

基坑自动化监测系统在复杂地质条件下的应用

陈梁威

(深圳市房屋安全和工程质量检测鉴定中心, 广东 深圳 518000)

摘要 基坑自动化监测系统作为一项关键的工程监测手段, 通过整合多种技术手段, 确保基坑施工过程中的安全性与稳定性。该系统主要由多种传感器、数据采集与传输装置及数据处理分析平台组成, 能够实时监测基坑施工中的各种物理参数。在复杂地质条件下, 基坑施工面临诸多挑战, 如地质条件的多样性、不确定性等, 这对监测系统的设计和应用提出了更高的要求。本文分析基坑自动化监测系统在复杂地质条件下的应用策略, 以期对提高其在复杂环境中的监测效果有所裨益。

关键词 基坑自动化监测; 复杂地质; 数据采集

中图分类号: TU47

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)11-0007-03

在基坑施工中, 地质条件的复杂性和不确定性是影响施工安全的重要因素。复杂地质条件如松散土层、高地下水位和地下障碍物等, 容易引发基坑沉降、渗水或土体液化, 给监测工作带来了极大的挑战。在这种背景下, 传统的监测手段已无法满足需求, 基坑自动化监测系统因其实时性、精确性和自动化特性, 成为确保基坑安全的重要技术手段。针对复杂地质条件的特殊需求, 研究优化监测系统的设计和应用策略具有重要意义。

1 基坑自动化监测系统概述

基坑自动化监测系统是一种集成了多种先进技术的工程监测手段, 旨在确保基坑施工过程中结构的安全性与稳定性。该系统由多种传感器、数据采集与传输装置以及数据处理与分析平台组成。通过在基坑周围布置应力、位移、倾斜、地下水位等类型的传感器, 系统能够实时采集施工过程中关键部位的各种物理参数。这些传感器分布合理, 能够全面覆盖可能产生位移或应力变化的区域, 确保数据的全面性与准确性。

数据采集装置负责将传感器收集的信号进行初步处理, 并通过有线或无线网络传输至中央控制平台。在控制平台上, 系统利用先进的算法和软件对数据进行进一步分析和处理, 生成实时监测报告和趋势分析。此过程中的数据分析包括对应力集中区域的识别、位移趋势的预测以及倾斜变化的评估等, 以便及时发现潜在的安全隐患。

自动化监测系统的显著优势在于其能够实现实时监测与预警。当监测数据超出预设阈值时, 系统会自动发出警报, 提醒施工人员采取应急措施, 从而避免可能的工程事故。此外, 该系统在监测精度与效率上

有着明显的提升, 能够减少人为干预对数据的影响, 提供高质量的监测结果。数据的可追溯性与可视化功能则进一步增强了系统的可靠性, 使工程管理者能够直观地了解施工状态, 并据此做出科学决策。总之, 基坑自动化监测系统为基坑施工安全提供了强有力的技术支持^[1]。

2 复杂地质条件下基坑监测的挑战

在复杂地质条件下进行基坑监测是一项极具挑战性的任务。地质条件的多样性和不确定性使得基坑监测系统设计、安装和数据分析方面面临诸多技术难题。这些挑战主要体现在地质复杂性的多样性、传感器的合理布置、数据的精度与可靠性以及外部环境对监测数据的影响等方面。

第一, 复杂地质条件的定义涵盖了多种情况, 如松散土层、高地下水位、地下障碍物等。松散土层容易产生大幅度沉降和侧向位移, 这给基坑结构带来了巨大压力, 同时也增加了监测的难度。高地下水位则可能导致基坑涌水、渗水, 甚至引发土体液化, 这不仅威胁到基坑的稳定性, 还对监测系统的安装和长期运行提出了更高的要求。地下障碍物, 如岩石、废弃物等, 往往导致土体的不均匀性, 进一步增加了监测的复杂性和不确定性。

第二, 复杂地质条件对传感器的选择和布置提出了特殊要求。传统监测系统在均质土层中效果显著, 但在地质条件复杂的情况下, 其传感器布置的合理性和有效性往往受到限制。例如, 在岩石地基中, 传感器的安装位置难以确定, 且信号传输可能受到岩层的阻碍, 导致监测数据的不完整或失真。高地下水位环境下, 传感器的防水性能和抗腐蚀性能成为关键, 如

何确保这些设备长期稳定运行是监测系统设计中的重要考虑因素。

第三,数据的采集频率与精度也是复杂地质条件下的一大挑战。在地质条件多变的环境中,监测系统需要更高的采样频率以捕捉瞬时变化,但这也带来了数据处理和存储的压力。数据的精度不仅受传感器性能的影响,还受到地质条件变化的干扰,如土体的非均质性可能导致应力和位移的局部突变,这对数据分析提出了更高的要求。为了确保数据的准确性,监测系统需要具备强大的数据处理能力,以应对各种复杂地质条件下的异常数据和噪声^[2]。

第四,外部环境对监测数据的影响也是不可忽视的因素。温度、湿度、降水量等环境因素会对传感器的性能产生直接影响,尤其是在恶劣天气条件下,传感器的灵敏度和准确性可能显著下降。此外,外界振动源,如交通、机械施工等,也可能干扰监测信号,导致误差的产生。因此,在复杂地质条件下,监测系统不仅需要适应多变的地质环境,还要具备抵御外部干扰的能力。

总的来说,复杂地质条件下的基坑监测需要在系统设计、传感器布置、数据采集与处理等方面进行全面优化,以应对地质复杂性带来的多重挑战。只有通过精细化的监测方案和先进的技术手段,才能在这种环境中有效保证基坑施工的安全性与稳定性。

3 基坑自动化监测系统在复杂地质条件下的应用策略

3.1 传感器的优化选择与布置

首先,对于松散土层,土体容易发生沉降和位移,因此需要使用高灵敏度的沉降传感器和多点位移计。这些设备能够精确捕捉土体的细微移动,提供详尽的位移数据,帮助及时识别潜在的沉降风险。此外,传感器应布置在土体可能发生明显变化的位置,如基坑的边缘和底部,以全面覆盖可能的风险区域。

针对高地下水位区域,传感器的防水性和耐腐蚀性尤为重要。此类环境中,地下水位的波动可能引发基坑涌水或渗水,因此需选用具有高防护等级的地下水位传感器。这些传感器不仅要具备出色的防水性能,还需耐受长期浸泡和化学腐蚀。同时,建议结合自动排水监测装置,实时监测并管理水位变化,防止水位波动对基坑结构稳定性造成不利影响。

在岩石地基中,地质条件更为复杂,传感器的选择需考虑到岩石的硬度和不均匀性。高强度、耐久性好的应力传感器和倾斜仪是必要的选择,以确保在高压环境下数据依然稳定可靠。应力传感器应布置在可

能产生应力集中的区域,如基坑壁和基底,以监测应力分布及其变化。倾斜仪则应布置在基坑周围的关键构筑物处,实时监测地表和结构的倾斜变化。

传感器的布置应基于详尽的地质勘察结果,重点覆盖潜在的风险区域,如基坑边缘、底部以及周围重要的结构物,以确保监测数据的全面性和代表性。合理的传感器布置不仅能提高监测的精确度,还能为地质变化的早期预警提供有效的数据支持,确保在复杂地质条件下的施工安全。

3.2 数据采集频率与精度的动态调整

首先,地质活动频繁的区域,如断层带或地震活跃区,地质条件可能在短时间内发生剧烈变化。此时,建议大幅提高数据采集频率,甚至实现实时监测,以捕捉这些瞬时变化并及时反馈给施工管理系统。高频率的数据采集可以帮助识别短时间内的位移、应力或地下水位变化,为及时采取应对措施提供数据支持。

为了在高频数据采集过程中保持数据的精确性,必须选用高精度的传感器,这些传感器能够在微小的变化中提供精确的读数。同时,采用先进的数据处理算法也是必不可少的,特别是在复杂的地质环境中,外界干扰可能会引入噪声。通过噪声滤波和数据平滑算法,可以有效减少环境干扰对数据的影响,确保采集数据的可靠性和准确性。

在地质条件相对稳定的区域,频繁的数据采集可能会增加系统的负荷,并导致不必要的冗余数据。为此,建议在稳定时期适当降低数据采集频率,从而减轻系统压力,优化数据存储和处理效率。这种灵活的频率调整不仅能降低运营成本,还能提高监测系统的整体效率。

此外,基坑自动化监测系统应具备自动调节功能,能够根据实时监测数据和地质条件的变化,动态调整采集频率和精度。例如,在监测到地质活动迹象加剧时,系统能够自动提高数据采集频率,而在稳定时期则自动降低采集频率。这种动态调整机制不仅提高了监测系统的智能化水平,还确保了在复杂地质条件下数据采集的及时性、精准性和可靠性,为施工安全提供了坚实的数据保障^[3]。

3.3 多源数据融合与智能分析

在复杂地质条件下,单一类型的传感器数据往往难以全面反映实际情况,基坑监测需要多维度的信息源进行综合分析。基坑自动化监测系统应采用多源数据融合技术,将来自不同类型传感器的监测数据进行整合。常用的监测数据包括应力、位移、倾斜、地下水位等,不同传感器获取的信息从不同角度反映基坑

周围的地质变化。例如,应力传感器可以反映基坑周围土体或岩石的应力变化,位移传感器则能够监测基坑的沉降和侧移情况,而倾斜仪可检测到周边结构物的倾斜度变化。通过多源数据的综合分析,可以更准确地识别可能的地质异常,如基坑边缘土体失稳或地下水水位变化导致的土体软化等。

在数据融合过程中,利用大数据分析技术和人工智能算法可以大幅提高数据处理的效率和精度。基于大数据技术的分析方法能够从大量监测数据中提取出关键特征,识别异常变化趋势。而通过机器学习算法,系统可以逐步学习不同地质条件下的变化规律,预测未来的地质变化趋势。例如,神经网络和回归分析等算法可以用于对历史数据的回归分析,从而实现对地质变化的预测。这种预测能力对于基坑工程尤其重要,能够提前识别潜在的风险并进行预警,为施工决策提供科学依据。

此外,智能分析还能自动识别数据中的噪声或异常值,减少人工干预,提高分析结果的准确性。通过数据融合和智能化处理,基坑自动化监测系统不仅可以生成更加全面、准确的地质信息,还能够快速做出响应,在潜在风险未演变成实际问题之前采取措施。最终,多源数据融合与智能分析技术的结合,能够提高监测结果的准确性、预警的及时性,显著增强基坑施工过程中的安全性和科学性。

3.4 环境干扰的有效屏蔽与补偿

首先,温度和湿度的变化是常见的干扰源之一。在暴露于外部环境的传感器上,建议安装防护罩或绝缘材料,以减少温度和湿度对传感器性能的直接影响。例如,对于温度敏感的应力传感器,可以使用恒温保护罩,确保传感器在极端温度下依然能够稳定工作。同时,对于湿度较高的地区,应选用防水、防潮的密封装置,防止雨水或地下水渗入损坏设备或引入误差。

在易受机械振动影响的施工区域,机械设备和交通振动可能会导致传感器采集到误导性数据。为应对此类干扰,应选用具有抗振动特性的高精度传感器,或通过安装隔振装置来减小振动传递到传感器的程度。此外,算法层面的滤波和补偿技术同样关键。通过引入适当的信号处理算法,如低通滤波器、卡尔曼滤波等,可以有效滤除数据中的高频噪声和突发振动干扰,从而提高数据的纯净度和准确性^[4]。

此外,环境参数的实时监测和关联分析也是干扰屏蔽和补偿策略的重要组成部分。例如,可以在监测系统中引入温度、湿度、风速等环境数据,并与传感器采集的监测数据进行对比分析。当发现环境条件异

常时,系统可以标记出潜在受干扰的数据点,甚至通过算法自动进行补偿和校正,从而避免这些干扰影响最终的决策。

3.5 系统的灵活性与应急响应能力

首先,系统设计需具备可扩展性,预留足够的扩展接口和模块化设计,以便在突发状况下能够迅速增加或重新配置传感器布置,从而扩大监测范围,确保覆盖到潜在的危险区域。这种灵活性不仅能够应对各种复杂的地质变化,还能够在施工过程中随着需求变化进行调整,确保持续有效的监测。

同时,系统应配备高效的预警机制和应急响应流程。当监测系统检测到地质异常时,必须立即触发预警信号,自动启动应急响应程序。这包括实时通知施工管理人员,并根据事先设定的应急预案采取必要的安全措施,如人员疏散、结构加固或暂停施工等。此外,系统应支持多渠道的预警通知,如短信、邮件或自动化广播系统,确保相关人员在第一时间收到警报信息并做出反应。

此外,为了保障系统在复杂环境中的长期稳定运行,定期的自检和维护不可或缺。通过自动化的系统自检功能,可以及时发现设备故障或性能下降,并进行预防性维护,避免监测盲区的产生^[5]。

4 结束语

基坑自动化监测系统在复杂地质条件下的应用,不仅提高了基坑施工的安全性,也推动了监测技术的发展。通过合理的传感器布置、多源数据融合和动态数据采集策略,系统能够有效应对复杂地质环境带来的挑战。此外,环境干扰的有效屏蔽与系统的灵活性设计,使得监测系统在复杂条件下仍能保持高效运行。未来,随着技术的进一步发展,该系统将在更多复杂环境下发挥更大的作用,为工程安全提供坚实保障。

参考文献:

- [1] 胡成. 自动化监测在深基坑中的应用[J]. 广东建材, 2024,40(08):88-91.
- [2] 胡胜春. 深基坑自动化监测技术的应用研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2024,47(02):207-210.
- [3] 朱波, 孙曼曼. 深基坑自动化监测系统设计研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2023,46(08):184-186.
- [4] 李力, 李海斌, 赵庆攀. 深基坑工程自动化监测技术与实践[J]. 广东建材, 2023,39(04):53-55.
- [5] 王智强. 深基坑自动化监测系统的应用与研究[J]. 低碳世界, 2022,12(08):190-192.