

# 光伏电站运维管理中基于物联网的实时数据采集与传输技术优化

燕元晶

中石化新星江苏华东新能源开发有限责任公司

DOI: 10.12238/jpm.v6i4.7898

**[摘要]** 本文深入分析了光伏电站数据采集与传输的需求与挑战，并提出了相应的优化策略。通过选择合适的传感器、优化数据采集频率和传输方式，研究了如何提升数据采集精度与传输效率。本研究为光伏电站运维管理中的数据处理与传输提供了理论支持和技术指导，旨在提高光伏电站的运行效率与故障响应能力，降低运维成本。

**[关键词]** 光伏电站；物联网；实时数据采集；数据传输优化

Optimization of real-time data acquisition and transmission technology based on the Internet of Things in the operation and maintenance management of photovoltaic power stations

Yan yuanjing

Sinopec Xinxing Jiangsu East China New Energy Development Co., LTD.

**[Abstract]** This paper analyzes the requirements and challenges of data acquisition and transmission in depth, and puts forward the corresponding optimization strategy. By selecting the appropriate sensors and optimizing the data acquisition frequency and transmission mode, we study how to improve the data acquisition accuracy and transmission efficiency. This study provides theoretical support and technical guidance for the data processing and transmission in the operation and maintenance management of photovoltaic power stations, aiming to improve the operation efficiency and failure response ability of photovoltaic power station, and reduce the operation and maintenance cost.

**[Key words]** photovoltaic power station; Internet of Things; real-time data acquisition; data transmission optimization

## 引言

光伏电站作为我国电力能源系统的重要组成部分，在整个电力系统中有着不可替代的作用<sup>[1]</sup>。随着光伏技术的成熟，光伏电站的规模和数量不断增加，如何提高电站的运行效率和经济效益，成为当前研究和应用的重点。电站的运维管理对其长期稳定运行起着至关重要的作用。传统的光伏电站运维方式多依赖人工巡检和定期检修，这种方式存在数据收集不及时、故障检测滞后和运维成本较高等问题。

### 1. 光伏电站运维管理的内容与挑战

#### 1.1 光伏电站运维管理的主要内容

光伏电站运维管理包括设备巡检、故障诊断和性能评估等关键环节。设备巡检主要涉及对光伏组件、逆变器、变压器等设备的定期检查，确保设备正常运行。故障诊断则通过对设备运行数据的分析，及时发现并排除故障，避免停机时间过长。性能评估则结合实时数据与历史数据，分析电站的发电效率、设备状态及运行质量，为后续优化提供依据。

#### 1.2 传统运维管理方式的挑战

##### 1.2.1 数据获取滞后与故障诊断延迟

传统的光伏电站运维管理主要依赖人工巡检和定期检测，导致数据获取具有较大的滞后性。由于光伏电站通常分布在广阔区域，巡检人员需要耗费大量时间对不同设备进行检查，且巡检频率受到人力资源的限制，使得电站运行数据无法实现连续性采集。

#### 1.2.2 传统数据管理方式的局限性

在传统运维模式下，光伏电站的数据管理方式通常采用离线记录或半自动化数据存储，缺乏高效的数据共享和分析机制。许多光伏电站仍然依赖手写记录或基础的电子表格来存储巡检结果和设备运行数据，数据的规范化程度低，难以进行有效的整合和分析。

## 2 物联网技术原理与架构

### 2.1 物联网的基本概念与原理

物联网 (IoT) 是通过互联网将物理世界中的各种设备和物品连接起来，使其能够互相通信和交换数据。它的核心是数据采集、传输、处理和反馈，通过传感器、通信网络和数据分析平台等技术实现设备之间的智能互动。

### 2.2 物联网的三层架构

物联网的架构通常分为三层：感知层、网络层和应用层。

感知层通过各种传感器采集物理世界的的数据，如温度、湿度、光照等，并将这些数据转化为数字信号。网络层负责将感知层的数据通过无线或有线网络传输到数据中心或云平台，保证数据的高效传输和处理。应用层则根据采集到的数据进行处理和分析，提供给用户决策支持、智能管理等功能。

### 3 光伏电站实时数据采集技术分析

#### 3.1 现有数据采集技术及存在的问题

表1 不同类型传感器的采集结果对比

传感器类型	参数	采集时间	环境条件	测量值	误差范围
电流传感器	电流	2024-01-01 10:00	晴天、温暖	5.2 A	±0.2 A
温湿度传感器	温度	2024-01-01 10:00	晴天、温暖	25.3° C	±1.0° C
	湿度	2024-01-01 10:00	晴天、温暖	60%	±5%
辐射强度传感器	辐射强度	2024-01-01 10:00	晴天、温暖	850 W/m <sup>2</sup>	±10 W/m <sup>2</sup>

从表1可以看出，不同类型的传感器在采集过程中存在一定的误差范围。例如，电流传感器在5.2 A的测量值下，其误差范围为±0.2 A，而温湿度传感器在测量温度为25.3° C时，误差为±1.0° C，这意味着温湿度传感器的准确性可能受到环境变化的影响。辐射强度传感器的误差为±10 W/m<sup>2</sup>，表明其在高辐射强度环境下可能会受到反射或遮挡的影响，导致采集数据不完全准确。整体而言，现有的数据采集技术存在的问题包括：

**采集频率低：**现有设备多依赖手动巡检或低频自动采集，导致无法实时获得精确的运行状态信息。

**环境影响大：**传感器的性能容易受到外部环境（如温湿度、光照等）影响，导致数据的准确性和稳定性降低。

**数据不全面：**传统传感器的布置和数据采集方式无法覆盖电站各个角落，可能导致部分区域的监控盲区，影响整体的数据完整性。

#### 3.2 基于物联网的实时数据采集技术优化策略

##### 3.2.1 选择合适的传感器和数据采集设备

物联网技术的引入可以大幅提升数据采集的精度和可靠性。在电力配电网络实时监控中，传感器技术发挥着重要作用。传感器是测控系统的核心组件，用于实时采集与监测各种物理量和参数信息<sup>[2]</sup>。首先，需要根据电站环境选择适合的高性能传感器。假设传感器的真实值为 $S_{true}$ ，采集值为 $S_{measured}$ ，则采集误差 $\mathcal{E}$ 可以表示为：

$$\mathcal{E} = S_{measured} - S_{true}$$

为了量化采集精度，我们可以使用误差的绝对值与最大容忍误差之比来计算精度：

$$P_{accuracy} = \frac{1}{1 + |\mathcal{E}|}$$

其中， $P_{accuracy}$ 表示采集精度， $\mathcal{E}$ 是误差值。该模型可以用来优化传感器选择和布局，确保采集数据的高精度。

##### 3.2.2 优化传感器布局，提高数据采集全面性

优化传感器布局能够有效提升数据采集的全面性和精度。在光伏电站的不同区域和关键设备上布置传感器，可以确保数据采集的全覆盖，避免监测盲区。传感器的布置方式直接影响到数据采集的全面性和效率。假设光伏电站的采集区域为 $A_{total}$ ，传感器的采集覆盖面积为 $A_{sensor}$ ，则所需传感器的数量 $N_{sensor}$ 可以通过以下公式计算：

$$N_{sensor} = \frac{A_{total}}{A_{sensor}}$$

为了实现最优布置，考虑到传感器间的重叠覆盖度，我们引入传感器重叠系数 $C_{overlap}$ ，修正后的公式为：

在传统的光伏电站数据采集过程中，常见的技术包括直接使用传感器采集数据和人工巡检记录数据。这些方法虽然在一定程度上保障了电站的运行监控，但也存在一些不足之处。数据采集过程中，传感器类型和布置位置直接影响数据的准确性和覆盖面。不同的传感器在不同环境下表现差异较大，且传统数据采集频率较低，导致数据更新不及时，难以实时反映电站的运行状况。

$$N_{sensor} = \frac{A_{total}}{A_{sensor}(1 - C_{overlap})}$$

其中， $C_{overlap}$ 表示传感器之间的重叠部分， $A_{sensor}$ 是单个传感器的覆盖面积。此公式有助于在实际布局中合理分配传感器，避免重复覆盖并减少成本。

##### 3.2.3 采用无线传感器网络技术提高实时采集能力

无线传感器网络（WSN）技术能够显著提高数据采集的灵活性和效率。通过无线网络，传感器可以避免传统布线带来的复杂性，减少设备安装和维护的成本。在光伏电站中，采用无线传感器网络（WSN）可以实现数据的实时采集和传输。为了衡量无线传感器网络的传输效率，我们引入网络传输效率模型。假设每个传感器每秒采集的数据量为 $D_{sensor}$ ，总的的数据量为 $D_{total}$ ，传输效率 $\eta$ 可以表示为：

$$\eta = \frac{D_{sent}}{D_{total}}$$

其中， $D_{sent}$ 表示成功传输的数据量， $D_{total}$ 为总数据量。为了考虑信号衰减和干扰的影响，我们引入一个衰减因子 $\alpha$ ，更新后的传输效率公式为：

$$\eta = \frac{D_{sent}}{D_{total}}(1 - \alpha)$$

其中， $\alpha$ 为信号衰减系数，反映了环境因素（如温度、湿度、障碍物等）对信号传输的影响。通过该模型，我们可以优化无线传感器网络的布局，提升传输效率并降低数据丢失。

## 4 光伏电站实时数据传输技术分析

### 4.1 数据传输的需求与挑战

#### 4.1.1 数据传输的需求

数据传输技术主要包括有线传输和无线传输。有线传输使用串口通信、以太网等有线方式，将采集到的数据通过电缆或网络传输到中心控制系统。这种传输方式稳定可靠，适用于小范围内的数据传输。无线传输采用无线通信技术，如无线传感器网络、Wi-Fi、蓝牙、NB-IoT等，实现适用于大范围 and 分布式的数据采集与传输。对数据的远程传输。无线传输具有便捷性和灵活性，数据采集与传输技术的应用使得电力配电网络实时监控能获取大量的监测数据，并将其传输到中心控制系统进行实时分析和处理<sup>[3]</sup>。

#### 4.1.2 数据传输面临的挑战

光伏电站的数据传输面临多重挑战。首先，通信干扰是一个普遍问题，尤其是在复杂的电磁环境下，信号容易受到干扰。其次，信号衰减也是一个主要障碍，尤其在远距离传输时，信号的衰减影响传输质量。最后，传输距离限制，尤其是光伏电站规模庞大时，如何实现远距离的稳定数据传输成为一个技术难题，需要采取合适的传输方案来解决这些问题。

## 4.2 基于物联网的实时数据传输技术优化策略

### 4.2.1 混合传输方式的应用

为了兼顾数据传输的高带宽和低延迟需求,混合传输方式的应用显得尤为重要。通过结合有线和无线传输技术的优势,可以在不同环境下灵活选择最佳传输方式。例如,在光伏电站的核心区域,可以使用光纤或以太网进行高带宽传输;而在远离中心的分布区域,则可以采用无线技术,如4G或5G,来实现远程数据传输。

### 4.2.2 采用数据压缩和加密技术

数据压缩技术可以有效提高光伏电站数据传输效率,尤其是在网络带宽有限的情况下。通过压缩算法,减少数据量,从而降低传输时间和带宽需求。此外,数据加密技术能够确保传输过程中的数据安全,防止敏感数据在传输过程中被窃取或篡改。

### 4.2.3 建立数据传输中继节点

为了克服长距离数据传输中的信号衰减问题,可以在光伏电站内设置多个数据传输中继节点。中继节点通过无线或有线方式转发数据,扩展了数据传输的范围,确保即使在广阔的电站区域内,所有数据也能顺利传输到中心系统<sup>[4]</sup>。

## 5 基于物联网的实时数据采集与传输系统设计

### 5.1 系统总体架构设计

基于物联网的实时数据采集与传输系统的整体架构可分为三大层次:感知层、网络层和应用层。感知层负责收集光伏电站的各种数据,采用传感器设备实时监测电气参数、气象数据等。网络层通过无线和有线网络技术传输采集到的数据,采用如Wi-Fi、4G/5G等通信协议保证数据的实时传输。应用层则主要负责数据的处理、存储与分析,提供运维管理平台进行故障诊断、性能评估等操作。各层之间通过标准接口和协议进行数据交换,如MQTT协议、HTTP协议等。在图1中,展示各层的功能模块和通信流程,以及层间数据交换的基本方式。

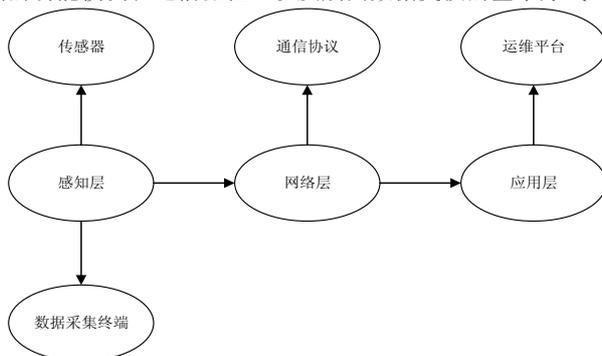


图1 系统架构示意图

### 5.2 感知层设计

感知层是系统的基础层,负责通过传感器实时采集光伏电站的各类运行数据。传感器的选型需要根据电站环境的要求,选择高精度、抗干扰能力强的设备。例如,光伏组件的电流电压传感器、温湿度传感器、辐射强度传感器等。同时,数据采集终端负责收集这些传感器的数据,并通过标准通信协议(如ZigBee、LoRa等)将数据上传至网络层。在感知层的设计中,传感器布置的合理性直接影响数据的全面性和准确性,因此需要根据电站布局进行优化配置。

### 5.3 网络层设计

网络层负责将感知层采集到的数据通过无线或有线通信方式传输至应用层。通信网络的选择需要根据光伏电站的地理环境、规模和带宽需求,选择合适的技术。对于较为集中的电站区域,可以选择Wi-Fi或以太网;对于远距离、大规模的电

站,可以采用4G/5G网络或LoRa无线技术。数据传输协议的设计要保证数据的稳定传输,常用的协议包括MQTT、CoAP等,能够提供轻量级、低延迟的传输服务。此外,为了优化网络的稳定性,可能需要采用混合传输技术,将有线和无线网络结合使用,确保数据传输的可靠性和速度,如图2所示。

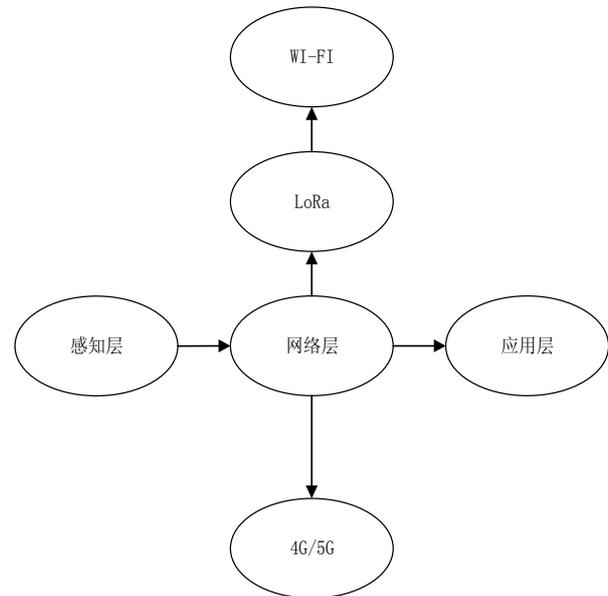


图2 网络层架构示意图

### 5.4 应用层设计

应用层是系统的核心部分,负责接收和处理传输过来的数据,并提供可视化界面以支持运维管理。数据处理模块通过算法分析对光伏电站的数据进行智能分析,如故障检测、性能评估和健康诊断等。分析结果被反馈至运维管理平台,为运维人员提供决策支持。运维平台的设计应具备实时监控、数据展示和报警功能,支持多维度的数据查询和分析。同时,平台要具备良好的用户交互界面,确保操作简便、直观。

## 结论

本研究针对光伏电站运维管理中实时数据采集与传输的需求,提出了基于物联网的优化技术方案。首先,通过分析现有数据采集技术的不足,提出了优化传感器布置和选择合适采集设备的策略,能够有效提高数据的准确性和全面性。其次,基于物联网技术,优化了数据传输方案,提出了混合传输模式以及数据压缩与加密技术的应用,可以显著提升数据传输效率和安全性。

## 【参考文献】

- [1]赵晓菲.泛在电力物联网全息感知下分布式光伏监测技术的探究[J].信息记录材料, 2022, 23(05): 201-203.
- [2]林琳, 刘博, 田大伟, 等.基于相似日与BA-WNN的电网调度自动化实时数据采集方法[J].微型电脑应用, 2024, 40(08): 130-133.
- [3]邓露凡, 陈娇.测控技术在电力配电网实时监控中的应用研究[J].电工技术, 2023, (S1): 218-220.
- [4]郭文鑫, 王海柱, 赵瑞峰, 等.分布式实时资源数据采集装置的设计[J].自动化技术与应用, 2021, 40(07): 30-32+41.