

多场站新能源集控系统数据采集调试关键技术探析

许 静

华电四川发电有限公司宝珠寺水力发电厂 四川 广元 628003

【摘要】：新能源装机规模化发展推动多场站集控模式全面普及，而异构设备兼容差、复杂工况传输不稳定、传统调试效率偏低等问题，严重制约集控系统运行效能。本文依托华电集团联合国电南京自动化有限公司集控项目实践，分析新能源集控数据采集调试的场景特征与现存挑战，梳理调试技术演进趋势与应用效能，从兼容适配、传输优化、自动化调试、AI智能调试四方面优化关键技术体系，有效解决规模化场站采集调试难题，为新能源集控高效运维与协同调度提供技术支撑。

【关键词】：新能源集控系统；数据采集；调试技术

DOI:10.12417/2811-0722.26.07.007

引言

新型电力系统建设进程中，风电、光伏新能源装机持续高速增长，跨区域多场站一体化集控成为新能源管控的核心模式。受场站跨域分布、设备异构、工况复杂等因素影响，传统现场调试模式存在适配性弱、传输稳定性差、运维成本高等弊端。为提升集控数据采集质量与调试效率，本文结合实际工程案例，系统剖析采集调试痛点，优化适配复杂场景的关键技术，为新能源规模化、智能化集控运维提供参考依据。

1 多场站新能源集控数据采集调试的场景特征与挑战

国内新能源装机市场保持持续扩容态势，2025年末全国风电、太阳能发电装机容量分别达到6.4亿千瓦、12.0亿千瓦，两类新能源装机增速均突破20%，多场站集中管控模式已然成为新能源规模化管理的核心载体。新能源集控场景具备地域覆盖范围广、接入设备类型多样、监测数据测点体量庞大的典型属性，华电集团新疆区域新能源场站分布广袤，集控覆盖最远端场站距离可达1400公里，其新能源集控平台需承接海量设备测点的实时数据汇聚工作，仅平台告警类采集测点便达到600万点级别^[1]。场站所处的弱网络环境、山地与盐碱地等特殊地理工况，叠加不同品牌设备通信协议不统一、跨区域调试执行标准不统一等客观条件，让传统单场站现场调试模式无法适配规模化管控需求，数据采集环节普遍存在传输延迟、数据丢包、信息一致性不足等问题，直接限制集控系统管控覆盖范围与调度执行能力，阻碍新能源资源高效消纳与跨区域场站协同管控工作落地，成为行业发展过程中亟待解决的技术壁垒。

2 多场站新能源集控数据采集调试技术的演进与效能评估

多场站新能源集控数据采集调试技术体系，从最初的单场站分散现场作业模式，逐步迭代为全域一体化协同调试模式。传统调试工作完全依赖运维人员驻场操作，跨区域场站协同作业效率低下，不同类型设备协议适配难度大，无法匹配新能源装机持续扩容的行业发展节奏。区域集控管控模式全面推广背

景下，华电集团联合旗下国电南京自动化有限公司打造全域一体化协同调试体系，依托自主可控新能源远程集控系统搭建覆盖全域风电场、光伏电站的标准化数据采集体系。国电南自深耕电力自动化领域八十余年，针对新能源异构设备研发多协议适配网关、风机总线数据纠错、规约双向转换等核心技术，可实现Modbus、IEC60870-5-104、IEC61850等主流协议无缝解析与转换，其参与研发的集控系统核心软件代码100%自主可控，整体国产化率超90%。整套技术已支撑华电遍布全国32个省（区、市）的超1100座风光场站完成数据实时汇聚接入，集团新能源设备可控覆盖范围、跨区域可调度省区比例均位居行业前列。标准化调试流程与远程协同作业机制的落地，打破千公里级跨区域场站的管控壁垒，缩减现场调试人力与物资投入，保障采集数据的一致性与实时性，支撑风光水火储多类型能源协同运行，充分体现一体化调试技术在规模化新能源管控场景中的应用价值。

3 面向多场站复杂场景的集控系统数据采集调试关键技术优化

3.1 异构新能源场站数据采集兼容性提升技术

多场站集控系统异构特征集中体现于设备品类、通信协议、数据模型的差异化配置，市面不同厂商生产的风机、光伏逆变器、箱变、储能装置等设备，分别适配Modbus、IEC60870-5-104、IEC61850等各类通信协议，部分投运时间较久的老旧场站设备存在协议版本不匹配问题，不同迭代批次设备的数据定义标准也存在细微偏差，统一化的数据采集与平台管理工作难以落地。行业现有技术以国标规范为基础搭建统一数据模型，参照GB/T40604-2021《新能源场站调度运行信息交换技术要求》界定集控系统与场站设备的信息交换内容，明确监控信息、广域相量、电能量计量、功率预测等各类数据的格式与定义标准，完成多类型设备测点的标准化映射处理^[2]。

不同厂家风机设备的转速、有功功率、无功功率、故障告警等核心运行测点，均可依托统一命名规则、数据格式与计量单位完成标准化定义，实现全域数据模型统一，为后续协议适

配与数据解析工作筑牢基础。多协议适配网关的开发应用可实现行业主流通信协议的解析与双向转换,老旧场站 RS485 协议设备与新型场站 IEC61850 智能设备均可完成格式统一适配,设备接入调试环节同步参照 GB/T19963.1-2021《风电场接入电力系统技术规定第1部分:陆上风电》与 GB/T19964-2024《光伏电站接入电力系统技术规定》开展协议一致性核验,筛查采集数据的完整性与精准度,贴合 2024 版新标准对一次调频、高电压穿越、不对称故障低电压穿越动态无功支撑等新增数据的采集要求,保障集控系统对设备动态运行数据的精准识别与解析。

适配各类场站的标准化接入流程与模板规范,明确风电场、光伏电站、储能电站的测点采集清单、数据更新频率、通信配置参数,风电场覆盖风机、箱变、升压站 150 余项核心测点,光伏电站囊括逆变器、汇流箱、箱变关键运行数据,标准化模板有效缩小不同场站的调试差异,强化异构场站的整体兼容适配能力。华电集团联合国电南自落地的全域集控项目中,依托统一数据模型与自研多协议适配网关,实现全国海量风电场、光伏电站异构设备的集中接入,依托“华智·智新”新能源智慧生产管理平台搭建起千万级测点的实时数据体系,集团新能源可控范围稳定保持高位,充分验证该项技术的实际落地成效。场站设备迭代更新节奏较快,新旧设备长期共存的运行状态会持续增加异构适配难度,标准化模型与适配网关可实现动态兼容迭代,无需对现有集控平台架构进行大规模改造,大幅降低场站扩容与设备更替带来的调试改造成本,适配新能源场站持续新增、分批改造的建设节奏。

3.2 复杂工况下数据传输可靠性优化技术

跨区域布局的新能源集控系统数据传输工作,长期面临覆盖范围广、现场网络环境复杂、线路传输损耗突出的各类问题,华电新疆区域新能源场站最远管控距离达 1400 公里,管控跨度大、网络条件复杂,进一步凸显传输优化技术在超远距离、多场站场景下的应用价值,让大量偏远场站仅依托 4G、2G 无线网络完成数据通信,山地、盐碱地等特殊地形会造成信号遮挡、设备腐蚀等问题,通信链路运行状态不稳定,数据传输延迟与丢包问题频发,干扰集控系统实时调度与精准控制工作开展^[3]。两级分层通信架构可有效改善这类问题,场站侧边缘网关搭配区域集控中心形成层级化传输体系,边缘网关可完成现场数据的本地预处理、缓存与暂存,网络中断工况下可留存关键运行数据,网络恢复后自动补传缺失信息杜绝数据丢失,非实时数据的本地筛选、统计预处理可缩减上行数据体量,降低通信带宽占用。

差异化传输策略针对不同功能数据配置专属传输模式,有功调节、无功调节、故障告警等直接影响调度控制的实时数据,优先占用通信资源保障指令低延迟传输,历史统计类非实时数据依托 ZIP 无损压缩算法缩减传输体积,多链路冗余备份机制

为主通信链路配置备用通道,4G/5G 无线通信、光纤有线通信、卫星通信等通道可互为补充,主链路故障或丢包异常时系统自动切换通信通道,保障传输工作连续稳定,新疆偏远场站依托卫星备用链路解决了弱网环境的数据传输难题。集控中心部署的网络监测模块可全程追踪各场站通信链路延迟、丢包率、带宽占用等核心指标,链路质量波动时自动调整传输方案,通过降低非实时数据更新频率、启动重传机制、调整压缩参数等方式适配现场工况,结合全域线路损耗数据优化传输路径,减少数据传输损耗保障信息完整时效。

传输优化技术的综合应用,实现千公里级跨区域场站数据稳定传输,集团可调度省区覆盖范围提升至 60%,为集控系统实时调度提供可靠数据保障。动态适配的传输调控模式可适配极端天气、线路检修等特殊场景下的网络波动,依托边缘算力实现数据分级管控,核心调度数据始终保持高优先级传输状态,避免海量测点并发上传造成的网络拥堵,让复杂工况下的数据传输稳定性得到全方位提升。

3.3 自动化免现场调试技术应用

传统多场站集控调试以人员驻场作业为主,设备参数配置、功能调试、数据核验等工作均在线下开展,跨区域调试耗费大量人力物力,现场复杂环境存在作业安全隐患,繁琐的作业流程难以适配新能源场站规模化并网的发展需求。华电集团联合国电南自搭建全域集控统一管控平台,搭建成熟的远程调试体系,运维人员依托区域集控终端,可完成全网站点的参数配置与运行调整,线下作业仅保留必要的检修与消缺;新疆区域运维团队可通过本地平台完成全域场站调试,线下作业量与运维成本得到有效管控。

平台搭载的自动化测试功能,覆盖风机测点采集、逆变器指令响应、箱变数据核验、升压站数据传输等核心调试场景,可自主完成全流程测试工作,通过指令下发与数据比对核验设备采集精度与响应效率,自动输出标准化测试报告,百台风机测点测试作业可压缩至单日完成。针对异构设备类型多、通信规约不统一的行业痛点,项目部署 Protocoltester 规约调试工具,兼容各类主流通信协议,自主完成报文解析与规约校验,解决新旧设备协议对接难题,提升远程调试精准程度^[4]。

系统整合隔离式模拟测试平台与远控联调三步法,通过多阶段分层核验完成全链路调试,设备就地锁定模式能够规避设备误动作问题。大部分调试工作可在线上完成,仅保留少量现场复核工作,作业风险与调试周期大幅下降,整体调试效率提升六成以上。新型远程自动化调试模式革新传统作业形式,全程操作可追溯,有效改善人工作业偏差问题,契合新能源运维标准化、精益化发展方向,为新能源场站规模化发展提供坚实技术保障。见图 1

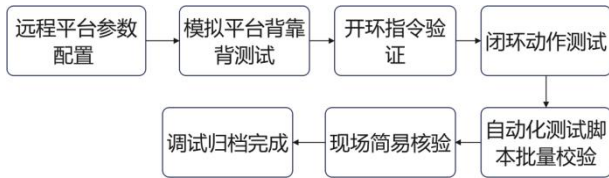


图1 自动化免现场调试实施流程

3.4 AI 辅助调试技术集成与落地

人工排查数据异常、优化调试参数的作业模式效率有限，作业质量高度依赖运维人员实操经验，规模化场站接入带来的海量数据与复杂现场场景，对传统人工调试模式形成极大考验，AI 技术的融合落地为调试工作智能化升级提供全新路径。依托集控系统历史调试数据与设备运行样本训练的 AI 异常检测模型，可精准识别风机、光伏逆变器、箱变等设备运行数据的跳变、缺失、漂移、非常规波动等各类异常状态，风机有功功率出现超出运行区间的异常波动时，模型可自主触发预警机制并完成异常溯源，区分设备本体故障、通信链路异常、参数配置失误等不同诱因，缩减人工排查耗时。

基于海量实操案例搭建的 AI 调试推荐模型，可结合设备型号、现场网络环境、场站类型匹配最优采集参数、通信配置与协议适配方案。弱网场站可依托模型匹配适配的采集周期、压缩参数与链路优先级，异构设备可获取专属协议转换与数据映射模板，大幅减少调试过程中的反复试错。模型持续沉淀全

域调试数据，依托历史运行记录预判潜在故障风险，针对高频出现的适配问题提前规划网关部署与配置模板，工作人员可依照预设方案开展作业，减少临时处置环节，稳步提升不同场景下的调试效率与作业成功率。

AI 系统可整合调试数据、异常记录、优化操作等全流程信息，自动生成符合 GB/T40604-2021 规范的调试报告。系统深度挖掘数据蕴含的共性问题与技术短板，针对性优化调试流程、配置模板与测试脚本，解决箱变设备高频采集故障，形成闭环迭代的智能调试机制。AI 技术的深度应用推动集控调试模式转型升级，全面提升作业精准度、运行效率与标准化水平，支撑新能源场站规模化、高质量接入。智能算法持续沉淀全域调试数据完成模型迭代，可适配不同区域、设备及复杂工况，弱化人工经验差异对调试质量的影响，助力规模化新能源集控调试实现智能化、规范化、精细化运行^[5]。

4 结语

本文聚焦多场站新能源集控系统复杂运行场景，总结当前数据采集调试的现实挑战与技术应用现状，构建多维度、可落地的调试技术优化体系。通过异构设备兼容提升、传输可靠性优化、自动化免现场调试及 AI 智能赋能技术的综合应用，有效破解传统调试模式各类短板，切实提升新能源集控数据采集精度与运维效率，可为后续同类新能源集控项目调试优化与技术升级提供实践借鉴。

参考文献：

- [1] 刘军,李华贵,王思强,杨金贵.基于 SCADA 系统的新能源集控中心网络防护技术研究[J].计算机应用文摘,2025,41(10):182-184.
- [2] 宗琪,蒋啸,周俊,周强,陈蕾.新能源集控系统的拟态防御与密码融合技术研究与应用[J].信息安全与通信保密,2022(11):73-81.
- [3] 权刚伟,李洪军,梁志佳.新能源集控系统的大数据应用[J].集成电路应用,2022,39(11):218-219.
- [4] 蒲美名,面向新能源场站的集电线路行波监测系统[J].计算机应用文摘,2025,41(22):141-143.
- [5] 魏晓艳,基于大数据技术的新能源汽车软件检控平台设计[J].信息技术与信息化,2022(7):88-91.