

自动化监测技术在深基坑监测中的应用

吴锡杉

浙江华展研究设计院股份有限公司 浙江 宁波 315000

摘要: 本文聚焦自动化监测技术在深基坑监测中的应用。阐述了深基坑监测核心指标与自动化监测技术基础,包括核心指标构成、技术模块及优势。解析主流自动化监测技术,涵盖变形、力学参数、水文参数及多技术融合监测。随后介绍系统构建原则、关键环节与标准化应用流程。研究表明,自动化监测技术能提升监测效率与精度,保障深基坑施工安全,为类似工程提供参考。

关键词: 深基坑; 自动化监测技术; 变形监测

引言: 在城市建设加速推进的当下,深基坑工程日益增多,其施工安全备受关注。深基坑施工环境复杂,易受多种因素影响,传统人工监测存在时效性差、精度低、安全性不足等问题。自动化监测技术凭借实时监测、高精度、高安全性等优势,成为保障深基坑施工安全的关键手段。本文深入探讨自动化监测技术在深基坑监测中的应用,旨在为工程实践提供理论支持与技术指导。

1 深基坑监测核心指标与自动化监测技术基础

1.1 深基坑监测核心指标

深基坑监测核心指标是把控工程安全的关键抓手,需围绕基坑本体及周边环境布设,确保覆盖风险关键点。基坑本体指标包括围护结构位移(水平、竖向)、沉降、倾斜及裂缝宽度,其中水平位移直接反映围护结构受力变形状态,是预防坍塌的核心指标。周边环境指标涵盖邻近建筑物沉降与倾斜、地下管线位移、地表沉降及孔隙水压力,地表沉降需控制在规范阈值内,避免引发周边建筑开裂、管线破损^[1]。围护结构内力(轴力、弯矩)、支撑轴力等力学指标也属核心范畴,可精准判断结构承载能力。这些指标需结合工程地质条件、基坑深度及周边构筑物分布合理筛选,为安全评估提供精准数据支撑,保障基坑施工及周边环境稳定。

1.2 自动化监测技术核心构成

深基坑自动化监测技术核心构成包含四大模块,各模块协同运作实现数据全流程自动化处理。数据采集模块是基础,由各类传感器、数据采集终端组成,传感器根据监测指标选型,如位移传感器、应变计、孔隙水压力计等,可实时捕捉监测数据并转化为电信号。数据传输模块负责信号高效传递,主流采用无线传输(4G/5G、LoRa、WiFi)与有线传输结合模式,无线传输适配复杂基坑环境,有线传输保障关键数据稳定性,确保数据无延迟、无丢失传输至终端。数据处理模块通过专业软件

完成数据滤波、修正、分析,剔除干扰数据,生成标准化数据报表与曲线。数据预警模块基于预设阈值,当数据超出限值时自动触发声光预警、短信通知,同步上传至管理平台,形成“采集-传输-处理-预警”闭环,为工程决策提供实时支撑。

1.3 自动化监测技术的核心优势

相较于传统人工监测,深基坑自动化监测技术具备多重核心优势,大幅提升监测效率与安全性。其一,监测时效性强,可实现24小时不间断实时监测,突破人工监测时间限制,及时捕捉基坑变形、受力等细微变化,避免因监测间隔过长遗漏风险隐患。其二,数据精度高,通过自动化设备采集数据,减少人工读数误差,同时借助软件自动修正数据,确保监测结果精准可靠,为安全评估提供科学依据。其三,作业安全性高,深基坑施工环境复杂,自动化监测可远程完成数据采集,无需人员频繁进入危险区域,降低高空坠落、坍塌等安全风险。其四,数据处理高效,软件可自动完成数据整理、分析与报表生成,大幅节省人工成本,同时支持多终端同步查看数据,便于管理人员快速掌握工程状态,实现风险提前预判、及时处置,保障工程顺利推进。

2 深基坑工程主流自动化监测技术解析

2.1 变形自动化监测技术

变形自动化监测是深基坑监测核心技术,精准监测基坑本体及周边环境变形指标,涵盖多种技术手段。GNSS实时动态监测技术,适用于大范围地表及建筑物沉降、位移监测,靠卫星定位实时获取测点坐标,精度达毫米级,可远程监测多点变形。静力水准自动化监测技术,多用于建筑物及基坑围护结构竖向沉降监测,借连通管原理与传感器,自动采集液面变化并转化为沉降数据,适配多场景。光纤光栅监测技术,基于光纤传感原理,能同时监测位移、应变等多参数,抗干扰强、耐久

性好,用于围护结构裂缝及变形监测。激光位移计监测技术,可近距离高精度监测水平位移,响应快、能捕捉瞬时变形^[2]。自动化测斜技术,通过测斜仪获取围护结构或土体深层水平位移,精度高、实时连续,能及时反映变形情况,为判断基坑稳定性提供依据,如软土地区可实时掌握位移趋势,及时采取措施防失稳。

2.2 力学参数自动化监测技术

力学参数自动化监测技术聚焦基坑围护结构及支撑体系的受力状态,为结构安全评估提供核心力学数据,保障结构承载稳定。钢筋计自动化监测技术应用广泛,通过在围护桩、连续墙钢筋上布设钢筋计,实时监测钢筋应力变化,间接推算结构内力,数据经采集终端自动传输至平台,可精准判断结构受力集中区域。振弦式传感器监测技术适用于支撑轴力、围护结构弯矩监测,传感器基于振弦频率变化转化为力学参数,具备稳定性强、精度高的特点,适配复杂施工环境。应变计自动化监测技术可直接监测围护结构表面应变,通过数据换算获取结构内力分布,常用于钢板桩、地下连续墙等结构监测。另外,压力盒监测技术可监测基坑周边土压力变化,实时掌握土体与结构的相互作用,为力学分析提供完整数据支撑。

2.3 水文参数自动化监测技术

水文参数自动化监测技术针对深基坑施工中的地下水相关指标监测,预防地下水异常引发基坑失稳,保障工程安全。孔隙水压力自动化监测技术是核心,通过孔隙水压力计实时采集基坑周边土体孔隙水压力数据,设备可埋设于不同深度土层,捕捉水位变化及水压波动,为降水方案调整提供依据,避免因水压过大导致土体渗透破坏。地下水位自动化监测技术采用液位传感器与数据采集终端结合模式,可实时监测地下水水位升降变化,支持多点同步监测,数据精度高、响应迅速,及时预警水位异常上升或下降风险。渗透系数动态监测技术通过自动化设备监测土体渗透能力变化,预判基坑突水、管涌等隐患,适用于富水地层基坑工程。水质监测技术可辅助判断地下水对结构的腐蚀性,为防腐措施制定提供参考,各类技术协同构建水文监测体系,全面管控水文风险。

2.4 多技术融合监测技术

多技术融合监测技术是深基坑监测的发展趋势,通过整合不同类型监测技术优势,实现数据互补、全方位风险管控。该技术以数据融合平台为核心,整合变形、力学、水文等各类监测数据,打破单一技术监测局限,构建多维度监测体系。例如,将GNSS变形监测与光纤

光栅力学监测融合,同时获取结构变形与受力数据,精准分析变形与受力的关联性,提升风险预判准确性。结合地下水位监测与土压力监测数据,可深入分析地下水变化对土体受力的影响,为基坑稳定性评估提供全面依据。此外,融合物联网、大数据技术,实现监测数据的实时共享、智能分析与趋势预测,通过算法模型挖掘数据潜在关联,提前预判风险发展态势。

3 深基坑自动化监测系统构建与应用流程

3.1 系统构建核心原则

深基坑自动化监测系统构建需遵循四大核心原则,确保系统实用性、可靠性与安全性。科学性原则是基础,需结合工程地质勘察报告、基坑设计方案及周边环境条件,合理筛选监测指标与技术手段,确保监测点布设、设备选型符合工程实际需求,数据采集与分析方法科学规范^[3]。可靠性原则要求系统各组成部分稳定运行,传感器、传输设备需具备抗干扰、耐恶劣环境的能力,数据传输网络保障通畅无丢失,软件系统具备数据修正与容错功能,确保监测数据真实可靠。经济性原则需平衡监测精度与成本投入,在满足规范要求的前提下,优先选用性价比高的设备与技术,避免过度监测造成资源浪费。动态性原则要求系统具备可扩展性,可根据施工进度、风险变化调整监测点、监测频率及预警阈值,适配基坑施工各阶段的监测需求,实现全周期动态监测。

3.2 系统构建关键环节

3.2.1 测点布设

测点布设是深基坑自动化监测系统构建的关键环节,直接影响监测数据的代表性与有效性,需严格遵循规范要求与工程实际布局。测点布设需覆盖基坑本体及周边敏感区域,基坑本体测点沿围护结构顶部、中部、底部均匀布设,水平位移与沉降测点间隔根据基坑规模确定,一般不超过20米,裂缝测点布设于结构薄弱部位及裂缝发育区域。周边环境测点优先布设于邻近建筑物角点、中点及地下管线关键节点,地表沉降测点沿基坑周边辐射状布设,形成监测网。测点布设需避开施工干扰区域,确保设备安装牢固、监测视野良好,同时预留施工操作空间。测点需做好标识与保护措施,防止损坏,布设完成后需进行初始数据采集,作为后续监测对比的基准,确保监测数据的连续性与可比性。

3.2.2 设备选型与安装

设备选型与安装需适配监测指标、环境条件及精度要求,保障系统稳定运行。设备选型时,传感器需根据监测参数确定,优先选用精度高、稳定性强、耐恶劣环境的产品,如位移监测选用GNSS接收机与激光位移计,

力学监测选用振弦式传感器,水文监测选用高精度液位传感器。数据采集终端需支持多通道数据采集、无线传输功能,适配不同类型传感器信号。安装过程需严格遵循操作规程,传感器安装位置精准,与监测结构紧密结合,避免松动影响数据精度,如钢筋计需与钢筋焊接牢固,孔隙水压力计需埋设于指定土层深度并做好密封处理。设备安装后需进行调试与校准,检查信号传输是否通畅、数据采集是否准确,同时做好安装记录,标注设备位置、型号及校准参数,确保设备正常运行。

3.2.3 数据传输网络搭建

数据传输网络搭建需保障监测数据高效、稳定、安全传输,构建有线与无线结合的复合型传输网络。无线网络适用于测点分散、施工区域复杂的场景,选用4G/5G、LoRa等技术,LoRa技术具备低功耗、远距离传输优势,适配基坑大范围监测,4G/5G技术保障数据实时传输,满足远程监控需求。有线传输网络用于核心区域及关键测点,采用光纤、电缆传输,具备抗干扰强、传输速率高的特点,确保重要数据稳定传输。网络搭建需合理布置传输节点,确保信号覆盖所有测点,避免信号盲区,同时安装信号放大器、避雷器等设备,提升网络稳定性与抗干扰能力。另外,需建立数据加密传输机制,设置访问权限,防止数据泄露、篡改,保障监测数据安全,搭建完成后需进行网络测试,检查数据传输速率、延迟及稳定性,确保满足自动化监测需求。

3.2.4 数据管理与预警平台开发

数据管理与预警平台是自动化监测系统的核心中枢,实现数据全流程管控与智能预警。平台需具备数据接收、存储、处理、分析、展示、预警等功能,支持多类型监测数据整合,自动生成数据报表、曲线及分析报告,便于管理人员直观掌握监测状态。数据管理模块采用数据库存储海量监测数据,支持数据查询、导出、备份功能,确保数据长期保存与追溯。数据分析模块集成专业算法,可对数据进行滤波、修正、趋势分析,挖掘数据潜在关联,预判风险发展态势。预警模块基于规范标准与工程实际设定分级预警阈值,数据超出限值时自动触发多级预警,通过声光、短信、平台推送等方式通

知相关人员。平台需具备良好的兼容性与扩展性,支持新增测点、设备接入,适配施工各阶段监测需求,同时支持多终端登录,实现远程监控与管理。

3.3 标准化应用流程

深基坑自动化监测系统标准化应用流程涵盖前期准备、系统调试、正式监测、数据处置、后期总结全阶段,确保监测工作有序开展。前期准备阶段,完成勘察调研、方案编制、测点布设、设备采购与安装、网络搭建及平台开发,组织技术交底,明确监测职责与流程。系统调试阶段,对整套系统进行全面调试,校准传感器精度,测试数据传输稳定性与平台功能完整性,优化系统参数,确保满足监测要求,同时采集初始基准数据。正式监测阶段,启动24小时不间断监测,按预设频率采集数据,平台自动处理分析,实时监控数据变化,严格执行预警机制,发现异常及时上报并启动应急处置流程^[4]。数据处置阶段,定期对监测数据进行复盘分析,调整监测方案与预警阈值,为施工决策提供依据。后期总结阶段,整理监测数据、报告及相关资料,分析监测效果,总结经验教训,形成完整监测档案,为后续类似工程提供参考。

结束语

自动化监测技术在深基坑监测中发挥着至关重要的作用,显著提升了监测的时效性、精度与安全性,有效保障了深基坑施工及周边环境稳定。通过合理构建自动化监测系统,遵循标准化应用流程,可实现对深基坑工程全方位、全过程的精准监测与风险管控。未来,随着技术的不断创新与完善,自动化监测技术将在深基坑工程中发挥更大价值,推动行业安全发展。

参考文献

- [1]赵锐.自动化监测技术在深基坑监测中的应用[J].中国高新科技,2025(3):137-139.
- [2]黄育纯.自动化监测技术在深基坑监测中的应用分析[J].现代工程科技,2023,2(9):49-52.
- [3]王磊.自动化监测技术在深基坑监测中的应用[J].工程技术研究,2022,7(24):190-192.
- [4]陈科.自动化监测技术在深基坑监测中的应用[J].工程建设与发展,2025,4(9):148-150.