

重庆市工程建设标准

城市轨道交通结构安全保护技术标准

Technical standard for safety protection structures of
urban rail transit

DBJ50/T-271-2026

主编单位:重庆市轨道交通建设办公室

重庆市勘测院有限公司

批准部门:重庆市住房和城乡建设委员会

施行日期:2026年11月1日

2026 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〔2026〕25号

重庆市住房和城乡建设委员会 关于发布《城市轨道交通结构安全保护技术 标准》的通知

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

现批准《城市轨道交通结构安全保护技术标准》为我市工程建设地方标准,编号为 DBJ50/T-271-2026,自 2026 年 11 月 1 日起施行,原《城市轨道交通结构安全保护技术标准》DBJ50/T-271-2017 同时废止。标准文本可在标准备案后登录重庆市住房和城乡建设技术发展中心官网免费下载。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆市勘测院有限公司负责具体技术内容解释。

重庆市住房和城乡建设委员会

2026 年 7 月 14 日

重庆工程建设

前 言

根据《重庆市住房和城乡建设委员会关于下达 2021 年度重庆市工程建设标准制定修订项目立项计划(第二批)的通知》(渝建〔2021〕31 号)要求,标准编制组参考有关国家、行业标准,经过广泛调查研究、总结分析,并在充分征求意见的基础上,修订了《城市轨道交通结构检测监测技术标准》DBJ50/T-271-2017。

本标准的主要技术内容是:总则;术语;基本规定;外部作业影响等级划分;轨道交通结构检测;安全保护设计;安全保护评估;安全保护施工;轨道交通结构监测。

本标准修订的主要内容是:完善外部作业影响等级划分的规定;明确结构状况评价标准的评定单元;补充轨道交通结构安全保护设计、安全保护评估及安全保护施工规定;规范结构监测工作。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,由重庆市勘测院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中,各单位应注意收集资料、总结经验,并将有关意见和建议反馈至重庆市勘测院有限公司(地址:重庆市两江新区大竹林青竹东路 6 号,邮编:401121,电话:023-88500159;传真:023-88500201),以便进一步完善标准内容。

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：重庆市轨道交通建设办公室

重庆市勘测院有限公司

参 编 单 位：重庆市测绘科学技术研究院

中冶赛迪工程技术股份有限公司

重庆大学

重庆设计集团工程检测科技有限公司

中铁二院工程集团有限责任公司

重庆轨道交通运营有限公司

重庆交通建设管理有限公司

中建五局第三建设有限公司

中电建铁路建设投资集团有限公司

北京城建勘测设计研究院有限责任公司

中铁第一勘察设计院集团有限公司

重庆川东南工程勘察设计院有限公司

重庆建工第九建设有限公司

中国建筑第七工程局有限公司

主要起草人：席 红 游宇航 王明权 王新胜 欧阳天烽

周成涛 祝小龙 石 勇 周海鹰 张文正

陶 涛 李成芳 段庆龙 薛护国 王 璇

陈力华 王 芳 侯亚彬 林亮伦 曹林卫

杨 波 廖袖锋 潘 科 罗 婷 刘 磊

薛尚铃 张 京 熊启东 王志勇 刘强生

周海波 余 超 张邵婷 朱少凤 张驰宇

楚世芳 薛坤川 方 睿 马 捷 周 萃

陈德强 杨 坤 廖洪亮 相 旭 曹 伟

杨福荣 吴德锋 黄 勇 郭长春 鲁万卿

审 查 专 家：邹光炯 蒋中贵 廖新雪 沈治宇 吴 桐

李秀江 赵晓波

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	4
3.1	一般规定	4
3.2	结构安全保护工作内容	4
3.3	结构安全控制指标	5
4	外部作业影响等级划分	6
4.1	一般规定	6
4.2	外部作业影响等级划分	6
5	轨道交通结构检测	8
5.1	一般规定	8
5.2	外观检查	8
5.3	专项检测	15
6	安全保护设计	16
6.1	一般规定	16
6.2	安全保护设计内容	16
6.3	影响等级评定及风险识别分析	17
6.4	结构影响计算	17
6.5	安全保护设计要求	17
7	安全保护评估	21
7.1	一般规定	21
7.2	安全保护评估对象及内容	21
7.3	安全保护评估方法	22
7.4	安全保护评估计算与分析	23

8	安全保护施工	24
8.1	一般规定	24
8.2	基坑工程	25
8.3	隧道工程	25
8.4	地下管线工程	26
8.5	地基与基础工程	27
8.6	上跨与架空工程	27
8.7	其他工程	28
9	轨道交通结构监测	30
9.1	一般规定	30
9.2	监测对象及项目	30
9.3	监测精度	31
9.4	监测基准网	31
9.5	测点布设	33
9.6	监测方法	35
9.7	监测频率	39
9.8	监测项目控制值和预警	40
9.9	数据处理及信息反馈	41
附录 A	城市轨道交通安全保护工作程序	43
附录 B	城市轨道交通结构项目安全控制指标建议值	44
附录 C	接近程度和外部作业的工程影响分区	46
附录 D	城市轨道交通结构专项检测项目表	60
附录 E	城市轨道交通结构安全保护监测项目	64
	本标准用词说明	66
	引用标准名录	67
	条文说明	69

Contents

1	General provisions	1
2	Terms	2
3	Basic requirements	4
3.1	General requirements	4
3.2	Work content of structural safety protection	4
3.3	Indicators of structural safety controlled	5
4	Influence class of exterior action	6
4.1	General requirements	6
4.2	Influence class of exterior action	6
5	Inspecting of rail transit structures	8
5.1	General requirements	8
5.2	Appearance inspection	8
5.3	Special testing	15
6	Safety protection design	16
6.1	General requirements	16
6.2	Content of safety protection design	16
6.3	Influence class assessment and risk identification analysis	17
6.4	Calculation of structural influence	17
6.5	Requirements for safety protection design	17
7	Safety protection assessment	21
7.1	General requirements	21
7.2	Object and content of safety protection assessment	21
7.3	Method of safety protection assessment	22

7.4	Calculation and analysis of safety protection assessment	23
8	Safety protection construction	24
8.1	General requirements	24
8.2	Foundation excavation engineering	25
8.3	Tunnel engineering	25
8.4	Underground pipeline engineering	26
8.5	Subgrade and foundation engineering	27
8.6	Overpass and viaduct engineering	27
8.7	Other engineering	28
9	Monitoring measurement of rail transit structure requirements	30
9.1	General requirements	30
9.2	Objects and items of monitoring measurement	30
9.3	Monitoring accuracy	31
9.4	Monitoring benchmark network	31
9.5	Measurement point layout	33
9.6	Monitoring methods	35
9.7	Monitoring frequency	39
9.8	Control values and alerts for monitoring items	40
9.9	Data processing and information feedback	41
Appendix A	Work procedures for safety protection of urban rail transit	43
Appendix B	Recommended values for safety control indicators of urban rail transit structural projects	44
Appendix C	Proximity and engineering impact zoning for external operations	46
Appendix D	List of special inspection items for urban rail transit structures	60

Appendix E Monitoring items for structural safety protection of urban rail transit.....	64
Explanation of Wording in this standard.....	66
List of quoted standards.....	67
Explanation of provisions.....	69

重庆工程建设

1 总 则

1.0.1 为保护城市轨道交通结构安全和建设条件,避免或降低外部作业对城市轨道交通造成不利影响,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于重庆市运营、在建城市轨道交通结构安全保护,以及规划城市轨道交通建设条件保护。与城市轨道交通一体化运营的市域(郊)铁路参照本标准有关规定执行。

1.0.3 城市轨道交通结构安全和建设条件的保护,除应符合本标准的规定外,尚应符合国家和重庆市现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 城市轨道交通 urban rail transit

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

2.0.2 城市轨道交通结构 structures of urban rail transit

指采用专用轨道导向运行的城市公共客运交通系统的承重骨架,包括车站、区间、车辆基地、附属设施等地下结构、地面结构和高架结构。

2.0.3 城市轨道交通建设条件 construction conditions of urban rail transit

影响城市轨道交通建设可行性、合理性和使用功能的各项因素,包括用地、施作空间、地质条件、受力状态、地下水、土壤污染、噪声、振动、静电及电磁环境等。

2.0.4 城市轨道交通安全保护区 safety and protection area of urban rail transit

为保障城市轨道交通运营安全、建设安全和建设条件,在城市轨道交通沿线划定的一定区域,该区域内的建设和施工作业等活动受到合理限制。

2.0.5 外部作业 exterior action

在城市轨道交通周边进行的可能对其产生影响的建设及施工作业。

2.0.6 工程影响分区 influenced zone due to construction of exterior action

根据外部作业的施作方法、城市轨道交通结构所在区域工程地质条件以及空间位置关系,对外部作业周围岩土体和周边环境

按受到施工影响程度的大小而进行的区域划分。

2.0.7 影响等级 influence class

在轨道交通周边进行的可能对其产生影响的建设及施工作业对轨道交通结构安全影响程度的分级。

2.0.8 外观检查 appearance inspection

对城市轨道交通结构的表观状态采用目测或简单工具量测开展的检查工作。

2.0.9 专项检测 special testing

在外观检查结果的基础上,为进一步查明引起病害的原因或病害对结构性能的影响程度,而对城市轨道交通结构进行的专门检测分析工作。

2.0.10 技术状况等级 perfectness grade

根据城市轨道交通结构的外观检查结果,对城市轨道交通结构完好程度的分级。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 运营、在建及规划的城市轨道交通应设置安全保护区,其范围包括下列内容:

- 1 地下车站和隧道结构外边线外侧 50m 内;
- 2 地面车站和地面线路、高架车站和高架线路结构、车辆基地用地范围外边线外侧 30m 内;
- 3 变电站及其管网(线、沟)、控制中心、出入口、通风亭、冷却塔、无障碍电梯等建(构)筑物结构外边线外侧 10m 内;
- 4 穿(跨)越水域的桥梁或者隧道结构外边线外侧 100m 内;
- 5 未明确技术方案的规划线路按照中心线两侧 56m 内设置安全保护区。

3.1.2 当城市轨道交通安全保护区遇到特殊的工程地质条件或特殊的外部作业时,应扩大安全保护区范围。

3.1.3 运营和在建城市轨道交通安全保护区内,外部作业应结合城市轨道交通的结构安全保护要求,确定外部作业影响等级,开展结构安全保护工作;规划城市轨道交通安全保护区内,外部作业应采取保护措施保障轨道交通建设条件。

3.2 结构安全保护工作内容

3.2.1 城市轨道交通结构安全保护工作包括结构检测、安全保护设计、安全保护评估、安全保护施工和结构监测。

3.2.2 城市轨道交通结构检测分为外观检查和专项检测。

3.2.3 外部作业应根据城市轨道交通结构现状或规划方案,开

展安全保护设计,采取安全保护施工措施。

3.2.4 外部作业影响等级为特级、一级时应应对城市轨道交通结构进行安全保护评估;外部作业影响等级为二级时,宜进行安全保护评估。

3.2.5 外部作业影响等级为特级、一级、二级时,应对受其影响的城市轨道交通结构进行监测,并根据监测数据,结合结构安全控制指标值,对外部作业实行过程监控。外部作业影响等级为三级、四级时,宜根据城市轨道交通结构安全保护方案要求开展城市轨道交通结构监测工作。

3.2.6 城市轨道交通结构安全保护工作应结合外部作业实施进度开展,工作程序见附录 A。

3.3 结构安全控制指标

3.3.1 结构安全控制指标包括水平位移、竖向位移、净空收敛、应力、差异沉降、倾斜、裂缝等。

3.3.2 城市轨道交通开展安全保护设计、安全保护评估、结构监测等工作时,结构安全控制指标应符合本标准附录 B 的规定。

4 外部作业影响等级划分

4.1 一般规定

4.1.1 外部作业影响等级应根据外部作业与城市轨道交通结构的接近程度、外部作业的工程影响分区确定。

4.1.2 外部作业与城市轨道交通结构的接近程度分为非常接近、接近、较接近和不接近。宜按本标准附录 C 确定。

4.1.3 外部作业的工程影响分区分为强烈影响区、显著影响区、一般影响区、轻微影响区。宜按本标准附录 C 确定。

4.2 外部作业影响等级划分

4.2.1 城市轨道交通结构的外部作业影响等级应按表 4.2.1 进行划分。

表 4.2.1 外部作业影响等级的划分

接近程度 外部作业的程影响分区	非常接近	接近	较接近	不接近
强烈影响区(A)	特级	特级	一级	二级
显著影响区(B)	特级	一级	二级	三级
一般影响区(C)	一级	二级	三级	四级
轻微影响区(D)	三级	三级	四级	四级

- 注:1 本表适用于围岩级别为Ⅲ~Ⅵ级的情况,围岩级别为Ⅰ~Ⅱ级的情况,可按Ⅲ级围岩确定的影响等级降低一级;
- 2 围岩级别应按现行行业标准《铁路隧道设计规范》TB 10003 中的有关规定确定;
- 3 对于底宽不大于 2m 且深度不大于 3m 的沟槽基坑,影响等级可降低一级。

4.2.2 城市轨道交通结构处于复杂的工程地质条件或存在工程地质灾害的情况,其外部作业影响等级应结合当地具体的工程经验综合确定,不宜低于一级。

5 轨道交通结构检测

5.1 一般规定

5.1.1 当外部作业影响等级为特级、一级和二级时,应在工前和工后进行外观检查,并根据外观检查结果评价城市轨道交通结构技术状况等级。其中外观检查范围不应小于城市轨道交通结构受外部作业影响的区段。

5.1.2 当城市轨道交通结构技术状况等级评定为 4 类或 5 类时,应进行专项检测,查明病害原因及对结构性能的影响,并提出相应的处理措施。

5.1.3 当城市轨道交通结构在外部作业实施过程中发生结构损伤或异常变形时,应及时识别风险变化情况,补充外观检查或专项检测,并重新确定技术状况等级。

5.2 外观检查

I 隧道结构

5.2.1 隧道结构外观检查范围宜包含城市轨道交通结构受外部作业影响区段及其前后不少于 30m 范围内。

5.2.2 隧道结构外观检查的对象包括衬砌、施工缝(变形缝)等,检查项目宜包括下列内容:

- 1 衬砌裂缝的分布、走向、长度、宽度;
- 2 衬砌混凝土起毛、酥松、蜂窝麻面、起鼓、剥落掉块等的位置、面积、深度;
- 3 衬砌渗漏水位置、水量、浑浊程度和湿渍面积;

- 4 衬砌钢筋外露、锈蚀的位置、范围、程度；
 - 5 施工缝(变形缝)压溃位置、范围和程度,错台的长度、宽度；
 - 6 对于预制管道结构管片,应检查管片螺栓孔、注浆孔堵塞物脱落,管片螺栓孔、注浆孔、管片接缝处渗漏水,管片纵向、环向错台以及管片裂缝、掉块等状况。
- 5.2.3** 道床外观质量检查项目宜包括:道床裂缝、脱空、下沉、隆起及渗漏水的位置、范围、程度。
- 5.2.4** 隧道技术状况评价单元可划分为主体结构、接缝结构、隧底结构和附属设施四个分项,应逐一评价每一分项的技术状况,评价单元的划分宜符合下列规定:
- 1 明挖法、矿山法隧道以两道施工缝间 1 个结构浇筑长度为一个评价单元；
 - 2 掘进机法隧道以 3 环~5 环管片为一个评价单元。
- 5.2.5** 隧道结构的技术状况等级可根据外观检查结果评定为 1 类~5 类,评定技术要求可按现行国家标准《城市轨道交通设施运营监测技术规范第 3 部分:隧道》GB/T 39559 相关规定执行。

II 桥梁结构

- 5.2.6** 桥梁结构外观检查的对象包括桥面系附属设施、上部结构、下部结构,检查项目宜包括下列内容:
- 1 桥面系检查项目:
 - 1) 桥面铺装层裂缝、坑槽情况；
 - 2) 伸缩缝变形、破损、脱落、堵塞情况；锚固连接件松动情况；钢构件锈蚀、变形情况；密封橡胶带老化开裂情况；
 - 3) 混凝土栏杆的裂缝、露筋情况；金属栏杆的锈蚀情况；
 - 4) 桥面排水的顺畅情况,排水设施的完好程度。
 - 2 混凝土梁检查项目：

- 1) 梁体裂缝的分布、走向、长度、宽度；
 - 2) 梁体混凝土的空洞、蜂窝麻面、表面风化、龟裂、剥落、露筋现象；
 - 3) 预应力锚固区段混凝土的裂缝情况,锚具及周围混凝土的锈蚀、渗水、破损以及异常外露或保护层失效。
- 3 钢梁检查项目：
- 1) 油漆涂膜的裂纹、起皮、脱落情况,构件锈蚀程度；
 - 2) 焊缝的裂纹、脱开的部位和程度；
 - 3) 铆钉、螺栓的松动、脱落、断裂情况；
 - 4) 梁体的扭曲变形、局部损伤情况。
- 4 跨座式单轨轨道梁检查项目：
- 1) 混凝土轨道梁检测项目同混凝土梁；
 - 2) 钢轨道梁检测项目同钢梁；
 - 3) 接缝板错台、锚固螺栓松动情况；
 - 4) 接缝处梁端两侧梁缝宽度；
 - 5) 支座锚箱、线缆、桥架等损伤情况。
- 5 支座检查项目：
- 1) 支座组件断裂、错位、脱空情况；
 - 2) 活动支座的实际位移量；固定支座的锚销变形、断裂情况；
 - 3) 支承垫石裂缝宽度、位置；
 - 4) 橡胶支座的老化、开裂、错位、外鼓情况,明显剪切变形或压缩变形,各夹层钢板之间的橡胶层外凸均匀性；
 - 5) 盆式橡胶支座的固定螺栓的剪断情况,螺母的松动情况,钢盆外露部分锈蚀程度；
 - 6) 支座钢件的裂缝、锈蚀、脱焊情况。
- 6 墩台及基础检查项目：
- 1) 墩台及基础的滑动、倾斜、下沉现象,基础冲刷情况；
 - 2) 墩柱、桥台、盖梁混凝土的开裂、空洞、蜂窝麻面、表面

风化、龟裂、剥落、露筋情况。

7 拱桥、斜拉桥、悬索桥检查项目应按现行国家标准《城市轨道交通设施运营监测技术规范第 2 部分:桥梁》GB/T 39559 执行。

5.2.7 桥梁技术状况评价单元可划分为桥面系及附属设施、上部结构、下部结构三个分项,应逐一评价每一分项的技术状况,评价单元的划分应符合下列规定:

1 组合结构桥梁、连续梁桥以梁缝之间的一联结构为一个评价单元;

2 简支梁以每一孔为一个评价单元,但连续布置时可将多跨的简支梁作为一个评价单元;

3 非共墩、平行的两座桥梁,分别按以上规定划分评价单元。

5.2.8 桥梁结构的技术状况等级可根据外观检查结果评定为 1 类~5 类,评定技术要求可按现行国家标准《城市轨道交通设施运营监测技术规范第 2 部分:桥梁》GB/T 39559 相关规定执行。

III 车站结构

5.2.9 车站结构的外观检查对象包括地下、地面、高架车站的外露主体结构,以及出入口、疏散口、过街天桥、风道、地下通道等附属结构。

5.2.10 车站结构外观检查的项目宜包括下列内容:

1 混凝土结构检查项目:

- 1) 混凝土结构构件是否存在开裂现象,并对存在裂缝的构件记录其裂缝的分布、走向、长度、宽度;
- 2) 混凝土结构构件有无空洞、蜂窝麻面、表面风化、龟裂、剥落、露筋现象;
- 3) 预应力锚固区段混凝土有无裂缝,锚具是否外露。

2 钢结构检查项目:

- 1) 油漆涂膜有无裂纹、起皮、脱落,构件有无锈蚀;

- 2) 焊缝有无裂纹、脱开,并标记裂纹、脱开的部位;
 - 3) 铆钉、螺栓有无松动、脱落、断裂;
 - 4) 结构构件是否扭曲变形、局部损伤。
- 3 结构有无渗漏水;
- 4 梁构件有无明显下挠、柱构件有无明显倾斜。
- 5.2.11 车站结构技术状况评价可按两个伸缩缝之间的结构为一评价单元。每一评价单元可按基础、柱、梁及板划分为若干单个构件,应逐一评价每一构件的技术状况。
- 5.2.12 车站结构单个构件的完好状况评定可根据开裂变形、渗漏水、损伤、材料劣化等指标按照表 5.2.12 进行确定,并宜符合下列规定:
- 1 每个构件可根据不同检查项目的检查结果,按表 5.2.12 划分为 I ~ V 级,并取最不利类别作为该构件的技术状况;
 - 2 同一构件不同检查项目的评定中,有三项以上同为 III 级时,该构件的技术状况类别应取 IV 级;有两项以上同为 IV 级时,该构件的技术状况等级应取 V 级。

表 5.2.12 车站结构单个构件的完好状况评定标准

检查项目		构件状态分级标准				
		I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
混凝土结构	材料劣化、损伤	构件混凝土局部有起毛或麻面蜂窝现象,但不严重	材质出现劣化或损伤,构件混凝土腐蚀、剥落厚度 $\Delta < 1\text{cm}$	材质劣化或损伤较严重,构件混凝土腐蚀、剥落厚度 $2\text{cm} > \Delta \geq 1\text{cm}$	材料劣化或损伤严重,构件混凝土腐蚀、剥落厚度 $4\text{cm} > \Delta \geq 2\text{cm}$,钢筋表面锈蚀	材料劣化或损伤极严重,构件混凝土腐蚀、剥落厚度 $\Delta \geq 4\text{cm}$,锈蚀引起钢筋断面明显减小
	裂缝	裂缝宽度 $\delta < 0.1\text{mm}$	裂缝宽度 $0.2\text{mm} > \delta \geq 0.1\text{mm}$	裂缝宽度 $0.3\text{mm} > \delta \geq 0.2\text{mm}$	裂缝宽度 $0.5\text{mm} > \delta \geq 0.3\text{mm}$	裂缝宽度 $\delta \geq 0.5\text{mm}$

续表 5.2.12

检查项目		构件状态分级标准				
		I 级	II 级	III 级	IV 级	V 级
钢结构	连接节点	焊缝无裂纹或螺栓未松动、脱落、失效	个别节点焊缝有轻微裂纹或个别螺栓出现松动、轻微变形	多个节点焊缝有轻微裂纹或多个螺栓出现松动、脱落或轻微变形	个别构件焊缝出现开裂或螺栓连接失效	多个构件焊缝出现开裂或螺栓连接失效
	涂层脱皮、构件锈蚀	构件涂层无脱皮、龟裂、泛锈	个别构件涂层表面出现脱皮、龟裂，稍有锈斑	涂层产生大面积脱皮、锈斑，个别构件锈蚀较严重，但尚不影响结构安全	多个构件锈蚀严重，对结构安全产生影响	多个构件产生锈蚀严重，对结构安全产生严重影响
	杆件变形	杆件无弯曲、变形	杆件出现轻微弯曲、变形	个别杆件出现较严重弯曲、变形，但尚不影响整体结构安全	多个杆件出现严重弯曲、变形，对结构整体安全造成影响	多个杆件出现严重弯曲、变形，对结构整体安全造成严重影响
渗漏水		无渗漏	基本无渗漏	局部渗漏	大面积渗漏	渗漏严重

5.2.13 车站整体结构的技术状况等级评定可根据单个构件的完好状况检查结果,按表 5.2.13 进行确定。

表 5.2.13 车站整体结构技术状况等级评定标准

结构整体状况分级标准				
1 类	2 类	3 类	4 类	5 类
除 I 级构件外可含 II 级构件,且 II 级构件的比例不多于构件总数的 30%。不应含 III 级、IV 级、V 级构件。	除 I、II 级构件外可含 III 级构件,且 III 级构件的比例不多于构件总数的 25%。不应含 IV 级、V 级构件。	除 I、II、III 级构件外可含 IV 级构件,且 IV 级构件的比例不多于构件总数的 20%。不应含 V 级构件。	IV 级构件的比例不多于构件总数的 40%或 V 级构件的比例不多于构件总数的 5%。	IV 级或 V 级构件的比例多于 IV 级的规定。

IV 路基结构

5.2.14 路基结构外观检查的项目宜包括下列内容：

- 1 基床渗水、下沉、脱空、外挤现象；
- 2 边坡及基坑变形、开裂、坍滑现象；
- 3 排水沟、排水管、集水井等排水设施的开裂、漏水、淤积、堵塞等现象。

5.2.15 路基结构的技术状况等级可根据基床、边坡及排水设施等指标的外观检查结果综合评定，并应符合下列规定：

1 路基技术状况评价应以评价单元进行，沿路基纵向每10m~20m长度可作为一个评价单元；

2 对每一评价单元，应分别评定其技术状况等级，并以最高等级作为该段的技术状况评定等级，评定标准按表 5.2.15 进行确定。

表 5.2.15 路基结构技术状况等级评定标准

检查项目	技术状况评定等级				
	1类	2类	3类	4类	5类
基床	未发现基床下沉、开裂、脱空现象；排水畅通、无积水现象	个别部位基床存在轻微下沉、开裂现象；排水设施出现轻微堵塞；局部有积水现象	基床存在下沉、脱空、外挤现象，进一步发展将影响到行车安全；排水设施局部产生损坏、排水不畅	基床产生严重下沉、脱空、外挤现象，已影响到行车安全；排水设施损坏严重，排水不畅	基床产生很严重下沉、开裂、脱空现象，已严重影响行车安全，应立即修复；排水设施损坏很严重，排水功能丧失
边坡、基坑	未发现支护结构及后缘坡体存在开裂变形现象；排水设施基本完好	支护结构次要构件存在开裂变形现象；排水设施出现轻微堵塞	支护结构主要构件存在开裂变形现象，进一步发展将影响结构安全；排水设施局部产生损坏	支护结构构件及后缘坡体存在严重开裂变形现象，应采取修复措施；排水不畅	支护结构构件及后缘坡体存在很严重开裂变形现象，应立即修复；排水功能丧失

5.2.16 隧道、桥梁、车站、路基等结构的附属设施检查应符合现行国家标准《城市轨道交通设施运营监测技术规范第3部分:隧道》GB/T 39559、《城市轨道交通设施运营监测技术规范第2部分:桥梁》GB/T 39559、《建筑结构检测技术标准》GB/T 50344等相关标准的规定。

5.3 专项检测

5.3.1 隧道结构专项检测项目应结合衬砌、施工缝(变形缝、管片接缝)及道床等部位的病害特征综合确定,并宜根据本标准附录D.0.1进行确定。

5.3.2 梁式桥结构专项检测项目应结合桥面系、梁、支座、墩台及基础等部位的病害特征综合确定,并宜根据本标准附录D.0.2进行确定。

5.3.3 拱桥、斜拉桥、悬索桥结构专项检测项目应结合现行国家标准《城市轨道交通设施运营监测技术规范第2部分:桥梁》GB/T 39559进行确定。

5.3.4 建筑结构专项检测项目应结合《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292进行确定。

5.3.5 路基结构专项检测项目应结合病害等级、病害原因,结合外部作用、环境条件等影响因素综合确定,并宜根据本标准附录D.0.3进行确定。

5.3.6 专项检测完成后,应根据检测成果对结构的安全状况进行评价。

6 安全保护设计

6.1 一般规定

6.1.1 安全保护设计应分析外部作业对城市轨道交通结构的影响,并制定相应的安全保护措施。当外部作业先于城市轨道交通工程建设时,安全保护设计应分析其对城市轨道交通工程的影响,并预留城市轨道交通工程建设条件。

6.1.2 安全保护设计应根据工程水文地质资料、城市轨道交通结构检测结果等资料开展,且资料深度应满足安全保护设计需要。

6.2 安全保护设计内容

6.2.1 安全保护设计内容应包括下列内容:

1 外部作业概况、城市轨道交通概况、外部作业与城市轨道交通的建设时序、工程水文地质概况以及与城市轨道交通空间位置关系的图文说明;

2 对城市轨道交通结构的影响等级评定,风险识别及影响分析;

3 城市轨道交通结构或建设条件的保护措施;

4 监测要求及控制指标;

5 对下阶段设计、施工的合理化建议。

6.2.2 安全保护设计应综合考虑工程地质、水文地质、施工条件、工艺工法等因素的影响,并应满足城市轨道交通结构安全或建设条件保护的要求。

6.2.3 安全保护设计应符合城市轨道交通限界、结构承载能力及正常使用、结构耐久性、车站附属用地条件预留要求,且满足城

市轨道交通设施设备正常使用要求。

6.2.4 安全保护设计应充分考虑城市轨道交通对外部作业敏感的部位及设施,如车辆段(车场)咽喉区、道岔区,正线小曲线段落或异形结构、接缝等薄弱部位。

6.3 影响等级评定及风险识别分析

6.3.1 外部作业影响等级,应按本标准 4.2.1 的规定执行。

6.3.2 风险识别应分析影响城市轨道交通工程地质条件、结构安全和耐久性、建设条件及运营安全的风险源。

6.3.3 对识别到的风险应进行定性分析或进行结构影响计算分析。

6.4 结构影响计算

6.4.1 结构安全验算宜采用荷载-结构法、地层-结构法等方法,验算承载能力极限状态和正常使用极限状态等结构安全指标。

6.4.2 安全保护设计应验算城市轨道交通结构的变形稳定要求,变形控制指标可按附录 B 进行确定。

6.5 安全保护设计要求

6.5.1 安全保护设计应符合下列规定:

- 1 明确外部作业与城市轨道交通结构的空間位置关系;
- 2 外部作业施工荷载对城市轨道交通结构产生的附加应力应满足城市轨道交通结构的正常使用要求;
- 3 外部作业的防排水设计、边坡支护设计等应减少对城市轨道交通结构围岩的扰动,不降低围岩强度,不破坏围岩稳定性;
- 4 外部作业上跨城市轨道交通高架、地面段时应设置防抛

网等设施,下穿城市轨道交通高架段应采取限高措施,紧邻城市轨道交通结构应设置防撞保护措施;

5 外部作业在轨道交通结构周围形成深回填区时,应分析计算轨道交通结构相应荷载工况,采取措施降低土体不均匀沉降、固结沉降及偏心受压对轨道交通结构的不利影响;

6 运营及在建城市轨道交通安全保护区范围内的土石方开挖严禁采用爆破施工;

7 开挖的土石方应及时清运,不得在安全保护区范围内随意堆放,确需临时堆放的应满足城市轨道交通结构的正常使用要求;

8 在城市轨道交通安全保护区范围内开展土石方回填作业时,采用的机械设备重量及冲击振动荷载应满足城市轨道交通结构设计要求。

6.5.2 建筑工程设计应符合下列规定:

1 生化池、储油罐、储气罐、加油站、加气站等存在泄漏、燃爆、腐蚀危险的设施应远离城市轨道交通结构。生化池距离应满足现行国家标准《城市排水与污水处理规划标准》GB 50014 的规定;储油罐、储气罐、加油站、加气站距离应满足现行国家标准《汽车加油加气加氢站技术标准》GB 50156 的规定;其他设施与城市轨道交通结构的距离应满足国家和重庆市现行有关标准的规定。

2 建筑工程不应直接将基础设置在明挖、浅埋等城市轨道交通结构正上方;深埋城市轨道交通结构如需设置的,基础对轨道交通结构产生的附加应力应满足城市轨道交通结构的正常使用要求;

3 建筑工程布置不得占用城市轨道交通消防安全疏散空间及通道。

6.5.3 基坑工程设计应符合下列规定:

1 明确基坑平面尺寸、基坑深度、地质条件、支护方案、施工方法、降水要求、截排水设计、监控量测、周边环境情况及保护等

内容；

2 采用可靠的支护方案,必须控制基坑支护结构的变形及周边地面沉降,变形值控制应符合附录 B 规定；

3 基坑土方开挖和回填应遵循“分区、分块、分层、对称、均衡、限时、先支撑后开挖”的原则；

4 高地下水位地区,应进行基坑地下水控制的专项设计。

6.5.4 边坡工程设计应符合下列规定：

1 明确边坡工程平面范围、水文地质条件、边坡高度、支护形式、施工方法、截排水设计、监控量测、周边环境情况及保护措施等内容；

2 采用可靠的作业及支挡方案,保障边坡稳定性；

3 边坡工程涉及城市轨道交通地面或地上结构时,应采取有效的防抛(滚)石措施。

6.5.5 桥梁工程设计应符合下列规定：

1 不宜上跨城市轨道交通高架及地面结构,确需上跨时应设置安全防护设施；

2 明确桥长、桥宽、桥梁结构形式、桥跨布置、基础形式、施工工艺等内容；

3 外部工程与城市轨道交通地面结构或高架结构并行时,应保持足够的安全距离或设置通长兼顾防抛功能的防撞墙；

4 采取对城市轨道交通扰动小的桥梁施工工艺。

6.5.6 隧道工程设计应符合下列规定：

1 明确隧道工法、埋深、洞径、围岩级别、结构形式、支护参数及防排水设计等内容；

2 外部工程结构防水等级应满足外部作业所采用的规范要求,在临近城市轨道交通结构 3 倍外部作业隧道开挖宽度范围内不宜采用排水型隧道；

3 隧道与城市轨道交通地下结构的净距不宜小于 1.5~2.0 倍轨道隧道开挖跨度,且应结合轨道交通地下结构形式和空间位

置关系具体确定。

6.5.7 地下管线工程设计应符合下列规定：

1 明确管线类型、材料、管径尺寸、沟槽开挖宽度及深度、施工方法、防排水及防渗漏设计等内容；

2 设计时宜统筹考虑各管线与城市轨道交通结构的空间关系，避免重复开挖和多次改迁；

3 燃气管道、输油管道、DN800 及以上的给水管道应远离城市轨道交通结构及附属设施。受条件限制无法避开时，应在管道穿越城市轨道交通安全保护区两端设置阀门，燃气管道应加装实时泄漏监测装置。

6.5.8 路基工程设计应明确设计路面标高、填挖方高度、地基处理方法、施工工艺等，城市轨道交通浅埋地下结构正上方及两侧 1 倍洞径范围内，不宜新增附加荷载；若确需新增，应根据现有结构状态综合考虑，并应满足城市轨道交通结构承载能力及安全控制要求。

6.5.9 绿化工程设计应明确树木品种、地面标高、换填厚度、换填范围、施工工艺等；作业及种植的树木应不影响城市轨道交通行车安全及消防疏散、防淹、通风及结构防水等功能或要求。

6.5.10 勘察工程应明确勘察钻孔孔深、孔位及其与城市轨道交通结构空间关系，并应明确封孔要求、施工工艺等，勘察钻孔孔位与城市轨道交通结构外边线水平净距不应小于 3m。

6.5.11 110kV 及以上架空输电线路与城市轨道交通结构的最小垂直及水平距离应满足现行国家标准《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》GB 50545《±800kV 直流架空输电线路设计规范》GB 50790《1000kV 架空输电线路设计规范》GB 50665 等架空输电线路规范的要求。

7 安全保护评估

7.1 一般规定

7.1.1 安全保护评估分为外部作业影响预评估、外部作业施工过程评估和外部作业影响后评估。

7.1.2 外部作业影响预评估应在外部作业实施前,结合城市轨道交通结构现状开展评估工作,预测外部作业对城市轨道交通结构的不利影响,并评价安全保护设计方案的合理性和可行性。

7.1.3 开展外部作业影响预评估前,应根据现状调查、专项检测等资料,评估城市轨道交通结构的安全状态、持续抗变形能力及承载能力,可按照附录 B 确定相应的结构安全控制指标值。

7.1.4 外部作业影响预评估应对轨道交通安全保护设计方案的可行性进行评价,并根据风险等级对监测范围、监测对象及监测项目等提出具体建议。

7.1.5 外部作业施工过程评估应根据城市轨道交通结构的监测数据、检测结果及外部作业影响预评估的预测值,及时评估结构当前的安全控制指标情况。

7.1.6 外部作业影响后评估宜根据城市轨道交通结构的监测数据、工前工后检查及对比情况、安全保护方案执行情况等,评定外部作业施工对城市轨道交通结构的影响。

7.2 安全保护评估对象及内容

7.2.1 安全保护评估对象包括外部作业影响范围内的轨道交通主体结构及其附属结构。

7.2.2 安全保护评估应综合工程地质、城市轨道交通结构现状、

外部作业情况等因素,复核安全保护设计中的风险识别及评定的影响等级。

7.2.3 安全保护评估内容应在安全保护设计及风险识别的基础上,根据城市轨道交通结构类型、外部作业类型、工程地质条件等综合确定。

7.3 安全保护评估方法

7.3.1 安全保护评估可采用经验判断、理论分析、数值模拟、工程类比等方法,必要时可多种方法相结合。

7.3.2 经验判断应参照规范、标准,并结合工程经验,就外部作业对城市轨道交通结构的影响程度进行定性分析。

7.3.3 理论分析应根据规范、标准,通过定量计算确定外部作业对城市轨道交通结构的影响程度。

7.3.4 数值模拟应综合工程地质条件、外部作业与城市轨道交通结构空间关系、外部作业施工步序等因素,构建力学计算模型,通过定量计算明确外部作业对城市轨道交通结构的影响程度。

7.3.5 工程类比应从工程地质、外部作业自身情况、城市轨道交通结构施工方法、空间关系等方面进行对比,定性分析外部作业对城市轨道交通结构的影响程度,主要包括下列内容:

1 工程场地类比:地质、水文、岩石强度与完整性、地下水影响程度等;

2 外部作业自身情况类比;

3 城市轨道交通结构施工方法类比:外部作业与类比工程所影响的城市轨道交通结构情况类似,如隧道断面类型、埋深、围岩等级、施工方式、高架结构下部基础形式等;

4 空间关系类比:外部作业及类比工程与城市轨道交通结构空间关系接近,如水平距离、竖向距离等。

7.4 安全保护评估计算与分析

7.4.1 安全保护评估计算应综合考虑城市轨道交通结构、外部作业及周围其他建(构)筑物的相互关系,评估外部作业对城市轨道交通结构的影响。

7.4.2 外部作业传递到城市轨道交通结构上的荷载,应根据工程类别及与城市轨道交通的位置关系等因素确定。

7.4.3 安全保护评估计算采用的岩土物理力学参数应参考城市轨道交通以及外部作业的勘察资料来选取。

7.4.4 安全保护评估的计算分析主要包括城市轨道交通结构的强度、裂缝、变形及稳定性计算。外部作业涉及爆破、强夯等振动作业时,应进行外部作业对城市轨道交通结构的振动影响计算分析;外部作业形成深回填区时,应进行土体不均匀沉降、固结沉降、滑移、地下水变化等对轨道交通结构受力影响计算分析。

7.4.5 城市轨道交通结构的强度及裂缝计算,应按照城市轨道交通结构设计标准,采用荷载-结构法进行。

7.4.6 城市轨道交通结构的变形计算,宜采用地层-结构法;数值模型应根据外部作业特点建立,模型范围应结合城市轨道交通结构受影响区域确定。

7.4.7 城市轨道交通安全保护区范围外的外部作业,当边坡或基坑稳定性影响城市轨道交通结构安全时,应针对自身的边坡或基坑稳定性进行计算分析,以评估其支护方案的合理性及安全性。

8 安全保护施工

8.1 一般规定

8.1.1 外部作业施工前,应结合前期安全保护设计、安全保护评估及现状调查报告,开展风险识别与分析,并据此编制城市轨道交通安全保护方案。

8.1.2 外部作业施工前,应开展外部作业对城市轨道交通结构施工风险分析,根据工程特点、施工工艺等,辨识、分析、评价对城市轨道交通结构安全可能存在的危险源及危害程度,列出危险源清单。

8.1.3 外部作业实施前,应对城市轨道交通工程安全保护范围进行标识。

8.1.4 外部作业施工组织应必须按照城市轨道交通安全保护方案中明确的建设时序实施。

8.1.5 外部作业施工时,应合理安排土方堆放位置,不宜在城市轨道交通安全保护区范围内堆载。

8.1.6 城市轨道交通安全保护区内的外部作业应遵循“少扰动、早支护、控超挖、限荷载、防撞击、禁侵界”的原则。

8.1.7 生化池、沉淀池等临时储液设施应远离城市轨道交通结构。

8.1.8 在城市轨道交通安全保护区外进行爆破、强夯、降水等影响范围较大的施工作业时,应根据影响程度,在施工阶段采取相应的安全保护及监测措施。

8.1.9 下穿城市轨道交通高架结构的外部作业,在施工前应设置限高、防护设施及安全警示标识。

8.1.10 当城市轨道交通结构处于地下浅埋段时,应控制外部作业机械设备等的运行路线,避免进入可能影响城市轨道交通结构

安全的区域。

8.1.11 基坑、边坡、隧道等岩土工程类外部作业应采用信息法施工。

8.1.12 运营、在建城市轨道交通结构周边严禁堆放易燃、易爆、有毒有害物料。

8.2 基坑工程

8.2.1 在城市轨道交通高架结构下方进行基坑作业时,应符合下列规定:

- 1 施工机具与高架结构的净距不宜小于 3m;
- 2 基坑施工前,应先对城市轨道交通桥墩采取防撞保护措施。

8.2.2 在城市轨道交通地下车站和区间正上方及侧上方进行基坑作业时,应符合下列规定:

- 1 土方开挖应遵循“分区、分块、分层、对称、均衡、限时、先支撑后开挖”的原则;
- 2 土方开挖必须控制土体高差和坡度,确保其稳定性;
- 3 土方开挖必须控制开挖基底标高,超挖深度不得超过 300mm,且基坑底部应尽早封闭;
- 4 外部作业机械设备的静(动)力荷载应满足城市轨道交通结构正常使用要求。

8.2.3 基坑开挖后应及时进行支护及结构的施工作业。

8.2.4 基坑开挖过程中应设置临时或者永久的排水措施;基坑开挖到设计标高后,应及时施作底板,减少基坑暴露时间;基坑回填时应对称分层进行,避免形成偏压。

8.3 隧道工程

8.3.1 矿山法隧道结构施工应符合下列规定:

1 隧道施工过程中,应合理安排施工步骤,必须控制超欠挖及开挖进尺,及时进行支护,以减小对轨道交通结构的扰动;

2 采用超前支护时,应严格控制超前钻孔施工精度;

3 采用注浆措施加固围岩时,注浆压力应通过现场试验确定,注浆速度应不大于 10L/min,注浆量偏差不得超过设计值的 $\pm 5\%$ 。

8.3.2 掘进机法隧道施工应符合下列规定:

1 在始发前,掘进机应完成系统调试,且不宜在城市轨道交通安全保护区范围内停留或检修;

2 在城市轨道交通安全保护区范围内作业时,掘进机应保持姿态稳定,连续、匀速推进,并维持排土量与推进量的平衡,以满足沉降控制要求;

3 同步注浆应与掘进机推进保持同步,遵循多点同时压注、实时适量的原则。浆液配合比应根据地层特点及工程经验合理确定;

4 通过城市轨道交通安全保护区期间,应确保机尾密封有效,保障隧道结构及管片稳定;

5 通过城市轨道交通安全保护区后,应及时进行二次注浆,二次注浆应遵循“多点、少量、多次、均匀”的原则。

8.4 地下管线工程

8.4.1 地下管线施工应根据管线通道开挖的结构形式,明确相应的安全保护措施。

8.4.2 城市轨道交通安全保护区内的地下管线施工作业时,应符合下列规定:

1 对给水管线应增设防护罩或防护盖;

2 新建地下给排水管网应做好管道防渗漏措施。

8.4.3 采用顶管法施工作业时,应符合下列规定:

1 顶管施工前应对现场进行调查,查明设计线路与城市轨道交通结构的位置关系;

2 顶管施工应严格控制线形、推进速度等施工参数;

3 顶管顶推进程中,应确保管道接头密封;

4 顶管施工完成后,应及时进行注浆。

8.4.4 采用拉管法施工作业时,应符合下列规定:

1 拉管应选择适合管径的刀头,以减小管道和拉管扩孔的空隙;

2 拉管施工中,应严格控制导向孔的轨迹及拉管速度;

3 施工完成后,应将空隙注浆填充密实。

8.5 地基与基础工程

8.5.1 在城市轨道交通地面及高架结构安全保护区范围内,使用机械成孔的桩基础施工时,应符合下列规定:

1 合理确定钻机工作臂高度;

2 针对机械设备倾覆风险制定专项安全措施;

3 宜选择在城市轨道交通非运营时段开展相关作业。

8.5.2 桩基础施工应符合下列规定:

1 成桩施工顺序应遵循距离城市轨道交通结构先近后远、循序渐进、间隔跳桩施工的原则;

2 当灌注桩距离城市轨道交通结构较近时,宜采取钢套管护壁、增加泥浆比重、地基预加固等措施,以减少成桩施工影响;

3 钻孔完成后,应及时进行成桩施工。

8.6 上跨与架空工程

8.6.1 跨越城市轨道交通地面及高架结构的作业,应在城市轨道交通非运营时段开展作业。

8.6.2 跨越城市轨道交通地面及高架结构作业时,外部作业应满足城市轨道交通列车通行限界要求,并应设置防坠、防抛、防碰撞的安全措施。

8.6.3 在城市轨道交通地面及高架结构上方作业时,应分析作业设备对城市轨道交通结构及运营安全的影响。

8.6.4 与城市轨道交通高架结构交叉的外部作业,应设置限高标志和防护、防撞设施,防撞设施防护等级不应低于现行行业标准《公路交通安全设施设计规范》JTG D81 中 SS 级要求,并设置反光标识。

8.6.5 在城市轨道交通高架结构上方进行电力架线、拆线作业时,架空电线与城市轨道交通建筑界限应设置安全距离,防护措施应能覆盖高处坠落的全部区域,防护棚应设置双层硬保护,顶层应覆盖厚度不小于 50mm 的脚手板,且两层板之间应保持不小于 500mm 的间距。

8.7 其他工程

8.7.1 边坡工程作业应符合下列规定:

- 1 必须按照设计开挖线开挖,严禁超挖;
- 2 做好边坡的防排水措施,防止积水,及时封闭施工钻孔,避免积水渗入岩体中;
- 3 锚杆(索)施工时,必须控制钻进角度和深度。

8.7.2 起重及吊装作业应符合下列规定:

- 1 塔式起重机高空作业吊重时,塔臂及吊重物应避开城市轨道交通地面和高架结构的正上方,且水平安全距离不宜小于 6m;
- 2 汽车吊、履带吊与城市轨道交通地面和高架结构的水平安全距离不宜小于 3m;
- 3 当吊装作业设备位于城市轨道交通地下结构上方时,传

递至城市轨道交通结构的荷载应满足城市轨道交通结构的承载能力要求；

4 当城市轨道交通结构处于起重或吊装倾覆影响范围内时,应针对机械设备倒塌风险制定专项安全措施,宜选择在城市轨道交通非运营时段开展相关作业。

8.7.3 城市轨道交通周边爆破作业应符合下列规定：

1 运营及在建城市轨道交通安全保护区内严禁爆破作业；
2 运营及在建城市轨道交通安全保护区外应进行控制爆破,且爆破传递至城市轨道交通结构及设施上的振动速度应符合附录 B 的规定；

3 城市轨道交通周边的爆破作业应采取防止飞石的措施。

8.7.4 结构拆除作业应符合下列规定：

1 结构拆除作业应避开城市轨道交通运营高峰期；
2 结构拆除作业应减少对城市轨道交通结构的冲击,作业传递至城市轨道交通结构上的振动速度应符合附录 B 的规定；
3 上跨结构拆除应在城市轨道交通非运营时段内作业,并做好安全保护工作;作业过程中做好防尘保护,严禁高空抛物。

8.7.5 钻探作业应符合下列规定：

1 作业前核查钻探孔位与城市轨道交通结构的位置、埋深等关系,钻探孔位与城市轨道交通结构的水平净距不应小于 3m；
2 作业时采用分层钻进,当孔深距离城市轨道交通结构小于 1 倍跨度时,每进尺 1m 时须确认对轨道交通结构无不良影响后方可继续；
3 作业完成后,应及时对钻孔进行封堵处理,并对钻探作业区域进行回填和压实。

8.7.6 大型临时设施、脚手架及模板工程作业,当城市轨道交通地面或高架结构处于倾覆、爆模影响范围内时,应采取防倾覆、防爆模等措施。

9 轨道交通结构监测

9.1 一般规定

9.1.1 城市轨道交通结构监测点和监测设备的布设应综合考虑城市轨道交通结构自身特点、外部作业影响等级、城市轨道交通结构安全保护要求等因素,且不应影响城市轨道交通的正常使用和维护。在已有监测点的情况下,应优先利用既有城市轨道交通结构监测点进行监测。

9.1.2 运营期安全保护区内地下结构轨行区监测宜采用远程自动化监测系统,并定期对远程自动化监测成果进行人工校核。高架墩柱、路基段、出入口结构、站厅结构可根据现场条件选择监测方式。

9.1.3 城市轨道交通结构监测过程中的巡视检查,包括城市轨道交通结构巡视检查和外部作业工况巡视检查。城市轨道交通结构巡视检查内容包括结构的裂缝、渗水、混凝土掉块、错台、鼓包、倾斜等,并对既有病害及新增病害进行标记或监测。外部作业工况巡视检查包括外部作业工况、进度等。

9.1.4 城市轨道交通结构监测基准网每半年应复测一次,复测精度应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 的规定。遇极端天气、外部作业剧烈影响或监测数据连续异常时,应立即复测。

9.2 监测对象及项目

9.2.1 监测对象为外部作业影响范围内的城市轨道交通结构及附属结构。

9.2.2 监测项目应结合监测对象的特点、外部作业影响等级、施工工艺及安全保护要求确定,并宜根据附录 E 选定。

9.2.3 城市轨道交通安全保护区外可能影响城市轨道交通结构的爆破作业,应根据现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 进行振动监测,振动速度峰值不得大于附录 B 规定的限值。

9.3 监测精度

9.3.1 水平、竖向位移监测基准网的布设、观测及平差应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 中监测等级二等的规定,电磁波精密三角高程测量应符合表 9.3.1 的规定,且基准网应定期校核并留存原始观测记录。

表 9.3.1 电磁波精密三角高程监测基准网平差后的精度要求(mm)

高差改正数	高差观测值的中误差	相邻基准点高差中误差
≤ 1.0	≤ 0.5	± 0.5

9.3.2 监测点精度应符合下列规定:

- 1 水平位移监测点位中误差精度不大于 3.0mm;
- 2 竖向位移监测高程中误差精度不大于 0.5mm;
- 3 净空收敛观测中误差精度不大于 2.0mm;
- 4 应力监测精度不大于 $0.5\%F \cdot S$,且量程应覆盖设计值的 1.2~1.5 倍。

9.4 监测基准网

9.4.1 水平、竖向位移监测基准网宜采用工程独立坐标系,并进行一次布网,控制网应具有多余观测。必要时可与重庆市独立坐标、1985 国家高程基准系统联测。

9.4.2 水平位移监测基准网应根据场地条件布设,并符合下列规定:

- 1 开阔区域宜优先采用 GNSS 网,精度应符合现行行业标

准《卫星定位城市测量技术规范》CJJ/T 73 中二等规定；

2 受限空间宜采用边角网、自由设站法,技术要求应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 中监测等级二等规定。

9.4.3 水平位移监测基准网的水平角观测,宜采用方向观测法,其技术要求应符合表 9.4.3 的规定。

表 9.4.3 方向观测法技术要求

等级	仪器精度等级	水平角观测测回数	半测回归零差(")	一测回内 2C 互差(")	同一方向值各测回较差(")
二等	$\leq 0.5''$	4	≤ 3.0	≤ 5.0	≤ 3.0

9.4.4 水平位移监测基准网的距离应往返各观测 2 测回,每测回应照准目标 1 次,读数 4 次,其技术要求应符合表 9.4.4 的规定。

表 9.4.4 距离观测的技术要求

仪器标称精度	一测回读数较差限值(mm)	测回间较差限值(mm)	往返测较差限值(mm)	气象数据测定精度	
				温度($^{\circ}\text{C}$)	气压(hPa)
1mm+1ppm·D	≤ 1.0	≤ 1.5	$\leq 2(a+b\cdot D)$	± 0.5	± 1.0

注:a 为仪器标称测距固定误差,b 为仪器标称测距比例误差,D 为测距边长度(km)。

9.4.5 竖向位移监测基准网应优先采用水准测量方法,并符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 的规定。

9.4.6 反射棱镜和对中杆的加工尺寸误差应不大于 0.1mm,安装同轴误差应不大于 0.1mm。

9.4.7 电磁波精密三角高程观测时应采用对向观测,在一个测段上对向观测的边数为偶数,不量取仪器高和对中棱镜高,竖直角不宜大于 10° 。测段起止点观测距离不宜大于 20m,且起止观测距离差不宜大于 1.5m。

9.4.8 电磁波精密三角高程应采用往返观测,观测中应测定气温和气压,并在斜距中加入气象改正。

9.4.9 电磁波精密三角高程主要技术要求,应符合表 9.4.9 的规定。

表 9.4.9 电磁波精密三角高程观测的主要技术要求

等级	全站仪精度	测回数	视线长度 (m)	指标差较差 (")	测回间垂直 角较差(")	测回间高差较差 (mm)
二等	0.5"级仪器, 1mm+1ppm·D	4	≤100	≤3	≤3	$\leq \pm 4\sqrt{S}$ (S为测段长度, km)

注:1 全站仪观测,后视、前视基准点不应量取仪器高度;

2 采用同一台全站仪独立观测两次。

9.4.10 自由设站应采用双站观测,水平角观测 4 测回,垂直角观测 8 测回,双站应架设在基准点中间,且站间距不宜小于 10m。

9.5 测点布设

9.5.1 城市轨道交通隧道、高架、风井、路基、建(构)筑物等结构监测的基准点及监测点布设应结合环境条件、围岩等级、影响等级等因素综合确定。

9.5.2 水平位移监测基准点和水准测量监测基准点的布设,应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 的规定。

9.5.3 电磁波精密三角高程观测的标志及基准点设置应符合下列规定:

- 1 将标志埋设在变形区以外稳定建(构)筑物或基岩上;
- 2 基准点应采用与仪器配套的圆棱镜或者“L”型专用小棱镜;
- 3 基准点不少于 3 点。

9.5.4 隧道结构监测点的布设应符合下列规定:

1 隧道结构水平、竖向位移应布设在隧道结构两侧、拱顶;大跨度隧道应在结构两侧与拱顶之间加密监测点;道床水平、竖向位移监测点应布设在道床结构底板中部;

- 2 隧道结构净空收敛应布设水平、竖向两条测线,大跨度隧

道应加密测线；

3 隧道结构应力监测点宜布设在关键截面的拱顶、拱脚、边墙中部等应力集中部位，不宜少于 3 个监测断面，每个监测断面上不宜少于 5 个监测点；

4 隧道结构水平、竖向位移、净空收敛和道床监测点宜布设在同一监测断面内，监测断面间距不宜大于 20m；监测断面位于特级、一级的强烈影响区段，间距不应大于 10m。

9.5.5 高架结构监测点的布设应符合下列规定：

1 高架结构墩台水平、竖向位移监测点应布设在墩柱或承台上，每个墩柱或承台上的监测点不应少于 1 个，群桩承台宜适当增加监测点；

2 采用全站仪监测高架结构墩柱倾斜时，监测点沿墩柱顺桥、横桥方向布设，每个方向墩顶、底部上下对应各布设 1 点；采用倾斜仪监测时，监测点不应少于 1 个；

3 高架结构梁板水平、竖向位移监测，在梁板中部应布设水平、竖向位移监测点；

4 高架结构应力监测点宜布设在桥梁梁板结构中部或应力变化较大的部位。

9.5.6 出入口监测点的布设应符合下列规定：

1 出入口净空收敛监测每个断面应布设水平、竖向两条测线；

2 出入口净空收敛监测断面间距不宜大于 20m，监测断面位于外部作业影响等级为特级、一级的强烈影响区段，间距不应大于 10m；

3 出入口结构水平、竖向位移监测点应布设在结构四周，且不少于 4 点。

9.5.7 风井监测点的布设应符合下列规定：

1 风井出露地面结构应布设水平位移、竖向位移监测点；

2 每个风井上的监测点不应少于 4 个。

9.5.8 风道监测点的布设应符合下列规定：

1 风道结构净空收敛监测每个断面应布设水平、竖向两条测线;

2 风道结构净空收敛监测断面间距不宜大于 20m,监测断面位于外部作业影响等级为特级、一级的强烈影响区段,间距不应大于 10m。

9.5.9 城市轨道交通路基段的挡墙(边坡)水平、竖向位移监测点宜沿走向布设,监测点间距不宜大于 20m;监测断面位于外部作业影响等级为特级、一级的强烈影响区段,间距不应大于 10m。路基段道床竖向、水平位移监测点布设宜按本标准 9.5.4 条关于道床监测的规定执行。

9.5.10 城市轨道交通附属的建(构)筑物竖向位移监测点,应沿建(构)筑物的承重柱布设,监测点间距不宜大于 15m。建(构)筑物水平位移监测点应布设在外部作业施工一侧的建(构)筑物外墙、承重柱、变形缝两侧及其他有代表性的部位,并可与建(构)筑物竖向位移监测点布设在同一位置,每栋建(构)筑物倾斜监测数量不宜少于 2 组。

9.5.11 城市轨道交通既有结构裂缝宽度大于 0.2mm 的结构裂缝宜布设监测点进行监测;外部作业实施过程中,新增的结构裂缝应布设监测点进行监测。裂缝监测点的布设宜布设在裂缝最大宽度处。

9.5.12 采用三维激光扫描技术时,监测点设置应采用固定标靶作为监测点,固定标靶的测点布设精度不应大于 0.3mm,标靶的识别精度不应大于监测精度要求的 1/3。

9.6 监测方法

I 常规监测

9.6.1 每次监测前,应对水平和竖向位移监测基准点进行稳定

性检测和分析,并以稳定点作为起算点。

9.6.2 水平位移监测和竖向位移监测应符合现行国家标准《工程测量标准》GB 50026 的规定。

9.6.3 净空收敛监测应符合下列规定:

1 隧道结构净空收敛可采用收敛计、全站仪、激光测距仪或三维激光扫描仪等进行监测;

2 采用收敛计监测时,应定期对钢尺进行检校,每个工程宜固定一台收敛计进行监测,测量结果应进行温度修正;

3 采用全站仪监测时,应固定仪器设站位置,并在收敛测线两端固定小棱镜或设置反射片。应采用测角精度为 $0.5''$ 的全站仪器进行监测,按方向观测法观测两测回,并计算测线两端点的距离;

4 采用移动三维激光扫描仪进行隧道收敛监测时,点云密度不宜小于 $5 \text{ 点}/\text{cm}^2$,三维激光扫描仪测距精度应不小于 1.5mm 。

9.6.4 倾斜监测应符合下列规定:

1 倾斜监测可采用投点法、全站仪水平角观测法和倾斜计法等观测方法;

2 采用投点法、全站仪水平角观测法时,宜在监测对象顶部和底部埋设固定的监测标志,测站观测位置应固定,测量技术指标应符合本标准表 9.4.3 的规定。

9.6.5 裂缝监测应符合下列规定:

1 裂缝监测宜采用量测、观测的方法独立或互相结合的方式进行;

2 裂缝监测应包括裂缝的长度和宽度,裂缝宽度监测精度不宜低于 0.02mm ,裂缝长度监测精度不宜低于 1mm ;

3 裂缝监测应做固定标志进行监测,确保每次监测均是裂缝同一位置宽度的变化。

9.6.6 振动监测应符合下列规定:

1 振动监测传感器振动触发门限不高于 1mm/s ;数据采集仪宜具有数据储存和数据传输功能;

2 振动监测传感器的安装应与被测对象之间刚性粘结,应直接安装在受外部作业影响的城市轨道交通结构上,并使传感器的定位方向与所测量的振动方向一致;

3 振动监测应记录外部作业爆破时的爆破作业点、作业点与监测点距离、监测对象振速的峰值和振动频率。

9.6.7 结构应力监测应符合下列规定:

1 结构应力宜选用电阻应变计、振弦式应变计、光纤光栅类应变计等监测传感器,其量程应与测量范围相适应,监测值不宜高于满量程的 80% ,量测的精度不宜低于 $0.5\%F\cdot S$,传感器分辨率不宜低于 $0.2\%F\cdot S$,应变计或应力计应具有温度补偿功能;

2 传感器安装前应进行标定和编号,并确认传感器的有效性,确保能正常工作,宜采用粘贴、焊接或者锚固方式牢固安装,埋设后导线应引至适宜监测操作处,导线应做好防护措施;

3 传感器宜采用应变采集仪、频率计或调制解调仪等数据采集器采集,将连续独立采集 3 次读数的平均值作为初始读数。

9.6.8 巡视检查应符合下列规定:

1 巡视检查内容应包括监测范围内的结构变形、开裂、渗漏等病害,监测点和监测设备的状态,外部作业施工现场的情况和进度,周边环境的变化情况;

2 巡视检查以目测为主,并辅助以量尺、锤、放大镜、照相机、摄像机等器具进行;

3 巡视检查应以填表、拍照或摄像等方式将观测到的有关信息和现象进行记录,填写巡视检查记录,并应及时整理巡视检查信息;

4 巡视检查信息应与仪器监测数据进行对比分析,发现异常或险情时,应及时上报,并加强巡视检查。

II 远程自动化监测

9.6.9 远程自动化监测系统由设备、数据采集系统、通信系统和数据处理系统等组成。采用的设备应性能稳定,设备的量程和精度应符合本标准第 9.3 节、9.6 节的规定,通信与供电系统应与列车通号系统隔离。

9.6.10 远程自动化监测系统在调试完毕后,取不少于 3 次稳定观测值的平均值作为初始值,间隔时间不宜少于 24 小时。

9.6.11 监测数据的处理与信息反馈宜利用监测数据处理与信息管理系统专业软件或平台,其功能和参数应符合本标准的有关规定,并具备数据采集、处理、分析、查询和管理一体化以及监测成果可视化的功能。监测系统的数据处理和发布应实时共享,成果图表及分析资料应完整、清晰,并可对历史数据进行查询及追溯。

9.6.12 远程自动化监测应设置独立的人工监测点,并与自动化监测点建立变形关系。

9.6.13 监测系统应包含自动化控制系统、通信系统及不间断供电系统等配套设备,系统具有选测、按设定时间和频率自动监测等功能,可自动识别不可靠数据,并主动重测。当监测值超过设定的预警值时,可自动报警。

9.6.14 全站仪自动化监测适用于水平位移监测、收敛监测、竖向位移监测、倾斜监测等监测项目,采用全站仪自动化监测应符合下列规定:

- 1 采用的全站仪应具有马达驱动、自动照准功能,最远观测点的自动照准精度应不低于 $\pm 1\text{mm}$,单次自动照准时间不宜大于 10s;
- 2 监测点宜采用棱镜的方式布设,并应做好监测点的保护;
- 3 观测的测回数应符合本标准 9.4.3 的规定;
- 4 全站仪自动化监测架设处应安装电子气温气压计,并对监测数据温度气压改正;

5 多台全站仪联合组网观测时,相邻测站宜设置 2 个以上 360°棱镜进行联测,并应有 2 个以上的重叠观测目标;

6 数据处理前应进行基准网稳定性判断。

9.6.15 静力水准自动化监测适用于竖向位移测量,采用静力水准自动化监测应符合下列规定:

1 静力水准线路一般由基准点、监测点、转点组成。基准点应采用水准测量法定期联测;

2 连通管式静力水准设备,其设备安装应满足下列规定:

1) 同组中所有传感器安装标高差异的影响,不得消耗其量程的 20%;

2) 连通管管路应平顺,管路内不应有气泡,每一点都应低于储液罐底部,且不宜超过 0.5m。

9.6.16 激光测距仪自动化监测适用于收敛监测。宜采用无棱镜反射测量工作模式,测距精度不低于 $\pm 2.0\text{mm}$ 。

9.6.17 倾斜计自动化监测适用于墩柱及建(构)筑物倾斜监测。倾斜计宜安装在被监测对象靠近顶端的位置,应能监测两个相互垂直方向的倾斜量,具备连续读数、自动记录和数字传输功能,倾斜计的分辨率不应低于 $10''$ 。

9.6.18 裂缝宽度自动化监测可采用裂缝计、位移计等设备进行监测。设备安装时,应综合考虑裂缝收缩与扩张两种情况。

9.6.19 其他自动化监测应满足下列规定:

1 根据项目需要,可采用三维激光扫描、光纤光栅、近景摄影测量等自动化测量技术,技术指标应满足本标准相关规定;

2 采用新技术、新方法代替传统方法时,应进行新技术、新方法与传统方法的对比验证。

9.7 监测频率

9.7.1 城市轨道交通结构安全保护监测频率应能系统反映监测

对象所测项目的重要变化过程。在无异常情况和事故征兆时,外部作业施工期间城市轨道交通结构监测频率可按表 9.7.1 进行确定。

表 9.7.1 城市轨道交通结构主要变形监测项目监测频率

外部作业影响等级		特级	一级	二级	三、四级
监测频率	一般工序阶段	1~2 次/d	1 次/1~3d	1 次/3~7d	1 次/7~15d
	关键工序阶段	3~6 次/d	1~2 次/d	1 次/1~3d	1 次/3~7d

9.7.2 外部作业施工期间,城市轨道交通结构巡视检查频率不低于 1 次/季度,外部作业工况巡视检查频率不低于 1 次/周。

9.7.3 当遇到下列情况时,应提高监测和巡视检查频率:

- 1 监测数据异常或变化速率较大;
- 2 城市轨道交通结构出现新增裂缝、渗漏水和不均匀沉降等异常情况;
- 3 外部作业有危险事故征兆、出现工程险情或事故后重新组织施工;
- 4 出现监测预警的情况。

9.7.4 外部作业施工完成后,应继续对城市轨道交通结构进行监测,直至监测数据趋于稳定后结束。延续监测时间不宜少于一年,延续监测第一年监测频率不宜低于 1 次/季度。

9.8 监测项目控制值和预警

9.8.1 城市轨道交通结构监测项目控制值的确定应考虑下列因素:外部作业影响等级、城市轨道交通结构自身特点和情况;城市轨道交通运营安全管理要求;城市轨道交通结构既有变形量;现状调查与检测、评估成果。

9.8.2 城市轨道交通结构监测项目控制值可按照附录 B 执行。当城市轨道交通保护专项设计文件中明确的监测项目控制

要求严于附录 B 中规定时,应采用专项设计文件的控制要求。

9.8.3 城市轨道交通结构监测预警前应对外部作业工况、监测结果、现场巡视检查情况进行综合分析判断。当城市轨道交通结构监测数据达到预警标准,或巡视检查发现城市轨道交通结构出现较多的新增裂缝、渗水、管片错台等病害时,应进行警情报送。

9.8.4 监测预警等级划分及应对措施宜采用表 9.8.4。

表 9.8.4 监测预警等级划分及应对管理措施

序号	预警等级	预警条件	应对管理措施
1	黄色	实测累计值达到累计量控制值的 60% 且未达到 80% 时; 或日变化速率达到变化速率控制值的 60% 且未达到 80% 时。	发送预警通知,加密监测并协助分析原因。
2	橙色	实测累计值达到累计量控制值的 80% 且未达到 100% 时; 或日变化速率达到变化速率控制值的 80% 且未达到 100% 时。	发送预警通知,加密监测,启动会商机制,并采取调整施工进度、优化支护参数、完善工艺方法等措施。
3	红色	实测累计值达到累计量控制值时; 或日变化速率达到变化速率控制值时; 或日变化速率出现急剧增长时。	发送预警通知,加密监测,启动会商机制和应急预案,并立即采取必要的补强或停止施工等措施。

注:城市轨道交通结构损害严重时,监测预警等级应另行会商确定。

9.8.5 城市轨道交通结构监测预警处置后外部作业重新组织施工,宜根据结构现状通过计算分析重新制定监测项目控制值。

9.9 数据处理及信息反馈

9.9.1 城市轨道交通结构监测的成果应及时处理、分析、反馈,当数据出现异常时,应及时分析原因并进行复核。

9.9.2 监测记录应在现场完成,记录的数据、文字、图表及影像资料应真实、准确、清晰、完整。

9.9.3 监测方案、报告、原始资料应进行归档整理。

9.9.4 监测数据处理中的数值取位应符合下列规定：水平位移量、竖向位移量取位至 0.1mm；应力变化量取位至 0.001MPa；轴力变化量取位至 0.1kN；裂缝宽度变化量取位至 0.02mm；其他变化量取位应符合其他相应规范。

9.9.5 成果信息反馈应准确、真实、完整、及时，形成快速联动反应机制。

附录 A 城市轨道交通安全保护工作程序

A.0.1 城市轨道交通安全保护工作程序可按图 A.0.1 实施。

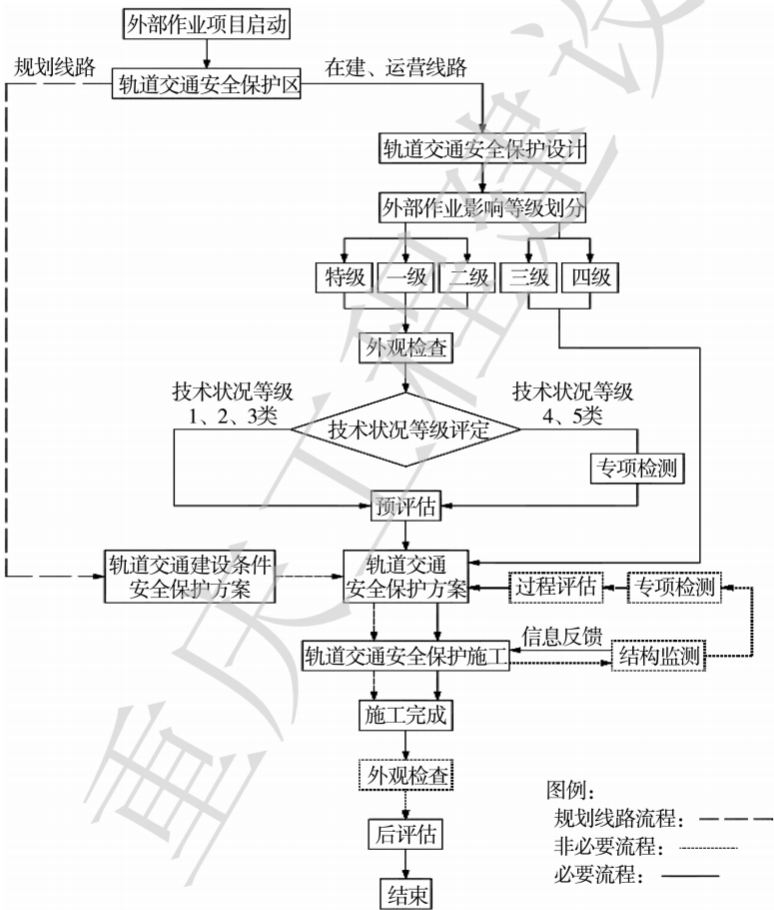


图 A.0.1 城市轨道交通结构安全保护实施程序图

附录 B 城市轨道交通结构项目安全控制指标 建议值

城市轨道交通监测项目	控制值		控制速率	
	I ~Ⅳ级 围岩	V ~Ⅵ级 围岩	I ~Ⅳ级 围岩	V ~Ⅵ级 围岩
隧道结构水平位移	≤10mm	≤20mm	≤1mm/d	≤2mm/d
隧道结构竖向位移	≤10mm	≤20mm	≤1mm/d	≤2mm/d
隧道净空收敛	≤10mm	≤20mm	≤1mm/d	≤2mm/d
TBM 管片接缝张开量	≤2mm			
道床竖向位移	≤10mm		≤1mm/d	
道床差异沉降	≤10mm		≤1mm/d	
墩台差异沉降	≤10mm		≤1mm/d	
桥墩墩顶顺桥方向水平位移	≤2√L mm		≤0.2√L mm	
桥墩墩顶横桥方向水平位移	≤2√L mm		≤0.2√L mm	
桥墩沉降	10mm		≤1mm/d	
桥墩倾斜	0.002			
建(构)筑物水平位移	20mm		≤2mm/d	
建(构)筑物竖向位移	20mm		≤2mm/d	
建(构)筑物倾斜	0.002			
隧道结构裂缝宽度	迎水面≤0.2mm 背水面≤0.3mm			
墙(坡)顶水平位移	≤30mm		≤3mm/d	
墙(坡)顶竖向位移	≤30mm		≤3mm/d	
振动速度	≤1.5cm/s			

注:1 $\sqrt{L}$ 为桥梁跨度,小于 25m 时按照 25m 进行计算;

- 2 表中国岩级别指城市轨道交通结构周围岩等级；
- 3 城市轨道交通结构受损严重时,其监测项目控制值需另行确定；
- 4 桥墩墩顶水平位移控制值与桥墩倾斜计算出的桥墩墩顶水平位移值不一致时,应取两者中的较小值；
- 5 大桥、特大桥或异形结构的轨道桥梁变形、应力等控制指标需另行确定；
- 6 表中控制值指绝对值。

附录 C 接近程度和外部作业的工程影响分区

C.0.1 接近程度应根据城市轨道交通结构类型、施工方法、地质情况及其与外部作业的空间位置关系确定,接近程度的判定标准按下列原则确定。

1 城市轨道交通为地下结构时,按表 C.0.1-1 确定接近程度;

表 C.0.1-1 地下结构的接近程度判定标准

城市轨道交通结构的施工方法	地质情况	外部作业相对净距	接近程度
明挖、盖挖法	岩质地层及土层厚度 $<4\text{m}$ 的岩土混合地层	$<0.5H$	非常接近
		$0.5H(\text{含})\sim 1.0H$	接近
		$1.0H(\text{含})\sim 2.0H$	较接近
		$\geq 2.0H$	不接近
	顺向软弱结构面控制的岩质地层、土质地层及土层厚度 $\geq 4\text{m}$ 的岩土混合地层	$<1.0H$	非常接近
		$1.0H(\text{含})\sim 1.5H$	接近
		$1.5H(\text{含})\sim 2.5H$	较接近
		$\geq 2.5H$	不接近
矿山法	Ⅲ~Ⅳ级围岩	隧道竖向 $1.0W$ 及外侧 $1.0W$ 范围内	非常接近
		隧道竖向 $1.0W(\text{含})\sim 1.5W$ 及外侧 $1.0W(\text{含})\sim 1.5W$ 范围	接近
		隧道竖向 $1.5W(\text{含})\sim 2.0W$ 及外侧 $1.5W(\text{含})\sim 2.0W$ 范围	较接近
		隧道竖向 $2.0W(\text{含})$ 以外及外侧 $2.0W(\text{含})$ 范围以外	不接近

续表 C.0.1-1

城市轨道交通结构的施工方法	地质情况	外部作业相对净距	接近程度
矿山法	V级围岩	隧道竖向 1.5W 及外侧 1.5W 范围内	非常接近
		隧道竖向 1.5W(含)~2.5W 及外侧 1.5W(含)~2.0W 范围	接近
		隧道竖向 2.5W(含)~3.0W 及外侧 2.0W(含)~2.5W 范围	较接近
		隧道竖向 3.0W(含)以外及外侧 2.5W(含)范围以外	不接近
	VI级围岩	隧道竖向 2.5W 及外侧 2.0W 范围内	非常接近
		隧道竖向 2.5W(含)~3.0W 及外侧 2.0W(含)~2.5W 范围	接近
		隧道竖向 3.0W(含)~3.5W 及外侧 2.5W(含)~3.0W 范围	较接近
		隧道竖向 3.5W(含)以外及外侧 3.0W(含)范围以外	不接近
掘进机法	III~IV级围岩	外侧 1.0D 范围内	非常接近
		外侧 1.0D(含)~2.0D 范围	接近
		外侧 2.0D(含)~3.0D 范围	较接近
		外侧 3.0D(含)范围以外	不接近
	V~VI级围岩	外侧 2.0D 范围内	非常接近
		外侧 2.0D(含)~2.5D 范围	接近
		外侧 2.5D(含)~3.5D 范围	较接近
		外侧 3.5D(含)范围以外	不接近

- 注:1 H 为明挖、盖挖法城市轨道交通结构的基坑开挖深度; W 为矿山法形成的城市轨道交通隧道毛洞跨度; D 为掘进机法所形成的城市轨道交通结构外径;
- 2 相对净距指外部作业的结构外边线与城市轨道交通地下结构外边线的最小净距离;
- 3 城市轨道交通地下结构基础采用桩基时,外部作业与城市轨道交通地下结构基础的接近程度判定按表 C.0.1-2。

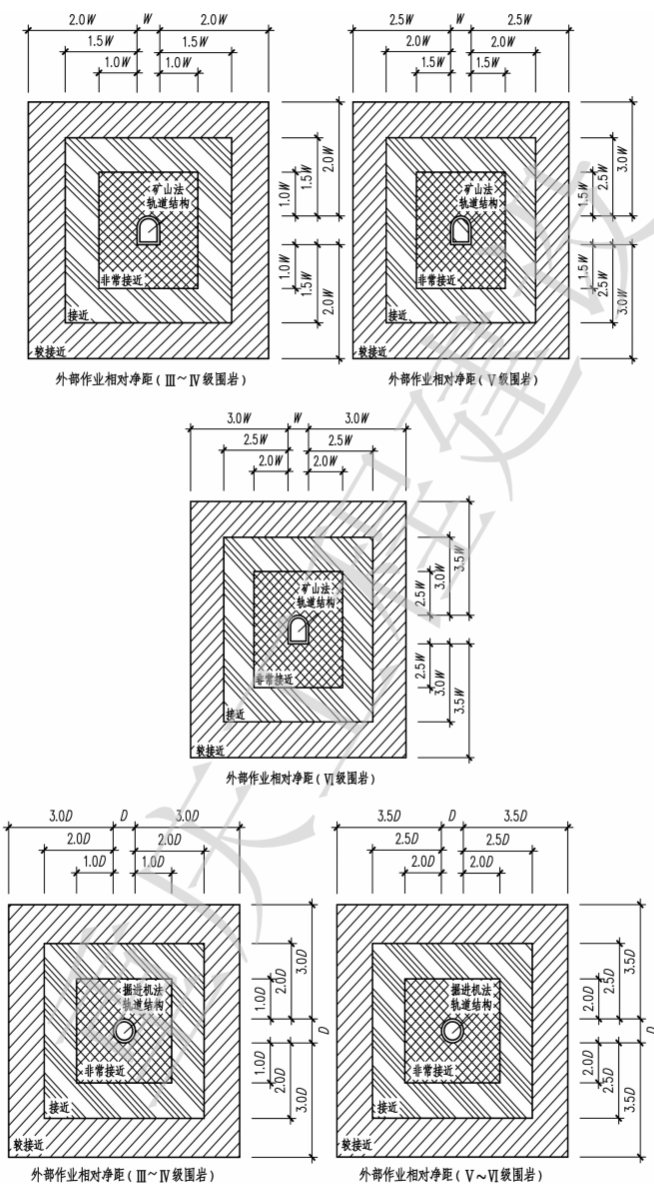


图 C.0.1-1 外部作业与轨道交通地下结构接近程度的判定

2 城市轨道交通为高架结构时,按表 C.0.1-2 及 C.0.1-3 确定接近程度;

表 C.0.1-2 高架结构的接近程度判定标准(一)

城市轨道交通结构形式	外部作业净距	接近程度
高架结构(基础)	净距 $<7\text{m}$	非常接近
	净距 7m (含) $\sim 14\text{m}$	接近
	净距 14m (含) $\sim 21\text{m}$	较接近
	净距 $\geq 21\text{m}$	不接近

注:净距指外部作业的结构外边线与城市轨道交通高架结构基础外边线的最小净距离。城市轨道交通为路基时将道床作为基础参照上表执行。

表 C.0.1-3 高架结构的接近程度判定标准(二)

城市轨道交通结构形式	外部作业净距	接近程度
高架结构(墩柱及上部结构)	高架上部结构限界正上方及外侧 $<3\text{m}$ 范围	非常接近
	高架上部结构限界外侧 3m (含) $\sim 6\text{m}$ 范围	接近
	高架上部结构限界外侧 6m (含) $\sim 9\text{m}$ 范围	较接近
	高架上部结构限界外侧 $\geq 9\text{m}$	不接近

注:1 地上车站、车场及其附属建(构)筑物参考上表执行;

2 任何情况下,固定或非固定的外部作业均不得侵入轨道建筑限界。

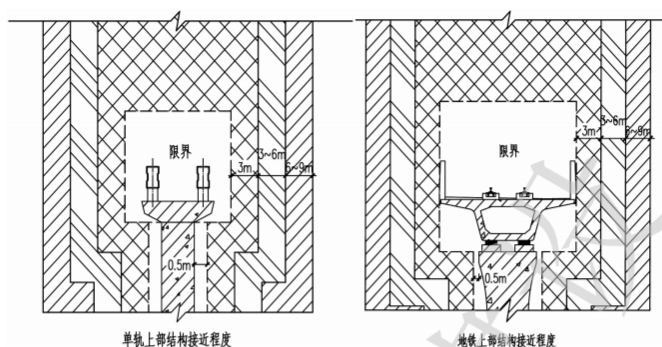


图 C.0.1-2 高架上部结构的接近程度的判定

3 城市轨道交通为出入口时,按表 C.0.1-4 确定接近程度;

表 C.0.1-4 出入口的接近程度判定标准

城市轨道交通结构的施工方法	地质情况	外部作业相对净距	接近程度
明挖、盖挖法	岩质地层及土层厚度 $<4\text{m}$ 的岩土混合地层	$<0.75H_1$	非常接近
		$0.75H_1(\text{含})\sim 1.25H_1$	接近
		$1.25H_1(\text{含})\sim 2.0H_1$	较接近
		$\geq 2.0H_1$	不接近
	顺向软弱结构面控制的岩质地层、土质地层及土层厚度 $\geq 4\text{m}$ 的岩土混合地层	$<1.25H_1$	非常接近
		$1.25H_1(\text{含})\sim 1.75H_1$	接近
		$1.75H_1(\text{含})\sim 2.5H_1$	较接近
		$\geq 2.5H_1$	不接近
矿山法	Ⅲ~Ⅳ级围岩	隧道竖向 $1.25W_1$ 及外侧 $1.25W_1$ 范围内	非常接近
		隧道竖向 $1.25W_1(\text{含})\sim 1.75W_1$ 及外侧 $1.25W_1(\text{含})\sim 1.75W_1$ 范围	接近
		隧道竖向 $1.75W_1(\text{含})\sim 2.25W_1$ 及外侧 $1.75W_1(\text{含})\sim 2.25W_1$ 范围	较接近
		隧道竖向 $2.25W_1(\text{含})$ 以外及外侧 $2.25W_1$ 以外	不接近

续表 C.0.1-4

城市轨道交通结构的施工方法	地质情况	外部作业相对净距	接近程度
矿山法	V级围岩	隧道竖向 $1.75W_1$ 及外侧 $1.75W_1$ 范围内	非常接近
		隧道竖向 $1.75W_1$ (含)~ $2.75W_1$ 及外侧 $1.75W_1$ (含)~ $2.25W_1$ 范围	接近
		隧道竖向 $2.75W_1$ (含)~ $3.25W_1$ 及外侧 $2.25W_1$ (含)~ $2.75W_1$ 范围	较接近
		隧道竖向 $3.25W_1$ (含)以外及外侧 $2.75W_1$ 以外	不接近
	VI级围岩	隧道竖向 $2.75W_1$ 及外侧 $2.25W_1$ 范围内	非常接近
		隧道竖向 $2.75W_1$ (含)~ $3.25W_1$ 及外侧 $2.25W_1$ (含)~ $2.75W_1$ 范围	接近
		隧道竖向 $3.25W_1$ (含)~ $3.75W_1$ 及外侧 $2.75W_1$ (含)~ $3.25W_1$ 范围	较接近
		隧道竖向 $3.75W_1$ (含)以外及外侧 $3.25W_1$ 以外	不接近

注: H_1 为明挖、盖挖法城市轨道交通出入口的基坑开挖深度; W_1 为矿山法形成的城市轨道交通出入口的毛洞跨度。

4 城市轨道交通为风亭、消防水池、冷却塔时,按表 C.0.1-5 确定接近程度,城市轨道交通结构为竖井时,按表 C.0.1-6 确定接近程度。

表 C.0.1-5 风亭(地面)、消防水池、冷却塔的接近程度判定标准

城市轨道交通结构形式	外部作业相对净距	接近程度
风亭、消防水池、冷却塔	净距 $< 3\text{m}$	非常接近
	净距 3m (含)~ 6m	接近
	净距 6m (含)~ 9m	较接近
	净距 $\geq 9\text{m}$	不接近

注:净距指外部作业的结构外边线与城市轨道交通风亭、消防水池、冷却塔外边线的最小净距离。

表 C.0.1-6 竖井的接近程度判定标准

城市轨道交通结构形式	外部作业相对净距	接近程度
竖井	净距 $<1.0B$	非常接近
	净距 $1.0B$ (含) $\sim 1.5B$	接近
	净距 $1.5B$ (含) $\sim 2.5B$	较接近
	净距 $\geq 2.5B$	不接近

注: B 取竖井平面长、宽尺寸中的大值。

C.0.2 外部作业的工程影响分区可根据外部作业的施作方法和工程地质条件确定。

1 明挖、盖挖法外部作业的工程影响分区(图 C.0.2-1)按表 C.0.2-1 确定;

表 C.0.2-1 明挖、盖挖法外部作业的工程影响分区

工程影响分区	地质类型 (岩质边坡及土层厚度 $<4m$ 的 岩土混合边坡)	地质类型 (土质边坡、土层厚度 $\geq 4m$ 的岩 土混合边坡及顺向软弱结构面 控制的岩质边坡)
强烈影响区(A)	结构正上方及外侧 $0.7h_1$ 范围内	结构正上方及外侧 $1.0h_1$ 范围内
显著影响区(B)	结构外侧 $0.7h_1$ (含) $\sim 1.0h_1$ 范围	结构外侧 $1.0h_1$ (含) $\sim 1.5h_1$ 范围
一般影响区(C)	结构外侧 $1.0h_1$ (含) $\sim 2.0h_1$ 范围	结构外侧 $1.5h_1$ (含) $\sim 2.5h_1$ 范围
轻微影响区(D)	结构外侧 $2.0h_1$ (含)范围外	结构外侧 $2.5h_1$ (含)范围外

注: 1 h_1 为明挖、盖挖法外部作业基坑深度;

2 当 $h_1 \leq 3.0m$ 且不低于轨道桩基础底部或 $h_1 \leq 1.5m$ 且不低于轨道独立基础底部,并对轨道交通结构无明显影响时,可按轻微影响区考虑。

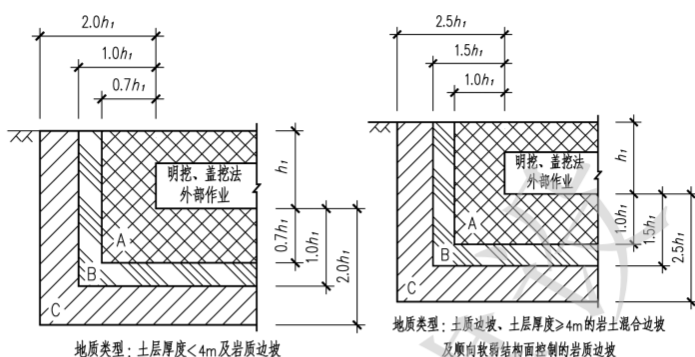


图 C.0.2-1 明挖、盖挖法外部作业的工程影响分区

2 浅埋矿山法和掘进机法外部作业的工程影响分区(图 C.0.2-2)宜按表 C.0.2-2 确定。当采取疏干地下水作业时,工程影响分区应适当提高,若降水造成城市轨道交通结构周边地层变形时,工程影响分区应提高为强烈影响区(A);

表 C.0.2-2 浅埋矿山法和掘进机法外部作业的工程影响分区

工程影响分区	区域范围
强烈影响区(A)	隧道正上方及外侧 $0.7h_2$ 范围内
显著影响区(B)	隧道外侧 $0.7h_2$ (含)~ $1.0h_2$ 范围
一般影响区(C)	隧道外侧 $1.0h_2$ (含)~ $2.0h_2$ 范围
轻微影响区(D)	隧道外侧 $2.0h_2$ (含)范围外

注: b_2 为浅埋矿山法和掘进机法外部作业隧道的毛洞跨度, h_2 为浅埋矿山法和掘进机法外部作业隧道地板的深度。

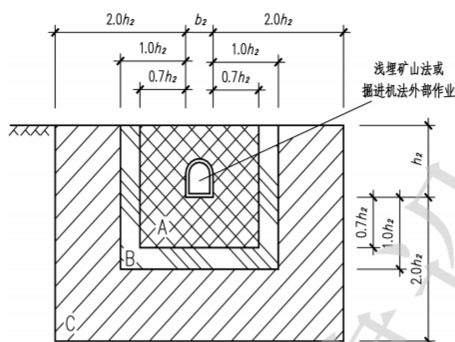


图 C.0.2-2 浅埋矿山法和掘进机法外部作业的工程影响分区

3 深埋矿山法和掘进机法外部作业的工程影响分区(图 C.0.2-3),按表 C.0.2-3 确定;

表 C.0.2-3 深埋矿山法和掘进机法外部作业的工程影响分区

工程影响分区	区域范围 (Ⅲ级围岩)	区域范围 (Ⅳ级围岩)	区域范围 (Ⅴ级围岩)	区域范围 (Ⅵ级围岩)
强烈影响区(A)	隧道正上方 $1.0b_3$ 及外側 $0.7b_3$ 范围内	隧道正上方及 外側 $1.0b_3$ 范围内	隧道正上方 $2.0b_3$ 及外側 $1.5b_3$ 范围内	隧道正上方 $3.0b_3$ 及外側 $1.5b_3$ 范围内
显著影响区(B)	隧道正上方 $1.0b_3$ (含)~ $2.0b_3$ 及外側 $0.7b_3$ (含)~ $1.0b_3$ 范 围	隧道正上方及 外側 $1.0b_3$ (含) ~ $2.0b_3$ 范围	隧道正上方 $2.0b_3$ (含)~ $3.0b_3$ 及外側 $1.5b_3$ (含) ~ $2.5b_3$ 范围	隧道正上方 $3.0b_3$ (含)~ $5.0b_3$ 及外側 $1.5b_3$ (含) ~ $2.5b_3$ 范围
一般影响区(C)	隧道正上方 $2.0b_3$ (含)~ $3.0b_3$ 及外側 $1.0b_3$ (含)~ $2.0b_3$ 范 围	隧道正上方及 外側 $2.0b_3$ (含) ~ $3.0b_3$ 范围	隧道正上方 $3.0b_3$ (含)~ $4.0b_3$ 及外側 $2.5b_3$ (含) ~ $3.5b_3$ 范围	隧道正上方 $5.0b_3$ (含)~ $7.0b_3$ 及外側 $2.5b_3$ (含) ~ $3.5b_3$ 范围
轻微影响区(D)	隧道正上方 $3.0b_3$ (含) 及外 側 $2.0b_3$ (含) 范 围外	隧道正上方及 外側 $3.0b_3$ (含) 范 围外	隧道正上方 $4.0b_3$ (含) 及外側 $3.5b_3$ (含) 范围外	隧道正上方 $7.0b_3$ (含) 及外側 $3.5b_3$ (含) 范围外

注: b_3 为深埋矿山法和掘进机法外部作业隧道的毛洞跨度。

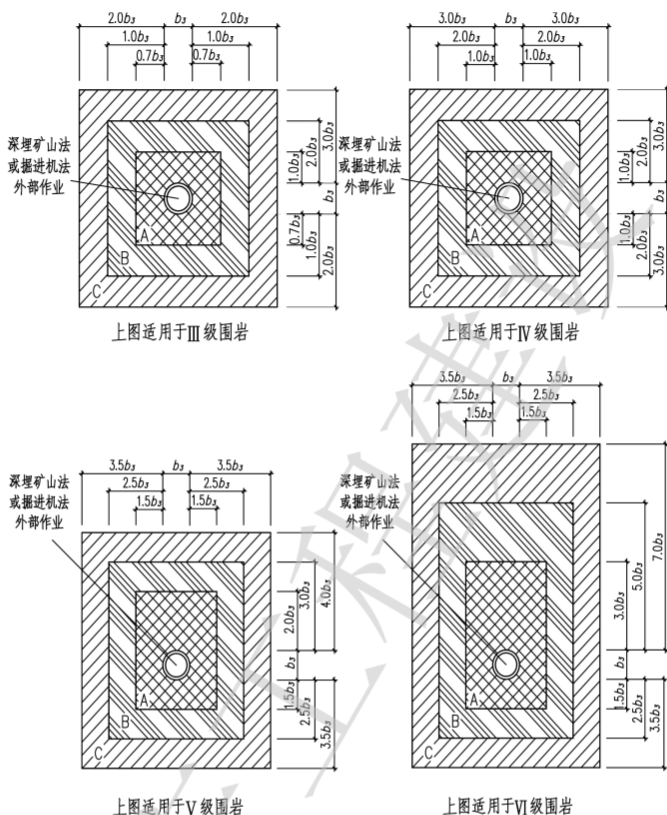


图 C.0.2-3 深埋矿山法和掘进机法外部作业的工程影响分区

4 桩基础外部作业的工程影响分区(图 C.0.2-4),按表 C.0.2-4 确定;

表 C.0.2-4 桩基础外部作业的工程影响分区

工程影响分区	区域范围
强烈影响区(A)	桩基础两侧 $\text{Max}(2.5d, 3\text{m})$ 及下方 $\text{Max}(2.5d, 5\text{m})$ 范围内
显著影响区(B)	桩基础两侧 $\text{Max}(2.5d, 3\text{m})$ (含)~ $7.0d$ 及下方 $\text{Max}(2.5d, 5\text{m})$ (含)~ $7.0d$ 范围
一般影响区(C)	桩基础周围 $7.0d$ (含)~ $10.0d$ 范围

续表 C.0.2-4

工程影响分区	区域范围
轻微影响区(D)	桩基础周围 10.0d(含)范围外

注: d 为外部作业桩基础的直径。

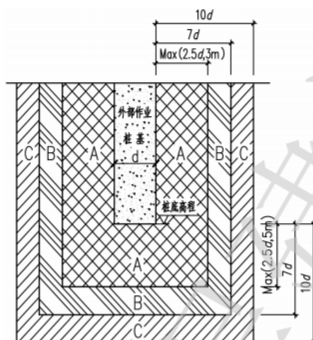


图 C.0.2-4 桩基础外部作业的工程影响分区

5 独立基础、条形基础外部作业的工程影响分区(图 C.0.2-5), 按表 C.0.2-5 确定;

表 C.0.2-5 独立基础、条形基础外部作业的工程影响分区

工程影响分区	区域范围(基础持力层为岩层)	区域范围(基础持力层为土层)
强烈影响区(A)	基础正下方及外侧 $\text{Max}(1.5b, 3\text{m})$ 范围内	基础正下方及外侧 $\text{Max}(2.0b, 5\text{m})$ 范围内
显著影响区(B)	基础正下方及外侧 $\text{Max}(1.5b, 3\text{m})$ (含)~ $\text{Max}(3b, 6\text{m})$ 范围	基础正下方及外侧 $\text{Max}(2.0b, 5\text{m})$ (含)~ $\text{Max}(3.5b, 10\text{m})$ 范围
一般影响区(C)	基础正下方及外侧 $\text{Max}(3b, 6\text{m})$ (含)~ $\text{Max}(6b, 12\text{m})$ 范围	基础正下方及外侧 $\text{Max}(3.5b, 10\text{m})$ (含)~ $\text{Max}(7b, 20\text{m})$ 范围
轻微影响区(D)	基础正下方及外侧 $\text{Max}(6b, 12\text{m})$ (含)范围外	基础正下方及外侧 $\text{Max}(7b, 20\text{m})$ (含)范围外

注: b 为独立基础的短边长度或条形基础宽度。

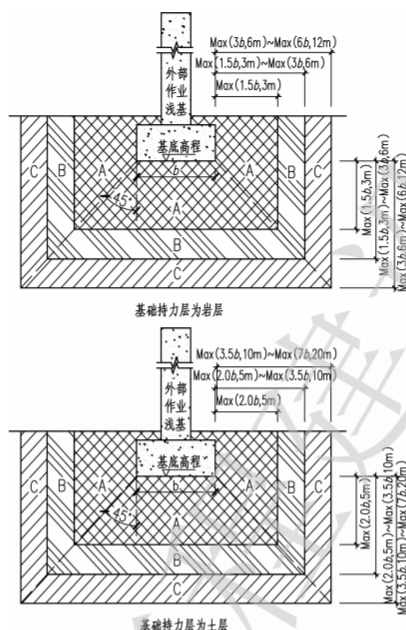


图 C.0.2-5 独立基础外部作业的工程影响分区

6 筏板基础、填方外部作业的工程影响分区(图 C.0.2-6), 按表 C.0.2-6 确定;

表 C.0.2-6 筏板基础、填方外部作业的工程影响分区

工程影响分区	附加荷载或区域范围	
	附加荷载	区域范围
强烈影响区(A)	传递至城市轨道交通结构的附加荷载 $P > 20\text{kPa}$	外侧及下方 5m 范围内
显著影响区(B)	传递至城市轨道交通结构的附加荷载 $10\text{kPa} \leq P \leq 20\text{kPa}$	外侧及下方 5m (含)~10m 范围
一般影响区(C)	传递至城市轨道交通结构的附加荷载 $5\text{kPa} \leq P < 10\text{kPa}$	外侧及下方 10m (含)~20m 范围
轻微影响区(D)	传递至城市轨道交通结构的附加荷载 $P < 5\text{kPa}$	外侧及下方 20m (含)范围外

注:1 影响分区从区域范围及附加荷载分别进行判定,取二者判定的最高影响分区;

2 填方外部作业的工程影响分区按传递至城市轨道交通结构的附加荷载进行确定。

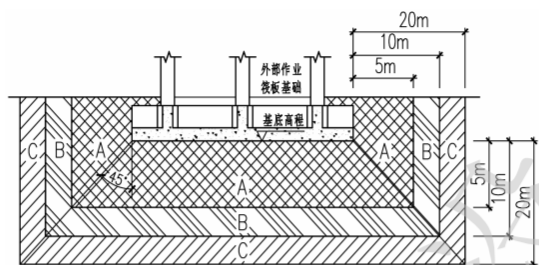


图 C.0.2-6 筏板基础外部作业的工程影响分区

7 地面或高架结构外部作业的工程影响分区(图 C.0.2-7), 按表 C.0.2-7 确定;

表 C.0.2-7 地面或高架结构外部作业的工程影响分区

工程影响分区	区域范围
强烈影响区(A)	地面或高架结构外侧 3.0m 范围内
显著影响区(B)	地面或高架结构外侧 3.0m(含)~6.0m 范围
一般影响区(C)	地面或高架结构正下方及外侧 6.0m(含)~9.0m 范围
轻微影响区(D)	地面或高架结构正下方及外侧 9.0m(含)范围外

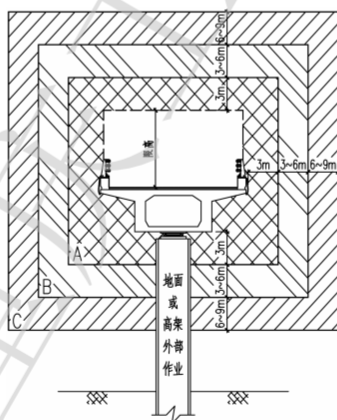


图 C.0.2-7 地面或高架结构外部作业的工程影响分区

8 天然气、石油等易燃易爆的距离控制应根据现行国家标准《石油天然气工程设计防火规范》GB 50183、《城镇燃气设计规

范》GB 50028、《输气管道工程设计规范》GB 50251 等的要求确定。次高压及以上燃气管道的外部作业影响等级不低于二级；

9 其他外部作业的工程影响分区,宜按表 C.0.2-8 确定。

表 C.0.2-8 其他外部作业的工程影响分区

外部作 业类型	地下结构				地面、高架结构			
	A	B	C	D	A	B	C	D
工程影响分区								
锚杆、锚索、 土钉	$L1 < 6$	$6 \leq L1 \leq 12$	$12 < L1 \leq 15$	$L1 > 15$	$L1 < 6$	$6 \leq L1 \leq 12$	$12 < L1 \leq 15$	$L1 > 15$
施工起重、吊装 设备	附加 荷载 $P > 20\text{kPa}$	附加 荷载 $10\text{kPa} \leq P \leq 20\text{kPa}$	附加 荷载 $5\text{kPa} \leq P < 10\text{kPa}$	附加 荷载 $P < 5\text{kPa}$	$L < 6$	$6 \leq L \leq 12$	$12 < L \leq 15$	$L > 15$
场平及施工 便道	附加 荷载 $P > 20\text{kPa}$	附加 荷载 $10\text{kPa} \leq P \leq 20\text{kPa}$	附加 荷载 $5\text{kPa} \leq P < 10\text{kPa}$	附加 荷载 $P < 5\text{kPa}$	$L < 6$	$6 \leq L \leq 12$	$12 < L \leq 15$	$L > 15$
搭建棚架、宣传 标志	附加 荷载 $P > 20\text{kPa}$	附加 荷载 $10\text{kPa} \leq P \leq 20\text{kPa}$	附加 荷载 $5\text{kPa} \leq P < 10\text{kPa}$	附加 荷载 $P < 5\text{kPa}$	$L < 6$	$6 \leq L \leq 12$	$12 < L \leq 15$	$L > 15$
地面建筑拆除	—	—	—	—	$L < 6$	$6 \leq L \leq 12$	$12 < L \leq 15$	$L > 15$
建筑外立面 整治	—	—	—	—	$L < 3$	$3 \leq L \leq 6$	$6 < L \leq 9$	$L > 9$
钻探孔	—	$3 \leq L \leq 6$	$6 < L \leq 9$	$L > 9$	—	$3 \leq L \leq 6$	$6 < L \leq 9$	$L > 9$

注：1 上表中的距离 L 为外部作业边缘或设备展开后机身最外侧边缘与轨道交通结构外边线之间的水平投影净距,单位为 m; $L1$ 为外部作业边缘与轨道交通结构外边线之间的净距；

2 附加荷载 P 为传递至轨道交通结构上的附加荷载。

附录 D 城市轨道交通结构专项检测项目表

D.0.1 隧道结构专项检测项目宜按表 D.0.1 所列项目进行选择。

表 D.0.1 隧道结构专项检测项目表

项目	检测项目	专项检测
资料调查	历史病害资料	√
	运营期监测数据	√
	外部作业与轨道隧道之间的相互关系	√
衬砌	裂缝、压溃等破损的位置、范围、类型、长度、宽度	√
	裂缝、压溃等破损的深度和发展趋势	√
	起毛、酥松、起鼓等材料劣化的位置、范围和程度	√
	剥落剥离的位置、范围和深度	√
	渗漏水的位置、湿渍面积、水量、浑浊	√
	渗漏水的 pH 值	○
	钢筋锈蚀的位置、范围和程度	√
	钢筋强度、锈蚀率	○
	衬砌厚度和背后空洞	√
	混凝土强度	√
	混凝土碳化深度	√
	钢筋保护层厚度	√
	断面轮廓检查	√
	螺栓孔、注浆孔堵塞物脱落的位置	√
施工缝(变形缝、管片接缝)	错台的位置、范围和程度	√
	压溃的位置、范围和程度	√
	渗漏水的位置、范围、状态、水量、浑浊	√
	渗漏水的 pH 值	○
	管片接缝止水条脱落位置和范围	√

续表 D.0.1

项目	检测项目	专项检测
道床	裂缝、脱空、下沉、隆起、渗漏水的位置、范围和程度	√
外部作业	隧道上方地表沉降范围、深度	○
	周边地表水、地下水变化情况	○
	隧道周边堆载、卸载情况	○

注:1√——应测项目,○——选测项目

D.0.2 梁桥结构专项检测项目宜按表 D.0.2 所列项目进行选择。

表 D.0.2 梁桥结构专项检测项目表

项目	检查项目	专项检测
资料调查	历史病害资料	√
	运营期监测数据	√
	外部作业与桥梁之间的相互关系	√
桥面系	伸缩缝	√
	混凝土栏杆	√
	桥面排水	√
支座	支座组件	√
	活动支座	√
	支承垫石	√
	橡胶支座	√
	盆式橡胶支座的固定螺栓	√
	支座钢件	√
混凝土梁	裂缝的分布、走向、长度、宽度	√
	空洞、蜂窝麻面	√
	预应力锚固区是否有开裂	√
	混凝土强度	√
	混凝土碳化深度	√

续表 D.0.2

项目	检查项目	专项检测
混凝土梁	钢筋保护层厚度	√
	梁体挠度	√
	混凝土内部缺陷	○
	钢筋强度	○
	钢筋锈蚀率	○
钢梁	防腐涂层外观	√
	涂层厚度	√
	焊缝外观	√
	焊缝质量	√
	铆钉、螺栓	√
	变形、局部损伤	√
	梁体挠度	√
墩台及基础	滑移、倾斜、下沉	√
	裂缝的分布、走向、长度、宽度	√
	空洞、蜂窝麻面	√
	水中基础冲刷情况	○
动力参数	构件动刚度	○
	构件动挠度	○
	构件横向振幅	○
	荷载试验	○

注:1√——应测项目,○——选测项目

D.0.3 路基结构专项检测项目宜按表 D.0.3 所列项目进行选择。

表 D.0.3 路基结构专项检测项目表

项目	检测项目	专项检测
基床	密实度	√
	承载力	√
	变形模量	√
	道床差异沉降	√
边坡支护结构	水平位移、沉降	√
	混凝土(砂浆)强度、碳化深度	√
	截面尺寸	√
	钢筋位置、数量、保护层厚度	√
	内部缺陷	○
	钢筋强度	○
	钢筋锈蚀率	○

注:√——应测项目,○——选测项目。

附录 E 城市轨道交通结构安全保护监测项目

E.0.1 城市轨道交通结构安全保护监测项目可按附表 E.0.1 执行。

表 E.0.1 城市轨道交通结构安全保护监测项目

城市轨道交通结构形式	序号	监测项目	外部作业影响等级				
			特级	一级	二级	三级	四级
隧道结构	1	竖向位移	√	√	○	○	○
	2	水平位移	√	√	○	○	○
	3	净空收敛	√	√	√	○	○
	4	变形缝张开量、裂缝	√	√	√	○	○
	5	道床水平、竖向位移	√	√	○	○	○
	6	结构应力	○	○	○	○	○
	7	巡视检查	√	√	√	○	○
高架结构	1	墩台竖向位移	√	√	√	○	○
	2	墩台差异沉降	√	√	√	○	○
	3	墩台水平位移	√	√	○	○	○
	4	裂缝	√	√	○	○	○
	5	墩柱倾斜	√	√	√	○	○
	6	梁体水平位移	√	√	○	○	○
	7	梁体竖向位移	√	√	○	○	○
	8	梁板应力	○	○	○	○	○
	9	巡视检查	√	√	√	○	○
出入口	1	净空收敛	√	√	√	○	○
	2	裂缝	√	√	√	○	○

续表 E.0.1

城市轨道交通 交通结构形式	序号	监测项目	外部作业影响等级				
			特级	一级	二级	三级	四级
出入口	3	水平位移	○	○	○	○	○
	4	竖向位移	○	○	○	○	○
风井	1	水平位移	√	√	√	○	○
	2	竖向位移	√	√	√	○	○
	3	裂缝	√	√	√	○	○
风道	1	净空收敛	√	√	√	○	○
	2	裂缝	√	√	√	○	○
路基	1	道床水平位移	○	○	○	○	○
	2	道床竖向位移	√	√	√	○	○
	3	挡墙水平位移	√	√	√	○	○
	4	挡墙竖向位移	√	√	√	○	○
	5	巡视检查	√	√	√	○	○
建(构)筑物	1	竖向位移	√	√	√	○	○
	2	水平位移	√	√	○	○	○
	3	倾斜	√	√	○	○	○
	4	裂缝	√	√	√	○	○
	5	巡视检查	√	√	√	○	○

注:1.√——应测项目,○——选测项目;2.净空收敛包括水平净空收敛、竖向净空收敛。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2) 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《工程测量标准》GB 50026
- 2 《城市轨道交通设施运营监测技术规范第2部分:桥梁》
GB/T 39559
- 3 《城市轨道交通设施运营监测技术规范第3部分:隧道》
GB/T 39559
- 4 《爆破安全规程》GB 6722
- 5 《城市排水与污水处理规划标准》GB 50014
- 6 《城镇燃气设计规范》GB 50028
- 7 《汽车加油加气加氢站技术标准》GB 50156
- 8 《地铁设计规范》GB 50157
- 9 《石油天然气工程设计防火规范》GB 50183
- 10 《输气管道工程设计规范》GB 50251
- 11 《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292
- 12 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330
- 13 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》GB 50545
- 14 《1000kV 架空输电线路设计规范》GB 50665
- 15 《±800kV 直流架空输电线路设计规范》GB 50790
- 16 《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911
- 17 《城市轨道交通工程项目规范》GB 55033
- 18 《卫星定位城市测量技术规范》CJJ/T 73
- 19 《城市轨道交通结构安全保护技术规范》CJJ/T 202
- 20 《城市轨道交通隧道结构养护技术标准》CJJ/T 289
- 21 《建筑变形测量规范》JGJ 8
- 22 《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120
- 23 《建筑施工起重吊装工程安全技术规范》JGJ 276

- 24 《高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范》JTG D80
- 25 《公路交通安全设施设计规范》JTG D81
- 26 《铁路隧道设计规范》TB 10003
- 27 《高速铁路工程测量规范》TB 10601
- 28 《给水排水工程顶管技术规程》CECS 246

重庆市工程建设标准

城市轨道交通结构安全保护技术标准

DBJ50/T-271-2026

条文说明

2026 重 庆

重庆工程建设

目 次

1	总则	73
2	术语	74
3	基本规定	76
3.1	一般规定	76
3.2	结构安全保护工作内容	76
4	外部作业影响等级划分	78
4.1	一般规定	78
4.2	外部作业影响等级划分	78
5	轨道交通结构检测	79
5.1	一般规定	79
5.2	外观检查	79
6	安全保护设计	81
6.1	一般规定	81
6.5	安全保护设计要求	81
7	安全保护评估	82
7.1	一般规定	82
7.2	安全保护评估对象及内容	83
7.4	安全保护评估计算与分析	84
8	安全保护施工	86
8.1	一般规定	86
8.2	基坑工程	86
8.4	地下管线工程	86
9	轨道交通结构监测	88
9.1	一般规定	88

9.5	测点布设	88
9.6	监测方法	88
9.7	监测频率	89
9.9	数据处理及信息反馈	89

1 总 则

1.0.4 城市轨道交通工程受自身施工质量、工程地质条件、运营期间列车动荷载和邻近工程施工的影响,其结构在运营期会发生不同程度的位移和变形,导致出现各种病害情况,为掌握城市轨道交通结构的安全状况,确保城市轨道交通运营安全及结构正常使用,对其开展检测、监测工作十分必要。本标准总结已有的城市轨道交通结构检测、监测经验和手段,有效规范、指导城市轨道交通结构检测、监测工作,从而为城市轨道交通的安全运营提供有力的保障。

1.0.5 本标准适用的范围是,城市轨道交通结构沿线周边进行外部作业时,为保护城市轨道交通结构的安全运营或建设,了解外部作业对城市轨道交通结构影响程度而对其开展的检测、监测工作,城市轨道交通结构安全保护检测、监测的对象包含已建成或正在修建的城市轨道交通结构,以及规划城市轨道交通建设条件保护。与城市轨道交通一体化运营的市域(郊)铁路参照本标准有关规定执行。

1.0.6 本条明确了本标准与其他相关标准的关系。本标准与其他有关标准的关系是:凡本标准有规定的,应按本标准执行;本标准未作规定的,应符合国家、重庆地区现行相关标准的规定,或参照其他的国家、重庆地区有关现行标准的规定执行。

2 术 语

2.0.4 《重庆市轨道交通条例》中对城市轨道交通安全保护区的范围进行了明确说明。

第五十五条 轨道交通应当设置安全保护区,其范围包括:

- (一)地下车站和隧道结构外边线外侧五十米内;
- (二)地面车站和地面线路、高架车站和高架线路结构、车辆基地用地范围外边线外侧三十米内;
- (三)变电站及其管网(线、沟)、控制中心、出入口、通风亭、冷却塔、无障碍电梯等建(构)筑物结构外边线外侧十米内;
- (四)穿(跨)越水域的桥梁或者隧道结构外边线外侧一百米内。

未明确技术方案的规划线路按照中心线两侧五十六米内设置安全保护区。

市住房城乡建设主管部门应当加强安全保护区数据管理。因地质条件或者其他特殊情况,需要调整范围的,由市住房城乡建设主管部门会同市规划自然资源部门审核确定,并将相关信息抄送市交通运输主管部门。

第五十七条 安全保护区范围内不得新建、改建、扩建建(构)筑物。因特殊情况确需建设的,规划自然资源部门应当征得市住房城乡建设主管部门书面意见后,依法作出审批。

第五十八条 在安全保护区范围内新建、改建、扩建工程或者进行以下施工作业的单位或者个人,应当制定轨道交通保护方案,征得轨道交通建设或者运营单位书面同意并签订管理协议,征得同意后的轨道交通保护方案应当报市住房城乡建设主管部门备案:

- (一)拆除建(构)筑物;

(二)爆破、地基加固、挖掘、灌浆、喷锚、钻探、打井、基坑开挖、桩基础施工、顶进作业；

(三)敷设或者搭架管线、吊装等架空作业；

(四)采石、挖砂、疏浚河道；

(五)堆载、取土等大量增加或者减少轨道交通建(构)筑物载荷的活动。

市住房城乡建设主管部门应当将备案的轨道交通保护方案，及时抄送市交通运输主管部门。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 本条根据《重庆市轨道交通条例》确定安全保护区的范围。本标准中所提及的安全保护区只涉及到城市轨道交通结构安全,即《城市轨道交通工程项目规范》GB 55033 中的工程安全保护区,不涉及公共安全保护区。

3.1.2 《重庆市轨道交通条例》规定了安全保护区具体范围和保护要求。因地质条件或其他特殊情况,需调整范围的,由市住房城乡建设主管部门会同市规划自然资源部门审核确定。重庆为山地城市,某些轨道线路毗邻边坡,边坡自身稳定性及边坡滚石可能对轨道交通结构安全运营造成影响,需适当扩大安全保护区范围。

3.2 结构安全保护工作内容

3.2.3 安全保护措施应包括外部作业对城市轨道交通结构的危险识别、风险分析,现场实施过程中的安全风险控制及保护措施,以及建立健全应急响应机制,制定应急响应措施等。

3.2.5 城市轨道交通结构监测主要针对外部作业可能造成直接安全影响的城市轨道交通的结构。对非接触式,未动土,无荷载增减的外部作业类型,如架空、上跨等,主要影响到城市轨道交通的公共安全,这一类型可不开展轨道交通结构监测。对近接城市轨道交通,轻微荷载增减的外部作业类型,如园林绿化种植、覆土清表、搭建棚架或宣传标志、建筑外立面整治、铺砖或装饰材料铺设等,对城市轨道交通的地面和高架结构基础、地下结构不构成

安全影响的,这一类型也可不开展轨道交通结构监测。对这两类可不开展城市轨道交通结构监测的外部作业要必须按照轨道保护施工方案实施,加强现场的巡视检查,如施工过程中发生状态改变,需要重新判定是否开展轨道交通结构监测。

外部作业实施阶段应根据重庆市建设工程行业相关要求开展外部作业自身结构(如基坑开挖、隧道开挖、基础施工等)的安全监测,其监测结果及施工进度应及时反馈到城市轨道交通结构安全保护监测单位,监测单位应结合外部作业施工进度对城市轨道交通结构安全保护监测成果和外部作业自身监测成果进行综合分析和评价。

4 外部作业影响等级划分

4.1 一般规定

4.1.2 接近程度应根据城市轨道交通结构类型、施工方法、地质条件及其与外部作业的空间位置关系确定,接近程度的判定标准按附录 C.0.1 确定。当城市轨道交通结构体型复杂,含有多个部分时,应分别对各部分进行接近程度的判定,取各部分最不利的情况作为外部作业对城市轨道交通整体结构的接近程度。

4.1.3 外部作业的工程影响分区划分根据外部作业的施作方法和工程地质条件确定,工程影响分区的判定标准宜按附录 C.0.2 确定。

4.2 外部作业影响等级划分

4.2.1 当城市轨道交通结构处于外部作业的轻微影响区时,外部作业对城市轨道交通结构影响较小,故将轻微影响区下的外部作业影响等级最高定为三级。重庆地区常见围岩等级为Ⅲ~Ⅵ级,故表格适用于围岩级别为Ⅲ~Ⅵ级的情况,若围岩级别为Ⅰ~Ⅱ级时,可按Ⅲ级围岩确定的影响等级降低一级。顶管法暗挖施工时,可参照外部隧道工程评定其影响等级。

4.2.2 城市轨道交通结构处于复杂的工程地质条件或存在不良地质的情况等,如结构周边存在岩溶土洞、顺向发育的软弱结构面等,则应结合工程经验综合考虑,适当提高外部作业影响等级,且不宜低于一级。

5 轨道交通结构检测

5.1 一般规定

5.1.1 城市轨道交通隧道及桥梁的技术状况等级评定可按现行国家标准《城市轨道交通设施运营监测技术规范第3部分:隧道》GB/T 39559及《城市轨道交通设施运营监测技术规范第2部分:桥梁》GB/T 39559的相关规定执行。

5.1.2 专项检测实施前,应根据城市轨道交通结构形式、装饰情况及安全保护要求等编制检测方案。

5.2 外观检查

5.2.1 隧道结构外观检查范围除外部作业影响区外宜向两侧进行一定的延伸。延伸范围取值参考现行行业标准《城市轨道交通隧道结构养护技术标准》CJJ/T 289。

5.2.6 拱桥、斜拉桥、悬索桥检查项目应结构现场实际情况及安全保护要求,根据《城市轨道交通设施运营监测技术规范第2部分:桥梁》GB/T 39559中日常检查的项目进行选择。

5.2.12 裂缝宽度限值的界定主要借鉴了《民用建筑可靠性鉴定标准》(GB 50292)的相关内容,裂缝宽度大于0.5mm时,认为对结构的承载力已造成显著影响,应采取措施。

构件混凝土损伤剥落深度限值的界定主要以结构构件的混凝土保护层厚度为限,环境类别为一类及二类a时,混凝土构件的保护层厚度设计值在20mm左右,大于20mm时,将严重影响结构的正常使用。

5.2.13 车站结构的完好状况评定按构件、整体结构两个层次分

别进行评定。根据构件各检查项目评定结果确定单个构件等级；根据构件的评定结果确定整体结构的等级，这种分层次的外观状况评定方法主要借鉴了《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 的评定方法。

车站或车场内的建筑结构的评价可参照《民用建筑可靠性鉴定标准》GB 50292 的相关规定执行。

6 安全保护设计

6.1 一般规定

6.1.1 轨道交通安全保护设计即外部作业轨道安全保护专项设计(简称轨道专篇)。

6.5 安全保护设计要求

6.5.6 参考《铁路隧道设计规范》TB 1003,两相邻隧道间的最小净距应综合考虑围岩级别、隧道断面尺寸及施工方法等因素确定,重庆主城区城市轨道交通隧道以Ⅳ级围岩级别为主,因此隧道与城市轨道地下结构的净距不宜小于 1.5~2.0 倍轨道隧道开挖宽度,并结合结构的具体情况,如断面尺寸、围岩级别及施工方法等。

7 安全保护评估

7.1 一般规定

7.1.1 安全保护评估可分为:外部作业影响预评估、外部作业施工过程评估和外部作业影响后评估。外部作业影响预评估指外部作业实施前,对外部作业实施的可行性进行的评估;外部作业施工过程评估指外部作业实施过程中结合监控量测数据、现场巡视检查等信息对施工过程中的安全状态进行的评估;外部作业影响后评估指外部作业完工后,结合过程中的监测、巡视检查等信息评估外部作业建设对运营或建设中的轨道的影响。

7.1.3 城市轨道交通结构可能存在施工质量缺陷、结构裂缝、渗漏水等情况,在分析外部作业对其影响时,应对存在病害的城市轨道交通结构的继续抗变形能力及承载能力进行相应折减。当外部作业有检测或监测成果时,应根据相关指标和数据计算确定控制指标。

城市轨道交通安全保护区内可能出现距离、实施时间相近或交叉重叠影响的多项外部作业,如基坑工程、隧道及其他外部工程。由于这些外部作业隶属不同的产权单位,外部作业的设计和实施方案不能保证综合考虑对城市轨道交通结构产生的影响,可能出现各种不利组合。因此,应综合考虑多项外部作业的时空特点、影响机理及产生的叠加影响,合理分配城市轨道交通结构安全控制指标值。

7.1.5 当城市轨道交通结构在外部作业实施过程中监测出现异常变形或检测发现结构损伤时,外部作业施工过程评估通过综合分析外部作业实施过程中结构的最新监测数据和检测结果,及时评估城市轨道交通结构的当前安全状态,对上一阶段外部作业方

案的合理性进行评判,并对下一阶段外部作业方案的安全性进行明确。

7.1.6 外部作业影响后评估是指外部作业完成后,评估外部作业对城市轨道交通结构造成的影响。若对城市轨道交通结构无明显影响,结构变化正常,可按照相应程序结束安全保护项目监管;若判定影响较大且结构变化尚未稳定,如实测数据已超过相应安全控制值,应及时通过现状调查、专项检测,结合监测数据及结构验算等手段,评估城市轨道交通结构的安全状态,并提出相应的处理意见和建议。

7.2 安全保护评估对象及内容

7.2.2 外部作业对城市轨道交通结构造成的不利风险主要有以下几类:

1 城市轨道交通结构变形风险

城市轨道交通结构附近土方开挖、堆载回填、矿山法或掘进机法隧道作业等引起地层应力产生变化,桩基础、独立基础、筏板基础等外部作业传递至城市轨道交通结构附加荷载时,会导致城市轨道交通结构产生一定变形。

2 城市轨道交通结构受力状态改变风险

城市轨道交通深埋暗挖隧道由于土方开挖变成浅埋、暗挖浅埋隧道及明挖隧道上方加载、建筑基础向城市轨道交通结构扩散附加荷载、轨道高架结构基础周边加减载、深回填区域轨道交通结构受土体不均匀沉降、固结沉降、滑移、地下水变化影响等情况会导致城市轨道交通结构受力状态产生改变。

3 城市轨道交通结构振动风险

爆破、强夯外部作业的有害效应、影响范围及程度较大。不仅工作人员、乘客容易受到惊吓,而且若传递至城市轨道交通结构上的振动速度过大,还会对城市轨道交通结构产生损害。由于

爆破振动频率的测定较为复杂,爆破震动引起结构质点的振动加速度安全判据暂无统一标准,目前爆破专业一般采用振动速度允许值作为结构安全控制指标。根据国内相关城市的实践经验,传递至城市轨道交通结构上的振动速度不大于 1.5cm/s 时,可保证城市轨道交通结构的安全。

7.2.3 根据城市轨道交通结构类型及特点,较常见的评估内容如下:

- 1 隧道结构水平、竖向位移,隧道径向收敛,隧道变形曲率半径,隧道变形相对曲率,TBM 管片接缝张开量;
- 2 隧道结构强度安全系数,隧道结构裂缝宽度;
- 3 隧道洞口失稳、滑移,轨道交通结构所在边坡失稳滑移;
- 4 隧道围岩应力状态及稳定性;
- 5 轨道横向高差、轨向高差(矢度值),轨间距,道床竖向位移等;
- 6 轨道桥墩墩顶顺桥向、横桥向水平位移,墩台差异沉降;
- 7 传递至城市轨道交通结构上的振动速度。

7.4 安全保护评估计算与分析

7.4.1 城市轨道交通结构、外部作业及周围其他建(构)筑物施工的相互关系不同对城市轨道交通结构的影响也不同,安全保护评估过程中,应充分考量城市轨道交通结构周边项目叠加影响,计算外部作业实施全过程引起的城市轨道交通结构各类指标的变化情况,分析相关指标变化趋势及成因,判定外部作业对城市轨道交通结构的影响是否可控。

7.4.2 外部作业传递到城市轨道交通结构上的荷载,主要分为下列几种类型:

- 1 建筑工程主要有基础竖向力,风荷载、地震作用引起的水平力,场平填方附加竖向力等;

2 桥梁工程主要有基础竖向力、施工过程中的临时荷载等；

3 基坑工程主要有开挖引起的地层应力变化、支护结构传递的水平力、竖向力等；

4 道路工程主要有边坡开挖引起的地层应力变化、道路路基填方附加竖向力、地基处理引起的城市轨道交通结构附加力等。

7.4.6 计算模型应包括评估范围内的主要地层、外部作业工程、城市轨道交通结构、影响范围内重要的既有建(构)筑物、既有管线等对象,并能够反映各对象的结构尺寸及空间位置关系。城市轨道交通结构为隧道时,模型范围应包含隧道周边不小于 3 倍隧道洞跨范围;轨道交通结构为桥梁时,模型范围应包含基础周边不小于 7 倍基础宽度范围(桩基础取承台宽度),且不小于 20m;城市轨道交通结构为明挖地下结构时,模型范围应包含基坑周边不小于 3 倍基坑深度范围。

7.4.7 若城市轨道交通结构处于边坡或基坑的潜在滑塌区,边坡或基坑的稳定性将直接危及城市轨道交通结构安全,此时安全保护评估需对边坡或基坑的稳定性进行验算,以保障城市轨道交通结构安全。

8 安全保护施工

8.1 一般规定

8.1.2 危险源辨识方法可采用现场交谈询问、经验判断、查阅事故案例、工作任务和工艺过程分析、安全检查表法等方法。

8.1.5 城市轨道交通地下结构上方堆载附加荷载应通过有限元模拟或弹性地基反力法计算验证,且不得超过 20kPa。当超过 20kPa 时应参照附录 C 中表 C.0.2-8 中施工起重、吊装设备项目评估其对城市轨道交通结构影响,开展相应动态监测。

8.1.11 外部作业单位根据现场的地质情况和监测数据,对地质结论、设计参数进行验证,对施工安全性进行判断,及时优化施工方案。

8.2 基坑工程

8.2.1 施工机具与高架结构的净距小于 3m 时,应编制专项保护措施。

8.4 地下管线工程

8.4.1 地下管线明挖施工时,应参照外部基坑工程的要求进行施工和监测;地下管线暗挖施工时,应参照外部隧道工程的要求进行施工和监测。

8.4.3 运营及在建城市轨道交通结构 0.5 倍洞径范围内的顶管施工,严禁采用挤土型工艺,且应符合《给水排水工程顶管技术规范》CECS 246 中非挤土工艺要求的规定。

8.4.4 拉管工程施工前应查明场地内的地下建(构)筑物情况,避免破坏既有建(构)筑物,进而影响城市轨道交通结构安全。

9 轨道交通结构监测

9.1 一般规定

9.1.2 城市轨道交通高架墩柱、路基段、出入口、站厅结构易受作业场地、作业高度、装饰设施、防护设施等因素影响,导致现场条件受限,局部或整个区域无法安装自动化监测设备,此时可根据现场条件,选择采用人工或部分自动化方式进行监测。

远程自动化监测成果如出现下列情况必须进行人工校核:

- 1 如出现监测数据异常,连续 3 次超预警值;
- 2 监测数据的变化情况与现场巡视检查情况表现不一致;
- 3 监测时间超过 1 年或评审有其他需求等情况。

9.5 测点布设

9.5.4 大跨度隧道是指洞身开挖宽度 $\geq 18\text{m}$ 的隧道。

9.5.6 此处的出入口监测指对出入口出露地表的部分进行监测。

9.6 监测方法

9.6.3 对矿山法隧道收敛监测时,每个断面应布设位于距离道床约 1m 高度处的两个标志点作为基准点,且标志点连线应与轨道走向垂直。以标志点连线为基准线,提取固定距离处的断面水平距离值作为水平净空收敛值,拱顶至参考基准线的法线长度作为竖向净空收敛值。对盾构法隧道收敛监测时,提取通过圆心的水平距离作为水平净空收敛值,拱顶通过圆心至轨面连线的竖向

距离值作为竖向净空收敛值。

9.6.12 设置独立的人工监测点,可以在远程自动化监测设备故障时能采用人工监测手段复核,保障监测数据准确、连续,必要时也可作为检验远程自动化监测数据的依据。

9.7 监测频率

9.7.1 关键工序一般指外部作业荷载大幅增加或减小,从而易导致轨道交通结构变形、受力朝向不利于结构安全方向发展的主要工况,如基坑、桩体开挖阶段、明挖或浅埋轨道交通结构高填方施工阶段等;一般工序是指除关键工序以外的工况。关键工序阶段监测时间间隔设置宜相对均匀。

监测值达到稳定状态可由变化量与时间关系曲线判定。在运营期,当最近 100d 的变形速率 $\leq 0.04\text{mm/d}$ 时,可认为变形处于相对稳定状态,可适当降低监测频率(监测频率降低为 1 次/7~15d),但不得遗漏关键工序阶段的监测频率。城市轨道交通安全保护专项设计文件对监测频率有特殊要求时,应按文件要求频率进行监测。

外部作业停工期间,且监测值相对稳定时可适当调整监测频率;停工时间不超过 1 年的,按照 1 次/3~6 个月进行监测;超过 1 年的,按照 1 次/半年进行监测;当遭遇地震、暴雨等其他特殊工况时宜加密监测。

9.7.4 轨道交通结构位于深回填区域的,延续监测时间应适当增加。

9.9 数据处理及信息反馈

9.9.4 技术成果提供的内容应真实、准确、完整,并宜用文字阐述与绘制变化曲线或图形相结合的形式表达。

重庆工程建设