

浅析交直流屏在智能化变电站中的重要性

米海军, 雷锦锋, 王正高

陕西北元化工集团股份有限公司, 陕西 榆林 719319

DOI:10.61369/WCEST.2026020005

摘 要： 本文深入探讨了交直流屏在智能化变电站中的重要性。交直流屏作为变电站的核心供电设备，通过交流屏的双电源切换与直流屏的模块化设计，为变电站的关键设备提供稳定可靠的供电保障。其供电原理围绕冗余备用、智能切换与稳定输出展开，确保供电的连续性与稳定性。交直流屏不仅通过冗余设计和故障自诊断功能保障供电可靠性，避免电网故障，还通过过压、过流、绝缘监测等措施保护设备，降低运维成本。此外，交直流屏的智能化特性与远程监控功能显著提升了运维管理效率，为电网的稳定运行和变电站的精益化管理提供了重要支撑。

关 键 词： 智能化变电站；交直流屏；供电可靠性；运维管理

Analysis of the Importance of AC/DC Panels in Intelligent Substations

Mi Haijun, Lei Jinfeng, Wang Zhenggao

Shaanxi Beiyuan Chemical Industry Group Co., LTD., Yulin, Shaanxi 719319

Abstract： This paper thoroughly examines the critical role of AC/DC panels in smart substations. As the core power supply equipment, these panels deliver stable and reliable power to critical substation devices through dual power switching for AC panels and modular design for DC panels. Their power supply principles focus on redundancy, intelligent switching, and stable output to ensure continuous and stable power delivery. The AC/DC panels not only guarantee power reliability through redundant design and fault self-diagnosis to prevent grid failures, but also protect equipment via overvoltage, overcurrent, and insulation monitoring measures, thereby reducing maintenance costs. Furthermore, the intelligent features and remote monitoring capabilities of AC/DC panels significantly enhance operational efficiency, providing crucial support for grid stability and lean substation management.

Keywords： intelligent substation; AC/DC panel; power supply reliability; operation and maintenance management

在电力系统智能化转型中，智能化变电站作为核心节点，其运行的可靠性与稳定性直接决定区域电网的供电质量。交直流屏作为变电站的核心供电设备，为二次设备和一次设备操作提供“能量中枢”，其功能完善性和运行稳定性对变电站效能至关重要。智能化变电站依赖数字化采样、网络化通信和智能化控制技术，实现设备实时监测与精准控制，交直流屏通过合理设计和冗余机制，为保护装置、测控设备、断路器操作机构和通信系统提供交流与直流供电保障，降低供电中断风险。本文基于交直流屏的技术特性与运行原理，结合智能化变电站需求，系统阐述其重要作用，为技术与工程应用提供参考。

一、交直流屏的基本功能与组成

（一）交流屏的用途

交流屏是智能化变电站交流供电系统的核心，为各类需交流电源的设备提供稳定可靠的电能。其负载包括高压配电柜照明、加热器、测控装置交流模块、通信设备交流接口等，这些设备的正常运行直接关系到变电站的日常运维。交流屏接收低压配电室多路交流输入，通过智能双电源转换开关实现故障时的快速切换，保障不间断供电^[1]。

同时，配备微机检测装置和监测仪表，实时采集运行参数，

提供准确的供电状态信息，便于运维人员及时处理异常。在智能化变电站架构中，交流屏与站内监控系统联动，实现远程监测与控制，提升智能化管理水平^[2]。

（二）直流屏的作用与组成

直流屏是智能化变电站直流供电系统的核心，为控制、保护、监控及断路器操作机构等关键设备提供稳定纯净的直流电源，满足高精度供电需求，保障设备协调工作。直流屏高度集成化与模块化，主要由充电柜、电池柜、馈线柜、多功能监控装置、高频开关电源模块、绝缘监测仪等部件组成。充电柜通过高频开关电源模块将交流输入转换为直流输出，具备多种充电模

式，确保蓄电池处于最佳状态^[3]。

电池柜内的蓄电池组作为备用电源，在交流输入停电时提供不间断供电。馈线柜负责直流电源分配，实现精准供电与故障隔离。多功能监控装置实时监测运行参数，具备多种功能，并通过通讯接口实现数据交互。绝缘监测仪实时监测绝缘状态，及时发出报警信号^[4]。此外，还配备降压硅链、隔离二极管、输出保险等辅助部件，确保系统安全运行。

（三）交直流屏的供电原理

交直流屏的供电原理围绕“交流供电保障”与“直流供电保障”展开，核心逻辑是“多路输入、智能转换、稳定输出、冗余备用”。交流屏以双电源切换为核心，正常运行时由主用电源供电，异常时自动切换至备用电源，确保交流负载不间断供电。双电源转换开关分为PC级与CB级，适用于不同场合，微机检测装置实时采集参数并上传至监控系统，实现全程监控。直流屏的供电涉及交流-直流转换、蓄电池充放电、直流电源分配等环节，通过多种机制确保供电的稳定性和可靠性^[5]。

二、交直流屏在智能化变电站运行中的核心价值

（一）供电可靠性保障

供电可靠性是智能化变电站运行的核心要求，任何形式的供电中断都可能导致严重后果。交直流屏通过多重冗余设计、快速故障切换与备用电源自动投入等技术手段，为智能化变电站提供全方位供电可靠性保障，是变电站安全稳定运行的“生命线”。在交流供电方面，交直流屏采用双电源输入与智能切换机制，两路交流电源分别取自低压配电室不同母线段，彼此独立、互不影响^[6]。正常运行时主用电源为交流负载供电，备用电源处于热备用状态；当主用电源出现故障时，双电源转换开关在毫秒级完成备用电源切换，确保交流负载不间断供电。

同时，交流屏配备过流保护、短路保护等装置，当负载回路发生故障时，迅速隔离故障点，避免故障蔓延至整个交流供电系统，保障其他负载正常供电。

在直流供电方面，直流屏的冗余设计更为完善。充电模块采用多模块并联运行方式，正常情况下多台模块同时工作、均分负载电流，单一模块故障时，其余模块自动分担故障模块负载，确保直流输出稳定连续。蓄电池组作为备用电源，具备大容量、长寿命特性，在交流输入完全中断时，能为直流负载提供数小时甚至数十小时持续供电，为运维人员处理故障、恢复交流供电争取充足时间^[7]。监控模块实时监测蓄电池电压、电流、温度等运行参数，通过智能充电管理策略避免蓄电池过充、过放，延长蓄电池使用寿命，确保其在应急情况下可靠投入运行。此外，交直流屏具备完善的故障自诊断与报警功能，实时监测供电系统运行状态，当出现异常情况时，及时发出声光报警信号，并通过通讯接口将故障信息上传至站内监控系统与调度中心，便于运维人员快速定位故障位置、分析故障原因并采取针对性处理措施，最大限度缩短故障处理时间，降低供电中断风险^[8]。

（二）设备安全防护功能

智能化变电站内集中了大量高精度、高价值电力设备，其安全运行直接关乎变电站整体运行安全。交直流屏凭借多重安全防护技术，为站内设备提供全方位保障，有效避免供电异常引发的

设备损坏、性能下降等问题，延长设备使用寿命，降低运维成本。过压保护是其关键安全防线：交流输入过压时，交流屏立即切断故障回路、切换备用电源，防止绝缘击穿、元件烧毁；直流输出过压时，开关电源模块自动停止输出并锁定，故障排除后重启，保护控制装置、断路器操作机构等敏感设备。

过流与短路保护是交直流屏重要的安全防护功能。交流屏输出回路配置空气开关、熔断器等元件，负载过载或短路时可快速切断故障回路，避免设备过热、烧毁。直流屏充电模块与馈线回路均设有过流保护，电流超标时模块自动保护，或馈线元件动作隔离故障^[9]。例如，开关电源模块过流时会点亮指示灯并间歇运行，防止内部元件损坏；直流馈线保险在短路时快速熔断，避免故障波及直流系统，保障蓄电池及其他负载安全。绝缘监测与接地保护对直流系统尤为关键。直流屏通过绝缘监测仪实时监测母线与支路绝缘状况，一旦出现绝缘降低、单点或多点接地故障，立即报警并精准定位故障支路，方便运维人员及时处置，确保直流系统安全稳定运行。

在智能化变电站中，直流系统绝缘故障可能导致保护装置误动作、断路器误分合闸等严重后果，绝缘监测仪的应用有效降低了此类风险。同时，交直流屏柜体接地良好，能将设备外壳感应电荷与故障电流及时导入大地，避免人员触电与设备损坏，保障运维人员人身安全与设备运行安全^[10]。

三、交直流屏对智能化变电站系统的影响

（一）支撑电网稳定运行

交直流屏为智能化变电站内关键设备提供稳定、可靠供电，间接支撑电网稳定运行，在电网故障隔离、负荷调整、应急恢复等过程中发挥重要作用。电网正常运行时，交直流屏确保保护装置、测控设备等实时监测电网运行参数，及时发现异常。当电网出现故障时，保护装置在交直流屏支撑下快速判断故障类型与位置，发出跳闸指令，避免故障扩大。若交直流屏供电中断，保护装置无法工作，可能导致故障蔓延，引发大面积停电。

交直流屏的备用供电能力为电网应急恢复提供保障。当变电站交流电源中断时，直流屏蓄电池组可立即投入，为关键设备供电，支撑运维人员完成故障隔离、线路重合闸等操作，加快电网恢复速度。同时，交直流屏与智能化变电站具备协同控制功能，监控模块与站内监控、电网调度中心实时通信，上传供电状态，助力调度人员制定科学策略，优化资源配置，提升电网稳定性与经济性。在新能源大规模并网的复杂环境下，交直流屏通过优化供电拓扑、提升电源转换效率、增强故障自诊断与自愈能力，为智能化变电站稳定运行提供坚实支撑。

（二）提升运维管理效率

交直流屏的智能化特性与站内监控系统的深度融合，为提升变电站运维管理效率提供重要支撑，降低运维成本，减轻运维人员工作负担，推动变电站运维向精益化、高效化转型。

1. 远程实时监测，打破时空限制

交直流屏配备的高性能监控模块可实时、精准采集各类运行

参数，包括交流输入电压电流、直流输出电压电流、蓄电池组的端电压充电电流以及模块运行温度等关键数据。这些参数通过专用通讯接口同步上传至站内监控系统与远程运维平台，实现数据的实时共享与同步更新。运维人员无需抵达变电站现场，只需通过办公终端或移动运维设备登录对应平台，即可全方位、多角度掌握交直流屏的运行状态，精准捕捉设备运行过程中出现的细微异常，提前预判潜在安全隐患。这种远程监测模式彻底打破了传统运维工作的时空限制，替代了以往人工现场巡检的繁琐流程，实现了对交直流屏设备的全天候无死角监控，有效减少了巡检盲区，大幅提升了运维工作的及时性与有效性，为变电站运维工作的高效开展奠定了坚实基础。

2. 故障自诊断定位，缩短处置周期

交直流屏内置完善的故障自诊断系统，与监控模块深度联动，能够对供电系统运行过程中的各类异常情况进行快速识别与分析。当系统出现过压过流绝缘下降模块故障等异常时，监控模块可在极短时间内诊断出具体故障类型，精准判定故障等级，同时启动声光报警机制，及时提醒运维人员关注处理。系统可准确定位故障发生的具体位置，明确故障支路或故障模块，并结合设备运行历史数据提供针对性的故障处理建议，为运维人员的检修工作提供清晰指引。这种故障自诊断与定位功能，有效避免了运维人员在检修过程中的盲目排查，减少了故障排查的时间成本，显著缩短了故障处理周期，大幅提升了检修工作的效率与质量，确保供电系统快速恢复正常运行。

3. 智能自动控制，降低劳动强度

交直流屏集成了全面的智能自动控制功能，涵盖自动充电管理自动电源切换运行参数自动调整等核心模块，实现了运维工作的自动化升级。在充电管理方面，系统可根据蓄电池组的运行状态自动切换充电模式，确保蓄电池始终处于最佳工作状态，延长蓄电池使用寿命。在电源供应方面，当主用电源出现异常时，系统可自动切换至备用电源，无需人工干预即可保障供电连续性。在参数调控方面，系统可根据负载变化和运行环境自动调整输出参数，维持供电稳定性。这些智能自动控制功能，无需运维人员

频繁前往现场进行手动操作，有效减少了日常运维的工作量，降低了人工操作过程中可能出现的失误风险，同时也减轻了运维人员的工作负担，让运维人员能够将更多精力投入到设备隐患排查和优化提升工作中。

4. 优化运维投入，管控运维成本

交直流屏的智能化升级的显著优势在于能够优化运维投入，实现运维成本的精准管控，提升变电站运维的整体经济效益。依托远程实时监测功能，运维人员可通过线上平台掌握设备运行状态，有效减少了巡检人力投入和巡检过程中的交通耗材等相关费用。同时，故障自诊断与定位功能实现了故障的早发现早处置，避免了小故障扩大为大隐患，减少了设备因故障损坏造成的更换维修成本。此外，设备的智能自动控制和智能化保护功能，降低了设备的损耗，延长了使用寿命，减少了更换频次，进一步压缩了运维成本。通过多维度的运维优化，交直流屏有效降低了变电站运维的人力物力财力投入，实现了运维成本的精细化管控，为变电站的高效稳定运行提供了经济保障。

四、总结

交直流屏作为智能化变电站的核心供电设备，其功能完善性、运行可靠性与技术先进性直接决定变电站的安全稳定运行与运维管理效率。交流屏通过双电源切换与智能分配，为交流负载提供稳定供电；直流屏凭借模块化设计与智能控制，为关键设备提供纯净可靠的直流电源，两者协同构建全方位供电保障体系。其供电原理围绕冗余备用、智能切换、稳定输出展开，确保供电连续性与稳定性。交直流屏通过冗余设计、快速切换与故障自诊断功能，提供高供电可靠性，避免电网故障；过压、过流、绝缘监测等安全防护措施有效保护设备，降低运维成本。交直流屏为变电站关键设备提供坚实供电支撑，保障电网稳定运行，其智能化特性与远程监控功能大幅提升运维管理效率，实现运维工作的高效化与精益化，为变电站精益化管理提供重要支撑。

参考文献

- [1] 曹轩, 田兴隆, 王龙. 一种应用于变电站的交直流掉电监测装置的研究 [J]. 电力系统装备, 2019, 28 (1): 2-5.
- [2] 汪成. 两种现行直流屏供电系统的优缺点分析及改进方法 [J]. 电工技术, 2019, 50 (12): 79-81.
- [3] 杨品哲. 变电站交直流屏电源远程监控系统的应用 [J]. 百科论坛电子杂志, 2021, 15 (18): 1023-1025.
- [4] 刘先进. 变电站直流屏的维修 [J]. 电气时代, 2019, 48 (11): 58-59.
- [5] 刘俊峰, 武清焱, 张庆庆, 等. 一种变电站智能直流屏 [P]. 中国: CN201920113769.2, 2020-12-29.
- [6] 苏卫强, 李祥, 杜思宇, 等. 自动控温式变电站直流屏柜防尘降温装置 [P]. 中国: CN201910181227.3, 2019-08-23.
- [7] 韩明学, 陈帅, 韩东, 等. 一种多功能电源的调压供电控制方法及系统 [P]. 中国: CN202510797501.5, 2023-06-15.
- [8] 孙兴泉. 一起变电站直流系统接地故障的处理 [J]. 农村电工, 2022, 30 (5): 54-56.
- [9] 蒋叶峰. 变电站直流屏蓄电池参数和容量选择 [J]. 中国水泥, 2019, 42 (3): 98-100.
- [10] 付荣. 智能化变电站运行维护技术分析 [J]. 工程技术 (文摘版), 2021, 18 (23): 202-204.