

水利工程基坑自动化监测技术规范

1 范围

本文件规定了水利工程基坑自动化监测技术的监测项目及布置、自动化监测方法及要求、自动化监测系统、安装与调试、数据处理及信息反馈等内容。

本文件适用于浙江省内水利工程基坑、围堰及周边环境自动化监测。

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 50026工程测量规范
- GB 50169电气装置安装工程接地装置施工及验收规范
- GB 50343建筑物电子信息系统防雷技术规范
- GB 50497建筑基坑工程监测技术标准
- GB/T 22385大坝安全监测系统验收规范
- SL 551土石坝安全监测技术规范
- SL 530大坝安全监测仪器检验测试规程
- SL 645水利水电工程围堰设计规范
- SL 725水利水电工程安全监测设计规范
- DL/T 5308水电水利工程施工安全监测技术规范
- DB36/T 1807水利水电工程基坑安全监测技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 基坑

指进行水工建筑物（如大坝、水闸、泵站等）基础开挖或者围堰等方式所形成的四周高、中间低的临时性土石方空间。

3.2 自动化监测

水利工程基础施工阶段，利用监测传感器、数据采集系统、通信技术及数据分析软件等构建监测系统，对基坑的开挖边坡、围护结构及周边环境实施的跟踪检查和持续监测工作，实现监测数据的自动采集、传输、存储、处理及信息反馈预警的监测方式。

3.3 比对测量

为保证测量结果的有效性，采取同等精度或更高精度的其它测量方法或设备对同一监测点进行测量，并比较其测量结果的过程。

3.4 监测频率

单位时间内的监测次数。

3.5 监测报警值

为保证建筑基坑及周边环境安全，对监测对象可能出现异常、危险所设定的警戒值。

3.6 监测点

为获取特定监测数据而在基坑及周边直接或间接设置的观测位置。

3.7 监测等级

根据基坑安全等级及围堰级别结合基坑周边环境和地质条件等的风险大小，对基坑工程安全监测进行的划分等级。

4 基本规定

4.1 在水利工程基坑施工期间，应按设计及相关规范要求应对支护结构、周围岩土体及周边环境进行监测。

4.2 实施自动化监测的基坑工程，监测点布设、监测频率、监测精度及监测预警值指标应满足基坑支护设计文件及现行有关标准规定的要求。

4.3 工程监测等级根据基坑安全等级及围堰级别按表 4.3.1 确定，并应根据当地经验结合地质条件复杂程度、周边环境发生变形或破坏的可能性和后果的严重程度进行调整。

表 4.3.1 工程监测等级

监测等级	适用范围
一级	安全等级为一级的开挖基坑或 3 级围堰工程
二级	安全等级为二级的开挖基坑或 4 级围堰工程
三级	安全等级为三级的开挖基坑或 5 级围堰工程

4.4 实施自动化监测的基坑工程宜实施全自动化监测；当采用半自动化监测时，人工监测环节的数据分析、处理和预警宜采用自动化处理系统。

4.5 实施自动化监测的基坑工程，监测单位应在施工前编制自动化监测方案。自动化监测方案应根据工程的施工特点，在分析研究工程风险及影响工程安全的关键部位和关键工序的基础上，有针对性地进行编制。

4.6 自动化监测方案应经建设、设计、监理等单位认可，必要时应与基坑周边环境涉及的有关管理单位协商一致后方可实施，当基坑工程设计或施工有重大变更时，监测单位应与建设单位及相关单位研究并及时调整自动化监测方案。

4.7 基坑自动化监测系统安装、调试完毕后，监测单位应提交安装报告，项目法人应及时组织投入使用验收。

4.8 自动化监测实施期间，相关单位应协助监测单位做好自动化监测设施、设备的保护工作，必要时应设置专用保护装置。

4.9 实施自动化监测的工程，应在自动化监测系统经过调试且运行稳定后进行，同时应定期进行人工监测数据对比测量。

4.10 自动化监测系统应定期检查、维护，保证系统正常运行，频次不宜少于每周一次。监测点及监测设备损坏或位置等变动后，自动化监测系统应重新调试及对比后方可继续进行。

4.11 监测数据处理和反馈应满足基坑监测相关规范要求，当监测数据达到监测报警值时应立即通报参建各方。

5 监测项目及布置

5.1 一般规定

5.1.1 基坑工程自动化监测应采用自动化设备监测和现场巡视检查相结合的方法。

5.1.2 监测的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，根据设计方案、地质条件、施工方法及周边环境条件综合确定，宜包括开挖基坑支护结构、支撑、边坡、围堰和周边环境等。

5.1.3 监测项目的选择应在监测对象确定的基础上，综合考虑工程地质水文地质条件、工程规模与施工技术难点及周边环境条件等因素合理确定，应突出重点项目、重点部位，并应反映监测对象的变化特征和安全状态。

5.1.4 各监测对象和项目应相互配套，满足设计、施工方案的要求，应利于形成互为补充、验证的监测体系。

5.2 仪器监测项目

5.2.1 开挖基坑支护结构、周围岩土体监测项目应符合设计及不低于GB 50497的要求，还应满足以下要求：

a 不同监测项目的监测点宜布置在同一断面上，对基坑支护结构、围堰和开挖边坡的薄弱环节应加密监测点。

b 当遇到土质软弱或基底下存在承压水且对工程影响较大时，应进行坑底隆起（回弹）监测。

5.2.2 土石围堰、混凝土堰工程监测项目应符合设计及 SL 645 的有关规定，钢围堰监测项目应符合设计及 GB/T 51295 的有关规定，其他围堰按相关规范及设计要求进行，还应满足以下要求：

a 当遇到岩土体软弱易产生较大变形，应进行深层水平位移监测；

b 基坑周边 0.7H 范围内的围堰应按开挖基坑进行布置。

5.2.3 周边环境的监测项目应符合设计及 GB 50497 的要求。当基坑工程周边存在堤防、桥梁等有安全保护区要求的水工建筑物或其他有特殊要求的建（构）筑物时监测项目应相关规范确定。

5.3 现场巡视检查

5.3.1 基坑工程施工和使用期内，现场巡查每天不宜少于一次；自动化监测系统应具有支持施工巡查记录的功能和对巡查异常情况进行预警的功能。

5.3.2 巡视检查宜以目视为主，可辅以量尺、锤、放大镜、照相机、摄像机等器具进行。

5.3.3 巡视检查的内容包括自然条件、施工工况、支护结构、围堰、周边环境及监测设施等信息，并应做好巡检记录，应及时整理检查记录。

5.3.4 巡查信息应与仪器监测数据进行比拟及综合分析，发现异常和危险情况，应按规定程序及时通知相关单位。

5.4 远程视频监控

5.4.1 对工程施工中风险较大的部位宜进行远程视频监控，当无照明条件时可采用红外设备进行监控。

5.4.2 下列部位宜进行视频监控：

- a 开挖基坑工程的岩土体开挖面、支护结构、周边环境等；
- b 围堰坝体结构等；
- c 边坡排水设施、边坡防护设施等重点部位；
- d 根据安全风险管理要求需要重点监控的其他部位。

6 自动化监测方法及要求

6.1 一般规定

6.1.1 基坑工程实施自动化监测时，应根据监测等级、监测项目、精度要求、地质环境条件、实施条件、施工组织计划等因素选取，应按简易方便、快速、连续、直观、经济等原则综合确定，可按照附录 A 选择监测方法。并可组合使用多种监测方法，以便相互验证、校验监测数据。

6.1.2 实施自动化监测的项目，应具备比对测量的条件，满足对现有数据结果的校验。

6.1.3 除使用本标准规定的各种监测方法外，亦可采用能达到现行有关标准规定要求精度的新技术、新方法。

6.1.4 下列基坑工程宜实施自动化监测：

- a 现场环境及条件不允许或难以人工监测的项目；
- b 基坑监测周期长，涉及一个以上主汛期；
- c 基坑监测等级为一级的或其他有特殊要求的基坑工程；
- d 监测频率要求高于有关标准且人工难以达到的，或需连续实时监测并进行趋势分析及预测的基坑；
- e 已发生严重事故，重新组织施工的基坑工程；
- f 智慧管理需要开展自动化监测的。

6.1.5 实施自动化监测的项目测点的布置应坚持少而精的原则，且应满足下列要求：

- a 位移采用自动化监测的数量不少于总测点数的 20%，且不少于 3 个；
- b 水位监测应全部采用自动化监测；
- c 内力测试项目均应采用自动化监测。

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型全站仪、激光位移计、GNSS 设备等进行量测。

6.2.2 全站仪自动化监测应符合下列规定：

- a 基准点和监测点的施工与安装应符合相关的规定；基准点、监测点之间应具有良好的通视条件，周围应设立安全警示标志，并应配置防水、防尘设施；
- b 监测点与基准点应同时观测至少 3 个监测网点，并宜同步进行观测；
- c 自动监测宜采用全圆方向观测法，当观测方向多于 6 个时，宜采用分组观测，测量时应同步观测水平角、垂直角、距离、气温、气压等。

6.2.3 水平位移自动化监测采用激光位移计进行水平位移监测时，应符合以下规定：

a 激光光路应高于地面不少于 20cm；

b 激光装置应配备平衡装置，确保激光光路不受结构倾斜的干扰；整个光路上应无障碍物，光路附近应设立安全警示标志；

c 自动监测应符合 GB 50026 的有关规定，可采用直接测量法和累计联测法进行监测。

6.2.4 水平位移自动化监测采用GNSS 技术进行水平位移监测时，应符合以下规定：

a 可采用动态监测和静态监测方法进行监测；

b 监测系统的建设应充分考虑环境因素对卫星信号的不良影响，并通过相应质量评价和对比分析来确定基准站及监测站位置。

c 监测数据宜采用自由网平差法自动平差计算，平差计算软件应具备因个别 GNSS 接收机掉线而重新组网的功能。

6.2.5 摄影测量法监测应符合下列规定：

a 应根据监测对象的变形特点、监测规模和精度要求选择作业方法，可采用时间基线视差法、立体摄影测量法或实时数字摄影测量法等；

b 监测点的标志可采用十字形或同心圆形，标志的颜色应使影像与标志背景色有反差，可采用黑、白、黄颜色或两色相间；

c 像控点应布设在监测体的四周，监测体的景深大于 100m 时，应在景深范围内均匀布设；

d 摄影站应设置固定观测墩，对于长方形的监测体，摄影站应布设在与物体长轴平行的一条直线上，并使摄影主光轴垂直于被摄物体的主立面；对于圆柱形外表的监测体，摄影站可均匀布设在与物体中轴线等距的周围；

e 多像对摄影时，应布设像对间起连接作用的标志点。

6.3 竖向位移监测

6.3.1 竖向位移自动化监测可采用全站仪三角高程测量、静力水准及 GNSS 技术等方法进行量测。

6.3.2 采用全站仪、GNSS 设备进行竖向位移监测时，宜与水平位移同步进行。

6.3.3 采用全站仪进行竖向位移监测时，监测点的竖向位移精度要求及其测量方法应满足现行行业标准 SL551 的相关要求。

6.3.4 采用静力水准测量方法进行自动化监测时，应组成环线或符合水准线路，并应符合下列规定：

a 静力水准测量的主要技术要求应符合表 6.3.1 的规定；

表 6.3.1 静力水准测量的主要技术要求

监测等级	两次观测高差较差（mm）	环线及符合路线闭合差（mm）
一级	0.15	$0.15\sqrt{n}$
二级	0.30	$0.30\sqrt{n}$
三级	0.60	$0.60\sqrt{n}$

b 监测点与基准点高程宜一致，基准点宜低于监测点 10mm~20mm，但其高差最大不应大于静力水准仪量程的 30%；测量前应检验测量头的零点差；

c 连通管路应无压折，管路内液体应无气泡；观测头的圆气泡应居中或自由悬挂；

- d 仪器对中误差不应大于2mm，倾斜度不应大于 $10'$ ；
- e 测量应在管路内的液面静止后开始，每观测 1 次应读数 3 次，并取平均值作为监测值。
- f 静力水准仪上应安装防盗、防碰撞保护装置，并应方便检查与维护。

6.4 深层水平位移监测

- 6.4.1 深层水平位移自动化实施可采用固定式测斜仪或绞盘式自动测斜仪等设备实现自动化量测。
- 6.4.2 深层水平位移宜以底部作为起算点。当底部不具备作为起算点的条件时，可以上部管口作为深层水平位移的起算点，但每次监测均应测定起算位置的坐标变化并修正。
- 6.4.3 采用固定式测斜仪实现自动化监测时，监测探头应合理布置，监测数据应能够反映监测深度范围内管形变化要求。
- 6.4.4 深层水平位移监测点的更换、检查等工作导致测斜传感器位置发生变化的，应重新校正。

6.5 倾斜监测

- 6.5.1 倾斜自动化监测可采用倾角计（两单轴正交或双轴）、智能型全站仪、静力水准仪等设备进行量测。
- 6.5.2 安装倾角计时，应明确安装的方向，并应详细记录测点间距、监测对象高度等相关属性信息数据。

6.6 裂缝监测

- 6.6.1 裂缝宽度自动化监测可采用裂缝计或位移计等设备进行量测。
- 6.6.2 设备安装时应综合考虑裂缝收缩与扩张两种情况。
- 6.6.3 设备安装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。
- 6.6.4 裂缝宽度监测点布设应根据工程现场条件和裂缝长度确定，应在裂缝两端、拐弯处、中部、最宽处建立监测点，且不应少于 10 个监测点，并应进行编号。
- 6.6.5 裂缝宽度量测精度不宜低于 0.1mm，裂缝长度和深度量测精度不宜低于 1mm。

6.7 应力监测

- 6.7.1 支护结构内力监测应符合下列规定：

- a 支护结构内力监测宜采用安装在结构内部或表面的应力、应变传感器进行量测；
- b 应根据监测对象的结构形式、施工方法选择相应类型的传感器。混凝土支撑、围护桩（墙）宜在钢筋笼制作的同时，在主筋上安装钢筋应力计。钢支撑宜采用轴力计或表面应力计；钢立柱、钢围檩（腰梁）宜采用表面应变计；
- c 应力计或应变计的量程不宜小于设计值的 1.5 倍，精度不宜低于 $0.5\%F^2S$ ，分辨率不宜低于 $0.2\%F^2S$ ；
- d 内力监测传感器埋设前应进行标定和编号，导线应做好标记，并设置导线防护措施；
- e 内力监测宜取土方开挖前连续 3d 获得的稳定测试数据的平均值作为初始值；

f 内力监测值宜考虑温度变化等因素的影响。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/545210324210011332>