

ICS 93.020
CCS P 22

DB 4201

武 汉 市 地 方 标 准

DB 4201/T 738—2025

基坑工程自动化监测技术规程

Technical specification for automatic monitoring of excavation engineering

2025-04-07 发布

2025-05-07 实施

武汉市市场监督管理局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号	2
5 基本规定	2
6 监测等级	3
7 自动化监测方法及要求	5
8 数据采集与传输	8
9 数据处理与信息反馈	9
10 自动化监测软件系统	10
附录 A (规范性) 自动化监测设备选择	13
附录 B (资料性) 自动化监测数据成果表	14
参考文献	19

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。

本文件由武汉市自然资源和城乡建设局提出并归口。

本文件起草单位：武汉市勘察设计有限公司、武汉市建筑工程质量安全中心、武汉市市政工程质量安全中心等。

本文件主要起草人：官善友、李青、唐传政、王甫强、柯洋等。

本文件实施应用中的疑问，可咨询武汉市自然资源和城乡建设局，电话：027-85752320，对本文件的有关修改意见建议可反馈至武汉市勘察设计有限公司，电话：027-85779142/邮箱：935622140@qq.com。

基坑工程自动化监测技术规程

1 范围

本文件规定了武汉地区基坑工程自动化监测等级、方法及要求、数据采集与传输、数据处理与信息反馈、软件系统的基本技术要求。

本文件适用于武汉市域范围内房屋建筑与市政基础设施基坑工程自动化监测，其他类型基坑工程可参照执行。

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 6722 爆破安全规程

GB 50497 建筑基坑工程监测技术标准

GB 50911 城市轨道交通工程监测技术规范

JGJ 8 建筑变形测量规范

DB42/T 159 基坑工程技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

基坑工程 excavation engineering

为保证建（构）筑物主体地下结构的正常施工及保护周边环境而采取的包括基坑支护结构、地下水控制、周围环境监测与保护、土方开挖及回填等工程措施的总称。

3.2

自动化监测 automatic monitoring

利用测量设备及监测传感器自动采集，实时网络传输，并通过自动化监测软件系统对基坑及周边环境安全状况和变化特征进行连续量测、监视。

3.3

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

实现基坑工程自动化监测中的物联通讯、数据采集、数据处理、数据分析、成果输出、预报警及可视化展示等功能的软件系统。

3.4

人工对比测量 manual-comparison measurement

为保证测量结果的有效性，在满足技术标准要求前提下，人工采用同等精度或更高精度的测量方法或设备对监测对象进行量测，并与自动化监测比较测量结果的方式。

3.5

监测等级 monitoring level

根据基坑工程自身、周边环境和地质条件等的风险大小，对监测进行的等级划分。

3.6

自动化率 rate of automation

衡量监测项目采用自动化监测程度的指标，为采用自动化监测的测点数与该监测项目总测点数的百分比。

3.7

传感器 sensor

将特定的被测量信息（包括环境变化、结构应力应变、结构变形、结构振动等）按一定的规律转换成可用信号的器件或装置。

注：通常由敏感元件和转换元件组成。

3.8

机器视觉测量技术 machine vision measurement technology

通过影像采集装置获取高质量的视频或图像信息，并采用视觉算法将视频或图像数据转化为变形数据，从而实现对各类结构物的高精度非接触式实时测量的技术。

4 符号

下列符号适用于本文件：

H——基坑设计深度；

D——测距边长度；

d——基线平均长度；

h——基坑开挖深度。

5 基本规定

5.1 符合下列条件之一的基坑工程，应实施自动化监测：

- a) 支护结构安全等级和环境保护等级均为一级的公用建筑或市政基础设施基坑工程；
- b) 支护结构安全等级为一级，且临江或临河距离小于 500m 的基坑工程。

5.2 符合下列条件之一的基坑工程，宜实施自动化监测：

- a) 支护结构安全等级或环境保护等级为一级的基坑工程；
- b) 需要进行高频次或连续实时观测的基坑工程；
- c) 监测点所在部位的环境条件难以用人工方式进行观测的基坑工程；
- d) 其他有特殊要求的基坑工程。

5.3 基坑工程自动化监测应由建设单位委托具有相应勘察资质的第三方单位实施。

5.4 采用自动化监测的基坑工程，应具备人工对比测量的条件。在监测过程中，人工对比测量频次不宜低于 1 次/月。

5.5 监测范围、监测项目、监测点布设、监测周期、监测频率、监测精度及监测预警值指标应满足设计文件及现行国家标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8、地方标准《基坑工程技术规程》DB42/T 159 及其它有关标准的规定。

5.6 实施自动化监测的基坑工程，应对支护结构、施工工况、周边环境、监测设施等进行巡视检查；宜配备具备智能巡检功能的视频监控系统。

5.7 监测单位应根据基坑工程设计要求、支护结构安全等级、周边环境情况、施工技术要求等编制自动化监测方案，除满足人工监测方案要求外，尚应明确以下内容：

- a) 自动化监测的监测项目、监测点数量、监测频率；
- b) 自动化监测方法和精度要求；
- c) 自动化设备、设施的保护；
- d) 人工对比测量方案；
- e) 自动化监测数据采集和传输方式；
- f) 自动化监测预警值及异常情况下的监测措施；
- g) 自动化监测数据处理及信息反馈。

5.8 自动化监测方案应按相关要求进行审批，必要时进行专家论证。

5.9 自动化监测实施期间，建设单位、监理单位及施工单位等参建各方应协助监测单位保护监测设备、设施。

5.10 基准点应设置在变形影响范围以外且位置稳定、易于长期保存的区域，每个工程基准点数量应不少于3个，基准点应定期进行复测。

5.11 自动化监测项目初始值的采集，应在施工开始前，且应在自动化监测系统调试运行稳定后进行，应同步采集人工对比测量数据。初始值应独立采集不少于3次。

5.12 除使用本文件所规定的各种监测方法外，鼓励采用能达到现行有关标准规定精度要求的新技术、新方法。

5.13 监测单位应及时处理和分析监测数据，数据出现异常时，应分析原因，必要时应进行人工复测。监测成果应及时向相关单位进行信息反馈，当数据确认达到预警值时，应立即通报相关单位。

5.14 自动化监测应配备智能监测设备、数据通信设备、供电设备、传输网络及配套软件系统，且应定期检查、维护。

6 监测等级

6.1 应根据基坑工程自身风险等级、周边环境风险等级和地质条件复杂程度确定基坑工程自动化监测等级。

6.2 基坑工程自身风险等级可根据基坑设计深度按表1划分。

表1 基坑工程自身风险等级

基坑工程自身风险等级	等级划分标准
I 级	设计深度大于等于15 m的土质基坑，或大于等于30m的岩质基坑
II 级	设计深度大于等于8 m且小于15 m的土质基坑，或者大于等于15 m且小于30 m的岩质基坑
III级	设计深度小于8 m的土质基坑，或小于15 m的岩质基坑

6.3 基坑工程周边环境风险等级可根据周边环境的类型、重要性、与基坑工程的空间位置关系和对基坑工程的危害性按表 2 划分。

表2 基坑工程周边环境风险等级

基坑工程 周边环境风险等级	等级划分标准
I 级	主要影响区内存在既有轨道交通设施、重要建(构)筑物、重要桥梁与隧道、河流或湖泊、重要地下管线及堤防、铁路。
II 级	主要影响区内存在一般建(构)筑物、一般桥梁与隧道、高速公路或一般地下管线；次要影响区内存在既有轨道交通设施，重要建(构)筑物、重要桥梁与隧道、河流或湖泊、重要地下管线。
III 级	主要影响区内存在城市重要道路；次要影响区内存在一般建(构)筑物、一般桥梁与隧道、高速公路或一般地下管线。
注1：主要影响区为基坑周边1.0H范围内，次要影响区为基坑周边1.0H~3.0H。	
注2：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、超高层民用建筑物，重要的烟囱、水塔等；重要桥梁是指城市高架桥、立交桥等；重要隧道是指城市过江隧道、公路隧道、铁路隧道等；重要地下管线是指雨污水干管、中压以上煤气管、直径较大的自来水管、中水管等对工程有较大危害的地下管线等；重要道路是指城市快速路、主干路等；重要堤防是指《堤防工程设计规范》(GB 50286) 中的一、二级堤防。	

6.4 地质条件复杂程度可根据场地地形地貌、岩土条件和水文地质条件按表 3 划分为复杂、中等和简单三个等级。

表3 地质条件复杂程度

地质条件复杂程度	等级划分标准
复杂	地形地貌复杂；不良地质作用强烈发育；特殊性岩土需要专门处理；基坑侧壁或坑底有深厚淤泥、淤泥质土或承载力特征值低于80 kPa的饱和软土层等；承压水埋藏浅，地下水对基坑工程有重大影响。
中等	地形地貌较复杂；不良地质作用一般发育；特殊性岩土不需要专门处理；基坑侧壁或坑底土质较差或浅部有易于流淅的粉土、粉砂层；地下水对工程的影响较小。
简单	地形地貌简单；不良地质作用不发育；基坑侧壁或坑底土质好；地下水对工程无影响。
注：符合条件之一即为对应的地质条件复杂程度，从复杂开始，向中等、简单推定，以最先满足的为准。	

6.5 基坑工程自动化监测等级应按表 4 划分为一级、二级。

表4 基坑工程自动化监测等级

基坑工程自身风险等级	基坑工程周边环境风险等级及地质条件复杂程度								
	I 级			II 级			III 级		
	复杂	中等	简单	复杂	中等	简单	复杂	中等	简单
I 级	一级			一级			一级		
II 级	一级			一级		二级	一级	二级	/
III 级	一级	二级	一级	二级		二级	/		

6.6 采用自动化监测的基坑工程，监测项目自动化率的规定应符合表 5 的规定。

表5 基坑工程监测项目自动化率

序号	监测项目	监测等级	一级	二级
1	支护结构顶部水平位移	$\geq 80\%$	/	$\geq 50\%$
2	支护结构顶部竖向位移			
3	立柱竖向位移			
4	深层水平位移		$\geq 20\%$	
5	支撑轴力		100%	
6	冠梁及围檩内力（若有）		100%	
7	锚杆（锚索）拉力（若有）		100%	
8	地下水位		100%	
注1：监测等级为一级时，深层水平位移采用自动化监测的测点应不少于总测点数的20%，且不少于3个点，并布置在基坑计算变形较大的部位； 注2：监测等级为一级时，基坑周边环境中建（构）筑物的倾斜及竖向位移宜采用自动化监测。				

6.7 基坑工程自动化监测项目的监测频率不应低于现行国家、行业及地方标准规定的人工监测方式最低监测频率的 2 倍。

7 自动化监测方法及要求

7.1 一般规定

7.1.1 自动化监测方法的选择应根据基坑工程自动化监测等级、监测内容、精度要求和现场作业条件等因素综合确定，可按照附录 A 选择监测方法，同一基坑工程可组合选用多种监测方法。

7.1.2 变形监测网的布设、测量及检核应符合现行有关标准的规定。

7.1.3 基坑周边环境中轨道交通、隧道、桥梁等被保护对象的自动化监测方法和精度应符合现行有关标准的规定。

7.1.4 传感器安装埋设应结合现场环境及监测对象特征确定安装工艺，保证测量结果的可

靠性。

7.1.5 传感器应具有良好的稳定性和抗干扰能力,采集信号的信噪比应满足实际监测需求。

7.1.6 自动化监测仪器设备应定期检查工作状态,及时校正并更换损坏的传感器。

7.2 水平位移监测

7.2.1 水平位移自动化监测宜采用智能全站仪、激光位移传感器、GNSS、机器视觉测量仪等设备进行量测。

7.2.2 采用智能全站仪进行水平位移监测时,应符合以下规定:

- a) 智能全站仪的测角精度指标不应低于 $\pm 1''$ 、测距精度指标不应低于 $\pm (1\text{mm}+2\times 10^{-6}\times D)$;
- b) 测站点宜设置观测墩或观测站房,配置防护装置,满足对仪器的防护要求;并配备强制对中装置;选点时应综合考虑施工对测站点的扰动和对视线的阻挡等因素,合理选择测站点位置;
- c) 监测点应设置在能反映监测体变形特征处,在基坑工程支护结构受力和变形较大处及周边环境保护要求较高处,宜加密监测点;监测点与基准点宜同步进行观测,观测技术要求应符合现行有关标准的规定。

7.2.3 采用激光位移传感器进行水平位移监测时,应符合以下规定:

- a) 激光位移传感器的精度指标不应低于 $\pm 0.1\text{mm}$;
- b) 激光装置应配备自平衡装置,确保激光光路不受结构倾斜的干扰;
- c) 可采用直接测量法和累计联测法进行监测。

7.2.4 采用GNSS进行水平位移监测时,应符合以下规定:

- a) GNSS设备的静态解算平面精度指标不应低于 $\pm (2.5\text{mm}+1\times 10^{-6}\times d)$;
- b) 基准站应设置在上部天空开阔处,周围无高度角超过 15° 的障碍物,无GNSS信号反射物(大面积水域、大型建筑以及热源等),且200m范围内无电视台、电台、微波站等大功率无线电发射源,50m范围内无高压输电线和微波无线电信号传输通道等;
- c) 流动站应设置在监测体的变形观测点上,并采取保护措施;接收天线的周围无高度角超过 15° 的障碍物;变形观测点的数量应根据监测项目及监测对象确定;接收卫星数量不应少于5颗,并采用固定解成果。

7.2.5 采用机器视觉测量仪进行水平位移监测时,应符合以下规定:

- a) 机器视觉测量仪的位移重复性精度指标不应低于 $\pm 0.1\text{mm}$;
- b) 机器视觉测量仪的安装位置应综合考虑监测点位置、景深、视场角、精度、最小靶标尺寸等技术参数确定;
- c) 机器视觉测量仪应支持远程查看现场图片或视频。

7.3 坚向位移监测

7.3.1 坚向位移自动化监测宜采用智能全站仪、静力水准仪、机器视觉测量仪等设备进行量测。

7.3.2 采用智能全站仪进行坚向位移监测时,应符合以下规定:

- a) 智能全站仪的精度指标应符合本文件第7.2.2条第1款的规定;
- b) 智能全站仪坚向位移监测,宜与水平位移监测同步进行;
- c) 采用三角高程方法进行坚向位移监测的作业方式、观测要求应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8的有关规定。

7.3.3 采用静力水准仪进行坚向位移监测时,应符合以下规定:

- a) 静力水准仪传感器的标称精度不应低于 $\pm 0.3\text{mm}$;

- b) 静力水准线路一般由起算点、观测点、转点组成，宜布设成附合水准线路；
- c) 静力水准仪测量系统应定期与人工水准测量进行互校；使用期间应定期维护，发现性能异常应及时修复或更换；
- d) 采用静力水准仪进行竖向位移监测的技术要求、装置的安装及数据采集计算应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

7.4 深层水平位移监测

- 7.4.1 深层水平位移自动化监测宜采用滑动式智能测斜仪、固定式测斜仪、阵列式位移计、光纤传感器等设备进行量测。
- 7.4.2 深层水平位移计算时，应确定起算点。当测斜管底部嵌固在稳定岩土体中时，宜以测斜管底部为位移起算点；当测斜管底部未嵌固在稳定岩土体时，应以测斜管上部管口为起算点，且每次监测均应测定管口位移，并对深层水平位移值进行修正。
- 7.4.3 深层水平位移监测点宜在地表处制作专用保护装置加以保护及固定，更换、检修等工作导致传感器位置发生变化时，应重新校正。
- 7.4.4 测斜传感器的系统精度不宜低于 $0.25\text{mm}/1000\text{mm}$ ，分辨率不宜低于 $0.02\text{mm}/500\text{mm}$ 。
- 7.4.5 采用滑动式智能测斜仪进行深层水平位移监测时，应确保每次测量时探头放置在同一位置。
- 7.4.6 采用固定式测斜仪进行深层水平位移监测时，探头应合理布置，监测数据能够反映监测深度范围内管型变化。
- 7.4.7 采用阵列式位移计进行深层水平位移监测时，阵列式位移计基准方向与测斜管主要变形方向应保持一致。传感器安装过程中严禁弯折、挤压。
- 7.4.8 采用光纤传感器进行深层水平位移监测时，应符合以下规定：
 - a) 光纤传感器宜布设形成 U 型回路，并布设温度感测光缆进行环境温度补偿；
 - b) 光纤传感器的布设应符合工程实际需求，保证监测数据的准确性和完整性；
 - c) 光纤传感器 U 型回路底部及顶部光缆应加强保护，防止破坏，应避开电焊、氧割等易对传感器产生破坏的位置。

7.5 内力监测

- 7.5.1 支护结构内力自动化监测宜采用轴力计、钢筋应力计、表面应变计或应力计等传感器结合数据采集传输模块进行量测。
- 7.5.2 锚杆和土钉的应力自动化监测可采用测力计、钢筋计、应变计或锚索计等传感器结合数据采集传输模块进行量测。
- 7.5.3 内力监测传感器埋设前应进行标定和编号，导线应做好防护措施，保证测量结果的可靠性。
- 7.5.4 传感器元件宜具有测温功能。
- 7.5.5 传感器安装前应进行检定或校准，最大量程不宜小于设计值的 2.0 倍，精度不宜低于 $0.5\%F\cdot S$ ，分辨率不宜低于 $0.2\%F\cdot S$ 。

7.6 地下水位监测

- 7.6.1 地下水位自动化监测宜采用渗压计、液位计或水位计等设备结合数据采集传输模块进行量测，应布设专用水位管。
- 7.6.2 水位管宜在基坑预降水前不少于 1 周埋设，并逐日连续观测水位取得稳定初始值。
- 7.6.3 传感器设备的最大量程应满足地下水位的变化需要，精度不宜低于量程的 0.5%，分辨率不宜低于量程的 0.2%。

7.7 倾斜监测

- 7.7.1 倾斜自动化监测宜采用倾角计、智能全站仪、静力水准仪等设备结合数据采集传输模块进行量测。
- 7.7.2 倾角计可选用两单轴正交或双轴的倾角计进行倾斜监测。
- 7.7.3 应明确倾角计的安装方向，并记录相关属性信息数据，包括测点间距、监测对象高度等属性特征数据。
- 7.7.4 倾角计动态精度不宜低于 $\pm 0.1^\circ$ ，分辨率不宜低于 0.002° 。

7.8 裂缝监测

- 7.8.1 裂缝宽度自动化监测宜采用裂缝计或位移计等设备结合数据采集传输模块进行量测。
- 7.8.2 采用裂缝计进行监测时，裂缝计应布设在主要裂缝两侧，且宜布设在裂缝较宽部位的中点或转折部位。
- 7.8.3 设备的最大量程应满足监测对象的变化需要。
- 7.8.4 设备安装时应考虑裂缝的变化方向，避免因物理形变导致的数据不准确或设备损坏。
- 7.8.5 裂缝计或位移计精度不应低于 0.02mm 。

7.9 振动监测

- 7.9.1 振动速度和振动加速度宜采用智能测振仪进行量测。
- 7.9.2 智能测振仪频带范围应满足被测物理量的监控要求。
- 7.9.3 智能测振仪技术参数和使用要求应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的相关规定。
- 7.9.4 测振仪精度不宜低于 $0.1\% \text{A/D}$ ，分辨率不宜低于 0.1mm/s 。

7.10 其他监测

- 7.10.1 孔隙水压力自动化监测宜采用孔隙水压力计结合数据采集传输模块进行量测。
- 7.10.2 土体分层竖向位移自动化监测宜采用多点位移计结合数据采集传输模块进行量测。
- 7.10.3 土压力自动化监测宜采用土压力盒结合数据采集传输模块进行量测。

8 数据采集与传输

8.1 一般规定

- 8.1.1 数据采集与传输设备的选择应根据监测对象的特点、监测条件、现场传输条件、地区经验等因素综合确定。
- 8.1.2 数据采集与传输设备宜简单轻便、易于维护，便于现场安装和系统集成。
- 8.1.3 数据采集与传输设备应具有满足相关监测技术标准要求最低监测频率以及实现实时采集和传输数据的性能。
- 8.1.4 数据采集与传输设备应具备防水、防锈蚀、防雷、防尘及耐高温等抗恶劣环境的性能，能在复杂环境下稳定工作。
- 8.1.5 数据采集与传输设备的技术指标应满足国家和行业标准的相关规定。
- 8.1.6 应确保数据的真实性、及时性与完整性。上传原始采集数据及各种异常信号，不可篡改、删除和插入任何数据。

8.2 数据采集

- 8.2.1 数据采集设备应具备远程启动停止监测、调整采样频率及对时等控制功能。
- 8.2.2 数据采集设备的时间应与网络时间同步，误差不大于±1s。
- 8.2.3 数据采集设备应具备数据存储功能，满足不低于30天的数据存储要求。
- 8.2.4 数据采集设备应具备离线、自主定期采集以及在有网环境下实时传输数据的功能。

8.3 数据传输

- 8.3.1 数据传输应符合国家安全与保密的相关规定。
- 8.3.2 数据传输方式根据实际工程需要进行选择，应支持有线或无线两种形式。
- 8.3.3 数据传输应具有主备服务器切换功能，避免主服务器故障而导致的数据传输中断。
- 8.3.4 数据传输过程应加密，并控制各传输节点之间的衰减，保障数据传输的成功率。
- 8.3.5 数据传输前宜检查数据是否已上传，避免数据重复上传。
- 8.3.6 应根据系统业务需求和网络环境，优先考虑TCP/IP、UDP、HTTP、MQTT、COAP等相对完整可靠的数据传输协议，建立准确、高效、安全的数据传输路径，保证采集数据的完整传输。

9 数据处理与信息反馈

9.1 数据处理

- 9.1.1 数据处理包括数据的预处理、计算、分析以及管理，除数据分析外宜由自动化监测软件系统自动进行，平差指标超限或变形发生突变时应加以人工处理，确保监测数据的可靠性。
- 9.1.2 数据预处理包括对原始数据的补偿修正，如温度、气压、大气遮光等改正，数据去噪和异常数据的识别与剔除等。
- 9.1.3 监测数据平差计算前应对基准点的稳定性进行分析，平差计算后应输出相应精度评定指标。
- 9.1.4 监测数据处理完成后应对各监测项目本期变化量、累计变化量、变形速率等信息进行统计分析，并对监测成果是否异常做出判断，数据分析人员应具备工程实践经验。
- 9.1.5 监测数据发生突变或触发预警时应对数据进行检查分析，并进行人工复核。
- 9.1.6 监测数据处理完成后应及时进行成果资料归档，并报送监测数据。对于不同监测项目宜建立相应模型进行预测，对变形趋势进行预判。

9.2 信息反馈

- 9.2.1 自动化监测过程中的成果资料提交及相关情况通知宜采用信息化方式进行反馈。自动化监测系统应针对不同层级、权限的相关人员，进行监测信息推送。
- 9.2.2 当出现下列情况之一时，应立即进行预警信息反馈、提高监测频次并应通知有关单位对基坑支护结构和周边环境保护对象采取应急措施：
 - a) 基坑支护结构的位移值突然明显增大，或基坑出现流砂、管涌、隆起、陷落等；
 - b) 基坑支护结构的支撑或锚杆体系出现过大变形、压屈、断裂、松弛或拔出的迹象；
 - c) 基坑周边建筑的结构部分出现危害结构的变形裂缝；
 - d) 基坑周边地面出现较严重的突发裂缝或地下空洞、地面下陷；
 - e) 基坑周边管线变形突然明显增长或出现裂缝、泄漏等；
 - f) 由于地震、暴雨等自然灾害引起的异常情况；

- g) 出现基坑工程设计单位提出的其他危险报警情况,或根据当地工程经验判断,出现其他必须进行危险报警的情况。

9.2.3 自动化监测结果一旦触发报警,应立即调整监测频率进行加密监测。同步开展人工复核并加强现场安全巡查。当监测数据分析结果显示出现报警时,应深入分析异常监测数据的原因,及时评估数据报警的真实性,确定数据报警的原因。同时应立即发送报警信息至相关单位。

9.2.4 当自动化监测软件系统数据结果异常或无数据时,监测单位应及时排查故障。

9.2.5 监测单位应严格按照设计和监测方案的要求,及时分析、处理监测数据,及时反馈自动化监测技术成果,反馈的内容应真实、准确、完整。自动化监测的技术成果包括日报表、阶段性报告和总结报告。监测单位应对监测成果的真实性、可靠性和完整性负责,经签字确认后监测结果和评价应及时向委托方及相关单位进行信息反馈。

9.2.6 自动化监测日报表应包括下列内容:

- a) 当日的天气情况和施工现场的工况;
- b) 监测项目各监测点的本次监测值、单次变化值、变化速率以及累计值等,累计变形曲线图,巡查记录等,监测项目数据日报表成果格式可参考本文件附录B。
- c) 对监测项目应有正常或异常的判断性结论;
- d) 对达到或超过监测预警值的监测点应预警标示,并进行分析和建议;
- e) 对巡视检查发现的异常情况应详细描述,危险情况应进行分析并提出建议;
- f) 其他相关说明。

9.2.7 自动化监测阶段性报告应包括下列内容:

- a) 工程概况、工程进度及周边环境概况;
- b) 自动化监测项目及测点的布置图;
- c) 主要工作内容;
- d) 监测数据的整理、统计及监测成果的过程曲线;
- e) 监测项目监测值的变化分析、评价;
- f) 人工对比测量方法及对比结果;
- g) 相关的设计和施工建议。

9.2.8 自动化监测总结报告的内容应包括:

- a) 工程概况;
- b) 自动化监测依据;
- c) 自动化监测项目;
- d) 监测点布置;
- e) 自动化监测设备和监测方法;
- f) 监测频率;
- g) 监测预警值;
- h) 监测数据精度、监测结果及预警情况;
- i) 人工对比测量方法及对比结果;
- j) 各监测项目变化分析及整体评述;
- k) 自动化监测工作结论与建议。

10 自动化监测软件系统

10.1 一般规定

- 10.1.1 自动化监测软件系统应具备物联设备通讯、监测数据采集、数据处理与分析、预警报警、成果可视化等功能，并宜配套移动 App 或小程序。
- 10.1.2 自动化监测软件系统应满足国家或行业标准，依据工程的实际需求和系统运行环境，采用成熟、可靠、易维护的技术产品。
- 10.1.3 系统电源、系统防雷设计应满足监测工程需要。数据自动采集装置、网络通信、系统电源等宜独立设置防雷、抗电磁干扰装置，并可靠接地。

10.2 系统功能要求

- 10.2.1 通讯与管理功能，需满足以下要求：
- a) 系统应能与传感器通信，实时接收回传数据信息；
 - b) 系统宜支持对传感器的远程控制，能动态调整传感器参数。
- 10.2.2 系统数据采集功能需满足以下要求：
- a) 应支持人工、半自动化、全自动化数据采集方式；
 - b) 应具备调整数据采集频率的功能，支持加密监测；
 - c) 应具有对重要测点连续跟踪采集的功能；
 - d) 应具备对断点的处理及数据续传功能；
 - e) 应具备现场巡检功能，支持通过文字、照片、视频等方式采集巡检过程关键信息；
 - f) 宜支持移动 App 或小程序采集功能。
- 10.2.3 系统数据处理及分析功能需满足以下要求：
- a) 应备有识别异常数据的功能，支持对异常数据进行处理；
 - b) 应具备对采集数据进行自动转换和计算的功能，计算结果应为成果要求的最终物理量；
 - c) 应具备自动生成监测曲线的功能，曲线能清楚分辨监测点变化量；
 - d) 应具备输出与保存监测成果的功能，监测成果包括监测日报、监测周报、监测月报及总结性监测报告等；
 - e) 应能同时记录人工对比测量与自动化监测数据，支持自动化监测与人工对比测量数据校核、分析功能；
 - f) 应具备数据分析功能，宜能对监测变形趋势进行预测。
- 10.2.4 系统预警及消警管理应满足以下要求：
- a) 提供预警值设置功能，预警值内容应满足国家、行业标准相关规定；
 - b) 具备监测数据与报警值实时比对功能，通过超限数据实时触发预警；
 - c) 能依据警情严重程度标识关键信息，具备警情分级分类管理功能；
 - d) 支持多种预警信息推送方式；
 - e) 具备消警功能，支持警情处置闭环管理；
 - f) 具备警情审批功能，支持审批角色、流程、权限的配置。
- 10.2.5 系统管理及配置应满足以下要求：
- a) 具有对单位、人员、角色管理及配置功能；
 - b) 具有权限分级管理及配置功能；
 - c) 具有流程管理及配置功能；
 - d) 具有监测项目管理和配置功能；
 - e) 具有项目文档管理功能。
- 10.2.6 系统数据交互与发布应满足以下要求：
- a) 系统应开放数据交互接口，具备数据交换和集成的能力；
 - b) 应通过系统实时展示监测现状。

10.3 系统性能要求

- 10.3.1 系统应具备稳定性和可靠性，能够保持长期稳定运行。
- 10.3.2 系统应具备并发能力，支持多用户同时访问和操作。
- 10.3.3 系统数据采集反馈响应时间应满足工程安全需求。
- 10.3.4 系统应具备数据存储管理能力，支持对数据的备份和恢复。
- 10.3.5 系统数据库存、取效率应能满足工程应用要求，同时防止数据泄露。
- 10.3.6 系统应具备可扩展性及兼容性，支持设备扩展、功能新增、系统集成。

10.4 系统数据安全要求

- 10.4.1 系统宜实施最小的访问权限控制策略。
- 10.4.2 数据传输应采用加密协议，对外提供 API 和传输通道应具有安全管控措施。
- 10.4.3 系统应配备有效的网络安全设备，防止未经授权的访问和恶意攻击。

10.5 系统维护和管理要求

- 10.5.1 系统安装调试完成后应进行试运行，稳定运行 72h 后正式投入使用。
- 10.5.2 应配备系统使用维护手册，并制定相关的管理规定。
- 10.5.3 应制定系统维护计划，定期进行系统检查及维护。
- 10.5.4 应定期进行数据备份，并定期对备份数据进行检查。
- 10.5.5 应配备管理员，负责系统的运行、管理和维护。

附录 A
(规范性)
自动化监测设备选择

自动化监测设备可根据监测项目、监测内容及现场条件按表A.1进行选择。

表A.1 自动化监测设备选择表

监测项目	监测内容	监测设备
深层水平位移	支护结构及土体深层水平位移	滑动式智能测斜仪、固定式测斜仪、阵列式位移计、光纤传感器等
水平位移	支护结构(边坡)顶部水平位移	智能全站仪、激光位移传感器、GNSS、机器视觉测量仪等
	周边建筑水平位移	
	周边管线水平位移	
竖向位移	支护结构(边坡)顶部竖向位移	智能全站仪、静力水准仪、机器视觉测量仪等
	周边地表竖向位移	
	周边建筑竖向位移	
	周边道路与管线竖向位移	
	立柱竖向位移	
倾斜	周边建(构)筑物倾斜	倾角计、智能全站仪、静力水准仪等
裂缝	支护结构裂缝、周边建(构)筑物裂缝、周边地表、道路裂缝	裂缝计、位移计等
内力	支护结构内力	轴力计、钢筋应力计、表面应变计或锚杆(索)测力等
	立柱内力	
	支撑轴力	
	锚杆(索)轴力	
	支护结构侧向土压力	
地下水	孔隙水压力	孔隙水压力计等
	地下水位	渗压计、液位计、水位计等
振动	爆破或振动影响范围内的建(构)筑物、道路及管线	测振仪
注：当选用本表未列出的自动化监测设备时，其技术参数应满足监测精度要求。		

附录 B
(资料性)
自动化监测数据成果表

B. 1 水平位移监测数据成果可按表 B. 1 填写。

表 B. 1 水平位移监测数据成果表

工程名称									
监测项目									
监测区域									
监测单位						监测仪器			
监测日期									
序号	测点 编号	初始观 测值(m)	上次观 测值(m)	第一次 观测值 (m)	第一次 变化量 (mm)	第二次 观测值 (m)	第二次 变化量 (mm)	累计变 化量 (mm)	变化速 率 (mm/d)
监测数据成果曲线图									
注：变化量“+”表示向基坑内位移，“-”表示向基坑外位移，空缺部分被覆盖。									

B.2 竖向位移监测数据成果可按表 B.2 填写。

表 B.2 竖向位移监测数据成果表

工程名称									
监测项目									
监测区域									
监测单位						监测仪器			
监测日期									
序号	测点 编号	初始高 程值 (m)	上次高 程值(m)	第一次 高程值 (m)	第一次 变化量 (mm)	第二次 高程值 (m)	第二次 变化量 (mm)	累计变 化量 (mm)	变化速 率 (mm/d)
监测数据成果曲线图									
注：变化量“+”表示上升，“-”表示下降，空缺部分被覆盖。									

B. 3 内力（轴力）监测数据成果可按表 B. 3 填写。

表 B. 3 内力（轴力）监测数据成果表

工程名称									
监测项目									
监测区域									
监测单位						监测仪器			
监测日期									
序号	测点 编号	初始轴 力 (kN)	上次观 测值 (kN)	第一次 观测值 (kN)	第一次 变化量 (kN)	第二次 观测值 (kN)	第二次 变化量 (kN)	累计变 化量 (kN)	变化速 率 (kN/d)
监测数据成果曲线图									
注：“+”表示受压，“-”表示受拉，空缺部分被覆盖。									

B. 4 地下水位监测数据成果可按表 B. 4 填写。

表 B. 4 地下水位监测数据成果表

工程名称									
监测项目									
监测区域									
监测单位						监测仪器			
监测日期									备注
序号	测点 编号	初始水 位 (m)	上次水 位 (m)	第一次 水位 (m)	第一次 变化量 (mm)	第二次 水位 (m)	第二次 变化量 (mm)	累计变 化量 (mm)	变化速 率 (mm/d)
监测数据成果曲线图									
注：变化量“+”表示上升，“-”表示下降，空缺部分被覆盖。									

B.5 深层水平位移监测数据成果可按表 B.5 填写。

表 B.5 深层水平位移监测数据成果表

参 考 文 献

- [1] GB/T 15314 工程测量标准
- [2] GB 50330 建筑边坡工程技术规范
- [3] GB 55003 建筑与市政地基基础通用规范
- [4] GB 55017 工程勘察通用规范
- [5] GB 55018 工程测量通用规范
- [6] JGJ 120 建筑基坑支护技术规程
- [7] DB4201/T 646 轨道交通工程运营期结构监测技术规程
- [8] DB4201/T 690 基坑工程地下水控制技术规程

武汉市地方标准
DB4201/T 738—2025
基坑工程自动化监测
技术规程

条文说明

1 范围

本条是对本文件适用范围的界定，本文件适用于武汉市域范围内房屋建筑与市政基础设施基坑工程自动化监测，其他类型例如水利工程基坑等可参照本文件执行。

5 基本规定

5.1 本条对于应采用自动化监测技术的基坑工程进行了说明。

1 公用建筑及市政基础设施项目中支护结构安全等级和环境保护等级均为一级的基坑工程应采用自动化监测。支护结构安全等级和环境保护等级按湖北省地方标准《基坑工程技术规程》DB42/T 159确定，主要依据基坑开挖深度、周边环境条件及工程地质水文地质条件。基坑深度越深、周边环境越复杂、地质条件越差，基坑风险就越高，对人的生命、经济、社会或环境影响越大，应采用可靠性强、精准性高的自动化监测技术，可有效降低风险，确保基坑施工安全。

公用建筑是指供人们进行各种公共活动的建筑。公用建筑包含办公建筑(如写字楼、政府部门办公楼等)、商业建筑(如商场、金融建筑等)、旅游建筑(如旅馆饭店、娱乐场所等)、科教文卫建筑(包含文化、教育、科研、医疗、卫生、体育建筑等)、通信建筑(如邮电、通讯、广播用房)以及交通运输类建筑(如机场、车站建筑、桥梁等)；市政基础设施包括城市道路、轨道交通、桥梁、隧道、公交场站、路灯、广场、公园绿地、室外公共健身器材，以及环卫、排水、供水、供电、供气、供热、污水处理、垃圾处理系统等。

2 临江或临河距离小于 500 米且支护结构安全等级为一级的基坑工程应采用自动化监测。武汉市江河纵横，水资源丰富。每年汛期临江临河临湖基坑的安全都是重中之重的问题，自动化监测相较于人工监测具有频率高、时效性好、稳定性高、数据真实可靠等优点，能实现自动且实时地采集、传输、计算、报警，更好的进行风险防范，保障安全。在恶劣天气及环境下仍能保证监测的连续性，能及时高效智能的反馈基坑及周边环境变形情况，保证深基坑工程自身及周边环境的安全。故此处要求临江或临河距离小于 500 米且支护结构安全等级为一级的基坑工程应采用自动化监测。

5.2 本条对于何种条件下宜采用自动化监测技术进行了说明。

1 现行湖北省地方标准《基坑工程技术规程》DB42/T 159 中支护结构安全等级或者环境保护等级划为一级的基坑工程宜采用自动化监测。

2 对于需要进行高频次或连续实时监测的基坑工程，人工监测往往会影响到环境条件、天气条件等因素制约，监测频次或监测及时性达不到要求，因此建议该种情况采用自动化监测。

3 部分基坑工程因地理位置偏远、周边环境复杂或危险等原因难以用人工方式进行监测，这些项目建议采用自动化监测方式。

4 其它情况视项目重要程度和其他特殊要求推荐使用自动化监测技术。如临近长江、汉江等地表水体的基坑工程，紧邻城市轨道交通、桥梁隧道等基础设施的基坑工程。

5.3 按住建部 37 号令第二十条的要求，对于按照规定需要进行第三方监测的危大工程，建设单位应当委托具有相应勘察资质的单位进行监测。国标《建筑基坑工程监测技术标准》GB50497 规定：考虑基坑工程监测的专业特点，为保证基坑工程监测工作的质量，监测单位应同时具备岩土工程和工程测量两方面的专业能力。对于支护结构安全等级或环境保护等级为一级的基坑工程，监测单位应具备工程勘察综合类资质甲级或者同时具备工程勘察专业类岩土工程和工程测量甲级资质。

5.4 因自动化监测技术及其软硬件系统尚处于不断发展中，为了保证自动化监测成果的可靠性，本条规定采用自动化监测的测项应当具备定期人工对比测量的条件，以便在监测实施时对自动化监测数据结果进行校验。人工对比测量频次在监测过程中宜不少于每月 1 次，当巡查发现传感器位置移动或监测数据出现异常，以及重大施工节点或改变施工工法时，应立即进行人工对比测量。

各自动化监测项人工对比测量的测点数量不应少于 1 个。对比测量的方式随技术进步,越发丰富,以下提供一些常用的测量比对方法:

- 1 水平位移监测采用激光位移计时,可采用全站仪等进行对比;
- 2 竖向位移监测采用静力水准仪时,可采用水准仪等进行对比;
- 3 深层水平位移监测采用固定式测斜仪时,可采用滑动式测斜仪或基坑侧壁位移测量方法等进行对比;
- 4 倾斜监测采用倾角传感器时,可采用全站仪或水准仪等进行对比;
- 5 裂缝监测采用裂缝计时,可采用游标卡尺等进行对比;
- 6 地下水位监测采用渗压计时,可采用钢尺水位计等进行比对。

比测宜采用过程比较法,选取某一测点,同时采用两种或两种以上的监测方法获得测量值,并采用绘制过程曲线等方法,进行测量值变化幅度和规律性的比较。

5.5 监测范围、监测项目、监测点布设、监测周期、监测频率、监测精度及监测预警值指标在设计文件及国家有关标准《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497 中均有详细、完善的规定,自动化监测技术仅改变了数据采集、传输、处理、及信息反馈的方式,因此,在这些方面满足设计、标准规定即可。

5.6 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,在基坑施工期间应每天进行巡视检查。除第三方监测单位外,在基坑工程施工期间建设单位、监理单位及施工单位还应按要求另行组织巡视检查。根据管理部门要求,各基坑工地均需安装视频监控设备,并且接入武汉市智慧建管一体化平台。视频监控设备宜具备智能巡检功能,可以自动识别出基坑内的人员、设备和材料,实现对施工现场的全面监控和管理。

5.8 基坑工程自动化监测方案的审批包括监测单位的内部审核及报监理单位审批。对邻近重要建筑、基础设施、管线等可能会产生严重破坏后果的基坑工程、发生事故后重新组织施工的基坑工程、涉及新技术方法应用的基坑工程,自动化监测方案应进行专家论证以达到安全适用、技术先进、经济合理的良好效果。

5.9 基坑工程自动化监测对设备设施的依赖性较大,部分设备如静力水准仪、传输设备等一旦遭到破坏后,恢复调试工作量大,也可能会错过关键变形信息的采集而引发严重的后果,一方面监测单位应尽可能采取措施保护监测设施,加强巡视检查;另一方面建设、监理、施工等相关单位也应建立制度,协助监测单位做好自动化监测设施、设备的保护工作,施工作业中不得破坏监测设施、设备。

5.10 基准点是进行基坑监测工作的基础和参照,应特别重视基准点的位置选择,使之稳定、受环境影响小,并且可以长期保存。对基准点数量的要求是为了保证有足够的基准点可用于检测其稳定性,复测的目的就是为了检验基准点的稳定性和可靠性,基准点复测频次不应少于每月 1 次。

5.11 自动化监测传感器例如静力水准仪、固定式测斜仪等,受安装环境、设备特性等因素影响其监测数据在设备安装完成一段时间后才能稳定,故规定初始值的采集应在自动化监测系统调试运行稳定后。初始值采集过程中应同步采集对比测量数据,为以后定期的人工对比测量提供依据。初始值是整个变形测量的基础数据,进行三次同精度独立测量,可以保证初始值成果具有足够的可靠性。当观测数据的较差不大于极限误差时,取其算术平均值作为该项目变形测量的初始值。极限误差一般为所采用监测方法中误差的 3 倍。

5.12 目前基坑工程自动化监测技术发展很快,如分布式光纤、视觉位移等新技术方法。为了促进新技术的应用,本条规定当这些新的监测技术方法能够满足标准的精度要求时,亦可以采用。现行标准中未明确精度指标的新技术、新方法,以允许变形量的 1/10~1/20 作为测量精度要求值。新技术、新方法也应经过验证或获得相关测试许可后才可应用于生产项目中。

5.13 自动化监测优势在于借助软件平台,监测单位可以快速进行数据处理,将监测成果准确、及时地反馈到建设、监理、施工等相关单位。当监测数据达到监测预警值时,监测单位在排除数据异常波动及

误报，且在复测无误后，应立即通报建设方及相关单位，以便建设单位和有关各方及时分析原因、采取措施，达到信息化施工的目的。

5.14 一般自动化监测系统宜同时配备智能监测设备、数据通信设备、供电设备、传输网络及配套自动化监测软件系统，并应定期检查设备完好性、运行状态、网络通讯状态等，及时检修、更换损坏部件。

6 监测等级

6.1 本条对基坑工程自动化监测等级的划分依据进行了明确。根据现行相关规范、工程经验及相关研究成果，监测等级的确定需要考虑基坑工程自身风险、周边环境风险和工程地质条件三大影响因素。监测等级的划分有利于更具针对性的确定自动化率，突出重点，合理开展监测工作。

6.2 本规程按基坑设计深度对基坑工程自身风险等级进行划分。现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202以7m、10m为基坑等级划分标准，《建筑地基基础设计规范》GB 50007以5m、15m为基坑等级划分标准，《建筑边坡工程技术规范》GB 50330岩质边坡以15m、30m为边坡工程安全等级划分标准、土质边坡以10m、15m为边坡安全等级划分标准，湖北省地方标准《基坑工程技术规程》DB42/T 159以6m、10m、15m为基坑支护结构安全等级划分标准。经过综合评估考虑，本规程对土质基坑以8m、15m为划分标准，岩质基坑15m、30m为划分标准。

6.3 基坑工程周边环境风险等级根据周边环境过大变形或破坏的可能性大小及后果的严重程度，划分为一级、二级和三级。本文件按照周边环境的类型、重要性及与工程的空间位置关系给出的划分方案。

6.4 地质条件复杂程度主要由场地地形地貌、工程地质水文地质条件等决定。

6.6 根据成本测算，水位、内力类监测项目自动化监测较易实现，测点埋设成本相对较低，100%采用自动化的成本增加有限，故要求监测等级为一级的基坑100%埋设，二级基坑埋设比例可适当降低。支护结构水平及竖向位移、立柱竖向位移对比人工监测成本增加约20%，考虑到自动化监测数据的及时性和真实性是人工监测所不具备的，故要求监测等级为一级的基坑应采用自动化监测。根据实际项目经验，采用测量机器人进行自动化监测时，较难实现点位100%覆盖，故此处要求自动化率不低于80%。深层水平位移监测点埋设成本较高，全部采用自动化费用较高。按照成本测算，自动化率为20%时，对比人工监测成本增加31%，自动化率为40%时，对比人工监测成本增加40%，自动化率为70%时，对比人工监测成本增加64%，自动化率为100%时，对比人工监测成本增加88%。

表1 自动化对比人工监测成本测算表

监测项目自动化率	自动化监测对比人工监测成本增加	备注
水位监测（100%自动化）	0%	本测算按一级基坑，深度15米，工期12个月，测斜孔30个，单孔深度按22米，总计660米考虑。
受力类监测（100%自动化）	0%	
桩（墙）顶立柱沉降及水平位移（100%自动化）	20%	
测斜（20%自动化）	31%	
测斜（40%自动化）	40%	
测斜（70%自动化）	64%	
测斜（100%自动化）	88%	

通过实际项目测算，武汉某基坑项目1，水位、应力、测斜自动化率均为100%，监测周期20个月，自动化监测对比人工监测成本增加约79.8%；武汉某基坑项目2，水位、应力自动化率为100%，测斜自动化率50%，监测周期10个月，自动化监测对比人工监测成本增加约51.5%；广州某基坑项目，水位、

应力自动化率为100%，测斜自动化率20%，监测周期24个月，自动化监测对比人工监测成本增加约20.1%。

表2 各项目自动化监测成本测算表

项目名称	基坑概况	自动化率	自动化监测对比人工监测成本增加	备注
武汉某基坑 项目1	基坑深度18米、周长590米、工期20个月	测斜100%、支护结构沉降及位移100%、水位100%、应力100%	79.8%	测斜总计56孔，1026米，自动化1026米
武汉某基坑 项目2	基坑深度6.8-11.5米，周长730米，工期10个月	测斜50%、支护结构沉降及位移100%、水位100%、应力100%	51.5%	测斜总计46孔，708米，自动化354米
广州某基坑	基坑深度21米，周长850米，工期24个月	测斜20%、支护结构沉降及位移100%、水位100%、应力100%	20.1%	测斜总计28孔，882米，自动化203米

综合考虑成本及自动化监测优势，参考广东地区已落地实施的要求，此处对自动化监测等级为一级的基坑提出支护结构水平及竖向位移、立柱竖向位移自动化率不低于80%、地下水位，支撑轴力、锚杆（锚索）拉力、冠梁及围檩内力等应力应变类监测项目均应采用自动化监测，深层水平位移自动化率不低于20%且不少于3个点的要求。

6.7 在监测频率上，目前各规范在规定监测频率时均考虑了现场人工监测的成本，因此为兼顾基坑安全和监测经济性，各规范规定的监测频率合理但不充裕。而在这方面，自动化监测有着明显的优势，监测频率的提高，基本不增加成本，合理的高频率监测有利于提高基坑监测的精细度，更好地趋势预测，更及时地预警，且可以累积丰富的数据资料，为数据分析提供更好的支持。要求采用自动化监测的项目设备采集频率不低于1次/小时，需满足定时采集和随时采集两种数据采集模式，在发生预警之后可随时调整加密监测频率。在基坑最后一层土方开挖到底板浇筑完成前，自动化监测测点成果报告不应低于2次/天，宜选取每天相同或临近时段采集数据作为成果数据（宜每日7:00及19:00各一次）。自动化监测早、晚受施工扰动较小，7:00及19:00这两个时间点间隔12个小时，可实现等时间间隔施测，且这两个时间点发生预警后召集各方应急处理较从容。故建议选取这两个时间点作为自动化监测成果数据提供的时间点。

7 自动化监测方法及要求

7.1 一般规定

7.1.1 自动化监测方法应综合考虑基坑工程自动化监测等级、监测类型、精度要求及现场条件等确定，在满足监测精度要求的前提下，兼顾经济及技术的可行性，选择合理的自动化监测方法。同一监测项目，实施时可根据实施条件组合多种监测手段和方法。

7.1.2 变形监测网的布设、测量及检核要求参照《工程测量标准》GB 50026、《建筑变形测量规范》JGJ 8、《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497等有关规定执行。

7.1.3 若基坑影响范围内涉及到轨道交通、隧道、桥梁等，监测技术要求应符合现行有关标准的规定以及主管部门的要求。

7.2 水平位移监测

7.2.1 水平位移自动化监测方法及仪器设备宜根据监测内容、监测精度及现场条件选取，本条例列举常用的智能全站仪、激光位移传感器、GNSS、机器视觉测量仪等设备。采用GNSS设备进行水平位移监测时，应考虑适用性及精度问题。除了以上设备外，其他满足精度要求的设备亦可使用。

7.2.2 测站点宜设置观测墩或观测站房，并配置强制归心装置，布设于视野开阔、能同时观测到基准点及监测点的位置。

7.2.3 采用激光位移传感器进行水平位移监测时，须定期检查仪器状态，做好人工数据复测，并注意设备保护。

7.2.4 GNSS水平位移监测适用条件较严苛，但仍可作为位移监测的一种手段，可适用于空旷地区钢板桩或放坡支护基坑的支护桩顶部或边坡顶部位移监测、基坑周边重要建筑物顶部位移监测等。

7.2.5 机器视觉位移监测系统包括机器视觉测量仪、靶标、照明系统、供电系统、信号采集与数据传输系统、数据存储与管理系统。其系统组成见图 1。机器视觉位移监测系统可应用于水平位移及竖向位移的自动化监测。

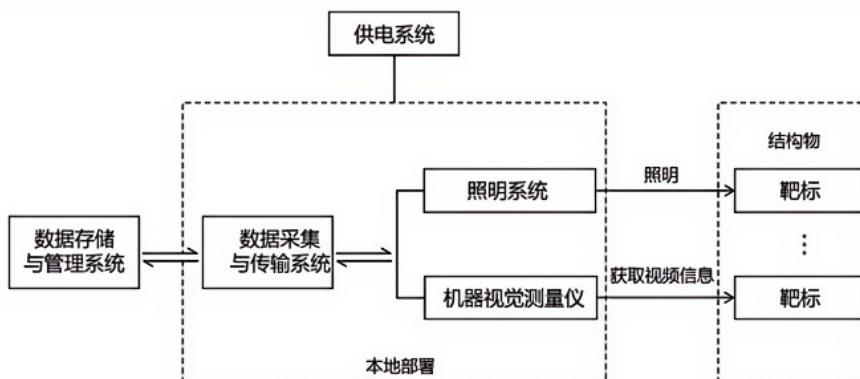


图 1 机器视觉位移监测系统组成图

7.3 竖向位移监测

7.3.1 竖向位移自动化监测方法及仪器设备宜根据监测内容、监测精度及现场条件选取，本文件列举常用的智能全站仪、静力水准仪等设备。除了以上设备外，其他满足精度要求的设备亦可使用。

7.3.2 智能全站仪工作时，可采集三维坐标，水平位移监测宜与竖向位移监测同步进行。具体实施的技术要求参照《工程测量标准》GB 50026、《建筑变形测量规范》JGJ 8等有关规定执行。

7.3.3 采用静力水准仪进行竖向位移监测，具体实施的技术要求参照《工程测量标准》GB 50026、《建筑变形测量规范》JGJ 8等有关规定执行。

7.4 深层水平位移监测

7.4.1 深层水平位移自动化监测方法及仪器设备宜根据监测内容、监测精度及现场条件选取，本条列举常用的滑动式智能测斜仪、固定式测斜仪、阵列式位移计、光纤传感器等设备。除了以上设备以外，其他满足精度要求的设备亦可使用。

7.4.2 深层水平位移宜以测斜管底部作为起算点。当测斜管底部不具备作为起算点的条件时，可以上部管口为起算点，但每次监测均应测定上部管口的位移变化并进行修正。

7.4.3 项目实施过程需注重设备保护，更换、检修传感器设备需重新采集初始值并进行校正。

7.4.5 滑动式智能测斜仪进行测量时，应确保每次测量探头放置在同一位置。

7.4.6 固定式测斜仪在安装时应严格按照标准进行安装和使用，保证数据的准确性和可靠性。

7.4.8 光纤传感器布设形成U型回路，可以监测迎土面及背土面光纤传感器应变变化，经过数据预处理及计算得到水平位移量。点位布设及基坑施工过程中，需注重对传感器线缆的保护。

7.5 内力监测

7.5 支护结构应力自动化监测方法及仪器设备宜根据监测内容、监测精度及现场条件选取，本文件列举常用的轴力计、钢筋应力计、表面应变计或应力计等传感器设备。传感器安装埋设需结合现场环境及监测对象特征，确定安装工艺，保证测量结果的可靠性。

7.6 地下水位监测

7.6.3 目前市场上具有不同类型和原理的地下水监测设备，如接触式水位计是通过探头直接下放到地下水位以下进行量测，这就需要仪器量程大于地下水位面到管口的距离；非接触式水位计是通过传感器发射电磁波照射水面并接收回波，由此分析获得水面至电磁波发射点的距离、方位等信息，这就需要保证仪器安装时和监测井的垂直度；压力型水位计是通过把探头放置到地下水位以下，通过设备测量的压力计算地下水的高度，因此在安装前就需要充分考虑地下水位最大降幅，以保证在监测过程中能够正常对地下水位进行监测。

7.7 倾斜监测

7.7.1 智能全站仪、静力水准仪精度指标应满足本规程7.2、7.3要求。

7.8 裂缝监测

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

8 数据采集与传输

8.1 一般规定

8.1.5 国家和行业相关标准、规范包括：《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911、《建筑变形测量规范》JGJ 8等。

8.3 数据传输

8.3.1 国家安全与保密的相关法律、法规包括：《中华人民共和国保守国家秘密法》、《中华人民共和国数据安全法》、《中华人民共和国网络安全法》等。

8.3.4 数据传输常用加密方法包括对称加密、非对称加密、散列函数、消息认证码、加密协议等；监测单位可根据自身实际情况合理选择适用的数据加密方法。

9 数据处理与信息反馈

9.1 数据处理

9.1.1 监测数据处理应包含一套完整流程，大部分工作由监测平台完成，数据异常时人工应进行专项分析。异常数据经过人工处理之后应备份原始数据，防止人为随意修改数据无法溯源。

9.1.2 为确保监测数据的可靠性,监测数据处理前应对原始数据进行去噪,并对异常数据进行识别与剔除。

9.1.3 基准点是监测数据平差计算的基准,为避免带入基准点原始误差,每次计算前需对基准点稳定性进行分析,平差后应根据各测项精度评定指标对监测数据质量进行判断。

9.1.4 监测数据分析是一项综合性工作,应具有岩土工程、结构工程、工程测量等综合知识和工程实践经验,同时需要对监测成果进行各项统计,包含本期变化量、累计变化量、变形速率等。

9.1.5 为避免监测成果误报,当自动化监测数据发生突变或触发预警时首先应由专业技术人员对监测数据进行分析,同时进行人工监测复核,确认成果无误后方可报送各参建方。

9.1.6 监测数据应按规定进行分类归档,同时随监测期数的增加,监测资料越来越丰富。宜采用灰色模型、神经网络、双曲线、指数曲线等模型对变形进行预测,以便更好掌握监测主体的变形趋势。

9.2 信息反馈

9.2.1 自动化监测系统中应具有针对不同层级、权限的相关人员,进行梯次信息反馈及预警的功能。

9.2.2 本条规定了进行危险报警的情况,工程事故发生前一般都有明显的工程征兆,因此针对典型的工程征兆情况要求发挥自动化监测的优势,提高监测频率,提前预警,以避免工程事故。

9.2.5 本条规定了自动化监测的技术成果所包含的内容,强调了数据成果的真实性、可靠性和完整性以及相关人员的责任。

9.2.6 自动化监测日报是信息化施工的重要依据。鉴于自动化监测频率的灵活性,每次监测完成后,监测人员应及时根据自动化系统反馈的数据,进行数据处理和分析,形成当日报表,提供给委托单位和有关方面。当日报表强调及时性和准确性,对监测项目应有正常、异常和危险的判断性结论。

9.2.7 自动化监测阶段性报告是经过一段时间的自动化监测后,监测单位通过对以往监测数据和相关资料、工况以及人工对比测量后的综合分析,总结出的各监测项目以及整个监测系统的变化规律、发展趋势及其评价,用于总结经验、优化设计和指导下一步的施工。自动化监测阶段性报告可以是周报、旬报、月报或根据工程的需要不定期的进行。报告的形式是文字叙述和图形曲线相结合,对于监测项目监测值的变化过程和发展趋势尤以过程曲线表示为好。自动化监测阶段性报告强调分析和预测的科学性、准确性,报告的结论要依据充分。

9.2.8 自动化监测总结报告是基坑自动化监测工作全部完成后监测单位提交给委托单位的竣工报告。该报告一是要提供完整的监测资料;二是要总结基坑工程的经验与教训,全面综合分析人工和自动化监测的方法以及比测结果,为以后的基坑工程设计、施工和监测提供参考。

10 自动化监测软件系统

10.1 一般规定

10.1.1 自动化监测软件系统应能与相关物联设备进行通讯,如测量传感器、数据采集设备、网关设备等;应具备对采集的原始数据进行整合、清洗和处理的能力,以提供高质量的数据支持;并能对处理后的数据以图表、曲线、二三维图形等形式进行综合分析与展示;同时应依据现行国家及行业标准,对异常数据进行识别与预警,发送预警信息;自动化监测软件系统宜配套移动App或小程序,支持项目管理与采集作业管理等功能版块。项目管理宜包含项目信息查询、统计,预警信息实时接收、处置,现场巡检、巡查等功能;采集作业管理宜包含数据采集、数据解析、数据上传等功能,支持通过有线连接、蓝牙传输等方式对沉降、位移、测斜、水位、应力等多种监测数据的采集,支持采集数据的实时上传、现场解析与核对等。

10.1.2 监测软件系统产品应通过具备资质的专业测评机构的软件测试,包括性能测试、功能测试、安全测试等,以降低系统运行风险,提高系统稳定性和可靠性。

10.1.3 在设计系统电源时,应根据工程需要选择适当的电源类型和容量,并确保系统具备备用电源或UPS等电源备份设备,以应对突发停电等情况。数据自动采集装置、网络通信设备和系统电源等关键设备,宜单独设置防雷和抗电磁干扰装置,并确保设备可靠接地,以防止雷击和电磁干扰对系统造成影响。

10.2 系统功能要求

10.2.1 通讯和管理功能需满足以下要求:

1 系统应能通过采集设备回传的监测数据、传感器工作状态与连接状态、电池电量等信息,实时反馈监测成果与关键仪器、设备的工作状态,保障自动化监测工程正常、有效运行。

2 系统应能通过远程连接的方式,实现动态调整传感器的采样频率、回传地址等参数,以满足不同开挖阶段的监测要求。

10.2.2 系统数据采集功能需满足以下要求:

1 系统应能提供多样化的数据采集方式,以满足不同场景下的需求。“人工数据采集”是指当无法实现自动化监测时,通过人工现场测量的方式完成数据采集并录入监测软件系统。“半自动化采集”是指通过移动采集App或小程序、手持采集设备等与测量仪器进行有线或无线连接,完成监测数据采集与传输过程并上传监测软件系统。“自动化采集”是指系统按照预先设定的监测频率、监测范围进行自动监测并采集各个传感器数据上传到监测软件系统。

2 在基坑工程监测中,当部分测点变形超过有关标准或场地条件变化较大时,应对监测对象变形变化大的代表性部位及周边重点监护部位加密监测频率,监测系统应支持监测人员根据现场实际情况调整重点区域监测点位的数据监测频率。

3 对重要测点,系统宜支持定期、不间断采集,采集数据应按序回传。

4 工程现场的监测点位遭到破坏或遮挡时,会导致数据出现中断和异常,宜对测点开展补做措施。在监测点位完成重做或修复完成后,系统应能对重做测点数据进行续传处理,如采取保留累计变化量并更新初始值的方法继续完成后续监测。

5 除监测数据外,系统应能够记录施工工况和现场巡检的详细信息。施工工况宜包含施工时间,施工进度,现场照片及视频等信息,现场巡检宜包含对自然条件、支护结构、施工工况、周边环境及监测设施的巡查情况,对于巡检过程中发现的异常情况可通过文字、照片及视频等形式及时在系统中进行记录并通知到相应责任人。

10.2.3 由于外部的瞬时干扰、传感器或采集设备偶然失效、传输线路瞬间中断等因素,自动化监测过程中会产生明显偏离正常值的测量粗差。含有粗差的监测数据不能采用,系统应支持通过设置合理的阈值并与临近监测数值进行比对的方式,对粗差进行自动识别并剔除。

由于传感器采集的原始数据与最终成果要求的物理量不同,系统需要对传感器采集到的原始数据进行转换和计算。数据转换是指将传感器采集到的振弦信号、电压信号等原始信号转换为频率或是角度、力等形式的物理量。数据计算是指按照对应计算公式指对采集的角度、坐标、距离、高差等数据进行计算,得到成果要求的最终物理量。

由于自动化监测技术还在不断发展中,新技术、新设备也在不断的更新完善,在该阶段自动化监测技术的成熟度、稳定度都还达不到一个很高的水平,因此在鼓励采用自动化监测技术实施的同时,为保证结果的可靠性,应创造比对测量的条件,进行定期的比对测量数据校核,因此系统应具备对自动化监测数据和人工对比测量数据进行校验及精度评定的能力。

系统宜对历史监测数据进行智能分析及趋势预测,通过时间序列分析、趋势分析、曲线拟合等预测方法实现对各类监测数据的智能预测,辅助相关责任人提早发现可能存在的安全风险。

10.2.4 系统的预警标准应根据《建筑基坑工程监测技术标准》(GB 50497)的要求确定,变形监测预警值应包括监测项目的累计变化预警值和变化速率预警值。系统宜支持电话、短信、邮件、微信、APP或小程序通知等两种以上预警方式,确保对应责任人及时获取预警信息。

10.2.5 系统应具备对常用信息配置化功能，支持通过系统操作完成对常用内容的新增、修改、查询、删除：

1 系统应支持配置单位信息，如名称、性质、基本信息等；支持配置人员信息，如姓名、联系方式、职务等；支持配置角色信息，如角色创建、编辑、删除等；并支持单位、人员、角色信息关联配置。

2 系统应支持对数据权限、功能权限、操作权限的配置，支持根据不同的角色或用户组进行权限策略的新增、修改、删除等操作。

3 系统应支持对审批步骤、条件分支、审批人或角色的配置，支持对审批流程的新增、删除、修改等操作。

4 系统应支持用户对项目信息、监测测项、监测测点、监测设备、监测报告、预警方式等进行增加、删除、修改和查询等操作。

5 系统应提供文件管理功能，支持项目中监测方案、布点图、原始数据、监测报告等相关文件的上传、下载、查阅等操作。

10.2.6 系统数据交互与发布应满足以下要求：

1 为满足各个系统平台之间的数据传输，系统平台应开放数据交互接口，实现平台间的数据共享。

2 系统可通过现场设置监测大屏、布设监控摄像头等方式展示实时监测数据、监测曲线、预警信息、安全状况、施工情况等内容。

10.3 系统性能要求

10.3.1~10.3.6 自动化监测系统的性能是自动化监测工作的重要保障，也是自动化监测技术推广的关键。系统应具备良好的稳定性、可靠性、可扩展性、并发能力，以适应基坑监测复杂的现场环境。

10.4 系统数据安全要求

10.4.1 监测系统可采取基于角色的访问控制(RBAC)，通过将用户的角色与权限进行关联来实现对系统资源的访问控制，对不同角色用户采取最小权限访问原则。

10.4.2 系统数据基于网络传输时应采取加密手段，如使用TLS/SSL、HTTPS协议来加密数据传输，身份验证和信息完整性保护。外部接口设计时应采用API治理策略，设置适当的安全控制措施，如角色管理、访问审计、接口认证鉴权、安全监控、API密钥安全管理等。

10.4.3 网络安全防护宜依据防护对象、网络环境、防护级别、数据保密要求等内容组建多层次防御策略，网络安全设备可包括防火墙、入侵检测系统（IDS）、入侵防御系统（IPS）、反病毒和反恶意软件软件、虚拟专用网络（VPN）以及安全信息与事件管理系统（SIEM）等。通过多层次的防御策略，保护计算机网络免受未经授权的访问、勒索病毒、恶意攻击和数据篡改的影响。

10.5 系统维护和管理要求

10.5.1 系统调试应包括监测设备的参数标定，监测项目的初始值确定。对数据采集、传输、处理等软硬件设备的功能开展测试。完成对监测项目、监测频率及报警值的设定，同时应系统运行的稳定性和可靠性测试。

10.5.2 系统使用维护手册的内容应包括系统的基本信息、功能介绍、使用说明等。在软件系统的运行及维护过程中，应对用户权限和访问控制、安全操作规程、系统更新流程、应急响应和灾难恢复等内容进行明确规定，保障系统的有效运行。

10.5.4 为确保系统能够应对数据丢失、系统故障等突发情况，需要建立完善的数据备份策略。备份内容应包括但不限于数据库、项目文件、配置文件、日志文件等系统关键数据及配置信息。备份频率应根据数据重要性和变化频率确定，对关键数据进行每日备份，对非关键数据可考虑每月备份1次。可采用完整备份、增量备份或差异备份等方法将备份数据存储在硬盘、备份一体机、云存储等可靠储存介质中，

并定期验证和测试备份数据的完整性和可恢复性。将备份策略详细记录并文档化，包括备份计划、备份方法、备份存储位置等信息。