

深圳市工程建设地方标准

SJG

SJG 135 – 2023

# 城市轨道交通工程监测技术标准

Technical standard for monitoring and surveying  
of urban rail transit engineering

2023-11-15 发布

2024-02-15 实施

深圳市住房和城乡建设局发布

深圳市工程建设地方标准

城市轨道交通工程监测技术标准

Technical Standard for Monitoring and Surveying of Urban Rail  
Transit Engineering

**SJG 135 - 2023**

2023 深 圳

## 前 言

根据深圳市城市轨道交通工程建设需要，按照深圳市住房和建设局《关于发布 2021 年深圳市工程建设标准制订修订计划项目（第一批）的通知》的要求，标准编制组通过广泛调查研究，总结我市城市轨道交通工程建设的实践经验，借鉴国内、国际的先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定了深圳市工程建设标准《城市轨道交通工程监测技术标准》SJG 135-2023。

本标准的主要内容：1.总则；2.术语和符号；3.基本规定；4.监测项目及要求；5.支护结构和周围岩土体监测点布设；6.工程周边环境监测点布设；7.特殊地质风险监测；8.监测方法及技术要求；9.自动化监测方法及技术要求；10.既有线路结构及轨道变形监测；11.监测频率；12.监测项目控制值和预警标准；13.监测成果与信息反馈。

本标准由深圳市住房和建设局批准发布，由深圳市住房和建设局业务归口并组织深圳市地铁集团有限公司等编制单位负责技术内容的解释。本标准执行过程中如有意见或建议，请寄送深圳市地铁集团有限公司（地址：深圳市福田区福中一路 1016 号地铁大厦，邮编：518026），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：深圳市地铁集团有限公司  
深圳地铁建设集团有限公司  
北京城建勘测设计研究院有限责任公司

本标准参编单位：北京城建设计发展集团股份有限公司  
中铁第六勘察设计院集团有限公司  
深圳市房屋安全和工程质量检测鉴定中心  
广东省重工建筑设计院有限公司  
机械工业勘察设计院有限公司  
江苏南京地质工程勘察院  
深圳市市政设计研究院有限公司  
中国铁路设计集团有限公司  
深圳市勘察研究院有限公司

本标准主要起草人员：黄力平 雷江松 宋天田 张中安 孙波  
龙宏德 贾科 王平豪 王新线 戴继  
周石喜 周建军 甘璐凯 张斌 罗高团  
潘海浪 徐全庆 王维林 龚选波 何建凯  
李衍航 赵旭 姚冬 廖东军 王伶俐  
邵勇 许磊 崔晓 高勇 熊佳亮  
陈伟 银霞 周山 李志超 刘子明  
李雷生 吴会军 叶亚林 李国勇 廖云峰  
郑明申 周才文 卜海兵 谢春喜 王康利

本标准主要审查人员：王双龙 王贤能 耿光旭 金典琦 莫伟生  
彭勇 梁月英

本标准主要指导人员：宋延 李伟雄

# 目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	4
3.1	一般规定	4
3.2	工程影响分区及监测范围	5
3.3	工程监测等级划分	6
4	监测项目及要求	8
4.1	一般规定	8
4.2	仪器监测	8
4.3	现场巡查	11
4.4	视频监控	12
5	支护结构和周围岩土体监测点布设	13
5.1	一般规定	13
5.2	明挖法和盖挖法	13
5.3	盾构法	15
5.4	矿山法	15
6	工程周边环境监测点布设	17
6.1	一般规定	17
6.2	建（构）筑物	17
6.3	桥梁	17
6.4	地下管线	18
6.5	高速公路与城市道路	18
6.6	既有轨道交通	18
7	特殊地质风险监测	19
7.1	一般规定	19
7.2	岩溶区地质风险监测	19
7.3	软土地质风险监测	20
8	监测方法及技术要求	22
8.1	一般规定	22
8.2	水平位移监测	22
8.3	竖向位移监测	23
8.4	深层水平位移监测	24
8.5	土体分层竖向位移监测	24
8.6	倾斜监测	25
8.7	裂缝监测	25
8.8	净空收敛监测	25
8.9	爆破振动监测	26

8.10	孔隙水压力监测	26
8.11	地下水位监测	27
8.12	岩土压力监测	27
8.13	锚杆和土钉拉力监测	28
8.14	结构应力监测	28
8.15	坑底回弹监测	28
8.16	三维激光扫描	28
8.17	现场巡查	29
8.18	远程视频监控	30
9	自动化监测方法及技术要求	31
9.1	一般规定	31
9.2	水平位移监测	31
9.3	竖向位移监测	31
9.4	深层水平位移监测	32
9.5	支护结构内力监测	32
9.6	地下水位监测	32
9.7	倾斜监测	32
9.8	裂缝监测	32
9.9	其他监测	32
9.10	比对测量	33
10	既有线路结构及轨道变形监测	34
10.1	一般规定	34
10.2	线路结构变形监测	34
10.3	轨道静态几何形位监测	36
11	监测频率	37
11.1	一般规定	37
11.2	监测频率要求	37
12	监测项目控制值和预警标准	40
12.1	一般规定	40
12.2	支护结构和周围岩土体	40
12.3	周边环境	43
13	监测成果与信息反馈	46
附录 A	监测项目代号及图例	48
附录 B	基准点、监测点的埋设	51
附录 C	现场巡查报表	57
附录 D	监测日报表	60
附录 E	监测预警	68
	本标准用词说明	73
	引用标准名录	74
	附：条文说明	75

# Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Provisions	4
3.1	Basic Requirements	4
3.2	Project Impact Zoning and Monitoring Scope	5
3.3	Project Monitoring Grade Classification	6
4	Monitoring Items and Requirements	8
4.1	General Provisions	8
4.2	Instrument Monitoring	8
4.3	Onsite Inspection	11
4.4	Video Surveillance	12
5	Monitoring Points for Supporting Structure and Surrounding Rock and Soil Bodies	13
5.1	General Provisions	13
5.2	Open Digging Method and Cover Digging Method	13
5.3	Shield Tunneling Method	15
5.4	Mining Law	15
6	Arrangement of Environmental Monitoring Points Around the Project	17
6.1	General Provisions	17
6.2	Construction (Structure) Construction	17
6.3	Bridge	17
6.4	Underground Pipeline	18
6.5	Highway and City Roads	18
6.6	Existing Rail Transit	18
7	Special Geological Risk Monitoring	19
7.1	General Provisions	19
7.2	Geological Risk Monitoring in Karst Reas	19
7.3	Geological Risk Monitoring of Soft Soil	20
8	Monitoring Methods and Techonical Requirements	22
8.1	General Provisions	22
8.2	Horizontal Displacement Monitoring	22
8.3	Vertical Displacement Monitoring	23
8.4	Deep-layer Horizontal Displacement Monitoring	24
8.5	Soil Stratifield Veritical Displacement Monitoring	24
8.6	Tilt Monitoring	25
8.7	Crack Monitoring	25
8.8	Clearance Convergence Monitoring	25
8.9	Blasting Vibration Monitoring	26
8.10	Pore Water Pressure Monitoring	26

8.11	Ground-water Level Monitoring . . . . .	27
8.12	Rock and Soil Pressure Monitoring . . . . .	27
8.13	Monitoring of Anchor Rod and Soil Nail Pull . . . . .	28
8.14	Structural Stress Monitoring . . . . .	28
8.15	Reback Monitoring at Pit Bottom . . . . .	28
8.16	3 D Laser Scanning . . . . .	28
8.17	Site Inspection . . . . .	29
8.18	Remote Video Surveillance. . . . .	30
9	Automatic Monitoring Methods and Technical Requirements . . . . .	31
9.1	General Provisions . . . . .	31
9.2	Horizontal Displacement Monitoring . . . . .	31
9.3	Vertical Displacement Monitoring . . . . .	31
9.4	Deep-layer Horizontal Displacement Monitoring . . . . .	32
9.5	Internal Force Monitoring of the Supporting Structure . . . . .	32
9.6	Groundwater Level Monitoring. . . . .	32
9.7	Tilt Monitoring. . . . .	32
9.8	Crack Monitoring . . . . .	32
9.9	Other Monitoring . . . . .	32
9.10	Comparison and Measurement . . . . .	33
10	Existing Line Structure and Track Deformation Monitoring . . . . .	34
10.1	General Provisions . . . . .	34
10.2	Monitoring of Line Structure Deformation . . . . .	34
10.3	Static Geometric Position Monitoring of the Orbit. . . . .	36
11	Monitoring Frequency . . . . .	37
11.1	General Provisions . . . . .	37
11.2	Monitoring Frequency Requirements . . . . .	37
12	Monitoring Project Control Value and Early Warning Standards. . . . .	40
12.1	General Provisions . . . . .	40
12.2	Supporting Structure and Surrounding Rock and Soil Bodies . . . . .	40
12.3	Surrounding Environment . . . . .	43
13	Monitoring Results and Information Feedback . . . . .	46
Appendix A	Monitoring Project Code and Legend . . . . .	48
Appendix B	for the Buried Reference Points and Monitoring Points . . . . .	51
Appendix C	On-Site Inspection Report . . . . .	57
Appendix D	Monitoring Day Report . . . . .	60
Appendix E	Monitoring and Early Warning . . . . .	68
	Explanation of Wording in This Standard . . . . .	73
	List of Quoted Standards. . . . .	74
	Addition: Explanation of Provisions. . . . .	75



# 1 总 则

**1.0.1** 为规范深圳市城市轨道交通工程监测工作，做到技术先进、经济合理、成果可靠，确保工程结构和周边环境的安全提供准确、可靠的监测数据和预警信息，特制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于深圳市城市轨道交通新建、改建、扩建工程及运行维护的监测工作。

**1.0.3** 城市轨道交通工程监测应编制合理的监测方案，精心组织和实施监测，为动态设计、信息化施工和安全运营及时提供监测成果。

**1.0.4** 城市轨道交通工程监测宜采用成熟可靠的仪器、设备、传感器进行自动化监测并应接入监测数据管理平台。

**1.0.5** 城市轨道交通工程监测除应符合本标准外，尚应符合国家、行业、广东省和深圳市现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 监测 monitoring measurement

采用仪器量测、现场巡查或远程视频监控等手段和方法，长期、连续的采集和收集反映工程施工、运营线路结构以及周边环境对象的安全状态、变化特征及其发展趋势的信息，并进行分析、反馈的活动。

#### 2.1.2 周边环境 around environment

城市轨道交通工程施工影响范围内的既有轨道交通设施、建（构）筑物、地下管线、桥梁、高速公路、道路、河流、湖泊等环境对象的统称。

#### 2.1.3 支护结构 supporting structure

基坑支护结构和隧道支护结构的统称。基坑支护结构是指为保证基坑开挖、地下结构施工和周边环境的安全，对基坑侧壁进行临时支挡、加固使基坑侧壁岩土体基本稳定的结构，包括支护桩（墙）和支撑（或锚杆）等结构；隧道支护结构是指隧道开挖过程中及时施作的能够使围岩基本稳定的结构，包括超前支护、临时支护、初期支护和二次衬砌等结构。

#### 2.1.4 周围岩土体 surrounding rock and soil

城市轨道交通工程施工影响范围内的岩体、土体、地下水等工程地质和水文地质条件的统称。

#### 2.1.5 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。

#### 2.1.6 风险 risk

不利事件或事故发生的概率（频率）及其损失的组合。

#### 2.1.7 工程监测等级 monitoring measurement grade

根据城市轨道交通工程自身风险等级、周边环境风险等级和地质条件的复杂程度，对工程监测进行的等级划分。

#### 2.1.8 变形监测 deformation monitoring

对周边环境、支护结构和周围岩土体等监测对象的竖向、水平、倾斜等变化所进行的量测工作。

#### 2.1.9 明挖法 cut and cover method

由地面开挖岩土修筑基坑的施工方法。

#### 2.1.10 盖挖法 cover and cut method

由地面开挖岩土修筑顶板及其竖向支撑结构，然后在顶板下面开挖岩土修筑结构的施工方法，包括盖挖顺筑法和盖挖逆筑法。

#### 2.1.11 盾构法 shield method

在岩土体内采用盾构开挖岩土修筑隧道的施工方法。

#### 2.1.12 矿山法 mining method

在岩土体内采用人工、机械或钻眼爆破等开挖岩土修筑隧道的施工方法。

#### 2.1.13 岩溶 karst

岩溶是指水对可溶性岩石（碳酸盐岩、石膏、岩盐等）进行以化学溶蚀作用为主，以流水的冲蚀、潜蚀和崩塌等机械作用为辅的地质作用，以及由这些作用所产生的现象的总称。

#### 2.1.14 岩溶地面塌陷 karst collapse, sinkhole

岩溶地面塌陷是与岩溶有关的地面塌陷现象。它是由于溶洞或溶蚀裂隙上覆岩土体在自然或

人为因素影响下发生变形破坏，最后在地面形成塌陷坑（洞）的过程和现象，可分为基岩塌陷和土层塌陷两种。前者由于溶洞顶板失稳塌落而产生，后者由于土洞顶板塌落或土层在地下水渗流作用下发生破坏而产生。

#### 2.1.15 监测点 observation point

直接或间接设置在监测对象上，并能反映监测对象力学或变形的观测点。

#### 2.1.16 监测项目控制值 controlled value for monitoring

为满足工程安全及周边环境保护要求，控制监测对象的状态变化，针对各监测项目的监测数据变化量所设定的受力或变形的设计允许值的限值。

#### 2.1.17 实时监测 real-time monitoring

应用现代电子、信息、通信及计算机技术，实现数据在线采集、传输、分析、管理的监测技术。

#### 2.1.18 比对测量 comparison measurement

为保证测量结果的有效性，在满足规范及监测项目测量精度要求前提下，采取不同测量方法或不同测量设备对同一监测点进行量测并比较其测量结果的过程。

## 2.2 符 号

$B$  ——矿山法隧道 或导洞开挖宽度；

$D$  ——盾构法隧道开挖直径；

$D'$  ——水平位移累计变化量控制值；

$f$  ——构件的承载能力设计值；

$f_y$  ——支撑、锚杆的预应力设计值；

$H$  ——基坑的设计深度；

$i$  ——隧道地表沉降曲线 Peck 计算公式中的沉降槽宽度系数；水准仪视准轴与水准管轴的夹角；

$l$  ——相邻基础的中心距离；

$L$  ——开挖地面至监测点或监测断面的水平距离；

$L_g$  ——地下管线管节长度

$L_s$  ——沿隧道轴向两监测点间距；

$L_t$  ——沿铁路走向两监测点间距；

$S$  ——竖向位移累计变化量控制值；

$\varphi$  ——岩土体内摩擦角；

$v_d$  ——水平位移变化速率控制值；

$v_s$  ——竖向位移变化速率控制值。

## 3 基本规定

### 3.1 一般规定

- 3.1.1** 城市轨道交通工程应在施工阶段对支护结构、周围岩土体及周边环境进行监测。
- 3.1.2** 城市轨道交通工程施工期间的监测应为验证设计、施工及环境保护等方案的安全性和合理性，优化设计和施工参数，分析和预测工程结构和周边环境的安全状态及其发展趋势，实施信息化施工等提供资料。
- 3.1.3** 监测应遵循下列工作流程：
- 1 收集、分析相关资料，现场踏勘；
  - 2 编制和审查监测方案；
  - 3 埋设、验收与保护监测基准点和监测点；
  - 4 校验仪器设备，标定元器件，测定监测点初始值；
  - 5 采集监测信息；
  - 6 处理和分析监测信息；
  - 7 提交监测日报、警情快报、阶段性监测报告等；
  - 8 监测工作结束后，提交监测工作总结报告及相应的成果资料。
- 3.1.4** 监测方案编制前应收集并分析水文气象资料、岩土工程勘察报告、周边环境调查报告、安全风险评估报告、设计文件及施工方案等相关资料，并进行现场踏勘。
- 3.1.5** 监测方案应根据工程的施工特点，在分析研究工程风险及影响工程安全的关键部位和关键工序的基础上，有针对性地进行编制。监测方案宜包括下列内容：
- 1 工程概况；
  - 2 建设场地地质条件、周边环境条件及工程风险特点；
  - 3 监测目的和依据；
  - 4 监测范围和工程监测等级；
  - 5 监测对象及项目；
  - 6 基准点、监测点的布设方法与保护要求，监测点布置图；
  - 7 监测方法和精度；
  - 8 监测频率；
  - 9 监测控制值、预警等级、预警标准及异常情况下的监测措施；
  - 10 监测信息的采集、分析和处理要求；
  - 11 监测信息反馈制度；
  - 12 监测仪器设备、元器件及人员的配备；
  - 13 质量管理、安全管理及其他管理制度；
  - 14 应急预案。
- 3.1.6** 监测点的布设位置和数量应满足反映工程结构和周边环境安全状态的要求。
- 3.1.7** 监测点的埋设位置应便于观测，不应影响和妨碍监测对象的正常受力和使用。监测点应埋设稳固，标识清晰，并应采取有效的保护措施。
- 3.1.8** 现场监测应采用仪器量测、现场巡查、远程视频等多种手段相结合的综合方法进行信息采集。对穿越既有轨道交通、重要建（构）筑物等安全风险较大的周边环境，应采用远程自动化监测。
- 3.1.9** 监测信息采集的频率和监测期应根据相关标准规范、设计要求、施工方法、施工进度、监

测对象特点、地质条件和周边环境条件综合确定，并应满足反映监测对象变化过程的要求。

**3.1.10** 监测信息应及时进行处理、分析和反馈，发现影响工程及周边环境安全的异常情况时，应立即报告。

**3.1.11** 当工程遇到下列情况时，应编制专项监测方案：

- 1 穿越或邻近既有轨道交通设施；
- 2 穿越重要的建（构）筑物、高速公路、桥梁（涵）、公路隧道、铁路、机场跑道等；
- 3 穿越河流、湖泊等地表水体；
- 4 穿越岩溶、断裂带等不良地质条件；
- 5 采用新工艺、新工法或有其他特殊要求。

**3.1.12** 突发风险事件时的应急抢险监测应在原有监测工作的基础上有针对性地加大监测范围、加密监测点、提高监测频率或增加监测项目，并宜进行远程自动化监测。

**3.1.13** 城市轨道交通宜在运营期间对线路中的隧道、高架桥梁和路基结构及重要附属结构等的变形进行定期监测。

**3.1.14** 变形监测可采用独立的平面坐标系统及高程基准。对大型或者有特殊要求的项目，宜采用 2000 国家大地坐标系及 1985 国家高程基准。

### 3.2 工程影响分区及监测范围

**3.2.1** 工程影响分区应根据轨道交通工程对周围岩土体扰动和周边环境影响的程度及范围划分，可分为主要、次要和一般等三个工程影响分区。

**3.2.2** 基坑工程影响分区宜按表 3.2.2 的规定进行划分。

表 3.2.2 基坑工程影响分区

基坑工程影响区	范 围
主要影响区（I）	基坑周边 $1.0H$ 范围内
次要影响区（II）	基坑周边 $(2.0\sim 3.0)H$ 范围内
一般影响区（III）	基坑周边 $(2.0\sim 3.0)H$ 范围外

- 注：1  $H$ ——基坑设计深度（m）；  
 2 基坑开挖范围内存在基岩时， $H$  可为覆盖土层和基岩强风化层厚度之和；  
 3 工程影响分区的划分界线取表中  $1H$  的较大值；  
 4 一般情况可按此标准判定，另需考虑实际地质情况。

**3.2.3** 隧道工程影响分区可根据覆盖土层特征、基岩风化程度、坚硬程度及岩体结构与构造等地质条件，按表 3.2.3 的规定进行划分。

表 3.2.3 土质隧道工程影响分区

隧道工程影响区	范 围
主要影响区（I）	隧道正上方及沉降曲线反弯点范围内
次要影响区（II）	隧道沉降曲线反弯点至沉降曲线边缘 $2.5i$ 处
一般影响区（III）	隧道沉降曲线边缘 $2.5i$ 到 $3i$ 处

注： $i$ ——隧道地表沉降曲线 Peck 计算公式中的沉降槽宽度系数（m）。

**3.2.4** 工程影响分区的划分界线应根据地质条件、施工方法及措施特点，结合当地的工程经验进行调整。当遇到下列情况时，应调整工程影响分区界线：

- 1 隧道、基坑周边土体以淤泥、淤泥质土或其他高压缩性土为主时，应增大工程主要影响区和次要影响区；
- 2 隧道穿越或基坑处于断裂破碎带、岩溶、土洞、强风化岩、全风化岩或残积土等不良地质体或特殊性岩土发育区域，应根据其分布和对工程的危害程度调整工程影响分区界线；

3 采用锚杆支护、注浆加固、高压旋喷等工程措施时，应根据其对岩土体的扰动程度和影响范围调整工程影响分区界线；

4 采用施工降水措施时，应根据降水影响范围和预计的地面沉降大小调整工程影响分区界线；

5 施工期间出现严重的涌砂、涌土或管涌以及较严重渗漏水、支护结构过大变形、周边建（构）筑物或地下管线严重变形等异常情况时，应根据工程实际情况增大工程主要影响区和次要影响区。

3.2.5 监测范围应根据工程影响分区，结合基坑设计深度、隧道埋深和断面尺寸、施工工法、支护结构形式、地质条件、周边环境条件等综合确定，并应包括主要影响区和次要影响区。

3.2.6 采用爆破开挖岩土体的地下工程，爆破振动的监测范围应根据工程实际情况通过爆破试验确定。

### 3.3 工程监测等级划分

3.3.1 工程监测等级宜根据基坑、隧道工程的自身风险等级、周边环境风险等级和地质条件复杂程度进行划分。

3.3.2 基坑、隧道工程的自身风险等级宜根据支护结构发生变形或破坏、岩土体失稳等的可能性和后果的严重程度，采用工程风险评估的方法确定，也可根据基坑设计深度、隧道埋深和断面尺寸等按表 3.3.2 的规定划分。

表 3.3.2 基坑、隧道工程的自身风险等级

工程自身风险等级		等级划分标准
基坑工程	一级	基坑开挖深度大于 15m，且符合下述条件之一： 1. 基坑开挖深度范围内软弱土层单层厚度大于 5.0mm 或总厚度大于基坑深度的 1/2； 2. 基坑边缘与邻近浅基础或桩端埋置深度小于 1.3h 的摩擦桩建筑物净距，或者与重要管线的净距小于 1.0h
	二级	除一级和三级以外的基坑工程
	三级	开挖深度小于 6m，且周围环境无特别要求
隧道工程	一级	超浅埋隧道；超大断面隧道
	二级	浅埋隧道；近距离并行或交叠的隧道；盾构始发与接收区段；大断面隧道；盾构区间联络通道
	三级	深埋隧道；一般断面隧道

注：1 超大断面隧道是指断面尺寸大于 100m<sup>2</sup> 的隧道，大断面隧道是指断面尺寸在 50m<sup>2</sup>~100m<sup>2</sup> 的隧道；一般断面隧道是指断面尺寸在 10m<sup>2</sup>~50m<sup>2</sup> 的隧道；

2 近距离隧道是指两隧道间距在一倍开挖宽度（或直径）范围以内；

3 隧道深埋、浅埋和超浅埋的划分根据施工工法、围岩等级、隧道覆土厚度与开挖宽度（或直径），结合当地工程经验综合确定。

3.3.3 周边环境风险等级宜根据周边环境发生变形或破坏的可能性和后果的严重程度，采用工程风险评估的方法确定，也可根据周边环境的类型、重要性、与工程的空间位置关系和对工程的危害性按表 3.3.3 的规定划分。

表 3.3.3 周边环境风险等级

周边环境风险等级	等级划分标准
一级	主要影响区内存在既有轨道交通设施、重要建（构）筑物、城市重要道路、重要桥梁与隧道、河流或湖泊
二级	主要影响区内存在一般建（构）筑物、一般桥梁与隧道、高速公路或重要地下管线；次要影响区内存在既有轨道交通设施、重要建（构）筑物、重要桥梁与隧道、河流或湖泊隧道工程下穿或上跨既有轨道交通设施
三级	主要影响区内存在一般地下管线或一般市政设施 次要影响区内存在一般建（构）筑物、一般桥梁与隧道、高速公路或重要地下管线

续表 3.3.3

周边环境风险等级	等级划分标准
四级	次要影响区内存在城市重要道路、一般地下管线或一般市政设施

3.3.4 地质条件复杂程度可根据场地地形地貌、工程地质条件和水文地质条件按表 3.3.4 的规定划分。

表 3.3.4 地质条件复杂程度

地质条件复杂程度	等级划分标准
复杂	地形地貌复杂；不良地质作用强烈发育；特殊性岩土需要专门处理；地基、围岩和边坡的岩土性质较差；地下水对工程的影响较大需要进行专门研究和治理
中等	地形地貌较复杂；不良地质作用一般发育；特殊性岩土不需要专门处理；地基、围岩和边坡的岩土性质一般；地下水对工程的影响较小

注：符合条件之一即为对应的地质条件复杂程度，从复杂开始，向中等推定，以最先满足的为准。

3.3.5 工程监测等级可按表 3.3.5 的规定划分，并应根据当地经验结合地质条件复杂程度进行调整。

表 3.3.5 工程监测等级

工程监测等级 周边环境风险等级		一级	二级	三级	四级
		一级	二级	三级	四级
工程自身风险等级	一级	一级	一级	一级	一级
	二级	一级	二级	二级	二级
	三级	一级	二级	三级	三级

## 4 监测项目及要求

### 4.1 一般规定

4.1.1 城市轨道交通工程监测对象的选择应在满足工程支护结构安全和周边环境保护要求的条件下，针对不同的施工方法，根据支护结构设计方案、周围岩土体及周边环境条件综合确定。监测对象宜包括下列内容：

1 基坑工程中的支护桩（墙）、立柱、支撑、锚杆、土钉、高支模等结构，矿山法隧道工程中的初期支护、临时支护、二次衬砌及盾构法隧道工程中的管片等支护结构；

2 工程周围岩体、土体、地下水及地表；

3 工程周边建（构）筑物、地下管线、高速公路、城市道路、桥梁、既有轨道交通及其他城市基础设施等环境。

4.1.2 工程监测项目应根据监测对象的特点、工程监测等级、工程影响分区、设计及施工的要求合理确定，并应反映监测对象的变化特征和安全状态。

4.1.3 各监测对象和项目应相互配套，满足设计、施工方案的要求，并应形成有效、完整的监测体系。

4.1.4 仪器监测项目的代号和图例应规范、统一，并宜按本标准附录 A 执行。

### 4.2 仪器监测

4.2.1 明挖法和盖挖法基坑支护结构和周围岩土体监测项目应根据表 4.2.1 选择。

表 4.2.1 明挖法和盖挖法基坑支护结构和周围岩土体监测项目

序号	监测项目	工程监测等级		
		一级	二级	三级
1	支护桩（墙）、边坡顶部水平位移	√	√	√
2	支护桩（墙）、边坡顶部竖向位移	√	√	√
3	支护桩（墙）体水平位移	√	√	○
4	支护桩（墙）结构应力	○	○	○
5	立柱结构竖向位移	√	√	○
6	立柱结构水平位移	√	○	○
7	立柱结构应力	○	○	○
8	支撑轴力	√	√	√
9	顶板应力	○	○	○
10	锚杆拉力	√	√	√
11	土钉拉力	○	○	○
12	地表竖向位移监测	√	√	√
13	竖井井壁支护结构净空收敛	√	√	√

续表 4.2.1

序号	监测项目	工程监测等级		
		一级	二级	三级
14	土体深层水平位移	○	○	○
15	土体分层竖向位移	○	○	○
16	坑底隆起（回弹）	○	○	○
17	支护桩（墙）侧向土压力	○	○	○
18	地下水位	√	√	○
19	孔隙水压力	○	○	○

注：√——应测项目，○——选测项目。

#### 4.2.2 盾构法隧道管片结构和周围岩土体监测项目应根据表 4.2.2 选择。

表 4.2.2 盾构法隧道管片结构和周围岩土体监测项目

序号	监测项目	工程监测等级		
		一级	二级	三级
1	管片结构竖向位移	√	√	√
2	管片结构水平位移	√	○	○
3	管片结构净空收敛	√	√	√
4	管片结构应力	○	○	○
5	管片连接螺栓应力	○	○	○
6	地表竖向位移	√	√	√
7	土体深层水平位移	○	○	○
8	土体分层竖向位移	○	○	○
9	管片围岩压力	○	○	○
10	孔隙水压力	○	○	○

注：√——应测项目，○——选测项目；联络通道监测项目参考表 4.2.3 选择。

#### 4.2.3 矿山法隧道支护结构和周围岩土体监测项目应根据表 4.2.3 选择。

表 4.2.3 矿山法隧道支护结构和周围岩土体监测项目

序号	监测项目	工程监测等级		
		一级	二级	三级
1	初期支护结构拱顶沉降	√	√	√
2	初期支护结构底板竖向位移	√	○	○
3	初期支护结构净空收敛	√	√	√
4	隧道拱脚竖向位移	○	○	○
5	中柱结构竖向位移	√	√	○
6	中柱结构倾斜	○	○	○
7	中柱结构应力	○	○	○
8	初期支护结构、二次衬砌应力	○	○	○
9	地表竖向位移	√	√	√
10	土体深层水平位移	○	○	○

续表 4.2.3

11	土体分层竖向位移	○	○	○
12	围岩压力	○	○	○
13	地下水位	√	√	√

注：√——应测项目，○——选测项目。

#### 4.2.4 当遇到下列情况时，应对工程周围岩土体进行监测：

- 1 基坑深度较大、基底土质软弱或基底下存在承压水且对工程影响较大时，宜进行坑底隆起（回弹）监测；
- 2 基坑侧壁、隧道围岩的地质条件复杂，岩土体易产生较大变形、空洞、坍塌的部位或区域，可进行土体分层竖向位移或深层水平位移监测；
- 3 在软土地区，基坑或隧道邻近有对沉降敏感的建（构）筑物等环境时，可进行孔隙水压力、土体分层竖向位移或深层水平位移监测；
- 4 工程施工邻近或穿越岩溶、断裂带等不良地质条件时，或因施工扰动引起周围岩土体物理力学性质发生较大变化时，可能对支护结构、周边环境造成危害时，应进行地下水位监测，再根据需要选择其它岩土体监测项目。

4.2.5 周边环境监测项目应根据表 4.2.5 选择。当主要影响区存在高层、高耸建（构）筑物时，应进行倾斜监测。既有城市轨道交通高架线和地面线的监测项目可按照桥梁和既有铁路的监测项目选择。

表 4.2.5 周边环境监测项目

监测对象	监测项目	工程影响分区	
		主要影响区	次要影响区
建（构）筑物	竖向位移	√	√
	水平位移	○	○
	倾斜	√	○
	裂缝	√	○
地下管线	竖向位移	√	○
	水平位移	○	○
	差异沉降	√	○
高速公路 与城市道路	路面路基竖向位移	√	○
	挡墙竖向位移	√	○
	水平位移	√	○
	路面桥梁竖向位移	√	○
桥 梁	墩台竖向位移	√	√
	墩台差异沉降	√	√
	墩柱倾斜	√	√
	梁板应力	○	○
	裂缝	√	○
既有城市轨道交通	隧道结构竖向位移	√	√
	隧道结构水平位移	√	○
	隧道结构净空收敛	○	○
	隧道结构变形缝差异沉降	√	√

续表 4.2.5

既有城市轨道交通	轨道结构（道床）竖向位移	√	√
	轨道静态几何形位（轨距、轨向、高低、水平）	√	√
	隧道、轨道结构裂缝	√	○
既有铁路（包括城市轨道交通地面线）	路基水平位移	√	√
	路基竖向位移	√	√
	轨道结构竖向位移监测	√	√
	轨道结构水平位移监测	√	√
	接触网支柱竖向位移	√	√
	接触网立柱倾斜监测	√	√
	挡墙墙顶水平位移	○	○
	挡墙墙顶竖向位移	○	○
	结构裂缝	○	○
	轨道静态几何形位（轨距、轨向、高低、水平）	○	○

注：√——应测项目，○——选测项目；

**4.2.6** 采用钻爆法施工时，应对爆破振动影响范围内的建（构）筑物、桥梁等高风险环境进行振动速度或加速度监测。爆破振动监测传感器的安装应与被测对象之间刚性粘结，并使传感器的定位方向与所测量的振动方向一致。

### 4.3 现场巡查

**4.3.1** 明挖法和盖挖法基坑施工现场巡查宜包括下列内容：

1 施工工况宜包括下列内容：

- 1) 开挖长度、分层高度及坡度，开挖面暴露时间；
- 2) 开挖面岩土体的类型、特征、自稳性，渗漏水量大小及发展情况；
- 3) 降水或回灌等地下水控制效果及设施运转情况；
- 4) 基坑侧壁及周边地表截、排水措施及效果，坑边或基底积水情况；
- 5) 支护桩（墙）后土体裂缝、沉陷，基坑侧壁或基底的流土、管涌情况；
- 6) 基坑周边的超载情况；
- 7) 放坡开挖的基坑边坡位移、坡面开裂情况。

2 支护结构宜包括下列内容：

- 1) 支护桩（墙）的裂缝、侵限情况；
- 2) 冠梁、围檩的连续性，围檩与桩（墙）之间的密贴性，围檩与支撑的防坠落措施；
- 3) 冠梁、围檩、支撑的变形或裂缝情况；
- 4) 支撑架设情况；
- 5) 盖挖法顶板的变形和开裂，顶板与立柱、墙体的连接情况；
- 6) 锚杆、土钉垫板的变形、松动情况；
- 7) 止水帷幕的开裂、渗漏水情况。

**4.3.2** 盾构法隧道施工现场巡查宜包括下列内容：

1 盾构始发端、接收端土体加固情况；

- 2 盾构掘进位置（环号）；
  - 3 盾构停机、开仓等的时间和位置；
  - 4 管片破损、开裂、错台、渗漏水情况；
  - 5 联络通道开洞口情况。
- 4.3.3 矿山法隧道施工现场巡查宜包括下列内容：**
- 1 施工工况宜包括下列内容：
    - 1) 开挖步序、步长、核心土尺寸等情况；
    - 2) 开挖面岩土体的类型、特征、自稳性，地下水渗漏及发展情况；
    - 3) 开挖面岩土体有无坍塌及坍塌的位置、规模；
    - 4) 降水或止水等地下水控制效果及降水设施运转情况。
  - 2 支护结构宜包括下列内容：
    - 1) 超前支护施作情况及效果、钢拱架架设、挂网及喷射混凝土的及时性、连接板的连接及锁脚锚杆的打设情况；
    - 2) 初期支护结构渗漏水情况；
    - 3) 初期支护结构开裂、剥离、掉块情况；
    - 4) 临时支撑结构有无明显变位；
    - 5) 二衬结构施作时临时支撑结构分段拆除情况；
    - 6) 初期支护结构背后回填注浆的及时性。
- 4.3.4 周边环境现场巡查宜包括下列内容：**
- 1 建（构）筑物、桥梁墩台或梁体、既有轨道交通结构等的裂缝位置、数量和宽度，混凝土剥落位置、大小和数量，设施的使用状况；
  - 2 地下构筑物积水及渗水情况，地下管线的漏水、漏气情况；
  - 3 周边路面或地表的裂缝、沉陷、隆起、冒浆的位置、范围等情况；
  - 4 河流湖泊的水位变化情况，水面出现漩涡、气泡及其位置、范围，堤坡裂缝宽度、深度、数量及发展趋势等；
  - 5 工程周边开挖、堆载、打桩等可能影响工程安全的生产活动。
- 4.3.5 基准点、监测点、监测元器件的完好状况、保护情况应定期巡视检查。**

## 4.4 视频监控

- 4.4.1 对工程施工中风险较大的部位宜进行远程视频监控，当无照明条件时可采用红外设备进行监控。**
- 4.4.2 下列部位宜进行视频监控：**
- 1 明挖法和盖挖法基坑工程的岩土体开挖面、支护结构、周边环境等；
  - 2 盾构法工程的始发、接收井与联络通道；
  - 3 矿山法隧道工程的岩土体开挖面；
  - 4 施工竖井、洞口、通道、提升设备等重点部位；
  - 5 桥梁的搭界面、支护结构等；
  - 6 桥梁防护栏防护网安全缺失等；
  - 7 边坡的滑移面、边坡支护结构等；
  - 8 边坡排水设施、边坡防护设施等重点部位。

## 5 支护结构和周围岩土体监测点布设

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 支护结构和周围岩土体监测点的布设位置和数量应根据施工工法、工程监测等级、地质条件及监测方法的要求综合确定，并应满足反映监测对象实际状态、位移和内力变化规律及分析监测对象安全状态的要求。

**5.1.2** 支护结构监测应在支护结构设计计算的位移与内力最大部位、位移与内力变化最大部位及反映工程安全状态的关键部位等布设监测点。

**5.1.3** 监测点布设时应设置监测断面，监测断面的布设应反映监测对象的变化规律，以及不同监测对象之间的变化规律。监测断面的位置和数量宜根据工程条件及规模合理确定。

### 5.2 明挖法和盖挖法

**5.2.1** 支护桩（墙）、边坡顶部水平位移和竖向位移监测点布设应符合下列规定：

1 监测点应沿基坑周边布设，监测等级为一级、二级时，布设间距宜为 10m~20m；监测等级为三级时，布设间距宜为 20m~30m；

2 基坑各边中间部位、阳角部位、深度变化部位、邻近建（构）筑物及地下管线等重要环境部位、地质条件复杂部位等应布设监测点；

3 对于出入口、风井等附属工程的基坑，每侧监测点不应少于 1 个；

4 水平和竖向位移监测点宜为共用点，监测点应布设在支护桩（墙）顶或基坑坡顶上。

**5.2.2** 支护桩（墙）体水平位移监测点布设应符合下列规定：

1 监测点应沿基坑周边的桩（墙）体布设，且监测等级为一级、二级时，布设间距宜为 20m~40m，监测等级为三级时，布设间距宜为 40m~50m；

2 基坑各边中间部位、阳角部位及其他代表性部位的桩（墙）体应布设监测点；

3 监测点的布设位置宜与支护桩（墙）顶部水平位移和竖向位移监测点处于同一监测断面。

**5.2.3** 支护桩（墙）结构应力监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 基坑各边中间部位、深度变化部位、桩（墙）体背后水土压力较大部位、地面荷载较大或其他变形较大部位、受力条件复杂部位等应布设竖向监测断面；

2 监测断面的布设位置与支护桩（墙）体水平位移监测点宜共同组成监测断面；

3 监测点的竖向间距应根据桩（墙）体的弯矩大小及土层分布情况确定，且监测点竖向间距不宜大于 5m，在计算弯矩最大处应布设监测点。

**5.2.4** 立柱结构竖向位移、水平位移和结构应力监测点布设应符合下列规定：

1 竖向位移和水平位移监测数量不应少于立柱总数的 5%，且不应少于 3 根；当基底受承压水影响较大或采用逆作法施工时，应适当增加监测数量；

2 竖向位移和水平位移监测宜选择基坑中部、多根支撑交汇处、地质条件复杂处的立柱；

3 竖向位移和水平位移监测点宜布设在便于观测和保护的立柱侧面上；

4 水平位移监测点应在立柱结构顶部、底部上下对应布设，可在中部增加监测点；

5 结构应力监测应选择受力较大的立柱，监测点宜布设在各层支撑立柱的中间部位或立柱下部的 1/3 部位，并宜沿立柱周边均匀布设 4 个监测点。

**5.2.5** 支撑轴力监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 支撑轴力监测宜选择基坑中部、阳角部位、深度变化部位、支护结构受力条件复杂部位及在支撑系统中起控制作用的支撑；

- 2 支撑轴力监测应沿竖向布置监测断面，每层支撑均应布置监测点；
- 3 每层支撑的监测数量不宜少于每层支撑数量的 10%，且不应少于 3 根；
- 4 监测断面的布置位置与相近的支护桩（墙）体水平位移监测点宜共同组成监测断面；
- 5 采用轴力计监测时，监测点应布置在支撑的端部；采用钢筋计或应变计监测时，可布置在支撑中部或两支点间 1/3 部位，当支撑长度较大时也可布置在 1/4 点处，并应避免节点位置。

**5.2.6 盖挖法顶板应力监测点布置应符合下列规定：**

- 1 应选择具有代表性的断面进行顶板应力监测；
- 2 监测点宜布置在立柱或边桩与顶板的刚性连接部位和两根立柱或边桩与立柱的跨中部位，每个监测点纵横两个方向均应进行监测。

**5.2.7 锚杆拉力监测断面及监测点布置应符合下列规定：**

- 1 锚杆拉力监测宜选择基坑各边中间部位、阳角部位、深度变化部位、地质条件复杂部位及周边存在高大建（构）筑物部位的锚杆；
- 2 锚杆拉力监测应沿竖向布置监测断面，每层锚杆均应布置监测点；
- 3 每层锚杆的监测数量不应少于 3 根；
- 4 每根锚杆上的监测点宜设置在锚头附近或有代表性受力的位置；
- 5 监测点的布置位置与支护桩（墙）体水平位移监测点宜共同组成监测断面。

**5.2.8 土钉拉力监测点布置应符合下列规定：**

- 1 土钉拉力监测宜选择基坑各边中间部位、阳角部位、深度变化部位、地质条件复杂部位及周边存在高大建（构）筑物部位的土钉；
- 2 土钉拉力监测应沿竖向布置监测断面，每层土钉均应布置监测点；
- 3 每根杆体上的监测点应设置在有代表性受力的位置；
- 4 监测点的布置位置与土钉墙顶水平位移监测点宜共同组成监测断面。

**5.2.9 周边地表沉降监测断面及监测点布置应符合下列规定：**

- 1 沿平行基坑周边边线布置地表沉降监测点不应少于 2 排，排距宜为 3m~8m，第一排监测点距基坑边缘不宜大于 2m，每排监测点间距宜为 10m~20m；
- 2 应根据基坑规模和周边环境条件，选择有代表性的部位布置垂直于基坑边线的横向监测断面，每个横向监测断面监测点的数量和布置位置应满足对基坑工程主要影响区和次要影响区的控制，每侧监测点数量不宜少于 5 个；
- 3 监测点及监测断面的布置位置应与周边环境监测点布置相结合。

**5.2.10 竖井井壁支护结构净空收敛监测断面及监测点布置应符合下列规定：**

- 1 沿竖向每 3m~5m 应布置一个监测断面；
- 2 每个监测断面在竖井结构的长、短边中部应布置监测点，每个监测断面不应少于 2 条测线。

**5.2.11 坑底隆起（回弹）监测点布置应符合下列规定：**

- 1 坑底隆起（回弹）监测应根据基坑的平面形状和尺寸布置纵向、横向监测断面；
- 2 监测点宜布置在基坑的中央、距坑底边缘的 1/4 坑底宽度处以及其他能反映变形特征的位置，当基底土质软弱、基底以下存在承压水时，宜适当增加监测点；

**5.2.12 地下水位观测孔布置应符合下列规定：**

- 1 地下水位观测孔应根据水文地质条件的复杂程度、降水深度、降水的影响范围和周边环境保护要求，在降水区域及影响范围内分别布置地下水位观测孔，观测孔数量应满足掌握降水区域和影响范围内的地下水位动态变化的要求；
- 2 当降水深度内存在 2 个以上含水层时，应分层布置地下水位观测孔；

3 降水区靠近地表水体时，应在其附近增设地下水位观测孔。

**5.2.13** 支护桩（墙）侧向土压力、土体深层水平位移、土体分层竖向位移、孔隙水压力等的监测点布设应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 的有关规定。

### 5.3 盾构法

**5.3.1** 盾构管片结构竖向、水平位移和净空收敛监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 在盾构始发与接收段、联络通道附近、左右线交叠或邻近段、小半径曲线段等区段应布设监测断面；

2 存在地层偏压、围岩软硬不均、地下水位较高等地质条件复杂区段应布设监测断面；

3 下穿或邻近重要建（构）筑物、地下管线、河流湖泊等周边环境条件复杂区段应布设监测断面；

4 每个监测断面宜在拱顶、拱底、两侧拱腰处布设管片结构净空收敛监测点，拱顶、拱底的净空收敛监测点可兼做竖向位移监测点，两侧拱腰处的净空收敛监测点可兼做水平位移监测点。

**5.3.2** 盾构管片结构应力、管片围岩压力、管片连接螺栓应力监测点布设应符合下列规定：

1 盾构管片结构应力、管片围岩压力、管片连接螺栓应力监测应布设垂直于隧道轴线的监测断面，监测断面宜布设在存在地层偏压、围岩软硬不均、地下水位较高等地质或环境条件复杂地段，并与管片结构竖向位移和净空收敛监测断面处于同一位置；

2 每个监测项目在每个监测断面的监测点数量不宜少于 5 个或每环管片数量。

**5.3.3** 盾构法隧道的周边地表沉降监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 监测点应沿盾构隧道轴线上方地表布设，且监测等级为一级时，监测点间距宜为 5m~10m；监测等级为二级、三级时，监测点间距宜为 10m~30m，始发和接收段应适当增加监测点；

2 应根据周边环境和地质条件布设垂直于隧道轴线的横向监测断面，监测等级为一级时，监测断面间距宜为 50m~100m；监测等级为二级、三级时，间距宜为 100m~150m；

3 在始发和接收段、联络通道等部位及地质条件不良易产生开挖面坍塌和地表过大变形的部位，应布设横向监测断面；

4 横向监测断面的监测点数量宜为 7 个~11 个，在主要影响区监测点间距宜为 3m~5m，次要影响区间距宜为 5m~10m。

### 5.4 矿山法

**5.4.1** 矿山法的初期支护结构拱顶沉降、净空收敛监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 初期支护结构拱顶沉降、净空收敛监测应布设垂直于隧道轴线的横向监测断面，车站监测断面间距宜为 5m~10m，区间监测断面间距宜为 10m~15m；

2 监测点宜在隧道拱顶、两侧拱脚处（全断面开挖时）或拱腰处（半断面开挖时）布设，拱顶的沉降监测点可兼做净空收敛监测点，净空收敛测线宜为 1 条~3 条；

3 分部开挖施工的每个导洞均应布设横向监测断面；

4 监测点应在初期支护结构完成后及时布设。

**5.4.2** 矿山法的初期支护结构底板竖向位移监测点布设应符合下列规定：

1 监测点宜布设在初期支护结构底板的中部或两侧；

2 监测点的布设位置与拱顶沉降监测点宜对应布设。

**5.4.3** 矿山法的隧道拱脚竖向位移监测点布设应符合下列规定：

1 在隧道周围岩土体存在软弱土层时应布设隧道拱脚竖向位移监测点；

2 隧道拱脚竖向位移监测点与初期支护结构拱顶沉降监测宜共同组成监测断面。

**5.4.4** 矿山法的车站中柱沉降、倾斜及结构应力监测点布设应符合下列规定：

1 应选择有代表性的中柱进行沉降、倾斜监测；

2 当需进行中柱结构应力监测时，监测数量不应少于中柱总数的 10%，且不应少于 3 根，每柱宜布设 4 个监测点，并在同一水平面内均匀布设。

**5.4.5** 矿山法的围岩压力、初期支护结构应力、二次衬砌应力监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 在地质条件复杂或应力变化较大的部位布设监测断面时，应力监测断面与净空收敛监测断面宜处于同一位置；

2 监测点宜布设在拱顶、拱脚、墙中、墙脚、仰拱中部等部位，监测断面上每个监测项目不宜少于 5 个监测点；

3 需拆除竖向初期支护结构的部位应根据需要布设监测点。

**5.4.6** 矿山法的周边地表沉降监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 监测点应沿每个隧道或分部开挖导洞的轴线上方地表布设，监测等级为一、二级时，监测点间距宜为 5m~10m；监测等级为三级时，监测点间距宜为 10m~15m；

2 应根据周边环境和地质条件沿地表布设垂直于隧道轴线的横向监测断面，监测等级为一级时，监测断面间距宜为 10m~50m；监测等级为二级、三级时，间距宜为 50m~100m；

3 在车站与区间、车站与附属结构、明暗挖等的分界部位，洞口、隧道断面变化、联络通道、施工通道等部位及地质条件不良易产生开挖面坍塌和地表过大变形的部位，应有横向监测断面控制；

4 横向监测断面的监测点数量宜为 7 个~11 个，且主要影响区监测点间距宜为 3m~5m，次要影响区间距宜为 5m~10m。

**5.4.7** 矿山法的地下水位观测孔的位置选择、孔深等应符合本标准第 5.2.12 条第 1 款、第 2 款的规定，观测孔数量应根据工程需要确定。

## 6 工程周边环境监测点布设

### 6.1 一般规定

- 6.1.1** 周边环境监测点的布设位置和数量应根据环境对象的类型和特征、环境风险等级、所处工程影响分区、监测项目及监测方法的要求等综合确定，并应满足反映环境对象变化规律和分析环境对象安全状态的要求。
- 6.1.2** 周边环境监测点应布设在反映环境对象变形特征的关键部位和受施工影响敏感的部位。
- 6.1.3** 周边环境监测点的布设应便于观测，且不应影响或妨碍环境监测对象的结构受力、正常使用和美观。
- 6.1.4** 爆破振动监测点的布设及要求应符合国家现行标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定。监测建（构）筑物不同高度的振动时，应从基础到顶部在不同高度上布设监测点。

### 6.2 建（构）筑物

- 6.2.1** 建（构）筑物竖向位移监测点布设应反映建（构）筑物的不均匀沉降，并应符合下列规定：
- 1** 建（构）筑物竖向位移监测点应布设在外墙或承重柱上，且位于主要影响区时，监测点沿外墙间距宜为 10m~15m，或每隔 2 根承重柱布设 1 个监测点；位于次要影响区时，监测点沿外墙间距宜为 15m~30m，或每隔 2 根~3 根承重柱布设 1 个监测点；在外墙转角处应有监测点控制；
  - 2** 在高低悬殊或新旧建（构）筑物连接、建（构）筑物变形缝、不同结构分界、不同基础形式和不同基础埋深等部位的两侧应布设监测点；
  - 3** 对烟囱、水塔、高压电塔等高耸构筑物，应在其基础轴线上对称布设监测点，每栋构筑物监测点布设数量不应少于 3 个；
  - 4** 风险等级较高的建（构）筑物应适当增加监测点数量。
- 6.2.2** 建（构）筑物水平位移监测点应布设在邻近基坑或隧道一侧的建（构）筑物外墙、承重柱、变形缝两侧及其他有代表性的部位，并可与建（构）筑物竖向位移监测点布设在同一位置。
- 6.2.3** 建（构）筑物倾斜监测点布设应符合下列规定：
- 1** 倾斜监测点应沿主体结构顶部、底部上下对应按组布设，且中部增加监测点；
  - 2** 每栋建（构）筑物倾斜监测数量不宜少于 2 组，每组的监测点不应少于 2 个；
  - 3** 采用基础的差异沉降推算建（构）筑物倾斜时，监测点的布设应符合本标准第 6.2.1 条的规定。
- 6.2.4** 建（构）筑物裂缝宽度监测点布设应符合下列规定：
- 1** 裂缝宽度监测应根据裂缝的分布位置、走向、长度、宽度、错台等参数，分析裂缝的性质、产生的原因及发展趋势，选取应力或应力变化较大部位的裂缝或宽度较大的裂缝进行监测；
  - 2** 裂缝宽度监测宜在裂缝的最宽处及裂缝首、末端按组布设，每组应布设 2 个监测点，并应分别布设在裂缝两侧，且其连线应垂直于裂缝。

### 6.3 桥梁

- 6.3.1** 桥梁墩台竖向位移监测点布设应符合下列规定：
- 1** 竖向位移监测点应布设在墩柱或承台上；

2 每个墩柱和承台监测点的布设数量不应少于 1 个，群桩承台宜适当增加监测点。

**6.3.2** 采用全站仪监测桥梁墩柱倾斜时，监测点应沿墩柱顶、底部上下对应按组布设，且每个墩柱的监测点不应少于 1 组，每组的监测点不宜少于 2 个；采用倾斜仪监测时，监测点不应少于 1 个。

**6.3.3** 桥梁结构应力监测点宜布设在桥梁梁板结构中部或应力变化较大部位。

**6.3.4** 桥梁裂缝宽度监测点的布设应符合本标准第 6.2.4 条的规定。

## 6.4 地下管线

**6.4.1** 地下管线监测点埋设形式和布设位置应根据地下管线的重要性、修建年代、类型、材质、管径、接口形式、埋设方式、使用状况，以及与工程的空间位置关系等综合确定，应对重要的、距离基坑近的、抗变形能力差的管线进行重点监测。

**6.4.2** 地下管线位于主要影响区时，竖向位移监测点的间距宜为 5m~15m；位于次要影响区时，竖向位移监测点的间距宜为 15m~30m。竖向位移监测点宜布设在地下管线的节点、转角点、位移变化敏感或预测变形较大的部位。

**6.4.3** 隧道下穿污水、供水、燃气、热力等地下管线且风险很高时，应布设管线结构直接竖向位移监测点及管侧土体监测点。

## 6.5 高速公路与城市道路

**6.5.1** 高速公路与城市道路的路面和路基竖向位移监测点的布设应与路面下方的地下构筑物和地下管线的监测工作相结合，并应做到监测点布设合理、相互协调。对高速公路和城市重要道路应适当增加监测断面数量。

**6.5.2** 隧道下穿高速公路、城市重要道路时，应布设路基竖向位移监测点，路肩或绿化带上应有地表监测点控制。

**6.5.3** 道路挡墙竖向位移监测点宜沿挡墙走向布设，挡墙位于主要影响区时，监测点间距宜为 5m~10m；位于次要影响区时，监测点间距宜为 10m~15m。

**6.5.4** 道路挡墙倾斜监测点应根据挡墙的结构形式选择监测断面布设，每段挡墙监测断面的布设数量不应少于 1 个，每个监测断面上、下监测点应布设在同一竖直面上。

## 6.6 既有轨道交通

**6.6.1** 监测项目应根据既有轨道交通运营设备设施类型、临近施工对其影响程度分析确定。

**6.6.2** 既有轨道交通监测点断面布置应能反映轨道交通运营设备设施的状态变化趋势，并宜与临近施工的监测点断面布置一致。

**6.6.3** 监测点应标识清晰、编号统一。监测点布置后应与相关运营方进行交底，防止线上作业造成损坏。

## 7 特殊地质风险监测

### 7.1 一般规定

- 7.1.1 特殊地质风险监测的岩土条件复杂程度应为复杂，监测等级应为一级。
- 7.1.2 特殊地质风险监测应收集岩土工程勘察成果资料和设计图纸，并应根据岩土工程地质条件、工程类型、工程规模、基准埋深、建筑结构和施工方法等因素，编制专项监测方案。
- 7.1.3 专项监测方案应包括监测目的、精度等级、监测方法、监测基准网的精度估算和布设、观测周期、项目监测频率、项目预警值、使用的仪器设备等内容。专项监测方案应经专家评审后方可实施。
- 7.1.4 当周围岩土体、地下水、建（构）筑物、地表等为监测对象时，宜开展自动化监测。
- 7.1.5 监测前应对周边环境进行详细调查，并应对重要的、易发生沉降、易破坏的建（构）筑物、地下管线进行重点监测。
- 7.1.6 特殊地质专项巡查应包括下列内容：
- 1 建（构）筑物、桥梁墩台或梁体、既有轨道交通结构等的裂缝位置、数量和宽度，混凝土剥落位置、大小和数量，设施的使用状况；
  - 2 地下构筑物积水及渗水情况，地下管线的漏水、漏气情况；
  - 3 周边路面或地表裂缝、沉陷、隆起、冒浆的位置、范围等情况；
  - 4 河流湖泊的水位变化情况，水面出现漩涡、气泡及其位置、范围，堤坡裂缝宽度、深度、数量及发展趋势等；
  - 5 工程周边开挖、堆载、打桩等可能影响工程安全的生产活动。

### 7.2 岩溶区地质风险监测

- 7.2.1 岩溶区监测应根据场地岩溶水文工程地质条件、周边环境和施工方案等因素，编制专项监测方案。
- 7.2.2 岩溶地质发育强烈程度应根据工程与岩溶的位置关系，车站结构、区间隧道结构、周围岩溶地质受工程扰动的程度进行划分，应分为下列影响区域：
- 1 主要影响区应为地铁结构水平轮廓线外 3m 范围内，且车站结构底板、隧道仰拱以下完整基岩厚度不大于 5m（半土半岩不大于 10m）；
  - 2 一般影响区应为地铁结构水平轮廓线外 3m 范围外，或车站结构底板、隧道仰拱以下完整基岩厚度大于 5m（半土半岩大于 10m）外范围。
- 7.2.3 岩溶区地质风险监测划分应根据与基坑或隧道距离，并结合工程与岩溶位置关系、岩溶发育等级，按照下列三级区域进行监测（H 为基坑深度或隧道覆土深度）：
- 1 主要影响区域应为 3H 深度范围内；此区域应作为监测重点，监测布点及监测频率宜进行加密；
  - 2 次要影响区域应为 3H~150m 深度范围内，此区域根据施工影响情况，应定期进行监测。对次要监测区域内存在岩溶发育强烈的，应按照主要监测区域标准进行监测；
  - 3 可能影响区域应为距离基坑或隧道 150m~300m 深度范围的区域，此区域可以巡查为主，并可根据前两级监测情况及巡查情况，开展进一步监测工作。对可能影响区域内存在岩溶发育强烈的，应按照次要监测区域标准进行监测。
- 7.2.4 岩溶区地质风险监测内容应包括地下水、岩土体、建（构）筑物、管线等。监测项目应按表 7.2.4 的规定执行。

表 7.2.4 岩溶区监测项目

监测对象	监测项目	工程影响分区	
		主要影响区域	次要影响区域
地下水	水位	√	√
	孔隙水压力	○	○
	地下水流向、流速	○	○
	水质	○	○
岩土体	地表沉降	√	√
	地质雷达监测	○	○
建（构）筑物	竖向位移	√	√
	水平位移	○	○
	倾斜	√	○
	裂缝	√	○
地下管线	竖向位移	√	√
	水平位移	○	○
	差异沉降	√	○
专项巡查	专项巡查	√	√

注：√——应测项目，○——选测项目。

### 7.3 软土地质风险监测

7.3.1 软土地质风险监测应考虑场地水文工程地质条件、周边环境和施工方案等因素，编制专项监测方案。

7.3.2 软土地质风险监测应根据与基坑或隧道距离，按照下列三级区域进行监测：

- 1 主要影响区域应为 3H（H 为基坑深度或隧道覆土深度）深度范围内，此区域应作为监测重点；
- 2 次要影响区域应为 3H~150m 内，此区域内应根据施工影响情况，定期进行监测；
- 3 可能影响区域应为基坑或隧道 150m~300m 的区域，此区域宜以巡查为主。

7.3.3 软土地质风险监测的主要内容应包括地下水、土体、建（构）筑物、管线等，监测项目应按表 7.3.3 的规定执行。

表 7.3.3 软土监测项目

监测对象	监测项目	工程影响分区	
		主要影响区域	次要监测区域
地下水	水位	√	○
	孔隙水压力	○	○
土体	地表沉降	√	√
	分层沉降	○	○
	土体测斜	○	○
建（构）筑物	竖向位移	√	√
	水平位移	○	○
	倾斜	√	○
	裂缝	√	○

续表 7.3.3

监测对象	监测项目	工程影响分区	
		主要影响区域	次要监测区域
地下管线	竖向位移	√	√
	水平位移	○	○
	差异沉降	√	○
专项巡查	专项巡查	√	√

注：√——应测项目，○——选测项目。

## 8 监测方法及技术要求

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 监测方法应合理易行，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。

**8.1.2** 变形监测基准点、工作基点的布设应符合下列规定：

1 基准点应布设在施工影响范围以外的稳定区域，且每个监测工程的竖向位移观测的基准点不应少于 3 个，水平位移观测的基准点不应少于 4 个；

2 当基准点距离所监测工程较远致使监测作业不方便时，宜设置工作基点；

3 基准点和工作基点应在工程施工前埋设，并应埋设在相对稳定土层内，经观测确定其稳定后方可使用；

4 监测期间，基准点应定期复测，当使用工作基点时应与基准点进行联测；

5 基准点的埋设宜符合本标准附录 B 第 B.0.1 条、第 B.0.2 条的规定。

**8.1.3** 监测仪器、设备和元器件应符合下列规定：

1 监测仪器、设备和元器件应满足监测精度和量程的要求，并应稳定、可靠；

2 监测仪器和设备应定期进行核查、比对，维护、保养，并保持在检定有效期内使用；

3 元器件应在使用前进行标定，标定记录应齐全。

**8.1.4** 监测传感器应具备下列性能：

1 与量测的介质特性相匹配；

2 灵敏度高、线性好、重复性好；

3 性能稳定可靠，漂移、滞后误差小；

4 防水性好，抗干扰能力强。

**8.1.5** 对同一监测项目，现场监测作业宜符合下列要求：

1 宜采用相同的监测方法和监测路线；

2 宜使用同一监测仪器和设备；

3 宜固定监测人员；

4 宜在基本相同的时段和环境条件下工作。

**8.1.6** 工程周边环境与周围岩土体监测点应在施工之前埋设，工程支护结构监测点应在支护结构施工过程中及时埋设。监测点埋设并稳定后，应至少连续独立进行 3 次观测，并取其稳定值的平均值作为初始值。

**8.1.7** 监测精度应根据监测项目、控制值大小、工程要求、国家现行有关标准等综合确定，并应满足对监测对象的受力或变形特征分析的要求。

**8.1.8** 监测过程中，应做好监测点和传感器的保护工作。

**8.1.9** 工程监测新技术、新方法的应用应与传统方法进行验证，其监测精度应满足本标准规定的精度要求。

### 8.2 水平位移监测

**8.2.1** 测定特定方向的水平位移宜采用小角法、方向线偏移法、视准线法、投点法、激光准直法等大地测量法，并应符合下列规定：

1 采用投点法和小角法时，应对全站仪的垂直轴倾斜误差进行检验，当垂直角超出 $\pm 3^\circ$ 范围时，应进行垂直轴倾斜改正；

2 采用激光准直法时，应在使用前对激光仪器进行检校；

3 采用方向线偏移法时，对主要监测点，可以该点为测站测出对应基准线端点的边长与角度，求得偏差值；对其它监测点，可选适宜的主要监测点为测站，测出对应其它监测点的距离与方向值，按方向值的变化求得偏差值。

8.2.2 测定任意方向的水平位移可根据监测点的分布情况，采用交会、导线测量、极坐标等方法。

8.2.3 当监测点与基准点无法通视或距离较远时，可采用卫星定位测量法或三角、三边、边角测量与基准线法相结合的综合测量方法。

8.2.4 水平位移监测基准点的埋设应符合现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的有关规定，并宜设置有强制对中的观测墩，或采用精密的光学对中装置，对中误差不宜大于 0.5mm。

8.2.5 水平位移监测点的埋设宜符合本标准附录 B 第 B.0.3 条的规定。

8.2.6 每次监测前，应对水平位移基准点进行稳定性复测，并以稳定点作为起算点。

8.2.7 测角、测边水平位移监测网宜布设为近似等边三角形网，其三角形内角不应小于 30°，当受场地或其它条件限制时，个别角度要求可适当放宽。

8.2.8 水平位移监测控制网的技术要求应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

8.2.9 监测仪器和监测方法的选择应满足水平位移监测点坐标中误差和水平位移控制值的要求，且水平位移监测精度应符合国家现行有关标准的规定。

### 8.3 竖向位移监测

8.3.1 竖向位移监测可采用几何水准测量、电子测距三角高程测量、静力水准测量等方法。

8.3.2 竖向位移监测应符合下列规定：

1 监测精度应与相应等级的竖向位移监测网观测相一致；

2 主要监测点应与水准基准点或工作基点组成闭合线路，或附合水准线路；

3 对于采用的水准仪视准轴与水准管轴的夹角（ $i$  角），监测等级一级时，不应大于 10"，监测等级二级时，不应大于 15"，监测等级三级时，不应大于 20"， $i$  角检校应符合现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 的有关规定；

4 采用液体静力水准进行竖向位移自动监测时，设备的性能应满足监测精度的要求，并应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定；

5 采用电子测距三角高程进行竖向位移监测时，应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定，如不能满足监测精度要求时，应进行专门的方案设计。

8.3.3 竖向位移监测网的布设应符合下列规定：

1 竖向位移监测网宜采用与城市轨道交通工程一致的高程系统，也可采用假定高程系统；

2 采用几何水准测量、三角高程测量时，监测网应布设成闭合、附合线路或结点网，采用闭合线路时，每次应联测 2 个以上的基准点。

8.3.4 竖向位移监测网的技术要求应符合国家现行标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308 的有关规定。

8.3.5 竖向位移监测点的埋设宜符合本标准附录 B 第 B.0.4 条～第 B.0.6 条的规定。

8.3.6 监测仪器和监测方法的选择应满足竖向位移监测点测站高差中误差和竖向位移控制值的要求，且竖向位移监测精度应符合国家现行有关标准的规定。

## 8.4 深层水平位移监测

**8.4.1** 支护桩（墙）体和土体深层水平位移监测，宜在桩（墙）体或土体中预埋测斜管，采用测斜仪观测各深度处的水平位移。

**8.4.2** 测斜仪系统精度不宜低于 0.25mm/m，分辨率不宜低于 0.02mm/500mm，电缆长度应大于测斜孔深度。

**8.4.3** 测斜管宜采用聚氯乙烯（PVC）工程塑料或铝合金管制成，直径宜为 45mm~90mm，管内应有两组相互垂直的纵向导槽。

**8.4.4** 支护桩（墙）体水平位移测斜管长度不宜小于桩（墙）体的深度，土体深层水平位移监测的测斜管长度不宜小于基坑设计深度的 1.5 倍。

**8.4.5** 测斜管埋设应符合下列规定：

1 支护桩（墙）体测斜管埋设宜采用与钢筋笼绑扎一同下放的方法，采用钻孔法埋设时，测斜管与钻孔孔壁之间应回填密实；

2 土体水平位移测斜管应在基坑或隧道支护结构施工 7d 前埋设，应保证与土体固结稳定；

3 埋设前应检查测斜管质量，测斜管连接时应保证上、下管段的导槽相互对准、顺畅，各段接头应紧密对接，管底应保证密封；

4 测斜管埋设时应保持固定、竖直，防止发生上浮、破裂、断裂、扭转；测斜管一对导槽的方向应与所需测量的位移方向保持一致。

**8.4.6** 深层水平位移监测前，宜用清水将测斜管内冲刷干净，并采用模拟探头进行试孔检查后再使用。监测时，应将测斜仪探头放入测斜管底，恒温一段时间后自下而上以 0.5m 或 1.0m 间隔逐段量测。每监测点均应进行正、反两次量测，取其平均值为最终值。

**8.4.7** 深层水平位移计算时，应确定固定起算点，固定起算点可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，应以管顶为起算点，并应测量管顶的平面坐标进行水平位移修正。

**8.4.8** 支护桩（墙）体水平位移监测点的埋设宜符合本标准附录 B 第 B.0.7 条的规定。

## 8.5 土体分层竖向位移监测

**8.5.1** 土体分层竖向位移监测可埋设磁环分层沉降标，可采用分层沉降仪进行监测；或埋设深层沉降标，宜采用水准测量方法进行监测。

**8.5.2** 分层沉降管宜采用聚氯乙烯（PVC）工程塑料管，直径宜为 45mm~90mm。

**8.5.3** 磁环分层沉降标可通过钻孔在预定位置埋设。安装磁环时，应先在沉降管上分层沉降标的设计位置套上磁环与定位环，再沿钻孔逐节放入分层沉降管。分层沉降管安置到位后，应使磁环与土层粘结固定。

**8.5.4** 磁环分层沉降标埋设后应连续观测 1 周，至磁环位置稳定后，测定孔口高程并计算各磁环的高程。采用分层沉降仪量测时，应以 3 次测量平均值作为初始值，读数较差应不大于 1.5mm；采用深层沉降标结合水准测量时，水准测量精度应符合国家现行有关标准的规定。

**8.5.5** 采用磁环分层沉降标监测时，应对磁环距管口深度采用进程和回程两次观测，并取进、回程读数的平均数；每次监测时均应测定分层沉降管管口高程的变化，然后换算出分层沉降管外各磁环的高程。

**8.5.6** 土体分层竖向位移监测点的埋设宜符合本标准附录 B 第 B.0.8 条的规定。

## 8.6 倾斜监测

- 8.6.1 倾斜监测应根据现场观测条件和要求，选用投点法、激光铅直仪法、垂准法、倾斜仪法或差异沉降法等观测方法。
- 8.6.2 投点法应采用全站仪瞄准上部观测点，在底部观测点安置水平读数尺直接读取偏移量，正、倒镜各观测一次取平均值，并根据上、下观测点高度计算倾斜度。
- 8.6.3 垂准法应在下部测点安装光学垂准仪、激光垂准仪或全站仪加弯管目镜法，在顶部测点安置接收靶，在靶上读取或量取水平位移量与位移方向。
- 8.6.4 倾斜仪法可采用水管式、水平摆、气泡或电子倾斜仪等进行观测，倾斜仪应具备连续读数、自动记录和数字传输功能。
- 8.6.5 差异沉降法应采用水准方法测量沉降差，经换算求得倾斜度和倾斜方向。
- 8.6.6 当采用全站仪进行外部观测时，仪器设置位置与监测点的距离宜为上、下点高差的 1.5 倍~2.0 倍。
- 8.6.7 倾斜观测精度应符合国家现行标准《工程测量标准》GB 50026 和《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

## 8.7 裂缝监测

- 8.7.1 裂缝监测内容应包括裂缝位置、走向、长度、宽度，必要时监测裂缝深度。
- 8.7.2 裂缝监测宜采用下列方法：
- 1 裂缝宽度监测宜采用裂缝观测仪进行测读，也可在裂缝两侧贴、埋标志，采用千分尺或游标卡尺等直接量测，或采用裂缝计、粘贴安装千分表及摄影量测等方法监测裂缝宽度变化；
  - 2 裂缝长度监测宜采用直接量测法；
  - 3 裂缝深度监测宜采用超声波法、凿出法等。
- 8.7.3 工程施工前应记录监测对象已有裂缝的分布位置和数量，并对监测裂缝进行统一编号，记录各裂缝的位置、走向、长度、宽度、深度，以及初测日期等。
- 8.7.4 裂缝监测标志应便于量测，长期观测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；需要测出裂缝纵横向变化值时，可采用坐标方格网板标志。
- 8.7.5 裂缝宽度量测精度不宜低于 0.1mm，裂缝长度和深度量测精度不宜低于 1.0mm。
- 8.7.6 当采用测缝传感器自动测记时，应与人工监测数据比对，且数据的观测、传输、保存应可靠。

## 8.8 净空收敛监测

- 8.8.1 净空收敛可采用收敛计、全站仪或红外激光测距仪以及三维激光扫描进行监测。
- 8.8.2 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拉力，观测结果应取 3 次独立观测读数的取平均值；
  - 3 工作现场温度变化较大时，读数应进行温度修正。
- 8.8.3 采用红外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 $\pm 1\text{mm}$ ；
  - 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测距标称精度的 2 倍；

3 观测结果应为 3 次独立观测读数的平均值。

**8.8.4** 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，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，并应计算测线两端点的水平距离。

**8.8.5** 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，装载机载程序应实现自动数据采集，无棱镜测距精度不应低于 $\pm 3\text{mm}$ ；

4 收敛变形数据宜与标准断面进行比较，应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。

**8.8.6** 矿山法隧道开挖后、盾构法隧道拼装完成后，应及时设置收敛监测点，并应进行初始值测量。

## 8.9 爆破振动监测

**8.9.1** 爆破振动监测系统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可采用垂直、水平单向传感器或三矢量一体传感器。

**8.9.2** 爆破振动监测传感器的安装应与被测对象之间刚性粘结，并使传感器的定位方向与所测量的振动方向一致。监测工作中可采用以下方法固定传感器：

1 被测对象为混凝土或坚硬岩石时，宜采用环氧砂浆、环氧树脂胶、石膏或其他高强度粘合剂将传感器固定在混凝土或坚硬岩石表面，也可预埋固定螺栓，将传感器底面与预埋螺栓紧固相连；

2 被测对象为土体时，可先将表面松土夯实，再将传感器直接埋入夯实土体中，并使传感器与土体紧密接触。

**8.9.3** 仪器安装和连接后应进行监测系统的测试；监测期内整个监测系统应处于良好工作状态。

**8.9.4** 爆破振动监测仪器量程精度的选择应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定。

## 8.10 孔隙水压力监测

**8.10.1** 孔隙水压力应根据工程测试的目的、土层的渗透性和测试期的长短等条件，选用封闭或开口方式埋设孔隙水压力计进行监测。

**8.10.2** 孔隙水压力计的量程应满足被测孔隙水压力范围的要求，可取静水压力与超孔隙水压力之和的 2 倍，精度不宜低于  $0.5\%F\cdot S$ ，分辨率不宜低于  $0.2\%F\cdot S$ 。

**8.10.3** 孔隙水压力计的埋设方法可采用钻孔埋设法、压入埋设法、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。

**8.10.4** 孔隙水压力计应在施工前埋设，并应符合下列规定：

1 孔隙水压力计应进行稳定性、密封性检验和压力标定，并应确定压力传感器的初始值，检验记录、标定资料应齐全；

2 埋设前，传感器透水石应在清水中浸泡饱和，并排除透水石中的气泡；

3 传感器的导线长度应大于设计深度，导线中间不宜有接头，引出地面后应放在集线箱内并编号；

4 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 埋设后，应记录探头编号、位置及测读初始读数。

**8.10.5** 采用钻孔法埋设孔隙水压力计时，钻孔应圆直、干净，钻孔直径宜为 110mm~130mm，不宜使用泥浆护壁成孔。孔隙水压力计的观测段应回填透水材料，并用干燥膨润土球或注浆封孔。

**8.10.6** 孔隙水压力监测的同时，应测量孔隙水压力计埋设位置附近的地下水位。孔隙水压力应根据实测数据按仪器厂家提供的换算公式进行计算。

### 8.11 地下水位监测

**8.11.1** 地下水位监测宜通过钻孔设置水位观测管，采用测绳、水位计等进行量测。

**8.11.2** 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相一致，被测含水层与其他含水层之间应采取有效的隔水措施。

**8.11.3** 水位观测管埋设稳定后应测定孔口高程并计算水位高程。人工观测地下水位的测量精度不宜低于 20mm，仪器观测精度不宜低于  $0.5\%F \cdot S$ 。

**8.11.4** 水位观测管的安装应符合下列规定：

1 水位观测管的导管段应顺直，内壁应光滑无阻，接头应采用外箍接头；

2 观测孔孔底宜设置沉淀管；

3 观测孔完成后应进行清洗，观测孔内水位应与地层水位一致，且连通良好。

**8.11.5** 水位观测管宜在工程开始降水前至少 1 周埋设，且宜逐日连续观测水位并取得稳定初始值。

### 8.12 岩土压力监测

**8.12.1** 基坑支护桩（墙）侧向土压力、盾构法及矿山法隧道围岩压力宜采用界面土压力计进行监测。

**8.12.2** 土压力计的测试量程可根据预测的压力变化幅度确定，其上限可取设计压力的 2 倍，精度不宜低于  $0.5\%F \cdot S$ ，分辨率不宜低于  $0.2\%F \cdot S$ 。

**8.12.3** 土压力计埋设可采用埋入式，埋设时应符合下列规定：

1 埋设前应对土压力计进行稳定性、密封性检验和压力、温度标定，检验记录、标定资料应齐全；

2 受力面与所监测的压力方向应垂直，并紧贴被监测对象；

3 应采取土压力膜保护措施；

4 采用钻孔法埋设时，回填应均匀密实，且回填材料宜与周围岩土体一致；

5 土压力计导线长度可根据工程监测需要确定，导线中间不应有接头，导线应按一定线路集中于导线箱内；

6 应做好完整的埋设记录。

**8.12.4** 基坑工程开挖前，应至少经过 1 周时间的监测并取得稳定初始值；隧道工程土压力计埋

设以后应立即进行检查测试，并读取初始值。

### 8.13 锚杆和土钉拉力监测

**8.13.1** 锚杆和土钉拉力宜采用测力计、钢筋应力计或应变计进行监测，当使用钢筋束作为锚杆时，宜监测每根钢筋的受力。

**8.13.2** 测力计、钢筋应力计和应变计的量程宜为对应设计值的 2 倍，量测精度不宜低于  $0.5\%F \cdot S$ ，分辨率不宜低于  $0.2\%F \cdot S$ 。

**8.13.3** 锚杆张拉设备仪表应与锚杆测力计仪表相互标定。

**8.13.4** 锚杆或土钉施工完成后应对测力计、钢筋应力计或应变计进行检查测试，并可下一层土方开挖前连续 2d 获得的稳定测试数据的平均值作为其初始值。

### 8.14 结构应力监测

**8.14.1** 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量测。

**8.14.2** 混凝土构件可采用钢筋应力计、混凝土应变计、光纤传感器等进行监测；钢构件可采用轴力计或应变计等进行监测。

**8.14.3** 结构应力监测应考虑温度变化等因素的影响，且钢筋混凝土结构应排除混凝土收缩、徐变以及裂缝的影响。

**8.14.4** 结构应力监测传感器埋设前应进行标定和编号，埋设后导线应引至适宜监测操作处，导线端部应做好防护措施。

**8.14.5** 钢筋应力计或应变计的量程宜为设计内力值的 2 倍，精度不宜低于  $0.25\%F \cdot S$ 。

### 8.15 坑底回弹监测

**8.15.1** 坑底回弹监测应根据基坑形状、大小、深度及地质条件确定，用适当的点数测出所需纵横断面的回弹量。利用回弹变形的近似对称特性，应按下列规定布点：

1 矩形基坑应在基坑中央及纵（长边）横（短边）轴线上布设，纵向每 8m~10m 布一点，横向每 3m~4m 布一点；

2 基坑外监测点应埋设常用的普通水准点标石。监测点应在基坑内方向线的延长线上，距基坑深度 1.5~2.0 倍距离内布置。当点位遇到地下管道或其他物体时，可将监测点移至与之对应方向线的位置；

3 应在基坑外相对稳定且不受施工影响的地点选设工作基点。

**8.15.2** 回弹标志应埋在基坑底面以下 20cm~30cm，根据开挖深度和地层土质情况，可采用钻孔法或探井法埋设；根据埋设与观测方法，可采用辅助杆压入式、钻杆送入式或直埋式标志。

**8.15.3** 采用钻孔等方法埋设坑底隆起（回弹）监测标志时，孔口高程宜用水准测量方法测量，高程中误差应为  $\pm 1.0\text{mm}$ ，沉降标至孔口垂直距离宜采用经检定的钢尺量测。

**8.15.4** 坑底回弹观测不应少于 3 次，第一次应在基坑开挖之前，第二次应在基坑挖好之后，第三次应在浇筑基础混凝土之前。当基坑挖完至基础施工的间隔时间较长时，应适当增加观测次数。

### 8.16 三维激光扫描

**8.16.1** 三维激光扫描应分为架站式和移动式。

**8.16.2** 三维激光扫描空间参考系宜采用拟扫描对象之前采用的平面坐标系和高程基准。轨道交通变形监测成果应包括隧道收敛变形、椭圆度、管片错台、限界检测及结构病害检测等，其管片

变化允许偏差及检验方法应符合表 8.16.2 的规定。

表 8.16.2 管片变化允许偏差及检验方法

检验项目	允许偏差	检验方法
椭圆度 (%)	±6	断面仪、全站仪、激光扫描仪
环内错台 (mm)	10	钢尺、激光扫描仪
环间错台 (mm)	15	钢尺、激光扫描仪

8.16.3 三维激光扫描仪应符合下列规定：

- 1 采用移动式外业扫描的三维激光扫描仪应满足以下要求：
  - 1) 仪器最小测程应小于 0.5m，有效测程内的径向距离示值误差不应大于 2mm；
  - 2) 数据获取速率不宜小于 50 万点/s，断面测量模式下的最高转速不宜低于 50Hz；
  - 3) 移动平台的行走部件应满足轨道绝缘要求，作业过程中应防止对计轴器、导电轨等轨道交通设施产生不良影响。
- 2 架站式扫描仪架设应满足以下要求：
  - 1) 扫描仪应安置在稳固的区域，作业过程中应防止设备晃动；
  - 2) 相邻两个扫描测站之间的距离宜小于或等于隧道设计断面的周长，最大不宜超过 30m；
  - 3) 架站式仪器设站，测量点云数据为绝对坐标时，宜采用后方交会或附合扫描路线设站，扫描标靶宜均匀分布并单独扫描，应采用双面扫描标靶，减小扫描仪自身的轴系误差；不为绝对坐标成果数据时，可根据现场环境灵活设站，使用简易标靶或特征点作为公共点进行点云配准。
- 3 应根据工程要求的扫描精度等级选择仪器，点云精度与技术指标应符合表 8.16.3 的要求。

表 8.16.3 点云精度与技术指标

扫描精度等级	扫描仪标称精度	特征点间距中误差/mm	最大点间距/mm	点位中误差/mm	适用场景
相对	≤12", 2mm±10×10 <sup>-6</sup> d	≤5	≤3	≤2	结构和轨道变形监测中等精度要求的监测对象、隧道病害检测、限界检测、竣工测量、结构现状普查
绝对		-	≤10	≤10	

8.16.4 施工可能影响附近轨道交通线路时，应对既有线路进行扫描。三维激光扫描监测应在土建施工开始前对既有线路进行第一次扫描；土建施工过程中宜对既有线路扫描一次；至土建施工完成后，施工机械、人员清场，应再次对既有线路进行一次三维激光扫描。

8.17 现场巡查

- 8.17.1 现场巡查可采用人工目测的方法，辅助以量尺、锤、放大镜、照相机、摄像机等器具。
- 8.17.2 巡查人员应以填表、拍照或摄像等方式将观测到的有关信息和现象进行详细记录，可按本标准附录 C 的要求填写巡查记录，并应及时整理巡查信息。
- 8.17.3 巡查信息应与仪器监测数据进行对比分析，发现异常或险情，应按规定程序及时通知建设方及其他相关单位。

## 8.18 远程视频监控

**8.18.1** 远程视频监控系统应包括前端采集、数据传输、显示等三个部分。

**8.18.2** 远程视频监控系统应能实现监视、录像、回放、备份、报警及网络浏览等功能。

**8.18.3** 实况图像宜采用可通过遥控进行变焦和扫视、俯仰的摄像头，摄像头、拾音器等应安装在便于取景和录音的安全部位，并采取防撞、防水等保护措施。

## 9 自动化监测方法及技术要求

### 9.1 一般规定

- 9.1.1 城市轨道交通工程监测宜实施自动化监测。
- 9.1.2 实施自动化监测的项目，应具备比对测量的条件，满足对现有数据结果的校验。
- 9.1.3 自动化监测设备应满足下列要求：
- 1 技术指标应满足相应的国家或行业标准的要求；
  - 2 宜选用经过长期测试稳定可靠的产品，产品应结构简单，维护方便，可靠性高，并能在监测过程中正常工作，主要性能应满足相应的标准要求；
  - 3 传感器最大量程应满足监测项目量测需要，传感器安装埋设应结合现场环境及监测对象特征，确定安装工艺，应保证测量结果的可靠性；
  - 4 内力监测传感器元件应具有测温功能；
  - 5 当无合适传感器时，可自行设计制造传感器，自制传感器的性能应满足相应的国家或行业标准的要求。
- 9.1.4 除使用本标准规定的监测方法外，也可采用能达到国家现行有关标准规定精度要求的新技术、新方法。

### 9.2 水平位移监测

- 9.2.1 水平位移自动化监测可选用智能型全站仪、激光位移计、GNSS 设备等进行量测。
- 9.2.2 水平位移自动化监测采用智能型全站仪进行水平位移监测时，应符合下列规定：
- 1 工作基点选点时应考虑施工对工作基点的扰动和对视线的阻挡；宜设置观测墩或观测站房，配置防护装置，满足对仪器的防护要求；宜配备强制对中装置；
  - 2 监测点与基准点应同时观测至少 3 个监测网点，并宜同步进行观测；
  - 3 应定期检查仪器的整平状态，并应及时校正；
  - 4 智能型全站仪架设位置应安装电子气温气压计、控制系统、通信系统及不间断供电系统等配套设备，并应注意防护。
- 9.2.3 水平位移自动化监测采用激光位移计进行水平位移监测时，应符合以下规定：
- 1 激光光路应高于地面不少于 20cm；
  - 2 激光装置应配备平衡装置，确保激光光路不受结构倾斜的干扰；
  - 3 可采用直接测量法和累计联测法进行监测。
- 9.2.4 水平位移自动化监测采用 GNSS 技术进行水平位移监测时，应符合以下规定：
- 1 可采用动态监测和静态监测方法进行监测；
  - 2 监测系统的建设应充分考虑环境因素对卫星信号的不良影响，并通过相应质量评价和对比分析来确定基准站及监测站位置。

### 9.3 竖向位移监测

- 9.3.1 竖向位移自动化监测可采用全站仪三角高程测量、静力水准及 GNSS 技术等方法进行量测。
- 9.3.2 采用全站仪、GNSS 设备进行竖向位移监测时，宜与水平位移同步进行。
- 9.3.3 采用全站仪进行竖向位移监测时，监测点的竖向位移精度要求及其测量方法应满足现行

行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的相关要求

**9.3.4** 采用静力水准测量方法进行自动化监测时，应满足现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 相关要求。

#### **9.4 深层水平位移监测**

**9.4.1** 深层水平位移自动化实施可采用固定式测斜仪或绞盘式自动测斜仪等设备实现自动化量测。

**9.4.2** 深层水平位移宜以底部作为起算点。当底部不具备作为起算点的条件时，可以上部管口作为深层水平位移的起算点，但每次监测均应测定起算位置的坐标变化并修正。

**9.4.3** 采用固定式测斜仪实现自动化监测时，监测探头应合理布置，监测数据应能够反映监测深度范围内管形变化要求。

**9.4.4** 深层水平位移监测点的更换、检查等工作导致测斜传感器位置发生变化的，应重新校正。

#### **9.5 支护结构内力监测**

**9.5.1** 支护结构内力自动化监测可采用钢筋计、混凝土应变计、表面应变计等设备结合智能采集传输模块进行量测。

**9.5.2** 锚杆和土钉的内力自动化监测可采用测力计、钢筋计、应变计或锚索计等设备结合智能采集传输模块进行量测。

#### **9.6 地下水位监测**

**9.6.1** 地下水位自动化监测可采用渗压计、接触式水位计等，结合智能采集传输模块进行量测。

**9.6.2** 地下水位监测孔埋设应采用专用水位管。

#### **9.7 倾斜监测**

**9.7.1** 倾斜自动化监测可采用倾角计（两单轴正交或双轴）、智能型全站仪、静力水准仪等设备进行量测。

**9.7.2** 安装倾角计时，应明确安装的方向，并应详细记录测点间距、监测对象高度等相关属性信息数据。

#### **9.8 裂缝监测**

**9.8.1** 裂缝宽度自动化监测可采用裂缝计或位移计等设备进行量测。

**9.8.2** 设备安装时应综合考虑裂缝收缩与扩张两种情况。

**9.8.3** 设备安装应考虑裂缝的变化方向，避免因物理形变导致的数据不准确或设备损坏。

#### **9.9 其他监测**

**9.9.1** 土压力自动化监测宜采用土压力计结合智能采集传输模块进行量测。

**9.9.2** 孔隙水压力自动化监测宜采用孔隙水压力计结合智能采集传输模块进行量测。

**9.9.3** 土体分层竖向位移自动化监测宜采用多点位移计结合智能采集传输模块进行量测。

## 9.10 比对测量

9.10.1 采用传感器进行变形测量的监测项目应进行比对测量。

9.10.2 比对测量的方法、设备、精度应满足现行标准相关要求。

9.10.3 比对测量应定期实施，并应符合下列规定：

1 初始值采集时，宜进行比对测量；

2 一级监测项目宜每隔 15 天~1 月进行 1 次比对测量，二级、三级监测项目宜每隔 1~2 月进行 1 次比对测量；

3 当检查发现传感器有可能变动或监测结构异常时，应立即进行比对测量；

4 重要施工节点或特殊施工方法实施时，宜进行比对测量。

9.10.4 采用比对测量的各监测项目宜符合下列规定：

1 水平位移采用激光位移计进行监测的，宜使用全站仪进行比对测量；

2 竖向位移采用静力水准仪进行监测的，宜使用水准仪进行比对测量；

3 倾斜采用倾角仪进行监测的，宜使用全站仪或水准仪进行比对测量；

4 地下水位采用渗压计、接触式水位计进行监测的，宜使用钢尺水位计进行比对测量；

5 裂缝采用裂缝计进行监测的，宜使用游标卡尺进行比对测量；

6 深层水平位移采用固定式测斜仪进行监测的，宜使用滑动式测斜仪或基坑侧壁位移测量方法进行比对测量。

## 10 既有线路结构及轨道变形监测

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 既有线路结构及轨道的监测工作，不得影响既有线路及轨道的正常运营。

**10.1.2** 轨道交通运营线路（包括车辆段、停车场）及周边的特定范围内设置的保护区应包括下列区域：

- 1 一般地下车站与隧道结构外边线外侧 50m 范围内，前海合作区按 80m 范围内要求执行；
- 2 地面和高架车站以及线路轨道结构外边线外侧 30m 范围内；
- 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 范围内；
- 4 过海隧道、跨海桥梁外边线外侧 100m 内。

**10.1.3** 遇到下列情况时，应对相关区段的线路结构进行变形监测，并应编制专项监测方案：

- 1 不良地质作用对线路结构的安全有影响的区段；
- 2 存在软土等特殊土，且对线路结构的安全可能带来不利影响的区段；
- 3 因地基变形使线路结构产生不均匀沉降、裂缝的区段；
- 4 地震、堆载、卸载、列车振动等外力作用对线路结构或路基产生较大影响的区段；
- 5 既有线路保护区范围内有工程建设的区段；
- 6 采用新的施工技术、基础形式或设计方法的线路结构等。

**10.1.4** 城市轨道交通既有结构调查应进行工前调查、过程调查及工后确认。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。

**10.1.5** 城市轨道交通既有结构变形监测应及时对所采集的监测信息进行处理、分析评价和反馈。有异常情况时，应增加监测和巡查频率。

**10.1.6** 重大影响的外部作业应对城市轨道交通结构进行安全评估，影响等级为二级的外部作业宜进行安全评估。

**10.1.7** 重要地段的城市轨道交通线路结构监测应采用远程自动化的监测方法。

### 10.2 线路结构变形监测

**10.2.1** 线路结构监测应符合以下规定：

- 1 既有线路结构监测精度等级应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定；
- 2 既有线路结构变形监测对象应包括正线、联络线、出入线等线路的道床结构，盾构法隧道的管片、高架梁和墩柱，车站和矩形隧道的侧墙，站台层的立柱，车站出入口、风井、冷却塔、电梯、变电站、电缆沟等其他需保护的轨道交通结构；
- 3 既有线路结构及轨道变形监测内容宜包括竖向位移、水平位移、收敛监测、裂缝监测、接缝监测、爆破振动监测、线路巡检与巡检测量等；
- 4 既有线路结构及轨道变形监测方法，应采用仪器监测与巡视检查相结合的方法。巡查信息应与仪器监测数据进行对比分析；
- 5 变形量、变形速率等发生异常时，应及时调整监测方法，增加监测频率。

**10.2.2** 监测点的布设应符合下列规定：

- 1 车站结构监测点宜布设在车站侧墙结构上，车站与区间衔接位置两侧应布设测点；
- 2 隧道结构竖向位移及水平位移监测点应布设在隧道结构上，收敛监测点宜与竖向位移监测点布设于同一断面上；

3 高架结构墩柱竖向位移监测点应布设在沿线墩柱结构上,每个墩柱布点数量宜为 1~2 个,特殊结构形式的墩柱宜适当加密测点,测点宜埋设于离地面 0.5m 高度的柱身上;

4 控制中心、车辆基地的重要厂房及建(构)筑物的监测点布置应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定,网架挠度监测点宜布设在网架跨中节点上,间隔柱跨布置;

5 当遇到在高低悬殊或新旧连接部位、变形缝、不同结构分界等特殊情况时,对应位置两侧应增设竖向位移监测点;

6 对于应急监测或周边施工对轨道交通的影响监测,监测对象为盾构隧道的,断面间距应为盾构管片长度(1.5m)的整数倍;监测对象为其他结构的,应按影响程度确定监测断面间距。

**10.2.3** 既有线路结构及轨道三维激光扫描应符合下列规定:

1 三维激光扫描相关技术要求应符合本标准第 8.16 节的有关规定;

2 三维激光扫描渗漏水检测宜汇总面积大于 0.1m<sup>2</sup> 的渗漏水区域,并以影像展开图的形式提交成果。

**10.2.4** 既有线路结构及轨道的净空收敛监测应符合下列规定:

1 净空收敛监测方法及相关的技术要求可按本标准第 8.8 节的规定执行;

2 净空收敛监测断面应统一编号,其断面里程与环号一一对应;

3 净空收敛监测应及时进行外业数据检查,异常数据应及时重测验证。

**10.2.5** 既有线路结构裂缝监测及接缝监测应符合下列规定:

1 当建筑出现裂缝时,应进行裂缝监测;

2 在既有线路结构及轨道内应对工程项目影响范围进行标识;

3 既有线路结构裂缝监测方法应按本标准第 8.7 节的规定执行;

4 相邻管片接缝监测应测定接缝宽度和错台变化情况,对接缝进行统一编号;

5 当监测接缝的宽度变化时,应设定监测位置,采用游标卡尺或读数显微镜观测,观测精度应不低于±0.1mm;

6 当要测定相邻结构的错台量时,应在错台最大处两侧布设对应的观测标志,采用塞尺或游标卡尺观测错台量变化值,观测精度应不低于±0.1mm;

7 观测成果应包括接缝的编号、位置、宽度、观测日期、错台量及其变化情况。

**10.2.6** 既有线路结构爆破振动监测应符合下列规定:

1 爆破振动监测方法及主要技术要求可按照本标准第 8.9 节的规定执行;

2 爆破振动监测项目控制值应包括峰值振动速度值和主振频率值,应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定;

3 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;

4 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。

**10.2.7** 既有线路结构及轨道的自动化监测应符合下列规定:

1 既有线路结构保护区内的施工,应在施工开始前完成自动化监测初始值采集,当既有线路结构保护区范围施工结束后,监测 100d 的最大沉降速率小于 0.01 mm/d~0.04mm/d 时,可认为已达到稳定状态;

2 自动化监测系统在调试完毕后,应逐日连续观测并取得稳定的初始值,对异常观测值及时补测;

3 采用自动化监测的项目,在自动化监测数据超出控制指标时,应同时辅以人工监测复核;

4 仪器应满足精度要求、年检合格,应及时对仪器、相关设备及系统检查并清洁,数据异常应及时检查;

- 5 使用期间应加强系统维护，自动化测量数据应与年度既有线路健康监测数值比较；
- 6 自动化测量系统宜能根据远程指令，实时选取观测方向，设置观测时间、观测频率和观测测回数。宜能自动对未观测的方向自动补测，对观测数据进行观测限差检查，对超限的观测数据进行自动重测。数据采集间隔应满足实际工程需要；
- 7 多台全站仪联合组网观测时，相邻测站宜设置 2 组以上联测棱镜组，并应有 2 个以上的重叠观测目标；
- 8 使用静力水准设备进行竖向位移自动化监测时，其性能应满足监测精度的要求，并应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定；
- 9 激光测距仪适用于隧道收敛测量时，宜采用免棱镜反射测量工作模式，测距精度应不低于  $\pm 1.0\text{mm}$ 。

### 10.3 轨道静态几何形位监测

**10.3.1** 轨道静态几何形位周期性检查内容及周期应符合下列规定：

- 1 应使用轨距尺或轨道检查仪对线路静态几何尺寸定期检查。轨道结构薄弱地段、重点地段宜增加检查次数。使用轨道检查仪进行线路静态几何尺寸检查的，可存储电子检查台账记录；
- 2 应定期使用轨距尺、支距尺进行道岔轨距、水平、三角坑、查照间隔、护背距离、支距尺寸进行检查；
- 3 应定期使用轨距尺对钢轨伸缩调节器几何尺寸进行检查；
- 4 应结合道岔定期检查工作对折返线、小交路道岔、车场及出入场段线咽喉区单开道岔和交叉渡线进行综合检查。

## 11 监测频率

### 11.1 一般规定

11.1.1 监测频率应根据施工方法、施工进度、监测对象、监测项目、地质条件等情况和特点，并结合当地工程经验进行确定。

11.1.2 监测频率应使监测信息及时、系统地反映施工工况及监测对象的动态变化，并宜采取定时监测。

11.1.3 对穿越既有轨道交通和重要建（构）筑物等周边环境风险等级为一级的工况，在穿越施工过程中，应提高监测频率，并宜对关键监测项目进行实时监测。

11.1.4 施工降水、岩土体注浆加固等工程措施对周边环境产生影响时，应根据环境的重要性和预测的影响程度确定监测频率。

11.1.5 工程施工期间，现场巡查每天不宜少于一次，并应做好巡查记录，在关键工况、特殊天气等情况下应增加巡查次数。

11.1.6 当遇到下列情况时，应提高监测频率：

- 1 监测数据异常或变化速率较大；
- 2 存在勘察未发现的不良地质条件，且影响工程安全；
- 3 地表、建（构）筑物等周边环境发生较大沉降、不均匀沉降；
- 4 盾构始发、接收以及停机检修或更换刀具期间；
- 5 矿山法隧道断面变化及受力转换部位；
- 6 工程出现异常；
- 7 工程险情或事故后重新组织施工；
- 8 暴雨或长时间连续降雨；
- 9 邻近工程施工、超载、振动等周边环境条件较大改变；
- 10 当出现本标准第 12.1.5 条和第 12.1.6 条规定的警情时。

11.1.7 施工阶段工程监测应贯穿工程施工全过程，满足下列条件时，可结束监测工作：

- 1 基坑回填完成或矿山法隧道进行二次衬砌施工后，可结束支护结构的监测工作；
- 2 盾构法隧道完成贯通、设备安装施工后，可结束管片结构的监测工作；
- 3 支护结构监测结束后，且周围岩土体和周边环境变形趋于稳定时，可结束监测工作；
- 4 满足设计要求结束监测工作的条件。

11.1.8 建（构）筑物变形稳定标准应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的相关规定，道路、地下管线等其他周边环境的变形稳定标准宜根据深圳地区经验或评估结果确定。

### 11.2 监测频率要求

#### I 明挖法和盖挖法

11.2.1 明挖法和盖挖法基坑工程施工中支护结构、周围岩土体和周边环境的监测频率可按表 11.2.1 的规定确定。

表 11.2.1 明挖法和盖挖法基坑工程监测频率

基坑设计深度 (m) \ 基坑开挖深度 (m)	≤5	5~10	10~15	15~20	>20
≤5	1 次/1d	1 次/2d	1 次/3d	1 次/3d	1 次/3d
5~10	—	1 次/1d	1 次/2d	1 次/2d	1 次/2d
10~15	—	—	1 次/1d	1 次/1d	1 次/2d

续表 11.2.1

基坑设计深度 (m)	≤5	5~10	10~15	15~20	>20
基坑开挖深度 (m)					
15~20	—	—	—	(1次~2次) /1d	(1次~2次) /1d
>20	—	—	—	—	2次/1d

注: 1 基坑开挖前应根据工程实际需要确定监测频率, 底板浇筑后可根据监测数据调整监测频率;

2 支护结构的支撑从开始拆除到拆除完成后 3d 内监测频率应适当增加。

11.2.2 对于竖井井壁支护结构净空收敛监测频率, 在竖井开挖及井壁支护结构施工期间应 1 次/1d, 竖井井壁支护结构整体完成 7d 后宜 1 次/2d, 30d 后宜 1 次/7d, 经数据分析确认井壁净空收敛达到稳定后可 1 次/(15d~30d)。

11.2.3 坑底隆起(回弹)监测不应少于 3 次, 并应在基坑开挖之前、基坑开挖完成后、浇筑基础混凝土之前各进行 1 次监测, 当基坑开挖完成至基础施工的间隔时间较长时, 应增加监测次数。

## II 盾构法

11.2.4 盾构法隧道工程施工中隧道管片结构、周围岩土体和周边环境的监测频率可按表 11.2.4 的规定确定。

表 11.2.4 盾构法隧道工程监测频率

监测部位	监测对象	开挖面至监测点或 监测断面的距离	监测频率
开挖面前方	周围岩土体和周边环境	$5D < L \leq 8D$	1 次/(3d~5d)
		$3D < L \leq 5D$	1 次/2d
		$L \leq 3D$	1 次/1d
开挖面后方	管片结构、 周围岩土体和周边环境	$L \leq 3D$	(1 次~2 次)/1d
		$3D < L \leq 5D$	1 次/(1d~2d)
		$5D < L \leq 8D$	1 次/(3d~7d)

注: 1 D-盾构法隧道开挖直径(m), L-开挖面至监测点或监测断面的水平距离(m);

2 管片结构位移、净空收敛宜在衬砌环脱出盾尾且能通视时进行监测;

3 监测数据趋于稳定后, 监测频率宜为 1 次/(15d~30d)。

## III 矿山法

11.2.5 矿山法隧道工程施工中隧道初期支护结构、周围岩土体和周边环境的监测频率可按表 11.2.5 的规定确定。

表 11.2.5 矿山法隧道工程监测频率

监测部位	监测对象	开挖面至监测点或 监测断面的距离	监测频率
开挖面前方	周围岩土体 和周边环境	$2B < L \leq 5B$	1 次/2d
		$L \leq 2B$	1 次/1d
开挖面后方	初期支护结构、周围岩 土体和周边环境	$L \leq 1B$	(1 次~2 次)/1d
		$1B < L \leq 2B$	1 次/1d
		$2B < L \leq 5B$	1 次/2d
		$L > 5B$	1 次/(3d~7d)

注: 1 B-矿山法隧道或导洞开挖宽度(m), L-开挖面至监测点或监测断面的水平距离(m);

2 当拆除临时支撑时应增大监测频率;

3 监测数据趋于稳定后, 监测频率宜为 1 次/(15d~30d)。

11.2.6 对于车站中柱竖向位移及结构应力的监测频率, 土体开挖时宜为 1 次/1d, 结构施工时宜为(1 次~2 次)/7d。

## IV 特殊地质风险监测

11.2.7 在施工期间的岩溶区、软土区监测频率应按表 11.2.7 的规定进行监测。

表 11.2.7 岩溶区、软土区监测频率

监测区域分类	监测频率
主要影响区域	正常 1 次/d 或 2 次/d；雨季及枯丰季交替期不少于 2 次/d；当出现异常情况时应加密监测
次要影响区域	以巡查为主；1 次/月或季度，或根据监测、巡查情况随时开展监测
可能影响区域	以巡查为主；或根据监测、巡查情况随时开展监测

注：应时刻关注地下水位的动态变化，防止地下水位出现急剧变化。在雨季及枯丰季交替期，应加强监测。

11.2.8 特殊地质风险监测专项巡查频率应符合表 11.2.8 的规定。

表 11.2.8 特殊地质风险监测专项巡查频率表

监测区域分类	巡查频率
主要影响区域	正常情况 1 次/d；在汛期以及附近工程强烈抽水或排水期间或 2 次/d；当出现异常情况时应加大巡查力度
次要影响区域	1 次/15d，或根据监测、巡查情况加大巡查力度
可能影响区域	1 次/30d，或根据监测、巡查情况加大巡查力度

#### V 地下水位

11.2.9 地下水位监测频率应根据水文地质条件复杂程度、施工工况、地下水对工程的影响程度以及地下水控制要求等进行确定，监测频率宜为 1 次/（1d~2d）。

#### VI 爆破振动

11.2.10 钻爆法施工首次爆破时，对所需监测的周边环境对象均应进行爆破振动监测，以后应根据第一次爆破监测结果并结合环境对象特点确定监测频率。重要建（构）筑物、桥梁等高风险环境对象每次爆破均应进行监测。

## 12 监测项目控制值和预警标准

### 12.1 一般规定

**12.1.1** 城市轨道交通工程监测应根据工程特点、监测项目控制值、深圳地区施工经验等制定监测预警等级和预警标准。

**12.1.2** 城市轨道交通地下工程施工图设计文件应明确监测项目的控制值，并应符合下列规定：

1 监测项目控制值应根据不同施工方法特点、周围岩土体特征、周边环境保护要求并结合当地工程经验进行确定，并应满足监测对象的安全状态得到合理、有效控制的要求；

2 支护结构监测项目控制值应根据工程监测等级、支护结构特点及设计计算结果等进行确定；

3 周边环境监测项目控制值应根据环境对象的类型与特点、结构形式、变形特征、已有变形、正常使用条件及国家现行有关标准的规定，并结合环境对象的重要性、易损性及相关单位的要求等进行确定；

4 对重要的、特殊的或风险等级较高的环境对象的监测项目控制值，应在现状调查与检测的基础上，通过分析计算或专项评估进行确定；

5 周围地表沉降等岩土体变形控制值应根据岩土体的特性，结合支护结构工程自身风险等级和周边环境安全风险等级等进行确定；

6 监测等级高、工况条件复杂的工程，宜针对不同的工况条件确定监测项目控制值，按工况条件控制监测对象的状态。

**12.1.3** 监测项目控制值应按监测项目的性质分为变形监测控制值和力学监测控制值。变形监测控制值应包括变形监测数据的累计变化值 and 变化速率值；力学监测控制值宜包括力学监测数据的最大值和最小值。

**12.1.4** 城市轨道交通工程监测应根据监测预警等级和预警标准建立预警管理制度，预警管理制度应包括不同预警等级的警情报送对象、时间、方式和流程等，预警单格式宜符合本标准附录 E 第 E.0.5 条~E.0.6 条的规定。

**12.1.5** 城市轨道交通工程施工过程中，当监测数据达到预警标准时，应进行警情报送，预警条件宜符合本标准附录 E 第 E.0.1 条~E.0.4 条的规定。

**12.1.6** 现场巡查过程中发现下列警情之一时，应根据警情紧急程度、发展趋势和造成后果的严重程度按预警管理制度进行警情报送：

1 基坑、隧道支护结构出现明显变形、较大裂缝、断裂、较严重渗漏水、隧道底鼓，支撑出现明显变位或脱落、锚杆出现松弛或拔出等；

2 基坑、隧道周围岩土体出现涌砂、涌土、管涌，较严重渗漏水、突水，滑移、坍塌，基底较大隆起等；

3 周边地表出现突然明显沉降或较严重的突发裂缝、坍塌；

4 建（构）筑物、桥梁等周边环境出现危害正常使用功能或结构安全的过大沉降、倾斜、裂缝等；

5 周边地下管线变形突然明显增大或出现裂缝、泄漏等；

6 根据当地工程经验判断应进行警情报送的其他情况。

### 12.2 支护结构和周围岩土体

**12.2.1** 明挖法和盖挖法基坑支护结构和周围岩土体的监测项目控制值应根据工程地质条件、基

坑设计参数、工程监测等级及当地工程经验等确定，按表 12.2.1-1 和表 12.2.1-2 的规定确定。

**12.2.2** 盾构法隧道管片结构竖向位移、净空收敛和地表沉降控制值应根据工程地质条件、隧道设计参数、工程监测等级及深圳地区工程经验等确定，按表 12.2.2-1 和表 12.2.2-2 的规定确定。

表 12.2.1-1 明挖法和盖挖法基坑支护结构和周围岩土体监测项目控制值

监测项目	基坑工程安全等级一级		基坑工程安全等级二级		基坑工程安全等级三级	
	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
	绝对值		绝对值		绝对值	
支护桩 (墙) 顶竖向位移	30	3	45	5	60	10
支护桩 (墙) 顶水平位移	30	3	50	5	80	10
支护桩 (墙) 体水平位移	50	3	60	5	100	10
地表沉降	30	3	45	5	60	10
立柱结构竖向位移	30	3	45	5	60	10
支护墙结构应力	(60%~70%) $f$		(70%~80%) $f$		(70%~80%) $f$	
立柱结构应力						
支撑轴力	最大值: (60%~70%) $f$ 最小值: (80%~100%) $f_y$		最大值: (60%~70%) $f$ 最小值: (80%~100%) $f_y$		最大值: (60%~70%) $f$ 最小值: (80%~100%) $f_y$	
锚杆拉力						

注: 1  $f$ ——构件的承载能力设计值,  $f_y$ ——支撑、锚杆的预应力设计值;  
 2 累计值应按表中绝对值和相对基坑深度 ( ) 值两者中的小值取用;  
 3 嵌岩的灌注桩或地下连续墙控制值可按表中数值的 50%取用。

表 12.2.1-2 竖井井壁支护结构净空收敛监测项目控制值

监测项目	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
竖井井壁支护结构净空收敛	30	2

表 12.2.2-1 盾构法隧道管片结构竖向位移、净空收敛监测项目控制值

监测项目及岩土类型		累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
管片结构沉降	坚硬~中硬土	10~20	2
	中软~软弱土	20~30	3
管片结构差异沉降		0.04%L <sub>s</sub>	-
管片结构净空收敛		0.2%D	3

注：L<sub>s</sub>——沿隧道轴向两监测点间距，D——隧道开挖直径。

表 12.2.2-2 盾构法隧道地表沉降监测项目控制值

监测项目及岩土类型		工程监测等级					
		一级		二级		三级	
		累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
地表沉降	坚硬~中硬土	10~20	3	20~30	4	30~40	4
	中软~软弱土	15~25	3	25~35	4	35~45	5
地表隆起		10	3	10	3	10	3

注：本表主要适用于标准断面的盾构法隧道工程。

12.2.3 矿山法隧道支护结构变形、地表沉降控制值应根据工程地质条件、隧道设计参数、工程监测等级及当地工程经验等确定，按表 12.2.3-1 和表 12.2.3-2 的规定确定。

表 12.2.3-1 矿山法隧道支护结构变形监测项目控制值

监测项目及区域		累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
拱顶沉降	区间	10~20	3
	车站	20~30	
底板竖向位移		10	2
净空收敛		10	2
中柱竖向位移		10~20	2

表 12.2.3-2 矿山法隧道地表沉降监测项目控制值

监测等级及区域		累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
一级	区间	20~30	3
	车站	40~60	4
二级	区间	30~40	3
	车站	50~70	4
三级	区间	30~40	4

注：1 表中数值适用于土的类型为中软土、中硬土及坚硬土中的密实砂卵石地层；

2 大断面区间的地表沉降监测控制值可参照车站执行。

## 12.3 周边环境

12.3.1 建（构）筑物监测项目控制值的确定应符合下列规定：

1 建（构）筑物监测项目控制值应在调查分析建（构）筑物使用功能、建筑规模、修建年代、结构形式、基础类型、地质条件等的基础上，结合其与工程的空间位置关系、已有沉降、差异沉降和倾斜以及当地工程经验进行确定，并应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定；

2 对风险等级为一级、二级的建（构）筑物，宜通过结构检测、计算分析和安全性评估等确定建（构）筑物的沉降、差异沉降和倾斜控制值；

3 对于风险等级较低且无特殊要求的建（构）筑物，沉降控制值宜为 10mm~30mm，变化速率控制值宜为 1mm/d~3mm/d，差异沉降控制值宜为 0.001L~0.002L（L 为相邻基础的中心距离）。

**12.3.2 桥梁监测项目控制值的确定应符合下列规定：**

1 桥梁监测项目控制值应在调查分析桥梁规模、结构形式、基础类型、建筑材料、养护情况等的基础上，结合其与工程的空间位置关系、已有沉降、差异沉降和倾斜以及当地工程经验进行确定，并应符合现行行业标准《城市桥梁养护技术规范》CJJ 99 的有关规定；

2 桥梁的沉降、差异沉降和倾斜控制值宜通过结构检测、计算分析和安全性评估确定。

**12.3.3 地下管线监测项目控制值的确定应符合下列规定：**

1 地下管线监测项目控制值应在调查分析管线功能、材质、工作压力、管径、接口形式、埋置深度、铺设方法、铺设年代等的基础上，结合其与工程的空间位置关系和当地工程经验进行确定；

2 对风险等级较高的地下管线，宜通过专项调查、计算分析和安全性评估确定其沉降和差异沉降控制值；

3 对风险等级较低且无特殊要求的地下管线沉降及差异沉降控制值可按表 12.3.3 的规定确定。

**表 12.3.3 地下管线沉降及差异沉降控制值**

管线沉降	沉降		差异沉降（mm）
	累计值（mm）	变化速率（mm/d）	
燃气管道	10~30	2	0.3% $L_g$
雨污水管	10~20	2	0.25% $L_g$
供水管	10~30	2	0.25% $L_g$

注：1 燃气管道的变形控制值适用于 100mm~400mm 的管径；

2  $L_g$ ——管节长度。

**12.3.4 高速公路与城市道路监测项目控制值的确定应符合下列规定：**

1 高速公路与城市道路监测项目控制值应在调查分析道路等级、路基路面材料、道路现状情况和养护周期等的基础上，结合其与工程的空间位置关系和当地工程经验等进行确定，并应符合现行行业标准《公路沥青路面养护技术规范》JTJ 073.2 和《公路水泥混凝土路面养护技术规范》JTJ 073.1 的有关规定；

2 对风险等级较高或有特殊要求的高速公路与城市道路，宜通过现场探测和安全性评估等确定其沉降控制值；

3 对风险等级较低且无特殊要求的高速公路与城市道路，路基沉降控制值可按表 12.3.4 的规定确定。

**表 12.3.4 路基沉降控制值**

监测项目		累计值（mm）	变化速率（mm/d）
路基沉降	高速公路、城市主干道	10~30	3
	一般城市道路	20~40	3

**12.3.5 城市轨道交通既有有线监测项目控制值的确定应符合下列规定：**

1 城市轨道交通既有有线监测项目控制值应在调查分析地质条件、线路结构形式、轨道结构形式、线路现状情况等的基础上，结合其与工程的空间位置关系、当地工程经验，进行必要的结构检测、计算分析和安全性评估后确定；

2 城市轨道交通既有线路结构及轨道几何形位的监测项目控制值应符合现行国家标准《地

铁设计规范》GB 50157 的有关规定，并应满足线路维修的要求；

3 城市轨道交通既有有线隧道结构变形控制值可按表 12.3.5 的规定确定。

表 12.3.5 城市轨道交通既有有线隧道结构变形控制值

监测项目	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
隧道结构沉降	3~10	1
隧道结构上浮	5	1
隧道结构水平位移	3~5	1
隧道差异沉降	0.04% $L_s$	—
隧道结构变形缝差异沉降	2~4	1

注： $L_s$ ——沿隧道轴向两监测点间距。

4 城市轨道交通既有有线高架线路、地面线路监测控制值应符合本标准第 12.3.2 条、第 12.3.6 条的规定。

12.3.6 既有铁路监测项目控制值的确定应符合下列规定：

1 既有铁路监测项目控制值应符合本标准第 12.3.5 条第 1 款的规定，对高速铁路应在专项评估后确定；

2 既有铁路线路结构及轨道几何形位的监测项目控制值应符合现行行业标准《铁路轨道工程施工质量验收标准》TB 10413 的有关规定，并应满足线路维修的要求；

3 对风险等级较低且无特殊要求的既有铁路路基沉降控制值可按表 12.3.6 的规定确定，且路基差异沉降控制值宜小于 0.04% $L_t$  ( $L_t$ 为沿铁路走向两监测点间距)。

表 12.3.6 既有铁路路基沉降控制值

监测项目		预警值 (mm)	报警值 (mm)	累计值 (mm)	
路基沉降	高速铁路	无砟轨道	+1.2 -3.0	+1.6 -4.0	+2 -5
		有砟轨道	+1.8 -4.8	+2.4 -6.4	+3 -8
	普通铁路	±6	±8	±10	

12.3.7 爆破振动监测项目控制值应包括峰值振动速度值和主振频率值，并应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定。

## 13 监测成果与信息反馈

**13.0.1** 工程监测成果资料应完整、清晰、签字齐全，监测成果应包括现场监测资料、计算分析资料、图表、曲线、相关影像资料、文字报告等。

**13.0.2** 现场监测资料宜包括外业观测记录、现场巡查记录、记事项目以及仪器、视频等电子数据资料。外业观测记录、现场巡查记录和记事项目应现场直接记录在正式的监测记录表格中，监测记录表格中应有相应的工况描述。

**13.0.3** 取得现场监测资料后，应及时对监测资料进行整理、分析和校对，监测数据出现异常时，应分析原因，必要时应进行现场核对或复测。

**13.0.4** 对监测数据应及时计算累计变化值、变化速率值，并绘制时程曲线，必要时绘制断面曲线图、等值线图，并应根据施工工况、地质条件和环境条件分析监测数据的变化原因和变化规律，预测其发展趋势。

**13.0.5** 监测报告可分为日报、警情快报、阶段性报告和总结报告。监测报告应采用文字、表格、图形、照片等形式，应表达直观、明确。监测报告宜包括下列内容：

### 1 日报

- 1) 工程施工概况；
- 2) 现场巡查信息：巡查照片、记录等；
- 3) 监测项目日报表：仪器型号、监测日期、观测时间、天气情况、监测项目的累计变化值、变化速率值、控制值、监测点平面位置图等，可采用本标准附录 D 的样式；
- 4) 监测数据、现场巡查信息的分析与说明；
- 5) 结论与建议。

### 2 警情快报

- 1) 警情发生的时间、地点、情况描述、严重程度、施工工况等；
- 2) 现场巡查信息：巡查照片、记录等；
- 3) 监测数据图表：监测项目的累计变化值、变化速率值、监测点平面位置图；
- 4) 警情原因初步分析；
- 5) 警情处理措施建议。

### 3 阶段性报告

- 1) 工程概况及施工进度；
- 2) 现场巡查信息：巡查照片、记录等；
- 3) 监测数据图表：监测项目的累计变化值、变化速率值、时程曲线、必要的断面曲线图、等值线图、监测点平面位置图等；
- 4) 监测数据、巡查信息的分析与说明；
- 5) 结论与建议。

### 4 总结报告

- 1) 工程概况；
- 2) 监测目的、监测项目和监测依据；
- 3) 监测点布设；
- 4) 采用的仪器型号、规格和元器件标定资料；
- 5) 监测数据采集和观测方法；
- 6) 现场巡查信息：巡查照片、记录等；

- 7) 监测数据图表：监测值、累计变化值、变化速率值、时程曲线、必要的断面曲线、等值线图；
- 8) 监测数据、巡查信息的分析与说明；
- 9) 结论与建议。

**13.0.6** 监测数据的处理与信息反馈宜利用专门的工程监测数据处理与信息管理系统软件，实现数据采集、处理、分析、查询和管理的一体化以及监测成果的可视化。

**13.0.7** 监测日报、警情快报、阶段性报告和总结报告应按规定的格式和内容，及时向相关单位报送。

## 附录 A 监测项目代号及图例

**A.0.1** 监测项目代号和图例应具有唯一性。

**A.0.2** 工程监测断面、监测点编号应结合监测项目及其图例，按工点统一编制。监测点编号宜符合下列规定：

- 1 监测点编号组成格式宜由监测项目代号与监测点序列号共同组成；
- 2 监测项目代号宜采用大写英文字母的形式表示；
- 3 监测点序列号宜采用阿拉伯数字并按一定的顺序或方向进行编号。

**A.0.3** 支护结构监测项目代号和图例宜符合表 A.0.3-1~表 A.0.3-3 的规定。

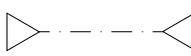
**表 A.0.3-1 明挖法和盖挖法的基坑支护结构监测项目代号和图例**

监测项目	项目代号	图 例
支护桩（墙）、边坡顶部水平位移	ZQS	
支护桩（墙）、边坡顶部竖向位移	ZQC	
支护桩（墙）体水平位移	ZQT	
支护桩（墙）结构应力	ZQL	
立柱结构竖向位移	LZC	
立柱结构水平位移	LZS	
立柱结构应力	LZL	
支撑轴力	ZCL	
顶板应力	DBL	
锚杆拉力	MGL	
土钉拉力	TDL	
竖井井壁支护结构净空收敛	SJJ	

表 A.0.3-2 盾构法隧道管片结构监测项目代号和图例

监测项目	项目代号	图例
管片结构竖向位移	GGC	
管片结构水平位移	GGS	
管片结构净空收敛	GGJ	
管片结构应力、管片连接螺栓应力	GGL	

表 A.0.3-3 矿山法支护结构监测项目代号和图例

监测项目	项目代号	图例
初期支护结构拱顶沉降	GDC	
初期支护结构底板竖向位移	DBS	
初期支护结构净空收敛、隧道拱脚竖向位移	JKJ	
中柱结构竖向位移、倾斜	ZZC	
中柱结构应力	ZNL	
初期支护结构、二次衬砌应力	ZHL	

A.0.4 周围岩土体监测项目代号和图例宜符合表 A.0.4 的规定。

表 A.0.4 周围岩土体监测项目代号和图例

监测项目	项目代号	图例
地表沉降	DBC	
土体深层水平位移	TST	
土体分层竖向位移	TCC	
坑底隆起（回弹）	KDC	

续表 A.0.4

监测项目	项目代号	图例
支护桩（墙）侧向土压力、管片围岩压力、围岩压力	WTL	
地下水位	DSW	
孔隙水压力	KSL	

A.0.5 周边环境监测项目代号和图例宜符合表 A.0.5 的规定。

表 A.0.5 周边环境监测项目代号和图例

监测项目	项目代号	图例
建（构）筑物、桥梁墩台、挡墙竖向位移	JGC	
建（构）筑物、地下管线、桥梁墩台差异沉降	JGY	
隧道结构竖向位移、轨道结构（道床）竖向位移	SGC	
建（构）筑物、隧道结构水平位移	JGS	
隧道结构变形缝差异沉降	JGK	
轨道静态几何形位（轨距、轨向、高低、水平）	GDX	
建（构）筑物倾斜	JGQ	
桥梁墩台倾斜、挡墙倾斜	QGQ	
建（构）筑物裂缝	JGF	
桥梁裂缝	QGF	
隧道、轨道结构裂缝	SGF	
地下管线竖向位移	GXC	
地下管线水平位移	GXS	
路面竖向位移	LMC	
路基竖向位移	LJC	
桥梁梁板应力	LBL	
爆破振动	BPZ	

## 附录 B 基准点、监测点的埋设

**B.0.1** 深埋钢管水准基准点标石的埋设（图 B.0.1），应符合下列规定：

1 保护井壁宜采用砖砌，井壁厚度宜为 240mm，井底垫圈宽度宜为 370mm，井深宜为 1000mm；井盖宜采用钢质材料，井盖直径宜为 800mm；井口标高宜与地面标高相同；

2 基准点应分为内管和外管，且外管直径宜为 75mm，内管直径宜为 30mm，基准点顶部距离井盖顶宜为 300mm，井底垫圈面距基准点顶部高度宜为 700mm；

3 基准点宜采用钻机钻孔的方式埋设，基准点底部埋设深度应至相对稳定的土层，钻孔底封堵厚度宜为 360mm，基点底靴厚度宜为 1000mm。

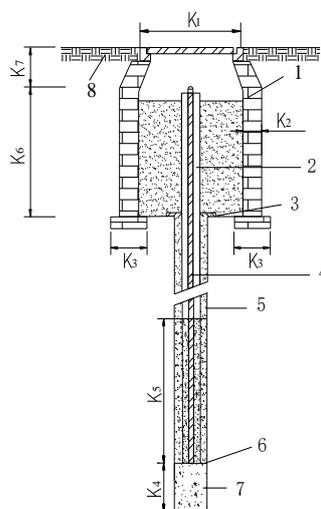


图 B.0.1 深埋钢管水准基准点标石

1—保护井；2—外管；3—外管悬空卡子；4—内管；  
5—钻孔（内填）；6—基点底靴；7—钻孔底；8—地面；  
K<sub>1</sub>—井盖直径；K<sub>2</sub>—井壁厚度；K<sub>3</sub>—井底垫圈宽度；K<sub>4</sub>—钻孔底封堵厚度；K<sub>5</sub>—基点底靴厚度；K<sub>6</sub>—井底垫圈面距基准点顶部高度；K<sub>7</sub>—基准点顶部距井盖顶高度

**B.0.2** 平面基准点标石的埋设（图 B.0.2），应符合下列规定：

1 保护井壁宜采用钢质材料，井壁厚度宜为 10mm，井底垫圈宽度宜为 50mm，井深宜为 200mm~300mm；井盖宜采用钢质材料，井盖直径宜为 200mm，井口标高宜与地面标高相同；

2 平面基准点标志宜采用加工成“L”型的不锈钢标志置入混凝土基石中，不锈钢直径宜为 25mm，顶部可刻划成“十”字或镶嵌直径 1mm 的铜芯；混凝土基石上部直径宜为 100mm，下部直径宜为 300mm，基准点顶部距离井盖顶宜为 50mm；

3 平面基准点可采用人工开挖或钻机钻孔的方式埋设，基准点底部埋设深度应至相对稳定的土层。

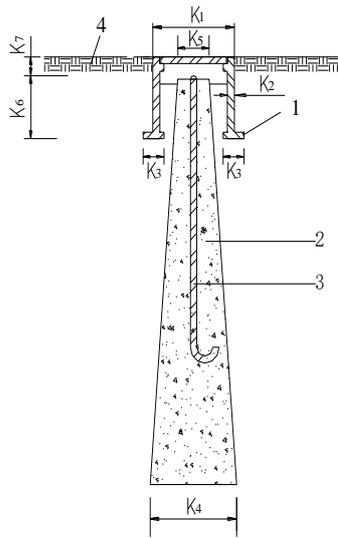


图 B.0.2 平面基准点标石

1—保护井；2—混凝土底座；3—钢标志点；4—地面；  
 $K_1$ —井盖直径； $K_2$ —井壁厚度； $K_3$ —井底垫圈宽度； $K_4$ —混凝土基石底直径；  
 $K_5$ —混凝土基石顶直径； $K_6$ —井底垫圈面距监测点顶部高度；  
 $K_7$ —基准点顶部距井盖顶高度

**B.0.3 支护桩（墙）、边坡顶部水平位移监测点的埋设**（图 B.0.3-1、图 B.0.3-2），应符合下列要求：

1 支护结构顶部水平位移监测点宜采用在基坑冠梁上设置强制队中的观测标志的形式，双测装置宜采用连接杆件与冠梁上埋设的固定螺栓连接，连接杆件尺寸与固定螺栓规格可根据采用的测量装置尺寸要求加工；

2 基坑边坡顶部水平位移监测点宜采用混凝土标石，用于观测标志的不锈钢直径宜为 18mm~22mm，长度宜为 200mm~400mm；混凝土标石上部直径宜为 100mm，下部直径宜为 200mm，底部埋置深度宜为 300mm~500mm，顶部宜根据现场情况采取有效的保护措施。

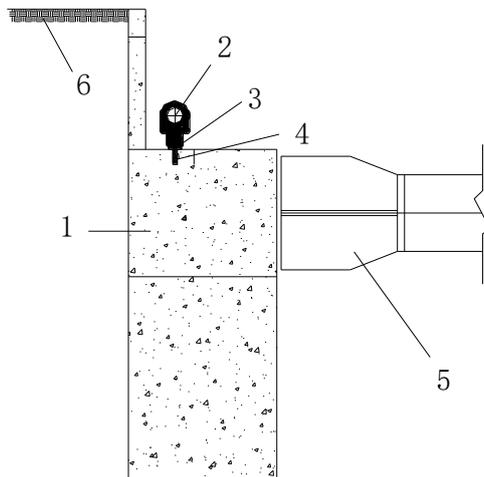


图 B.0.3-1 支护结构顶部水平位移监测点

1—冠梁；2—测量标志；3—连接杆件；4—固定螺栓；5—支撑；6—地面

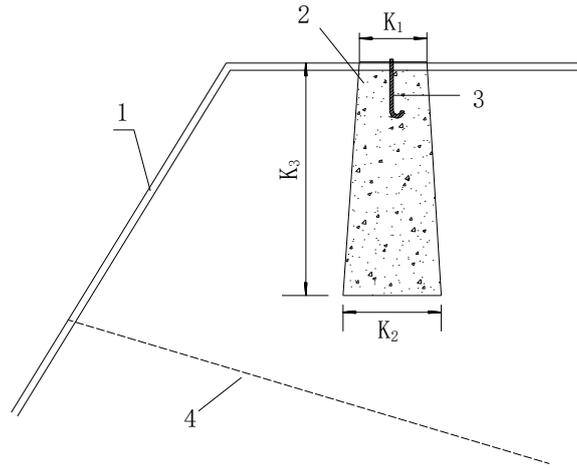


图 B.0.3-2 基坑边坡顶水平位移监测点

1-基坑边坡；2-混凝土标石；3-标志钢筋；4-锚杆或土钉；

K1-混凝土标石顶直径；K2-混凝土标石底直径；K3-混凝土基石底距硬化地面高度

**B.0.4 建（构）筑物竖向位移监测点的埋设（图 B.0.4），应符合下列规定：**

- 1 建（构）筑物竖向位移监测点埋设宜采用“L”形不锈钢标志，钢筋直径宜为 18mm~22mm，外露端顶部宜加工成球形；
- 2 标志宜用钻孔埋入的方式，周边空隙用锚固剂回填密实，标志点的高度宜位于地面以上 300mm；
- 3 不锈钢外露端顶部与建（构）筑物外表面的距离宜为 30mm~40mm，不锈钢埋入结构长度宜为墙体厚度的 1/3~1/2。

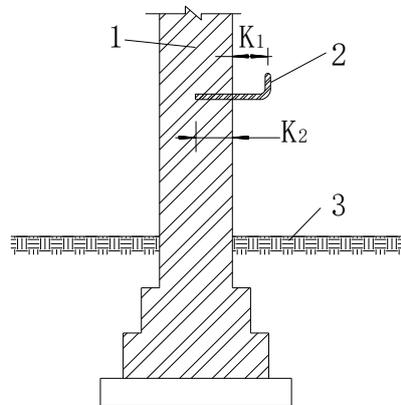


图 B.0.4 建（构）筑物竖向位移监测点

1-砖墙或钢筋混凝土结构；2-监测点；3-地面；

K1-监测点与建（构）筑物外表面距离；K2-监测点埋入结构深度

**B.0.5 地下管线监测点的埋设（图 B.0.5-1、图 B.0.5-2、图 B.0.5-3）应符合下列规定：**

- 1 应将扁铁制成稍大于管线直径的圆环，宜将测杆与管线连接成为整体，测杆伸至地面，道路地面处宜布置相应窨井；
- 2 应将硬塑料管（金属管）打设或埋设于所测管线顶面和地表之间，量测时宜将测杆放入埋管的固定位置，标尺可置于测杆顶端；
- 3 应在代表性管线的邻近打  $\phi 100\text{mm}$  的钻孔，孔深应至管底标高，取出浮土后宜用砂铺平孔底，可放入适当大小混凝土块，可将  $\phi 20\text{mm}$  的钢筋为测杆，周围可用净砂填实。

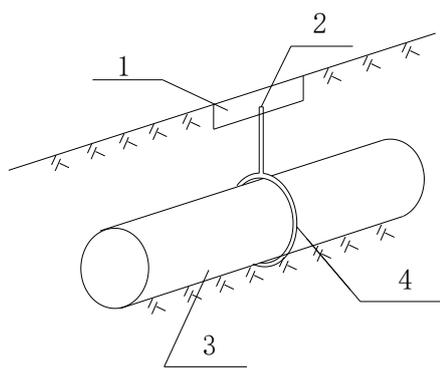


图 B.0.5-1 抱箍式直接监测点

1—窞井； 2—测杆；  
3—管线； 4—抱箍

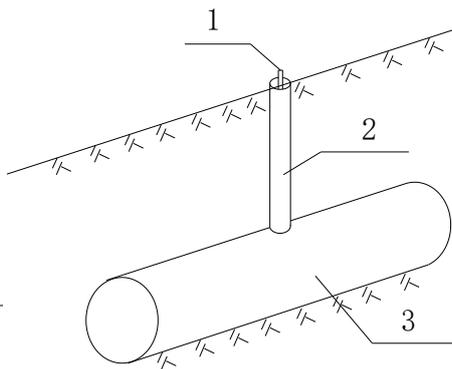


图 B.0.5-2 套筒式直接监测点

1—测杆； 2—硬管；  
3—管线

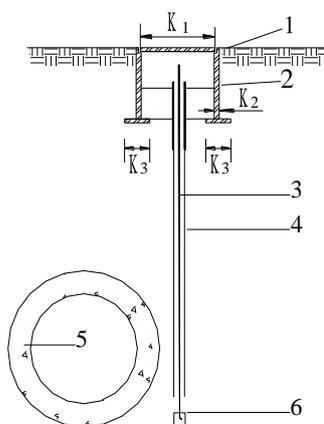


图 B.0.5-3 地下管线管侧土体监测点

1—地面； 2—保护井； 3—测杆； 4—保护管； 5—管线； 6—混凝土块；  
K1—保护井盖直径； K2—保护井井壁厚度； K3—井底垫圈宽度

**B.0.6** 高速公路、城市道路的路基竖向位移监测点的埋设（图 B.0.6），应符合下列规定：

1 高速公路、城市道路的路基竖向位移监测点宜采用钻孔方式埋设，钻孔深度应到原状土层，钻孔直径不宜小于 80mm，螺纹钢标志点直径宜为 18mm~22mm，底部将螺纹钢标志点用混凝土与周边原状土体固定，底端混凝土固结长度宜为 50mm，孔内用细沙回填；

2 路基竖向位移监测点的保护井壁宜采用钢质材料，井壁厚度宜为 10mm，井底垫圈宽度宜为 50mm，井深宜为 200mm~300mm；井盖宜采用钢质材料，井盖直径宜为 150mm，井口标高宜与道路地表标高相同；

3 井底垫圈面距监测点顶部高度不宜小于井深长度的 1/2，且不宜小于预计的路基最大沉降量。

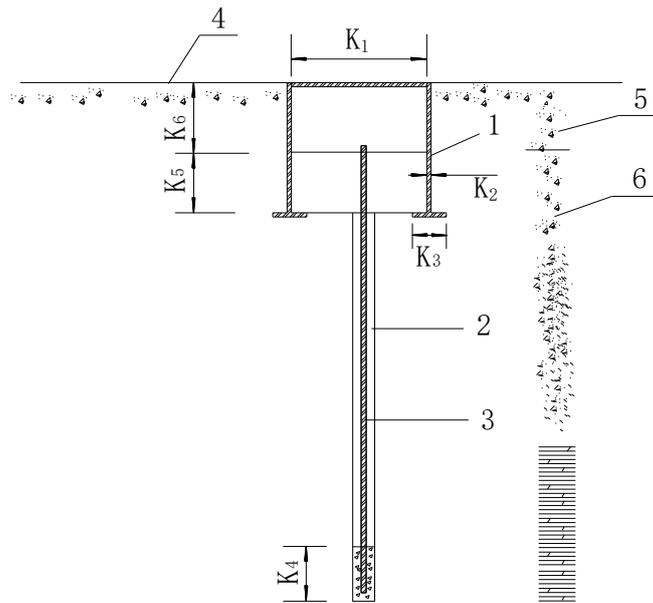


图 B.0.6 路基竖向位移监测点

1—保护井；2—钻孔回填细沙；3—螺纹钢标志；  
 4—路面；5—面层；6—基层；7—垫层；8—原状土；  
 K1—保护井盖直径；K2—保护井井壁厚度；K3—井底垫圈宽度；  
 K4—底端混凝土固结长度；K5—井底垫圈面距监测点顶部高度；  
 K6—监测点顶部距井盖顶高度

**B.0.7** 支护桩（墙）体水平位移监测点的埋设（图 B.0.7），应符合下列要求：

1 支护桩（墙）体水平位移监测点宜采用埋设测斜管的形式，测斜管内径宜为 59mm，外径宜为 71mm，埋置深度应至桩（墙）底部，测斜管管口部位宜采用钢套管保护，管底应进行封堵；

2 测斜管宜在钢筋笼吊装前采用分段连接绑扎形式，宜每 1m 绑扎一次。埋设时应保证测斜管的一对导槽垂直于基坑边线。

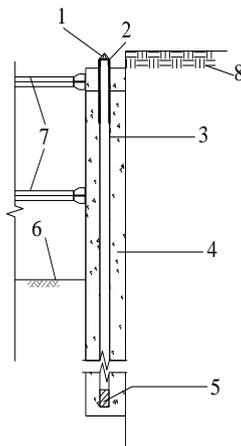


图 B.0.7 支护桩（墙）体水平位移监测点

1—测斜管保护盖；2—钢套管；3—测斜管；  
 4—支护桩（墙）体；5—测斜管底封堵端；6—基坑底部；7—支撑；8—地面

**B.0.8** 土体分层竖向位移监测点的埋设（图 B.0.8），应符合下列规定：

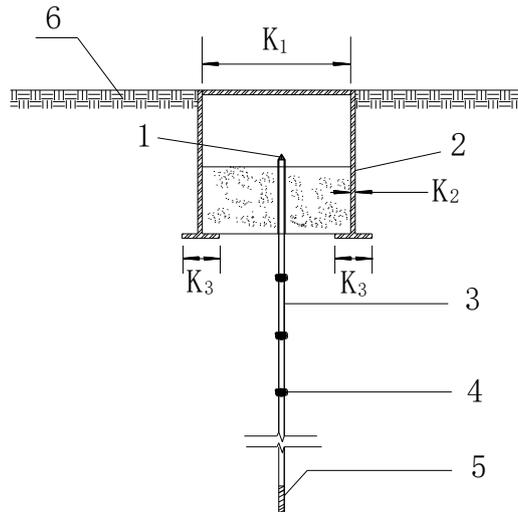


图 B.0.8 土体分层竖向位移监测点

1—分层沉降管保护盖；2—保护井；3—分层沉降管；

4—磁环；5—分层沉降管底封堵端；6—地表；

K1—保护井盖直径；K2—保护井井壁厚度；K3—井底垫圈宽度

**1** 土体分层竖向位移监测点宜采用埋设分层沉降管、管外套磁环的形式，分层沉降管内径宜为 59mm，外径宜为 71mm，埋置深度应符合监测设计的要求；分层沉降管口部分宜采用刚套管保护，管底应进行封堵；

**2** 保护井壁宜采用钢质材料，井壁厚度宜为 10mm，井底垫圈宽度宜为 50mm，井深宜为 200mm~300mm；井盖宜采用钢质材料，井盖直径宜为 150mm，井口标高宜与地面标高相同

## 附录 C 现场巡查报表

C.0.1 明挖法和盖挖法基坑现场巡查报表可按表 C.0.1 执行。

**表 C.0.1 明挖法和盖挖法基坑现场巡查报表**

监测工程名称：

报表编号：

巡查时间： 年 月 日 时

天气：

分类	巡查内容	巡查结果	备注
施工 工况	1 开挖长度、分层高度及坡度，开挖面暴露时间		
	2 开挖面岩土体的类型、特征、自稳性，渗漏水量大小及发展情况		
	3 降水、回灌等地下水控制效果及设施运转情况		
	4 基坑侧壁及周边地表截、排水措施及效果，坑边或基底有无积水		
	5 支护桩（墙）后土体有无裂缝、明显沉降，基坑侧壁或基底有无涌土、流砂、管涌		
	6 基坑周边有无超载		
	7 放坡开挖的基坑边坡有无位移、坡面有无开裂		
	8 其他		
支护 结构	1 支护桩（墙）有无裂缝、侵限情况		
	2 冠梁、围檩的连续性，围檩与桩（墙）之间的密贴性，围檩与支撑的防坠落措施		
	3 冠梁、围檩、支撑有无过大变形或裂缝		
	4 支撑是否及时架设		
	5 盖挖法顶板有无明显变形和开裂，顶板与立柱、墙体的连接情况		
	6 锚杆、土钉垫板有无明显变形、松动		
	7 止水帷幕有无开裂、较严重渗漏水		
	8 其他		
周边 环境	1 建（构）筑物、桥梁墩台或梁体、既有轨道交通结构等的裂缝位置、数量和宽度，混凝土剥落位置、大小和数量，设施能否正常使用		
	2 地下构筑物积水及渗水情况，地下管线的漏水、漏气情况		
	3 周边路面或地表的裂缝、沉降、隆起、冒浆的位置、范围等情况		
	4 河流湖泊的水位变化情况，水面有无出现漩涡、气泡及其位置、范围，堤坡裂缝宽度、深度、数量及发展趋势等		
	5 工程周边开挖、堆载、打桩等可能影响工程安全的其他生产活动		
	6 其他		
监测 设施	1 基准点、监测点的完好状况、保护情况		
	2 监测元器件的完好状况、保护情况		
	3 其他		

现场巡查人：

监测项目负责人：

监测单位：

第 页 共 页

C.0.2 盾构法隧道现场巡查报表可按表 C.0.2 执行。

表 C.0.2 盾构法隧道现场巡查报表

监测工程名称：

报表编号：

巡查时间： 年 月 日 时

天气：

分类	巡查内容	巡查结果	备注
施工 工况	1 盾构始发端、接收端土体加固情况		
	2 盾构掘进位置（环号）		
	3 盾构停机、开仓等的时间和位置		
	4 联络通道开洞口情况		
	5 其他		
管片 变形	1 管片破损、开裂、错台情况		
	2 管片渗漏水情况		
	3 其他		
周边 环境	1 建（构）筑物、桥梁墩台或梁体、既有轨道交通结构等的裂缝位置、数量和宽度，混凝土剥落位置、大小和数量，设施能否正常使用		
	2 地下构筑物积水及渗水情况，地下管线的漏水、漏气情况		
	3 周边路面或地表的裂缝、沉陷、隆起、冒浆的位置、范围等情况		
	4 河流湖泊的水位变化情况，水面有无出现漩涡、气泡及其位置、范围，堤坡裂缝宽度、深度、数量及发展趋势等		
	5 工程周边开挖、堆载、打桩等可能影响工程安全的其他生产活动		
	6 其他		
监测 设施	1 基准点、监测点的完好状况、保护情况		
	2 监测元器件的完好状况、保护情况		
	3 其他		

现场巡查人：

监测项目负责人：

监测单位：

第 页 共 页

C.0.3 矿山法隧道现场巡查报表可按表 C.0.3 执行。

表 C.0.3 矿山法隧道现场巡查报表

监测工程名称：

报表编号：

巡查时间： 年 月 日 时

天气：

分类	巡查内容	巡查结果	备注
施工 工况	1 开挖步序、步长、核心土尺寸等情况		
	2 开挖面岩土体的类型、特征、自稳性，地下水渗漏及发展情况		
	3 开挖面岩土体有无坍塌及坍塌的位置、规模		
	4 降水或止水等地下水控制效果及降水设施运转情况		
	5 其他		
支护 结构	1 超前支护施作情况及效果、钢拱架架设、挂网及喷射混凝土的及时性、连接板的连接及锁脚锚杆的打设情况		
	2 初期支护结构渗漏水情况		
	3 初期支护结构开裂、剥离、掉块情况		
	4 临时支撑结构有无明显变位		
	5 二衬结构施作时临时支撑结构分段拆除情况		
	6 初期支护结构背后回填注浆的及时性		
	7 其他		
周边 环境	1 建（构）筑物、桥梁墩台或梁体、既有轨道交通结构等的裂缝位置、数量和宽度，混凝土剥落位置、大小和数量，设施能否正常使用		
	2 地下构筑物积水及渗水情况，地下管线的漏水、漏气情况		
	3 周边路面或地表的裂缝、沉陷、隆起、冒浆的位置、范围等情况		
	4 河流湖泊的水位变化情况，水面有无出现漩涡、气泡及其位置、范围，堤坡裂缝宽度、深度、数量及发展趋势等		
	5 工程周边开挖、堆载、打桩等可能影响工程安全的其他生产活动		
	6 其他		
监测 设施	1 基准点、监测点的完好状况、保护情况		
	2 监测元器件的完好状况、保护情况		
	3 其他		

现场巡查人：

监测项目负责人：

监测单位：

第 页 共 页



D.0.2 深层水平位移监测日报表可按表 D.0.2 执行。

表 D.0.2 深层水平位移监测日报表

监测工程名称:

报表编号:

天气:

本次监测时间: 年 月 日 时

上次监测时间: 年 月 日 时

仪器型号:		仪器出厂编号:			检定日期:			监测深度-位移量变化曲线图:
监测孔号	深度 (m)	上次累计变化量 (mm)	本次累计变化量 (mm)	本次变化量 (mm)	变化速率 (mm/d)	控制值		
						累计变化值 (mm)	变化速率值 (mm/d)	
施工工况:								
监测结论及建议:								

现场监测人:  
监测项目负责人:

计算人:

校核人:  
监测单位:

第 页 共 页













## 附录 E 监测预警

**E.0.1** 监测预警条件可按照表 E.0.1 执行。

**表 E.0.1 监测预警条件**

序号	预警等级	预警状态描述
1	黄色	变形监测的绝对值和速率值双控指标均达到控制值的 70%；或双控指标之一达到控制值的 80%
2	橙色	变形监测的绝对值和速率值双控指标均达到控制值的 80%；或双控指标之一达到控制值
3	红色	变形监测的绝对值和速率值双控指标均达到控制值

**E.0.2** 巡查预警分级可按照表 E.0.2 执行。

**表 E.0.2 巡查预警分级**

预警等级	巡查黄色预警	巡查橙色预警	巡查红色预警
隐患、征兆	一般隐患多或对存在的隐患不整改和整改不及时，如采用检查评分表进行检查评分时得分不合格	严重隐患或事故早期征兆，如基坑、暗挖隧道超挖严重、支护（撑）不及时（格栅间距超过设计值的30%，基坑超过三根支撑未加设）或附件所列事故早期征兆	重大隐患或事故中晚期征兆，如现场出现严重违反设计、规范要求的施工作业或附件所列事故中晚期征兆

**E.0.3** 巡查预警条件可按照表 E.0.3 执行。

**表 E.0.3 巡查预警条件**

事故类别	早期征兆	中期征兆	晚期（临发）征兆
基坑（槽）坍塌和其他坍方	(1) 坑槽边壁（坡）或洞室顶、壁轻度渗水、涌沙、落渣； (2) 出现剥离层裂纹和小块剥离； (3) 位移—时间长时间没有变缓的趋势，监测值超过控制值后仍不断增大	(1) 渗水、涌沙、落渣情况加剧； (2) 剥离层裂纹扩展、加大； (3) 底部（或其他部位）土（石）层开始大块剥离； (4) 深度裂纹（缝）向上（或向下）扩展； (5) 位移等量测值反常急剧变化	(1) 坑槽底部土（石）块大面积剥离，上部土（石）体裂纹急剧扩展到地面上； (2) 由局部开始的坍方连续不断，迅速扩展
脚手架局部垮架	(1) 脚手架局部的平（横）杆和脚手板出现显著的弯曲变形和损伤； (2) 局部连接件出现裂纹或松动下滑	(1) 早期出现的变形和损伤继续发展； (2) 连接件裂纹扩展或严重下滑； (3) 连接点开始变形。	(1) 脚手板、平（横）杆出现折断或滑脱； (2) 局部构架结构出现严重变形； (3) 可能会有异常响声出现
脚手架垂直坍塌	下部和长度达的立杆开始出现侧向拱曲变形	(1) 成片立杆自下至上出现明显的多波拱曲变形； (2) 节点和连接件出现破坏迹象	开始出现节点和连接件破坏的异常响声

续表 E.0.3

事故类别	早期征兆	中期征兆	晚期（临发）征兆
支撑架跨塌和坍（倒）塌	直接承受模板和设备荷载的受弯与受压杆件开始出现明显变形	(1) 变形迅速扩大； (2) 立杆根部位移； (3) 节点开始出现破坏迹象	(1) 部分杆件开始折断掉落； (2) 支撑结构出现严重变形或失稳迹象
建筑物倒塌	基础和主要承重结构（及构件）出现明显的沉降、开裂或倾斜变形	(1) 变形、裂缝和倾斜加速扩展； (2) 基础错动； (3) 部分构件或结构开始出现破坏迹象	建筑物出现倒塌前的晃动、严重倾斜和发出开始破坏产生的异常声响
机械设备倾翻	(1) 一侧开始出现明显沉降，另一侧开始上抬； (2) 一侧缆绳、锚固设施开始松动	(1) 机械设备明显出现倾斜； (2) 缆锚点出现被拉出或破坏迹象	机械设备严重倾斜，伴有锚拉点开始破坏时的早期声响
火灾事故	(1) 绝缘皮线过热、发软、变色； (2) 保险丝熔断； (3) 初期引（暗）燃产生的焦糊味； (4) 电、气焊火花（星）落在易燃物上	(1) 开始出现明显的烟雾； (2) 开始燃烧的焦糊味变浓； (3) 已有开始燃烧的声音	(1) 明火初期； (2) 烟雾和焦糊味浓烈； (3) 燃烧的声音加剧

E.0.4 综合预警条件可按照表 E.0.4 执行。

表 E.0.4 综合预警条件

预警级别	判定条件	参考条件	
	风险状况评价	监测预警	巡查预警
黄色	存在风险隐患	黄色、橙色或红色	黄色
橙色	存在风险隐患，且出现危险征兆	橙色或红色	橙色
红色	风险不可控或出现严重危险征兆	红色	红色

注：1 综合预警的判定应以风险状况评价为主，同时参考监测预警、巡查预警；

2 监测数据缺失或无巡查预警的情况下，但工程出现危险征兆也应发布综合预警。其预警等级由发布单位依据风险状况及专业经验直接判定。

**E.0.5** 监测/巡查预警单可按照表 E.0.5 执行。

**表 E.0.5 监测/巡查预警单**

工程名称：

编号		发单时间		预警级别	
预警类别					
附件					
主送		抄送			
预警内容：					
施工工况：					
监测数据分析：					
施工建议：					
编制人		审核人			
签收单位		签收人			

注：本表为纸质版监测/巡查预警单，由监测单位填报，需经项目技术负责人审核后向建设单位、监理单位各提交一份。

E.0.6 综合预警单可按照表 E.0.6 执行。

表 E.0.6 综合预警单

工程名称:

编号		发单时间		预警级别	
监理单位			设计单位		
第三方监测单位			施工监测单位		
主送			抄送		
附件	现场照片				
施工工况:					
预警情况:					
原因分析:					
综合预警判断:					
施工建议:					
编制人			审核人		
签收单位			签收人		

注: 1 本表为纸质版综合预警单, 由监理单位填报, 需经项目总监审核后向建设单位提交一份;

2 施工工况栏除应说明当前施工进度外, 尚应说明预警位置敏感周边环境(建(构)筑物、管线等)的风险状况; 预警情况栏应将施工监测、第三方监测的情况分别进行说明; 施工建议中应明确是否召开专家会、是否停工并提出处理措施的建议。

E.0.7 消警申请表可按照表 E.0.7 执行。

表 E.0.7 消警申请表

工程名称:

消警编号		预警编号		消警时间	
消警类别					
预警响应及处理情况:					
监测数据稳定性分析:					
现场巡查状况及安全评价:					
施工单位		监理单位		第三方监测单位	
结论:		结论:		结论:	
项目负责人: _____		专业/总监理工程师: _____		监测负责人: _____	
日 期: _____		日 期: _____		日 期: _____	
设计单位		咨询单位		建设单位	
结论:		结论:		结论:	
项目负责人: _____		项目负责人: _____		业 主: _____	
日 期: _____		日 期: _____		日 期: _____	

注: 1 本表为纸质版监测/巡查预警单, 由施工单位填报, 需经项目技术负责人审核;

2 监测、巡查预警消警: 由施工单位填写消警申请表, 经监理单位和第三方监测单位审批后进行消警, 并抄报建设单位;

3 综合预警消警: 由施工单位提交消警申请表, 由监理单位、第三方监测单位、设计单位、咨询单位初审, 建设单位相关部门负责人审核, 报建设单位分管领导审批后进行消警。

## 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，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 本标准条文中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《爆破安全规程》GB 6722
- 2 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 3 《工程测量标准》GB 50026
- 4 《地铁设计规范》GB 50157
- 5 《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497
- 6 《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911
- 7 《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897
- 8 《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308
- 9 《建筑变形测量规范》JGJ 8
- 10 《城市桥梁养护技术规范》CJJ 99
- 11 《公路水泥混凝土路面养护技术规范》JTJ 073.1
- 12 《公路沥青路面养护技术规范》JTJ 073.2
- 13 《铁路轨道工程施工质量验收标准》TB 10413
- 14 《基坑工程自动化监测技术规范》DBJ/T 15 -185
- 15 《高大模板支撑系统实时安全监测技术规范》DBJ/T 15-197

深圳市工程建设地方标准

城市轨道交通工程监测技术标准

**SJG 135 - 2023**

条文说明

# 目 次

1	总则	77
2	术语和符号	78
2.1	术语	78
2.2	符号	78
3	基本规定	79
3.1	一般规定	79
3.2	工程影响分区及监测范围	79
3.3	工程监测等级划分	80
7	特殊地质风险监测	81
7.1	一般规定	81
7.2	岩溶区地质风险监测	82
7.3	软土地质风险监测	83
8	监测方法及技术要求	84
8.15	坑底回弹监测	84
8.16	三维激光扫描	84
9	自动化监测方法及技术要求	85
9.1	一般规定	85
9.2	水平位移监测	85
9.3	竖向位移监测	86
9.4	深层水平位移监测	86
9.8	裂缝监测	86
9.10	比对测量	86
10	既有线路结构及轨道变形监测	87
10.1	一般规定	87
10.2	线路结构变形监测	87
11	监测频率	88
11.2	监测频率要求	88
12	监测项目控制值和预警标准	89
12.1	一般规定	89
13	监测成果与信息反馈	90

# 1 总 则

**1.0.1** 城市轨道交通工程建筑类型多，通常有地下工程、高架工程和地面线路工程，其中地下工程一般埋深多在二三十米以内，而在此深度范围内大多为第四纪冲洪积、淤积层，或为全、强风化的地层，地层多松散无胶结，地下水和地表水、大气降水直接联系，工程地质条件和水文地质条件复杂。同时，城市轨道交通线路基本处于环境复杂、人口密集的城区，周边高楼林立，地下管网密集，城市桥梁、道路、既有铁路等纵横交错，沿线交通流量大，工程周边环境条件复杂。复杂的地质条件和环境条件给城市轨道交通工程设计、施工带来诸多难题。

深圳市城市轨道交通工程具有建设规模大、建设周期长、地质条件和环境条件复杂、工程风险高等特点，缺少适合地方特点的工程监测技术标准加以指导，使得安全事故时有发生。

为保证工程施工安全、周边环境稳定及线路结构自身安全，工程监测尤为重要。随着城市轨道交通的快速发展，工程监测技术也取得了长足的进步。本标准从轨道交通工程安全风险控制的角度出发，总结已有监测经验和监测技术手段，以有效降低轨道交通工程施工的安全风险，减少施工对周边环境的影响，避免线路结构过大变形影响线路运营安全为目标，从而保障人民群众的生命财产安全，以利于社会稳定和节省投资。

**1.0.2** 城市轨道交通工程的监测工作包括为确保施工和周边环境安全的施工监测，以及确保线路正常使用和运营安全的线路结构变形长期监测。在施工过程中，地下工程施工安全监测尤为重要。本标准主要针对深圳市城市轨道交通地下工程土建施工中的监测工作进行了详细的规定。

在土建施工、设备安装与调试及线路不载客试运行和运营阶段中，线路结构受地质条件、周边工程建设或环境荷载的影响会出现持续、缓慢的变形，当变形量达到一定程度时会影响到线路结构或运营安全，因此，本标准对城市轨道交通线路结构的变形监测工作也进行了详细的规定。

**1.0.3** 城市轨道交通工程大多是在地面建筑设施密集、交通繁忙、地质条件复杂的城市中施工，不同的设计方案和施工方法引起的岩土体力学响应在时间和空间上的规律也不尽相同，监测方案的编制应综合考虑这些因素。监测成果是判断支护结构的安全及周边环境的稳定状态、预测地层变形及发展趋势、控制施工对环境影响程度以及分析线路结构健康状态的重要依据，因此，监测过程中，应严格执行监测方案，及时提供真实、有效的监测成果。

**1.0.5** 城市轨道交通工程需要遵守的标准有很多，本标准只是其中之一；另外有关国家现行标准中对城市轨道交通工程监测也有一些相关规定，因此本条规定除遵守本标准外，城市轨道交通工程监测尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

本术语中主要列入了与城市轨道交通工程监测技术相关的术语。

### 2.2 符 号

城市轨道交通工程监测涉及的内容和专业较多,相同符号在不同专业中有不同的意义。因此,本标准保留通用性较强的符号和对应意义。其他专业中采用相同符号时,为表示区别,符号增加了脚注字母。

### 3 基本规定

#### 3.1 一般规定

3.1.1 本条规定是对城市轨道交通工程在施工阶段开展监测工作进行了要求。

#### 3.2 工程影响分区及监测范围

3.2.2 基坑工程影响分区根据目前工程经验和相关研究成果，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，划分标准依据基坑设计深度。主要影响区、次要影响区和一般影响区以  $1.0H$  和  $(2.0\sim 3.0)H$  作为分界点，影响区分别用符号 I、II 和 III 表示，具体划分可参考图 1。

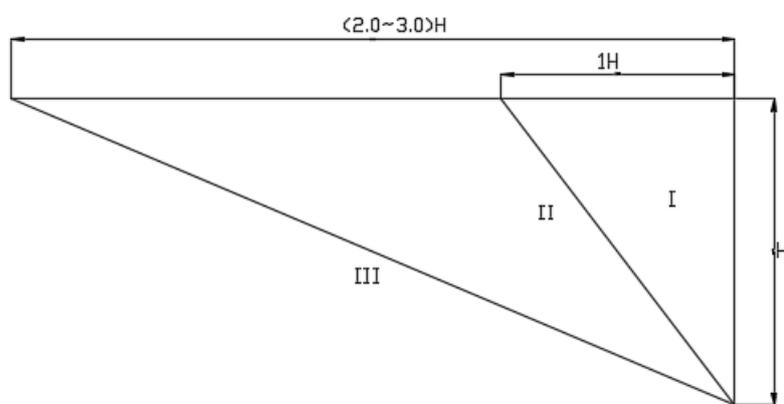


图 1 基坑工程影响分区

H-基坑设计深度

深圳地区，基岩微风化、中等风化岩层较为稳定，工程影响分区主要考虑覆盖土层和基岩全风化、强风化层的影响，H 可按土层和基岩全风化、强风化层厚度之和进行取值计算，综合确定工程影响分区。

3.2.3 隧道工程影响分区没有相关规范、规程的规定，近年来相关研究取得了一些成果，根据研究结论，结合城市轨道交通隧道工程的特点，采用应用范围较广的隧道地表沉降曲线 Peck 计算公式预测的方式，划分隧道工程的不同影响区域。

隧道地表沉降曲线 Peck 公式表示如下：

$$S(x) = S_{\max} \cdot \exp\left(-\frac{x^2}{2 \cdot i^2}\right) \quad (1)$$

$$S_{\max} = \frac{V_s}{\sqrt{2\pi} \cdot i} \approx \frac{V_s}{2.5 \cdot i} \quad (2)$$

$$i = \frac{z_0}{\sqrt{2\pi} \cdot \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)} \quad (3)$$

式中：

$S$  ——距离隧道中线为  $x$  处的地表沉降量 (mm) ;

(x)

$S_{\max}$  ——隧道中线上方的地表沉降量 (mm) ;

$x$  ——距离隧道中线的距离 (m) ;

$i$  ——沉降槽的宽度系数 (m) ;

$V_s$  ——沉降槽面积 (m<sup>2</sup>) ;

$z_0$  ——隧道埋深 (m) 。

确定沉降曲线参数时, 要考虑深圳地区的工程经验。参照《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 条文说明中, 深圳地区样本显示沉降槽宽度参数的初步建议值取 0.6~0.8。

### 3.3 工程监测等级划分

**3.3.2** 工程自身风险是指工程自身设计、施工的复杂程度带来的风险。本标准根据城市轨道交通工程特点, 结合相关规范中关于工程安全等级的划分标准, 对城市轨道交通基坑、隧道工程自身风险等级进行了划分。应特别注意的是本标准基坑、隧道工程自身风险等级的划分不考虑周边环境 and 地质条件, 与其他规范中的工程安全等级的划分有一定的区别。

#### 1 基坑工程自身风险等级

基坑工程自身风险等级划分的方法较多, 尚无统一的标准。国家现行标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202、《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 等划分了基坑工程安全等级, 各规范、规程划分的依据或指标主要包括以下几个方面: ①基坑设计深度; ②周边环境对象特点、分布和保护要求; ③工程地质条件; ④重要工程或支护结构与主体结构相互关系, 支护结构破坏、土体失稳或过大变形的后果(工程自身和周边环境)等。

根据专题研究, 本标准以现行行业标准《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120 为依据, 结合城市轨道交通基坑工程特点, 采用支护结构发生变形或破坏、岩土体失稳等的可能性及后果的严重程度, 或基坑设计深度对基坑工程自身风险等级进行划分。

现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202 以 7m、10m 为基坑等级划分标准, 《建筑地基基础设计规范》GB 50007 以 5m、15m 为基坑等级划分标准。由于城市轨道交通基坑工程设计深度一般较大, 以上所述深度划分标准进行城市轨道交通基坑工程自身风险等级的划分难以反映工程的特点。本标准选用设计深度 10m、20m 为等级划分标准, 以合理确定城市轨道交通基坑工程的自身风险等级。

#### 2 隧道工程自身风险等级

隧道工程自身风险等级的划分依据与标准目前研究成果不多, 本标准采用隧道埋深和断面尺寸对隧道工程自身风险等级进行划分。

隧道断面尺寸划分标准是依据现行行业标准《铁路隧道施工规范》TB 10204 中的规定, 超大断面隧道断面尺寸为大于 100m<sup>2</sup>, 大断面隧道断面尺寸为 50m<sup>2</sup>~100m<sup>2</sup>, 一般断面隧道断面尺寸为 10m<sup>2</sup>~50m<sup>2</sup>。

王梦恕院士编著的《地下工程浅埋暗挖技术通论》中指出, 超浅埋隧道是指拱顶覆土厚度( $H_s$ )与结构跨度( $D$ )之比(覆跨比)  $H_s/D \leq 0.6$  的隧道; 浅埋隧道是指  $0.6 < H_s/D \leq 1.5$  的隧道; 深埋隧道是指  $H_s/D > 1.5$  的隧道。

根据深圳城市轨道交通隧道工程特点, 本标准将隧道埋深分类分为超浅埋、浅埋和深埋三类, 主要依据王梦恕院士的研究成果。

## 7 特殊地质风险监测

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 深圳地处东南沿海低山丘陵地区，地形起伏较大，地质构造复杂，东部的龙岗区、坪山区和大鹏新区分布有可溶岩，西部的宝安区、南山区局部有软土分布。岩溶塌陷地质灾害偶有发生，软土区域存在发生地面沉降的可能。

随着深圳城市化不断深入，房屋建筑、交通、水利工程等各类建设活动不断推进，不适当的依山开挖、地下工程施工、填海造地等活动，对地质环境脆弱区的影响和作用进一步增强，可能导致山体崩塌、滑坡、岩溶塌陷等地质灾害隐患增多。龙岗区、坪山区和大鹏新区岩溶分布区可能发生岩溶塌陷地质灾害，宝安区、南山区局部软土分布区存在发生地面沉降的可能。

本章所述的特殊地质风险是指深圳地区比较常见的特殊地层，即岩溶地质和软土地质，均属于不良地质。当城市轨道交通工程在具有特殊地质风险地层建设时，一般先进行治理，并在施工过程中开展专项监测。考虑到城市轨道交通工程施工对周边环境会带来较大的扰动，本章主要考虑周边环境风险监测，对城市轨道交通工程围护结构和支护结构的监测可以参照其它相关章节。本章所述特殊地质风险监测为施工期间的监测要求，运营期的监测要求不做陈述。

**7.1.2** 岩溶区和软土区的地质特性均属于不良地质作用强烈发育；特殊性岩土需要专门处理；地基、围岩和边坡的岩土性质较差；地下水对工程的影响较大需要进行专门研究和治理的范畴，根据《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 的规定，特殊地质的地质条件复杂程度为复杂。城市轨道交通工程基坑多为深基坑，隧道埋深也较深，除去自身的施工风险，当基坑或隧道位于特殊地层时，也会产生较大的施工风险，因此工程监测需编制专项监测方案。

**7.1.3** 工程监测本身除了反映主体结构的变形情况外，主要是监测对周边环境的扰动破坏程度。因此作业前应对周边环境进行详细调查，对重要的、易发生沉降、易破坏的建（构）筑物应重点监测。

**7.1.5** 事件的发生和发展总有量变到质变的过程，在此过程中，总伴随着特有的现象出现。专项的目的就是通过对工程自身和周边环境的安全状况的观察、记录、分析、判断等来对其安全性进行评价，结合监测数据及相关信息，综合判断工程自身和周边环境的安全性，确保工程和周边环境的安全。

**7.1.7** 专项巡查的意义如下：

1 掌握周边环境、支护结构体系和围岩的动态，较全面地掌握各工点的施工安全控制程度（施工过程中存在物的不安全状态、人的不安全行为等），为建设管理单位对轨道交通工程建设风险管理提供支持。

2 坚持现场安全巡视日常化，最大程度避免人员伤亡和环境损害，降低工程经济和工期损失，为工程建设提供安全保障服务。

3 作为现场安全监测的有益补充，及时发现事故前兆，对现象做出定性结论。

因此，对于特殊地层风险监测而言，专项巡查工作与仪器监测同等重要，且相辅相成，绝对不容忽视。

专项巡查内容主要包括工程自身巡查和周边环境巡查两部分内容。

#### 1 工程自身

1) 挖面地质状况：岩（土）层性质及稳定性、地下水控制效果和其它情况；

2) 降水工程：降水效果及状态；

3) 支护结构体系：冠梁变形，桩体（边坡）施工质量，桩加内撑，桩间土稳定及渗漏

水情况，支护体系施作及时性、支护体系开裂、变形变化、支护体系施工质量缺陷、超载与超挖和其他情况；

- 4) 基坑周边环境：坑边超载、地表积水及截排水措施和其他情况；
- 5) 施工工艺：开挖坡度、开挖面暴露时间、施工工序、基坑超挖及其它情况。

## 2 周边环境

- 1) 建（构）筑物：①建（构）筑物开裂、剥落，包括裂缝宽度、深度、数量、走向、剥落体大小、发生位置、发展趋势等。②地下室渗水。包括渗水量、发生位置、发展趋势等；
- 2) 桥梁：墩台或梁体开裂、剥落情况，包括裂缝宽度、深度、数量、走向、剥落体大小、发生位置、发展趋势等；
- 3) 道路（路面）：①地面开裂，包括裂缝宽度、深度、数量、走向、发生位置、发展趋势等。②地面沉陷、隆起，包括沉陷深度、隆起高度、面积、位置、距墩台的距离、距基坑（或隧道）的距离、发展趋势等。③地面冒浆/泡沫，包括出现范围、冒浆/泡沫量、种类、发生位置、发展趋势等；
- 4) 地下管线：①管体或接口破损、渗漏，包括位置、管线材质、尺寸、类型、破损程度、渗漏情况、发展趋势等。②检查井等附属设计的开裂及进水，包括裂缝宽度、深度、数量、走向、位置、发展趋势、井内水量等；
- 5) 周边邻近施工情况：在施工程项目规模、结构、位置、进度、与轨道交通水平距离、垂直距离等。

## 7.2 岩溶区地质风险监测

**7.2.1** 根据区域地质资料，深圳市的岩溶地质主要分布在龙岗区、坪山区、大鹏新区等地，且以龙岗地区发育最为强烈，属于岩溶塌陷多发区。深圳地区可溶岩的岩性主要为灰岩、大理岩，在长期的岩溶地质作用下，成为隐伏岩溶发育区，即覆盖型岩溶发育区。

地下岩溶形态极为复杂，一般可分为两种，一种被第四系覆盖的可溶岩表面岩溶形态，如溶沟、溶蚀坑、溶槽等，形成可溶岩表面起伏较大，凹凸不平；另一种是地下溶洞、地下暗河、溶蚀裂隙、各种溶蚀现象等。岩溶主要发育在地下近地表的部位，地区岩溶发育的总体特点是浅部发育强烈，深部发育弱。浅部岩溶发育强烈的原因是浅部岩溶受降雨、地表水补给后，引起浅部地下水交替循环强烈，导致了浅部岩溶发育，而深部则发育弱。

岩溶地区存在岩溶地面塌陷风险。地面塌陷是指由于地下空洞突然塌缩，引起地面开裂、陷落的地质现象。

**7.2.3** 基坑、隧道工程施工对周围岩土体的扰动范围、扰动程度是不同的，一般来说，临近基坑、隧道地段的岩土体受扰动程度最大，有近到远的影响程度越来越小。一般规范将这一受施工扰动的范围称为工程影响区。在施工影响范围内根据受施工影响程度的不同。规范将从基坑、隧道外侧由近到远依次划分为主要影响区、次要影响区和可能影响区。一般情况下，监测区域均不超过3H（H为基坑深度或隧道覆土深度）。

根据工程实践，特殊地层的工程影响分区主要受地层特性和地下水的影响较大，扰动范围、扰动程度均比常规地层要大的多。因此对特殊地层的监测必须扩大监测范围。但同时需考虑周边环境对象所处的影响趋于不同，受工程影响程度不同，工程影响分区主要目的是区分工程施工对周边地层、环境的影响程度，以便把握工程关键部位，针对受工程影响较大的周边环境对象进行重点监测，做到经济合理地开展工程周边环境监测工作。

因此从工程监测需要及经济合理角度出发，按照距离基坑或隧道距离远近分三级进行监测，监测分区分别为主要影响区域、次要影响区域、可能影响区域。

主要影响区域，为 3H 深度范围内，此区域受施工影响较大，应作为监测重点，监测布点及监测频率应进行加密。地下水位监测点布设在 3H 范围内；主测断面内，布设 3 个水位监测点，距离基坑深度分别为 2m，1H，3H。岩溶地下水水位监测孔深度应不小于基底以下 5 米，承压水水位监测管滤管应埋置在所测承压水层中。当环境调查、勘察揭示基坑、暗挖工程周边存在对岩溶地下水水位变化敏感的设施时，应适当扩大地下水水位监测范围。其它监测项目按照设计要求执行。

次要影响区域，为 3H~150m 内，此区域内根据施工影响区域的监测情况，定期进行监测。对次要监测区域内存在岩溶发育强烈的，按照主要监测区域标准进行监测。

可能影响区域，为基坑 150m~300m 的区域，此区域以巡查为主，并根据前两级监测情况及巡查情况，开展进一步监测工作。对可能监测区域内存在岩溶发育强烈的，按照次要监测区域标准进行监测，并跟监测数据变化情况采取必要措施。

### 7.3 软土地质风险监测

**7.3.1** 软土区域水位较高，且地质条件差。软土区域有不良地质分布，主要为填土层、淤泥层、淤泥质土层。软土力学性质很差，极易被扰动。对基坑、隧道支护、地基稳定性及沉降控制均有不利影响。软土属高压缩性土，极易因其体积的压缩而导致地面沉降，甚至塌陷。因此在软土地层进行轨道交通施工风险很高。

**7.3.2** 软土地层风险监测的监测分区参照岩溶地质风险监测执行。

## 8 监测方法及技术要求

### 8.15 坑底回弹监测

**8.15.1~8.15.4** 由于坑底隆起观测过程往往需要进行高程传递，精度较难保证，因此本条规定适当调低了精度要求，这样既考虑了测量的困难又能满足监测报警值控制要求。下表 1 分类列出的一、二、三级基坑的坑底隆起（回弹）累计值和变化速率的报警范围。

表 1 坑底隆起（回弹）报警范围

基坑类别	一级	二级	三级
累计值（mm）	25~35	50~60	60~80
变化速率（mm/d）	2~3	4~6	8~10

### 8.16 三维激光扫描

**8.16.1~8.16.4** 扫描作业时，扫描仪周围不应出现干扰扫描作业的移动物体；

扫描间歇时，应在固定位置设置标靶用于间歇后的扫描点云配准，标靶设置应符合要求；相邻两测站的点云重叠度不宜低于 30%；

扫描过程中出现断电、死机、仪器位置变动等异常情况，应初始化扫描仪重新进行扫描；

扫描作业结束后，宜对点云数据备份并检查，基本检查项目包括：标靶点云靶心数据完整性、两测站之间的点云分辨率符合架站式点间距要求等。对异常数据应及时补测；

现场应记录扫描区间、起始里程或盾构隧道环号、设备编号、数据文件名、控制点使用情况等信息，系统报警、死机等非正常作业情况需详细记录，并填写三维激光扫描日志。

## 9 自动化监测方法及技术要求

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 考虑到自动化监测技术目前处于逐步推广使用的阶段，本条建议城市轨道交通工程监测优先采用自动化监测技术。

**9.1.2** 由于自动化监测技术还在不断发展中，新技术、新设备也在不断的更新完善，在该阶段自动化监测技术的成熟度、稳定度都还达不到一个很高的水平，因此在鼓励采用自动化监测技术的同时，为保证结果的可靠性，应创造对比测量的条件，定期进行比对测量、数据校核。

**9.1.3** 本条对于传感器的选择及埋设原则作出基本要求。

传感器要求有较好的耐久性，采用常用的标准化接口，最大量程应满足监测项目的变化需要；传感器安装埋设应考虑现场施工状况，不易被破坏，便于维护，安装完成后须现场测试，确保数据采集和通讯正常；传感器的布置应有利于结构反应信息的直接观测和推断，对结构的局部损伤和状态退化足够敏感；当使用监测单位自行研发制造的传感器时，监测单位应提供该传感器有效性的证明。

**9.1.4** 目前传感器及物联网技术发展日新月异，监测仪器及监测传感器均高度智能化、网络化，如光纤传感器、摄影测量等高新技术的监测手段均已投入使用。本标准对新技术、新方法的采用持积极的态度，只要能满足精度要求，运行稳定可靠，均可纳入本标准的使用范围。

### 9.2 水平位移监测

**9.2.1** 可用于水平位移监测的设备及技术，目前行业内有诸多尝试，本条列举常用的智能型全站仪、激光位移计、GNSS 三种设备。同时要声明除以上三款设备以外，其他满足精度要求的设备及技术在满足本标准及其他相关标准要求前提下亦可使用。

**9.2.2** 水平位移自动化监测采用智能型全站仪进行水平位移监测时，应符合以下规定：

**1** 工作基点尽量设置观测墩，并配置强制归心装置，保证点位精度，条件允许时可设置观测站房，以便对工作基点进行保护，工作基点的设置应注意通视情况，尽量设置于视野开阔处，尽可能同时满足对全部观测点进行直接观测。

**2** 水平位移观测时由于视线遮挡，宜采用后方交会的设站方式，观测时应同时观测至少 3 个监测网点，但受制于监测现场环境，仪器架站位置往往很难同时观测到 3 个基准点，因此这里的监测网点可以是基准点，也可以是工作基点。当选用监测网点有工作基点参与时，应及时对监测网进行人工复测。

**3** 在水平位移观测期间，必须随时注意仪器的整平状况，如发现仪器倾斜，应重新校正仪器，再进行下一步观测。

**4** 安装电子气温气压计可对测量结果进行相应修正，控制系统、通信系统及不间断电源等配套设备的设置是为了在监测过程中，尽量保证仪器处于相对好的环境，且有利于仪器的防护。

**9.2.4** 本条规定使用 GNSS 监测系统进行水平位移监测时，应符合以下规定：

**1** 根据工程项目实际监测的需求场景，GNSS 监测系统的应用场景可以分为动态监测和静态监测。如监测站的 GNSS 测量精度不能完全满足工程实际应用需求的，可以添加位移传感器作为辅助手段，位移传感器的选择应以《线位移传感器的校准规范》JJF 1305 的 5 章计量特性为依据，需满足工程应用的实际需求。

**2** 基准站选址应便于安置接收设备和操作，视野开阔，视场内障碍物的高度不宜超过 15°。条件允许的情况下，应远离大功率无线电发射源，其距离不小于 200m；远离高压输电线和微波无

线电信号传送通道，其距离不应小于 50m。

### 9.3 竖向位移监测

**9.3.1** 现有技术条件下传统几何水准测量无法进行自动化监测，采用三角高程测量竖向位移时，可采用智能型全站仪进行观测，在具备施工条件及经济允许的情况下也可以通过安装静力水准来进行量测。

**9.3.2** 采用全站仪、GNSS 同步进行水平位移观测时，观测数据已经包含了高差所需要的主要原始数据，因此在观测水平位移时宜同步观测并计算竖向位移，可以提高现场的监测效率。

**9.3.3** 对于三角高程测量具体实施的技术要求，在现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 中已有相应规定，实施时按照规范规定执行。

**9.3.4** 静力水准的使用相关技术要求在《建筑变形测量规范》JGJ 8 中已有相应规定，实施时按照规范规定执行。

### 9.4 深层水平位移监测

**9.4.1** 对于墙体的测斜应优先采用固定式测斜仪，采用绞盘式自动测斜仪进行测斜时，应保证监测采集的测点位置准确无误，如发现异常情况随时赴现场维修更正，在兼顾经济的同时保证监测数据的准确。

**9.4.2** 对于地质条件差的软土、沙土地区或淤泥层很深的沿海等区域，可采用测斜管口作为起算，并通过全站仪测量管口坐标来修正测斜监测结果。

**9.4.3** 固定式测斜仪的探头布置应满足设计要求的测点间隔及固定间距，保证能准确的监测到测斜管不同深度的位移情况。

**9.4.4** 深层水平位移监测点的数据包含位移、深度和方向多个属性。如果传感器的位置发生了变化，即使是同一支元器件，其对应的深度或方向属性也会发生改变，按照之前的属性数据计算会产生错误的结果，因此应重新进行校正。校正方法包括且不限于重新采集初始值等手段，以此保证监测数据的正确和连续。

### 9.8 裂缝监测

**9.8.2** 裂缝计或位移计应能准确的测量伸缩缝的开合度，必要时设置多个传感器对不同裂缝发展方向进行测量。

**9.8.3** 因裂缝发展的不确定性，有开合位移及沿缝向的剪切位移等情况，裂缝计或位移计的安装支架应设计具有可旋转的装置，避免传感器受裂缝剪切变形影响而导致测量数据不准确和传感器直接损坏。

### 9.10 比对测量

**9.10.3** 重要施工节点指的是基坑底板施工阶段、拆撑阶段等，特殊施工方法是指注浆、爆破等。

## 10 既有线路结构及轨道变形监测

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 自动化测量系统的设备设施应安装牢固，满足轨道交通的限界要求，不影响列车运营安全。

**10.1.3** 参照《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911，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。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。线路结构的变形监测主要为保证线路结构安全和运营安全提供监测数据资料，监测方案的编制应满足线路结构安全和运营安全管理的实际要求。监测方案的内容也应包括监测项目、监测范围、布点要求、监测方法、监测期与频率、现场监测作业时段、人员设备进出场要求等。监测方案中宜考虑监测工作的连续性、系统性，可以将施工过程中的线路结构监测项目延续作为运营阶段线路结构的监测项目。

**10.1.4** 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。

**10.1.5** 应及时对所采集的监测信息进行处理、分析评价和反馈，发现有影响运营线路结构安全的异常情况（如线路结构变形监测的变形量或变形速率等出现异常）时，须立即报告管理单位，并增加监测和巡查频率。必要时，列为重点段进行加密观测。

**10.1.6** 当地铁安全保护范围内有可能影响地铁隧道、车站等安全的施工作业时，当隧道出现严重渗漏或严重变形等情况时，受影响区段或变形异常区段应进行自动化监测。自动化监测内容应包含竖向位移监测、收敛监测及水平位移监测等。

### 10.2 线路结构变形监测

**10.2.1** 既有线路结构及轨道大多数属于地下工程，且是重要的城市基础设施，测量等级按照表2执行。

表2 既有线路结构及轨道测量等级

等级	竖向位移监测点测站高差中误差 (mm)	位移监测点坐标中误差 (mm)	主要使用范围
二级	0.5	3.0	地基基础设计为甲、乙级的建筑变形测量；……地下工程施工及运营中的变形监测，重要的城市基础设施的变形监测

## 11 监测频率

### 11.2 监测频率要求

**11.2.7** 本条中对模板工程监测频率确定方法提出具体意见，应在实际工作中切实遵守，并对监测数据未出现异常情况下的各施工节点的监测频率给出参考值。目前普遍采用自动化测量传感器进行各参数数据采集，为达到监测数据连续的目的，本标准建议自动化测量设备监测频率不低于 2 次/min；同时，对于因场地受限导致部分自动化设备无法使用的，采用智能型全站仪等设备进行补充测量的，该项目测量频率建议不低于 1 次/10min，该项目测量只是特殊条件下的增补措施，不能完全替代其他监测项目采用自动化测量。当高大支模浇筑过程中出现本条 1~3 款及其他异常情况的假设性条件时，应在常规监测频率的前提下加密观测。

## 12 监测项目控制值和预警标准

### 12.1 一般规定

**12.1.4** 工程监测预警等级的划分要与工程建设城市的工程特点、施工经验等相适应，具体的预警等级可根据工程实际需要确定，一般取监测控制值的 70%、80%和 100%划分为三级。目前深圳市轨道交通工程监测预警体系较为成熟，其工程监测预警分级标准参见表 3。

表 3 深圳市轨道交通工程监测预警分级标准

预警级别	预警状态描述
黄色预警	变形监测的绝对值和速率值双控指标均达到控制值的 70%；或双控指标之一达到控制值的 80%
橙色预警	变形监测的绝对值和速率值双控指标均达到控制值的 80%；或双控指标之一达到控制值
红色预警	变形监测的绝对值和速率值双控指标均达到控制值

## 13 监测成果与信息反馈

**13.0.6** 随着监测技术的不断发展，自动化监测技术与网络信息平台管理的广泛应用，监测数据采集、存储、处理、分析、预警、查询和管理已实现一体化，监测成果的反馈也不再是单一的纸质形式，而是通过信息化管理平台以电子文件形式进行可视化管理。

使用信息化管理平台对所有监测成果进行完整的保存和分门别类的统计，建立完备的监测成果管理数据库，不仅可以为城市轨道交通工程安全风险的控制起到保驾护航的作用，而且可以为以后类似设计工程积累经验。