**江苏省土木建筑学会标准**

**T/JSTJXH ×××-20××**

城市轨道交通工程自动化监测技术标准

**Technical standard for automatic monitoring of urban rail transit engineering**

（征求意见稿）

**20××-××-××**发布 **20××-××-××**实施

江苏省土木建筑学会 发布

**江苏省土木建筑学会标准**

城市轨道交通工程自动化监测技术标准

**Technical standard for automatic monitoring of urban rail transit engineering**

**T/JSTJXH ×××-20××**

**批准机构：江苏省土木建筑学会**

**施行日期：20××年××月××日**

**中国建筑工业出版社**

**20××年××月××日**

前 言

为规范城市轨道交通工程自动化监测工作，保证工程结构本体和周边环境安全，根据江苏省质量技术监督局关于标准化改革培育团体标准的要求及《江苏省土木建筑学会团体标准管理办法（试行）》规定，江苏省地质工程勘察院组织有关单位经广泛调查研究，认真总结江苏省城市轨道交通工程自动化监测实践经验，参考国内外有关标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本标准。

本标准由江苏省土木建筑学会负责管理，江苏省地质工程勘察院负责解释。在执行过程中如有意见或建议，请与江苏省地质工程勘察院联系（地址：南京市安德门大街11号 邮编：210012 电话：025-52798608）。

本标准共7章，主要包括：1.总则；2.术语；3.基本规定；4.自动化监测软件系统要求；5.自动化监测硬件系统要求；6.自动化监测方法及技术要求；7.监测成果及信息反馈。

本标准主编单位：

本标准参编单位：

本标准主要起草人：

本标准主要审查人：

**目 次**

[1 总则 1](#_Toc86755858)

[2 术语 2](#_Toc86755859)

[3 基本规定 3](#_Toc86755860)

[4 自动化监测软件系统要求 5](#_Toc86755861)

[5 自动化监测硬件系统要求 7](#_Toc86755862)

[6 自动化监测方法及技术要求 9](#_Toc86755863)

[6.1 一般规定 9](#_Toc86755864)

[6.2 水平位移监测 9](#_Toc86755865)

[6.3 竖向位移监测 10](#_Toc86755866)

[6.4 净空收敛监测 11](#_Toc86755867)

[6.5 深层水平位移监测 11](#_Toc86755868)

[6.6 支撑轴力监测 12](#_Toc86755869)

[6.7 结构应力监测 13](#_Toc86755870)

[6.8 锚杆及土钉拉力监测 13](#_Toc86755871)

[6.9 水位监测 14](#_Toc86755872)

[6.10 倾斜监测 14](#_Toc86755873)

[6.11 裂缝宽度监测 14](#_Toc86755874)

[6.12 爆破振动监测 15](#_Toc86755875)

[6.13 其他监测 16](#_Toc86755876)

[6.14 远程视频监控 16](#_Toc86755877)

[6.15 动态巡查 17](#_Toc86755878)

[6.16 比对测量 17](#_Toc86755879)

[7 监测成果及信息反馈 19](#_Toc86755880)

[附录A 自动化监测系统设备巡查记录表 20](#_Toc86755881)

[附录B 自动化监测与人工监测数据比对表 21](#_Toc86755882)

[本标准用词说明 22](#_Toc86755883)

[引用标准名录 23](#_Toc86755884)

[条文说明 24](#_Toc86755885)

**Contents**

1 General Provisions 1

2 Terms 2

3 Basic Requirements 3

4 Automated Monitoring Software System Requirements 5

5 Automated Monitoring Hardware System Requirements 7

6 Automatic Monitoring Methods and Technical Requirements 9

6.1 General Requirements 9

6.2 Monitoring of Horizontal Displacement 9

6.3 Monitoring of Vertical Displacement 10

6.4 Monitoring of Headroom Convergence 11

6.5 Monitoring of Subsurface Horizontal Displacement 11

6.6 Monitoring of Support Axial Force 12

6.7 Monitoring of Structural Stress 13

6.8 Monitoring of Anchor Rod and Soil Nail Tension 13

6.9 Monitoring of Water Table 14

6.10 Monitoring of Inclination 14

6.11 Monitoring of Crack Width 14

6.12 Monitoring of Blasting Vibration 15

6.13 Other Measurements 16

6.14 Remote Video Surveillance 16

6.15 Dynamic inspection 17

6.16 Comparison Measurement 17

7 Monitoring Achievement and Information Feedback 19

Appendix A Inspection Rcord Table of Automatic Monitoring System Equipment 20

Appendix B Comparison Table of Automatic and Manual Monitoring Data 21

Explanation of Wording in This Standard 22

List of Normative Standards 23

Addition: Explanation of Provisions 24

1 总则

**1.0.1** 为规范城市轨道交通工程自动化监测工作要求，保证工程结构本体和周边环境安全，做到技术先进、经济合理、安全实用、成果可靠，特编制本标准。

**1.0.2** 本标准适用于江苏省城市轨道交通工程自动化监测，包括新建、改建、扩建工程及运营维护期间采用自动化监测的工程。

**1.0.3** 城市轨道交通工程自动化监测应综合考虑工程设计方案、施工方案、工程地质和水文地质条件、周边环境条件、运营维护要求等因素，编制合理的监测方案，精心组织和实施。

**1.0.4** 城市轨道交通工程自动化监测除应符合本标准的规定外，尚应符合国家、行业及江苏省现行有关标准的规定。

2 术语

**2.0.1** 城市轨道交通 urban rail transit

采用专用轨道导向运行的城市公共客运交通系统，包括地铁、轻轨、单轨、有轨电车、磁浮、自动导向轨道、市域（郊）快速轨道等系统。

**2.0.2** 周边环境 surrounding environment

城市轨道交通建设工程施工影响范围内的既有建（构）筑物、地下管线、交通设施、市政设施、岩土体等的统称。

**2.0.3** 城市轨道交通工程监测 urban rail transit engineering monitoring

使用仪器（传感器）量测、现场巡查或远程视频监控等手段和方法，获取反映城市轨道交通工程本体以及周边环境对象的安全状态、变化特征及其发展趋势的信息，并进行分析、反馈的活动。

**2.0.4** 自动化监测 automatic monitoring

利用计算机、通信、测量、传感器等技术构建系统，实现监测信息的自动化采集、传输、处理和预警，并以适当方式显示或输出测试结果。

**2.0.5** 自动化监测软件系统 automatic monitoring software system

自动化监测中的软件系统，由系统软件、支撑软件和应用软件等组成，用于控制和管理设备，并输出成果供用户使用。

**2.0.6** 自动化监测硬件系统 automatic monitoring hardware system

自动化监测中的物理设备，即由机械、光、电、磁器件构成的具有计算、控制、存储、输入和输出功能的实体部件。

**2.0.7** 监测传感器 monitoring sensor

布设在监测对象上，能感受规定的被测量并按照一定的规律转换成可用信号的器件或装置，通常由敏感元件和转换元件组成。

**2.0.8** 比对测量 comparative measurement

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

3 基本规定

**3.0.1** 符合以下情况之一的城市轨道交通工程，宜实施自动化监测：

**1** 工程监测等级为一级的基坑工程；

**2** 外部作业影响等级为一级及以上的工程；

**3** 监测频率要求较高的工程；

**4** 人工监测不便于实施的工程；

**5** 其他具有特殊要求的工程。

**3.0.2** 自动化监测单位应根据设计要求、工程特点等，在实施前进行监测技术方案设计，编制自动化监测方案。

**3.0.3** 自动化监测方案应包含下列内容：

**1** 工程概况；

**2** 监测依据及采用技术标准；

**3** 监测目的；

**4** 监测等级、范围、内容、周期及频率；

**5** 监测方法、精度分析及自动化监测实施；

**6** 监测数据处理及信息反馈；

**7** 监测控制标准及预警机制；

**8** 监测资源配置；

**9** 监测质量安全进度保证措施；

**10** 监测应急预案；

**11** 监测布点图。

**3.0.4** 自动化监测方案应满足本技术标准及现行有关规范的要求。

**3.0.5** 自动化监测精度应满足现行有关规范的要求，对于现行规范中未明确的新技术、新方法，可按照变形允许值的1/10~1/20作为精度指标。

**3.0.6** 监测基准点、工作基点的布设及测量精度应满足现行有关规范的要求。

**3.0.7** 自动化监测传感器应具有出厂合格证或校准证书，灵敏度、分辨率、量程、使用寿命等性能指标应满足监测要求。

**3.0.8** 自动化监测硬件系统应避开障碍物，避免侵限，系统安装应稳固、明显、结构合理，便于数据采集和传输。

**3.0.9** 自动化监测硬件系统应设置专用的警示标识、指示牌或安装专用的保护装置，并做好自动化监测设施、设备的保护。

**3.0.10** 自动化监测实施前，应完成设备安装调试，确保系统运行稳定。

**3.0.11** 自动化监测实施过程中，应对自动化监测系统进行检查和维护，保证正常运行。

**3.0.12**  自动化监测系统应具有数据安全保护措施，避免数据丢失或泄露。

**3.0.13** 自动化监测系统应具有监测信息实时反馈功能。

4 自动化监测软件系统要求

**4.0.1** 自动化监测软件系统应包含通讯与数据采集模块、数据储存与处理模块、监测信息展示与预警模块及软件系统管理模块。

**4.0.2** 软件系统总体要求：

**1** 宜采用国际通用框架、模块化结构，各子系统或子模块之间相对独立、有序融合、方便维护和升级；

**2** 应保证系统的长期稳定，系统正常运行满足自动化监测要求；

**3** 宜预留与其他信息系统互联互通的接口；

**4** 宜具备可视化管理界面。

**4.0.3** 通讯与数据采集模块要求：

**1** 通讯模块宜使用通用的数据通信协议；

**2** 通讯模块与采集设备硬件宜具备双向通讯功能；

**3** 应具备设置通讯参数功能；

**4** 应具备设备故障隔离功能；

**5** 应具备监测数据采集频率自定义功能；

**6** 应具备监测点增、删、改、查功能。

**4.0.4** 数据储存与处理模块要求：

**1** 应具备系统所有数据的配置、存储、查询、分析等处理功能；

**2** 应具备数据内容的正确性、完整性、逻辑一致性检查功能；

**3** 应具备数据导出功能；

**4** 应具备可靠的数据备份与安全管理；

**5** 宜兼容多类型监测数据。

**4.0.5** 监测信息展示与预警模块要求：

**1** 应具备数据查看展示功能；

**2** 应具备预警功能，记录相关预警信息；

**3** 宜自动生成监测报告。

**4.0.6** 软件系统管理模块要求：

**1** 应具备明确的分级管理、增减用户、更改口令和权限等功能；

**2** 应具备对项目进行增、删、改、查功能；

**3** 应具备监测硬件增、删、改、查功能；

**4** 应具备数据管理功能。

5 自动化监测硬件系统要求

**5.0.1** 自动化监测硬件系统包括传感器件、数据采集设备、通信设备、供电设备等。

**5.0.2** 硬件系统总体要求：

**1** 应具备稳定性、可靠性，使用寿命应满足项目监测工作要求；

**2** 应具备防水、防尘、耐温、防雷、防潮、抗振、抗电磁干扰等性能；

**3** 应便于维修和维护，维护时不宜中断监测工作。

**5.0.3** 传感器件要求：

**1** 应根据监测项目、测试周期、量程、重复性、分辨率等因素选择适宜的传感器件；

**2** 传感器件的重复性、分辨率、灵敏度、迟滞性等性能应满足自动化监测的要求；

**3** 采用光纤感测技术时，点式监测宜采用光纤光栅传感器，空间连续监测宜采用分布式传感光缆。

**5.0.4**  数据采集设备要求：

**1** 应根据监测项目、传感器件类型、监测环境、监测频率、重复性等因素选择适宜的数据采集设备；

**2** 应具备自动测量、数据传输功能；

**3** 宜具备数据储存、数据导出、供电恢复自动重启功能。

**5.0.5** 通信设备要求：

**1** 宜包括终端设备、中继设备、交换设备、传输介质等；

**2** 宜优先使用带有无线上发功能的通讯设备。

**5.0.6**  供电系统要求：

**1** 应与传感器件、数据采集设备的用电需求相匹配，电压应保持稳定，宜配备备用电源；

**2** 接插件宜具备防水、防漏电、耐火防爆等性能；

**3** 电源可自动切换，具备过载保护、掉电保护及自动报告功能；

**4** 使用太阳能供电，蓄电池容量应满足设备在72小时无日照天气条件下正常工作。

**5.0.7** 硬件系统的维护

**1** 应编制使用维护手册，并制定应急预案；

**2** 应定期对设备设施进行巡查维护；

**3** 运维日志应整理存档。

6 自动化监测方法及技术要求

**6.1 一般规定**

**6.1.1** 应根据工程特点、要求和现场条件等因素选择合适的自动化监测技术与方法，监测技术与方法应具备可靠性、适用性、先进性、经济性，提倡使用新技术、新方法。

**6.1.2** 监测项目的初始值应在相关施工工序实施前测定，在稳定条件下连续采集次数不少于3次，取稳定数据的平均数作为初始值。

**6.1.3** 变形监测网宜包括基准点、工作基点和监测点。基准点、工作基点和监测点的设置应符合下列要求：

**1** 基准点应设置在工程施工影响范围外，选择稳固、易保存、实用方便的位置；

**2** 当基准点距离所监测工程较远或由于通视条件不良，致使监测工作不方便时，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实时联测，以检验基准点的稳定性并修正工作基点的数据。

**6.1.4** 监测数据宜由软件系统自动处理，软件系统的功能和参数应符合本标准的有关规定。

**6.2 水平位移监测**

**6.2.1** 水平位移自动化监测可选用智能全站仪、激光测距仪等设备进行测量。

**6.2.2** 采用智能全站仪进行水平位移监测时应符合以下规定：

**1** 智能全站仪的标称测角精度不宜低于1″，测距精度不宜低于（1mm+1ppm）；

**2** 水平位移自动化监测宜采用多点后方交会设站的方法进行观测，单测站的后视基准点数量不宜少于5个；

**3** 工作基点选点时应避免外部条件对工作基点的影响，应设置强制对中观测墩，并安装防护装置；

**4** 应根据观测精度要求、全站仪精度等级、视线长度，进行观测方法设计和精度估算，多台全站仪联合组网观测时，相邻测站点应有一定数量的重合观测目标；

**5** 观测时，宜对基准点与监测点同步观测，观测完成后自动进行基准点稳定性分析并修正工作基点数据，同时进行监测网整体平差；

**6** 自动化监测系统应具有自动检查智能全站仪电子气泡状态的功能，气泡偏离超限时及时发出提醒；

**7** 全站仪架设处宜配置电子温湿度气压计等配套仪器；

**8** 测站点与监测点距离不宜超过150m；

**9** 测站点点位中误差宜优于1.5mm。

**6.2.3** 采用激光测距仪进行水平位移监测时应符合以下规定：

**1** 测量精度不宜低于1mm；

**2** 基准点设备应设置在施工影响范围以外的稳定区域；

**3** 应保证激光测距仪和接收标靶的安装距离及稳定性；

**4** 安装时应避开潮湿的反射面，并避免测距通道上的粉尘、水汽对测距精度的影响。

**6.3 竖向位移监测**

**6.3.1** 竖向位移自动化监测可采用智能全站仪、静力水准仪、电水平尺等设备进行测量。

**6.3.2** 采用智能全站仪进行竖向位移监测时，可与水平位移监测同步进行。

**6.3.3** 采用静力水准仪进行自动化监测时，应满足以下要求：

**1** 根据观测精度要求和预估沉降量，选取相应精度和量程的静力水准传感器，静力水准传感器应稳固安装在待测结构上；

**2** 静力水准传感器应有良好的密封性，管路应平顺，不得带入空气，整体宜处于同一环境中；

**3** 宜采用串联方式构成观测路线，并在观测线路两端分别设置工作基点；

**4** 仪器量程无法满足监测点布设要求时，应在待测结构的上下位置转接点；

**5** 相邻工作基点高差中误差不大于0.5mm，附合或环线闭合差不大于0.30（n为高差个数）；

**6** 工作基点应采用水准测量方法定期与基准点进行联测并修正；

**7** 应定期维护检查静力水准仪。

**6.3.4** 采用电水平尺进行竖向位移监测时，应满足以下要求:

**1** 尺链首、尾两端应设置在相对稳定区域，视作基准点；

**2** 应定期使用水准测量方法进行人工复核；

**3** 宜安装专用的保护装置。

**6.3.5** 竖向位移基准宜与城市轨道交通工程采用的高程系统一致。

**6.3.6** 竖向位移监测的技术要求应符合现行国家标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T50308的有关规定。

**6.4 净空收敛监测**

**6.4.1** 净空收敛自动化监测可选用智能全站仪、激光测距仪等设备进行测量。

**6.4.2** 采用智能全站仪进行净空收敛监测时应符合以下规定：

**1** 监测点采用在收敛测线两端安装棱镜进行布设，两端点连线与圆心的偏差不超过10cm，并在同一断面上；

**2** 净空收敛值采用收敛测线两端监测点三维坐标进行计算；

**3** 其他相关要求同6.2.2。

**6.4.3** 采用激光测距仪进行净空收敛监测时应符合以下规定：

**1** 测量精度不宜低于1mm；

**2** 应设置照准标志，隧道侧壁粗糙时应先打磨；

**3** 激光测距仪和照准标志应安装稳定，并定期校正视线；

**4** 人工校核宜每月不低于1次。

**6.5 深层水平位移监测**

**6.5.1** 深层水平位移自动化监测可采用固定式测斜仪、滑动式自动测斜仪或光纤传感等设备进行测量。

**6.5.2** 采用固定式测斜仪进行深层水平位移监测时，应该满足以下要求：

**1** 测斜探头间距不宜大于1m，且相邻探头间距保持固定，探头数量满足测斜孔深度要求；

**2** 自动化设备布设完毕后，应进行连续测试，以检查测试值的稳定性；

**3** 当以顶部作为深层水平位移的起算点时，每次监测应测定顶部位移的变化并修正；

**4** 监测点设备检查、更换后，应确保相应传感器处于测斜孔内原位置；

**5** 测斜仪系统精度不宜低于0.25mm/1m，单根传感器分辨率不宜低于0.02mm/0.5m。

**6.5.3** 采用滑动式自动测斜仪进行深层水平位移监测时，应该满足以下要求：

**1** 测斜仪系统精度不宜低于0.25mm/1m，分辨率不宜低于0.02mm/0.5m；

**2** 起算标准、采集位置间隔参照6.5.2；

**3** 自动化设备布设完毕后，应进行连续测试，以检查测试值的稳定性；

**4** 采集间隔应与滑动式测斜仪上下轮距保持一致；

**5** 测量时，应确保每次探头放置位置一致。

**6.5.4** 采用光纤传感器进行深层水平位移监测时，应满足以下要求：

**1** 支护结构深层水平位移监测可采用分布式应变传感光缆，土体深层水平位移监测可采用光纤测斜管；

**2** 分布式应变传感光缆宜采用定点结构，定点间距不大于1m，光缆抗拉强度不小于3000N，变形范围不低于-3000~+5000με；光纤测斜管测点间距不大于1m；

**3** 分布式应变感测光缆沿钢筋绑扎布设，形成沿结构变形方向“U”型对称回路，光纤测斜管通过钻孔布设，测点方向平行于滑动方向；

**4** 光纤数据采集设备应具备自动化采集功能，分辨精度不低于2με，测试重复性不低于±10με，设备使用环境温度优于-10℃~50℃。

**6.6 支撑轴力监测**

**6.6.1** 支撑轴力可采用轴力计、钢筋应力计、应变计等设备结合智能采集传输模块进行监测。

**6.6.2** 混凝土支撑宜选用钢筋应力计、应变计，钢支撑宜选用轴力计、应变计，传感器宜具有测温功能。

**6.6.3** 采用钢筋应力计时，钢筋应力计与主筋采用焊接或套筒连接。

**6.6.4** 传感器埋设前应进行标定和编号，做好防护措施。

**6.6.5** 采用光纤传感技术进行分布式轴力监测时，应满足以下要求：

**1** 混凝土支撑轴力监测，分布式应变传感光缆宜采用定点结构，定点间距不大于1m，光缆抗拉强度不小于3000N，变形范围不低于-3000~+5000με，并采用分布式温度传感光缆进行温度修正；

**2** 钢支撑轴力监测，宜采用带状结构的分布式应变传感光缆，变形范围不低于±3000με，并采用分布式温度传感光缆进行温度修正；

**3** 混凝土支撑轴力监测，分布式应变传感光缆沿主筋绑扎布设，应不少于1个对称“U”型回路；钢支撑轴力监测，分布式应变传感光缆沿表面黏贴布设，应不少于1个对称“U”型回路。

**4** 光纤数据采集设备应具备自动化采集功能，分辨精度不低于2με，测试重复性不低于±10με，设备使用环境温度优于-10℃~50℃。

**6.7 结构应力监测**

**6.7.1** 应根据监测对象的结构形式、材质、施工工艺等选择相应类型的传感器，并结合智能采集传输模块进行监测。

**6.7.2** 围护结构桩（墙）体、抗拔桩、工程桩等，隧道初支、二衬等结构应力监测可采用钢筋计，钢立柱、钢围檩（腰梁）等结构应力监测可采用表面应变计，传感器宜具有测温功能。

**6.7.3** 采用光纤传感技术进行分布式应力监测，应满足6.6.5条相关要求，其他相关要求同6.6节。

**6.8 锚杆及土钉拉力监测**

**6.8.1** 锚杆和土钉拉力宜采用测力计、钢筋应力计或应变计等结合智能采集传输模块进行监测，当使用钢筋束作为锚杆时，宜监测每根钢筋的受力。

**6.8.2** 自动化采集设备量测精度不宜低于0.5%F·S，分辨率不宜低于0.2%F·S。

**6.8.3** 采用光纤传感技术进行监测时，应满足以下要求：

**1** 锚杆及土钉拉力监测宜采用光纤光栅，单点或多点监测；

**2** 光纤光栅应变测试范围不低于±3000με，通过锚杆、土钉切槽黏贴布设；

**3** 光纤数据采集设备应具备自动化采集功能，分辨精度不低于2με，测试重复性不低于±10με，设备使用环境温度优于-10℃~50℃。

**6.9 水位监测**

**6.9.1** 地下水位自动化监测可采用振弦式、电容式、超声波式、光纤式等传感器设备结合智能采集传输模块量测，且应符合以下要求：

**1** 设备的最大量程应满足地下水位的变化需要；

**2** 设备应具备运行状态自检和报警功能；

**3** 设备应具备抗干扰、腐蚀能力及温度修正功能。

**6.9.2** 水位监测设备分辨率不宜低于0.5% F·S，且测量精度优于10mm。

**6.9.3** 安装设备时，应详细记录设备参数、校准参数以及水位监测点位信息。

**6.9.4** 设备重新安装时，应重新采集初始值并校准计算参数。

**6.10 倾斜监测**

**6.10.1** 倾斜监测可选用倾斜仪法、差异沉降法、坐标法等观测方法。

**6.10.2** 倾斜仪法可采用水管式、光纤或电子倾斜仪等进行观测，倾斜仪应具备连续读数、自动记录和数字传输功能。

**6.10.3** 差异沉降法可采用静力水准仪、智能全站仪等进行观测，观测方法、精度及其他要求参照6.3节。

**6.10.4** 坐标法可采用智能全站仪进行观测，观测方法、精度及其他要求参照6.2节。

**6.10.5** 观测精度应符合国家现行标准《工程测量标准》GB50026 和《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

**6.11 裂缝宽度监测**

**6.11.1** 裂缝宽度自动化监测可采用裂缝计、位移计或光纤传感器等设备量测，设备的量程、精度应满足监测需要。

**6.11.2** 设备应沿裂缝的垂直方向布设。裂缝监测设备应能准确的测量裂缝的开合度，必要时设置多个传感器对不同裂缝发展方向进行测量。

**6.11.3** 裂缝宽度量测精度不宜低于 0.1mm。

**6.11.4** 采用光纤传感技术进行分布式裂缝监测时，应满足以下要求：

**1** 1mm以内微裂纹宜采用全紧包类分布式传感光缆，1mm以上裂缝宜采用定点结构分布式传感光缆，变形测试范围不低于0~20000με；

**2** 裂缝监测全紧包类分布式传感光缆可采用表面黏贴布设或混凝土内埋布设，裂缝监测定点结构类分布式传感光缆可采用夹具固定安装或混凝土内埋布设；

**3** 光纤数据采集设备应具备自动化采集功能，分辨精度不低于2με，测试重复性不低于±10με，设备使用环境温度优于-10℃~50℃。

**6.12 爆破振动监测**

**6.12.1** 爆破振动监测系统包括测振传感器（拾振仪）、自动数据采集仪及数据后处理平台。

**6.12.2** 测振传感器的安装应满足以下要求：

**1** 应保证测振传感器与被测对象黏贴紧密，避免置于松软地面以及不平整、不坚实的构件表面。

**2** 安装过程中应严格控制每一测点不同方向的测振传感器安装角度，角度误差不大于5°。

**3** 仪器安装和连接后应进行监测系统的测试。

**6.12.3** 现场监测应满足以下要求：

**1** 应收集爆破规模、爆破方式、孔网参数及起爆网路等爆破参数。

**2** 合理选择自触发设定值，设置的量程、记录时间及采样频率应满足被测物理量的监控要求。

**3** 监测过程应避免影响环境振动监测值的非振动源干扰。

**4** 监测过程中应保证仪器电压稳定。

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

**6.13 其他监测**

**6.13.1** 土体分层竖向位移监测

**1** 土体分层竖向位移可通过埋设磁环式分层沉降标，采用分层沉降仪结合智能采集传输模块进行监测；或通过埋设深层沉降标，顶部安装静力水准仪进行监测；

**2** 系统精度不宜低于1.5mm；

**3** 应定期监测管口或静力水准基准点的高程变化；

**4** 可采用定点式应变传感光缆实现土体分层竖向位移监测，传感光缆变形范围不低于±10000με。

**6.13.2** 孔隙水压力监测

**1** 孔隙水压力监测宜通过埋设孔隙水压力计结合智能采集传输模块测试；

**2** 孔隙水压力计应满足以下要求：

1）量程应满足被测压力的要求，可取静水压力与超孔隙水压力之和的2倍；

2）精度不宜低于0.5%F·S，分辨率不宜低于0.2%F·S。

**3** 孔隙水压力计埋设可采用压入法、钻孔法等；

**4** 孔隙水压力计应提前埋设，且应满足以下要求：

1）孔隙水压力计应浸泡饱和；

2）核查标定数据，记录探头编号，测读初始读数。

**6.13.3** 土压力监测

**1** 土压力自动化监测宜采用土压力计结合智能采集传输模块进行量测。

**2** 土压力计的量程应满足被测压力的要求，其上限可取设计压力的2 倍，精度不宜低于0.5%F·S，分辨率不宜低于0.2%F·S。

**3** 土压力计埋设以后应立即进行检查测试，基坑降水前应至少经过1 周的稳定期。

**6.14 远程视频监控**

**6.14.1** 现场监控系统包括前端监控点、存储系统、传输网络及平台接入等。

**6.14.2** 前端视频在不联网条件下，在NVR等录像设备中存储时间应不小于30天。摄像机内自备存储卡的缓存实时存储应不小于7天。

**6.14.3** 视频监控系统宜具备AI智能感知功能，在光线较暗处也应有良好的成像效果。

**6.14.4** 远程视频监控相关技术要求应符合《公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求》GB/T 28181。

**6.15 动态巡查**

**6.15.1** 应对系统硬件现场设施、系统硬件终端、系统软件设施进行定期和不定期的巡查，实时掌握现场情况。巡查信息应结合仪器监测数据进行分析，发现异常或险情时，应按规定程序及时反馈。

**6.15.2**  应加强自动化监测系统的维护和管理，定期对监测系统设备设施的稳定性、外观完好性、标识等进行巡查校验。

**6.15.3**  应以填表、拍照或摄像等方式进行，按相关标准、规范及附录A的要求填写巡查记录，并及时整理巡查信息。

**6.16 比对测量**

**6.16.1** 自动化监测项目应进行比对测量，并应符合以下规定：

**1** 比对测量频率每月不低于1 次；

**2** 当检查发现传感器有可能变动或监测结果有异常时，应进行比对测量；

**3** 重要施工节点或特殊施工方法实施时，宜进行比对测量。

**6.16.2** 采用比对测量的各监测项目宜符合下列规定：

**1** 水平位移采用激光测距仪进行监测的宜使用全站仪进行比对测量；

**2** 竖向位移采用全站仪或静力水准仪进行监测的宜使用水准仪进行比对测量；

**3** 净空收敛采用全站仪进行监测的宜使用激光测距仪进行比对测量；

**4** 深层水平位移采用固定式测斜仪进行监测的宜使用滑动式测斜仪进行比对测量；

**5** 地下水位采用传感器进行监测的宜使用钢尺水位计进行比对测量；

**6** 倾斜采用倾斜仪进行监测的宜使用全站仪或水准仪进行比对测量；

**7** 裂缝采用裂缝计进行监测的宜使用游标卡尺进行比对测量。

**6.16.3** 比对测量的方法、设备、精度应满足现行有关规范要求。

7 监测成果及信息反馈

**7.1.1** 自动化监测成果应包括日报、阶段性报告和总结报告等，监测报告的内容应真实、准确、完整，并宜用文字阐述与图表或图形相结合的形式表达。

**7.1.2** 监测成果资料宜由软件系统自动生成，并包含完善的信息，内容应满足《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911相关要求，但应经过人工审核校对。

**7.1.3** 自动化监测系统应具有针对不同层级、权限的相关人员，进行梯次预警的功能。

**7.1.4** 监测过程中的成果资料提交、监测报告报送、监测预警及相关情况通知等宜采用信息化方式进行反馈。

**7.1.5** 预警控制标准、预警信息报送、预警处置和响应、消警等相关内容和流程应符合现有规范要求。

附录A 自动化监测系统设备巡查记录表

**表A 自动化监测系统设备巡查记录表**

监测工程名称： 编号：

巡查时间： 年 月 日 时- 时 天气： 温度：

| 分类 | 巡查内容 | 巡查结果 | 备注 |
| --- | --- | --- | --- |
| 系统硬件现场设施 | 基准点完好状况 |  |  |
| 工作基点完好状况 |  |  |
| 监测仪器设备完好状况 |  |  |
| 监测传感器完好状况 |  |  |
| 通信设施（含线缆）完好状况 |  |  |
| 供电设施（含线缆）完好状况 |  |  |
| 基准点、工作基点、监测点等保护装置完好情况 |  |  |
| 标识标牌完好状况 |  |  |
| 各类设施的保护装置完好状况 |  |  |
| 系统硬件终端 | 计算机设备完好状况、运行情况 |  |  |
| 系统软件设施 | 自动化监测系统软件运行情况 |  |  |

巡查人： 项目负责人：

监测单位：

附录B 自动化监测与人工监测数据比对表

**表B 自动化监测与人工监测数据比对表**

监测工程名称： 编号：

对比时间： 年 月 日 时- 时 天气： 温度：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 监测项目 | |  | | |
| 自动化监测方法 | |  | 人工监测方法 |  |
| 序号 | 点号 | 自动化监测成果 | 人工监测成果 | 差值 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 结论： | | | | |

比对人： 项目负责人：

监测单位：

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对于要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 本标准中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……要求或规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

1 《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497

2 《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911

3 《工程测量标准》 GB 50026

4 《爆破安全规程》GB 6722

5 《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308

6 《公共安全视频监控联网系统信息传输、交换、控制技术要求》GB/T 28181

7 《建筑变形测量规范》 JGJ 8

8 《城市轨道交通结构安全保护技术规范》CJJ/T 202

9 《江苏省城市轨道交通工程监测技术规程》DGJ32/J 195

**江苏省土木建筑学会标准**

城市轨道交通工程自动化监测技术标准

**T/JSTJXH ×××-20××**

**条文说明**

**目 次**

[1 总则 26](#_Toc86682014)

[3 基本规定 27](#_Toc86682015)

[4 自动化监测软件系统要求 29](#_Toc86682016)

[5 自动化监测硬件系统要求 30](#_Toc86682017)

[6 自动化监测方法及技术要求 31](#_Toc86682018)

[6.1 一般规定 31](#_Toc86682019)

[6.2 水平位移监测 31](#_Toc86682020)

[6.3 竖向位移监测 32](#_Toc86682021)

[6.4 净空收敛监测 32](#_Toc86682022)

[6.5 深层水平位移监测 33](#_Toc86682023)

[6.6 支撑轴力监测 34](#_Toc86682024)

[6.7 结构应力监测 34](#_Toc86682024)

[6.8 锚杆及土钉拉力监测 35](#_Toc86682025)

[6.9 水位监测 35](#_Toc86682026)

[6.10 倾斜监测 36](#_Toc86682027)

[6.11 裂缝宽度监测 36](#_Toc86682028)

[6.12 爆破振动监测 37](#_Toc86682029)

[6.13 其他监测 37](#_Toc86682030)

[6.15 动态巡查 38](#_Toc86682031)

[6.16 比对测量 38](#_Toc86682031)

[7 监测成果及信息反馈 40](#_Toc86682032)

1 总则

**1.0.1** 随着城市轨道交通的大规模建设和运营，以及城市轨道交通沿线的高强度物业开发，轨道交通结构的安全监测工作日益重要。根据国内典型的城市轨道交通工程事故的原因分析，监测工作无法准确及时反映变形情况是导致安全事故的重要原因之一。一方面，传统的监测手段工作效率低，监测信息反馈无法及时、监测成果质量受诸多因素影响很难得到保证；另一方面，随着自动化监测技术的快速发展，以其特有的优势在城市轨道交通工程监测领域得到了较好的应用。因此，为了更好地指导、促进并规范城市轨道交通工程自动化监测技术的实施，编制本技术标准，使得监测工作真正做到技术先进、经济合理、安全实用、成果可靠，从而更好地确保工程和周边环境安全。

**1.0.2** 本条是对本标准适用范围的界定。本标准适用于江苏省范围内城市轨道交通工程全生命周期的自动化监测工作。

**1.0.3** 城市轨道交通工程自动化监测尚处于推广应用阶段，因此应充分考虑各种因素、具体问题具体分析，编制有针对性的自动化监测方案，精心组织和实施，确保监测方案、监测软、硬系统、监测数据分析和处理、预警等环节能正常发挥自动化监测的优势作用。

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

3 基本规定

**3.0.1** 目前自动化监测技术正处于推广应用阶段，本标准对以下六种情况下建议采用自动化监测：

**1** 工程监测等级为一级的基坑工程，工程监测等级的划分标准参照《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911；

**2** 外部作业影响等级为一级及以上的工程，外部作业影响等级的划分标准参照《城市轨道交通结构安全保护技术规范》CJJ/T 202；

**3** 监测频率要求较高的工程，包括异常情况下的应急监测；

**4** 人工监测不便于实施的工程，包括现场环境复杂测工程、夜间施工的工程、现场环境不限于监测人员长期滞留的工程等；

**5** 其他有特殊要求的工程，如临近有重要建（构）筑物、文物等的工程等，也建议采用自动化监测。

**3.0.2** 由于自动化监测技术仍在不断发展过程中，实施自动化监测的项目在实施前应根据设计要求及工程特点，进行专项监测设计，编制自动化监测实施方案，监测实施方案应经建设、设计、监理等单位认可和批准，作为后续实施和管理的依据。

**3.0.3** 监测方案是监测单位实施监测的重要技术依据和文件，为规范监测方案、

保证质量，本条概括出了监测方案所包括的11个主要方面。

**3.0.5** 由于自动化监测数据采集手段不同，例如位移可以直接通过位移类传感器获取，与相关规范中以坐标中误差方式表示位移精度的方式难以直接匹配，因此对于这种情况，应以规范中允许变形量的1/10～1/20 作为测量精度指标。数据采集原理相同的，自动化监测精度参照《建筑变形测量规范》JGJ 8执行。

**3.0.6** 水平位移监测、沉降监测涉及到监测基准点的问题，自动化监测仅是监测手段不同，其基本原理应是一致的。因此，基准点、工作基点的布设及测量精度应按现行有关规范的要求执行。

**3.0.7** 自动化监测传感器的质量和技术指标直接决定了监测成果的质量和精度，因此，自动化监测传感器的相关指标应符合监测要求。

**3.0.8** 自动化监测硬件系统布设在基坑或隧道内，设备的布置应根据现场施工条件合理安排，便于现场实施和监测点的保护，同时应避免设备侵限。

**3.0.9** 自动化监测设备的稳定可靠直接关系到监测数据的稳定性和连续性，因此，本条规定监测点应设置专用的警示标语、指示牌或安装专用的保护装置，做好自动化监测设施、设备的保护工作。

**3.0.11** 由于自动化监测设施、设备多为电子设备或传感器，长期放置在户外，加上长时间的使用，容易出现问题，导致监测数据的不可靠，因此，应定期或不定期对自动化监测设施、设备进行检查和维护，保证自动化系统正常运行。

**3.0.12**  自动化监测频率较高，数据量大，监测数据和工程风险紧密联系，数据的存储和保护尤为重要。因此，应设置必要的数据安全保护措施，如数据备份、数据加密、数据监控、权限管理等，避免在异常情况下造成数据丢失或泄露。

**3.0.13** 自动化监测系统应能够实时反馈监测信息，包括监测原始数据、监测变化量、监测成果报告、监测预警信息等。

4 自动化监测软件系统要求

**4.0.5**  监测信息包含监测原始数据，监测成果数据与监测相关的其他数据，如现场照片、视频监控以及现场记录表等数据。查询宜具备图表查看数据功能，宜具备按照选择时段展示数据功能等。

5 自动化监测硬件系统要求

**5.0.2** 自动化监测硬件系统应能保证监测工作（数据）的连续性。

**5.0.3** 传感器件的重复性和分辨力等特性应满足现有标准、规范规定。

传感器件重复性测试，在相同的条件下测试获得的一系列测试结果之间的较差应满足监测要求。

传感器件分辨率为测量过程中可觉察到变化量的最小变化。

**5.0.6** 用电设备的选择应满足传感器件、采集设备的供电需求，电压以及功率应该保持稳定，配置备用电源应满足外接电源断电的情况下，备用电源能自动切换，且连续供电时长不宜小于72h。

**5.0.8** 本条提出应编写系统使用手册及故障时应有应急措施。使用系统手册包含系统原理、系统组成、接线原理图以及常规故障排查解决方案等，应急措施应包含配备备用设备，人工应急监测预案等；

对自动化监测系统检查频率提出具体要求，巡检参考附录A频次不宜少于每月 1 次，强台风、暴雨等特殊天气后宜进行 1 次全面检查、维护；

系统维护是系统运行稳定的保障，应对过程的详尽记录可以实现后续问题的倒查，准确及时的找到原因，本条规定自动化监测系统的日常维护应具备相应的日志记录。建议采用系统电子记录的方式，详尽记录各项操作过程。

6 自动化监测方法及技术要求

**6.1 一般规定**

**6.1.1** 自动化监测的方法有多种，监测对象和监测项目不同，监测方法就不相同。自动化监测方法的选择应综合考虑各种因素，便于现场操作实施，在满足监测精度要求的前提下，还应兼顾经济性及技术可行性。同时，随着科学技术的不断进步，以物联网技术为代表的新技术快速发展，监测仪器及监测传感器的更新也日新月异，新的监测技术手段在工程中也不断得到应用。只要能满足监测精度要求，运行稳定可靠，本标准提倡使用新技术、新方法，以促进自动化监测技术的不断进步和发展。

**6.1.2** 和人工监测一样，自动化监测初始值采集时间、次数均应满足相关规范要求，数据采集应在设备调试完成且系统运行稳定后进行，平均值的确定应是连续3次采集的稳定数据，不同数据采集时间间隔要尽量缩短。

**6.1.3** 变形监测网的网点宜分为基准点、工作基点和变形监测点。基准点不应受基坑开挖、降水、桩基施工以及周边环境变化的影响，应设置在位移和变形影响范围以外、位置稳定、易于保存的地方，并应定期复测，以保证基准点的可靠性。

**6.1.4** 对自动化监测数据的处理方法进行规定，软件系统的功能和参数应符合本标准的要求。

**6.2 水平位移监测**

**6.2.1** 水平位移自动化监测通常采用智能全站仪、激光测距仪进行测量，智能全站仪可用于基坑和隧道的水平位移监测，激光测距仪可用于基坑的水平位移监测，除此以外，其他满足精度要求的设备及新技术在满足本标准及其他相关规范要求前提下亦可使用。

**6.2.2** 水平位移自动化监测有多种方法，考虑到监测项目的特殊情况，工作基点布设在工程影响范围外时，受现场围挡、机械等影响，无法进行观测，通常把工作基点布设在监测点附近，采用多点后方交会设站可以对工作基点的坐标进行实时更新。采用多点后方交会设站时后视点数量对测站点的精度影响较大，建议后视点数量不少于5个，提高多余观测，从而提高监测精度。

工作基点要求必须设置观测墩，消除对中误差，从而提高整个观测网精度。

测量环境的温湿度、气压变化会对测量结果产生一定的影响，特别是在野外作业时，测量环境的影响更大，因此建议在全站仪架设处安装电子温湿度气压计，可对测量结果进行相应修正。

观测距离和测站点点位中误差直接关系着监测点的点位中误差，观测距离过长或测站点的点位中误差过大，直接会导致监测点的点位中误差超限，因此，对观测距离和测站点点位中误差进行限定，更有利于控制测量成果的精度。

**6.2.3** 激光测距仪安装后可能会受周边环境影响产生位移，所以应及时调整监测视线。

**6.3 竖向位移监测**

**6.3.1** 智能全站仪、静力水准仪、电水平尺因生产厂商不同，其原理、性能和规格差别较大，应根据不同的设备和方法制定相应的技术方案和作业规程，并采用人工复核等校验手段，以保证监测仪器满足相关规范的要求。

**6.3.2** 采用全站仪同步进行水平位移观测时，观测数据已经包含了三角高程方法计算高差所需要的主要原始数据，因此在观测水平位移时宜同步观测并计算竖向位移，可以提高现场的监测效率。

**6.3.3** 静力水准仪的相关技术要求应按照《建筑变形测量规范》JGJ 8相应规定执行。应定期对静力水准仪系统进行检查维护，特别注意连通管中是否有气泡、容器中浮子上是否有液体附着。

**6.3.4** 由于电子水平尺受到损坏将直接导致其后面的监测点位无法计算，并且该损坏尺段恢复时所带来的误差对后面的监测点都有影响。因此采用电水平尺监测时，对监测设备的保护尤为重要。电水平尺和数据采集器应采用可靠的防潮保护，可采用金属箱加以保护，避免碰撞。

**6.4 净空收敛监测**

**6.4.2** 在隧道内采用智能全站仪进行净空收敛监测时，收敛测线两端监测点应布设在同一断面上，且两端点连线与圆心的偏差不宜过大，以准确反映收敛数据的变化。

**6.4.3** 在隧道内采用激光位移计进行净空收敛监测时，应设置照准标志，照准标志可采用喷漆、印章等形式，其表明应光滑，避免因蜂窝麻面影响测量精度，表面粗糙时应先进行打磨。

**6.5 深层水平位移监测**

**6.5.1** 滑动式自动测斜仪一般为带有伺服马达的滑动式测斜仪，通过伺服马达转动结构连接滑动式测斜仪的电缆线，实现滑动式测斜仪在测斜管中自动升降，同时具备自动记录数据功能。

**6.5.2** 自动化监测采取固定式测斜进行深层水平位移时，应该满足以下要求：

**1** 如果遇到不良地质土层，采用管口作为起算点计算管型时，测斜管管口变化量的测量方式参考本标准6.2。

**6** 0.25mm/m是遵循的现有相关规定，0.04mm/m是对传感器精度进行要求。参照《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497中6.4规定。

**6.5.3** 滑动式自动测斜仪中使用的滑动式测斜仪设备，要满足现有测斜人工监测中对于滑动式测斜仪的要求。

**6.5.4** 本条对采用光纤传感技术监测深层水平位移的内容进行说明：

**1**  光纤测斜管为将光纤附着于测斜管对称两面或四面，通过感知管体应变，从而计算深层水平位移的测斜管；

**2** 光缆抗拉强度要求是为抵抗布设、注浆过程中产生的破坏；传感光缆的变形范围要求，为按照钢筋发生屈服时应变的2倍，并结合混凝土裂纹影响及实际经验确定；

**3** 支护结构深层水平位移监测光纤布设工艺如下：

1）选点定位：在围护结构钢筋笼上选择对称分布的两根主筋，将传感光缆笔直贴合在所选择的主筋上；

2）定点绑扎：在工程现场中提前以“定点绑扎”的方式把传感光缆固定在第一节钢筋笼上，底部做好过弯处理，“定点绑扎”即间隔一段固定一点的绑扎方式；

3）预留光缆：应根据钢筋笼分节数量与分节长度，将对应长度的传感光缆绕圈固定在首节钢筋笼头部，并在后续每节钢筋笼上预留牵引绳；

4）接桩处理：待第一节钢筋笼与第二节钢筋笼接合完毕后，利用提前预留的长绳将底部光缆拉至钢筋笼顶部。开始下放钢筋笼，下放一段后，停顿一会儿，理顺并向上预拉光缆，沿着钢筋笼的侧面绑扎固定传感光缆；

5）桩头保护：后期桩头处理过程很容易破坏桩头预留传感光缆，因而桩头处传感光缆应采用高强度的双层管（内层钢管、外层PVC管）进行保护。

**4** 基于光纤应变数据的水平位移可按下列公式计算：



式中，H为结构体的埋深；r为对称布设的光纤之间的距离；εa、εb 为两侧应变测试值；C、D为积分常数，可以通过位移边界条件和变形连续条件来确定。其中，两端约束的边界条件为顶底挠度为零。

**6.6 支撑轴力监测**

**6.6.6** 本条对采用光纤传感技术监测支撑轴力的内容进行说明：

**1** 按照钢结构屈服时最大应变的2倍考虑钢支撑监测传感光缆的变形范围。

**2** 混凝土支撑轴力监测传感光缆布设工艺如下：

1）选定点位：混凝土支撑钢筋笼制作完成后，在对称两个面各选取一根主筋作为光缆布设的线路，要求两根主筋在同一个竖向平面上；

2）定点绑扎：以“定点绑扎”的方式把感测光缆固定在选定的钢筋笼主筋上，并在混凝土支撑一端形成U型回路，并在回路位置做好过弯处理；

3）出线保护：在后期出土等施工过程中，出线端位置引线光缆很容易遭到破坏，在出混凝土位置用高强管进行保护。

**3** 钢支撑轴力监测传感光缆布设工艺如下：

1）选点定位：在钢支撑吊装至安装位置后，及加载前进行选点安装。在支撑对称面各选择一条测线，并沿支撑水平长度方向画线标记。

2）底胶涂覆：在光缆布设线路上涂刷一层底胶，提高光缆与待测结构之间的粘合度；

3）光缆布设：沿着路线布设传感光缆，要求布设过程平直，同时排去光缆与底胶之间可能产生的气泡；

4）面胶涂覆：在整条光缆上再刷一层面胶，确保整条线路中光缆完全浸入粘结剂；

5）接头保护：出线位置光纤穿5mm铠装空管进行保护，再穿钢丝软管保护，根据具体项目要求，引至监测位置。

**6.7 结构应力监测**

**6.7.1~6.7.3** 结构应力监测所采用设备、监测方法和其他相关要求同6.6节。

**6.8 锚杆及土钉拉力监测**

**6.8.3** 白天夜晚温差较大的情况下，宜采取晚间数据作为基准数据参与平均值的计算。

**6.8.4** 本条对采用光纤传感技术监测锚杆及土钉拉力的内容进行说明：

**1** 传感光纤光栅为在光纤上进行了光栅点刻写，形成的单点或多点连续，实现应变监测的传感器；

**2** 锚杆拉力监测光纤布设工艺如下：

1） 锚杆打磨：光纤布设前，对锚杆进行打磨，去除铁锈等凸起，并用酒精清洗擦拭干净；

2）光纤固定：利用快干粘结剂固定光纤首尾部分，保持光纤有一定的预拉伸，螺纹钢可利用竖向肋底角布设，圆钢宜切槽布设；

3）环氧黏贴：调配环氧树脂与固化剂，涂抹覆盖光纤，戴胶手套稍用力沿着同一方向将粘结剂抹匀，使得粘结剂薄薄一层覆盖光纤；

4）接头保护：将出线的一头用螺纹护套进行保护，锚杆上部分护套用环氧覆盖；

5）锚杆植入：待粘结剂达到强度（一般24h）后，将制作完成的感知锚杆植入支护体，注浆耦合。

**6.9 水位监测**

**6.9.1** 市场上不同类型和原理的地下水位监测设备，在满足准确度要求的前提下，传感器设备的品种、规格宜统一。采用渗压式孔隙水压力计时，宜对出厂的渗压式孔隙水压力计，进行K值的校验，校验K值与实际出厂K值相差超过10%的设备，不应用于水位自动化的监测。水位探头部分要做到定期清理。

K值校验过程：

1：初始值：将空隙水压力计探头清洗干净且以水饱和的中沙、细沙用钢丝网或者棉布包裹、将空隙水压力计浸泡在水中24 小时后，将空隙水压力计探头暴露在空气中，测量初始值（重复采集，取平均值K0单位：hz）。

2：在距离探头底部位置量取10米电缆线，并做好标记，将孔隙水压计探头放置在水位空中，电缆线标记位置固定在水位管口，保证孔中电缆线保持竖直，静止24小时后，重复采集读数，并取平均值K1，（单位：hz）同时使用电子水位尺量取管口至水面的距离L（单位：米）。

3：K值的标定为：K=（10-L）/( K0^2- K1^2)/100。

**6.9.2** “稳定”是指根据传感器的读数稳定，应与实际工况一致，不应受外界环境影响，外界环境一般指温度和大气压强。

**6.9.6** 水位传感器测量的初始值与人工采集的初始值应换算到统一基准面。

**6.10 倾斜监测**

**6.10.1** 建(构)筑物倾斜监测应根据现场观测条件和要求确定不同的监测方法。当被测建(构)筑物具有足够的整体结构刚度时，可以采用倾斜仪法或差异沉降法。当被测建(构)筑物具有明显的外部特征点和宽敞的观测场地时，可以采用坐标法等，测出每对上部和底部观测点之间的水平位移分量，再按矢量计算方法求得倾斜量和倾斜方向。

**6.11 裂缝宽度监测**

**6.11.1**  裂缝的位置、走向、长度、宽度、深度是裂缝监测的五个要素，本规程中只说明宽度的自动化监测方法，其他要素可采用人工方法进行监测。

**6.11.2**  工程施工前应对周围环境监测对象的裂缝情况进行现状调查，并保存裂缝监测前的影像资料。

**6.11.4** 光纤传感技术适合于未知裂纹的普查，及连续裂纹的监测；全紧包传感光缆对裂纹更为敏感，适用于微裂纹监测；定点式传感光缆测量范围大，适用于裂纹发展监测；针对裂纹监测，传感光缆变形测量范围宜尽量大，现阶段大部分应变传感光缆最大变形测量值为20000με，对应裂纹最大变形量为2cm/m。

**6.12 爆破振动监测**

**6.12.1~6.12.4** 测振传感器可采用垂直、水平单向传感器或三矢量一体传感器。传感器频带范围应覆盖被测物理量的频率，记录设备的采样频率应大于12倍被测物理量的上限主振频率，传感器和记录设备的监测幅值范围应满足被测物理量的预估幅值，测试导线宜选用屏蔽电缆。

当被测对象是岩石或混凝土介质时，应保证传感器与被测物之间的刚性粘结，使传感器与被测物体连接成一个整体，粘结剂可采用生石膏粉、环氧砂浆、环氧树脂胶等，也可预埋螺栓将传感器底面与螺栓紧固。对安装于侧壁或拱顶等部位的传感器，应采用固定夹具使传感器与侧壁或拱顶连接牢固。被测对象为土体时，可将表面松土夯实，再将传感器直接填埋在夯实的土体中；当在砂土、软土中安装传感器时，宜在土中打设钢钎或长螺旋杆固定传感器。

**6.13 其他监测**

**6.13.1** 埋设磁环式分层沉降标时宜通过有线方式，将信号线连接至管口，并做好信号线的保护及标识，便于识别和信号的自动化采集。

采用定点式应变传感光缆实现土体分层竖向位移监测时，需对开挖面以上传感光缆段进行保护；根据现阶段大部分传感光缆应变最大量程20000με进行设计，土体分层沉降传感光缆变形测量范围-10000~+10000με，同时适应压缩与隆起变形，对应位移量为±1cm/m。

土体分层竖向位移监测光纤布设工艺如下：

1）导头连接：将传感光缆与承重钢丝绑扎，底部固定于配重导头；

2）光缆下放：在导头重力作用下，缓慢下放光缆，过程中由钢丝绳受力；

3）光缆固定：待光缆下放到底部后，向上提拉50-100cm，拉紧光缆，并固定在孔口固定架上；

4）初步检测：利用红光笔、OTDR、便携式光纤解调设备对光缆布设通断进行检测；

5）钻孔回填：20m以浅通过直径10mm的黏土球回填，20以深采用2-5mm石英砂回填；

6）孔口保护：待回填料沉稳后（通常为30天），拆除孔口固定架，通过引线光缆引至监测集成点。

**6.13.2** 孔隙水压力探头埋设有两个关键，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。

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2～3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。

**6.13.3** 由于土压力计的结构形式和埋设部位不同，埋设方法很多，例如挂布法、顶入法、弹入法、插入法、钻孔法等。土压力计埋设在围护墙构筑期间或完成后均可进行。若在围护墙完成后进行，由于土压力计无法紧贴围护墙埋设，因而所测数据与围护墙上实际作用的土压力有一定差别。若土压力计埋设与围护墙构筑同期进行，则须解决好土压力计在围护墙迎土面上的安装问题。在水下浇筑混凝土过程中，要防止混凝土将面向土层的土压力计表面钢膜包裹，使其无法感应土压力作用，造成埋设失败。另外，还要保持土压力计的承压面与土的应力方向垂直。

根据场地勘察资料及埋设深度预估待测土压力，土压计的量程选择应以预估土压力为依据，量程不宜过大，上限宜取最大设计压力的1.5～2.0倍。

土压力计宜采用有线方式将信号线引出，便于信号采集工作。

**6.15 动态巡查**

**6.15.1~6.15.3** 现场巡查内容除应执行现行标准、规范、规程等文件要求，还应针对自动化监测设施、线缆、基准点、工作基点、监测点、测点标志标牌、保护装置、系统终端等进行巡查。

监测系统设备设施应备有备品、备件，强台风、暴雨等特殊天气后宜进行1次全面检查、维护。

**6.16 比对测量**

**6.16.1~6.16.3** 自动化监测项目应定期或根据现场实际情况进行比对测量，比对测量宜采用人工监测方法进行，监测方法根据自动化监测的方法不同进行选择，但应能体现测量成果的差异性。

7 监测成果及信息反馈

**7.1.1~7.1.5** 日常监测报告应由自动化监测软件系统自动生成，监测报告包含的内容应完整，监测报表的格式参照现有规范的要求执行。但是自动生成的监测报告应经过人工审核，无误后方可上报，防止系统错误出现误报的情况。

监测过程中成果资料包含当日报、阶段性报告、总结报告、异常情况通知、预警通知等，监测成果资料的反馈应依托自动化监测软件系统进行，提高监测信息反馈的时效性。当出现预警时，应根据不同的预警等级，将相关预警信息发送至不同层级、权限的相关人员。