

智能监控系统在大型钢结构施工中的设计与实现

陈 军 李志强 曹 浪

深圳中铁二局工程有限公司 广东 深圳 518000

摘 要：本文聚焦智能监控系统在大型钢结构施工中的设计与实现。详细阐述了系统架构搭建、传感器科学选型与布置、高效的数据传输与存储方案，以及精准的智能识别与预警算法设计。通过严谨的系统开发、集成与部署流程，展现如何利用该系统有效提升大型钢结构施工的安全性、施工效率与质量控制水平，为行业提供了极具参考价值的技术实现路径。

关键词：智能监控系统；大型钢结构施工；设计；实现

引言

随着现代建筑技术的突飞猛进，大型钢结构以强度高、自重轻、施工高效的特性，在建筑领域备受青睐。但它施工复杂，高空作业、机械与人协同作业频繁，安全风险高，质量把控难。传统依赖人工巡检和简易设备的监控方式，难以满足施工对实时、精准、全面监测的需求。智能监控系统融合多元先进技术，能全方位实时监测，助力施工安全与质量提升。

1 智能监控系统的重要性

在大型钢结构施工中，智能监控系统的重要性不言而喻。它如同施工现场的“守护者”，时刻监测着施工环境、设备状态及人员行为。通过实时监测和预警，系统能有效预防结构失稳、高空坠落等安全事故，为施工人员提供安全保障。同时，智能监控系统还是施工质量的“把关人”，对施工过程中的关键参数进行实时监测，确保施工质量符合设计要求。此外，它还能助力施工管理人员优化资源调配，提升施工效率。总之，智能监控系统是大型钢结构施工中不可或缺的技术手段，为施工安全、质量和效率提供了有力保障。

2 智能监控系统在大型钢结构施工中的设计

2.1 系统架构与功能设计

智能监控系统针对大型钢结构施工现场的复杂多变环境，采用了分层分布式架构，确保系统的灵活性和可扩展性。（1）感知层作为系统的信息获取基础，部署了多种高精度传感器。电阻应变片、光纤光栅应变传感器等负责精确采集结构应力应变数据，激光位移传感器和拉线式位移传感器则实时监测位移变化，压电式与MEMS加速度传感器用于捕捉细微的振动信号，同时温度传感器和人员定位传感器等也全方位地收集着施工现场的温度、人员位置等关键物理量数据。（2）传输层则采用了有线与无线相结合的混合传输模式，既保证了在

布线便利区域的数据高速稳定传输，又实现了在布线困难或设备移动频繁场景下的灵活数据传输。数据传输模块还配备了加密和校验功能，确保了数据在传输过程中的安全性和完整性。（3）数据处理层作为系统的“大脑”，运用大数据分析技术和人工智能算法对采集到的数据进行深度挖掘和处理。通过机器学习算法对结构应力、应变数据进行建模分析，预测结构健康状态；利用图像识别技术对监控视频进行分析，及时识别人员行为和安全隐患。处理后的数据被存储在适配的数据库中，方便后续查询和回溯。（4）应用层为施工管理人员提供了简洁直观的可视化操作界面，实时展示施工现场各类数据，并及时发送预警信息，确保施工安全与质量^[1]。

2.2 传感器选型与布置

在大型钢结构施工中，传感器的选型与布置对智能监控系统的监测效果至关重要。针对钢结构施工的特点，我们需要选择适合的传感器类型，并在关键部位进行合理布置。（1）在传感器选型方面，我们考虑了多种因素。应变传感器是监测结构应力应变的重要工具，其中电阻应变片因其价格实惠、测量精度较高，在常规环境中得到广泛应用；而光纤光栅应变传感器则因其抗电磁干扰能力强、精度高且能实现分布式测量，更适用于复杂电磁环境和长距离监测场景。对于位移监测，激光位移传感器以其高精度和快速响应的特点，适用于梁挠度、柱垂直度等高精度测量；拉线式位移传感器则因其结构简单、成本低廉，适用于一般性位移监测。此外，压电式加速度传感器因其灵敏度高、量程大，常用于大型钢结构振动监测；而MEMS加速度传感器则因其体积小、功耗低，在空间和功耗受限的区域得到应用。温度传感器和人员定位传感器也分别用于监测结构温度和施工人员位置。（2）在传感器布置上，我们遵循了全面覆盖、重点监测、便于安装维护和经济合理的原则。我

们在节点、支座、跨中、悬臂端等关键部位合理布局传感器，确保全方位掌握结构受力和变形情况。同时，对应力集中、曾有损伤等易出问题的部位进行重点监测，加大传感器布置密度。此外，我们还避开了难以触及的位置，确保传感器在恶劣施工环境下能稳定可靠工作，并在满足监测需求的基础上，合理选择传感器类型和数量，降低监测成本。

2.3 数据传输与存储方案设计

在大型钢结构施工的智能监控系统中，数据传输与存储方案的设计是确保系统高效运行的关键环节。(1)对于数据传输，我们根据施工现场的实际情况，灵活选择有线和无线两种方式。在布线便捷、设备相对固定的区域，如监控中心与主要传感器节点之间，采用有线以太网传输。其传输速度快、稳定性高，能满足大量数据的实时传输需求。而在布线困难或传感器节点移动性强的场景，如偏远施工区域或需频繁移动的设备，则采用无线传输方式。Wi-Fi技术适用于短距离、高速率传输，而4G/5G技术则能实现远距离、大范围的覆盖。此外，对于功耗和数据传输速率要求不高的传感器，如温度传感器，我们选用LoRa、ZigBee等低功耗无线通信技术。

(2)在数据存储方面，我们综合考量数据库的性能和稳定性。选用MySQL关系型数据库存储传感器基本信息和监测数据的统计分析结果，利用其开源、易管理等优势。同时，采用InfluxDB时间序列数据库存储传感器随时间变化的监测数据，以提高数据存储和查询的效率。

(3)为确保数据安全，我们实施定时备份与异地存储策略。定期将数据库数据备份到外部存储设备，并将备份数据存储到远离施工现场的异地。同时，根据数据的重要性的使用频率进行分级存储，确保近期重要数据的快速查询分析，以及历史数据的有效归档和清理^[2]。

2.4 智能识别与预警算法设计

(1)在大型钢结构施工的智能监控系统里，智能识别与预警算法设计对保障施工安全与质量起着关键作用。智能识别算法包含多个关键部分。人脸识别运用计算机视觉技术，针对施工现场监控视频里的人脸图像展开处理。先是通过人脸检测算法，精准定位人脸在图像中的位置并确定其大小；接着，特征提取算法抓取面部轮廓、眼睛、鼻子、嘴巴等关键特征点的位置和形状信息；最后，利用特征匹配算法，将提取的人脸特征与数据库中预先存储的人脸特征进行比对，从而达成施工人员的身份识别与考勤管理。(2)行为分析则聚焦于监控视频中的人员行为，目的是识别出危险和异常行为。借助目标检测算法，能够判断施工人员是否正确佩戴安

全帽、安全带等安全防护装备；利用轨迹分析算法，可以监测施工人员是否在规定区域内活动，是否存在违规攀爬、靠近危险设备等危险行为。这些行为分析大多基于深度学习模型，像卷积神经网络(CNN)和循环神经网络(RNN)，通过对海量行为样本的学习，掌握不同行为的特征模式，进而实现对行为的准确识别。(3)结构异常检测采用机器学习算法，对传感器采集到的结构应力、应变、位移等数据进行深度分析。比如运用主成分分析(PCA)算法对监测数据进行降维，提取主要特征，构建正常状态下的模型，将实时监测数据与模型对比，一旦数据偏离正常范围，便判定结构可能存在异常，也可采用支持向量机(SVM)、神经网络等算法达成同样的效果。(4)预警算法设计与实现方面，首先根据钢结构的设计参数、施工规范以及过往经验，为各类监测数据设定合理的阈值。例如，为结构应力设定安全应力阈值，当监测应力值超过此阈值时，系统发出预警；为位移设定允许的最大位移阈值，位移超出阈值时触发预警。同时，综合考量结构安全性、施工实际情况以及误报率等因素，保证预警的精准与及时。除了基于阈值的预警规则，还可制定更复杂的预警规则，比如多个传感器同时检测到异常，或者异常情况持续一定时长，系统发出更高级别的预警，通过编写脚本或使用规则引擎来实现，并依据不同预警级别，采取短信通知、语音报警、界面弹窗等多种预警方式。

表1 智能监控系统预警流程图

| 预警级别 | 触发条件 | 预警方式 |
|------|------------|------------|
| 一级 | 单个传感器数据异常 | 短信通知 |
| 二级 | 多个传感器同时异常 | 短信+语音报警 |
| 三级 | 异常情况持续一定时长 | 短信+语音+界面弹窗 |

3 智能监控系统在大型钢结构施工中的实现

3.1 系统开发环境与工具选择

(1)软件开发环境配置：选择主流的操作系统，如Windows Server或Linux系统，以确保系统的稳定性和兼容性。安装Java开发环境，包括Java Development Kit(JDK)和Java Runtime Environment(JRE)，Java语言具有跨平台、面向对象、安全可靠等优点，适合开发大型分布式系统。配置相关的依赖库和工具，如Maven用于项目管理和依赖包管理，Gradle用于构建自动化和依赖管理，根据项目的实际需求选择合适的工具。(2)开发工具与库介绍：使用Eclipse或IntelliJ IDEA作为开发工具，这两款工具都具有强大的代码编辑、调试、项目管理等功能，能够提高开发效率。在开发过程中，借助OpenCV库进行图像处理和计算机视觉相关的开发，如人脸识

别、行为分析等功能的实现；利用Spring Boot框架搭建后端服务，Spring Boot框架具有快速开发、自动配置、集成度高等优点，能够简化后端开发流程，提高开发效率。同时，使用MyBatis或Hibernate等持久层框架实现与数据库的交互，方便数据的存储和查询^[3]。

3.2 系统开发与集成

(1) 各个功能模块的开发与实现：按照系统设计方案，分别开发数据采集、传输、处理、预警等功能模块。在数据采集模块开发中，根据传感器的类型和通信协议，编写相应的驱动程序和数据采集代码，实现与传感器的通信和数据采集。数据传输模块开发中，根据选择的传输方式，实现数据的打包、解包、加密、传输等功能。数据处理模块开发中，运用大数据分析技术和人工智能算法，对采集到的数据进行分析和处理，实现结构健康监测、行为分析等功能。预警模块开发中，根据预警算法和规则，实现预警信息的生成和发送功能。

(2) 系统集成与测试：将各个功能模块进行集成，进行联调测试。在集成过程中，解决模块之间的接口兼容性问题、数据格式一致性问题等。通过模拟各种施工场景，对系统进行全面测试，包括功能测试、性能测试、压力测试、安全测试等。功能测试主要测试系统是否满足设计要求的各项功能；性能测试测试系统的响应时间、吞吐量等性能指标；压力测试测试系统在高并发情况下的稳定性和可靠性；安全测试测试系统的安全性，如防止数据泄露、防止非法访问等。通过测试，发现并解决系统中存在的问题，确保系统的稳定性和功能的正确性。

3.3 系统部署与运行

(1) 系统部署方案制定：根据施工现场的网络环境和硬件资源，制定合理的部署方案。对于小型施工现场，可以采用单机部署方式，将系统部署在一台服务器

上；对于大型施工现场，采用服务器集群部署方式，将系统的不同功能模块部署在不同的服务器上，通过负载均衡器实现负载均衡，提高系统的可靠性和处理能力。同时，考虑到数据的安全性和保密性，对系统进行安全加固，如设置防火墙、加密传输数据、定期更新系统补丁等。(2) 系统运行与监控：在施工过程中，实时运行智能监控系统，对施工情况进行全方位监控。建立系统运行监控机制，定期对系统的运行状态进行检查和维护，包括服务器的硬件状态、网络连接状态、数据库的性能等。及时处理系统运行过程中出现的故障和异常情况，确保系统持续稳定运行。同时，根据施工过程中的实际需求和反馈意见，对系统进行优化和升级，不断完善系统的功能和性能^[4]。

结语

智能监控系统在大型钢结构施工中的设计与实现，极大提升了施工安全、质量和效率。通过科学设计、合理选型与布置、高效传输与存储及精准识别与预警，实现了全方位监控。系统开发严谨，确保了稳定性和可靠性。未来，随着技术发展，智能监控系统将进一步融合前沿技术，提升智能化水平，为大型钢结构施工提供更强大技术保障。

参考文献

- [1]王萌,王绍华.超高大跨度采光顶操作平台设计[J].中国高新科技,2021(8):2.
- [2]朱玉林.预应力钢结构采光顶施工平台的设计和实现[J].工程与建设,2022,36(5):1298-1300.
- [3]刘少斌,秦骏,高英峰,等.大型钢结构厂房中钢结构的制作与安装施工技术[J].四川建材,2023,49(12):124-125+138.
- [4]杨桂杰.大型钢结构厂房钢结构的制作与安装施工技术研究[J].居舍,2021,(28):77-78.