

# 基坑监测中的物联网应用及其数据分析方法

林希贤

深圳市房屋安全和工程质量检测鉴定中心

**摘要:**在现代建筑工程管理领域,基坑监测作为确保工程安全的关键环节,其效率和准确性一直是公众和工程师们关注的焦点。随着物联网(IoT)技术和数据分析方法的快速发展,它们在基坑监测中的应用提供了新的视角和方案。通过高度整合的物联网设备和精准的数据分析平台,可以实现对基坑状态的实时监测和管理,显著提升监测数据的准确性和时效性,及时预测和预防潜在风险,从而确保了工程项目的顺利进行和安全完成。此外,应用这些先进技术还能有效降低人力成本,减少安全事故,为建筑行业带来深远的变革。

**关键词:** 基坑监测; 物联网; 数据分析

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.20.012

## 引言

在现代建筑工程管理领域,基坑监测始终是确保施工安全、减少环境影响、优化资源配置的重要环节。随着技术的发展,物联网(IoT)和数据分析方法的进步为基坑监测提供了新的解决方案。这些先进的技术使得监测过程更加精准和实时,极大地提高了工程安全性和效率。尤其在复杂地质条件和敏感城市环境下施工的项目中,传统的监测手段已难以满足高安全和精准管理的需求。因此,如何有效整合物联网技术和数据分析方法,构建高效、精准、实时的基坑监测系统,成了研究和实践的重要课题。通过对基坑监测中的物联网应用及其数据分析方法的探讨,本文旨在探索如何通过技术融合提高基坑监测的准确性与时效性,同时实现动态监控与管理,有效进行风险评估与安全保障,为建筑工程管理领域提供创新的解决方案。

## 一、物联网在基坑监测中的应用

物联网(IoT)技术在基坑监测中的应用,已经成为当前建筑行业提高施工安全性、工程效率及时响应潜在风险的关键。它通过与传感器技术的结合,实现对基坑工程各项关键参数的实时监控,进而确保施工过程的安全性并实时调整工程方案以应对可能的风险。

物联网系统的核心在于与多种传感器的结合并发挥作用,这些传感器可能包括,但不限于, inclinometers(倾斜仪)、piezometers(压力计)和 strain gauges(应变计)。这些设备一旦被安装在基坑周围或内部指定位置,便开始监测土壤稳定性、水位高度、压力变化等关键指标,并将收集的数据通过无线通信技术实时发送至中央处理系统。这个过程极大地增强了监控的实时性和准确性,为工程监控人员提供了及时、准确的数据支持。

实时数据的采集与传输是物联网在基坑监测中的又一个显著优势。依托物联网技术,从各种传感器收集来的数据可以被实时传输至数据处理中心,实时性的数据处理和分析使工程师和项目管理团队能够即时获悉施工

现场的状况,从而做出快速反应和精准决策。这一机制大幅度提升了监测效能,降低了由于监控延误可能导致的各种风险和损失。

此外,物联网系统的架构设计也是实现高效监控的关键所在。整个系统通常由三大层组成:传感器层、传输层和应用层。在传感器层,各种传感器负责现场的数据采集和初步处理。传输层则将这些数据通过无线网络传送到云平台或数据中心,最后在应用层,工程师和监控人员可以通过用户界面接入数据,通过专业的数据分析工具对数据进行进一步分析,形成可行的应对措施。这种按层次划分的架构设计使得数据的收集、传输与处理变得条理清晰,极大提升了整个系统的数据处理能力和稳定性。

通过以上先进的系统设计和技术实施,物联网技术为基坑监测提供了一种高效、实时且可靠的解决方案。这不仅显著提高了工程项目的安全监管水平,也为项目管理提供了前所未有的数据支持和决策依据,是现代建筑工程管理领域的一大创新。随着技术的不断进步和应用的不断扩展,物联网在基坑监测领域的应用前景将更加广阔,为建筑行业带来更深远的变革和发展。

## 二、数据分析方法

在基坑监测与管理过程中,数据分析的角色变得越来越重要。高效、精准的数据分析方法不仅可以提高基坑监测的效率和安全性,还能及时发现并预防潜在的风险。这其中包括数据分析与预处理、实时与历史数据分析技术以及异常检测与预警机制等关键环节。

### (一) 数据分析与预处理

在数据分析的初期阶段,数据预处理显得尤为关键,这一点在基坑监测等数据密集且要求极高的项目中更为突出。原始数据通常来源于各类传感器,这些数据往往伴随着失真、缺失值及不一致性等问题。若未经适当处理直接进行分析,这些问题将严重影响结果的准确性与可靠性。因此,数据预处理是确保数据质量、提升分析效率的关键步骤。数据预处理包括多种方法,旨在严格控制数据的准确性与完整性。通过数据校正,可以修正因传感器误差导致的数据偏移;利用缺失值填补技术,保障数据集的完整性;同时,识别并处理异常值,可以有效移除离群点,避免其对分析造成偏差。这些精细化的处理不仅剔除了干扰信息,还提高了数据的一致性和标准化水平,确保了流入模型的数据的准确性与可靠性。此外,这一过程还要求操作者具备严密的逻辑思维、深刻的数据理解能力及对业务场景的全面掌握。只有这样,数据预处理的每项操作才能为后续的深入分析提供坚实基础,从而在基坑监测项目中提供高标准、可靠的数据支持,确保项目的安全和成功。

### (二) 实时与历史数据分析技术

在基坑监测系统中,实时数据分析发挥着核心作

用。通过对接收的数据进行即时处理和分析，工程团队能迅速识别基坑状态的细微变化，并及时实施预防或纠正措施。这种快速反应能力显著降低了事故风险，同时优化了施工进度和资源配置。另一方面，历史数据分析同样至关重要。团队通过分析一段时间内的数据，不仅可以洞察基坑状态的变化趋势，还能预测潜在的问题与风险，为制定科学有效的施工策略提供支持。将实时和历史数据分析结合，不仅增强了监控的实时性和预测性，还提升了数据的策略性。这为工程团队提供了全面的数据支撑，确保决策基于充分的数据分析，进而最大化地保障工程安全，促进项目的顺利进行。

### （三）异常检测与预警机制

在基坑监测领域，异常检测扮演了至关重要的角色。这一过程涉及对收集数据的精确分析，以识别那些偏离常规模式的数据点。这些异常点的发现是关键，因为它们可能预示着基坑潜在的结构问题或安全隐患，是及早发现风险的重要信号。为确保工程安全，实现有效的异常检测系统以及其及时的识别和处理能力显得尤为重要。现代基坑监测系统采用高级数据分析技术，特别是机器学习算法，来构建异常检测模型。相较于传统基于阈值的检测方法，机器学习提供了更为灵活和强大的分析手段，能从历史数据中学习并自动辨认出正常和潜在的异常数据模式。这种方法能有效处理复杂的数据结构，并在各种监测方案中实现个性化适应与识别。机器学习算法的应用极大地提高了异常检测的准确性与效率，使监测系统能够实时捕捉细微变化，及时发出警报。通过自动触发的预警机制，即时向管理人员和工程师发出警告，构建了一种前瞻性的安全网。这增强了基坑监测的安全性，确保在面对潜在风险时，工程团队能迅速反应并采取适当措施，从而显著提升了工程项目的安全性和成功率。在这一连串过程中，数据分析的准确性直接影响了预警系统的有效性，展示了机器学习算法在现代工程项目中的独特和重要价值。

### 三、物联网与数据分析的整合优势

物联网（IoT）与数据分析的整合在许多领域都显示出巨大的潜力，尤其是在基坑监测这一高风险领域。通过将这两种技术结合，可以显著提高监测数据的准确性与时效性，实现动态监控与管理，并有效进行风险评估与安全保障。

#### （一）提高监测数据的准确性与时效性

物联网技术在基坑监测中的应用显著提升了传感器的部署效率与范围，这些传感器被部署于基坑的关键部位，实时采集状态数据。利用物联网技术，这些数据能迅速传输至处理中心。在此，关键的数据分析技术对收集的信息进行即时处理与分析，确保了分析的准确性，减少了数据传输或处理的误差与延迟，从而高效地提升了工作效率。这种实时分析使监测团队能即刻掌握基坑的最新情况，对应对潜在风险和问题至关重要，有效增强了监测的即时性和预警能力，保障了监测过程的效率和准确性。

#### （二）动态监控与管理

物联网设备的网络连接功能极大地改进了监控系统

的动态监控能力。传统的监控模式往往依赖于周期性的手动数据收集与评估，这种方法不但耗时，而且响应速度慢。物联网技术的引入实现了监控过程的自动化，允许数据不断地自动流入中央分析系统。这些实时数据通过先进的数据分析技术得到处理，基于分析结果能实时调整监控策略和管理计划。例如，当某区域的土壤水分含量超过安全界限时，系统可以自动增加该区域的监测频次，甚至可以调整控制命令，远程修改机械设备的运作参数，以应对实时监测到的环境变化。这种自动化和实时性的结合显著提升了监控效率和应急反应速度，为现代监控系统带来了革命性的变革。

### （三）风险评估与安全保障

基坑工程的安全性至关重要，物联网与数据分析的结合极大地强化了风险评估的精度和操作的预见性。通过持续监控和数据收集，可以获得基坑状态的全面视图，并使用机器学习等高级数据分析技术进行趋势预测和风险评估。这种方法可以预测可能出现的问题，例如土壤移动或水位上升，这些都是导致基坑崩塌的常见原因。此外，通过分析收集到的历史数据，可以识别出导致安全事件的模式，并据此调整安全措施，从而在未来的工程中提前防范类似事件。此外，物联网系统可以集成多种监测工具和传感器，如视频监控和远程操作功能，这不仅增强了对基坑区域的实时视觉监控能力，还允许操作人员在安全的环境中进行干预，降低了人员直接接触危险环境的风险。

## 四、案例研究

### （一）案例背景

受深圳市建筑工务署工程管理中心委托，深圳市建设工程质量检测中心于2018年5月22日至2019年11月3日对宝安区人民检察院综合业务大楼基坑支护工程进行了监测工作。

### （二）监测频率

按照设计要求，监测频率如下：

本项目监测周期预计125次，具体如下：

- （1）基坑开挖前取两次为初值；
- （2）基坑开挖深度小于5m，预计时间为40天，1次/2天，需监测20次；
- （3）基坑开挖深度大于5m，预计时间为80天，1次/1天，需监测80次；
- （4）基坑施工完毕至回填完毕预计时间为60天，1次/6天，需监测10次；

### （三）监测方法

水平位移观测控制点按二等三角控制网的要求进行布设；垂直位移观测控制点按二等水准控制的要求进行布设制作，施工过程中的沉降观测按二等水准测量的要求控制；测试项目也按规范要求的精度进行；监测数据超标及时预测预警，预防建筑物失稳等安全事故的发生。

### （四）监测项目

监测项目包括：坑顶水平位移、坑顶竖向位移、地下水水位等。

### （五）部分检查结果

坑顶水平位移累计变化值最大的监测点是WY10，向基坑内侧位移13.1mm。各水平位移监测点的最终累计变化量均未超过警戒值（警戒值：28mm）。结果汇总如表1：

表1 坑顶水平位移监测数据简略汇总

测点	累计位移 (mm)	测点	累计位移 (mm)
WY01	0.9	WY07	13.1
WY02	3.8	WY08	-6.4
WY03	-7.2	WY09	0.2
WY04	1.9	WY10	13.1
WY05	0.2	WY11	7.7
WY06	11.1	--	--
说明	1. 坑顶水平位移监测数值“+”表示测点向坑内移动，“-”表示测点向坑外移动； 2. “--”表示此处空白。		

坑顶竖向位移累计变化值最大的监测点是W02，下降8.7mm。各竖向位移监测点的最终累计变化量均未超过警戒值（警戒值：24mm）。结果汇总如表2：

表2 坑顶竖向位移监测数据简略汇总

测点	累计沉降 (mm)	测点	累计沉降 (mm)
W01	-5.8	W07	-1.9
W02	-8.7	W08	-8.5
W03	-6.1	W09	-4.6
W04	-4.2	W10	-5.0
W05	-3.2	W11	-6.4
W06	-4.6	--	--
说明	1. 坑顶竖向位移监测数值“+”表示测点上升，“-”表示测点下降； 2. “--”表示此处空白。		

地下水位累计变化值最大的监测点是SW01，下降5961mm。地下水位监测点SW01、SW02、SW03、SW04、SW05的最终累计变化量均超过警戒值（警戒值：1500mm）。结果汇总如表3：

表3 地下水位监测数据简略汇总

测点	累计沉降 (mm)	测点	累计沉降 (mm)
SW01	-5961	SW04	-4927
SW02	-3765	SW05	1428
SW03	-3287	SW06	-923
说明	地下水位监测数值“+”表示水位上升，“-”表示水位下降。		

### (六) 监测报警值

根据设计图纸，采用下表4的监测报警值。

表4 监测报警值

序号	监测项目	累计值 (mm)		变化速率 (mm/d)	备注
		警戒值	控制值		
1	坑顶水平位移	28	35	3	WY01-WY11
2	坑顶竖向位移	24	30	3	W01-W11
3	地下水位	1500	2500	-	SW01-SW06

### (七) 遇到的挑战及解决策略

1. 挑战一：数据巨量且复杂。传感器产生的数据量巨大且具有高度复杂性，直接分析处理这些数据非常困难。

解决策略：引入高性能数据处理服务器，同时采用分布式计算框架提高数据处理速度。在数据分析模型设计上，应用机器学习算法自动提取特征，减少人工干预。

2. 挑战二：实时监控与预警精准度。如何确保实时监控数据的准确性，以及预警系统的实时性和准确性是一大挑战。

解决策略：对传感器进行定期校准，保证数据采集的准确性。利用高级数据分析技术，如机器学习中的异常检测算法，提高预警系统的准确率和响应速度。

3. 挑战三：系统安全性和稳定性。由于项目的重要性，任何系统故障都可能导致重大风险。

解决策略：建立多重数据备份机制，确保数据不会因系统故障而丢失。同时，部署多节点监控系统，即便某一节点发生故障，其他节点也能确保系统的持续运行。

通过以上实施策略，该项目成功地运用了物联网与数据分析技术，有效地提高了监测精度，实时间监控了施工状态，及时预防了多种潜在风险，最终确保了项目的圆满完成。通过此案例的实施，项目团队累积了宝贵的经验，为未来类似项目的成功提供了参考和借鉴。

### 结论

综上所述，物联网和数据分析技术的融合在基坑监测领域展现出巨大潜力，能够极大提升监测数据的准确性与时效性，实现动态监控与管理，有效进行风险评估与安全保障。案例研究进一步验证了这些技术的实际应用价值，展示了在挑战面前如何通过创新解决方案确保工程安全。随着技术的不断进步，预计物联网和数据分析将在基坑监测及更广泛的建筑工程管理领域发挥更加重要的作用，为现代建筑工程带来革命性的变革，确保施工安全，促进建筑行业的可持续发展。

### 参考文献

- [1]王雪帆, 邹燕, 黄文德. 多基线数字图像相关技术在基坑监测中的应用研究[J]. 山西建筑, 2024, 50(05): 175-177.
- [2]汪禄波. 自动化监测技术在基坑监测中的应用分析[J]. 房地产世界, 2024, (01): 152-154.
- [3]刘军志. 基坑监测技术应用现状与发展方向研究[J]. 房地产世界, 2023, (02): 148-150.
- [4]张业伟. 自动化监测技术在基坑监测中的应用分析[J]. 中国住宅设施, 2022, (01): 158-160.

作者简介：林希贤，1992.5，男，汉族，广东省饶平县，本科，助理工程师，研究方向：基坑或边坡监测、工程测量。