

# 基于物联网技术的亮化工程能耗实时监控系统设计

朱芳莹

浙江永通科技发展有限公司杭州分公司 浙江 杭州 310000

**摘要：**随着城市化进程的飞速发展，亮化工程在城市建设中扮演着愈发重要的角色，不仅美化城市夜景，还提升了城市的形象与活力。然而，当前亮化工程能耗普遍较高，传统的能耗管理方式存在严重滞后性，依赖人工定期巡检抄表，难以及时察觉能耗异常，导致能源浪费现象频发，这与绿色可持续发展理念相悖。基于此，本文针对基于物联网技术的亮化工程能耗实时监控系统展开深入分析。通过剖析物联网关键技术，如传感器、通信技术在能耗监控中的应用原理，精心设计系统总体架构，涵盖硬件与软件层面。着重研究数据采集与传输环节，确保数据准确、安全、实时传输，并运用科学的数据分析方法与模型，深度挖掘能耗数据价值。以期实现对亮化工程能耗的实时精准监控，及时发现能耗异常，制定并实施针对性节能策略，有效降低能源消耗，推动亮化工程向绿色、高效方向发展，助力城市可持续建设。

**关键词：**物联网技术；亮化工程；能耗实时监控；节能策略

## 1 引言

在城市建设持续推进的当下，亮化工程作为提升城市夜间形象、丰富居民夜间生活的重要手段，规模与数量不断攀升。从繁华都市的商业街区，到宁静的公园广场，亮化工程点亮了城市的夜晚，成为一道道独特风景线。但与此同时，亮化工程能耗问题日益突出。传统亮化设施缺乏有效的能耗监管机制，常常出现过度照明、设备老化能耗增加等情况，造成大量能源浪费，这既加重了城市能源供应负担，也与当前全球倡导的节能减排、绿色发展理念背道而驰。随着物联网技术的兴起，其强大的数据采集、传输与处理能力为解决亮化工程能耗问题带来曙光。借助物联网，能够实现对亮化工程能耗的实时监测与精准调控。本文聚焦基于物联网技术的亮化工程能耗实时监控系统设计，旨在探索如何利用先进技术，构建高效节能的亮化工程能耗管理体系，推动城市亮化建设可持续发展。

## 2 物联网与能耗监控相关技术基础

### 2.1 物联网关键技术剖析

传感器技术是物联网数据采集的基石，在亮化工程能耗监控中，电流传感器可精确测量灯具工作电流，电压传感器监测电压，通过二者数据计算能耗。温湿度传感器能反馈环境温湿度，因环境因素会影响灯具能效，这些数据为分析能耗波动提供依据。此外，光照度传感器可感知环境光照强度，助力智能调控灯具亮度，实现节能。通信技术负责数据传输，Wi-Fi技术以其便捷性，适合在小型亮化区域或有网络覆盖场所应用，实现传感器与网关的短距离数据传输；而LoRa、NB-IoT等低功耗广域网技术，传输距离远、功耗低，适用于大面积亮化工程，能让偏远区域的传感器数据稳定上传至云端。同时，5G技术的高速率、低延迟特性，可实时传输大量能耗数据，满足对数据时效性要求高的场景，为能耗监控提供有力支撑。如表1所示：

表1 物联网传感器性能参数对比表

| 传感器类型    | 测量范围           | 精度等级       | 采样频率   | 功耗    | 适用场景      |
|----------|----------------|------------|--------|-------|-----------|
| 电流传感器    | 0-50A          | 0.5%       | 10Hz   | 20mW  | 灯具回路电流监测  |
| 光照度传感器   | 0-2000lux      | ± 3%       | 1Hz    | 5mW   | 环境光照自适应调节 |
| 温湿度传感器   | -40~85℃/0-100% | ± 2℃/ ± 3% | 0.5Hz  | 15mW  | 设备运行环境监控  |
| LoRa通信模块 | 1-20km         | —          | 100bps | 120mW | 偏远区域数据回传  |

数据来源：某物联网设备供应商技术手册（2024）

### 2.2 能耗监控的基本原理与指标

能耗监控基于电功原理，通过采集电压、电流和用电时间数据，依据公式计算能耗。对于亮化工程，有功功率是关键指标，反映实际消耗的功率，实时监测有功

功率能直观了解灯具工作状态下的耗能情况。功率因数也不容忽视，它体现电能利用效率，低功率因数意味着更多电能传输中损耗，通过监测可及时发现并采取措施提高电能利用率<sup>[1]</sup>。此外，累计耗电量记录一定周期内

的总能耗,方便分析能耗趋势,判断亮化工程整体能耗水平是否合理。同时,监测灯具的开启时长,结合其功率,能进一步精准评估能耗,为后续节能策略制定提供详实数据。

### 2.3 物联网与能耗监控融合要点

物联网与能耗监控融合,优化了数据采集流程。传统能耗监控人工采集效率低、误差大,物联网下传感器自动采集数据,大幅提升准确性与及时性。在数据传输上,物联网构建的通信网络打破地域限制,让偏远亮化设施能耗数据也能实时回传,实现远程监控。融合过程需解决兼容性问题,不同品牌、型号的传感器与通信设备要协同工作,需统一数据接口和通信协议。还要应对数据安全挑战,利用加密技术防止能耗数据被窃取或篡改。通过有效融合,物联网技术赋能能耗监控,为亮化工程能耗管理提供高效、智能的解决方案,推动亮化工程节能改造。

## 3 系统总体架构设计

### 3.1 系统功能模块划分

系统主要包含数据采集和数据分析处理两大功能模块。数据采集模块借助电流、电压、功率因数等传感器,实时采集灯具用电参数,同时环境传感器收集温湿度、光照度等环境数据。采集后对原始数据进行初步整理,转化为系统能处理的格式,为后续分析提供实时、准确的数据基础。数据分析处理模块是系统核心。它接收采集模块的数据,运用数据挖掘和统计分析技术,深度剖析能耗数据。一方面分析历史数据,找出不同时段、季节的能耗规律;另一方面利用预测模型预估未来能耗,提前制定节能策略。此外,还能检测数据异常,及时向运维人员发出预警,助力能耗管理。

### 3.2 硬件架构设计

硬件架构搭建关键在于选好传感器和控制器等设备。传感器选型依监测需求而定,高精度电流、电压传感器精确测量灯具能耗,智能光照度传感器可自动调节灯具亮度。控制器负责协调传感器工作,接收并处理数据后传输给上位机。硬件布局遵循便于安装、维护和数据传输原则,将传感器合理分布在亮化设施中,通过有线或无线方式连接到控制器,构建稳定的数据采集网络。这样能确保硬件系统稳定运行,高效采集数据,为整个系统稳定运行提供有力支持。

### 3.3 软件架构设计

软件架构设计需确定合适的操作系统和开发平台。操作系统可选Linux,其开源、稳定且扩展性好,能满足系统长期运行需求。开发平台可选用Java或Python等主流

语言及相关框架,利用丰富库和工具提高开发效率。软件采用分层架构,分为数据层、业务逻辑层和表示层。数据层负责与硬件交互,存储管理能耗数据;业务逻辑层实现数据分析、处理和节能策略制定等核心功能;表示层为用户提供直观操作界面,实现数据可视化展示和用户指令下达,让系统操作管理更便捷<sup>[2]</sup>。

## 4 数据采集与传输设计

### 4.1 传感器选型与布局

传感器的选型需紧密贴合亮化工程实际需求。对于灯具能耗监测,应选用高精度的电流、电压传感器,如罗氏线圈电流传感器,具备测量精度高、响应速度快的优势,能精准捕捉灯具电流变化,为能耗计算提供可靠数据;电压传感器则可选用电阻分压式传感器,稳定测量灯具工作电压。光照度传感器也是关键,选用带有自动校准功能的型号,能依据环境光线变化自动调整测量参数,确保在不同光照条件下都能准确感知环境光照强度,为智能调光提供依据。在传感器布局方面,需兼顾全面性与针对性。对于大型亮化项目,在不同区域的灯具群组中均匀分布电流、电压传感器,确保每个照明分区的能耗都能被有效监测;光照度传感器则安装在具有代表性的位置,如广场中心、道路交叉口等,以获取准确的环境光照信息,从而依据实际光照需求智能调节灯具亮度,实现节能目的。

### 4.2 数据传输协议与网络搭建

数据传输协议的选择对保障数据高效、稳定传输至关重要。在短距离传输场景,如传感器与本地网关之间,可采用Modbus协议,它具有简单可靠、通用性强的特点,能快速实现传感器与网关的数据交互。对于长距离、广域传输,MQTT协议是不错选择,其基于发布/订阅模式,具有低带宽、低功耗的特性,适合在网络条件复杂的亮化工程场景中,将本地网关采集的数据稳定传输至云端服务器。网络搭建需构建多层次传输网络<sup>[3]</sup>。本地层面,通过Wi-Fi或ZigBee技术组建局域网络,连接传感器与本地网关,实现数据初步汇聚;广域层面,利用4G/5G网络或有线网络将本地网关与云端服务器相连,确保数据能够实时、远程传输至监控中心,便于管理人员随时随地获取能耗数据。

### 4.3 数据安全传输保障措施

为防止能耗数据在传输过程中被窃取、篡改,需采用多重加密技术。在数据发送端,运用AES(高级加密标准)对称加密算法对数据进行加密处理,将原始能耗数据转化为密文,只有拥有正确密钥的接收端才能解密还原数据,有效防止数据被中途截取破解。同时,采用数

字签名技术，发送端对加密后的数据生成数字签名，接收端通过验证签名确保数据完整性与来源可靠性，一旦数据在传输中被篡改，签名验证将失败，从而及时发现数据异常。此外，建立数据传输异常监测与恢复机制。实时监测数据传输状态，一旦发现丢包、中断等异常情况，立即启动重传机制，确保数据完整传输，保障能耗监控系统稳定运行。

5 数据分析与节能策略制定

5.1 数据分析方法与模型构建

在数据分析阶段，统计分析方法是基础。利用描述性统计，计算能耗数据的均值、中位数、标准差等指标，能直观了解能耗的集中趋势和离散程度，判断能耗数据的整体分布情况。通过时间序列分析，将能耗数据按时间顺序排列，挖掘不同时间尺度下的能耗规律，如日、周、月的能耗变化模式，从而为能耗预测提供依据。构建能耗预测模型时，机器学习算法发挥关键作用。线性回归模型可用于初步探索能耗与相关因素（如照明时长、环境温度）的线性关系，预测简单场景下的能耗趋势。而更为复杂的神经网络模型，如长短期记忆网络（LSTM），能有效处理时间序列数据中的长期依赖

问题，捕捉能耗数据的复杂变化特征，对不同工况下的能耗进行精准预测。通过大量历史数据训练模型，并不断优化模型参数，使其适应亮化工程复杂多变的能耗特性，为节能策略的前瞻性制定提供有力支持<sup>[4]</sup>。

5.2 节能策略的制定依据与内容

节能策略的制定紧密依据数据分析结果。能耗趋势分析显示，某些时段亮化设施能耗过高，可能是灯具过度照明或设备老化导致，此时可制定基于时间的调光策略，如在深夜行人稀少时，自动降低灯具亮度，减少不必要的能源消耗。针对高能耗区域，通过分析发现是灯具选型不合理，可制定设备升级策略，更换为高效节能灯具，提高能源利用效率。具体节能策略涵盖多个方面。在照明控制上，采用智能感应控制，根据环境光照度、人员活动情况自动开关灯具或调节亮度。在设备管理方面，建立定期巡检与维护计划，及时修复故障灯具，更换老化部件，确保设备处于最佳运行状态。同时，结合季节变化和节假日等特殊时段，灵活调整照明方案，实现精细化能耗管理，全方位降低亮化工程能耗。如表2所示：

表2 节能策略实施效果对比表

| 策略类型   | 实施前能耗      | 实施后能耗      | 节能率 | 投资回收期 |
|--------|------------|------------|-----|-------|
| 智能调光控制 | 1200 kWh/d | 850 kWh/d  | 29% | 18个月  |
| 故障自动预警 | 98次/月      | 22次/月      | 78% | 6个月   |
| 设备轮换维护 | 1500 kWh/d | 1100 kWh/d | 27% | 24个月  |

数据来源：杭州市某商业街区亮化工程实测（2023.06-2024.06）

5.3 系统交互界面设计

系统交互界面设计以用户需求为导向，面向管理人员打造简洁直观的操作界面。在数据展示区，采用可视化图表，如柱状图、折线图展示能耗数据，让能耗趋势一目了然；利用地图定位功能，直观呈现不同区域亮化设施的能耗分布情况，方便快速定位高能耗点。操作控制区设置简洁明了的按钮和菜单，管理人员可轻松下达指令，如远程控制灯具开关、调整照明模式等<sup>[5]</sup>。同时，设置预警提醒模块，当能耗异常或设备故障时，以弹窗、短信等形式及时通知管理人员，便于迅速响应处理。界面还具备数据查询与导出功能，方便管理人员回溯历史数据，生成能耗报表，为决策分析提供数据支持，提升系统的易用性和管理效率。

6 结语

本文深度聚焦基于物联网技术的亮化工程能耗实时监控系统设计，从多维度构建起完整且高效的能耗管理体系。在技术实现层面，成功整合先进的物联网技术，

实现从传感器精准采集能耗数据，到利用稳定通信协议传输数据，再到运用科学分析方法挖掘数据价值的全流程贯通。研究成果意义深远，系统投入使用后，能实时洞悉亮化工程能耗动态，精准定位能耗异常，为节能策略的制定提供有力的数据支撑，从根源上解决传统亮化工程能耗监管滞后、能源浪费严重的问题，有效降低运营成本，推动亮化工程朝着绿色低碳方向发展。展望未来，随着物联网、大数据、人工智能等技术的迅猛发展，本系统具备广阔的优化与拓展空间。一方面，有望进一步融合人工智能算法，实现更智能的能耗预测与自适应节能调控，无需人工过多干预即可自动优化照明方案；另一方面，可拓展系统功能，与城市整体能源管理平台对接，助力城市能源的统筹规划与高效利用。期待本研究成果能广泛应用于亮化工程领域，为城市可持续发展注入新动力，打造更加绿色、宜居的城市夜间环境。





图1 城市亮化工程夜景图

#### 参考文献

- [1]张仁阳,赵朝宏.基于物联网技术的通信基站能耗实时监控系统设计[J].通信电源技术,2024,41(15):168-170.
- [2]刘军朋.基于物联网技术的机电安装工程监控系统设计与开发[J].中国高新科技,2024(14):33-34+59.
- [3]高飞虎,付玉川.电子工程背景下的智能物联网系统设计与实现[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2025(1):153-156.
- [4]赵璞.路桥施工监测中的物联网技术应用与实时预警系统构建[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(12):058-061.
- [5]宋雪飞.基于物联网和BIM技术的塔吊实时交互安全监控平台设计[J].建筑施工,2020,42(5):833-835.