

基于物联网技术的智慧工地深基坑监测方法研究

李 鸣

交科(天津)智能交通发展有限公司 天津 300000

摘要: 本文探讨了物联网技术的智慧工地深基坑监测方法。介绍了物联网技术与深基坑监测基础理论,设计了智慧工地深基坑监测系统架构,包括感知层、网络层、平台层和应用层。阐述了数据采集、传输、分析与处理以及预警方法。该监测方法可提升监测效率与准确性,增强工程安全性,为工程决策提供科学依据,推动智慧工地建设。

关键词: 物联网技术; 智慧工地; 深基坑监测; 监测系统; 预警方法

引言: 随着城市建设的发展,深基坑工程规模与深度不断增加,传统监测手段存在效率低、实时性差等问题。物联网技术为深基坑监测提供了智能化解决方案。通过物联网技术,可实现对深基坑的实时监测、数据传输与分析,提前发现潜在风险,保障施工安全。本文旨在研究基于物联网技术的智慧工地深基坑监测方法,为深基坑工程的安全施工提供技术支持。

1 物联网技术与深基坑监测基础理论

1.1 物联网技术概述

物联网是通过各类装置与技术,实现物与物、物与人的泛在连接,进而对物理世界进行智能化感知、识别和管理的网络系统。其架构包含感知层、网络层与应用层。感知层作为基础,借助各类传感器完成物理世界信息采集,如温湿度传感器捕捉环境变化,压力传感器获取力学数据;网络层负责数据传输,涵盖无线网络与有线网络,前者包括4G/5G、LoRa等通信技术,后者如光纤网络,确保数据稳定高效传输;应用层则对接收的数据进行分析处理,通过云计算技术实现数据存储与计算,最终输出可视化结果。传感器技术作为物联网核心,在工程领域发挥关键作用,能够将物理量转化为电信号,实现非电量的精确测量。网络通信技术打破信息传输壁垒,低功耗广域网技术适用于远程、低速率数据传输场景,而5G技术以高速率、低延迟特性满足实时数据传输需求。云计算技术则提供强大的数据处理能力,支持海量监测数据的存储与分析。在工程领域,物联网技术呈现多种应用模式。设备互联模式下,工程现场各类仪器设备接入网络,实现状态实时监控;数据共享模式打通不同系统间信息通道,促进协同作业。其优势显著,可提升工程管理效率,实现设备远程运维,降低人力成本;通过实时监控与预警,提前发现潜在风险,增强工程安全性;物联网技术支持数据深度挖掘,基于分析结果优化施工流程,为工程决策提供科学依据,实现

施工过程的精细化管理。

1.2 深基坑监测原理与方法

深基坑工程具有施工周期长、地质条件复杂、周边环境影响大等特点。施工过程中常面临诸多问题,土体变形可能导致周边建筑物倾斜、开裂;渗水现象威胁基坑稳定性,甚至引发坍塌;支护结构破坏直接影响基坑安全,危及施工人员生命与周边环境安全。传统深基坑监测采用人工巡查结合仪器测量方式^[1]。人工巡查依赖人员经验,通过肉眼观察基坑表面裂缝、渗水等情况;仪器测量借助水准仪、全站仪等设备,对位移、沉降等指标进行测量。其流程为制定监测方案、布置监测点、定期测量、记录数据并分析。但传统方法存在明显局限,人工测量效率低、频次有限,难以捕捉实时变化;数据采集受人为因素影响大,准确性和可靠性不足;面对复杂工况,无法及时预警潜在风险。深基坑监测涵盖多项关键指标。位移监测包括水平位移与垂直位移,通过测量土体或支护结构位置变化,判断基坑稳定性;沉降监测针对周边建筑物、地表等,预防因基坑施工引发的沉降危害;应力监测聚焦支护结构受力状态,避免结构因应力集中发生破坏;水位监测实时掌握地下水位波动,防止因水位变化引发流沙、管涌等问题。各指标均有严格监测要求,需依据工程设计与规范,确定监测精度、频次和控制阈值,确保监测数据能够准确反映基坑安全状况。

2 基于物联网技术的智慧工地深基坑监测系统架构设计

2.1 系统总体架构

基于物联网技术的智慧工地深基坑监测系统架构由感知层、网络层、平台层和应用层构成。感知层作为数据源头,负责采集深基坑边坡位移、沉降、支撑结构应力、地下水位等物理量,将其转换为电信号或数字信号。网络层充当传输通道,承担感知层数据向平台层稳

定快速传输的任务。平台层作为核心枢纽,对接收数据进行存储、分析处理并构建预警模型。应用层则面向工程管理人员,提供可视化监测信息、远程监控管理功能和决策支持。各层之间紧密协作。感知层采集的数据经网络层传输至平台层,平台层处理分析后将结果反馈给应用层;应用层的操作指令通过网络层传递给感知层和平台层,实现对系统的控制管理,各层协同保障系统高效运行。

2.2 感知层设计

深基坑监测指标多样,现场环境复杂,传感器选型需综合考量。监测基坑边坡水平和垂直位移,精度要求高时选激光位移传感器,追求适用性可选全站仪;沉降监测采用静力水准仪确定基坑不同部位沉降;振弦式应力传感器因稳定性好、抗干扰能力强,用于监测支撑结构受力;投入式液位传感器满足地下水水位监测需求。传感器布局遵循全面覆盖、重点监测原则。在基坑边坡顶部、中部、底部布置位移和沉降传感器,实时掌握边坡变形;支撑结构关键节点安装应力传感器,了解受力分布;基坑周边及内部布置水位传感器,监测地下水水位动态,确保获取全面准确数据。传感器节点硬件由多模块组成。传感器模块采集物理量并转换为电信号,数据采集模块对信号进行放大、滤波、模数转换,保证数据准确。通信模块根据网络通信方式配置,如采用ZigBee通信则配置对应芯片;电源模块采用电池供电结合太阳能充电,适应深基坑施工环境,保障节点持续工作。软件设计上,数据采集程序控制采集频率和数据格式,确保及时规范;通信协议规定传输格式和规则,采用TCP/IP协议或自定义协议,保障数据稳定传输。

2.3 网络层设计

有线通信和无线通信各有优劣。有线通信传输速率高、稳定性好,但深基坑施工现场布线复杂,易受施工影响,维护成本高;无线通信安装灵活,能适应复杂环境,却存在信号衰减、干扰问题。综合深基坑监测需求和环境特点,选择ZigBee、LoRa、NB-IoT等无线通信方式。ZigBee功耗低、自组织能力强,适合近距离传感器节点通信;LoRa通信距离远、穿透能力强,适用于复杂环境长距离传输;NB-IoT功耗低、覆盖广,适合对实时性要求不高的数据传输,不同方式按需组合使用^[2]。采用星型-网状混合拓扑结构保障通信稳定。传感器节点作为终端节点,通过ZigBee连接网关形成星型结构,便于集中管理和数据采集;网关之间通过LoRa或其他方式组成网状网络,实现数据多跳传输,增强网络可靠性和覆盖范围,某个网关故障时数据仍可通过其他网关传输。

2.4 平台层设计

采用关系型数据库设计存储结构,建立不同数据表分别存储位移、沉降、应力、水位等数据,并设时间戳记录采集时间。通过数据库管理系统实现数据存储、查询和管理,支持多条件查询,方便获取数据,定期备份历史数据,保障数据安全完整。运用回归分析、神经网络、时间序列分析等算法处理监测数据。回归分析建立变形量与时间、施工进度等因素的模型,预测深基坑变形趋势;神经网络挖掘复杂非线性数据规律;时间序列分析检测数据随时间的异常波动,提取信息为安全评估提供依据。综合深基坑设计参数、施工规范和历史数据设定预警阈值,建立预警模型。当监测数据超阈值时自动发出预警,采用多级预警机制,按数据超阈值程度分为一般、严重、紧急预警,不同级别对应不同处理流程,及时发现处理安全隐患。

2.5 应用层设计

开发可视化界面展示监测数据、分析结果和预警信息。用折线图呈现位移和沉降变化趋势,热力图展示应力分布,实时更新数据让用户掌握深基坑状态,对预警信息突出显示,通过声光报警提醒关注。用户通过网络实现远程监控管理,可设置传感器采集频率、预警阈值等参数,查询监测数据和历史记录,随时随地掌握深基坑情况,及时处理预警信息,远程下达应急指令,提高管理效率。依据监测数据和分析结果,结合施工进度和设计方案,为工程管理人员生成施工方案优化建议和应急措施预案,分析不同方案对深基坑稳定性影响,推荐最优方案,提供应急处理流程和资源调配建议,辅助科学决策。

3 基于物联网技术的智慧工地深基坑监测方法

3.1 数据采集方法

数据采集频率和周期需根据深基坑工程不同阶段和监测指标重要性调整。在基坑开挖阶段,施工对基坑影响大,位移、沉降等指标采集频率高,通常每小时采集一次;基础施工阶段,影响逐渐减小,可调整为每两小时采集一次;主体结构施工阶段,基坑趋于稳定,采集频率可进一步降低至每天一次。对于支撑轴力、地下水水位等指标,根据其对基坑安全的影响程度,确定相应采集频率,重要指标采集频率高于一般指标。数据采集过程中的质量控制至关重要。传感器校准是保证数据准确性的基础,在传感器安装前,需按照校准规范进行校准,确保测量值与实际值一致;在监测过程中,定期对传感器进行校准,一般每季度校准一次,若发现数据异常,及时进行校准。数据冗余采集通过在同一监测点布

置多个传感器,对同一物理量进行采集,当某个传感器数据异常时,可参考其他传感器数据,提高数据可靠性。同时对采集的数据进行实时校验,检查数据是否在合理范围内,若超出范围,及时进行处理。

3.2 数据传输方法

数据在网络层中的传输过程包括数据封装、传输协议和路由选择。感知层采集的数据首先进行封装,添加源地址、目的地址、数据类型等信息,形成数据包。传输协议根据网络通信方式选择,如采用ZigBee通信,使用ZigBee协议栈;采用LoRa通信,使用LoRaWAN协议。路由选择算法根据网络拓扑结构设计,在星型-网状混合拓扑结构中,传感器节点将数据包发送至网关,网关之间通过路由算法选择最优路径,将数据包传输至平台层。数据传输过程中的安全性和可靠性问题需要解决。安全性方面,采用数据加密技术,对传输的数据包进行加密,防止数据被窃取或篡改;设置身份认证机制,确保只有授权的设备 and 用户能够访问和传输数据。可靠性方面,采用差错控制技术,在数据包中添加校验码,如CRC校验码,接收端对数据包进行校验,若发现错误,请求发送端重新发送;采用重传机制,当数据包丢失或传输错误时,发送端重新发送数据包,确保数据可靠传输。

3.3 数据分析与处理方法

采用的数据分析算法和模型包括回归分析、神经网络和时间序列分析。回归分析用于建立监测指标与影响因素之间的关系模型,如建立基坑位移与开挖深度、地下水水位变化的回归模型,通过输入影响因素的值,预测基坑位移的变化趋势^[1]。神经网络具有强大的非线性映射能力,能够处理复杂的监测数据,如将位移、沉降、应力等数据作为输入,通过神经网络模型评估基坑的安全状况。时间序列分析用于分析监测数据随时间的变化规律,如对基坑沉降数据进行时间序列分析,检测数据的异常波动,预测未来的沉降趋势。利用数据分析结果评估深基坑的安全状况时,首先对各项监测指标进行分析,判断其是否超过预警阈值。若某项指标超过阈值,结合其他指标的分析结果,综合评估基坑的安全状况。预测潜在风险时,通过回归分析、时间序列分析等算

法,预测监测指标的变化趋势,若预测结果显示指标可能超过阈值,提前发出预警,为工程管理人员提供决策依据。

3.4 预警方法

预警模型的构建方法是综合考虑深基坑的设计参数、施工规范和历史监测数据,确定预警指标和预警阈值。预警指标包括位移、沉降、支撑轴力、地下水位等,预警阈值根据设计要求和工程经验确定。参数设置时,考虑基坑的地质条件、施工工艺等因素,对预警阈值进行调整。预警信息的发布方式和流程确保相关人员及时收到并采取措施。发布方式包括短信、邮件、APP推送等,根据预警级别选择不同的发布方式,紧急预警同时采用多种方式发布。发布流程为,当监测数据超过预警阈值时,预警模型自动生成预警信息,平台层将预警信息发送至应用层,应用层通过相应的发布方式将预警信息发送给相关人员。相关人员收到预警信息后,根据预警级别采取相应的措施,如一般预警进行密切监测,严重预警暂停施工并采取加固措施,紧急预警组织人员撤离并启动应急预案。

结束语

基于物联网技术的智慧工地深基坑监测方法,通过构建完善的监测系统架构,采用科学的数据采集、传输、分析与预警方法,有效提升了深基坑监测的效率和准确性。该方法能够实时掌握深基坑的安全状况,及时发现并预警潜在风险,为工程管理人员提供决策依据,保障施工人员生命安全和周边环境稳定。未来,可进一步优化监测系统,拓展应用范围,推动建筑行业智能化监测水平的提升。

参考文献

- [1]邓南丹,赖国华,陆铭,等.基于物联网技术的智慧工地深基坑监测方法研究[J].四川建材,2023,49(11):94-96,99.
- [2]李家华,黄黎明,陈良志.基于BIM和物联网技术的智慧工地平台在LNG码头施工中的应用[J].水运工程,2024(2):169-174.
- [3]陈金健,沈卓荟,刘乃新,等.智慧工地大规模数据实时分发技术的应用研究[J].中国高新科技,2025(3):84-86.