

建筑工程检测中的数据分析与应用

詹君宇

武汉市建筑工程质量安全中心 湖北 武汉 430000

摘要：建筑工程检测是保障建筑质量与安全的核心要点，数据分析技术的融入为其带来全新变革。在检测中，对结构应力、材料强度、施工参数等各类数据进行高效采集、整合与深度剖析，能精准揪出建筑潜在的质量与结构风险。借助先进模型算法，可实时监测建筑健康状况、动态评估施工质量、提前预警风险。此举既提升检测的准确度与效率，又为决策提供科学支撑，有力推动建筑行业向智能化、精细化方向迈进。

关键词：建筑工程检测；数据分析；应用

1 建筑工程检测数据类型与特征

1.1 检测数据分类

建筑工程检测数据根据其来源、用途及性质，可划分为以下几类：（1）结构性能检测数据，包括混凝土强度、钢筋力学性能、砌体结构强度等，用于评估建筑结构的安全性和耐久性。（2）材料质量检测数据，涵盖水泥、砂石、外加剂、防水材料等原材料的质量指标，确保建筑材料符合设计要求。（3）施工过程监控数据，如混凝土浇筑温度、湿度控制、模板支撑系统稳定性监测等，用于指导施工过程中的质量控制。（4）环境与耐久性检测数据，包括建筑围护结构热工性能、室内空气质量、结构耐久性评估（如碳化深度、氯离子渗透）等，评估建筑长期使用的环境适应性和耐久性。（5）非破坏性检测（NDT）数据，利用超声波、雷达、红外热成像等技术获取的结构内部缺陷、裂缝分布等，为结构安全评估提供重要依据。

1.2 数据特征分析

一是多源性。数据来源于不同检测项目、不同检测技术和不同检测阶段，数据类型多样，包括数值型、文本型、图像型等。二是复杂性。数据间存在复杂的关联性，如材料质量与结构性能、施工过程与最终质量等，需要综合分析才能得出准确结论^[1]。三是动态性。随着施工进度和建筑使用年限的增加，检测数据会不断更新，需要建立动态监测体系以持续跟踪建筑状态。四是不确定性。检测过程中可能受到环境因素、设备精度、人为操作等多种因素影响，导致数据存在一定的不确定性和误差。五是海量性。随着检测技术的进步和检测项目的增多，建筑工程检测数据量急剧增长，对数据处理和分析能力提出了更高要求。

1.3 数据采集技术

针对建筑工程检测数据的特性，当前主要采用以下

数据采集技术：第一传感器技术。利用压力传感器、位移传感器、温度传感器等实时监测施工过程中的关键参数，实现数据的自动化采集；第二非破坏性检测技术。如超声波检测、雷达扫描、红外热成像等，能够在不破坏建筑结构的前提下，获取内部缺陷和性能信息；第三无人机与机器人技术。在难以人工到达的区域，利用无人机进行空中拍摄和测量，或使用机器人进行地下管道检测等，提高数据采集的效率和安全性；第四物联网（IoT）技术。通过物联网平台连接各种检测设备和传感器，实现数据的远程传输和集中管理，便于数据的实时监控和分析；第五大数据与云计算。利用大数据技术处理和分析海量检测数据，通过云计算平台提供强大的计算能力和存储空间，支持复杂的数据分析和模型构建。

2 建筑工程检测数据分析方法

2.1 数据预处理

建筑工程检测数据的预处理是数据分析流程的基石，直接关系到后续分析结果的准确性和可靠性。检测数据在采集过程中，可能因设备故障、人为操作失误或环境因素干扰而包含异常值、缺失值或重复记录。数据清洗旨在识别并修正这些问题，例如通过插值法填补缺失值，使用统计方法（如Z-score或IQR）识别并处理异常值，以及删除重复记录，确保数据的完整性和一致性。不同检测设备或方法产生的数据格式和单位可能不一致，数据转换旨在统一这些差异，使数据具有可比性。对于分类数据，可能需要进行编码转换，如将文本标签转换为数值编码，以便于后续的数学运算和模型分析。由于建筑工程检测数据可能涉及多个数量级和单位，直接进行分析可能导致某些特征对模型的影响过大。数据归一化（如Min-Max缩放）和标准化（如Z-score标准化）可以将数据映射到特定的范围或分布，减少特征间的量纲差异，提高模型的稳定性和收敛速度。在某些情况

下,如数据量不足或样本分布不均,可以通过数据增强技术(如旋转、平移、缩放等图像变换方法)来增加数据多样性,提高模型的泛化能力。

2.2 特征提取与选择

特征提取与选择是数据分析中的核心环节,旨在从原始数据中提取出最具代表性和区分度的特征,减少数据的维度,提高分析效率。根据建筑工程检测的具体需求,从原始数据中提取出能够反映结构性能、材料质量或施工过程状态的关键特征。面对海量的检测数据,并非所有特征都对分析目标有贡献。特征选择旨在通过相关性分析、主成分分析(PCA)、递归特征消除(RFE)等方法,筛选出对模型预测性能影响最大的特征子集。这不仅可以减少计算量,还可以提高模型的解释性和泛化能力。在某些情况下,原始特征可能不足以充分描述数据的内在规律。此时,可以通过特征构建技术(如多项式特征、交互特征)来创建新的特征,以捕捉数据中的复杂关系^[2]。

2.3 建模与分析技术

建模与分析技术是将预处理后的数据和提取的特征转化为有价值信息的关键步骤。在建筑工程检测数据分析中,常用的建模与分析技术包括:(1)统计回归分析,用于建立检测数据与结构性能、材料质量等目标变量之间的定量关系。通过线性回归、逻辑回归等方法,可以预测结构的剩余寿命、评估材料的耐久性等。(2)机器学习模型,如决策树、随机森林、支持向量机(SVM)、神经网络等,这些模型能够处理复杂的非线性关系,适用于结构损伤识别、施工风险预警等场景。通过训练模型,可以实现对检测数据的自动分类、预测和异常检测。(3)深度学习技术,随着深度学习技术的发展,卷积神经网络(CNN)、循环神经网络(RNN)等在建筑工程检测数据分析中展现出强大的能力。例如,利用CNN进行图像识别,可以自动检测结构表面的裂缝、锈蚀等缺陷;利用RNN进行序列数据分析,可以预测结构性能随时间的变化趋势。(4)可视化分析,通过图表、热力图、三维可视化等手段,将分析结果以直观的方式呈现出来,有助于工程师快速理解数据背后的规律,做出科学决策。

3 数据分析在建筑工程检测中的应用场景

3.1 结构健康监测

在建筑工程中,结构健康监测是确保建筑长期安全性和耐久性的关键环节。数据分析技术在此领域发挥着不可替代的作用。通过在建筑结构关键部位(如桥梁的支座、建筑物的梁柱节点)部署各类传感器,如应变

计、加速度计、位移传感器等,实时采集结构的应力、变形、振动等数据。这些数据可能来自不同时间、不同设备,通过物联网技术将它们集中传输至数据中心,形成庞大的结构健康数据库。利用数据分析算法,从海量监测数据中提取关键特征,如应力变化趋势、振动频率特征等。通过模式识别技术,如机器学习中的聚类算法,将这些特征与正常状态下的特征模式进行对比,识别出结构是否存在异常。基于提取的特征和识别的模式,运用损伤力学模型和机器学习预测算法,对结构的损伤程度进行定量评估,并预测其剩余使用寿命。将分析结果以直观的图表、三维模型等形式展示出来,便于工程师和管理人员理解。

3.2 施工质量评估

施工质量是建筑工程的核心,数据分析技术为施工质量评估提供了科学、客观的手段。在施工过程中,利用各种监测设备(如激光测距仪、水准仪、全站仪等)和移动应用,实时采集施工参数,如混凝土浇筑温度、湿度、强度,钢筋的间距、搭接长度等。这些数据通过无线网络实时传输至项目管理系统,形成施工过程数据集。将采集到的施工参数与预设的质量标准进行比对,通过数据分析算法(如统计分析、阈值判断)自动检测出不符合标准的数据点^[3]。利用时间序列分析和机器学习算法,对施工过程数据进行趋势分析,预测未来可能出现的质量问题。基于数据分析结果,生成详细的质量报告,包括质量指标完成情况、问题分布、改进建议等。这些报告为项目管理层提供了决策支持,帮助他们制定针对性的质量改进措施,优化施工流程。

3.3 风险预警与决策支持

建筑工程面临诸多风险,如自然灾害、施工事故、市场波动等。数据分析技术为风险预警和决策支持提供了有力工具。通过收集和分析历史数据、现场监测数据、市场信息等,识别出影响建筑工程安全、进度、成本的风险因素。利用风险评估模型(如蒙特卡洛模拟、敏感性分析),对这些风险因素进行量化评估,确定其发生概率和影响程度。基于风险评估结果,构建风险预警系统,设置风险阈值。当监测数据超过阈值时,系统自动发出预警信号,提醒相关人员采取应对措施。利用数据分析技术,对历史应急预案进行评估和优化,提高预案的针对性和有效性。在风险事件发生时,基于实时数据和预测模型,为决策者提供多种应对方案,并评估各方案的优劣,辅助决策者做出科学决策。风险预警和决策支持是一个持续改进的过程。通过对风险事件的处理结果进行总结和分析,不断完善风险评估模型和预警

系统,形成反馈循环,提高建筑工程的风险管理水平。

4 案例分析

4.1 工程背景与检测需求

某大型商业综合体项目位于城市核心区域,集购物、餐饮、娱乐、办公等多功能于一体,总建筑面积达数十万平方米。该工程结构复杂,包含高层塔楼、裙楼、地下室等多个部分,采用钢筋混凝土框架-核心筒结构体系。鉴于工程规模大、施工周期长、技术要求高,为确保工程质量和结构安全,项目团队决定引入先进的检测数据分析技术,对施工过程中的关键环节进行实时监测和数据分析。检测需求主要集中在以下几个方面:一是结构健康监测,包括混凝土强度、钢筋应力、结构变形等参数的实时监测,以评估结构的安全性和耐久性;二是施工质量评估,涵盖混凝土浇筑质量、钢筋安装精度、模板支撑稳定性等指标的检测,确保施工质量符合设计要求;三是风险预警与决策支持,通过对监测数据的分析,及时发现潜在风险,为项目管理层提供科学决策依据。

4.2 数据分析流程

为满足上述检测需求,项目团队制定了详细的数据分析流程,主要包括以下几个步骤:步骤一、数据采集与整合。在工程关键部位安装各类传感器和监测设备,如应变计、位移传感器、激光测距仪等,实时采集结构健康、施工质量等参数数据。整合施工过程中的其他数据源,如施工日志、质量检验报告等,形成全面的数据集。步骤二、数据预处理。对采集到的原始数据进行清洗、转换和归一化处理,去除异常值和噪声,统一数据格式和单位,确保数据的质量和一致性。步骤三、特征提取与选择。运用统计分析方法和机器学习算法,从预处理后的数据中提取关键特征,如应力变化趋势、变形速率等,并筛选出对分析目标影响最大的特征子集,以减少计算量 and 提高分析效率^[4]。步骤四、建模与分析。基于提取的特征,构建合适的数学模型或机器学习模型,如线性回归模型、支持向量机(SVM)模型等,对结构健康状态、施工质量水平进行评估和预测。利用时间序列分析和风险评估模型,对潜在风险进行预警和分析。步骤五、可视化与报告生成。将分析结果以直观的图表、三维模型等形式展示出来,便于工程师和管理人

员理解。生成详细的分析报告,包括数据概述、分析结果、结论与建议等,为项目管理层提供决策支持。

4.3 应用效果评估

经过一段时间的实践应用,该建筑工程检测数据分析项目取得了显著成效;通过实时监测和分析,项目团队及时发现并处理多起结构安全隐患,如混凝土裂缝扩展、钢筋应力异常等,有效避免结构安全事故的发生。同基于数据分析结果,对结构进行针对性的加固和维护,延长结构的使用寿命。施工质量大幅提升;通过对施工过程的实时监测和数据分析,项目团队及时发现并纠正施工中的质量问题,如混凝土浇筑不密实、钢筋安装偏差等,显著提高施工质量水平,数据分析结果还为施工工艺的优化提供依据,进一步提升施工效率。基于数据分析的风险预警系统成功预警多次潜在风险事件,如台风对建筑物的影响、基坑周边地面沉降等,为项目管理层提供充足的应对时间。数据分析报告为项目管理层提供科学决策依据,帮助他们制定更加合理的施工计划和资源分配方案。

结束语

在建筑工程检测领域,数据分析技术已然成为不可或缺的核心驱动力。它以数据为基石,凭借强大的分析能力,为建筑质量与安全保驾护航。从微观的材料性能检测到宏观的结构健康监测,数据分析贯穿于建筑工程的全生命周期。未来,随着技术的持续创新与完善,数据分析将在建筑工程检测中发挥更为广泛且深入的作用,助力建筑行业实现更高质量、更可持续的发展,为人们创造更加安全、舒适的建筑环境。

参考文献

- [1]常鸿雁.建筑工程检测过程中数据处理的分析与探讨[J].山西建筑,2018,44(20):198-199.
- [2]刘俊.探究5G技术在建筑工程检测中的应用[J].中华建设,2023,(09):111-113.
- [3]马媛.建筑工程检测实验室规范化管理问题分析[J].大众标准化,2021,(22):46-48.
- [4]马翠玲.基于BIM在建筑工程质量管理大数据分析中的应用[J].贵阳学院学报(自然科学版),2023,18(02):85-89.