

沉降监测在地基处理工程中的应用与数据解读

余军强

陕西建工集团股份有限公司 陕西西安 710076

DOI: 10.12238/jpm.v5i6.6853

[摘要] 本文深入探讨了沉降监测在地基处理工程中的应用及其数据解读，强调了监测的重要性以及相关技术和数据处理方法。文章特别强调了监测数据对工程决策和安全性的提升作用，通过实例分析展示了沉降监测在实际工程中的巨大价值，同时也提到了技术挑战。这些深入讨论有助于工程师更准确地处理地基问题，确保工程的可靠性和安全性。

[关键词] 地基处理；沉降监测；数据解读；工程安全；技术应用

Application and Data Interpretation of Settlement Monitoring in Foundation Treatment Engineering

Yu Junqiang

Shaanxi Construction Engineering Group Co., Ltd. Xi'an City, Shaanxi Province 710076

[Abstract] This article delves into the application of settlement monitoring in foundation treatment engineering and its data interpretation, emphasizing the importance of monitoring and related technologies and data processing methods. The article particularly emphasizes the role of monitoring data in improving engineering decision-making and safety, and demonstrates the enormous value of settlement monitoring in practical engineering through case analysis, while also mentioning technical challenges. These in-depth discussions help engineers handle foundation issues more accurately, ensuring the reliability and safety of the project.

[Key words] foundation treatment, settlement monitoring, data interpretation, engineering safety, and technical application

引言

在地基处理工程中，准确的沉降监测对于确保结构安全至关重要。随着技术进步，监测方法和数据处理技术不断发展，使工程师能够更有效地识别和预防潜在风险。本文通过分析沉降监测的技术原理、数据解读方法及其在实际工程中的应用，旨在提高行业对此关键技术的认识和应用。

一、沉降监测技术及其在地基处理中的应用

沉降监测作为地基工程领域的一项核心技术，主要用于评估和预测工程项目中土体和结构的竖直位移情况。随着工程技术的发展，沉降监测的方法和设备已变得更加多样化和精准，为确保地基处理工程的安全性和稳定性提供了有力支持。在地基处理工程中，沉降监测主要依赖于几种关键技术：水准测量、GPS 测量、光纤传感技术和地面雷达监测。水准测量是一种传统且广泛使用的技术，通过精密的水准仪器测量地面或结构物的相对高度变化，从而监测沉降情况。这种方法的优点在于测量精度高，能够满足大多数工程项目的要求。然而，它的缺点

也很明显，包括操作繁琐、耗时且易受环境因素影响^[1]。

GPS 测量技术利用全球定位系统进行高精度的地面位移监测。与传统水准测量相比，GPS 测量具有操作简便、效率高、可以实时监测的优势。它特别适用于大范围或难以进入的地区沉降监测。然而，GPS 测量的精度受到多种因素影响，包括卫星信号的阻隔和大气条件，这需要通过精确的数据处理方法来校正。光纤传感技术是近年来发展起来的一种新型监测技术，它通过在监测区域布设光纤传感线缆，利用光在光纤中传播时的相位变化来检测地面或结构物的变形。这种技术具有连续监测、高精度、抗干扰能力强等优点，能够提供沉降的实时、动态监测数据。

地面雷达监测则是利用雷达波的反射原理，从远距离监测地面或结构物的微小位移。这种方法可以在不接触监测对象的情况下进行，避免了对结构的干扰，特别适合于对文物建筑或正在使用的设施进行监测。沉降监测在地基处理工程中的应用不仅限于监测和预警。通过对监测数据的分析和解读，工程师

可以评估工程项目中的地基稳定性，预测未来的沉降趋势，从而为工程设计和施工提供科学依据。

二、数据解读方法与工程决策

数据解读在沉降监测及地基处理工程中起着至关重要的作用，它将原始监测数据转化为对工程决策具有指导意义的信息。沉降监测产生的大量数据需要通过专业的数据处理和分析方法，才能真正发挥其在工程决策中的价值。这一过程涉及数据的收集、预处理、分析和解释，每一步都要求高度的精确性和专业性^[2]。数据收集是数据解读的第一步，它要求监测设备能够准确无误地记录下地基或结构的位移数据。随后，数据预处理成为确保数据质量的关键环节，预处理包括数据的清洗、筛选和校正，以去除噪声和异常值，确保后续分析的准确性。例如，对于GPS测量数据，需要通过差分GPS技术来消除大气延迟和多路径效应造成的误差。

数据分析是将处理后的数据转化为有用信息的核心环节。这一阶段通常利用统计分析方法，如时间序列分析、回归分析等，来识别数据中的趋势、周期性和异常模式。通过分析沉降数据的时间变化规律，工程师可以评估沉降速率和总体趋势，从而预测未来的沉降行为。此外，数据分析还包括对比分析，即将监测到的沉降数据与设计预测、历史数据或邻近项目的数据进行对比，以评估沉降的正常性和潜在风险。数据解释则是基于数据分析结果，结合工程地质、结构力学和地基处理原理，对沉降原因和影响进行综合判断和解释。这一步骤要求工程师不仅要有扎实的专业知识，还需要丰富的实践经验。

三、沉降监测的重要性及其对工程安全的影响

沉降监测在维护工程安全中的作用不容忽视，它通过对建筑物和地基的持续观测，提供了对结构健康状况的直接反馈。这一过程对于早期识别问题、制定干预措施以及避免潜在的安全事故至关重要。沉降监测的数据和分析成果能够直接影响到工程决策，从而保障工程项目的稳定性和安全性^[3]。在工程实践中，沉降速率被视为评估结构健康状况的关键指标之一。一般而言，建筑物的正常沉降速率应控制在年均10mm以下，超过这一阈值可能预示着潜在的结构问题。例如，对于高层建筑而言，若监测到的沉降速率超过了设计预期或同类建筑的正常范围，这可能是由于地基不均匀沉降、土壤压缩不足或地下水流动引起的，需要立即采取相应的检查和补救措施。

沉降监测的数据还可以揭示出建筑物或地基的不均匀沉降情况。不均匀沉降是导致结构损伤甚至崩塌的主要原因之一，其表现为建筑物各部分沉降速率的显著差异。据统计，大约有30%的结构损害是由不均匀沉降引起的。因此，通过对沉降监测数据的分析，能够及时识别出不均匀沉降的迹象，为采取措施提供依据，如调整地基承载力、进行地基加固等。沉降监测还具有重要的预警功能。通过对长期监测数据的分析，可

以建立起沉降趋势模型，预测未来的沉降行为。这一预警机制对于大型工程项目尤为重要，它可以帮助工程师在沉降达到危险阈值之前采取干预措施，避免重大安全事故的发生。实际案例表明，通过有效的沉降监测和及时干预，可以显著降低工程风险，保护人员和财产安全。

沉降监测对于维护和延长工程寿命也具有不可替代的作用。通过持续的监测，可以对工程进行动态评估和管理，及时发现和处理影响结构稳定性和功能性的问题。这种动态管理方式对于那些服务期限长、对安全性要求高的工程尤为关键，比如桥梁、大坝和高速公路等。

四、技术挑战与未来发展方向

沉降监测技术的发展与应用在确保工程安全和提高工程质量方面发挥了关键作用。然而，随着工程项目的规模越来越大、环境越来越复杂，沉降监测面临着一系列技术挑战。同时，新技术的发展也为沉降监测的未来提供了新的方向和可能性。

4.1 技术挑战

1. 监测精度和稳定性：随着建筑物和基础设施对安全性要求的提高，沉降监测对精度的要求也随之增加。传统的监测方法如水准测量虽然精度较高，但在复杂环境下易受到干扰，如气候变化、地面震动等。GPS和光纤传感技术虽然能提供高精度的实时监测，但成本较高，且在某些情况下也会受到环境因素的影响。

2. 数据处理与解读能力：随着监测技术的进步，沉降监测系统能够产生大量数据。如何有效地处理这些数据，快速准确地提取出有用信息，是当前面临的一个重要挑战。此外，对监测数据的解读需要综合考虑多种因素，如地质条件、建筑物负荷特性等，这对工程师的专业能力提出了更高要求。

3. 长期监测的可靠性：对于许多重要工程，需要进行长期甚至是永久性的沉降监测。如何确保监测设备在长时间运行中的稳定性和可靠性，防止数据中断或失真，是一个亟待解决的问题。

4.2 未来发展方向

1. 智能化监测技术：利用物联网(IoT)技术，开发智能化的沉降监测系统，能够实现设备的远程控制、实时数据传输和自动报警等功能。这些系统可以更有效地进行数据采集和处理，提高监测的效率和准确性。

2. 大数据与人工智能：应用大数据分析和人工智能技术对沉降监测数据进行处理和分析，可以提高数据处理的速度和精度。通过机器学习算法，可以对沉降趋势进行更准确的预测，为工程决策提供科学依据。

3. 综合监测技术的发展：结合多种监测技术和手段，如将GPS、光纤传感器、地面雷达等技术综合应用，可以克服单一技术的局限性，提高监测数据的全面性和可靠性。

4. 低成本高效率的监测设备: 研发更经济、更高效的监测设备是沉降监测技术发展的一个重要方向。这将使得更多的工程项目能够负担得起高精度的沉降监测, 从而更好地保障工程安全。

五、案例分析: 某具体项目的沉降监测应用及数据解读

在广东珠江惠仁医院项目, 沉降监测是确保基坑施工安全和地基稳定的关键环节。本项目位于广州市从化区太平镇佛岗村, 主要建设内容包括医技楼、门诊楼、住院楼、办公楼及地下室, 项目总建筑面积约 218, 715.5 平方米。

监测设备及方法

本项目采用多种沉降监测方法, 包括传统的水准测量、GPS 测量、光纤传感技术和地面雷达监测:

1. 水准测量: 使用精密的水准仪器对地面和结构物的相对高度变化进行测量, 精度高但操作较为繁琐。

2. GPS 测量: 利用全球定位系统进行高精度地面位移监测, 操作简便, 效率高, 能够实时监测大范围区域, 但受卫星信号和大气条件影响较大。

3. 光纤传感技术: 通过布设光纤传感线缆, 利用光在光纤中传播时的相位变化检测地面或结构物的变形, 具有高精度和抗干扰能力强的优点, 适用于实时、动态监测。

4. 地面雷达监测: 利用雷达波反射原理远距离监测地面或结构物的微小位移, 不接触监测对象, 避免对结构的干扰, 适合文物建筑和正在使用的设施。

监测数据及结果

在施工过程中, 基坑周围设置了多个沉降监测点, 通过连续监测获得了详细的沉降数据。监测结果显示:

1. 沉降速率: 建筑物的沉降速率控制在年均 10 毫米以下, 超过这一阈值可能预示着潜在的结构问题。例如, 本项目某建筑物在施工期间的最大沉降速率为年均 8 毫米, 表明地基承载力和施工措施有效。

2. 不均匀沉降: 监测数据揭示了部分区域存在不均匀沉降现象。某栋宿舍楼的沉降数据显示, 东侧沉降速率为每月 2 毫米, 而西侧为每月 1.5 毫米。此不均匀沉降可能由地下水位变化引起, 通过调整基坑支护和地基加固措施进行处理。

3. 预警机制: 通过对长期监测数据的分析, 建立沉降趋势模型, 成功预测未来的沉降行为。在某次暴雨后, 监测系统实时报警, 提示基坑东南角沉降速率骤增至每日 3 毫米, 项目团队迅速采取排水和加固措施, 避免了基坑侧壁坍塌。

数据解读及应用

数据解读是沉降监测中的重要环节, 通过对监测数据的预处理、分析和解释, 转化为工程决策的依据:

1. 数据预处理: 清洗、筛选和校正数据, 确保数据质量。差分 GPS 技术用于消除大气延迟和多路径效应造成的误差。

2. 数据分析: 利用时间序列分析、回归分析等统计方法, 识别沉降趋势和异常模式。例如, 通过分析沉降数据的时间变化规律, 预测未来沉降行为, 制定有效的预防和补救措施。

3. 数据解释: 结合工程地质、结构力学和地基处理原理, 对沉降原因和影响进行综合判断。例如, 某次数据解读显示, 施工期间某区域沉降速率增加, 主要原因是附近施工活动引起的地基扰动。

工程决策及措施

基于沉降监测数据, 项目团队在施工过程中采取了一系列措施:

1. 基坑支护: 在基坑开挖过程中, 采用放坡支护、喷锚支护和网喷支护等多种技术, 确保基坑稳定。基坑放坡系数为 1: 1, 喷射混凝土厚度为 60 毫米。

2. 降水措施: 设置降水井和排水系统, 减少地下水对基坑稳定性的影响。管井直径 800 毫米, 深度穿过筏板垫层底不少于 2 米, 采用深井泵进行降水。

3. 应急预案: 制定详细的应急处理措施, 包括地基加固、止水 and 回填等, 确保在出现沉降异常时能迅速反应, 保障工程安全。

结语:

在本文中, 我们深入探讨了沉降监测在地基工程中的重要性、技术发展与应用、数据收集与处理方法以及数据解读及其在工程决策中的作用。沉降监测技术的应用广泛, 从建筑到桥梁、道路和隧道工程, 都起到了关键作用。通过沉降监测, 工程师能够实时了解地基的行为, 预防潜在问题, 确保工程的稳定性和安全性。数据的精确收集、深入分析以及及时的决策都是实现这一目标的不可或缺的步骤。

[参考文献]

[1] 赵斐. 公路湿陷性黄土路基处理效果评价研究[J]. 工程机械与维修, 2023, (02): 170-172.

[2] 凌建明, 杨毅杰, 张家科等. 基于共轭梁理论的机场道基沉降广域感知方法[J]. 上海公路, 2022, (02): 1-6+164.

[3] 陈庆伟, 杨臻, 谢丹等. 软土地基变电站沉降监测与预测分析[J]. 广东电力, 2022, 35 (03): 124-131.

[4] 卢明, 商冬凡, 杨凯等. 建筑物移位工程地基沉降规律研究[J]. 安徽建筑, 2021, 28 (08): 207-208. DOI: 10.16330/j.cnki.1007-7359.2021.08.094

[5] 解文武. 建筑物沉降观测精度控制的策略研究[J]. 住宅与房地产, 2021, (19): 207-208.