

中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 158 号

住房城乡建设部关于发布行业标准 《城市轨道交通结构安全保护 技术规范》的公告

现批准《城市轨道交通结构安全保护技术规范》为行业标准，编号为 CJJ/T 202-2013，自 2014 年 3 月 1 日起实施。

本规范由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部
2013 年 9 月 25 日

中华人民共和国行业标准 城市轨道交通结构安全保护技术规范

Technical code for protection structures of urban rail transit

CJJ/T 202-2013

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

廊坊市海涛印刷有限公司印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：1 $\frac{1}{8}$ 字数：48 千字

2014 年 3 月第一版 2014 年 3 月第一次印刷

定价：10.00 元

统一书号：15112·23819

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：<http://www.cabp.com.cn>

网上书店：<http://www.china-building.com.cn>

前 言

根据原建设部《关于印发〈2007年工程建设标准规范制订、修订计划（第一批）〉的通知》（建标〔2007〕125号文）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规范。

本规范的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 控制保护要求；5. 地下水作业；6. 爆破作业；7. 监测。

本规范由住房和城乡建设部负责管理，由广州地铁设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中，如有意见和建议请寄送广州地铁设计研究院有限公司（地址：广州市环市西路204号；邮政编码：510010）。

本规范主编单位：广州地铁设计研究院有限公司

本规范参编单位：广州市地下铁道总公司

华南理工大学

北京城建设计研究总院有限责任公司

上海市隧道工程轨道交通设计研究院

广东宏大爆破股份有限公司

广州亚奥建设工程咨询有限公司

同济大学

本规范主要起草人员：史海欧 胡国新 刘庭金 陈玉清

贾永刚 罗文静 曹伟飏 邢光武

张笑星 任孝思 兰 闯 刘应山

夏志球 周子乐 范安登 冯国健

王 勇 成 俊 余晓琳 杨秀仁

杨志豪 郑炳旭 王伟亮

本规范主要审查人员：刘卡丁 金 淮 陈 斌 全学让

徐一平 马文义 郑习羽 张伯林

吴 旭 康 佐 廖建三 林本海

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 安全控制	4
3.3 安全评估	6
4 控制保护要求	8
4.1 一般规定	8
4.2 地下结构	8
4.3 地面结构和高架结构	9
5 地下水作业	11
5.1 一般规定	11
5.2 控制保护要求	11
6 爆破作业	13
6.1 一般规定	13
6.2 控制保护要求	13
7 监测	15
7.1 一般规定	15
7.2 监测项目	15
7.3 监测频率	18
7.4 监测预警	18
附录 A 接近程度和外部作业的工程影响分区	20
附录 B 城市轨道交通结构安全控制指标值	24
本规范用词说明	25
引用标准名录	26
附：条文说明	27

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Basic Requirement	4
3.1	General Requirement	4
3.2	Safety Control	4
3.3	Safety Assessment	6
4	Control and Protection Requirements	8
4.1	General Requirement	8
4.2	Underground Structure	8
4.3	Ground Structure and Elevated Structure	9
5	Groundwater Operation	11
5.1	General Requirement	11
5.2	Control and Protection Requirement	11
6	Blasting Operation	13
6.1	General Requirement	13
6.2	Control and Protection Requirement	13
7	Monitoring	15
7.1	General Requirement	15
7.2	Monitoring Items	15
7.3	Frequency of Monitoring	18
7.4	Monitoring and Early Warning	18
Appendix A	Proximity and Influential Partition	20
Appendix B	Control Value for Structural Safety of Urban Rail Transit	24
	Explanation of Wording in This Code	25
	List of Quoted Standards	26
	Addition: Explanation of Provisions	27

1 总 则

1.0.1 为保护城市轨道交通的结构，避免或降低外部作业对其造成不利影响，确保结构正常使用，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于已建成和正在修建的城市轨道交通结构的安全保护。

1.0.3 城市轨道交通结构的安全保护除应符合本规范外，尚应符合国家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公共客运交通系统,包括地铁、轻轨、单轨、有轨电车、磁浮、自动导向轨道、市域快速轨道系统。

2.0.2 控制保护区 control and protection area

为保护城市轨道交通结构的正常使用和安全,在其结构及周边的特定范围内设置的控制和保护区域。

2.0.3 外部作业 exterior action

在城市轨道交通结构周边进行的可能对其产生影响的作业。

2.0.4 安全控制标准 standard for safety control

根据城市轨道交通结构的安全现状及其保护要求,针对外部作业的特点,为保护结构而制定的控制标准。

2.0.5 影响等级 influence class

外部作业对城市轨道交通结构安全影响程度的分级。

2.0.6 结构安全控制指标 control index for structural safety

根据城市轨道交通结构的安全现状及其保护要求,针对外部作业时结构的响应特征,为安全保护结构而选用的控制指标。

2.0.7 净距控制管理值 management value for net distance control

根据外部作业和城市轨道交通结构的特点,为安全保护结构,规定外部作业与城市轨道交通结构外边线之间的最小净距离。

2.0.8 地下水作业 operation of groundwater

直接或间接诱发城市轨道交通结构周边水位变化或水质变化的外部作业,包括地表水的抽排、引导以及地下工程中的排水、降水、截水或回灌水作业等。

2.0.9 控制爆破 control blasting

通过严格控制爆破能量和爆破规模,准确控制起爆时间和延期时间等措施,确保不对城市轨道交通结构产生安全影响的爆破。

2.0.10 静态破碎 static cracking

利用无声破碎剂产生的体积膨胀力对介质做功,实现介质的静态破碎作业。

2.0.11 实时监测 real-time monitoring

对监测对象实施连续测量并即时反馈测量成果。

2.0.12 监测预警等级 alarming class on monitoring

根据监测值与其相应的结构安全控制指标值的比值,对城市轨道交通结构实行监测预警管理的分级。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 在城市轨道交通结构周边进行外部作业时，应制定安全可靠的作业方案和保护措施，外部作业不得影响城市轨道交通结构的正常使用功能、承载能力、耐久性和其他特殊功能。

3.1.2 城市轨道交通沿线应设置控制保护区，设置范围应符合下列规定：

- 1 地下车站与隧道结构外边线外侧 50m 内；
- 2 地面和高架车站以及线路轨道结构外边线外侧 30m 内；
- 3 出入口、通风亭、变电站等附属建、构筑物结构外边线外侧 10m 内；
- 4 过江隧道结构外边线 100m 内。

3.1.3 当城市轨道交通控制保护区遇特殊的工程地质或特殊的外部作业时，应适当扩大控制保护区范围。

3.1.4 当城市轨道交通线网中相交、平行、邻近的城市轨道交通工程不同期建设时，先期建设工程应充分考虑后建工程的影响，后建工程对既有结构的安全保护应按本规范的相关规定执行。

3.1.5 外部作业实施前，应结合城市轨道交通结构的安全保护要求，确定外部作业影响等级。

3.1.6 结构安全控制指标应结合外部作业对城市轨道交通结构的主要响应特征及其安全保护要求合理选用。

3.2 安全控制

3.2.1 安全控制应包括：外部作业影响等级、外部作业净距控制管理指标、结构安全控制指标。

3.2.2 外部作业影响等级应按表 3.2.2 进行划分，其中接近程

度和外部作业的工程影响分区宜按本规范附录 A 确定。

表 3.2.2 外部作业影响等级的划分

外部作业 的工程影响分区	接近程度			
	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

注：1 本表适用于围岩级别为Ⅳ～Ⅵ的情况；围岩级别为Ⅰ～Ⅲ的情况，表中的影响等级可降低一级；围岩级别为Ⅵ的软土地区，表中的影响等级应提高一级，特级时不再提高。

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。

3.2.3 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。

3.2.4 外部作业净距控制管理值应符合表 3.2.4 的规定。

表 3.2.4 外部作业净距控制管理值 (m)

外部作业	城市轨道交通结构类型		
	地下结构	地面结构	高架结构
工程桩 *	≥3.0	≥3.0	≥3.0
围护桩、地下连续墙 *	≥5.0	≥5.0	≥5.0
钻探孔 *	≥3.0	≥3.0	≥3.0
锚杆、锚索、土钉 (末端)	≥6.0	≥6.0	≥6.0
起重、吊装设备	—	≥6.0	≥6.0
搭建棚架及宣传标志	—	≥6.0	≥6.0
存放易燃物料	—	≥6.0	≥6.0
冲孔、震冲、挤土 *	≥20.0	≥6.0	≥6.0
浅孔爆破 *	≥15.0	≥15.0	≥15.0
深孔爆破 *	≥50.0	≥50.0	≥50.0

注：1 * 指外部作业与城市轨道交通结构外边线之间的水平投影净距；

2 当围岩级别为Ⅰ～Ⅲ时，表中的净距控制管理值宜结合当地的工程经验进行适当调整。

3.2.5 石油、天然气等易燃易爆物的净距控制管理值应按现行国家标准《石油天然气工程设计防火规范》GB 50183 的要求确定。

3.2.6 穿越江河的城市轨道交通地下结构，净距控制管理值应根据实际情况进行确定，且不宜小于本规范表 3.2.4 中相应数值的 3 倍。

3.2.7 当外部作业为基坑工程、矿山法工程、顶管工程和盾构工程时，应根据外部作业影响等级和结构安全控制指标确定城市轨道交通结构的安全控制标准。

3.2.8 结构安全控制指标应包括：位移、变形、差异沉降、结构裂缝、相对收敛、变形曲率半径、管片接缝张开量、渗漏、附加荷载、振动速度、轨道横向高差、轨向高差、轨间距、道床脱空量等。结构安全控制指标值应符合本规范附录 B 的规定。

3.3 安全评估

3.3.1 当外部作业影响等级为特级、一级时，应对城市轨道交通结构进行安全评估；当外部作业影响等级为二级时，宜进行安全评估。

3.3.2 安全评估应包括城市轨道交通结构的现状评估和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。

3.3.3 城市轨道交通结构的现状评估应在外部作业实施前，通过现状调查、检测、测量和计算分析等手段，评估当前城市轨道交通结构的安全状态及持续抗变形能力和承载能力，并应确定相应的结构安全控制指标值。

3.3.4 外部作业影响预评估应在外部作业实施前，采用理论分析、模型试验、数值模拟等方法，预测外部作业对城市轨道交通结构的不利影响，并应结合城市轨道交通结构现状评估确定的结构安全控制指标值，评估外部作业方案的可行性。

3.3.5 城市轨道交通结构的计算分析宜采用荷载-结构模型、地层-结构模型进行，并应根据现行国家标准《混凝土结构设计规

范》GB 50010 进行验算。

3.3.6 外部作业施工过程评估应在外部作业实施过程中，结合城市轨道交通结构的监测数据和施工前评估的预测值，及时评估结构当前的安全控制指标。

3.3.7 外部作业影响后评估应在外部作业完成后，根据对城市轨道交通结构造成的影响程度，再次评估城市轨道交通的结构安全控制指标。

4 控制保护要求

4.1 一般规定

- 4.1.1 外部工程勘察、设计及施工对城市轨道交通产生影响时，其作业应满足城市轨道交通结构的安全控制标准。
- 4.1.2 当外部作业影响等级为特级、一级时，应根据城市轨道交通结构的安全评估成果制定相应的安全应急预案。
- 4.1.3 地下水作业、爆破作业不得影响城市轨道交通结构的安全和正常使用，爆破作业不得危及人员安全。
- 4.1.4 城市轨道交通结构的监测应能准确及时反映结构的实际状态及外部作业对结构安全的动态影响。
- 4.1.5 外部作业应保障作业安全，避免发生险情。当出现险情时，应优先确保城市轨道交通结构的安全。
- 4.1.6 城市轨道交通结构控制保护区内的结构拆除应采用冲击、振动较小的作业方案。
- 4.1.7 城市轨道交通结构控制保护区内时空相近的多项外部作业应综合考虑其对城市轨道交通结构产生的叠加效应。

4.2 地下结构

- 4.2.1 在城市轨道交通地下结构控制保护区内进行加载或卸载作业时，应验算对结构的安全影响，并应满足相应的结构安全控制指标值。
- 4.2.2 当外部作业采用钻孔、抓孔、冲孔和人工挖孔等工法时，应采取避免发生土体坍塌事故，并应控制城市轨道交通地下结构周边地层的水位变化幅度。
- 4.2.3 对注浆、旋喷等有压力的外部作业，实施前应制定安全可靠的作业方案，作用于城市轨道交通地下结构外壁上的附加荷

载不应大于 20kPa。

4.2.4 城市轨道交通地下结构控制保护区内修建平行或下穿隧道，应按本规范附录 A 进行判定。当判定为非常接近或接近时，应采用安全可靠的隧道施工方案，细化施工控制参数，制定安全保护控制措施。

4.2.5 对位于城市轨道交通地下结构正上方的基坑工程，应控制地下结构上方的覆土厚度，覆土厚度应通过安全评估确定。

4.2.6 对位于城市轨道交通隧道结构侧方的基坑工程，当外部作业影响等级为特级、一级和有特殊要求时，应符合下列规定：

- 1 基坑应采用整体刚度较大的支护结构体系。
- 2 基坑的拆撑、换撑应采取安全可靠的作业方案。
- 3 基坑围护结构与其地下室结构侧墙之间的空隙，宜采用素混凝土回填密实，不得采用杂填土、建筑垃圾等性质较差或不稳定的材料。

4.2.7 城市轨道交通结构控制保护区内的冻结法作业，应采取措施降低地层冻胀、融沉对结构产生的不利影响。

4.2.8 船只的抛锚、拖锚作业净距控制管理值应大于 100m，航道的清淤疏浚作业应保证城市轨道交通结构上方覆土不小于设计厚度。

4.3 地面结构和高架结构

4.3.1 外部作业应防止火灾、积水、车辆或其他物体坠入、碰撞等事件危及城市轨道交通结构安全。

4.3.2 下穿城市轨道交通地面结构的外部作业，实施前应评估其对地面结构的安全影响，实施过程应进行实时监测。

4.3.3 上跨城市轨道交通地面结构和高架结构的外部作业部位，与轨道的净空必须满足轨道交通行车安全的要求，并应设置安全防护措施。

4.3.4 当外部作业紧邻城市轨道交通高架结构基础时，实施前应评估其对高架结构基础的安全影响。

4.3.5 当城市轨道交通结构邻近高边坡、高挡墙时，外部作业应保证高边坡、高挡墙及其基础的安全。

4.3.6 城市轨道交通结构上方进行跨线架空作业应满足本规范第 3.2.4 条和现行国家标准《66kV 及以下架空电力线路设计规范》GB 50061、《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》GB 50545 的有关规定。

4.3.7 与城市轨道交通结构交叉的市政道路应设置限高标志和防护、防撞设施。

5 地下水作业

5.1 一般规定

5.1.1 城市轨道交通控制保护区内的地下水作业，应采取措施避免既有结构周边地层发生流砂、管涌等渗流破坏。

5.1.2 地下水作业前应预测水位变化对城市轨道交通结构的变形和沉降影响。

5.1.3 地下水作业应采用合适的排水、降水、截水或回灌等地下水控制技术。

5.1.4 地下水作业过程应控制城市轨道交通结构周边地层的水位变化幅度。

5.1.5 城市轨道交通控制保护区内的地下水作业，应监测城市轨道交通结构周边地层的水位变化。

5.1.6 对影响等级为特级、一级的外部作业，其地下水作业空间宜形成封闭的截水系统。

5.1.7 强透水地层的地下水作业，当不能形成封闭截水系统时，应按本规范第 3.3 节的规定，评估地下水作业对城市轨道交通结构的安全影响。

5.2 控制保护要求

5.2.1 城市轨道交通结构外部的地下水作业，应监测地下水位变化诱发城市轨道交通结构发生过的沉降量、差异沉降、水平位移。

5.2.2 当城市轨道交通结构位于欠固结地层时，地下水作业不应大面积降水。

5.2.3 在强透水性的地层进行地下水作业，当采用落底式竖向截水帷幕难以形成有效的封闭截水系统时，可采用悬挂式竖向截

水帷幕与水平封底隔渗相结合的地下水控制措施。

5.2.4 当城市轨道交通地下结构下方地层存在承压水时，应验算外部作业基坑开挖土方过程中基坑突涌稳定性和地下结构的抗浮安全系数，必要时可采用钻孔降水减压措施或水平封底隔渗措施。

5.2.5 当外部作业影响城市轨道交通地下结构周围的水位变化时，应验算作用于地下结构上的水土压力，并应验算地下结构的安全。

5.2.6 岩溶、土洞较发育地区的地下水作业，应避免降水诱发地层塌陷对城市轨道交通结构的使用及安全状态造成不利影响。

6 爆破作业

6.1 一般规定

6.1.1 城市轨道交通控制保护区内应采取控制爆破作业，不得进行硐室爆破、深孔爆破等药量较大的爆破作业。

6.1.2 城市轨道交通控制保护区内的爆破作业应进行爆破安全评估和爆破设计审查。

6.1.3 城市轨道交通控制保护区内的爆破作业应满足本规范第3.2.4条和现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722的规定。

6.2 控制保护要求

6.2.1 应对爆破作业影响范围内的城市轨道交通工程进行安全评估。

6.2.2 城市轨道交通控制保护区内的爆破作业前，应制定技术方案、安全措施、安全应急预案和爆破安全监控方案。

6.2.3 城市轨道交通结构的爆破安全监控应包括局部监测和宏观调查。

6.2.4 局部监测应包括对城市轨道交通结构的爆破震动监测和结构薄弱部位的应变监测。

6.2.5 宏观调查应包括对城市轨道交通结构的摄像、摄影和对既有裂缝、新生裂缝的观测记录。

6.2.6 城市轨道交通结构的安全允许振速应为2.5cm/s，对安装有精密设备的结构应满足精密设备的安全允许振速。

6.2.7 城市轨道交通控制保护区内的爆破作业应做好包括爆破作业点、爆破规模、爆破参数、爆破效果及爆破有害效应等的作业记录。

6.2.8 城市轨道交通控制保护区内的爆破作业前，应进行试爆

作业和爆破震动监测，并应根据试爆效果及监测信息优化爆破作业。

6.2.9 经爆破评估或试爆作业发现爆破有害效应超过本规范第6.2.6条规定的安全允许振速时，应优化爆破技术措施，降低爆破有害效应至安全允许振速。

6.2.10 对采取优化爆破措施后，爆破有害效应仍不能满足城市轨道交通结构的安全允许振速时，应采用静态破碎法或其他作业方法。

6.2.11 城市轨道交通控制保护区内的爆破作业前，应采取安全防护措施，设立安全区，并应进行安全警戒工作。

6.2.12 城市轨道交通控制保护区内的水下爆破作业方案，应通过爆破测试和专家论证后确定。

6.2.13 城市轨道交通控制保护区内的爆破作业，不应在城市轨道交通的运营高峰期进行。

7 监测

7.1 一般规定

7.1.1 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；根据监测数据，结合结构安全控制指标值，应对外部作业实行过程监控。

7.1.2 城市轨道交通结构的监测工作，不得影响城市轨道交通的正常运营。

7.1.3 城市轨道交通结构的监测方法，应采用仪器监测与巡视检查相结合的方法。

7.1.4 城市轨道交通结构的监测方案，应依据结构受外部作业的影响特征、结构安全保护要求及外部作业实施前所开展的安全评估成果编制。

7.1.5 监测方案中的监测布点和频率，应根据外部作业影响等级确定。

7.1.6 城市轨道交通结构的水平位移、竖向位移测量应分别符合现行国家一级、二级变形测量技术规范的规定，其他监测项目应符合国家现行标准《工程测量规范》GB 50026、《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308 和《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

7.2 监测项目

7.2.1 监测项目应能及时反映外部作业对城市轨道交通结构安全影响的重要变化，并应根据表 7.2.1 进行选择。

7.2.2 当外部作业需进行爆破时，应监测城市轨道交通结构的振动速度。

表 7.2.1 监测项目

序号	监测项目	外部作业影响等级				监测对象
		特级	一级	二级	三级	
1	竖向位移	应测	应测	应测	宜测	内部
2	水平位移	应测	应测	应测	宜测	
3	相对收敛	应测	宜测	宜测	可测	
4	变形缝张开量、裂缝	应测	应测	宜测	可测	
5	隧道断面尺寸	应测	宜测	可测	可测	
6	道床与轨道变位	应测	宜测	可测	可测	
7	地下水水位	应测	应测	应测	宜测	外部
8	围护结构顶部水平位移	应测	应测	应测	宜测	
9	围护结构顶部竖向位移	应测	应测	应测	宜测	
10	岩、土体深层水平位移	应测	应测	应测	宜测	

注：“内部”指城市轨道交通结构监测对象，“外部”指外部作业影响区域除城市轨道交通结构外的监测对象。

7.2.3 监测点布置位置应在监测对象变形和内力的关键特征点上，监测点的布置要求及监测仪器的要求应符合表 7.2.3 的规定。地下结构曲线段监测断面的间距应加密布置。

表 7.2.3 监测点布置和监测仪器要求

序号	监测项目	监测点布置位置	监测点布置间距	监测仪器	仪器精度
1	竖向位移	地下结构底板、拱顶、侧墙；地面及高架结构底层柱、桥面、桥墩	按 3m~20m 一个断面	水准仪、静力水准仪、全站仪	水准仪：0.3mm/km；全站仪：1″，1mm+2ppm
2	水平位移	地下结构底板、拱顶、侧墙；地面及高架结构桥面、结构顶部、桥墩	按 3m~20m 一个断面	全站仪	1″，1mm+2ppm
3	相对收敛	地下结构每监测断面布置不少于两条测线	按 3m~20m 一个断面	全站仪、收敛计	全站仪：1″，1mm+2ppm；收敛计：0.1mm

续表 7.2.3

序号	监测项目	监测点布置位置	监测点布置间距	监测仪器	仪器精度
4	变形缝张开量、裂缝	结构裂缝位置、结构变形缝两侧	缝的两侧均匀布置	裂缝计、游标卡尺、全站仪	裂缝计、游标卡尺：0.1mm；全站仪：1″，1mm+2ppm
5	隧道断面尺寸	城市轨道交通地下结构	按变形断面或在重点位置布设	全站仪	1″，1mm+2ppm
6	道床与轨道变位	道床的纵、横断面上，两条轨道上	按 3m~20m 一个断面	水准仪、静力水准仪、全站仪、道尺	水准仪：0.3mm/km；全站仪：1″，1mm+2ppm；道尺：≤±0.3mm
7	地下水水位	外部作业空间与城市轨道交通结构之间	孔间距 15m~25m	水位计	10.0mm
8	围护结构顶部水平位移	外部作业的围护结构	按基坑监测要求布置	全站仪	1″，1mm+2ppm
9	围护结构顶部竖向位移	外部作业的围护结构	按基坑监测要求布置	水准仪、全站仪	水准仪：0.3mm/km；全站仪：1″，1mm+2ppm
10	岩、土体深层水平位移	在临近地下结构的支护结构和土体位置	按变形断面或在重点位置布设	测斜仪	0.5mm/m
11	爆破震动速度	结构薄弱部位、靠近爆破位置	结构薄弱部位，或结构与爆破点之间	速度传感器	1.0%F.S

注：监测点和监测断面的布置，应根据外部作业影响等级和城市轨道交通结构的响应特征综合确定。

7.2.4 监测的技术标准、测量精度应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 中变形监测的规定。

7.2.5 变形监测网基准点、工作基点的布设，应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的相应规定。

7.3 监测频率

7.3.1 城市轨道交通结构的监测频率，应能系统反映监测对象所测项目的重要变化过程及其变化时刻。当监测数据接近城市轨道交通结构安全控制指标值的预警值时，应提高监测频率；当发现城市轨道交通结构有异常情况或外部作业有危险事故征兆时，应采用不间断实时监测。

7.3.2 城市轨道交通结构的监测周期，应从测定监测项目初始值开始，至外部作业完成且监测数据趋于稳定后结束。

7.3.3 监测项目的初始值应在外部作业实施前测定，应取至少连续测量 3 次的稳定值的平均数作为初始值。

7.4 监测预警

7.4.1 监测预警等级划分及应对管理措施应符合表 7.4.1 的规定。

表 7.4.1 监测预警等级划分及应对管理措施

监测预警等级	监测比值 G	应对管理措施
A	$G < 0.6$	可正常进行外部作业
B	$0.6 \leq G < 0.8$	监测报警，并采取加密监测点或提高监测频率等措施加强对城市轨道交通结构的监测
C	$0.8 \leq G < 1.0$	应暂停外部作业，进行过程安全评估工作，各方共同制定相应安全保护措施，并经组织审查后，开展后续工作
D	$1.0 \leq G$	启动安全应急预案

注：监测比值 G 为监测项目实测值与结构安全控制指标值的比值。

7.4.2 监测预警等级的划分，应结合城市轨道交通结构监测数据的变化速率值，当每天的变化速率值连续 3 天超过 2mm 时，监测预警等级应评定为 C 级。

7.4.3 城市轨道交通结构的监测信息应及时反馈给相关单位。

附录 A 接近程度和外部作业的工程影响分区

A.0.1 接近程度应根据城市轨道交通结构的施工方法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宜按表 A.0.1 确定。

表 A.0.1 接近程度的判定标准

城市轨道交通结构的施工方法	相对净距	接近程度
明挖、盖挖法	$<0.5H$	非常接近
	$0.5H\sim1.0H$	接近
	$1.0H\sim2.0H$	较接近
	$>2.0H$	不接近
矿山法	$<1.0W$	非常接近
	$1.0W\sim1.5W$	接近
	$1.5W\sim2.5W$	较接近
	$>2.5W$	不接近
盾构法或顶管法	$<1.0D$	非常接近
	$1.0D\sim2.0D$	接近
	$2.0D\sim3.0D$	较接近
	$>3.0D$	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 为矿山法城市轨道交通结构的隧道毛洞跨度； D 为盾构法或顶管法城市轨道交通结构的隧道外径，圆形顶管结构的外径或矩形顶管结构的长边宽度；
2 相对净距指外部作业的结构外边线与城市轨道交通结构外边线的最小净距离；
3 外部作业采用爆破法实施时，应根据相关工程经验和爆破专项安全评估成果进行适当调整。

A.0.2 外部作业的工程影响分区宜根据外部作业的施作方法确定，并应符合下列规定：

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

表 A.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	区域范围
强烈影响区 (A)	结构正上方及外侧 $0.7h_1$ 范围内
显著影响区 (B)	结构外侧 $0.7h_1\sim1.0h_1$ 范围
一般影响区 (C)	结构外侧 $1.0h_1\sim2.0h_1$ 范围

注： h_1 为明挖、盖挖法外部作业结构底板的埋深。

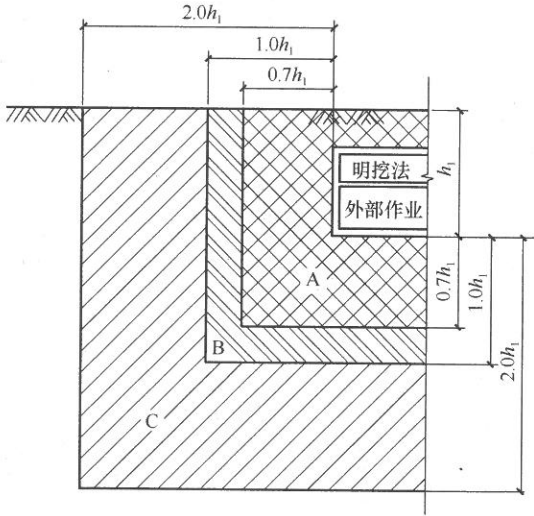


图 A.0.2-1 明挖法外部作业的工程影响分区

2 浅埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区（图 A.0.2-2）宜按表 A.0.2-2 确定。

表 A.0.2-2 浅埋矿山法和盾构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 $0.7h_2 \sim 1.0h_2$ 范围
一般影响区 (C)	隧道外侧 $1.0h_2 \sim 2.0h_2$ 范围

注: b_2 为矿山法和盾构法城市轨道交通隧道的毛洞跨度, h_2 为矿山法和盾构法外部作业隧道地板的埋深。

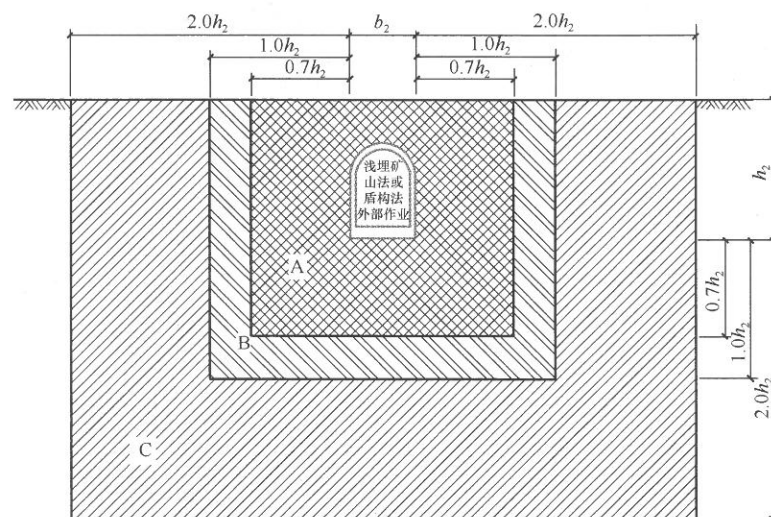


图 A.0.2-2 浅埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区

3 深埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区 (图 A.0.2-3) 宜按表 A.0.2-3 确定。

表 A.0.2-3 深埋矿山法和盾构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 $1.0b$ 范围内
显著影响区 (B)	隧道外侧 $1.0b \sim 2.0b$ 范围
一般影响区 (C)	隧道外侧 $2.0b \sim 3.0b$ 范围

注: b 为矿山法和盾构法城市轨道交通隧道的毛洞跨度。

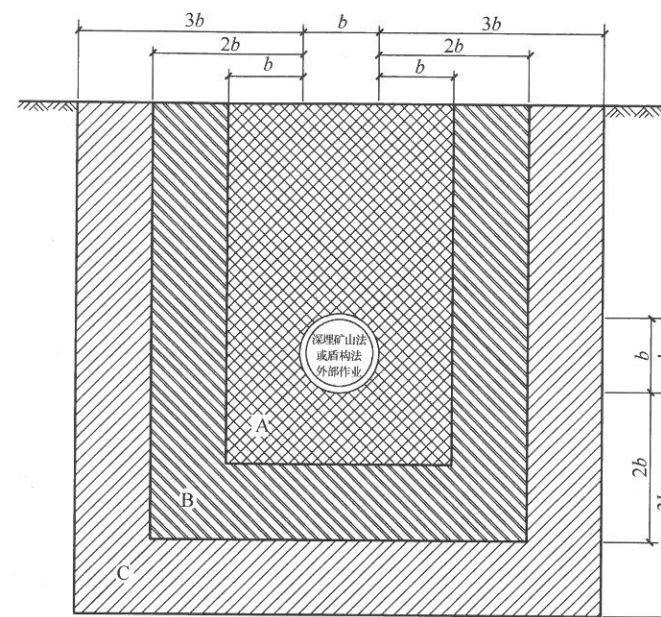


图 A.0.2-3 深埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区

附录 B 城市轨道交通结构安全控制指标值

B.0.1 城市轨道交通结构安全控制指标值应根据城市轨道交通的结构安全保护技术的要求及现行国家标准《地铁设计规范》GB 50157 确定。

B.0.2 城市轨道交通结构安全控制指标值应符合表 B.0.2 的要求。

表 B.0.2 城市轨道交通结构安全控制指标值

安全控制指标	预警值	控制值	安全控制指标	预警值	控制值
隧道水平位移	<10mm	<20mm	轨道横向高差	<2mm	<4mm
隧道竖向位移	<10mm	<20mm	轨向高差(矢度值)	<2mm	<4mm
隧道径向收敛	<10mm	<20mm	轨间距	>-2mm <+3mm	>-4mm <+6mm
隧道变形曲率半径	—	>15000m	道床脱空量	≤3mm	≤5mm
隧道变形相对曲率	—	<1/2500	振动速度	—	≤2.5cm/s
盾构管片 接缝张开量	<1mm	<2mm	结构裂缝宽度	迎水面 <0.1mm	迎水面 <0.2mm
隧道结构外壁 附加荷载	—	≤20kPa		背水面 <0.15mm	背水面 <0.3mm

注：指标值不包括测量、施工等的误差。

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，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、规范执行的，写法为“应按……执行”或“应符合……的规定”。

引用标准名录

- 1 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 2 《工程测量规范》GB 50026
- 3 《66kV 及以下架空电力线路设计规范》GB 50061
- 4 《地铁设计规范》GB 50157
- 5 《石油天然气工程设计防火规范》GB 50183
- 6 《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308
- 7 《110kV~750kV 架空输电线路设计规范》GB 50545
- 8 《爆破安全规程》GB 6722
- 9 《建筑变形测量规范》JGJ 8
- 10 《铁路隧道设计规范》TB 10003

中华人民共和国行业标准

城市轨道交通结构安全保护技术规范

CJJ/T 202 - 2013

条文说明

制 订 说 明

《城市轨道交通结构安全保护技术规范》CJJ/T 202-2013, 经住房和城乡建设部 2013 年 9 月 25 日以第 158 号公告批准、发布。

本规范制订过程中, 编制组进行了城市轨道交通结构安全保护技术的调查研究, 总结了我国各城市轨道交通结构的安全保护实践经验, 通过研究分析取得了安全保护技术标准、参数等。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定, 《城市轨道交通结构安全保护技术规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明, 对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是, 本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力, 仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1 总则	30
3 基本规定	32
3.1 一般规定	32
3.2 安全控制	34
3.3 安全评估	36
4 控制保护要求	40
4.1 一般规定	40
4.2 地下结构	41
4.3 地面结构和高架结构	43
5 地下水作业	44
5.1 一般规定	44
5.2 控制保护要求	45
6 爆破作业	46
6.1 一般规定	46
6.2 控制保护要求	46
7 监测	48
7.1 一般规定	48
7.2 监测项目	49
7.3 监测频率	50
7.4 监测预警	50

1 总 则

1.0.1 随着城市轨道交通的大规模建设和运营,以及城市轨道交通沿线的高强度物业开发,城市轨道交通结构的安全保护工作已日益突出。城市轨道交通是保证城市正常活动秩序的重要交通系统,因此,在城市轨道交通沿线的外部作业不得影响城市轨道交通结构的安全和正常使用。为此,需规范城市轨道交通沿线的外部作业,以确保城市轨道交通结构的安全和正常使用。

城市轨道交通结构包括车站、区间、车辆段、附属建(构)筑物等地下结构、地面结构和高架结构。此外,根据《城市轨道交通工程基本术语标准》GB/T 50833 的规定,保护对象尚应涉及轨道以及机电系统如排水系统、屏蔽门、通信信号系统等可能影响城市轨道交通安全和正常使用的内部设备设施。

对应于外部作业,内部作业一般在城市轨道交通的内部进行,在运营间隙对设备设施进行必要的维修和保养等。内部作业应按《地铁运营安全评价标准》GB/T 50438 地铁运营相关部门的规定执行。

1.0.2 由于城市轨道交通为大型建设工程,其建设周期较长,外部作业的实施尚应考虑为后续城市轨道交通的结构施作提供保障和方便,因此,结构包括已投入运营、建成但尚未投入运营和正在修建的城市轨道交通。对于已规划修建的城市轨道交通,也要提前考虑对其建设过程中的影响,对外部作业进行必要控制,以保障其顺利修建和安全运营。

其他类型的结构,如城际轨道交通等,因其保护与本规范的规定相近或相同,故相应部分也可参照执行。

1.0.3 本条明确了本规范与其他相关标准的关系。本规范与其

他有关标准的关系是:凡本规范有规定的,外部作业应按本规范执行;本规范未作规定的,应符合国家现行有关标准的规定,或参照其他的国家有关现行标准的规定执行。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 城市轨道交通作为城市的生命线工程,其安全关系国计民生,且由于其设计使用年限长,结构的维修和加固极为困难,故应严格控制 and 规范城市轨道交通结构周边的外部作业,严禁外部作业影响结构的正常使用功能、承载能力和耐久性。

另外,根据《中华人民共和国人民防空法》第十四条,城市地下交通干线以及其他地下工程的建设,应当兼顾人民防空需要。因此,考虑到城市轨道交通结构尚可兼有的其他特殊功能,本条还规定外部作业不得降低结构作为人防、防淹等工程使用时应具备的防护能力及防护标准。

3.1.2 为保证城市轨道交通结构的安全和正常使用,控制城市轨道交通沿线一定范围内的外部作业是较有效的措施。参考建设部自 2005 年 8 月 1 日起施行的《城市轨道交通运营管理办法》、广州市自 2008 年 1 月 1 日起施行的《广州市城市轨道交通管理条例》和《上海市轨道交通运营安全保护区暂行管理规定》(沪交法[2002]第 555 号发布,沪交法[2006]第 442 号修正)等,制定本条文。

国内城市轨道交通相关的一些管理规定:

《城市轨道交通运营管理办法》中要求:

“地下车站与隧道周边外侧 50m 内。地面和高架车站以及线路轨道外边线外侧 30m 内。出入口、通风亭、变电站等建筑物、构筑物外边线外侧 10m 内。”

《广州市城市轨道交通管理条例》中要求:

“地下车站与隧道结构外边线外侧 50m 内。地面和高架车站以及线路轨道结构外边线外侧 30m 内。出入口、通风亭、车辆

段、控制中心、变电站、集中供冷站等建(构)筑物结构外边线外侧 10m 内。城市轨道交通通过江隧道两侧各 100m 范围内。”

《上海市轨道交通运营安全管理办法》中要求:

“地下车站与隧道外边线外侧 50m 内。地面车站和高架车站以及线路轨道外边线外侧 30m 内。出入口、通风亭、变电站等建筑物、构筑物外边线外侧 10m 内。”

《香港地铁控制保护技术标准》中要求:

“一般覆盖至港铁公司网络(轻铁除外)的结构装置 30m 内的周边范围,而轻铁则为 2m 至 50m 内的周边范围。”

《北京市城市轨道交通运营安全管理办法》中要求:

“地下车站与隧道周边外侧 50m 以内。地面和高架车站以及线路轨道外边线外侧 30m 以内。出入口、通风亭、变电站等建筑物、构筑物外边线外侧 10m 以内。”

《佛山市城市规划管理技术规定(修订版)》中要求:

“地铁地下工程(车站、隧道等)结构边线、高架车站及高架线路工程结构的水平投影外侧 30m,以及地面车站及地面线路、车辆段、控制中心、变电站、集中冷站结构边线外侧 20m 范围内的区域。软土、砂土、溶洞、高含水率等地质条件特殊的地段,其范围可根据地质情况扩大。”

《青岛市轨道交通用地控制管理办法》中要求:

“地下车站和隧道结构外边线外侧 50m 内。地面和高架车站以及线路结构外边线外侧 30m 内。出入口、通风亭、变电站、冷却塔等建(构)筑物结构外边线外侧 10m 内。轨道交通通过海隧道两侧各 100m 内。”

3.1.3 对于特殊工程地质条件下的外部作业和特殊的外部作业,对结构造成较大影响的,应适当扩大城市轨道交通控制保护区。如岩溶土洞发育地区、强透水砂层地区、欠固结地域(河漫滩、新开发区)等特殊的工程地质条件,以上控制保护区外的地下水作业等也可能对结构造成较大的影响,因此,应根据监测结果和当地的工程经验适当扩大城市轨道交通控制保护区。

3.1.4 当城市轨道交通不同期建设时,后期城市轨道交通的修建对先期既有结构的不利影响,主要体现在换乘站施工、后期上跨或下穿、近距离平行施工等影响。先期修建的城市轨道交通工程,应针对后期城市轨道交通的修建可能产生的不利影响,提前采取相应的应对措施,以降低后期修建对先期结构的不利影响。针对城市轨道交通换乘站,应优先考虑同步设计和同步施工,以节省工程投资,降低先、后期车站的相互影响;若同步施工难以实施,也应优先考虑同步设计,以预留必要的接口,并提前做好必要的应对措施,以尽可能降低后期修建对先期既有结构的影响;若后期城市轨道交通车站尚未规划设计,则后期城市轨道交通的修建应按本规范的相关规定执行,以保证先期城市轨道交通结构的安全和正常使用。

3.1.5 应针对外部作业的影响特点,结合城市轨道交通结构的安全保护要求,根据本规范 3.2 安全控制的有关规定,对外部作业进行影响等级分级。

3.2 安全控制

3.2.1 安全控制标准是判定外部作业是否影响城市轨道交通结构安全的标准,包括三个方面:外部作业影响等级、外部作业净距控制管理指标、结构安全控制指标。对结构影响较大的基坑工程、矿山法工程、顶管法工程和盾构法工程,应结合外部作业影响等级和结构安全控制指标联合进行控制监管;除上述作业外的其他外部作业,应结合外部作业净距控制管理指标和结构安全控制指标进行联合控制监管。

3.2.2 外部作业影响等级主要与外部作业特点、城市轨道交通结构类型、外部作业与结构的空间关系、工程地质和水文地质条件等因素相关。

安全控制标准指标的选用,主要依据外部作业对结构影响的显著性差异,如外荷载变化,原设计边界条件差异等。针对显著性较大的采用外部作业影响等级,针对不显著的则采用外部作业

净距控制管理指标。外部作业对结构影响的显著性判定,主要依据理论分析,并通过工程概念加以判断,如在结构周边进行较大规模的加卸载等,可能对结构造成较大的影响。

外部作业特点包括作业的类型、作业采用的施工方法、施工工序等。城市轨道交通结构类型主要包括明挖现浇箱型钢筋混凝土结构、新奥法复合式支护隧道结构、盾构法管片隧道结构等,不同结构类型对外部作业扰动影响的响应有所不同。外部作业与结构的空间关系是确定外部作业影响等级的重要因素。具体的工程地质和水文地质条件也对影响等级的确定产生较大影响。

外部作业影响等级主要根据本规范附录 A 中的接近程度和工程影响分区进行划分,可分为特级、一级、二级、三级和四级,其中四级的外部作业对结构的影响不明显,基本可以忽略。

3.2.3 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情况等,如结构周边存在岩溶土洞、深厚砂层、欠固结地域(河漫滩、新开发区)、顺向发育的软弱结构面、软弱下卧层、遇水易软化崩解地层等,则应结合当地工程经验综合考虑,适当提高外部作业影响等级,且不宜低于一级。

3.2.8 结构安全控制指标的选择应遵循可操作性原则,应针对不同的结构类型特点和不同的外部作业特点等有所侧重选用。如高架结构应以控制沉降量和差异沉降量为主,地下结构应以控制位移、变形、裂缝、相对收敛、渗漏、附加荷载等为主。当外部作业采用爆破方案时,应特别关注城市轨道交通结构的振动速度。

结构安全控制指标值应综合城市轨道交通结构特点、结构安全现状、运营安全要求、外部作业特点等因素确定。不同类型的城市轨道交通结构,由于结构的功能要求不同,结构所处部位不同,且结构对外部作业的响应也有所不同,故其结构安全控制指标也应有所侧重。

本规范附录 B 给出的城市轨道交通结构常用的安全控制指标值,主要参考了国内一些城市和地区的城市轨道交通结构的保

护技术标准、规定以及《地铁设计规范》GB 50157、《铁路线路维修规则》等。城市轨道交通的结构安全控制指标值难以严格量化,主要原因有:

- 1 不同类型的结构,其安全控制要求不同;
- 2 结构周边地层对安全控制起至关重要的影响,而地层的差异性巨大;
- 3 城市轨道交通结构的现状即健康状态存在差异,其实际安全状态也不尽相同,如新建隧道与已投入运营经历多次扰动影响的隧道、施工时存在缺陷的结构与没有缺陷的结构、各时期各地城市轨道交通建设标准的差异等,现状的差异导致难以用统一的量化值进行安全评价。因此,需综合考虑各方面因素,才能合理确定具体的结构安全控制值。

对于在城市轨道交通周边的外部作业,因人为的测量、施工误差,可能对城市轨道交通结构造成不利影响,应尽量避免。

3.3 安全评估

3.3.1 除有特殊要求的三级、四级的外部作业之外,其他三级、四级的外部作业无须进行安全评估,但外部作业方案应按正常程序进行审查。

3.3.2 外部作业施工过程评估工作应结合具体的外部作业影响等级和实时监测数据的发展情况综合确定,其余三阶段的评估工作原则上都应开展。

3.3.3 外部作业实施前,对结构采取现状调查、检测、测量和结构验算等手段,目的就是掌握城市轨道交通结构的当前安全状态,评估结构的继续抗变形能力和承载能力,并确定相应的结构安全控制值,为后续的评估工作起到一定的指导作用。现状调查包括对施工质量缺陷的调查、现场结构裂缝、渗漏水调查等。

此项评估为外部作业实施前的前期鉴定,便于在外部作业实施后,对实际造成的影响进行责任认定,对造成严重后果的,根据我国 2011 年颁布的《中华人民共和国建筑法》有关规定,向

责任者要求赔偿。

3.3.4 外部作业影响预评估是在外部作业实施前,根据城市轨道交通结构的特点和所处的工程地质条件等,结合理论分析、模型试验、数值模拟等方法,预测外部作业对结构的安全影响,提出相应的结构安全控制指标的预测值,同时尚应结合结构的现状评估成果,评估外部作业方案的可行性,并提出保障结构安全的相应措施。当外部作业的预测值超过相应的结构安全控制值时,预评估的结论应为外部作业方案不可行,应调整外部作业方案,制定安全可靠的保护措施,并重新进行预评估,直至预评估的结论为外部作业方案可行。

进行理论上的预测分析,采用经验法主要是根据对过去类似工程实例的调查、分析进行影响预测。在采用时应注意:

- 1 外部作业的种类;
- 2 外部作业的工程规模;
- 3 外部作业的设计、施工情况;
- 4 场地地形、地质情况;
- 5 结构的健康程度;
- 6 安全监测的量测结果等。

解析法包括理论解析方法和数值解析方法,在不能参考类似工程实例进行影响预测时,可采用解析方法进行预测;理论解析方法主要是对均质地层的圆形隧道等简单工况的求解;数值解析方法则可以考虑复杂地层和隧道形状以及施工步骤等。现多数情况下一般采用数值解析方法。数值解析方法主要包括:

1 整体分析法:即将地基与结构物作为一整体,利用地基中有结构物的模型,对施工过程中的地层变位和结构物同步进行分析。

2 分离分析法:即将地基与结构物分开分析,首先对地基变形进行预测分析,将预测所得的地基变位作为建筑物的输入条件进行结构分析。又可细分为如下三种方法:

- 1) 将地基变位与建筑物的变形同等考虑的方法;

2) 将相当于地基变位的荷载施加于结构物的方法;

3) 将负载土压直接施加于结构物的方法。

其中方法 1) 适用于结构物会随地基变位而变化之类的刚度小的结构物和柔性结构物, 预计的地层变形的规模大、隧道的存在对地层动态没有影响时; 方法 2) 适用于刚度大、变形量会影响自身刚度与地基刚度的建筑物; 方法 3) 适用于预计隧道的刚性相当大, 隧道几乎不产生变形表现的情况。分析时, 一般采用将地基刚度表示为弹性弹簧的弹性地基梁模型。

采用数值解析方法进行预测时应注意以下几点:

- 1 解析方法的选择;
- 2 解析范围和边界条件;
- 3 输入参数;
- 4 衬砌健康状态;
- 5 解析结果的评价;
- 6 对策、安全监视的反馈。

经验方法和解析方法均存在不足或因结构的重要性和工程特点, 一般亦采用数值分析法和经验法相结合的方法来分析新建隧道施工对地铁的影响。

3.3.5 计算分析宜采取荷载—结构模型或地层—结构模型, 并根据结构建成年代, 根据现行《钢筋混凝土结构设计规范》GB 50010, 分别以裂缝控制、强度控制两种工况进行验算, 估算结构的安全度。对于较为重要的结构, 亦可考虑采用足尺或缩尺模型试验方法, 模拟实际状态下结构的受力和变形特征。

3.3.6 该条文与本规范的第 7.4.1 条文相对应, 外部作业施工过程评估的主要工作应以结构的监测数据为基础和依据。通过综合分析外部作业实施过程中结构的监测数据, 结合工前评估的预测值, 及时评估结构的当前安全状态, 并判断外部作业继续实施过程结构的安全性。必要时, 通过反演计算分析, 修正预评估的预测结果, 并预测评估外部作业实施过程结构的安全状态。当外部作业对结构造成的安全影响较大时, 如实测数据超过相应的结

构安全控制值的 80%, 应及时通过现状调查、检测, 结合监测数据通过结构验算等手段, 评估结构的当前安全状态, 并提出相应的处理意见和建议。

3.3.7 外部作业影响后评估是在外部作业完成后, 评估对城市轨道交通结构造成的安全影响。当判定外部作业对结构造成的安全影响较大但结构的变化尚未稳定时, 如实测数据已超过相应的结构安全控制值, 应及时通过现状调查、检测, 结合监测数据并通过结构验算等手段, 评估结构的当前安全状态, 并提出相应的处理意见和建议。待结构的变化稳定后, 应再次进行外部作业影响后评估, 并提出相应的处理意见和建议。

4 控制保护要求

4.1 一般规定

4.1.1 城市轨道交通控制保护区内的外部作业，在外部作业的工程勘察（钻探）、设计、施工阶段，均应充分考虑对结构造成的不利影响，以满足城市轨道交通结构的安全控制标准。

4.1.2 影响等级为特级、一级的外部作业，往往引起城市轨道交通结构的原设计荷载和边界条件等发生改变。考虑到各时期、各地城市轨道交通建设标准的差异，对于外部作业改变城市轨道交通结构周边地层、围岩的应力状态，或改变结构最初设计时所采用的边界条件等的情况，都应重新核算新情况下结构的安全性。若安全评估结果表明，外部作业不能满足结构的安全要求，则应采取相应的加固和控制措施，否则不得进行该外部作业。例如，广州地铁一号线修建的新奥法暗挖隧道，由于二衬结构未配筋，若在隧道周边进行基坑、桩基等外部作业，可能导致隧道结构的受力状态发生改变，导致隧道结构变形，故须重新核算隧道结构的安全性。对城市轨道交通结构影响较大的外部作业，应在作业前制定应急预案，以防一旦出现险情时可以及时采取应急措施，防止险情恶化，避免对结构造成无法修复的损害。

4.1.5 由于部分外部作业是临时工程，其安全系数相对较低，可能在外部作业过程发生作业安全，但考虑到保证城市轨道交通的安全要求，故应避免外部作业发生险情。即使外部作业出现险情时，也不得影响城市轨道交通结构的安全。譬如，城市轨道交通控制保护区内的基坑工程，由于属于临时工程，其设计使用年限一般较短，当超过其设计使用年限时，应重新评估基坑支护的可靠性，并采取相应的措施，以确保城市轨道交通结构的安全。

外部作业实施过程中出现的自身支护结构破坏、基础桩成孔

坍土、土体失稳或位移过大等情况，不得影响城市轨道交通结构的安全。对于外部作业自身可能出现的险情，如支护结构破坏、基础桩成孔坍土、土体失稳或变位过大等，外部作业的设计方案和施工过程须严格控制，不得违规操作，确保即使外部作业发生险情时，也应优先保护城市轨道交通结构的安全。

4.1.6 对于冲孔、静压、锤击、爆破等振动和挤土效应较大的工法，由于近距离作业对城市轨道交通结构的影响较大，为此，应结合当地的工程经验，控制城市轨道交通结构周边此类工法的最小作业距离。譬如，广州地区的控制距离多采用 20m。

4.1.7 针对城市轨道交通控制保护区内可能出现的距离上相近、实施时间相近或交叉影响的多项外部作业，譬如时空相近的多个基坑工程，由于工程可能隶属于不同的业主，外部作业的设计和实施方案难以保证同步进行，可能在外部作业实施过程中出现种种不利的组合情况，因此，应综合多项外部作业的时空特点，充分考虑多项外部作业所产生的叠加影响，确保出现最危险工况也应能保证结构的安全和正常运营。

4.2 地下结构

4.2.1 在城市轨道交通地下结构控制保护区内进行加载或卸载作业，如在隧道上方堆土、堆放重型施工机械等，在隧道上方、侧方进行基坑开挖等，将影响隧道的正常使用和结构安全，为此，应进行结构安全验算。

4.2.3 本条文是基于国内外多数城市轨道交通结构进行设计时，结构外侧的附加荷载设计值为 20kPa 而制定的。《香港地铁控制保护技术管理规定》里指出附加压力小于或等于 20kPa；《上海市地铁沿线建筑施工保护地铁技术管理暂行规定》里也指出由于建筑物垂直荷载（包括基础地下室）及降水、注浆等施工因素引起的地铁隧道结构外壁的附加荷载小于或等于 20kPa。当确有证据表明结构所能承受的附加荷载可大于 20kPa 时，结构外壁的附加荷载限值可适当提高。

4.2.4 根据《地铁设计规范》GB 50157 要求,在平面或立面平行修筑的隧道之间的净距不宜小于隧道外径;日本规范指出:“实践证明,当在隧道外径以内的范围施工时,后筑隧道将对隧道产生巨大影响”;日本土木学会隧道工学委员会的《隧道标准规范(盾构篇)及解说》认为:“当覆土厚度大于隧道外径时,地基产生拱效应的可能性比较可靠”。由此可见,在隧道周边一倍外径的空间范围内进行外部作业,对隧道的影响极大,极易导致隧道周边围岩应力重分布,可能导致结构发生开裂和渗漏水等不良后果。

4.2.5 要求控制结构上方的覆土厚度是出于结构的抗浮要求及抗隆起变形、结构沉降控制考虑。以一般的双线明挖隧道为例,仅靠隧道上方的覆土及结构自重进行抗浮的最小覆土厚度约为2.2m,当采取可靠措施保证隧道抗浮要求时,上方覆土厚度可减小。对于埋深较浅、开挖宽度较窄的地下管线等工程,其开挖面与明挖隧道的竖向最小距离可适当放宽,可通过开展安全评估确定。

存在软弱地层的地区,当结构正上方的覆土土性较差时,对城市轨道交通结构影响等级为特级、一级的基坑作业,进行基底地基加固是必要的。

城市轨道交通结构下方地层较差时,上方覆土厚度过大(超载)将可能诱发结构发生过大沉降,为此,应控制结构上方的覆土厚度。

4.2.6 本条文是考虑当隧道处于基坑侧向变形较大或最大位置时,基坑支护应采用抗变形能力强且止水效果好的结构。由于列车的安全运营要求,对结构的位移限制较为严格,譬如广州地区一般隧道的变形报警值为10mm,所以,靠近隧道侧的基坑宜采用整体刚度较大的地下连续墙加内支撑支护结构体系,以严格控制隧道的侧向位移。

新建地下室(或地下结构)与其基坑的排桩、地下连续墙等围护结构间存在施工空隙时,若采用一般的回填土填充,由于回

填土水平方向的刚度较弱,将难以有效限制隧道的水平侧向变形;且当回填质量较差时,将降低对围护结构的侧向约束作用,将难以有效约束隧道的侧向变形。当地下室侧墙与围护结构间的空隙较大,回填素混凝土不经济时,可在地下室各层楼板标高处浇筑不小于600mm厚的素混凝土或不小于400mm厚的钢筋混凝土支撑板带,以确保地下室与围护结构间较为刚性的过渡,并应密实回填相邻板带间的空隙。

4.2.7 城市轨道交通结构控制保护区内的冻结法作业,施工无噪声,无污染,可以取得良好的施工效果。但周围土体的一次冻融循环,会产生冻胀融沉的不利影响,应采取措施降低其不利影响。通过采取增大冻结速度、控制冻结范围、控制水分迁移量、设置压力释放孔、注浆充填、工作面释放水和强制解冻等措施,可有效解决冻胀融沉问题。

4.2.8 本条文是针对城市轨道交通地下结构外部作业的安全控制,防止对沉管隧道等水下结构产生不利影响。

4.3 地面结构和高架结构

4.3.1 上跨城市轨道交通结构的外部作业,应采取有效措施防止坠物;应避免在净高小于、略高于施工车辆或施工设备高度的高架结构下方设置施工行车便道;不得向地势低的城市轨道交通地面结构和高架结构区域排水。

4.3.2 对于下穿城市轨道交通地面结构的外部作业,必要时应对轨道或路基采取加固措施,以控制下穿施工诱发轨道的轨向差、轨间距等指标值。

4.3.4 本条文主要为避免外部作业影响高架结构的桩基承载力,以防止由于降水和土体开挖等诱发桩基沉降。

4.3.7 市政道路上跨城市轨道交通地面线路和下穿城市轨道交通高架结构均属交叉范畴,前者应设置相应的防护、防撞及警示标志,后者应设置限高防护设施及警示标志。

5 地下水作业

5.1 一般规定

5.1.1 地层发生流砂、管涌等渗流破坏时,往往难以采取有效措施及时进行事后处理,容易对城市轨道交通结构产生较大的危害,因此,应采取措施避免既有结构周边地层发生流砂、管涌等渗流破坏。地下水作业的方案设计时应依据场地典型地层的抽水试验、室内渗透试验和当地工程经验进行。地下水作业方案设计的关键在于获取可靠的水文地质参数,如地层的渗透系数等,因此,宜进行必要的试验,并结合当地的工程经验进行设计。

5.1.3 经验表明,地下工程事故大部分都与地下水有关,因此,应特别注意地下水作业对城市轨道交通结构产生的不利影响,地下水作业过程应采取合适的地下水控制技术。

5.1.4 地下水水位变化如水位下降会诱发地层产生附加应力,一方面导致结构的外壁压力发生改变,影响结构的受力状态,进而诱发结构产生变形;另一方面会导致地层沉降,进而诱发结构发生沉降,在深厚软土地层水位下降诱发的沉降尤为突出。因此,地下水作业前应预测水位变化对城市轨道交通结构的变形和位移影响,必要时,应采取相应的防控措施。

5.1.6 对于影响等级为特级、一级的外部作业,应尽量采取竖向截水控制技术,如采用落底式竖向截水帷幕插入下卧不透水地层,以形成封闭的截水系统,避免水位发生大幅度下降,从而影响城市轨道交通结构的安全。

5.1.7 强透水地层的地下水作业,受条件所限不能形成封闭截水系统时,应预测地下水作业引起的水位变化幅度,按本规范第3.3节的规定,评估城市轨道交通结构的受力、变形和沉降等,并据此评估地下水作业对结构的影响。

5.2 控制保护要求

5.2.1 水位下降幅度和降水漏斗范围内的水力梯度及地层的差异性诱发城市轨道交通结构发生沉降、沉降差和水平位移的主要原因之一。由于城市轨道交通结构的位移控制较为严格,如上海地区的地铁运营保护要求为:地铁结构设施绝对沉降量及水平位移量小于或等于20mm(包括各种加载和卸载的最终位移量);隧道变形曲线的曲率半径 R 大于或等于15000m;相对变曲小于或等于1/2500,因此,宜采用地下水控制措施,避免城市轨道交通结构周边地层发生过量的水下降幅度,并适当控制降水漏斗范围内的水力梯度。截水和回灌是较为有效的地下水控制措施。

5.2.2 欠固结地区的大面积水位下降,会加速地层固结,引起地层发生“锅型”沉降,进而诱发城市轨道交通结构发生过大沉降。已有工程经验表明,在新开发区、河漫滩等区域,大面积水位下降会诱发地层大范围大幅沉降,进而诱发结构随地层发生过大沉降,影响结构的安全和正常使用。

5.2.6 在岩溶地区,溶洞、土洞往往伴生发育,但由于土洞埋藏浅、分布密、发育快、顶板强度低等特点,土洞对结构的影响往往远大于溶洞。地下水作业容易改变地下水的原平衡条件,导致旧土洞进一步发育,新土洞迅速形成,诱发地层塌陷,进而影响结构的安全。因此,在岩溶、土洞较发育地区,应特别注意合理采用地下水控制技术,避免对城市轨道交通结构的安全产生不利影响。

6 爆破作业

6.1 一般规定

6.1.1 由于硐室爆破、深孔爆破等药量较大的爆破作业的有害效应、影响范围及影响程度比较大,容易对城市轨道交通结构产生不利影响,容易导致乘客产生恐慌心理,故对药量较大的爆破作业进行了严格限制。

6.2 控制保护要求

6.2.1 爆破作业时,爆炸产生的有害效应包括飞石、震动、冲击波等,可能危及人员以及城市轨道交通结构的安全,应进行安全评估,施工中应采取有效的安全防护措施,以防止爆破有害效应对人员造成伤害,防止影响城市轨道交通结构安全。

6.2.2 爆破作业前,应根据爆破目的和爆破环境等,制定相应的技术方案和相应的安全措施,并制定安全应急预案和爆破安全监控方案,以保证爆破作业质量,控制爆破有害效应。当爆破作业出现意外情况时,也可做到有章可循。

6.2.3 局部监测侧重于监控结构重点部位的安全,宏观调查侧重于对比分析爆破作业前后结构及其设施受爆破作业的影响。

6.2.5 宏观调查包括爆破作业前后对结构的摄像、摄影以及裂纹长度、宽度、延伸方向的详细记录。重要的爆破作业,在作业前、作业过程、作业后,对受爆破影响范围内的结构进行宏观调查,可以直接反映爆破作业对结构的影响。

6.2.6 爆破震动加速度的主频率大都在10Hz~30Hz,对于浅孔爆破,高达40Hz~100Hz,远大于一般结构的自振频率,爆破震动不易引起周围结构破坏。由于爆破震动频率的测定比较烦琐,爆破震动引起建筑物结构质点的震动加速度的安全判据未有

统一标准,目前,爆破界一直采用震动速度允许值作为安全控制指标。

在国内相关城市、地区的控制保护区内实施的爆破作业,审批机关控制结构的安全允许振速为2.5cm/s,如下表所示:

表1 安全允许振速表

序号	地区	安全允许振速	开始执行时间
1	香港	2.5cm/s	1979年
2	北京	2.5cm/s	1969年
3	上海	2.5cm/s	1993年
4	广州	2.5cm/s	1997年
5	天津	2.5cm/s	2003年

多年以来,在上述地区的控制保护区内,实施过大量的爆破作业,经实践检验,爆破震动速度小于2.5cm/s时,爆破作业对结构没有产生不良影响。因此,控制爆破震动速度在2.5cm/s以下,可以有效保护城市轨道交通结构的安全及运营安全。

6.2.7 本条文的目的是积累控制保护区内的爆破作业经验,为以后爆破作业的管理提供参考。

6.2.8 试爆作业和试爆作业过程监测应在公安部门人员的监督下完成,试爆效果是对爆破设计方案的检验,监测结果是调整和优化爆破技术参数的主要依据。

6.2.11 在车站附近进行爆破作业时,实施前应设立安全区,先做好安全告示的张贴宣传以及安全警戒工作,避免车站内的乘客以及工作人员受到惊吓,产生恐慌;在车站风亭的进、出风口以及人行出入口附近,尚应特别注意爆破作业产生扬尘的不利影响,确保城市轨道交通结构的正常使用和人员的舒适度。

6.2.13 参考《香港地铁控制保护技术管理规定》中对控制保护区内的爆破作业时间规定的条文,目的在于避免列车上的乘客产生心理恐慌等不适感,并避免发生严重的公共安全事故。

7 监 测

7.1 一 般 规 定

7.1.1 该条文与本规范第 3.3.6 条的外部作业过程评估相对应。通过对外部作业进行过程监控,可动态掌握外部作业对城市轨道交通结构的影响,及时采取针对性的防控措施,保障城市轨道交通结构的安全。

7.1.3 城市轨道交通结构的监测,应采用仪器监测与巡视检查相结合的方法,多种观测方法互为补充、相互验证。城市轨道交通运营期间,宜采用仪器测量,避免对运营产生干扰。运营停止期间,宜采用仪器测量与巡视检查相结合的方法。仪器测量可以取得定量的数据,进行定量分析;以目测为主的巡视检查,可以起到定性、补充的作用,特别是仪器测量不到的区域,从而避免片面地分析和处理问题。例如结构的裂缝分布、渗漏水情况等。

7.1.4 监测方案是监测单位实施监测的重要技术依据和文件,是保证监测质量的重要前提。应依据外部作业对结构的影响特征、结构的安全保护要求、外部作业实施前所开展的安全评估成果和所选监测项目、监测仪器、监测组织以及国家现行相关技术标准编制监测方案。监测方案中还应包括在外部作业实施前,采用仪器和人工巡视相结合的方法,对城市轨道交通结构现有状况进行影像、照片、文字、测量数据等全方位定量、定性记录和确认,如现有结构裂缝的长度、宽度测量,渗漏水的位置和面积、修补痕迹等记录,以便于比较得出外部作业对城市轨道交通结构影响的量值、速率、性质等。

7.1.5 监测方案中的监测布点和监测频率,不但应根据外部作业影响等级确定,还应结合城市轨道交通结构的结构形式、受力大小、承载余量以及周边地质构造、水文状况等确定。

7.1.6 根据《中华人民共和国测绘法》和《中华人民共和国计量法》规定,城市轨道交通结构的监测单位应具有相应的工程测量资质,依法进行测量和保护城市轨道交通结构地理信息等测量成果;应按照相关工程测量规范规定的测量精度以及测量方法实施监测;应依法按照相关计量检定规程对将使用的监测仪器进行检定;监测过程中应使用检定合格且在有效期内的监测仪器;监测技术人员须经培训合格后方能上岗,以保证监测数据的准确性、客观性和公正性。城市轨道交通管理部门应依据法律规定以及相关规范,对监测单位、监测仪器、监测技术和监测方法等进行监督检查。

7.2 监 测 项 目

7.2.1 表 7.2.1 列出的 10 项监测项目,主要考虑到现场的可操作性,并能反映外部作业过程结构的响应。结构的受力,可基于变形等监测数据进行反算,以评价结构的安全状态。道床与轨道变位的监测包括:道床的纵、横断面水平位移、差异竖向位移;轨道的水平位移,轨道的纵、横向差异竖向位移,轨道之间的相对水平位移。

7.2.2 鉴于爆破作业的特殊性及其危害性,在城市轨道交通控制保护区内实施爆破作业,应进行爆破震动速度监测。

7.2.4 本条文所述的技术标准,应按照《工程测量规范》GB 50026 中明确的监测方法、监测技术和测量精度要求执行。还可依据《建筑变形测量规范》JGJ 8、《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308 等有关规范中明确的监测方法、监测技术和测量精度要求。

7.2.5 监测的基准点应设置在变形影响区域以外,且需位置稳固可靠、易于长期保存。变形、变位监测网的基准点至少应设置 3 个。大型的监测项目,水平位移基准点应采用带有强制归心装置的观测墩,垂直位移基准点宜采用双金属标或钢管标。

监测的工作基点,应选在比较稳定且方便使用的位置。设立

在大型外部作业影响区域内的水平位移监测工作基点,宜采用带有强制归心装置的观测墩,垂直位移监测工作基点可采用钢管标。

监测基准点、工作基点、变形监测点的设置都不得影响城市轨道交通的正常运营。

7.3 监测频率

7.3.1 当监测数据接近城市轨道交通结构安全控制指标值的预警值或结构出现异常、外部作业有危险事故征兆等情况时,应加强对外部活动实施过程的监控,结合城市轨道交通结构保护需要,有针对性地采取或选择以下措施:实施实时监测、扩大监测范围、增加监测项目、加密监测点和提高监测频率等。

7.3.2 城市轨道交通结构的监测周期,即监测开始至监测结束,应从外部作业之前测定监测项目初始值开始,至外部作业完成或结束,且城市轨道交通结构的变形、位移等已稳定,结构的安全隐患、风险消除后方可结束监测。

7.4 监测预警

7.4.1 该条文与第3.3.6条文相对应,采用监测比值 G 反映外部作业施工过程结构的安全状态。能够较为简便地掌握城市轨道交通结构的动态影响程度,根据 G 值大小划分预警等级,并提出相应等级的应对措施。

当外部作业对结构造成的安全影响较大时,如实测数据超过相应的结构安全控制值的80%,监测预警等级达到C级时,应立即停止外部作业,及时开展现状调查、复测,结合监测数据通过结构验算等手段,评估结构的当前安全状态,并提出相应的处理意见和建议,在通过后续评审后,方可继续进行外部作业。

7.4.2 监测预警等级的划分,应充分考虑城市轨道交通结构监测数据的变化速率值。当城市轨道交通结构监测数据显示每天的变化速率值连续3天超过2mm,应将监测预警等级评定为C级,

采取相对应的应对管理措施,保障城市轨道交通结构的安全。

7.4.3 监测报表是反映监测信息的重要资料。每次测量完成后,监测人员应及时进行数据处理和分析,形成当日报表,提供给相关单位。监测报表应体现及时性和准确性,对监测项目应有正常、异常和危险的判断性结论。监测期间应及时提交监测报表,监测报表包括以下内容:

- 1 变位监测成果表,包括本次变化值、变化速率以及累计变化值;
- 2 监测点位置布置图;
- 3 水平位移和竖向位移变化量曲线图;
- 4 其他监测项目必要的布置图、变化量曲线图;
- 5 对达到或超过监测报警值的监测点应有报警标示,并有分析和建议;
- 6 其他相关说明和建议。

监测结束后应进行监测工作总结,提交最终监测成果报告,应包括以下内容:

- 1 外部工程概况,监测依据,监测项目,监测设备和监测方法,监测频率和监测报警值;
- 2 变位监测最终成果表,包括外部影响施工结束后平均变化速率以及最终变位累计变化值;
- 3 水平位移和竖向位移监测点位置布置图;水平位移和竖向位移随时间变化的累计变化值曲线图;
- 4 其他监测项目的布置图,随时间变化的累计变化值曲线图;
- 5 各监测项目全过程的发展变化分析及整体评述,对轨道交通结构的安全评估;
- 6 监测工作的结论和建议。