×××项目涉城市轨道交通×号线×××车站（×××~×××区间隧道）结构安全

咨询评估报告



中铁隆工程集团有限公司

工程设计证书甲级编号：A151012231

2020年1月

×××项目涉城市轨道交通×号线×××车站（×××~×××区间隧道）结构安全

咨询评估报告

编制：

校对：

审核：

审定：



中铁隆工程集团有限公司

工程设计证书甲级编号：A151012231

2020年1月

目录

[0 资质证书 1](#_Toc21144)

[1. 评估依据、范围及目的 1](#_Toc4001)

[1.1 评估依据 1](#_Toc21797)

[1.2 评估规范和标准 1](#_Toc3057)

[1.3 评估范围及目的 1](#_Toc6647)

[2. 评估范围与工作内容 2](#_Toc16214)

[2.1 评估范围 2](#_Toc27858)

[2.2 工作内容 2](#_Toc10178)

[3. 评估方法及风险等级标准 3](#_Toc6197)

[3.1 风险评估方法 3](#_Toc24770)

[3.2 风险等级标准及风险接受准则 3](#_Toc94)

[4.2.1 风险等级标准 3](#_Toc8439)

[4.2.2 风险接受准则 3](#_Toc16212)

[3.3 轨道交通设施安全控制标准 3](#_Toc10351)

[4.3.1 外部作业净距控制管理值 3](#_Toc4724)

[4.3.2 轨道沉降控制标准 3](#_Toc20120)

[4.3.3 接触网变形控制要求 3](#_Toc11525)

[4.3.4 轨道交通结构变形控制标准 3](#_Toc5341)

[4.3.5 轨道交通结构抗浮要求 3](#_Toc24810)

[4. 工程风险分级及标准 4](#_Toc2870)

[4.1 工程影响分区标准 4](#_Toc21867)

[4.2 接近程度划分标准 4](#_Toc32303)

[5.3 工程风险分级标准 4](#_Toc1444)

[4.3 周边环境重要性分级 4](#_Toc25142)

[5. 项目工程水文地质条件 5](#_Toc19234)

[5.1 工程地质条件 5](#_Toc20005)

[6.2 水文地质条件 5](#_Toc7861)

[6.3 岩土物理力学参数 5](#_Toc10092)

[6. 项目施工对区间隧道影响分析及安全评估 7](#_Toc18560)

[6.1 项目设计方案概述 7](#_Toc29770)

[6.2 涉城市轨道交通概况 7](#_Toc16840)

[6.3 风险辨识及风险分级 7](#_Toc11500)

[6.4 数值计算分析 7](#_Toc24091)

[7.4.1 计算模型及分析工况 7](#_Toc27247)

[7.4.2 数值计算结果及分析 7](#_Toc16063)

[7. 轨道交通专项保护监测要求与建议 8](#_Toc2844)

[7.1 一般规定 8](#_Toc27275)

[7.2 监测项目 8](#_Toc23895)

[7.3 监测频率 8](#_Toc30105)

[7.4 监测注意事项 8](#_Toc12046)

[8. 评估结论与建议 9](#_Toc16241)

[8.1 主要结论 9](#_Toc19892)

[8.2 建议及措施 9](#_Toc17305)

[9. 附件 10](#_Toc8973)

# 0 资质证书

# 1 工程概述

## 项目简介

拟建项目的位置（配总平面图）、周边环境（配周边环境图）、与轨道交通的相对位置关系，施工时序。

## 地质概况

本节内容摘自《×××岩土勘察报告》，不详处参见该报告。

### 1.2.1 工程地质

介绍项目所在地土层由上到下分布情况。

### 1.2.2 水文地质

1）地下水类型

2）地下水的补给、径流、排泄

3）地下水的动态特征

4）抗浮水位

### 1.2.3 岩土层物理力学参数

表 ×××岩土物理力学参数建议值表

## 项目设计方案

1、基坑总体支护方案尤其是靠近地铁侧基坑支护方案中重点阐述；

图 支护设计方案的平面图

图 支护设计方案的剖面图

2、地下水处理方案；

3、施工流程及步骤

## 1.4 轨道交通概况

1、车站结构：主要介绍车站车站类型、层数、跨数，顶底板、侧墙、梁柱等尺寸信息；

2、区间隧道结构：主要介绍隧道结构类型、隧道内外径、衬砌厚度等信息；

3、轨道：道床结构形式及类型。

图 轨道交通结构平面图

图 轨道交通结构纵断面图

图 轨道交通结构剖面图

# 2 评估依据、范围及目的

## 2.1 评估依据

1）《咨询合同文件×××》（编号：）；

2）《×××项目设计文件》（单位，时间）；

3）《×××项目地质勘查文件》（时间，时间）；

4）《城市轨道交通×号线×××车站（×××~×××区间隧道）设计图》（单位，时间）；

5）《城市轨道交通×号线×××~×××区间隧道 管片配筋及设计图》（单位，时间）；

6）关于该项目的相关会议、工作联系单以及技术文件等；

## 2.2 评估规范和标准

1）《城市轨道交通结构安全保护技术规范》（CJJ/T202-2013）；

2）《城市轨道交通地下工程建设风险管理规范》(GB50652-2011)；

3）《×××地方轨道交通控制保护区管理办法》（编号：）；

4）《×××地方轨道交通保护区内项目建设管理实施细则》（编号：）；

5）《城市轨道交通工程监测技术规范》（GB50911-2013）；

6）《地铁设计规范》（GB50157-2013）；

7）《建筑结构荷载规范》（GB50009-2012）；

8）《混凝土结构设计规范》（GB50010-2010（2015年版））；

9）《混凝土结构耐久性设计规范》（GB/T50476－2008）；

10）《建筑基坑支护技术规程》（JGJ120-2012）；

11）《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2011)；

12）《盾构法隧道施工及验收规范》（GB50446-2017）；

13）《铁路轨道工程施工质量验收标准》（TB10413-2003）；

14）国家、×××省及×××市现行有关规范、规程和技术规定。

（可根据项目具体性类型、轨道交通结构形式进行删减、补充相关规范和标准）

## 2.3 评估范围及内容

根据相关规范及咨询合同对评估范围及内容进行论述。

## 2.4 评估的目的

# 3 评估方法及安全控制标准

## 3.1 风险评估方（专家调查法）

简述目前国内外风险评估方案，以及常用的评估方法。

结合本项目以及轨道交通结构具体情况，说明本咨询报告采用的风险评估方法。

## 3.2 风险分析与辨识

结合本项目以及轨道交通结构的具体情况，对本项目在施工阶段以及后期运行阶段可能存在的风险源进行梳理，以及风险源可能导致的轨道交通结构安全风险进行分析，最后以表格形式列出。

表4‑1 项目实施风险源对轨道交通的初步风险源辨识清单

| 序号 | 风险因素 | 可能导致的安全风险 |
| --- | --- | --- |
| 1 | 1）基坑开挖即隧道上方卸载。 | 盾构隧道结构上浮、变形过大，开裂、漏水。 |
| 2 | 2）上部结构实施，即隧道上方加载。 | 盾构隧道结构变形过大，开裂、漏水。 |
| ... | ... | ... |

## 3.3 轨道交通设施安全控制标准

### 3.3.1 外部作业净距控制管理值

综合轨道交通结构周边环境设施外部作业距离应满足下表3.3-1的要求。

表3.3-1 外部作业净距控制管理值（m）

| 城市轨道交通  结构类型  外部作业 | 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 |
| 潜孔爆破 | ≥15.0 | ≥15.0 | ≥15.0 |
| 深孔爆破 | ≥50.0 | ≥50.0 | ≥50.0 |

注：指外部业与城市轨道交通结构外边线之间的水平投影净距。

### 3.3.2 轨道沉降标准（根据轨道是否实施删减）

道岔轨道静态几何尺寸容许偏差管理值如下表的规定：轨道检查车对轨道动态局部不平顺（峰值管理）检查的项目为轨距、水平、高低、轨向、三角坑、车体垂向振动加速度和横向振动加速度七项。各项偏差等级划分四级：Ⅰ级为保养标准，Ⅱ级为舒适度标准，Ⅲ级为临时补修标准，Ⅳ级为限速标准。详见表3.3-2、表3.3-3。

表 道岔轨道静态几何尺寸容许偏差管理值表

| 项目 | | υmax >160km／h  正线 | | | 160 km／h≥  υmax>120 km／h正线 | | | υmax≤120 km／h  正线及到发线 | | | 其他站线 | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 作业  验收 | 经常  保养 | 临时  补修 | 作业  验收 | 经常  保养 | 临时  补修 | 作业  验收 | 经常  保养 | 临时  补修 | 作业  验收 | 经常  保养 | 临时  补修 |
| 轨距(mm) | | +2  -2 | +4  -2 | +5  -2 | +3  -2 | +4  -2 | +6  -2 | +3  -2 | +5  -3 | +6  -3 | +3  -2 | +5  -3 | +6  -3 |
| 水平(mm) | | 3 | 5 | 7 | 4 | 5 | 8 | 4 | 6 | 9 | 6 | 8 | 10 |
| 高低(mm) | | 3 | 5 | 7 | 4 | 5 | 8 | 4 | 6 | 9 | 6 | 8 | 10 |
| 轨向  (mm) | 直线 | 3 | 4 | 6 | 4 | 5 | 8 | 4 | 6 | 9 | 6 | 8 | 10 |
| 支距 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 4 |
| 三角坑(扭曲)  (mm) | | 3 | 4 | 6 | 4 | 6 | 8 | 4 | 6 | 9 | 5 | 8 | 10 |

注：①支距偏差为现场支距与计算支距之差；

②导曲线下股高于上股的限值：作业验收为0，经常保养为2mm，临时补惨为3mm；

③三角坑偏差不含曲线超高顺坡造成的扭曲量，检查三角坑时基长为6.25m。但在延长

18m的距离内无超过表列的三角坑；

④尖轨尖处轨距的作业验收的容许偏差管理值为±1 mm；

⑤专用线道岔按其他站线道岔办理；

⑥作业验收管理值为线路设备大修、综合维修、经常保养和临时补修作业的质量检查

标准；经常保养管理值为轨道应经常保持的质量管理标准；临时补修管理值为应及时进行轨道整修的质量控制标准。

表 轨道动态质量容许偏差管理值(参考)

| 项目 | υmax >160km／h  正线 | | | | 160 km／h≥υmax>120 km/h  正线 | | | | υmax≤120 km／h  正线 | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| I级 | Ⅱ级 | Ⅲ级 | Ⅳ级 | I级 | Ⅱ级 | Ⅲ级 | Ⅳ级 | I级 | Ⅱ级 | Ⅲ级 | Ⅳ级 |
| 轨距(mm) | +4  -3 | +8  -4 | +12  -6 | +15  -8 | +6  -4 | +10  -7 | +15  -8 | +20  -10 | +8  -6 | +12  -8 | +20  -10 | +24  -12 |
| 水平(mm) | 5 | 8 | 12 | 14 | 6 | 10 | 14 | 18 | 8 | 12 | 18 | 22 |
| 高低(mm) | 5 | 8 | 12 | 15 | 6 | 10 | 15 | 20 | 8 | 12 | 20 | 24 |
| 轨向(mm) | 5 | 7 | 10 | 12 | 5 | 8 | 12 | 16 | 8 | 10 | 16 | 20 |
| 扭曲(三角坑)(mm) | 4 | 6 | 9 | 12 | 5 | 8 | 12 | 14 | 8 | 10 | 14 | 16 |
| 车体垂向加速度(g) | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.25 |
| 车体横向加速度(g) | 0.06 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.06 | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.06 | 0.10 | 0.15 | 0.20 |

### 3.3.3 轨道交通工程结构变形控制标准

根据《城市轨道交通结构安全保护技术规范》的要求及现行国家标准《地铁设计规范》GB50157确定，城市轨道交通结构安全控制指标值如下表×所示：

表× 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 |
| 隧道竖向沉降 | ＜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 | ＜1mm | ＜2mm | 结构裂缝宽度 | 迎水面＜0.1mm  背水面＜0.15mm | 迎水面＜0.2mm  背水面＜0.3mm |
| 隧道结构外壁附加荷载 | — | ≤20KPa |

注：指标值不包括测量、施工等的误差。

### 3.3.4 轨道交通结构抗浮要求

根据《地铁设计规范》（GB50107-2013）要求：轨道交通结构应按最不利情况进行抗浮稳定性验算。抗浮安全系数当不计地层侧摩阻力时不应小于1.05；当计及地层侧摩阻力时，根据不同地区的地质和水文地质条件，可采用1.10～1.15的抗浮安全系数。

# 4 外部作业项目影响等级判定及标准

根据《城市轨道交通结构安全保护技术规范》（CJJ/T202-2013）规定：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：地下车站与隧道结构外边线外侧50m内。在控制保护区范围内实施的外部项目应根据外部作业工程影响分区及接近关系，判断外部作业项目影响等级。

## 4.1 外部作业工程影响分区及标准（根据外部作业工法删减内容）

基坑、隧道等外部作业工程的实施会对周围岩土体产生扰动，其扰动程度可根据基坑的开挖深度、隧道埋深以及隧道的宽度进行分区。不同的施工工法，工程影响分区的标准不同。

1）明挖、盖挖法外部作业的过程影响分区划分标准如表4.1-1所示，影响分区示意图如图4.1-1所示。

表4.1-1 明挖、盖挖法外部作业的工程影响分区

| 基坑工程影响分区 | 区域范围 |
| --- | --- |
| 强烈影响区（A） | 结构正上方及外侧0.7h1范围内 |
| 显著影响区（B） | 结构外侧0.7h1～1.0h1范围内 |
| 一般影响区（C） | 结构外侧1.0h1～2.0h1范围 |

注：h1为明挖、盖挖法外部作业结构底板的埋深。

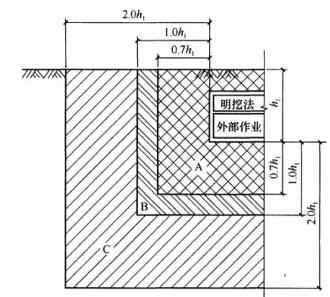
****

图4.1-1 明挖、盖挖法外部作业工程影响分区示意图

2）浅埋矿山和盾构法外部作业的工程影响分区，如表4.1-2所示，工程影响分区示意图如图4.1-2所示。

表4.1-2 浅埋矿山法和盾构法外部作业的过程影响分区

|  |  |
| --- | --- |
| 工程影响分区 | 区域范围 |
| 强烈影响区（A） | 隧道正上方及外侧0.7h2范围内 |
| 显著影响区（B） | 隧道外侧0.7h2~1.0h2范围内 |
| 一般影响区（C） | 隧道外侧1.0h2~2.0h2范围内 |

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底板的埋深。



图4.1-2 浅埋矿山法和盾构法外部作业的过程影响分区示意图

3）深埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区如表4.1-2、图4.1.3所示。

表4.1-3 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1.0*b*范围内 |
| 显著影响区（B） | 隧道外侧1.0*b*~2.0*b*范围内 |
| 一般影响区（C） | 隧道外侧2.0*b*~3.0*b*范围内 |

注：*b*为矿山法和盾构法城市轨道交通隧道的毛洞跨度。

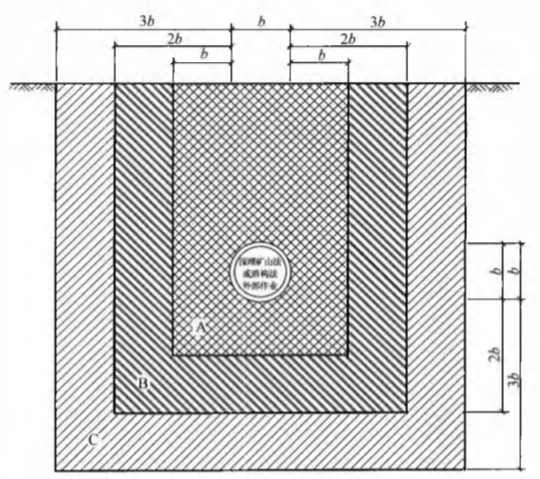


图4.1-3 深埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区示意图

根据本项目基坑开挖深度及项目与轨道交通结构之间的水平距离，判断项目的工程影响分区。

## 4.2 接近程度判定及标准

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项目的位置关系确定，接近程度的判断标准按表4.2-2确定。

表 接近程度判定标准

| 城市轨道交通结构的施工工法 | 相对净距 | 接近程度 |
| --- | --- | --- |
| 明挖、盖挖法 | <0.5H | 非常接近 |
| 0.5H～1.0H | 接近 |
| 1.0H～2.0H | 较接近 |
| >2.0H | 不接近 |
| 矿山法 | <1.0W | 非常接近 |
| 1.0W~1.5W | 接近 |
| 1.5W~2.5W | 较接近 |
| >2.5W | 不接近 |
| 盾构法或顶管法 | <1.0D | 非常接近 |
| 1.0D~2.0D | 接近 |
| 2.0D~3.0D | 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近距离；

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。

根据城市轨道交通结构基坑开挖深度及轨道交通结构与项目之间的水平距离，判定外部作业项目的接近程度。

## 4.3 外部作业影响等级及标准

表4.3-1 轨道交通结构保护区范围内外部作业影响等级划分表

| 接近程度  外部作业  工程影响分区 | 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 |

根据上述判定的影响分区和接近程度，判定外部作业项目影响等级。

# 5 城市轨道交通结构现状评估

外部作业实施前，通过现状调查、检测、测量和计算等手段，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，并确定相应的结构安全控制指标。

## 5.1 城市轨道交通结构现状

主要是通过现场查看、照片形式体现。

## 5.2 城市轨道交通结构计算分析

根据设计方案，以荷载-结构法计算分析结构的变形、内力等情况。

# 6 外部作业项目实施对轨道交通结构影响预评估

## 6.1 计算模型及分析工况

### 6.1.1 软件介绍

### 6.1.2 数值计算模型

对数值计算模型进行介绍：模型大小、划分单元数量、节点数量、模型中各构件采用的单元类型。

数值计算模型结构构件尺寸及物理力学参数表。

（a）有限元整体数值分析模型

（b）项目与隧道结构空间关系图

图 计算分析模型

表 数值分析结构构件尺寸及力学参数

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 编号 | 构件 | 尺寸（mm） | 模拟单元 | 弹性模型参数 | | |
| 容重γ（KN/m3） | 弹性模量E（MN/m2） | 泊松比 |
| 1 |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| ....... | ....... | ....... | ....... | ....... | ....... | ....... |

### 6.1.3 计算分析工况

根据项目具体实施情况以及回注情况，列出数值计算分析工况及施工阶段

表 数值计算分析工况及施工阶段

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 施工阶段 | 数值模拟施工步骤 | 备注 |
| 初始平衡 | 数值计算模型初始应力平衡 | 位移清零，获取隧道结构初始内力值。 |
|  |  |  |
| ....... | ....... | ....... |
|  |  |  |
|  |  |  |

a）初始应力平衡阶段 b）施工阶段1

c）施工阶段2 d）施工阶段3

图 不同施工阶段有限元数值计算模型示意图

## 6.2 数值计算结果及分析

### 6.2.1 数值计算结果

**1）初始模型计算结果**

首先对数值计算分析模型进行初始分析，分析结果位移清零，并获得轨道结构初始内力值，后续分析只考虑由基坑开挖及上部结构实施对隧道围岩、隧道结构变形、内力产生的影响。

a）模型位移清零 b）隧道结构位移清零

图 初始应力平衡阶段隧道围岩及隧道结构竖向位移清零/m

a）弯矩/KN.m

b）剪力/KN

c）轴力/KN

图 初始应力平衡阶段隧道结构内力计算结果

**2）项目基坑开挖阶段计算结果**

包含围岩的变形、围护结构的变形、内力、尤其是轨道交通结构的变形、内力计算结果必须有。

**3）主体回筑阶段计算结果**

包含围岩的变形、围护结构的变形、内力、尤其是轨道交通结构的变形、内力计算结果必须有。

### 6.2.2 计算结果分析

通过数值计算分析，对数值计算结果进行分析，项目实施对轨道交通结构的影响定量分析，以表格形式给出。

表 轨道交通结构区间隧道不同施工阶段变形、内力计算结果

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 施工阶段 | 隧道竖向位移/mm | | 隧道水平向位移/mm | 管片弯矩/ KN.m | 管片剪力/ KN | 管片轴力/KN |
| 拱底 | 拱顶 |
| 初始平衡 | — | — | —— |  |  |  |
| 施工阶段1 |  |  |  |  |  |  |
| 施工阶段2 |  |  |  |  |  |  |
| ...... | ...... | ...... | ...... | ...... | ...... | ...... |

注：表中隧道竖向位移“+”表示隆起，“-”表示沉降

对数值计算结果进行分析，给出肯定的结论。

## 6.3 轨道交通结构抗浮计算分析

# 7 外部作业项目施工过程对轨道交通结构影响评估

## 7.1

从施工角度分析项目施工过程对轨道交通结构的影响

1）施工方案、方案简单介绍

2）施工过程中采取的减少对轨道交通结构的影响措施

## 7.2 应急条件的评估

# 8 外部作业项目影响后轨道交通结构评估

外部作业项目影响后，从运营、监测、现场巡视等方面分析轨道交通结构的影响以及采取的减少对轨道交通结构的影响措施

# 9 相近案例分析（如果有补充，没有删除该章）

如果有相似的案例，最好补充相似案例，进行对对比，这样更有说服力。

## 9.1 案例概况

## 9.2 案例设计方案

## 9.3 监测数据

# 10 轨道交通专项保护监测要求与建议

## 10.1 一般规定

（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。

（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。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。

（3）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。

（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确定.

（5）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。

## 10.2 监测项目

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8-1进行选择：

表8‑1 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 | 城市轨道交通结构 |
| 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 | 宜测 | 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 | 管线、道路施工等外部作业结构 |
| 10 | 岩、土体深层水平位移 | 应测 | 应测 | 应测 | 宜测 |

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8-2的规定。地下结构曲线段监测断面的间距应加密布置：

表8‑2 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 | 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 | 按3m～20m一个断面 | 全站仪 | 1”，1mm+2PPm |
| 3 | 相对收敛 | 地下结构每监测布置不少于两条测线 | 按3m～20m一个断面 | 全站仪、收敛仪 | 全站仪:1”，1mm+2PPm;收敛仪：0.1mm |
| 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 | 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 |

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。

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。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》GB50026的相应规定。

## 10.3 监测频率

（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。

（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。

（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。

## 10.4 监测预警

（1）监测预警等级划分及应对管理措施应符合表9-3的规定：

表 9‑3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≤G＜0.8 | 监测预警，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≤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≤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。

（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。

（3）城市轨道交通结构的监测信息应及时反馈给相关单位。

## 10.5 监测注意事项

（1）为了保证邻近施工对既有轨道交通设施的影响得到准确合理的判断，开工前应对既有轨道交通设施进行详细、周密的调查，作好结构安全性评估和现状记录工作，制定安全合理的监测控制标准。

（2）量测数据必须完整、可靠，对施工工况应有详细的描述，使之真正起到施工监控作用，为设计和施工提供依据。

（3）所有测点均应反映施工中受力或变形等随时间的变化，即从施工开始到完成、观测数据趋于稳定为止。

（4）监测数据应及时分析，沉降、位移等观测项目尚应绘制随时间变化的关系曲线，对变形和内力的发展趋势做出评价。监测单位应能根据对当前测试数据的分析，较好地预测下一施工步将引起的沉降变形等，并对施工措施提出相应建议。

（5）施工过程中监测单位应定期向运营单位、建设单位、设计单位、评估单位和施工单位提供监测资料以便判断结构和地层的变形情况，必要时能及时变更设计参数和施工方法。监测单位应于量测工作结束后及时向运营单位、建设单位、设计单位及施工单位提供一份量测报告，内容包括：测点布置、测试方法、经整理的量测资料及分析的主要成果、结论与建议、量测记录汇总等。

（6）除专门的监测单位外，施工方亦应在施工过程中建立自己的监测体系，以便掌握第一手资料，同时对监测单位的量测结果进行验证。

（7）施工过程中，施工应保证监测数据的完整、可靠性，加强对数据的分析与利用，在每个主要工况工前工后都应根据现场监测数据，对工况过程中的环境反馈做分析及预测。并将此“施工->反馈->预测->调整方案->下步施工”的动态过程贯穿于邻近施工的全过程。施工完成后，应做好既有结构的“工后评估”，必要时采取相应修补措施，确保既有结构的正常使用和运营安全。

# 11 评估结论与建议

## 11.1 主要结论

1）简要的给出描述

2）采用的安全评估方法

3）数值计算分析定量化的结论

4）给出肯定的结论

## 11.2 建议及措施

1）设计方案中主要的问题；

2）施工方面的措施（体现施工过程对轨道交通结构的评估）；

3）监测方面的措施；

4）应急预案方面的措施；

# 附件