

# 团体标准

T/SHJX 061-2024

## 上海市域铁路工程施工监测技术规范

Code for monitoring measurement of Shanghai suburban railways under  
construction

2024-01-09 发布

2024-01-09 施行

上海市交通运输行业协会 发布

## 前 言

为满足上海市域铁路建设和发展的需求，指导上海市域铁路施工期间监测工作，根据上海市交通运输行业协会市域铁路分会关于发布《2021 年上海市域铁路规范标准编写计划》的通知（沪交协域铁（2021）第 2 号）的要求，借鉴正在实施的上海市域线机场联络线工程及大量上海和国内各省市轨道交通施工监测工作经验，并参考上海、国家和铁路行业等相关规范，在广泛调查研究和征求意见的基础上，编制本规范。

本规范主要内容包括：总则；术语；基本规定；监测项目；监测点布置；监测技术要求；监测频率与监测周期；监测警情报送；监测成果及信息反馈；监测信息管理系统；附录 A-D。

本规范由上海市交通运输行业协会负责管理，由上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司负责技术内容的解释。各单位及相关人员在本规范执行过程中，如有意见或建议，请反馈至上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司（地址：上海市中山北二路 901 号；邮编：200092），以供今后修订时参考。

本规范首批执行单位：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司、上海申铁投资有限公司、上海勘察设计院研究院（集团）有限公司、上海市建筑科学研究院有限公司、中铁第四勘察设计院集团有限公司、上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司、上海市隧道工程轨道交通设计研究院、上海山南勘测设计有限公司、上海京海工程技术有限公司、上海新地海洋工程技术有限公司、上海通德工程勘察设计有限公司、上海浦公检测技术股份有限公司。

**授权委托单位：** 上海市交通运输行业协会市域铁路分会

**主 编 单 位：** 上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

**参 编 单 位：** 上海申铁投资有限公司

上海勘察设计院研究院（集团）有限公司

上海市建筑科学研究院有限公司

中铁第四勘察设计院集团有限公司

上海市城市建设设计研究总院（集团）有限公司

上海市隧道工程轨道交通设计研究院

上海山南勘测设计有限公司

全国团体标准信息平台

上海京海工程技术有限公司  
上海新地海洋工程技术有限公司  
上海通德工程勘察设计有限公司  
上海浦公检测技术股份有限公司

**主要起草人：**詹武魁 王德刚 周黎月 杜 峰

（以下按姓氏笔画排列）

丁传松 丁言成 王庆洋 王爱俊 王晨阳 孙 涛  
刘 佳 严 磊 李雄飞 李新同 李 蕾 杨 君  
吴新强 张 帅 张鸿飞 张德军 陆海凌 林翔宇  
林杰豹 林立祥 金亚雷 柏桂清 段琳珂 费 翔  
赵佩铭 姜文星 秦访洲 贾步霄 郭金根 郭 玲  
高梦怡 曹建军 黄 帆 黄爱俊 彭俊伟 储团结  
褚伟洪 瞿 云 魏国平

**主要审查人：**

陈茂华 许再良 蒋建良 王笃礼 顾国荣 李 涛  
梁志荣 陈 义 牟建华 姚鸿梁 刘洪波 杨天亮  
刘学增 陈 军 刘朝明 詹龙喜

# 目 次

1 总则 .....	1
2 术语 .....	2
3 基本规定 .....	4
3.1 基本要求 .....	4
3.2 监测范围 .....	5
3.3 监测等级划分 .....	7
4 监测项目 .....	10
4.1 一般规定 .....	10
4.2 监测项目 .....	10
4.3 现场巡查 .....	14
5 监测点布置 .....	16
5.1 一般规定 .....	16
5.2 基坑工程 .....	16
5.3 盾构隧道工程 .....	21
5.4 冻结暗挖工程 .....	24
5.5 桥梁工程 .....	25
5.6 顶管工程 .....	26
5.7 路基工程 .....	26
5.8 周边环境 .....	27
6 监测技术要求 .....	30
6.1 一般规定 .....	30
6.2 水平位移监测 .....	31
6.3 竖向位移监测 .....	32
6.4 深层水平位移监测 .....	33
6.5 地下水水位监测 .....	34
6.6 结构应力监测 .....	35
6.7 倾斜监测 .....	36
6.8 裂缝监测 .....	36

6.9	土压力监测 .....	37
6.10	孔隙水压力监测 .....	38
6.11	土体分层竖向位移监测 .....	39
6.12	净空收敛监测 .....	39
6.13	梁体徐变监测 .....	41
6.14	坑底隆起监测 .....	41
6.15	现场巡查 .....	42
6.16	自动化监测 .....	42
7	监测频率与监测周期 .....	45
7.1	一般规定 .....	45
7.2	监测频率 .....	46
7.3	监测周期 .....	50
8	监测警情报送 .....	51
8.1	一般规定 .....	51
8.2	监测报警值 .....	51
9	监测成果及信息反馈 .....	57
9.1	一般规定 .....	57
9.2	监测成果要求 .....	57
9.3	监测信息反馈 .....	59
10	监测信息管理系统 .....	60
10.1	一般规定 .....	60
10.2	系统功能设计 .....	60
10.3	数据管理及系统维护 .....	61
10.4	系统安全 .....	61
附录 A	监测报表 .....	62
表 A.0.1	竖向位移、水平位移监测日报表 .....	62
表 A.0.2	建（构）筑物倾斜监测日报表 .....	63
表 A.0.3	支撑轴力监测日报表 .....	64
表 A.0.4	水位监测日报表 .....	65

表 A.0.5 应力（水、土压力）监测日报表 .....	66
表 A.0.6 土体分层竖向位移监测日报表 .....	67
表 A.0.7 深层水平位移监测日报表 .....	68
表 A.0.8 隧道收敛监测日报表 .....	69
表 A.0.9 地层损失率监测日报表 .....	70
表 A.0.10 高架立柱竖向位移监测日报表 .....	71
表 A.0.11 高架立柱倾斜监测日报表 .....	72
表 A.0.12 高架梁体徐变监测日报表 .....	73
附录 B 巡视记录表 .....	74
表 B.0.1 基坑工程巡视检查记录表 .....	74
表 B.0.2 盾构法隧道工程巡视检查记录表 .....	75
表 B.0.3 冻结暗挖工程巡视检查记录表 .....	76
附录 C 沿水平直径布设收敛测线位置的确定 .....	77
附录 D 无合作目标测距短测程改正常数的检测方法 .....	79
条文说明 .....	84

# 1 总则

**1.0.1** 为规范上海市域铁路工程施工阶段监测工作，保障工程本体结构及周边环境的安全，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于上海地区新建市域铁路工程施工阶段的监测工作。

**1.0.3** 市域铁路工程施工阶段监测应综合考虑市域线工程性质与特点，根据工程设计、岩土体条件，结合周边环境条件、施工工艺等因素，编制监测方案并实施，确保监测技术先进、方法经济合理、成果及时可靠。

**1.0.4** 市域铁路工程施工阶段监测，除应符合本规范的规定外，还应满足国家、行业和本市现行有关标准的规定。

## 2 术语

### 2.0.1 市域铁路 suburban railway

中心城区联接周边城镇组团及城镇组团之间的快速度、大运量、公交化的轨道交通系统，是综合交通体系的重要组成部分。

### 2.0.2 变形监测 deformation monitoring

对工程结构、周围岩土体和周边环境等监测对象的竖向、水平、倾斜、挠曲等变化进行的周期性测量工作。

### 2.0.3 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周期性量测工作。

### 2.0.4 渗流监测 seepage monitoring

对构筑物由渗流形成的浸润线、渗透压力、渗流量等的周期性观测。

### 2.0.5 基准点 reference point

在变形监测活动中，用于测定工作基点和监测点量测值的稳定可靠的起算点。

### 2.0.6 工作基点 working reference point

为了方便开展监测工作，为测定监测点量测值而布设在监测对象附近的相对稳定的控制点。

### 2.0.7 监测点 monitoring point

设置在工程结构、周围岩土体或周边环境等监测对象上，能反映其变形、力学、渗流特征的观测标志或量测设施。

### 2.0.8 工程本体结构 engineering body structure

工程施工建造的基坑支护结构、隧道支护结构和高架基础及上部结构等的统称。

### 2.0.9 周边环境 surroundings

工程施工影响范围内的既有建（构）筑物、管线、道路、桥梁、城市轨道交通设施、铁路、水体等的统称。

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

工程施工影响范围内的岩体、土体的统称。

#### **2.0.11 监测等级 monitoring grade**

根据工程本体安全等级、周边环境保护等级和地质条件的复杂程度等因素，对工程施工监测进行的等级划分。

#### **2.0.12 监测频率 monitoring frequency**

在单位时间段内实施监测工作的次数。

#### **2.0.13 监测报警值 forewarning value for monitoring**

为满足工程本体结构的安全及周边环境保护要求，针对各监测项目不同阶段的监测数据变化量所设定的限值。分变化速率监测报警值和累计变化监测报警值。

#### **2.0.14 监测控制值 controlled value for monitoring**

为满足工程支护结构安全及环境保护要求，对各监测项目数据变化所设定的容许限值。

#### **2.0.15 自动化监测 automatic monitoring**

基于一定的硬件设备和控制软件，按设定的规则自动进行监测数据的采集、信息传输处理、分析处理的监测活动。

## 3 基本规定

### 3.1 基本要求

**3.1.1** 在市域铁路工程施工过程中，应对工程本体结构、周围岩土体及周边环境进行监测。

**3.1.2** 监测工作应遵循以下流程：

- 1 收集相关资料并组织现场踏勘。
- 2 编制、确定监测方案。
- 3 监测基准点、工作基点和监测点等布设与验收。
- 4 测定监测点初始值。
- 5 监测数据采集，现场巡查。
- 6 结合现场巡查情况，处理和分析监测数据。
- 7 监测信息反馈，提交监测成果报表、警情快报、阶段性监测报告等。
- 8 全部监测工作结束后编制监测工作总结报告。

**3.1.3** 监测技术方案的编制应依据工程设计文件、岩土工程勘察成果资料、工程地形图、周边地下管线图、工程施组方案、周边建（构）筑物调查检测资料等并结合现场踏勘后开展。监测方案应包括下列内容：

- 1 工程概况，包括设计概况及施组概况。
- 2 工程地质条件、水文地质条件及周边环境情况。
- 3 监测工作目的和依据。
- 4 监测范围及监测等级。
- 5 工程主要风险源分析及相应的监测措施。
- 6 监测对象及监测项目。
- 7 监测基准点的布设。
- 8 监测点的布设与保护。
- 9 监测技术方法及精度指标。
- 10 现场巡查。
- 11 监测频率。
- 12 监测控制指标及异常情况下的监测应急措施。

13 监测主要人员和仪器设备。

14 监测成果反馈机制。

15 质量控制措施、安全生产及文明作业措施。

16 监测点平面、剖面布置图及有必要的相关勘察、设计、施工图纸等。

监测方案应经审批后实施。

**3.1.4** 监测工作应采用仪器监测与人工巡查相结合的方法，在具备条件情况下，仪器监测宜优先采用自动化监测。

**3.1.5** 监测项目设置宜满足不同项目间能够相互验证。

**3.1.6** 监测点布设位置和数量应满足反映监测对象的变化特性的要求，监测点设置规范，标识清晰，并应采取相应的保护措施。

**3.1.7** 监测期间对被破坏的测点应及时恢复或增补，重设后同一监测对象的监测数据应保持延续。

**3.1.8** 结构变形的监测点布设时宜综合考虑建设期及运营期变形数据的连续性。

**3.1.9** 监测初始值应在相关施工工序开始之前测定，应连续独立进行至少 3 次观测，取其稳定值的平均值作为初始值。

**3.1.10** 监测控制值应根据项目特点、工程地质及水文地质条件、周边环境保护要求等因素并结合当地工程经验确定，并应满足监测对象安全状态得到合理、有效的控制要求。监测控制值分累计变化量和变化速率双控。

**3.1.11** 市域铁路工程施工过程中，当监测数据达到报警值时，必须及时反馈报送相关警情。

**3.1.12** 现场巡查宜安排专人负责，并填写巡查记录，巡查信息应结合仪器监测数据进行综合分析。

**3.1.13** 工程结构施工完成施工影响消除，在监测数据稳定后可结束监测工作。

**3.1.14** 监测工作结束后，监测单位应向委托单位提供监测总结报告，并按档案管理规定进行资料归档。

## **3.2 监测范围**

**3.2.1** 监测工作主要在工程施工影响范围内开展，影响范围应根据工程施工对周围岩土体扰动和周边环境受影响的程度及范围确定，工程影响分区包括主要影响

区和次要影响区。监测范围应包括主要影响区和次要影响区。

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

工程影响分区	范围
主要影响区	基坑边线外侧 1H 范围内
次要影响区	基坑边线外侧 1H~3H 范围内（对于地质条件特殊、降承压水影响范围较大的情况，影响次要影响区宜延伸）

注：H—基坑设计开挖深度(m)。

3.2.3 盾构隧道工程影响分区宜按表 3.2.3 的规定进行划分，顶管工程的影响分区划分参照盾构区间工程。

表 3.2.3 盾构区间工程影响分区

工程影响分区	范围
主要影响区	隧道地表投影区域
次要影响区	隧道地表投影区域边线~1Hi 范围内(隧道中心埋深小于或等于 20m 时)； 隧道地表投影区域边线~3D 范围内(隧道中心埋深大于 20m 时)

注：1、Hi—隧道中心埋深(m)，D—隧道直径(m)。

3.2.4 冻结暗挖工程影响分区宜按表 3.2.4 的规定进行划分。

表 3.2.4 冻结暗挖工程影响分区

工程影响分区	范围
主要影响区	冻结体地表投影区域
次要影响区	冻结体以外 20m(且不小于 1.5 倍冻结体中心埋深)的地表投影区域，冻结体投影区域除外

3.2.5 桥梁桩基工程影响分区宜按表 3.2.5 的规定进行划分。

表 3.2.5 桥梁桩基工程影响分区

工程影响分区	预制桩	钻孔灌注桩
主要影响区	桩基外沿 0.5H 范围以内	桩基外沿 5m 范围以内
次要影响区	桩基外沿 0.5~1.5H 范围	桩基外沿 5m~0.5H 范围

注：1、H—桩基入土深度(m)。

3.2.6 路基工程影响分区宜按表 3.2.6 的规定进行划分。

表 3.2.6 路基工程影响分区

工程影响分区	范围
主要影响区	换填区外沿 2H 范围以内；真空预压处理区外沿 40 米以内范围
次要影响区	换填区外沿 2~3H 范围；真空预压处理区外沿 40~60 米范围

注：1、H—换填深度(m)。

### 3.3 监测等级划分

3.3.1 监测等级应根据市域铁路工程的本体结构安全等级、水文及地质条件、周边环境保护要求等因素综合进行划分。

3.3.2 基坑工程、盾构隧道、桥梁工程、顶管工程、路基工程、冻结暗挖工程等的本体结构安全等级宜根据工程所处的水文地质条件、施工工况条件及外界制约因素按表 3.3.2 确定。

表 3.3.2 工程的本体安全等级

本体安全等级		等级划分标准
基坑工程	一级	开挖到④ <sub>2</sub> 、⑤ <sub>2</sub> 、⑥ <sub>2</sub> 微承压含水地层或受到⑦层承压含水地层影响的基坑； 开挖深度大于等于 25m 的基坑； 开挖宽度大于等于 30m 的基坑； 逆作法施工的基坑；
	二级	开挖深度范围内② <sub>3</sub> 、③ <sub>j</sub> 地层厚度大于等于 4m 的基坑或受到④ <sub>2</sub> 、⑤ <sub>2</sub> 、⑤ <sub>3.1</sub> 微承压含水地层影响的基坑
	三级	除一级、二级以外的基坑
盾构隧道工程	一级	盾构掘进断面遇到⑥、⑦层地层或特别软弱古河道的隧道； 顶部埋深小于等于 1D 的隧道； 平面曲率半径小于等于 350m 的隧道； 近距离施工的隧道(并行或交叠)； 掘进断面存在地下障碍物的隧道
	二级	掘进全断面位于② <sub>3</sub> 、④ <sub>2</sub> 、⑤ <sub>2</sub> 层地层的隧道
	三级	除一级、二级以外的隧道
桥梁工程	一级	特大型桥梁或桩基础为挤土桩
	二级	大型桥梁或桩基础为部分挤土桩

	三级	中小型桥梁及桩基础为非挤土桩
路基工程	一级	软土地区穿越暗浜或古河道地层
	二级	软土地区临近河渠、湖泊等
	三级	其他路基工程
冻结暗挖工程	一级	冻结体遇到⑥、⑦层地层的暗挖工程； 隧道线间距大于等于 20m 的联络通道； 隧道线间距小于等于 12m 的联络通道； 包含侧式泵站和竖向通道的联络通道； 与盾构推进施工或与铺轨施工交叉作业的的冻结暗挖联络通道
	二级	冻结体遇到④ <sub>2</sub> 、⑤ <sub>2</sub> 层地层的暗挖工程
	三级	除一级、二级以外的其他冻结暗挖工程

注：1 D 为盾构隧道管片结构的外径(m)；

2 近距离隧道是指两隧道间距在一倍直径（或开挖宽度）范围以内。

3 顶管工程的本体安全等级划分参照盾构区间工程。

4 桥梁工程涉及基坑的参照基坑标准。

**3.3.3 周边环境保护等级可根据周边环境条件按表 3.3.3 划分为三个等级。**

**表 3.3.3 周边环境保护等级划分**

周边环境保护等级	周边环境条件
一级	主要影响区内存在既有轨道交通设施，城市快速路、高速公路等重要道路桥梁与隧道，重要建(构)筑物，电力隧道、有轨电车等重要市政设施及重大市政管线； 主要影响区内有河流、湖泊、水库等大型水体
二级	主要影响区内存在一般建(构)筑物，一般市政设施； 次要影响区内存在既有轨道交通设施，城市快速路、高速公路等重要道路桥梁与隧道，重要建(构)筑物，电力隧道、有轨电车等重要市政设施及重大市政管线； 次要影响区内有河流、湖泊、水库等大型水体
三级	主要影响区内无建(构)筑物，市政设施； 次要影响区内存在一般建(构)筑物、一般市政设施及市政管线 影响区内无其他无环境保护对象

3.3.4 基坑工程、盾构隧道、桥梁工程、顶管工程、路基工程、冻结暗挖工程的监测等级可按表 3.3.4 的规定分为一级、二级和三级。同一工程不同区域可细分为不同监测等级。

表 3.3.4 监测等级

监测等级 / 周边环境 保护等级 / 本体安全 等级	一级	二级	三级
	一级	一级	一级
二级	一级	二级	二级
三级	一级	二级	三级

## 4 监测项目

### 4.1 一般规定

4.1.1 监测项目应针对监测对象的关键部位设定，各监测项目的选择应利于形成互为补充、验证的监测体系。

4.1.2 现场监测应采用仪器监测与现场巡视检查相结合的方法。

### 4.2 监测项目

4.2.1 基坑工程监测项目应根据表 4.2.1 进行选择。

表 4.2.1 基坑工程监测项目

序号	监测项目	监测等级		
		一级	二级	三级
1	围护墙（桩）顶部水平位移	●	●	●
2	围护墙（桩）顶部竖向位移	●	●	●
3	围护结构深层水平位移	●	●	●
4	土体深层水平位移	○	○	○
5	立柱竖向位移	●	●	○
6	围护墙内力	○	○	○
7	支撑内力	●	●	●
8	冠梁及围檩内力	○	○	○
9	立柱内力	○	○	○
10	逆作法基坑梁板应力	●	○	○
11	土压力	○	○	○
12	坑底隆起	○	○	○
13	孔隙水压力	○	○	○
14	地下水位	●	●	●
15	土体分层竖向位移	○	○	○
16	周边地表竖向位移	●	●	●

注： ●”为应测项目；“○”为选测项目。

4.2.2 隧道工程结构和周围岩土体监测项目应根据表 4.2.2 进行选择。

表 4.2.2 隧道工程监测项目

序号	监测项目	监测等级		
		一级	二级	三级
1	隧道结构竖向位移	●	●	●
2	隧道结构水平位移	○	○	○
3	隧道结构净空收敛	●	●	●
4	隧道结构应力	○	○	○
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	孔隙水压力	○	○	○
10	土压力	○	○	○
11	大尺寸隧道中隔墙竖向位移	●	●	●
12	大尺寸隧道中隔墙倾斜	○	○	○

注： ●”为应测项目；○”为选测项目。

4.2.3 冻结暗挖工程结构监测项目应根据表 4.2.3 进行选择。

表 4.2.3 冻结暗挖工程结构监测项目

序号	监测项目	监测等级（一、二、三级）
1	地表竖向位移	●
2	支护结构竖向位移	●
3	支护结构水平位移	●
4	拱顶下沉	●
	净空收敛	●

	支护结构内力	○
	水土压力	○
	孔隙水压力	○

注：1、“●”为应测项目；○”为选测项目。

2、冻结系统状态应由冻结专业施工方组织专项监测，对冻结干管去、回路温度，流量，测温孔温度、泄压空压力、盐水液位等项目按设计要求进行监测。

4.2.4 桥梁工程结构监测项目应根据表 4.2.4 进行选择。

表 4.2.4 桥梁工程结构监测项目

序号	监测项目	监测等级（一、二、三级）
1	墩柱竖向位移	●
2	墩柱倾斜	○
3	梁体徐变	●
4	梁板应力	○

注：1、“●”为应测项目；○”为选测项目。

2、特殊桥型（如拱桥、斜拉桥等）的监测项目根据工程情况和相关要求确定。

4.2.5 路基工程结构监测项目应根据表 4.2.5 进行选择。

表 4.2.5 路基工程结构监测项目

序号	监测项目	监测等级（一、二、三级）
1	路基中央、路肩、坡脚竖向位移	●
2	路肩、坡脚水平位移	●
3	挡墙墙顶水平位移	●
4	挡墙墙顶竖向位移	●
5	路基与桥梁、路基与地下过渡段的差异沉降	●
6	结构裂缝	○

7	路基土体深层水平位移	○
8	路基分层竖向位移	○
9	土压力	○
10	孔隙水压力	○

注：1、“●”为应测项目；○为选测项目。

4.2.6 顶管工程顶进施工过程中顶管结构及周围土体的监测项目应按表 4.2.6 确定。

表 4.2.6 顶管工程监测项目

序号	监测对象	监测项目	监测等级（一、二、三级）
1	顶管结构	管段变形	○
2		管段应力	○
3	周围土体	地表竖向位移	●
4		地下水位	○
5		土体深层水平位移	○
6		土体分层竖向位移	○

注：1.“●”为应测项目；○为选测项目。

4.2.7 周边环境监测项目应根据表 4.2.7 进行选择。

表 4.2.7 周边环境监测项目

序号	监测对象	监测项目	工程影响分区	
			主要影响区	次要影响区
1	建（构）筑物	竖向位移	●	●
2		水平位移	○	○
3		倾斜	○	○
4		裂缝	●	○
5	地下管线	竖向位移	●	●
6		水平位移	○	○
7		差异沉降	●	○
8	道路	路面路基竖向位移	●	●
9		挡墙竖向位移	●	●
10		挡墙倾斜	○	○
11	桥梁	墩台竖向位移	●	●
12		相邻墩台差异沉降	●	●
13		墩柱倾斜	●	○

14		梁板应力	○	○
15		裂缝	●	○
16	隧道	隧道结构竖向位移	●	●
17		隧道结构水平位移	●	○
18		隧道结构净空收敛	●	○
19		结构变形缝差异沉降	●	○
20		裂缝	●	○
21	既有铁路 (包括城市轨道交通)	轨道静态几何形位(轨距、轨向、高低、水平)	●	●
22		(轨道、路基、接触网支柱、墩台、框架桥、箱涵、隧道结构、站房、站台雨棚柱等)竖向位移	●	●
23		(轨道、路基、墩台、框架桥、隧道结构等)水平位移	●	●
24		(接触网支柱、墩台、站房、雨棚柱等)倾斜	●	●
25		结构裂缝	●	○
26		(挡墙顶、站台雨棚柱、站台)水平位移	○	○
27		(挡墙顶、地道、天桥)竖向位移	○	○
28		桥涵过渡段差异竖向位移	○	○
29		周边岩土体	地面竖向位移	●
30	地下水位		●	○
31	土体深层水平位移		○	○
32	水土压力		○	○

注：●”为应测项目；○”为选测项目。

### 4.3 现场巡查

**4.3.1** 市域铁路工程施工阶段现场巡查范围应不小于监测布点范围，必要时可扩大巡查范围。

**4.3.2** 市域铁路工程施工阶段现场巡查频率不宜低于仪器量测频率。因施工干扰、气象条件等特殊原因无法保证仪器测量频率的，应增加巡查频率。

**4.3.3** 市域铁路工程施工阶段巡查内容应包括以下内容：

- 1 自然气象条件
- 2 工程本体结构状况；
- 3 施工工况；
- 4 监测设施状况；

5 周边环境情况；

具体巡查内容可参照本规范附录 B。

**4.3.4** 巡查方法包括实地查看、实物触探、调阅比对等，可辅助以量尺、放大镜、照相机、摄像机等器具；巡查人员应将采集到的有关信息以文字、影像等方式进行详细记录，并及时整理巡视巡查信息。

**4.3.5** 巡视巡查信息应与仪器量测数据进行对比综合分析，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。

## 5 监测点布置

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 监测点的布置应能反映监测对象的实际状态及其变化趋势，监测点应布置在监测对象受力及变形关键点和特征点上，并满足对监测对象的监控要求。

**5.1.2** 本体结构和周围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。

**5.1.3** 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，并应满足环境对象变化规律和环境对象安全状态分析的要求。

**5.1.4** 监测点设置不应影响和妨碍监测对象的正常受力和使用；监测标志应稳固可靠，标识清晰，并应采取有效保护措施。

**5.1.5** 监测点布设时应设置监测断面，不同监测项目间宜能够相互验证。监测断面的位置和数量宜根据工程条件及规模进行确定。

**5.1.6** 监测点布设及监测时段应统筹考虑不同单项工程施工工序或监测范围内的交叉施工状况，确保监测数据的延续。

### 5.2 基坑工程

**5.2.1** 围护墙（桩）顶部水平位移监测点和竖向位移监测点布设应符合下列要求：

- 1 围护墙（桩）顶部水平位移监测点和竖向位移监测点宜共点设置。
- 2 监测点沿基坑周边布设，间距应不大于 20m，每侧边至少有 1 点，在局部重要位置加密，如阳角部位、深度变化部位、邻近重要环境保护部位等。
- 3 围护墙（桩）深层水平位移监测点处应设置围护墙（桩）顶部水平位移监测点和竖向位移监测点。
- 4 围护墙（桩）顶部水平位移监测点和竖向位移监测点宜与立柱竖向位移监测点布设在同一监测断面上。

**5.2.2** 围护墙（桩）体深层水平位移监测点布设应符合下列要求：

1 监测等级为一级的基坑，监测点布设间距不应大于 20m；监测等级为二、三级的基坑，监测点布设间距不应大于 30m。监测点应沿长边对称布设并与围护墙（桩）顶部变形监测点相对应，每侧边至少有 1 点。

2 监测点宜布设在单幅地下连续墙中部。

3 对应重要环境保护部位及邻近基坑阳角部位的围护墙（桩）体应布设监测点。

4 监测点深度宜与围护墙（桩）深度基本相同。

5 附属结构基坑和主体结构基坑围护共墙时，应采取措施保证前期埋设的监测点在附属结构基坑施工时能正常使用。

6 应避免在有承压水风险的洞门位置布设监测点，如必须在洞门位置布设，应在洞门破除前采取有效的封孔措施。

#### **5.2.3 围护墙应力监测点布设应符合下列要求：**

1 监测点应布设在设计计算受力较大的部位。

2 监测点竖向布设部位应根据支撑位置确定，竖向间距宜为 3m~5m，在墙体设计计算弯矩最大处应布设测点。

3 每个监测点竖向布设的传感器应在围护墙两侧对称布设。

#### **5.2.4 冠梁及围檩应力监测点布设应符合下列要求：**

1 监测点应布设在每侧边的中间部位、设计计算受力较大、支撑间距较大处；在竖向上的监测点位置宜保持一致。

2 每个监测点埋设的传感器不应少于 2 个，且应在冠梁或围檩两侧对称布设。

#### **5.2.5 支撑轴力监测点布设应符合下列要求：**

1 监测点平面布设应沿基坑纵向布点，竖向位置宜保持每道支撑一致，组成竖向监测断面，断面间距应不大于 50m。

2 支撑设计计算受力较大、阳角部位、基坑深度变化部位、重要环境保护部位等特殊部位应加密监测点。

3 监测点宜布设在支撑长度的 1/3 部位。采用轴力计监测钢管支撑轴力时，轴力计应布设在支撑的固定端。

4 钢筋混凝土支撑，每个监测点截面内埋设的传感器不宜少于 4 个，应分别布设在截面四边中部主筋上。

5 采用表面应变计监测钢支撑的轴力，每个监测点截面表面安装的传感器应不少于 2 个，且应在钢支撑两侧平行受力方向对称布设。

6 采用伺服支撑系统的，支撑轴力宜采用伺服支撑系统的轴力示值。

#### **5.2.6 盖挖逆筑法施工基坑的梁板应力监测点布设应符合下列要求：**

1 监测点应布设在结构梁楼板设计计算受力较大处、开口边梁跨中及支座处、兼作栈桥和行车通道的首层结构楼板处、可能出现受力最不利工况组合处。

2 每层楼板上梁板应力监测点不应少于 3 个，并且每层楼板上梁板应力监测点位置宜在竖向上保持一致。

3 梁内每个监测点截面内埋设的传感器不宜少于 4 个，应分别布设在梁的四边中部；板内每个监测点截面内埋设的传感器不宜少于 2 个，且应在板上下两侧对称布设。

#### **5.2.7 立柱竖向位移监测点布设应符合下列要求：**

1 监测点应布设在基坑中部、多根支撑交汇处、施工栈桥处、盖挖逆筑法施工时承担上部结构荷载及盖挖逆筑区与盖挖顺筑区交界处、地质条件复杂处等位置的立柱上，不同结构类型的立柱宜分别布点。

2 监测点不宜少于立柱总数的 10%；盖挖逆筑法施工的基坑监测点不宜少于立柱总数的 20%，且应不少于 5 根立柱。

3 间距较大的立柱、支撑跨度较大的立柱、支撑断面较小的立柱应增设监测点。

4 有承压水风险的基坑，宜每根立柱布设监测点。

#### **5.2.8 立柱应力监测点布设应符合下列要求：**

1 监测点应布设在设计计算受力较大的立柱上。

2 每个截面内传感器不宜少于 4 个。

#### **5.2.9 坑底隆起（回弹）监测点布设应符合下列要求：**

1 监测点应根据基坑的平面形状和尺寸布设成监测断面。

2 断面上监测点宜布设在基坑中部、距基坑边缘的 1/4 坑底宽度处以及其他能反映变形特征的位置。

3 回弹监测标志宜埋入基坑底面以下 0.5m~1.0m。

#### 5.2.10 地表竖向位移监测点布设应符合下列要求：

1 沿平行基坑周边边线布设一排地表竖向位移监测点，监测点宜采用深埋监测点方式布设，监测点距基坑边缘不宜大于 2m，相邻监测点间的距离应不大于 25m。

2 在基坑开挖面或开挖面以下存在砂性地质条件下，且有墙缝渗漏风险的，沿平行基坑周边边线监测点间的距离应加密，宜每两幅地下连续墙布设一个测点，监测点应布设在地下连续墙接缝位置处。

3 地表竖向位移监测断面应垂直于基坑边布设，断面间距应不大于 50m。基坑每侧边至少 1 组，布设在基坑侧边中部。

4 每组断面监测点应根据现场情况，按 2m~10m 间距自基坑边线向坑外先密后疏设置，离基坑最近点应与上述平行基坑周边边线的相应监测点共点，最远点应位于基坑 2 倍开挖深度以外。

5 基坑两个端头井处的地表竖向位移监测点的布设应综合考虑区间施工时的影响，应能反映车站基坑施工和区间施工引起的综合变形效应。

6 深层监测点的埋设应满足以下要求：

- 1) 沉降标杆采用 $\Phi 20\text{mm}$  螺纹钢标杆，螺纹钢标杆宜深入原状土 60cm 以上，沉降标杆外侧宜采用内径大于 13cm 的金属套管保护，保护套管内的螺纹钢标杆间隙应采用黄砂回填；
- 2) 应在金属套管顶部设置深埋监测点保护装置，其管盖安装应稳固且与原地面齐平；
- 3) 螺纹钢标杆顶部宜在管盖下 20cm。

#### 5.2.11 土体深层水平位移监测点布设应符合下列要求：

1 在邻近需要特殊保护的地下设施或建（构）筑物周围土体中钻孔布设土体深层水平位移监测点。

2 围护墙（桩）深层水平位移监测点量测深度失效大于 10%地墙深度或大于 5m 时，宜在对应位置布设土体深层水平位移监测点。

3 监测点布设深度应大于围护墙（桩）埋深 5m。

**5.2.12 土体分层竖向位移监测点布设应符合下列要求：**

1 监测点应布设在邻近需要特殊保护的地下设施或建（构）筑物周围土体中。

2 监测点布设深度宜大于 2 倍基坑开挖深度。

3 每个监测点沿竖向上安装的传感器宜布设在各土层分界面上，在厚度较大土层中部应适当加密。

**5.2.13 围护墙侧向土压力监测点布设应符合下列要求：**

1 监测点宜布设在设计计算受力较大、有代表性或邻近需要重点保护对象的围护墙侧。

2 每个监测点沿竖向安装的传感器间距宜为 3m~5m，宜布设在每层土层中部，可预设于基坑外侧、基坑内侧入土段的围护墙侧面。

**5.2.14 孔隙水压力监测点布设应符合下列要求：**

1 监测点应在水压力变化影响深度范围内按土层布设，竖向间距宜为 4m~5m，涉及多层承压水层时应适当加密。

2 每个监测点沿竖向安装的传感器数量不宜少于 3 个。

**5.2.15 基坑外地下水位监测点布设应符合下列要求：**

1 坑外潜水水位监测点沿基坑边线布设，间距宜为 20m~50m，两侧端头井至少各有 1 个，水文地质条件复杂处应适当加密。

2 潜水水位监测点宜布设在搅拌桩施工搭接处、转角处、相邻建（构）筑物处、地下管线相对密集处等，并宜布设在止水帷幕外侧约 2m 范围内。

3 对需要降低承压水或微承压水水头的基坑工程，宜布设承压水水位监测点。坑外监测点宜布设在止水帷幕外侧约 2m 处，应满足周边环境保护要求。坑内应结合承压降水备用井设置监测点。

4 坑外潜水水位观测管埋置深度宜为 6m~10m，承压水位观测管的埋深宜进入该承压含水层 4m 以上，层厚不足 4m 时，取该含水层层底作为水位观测管的埋深。

### 5.3 盾构隧道工程

5.3.1 盾构推进施工在盾构切口前 30m至盾尾脱出后 50m 作为主要监测范围，监测内容为地下管线变形监测、深层地表沉降监测、建（构）筑物变形监测、隧道沉降监测、隧道收敛监测，根据工程需求宜增加盾构管片结构应力监测、管片围岩压力监测、管片连接螺栓应力监测、孔隙水压力监测、周围土体深层水平位移和分层竖向位移监测等项目。

5.3.2 盾构进出洞区域应布置地面深层监测点，布置位置如图 5.3.2 所示：

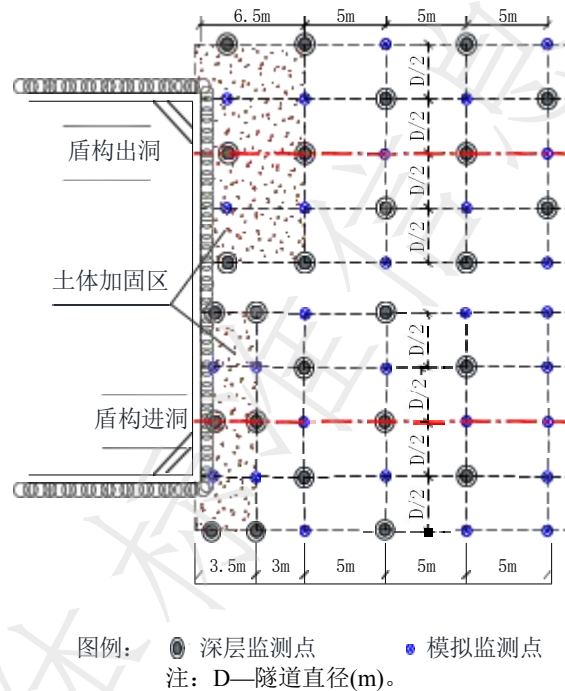


图 5.3.2 盾构进出洞施工地面环境监测沉降点布置平面图

#### 5.3.3 深层监测点的埋设方法

在地面深层沉降监测点布设时须穿透路面结构硬壳层，沉降标杆采用  $\Phi 25\text{mm}$  螺纹钢标杆，螺纹钢标杆应深入原状土 60cm 以上，沉降标杆外侧采用内径大于 13cm 的金属套管保护。保护套管内的螺纹钢标杆间隙须用黄砂回填。金属套管顶部设置管盖，管盖安装必须稳固，与原地面齐平；为确保测量精度，螺纹钢标杆顶部应在管盖下 20cm 为宜。深层监测点埋设结构如图 5.3.3 所示：

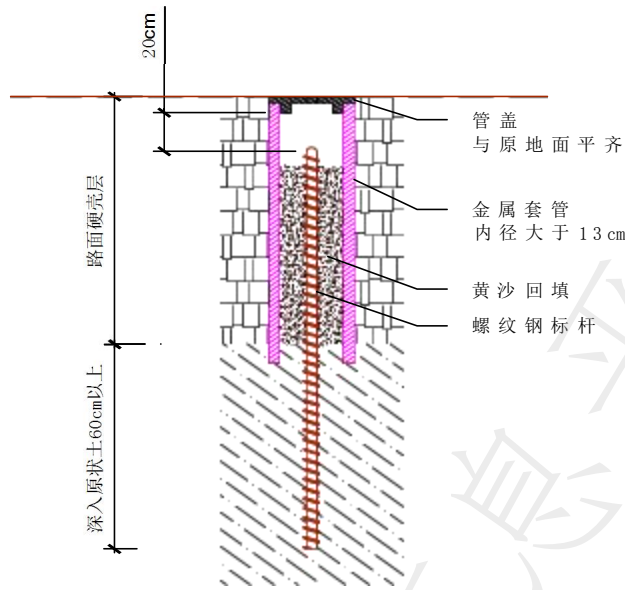


图 5.3.3 深层监测点埋设示意图

5.3.4 盾构进出洞以外区域的地面监测点应在上、下行线轴线上以 1 点/5 环间距布设，每 30 环布置一地面沉降监测剖面，剖面点间距以 5~10m 为宜，应先密后疏，最远点应位于盾构底埋深 1.5 倍范围外，监测点宜按环号进行编号。

5.3.5 隧道沉降、收敛监测测点为每 5~10 环布设 1 点，在某些特定部位可适当加密，点位应考虑观测方便又能长期保存，测点一般设在隧道拱底布置，浇筑道床时在隧道侧面布点。监测范围参考“盾构法隧道工程监测频率表”规定。

5.3.6 盾构管片结构沉降和净空收敛监测断面布设应符合下列规定：

- 1 收敛断面一般区域按 10 环间隔布设，进出洞 50m 范围内按 5 环间隔布设；
- 2 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成布设监测断面；
- 3 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；
- 4 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；
- 5 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沉降监测点，两侧拱腰处的净空收敛监测点可兼作水平位移监测点。

5.3.7 周边环境监测

1 隧道正上方及盾构沿线路中心线左右各 1.5 倍盾构中心埋深范围内建（构）筑物、管线等周边环境应布设监测点。

2 建（构）筑物测点布设参考基坑周边建（构）筑物的布点原则。

3 地下管线测点布置：

1) 管线监测点间距宜为 5~20m，与隧道轴线垂直或接近垂直相交管线测点间距不宜大于 6m（须兼顾管线结构型式），与隧道轴线平行或小角度斜交管线测点间距不宜大于 20m，距离最近一排管线若设置沉降和水平位移监测，则监测点宜为共同点；

2) 其它布点原则参考基坑周边管线的相关布点原则。

**5.3.8 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 4 个。

**5.3.9 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 地层疏松地质条件复杂地段，软土等特殊岩土地段，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。

**5.3.10 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。

**5.3.11** 大尺寸盾构隧道沉降、收敛监测测点应为每 5 环布设 1 点，在易产生较大沉降差部位须加密布设监测点，其余布点要求满足 5.3.1~5.3.10 所述。

**5.3.12** 大尺寸盾构中隔墙应布设沉降监测点，宜每 5m 布设 1~2 个断面。中隔墙倾斜可作为选测项目。

**5.3.13** 道床浇筑后盾构隧道沉降监测点宜转换到道床或轨枕中部，并结合长期运营监测需求布设，管线架安装后隧道收敛监测点应统一检查测点的保存情况。沉降及隧道收敛测点成果宜在竣工验收后移交给运营维保单位，接续进行运营期监测。

## 5.4 冻结暗挖工程

**5.4.1** 支撑采用轴力计监测时，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，并应避免节点位置。

**5.4.2** 支护结构的监测点应埋设在其顶部的冠梁上，监测点间距应为 10~20m，每边不少于 1 点。支撑轴力监测点应按竖向分层布设，每层支撑轴力监测点数量不应少于 10%且不少于 3 根；隧道拱顶下沉、净空水平收敛和地表沉降等监测点应在同一断面内布设，纵断面间距宜为 10m~50m，监测点横向间距宜为 2m~10m。

**5.4.3** 沿线周边环境变形监测内容及布点要求：

地表沉降监测点应埋设在地表或道路路基以下原状土层中并加设保护装置；地面监测点应在隧道纵向和横向上布设成监测剖面，应分别布设深层监测点。在地面布设深层监测点时应穿透路面结构硬壳层，埋设进入原状土 600mm 以上的沉降标杆；建筑上的监测点应设置在主要承重结构上，标志应与其外观协调；对隐蔽或不适宜直接设置监测点的管线设施，宜在其周围土体中埋设深层监测点，监测点埋设范围参考“盾构隧道工程”监测点布设要求。

**5.4.4** 联络通道冻结暗挖施工监测范围应符合下列规定：

1 若为联络通道冻结暗挖工程，临近隧道管片变形监测范围不应小于联络通道两侧隧道管片各 50m；

2 地面及周围建（构）筑物和管线变形监测范围应以工程中心为圆心、半径不小于隧道埋深的 1.5 倍。地面及周围建构筑物 and 管线变形监测范围且不小于暗挖工程正上方地面投影外侧 20m。

**5.4.5** 隧道沉降监测点宜先密后疏布置，应在隧道中心线对应钢管片的拱底位置布设 1 个测点，中心线两侧 10 环范围内每 2 环应布设 1 个测点，10 环范围外每 4 环应布设 1 个测点，监测点宜按环号进行编号。

**5.4.6** 隧道收敛监测点应在联络通道两侧第 1 个混凝土管片上布设 1 个断面，然后再联络通道中心线两侧 10 环范围内每 2 环布设 1 个断面，10 环范围外每 4 环布设 1 个断面，监测点宜按环号进行编号。

## 5.5 桥梁工程

**5.5.1** 桥梁桩基施工期间对周边环境影响的监测应根据桩基类型、影响范围及周边环境敏感程度综合确定。桥梁承台基坑施工期间监测要求应参考基坑工程监测要求执行。

**5.5.2** 墩柱竖向位移监测点的布设应符合：每个墩应设置 2 个观测点，单墩柱设置在墩柱的两侧，双墩柱或多墩柱设在两侧墩柱的外侧。观测点宜埋设于离地面 0.5m 左右高度的柱身上并便于观测，测点上方留有足够空间便于立尺，立面为曲面、斜面等异形墩柱无足够立尺空间时，可采用粘贴条码或挂尺法等方式布点。

**5.5.3** 梁体徐变监测点的布设应符合定：一般梁体监测点沿上、下行线在两端部、1/4 跨、跨中及 3/4 跨各设置 1 个观测点。U 型梁应逐跨设置观测点进行徐变监测。梁面上对应 4 个支座的位置各设置 1 个观测点，中轴线上的 1/4 跨、跨中及 3/4 跨位置各设置 1 个观测点，共设置 7 个观测点。大跨度连续梁及其它现浇梁，应逐跨设置观测点进行徐变监测。监测点沿上、下行线按 5m 左右间距呈跨中对称布置，跨中及两端均应设置观测点。

**5.5.4** 应力监测点宜布设在连续梁支座、1/4 跨、跨中及其他控制性截面的上、下缘位置。每截面测点数量不少于 4 个，呈对称布设。应力监测宜与竖向位移等其它监测项目同截面布设。

**5.5.5** 墩柱倾斜的监测点根据工程情况和相关要求布设。

## 5.6 顶管工程

**5.6.1** 顶管工程顶进施工过程中的周边地表竖向位移监测点布设应符合下列要求：

1 监测点应沿顶管轴线上方地表布设，监测点间距宜为 5 m；顶管始发和接收加固区应加密布设监测点，加固区轴线测点应布设为深埋点。

2 应选择有代表性的部位布设垂直于顶管轴线的横向监测断面，监测断面间距宜为 20m~40m；每个顶管工程应至少布设一条监测断面。

3 横向监测断面的监测点数量宜为 7 个~9 个，应以顶管轴线为中心对称分布，主要影响区监测点间距宜为 2m~3m，次要影响区监测点间距宜为 3m~5m。

**5.6.2** 管段结构变形及管段应力监测应根据管材、管径、断面及设计文件要求布设监测点。

**5.6.3** 顶管穿越既有城市轨道交通设施、防汛墙、铁路等时，宜根据需要增加对周围土体变形和地下水位的监测，测点应布设在顶管与既有设施之间具有代表性的位置。

## 5.7 路基工程

**5.7.1** 路基段施工时应在路基两侧路肩、坡脚设置竖向位移、水平位移监测点，布点间距宜 5m~15m，测点可采用埋设预制钢筋混凝土桩或插入钢筋后局部浇捣混凝土方式设置，测点入土深度不小于 0.5m。

**5.7.2** 设置路基挡墙时，应在墙顶布置水平位移、竖向位移监测点，布点间距宜 5m~10m，每段挡墙不少于一点，挡墙伸缩缝之间宜相邻布置两点，必要时采集差异沉降值。测点可采用钻孔埋设测钉方式布设。

**5.7.3** 路基与桥梁、路基与地下过渡段的应设置差异沉降监测点。

**5.7.4** 对采用强夯、真空预压等软基处理的方式的，其影响范围内地表宜布设地表竖向位移监测断面，测点间距宜为 5m~15m，断面间距宜为 30m~50m。

**5.7.5** 强夯、真空预压等处理影响区内有重要周边环境的，宜对路基外围水土体进行必要的监测，可设置土体深层水平位移，路基分层竖向位移，土压力，孔隙水压力监测点，测点宜布置在路基与环境对象之间，间距宜为 20m~50m。

## 5.8 周边环境

**5.8.1**建（构）筑物竖向位移监测点应能反映建（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者承重柱上；在基础形式、埋深和荷载有明显不同处及沉降缝、伸缩缝、新老建（构）筑物连接处的两侧应布置监测点；建（构）筑物的角点应布置监测点；圆形、多边形建（构）筑物应在建筑物纵横轴线上对称布置监测点。

2 建（构）筑物位于主要影响区时，测点布置间（弧）距宜为 10m~15m，或每隔 2 根承重柱布设一个监测点；建（构）筑物位于次要影响区时，测点布置间（弧）距宜为 15m~30m，或每隔 2 根~3根承重柱布设一个监测点。

3 对烟囱、水塔、高压电塔等高耸构筑物，应在其基础纵横轴线上对称布设监测点，且每栋构筑物监测点不应少于 4 个。

**5.8.2**建（构）筑物水平位移监测点应布设在临近基坑或隧道一侧的建（构）筑物外墙墙角、承重柱、变形缝两侧及其他有代表性的部位，宜与建（构）筑物竖向位移监测点共用。一侧墙体的监测点不宜少于3个。

**5.8.3**建（构）筑物倾斜监测点布设应符合下列规定：

1 监测点宜布置在建（构）筑物的角点、或伸缩缝两侧的承重柱（墙）上，测点应位于同一铅垂线上，上、下成对按组设置，必要时中部加密，且每栋建（构）筑物倾斜监测点数量不宜少于 2 组。

2 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 9.2.1 条规定。

**5.8.4**建（构）物裂缝监测点布设应符合下列规定：

1 裂缝监测应在分析裂缝的性质、产生原因及发展趋势基础上，根据裂缝的分布位置、走向、长度、宽度、错台等特征参数，选取应力或应变变化较大部位的裂缝或宽度较大的裂缝进行监测。

2 裂缝宽度监测点应在裂缝两侧成对布设，且其连线应垂直于裂缝走向，裂缝首、末端及裂缝的最宽处宜布设监测点。

**5.8.5**地下管线监测点布设应符合下列规定：

1 工程影响范围内存在多条管线时，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、埋设方法、使用状况，以及与工程的空间位置关系等综合因素确定地下管线监测点埋设数量、形式和布设位置。

2 应对重要的、位于主要影响区的、抗变形能力差、容易渗漏或破坏的管线进行重点监测。

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部位，地下管线位于主要影响区时，竖向位移监测点间距宜为 5m~15m，地下管线位于次要影响区时，竖向位移监测点间距宜为 15m~25m。

4 处于主要影响区的污水、供水、燃气、热力等地下管线，或者各类管沟，宜对管线或管沟设置直接观测点；当无法布置直接监测点时，也可利用窨井、阀门、抽气孔以及检查井等管线设备作为监测点。

#### 5.8.6 临近高速公路与城市道路竖向位移监测点布设应符合下列规定：

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数量及位置宜与周边环境监测点、路面下方的地下构筑物 and 地下管线的监测点布设相结合，布点及监测应不影响交通及作业安全。

2 对基坑工程，宜沿近基坑一侧路面布设监测点，布点间距宜为 10m~20m；并宜布设垂直于道路轴线有代表性的监测断面，每个横向监测断面的监测点数量和位置应按监测范围，并结合路面实际的监测条件确定，对高速公路和城市重要道路，横向监测断面数量应适当加密。

3 对盾构隧道工程，路面竖向位移监测按本规范 5.3 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，横向监测断面数量应适当加密。

4 盾构隧道下穿高速公路、城市重要道路时，应在其影响范围内布设路基竖向位移监测点，路肩或绿化带上应布设地表监测点。

5 道路挡土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，挡墙位于次要影响区时，监测点间距宜为 10m~15m。

6 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 组，每组监测断面上、下监测点应布设在同一铅垂面上。

#### 5.8.7 临近桥梁监测点布设应符合下列规定：

1 桥梁墩台竖向位移监测点应布设在墩柱或承台上，每个墩柱的监测点不应少于 1 个，群桩墩柱宜适当增加监测点，承台监测点宜对称布设且监测数据有利于分析承台不均匀沉降，每个承台的监测点不宜少于 2 个。

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

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。

4 桥梁监测点的布设还应符合《城市桥梁、隧道安全保护区技术标准》（沪建交[2010]511 号)相关规定。

**5.8.8** 既有城市轨道交通监测点布设应符合上海市工程建设规范《城市轨道交通结构监护测量规范》（DG/TJ 08-2170）的相关规定。

**5.8.9** 既有铁路监测点布设应符合下列规定，并应满足铁路管理部门的相关要求。既有铁路竖向位移监测点应按监测断面布设。沿既有铁路方向，既有铁路路基、道床位于主要影响区时，竖向位移监测点每 5m 布设 1 组；位于次要影响区时，每 10m 布设 1 组。

**5.8.10** 既有公路隧道监测点布设应符合下列规定，并应满足公路管理部门的相关要求。

1 既有公路隧道结构竖向位移监测应按监测断面布设，既有公路隧道结构位于主要影响区时，监测断面间距宜为 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两边侧墙底部布设监测点。

2 既有公路隧道结构缝差异沉降的监测应布置在结构缝的两侧。

3 既有公路隧道监测点的布设还应符合《城市桥梁、隧道安全保护区技术标准》（沪建交[2010]511 号)相关规定。

## 6 监测技术要求

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 监测方法应根据监测对象和监测项目的特点、监测等级、设计要求、场地条件、精度要求、地区经验等因素综合确定，在满足精度要求和合理易行的前提下，宜使用新技术、新方法以及自动化监测方法。

**6.1.2** 竖向位移监测基准控制网及水平位移监测基准控制网宜与施工控制网基准保持一致。

**6.1.3** 变形监测网的网点宜分为基准点、工作基点和监测点。基准点、工作基点的设置应符合下列要求：

1 基准点应在施工影响范围外，选择稳固、易于保存、使用方便的位置，基准点数量应不少于 3 个。当水平位移监测采用基准线控制时，基准线上应设置校核点。

2 当基准点距离所监测工程较远或监测作业不方便时，应设置工作基点。

3 基准点和工作基点应在工程施工前埋设，并经观测确定其稳定后，方可投入使用。4 监测期间，基准点和工作基点应定期联测，以修正工作基点的数据并检验基准点的稳定性。

**6.1.4** 监测仪器、设备和传感器应符合以下规定：

1 监测仪器、设备和传感器应满足观测精度和量程的要求，具有良好的稳定性和可靠性。

2 监测仪器和设备应定期进行检定或校准，并在检定或校准的有效使用期内。

3 传感器应与监测对象的介质特性相匹配，使用前应进行标定。

4 监测过程中应定期进行仪器设备的检核、比对、设备的维护、保养，以及监测传感器的检查。

**6.1.5** 对同一监测项目，监测时宜符合下列要求：

1 采用相同的观测方法和观测路线。

2 使用同一监测仪器和设备。

3 固定仪器观测人员。

4 在基本相同的时段下监测。

5 采用相同的数据处理方法。

**6.1.6** 周边环境与周围岩土体监测应在工程施工影响产生之前埋设测点并取得初始值，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，应及时采集初始值。

**6.1.7** 监测期间，应做好变形监测网点和传感器的保护工作；宜对被破坏的测点或传感器及时恢复。

## 6.2 水平位移监测

**6.2.1** 水平位移监测基准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》GB50308 的有关规定。水平位移监测基准点、工作基点宜设置具有强制对中的观测墩，或利用已有稳定的施工控制点，采用精密对中装置（对中误差小于 0.5mm）。

**6.2.2** 水平位移监测精度应符合表 6.2.2 的规定。

表 6.2.2 水平位移监测精度

监测等级 控制指标	一级	二级	三级
	监测点点位中误差（mm）	±1.50	±3.0
坐标分量较差或两次测量较差（mm）	2	3	5

注：对有特殊精度要求的监测对象宜进行监测精度专项设计。

**6.2.3** 水平位移监测基准网应定期复测，频率宜不少于每月 1 次，发现不稳定的控制点应及时补设。

**6.2.4** 每次水平位移观测前，应对相邻控制点进行稳定性检查。水平位移监测的方法可采用交会法、自由设站、极坐标、小角法、投点法、准直线法等，且应符合下列要求：

1 采用前方交会法时，交会角应在 60。~120。之间，并宜采用三点交会。

2 采用自由设站法时，宜采用全站仪后方交会三个及以上固定点，并测角、测边。

3 采用小角法时，小角角度不应超过 30'。

4 涉及边长测量时应优先选用全站仪（或激光测距仪）测定，当由于条件限制比须采用钢尺丈量时，其边长不应超过一尺段，并应进行尺长、拉力、温度和高差等项改正。

### 6.3 竖向位移监测

6.3.1 竖向位移监测精度应符合表 6.3.1 的规定。

表 6.3.1 竖向位移监测精度要求

监测等级 控制指标	一级	二级	三级
监测点测站高差中误差（mm）	±0.3	±0.5	±1.5

注：1 监测点测站高差中误差系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。

2 对有特殊精度要求的监测对象宜进行专项设计。

6.3.2 竖向位移控制网布设应符合下列要求：

1 竖向位移控制网宜采用水准测量方法布设成网。

3 竖向位移控制网共分三级，主要技术指标应符合表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 竖向位移监测网水准测量技术指标

监测等级	往返较差、附和差、闭合差（mm）	检测已测测段高差之差（mm）
一级	$0.6\sqrt{n}$	$0.8\sqrt{n}$
二级	$1.0\sqrt{n}$	$1.4\sqrt{n}$
三级	$3.0\sqrt{n}$	$4.2\sqrt{n}$

注：表中 n 为测站数。

6.3.3 竖向位移控制网施测应符合下列要求：

1 竖向位移控制网观测主要技术要求应符合表 6.3.3 的规定；

表 6.3.3 竖向位移控制网观测主要技术要求

监测等级	水准仪型号	视线长度 (m)	前后视距差(m)	前后视距差累积(m)	视线离地面高度 (m)	基辅分划 (或二次) 读数差 (mm)	基辅分划 (或二次) 高差之差 (mm)
一级	DS <sub>05</sub>	30	0.7	1.0	0.3	0.3	0.5
二级	DS <sub>1</sub>	50	2.0	3.0	0.2	0.5	0.7
三级	DS <sub>3</sub>	75	5.0	8.0	三丝能读数	2.0	3.0

注：当采用电子水准仪观测时，同一尺面的两次读数差，不设限差，两次读数所测高差的差，执行基辅分划所测高差之差的限差。

- 2 竖向位移控制网在点位稳定后方可开始施测；
- 3 竖向位移控制网应定期复测，发现不稳定的基准点应及时补设。

**6.3.4 竖向位移监测应符合下列要求：**

- 1 竖向位移监测宜采用几何水准方法，或电磁波测距三角高程、静力水准测量等方法。
- 2 监测精度应与相应等级的竖向位移控制网观测相一致。
- 3 水准路线应起讫于基准点或工作基点，组成闭合环或附合水准线路。
- 4 当采用几何水准时，部分监测点纳入水准路线，其他监测点可采用中视法同步观测，应考虑水准仪 i 角变化对中视点高程的影响。监测期间应定期对 i 角进行检验，光学水准仪宜每半个月校检一次 i 角，电子水准仪宜每次监测作业前校检一次 i 角，i 角不大于 15"，当仪器长距离运输、发生碰撞或剧烈振动等情况或出现数据系统性异常时应立即检测仪器 i 角。
- 5 采用电子测距三角高程作竖向位移监测时，宜采用(0.5"~1")级的全站仪用中间设站、不量取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 的规定。

**6.4 深层水平位移监测**

**6.4.1** 围护墙体或坑外土体的深层水平位移监测（测斜），宜在围护墙或土体内埋设测斜管，采用测斜仪量测测段位移偏量，并计算深层水平位移。

**6.4.2** 测斜仪的系统精度不宜低于±0.2mm/m，分辨率不宜低于±0.02mm/500mm。

**6.4.3** 测斜管可采用PVC、ABS工程塑料或铝合金材料制成，直径不宜小于45mm，管内应有两组相互垂直的纵向导槽。

**6.4.4** 测斜管埋设在原状土及加固土体中可采用钻孔法，在地下连续墙、钻孔灌注桩排桩中宜采用绑扎法，在SMW工法中宜在H型钢上采用钢抱箍法，不具备预埋测斜管条件时，宜在围护体迎土面贴近围护结构钻孔埋设。

**6.4.5** 土体、地基加固体中测斜管应在基坑开挖至少1周前埋设；地下连续墙、钻孔灌注桩排桩中测斜管应在钢筋笼制作时安装就位；SMW工法的H型钢、钢板桩中测斜管应在H型钢、钢板桩插入槽中前安装就位。安装埋设时应符合下列要求：

1 测斜管应保持竖直，其中一组导槽的方向应与需量测的方向保持一致。

2 土体、地基加固体中测斜管与钻孔之间的孔隙应用粗砂充填密实或者用一定比例的水泥土浆固定测斜管。

3 每节测斜管应紧密对接，管内槽口对齐、导槽应顺直不扭曲、接缝和管底应密封、下放时管内宜注水。

4 测斜管埋设完成后宜用模拟探头进行检查导槽是否通畅，有问题时，应采取措​​施以保证其通畅或补设测斜管，管口应有保护措施。

5 测斜管埋设完成后，应做好测斜管的标识、标记及埋设记录。

**6.4.6** 地下连续墙、钻孔灌注桩排桩中测斜管在观测前应用模拟探头检查测孔深度，如无效果测深度大于2m时宜在坑外补设土体测斜孔，孔深不小于围护结构深度。

**6.4.7** 测斜管埋设后应在基坑开挖至少2天前测定深层水平位移监测初始值。

**6.4.8** 深层水平位移监测时，应符合下列要求：

1 测斜仪探头应沿导槽缓缓沉至孔底，待探头与管内温度基本一致、显示仪读数稳定后开始监测，自下而上逐段测出需量测方向上的位移。

2 每测点均应进行正、反两个方向的量测。

**6.4.9** 深层水平位移监测计算时宜将测斜管管口作为起算基准点，计算结果应叠加管口位移量，管口位移量通过水平位移测量方法取得。

## 6.5 地下水水位监测

**6.5.1** 地下水位监测应充分考虑场地围护结构、周边环境特点，选择围护结构搭

接处、转角处、周边环境保护要求较高的部位布设测点；测点宜布设在止水帷幕外侧约 2m 处。

**6.5.2** 地下水位观测宜通过钻孔设置水位管，采用水位计进行监测，监测的精度不宜低于 $\pm 10\text{mm}$ 。

**6.5.3** 水位观测管的安装应符合下列规定：

1 水位管应在降水之前一段时间埋设，钻孔孔径应不小于 110mm，水位管直径宜为 50mm~70mm。

2 观测孔孔底宜设置沉淀管，回填完成后应用清水洗孔。

3 水位管滤管段的位置和长度应满足被测含水层的量测要求，滤管段与钻孔孔壁间应灌砂填实，滤管段以上应用膨润土球封至孔口，管口应加盖保护。

4 水位管的埋深应根据勘察资料确定，潜水水位观测管埋置深度宜为稳定水位以下 6~8m；承压水水位埋深宜进入承压含水层 2m 以上，层厚不足 2m 取该含水层层底作为水位观测管的埋深，被测含水层与其它含水层间应采取有效的隔水措施。

**6.5.4** 水位观测时应测定管内水位面至管口的深度，并根据管口绝对高程计算水位高程，管口高程应定期检核。

## 6.6 结构应力监测

**6.6.1** 结构应力可通过安装在结构内部或表面的应变计或应力计进行量测。

**6.6.2** 混凝土构件应力可采用钢筋应力计、混凝土应变计、光纤传感器等进行监测；钢构件应力可采用轴力计或表面应变计等进行监测。传感器量程宜为预估值的（1.5~2.0）倍，分辨率不宜低于  $0.2\%F\cdot S$ ，精度不宜低于  $0.5\%F\cdot S$ 。

**6.6.3** 监测点的布置应根据结构受力特性，测点布设在受力具代表性的部位。

**6.6.4** 支护结构内力监测宜考虑温度变化、混凝土收缩、徐变以及裂缝开展等因素的影响。

**6.6.5** 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，导线端部还应做好防护措施。

**6.6.6** 结构内力监测传感器宜结合土建施工进度进行埋设。一般项目取开挖前连续 3d 测定稳定值的平均值作为初始值，对于围护墙内力、立柱内力、管片内力等的初始值应结合埋设部位和施工工况来确定，钢支撑轴力的初始值应在施加预

应力前确定。结构应力监测应根据现场实测的数据，按选用传感器的计算公式进行计算。

## 6.7 倾斜监测

**6.7.1** 倾斜监测应根据监测对象的现场观测条件和监测要求，采用垂准法、经纬仪投点法、全站仪坐标法、差异沉降法以及倾斜仪测量等方法。监测精度不宜低于 0.1‰。

**6.7.2** 垂准法应在下部测点上安置光学垂准仪或激光垂准仪，在顶部监测点上安置接收靶，在靶上直接读取或量取水平偏移量与偏移方向。观测时应进行下部点对中并按 180°或 90°的对称位置，分别读取 2 次或 4 次偏移数据。

**6.7.3** 投点法应采用经纬仪或全站仪瞄准上部观测点，在下部观测点位置安置水平读数尺直接读取偏移量，测站点设置在倾斜方向的垂直方向线上，与观测点的距离宜为上、下部观测点高差的（1.5~2.0）倍。倾斜观测量应正、倒镜各观测一次取平均值。当上、下点的连线与结构的竖向轴线平行时，倾斜观测量与高差的比例即为结构的倾斜率。

**6.7.4** 全站仪坐标法可测定上下观测点的坐标，获得相对坐标增量，进而计算倾斜观测量；观测时应先设置仪器的零方向定义坐标轴，仪器正、倒镜法各观测一次算一个测回。当上、下点的连线与结构的竖向轴线平行时，倾斜观测量与高差的比例即为结构的倾斜率。

**6.7.5** 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、自动记录及传输的功能。

**6.7.6** 对埋设在基础上的沉降监测点，可采用水准测量方法测定沉降差，计算倾斜率及倾斜方向，同一组倾斜两个沉降监测点宜在同一测站观测完成。

**6.7.7** 倾斜测量成果应描述测量位置、倾斜率变化量、倾斜方向，并计算倾斜变化速率。

## 6.8 裂缝监测

**6.8.1** 裂缝监测内容包括裂缝分布位置和裂缝形态、长度、宽度及变化情况描述，裂缝监测宜采用直接量测、摄影量测以及测缝传感器等方法进行。

**6.8.2** 工程施工前应选取代表性的裂缝进行观测，对需要观测的裂缝应统一编号，拍摄照相资料。每条裂缝应至少设置两组观测标志，一组应在裂缝最宽处，另一

组应在裂缝末端。每组应使用两个对应标志，设在裂缝的两侧。

**6.8.3** 裂缝观测标志应具有可供量测的明晰端面或中心。长期观测时，可采用镶嵌或埋入墙面的金属标志、金属杆标志或楔形板标志；短期观测可采用油漆平行线标志或用建筑胶粘帖的金属片标志。

**6.8.4** 对于数量少、量测方便的裂缝，可根据标志形式的不同分别采用比例尺、小钢尺或游标卡尺等工具定期量出标志间距离求得裂缝变化值；对于缝纹清晰的裂缝，现场设置量测基准线，观测时沿量测基准线放置比照尺，与裂缝共同摄像后，在计算机中参照比照尺的比例计算；应尽量采用畸变影响较小的图像中部观测；对于大面积且不便于人工量测的众多裂缝宜采用近景摄影测量方法。

**6.8.5** 需要连续监测裂缝变化时可采用测缝计或传感器自动测记，应确保数据观测、传输、保存的可靠性。

**6.8.6** 裂缝宽度测量值精度不宜低于 $\pm 0.1\text{mm}$ ，每次观测应绘出裂缝的位置、形态和尺寸，注明日期，并拍摄裂缝照片。

## 6.9 土压力监测

**6.9.1** 土压力监测可采用振弦式土压力计。

**6.9.2** 土压力计选型应符合下列要求：

1 量程应满足被测压力范围的要求，其上限可取最大设计压力的 1.5 倍。

2 精度不宜低于  $0.5\%FS$ ，分辨率不宜低于  $0.2\%FS$ 。

3 稳定性强、长期耐久性好、防水性能好、抗腐蚀性强，并具有抗震及抗冲击性能。

4 应选择匹配误差较小的土压力计。

**6.9.3** 土压力计埋设前，应检查其外观的完好性及读数是否正常；必要时宜采用压力罐对土压力计的出厂率定系数进行检核，通过最小二乘法进行工作直线拟合。

**6.9.4** 土压力计的埋设可采用埋入式和边界式，埋设应符合下列规定：

1 承压面应与所监测的压力方向垂直，并紧贴监测对象。

2 当安装埋设采用埋入式时，填充料回填应均匀密实，且回填材料宜与周围土体保持一致；当采用边界式时，可采用焊接固定法、挂布法、气囊法、活塞顶推法等。

3 导线长度应大于设计深度，导线应按一定线路集中于导线箱内并编号，且

导线中间不宜有接头。

4 应做好完整的埋设记录。

**6.9.5** 土压力计埋设后应进行稳定性测试，测试周期不宜少于 1 周，读数基本稳定后，取 3 次稳定值的平均值作为初始土压力的测试频率。

**6.9.6** 宜根据现场标定获取的率定系数计算实测土压力。

### **6.10 孔隙水压力监测**

**6.10.1** 孔隙水压力可采用振弦式、差动电阻式、应变式、气压式等孔隙水压力计进行监测。

**6.10.2** 孔隙水压力计的量程应满足被测压力范围的要求，其上限可取静水压力与超孔隙水压力之和的 1.5 倍；精度不宜低于  $0.5\%F \cdot S$ ，分辨率不宜低于  $0.2\%F \cdot S$ 。

**6.10.3** 孔隙水压力计的埋设方法可采用钻孔埋设法、压入埋设法、挂布法、顶出法等。

**6.10.4** 孔隙水计埋设前，应检查其外观的完好性及读数是否正常；宜采用压力罐对土压力计的出厂率定系数进行检核，通过最小二乘法进行工作直线拟合。

**6.10.5** 孔隙水压力计应在施工前埋设，并应符合下列规定：

1 埋设前，孔隙水压力计应在清水中浸泡饱和，排除透水石中的气泡，浸泡时间不得少于 4h。

2 钻孔法埋设法适用于各类土层，同一测孔中设置多个孔隙水压力计时，孔隙水压力计上下应有不少于 0.5m 高度的中粗砂，相邻两个孔隙水压力计之间应有不少于 2.0m 高度的隔水填料。

3 压入埋设法可用于软土、淤泥中孔隙水压力计的安装，压入埋设法可采用半压入埋设法或全压入埋设法。

4 挂布法可用于基坑地下连续墙围护结构外侧孔隙水压力测试，挂布在地下连续墙钢筋笼制作完成后固定在设计位置。

5 顶出法可用于基坑地下连续墙围护结构外侧孔隙水压力测试，可采用液压顶出法或气压顶出法。

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

**6.10.6** 孔隙水压力计埋设后应逐日进行稳定性测试，测试周期不宜少于 1 周，读

数基本稳定后，取 3 次稳定值的平均值作为初始土压力的测试频率。

6.10.7 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。宜根据现场标定获取的率定系数计算实测土压力。

### 6.11 土体分层竖向位移监测

6.11.1 土体分层竖向位移可通过埋设沉降磁环，采用分层沉降仪进行监测；或者通过埋设深层沉降标，采用几何水准测量方法进行监测。

6.11.2 分层沉降仪读数分辨率应不低于±1.0mm，监测值精度不宜低于±2.0mm。

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

6.11.4 磁性沉降环可通过钻孔在预定位置埋设。安装磁环时，应先在沉降管上套上磁环与定位环，再沿钻孔逐节放入分层沉降管。沉降管安置到位后，应使磁环与土层粘结固定。

6.11.5 磁性沉降环埋设后应连续观测 1 周，至磁环位置稳定后，测定孔口高程。并以 3 次稳定值的平均值作为初始值。

6.11.6 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沉降管管口高程，然后再换算出各磁环的高程。

### 6.12 净空收敛监测

6.12.1 盾构法管片结构的净空收敛监测包括水平直径收敛监测和全断面净空收敛监测，可采用全站仪、红外激光测距仪或收敛计进行监测。

6.12.2 全站仪进行水平直径收敛监测时，应采用固定测线法，应满足下列要求：

1 每个收敛断面宜沿水平直径设置固定测线，不同拼装方式的盾构法隧道可按附录 C 设置。

2 固定测线的观测标志应能长期保存，可采用“十”字形标志。

3 当采用具有无合作目标激光测距功能的全站仪观测时，全站仪测距精度应不低于±(2mm+2×10<sup>-6</sup>×D)。观测前应按附录 D 的要求，测定无合作目标测距短测程改正常数，并对观测边长进行改正。每次应正、倒镜观测三维坐标 1 测回，按公式 (6.12.2) 计算固定测线长度。正、倒镜观测较差不大于±2mm 时取均值，否则应重测。

$$S = \sqrt{(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2 + (Z_A - Z_B)^2} \dots\dots\dots(6.12.2)$$

式中， $S$ ——固定测线长度；

$X_A$ 、 $Y_A$ 、 $Z_A$ 、 $X_B$ 、 $Y_B$ 、 $Z_B$ ——观测点的坐标分量。

4 当采用手持测距仪观测时，应选用测距标称精度不低于 $\pm 1.0\text{mm}$ 的激光测距仪。使用前应检测测距仪无合作目标测距短测程改正常数，检测方法可参见附录 D 的方法一。收敛观测时，测距仪应分别对准固定测线的两个端点，每条测线应独立进行 3 次读数，互差不大于 $\pm 1\text{mm}$ ，取均值作为本次观测成果。

5 当采用其它观测方法进行固定测线收敛测量时，精度应满足：测线长度中误差不低于 $\pm 2\text{mm}$ 。

**6.12.3 全断面净空收敛监测应采用全站仪全断面扫描法，应满足以下规定：**

1 应在同一竖向剖面内设置仪器对中线、定向点和检核点，收敛断面应垂直于隧道中线；

2 采用具有无合作目标激光测距功能、马达驱动型智能型全站仪，选用的全站仪测角精度指标应不低于 $\pm 1''$ 级、测距精度指标不低于 $\pm(2\text{mm}+2\times 10^{-6}\times D)$ ；

3 断面上的测点宜按  $0.2\text{m}\sim 0.3\text{m}$  步长等密度采集，采集点应包含起点、终点、拼装缝等特征点，断面上每段线型（直线或圆弧）的观测点不应少于 5 点。宜采用全站仪的机载数据采集软件，实现自动采集；

4 应结合隧道结构特点建立数学处理模型。数据处理前应删除异常点，数据处理成果应包括水平直径值在内的全断面变形数据，应进行不同期数据的比较分析。

5 成果以表格和展开图形式表达。

**6.12.4 采用红外激光测距仪监测水平直径收敛应符合下列规定：**

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，2 次独立观测较差应小于测距标称精度的 2 倍。

3 观测时应独立观测 2 次，较差小于标称精度的 2 倍时取平均值。

**6.12.5 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，且 2 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，2 次独立观测读数较差小于标称精度的 2 倍时取平均值。

3 工作现场温度变化较大时，读数应进行温度修正。

### 6.13 梁体徐变监测

6.13.1 梁体徐变监测通过在梁体上布设监测点，采用几何水准测量方法进行监测。

6.13.2 梁体徐变监测点应在现浇梁混凝土浇筑终凝后、或预制梁吊装就位后尽早布置监测点并测量初始值，应取独立观测的 3 次稳定值的平均值作为初始值。梁体徐变监测的周期应梁体类型、施工工艺、上部荷载等因素综合确定。

6.13.3 应采用车站邻近布设的深标水准点作为起算基准点，并根据区间长度布置一定数量的工作基点，形成附和或闭合水准路线。

6.13.4 梁体徐变监测应按照现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 中二等水准技术要求实施。

6.13.5 徐变测量中高架~地面联测应满足以下规定：

1 高架~地面联测的高架加密点应离施工面 100m 左右，最终联测的高架加密点稳定性通过(2~3)次不同期独立观测成果比较确定，以较差 $\leq\pm 2\text{mm}$ 为稳定。

2 视现场条件可采用几何水准或两台精密水准仪加两把检定钢尺上、下同步观测的方法实施；若采用“三角高程”测量方法，应对测量仪器、测量人员、观测条件、观测环境有明确要求，并进行精度计算，精度应不低于现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB/T 12897 的规定。

3 受现场条件限制高架线路上、下行线需要布设两条加密水准路线时，高架~地面联测应同步进行。

4 高架~地面联测频率不宜低于 1 次/15d。

5 徐变测量应选择温度变化小、外界振动影响小的时段观测。

### 6.14 坑底隆起监测

6.14.1 坑底隆起采用设置回弹监测标方法监测时，宜采用三角高程或几何水准方法监测。采用几何水准时需配合传递高程的辅助设备监测，监测前后应对钢尺或辅助杆的长度进行检定，检定中误差不应大于 0.5mm。

6.14.2 坑底隆起采用钻孔埋设深层沉降标方法时，孔口高程宜用水准测量方法测

量，沉降标至孔口垂直距离可采用钢尺量测。

6.14.3 坑底隆起监测的精度应符合表 6.14.3 的规定。

表 6.14.3 坑底隆起监测的精度要求(mm)

坑底隆起预警值(累计值)	监测点测站高差中误差
≤40	≤2.0
40~60	≤3.0
>60	≤5.0

## 6.15 现场巡查

6.15.1 市域铁路工程施工阶段应有专人进行巡视检查，巡查范围宜与监测范围一致，必要时可扩大巡查范围。

6.15.2 市域铁路工程施工阶段巡查频率宜与仪器量测频率一致，在特殊工况或出现险情时，应加大巡查力度和频次。

6.15.3 现场巡查宜以人工目测为主，可辅助以量尺、放大镜、照相机、摄像机等器具；巡查人员应将观测到的有关信息和现象以填表、拍照、或摄像等方式进行详细记录，可按照本规范附录 B 的要求填写巡查记录，并及时整理巡查信息。

6.15.4 巡查信息应与仪器量测数据进行对比综合分析，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。

6.15.5 在深大基坑及线路工程巡查中，可采用无人机摄像、监控摄像设备等技术装备进行巡查。

## 6.16 自动化监测

6.16.1 市域铁路工程自动化监测应以工程安全为目的，遵循“实用、可靠、先进、经济”的原则。自动化监测系统应包含监测仪器设备、数据采集及传输设备、数据处理及实时发布平台等。

6.16.2 在市域铁路工程监测中，符合以下情况之一时，宜采用自动化监测：

- 1 监测频率要求较高或需要实时监测且人工监测难以满足高频次的监测项目；
- 2 监测点所在部位的环境条件不允许或难以实施人工监测的监测项目；
- 3 当基坑结构安全等级为一级或周边环境保护等级为一级时，工程支护结构关键部位及周边重点保护环境设施的监测项目；
- 4 其它具有特殊要求工程的监测项目。

**6.16.3**自动化监测系统的关键技术和设备，应根据工程的实际需求和系统运行环境，采用成熟、可靠的技术和满足国家或行业标准且易维护的产品。

**6.16.4**自动化监测项目对应的监测点布设、监测频率及监测报警值指标应满足本规范相关章节的要求。

**6.16.5**实施自动化监测的系统，应具备自校或比对监测措施，宜配备独立于自动监测仪器的比对监测设备，确保自动监测仪器设备发生故障时能获取测值，同时定期对自动化监测系统进行校核，发现异常情况应分析原因，并及时修复。

**6.16.6**自动化监测系统应能实现数据实时处理和共享，在数据异常情况下应能自动预警或故障提示。

**6.16.7**自动化监测系统性能应满足下列要求：

- 1具有较好的长期稳定性、可扩展性。
- 2具有较好的防雷、防潮等性能，具有抗振、抗电磁干扰等性能。
- 3硬件设施维护便捷，方便现场检修或更换，软件运行稳定，更新及时。
- 4具有断电保护、电源自动切换及过载保护能力。
- 5自动化监测系统采集数据的中误差应与设备标称精度相符。
- 6与比对监测数据结果比较，变化规律基本一致，变化幅度相近。
- 7数据采集反馈响应时间应满足工程安全需求。

**6.16.8**自动化监测仪器设备精度和量程应满足工程要求。现行国家有关标准规定中未明确的新技术、新方法，自动化监测精度可按照监测变化允许值的1/10~1/20作为精度控制指标。

**6.16.9**自动化监测系统设备安装后应对运行工况进行全面检查，检查内容应包括数据采集设备的功能联调测试、各项运行参数配置、数据的存储和发送。

**6.16.10**实施自动化监测的项目应设置一定比例的人工复核监测点，实施自动化监测的项目应定期进行人工复核。

采用自动化监测的项目应满足比对复核条件：

- 1应设置一定比例的比对复核测点，比对监测采用的仪器设备、方法及精度要求应满足现行规范相关要求；

**2** 比对监测频次应根据工程本体安全等级、周边环境风险等级、施工工况等因素确定。在系统安装完成运行初期阶段，宜加强比对监测；

**3** 当发现自动化仪器设备数据异常时，应及时分析原因并扩大比对复核监测的频率与范围。

全国团体标准信息平台

## 7 监测频率与监测周期

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 各监测项目的监测频率宜根据监测项目的性质、施工方法、施工进度、监测对象、地质条件等情况和特点确定；选测监测项目的监测频率可适当放宽，但监测时间间隔不宜大于应测项目的 2 倍。

**7.1.2** 现场巡检频次应结合施工工况和数据变化情况确定，一般应与应测监测项目的监测频率保持一致，工程施工期间，现场巡查每天不宜低于监测频率，在关键施工工序、特殊天气及周边环境有较大变化时应增加巡检频次。

当遇到下列情况之一时，应提高监测频率：

- 1 监测数据变化速率达到报警值或地表、建(构)筑物等周边环境发生较大沉降、不均匀沉降；
- 2 监测数据累计值达到报警值且参建各方协商认为有必要加密监测；
- 3 现场巡检中发现支护结构、施工工况、岩土体或周边环境存在异常现象；
- 4 存在勘察未发现的不良地质条件且可能影响工程安全；
- 5 暴雨或长时间连续降雨；
- 6 工程出现险情或事故后重新组织施工；
- 7 盾构始发、接收以及停机检修或更换刀具期间；
- 8 邻近工程施工、超载、振动等周边环境条件较大改变；其它影响基坑及周边环境安全的异常现象。

**7.1.3** 提高监测频率时，宜在满足监控安全的条件下按监测项目突出重点部位进行。

**7.1.4** 采用自动化监测的项目数据采集频率及成果报告的频率宜高于人工常规监测频率。自动化监测实施过程中应进行必要的人工比对测量，比对测量频率应视工程安全等级和周边环境风险等级情况确定，比对监测频率不宜低于 1 次/1~2 月；当检查发现传感器有可能变动或监测结果异常时应立即进行；重要施工节点或特殊施工方法实施时宜进行比对测量。

## 7.2 监测频率

7.2.1 基坑工程监测频率应根据工况及变形发展情况合理确定，监测频率不宜低于表 7.2.1 的规定。

表 7.2.1 基坑工程监测频率

监测等级 监测频率	一级	二级	三级
施工前	测定初始值	测定初始值	测定初始值
桩基施工	1 次/3d	1 次/7d	1 次/7d
围护结构施工	1 次/1d	1 次/2d	1 次/2d
地基加固和降水	1 次/1d	1 次/2d	1 次/2d
开挖 0m~15m	1 次/1d	1 次/1d	1 次/1d
开挖深度大于 15m~底板浇筑7d 内	(1 次~2 次)/1d	(1 次~2 次)/1d	1 次/1d
浇好底板后 7d~30d 内	1 次/2d	1 次/3~7d	1 次/7~15d
浇好底板 30d~地下室顶板施工完成	1 次/7d	1 次/15d	1 次/15d
地下室顶板施工完成~基坑回填完成	1 次/15d	1 次/30d	/

注：1 本表适用于基坑工程的应测项目，选测项目的监测频率可视具体情况适当降低；

2 各道支撑拆除期间监测频率应适当增加。

7.2.2 盾构法隧道工程监测频率应根据工况及变形发展情况合理确定，监测频率不宜低于表 7.2.2 的规定。

表 7.2.2 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/ (3 天~5 天)
		$3D < L \leq 5D$	1 次/2 天
		$L \leq 3D$	1 次/天

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
开挖面后方	管片结构、周围岩土体和周边环境	$L \leq 3D$	(1次~2次)/天
		$3D < L \leq 8D$	1次/(1天~2天)
		$L > 8D$	1次/(3天~7天)

注：1、D-盾构法隧道开挖直径，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/(15天~30天)。

**7.2.3** 冻结暗挖工程监测频率应根据工况及变形发展情况合理确定，监测频率不宜低于表 7.2.3 的规定。

**表 7.2.3 冻结暗挖工程监测频率**

监测内容	监测频率				
	钻孔期间	冻结期间	开挖	融沉注浆	
				自然解冻	强制解冻
地下管线沉降监测	1次/天	1次/2天	1次/天	前3个月1次/(2~5)天；第4、5个月1次/5~10)天；第6个月1次/(10~15)天	第1个月1次/天；第2个月以后1次/(10~15)天
邻近建(构)筑物沉降监测	1次/天	1次/2天	1次/天		
地表剖面沉降监测	1次/天	1次/2天	1次/天		
隧道沉降监测	1次/2天	1次/2天	1次/天		
隧道收敛监测	1次/2天	1次/2天	1次/天		
盐水温度监测	/	1次/天	1次/天	/	4次/天
测温孔监测	/	1次/天	2次/天	/	4次/天
流量监测	/	1次/7天	1次/7天	/	/

泄压孔监测	/	1次/天	/	/	/
盐水液位监测	/	1次/天	2次/天	/	/

**7.2.4** 桥梁工程监测频率应根据桥梁的类型、施工工序、设计要求等因素综合确定。墩台竖向位移监测频率应根据加载情况和变形发展情况合理确定，监测频率不宜低于表 7.2.4 规定。

**表 7.2.4 桥梁工程监测频率**

监测阶段		监测频率	
桩基施工	挤土桩	1 倍桩径范围内	1 次/天~1 次/3 天
		1 倍桩径范围外	1 次/3 天~1 次/7 天
	非挤土桩	根据距离及周边环境敏感度综合确定	
墩台施工		承台基坑如需监测参照基坑工程监测频率	
上部结构施工		荷载变化前后各 1 次，荷载无变化期间 1 次/月	
轨道铺设阶段		1 次/周~1 次/月	
轨道铺设完成后		3 个月内，1 次/月	

梁体徐变监测频率应根据施工工序、变形发展实际情况合理确定，监测频率不低于表 7.2.6 规定。

**表 7.2.6 梁体徐变监测频率**

监测阶段	监测频率
预制梁吊装就位或桥位施工浇筑完成	设置监测点，完成初始值采集
轨道铺设前	预应力张拉、附属设施加载等工况，施工前后各 1 次，施工后的第 1d、3d、5d 各 1 次；其他期间 1 次/周~1 次/月

**7.2.7** 顶管工程周边环境监测频率应根据工况及变形发展情况合理确定，监测频率不宜低于表 7.2.7 的规定。

表 7.2.7 顶管工程监测频率

监测项目			监测频率	
1	管线位移	刚性管道	压力	1 次/天
			非压力	1 次/天
		柔性管道		1 次/天
2	邻近建（构）筑物沉降		1 次/天	
3	地面沉降		1 次/天	

注：1、监测数据变化若出现异常情况，应提高监测频率；

2、当有危险事故征兆时应实施跟踪监测；

3、监测频率应根据工程要求和监测对象的变形量和变形速率确定，并可随监测对象变化需要进行调整。

7.2.8 路基工程沉降监测频率应根据工况及变形发展情况合理确定，监测频率不宜低于表 7.2.8 的规定。

表 7.2.8 路基工程监测频率

施工阶段	监测频率	
地基处理施工期间	一般	1 次/天
	沉降量突变	2~3 次/天
	分阶段处理，施工间隔时间 >7 天	1 次/3 天
地基处理施工完成	第 1 个月	1 次/周
	第 2、3 个月	1 次/2 周
	3 个月以后	1 次/月
架桥机（运梁车）通过	全程	前 2 次通过前后各 1 次；其后每 1 次/天，连续 2 次；其后 1 次/3 天，连续 3 次；以后 1 次/周

轨道铺设后	第 1 个月	1 次/2 周
	第 2、3 个月	1 次/月
	3~12 个月以后	1 次/3 月

在沉降监测实施过程中，监测时间的间隔还应根据地基的沉降值和沉降速率进行调整。当路基变形测量两次连续观测的沉降差值大于 4mm 时应加密观测频次；当出现沉降突变、地下水变化及降雨等外部环境变化时应增加观测频率。观测应持续到工程验收交由运营管理部门继续观测。

### 7.3 监测周期

**7.3.1** 监测工作应在对周边环境产生影响的施工进行前开始，并充分考虑测点埋设后点位自身的稳定期。

**7.3.2** 施工阶段工程监测应贯穿工程施工全过程，分项、分区、分部实施的工程，监测工作应根据施工组织方案分阶段进行。分项、分区、分部施工对同一周边环境对象的影响应能够实现变形情况的连续监测。

**7.3.3** 满足下列条件可结束监测工作：

- 1 工程自身结构变形破坏的潜在风险已基本消除；
- 2 工程对周边环境对象的影响结束；
- 3 受施工影响的周边环境对象变形趋于收敛；
- 4 原监测对象因进入下一步施工不再具备监测条件；
- 5 满足设计要求结束监测工作的其他条件。

**7.3.4** 调整监测频率、停止监测工作前应征得监测项目委托方的同意。

## 8 监测警情报送

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 监测预警、报警的控制值应根据设计要求确定，并符合下列规定：

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，且其限值应满足权属单位的要求。

**8.1.2** 市域铁路工程施工监测方案中应根据监测预警等级和预警标准建立明确的预警机制，预警机制应包括不同预警等级的警情报送对象、时间、方式和流程等。

**8.1.3** 市域铁路工程施工监测的预警工作还应满足建设单位、建设主管部门相关预警管理制度。

**8.1.4** 现场巡发现任何异常情况应充分重视，可结合监测数据、施工工况进行综合分析判断，如发现隐患或危险征兆，应进行报警。

### 8.2 监测报警值

**8.2.1** 基坑工程施工支护结构和周围岩土体监测项目的报警值应根据监测等级、设计参数、支护结构特点、场地条件等因素确定，如无具体的报警值时，可按表 8.2.1 确定。

表 8.2.1 基坑支护结构和周围岩土体变形类监测项目的监测报警值

监测等级 监测项目	一级		二级		三级	
	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)	累计值 (mm)
围护墙(桩)顶端 竖向位移和水平位 移	2~3	0.14%H	3~5	0.3%H	5~8	0.7%H
围护墙(桩)深层水 平位移						
地表竖向位移	2~3	0.1%H	3~4	0.2%H	4~5	0.5%H
立柱竖向位移	2~3	20	3~4	30	3~4	30
立柱差异隆沉	2	10	3	10	3	10
地下水位	300	500	500	1000	500	1000
孔隙水压力(kPa)	(60%~70%)f		(70%~80%)f			
土压力(kPa)						
支撑轴力(kN)	(80%)f					
锚杆内力(MPa)						
桩、墙、柱内力 (MPa)	(80%)f					

注：1 H 为基坑设计深度(m)；

2 f 为荷载设计值；

3 支撑和锚杆的受力小于预应力时，应综合分析支撑和锚杆的工作状态，必要时也应报警。

8.2.2 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设计要求确定，当无具体要求时，可按表 8.2.2 确定。

表 8.2.2 盾构隧道监测报警值

监测等级	监测项目					
	隧道竖向位移		隧道收敛		地表竖向位移	
	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)	允许地层损 失率 (%)
一级					3	1~2.5
二级	3	10	3	2‰D	4	5
三级					5	10

注：1 D 为盾构隧道管片结构的外径(m)；

2 主要影响区内有运营中的城市轨道交通、高速铁路等重要轨道交通线路及构筑物，应根据相关单位的要求共同确定监测项目报警值。

**8.2.3 联络通道施工隧道结构及地表竖向位移的监测报警值**应根据设计要求确定，当无具体要求时，可按表 8.2.3 确定。

**表 8.2.3 联络通道施工隧道结构、地表竖向位移监测项目报警值**

序号	监测项目	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)			
			钻孔阶段	冻结阶段	开挖阶段	融沉阶段
1	隧道结构竖向位移	±10	±1	±1.5	±2	±1
2	隧道结构净空收敛	±2‰D*	±2			
3	地表竖向位移	±10	±2			

注：1 D 为隧道结构的外径(m)；

2 \* 为隧道结构形成后净空收敛总的变化量。

**8.2.4 桥梁监测项目报警值的确定**应符合下列规定：

1 桥梁监测项目报警值应在调查分析桥梁规模、结构形式、基础类型、建筑材料、养护情况等基础上，结合其与工程的空间位置关系、已有竖向位移、差异沉降和倾斜以及工程经验进行确定，并应符合现行行业标准《城市桥梁养护技术标准》的有关规定。

2 宜通过结构检测、计算分析和安全评估确定桥梁的竖向位移、差异沉降和倾斜报警值。

3 高架结构的墩柱竖向位移累计值应不大于 30mm，纵向相邻墩台沉降差应不大于 9mm，并不应大于设计提出的控制值。

4 无砟桥面线路铺轨后，预应力混凝土简支梁的徐变量不宜大于 10mm；预应力混凝土连续梁的徐变量不宜大于跨度的 1/5000。

5 特殊桥跨结构的墩柱竖向位移、梁体徐变限值按设计文件规定。

**8.2.5 顶管工程中应测监测项目报警值**应根据设计要求确定，当无具体要求时，可按表 8.2.5 确定。

**表 8.2.5 顶管工程应测监测项目报警值**

监测项目	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)
地表竖向位移	+10~-10	3	+10~-20	4	+10~-30	5

**8.2.6 建（构）筑物监测项目报警值的确定**应符合下列规定：

2 建（构）筑物监测项目报警值应在调查分析建（构）筑物使用功能、建筑规模、修建年代、结构形式、基础类型、地质条件等基础上，结合其与工程的空间位置关系、已有竖向位移、差异沉降和倾斜以及房屋检测报告进行确定，并应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 的有关规定。

3 对保护等级为一级、二级的建（构）筑物，宜通过结构检测、计算分析和安全评估等确定建（构）筑物的竖向位移、差异沉降和倾斜控制值；对于保护等级较低且无特殊要求的建（构）筑物，宜按表 8.2.6 确定。

表 8.2.6 建(构)筑物变形报警值

建（构）筑物类型	累计竖向位移值(mm)	变化速率(mm/d)	差异沉降(mm)
桩基础建构筑物、重点保护房屋	10~20	2~3	0.001L~0.002L
天然地基建构筑物	20~30	2~3	0.002L~0.003L

注：L为相邻两监测点的距离(m)。

### 8.2.7 地下管线监测项目报警值的确定应符合下列规定：

1 管线报警值一般以总变化量、变形速率和单位长度内差异变形量等三个指标控制，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、铺设年代等基础上，结合其与工程的空间位置关系和工程经验进行确定，且其限值应满足权属单位的要求。

2 按权属单位的要求确定其竖向位移和差异沉降控制值，如无要求时，可按表 8.2.7 确定。

表 8.2.7 地下管线竖向位移及差异沉降报警值

管线类型	竖向位移		差异沉降
	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)	差异沉降 (mm)
刚性管道	10~20	2	0.25%L
柔性管道	10~30	3~5	/

注：1 刚性管道指供水、燃气、雨污水等管道，柔性管道指电缆、通讯等管道；

2 L-相邻两测点的水平距离(m)。

### 8.2.8 高速公路与城市道路监测项目报警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报警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的基础上，结合其与工程的空间位置关系进行确定，并应符合现行行业标准的有关规定。

2 对保护等级较低且无特殊要求的高速公路与城市道路，路基沉降报警值可按表 8.2.8 确定，对保护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评估等确定其竖向位移报警值。

**表 8.2.8 高速公路与城市道路路基竖向位移报警值**

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

**8.2.9**既有城市轨道交通线监测项目报警值的确定应符合下列规定：

1 既有城市轨道交通线监测项目报警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进行必要的结构检测、计算分析和安全评估后确定。

2 既有城市轨道交通线路结构及轨道几何变形的监测项目报警值应符合现行上海市工程建设规范《城市轨道交通结构监护测量规范》DG/TJ 08 的有关规定，并应满足线路维修的要求，无特殊要求时变形报警值可按表 8.2.9 确定。

**表 8.2.9 城市轨道交通既有有线隧道结构及轨道变形报警值**

监测项目	累计值 (mm)	变化速率 (mm/d)
结构竖向位移	5	日变化量连续3d同方向且数值 ≥0.5mm/d
结构水平位移	5	日变化量连续3d同方向且数值 ≥1mm/d
隧道结构收敛变形	5	2

8.8.3 既有城市轨道交通工程宜由产权单位委托专业单位进行监测，其报警值以产权单位的要求为准。

**8.2.10**既有铁路监测项目报警值的确定应符合下列规定：

1 既有铁路监测项目报警值应符合本规范第 8.2.9 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报警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；对保护等级较低且无特殊要求的既有铁路路基沉降报警值可按表 8.2.10 确定，且路基差异沉降报警值宜小于 $0.04\%L_t$ （ $L_t$ 为沿铁路走向两监测点间距(m)）。

表 8.2.10 既有铁路路基竖向位移报警值

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

8.2.11既有公路隧道、铁路隧道宜由产权单位委托专业单位进行监测，其报警值以产权单位的要求为准。

## 9 监测成果及信息反馈

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 监测成果包括现场监测资料、计算分析资料、监测值或监测变化量历时曲线、图表、各种影像资料、文字报告等。监测成果资料应完整、清晰、签字齐全。

**9.1.2** 现场监测资料包括监测点埋设与验收记录、初始值验收记录、外业观测记录、现场巡查记录、仪器信息、电子数据资料等。人工监测方法的外业观测记录、现场巡查记录应在现场直接记录于正式的监测记录表格中，现场巡查记录表格中应有相应的工况描述。

**9.1.3** 外业仪器观测或人工巡查后，应及时对监测资料进行检查校核、数据处理和分析，形成监测成果文件提交相关单位。出现监测数据异常或巡查异常时，应分析原因，必要时进行现场核对或复测。

**9.1.4** 对监测数据应及时计算累计变化值、变化速率，并绘制时程曲线，必要时绘制断面曲线图等。

**9.1.5** 监测成果报表的格式宜采用本规范的附录 A，也可以根据项目的具体情况增加相应的信息。

### 9.2 监测成果要求

**9.2.1** 监测成果文件应直观、简练，以文字、表格及图形相结合的方式反馈监测数据的变化和现场巡查的情况。监测成果文件应包括以图文方式明确描述的工程进展情况。

**9.2.2** 监测成果文件可分为监测日报、阶段性报告（周报、月报及关键节点）和总结报告等。监测成果文件宜包括下列主要内容：

#### 1 监测日报

- 1) 工程施工概况；
- 2) 现场巡查信息：包括巡查照片、记录等；
- 3) 监测项目日报表：包括仪器型号、监测日期、观测时间、天气情况、监测项目的累计变化量、变化速率、报警值、监测点平面位置图等；

4) 监测数据、现场巡查信息的分析与说明;

5) 明确的评价意见和后续施工措施建议。

## 2 阶段性报告 (周报、月报)

1) 工程概况及施工进度;

2) 现场巡查信息: 包括巡查照片、记录等;

3) 监测项目的监测值、累计变化量、变化速率、历时曲线、必要的断面曲线图、监测点平面位置图等监测数据的汇总;

4) 监测数据、巡查信息的分析与说明;

5) 结论与建议。

## 3 总结报告

1) 工程概况;

2) 监测目的、监测依据;

3) 监测范围、监测项目;

3) 施工工况整理汇总;

4) 基准点及监测点布设;

5) 采用的仪器型号、精度或灵敏度、数量等;

6) 监测数据采集和观测方法; 7) 监测项目的监测值、累计变化量、变化速率、历时曲线、必要的断面曲线图、监测点平面位置图等监测数据和成果的汇总;

8) 监测数据与巡查信息的分析与说明;

9) 结论与建议。

**9.2.3** 监测成果的数值取位要求, 应符合表 9.2.3 的规定。

表 9.2.3 监测成果的数值取位要求

轴力 (kN)	应力、 压力 (kPa)	方向值 (%)	长度 (mm)	坐标 (mm)	高程 (mm)	水平位移 (mm)	竖向位移 (mm)	地下 水位 (m)
1.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.01

## 9.3 监测信息反馈

**9.3.1** 监测单位、施工单位及监理等单位应根据建设单位的要求建立统一协调的信息反馈流程。

**9.3.2** 监测数据的处理与信息反馈宜利用工程监测数据处理与信息管理系统软件，及时上传成果文件，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。

**9.3.3** 仪器监测或现场巡查发现异常时，应及时形成预警（报警）信息，利用网络、电话、短信、信息管理系统软件等方式上报建设单位及施工、监理等单位，并应在 24h 内书面报送。预警（报警）信息应包括以下内容：

- 1、时间、测点编号（对应工程具体位置）及相应的累计变化值（累计变化报警值）、变化速率（变化速率报警值）；
- 2、异常区域工况、工程本体及周边环境巡查情况说明；
- 3、书面报警信息还应包括监测点平面位置图，人工巡查及仪器监测信息汇总和说明、原因分析和建议。

**9.3.4** 各类监测成果报告应按固定格式要求完成编制，以便报告查阅人员可以及时、准确获得重点关注的信息。报告内容应包括本规范规定的基本内容，言简意赅地总结各类监测信息。

## 10 监测信息管理系统

### 10.1 一般规定

**10.1.2** 监测信息管理系统应满足可视化管理要求，遵循“可扩展性、灵活性、可靠性、安全性”原则。

**10.1.3** 系统应实现对所有信息与数据的集中、有序管理，包括基础文档数据、二维与三维 GIS、BIM、监测数据、视频录像及管理过程中产生的信息等，同时应与上海市基坑信息管理系统及各类智慧工地系统的兼容性。

### 10.2 系统功能设计

**10.2.1** 系统由数据采集和监测信息管理两部分组成。

**10.2.2** 系统提供以下功能：数据采集、数据处理；生成报表、变形曲线图、变化速率图；监测预警；网上信息发布及信息交流。

**10.2.3** 监测信息管理系统数据管理的主要内容宜包括：

- 1 基础技术资料。
- 2 二维及三维地理信息。
- 3 三维模型（BIM）。
- 4 监测数据。
- 5 现场巡视排查图片。
- 6 施工视频监控图像。

**10.2.4** 监测单位对监测数据进行整理、录入、更新、删除等管理。监测的数据应按照预先规定的格式、通过系统提供的特定页面导入系统后台数据库中，实现数据更新管理。

**10.2.5** 系统通过设置用户权限，以浏览、查询、下载系统数据的方式将系统数据提供给所有用户。通过系统数据处理模块进行数据分析加工，得到各项数据的统计分析可视化结果。

**10.2.6** 系统主要对已经获取并录入到系统中的数据进行统计分析和预警信息发布，满足各部门的日常监管与沟通，以实现“统一管理、集中控制”的一体化综合

平台。

### 10.3 数据管理及系统维护

**10.3.1** 数据采集通过外业人工及自动采集数据，通过互联网或无线网络向监测系统主机发送监测原始数据、报表数据等，信息管理系统完成数据处理、存储、统计分析和预警信息发布。

**10.3.2** 监测系统数据应定期进行备份。

**10.3.3** 通过前台界面的交互操作，实现后台数据库的数据交换，包括对施工监测获取数据的录入、更新、删除。特定权限的数据管理人员，可以将施工现在监测数据通过网络实时或者准实时提交至系统，对于授权的用户，可以查看、管理、下载该监测数据。

**10.3.4** 系统应具备数据实时发布和定时发布的功能，并能进行异常情况下自动报警和故障显示。

**10.3.5** 监测系统根据不同模型对获取的数据进行处理，对监测情况进行分析，提供可视化的监测图表。实现预警信息的多路径实时发布，为参见单位管提供决策支持。

### 10.4 系统安全

**10.4.1** 监测信息管理系统是对监测数据统一集中管理存储的平台，数据安全是系统运行的基本保障。系统数据库应具备备份功能，防止因为误操作或者自身原因出现系统故障而造成数据丢失；系统应符合国家计算机网络安全等级保护要求，应建立健全信息系统病毒预防措施，并定期进行系统检测，能够防范来自网络的恶意攻击或者是计算机病毒造成的系统故障。

**10.4.2** 系统权限可采用基于角色的管理方法，为不同权限层次的用户授予不同的用户权限。应建立用户账户申请、创建、交付、冻结、注销的审批与操作流程，用户权限的分配、变更应及时进行记录。根据系统的实际情况严格密码管理，强化密码强度。

**10.4.3** 用于支持应用系统的公共应用平台、APP 软件的安全等级应不低于应用系统的安全等级。

## 附录 A 监测报表

**A.0.1** 竖向位移、水平位移监测日报表可按表 A.0.1 执行。

**表 A.0.1 竖向位移、水平位移监测日报表**

上海市域铁路工程 XX 标 XXXX 工程施工

竖向位移（水平位移）监测日报表

监测：                                  计算：                                  复核：                                  本次监测时间：                                  上次监测时间：

仪器名称：		仪器编号：				校准日期：							
点号	初始高程 (m)	本次高程 (m)	竖向位移(mm)		备注	点号	初始高程 (m)	本次高程 (m)	竖向位移 (mm)		水平位移(mm)		备注
			本次	累计					本次	累计	本次	累计	
监测点						监测点							
典型测点变化曲线图													
说明	1 竖向位移数据为“+”表示测点向上位移，为“-”表示测点向下位移； 2 水平位移数据为“+”表示测点向坑内位移，为“-”表示测点向坑外位移； 3 MQ-表示煤气管线测点，SS-表示上水管线测点，DL-表示电力管线测点，YS 表示雨水管线测点，XX 表示信息管线测点，F-表示周边建筑物测点，D-表示地表监测点，Q-表示围护顶部监测点，LZ-表示立柱监测点												

监测单位：



**A.0.3** 支撑轴力监测日报表可按表 A.0.3 执行。

**表 A.0.3 支撑轴力监测日报表**

上海市域铁路工程 XX 标 XXXX 工程施工

支撑轴力监测日报表

第 次

监测： 计算： 复核： 本次监测时间： 上次监测时间：

仪器名称：		仪器编号：			校准日期：	
点号	本次轴力 (kN)	上次轴力(kN)	本次变化(kN)	支撑类型	报警值(kN)	备注
第 XX 道支撑						
第 XX 道支撑						
典型测点变化曲线图						
说明	1 支撑轴力数据为“+”表示受力为压力,为“-”表示受力为拉力; 2 ZC-表示支撑轴力测点					

监测单位：

**A.0.4** 水位监测日报表可按表 A.0.4 执行。



A.0.5 应力（水、土压力）监测日报表可按表 A.0.5 执行。

表 A.0.5 应力（水、土压力）监测日报表

上海市域铁路工程 XX 标 XXXX 工程施工

XX 应力（水、土压力）监测日报表

第 次

监测： 计算： 复核： 本次监测时间： 上次监测时间

仪器名称：		仪器编号：		校准日期：				
点号	编号	深度(m)	初始应力(kPa)	本次应力(kPa)	上次应力(kPa)	本次变化(kPa)	累计变化(kPa)	备注
典型测点变化曲线图								
说明	1 应力(压力)数据为“+”表示受力增加，为“-”表示受力减小； 2 GY-表示地墙应力测点，SY-表示孔隙水压力测点，TY-表示土压力测点							

监测单位：

A.0.6 土体分层竖向位移监测日报表可按表 A.0.6 执行。

表 A.0.6 土体分层竖向位移监测日报表

上海市域铁路工程 XX 标 XXXX 工程施工

土体分层竖向位移监测日报表

第 次

监测： 计算： 复核： 本次监测时间： 上次监测时间

仪器名称：		仪器编号：			校准日期：		
点号	编号	管口高程 (m)	磁环本次 高程(m)	磁环上次高 程(m)	本次变化量(mm)	累计变化量 (mm)	备注
典型测点变化曲线图							
说明	1 数据变化量为“+”表示向上位移，为“-”表示向下位移； 2 FC-表示分层沉降测点						

监测单位：

A.0.7 深层水平位移监测日报表可按表 A.0.7 执行。

表 A.0.7 深层水平位移监测日报表

上海市域铁路工程 XX 标 XXXX 工程施工  
 深层水平位移监测日报表  
 第 次

监测： 计算： 复核：

仪器名称：		仪器编号：		校准日期：
孔号：	评价：	上次监测时间：		本次监测时间：
深度(m)	上次累计 (mm)	本次累计 (mm)	变化量 (mm)	深层水平位移曲线
本次累计最大值：XXmm，深度为 XXm；				
位移增量最大值：XXmm，深度为 XXm；				
施工工况：				

监测单位：







**A.0.11 高架立柱倾斜监测日报表可按表 A.0.11 执行**

**表 A.0.11 高架立柱倾斜监测日报表**

上海市域铁路工程 XX 标 XXXX 区间高架段施工

高架立柱倾斜监测报表(X 行线)

第 次

监测： 计算： 复核： 本次监测时间： 上次监测时间：

仪器名称：		仪器编号：			校准日期：			
点号	里程	偏移量(mm)			倾斜率(‰)		初始方向	备注
		初始值	上次值	本次值	累 计	增 量		
工况								
说明	1 注明初始偏移量、上次偏移量对应的日期； 2 倾斜率增量数据为“+”表示往初始方向倾斜增加；为“-”表示往初始方向倾斜减少； 3 QXS[X](**)-D[S]-1[2]： QXS(**)表示上行线**号立柱倾斜测点，下行线类似； D 表示单立柱， S 表示双立柱； -1[2]表示立柱两侧测点编号(单立柱为 1 个测点、双立柱为 2 个测点)。初始方向为“东西”表示该测点观测的是东西方向的倾斜，“南北”含义类似							

监测单位：

**A.0.12 高架梁体徐变监测日报表可按表 A.0.12 执行**

**表 A.0.12 高架梁体徐变监测日报表**

上海市域铁路工程 XX 标 XXXX 区间高架段施工  
梁体徐变监测成果表(X 行线)

监测：                      计算：                      复核：                      本次监测时间：                      上次监测时间：

仪器名称：		仪器编号：			校准日期：			
桥跨编号	点号	里程	初始高程(m)	上次高程(m)	本次高程(m)	竖向位移(mm)		备注
						本次	累计	

徐变  
观测点  
布设及  
变化  
曲线图

观测点布置图

\*\*\*\*\*抗风沉降曲线图

工况	
说明:	<p>1 注明初始高程对应的日期;</p> <p>2 竖向位移数据为“+”表示测点上抬, 为“-”表示测点下沉;</p> <p>3 SK[XK](**)-S[X]-1[2、3、4、5]: 简支梁监测编号, SK(**)表示上行线**号桥跨编号, XK(**)表示下行线**号桥跨编号; S表示上行线、X表示下行线; —1[2、3、4、5]表示测点编号;</p> <p>4 SK[XK](**1)/SK[XK](**3)—S[X]—1[2、...]: 跨线连续梁监测编号, SK(**1)/SK(**3)表示上行线**1号~**3号连续梁桥跨编号, 下行线含义类似; S表示上行线, X表示下行线; -1[2、...]表示测点编号</p>

监测单位：

## 附录 B 巡视记录表

**表 B.0.1 基坑工程巡视检查记录表**

上海市域铁路工程 XX 标 XXXX 基坑施工

巡视记录表

第 次

巡查者：

巡查时间：

分类	巡查内容	巡查结果	备注
自然条件	气温		
	天气		
	风级		
支护结构	围护结构外观形态		
	冠梁、支撑、围檩裂缝		
	支撑、立柱变形		
	止水帷幕开裂、渗漏		
	墙后土体沉陷、裂缝及滑移		
	基坑涌土、流砂、管涌		
	其他		
施工工况	开挖区域图层情况		
	基坑开挖分段位置、长度及分层厚度		
	地表水、地下水状况		
	基坑降水（回灌）设施运转情况		
	基坑周边地面堆载情况		
	其他		
监测设施	基准点、测点完好状况		
	监测原件完好情况		
	监测工作条件		
周边环境	管道破损、泄露情况		
	周边建筑裂缝		
	周边道路（地面）裂缝、沉陷		
	临近施工情况		
	其他		
注：巡查过程中如果发现临时性的突发状况，应在‘其他’项内注明			

项目负责：

监测单位：

表 B.0.2 盾构法隧道工程巡视检查记录表

上海市域铁路工程 XX 标 XXXX 盾构法隧道施工

巡查记录表

第 次

巡查者：

巡查日期及时间：

分类	巡查内容	巡查结果	备注
自然条件	气温		
	天气		
	风级		
施工工况	盾构掘进环数及环号		
	盾构穿越区段的环境情况（包含荷载变化）		
	管片破损、渗漏、错台		
	注浆设施运转情况		
	其他		
监测设施	基准点、测点完好状况		
	监测原件完好情况		
	监测工作条件		
周边环境	管道破损、泄露情况		
	周边建筑裂缝		
	周边道路（地面）裂缝、沉陷		
	临近施工情况		
	其他		
注：巡查过程中如果发现临时性的突发状况，应在‘其他’项内注明			

项目负责：

监测单位：

表 B.0.3 冻结暗挖工程巡视检查记录表

上海市域铁路工程 XX 标 XXXX 冻结暗挖施工

巡查记录表

第 次

巡查者：

巡查日期及时间：

分类	巡查内容	巡查结果	备注
自然条件	气温		
	天气		
	风级		
冻结设施	钻孔或冻结或开挖等情况		
	冷冻设施运转情况(冰冻阶段)		
	注浆设施运转情况		
	其他		
监测设施	基准点、测点完好状况		
	监测原件完好情况		
	监测工作条件		
周边环境	隧道内管片渗漏、破损、错台		
	管道破损、泄露情况		
	周边建筑裂缝		
	周边道路（地面）裂缝、沉陷		
	临近施工情况		
	其他		

注：巡查过程中如果发现临时性的突发状况，应在‘其他’项内注明

项目负责：

监测单位：

其他类型工程巡查记录补充说明

## 附录 C 沿水平直径布设收敛测线位置的确定

**C.0.1** 水平方向的固定测线应沿圆隧道的直径布设。

**C.0.2** 在内直径为  $D$  的单圆隧道内，在适宜高度架设一台激光水平仪，采用激光测距仪测量激光水平线长  $d$ ，见图 C.0.2。

根据几何关系，夹角  $\theta = \arccos\left(\frac{d}{D}\right)$

水平横径端点距离激光水平弦的弦长  $l = \frac{D}{2} \times \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \times 2$

量取弦长  $l = D \times \sin[\arccos\left(\frac{d}{D}\right) / 2]$ ，即为隧道侧壁水平横径端点位置。

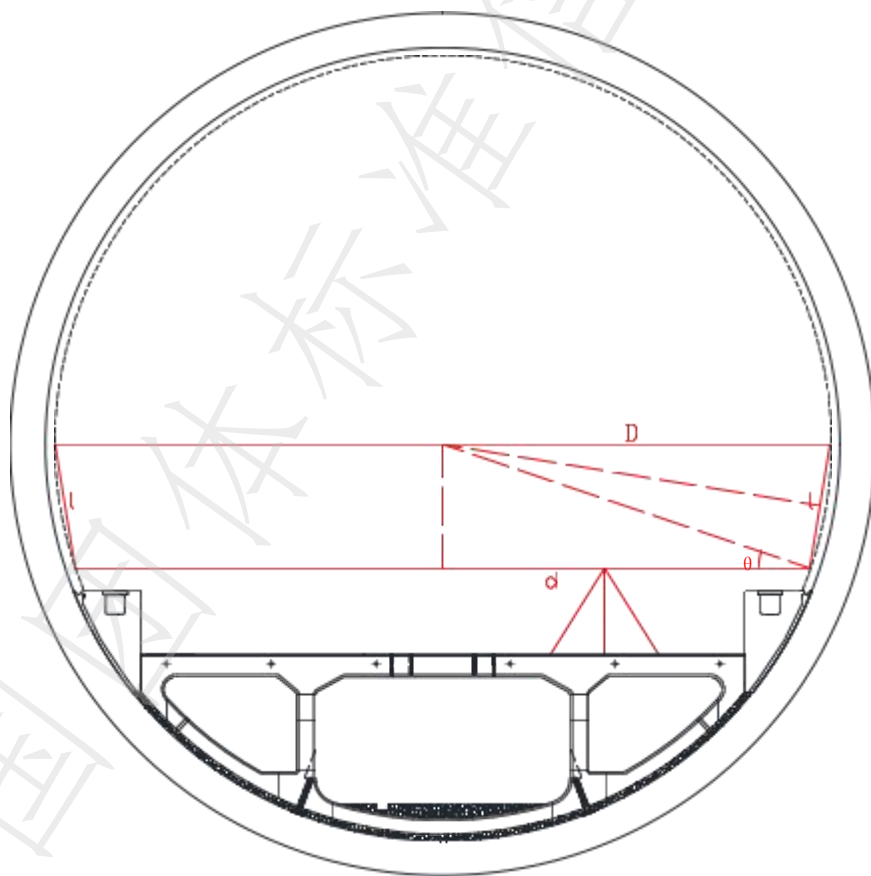


图 C.0.2 无中隔墙管片直径端点点位示意图

**C.0.3** 对有中隔墙的单圆隧道，中隔墙厚度为  $M$ ，在单侧隧道适宜高度架设一台激光水平仪，采用激光测距仪测量激光水平线长为  $d$ ，见图 C.0.3。

根据几何关系，夹角  $\theta = \arccos\left(\frac{d+M/2}{D/2}\right)$

水平横径端点距离激光水平弦的弦长  $l = \frac{D}{2} \times \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \times 2$

量取弦长  $l = D \times \sin\left[\arccos\left(\frac{d+M/2}{D/2}\right) / 2\right]$ ，即为隧道侧壁水平横径端点位置，中隔墙一侧量取高度  $h = \sqrt{(D/2)^2 - (d+M/2)^2}$  即为该侧水平横径端点位置。

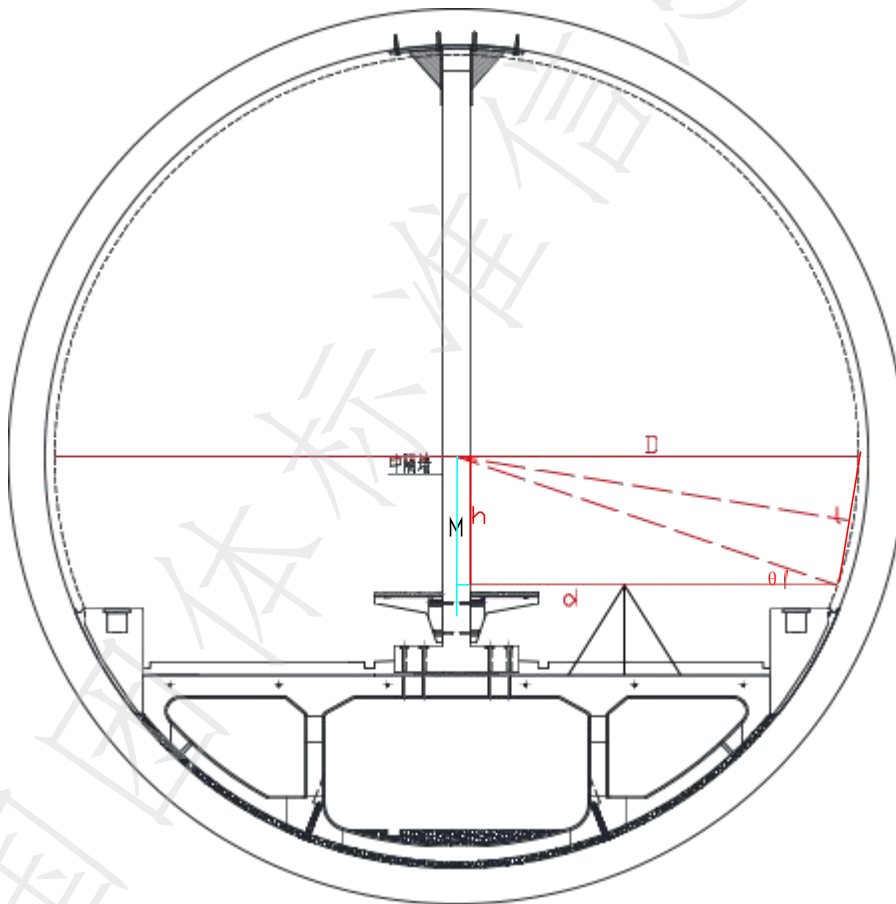


图 C.0.3 含中隔墙管片直径端点位置示意图

**C.0.4** 其他结构形式的隧道收敛测量，可根据剖面几何特征合理布设固定测线。

## 附录 D 无合作目标测距短测程改正常数的检测方法

D.1 无合作目标测距短测程改正常数的检测可采用直接测量法或试块间接测量法。

### D.2 方法一：直接测量法

#### D.2.1 准备

1 场地准备：如图 D.2.1 所示，选取相距约  $2d$  的场地，其中  $d$  约为  $3\text{m}\sim 7\text{m}$ （与隧道内固定测线测量时的测距边长相当）。在同一直线上确定 ABC 三点，A、C 处为混凝土竖直表面，其平整度与隧道管片表面相当。

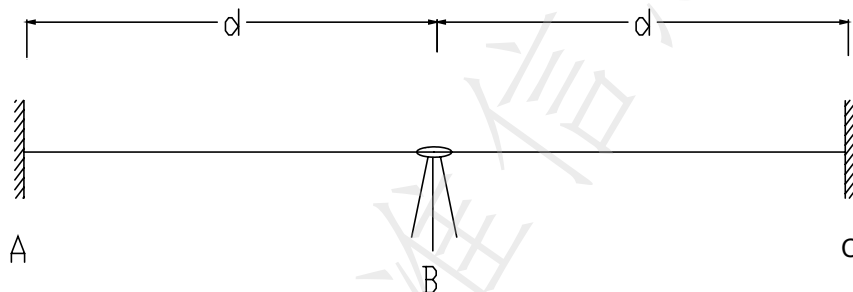


图 D.2.1 方法一的场地布置图

2 仪器设备：基准全站仪，测距精度不低于  $\pm(1\text{mm}+1\times 10^{-6}\times D)$ ；半径  $r$  已知的球形棱镜；待检全站仪或待检手持测距仪。

#### D.2.2 观测方法

1 在 B 处架设基准全站仪，在 A、C 处安置球形棱镜，各盘左、盘右观测水平距离 4 次，AC 点间的距离可按式 (D-1) 计算：

$$D_{AC}=S_{AB}+S_{BC}+2r \quad (\text{D-1})$$

式中：

$D_{AC}$ ——AC 点间的水平距离

$S_{AB}$ 、 $S_{BC}$ ——AB 点间、BC 点间基准全站仪的距离观测值

$r$ ——球形棱镜的半径

2 当检测全站仪时，在 B 处架设待检测全站仪，采用无合作目标方式、盘左、盘右各测量水平距离 4 次，短测程改正常数  $a$  可按式 (D-2) 计算。降低全站仪高度  $h=S_{AB}\times \text{tg}20^\circ$ ，再次观测，求得短测程改正常数  $a'$ 。两次所求改正数的较差小于  $1\text{mm}$  时，取其平均值作为全站仪无合作目标测距短测程改正常数。

$$a=(D_{AC}-S'^2_{AB}-S'^2_{BC})/2 \quad (\text{D-2})$$

式中：

$a$ ——无合作目标测距短测程改正常数

$D_{AC}$ ——AC 点间的水平距离

$S'_{AB}$ 、 $S'_{BC}$ ——AB 点间、BC 点间的待检测全站仪的距离观测值

3 当检测手持测距仪时，先在 A 处两次对中架设手持测距仪、瞄准 C 点分别测读 4 次，短测程改正常数  $a$  可按式 (D-3) 计算。再在 C 处两次对中架设手持测距仪、瞄准 A 点分别测读 4 次，计算短测程改正常数  $a'$ 。两次所求改正数的较差小于 1mm 时，取其平均值作为无合作目标测距短测程改正常数。

$$a = D_{AC} - S'_{AC} \quad (D-3)$$

式中：

$a$ ——无合作目标测距短测程改正常数

$D_{AC}$ ——AC 点间的水平距离

$S'_{AC}$ ——AC 点间的距离观测值

### D.3 方法二：间接测量法

#### D.3.1 准备

1 试块准备：准备一厚度约 20mm 的长方体混凝土试块如图 D.3.1，尺寸可为 100mm×30mm×20mm，试块两侧平整度与隧道管片表面相当。

标定出两对应中心点 C1、C2 的两处“十”字架，用游标卡尺或千分尺量取 C1、C2 处的厚度  $t$ ，厚度  $t$  精确到 ±0.1mm。

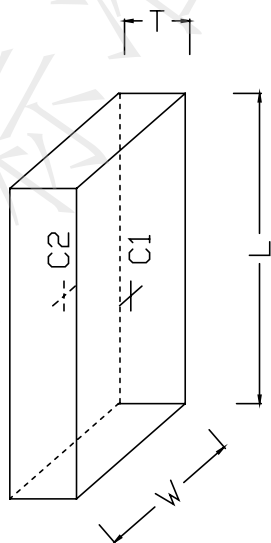


图 D.3.1 方法二的长方体试块

2 场地准备：在平坦场地上用钢卷尺在同一直线上量取 ABCD，其中  $D_{AB}=D_{BC}=d_1 \approx 3 \sim 7\text{m}$ （与隧道内收敛测量时的测距边长相当）； $D_{CD}=d_2$  视场地现场确定，宜为 5m 左右。

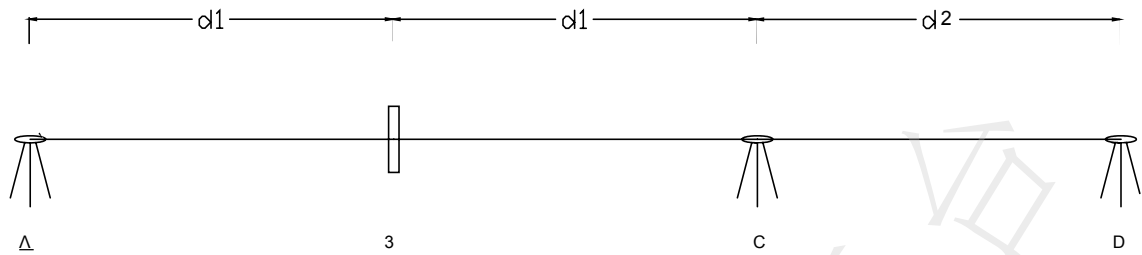


图 D.3.2 方法二校检场地布置图

3 仪器设备：基准全站仪，测距精度不低于 $\pm(1\text{mm}+1\times 10^{-6}\times D)$ ；对中机座及棱镜 3 套；待检全站仪。

### D.3.2 观测方法

1 在 D 处架设基准全站仪，在 A、C 点架设对中器机座，精密调整 C 使 ACD 位于一直线上。用同一棱镜分别架设在 A、C 点上，各盘左、盘右观测水平距离 4 次，AC 点间的距离可按式 (D-4) 计算：

$$D_{AC}=S_{AD}-S_{CD} \quad (\text{D-4})$$

式中：

$D_{AC}$ ——AC 点的水平距离

$S_{AD}$ 、 $S_{CD}$ ——AD 点间、CD 点间基准全站仪的距离观测值

2 在 A 处架设待校准的仪器，B 点安置混凝土试块，精确调整 B 使 ABC 位于一直线上。试块应安放竖直、“十”字标志与仪器中心等高。

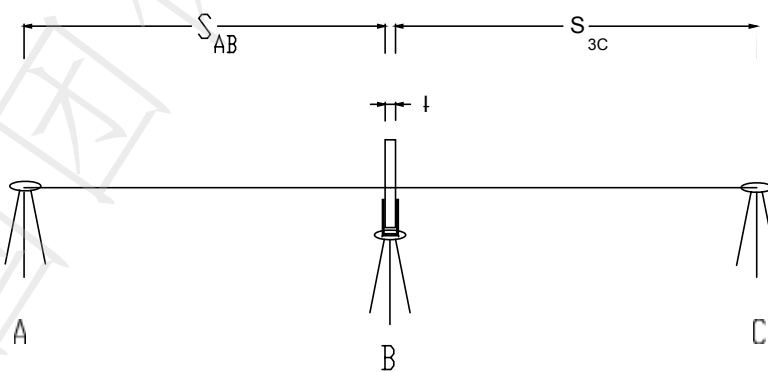


图 D.4 方法二的无合作目标短测程改正常数检测

瞄准试块“十”字标记、采用无合作目标方式盘左、盘右各观测 AB 间的距离 4 次。B 点试块不动，仪器迁站到 C 点。架设仪器，盘左、盘右观测 BC 间的距离 4 次。

短测程改正常数  $a$  可按式 (D-5) 计算：

$$a=(D_{AC} - S_{AB} - S_{BC}-t)/2 \quad (D-5)$$

式中：

a——无合作目标测距短测程改正常数

$D_{AC}$ ——AC 点间的水平距离

$S_{AB}$ 、 $S_{BC}$ ——AB、BC 间的水平距离观测值

t——游标卡尺量取的试块厚度值

3 升高或降低 B 点的试块，升高或降低的高差约为  $h=S_{AB} \times \text{tg}20^\circ$ ，重复步骤 2 的观测，求得短测程改正常数  $a'$ 。两次所求改正数的较差小于 1mm 时，取其平均值作为无合作目标测距短测程改正常数。

#### D.4 观测记录表

无合作目标测距短测程改正常数检测记录表可采用表 D.4。

表 D.4 无合作目标测距短测程改正常数检测表

仪器： \_\_\_\_\_ 日期： \_\_\_\_\_ 时间： \_\_\_\_\_  
 观测者： \_\_\_\_\_ 记录者： \_\_\_\_\_ 检查者： \_\_\_\_\_

1 AC 间的水平距离观测				
试块厚度 t=		mm		或球形棱镜半径 r=
				mm
基准全站仪型号：		编号：		标称精度：
观测次序	A 点		C 点	
	盘左	盘右	盘左	盘右
1				
2				
3				
4				
中数				
AC 间的水平距离	$D_{AC}=S_{AB}+S_{BC}+2r=$		或 $D_{AC}=S_{AD}-S_{CD}=$	
2 无合作目标测距短测程改正常数检测				
待检测仪器型号：		编号：		标称精度：
观测次序	A 点		C 点	
	盘左	盘右	盘左	盘右

1				
2				
3				
4				
中数				
a1=				
升高试块 $h=S_{BC} \times \text{tg}20^\circ =$				
观测次序	C 点		A 点	
	盘左	盘右	盘左	盘右
1				
2				
3				
4				
中数				
a2=				
无合作目标测距短测程改正常数 $a=(a_1+a_2)/2=$				
观测示意图:				
<p>注：1 图中 d1 与隧道内固定测线测量时的测距边长相当(约为 3m~7m)，d2 约 5m。</p> <p>2 采用方法 1 时，不需设 D 点，A、C 为混凝土表面；            检测全站仪时，在 B 处架设仪器。 <math>a=(D_{AC}-S'_{AB}-S'_{BC})/2</math>            检测手持测距仪时，分别在 A 或 C 对中并瞄准对向点观测。 <math>a=D_{AC}-S'_{AC}</math></p> <p>3 采用方法 2 时 B 处为标准试块， <math>a=(D_{AC} - S_{AB} - S_{BC}-t)/2</math></p>				

上海市交通运输行业协会团体标准

上海市域铁路工程施工监测技术规范

条文说明

2023-00-00 发布

2023-00-00 施行

上海市交通运输行业协会 发布

# 目次

1 总则 .....	87
2 术语 .....	89
3 基本规定 .....	90
3.1 基本要求 .....	90
3.2 工程影响分区及监测范围 .....	93
3.3 监测等级划分 .....	95
4 监测项目 .....	97
4.1 一般规定 .....	97
4.2 监测项目 .....	97
4.3 巡视巡察 .....	102
5 监测点布设 .....	103
5.1 一般规定 .....	103
5.2 基坑工程 .....	104
5.3 盾构隧道工程 .....	108
5.4 冻结暗挖工程 .....	109
5.5 桥梁工程 .....	110
5.6 顶管工程 .....	113
5.7 路基工程 .....	114
5.8 周边环境 .....	116
6 监测技术要求 .....	121
6.1 一般规定 .....	121
6.2 水平位移监测 .....	122
6.3 竖向位移监测 .....	122
6.4 深层水平位移监测 .....	124
6.5 地下水水位监测 .....	126

6.6	结构应力监测	127
6.7	倾斜监测	129
6.8	裂缝监测	129
6.9	土压力监测	130
6.10	孔隙水压力监测	131
6.11	土体分层竖向位移监测	132
6.12	净空收敛监测	133
6.13	梁体徐变监测	135
6.14	坑底隆起监测	135
6.15	现场巡查	135
6.16	自动化监测	135
7	监测频率与监测周期	138
7.1	一般规定	138
7.2	监测频率	138
7.3	监测周期	139
8	监测警情报送	140
8.1	一般规定	140
8.2	监测报警值	140
9	监测成果及信息反馈	144
9.1	一般规定	144
9.2	监测成果要求	145
9.3	监测信息反馈	146
10	监测信息管理系统	147
10.1	一般规定	147
10.2	系统功能设计	147
10.3	数据管理及系统维护	147
10.4	系统安全	148

# 1 总则

**1.0.1** 上海地处长江三角洲冲击平原，地下水位高，饱和软土多，工程地质条件和水文地质条件均较为复杂。尤其第③层淤泥质粉质黏土和第④层淤泥质黏土，普遍具有含水量高、压缩性大、强度低、渗透性差等特点，⑤<sub>2</sub>层微承压水和⑦层承压水的广泛存在对地下工程、地基基础工程都造成了较大不利影响。

市域铁路工程车站、隧道较一般城市轨道交通工程规模更大，埋深更深，施工中结构自身安全风险及对周边环境的潜在影响风险均更高。市域线设计运行速度达 160km/h，高速运行对地下结构及高架桥梁的安全性、稳定性提出了更高要求。市域线工程规模大、施工周期长，涉及基坑、隧道、地面线路和高架线路等多种工程，近年来，随着施工技术的创新发展，各种新施工工法及工艺亦大量应用，其对周边环境影响的风险经验尚不成熟。同时，随着城市建设的发展，市域线建设场区城市化程度已相对较高，场地周边环境日趋复杂，周围建构筑物、地下管线密集、交通流量大，穿越靠近既有轨道交通线路、铁路等施工的情况也较普遍。上述诸多的不利因素给上海市域铁路工程建设都带来了新的挑战。

在轨道交通工程的施工过程中，除了从工程勘察、工程设计和施工等源头采取必要的安全防范措施外，还必须结合轨道交通工程性质与特点、周边环境保护要求，开展全面而又专业性的安全监测工作，通过分析监测数据，用监测信息指导施工和防范风险，以保证工程结构本体和周边环境的安全。

**1.0.2** 本规范结合国家规范《城市轨道交通工程监测技术规范》(GB50911)及上海市地方规范《城市轨道交通施工监测技术规范》(DG\_TJ 08-2224)的要求及上海地区城市轨道交通工程监测经验的总结编制，以为上海地区市域铁路工程监测工作的开展提供更有针对性的技术指导，更好的防控市域铁路工程施工潜在的结构安全风险、周边环境影响风险及施工成本风险为目标，应用于指导上海市域铁路新建、改建、扩建工程的监测工作。

**1.0.3** 随着城市建设的发展，市域线建设场区城市化程度不断提高，场地周边环境日趋复杂，周围建构筑物、地下管线密集，加之地质条件复杂，不同的设计方

案和施工方法引起的水土体力学响应在时间和空间上的规律不尽相同，编制监测方案时应综合考虑所有这些因素，具备针对性和可操作性。监测工作周期长、任务重，具体内容专业性强，所以在编制监测方案时应充分考虑监测工作的重点和难点，做到有的放矢、完备安全同时经济合理。

**1.0.4** 市域铁路工程兼具铁路工程和城市轨道交通工程特点，要同时满足国家、地方城市轨道交通工程相关标准，本规范是针对市域铁路工程特点的规范之一，现行技术标准中对城市轨道交通工程监测的规定应综合考虑。

## 2 术语

本术语中主要列入了与市域铁路工程监测技术相关的术语并参考了相关国家标准及地方标准术语。

全国团体标准信息平台

## 3 基本规定

### 3.1 基本要求

**3.1.1** 上海市域铁路工程在施工过程中主要面临的风险是工程支护结构自身安全以及周边建（构）筑物、地下管线等周边环境对象安全，施工监测是为了验证和监控设计和施工方案的安全性，并在过程中动态优化施工措施。判定施工期间工程本体结构、施工影响范围内的岩土体和周边环境是否安全与能否正常使用，提前预判工程及周边环境风险发生可能性是开展监测工作的主要作用。

施工过程中，工程结构本体、周围水土体及周边建构筑物之间存在相互关联的影响，作为监测对象是相互独立的，考虑监测信息分析又是相互印证互相关联的。

施工监测对象主要包括工程结构、周围水土体和周边环境。工程结构监测对象主要为工程自身支护结构，如围护桩（墙）、支撑、立柱、盾构管片等；周围水土体监测对象主要为工程周围的土体、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、市政道路、桥梁、既有轨道交通以及其他城市基础设施。

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，目前上海市域铁路工程监测也同时开展了施工方监测和第三方监测工作，第三方监测因其特有的独立性、公正性的点作用越来越显著。

**3.1.2** 监测工作开展应遵循一定的工作流程，按照既定流程实施监测工作，是保证监测工作运行规范的重要前提。

**3.1.3** 监测方案是指导监测单位实施监测工作的最重要技术依据，本条对监测方案应涵盖的内容进行了概况，确保监测方案结构和内容的完整性。

工程设计要求、施工组织方案、场地工程地质条件、水文地质条件、周边环境状况是编制监测方案的重要依据。监测方案中应根据以上资料，分析工程的风险源、特殊要求以及监测工作中存在的重难点，制定出具有针对性可行性的监测措施。

监测方案需要对监测目的、依据的国家行业及地方的规范标准、政府部门的有关文件、设计等文件资料进行明确。对项目管理部门的相关制度、规定和特殊

要求应充分了解并在编制方案过程中考虑。

对一般情况而言，监测对象、监测范围、监测等级、监测项目、现场巡查、监测点的布设、监测方法、监测频率、监测报警值是监测方案的必备内容，应在方案中进行明确规定。

为保证监测质量和便于管理，应在监测方案中明确监测人员投入情况、主要仪器设备投入情况，必要的人力物力投入是保证监测工作顺利开展的前提。

**3.1.4** 监测工作中仪器监测与人工巡查互为补充、相互验证。目测巡视巡检可以从宏观上快速全面掌握工程安全状态，仪器监测则通过取得数据进行定量分析，二者可以起到定性和定量判断的作用。

自动化监测具有精度高、连续观测、数据处理反馈快等特点，可实现全天候监测。因此，在风险较大的工程部位或周边环境极为重要，或人员不宜进入的特定监测区域内，宜采用自动化监测手段。

**3.1.5** 监测项目的合理选择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。监测项目设置时需要认真分析工程结构和周边环境的特点，以真实、及时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。

单一的监测项目或监测点难以全面充分的反映工程安全状况，发生异常时亦难以得到验证，故监测项目的选取和监测点的布置上宜充分考虑不同监测项目不同监测点之间相互验证比对的作用。在施工过程中，工程结构、周围岩土体及地下水、周边环境三者之间的受力和变形特性是相互关联的，因此在确定监测项目及其具体位置时，应注意彼此间的监测数据能够相互印证，从而形成有效、完整的监测体系，为优化设计和信息化施工提供可靠的保障。

**3.1.6** 监测点布设时充分考虑工程结构和周边环境的特点，确保工程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，以保证对监测对象的状态进行准确的判断。工程施工现场干扰破坏因素较多，监测点设置规范，标识清晰，有利于相关人员对测点识别，同时也需尽量避免测点被轻易破坏。

**3.1.7** 因施工场地情况复杂，破坏因素较多，监测点遭破坏的情况难以完全避免，一旦发生应及时修复以恢复监测体系的完整性和有效性。修复破坏测点后监测数据应连续累计保持连续，以准确反映总累计变形情况。

**3.1.8** 市域铁路工程结构在运营期间亦会产生变形，进而影响安全运营。在施工

永久结构时应综合考虑运营阶段长期变形监测测点的设置，使在运营期间的观测能够利用施工阶段布置的测点，可将结构在施工期间已产生的变形量进行累计，以便全面、完整掌握线路结构变形情况。

**3.1.9** 初始值测读不及时会造成变形数据的损失，本条强调了监测初始值测定的时间要求。初始值采集的准确性和稳定性将直接关系到以后各次监测数据的质量。一般情况下，应测读不少于3次，通过比对3次数据的一致性情况对初始值进行相对稳定性的判断。

**3.1.10-3.1.11** 监测报警是防范风险的关键，整个监测工作的核心内容之一，通过监测报警能够使相关单位对异常情况及时作出反应，采取相应措施，控制和避免工程自身和周边环境安全事故的发生。而确定报警值是监测工作实施前提，报警值是工程施工过程中对工程自身及周边环境的安全状态或正常使用状态进行判断的重要依据，也是工程设计、施工及监测等工作开展进行的重要依据。报警值的大小直接影响到工程自身和周边环境的安全，对设计安全措施、施工方法、监测手段的确定以及施工工期和造价影响很大，合理确定监测项目报警值是一项十分重要的工作。

作为施工图设计文件的重要组成部分，监测项目报警值是监测设计的重要内容之一，是控制工程自身和周边环境安全的重要标准。相关法律、法规和规范性文件均对设计文件中明确控制指标有具体要求，因此本条规定在施工图设计文件中应提出监测项目报警值，以满足工程自身安全及周边环境保护的要求。监测项目报警值除应遵循相关法律、法规和规范性文件外，尚应符合有关管理部门的要求。

工程设计应针对工程本体结构、周围岩土体和周边环境两类监测对象分别确定相应的监测项目报警值，同时应考虑两类监测对象间的相互影响。工程本体结构监测项目报警值的制定，应首先保证施工过程中的本体结构的稳定及施工安全，同时还要保证周边环境处于正常使用的安全状态。这就要求在制定本体结构报警值时要充分考虑本体结构的设计特点、周围岩土体的特征及周边环境条件。

周围岩土体是工程所处的地质环境，是工程本体结构和周边环境对象之间相互作用的媒介。周围地表沉降等岩土体变形可间接反映本体结构和周边环境对象的变形、变化，其相关监测数据能为判定工程本体结构和周边环境的安全状态提

供辅助依据，其报警值的确定应根据本体结构安全等级和周边环境保护等级确定。

对于重要的建（构）筑物、桥梁、管线、既有轨道交通等环境对象控制值的确定，主要是在保证其正常使用状态和安全的前提下，分析研究其还能承受的变形量。这往往需要收集环境对象原有的相关工程资料，并通过现场现状调查与检测，进行评估后确定，最终还应符合相关权属单位的管理要求。

周边环境保护等级较高、工况条件复杂的工程，一般控制指标较为严格，往往在施工还没完成之前，监测对象的变化、变形量就已超过报警值，增加了后续施工的难度。因此对于安全等级较高、工况条件复杂的工程，报警值应按主要工况条件进行分解，以便分阶段控制监测对象的变形，最终满足工程本体和周围环境控制的要求。

监测项目累计变化量反映的是监测对象当前的状态，而变化速率反映的是监测对象变化的发展速度，过大的变化速率，往往是险情的先兆。因此，监测报警值需要包含累计变化量和变化速率。

监测报警值的设置宜综合考虑其谨慎性和有效性，不宜过小失去有效性，也不宜过大增大风险性。

**3.1.12** 现场巡查是监测分析的重要补充，现场巡查应及时填写并整理巡查记录，并与仪器监测数据进行比对分析，若发现异常时，应按规定程序及时报告。如果巡查中发现异常情况应立即发出警情报告，以便进一步分析研判必要情况下及时采取相应措施。

**3.1.13** 工程结构施工完成施工影响消除指存在变形风险的结构施工完全完成，如基坑顶板完成回填完毕、盾构完全贯通等，监测数据稳定后包括工程结构本体变形趋于收敛，周边环境要素变形达到稳定标准，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。

**3.1.14** 监测工作完成后，应形成书面文字报告，对监测工作进行分析、总结，并提出相关分析结论和建议。监测过程中形成相关资料，是反映现施工过程中监测情况的可追溯性文件，应按照档案管理要求进行归档保存。

## 3.2 工程影响分区及监测范围

**3.2.1** 工程影响分区主要目的是区分工程施工对周围水土体、周边环境的影响程度，侧重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。

由于地质条件的不同，基坑设计深度、隧道埋深和断面尺寸的大小，支护结构形式的强弱，周边环境受施工的影响程度和范围是不同的。同时，周边环境受工程施工的影响程度与其和工程之间的空间位置关系密切相关，通常而言，距离越近受影响程度越大。复杂的周边环境对工程支护结构设计及施工措施的要求更加严格，监测范围应结合工程自身的特点和周边环境条件进行确定，监测范围应包含工程周边受施工影响的主要影响区和次要影响区。

**3.2.2** 市域铁路工程为线性工程，基坑多为长条形，可以归结为平面应变问题，影响范围与水文地质条件、围护结构形式和坑内外荷载变化相关。在上海地区，根据大量理论计算和实测成果经验，基坑工程在未发生较大变形时，其主要影响范围为基坑  $1H$  范围之内，而次要影响范围为  $1H\sim 2H$  范围。

**3.2.3** 在无限空间内隧道的影响范围为  $3D$ ，结合到市域铁路工程隧道外径尺寸，对于盾构区间工程施工时次要影响区的确定，取隧道中心埋深  $20m$  为分界点，当隧道中心埋深小于  $20m$  时，简化计算考虑，次要影响区范围为隧道地表投影区域边线至  $1$  倍隧道中心埋深范围内；当隧道中心埋深大于  $20m$  时，次要影响区范围为隧道地表投影区域边线至  $3$  倍隧道直径范围内。

**3.2.4** 上海地区的联络通道施工一般采用冻结法，在交通流量较大或重要商业区，对车站基坑也尝试过大体量硐室的冻结暗挖。冻结法施工遇到的水文地质条件更为复杂。根据大量实测数据，正常情况下，其主要影响范围为冻结体的地表投影区域；次要影响区域为冻结体的地表投影区域外至以冻结体中心为圆心、半径  $20m$  (且不小于  $1.5$  倍冻结体中心埋深) 的范围内。

如采用其他施工工艺进行联络通道施工时，需要根据工程的实际情况制定专项的监测方案。

**3.2.5** 高架区间及车站施工对周边环境造成的影响主要在桩基础施工及高架墩台基础的开挖期间，尤其是桩基础采用预制桩进行沉桩施工期间，由于挤土效应对周围环境的影响尤为显著。上海市工程建设规范《地基基础设计规范》DGJ08-11 中第 16.7 节对沉桩施工过程中监测的范围、要求等作出了明确的规定，实施相

关监测工作应结合相关规范要求。

**3.2.6** 路基工程主要存在于地下段与高架段转换衔接部位，根据本地区工程经验，对强夯、换填、真空预压三种常见工艺的影响范围作了规定，对上述工艺以外的其他处理工艺，在判断施工影响范围时，宜进行专项论证后确定。

### 3.3 监测等级划分

**3.3.1** 本条对基坑、盾构区间、联络通道等轨道交通工程的监测等级划分的依据进行了明确。工程监测等级的划分有利于在监测设计工作量布置时更具针对性、突出重点、合理开展监测工作。根据现行相关规范、上海地区工程经验及相关研究成果，工程监测等级的确定需要考虑工程自身特点、周边环境条件和工程地质条件等影响因素。

**3.3.2** 工程本体安全等级是指工程所处的水文地质条件、自身设计、施工的复杂程度等带来的风险。综合考虑现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、《建筑地基基础设计规范》GB 50007、上海市工程建设标准《基坑工程技术规范》DG/TJ08-61、《城市轨道交通工程施工监测技术规范》DG\_TJ 08-2224-2017 等规范内容，并结合基坑、盾构区间、桥梁工程、路基工程、冻结暗挖工程等的特殊情况以及研究成果，本规范以工程面临的具体风险和问题为等级划分的依据，确定了基坑、盾构区间、桥梁工程、路基工程、冻结暗挖工程等本体安全等级按表 3.3.2 进行划分。

场地的周围岩土体不仅是工程实施的对象，而且是工程影响周边环境的媒介，因此场地的工程地质、水文地质与工程本体风险有很大的相关性。根据地区工程经验，上海地区第⑤<sub>2</sub>层粉性土、粉砂、第⑦层粉细砂中地下水具有承压性，承压水对基坑、盾构区间工程安全影响很大；第②<sub>3</sub>层粉性土、粉砂、第③<sub>j</sub>层等土层不利于围护结构变形和盾构姿态的控制，增大了工程风险。

本体安全等级划分为一级的工程多与复杂地质条件有关。基坑工程的复杂地质条件包括：基坑开挖过程中受到第⑤<sub>2</sub>层或第⑦层承压水的影响，开挖范围内存在厚度较大第③、④层淤泥质黏性土或有深厚第②<sub>3</sub>层粉性土、粉砂、第③<sub>j</sub>层分布等，另外需要降承压水的基坑如果停电后水位恢复异常迅速时也需要重点关注。盾构区间工程、顶管工程的复杂地质条件包括：掘进断面遇到第⑤<sub>4</sub>层、

第⑥层、第⑦层、特别软弱的古河道，掘进断面分布有第②<sub>3</sub>层、第③<sub>2</sub>层和第④层复合土层，或第⑤<sub>2</sub>层、第⑦层和第⑥层软硬差异较大的复合土层等。联络通道工程的复杂地质条件包括：冻结体遇到第⑤<sub>2</sub>层、第④层土层等。

除了工程所处的复杂水文地质条件以外，本体安全等级划为一级的工程还包括了一些超宽超深及特殊工况的基坑、浅覆土的隧道等。

**3.3.3** 表 3.3.3 中周边环境对象的重要性程度宜根据环境对象重要性、相关规范、行业部门管理规定及破坏后果严重程度或风险评估进行确定，也可参考如下分类：

重要桥梁与隧道是指城市高架桥、立交桥、过江隧道、高速公路隧道、铁路隧道等；重要建（构）筑物一般是指文物古迹、近代优秀建筑物，10层以上高层、超高层建筑，重要的烟囱、水塔、铁塔等，天然地基或浅基础的建（构）筑物可依据其结构形式、破坏后果、风险评估等确定其重要性；重要市政管线是指雨污水主干、中压以上煤气管、直径较大的供水管、供油管等。

**3.3.4** 工程本体安全、周边环境、水土条件等因素是相互联系、相互作用、相互影响的。工程所处的水文地质条件、本体结构自身的稳定性和周边环境的安全状态是工程施工过程中关注的重点，因此工程监测等级主要根据工程本体安全等级和周边环境保护等级确定。

如果遇工程周边环境对变形特别敏感，且有特殊风险控制要求时，应根据设计单位的要求确定监测项目、监测方法、监测精度及报警值等内容，制定专项的监测方案。必要时应进一步征求环境对象权属单位、管理或使用部门的意见。

## 4 监测项目

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 市域铁路工程监测是一个系统，系统内的各项目监测有着必然的、内在的联系。限于测试手段、精度及现场条件，某一单项的监测结果往往不能揭示和反映工程的整体情况，需综合考虑工程设计、地质条件、周边环境、监测等级、工程规模、监测对象自身特点等因素，从而形成一个有效、完整的监测系统并跟踪监测，才能提供完整、系统的测试数据和资料，才能通过监测项目之间的内在联系做出准确的分析、判断，为优化设计和信息化施工提供可靠的依据。同时，选择监测项目还要考虑经济性，在保证监测质量和基坑工程安全的前提下，通过周密地考虑，去除不必要的监测项目，同时根据现场条件的变化动态确定监测对象，因此要求抓住关键部位，做到重点量测，各监测项目之间形成互为补充、互为验证的监测体系。

**4.1.2** 基坑工程监测包括巡视检查和仪器监测。仪器监测可以取得定量的数据，进行定量分析；以目测为主的巡视检查更加及时，可以起到定性、补充的作用，从而避免片面地分析和处理问题。例如观察周边建筑和地表的裂缝分布规律、判别裂缝的新旧区别等，对于分析工程对周边环境的影响程度起着重要作用。监测应采用仪器监测与巡视检查相结合的方法，多种监测方法互为补充、相互验证，以便及时、准确地分析、判断工程本身及周边环境的状态。

**4.2.1~4.2.6** 监测项目一般分为应测和选测项目，应测项目是指施工过程中为保证工程本身、周围岩土体和周边环境的稳定以及施工安全应进行日常监测的项目；选测项目是指为了设计、施工和研究的特殊需要在局部地段或部位开展的监测项目。

### 4.2 监测项目

**4.2.1** 基坑工程支护结构和周围岩土体共列出了 16 项监测项目：

围护墙（桩）顶部水平位移监测对反映整个基坑的安全稳定非常重要。围护墙（桩）顶部竖向位移也是反映基坑稳定性的一个较为重要的指标，在工程实际

中其变形量较小，软弱土地区变形量则相对较大。围护墙（桩）顶部水平位移和竖向位移对于各个工程监测等级的基坑工程均规定为应测项目。

围护结构深层水平位移监测可以反映出围护墙（桩）沿深度方向上不同位置处的水平变化情况，并且可以及时地确定墙（桩）体最大水平位移值及其深度，对于分析围护墙（桩）的稳定和变形发展趋势起着重要作用。因此，监测等级为一、二级的基坑工程均规定为应测项目。对于工程监测等级为三级的基坑工程，由于开挖深度较浅，环境简单，因此规定为选测项目。

围护墙内力监测能够较好地反映出施工过程中墙（桩）体的受力状态，对验证或修改设计参数具有较好的指导作用，是防止支护结构发生强度破坏的一种较为可靠的监控措施。由于一般围护墙体设计的安全储备较大，实际工程中发生强度破坏的现象很少，且监测成本高、现场实施复杂、元器件成活率较低，因此作为选测项目。

立柱竖向位移是引发支撑系统破坏的主要因素之一，基坑内立柱的变形状态对反映支撑体系的稳定至关重要。对于混凝土支撑杆，表现为与墙体连接的杆端开裂、支撑杆与立柱联结节点附近开裂或断裂；对于钢支撑则会引发墙体、支撑杆、立柱之间联结节点失效，引起支撑系统失稳，导致墙体水平位移过大或基坑坍塌。因此，立柱的变形监测也是一项较重要的监测项目，对工程监测等级为一、二级的基坑工程规定立柱结构竖向位移为应测项目，三级的基坑工程为选测项目。

支撑内力监测以轴力为主，内支撑作为支护结构的主要承载构件，对保障基坑安全至关重要，其内力是反映基坑稳定性的重要指标。因此，各监测等级的基坑工程均规定为应测项目。

逆作法基坑梁板应力监测能够了解和掌握梁板实际受力情况和结构安全状态，是反映基坑稳定性的重要指标，各监测等级的基坑工程均规定为应测项目。

基坑开挖是一个卸载的过程，随着坑内土体的开挖，坑底土体隆起也会越来越大，尤其是软弱土地区，过大的基底隆起会引起基坑失稳。因此，进行基坑底部隆起观测也十分必要。但由于目前坑底隆起(回弹)的监测方法和监测精度有限，因此，本规范对坑底隆起(回弹)监测规定为选测项目。

地下水是影响基坑安全的一个重要因素，且监测手段简单，本条规定对各监测等级的基坑工程地下水位监测均为“应测”，当基坑开挖范围内有承压水的影

响时，应进行承压水位的监测。

周边地表竖向位移是综合分析基坑的稳定以及地层位移对周边环境影响的重要依据，且地表竖向位移监测简便易行，因此，各监测等级的基坑工程均规定为应测项目。

对冠梁及围檩内力、立柱内力、土压力、孔隙水压力、土体分层竖向位移和深层水平位移进行监测，可以了解和掌握墙（桩）体实际受力情况和支护结构的安全状态，对设计和施工具有较好的指导意义，但由于成本较大、操作困难，当设计、施工需要或受力条件复杂时可以选测。

#### 4.2.2 隧道工程结构和周围岩土体监测共列出了 12 项监测项目：

盾构管片既是隧道的支护结构也是隧道的主体结构，盾构管片结构竖向位移和净空收敛监测对判断工程的质量安全非常重要，能够及时了解和掌握隧道结构纵向坡度变化、差异沉降、管片错台、断面变化及结构受力情况，以及隧道结构变形与限界变化，对盾构施工具有指导意义。因此，各监测等级均规定为应测项目。

盾构管片结构水平位移监测具有一定的难度，但管片背后注浆不及时，或注浆质量不好，地质条件复杂或存在地层偏压时，往往会发生管片的水平漂移，因此，对工程监测等级为一级的盾构隧道工程规定为应测项目，对其他监测等级的盾构隧道工程当出现上述情况时也应进行管片结构水平位移监测。

盾构施工掘进过程中，地表竖向位移可以反映出盾构施工对岩土体及周边环境影响程度、同步注浆和二次注浆效果，以及盾构机自身的施工状态，对掌握工程安全尤为重要。因此，地表竖向位移监测项目对各工程监测等级均规定为应测项目。

土体深层水平位移、土体分层竖向位移和孔隙水压力监测，主要根据盾构隧道施工穿越的周围岩土体的工程地质水文地质条件及周边环境情况确定，目的是了解和掌握盾构施工对周围岩土体及周边环境的扰动情况，以及周围岩土对隧道结构的影响程度，可进一步指导工程施工。一般情况下，这些监测项目可根据需要确定。

隧道结构应力监测、管片连接螺栓应力监测和土压力监测主要测试隧道结构、管片的受力状态及特征，掌握管片受力变化，指导工程施工，防止盾构管片受到

损坏，这些监测项目一般根据需要确定。

中隔墙作为大尺寸隧道的重要构件，其受力和位移情况往往对工程安全起着重要作用，竖向位移监测简便易行，而倾斜监测则存在一定困难。因此，各监测等级均规定中隔墙竖向位移为应测项目，倾斜监测为选测项目。

#### 4.2.3 冻结暗挖工程结构监测共列出了 8 项监测项目：

地表竖向位移可以反映出冻结暗挖施工对岩土体及周边环境影响程度，对掌握工程安全尤为重要。因此，地表竖向位移监测项目对各工程监测等级均规定为应测项目。

支护结构竖向位移、水平位移、拱顶下沉、净空收敛对判断工程的安全稳定非常重要，因此，对各工程监测等级均规定为应测项目。

对支护结构内力、水土压力、孔隙水压力监测，可以了解和掌握支护结构受力和安全状态及岩土体稳定情况，对设计和施工具有较好的指导意义，但由于成本较大、操作困难，当设计、施工需要或受力条件复杂时可以选测。

#### 4.2.4 桥梁工程结构监测共列出了 4 项监测项目：

墩台竖向位移、墩柱倾斜对判断桥梁工程安全质量非常重要，墩台竖向位移监测简便易行，因此，各监测等级的桥梁工程均规定为应测项目。而墩柱倾斜监测存在一定困难，作为选测项目。

对梁体徐变、梁板应力监测，可以了解和掌握梁体变形和受力情况，对施工具有一定指导意义，一般情况下，这些监测项目可根据需要确定。

#### 4.2.5 路基工程结构监测共列出了 10 项监测项目：

路肩、坡脚竖向位移和水平位移监测对路基工程质量安全非常重要，能够及时了解 and 掌握路基变形及稳定情况，可以指导下一步施工。因此，各监测等级的路基工程均规定为应测项目。

对挡墙墙顶竖向位移、水平位移进行监测，可以及时了解挡墙变形和稳定情况，对保证路基质量安全有着重要意义。因此，各监测等级的路基工程均规定为应测项目。

路基与桥梁、路基与地下过渡段的差异沉降是影响线路平顺的重要指标。因此，各监测等级的路基工程均规定为应测项目。

结构裂缝、路基土体深层水平位移、路基分层竖向位移、土压力、孔隙水压

力等监测项目，对设计和施工具有较好的指导意义，但由于成本较大、操作困难，当设计、施工需要或受力条件复杂时可选测。

#### 4.2.6 顶管工程顶进施工过程中顶管结构及周围土体监测共列出了6项监测项目：

顶管工程顶进施工过程中，对管段变形、应力进行监测，可以及时了解管段变形和受力情况，同时也是判断顶管工程安全质量的重要指标，对施工也有较好的指导意义，但由于成本较大、操作困难，当设计、施工需要或受力条件复杂时可选测。

顶进施工过程中，地表竖向位移可以反映出施工对岩土体及周边环境影响程度，是判断顶管工程质量安全的重要依据。因此，各监测等级的顶管工程均规定为应测项目。

对地下水位、土体深层水平位移、土体分层竖向位移进行监测，对设计和施工具有较好的指导意义，但由于成本较大、操作困难，当设计、施工需要或受力条件复杂时可选测。

#### 4.2.7 周边环境的监测项目主要依据国家现行标准《市域（郊）铁路设计规范》TB 10624、《地铁设计规范》GB 50157、《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497、《建筑变形测量规范》JGJ 8、《城市桥梁养护技术规范》CJJ 99、以及其他道路养护、既有轨道交通维修、铁路维修等规范、规则确定了建(构)筑物、地下管线、高速公路与城市道路、桥梁、隧道、既有城市轨道交通、既有铁路等环境对象的监测项目。

对施工影响区域内的管线监测是一项重要的监测工作，特别是对管材差、抗变形能力弱或有压的管线更应进行监测。由于直接在地下管线上埋设竖向位移和水平位移监测点难度大、成本高，因此本条规定当管线处于主要影响区时其为应测项目，处于非主要影响区时可选测。当支护结构发生较大变形或土体出现坍塌、地面出现裂缝时，管线易发生侧向水平变形，在此情况下应对管线进行水平位移监测。

对既有铁路（包括城市轨道交通）监测对象主要包括轨道、路基、接触网支柱、墩台、框架桥、箱涵、隧道结构、站房、站台雨棚柱等。其环境风险等级高，变形过大会影响城既有铁路（包括城市轨道交通）的运行安全，除（挡墙顶、站台雨棚柱、站台）水平位移、（挡墙顶、地道、天桥）竖向位移、桥涵过渡段差

异竖向位移以及次要影响区内结构裂缝外，所有监测项目均规定为应测项目。

### 4.3 巡视巡察

**4.3.1** 本条强调巡查范围，宜与监测布点范围一致，必要时可扩大巡查范围。

**4.3.2** 本条强调巡查频率，施工期间的各种变化具有时效性和突发性，加强巡视检查是预防工程事故非常简便、经济而又有效的方法。

**4.3.3** 本条强调巡查的主要内容，在具体工程中可根据工程对象进行相关项目的巡视监测，也可补充新的巡视检查内容。

**4.3.4** 本条强调巡查方法，巡视检查主要以目测为主，配以简单的工器具，这样的检查方法速度快、周期短，可以及时弥补仪器监测的不足。

**4.3.5** 本条强调对比综合分析巡视巡查信息与仪器量测数据，市域铁路施工环境复杂，只有将巡视巡查信息与仪器量测数据进行对比综合分析，才能提前发现异常或险情，并及时按规定程序及时通知建设方及其他相关单位。

## 5 监测点布设

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 测点的位置应尽可能地反映监测对象的实际受力、变形状态，以保证对监测对象的状况做出准确的判断。在监测对象内力和变形变化大的代表性部位及周边环境重点监测部位，监测点应适当加密，以便更加准确地反映监测对象的受力和变形特征。

**5.1.2** 本条以针对性、合理性和经济性为原则，提出了监测点布设位置和数量的一般性要求。支护结构与周围岩土体是相互作用、相互影响的，二者之间的联系密切，布设监测点时需要两者统筹考虑。监测点的位置应尽可能地反映监测对象的实际受力、变形状态，以保证对监测对象的状态做出准确的判断。

**5.1.3** 本条是对周边环境监测点布设提出的一般性原则要求。周边环境对象监测点的布设位置、数量通常要考虑以下几个条件：1) 周边环境对象的风险等级大小；2) 周边环境所处的工程影响区；3) 周边环境对象自身的材质、结构形式；4) 工程地质水文地质条件的复杂程度；5) 所采用的监测方法和现场监测的可实施性。

**5.1.4** 监测点布设时应充分考虑工程结构和周边环境的特点，确保工程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，以保证对监测对象的状态进行准确的判断。同时，也应在不影响结构的正常受力、降低结构的稳定性、变形刚度和承载能力的情况下，使监测点更加便于观测，这在布设围护结构、支撑结构等监测点时尤其应注意。工程施工现场情况较为复杂，监测点设置规范，标识清晰，有利于相关人员对测点识别，也有利于施工过程中对测点的保护。

**5.1.5** 为反映监测对象的不同部位、不同对象之间、不同监测项目之间的内在联系和变化规律需要设置监测断面。纵向监测断面是指沿着基坑长边方向或隧道走向布设的监测点组成的监测断面；横向监测断面是指沿垂直于基坑长边方向或垂直隧道走向布设的监测点组成的监测断面。考虑不同监测对象的内在联系和变化

规律时，不同的监测项目布点要处在同一断面上。如基坑支护结构变形、内力监测点、支撑轴力监测点、地表沉降及岩土体位移监测点和环境对象的监测点等可对应布设，隧道周围岩土体位移监测点与隧道支护结构变形及内力监测点可布设在同一断面上。

**5.1.6** 市域铁路工程包括车站基坑施工、盾构施工、联络通道施工等多个单项工程，会存在工期互相交叉、监测区域重叠的情况，不同的单项工程在监测重点和要求上都有所侧重，监测点布设与监测时段，应予以统筹考虑。如盾构施工进出洞段测点布设有相应的要求，盾构进出洞段加固一般在车站端头井基坑工程施工期间，在加固期间加强相应的监测工作；对于进出洞段的周边环境测点在盾构施工过程中的变形量要在车站基坑施工阶段的累计变形量基础上进行计算，不对已有监测数据采取归零处理的方式。

## 5.2 基坑工程

**5.2.1** 围护墙（桩）顶部水平位移、竖向位移为反映围护墙（桩）稳定性的两个重要指标，测点应布设在基坑各边的中间部位、阳角部位、深度变化部位、邻近建（构）筑物及地下管线等重要部位、地质条件复杂部位，其监测数据对于判断是否需要采取辅助措施以保证支护结构和周边环境的安全具有重要意义。围护墙（桩）顶部水平位移、竖向位移监测点布设是沿着基坑周边进行布设的，监测点间距不宜大于 20m，两者可以共用，埋设简单；同时在上海软土地区，围护墙（桩）顶端水平位移也是围护墙（桩）深层水平位移监测计算的起始依据。

**5.2.2** 围护墙（桩）体深层水平位移监测能够完整地反映围护墙（桩）的变形情况，是一项至关重要的指标。在有支撑作用的情况下，围护墙（桩）变形最大、最危险的部位不一定在顶部，而围护墙（桩）不同深度的水平位移监测可以反映围护墙（桩）的实际变形。为了真实和完整地反映围护墙的扰曲变化情况，应保证测斜管埋设深度，设置在围护墙内的测斜管深度不宜小于围护墙的入土深度。围护墙（桩）体深层水平位移监测点布设要从围护结构的施工开始，一直到地下结构施工完成，监测点的埋设和保护周期比较长，所以在埋设及项目实施过程中，

必须从埋设材料的选择、埋设部位、施工次序等多方面加以考虑和控制，围护墙（桩）体深层水平位移监测宜采用等壁厚测斜管，埋设测斜管时的一组导槽应垂直于墙体方向（或可能发生最大位移方向），测斜管埋设过程中及埋设完成后应做好测斜管保护工作。上海软土地区进行基坑开挖，需要在围护墙（桩）体深层水平位移监测点处设置围护墙（桩）顶端水平位移监测和竖向位移监测点，通过观测测斜管管口的水平位移作为计算围护墙（桩）体深层水平位移的起算点。

**5.2.3** 围护墙内力监测能较好地反映出施工过程中围护墙体的受力特征，是防止基坑支护结构发生强度破坏的较为可靠的监控手段。为便于掌握围护墙墙体的挠曲程度，监测点竖向位置的布置应考虑计算的最大弯矩所在位置、基坑上下两道内支撑或两层锚杆的跨中位置、水土压力或地面超载较大的地方，且宜在围护墙两侧对称布设。同时为了便于分析围护墙体内力与变形的关系，监测点的布设应与围护墙（桩）体深层水平位移监测点相对应。

**5.2.5** 本条规定适用于钢筋混凝土支撑、钢支撑的内力监测点布置。钢筋混凝土支撑一般采用钢筋应力计监测，钢支撑一般采用轴力计（也称反力计）或表面应变计监测。

基坑工程中的支撑对围护结构体系而言与基坑外侧土压力形成了作用力与反作用力，其支撑作用就是起到使围护结构体系受力平衡，防止坑内外土压力差值过大而导致围护结构体系失稳或倾覆。支撑内力随着基坑的开挖、土方卸载而增大，因此在监测点布设时，应在同一竖向断面内的每道横向水平支撑均布设轴力监测点，该断面宜与围护结构的竖向位移、水平位移监测点等处于同一监测平面，以便于进行数据分析，判断围护结构体系的稳定性。

监测截面主要选择轴向受压较大的支撑杆件上受剪力影响小的部位布置，故本条第 3 款要求当采用钢筋应力计和应变计监测时，监测截面宜布置在支撑长度的 1/3 部位。钢管支撑采用轴力计监测时，应在相对稳定的支撑固定端安装轴力计，安装时应使轴力计的轴线和钢管支撑的轴线重合，确保轴心受压，轴力计外壳与固定端贴角围焊，并与钢牛腿贴角围焊，其后靠必须填实，保证钢管支撑体系的稳定性。斜撑部位钢管支撑应尽量避免使用轴力计进行监测，以避免引起钢

支撑失稳。

钢筋混凝土支撑轴力在监测过程中会受到混凝土收缩、徐变、温度等因素影响，为减小钢筋混凝土支撑轴力测试的误差，钢筋计应布置在支撑截面四边中部的钢筋上。

采用伺服支撑系统的，支撑轴力宜采用伺服支撑系统的轴力示值。

**5.2.6** 盖挖法的梁板结构由于在后续基坑开挖中同时起到了楼板结构的支撑作用，而结构受力最大或最复杂的部位是楼板与立柱和楼板与围护墙体的连接处以及围护墙体与立柱的跨中部位，所以在布设楼板应力监测点时应充分考虑这些关键部位。

**5.2.7** 立柱结构在顶部荷载作用下会产生沉降，在基坑回弹作用下会产生隆起，如果变形过大，将会导致立柱结构的节点变形甚至破坏，进而影响支撑系统的稳定性，从而致使基坑失稳或倾覆。因此立柱竖向位移监测点的布设应选择在结构受力较大且受力复杂、地质条件复杂等部位或有代表性的部位。基坑开挖影响范围内有承压水时，立柱竖向位移变化复杂，甚至可能会持续隆起，应增加测点数量。

逆作法施工时，承担上部结构荷载的立柱桩应增加监测点数量实施重点监测，严格控制立柱桩之间的变形（沉降）差异。

**5.2.9** 基坑底部隆起是基坑稳定性计算中的重要组成部分，引起基坑隆起的因素主要有卸载产生的回弹变形、底部土体的吸水膨胀及围护墙底部的侧向变形。在上海地区软土深基坑开挖中，一般隆起量为开挖深度的 0.5%~1.0%，在涉及到降低承压水头的工程中，隆起量会小些，有些工程仅为 0.2%。

坑底隆起监测点的埋设和基坑开挖过程中的保护均比较困难，数据采集的难度较大且精度不高，监测点不宜设置过多，一般为科研工作提供数据。另外在坑底隆起监测点埋设过程中，应有相应的安全保障措施，避免在基坑开挖过程中发生承压水的突涌。

**5.2.10** 基坑周边地表竖向位移监测点及监测剖面的布设能直接反映车站基坑工程施工的影响范围及地表的竖向位移情况。由于车站基坑周围马路一般有路面结构

层，其厚度和刚度均较大，地表竖向位移监测点如果直接布设在路面结构层上，监测点数据变化往往不能准确反映路面下方土体的真实变形情况，甚至会出现路面下方土体与路面结构层之间发生脱空的现象，因此本条第 1 款规定在平行基坑坑边线的一排地表竖向位移监测点宜采用深埋监测点方式布设，即应钻穿地表结构层，将沉降标志埋设于下方的土体中。

地下连续墙接缝处是渗漏发生几率较大的位置，沿平行基坑周边边线的地表竖向位移监测点应尽量布置在接缝处。

设置垂直于基坑边线的地表竖向位移监测剖面，且剖面的延伸长度大于 2 倍基坑深度，可以有效地监控基坑周边地表的变形范围，达到分析基坑工程施工对周围环境的影响程度和影响范围的目的。地表竖向位移监测剖面一般选择布设在基坑侧边中部围护墙体位移较大的部位，或者有环境保护需求等代表性部位。

本条指出车站基坑两端头井工程结构本体、周围土体以及周边环境监测点、监测断面的布设要考虑到不仅能反映基坑开挖时的变形情况，还能反映出基坑施工完成后区间施工时对周围环境的影响，两端头处周围环境的变形应是基坑开挖施工引起的变形和区间施工引起的变形的累加结果，其获得的成果应能反映这种综合变形效果。

根据上海市市域铁路工程施工监测经验和本地区内土层分布和环境特点，为确保地表竖向位移测量值真实反映盾构推进对地表的影响，应在盾构始发和接收区域、与已有重要地下设施垂直穿越区域及沿线地面有重要管线、建（构）筑物区域布设深埋监测点，地表深层沉降监测点布设时须穿透地面硬壳层，沉降杆采用 $\Phi 20\text{mm}$ 螺纹钢，螺纹钢应深入原状土不小于 60cm，沉降标杆外侧采用内径大于 13cm 的金属套管保护，套管内的螺纹钢间隙需采用黄砂回填，顶部设置管盖与地面齐平；为了确保测量精度，螺纹钢标杆宜在管盖下 20cm。

**5.2.11** 土体深层水平位移监测孔埋设深度宜超过围护墙深 5m，测斜管管底尽量埋设到稳定土层中，如能保证管底基本不动时，可以管底作为固定起算点，同时能监测到围护墙底部的变形。监测孔钻孔埋设时，测斜管与钻孔孔壁间孔隙应使用膨润土填充密实。

**5.2.12** 土体分层竖向位移监测能反映出基坑开挖过程中不同深度土体的竖向位移变化情况。为监控特定埋藏深度的地下构筑物处土体位移情况，竖直方向上监测点布置应以该深度为中心，上下以合适的间距对称布置，数量应能全面反映工程施工时在立面上的影响范围。

**5.2.13** 围护墙侧向土压力监测点的布置应选择在受力、土质条件变化较大的部位，在平面位置上宜与深层水平位移监测点、围护墙内力监测点位置等相近，这样监测数据之间可以相互验证，便于对监测项目的综合分析。在竖直方向（监测断面）上监测点应考虑土压力的计算图形、土层的分布以及与围护墙内力监测点位置的匹配。

**5.2.14** 孔隙水压力监测采用孔隙水压力计，孔隙水压力的变化往往与土层位移变化密切相关，对于判断打桩、基坑开挖、水位压力变化等对土层位移的影响有很重要的作用。

**5.2.15** 承压水位监测孔如埋设在基坑内部时，具有较高的风险，应有相应的安全保障措施，避免在基坑开挖过程中发生承压水的突涌，应由专业的施工队伍实施，监测单位可以利用专业降水单位埋设的承压水水位观测井进行观测或复核。

承压水位监测孔的埋设深度应能反映承压水水位的变化。水位监测孔钻孔埋设时，对应被测水层位置埋设滤水管，被测水层以上部分埋设不透水管，滤水管外侧与钻孔孔壁之间空隙回填洁净的中粗砂，不透水管外侧与钻孔孔壁之间空隙应使用膨润土回填密实，以避免被测含水层与其他含水层之间发生连通，影响水位监测数据的准确性。

### 5.3 盾构隧道工程

**5.3.1** 盾构隧道在盾构始发、接收段及联络通道附近等属于高风险施工部位，存在地层偏压、围岩软硬不均、高地下水位等复杂地质条件区段不仅施工风险大，而且会使隧道结构产生位移和变形，同时，隧道下穿或邻近重要建(构)筑物和地下管线等环境对象时会对环境对象的安全与稳定造成较大影响。因此，本条规定

在上述部位或区段应布设管片结构竖向和水平位移、净空收敛监测断面及监测点。对超过一定范围的大直径盾构适当扩大监测范围。

**5.3.2** 根据盾构管片结构应力、围岩压力及管片连接螺栓应力的监测结果，可以分析管片的受力特征及分布规律、管片结构的安全状态。当盾构隧道处在地质条件及环境条件相对简单的区域时，隧道结构的受力均匀且状态安全，但是，当盾构隧道处在存在地层偏压、围岩软硬不均、地下水位较高等地质或环境条件复杂的地段时，由于受力不均，隧道结构有可能发生变形甚至损坏。因此，在这些区段应布设盾构管片结构应力、管片围岩压力、管片连接螺栓应力监测断面及监测点。

**5.3.3** 在盾构始发、接收、穿越建(构)筑物地段，以及联络通道和存在不良地质条件的部位等是盾构施工的风险区段，除适当加密纵向监测点的布设外，还应布设横向监测断面。

**5.3.4** 盾构隧道土体深层水平位移和分层竖向位移监测的目的主要是为了掌握和了解盾构施工对周围岩土体的影响程度及影响范围(包括深度范围)，进而掌握由于岩土体的位移变形对周围建(构)筑物带来的影响。因此，监测孔的布设位置和深度应综合考虑盾构隧道所处工程地质条件和周边环境条件，以及监测孔与隧道结构的相对位置关系等。

**5.3.5** 孔隙水压力监测一般是盾构施工过程中在一些特殊地段增加的监测项目，此监测项目往往要和管片结构的变形监测及内力监测布设在同一监测断面内，目的是便于分析管片结构及周边环境的变形规律和安全状态，进一步指导工程施工和设计。

**5.3.6** 隧道工程变形监测布设各种物理监测传感器(应力、应变传感器和位移计、压力计等)的目的，主要是为了监测不良地质构造、断层、衬砌结构裂缝较多部位和其他变形敏感部位的内部(深层)压力、内应力和位移的变化情况，为进一步治理和防范提供依据。

## 5.4 冻结暗挖工程

融沉注浆阶段按解冻方式为自然解冻和强制解冻两种情况，冻结壁强制解冻的目的主要是为了加快融沉补偿注浆速度，缩短冻结对周围环境影响的时间。强制解冻时应防止地层加速沉降影响周边地下管线和建（构）筑物安全，所以在强制解冻期间的监测频率需要加密。冻结法暗挖工程施工监测点布设需考虑土方开挖方式。

由于冻土解冻时间较长，所以监测时间也要持续到融沉注浆结束后，且满足监测数据稳定的要求。

## 5.5 桥梁工程

5.5.1 桥梁高架结构施工期常规变形监测项目应根据表 5.5.1 选取。

表 5.5.1 高架结构监测项目

序号	监测项目	现浇结构	装配式结构
1	墩柱竖向位移	√	√
2	梁体徐变	√	√
3	梁板应力	○	○
4	墩柱倾斜	○	○

注：1 √——应测项目，○——选测项目；

2 特殊桥型（如拱桥、斜拉桥等）的监测项目根据工程情况和相关要求确定。

5.5.2 由于受工程地质条件、施工方法和施工过程中许多不确定因素的影响，高架车站及高架区间工程结构可能会发生不同程度的位移变形，甚至可能会影响到结构的安全。上海地区高架段的常见梁型为简支梁或连续梁，监测对象主要包括墩柱（桥台）竖向位移监测和梁体徐变监测；新梁型或设计另有要求时，可根据设计文件增加梁板应力、墩柱倾斜等监测项目。拱桥、斜接桥等大跨度特殊桥型的监测工作，遵照具体设计文件的要求。

5.5.3 当实施梁板应力监测时，应同步进行温度测量。温度测量应包括桥梁构件温度及环境温度的测量，测量精度应不低于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

5.5.4 监测期间应对桥梁的施工工况、满堂支架、排架、周边环境以及监测设施等进行巡查。

5.5.5 墩柱竖向位移监测应在墩柱施工完成后及时布置监测点，并测量初始值，在轨道铺设完成后，且变形达到稳定标准后可结束施工阶段的监测工作；梁体徐变监测应在预制梁吊装就位或桥位施工浇筑完成后及时布置监测点，并测量初始值，在轨道铺设前，可结束梁体徐变的监测工作。

5.5.6 高架结构的墩柱工后竖向位移累计值应不大于 20mm，纵向相邻墩台沉降差应不大于 7mm，并不大于设计提出的报警值。

5.5.7 无砟桥面线路铺轨后，预应力混凝土简支梁的徐变量不宜大于 7mm；预应力混凝土连续梁的徐变量不宜大于跨度的 1/3000。

5.5.8 特殊桥跨结构的墩柱竖向位移、梁体徐变限值按设计文件规定。

5.5.9 简支梁徐变监测点布置如图 5.5.9-1，U 型梁徐变监测点布置如图 5.5.9-2。

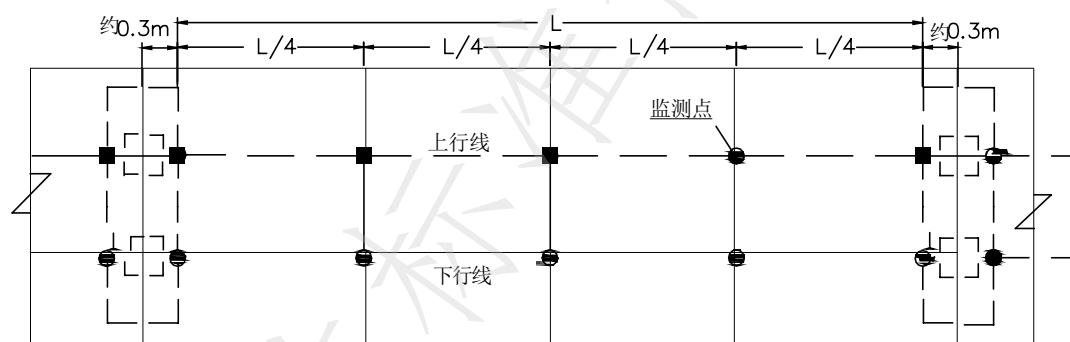


图 5.5.9-1 简支梁徐变监测点布置图

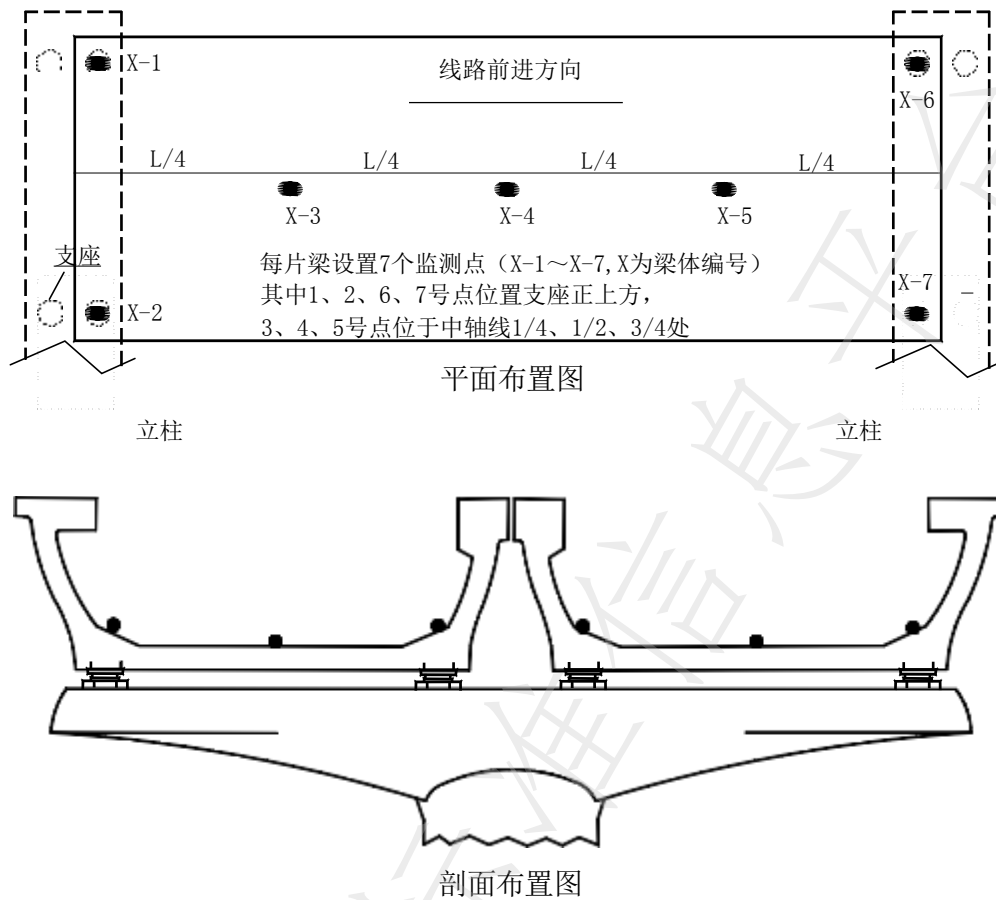


图 5.5.9-2 U 型梁徐变监测点布置图

**5.5.10** 明确了墩柱竖向位移、梁体徐变的监测频率应根据荷载变化情况、施工工艺和工序的开展确定，以能够及时、准确、系统地反映结构变形为确定原则。

**5.5.11** 差异沉降较大时会对轨道的平顺性产生影响，连续梁差异沉降（挠度变形）较大时还会产生附加应力，影响高架结构的使用性能。

铺轨完成后的竖向位移量、差异沉降量、梁体徐变量的报警值，采用的是上海地区城市轨道交通运行维护的经验值，大于该值应及时采取相应措施。比较起来，《高速铁路工程测量规范》TB10601 中第 8.4.8 条要求，“无砟轨道桥梁相邻墩台累积沉降量之差应 $\leq 5\text{mm}$ ”；《公路桥涵地基基础设计规范》JTGD63 中第 4.3.3 条要求，“相邻墩台间不均匀沉降差值（不包括施工中的沉降），不应使桥面形成大于 2‰的附加纵坡（折角）”；本规范取值介于高速铁路与公路桥梁规范之间。

## 5.6 顶管工程

5.6.1 顶管工程顶进施工过程中顶管结构及周围土体的监测项目应按表 5.6.1 确定。

表 5.6.1 顶管工程施工监测项目

序号	监测对象	监测项目	监测等级		
			一级	二级	三级
1	顶管结构	管段收敛	○	○	○
2		管段应力	○	○	○
3	周围土体	地表竖向位移	√	√	√
4		地下水位	○	○	○
5		土体深层水平位移	○	○	○
6		土体分层竖向位移	○	○	○

注：√—应测项目，○—选测项目。

5.6.2 顶管工程顶进施工过程中现场巡查应包括顶管工作井及顶管沿线状况的巡查，宜包括以下内容：

### 1 施工工况

- 1) 顶管施工过程中有无涌土、流砂；
- 2) 场地地表水、地下水排放状况是否正常；
- 3) 工作井后靠设施的状态。

### 2 监测设施

- 1) 基准点，监测点完好状况；
- 2) 监测元件的完好及保护情况；
- 3) 有无影响监测工作的障碍物。

5.6.3 监测数据应结合顶管推进参数、环境巡查情况及顶管断面地质条件进行综合分析。

5.6.4 监测基准点及周围土体监测点应在施工前布设完成，并测量初始值；管段结构监测点应在现场具备布点条件时及时布设，并测量初始值，或根据设计要求预埋传感器。顶管井接头施工完成后，且变形趋于收敛时结束监测工作。

5.6.5 编制顶管施工的监测方案时，应根据设计要求及确定的监测等级选择监测项目。顶入式箱涵工程的监测项目及及要求可参照顶管工程。

**5.6.6** 本条分别给出了对施工工况、周边情况、监测设施进行巡查的主要对象和内容，实际现场巡查工作中包括但不限于此内容，需根据实际情况进行适当增加。

**5.6.7** 顶管工程顶进施工过程中，导致地表变形的因素很多，如何控制地表沉降是一个综合性的技术难题。为保障顶管施工质量、减少对环境的影响，监测工作尤为重要。监测点的布设应根据影响因素和变形特点综合考虑，一方面应沿顶管轴线布设竖向位移监测点，另一方面在轴线两侧一定范围内，布设横向监测断面，以测得完整的沉降槽。

**5.6.8** 顶管管材有钢管、钢筋混凝土管、玻璃钢夹砂管、预应力钢筒混凝土管等，顶进断面有圆形和方形等形状，监测点的布设应根据管材、管径、断面及设计要求等综合确定。

**5.6.9** 顶管工程和盾构法隧道工程一样，在顶管施工时应超前布设监测点，提前采集初始值。顶管顶进过程中，在顶管工作井及沿顶管轴线影响范围内，应对方案中确定的所有监测项目实施观测，直至顶管工程结束、监测数据趋于稳定，地表竖向位移速率连续 2 次小于 0.5mm/15d 时，可结束顶管施工阶段监测。

**5.6.10** 顶管施工在其始发和接收前后是施工风险节点，对工作井、周边环境的影响较大，变形速率、变形量可能较大，应根据工程情况及设计要求确定需要加强监测的范围，并增加监测频率，加强对现场的巡查。

**5.6.11** 顶管工程监测项目报警值应结合工程项目的特点，经工程类比和分析计算后确定。

## 5.7 路基工程

**5.7.1** 路基变形监测包括水平横向位移监测和垂向高差变化监测。

**5.7.2** 观测桩宜用直径不小于 30mm 的钢筋或 150 号钢筋砼预制，长度 100~150cm 左右，钢筋砼桩顶预埋半圆耐磨测头，埋设深度不宜小于 50cm。

**5.7.3** 观测精度：观测仪器应符合精度要求（二级中等精度），测量精度符合国家

二等水准测量规范，观测中误差不大于 1mm。

**5.7.4** 路基变形监测主要包括：路基面的沉降观测，地基沉降观测，路基坡脚位移观测和过渡段沉降观测。

**5.7.5** 路基工程沉降变形观测以路基面沉降观测和地基沉降观测为主，应根据工程结构、地形地质条件、地基处理方法、路堤高度、堆载预压等具体情况来设置沉降变形观测断面。同时应根据施工过程中掌握的地形、地质变化情况调整或增设观测断面。

**5.7.6** 观测断面一般按以下原则设置，同时应满足设计文件要求：

路基沉降变形观测断面根据不同的地基条件，不同的结构部位等具体情况设置。沉降观测断面的间距一般不大于 50 m，对于地势平坦、地基条件均匀良好、高度小于 5 m 的路堤或路可放宽到 100 m；对于地形、地质条件变化较大地段应适当加密。

路桥过渡段、路隧过渡段、路涵过渡段，于不同结构物起点 5~10m 处、距起点 20-30 m、50m 处各设一断面。路涵过渡段宜在涵洞顶斜向设置横剖面管，并于涵洞两侧 2m 处设一观测断面。

**5.7.7** 观测点一般按以下原则设置，同时应满足设计文件要求：

为有利于测点看护，集中观测，统一观测频率，各观测项目数据的综合分析，各部位观测点须设在同一横断面上。

一般路堤地段观测断面包括沉降观测桩和沉降板，沉降观测桩每断面设置 3 个，布置于双线路基中心及左右线中心两侧各 2m 处；沉降板每断面设置 1 个，布置于双线路基中心。

软土、松软土路堤地段观测断面一般包括剖面沉降管、沉降观测桩、沉降板和位移观测桩。沉降观测桩每断面设置 3 个，布置于双线路基中心及两侧各 2m 处，沉降板位于双线路基中心，位移观测边桩分别位于两侧坡脚外 2m、10 m 处，并与沉降观测桩及沉降板位于同一断面上。

**5.7.8** 路堤地段从路基填土开始进行沉降观测；路堑地段从级配碎石顶面施工完成开始观测。路基填筑完成或施加预压荷载后应有不少于 6 个月的观测期。观测数据不足以评估或工后沉降评估不能满足设计要求时，应延长观测时间或采取必要的加速或控制沉降的措施。

5.7.9 路基沉降观测的频次应符合表 5.7.9 的规定

表 5.7.9 路基沉降观测频次

观测阶段	观测频次	
填筑或堆载	一般	1 次/天
	沉降量突变	2~3 次/天
	两次填筑间隔时间较长	1 次/3 天
堆载预压或路基施工完毕	第 1 个月	1 次/周
	第 2、3 个月	1 次/2 周
	3 个月以后	1 次/月
架桥机(运梁车)通过	全程	前 2 次通过前后各 1 次；其后每 1 次/天，连续 2 次；其后 1 次/3 天，连续 3 次；以后 1 次/周
无砟轨道铺设后	第 1 个月	1 次/2 周
	第 2、3 个月	1 次/月
	3~12 个月	1 次/3 月

5.7.10 在沉降观测实施过程中，观测时间的间隔还应根据地基的沉降值和沉降速率进行调整。当两次连续观测的沉降差大于 4 mm 时应加密观测频次；当出现沉降突变、地下水变化及降雨等外部环境变化时应增加观测频次。观测应持续到工程验收交由运营管理部门继续观测。

5.7.11 路基沉降观测成果资料整理应符合下列规定：

应采用统一的路基沉降观测记录表格，做好观测数据的记录与整理，观测资料应齐全、详细、规范，符合设计要求。

根据观测资料，及时完成每个观测标志点的荷载—时间—沉降曲线的绘制。

## 5.8 周边环境

5.8.1~5.8.4 这几条规定了建（构）筑物监测点的布设原则，主要依据已有上海市域铁路工程大量的工程监测经验，同时参照现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911、《建筑地基基础设计规范》GB50007、《建筑基坑工程监测

技术规范》GB50497、《建筑变形测量规范》JGJ 8 及上海市工程建设规范《城市轨道交通工程施工监测技术规范》DG/TJ08-2224、《基坑工程施工监测规程》DG/TJ08-2001、《地基基础设计规范》DGJ08-11 等。上海作为国家特大型城市，市域铁路工程建设期间工程区域内及附近周边会影响涉及很多建（构）筑，对周边建（构）筑物的保护很重要，故测点布设应能充分反应建（构）筑物的实际变形情况，即测点应布设在监测对象变化特征的关键部位。高层、高耸建（构）筑物，或具有较大的结构刚度和基础刚度的建（构）筑物，可采用基础两点间的差异沉降推算倾斜变形，其监测点应符合竖向位移监测点的布设要求。

建（构）筑物裂缝监测应在工程施工开始前先进行现场调查，对建（构）筑物密集区域、老旧房屋或房屋状况较差的区域更应重视监测工作前的现场调查，对施工行为开始之前的已有裂缝，宜采用拍照、摄影等方式留取第一手资料，并根据裂缝特点选择有代表性的裂缝进行布点监测。当受工程影响出现新裂缝时，应分析、判断新裂缝对建（构）筑物结构安全的影响，选择影响性较大且发展变化速度较快的裂缝增设监测点。当存在不规则的异形裂缝时，宜根据裂缝的具体形态适当增加监测点，裂缝监测点连线宜与主要裂缝垂直，并应统一进行编号。

**5.8.5** 本条明确了地下管线的监测布点原则。上海城区尤其是中心城区的地下管线分布较多、错综复杂，管线监测工作非常重要。地下管线监测的重点包括燃气管线、上水管线、热力管线等有压管线，这些管线如果发生损坏，会直接影响周边居民的生活；燃气管受损泄露还可能造成明火或爆炸，严重时危及周边人民生命财产安全，造成巨大的社会影响。另外对位于主要影响区年久失修、且抗变形能力差、易于渗漏的雨污水管线也应进行重点监测。

地下管线监测布布设形式分为间接监测点和直接监测点两种形式。间接监测点通常布设在管线上方的地表或地表浅部土体中，通过监测地表或土体的变形情况，间接分析管线的变形情况。间接法适用于柔性管线或与周围土体差异不大的管线，此类管线与周边土体变形的同步性较好。虽然间接法观测精度不及直接法高，但由于测点布设相对简单，费用低，在一般性工程中应用最广泛。对分险等级较高、距离轨道交通工程较近或对工程危害较大、刚性较大的地下管线，宜视

情况考虑布设管线直接监测点。直接测点的埋设需根据管线的特性及埋深专门研究考虑埋设方法，常用的方法有套管位移杆法和抱箍法。套管位移杆法是采用一根硬塑料管或金属杆打设或埋设与所测管线顶面和地表之间，量测时将测杆放入埋管内，再将标尺搁置在测杆顶端，只要测杆放置的位置固定不变，测试结果就能反映出管线的沉降变化。抱箍法是在特制的圆环（也称抱箍）上连接固定测杆，圆环抱箍在管线上，将测杆与管线连接成一个整体，测杆略低于天然地面，测杆出头位置地面处设置相应的保护测杆的井窑，以保证道路的正常通行。此方法观测精度较高，但埋设时需对马路“开膛破肚”，牵涉面较广，无相关主管部门配合实施，监测单位无权直接开挖埋设。此类测点需工程建设相关各方根据被保护管线的重要性共同协商确定是否需要进行埋设。

对于埋设浅、管径较大的地下管线也可将测点设置在管线接头或阀门处，在其凸出部位上做标识作为测点。

地下管线的重要性不同、距离基坑的远近不同和管线的特性不同决定了其抗变形能力、抗渗能力、抗冲击破坏能力的不同，应综合上述因素来确定哪些管线需要重点监测。

地下管线的节点、转角点、结构软弱部位、与工程邻近变形较大部位较易发生管线开裂或受损，是地下管线需重点监测的部位。由于管线埋于地下，上述重点部位信息较难获得，故可根据管线的特点，将位于窑井、阀门、抽气孔及检查井等位置处的管线设备用作监测点。

主要影响区内地下管线所受工程建设活动的影响可能会较大，故主要影响区域内的地下管线监测点布设密度应大于次要影响区。

由于污水、供水、燃气、热力等地下管线自身刚度较大，其变形与周边土体往往不同步，土体变形通常较管线变形先发生且量值较大，宜造成管线下土体脱空，使管线存在较大的损坏风险，情况严重时可导致管线断裂。因此，对这类管线，有条件时，除在周边土体布设监测点外，宜布设直接监测点。

**5.8.6** 高速公路与城市道路的路面与路基刚度差异较大，宜造成变形不同步的现象，刚度小的先变形且变形量大，刚度大的后变形且变形量小，差异沉降宜造成

路基与路面脱空的现象。碰到路基处理质量较差的部位，这种情况会更明显些。而城市道路下方常常有大量的地下管线，许多地段还涉及地下构筑物，如过街通道、管井等设施，故高速公路与城市道路的监测点布置宜结合周边环境、路基、路面下方构筑物、地下管线等情况综合考虑。

临近市域铁路工程基坑工程的高速公路与城市道路，路面监测点通常布设在靠近基坑一侧，同时应布设成监测断面。对高速公路及城市重要道路，由于受损会给交通通行带来较大影响，故需加密布设监测点，确定布点位置时应综合考虑能反映道路的变形状况、施测的可行性、车辆的通行及测试人员的安全等因素。

盾构法隧道工程穿越高速公路和城市道路时，应在其影响范围内布设路面和路基竖向位移监测点，布点除应满足规范要求外，还应考虑车辆通行情况、可施测性及测试人员的安全。地表监测点应布设在路肩或绿化带等施测条件相对较好的区域。

**5.8.7** 市域铁路工程建设对地层的扰动会使地基土的变形，进而传递至桥梁的墩柱或承台，使其产生受力和变形，桥梁墩柱或承台的位移和变形进而会影响上部梁板结构，可见桥梁墩柱及承台位移变形可反映桥梁整体的变形情况，故在桥梁墩柱、承台上布设监测点即可获取反映桥梁变形的信息。

桥梁墩台之间的差异沉降可引起桥梁上部结构变形而产生应力集中现象，当产生的集中应力超过其应力限值时，可引起桥梁结构受损产生开裂甚至破坏。桥梁结构应力监测一般选择桥梁跨中部位的中部和两翼，或墩台附近。

桥梁监测点的布设还应符合《城市桥梁、隧道安全保护区域技术标准》（沪建交[2010]511号）相关规定。

**5.8.8** 市域铁路工程施工阶段，周边环境存在既有轨道交通时，既有轨道交通的监测应根据保护区的监测要求及上海市工程建设规范《城市轨道交通结构监护测量规范》DG/TJ 08-2170的相关要求执行。

**5.8.9** 在市域铁路工程施工的影响范围内存在既有公路隧道时，需对既有公路隧道结构的竖向位移进行监测，以反映施工对隧道结构的影响程度，来确保公路隧道的正常运行。

既有公路隧道监测中应注意观测隧道结构缝两侧的差异沉降，因此应在隧道两边侧墙的两侧布设监测点进行监测。

既有公路隧道监测点的布设还应符合《城市桥梁、隧道安全保护区技术标准》（沪建交[2010]511号）相关规定。

全国团体标准信息平台

## 6 监测技术要求

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 监测所采用的监测方法和仪器种类较多，监测对象、监测项目、保护要求不同，采用的监测方法和使用的仪器设备就会有所不同。另外，环境条件、设计要求、工程经验等因素也会影响监测方法的选择。因此，监测方法的选择应根据设计要求、监测对象和现场条件等综合确定，简便可行，并且需要适应施工现场条件和施工进度的要求。

**6.1.2** 竖向位移监测一般应优先采用上海工程规划建设所使用的吴淞高程系统。为减少联测城市坐标系统引入的误差，水平位移监测，宜采用独立的平面坐标系。

**6.1.3** 本条对变形监测网中的基准点和工作基点的设置要求进行了规定。基准点和工作基点如果在监测期间不稳定或被破坏，这将对监测工作带来很大的危害，导致数据不连续或无法解释，必须采取有效措施对基准点和工作基点予以保护。监测期间应定期(一般不宜超过 1 个月)对变形监测网中的基准点和工作基点进行联测，并检验其稳定性。

工程建设期宜在车站、中间风井、主变电站、明挖段、车辆段及停车场统一设置控制网基准点，相关基准控制网资料竣工验收阶段宜移交给运营维护单位，使建设期与运营期监测工作基准统一并保持衔接。

**6.1.4** 本条规定是保证监测数据可靠、真实的前提条件，也是国家计量法规的基本要求。结合仪器自身特点、使用频次及使用环境，定期对监测仪器进行维护保养、校核、比对，可以保证仪器正常工作。

监测传感器的种类较多，精度及费用差异较大。在传感器选型上应重点考虑工程情况和特殊要求，如监测时间的长短、环境条件、水文地质条件、与量测介质的匹配性及仪器的分辨率等。

**6.1.5** 监测工作是精度要求高而又多次重复作业的过程，监测中存在的系统误差可在二次观测值之差中得到消除。在相同的作业方式下观测，能将监测中的系统误差减到最小，有利于确保数据的可靠度。

**6.1.6** 初始值测读不及时会造成变形数据的损失，本条强调了监测初始值读取的时间要求，初始值采集的准确性和稳定性将直接关系到以后各次监测数据的质量。

**6.1.7** 监测传感器和监测网点的完好程度是获取可靠监测数据的前提，如遭遇破坏则可能造成监控盲区，有些关键部位监测数据缺失甚至可能威胁到工程的安全。因此，在整个监测期间，应采取有效措施，确保传感器和监测网点处于正常工作状态。对于破坏的测点或传感器，有条件时应及时恢复。

## 6.2 水平位移监测

**6.2.1** 监测基准采用强制对中装置的观测墩是提高观测精度的有效方法，强制对中装置宜选用防锈的铜质材料，并采取有效防护措施保证强制对中的稳定性。

**6.2.2** 水平位移监测的目的是监测测点的变化量，所以监测网一般可布设成独立坐标系统。对线型边的水平位移监测适合用单导线、导线网以及视准轴线的形式。对控制面积一般的场地也可布设成边角网的形式。各种布网均应考虑网形强度，长短边不宜悬殊过大。

控制点采用的形式可根据现场情况进行选择，每一测区的控制点不应少于 3 个。控制点可用固定角或固定边测量来检查其稳定性。必要的起算控制点应有 2 个。应定期对控制点、监测网进行稳定性复测，并以稳定的控制点作为起算点，如控制点不稳定应及时补设。

**6.2.3** 水平位移监测方法的选取受现场条件限制较大，本条强调了部分常用方法的主要技术要求。各测量方法的其他具体技术要求应满足《工程测量标准》(GB 50026)、《建筑变形测量规范》(JGJ 8)。

## 6.3 竖向位移监测

### 6.3.1 竖向位移监测网布设

采用水准测量方法布设竖向位移监测网是可靠成熟的施测方法。

竖向位移监测网以测站高差中误差  $m_{\text{站}}$  作为基本精度指标，往返较差、附和差、闭合差  $\Delta_{\text{附}}$  均依据  $m_{\text{站}}$  和往返、符合、闭合水准路线的测站数推算，计算方法按式 (1)：

$$\Delta_{\text{附}} = 2m_{\text{站}} \cdot \sqrt{n} \quad (1)$$

检测已测测段高差之差 $\Delta_{\text{检}}$ 按二次施测为同精度推算，计算方法按式（2）：

$$\Delta_{\text{检}} = \sqrt{2\Delta_{\text{闭}}} \quad (2)$$

### 6.3.2 竖向位移监测网施测

竖向位移监测网观测主要技术要求（表 6.3.3）是对应满足竖向位移监测网技术指标（表 6.3.2）综合现行国家标准《国家一、二等水准测量规范》GB 12897 和《国家三、四等水准测量规范》GB 12898、《工程测量规范》GB 50026 等有关规范、规程的相关规定拟定。

竖向位移基准点是否稳定主要应从埋设后对竖向位移监测网的重复观测进行判断，以排除基准点不稳定对监测成果的影响。

竖向位移基准点高程是竖向位移监测起算依据，为增加检验，提高精度，其高程值应采用相同等级、线路、测站进行连续二次施测平差后的平均值高程。连续二次观测相邻竖向位移基准点间高差之差按表 6.3.2 中检测已测测段高差之差的要求控制。

对竖向位移网重复观测间隔周期，应视监测网的等级和重复观测水准基准点的稳定性而定，监测网等级高或发现网中有不稳定竖向位移基准点，重复观测间隔周期应短；监测网等级低或检测竖向位移基准点稳定，重复观测间隔周期可长。

### 6.3.3 竖向位移监测

几何水准测量是竖向位移首选方法，电磁波测距三角高程、液体静力水准方法，供在特殊环境条件下选择使用。

竖向位移监测点与水准基准点组成闭合环或附合水准线路，有利于提高精度和避免粗差。

竖向位移监测点的初始高程值是监测点竖向位移量的起算依据，为保证其施测精度，要求在埋设固定后取最初连续二次观测的平均值作为监测点高程初始值，二次观测监测点至邻近水准基准点间高差之差按表 6.3.2 的要求控制。

本规范参照现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 和现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 规定了监测用水准仪  $i$  角的要求，目的在于忽略因前后视距不等带来的系统误差，实际监测工作中应特别注意一个测站观测多个中视视距与前后视距相差较大时  $i$  角的影响，如  $i$  角为  $20''$ ，视距差为 10m 对一测站的高差影响将达 1mm，所以作业中应经常检查校正水准仪的  $i$  角，并严格控制水准

测量中的视距差；由于监测工作频次较高，水准仪一般存放工地不存在大量运输抖动，另外  $i$  角变化从中视点的变化情况中容易反映出来，所以对  $i$  角校正的时间周期可适度放宽。

对水准测量施测条件的规定，目的在于保证在有利的施测条件下取得可靠观测成果。

对于水准测量确有困难且精度可满足时，可采用电子测距三角高程方法进行，电子测距三角高程测量的视线长度、视线垂直角及中间设站每站的前后视线长度之差，可按现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的规定实施。

## 6.4 深层水平位移监测

**6.4.1** 测斜仪主要由测斜探头、电缆线和读数仪组成，按测斜探头中传感元件的性质分为滑动电阻式、电阻应变片式、振弦式及伺服加速度计式等几种，伺服加速度计式测斜仪灵敏和精度相对较高，稳定性也较好。按探头是否固定在被测物体上分为固定式和活动式两种；基坑工程监测中常用的是活动式测斜仪，在重要工程、需连续监测的工程等特殊项目中可在测斜管中安装多支固定式测斜仪进行自动化量测。测斜仪电缆长度应大于最深的测斜孔深度。

**6.4.2** 测斜仪分辨率、精度等的选用应满足深层水平位移监测数据报警值的要求，另外也应注意所测孔位的倾斜度是否位于测斜仪传感元件倾角的量程范围内。

**6.4.3** 测斜管作为供测斜仪定位及上下活动的通道，必须具有一定的柔性及刚度，直径不应小于测斜仪导轮的最小宽度，管节之间的导槽必须紧密对接，且连接顺畅。可根据围护体的性质选型。

**6.4.4** 测斜管埋设方法应根据基坑围护措施对应使用。

**6.4.5** 保证测斜管的埋设质量是获得可靠数据和保证精度的前提，本条对测斜管的埋设提出了具体要求。埋设前应检查测斜管的管口、十字导槽的加工质量，避免有质量问题的测斜管投入使用。在测斜管埋设过程中，向测斜管内加注清水可以减少管内外压差，减少外部浆液进入并堵塞的情况。测斜管管壁导槽如与所需测量的位移方向存在夹角，所测得的围护墙体变形量比实际变形偏小。管壁和孔壁之间回填密实是为了使得测斜管与被测土体和支护墙体的变形协调，保证能反映被测对象的真实变形。测斜管其中一组导槽方向应与需量测的方向保持一致，

如二者方向夹角较大时，宜将测斜管两组垂直导槽方向量测结果进行位移矢量合成。

**6.4.6** 本条对测斜观测方法提出了具体要求，特别是对消除仪器误差，减少温度差异的影响等提出有效的量测手段。在冬天，由于室外温度与地下水温度的差异，测斜仪探头放到孔底后，宜恒温一段时间，待读数稳定后方可量测。由于仪器存在零漂影响，为其影响，每测点都应进行正、反两次量测。

**6.4.7** 测斜计算时的起算点选择十分重要。上海软土地区的实测数据表明，测斜管管底常发生较大的水平位移，一般情况下应以管顶作为起算点，并采用测量仪器测定测斜管顶水平位移作为起算值，此时，管口以下各测段的下部点对应深度的水平位移值可按式（3）计算：

$$\Delta X_n = X_0 - l \cdot \sum_{i=1}^n (\sin \alpha_i - \sin \alpha_{i0}) \quad (3)$$

式中： $\Delta X_n$ ——管口以下第  $n$  个量测段的下部点对应深度的水平位移值

(mm)；

$l$ ——量测段长度 (mm)；

$\alpha_i$ ——管口以下第  $i$  个量测段处倾角的本次测值；

$\alpha_{i0}$ ——管口以下第  $i$  个量测段处倾角的初始测值；

$X_0$ ——实测管口水平位移 (mm)。

如果测斜管底部进入较深的稳定土层内 5m~10m，也可以底部作为固定起算点。此时，管底以上各测段的上部点对应深度的水平位移值可按式（4）计算：

$$\Delta X_n' = l \cdot \sum_{i=1}^n (\sin \alpha_i' - \sin \alpha_{i0}') \quad (4)$$

式中： $\Delta X_n'$ ——管底以上第  $n$  个量测段的上部点对应深度的水平位移值

(mm)；

$l$ ——量测段长度 (mm)；

$\alpha_i'$ ——管底以上第  $i$  个量测段处倾角的本次测值；

$\alpha_{i0}'$ ——管底以上第  $i$  个量测段处倾角的初始测值。

## 6.5 地下水水位监测

**6.5.1** 上海地区地下水类型主要为潜水、微承压水、承压水。基坑施工期间对地下水的监测，主要了解其在相应工况下的变化，水位测点布点宜布设围护结构薄弱处，以便安全预警。水位观测点布设在止水帷幕约 2m 外，主要考虑止水帷幕施工对周边土体影响。

**6.5.2** 水位监测点的布设间距、深度宜根据地勘报告、基坑周边环境、监测等级综合确定。

**6.5.4** 本条列出了水位管安装的相关要求，水位观测时应注意水位管阻塞，或被测水位与其他含水层相通，致使观测值失真。潜水水位管滤管以上应用膨润土球封至孔口，防止地表水进入；承压水位管含水层以上部分应用膨润土球或注浆封孔。

**6.5.5** 水位观测应于降水施工形成统一体系，故水位管内水面绝对高程应以吴淞高程系统表示，可按式（10）计算：

$$D_s = H_s - h_s \quad (10)$$

式中：  $D_s$ ——水位管内水面高程(m)；

$H_s$ ——水位管管口绝对高程(m)；

$h_s$ ——水位管内水面距管口的距离(m)。

地下水水位变化量可以采用本次变化量和累计水位变化表示，可按式（11）、式（12）计算：

$$\Delta h_s^i = D_s^i - D_s^{i-1} \quad (11)$$

$$\Delta h_s = D_s^i - D_s^0 \quad (12)$$

式中：  $D_s^i$ ——第  $i$  次水位管内水位绝对高程(m)；

$D_s^{i-1}$ ——第  $i-1$  次水位管内水位绝对高程(m)；

$D_s^0$ ——水位管内水位初始绝对高程(m)；

$\Delta h_s^i$ ——本次与上次观测水位差(m)；

$\Delta h_s$ ——累计水位差(m)。

## 6.6 结构应力监测

**6.6.1** 安装在结构表面的应变计或应力计应充分考虑外部环境的影响，测点安装后要便于保护。

**6.6.2** 钢筋应力计、应变计、光纤传感器和轴力计应根据其特点，采用适宜的安装埋设方法。

混凝土受压构件的轴向压力是根据钢筋与混凝土应变一致的原理进行计算的，安装钢筋混凝土支撑的钢筋应力计时，宜安装在支撑横截面的四面中部。钢筋应力计焊接可采用搭焊，但应确保搭接长度满足规范要求。

混凝土应变计应贴于混凝土构件表面，粘贴前用丙酮等有机溶剂清除表面油污或碎屑；表面粗糙不平时，可先用砂轮或砂纸磨平。

光纤光栅传感器应先埋入与工程材料一致的小型预制件中，再埋入工程结构中，确保传感器方向与受力方向一致。在混凝土构件中，光纤光栅传感器亦可粘结在钢筋上。

轴力计安装时宜采用专用的安装架。焊接时安装架中心点应与钢支撑中心轴线对齐，保证各接触面平整，使钢支撑能通过轴力计正常传力；轴力计与钢支撑交接面应采用钢板加厚，避免应力过于集中造成支撑接触面变形过大，引起轴力明显损失。

**6.6.3** 结构应力监测点布设时不应妨碍结构的正常受力、降低结构的稳定性、变形刚度和承载能力，这在布设围护结构、支撑、锚杆等结构的监测点时尤其应注意。钢支撑轴力计应设置在钢支撑的固定端，轴力计外壳与固定端贴角围焊，并与钢牛腿贴角围焊，其后靠必须填实，角撑部位不宜设置轴力计。

**6.6.4** 对钢筋混凝土或素混凝土结构，在结构内部采用弦式钢筋应力计或混凝土应变计监测应力应变时，宜考虑温度变化、混凝土收缩、徐变以及裂缝开展等因素的影响，有条件时可采用温度修正，通常温度变化产生的非荷载应变是较大的。

**6.6.6** 对于钢筋混凝土结构支撑，轴向压力是根据钢筋与混凝土的应变一致的假定条件进行计算的。在主筋上安装振弦式钢筋应力计或混凝土内安装应变计监测支撑轴力时，按式（13）计算支撑轴力：

$$N = (E_c A_c + E_s A_s) \times \bar{\varepsilon} \quad (13)$$

其中,  $\bar{\varepsilon}$  为支撑轴力监测点 (截面) 处每个传感器应变测值的平均值, 各传感器应变测值计算方法见式 (14) 或式 (15):

混凝土应变计:

$$\varepsilon = k' (f_i^2 - f_0^2) + T_b (T_i - T_0) \quad (14)$$

钢筋应力计:

$$\varepsilon = \frac{k \times (f_i^2 - f_0^2)}{E_s A_{si}} + T_b (T_i - T_0) \quad (15)$$

式中:  $N$ ——支撑轴力 (kN);

$A_c$ 、 $A_s$ 、 $A_{si}$ ——支撑截面混凝土面积、钢筋 (钢结构) 面积和被测主筋截面积 ( $\text{m}^2$ );

$E_c$ 、 $E_s$ ——支撑混凝土弹性模量、钢筋 (钢结构) 弹性模量 (kPa);

$f_i$ ——传感器本次频率 (Hz);

$f_0$ ——传感器初始频率 (Hz);

$k'$ ——应变计的标定系数 ( $1/\text{Hz}^2$ );

$k$ ——钢筋应力计的标定系数 ( $\text{kN}/\text{Hz}^2$ );

$T_b$ ——钢筋应力计、混凝土应变计的温度修正系数 ( $10^{-6}/^\circ\text{C}$ );

$T_i$ ——本次测试温度值 ( $^\circ\text{C}$ );

$T_0$ ——初始测试温度值 ( $^\circ\text{C}$ )。

对于钢结构支撑, 使用振弦式表面应变计监测轴力时, 按式 (16) 计算支撑轴力:

$$N = E_s A_s \times \bar{\varepsilon} \quad (16)$$

式中:  $\bar{\varepsilon}$  为支撑轴力监测点 (截面) 处每个应变计测值的平均值, 其余符号意义同前, 各应变计测值计算方法参考式 (14) (但不应考虑温度的影响)。

对于钢结构支撑, 使用振弦式轴力计监测轴力, 按式 (17) 计算支撑轴力:

$$N = k_b (f_i^2 - f_0^2) \quad (17)$$

式中:  $k_b$ ——轴力计的标定系数 ( $\text{kN}/\text{Hz}^2$ ); 其余符号意义同前。

围护墙体应力、立柱内力、围檩应力等项目的测定计算, 采用振弦式混凝土

应变计时，按式（18）计算测点处混凝土应力；采用振弦式钢筋应力计时，按式（19）计算主筋应力。可根据不同位置的应力测值按结构力学的相关公式计算构件的弯矩、轴力和剪力等内力值。

$$\sigma = k'E_c(f_i^2 - f_0^2) + T_b E_c(T_i - T_0) \quad (18)$$

$$\sigma = \frac{k}{A_{si}}(f_i^2 - f_0^2) + T_b E_s(T_i - T_0) \quad (19)$$

式中： $\sigma$ ——应力（kPa）；其余符号意义同上。

对于混凝土构件受力监测，初始采集应在混凝土达到强度后进行采集；如考虑井点降水、坑底加固等对围护体的影响时，初始值的选取应适当提前。钢支撑轴力的初始值应在施加预应力前确定。

## 6.7 倾斜监测

**6.7.1** 建（构）筑物倾斜监测应根据现场观测条件和相关要求确定不同的监测方法。当被测建（构）筑物具有明显的外部特征和周边有宽敞的观测场地时，可以采用投点法、全站仪坐标法等；当被测建（构）筑物内部有一定的竖向通视条件时，可以采用垂准法等；当被测建（构）筑物有足够的整体结构刚度时，可以采用差异沉降法或倾斜仪法。

投点法、全站仪坐标法设置的上、下观测点的连线与结构的竖向轴线平行时，能进行结构的倾斜度测量，否则只能进行倾斜度变化量的测量。

倾斜仪法、差异沉降法很难确定观测点与竖向轴线的几何关系，只能进行倾斜变化量的测量，很难确定结构的倾斜度。

**6.7.6** 采用差异沉降法计算倾斜度，用以计算的差异沉降点间距不宜过短，且宜在同一测站观测完成。

**6.7.7** 倾斜测量成果应对其变化量、变化速率、变化方向有明确的表述。

## 6.8 裂缝监测

**6.8.1** 裂缝监测内容包括裂缝分布位置、形态、长度、宽度 4 个基本要素；一般

裂缝监测只进行表面监测，裂缝深度测量较为复杂、精度较低，只有在特殊要求时才进行监测。

**6.8.2** 工程施工前对裂缝进行普查是非常重要的工作，通过裂缝应统一编号，拍摄照相资料；对于同类型、同部位的裂缝可选取代表性裂缝进行观测。一方面能够了解和掌握周边环境对象的裂缝情况，选择其中部分重要的裂缝进行监测，另一方面也为解决后续工程施工过程中的工程纠纷提供资料依据。

**6.8.3** 裂缝观测根据不同的需求采用不同的标记方法，主要目的在于利于标记保存及观测。

**6.8.4** 裂缝的观测应根据标志的不同形式采用相应的观测方法；在摄像计算裂缝宽度时应有明确的参照。

**6.8.5** 对需要连续观测的裂缝可采用传感器进行自动化监测，传感器观测精度要满足裂缝观测精度要求。

**6.8.6** 裂缝宽度测量仪器根据需要选取，精度不宜低于 $\pm 0.1\text{mm}$ 。

## 6.9 土压力监测

**6.9.1** 基坑围护桩（墙）侧向土压力、盾构法和顶管法等施工时土压力、管片外侧围岩压力宜采用振弦式土压力计（盒）进行监测。

**6.9.2** 土压力计的量程应根据预估压力进行选择，量程过大将影响其测试精度，合适的量程是获取准确、可靠土压力测值的保证。土压力计长期在含水的地基土中工作，必须具有一定的耐水压性能，选型时宜根据地质资料预估相应深度处的水头压力。土压力计按埋设方法分为埋入式和边界式两种，压入法、钻孔法属于埋入式，挂布法、弹入法、活塞压入法等属于边界式，埋入式通常采用双膜结构，边界式采用单膜结构，土压力计应具有足够的刚度，等效模量宜大于土体模量的5~10倍，此时土压力计于土体匹配误差小，测值精度高。

**6.9.3** 土压力计到达工程现场后应做好两方面的检查工作：一是外观的完整性及读数是否异常；二是出厂率定系数的偏差情况，通常采用压力罐进行标定，宜进行3个进程、回程的测试，计算采用最小二乘法工作直线拟合法，标定系数与出厂率定系数偏差大于1%时，应采用标定系数计算实测土压力。

**6.9.4** 土压力计埋设过程一般会扰动周边土体，因此埋设后应连续观测，待土压

力计周边土体应力调整完毕后方可获取测点处的静止土压力。

**6.9.5** 当采用振弦式土压力计时，土压力值可下式计算。

$$P=K(f_i^2-f_0^2)$$

式中  $P$ ——土压力 (kPa)；

$f_i$ ——土压力计的本次读数 (Hz)；

$f_0$ ——土压力计的初始读数 (Hz)；

$K$ ——土压力传感器的标定系数 (kPa/Hz<sup>2</sup>)。

## 6.10 孔隙水压力监测

**6.10.1** 孔隙水压力的变化是土体变形的前兆，孔隙水压力应根据工程监测的目的、土层的渗透性和监测期的长短等条件，选用封闭或开口的方式埋设孔隙水压力计。

**6.10.2** 孔隙水压力计到达工程现场后应做好两方面的检查工作：一是外观的完整性及读数是否异常；二是出厂率定系数的偏差情况，通常采用压力罐进行标定，宜进行 3 个进程、回程的测试，计算采用最小二乘工作直线拟合法，标定系数与出厂率定系数偏差大于 1%时，应采用标定系数计算实测孔隙水压力。

**6.10.3** 孔隙水压力计埋设两个关键，一是保证探头周围填砂渗水通畅和透水石不堵塞；二是防止上、下层水压力的贯通。

采用压入法时宜在无硬壳层的软土层中使用，或钻孔到软土层再采用压入的方法埋设；钻孔法若采用一钻孔多探头方法埋设则应保证封口质量，防止上、下层水压力形成贯通。

泥浆护壁成孔后钻孔不容易清洗干净，会引起孔隙水压力计透水石的堵塞。

**6.10.4** 孔隙水压力计在埋设时有可能产生超孔隙水压力，要求孔隙水压力计在基坑施工前 2 周~3 周埋设，有利于超孔隙水压力的消散，得到的初始值更加合理。

**6.10.5** 量测静水水位的变化，在计算时可消除水位变化的影响，以获得真实的超孔隙水压力值。

当采用振弦式孔隙水压力计时，孔隙水压力值可按式 (9) 计算。

$$u=K(f_i^2-f_0^2)$$

式中  $u$ ——孔隙水压力 (kPa)；

$f_i$ ——孔隙水压力计的本次读数 (Hz)；

$f_0$ ——孔隙水压力计的初始读数 (Hz)；

$K$ ——孔隙水压力传感器的标定系数 ( $\text{kPa}/\text{Hz}^2$ )；

## 6.11 土体分层竖向位移监测

**6.11.1** 分层沉降仪可用来监测由工程施工引起的周围深层土体的竖向位移变化。分层沉降仪探头中安装有电磁探测装置，根据接收的电磁信号来观测埋设在土体不同深度内磁环的位置，根据磁环所处位置的标高变化计算出各土层的竖向位移。

。

采用深层沉降标进行不同土层竖向位移观测时，对各土层应独立钻孔埋设沉降标。

**6.11.2** 本条中量测精度指通过若干次对磁环深度重复量测统计所获得的测值中误差。

**6.11.3** 磁性沉降环可采用钻孔埋设。安装磁环时，应先在沉降管预定的位置套上磁环及定位环，再将沉降管逐节放入钻好的孔中，使各个磁环达到设计深度。沉降管与孔壁之间应用干软黏土或膨润土球进行回填，使磁环与土层粘结固定，且可沿沉降管自由地随土层上下变动。回填速度不宜过快，以免堵塞后回填料无法下沉而形成空隙。在埋设后 $2d\sim 3d$ 内进行检查，必要时进行补充回填，使得磁环与周围土体紧密接触，变形协调一致。

**6.11.4** 钻孔埋设沉降管及磁环过程中会不同程度地扰动孔壁周边土层，土体应力调整需要一定的周期，因此埋设初期磁环产生的沉降应予以剔除，埋设后连续观测的主要目的即获取准确可靠的初始磁环标高。

**6.11.5** 分层沉降仪量测时应先用水准仪测出分层沉降管的管口高程，然后将分层沉降仪的探头缓缓放入分层沉降管中。当接收仪发生蜂鸣或指针偏转最大时，即是磁环的位置。读取第一声声响时测量电缆在管口处的深度尺寸，这样由上向下地测量到孔底，称为进程测量。

当从该分层沉降管内回收测量电缆时，测头再次通过土层中的磁环，接收系统的蜂鸣器会再次发出蜂鸣声。此时读出测量电缆在管口处的深度尺寸，如此测量到孔口，称为回程测量。

按式(20)计算磁环的绝对高程：

$$D_i = H - h_i$$

式中： $D_i$ —第  $i$  次磁环绝对高程(mm)；

$H$ —分层沉降管管口绝对高程(mm)；

$h_i$ —第  $i$  次磁环距管口的距离(mm)。

由式 (21) 可以计算出磁环的累计竖向位移量：

$$\Delta h_i = D_i - D_0$$

式中： $\Delta h_i$ —第  $i$  次磁环累计竖向位移(mm)；

$D_0$ —磁环初始绝对高程(mm)。

## 6.12 净空收敛监测

**6.12.1** 盾构法管片结构的净空收敛监测包括水平直径收敛监测和全断面净空收敛监测，可采用全站仪、红外激光测距仪或收敛计进行监测。

**6.12.2** 全站仪进行水平直径收敛监测时，应采用固定测线法，应满足下列要求：

- 1 收敛断面一般区域按 10 环间隔布设；进出洞 50m 范围内按 5 环间隔布设。
- 2 每个收敛断面宜沿水平直径设置固定测线，不同拼装方式的盾构法隧道可按附录 C 设置。
- 3 固定测线的观测标志应能长期保存，可采用“十”字形标志。
- 4 当采用具有无合作目标激光测距功能的全站仪观测时，全站仪测距精度应不低于  $\pm(3\text{mm}+2\times 10^{-6}\times D)$ 。观测前应按附录 D 的要求，测定无合作目标测距短测程改正常数，并对观测边长进行改正。每次应正、倒镜观测三维坐标 1 测回，按公式 (6.12.2) 计算固定测线长度。正、倒镜观测较差不大于  $\pm 2\text{mm}$  时取均值，否则应重测。

$$S = \sqrt{(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2 + (Z_A - Z_B)^2} \dots\dots\dots(6.12.2)$$

式中，

$S$ ——固定测线长度；

$X_A$ 、 $Y_A$ 、 $Z_A$ 、 $X_B$ 、 $Y_B$ 、 $Z_B$ ——观测点的坐标分量。

- 5 当采用手持测距仪观测时，应选用测距标称精度不低于  $\pm 1.5\text{mm}$  的激光测

距仪。使用前应检测测距仪无合作目标测距短测程改正常数，检测方法可参见附录 D 的方法一。收敛观测时，测距仪应分别对中、瞄准固定测线的两个端点，每条测线应独立进行 3 次读数，互差不大于 $\pm 2\text{mm}$ ，取均值作为本次观测成果。收敛测量成果应进行短测程常数差的改正。

6 当采用其它观测方法进行固定测线收敛测量时，精度应满足：测线长度中误差不低于 $\pm 3\text{mm}$ 。

### 6.12.3 全断面净空收敛监测应采用全站仪全断面扫描法，应满足以下规定：

1 应在同一竖向剖面内设置仪器对点、定向点和检核点，收敛断面应垂直于隧道中线；

2 采用具有无合作目标激光测距功能、马达驱动型智能型全站仪，选用的全站仪测角精度指标应不低于 $\pm 2''$ 级、测距精度指标不低于 $\pm (3\text{mm}+2\times 10^{-6}\times D)$ ；

3 断面上的测点宜按  $0.2\text{m}\sim 0.3\text{m}$  步长等密度采集，采集点应包含起点、终点、拼装缝等特征点，断面上每段线型（直线或圆弧）的观测点不应少于 5 点。宜采用全站仪的机载数据采集软件，实现自动采集；

4 应结合隧道结构特点建立数学处理模型。数据处理前应删除异常点，数据处理成果应包括水平直径值在内的全断面变形数据，应进行不同期数据的比较分析。

5 成果以表格和展开图形式表达。

### 6.12.4 采用红外激光测距仪监测水平直径收敛应符合下列规定：

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，2 次独立观测较差应小于测距标称精度的 2 倍。

3 观测时应独立观测 2 次，较差小于标称精度的 2 倍时取平均值。

### 6.12.5 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，且 2 次独立观测较差应小于标称精度的 2 倍。

2 观测时应施加收敛尺标定时的拉力，2 次独立观测读数较差小于标称精度的 2 倍时取平均值。

### 6.13 梁体徐变监测

**6.13.1** 徐变测量中高架~地面联测应符合以下规定：

高架~地面联测一般通过高架车站采用几何水准实施，区间中间增加联测根据区间测长度和施工情况确定。

当采用两台精密水准仪加两把检定钢尺上、下同步观测时，钢尺必须施加检定时的拉力（宜按竖向受力施加检定拉力进行检定），须分 3 次独立观测 3 组数据；以 3 组数据最大较差值 $\leq\pm 3\text{mm}$  视为合格，测量结果取平均值作为最终使用值；钢尺读数应该进行温度、尺长改正。采用“三角高程”测量时，宜采用 0.5”级全站仪；或根据具体情况，经精度估算满足要求后采用 1.0”级全站仪。

### 6.14 坑底隆起监测

**6.14.1** 由于坑底隆起监测过程找那个往往需要进行高程传递，精度较难保证，因此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预警值得控制要求。

### 6.15 现场巡查

**6.15.1** 结合施工影响和环境情况等因素综合考虑扩大巡视检查范围。

**6.15.2** 施工期间巡查频率与仪器量测频率一致，以利于进行综合分析，必要时可加密巡查频率。

温度变化较大时，读数应进行温度修正。

### 6.16 自动化监测

**6.16.1** 本着“实用、可靠、先进、经济”的原则，在确保工程安全的前提下，本规范鼓励应用稳定、可靠的自动化设备、技术，并对自动化监测的应用明确了技

术要求。

监测自动化系统应包含监测仪器设备、数据自动采集系统、数据传输系统、数据存储管理系统等。为了更好体现自动化监测的优势，结合现代信息技术，宜将实时发布等功能纳入自动化监测系统。

**6.16.2** 目前自动化监测存在仪器设备投入成本大、安装保护难度大等问题，本条列出了4类宜进行自动化监测的情况，上述情况下自动化监测可充分发挥其优势。自动化系统应突出重点项目、重点部位，测点的布设应坚持少而精的原则。

**6.16.3** 新技术、新设备投入工程实际应用前应就其精度、可靠性、稳定性等各方面性能进行全面验证。

**6.16.4** 自动化监测项目实施过程中执行的监测点布设原则、监测频率及监测报警值应满足本规范第5章、第7章、第8章的要求。

**6.16.5** 自动化监测成果精度应满足相应人工监测精度指标的要求。自动化仪器设备被损坏、电源中断、仪器故障等因素会造成自动化设备不能正常工作，配备独立的人工测量系统可以在自动化监测设备不能正常工作时保证监测工作的正常开展。同时定期进行人工作业，将人工监测与自动化监测取得的数据进行比对，以检验自动化设备的可靠性。

**6.16.6** 自动化监测数据处理和实时发布系统应实时共享，具有数据查询、图形数据展示、报警状态显示等功能。系统自动预警或故障提示信息应能实时远程发送至相关技术人员。

**6.16.7** 自动化监测仪器设备应具备防雷、防潮、防锈蚀、防振动、抗电磁干扰等性能；在断电情况下宜能由备用电源自动供电保持系统正常运行3d以上。

自动化监测数据采集反馈响应时间应满足工程安全需求，且不宜低于人工监测反馈响应时间。

**6.16.8** 自动化监测所使用的部分新技术、新方法，尚未在现行国家有关标准规定中明确的，应充分考虑具体设计要求和工程实际来确定其监测精度。暂无相关要求的，宜按照监测变化允许值的1/10~1/20作为精度控制指标。

**6.16.9** 在数据采集设备的检查测试中应检查自动化仪器设备的响应变化是否可靠；对每个自动化监测点进行快速连续测试，以检查测值的稳定性。

**6.16.10** 实施自动化监测的项目应设置一定比例的人工复核监测点，实施自动化

监测的项目应定期进行人工复核。在系统安装完成运行初期、工程施工风险较高、监测数据变化速率较大、监测数据异常等阶段，应加强比对监测；其他阶段的比对监测频率不宜少于（1次~2次）/月。

全国团体标准信息平台

## 7 监测频率与监测周期

### 7.1 一般规定

监测频率与监测周期的确定是监测工作的重要内容，与施工方法、施工进度、工程所处的地质条件、周边环境条件，以及监测对象和监测项目的自身特点等密切相关。同时，监测频率、监测周期还与投入的监测工作量和监测费用有关，在制定监测频率和监测周期时既要考虑不能错过监测对象的重要变化时刻，也应当合理布置工作量，控制监测费用，选用科学、合理的监测频率和监测周期有利于监测工作的有效开展。

工程监测是信息化施工的重要手段，监测频率在整个工程施工过程中要根据施工进度、施工工况及监测对象与施工作业面所处的位置关系进行不断调整，其基本要求应是监测频率能满足反映监测对象随施工进度(时间)的变化规律。在监测对象累计变化量、变化速率超过控制值或出现其他异常情况时，应提高监测频率，减小监测时间间隔；监测对象变形、变化趋于稳定时，可适当增大监测时间间隔，减少监测次数。

现场巡查是施工监测工作的重要组成部分，是现场仪器监测的最有效补充。在工程施工过程中，根据施工进度合理安排巡查频率，做好巡查记录，发现异常情况时，应立即报告。

本条列出了 10 种情况下提高监测频率，必须引起工程参建各方的重视，提高监测频率可更加准确的反映监测对象的安全状态，有利于为决策人员作出正确判断提供依据。

### 7.2 监测频率

监测频率的确定应以准确反映工程项目本身及周边环境动态变化为前提，采用定时监测，必要时进行跟踪监测。若施工中出现变形速率超过警戒值的情况，应进一步加强监测，缩短监测时间间隔，为改进施工参数和实施变形控制措施提供必要的实测数据。

基坑开挖前支护结构施工和施工降水过程中，也会对周边环境和地表产生影响，因此也应进行监测工作，监测频率应根据预测和实际的沉降变形情况确定。基坑开挖过程中监测频率总体要求是基坑设计深度越大、开挖越深、地质条件和周边环境条件越复杂，监测频率越高。支护结构、周围岩土体和周边环境在正常条件下可以采用相同的监测频率，当监测对象的监测数据变化较快，则应提高监测频率。基坑主体结构施作过程中当拆除内支撑时，支护结构受力将发生变化，会给支护结构的稳定带来风险，可根据基坑实际深度和监测对象的变形情况适当提高监测频率。

盾构法隧道工程施工的监测频率应符合盾构法施工引起周围岩土体变形规律的要求，周围岩土体的变形规律主要包括先期隆起或沉降、盾构到达时沉降、盾构通过时沉降、盾尾空隙沉降和长期延续沉降，对周围岩土体的监测应能反映整个变形过程。

### 7.3 监测周期

工程监测应涵盖工程施工的各个阶段，如基坑应从基坑围护结构施工前 2 周测定初始值开始，直至施工至回填土结束为止；盾构区间监测应从加固区加固开始至隧道贯通验收结束；联络通道监测应从钻孔开始至融沉注浆后 6 个月为止。若有特殊要求可根据需要延长监测期限。

监测项目结束，对现状道路下有水土体监测孔（如土体测斜）部位应做封孔处理。

部分监测项目停测或监测工作停测应提前征得监测项目委托方同意。

## 8 监测警情报送

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 监测项目控制值是工程施工过程中对工程自身及周边环境的安全状态或正常使用状态进行判断的重要依据，也是工程设计、工程施工及施工监测等工作的重要控制点。监测项目控制值的大小直接影响到工程自身和周边环境的安全，对施工方法、监测手段的确定以及对施工工期和造价都有很大的影响。因此，合理地确定监测项目控制值是一项十分重要的工作。

**8.1.2** 市域铁路工程施工异常情况的预警预报应当根据工程特点、监测项目的控制值、当地施工经验、工程管理及应急能力，制定工程监测预警管理制度，其中包括监测预警等级、分级标准及不同预警等级的警情报送对象、时间、方式、流程及分别采取的应对措施等。工程监测异常情况的预警，可根据事故发生的紧急程度、发展势态和可能造成的危害程度由低到高进行分级管理。

**8.1.3** 市域铁路工程施工监测的预警工作应满足建设单位、建设主管部门相关预警管理制度。

### 8.2 监测报警值

**8.2.1** 确定基坑工程支护结构和周围岩土体监测项目的监测报警值是一个复杂的过程，要在保证基坑支护结构和周边环境安全的前提下，综合考虑工程质量和经济等因素，减少不必要的资源投入。

每一项监测项目都应根据具体情况事先确定相应的报警值，根据位移或受力状况是否超过允许的范围，来判断当前工程是否有风险，是否需要调整施工措施或优化原设计方案。

基坑工程监测报警不但要控制监测项目的累计变化量，还要注意控制其变化速率；累计变化量反映的是监测对象即时状态与安全状态的关系，而变化速率反映的是变形或受力发展的快慢，过大的变化速率往往是突发事件的前兆。

支撑轴力的监测报警值除了要考虑支撑本身的承载能力以外，还需要关注支

撑设计的预应力值，如果支撑受力比预应力值小到一定程度时，需要复加预应力以保证支撑的正常受力状态。

本条基坑工程施工支护结构和周围岩土体监测项目报警值按照监测等级以及相关规范标准的规定来控制，具体操作宜由设计单位依据相应工程设计计算结果、工程经验类比来综合确定，监测单位遵照执行。

**8.2.2** 盾构隧道施工过程中隧道管片结构变形及周围岩土体位移与工程所处范围内的工程地质水文地质条件、周边环境条件及盾构施工参数等密切相关。盾构隧道监测项目报警值应结合工程特点，经工程经验类比来综合确定。

**8.2.3** 联络通道施工期间隧道结构监测项目的变化速率报警值按钻孔、冻结、开挖及结构浇筑、融沉注浆等 4 个阶段分别设置。当设计有明确的具体要求时，以设计方的报警值为准。

**8.2.4** 桥梁监测项目报警值应在调查分析桥梁规模、结构形式、基础类型、建筑材料、养护情况等基础上，结合其与工程的空间位置关系、已有竖向位移、差异沉降和倾斜以及工程经验进行确定，并应符合现行行业标准《城市桥梁养护技术规范》的有关规定。特殊桥跨结构的墩柱竖向位移、梁体徐变限值按设计文件规定。

**8.2.5** 顶管工程监测项目控制值应首先结合当地工程特点，经工程类比和分析计算后确定。当无地方经验时可参照本规范表 8.2.5 内容确定。

**8.2.6** 建（构）筑物监测项目报警值由其自身特点和已有变形决定，即与其自身的使用功能、建筑规模、修建年代、结构形式、基础类型和地基条件密切相关。建（构）筑物的安全性与其沉降或变形总量有关，总变形量应为建（构）筑物原有的沉降或变形与工程建设造成的附加沉降或变形之和，故应调查评估建（构）筑物已有的变形。年代久远的老旧房屋、存在病害的危险建（构）筑物或国家级文物保护建（构）筑物的监测项目报警值宜根据专项房屋检测评估报告确定。无特殊要求一般建（构）筑物变形报警值可参照表 8.2.6 确定，表 8.2.6 参照了现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 及上海市工程建设规范《基坑工程施工监测规程》DG/TJ08-2001。报警值从累计竖向位移值、变化速率及差异沉降三个方面进行衡

量判断，满足其中之一即可报警。给出的报警值是一个范围，若建（构）筑物距离基坑较近、本身比较老旧、结构较差，可取下限值，反之，取上限值。

**8.2.7**地下管线监测项目报警值由其自身特点和已有变形决定，即与其自身的功能、材质、工作压力、管径、接口形式、埋置深度、铺设方法、铺设年代等密切相关，地下管线变形大小除与自身特点有关外，主要受其与工程的空间位置关系、工程本身的规模等因素影响。通常情况下施工前应对工程影响范围内的管线进行调查核实，根据相关规范、设计要求，与相关管线管理部门协调沟通确定管线监测项目报警值。无特殊要求时管线监测项目报警值可按表8.2.7确定，表8.2.7参照了现行国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911及上海市工程建设规范《基坑工程施工监测规程》DG/TJ08-2001。

**8.2.8**高速公路和城市道路沉降主要是表现为道路路基沉降，监测项目报警值常规情况下可参照表8.2.8执行，表8.2.8参照了《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911。有特殊要求时，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的基础上，结合其与工程的空间位置关系进行确定。对保护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评估等确定其竖向位移报警值，竖向位移报警值应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面养护技术规范》JTJ 073.1和《公路沥青路面养护技术规范》JTJ 073.2的有关规定，并满足相关主管部门的要求。

**8.2.9**既有城市轨道交通线监测项目报警值较一般建（构）筑物控制要严格许多，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进行必要的结构检测、计算分析和安全评估后确定。无特殊要求时变形报警值可按表8.2.9确定，表8.2.9参照了上海市工程建设规范《城市轨道交通结构监护测量规范》DG/TJ 08-2170的有关规定，实际上也是目前本市轨道交通运营线路养护、保护标准。

**8.2.10**既有铁路监测项目报警值主要参照了现行国家标准《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、上海市工程建设规范《城市轨道交通结构监护测量规范》DG/TJ 08-2170的有关规定。高速铁路等特殊既有铁路线，过大变形可导致非常

严重的后果，应在专项评估后确定。

**8.2.11** 既有公路隧道、铁路隧道宜由产权单位委托专业单位进行监测，其报警值以产权单位的要求为准。

全国团体标准信息平台

## 9 监测成果及信息反馈

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 监测成果主要包括现场实测资料和室内数据处理成果两大类。通过仪器监测、现场巡查和远程视频监控等手段获得各类现场实测资料后，需及时进行计算、分析和整理工作，将现场实测资料转化为完整、清晰的分析、处理成果。室内数据处理成果可以采用图表、曲线等直观且易于反映工程安全问题的表现形式，同时对相关图表、曲线也应附必要的文字说明。在某个阶段或整个过程的监测工作完成后，应形成书面文字报告，对该阶段或整个监测工作进行总结、分析，提出相关分析结论和建议。

**9.1.2** 工程现场仪器监测应将不同监测项目的实测结果记录到规定的表格中，以便于监测数据的清晰记录和后续的计算、对比和分析。全站仪等可以自动记录现场监测数据的监测仪器，应保存相应的电子数据资料，以便于实测数据的复核和比对，防止实测出现纰漏。现场巡查工作应填写巡查记录表格，将实际巡视检查结果言简意赅地进行记录。远程视频监控应保存好视频监控录像资料，填写相关视频成果保存记录，便于远程视频监控成果的查找和调用。

现场监测资料应与工程实际情况相结合，描述线路名称、合同段、工点名称、施工工法、施工进度等工况资料，以使监测成果与实际工程情况更好地结合，便于分析监测对象的安全状态。

**9.1.3** 现场监测工作会受自然环境条件变化（气候、天气等）和人为因素（施工损坏监测点等）的影响，仪器监测成果可能因为监测仪器、设备、元器件和传感器等问题出现偏差，当传感器受施工影响出现故障或损坏时，可能会得到错误的监测数据。因此，完成现场监测后，应对各类资料进行整理、分析和校对。当发现监测数据波动较大时，应分析是监测对象实际变化还是监测点或监测仪器问题所致。难以确定原因时，应进行复测，防止错误的监测数据影响监测成果的质量。

**9.1.4** 监测数据采集完成后应及时计算或换算监测对象的累计变化值和变化速率值，以分析判断监测对象的安全状态及发展变化趋势。监测数据的时程曲线可直观、形象地反映监测对象的位移或受力的发展变化趋势及过程，依此判断监测对象的安全状态和发展变化情况。因此，各类监测数据均应及时绘制成相应的时程

曲线。监测断面曲线图等可以反映监测断面或监测区域的整体变化，以及不同监测部位之间的相互联系及内在规律，对整体分析工程安全状态起着很好的作用。

## 9.2 监测成果要求

**9.2.1** 监测工作的成果是以技术成果文件作为主要的反馈方式。因此，各类监测报告均应满足“形象化、直观化”表达形式的要求，并对监测对象的安全状态和变化情况进行初步分析，以利于各参建单位相关人员及专家进行分析与判断。诸如周边工程施工影响、场地周边堆载、卸载、自然天气变化等可能影响监测数据变化及分析判断的因素，均应在技术成果文件中予以描述。

**9.2.2** 技术成果文件根据监测时间阶段和监测结果报告的及时性分为监测日报、警情快报、阶段性报告和总结报告。

1) 监测日报是反映监测对象变形、变化的最直接、最简单的报告形式，是实现信息化施工的重要依据。当日监测工作完成后，监测人员应及时整理、分析各类监测信息，确保当日监测成果的正确性。形成监测日报后，及时反馈给相关单位，以保证信息化施工的顺利开展。

2) 警情快报应对警情发生的时间、地点、情况、严重程度、施工工况等基本信息加以描述，结合监测结果对警情原因进行初步判断，并提出相应的处理措施建议。警情快报应迅速上报相关单位，以使警情得到及时、有效的处理。

3) 监测工作持续一段时间后，监测人员应对该阶段的监测工作进行总结，形成阶段性报告，反馈给相关单位。阶段性报告是某一段时间内各类监测信息、监测分析成果的较深入的总结和分析。综合分析后得出该阶段内监测工点各个监测项目以及工程整体的变化规律、发展趋势和评价，以便于为信息化施工提供阶段性指导。

4) 工程监测工作全部完成后，监测单位应向委托单位提交工程监测的总结报告。总结报告包括各类监测数据和巡查信息的汇总、分析与说明，对整个工程监测工作进行分析、评价，得出整体性监测结论与建议，为以后类似工程监测工作积累经验，以便于相关工程监测借鉴和参考。

### 9.3 监测信息反馈

**9.3.1** 随着城市轨道交通建设的不断开展，监测技术也得到了很大的进步。远程自动化监测系统、数据处理与信息管理系统软件等新技术应运而生。专业的信息管理软件便于监测数据的采集、处理、分析、查询和管理工作，可以将监测成果及时、准确地反馈给工程参建各方，提高监测成果的时效性。监测单位须将监测信息及时上传到远程监控管理系统。该系统需具有在线自动预报警功能，可将监测成果及时、方便地形成历时曲线、断面曲线图、等值线图等可视化较强的图件，便于监测成果的分析、表达，为信息化施工提供了很好的技术支持。

**9.3.2** 在上海软土地区的地质条件下，监测点数据超报警值的情况极为普遍。因此，当工程出现监测数据超过报警值时，应从监测对象的重要性、施工工况、数据变化的速率、数据累计值的大小、最近一段时间数据变化的趋势和规律等多方面加以综合分析和判断，并结合现场巡查情况确定报警信息的严重程度。在出现重要监测对象数据超过报警值、数据变化速率很快、数据远超累计报警值且仍未有收敛趋势、巡查中发现的异常现象等情况时，监测人员应及时发出警情快报，并提出相应的处理措施建议。警情快报应迅速上报相关单位和建设管理部门，以便参建各方采取及时有效的措施。

**9.3.3** 各类监测成果报告应按固定格式要求完成编制，以便报告查阅人员可以及时、准确获得重点关注的信息。报告内容应包括本规范规定的基本内容，言简意赅地总结各类监测信息。监测日报、警情快报和阶段性报告主要为信息化施工服务，一般提交给建设、监理、设计等相关单位。而总结报告主要为总结工程监测效果，积累工程监测经验，可只需提交给建设单位。

## 10 监测信息管理系统

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 系统采用人机交互的处理方式，具有施工监测信息可视化管理、统计分析、安全预警和网上信息发布等功能。接入互联网即可访问该系统，相关主管在任何时间、任意地点，均能完成系统中涵盖的所有相关管理工作，从而实现可视化的市域铁路施工监测服务。

**10.1.2** 本着“可扩展性、灵活性、可靠性、安全性”的原则，系统设计的出发点：具有良好的架构和驱动，以便今后的升级和重用；相对独立的子系统，保证稳定性和可扩展性；良好和统一的用户界面，力求简洁、清晰、实用；整个系统基于广域网来开发，通过网络管理、传递和共享信息，适应网络化、信息化的趋势。

### 10.2 系统功能设计

**10.2.1~10.2.4** 监测信息管理系统通过基础数据、监测数据采集录入，进行数据处理、统计分析，不仅能实时监测施工区域及周边环境形变，并能风险评估、预报警、风险管理、二维及三维地理信息及 BIM 模型分析和可视化，在此基础上实现专业预测、分级预警、专家评估和在线分析等功能。

### 10.3 数据管理及系统维护

**10.3.1~10.3.3** 系统在数据上传、存储、共享、查阅以及下载时需综合考虑数据的大小、利用频率、类型及检索频率等，保证系统数据的存储、备份工作。最大限度的保障系统对数据管理的集中、规范与快速响应。

**10.3.5** 系统通过数据处理、分析，生成报表、变形曲线图、变形速率图等可视化的变形图表，通过多级变形控制标准（三级：黄色、橙色、红色）进行变形预报、安全预警，将主要警情信息通过网络、电话、短信等快捷工具上报建设单位和相

关参建单位，实现预警信息的多路径实时发布。

#### 10.4 系统安全

系统设置用户权限可以减少恶意攻击和用户的不当操作造成的安全隐患，为解决这个隐患，系统可以采用基于角色的管理方法，位于不同权限层次的用户具有不同的用户权限，利用权限来严格控制用户对数据库的访问。设置系统超级管理员分配用户权限，严格控制系统管理员的账户安全以及合理的分配用户权限，尽可能最大程度的保证系统安全。