海洋石油电气系统的配电自动化技术

刘志博
中海油物装采购中心 北京 100000

摘 要 海洋石油是全球能源供应核心支柱，其开采作业的高效安全依赖电气系统稳定运行，从钻探设备到数据监测传输系统均由电气系统支撑。但海洋石油开采环境恶劣，电气系统受多重因素影响：设备运转产生的油雾可燃且会损坏关键部件；盐雾中腐蚀性物质会侵蚀设备绝缘层；人为因素，如操作不规范、维护不到位等也会引发电气事故，造成生产中断、经济损失和人员安全威胁。为应对挑战，配电自动化技术应运而生，包括智能开关设备、远程监控系统等核心内容。该技术在海洋石油电气系统多维度应用，通过三级配电自动化系统采集处理数据，统计计算掌握系统状态，智能化管理优化设备运行，故障预警报警快速响应故障，提升了电气系统可靠性、稳定性与供电连续性，为海洋石油开采提供坚实技术保障。

关键词 海洋石油；电气系统；配电自动化技术；影响因素

Distribution Automation Technology for Offshore Oil Electrical Systems

Liu Zhi-bo
CNOOC Materials & Equipment Procurement Center, Beijing 100000, China

Abstract Offshore oil is a cornerstone of global energy supply, and its efficient, safe exploitation depends on the stable operation of electrical systems that power everything from drilling equipment to data-acquisition and telemetry. However, the harsh offshore environment exposes these systems to oil mist (flammable and damaging to critical components), salt-laden corrosive atmospheres that attack insulation, and human factors such as improper operation or inadequate maintenance—all of which can precipitate electrical accidents, production shutdowns, economic loss and safety hazards. Distribution-automation technology—encompassing intelligent switchgear, remote-monitoring systems and three-level automation architecture—has emerged to meet these challenges. It acquires and processes real-time data, performs statistical calculations to ascertain system status, enables intelligent management to optimize equipment operation, and provides rapid fault warning/alarm response. The result is markedly higher reliability, stability and continuity of power supply, furnishing a solid technical safeguard for offshore oil exploitation.

Key words Marine Oil; Electrical System; Power Distribution Automation Technology; Influencing Factors

海洋石油作为全球能源供应的重要组成部分，其开采作业的高效与安全至关重要。电气系统是确保海洋石油开采顺利进行的关键环节。从海上钻井平台的钻探设备，到油气处理装置的运行，再到数据监测与传输系统的工作，都离不开电气系统的稳定运行[1]。电气故障会导致生产中断和经济损失，还可能引发安全事故，威胁人员安全和企业声誉。因此确保电气系统稳定运行十分重要。然而，海洋石油开采环境复杂恶劣，电气系统面临着诸多挑战[2]。因此，为了保障海洋石油电气系统的安全稳定运行，提高其应对复杂环境和故障的能力，配电自动化技术应运而生。

1 海洋石油电气系统运行的影响因素

1.1 油雾因素

海洋石油开采现场有大量机械设备，当设备运转时，润滑油因高温、高压和机械部件高速摩擦产生油雾。油雾含微小油滴与油气，悬浮空中使开采环境油雾浓度较高。油雾可燃，主要成分为有机化合物，如烃类物质，在空气中达到特定浓度会形成可燃混合气，遇明火或高热源易引发火灾甚至爆炸[3]。此外，油雾还可能损坏电气设备关键部件，导致接地及警报装置失效。

1.2 盐雾因素

海洋蒸发会产生含盐雾气，其主要成分包含氯化钠、氯化镁等具有腐蚀性的物质。盐雾会对电气设备的绝缘层造成侵蚀。其中，氯离子会破坏材料的分子结构，进而降低绝缘性能。绝缘层的损坏会致使电阻下降、电流出现泄漏情况，这有可能引发短路、设备损坏，甚至会导致火灾的发生，同时也会对人员安全构成威胁。因此，需要采取采用耐腐蚀材料、进行

密封处理等防护措施，并定期对设备开展检查与维护工作。

1.3 人为因素

在海洋石油电气系统运行中，操作人员专业能力、实践经验不足会直接影响设备安全运行。不熟悉操作规程可能导致设备电流异常，造成损坏；面对复杂故障时，经验不足会扩大故障范围；操作不规范，如未佩戴防护装备可能引发触电事故，易燃物品放置不当可能引发火灾[4]。

2 电气系统配电自动化技术

2.1 智能开关设备

智能开关设备作为配电自动化的核心部件，集成了电子技术、通信技术和智能控制技术。该设备借助智能单元，能够对开关操作进行精准控制，并实时监测其状态，可按照预设条件自动执行分合闸操作。当系统出现过载、短路等故障时，智能开关设备能够迅速响应，及时切断电路；在故障排除之后，还可自动恢复供电，从而有效提升系统的可靠性与稳定性。其故障检测功能主要通过传感器和算法对电流等参数进行监测，一旦发现异常情况，便会对故障点进行定位并实施隔离，以防止故障进一步扩散。

2.2 远程监控系统

远程监控系统作为达成海洋石油电气系统智能化管理的关键手段，借助传感器、通信网络以及监控中心的协同运作，实现对电气系统的实时监测与控制。传感器被部署于变压器、开关柜等关键设备之上，负责采集温度、电流等运行参数，并通过通信网络将其传输至监控中心。通信网络涵盖光纤与无线两种方式，分别用以满足高速传输与灵活部署的需求。监控中心由计算机和软件构成，其功能为分析数据并展示设备状态，运维人员能够远程操控设备且在设备出现异常时接收警报[5]。

2.3 故障检测与隔离技术

故障检测与隔离技术是保障海洋石油电气系统可靠运行的关键技术，能快速准确检测故障并隔离故障部分，减少故障影响。故障检测采用多种先进方法，实时监测电流、电压、功率因数等电气参数，判断系统是否有故障，参数超出正常范围可能存在隐患；运用信号分析技术，全面深入分析振动、温度、声音等关键信号，精准提取故障特征[6]。检测到故障时，智能开关或继电保护装置可切断故障线路，隔离故障设备，缩小影响范围，确保非故障区域供电，提升系统稳定性与可靠性。

2.4 自动恢复供电技术

自动恢复供电技术在故障排除后可自动恢复对用户供电，对提高供电连续性、减少停电损失意义重大。电气系统故障被隔离后，该技术开始发挥作用。首先，系统检测故障线路电气参数，确认电流、电压等正常后判定故障排除。之后，自动恢复供电系统按预设程序控制开关合闸，逐步恢复停电区域供电[7]。恢复过程中，系统监测供电质量，出现问题自动调整，确保稳定供电。例如，在海洋石油平台，配电线路因雷击故障停电，故障检测与隔离技术迅速隔离故障线路，维修完成后，系统自动检测并控制开关合闸恢复供电，降低经济损失、减少生产延误。

3 海洋石油电气系统中配电自动化技术的应用

3.1 采集数据与信号处理

相较于陆地环境，海上环境更为复杂，时常面临多变的气象条件，且所使用的设备类型丰富多样，包含具备不同功能与规格的各类装备。在这样复杂的环境以及多样的设备条件下，实施配电自动化面临着诸多挑战。为应对这些问题，采用三级配电自动化系统，其架构如图1所示。



图1 系统架构图

第一级系统负责整体调度与宏观管理，能实时监测电网运行状况，把控动态数据并快速制定最佳供电方案。同时，该系统承担配电自动化系统的管理与维护工作，通过定期检查、优化调整等确保系统处于最佳运行状态，为海洋石油电力系统安全高效运行提供技术保障。

第二级系统像是配电设备的“健康管理专员”，对设备运行实施全时段监测。其具备实时收集数据、分析设备状态的功能，还能够提前对设备故障发出预警、估算设备剩余使用寿命，从而使设备维护工作更具科学依据。远程操控、故障排查等工作均由其负责。

第三级系统执行上级指令，借助模块采集与处理数据，完成远程控制任务。其核心是全天候监控供电设备并实时调整，增强系统灵活性以响应不同用电需求。这种快速响应可使电网迅速处理突发故障和用电高峰问题，确保供电稳定安全。

3.2 数据统计与计算

该技术具备数据采集、统计以及计算等功能，可为工作人员提供关于系统的全面视角，有助于了解系统的运行状况。系

统主机在接收遥测与遥控信号之后，会对数据进行实时分析，提取诸如继电保护动作次数、功率值等关键信息，以此评估系统状态，确保系统稳定运行[8]。系统还能够依据电压、电流、温度等数据判断设备状态，并通过光纤通信向间隔单元发送命令，从而实现实时操作。这一高度集成且自动化的体系增强了系统的高效性、安全性与稳定性，保障了海洋石油开采的电力供应以及开采工作的稳定开展。

3.3 系统管理与输出报警

配电自动化系统达成了海洋石油电气系统的智能化管理。该系统依据电力需求以及设备状态，对发电机、变压器等的运行方式予以优化。在用电高峰时段，启动备用发电机；在用电低谷时段，调整变压器分接头以减少损耗。借助负荷控制技术，系统针对非关键设备实施启停操作或进行功率调整，以此平衡电力供需，确保系统稳定运行。

故障预警是配电自动化系统重要功能之一。系统实时监测、分析电气设备运行数据，利用故障预测模型提前发现潜在故障隐患并预警。例如，当监测到变压器油温持续升高、绕组电流异常增大等情况，系统按预设阈值和诊断算法，判断其有过热或过载风险，及时向运维人员预警，提醒采取加强监测、安排检修等措施，避免故障发生和扩大。

配电自动化系统能在电气系统故障时迅速报警，通过声光装置、短信、邮件等告知工作人员。报警信息含故障类型、位置、时间及分析建议，协助工作人员快速定位并处理。例如，线路短路时，系统提示故障位置、电流大小，建议先断电再排查修复，可缩短故障处理时间，降低对生产影响，保障电气系统安全稳定运行。

4 结束语

综上所述，海洋石油电气系统稳定运行对石油开采作业至关重要，但该系统易受油雾、盐雾和人为因素影响。油雾有火灾风险且损坏电气设备，盐雾腐蚀绝缘组织引发漏电、短路问题。此外，人为操作不当、检验和维护不到位也可能导致电气事故。配电自动化技术通过智能开关、远程监控、故障检测与隔离及自动恢复供电等功能，实现对电气系统的智能监测与控制，保障供电连续性。在海洋石油电气系统中，配电自动化技术在采集数据与信号处理、数据统计与计算、系统管理与输出报警等方面发挥重要作用，为电气系统的稳定运行提供了有力支持。

参考文献

[1]张伟强.海洋石油电气系统配电自动化研究[J].石化技术,2024,31(2):131-133.

[2]李华岭,高建勇,王玉府.基于仪表自动化技术的智能建筑电气系统设计研究[J].电气技术与经济,2025(5):322-324.

[3]高松.自动化技术提升海洋石油电气仪表可靠性的研究[J].机电产品开发与创新,2025,38(3):98-100.

[4]崔庆伟.电气自动化技术在海洋石油生产作业中的运用[J].新潮电子,2025(3):100-102.

[5]吴天敏.电气系统自动化在石油工程中的应用[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(5):79-82.

[6]王亮.海洋石油装备的智能维护与自动化监测技术研究[J].中国设备工程,2025(2):183-185.

[7]邢东,高翔.海洋石油化工仪表中的自动化控制技术分析[J].今日自动化,2025(1):6-8.

[8]吕冰冰.自动化控制技术在海洋石油平台仪器仪表中的应用研究[J].仪器仪表用户,2025,32(5):90-92.

（本文编辑 曹 阳）

