风光一体化新能源集控平台功能设计与应用研究

杨凤华

（中电建新能源集团股份有限公司云南分公司，云南 昆明 650200）

摘 要 针对风光新能源场站地理位置分散、设备型号异构、出力随机波动，传统单场站独立管控模式存在运维成本高、多源数据难以互通、集群协同调控能力不足、与电网调度联动适配性差等现实问题。本文梳理了风光集群业务场景和管控需求，构建“云－边－端”分层分布式总体架构，完成平台逻辑分区与通信规约体系设计；从多源异构数据融合、全景智能告警、多时间尺度功率预测、风光集群协同调控、设备健康评估与智能运维等模块开展核心功能设计，以期为区域风光新能源集群规模化管控提供工程参考。

关键词 风光一体化；新能源集控平台；“云－边－端”架构；协同调控；智能运维

中图分类号：TM734 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.28.005

0 引言

风能、太阳能作为可再生能源，受自然条件影响，发电出力呈现出显著的随机波动性与间歇性特征。为了能平抑输出功率的波动，常选择在新能源电源出口处安装储能设备。风力、光照条件良好时，将多余电能储存起来；在风力、光照不足时，储能系统中的电能释放可保证向负荷供电的稳定性和连续性。随着风电、光伏等新能源装机规模持续增长，新能源场站呈现数量多、地域分散、运行工况复杂等特点，传统单场站监控模式在多源数据汇聚、运行状态集中感知、功率预测及集群协同控制等方面逐渐受到限制。基于此，本文将围绕风光集群业务场景与管控需求，设计“云－边－端”分层集控平台架构，重点研究多源数据融合、智能告警、功率预测、协同调控和智能运维等核心功能。

1 风光集群场站业务场景与管控需求

风光混合集群场站具备地域布局分散、发电设备异构化、出力强随机波动的典型特征，涵盖风机与光伏阵列发电、升压站变电运行、气象环境感知、电网调度交互以及现场运维处置等多元业务场景。传统单场站独立管控模式下各场站数据相互割裂，难以实现集群层面的统一态势感知与资源统筹调配。为适配规模化风光集群运行，集控平台首先要实现海量多源设备数据的标准化接入，保障实时数据采集传输的时效性与数据质量。同时需要支撑全景状态监视与分级告警处置，满足远程遥信、遥测、遥控、遥调业务执行要求。平台应具备多时间尺度功率预测能力，承接上级调度指令完成风光集群有功无功协同优化分配，实现场站间功率互济平抑出力波动[1]。除此之外，还需要覆盖设备状态评估、缺陷闭环处置、生产指标统计等智能运维业务，兼顾电力监控系统安全防护要求，打通监视、调控、运维全业务链条，支撑风光集群实现集中监视远程调控和少人值守运行模式。

2 风光一体化新能源集控平台总体架构设计

2.1 “云－边－端”分层分布式总体架构

面向风光混合集群地域分散、设备异构、出力随机波动的运行特征，以集中监视、协同调控、安全可靠、灵活扩展为核心设计原则，采用分层分布式技术路线，构建“云－边－端”协同硬件软件体系，具体架构如图 1 所示。

终端感知层部署在各个风光场站现场，实现全域设备原始信息采集，接入风力发电机组、光伏逆变器、箱式变压器、升压站一二次设备，同步对接气象监测终端、电能量计量装置，实时采集电气运行参数、设备状态信号、故障事件、辐照风速环境数据。边缘网关层部署于各场站就地位置，承担协议解析、数据清洗预处理、本地时序缓存任务，对采集数据完成初步异常甄别与噪声过滤[2]。集控主站云平台层部署于集

作者简介：杨凤华（1989-），男，硕士研究生，工程师，研究方向：光伏、风力发电及运维，新能源集控运行。

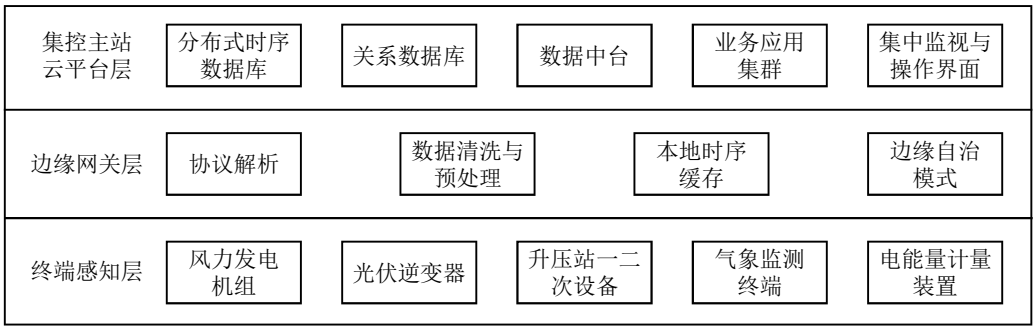


图1 风光一体化集控平台

控中心机房，由分布式时序数据库、关系数据库、数据中台、业务应用集群共同组成，接收各边缘网关上送的标准化数据集，完成全集群数据集中存储、深度计算与业务逻辑运算。云端侧重开展集群级功率预测、多场站有功无功协同优化、全局生产统计分析，生成全局调控策略并下发至各场站边缘网关落地执行制。

2.2 平台逻辑分区与通信规约体系

平台依据电力监控系统安全防护要求划分生产控制大区与管理信息大区，生产控制大区进一步划分控制区和非控制区，各区域间通过隔离网闸实现安全隔离与数据交互。针对风光场站设备协议异构问题，采用IEC 61400-25、IEC 61850、MQTT及IEC 104等规约，建立统一通信接口与协议转换机制，实现多厂商设备标准化接入，并结合报文校验和身份认证保障数据传输安全，为平台监视、预测、调控和运维提供可靠通信支撑。

3 风光一体化新能源集控平台核心功能设计

3.1 多源异构数据采集与融合处理功能

多源异构数据采集与融合处理功能作为平台业务底层底座，完成各风光场站多类型设备的数据接入、清洗对齐与标准化存储。面向风机、光伏逆变器、箱变、升压站、气象站、电能量计量装置的异构测点，通过边缘网关完成多协议解析转换，统一输出标准化测点数据集。基于时间戳完成跨场站时序对齐，消除不同设备采集周期不一致带来的时序偏差。时序数据库承载秒级实时运行数据，关系数据库存储设备台账、缺陷记录、计划工单等静态业务数据，为上层监视告警、功率预测、调控运算、设备评估提供可靠的数据输入来源。

3.2 全景监视与分级智能告警功能

全景监视模块汇聚全集群场站的出力、设备状态、气象条件、电网运行参数，实现场站级、集群级两级可视化展示，支持远程遥信遥测遥控遥调操作，配套操作防误闭锁逻辑，规避误操作风险。分级智能告警改变传统阈值简单触发模式，引入事件关联抑制算法，通过关联度计算实现告警降噪，告警综合评判公式见式（1）：

$$S=\omega_1 A+\omega_2 B-\omega_3 C \tag{1}$$

式（1）中，S为告警综合危险度；A为设备故障严重等级；B为故障影响发电容量占比；C为关联抑制因子；ω_1、ω_2、ω_3为各项指标权重系数。平台依据计算得到的告警危险度划分紧急、重要、一般、提示四个告警等级，完成SOE事件顺序记录，对连锁衍生告警做抑制过滤，避免大量重复告警造成信息淹没，同时支持告警信息多渠道推送，引导运维人员优先处置高风险缺陷[3]。

3.3 风光多时间尺度功率预测与发电计划编制功能

风光多时间尺度功率预测与发电计划编制功能模块融合历史发电数据、气象预报数据，构建超短期、短期双层功率预测模型，超短期实现0小时至4小时分钟级预测，短期实现1日小至3日日前预测。综合预测评价采用平均绝对百分比误差作为精度评判指标，计算公式见式（2）：

$$MAPE=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{\left|P_{pi}-P_{ri}\right|}{P_{ri}}\times 100\% \tag{2}$$

式（2）中，$MAPE$为平均绝对百分比误差；P_{pi}为第i时刻预测出力；P_{ri}为第i时刻实际出力；n为统计样本数量。基于功率预测结果，平台接收上级调度下发的发电指令，自动生成日前发电计划与日内滚动修正计划，完成计划出力与实际出力的偏差统计分析。

3.4 风光集群协同调控与调度协同功能

平台承接电网AGC与AVC调度指令，开展全集群有功无功的优化分配，将全局调控目标解耦分解至各个风光场站，依托边缘网关完成场站层面执行。有功调控层面充分利用风光场站出力互补特性，实现场站间功率互济，平抑集群整体出力波动；无功调控统筹风机变流器、光伏逆变器的无功调节资源，实现集群

电压的协同稳定控制[4]。针对限发、设备故障等特殊工况，平台可快速下发降功率指令，保障调度指令可靠落地。

3.5 设备健康评估与智能运维管理功能

平台基于设备运行时序数据，提取温度、振动、电气参数等特征量，建立风机、光伏逆变器的健康评估模型，实现设备潜在故障的提前预警，定位故障发生的部件与诱因。平台搭建运维工单闭环流程，接收告警与设备预警信息自动生成运维工单，完成工单派发、现场处置、结果回传、缺陷销号全流程闭环管理[5]。同时，对全集群生产运行指标开展统计计算，输出发电量、设备可用率、弃风弃光率等统计报表，量化评估各场站设备运行水平。

4 风光一体化新能源集控平台应用与效果分析

4.1 工程项目与平台部署情况

西南某风光混合集群包含 4 座风电场与 3 座集中式光伏电站，总装机规模 1 280 MW，场站地域分布跨度大，设备品牌型号繁杂，此前采用各场站独立就地管控模式，存在数据分散、协同调控能力不足等问题。按照“云－边－端”架构完成集控平台建设，在 7 个场站分别部署边缘网关设备，完成风机、逆变器、升压站、气象终端、电能量计量装置的全部测点接入，集控中心部署数据中台、业务应用服务器以及安全隔离网闸，严格遵循电力监控系统安全防护规范完成分区配置，打通场站到集控中心的专线通信链路，实现全部场站数据统一汇聚。

4.2 平台主要功能应用

平台上线后落地多源异构数据融合处理、全景分级告警、多时间尺度功率预测、集群协同调控、设备健康评估与智能运维全部业务模块。平台实现集群层面统一全景监视，完成告警降噪分级推送，改变场站分散监盘模式；功率预测模块输出超短期与短期预测结果，支撑调度计划编制；承接上级调度 AGC 与 AVC 指令完成风光有功无功联合分配，依靠边缘网关实现通信中断条件下就地兜底控制；依托设备时序数据开展故障预警，生成闭环运维工单，推行集控远程监管加片区现场运维的运行模式，减少各场站就地值守人员配置，实现少人值守运行。

4.3 风光联合运行控制效果分析

选取平台投运前后连续两个月的运行数据开展对比，从功率预测精度、AGC 调节性能、出力波动、弃电率几个维度开展量化评估，风光联合运行控制效果如表 1 所示。

表 1 平台投运前后风光集群运行控制效果对比

评价指标	平台投运前	平台投运后
超短期功率预测平均绝对百分比误差 /%	14.6	8.7
AGC 指令平均响应时间 /s	11.2	4.3
集群出力 10 分钟最大波动幅值占装机比例 /%	12.4	6.1
集群综合弃风弃光率 /%	7.8	3.6
AGC 调节合格率 /%	87.2	97.5

表 1 数据表明，一体化新能源集控平台投运之后，风光集群超短期功率预测误差显著下降，AGC 指令响应速度明显提升，集群整体出力波动得到有效平抑，综合弃风弃光率实现大幅下降，AGC 调节合格率满足并网运行考核标准。得益于风光资源时空互补特性，平台充分挖掘场站间功率互济能力，降低单一场站出力剧烈波动对电网带来的冲击。同时平台分级告警与智能运维功能有效降低无效告警数量，缩短设备故障平均处置时长，在提升集群调控性能的同时优化运维人力投入。

5 结束语

本文针对风光混合集群多场站分散运行、数据异构及协同调控能力不足等问题，梳理场站运行监视、功率预测、调度控制和设备运维等业务需求，构建“云－边－端”分层分布式集控平台总体架构，完成数据融合处理、全景监视与智能告警、功率预测、集群协同调控及智能运维等核心功能设计。工程应用表明，风光一体化新能源集控平台能够提升风光功率预测精度和运行监视效率，改善 AGC 调节性能，降低集群出力波动及弃风弃光水平，并为多场站少人值守运行提供支撑。未来可进一步拓展储能协同调控能力，完善多源联合优化算法，提升平台复杂工况适应性。

参考文献：

[1] 颜现波,彭远方,何栩,等.多流域水风光蓄电力集控一体化平台设计与实现[J].水电站机电技术,2024,47(12):46-49.

[2] 徐箭,潘如湘,廖思阳,等.水风光一体化运行控制策略及其参与电网调频方法[J].电力系统自动化,2026,50(14):116-131.

[3] 何茜儒,韩冰,孙允伟.风光储一体化电力并网稳定性控制策略[J].电气技术与经济,2026(01):410-413.

[4] 秦柯,胡江,刘小江,等.多能互补风光水火储一体化系统装机容量规划及协调控制方法研究[J].太阳能,2025(05):81-87.

[5] 金文苏,焦海侨,吴凯.风光储一体化发电站稳定性控制策略[J].电力设备管理,2026(02):155-157.