深度应进入持力层不少于 5m;

2 对于悬臂桩,钻孔深度应进入嵌固段以下,嵌固段为土层时不宜小于悬臂长度的 1.0 倍,嵌固段为岩层时不宜小于悬臂长度的 0.7 倍。

9.5.7 场地粗粒土覆盖层较厚时,应布置一定的动力触探探查



土的均匀性和密实度；场地细粒土覆盖层较厚时，应分层采集土样，主要土层试样数量不宜少于 6 组。

**9.5.8** 应选择代表性钻孔进行波速测试，每段路基或每座涵洞波速测试孔应不少于 1 个，其中土质路基段应进行剪切波测试，岩质路堑场地应进行声波测试。

**9.5.9** 涵洞工程、路堤和路堑段支护结构物位置应进行水、土腐蚀性试验，每个水文地质单元不少于 2 组。

## **9.6 地面车站、车辆基地及附属设施**

**9.6.1** 车辆基地的详细勘察应包括站场股道、出入线、各类房屋建筑及其附属设施的勘察，并符合下列规定：

1 车辆基地应根据不同建构筑物类型分别进行勘察；

2 站场股道、出入线的详细勘察，根据线路敷设方式应符合本标准第 9.3 节～第 9.5 节的规定；

3 各类生产、生活、办公等建筑物及边坡工程的详细勘察应符合现行地方标准《工程地质勘察规范》DBJ 50/T-043 的有关规定。

**9.6.2** 地面车站的轨行区结构与站厅建筑结构分离时，根据线路敷设方式轨行区的勘察工作应符合本标准第 9.3 节～第 9.5 节的规定，站厅建筑应符合现行地方标准《工程地质勘察规范》DBJ 50/T-043 的有关规定；地面车站的轨行区与站厅建筑为同一结构单元时，详细勘察应符合本标准第 9.3 节、第 9.5 节的规定。

## **9.7 施工勘察**

**9.7.1** 遇下列情况之一时，应进行施工勘察：

1 场地地质条件复杂，施工过程中出现地质异常，工程结构或工程施工面临较大危害时；

2 施工过程中揭露的地质条件与原勘察资料存在较大不符并有可能影响工程质量和安全时；

3 施工过程中出现地基、边坡及洞室变形或失稳，需进行处理时；

4 因设计方案、施工方案发生较大的变更或采用新技术、新工艺、新方法、新材料，原勘察文件不能满足要求时；

5 可溶岩地区的嵌岩端承桩、集中荷载较大的地基；

6 需要进行施工勘察的其他情况。

9.7.2 施工勘察应根据不同的施工方法、施工工艺的特殊要求和施工过程中出现的具体工程地质问题选择针对性的勘探、测试手段。

9.7.3 对于层面倾角 $\geq 45^\circ$ 的陡倾薄层软岩、极软岩地基，岩体较破碎的地基、块碎岩地基、人工地基、单轴荷载较大的岩质地基等，当地基承载力或变形指标难以确定时，可在施工期间通过现场载荷试验等方法确定。

9.7.4 施工勘察工作应符合下列规定：

1 收集施工方案、勘察报告、周边环境调查报告及施工过程中形成的相关资料；

2 收集和分析工程检测、监测资料；

3 根据工程地质问题的复杂程度、已有勘察资料和场地条件制定施工勘察方案并开展工作；

4 针对具体的工程地质问题进行分析评价，并提供所需的岩土参数，提出处理措施建议。

9.7.5 施工勘察应充分利用已有勘察成果，但当出现本标准第9.7.1条第2款情形时，应分析原勘察资料的可靠性，必要时应进行现场验证。

## 10 地下水

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 轨道交通工程地下水勘察深度应与设计阶段相适应,与岩土工程勘察同时进行。

**10.1.2** 地下水勘察应在搜集已有工程地质和水文地质资料的基础上,采用地面调查与测绘、钻探、物探、试验、动态观测等多种手段相结合的综合勘察方法。

**10.1.3** 地下水勘察应完成以下任务:

1 查明沿线与工程有关的地下含水层(或岩组)类型,含水层的补给、径流、排泄、地下水动力条件等。

2 对各含水层进行水文地质试验或测试,查明各含水层的水量、水质和渗透性等水文地质参数。

3 根据水文地质条件与建设工程特征,评价地下水对工程结构、施工方法的相互影响和作用,提出防治与控制措施及建议。

**10.1.4** 地下水勘察应查明沿线地下水类型、地下水与建设工程之间的水力联系等,提出工程建设的保护措施及建议,避免地下水资源遭受污染或被疏干破坏等环境工程问题。

**10.1.5** 岩土工程勘察的所有钻孔应进行地下水位的量测,并选取代表性钻孔对各含水层(或岩组)进行水文地质试验,查明沿线与工程相关的水文地质条件。

**10.1.6** 当水文地质条件复杂,工程建设与地下水相互影响大时,应进行专项水文地质勘察,专项水文地质勘察宜在项目的可研或初勘阶段进行。

## 10.2 地下水勘察

### 10.2.1 轨道交通工程地下水的勘察应符合下列规定：

1 搜集区域气象资料(年降水量、年蒸发量等及其变化)，评价其对地下水的影响；

2 在收集区域地质、水文地质资料基础上，首先开展工程场地的地面水文地质测绘，再根据水文地质条件布置相应的地下水勘探工作。

3 查明沿线地下水的类型及赋存状态、含水层的分布规律，划分水文地质单元；

4 查明沿线各水文地质单元地下水的补给、径流和排泄条件，地表水与地下水的水力联系；

5 查明勘察期间的地下水位，调查历史最高地下水；有条件时，还应对近3~5年的最高地下水位年变化幅度、变化趋势和主要的影响因素进行调查；

6 提供工程建设对地下水控制所需的水文地质参数；

7 调查沿线地下水和地表水的污染源分布及可能的污染程度；

8 评价地下水对工程结构、工程施工的作用及影响，提出防治工程措施和建议；

10.2.2 应根据地下水类型、地下工程形状与含水构造特征等条件，提出地下水控制措施的建议。

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

10.2.4 对工程沿线地下水应采取水试样进行水质分析，水样应能代表天然条件下的地下水水质情况，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。

10.2.5 山岭隧道、基岩隧道或跨江隧道地下水的勘察还应符合下列规定：

1 查明不同岩性接触带、断层破碎带及富水带的位置与分布范围；

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

3 预测隧道通过地段地下水的水位、水压，施工中可能发生集中的涌水点、涌水段位置，并评价其对工程的危害程度；

4 分段预测施工阶段可能发生的最大涌水量和正常涌水量，并提出工程处置措施及施工建议。

### 10.3 水文地质参数测定

10.3.1 当水文地质条件复杂且对工程影响重大时，应通过现场试验确定水文地质参数。

10.3.2 勘察中遇地下水应量测水位，量测水位应符合下列规定：

1 遇地下水时应量测初见水位和稳定水位(水头)；

2 存在对工程有影响的多层含水层时，应采取相应隔离措施，进行分层的水位量测。

10.3.3 初见水位和稳定水位可在钻孔、探井和测压管内直接量测，稳定水位的量测间隔时间按含水层的渗透性确定，对砂土和碎石土不得少于4小时，对粉土及黏性土不得少于24小时，并宜在勘察结束后统一量测稳定水位。量测读数至厘米，精度不得低于+2cm。对位于江河、湖泊、大型地表水体岸边的工程，地表水位与地下水位应同时量测。

10.3.4 测定地下水流向可采用几何量测法，量测(孔)点不应少于呈三角形分布的三个观测(孔)点，观测(孔)点间距按含水层的渗透性、地下水水力坡度和地形坡度确定，宜为50m~100m，各(孔)点水位应同时量测。

10.3.5 测定地下水流速宜根据场地水文地质特征，选择相适宜

的方法。可采用抽水试验法、指示剂法或充电法等。

### 10.3.6 水文地质参数的测定方法应符合表 10.3.6 的规定

表 10.3.6 水文地质参数测定方法

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

注:除地下水位外,当地下水对工程影响小时,其它水文地质参数可采取经验数值。

10.3.7 含水层的渗透系数宜采用抽水试验、注水试验求得;含水层的透水性等级根据渗透系数按附录 B 的规定划分。

10.3.8 抽水试验布置应符合下列规定:

- 1 试验应布置在不同地貌单元、不同含水层(组)且富水性较强的地段,应距离隧道外侧边线 3m~5m;
- 2 在需要人工降低地下水位的车站、区间宜布设试验孔;
- 3 抽水试验的观测孔宜垂直或平行地下水流向;
- 4 在含水构造复杂且富水性较强的地段应分层或分段进行抽水试验,对潜水与承压水应分别进行抽水试验;
- 5 临近地表水或下穿地表水(河、湖、水库等)的区段宜布设试验孔。

10.3.9 抽水试验方法可按表 10.3.9 选用,技术要求应符合本标准第 15.7 节的规定。

表 10.3.9 抽水试验方法和应用范围

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

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

## 10.4 地下水作用

10.4.1 轨道交通地下水勘察应评价地下水的作用,包括地下水力学作用、物理作用和化学作用。

10.4.2 地下水力学作用评价应包括下列主要内容:

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;对节理裂隙不发育的岩石和黏性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;

2 验算边坡稳定时,应考虑地下水对边坡稳定的不利影响;

3 在地下水位下降的影响范围内,应分析地面沉降及其对工程和周边环境的影响,提出预防或减轻环境影响的保护措施及建议;

4 在有水头压差的粉细沙、粉土地层中,应分析产生潜蚀、流土、管涌的可能性;

5 分析地下水漏失可能带来的地表水体漏失、生产与生活水源枯竭、岩溶塌陷等次生灾害,提出减轻或预防的工程措施及建议。

10.4.3 地下水物理、化学作用的评价应包括下列内容:

1 确定地下水水质和水化学类型,在水质复杂地区应分区或分段划分水质和水化学类型,预测施工引起地下水水质变化的可能性;

2 地下水位以下的工程结构,应评价地下水对混凝土、金属等建筑材料的腐蚀性;

3 对软质岩石、强风化岩石、残积土、填土、膨胀岩土,应评价地下水的聚集和散失所产生的软化、崩解、湿陷、胀缩等有害作用;

4 地下水、土对建筑材料的腐蚀性评价应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021 的有关规定。

## 10.5 地下水控制

10.5.1 地下轨道交通地下水勘察应根据施工方法、开挖深度、含水层岩性和地层组合关系、地下水资源和环境要求,建议适宜的地下水控制方法。

10.5.2 降水方法可按表 10.5.2 的规定选用。

表 10.5.2 降水方法的适用范围

名称		适用地层	渗透系数 $k(\text{m/d})$	水位降深(m)
集水坑明排		土层和岩石	$<20.0$	$<2$
井点降水	电渗井点	黏性土	$<0.1$	$<6$
	喷射井点	黏性土、粉土、粉砂	$0.1\sim 20.0$	$8\sim 20$
	真空井点	填土、粉土、粉细沙	$0.1\sim 20.0$	单级 $<6$ 、多级 $<20$
管井		砂土、碎石土、碎石	$1.0\sim 200$	$>5$
大口井		类填土、岩溶、裂隙		$5\sim 20$
辐射井		黏性土、粉土、砂土	$0.1\sim 20.0$	$<20$
引渗井				将上层水引渗到下层



**10.5.3** 采用降水方法进行地下水控制时,应评价工程降水可能引起的岩土工程问题:

- 1 评价降水对工程周边环境的影响程度;
- 2 评价降水形成区域性降落漏斗和引发地下水补给、径流、排泄条件的改变;
- 3 采用辐射井降水方法时,应评价土层颗粒流失对工程周边环境的影响;
- 4 采用减压井降水方法时,应分析评价基底稳定性和水位下降对工程周边环境的影响。

**10.5.4** 采用帷幕隔水、截(堵)水方法时,应分析截水帷幕、截(堵)水的深度、范围及施工工艺的可能性,并分析施工中存在的风险。

## 11 周边环境专项调查

### 11.1 一般规定

11.1.1 工程周边环境专项调查应在取得工程沿线地形图、管线及地下设施分布图等资料的基础上,采用实地调查、资料调阅、现场勘查与探测等多种手段相结合的综合方法开展工作。

11.1.2 工程周边环境专项调查宜分阶段进行,不同阶段周边环境专项调查内容应满足相应阶段深度的要求。

11.1.3 可行性研究勘察阶段应通过收集地形图、管线图等方式获取工程周边环境资料,对影响线路方案的重要工程周边环境,需进行重点调查。

11.1.4 初步勘察阶段应通过实地调查走访,资料查询、收集、调阅,必要的现场勘查与探测等手段对工程周边环境现状进行全面调查。

11.1.5 详细勘察阶段应根据工程设计条件变化或工程需要,补充完善工程周边环境调查资料。

### 11.2 调查范围

11.2.1 工程周边环境专项调查范围应根据城市轨道交通工程的线路位置、敷设方式、埋置深度、结构形式、施工方法、地质条件及工程周边环境重要性等因素综合确定。

11.2.2 城市轨道交通地下工程主要施工工法的调查范围可参考表 11.2.2 确定。

表 11.2.2 调查范围参考表

工法类别	调查范围	备注
明(盖)挖法工程	不小于基坑边缘以外 30m 或 $2H$ (取大值)	H 基坑设计开挖深度
矿山法工程	不小于隧道两侧各 $2H_i$ ( $H_i$ 小于 $3B$ 的浅埋隧道)或 $2B$ ( $H_i$ 大于 $3B$ 的深埋隧道)	H <sub>i</sub> 隧道设计顶板埋深 B 隧道设计开挖宽度
盾构法工程	不小于隧道两侧各 $2H_i$ ( $H_i$ 小于 $3D$ 的浅埋隧道)或 $2D$ ( $H_i$ 大于 $3D$ 的深埋隧道)	H <sub>i</sub> 隧道设计顶板埋深 D 盾构隧道设计外径

注:当城市轨道交通工程隧道(矿山法工程、盾构法工程)顶板上方有不小于 50m 的Ⅲ级或Ⅳ级围岩时,对调查范围内的地表既有(或在建)建筑,可只对高层建筑和集中荷载较大的构筑物进行调查。

11.2.3 城市轨道交通地面线、高架线工程的调查范围原则上应不小于线路结构外边线两侧各 30m。

### 11.3 调查内容

11.3.1 工程周边环境专项调查内容应包括调查对象的名称、类型(或用途),地理位置,与轨道交通工程的空间关系,修建年代或竣工日期,使用(或在建)现状,竣工图纸情况,特殊保护要求等,调查样表宜参照附录 C。

11.3.2 地上建(构)筑物应重点调查建筑层数、结构形式、基础型式、基础埋深(标高)等内容。

11.3.3 地下建(构)筑物应重点调查结构形式、外轮廓尺寸、顶(底)板埋深(标高)、围(支)护结构形式、基础型式、基础埋深。

11.3.4 地下管线、地下硐室调查的重点和调查方法应符合本标准第 4.4 节、第 4.5 节的规定。对采用地下综合管道共同沟的,还应调查共同沟的结构形式、断面尺寸、顶(底)板埋深(标高)、围(支)护结构形式。

11.3.5 桥梁应重点调查结构形式、桥宽、桥长、跨度、基础型式与基础埋深(标高)、对采用桩基的桥梁,还应调查桩基参数(桩长、桩径等)。

**11.3.6** 隧道应重点调查隧道的平面图、剖面图、顶(底)板埋深(标高)、地基基础型式、基础埋深、隧道断面形式与尺寸、支护形式、衬砌厚度、附属结构(通道、洞门、竖井、小室)等。

**11.3.7** 道路应重点调查道路支挡结构形式、基础型式、基础埋深等内容。

**11.3.8** 既有轨道交通设施应重点调查的主要内容包括：

- 1 轨道交通设施地下线参照隧道调查内容；
- 2 轨道交通设施地面线参照道路内容,还应包括路基形式；
- 3 轨道交通设施高架线参照桥梁调查内容；

**11.3.9** 边坡、高切坡应重点调查边坡的支挡结构形式、地基基础形式、基础型式、基础埋深等。

**11.3.10** 文物建筑应重点调查文物建筑的平面位置、名称、保护等级、结构形式、基础型式、基础埋深等。

**11.3.11** 水工构筑物应重点调查构筑物的类型、结构形式、基础型式、基础埋深、使用现状等。

## **11.4 调查报告**

**11.4.1** 工程周边环境专项调查报告应包括以下内容：

- 1 工程概况；
- 2 完成工作量；
- 3 质量评述；
- 4 调查目的和依据；
- 5 调查范围和对象；
- 6 调查方法和手段；
- 7 调查成果及资料说明；
- 8 附图、附表。

**11.4.2** 调查报告及相关资料应真实、准确,满足城市轨道交通工程勘察、设计、施工等单位的需要。

## 12 轨道交通隧道围岩分级

### 12.1 一般规定

12.1.1 根据重庆轨道交通隧道工程和当地工程地质条件,采用定性和定量相结合的原则,进行重庆轨道交通隧道围岩分级。

12.1.2 在重庆轨道交通隧道工程勘察设计过程中,应根据隧道围岩稳定性进行分级。围岩可分为 I~VI 六个基本级别,Ⅲ、Ⅳ 基本级别进行亚级划分。围岩分级应符合表 12.1.2 的规定:

表 12.1.2 轨道交通隧道围岩分级

岩质围岩级别						土质围岩级别		
I	II	III		IV		V	V	VI
I	II	III <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>2</sub>	V	V	VI

12.1.3 隧道岩质围岩分级的综合评判方法采用两步分级,并按以下顺序进行:

1 根据岩石坚硬程度、岩体完整性定量指标确定围岩基本质量指标 BQ 值,并考虑隧道跨度进行初步分级;

2 对围岩进行详细定级时,应在围岩基本质量分级基础上考虑修正因素的影响,进行围岩的详细分级。

12.1.4 本标准适用于跨度小于等于 27m 隧道的围岩分级。当隧道跨度大于 27m 时,其围岩分级还应进行专门研究论证。

### 12.2 基本质量分级因素及其确定方法

12.2.1 岩质围岩基本质量应由岩石坚硬程度、岩体完整程度以

及隧道跨度三个因素确定。

12.2.2 岩石坚硬程度应采用定量指标划分,岩体完整程度应采用定性和定量相结合的方法进行综合确定。通过规定不同跨度的 BQ 值体现隧道跨度的影响。

12.2.3 岩石坚硬程度划分的定量指标采用岩石单轴饱和抗压强度( $R_c$ )表示,其对应关系可按表 12.2.3 确定。定量指标  $R_c$  的测试应符合本标准附录 D 的规定。

表 12.2.3  $R_c$  与岩石坚硬程度的对应关系

$R_c$ (MPa)	>50	50~30	30~15	15~5	<5
坚硬程度	坚硬岩	较坚硬岩	较软岩	软岩	极软岩

12.2.4 岩体完整程度的定性划分可按表 12.2.4-1 确定,表中结构面的结合程度可按表 12.2.4-2 确定,块状岩体结构可按表 12.2.4-3 确定,层状岩层厚度划分可按表 12.2.4-4 确定。

表 12.2.4-1 岩体完整程度的定性划分

完整程度	结构面发育程度		主要结构面的结合程度	主要结构面类型	相应结构类型
	组数	平均间距 $s$ (m)			
完整	1~2	>0.8	结合好或结合一般	节理、裂隙、层面	整体状或巨厚层状结构
较完整	1~2	>0.8	结合差	节理、裂隙、层面	整体状或巨厚层状结构
	2~3	0.8~0.4	结合好或结合一般		块状或厚层状结构
较破碎	2~3	0.8~0.4	结合差	节理、裂隙、劈理、层面、小断层	块状或厚层状结构
	$\geq 3$	0.4~0.2	结合好或结合一般		次块状或中厚层状结构
		0.3~0.1	结合好		镶嵌碎裂结构或薄层结构

续表 12.2.4-1

完整程度	结构面发育程度		主要结构面的结合程度	主要结构面类型	相应结构类型
	组数	平均间距 $s$ (m)			
破碎	$\geq 3$	0.4~0.2	结合差	各种类型结构面	次块状或中厚层状结构
		0.3~0.1	结合一般或结合差		碎裂状或薄层结构
极破碎	无序		结合很差		散体状结构

注:平均间距  $s$  指主要结构面间距的平均值;

表 12.2.4-2 结构面结合程度的划分

结合程度	结合状况	起伏粗糙程度	结构面张开度 mm	充填状况	岩体状况
结合好	铁硅钙质胶结	起伏粗糙	$\leq 3$	胶结	硬岩或较软岩
结合一般	铁硅钙质胶结	起伏粗糙	3~5	胶结	硬岩或较软岩
	铁硅钙质胶结	起伏粗糙	$\leq 3$	胶结	软岩
结合差	分离	起伏粗糙	$\leq 3$ (无充填时)	无充填或岩块、岩屑充填	硬岩或较软岩
	分离	起伏粗糙	$\leq 3$	干净无充填	软岩
	分离	平直光滑	$\leq 3$ (无充填时)	无充填或岩块、岩屑充填	各种岩层
结合很差	分离	平直光滑、略有起伏		岩块、岩屑夹泥	各种岩层
	分离	平直很光滑	$\leq 3$	泥质或泥夹岩屑充填	各种岩层
	分离	平直很光滑	$\leq 3$	无充填	各种岩层

注:1 起伏度:当  $R_A \leq 1\%$ , 平直;  $1\% < R_A \leq 2\%$  时, 略有起伏,  $R_A < 2\%$  时为起伏, 其中  $R_A = \frac{A}{L}$ ,  $A$  为连续结构面起伏幅度 (cm),  $L$  为连续结构面取样长度 (cm), 测量范围  $L$  一般为 1.0m~3.0m;

2 粗糙度: 很光滑, 感觉非常细腻如镜面; 光滑, 感觉比较细腻, 无颗粒感; 较粗糙, 可以感觉到一定的颗粒状; 粗糙, 明显感觉到的颗粒状。

表 12.2.4-3 块状岩体的划分

类别	整体状	块状	次块状	镶嵌碎裂状	碎裂状	散体
结构面平均 间距 $s(\text{m})$	$s > 0.8$	$0.8 \geq s > 0.4$	$0.4 \geq s > 0.2$	$0.3 \geq s > 0.1$ 镶嵌良好	$0.3 \geq s > 0.1$	$< 0.2$ 无序

表 12.2.4-4 层状岩层厚度的划分

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

12.2.5 岩体完整程度的定量指标,应采用岩体完整性指数  $K_v$ ,其对应关系可按表 12.2.5 确定。定量指标  $K_v$  的测试应符合本标准附录 E 的规定。

表 12.2.5  $K_v$  与岩体完整程度的对应关系

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

### 12.3 围岩基本质量级别的确定

12.3.1 岩质围岩基本质量指标 BQ 值,应根据岩石坚硬程度、岩体完整程度分级因素的定量指标  $R_c$  的兆帕数值和  $K_v$ ,按下式计算:

$$BQ = 100 + 3R_c + 250K_v \quad (12.3.1)$$

使用式(12.3.1)时,应遵守下列限制条件:

- 1 当  $R_c > 50$  时,应以  $R_c - 50$  代入计算 BQ 值;
- 2 当  $K_v > 0.04R_c + 0.4$ ,应以  $K_v - 0.04R_c + 0.4$  和  $R_c$  代入计算 BQ 值;
- 3 当  $K_v > 0.76$ ,应以  $K_v - 0.76$  和  $R_c$  代入计算 BQ 值。

12.3.2 岩质围岩基本质量分级,应根据定性特征和基本质量指



标 BQ 值两者相结合,并考虑隧道跨度因素,按表 12.3.2 确定。

表 12.3.2 岩质围岩基本质量分级

级别	岩质围岩定性特征	不同跨度 $B(m)$ 的围岩基本质量指标 (BQ)		
		$B < 12$	$12 < B < 20$	$20 \leq B \leq 27$
I	坚硬岩,岩体完整; 满足本级 BQ 值的岩石坚硬程度与岩体完整程度各种组合,如坚硬岩,岩体较完整;较坚硬岩,岩体完整。	$>440$	$>453$	$>465$
		440~371	453~384	465~396
III	坚硬岩,岩体较破碎; 较坚硬岩,岩体较完整; 较软岩,岩体完整; 满足本级 BQ 值的岩石坚硬程度与岩体完整程度各种组合,如坚硬岩,岩体破碎;较坚硬岩,岩体较破碎;较软岩,岩体较完整;软岩,岩体完整。	370~341	383~354	395~366
		340~311	353~324	365~341
IV	坚硬岩,岩体破碎; 较坚硬岩,岩体较破碎; 较软岩,岩体较完整; 软岩,岩体完整~较完整; 满足本级 BQ 值的岩石坚硬程度与岩体完整程度各种组合,如较坚硬岩,岩体破碎;较软岩,岩体较破碎~破碎;软岩,岩体较破碎;极软岩( $R_c \geq 4MPa$ ,岩体完整~较完整)。	310~271	323~284	340~301
		270~251	283~264	300~276

续表 12.3.2

级别	岩质围岩定性特征	不同跨度 $B(m)$ 的围岩基本质量指标(BQ)		
		$B \leq 12$	$12 < B < 20$	$20 \leq B \leq 27$
V	较软岩,岩体破碎; 软岩,岩体较破碎~破碎; 极软岩( $R_c < 4MPa$ )及全部极破碎岩; 满足本级 BQ 值的岩石坚硬程度与岩体完整程度各种组合。	$\leq 250$	$\leq 263$	$\leq 275$

12.3.3 当岩质围岩根据定性特征和基本质量指标 BQ 确定的级别不一致时,应重新审定定性特征和定量指标计算参数,通过综合分析确定围岩基本质量级别。

12.3.4 土质围岩基本质量分级宜按表 12.3.4 确定。

表 12.3.4 土质围岩基本质量分级

级别	土质围岩主要工程地质条件		纵波波速 $V_p$ (km/s)
	主要工程地质特征	结构形态和完整状态	
V	一般第四系的坚硬、硬塑的黏性土,稍密及以上、稍湿或潮湿的碎石土、卵石土、圆砾土、角砾土、粉土。	非黏性土呈松散结构,黏性土呈松软状结构。	1.0~2.0
VI	填土,可塑、软塑状黏性土,饱和的粉土,砂类土等。	黏性土呈易蠕动的松软结构,砂性土呈潮湿松散结构。	$< 1.0$ (饱和状态的土 $< 1.5$ )

## 12.4 围岩级别的修正

12.4.1 围岩级别应在基本质量分级的基础上,考虑地下水状态、软弱结构面等因素进行修正。

12.4.2 地下水出水状态的分级,宜按表 12.4.2 进行。

表 12.4.2 地下水状态的分级

状态	渗水量[L/(min·10m)]
干燥或湿润	<10
偶有渗水,点滴状或线状出水	10~25
经常渗水,淋雨状出水(水压≤0.1MPa)	25~125
涌水,涌流状或射流状出水(>0.1MPa)	>125

12.4.3 软弱结构面是指对围岩稳定性起主要影响的结构面,主要考虑泥夹岩屑、夹泥两种。

12.4.4 地下水出水状态、软弱结构面对围岩级别的修正,宜按表 12.4.4 进行。

表 12.4.4 地下水、软弱结构面影响的修正

地下水出水状态	软弱结构面影响程度	围岩基本分级							
		I	II	III		IV		V	VI
				III <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>2</sub>		
干燥或湿润	小	I	II	III <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>2</sub>	V	VI
	大	I	II	III <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>2</sub>	V	VI
偶有渗水,点滴状或线状出水	小	I	II	III <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>2</sub>	V	VI
	大	I	II	III <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>	IV <sub>2</sub>	V	V	VI
经常渗水,淋雨状出水(水压≤0.1MPa)	小	I	II	III <sub>2</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>2</sub>	V	V	VI
	大	I	II	IV <sub>1</sub>	IV <sub>2</sub>	V	V	V	VI
涌水,涌流状或射流状出水(>0.1MPa)	小	I	III <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>2</sub>	V	V	VI
	大	I	III <sub>2</sub>	IV <sub>1</sub>	V	V	V	V	VI

注:当软弱结构面为泥夹岩屑时影响程度小,当软弱结构面为夹泥时影响程度大。

## 12.5 各级围岩的自稳能力

12.5.1 各级围岩自稳能力可按表 12.5.1 定性判别。

表 12.5.1 各级围岩自稳能力定性判别

级别		自稳能力
I		跨度 20m~27m 车站隧道和 ≤12m 区间隧道可长期稳定,稳定性很好,偶有掉块,无塌方
II		跨度 20m~27m 隧道,稳定,局部可发生掉块或小塌方; 跨度 ≤12m 隧道,可长期稳定,偶有掉块
III	III <sub>1</sub>	跨度 20m~27m 隧道,基本稳定,可发生中~小塌方; 跨度 ≤12m 隧道,基本稳定,可发生小塌方
	III <sub>2</sub>	跨度 20m~27m 隧道,基本稳定~不稳定,可发生中~大塌方; 跨度 ≤12m 隧道,基本稳定,可发生中~小塌方
IV	IV <sub>1</sub>	跨度 20m~27m 隧道,不稳定,无自稳能力; 跨度 ≤12m 隧道,不稳定,但可暂时稳定,可发生中~大塌方;
	IV <sub>2</sub>	跨度 20m~27m 隧道,不稳定,无自稳能力; 跨度 ≤12m 隧道,不稳定,可发生中~大塌方;
V		跨度 20m~27m 隧道,很不稳定,无自稳能力; 跨度 ≤12m 隧道,很不稳定,无自稳能力;
VI		无自稳能力

- 注:1 小塌方:塌方高度<3m,或塌方体积<30m<sup>3</sup>;  
2 中塌方:塌方高度 3m~6m,或塌方体积 30m<sup>3</sup>~100m<sup>3</sup>;  
3 大塌方:塌方高度>6m,或塌方体积>100m<sup>3</sup>;

12.5.2 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、钻探难度分为松土、普通土、硬土、软质岩、次坚石和坚石,详细分类见表 12.5.2。

表 12.5.2 岩土施工工程分级

等级	类别	岩土名称及特征	净钻 1m 所需时间(min)			开挖方法
			液压凿岩台车、潜孔钻机	手持风枪 湿式凿岩 合金钻头	双人打眼(工日)	
I	松土	砂土、腐殖土、种植土,可塑、硬塑状的黏性土及粉土,松散的水分不大的黏土,含有 30mm 以下树根或灌木根的泥炭土				用铁锹挖,脚踏一下到底的松散土层

表 12.5.2 岩土施工工程分级

等级	类别	岩土名称及特征	净钻 1m 所需时间(min)			开挖方法
			液压凿岩台车、潜孔钻机	手持风枪湿式凿岩合金钻头	双人打眼(工日)	
II	普通土	水分较大的黏土,半坚硬、硬塑状的粉土、黏性土、黄土,含有 30mm 以上树根或灌木根的泥炭土、碎石土(不包括块石土或漂石土)				部分用镐刨松,再用锹挖,用脚踏锹连续数次才能挖动
III	硬土	坚硬粉土、黏性土、黄土,含有较多的块石土及漂石的土,各种全强风化岩石				必须用镐整体刨过,才能用锹挖
IV	软石	极软岩、软岩、破碎~较完整的较软岩		<7	<0.2	部分用撬棍或十字镐及大锤开挖,部分用爆破法开挖
V	次坚石	完整的较软岩、破碎~较完整的较坚硬岩、破碎的极硬岩	≤15	7~20	0.2~1.0	用爆破法开挖
VI	坚石	极硬岩	>15	>20	>1.0	用爆破法开挖

注:施工期间受水浸泡时可根据天然单轴抗压强度进行工程分级划分。

## 13 岩土参数取值

### 13.1 一般规定

13.1.1 岩土物理力学参数应根据有关的试验方法标准,通过原位测试、室内试验等直接或间接的方法确定,并考虑室内外试验条件与实际工程岩土体的差别等因素的影响。

13.1.2 试验方法、试验数量以及试验布置应在工程地质单元划分和工程岩体分级的基础上,根据工程问题进行岩土力学参数试验设计(试验项目的选取)确定。

### 13.2 岩土测试成果的统计与分析

13.2.1 岩土测试成果应根据采样方法、试验方法与取值标准、测试结果的离散程度、测试方法与计算模型的配套性等影响因素对参与统计的数据作出可靠性和适用性评价。

13.2.2 应根据场地地貌单元、岩土层位、成因类型、岩性和形成年代等条件的异同,结合线路敷设方式进行统计单元的划分,必要时,可结合施工工艺细化统计单元的划分。

13.2.3 每一统计单元体,参加统计分析的室内试验值(抗剪强度指标一组试样为一个试验值)的单值数量,土样应不少于6个,岩样按表13.2.3确定。对数据量不满足本条规定的,应在地层岩性及试验成果分析的基础上,参照经验提供相关参数值。

表 13.2.3 参加统计分析的岩样最小试验数据量

物性指标	抗压强度	变形指标	抗剪强度
3	9	6	6

13.2.4 岩土参数测试成果统计结果一般应包括算术平均值、范围值、标准差、变异系数、标准值、样本数。

13.2.5 岩土参数统计方法应按现行地方标准《工程地质勘察规范》DBJ 50/T-043 执行。

13.2.6 岩土参数变异性可根据变异系数按表 13.2.6 进行评价

表 13.2.6 指标的变异性

变异系数( $\delta$ )	$\delta \leq 0.1$	$0.1 < \delta \leq 0.2$	$0.2 < \delta \leq 0.3$	$0.3 < \delta \leq 0.4$	$\delta > 0.4$
变异性	很低	低	中等	高	很高

注：对变异性高或很高的样本应分析原因，重新调整统计单元。

### 13.3 岩土体物理力学性质指标

13.3.1 岩土体工程特性指标的代表值应为标准值、平均值、特征值或基本值。强度参数应取标准值，物性、变形参数应取算术平均值，房屋、厂房等建筑工程的地基承载力应取特征值，轨道交通工程地基承载力应取基本值。

13.3.2 由现场测试和室内试验确定的土的各指标标准值即为土体各指标标准值。

13.3.3 可行性勘察阶段，岩土体性质参数的代表值可按当地建设经验和实际取得的实测数据综合确定；初步勘察阶段，岩土体性质参数的代表值应根据岩土试验成果结合地区经验取值；详细勘察阶段，岩土体性质参数的代表值应以岩土试验成果为主，结合地区经验修正后取值。

13.3.4 结构面抗剪强度标准值可按现行地方标准《工程地质勘察规范》DBJ50/T-043 确定。

13.3.5 当岩体完整、较完整及较破碎时，岩石的重度平均值可视为岩体的重度平均值。

13.3.6 当岩体完整、较完整或较破碎时，工程岩体变形模量和

弹性模量可由岩石的变形模量和弹性模量乘以 0.60~0.75 的折减系数确定；岩石泊松比可视为岩体泊松比。

**13.3.7** 当岩体完整、较完整、较破碎时，岩体内摩擦角标准值可由岩石内摩擦角标准值根据岩体完整性乘以 0.85~0.90 的折减系数确定。岩体粘聚力标准值可由岩石粘聚力标准值乘以 0.20~0.35 的折减系数确定。

**13.3.8** 当岩体完整、较完整时，岩体抗拉强度标准值可根据结构面产状和岩体完整性由岩石抗拉强度标准值折减确定。当结构面不起控制作用时折减系数可取 0.40~0.50。

**13.3.9** 边坡岩体的抗剪强度指标标准值和抗拉强度标准值对永久性边坡乘以 0.95 的时间效应系数，坡高大时取较小值，坡高小时取较大值。

**13.3.10** 当无试验条件时岩土水平抗力系数可根据本标准附录 F 确定。

**13.3.11** 岩土的基床系数经验值可根据本标准附录 G 确定。

## 13.4 地基承载力

**13.4.1** 岩土地基承载力分为容许承载力 $[\sigma]$ 、基本承载力 $\sigma_0$ 和极限承载力 $P_u$ ，其值的选取应符合现行行业标准《铁路工程地质勘察规范》TB 10012 及《铁路桥涵地基和基础设计规范》TB 10093 的有关规定。岩石地基的基本承载力宜采用载荷试验、理论公式计算及其他原位测试方法综合确定，也可参照表 13.4.1 确定。表中地基的基本承载力只适用于一般轨道路基、桥涵、隧道等与轨道结构存在相互作用的建构筑物工程。



表 13.4.1 岩石地基的基本承载力  $\sigma_0$  (kPa)

节理发育程度	节理很发育	节理发育	节理不发育
节理间距 (cm)	20~200	200~400	>400
岩石类别			
硬质岩	1 500~2 000	2 000~3 000	>3 000
较软岩	800~1 000	1 000~1 500	1 500~3 000
软岩	500~800	700~1 000	900~1 200
极软岩	200~300	300~400	400~500

注:裂隙张开或有泥质充填时应取低值。

土质地基的基本承载力  $\sigma_0$  可参照现行行业标准《铁路工程地质勘察规范》TB 10012 及《铁路桥涵地基和基础设计规范》TB 10093 的有关规定选取。

**13.4.2** 房屋、厂房、变电所等与轨道无直接作用的建构筑物,其地基承载力特征值、平均值应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑地基基础设计规范》DBJ 50-047 的有关规定执行。车场道路、进场道路等地基承载力基本容许值应按现行行业标准《公路桥涵地基与基础设计规范》JTG D63 的有关规定执行。

**13.4.3** 斜边坡上岩土地基、洞室地基承载力的确定应符合现行地方标准《建筑地基基础设计规范》DBJ 50-047 的有关规定。

### 13.5 隧道工程各级围岩的物理力学参数

**13.5.1** 隧道围岩的物理力学参数,可根据地质勘察、原位测试、工程对比分析及理论公式计算等方法综合分析确定。当无试验数据时,隧道围岩的物理力学参数可按照表 13.5.1 采用。

表 13.5.1 围岩的物理力学参数

围岩级别	弹性反力系数 K(MPa/m)	变形模量 (GPa)	泊松比	重度 (kN/m <sup>3</sup> )	内摩擦角 (°)	黏聚力 (MPa)	
I	1 800~2 800	>33	<0.20	26~28	>50	>2.1	
II	1 200~1 800	16~33	0.20~0.25	25~27	37~50	1.3~2.1	
III	III <sub>1</sub>	800~1 200	6~16	0.25~0.30	23~25	34~37	0.8~1.3
	III <sub>2</sub>	500~800	6~16	0.25~0.30	23~25	32~34	0.3~0.8
IV	IV <sub>1</sub>	300~500	1.3~6	0.30~0.35	21~23	29~32	0.2~0.3
	IV <sub>2</sub>	200~300	1.3~6	0.30~0.35	21~23	25~27	0.1~0.2
V	100~200	1~2 (0.01~0.02)	0.35~0.45	19~21 (17~19)	22~25	0.05~0.1	
VI	<100	<1(0.01)	0.40~0.50	17~19 (15~17)	<22	<0.05	

注:括号内为土质围岩数据。

## 14 取样和室内试验

### 14.1 一般规定

14.1.1 采取的岩土试样应具有地质代表性,室内岩土试验内容、试验方法、具体操作和采用的试验仪器应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 和《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的有关规定。

14.1.2 岩土室内试验项目的选择应根据岩土性质,并满足工程类型、设计及施工的需要确定。

14.1.3 对有特殊要求的试验,应会同有关人员共同研究相应的试验项目及方法,制定专门的试验方案,并选择适宜的仪器及试验步骤。

14.1.4 应正确分析整理岩土室内试验的资料,为工程设计、施工提供准确可靠的参数。

### 14.2 取 样

14.2.1 土样质量等级划分和试验内容应符合表 14.2.1 的规定,划分为四级:

表 14.2.1 土试样质量等级

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

续表 14.2.1

级别	扰动程度	试验内容
Ⅳ级	完全扰动	土类定名

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

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

3 土的腐蚀性评价不受土样质量等级限制。

**14.2.2** 采样数量应满足要求进行的试验项目和试验方法的需要,采取时应附取岩土试样记录及岩土样现场描述。

**14.2.3** 土试样采取的工具和方法可参照本标准附录 H 选取。

**14.2.4** 黏性土、软土应采用薄壁取土器采取Ⅰ级土样,应严格按照相关要求进行了钻探、取样,送样和测试应及时进行。对重点工点和重要的建筑物在工程地质单元中每层的取样数量不应小于6个。

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

**14.2.6** 在钻孔中采用Ⅰ、Ⅱ级土试样时,应满足下列要求:

1 在黏性土、砂土中宜采用泥浆护壁;如使用套管,应保持管内水位高于或稍高于地下水位,取样位置应低于套管底三倍孔径的距离;

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

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

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。

**14.2.7** 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。在运输过程中避免激烈的震动,保存时间不宜超过两周。对易于震动液化和水分离析的土试样宜就近进行试验。

**14.2.8** 对于红黏土或次生红黏土,应取样及进行原位测试,必要时宜竖向连续取样。对于人工填土,一般可通过重型(超重型)动力触探试验结合工程经验确定其工程性质,必要时还应进行现场大容重试验、平板载荷试验、面波测试等现场试验。

**14.2.9** 岩石试样宜在钻孔岩芯中采集,也可在探井、探槽、探洞中采集,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,采样应符合下列基本要求:

1 采样位置及样品数量应符合本标准第8章和第9章的规定;

2 同一组试样应在同一风化程度、岩层、岩性中采取;

3 试样规格应满足制作测试项目的试件尺寸要求,单块芯样长度应大于100mm,单块方样尺寸不小于150mm×150mm×150mm;

4 岩石抗压强度、抗剪强度、变形试件采用圆柱体,其直径不应小于50mm,高径比为2;

5 岩石抗拉试件采用圆柱体,直径不应小于50mm,高径比为0.5~1.0;

6 采样后应立即密封,及时送试验室进行试验。

**14.2.10** 比热容、导热系数、导温系数、基床系数、动三轴等特殊试验项目的取样,应满足试验的要求。

**14.2.11** 岩土试样采取后应立即开始试验,试验采取后至开始试验的时间不宜超过一周。

**14.2.12** 水样可在探井或钻孔中采集,也可在已有的井(泉)中采集。采样应符合下列基本要求:

1 采样容器宜用带磨口玻璃塞的玻璃瓶或化学稳定性好的塑料瓶;容器应清洁,并在采样前用采样点的水连续冲洗三遍;

采样时严防杂物混入；

2 采水容积,对于简分析水样应取 500ml,分析侵蚀性  $\text{CO}_2$  的水样,应另采 200ml 并加大理石粉 2g~3g;全分析水样应采 3 000ml;

3 钻孔采样应在经抽(提)水使试件能代表天然水质情况的条件下进行。在多层地下水地区应分层采集水样;

4 水样应尽量减少暴露时间,对需测量不稳定成分的水样时,应及时加入稳定剂,试样采集后应立即封好瓶口,贴上标签,应做好取样记录,记录的内容应包含取样时间、孔号、取样深度、取样人、是否加入稳定剂等。样品的存放时间,对于清洁的水不得超过 72h,对稍受污染或放射性水样不得超过 48h,对受污染的水不得超过 12h。

### 14.3 岩土试验

14.3.1 建筑场地的室内岩土试验项目应根据工程情况确定,岩石试验宜包括物性指标、抗压强度指标、抗剪、抗拉试验强度指标、变形指标;土工试验应包括物性指标(含水理性质指标)抗剪强度指标、压缩模量等。

14.3.2 用于岩石强度试验的样品一般不少于 3 组,对于不均匀的岩石,样品数量还应增加。

14.3.3 单轴抗压强度应分别测定干燥和饱和状态下的强度,软岩可测定天然状态下的强度,并提供有关参数,试件烘干和饱和方法应符合现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的有关规定。

14.3.4 岩石抗剪试验,应沿节理面、层面等薄弱环节进行。应在不同法向应力下测定,室内测定岩石抗剪强度指标时应采用三轴试验。岩石结构面及混凝土与岩石接触面可采用平推法直剪试验。

14.3.5 岩石抗拉强度试验应采用劈裂法,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。

14.3.6 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。

14.3.7 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。

14.3.8 土的比重,可直接测定也可根据经验值确定。

14.3.9 当需要进行渗流分析,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。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。

14.3.10 当需要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。

14.3.11 结合地质条件和工程类型,必要时进行土的腐蚀性试验。

14.3.12 岩土热物理指标的测定,可采用面热源法,热线法或热平衡法。三个热物理指标有下列相互关系:

$$\alpha = 3.6 \frac{\lambda}{C\rho} \quad (14.3.12)$$

式中: $\rho$  密度( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  
 $\alpha$  导温系数( $\text{m}^2/\text{h}$ )  
 $\lambda$  导热系数[ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ]  
 $C$  比热容[ $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ]

岩土热物理指标的经验值,见本标准附录 I。

14.3.13 土的力学性质试验主要包括固结试验、直剪试验、三轴压缩试验、无侧限抗压强度试验、静止侧压力系数试验、基床系数试验等。

14.3.14 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。

**14.3.15** 内摩擦角、粘聚力在有经验地区可采用直接快剪和固结快剪方法确定。

**14.3.16** 必要时应进行无侧限抗压强度试验,确定土体的静止侧压力系数。

**14.3.17** 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。

**14.3.18** 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。

**14.3.19** 水和土的腐蚀性测试应包括水对混凝土结构腐蚀性、土对混凝土结构腐蚀性及土对钢结构的腐蚀性,具体的测试项目与试验方法应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021的有关规定。



## 15 现场测试

### 15.1 一般规定

**15.1.1** 常用的现场测试方法主要包括标准贯入试验、圆锥动力触探试验、载荷试验、波速测试、综合测井、抽水试验、压水试验、现场直接剪切试验、地温测试、岩土电阻率测试等方法，现场测试方法应根据岩土条件、设计对岩土参数的要求、地区经验和测试方法的适用性等因素合理选用。

**15.1.2** 现场测试成果应结合原型试验、室内试验及地区经验使用，并应进行综合分析评价。根据现场测试成果，利用地区经验估算岩土工程特性参数和对岩土工程问题作出评价时，应结合室内试验成果和工程反算参数作对比，检验其可靠性。

**15.1.3** 现场测试的仪器设备应定期检验和标定。

**15.1.4** 现场测试的现场操作应符合国家和行业相关技术规程的规定。

**15.1.5** 现场测试资料整理分析时，应注意仪器设备、试验条件、试验方法等对试验的影响，结合地层条件，剔除异常参数。

**15.1.6** 静力触探试验、十字板剪切试验、旁压试验、扁铲侧胀试验、激振法测试、岩体原位应力测试的测试方法和要求、成果分析等应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021、《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 和地方标准《工程地质勘察规范》DBJ 50/T-043 的有关规定。

## 15.2 标准贯入试验

15.2.1 标准贯入试验适用于砂土、粉土、黏性土和全风化岩。

15.2.2 标准贯入试验的设备应符合表 15.2.2 的规定。

表 15.2.2 标准贯入试验设备规格

落锤		锤的质量(kg)	63.5
		落距(cm)	76
贯入器	对开管	长度(mm)	>500
		外径(mm)	51
		内径(mm)	35
	管靴	长度(mm)	50~76
		刃口角度(°)	18~20
		刃口单刃厚度(mm)	1.6
钻杆		直径(mm)	42
		相对弯曲	<1/1 000

15.2.3 标准贯入试验孔应采用回转钻进,并保持孔内水位略高于地下水位。当孔壁不稳定时,可用泥浆护壁,钻至试验标高以上 15cm 处,清除孔底残土后再进行试验。

15.2.4 标准贯入试验应采用自动脱钩的自由落锤法,并减小导向杆与锤间的摩阻力,锤击时避免偏心和侧向晃动,锤击速率应小于 30 击/min。

15.2.5 贯入器打入土中 15cm 后,开始记录每打入 10cm 的锤击数,累计打入 30cm 的锤击数为标准贯入试验锤击数  $N$ 。当锤击数已达 50 击,而贯入深度未达 30cm 时,记录 50 击的实际贯入深度,可终止试验,并按下式换算成相当于 30cm 的标准贯入试验锤击数  $N$ 。

$$N = 30 \times \frac{50}{\Delta S} \quad (15.2.5)$$

式中:  $N$  实测标准灌入锤击数;

$\Delta S$  50 击时的贯入度(cm)。

15.2.6 标准贯入试验成果  $N$  可直接标在工程地质剖面图上,也可绘制单孔标准贯入击数  $N$  与深度关系曲线或直方图。统计分层标贯击数平均值时,应剔除异常值。

15.2.7 标准贯入试验锤击数  $N$  值,可对砂土、粉土、黏性土的物理状态,土的强度、变形参数、地基承载力、单桩承载力,砂土和粉土的液化,成桩的可能性等作出评价。

15.2.8 应用标准贯入试验锤击数  $N$  值时是否修正、如何修正应按照相应的标准要求确定。

### 15.3 圆锥动力触探试验

15.3.1 圆锥动力触探适用于确定土的均匀性和密实程度,动力触探试验的类型可分为重型和超重型两种,其规格和适用土类应符合表 15.3.1 的规定。

表 15.3.1 圆锥动力触探类型

类型		类型	
		重型	超重型
落锤	锤质量(kg)	63.5	120
	落距(mm)	760	1 000
探头	直径(mm)	74	74
	锥角(°)	60	60
探杆直径(mm)		42	50~60
贯入指标	深度(mm)	100	100
	锤击数符号	$N_{63.5}$	$N_{120}$
主要适用岩土		填土、砂土、砾石土	填土、碎石土、卵石土

15.3.2 触探杆最大偏斜度不应超过2%，锤击贯入应连续进行；同时防止锤击偏心、探杆倾斜和侧向晃动，保持探杆垂直度；锤击速率每分钟宜为15~30击。

15.3.3 圆锥动力触探试验应结合地区经验并与其他方法配合使用，不宜使用单孔锤击数对土的工程性质作出评价。

15.3.4 圆锥动力触探试验成果分析应包括下列内容：

1 单孔连续圆锥动力触探试验应绘制锤击数与贯入深度关系曲线；

2 计算单孔分层贯入指标平均值时，应剔除临界深度以内的数值、超前和滞后影响范围内的异常值；

3 根据各孔分层的贯入指标平均值，用厚度加权平均法计算场地分层贯入指标平均值和变异系数。

15.3.5 根据圆锥动力触探试验指标和地区经验，可进行力学分层，评定土的均匀性和物理性质（状态、密实度）、土的强度、变形参数、地基承载力、单桩承载力，查明土洞、滑动面、软硬土层界面，检测地基处理效果等。

## 15.4 载荷试验

15.4.1 载荷试验可用于测定承压板下应力主要影响范围内岩石的承载力和变形模量。浅层平板载荷试验适用于浅层地基土；深层平板载荷试验适用于深层地基土和大直径桩的桩端土；螺旋板载荷试验适用于深层地基土或地下水位以下的地基土。

15.4.2 载荷试验应布置在有代表性的地点，每个场地不宜少于3个，当场地内岩土体不均时，应适当增加。浅层平板载荷试验应布置在基础底面标高处。

15.4.3 浅层平板载荷试验的试坑宽度或直径不应小于承压板宽度或直径的三倍；深层平板载荷试验的试井直径应等于承压板直径；当试井直径大于承压板直径时，紧靠承压板周围土的高度

不应小于承压板直径。

**15.4.4** 刚性承压板根据土的软硬或岩体裂隙密度选用合适的尺寸；土的浅层平板载荷试验承压板面积不应小于  $0.25\text{m}^2$ ，对软土和粒径较大的填土不应小于  $0.5\text{m}^2$ ；土的深层平板载荷试验承压板面积宜选用  $0.5\text{m}^2$ ；岩石载荷试验承压板的面积不宜小于  $0.07\text{m}^2$ ；螺旋板载荷试验承压板直径根据土性分别取  $0.160\text{m}$  和  $0.252\text{m}$ 。

**15.4.5** 载荷试验加荷方式应采用分级维持荷载沉降相对稳定法（常规慢速法）；有地区经验时，可采用分级加荷沉降非稳定法（快速法）或等沉降速率法；加荷等级宜取  $10\sim 12$  级，并不应少于 8 级，荷载量测精度不应低于最大荷载的  $+1\%$ 。

**15.4.6** 载荷试验采用慢速法加荷，当试验对象为土体时，每级荷载施加后，间隔  $5\text{min}$ 、 $5\text{min}$ 、 $10\text{min}$ 、 $10\text{min}$ 、 $15\text{min}$ 、 $15\text{min}$  测读一次沉降，以后间隔  $30\text{min}$  测读一次沉降，当连读两小时每小时沉降量小于等于  $0.1\text{mm}$  时，可认为沉降已达相对稳定标准，施加下一级荷载；当试验对象是岩体时，间隔  $1\text{min}$ 、 $2\text{min}$ 、 $2\text{min}$ 、 $5\text{min}$  测读一次沉降，以后每隔  $10\text{min}$  测读一次，当连续三次读数差小于等于  $0.01\text{mm}$  时，可认为沉降已达相对稳定标准，施加下一级荷载。

**15.4.7** 基床系数  $K$  宜采用直径  $30\text{cm}$  的荷载板垂直或水平加载试验进行现场测定，可直接测定地基土的垂直基床系数  $K_v$  和水平基床系数  $K_h$ 。

**15.4.8** 载荷试验成果资料整理分析应符合下列规定：

1 根据载荷试验成果分析要求，应绘制荷载 ( $p$ ) 与沉降 ( $s$ ) 曲线，必要时绘制各级荷载下沉降 ( $s$ ) 与时间 ( $t$ ) 或时间对数 ( $\lg t$ ) 曲线。应根据  $p\sim s$  曲线拐点，必要时结合  $s\sim \lg t$  曲线特征，确定比例界限压力和极限压力；

2 当  $p\sim s$  呈缓变曲线时，可取对应于某一相对沉降值（即  $s/d$ ， $d$  为承压板直径）的压力评定地基土承载力，但其值不应大于

最大加载量的一半；

3 土的变形模量应根据  $p \sim s$  曲线的初始直线段,可采用均质各向同性半无限弹性介质的弹性理论计算。

浅层平板载荷试验的变形模量  $E_0$  (MPa),可按下式计算:

$$E_0 = I_0 (1 - \mu^2) \frac{pd}{s} \quad (15.4.8-1)$$

深层平板载荷试验和螺旋板载荷试验的变形模量  $E_0$  (MPa),可按下式计算:

$$E_0 = \omega \frac{pd}{s} \quad (15.4.8-2)$$

式中,  $I_0$  刚性承压板的形状系数,圆形承压板取 0.785,方形承压板取 0.886;

$\mu$  土的泊松比;

$d$  承压板直径或边长(m);

$p$   $p \sim s$  曲线线形段的压力(kPa);

$s$  与  $p$  对应的沉降(mm);

$\omega$  与试验深度和土类有关的系数,可按表 15.4.8 选用。

表 15.4.8 深层载荷试验计算系数  $\omega$

土类 $d/z$	碎石土	砂土	粉土	粉质黏土	黏土
0.30	0.477	0.489	0.491	0.515	0.524
0.25	0.469	0.480	0.482	0.506	0.514
0.20	0.460	0.471	0.474	0.497	0.505
0.15	0.444	0.454	0.457	0.479	0.487
0.10	0.435	0.446	0.448	0.470	0.478
0.05	0.427	0.437	0.439	0.461	0.468
0.01	0.418	0.429	0.431	0.452	0.459

注: $d/z$ 为承压板直径或边长和承压板底面深度之比。

4 计算确定地基土承载力时,同一土层参加统计的试验点数应不少于 3 个。当试验点的极差不大于其平均值的 30%时,可采用平均值作为地基土承载力;当试验点的极差大于其平均值的 30%时,应查找、分析原因,并按极差剔除准则补充试验和剔除异常值。

## 15.5 波速测试

15.5.1 波速测试适用于测定岩土体的压缩波、剪切波、瑞利波的波速,可根据场地实际情况和任务要求,采用单孔法、跨孔法或面波法。

15.5.2 单孔法波速测试的技术要求应符合下列规定:

- 1 测试孔应垂直;
- 2 将三分量检波器固定在孔内预定深度处,并紧贴孔壁;
- 3 可采用地面激振或孔内激振;
- 4 应结合土层布置测点,测点的垂直间距宜取 1m~3m。层位变化处加密,并宜自下而上逐点测试。

15.5.3 跨孔法波速测试的技术要求应符合下列规定:

- 1 振源孔和测试孔应布置在一条直线上,发射和接收换能器在同一水平面;
- 2 跨孔孔距在土层中宜取 2m~5m,在岩层中宜取 8m~15m,测点垂直间距宜取 1m~2m;近地表测点宜布置在 0.4 倍孔距的深度处;
- 3 当测试深度大于 15m 时,应进行试验孔倾斜度和倾斜方位的量测,测点间距宜取 1m。

15.5.4 面波法波速测试可采用瞬态法和稳态法,宜采用低频检波器,道间距可根据场地条件通过试验确定。

15.5.5 波速测试成果分析应包括下列内容:

- 1 在波形记录上识别压缩波和剪切波的初至时间；
- 2 计算由振源到达测点的距离；
- 3 根据波的传播时间和距离确定波速。

## 15.6 综合测井

15.6.1 综合测井可采用的方法有电测井、声波测井、地震测井、放射性测井、温度测井、井中流体测量、孔壁超声成像、钻孔全景成像、钻孔电视观察、井斜测量等。

15.6.2 应用条件应符合下列要求：

1 电测井应在无金属套管、有井液的孔段测试；被探测目的层相对上下层应存在电性差异，目的层应具有一定厚度；

2 声波测井、地震波测井宜在无金属套管、有井液的孔段测试；被探测目的层相对上下层应存在弹性波波速差异，目的层应具有一定厚度；

3 放射性测井无论有无套管及井液均可应用，自然  $\gamma$  测井用于分层时，各层应有自然放射性差异， $\gamma$   $\gamma$  测井用于分层时，各层应有密度差异；

4 钻孔全景成像、钻孔电视观察应在无套管的干孔或清水钻孔中进行；

5 超声成像测井宜在无套管、有井液的钻孔中进行；

6 井中流体测量应在无套管或有滤管、有井液的钻孔中进行。

15.6.3 井温、井液电阻率测井、孔壁超声成像、钻孔全景成像、钻孔电视观察宜在电缆下放时作正式测量记录，其它测井方法均宜在提升电缆时做正式测量记录。

15.6.4 孔壁超声成像、钻孔全景成像深度比例尺应依据岩层倾角的大小，孔洞、裂隙、断层的规模，软弱夹层的厚度以及观测精度确定。



15.6.5 钻孔电视观察应对主要地质异常进行追踪观察,图像应清晰可辨。

15.6.6 井中流体测量时,井壁宜冲洗干净。

15.6.7 多种方法测井时,应首先进行温度测井。

15.6.8 需要分次分段测井时,主要数据或曲线衔接处应至少重复测量一个深度标记。

15.6.9 测试数据处理与解释应符合下列要求:

1 测井资料宜经过编辑、处理、解释几个步骤;

2 应根据各种测井曲线的分层特征,对不同参数曲线进行对比分析,结合地质、钻探等资料,按物性和地质名称分层,确定地层或地质体的深度和厚度;

3 孔壁超声成像、钻孔全景成像、钻孔电视观察应提交编辑后的图像。

## 15.7 抽水试验

15.7.1 抽水试验包括稳定流抽水试验和非稳定流抽水试验。抽水试验孔应布置在能反映场地水文地质特征的部位,钻孔孔深应达到工程设计的建基面高程以下,抽水孔孔径应能满足抽水设备的安装,并大于抽水设备外径 1~2 倍,不宜小于 110mm。

15.7.2 稳定流抽水试验应符合下列要求:

1 抽水试验前应对抽水孔及观测孔进行静止水位观测;水位连续 2 小时内变幅不大于 2cm,且无上升下降趋势;

2 一般情况下宜进行 3 次降深试验;简易抽水试验可简化为 1~2 次。当出现下列情况时,可只作一次降深:

1) 单位涌水量小于  $0.01\text{L/s}\cdot\text{m}$ ;

2) 钻孔涌水量大,水位降深小于 1m。

3 单孔抽水最小降深不宜小于 0.5m;多孔抽水的抽水孔最小降深,应以最远或次远观测孔的降深不小于 0.1m 或任一相邻

观测孔的降深差值不小于 0.2m 为准；

4 抽水孔最大降深对潜水含水层不宜超过含水层厚度的 1/2，承压水含水层抽水动水位不宜低于含水层顶板；若工程设计所需地下水降深高程低于上述标准，应分别独立研究。

15.7.3 水量恒定非稳定流抽水试验应符合下列要求：

1 试验中应控制抽水孔出水量，使之保持常量；

2 试验延续时间应根据降深与时间 ( $S\text{-}lgt$ ) 关系曲线确定，并应符合下列要求：

1) 当  $S\text{-}lgt$  关系曲线呈直线状，其水平投影在  $lgt$  轴上的数值不少于两个对数周期；

2) 当  $S\text{-}lgt$  关系曲线有拐点时，则宜延续至拐点后出现水平线的最初时刻。

3 抽水孔与观测孔必须同步观测；

4 抽水试验结束后，应观测恢复水位。

15.7.4 水位恒定的非稳定流抽水试验应符合下列要求：

1 试验中应控制抽水孔的动水位，使其保持稳定；

2 及时绘制 ( $Q\text{-}lgt$ ) 关系曲线，试验延续时间要求可参照水量恒定时的  $S\text{-}lgt$  曲线标准；

3 抽水试验结束后，应观测恢复水位。

15.7.5 试验现场记录应符合下列要求：

1 抽水孔和观测孔的基本技术资料及安装情况记录宜符合附录 J 中表 J.0.1 的要求；

2 试验过程中的出水量和水位观测记录宜符合附录 J 中表 J.0.2 和表 J.0.3 的要求；对稳定流抽水试验，应及时绘制  $S\text{-}t$ 、 $Q\text{-}t$  和  $Q\text{-}S$  或  $Q\text{-}\Delta k^2$  关系曲线；对非稳定流抽水试验，主要应绘制  $S\text{-}lgt$  或  $\lg S\text{-}lgt$  关系曲线，若为多孔抽水，还应绘制  $S\text{-}lgr$ 、 $S\text{-}lgt/r^2$  关系曲线。

## 15.8 压水试验

**15.8.1** 压水试验应根据工程要求,结合工程地质测绘和钻探资料,确定试验孔位,按岩层的渗透特性划分试验段,按需要确定试验的起始压力、最大压力和压力级数,及时绘制压力与压入水量的关系曲线,计算试段的透水率,确定  $P-Q$  曲线的类型。

**15.8.2** 钻孔压水试验宜随钻孔的加深自上而下地用单栓塞分段隔离进行。岩石完整、孔壁稳定的孔段或有必要单独进行试验的孔段可采用双栓塞分段进行。试段长度宜为 5m,同一试段不宜跨越透水性相差悬殊的不同岩层。

**15.8.3** 含断层破碎带、裂隙密集带、岩溶洞穴等的孔段应根据具体情况确定试段长度,相邻试段应互相衔接,可少量重叠但不能漏段。残留岩芯可计入试段长度之内。

**15.8.4** 压水试验应按三级压力五个阶段进行,三级压力宜分别为 0.3MPa、0.6MPa、1.0MPa。当试段埋深较浅时或轨道交通工程可能遭受的水压力值较小时,可适当降低试段压力。当试段埋深较大或轨道交通工程可能遭受的水压力值较大(超过 300m 水头)时,宜进行高压压水试验,宜采用四级压力七个阶段的中慢速试验,最大压力值宜为设计水头值的 1.2 倍,压力差可选用 0.5MPa~1MPa。单孔试验段数不宜少于 3 段。当试验段漏水量过大(超过 100L/min),而无法达到预定压力值时,可按实际能达到的最大压力值进行试验。

**15.8.5** 压水试验钻孔的孔径宜为 75mm~150mm,压水试验钻孔宜采用金刚石或合金钻进,不应使用泥浆等护壁材料钻进。在碳酸盐类地层钻进时应选用合适的冲洗液,试验钻孔的套管脚必须止水。在同一地点布置两个以上钻孔孔距 10m 以内时应先完成拟做压水试验的钻孔。

**15.8.6** 下栓塞前应首先观测 1 次孔内水位,试段隔离后,再观

测工作管内水位。工作管内水位观测应每隔 5min 进行 1 次,当水位下降速度连续 2 次均小于 5cm,观测工作即可结束,用最后的观测结果确定压力计算零线。在工作管内水位观测过程中如发现承压水时应观测承压水位。当承压水位高出管口时应进行压力和涌水量观测。

**15.8.7** 正式试验前应进行止水效果检查,送水加压后止水位置以上工作管外水位应保持稳定。

**15.8.8** 流量观测前应调整调节阀使试段压力达到预定值并保持稳定。流量观测工作应每隔 1min~2min 进行 1 次,当流量无持续增大趋势,且 5 次流量读数中最大值与最小值之差小于最终值的 10%,或最大值与最小值之差小于 1L/min 时,本阶段试验即可结束。取最终值作为计算值。将试段压力调整到新的预定值重复上述试验过程直到完成该试段的试验。在降压阶段如出现水由岩体向孔内回流现象应记录回流情况,待回流停止,流量达到前述标准后方可结束本阶段试验。

**15.8.9** 在试验过程中应对附近受影响的露头、井、硐、孔、泉等进行观测。

**15.8.10** 试验现场记录应符合下列要求:

- 1 压水试验设备安装及检查记录宜符合附录 K 的要求;
- 2 试验过程中的压水量和压力观测记录宜符合附录 K 的要求,并应绘制  $P-Q$  曲线。

## 15.9 现场直接剪切试验

**15.9.1** 现场直剪试验可用于岩土体本身、岩土体沿软弱结构面和岩体与其他材料接触面的剪切试验。可分为岩体在法向应力作用下的沿剪切面破坏的抗剪断强度试验,岩体剪断后沿剪切面破坏的剪切试验(摩擦试验),法向应力为零的抗切试验;土体沿剪切面破坏的剪切试验,土体沿剪切面破坏的残余剪切试验。

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

**15.9.3** 现场直剪试验中同一组试验体岩性应基本相同,受力状态应与岩土体在工程中实际受力状态相近。

**15.9.4** 现场直剪试验,岩体每组试体不应少于 5 个,剪切面积不应小于  $0.25\text{m}^2$ ,试体最小边长不宜小于  $50\text{cm}$ ,高度不宜小于最小边长的 0.5 倍,试体之间的距离应大于最小边长的 1.5 倍;土体每组试件不应少于 3 个,剪切面积不宜小于  $0.3\text{m}^2$ ,高度不宜小于  $20\text{cm}$  或最大颗粒的 4~8 倍,剪切面开缝应为最小颗粒的  $1/3\sim 1/4$ 。

**15.9.5** 现场直剪试验的技术要求应符合下列规定:

1 开挖试坑时应避免对试体的扰动和含水量的显著变化,在地下水以下试验时,应避免水压力和渗流对试验的影响;

2 施加的法向应力和剪切应力应位于剪切面、剪切缝中心,或使法向应力与剪切应力的合力通过剪切面的中心,并保持法向应力不变;

3 最大法向荷载应大于设计荷载,并按等量分级;荷载精度应为试验最大荷载的  $\pm 2\%$ ,对于软弱结构面最大法向应力不应导致结构面上充填物质被挤出;

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

5 每级剪切应力按预估的最大剪应力  $8\%\sim 10\%$  分级等量施加,当某级剪应力作用下的剪位移超过上一级剪应力作用下的剪位移 2 倍时,剪应力应减半施加;剪应力的施加按应力时间控制,对于岩体按  $5\text{min}$  施加一级,对于土体按  $5\text{min}\sim 10\text{min}$  施加一次;

6 当剪切变形急剧增长或剪切变形达到试体尺寸的 1/10 时,可终止试验;

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

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

**15.9.6 现场原位直剪切试验成果分析应包括下列内容:**

1 绘制剪切应力与剪切位移曲线、剪切应力与法向位移曲线,确定比例界限点、屈服强度和峰值强度;

2 绘制法向应力与剪应力关系曲线,确定抗剪强度参数。

## 15.10 地温测试

**15.10.1 地温测试可采用钻孔法、贯入法、埋设温度传感器法,地温长期观测宜采用埋设温度传感器法。**

**15.10.2 温度传感器的测量范围宜为 $-20^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ ,测量误差**不宜大于 $+0.5^{\circ}\text{C}$ ,温度传感器和读数仪使用前应进行校验。

**15.10.3 每个地下车站均宜进行地温测试,测试点宜布设在隧道上下各一倍洞径深度范围;发现有热源影响区域、采用冻结法施工或设计有特殊要求的部位应布设测试点。**

**15.10.4 钻孔法测试应符合下列规定:**

1 在钻孔中进行瞬态测温时,地下水位静止时间不宜小于 24h,稳态测温时,地下水位静止时间不宜小于 5d;

2 重复测试应在观测后 8h 内进行,两次测量误差不超过  $0.5^{\circ}\text{C}$ 。

**15.10.5 贯入法测试时,温度传感器插入钻孔底的深度不应小于钻孔或套管直径的 3~5 倍;插入至测试深度后,至少应静止**

5min~10min,方可开始观测。

#### 15.10.6 测试成果资料整理应符合下列要求:

- 1 地温测试前应记录测试点气温、天气、日期、时间以及光线遮挡情况,钻孔法应记录地下水稳定水位;
- 2 绘制地温随深度变化曲线图,对照不同深度土性、孔隙比、含水量、饱和度及热物理指标变化情况;一年期测试成果宜绘制不同深度温度随时间变化曲线图;
- 3 不同气温条件下地层测温结果对比,推算地层稳态温度。

### 15.11 岩土电阻率测试

15.11.1 岩土电阻率测试可采用电测深法、电阻率测井法。

#### 15.11.2 电测深法测试应符合下列要求:

- 1 测量 0m~100m 的土壤电阻率时,最大供电电极距 AB/2 应大于设计要求深度的 3 倍;
- 2 简单场地测点点距宜为 50m~80m,复杂场地测点点距宜为 20m~50m;
- 3 测试基岩的电阻率可在露头处采用小极距的电测深法。
- 4 开挖整平场地应在场平施工完成后再进行测量;
- 5 表层土壤电阻率不得在雨后进行测量;
- 6 冬季测量时,电极应穿透冻土层;
- 7 当地层各向异性较大时,应布置适量的十字电测深点。

15.11.3 钻孔中测试岩土电阻率可选用侧向测井或横向测井。

#### 15.11.4 质量评价应符合下列要求:

- 1 外业工作质量评价宜采用测区检查测量点总均方误差;
- 2 采用电测深法、电阻率测井法总均方误差不大于+5%。

#### 15.11.5 资料解释应符合下列要求:

- 1 测量成果资料应提供视电阻率值;
- 2 测量成果资料应说明测试环境温度、测点岩土性质及其

他需要特别说明的情况；

3 测点位置应在总平面图上准确标出；

4 计算单点岩土电阻率平均值时,应采用加权平均；

5 对于地形地貌单一、地质情况简单的测区,可以提供岩土电阻率的范围及平均值,供设计简化计算。



## 16 地球物理勘探

### 16.1 一般规定

**16.1.1** 地球物理勘探应根据轨道交通工程各工点的地质特点、场地条件、地球物理条件确定地球物理勘探目的和方法。

**16.1.2** 开展地球物理勘探工作之前,应全面了解和析测区的地形、地质和地球物理特征、前期地球物理勘探技术成果,作为测试前的指导和参考。

**16.1.3** 轨道交通可行性研究勘察阶段宜布置适量的地球物理勘探工作;轨道交通初步勘察阶段应完成地球物理勘探的主要工作;轨道交通详细勘察阶段宜在重点需详细查明地段布置地球物理勘探工作。

**16.1.4** 地球物理勘探的排列装置、测试参数、外业工作方式、检查观测布置、数据处理及成果解释宜参考现行行业标准《铁路工程物理勘探规范》TB 10013、《水电水利工程物探规程》DL/T 5010 和《公路工程物探规程》JTG/T C22 的有关规定。

### 16.2 根据地质问题选择地球物理勘探方法

**16.2.1** 轨道交通工程勘察宜在下列方面采用地球物理勘探:

- 1 探测隐伏的地质界线、界面、不良地质体、地下管线、地下空洞、溶洞等;
- 2 轨道交通线路周边既有建构筑物的基础;
- 3 测定沿线大地电导率、岩土体波速、岩土体电阻率;
- 4 在钻孔之间增加地球物理勘探点,为钻探成果的内插、外

延提供依据。

**16.2.2** 应根据探测目的、地质和地球物理特征选用合理的地球物理勘探方法。对于复杂场地，宜采用多种地球物理方法进行综合勘探。

### **16.3 地球物理勘探工作布置**

**16.3.1** 覆盖层探测应符合下列规定：

1 陆地覆盖层探测应沿轨道交通线路布置 1 条纵向测线，地质条件复杂区域宜布置 3 条纵向测线，纵向测线反映的异常区域，宜加测横向测线；

2 水域覆盖层探测宜沿轨道交通线路布置 3 条纵向测线，当轨道交通线路横切流速较快的水体时，宜顺水流方向布置多条顺流测线，测线间距不宜大于 10m。

**16.3.2** 隐伏构造破碎带探测应符合下列规定：

1 轨道交通线路平行或小角度斜交构造破碎带走向时，宜沿轨道交通线路走向布置多条横向测线，测线间距不宜大于 50m，测线长度应覆盖轨道线路和构造破碎带；

2 轨道交通线路正交或大角度斜交构造破碎带走向时，宜沿轨道交通线路走向布置 3 条纵向测线，测线间距不宜大于 50m，深埋隧道可适当加大测线间距；

3 应选用不少于 2 种地球物理勘探方法进行综合探测；

4 宜在详细勘察阶段布置孔间 CT 探测。

**16.3.3** 软弱夹层探测应符合下列规定：

1 软弱夹层探测应选用物探方法在钻孔内进行测试；

2 当探测孔段有套管时，宜选择自然伽马测井，测试钻孔数量不宜少于 3 个；

3 当探测孔段为干孔或孔液较清且无套管时，宜选择钻孔全景成像，测试钻孔数量不宜少于 3 个；

4 当探测孔段孔液不透明且无套管时,宜选择超声成像,测试钻孔数量不宜少于 3 个;

5 当探测孔内有孔液时,可选用声波法探测软弱夹层,声波法探头移动间距宜小于 5cm,测试钻孔数量不宜少于 3 个。

#### 16.3.4 滑坡体探测应符合下列规定:

1 地面测线应沿滑动方向呈扇形布置,测线最大间距不宜大于 50m,也可布置少量垂直滑动方向的地球物理勘探测线;

2 宜在滑坡体的钻孔中进行钻孔全景成像;

3 宜在滑坡体的钻孔中进行综合测井;

4 宜选取不少于 1 个钻孔埋设充电体,长期观察,计算滑坡体的滑动速度。

#### 16.3.5 岩溶探测应符合下列规定:

1 轨道交通线路平行或小角度斜交可溶岩地层走向时,宜沿轨道交通线路走向布置多条横向测线,测线间距不宜大于 50m,测线长度应覆盖轨道线路和可溶岩地层;

2 轨道交通线路正交或大角度斜交可溶岩地层走向时,宜沿轨道交通线路走向布置 3 条纵向测线,测线间距不宜大于 50m,轨道交通线路采用深埋隧道时,应在可溶岩地层出露位置,采用相同的方法布置 1 条顺可溶岩地层走向的顺向测线;

3 应选用不少于 2 种地球物理勘探方法进行综合探测;

4 初步勘察阶段应及时选取地球物理勘探反映的岩溶异常布置钻孔进行验证,指导地球物理勘探测试参数的调整和成果资料的地质解译;

5 在地球物理勘探反映的岩溶异常区域,应加密布置地球物理勘探测线;

6 在岩溶中等发育及中等发育以上区域,应增加物探方法或加密物探测线,对地下暗河进行追踪;

7 在岩溶中等发育及中等发育以上区域,应在岩溶地基位置布置测线探测覆盖层厚度,测线宜岩地表负地形走向布置,测

线间距不宜大于 50m,当覆盖层厚度在 5m~10m 时,应加测垂直负地形走向的测线;

8 宜在详细勘察阶段布置孔间 CT 探测;

9 应根据详细勘察阶段钻孔对岩溶的验证情况对初步勘察阶段地球物理勘探资料进行再分析,必要时补充适当的地球物理勘探工作。

#### 16.3.6 地下水探测应符合下列规定:

1 轨道交通线路穿越地下水富集区时,应以地下水为探测目标布置专项物探工作;

2 探测覆盖层或下伏基岩中的地下水应先以含水层(带)为目的层进行详细探测,了解含水层(带)的富水情况;

3 轨道交通线路深埋隧道工程,应有针对性的布置物探工作,探测埋藏较深的地下水,物探测试区域应不小于隧道轴线两侧各 1500m;

4 对岩溶地区的地下水,应探测其地下水位;

5 轨道交通线路进行地下水探测,应与水文地质测绘和钻探、试验工作紧密配合;

6 轨道交通线路进行面积性地下水探测宜按网格状布置测网,对于水文地质情况已掌握的地区,可仅对重点地段和可疑地段布置物探测线;

7 轨道交通线路进行地下水探测区域有钻孔时,应采用综合测井。

### 16.4 数据处理、资料解释及成果报告

#### 16.4.1 数据处理、资料解释和图件应符合下列规定:

1 物探资料解释推断应充分结合物探工作范围内的地质、设计资料,分析和研究各种异常现象,得出客观准确的结论;

2 应遵循内外业同步进行、内业指导外业的原则,现场及时

对资料进行初步整理和解释；

3 解释成果宜使用地质或相关专业语言及图例来表达；

4 物探图件应包括物探工作布置图、物探成果图、物探成果地质解释图等；

5 物探成果地质解释图应是以物探成果为主要资料绘制的地质剖面图、平面图等。

#### 16.4.2 成果报告编写应符合下列规定：

1 采用单项物探方法完成一个工区的一项或几项工作任务应编写单项(专题)物探成果报告,采用多种物探方法完成一个工区的一项或几项工作任务应编写综合物探成果报告,完成一个工程或工区的一个设计阶段的物探工作后,应编写阶段性综合物探成果报告；

2 单项(专题)和综合物探成果报告的内容宜包括概况、地质及地球物理特征、工作方法与技术、成果分析、结论与建议；

3 阶段性综合物探成果报告宜以该阶段单项物探成果报告或以前各阶段的综合物探成果报告为基础编写,内容宜包括概况、地质与地球物理特征、物探综合成果、结论与评价、问题与建议；

4 物探成果报告插图宜包括方法原理图、典型曲线图、对比分析图等；插表宜包括工作量表、物性参数表、成果解释表等。

## 17 工程地质勘察报告

### 17.1 一般规定

**17.1.1** 工程地质勘察报告应在搜集工程场地已有资料,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,并对上述资料应进行整理、检查、分析,确认无误后方可使用,根据勘察阶段、工程特点(地下工程、高架工程、路基及各类建筑工程)、设计方案、施工方法(明挖法、矿山法、盾构法等)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。

**17.1.2** 工程地质勘察报告资料应完整、真实、准确、数据无误、图表清晰、结论有据、建议合理、便于使用和适宜长期保存,并应因地制宜,重点突出,有明确的工程针对性。

**17.1.3** 工程地质勘察报告的文字、术语、代号、符号、数字、计量单位、标点,均应符合国家、地方有关标准的规定。

**17.1.4** 工程地质勘察报告中的岩土工程分析评价应论据充分,针对性强,所提建议应技术可行、经济合理、安全适用。

**17.1.5** 可行性研究阶段工程地质勘察报告宜按照线路编制;初步勘察阶段工程地质勘察报告宜按照线路或按照地质单元、线路敷设形式编制;详细勘察阶段工程地质勘察报告宜按照车站、区间、车辆段(车辆基地)等分别编制。

### 17.2 工程地质勘察报告编制

**17.2.1** 可行性研究阶段的工程地质勘察报告应主要针对场地

稳定性和适宜性问题进行编写,对设计方案的可行性进行评价,并提出地质比选建议。初步勘察阶段的工程地质勘察报告应针对场地适宜性、工程的总图布置及工程设计所需的岩土参数等问题进行编写,并对支护(围护)结构与地基及基础评价、处理措施等提出初步建议。详细勘察阶段的工程地质勘察报告应有明确的工程针对性,应在详细查明场地条件的基础上,根据不同的工程类型及施工工法提出支护(围护)结构与地基基础设计方案、设计参数,预测施工和使用期间可能发生的工程地质问题,并提出预防措施及监控量测的建议。

**17.2.2 工程地质勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、勘察范围、工程特点和工程地质条件等具体情况编写,一般情况下应包括下列内容。**

- 1 勘察任务依据、拟建工程概况;
- 2 勘察阶段、勘察范围、勘察目的与要求、执行的技术标准;
- 3 勘察方法、工作量布置、勘察工作完成情况及质量评述;
- 4 自然地理概况(包括行政区划、交通状况、气象、水文等);
- 5 工程地质条件(包括地形地貌、地质构造、地层岩性、基岩面起伏及强风化带特征、不良地质作用、特殊性岩土、有毒有害气体、地震效应、相邻建构筑物情况等);
- 6 岩体基本质量等级(或边坡岩体类别、洞室围岩级别)及岩土施工工程分级划分;
- 7 各项岩土参数的统计、分析与选用,岩土强度参数、变形参数、地基承载力的建议值;
- 8 场地稳定性和适宜性评价;
- 9 不良地质作用的现状评价、不良地质作用与工程相互影响的评价及治理措施建议;
- 10 边坡(基坑)、洞室围岩、洞室地基、岩溶地基、地震稳定性及其它工程地质问题评价;
- 11 地基均匀性、地下水作用、岩土承载能力、地基持力层及

基础型式、特殊岩土及有毒有害气体、成桩条件的评价；

12 水和土对建筑材料的腐蚀性评价；

13 工程建设与工程周边环境(相邻建、构筑物)相互影响评价及防治对策建议；

14 工程地质条件可能造成的工程风险评价；

15 结论及建议；

16 使用本报告的限制条件及其它需要说明的问题。

17.2.3 明挖法施工应重点分析评价下列内容：

1 根据岩土分布特征、岩体结构面特征，分析基坑(边坡)失稳的可能性，结合场地条件提出基坑(边坡)开挖方式及支护方案的建议；

2 针对局部低洼、富水地段，分析基坑隆起、基坑突涌的可能性，提出相应的施工建议；

3 分析岩土层的渗透性及地下水动态，评价排水、降水、截水等措施的可行性；

4 分析基坑(边坡)开挖过程中可能出现的岩土工程问题，以及对附近地面、邻近建(构)筑物和管线的影响；

5 设计、施工所需的相关岩土物理力学参数、水文地质参数；

6 提出对基坑(边坡)、支护结构、附近地面及邻近建(构)筑物等进行监控量测的建议。

17.2.4 矿山法施工应重点分析评价下列内容：

1 分析岩土及地下水的特征，进行围岩分级，评价隧道围岩的稳定性，提出隧道开挖方式、超前支护形式等建议；

2 指出可能出现坍塌、冒顶、侧壁失稳、洞底隆起、涌水或突水突泥等风险的地段，提出防治措施的建议；

3 分析隧道开挖引起的地面变形及影响范围，提出环境保护措施的建议；

4 分析爆破对周边建(构)筑物可能产生的影响，提出防治



措施的建议。

**17.2.5 盾构法(TBM)施工应重点分析评价下列内容:**

- 1 分析岩土层的特征,指出盾构(TBM)选型应注意的地质问题;
- 2 分析复杂地质条件以及河流、水库等地表水体对施工的影响;
- 3 指出在软硬不均地层中的开挖措施及开挖面障碍物处理方法的建议;
- 4 分析施工可能造成的土体变形,对工程周边环境的影响,提出防治措施的建议。

**17.2.6 高架工程应重点分析评价下列内容:**

- 1 分析岩土层的特征,建议天然地基、桩基持力层,评价天然地基承载力、桩基承载力,提供变形计算参数;
- 2 评价成桩的可能性,指出成桩过程中应注意的问题;
- 3 分析评价岩溶等不良地质作用和填土等特殊岩土对桩基稳定性和承载力的影响,提出防治措施的建议。

**17.2.7 地面建(构)筑物的岩土工程分析评价,应符合现行国家和地方标准《岩土工程勘察规范》GB 50021、《工程地质勘察规范》DBJ50/T-043 的有关规定。**

**17.2.8 工程地质勘察报告应有下列图表:**

- 1 勘探点平面布置图;
- 2 钻孔地质柱状图(当钻孔数量较多时,可只提控制性钻孔的柱状图);
- 3 工程地质剖面图;
- 4 勘探点数据表;
- 5 原位试验成果数理统计表;
- 6 室内岩、土、水测试(含水质分析)成果数理统计表;
- 7 必要时,应有综合工程地质图、工程地质分区图、综合地质柱状图、基岩等高线图、计算简图及计算成果图表及物探成果

图表、影像资料等。

**17.2.9 工程地质勘察报告宜有下列附件：**

- 1 建设工程勘察合同、工程地质勘察任务委托书、工程地质勘察工作纲要；
- 2 原位测试成果报告；
- 3 室内岩、土试验报告和水质分析报告；
- 4 物探测试成果报告；
- 5 其它必要的专项(专题)报告等。

## 附录 A 地质环境复杂程度分类

A.0.1 轨道交通暗挖隧道场地地质环境复杂程度应按表 A.0.1 进行分类。

表 A.0.1 隧道场地地质环境复杂程度分类

判定因素		地质环境复杂程度		
		复杂场地	中等复杂场地	简单场地
1	地形、地貌	有两种以上地貌单元,横坡地形坡角大于 $30^{\circ}$	有两种地貌单元,横坡地形坡角 $10^{\circ}\sim 30^{\circ}$	地貌单元单一,横坡地形坡角小于 $10^{\circ}$
2	岩层倾向角( $^{\circ}$ )	$\geq 30, < 70$	$\leq 30, 70\sim 90$	
	岩层走向与隧道走向平行或小角度斜交		$\leq 15$	$> 15$
3	岩体完整性	岩体破碎或极破碎,裂隙发育	岩体较破碎,裂隙较发育	岩体较完整,裂隙不发育
4	围岩岩土特征	种类多,不均匀,性质变化大或有特殊性岩土	种类较多,较不均匀,性质变化较大,无特殊性岩土	种类少,均匀,性质变化不大,无特殊性岩土
5	洞顶覆岩厚度与洞跨之比	$< 1$	$1\sim 3$	$> 3$
6	水文地质条件	复杂	中等复杂	简单

表 A.0.1 隧道场地地质环境复杂程度分类

判定因素		地质环境复杂程度		
		复杂场地	中等复杂场地	简单场地
7	对隧道有影响的不良地质现象	发育	较发育	不发育
8	人为硐室及采空区与拟建隧道的净距	<1 倍洞跨	1~2 倍洞跨	>2 倍洞跨

注:1 地质环境复杂程度应由复杂场地向简单场地推定,不良地质现象、破坏地质环境的人类活动强烈程度中,任一项满足某类场地即为该类场地,其余三项满足某类场地即为该类场地;

2 水文地质条件复杂程度划分应符合本规范附录 B 的规定;

3 不良地质发育程度以其与隧道的空间关系按如下原则确定:

- 1)隧道周边 1 倍洞跨范围内存在不良地质体为发育;
- 2)隧道周边 1~2 倍洞跨范围内存在不良地质体为较发育;
- 3)隧道周边 2 倍洞跨范围内不存在不良地质体为不发育;

4 地面高架线路及车站或其他场地的地质环境复杂程度应符合现行地方标准《工程地质勘察规范》DBJ 50/T-043 的有关规定。

## 附录 B 水文地质条件复杂程度分类

**B.0.1** 水文地质条件复杂程度分类应符合表 B.0.1 的规定。

表 B.0.1 水文地质条件复杂程度分类

类别	水文地质特征
简单	1 地形较陡有利于自然排水,地下水补给条件差,补给水源少; 2 含水层单一,地下水贫乏; 3 岩土渗透性弱(微)。
中等	1 地形平缓,有自然排水条件,地下水补给条件一般,有一定的补给水源; 2 有两个及以上含水层,地下水较丰富; 3 岩土渗透性中等。
复杂	1 地形低洼,不利于自然排水,地下水补给条件好,补给水源充沛; 2 有两个及以上含水层,且有承压水,地下水丰富; 3 岩土渗透性强。

- 注:1 当拟建物基础位于地下水位以上,可判定为水文地质条件简单;  
2 应由复杂向简单推定,满足 2 项某类别(按不利原则考虑)水文地质特征的即为该类别。

**B.0.2** 岩土体的渗透性等级应符合表 B.0.2 的规定。

表 B.0.2 岩土体渗透性等级

等级	渗透系数 $k$ (m/d)	透水性 $q(L_0)$
极微透水	$k < 0.001$	$q < 0.1$
微透水	$0.001 \leq k < 0.01$	$0.1 \leq q < 1$
弱透水	$0.01 \leq k < 1$	$1 \leq q < 10$
中等透水	$1 \leq k < 10$	$10 \leq q < 100$
强透水	$k \geq 10$	$q \geq 100$

注:  $L_0$  透水性单位吕荣, 1MPa 压力下, 每米试段的平均压入流量, 以 L/min 计。

**B.0.3** 工程建设与地下水环境相互影响程度应符合表 B.0.3 的规定。

**表 B.0.3 工程建设与地下水环境相互影响程度**

大	中等	小
①穿越有可溶岩地层分布区的越岭隧道工程； ②在可溶岩分布区，穿越重要湿地、总体积 $1 \times 10^5 \text{ m}^3$ 以上或总面积 $1 \times 10^5 \text{ m}^2$ 以上地表水体、集中式饮用水水源地(包括已建成的在用、备用、应急水源地、在建和规划水源地)保护区及其以外的补给径流区的地下工程； ③穿越地下水环境相关的其它保护区(如热水、矿泉水、温泉等特殊地下水资源保护区)及其以外的补给径流区的地下工程； ④临近重要湿地、河流、湖泊和集中式饮用水水源地保护区及其以外补给径流区的大型深基坑工程； ⑤水文地质条件对地基评价、基础抗浮和工程降水有重大影响的重要工程。	①穿越非可溶岩地层的越岭隧道工程； ②在非可溶岩分布区，穿越重要湿地、总体积 $1 \times 10^5 \text{ m}^3$ 以上或总面积 $1 \times 10^5 \text{ m}^2$ 以上地表水体、集中式饮用水水源地(包括已建成的在用、备用、应急水源地、在建和规划水源地)保护区及其以外的补给径流区的地下工程； ③临近重要湿地、河流、湖泊和集中式饮用水水源地保护区及其以外补给径流区的中型深基坑工程； ④水文地质条件对地基评价、基础抗浮和工程降水有一定影响的重要工程。	除影响程度大和影响程度中等以外的其它工程。

注：1 工程建设指建设工程的施工过程和建设工程建成后的运营维护过程；地下水环境指地下水体和地下水体变化可能危及的地表水体以及可能诱发的次生地质灾害体；

2 工程建设与地下水环境相互影响程度大的，水文地质条件应为复杂，影响程度中等的，应为中等复杂，其余的为简单。

## 附录 C 工程周边环境专项调查样表

C.0.1 建筑物调查应符合表 C.0.1 的要求。

C.0.1 建筑物调查样表

工程名称			
建筑物名称		编号	
地理位置			
修建年代或竣工日期		竣工图纸情况	
产权人或管理单位 及电话			
建设、勘察、设计、 施工等单位			
使用现状			
地上层数		地下层数	
地面高度		基础埋深(标高)	
结构形式		基础型式	
备注	说明资料来源,有无实测、影像等资料		
与轨道交通工程 空间关系示意图			

调查人员:

校核人员:

调查日期:

C.0.2 桥梁调查应符合表 C.0.2 的要求：

表 C.0.2 桥梁调查样表

工程名称			
桥梁名称		编号	
桥梁类型			
地理位置			
修建年代或竣工日期		竣工图纸情况	
产权人或管理单位 及电话			
建设、勘察、设计、 施工等单位			
使用现状			
结构形式		桥宽、桥长	
跨度		基础型式	
桩径		桩长	
备注	说明资料来源,有无实测、影像等资料		
与轨道交通工程 空间关系示意图			

调查人员：

审核人员：

调查日期：



## 附录 D 岩石饱和单轴抗压强度测试的规定

**D.0.1** 岩石饱和单轴抗压强度  $R_c$  的测试应符合下列规定：

1 试验取样应根据地层岩性变化及岩体分级单元进行布置，并能反映拟分级岩体的坚硬程度及其变化规律；

2 标准试件为圆柱形，可用钻孔岩心或在坑探槽中采取岩块加工制成。试件直径宜为 48mm~54mm，并应大于岩石最大颗粒直径的 10 倍。试件高度与直径之比宜为 2.0~2.5。

3 试件加工精度应符合下列要求：

- 1) 试件两端面不平行度误差不应大于 0.05mm；
- 2) 沿试件高度、直径的误差不应大于 0.3mm；
- 3) 端面应垂直于试件轴线，最大偏差不应大于  $0.25^\circ$ 。

4 可采用自由吸水法或强制饱和法使试件吸水饱和。对软岩或极软岩，试件应采取保护措施。

5 试验时，试件应置于试验机承压板中心，试件两端面应与试验机上下压板接触均匀。应以每秒 0.5MPa~1.0MPa 的速率加载直至破坏。应根据破坏载荷及试件截面面积计算岩石单轴抗压强度。

6 每组试件数量不应少于 3 个。

## 附录 E 岩体完整性指数测试的规定

**E.0.1** 岩体完整性指数  $K_v$  的测试应符合下列规定:

1 应针对不同的工程地质岩组或岩性段,选择有代表性的测段,测试岩体弹性纵波速度,并应在同一岩体中取样,测试岩石弹性纵波速度。

2 对于岩浆岩,岩体弹性纵波速度测试宜覆盖岩体内各裂隙组发育区域;对沉积岩和沉积变质岩层,弹性波测试方向宜垂直于或大角度相交于岩层层面。

3  $K_v$  值应按下列公式计算:

$$K_v = \left( \frac{V_{pm}}{V_p} \right)^3 \quad (\text{E.0.1})$$

式中:  $V_{pm}$  岩体弹性纵波速度(km/s);

$V_p$  岩石弹性纵波速度(km/s)。

## 附录 F 岩土体水平抗力系数

表 F.0.1 土体水平抗力系数的比例系数

序号	土的类别	允许桩顶水平 位移量 (mm)	水平抗力系数 的比例系数 $m$ (MN/m <sup>4</sup> )
1	流塑、软塑状黏性土,孔隙比大于 0.90 粘土, 松散粉细砂,松散、稍密填土	4~8	6~14
2	可塑状黏性土,孔隙比大于 0.75~0.90 粘土, 中密填土,稍密细砂	3~6	14~35
3	硬塑、坚硬状黏性土,孔隙比小于 0.75 粘土, 中密中粗砂,密实填土	2~5	35~100
4	中密、密实的砂砾、碎石类土	1.5~3.0	100~200

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

表 F.0.2 岩体水平抗力系数

序号	岩石抗压强度标准值 (MPa)	岩体水平抗力系数 (MN/m <sup>3</sup> )
1	<5	40~60
2	5~10	60~120
3	10~15	120~180
4	15~20	180~300
5	20~30	300~420
6	30~40	420~550
7	40~50	550~700
8	50~60	700~950
9	60~80	950~2 000

注:本表适用于完整、较完整的岩体。

## 附录 G 基床系数经验值

表 G.0.1 基床系数经验值表

岩土类别		状态/密实度	基床系数 $K(\text{MPa/m})$	
			水平基床系数 $K_h$	垂直基床系数 $K_v$
新近沉积土	黏性土	软塑	10~20	5~15
		可塑	12~30	10~25
	粉土	稍密	10~20	12~18
		中密	15~25	10~25
软土			1~12	1~10
黏性土		流塑	3~15	4~10
		软塑	10~25	8~22
		可塑	20~45	20~45
		硬塑	30~65	30~70
		坚硬	60~100	55~90
粉土		稍密	10~25	11~20
		中密	15~40	15~35
		密实	20~70	25~70
砂类土		松散	3~15	5~15
		稍密	10~30	12~30
		中密	20~45	20~40
		密实	25~60	25~65
圆砾、角砾		稍密	15~40	15~40
		中密	25~55	25~60
		密实	55~90	60~80

续表 G.0.1

岩土类别	状态/密实度	基床系数 $K(\text{MPa/m})$	
		水平基床系数 $K_h$	垂直基床系数 $K_v$
卵石、碎石	稍密	17~50	20~60
	中密	25~85	35~100
	密实	50~120	50~120
软质岩石	全风化	35~39	30~60
	强风化	135~160	160~180
	中风化	200	220~500
硬质岩石	强风化或中风化	200~1 000	
	未风化	1 000~15 000	

注：本表引自《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307。表中软土指软黏性土、软粉土、淤泥、淤泥质土、泥炭和泥炭质土等。基床系数宜采用 K30 试验结合原位测试和室内试验以及工程经验综合确定。

## 附录 H 不同等级土试样的取样工具和方法

表 H.0.1 不同等级土试样的取样工具和方法表

土试样质量等级	取样工具和方法		适用土类											
			黏性土					粉土	砂土				砾砂、 碎石土、 软岩	
			流塑	软塑	可塑	硬塑	坚硬		粉砂	细砂	中砂	粗砂		
I	薄壁取土器	固定活塞	++	++	+			+	+					
		水压固定活塞	++	++	+			+	+					
		自由活塞		+	++			+	+					
		敞口	+	+	+			+	+					
	回转取土器	单动三重管		+	++	++	+	++	++	++				
		双动三重管				+	++				++	++		
	探井(槽)中刻取块状土样		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	
II	薄壁取土器	水压固定活塞	++	++	+			+	+					
		自由活塞	+	++	++			+	+					
		敞口	++	++	++			+	+					
	回转取土器	单动三重管		+	++	++	+	++	++	++				
		双动三重管				+	++				+	+	++	
	厚壁敞口取土器		+	++	++	++	++	+	+	+	+	+		
III	厚壁敞口取土器		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	+	
	标准贯入器		++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	
	螺纹钻头		++	++	++	++	++	+						
	岩芯钻头		++	++	++	++	++	++	+	+	+	+	+	

续表 H.0.1

土试样质量等级	取样工具和方法	适用土类											
		黏性土					粉土	砂土				砾砂、 碎石土、 软岩	
		流塑	软塑	可塑	硬塑	坚硬		粉砂	细砂	中砂	粗砂		
IV	标准贯入器	++	++	++	++	++	++	++	+	+	+	+	
	螺纹钻头	++	++	++	++	++	+						
	岩芯钻头	++	++	++	++	++	+	+	+	+	+	+	++

注:1 ++,适用;+,部分适用;.,不适用;

2 采取砂土试样应有防止试样失落的补救措施;

3 有经验时,可用束节式取土器代替薄壁取土器。

## 附录 I 岩土热物理指标经验值

表 I.0.1 岩土热物理指标经验值表

岩土类别	含水量 $\omega(\%)$	密度 $\rho(\text{g}/\text{cm}^3)$	热物理指标		
			比热容 $C$ [kJ/(kg·K)]	导热系数 $\lambda$ [W/(m·K)]	导温系数 $a \times 10^{-3}$ ( $\text{m}^2/\text{h}$ )
黏性土	$5 \leq \omega < 15$	1.90~2.00	0.82~1.35	0.25~1.25	0.55~1.65
	$15 \leq \omega < 25$	1.85~1.95	1.05~1.65	1.08~1.85	0.80~2.35
	$25 \leq \omega < 35$	1.75~1.85	1.25~1.85	1.15~1.95	0.95~2.55
	$35 \leq \omega < 45$	1.70~1.80	1.55~2.35	1.25~2.05	1.05~2.65
粉土	$\omega < 5$	1.55~1.85	0.92~1.25	0.28~1.05	1.05~2.65
	$5 \leq \omega < 15$	1.65~1.90	1.05~1.35	0.88~1.35	1.25~2.35
	$15 \leq \omega < 25$	1.75~2.00	1.35~1.65	1.15~1.85	1.45~2.55
	$25 \leq \omega < 35$	1.85~2.05	1.55~1.95	1.35~2.15	1.65~2.65
粉、细砂	$\omega < 5$	1.55~1.85	0.85~1.15	0.35~0.95	0.90~2.45
	$5 \leq \omega < 15$	1.65~1.95	1.05~1.45	0.55~1.45	1.10~2.55
	$15 \leq \omega < 25$	1.75~2.15	1.25~1.65	1.20~1.85	1.25~2.75
中砂、粗砂、砾砂	$\omega < 5$	1.85~2.30	0.85~1.05	0.45~1.05	0.90~2.85
	$5 \leq \omega < 15$	1.65~1.95	1.05~1.45	0.55~1.45	1.10~2.55
	$15 \leq \omega < 25$	1.75~2.15	1.25~1.65	1.20~1.85	1.25~2.75
圆砾、角砾	$\omega < 5$	1.85~2.25	0.95~1.25	0.65~1.15	1.35~3.35
	$5 \leq \omega < 15$	2.05~2.45	1.05~1.50	0.75~2.55	1.55~3.55
卵石、碎石	$\omega < 5$	1.95~2.35	1.00~1.35	0.75~1.25	1.35~3.45
	$5 \leq \omega < 10$	2.05~2.45	1.15~1.45	0.85~2.75	1.65~3.65



续表 I.0.1

岩土类别	含水量 $\omega(\%)$	密度 $\rho(\text{g}/\text{cm}^3)$	热物理指标		
			比热容 $C$ [kJ/(kg·K)]	导热系数 $\lambda$ [W/(m·K)]	导温系数 $\alpha \times 10^{-3}$ ( $\text{cm}^2/\text{h}$ )
全风化 软质岩	$5 \leq \omega < 15$	1.85~2.05	1.05~1.35	1.05~2.25	0.95~2.05
	$15 \leq \omega < 25$	1.90~2.15	1.15~1.45	1.20~2.45	1.15~2.85
全风化 硬质岩	$10 \leq \omega < 15$	1.85~2.15	0.75~1.45	0.85~1.15	1.10~2.15
	$15 \leq \omega < 25$	1.90~2.25	0.85~1.65	0.95~2.15	1.25~3.00
强风化 软质岩	$2 \leq \omega < 10$	2.05~2.40	0.57~1.55	1.00~1.75	1.30~3.50
强风化 硬质岩	$2 \leq \omega < 10$	2.05~2.45	0.43~1.46	0.90~1.85	1.50~4.50
中风化 软质岩	$\omega < 5$	2.25~2.45	0.85~1.15	1.65~2.45	1.60~4.00
中风化 硬质岩	$\omega < 5$	2.25~2.55	0.75~1.25	1.85~2.75	1.60~5.50

## 附录 J 抽水试验记录要求

**J.0.1** 钻孔抽水试验基本数据记录应符合表 J.0.1 的要求:

表 J.0.1 钻孔抽水试验基本数据记录表

工程名称:

试验日期:

孔号		试段编号		出水试段	
钻孔坐标 x		钻孔坐标 y		孔口标高 m	
孔径 mm		抽水设备型号		泵安装情况	
测压管安装		抽水后孔深 m		抽水前孔深 m	
距补给边界距离		距隔水边界距离		流量计	
水位计		水温计		样品采集时间	

记录:

校核:

**J.0.2** 抽水孔记录应符合表 J.0.2 的要求:

表 J.0.2 抽水孔记录表

工程名称:

孔号:

试段编号:

时间	水位		水量		备注
	动水位 m	降深 m	堰水位或水表 读数( $\text{cm}/\text{m}^3$ )	出水量 ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	

记录:

校核:

J.0.3 观测孔记录应符合表 J.0.3 的要求：

表 J.0.3 观测孔记录表

工程名称：

观测孔孔号： 钻孔坐标 x： 钻孔坐标 y： 孔口高程： 对应的抽水孔编号：

时间	水位		时间	水位		备注
	动水位 m	降深 m		动水位 m	降深 m	

记录：

校核：



## 附录 L 地球物理勘探方法应用一览表

应用项目		覆盖层 探测	隐伏构造 破碎带探测	软弱夹层 探测	滑坡体 探测	可溶岩 探测	地下水 探测	水下覆盖层 厚度
电法 勘探	电测深法	○	△		○	○	○	△
	电剖面法	△	○			△		
	高密度电法	○	○		○	○	△	
	充电法				△	△	○	
	激发极化法		△		○	△	○	
	大地电磁测深法	△	○		○	○	○	
	瞬变电磁法	○	△		△	○	△	△
探地 雷达	探地雷达	△	△		△	○	△	
地震 勘探	浅层折射波法	○	○		○	△	△	○
	浅层反射波法	○	○		○	○	△	○
	瑞雷波法	△			○	△		
弹性波 测试	声波法	○	△	○	△			
	地震法	○	△		△			
CT	地震波 CT	○	○		○	○		
	声波 CT	○	△		○	○		
	电磁波 CT	○	△		△	○		
放射性 测量	$\gamma$ 测量		△				△	
	$\alpha$ 测量		△				△	
	同位素示踪					△	△	

续表

应用项目		覆盖层 探测	隐伏构造 破碎带探测	软弱夹层 探测	滑坡体 探测	可溶岩 探测	地下水 探测	水下覆盖层 厚度
钻孔 成像	钻孔全景成像		○	○	○	○	△	
	钻孔超声成像		○	○				
综合 测井	电测井	○	○	○	△	○	△	
	电磁波或雷达测井	△	○		△	○	△	
	声波测井	○	○	○	○	△	△	
	放射性测井	△	○	○	○	△		
	井中流体测量				○	△		
	井温测量					△	○	

注：○ 主要方法；△ 配合方法

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

- 1) 表示很严格,非这样做不可的:  
正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;
- 2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:  
正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;
- 3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:  
正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;
- 4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308
- 2 《城市轨道交通结构抗震设计规范》GB 50909
- 3 《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307
- 4 《工程岩体分级标准》GB 50218
- 5 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330
- 6 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 7 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 8 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 9 《测绘成果质量检查与验收》GB/T 24356
- 10 《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266
- 11 《国家基本比例尺地图图式第 1 部分:1:500 1:1000  
1:2000 地形图图式》GB/T 20257.1
- 12 《建筑工程建筑面积计算规范》GB/T 50353
- 13 《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897
- 14 《国家三、四等水准测量规范》GB/T 12898
- 15 《土工试验方法标准》GB/T 50123
- 16 《铁路工程不良地质勘察规程》TB 10027
- 17 《铁路工程特殊岩土勘察规程》TB 10038
- 18 《铁路工程物理勘探规范》TB 10013
- 19 《铁路桥涵地基和基础设计规范》TB 10093
- 20 《铁路隧道锚喷构筑法技术规范》TB 10108
- 21 《铁路隧道设计规范》TB 10003
- 22 《新建铁路工程测量规范》TB 10101
- 23 《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61



- 24 《城市测量规范》CJJ/T 8
- 25 《卫星定位城市测量技术标准》CJJ/T 73
- 26 《水电水利工程物探规程》DL/T 5010
- 27 《建筑变形测量规范》JGJ 8
- 28 《公路工程物探规程》JTG/T C22
- 29 《重庆市城乡规划基础空间数据标准》DB50/T 592
- 30 《工程地质勘察规范》DBJ 50/T-048
- 31 《建设工程水文地质勘察标准》DBJ 50/T-327
- 32 《建筑地基基础设计规范》DBJ 50-047
- 33 《市政工程地质勘察规范》DBJ 50-174

重庆工程建设

重庆市工程建设标准

城市轨道交通工程地质勘察与测量标准

DBJ50/T-349-2020

条文说明

2020 重 庆

重庆工程建设

## 目次

3	基本规定	159
4	线路现状图测绘及线路定线测量	160
4.1	一般规定	160
4.2	控制测量	161
4.3	线路带状地形图测绘	161
4.4	地下管线测量	162
4.5	地下空间测量	162
4.6	线路定线测量	163
5	施工测量	164
5.2	地面控制测量	164
5.3	联系测量	165
5.4	地下控制测量	165
5.6	暗挖隧道、车站施工测量	166
6	竣工测量	167
6.1	一般规定	167
6.2	工程竣工测量	167
6.3	规划竣工测量	168
7	可行性研究勘察	169
7.1	一般规定	169
7.3	勘察工作布置	169
8	初步勘察	170
8.1	一般规定	170
8.3	地下工程	170
8.4	高架工程	171

8.5	路基、涵洞工程	171
9	详细勘察	172
9.3	地下工程	172
9.4	高架工程	172
9.5	路基、涵洞工程	172
11	周边环境专项调查	174
12	轨道交通隧道围岩分级	175
12.2	基本质量分级因素及其确定方法	175
12.3	围岩基本质量级别的确定	176
12.4	围岩级别的修正	179
12.5	各级围岩的自稳能力	180
13	岩土参数取值	182
13.3	岩土体物理力学性质指标	182
13.5	隧道工程各级围岩的物理力学参数	182
14	取样和室内试验	183
14.2	取样	183
14.3	岩土试验	183
15	现场测试	184
15.2	标准贯入试验	184
15.3	圆锥动力触探试验	184
15.4	载荷试验	185
15.5	波速测试	185
15.6	综合测井	185
15.7	抽水试验	186
15.8	压水试验	187
15.10	地温测试	188
15.11	岩土电阻率测试	189
16	地球物理勘探	190
16.1	一般规定	190

16.2	根据地质问题选择地球物理勘探方法 .....	190
16.3	地球物理勘探工作布置 .....	191
17	工程地质勘察报告 .....	193
17.2	工程地质勘察报告编制 .....	193

重庆工程建筑

# 重庆工程建设



### 3 基本规定

**3.0.2** 轨道铺设施工测量、设备安装测量、线路贯通测量以及各项限界测量等测量工作的关联性较强,且相对偏差容许值较小。如采用不同时期、不同来源的控制测量成果,即使这些控制测量成果各自的精度指标均满足标准要求,在复杂环境下(如越岭隧道、超长隧道等),不同时期、不同来源控制测量成果点之间的相对误差仍有可能超出限界测量、贯通测量等项目的容许偏差。为保障后续工作顺利开展、减少重复建设,特做出本规定。

**3.0.13** 轨道交通线路工程场地主要位于城市建成区,地表建构筑物、地形、地貌对测线、测点的布置影响较大,选择地球物理勘探方法时应进行综合考虑。

**3.0.14** 相关单位应支持、配合城市轨道交通工程周边环境专项调查工作,产权人或管理单位应如实提供工程周边环境相关资料,其中涉密资料应按有关规定做好保密工作。

**3.0.16** 主要指穿越可溶岩区和重要地表水区隧道,以及傍河隧道和过江隧道需进行水文地质专项勘察。

## 4 线路现状图测绘及线路定线测量

### 4.1 一般规定

**4.1.3** 线路现状图是轨道交通勘察、设计、施工等过程中的重要基础资料,工程建设不同阶段对地形图比例尺有不同要求。可行性研究阶段主要针对轨道交通线路方案开展工程地质勘察工作,为线路方案比选提供依据,本阶段 1:2 000 地形图即可满足要求;初步勘察阶段和详细勘察阶段主要针对轨道交通工程线路敷设形式、各类工程结构形式、埋置深度等工作,并对控制线路平面、埋深的关键工程或区段进行重点勘察。这两个阶段需要更大比例尺地形图,结合重庆市实际情况,本条选用 1:500 比例尺地形图。对于车站局部地区或区间重点部位按照设计要求可选用 1:200 比例尺,如换乘车站多条线路衔接区域、高架线路穿越已有铁路、桥梁等重要设施等情况。

**4.1.4** 由于地理要素复杂、多样特点,现行国家标准《国家基本比例尺地图图式第 1 部分:1:500 1:1 000 1:2 000 地形图图式》GB/T 20257.1 难以涵盖全部地理要素。我市结合实际情况,编制了重庆市地方标准《重庆市城乡规划基础空间数据要求》DB 50/T592,对现行国家标准中未包括的地理要素进行了补充。

**4.1.5** 本标准第 4.1.3 条规定了线路带状地形图可采用 1:200、1:500 或 1:2 000 比例尺,1:200、1:500 比例尺地形图目前主要采用全站仪数字化测图方法,1:2 000 比例尺地形图则通常采用航空摄影测量成图方法。随着 GNSS RTK、三维激光扫描、移动测量等现代测绘技术不断发展,其测量精度不断提高。特定条件下,其测量精度能够满足 1:500,甚至 1:200 比例尺地形图精度要

求,本标准鼓励现代测绘技术推广与应用。

## 4.2 控制测量

4.2.5 地下空间测量受到通视条件限制,地下导线通常边长较短。为了保证地下导线精度,本条规定了地下导线宜经由出入口或联系测量的方式与地面控制点进行联测。

## 4.3 线路带状地形图测绘

4.3.3 线路带状地形图测量范围根据不同阶段的工作目的确定。可行性研究阶段主要是为轨道交通线路方案比选提供依据,带状地形图范围取 200m 较为适宜;初勘阶段轨道交通线路已基本确定,但可能有小幅调整,带状地形图范围取中线两侧各 100m 较合适;详细勘察阶段主要针对轨道交通结构形式、埋置深度等开展工作,中线两侧各 50m 范围能够满足详细勘察和施工图设计等工作需要。车站部分需要考虑人行通道或地面出入口的位置,所以规定车站部分带状地形图测量范围为中线两侧 200m。此外,带状地形图测量范围还应包括不良地质现象的影响范围。

4.3.4 重庆属于典型的丘陵地形,按照现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 中丘陵地类别确定轨道交通线路带状地形图测量基本等高距。当轨道交通线路沿线为山地区域时,可以按照现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 中山地类别确定等高距,即 1:500 比例尺为 1m,1:2 000 比例尺为 2m。

4.3.8 重庆市轨道交通线路地面部分绝大部分采用高架形式,加之重庆地形地貌以山地、丘陵为主,高差较大,导致部分区段高架轨道线路距地面较高,此时高压线的平面位置、高程及伏数等对确定其与轨道交通线路的距离至关重要。由于高压线通常对温度比较敏感,对高压线线高影响较大,本条要求注记测量时温

度,用于计算高压线弦高变化。

#### 4.4 地下管线测量

4.4.1 重庆市属于典型的山地城市,地形地貌复杂,管线周边介质物理特性情况特殊,加之城市建设高挖深填现象突出,给地下管线探测带来很大困难。按照现行行业标准《城市地下管线探测技术规程》CJJ 61 的规定,结合重庆市地下管线探测实际情况,对地下管线探测取舍标准进行了规定。

4.4.2 地下管线虽然可以通过仪器设备进行探查和测量,但由于地下管线受到探查技术手段等因素制约,探查和测量精度可能受到影响,尤其对于深埋或非金属地下管线等。此时,通过收集设计图、施工图、竣工图等相关资料,是对地下管线测量的重要补充。

4.4.7 重庆属于典型的山地城市,地形地貌复杂,地势起伏大,城市建设高挖深填现象突出,导致地下管线埋深较大,给明显管线点的量测、隐蔽管线点的探查以及地下管线测量等带来困难,基于上述原因,本条对地下管线明显管线点量测精度和地下管线高程测量精度进行了调整。

#### 4.5 地下空间测量

4.5.1 地下空间主要包括地下空间设施、地下建筑物和地下交通设施等。地下空间设施主要包括地下人防、地下隐蔽工程等;地下建筑物主要包括地下室、地下商场等地下建筑物;地下交通设施主要包括人行过街通道、车行地下通道、轨道交通地下隧道、铁路隧道等地下空间。

4.5.5 地下空间测绘成果叠加地形图测绘成果的目的是为地下空间图提供地面参考,便于地下空间图的使用。

## 4.6 线路定线测量

**4.6.1** 随着测量技术和设备发展,轨道交通线路一般不需要单独进行定线测量,可直接用施工控制网点控制线路走向,不再单独进行中线测量;在大比例尺数字地形图基础上,直接提取线路纵横断面数据,不需要进行中线断面测量。在设计、施工阶段,如部分区段有特殊需要,应针对需求开展定线测量工作。

**4.6.2** 线路定线测量首先使用线路施工控制网点,线路施工控制网未建设完成时,可利用线路带状地形图控制点或其加密点。

**4.6.5** 根据现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的相关要求,高差大于 0.3m 的地形变化应在断面测量时加桩,考虑到重庆地形起伏变化较大,将该标准放宽到 0.5m。

**4.6.6** 针对重庆高差较大、建筑区域相对密集的特点,宜在每个纵断面点上进行横断面测量。

**4.6.7** 现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 中,对于解析纵横断面的数字地形图比例尺要求是不应小于 1:500,对于重庆的地形地貌,1:500 地形图满足不了工程需要。当已有地形图精度和比例尺满足相应纵、横断面测量技术要求时,方可从地形图上提取纵、横断面数据,应根据地貌特征、地物分布增加采点密度,以提高内业提取横断面精度。设计中有特殊要求的点位应现场实测。

**4.6.10** 相对于现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 中对横断面测量宽度的要求进行了补充。重庆轨道交通工程建设过程中,线路两侧可能形成较大边坡,为满足工程需求,断面测量宽度应覆盖边坡施工范围。在设计、施工有其他特殊需求时,横断面测量宽度也应进行调整。

**4.6.11** 纵横断面的横断面检测互差的限差,参照现行行业标准《新建铁路工程测量规范》TB 10101 制定。

## 5 施工测量

### 5.2 地面控制测量

5.2.2 一等网应覆盖城市轨道交通全部规划线网,二等网为各条线路施工阶段布设的施工控制网,三等网为各条线路施工阶段根据一、二等网加密布设。一等网一般在城市轨道交通线路构成网络时一次性布设,单条轨道交通线路可直接布设二等网。

5.2.4 平均边长为待测平面控制点间的边长均值,不含待测点与已知点间的边长。在内业计算各项精度指标时,固定误差  $a$  取值 5,比例误差系数  $b$  一等平面控制网取值 2,二等平面控制网取值 5,与接收机的标称精度无关。

5.2.7 二等卫星定位控制网精度指标介于现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8 中二、三等边角网之间,按照误差传播公式,角度检核测角中误差  $m_{\text{测}}$  为  $+\frac{1^{\circ}+1.8^{\circ}}{\sqrt{2}}$ ,测角较差中误差为  $+\sqrt{2}m_{\text{测}}$ ,取两倍中误差作为较差限差,即  $4.1''$ ,取值  $4.0''$ ; I 级全站仪的测距误差  $m_d$  为  $+(1+1 \cdot d \cdot 10^{-6})\text{mm}$  ( $d$  为测距边长,单位为千米),二等卫星定位控制网基线长度中误差  $\sigma$  为  $+\sqrt{5^2+(5 \cdot d \cdot 10^{-6})^2}\text{mm}$  ( $d$  为测距边长,单位为千米),则边长较差中误差为  $+\sqrt{m_d^2+\sigma^2}$ ,取两倍中误差作为较差限差即  $10\sqrt{1+(d \cdot 10^{-6})^2}\text{mm}$ 。

地下精密导线点测角中误差  $m_{\text{测}}$  为  $2.5''$ ,测角较差中误差为  $+\sqrt{2}m_{\text{测}}$ ,取两倍中误差作为较差限差,即  $7.1''$ ,取值  $7.0''$ ; I 级全站仪的测距误差  $m_d$  为  $+(1+1 \cdot d \cdot 10^{-6})\text{mm}$  ( $d$  为测距边长,单位为千米),测距较差中误差为  $+\sqrt{2}m_d$ ,取两倍中误差作为较差限差即  $2\sqrt{2}(1+d \cdot 10^{-6})\text{mm}$ 。

5.2.12 二等平面控制网最弱点点位中误差  $m_{\text{弱}}$  为  $+12\text{mm}$ , 复测成果与原成果点位较差中误差为  $\sqrt{2}m_{\text{弱}}$ , 点位较差中误差为  $\sqrt{2}$  倍坐标较差中误差, 因此坐标较差中误差为  $m_{\text{弱}}$ , 取 2 倍中误差作为坐标较差限差为  $2m_{\text{弱}}$ , 取值为  $+24\text{mm}$ 。

### 5.3 联系测量

5.3.13 按现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的相关规定: 电磁波测距法传递高程应达到二等水准测量精度要求, 但国标没有明确具体的观测技术指标, 为了便于作业, 参照了现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ8 二级电磁波测距法高程测量技术要求, 二级电磁波测距法高程测量精度与二等水准测量精度相当, 进一步明确了电磁波测距法传递高程的技术指标。

### 5.4 地下控制测量

5.4.18 轨道交通隧道贯通后, 布设地下精密导线, 满足贯通测量及轨道结构施工、铺轨及安装要求。从已建成的轨道交通一号线、二号线、三号线、六号线等线路来看, 导线从贯通区间经出入口附合到地面二等平面控制网点, 长度一般在  $3\text{--}4\text{km}$ , 甚至更长, 平均边长为  $120\text{m}$ , 执行现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 精密导线精度标准, 非常困难。为了适应重庆山地城市轨道交通精密导线平均边长短, 边数多特点, 在不降低精密导线相对精度指标的情况下, 按照现行国家标准《城市测量规范》CJJ/T 8 条文说明 4.4.2 理论推导, 结合已建成的轨道交通一号线、二号线、三号线、六号线等线路精密导线经验, 对现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 精密导线精度标准做了调整, 调整后精度指标见表 5.4.17、表 5.4.18。因边数太

多,增加了点位中误差精度指标控制导线的横向偏差。

## 5.6 暗挖隧道、车站施工测量

5.6.3 按照现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的规定:地下定向边方位角中误差为 $+8''$ ,投点中误差为 $+3\text{mm}$ ,高程传递符合二等水准测量技术要求。由于水平角中误差 $m_{\text{水平角}} = \sqrt{2} m_{\text{方位角}} = +11.3''$ ,以两倍中误差作为限差为 $+22.6''$ ,取值 $+20''$ ;两点距离中误差为 $m_{\text{距离}} = \sqrt{2} m_{\text{点位}} = +4.2\text{mm}$ ,以两倍中误差作为限差,即 $+8.4\text{mm}$ ,取值 $+8.0\text{mm}$ ;检测地下高程点间高差符合本标准第 5.1.9 条要求,即不大于 $+6\sqrt{L}\text{mm}$ ( $L$ 为高程控制点间水准路线长度,单位为千米,检测测段长度小于 1 千米时,按 1 千米计),而高程点间测段长度一般小于 1 千米,因此取值 $+6\text{mm}$ 。



## 6 竣工测量

### 6.1 一般规定

6.1.1 在线路各标段建设完成后,施工单位应进行线路竣工测量,并向建设单位提供各分项竣工资料。全线建设完成后,应按照规定监督测量要求,进行规划竣工测量。

### 6.2 工程竣工测量

6.2.1 工程竣工测量记录工程地面、地下建筑竣工后的实际位置、高程以及形体尺寸、材质等状况,是反映、评估施工测量的技术资料,应作为工程进行交接验收、管理维护、改建扩建的重要依据;作为建设及运营单位必须长期保存的技术文件;更是国家建设行政管理部门进行监督审查以及国有资产归档的主要技术档案。

竣工图的编制和测量,原则上应由各施工单位负责,按本标准和相关技术标准要求执行。但对某些技术复杂、竣工测量繁重的项目,或涉及全线整体质量评估及行车安全的项目,应统一由建设单位主持、组织或委托勘测单位测绘,施工单位配合实施。

6.2.2 线路基础设施、轨道、线路建筑结构、线路设备、地下管线等分项工程建设完成后,应及时进行竣工测量,并提交竣工资料。

6.2.3 竣工测量基本方法和精度要求,与施工测量基本相同,但程序相反。竣工测量应该选择竣工建筑有关部位测量,并注记在原施工图上相应部位以便进行比较,如注记主轴点坐标值、主要高程点、间距、方向以及重要碎部点相关尺寸等。对一般施工

中无变更的施工图,应在原图上加注竣工测量调查数据,经施工主管、工程监理审定后,作为竣工图。

对有变更的施工图,应将原图进行修改补充,注记说明,并附设计变更通知单、竣工实测调查记录以及监理审核验收记录等,加工编制成正式竣工图。

**6.2.4** 线路竣工测量成果资料除满足本标准要求外,尚应满足重庆轨道交通线路建设主管部门相关要求。

**6.2.5** 轨道竣工测量应在轨道已经定型并稳定的情况下才能进行,测量成果作为编制线路平面和纵、横断(含净空)面竣工图以及轨道(含道岔)铺设竣工图的依据。

控制基标保存完好时,可以作为测量起算数据;如控制基标被毁,各级施工控制网点均可以作为测量起算数据。

**6.2.6** 地下区间隧道车站附属设施竣工测量包括出入口、通道、电动扶梯、天桥、防护栏等测量。

### 6.3 规划竣工测量

**6.3.3** 规划竣工测量中的地下管线探测应充分利用工程竣工测量地下管线资料,并测量轨道交通建设新建管线与市政管线的接入口,以及轨道线路工程建设而改迁、新建的市政地下管线。结合线路具体情况,根据重庆市规划管理要求开展消防、园林绿化等专项竣工测量。

**6.3.6** 规划竣工测量参照现行国家标准为《建筑工程建筑面积计算规范》GB/T 50353,现行行业标准《城市测量规范》CJJ/T 8,规范性文件包括重庆市规划主管部门发布的规划核实工程规程、实施办法等文件。

## 7 可行性研究勘察

### 7.1 一般规定

7.1.1 可行性研究勘察阶段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,概略评价拟建场地的稳定性和建设适宜性;当有两个或两个以上的拟建场地时,应分别评价拟建场地的稳定性和建设适宜性,经比较分析后提出推荐场地,为线位、站位、车场(车辆段)、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(地质依据)。

7.1.2 可行性研究勘察应调查城市轨道交通工程线路场地的工程地质与水文地质问题、周边环境条件,研究控制线路方案的主要工程地质问题和影响线路方案的重要建(构)筑物。

### 7.3 勘察工作布置

7.3.2 可行性研究勘察阶段应主要以收集线路已有工程地质资料和建设施工资料为主,对重要部位和影响线路的不良地质、特殊地质体辅以适量的钻探、取样和测试工作,在本条中所述勘探点可以是钻孔、地质调查点、基岩露头、或收集的已有钻孔、工程竣工资料等。

## 8 初步勘察

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 初步设计是城市轨道交通工程建设非常重要的设计阶段,初步设计工作往往是在线路总体设计的基础上开展工点设计工作,不同的敷设形式初步设计的内容不同,如:初步设计阶段的地下工程一般根据环境及地质条件需完成车站主体及区间的平面布置、埋置深度、开挖方法、支护形式、地下水控制、环境保护、监控量测等的初步方案。初步设计阶段的岩土工程勘察需要满足以上初步设计工作的要求。

因此,本次编制在提出对初步勘察总的任务要求基础上,按照线路敷设方式针对地下工程、高架工程、路基与涵洞工程、地面车站和车辆基地分别提出了初步勘察要求。

**8.1.2** 初步设计过程中,对一些控制性工程,如穿越水体、重要建筑地段、换乘节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节点工程的设计和比选,确定切实可行的工程方案,提供必要的地质资料。

**8.1.4** 周边环境工作很重要,特别是一些重要工程周边环境可能直接影响轨道线路走向和埋深。

### 8.3 地下工程

**8.3.1** 城市轨道交通工程初步设计阶段的地下工程主要涉及地下车站、区间隧道,本条是在满足本规范第 8.2.2 条的基础上,针对地下工程的特点提出的勘察要求。勘察要求主要包括了围岩

分级、岩土施工工程分级、地基基础形式、围岩加固形式、有害气体、污染、支护形式和盾构选型等隧道工程、基坑工程所需要查明和评价的内容。

## 8.4 高架工程

8.4.1 城市轨道交通工程初步设计阶段的高架工程主要涉及高架车站、区间桥梁,本条是在满足本规范第 8.2.2 条的基础上,针对高架工程的特点提出的勘察要求。勘察要求主要考虑轨道交通高架结构对沉降控制较为严格,一般采用桩基方案,因此勘察工作的重点是桩基方案的评价和建议,关于桩基方案的勘察评价可参照相关专业规范执行。

8.4.5 主桥墩位置必须有钻孔,引桥位置根据地形及周边环境情况跳墩布置或按表 8.4.3 间距布置。

## 8.5 路基、涵洞工程

8.5.1 城市轨道交通路基工程主要包括一般路基、路堤、路堑、支挡结构及其他的线路附属设施,本条是在满足本规范第 8.2.2 条的基础上,针对不同的路基形式和支挡结构提出的勘察要求。高路堤和深路堑的定义参照现行行业标准《铁路工程地质勘察规范》TB 10012 条文说明 4.1.2、4.1.3,高路堤是指填方路堤边坡垂直高度大于 20m 的路基工程;深路堑一般是指挖方边坡垂直高度大于 20m 的路基工程,对于客运专线线路,当路堑边坡垂直高度大于 10m 时,即应按“深路堑”处理。

## 9 详细勘察

### 9.3 地下工程

**9.3.1** 重庆地区跨嘉陵江、长江的水下隧道目前尚无成熟的工程经验可供参考,故参照其它相关规范,在此仅做出原则性要求。在具体工作中,如工程中有穿越长江、嘉陵江、乌江等大江以及大型水库的水下隧道应进行专项勘察,对于穿越其他水体的隧道应按复杂地质条件布置相应的勘探工作。

**9.3.8** 波速测试可分为声波测试和剪切波测试(暨纵波和横波)两类,声波测试主要应用于岩层(基岩),而剪切波测试则主要应用于土层(覆盖层)。在重庆地区,由于地形条件的影响,同一区间甚至同一座车站,都可能出现隧道、桥梁、路基中的两类甚至三类线路敷设方式,因此,不便于对波速测试钻孔的数量作出硬性限制,但要求每个区间、车站均应布置波速测试孔,区间与车站的测试孔可相互利用,原则上宜达到每个正线区间和不少于3个的基本要求。

**9.3.9** 围岩热物理指标是隧道设计所需的一项重要参数,一般应实测,当有成熟经验时,也可采用经验值。

### 9.4 高架工程

**9.4.5** 见9.3.8条说明。

### 9.5 路基、涵洞工程

**9.5.1** 在铁路工程建设中,高路堤是指填方路堤边坡垂直高度

大于 20m 的路基工程,深路堑一般是指挖方边坡垂直高度大于 20m 的路基工程,但对于客运专线铁路,挖方边坡垂直高度大于 10m 的路基工程,也是按照深路堑开展工作的。

在重庆地区,一般将垂直高度大于 8m 的土质边坡、垂直高度大于 15m 的岩质边坡视为高边坡进行勘察,故而在重庆轨道工程勘察实践中,也相应地将垂直高度大于 8m 的填方路堤、垂直高度大于 15m 的岩质路堑和垂直高度大于 8m 的土质路堑分别作为高路堤、深路堑开展工作。

陡坡路堤是指修筑在地面横坡等于或大于 1:2.5 坡面上的路堤。

**9.5.8** 见 9.3.8 条说明。

## 11 周边环境专项调查

11.2.2 重庆市主城为山地城市,基岩埋深较浅,重庆市城市轨道交通工程周边多为Ⅳ级围岩。在城市轨道交通工程周边围岩为Ⅳ级围岩甚至是条件更好的Ⅲ级围岩的情况下,轨道交通工程的隧道或基坑与其两侧 30m 范围外的建筑的相互影响已较小,特别是隧道上覆岩层达到 2 倍洞跨及以上时,轨道交通隧道与其两侧 30m 外的建筑的相互影响已很小。对于围岩为Ⅲ级、Ⅳ级的隧道或基坑工程,调查结构外边线两侧不小于 50m 的范围可满足评估要求。对于围岩为Ⅴ级或Ⅵ级的隧道或基坑,根据隧道设计底板的埋深、开挖宽度或隧道、基坑的开挖深度,按影响最大的条件扩大调查范围可满足评估要求。

重庆城市建筑的选用条形基础或独立柱基础时,一般是嵌入中风化基岩不超过 3m,选用桩基础一般不超过 3 倍桩径(约 5m),当城市轨道交通工程隧道顶部外边线上方有 30m 及以上的基岩时,隧道对其上部的建筑影响已较小,为避免高层建筑的基础设计时有特殊要求(嵌岩深度大于 5m),应对高层建筑进行调查。



## 12 轨道交通隧道围岩分级

12.1.2 根据重庆轨道交通(集团)有限公司《重庆轨道交通地下结构工程调查统计报告》(2014年8月)对重庆轨道交通已运营线路围岩分级状况的统计分析,Ⅲ、Ⅳ级围岩占比达90%,为进一步细化围岩分级,提供隧道结构设计优化依据,将Ⅲ、Ⅳ级围岩进一步细分为Ⅲ<sub>1</sub>、Ⅲ<sub>2</sub>、Ⅳ<sub>1</sub>、Ⅳ<sub>2</sub>。

12.1.4 隧道跨度上限27m系依据重庆轨道交通(集团)有限公司《重庆轨道交通地下结构工程调查统计报告》(2014年8月)的相关统计成果确定。重庆轨道交通隧道按开挖跨度大小主要分为地下车站、双线区间、单线区间三种,其中地下车站开挖跨度范围为20m~26m,双线区间开挖跨度范围为10m~13m,单线区间开挖跨度范围为5m~7m。据此,考虑适当富余,将重庆轨道交通隧道围岩分级的跨度适用上限定为27m。

### 12.2 基本质量分级因素及其确定方法

12.2.1 目前,各类围岩分级都是以围岩稳定性为依据,主要考虑岩石坚硬程度和岩体完整程度两大地质因素作为围岩分级的基本因素,本标准沿用了这一基本原则。由于隧道围岩的自稳性不仅与地质因素有关,还与工程因素有关,例如隧道的跨度、高度、埋深等。考虑到轨道交通工程中高跨比、埋深等变化不大,但跨度相差很大,不同跨度的围岩稳定性不同,本条规定了轨道交通工程围岩分级中必须考虑隧道跨度的这一主要工程因素。

12.2.3 本标准采用岩石单轴饱和抗压强度 $R_c$ 作为反映岩石坚硬程度的定量指标,并以30MPa作为硬质岩和软质岩的划分界

限。关于坚硬岩的划分界限值由 60MPa 降为 50MPa,这是因为坚硬岩与较坚硬岩的级差比其他级差大,导致坚硬岩的 BQ 值差值比其他岩石 BQ 值差值大,况且重庆轨道交通地区坚硬岩极少,因而,将较坚硬岩到坚硬岩级差降为 20MPa,规定岩石单轴饱和抗压强度  $R_c$  大于 50MPa 时为坚硬岩。

**12.2.4** 表 12.2.4-1 内容主要沿用《工程岩体分级标准》GB/T 50218-2014 内容进行制定,表中平均间距参照《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086-2015 进行了修改,将表中 1.0m 修改为 0.8m。

### 12.3 围岩基本质量级别的确定

**12.3.1** 本标准沿用国标《工程岩体分级标准》(GB/T 50218-2014)的 BQ 值计算公式,结合重庆轨道交通地区的岩石单轴饱和抗压强度和岩体完整性特点,规定了基本质量指标 BQ 值计算时应遵守的限制条件。限制条件之一是对  $R_c$  值的限制,采用过高的岩石强度在分级过程中并无实际意义,不能准确地表征岩体质量,反而会影响围岩分级。重庆轨道交通地区坚硬岩极少,即使重庆灰岩也达不到 60MPa,式中规定岩石单轴饱和抗压强度大于 50MPa 时都应按 50MPa 计算,不会影响重庆地区的围岩分级。限制条件之二是对  $K_v$  值上限的限制,这是针对软弱岩体  $R_c$  值很低,而相应的  $K_v$  值过高的情况下给定的。限制条件之三是考虑到仅用  $K_v$  值反映岩体完整性尚不够完善,且当前勘察工作中波速测试点样本较少,为安全起见,针对完整岩体, $K_v$  值均按 0.76 考虑。

**12.3.2** 岩质围岩基本质量分级表的内容系依据《重庆轨道交通围岩分级及参数优化研究》的科研成果编制,在依托课题的研究中,采用定性、定量相结合的围岩分级方法,取得的代表性成果有:围岩定性特征的改进、定量 BQ 值的修正、定性与定量的协调一致、考虑跨度影响的围岩分级方法。上述成果均在本标准编制

中得到应用,具体如下:

本标准沿用国标《工程岩体分级标准》(GB/T 50218-2014)公式及限制条件,按岩石强度与完整性定性特征对应的定量指标计算 BQ 值。表 1 列出了不同围岩级别国标规定的 BQ 值以及按定性特征计算的 BQ 值。

表 1 国标规定的 BQ 值以及按定性特征计算的 BQ 值

级别	围岩主要定性特征	国标规定 BQ 值	按定性特征计算 BQ 值				按国标分级	
			$R_c$ /MPa	坚硬程度	$K_v$ 完整程度	BQ		
I	坚硬岩,岩体完整	>550	61	坚硬岩	0.78	完整	473	II
II	坚硬岩,岩体较完整; 较坚硬岩,岩体完整	550~451	61	坚硬岩	0.56	较完整	423	III
			31	较坚硬岩	0.76	完整	383	III
III	坚硬岩,岩体较破碎; 较坚硬岩,岩体较完整; 较软岩,岩体完整	450~351	61	坚硬岩	0.36	较破碎	373	III
			31	较坚硬岩	0.56	较完整	333	IV
			16	较软岩	0.76	完整	338	IV
IV	坚硬岩,岩体破碎; 较坚硬岩,岩体较破碎; 较坚硬岩,岩体破碎; 较软岩,岩体较完整; 较软岩,岩体较破碎; 软岩,岩体完整; 软岩,岩体较完整	350~251	44.4	坚硬岩	0.16	破碎	273.2	IV
			31	较坚硬岩	0.36	较破碎	283	IV
			31	较坚硬岩	0.16	破碎	233	V
			16	较软岩	0.56	较完整	288	IV
			16	较软岩	0.36	较破碎	238	V
			6	软岩	0.64	完整	278	IV
			6	软岩	0.56	较完整	258	IV
			6	软岩	0.36	较破碎	208	V
V	较软岩,岩体破碎; 软岩,岩体较破碎; 软岩,岩体破碎; 全部极软岩及全部极破碎岩。	≤250	30	较软岩	0.35	破碎	277.5	IV
			16	较软岩	0.16	破碎	188	V
			15	软岩	0.55	较破碎	282.5	IV
			6	软岩	0.36	较破碎	208	V
			15	软岩	0.35	破碎	232.5	V

由表 1 可见, I、II、III 级围岩,除坚硬岩与岩体较破碎情况外,其余按定性特征计算 BQ 值确定的围岩级别都比国标规定的级别低 1 级,IV 级部分差的围岩按定性特征计算 BQ 值降低为 V 级,V 级部分好的围岩按定性特征计算 BQ 值可以提升为 IV 级。

基于上述情况,为提高围岩分级的准确性与可靠性,实现定性分级和定量分级尽量协调一致,规定定性分级中的特征描述均以重庆轨道交通 12m 跨度隧道为对象,即围岩主要定性描述与 12m 跨度隧道相对应,当跨度增大时,按定性特征分级不再适用。按本标准表 12.2.3 的  $R_c$  值与表 12.2.5 的  $K_f$  值,并考虑 12.3.1 的限制条件,计算定性特征 BQ 值。12m 跨度隧道围岩计算 BQ 值及其围岩分级列于表 2。

表 2 12m 跨度隧道围岩 BQ 计算值及围岩分级调整

级别	围岩主要定性特征	按 BQ 计算值调整分级					
		$R_c$ MPa	坚硬程度	$K_f$	完整程度	BQ	调整后分级
I	坚硬岩,岩体完整	>50	坚硬岩	0.76	完整	>440	I
II	坚硬岩,岩体较完整; 较坚硬岩,岩体完整	50	坚硬岩	0.56	较完整	390	II
		31	较坚硬岩	0.76	完整	383	II
III	坚硬岩,岩体较破碎; 较坚硬岩,岩体较完整; 较软岩,岩体完整	50	坚硬岩	0.36	较破碎	340	III
		31	较坚硬岩	0.56	较完整	333	III
		16	较软岩	0.76	完整	338	III
IV	坚硬岩,岩体破碎; 较坚硬岩,岩体较破碎; 较软岩,岩体较完整; 软岩,岩体完整; 软岩,岩体较完整	50	坚硬岩	0.15	破碎	287.5	IV
		31	较坚硬岩	0.36	较破碎	283	IV
		16	较软岩	0.56	较完整	288	IV
		5	软岩	0.76	完整	275	IV
		5	软岩	0.56	较完整	255	IV
V	较软岩,岩体破碎; 软岩,岩体较破碎; 软岩,岩体破碎; 全部极软岩及全部极破碎岩。	30	较软岩	0.35	破碎	277.5	IV
		16	较软岩	0.15	破碎	185.5	V
		15	软岩	0.55	较破碎	282.5	IV
		5	软岩	0.36	较破碎	205	V
		15	软岩	0.35	破碎	232.5	V

将表 2 中按定性特征计算的 BQ 值与 12m 跨度隧道对应,并考虑级差,得到表 12.3.2 中“ $B \leq 12$ ”列的 BQ,用于跨度 B 小于等于 12m 的轨道交通隧道围岩分级。当跨度大于 12m 时,依据隧道跨度对围岩安全系数的影响及工程经验,轨道交通工程 27m 大跨度隧道的稳定性比一般 12m 跨度隧道的稳定性低,降低值略小于半级。因此,对跨度大于 12m 的隧道,采用提高 BQ 值来反映跨度增大对隧道围岩稳定性降低与分级的影响,对表中“ $20 \leq B \leq 27$ ”列的轨道交通隧道,BQ 值提高 25 分,对“ $12 < B < 20$ ”列的轨道交通隧道,BQ 值提高 13 分。并为安全起见,针对“ $20 \leq B \leq 27$ ”列,将Ⅲ<sub>2</sub>级围岩 BQ 下限值适当提高。

为弥补完全按定性特征分级的不足,表 12.3.2 中围岩主要定性特征一项,增加了满足本级 BQ 值的各种岩石坚硬程度与岩体完整程度的组合。当定性划分与定量指标的级别划分相差超过 1 级时,应进一步综合分析判断。

## 12.4 围岩级别的修正

**12.4.1** 影响围岩稳定性的因素主要有地质因素与工程因素,其中地质因素除上述岩石坚硬程度与岩体完整性外,还有初始地应力、地下水、结构面的影响。结合重庆轨道交通隧道特点,其埋深一般不大,因而不考虑初始地应力因素的影响。地下水出水状态一般只对Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ级围岩起作用,而对Ⅰ、Ⅱ级围岩影响不大。结构面的影响主要指软弱结构面的影响。

**12.4.2** 结合重庆地区的实际情况,对于较破碎~极破碎的中等~强透水围岩或受到地表水体或具有承压性地下水、断层等直接影响时,应按表 12.4.2 进行地下水状态分级。

**12.4.3** 重庆轨道交通工程建设实践中发现泥夹岩屑、夹泥等软弱结构面对围岩稳定起着控制作用,必须特别重视。

## 12.5 各级围岩的自稳能力

**12.5.1** 表 12.5.1 给出了重庆轨道交通隧道围岩自稳能力划分的定性判别。以围岩稳定性为基础进行围岩分级是今后的总趋势,当前围岩稳定性分析仍以经验判断为主,尚无围岩稳定性定量指标,有限元极限分析法作为一种新兴的数值计算方法,有严格的力学理论依据,可以计算工程师所关心的围岩稳定系数,实现围岩稳定性的定量分析。围岩稳定系数可真实地反映围岩的自稳性,既考虑了地质因素,也考虑了工程因素,用于围岩分级与自稳能力判断十分适用。为建立基于稳定系数的围岩分级方法,提高其科学性与合理性,首先需要建立各级围岩的稳定系数标准,同时需要有较准确的围岩物理力学参数。

以往的围岩分级大都是一种经验性的方法,本标准在量化围岩分级方面作了一些尝试。依据围岩定性分级,按照各级围岩稳定性(长期稳定、稳定、基本稳定、不稳定、极不稳定),给出了各级围岩稳定系数标准见表 3。针对极不稳定的 V 级围岩,稳定系数显然应小于 1.0,针对 IV 级围岩,根据围岩不稳定的含义,并通过重庆大量工程实践以及稳定系数分析,得到不稳定 IV 级围岩的稳定系数范围为 1.0~1.5。对于长期稳定、稳定的 I、II 级围岩,常规跨度下计算的围岩稳定系数通常很高,如 12m 跨 I 级围岩可达 7.0,II 级围岩可达 5.0,考虑到随隧道跨度的增加,围岩稳定系数有所降低,以 60m 跨挪威 Gjøvik 奥林匹克山大厅为例,按 I、II 级围岩计算得到稳定系数为 3.225、2.404。为适应今后大跨度 I、II 级围岩的分级需求,分别取 I、II 级围岩的名义稳定系数标准为 3.5、2.4。随着隧道工程实践以及围岩定量稳定分析的不断积累,表 3 中的围岩稳定系数标准可进一步得到验证与完善。

表3 围岩级别与定性稳定、稳定系数的对应关系

围岩级别	I	II	III		IV		V
			III <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>2</sub>	
定性稳定	长期稳定	稳定	基本稳定		不稳定		极不稳定
稳定系数	$\geq 3.5$	2.4~3.5	2.0~2.4	1.5~2.0	1.25~1.5	1.0~1.25	$< 1.0$

重庆工程高专

## 13 岩土参数取值

### 13.3 岩土体物理力学性质指标

**13.3.9** 13.3.6~13.3.9 由于轨道工程的设计使用年限通常为 100 年,大于一般的工业与民用建筑设计使用年限,故此相应的折减系数较 DBJ50/T-043 有所下降是合理的。一般情况下,岩体完整时的折减系数取较大值,岩体较破碎时的折减系数取较小值。

### 13.5 隧道工程各级围岩的物理力学参数

**13.5.1** 当前国内隧道规范采用的围岩物理力学参数指标基本一致,都采用国标《工程岩体分级标准》(GB/T 50218-2014)的参数。本标准主要参看国标规范,采用有限元极限分析法计算,对跨度 12m、埋深 50m 的隧道围岩进行安全系数计算,发现 V 级围岩的安全系数大于 1,这与很不稳定的 V 级围岩等级不适应,为安全起见,适当降低国标规范中的围岩物理力学参数。对 III<sub>2</sub>、IV<sub>1</sub>、IV<sub>2</sub> 级围岩按照 12.5.1 条文说明表 3 中提供的安全系数反算得到相应的围岩物理力学参数。对于 I、II、III<sub>1</sub> 高等级围岩将国标规范中的数据适当降低。考虑到国标规范中,对黏聚力已经降低很多,而内摩擦角降低不多,因而表 13.5.1 中对黏聚力稍作降低,而内摩擦角降低较多。



## 14 取样和室内试验

### 14.2 取 样

**14.2.11** 根据《建筑工程地质勘探与取样技术规程》(JGJ/T 87-2012)12.0.10 条规定,岩土试样采取后至开土试验的贮存时间不宜超过两周,《岩土工程勘察规范》(GB 50021-2001)9.4.6 条规定试样保存时间不宜超过三周,由于重庆气候炎热,特别在夏天连晴高温的情况下,岩土试样易发生失水而失去原状特性,故取样后应尽早安排相关岩土试验。由于重庆市轨道交通项目均位于城市建成区,交通较为便利,压缩试样采取后至开始试验的贮存时间是有条件且十分必要的。

### 14.3 岩土试验

**14.3.2** 不均匀岩石是指勘察场地内各向异性及强度差异较大的岩石。

## 15 现场测试

**15.1.1** 现场测试在城市轨道交通工程勘察中是十分重要的手段,其测试结果有较好的可靠性和代表性,应与钻探取样和室内试验配合使用。在选择现场测试方法时,应根据岩土条件、设计对参数的要求、试验方法的适用性等确定,而适合重庆地区经验的成熟程度最为重要。

**15.1.2** 现场测试成果的应用,应以重庆地区经验的积累为依据,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。

**15.1.6** 静力触探试验、十字板剪切试验、旁压试验、扁铲侧胀试验、激振法测试、岩体原位应力测试等重庆地区不常用的现场测试试验,可根据岩土条件和工程需要选用。

### 15.2 标准贯入试验

**15.2.1** 标准贯入试验对砂土、粉土和一般黏性土较为适用,不适用于软塑~流塑软土。目前,国内外的一些地方在全风化及强风化岩也采用标准贯入试验,考虑重庆地区经验,故适用范围将全风化岩列入其中。

**15.2.7** 由于 N 值离散性大,故在利用 N 值解决工程问题时,应持慎重态度,依据单孔标贯资料提供设计参数必须与其他试验综合分析。

### 15.3 圆锥动力触探试验

**15.3.1** 圆锥动力触探试验是利用一定的锤击动能,将一定规格

的圆锥探头打入土中,根据其打入击数,对土层进行力学分层,对难以取样的砂土、碎石土等是一种有效的勘探测试手段,本标准列入了适合重庆地区的两种圆锥动力触探(重型、超重型),并对其岩土条件的适用性作了规定。

**15.3.3** 圆锥动力触探试验由于不能采取土样对土进行直接鉴别描述,存在试验误差较大、再现性差等缺点,在使用试验成果时,应结合重庆地区经验并与其他方法配合使用。

## **15.4 载荷试验**

**15.4.2** 一般认为,载荷试验在各种现场原位测试中是最为可靠的,并以此作为其他现场原位测试的对比依据。但这一认识的正确性是有前提条件的,即基础影响范围内的土层应均一。实际土层往往是非均质土或多层土,当土层变化复杂时,载荷试验反映的承压板影响范围内地基土的性状将有很大的差异。试验是对尺寸效应要有足够的估计。

**15.4.8** 对载荷试验成果的分析应用,应特别注意承压板影响深度范围内土层的不均匀性,否则会降低试验成果的准确性。

## **15.5 波速测试**

**15.5.1** 波速测试目的是根据弹性波在岩土体中的传播速度,间接测定岩土体在小应变条件下动弹性模量。试验方法有单孔法、跨孔法或面波法。

## **15.6 综合测井**

**15.6.1** 工程勘察中,采用多种地球物理方法进行综合测井,获得钻孔内丰富的地层信息,通过对地球物理信息的处理与解释,

转换成地质信息、工程信息和生态环境信息,用以辅助推测地质构造、地质环境,解决水文地质问题。钻孔全景成像是指采用原位光学摄影和图像数字处理技术,对孔壁进行 360°全方位成像,原位反映孔壁的真实景象;钻孔电视观察是早期方法,采用摄像头进行动态视频观察的方式进行,侧重于实时观察。

**15.6.2 钻孔全景成像、钻孔电视观察**采用光学成像原理,套管遮挡孔壁,不能采集孔壁地质信息;含悬浮颗粒的浑浊孔液,钻孔全景成像、钻孔电视观察都难以获得清晰的孔壁信息。

超声成像需要水做耦合剂。

## 15.7 抽水试验

**15.7.1** 由于含隔水层的空间分布具有不均一性,钻孔位置的选择合理与否,可能决定水文地质试验的成败。钻孔位置应布置在能尽量多地揭露各含水层或能充分反映地下水径流特征的部位。钻孔结构和孔径需合理,是为了避免出现不能安装设备或安装设备后,因过水断面不足而引起雍水或堵水等不良影响,造成试验数据不准确。

**15.7.4** 15.7.2~15.7.4 条,是对抽水试验的基本要求和做法,便于按标准化进行作业。对降次的要求,主要是考虑后期资料整理,判断含水层性质、剔除干扰等需要。水位量测标准,是基于目前的测试设备可能达到的精度来作出的原则性要求,随着计量设备的改进,可以提高标准。对最大降深的要求,主要是考虑到应保证各次降深保持基本的地下水流态,具有可比性,获得基本状态下的参数,但对部分项目,可能会存在工程影响深度范围的评价需求,因此,对其可按降深到工程设计建基面以下的实际需要进行试验,并做出可能的预估评价。对非稳定流抽水试验、由于考虑到人为控制流量或水位恒定的难易程度,一般情况下推荐采用流量恒定的方式,采用控制抽水设备定流量出水的有效方式,

对水位可采用预埋在水下的自动化水位计等设备连续观测,或可采用在测管内按要求的间隔时间观测水位。

**15.7.5** 主要是考虑到资料整理和试验成果分析的标准化,对其作出的统一要求。

## 15.8 压水试验

**15.8.1** 对分段压水试验,止水位置的选择较为重要,因此,应根据已有资料综合分析,提前规划,控制好试段止水位置的钻探参数,保证能有效止水,且试段长度内地层的性质基本一致。对试验压力分段的确,一般可大致按最大压力进行平均分。

**15.8.2** 一般说来,顺向逐级压水便于操作,止水简单,往往采用单栓塞即可有效止水。保证同一试段岩性基本一致,是基于目前压水试验资料整理是获取试段内的平均值来代表该段的值,因此,本条是为使数据能更准确地反映各岩性层的实际而做出的规定。

**15.8.3** 主要是考虑连续获得渗透剖面,但实际上可能出现部分段落不易止水的情况,可适当调整止水位置而改变试段长度。残留岩心占据的孔段,实际上在压水时,其段落已可形成有效的渗水断面,所以应当计入试段长度内。

**15.8.4** 多压力阶段的目的,是为了反映岩体在流量和压力改变状态下可能表现出的不同特征,并进行研究,获取岩体在各种状态下的性质。对埋深太大的轨道交通工程,采用高压压水试验,能较好的了解围岩在高水压下的实际工作状态。

**15.8.5** 钻孔孔径的要求,主要是基于现有压水设备的考虑,孔径应与设备匹配,孔壁应保持圆滑。钻进护壁材料对岩石透水性的影响很大,因此,有条件的应尽量采用裸孔,确需支护的,套管等应采用透水花管。当影响范围内距离太近有钻孔时,压水试验

可能出现从旁边钻孔透水而无法获取准确的资料,因此,一般按10m内有完整岩体考虑。

**15.8.6** 计算时的压力零线的确定、对实际孔段的压力参数确定可能产生较大的影响,因此,应观测到稳定的地下水位,确定试段的真实含水情况。

**15.8.7** 止水的目的是为了将送入孔内的水均通过试段渗透,才能获得准确的参数,止水不好,则所计取的水量将出现明显偏差,试验可能失败或参数误差很大。

**15.8.8** 正常情况下的观测标准比较容易完成,但有时会出现压力不变而流量增大的情况时,需要排除设备、止水等异常情况,然后延长试验时间,直到满足稳定要求为止。对回流情况,主要是前期压力岩体的水在降压时产生的弹性释放,可能延续较长时间,因此,下一个压力阶段应在新的压力平衡后开始。

**15.8.9** 强调对周边情况的观测,主要是考虑资料整理等过程中便于分析是否真实反映试验层位的情况,若附近有渗漏,则数据代表性需要单独评价。

**15.8.10** 主要是考虑到资料整理和试验成果分析的标准化,对其做出的统一要求。

## **15.10 地温测试**

**15.10.1** 地温是地铁设计时结构温度应力、暖通设计等所需参数。目前地温测试主要有三种方法:一种是采用电阻式井温仪,通过测定钻孔水温确定岩土体温度,主要用于深层地温探测;一种是将温度传感器附设于静探等传感器上,通过贯入设备,在进行其他现场原位测试时同步完成;另一种是直接将温度计或温度传感器埋入地下,测量地表一定深度范围内温度。上述三种方法可归纳为钻孔法、贯入法和埋设法。

**15.10.5** 贯入法测温静置目的是减少贯入过程中产生热量对测

温结果影响,对比试验表明,其对结果影响比较明显。

## 15.11 岩土电阻率测试

**15.11.1** 岩土电阻率测试是地铁设计时输变电工程接地电网设计等所需参数。岩土电阻率是单位体积内正方体两相对面之间在一定电场作用下对电流的导电性能。一般取一立方米土壤的电阻值为土壤电阻率,单位为  $\Omega \cdot M$ 。电阻率测试方法有:自感法、线圈法、三点法、电测深法、电阻率测井法等;电测深法、电阻率测井法适用性好,测试数据可靠,在场地开阔,接地良好的场地测试时,宜选用测点呈网格布置的电测深法,可反映整个场地的电阻率特征;在地面硬化等接地条件差,场地狭窄的场地测试时,宜选用电阻率测井法。

## 16 地球物理勘探

### 16.1 一般规定

**16.1.1** 轨道交通工程包含有高架工程、边坡工程、地下工程、路基工程,相应的需要地球物理勘探解决的地质问题有:①高架工程、边坡工程、地下工程中的浅埋隧道和车站可采用地球物理勘探探测覆盖层厚度、地层产状、软弱夹层的埋深及产状,构造破碎带的位置及产状;②地下工程中的深埋隧道可采用地球物理勘探探测构造破碎带位置及产状、地下水富集区、岩溶发育区,地表岩溶塌陷区、煤系地层等软弱层、采空区等;路基工程可采用地球物理勘探探测覆盖层厚度。

**16.1.3** 可研阶段在地质复杂的区域布置地球物理勘探工作,可节约工期和勘探成本,初步勘察阶段轨道交通线型已基本稳定,地球物理勘探的主要工作量在本阶段完成,既可减少线型调整引起的工作量浪费,同时物探成果可为详细勘察阶段钻孔布置提供指导。

### 16.2 根据地质问题选择地球物理勘探方法

**16.2.2** 目前常规物探方法有:大地电磁测深法、瞬变电磁法、地质雷达、高密度电法、充电法、电测深法、浅层地震反射法、浅层地震折射法、面波法、磁平行测井、地震波垂直测井等。选择地球物理勘探方法时应根据勘探目的、地表建构筑物、地形、地貌、地质和地球物理条件、干扰源的位置等多种因素进行综合分析,合理确定。



## 16.3 地球物理勘探工作布置

16.3.2 CT 探测一般要求孔间距在 50m 以内,详细勘察阶段可针对性布置 CT 探测孔,同时可兼做勘探孔,CT 探测有利钻探成果的内联。

### 16.3.3

1 软弱夹层往往厚度很小,有时小至厘米甚至毫米级,而其埋藏深度可能是几十上百米,目前,地面物探方法的分辨率难以达到软弱夹层的探测要求,主要依靠孔内原位物探测试软弱夹层的位置和厚度。

### 16.3.5

2 轨道交通线路正交或大角度斜交可溶岩地层走向时,沿轨道交通线路走向布置的纵向测线的间距可适当加大。轨道交通线路采用深埋隧道时,顺可溶岩地层走向布置的顺向测线,其探测深度应于纵向测线的探测深度一致。

7 岩溶发育区地面塌陷主要受土层和地下水的影响,目前已知的塌陷中,土层塌陷约占 96.7%,同时,土层的厚度对塌陷的产生也由明显的影响。据统计,在土层厚度 0m~10m 时,产生的地面塌陷占绝大多数;在土层厚度 10m 至 30m 时,产生的地面塌陷数量要少得多;而土层厚度大于 30m 时,地面塌陷仅零星出现。地下水活动也岩溶塌陷的一个重要因素,在一定水头的水流渗透作用下,土层因细小砂土颗粒易于被潜蚀搬运而淘空破坏,负地形为地表水汇集区域,具有一定的水头压力,负地形位置土层内的地下水(径)潜流、地表水补充的活动更频繁,产生塌陷的条件更充分。

8 CT 探测一般要求孔间距在 50m 以内,详细勘察阶段可针对性布置 CT 探测孔,同时可兼做勘探孔,CT 探测有利确定溶洞、岩溶管道的空间位置及钻探成果的内联。

### 16.3.6

1 在第四系地层中划分含水层和隔水层并测试其深度和厚度,探测基岩裂隙带、可溶岩区域、断层破碎带等富水情况,进行地热水调查,测试地下水的水位,圈定或监测地下水污染等,可选用电法勘探、放射性测量、综合测井和地震勘探等。

2 探测第四纪地层中的含水层应以探测含水的砂砾石层为目的层,目的层探测可选用地震勘探和电法勘探;探测目的层中的富水情况可选用电测深法、激发极化法、瞬变电磁法、可控源音频大地电磁测深法等。探测基岩中含水层(带)应以探测地层中的裂隙带、可溶岩地层、断层破碎带等为目的层,目的层探测可选用地震勘探和电法勘探。探测目的层中的含水情况可选用电测深法、激发极化法、自然电场法、瞬变电磁法、可控源音频大地电磁测深法和放射性测量等。

3 探测埋藏较深的地下水或地热水可选用瞬变电磁法、可控源音频大地电磁测深法。

4 探测地下水位可选用激发极化法、电测深法、瞬变电磁法、可控源音频大地电磁测深法、综合测井。

## 17 工程地质勘察报告

### 17.2 工程地质勘察报告编制

**17.2.1** 可研阶段对于跨江(跨河)大桥及特大桥、过江(过河)隧道、越岭隧道等控制性工程,应进行工程地质评价,提供工程方案论证、比选所需的岩土参数,进行方案的地质比选。

**17.2.3** 对于明挖法施工的分析评价,侧重于分析岩土层的稳定性、透水性,针对土质基坑(边坡)、岩质基坑(边坡)、岩土混合基坑(边坡)分析不同开挖方式(放坡开挖、直立开挖、盖挖)可能出现的工程问题,判断可能出现的破坏模式,提出防治措施的建议。

**17.2.4** 对于矿山法施工的分析评价,侧重于分析岩溶、断层等不良地质及穿越土层段、地下水丰富段的情况,并由此带来的工程问题,针对穿越可能存在涌水、突水突泥及瓦斯聚集的越岭隧道段,建议施工期间作好超前地质预报工作,并提出防治措施的建议。

**17.2.5** 对于盾构法(TBM)施工的分析评价,侧重于掘进机具选型注意的地质问题,指出影响施工的地质条件,如岩石强度问题、洞身内是否存在建(构)筑物或基础、土层中包含物情况以及勘察时钻具掉落情况等可能对掘进机或选型造成影响的情况,提请设计、施工予以重视的建议。

**17.2.6** 对于高架工程的分析评价,侧重于桩基设计、施工所需的岩土参数,指出影响桩基施工的不良地质和特殊性岩土,提出防治措施的建议。如深厚填土段桩基成孔难度大,采用机械成孔应采取钢护筒或混凝土回灌二次成孔等相应辅助措施确保桩基

质量。轨道建设部分地段先于市政建设和地块开发,位于原始斜坡地段的高架轨道建成后桩基(墩柱)可能受后期回填土体或开挖的影响,应提出防治措施的施建议。