

国产 PLC 用于苏北运河船闸控制系统研究

张殿余, 颜廷雪

(京杭运河江苏省交通运输厅苏北航务管理处, 江苏 淮安 223000)

摘要 本文对目前船闸电气控制系统使用的国外可编程序控制器 (PLC) 的现状进行了较为全面的分析, 以此指出国产 PLC 控制系统的优点及应用的必要性, 对国产 PLC 的品牌组成、选型比较、优劣特点及发展趋势进行了全面的介绍; 主要实现了用国产 PLC 实现船闸的自动控制, 并给出了比较详细的系统测试过程, 系统架构、应用软件及相关配置方案, 还介绍了船闸的结构与工作原理, 以期对建设自主可控国产 PLC 船闸自动控制系统的完善具有积极的意义。

关键词 国产 PLC; 苏北运河船闸; 控制系统

中图分类号: U66

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)11-0061-03

1 研究的背景和意义

中国大运河始建于公元前 486 年, 由隋唐大运河、京杭大运河、浙东大运河三大部分组成^[1]。京杭大运河江苏段全长 683 公里, 是华东地区仅次于长江的“黄金水道”, 为提升苏北段通航效率, 苏北运河正在实施智慧化船闸升级改造, 智慧船闸的安全可靠与高效运行主要依靠自动化和国产化技术创新得以实现。

2018 年 5 月, 习近平总书记在两院院士大会上表示, 要以关键共性技术、前沿引领技术、现代工程技术、颠覆性技术创新为突破口, 敢于走前人没走过的路, 努力实现关键核心技术自主可控, 把创新主动权、发展主动权牢牢掌握在自己手中^[2]。随着国家政策的支持和引导, 国产芯片的行业发展迅猛, 国产 PLC 安全性稳定性得到显著提升, 为船闸 PLC 国产化替代实现提供可能。

近年来, PLC 作为船闸控制的“核心大脑”, 受以“实体清单”为代表的美国的“卡脖子”政策限制, 旧备件停产、设备采购周期长等已严重威胁船闸安全稳定运行, 船闸控制系统 PLC 国产化替代迫在眉睫。

2 现状分析

2.1 PLC 现状

PLC 控制是当今自动化控制的主流, 号称是工业大脑, PLC 在功能上已经十分强大, 其性能接近于专为工业控制设计的紧凑型计算机系统, 同时在扩展性和可靠性方面展现出显著优势。

PLC 进口品牌有: 西门子、施耐德、AB、GE 等。

1. 中型 PLC: 西门子、施耐德、欧姆龙、三菱。

2. 小型 PLC: 西门子、欧姆龙、三菱、LS、松下。

国内 PLC 品牌: 台达、汇川、合信、亿维、科威、和利时等。

1. 国产品牌 PLC: 基于进口硬件开发的 PLC, 如汇捷、汇川、海为、和利时、中控技术等。

2. 国产自主可控 PLC: 基于国产自主可控硬件开发的 PLC 产品, 如傲拓科技、电子六所等公司的产品, 也包括北京和利时、中控技术自主可控芯片为架构的 PLC 系列。

2.2 船闸 PLC 控制系统应用现状

据不完全统计, 我国共有 1000 余座通航船闸, 在水利和交通行业, 船闸 PLC 主要品牌为法国施耐德 MODICON 系列、日本欧姆龙 CS1D 系列、西门子 1200 系列及 S300 系列等^[3]。京杭运河船闸在全国船闸最具代表性, 控制系统主流 PLC 为施耐德 M340 系列, 主要架构为: 该系统采用基于单 CPU 站点的分散控制架构, 包含一个 CPU 主站点和三个 PLC 从站点。现场电气信号通过线缆传输到各本地 PLC 从站点进行处理。系统包含两个光纤以太环网: 环网 1 由上、下游值班亭交换机与船闸监控调度中心交换机通过光纤连接而成, 负责数据传输和通信; 环网 2 则由连接四个分布于不同机房的 PLC 站点的交换机通过光纤组成, 实现站点间的数据交互和备份。

3 主要研究内容及关键技术

3.1 主要研究内容

船闸控制核心设备 PLC 国产化应用研究: 结合国家对核心设备自主安全可控要求, 借鉴电力、水利等

其他行业国产化 PLC 应用情况，针对船闸控制系统实现国产 PLC 替代方案进行研究并试点应用。

船闸控制系统国产化 PLC 应用及研究主要目的和工作任务包括：

1. 研究提出船闸集控 + 现地整体控制系统国产化替代的可行性方案。

2. 创建并形成一套完善的船闸控制系统国产化综合测试及试验软硬件平台。

3. 为船闸国产化控制系统的试验验证和实施工作提供技术支撑和准备。

3.1.1 控制系统设备国产化技术及应用的调研和船闸国产化替代可行性分析

收集国产控制系统设备（服务器、工作站、PLC 等）生产厂家的技术资料并进行技术交流，对船闸及其类似的工业控制应用案例进行实地调研和资料收集，完成船闸控制系统国产化设备技术水平和国产化替代可行性的比较分析。

3.1.2 研究并提出船闸控制系统整体国产化替代工作方案

结合船闸通航运行的安全性和实施改造工期短的要求，提出整体同时替代实施（全替代方案）和分分期替代实施（局部替代方案）两种国产化改造方案。

1. 全替代方案：集控系统 + 现地系统国产化替代工作整体同时实施方案。

2. 局部替代方案：先期进行集控系统国产化工作，后期再进行现地控制系统国产化工作的分分期实施方案。

3.1.3 船闸控制系统国产化综合测试及试验软硬件平台

在船闸控制系统国产化全替代工作方案研究成果的基础上，结合船闸控制系统的实际系统架构、控制工艺和应用需求，完成测试及试验软硬件平台的方案设计。

3.2 关键技术

3.2.1 船闸控制系统国产 PLC 实时性、可靠性、安全性研究

PLC 控制系统是实时性控制系统，与上位机组态软件通信实时性也需要验证。控制器产品的设计和开发以控制功能为核心，注重实现短信号处理时间和高通信速度。

可靠性研究主要从国产 PLC 的模块配置、硬件抗干扰能力、电源及接地、数据储存及 IO 通道的可靠性进行研究，从而评估国产 PLC 与进口品牌之间的差距、

船闸安全可靠运行等因素，为船闸的智慧化提供技术支持。

安全性研究主要从《GB/T 33008.1-2016 工业自动化和控制系统网络安全可编程序控制器（PLC）第 1 部分：系统要求》^[4] 给出了系统能力等级（CL1-4 级）相关要求进行验证。依据该国家标准中的 PLC 网络安全技术要求，对其安全防御技术进行了全面的归类整理，涵盖了设备安全、安全区域、网络安全管理等多个方面。

3.2.2 船闸控制系统国产 PLC 硬件及工业控制网络技术研究

苏北运河船闸大多数为三线船闸并行，未来淮安要新建四线船闸。新的船闸管理模式催生新的船闸控制模式和工业控制网络架构更新，为区域集中控制提高可靠性和高效率。

3.2.3 船闸控制系统国产 PLC 编程软件

国产 PLC 编程软件除了影响基本功能实现之外，还体现在用户操作起来是否直观、简单、方便，初学者是否容易入门。菜单的设置合理、工具栏上的按钮和工具栏上的按钮便捷、大量使用拖放功能、强大的帮助功能、剪贴板功能、仿真器功能、程序段的划分功能、可组态的界面功能等，同时还具有防错和查错的措施。

3.3 总体技术路线

基于国产品牌 PLC 和自主可控 PLC 的现状、未来发展趋势，结合京杭运河船闸群的应用场景从安全性、可靠性、经济性、可扩展性上系统深入地研究国产自主可控 PLC 替代进口品牌 PLC 的可能性、优劣性。

3.4 分项技术路线

3.4.1 国产自主可控 PLC 与进口品牌 PLC 的关键技术研究技术路线

国产自主可控与进口 PLC 在硬件性能上主要针对以下指标进行应用研究分析。

1. 存储容量：用户程序存储器的容量。

2. IO 点数：PLC 能够同时处理或连接的输入信号和输出信号的总数。

3. 扫描速度：PLC 性能的重要指标，衡量 PLC 执行一定量的用户程序所需时间。

4. 指令的功能与数量：编程指令强大且丰富，提升了 PLC 处理复杂任务的潜力。编程难易还受技能、硬件配置和系统设计影响。功能强大的 PLC 能简化复杂控制逻辑的实现。

5. 内部元件种类和数量：种类和数量越多，表示

PLC 的存储和处理各种信息的能力越强。

6. 特殊功能单元：PLC 控制功能的扩展得益于特殊功能单元种类的增加及其功能的强化。

7. 可扩展能力：PLC 的可扩展能力包括 I/O 点数的扩展、存储容量的扩展、联网功能的扩展以及各种功能模块的扩展。

3.4.2 国产自主可控 PLC 的品牌之间的关键技术研究技术路线

自主可控 PLC 是基于国产 CPU 芯片和国产化操作系统软件，拥有自主知识产权，具有自主设计研发、制造检测以及运行维护的能力的工业控制技术，而国产自主可控品牌 PLC 之间的区别与关键技术是重点。

3.5 实验平台及测试演练应用

船闸控制系统的结构由集中监控系统、网络设备和现地控制系统三部分组成，其主要设备包括 PLC、计

算机设备（服务器、工作站、操作系统）、组态软件、数据库、工控交换机、工控网络信息安全和定制应用软件开发平台等几个主要部分^[5]，目前上述硬件设备和软件均具备国产化替代的能力。本次研究以 PLC 为主，应用方案主要包括拟选用傲拓科技、中控技术和北京和利时三家国产自主可控 PLC 建立实验平台，针对船闸的应用场景对 PLC 的硬件和编程软件进行研究，包括高可靠性嵌入式硬件、嵌入式实时操作系统、实时控制软件、工业实时网络和现场总线、高精度时钟网络同步、高速背板总线技术、高速冗余同步技术、控制组态软件等全面自主研发。

3.6 测试平台演练

搭建船闸控制系统 PLC 演练平台，为京杭运河的船闸国产化研究提供长期的技术支持。测试平台 PLC 配置如表 1 所示。

表 1 测试平台 PLC 配置表

PLC (国产自主可控)		套	1
CPU 模块	双以太网 CPU, 龙芯处理器, 内置 2 个 RS232 (标准 MODBUS), 2 个以太网口 (标准 MODBUS/TCP), 程序空间 16M	台	1
数字量 DC 输入模块	32 点输入 24VDC (漏型)	台	3
数字量 DC 输出模块	32 点输出 24VDC 晶体管	台	2
模拟量输入模块	16 通道, 电流, 单端	台	1
模拟量输出模块	4 通道, 电流输出	台	2
电源模块	24VDC 输入, 功率: 50 W	台	1
底板	12 槽背板	台	1
端子	模块连接端子	台	9
适配器	总线适配器	台	2
模块	空槽模块	台	2

另外，基于工业控制系统网络安全等保二级相关要求，在该测试平台增加一台工业防火墙，以测试国产 PLC 在网络安全等保二级标准应用场景下的研究。

4 结束语

本文通过深入比较分析 PLC 在国内外船闸控制领域的应用现状，系统研究了船闸控制核心设备 PLC 的国产化应用技术路线，不仅成功构建了基于国产 PLC 的苏北运河船闸自动控制系统，还提出了搭建国产自主可控 PLC 实验平台的创新思路，旨在为技术验证与优化提供坚实的基础。这一系列工作不仅促进了船闸控制技术的国产化进程，更为京杭运河乃至更广泛领域的船闸国产化研究提供了长期、可靠的技术支撑与保障。

参考文献:

- [1] 唐仁科, 李芳. 基于国产 PLC 的水闸自动化系统设计 [J]. 河南科技大学学报: 自然科学版, 2019, 40(03): 77-82.
- [2] 王俊, 刘凯, 李彦杰. 基于国产大型 PLC 的船闸阀门控制系统设计 [J]. 河南水利水电职业技术学院学报, 2019, 24(01): 34-38.
- [3] 王苏鸣, 王晓雅. 基于国产 PLC 的水闸控制系统及其应用 [J]. 物联网技术, 2020, 04(19): 93-94.
- [4] 刘海军, 张云. 基于国产 PLC 的船闸控制系统的设计与实现 [J]. 智能计算机制造与自动化, 2018, 39(16): 38-39.
- [5] 杨朝霞, 张清东, 谢莉, 等. 基于国产 PLC 的船闸数控制动系统设计 [J]. 自动化与仪表, 2019, 40(11): 48-51.