

# 关于港口电气自动化发展策略

唐杰<sup>1</sup> 毛岸见<sup>1</sup> 武海<sup>1</sup> 丁国强<sup>1</sup> 李彦飞<sup>2</sup>

1. 宁波大榭集装箱码头有限公司 浙江 宁波 315812

2. 北仑第二集装箱码头分公司 浙江 宁波 315812

**摘要:** 为推动港口电气自动化高质量发展,助力智慧港口建设,以宁波大榭集装箱码头等实际场景为依托,阐述港口电气自动化的核心定义、支撑技术,分析宁波港口电气自动化发展现状与现存瓶颈,重点从技术、管理、绿色安全三个维度,提出核心技术自主创新、系统架构标准化、多技术融合及配套保障策略,兼顾实用性与专业性,为港口电气自动化转型提供可行路径,助力港口实现高效、绿色、安全的可持续发展。

**关键词:** 港口; 电气自动化; 核心技术; 现状与问题; 发展策略

引言: 随着全球贸易升级与智慧港口建设提速,电气自动化作为港口转型升级的核心支撑,其发展水平直接决定港口作业效率、运营成本与安全保障能力。宁波作为我国沿海核心枢纽港,港口电气自动化已初步形成规模化发展格局,但仍面临核心技术自主化不足、系统兼容性差、人才短缺等问题。基于此,本文结合宁波港口实际运营情况,系统阐述港口电气自动化相关概念与核心技术,分析发展现状与瓶颈,提出针对性发展策略,为港口电气自动化高质量发展提供理论与实践参考。

## 1 港口电气自动化相关概念与核心技术

### 1.1 港口电气自动化的核心定义与内涵

港口电气自动化是依托电气控制技术、信息技术与港口作业流程深度融合,实现港口装卸、运输、仓储、调度等全环节电气设备的自动控制、智能监测与高效协同的技术体系,是智慧港口建设的核心支撑与硬件基础。其核心内涵涵盖三层:(1)设备层面的自动化,即起重机、输送机、集装箱岸桥等核心作业设备的电气驱动与运行自动化,替代人工操作降低人为误差;(2)系统层面的协同化,通过电气控制系统实现各作业环节的联动调度,打破设备与流程壁垒;(3)管理层面的智能化,借助电气信号采集与数据分析,实现设备状态监测、故障预警与能效优化,推动港口作业从“人工操控”向“智能管控”转型,核心目标是提升港口作业效率、降低运营成本、保障作业安全、实现绿色低碳发展。

### 1.2 港口电气自动化核心支撑技术

港口电气自动化的稳定运行依赖多类核心技术协同支撑,其中最关键的包括三大类:(1)电气控制技术,以PLC(可编程逻辑控制器)、DCS(分布式控制系统)为核心,是自动化系统的“大脑”,实现对港口各类电气设备的精准控制与逻辑联动,完成作业流程的编程控

制、信号反馈与应急处理;(2)检测与感知技术,通过电流传感器、压力传感器、激光检测仪、视觉检测单元等设备,实时采集电气设备运行参数与作业环境数据,为控制决策提供精准数据支撑,从源头保障设备安全稳定运行;(3)通信与集成技术,涵盖工业以太网、5G工业模组等通讯方案,实现控制信号、数据信息的稳定传输,同时通过系统集成技术,将电气控制系统与港口管理系统、调度系统无缝对接,打破信息孤岛,实现全流程数据互通与智能调度<sup>[1]</sup>。

## 2 宁波港口电气自动化发展现状与存在问题

### 2.1 宁波港口电气自动化发展现状

宁波港口作为我国沿海核心枢纽港,电气自动化发展已形成标杆引领、全域推进的格局。目前,核心港区已建成较为完善的自动化作业体系,远控桥吊、远控龙门吊、无人集卡等设备广泛应用,实现装卸、水平运输等核心环节的自动化管控。依托自主研发的智能调度系统,融合5G、数字孪生等技术,打造港区“智慧大脑”,实现设备运行状态实时监测与协同调度。与此同时,针对老旧港区电气设备升级改造正有序推进,通过变频器升级、电控系统优化等方式,有效提升设备运行稳定性与节能水平。在绿色低碳发展方面,绿色电气技术与自动化系统深度融合,岸电覆盖与绿色电力应用逐步推广,形成兼具效率与环保的发展模式。

### 2.2 宁波港口电气自动化存在问题

宁波港口电气自动化发展仍面临诸多瓶颈。(1)系统兼容性不足,部分老旧港区设备与新建自动化系统接口标准不统一,存在信息孤岛,制约全流程作业协同与数据互通。(2)核心技术自主化有待提升,部分高端电气控制部件、精密传感与检测设备仍较多依赖国外产品。在技术升级、系统维护和供应链安全方面存在一定

风险。(3) 运维体系与人才结构滞后,传统运维模式难以适配自动化设备的高效管理需求,同时兼具现场经验与智能系统运维能力的复合型技术人才短缺。(4) 绿色自动化协同效应未形成,老旧船舶与岸电设施适配性较差,部分绿色电气技术推广受成本与应用场景限制,尚未形成规模化协同效应<sup>[2]</sup>。

### 3 港口电气自动化发展的核心策略

#### 3.1 核心技术自主创新与迭代升级

针对当前港口电气自动化核心部件依赖进口、自主化水平不足的问题,重点推进三大领域的自主创新与迭代,打破技术垄断,提升系统稳定性与可控性。(1) 高端电气控制部件自主研发。聚焦PLC(可编程逻辑控制器)、DCS(分布式控制系统)等核心控制设备,联合国内科研机构与企业,开展定制化研发,适配港口高负荷、高湿度、强干扰的作业环境。针对宁波港口自动化码头设备运行特点,优化控制器的抗干扰能力与响应速度,解决进口设备适配性不足、维修成本高、响应滞后等问题,逐步实现核心控制部件的国产化替代,降低供应链安全风险。同时,推动变频调速技术、伺服驱动技术的迭代升级,研发高效节能的变频控制器,适配港口起重机、输送机等大型设备的运行需求,减少能耗的同时提升设备运行稳定性。(2) 精密检测与传感技术创新。结合港口电气设备运维实际,研发适配港口复杂环境的高精度传感设备,重点突破电流、电压、温度等关键参数的精准检测技术,解决传统传感设备易受粉尘、海水腐蚀影响,检测精度不足的问题。例如,针对宁波港口沿海作业环境,研发耐腐蚀、抗干扰的红外检测传感器与振动传感器,实现对电气设备运行状态的实时监测,精准捕捉设备故障隐患,为预测性维护提供数据支撑。推动检测技术与数据处理技术融合,优化数据采集与分析算法,提升故障识别的准确率与及时性,减少设备非计划停机时间。(3) 核心系统自主迭代优化。依托宁波港口等标杆港区的应用实践,对港口电气自动化控制系统进行自主迭代,优化系统逻辑控制流程,提升系统的协同调度能力。例如,针对宁波港口新旧港区系统衔接不畅的问题,研发统一的系统迭代升级方案,实现老旧系统与新建自动化系统的平滑衔接,提升全流程作业效率。

#### 3.2 标准化电气自动化系统架构构建

当前国内港口电气自动化存在系统接口不统一、数据互通困难、设备兼容性差等问题,构建标准化的电气自动化系统架构,是打破信息孤岛、提升系统协同效率的关键。(1) 制定统一的系统接口标准。结合行业规范

与宁波港口实际运营需求,联合行业协会、科研机构与设备供应商,制定港口电气自动化设备接口、数据传输协议等统一标准,明确不同类型、不同年代电气设备的接口规范,实现新旧设备、不同系统之间的无缝对接。例如,规范PLC、传感器、调度系统等设备的接口参数,确保数据能够高效互通,解决宁波港口新旧港区系统数据割裂、协同效率偏低的问题,推动全港区电气自动化系统的一体化管理。(2) 构建标准化的系统架构体系。按照“统一规划、分步实施”的原则,构建“感知层-传输层-控制层-应用层”的标准化电气自动化系统架构。感知层统一部署标准化的传感与检测设备,确保数据采集的统一性与规范性;传输层采用标准化的工业以太网、5G工业模组等通信技术,保障数据传输的高速、稳定;控制层采用标准化的控制策略与算法,实现对各类电气设备的精准控制;应用层搭建标准化的管理与调度平台,实现设备运维、作业调度、能效管理等功能的一体化应用。结合宁波港口的实际,重点优化架构的兼容性与扩展性,为后续技术升级与设备更新预留空间。(3) 推动设备选型与运维标准化。建立港口电气自动化设备选型标准,明确设备的技术参数、性能指标与兼容性要求,避免设备选型混乱导致的系统不兼容问题。制定标准化的设备运维流程与规范,明确运维内容、频次与标准,结合宁波港口的运维实际,优化故障排查、保养维护的流程,提升运维效率与质量,延长设备使用寿命,降低运维成本<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 多技术融合应用(5G、AI、数字孪生等)

依托新一代信息技术,推动多技术与港口电气自动化深度融合,是提升港口电气自动化智能化水平的关键,结合应用场景,重点推进5G、AI、数字孪生等技术的融合应用。(1) 5G与电气自动化系统深度融合。充分利用5G高速率、低时延、广连接的特点,替代传统工业以太网,实现港口电气设备控制信号、运行数据的高速传输。例如,在宁波港口自动化码头,通过5G网络实现远控桥吊、无人集卡的实时控制,降低控制时延,提升作业精度与效率;利用5G广连接特性,实现全港区电气设备的全覆盖监测,打破空间限制,提升设备运维的便捷性。此外,推动5G与边缘计算融合,将数据处理能力下沉至边缘节点,减少数据传输压力,提升系统响应速度,适配港口实时控制与应急处置的需求。(2) AI技术在电气自动化中的应用。将AI技术融入港口电气自动化的控制、监测与运维全过程,提升系统的智能化水平。在设备控制方面,利用AI算法优化电气设备的运行参数,实现设备的自适应调节,提升运行效率与节能

效果；在故障监测方面，基于AI机器学习算法，对电气设备运行数据进行分析，实现故障隐患的精准预测与识别，提前采取处置措施，减少设备故障停机时间。结合宁波港口的实际，重点研发AI-based故障诊断系统，针对起重机、输送机等核心设备的常见故障，建立故障数据库，通过AI算法不断优化诊断模型，提升故障诊断的准确率。（3）数字孪生与电气自动化协同应用。构建港口电气自动化系统的数字孪生模型，将电气设备、控制系统、作业流程等进行数字化复刻，实现物理系统与数字系统的实时联动。例如，在宁波港口，搭建电气自动化系统数字孪生平台，实时映射设备运行状态、作业进度等信息，通过数字模型进行模拟仿真，优化设备运行参数与作业流程，提升作业效率；同时，利用数字孪生模型开展设备虚拟运维与培训，降低运维成本与培训难度，提升运维人员的操作水平<sup>[4]</sup>。

#### 4 港口电气自动化绿色低碳与安全发展策略

港口电气自动化的可持续发展，需兼顾绿色低碳转型与安全稳定运行，结合宁波港口等枢纽港实际运营场景，聚焦能效提升、安全防控两大核心，制定以下针对性策略。（1）构建绿色电气自动化节能体系。依托港口电气自动化技术，推动节能技术与自动化系统深度融合，优化电气设备运行参数，推广变频调速、能量回收等节能技术，降低港口电气设备能耗。结合宁波港口沿海特点，完善岸电供电系统，优化岸电与船舶的适配性，推动绿电与电气自动化系统协同应用，搭建能效管理平台，实时监测设备能耗数据，精准调控能耗节点，实现自动化与绿色化协同推进，助力港口碳减排目标实现。（2）完善电气自动化安全防护体系。针对港口电气设备高负荷、强干扰的作业环境，优化自动化系统安全防护设计，增设过流、过压、防雷等保护装置，提升设备抗干扰能力。建立电气设备安全监测机制，利用自动化检测技术实时捕捉设备安全隐患，实现故障预警与快速处置，防范电气火灾、设备故障等安全风险。（3）推

动绿色与安全技术融合应用。将数字孪生、AI等技术融入绿色低碳与安全管控，构建可视化监控平台，实现能耗监测与安全预警一体化。规范电气自动化设备安全运维流程，定期开展设备安全检测与节能排查，加强运维人员安全与节能操作培训，确保绿色低碳技术落地的同时，保障港口电气自动化系统安全稳定运行。（4）强化跨部门、全流程联动，将绿色节能指标纳入绩效考核体系，推动运维人员将环保理念融入日常操作。通过技术革新与管理落地双轮驱动，确保港口电气自动化系统在保障安全稳定的基础上，实现绿色低碳的可持续发展，为港口行业的绿色转型提供坚实支撑。

#### 结束语

本文围绕港口电气自动化发展策略，系统阐述了港口电气自动化的核心概念、支撑技术，分析了宁波港口电气自动化发展现状与现存瓶颈，从技术自主创新、系统架构标准化、多技术融合及绿色安全保障等方面，提出了针对性的发展策略。研究表明，港口电气自动化的高质量发展，需突破核心技术瓶颈、完善标准化体系、强化多技术融合，同时做好管理保障与绿色安全协同。未来，需持续推动核心技术自主化升级，优化保障体系，推动电气自动化与智慧港口建设深度融合，助力港口实现高效、绿色、安全、可持续发展，为我国港口转型升级提供参考。

#### 参考文献

- [1]赵清晴.港口机械电气自动化技术与控制策略分析[J].中国设备工程,2025(14):229-231.
- [2]朱清理,王珍平.关于港口电气自动化发展的几点思考[J].新潮电子,2025(6):73-75.
- [3]李学鹏,张晨玮.基于港口机械电气自动化技术改进方向的几点思考[J].中国设备工程,2025(15):211-213.
- [4]成晓宇,周基峰,宋辉辉.港口设备电气自动化技术的应用研究[J].中国储运,2025(7):82-82.