

[照明系统]

智能低碳控制在海上油田照明系统中的应用

文/孟才植

中海石油（中国）有限公司曹妃甸作业公司

以海上油田中心平台及无人平台的照明系统为研究对象，设计并应用由检测模块、感应模块和控制器等组成智能低碳照明系统。实现照明故障智能识别、故障照明自动恢复、光感节能控制、远程控制与故障统计等功能，形成智能化故障管理与节能管理的海上油气田照明系统新模式。

随着社会的发展，海洋石油开采规模逐渐扩大，海上油气开采能力逐步增强。海上平台的数量也逐渐增多，海上油气田通过电力组网的形式形成油田群电网，海上油气田对电能的需求增大。随着碳达峰、碳中和目标的明确，海上油气田进行绿色低碳化转型。在能源结构转型过程中，需要充分分析用能结构与特点，采用具有针对性的节能减排技术。海上油田用电负荷主要分为基础型负荷、生产工艺型负荷和应急型负荷。生产工艺型负荷为海上油气田生产工艺流程中的设备，应急型负荷包含海上平台消防、救援和逃生等关键设备，基础型负荷主要为照明与海上生活用电设备。基础型负荷虽然在海上油气田能源消耗中占比不大，但属于持续投运状态。初步估算单个海上平台每年照明消耗电能近50万kW·h。随着海上油田规模的扩大，基础型照明负荷的绿色低碳管理产生较大的经济与环保效益。

海上油田传统照明系统

1. 传统照明系统组成

现阶段海上平台传统照明系统主要分为两类，分别是气体放电型与节能LED型。海上平台使用的气体放电型灯具主要为高压钠灯与荧光灯。进入21

世纪，新建海上平台逐渐采用节能LED灯具，但仍处于传统照明控制模式。结合智能技术，气体放电型与节能LED型海上照明系统可以进行精准的分区块与分类型的智能化节能控制。

海上平台传统照明系统通常由低压变压器、照明及小功率配电盘和现场灯具组成。海上平台380 V低压系统通常使用三相三线制，照明系统的低压变压器将三相380 V供电变换为三相220 V的供电系统。通过照明及小功率配电盘向现场照明灯具提供220 V供电。照明系统一般配备正常照明低压变压器与应急照明低压变压器，正常照明低压变压器为正常照明配电盘供电，提供海上平台生产生活的主要照明供电。应急照明低压变压器为应急照明配电盘供电，提供海上平台的应急照明供电，应急照明在正常工况下处于运行状态。

2. 传统照明能耗分析

按照灯具类型，传统海上油气田照明系统中主要使用投光灯、泛光灯、线性灯和舱顶灯。按照灯具布置区域分为室内灯具与室外灯具。室内灯具包括生产区房间内灯具与生活区内部灯具。生产区室内灯具主要以舱顶灯、线性灯为主；生活区室内灯具主要以线性灯为主。室外灯具分为甲板区域、通道区域和扫海区域。甲板区域主要使用

泛光灯，配合投光灯；通道区域常使用泛光灯与线性灯；扫海区域使用投光灯。其中，投光灯与泛光灯耗能相比较，线性灯在海上平台使用数量较多。

在海上平台照明设计时，按照夜间情况设置灯具布置、选型和数量。照明系统设计满足相关区域的最低照度要求。在实际应用中，考虑到日间阳光照射，不同区域对于照明灯具的使用需求不同。通过引入智能控制技术，可以有针对性地合理调整灯具的投运和退出，在满足照度要求的情况下充分进行节能降碳。

实施智能低碳照明的需求分析

1. 绿色低碳发展方向

我国能源企业根据碳达峰、碳中和战略目标，主动进行能源结构的绿色低碳转型。中国发布《绿色发展行动计划》，制定碳达峰、碳中和行动方案，低碳已成为企业发展和文化建设的重要组成部分。海洋石油从制度、管理和技术等多方面开展节能低碳工作。海上油气田照明系统现阶段处于长期持续运行的状态，照明灯具全天处于投用状态。在日间阳光充足的情况下，照明灯具产生的照度远不如自然光。部分区域的照明灯具在日间退出运行，不会对区域亮度造成影响，日间适当停运部分照明灯具节约一定的电能。运用智能低碳控制技术，实现海上平台不同区域不同条件的照明节能调节，是绿色低碳发展的需求与必然。

2. 海上平台无人化发展

在战略转型过程中，海洋石油紧跟时代发展方向，尝试从传统模式到数字化的跨越。海上平台无人化是海洋石油高效发展的方向与需求，智能化是促进海上平台无人化的有效途径。需要加强对海上无人平台照明系统运行状态的控制与监测。照明系统的稳定运行，是保障无人平台远程视频监控系统有效发挥作用的基础。

在无人化的发展中，实现照明故障的智能监测与自动恢复是无人平台对于照明系统的基础要求。智能化的照明系统一方面实现照明系统的绿色低碳控制，另一方面通过智能技术减少专业工作人员的工作量。照明系统的智能低碳控制技术从降碳、降本和增效等方面均具有一定的实际应用价值。

智能低碳照明的设计思路

围绕绿色低碳及无人化的发展方向，智能低碳照明系统主要实现光感节能自动调控、照明故障智能处理和远程交互控制功能。

1. 光感节能自动调控功能

光感节能控制功能对海上平台舷边照明进行光感节能控制。当自然光强度足够时，自动熄灭海上平台舷边照明灯具。待自然光强度不足时，自动恢复舷边照明，保证平台照明满足工作要求。

微光感应功能对甲板通道区域进行微光感应控制。在无人员工作时，灯具处于微光照明状态。当人员经过时，灯具自动恢复满照度模式，保障工作照度最优。当环境自然光照不足时，自动投运通道附近泛光灯进行补充，保障夜间照度满足要求。

微波感应功能使用在生活区非关键公共区域及单元式卫生间。在无人员经过时，自动熄灭灯具，进行节能。当有人员经过时，自动恢复照明，保障生活照明需求。

2. 照明故障智能处理功能

设计照明线路及照明灯具故障智能处理功能。智能检测分析单灯内部光源故障、整灯故障、照明线路故障和系统配电盘柜故障等照明系统故障。对故障发生率较高的单灯内部光源故障进行智能故障恢复。当发生单灯内部光源故障时，自动投运内部备用光源，及时自动恢复区域照度。

3. 远程交互控制功能

为满足海上平台无人化发展趋势，在智能低碳照明系统中设计远程交互控制功能。在远程上位机切换光感照明与强制照明的模式，查看照明系统运行数据，查看及统计照明报警信息。通过远程交互控制功能，满足状态智能监控与远程操作的需求。

智能低碳照明系统的组成

1. 光感节能系统

(1) 光感控制

光感控制部分由光感探头、转换模块、可编程控制器、驱动电路和现场节能灯具等组成。光感探头用于检测环境亮度，将检测信号传输至转换模块，由转换模块处理后将光感信号送至可编程控制器。经过可编程控制的逻辑处理，由可编程控制器通过驱动电路控制照明线路接触器动作，进

而控制照明灯具的运行与退出。

转换模块、可编程序控制器和接触器等置于海上平台照明及小功率盘附近，光感探头置于海上平台室外安全区域。光感控制主要控制海上平台通用照明灯具，无须对灯具进行批量改造。光感控制在海上平台传统照明系统中实施的可行性高，且线路改造无须较复杂工程。

在甲板内部通道、生活区域的光感节能照明使用微波感应灯管，相关检测、转换和动作模块均集成在灯管内部。光感节能系统架构如图1所示。



图1 光感节能系统架构

(2) 强制切换

光感控制受环境亮度控制。在实际使用中，存在光线充足条件时，仍需要强制运行全部灯具的情况。由强制切换电路实现强制投运与强制停运功能。强制切换主要由继电器电路逻辑完成，逻辑信号、手动控制均可实现强制切换。当逻辑信号故障丢失时，继电器电路自动切换至强制全部投运状态，增加照明系统可靠性。强制切换电路主要控制光感照明主进线接触器及旁路接触器。强制停运功能通过分断主进线接触器实现。强制投运功能通过吸合旁路接触器实现，将光感控制接触器的投退进行旁通。

2. 故障处理系统

(1) 照明故障检测

在智能照明故障处理系统中，通过主进线电流变送器、主进线电压变送器、主进线高精度零序电流互感器和分路电流变送器等采集照明系统电信号。将照明系统运行数据传输至可编程序控制器，经逻辑分析智能判断照明系统故障。通过比较分析运行电流、电压和零序电流等数据，识别线路故障及照明盘柜故障。通过线路运行电流的变化，识别单灯内部光源故障及整灯故障。由于电流数据是逻辑

智能分析的技术数据，因此需要结合灯具额定电流选择分辨率较为适宜的电流变送器。

(2) 单灯光源故障切换

常规海上平台使用的线性灯内部配有两个光源，光源通常为灯带或灯管。常规灯具内部灯源在运行中处于持续点亮状态。单灯光源故障切换功能通过在灯具内增加备用光源、光照检测模块和光源切换模块等实现。光照检测模块置于灯具内部单光源处，通过隔离罩避免灯具内部其他光源对此检测模块的影响，实现检测模块与单光源的唯一对应关系。备用光源在灯具正常运行时处于熄灭备用状态。当单光源故障后，经过延时，检测模块发出信号。通过切换模块启用备用光源，实现故障恢复，保障灯具照度不减弱。如图2所示。

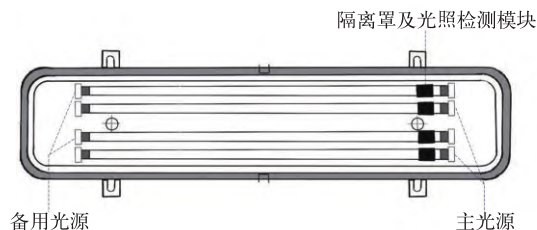


图2 光源故障切换灯具示意图

3. 交互与远控系统

通过可编程序控制器、人机交互界面、海底复合电缆和上位机等组成交互与远控系统。可编程序控制器是智能低碳照明系统的逻辑处理核心部件。可编程序控制器与人机交互界面进行数据传输，实现本地人机交互控制。通过海底复合电缆中的光线，实现远程工作区上位机与可编程序控制器的数据交互，完成远程监测、统计与控制。借助远程系统，检修人员可以便捷掌握照明系统的运行情况与故障数量，精准携带备件集中进行批量检修。

智能低碳照明的应用案例

智能低碳照明系统已在渤海区域某油田进行初步尝试。经过实际验证，智能低碳照明系统能够在阴天、雨雪等海上恶劣环境下运行，可以实现智能照明调整。随着冬夏季日出及日落时间的变化，智能低碳照明系统进行智能调整，保障照明有效。故障处理及远程交互系统可以有效进行故障分析、恢复和统计。由于单灯内部光源故障切换功能，检修人员将由分散多次的检修模式调整至批量集中式检

修模式，减少了人员工作量，提高了工作效率。灯具的故障数据为配件采购与储备提供了基础数据，为合理采购提供参考。在实现绿色低碳的同时降低维护成本。

结束语

绿色低碳与智能数字化是海上油气田的发展方向。需要全面评估分析海上油气田用能情况，逐步针对各用能系统进行设计，优化海上油气田的运行模式与能源结构。海上油气田照明系统的智能低碳化控制是在海洋石油勘探开采技术升级过程中的产物。在智能低碳照明系统的推广与应用过程中，仍需对照明系统进行进一步升级。将海洋能、风能和太阳能等可再生能源引入海上油气田照明供电甚至主供电系统中，持续深入挖掘海上油气田照明及用能系统绿色智能技术，推动海洋石油行业向绿色、智能和可持续的开采运行模式转型。

(收稿日期：2022-08-01)

参考文献

- [1] 刘琳, 魏春先, 周雷, 等. 海洋石油平台LED照明设计方法研究[J]. 电气时代, 2017(10): 99-100, 107.
- [2] 张俊峰. 中国海油应对能源转型的低碳发展策略与实践[J]. 中国海上油气, 2021, 33(3): 207-213.
- [3] 张铨. 照明节能技术在建筑电气工程中的应用[J]. 光源与照明, 2021(3): 16-17.
- [4] 孟才植. 电气工程自动化节能环保技术[J]. 江西电力职业技术学院学报, 2022, 35(3): 8-9, 12.
- [5] 海伟, 高延峰, 岳保忠, 等. “双碳”环境下基于铁路生产管控平台的郑州南站智慧照明控制系统研究[J]. 电气应用, 2022, 41(7): 66-73.