

绿色船厂光伏-储能-负荷微电网电气自动化管理实践

蔡光旭

友联船厂（蛇口）有限公司 广东深圳

【摘要】绿色船厂在“双碳”目标背景下，亟需通过新能源与智能化技术实现能效优化与绿色转型。光伏-储能-负荷微电网电气自动化管理实践，旨在探索船厂在复杂工况下实现能源清洁利用与负荷动态调节的路径。通过光伏系统的高效接入、储能系统的智能调度以及负荷侧的优化控制，构建起稳定、安全、低碳的微电网运行模式，不仅提升了船厂的能源自给率和电能质量，还有效降低了峰谷差异带来的成本压力。本研究强调了电气自动化管理平台在实现实时监测、智能调度与协同控制中的关键作用，为绿色船厂建设提供了可推广的实践经验与技术支撑。

【关键词】绿色船厂；光伏；储能；微电网；电气自动化管理

【收稿日期】2025 年 10 月 24 日

【出刊日期】2025 年 11 月 24 日

【DOI】10.12208/j.jeea.20250211

Electrical automation management practice of PV-energy storage-load microgrid in green shipyards

Guangxu Cai

Yiulian Shipyard (Shekou) Co., Ltd. Shenzhen, Guangdong

【Abstract】 Against the backdrop of the "dual carbon" goals, green shipyards are in urgent need of optimizing energy efficiency and achieving green transformation through new energy and intelligent technologies. The practice of electrical automation management for PV (photovoltaic)-energy storage-load microgrids aims to explore a path for shipyards to realize clean energy utilization and dynamic load regulation under complex operating conditions. By enabling the efficient integration of PV systems, intelligent dispatching of energy storage systems, and optimized control on the load side, a stable, safe, and low-carbon microgrid operation mode has been established. This mode not only improves the shipyards' energy self-sufficiency rate and power quality but also effectively reduces the cost pressure caused by peak-valley differences. This study emphasizes the key role of the electrical automation management platform in realizing real-time monitoring, intelligent dispatching, and coordinated control, providing promotable practical experience and technical support for the construction of green shipyards.

【Keywords】 Green shipyard; Photovoltaic (PV); Energy storage; Microgrid; Electrical automation management

引言

绿色船厂的建设已成为推动船舶工业绿色低碳发展的重要抓手。船厂生产过程中的能源消耗巨大，若仅依赖传统电网供电，将导致能效低下和碳排放增加。近年来，光伏与储能技术的发展为船厂能源管理提供了新的解决思路，而微电网作为一种灵活、智能的能源系统形态，能够在分布式能源利用与负荷调控中发挥突出作用。电气自动化管理技术则为微电网运行提供了数据支撑与智能决策，使光伏、储能与负荷之间实现高效耦合与动态平衡。本文旨在探讨绿色船厂在实际生产场景下的光伏-储能-负荷微电网电气自动化管理实践，既关注能源利用效率提升，也聚焦智能化平台在稳

定运行与低碳转型中的作用，以期绿色制造提供参考路径。

1 绿色船厂能源消耗特点与现有问题

绿色船厂在生产过程中具有能源消耗规模大、负荷波动明显、用能环节复杂等典型特征。船厂建造大型船舶时，需同时进行焊接、切割、喷涂、电机试验、舾装等多类高能耗工序，这些工序对电力需求具有瞬时性和随机性，导致电网负荷峰值不断攀升。与传统制造企业相比，船厂的生产作业周期跨度更长，工位分布更广，设备功率差异更大，能源需求表现出高集中度与高不确定性并存的特点。在传统供电模式下，单一依赖外部电网供电，不仅容易造成供电紧张和电能质量下降，

还使得船厂在电力市场价格波动中处于被动局面。随着绿色发展理念的深化,船厂能源系统亟需通过新型电力技术与能源管理方式实现优化配置。

现有的船厂用能结构存在明显的问题,其中一个核心表现是能源利用效率偏低。传统电力调度模式缺乏灵活性,难以应对负荷波动带来的冲击,往往导致设备低负荷运行或频繁启停,从而加速能耗设备的损耗并提升运维成本。船厂作业的分散性还导致了输电损耗居高不下,尤其是在港区及船坞区域,远距离供电使线路电能损失更为明显^[1]。部分船厂仍以化石燃料作为辅助能源,在柴油机发电或供热过程中带来额外的碳排放压力,与绿色转型目标背离。能源消费模式的粗放性,不仅限制了绿色船厂的发展潜力,也使其在全球造船业绿色竞争中处于劣势。

从能源管理角度来看,船厂在数据采集与实时监控方面的不足亦是瓶颈。传统电气系统以人工巡检和定时抄表为主,信息反馈存在滞后,无法支撑复杂作业条件下的动态能耗调节。能源管理缺乏数据化、智能化的支持,使得船厂难以在负荷峰谷间采取灵活的响应策略。与此同时,安全性问题也不容忽视,部分电力设备长期超负荷运行,极易造成电能质量波动、电压闪变乃至局部停电,对生产连续性构成威胁。上述问题凸显了在绿色船厂建设中,引入光伏、储能以及电气自动化管理平台的必要性和紧迫性。

2 光伏与储能系统在船厂微电网中的集成应用

在绿色船厂建设过程中,光伏发电系统的引入为清洁能源替代提供了有力手段。船厂厂区屋顶、办公楼和船坞上方均具备较大面积的可利用空间,这为分布式光伏电站的建设创造了良好条件。通过合理布局光伏组件,可以有效利用日照资源,将光能转化为电能,为船厂生产与办公环节提供可再生能源支持。光伏系统在微电网中的作用不仅体现在减轻对外部电网的依赖,还在于能够在峰值负荷时段提供补充电力,从而降低电费支出和电网峰值压力。然而,光伏发电受天气和昼夜周期影响,电力输出具有间歇性与波动性,需要与储能系统相结合,才能实现稳定运行。

储能系统在微电网中的集成应用,成为解决光伏间歇性的重要途径。通过配置锂电池、液流电池等新型储能装置,船厂能够在光照充足时储存富余电能,并在负荷高峰或光照不足时释放电力,形成削峰填谷的效果。储能装置不仅可以平抑光伏出力波动,还能通过与微电网能量管理系统协同,实现快速响应和动态调节。在特殊场景下,储能系统还可充当应急电源,保

障关键工序在突发停电时的持续运行,提升船厂整体供电的可靠性与安全性。这种灵活性显著改善了船厂能源结构,有助于构建稳定、低碳、高效的电力体系。

光伏与储能的集成需要电气自动化技术的全面支撑。通过建立能量管理系统,光伏与储能可以在发电、存储与释放之间形成有机协同,实现能源流的动态平衡。系统能够实时监测光伏发电量、储能荷电状态和船厂负荷需求,结合预测模型,进行最优调度。举例来说,在白天负荷低谷期,系统可优先将光伏电力存入储能设备;在夜间或负荷高峰期,则释放储能补充用电需求^[2-6]。通过这种调度模式,船厂能够降低外部电网的购电比例,优化能源成本结构。光伏与储能的深度融合,标志着绿色船厂在能源利用模式上迈出了实质性的一步,为后续电气自动化管理与智能化升级打下了坚实基础。

3 电气自动化管理平台在负荷调控与能效提升中的作用

电气自动化管理平台是绿色船厂微电网的核心枢纽,承担着信息采集、数据处理、能量调度和系统优化等多重功能。通过部署先进传感器和通信网络,平台能够实时获取各类能源数据,包括光伏出力、储能状态、用电设备运行功率、电能质量指标等。这些数据在统一平台上进行集中处理,为负荷预测和优化调度提供决策支持。相比传统管理方式,自动化平台能够实现秒级的数据更新和毫秒级的调度指令下达,保证微电网在复杂生产条件下依然保持高效运行。数字化、网络化和智能化的融合,使得船厂在能源管理上具备了更强的主动性和前瞻性。

在负荷调控方面,电气自动化管理平台通过智能算法实现动态调整,确保供需平衡与能效最优。平台能够基于历史数据与实时监测,建立负荷预测模型,提前预判高峰时段,并调动光伏和储能系统进行匹配。对于高功率的焊接设备、起重机、电动舾装工具,系统可在峰值负荷前进行提前供能或延迟启动,避免瞬时功率冲击^[7]。同时,平台还可采用分级控制策略,将非关键负荷在必要时进行削减,以保障核心工序的持续稳定。通过这一机制,船厂不仅能提高用能灵活性,还能显著降低峰值负荷带来的电费成本与电能质量风险。

能效提升是电气自动化管理的最终目标之一。平台能够结合能效评估模型,对船厂的不同用能环节进行综合诊断,识别高耗能设备和能效低下的工序。基于分析结果,系统可以制定针对性的优化措施,例如提升焊接机组功率因数、优化空压机运行逻辑、改进照明系

统控制方式等。这些措施在自动化管理平台的支持下得到高效执行,减少了人为干预的不确定性。通过循环迭代的能效优化,船厂能够逐步形成节能降耗的长效机制,实现经济效益与环保效益的双赢。电气自动化平台不仅是一种管理工具,更是绿色船厂迈向智能制造的重要支撑。

4 绿色船厂微电网管理实践的应用成效与优化思路

绿色船厂在光伏-储能-负荷微电网电气自动化管理实践中的应用,已经在多个方面取得了积极成效。首先在能源利用效率上显著提升,通过光伏发电的清洁能源替代与储能系统的灵活调节,船厂整体电能自给率不断提高,有效降低了对外部电网的依赖。峰谷负荷差异得到削减,电能质量得到改善,部分船厂甚至实现了生产作业环节的局部自给自足。在碳减排方面,光伏电力的消纳与储能调度相结合,显著减少了化石能源的使用,形成了低碳、绿色的生产模式。这种转型不仅符合国家“双碳”战略,也为船舶工业的国际竞争力提供了支撑。

在电气自动化平台的支撑下,微电网管理实践还带来了管理方式的革新。过去依赖人工经验进行的电力调度,如今能够借助数据驱动和智能算法实现精准执行。能源系统的透明化与可视化,使船厂管理者能够实时掌握能耗状况,并通过平台进行远程控制与动态调度。管理效率的提升不仅体现在能耗控制方面,也延伸至设备运维与安全保障,平台通过大数据分析 with 智能诊断,提前识别潜在故障,降低了停机风险与维护成本。绿色船厂逐步建立起智能化、精细化的能源管理体系,为行业树立了可复制的示范样板。

未来的优化思路仍需进一步探索。光伏与储能系统的容量配置需要更加科学,过高的投资会增加经济负担,过低的容量则无法实现理想的能效目标。因此,基于大数据与人工智能的容量优化算法,将成为提升系统经济性的关键。同时,电气自动化平台的功能仍有拓展空间,未来可以引入更多智能终端,实现从单一工序到全厂级的能源一体化管理^[8]。在能源交易和需求响应机制日益完善的背景下,绿色船厂还可通过参与电

力市场,实现多能互补与价值最大化。通过持续的技术创新与实践积累,绿色船厂微电网管理将逐步走向更高效、更智能、更低碳的发展道路。

5 结语

绿色船厂光伏-储能-负荷微电网电气自动化管理实践,充分展示了清洁能源与智能化技术在船舶工业绿色转型中的融合价值。通过光伏系统的清洁供能、储能装置的灵活调节及自动化平台的精准调控,船厂能源利用效率得到提升,碳排放得到有效控制,管理模式实现智能升级。这一实践不仅为船厂绿色发展提供了可行路径,也为推动制造业绿色转型与“双碳”战略落地积累了重要经验。

参考文献

- [1] 邱思雨,俞立严. “反内卷”持续推进光伏组件厂商现业绩改善信号[N]. 上海证券报,2025-08-25(004).
- [2] 乔翔. 巨轮“六百”交付记:一座船厂的“中国制造”破浪密码[N]. 中国证券报,2025-08-15(A07).
- [3] 郭凤群,申蕾,刘博. 船厂智能微电网技术应用浅析[J]. 智能建筑电气技术,2025,19(03):15-16+42.
- [4] 李超,赵文扬,曹永康. 场所精神理念下哈尔滨旧船厂更新探索[J]. 城市建筑空间,2025,32(03):73-75.
- [5] 朱安庆,徐浩天,周红. 船厂作业人员动态定位系统的设计与应用[J]. 造船技术,2025,53(01):28-34.
- [6] 赵博. 中国五大船厂的“绿色交付”[J]. 中国船检,2024,(08):22-30.
- [7] 王治宜. 绿色船舶工业的内涵及评价准则[J]. 舰船科学技术,2023,45(03):182-185.
- [8] 原磊,廖旋. 船舶绿色制造技术的运用分析[J]. 船舶物资与市场,2020,(08):15-16.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS