

广东省标准

城市轨道交通既有结构保护技术规范

Technical code for protection of existing structures
of urban rail transit

DBJ/T 15—120—2017

住房和城乡建设部备案号：J43775—2017

批准部门：广东省住房和城乡建设厅

施行日期：2017年9月1日

广东省住房和城乡建设厅关于发布广东省标准 《城市轨道交通既有结构保护技术规范》的公告

粤建公告〔2017〕5号

经组织专家委员会审查，现批准《城市轨道交通既有结构保护技术规范》为广东省地方标准，编号为 DBJ/T 15—120—2017，自 2017 年 9 月 1 日起实施。

本标准由广东省住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位广州地铁集团有限公司负责具体技术内容的解释。

广东省住房和城乡建设厅

2017年3月3日

前 言

根据广东省住房和城乡建设厅关于发布《2014年广东省工程建设标准制订和修订计划》的通知（粤建科函〔2014〕1384号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内先进标准，并广泛征求意见，编制了本规范。

本规范共8章，主要技术内容是：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 保护要求；5. 安全评估；6. 外部作业；7. 监测；8. 信息管理。

本规范由广东省住房和城乡建设厅负责管理，由广州地铁集团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，请反馈给广州地铁集团有限公司（地址：广州市海珠区新港东路1238号万胜广场A塔37楼，邮编：510335，E-mail: dtbhbzz@163.com）。

本规范主编单位：广州地铁集团有限公司

本规范参编单位：广州地铁设计研究院有限公司
广州轨道交通建设监理有限公司
广东省建筑科学研究院集团股份有限公司
深圳市地铁集团有限公司
佛山市轨道交通发展有限公司
东莞市轨道交通有限公司
华南理工大学
广州大学

本规范主要起草人员：罗凤霞 史海欧 陈玉清 冯国健
柏文锋 胡绮琳 刘庭金 刘志峰
龙百画 朱建峰 杨 刚

本规范主要审查人员：吕培印 韩建强 张良辉 李爱东
张伯林 邓 军 彭小林 陈锦安
刁志刚

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 外部作业影响等级划分 | 4 |
| 3.3 安全控制要求 | 6 |
| 4 保护要求 | 8 |
| 4.1 一般规定 | 8 |
| 4.2 既有结构调查 | 8 |
| 4.3 地下结构 | 9 |
| 4.4 地面结构和高架结构 | 10 |
| 5 安全评估 | 11 |
| 5.1 一般规定 | 11 |
| 5.2 技术要求 | 12 |
| 6 外部作业 | 13 |
| 6.1 一般规定 | 13 |
| 6.2 基坑作业 | 13 |
| 6.3 爆破作业 | 13 |
| 6.4 地下水作业 | 14 |
| 6.5 其他作业 | 15 |
| 6.6 控制要求 | 15 |
| 7 监测 | 17 |
| 7.1 一般规定 | 17 |
| 7.2 技术要求 | 17 |
| 7.3 实施要求 | 21 |

| | |
|-----------------------------|----|
| 8 信息管理 | 23 |
| 8.1 一般规定 | 23 |
| 8.2 监测信息 | 23 |
| 8.3 视频信息 | 24 |
| 附录 A 接近程度和外部作业的工程影响分区 | 25 |
| 附录 B 安全评估的技术要求 | 29 |
| 本规范用词说明 | 31 |
| 引用标准名录 | 32 |
| 附：条文说明 | 33 |

Contents

| | |
|---|----|
| 1 General Provisions | 1 |
| 2 Terms | 2 |
| 3 Basic Regulations | 4 |
| 3.1 General Regulations | 4 |
| 3.2 Classification of the External Action Influence | 4 |
| 3.3 Safety Control Requirements | 6 |
| 4 Protection Requirements | 8 |
| 4.1 General Regulations | 8 |
| 4.2 Existing Structure Survey | 8 |
| 4.3 Underground Structure | 9 |
| 4.4 Ground Structure and Elevated Structure | 10 |
| 5 Safety Assessment | 11 |
| 5.1 General Regulations | 11 |
| 5.2 Technical Requirements | 12 |
| 6 External Action | 13 |
| 6.1 General Regulations | 13 |
| 6.2 Excavation | 13 |
| 6.3 Blasting | 13 |
| 6.4 Groundwater Change | 14 |
| 6.5 Other Action | 15 |
| 6.6 Control Requirements | 15 |
| 7 Monitoring | 17 |
| 7.1 General Regulations | 17 |
| 7.2 Technical Requirements | 17 |
| 7.3 Implementary Requirements | 21 |
| 8 Information Management | 23 |

| | |
|--|----|
| 8.1 General Regulations | 23 |
| 8.2 Monitoring Information | 23 |
| 8.3 Video Information | 24 |
| Appendix A Approaching Degree and Influence Zoning of External Action | 25 |
| Appendix B Technical Requirements of Safety Assessment | 29 |
| Explanation of Wording in This Code | 31 |
| List of Quoted Standards | 32 |
| Addition; Explanation of Provisions | 33 |

1 总 则

- 1.0.1** 为保护城市轨道交通的既有结构，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** 本规范适用于广东省内已运营和已建成但尚未投入运营的城市轨道交通既有结构的安全保护。
- 1.0.3** 本规范制定了既有结构安全保护的技术标准和控制保护区内外部作业的控制标准。
- 1.0.4** 城市轨道交通既有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、自动导向轨道、市域快速轨道系统。

2.0.2 既有结构 existing structure

已建成的城市轨道交通结构。

2.0.3 外部作业 external action

在城市轨道交通既有结构周边进行的作业。

2.0.4 安全评估 safety assessment

根据外部作业的设计方案、城市轨道交通保护方案及既有结构调查情况等，通过建模、计算、分析，评估外部作业对城市轨道交通既有结构安全影响的工作。

2.0.5 控制保护区 control and protection area

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

2.0.6 安全控制标准 standard for safety control

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

2.0.7 影响等级 effects grade

外部作业对城市轨道交通既有结构安全影响程度的分级。

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

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

2.0.9 净距控制值 control value for net distance

根据外部作业和城市轨道交通既有结构的特点，为安全保护

既有结构，规定外部作业与既有结构外边线之间的最小净距离。

2.0.10 实时监测 real-time monitoring

采用仪器量测、现场巡查或远程视频监控等手段和方法，实时、动态地采集或收集反映城市轨道交通既有结构以及周边环境对象的安全状态、变化特征及发展趋势的信息，并进行分析和反馈，以达到安全保护的目的。

2.0.11 监测预警等级 grade of early warning for monitoring

根据监测值与其相应的既有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。

2.0.12 信息管理 information management

以现代信息技术为手段，对城市轨道交通既有结构安全保护信息进行采集、处理、分析、反馈、指导和管理控制的活动。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 在城市轨道交通既有结构周边进行外部作业时，应制定安全可靠的外部作业设计方案和城市轨道交通保护方案，外部作业不得影响城市轨道交通的正常运营，不得影响既有结构的正常使用、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，设置范围应包括以下区域：

- 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、跨江桥梁外边线外侧 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 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，先建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 安全控制应包括：外部作业影响等级、外部作业净距控制指标、结构安全控制指标。

3.2 外部作业影响等级划分

3.2.1 外部作业为基坑、矿山法隧道、盾构法隧道、大型顶管等工程时，应根据外部作业与城市轨道交通既有结构的接近程度及其工程影响分区（见附录 A），确定其影响等级。

3.2.2 外部作业影响等级应按表 3.2.2 进行划分。

表 3.2.2 外部作业影响等级的划分

| 接近程度 | 非常接近 | 接近 | 较接近 | 不接近 |
|-----------------|------|----|-----|-----|
| 外部作业的 工程影响分区 | | | | |
| 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 |
| 较小影响区(D) | 二级 | 三级 | 四级 | |

注：1 本表适用于围岩级别为Ⅳ、Ⅴ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 围岩级别应按现行标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB 50307 中的有关规定确定。

3.2.3 当城市轨道交通既有结构处于复杂的工程地质条件或存在地质灾害的情况时，其外部作业影响等级应结合类似工程经验综合确定，且不宜低于一级。

3.2.4 重大影响外部作业指对城市轨道交通既有结构安全有重大影响的项目，主要包括下列项目：

- 1 影响等级划分为特级、一级的外部作业；
- 2 影响等级为二级的外部作业，但由于城市轨道交通既有结构所处工程地质条件、水文地质条件较复杂，主要表现为既有结构处于岩溶发育区域，或附近存在断裂带、破碎带；
- 3 存在道床开裂、剥离、隧道漏水、结构变形过大等病害的城市轨道交通既有结构控制保护区的外部作业；
- 4 在未预留结构门洞等的情况下，改建城市轨道交通既有结构的作业；
- 5 上穿、下穿城市轨道交通既有结构的作业，不含直径或最大边长小于 2.5m 的浅埋明挖小型管沟、明渠及牵引顶管等平面交叉作业；
- 6 城市轨道交通高架桥位于外部作业强烈影响区（A）、显

著影响区 (B) 的作业。

3.3 安全控制要求

3.3.1 外部作业净距控制值宜符合表 3.3.1 的规定。

表 3.3.1 外部作业净距控制值 (m)

| 外部作业 | 城市轨道交通既有结构类型 | | |
|----------------|--------------|-------|-------|
| | 地下结构 | 地面结构 | 高架结构 |
| 基础桩 * | ≥3.0 | ≥3.0 | ≥3.0 |
| 基坑围护桩、地下连续墙 * | ≥9.0 | ≥6.0 | ≥6.0 |
| 钻探孔 * | ≥9.0 | ≥6.0 | ≥6.0 |
| 锚杆、锚索、土钉(末端) * | ≥6.0 | ≥6.0 | ≥6.0 |
| 起重、吊装设备 | — | ≥10.0 | ≥6.0 |
| 搭建棚架及宣传标志 | — | ≥10.0 | ≥10.0 |
| 存放易燃物料(非易爆物) | — | ≥20.0 | ≥20.0 |
| 冲孔、振冲、挤土 * | ≥20.0 | ≥20.0 | ≥20.0 |
| 浅孔爆破 * | ≥20.0 | ≥20.0 | ≥20.0 |

注: 1 * 指外部作业与城市轨道交通既有结构外边线之间的水平投影净距;

2 外部作业采用爆破法实施时, 应根据爆破专项安全评估成果确定净距控制值;

3 采用先进爆破技术时, 浅孔爆破指标可通过试验确定。

3.3.2 石油、天然气等易燃易爆危险品的净距控制值应按现行国家标准《石油天然气工程设计防火规范》GB 50183 和《输气管道工程设计规范》GB 50251 的要求确定。

3.3.3 汽车加油加气站的净距控制值应按现行国家标准《汽车加油加气站设计与施工规范》GB 50156 的要求确定。

3.3.4 穿越江河的城市轨道交通地下结构、跨江桥梁, 净距控制值应根据实际情况进行确定, 不宜小于表 3.3.1 中相应数值的 3 倍。

3.3.5 外部作业为基坑、矿山法隧道、盾构法隧道和大型顶管等工程时, 应根据外部作业影响等级和结构安全控制指标确定城

市轨道交通既有结构的安全控制标准。

3.3.6 结构安全控制指标主要包括: 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。

3.3.7 结构安全控制值应综合城市轨道交通的既有结构特点、运营安全要求、外部作业特点、既有结构安全现状等因素确定。

3.3.8 轨行区既有结构的纵向沉降曲率和沉降差应满足列车安全运营的相关规定。

3.3.9 结构安全控制值应根据工程具体情况确定, 并宜符合表 3.3.9 的规定。

表 3.3.9 城市轨道交通既有结构安全控制值

| 安全控制指标 | 控制值 | 安全控制指标 | 控制值 |
|------------|---------|-------------|------------------|
| 隧道水平位移 | <15mm | 轨道横向高差 | <4mm |
| 隧道竖向位移 | <15mm | 轨向高差(矢度值) | <4mm |
| 隧道径向收敛 | <15mm | 轨间距 | > -4mm < +6mm |
| 隧道轴线变形曲率半径 | >15000m | 道床脱空量 | ≤5mm |
| 隧道变形相对曲率 | <1/2500 | 振动速度 | ≤2.0cm/s |
| 盾构管片接缝张开量 | <2mm | 盾构管片裂缝宽度 | <0.2mm |
| 隧道结构外壁附加荷载 | ≤20kPa | 其他混凝土构件裂缝宽度 | <0.3mm |

注: 表中数值为未考虑城市轨道交通既有结构发生变形或病害情况下的安全控制值, 如既有结构已发生变形或病害, 则应根据现状评估取值。

4 保护要求

4.1 一般规定

4.1.1 在城市轨道交通控制保护区内从事外部作业，作业单位应根据城市轨道交通经营单位的要求制订城市轨道交通设施保护方案。

4.1.2 制订城市轨道交通设施保护前应应对城市轨道交通的既有结构进行调查。

4.1.3 在城市轨道交通控制保护区从事重大影响外部作业，作业单位应当对轨道交通既有结构进行安全评估和监测，并制订结构保护专项技术方案和应急预案报相关部门备案。

4.1.4 城市轨道交通既有结构的监测应在外部作业施工前完成监测点的布设工作并采集初始值，施工过程中遵循连续监测的原则，监测成果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。

4.2 既有结构调查

4.2.1 城市轨道交通既有结构调查包括工前调查、过程调查及工后确认。重大影响外部作业在开工前应应对城市轨道交通既有结构进行工前调查，在施工过程中对出现的问题进行过程调查，完工后进行工后确认。既有结构调查应清晰、准确，宜采用技术先进、信息全面的检测手段，并充分结合影像数据。

4.2.2 工前调查应在安全评估之前开展，为安全评估提供基础资料。城市轨道交通既有结构调查应包含但不限于以下内容：

1 对影响范围内既有隧道结构进行断面测量，绘制断面图，其中盾构隧道宜对每环管片进行测量，明挖及暗挖隧道断面测量

间距宜不大于5m；

2 既有结构的渗漏水、开裂、剥离、掉块、倾斜等病害情况。

4.2.3 施工过程中出现以下情况之一时，应开展过程调查工作：

1 监测数据达到或超过控制值的60%；

2 城市轨道交通既有结构出现新增病害；

3 城市轨道交通既有结构原有病害出现较快发展。

4.2.4 工后确认应在外部作业完成且监测数据稳定之后开展。

4.2.5 既有结构调查工作宜在各方见证下开展，可作为证据保全的依据之一。

4.3 地下结构

4.3.1 城市轨道交通地下结构土方区域不得作为材料堆场，不宜设置基坑出土口或运输车道。外部作业设施、设备、车辆等应与城市轨道交通既有结构保持一定的安全距离。

4.3.2 城市轨道交通地下结构控制保护区内修建平行、下穿或上穿隧道，隧道间的水平、垂直净距不宜小于较大隧道的外径，应采用安全、可靠的隧道实施方案，细化施工控制参数，制订安全保护控制措施。

4.3.3 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，应验算对地下结构的影响，并应满足相应的结构安全控制指标值。

4.3.4 对注浆、旋喷等有压力的外部作业，实施前应制订安全、可靠的作业方案，通过试验拟定作业参数，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。

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

4.3.6 外部作业应考虑地层的后续沉降对城市轨道交通既有结构的附加影响，宜采用桩基础。

4.4 地面结构和高架结构

4.4.1 外部作业应防止火灾、积水、车辆或其他物体坠入、碰撞等危及城市轨道交通既有结构安全的事件。

4.4.2 上跨城市轨道交通地面结构和高架结构的外部作业，与轨道的净空应满足城市轨道交通行车安全和维保的要求，并应针对城市轨道交通既有结构和行车安全设置防护措施。

4.4.3 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。

4.4.4 外部作业邻近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。

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

4.4.6 城市轨道交通既有结构上方进行的跨线架空作业，应满足本规范3.3.1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。

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

5 安全评估

5.1 一般规定

5.1.1 安全评估宜贯穿于外部作业的设计、实施多个阶段全过程，包括城市轨道交通既有结构现状评估、外部作业影响预评估、外部作业施工过程评估、外部作业影响后评估。

5.1.2 城市轨道交通既有结构的计算分析宜采用荷载—结构模型、地层—结构模型进行，并根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010进行验算。

5.1.3 城市轨道交通既有结构现状评估应在外部作业实施前，通过既有结构调查、检测、测量和结构验算等手段，评估结构的当前安全状态、继续抗变形能力和承载能力，并确定相应的结构安全控制指标值。

5.1.4 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既有结构的影响，评估外部作业设计方案和城市轨道交通保护方案的可行性。

5.1.5 外部作业施工过程评估应在外部作业实施过程中，结合城市轨道交通既有结构的监测数据和施工前评估的预测值，及时评估既有结构当前的安全状态。

5.1.6 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既有结构造成的影响程度，再次评估城市轨道交通的结构安全状态。

5.1.7 重大影响外部作业的城市轨道交通保护专项技术方案应经过专项技术论证，内容包括外部作业的设计方案、安全评估报告、城市轨道交通结构保护专项方案、监测方案等。

5.1.8 安全评估应形成专项评估报告，内容包含对城市轨道交通既有结构的安全影响评估、结论等。

5.2 技术要求

5.2.1 城市轨道交通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既有结构产生的叠加影响。

5.2.2 安全评估的技术要求应符合附录 B。

6 外部作业

6.1 一般规定

6.1.1 在城市轨道交通控制保护区内实施外部作业前，应当根据城市轨道交通既有结构现状并结合工程地质条件等因素，开展方案设计、安全评估、城市轨道交通既有结构专项保护方案制订等工作。

6.1.2 在城市轨道交通控制保护区内进行外部作业，应当书面征求城市轨道交通经营单位的意见。

6.2 基坑作业

6.2.1 城市轨道交通结构侧方有重大影响的基坑作业应采用整体刚度较大的支护结构体系，确保拆、换撑施工安全和侧方施工间隙的回填质量。

6.2.2 城市轨道交通结构正上方的基坑作业应满足城市轨道交通既有结构的抗浮要求。

6.2.3 邻近城市轨道交通结构的基坑作业，应遵循“分区、分块、分层、对称、限时、先支撑后开挖”的原则，实行信息化施工；基坑开挖至坑底设计高程时，及时浇筑地下室底板结构，避免基坑长时间暴露。

6.2.4 城市轨道交通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。拆除过程中应采取措施确保城市轨道交通既有结构及人员的安全。

6.3 爆破作业

6.3.1 爆破作业不得影响城市轨道交通既有结构的安全和正常

使用，不得危及人员安全。

6.3.2 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，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。

6.3.3 城市轨道交通控制保护区内的爆破作业，实施前应制订技术方案、安全措施、安全应急预案和爆破安全监控方案。

6.3.4 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。

6.3.5 城市轨道交通既有结构的安全允许振速应为 2.0cm/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。

6.3.6 城市轨道交通控制保护区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内容的作业记录。

6.3.7 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。

6.3.8 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振动监测，并应根据试爆效果及监测信息优化爆破作业。

6.3.9 城市轨道交通控制保护区内的爆破作业不应在运营高峰期进行，实施前应进行试爆作业并采取安全防护措施。

6.4 地下水作业

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

6.4.2 重大影响外部作业的地下水作业空间宜形成封闭的截水系统。

6.4.3 城市轨道交通既有结构周边为深厚砂层、软土及岩溶土洞等特殊性地层时，应严格控制地下水位的下降幅度。

6.4.4 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。

6.4.5 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。

6.4.6 当城市轨道交通地下结构下方地层存在承压水时，应验算外部作业过程中基坑的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。

6.4.7 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。

6.5 其他作业

6.5.1 外部作业采用挤土或半挤土桩时，应合理安排成桩施工顺序及措施，减少挤土效应。

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

6.5.3 城市轨道交通控制保护区的管道、箱涵施工，应采用耐久性高、整体性强的材质和可靠的连接形式。

6.5.4 塔式起重机等外部高空作业吊重时严禁经过城市轨道交通轨行区地面结构和高架结构的正上方，并保持安全距离。

6.6 控制要求

6.6.1 城市轨道交通经营单位可对外部作业的设计技术方案提出要求，可对外部作业的实施过程进行监督检查。

6.6.2 外部作业建设单位应组织落实城市轨道交通既有结构的保护方案，并对外部作业实施过程进行监督检查，制止施工单位危及城市轨道交通既有结构安全的违规行为。当出现危及城市轨道交通结构安全的情况时，负责组织外部作业参建单位启动应急预案。

6.6.3 外部作业设计单位应提供满足城市轨道交通既有结构安全保护的设计文件，明确相关保护控制指标、技术措施和既有结

构监测要求。

6.6.4 外部作业评估单位应在外部作业的设计、实施全过程中提供真实可靠、满足要求的成果，包括城市轨道交通结构现状评估、外部作业影响预评估、外部作业施工过程评估、外部作业影响后评估。

6.6.5 外部作业监测单位应编制并实施城市轨道交通既有结构监测方案，提供监测数据和分析报告，并保证其可靠性和及时性。

6.6.6 外部作业施工单位应编制并实施城市轨道交通结构保护方案及其应急预案。

6.6.7 外部作业监理单位应制定城市轨道交通结构保护监理细则，并按照细则监督施工单位落实城市轨道交通结构保护方案。

7 监测

7.1 一般规定

7.1.1 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。

7.1.2 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，监测方法应采用仪器监测和现场巡查相结合的方法。

7.1.3 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。

7.1.4 监测方案中的监测布点和频率，应根据外部作业影响等级及安全评估确定，结合城市轨道交通既有结构变形动态调整。

7.1.5 城市轨道交通既有结构监测新技术、新方法应用前，应与传统方法进行验证，监测精度应符合本规范的要求。

7.1.6 当城市轨道交通既有高架桥梁位于外部作业强烈影响区（A）、显著影响区（B）时，应对既有高架桥梁结构进行监测，监测应满足现行国家标准《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的有关规定。

7.2 技术要求

7.2.1 城市轨道交通既有结构的监测应按照以下流程开展工作：（1）收集资料、现场踏勘；（2）编制和执行监测方案；（3）监测信息收集、处理和分析；（4）信息反馈及成果提交。

7.2.2 开展城市轨道交通监测工作时应进行现场巡查，应重点

巡查既有结构裂缝、渗漏水、错台等。

7.2.3 监测项目应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，根据表 7.2.3 进行选择。

表 7.2.3 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：1 “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；

2 外部作业基坑监测应按照《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 的要求执行；

3 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。

7.2.4 城市轨道交通既有结构监测方式应根据监测对象的现场情况选取，已运营隧道、车站轨行区宜采用自动化监测的方式。

7.2.5 监测点应埋设在主体结构上，埋设点位不能影响城市轨道交通的正常运营及维护，测点应埋设稳固且便于观测，并采取有效的保护措施，测点标识应清晰、美观。

7.2.6 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 及《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的相应规定，在外部作业施工阶段检核周期不宜超过一个月。

7.2.7 监测点应布置在监测对象变形和内力的关键特征点上，

监测点布置要求应符合表 7.2.7 的规定。地下结构曲线段应加密布置监测断面。

表 7.2.7 监测点布置要求

| 序号 | 监测项目 | 监测点布置位置 | 监测断面布置间距(m) |
|----|------------|-------------------------------|-----------------|
| 1 | 竖向位移 | 地下结构道床、拱顶、侧墙；地面及高架结构底层柱、桥面、桥墩 | ≤10 |
| 2 | 水平位移 | 地下结构道床、拱顶、侧墙；地面及高架结构底层柱、桥面、桥墩 | ≤10 |
| 3 | 相对收敛 | 地下结构每监测断面不少于两条测线 | ≤10 |
| 4 | 变形缝、裂缝 | 结构裂缝位置、结构变形缝两侧 | 缝的两侧均匀布置 |
| 5 | 隧道断面尺寸 | 隧道结构 | 按监测断面或在重点位置布设 |
| 6 | 道床与轨道变位 | 道床的纵、横断面上，两条轨道上 | ≤20 |
| 7 | 地下水水位 | 外部作业空间与城市轨道交通结构之间 | 15~25 |
| 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 |
| 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 |
| 10 | 岩、土体深层水平位移 | 在邻近地下结构的支护结构和土体位置 | 按变形监测断面或在重点位置布设 |

注：1 桥墩监测应根据桥墩的具体位置，每个墩位不少于 2 个监测点；

2 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特征综合确定；

3 城市轨道交通既有隧道结构的监测点宜布设于隧道结构顶部或底部、结构柱、侧墙，每个断面监测点应不少于 4 个。

7.2.8 外部作业影响等级为特级时，对城市轨道交通既有隧道结构的监测范围应不小于 3 倍基坑深度；外部作业影响等级为

一、二级时，对城市轨道交通既有隧道结构的监测范围应不小于2倍基坑深度。

7.2.9 城市轨道交通既有结构变形监测频率应根据外部作业影响等级、外部作业施工方法和进度、城市轨道交通结构评估结果、监测项目、地质条件等情况和特点，并结合当地类似项目工程经验确定。自动化监测频率应符合表7.2.9的规定。

表 7.2.9 自动化监测频率要求

| 外部作业施工工况 | 外部作业影响等级 | |
|-------------------|----------|--------------------------------|
| | 特级、一级作业 | 二级作业(包括与城市轨道交通结构距离小于2倍基坑深度的基坑) |
| 支护结构施工阶段 | 1次/天 | 1次/天 |
| 开挖阶段 | 3次/天 | 2次/天 |
| 地下室回筑(地下工程实施)阶段 | 3次/天 | 2次/天 |
| 地下室(地下工程)完成并回填基坑后 | 1次/3天 | 1次/周 |

注：人工监测频率在施工阶段宜每1~3天1次，在施工结束后宜1次/周。

7.2.10 监测项目的初始值应在外部作业实施前测定，应至少连续测取3次稳定值，取其平均值作为初始值。

7.2.11 城市轨道交通结构的监测预警等级，应根据结构监测值的大小和变化趋势，以及其相应的结构安全控制指标值进行划分，监测预警等级划分及应对管理措施应符合表7.2.11的规定。

表 7.2.11 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，进行施工过程安全评估工作，各方共同制订相应的安全保护措施，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：1 监测比值 G = 监测项目实测值/结构安全控制指标值；

2 监测预警等级的划分，尚应充分考虑城市轨道交通结构监测数据的变化速率；

3 同一测点连续两天变形增量均达到2mm/天时，监测预警应视作B级。

7.2.12 城市轨道交通既有结构的监测频率，应能系统反映监测对象所测项目的重要变化时刻及其变化过程。当监测数据接近城市轨道交通既有结构安全控制指标值的60%时，应提高监测频率。

7.3 实施要求

7.3.1 监测成果主要包括日报、阶段报告、警情快报和监测总结报告等，应按以下几项要求编制：

1 监测日报应在城市轨道交通结构监测周期内逐日（期）报送当日监测情况，主要内容应包括施工进度、测点布置图、变化速率、累计变化量及发生位置、是否发生预警等。

2 阶段报告可根据外部作业施工进度、工程实际需求，统计分析阶段监测数据。主要内容除日报包含的内容外，还应包括预警分析、监测数据阶段分析、监测结论、施工建议等。

3 当监测变形量超过控制值的60%时，应及时提交警情快报，警情快报应包括警情发生的时间、地点和位置、施工进度、测点布置图、监测数据、超限情况、预警级别等。

4 监测总结报告应在监测工作完成后提交，主要内容应包括工程概况、监测技术方案、施工进度、监测实施情况、监测数据报表、数据分析图表、监测结果分析评价、预警及处置情况、监测结论及建议。

5 城市轨道交通结构的监测信息应及时反馈给相关单位。

7.3.2 监测单位应定期进入城市轨道交通结构检核监测基准网、基准点、工作基点的准确性。每期变形观测应认真分析数据，当对变形监测成果存疑时，应进行复测并检核各项监测数据。

7.3.3 城市轨道交通既有结构的监测周期，应贯穿于外部作业的全过程，从测定监测项目初始值开始，直至外部作业完成且监测数据趋于稳定后结束。如监测数据保持稳定，并且城市轨道交通结构未因外部作业出现病害的发展或增加，则由外部作业建设

单位提出申请，经城市轨道交通经营单位书面同意后方可停止监测。

7.3.4 当发现城市轨道交通既有结构有异常情况或外部作业有危险事故征兆时，应进行 24 小时不间断监测。

8 信息管理

8.1 一般规定

8.1.1 城市轨道交通经营单位宜围绕轨道交通线网既有结构保护的各项工作任务，统筹设计信息管理系统，为线网既有结构保护管理创建信息管理平台。

8.1.2 信息管理平台的建设应以业务工作划分为基础，采用模块化和可扩展性设计，分批分期逐步组织实施。

8.1.3 信息管理平台宜实现城市轨道交通既有结构控制保护区的安全巡检管理、外部作业审批和作业过程管控、既有结构监测、预警处置等业务的标准化、规范化、精细化与信息化管理。

8.1.4 外部作业影响等级为特级的项目可考虑建立反映其与城市轨道交通既有结构空间关系的建筑信息模型（BIM），集成项目设计、实施、使用全过程中城市轨道交通既有结构保护的数据，建立城市轨道交通既有结构保护的动态管理平台。

8.1.5 信息平台宜录入所有在控工点现场巡线的图片及文字资料等，各层级管理人员根据权限上传、编辑、查阅或下载。

8.1.6 城市轨道交通线路巡查人员可配备手持定位设备，实时反映现场状况与城市轨道交通线路的相对关系，便于现场人员和管理人员对巡线信息的判读。

8.2 监测信息

8.2.1 监测信息应包括城市轨道交通既有结构历史健康监测信息和外部作业实施全过程中的既有结构监测信息。

8.2.2 信息管理平台应录入监测方案、监测数据、监测报告等，并保证监测数据的及时性。

8.2.3 信息管理平台应具备监测实时预警的功能，及时将预警信息反馈到不同层级的管理人员。

8.2.4 为实现监测数据的无干预传输，信息平台宜直接与仪器设备进行交互。

8.3 视频信息

8.3.1 为了有效、及时地监管外部作业实施过程中城市轨道交通既有结构保护方案的落实情况，重大影响外部作业实施前应由外部作业建设单位建立现场视频监控系统。

8.3.2 现场视频监控系统的主要监控范围为外部作业可能危害城市轨道交通既有结构安全的作业现场。

8.3.3 现场视频应能够实现监视、录像、回放、备份、报警及网络浏览等功能，存储设备能够满足对所有摄像机 24 小时不间断录像，录像保存时间应至外部作业施工完毕且城市轨道交通既有结构的监测数据稳定一个月后为止。

8.3.4 城市轨道交通经营单位应能够远程实时查阅外部作业的实时监控视频和历史录像视频。

8.3.5 外部作业建设单位应负责管理和维护现场视频监控系统，确保作业实施全过程的视频信息传输至信息平台。

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既有结构的类型及其与外部作业的空间关系确定，接近程度的判定宜按表 A.0.1 和图 A.0.1-1 ~ 图 A.0.1-3 确定。

表 A.0.1 接近程度的判定

| 城市轨道交通既有结构类型 | 相对净距 | 接近程度 |
|--------------|----------------------|---------|
| 明挖、盖挖法 | $L \leq 0.5H$ | 非常接近(Ⅰ) |
| | $0.5H < L \leq 1.0H$ | 接近(Ⅱ) |
| | $1.0H < L \leq 2.0H$ | 较接近(Ⅲ) |
| | $L > 2.0H$ | 不接近(Ⅳ) |
| 矿山法 | $L \leq 1.0W$ | 非常接近(Ⅰ) |
| | $1.0W < L \leq 1.5W$ | 接近(Ⅱ) |
| | $1.5W < L \leq 2.5W$ | 较接近(Ⅲ) |
| | $L > 2.5W$ | 不接近(Ⅳ) |
| 盾构法、顶管法 | $L \leq 1.0D$ | 非常接近(Ⅰ) |
| | $1.0D < L \leq 2.0D$ | 接近(Ⅱ) |
| | $2.0D < L \leq 3.0D$ | 较接近(Ⅲ) |
| | $L > 3.0D$ | 不接近(Ⅳ) |

注：1 L 为城市轨道交通既有结构与外部作业的最小相对净距； H 为明挖、盖挖法的基坑开挖深度； W 为矿山法的隧道毛洞跨度； D 为盾构法的隧道外径，圆形顶管法的隧道外径或矩形顶管法的隧道长边宽度。

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。

3 城市轨道交通非轨行区结构可按相关经验进行适当调整。

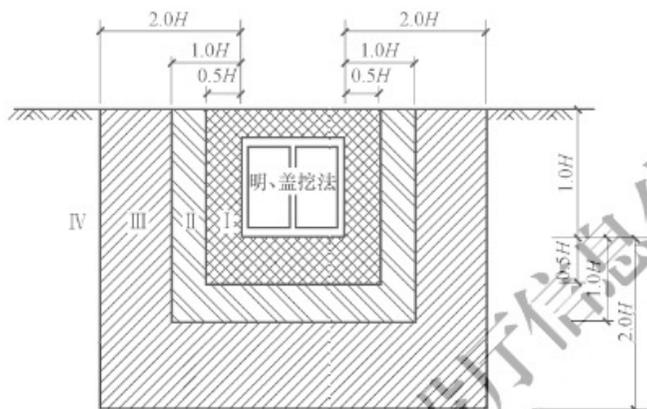


图 A.0.1-1 明、盖挖法既有结构的接近程度判定

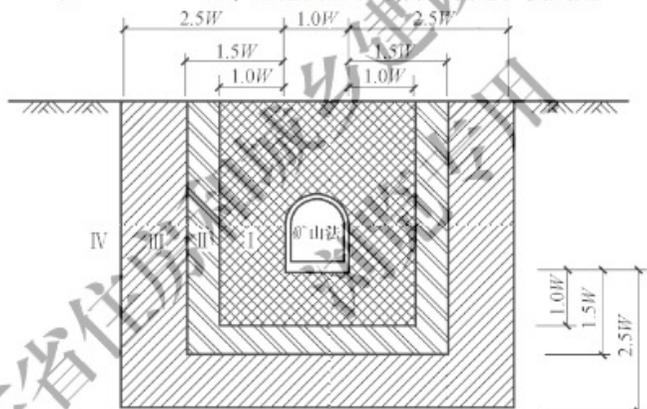


图 A.0.1-2 矿山法既有结构的接近程度判定

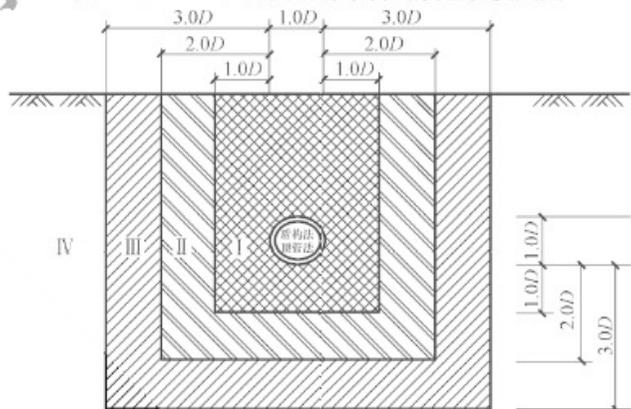


图 A.0.1-3 盾构法或顶管法既有结构的接近程度判定

A.0.2 外部作业的工程影响分区宜根据外部作业的施工方法确定。

1 明挖、盖挖法外部作业的工程影响分区宜按表 A.0.2-1 和图 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 $0.7h_1 \sim 1.0h_1$ 范围 |
| 一般影响区(C) | 结构外侧 $1.0h_1 \sim 2.0h_1$ 范围 |
| 较小影响区(D) | 结构外侧 $2.0h_1$ 范围以外 |

注：1 h_1 为明挖、盖挖法外部作业结构地板的深度；
2 当外部作业需施工锚杆、锚索、土钉时，作业边界以锚杆、锚索、土钉末端的水平投影位置为准。

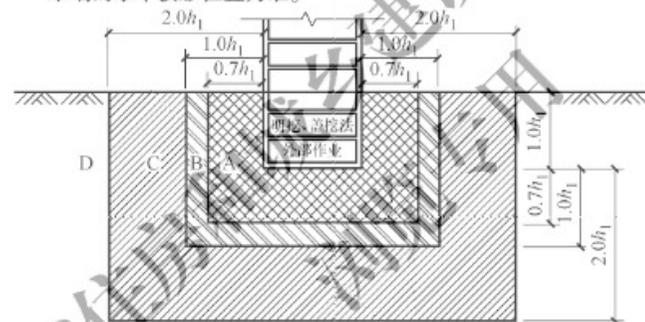


图 A.0.2-1 明挖、盖挖法外部作业的工程影响分区

2 浅埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区宜按表 A.0.2-2 和图 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 |
| 较小影响区(D) | 隧道外侧 $2.0h_2$ 范围以外 |

注：1 h_2 为矿山法和盾构法外部作业的隧道底板深度。
2 当外部作业需施工锚杆、锚索、土钉时，作业边界以锚杆、锚索、土钉末端的水平投影位置为准。
3 本表适用于矿山法和盾构法外部作业的浅埋隧道，隧道顶埋深小于 $3b$ (b 为隧道毛洞跨度)。

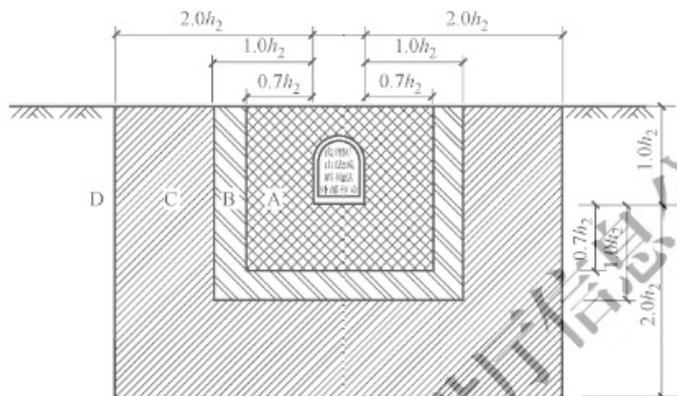


图 A.0.2-2 浅埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区

3 深埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区按表 A.0.2-3 和图 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 ~ 2.0b 范围 |
| 一般影响区(C) | 隧道外侧 2.0b ~ 3.0b 范围 |
| 较小影响区(D) | 隧道外侧 3.0b 范围以外 |

注: 1 b 为矿山法和盾构法隧道的毛洞跨度。

2 当外部作业需施工锚杆、锚索、土钉时, 作业边界以锚杆、锚索、土钉末端的水平投影位置为准。

3 本表适用于矿山法和盾构法隧道顶埋深大于 $3b$ (b 为隧道毛洞跨度) 的深埋隧道。

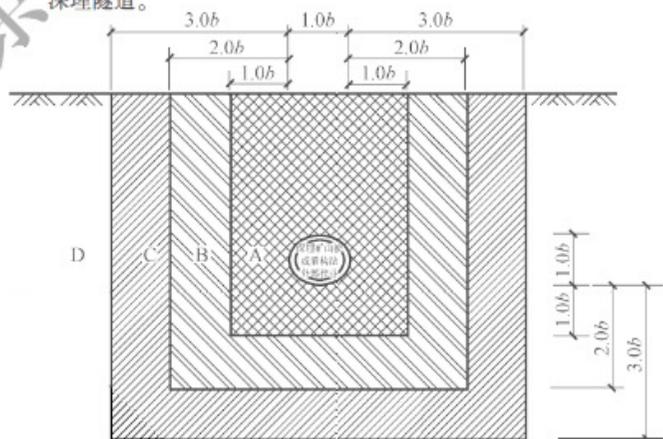


图 A.0.2-3 深埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区

附录 B 安全评估的技术要求

B.0.1 安全评估的技术要求应符合表 B.0.1 规定。

表 B.0.1 安全评估技术要求

| 安全评估阶段 | 技术要求 | 主要依据 | 分析方法 |
|----------------|---|--|---|
| 城市轨道交通既有结构现状评估 | <ol style="list-style-type: none"> 1 进入受外部作业影响范围内的城市轨道交通结构区域, 开展既有结构的工前调查和分析; 2 评估当前既有结构的安全状态及继续抗变形能力和承载能力; 3 结合外部作业对既有结构的主要响应特征及其安全保护要求, 合理选用结构安全控制指标, 确定相应的指标值。 | <ol style="list-style-type: none"> 1 岩土工程勘察资料; 2 既有结构竣工资料; 3 既有结构历史监测数据; 4 既有结构调查报告。 | <ol style="list-style-type: none"> 1 既有结构调查、检测、测量; 2 理论分析; 3 三维数值模拟分析; 4 类比法。 |
| 外部作业影响预评估 | <ol style="list-style-type: none"> 1 模拟外部作业与既有结构的三维空间关系, 建立三维地层-结构或荷载-结构计算模型; 2 预测分析外部作业实施全过程及永久使用阶段可能诱发既有结构各种风险的影响因素, 包括周边卸载或超载、水位变化等, 并系统计算既有结构的内力 and 变形预测值; 3 当预测值超过相应的结构安全控制指标值时, 应要求设计单位调整外部作业设计方案, 循环进行评估, 直至预测值小于指标值; 4 结合对应区段既有结构竣工资料, 分别以裂缝宽度和强度控制进行计算, 验算既有结构的安全; 5 综合评定外部作业设计方案和城市轨道交通保护方案的可行性; 6 提出既有结构安全保护措施及监测的建议。 | <ol style="list-style-type: none"> 1 岩土工程勘察资料; 2 既有结构现状评估报告; 3 外部作业设计方案, 包括基坑支护和基础形式等; 4 城市轨道交通保护方案; 5 既有结构竣工资料, 包括结构形式、尺寸、配筋等。 | <ol style="list-style-type: none"> 1 理论分析; 2 三维数值模拟分析; 3 类比法; 4 模型试验法。 |

续表 B.0.1

| 安全评估阶段 | 技术要求 | 主要依据 | 分析方法 |
|------------|---|---|--|
| 外部作业施工过程评估 | 1 模拟外部作业与既有结构的三维空间关系,建立三维地层—结构计算模型; 2 及时跟踪评估既有结构的当前状态和继续抗变形能力、承载能力,及时修正安全控制指标值; 3 必要时重新制订既有结构保护方案、增加控制保护措施,或调整外部作业设计方案; 4 预测分析及综合评定后续外部作业设计方案和城市轨道交通保护方案的可行性 | 1 既有结构的监测数据; 2 外部作业影响预评估报告、预测值; 3 施工过程的既有结构调查报告 | 1 既有结构调查、检测、测量; 2 理论分析; 3 三维数值模拟分析; 4 类比法 |
| 外部作业影响后评估 | 1 进入受外部作业影响范围内的既有结构区段,开展工后调查和分析; 2 结合结构安全控制指标值评价外部作业对既有结构的影响; 3 综合评估城市轨道交通结构工后的安全状态和安全控制指标值,及继续抗变形能力和承载能力; 4 必要时提出修复既有结构的措施 | 1 城市轨道交通结构的实时监测数据; 2 外部作业影响预评估报告、预测值 | 1 既有结构调查、检测、测量; 2 三维数值模拟分析; 3 类比法 |

B.0.2 外部作业影响预评估的成果应包括以下内容:分析城市轨道交通现状结构并确定控制指标值,综合评定外部作业设计方案和城市轨道交通结构保护方案的可行性。

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 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时,写法为“应按……执行”或“应符合……的规定”。

引用标准名录

- 1 《城市轨道交通结构安全保护技术规范》 CJJ/T 202
- 2 《地铁设计规范》 GB 50157
- 3 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 4 《城市轨道交通岩土工程勘察规范》 GB 50307
- 5 《城市轨道交通工程测量规范》 GB 50308
- 6 《城市轨道交通工程监测技术规范》 GB 50911
- 7 《穿越城市轨道交通设施检测评估及监测技术规范》
DB11/T 915
- 8 《工程测量规范》 GB 50026
- 9 《建筑变形测量规范》 JGJ 8
- 10 《建筑基坑工程监测技术规范》 GB 50497
- 11 《爆破安全规程》 GB 6722
- 12 《石油天然气工程设计防火规范》 GB 50183
- 13 《输气管道工程设计规范》 GB 50251
- 14 《汽车加油加气站设计与施工规范》 GB 50156
- 15 《66kV 及以下架空电力线路设计规范》 GB 50061
- 16 《110kV ~ 750kV 架空输电线路设计规范》 GB 50545
- 17 《建筑与桥梁结构监测技术规范》 GB 50982