

# 光伏电站储能电站施工现场安全巡检与远程监控系统开发

周源桂 杜先文 敖华清 曾 勇 张良洋  
中国建筑第八工程局有限公司西南分公司 四川 成都 402760

**摘 要：**随着可再生能源的快速发展，光伏电站和储能电站的建设规模日益扩大。为确保施工现场的安全与高效管理，开发一套集安全巡检与远程监控于一体的系统显得尤为重要。本文旨在探讨光伏电站储能电站施工现场的安全巡检与远程监控系统的设计与实现，通过实时数据采集、远程监控、智能分析等功能，提高施工现场的安全管理水平和运营效率。

**关键词：**光伏电站，储能电站，施工现场，安全巡检，远程监控

## 引言

光伏电站和储能电站作为可再生能源的重要组成部分，其施工过程复杂且存在诸多安全隐患。传统的施工现场管理依赖于人工巡检，存在效率低下、响应速度慢等问题。因此，开发一套安全巡检与远程监控系统，对于提高施工现场的安全性和管理效率具有重要意义。

### 1 需求分析

#### 1.1 功能需求

在光伏电站储能电站的施工现场，安全巡检与远程监控系统需全面覆盖多个关键领域。数据采集方面，系统需精确、实时地捕捉施工现场的多元化信息，包括但不限于人员实时位置、设备工作状态以及环境参数（如温度、湿度、风速等），为全面监控提供坚实基础。远程监控功能则要求系统能够通过先进的远程平台，实现施工现场的全方位、可视化监控，支持远程指挥与高效调度，确保施工进程的顺畅进行。智能分析模块需对海量数据进行深度挖掘，运用先进算法识别潜在的安全风险与设备故障，为预防工作提供有力支撑<sup>[1]</sup>。同时，系统还需具备预警与报警功能，一旦检测到异常状况，立即自动触发预警或报警机制，确保问题得到及时处理。巡检管理方面，系统应支持灵活的巡检计划制定与结果记录，确保巡检工作的标准化、流程化，从而提升整体安全管理效能。

#### 1.2 性能需求

系统性能方面，首要满足实时性要求，确保数据的即时采集与传输，为决策提供最新、最准确的信息。可靠性方面，系统需具备高度的稳定运行能力，即使在恶劣环境下也能保持正常工作，确保监控无死角。此外，考虑到未来施工规模的扩大与复杂度的提升，系统还需具备出色的可扩展性，能够轻松应对不同场景的需求变

化，为长期的安全监控提供坚实保障。

## 2 系统设计

### 2.1 系统架构

本系统采用先进的分层架构设计理念，以确保各功能模块既相互独立又协同工作，共同构建起一个高效、稳定的安全巡检与远程监控系统。系统主要由以下四个核心层次构成：

#### 2.1.1 数据精准采集层

在数据采集层，部署各类高精度传感器和智能监控设备，这些设备如同施工现场的“眼睛”，能够实时、准确地捕捉并记录施工现场的各类关键数据。这些数据涵盖了人员位置、设备状态、环境参数等多个维度，为系统的后续处理提供了丰富而准确的信息基础。

#### 2.1.2 高效网络传输层

网络传输层是连接数据采集层与远程监控中心的桥梁。采用先进的无线通信技术，如4G、5G或Wi-Fi，以确保数据的快速、稳定传输。这些技术不仅具有高速传输的特点，还能够适应复杂多变的施工现场环境，确保数据能够实时、无损地到达远程监控中心。

#### 2.1.3 智能数据处理层

数据处理层是系统的“大脑”，它负责对接收到的数据进行清洗、分析和存储。通过运用先进的数据处理算法和技术，能够剔除无效数据，提炼出有价值的信息，并为应用层提供强有力的数据支持。同时，还将数据存储在高性能的数据库中，以便后续查询和分析。

#### 2.1.4 综合应用层

应用层是系统的最终输出端，它集成了远程监控、智能分析、预警报警和巡检管理等多项功能。通过远程监控界面，用户可以实时查看施工现场的情况，并进行远程指挥和调度。智能分析模块则能够根据数据处理层

提供的信息，自动识别潜在的安全隐患和故障点。一旦检测到异常情况，系统将立即触发预警报警机制，及时通知相关人员进行处理。同时，巡检管理模块还能够帮助用户制定科学的巡检计划，并记录巡检结果，确保巡检工作的规范性和有效性。

2.2 硬件选型

在光伏电站储能电站施工现场安全巡检与远程监控系统的构建中，硬件设备的选型直接关系到系统的整体性能和可靠性。表1是具体的选型建议：

表1 光伏电站储能电站施工中硬件设备的选型建议

| 硬件设备类别     | 选型建议       | 具体型号/品牌                   | 特点与优势                                           |
|------------|------------|---------------------------|-------------------------------------------------|
| 温度传感器      | 高精度、低功耗    | DS18B20                   | 测量范围：-55℃至+125℃；高精度数字输出；长期稳定性好                  |
| 湿度传感器      | 集成式、高精度    | DHT22                     | 同时测量温度和湿度；响应速度快；长期稳定性优异                         |
| 振动传感器      | 三轴、高灵敏度    | ADXL345                   | 测量X、Y、Z三轴振动和加速度；高灵敏度，适用于设备状态监测                  |
| 电流/电压传感器   | 高精度、隔离式    | WBI系列                     | 准确测量直流/交流电流/电压；隔离设计，保护后端设备；宽测量范围，适应多种应用场景       |
| 高清摄像头      | 夜视功能、防水防尘  | 海康威视DS-2CD2T42EWD-I8      | 1080P高清视频输出；支持夜视功能，适应各种光照条件；IP67级防水防尘           |
| 红外热像仪      | 高分辨率、便携式   | FLIR T640                 | 高分辨率红外成像，清晰显示温度分布；测温范围广，适用于多种材料和设备；便携式设计，方便现场使用 |
| 工业级无线路由器   | 多协议支持、高吞吐量 | 华为AR2220                  | 支持多种无线通信协议；高数据吞吐量，确保数据传输速度；工业级设计，适应恶劣环境         |
| 工业级4G/5G模块 | 高速传输、低功耗   | 移远EC20 4G模块/华为MH5000 5G模块 | 支持4G/5G高速数据传输；低功耗设计，延长设备使用寿命；确保数据传输可靠性          |

2.3 软件设计

2.3.1 数据采集与初步处理软件

数据采集软件负责从各类传感器和监控设备中实时获取数据，并进行初步的清洗、格式化和校验，以确保数据的准确性和完整性。采用高效的数据采集框架，如Apache Kafka或Flume，实现数据的实时流处理。同时，集成数据校验和异常检测机制，对异常数据进行标记或剔除，确保后续处理的准确性<sup>[2]</sup>。针对大规模数据采集场景，进行性能优化，如并发处理、数据缓存等，以提高数据采集和处理的效率。

2.3.2 标准化数据传输协议

采用行业标准的通信协议，如MQTT（消息队列遥测传输）或CoAP（受限应用协议），以确保数据在传输过程中的安全性和可靠性。在协议中实现数据加密和身份认证机制，防止数据被非法截取或篡改。同时，支持TLS/SSL等安全协议，提升数据传输的安全性。确保所选协议与现有设备和系统的兼容性，以便无缝集成和扩展。

2.3.3 高级数据处理与分析算法

运用机器学习算法，如支持向量机（SVM）、随机森林等，对采集的数据进行智能分析，识别潜在的安全隐患和故障模式。利用大数据处理技术，如Hadoop、Spark等，对海量数据进行存储、查询和分析，挖掘数据中的有价值信息。基于数据分析结果，实现实时预警和决策支持功能，为管理人员提供及时、准确的安全信息

和处置建议。

2.3.4 用户界面与交互设计

设计直观、易用的用户界面，采用清晰的布局和简洁的样式，确保用户能够快速上手并轻松管理监控系统。优化用户交互体验，如提供快捷操作、智能提示和错误反馈等功能，提高用户的使用效率和满意度。支持多种设备和平台（如PC、手机、平板等），确保用户能够随时随地访问和管理监控系统。同时，考虑不同平台的特性和限制，进行适配和优化设计。

3 系统实现

3.1 数据采集与传输

首先，通过在施工现场关键区域部署各类传感器和监控设备，如温度传感器、湿度传感器、人员定位标签、设备状态监测仪等，实时采集施工现场的各类数据。这些传感器和设备能够精确感知现场环境的变化和设备状态，为远程监控提供可靠的数据源。在数据采集过程中，注重数据的多样性和全面性。除了常规的温度、湿度等环境参数外，还特别关注了人员位置和设备状态等关键信息。通过人员定位标签，可以实时追踪施工现场人员的位置和活动轨迹，确保人员安全；通过设备状态监测仪，可以实时监测设备的运行状态和潜在故障，及时预警并采取措施。采集到的数据通过无线通信技术传输至远程监控中心。同时，系统支持多种数据类型的采集和传输，包括模拟量、数字量、图像数据等，

以满足不同监控需求。在数据传输过程中,采用数据加密和校验机制,确保数据在传输过程中不被篡改或丢失。此外,系统还具备断点续传功能,当网络不稳定或设备故障导致数据传输中断时,能够自动恢复传输,确保数据的完整性和连续性。

### 3.2 远程监控与管理

远程监控中心通过一个直观、易用的用户界面,为管理人员提供了全面的施工现场视图。这个界面不仅整合了来自施工现场的各类实时数据,如温度、湿度、设备状态等,还特别强调了视频监控的重要性。高清摄像头捕捉的现场画面被实时传输至监控中心,管理人员可以清晰地看到施工现场的每一个角落,无论是设备的运行状况,还是工人的作业情况,都一目了然。除了视频监控,系统还通过图形化的方式展示设备状态,如设备的运行、停机、故障等状态,都通过不同的颜色或图标进行区分,使管理人员能够快速了解设备的整体运行情况。在远程管理方面,系统提供了强大的远程指挥和调度功能<sup>[3]</sup>。管理人员可以通过界面直接对施工现场进行指挥,如调整设备参数、发送操作指令等。同时,系统还支持多方通话功能,方便管理人员与现场人员进行实时沟通,确保指令的准确传达和执行。此外,系统还具备历史数据查询和分析功能,管理人员可以随时查看过去的监控数据,对施工现场的安全状况、设备运行状态等进行深入分析和评估,为未来的决策提供依据。

### 3.3 智能分析与预警

系统持续接收并存储来自施工现场的海量数据,这些数据涵盖了环境参数、设备状态、人员行为等多个维度。利用大数据分析技术,我们对这些数据进行深度挖掘和关联分析,揭示出数据背后隐藏的安全风险和故障模式。在此基础上,我们引入了先进的机器学习算法,如深度学习、聚类分析等,对数据进行智能识别与分类。这些算法能够自动学习施工现场的正常运行模式和异常特征,从而建立起一套精准的安全预警模型。当系统检测到与正常模式不符的异常情况时,如设备温度异常升高、人员进入危险区域等,预警模型会立即触发,系统自动发出预警或报警信息。预警信息通过多种渠道及时传达给管理人员,包括手机短信、电子邮件、系统界面提示等,确保管理人员能够第一时间获知并响应。同时,系统还会根据预警的紧急程度,提供相应的处置建议或预案,帮助管理人员迅速采取措施,有效防范和应对潜在的安全隐患和故障。

### 3.4 巡检管理

系统内置了强大的巡检计划制定工具,管理人员可

以根据施工现场的实际情况和安全需求,灵活制定巡检计划。计划内容包括巡检的时间、地点、内容、频率等关键要素,确保巡检工作的全面性和针对性。制定完成后,系统支持将巡检计划一键分配给相关人员执行,通过邮件、短信或系统内通知等多种方式提醒巡检人员按时完成任务。在巡检执行过程中,巡检人员利用移动设备或专用巡检终端记录巡检结果。系统支持多种数据录入方式,如文字描述、拍照上传、语音输入等,确保巡检结果的准确性和完整性。同时,系统还具备实时定位功能,能够准确记录巡检人员的行走轨迹和到达时间,确保巡检工作的真实性和有效性<sup>[4]</sup>。巡检完成后,巡检人员将结果上传至系统存档。系统对巡检数据进行自动整理和分析,生成巡检报告和统计图表,为管理人员提供直观的巡检结果展示。这些报告和图表不仅有助于管理人员及时了解施工现场的安全状况和设备运行状态,还为后续的安全分析和决策提供了有力的数据支持。

### 4 系统测试与优化

系统开发完毕后,将进入严谨的测试阶段,以确保系统的全面稳定性和高度可靠性。测试工作将涵盖功能测试、性能测试及安全测试三大核心领域。功能测试将逐一验证系统的各项功能是否按预期运行,确保无遗漏、无错误。性能测试则通过模拟高并发、大数据量等极端场景,评估系统的响应速度和处理能力,确保其在各种环境下均能流畅运行。安全测试则着重检查系统的安全防护机制,防范数据泄露、非法入侵等安全风险。依据测试结果,对系统进行有针对性的优化与改进。无论是修复发现的漏洞,还是调整性能瓶颈,甚至是对用户界面进行细微调整以提升使用体验。

### 结语

本文设计并实现了一套光伏电站储能电站施工现场安全巡检与远程监控系统。该系统通过实时数据采集、远程监控、智能分析等功能提高了施工现场的安全管理水平和运营效率。未来我们将继续完善系统功能并加强与其他系统的集成以实现更广泛的应用场景和价值创造。

### 参考文献

- [1]张泽成,张宗旭,王家坤,等.光伏电站智慧型监控管理系统的探索[J].自动化博览,2024,41(08):76-81.
- [2]蒋钰,何强,宋治,等.基于无人机的电力线路安全巡检系统设计[J].电力安全技术,2022,24(06):40-42.
- [3]张鹏伟.基于5G通信的光伏电站监控系统组网设计及监控技术研究[D].西南科技大学,2023.
- [4]肖健伦.基于云平台的分布式光伏电站远程监控系统研究与设计[D].广西大学,2022.