中 国 测 绘 学 会

关于批准发布《城市轨道交通工程变形自动化监测系统技术规范》等3项CSGPC标准的公告

2026年第8号

各有关单位:

《城市轨道交通工程变形自动化监测系统技术规范》等3项标准已按规定程序完成制定，现于2026年06月08日首次批准发布。该3项标准自2026年09月07日起施行，标准名称及标准号信息如下:

序号	标准名称	标准号
1	城市轨道交通工程变形自动化监测系统技术规范	T/CSGPC 84-2026
2	历史文化资源现状测绘成果规范	T/CSGPC 85-2026
3	导航电子地图公共交通数据生产技术规范	T/CSGPC 86-2026

特此公告。

中国测绘学会

2026年06月08日

ICS 07.040

CCS A 78

TB

团 体 标 准

T/CSGPC 84-2026

城市轨道交通工程变形自动化监测系统技术规范

Technical specification for automatic deformation monitoring system of urban rail transit engineering

2026-06-08 发布

2026-09-07 实施

中国测绘学会 发布

中国测绘学会团体标准（CSGPC）

中国测绘学会团体标准（CSGPC）
中国测绘学会团体标准（CSGPC）
中国测绘学会团体
中国测绘学会团体标准（CSGPC）
中国测绘学会团体标准（CSGPC）
中国测绘学会团体
中国测绘学会团体标准（CSGPC）
中国测绘学会团体标准（CSGPC）
中国测绘学会团体

目　次

前言 III
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义、缩略语 1
3.1 术语和定义 1
3.2 缩略语 1
4 基本要求 2
4.1 监测原则 2
4.2 时空基准 2
4.3 监测对象 2
4.4 监测项目 3
4.5 监测精度 3
4.6 监测频率 3
4.7 系统方案设计 3
4.8 比对测量 3
4.9 质量控制 3
4.10 安全与保密 3
4.11 证实方法 4
5 系统组成 4
5.1 一般规定 4
5.2 监测设备 4
5.3 供电系统 5
5.4 防雷装置 5
5.5 网络通信设备 5
5.6 监测服务器 5
5.7 系统软件 6
6 系统功能 6
6.1 一般规定 6
6.2 数据采集 6
6.3 数据传输 6
6.4 数据管理 7
6.5 数据处理 7
6.6 监测预警 7
6.7 三维可视化 8
6.8 系统软件管理 8
7 系统安装与调试 8
7.1 一般规定 8
7.2 系统安装 8
7.3 系统调试 9
8 数据获取与分析 9
8.1 一般规定 9
8.2 数据获取 9
8.3 数据分析 13
9 系统运维 14
9.1 一般规定 14
9.2 系统运行 14
9.3 系统维护 14

中国测绘学会团体标准（CSGPC）

10 系统验收 15
附录A（资料性）自动化监测工作流程 16
附录B（资料性）自动化监测系统设备巡查记录表 17
附录C（资料性）自动化监测日报表 18
参考文献 22

中国测绘学会团体标准（CSGPC）

前　言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国测绘学会提出并归口。

本文件起草单位：中核勘察设计研究有限公司、湖南省交通规划勘察设计院有限公司、上海市隧道工程轨道交通设计研究院、河南理工大学、广东省测绘产品质量监督检验中心、河南水利与环境职业学院、浙江众合科技股份有限公司、科宇信息技术有限公司、郑州铁路科技发展有限公司、浙江华展研究设计院股份有限公司、北京富地时空信息技术有限公司、机械工业勘察设计研究院有限公司、华北水利水电大学。

本文件起草人：苗长伟、王玉振、聂子良、李世烜、连增增、丁利红、曾小威、孔令鹏、张宇、黄剑飞、王嘉伟、杨坤、慕洪涛、田宏图、谢潇、何光源、张阔、刘辉、杨德帅、冉崇宪、郝学峰、尤相骏、陈晓飞、肖远平、王成荣、岳哲、李孟迪、李霈、张宇皓、周书强、徐静静、杨超、李宏菲、李林、董建军、闫丽、江巍巍、赵霞光、宋昊天、魏绍军。

中国测绘学会团体标准（CSGPC）

中国测绘学会团体标准（CSGPC）

城市轨道交通工程变形自动化监测系统技术规范

1 范围

本文件规定了城市轨道交通工程变形自动化监测系统的基本要求，以及系统组成、系统功能、系统安装与调试、数据获取与分析、系统运维和系统验收等要求，描述了对应的证实方法。

本文件适用于城市轨道交通工程变形自动化监测系统的设计、建设和运维。

2 规范性引用文件

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

GB/T 3785.1 电声学 声级计 第1部分：规范

GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准

GB/T 18314 全球导航卫星系统（GNSS）测量规范

GB/T 22240 信息安全技术网络安全等级保护定级指南

GB 50057 建筑物防雷设计规范

GB 50343 建筑物电子信息系统防雷技术规范

GB 50911 城市轨道交通工程监测技术规范

CH/T 6007 城市轨道交通结构形变监测技术规范

JGJ 8 建筑变形测量规范

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1 变形自动化监测系统 automated deformation monitoring system

由监测仪器及传感器、数据自动采集终端、网络通信设备、监测服务器、数据库及分析预警软件组成，可实现数据采集、传输、处理、分析、预警全流程无人干预或少量人工干预的变形监测系统。

3.1.2 监测传感器 monitoring sensor

通过接触方式或非接触方式，将环境变化、应变、变形、振动等特定的被测量物理量，按一定的规律转换成某种可用信号输出的器件或装置。

3.1.3 监测项目控制值 controlled value for monitoring

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

3.1.4 监测预警 monitoring and early warning

通过对自动化监测系统获取的监测对象的监测数据和状态信息进行分析，判断工程异常状态和风险征兆，并及时发出不同级别的安全警报信息。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

4G：第四代移动通信技术（4th Generation Mobile Communication）

5G：第五代移动通信技术（5th Generation Mobile Communication）

AES-256：高级加密标准（256 位密钥）（Advanced Encryption Standard with 256-bit key）

API：应用程序编程接口（Application Programming Interface）
CPU：中央处理器（Central Processing Unit）
CSV：逗号分隔值（Comma-Separated Values）
dB：分贝（Decibel）
dBm：分贝毫瓦（Decibel relative to 1 milliwatt）
F·S：满量程（Full Scale）
FTP：文件传输协议（File Transfer Protocol）
GNSS：全球导航卫星系统（Global Navigation Satellite System）
HTTP：超文本传输协议（Hyper Text Transfer Protocol）
HTTPS：超文本传输安全协议（Hypertext Transfer Protocol Secure）
JSON：JavaScript对象表示法（JavaScript Object Notation）
JWT：JSON网络令牌（JSON Web Token）
LoRa：远距离无线电（Long Range）
MQTT：消息队列遥测传输（Message Queuing Telemetry Transport）
MTBF：平均故障间隔时间（Mean Time Between Failure）
OAuth：开放授权（Open Authorization）
$PM_{2.5}$：细颗粒物（2.5-micrometer Particulate Matter）
PM_{10}：可吸入颗粒物（Inhalable Particles）
SFTP：安全文件传送协议（SSH File Transfer Protocol）
SPD：浪涌保护器（Surge Protective Device）
SSO：单点登录（Single Sign-On）
TSP：总悬浮微粒（Total Suspended Particulates）
UPS：不间断电源（Uninterruptible Power Supply）
VPN：虚拟专用网络（Virtual Private Network）
XML：可扩展置标语言（eXtensible Markup Language）
PDF：便携式文档格式（Portable Document Format）

4 基本要求

4.1 监测原则

4.1.1 城市轨道交通工程变形自动化监测系统的选型及建设应遵循安全可靠、方案可行、技术先进、经济合理、系统便于扩展和维护的原则。

4.1.2 城市轨道交通工程在下列情况下宜实施自动化监测：

a）作业环境危险的工程；
b）无人工监测条件的工程；
c）需要进行高频次监测的工程；
d）其他特殊情况需要开展自动化监测的工程。

4.1.3 系统的布置形式可根据建设单位、产权单位要求、工程规模和特点等情况采用集中式、分布式、混合式或网络集成式。

4.1.4 系统成果检验可采用快速连续测试、人工干预物理量变化模拟、人工比对测量等方式，检查测值稳定性和准确性。

4.2 时空基准

4.2.1 系统采用城市轨道交通工程所使用的平面坐标系统及高程基准。

4.2.2 日期应采用公元纪年，时间采用北京时间。

4.3 监测对象

4.3.1 自动化监测对象的选择应在满足工程安全和周边环境保护要求的条件下，针对不同的施工方法，根据设计文件、周围岩土体及周边环境条件综合确定。

4.3.2 监测对象宜包括下列内容：

a) 基坑工程中的支护桩（墙）、立柱、支撑、锚杆、土钉等结构；
b) 矿山法隧道工程中的初期支护、临时支护、二次衬砌及盾构法隧道工程中的管片等支护结构；
c) 工程周边岩体、土体、地下水及地表；
d) 工程周边建（构）筑物、地下管线、高速公路、城市道路、桥梁及其他城市基础设施等环境；
e) 既有城市轨道交通线路的隧道结构、轨道结构以及轨道静态几何形位等。

4.4 监测项目

4.4.1 自动化监测项目应根据监测对象的特点、监测等级、工程影响分区、设计及施工的要求合理确定，并应反映监测对象的变化特征和安全状态。
4.4.2 自动化监测项目宜包括水平位移、垂直位移、深层水平位移、深层竖向位移、倾斜、裂缝、净空收敛、锚杆（索）拉力、结构应力、孔隙水压力、岩土压力、地下水位、振动以及视频巡检等内容。

4.5 监测精度

4.5.1 监测精度应根据监测项目、控制值大小、工程监测要求等综合确定，且应满足针对监测对象受力或变形特征分析的要求。
4.5.2 精度指标的选择应符合GB 50911有关规定。

4.6 监测频率

4.6.1 监测频率应能全面、系统地反映监测对象所测项目的关键变化过程与变化时刻。应根据施工方法、施工进度、监测对象、监测项目、地质条件等情况和特点，并结合当地工程经验进行确定。
4.6.2 系统应满足全天候、24h不间断自动监测要求，且满足GB 50911有关规定。
4.6.3 在基坑开挖、盾构掘进穿越敏感段等关键工况下，暴雨、台风等特殊天气时，以及监测数据出现日变化速率超过控制值50%或达到预警值的情况下，监测频率应提高至原频率的2倍；建设阶段高频监测持续时间不应少于3d，运营阶段不应少于7d。

4.7 系统方案设计

4.7.1 自动化监测实施前应进行现场踏勘，收集项目相关资料，编制监测方案。
4.7.2 自动化监测方案应通过专家评审论证，获得建设单位认可后实施。
4.7.3 自动化监测的方法、监测点布置、监测控制值等内容，应满足GB 50911相关规定。运营阶段应满足CH/T 6007相关要求。

4.8 比对测量

4.8.1 比对测量应符合下列规定：
a) 比对测量周期应根据监测对象安全等级和周边环境风险等级进行确定，每季度至少进行1次；
b) 当传感器变动或监测数据异常时，应立即开展比对测量；
c) 重要施工节点或特殊施工方法实施时，宜进行比对测量。
4.8.2 比对测量方法的选择应根据监测对象的监控要求、现场条件、当地经验和方法适用性等因素综合确定。
4.8.3 比对测量的方法、设备、精度应满足相关国家标准或行业标准的要求。

4.9 质量控制

4.9.1 系统监测仪器应定期进行检定或校准，传感器应在使用前进行标定。
4.9.2 系统软件应测评合格。
4.9.3 系统运营阶段应定期进行设备设施检查及功能测试。

4.10 安全与保密

4.10.1 自动化监测作业，应符合城市轨道交通工程建设、运维等安全管理要求。
4.10.2 自动化监测设备与供电通讯设备连接的线路应采取安全保护措施，不应影响城市轨道交通的安全运营。

4.10.3 系统应确保信息安全自主可控；监测系统信息安全等级保护应符合GB/T 22240的有关规定。

4.10.4 数据传输应进行数据加密与安全设计，并满足以下要求：

a) 数据传输应采用加密协议，支持端到端加密；

b) 数据传输双方应采用多因素身份验证，支持OAuth、JWT等认证机制；

c) 系统应建立基于角色和策略的访问控制，限制数据传输权限；

d) 系统应记录详细的传输日志，包括时间戳、传输内容摘要、状态等，支持事后审计和问题追溯。

4.11 证实方法

城市轨道交通工程变形自动化监测系统应采用以下方法进行证实：

a) 监测设备，可通过设备安装前的检验记录和运行期间设备巡查记录进行证实；

b) 系统软件功能和性能，应通过第三方检测机构测评并出具测评报告进行证实；

c) 系统运维过程中应通过系统运行日志对数据采集和数据分析处理进行证实；

d) 系统成果数据，可采用快速连续测试、人工干预物理量变化模拟、人工比对测量等方式进行验证。

5 系统组成

5.1 一般规定

5.1.1 系统应由监测设备、供电系统、防雷装置、网络通信设备、监测服务器及系统软件等各子系统构成。

5.1.2 系统应包括安全物理环境、安全通信网络、安全区域边界、安全计算环境等关键组成部分。

5.1.3 系统软件应符合国家信息安全标准，软件应遵循高内聚、低耦合原则，采用模块化设计。

5.1.4 系统宜具有良好的开放性和可扩展性，应兼容不同类型的自动化监测设备，可实现多源监测数据的统一处理。

5.1.5 系统中通信及供电系统应与城市轨道交通列车信号系统隔离，避免干扰。

5.1.6 自动化监测设备应具备远程诊断与故障上报功能，应具有较强的环境适应性。设备设计使用寿命宜覆盖整个监测周期，当设备无法满足监测周期要求时，应制定专项更换方案。设备性能指标应满足国家现行相关标准的要求。

5.1.7 系统数据采集、传输、存储全过程应采用AES-256及以上加密算法，用户身份认证应支持双因素认证，敏感数据应进行脱敏处理。

5.2 监测设备

5.2.1 监测设备应包括监测仪器、传感器、数据采集终端。

5.2.2 监测仪器、传感器应满足监测精度和量程的要求。

5.2.3 传感器性能应符合下列规定：

a) 应满足监测项目、监测周期、结构形式、应用条件等各项要求；

b) 传感器应在不同环境条件下保持稳定，可在高温、低温、高湿度等恶劣条件下长期稳定工作；

c) 传感器应具备抗电磁干扰能力，可在高电磁干扰环境下正常工作。

5.2.4 数据采集终端应符合下列规定：

a) 应支持依据监测需求，实现监测数据的实时或定时采集；

b) 宜支持对不同类型传感器的数据进行整合，实现多源数据采集；

c) 应具备实时数据传输与本地缓存功能，通信中断时支持自动缓存监测数据，待通信恢复后上传缓存数据。

5.2.5 监测设备应符合环境及安全相关要求：

a) 布置于室外的数据采集系统应具备采集温湿度、气压、风速等环境监测数据的功能，用于分析环境因素对变形监测结果的影响；

b) 监测设备应设置标识牌，标识牌文字内容宜包括设备型号、编号、责任部门、安装日期等信息；

c) 监测设备应设置保护措施，宜加装防护栏或设置防护罩，可在设备安装位置配备摄像头进行监控。

5.3 供电系统

5.3.1 供电系统宜选用城市电网供电、太阳能供电系统或低功耗电池供电系统等供电方式。采用城市电网供电时，应配置UPS。

5.3.2 太阳能供电系统应符合下列规定：

a) 电池板应固定安装在不受遮挡的区域；配套GNSS的太阳能电池板不应遮挡GNSS天线高度角15°以上的区域；

b) 太阳能供电系统应配置控制器，控制器宜具备电流、电压调节以及供电系统状态实时监测的功能；

c) 蓄电池容量应满足无日照条件下15d～30d的连续供电要求。

5.3.3 应急供电系统应符合下列规定：

a) 重要监测点位或市电供应不稳定的区域，应配置备用电源；

b) 应急供电系统应制定应急供电预案，应定期对预案开展测试和演练。

5.3.4 供电系统应具备电压异常报警功能。当电压波动超出额定电压的±10%时，应将报警信息实时推送至运维平台。

5.4 防雷装置

5.4.1 防雷系统应由外部雷电防护装置与内部雷电防护装置组成。

5.4.2 外部雷电防护应符合以下规定：

a) 外部雷电防护装置应安装接闪器，接闪器的高度、安装位置及类型应符合GB 50057的相关要求；

b) 引下线应连接接闪器与接地装置，应选用耐腐蚀、高导电性的材料，其布设应满足最短距离要求；

c) 接地装置由接地体和接地线组成，接地电阻应符合GB 50343的相关要求。

5.4.3 内部雷电防护应符合以下规定：

a) 内部雷电防护装置应采取等电位连接措施，所有金属部件及设备外壳应与接地系统进行可靠连接，并进行多点等电位接地；

b) 监测设备应安装SPD，SPD应具备多级保护功能，包括一级电源保护器和二级数据线路保护器。SPD的安装应符合GB 50343的相关规定；

c) 数据通信线缆和供电线缆应采取屏蔽防护措施，屏蔽线应与接地装置连接，且屏蔽线应在进入设备前进行单端接地。

5.5 网络通信设备

5.5.1 根据系统的运行需求和环境条件，数据传输方式可采用有线通信和无线通信，具体要求如下：

a) 具备有线网络布设条件的区域，宜采用有线通信方式；

b) 对于大型监测系统，宜采用有线通信和无线通信相结合的混合通信方式。主干网络宜采用光纤或双绞线有线方式，末端监测设备宜通过无线通信接入主干网络；

c) 采用无线通信方式时，监测点的信号强度不应低于-85 dBm，隧道内宜采用漏泄同轴电缆或中继器进行信号增强。无线通信设备应支持4G/5G与LoRa双模切换功能，保障复杂环境下通信的连续性。

5.5.2 系统应支持标准化通信协议，确保各类传感器、数据采集设备和服务器之间的通信实现无缝衔接。

5.5.3 网络通信设备应满足下列安全保障要求：

a) 对于经由公共网络进行通信的数据，系统应配置VPN设备，VPN设备应支持多种加密算法，并定期更新加密协议；

b) 系统核心网络应部署防火墙，并对各子系统进行网络隔离。防火墙应具备访问控制、入侵检测、流量监控等功能，数据传输应启用身份验证机制。所有接入设备均须遵循严格的身份认证与授权控制策略；

c) 系统应采用数据加密传输协议。

5.6 监测服务器

5.6.1 监测服务器的部署宜采用云平台服务模式。当存在数据主权、特定合规性要求、极低延迟需求或特殊硬件依赖等无法采用云平台部署时，应选择将其部署在符合相应安全等级要求的本地机房。

5.6.2 云平台应选择具备高可用性、高安全性的数据中心，且具备弹性扩展能力。云平台应确保数据安全，应符合GB/T 22240的相关要求。

5.6.3 机房服务器环境应符合供电、防雷、抗干扰、信息安全防护等要求。机房应配备温度、湿度控制系统。

5.6.4 自建监测服务器应符合以下性能要求：

a) 服务器的CPU活跃负荷应低于50%，内存占用量应控制在50%以内；

b) 服务器应具备快速数据处理能力，系统应确保在10min内完成数据的传输与处理；

c) 存储设备应满足可靠性要求和冗余设计，硬盘存储器的容量应支持存储不少于2年的自动化采集数据和常规变形监测数据；

d) 监测数据应定期开展本地或异地容灾备份，宜采用自动化备份机制。

5.6.5 当服务器接入互联网时，网络连接应具备防火墙和入侵检测功能。服务器的数据传输应采用加密协议。所有接入服务器的用户和设备应通过多重身份验证。

5.7 系统软件

5.7.1 系统软件应具备自动化数据采集、数据处理、预警管理、支持本地和云端自动存储备份、数据查询、数据分析和权限控制等基本功能。

5.7.2 系统软件结构应依据需要选择客户端/服务器结构或浏览器/服务器结构，并具备兼容性。

5.7.3 系统应具备分布式架构支持，实现多个节点的并行处理和数据存储，具备大数据量情况下数据处理与存储能力。

5.7.4 系统软件宜兼容不同厂商的监测设备，支持HTTP/HTTPS、FTP/SFTP、MQTT、WebSocket等通信协议和CSV、JSON、XML等数据格式。

5.7.5 系统软件应通过分级权限控制、访问控制、安全审计等机制保障其安全性。

5.7.6 系统API接口应满足其他系统对接和集成的需求。

6 系统功能

6.1 一般规定

6.1.1 系统应具备数据采集、存储、传输、管理、处理及统计分析、图表自动输出等功能。

6.1.2 系统应支持设置监测预警值的功能，预警值应满足工程设计及监测对象的控制要求，且系统应具备自动预警功能。

6.1.3 系统应支持监测数据、模型及报告等成果的标准化、数字化输出功能。

6.2 数据采集

6.2.1 数据采集应具备连续自动采集与记录功能，支持24h不间断运行。

6.2.2 数据采集应支持动态调整数据采样频率。

6.2.3 系统应具备故障隔离功能，发生故障时应及时采取应对措施。

6.2.4 系统应支持监测点的配置与管理，宜根据具体的监测任务和目标，进行适应性调整与优化设置。

6.2.5 系统应支持多种传感器类型的数据集成，具备数据格式转换功能，保障不同来源数据的兼容性，同时应支持多种数据接口标准。

6.3 数据传输

6.3.1 数据传输应支持按设定时间间隔进行定时传输与实时传输功能，并具备数据优先级管理功能。

6.3.2 数据传输协议应具备良好的可扩展性，以满足不同监测需求。

6.3.3 系统应采用校验算法对传输数据进行校验，异常数据应自动标识，并触发报警机制。针对传输失败情形，系统应具备自动重传功能和数据到达确认机制。

6.3.4 数据传输应满足轨道交通工程变形自动化监测的高速、低延迟传输要求，可在不同应用场景下维持传输稳定性。

6.3.5 系统应支持双向通信，具备数据同步机制，保证数据传输的完整性和准确性。

中国测绘学会团体标准（CSGPC）

6.4 数据管理

6.4.1 系统应具备监测项目信息管理功能，监测项目信息宜涵盖立项时间、项目地点、建设单位、承建单位、监测单位、监理单位、运维单位及相关负责人等内容。

6.4.2 系统应具备监测设备信息管理功能，监测设备信息宜涵盖编号、位置、埋设安装日期、基准值、初始值、现场照片、设备型号、规格、技术参数、厂商、使用说明书、合格证、生产日期、购置日期、设备维修、检修及更换记录等内容。

6.4.3 系统应具备记录与管理测点信息的功能，可对测点编码、空间位置、关联设备及维护记录等信息进行统一记录与管理，同时应具备监测数据实时更新的功能。

6.4.4 系统应支持完整保留全部原始数据记录的功能。

6.4.5 变形监测数据应进行数据库管理，入库前应符合以下规定：

a) 应支持自动化采集、人工录入等多种方式导入数据；

b) 支持对导入数据进行格式验证及内容校验，识别并处理异常值与错误数据。

6.4.6 系统应具备监测数据的查询与展示功能，并应符合下列规定：

a) 应提供按时间、测点、测项、设备等多维度的条件查询功能，并支持历史数据比对；

b) 支持数据的分页显示、排序及可视化展示，包括折线图、柱状图等常见图表形式。

6.4.7 系统应具备CSV、PDF、Excel等格式的数据导出功能，并支持报告模板的自定义设置与自动生成。

6.4.8 系统宜支持数字线划图信息的管理与实景三维模型的加载展示功能。轨道交通建设期间，地理数据的更新周期不宜超过6个月；运营期间，地理数据的更新间隔不宜超过3年。

6.5 数据处理

6.5.1 系统应具备基础数据分析处理功能，宜包括下列内容：

a) 绘制监测物理量的过程变化图；

b) 绘制各监测物理量在时间和空间维度上的分布特征图；

c) 绘制各物理量之间的相关关系图。

6.5.2 系统应根据项目信息、数据分析结果及生成的图表，自动生成监测日报。监测日报应经专业监测人员复核，确保数据分析结果的准确性及科学性。

6.5.3 基于数据处理与分析结果，系统应支持监测过程中阶段性报告的定期编制，并在监测工作结束后生成监测总结报告。报告内容应包括工程概述、监测项目、监测点布置、监测方法、监测成果及分析、结论、建议、附图和附表等相关内容。

6.6 监测预警

6.6.1 预警类别应包括系统故障预警、监测数据预警以及变形趋势性预警。

6.6.2 系统应具备为各类监测数据配置预警规则的功能，并应符合下列规定：

a) 系统应根据工程设计、监测项目控制值、当地施工经验等确定预警等级及预警值；

b) 监测预警值的设定应依据监测项目的性质进行区分；

c) 监测预警值应包括变形监测数据的累计变化值和变化速率值；力学监测预警值宜包括监测数据的最大值和最小值；

d) 预警区域设置功能应支持为不同监测区域分别设置预警参数，支持分区域预警管理。

6.6.3 监测项目控制值应根据工程地质条件、设计参数、工程监测等级和当地工程经验等确定，当无地方经验时，可参照GB 50911相关内容确定。

6.6.4 系统应配备自动预警功能，并应符合下列规定：

a) 应具备预警管理功能，可根据监测预警等级选定警情报送对象、报送方式和预警流程等内容；

b) 预警信息宜包括工程名称、预警区域、测点编号、监测类型、预警值、预警等级、预警时间等内容；

c) 当监测数据达到预警标准时，系统应自动推送预警信息；

d) 预警信息可通过短信、电子邮件、现场声光报警等多种方式同步推送；

e) 监测到数据缺损、设备异常或通信故障时，系统应通过短信等形式及时通知维护人员。

6.6.5 系统应具有消警、重置功能。

中国测绘学会团体标准（CSGPC）

6.7 三维可视化

6.7.1 系统宜支持地图可视化展示功能。
6.7.2 系统宜支持在三维模型中展示监测点的空间位置和属性信息，实现数据的实时更新，对实际变形量进行动态可视化展示。
6.7.3 系统宜具备二维场景与三维场景的切换和对比功能，支持同时展示二维与三维窗口，保持数据与站点位置的一致性。
6.7.4 系统宜具备三维场景测量功能，可支持三维空间点坐标测量、水平距离、垂直高度、空间距离和面积测量等测量操作。
6.7.5 系统宜具备空间分析能力，支持对监测区域变化及潜在风险进行分析，分析内容包括底层结构受力状态、水位动态预测及基于监测数据生成的热力图。
6.7.6 系统宜直观呈现监测点的空间位置、属性信息、实时数据及预测数据，具备播放控制功能，支持对特定时间段内的数据进行叠加分析。
6.7.7 系统宜在地图上展示预警信息，包括预警点位置、预警等级及时间，宜采用不同颜色和符号标识预警等级；系统应实现预警信息与监测数据的联动展示，当监测数据达到预警值时，自动高亮相关区域并标注预警信息。

6.8 系统软件管理

6.8.1 系统应具备用户角色定义与分级权限管理功能，分级权限管理应包括数据访问控制、模块访问权限、操作权限等多层级权限体系。
6.8.2 系统应支持用户名密码登录、手机验证码登录及SSO等多种登录方式，并提供用户注册、登录、密码找回、密码修改、启用或冻结用户等功能。
6.8.3 系统日志应记录用户登录、数据修改、预警推送、设备操作等关键行为，日志保存期限不应少于2年，并支持按用户、时间、操作类型等条件检索。
6.8.4 系统应支持自动备份及手动备份，备份内容应包括关键业务数据及系统配置。
6.8.5 系统应具备运行日志及故障日志管理功能，并支持分类查询及导出。
6.8.6 系统宜支持在线更新与升级。

7 系统安装与调试

7.1 一般规定

7.1.1 监测设备的安装埋设，应结合设计要求、现场环境及监测对象特征确定安装工艺。
7.1.2 监测设备及配套供电、通讯、防护等附件应安装牢固，且不应影响监测对象的安全运营，设备使用期间应定期开展维护，发现异常时应及时修复。

7.2 系统安装

7.2.1 系统安装准备工作应包括下列内容：
a) 开展现场踏勘，掌握地形特征、地貌概况及气候条件等环境因素，了解并评估电源供应、网络配置等基础设施的现状；
b) 依据设计文件的要求核对系统中全部设备的规格、型号及数量；
c) 检查设备的外观状态，确认设备是否完好，有无损坏或缺陷；
d) 对安装人员开展培训。
7.2.2 监测设备安装应严格遵循设计要求实施，应对安装高度、安装角度进行精确调校，保障数据采集的准确性与一致性。具体的安装要求如下：
a) 应根据变形监测对象的结构形式确定监测设备的布设位置；
b) 监测设备安装应避开机械振动、日晒雨淋等干扰源；
c) 应选择适宜的安装高度和角度，宜保持其水平或垂直的安装姿态，针对特定设备，须根据设备自身特性与实际应用需求进行调整；
d) 预埋传感器安装前应完成调校，埋入式设备应采取防水、防腐措施；
e) 非预埋传感器可采用可调节支架或固定装置完成安装。
7.2.3 系统基础参数设置应符合以下要求：

a）基础参数的调试工作应包括监测设备的参数校准以及监测指标初始值的测定；
b）应设定监测指标、监测频率以及监测预警值。

7.3 系统调试

7.3.1 系统调试工作应包含下列内容：
a）应核实网络协议配置准确无误，检查软件运行状态；
b）系统在网络环境中运行时，应确保系统的安全性和稳定性；
c）应检查设备与系统之间的通信状态是否良好；
d）应进行掉电测试与系统自诊断功能测试；
e）应对系统进行稳定性与可靠性运行测试。
7.3.2 系统经改造或扩展后，应重新进行系统调试。
7.3.3 系统应在调试合格后，进行数据采集工作。

8 数据获取与分析

8.1 一般规定

8.1.1 自动化监测设备的选型宜结合监测对象与监测项目的特点、工程监测等级、设计要求、精度要求、场地条件及当地工程经验等因素综合确定。
8.1.2 自动化监测设备选型时，除本规范所列明的各类监测设备外，也可选用其他满足现行标准要求的设备。设备投入使用前应进行比对测试。
8.1.3 同一工程的同一监测项目宜选择同类型、同规格的监测设备。同一工程的同一监测项目选用不同类型、规格监测设备时，应对不同监测设备进行比对测试。
8.1.4 监测设备安装完成且状态稳定后，应在外界环境稳定、外界干扰小的条件下，3 d内连续开展不少于10次测定，取测试所得稳定数据的平均值作为初始值。

8.2 数据获取

8.2.1 水平位移监测

8.2.1.1 水平位移监测设备可采用GNSS、全站仪、激光测距仪或机器视觉位移监测设备等。
8.2.1.2 采用GNSS进行水平位移监测时，技术要求除应符合GB/T 18314的相关规定外，还应符合以下规定：
a）接收机与天线的选型及防护措施，应充分考虑防水、防尘、防雷击、耐高低温等要求，保障传感器在各类恶劣环境与天气条件下稳定运行；
b）参考站与监测点的观测墩施工完成后，稳定时间应不少于7d。
8.2.1.3 采用全站仪进行水平位移监测时，技术要求除应满足GB/T 50911的相关规定外，还应符合以下规定：
a）全站仪应安装在强制对中装置上，全站仪应具备倾斜自动补偿和超限提醒功能；
b）安装在室外的全站仪应配套设置温湿度计、气压计，用于大气改正补偿计算。同时应针对全站仪配置相应的安全保护与恶劣环境、天气防护措施；
c）全站仪控制程序应具备按预定观测顺序逐点测量的功能。当数据异常时，应支持补测或重测，且应完整保存所有原始观测记录；
d）全站仪自动化监测系统的自动照准功能应稳定有效，单点单次照准时长不宜大于10s；
e）每次观测过程中，均应先完成基准点联测、稳定性判断和观测精度评定，再进行监测点数据计算；
f）联测后判定基准点位移时，应先对测站点进行修正，再进行监测点的数据计算；
g）多台全站仪联合组网观测时，相邻测站间重叠的公共观测目标不应少于2个，且观测目标在空间分布上应与相邻测站构成足够的图形强度；
h）多台全站仪联合组网观测时，应先对多台全站仪、基准点和所有监测点组成的监测网完成整网平差和精度评定，再进行监测点的数据计算。
8.2.1.4 采用激光测距仪进行水平位移监测时，应符合下列规定：
a）测量精度不应低于1.0mm；
b）激光测距仪应与接收靶配合使用，并保证两者的有效距离与布设稳定性；

c）激光测距仪宜设置在施工影响范围以外的稳定区域。当受现场地形条件限制，无法确保激光测距仪稳定安装时，应修正基准点及制定相应修正方法。

8.2.1.5 采用机器视觉位移监测设备进行水平位移监测时，应符合以下规定：

a）机器视觉位移监测设备应由相机、相机镜头、靶标、照明光源等组成，应根据监测要求、现场条件进行设备方案设计；

b）机器视觉位移监测设备宜优先选择红外波段敏感标靶与补光光源；

c）机器视觉位移监测设备宜具备遥测功能，可通过指令获取现场图像或视频；

d）机器视觉位移监测设备的相机安装位置，应根据景深、物方视场、视场角、精度、最小靶标尺寸、测点位置等技术参数确定；

e）位移监测点宜沿景深方向布设在相机视场范围内，当单台相机景深不满足测量要求时，应增设相机；

f）在相机景深范围内，宜选取稳固的位置布设不少于1个参照点；

g）监测点和参照点的靶标图案、标识或光源应清晰无破损，监测点标靶尺寸宜不超过100mm，在道床安装时应加装防护罩及反光标识；

h）多台相机联合组网观测时，相邻相机间重叠的观测目标不应少于2个，且空间分布上应与相邻测站构成足够的图形强度；

i）多台相机联合组网观测时，应对多台相机、基准点和所有监测点组成的监测网进行整网平差和精度评定，评定合格后方可进行监测点数据计算。

8.2.2 垂直位移监测

8.2.2.1 垂直位移监测设备可采用静力水准仪、全站仪、机器视觉位移监测设备等。

8.2.2.2 采用静力水准仪进行垂直位移监测时，应符合以下规定：

a）静力水准仪量程应根据预计最大沉降量选择；

b）静力水准仪各部件应采用耐腐蚀的材质，仪器本体应有人工读数装置；

c）测量液体应做防腐处理，环境温度在0°C以下时应添加防冻液并混合均匀，防冻液添加量应根据工程当地的极端气候条件试验确定；

d）静力水准仪与安装底座之间应可靠连接，安装底座应与监测对象牢固连接，连通管路及接头应可靠连接，无渗漏；

e）单条静力水准线路长度不宜超过200m，超过时，应增设转接点；

f）静力水准安装底座应调整水平，同一条静力水准线路中的静力水准仪应处于同一高程，高差应不大于其量程的20%，连通管路应平顺，管路内应充满测量液体，无气泡；

g）液位式静力水准仪储液罐液位宜保持在储液罐2/3位置左右；

h）应选取温度稳定、外界扰动小的时段采集数据；

i）静力水准线路起算点应采用水准测量定期联测校核，校核周期不宜大于3个月；

j）液位式静力水准仪应定期检查储液罐的液位，当液位下降时，应检查现场是否漏液并及时补液；压差式静力水准仪应定期检查传感器检查窗是否漏气进入气泡；静力水准仪检查周期不宜大于1个月；

k）应定期查看静力水准仪内的液体情况，如出现结冰、变质等情况应及时更换液体，检查周期不宜大于1个月。

8.2.2.3 采用全站仪进行垂直位移监测时，宜与水平位移监测同步进行，并应符合本规范8.2.1.3条的规定。

8.2.2.4 采用机器视觉位移监测设备进行垂直位移监测时，应符合本规范8.2.1.5条的规定。

8.2.3 深层水平位移监测

8.2.3.1 深层水平位移监测设备可采用固定式测斜仪、滑动式测斜仪或阵列式位移计等。

8.2.3.2 监测设备精度不宜低于0.25mm/m，分辨率不宜低于0.02mm/500mm。

8.2.3.3 采用固定式测斜仪进行深层水平位移监测时，传感器布设应覆盖测斜孔深度要求，传感器间距宜为0.5m或1.0m。

8.2.3.4 采用滑动式测斜仪进行深层水平位移监测时，采集间隔应与滑动式测斜仪上下轮距保持一致，并确保每次测量探头放置位置一致。

8.2.3.5 采用阵列式位移计进行深层水平位移监测时，传感器应安装于预埋固定的测斜管内，确保每节柔性关节和测斜管内部紧密贴合。

8.2.3.6 深层水平位移计算时，应确定固定起算点，固定起算点宜以测斜管底部为起算点。当测斜管

底部未进入稳定岩土体或已发生位移时，应以管顶为起算点，并测量管顶平面坐标进行水平位移修正。

8.2.4 深层竖向位移监测

8.2.4.1 深层竖向位移监测设备可根据监测需要选择单点沉降仪或分层沉降仪。

8.2.4.2 沉降仪宜使用磁致式沉降仪，量程应依据预估沉降量选择，但不宜小于200mm。

8.2.4.3 沉降管和沉降磁环宜采用预埋方式，已建成监测对象应采用钻孔埋设方式，埋设的技术要求应符合GB 50911的有关规定。

8.2.4.4 采用分层沉降仪进行深层竖向位移监测时，应符合下列规定：

a）分层沉降仪的监测精度不宜低于1.5mm；

b）沉降磁环的数量与深度应根据分层土的分布情况确定，每土层应至少布设1个沉降磁环，最浅的沉降磁环埋深不应小于0.5m；

c）应在沉降磁环埋设7d后进行初始值采集。

8.2.5 倾斜监测

8.2.5.1 倾斜监测设备宜选择倾角计、全站仪或静力水准仪等。

8.2.5.2 采用倾角计进行倾斜监测时，倾角传感器的安装，应符合以下规定：

a）应明确记录安装的方向，并详细记录安装位置、间距、监测对象高度等特征信息；

b）倾角传感器安装面应与被测量面完全贴合、固定紧密；

c）双轴倾角传感器宜水平安装，安装时应保持传感器底边线与被测建筑轴线平行或垂直，不应存在夹角。

8.2.5.3 采用全站仪或静力水准仪进行倾斜监测时，技术要求应符合JGJ 8的有关规定。

8.2.6 裂缝监测

8.2.6.1 裂缝监测设备可根据监测精度、量程要求、现场特点及实际需求，选用测缝计、分布式光纤传感器或三维激光扫描仪等。

8.2.6.2 结构裂缝监测的内容应包括裂缝的位置、走向、长度和宽度，必要时可增加深度监测项。传感器应沿裂缝法线方向布设，且应考虑裂缝收缩和扩张两种状态。

8.2.6.3 裂缝宽度测量精度应不低于0.1mm，裂缝长度和深度测量精度应不低于1.0mm。

8.2.6.4 采用测缝计进行裂缝监测时，每条裂缝宜安装不少于3组测缝计，其中1组安装在裂缝的最宽处，另外2组安装在裂缝的末端，并视裂缝的发展情况适时增设测缝计。测缝计的最大量程应能满足被测对象的变化范围，应具备温度补偿功能，温度补偿范围为-20℃～60℃，补偿误差不应超过0.05mm。

8.2.6.5 采用分布式光纤传感器进行裂缝监测时，应符合以下规定：

a）单个传感光缆回路布设的总长度不宜超过50km；

b）启封后的传感光缆应按原有缠绕方向按圈依次解开，光缆的弯曲半径应大于50mm；

c）光纤连接宜使用熔接连接，每个熔接点处的光损不宜大于0.05dB，每个传感光缆回路的总光损不宜大于10dB；

d）对同一工程结构，宜使用同一台光纤解调仪。

8.2.6.6 采用三维激光扫描仪进行裂缝监测时，点云密度不宜小于50点/mm²；应利用算法自动从点云中提取裂缝点，并支持识别裂缝三维位置、长度、宽度和深度的功能。

8.2.7 净空收敛监测

8.2.7.1 净空收敛监测设备宜采用全站仪、激光测距仪或三维激光扫描仪等。

8.2.7.2 采用全站仪进行净空收敛监测时，应符合以下规定：

a）全站仪宜安装在稳固的基座上，固定测线两端宜采用固定棱镜；

b）全站仪测距中误差应不低于1mm+1ppm；

c）净空收敛值宜采用收敛测线两端监测点的距离变化量计算。

8.2.7.3 采用激光测距仪进行净空收敛监测时，应将测距仪固定牢固；反射靶安装角度应与激光方向垂直，垂直度不应超过5°。

8.2.7.4 采用三维激光扫描仪进行净空收敛监测时，可选择不单独布设监测控制网，扫描仪观测精度指标50 m内测距精度应小于2mm，测角精度应小于6"；扫描点间距不应大于2mm，点云数据重叠度不应低于30%。

8.2.8 锚杆（索）拉力监测

8.2.8.1 锚杆（索）拉力监测设备宜采用锚杆应力计、锚索测力计。
8.2.8.2 锚杆应力计、锚索测力计可采用差动电阻式、振弦式等，传感器量程宜为对应设计值的2倍。
8.2.8.3 锚杆应力计、锚索测力计的安装应满足仪器使用说明的要求。
8.2.8.4 锚孔施工、锚杆（索）安装及锚杆应力计、锚索测力计安装完成后应对应力计、测力计进行检查测试。初始值采集应在安装完成不少于7d后进行。

8.2.9 结构应力监测

8.2.9.1 结构应力可通过安装在结构内部或表面的应变计、应力计或分布式光纤传感器进行自动化监测。
8.2.9.2 混凝土构件可采用混凝土应变计、钢筋应力计、光纤传感器等进行监测，钢构件可采用轴力计或应变计等进行监测。
8.2.9.3 应变计或应力计的量测精度不宜低于0.25%F·S，其量程宜为设计应力值的2倍。
8.2.9.4 结构应力监测数据采集时应同步进行温度记录，并应修正温度变化等因素的影响，且钢筋混凝土结构应修正混凝土收缩、徐变以及裂缝的影响。

8.2.10 孔隙水压力监测

8.2.10.1 孔隙水压力监测设备宜选用振弦式、电阻式、光纤光栅等孔隙水压力计。
8.2.10.2 孔隙水压力计的量程应满足被测压力范围的要求，可取静水压力与超孔隙水压力之和的 2 倍，量测精度应不低于 0.5%F·S，分辨率应不低于 0.2%F·S。
8.2.10.3 孔隙水压力计的埋设可采用钻孔埋设法、压入埋设法、填埋法等。
8.2.10.4 孔隙水压力计应在施工前埋设。埋设前，传感器透水石应在清水中浸泡饱和，排除透水石中的气泡。埋设后，应记录探头编号、位置并测读初始读数，且宜逐日量测 7d 以上获得稳定初始值。
8.2.10.5 孔隙水压力监测的同时，应测量孔隙水压力计埋设位置的地下水位。

8.2.11 地下水位监测

8.2.11.1 地下水位监测宜采用钻孔埋设水位观测管，并选用振弦式、电容式、激光静压式或光纤式水位计进行自动化监测。
8.2.11.2 地下水位监测设备精度不宜低于0.5%F·S，且地下水位量测精度不宜低于10mm。
8.2.11.3 地下水位应分层观测，水位观测管的滤管位置和长度应与被测含水层的位置和厚度一致，被测含水层与其他含水层之间应采取有效的隔水措施。
8.2.11.4 水位观测管宜在工程开始降水前 7d 埋设，埋设稳定后应测定水位计起算位置高程，当监测设备重新安装时应重新采集初始值并校准计算参数。

8.2.12 爆破振动监测

8.2.12.1 爆破振动监测设备可采用速度或加速度传感器，宜采用三矢量一体传感器。
8.2.12.2 爆破振动监测设备应具有测量峰值振动速度和主振频率的功能，峰值振动速度测量精度应达到 0.1 cm/s，主振频率测量精度应达到 0.1Hz（赫兹）。
8.2.12.3 爆破振动监测传感器应与被测对象之间刚性黏结，宜采用螺栓连接、环氧砂浆、环氧树脂胶、石膏或其他高强度粘合剂等连接方式，安装时传感器径向采集方向应对准振动源。
8.2.12.4 爆破振动监测数据宜采用无线传输方式，设备应能设定阈值，自动筛选有效数据并上传。

8.2.13 岩土压力监测

8.2.13.1 基坑支护桩（墙）侧向土压力、盾构法及矿山法隧道围岩压力宜采用振弦式、光纤光栅式或电阻式土压力计等传感器进行自动化监测。
8.2.13.2 土压力传感器量程应满足被测土压力的要求，其最大量程宜取设计压力值的 2 倍。土压力传感器量测精度应不低于 0.5%F·S，分辨率应不低于 0.2%F·S。
8.2.13.3 土压力计的埋设可采用埋入式，埋设时应符合下列规定：
a) 埋设前应对土压力计进行稳定性、密封性检验和压力、温度标定；
b) 受力面与所监测的压力方向应垂直，并紧贴被监测对象；
c) 采取土压力膜保护措施；
d) 采用钻孔法埋设时，回填应均匀密实。

8.2.13.4 基坑工程开挖前，应至少经过7d时间的监测并取得稳定初始值；隧道工程土压力计埋设后应立即进行检查测试，并读取初始值。

8.2.14 其他监测

8.2.14.1 施工噪声宜采用噪声在线监测仪进行自动化监测，其性能应符合GB/T 3785.1对2级及以上声级计的要求，仪器时间计权特性设为F（快）。

8.2.14.2 噪声自动监测仪宜具备音视频数据和气象参数的同步采集功能，可配置声源类型识别、声源方向识别等声源自动识别功能。

8.2.14.3 施工噪声监测点点位、测量时段、测量气候条件等要求应符合GB 12523的相关规定。

8.2.14.4 施工扬尘宜采用可实时获取$PM_{2.5}$、PM_{10}、TSP质量浓度的扬尘在线监测仪进行自动化监测。

8.2.14.5 每个工地应至少设置1个监测点，宜选择在主要的施工车辆出入口，设置2个及以上点位的，其中至少一个监测点应设置在施工车辆的主出入口。

8.2.14.6 扬尘在线监测仪的数据采集频率不应低于1次/min，每小时监测时长应超过45min。该小时平均值应取本小时内所有正常输出数据单次取值计算所得的算术平均值，以不少于18个有效小时平均值的算术平均值为有效日均值。

8.2.15 视频巡检

8.2.15.1 视频巡检设备宜包括视频监控系统与无人机巡检系统。

8.2.15.2 视频监控系统应由摄像、传输、显示、控制等部分组成，应通过管理平台实现管理、存储、流媒体转发等功能，宜结合施工现场智慧化工地同步实施。

8.2.15.3 视频监控系统应24h连续自动运行。监控摄像机宜采用配备云台的枪式摄像机和球形摄像机。摄像机应具备在低照度环境下清晰成像的功能，摄像机聚焦后的画面清晰度应不小于1080P（级别），拍摄图像的垂直分辨率不应低于1080像素，水平分辨率不应低于1920像素；在照度≤0.1 lx（勒克斯）的低照度环境下应能清晰成像，具备红外补光功能，补光距离不应小于30m。

8.2.15.4 针对需监控固定场景的点位，宜安装固定式枪机；针对需监控大范围场景的点位，宜安装匀速球机；监控覆盖范围内不应存在监控盲区。

8.2.15.5 无人机巡检系统应由无人机机场、无人机、高清摄像头、通信系统、无人机控制平台和数据分析与管理应用平台等部分组成。

8.2.15.6 无人机机场应预留充足的无人机停放空间，具备无人机充电、起飞、降落以及无人机状态监测等功能。

8.2.15.7 无人机应具备在复杂环境下自主稳定飞行的能力，同时应具备自主避障、飞行姿态控制、紧急返航等功能。

8.2.15.8 视频巡检管理平台功能应符合下列规定：

a) 应具备融合视频图像、声音与文字的提示功能；
b) 应具备对无人机机场、无人机、云台、镜头等设备的远程管理和遥控操作功能；
c) 应具备现场视频录像的快照、检索和回放功能；
d) 应具备多级权限管理功能，支持用户的新增、删除、编辑操作，并支持针对单个用户设置权限；
e) 应具备日志查询功能，支持在指定时间范围内查询用户信息、设备状态、报警信息等内容；
f) 宜支持手机浏览模式，可将监控视频图像推送至指定用户的手机端，满足移动监控需求；
g) 宜采用图像识别技术，实现对现场人员、设备异常等场景的自动识别与报警。

8.2.15.9 视频数据存储期限不应少于30d，与预警事件相关联的视频数据应永久存储；视频存储功能应支持按照时间、地点、事件类型进行检索，检索响应时间不应超过10s。

8.3 数据分析

8.3.1 系统数据分析工作应综合考虑自然环境、地质条件及施工工况，采用以下方法开展：

a) 比对自动化监测与人工监测数据，评估数据一致性；
b) 分析监测数据的累计值、日变化速率、峰值及特征频率；
c) 开展包括最大值、最小值、年平均值、变幅及年变化率等内容的统计分析；
d) 基于历史数据建立数学模型，通过回归分析、灰色系统分析或时间序列分析进行变形预测。

8.3.2 系统应具备异常数据自动甄别功能。采用3σ准则（三倍标准差准则）、趋势突变分析等方法识别异常值，对识别出的异常数据应予以标注，并自动触发人工复核流程，复核结果应录入系统存档。

8.3.3 系统应根据轨道交通的建设与运营需求，灵活调整数据分析周期：

a）应定期对水平和竖向位移监测基准点与工作基点的稳定性进行分析；

b）建设期内常规数据分析周期不宜超过1d，预警数据应在30min内完成分析并推送；试运营或初期运营期内常规数据分析周期不宜超过72h，预警数据应在1h内完成分析；运营期常规数据分析周期不宜超过6个月，预警数据应在2h内完成分析；

c）当监测数据达到预警标准后，应加密分析周期；

d）发生重大自然灾害、建筑物出现异常变化或损坏时，应立即进行数据分析。

9 系统运维

9.1 一般规定

9.1.1 系统安装、部署及调试完成后，应进行试运行。试运行通过后，投入正式运行。

9.1.2 系统采集的运行数据应准确无误，同时应与人工比对测量数据进行验证。

9.1.3 应针对系统运行维护制定相应的运行管理、检查和维护制度，以及运行维护应急预案，配备专职人员负责系统的管理、检查与维护，并应将历次检查维护记录录入系统。

9.1.4 系统运行期间进行日常维护或软硬件升级工作时，应保障监测数据的连续性与分析工作不间断开展。

9.2 系统运行

9.2.1 系统运行应满足以下要求：

a）全天候24h不间断地持续稳定运行；

b）连续无故障试运行的时间不应低于30d；

c）故障排除的响应时间应控制在24h以内；

d）MTBF应超过6300h；

e）应具备在线率统计功能，有效数据缺失率应低于3%。

9.2.2 系统运行数据检验应符合以下规定：

a）监测数据应保证完整性，不应出现遗漏或丢失；

b）监测数据的准确性应满足设计要求；

c）人工备份监测数据的周期不应超过30d，且每年应至少完成一次光盘备份。

9.2.3 系统改造与扩展应遵循下列规定：

a）实施系统改造或扩展作业时，应保障已投入运行的既有系统维持连续性与稳定性；

b）完成改造或扩容的部分，应经试运行测试并通过验收程序，方可整合纳入系统运行。

9.3 系统维护

9.3.1 试运行阶段，运维单位应每月对通信网络、数据接收设备进行检查，检查内容应包括：

a）网络连通性检验；

b）网络延迟与丢包率检测；

c）防火墙、入侵检测系统等安全设施的运行状况；

d）数据接收设备的运行状态；

e）数据传输链路运行的稳定性和可靠性；

f）数据存储设备的容量状况及运行状态。

9.3.2 运行维护阶段，应每季度对全部监测设备设施进行巡检，并形成巡视检查报告。巡视检查内容应包括：

a）设备外观的完整性；

b）设备标识与铭牌的清晰度及信息准确性；

c）设备的整体运行状态；

d）设备指示灯和显示屏的显示状态；

e）设备测量功能状态与采集的监测数据情况；

f）测试设备的响应时间；

g）设备所处环境的温湿度条件；

h）针对有防尘防水要求的设备，应对其采取的防尘防水措施进行验证。

9.3.3 监测系统采集的数据出现异常时，应及时对系统进行检查，并对相关传感器进行人工比对测量。

9.3.4 试运行及运行维护期间，重大灾害性天气结束后，应进行巡视检查。

10 系统验收

10.1 系统验收工作应依据下列文件执行：

a) 系统建设依据的标准；

b) 经批准的技术规格书、技术设计书及补充技术文件；

c) 项目委托书、合同书、任务书等；

d) 系统检查验收委托文件。

10.2 系统验收的内容应包括系统功能、系统性能、系统安全性、数据质量和资料质量，主要内容如下：

a) 系统功能主要核查系统软硬件是否按设计要求完成部署并实现对应功能；

b) 系统性能主要检查系统稳定性，以及系统易用性和软硬件兼容性等；

c) 系统安全性主要包括系统物理安全、逻辑安全和数据安全等方面；

d) 数据质量主要检查监测基准的稳定性，各监测项目数据采集质量、数学精度的符合性，以及计算分析方法与计算分析结果的正确性等；

e) 资料质量主要包括系统建设技术文档、系统使用说明书、系统运行维护记录和系统日志的完整性、合理性和规范性。

10.3 验收前，系统应按照建设单位的技术要求，完成全部建设工作、系统调试与系统检查，经试运行确认系统各项指标符合要求后，方可提交验收。

10.4 系统验收提交的成果应包含下列内容：

a) 系统建设工作的依据文件；

b) 系统建设过程中所使用的已有资料；

c) 作业单位出具的检查报告及相关的检查记录、运维记录等；

d) 系统建设技术报告、系统使用说明书等。

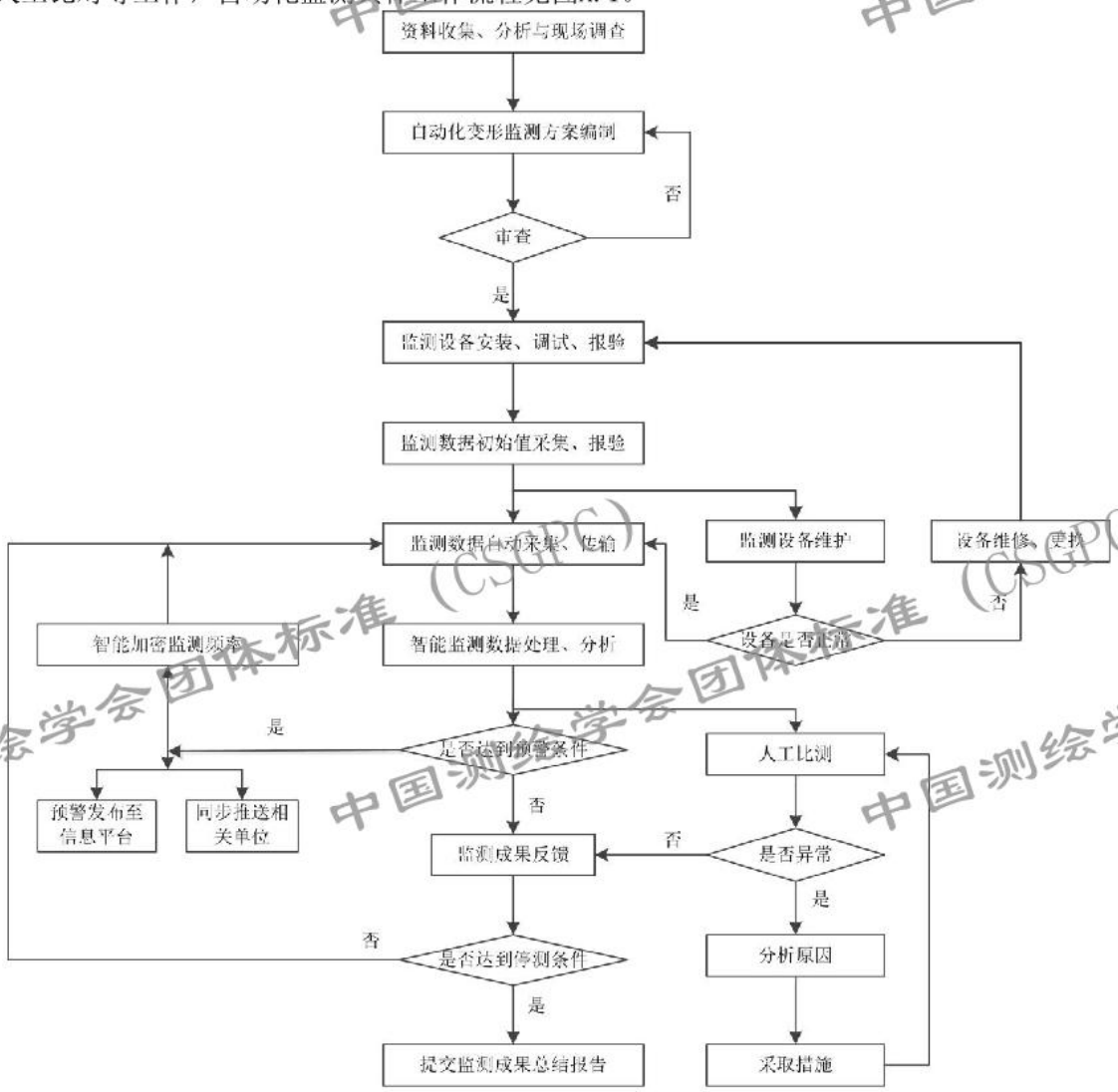
中国测绘学会团体标准（CSGPC）

附 录 A

（资料性）

自动化监测工作流程

自动化监测主要包括资料收集、方案编制、监测设备安装调试、监测数据采集与处理、监测成果反馈、人工比对等工作，自动化监测具体工作流程见图A.1。



图A.1 自动化监测工作流程图

附 录 B

（资料性）

自动化监测系统设备巡查记录表示例见表B.1。

表B.1 自动化监测系统设备巡查记录表

工程名称： 记录表编号： 巡查日期： 年 月 日 时 天气： 温度： 湿度： 巡查部位：			
分类	**巡查内容**	**巡查结果**	**备注**
现场设施	基准点状况		
	工作基点状况		
	监测仪器设备状况		
	监测传感器状况		
	通信设施（含线缆）状况		
	供电设施（含线缆）状况		
	基准点、工作基点、监测点等保护装置情况		
	标识标牌状况		
	各类设施的保护装置状况		
系统硬件终端	计算机设备状况、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：	

中国测绘学会团体标准（CSGPC）

附 录 C
（资料性）

自动化监测日报表

C.1 水平位移、垂直位移监测日报表示例见表C.1。

表C.1 水平位移、垂直位移监测日报表

工程名称： 报表编号： 天气：

本次监测时间： 年 月 日 时 上次监测时间： 年 月 日 时

仪器型号：					仪器出厂编号：				检定日期：
监测点号	初始值（m）	上次累计变化量（mm）	本次累计变化量（mm）	本次变化量（mm）	变化速率（mm/d）	控制值		预警等级	备注
						累计变化值（mm）	变化速率值（mm/d）		
工况：									
监测结论及建议：									

校核人： 审核人： 项目负责人：

监测单位：

第 页 共 页

中国测绘学会团体标准（CSGPC）

C.2 深层水平位移监测日报表示例见表C.2。

表C.2 深层水平位移监测日报表

工程名称：　　报表编号：　　天气：

本次监测时间：　　年　　月　　日　　时　　上次监测时间：　　年　　月　　日　　时

仪器型号：　　仪器出厂编号：　　检定日期：

监测孔号	深度（m）	上次累计变化量（mm）	本次累计变化量（mm）	本次变化量（mm）	变化速率（mm/d）	控制值		监测深度-位移变化量曲线图：
						累计变化值（mm）	变化速率值（mm/d）	

工况：

监测结论及建议：

校核人：　　审核人：　　项目负责人：

监测单位：

中国测绘学会团体标准（CSGPC）

C.3 支撑轴力、锚杆轴力监测日报表示例见表C.3。

表C.3 支撑轴力、锚杆轴力监测日报表

工程名称：　　报表编号：　　天气：

本次监测时间：　　年　　月　　日　　时　　上次监测时间：　　年　　月　　日　　时

仪器型号：　　仪器出厂编号：　　检定日期：

监测点号	初始值（kN）	上次测值（kN）	本次测值（kN）	本次变化值（kN）	变化速率（kN/d）	控制值		预警等级	备注
						最大值（kN）	最小值（kN）		

工况：

监测结论及建议：

校核人：　　审核人：　　项目负责人：

监测单位：

中国测绘学会团体标准（CSGPC）

C.4 应力、压力监测日报表示例见表C.4。

表C.4 应力、压力监测日报表

工程名称：　　报表编号：　　天气：

本次监测时间：　　年　　月　　日　　时　　上次监测时间：　　年　　月　　日　　时

仪器型号：　　仪器出厂编号：　　检定日期：

监测点号	初始值（kPa）	上次测值（kPa）	本次测值（kPa）	本次变化值（kPa）	变化速率（kPa/d）	控制值（kPa）	预警等级	备注

工况：

监测结论及建议：

校核人：　　审核人：　　项目负责人：

监测单位：

第　页　共　页

中国测绘学会团体标准（CSGPC）

参考文献

[1] GB 3095-2026 《环境空气质量标准》
[2] GB/T 24356-2023 《测绘成果质量检查与验收》
[3] GB/T 35319-2025 《物联网 系统接口要求》
[4] GB 50026-2020 《工程测量标准》
[5] GB/T 50308-2017 《城市轨道交通工程测量规范》
[6] GB 50497-2019 《建筑基坑工程监测技术标准》
[7] GB 50982-2014 《建筑与桥梁结构监测技术规范》
[8] GB 51108-2015 《尾矿库在线安全监测系统工程技术规范》
[9] CJJ/T 202-2013 《城市轨道交通结构安全保护技术规范》
[10]HJ 194-2017 《环境空气质量手工监测技术规范》
[11]JGJ/T 292-2012 《建筑工程施工现场视频监控技术规范》

中国测绘学会团体标准（CSGPC）