

新能源场站业务连续应急接管系统技术架构剖析

杨伟 张磊 王兵 张庆 马少雄

新疆华电苇湖梁新能源有限公司, 新疆省乌鲁木齐市, 830000;

摘要: 随着新能源场站在能源结构中占比的持续提升, 其业务连续性对能源供应稳定性的影响愈发显著。针对极端天气、设备故障、网络攻击等突发场景下的业务中断问题, 本文提出一种新能源场站业务连续应急接管系统, 并对其技术架构进行深入剖析。该架构基于分层设计理念, 整合边缘计算、云边协同、数据同步、智能决策等关键技术, 实现应急状态下业务的快速切换与无缝接管。通过对架构各层级功能模块、技术选型及交互逻辑的分析, 验证该系统在保障新能源场站发电效率、设备安全及运维连续性方面的有效性, 为新能源场站业务连续性管理提供技术参考。

关键词: 新能源场站; 业务连续性; 应急接管系统; 技术架构; 云边协同; 数据同步

DOI: 10.64216/3080-1486.25.12.049

1 研究背景

全球能源转型中, 风电、光伏等新能源场站规模化发展推动能源生产清洁化、分布式转型, 但场站因地理分散、环境复杂、依赖自动化控制, 易受自然灾害、设备故障、网络安全事件影响导致业务中断, 既造成经济损失, 也威胁区域电力稳定, 构建应急接管型业务连续保障体系成为运维核心需求。传统方案依赖冗余设备或人工响应, 存在响应慢、资源利用率低、决策主观等问题, 难以满足需求, 融合智能与网络技术的应急接管系统应运而生, 其技术架构合理性直接决定接管效率, 剖析架构具有重要意义。理论上, 可丰富新能源场站业务连续性管理技术理论体系, 为后续系统设计优化提供支撑; 实践上, 明确系统层级功能、技术选型与交互逻辑, 能指导应急接管系统建设运维, 提升场站突发场景下业务连续能力, 保障能源供应稳定安全。

2 新能源场站业务连续应急接管系统关键技术

2.1 边缘计算技术

新能源场站中, 风机、光伏逆变器、汇流箱等设备产生的运行数据具有实时性强、数据量大的特点。边缘计算技术通过在设备就近部署边缘节点, 实现对现场数据的实时采集、预处理与分析, 避免大量数据传输至云端导致的网络延迟问题。在应急接管场景下, 边缘节点可快速识别设备异常状态, 如风机转速异常、逆变器输出电压波动等, 并基于预设策略触发局部应急响应, 为后续的全局接管争取时间, 同时减轻云端计算压力, 提

升系统整体响应效率。

2.2 云边协同技术

云边协同技术是连接边缘层与云端的核心技术, 通过建立边缘节点与云端平台之间的高效数据交互与任务协同机制, 实现“边缘实时处理+云端全局决策”的协同模式。在正常运行状态下, 边缘节点将预处理后的设备运行数据、运维记录等上传至云端, 云端平台基于大数据分析技术对场站整体运行状态进行评估, 优化运维策略; 在应急状态下, 云端平台接收边缘节点上传的应急事件信息, 结合场站全局数据进行综合分析, 制定应急接管方案, 并将方案下发至边缘节点, 指导边缘节点完成业务接管操作。同时, 云边协同技术还支持在应急过程中动态调整边缘与云端的任务分配, 如当边缘节点计算资源不足时, 可将部分复杂计算任务迁移至云端, 确保应急接管过程的顺畅进行。

2.3 数据同步技术

数据同步是保障应急接管后业务连续运行的关键, 其核心目标是实现边缘节点与云端平台、备用设备与主用设备之间的数据一致性。针对新能源场站数据类型多样(如实时运行数据、历史运维数据、设备参数数据)、同步时效性要求不同的特点, 系统采用多策略数据同步技术: 对于实时运行数据, 采用增量同步策略, 仅传输数据变化部分, 减少数据传输量, 提升同步速度; 对于历史运维数据与设备参数数据, 采用定时全量同步与增量同步结合的策略, 确保数据完整性的同时, 降低对实

时业务的影响。此外,为应对网络中断等特殊情况,系统引入数据缓存与断点续传机制,当网络恢复后,可从断点处继续完成数据同步,避免数据丢失,保障应急接管后设备运行状态的连续性。

2.4 智能决策技术

智能决策技术基于机器学习、深度学习等人工智能算法,通过对新能源场站历史应急事件数据、设备运行数据、环境数据等的训练,构建应急事件识别模型、接管方案生成模型与风险评估模型。在应急场景下,智能决策模块首先通过应急事件识别模型对边缘节点上传的事件信息进行分类与等级划分,如将设备故障分为轻微故障、一般故障、严重故障;随后,基于事件类型与等级,调用接管方案生成模型,结合场站当前运行状态、备用资源配置情况等,自动生成最优应急接管方案,如选择合适的备用逆变器替代故障逆变器、调整风机运行参数以适应电网负荷变化等;最后,通过风险评估模型对接管方案可能存在的风险(如备用设备过载、电网电压波动)进行预测,若风险超出预设阈值,则对方案进行优化调整,确保接管方案的安全性与可行性。

3 新能源场站业务连续应急接管系统技术架构设计

3.1 架构总体设计

该系统技术架构采用分层设计,自上而下分为感知层、边缘层、云端层与应用层,各层级通过标准化接口实现数据交互与功能协同,形成“数据采集-边缘处理-云端决策-应用落地”的完整业务流程。架构具备模块化程度高、可扩展性强、容错性好的特点,能适配不同规模新能源场站需求,且便于后续技术升级与功能扩展。

3.2 各层级功能与技术实现

3.2.1 感知层

作为数据采集基础,其功能是实时采集场站设备运行状态、环境参数及电网信息,部署有风机状态传感器、光伏组件电压/电流传感器、环境监测设备及电网参数采集装置等。技术上,设备通过 Modbus-RTU、DL/T645 等工业级协议对接边缘层,分布式设备用 LoRa、NB-IoT 无线通信降低成本;同时具备自校准与故障诊断功能,可校准数据并在设备故障时向边缘层告警。

3.2.2 边缘层

承担数据预处理、局部应急处置与业务接管执行功能,是连接感知层与云端层的桥梁,由边缘网关、边缘计算节点与本地备用设备组成。网关接收并清洗、转换感知层数据,计算节点实时分析数据并触发局部应急响应,备用设备在主用设备故障时快速投入实现初步接管。技术上,计算节点采用嵌入式硬件平台,搭载轻量化系统与边缘框架,支持多协议接入;与感知层用工业以太网或无线通信,与云端层通过 4G/5G 或光纤建立加密链路;备用设备与主用设备采用热备模式,实现毫秒级切换。

3.2.3 云端层

作为全局决策中心,负责场站运行监控、应急事件分析、接管方案制定与资源调度,由服务器集群、大数据存储平台、智能决策系统与云管理平台组成。集群提供计算资源,存储平台用分布式架构存数据,决策系统完成事件识别、方案生成与风险评估,管理平台统一管控设备与资源。技术上,采用 IaaS、PaaS 云计算模式实现资源弹性扩展,决策系统用深度学习混合模型提升识别准确率,与边缘层通过 MQTT 协议交互并以 SSL/TL S 加密保障安全。

3.2.4 应用层

面向运维与管理人员提供服务,含业务连续监控、应急接管操作、运维管理与报表分析模块。监控模块可视化展示场站状态并告警,接管模块指引操作且支持手动干预,运维模块管理运维计划与备件,报表模块自动生成分析报表。技术上,采用 B/S 架构支持多终端访问,界面用响应式布局适配不同屏幕,数据可视化用 ECharts、Highcharts 组件直观呈现数据。

4 系统业务连续保障机制

4.1 应急事件监测与预警机制

系统依托感知层与边缘层协同构建监测网络:感知层实时采集设备运行及环境数据,边缘层实时分析数据,若发现数据超阈值(如风机振动超标、环境高温)或设备异常(如逆变器停机、电网电压骤降),立即向云端层发送告警并触发本地声光预警。云端层结合全局数据进一步分析,判断事件严重程度与影响范围,若可能导致业务中断,通过短信、APP 推送向运维人员发送预警,实现应急事件早发现、早预警。

4.2 快速接管与业务恢复机制

应急事件致主用设备失效时，系统启动接管流程：边缘层按预设策略控制本地备用设备投入，初步接管业务以缩短中断时间，同时上传事件详情至云端；云端智能决策系统结合实时数据与历史经验生成全局方案，经云边协同下发至边缘层，边缘层据此调整备用设备参数优化配置；本地备用设备不足时，云端可调度其他场站资源实现跨场站接管。主用设备修复稳定后，系统通过平滑切换将业务迁回，全程自动化无需人工干预。

4.3 容错与冗余机制

系统从多层面构建机制保障可靠性：硬件上，边缘层与云端层关键设备（边缘网关、服务器等）采用双机热备或多机集群，主设备故障时备用设备毫秒级切换；感知层关键采集点冗余部署传感器，避免单设备故障影响数据采集。软件上，采用分布式架构与模块化设计，模块独立运行防故障扩散，且具备异常自恢复功能。数据上，关键数据（设备参数、接管方案等）在云端与边缘节点多副本存储，防止存储节点故障致数据丢失。

5 系统架构优化方向

5.1 人工智能算法优化

当前系统智能决策技术虽能实现应急接管方案的自动生成，但在应对复杂多变的应急场景（如多事件并发、极端天气叠加）时，方案的优化能力与适应性仍有提升空间。未来可进一步优化人工智能算法，引入联邦学习技术，实现多新能源场站之间的模型联合训练，无需共享原始数据即可提升模型的泛化能力，使模型能够适应不同场站的运行环境与应急场景；同时，结合数字孪生技术，构建新能源场站数字孪生模型，将应急接管方案在数字孪生环境中进行模拟验证，通过模拟结果优化方案参数，提升方案的准确性与可靠性。

5.2 网络通信技术升级

网络通信的稳定性与安全性是保障云边协同与数据同步的关键。随着5G技术的成熟与普及，未来可将5G技术引入系统，利用5G低延迟、高带宽、广连接的特点，提升边缘层与云端层之间的数据传输速度与可靠性，满足应急场景下实时数据交互的需求；同时，引入量子通信技术，构建量子加密通信链路，解决传统加密技术

可能存在的安全漏洞，保障应急事件信息、接管方案等敏感数据的传输安全，防止数据被窃取或篡改。

5.3 能源互联网融合

随着能源互联网的发展，新能源场站将与电网、储能系统、用户侧负荷等更紧密地融合。未来系统架构可进一步扩展，增加与能源互联网其他主体的交互接口，实现与电网调度中心、储能电站、用户侧管理平台的数据共享与业务协同。例如，在应急接管过程中，系统可根据电网调度中心的负荷需求调整新能源场站的出力，结合储能电站的充放电策略优化能源配置，提升新能源场站在能源互联网中的协同能力与业务连续保障水平。

6 结论

本文针对新能源场站业务连续性管理需求，设计了一种基于分层架构的业务连续应急接管系统，并对其技术架构进行了全面剖析。该架构通过感知层实现数据全面采集，边缘层完成实时处理与局部应急响应，云端层进行全局决策与资源调度，应用层提供多样化业务服务，各层级通过边缘计算、云边协同、数据同步、智能决策等关键技术实现协同工作，有效保障了应急场景下新能源场站业务的连续运行。同时，系统构建了应急事件监测与预警、快速接管与业务恢复、容错与冗余等保障机制，进一步提升了系统的可靠性与稳定性。

通过对系统架构的分析可知，该架构具有良好的扩展性与适应性，可满足不同规模新能源场站的业务需求。未来通过人工智能算法优化、网络通信技术升级与能源互联网融合，系统的应急接管能力与协同能力将进一步提升，为新能源场站业务连续性管理提供更有力的技术支撑，推动新能源场站向更安全、更可靠、更智能的方向发展。

参考文献

- [1] 刘思源,宋高顺.新能源发电场站智能运维探析[J].电力设备管理,2024(6):92-94.
- [2] 彭飞,尚斌,李传亮,等.新能源场站安全生产智慧管控系统[J].企业管理,2023(S02):212-213.
- [3] 李斌,丁一.新能源场站管理指南[M].中国电力出版社,2022.