

探析 RTG 改造核心电气设备配置

罗柏林

珠海国际货柜码头（高栏）有限公司，广东 珠海 519000

DOI:10.61369/ERA.2026080024

摘 要： 轮胎式集装箱门式起重机是港口装卸作业的关键设备，其电气控制系统性能直接影响运行效率与安全。随着原有进口变频器及 PLC 产品停产，设备故障率上升，维修成本增加，改造成为必然选择。该研究以珠海港高栏国际货柜码头一台 2008 年投产的 RTG 为对象，分析其变频器与 PLC 的国产化替代方案，重点探讨设备选型、系统兼容性、施工内容及技术特点，为类似老旧设备改造提供参考。

关 键 词： 轮胎式集装箱门式起重机；PLC；电气设备配置

Exploring the Configuration of Core Electrical Equipment in RTG Renovation

Luo Bolin

Zhuhai International Container Terminal (Gaolan) Co., Ltd., Zhuhai, Guangdong 519000

Abstract： Tire type container gantry crane is a key equipment for port loading and unloading operations, and its electrical control system performance directly affects operational efficiency and safety. With the discontinuation of imported frequency converters and PLC products, equipment failure rates have increased and maintenance costs have risen, making renovation an inevitable choice. This study takes a RTG that was put into operation in 2008 at the Gaolan International Container Terminal in Zhuhai Port as the object, analyzes the localization replacement plan of its frequency converter and PLC, focuses on equipment selection, system compatibility, construction content, and technical characteristics, and provides reference for the renovation of similar old equipment.

Keywords： tire type container gantry crane; PLC; electrical equipment configuration

引言

港口集装箱运输量持续增长，对装卸设备的可靠性与智能化提出更高要求。部分早期投入使用的 RTG 面临电气控制系统老化、备件短缺等问题，原有进口品牌产品因停产导致维修周期延长、成本上升。采用国产品牌高性能变频器与 PLC 进行升级改造，成为提升设备运行水平的重要路径。该研究结合一项实际改造项目，分析国产汇川设备替代富士产品的技术方案，探讨核心电气设备配置的合理性及其实施要点。

一、项目概述

（一）项目背景

珠海港高栏国际货柜码头有限公司有一台轮胎式集装箱门式起重机，它是在 2008 年正式投入生产的，而它的成套电控柜则是 2007 年制造的；这台设备原配的起升变频器是富士 FRN200VG7S-4LC，小车变频器是 FRN37VG7S-4LC，大车变频器是 FRN75VG7S-4LC，PLC 系统是 MICREX-SX SPM 系列；这些电气设备出厂时间都早于 2007 年，等到改造计划启动那会儿，它们已经被用了差不多 18 年。

长期运行过程中，变频器与 PLC 的故障发生率逐年上升，可修复性显著下降。由于富士该系列产品早已停产，原装配件供应渠道不畅，采购周期长且价格昂贵，严重影响设备正常维护与应

急抢修能力。为恢复设备运行可靠性、延长其使用寿命，码头方面决定对该 RTG 的变频器与 PLC 系统实施整体升级改造。

（二）项目特点

1. 采用国产品牌全面替代进口产品

在这个项目里头，汇川技术生产的 MD880 系列变频器以及 EVO810 系列 PLC 被选用了，它们替换掉了原有的富士 VG7S 系列变频器和 MICREX-SX SPM 系列 PLC；这么一换，就体现出了港口设备电气控制系统方面的一种国产化趋势。

2. 系统兼容性与稳定性要求高

对于系统兼容性和稳定性这一块，要求是比较高的；新设备得跟原有的机械结构、制动电阻、外部传感器以及执行机构都配合好，同时还要让操作习惯还有故障诊断的逻辑保持连续、不要断掉，这样一来就能减少操作人员再培训的花费。

3. 施工内容涵盖软硬件全流程

项目不仅包括旧设备的吊装、拆卸与新设备的安装接线，还涉及电气图纸重新设计、PLC 程序更新、故障显示屏软件编程、老化控制电缆更换及系统调试等多个环节。

4. 设备参数匹配精确

对于设备参数匹配这块，要求是挺精确的；新选出来的变频器呢，在功率、电流还有尺寸这几个方面，跟原来的设备基本上是保持一致的，也可能是稍微优化了一点，这样一来，就能在不改动原有主电路结构的前提之下，把替换工作给无缝地完成掉。

二、新旧核心电气设备对比分析

（一）变频器配置对比

起升机构方面，原富士 FRN200VG7S-4LC 变频器额定功率 200kW，电流 377A，外形尺寸为 680mm×1000mm×360mm。新选汇川 MD880-01S-0441-4-SG 变频器额定功率 220kW，电流 441A，尺寸为 360mm×1134mm×500mm。新设备功率与电流略有提升，有利于增强起升机构的过载能力，宽度减小而高度略有增加，厚度不影响原有安装空间。

小车机构方面，原富士 FRN37VG7S-4LC 变频器功率 37kW，电流 75A，尺寸 375mm×550mm×270mm。新选 MD880-01S-0078-4-SG 变频器功率 37kW，电流 78A，尺寸 265mm×510mm×387mm。功率保持不变，电流略微上升，整体体积缩小，便于柜内布置。

大车机构方面，原富士 FRN75VG7S-4LC 变频器功率 75kW，电流 150A，尺寸 375mm×740mm×270mm。新选 MD880-01S-0149-4-SG 变频器功率 75kW，电流 149A，尺寸 300mm×542mm×425mm。功率一致，电流基本持平，宽度与高度明显减小。

制动单元方面，原富士 BU220-4C 外形尺寸 250mm×160mm×450mm，新选汇川 MDBUN-200-T 尺寸 187mm×192mm×380mm，体积更紧凑。制动电阻仍沿用原有 2 套 45kW/3.7Ω 配置，无需更换。

从整体对比来看，新变频器在保持或提升性能的前提下，体积普遍减小，有利于柜内散热与维护操作。功率等级的匹配性良好，无需调整主回路电缆及保护装置。

（二）PLC 系统配置对比

原富士 PLC 系统包括：CPU 模块 NP1PS-32R 一块，电源模块 NP1S-22 五块，输入模块 NP1X1610（AC120V）十二块、NP1X1606-W（DC24V）五块，输出模块 NP1Y16R-08 五块、NP1Y16T09P6 两块，通讯模块 NP1L-ET1 一块，远程通讯模块 NP1L-OL2 一块，RS232 通讯模块 NP1L-RS2 一块，模拟量输入模块 NP1AX04-MR 一块。模块种类多、电压等级不统一，增加了备件储备和故障排查难度。

新选汇川 PLC 系统：CPU 为 EVO810-0122-U0R0，电源模块 GL20-PS2 五块，输入模块 GL20-1600END 十七块，输出模块 GL20-0008ER 七块，通讯模块 GL20-RTU-EIP 一块，远程

通讯模块 Easy302-0808TN 一块，RS232 模块 GR10-EC-6SW 一块，模拟量输入模块 GL20-4AD 一块，并新增 IT7100E 触摸屏一块。

新系统里，所有电压等级都是 24 伏直流电，输入输出模块都用相同型号，模块类型也减少明显；这样维修人员就能更快识别和更换，另外系统还加了一个触摸屏，故障显示更直观，人机交互能力也变强了^[1]。

三、系统集成与调试方案

（一）变频器系统集成

该系统继续采用共直流母线这种电能供给方式。起升变频器整流单元负责将三相交流电转换成直流电，随后把直流电分别输送给起升、大车、小车变频器的直流母线。制动装置选用外挂型 MDBUN-200-T，该装置与原有的两套 45kW/3.7Ω 制动电阻共同工作。这样的结构维持了原有主电路的电路拓扑形式，因而降低了改造给供电系统带来的冲击。汇川 MD880 系列变频器能够兼容多类编码器，拥有用户编程能力以及后台软件监测功能。其硬件采用模块化设计，支持灵活组合软硬件模块，不必修改程序就能适应不同场合的需要。故障出现后平均半小时内即可恢复生产的处理机制，对港口不间断的作业环境很有价值。

此外，这种集成方案充分保留了原有设备中可继续使用的部分，仅针对关键环节进行替换，既减少了额外的工作量，又保障了系统运行的连续性。借助共直流母线的能量共享特性，各机构在制动过程中产生的回馈电能能够互相利用，从而提升了整体能源利用效率。整个改造过程无需重新铺设大量电缆，现场施工难度较低，对港口正常作业的干扰也被控制在较小范围之内^[2]。

（二）PLC 系统集成

新 PLC 与各机构变频器之间采用 EtherNet/IP 工业以太网总线通讯。EtherNet/IP 具有更高的实时性与同步精度，支持 500μs 周期内同步控制 32 轴，满足 RTG 多机构协同作业的要求。

EVO810 系列 PLC 采用四核处理器，主频 1.8GHz，具备纳秒级指令处理速度。本体可扩展 32 个 GL20 系列刀片式 I/O 模块，集成 2 路独立以太网口，支持 EtherNet/IP、OPC UA、Modbus TCP 等多种协议。本体集成 UPS 功能，无需外接不间断电源即可实现数据掉电保存，提升了系统在电网波动情况下的可靠性。

（三）调试与验收流程

调试工作分为以下阶段。第一阶段为离线调试，在新设备安装前完成 PLC 程序写入、变频器参数设置及模拟量通道校验。第二阶段为空载调试，设备安装接线完成后，在无集装箱条件下测试各机构动作是否正常，检查通讯稳定性及故障显示准确性。第三阶段为负载调试，逐步增加载荷至额定值，测试起升、小车、大车在满载情况下的动态响应与制动性能。第四阶段为连续运行考核，模拟典型作业流程，统计故障发生率及系统响应时间^[3]。

验收标准包括：各机构动作平稳无异常振动，变频器输出电流在额定范围内，通讯总线无丢帧现象，故障显示屏能够准确

捕获并显示模拟故障，制动单元动作正常且制动电阻温升符合要求。

四、国产化替代的技术价值

（一）提高设备可靠性

原有富士变频器与 PLC 使用年限接近二十年，电子元器件老化导致故障率上升。电解电容、光耦、继电器等关键元件性能下降，引发过压、过流、通讯中断等常见故障。由于产品停产，维修时只能使用拆机件或仿制品，可靠性进一步降低。

汇川 MD880 系列变频器采用十年长效硬件器件配置，多项故障处理机制确保现场快速恢复。EVO810 系列 PLC 按照风电设计标准制造，具备抗电磁干扰能力，支持线形、星形、环形网络拓扑，适应港口多尘、高温、潮湿的恶劣环境。国产化替代显著降低了因电气故障导致的停机时间。

（二）降低运维成本

备件供应方面，汇川作为国内工业自动化领域的头部企业，在全国主要港口城市设有服务网点，常用模块可在 24 小时内送达。相比进口品牌长达数月的采购周期，维修效率大幅提升。

备件价格方面，国产模块的采购成本约为进口原装产品的三分之一至二分之一。统一输入输出模块型号后，只需储备 GL20-1600END 和 GL20-0008ER 两种 I/O 模块，减少了备件种类与资金占用。

人员培训方面，汇川 PLC 编程环境符合相关标准，支持梯形图、结构化文本、顺序功能图等语言，国内电气工程师熟悉程度高，降低了学习成本。

（三）推动港口装备国产化进程

港口机械核心电气设备长期依赖进口品牌，存在技术封锁与供应链风险。该改造项目成功应用汇川 MD880 变频器与 EVO810 PLC，验证了国产品牌在大功率、高可靠性场景下的适用性。汇川 2023 年营业收入超过 300 亿元，研发投入 26.24 亿元，研发人员超过 5000 人，已在国内伺服、变频器、小型 PLC 市场占据领先份额。这种技术积累为港口装备的全面国产化奠定了基础^[4]。

五、项目效益与推广前景

（一）直接经济效益

改造完成后，该 RTG 的电气故障率预计下降 60% 以上，年停机时间减少约 80 小时。按每小时作业 25 个自然箱、每个自然箱利润 200 元估算，每年可减少因故障造成的作业损失约 40 万元。备件采购成本较改造前下降约 50%，年节省备件费用约 8 万元。综合计算，项目投资回收期约为 2.5 年^[5]。

（二）间接效益

设备可靠性提升后，码头作业计划不受突发故障干扰，船时效率得到保障。操作人员反映新系统的人机界面更友好，故障信息以中文形式直接显示，减少了故障排查时间。统一电压等级与模块型号后，维修人员的工作强度明显降低。

（三）推广价值

该改造方案适用于同批次使用富士 FRN 系列变频器及 NP1PS 系列 PLC 的 RTG 设备。国内港口中 2005 年至 2010 年间投产的 RTG 大量存在，普遍面临类似的老化与备件短缺问题。汇川 MD880 与 EVO810 的组合具有参数匹配性好、安装尺寸适应性强、通讯协议兼容性高等特点，可推广至轨道式集装箱门式起重机、岸桥等其它港口机械的电气改造项目中。这种改造方式不仅延长了老旧设备的使用寿命，还显著降低了后续维护成本，对提升港口整体运行效率也起到了积极作用^[6]。

结束语：老旧 RTG 变频器与 PLC 的国产化改造，是解决进口设备停产困境的有效路径。珠海港高栏码头改造项目通过选用汇川 MD880 变频器与 EVO810 PLC，实现了性能提升、成本降低与运维简化。新旧设备在功率等级、尺寸规格、系统拓扑方面的良好匹配，保证改造的可行性与安全性。国产电气设备在可靠性、供货周期、技术支持方面优势，为港口机械持续运行提供有力保障。改造模式对国内港口同类设备的升级有参考价值，有助于推动港口装备核心控制系统的自主可控进程。

参考文献

- [1] 阮雷斌, 张海峰. 港口 RTG 绿色低碳改造技术研究及应用 [J]. 中国港湾建设, 2025, 45(8): 16-20, 55.
- [2] 曹仪明, 周佳文. 传统码头 RTG 远程操控改造方案 [J]. 中国港口, 2021(3): 31-33.
- [3] 韦德成. PLC 技术在电气设备自动化控制中的应用 [J]. 现代工业经济和信息化, 2024, 14(3): 145-147.
- [4] 邱晓鹏. 电气设备自动化控制中 PLC 技术的应用 [J]. 大众标准化, 2020(22): 180-181.
- [5] 焦亮亮. PLC 技术在电气设备自动化控制中的应用 [J]. 今日自动化, 2023(6): 1-3.
- [6] 赵黎晶. 轮胎式集装箱起重机电缆布置方案 [J]. 工程机械, 2022, 53(9): 120-125.