

关于深基坑自动化动态实时监测物联网技术的探讨

文 / 陈 军 广东省建设工程质量安全检测总站有限公司

摘要：近年来，大型商业综合体等工程日益增多，在建筑工程施工过程中，深基坑工程作为关键环节，对于建筑工程质量、安全具有一定影响。因此，本文围绕建筑工程深基坑自动化动态实时监测物联网技术展开分析，系统研究该技术在建筑工程中的核心价值，在明确深基坑自动化动态实时监测物联网技术原理的基础上，结合实际案例项目，明确技术应用路径，通过做好前期准备工作、合理布置监测点设备、加大设备调试管理力度等途径，显著提升深基坑工程安全管控效率，增强基坑监测精准性，强化整体防范能力，从而为建筑工程深基坑监测工作数字化转型助力。

关键词：建筑工程；深基坑；自动化；物联网；监测技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.21.027

引言

深基坑工程作为建筑工程关键环节，受工程性质、特点因素影响，一旦施工不当，则会造成土体变形、围护结构位移、周边建筑沉降等安全事故。对于传统深基坑监测工作而言，主要是以人工巡检为基础，存在预警滞后、人工误差大等问题。基于此，需应用深基坑自动化动态实时监测物联网技术，凭借技术优势，合理布设高精度传感设备，并构建无线传输网络，实时监测基坑各项指标，为工程决策提供精准的数据支撑。

一、深基坑监测重要性分析

现如今，超高层、复合型等建筑工程日益增多，为充分利用地下空间，深基坑工程逐渐受到重视，其作为建筑施工前期重要环节，施工安全性与稳定性至关重要。为保障深基坑工程施工安全，需做好深基坑监测工作，受地下土体性质以及施工环境复杂性影响，若仅参考地质勘察资料，往往会存在不确定因素，降低监测质量，影响监测结果精准性。基于此，通过深基坑智能化监测，可准确掌握基坑施工过程中各种数据与信息，便于发现潜在安全隐患，从而提前采取保障措施。此外，监测结果可为后续设计优化与施工工艺改进提供支撑，在对大量监测数据分析、总结背景下，可深入了解不同地质条件下土体变形规律与力学特性，从而优化基坑支护设计。总的来说，深基坑监测可实时关注基坑动态变化，为工程顺利进行提供有力保障^[1]。

二、深基坑自动化动态实时监测物联网技术原理分析

（一）控制网加密技术

在深基坑监测中，为提升监测精度，需以控制网加密技术为支撑，在原有基础控制网上增加更多高精度控制点，提升监测控制密集性与精确性。通常情况下，深基坑施工场地狭窄，且受周围环境干扰较大，常规监测控制网无法满足实际需求，而控制网加密技术的应用可均匀分布在基坑周围，并覆盖基坑各个关键部位，例如，支撑结构区域、基坑边角以及出现较大变形区域，在构建高精度监测控制网的基础上，确保监测数据精度达到毫米级，从而充分保障工程施工安全。

（二）安装基坑自动化监测系统

基坑自动化监测系统作为监测工作核心设备，其主要结构包含传感器、数据处理分析软件以及数据采集传输设备等。以传感器为例，其负责采集基坑各类参数，例如，位移、应力、沉降、倾斜、地下水位等。根据监测参数特点，需选择针对性传感器，以位移为例，需优先选择光纤位移传感器或激光位移计，凭借高精度、稳定性好等优势，可进一步感知基坑变化情况。在安装基坑自动化监测系统时，需严格按照相关标准与规范，以基层特点和监测要求为参考，科学布置传感器位置，避免传感器受到外界干扰。此外，应注重对设备进行防护，避免受到灰尘、雨水等环境因素侵蚀，从而确保系统可以稳定、高效运行。

（三）数据采集与分析

在深基坑自动化动态实时监测过程中，数据采集与分析作为基础环节，能够获取各类参数数据。在做好数据采集基础上，需进行预处理工作，例如，异常值剔除、数据清洗等。以数据异常值剔除为例，主要是设定合理的阈值范围，结合数据信息特点，有效去除明显偏离正常范围的数据点。在数据预处理后，需做好数据分析工作，进一步明确基坑变形规律、安全状况以及受力状态，为工程决策提供科学依据。在数据分析过程中，可利用统计分析、回归分析等方式计算数据均值、标准差等统计量，进而明确数据集中趋势，为工程决策提供科学依据。

（四）预警与决策支持

预警机制作为深基坑监测系统的关键部分，能够深入发掘数据规律，及时发现潜在安全隐患，为工程人员采取相应措施提供时间。在建立过程中，应综合考量基层设计要求、工程经验以及施工规范等因素，合理设定预警阈值，例如，变形阈值、水位阈值等，一旦超过数据阈值，系统则会自动触发预警。为保证预警信息能够准确、及时传达给工作人员，需采用灯光报警、短信通知等多种预警方式，并包含详细监测数据、预警时间以及预警级别，便于工程人员迅速做出相应决策。在收到预警信息后，可根据预警级别与实际制定决策方

案，例如，应急处理措施、后续监测计划等，确保人员生命安全，力求将工程财产损失最小化。

(五) 数据可视化展示

数据可视化展示便于工程人员快速了解基坑状态与变化趋势，通过将深基坑监测数据以图形、图表等直观方式呈现给工程人员，便于将监测数据转化为易于理解的视觉信息。以图表为例，常见形式包含柱状图、折线图。与之相比，图形展示则涉及变形云图、三维模型，直观展示基坑空间变形情况，便于从多个角度观察基坑状态。通过应用先进的数据可视化展示平台，可全面呈现基坑位移、沉降以及支撑轴力等数据，并采取相应措施处理异常情况。

三、深基坑自动化动态实时监测物联网技术的应用路径

案例：以广东某大型商业综合体项目为例，该项目规模较大，且地质条件较为复杂。结合周边环境分析，项目周边紧邻多条城市主干道以及重要建筑物，施工环境极为苛刻，项目基础信息如表 1 所示。

表 1 项目基础信息

基础信息	具体参数
总建筑面积	30 万 m ²
建筑结构	地上、地下共计 3 层
基坑深度	15m
基坑周长	1200m

在该项目中，为保障建筑工程的安全，全面应用了深基坑自动化动态实时监测物联网技术，以此对基坑施工过程进行全方位、智能化监督，具体技术路线如图 1 所示^[2]。该技术的应用可减少人工监测工作量与成本，降低整体安全风险，为工程建设经济、社会效益协同提升赋能。

(一) 做好前期准备工作

结合案例项目信息分析，该项目周边紧邻多条城市主干道以及重要建筑物，需做好前期准备工作，为后续监测工作质量提供保障。在这一过程中，可采用风险预判+方案定制方式，结合项目具体监测需求，联合地质勘察单位进行专项勘察。根据深基坑结构特点，可采用钻孔取样方式与原位测试，明确场地土层分布情况。结合本案例项目深基坑规模分析，需布设 28 个勘察孔，并合理控制孔深，以基坑底为标准，应确保超过其 10m 以上。结合场地土层分布情况分析，该项目土层从表至底分别为杂填土、粉质黏土以及中风化岩层，在测试过程中，发现存在局部承压水层。对此，需制定相应风险应对方案，避免粉质黏土边坡失稳风险，并防控承压水突涌问题。同时，根据周边环境特点，应积极协同市政交通等部门做好环境基线调查工作^[3]。由于相邻城市主

干道日均车流量较高，且路面沉降限值为 5mm 以内，在监测过程中，需将上述信息录入监测系统基准数据库，为后续工作提供指引。在此基础上，积极组织技术团队完成监测方案评审工作，为增强评审结果可参考性，项目团队邀请 5 名行业专家进行论证，全面覆盖设备选型、监测指标以及预警阈值等内容，最终合理确定监测频率与 3 级预警阈值，为后续监测工作有序落实奠定基础。

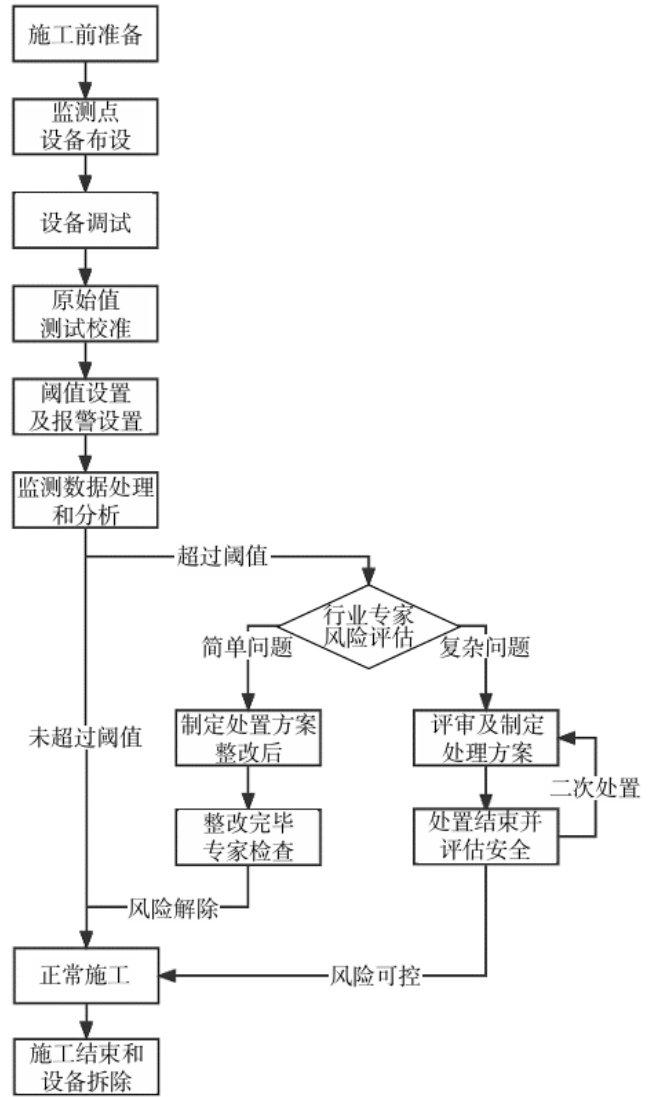


图 1 深基坑自动化动态实时监测物联网技术路线

(二) 合理布置监测点设备

结合案例项目特点分析，其具有周边环境敏感性特征，且基坑周长达 1200m。在深基坑监测过程中，需合理布置监测点设备，确保实现重点、全面覆盖目标。从监测指标方面来看，需涵盖基坑围护结构位移、地下水位、周边土体深层水平位移等各类指标。在布置过程中，可沿基坑围护结构入手，根据监测需求，采用排桩+锚索支护体系，以 20m 为间距，布置位移监测点，并配备 GNSS 自动化接收机与倾角传感器，确保能够实时感知桩身倾斜情况，并捕捉围护桩顶位移数据。与此同时，在基坑周边粉质黏土层区域布设深层水平位移监测孔，布

设 24 个监测点, 确保能够实时监测土体深层变形情况。此外, 对于承压水层而言, 可布设地下水位监测点, 以基坑四角及中部为核心区域, 并安装投入式渗压计, 根据数据采集需求, 可按照 30 分钟 / 次的频率, 全面提升数据采集精准性。对于紧邻居民楼与城市主干道区域, 为避免影响周边居民生活, 需加密布设沉降监测点, 以居民楼沿线为基础, 布设静力水准传感器, 增强沉降数据采集全面性。结合上述监测点设备类型分析, 在布置过程中需将其接入项目监测云平台, 实现数据实时上传目标^[4]。

(三) 加大设备调试管理力度

监测设备作为深基坑自动化动态实时监测工作的关键部分, 对于监测系统稳定运行具有积极影响。在该项目监测过程中, 需加大设备调试管理力度, 对设备进行 3 级调试。以 1 级调试为例, 其主体为设备供应商, 在出厂前需对监测设备进行单机校准, 并以国家相关政策标准为参考, 采用静态观测方式, 保证设备处于正常工作状态。对于 2 级调试工作而言, 则是以项目技术团队为主体, 根据项目特点与性质, 全方位模拟施工场景下的设备运行状态, 进一步验证设备响应速度。在 3 级调试方面, 则是以监理单位为主体, 根据项目监测需求, 可对比自动化监测数据与人工监测数据。在人工监测时, 采用全站仪、水准仪测量, 最终二者差值达到 3mm 以内, 方可正式启用设备。在完成设备调试工作后, 需加强设备日常巡检, 安排专业人员检查设备电池电量、数据上传状态以及防护情况, 并定期进行设备精度复核, 确保监测设备持续稳定工作^[5]。

(四) 加强施工过程监测

结合项目施工情况分析, 在深基坑工作环节, 主要涉及基层开挖、支护施工两个阶段, 为实现施工过程监测目标, 需以自动化监测系统为抓手, 采用实时监测 + 动态预警模式, 提升施工过程监测结果有效性。在施工过程中, 可借助监测系统自动采集施工数据, 以预设频率为标准, 并将数据推送至项目管理平台。结合本文案例项目特点分析, 在开挖至第二层时, 基坑靠近居民楼区域监测点数据存在异常情况, 数据显示, 土体深层水平位移达 4.2mm, 趋向橙色预警阈值, 系统立即触发橙色预警, 并进行预警信息推送。以项目经理、监理工程师等关键人员为主体, 使其顺利接收预警信息, 明确预警点位、具体位置以及周边环境信息。在收到预警后, 项目团队立即进行现场核查, 结合现场施工情况分析, 发现该区域锚索张拉应力不足导致产生位移情况。对此, 立即调整张拉参数, 并提高该区域监测频率, 在持续监测下, 发现该区域土体变形趋于稳定, 达到正常数值区域, 预警解除。在本文案例项目施工过程中, 系统共触发橙色预警两次, 在项目团队及时干预、化解风险背景下,

可有效解决传统人工监测响应缓慢的问题, 保障周边环境安全, 提升基坑开挖质效。

(五) 监测数据处理和分析

在本文案例项目监测过程中, 为进一步分析监测结果, 需构建多维度数据分析体系, 在实时处理监测数据后, 对其进行深度分析, 提升监测数据管理成效。在具体分析过程中, 可借助监测云平台自动数据处理功能, 实时清洗原始数据, 并剔除异常值, 补全缺失值, 自动计算变形速率, 例如, 小时水平位移量等。在做好数据计算后, 可生成标准化数据报表, 形成精准数据报告。在此基础上, 进行阶段性数据分析, 在完成基坑开挖工作后, 技术团队可深度复盘监测数据。在每层基坑开挖后, 对监测点平均沉降量、变形速率进行分析, 明确区域支护体系是否有效。在项目监测数据分析过程中, 技术团队发现基坑靠近城市主干道区域沉降监测点平均沉降量为 1.2mm, 远低于限值, 而东侧靠近居民楼区域沉降量平均 1.8mm, 与其他区域相比较, 但未达到预警值, 据此, 需调整东侧支护方案, 根据区域数据情况, 增加一排锚索, 以此降低沉降量。此外, 在项目结束后, 可将项目整体监测数据进行整理归档, 以有效数据为主, 形成深基坑自动化监测数据报告, 为后续工程验收提供关键依据。

结语

综上所述, 本文通过对深基坑自动化动态实时监测物联网技术进行全面分析, 可有效解决传统监测模式在监测精度、预警效率方面的短板。以实际案例项目为支撑, 深入研究技术应用路径, 通过做好前期准备工作、合理布置监测点设备、加大设备调试管理力度、加强施工过程监测、做好监测数据处理与分析等工作, 可显著提升经济效益, 为深基坑监测工作质量提供保障。展望未来, 伴随人工智能等技术的发展, 可进一步加强技术融合与创新, 推动深基坑监测工作趋向“预测性监测”升级, 从而为我国建筑工程深基坑安全管理整体水平提升助力。

参考文献

- [1] 林景峰, 陈秀春. 管廊深基坑自动化监测数据研究分析[J]. 测绘与空间地理信息, 2025, (07): 217-220.
- [2] 梅家兴, 李昕. 深基坑自动化动态实时监测物联网技术的研究[J]. 广州建筑, 2025, (04): 43-48.
- [3] 赵锬. 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, (03): 137-139.
- [4] 黄靖斌. 深基坑自动化监测技术的应用研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (04): 160-162.
- [5] 张江华. 深基坑自动化智能监测技术与实践[J]. 低碳世界, 2024, 14(05): 67-69.

作者简介: 陈军, 1988 年 9 月, 男, 汉族, 籍贯: 湖南省邵阳市, 本科, 工程师, 研究方向: 建筑工程监测。