

城市轨道交通建设工程智能监测技术要求

Technical requirements for intelligent monitoring of urban rail transit construction engineering

2024 - 11 - 28 发布

2024 - 12 - 28 实施

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总体要求 2

 4.1 通则 2

 4.2 工程影响分区 3

 4.3 监测等级与范围 4

 4.4 监测设备 4

 4.5 安装及调试 4

 4.6 维护及管理 5

5 监测项目及方法 5

 5.1 通则 5

 5.2 水平位移 5

 5.3 竖向位移 6

 5.4 深层水平位移 6

 5.5 倾斜 7

 5.6 支护结构应力 7

 5.7 土压力 7

 5.8 孔隙水压力 7

 5.9 地下水位 8

 5.10 锚杆和土钉拉力 8

 5.11 土体分层竖向位移 8

 5.12 净空收敛 8

 5.13 裂缝 8

 5.14 振动 8

 5.15 环境噪声 9

 5.16 扬尘 10

 5.17 施工污水排放 11

 5.18 视频监控 11

6 监测成果及预警 12

 6.1 通则 12

 6.2 监测成果 12

 6.3 监测预警 12

附录 A（资料性） 影响区划分 13

 A.1 明（盖）挖法基坑工程变形影响分区 13

 A.2 浅埋矿山法和盾构法隧道工程影响分区 13

 A.3 深埋矿山法和盾构法隧道工程影响分区 13

 A.4 采用爆破工艺施工的振动影响分区 14

A.5 噪声影响分区 14

参考文献 15

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由山东省交通运输厅提出并组织实施。

本文件由山东省交通运输标准化技术委员会归口。

城市轨道交通建设工程智能监测技术要求

1 范围

本文件规定了城市轨道交通建设工程智能监测的总体要求、监测项目、监测方法、监测成果以及监测预警等内容。

本文件适用于城市轨道交通建设工程的智能监测。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 3095 环境空气质量标准
- GB 3096 声环境质量标准
- GB 6722 爆破安全规程
- GB/T 20273 信息安全技术 数据库管理系统安全技术要求
- GB/T 20441.4 测量传声器 第4部分：工作标准传声器规范
- GB/T 28452 信息安全技术 应用软件系统通用安全技术要求
- GB/T 31962 污水排入城镇下水道水质标准
- GB/T 39204 信息安全技术 关键信息基础设施安全保护要求
- GB/T 50308 城市轨道交通工程测量规范
- GB 50911 城市轨道交通工程监测技术规范
- CJJ/T 202 城市轨道交通结构安全保护技术规范
- HJ 653 环境空气颗粒物（PM₁₀和PM_{2.5}）连续自动监测系统技术要求及检测方法
- JGJ 8 建筑变形测量规范
- JJG 188 声级计检定规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能监测 intelligent monitoring

能自动化采集和分析工程结构、岩土体和周边环境的变形、力学、伤损及其他情况等特征及其发展趋势信息的活动。

注：通常采用传感器、仪器量测、采集与传输设备、数据处理与分析软件或视频监控等方法。

3.2

工程影响分区 influenced zone due to construction

根据周围岩土体和周边环境受工程施工影响程度的大小而进行的区域划分。

[来源：GB/T 50911—2013，2.1.5]

3.3

传感器 transducer/sensor

能感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用输出信号的器件或装置。

注：通常由敏感元件和转换元件组成。

[来源：GB 50982—2014，2.1.6，有修改]

3.4

监测频率 frequency of monitoring

一定时间内对监测点实施观测的次数。

[来源：GB/T 50497—2019，2.0.11]

3.5

监测预警 monitoring and early warning

根据智能监测（3.1）的数据信息诊断和安全评估结果，当监测对象的受力、形变达到或超出所设定的允许范围，向工程参建方和管理方发出安全风险提示或发出危急信号、信息的过程。

4 总体要求

4.1 通则

4.1.1 在城市轨道交通建设工程中，符合下列条件之一时，宜实施智能监测：

- a) 工程自身风险等级为一级或周边环境风险等级为一级的项目；
- b) 人工监测难以实施或监测频率时效需求较高的监测项目；
- c) 采用爆破法施工，影响范围内的建（构）筑物监测项目；
- d) 其它有特殊要求的项目。

4.1.2 智能监测宜考虑建设期、工后阶段与运营期的监测工作延续性，宜通过预埋监测设备或预留布设条件，为不同阶段的监测工作做好衔接。

4.1.3 智能监测方案应根据工程设计和施工特点，分析工程自身风险及地质、水文和环境风险以及结构形式，有针对性地编制，并经过专项论证后实施。宜涵盖以下内容：

- a) 工程概况；
- b) 监测目的和依据；
- c) 监测对象、项目及设备布置、通信方式、对比测量和人工复核等实施方案；
- d) 监测供电电源、防雷设置及设备防护方案；
- e) 监测频率和周期、监测项目控制值、预警标准；
- f) 数据处理与反馈机制；
- g) 信息安全防护机制；
- h) 监测应急预案；
- i) 项目运行及维护方案；
- j) 监测点位布置图。

4.1.4 智能监测项目的监测点布设原则以及监测控制值应满足 GB 50911 的规定。

4.1.5 智能监测项目的监测精度应满足 GB 50911 的要求。对于 GB 50911 中未明确的新技术、新方法，宜按照优于设计或变形允许值的 1/10~1/20 作为精度指标，在使用前应 与现有常规监测方法进行对比验证。

4.1.6 根据项目外部干扰情况，宜开展对比测量或人工复核工作，以满足对监测数据的校验。

4.1.7 智能监测硬件与软件均应满足 GB/T 20273、GB/T 28452、GB/T 39204 的信息安全相关要求。

4.2 工程影响分区

4.2.1 城市轨道交通建设工程影响分区可分为变形影响区、振动影响区和噪声影响区。各分区应根据工程特点、地质条件和工程施工对周围岩土体扰动程度及影响范围进行划分，分为主要影响区、次要影响区和可能影响区，具体划分见附录 A。

4.2.2 工程变形影响分区划分如下：

- a) 明（盖）挖法基坑工程变形影响分区应根据基坑设计深度、地质条件和工程经验等划分，宜按照表 1 确定；

表 1 明（盖）挖法基坑工程变形影响分区

工程变形影响分区	区域范围
主要影响区 (A)	基坑周边 $0.7H$ 或 $H \cdot \tan (45^\circ - \varphi/2)$ 范围内
次要影响区 (B)	基坑周边 $0.7H \sim 2.0H$ 或 $H \cdot \tan (45^\circ - \varphi/2) \sim 2.0H$ 范围内
可能影响区 (C)	基坑周边 $2.0H$ 范围外
注1：H为基坑设计深度（m）， φ 为岩土体内摩擦角（°）；	
注2：工程影响分区的划分界线取表中 $0.7H$ 或 $H \cdot \tan (45^\circ - \varphi/2)$ 的较大值。	

- b) 浅埋矿山法和盾构法隧道工程影响分区应根据隧道结构的底板埋深、地质条件和工程经验等划分，宜按表 2 确定；

表 2 浅埋矿山法和盾构法隧道工程变形影响分区

工程变形影响分区	区域范围
主要影响区 (A)	隧道正上方及周边 $0.7H$ 范围内
次要影响区 (B)	隧道正上方及周边 $0.7H \sim 1.0H$ 范围内
可能影响区 (C)	隧道正上方及周边 $1.0H$ 范围外
注：H为暗挖隧道底板的埋深。	

- c) 深埋矿山法和盾构法隧道工程影响分区应根据隧道结构的底板埋深、地质条件和工程经验等划分，宜按表 3 确定；

表 3 深埋矿山法和盾构法隧道工程变形影响分区

工程变形影响分区	区域范围
主要影响区 (A)	隧道正上方及外侧 $1.0b$ 范围内
次要影响区 (B)	隧道外侧 $1.0b \sim 2.0b$ 范围
可能影响区 (C)	隧道外侧 $2.0b$ 范围外
注：b为矿山法和盾构法隧道的毛洞跨度。	

- d) 当在建工程所处地层较复杂时（如砂砾层、软土层、岩溶地区、填海区等），影响区范围应动态调整，当处于硬岩区域时，可适当缩小影响范围。

4.2.3 采用爆破法施工的振动影响分区宜按照表 4 划分， R 及 R_k 具体数值按照 GB 6722 的规定计算。

表 4 工程爆破振动影响分区

工程振动影响分区	区域范围	
	振动影响区域	空气冲击波影响区域（开放空间）
主要影响区 (A)	震源周边 1 R 范围内	震源周边 1 R _k 范围内
次要影响区 (B)	震源周边 1 R~1.5 R 范围	震源周边 1 R _k ~1.5 R _k 范围
可能影响区 (C)	震源周边 1.5 R 范围外	震源周边 1.5 R _k 范围外
注：R 为爆破振动的安全允许距离，R _k 为爆破空气冲击波的安全影响距离。		

4.2.4 工程噪声按照开放场地和封闭场地进行区别，其分区宜按照表 5 划分。

表 5 工程噪声影响分区

工程噪声影响分区	区域范围	
	开放场地	封闭场地
主要影响区 (A)	场地周边 200 m 范围内	场地周边 100 m 范围内
次要影响区 (B)	场地周边 200 m~300 m 范围	场地周边 100 m~150 m 范围
可能影响区 (C)	场地周边 300 m 范围外	场地周边 150 m 范围外

4.3 监测等级与范围

4.3.1 周边环境风险等级、地质条件复杂程度和工程监测等级按照 GB 50911 的规定进行划分，并应根据工程经验结合地质条件复杂程度进行调整。当工程地质条件存在富水砂层、软硬复合地层、构造破碎带、不均匀风化岩、填土/填海地质、软土、涉海（水）区域、隐伏冲沟、地下空洞/水囊、岩溶区域等复杂条件时，监测等级上调一级，上调后最高等级为一级。

4.3.2 城市轨道交通建设工程智能监测范围至少应包括主要影响区。当工程影响区存在既有轨道交通、重要建（构）筑物、重要管线、重要桥梁与隧道和地表水体等风险等级较高的环境对象时，宜扩大监测范围，并应满足控制保护区相关管理要求。

4.4 监测设备

- 4.4.1 监测设备的选型应遵循安全可靠、方案可行、技术先进、经济合理、便于扩展和维护的原则。
- 4.4.2 监测设备应具备自动采集、自动计算、数据自动分析比较、自动发送预警等信息处理与反馈功能。
- 4.4.3 监测设备宜具备在监测数据异常、预警等情况下自动提高监测采集频率的功能。
- 4.4.4 监测设备应符合 GB 50911 的规定，并应定期检查和维护，保证数据的一致性和连续性。
- 4.4.5 供电设备宜采用电网供电、太阳能供电方式，并考虑适合现场环境的多种方式，确保不同气候条件下供电稳定可靠，宜具备过载保护、掉电保护及自动报告功能。
- 4.4.6 数据采集设备应具备实时采集、自动存储、自动传输、断电自动保存数据和来电自动上传数据等功能。

4.5 安装及调试

- 4.5.1 安装前监测设备和传感器应进行计量检定/校准或比对，以检查其功能和精度是否可靠。
- 4.5.2 安装过程中应对监测设备、传感器参数作好详细记录，逐项检查监测设备的技术指标，确保与

方案要求一致。

4.5.3 监测设备和传感器支座应安装牢固。监测设备应设置明显的警示标识、指示牌，并安装保护装置。

4.5.4 安装完成后应对监测设备进行调试，逐项检查设备功能，以满足系统设计要求。试运行无误后方可投入正式使用。

4.6 维护及管理

4.6.1 应建立监测设备维护和管理制度，定期开展检查和维护，保证设备正常运行。

4.6.2 当监测设备出现故障时，应按不影响整体系统运行的原则制定处理方案。在需要整体关闭系统进行抢修的情况下，宜尽量缩短关闭的时间，故障处理完毕后应生成故障处理报告。

5 监测项目及方法

5.1 通则

5.1.1 城市轨道交通建设工程施工期间应对工程结构及岩土体、周边环境和作业环境进行监测。根据工程项目的具体特点，选择相应的监测方法和监测设备。

5.1.2 工程结构及岩土体智能监测对象宜包括支护结构、工程周围岩土体、地下水及地表监测。

5.1.3 周边环境智能监测对象宜包括建（构）筑物、管线、桥梁、隧道、公路及城市道路和既有轨道交通等。

5.1.4 作业环境智能监测对象宜包括环境噪声、扬尘和施工污水排放等。

5.1.5 监测项目的初始值获取应在施工作业前进行。外部作业施工宜对工程结构及岩土体、周边环境监测对象进行初始状态调查、检测及评估，并形成初始状态影像资料及调查记录、检测报告和评估文件等。

5.1.6 监测网中基准点、工作基点、监测点的埋设应符合 GB/T 50308 和 GB 50911 的规定。

5.1.7 监测设备和采集设备的选型应满足数据自动化采集和传输的要求。

5.1.8 监测设备应符合 GB 50911 的规定，使用前应进行计量检定/校准，工程监测周期内应按计量检定/校准周期进行计量检定/校准；新型仪器投入使用前应对其精度、稳定性等方面性能进行比对验证。

5.2 水平位移

5.2.1 水平位移宜选择全站仪、激光测距仪等设备进行监测。

5.2.2 水平位移监测采用全站仪时，应符合下列规定：

- a) 全站仪标称测角精度不低于 $\pm 1''$ ，测距精度不低于 $\pm (1.0 \text{ mm} + 2.0 \text{ ppm} \times D)$ ，其中 D 为实测距离值；
- b) 全站仪安装在强制对中装置上，具备倾斜自动补偿和提醒功能；
- c) 在室外安装的全站仪安装温湿度计、气压计进行补偿计算，并配置全站仪自动保护装置。

5.2.3 水平位移监测采用激光测距仪时，应符合下列规定：

- a) 测量精度不低于 1.0 mm；
- b) 激光测距仪与接收靶配合使用，并保证两者的有效距离和稳定性；
- c) 激光测距仪设置在施工影响范围以外的稳定区域。

5.2.4 工程结构及岩土体的水平位移监测宜符合下列规定：

- a) 明（盖）挖法结构施工对边坡顶水平位移、“吊脚桩”锁脚梁水平位移和立柱结构水平位移等进行监测；

- b) 矿山法结构在断面变化、主体与附属接口和马头门开洞等受力体系转换部位设置水平位移监测断面；
 - c) 盾构法施工在始发、接收及停机等风险较大的关键工程部位进行水平位移监测。
- 5.2.5 周边环境的水平位移监测应符合下列规定：
- a) 桥梁结构的水平位移智能监测设备安装不影响桥梁净空、通航和车辆通行等要求；
 - b) 隧道水平位移监测断面布设根据隧道结构类型、风险等级等因素确定，且符合 GB 50911 和 CJJ/T 202 的规定，每个监测断面在隧道结构顶部或底部、两边侧墙布设监测点，对于既有水下隧道和大直径盾构隧道等特殊隧道，在受力关键位置增加监测断面。

5.3 竖向位移

- 5.3.1 竖向位移宜选择全站仪、静力水准仪和激光测距仪等设备进行监测。
- 5.3.2 竖向位移监测采用全站仪时，宜与水平位移监测同步进行监测，且应满足 JGJ 8 的规定。
- 5.3.3 竖向位移监测采用静力水准仪时，应符合下列规定：
- a) 根据精度要求和预计最大沉降量，选用合适精度和量程的静力水准仪；
 - b) 静力水准仪监测网由工作基点和监测点组成，其工作基点定期与基准点联测；
 - c) 静力水准仪管路平顺以保证液体的流动性，并做好管路保护措施；
 - d) 室外安装静力水准仪时，做好管路和液罐的保温措施，以减少温度差异的影响。
- 5.3.4 竖向位移监测采用激光测距仪时，应符合 5.2.3 的规定。
- 5.3.5 工程结构及岩土体竖向位移监测应符合下列规定：
- a) 明（盖）挖法结构施工对边坡顶竖向位移、“吊脚桩”锁脚梁竖向位移、立柱结构竖向位移和地表竖向位移等进行监测；
 - b) 矿山法结构在断面变化、主体与附属接口和马头门开洞等受力体系转换部位设置竖向位移监测点；
 - c) 盾构法施工在始发、接收及停机等风险较大的关键工程部位进行竖向位移监测；
 - d) 高架桥施工在桥墩和桥台位置布设竖向位移监测断面；
 - e) 路基施工在路基和边坡位置布设竖向位移监测点。
- 5.3.6 周边环境竖向位移监测应符合下列规定：
- a) 建（构）筑物竖向位移监测布设在变形缝、结构分界、基础形式与埋深变化处、受力敏感部位和已出现明显变形及损坏部位；
 - b) 管线竖向位移监测传感器布设在管线的节点、转角点、位移变化敏感或预测变形较大等关键部位，对于具有特殊保护要求的管线需要满足管线权属部门的要求；
 - c) 桥梁竖向位移智能监测设备安装不影响桥梁净空、通航和车辆通行等要求；
 - d) 隧道竖向位移监测断面布设根据隧道结构类型、风险等级等因素确定，且符合 GB 50911 和 CJJ/T 202 的规定，每个监测断面在隧道结构顶部或底部、两边侧墙布设监测点，对于既有水下隧道和大直径盾构隧道等特殊隧道，在受力关键位置增加监测断面；
 - e) 高速铁路、公路及城市道路竖向位移智能监测对路基路面、路堤挡墙和路堑边坡等位置进行监测。路基路面监测与道路下方的地下构筑物、地下管线的监测点相结合，做到监测点布设合理、统筹兼顾、相互协调，路基路面监测传感器做好防护工作，不阻碍交通、影响行车安全。

5.4 深层水平位移

- 5.4.1 深层水平位移宜采用固定式测斜仪、滑动式测斜仪、柔性测斜仪等设备进行监测。
- 5.4.2 采用固定式测斜仪进行深层水平位移监测时应符合下列规定：

- a) 探杆数量需覆盖测斜孔深度，测斜仪传感器间距取 0.5 m 或 1.0 m；
 - b) 深层水平位移计算时，确定固定起算点，固定起算点设在测斜管的顶部或底部。当测斜管底部未进入稳定岩土体或已发生位移时，以管顶为起算点，并测量管顶的平面坐标进行水平位移修正；
 - c) 测斜仪精度不低于 0.25 mm/m，分辨率不低于 0.02 mm/0.5 m；
 - d) 预埋测斜管的滑槽方向与主变形方向一致，当有角度偏移时进行修正投影计算。
- 5.4.3 采用滑动式自动测斜仪进行深层水平位移监测时，设备精度、测量间距和起算标准等要求应符合 5.4.2 的规定。
- 5.4.4 采用柔性测斜仪进行深层水平位移监测时，应做好传感器与结构的绑扎固定，设备精度、测量间距和起算标准等要求应符合 5.4.2 的规定。

5.5 倾斜

- 5.5.1 倾斜宜选择倾角计、智能全站仪和静力水准仪等设备进行监测。
- 5.5.2 采用倾角计时，传感器的安装应明确记录安装的方向，并详细记录测点位置、间距和监测对象高度等特征信息。
- 5.5.3 采用静力水准仪时，应通过差异沉降法计算倾斜，监测要求应符合 5.3.3 的规定。
- 5.5.4 采用全站仪时，应通过三维坐标计算倾斜，监测要求应符合 5.2.2 的规定。

5.6 支护结构应力

- 5.6.1 结构应力可通过安装在结构内部或表面的应变计或应力计进行监测。
- 5.6.2 混凝土构件可采用钢筋应力计、混凝土应变计和光纤光栅传感器等进行监测，钢构件可采用轴力计或应变计等进行监测。
- 5.6.3 结构应力监测数据处理应修正温度变化等因素的影响，且钢筋混凝土结构应修正混凝土收缩、徐变以及裂缝的影响。
- 5.6.4 应力传感器量程应满足被测应力的要求，其最大量程宜为设计应力值的 2 倍。

5.7 土压力

- 5.7.1 基坑支护桩(墙)侧向土压力、矿山法隧道围岩压力宜采用振弦式土压力、光纤光栅土压力计和电阻式土压力计等传感器进行监测。
- 5.7.2 土压力计的布设应符合下列规定：
- a) 埋设前对土压力计进行稳定性、密封性检验和压力、温度标定，且检验记录和标定资料齐全；
 - b) 受力面与所监测的压力方向垂直，并紧贴被监测对象；
 - c) 采取土压力膜保护措施；
 - d) 采用钻孔法埋设时，回填做到均匀密实。
- 5.7.3 土压力传感器量程应满足被测土压力的要求，其最大量程宜为设计压力值的 2 倍。
- 5.7.4 基坑工程开挖前，应连续监测至少 3 d 并取得稳定初始值；隧道工程土压力计埋设后应立即进行检查测试，并读取初始值。

5.8 孔隙水压力

- 5.8.1 孔隙水压力宜采用振弦式渗压计、光纤光栅渗压计和电阻式渗压计等传感器进行监测。
- 5.8.2 孔隙水压力计的埋设可采用钻孔埋设法、压入埋设法和填埋法等。当在同一测孔中埋设多个孔隙水压力计时，宜采用钻孔埋设法；当在粘性土层中埋设单个孔隙水压力计，宜采用不设反滤料的压入埋设法；在填方工程中宜采用填埋法。

5.8.3 当孔内埋设多个孔隙水压力计，监测不同含水层的渗透压力时，应做好相邻孔隙水压力计的隔水措施。

5.8.4 孔隙水压力计传感器量程应满足被测孔隙水压力的要求，其最大量程宜取静水压力与超孔隙水压力之和的 2 倍。

5.9 地下水位

5.9.1 地下水位宜采用振弦式、电容式、超声波式和光纤光栅式水位计等传感器进行监测。

5.9.2 地下水位传感器的测量精度不应低于 $\pm 10\text{ mm}$ 。

5.9.3 地下水位监测宜通过钻孔设置水位观测管，地下水位应分层观测，水位观测管的滤管位置和长度应与被测含水层的位置和厚度一致，被测含水层与其他含水层之间应采取有效的隔水措施。

5.9.4 水位观测管至少在工程开始降水前 7 d 埋设，且宜逐日连续观测水位并取得稳定初始值，设备重新安装时应重新采集初始值并校准计算参数。

5.10 锚杆和土钉拉力

5.10.1 锚杆和土钉拉力宜采用测力计、钢筋计、应变计等传感器进行智能监测，当使用钢筋束作为锚杆时，宜监测每根钢筋的受力。

5.10.2 传感器宜具有测温功能。

5.10.3 传感器安装布设时应结合现场环境及监测对象特征，确定安装工艺，保证测量结果可靠。

5.11 土体分层竖向位移

5.11.1 土体分层竖向位移宜采用振弦式多点位移计和光纤光栅式的分层沉降仪等进行监测。

5.11.2 土体分层竖向位移监测中多点位移计传感器一般按正向埋设装配，当多点位移计安装完成，测杆锚头灌浆凝固后，设定传感器初始值。

5.11.3 土体分层竖向位移传感器安装完成后宜连续观测 7 d，达到稳定后进入监测状态。

5.12 净空收敛

5.12.1 净空收敛宜采用全站仪或激光测距仪等仪器进行监测。

5.12.2 采用全站仪进行监测时应符合下列规定：

- a) 全站仪测距精度不低于 $\pm (1.0\text{ mm} + 1.0\text{ ppm} \times D)$ ，其中 D 为实测距离值；
- b) 监测点布设在同一断面收敛测线两端；
- c) 全站仪和监测点安装固定好后，测量 3 次以上取其平均值作为测量初始值。

5.12.3 采用激光测距仪进行监测时应符合下列规定：

- a) 激光测距仪测量精度不低于 $\pm 1\text{ mm}$ ，量程不大于 50 m；
- b) 激光测距仪与被测点布设按照监测设计的收敛线进行布置，并定期校正视线；
- c) 激光测距仪适合单测点的收敛监测，在激光测距仪和测点反射标靶安装固定好后，测量 3 次以上取其平均值作为测量初始值；
- d) 钻爆法施工时采取抗振保护措施。

5.13 裂缝

5.13.1 裂缝宜采用振弦式、电阻式、光纤光栅式位移计和激光测距仪等测缝传感器进行监测。

5.13.2 传感器的最大量程应能满足被测对象的变化范围，裂缝宽度测量精度不应低于 $\pm 0.1\text{ mm}$ 。

5.13.3 传感器应沿裂缝法线方向布设，且考虑裂缝收缩和扩张两种状态。

5.14 振动

- 5.14.1 振动智能监测设备由速度传感器或加速度传感器、数据采集仪及数据分析软件组成，速度传感器或加速度传感器宜采用三矢量一体传感器。
- 5.14.2 振动监测传感器应与被测对象之间刚性粘结，宜采用螺栓连接、环氧砂浆、环氧树脂胶、石膏或其他高强度粘合剂等连接方式，安装时应注意传感器径向采集方向对准振动源方向。
- 5.14.3 振动智能监测设备应具有测量峰值振动速度和主振频率的功能，峰值振动速度测量精度应达到 0.1 cm/s，主振频率测量精度应达到 0.1 Hz。
- 5.14.4 振动采集设备宜采用无线传输方式，设备能设定阈值自动筛选有效数据上传，监测振动数据应具有本地保存功能。

5.15 环境噪声

- 5.15.1 环境噪声宜采用噪声在线监测仪进行监测，其数据采集频率不应高于 1 Hz，测量值以 1 min 等效声级 Leq(A) 为统计单位。
- 5.15.2 场地施工过程中场界环境噪声测点布设宜满足下列规定：
 - a) 根据施工场地周围噪声敏感建筑物位置和声源位置的布局，测点设在对噪声敏感建筑物影响较大、距离较近的位置；
 - b) 一般情况下测点设在建筑施工现场界外 1 m，高度 1.2 m 以上的位置；
 - c) 当场界有围墙且周围有噪声敏感建筑物时，测点设在场界外 1 m，高于围墙 0.5 m 以上的位置，且位于施工噪声影响的声照射区域；
 - d) 当场界无法测量到声源的实际排放时，如声源位于高空、场界有声屏障、噪声敏感建筑物高于场界围墙等情况，测点设在噪声敏感建筑物户外 1 m 处；
 - e) 在噪声敏感建筑物室内测量时，测点设在室内中央、距室内任一反射面 0.5 m 以上、距地面 1.2 m 高度以上，在受噪声影响方向的窗户开启状态下测量。
- 5.15.3 场界环境噪声监测数据有效性应符合下列要求：
 - a) 噪声监测数据的采集率不低于 95%；
 - b) 小时等效值按照 GB 3096 的规定计算；
 - c) 夜间时段从 22:00 到次日 6:00；
 - d) 当风速大于 5 m/s，以及出现雨、雪、雷、电或其他恶劣天气影响监测时，噪声在线监测数据作为无效数据；
 - e) 所有无效数据均标注标识符，不参加统计，但在原始数据库中予以保留。
- 5.15.4 施工过程中场界环境噪声应符合表 6 的规定。

表 6 建筑施工现场环境噪声排放限值

昼间	夜间
70 dB (A)	55 dB (A)

- 5.15.5 夜间噪声最大声级超过限值的幅度不应高于 15 dB (A)。
- 5.15.6 当场界距噪声敏感建筑物较近，其室外不满足测量条件时，可在噪声敏感建筑物室内测量，并将表 6 中相应的限值减 10 dB (A) 作为评价依据。
- 5.15.7 全天候户外传声器应符合 GB/T 20441.4 的规定，噪声监测终端应符合 JJG 188 的规定，具体参数应满足表 7 的规定。

表 7 噪声监测仪的技术指标

名称	指标	技术要求
全天候户外传声器	灵敏度	在 250 Hz 或 1 000 Hz 的灵敏度在 30 mV/Pa 以上
	本底噪声	<25 dB(A) SPL
	指向性	90°
	风罩抗风能力	风速 30 m/s 不破坏；风噪声衰减>25 dB(A)
噪声监测终端	宽带噪声（计权声级）测量参数	Leq, L(n) (5, 10, 50, 90, 95…) Lmax, Lmin 等
	动态分析范围	≥100 dB（不换挡）
	测量范围	30 dB(A) ~130 dB(A)
	频率计权	A 计权
	采样频率	≤1 s 产生一组原始数据
	噪声预警	具备设定值触发录音或录像功能
	校准	具备自动校准功能

5.16 扬尘

5.16.1 扬尘宜采用可实时获取 PM_{2.5}、PM₁₀的扬尘自动监测传感器进行智能监测，应满足 HJ 653 的要求，具体参数应满足表 8 的要求。

表 8 扬尘监测仪技术指标

名称	指标		技术要求
颗粒物监测仪	监测方式		连续自动监测
	测量量程		0.01 mg/m ³ ~30.00 mg/m ³
	时间分辨率		60 s
	流量漂移		24 h 内，任意一次测试时间点流量变化 ≤±10%设定流量，24 h 平均流量变化 ≤±5%
颗粒物监测仪	与参比方法比较	单组样品相对误差	任意一组样品相对误差绝对值 ≤25%
		平均相对误差	不少于 20 对样品，平均相对误差 ≤±20%
		相关系数	≥0.85（90%置信度）
	重现性		≤±7%
	除湿		具备自动除湿或湿度补偿功能
	校准		具备自动校准功能

- 5.16.2 扬尘监测数据有效性应符合下列要求：
- a) 颗粒物监测数据的有效采集率不低于 90%；
 - b) 当 1 h 采集的有效分钟值不少于 90%时，该小时数据有效，以该小时内所有有效分钟值计算的算术平均值作为该小时平均值；
 - c) 每日有不少于 21 个有效小时均值的算术平均值为有效日均值。日均值的统计时段为北京时间 0:00 至 23:59；
 - d) 每月有不少于 27 个有效日均值的算术平均值为有效月均值（2 月份不少于 25 个有效日均值）；

- e) 当发生临时断电时，从断电时起至恢复供电后仪器正常运行止，该时段内的监测数据作为无效数据。
- 5.16.3 扬尘颗粒物监测点位的设置，应符合 GB 3095 的规定。
- 5.16.4 扬尘颗粒物在线监测数据采集频率不应高于 1 h，颗粒物测量值单位应统一换算为 mg/m^3 。
- 5.16.5 扬尘颗粒物监测限值应按照表 9 控制。

表 9 扬尘颗粒物排放限值标准

监测项目	平均时间	一级 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	二级 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM_{10}	年平均	40	70
	24 h 平均	50	150
$\text{PM}_{2.5}$	年平均	15	35
	24 h 平均	35	75

5.17 施工污水排放

5.17.1 施工污水排放智能监测系统应具备水质监测功能、数据采集功能、在线分析功能、数据查询功能与实时预警功能。各监测项的测量范围和精度要求应满足表 10 的规定。

表 10 施工污水监测技术指标

监测项	测量原理	测量范围	精度要求
pH	标配工业 pH 电极	0~14	≤ 0.1
溶解氧含量	用荧光法技术，自带 NTC 温补功能	0 mg/L~40 mg/L；0%~200%饱和度	$\leq \pm 2\%F \cdot S$
浊度	红外光散射技术	0.01 NTU~4 000 NTU	$\leq \pm 1\%F \cdot S$ 或 ± 0.1 NTU
电导率	电化学方式	0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ~2 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	$\leq \pm 1\%F \cdot S$
温度	热敏电阻等	-20 $^{\circ}\text{C}$ ~100 $^{\circ}\text{C}$	$\leq \pm 0.5\%F \cdot S$

- 5.17.2 施工污水排放监测设备，应在排放口位置或设置专用检测井内。
- 5.17.3 施工污水排放应在排水全过程进行监测，监测频率至少 1 次/h，以日均值计，监测数据的有效采集率不应低于 90%。
- 5.17.4 排入城镇下水道系统的污水不应超过 GB/T 31962 规定的最高允许排放限值要求。

5.18 视频监控

- 5.18.1 视频监控系统宜包括摄像、传输、显示和控制等部分组成，应通过管理平台进行管理、存储和流媒体转发等操作，宜结合施工现场智慧化工地同步建设。
- 5.18.2 视频监控系统应 24 h 连续自动运行，宜具备人工智能感知功能，在光线条件差的情况，应有良好的成像效果。
- 5.18.3 任意管理主机可授权管理系统内的全部摄像机通过切换对镜头进行控制，控制监视画面在监视屏幕上循环显示。
- 5.18.4 管理平台应能通过网络对前端摄像机进行控制。
- 5.18.5 管理平台应具备完整的日志功能，并能长时间记录。
- 5.18.6 管理平台应支持堆叠和分层管理。
- 5.18.7 管理平台应具有字符显示功能，在视频图像上叠加摄像机号、地址和时间等信息。
- 5.18.8 视频监控系统宜具备图像识别技术，宜实现对现场人员和设备异常等场景进行识别并预警。

6 监测成果及预警

6.1 通则

6.1.1 监测成果由智能监测系统生成，宜包括原始采集数据、仪器设备参数信息、环境参数信息、监测数据成果及相关的属性信息等内容。

6.1.2 对监测成果的准确性、完整性、合理性应由专业人员分析，必要时对监测设备进行检查和人工核对，保证监测信息资料的真实、准确、完整。

6.1.3 监测数据宜通过软件系统自动计算、处理、分析，形成监测成果文件。

6.1.4 监测成果应做好保密工作，项目结束后监测成果应存档保管，存储期限应满足当地城市轨道交通建设工程相关要求。

6.2 监测成果

6.2.1 监测成果由监测软件系统进行统计分析，统计内容包括但不限于最大值、最小值、平均值、累计值等特征值，根据需要给出按分、时、天、周、月等单位时间的间隔数据，并生成时程曲线图。监测成果报表、变化曲线图等应自动生成。

6.2.2 监测报告形式可分为阶段监测报告（日报、周报、月报等）、预警报告和监测总结报告，监测报告内容应包括监测数据、计算分析资料、图表、曲线、文字说明等，监测报告应采用文字、表格、图形、影像及视频等形式，以纸质文件、电子文件和监测平台信息等为载体。

6.3 监测预警

6.3.1 监测数据预警及信息反馈宜利用软件系统信息管理平台，实现数据采集、处理、分析、发布、查询和管理一体化。

6.3.2 监测预警等级和预警标准应按照设计图纸、鉴定报告，当地标准、产权单位等要求执行，若无相关规定时，可按 GB 50911 和 CJJ/T 202 的规定执行。

6.3.3 在监测数据预警或巡查发现异常时，经专业人员全面分析判断后，将警情信息以短信、纸质报告、微信、电子邮件等形式反馈、推送至各相关单位。

附录 A
(资料性)
影响区划分

A.1 明（盖）挖法基坑工程变形影响分区

根据GB 50911和CJJ/T 202综合确定基坑工程主要影响区、次要影响区和可能影响区。按照与基坑边缘距离的不同进行划分，划分依据为基坑设计深度。主要影响区（A）、次要影响区（B）和可能影响区（C）以 $0.7H$ （或 $H \cdot \tan(45^\circ - \phi/2)$ ）和 $2.0H$ 作为分界点（ H 为基坑设计深度， ϕ 为岩土体内摩擦角），具体划分参考图A.1。

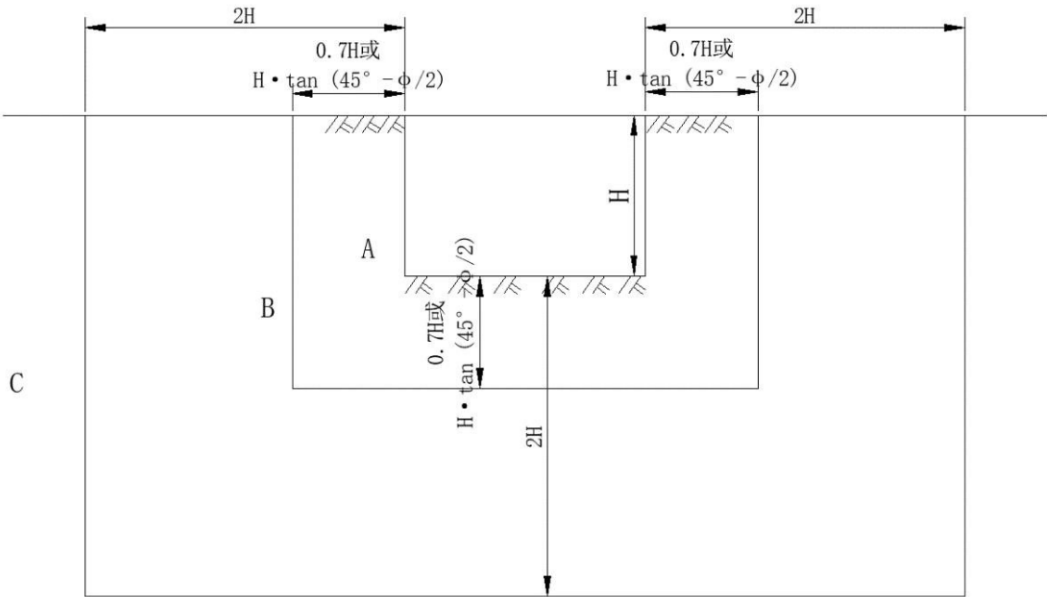


图 A.1 明（盖）挖法基坑工程变形影响分区

A.2 浅埋矿山法和盾构法隧道工程影响分区

根据GB 50911和CJJ/T 202综合确定浅埋隧道主要影响区、次要影响区 and 可能影响区。主要影响区（A）、次要影响区（B）和可能影响区（C）以 $0.7H$ 和 $1.0H$ 作为分界点（ H 为基坑设计深度），具体划分参考图A.2。

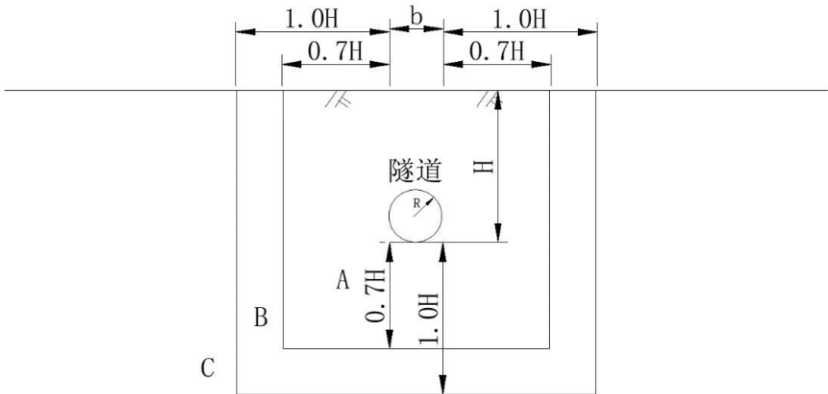


图 A.2 浅埋矿山法和盾构法隧道工程影响分区

A.3 深埋矿山法和盾构法隧道工程影响分区

根据GB 50911和CJJ/T 202综合确定深埋隧道主要影响区(A)、次要影响区(B)和可能影响区(C)。主要影响区(A)、次要影响区(B)和可能影响区(C)以 $1.0b$ 和 $2.0b$ 作为分界点(b 为矿山法和盾构法隧道的毛洞跨度),具体划分参考图A.3。

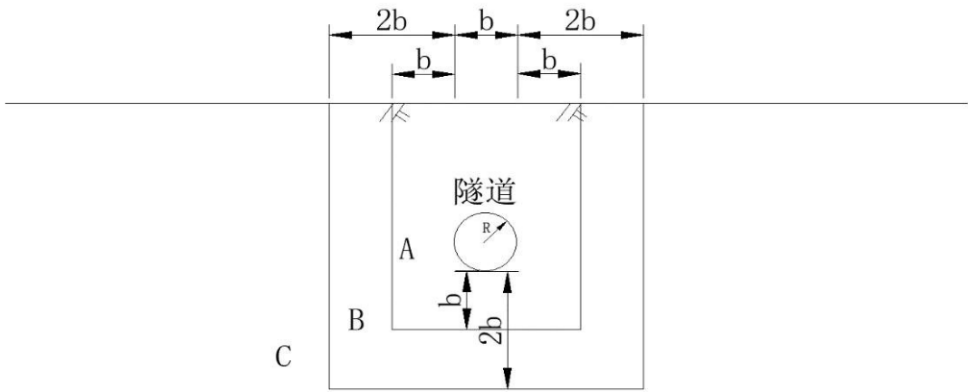


图 A.3 深埋矿山法和盾构法隧道工程影响分区

A.4 采用爆破工艺施工的振动影响分区

采用爆破工艺施工的主要影响区(A)、次要影响区(B)和可能影响区(C)以 $R(R_k)$ 和 $1.5R(R_k)$ 作为分界点(R 为爆破振动的安全允许距离, R_k 为爆破空气冲击波的安全影响距离),具体划分参考图A.4。

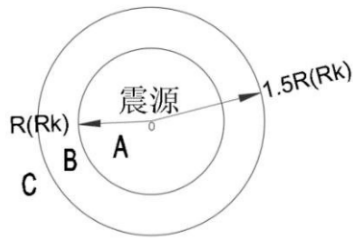


图 A.4 采用爆破工艺施工的振动影响分区

A.5 噪声影响分区

工程噪声按照开放场地(封闭场地),其主要影响区(A)、次要影响区(B)和可能影响区(C)以 200 m (100 m)和 300 m (150 m)作为分界点,具体划分参考图A.5。

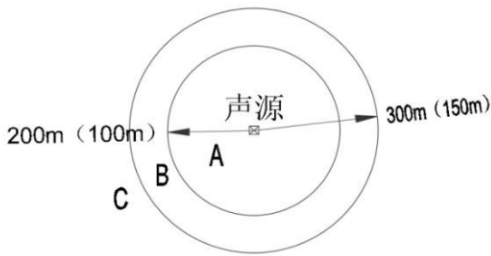


图 A.5 噪声影响分区

参 考 文 献

- [1] GB 50497—2019 建筑基坑工程监测技术标准
 - [2] GB 50982—2014 建筑与桥梁结构监测技术规范
-