

基于大数据通信的光伏新能源智能监测平台设计研究

周好文

华能海南州新能源发电有限公司 青海 海南州 811800

摘要: 光伏新能源电站监测面临数据体量大、来源分散、通信实时性要求高等难题,传统监测手段难以满足精细化管控需求。本文基于大数据通信技术,设计一套涵盖感知采集、通信传输、数据处理与智能监测的光伏智能监测平台。平台采用分层辐射型拓扑架构与边缘云端协同通信机制,利用时序数据库实现海量异构数据的分类存储与流批协同处理,结合机器学习算法构建多级异常检测与告警体系,形成从数据接入到故障定位的完整监测链路,为光伏电站运行状态的精准把控与及时处置提供技术支撑。

关键词: 大数据通信; 光伏新能源; 智能监测平台; 边缘计算; 异常检测

引言: 光伏新能源电站分布范围广、监测设备类型多样,运行过程中产生的时序数据量庞大且来源异构,对数据通信的实时性、稳定性与传输带宽均提出较高要求。传统监测系统多依赖人工巡检与单一协议通信,在数据融合、异常识别与故障定位等方面存在明显不足,制约了电站运行管理效率的提升。大数据通信技术为光伏监测提供了新的技术路径,通过边缘计算、混合传输网络与智能算法的深度融合,能够实现海量监测数据的高效采集、可靠传输与精准分析,推动光伏电站管理向智能化方向转变。

1 平台总体架构与功能体系设计

1.1 分层架构构建与模块划分

分层架构构建采用模块化设计思路,按功能职责与数据流转逻辑划分为感知层、通信层、数据层与应用层四个核心层级,各层级功能边界清晰、协同联动,形成完整的技术体系^[1]。感知层聚焦光伏参数的实时采集,部署适配光伏组件、逆变器的监测终端与环境传感器,实现多类型监测数据的全面捕捉与初步预处理。通信层承担数据传输核心职责,集成成熟的通信协议与传输技术,实现感知层数据向数据层的高效传递,同时保障控制指令的精准下发。数据层负责数据的分类存储、清洗整合与索引构建,采用时序数据库与关系型数据库结合的存储方案,解决光伏监测海量异构数据的存储与管理难题。应用层基于数据层提供的标准化数据,搭建贴合光伏监测需求的功能模块,实现数据展示、查询检索等核心应用,各层级通过标准化接口实现数据交互,确保架构的可扩展性与兼容性。

1.2 大数据通信链路拓扑设计

大数据通信链路拓扑设计结合光伏监测设备的分布特点与数据传输需求,采用分层辐射型拓扑结构,构建

有线骨干与无线覆盖相结合的复合传输体系。拓扑结构划分为主控区、边缘计算区与应用接入区,形成逻辑清晰的通信层级,物理层面通过光纤主干网连接各功能模块,无线专网补充关键节点互联,提升链路的抗干扰能力与稳定性。核心层作为链路主干,负责跨区域数据路由处理,保障控制指令高效下发与实时数据快速回传,主干链路带宽配置不低于 10Gbps; 汇聚层承担异构数据的聚合与协议转换,实现海量监测数据的集中汇总; 接入层负责与感知层终端建立物理连接,提供高速数据接入通道,单接入节点速率不低于 100Mbps。拓扑设计融入冗余链路配置,当主链路发生故障时,可自动切换至备用通道,保障数据传输的连续性,链路切换时间不超过 200ms,同时部署智能路由调度机制,根据网络负载动态调整传输路径,优化大数据传输效率。

1.3 平台功能模块与数据流向规划

平台功能模块基于光伏监测核心需求划分,涵盖数据采集、传输、处理、展示、查询等核心模块,各模块独立部署、协同运行,依托标准化接口实现功能联动。数据采集模块对接感知层各类监测终端,按既定频率完成光伏组件参数、环境参数的采集与初步校验,过滤异常数据。数据传输模块适配通信层拓扑结构,实现采集数据的加密传输与断点续传,确保数据在传输过程中的完整性与安全性。数据处理模块负责数据的清洗、整合与标准化转换,消除数据冗余与冲突,构建统一的数据视图。数据展示与查询模块为用户提供可视化操作界面,支持多维度数据展示与多条件数据检索,满足光伏监测的实际操作需求。数据流向遵循单向流转与闭环优化的原则,从感知层采集的数据经通信层传输至数据层处理,处理后的标准化数据推送至应用层供用户使用,形成“采集-传输-处理-应用”的完整数据流转链路,确

保数据流转高效、精准、可控。

2 数据采集与大数据通信传输设计

2.1 感知层设备接入与多协议数据映射

感知层设备接入采用标准化接入架构,兼容光伏组件、逆变器、环境传感器等多种类型监测设备,通过统一接入接口实现各类设备的快速接入与灵活扩展^[2]。接入过程中采用设备身份认证机制,对接入终端进行合法性校验,杜绝非法设备接入导致的数据安全隐患。针对不同设备采用的Modbus、DL/T645、MQTT等异构通信协议,设计多协议数据映射机制,通过协议解析模块完成不同协议数据的标准化转换,将分散的异构数据映射至统一数据模型。数据映射过程中保留原始数据的核心特征,消除协议差异导致的数据格式冲突,实现各类监测数据的归一化处理,为后续大数据传输与处理奠定统一数据基础。

2.2 边缘计算节点与云端协同通信机制

边缘计算节点与云端协同通信机制基于分布式处理理念构建,边缘计算节点部署于光伏监测现场,承担数据预处理、本地缓存与实时决策等功能,云端负责数据集中管理、深度处理与全局调度。边缘计算节点对感知层采集的海量数据进行初步过滤与清洗,剔除无效数据与异常数据,减少传输数据量,降低网络负载。协同通信采用异步通信模式,边缘计算节点将预处理后的有效数据按既定周期推送至云端,云端根据数据优先级与处理需求,向边缘节点下发控制指令与参数配置。通信过程中采用数据加密与校验机制,保障协同数据传输的安全性、完整性,同时设计节点状态反馈机制,实时反馈边缘节点运行状态与数据传输情况,实现边缘与云端的高效协同。

2.3 混合传输网络构建与链路容错设计

混合传输网络结合光伏电站分布特点与数据传输需求构建,融合光纤通信、无线专网与LoRa等多种传输技术,形成覆盖全面、稳定高效的传输网络。光纤通信作为主干传输链路,承担海量数据的远距离高速传输,保障数据传输的低延迟与高带宽;无线专网与LoRa技术用于偏远区域监测设备接入,弥补光纤覆盖不足的短板,提升网络覆盖的全面性。链路容错设计融入冗余链路配置与故障自动切换机制,为核心传输链路配置备用链路,当主链路出现中断、卡顿等故障时,系统可自动识别并切换至备用链路,保障数据传输不中断。同时部署链路状态监测模块,实时监测链路传输质量,及时发现链路异常并发出预警,通过动态调整传输速率与路径,优化链路传输稳定性,降低数据丢失风险。

3 平台数据处理与存储体系设计

3.1 时序数据库选型与数据分类存储策略

时序数据库选型基于光伏监测数据的时序性特征与存储需求,筛选适配海量时序数据高效读写、压缩存储及快速检索的数据库产品,优先选用支持高并发写入、低延迟查询且具备良好扩展性的时序数据库^[3]。选型过程中综合考量数据吞吐量、存储效率与运维成本,兼顾数据库与平台整体架构的兼容性,确保数据存储与读取性能满足光伏监测实时性要求。数据分类存储策略依据数据类型、重要程度及访问频率划分存储类别,将光伏组件运行参数、逆变器输出数据等核心时序数据存入时序数据库,将设备信息、配置参数等静态数据存入关系型数据库,将历史归档数据采用压缩存储方式存入低成本存储介质。通过分类存储实现数据资源的合理化分配,提升存储效率,降低存储成本,同时保障不同类型数据的访问便捷性。

3.2 实时流数据处理与批处理协同机制

实时流数据处理与批处理协同机制针对光伏监测数据的实时性与批量性需求构建,实现不同类型数据的差异化处理。实时流数据处理采用流式计算技术,对接通信层传输的实时数据,进行快速解析、过滤与特征提取,即时处理光伏设备运行过程中的动态数据,快速响应设备运行异常,为实时监测与控制提供数据支撑。批处理聚焦历史数据与海量归档数据,按既定周期对批量数据进行集中处理,完成数据的深度分析、聚合统计与关联挖掘,挖掘数据背后的运行规律,为光伏系统优化运行提供数据参考。协同机制通过数据分发模块实现数据的合理分配,根据数据特性与处理需求,将数据精准推送至对应处理模块,同时设计数据同步校验机制,确保实时处理与批处理结果的一致性,实现两类处理方式的高效协同、互补支撑。

3.3 数据清洗、压缩与加密传输方案

数据清洗方案针对光伏监测数据中可能存在的缺失、异常、冗余等问题设计,通过异常值检测算法识别偏离正常范围的数据,采用插值补全方式处理缺失数据,剔除重复冗余数据,消除数据噪声,确保数据的准确性与完整性。数据压缩采用无损压缩算法,在保留数据原始特征的前提下,降低数据存储容量与传输带宽消耗,兼顾压缩效率与数据恢复精度,适配海量光伏数据的存储与传输需求。加密传输方案贯穿数据处理与传输全流程,采用对称加密算法对处理后的各类数据进行加密处理,生成加密数据后再进行传输,同时部署密钥管理机制,定期更新加密密钥,杜绝数据传输过程中被窃

取、篡改的安全隐患。清洗、压缩与加密环节有序衔接,形成完整的数据处理与安全传输链路,保障数据从处理完成到存储、调用的全流程安全可靠。

4 智能监测与异常告警模块设计

4.1 运行状态监测指标体系构建

运行状态监测指标体系围绕光伏系统全流程运行特性构建,覆盖光伏组件、逆变器、传输链路等核心设备,兼顾设备运行参数与环境影响因素,形成层次清晰、重点突出的指标集合^[4]。指标选取遵循科学性、实用性与可测性原则,涵盖电气参数、环境参数与设备状态参数三大类别。电气参数包含组件输出电压、电流、功率,逆变器转换效率、输出频率等核心参数;环境参数涵盖光照强度、环境温度、风速等影响光伏出力的关键因素;设备状态参数包括设备运行时长、散热情况、绝缘性能等反映设备健康状态的参数。通过指标体系的系统构建,实现光伏系统运行状态的全方位、多维度监测,为异常检测与故障分析提供精准的数据支撑。

4.2 异常检测算法与多级告警响应机制

异常检测算法结合光伏数据时序特征与异常表现形式设计,采用机器学习算法与统计分析方法相结合的方式,实现异常数据的精准识别。算法通过对历史正常运行数据的学习,构建正常运行模型,实时对比当前监测数据与模型基准值,识别偏离正常范围的异常数据,区分设备故障、环境突变等不同类型的异常场景,提升异常识别的准确率,减少误告警与漏告警。多级告警响应机制根据异常严重程度与影响范围划分告警等级,不同等级对应差异化的响应流程与处理优先级。轻微异常触发提醒级告警,仅推送提示信息供运维人员关注;一般异常触发预警级告警,启动局部排查流程;严重异常触发紧急级告警,立即推送至相关运维人员,同步启动应急处置流程,确保异常得到快速响应与妥善处理。

4.3 故障定位分析与可视化监控界面设计

故障定位分析基于异常检测结果与监测指标数据展开,结合光伏系统拓扑结构与设备关联关系,构建故障

定位模型。通过分析异常指标的关联特征与变化趋势,精准定位故障发生的具体设备、部位及可能原因,缩短故障排查时间,提升故障处置效率。可视化监控界面设计遵循简洁直观、操作便捷的原则,采用模块化布局,将监测指标、设备状态、异常告警、故障信息等内容进行可视化呈现^[5]。界面支持多维度数据展示,可切换不同设备、不同区域的监测视图,实时呈现设备运行状态与异常情况;集成故障定位可视化功能,通过图形化方式标注故障位置与相关信息,便于运维人员快速掌握故障详情。界面设计兼顾专业性与易用性,适配不同运维人员的操作需求,实现监测、告警、故障定位的一体化可视化管理。

结束语

基于大数据通信技术设计的光伏新能源智能监测平台,通过分层架构搭建、多协议数据映射、时序数据分类存储与多级异常告警机制,实现了光伏电站运行数据从采集、传输、处理到智能监测的全链路贯通。边缘云端协同通信有效降低了传输延迟与网络负载,流批协同处理保障了数据处理的实时性与准确性,机器学习驱动异常检测与故障定位提升了运维响应效率。该平台为光伏电站精细化管理提供了可靠的技术手段,助力新能源电站运行管控水平的持续提升。

参考文献

- [1]杨光阳.基于大数据通信的光伏新能源智能监测平台设计研究[J].通信电源技术,2026,43(2):25-27.
- [2]吴骏浩.光伏新能源技术在城市智能建筑电气中的应用研究[J].科技资讯,2026,24(2):162-164.
- [3]王子龙.智能运维技术在新能源光伏发电系统中的应用研究[J].光源与照明,2025(6):149-151.
- [4]袁晨.新能源发电设备状态监测与智能诊断方法[J].电气时代,2025(6):49-51.
- [5]杨宇宇,何宁业.用于新能源汽车的智能光伏充电系统设计[J].电子测试,2021(22):15-17.