|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 广东省标准 | | | 说明: GD | |
|  | |  | DBJ/T XXX-XXXX  备案号J XXXXX | |
|  | | | | |
| **既有城市轨道交通结构安全监测技术**  **标准** | | | | |
| Technical standards for safety monitoring of existing structures of urban rail transit | | | | |
|  | **（征求意见稿）** | | |  |
|  |  | | |  |
| XXXX-XX-XX发布 XXXX-XX-XX实施 | | | | |
| 广东省住房和城乡建设厅 发布  本标准不涉及专利 | | | | |

广东省标准

**既有城市轨道交通结构安全监测技术**

**标准**

Technical standards for safety monitoring of existing structures of urban rail transit

DBJ/T XXX-XXXX

住房和城乡建设部备案号：XXXX-XXXX

批准部门：广东省住房和城乡建设厅

实施日期：XXXX年XX月XX日

XXX出版社

XXXX 广州

**前 言**

根据广东省住房和城乡建设厅关于发布《2017年广东省工程建设标准制订、修订计划》的通知（粤建科函〔2017〕2904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10章，主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 基本规定；4. 监测方案与实施；5. 既有结构调查；6. 监测方法；7. 基准点布设及测量；8. 隧道与地下车站；9. 高架与路基；10. 成果要求与反馈。

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](mailto: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

广东省建筑科学研究院集团股份有限公司

广东省重工建筑设计院有限公司

广东省地质建设工程勘察院

本规范主要起草人员：张志良、罗凤霞、陈玉清、何恒之、兰闯、张华、柏文锋、刘成军、赵茹、刘志峰、张亮、林建、熊刚

本规范主要审查人员：

**目 次**

[1 总 则 1](#_Toc536174849)

[2 术语和符号 2](#_Toc536174850)

[3 基本规定 3](#_Toc536174851)

[3.1 一般规定 3](#_Toc536174852)

[3.2 外部作业影响等级 3](#_Toc536174853)

[3.3 精度要求 5](#_Toc536174854)

[4 监测方案与实施 6](#_Toc536174855)

[4.1 一般规定 6](#_Toc536174856)

[4.2 监测方案编制 6](#_Toc536174857)

[4.3 监测实施 9](#_Toc536174858)

[5 既有结构调查 11](#_Toc536174859)

[5.1 一般规定 11](#_Toc536174860)

[5.2 调查方法及内容 11](#_Toc536174861)

[6 监测方法 14](#_Toc536174862)

[6.1 一般规定 14](#_Toc536174863)

[6.2 水平位移监测 14](#_Toc536174864)

[6.3 沉降监测 17](#_Toc536174865)

[6.4 裂缝监测 19](#_Toc536174866)

[6.5 净空收敛监测 20](#_Toc536174867)

[6.6 隧道断面形状测量 21](#_Toc536174868)

[7 基准点布设与测量 22](#_Toc536174869)

[7.1 一般规定 22](#_Toc536174870)

[7.2 基准点布设 22](#_Toc536174871)

[7.3 基准点稳定性分析 22](#_Toc536174872)

[8 隧道结构与地下车站 24](#_Toc536174873)

[8.1 隧道结构监测 24](#_Toc536174874)

[8.2 车站结构监测 26](#_Toc536174875)

[9 高架与路基 29](#_Toc536174876)

[9.1 高架结构监测 29](#_Toc536174877)

[9.2 路基结构监测 30](#_Toc536174878)

[9.3 边坡结构监测 31](#_Toc536174879)

[10 成果要求与反馈 32](#_Toc536174880)

[10.1 一般规定 32](#_Toc536174881)

[10.2 监测点变形分析 33](#_Toc536174882)

[10.3 信息化反馈 33](#_Toc536174883)

[10.4 质量检查 34](#_Toc536174884)

[附录A 接近程度和外部作业的工程影响分区 35](#_Toc536174885)

[附录B 质量检查记录表 39](#_Toc536174886)

[本规范用词说明 41](#_Toc536174887)

[引用标准名录 42](#_Toc536174888)

[条文说明 43](#_Toc536174889)

Contents

[1 General Provisions 1](#_Toc469911158)

[2 Terms and Symbols 2](#_Toc469911159)

[3 Basic Regulations 3](#_Toc469911160)

[3.1 General Regulations 3](#_Toc469911161)

[3.2 Classification of the External Action Influence 3](#_Toc469911162)

[3.3 Precision Requirement 5](#_Toc469911163)

[4](#_Toc469911164) [Monitoring Programs and Implementation 6](#_Toc469911164)

[4.1 General Regulations 6](#_Toc469911165)

[4.2 Monitoring Programming 6](#_Toc469911166)

[4.3 Monitoring Implementation 9](#_Toc469911167)

[5 Existing Structure Survey 11](#_Toc469911169)

[5.1 General Regulations 11](#_Toc469911170)

[5.2 Survey Methods and Contents 11](#_Toc469911171)

[6 Monitoring Method 14](#_Toc469911172)

[6.1 General Regulations 14](#_Toc469911173)

[6.2 Horizontal Displacement Monitoring 14](#_Toc469911174)

[6.3 Settlement Monitoring 17](#_Toc469911175)

[6.4 Gap Monitoring 19](#_Toc469911176)

[6.5 Section Monitoring 20](#_Toc469911177)

[6.6 Tunnel section shape measurement 21](#_Toc469911178)

[7 Layout and Surveying of Benchmarks 22](#_Toc469911179)

[7.1 Genenral Regulations 22](#_Toc469911180)

[7.2 Layout of Benchmarks 22](#_Toc469911181)

[7.3 Stability Analysis of Benchmarks 22](#_Toc469911182)

[8 Tunnel structure with underground station 24](#_Toc469911183)

[8.1 Tunnel Structure Monitoring 24](#_Toc469911184)

[8.2 Station Structure Monitoring 26](#_Toc469911185)

[9 Overpass and Roadbed 29](#_Toc469911183)

[9.1 Overpass Structure Monitoring 29](#_Toc469911184)

[9.2 Roadbed Structure Monitoring 30](#_Toc469911185)

[9.3 Slope Structure Monitoring 31](#_Toc469911185)

[10 Results requests and feedback 32](#_Toc469911183)

[10.1 General Regulations 32](#_Toc469911184)

[10.2 Monitoring Point Deformation Analysis 33](#_Toc469911185)

[10.3 Information feedback 33](#_Toc469911184)

[10.4 Quality inspection 34](#_Toc469911185)

[Appendix A Approaching degree and Influence Zoning of External Action 35](#_Toc469911187)

[Appendix B Quality inspection record sheet 39](#_Toc469911188)

[Explanation of Wording in this Code 41](#_Toc469911189)

[List of Quoted Standards 42](#_Toc469911190)

Addition: Explanation of Provisions [43](#_Toc326729721)

1. **总 则**
   * 1. 为确保城市轨道交通结构安全监测的及时性、准确性和规范性，结合广东省城市轨道交通设施保护的实践经验和特点，制定本标准。
     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监测。
     3. 本规范制定了广东省城市轨道交通结构安全保护监测的技术标准和质量检验要求。
     4. 城市轨道交通既有结构的安全监测除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。
2. **术语和符号**
   * 1. 外部作业 external action

在城市轨道交通既有结构控制保护区内进行的作业。

* + 1. 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。

* + 1. 基准点 reference point

为进行变形测量而布设的稳定的、长期保存的测量点。根据变形测量的类型，可分为沉降基准点和位移基准点。

* + 1. 工作基点 working reference point

为便于现场变形观测作业而布设的相对稳定的测量点。根据变形测量的类型，可分为沉降工作基点和位移工作基点。

* + 1. 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。

* + 1. 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。

1. **基本规定**

**3.1 一般规定**

* + 1. 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。

* + 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。
    2. 城市轨道交通既有结构的监测流程应为：（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；（5）终止监测。
    3. 城市轨道交通既有结构的监测方案，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. 既有结构调查应重点巡查既有结构破损、裂缝、渗漏水、错台等病害状况以及基准点、监测点、监测设备、监测元器件的完好状态和保护情况等。
    5. 城市轨道交通既有结构的监测方法应根据监测对象和监测项目的特点、工程监测等级、设计要求、精度要求、场地条件和当地工程经验等综合确定。
    6. 城市轨道交通结构监测的基准点应设置施工影响范围以外的稳定区域，定期进行检核。
    7. 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。
    8. 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，系统软件或平台宜能对监测点进行变形分析和粗差判断，并宜具备数据采集、处理、分析、查询和管理一体化以及监测成果可视化的功能。
    9. 城市轨道交通结构监测新技术、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。

**3.2 外部作业影响等级**

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  外部作业的  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 |
| 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。

3.2.5 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3.2.5进行选择。

**表3.2.5 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 | 沉降 | 应测 | 应测 | 应测 | 宜测 | 城市轨道交通既有结构 |
| 2 | 水平位移 | 应测 | 应测 | 应测 | 宜测 |
| 3 | 净空收敛 | 应测 | 宜测 | 宜测 | 可测 |
| 4 | 裂缝 | 应测 | 应测 | 宜测 | 可测 |
| 5 | 隧道断面形状 | 应测 | 宜测 | 可测 | 可测 |
| 6 | 道床变位 | 应测 | 宜测 | 可测 | 可测 |

注：1 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率；

2. 既有城市轨道交通控制保护区内施工时，外部作业对隧道的影响等级为特级时，应对隧道边线外及外部基坑周边进行地下水位监测。

**3.3 精度要求**

* + 1. 城市轨道交通结构水平位移及沉降应以中误差作为衡量精度的指标，并以二倍中误差作为极限误差。
    2. 城市轨道交通结构监测的观测精度等级，宜不低于3.3.2中二等精度要求。

**表3.3.2 精度指标及适用范围**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 等级 | 沉降监测点测站高差中误差  （mm） | 位移监测点坐标中误差  （mm） | 主要适用范围 |
| 特等 | 0.05 | 0.3 | 特高精度要求的变形测量 |
| 一等 | 0.15 | 1.0 | 地基基础设计为甲级的建筑的变形测量；重要的古建筑、历史建筑的变形测量；重要的城市基础设施的变形测量等 |
| 二等 | 0.5 | 3.0 | 地基基础设计为甲、乙级的建筑的变形测量；重要场地的边坡监测；重要的基坑监测；重要管线的变形测量；地下工程施工及运营中的变形测量；重要的城市基础设施的变形测量等 |

注：1 沉降监测点测站高差中误差：对水准测量，为其测站高差中误差；对静力水准测量、三角高

程测量，为相邻沉降监测点间等价的高差中误差；

2 位移监测点坐标中误差：指的是监测点相对于基准点或工作基点的坐标中误差、监测点相对

于基准线的偏差中误差等。

* + 1. 对变形允许值已明确的监测项目，其精度等级的确定应符合下列规定：

1 应根据变形允许值，先按下列方法估算变形测量精度：

1）对沉降观测，应取差异沉降的沉降差允许值的1/20~1/10作为沉降差测定的中误差；

2）对位移观测，应取变形允许值的1/20~1/10作为位移量测的中误差，并根据位移量测定的具体方法计算监测点坐标中误差或测站高差中误差。

2 当仅给定单一变形允许值时，应按所估算的精度选择满足要求的精度等级；当给定多个同类型变形允许值时，应分别估算精度，按其中最高精度选择满足要求的精度等级。

1. **监测方案与实施**

**4.1 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。
    2. 城市轨道交通结构监测的监测方案与实施，应能反映外部作业的基本情况、外部作业与城市轨道交通结构的关系、外部作业影响下的结构变形程度或变形趋势等，并应满足城市轨道交通经营部门、建设单位的信息化使用要求。
    3. 监测方案编制前应收集并分析岩土工程勘察报告、周边环境调查资料、安全评估报告、设计文件及施工方案等相关资料，并进行现场踏勘。

**4.2 监测方案编制**

* + 1. 城市轨道交通结构监测的监测方案应包括表4.2.1的内容：

**表4.2.1 监测方案大纲**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 监测方案大纲 | 内容 |
| 1 | 工程概况 | 包括外部作业与城市轨道交通结构的空间关系、施工工法或基坑支护形式、水文地质条件、外部作业影响等级 |
| 2 | 监测方案技术要求 | 包括监测依据、监测范围、监测项目、方式、布点、频率、控制值和警戒值，基准网检核、现状检查、应急预案 |
| 3 | 监测点布置平面图 | 包括与城市轨道交通结构的平面关系图（含城市轨道交通里程）、所有断面图、测站断面图、基准点断面图 |
| 4 | 监测技术原理 | 仪器设备清单、检测合格证明、监测原理、计算方式、系统误差消除方式 |
| 5 | 监测数据报送 | 数据模板、负责人员及联系方式 |
| 6 | 应急预案 | 应急预案和安全文明施工，应急预案需重点制定监测仪器在关键时刻意外断电、故障等数据不能正常报送情形下的应急措施。 |
| 7 | 安全文明施工 | 安全文明施工需重点说明项目采取的保证人员安全、设备安全、行车安全的措施。 |

* + 1. 城市轨道交通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、车站轨行区应以自动化监测方式为主。
    2. 城市轨道交通结构监测可采用独立的平面坐标系统及高程基准。对大型或有特殊要求的项目，宜采用2000国家大地坐标系及1985国家高程基准或当地平面坐标系统及高程基准。
    3. 外部作业为基坑工程且影响等级为特级时，对城市轨道交通既有隧道结构的监测范围应外扩不小于3倍外部作业基底埋深；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外扩不小于2倍外部作业基底埋深。
    4. 外部作业为隧道工程且影响等级为特级时，对城市轨道交通既有隧道结构的监测范围应外扩不小于3倍隧道洞径；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外扩不小于2倍隧道洞径。
    5. 外部作业为桩基工程时，对城市轨道交通既有隧道结构的监测范围应结合接近程度、桩径、地质条件、施工工艺等确定每根桩基础施工的影响范围，在该影响范围内设置监测断面。
    6. 监测点应布置在监测对象变形和内力的关键特征点上，应符合表4.2.7的规定，埋设点位不能影响城市轨道交通的正常运营及维护。测点布置应遵从结构设计要求，不得安装在禁止打孔的结构上（如预应力梯形轨枕），所有测点和仪器须标识监测信息，标识信息应牢固可靠。

**表4.2.7 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 | 沉降 | 隧道道床、顶部、侧墙或腰部，地下出入通道底板、车站侧墙地面及高架结构底层柱、桥面、桥墩。 | ≤10 |
| 2 | 水平位移 | 隧道道床、顶部、侧墙或腰部，地下出入通道底板，地面及高架结构底层柱、桥面、桥墩。 | ≤10 |
| 3 | 净空收敛 | 使用全站仪法每个监测断面应至少监测1条横向测线，2条竖向测线；采用红外线激光测距仪法每个监测断面应至少监测1条横向测线。 | ≤10 |
| 4 | 既有结构裂缝 | 结构裂缝位置 | \ |
| 5 | 隧道椭变 | \ | 按监测断面或在重点位置布设 |
| 6 | 道床变位 | 道床的纵、横断面上 | ≤20 |

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 外部作业为桩基施工，应在每个桩位的投影位置布设不少于1个监测断面；

3 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；

4 对新增宽度大于0.2mm以及既有宽度大于0.5mm的典型结构裂缝，选取代表性或典型的裂缝实施裂缝监测。

* + 1. 城市轨道交通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、城市轨道交通安全评估结果、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。各类外部作业自动化监测频率应符合表4.2.8规定。

**表4.2.8-1 基坑工程监测频率要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 外部作业影响等级  外部作业  施工工况 | 特级、一级 | 二级（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：隧道断面尺寸应在监测开始前至少观测1次。

**表4.2.8-2 隧道上穿工程监测频率要求**

|  |  |
| --- | --- |
| 外部作业影响等级  外部作业  施工工况 | 特级、一级作业 |
|
| 刀盘进入穿越区前50m~30m | 1次/天 |
| 刀盘进入穿越区前30m~2D | 2次/天 |
| 刀盘进入穿越区前2D及盾尾进入穿越区后2D | 1次/2小时 |
| 盾尾进入穿越区后2D~30m | 4次/天 |
| 盾尾进入穿越区后30m~50m | 2次/天 |
| 50m外的持续监测期 | 1次/天 |

注：1 D取既有隧道、拟建隧道外径较大值；

2 穿越区为外部施工区域与城市轨道交通隧道重叠的部分。

**表4.2.8-3 隧道下穿工程监测频率要求**

|  |  |
| --- | --- |
| 外部作业影响等级  外部作业  施工工况 | 特级、一级作业 |
|
| 刀盘进入穿越区前50m~30m | 1次/天 |
| 刀盘进入穿越区前30m~2D | 2次/天 |
| 刀盘进入穿越区前2D及盾尾进入穿越区后2D | 1次/小时 |
| 盾尾进入穿越区后2D~30m | 4次/天 |
| 盾尾进入穿越区后30m~50m | 2次/天 |
| 50m外的持续监测期 | 1次/天 |

注：1 D为既有隧道、拟建隧道洞径较大者的直径；

2 穿越区为外部施工区域与城市轨道交通隧道重叠的部分。

**表4.2.8-4 桩基工程监测频率要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 接近程度  外部作业  施工工况 | 非常接近、接近 | 较接近、不接近 |
|
| 桩基施工 | 3次/天 | 1次/天 |
| 承台施工 | 3次/天 | 2次/天 |

注：1 接近程度判定可参照《城市轨道交通既有结构保护技术规范》DBJ/T 15-120来确定。

**表4.2.8-5 连接通道施工监测频率要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 外部作业影响等级  外部作业  施工工况 | 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） |
|
| 通道破洞 | 3次/天 | 1次/天 |
| 其他 | 1次/天 | 1次/天 |

* + 1. 特级、一级作业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；二级作业人工监测频率根据请点情况，不少于每月1次。
    2. 城市轨道交通结构安全控制指标值应由外部作业设计单位参考安全评估报告制定，经城市轨道交通经营单位组织审查，当结构未进行加固处理时，控制指标应考虑已经发生的变形量；已经对结构进行加固处理的，应重新考虑结构控制指标。
    3. 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4.2.9的规定。

**表4.2.11 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≤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≤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：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，应进行监测报警。

**4.3 监测实施**

* + 1. 实施监测的仪器设备应符合下列规定：

1 水准仪及配套水准尺、全站仪等测量仪器设备，应经法定计量检定机构检定合格，并应在检定有效期内使用。

2 所使用的传感器应经出厂测试，质量达合格标准。

3 作业前和作业过程中，应根据现场作业条件的变化情况，对所用仪器设备进行检查校正。

4 作业时，自动化监测仪器设备及其附件等不得侵入行车限界。

5 仪器设备应在其说明书给出的作业条件下使用，有关安装、操作及设备维护等应符合其说明书的规定。

* + 1. 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。
    2. 各期监测应在短时间内完成，对不同期监测，宜采用相同的观测网形、观测路线和观测方法，并宜使用相同的测量仪器设备。
    3. 当某期变形监测出现监测点被破坏或不能被观测时，应在备注中说明，并应及时修复。
    4. 实施城市轨道交通结构监测过程中发生下列情况之一时，应立即实施安全预案，同时应提高观测频率或增加监测内容：

1 变形量或变形速率出现异常变化。

2 变形量或变形速率达到或超出变形预警值。

3 既有结构新增较明显的结构病害。

4 既有结构原有病害出现较快发展。

5 外部作业本身或其周边环境出现异常。

6 外部作业造成既有结构损坏。

* + 1. 城市轨道交通结构的监测周期，应贯穿于外部作业的全过程，从测定监测项目初始值开始，至外部作业完成后一个月且监测区域数据稳定后结束。数据稳定标准为最后三个较长监测周期（每个周期不少于1周）的三维结构变形量均小于观测精度。
    2. 监测周期应根据轨道交通结构的特性、变形速率、变形影响因子的变化和观测精度等综合确定。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，并提供近期监测数据、城市轨道交通结构现状检查报告等相关资料，城市轨道交通经营单位书面同意后方可停止监测。
    3. 各期变形监测应进行数据整理和成果质量检查。

1. **既有结构调查**

**5.1 一般规定**

* + 1. 城市轨道交通既有结构调查应由具有丰富调查经验的人员通过详细人工观察和仪器量测获取隧道结构病害和几何尺寸的关键信息，并做好标识、准确记录，获取的调查信息应做到全面、直观、可量化，同时做好数据的整理、分析工作。
    2. 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对病害发生部位及当前状态进行详细描述。
    3. 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 隧道渗漏水（隧道有无渗漏水、析出物；施工缝、变形缝有无渗漏水、漏泥沙；道床有无渗漏水、冒浆；排水沟有无积水）；

2 结构缺损（隧道结构有无裂缝、露筋、掉块；道床有无开裂、拱起；排水沟有无开裂）；

3 材质劣化（隧道表面有无蜂窝麻面、起层、剥落；钢筋有无锈蚀；止水带有无脱落）；

4 必要时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。

* + 1. 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。

* + 1. 工后确认应在外部作业完成且监测数据稳定之后开展，与工前调查存在不同之处应仔细核实，辨别是否为工前调查时遗漏或新增病害。
    2. 既有结构调查应依次检查各个结构部位，详实记录各检查项目的病害类型，范围和程度；对异常情况的结构，应在其适当位置做出标记。
    3. 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。

**5.2 调查方法及内容**

* + 1. 渗漏水的调查内容应包括渗漏水的位置、渗漏量大小、浑浊程度等。根据隧道结构渗漏水的渗漏量大小，可分为湿迹、渗水、滴漏、涌水；根据渗漏水浑浊程度可分为漏泥沙、冒浆等。具体的定义和调查方法见表5.2.1。

**表 5.2.1 渗漏水病害的划分及调查方法**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 渗漏水 | | 定义 | 调查方法 |
| 渗漏大小 | 湿迹 | 隧道内表面呈现明显色泽变化的潮湿斑 | 目测结构物表面水迹；用干手触摸有潮湿感，但无水分浸润感 |
| 渗水 | 水渗入隧道，导致隧道表面水分浸润 | 用灯光照射，结构物表面有反光；用干手触摸，明显沾有水分 |
| 滴漏 | 水量达到一定程度，从上方滴落 | 目测滴漏程度；必要时采用秒表确定滴水频率 |
| 涌水 | 有明显的出水点，水从出水点涌出，形成水流 | 目测涌水大小；必要时采用量筒量测涌水量，或采用容积法、投浮子法、堰法或堵塞估算法在隧道的中央排水沟或侧沟进行量测 |
| 浑浊程度 | 漏泥沙 | 因渗水通道扩大或防水失效，渗水量增加，同时夹带泥沙 | 目测渗出物成分 |
| 冒浆 | 因渗水通道扩大或防水失效，渗水量增加，同时夹带浆液 | 目测渗出物成分 |

* + 1. 结构缺损病害调查包含隧道结构有无开裂、露筋、掉块、压溃、错台；管片连接件（螺杆、螺栓等）有无缺失、松脱；道床有无开裂、拱起；排水沟有无开裂，调查内容应包括病害位置、大小和分布等，应对结构缺损状况进行详细记录，做好标识并留存影像数据记录。
    2. 结构缺损调查可根据缺陷的情况按下列方法调查：

1 隧道掉块、剥落以及结构露筋可用钢直尺或卷尺量测，并进行详细记录，做好现场标识，留存影像数据记录。

2 应结合人工目测和仪器量测对隧道内宽度大于0.5mm的结构性裂缝进行普查，记录裂缝位置，选用仪器设备辅助量测裂缝长度、宽度。裂缝长度可用钢卷尺或钢直尺量测，量测精度不宜低于1mm，裂缝宽度可用裂缝插片尺、裂缝宽度观测仪、游标卡尺量测，量测精度不低于0.1mm。应在裂缝两侧设置测量标志以便于工前、过程以及工后调查对比分析裂缝发展情况，同时做好裂缝状况标识，现场标识出裂缝长度、宽度及里程信息，留存影像数据记录。

* + 1. 既有结构调查应采用技术先进、信息全面的检测手段，结合三维激光扫描仪、激光断面仪、自动全站仪、裂缝测宽仪、摄影测量设备等对隧道结构现状进行定量的测量和记录。调查和检测方法应根据表5.2.5进行选择。

**表5.2.5 现状调查和检测方法**

| 序号 | 现状调查和检测方法 | 外部作业影响等级 | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 特级 | 一级 | 二级 | 三级 |
| 1 | 人工观察、拍照、记录和量测 | 应采用 | 应采用 | 应采用 | 应采用 |
| 2 | 裂缝宽度检测 | 应采用 | 应采用 | 应采用 | 应采用 |
| 3 | 激光断面仪和三维激光扫描仪法 | 应采用 | 宜采用 | 可采用 | 可采用 |
| 4 | 全站仪非接触量测法 | 可采用 | 可采用 | 可采用 | 可采用 |
| 5 | 近景摄影测量的方法 | 可采用 | 可采用 | 可采用 | 可采用 |

* + 1. 全站仪非接触量测法可用于隧道断面尺寸、错台高差等隧道几何尺寸现状的检测工作，使用的全站仪测角精度不低于1”，测距精度不低于1mm+2ppm。采用全站仪进行隧道全断面扫描检测时无棱镜测距精度不低于3mm；每个断面应设置仪器对中点、定向点和检查点，3点水平投影应呈一条直线，断面上每条线型内的有效数据不应少于5个点。
    2. 激光断面仪和三维激光扫描仪可用于观测隧道断面尺寸、建模、诊断掉块和错台位置等。当采用激光扫描方法时，应优先采用推扫式扫描进行快速检测。
    3. 近景摄影测量的方法可用于隧道结构几何尺寸检测、裂缝数量、宽度和位置的观测、隧道建模等方面，当采用近景摄影测量方法进行作业时，应尽量采用高影像分辨率、长焦距的数码相机；施测时可选用单基线立体摄影测量方法或多基线摄影测量方法，摄站点宜布设在与隧道长轴线相平行的一条直线上，并使摄影主光轴垂直于隧道结构；单独布设的摄站点应与基准点进行联测。

1. **监测方法**

**6.1 一般规定**

* + 1. 城市轨道交通结构监测项目，应根据所需测定的变形类型、精度要求和现场作业条件来选择相应的观测方法。一个项目中可组合使用多种观测方法。对有特殊要求的监测项目，可同时选择多种观测方法相互校验。
    2. 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。

**6.2 水平位移监测**

* + 1. 城市轨道交通结构水平位移监测宜采用全站仪自动监测系统进行监测。其中全站仪边角测量法可用于位移基准点网观测及基准点与工作基点间的联测；监测点的位移监测可采用全站仪小角度法、极坐标法、前方交会法和自由设站法等。
    2. 城市轨道交通结构位移监测所用全站仪的标称精度应不低于表6.2.2二等的规定。

**表6.2.2 全站仪标称精度要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 位移观测等级 | 一测回水平方向标准差（″） | 测距中误差  （mm） |
| 一等 | ≤0.5 | ≤（1mm+1ppm） |
| 二等 | ≤1.0 | ≤（1mm+2ppm） |

* + 1. 当采用全站仪边角测量法进行位移基准点网观测及基准点与工作基点间联测时，应符合下列规定：

1 基准点及工作基点应组成多边形网，网的边长宜小于300m。

2 应在各基准点、工作基点上设站观测，观测应边角同测。

* + 1. 全站仪水平角观测应符合下列规定：

1 水平角观测应采用方向观测法，测回数应符合表6.2.4-1的规定，观测限差应符合表6.2.4-2的规定。

**表6.2.4-1 水平角观测测回数**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 全站仪测角  标称精度 | 位移观测等级 | | |
| 一等 | 二等 |
| 0.5″ | 4 | 2 |
| 1″ | — | 4 |

**表6.2.4-2 水平角观测限差**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 全站仪测角  标称精度 | 半测回归零差限差  （″） | 一测回内  2*C*互差限差  （″） | 同一方向值  各测回互差限差（″） |
| 0.5″ | 3 | 5 | 3 |
| 1″ | 6 | 9 | 6 |

2 当水平角观测成果超出限差时，应按下列规定进行重测：

1）当2C互差或各测回互差超限时，应重测超限方向，并联测零方向；

2）当归零差或零方向的2C互差超限时，应重测该测回；

3）一测回中，当重测方向数超过所测方向总数的1/3时，应重测该测回；

4）一个测站上，当重测的方向测回数超过全部方向测回总数的1/3时，应重测该测站所有方向。

* + 1. 全站仪距离观测应符合下列规定：

1 一等位移观测，距离应观测4个测回；二等位移观测，距离应观测2个测回。每测回应照准目标一次、读数4次。有关技术要求应符合表6.2.5的规定，其中往返测观测值较差应将斜距化算到同一水平面上方可比较。

**表6.2.5 距离观测技术要求**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 全站仪测距 标称精度 | 一测回读数间较差限差（mm） | 测回间  较差限差（mm） | 往返测  较差限差（mm） | 气象数据测定  最小读数 | |
| 温度  （℃） | 气压  （mmHg） |
| 1mm+1ppm | 3 | 4.0 | 6.0 | 0.2 | 0.5 |
| 1mm+2ppm | 4 | 5.5 | 8.0 | 0.2 | 0.5 |

2 当距离观测成果超限时，应按下列规定进行重测：

1）当一测回读数间较差超限时，应重测该测回；

2）当测回间较差超限时，可加测2个测回，去掉其中最大、最小测回观测值后再进行比较，如仍超限，应重测该边的所有测回。

* + 1. 当采用全站仪小角法测定某个方向上的水平位移时，应符合下列规定：

1 应垂直于所测位移方向布设视准线，并应以工作基点作为测站点。

2 测站点与监测点之间的距离宜符合表6.2.6的规定。

**表6.2.6 全站仪小角法观测距离要求（m）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 全站仪测角  标称精度 | 位移观测等级 | |
| 一等 | 二等 |
| 0.5″ | ≤300 | ≤500 |
| 1″ | — | ≤300 |

3 监测点偏离视准线的角度不应超过30′。

4 每期观测时，利用全站仪观测各监测点的小角值，观测不应少于1测回。

5 监测点偏离视准线的垂直距离*d*应按下式计算：

式中：*α*—偏角（″）；

*D —*监测点至测站点之间的距离（mm）；

*ρ*—常数，其值为206265″。

***D***

*α*

***d***

**图6.2.6 小角法示意图**

* + 1. 当采用全站仪极坐标法进行位移观测时，应符合下列规定：

1 测站点与监测点之间的距离宜符合表6.2.7-1的规定。

**表6.2.7-1 全站仪观测距离长度要求（m）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 全站仪  标称精度 | 位移观测等级 | |
| 一等 | 二等 |
| 0.5″  1mm+1ppm | ≤300 | ≤500 |
| 1″  1mm+2ppm | — | ≤300 |

2 边长和角度观测测回数应符合表6.2.7-2的规定。

**表6.2.7-2 全站仪观测测回数**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 全站仪  标称精度 | 位移观测等级 | |
| 一等 | 二等 |
| 0.5″  1mm+1ppm | 2 | 1 |
| 1″  1mm+2ppm | — | 2 |

* + 1. 当采用全站仪前方交会法进行位移观测时，应符合下列规定：

1 应选择合适的测站位置，尽量使各监测点与其之间形成的交会角在60°~120°之间。测站与监测点之间的距离尽量符合本规范表6.2.7-1的规定。

2 水平角、距离观测测回数应符合本规范表6.2.7-2的规定。

3 当采用边角交会时，应在2个测站上测定各监测点的水平角和水平距离。

4 当仅采用测角或测边交会时，应至少在3个测站点上测定各监测点的水平角或水平距离。

* + 1. 当采用全站仪自由设站法进行位移观测时，应符合下列规定：

1 设站点应与3个基准点或工作基点通视，且该部分基准点或工作基点的平面分布范围应大于90°，设站点与监测点之间的距离宜符合本规范表6.2.7-1的规定。

2 所观测的监测点中，至少有2个点应在其他测站同期观测。

3 宜边角同测。水平角和距离观测测回数应符合本规范表6.2.7-2的规定。

* + 1. 当采用全站仪自动监测系统进行变形监测时，应符合下列规定：

1 自动化数据采集的仪器设备应安装牢固，并不应影响监测对象的安全运营。使用期间应定期维护设备，发现性能异常时应及时修复。

2 全站仪的自动照准应稳定、有效，单点单次照准时间不宜大于10s。

3 应根据观测精度要求、全站仪精度等级、监测点到仪器测站点的视线长度，进行观测方法设计和精度估算。有关技术要求可按本规范第6.2.7条~第6.2.9条的规定执行。每点每次观测的测回数宜符合本规范表6.2.7-2的规定。

4 后台控制程序应能按预定顺序逐点观测，数据不正常时应能补测，并应能根据即时指令增加观测。

5 多台全站仪联合组网观测时，相邻测站应有重叠的观测目标。

6 每期观测时均应进行基准点联测、稳定性判断和观测精度评定，然后再进行监测点数据计算。

**6.3 沉降监测**

* + 1. 城市轨道交通结构沉降监测可采用全站仪自动化监测系统监测（与水平位移监测同步进行）、几何水准测量法或静力水准监测法，必要的情况下宜采用静力水准自动监测系统。
    2. 当采用水准仪进行几何水准测量时，所用仪器型号和标尺类型应符合表6.3.2的规定。

**表6.3.2水准仪型号和标尺类型**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 等级 | 水准仪型号 | 标尺类型 |
| 一等 | DS05 | 铟瓦条码标尺 |
| 二等 | DS05 | 铟瓦条码标尺、玻璃钢条码标尺 |
| DS1 | 铟瓦条码标尺 |

* + 1. 几何水准测量的作业方式应符合表6.3.3的规定。

**表6.3.3 沉降观测作业方式**

| 沉降观测等级 | 基准点测量、工作基点联测  及首期沉降观测 | | | 其他各期沉降观测 | | | 观测顺序 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| DS05型仪器 | DS1型仪器 |  | DS05型仪器 | DS1型仪器 |  |
| 一等 | 往返测 | － |  | 往返测或单程双测站 | － |  | 奇数站：后-前-前-后 |
| 偶数站：前-后-后-前 |
| 二等 | 往返测 | 往返测或单程双侧站 |  | 单程  观测 | 单程双测站 |  | 奇数站：后-前-前-后 |
| 偶数站：前-后-后-前 |

* + 1. 几何水准测量应符合下列规定：

1 观测视线长度、前后视距差、视线高度及重复测量次数应符合表6.3.4-1的规定。

**表6.3.4-1 数字水准仪观测要求**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 沉降观测等级 | 视线长度  （m） | 前后视距差  （m） | 前后视距差累积  （m） | 视线高度  （m） | 重复测量次数（次） |
| 一等 | ≥4且≤30 | ≤1.0 | ≤3.0 | ≥0.65 | ≥3 |
| 二等 | ≥3且≤50 | ≤1.5 | ≤5.0 | ≥0.55 | ≥2 |

注：1在室内作业时，视线高度不受本表的限制。

2当采用光学水准仪时，观测要求应满足表中各项要求。

2 观测限差应符合表6.3.4-2的规定。

**表6.3.4-2 数字水准仪观测限差（mm）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 沉降观测等级 | 两次读数所测高差之差限差 | 往返较差及附合  或环线闭合差限差 | 单程双测站所测高差较差限差 | 检测已测测段高差之差限差 |
| 一等 | 0.5 |  |  |  |
| 二等 | 0.7 |  |  |  |

注：1表中*n*为测站数。

2当采用光学水准仪时，基、辅分划或黑、红面读数较差应满足表中两次读数所测高差之差限差。

* + 1. 每期观测开始前，应测定数字水准仪的i角。当其值对一等、二等沉降观测超过15″。当观测成果出现异常，经分析可能与仪器有关时，应及时对仪器进行检验。
    2. 当使用静力水准监测法时可实施自动化观测。应根据观测精度要求和预估沉降量，选取相应精度和量程的静力水准传感器。对一等、二等沉降观测，宜采用连通管式静力水准；对二等及以下等级沉降观测，可采用压力式静力水准。采用静力水准进行沉降观测，宜将传感器稳固安装在待测结构上。
    3. 一组静力水准监测系统可由一个参考点和多个监测点组成。当采用多组串联方式构成观测路线时，在相邻组的交接处，应在同一结构的上下位置设置转接点。当观测范围小于300m、且转接点数不大于2个时，可将一端的参考点设置在相对稳定的区域作为工作基点；否则，宜在观测路线的两端分别布设工作基点。工作基点应采用水准测量方法定期与基准点联测。
    4. 静力水准观测的技术要求应符合表6.3.8的规定。

**表6.3.8 静力水准观测技术要求（mm）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 沉降观测等级 | 一等 | 二等 |
| 传感器标称精度 | ≤0.1 | ≤0.3 |
| 两次观测高差较差限差 | 0.3 | 1.0 |
| 环线及附合路线闭合差限差 | 0.3 | 1.0 |

注：*n*为高差个数。

* + 1. 静力水准监测装置的安装应符合下列规定：

1 管路内液体应具有流动性。

2 观测前向连通管内充水时，可采用自然压力排气充水法或人工排气充水法，不得将空气带入，管路应平顺，管路内不应出现Ω形，管路转角不应形成滞气死角。

3 安装在室外的静力水准系统，应采取措施保证全部连通管管路温度均匀，避免阳光直射。

4 对连通管式静力水准，同组中的传感器应安装在同一高度，安装标高差异不得消耗其量程的20%；管路中任何一段的高度均应低于蓄水罐底部，但不宜低于0.2m。

* + 1. 静力水准监测系统的数据采集与计算应符合下列规定：

1 观测时间应选在气温最稳定的时段，观测读数应在液体完全呈静态下进行。

2 每次观测应读数3次，读数较差应小于表6.3.8中相应等级的仪器标称精度，取读数的算术平均值作为观测值。

3 多组串联组成静力水准观测路线时，应先按测段进行闭合差分配后计算各组参考点的高程，再根据参考点计算各监测点的高程。

* + 1. 静力水准监测系统应与水准测量进行互校。使用期间应定期维护，发现性能异常时应及时修复或更换。

**6.4 裂缝监测**

* + 1. 新增宽度大于0.2mm以及既有宽度大于0.5mm的典型结构裂缝应进行裂缝观测。裂缝观测应测定裂缝的位置分布和裂缝的走向、长度、宽度、深度及其变化情况。必要时宜在裂缝最宽的位置实施深度观测
    2. 对需要观测的裂缝应统一编号。每次观测时，应绘出裂缝的位置、形态和尺寸，注明观测日期，并拍摄裂缝照片。
    3. 裂缝的长度监测宜采用直接量测法。
    4. 裂缝的宽度监测宜于每条裂缝至少布设3组观测标志，其中一组应在裂缝的最宽处，另两组应分别在裂缝的末端。每组应使用两个对应的标志，分别设在裂缝的两侧。
    5. 裂缝观测标志应便于量测。长期观测时，可采用镶嵌或埋入墙面的金属标志、金属杆标志或楔形板标志；短期观测时，可采用油漆平行线标志或用建筑胶粘贴的金属片标志。当需要测出裂缝纵、横向变化值时，可采用坐标方格网板标志。采用专用仪器设备观测的标志，可按具体要求另行设计。
    6. 裂缝的宽度量测精度不应低于0.1mm，长度量测精度不应低于1.0mm。
    7. 裂缝观测方法应符合下列规定：

1 对数量少、量测方便的裂缝，可分别采用比例尺、小钢尺或游标卡尺等工具定期量出标志间距离求得裂缝变化值，或用方格网板定期读取坐标差计算裂缝变化值。

2 对大面积且不便于人工量测的众多裂缝，宜采用前方交会或单片摄影方法观测。

3 当需要连续监测裂缝变化时，可采用测缝计或传感器自动测记方法观测。

**6.5 净空收敛监测**

* + 1. 矿山法施工的隧道围岩和衬砌结构、盾构法施工的隧道拼装环管片的净空收敛应优先采用全站仪和红外激光测距仪进行监测，条件允许的情况下可采用收敛计或三维激光扫描仪进行监测。
    2. 采用收敛计监测应符合下列规定：

1 应在收敛测线两端安装监测点，监测点与隧道侧壁应固定牢固；监测点安装后应进行监测点与收敛尺接触点的符合性检查，并应进行3次独立观测，且3次独立观测较差应小于标称精度的2倍；

2 观测时应施加收敛尺标定时的拉力，观测结果应取3次独立观测读数的平均值；

3 工作现场温度变化较大时，读数应进行温度修正。

* + 1. 采用红外线激光测距仪监测应符合下列规定：

1 测距仪的标称精度应优于±2mm；

2 应在收敛测线两端设置对中与瞄准标志，隧道侧壁粗糙时，瞄准标志宜采用反射片；对中与瞄准标志设置后，应进行实测精度符合性检查，并应进行3次独立观测，且3次独立观测较差应小于标称精度的2倍；

3 观测结果应为3次独立观测读数的平均值。

* + 1. 采用全站仪进行固定测线收敛监测应符合下列规定：

1 应设置固定仪器设站位置，并在收敛测线两端固定小棱镜或设置反射片，设站点与测线两端点水平投影应呈一直线；

2 应按盘左、盘右两个盘位观测至少一测回，并计算测线两端点的直线距离。

* + 1. 采用全站仪进行隧道全断面扫描收敛监测应符合下列规定：

1 每个断面应设置仪器对中点、定向点和检查点，3点水平投影应呈一直线；

2 应结合断面的剖面结构采集断面数据，断面上每段线型（直线或圆弧）内的有效数据不应少于5个点；

3 宜采用具有无棱镜测距、自动测量功能的全站仪，装载机载程序实现自动数据采集，无棱镜测距精度不应低于±3mm；

4 收敛变形数据宜与标准断面进行比较，并以标准断面为基准输出全断面各点向外（拉张）或向内（压缩）变形情况；

5 采用全站仪进行自动化监测时可通过同一断面内侧壁、（或拱顶、道床）两监测点的三维坐标计算出隧道的收敛变形情况。

6 条件允许的情况下可采用三维激光扫描仪对隧道结构形状进行扫描，通过对比两期观测扫描数据计算收敛变形数据。

**6.6 隧道断面形状测量**

* + 1. 隧道断面形状测量可采用支距法、全站仪解析法、断面仪法、摄影测量等方法。
    2. 结构断面测量点的位置，应为隧道监测断面或在重点位置。
    3. 断面测量可采用测角精度不低于1”，测距精度不低于1mm+2ppm的全站仪或断面仪等测量设备进行测量，横断面里程中误差为±50mm，断面点与线路中线法距的测量中误差为±10mm，断面点高程的测量中误差为±20mm。
    4. 底板纵断面高程点可使用不低于DS3级水准仪测量，里程中误差为±50mm，高程测量中误差为±10mm，并符合现行行业标准《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308的有关规定。

2. **基准点布设与测量**

**7.1 一般规定**

* + 1. 城市轨道交通结构监测的基准点应设置在变形影响范围以外且位置稳定、易于长期保存的地方，应避开外部作业直接影响的区段。
    2. 基准点可分为沉降基准点和位移基准点。当需同时测定沉降和位移或三维变形时，宜设置同时满足沉降基准点和位移基准点布设要求的基准点。
    3. 基准点测量及基准点与工作基点之间联测的精度等级，不应低于所选沉降或位移观测精度等级。
    4. 基准点应埋设固定元件，且应在埋设达到稳定后方可开始进行变形监测。
    5. 基准点应每期检测、定期复测，并应符合下列规定：

1 基准点复测周期应视其所在位置的稳定情况确定，在外部作业施工过程中宜1月~2月复测1次。

2 当某期检测发现基准点有可能变动时，应立即进行复测。

3 当某期变形监测中多数监测点观测成果出现异常，应立即进行复测。

4 复测后，应按本规范第7.3节的规定对基准点的稳定性进行分析。

* + 1. 当基准点与测站距离较远致使监测作业不方便时，宜设置工作基点，并应符合下列规定：

1 工作基点应设在相对稳定且便于进行作业的地方，并应设置相应的标志。

2 每期变形监测作业开始时，应先将工作基点与基准点进行联测，再利用工作基点对监测点进行观测。

**7.2 基准点布设**

* + 1. 沉降及位移监测基准点应各不少于4个。
    2. 基准点的点位选择应符合下列规定：

1 隧道监测的基准点应尽量选择在较稳定的车站主体结构上。

2 桥梁监测的基准点宜在附近区域埋设基岩水准点。

3 其他监测或现场不满足条件的可选择附近结构较稳固的建筑物的主体结构上。

4 隧道监测的工作基点宜选择远离施工影响区的两侧。

* + 1. 工作基点与基准点宜便于采用水准测量等人工观测方法进行联测、校核。

**7.3 基准点稳定性分析**

* + 1. 首期基准点测量及每期复测后，应进行数据处理，获得各期基准点的平面坐标和高程。对两期及以上的变形监测，应根据测量结果对基准点的稳定性进行检验分析。
    2. 沉降基准点稳定性检验分析应符合下列规定：

1 基准点网复测后，对所有基准点应分别按两两组合，计算本期平差后的高差数据与上期平差后高差数据之间的差值。

2 当计算的所有高差差值均不大于按下列公式计算的限差时，认为所有基准点稳定：

（5.3.2-1）

（5.3.2-2）

式中：—高差差值限差（mm）；

—对应精度等级的测站高差中误差（mm）；

*n*—两个基准点之间的观测测站数。

3 当有差值超过限差时，应通过分析判断找出不稳定的点。

* + 1. 位移基准点的稳定性检验分析应符合下列规定：

1 当水平位移监测中设置了不少于4个位移基准点时，可按照本规范第7.3.2条通过比较平差后基准点的坐标差值对基准点的稳定性进行分析判断。

2 当基于不同基准点测定的监测点数据存在明显的系统性偏差时，应分析判断并排除不稳定的基准点。

* + 1. 对不稳定基准点的处理，应符合下列规定：

1 应进行现场勘察分析，若确认其不宜继续作为基准点，应予以舍弃，并应及时补充布设新基准点。

2 应检查分析与不稳定基准点有关的各期变形监测成果，并应在剔除不稳定基准点的影响后，重新进行数据处理。

3 处理结果应在变形监测报告中说明。

1. **隧道结构与地下车站**

**8.1 隧道结构监测**

* + 1. 城市轨道交通既有隧道结构保护监测项目应根据外部作业不同的影响等级按表3.2.5以及结合设计、评估等方面的建议进行选择。
    2. 城市轨道交通既有隧道结构应在监测区内布设监测横断面，断面的布设应满足隧道结构的形式和受力特点，应符合表4.2.7的要求，每个断面监测点的数目和部位根据表8.1.2确定。

**表8.1.2 隧道监测部位要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 结构工法 | 布点要求 | 示意图 |
| 盾构隧道 | **一般宜布设5个基本对称的监测点（顶部、腰部和底部轨道）**。**特殊情况下可布设6个点（顶部、腰部两侧、轨道）。** |  |
| 矿山法隧道 | **一般宜布设5个基本对称的监测点（顶部、腰部和底部轨道）**。**特殊情况下可布设6个点（顶部、腰部两侧、轨道）。** |  |
| 双洞明挖隧道 | **宜布设8个点（顶部外侧各1，外墙各1，轨道2）** |  |
| 单洞明挖隧道 | **一般宜布设5个基本对称的监测点（顶部、侧墙中部和底部轨道），**  **特殊情况下可布设6个点（顶部、侧墙中部两侧、轨道）。** |  |

注： 1 具体到实际监测埋点的位置及数量还需综合考虑现状条件、设计方案及安全评估成果的要求；

2 由于部分隧道顶部有接触网供电等设施，顶部监测点安装困难和通视受限，可适当偏离顶部中心线，但不宜过远。同时应充分考虑城市轨道交通运营管理的要求和意见，做到既能满足监测需求，也不影响运营秩序和形成安全隐患。

* + 1. 城市轨道交通既有隧道结构裂缝监测，应符合下列规定：

1 裂缝监测应采用结构裂缝监测传感器或自动裂缝监测仪，传感器或裂缝监测仪的量程应大于裂缝的预警宽度，测量方向应与裂缝走向垂直。

2 既有宽度大于0.5mm的典型结构裂缝，应监测裂缝的宽度变化。当裂缝数量特别多时且距离比较相近时，可选取代表性或典型的裂缝实施裂缝监测。

3 监测期间新增宽度大于0.2mm的裂缝，应监测裂缝的宽度变化。

* + 1. 城市轨道交通既有隧道结构监测应采用人工监测与当时最先进、成熟的技术方法（如智能型全站仪自动化监测系统、自动裂缝监测系统）相结合进行，并辅以其他传感器和液体静力水准测量技术等。
    2. 城市轨道交通既有隧道结构的监测周期，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。
    3. 当发现城市轨道交通既有隧道结构有异常情况或外部作业有危险事故征兆时，应增加监测频率，必要时启动24小时不间断监测。

**8.2 车站结构监测**

8.2.1 城市轨道交通既有车站结构保护监测对象应包含车站主体结构及其附属结构等，在外部作业基坑监测没有覆盖的区域，还应加强对周边环境的监测。监测内容包含沉降、水平位移、倾斜、裂缝等。具体监测项目应根据外部作业不同的影响等级按表3.2.5以及结合设计、评估等方面的建议进行选择。

8.2.2 城市轨道交通既有车站结构监测中，变形监测网基准点和工作基点的布设，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，应加强对基准点和工作基点的校核、检验。

8.2.3 城市轨道交通既有车站结构监测应加强对基准点、工作基点的校核，基准点应布设于远离车站结构不受施工影响的周边地面上，必要的情况下还应与轨道交通外部高等级控制点进行联测。

8.2.4 城市轨道交通既有车站结构的监测部位应结合安全评估成果，在预测变形较大处布点；对于出入口通道、风道等附属结构，应对变形缝两侧和结构末端进行监测。监测点的埋设应满足城市轨道交通运营管理的要求，做到稳定、美观、易于观测，埋点及观测过程中不得对运营秩序造成安全隐患。

8.2.5 城市轨道交通既有车站结构监测宜采用人工常规测量方法与当时最先进、成熟的技术方法相结合，如智能型全站仪（测量机器人）自动化监测系统、自动测斜监测系统、自动裂缝监测系统，并辅以其他传感器和液体静力水准测量技术等。对于具有重大影响的外部作业项目，车站结构监测可采用多传感器组成自动化监测系统进行监测。

8.2.6 城市轨道交通既有车站结构应在监测区内布设监测点，监测点应满足建筑物结构的形式和受力特点，应符合表4.2.7的要求，监测点部位根据表8.2.6-1确定。

**表8.2.6-1 车站主体结构监测部位要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 结构形式 | 布点要求 | 示意图 |
| 站厅 | **站厅侧壁结构由于装饰层遮挡，很难具备常规监测条件（监测点难以布设、易遭破坏、影响车站美观），特殊情况下没有装饰层每个断面可布设2个点（侧壁上下各一个）；有装饰层每个断面宜采用自动测斜传感器以及液体静力水准设备安装于装饰层后侧，采用自动化监测方式。** | C:\Application Data\Tencent\Users\57411652\QQ\WinTemp\RichOle\H6{HJ@26JE2`_OGACE(K5V9.png |

**表8.2.6-2 车站附属结构监测部位要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 结构形式 | 布点要求 | 示意图 |
| 风亭 | **一般每座风亭宜布设2个基本斜角对称的沉降监测点。特殊情况下可布设4个点（每个拐角一个）。** | C:\Application Data\Tencent\Users\57411652\QQ\WinTemp\RichOle\_AC~@NPLBX(JR)0K0AW_DZ5.png |
| 通道 | **一般每个断面宜布设2个地面监测点**。**特殊情况下可布设5个点（顶部、腰部两侧、地面）。**  **通道与出入口的变形缝一般在缝的两侧地面上布设2对监测点。** | C:\Application Data\Tencent\Users\57411652\QQ\WinTemp\RichOle\JSS@RT}O~5RNVRCN9%C2}~Y.png |
| 出入口 | **一般每个出入口宜布设4个监测点（出口遮雨亭4个拐角结构上各1个）。** | C:\Application Data\Tencent\Users\57411652\QQ\WinTemp\RichOle\$X_C%FNW{K8BRR`9Y3%@B@N.png |

注：1. 具体到实际监测埋点的位置及数量还需综合考虑现状条件、设计方案及安全评估成果的要求；

2.在监测点安装过程中，应充分考虑城市轨道交通运营管理的要求和意见，做到既能满足监测需求，也不影响运营秩序和形成安全隐患。

8.2.7 城市轨道交通既有车站结构的裂缝监测参照本标准第8.1.3条规定。

1. **高架与路基**

**9.1 高架结构监测**

* + 1. 城市轨道交通既有高架结构保护监测应包含桥墩基础沉降监测、桥墩柱结构沉降及水平位移监测、桥墩柱倾斜以及裂缝监测；必要时增加桥面结构监测、应变监测、索力监测和环境及效应监测。
    2. 监测前应根据各方的监测要求与设计文件明确监测目的，结合工程结构特点、现场及周边环境条件等因素，制定监测方案。
    3. 城市轨道交通既有高架桥监测宜根据现场情况，采用自动化监测或人工监测。
    4. 监测期间，应定期对监测对象、监测设备、监测系统进行核查，确保监测数据准确可靠。监测结果应及时进行对比分析，当监测数据反映有异常时，应及时通知相关各方引起重视并采取相应的措施，当监测值超过预警值时应立即以警情快报的方式通知相关单位。
    5. 高架桥监测点应反映桥墩结构整体性能变化，下列部位应进行监测：

1 桥墩的沉降；

2 桥墩柱的位移；

3 桥墩柱的倾斜；

4 既有结构裂缝。

* + 1. 高架桥监测点应符合下列规定：

1 应反映监测对象的实际状态及变化趋势,且宜布置在监测参数值的最大位置；

2 测点的位置、数量宜根据结构类型、设计要求、施工过程、监测项目及结构分析结果确定；

3 测点的数量和布置范围应有冗余量,重要部位应增加测点；

4 可利用结构的对称性,减少测点布置数量；

5 宜便于监测设备的安装、测读、维护和替代；

6 不应妨碍监测对象的施工和正常使用；

7 在符合上述要求的基础上,宜缩短信号的传输距离。

* + 1. 城市轨道交通既有车站结构应在监测区内布设监测点，监测点应满足建筑物结构的形式和受力特点，应符合表4.2.7的要求，监测点部位根据表9.1.7确定。

**表9.1.7 高架桥结构监测部位要求**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 结构形式 | 布点要求 | 示意图 |
| 柱式桥墩 | 施工影响范围内的桥墩底部至少布设一对监测点 | image002 |
| 排架桥墩 | 施工影响范围内的桥墩底部至少布设一对监测点 | image004 |

注：具体到实际监测埋点的位置及数量还需综合考虑现状条件、设计方案及安全评估成果的要求；

* + 1. 既有高架结构的监测频率除满足表4.2.7的要求外，还应结合高架的结构形式以及使用时间的特点确定。
    2. 城市轨道交通既有高架桥结构的裂缝监测参照本标准第8.1.3条规定。

**9.2 路基结构监测**

* + 1. 城市轨道交通既有路基结构保护监测对象应包含路基主体结构及其周边环境等，监测内容应包含道床及U型槽位移、基础沉降、差异沉降及裂缝等。
    2. 城市轨道交通既有路基结构保护监测的基准点应布设在场地周邻的稳定区域且不少于3点，宜采用带有强制对中装置的观测墩；
    3. 路基主体结构监测点与周边路面监测点应组成一定间距的监测断面，同一断面的监测点应通过基础沉降差计算路基与路面的差异沉降；不同断面的监测点应通过基础沉降差计算路基道床的差异沉降。

**9.3 边坡结构监测**

* + 1. 边坡工程监测应至少包括沉降、水平位移、土体测斜等项目。
    2. 边坡位移监测的基准点应布设在场地周邻的稳定区域且不少于3点，宜采用带有强制对中装置的观测墩；
    3. 边坡位移监测可采用二等或三等精度。对局部斜坡或人工高边坡，不应低于四等精度。当有特殊要求时，应另行确定监测精度。
    4. 边坡位移监测点的高程测量宜采用水准测量方法，对困难点位可采用三角高程测量方法。观测路线均应组成闭合或附合网形。
    5. 高边坡监测点可根据边坡的高度、层（台）级和维护结构，按上、中、下成排布列，点位间距宜根据边坡设计图纸或与设计人员共同确定。
    6. 边坡位移监测预报应采用现场严密监视和资料综合分析相结合的方法进行。每次观测后，应及时整理绘制出各监测点的滑移曲线。当发现有异常观测值，应在加强观测的同时，观察滑移前征兆，并应结合工程地质、水文地质、地震和气象等方面资料进行全面分析，作出边坡滑移预报，并及时预警防范。
    7. 边坡位移监测应提交下列成果资料：

1 监测点布置图。

2 观测成果表。

3 监测点位移综合曲线。

4 边坡滑移的边界、面积、滑动量、滑移方向、主滑线以及滑动速度资料等。

1. **成果要求与反馈**

**10.1 一般规定**

10.1.1 每次变形监测结束后，应及时进行整理、分析。监测数据出现异常时，应分析原因，必要时进行复测。监测数据整理应符合下列规定：

1 观测记录内容应真实完整，采用电子方式记录的数据，应完整存储在可靠的介质上；

2 数据处理、成果图表及检验分析资料应完整、清晰；

3 图式符号应规格统一、注记清楚；

4 观测记录、计算资料和技术成果均应有相关责任人签字，技术成果应加盖技术成果章；

5 观测记录、计算资料和技术成果应进行归档。

10.1.2 技术成果包含的内容应真实、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。技术成果并应按时报送。根据项目要求，可按期或按变形发展情况提交下列变形监测成果：

1 本期及前1期~2期的观测成果；

2 与前一期观测间的变形量和变形速率；

3 本期观测后的累计变形量；

4 相关图表及简要说明和建议等。

10.1.3 监测报告主要包括日报、预警报告、阶段报告和总结报告，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及时报送当日监测情况，主要内容应包括项目概况、作业过程和技术方法、测点布置图、单次最大变化量及发生位置、累计最大变化量及发生位置、是否发生预警等；

2 阶段报告可根据外部项目施工进程、建设单位或城市轨道交通经营单位的要求提交，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 当监测变形量超过警戒值时，应及时提交预警报告，预警报告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 总结报告应在监测工作完成后提交，汇总整理监测资料、记录分析监测数据、总结预警及处置情况、总结监测工作、给出监测结论。主要内容应包括工程概况，监测方案，施工进度，作业过程和技术方法，监测数据报表，数据分析图表，预警及处置情况，结构现状调查成果、监测结论及建议等。

10.1.4 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，系软件或平台宜能对监测点进行变形分析和粗差判断，能生成变形监测成果图表，并宜具备数据采集、处理、分析、查询和管理一体化以及监测成果可视化的功能。

**10.2 监测点变形分析**

* + 1. 每次变形观测结束后、应依据测量误差理论和统计检验原理对获得的观测数据及时进行平差计算处理，并计算各种变形量。平差计算应符合下列规定：

1 应利用稳定的基准点作为起算点；

2 应采用严密的平差方法和可靠的软件系统；

3 应确保平差计算所用观测数据、起算数据准确无误；

4 应剔除含有粗差的观测数据；

5 对特等和一等变形测量，应对可能含有系统误差的观测值进行系统误差改正。

* + 1. 对变形监测点网和变形测量结果，平差计算的单位权中误差及变形参数的精度应符合本规范相应等级监测精度要求。
    2. 监测项目的数据分析应结合施工工况、地质条件、环境条件以及相关监测项目监测数据的变化进行，并可对其发展趋势做出预测。监测数据分析人员应由具有岩土工程、结构工程、工程测量的综合知识和工程实践经验的人员承担。
    3. 对于变形监测相邻两期监测点的变形分析可通过比较监测点相邻两期的变形量与测量极限误差来进行，极限误差值按本规范规定的相应等级监测精度的2倍取值。当变形量小于测量极限误差时，可认为该监测点在这两期之间没有变形或变形不显著。
    4. 对多期变形观测成果，应综合分析多期的累积变形特征。当监测点相邻两期间变形量小、但多期间变形量呈现出明显变化趋势时，应认为其有变形。

**10.3 信息化反馈**

* + 1. 城市轨道交通既有结构安全监测过程中，当监测数据达到预警指标时，必须及时进行警情报送，警情报送宜采用系统自动预警的方式，及时将预警信息反馈到不同层级的管理人员。监测预警等级划分及应对措施应符合《城市轨道交通结构安全保护技术规范》CJJ/T 202的规定。
    2. 监测方案、监测数据、监测报告等监测成果应录入信息化管理系统，并保证监测数据的及时性，必要的情况下应实施“数据不落地”，宜避免人工干预监测过程，保证监测数据的真实、客观、及时。
    3. 用于城市轨道交通既有结构自动化监测的信息化管理系统应具有以下功能：

1 按照监测方案要求定期定量的对监测对象进行自动有效监测和预警，从数据采集到信息反馈全过程避免“人工干预”。系统采集的数据能反映监测对象的变化规律，具有良好的连续性、周期性，无系统性偏移;

2 具有较好的稳定性、可靠性，具有对采集设备、电源、通信等硬件的工作状态进行自动监测和诊断，对系统异常状态自动提醒的功能。系统可保证长期正常运行;

3 具有在数据采集装置和系统平台之间进行双向数据通信，以及与其他系统平台双向数据通信的功能;

4 能自动检核观测数据，有效识别监测数据粗差并有效剔除，避免“误报警”的功能;

5 具有不合格数据自动重测和观测目标被遮挡时自动延时功能;

6 具有基本的系统维护和管理功能、信息交换功能、数据查询、数据使用及成果输出等功能。

* + 1. 监测数据报警后，应提高监测频率直到变形速率趋于稳定。

**10.4 质量检查**

* + 1. 在监测过程中，对变形监测成果的质量宜实行定期检查，检查应依据下列文件进行：

1 项目委托书或合同书、监测方案，以及项目委托方与承担方达成的其他文件；

2 依据的技术标准；

3 城市轨道交通经营部门的相关要求；

4 项目承担方的质量管理文件；

* + 1. 对监测成果，检查成果包括但不限于下列内容：

1 基准点、监测点的布设位置；

2 仪器设备的检定和检验资料；

3 变形监测成果图表；

4 基准点稳定性分析资料；

5 信息管理系统运行情况；

6 监测资料归档情况；

7 监测人员技术状况；  
 8 警情报送及处理情况；

9 与项目有关的其他资料。

* + 1. 当质量检查中发现不符合项时，应立即整改纠正。纠正后的成果应重新进行质量检查，直至符合要求。

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~-3确定。

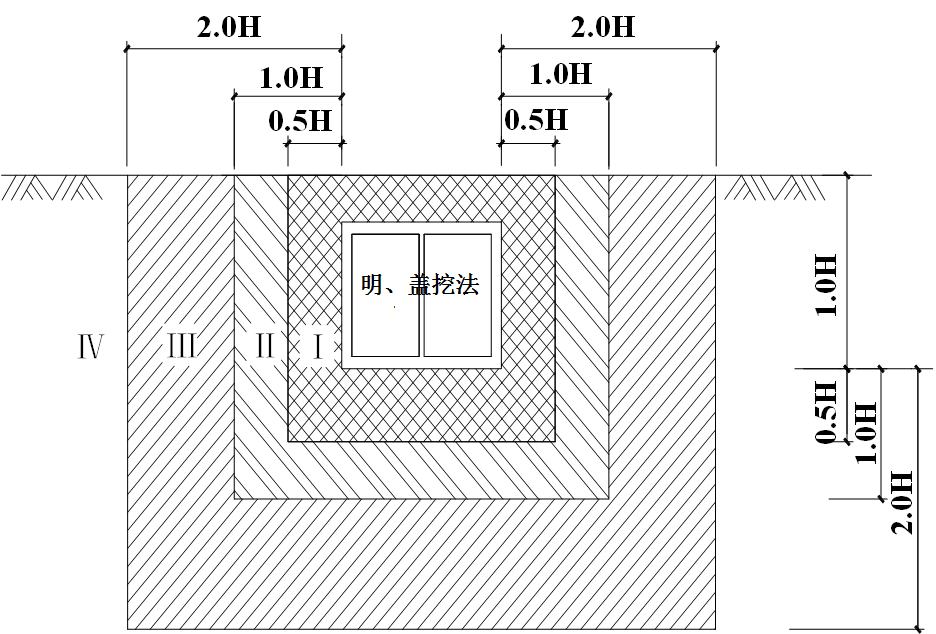
**表A.0.1 接近程度的判定**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 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*≤0.5*H* | 非常接近（Ⅰ） |
| 0.5*H＜L*≤1.0*H* | 接近（Ⅱ） |
| 1.0*H＜L*≤2.0*H* | 较接近（Ⅲ） |
| *L*>2.0*H* | 不接近（Ⅳ） |
| 矿山法 | *L*≤1.0*W* | 非常接近（Ⅰ） |
| 1.0 *W＜L*≤1.5 *W* | 接近（Ⅱ） |
| 1.5 *W＜L*≤2.5 *W* | 较接近（Ⅲ） |
| *L*>2.5 *W* | 不接近（Ⅳ） |
| 盾构法、顶管法 | *L*≤1.0*D* | 非常接近（Ⅰ） |
| 1.0*＜L*≤2.0*D* | 接近（Ⅱ） |
| 2.0*＜L*≤3.0*D* | 较接近（Ⅲ） |
| *L*>3.0*D* | 不接近（Ⅳ） |

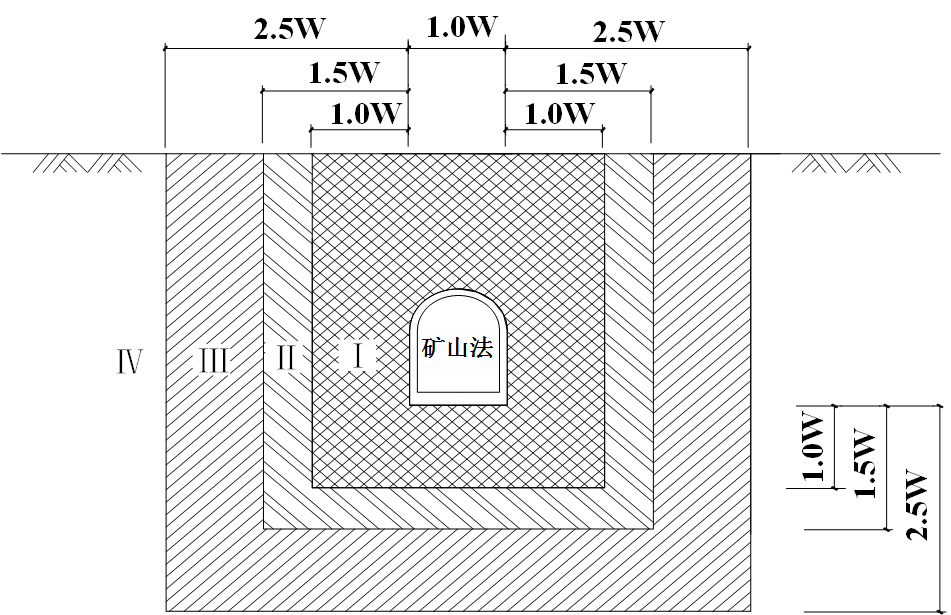
注：1 L为城市轨道交通既有结构与外部作业的最小相对净距；H为明挖、盖挖法的基坑开挖深度；*W*为矿山法的隧道毛洞跨度；*D*为盾构法的隧道外径，圆形顶管的外径或矩形顶管隧道的长边宽度。

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。

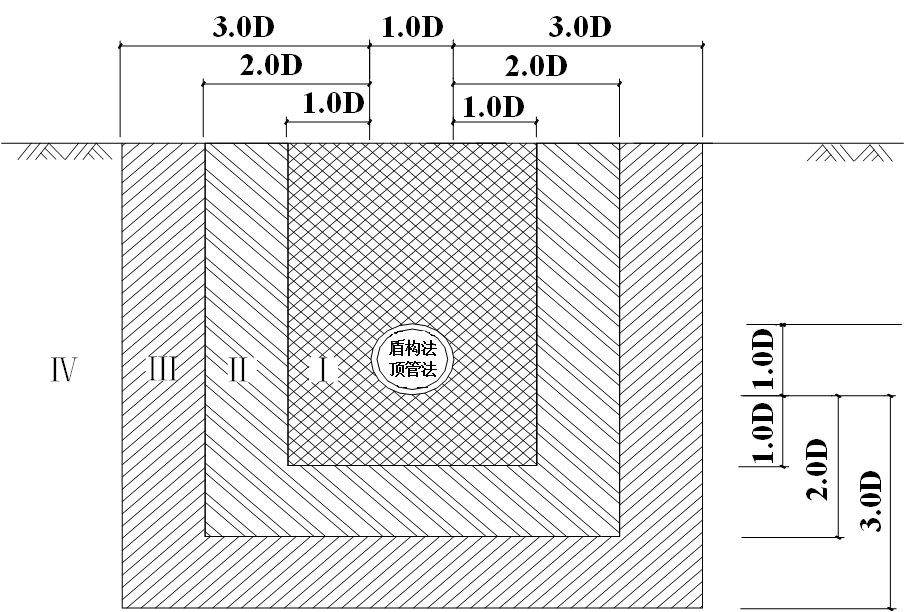
3 城市轨道交通非轨行区结构可按相关经验进行适当调整。



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0.7h1范围内 |
| 显著影响区（B） | 结构外侧0.7～1.0h1范围 |
| 一般影响区（C） | 结构外侧1.0～2.0h1范围 |
| 较小影响区（D） | 结构外侧2.0h1范围以外 |

注：1 h1为明挖、盖挖法外部作业结构底板的深度。

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0.7h2范围内 |
| 显著影响区（B） | 隧道外侧0.7～1.0h2范围 |
| 一般影响区（C） | 隧道外侧1.0～2.0h2范围 |
| 较小影响区（D） | 隧道外侧2.0h2范围以外 |

注：1 h2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 质量检查记录表

成果质量检查记录表

**项目名称**：**项目编号：**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 检查内容 | 检查结果 | 备注 |
| 执行技术设计或施测方案及技术标准、政策法规情况 |  |  |
| 使用的仪器设备  及其检定情况 |  |  |
| 记录和计算所用  软件系统情况 |  |  |
| 基准点和监测点布设  及标石、标志情况 |  |  |
| 实际观测情况，包括观测频率、观测周期、观测方法和操作程序的正确性等 |  |  |
| 基准点稳定性检测  与分析情况 |  |  |
| 观测限差和精度统计情况 |  |  |
| 记录的完整准确性及  记录项目的齐全性 |  |  |
| 观测数据的各项改正情况 |  |  |
| 计算过程的正确性、资料  整理的完整性、精度统计  和质量评定的合理性 |  |  |
| 变形监测成果分析  的合理性 |  |  |
| 提交成果的可靠性、完整性及符合性情况 |  |  |
| 技术报告内容的完整性、  统计数据的准确性、结论的可靠性及体例的规范性 |  |  |
| 成果签署的完整性  和符合性情况 |  |  |

检查阶段： 🞏一级检查 🞏二级检查

质量等级： 🞏合格 🞏不合格

检查人： 检查日期：年月日

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** 《地下铁道设计规范》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** 《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982

**12** 广东省地方标准《城市轨道交通既有结构安全保护技术规范》DBJ/T 15-120

广东省标准

**既有城市轨道交通结构安全监测技术**

**标准**

Technical standards for safety monitoring of existing structures of urban rail transit

DBJ/T XXX-XXXX

条文说明

**1 总 则**

1.0.4 对于广东省内城市轨道交通既有结构的保护监测，凡本规范有规定的，监测工作应按本规范执行；本规范未作规定的，应符合国家现行相关标准的规定，如国家现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8或参照其他相关现行标准的规定执行。

**3 基 本 规 定**

**3.1 一般规定**

3.1.3 城市轨道交通既有结构的监测流程如图1所示。

收集资料、现场踏勘

收集工程设计要求、调查报告、安全评估报告、施工方案、城市轨道交通结构特点、既有结构保护方案、工程地质条件和周边环境等相关资料

编制和审查监测方案

根据需要调整监测方案

仪器设备的检校、基准网检核、监测点初始值的测定

监测信息采集

外部作业未完成或变形未趋于稳定

监测信息的处理和分析

信息反馈

外部作业完成且变形趋于稳定

经城市轨道交通经营单位同意

监测工作结束

成果提交

图1 城市轨道交通既有结构的监测流程

3.1.4 城市轨道交通既有结构的监测方案，还应依据所选监测项目、监测仪器、监测组织以及国家现行相关技术标准进行编制，还应包括外部作业实施前对城市轨道交通现有状况进行影像、照片、文字、监测数据等全方位定量、定性记录和确认，如已有的结构裂缝的长度、宽度测量，渗漏水的位置和面积、修补痕迹等记录。监测方案，需报城市轨道交通经营单位征求意见，方案通过后方可办理进场作业手续。

3.1.5 盾构法隧道的现场巡查宜包括管片破损、开裂、错台、渗漏水等内容；矿山法隧道的现场巡查宜包括初期支护结构渗漏水、开裂、剥离、掉块等内容；明挖法隧道的现场巡查宜包括变形缝的伸缩及沉降、结构裂缝、渗漏水、掉块等内容。

3.1.10 传统监测方法一般是采用全站仪、水准仪、收敛计等仪器设备，并结合人工观测的方法进行现场观测。随着监测技术的发展，三维激光扫描法、摄影测量法以及各种不同功能的光电传感器的应用等，逐渐成为城市轨道交通结构监测的新技术、新方法。

**3.2 外部作业影响等级**

3.2.5 道床变位的监测包括：道床的纵、横向差异竖向位移。

**3.3 精度要求**

3.3.1 中误差是最常用的衡量测量精度的指标，可由观测数据按相应的公式来计算，也称均方根差。极限误差指的是在一定观测条件下测量误差的绝对值不应超过的最大值。

3.3.2 各等级沉降观测的精度指标按下述方法确定。以国家水准测量规范规定的各等水准测量每千米往返测高差中数的偶然中误差MΔ及相应最长视线长度S为基础，由公式（1）计算单程观测测站高差中误差m0，经取舍后可得沉降测量基本精度指标（表1）。而特等精度则是根据有关统计数据，并考虑其与一等精度之间的数值比例关系而确定。

（1）

表1 各等级沉降观测精度指标计算

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 等级 | *M*Δ（mm） | *S*（m） | 换算的*m*0值（mm） | 取用值（mm） |
| 一等 | 0.45 | 30 | 0.16 | 0.15 |
| 二等 | 1.0 | 50 | 0.45 | 0.5 |

位移观测精度等级主要是根据有关统计数据并结合实际应用情况而确定。

3.3.3 就沉降观测而言，应主要依据差异沉降的沉降差允许值来确定其测量精度，因为均匀沉降对建筑质量安全的危害远小于差异沉降的危害。

**4 监测方案与实施**

**4.2 监测方案编制**

4.2.2 城市轨道交通既有结构的监测，应根据监测对象选取合适的监测方式，宜按表1执行。

**表2 监测方式**

| 监测对象 | 监测方式 |
| --- | --- |
| 已运营隧道、车站轨行区 | 自动化方式 |
| 已运营车站主体/附属 | 自动化方式或人工方式 |
| 已建未运营隧道 | 自动化方式或人工方式 |
| 应急、加强专项监测 | 根据实际情况选择适合的自动化方式或人工方式 |

4.2.3 变形特征具有相对意义，因此就空间基准而言，可以采用独立的平面坐标系统及高程基准，但从变形测量成果的利用和变形测量与施工测量等成果衔接的角度出发，对大型或重要工程项目，应尽可能采用国家统一的或项目所在城市使用的平面坐标系统及高程基准。

4.2.4 监测范围的计算以外部作业的主体结构外边线为界。如基坑作业的开挖深度为h，则“应大于3倍基坑深度”指位于基坑作业的主体结构外边线3h范围以内的城市轨道交通既有结构均应进行监测。

4.2.7 监测点布设时应设置监测断面，以反映监测对象的内在变化规律和不同监测对象之间的变化规律。城市轨道交通既有结构的人工监测，应在预测变形较大处布设监测点，出入口通道、风道等附属结构应在变形缝及结构末端等部位布设监测点。

4.2.10 城市轨道交通结构安全控制指标值应由外部作业设计单位参考安全评估报告制定，经城市轨道交通经营单位组织审查，当结构健康，未因病害而进行加固处理时，控制指标应考虑已经发生的变形量；由于结构病害已经进行加固处理的，应重新考虑结构控制指标。

4.2.11 采用监测比值G反映外部作业施工过程中既有结构的安全状态，能够较为简便地掌握外部作业对城市轨道交通既有结构的动态影响程度。当监测数据超过结构安全控制值的80%，即监测预警等级达到C级时，应立即停止外部作业，并开展施工过程安全评估工作，通过评审后方可继续进行外部作业。

**4.3 监测实施**

4.3.1 测量仪器设备的可靠性对于保障建筑变形测量成果的质量具有十分重要的意义。因此，用于测量作业的仪器设备，应经法定计量检定机构检定合格，并在检定证书标出的有效期内使用。

测量仪器设备即使在检定有效期内，由于搬运等引起的振动因素也可能导致仪器设备的部分技术指标发生变化，使变形观测成果达不到设计要求，因此变形测量作业时，应根据作业条件的变化情况对所使用的主要仪器设备进行检查校正，同时还应按仪器设备使用说明书的规定正确地使用。

4.3.3 各期的测量在尽可能短的时间内完成，可以保证同期的变形观测数据在时态上保持基本一致。对于不同期的变形测量，特别是高等级的变形测量，应尽可能采用相同的观测网形、观测路线、观测方法、仪器设备，并在同等或相近的环境条件下观测。这样规定的目的是为了尽可能地减弱系统误差影响，提高观测精度，保证成果质量。

4.3.4 因监测过程较长，经常会出现少数点受到破坏或被遮挡而不能观测的情况，应及时进行备注说明并修复。

4.3.5 为保证建筑及其周边环境在施工和运营阶段的安全，当测量过程中出现异常情况时，必须立即实施安全预案。与此同时，应提高观测频率或增加其他观测内容，获取更多、更全面、更准确的变形信息，从而为采取安全技术措施提供信息支持服务。

4.3.6 监测区域数据的稳定标准为最后三个较长监测周期的结构变形量均小于观测精度。监测周期应根据轨道交通既有结构的特性、变形速率、变形影响因素的变化和观测精度等综合确定，作为稳定标准的监测周期不应少于1个月。

**5 既有结构调查**

**5.1 一般规定**

5.1.1 既有结构调查到的任何异常情况必须引起足够重视，并结合出现异常区域的监测数据和施工工况进行综合分析判断，及时发现可能出现的事故隐患或征兆，发现异常或险情时，应按规定程序及时通知建设方及相关单位。

5.1.2 工前调查是对既有结构原始状态的观察和记录，过程调查是外部作业过程中对既有结构的跟踪监控，工后确认是在外部作业完成后对既有结构现状的再次确认。将过程调查和工后确认的结果与原始状态进行比较，能有效地分析外部作业对既有结构的影响大小，为采取预防和补救措施提供直接的依据，保障既有结构的安全及正常运营。在实际调查工作中，应尽量采取可靠、先进的技术和设备进行检测，如三维激光扫描法、摄影测量法等，获取的调查信息应做到全面、直观、可量化，同时做好数据的整理、分析工作，完善各项确认手续。

5.1.3 工前调查是对既有结构进行安全评估的基础。工前调查应尽可能收集城市轨道交通既有结构的设计、施工及验收等各项资料，观察井记录既有结构的外观情况，尽可能反映其真实情况；在进行隧道结构的断面测量时，优先采用精密的仪器设备对隧道特定里程的横断面进行现场量测，测量完成后应按要求编制结构断面测量成果并绘制相关断面图。

5.1.4 当城市轨道交通既有结构监测数据达到或超过控制值的60%或出现新的病害或原有病害较快发展时，表明既有结构安全隐患增大或有进一步恶化的趋势，此时应开展过程调查工作。 过程调查能反映既有结构的现场动态，为进一步采取措施提供依据。

5.1.5 城市轨道交通既有结构的工后确认，应在监测数据稳定后开展，以便全面、客观地判定外部作业对既有结构的影响。监测数据稳定表示外部作业对既有结构基本无进一步的影响， 既有结构处于基本稳定状态。

**5.2 调查方法及内容**

5.2.1 隧道渗漏水类型包括隧道漏水和涌水（拱部滴水、隧底冒水、孔眼渗水）、隧道结构周围积水，潜流冲刷和侵蚀性水对衬砌的侵蚀等几种。

渗漏水病害应检查漏水的位置、漏水状态、线路上有无翻浆冒泥等现象、钢轨及扣件有无锈蚀现象、排水设备是否良好等。

5.2.2 隧道结构缺损病害类型包括因变形或受力而引起的结构开裂或缺损，以及隧道结构材料在大气、水、盐等侵蚀介质作用下发生的腐蚀、劣化。

5.2.3 裂缝的变化情况是反映隧道结构稳定性的重要指标之一。因此，既有结构调查应对隧道结构已有裂缝的分布位置、数量、走向、贯通程度及各条裂缝的长度、宽度等进行统计、拍照、整理在册并归档，当结构裂缝数量较多、开裂病害较严重时，可采用自动化监测手段进行跟踪监测。

5.2.6 隧道既有结构调查在人工观察和常规的仪器量测的基础上，应结合采用技术先进、信息全面的检测手段，三维激光扫描通过高速激光扫描，非接触、大面积的快速获取被测对象表面的三维坐标数据和全景影像，可高效获得隧道结构的椭圆度、全断面收敛、管片错台、整体变形和轮廓信息等测量数据。

**6 监测方法**

**6.1 一般规定**

6.1.1 城市轨道交通结构监测项目所采用的监测方法多种多样，监测对象和监测项目不同，监测方法就不同，工程监测等级和监测精度不同，场地条件和工程经验不同，监测方法也不一样。总之，监测方法的选择应根据设计要求、施工需要，现场条件等综合确定，并便于现场操作实施。同时根据现场实际，同一个项目可以同时选择和组合多种观测方法，以便相互校验。

6.1.2 城市轨道交通结构监测应采用仪器监测和巡视检查相结合的方法，以便于综合分析数据变形规律，获取准确的既有轨道交通结构变形信息。

**6.2 水平位移监测**

6.2.1 运营期间城市轨道交通结构是封闭的，为了实施掌握结构变形监测信息，尽量采用自动化进行监测，同时小角度法、极坐标法、前方交会法和自由设站法是水平位移观测常采用的方法，条件允许的情况下可采用或结合使用。

6.2.3 随着全站仪的普及、传统的单纯测角网、测边网已被边角网取代，变形测量中基准点之间的距离相对较短，但是精度要求高。全站仪边角测量的具体作业要求可参考行业标准《城市测量规范》CJJ/T8-2011第4.5节的规定。

6.2.4 影响全站仪水平角观测精度的因素较多，本条规定全站仪水平角观测作业时应注意的主要事项以及观测成果超限时的处理方式。其中2C为全站仪的2倍水平视准差。对于没有管状水准气泡的全站仪，利用倾斜补偿器倾斜示值（或垂直度示值），调节脚螺旋是电子水准气泡严格居中，精确整平仪器，同时打开补偿器和水平改正，确保水平角、垂直角得到补偿改正。

6.2.9 全站仪自由设站法实际上也是一种全站仪边角后方交会测量方法，目前已开始应用到变形测量等高精密测量项目中。

6.2.10 全站仪自动化监测系统的测量原理与极坐标或前方交会类似。前者采用一台全站仪，后者采用两台或多台全站仪同步测量，借助软件系统可测定监测点坐标并进行数据处理分析等。多台全站仪联合组网观测时，相邻仪器间至少设置两个360°棱镜进行联测，联测的基准网网形要求稳定、可靠。

**6.3 沉降监测**

6.3.1 城市轨道交通结构变形沉降观测根据现场实际一般采用全站仪自动化监测系统观测（与水平位移观测同步），获取高程坐标。条件允许的情况下可采用静力水准自动化监测系统，监测项目对监测频率要求不高时可采用几何水准测量进行监测。

6.3.2 在沉降类变形观测中，水准测量是最常用的方法。目前数字水准仪和条码式水准标尺已经普遍应用于水准测量作业中，使用的标尺主要是铟瓦条码标尺和玻璃钢条码标尺。

6.3.4 本条中一等、二等测量的技术指标和现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T12897的相关规定基本一致。

6.3.5 本条给出的数字水准仪及标尺日常检验的要求，其中i角的测定方法可参见《国家一、二等水准测量规范》GB/T12897。数字水准仪及标尺的检定应由专业部门按国家现行有关标准进行。

6.3.6 静力水准测量目前有连通管式静力水准和压力式静力水准两种装置，目前在用的静力水准测量系统多为连通管式静力水准，其利用相连容器中静止液面在重力作用下保持同一水平这一特征来测量各监测点间的高差。各监测点间的液体通过管路连通，俗称连通管法，其特点是各个容器中的液体是连通的，存在液体流通和交换。压力式静力水准系统是近些年才出现的，其容器间的液体间的相互交换，通过压力传感器测量金属膜片压力差的变化可计算监测点间的高差。

量程和精度是静力水准的两个重要指标。对同一型号的传感器，一般情况下，量程越大，精度就越低。目前常用的连通管式液体静力水准仪有20mm-200mm多种量程，安装时要求同组的传感器大致位于同一水准面高度。压力式传感器的量程较大，一般大于500mm，现场安装要求可适当放宽。静力水准的标称精度一般与量程有关，不同型号的传感器标称精度通常为满量程的0.1%~0.7%。一等及以上精度的观测宜采用连通管式静力水准系统。

静力水准测量具有结构简单、精度高、稳定性好，无须通视等特点，易于实现自动化沉降测量。自动化测量应有配套的数据采集系统，通信系统以及数据处理与发布软件系统。静力水准测量系统一般采用在监测点上固定安装的方式。

6.3.7 连通管式静力水准系统要求所有测点的液面都位于一个水准面上，初始安装时要求各传感器安装在同一高度，安装精度的偏差直接影响沉降测量的量程。压力式静力水准系统的高差限制较宽，但也有相应要求。

对于有纵坡的线路结构，常常需分段分组安装测线，相邻测线交接处应在同一结构的上、下设置两个传感器作为转接点，变形测量作业现场，静力水准的参考点很难布设到稳定区域，点位稳定性很难满足基准点的要求，应定期进行水准联测。

6.3.9 静力水准浮子上、下的活动范围有限，传感器的安装高度应统一，较大的差异直接影响其量程。应保证管路内液体的流动性，环境温度可能达到冰点的安装现场，填充液应采用防冻液。

静力水准测量误差来源主要有液面高度（受外界环境影响）、液压读取文件等两方面。液面高度受外界环境影响又分为：

1）非均匀温度场下管路内液体不均匀膨胀，导致液面高度变化；

2）不同气压、风力导致局部液面压力异常，导致液面高度变化；

3）液面受外界强迫振动影响，入城市轨道交通隧道中安装的静力水准系统收到列车运行的振动影响。

6.3.10 对连通管式静力水准系统，液面受外界强迫振动影响显著。

6.3.11 静力水准测量系统在长期运营期间，难免发生液体蒸发引起的液面下降，个别传感器损坏，局部管路渗漏等情况，应定期进行维护。发生意外情况时为保证数据能顺延，静力水准测量系统应与水准测量进行互较。

**6.4 裂缝监测**

6.4.1、6.4.2 裂缝观测主要针对已发生裂缝的结构。观测时，要对裂缝进行统一编号，绘制位置分布图，并拍摄相应的照片。

6.4.7 传统的采用小钢尺或游标卡尺观测裂缝方法简单。基于城市轨道交通结构在运营期间的封闭的现实条件，传统方法已经很难使用，因此可采用裂缝仪或者传感器等进行自动观测。

**6.5 净空收敛监测**

6.5.1 收敛变形观测主要用于结构净空变化的测量。

6.5.2 钢尺量距有尺长改正、温度改正、倾斜改正、悬曲改正等改正项目。本条要求固定测线上的收敛变形观测时施加标定时的拉力，要求尺面平直，历次观测两端点间的高差、悬曲等状态一致，不需要进行倾斜改正、悬曲改正。因此，收敛变形观测主要考虑尺长改正、温度改正。

6.5.3 当采用手持测距仪进行二等及以下固定测线收敛变形观测时应符合下列规定：

1 固定测线两端应分别设置对中点、瞄准点。

2 手持测距仪的标称精度应优于2mm，尾部有对中装置

3 观测前应检测测距仪加常数，对收敛变形观测成果，应进行加常数改正。

4 观测时，测距仪应分别对中、瞄准固定测线的两个端点。每条测线应独立观测3测回，测回间应重新对中、瞄准，当测回间互差不大于2mm时，应取算术平均值作为观测成果。

6.5.5 收敛变形观测的视距一般较短，二等及以下观测采用基于无合作目标的测距技术是可行的，但需要进行短测程的加常数改正。

**6.6 隧道断面形状**

6.6.2 隧道断面形状测量是为了获取施工影响范围区的隧道结构整体变形，现有的监测方法是以单一监测点的点位变化来反映隧道变形，不能准确反映隧道断面整体结构变形。隧道断面形状测量的监测点应按照变形断面或在重点位置布设。可以考虑采用全站仪断面扫描或轨道车三维激光扫描仪。

**7 基准点布设与测量**

**7.1 一般规定**

7.1.1 基准点是远离变形区域且稳定可靠的已知点，也是监测工作的基础和参照。因此，基准点的点位应必须建立在变形区以外的稳定、受环境影响小、可以长期保存的区域。

7.1.2 沉降基准点也称高程基准点，位移基准点也称平面基准点。在城市轨道交通结构监测中，通常需要测定三维变形，此种情况下宜设置同时满足本规范关于沉降和位移基准点要求的基准点。

7.1.3 基准点测量及基准点与工作基点之间联测的目的是进行基准点的稳定性检查分析，并为测定监测点提供支持。对特等、一等、二等、三等变形测量，采用不低于所选沉降或位移观测的精度等级即可。

7.1.5 基准点布设的目的是为了建立多期变形观测的统一、可靠基准。基准点检测、复测的目的就是为了检验基准点的稳定性和可靠性。定期复测时间间隔应根据点位稳定程度及环境条件的变化情况等确定。

7.1.6 设置工作基点的主要目的是为方便变形测量项目的每期作业。工作基点是作为高程和坐标的传递点使用，每期变形观测开始时，应进行工作基点和基准点的联测。

**7.2 基准点及工作基点布设**

7.2.1 沉降及位移监测是一种多期观测，需要设置沉降及位移基准点，基准点的数量不少于4个，是为了保证有足够数量的基准点可用于检测其稳定性，从而保证观测成果的可靠性。

7.2.2 基准点应选选择在稳定可靠的地方，而工作基点应选在方便测定监测点且相对稳定的地方。

7.2.3 设置工作基点的目的主要是方便每期的位移观测。其位置及数量可根据现场条件和作业需要来确定。

**7.3 基准点稳定性分析**

7.3.1 基准点是变形监测的已知点、参照基础，变形分析的首要任务就是基准点的稳定性分析，它是变形观测数据处理时候不可忽视的重要内容。基准点不稳定将严重影响监测点变形量的真实性，误导变形分析的结果，因此，对两期以上的变形监测，需要根据测量结果对基准点的稳定性进行检验分析，判断基准点是否稳定可靠。

7.3.2 基准点的稳定性检验虽然提出了许多方法，但都有其局限性，本条采用的方法可以较为方便的对其稳定性作出分析判断。但当出现多个差值超限时，该方法可能会失效，此时需要结构基准点埋设情况及周边环境变化情况作出尽可能合理的判断。

7.3.3 位移基准点的稳定性检查方也有很多种，也都有不同的局限性，其中一种较为典型的基准点稳定性统计检验方法称为“平均间隙法”。其基本思想是：

1 对两期观测成果按秩亏自由网方法分别进行平差。

2 使用F检验法进行两期图形一致性检验，如果检验通过，则确认所有基准点是稳定的。

3 如果检验不通过，使用“尝试法”，依次去掉每一点，计算图形不一致性减少的程度，使得图形不一致性减少最大的那一点是不稳定的点，排除不稳定点后重复上述过程，直至去掉那不稳定点后的图形一致性通过检验为止。

7.3.4 当通过复测、重测结果分析判断确定存在不稳定的基准点后，应及时实地核查，找出产生不稳定的原因，如若认为其不宜继续作为基准点使用，应按照本规范关于基准点布设的要求重新布设新的基准点。同时对于已经利用不稳定基准点实测的有关各期成果，应在剔除影响后重新进行数据处理，获得可靠的成果。发生这类情况时，应做好相应的记录，及时与项目委托方、相关管理部门进行沟通， 并在技术报告中予以说明。

**8 隧道结构与地下车站**

**8.1 隧道结构监测**

8.1.1 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。

8.1.2 监测点布设时，应设置监测断面，以反映监测对象的内在变化规律和不同监测对象之间的变化规律。在城市轨道交通既有隧道结构监测中，监测断面的监测点数量宜考虑监测等级、隧道结构实际现状与现场监测点安装作业条件、通视条件等，当隧道顶部有供电线缆、风道等影响监测点安装和通视或监测等级为特等、一等时，每条监测断面宜选择布设6个监测点。此外还应结合城市轨道交通结构的形式、受力大小、承载余量以及周边地质构造、水文状况等综合确定。

8.1.3 城市轨道交通既有结构的裂缝监测主要针对结构上已发生的裂缝和监测期间新增的裂缝，观测时要对裂缝进行统一编号，绘制位置分布图，并拍摄相应的照片。传统方法难以适用于运营隧道结构监测中，可采用传感器或可远程控制的自动裂缝监测仪等进行自动监测。

8.1.4 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。

8.1.5 项目监测应于外部作业开始前完成初始值的采集，并贯穿于外部作业全过程，直至外部作业结束且监测数据趋于稳定后结束。监测区域数据的稳定标准为最后三个较长监测周期的结构变形量均小于观测精度。监测周期应该根据城市轨道既有结构的特性、变形速率、变形影响因素的变化和观测精度等综合确定，作业稳定标准的监测周期不应少于一个月。

8.1.6当城市轨道交通既有结构出现异常、外部作业有危险事故征兆等情况时，如监测点变形量达到结构安全控制指标的60%或超过控制值，变形速率出现异常变化、发生地震、暴雨、冻融等自然灾害等等情况时，应针对性的采取扩大监测范围、增加监测项目、提高监测频率等措施。

**8.2 车站结构监测**

8.2.1 城市轨道交通既有车站结构大部分都位于城市繁华区，且埋深浅，因此邻近车站的外部作业施工期间对车站结构安全进行监测是十分必要的。表3.2.5中所列的监测项目主要是针对城市轨道交通结构安全本身相应监测等级的必测项目，除此之外，宜充分考虑外部作业基坑影响范围内，但基坑监测没有完全覆盖的，且与城市轨道交通结构关系密切的区域的监测。

8.2.2 基准点及工作基点的布设除了应满足本规范外，还需满足其他相关的国家规范和标准。

8.2.4 车站结构布设监测点时，应在预测变形较大处布设监测点，方便测量作业的同时还不能对城市轨道交通运营造成影响。

8.2.5 城市轨道交通既有车站结构监测通常采用人工常规测量方法，但当车站处于运营期时，人员流动大，给人工常规测量作业带来很大不便，往往效率低下达不到设计要求的监测频率，因此宜采用当时最新的成熟的技术方法，如使用智能传感器或自动监测系统等。

8.2.6 监测点布设时，以反映监测对象的内在变化规律和不同监测对象之间的变化规律。在城市轨道交通既有车站结构监测中，监测点宜考虑监测等级、结构实际现状与现场监测点安装作业条件、通视条件等，还应结合城市轨道交通结构的形式、受力大小、承载余量以及周边地质构造、水文状况等综合确定。

**9 高架与路基**

**9.1 高架结构监测**

9.1.1 桥梁承台或墩柱是整个桥梁的支撑结构，在城市轨道交通既有高架结构外部有工程施工影响时，在桥梁或墩柱上布设监测点可获得评价桥梁变形的数据。当外部工程施工对地层的扰动过大，引起桥梁承台或墩柱发生变形时，会通过桥梁承台或墩柱传递到桥梁上部结构，引起桥梁整体变形和应力变化，因此必要时增加桥面结构、应变等监测。

9.1.2 由于工程建设和运营对工程结构和环境影响非常复杂，监测方案必须随变形体的变形和发展趋势及时进行修订，使之能适应监测工作及现场施工的需求。

9.1.3 城市轨道交通既有结构的监测，应根据监测对象及现场实际情况选取合适的监测方式，常规的有自动化监测、人工监测或二者相结合的半自动化监测方式。

9.1.4 监测周期一般较长，因此定期对监测系统、监测设备、监测对象进行巡视检查和系统维护是非常必要的。当监测数据有异常或报警时，应及时对监测系统及所监测的对象进行检查或检测以及通知相关各方引起重视并采取相应的措施。

9.1.5 桥梁承台或墩柱是整个桥梁的支撑结构，桥梁墩台的沉降或差异沉降可导致桥梁结构内部应力的变，因此本条所列为应测项目。

9.1.7 桥梁承台或墩柱竖向位移是桥梁整体竖向位移的直接反映，在其上布设监测点可获得评价桥梁变形的数据。当承台尺寸较大时，可以适当增加监测点数量，以全面反映桥梁的竖向位移变化。

**9.2 路基结构监测**

9.2.1 城市轨道交通既有路基结构与周边环境如城市道路、高速公路等关系比较密切，监测对象除轨道交通路基本身外还应考虑周边环境如城市道路、高速公路等的影响。

9.2.3 城市轨道交通既有路基与周边环境如城市道路、高速公路等的路面刚度差异较大，路面与路基变形往往不能协调同步，单独分析路面沉降或路基沉降，难以预判分析路面和路基是否会产生脱空现象，因此计算路基与路面的差异沉降是很有必要的。

**9.3 边坡结构监测**

9.3.1 边坡监测除本条所列项目之外，必要时还需进行相关的应力、应变监测和地下水位监测、地表裂缝监测等。

9.3.4 已有大量实践表明，进行三角高程测量在一定条件下可以代替三等、四等甚至二等水准测量。对于边坡监测而言，当采用常规水准测量作业较困难、效率较低时，可利用高精度全站仪进行三角高程测作业。

9.3.7 边坡监测点布置图可辅以在位移监测过程中拍摄的、与监测成果相适应的场地代表性远景或近景照片，用于直观地辅助说明监测点的完好情况。基准点、监测点遭到破坏时，应及时进行恢复。

1. **成果要求与反馈**

**10.1 一般规定**

10.1.1 为保证监测数据的实效性，每次监测结束后，应对监测数据进行及时的整理及分析。尤其对于异常数据更应及时有效的进行原因分析，必要时进行复测以便数据校核和验证分析内容。本条对数据中整理的要求做出相应具体规定。

10.1.3 总结报告是监测的主要成果，编写时可参考先行行业标准《测绘技术总结编写规定》CH/T 1001的相关要求。报告书编写时要完善汇总整理所有的监测资料、分析全过程的监测数据、预警报警的相关情况及处置措施、做出可靠的结论并提出具有建设性的建议，为以后其它类似监测工程的开展提供宝贵经验。

10.1.4 目前监测技术发展很快，主要体现在监测方法的自动化、远程化以及数据处理和信息管理的软件化。随着信息化技术的不段发展、信息化、自动化的监测软件或平台和数据分析平台技术已经日趋成熟，行业内应用也越来越广泛，信息化、自动化技术也存在天然的优势“全天候、高可靠性、实效性强”，因此监测数据处理和反馈应更多的利用信息化和自动化的专业软件或者平台来实现数据的实施采集、分析、处理和查询，使监测成果反馈更具时效性，提高成果可视化程度，更好为设计和施工服务。信息化、自动化的软件或平台建设上本条提出了具体一些建议，以指导软件或平台开发人员将软件或平台做的更专业化、更规范化，更好服务这个行业。

10.2.1 测量数据的平差计算和分析处理是变形测量作业的一个重要环节，应高度重视。变形测量平差计算应利用稳定的基准点作为起算点。某期平差计算和分析中，如果发现基准点有变动，不得使用该点作为起算点。

变形观测数据平差计算和处理的方法很多，目前已有许多成熟的平差计算软件系统。这些软件系统一般都具有粗差探测、系统误差补偿和精度评定功能。平差计算中，需要特别注意的是要确保输入的原始观测数据和起算数据正确无误。

10.2.2 中误差及变形参数精度在允许范围内的监测数据和测量结果才能真实有效反应现场的形变变化。

* + 1. 监测行业的数据分析工作事关监测对象的安全状况，是一项技术非常强的工作，只有保证监测分析人员的素质。才能及时提供高质量的分析报告，为信息化施工和优化实际提供可靠的依据，避免事故的发生。监测分析人员要熟悉轨道交通结构工程的设计和施工，能对轨道结构状态进行分析，因此不但要求具备工程测量的知识，还要具备岩土工程、结构工程的综合知识和工程实践经验。
    2. 监测点的变动分析一般可直接通过比较监测点相邻两期的变形量与测量极限误差（取两倍中误差）来进行。

10.2.5 对多期变形监测成果，需要综合分析多期累积变形特征。某监测点，相邻两期间的变形量可能很小，按照监测点的变动分析原则判断未产生变形或变形不显著、但多起间变形量呈现出明显变化趋势是，应认为该监测点产生了变形。

* 1. **信息化反馈**

10.3.1监测报警时工程实施监测的目的之一，是预防工程事故繁盛、确保工程安全的重要措施。监测过程中出现警情，必须及时报送。为保障送达警情的针对性、有效性和实效性，推荐使用自动化的软件或平台来设置预警模块，对人员及机构分类管理，根据警情类别定向的向目标自动触发报送警情。

10.3.2 监测方案、监测数据、监测报告等成果资料是监测过程中的重要资料及成果，是后期监测数据的分析、异常判定等工作的依据文件，应及时录入信息化管理系统。及时获取监测数据是监测工作能够及时预警应反映现场安全状况的基本要求，监测数据的客观真实有效是监测的工作的基础和源头，必须保予以保证。

10.3.4 监测数据报警后，是结构安全出现状况的征兆，应引起各方的足够重视，因此应及时加强监测，提高监测频率。

**10.4 质量检查**

10.4.1 变形测量延续的时间一般较长，为保障成果质量，实施过程中需要及时分阶段进行监测工作。质量检测主要依据是项目委托书、合同书、技术设计及技术标准等进行。变形测量延续时间长，对成果时效性要求高，当项目现场实际观测条件发生变化是，可能导致对成果要求的变化，因此变形测量过程中项目委托方与承担方之间达成的其他文件也应作为成果检验的依据。

10.4.2 基准点和监测点布设以及仪器设备、测量方法、平差软件的选择，都将影响整个变形测量项目的质量。监测成果及时送检以便发现问题及时进行返工。其他软件系统、信息存储归档、人员条件等也是会影响监测项目的整体质量的因素，需要及时进行检查。

10.4.3 变形测量的实效性决定了测量过程的不可完全重复，因此检查工作应及时进行。当质量检测出现不合格项时，应分析原因，立即通过复测、重测等措施进行纠正。纠正后的成果应重新进行质量检测，直至符合要求。