

建筑深基坑工程施工变形监测与安全预警模式分析

李 欢

(衡宇建设集团有限公司合肥分公司, 安徽 合肥 231200)

摘 要 在深基坑工程施工过程中, 变形监测与安全预警是防范坍塌、次生灾害的关键环节, 直接关系到工程施工安全与周边环境稳定。针对当前深基坑监测指标选取不全面、方法适配性不足, 以及安全预警阈值不合理、响应不及时等问题, 结合深基坑工程特性与地质条件, 对施工变形监测策略、安全预警模式及实施保障措施展开系统研究。确定覆盖边坡位移、支护应力等核心监测指标, 优化自动化与传统监测结合的方法, 建立规范的数据管理体系; 构建分级预警阈值, 完善闭环预警机制与智能化预警系统; 从组织、技术、风险联动三方面搭建实施保障体系, 实现深基坑变形精准监测与安全高效预警, 旨在为深基坑工程施工安全管控提供实践参考, 保障工程顺利推进。

关键词 深基坑; 变形监测; 安全预警; 施工安全; 智能化管控

中图分类号: TU433

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.26.013

0 引言

当前, 建筑工程向深、大、难方向发展, 深基坑施工环境愈发复杂, 地质不确定性、周边环境敏感性显著提升, 坍塌、滑移等安全风险防控压力持续增大。变形监测与安全预警作为基坑安全管控的核心手段, 直接决定工程整体安全与周边设施稳定。传统监测模式存在指标单一、预警滞后、联动不足等问题, 难以适配现代工程精细化、智能化管理要求。立足于工程建设安全新形势, 结合智能化技术发展趋势, 系统研究深基坑变形监测体系与分级预警模式, 完善全过程实施保障, 对提升风险防控能力、减少安全事故、保障工程有序推进具有重要现实意义。

1 建筑深基坑施工变形监测策略

1.1 变形监测核心指标确定

科学选取核心监测指标是确保监测数据有效性、支撑安全预警的基础, 需结合工程特性全覆盖关键风险点。基坑边坡位移与沉降是监测工作的核心必测指标, 直接反映基坑整体稳定性, 其数据变化能直观呈现基坑边坡是否存在滑移、坍塌等安全隐患, 为判断基坑施工安全状态提供最基础、最关键的依据。支护结构应力、周边建(构)筑物沉降及地下水位变化指标需同步纳入监测范围。支护结构作为基坑抗变形、

抗坍塌的核心承载构件, 其应力变化直接关系到支护体系的承载能力, 一旦应力超出设计阈值, 极易引发支护结构破坏; 周边建(构)筑物沉降监测可有效防范基坑变形对周边既有建筑造成的开裂、倾斜等损害, 避免引发次生安全事故; 地下水位变化会直接影响基坑周边土体的抗剪强度与承载力, 水位骤升骤降易导致土体软化、管涌等问题, 进而威胁基坑安全。结合基坑深度、地质条件补充特殊监测指标, 能进一步提升监测工作的针对性与全面性, 如深厚软土地区需补充土体分层沉降监测, 岩质基坑需增加岩体裂隙开合度监测, 高水位基坑需强化孔隙水压力监测^[1]。

1.2 变形监测方法优化选取

优化多种监测方法的搭配, 做到监测数据精准、高效、实时采集, 同时兼顾实用性和经济性, 深基坑变形监测应该优先选用自动化监测技术, 与传统人工监测相比, 自动化监测可以做到连续、实时采集数据, 能有效减少人工操作带来的人为误差, 还能大幅提高数据采集效率, 可以实时捕捉基坑变形的细微变化, 及时发现潜在的安全隐患, 尤其适合基坑深度大、施工周期长、变形风险高的工程。传统监测方法可以作为补充, 和自动化监测技术互相验证、形成互补, 在复杂地质条件下, 如地形复杂、遮挡较多的区域, 自

作者简介: 李欢(1989-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 建筑工程施工。

动化监测设备容易受干扰,出现数据偏差,这时可以用水准测量、钢尺量测这类传统方法进行复核,利用两种方法得到的数据做对比分析,剔除异常数据,保障监测数据的可靠性。监测的频率需要根据施工进度动态调整,在基坑开挖、支护结构施工这类关键施工阶段,基坑变形速度快、安全风险高,要适当加大监测力度、缩短监测间隔,保证可以及时捕捉变形的变化趋势。

1.3 监测数据管理与质量控制

建立规范的数据管理与质量控制体系,以此保证监测数据真实、完整、可用,为安全预警提供可靠支撑。搭建统一的数据管理平台,把所有监测指标的采集数据统一录入平台,做到数据集中存储、分类整理和快速查询,平台需要具备数据分类归档、趋势分析、异常提醒等功能,可以把不同监测点位、不同监测指标的数据,按照施工阶段、时间节点进行分类管理,方便工作人员快速调出所需数据,分析基坑变形的变化规律,同时建立完善的数据校验与异常排查机制,对采集到的监测数据做实时校验,利用数据合理性分析、逻辑校验等方法,及时筛除设备故障、操作失误带来的无效数据,对存在偏差的数据及时修正,保证每一组监测数据都真实有效。明确数据归档的标准,对监测过程中的原始数据、校验记录、分析报告等做规范归档,理清归档流程、存储期限与查阅权限,保证监测数据可追溯。

2 建筑深基坑安全预警模式构建策略

2.1 预警指标阈值设定

科学设定预警阈值是安全预警的核心,需结合工程实际、地质条件与规范要求,实现分级预警。预警阈值的设定需以相关行业规范与技术标准为基础,结合基坑规模、地质特性等工程实际情况进行精确定,不同规模、不同地质条件的基坑,其变形承受能力存在差异,阈值设定需避免“一刀切”,如软土地区基坑的位移阈值应低于岩质基坑,深层基坑的沉降阈值需严于浅层基坑,确保阈值设定符合工程实际需求^[2]。结合历史工程案例与施工风险评估,对基础预警阈值进行动态调整,通过分析同类基坑工程的监测数据与安全事故案例,总结不同施工阶段的变形规律与风险点,结合本次工程的施工方案、风险评估结果,实时调整阈值参数,适配施工全过程的变形变化需求,避免因阈值固定不变导致预警滞后或误报。设定一般、较重、严重三级预警阈值,明确不同阈值对应的风险等级与判断标准,一般预警阈值对应基坑轻微变形,需加强监测频次;较重预警阈值对应基坑变形接近临界状态,需启动初步处置措施。

2.2 预警机制优化设计

搭建高效闭环的预警机制,保证预警信息能快速传递、及时响应,避免安全风险进一步扩大,设置自动触发预警的机制,把监测得到的数据和预警阈值做实时对比,一旦监测数据超出对应阈值,系统就会自动发出预警,不需要人工操作,能减少人为原因造成的延误,保证预警能第一时间发出,给处理风险争取足够时间。理清预警信息的传递流程,明确建设、施工、监测、监理等各责任主体的信息接收渠道和对应职责,保证预警能精准快速地送到每一位相关负责人和现场施工人员手中,避免因为信息传递不通顺、责任划分不清晰,导致预警响应不及时。优化预警响应流程,针对不同的预警等级制定清晰的处理办法:一般预警时,重点增加监测频率,密切关注变形的发展趋势;较重预警时,立刻暂停相关施工工序,安排技术人员分析变形原因,采取加固支护等应对措施,严重预警时,马上启动应急预案,组织现场人员撤离,进行应急处理。另外,还要搭建预警反馈机制,跟踪监测处置措施的实施效果,根据变形变化调整处置方案,形成“预警—处置—反馈”的完整闭环管理,保证安全风险能得到有效管控。

2.3 预警系统搭建与优化

搭建智能化预警系统,整合监测数据与预警功能,提高安全预警的智能化水平与响应效率,这套系统需要做到监测数据采集、分析、预警功能的一体化运作,把自动化监测设备采集的实时数据同步接入系统,由系统自动完成数据整理、分析与比对,不需要人工重复操作,大幅提高预警工作效率,还能保证数据传递及时且准确,做到监测数据与预警信号同步联动。优化系统界面设计时遵循简洁、直观、易用的原则,简化操作流程,将核心监测数据、预警等级、处置建议等关键信息清晰呈现,保证现场施工人员和管理人员能快速掌握预警信息与处置要求,不用经过专业技术培训就能熟练操作,提高系统的实用性,强化系统的稳定性与兼容性,让系统适配不同类型的监测设备与施工场景,保证系统能长期稳定运行,避免设备兼容问题、环境干扰引发系统故障,影响预警工作进行^[3]。另外,还要定期对系统进行维护与升级,优化系统算法,提高数据分析的精准度与预警响应速度,及时修复系统漏洞,保证系统始终处于最佳运行状态,为深基坑安全预警提供可靠的技术支撑。

3 深基坑监测与安全预警实施保障策略

3.1 组织管理体系完善

建立健全组织管理体系,明确责任分工,为监测与预警工作的有序开展提供组织保障。成立深基坑监

测与安全预警专项管理小组,由建设单位牵头,整合施工、监测、监理等各方力量,明确各方单位的职责分工,建设单位负责统筹协调、资金保障与监督管理,施工单位负责现场监测配合、预警响应与应急处置,监测单位负责监测数据采集、分析与预警信号发出,监理单位负责全程监督监测与预警工作的落实情况,避免因责任划分不清晰导致工作推诿、落实不到位^[4]。建立常态化沟通机制,定期召开专项工作会议,同步施工进度、监测数据与预警信息,针对监测过程中发现的问题、预警响应过程中的难点进行集中研讨,形成解决方案,确保监测工作、预警工作与施工进度同频衔接,避免出现工作脱节。加强人员培训,针对监测人员开展专业技能培训,提升其监测设备操作、数据采集与分析的能力,确保监测数据的精准性;针对施工人员与管理人员开展安全预警知识培训,提升其对预警信号的识别能力与应急处置能力,确保预警信息发出后能快速响应、科学处置,全方位提升组织管理效能,保障监测与预警工作落地见效。

3.2 技术保障体系构建

强化技术支撑,促进监测与预警技术更新,提高工作的科学性与可靠性,引入无人机监测、光纤传感监测等先进新型监测预警技术,这类技术具备监测范围广、精度高、抗干扰能力强的特点,可以有效补足传统监测技术的短板,提高数据采集和分析的精准程度,尤其适合复杂深基坑工程的监测需要。建立技术交底与技术复核制度,在监测与预警工作开始前,要组织技术人员做完整的技术交底,明确监测点位、监测指标、监测方法、预警阈值等主要要求,保证工作人员准确把握作业标准;在监测过程中,定期进行技术复核,全面检查监测设备校准状态、数据采集操作规范度、预警信号准确性,及时发现并修正技术问题,确保监测与预警工作符合行业规范和工程要求^[5]。加强技术研发与创新工作,结合复杂深基坑工程的施工特点与监测需求,和科研机构合作进行技术研发,优化监测方法与预警算法,研发适配复杂场景的监测设备与预警系统,打破现有技术瓶颈,提高监测与预警技术的适配能力,促进深基坑监测与安全预警技术持续升级,为工程安全提供更有力的技术支撑。

3.3 风险防控联动机制建立

搭建监测、预警和风险处置的联动机制,做到风险早发现、早预警、早处置。将施工进度和监测预警工作联动起来,按照施工进度计划明确不同施工阶段的监测重点与预警要求,在基坑开挖、支护施工、降

水施工这类高风险施工环节,加大监测强度、增加监测次数,提前预判风险点,保证可以及时捕捉基坑的异常变形,发出预警信号,防止风险进一步扩大。搭建预警处置的联动机制,明确预警信号发出后,各相关责任方的处置职责与响应时间要求,施工单位要在规定时间内启动处置方案,监测单位要持续跟踪变形的变化情况,监理单位要全程监督处置过程,保证处置措施科学、及时、有效,形成监测、预警、处置的无缝衔接,同时加强和周边环境管理部门的联动,提前向相关部门报备深基坑施工计划与监测预警方案,定期共享监测数据与预警信息;针对基坑变形可能影响周边道路、地下管线和公共设施的情况,共同制定防控方案,建立应急联动机制,一旦出现风险隐患,立刻协同进行处置,避免基坑变形引发周边公共安全事故,做到全方位、全流程的风险防控。

4 结束语

建筑深基坑施工变形监测与安全预警是一项系统性、全过程的工作,需兼顾监测的精准性、预警的及时性与保障的全面性。本文围绕深基坑变形监测核心要点、安全预警模式构建及实施保障,结合工程实际需求与地质特点,优化监测指标与方法,完善预警阈值与机制,搭建全方位的保障体系,有效解决监测数据可靠性不足、预警响应滞后等实际难题,形成一套科学可行的深基坑安全管控方案。深基坑工程地质条件复杂、施工风险多变,未来可结合新型监测技术的应用,进一步优化预警算法与处置流程,提升安全管控的智能化水平。本次研究成果可直接应用于各类深基坑工程实践,为同类工程的变形监测与安全预警工作提供借鉴,推动深基坑施工安全管理水平持续提升。

参考文献:

- [1] 李祖春,戎祥.建筑工程施工中深基坑支护技术的创新与应用[J].智慧中国,2025(09):68-69.
- [2] 白永龙.深基坑支护施工技术在建筑工程施工中的运用[J].大众标准化,2025(08):137-139.
- [3] 谢晓东.建筑工程施工中深基坑支护施工技术[J].四川建材,2025,51(02):159-161,173.
- [4] 陈燕坤.高层住宅建筑深基坑支护工程施工技术要点分析[J].中华民居,2024,17(08):172-174.
- [5] 张文伟.建筑工程中深基坑支护的施工技术管理探究[J].建材发展导向,2024,22(20):130-132.