

建筑工程中的智能监测技术与数据分析

文 / 周艳红 山东省滨州市博兴县锦秋街道办事处

摘要: 本文深入探讨了智能监测技术与数据分析在建筑工程中的结合应用。通过对传统监测方法的局限性分析, 本文揭示了智能监测技术在提高建筑安全性、施工效率与管理水平方面的重要作用。论文详细介绍了智能监测技术的原理、关键技术及其在建筑工程中的具体应用, 包括结构健康监测、施工安全与效率监测、环境与能耗监测以及灾害预警与应急响应等方面。同时, 本文还深入研究了数据分析方法, 包括统计分析、机器学习和深度学习等, 并通过案例研究展示了智能监测数据在建筑结构健康评估、施工效率与能耗分析等方面的实际应用效果。此外, 论文还讨论了智能监测与数据分析面临的挑战, 并提出了相应的对策与建议。最后, 本文总结了研究成果, 强调了智能监测与数据分析技术对建筑行业智能化转型和社会可持续发展的重要贡献。

关键词: 智能监测技术; 数据分析; 建筑工程; 结构健康; 施工效率

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.06.016

引言

在当今快速发展的城市化进程中, 建筑工程作为基础设施建设的重要组成部分, 其规模、复杂度和技术要求日益提升。随着科技的进步, 特别是信息技术、物联网、大数据以及人工智能的迅猛发展, 建筑行业正经历着从传统模式向智能化、信息化转型的关键时期。这一转型不仅要求建筑工程在设计、施工、运维等全生命周期内实现高效、精准的管理, 还迫切需要对建筑工程的安全性、稳定性和可持续性进行更为严密的监测与评估。

传统上, 建筑工程的监测主要依赖于人工巡检和物理传感器等手段, 这些方法虽然在一定程度上能够满足基本的监测需求, 但存在监测范围有限、数据收集不全面、处理效率低下以及难以实现实时预警等问题。特别是在面对大型复杂工程项目时, 传统监测方法的局限性尤为突出, 难以满足现代建筑工程对高精度、高效率监测的需求。

一、建筑工程监测与数据分析基础

(一) 建筑工程监测的重要性与原则

建筑工程监测是确保工程安全、提升施工质量与效率的关键环节。在建筑工程的全生命周期内, 从设计、施工到运维阶段, 监测都发挥着不可替代的作用。通过监测, 可以及时发现结构损伤、安全隐患及性能下降等问题, 为及时采取修复与加固措施提供依据, 从而有效延长建筑的使用寿命, 降低维护成本。同时, 监测还能对施工过程的优化、资源的合理配置以及运维管理的精细化提供数据支持。在进行建筑工程监测时, 应遵循全面性、准确性、实时性与经济性的原则, 确保监测数据的可靠性与有效性。

(二) 传统监测方法及其局限性

传统的建筑工程监测方法主要包括人工巡检、物理传感器监测等。人工巡检依赖于巡检人员的经验与判断, 存在主观性强、效率低、难以覆盖所有监测点等问题。而物理传感器虽然能够实现对特定参数的实时监测, 但受限于传感器的性能与布置密度, 往往难以全面反映建筑工程的实际状态。此外, 传统监测方法在数据处理与分析方面也存在不足, 难以实现海量数据的快速

处理与深度挖掘, 从而限制了监测效果的提升。随着建筑工程规模的扩大与复杂度的提高, 传统监测方法的局限性日益凸显, 无法满足现代建筑工程对高精度、高效率监测的需求。

(三) 数据分析在建筑工程中的应用

数据分析在建筑工程中发挥着越来越重要的作用。通过对监测数据的深度挖掘与处理, 数据分析能够揭示出隐藏在数据背后的规律与趋势, 为建筑工程的决策优化、风险预警与性能提升提供科学依据。在建筑工程监测中, 数据分析主要应用于以下几个方面: 一是结构健康评估, 通过对监测数据的分析, 可以及时发现结构损伤与安全隐患, 为结构的修复与加固提供指导; 二是施工效率分析, 通过对施工过程中的监测数据进行分析, 可以优化施工流程, 提高施工效率; 三是能耗分析, 通过对建筑能耗数据的监测与分析, 可以制定节能措施, 降低建筑能耗。数据分析的应用不仅提高了建筑工程的监测效率与精度, 还为建筑工程的智能化提供了有力支持(见图一)。



图一 智慧工地监控系统

二、智能监测技术原理与关键技术

(一) 智能监测技术基础

智能监测技术是信息技术、物联网、大数据以及人工智能等先进技术在建筑工程监测领域的综合应用。它通过建立一套完善的监测系统, 实现对建筑工程全方位、全天候的实时监测, 为施工安全管理、质量控制、运维管理等提供强有力的数据支持。智能监测技术的核

心在于数据的采集、传输、处理与分析。通过布置在建筑工程各处的智能传感器，实时采集各种监测参数，如结构应力、变形、温度、湿度等，然后通过无线通信技术将数据传输至数据中心。在数据中心，利用大数据处理技术和人工智能算法，对海量监测数据进行深度挖掘与处理，提取出有价值的信息，为建筑工程的决策优化与风险管理提供科学依据。

（二）关键技术与组件

智能监测技术的实现依赖于一系列关键技术与组件。其中，智能传感器是监测系统的核心部件，它负责将各种物理量转换为电信号，以便进行采集与传输。智能传感器需要具备高精度、高稳定性、低功耗以及无线通信能力等特点，以适应建筑工程复杂多变的监测环境。无线通信技术是实现数据实时传输的关键，它要求具有远距离、低功耗、高可靠性的传输特性，以确保监测数据的及时性与完整性。此外，数据处理与分析技术也是智能监测技术的重要组成部分，它利用大数据处理技术和人工智能算法，对海量监测数据进行快速处理与深度挖掘，提取出有价值的信息，为建筑工程的监测与管理提供有力支持。

（三）智能监测系统的集成与优化

智能监测系统的集成与优化是确保系统高效运行、准确监测的关键。在系统集成方面，需要将智能传感器、无线通信设备、数据处理与分析软件等各个组件进

行有机整合，形成一个统一、协调的监测系统。这要求各组件之间具备良好的兼容性与互操作性，以确保数据的准确采集与传输。在系统优化方面，需要对监测参数的选择、传感器的布置、数据传输的协议以及数据处理的方法等进行深入研究与优化，以提高监测系统的性能与效率。同时，还需要考虑系统的能耗管理、数据安全与隐私保护等问题，确保系统的可靠运行与长期使用。通过系统的集成与优化，可以充分发挥智能监测技术在建筑工程监测中的优势，为建筑工程的安全、高效、可持续发展提供有力保障。

三、建筑工程中的智能监测技术应用

（一）结构健康监测

结构健康监测是智能监测技术在建筑工程中的核心应用之一。它主要利用智能传感器对建筑结构的关键部位进行实时监测，如桥梁的梁体、墩台，高楼的柱子、梁板等，通过采集这些部位的应力、变形、振动等数据，来评估结构的健康状况。智能监测系统能够实时传输这些数据至数据中心，并利用先进的数据处理与分析技术，对结构的状态进行动态评估与预测。一旦发现结构出现异常或损伤，系统能够立即发出预警，为及时采取修复与加固措施提供依据，从而确保建筑结构的安全与稳定。此外，结构健康监测还能够为建筑结构的维护与管理提供科学依据，延长建筑的使用寿命，降低维护成本（见图二）。



图二 建筑结构监测

（二）施工安全与效率监测

在施工阶段，智能监测技术主要应用于施工安全与效率的监测。通过布置在施工现场的智能传感器，实时监测施工人员的位置、设备的运行状态、施工进度等关键参数，为施工管理提供实时、准确的数据支持。智能监测系统能够及时发现施工中的安全隐患，如人员违规操作、设备故障等，并立即发出预警，确保施工过程的安全。同时，通过对施工进度的实时监测与分析，可以优化施工流程，提高施工效率，降低施工成本。此外，智能监测技术还能够为施工质量的评估与监控提供有力

支持，确保建筑工程的施工质量符合规范要求。

（三）环境与能耗监测

环境与能耗监测是智能监测技术在建筑工程中的又一重要应用。它主要利用智能传感器对建筑室内外的环境参数进行实时监测，如温度、湿度、空气质量等，同时监测建筑的能耗数据，如电、水、气等的消耗情况。通过对这些数据的采集、传输与分析，可以实时了解建筑的环境状况与能耗水平，为建筑的节能管理与环保措施提供科学依据。智能监测系统能够发现建筑中的能耗浪费现象，提出节能建议，从而降低建筑的能耗成本，

提高能源利用效率。同时，通过对环境参数的监测，还可以为建筑的使用者提供更加舒适、健康的生活环境。

（四）灾害预警与应急响应

灾害预警与应急响应是智能监测技术在建筑工程中的又一重要应用领域。它主要利用智能传感器对建筑工程周边的自然灾害（如地震、洪水等）进行实时监测，一旦发现灾害征兆，系统能够立即发出预警，为建筑的使用者与管理者提供宝贵的逃生与应对时间。同时，智能监测系统还能够为灾害应急响应提供有力支持，如通过实时监测建筑结构的损伤情况，为救援人员提供准确的灾害信息，提高救援效率。此外，在灾害发生后，智能监测技术还能够对建筑的损伤程度进行评估，为灾后重建与修复提供科学依据。

四、数据分析方法与案例研究

（一）数据分析方法

在建筑工程智能监测中，数据分析是提取有价值信息、实现监测目标的关键环节。数据分析方法主要包括统计分析、机器学习、深度学习等。统计分析方法通过对监测数据进行描述性统计、推断性统计，揭示数据的分布特征、相关关系等，为建筑工程的监测与管理提供基础数据支持。机器学习方法则通过构建模型，对监测数据进行分类、聚类、回归等分析，挖掘数据中的隐含模式与规律，为建筑工程的决策优化、风险预警等提供科学依据。深度学习作为机器学习的一个分支，通过构建深层神经网络，对海量监测数据进行特征提取、模式识别等，实现更高精度的数据分析与预测。这些方法的应用，极大地提高了建筑工程智能监测的准确性与效率。

（二）案例研究一：结构健康监测数据分析

以某大型桥梁的结构健康监测为例，通过布置在桥梁各关键部位的智能传感器，实时采集桥梁的应力、变形、振动等数据。利用数据分析方法，对这些数据进行处理与分析，评估桥梁的健康状况。通过统计分析，发现桥梁某部位的应力值异常偏高，进一步利用机器学习方法，对该部位的应力数据进行建模与预测，预测结果显示该部位存在潜在的结构损伤风险。基于这一分析结果，及时采取了修复与加固措施，确保了桥梁的安全与稳定。这一案例充分展示了数据分析在结构健康监测中的重要作用。

五、智能监测与数据分析的挑战与对策

（一）技术挑战

智能监测与数据分析在建筑工程中的应用面临着多方面的技术挑战。首先，数据的采集与传输过程中可能受到环境、设备等因素的影响，导致数据质量下降或丢失，影响分析结果的准确性。其次，海量数据的处理与分析对计算资源与算法性能提出了高要求，传统的数据处理方法可能无法满足实时性与精确性的需求。此外，智能监测系统的集成与优化也是一项技术难题，需要解决不同组件之间的兼容性与互操作性问题，确保系统的稳定运行。

（二）管理挑战

除了技术挑战外，智能监测与数据分析在建筑工程

中还面临着管理方面的挑战。一方面，智能监测系统的建设与维护需要投入大量的人力、物力与财力，如何合理规划与管理这些资源，确保系统的长期稳定运行，是管理者需要关注的问题。另一方面，数据的安全与隐私保护也是管理中的重要挑战。智能监测系统采集的大量数据涉及建筑工程的各个方面，一旦数据泄漏或被恶意利用，可能给工程带来严重的损失。

（三）对策与建议

针对智能监测与数据分析在建筑工程中面临的挑战，提出以下对策与建议。首先，在技术方面，应加强对数据采集、传输、处理与分析技术的研究与开发，提高数据的准确性与可靠性。同时，优化算法性能，提高数据处理与分析的效率与精度。此外，还应注重智能监测系统的集成与优化，确保各组件之间的协调与配合，提高系统的整体性能。

在管理方面，应建立完善的智能监测系统建设与维护管理体系，明确各部门的职责与任务，确保资源的合理分配与利用。同时，加强数据的安全与隐私保护管理，制定严格的数据访问与使用权限管理制度，防止数据泄漏与被恶意利用。此外，还应加强对智能监测与数据分析人才的培养与引进，提高团队的技术水平与管理能力。

结论

智能监测与数据分析技术在建筑工程中的应用，显著提升了安全管理、质量控制及运维管理的效能。该技术通过实时采集、处理数据，能及时发现安全隐患，优化施工流程，并提高能源效率，同时为灾害预警和应急响应提供关键支持。然而，其应用也面临技术与管理的多重挑战。技术层面，需确保数据的准确性与实时性，并优化系统集成。管理层面，则需关注系统建设维护、数据安全及人才培养。为应对这些挑战，科研人员需不断探索新技术，优化算法，并加强组件兼容性研究；管理者则需建立完善的管理体系，确保资源合理分配，加强数据安全，并打造高素质技术团队。总之，智能监测与数据分析技术在建筑工程领域潜力巨大，我们应积极应对挑战，完善技术与管理机制，推动其深入应用，为建筑工程的安全、高效、可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1] 寇文娟. 建筑基坑工程施工智能监测技术应用[J]. 科学技术创新, 2024, (17): 205-208.
- [2] 牛誉蓉, 童威. 基于物联网的建筑电气设备安全智能监测系统设计[J]. 产品可靠性报告, 2024, (07): 72-73.
- [3] 王轶宏. 老旧建筑健康智能监测评估体系与安全性数值预测研究[D]. 长安大学, 2023.
- [4] 任毅, 袁兵, 曹淑上. 基于物联网的既有建筑结构健康智能化监测云平台设计[J]. 重庆建筑, 2020, 19(12): 8-10.
- [5] 王何斌, 刘珊, 倪飞飞. 建筑能耗监测平台智能数据分析应用场景设计与实现[J]. 建筑科学, 2020, 36(S2): 373-377.