

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50911-2013

城市轨道交通工程监测技术规范

Code for monitoring measurement of urban
rail transit engineering

2013-09-06 发布

2014-05-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 联合发布

中华人民共和国国家标准

城市轨道交通工程监测技术规范

Code for monitoring measurement of urban
rail transit engineering

GB 50911-2013

主编部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部
施行日期：2014年5月1日

中国建筑工业出版社

2013 北京

中华人民共和国住房和城乡建设部 公告

第 141 号

住房城乡建设部关于发布国家标准 《城市轨道交通工程监测技术规范》的公告

现批准《城市轨道交通工程监测技术规范》为国家标准，编号为 GB 50911-2013，自 2014 年 5 月 1 日起实施。其中，第 3.1.1、9.1.1、9.1.5 条为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部
2013 年 9 月 6 日

前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2010 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标[2010]43 号)的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本规范。

本规范的主要技术内容是：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. 周边环境监测点布设；7. 监测方法及技术要求；8. 监测频率；9. 监测项目控制值和预警；10. 线路结构变形监测；11. 监测成果及信息反馈。

本规范以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由北京城建勘测设计研究院有限责任公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送北京城建勘测设计研究院有限责任公司《城市轨道交通工程监测技术规范》编制组(地址：北京市朝阳区安慧里五区六号；邮编：100101)。

本规范主编单位：北京城建勘测设计研究院有限责任公司

本规范参编单位：北京市轨道交通建设管理有限公司
北京城建设计研究总院有限责任公司
北京安捷工程咨询有限公司
国网电力科学研究院
上海岩土工程勘察设计研究院有限公司
广州地铁设计研究院有限公司
北京城建集团有限责任公司

北京市政建设集团有限责任公司
天津市地下铁道集团有限公司
北京城市快轨建设管理有限公司
中铁隧道集团技术中心
北京交通大学

本规范主要起草人员：金 淮 张建全 徐祯祥 张成满
贺少辉 刘 军 吕培印 张晓沪
鲁卫东 林志元 刘观标 孙河川
罗富荣 焦 莹 张晋勋 马雪梅
黄伏莲 马海志 彭友君 李治国
任 干 褚伟洪 胡 波 吴锋波
本规范主要审查人员：贺长俊 沈小克 刘俊岩 徐张建
杨秀仁 曹伍富 刘永中 潘国荣
万姜林

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	5
3.1	基本要求	5
3.2	工程影响分区及监测范围	7
3.3	工程监测等级划分	8
4	监测项目及要 求	11
4.1	一般规定	11
4.2	仪器监测	11
4.3	现场巡查	16
4.4	远程视频监控	18
5	支护结构和周围岩土体监测点布 设	19
5.1	一般规定	19
5.2	明挖法和盖挖法	19
5.3	盾构法	23
5.4	矿山法	25
6	周边环境监测点布 设	28
6.1	一般规定	28
6.2	建（构）筑物	28
6.3	桥梁	29
6.4	地下管线	30
6.5	高速公路与城市道路	30
6.6	既有轨道交通	31

7	监测方法及技术要求	32
7.1	一般规定	32
7.2	水平位移监测	33
7.3	竖向位移监测	35
7.4	深层水平位移监测	36
7.5	土体分层竖向位移监测	37
7.6	倾斜监测	38
7.7	裂缝监测	39
7.8	净空收敛监测	39
7.9	爆破振动监测	41
7.10	孔隙水压力监测	41
7.11	地下水位监测	42
7.12	岩土压力监测	43
7.13	锚杆和土钉拉力监测	44
7.14	结构应力监测	44
7.15	现场巡查	44
7.16	远程视频监控	45
8	监测频率	46
8.1	一般规定	46
8.2	监测频率要求	47
9	监测项目控制值和预警	50
9.1	一般规定	50
9.2	支护结构和周围岩土体	51
9.3	周边环境	55
10	线路结构变形监测	59
10.1	一般规定	59
10.2	线路结构监测要求	59
11	监测成果及信息反馈	61
附录 A	监测项目代号和图例	64
附录 B	基准点、监测点的埋设	68

附录 C	现场巡查报表	76
附录 D	监测日报表	80
	本规范用词说明	84
	引用标准名录	85
	附：条文说明	87

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms and Symbols	2
2.1	Technical Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic Requirements	5
3.1	General Requirements	5
3.2	Influenced Zone due to Construction and Monitoring Measurement Range	7
3.3	Monitoring Measurement Grade	8
4	Monitoring Items and Requirements	11
4.1	General Requirements	11
4.2	Instrument Monitoring	11
4.3	Inspection and Examination Contents	16
4.4	Remote Video Contents	18
5	Monitoring Point Arrangement of Supporting Structure, Surrounding Rock and Soil	19
5.1	General Requirements	19
5.2	Cut and Cover Method	19
5.3	Shield Method	23
5.4	Mining Method	25
6	Monitoring Point Arrangement of Around Environment	28
6.1	General Requirements	28
6.2	Building and Structure	28
6.3	Bridge	29

6.4	Underground Pipeline	30
6.5	Expressway and City Road	30
6.6	Existing Railway	31
7	Monitoring Methods and Technical Requirements	32
7.1	General Requirements	32
7.2	Horizontal Displacement	33
7.3	Vertical Displacement	35
7.4	Horizontal Displacement in Deep Stratum	36
7.5	Vertical Displacement in Different Stratum	37
7.6	Inclination	38
7.7	Crack	39
7.8	Section Convergence	39
7.9	Blasting Vibration	41
7.10	Pore Water Pressure	41
7.11	Water Table	42
7.12	Surrounding Rock and Soil Pressure	43
7.13	Tensile Force in Anchor Rod, Anchor Cable and Soil Nail	44
7.14	Stress in Supporting	44
7.15	Inspection and Examination	44
7.16	Remote Video	45
8	Monitoring Frequency	46
8.1	General Requirements	46
8.2	Monitoring Measurement Requirements of Frequency	47
9	Controlled Value in Monitoring	50
9.1	General Requirements	50
9.2	Supporting Structure, Surrounding Rock and Soil	51
9.3	Around Environment	55
10	Deformation Monitoring of Line Structure	59
10.1	General Requirements	59

10.2 Monitoring Measurement Requirements of Line Structure	59
11 Monitoring Achievement and Information Feedback	61
Appendix A Monitoring Items Number and Graphic	
Example	64
Appendix B Reference Points and Observation Point	
Diagram	68
Appendix C Inspection and Examination Report	76
Appendix D Monitoring Daily Report	80
Explanation of Wording in This Code	84
List of Quoted Standards	85
Addition; Explanation of Provisions	87

1 总 则

1.0.1 为规范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，保证工程结构和周边环境的安全，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于城市轨道交通新建、改建、扩建工程及工程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准确、可靠的监测成果。

1.0.4 城市轨道交通工程监测，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

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、连续地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

城市轨道交通基坑、隧道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

根据基坑、隧道工程自身、周边环境和地质条件等的风险大小，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 力学监测 mechanical monitoring

对周边环境、支护结构和周围岩土体等监测对象所承受的拉力、压力及变化等所进行的量测工作。

2.1.10 明挖法 cut and cover method

由地面开挖岩土修筑基坑的施工方法。

2.1.11 盖挖法 cover and cut method

由地面开挖岩土修筑结构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。

2.1.12 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。

2.1.13 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。

2.1.14 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特征的观测点。

2.1.15 监测项目控制值 controlled value for monitoring

为满足工程支护结构安全及环境保护要求，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。

2.2 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；
 φ ——内摩擦角；
 v_h ——水平位移变化速率控制值；
 v_v ——竖向位移变化速率控制值。

3 基本规定

3.1 基本要求

3.1.1 城市轨道交通地下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 地下工程施工期间的工程监测应为验证设计、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 工程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 工程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 工程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。

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, 宜采用远程自动化实时监测。

3.1.9 监测信息采集的频率和监测期应根据设计要求、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, 必须立即报告。

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、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、地裂缝等不良地质条件;
- 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实时监测。

3.1.13 城市轨道交通应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监测。

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基坑、隧道工程施工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、次要和可能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 $0.7H$ 或 $H \cdot \tan(45^\circ - \varphi/2)$ 范围内
次要影响区 (II)	基坑周边 $0.7H \sim (2.0 \sim 3.0)H$ 或 $H \cdot \tan(45^\circ - \varphi/2) \sim (2.0 \sim 3.0)H$ 范围内
可能影响区 (III)	基坑周边 $(2.0 \sim 3.0)H$ 范围外

- 注: 1 H ——基坑设计深度 (m), φ ——岩土体内摩擦角 ($^\circ$);
 2 基坑开挖范围内存在基岩时, H 可为覆盖土层和基岩强化层厚度之和;
 3 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。

3.2.3 土质隧道工程影响分区宜按表 3.2.3 的规定进行划分。隧道穿越基岩时, 应根据覆盖土层特征、岩石坚硬程度、风化程度及岩体结构与构造等地质条件, 综合确定工程影响分区界线。

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
可能影响区 (III)	隧道沉降曲线边缘 $2.5i$ 外

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,宜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 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	设计深度大于或等于 20m 的基坑
	二级	设计深度大于或等于 10m 且小于 20m 的基坑
	三级	设计深度小于 10m 的基坑
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
	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 100m² 的隧道; 大断面隧道是指断面尺寸在 50m²~100m² 的隧道; 一般断面隧道是指断面尺寸在 10m²~50m² 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 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、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 隧道工程上穿既有轨道交通设施

续表 3.3.3

周边环境风险等级	等级划分标准
三级	主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 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
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 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
简单	地形地貌简单；不良地质作用不发育；地基、围岩和边坡的岩土性质较好；地下水对工程无影响

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、简单推定，以最先满足的为准。

3.3.5 工程监测等级可按表 3.3.5 划分，并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

工程自身风险等级 \ 周边环境风险等级	周边环境风险等级			
	一级	二级	三级	四级
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 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，并形成有效、完整的监测体系。

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	√	√	√

续表 4.2.1

序号	监测项目	工程监测等级		
		一级	二级	三级
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	地表沉降	√	√	√
13	竖井井壁支护结构净空收敛	√	√	√
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	○	○	○

12

续表 4.2.2

序号	监测项目	工程监测等级		
		一级	二级	三级
5	管片连接螺栓应力	○	○	○
6	地表沉降	√	√	√
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。

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	地表沉降	√	√	√
10	土体深层水平位移	○	○	○
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。

13

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，应进行坑底隆起（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，应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，基坑或隧道邻近对沉降敏感的建（构）筑物等环境时，应进行孔隙水压力、土体分层竖向位移或深层水平位移监测；

4 工程邻近或穿越岩溶、断裂带等不良地质条件，或施工扰动引起周围岩土体物理力学性质发生较大变化，并对支护结构、周边环境或施工可能造成危害时，应结合工程实际选择岩土体监测项目。

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	√	○

续表 4.2.5

监测对象	监测项目	工程影响分区	
		主要影响区	次要影响区
高速公路与城市道路	路面路基竖向位移	√	○
	挡墙竖向位移	√	○
	挡墙倾斜	√	○
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	√	√
	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）	路基竖向位移	√	√
	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 当工程周边存在既有轨道交通或对位移有特殊要求的建（构）筑物及设施时，监测项目应与有关管理部门或单位共同确定。

4.2.7 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。

4.2.8 仪器监测项目的代号和图例应规范、统一，并宜按本规范附录 A 执行。

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：

- 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，基坑侧壁或基底的涌土、流砂、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：

- 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：

- 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) 开挖面岩土体的坍塌位置、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：

- 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) 临时支撑结构的变位情况；
- 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 远程视频监控

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，且远程视频监控现场应有适当的照明条件，当无照明条件时可采用红外设备进行监控。

4.4.2 下列部位宜进行远程视频监控：

- 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 盾构法隧道工程的始发、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 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等综合确定，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，且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内在变化规律。监测断面的位置和数量宜根据工程条件及规模进行确定。

5.2 明挖法和盖挖法

5.2.1 明挖法和盖挖法的支护桩（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，且监测等级为一级、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，每侧的监测点不应少于 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 明挖法和盖挖法的支护桩（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 明挖法和盖挖法的支护桩（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，在弯矩最大处应布设监测点。

5.2.4 明挖法和盖挖法的立柱结构竖向位移、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的监测数量不应少于立柱总数量的 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立柱侧面上；

4 水平位移监测点宜在立柱结构顶部、底部上下对应布设，并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 明挖法和盖挖法的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设监测断面，每层支撑均应布设监测点；

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 监测断面的布设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，监测点应布设在支撑的端部；采用钢筋计或应变计监测时，可布设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设在 1/4 点处，并应避免开节点位置。

5.2.6 盖挖法顶板应力监测点布设应符合下列规定：

1 应选择具有代表性的断面进行顶板应力监测；

2 监测点宜布设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，每个监测点的纵横两个方向均应进行监测。

5.2.7 明挖法和盖挖法的锚杆拉力监测断面及监测点布设应符合下列规定：

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设监测断面，每层锚杆均应布设监测点；

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受力有代表性的位置；

5 监测点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。

5.2.8 明挖法和盖挖法的土钉拉力监测点布设应符合下列规定：

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设监测断面，每层土钉均应布设监测点；

3 每根土钉杆体上的监测点应设置在受力有代表性的位置；

4 监测点的布设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 明挖法和盖挖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 沿平行基坑周边边线布设的地表沉降监测点不应少于 2 排，且排距宜为 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设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设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设位置宜与周边环境监测点布设相结合。

5.2.10 明挖法和盖挖法的竖井井壁支护结构净空收敛监测断面及监测点布设应符合下列规定：

1 沿竖向每 3m~5m 应布设一个监测断面；

2 每个监测断面在竖井结构的长、短边中部应布设监测点，每个监测断面不应少于 2 条测线。

5.2.11 明挖法和盖挖法的坑底隆起（回弹）监测点布设应符合下列规定：

1 坑底隆起（回弹）监测应根据基坑的平面形状和尺寸布设纵向、横向监测断面；

2 监测点宜布设在基坑的中央、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；

3 回弹监测标志埋入基坑底面以下宜为 20cm~30cm。

5.2.12 明挖法和盖挖法的地下水水位观测孔布设应符合下列规定：

1 地下水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设地下水水位观测孔，观测孔数量应满足掌握降水区域和影响范围内的地下水水位动态变化的要求；

2 当降水深度内存在 2 个及以上含水层时，应分层布设地下水水位观测孔；

3 降水区靠近地表水体时，应在地表水体附近增设地下水水位观测孔。

5.2.13 明挖法和盖挖法的支护桩（墙）侧向土压力、土体深层水平位移、土体分层竖向位移和孔隙水压力监测点布设，应符合现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》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作竖向位移监测点，两侧拱腰处的净空收敛监测点可兼作水平位移监测点。

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，并应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。

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，且监测等级为一级时，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，且主要影响区的监测点间距宜为3m~5m，次要影响区的监测点间距宜为5m~10m。

5.3.4 盾构法隧道的周围土体深层水平位移和分层竖向位移监测孔及监测点布设应符合下列规定：

1 地层疏松、土洞、溶洞、破碎带等地质条件复杂地段，软土、膨胀性岩土、湿陷性土等特殊岩土地段，工程施工对岩土体扰动较大或邻近重要建（构）筑物、地下管线等地段，应布设监测孔及监测点；

2 监测孔的位置和深度应根据工程需要确定，并应避免管片背后注浆对监测孔的影响；

3 土体分层竖向位移监测点宜布设在各层土的中部或界面上，也可等间距布设。

5.3.5 孔隙水压力监测点布设应符合下列规定：

1 孔隙水压力监测宜选择在隧道管片结构受力和变形较大、存在饱和软土和易产生液化的粉细砂土层等有代表性的部位进行布设；

2 竖向监测点宜在水压力变化影响深度范围内按土层分布情况布设，竖向监测点间距宜为2m~5m，且数量不宜少于3个。

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作净空收敛监测点，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点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，且监测等级为一级、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，且监测等级为一级时，监测断面间距宜为10m~50m；监测等级为二级、三级时，监测断面间距宜为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，且主要影响区的监测点间距宜为3m~5m，次要影响区的监测点间距宜为5m~10m。

5.4.7 矿山法的周围土体深层水平位移和分层竖向位移监测孔及监测点布设应符合本规范第5.3.4条的规定。

5.4.8 矿山法的地下水位观测孔布设应符合下列规定：

1 观测孔位置选择、孔深等应符合本规范第5.2.12条的第1款、第2款的规定；

2 观测孔数量应根据工程需要确定。

6 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现行国家标准《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，应从基础到顶部的不同高度部位布设监测点。

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，且每栋构筑物监测点不应少于 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，且中部可增加监测点；

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规范第 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走向。

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 每个墩柱和承台的监测点不应少于 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规范第 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。

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。

6.4.3 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。

6.4.4 地下管线位于主要影响区时，宜采用位移杆法在管体上布设直接竖向位移监测点；地下管线位于次要影响区且无法布设直接竖向位移监测点时，可在地表或土层中布设间接竖向位移监测点。

6.4.5 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竖向位移监测点。

6.4.6 地下管线水平位移监测点的布设位置和数量应根据地下管线特点和工程需要确定。

6.4.7 地下管线密集、种类繁多时，应对重要的、抗变形能力差的、容易渗漏或破坏的管线进行重点监测。

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 and 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。

6.5.2 路面竖向位移监测应根据施工工法，按本规范第 5.2.9 条、第 5.3.3 条和第 5.4.6 条的规定，并结合路面实际情况布设监测点和监测断面。对高速公路和城市重要道路，应增加监测断面数量。

6.5.3 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。

6.5.4 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，监测点间距不宜大于 5m~10m；位于次要影响区时，监测点间距宜为 10m~15m。

6.5.5 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 既有轨道交通隧道结构竖向位移、水平位移和净空收敛监测应按监测断面布设，且既有隧道结构位于主要影响区时，监测断面间距不宜大于 5m；位于次要影响区时，监测断面间距不宜大于 10m。每个监测断面宜在隧道结构顶部或底部、结构柱、两边侧墙布设监测点。

6.6.2 既有轨道交通高架桥结构监测点的布设可按本规范第 6.3 节的规定执行。

6.6.3 既有轨道交通地面线的路基竖向位移监测可按本规范第 6.6.1 条的规定布设监测断面，每个监测断面中的每条股道下方的路基及附属设施均应布设监测点。

6.6.4 既有轨道交通整体道床或轨枕的竖向位移监测应按监测断面布设，监测断面与既有隧道结构或路基的竖向位移监测断面宜处于同一里程。

6.6.5 轨道静态几何形位监测点的布设应按城市轨道交通或铁路的工务维修、养护要求等进行确定。

6.6.6 既有轨道交通其他附属结构监测点布设可按本规范第 6.2 节的规定执行。

6.6.7 既有轨道交通隧道结构、轨道结构的裂缝监测应符合本规范第 6.2.4 条的规定。

6.6.8 既有轨道交通监测宜采用远程自动化监控系统。

7 监测方法及技术要求

7.1 一般规定

7.1.1 监测方法应根据监测对象和监测项目的特点、工程监测等级、设计要求、精度要求、场地条件和当地工程经验等综合确定，并应合理易行。

7.1.2 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，经观测确定稳定后再使用；

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 基准点的埋设应符合本规范附录B第B.0.1条、第B.0.2条的规定。

7.1.3 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检定或校准；

3 元器件应在使用前进行标定，标定记录应齐全；

4 监测过程中应定期进行监测仪器的核查、比对，设备的维护、保养，以及监测元器件的检查。

7.1.4 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。

7.1.5 对同一监测项目，现场监测作业应符合下列规定：

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。

7.1.6 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。

7.1.7 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。

7.1.8 监测过程中，应做好监测点和传感器的保护工作。测斜管、水位观测孔、分层沉降管等管口应砌筑窰井，并加盖保护；爆破振动、应力应变等传感器应防止信号线被损坏。

7.1.9 工程监测新技术、新方法应用前，应与传统方法进行验证，且监测精度应符合本规范的规定。

7.2 水平位移监测

7.2.1 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，应对经纬仪或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；对其他监测点，可选适宜的主要监测点为测站，测出对应其他监测点的距离与方向值，按方向值的变化求得偏差值。

7.2.2 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。

7.2.3 当监测点与基准点无法通视或距离较远时，可采用全球定位系统（GPS）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。

7.2.4 水平位移监测基准点的埋设应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB 50308 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，对中误差宜大于 0.5mm。

7.2.5 水平位移监测点的埋设宜符合本规范附录 B 第 B.0.3 条的规定。

7.2.6 水平位移监测网可采用假设坐标系统，并进行一次布网。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。

7.2.7 测角、测边水平位移监测网宜布设为近似等边的边角网，其三角形内角不应小于 30°，当受场地或其他条件限制时，个别角度可适当放宽。

7.2.8 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 50308 的有关规定。

7.2.9 监测仪器和监测方法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表 7.2.9 的规定。

表 7.2.9 水平位移监测精度

工程监测等级		一级	二级	三级
水平位移控制值	累计变化量 D' (mm)	$D' < 30$	$30 \leq D' < 40$	$D' \geq 40$
	变化速率 v_d (mm/d)	$v_d < 3$	$3 \leq v_d < 4$	$v_d \geq 4$

续表 7.2.9

工程监测等级	一级	二级	三级
监测点坐标中误差 (mm)	≤ 0.6	≤ 0.8	≤ 1.2

注：1 监测点坐标中误差是指监测点相对测站点（如工作基点等）的坐标中误差，为点位中误差的 $1/\sqrt{2}$ ；

2 当根据累计变化量和变化速率选择的精度要求不一致时，优先按变化速率的要求确定。

7.3 竖向位移监测

7.3.1 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。

7.3.2 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；

5 采用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；

6 采用电子测距三角高程进行竖向位移监测时，宜采用 $0.5'' \sim 1''$ 级的全站仪和特制觇牌采用中间设站、不量仪器高的前后视观测方法，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。

7.3.3 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城市轨道交通工程高程系统，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。

7.3.4 竖向位移监测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 50308 的有关规定。

7.3.5 竖向位移监测点的埋设应符合本规范附录 B 第 B.0.4 条~第 B.0.6 条的规定。

7.3.6 监测仪器和监测方法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表 7.3.6 的规定。

表 7.3.6 竖向位移监测精度

工程监测等级		一级	二级	三级
竖向位移 控制值	累计变化量 S (mm)	$S < 25$	$25 \leq S < 40$	$S \geq 40$
	变化速率 v_s (mm/d)	$v_s < 3$	$3 \leq v_s < 4$	$v_s \geq 4$
监测点测站高差中误差 (mm)		≤ 0.6	≤ 1.2	≤ 1.5

注：监测点测站高差中误差是指相应精度与视距的几何水准测量单程一测站的高差中误差。

7.4 深层水平位移监测

7.4.1 支护桩（墙）体和土体的深层水平位移监测，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。

7.4.2 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。

7.4.3 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。

7.4.4 支护桩（墙）体的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。

7.4.5 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；

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。

7.4.6 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，并取其平均值为最终值。

7.4.7 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。

7.4.8 支护桩（墙）体水平位移监测点的埋设应符合本规范附录 B 第 B.0.7 条的规定。

7.5 土体分层竖向位移监测

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

行监测。

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

7.5.3 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。

7.5.4 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, 读数较差不应大于 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本规范表 7.3.6 的规定。

7.5.5 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。

7.5.6 土体分层竖向位移监测点的埋设应符合本规范附录 B 第 B.0.8 条的规定。

7.6 倾斜监测

7.6.1 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。

7.6.2 投点法应采用全站仪或经纬仪瞄准上部观测点, 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。

7.6.3 垂准法应在下部测点安装光学垂准仪、激光垂准仪或经纬仪、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。

7.6.4 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。

7.6.5 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。

7.6.6 当采用全站仪或经纬仪进行外部观测时, 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。

7.6.7 倾斜观测精度应符合国家现行标准《工程测量规范》GB 50026 和《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

7.7 裂缝监测

7.7.1 建(构)筑物、桥梁、既有隧道结构等的裂缝监测内容应包括裂缝位置、走向、长度、宽度, 必要时尚应监测裂缝深度。

7.7.2 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。

7.7.3 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。

7.7.4 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; 需要测出裂缝纵向变化值时, 可采用坐标方格网板标志。

7.7.5 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。

7.7.6 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。

7.8 净空收敛监测

7.8.1 矿山法初期支护结构和盾构法管片结构的净空收敛可采

用收敛计、全站仪或红外激光测距仪进行监测。

7.8.2 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的拉力，观测结果应取3次独立观测读数的平均值；

3 工作现场温度变化较大时，读数应进行温度修正。

7.8.3 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 $\pm 2\text{mm}$ ；

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。

7.8.4 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，并在收敛测线两端固定小棱镜或设置反射片，设站点与测线两 endpoint 水平投影应呈一直线；

2 应按盘左、盘右两个盘位观测至少一测回，并计算测线两 endpoint 的水平距离。

7.8.5 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中线、定向点和检查点，3点水平投影应呈一直线；

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

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

4 收敛变形数据宜与标准断面进行比较，并以标准断面为

基准输出全断面各点向外（拉张）或向内（压缩）变形情况。

7.8.6 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，并进行初始值测量。

7.9 爆破振动监测

7.9.1 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。

7.9.2 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。

7.9.3 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。

7.9.4 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。

7.10 孔隙水压力监测

7.10.1 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。

7.10.2 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 $0.2\%F \cdot S$ 。

7.10.3 孔隙水压力计的埋设可采用钻孔埋设法、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。

7.10.4 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、位置并测读初始读数。

7.10.5 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。

7.10.6 孔隙水压力监测的同时，应测量孔隙水压力计埋设位置的地下水位。孔隙水压力应根据实测数据，按压力计的换算公式进行计算。

7.11 地下水位监测

7.11.1 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。

7.11.2 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。

7.11.3 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 $0.5\%F \cdot S$ 。

7.11.4 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。

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

7.12 岩土压力监测

7.12.1 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。

7.12.2 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 $0.2\%F \cdot S$ 。

7.12.3 土压力计的埋设可采用埋入式，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，且检验记录、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。

7.12.4 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后应立即进行检查测试，并读取初始值。

7.13 锚杆和土钉拉力监测

7.13.1 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。

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

7.13.3 锚杆张拉设备仪表应与锚杆测力计仪表相互标定。

7.13.4 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,并将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。

7.14 结构应力监测

7.14.1 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。

7.14.2 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。

7.14.3 结构应力监测应排除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。

7.14.4 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。

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

7.15 现场巡查

7.15.1 现场巡查可采用人工目测的方法,并辅助以量尺、锤、放大镜、照相机、摄像机等器具。

7.15.2 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记录,可按本规范附录C的要求填写巡查记录,并应及时整理巡查信息。

7.15.3 巡查信息应与仪器监测数据进行对比分析,发现异常或险情时,应按规定程序及时通知建设方及相关单位。

7.16 远程视频监控

7.16.1 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。

7.16.2 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。

7.16.3 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,并应采取防撞、防水等保护措施。

7.16.4 视频信号和音频信号可采用无线发送设备或通过有线网络传送到管理部门的监视器中,同时应采用硬盘机或其他大容量的媒介记录图像和声音。

8 监测频率

8.1 一般规定

- 8.1.1 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。
- 8.1.2 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。
- 8.1.3 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程，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。
- 8.1.4 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。
- 8.1.5 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。
- 8.1.6 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 当出现本规范第 9.1.5 条和第 9.1.6 条规定的警情时。
- 8.1.7 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。
- 8.1.8 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 的有关规定，道路、地下管线等其他周边环境的变形稳定标准宜根据地方经验或评估结果确定。

8.2 监测频率要求

I 明挖法和盖挖法

8.2.1 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 8.2.1 确定。

表 8.2.1 明挖法和盖挖法基坑工程监测频率

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

- 注：1 基坑工程开挖前的监测频率应根据工程实际需要确定；
2 底板浇筑后可根据监测数据变化情况调整监测频率；
3 支撑结构拆除过程中及拆除完成后 3d 内监测频率应适当增加。

8.2.2 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~30 d)。

8.2.3 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

8.2.4 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 8.2.4 确定。

表 8.2.4 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
		$3D < L \leq 8D$	1 次/(1d~2d)
		$L > 8D$	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

8.2.5 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 8.2.5 确定。

表 8.2.5 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)。

8.2.6 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 地下水位

8.2.7 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)。

V 爆破振动

8.2.8 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。

9 监测项目控制值和预警

9.1 一般规定

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

9.1.2 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。

9.1.3 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。

9.1.4 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。

9.1.5 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，必须进行警情报送。

9.1.6 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。

9.2 支护结构和周围岩土体

9.2.1 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，当无地方经验时，可按表 9.2.1-1 和表 9.2.1-2 确定。

9.2.2 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、工程监测等级及当地工程经验等确定，当无地方经验时，可按表 9.2.2-1 和表 9.2.2-2 确定。

表 9.2.1-1 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	支护结构类型、岩土类型		工程监测等级一级			工程监测等级二级			累计绝对值
			累计值(mm)		变化速率(mm/d)	累计值(mm)		变化速率(mm/d)	
			绝对值	相对基坑深度(H)值		绝对值	相对基坑深度(H)值		
支护桩(墙)顶竖向位移	土钉墙、型钢水泥土墙	—	—	—	—	—	—	30~4	
	灌注桩、地下连续墙	10~25	0.1%~0.15%	2~3	20~30	0.15%~0.3%	3~4	20~3	
支护桩(墙)顶水平位移	土钉墙、型钢水泥土墙	—	—	—	—	—	—	30~6	
	灌注桩、地下连续墙	15~25	0.1%~0.15%	2~3	20~30	0.15%~0.3%	3~4	20~4	
支护桩(墙)体水平位移	型钢水泥土墙	坚硬~中硬土	—	—	—	—	—	40~5	
		中软~软弱土	—	—	—	—	—	50~7	
	灌注桩、地下连续墙	坚硬~中硬土	20~30	0.15%~0.2%	2~3	30~40	0.2%~0.4%	3~4	30~4
		中软~软弱土	30~50	0.2%~0.3%	2~4	40~60	0.3%~0.5%	3~5	50~7

续表 9.2.1-1

监测项目	支护结构类型、岩土类型		工程监测等级一级			工程监测等级二级			累计绝对值
			累计值(mm)		变化速率(mm/d)	累计值(mm)		变化速率(mm/d)	
			绝对值	相对基坑深度(H)值		绝对值	相对基坑深度(H)值		
地表沉降	坚硬~中硬土	20~30	0.15%~0.2%	2~4	25~35	0.2%~0.3%	2~4	30~4	
	中软~软弱土	20~40	0.2%~0.3%	2~4	30~50	0.3%~0.5%	3~5	40~4	
立柱结构竖向位移	—	10~20	—	2~3	10~20	—	2~3	10~4	
支护墙结构应力	—		(60%~70%) <i>f</i>			(70%~80%) <i>f</i>			—
立柱结构应力	—		(60%~70%) <i>f</i>			(70%~80%) <i>f</i>			—
支撑轴力	—		最大值: (60%~70%) <i>f</i> 最小值: (80%~100%) <i>f_s</i>			最大值: (70%~80%) <i>f</i> 最小值: (80%~100%) <i>f_s</i>			—
锚杆拉力	—		—			—			—

- 注: 1 *H*——基坑设计深度, *f*——构件的承载力设计值, *f_s*——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(*H*)值两者中的小值取用;
 3 支护桩(墙)顶隆起控制值宜为 20mm;
 4 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 9.2.1-2 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 9.2.2-1 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 _s	—
管片结构净空收敛		0.2%D	3

注: L_s——沿隧道轴向两监测点间距, D——隧道开挖直径。

表 9.2.2-2 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。

9.2.3 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, 当无地方经验时, 可按表 9.2.3-1 和表 9.2.3-2 确定。

表 9.2.3-1 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	

续表 9.2.3-1

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

表 9.2.3-2 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。

9.3 周边环境

9.3.1 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 当无地方工程经验时, 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 $0.001l \sim 0.002l$ (l 为相邻基础的中心距离)。

9.3.2 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。

9.3.3 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 当无地方工程经验时,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 9.3.3 确定。

表 9.3.3 地下管线沉降及差异沉降控制值

管线类型	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。

9.3.4 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 当无地方工程经验时,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 9.3.4 确定。

表 9.3.4 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

9.3.5 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 当无地方工程经验时,城市轨道交通既有有线隧道结构变形控制值可按表 9.3.5 确定。

表 9.3.5 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

续表 9.3.5

监测项目	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
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规范第 9.3.2 条、第 9.3.6 条的规定。

9.3.6 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规范第 9.3.5 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 当无地方工程经验时，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 9.3.6 确定，且路基差异沉降控制值宜小于 0.04% L_i (L_i 为沿铁路走向两监测点间距)。

表 9.3.6 既有铁路路基沉降控制值

监测项目		累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
路基沉降	整体道床	10~20	1.5
	碎石道床	20~30	1.5

9.3.7 爆破振动监测项目控制值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。

10 线路结构变形监测

10.1 一般规定

10.1.1 城市轨道交通工程施工及运营期间，应对其线路中的隧道、高架桥梁、路基和轨道结构及重要的附属结构等进行竖向位移监测，并宜对隧道结构进行净空收敛监测。

10.1.2 线路结构变形监测应根据线路结构形式、地质与环境条件，结合运营安全管理的要求编制监测方案，监测方案中宜包括施工阶段延续的监测项目。

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、膨胀性土、湿陷性土等特殊岩土，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 重要地段的城市轨道交通线路结构监测宜采用远程自动化的监测方法。

10.1.5 附属结构、车辆基地的重要厂房等建（构）筑物的监测应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

10.2 线路结构监测要求

10.2.1 隧道、路基的竖向位移监测点的布设应符合下列规定：

- 1 在直线地段宜每 100m 布设 1 个监测点；

2 在曲线地段宜每 50m 布设 1 个监测点,在直缓、缓圆、曲线中点、圆缓、缓直等部位应有监测点控制;

3 道岔区宜在道岔理论中心、道岔前端、道岔后端、辙叉理论中心等结构部位各布设 1 个监测点,道岔前后的线路应加密监测点;

4 线路结构的沉降缝和变形缝、车站与区间衔接处、区间与联络通道衔接处、附属结构与线路结构衔接处等,应有监测点或监测断面控制;

5 隧道、高架桥梁与路基之间的过渡段应有监测点或监测断面控制;

6 地基或围岩采用加固措施的轨道交通线路结构或附属结构部位应布设监测点或监测断面;

7 线路结构存在病害或处在软土地基等区段时,应根据实际情况布设监测点。

10.2.2 高架桥梁的每一桥墩均宜布设竖向位移监测点。

10.2.3 基准点的位置或数量应根据整条线路情况统筹考虑,利用施工阶段布设的基准点时,应检查基准点的可靠性。

10.2.4 线路结构监测频率应符合下列规定:

1 线路结构施工和试运行期间的监测频率宜每 1 个月~2 个月监测 1 次,当线路结构变形较大或地基承受的荷载发生较大变化时,应增加监测次数;

2 线路运营第一年内的监测频率宜每 3 个月监测 1 次,第二年宜每 6 个月监测 1 次,以后宜每年监测 1 次~2 次;

3 线路结构存在病害或处在软土地基等区段时,应根据实际情况提高监测频率。

11 监测成果及信息反馈

11.0.1 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、文字报告等。

11.0.2 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在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。

11.0.3 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。

11.0.4 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。

11.0.5 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,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,可采用本规范附录 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、必要的断面曲线图、等值线图、监测点平面位置图等；
- 8) 监测数据、巡查信息的分析与说明；
- 9) 结论与建议。

11.0.6 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。

11.0.7 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 监测项目代号和图例

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。监测点编号应符合下列规定：

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应符合表 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	

续表 A.0.3-1

监测项目	项目代号	图例
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	

续表 A.0.3-3

监测项目	项目代号	图例
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应符合表 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	
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应符合表 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	
桥梁墩柱倾斜、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：

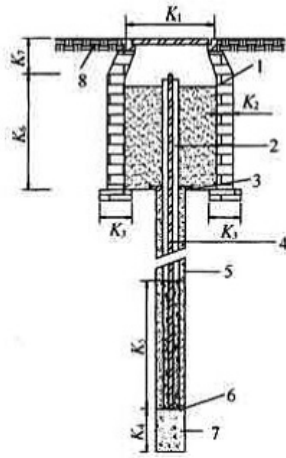


图 B.0.1 深埋钢管水准基准点标石

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_1 —井盖直径； K_2 —井壁厚度； K_3 —井底垫圈宽度； K_4 —钻孔底
封堵厚度； K_5 —基点底靴厚度； K_6 —井底垫圈面距基准点顶部高度；
 K_7 —基准点顶部距井盖顶高度

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套，且外套直径宜为 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。

B.0.2 平面基准点标石的埋设（图 B.0.2），应符合下列规定：

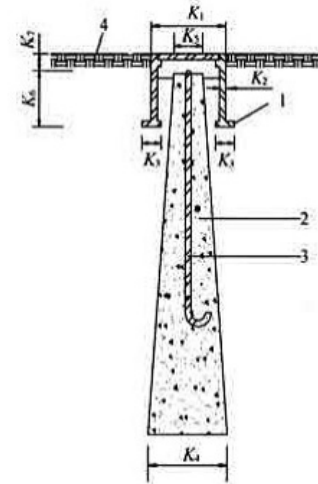


图 B.0.2 平面基准点标石

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

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”形的钢筋置入混凝土基石中，钢筋直径宜为 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。

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），应符合下列规定：

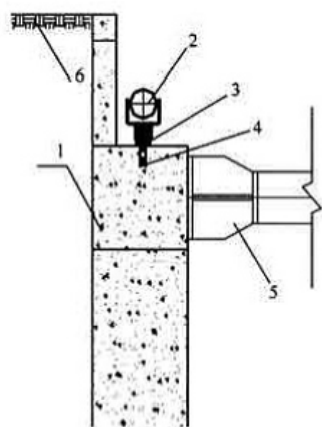


图 B.0.3-1 支护桩（墙）顶水平位移监测点

1—冠梁；2—测量装置；3—连接杆件；
4—固定螺栓；5—支撑；6—地面

1 支护桩（墙）顶水平位移监测点宜采用在基坑冠梁上设置强制对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，用于观测标志的螺纹钢直径宜为 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。

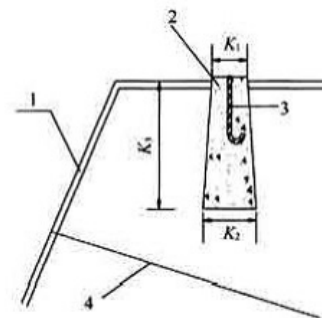


图 B.0.3-2 基坑边坡顶水平位移监测点

1—基坑边坡；2—混凝土标石；3—标志钢筋；4—锚杆或土钉；
 K_1 —混凝土标石顶直径； K_2 —混凝土标石底直径；
 K_3 —混凝土标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”形螺纹

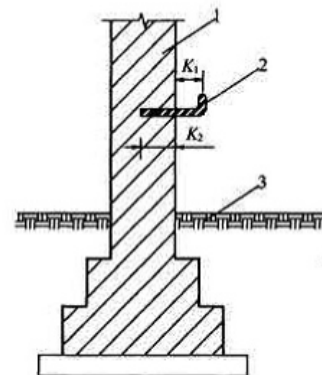


图 B.0.4 建（构）筑物竖向位移监测点

1—砖墙或钢筋混凝土结构；2—监测点；3—地面；
 K_1 —监测点与建（构）筑物外表面距离； K_2 —监测点埋入结构深度

钢，钢筋直径宜为 18mm~22mm，外露端顶部宜加工成球形；

2 标志宜采用钻孔埋入的方式，周边空隙用锚固剂回填密实，标志点的高度宜位于地面上 300mm；

3 螺纹钢外露端顶部与建（构）筑物外表面的距离宜为 30mm~40mm，螺纹钢埋入结构长度宜为墙体厚度的 1/3~1/2。

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

1 地下管线管顶竖向位移监测点宜采用测杆形式埋设于管线顶部结构上，测杆底端宜采用混凝土与管线结构或周边土体固定，测杆外应加保护管，保护管外侧应回填密实；

2 地下管线管侧土体监测点宜采用测杆形式埋设于管线外侧土体中，测杆底端宜与管线底标高一致，并宜采用混凝土与管线周边土体固定，测杆外应加保护管，保护管外侧应回填密实；

3 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。

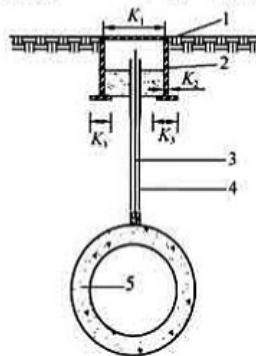


图 B.0.5-1 地下管线位移杆式直接监测点

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

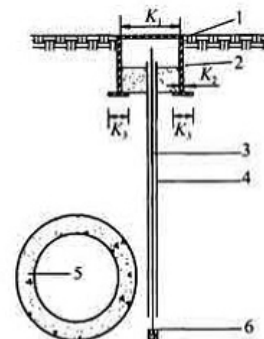


图 B.0.5-2 地下管线管侧土体监测点

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：

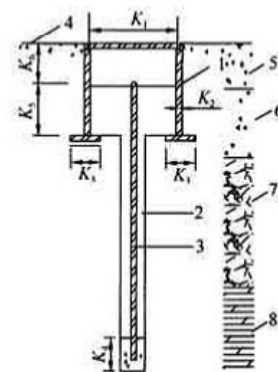


图 B.0.6 路基竖向位移监测点

1—保护井；2—钻孔回填细砂；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

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，孔内用细砂回填；

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。

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

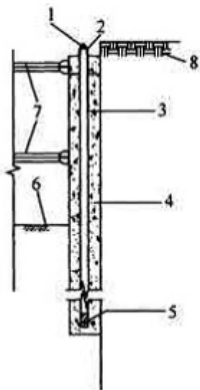


图 B.0.7 支护桩（墙）体水平位移监测点

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

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，并宜每 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。

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：

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要求；分层沉降管口部位宜采用钢套管保护，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。

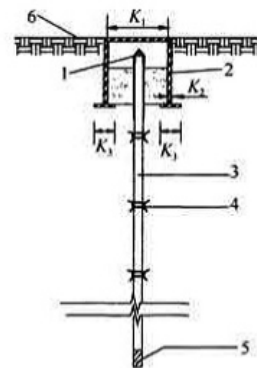


图 B.0.8 土体分层竖向位移监测点

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；
 K_1 —保护井盖直径； K_2 —保护井井壁厚度； K_3 —井底垫圈宽度

附录 C 现场巡查报表

C.0.1 明挖法和盖挖法的基坑现场巡查报表可按表 C.0.1 执行。

表 C.0.1 明挖法和盖挖法的基坑现场巡查报表

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	开挖长度、分层高度及坡度，开挖面暴露时间		
	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		
	降水、回灌等地下水控制效果及设施运转情况		
	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		
	支护桩（墙）后土体有无裂缝、明显沉陷，基坑侧壁或基底有无涌土、流砂、管涌		
	基坑周边有无超载		
	放坡开挖的基坑边坡有无位移、坡面有无开裂		
	其他		
支护 结构	支护桩（墙）有无裂缝、侵限情况		
	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		
	冠梁、围檩、支撑有无过大变形或裂缝		
	支撑是否及时架设		
	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		
	锚杆、土钉垫板有无明显变形、松动		
	止水帷幕有无开裂、较严重渗漏水		
	其他		

续表 C.0.1

分类	巡查内容	巡查结果	备注
周边 环境	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		
	地下构筑物积水及渗水情况，地下管线的漏水、漏气情况		
	周边路面或地表的裂缝、沉陷、隆起、冒浆的位置、范围等情况		
	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		
	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		
其他			
监测 设施	基准点、监测点的完好状况、保护情况		
	监测元器件的完好状况、保护情况		
	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	盾构始发端、接收端土体加固情况		
	盾构掘进位置（环号）		
	盾构停机、开仓等的的时间和位置		
	联络通道开口情况		
	其他		

续表 C.0.2

分类	巡查内容	巡查结果	备注
管片变形	管片破损、开裂、错台情况		
	管片渗漏水情况		
	其他		
周边环境	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		
	地下构筑物积水及渗水情况，地下管线的漏水、漏气情况		
	周边路面或地表的裂缝、沉陷、隆起、冒浆的位置、范围等情况		
	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		
	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		
其他			
监测设施	基准点、监测点的完好状况、保护情况		
	监测元器件的完好状况、保护情况		
	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	开挖步序、步长、核心土尺寸等情况		
	开挖面岩土体的类型、特征、自稳性，地下水渗漏及发展情况		
	开挖面岩土体有无坍塌及坍塌的位置、规模		
	降水或止水等地下水控制效果及降水设施运转情况		
	其他		

续表 C.0.3

分类	巡查内容	巡查结果	备注
支护结构	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		
	初期支护结构渗漏水情况		
	初期支护结构开裂、剥离、掉块情况		
	临时支撑结构有无明显变位		
	二衬结构施作时临时支撑结构分段拆除情况		
	初期支护结构背后回填注浆的及时性		
	其他		
周边环境	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		
	地下构筑物积水及渗水情况，地下管线的漏水、漏气情况		
	周边路面或地表的裂缝、沉陷、隆起、冒浆的位置、范围等情况		
	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		
	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		
其他			
监测设施	基准点、监测点的完好状况、保护情况		
	监测元器件的完好状况、保护情况		
	其他		

现场巡查人： 监测项目负责人：
 监测单位： 第 页 共 页

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的用词：
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用词：
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用词：
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用词，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

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

中华人民共和国国家标准

城市轨道交通工程监测技术规范

GB 50911 - 2013

条文说明

制 订 说 明

《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911—2013，经住房和城乡建设部 2013 年 9 月 6 日以第 141 号公告批准、发布。

本规范编制过程中，编制组共召开全体会议 3 次，专题研讨会 10 余次，广泛调研和分析了我国主要轨道交通建设城市的工程监测技术要求、经验总结和其他相关资料，总结了我国开展城市轨道交通建设以来工程监测技术的各类成果。同时，参考了国外先进技术成果，吸收了国内公路、铁路、水利水电等相关行业工程监测的先进理念和最新研究成果，通过调研、征求意见及专家咨询，取得了重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《城市轨道交通工程监测技术规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明，还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。但是本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 次

1 总则	91
2 术语和符号	93
2.1 术语	93
2.2 符号	93
3 基本规定	94
3.1 基本要求	94
3.2 工程影响分区及监测范围	99
3.3 工程监测等级划分	108
4 监测项目及要求	114
4.1 一般规定	114
4.2 仪器监测	114
4.3 现场巡查	120
4.4 远程视频监控	120
5 支护结构和周围岩土体监测点布设	121
5.1 一般规定	121
5.2 明挖法和盖挖法	121
5.3 盾构法	124
5.4 矿山法	126
6 周边环境监测点布设	128
6.1 一般规定	128
6.2 建(构)筑物	128
6.3 桥梁	129
6.4 地下管线	129
6.5 高速公路与城市道路	131
6.6 既有轨道交通	131

7 监测方法及技术要求	133
7.1 一般规定	133
7.2 水平位移监测	134
7.3 竖向位移监测	135
7.4 深层水平位移监测	136
7.5 土体分层竖向位移监测	137
7.6 倾斜监测	138
7.7 裂缝监测	139
7.8 净空收敛监测	139
7.9 爆破振动监测	142
7.10 孔隙水压力监测	143
7.14 结构应力监测	144
7.15 现场巡查	146
8 监测频率	147
8.1 一般规定	147
8.2 监测频率要求	148
9 监测项目控制值和预警	151
9.1 一般规定	151
9.2 支护结构和周围岩土体	154
9.3 周边环境	171
10 线路结构变形监测	175
10.1 一般规定	175
10.2 线路结构监测要求	175
11 监测成果及信息反馈	177

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、强风化的岩层，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。

因此，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，而目前我国轨道交通建设的设计水平、施工能力及管理经验与轨道交通建设的发展速度、规模不相匹配，又加上缺少相应的工程监测技术规范、标准加以指导，使得各地安全事故时有发生。

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。本规范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。在施工监测过程中，地下工程施工安全监测尤为重要。本规范主要针对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，本规范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。

1.0.4 城市轨道交通工程需要遵守的标准有很多，本规范只是其中之一；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规范外，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。监测、风险、明挖法、盖挖法、盾构法、矿山法等术语主要参考了相关国家标准及其他相关资料，周围岩土体、工程影响分区、工程监测等级等新定义主要基于现有研究总结。经过编制组讨论、分析、归纳和整理，相关术语编入本规范中。

本规范术语给出了推荐性英文术语以供参考。

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，本规范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 基本要求

3.1.1 本条为强制性条文，对城市轨道交通地下工程在施工阶段开展监测工作进行了要求。

城市轨道交通工程在施工过程中经常发生支护结构坍塌、周围岩土体坍塌以及建（构）筑物、地下管线等周边环境对象的过大变形或破坏等安全风险事件，因此，在地下工程施工过程中，开展工程监测工作对安全风险事件的预防预报和控制安全风险事件的发生具有十分重要的意义。

工程监测对象主要包括支护结构、周围岩土体和周边环境，支护结构监测对象主要为基坑支护桩（墙）、立柱、支撑、锚杆、土钉，矿山法隧道初期支护、临时支护、二次衬砌以及盾构法隧道管片；周围岩土体监测对象主要为工程周围的岩体、土体、地下水以及地表；周边环境监测对象主要为工程周边的建（构）筑物、地下管线、高速公路、城市道路、桥梁、既有轨道交通以及其他城市基础设施。这些对象的安全状态是控制城市轨道交通地下工程施工安全的关键所在。

按照住建部《城市轨道交通工程安全质量管理暂行办法》（建质〔2010〕5号）的要求，目前全国各地城市轨道交通工程监测开展了施工监测和第三方监测工作。施工监测是按照施工图设计文件、施工方案及规范等要求，对工程支护结构、周围岩土体和周边环境等进行监测。第三方监测是监测单位受建设单位的委托，按照合同内容及要求对工程支护结构的关键部位及重要周边环境等进行监测，其工作量一般约为施工监测工作量的三分之一。实践证明，施行施工监测和第三方监测的制度对地下工程质量和安全的控制起到了很好的作用，同时，工程监测的技术手段

和方法已基本成熟，因此，城市轨道交通地下工程施工阶段开展监测工作是十分必要的，也是完全可行的。

3.1.2 本条指出了城市轨道交通地下工程施工阶段监测的目的。工程监测主要是为评价工程结构自身和周边环境安全提供必需的监测资料，因此，工程监测工作需要依据国家有关法律法规和工程技术标准，通过采用测量测试仪器、设备，对工程支护结构和施工影响范围内的岩土体、地下水及周边环境等的变化情况（如变形、应力等）进行量测和巡视检查，依据准确、详实的监测资料研究、分析、评价工程结构和周边环境的安全状态，预测工程风险发生的可能性，判断设计、施工、环境保护等方案的合理性，为设计、施工相关参数的调整提供资料依据。

3.1.3 本条是通过对各地工程监测工作的开展流程进行归纳、总结的基础上，提出的较为系统的工作流程，遵循该工作流程开展监测工作是实现监测目的、保证监测质量的重要基础。

3.1.4 收集水文气象资料、岩土工程勘察资料、周边环境调查报告、安全风险评估报告等重要的监测背景资料，同时进行必要的现场踏勘，对制定有针对性的监测方案及指导监测作业开展具有重要作用。

监测范围内的周边环境现场踏勘与核查是编制监测方案的重要环节，开展现场踏勘与核查工作时应注意以下内容：

1 环境对象与工程的位置关系及场地周边环境条件的变化情况；

2 工程影响范围内的建（构）筑物、桥梁、地下构筑物等环境对象的使用现状和结构裂缝等病害情况；

3 重要地下管线和地下构筑物分布情况，并应特别注意是否存在废弃地下管线和地下构筑物，必要时挖探确认。同时，对地下管线的阀门位置，雨水、污水管线的渗漏情况进行调查。

周边环境对象调查工作一般在设计的前期开展，但受工期及技术条件等限制及其他各种原因影响难免有遗漏或不准确的情况，同时随着城市建设的变化如拆迁、新建、改建等，在轨道交

通工程建设过程中，环境条件可能发生较大变化，现场踏勘发现这些情况时应及时与设计单位、建设单位及相关单位等进行沟通，保证监测方案的编制更具体、更有针对性，并且能符合相关各方的要求。

3.1.5 城市轨道交通土建施工方法主要包括明挖法和盖挖法基坑工程、盾构法及矿山法隧道工程。城市轨道交通工程是一项高风险工程，施工工法不同、地质条件不同、环境条件不同，给工程带来的风险不同。工程监测方案编制之前，需要综合研究工程的风险特点，以及影响工程安全的重要工程部位和施工过程，并对关键部位、关键过程和关键时间提出监测重点，以确保监测方案的针对性。

同时，本条对制定监测方案宜涵盖的内容提出了要求，概括出了监测方案所包含的13个要点。

工程场地位置、设计概况及施工方法、辅助措施、施工筹划，场地地质条件、不良地质位置，地下水分布及水位、补给方式、地下水控制方法及周边环境建设年代、基本结构形式、基础形式、与工程的位置关系、风险等级、保护措施等是编制监测方案的重要资料和依据。

监测方案中需要对监测的目的、所依据的设计文件、国家行业地方及企业的规范标准、政府主管部门的有关文件等进行明确。

监测范围、监测对象、工程监测等级、监测项目、基准点及监测点布设方法与保护要求、监测频率及周期、监测控制值、预警标准及异常情况监测措施、监测信息采集处理及反馈等是监测方案的重要内容。

另外，为确保监测工作的质量，监测工作的组织形式及质量保证措施在监测方案中应明确，其内容主要包括：1) 开展监测工作的具体人员、仪器设备类型、数量及主要精度指标等；2) 监测质量安全及环境保护管理制度、各重要环节质量控制措施；3) 各环节作业技术要求和管理细则等。

3.1.6 监测点的布设是开展监测工作的基础，是反映工程自身和周边环境安全的关键，监测点布设时需要认真分析工程支护结

构和周边环境特点,确保工程支护结构和周边环境对象受力或位移变化较大的部位有监测点控制,以真实地反映工程支护结构和周边环境对象安全状态的变化情况。同时,还要兼顾监测工作量及费用,达到既控制了安全风险的目的,又节约了费用成本。

3.1.7 监测点的埋设应以不妨碍结构的正常受力或正常使用功能为前提,要便于现场观测,如便于跑点、立尺和数据采集,同时要保证现场作业过程中的人身安全。在满足监测要求的前提下,应尽量避免在材料运输、堆放和作业密集区埋设监测点,以减少对现场观测造成的不利影响,同时也可避免监测点遭到破坏,保证监测数据的质量。

监测点的数值变化是监测对象安全状态的直接反映,监测点埋设质量好坏对监测成果的准确性、可靠性有着较大影响,因此应埋设牢固,并采取可靠方法避免监测点受到破坏,如对地表位移监测点加保护盖、对传感器引出的导线加保护管、对测斜管加保护管或保护井等。若发现监测点被损坏,需及时恢复或采取补救措施,以保证监测数据的连续性。另外,为便于监测和管理,应对监测点按一定的编号原则进行编号,标明测点类型、保护要求等,并在现场清晰喷涂标识或挂标示牌。

3.1.8 仪器监测和现场巡查是工程监测的常规手段。通过埋设观测标志、布设监测元器件等方式,采用高精度的测量仪器设备或读数仪等进行位移或应力应变监测,获取监测对象状态变化的数据,以便在需要时及时对工程采取安全保护措施。由于仪器监测点的布设位置、数量有限,现场巡查是最有效的补充手段。现场巡查能发现监测对象的过大变形、开裂、渗漏及地面沉降(隆起)等安全隐患,为支护结构及周边环境安全状态的综合判定提供必要的资料支撑。

随着监测技术手段的不断发展和监测服务内容的增多,远程视频系统也逐步应用于城市轨道交通工程监测工作中。视频监测相对现场巡查来说具有远程、实时、便捷的特点,对掌控工程施工进度、施工质量及环境条件变化、监控记录工程风险、防止重

大事故发生具有重要作用。

自动化监测具有数据采集和传输快、精度高、稳定性强,安装灵活,不受环境条件限制,可实现24h全天候监测等特点,在安全风险较大的周边环境、工程关键部位采用传统的仪器监测方法难以实施或不能满足工程需要时,可采用远程自动化监测的手段。

3.1.9 监测对象在工程施工过程中的影响变化是一个由小到大,再由大到小的过程,施工对监测对象的影响程度与开挖面和监测对象的位置关系、施工质量控制、地质条件和监测对象的特点等密切相关。因此,监测信息的采集频率要根据工程施工对监测对象的影响程度进行调整,其原则是能反映出监测对象的变化过程。工程监测是一个长时间、连续的工作,应贯穿整个施工全过程。

3.1.10 本条对监测信息的及时分析和异常情况及时报告提出了要求。监测工作要严格执行监测方案,并将监测成果准确、及时地反馈给建设、监理、设计、施工等相关单位,为工程动态设计和信息化施工提供可靠的数据依据。

实际工程建设过程中,很多工程安全事故是由于预先发现或采取措施不及时造成的,由于工程安全隐患不能及时得到处理,致使其进一步导致安全事故,造成人员伤亡、经济损失和社会影响。工程监测工作特别需要重视监测信息的时效性,监测单位及时进行监测信息处理、分析和反馈工作,是保证工程自身及周边环境安全的重要基础工作。

3.1.11 城市轨道交通工程施工过程中,在一些情况下需要编制专项监测方案进行专项监测,本条指出了其中的几种情况。目前,在国内各轨道交通建设城市一般对既有轨道交通设施、公路交通设施、有特殊要求的环境对象(如文物、重要建筑等)、水体、特殊的地质体、特殊的施工工艺等开展专项监测。

随着我国城市轨道交通建设的不断开展,城市轨道交通网络中线路之间的交叉、换乘不可避免,节点车站大量存在。目前节

点车站主要有同期建设、前期预留和穿越既有线三种建设形式，其中穿越既有线最为常见，可分为侧穿、上穿或下穿等类型，工程下穿带来的风险尤为严重。同时，工程周边存在文物、优秀近现代建筑、高层（超高层）建筑、重要桥梁、重要地下军事设施、重要人防工程等重要环境风险对象，也需进行专门的监测设计。

工程下穿河流、湖泊等地表水体，穿越岩溶、断裂带、地裂缝等不良地质条件可能给工程建设带来严重的地质风险，工程控制措施稍有疏忽，便会出现严重的风险后果，因此对存在这些风险的工程也应进行专项监测方案的编制。

3.1.12 城市轨道交通工程建设过程出现风险事件时，为分析、处理及控制风险事件应开展应急抢险监测工作，提供更及时、全面的监测数据。应急抢险监测应根据现场风险发生的实际情况，针对风险事件控制要求在原监测方案的基础上补充监测项目或监测点，并加密监测频率。当采用人工监测不能满足实际需要或存在现场监测作业人员的人身安全问题时可采用远程自动化实时监测手段。

3.1.13 由于工程地质条件、环境条件的变化、列车动荷载作用或既有轨道交通控制保护区内工程施工等的影响，城市轨道交通隧道结构、高架结构及地面线路等难免出现沉降、差异沉降，使线路结构出现变形、变化，进而影响安全运营。目前已建成并运营的城市已出现了隧道结构开裂、渗漏水，及部分线路因过大沉降而停运进行维修和加固的情况。开展线路结构变形监测可为分析线路结构安全及对运营安全的影响、制定线路结构维修加固方案及运营安全管理制度等提供数据支撑，便于及早发现结构位移变形，对线路结构加固、维修，保证线路运营安全具有十分重要意义。

3.2 工程影响分区及监测范围

3.2.1 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，邻近基坑、隧道地段的岩土体受扰动程度最大，由近到远的影响程度越来越小。本规范将这一受施工扰

动的范围称之为工程影响区。在施工影响范围内根据受施工影响程度的不同，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。

根据工程实践，周边环境对象所处的影响区域不同，受工程施工影响程度不同，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。

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、次要影响区和可能影响区以 $0.7H$ 或 $H \cdot \tan(45^\circ - \varphi/2)$ 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。

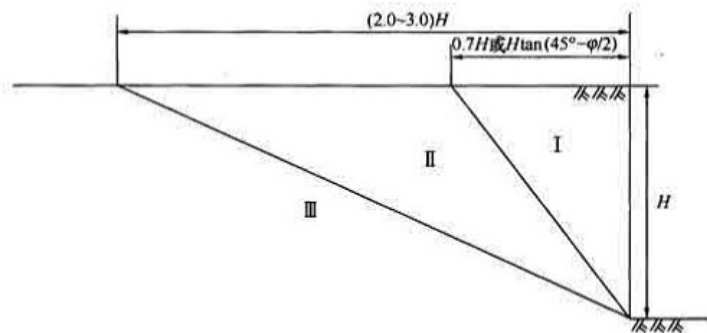


图 1 基坑工程影响分区

H —基坑设计深度； φ —岩土体内摩擦角

北京地区地层较为坚硬、稳定，根据 $H \cdot \tan(45^\circ - \varphi/2)$ 计算结果接近 $0.7H$ ，主要影响区为基坑周边 $0.7H$ 范围内，次要影响区为基坑周边 $0.7H \sim 2.0H$ 范围内，可能影响区为基坑周边 $2.0H$ 范围外。上海地区地层较为软弱，岩土性质较差，主