

# 面向成本控制的石油化工自控仪表系统优化设计与实现

李 赫 侯孟朋 赵红伟

(山东鲁维工程设计有限公司, 山东 淄博 255000)

(河北安俱达化工科技有限公司山东分公司, 山东 淄博 255000)

**摘要:** 针对石油化工自控仪表系统成本偏多的行业弊端, 本文针对设计选型、系统架构及集成环节提出针对性的优化方案, 依靠精准选型、标准化设计、架构简化以及一体化集成等策略, 实现初始投资与全生命周期成本同时降低, 为企业降本增效提供可实际操作的技术支撑。

**关键词:** 成本控制; 石油化工; 自控仪表; 系统优化设计与实现

**中图分类号:** TE938      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-5167 (2025) 035-0019-03

## Optimization Design and Implementation of Petrochemical Automation Instrument System for Cost Control

Li He, Hou Meng Peng, Zhao Hong Wei

(Shandong Luwei Engineering Design Co., Ltd., Zibo Shandong 255000, China)

(Hebei Anjuda Chemical Technology Co., Ltd. Shandong Branch, Zibo Shandong 255000, China)

**Abstract:** In response to the industry disadvantage of high cost in petrochemical self-control instrument systems, this article proposes targeted optimization solutions for design selection, system architecture, and integration. By relying on precise selection, standardized design, simplified architecture, and integrated integration strategies, the initial investment and full life cycle costs can be reduced simultaneously, providing practical technical support for enterprises to reduce costs and increase efficiency.

**Keywords:** cost control; Petrochemical industry; Automatic control instruments; System Optimization Design and Implementation

石油化工行业是国民经济支柱产业, 生产过程存在高温、高压、高腐蚀性以及连续性强的情况<sup>[1]</sup>。自控仪表系统作为生产运行的重要部分, 担当着数据采集、过程控制、安全监测等核心使命, 其稳定性及可靠性直接关乎生产的安全与效率。在现今行业竞争持续加剧、能源资源限制趋严的背景下, 实现降本增效是企业提升核心竞争力的关键目标, 而自控仪表系统作为投资量大、运维成本高昂的核心内容, 其成本控制的潜力亟待挖掘。

传统自控仪表系统在设计和实施过程中, 一般存在选型过度、架构复杂、标准化程度欠佳等问题, 导致前期投资浪费、后期运维成本一直较高。开展针对成本控制的自控仪表系统优化设计与实施研究, 采用科学的设计规程与集成策略, 在保证系统性能和安全的基础上, 最大程度降低全生命周期成本, 具备重要的现实意义与实用价值, 本文将围绕设计选型、系统架构与集成两大核心环节展开, 打造全方位优化体系, 并通过经济效益分析对方案的可行性和有效性加以验证, 为石油化工企业提供一套系统化的成本控制方案。

### 1 石油化工自控仪表系统成本控制的价值

石油化工自控仪表系统的成本控制贯穿设备采购、设计施工、运行维护至报废更新的全生命周期, 其价值不仅体现在直接的经济成本节省上, 更扩展到生产运营的多个维度, 从经济价值维度而言, 合理控制成本可显著减少初始投资规模, 减少运行阶段的能耗、维护与备件更换费用, 将节约下来的资金用于技术升级与产能提升, 增强企业资金使用效能和市场竞争力。从生产价值维度看, 成本控制并非只是削减投入, 而是通过科学优化实现资源精准分配, 避免因选型不恰当或架构不合理导致的系统故障、生产中断等问题, 保证生产过程的连贯与稳定, 降低非计划停车带来的隐性损耗<sup>[2]</sup>。从安全价值维度看, 优化后的系统在控制成本支出的同时, 可通过精准选型与科学集成维护安全仪表系统的防护性能, 降低安全事故发生的概率, 防止安全问题带来的经济损失和社会影响。从行业发展价值维度审视, 面向成本控制开展的系统优化契合绿色低碳、高质量发展的行业大势, 通过减少资源浪费和能耗排放, 推动行业向集约型发展模式转变, 为行业的可持续发展提供技术支撑<sup>[3]</sup>。

## 2 面向成本控制的石油化工自控仪表系统优化设计与实现

### 2.1 设计选型环节的优化

#### 2.1.1 基于安全与工艺需求精准选取仪表

仪表选型是成本控制的基础环节之一，基本准则是满足安全要求和工艺精度的前提下实现性价比最高。优化工作中需摒弃“一刀切”的高端选用思路，根据工艺参数的重要性与工况特点进行差异化配置：对于温度、压力、流量等关键控制参数以及与安全连锁相关的测点，应采用精度高、稳定性强、抗干扰性能好的仪表，保障控制精度和安全防护水平<sup>[4]</sup>；对于非关键的监测点，在满足测量需求的基础上，选用性价比高的经济型仪表，避免因功能冗余导致的成本浪费。需要充分考虑工况适应性，针对高温、高压、强腐蚀等特殊环境，采用专用的耐候型仪表，减少因设备损坏导致的更换成本和停机损失；兼顾仪表的能耗水平，优先选用低功耗产品，从长期运行角度降低能耗支出，实现运营成本的长期降低。

#### 2.1.2 推进设备和材料的标准化及统一化设计

实现设备及材料的标准化、统一化是降低成本的关键途径，可在采购、维护、备件管理等诸多方面实现成本节约<sup>[5]</sup>。进行设备选型时，优先选择市场占有率高、通用性强的标准化产品，降低定制化设备的使用比例，通过批量采购获得更优惠的价格，同时降低与采购谈判和合同管理相关的成本。统一仪表的品牌、型号及接口标准，确保不同区域、不同装置的仪表具有良好的兼容性和互换性，降低因设备差异导致的集成难度和维护复杂度。在材料选择方面，统一电缆、桥架、阀门等辅助材料的规格型号，防止因规格过多引起采购分散、库存积压等问题，提高材料的利用率；选用质量可靠、性价比高的国产材料，在保证使用性能的前提下替代部分高价进口材料，进一步降低初始投资成本。

#### 2.1.3 实时控制室与机柜间布局的优化设计

对控制室与机柜间的布局加以优化，可借助减少材料消耗、提高施工效率来达成成本控制。在开展布局设计时，让装置分布与工艺流程充分融合，将控制室定位在靠近核心生产区域的地点，减少仪表电缆的铺设长度，减少电缆、桥架这类材料的用量，降低材料采购成本及施工安装开支<sup>[6]</sup>。提升机柜排列方式的合理性，采用紧凑式布局，合理规划机柜间距与通道宽度，在达到操作维护空间要求的基础上，降低控制室和机柜间的占地面积，降低土建工程开支，使机柜规格与内部布局一致，让接线方式及模块配置标准化，提升施工安装的规范水平与效率，削减人工开支；留出合理的扩容空间，防止因生产规模扩大或工艺升级

引起的二次改造，降低后期的调整开支。

### 2.2 系统构架与集成环节的优化

#### 2.2.1 采用高性价比开放式的控制系统（DCS/PLC）架构

作为自控仪表系统核心控制单元的是 DCS/PLC 系统，该架构设计直接影响成本投入以及运行效率。开展优化工作时，舍去传统封闭型架构，采用高性价比的开放式控制平台，依靠开放的通信协议和接口规格，降低系统集成的复杂程度与后期升级开支。结合生产规模及控制需求，合理划分控制区域与控制站，采用分布式的控制模式架构，防止集中式控制造成设备冗余以及资源浪费，实现控制功能的本地配置，降低信号传输距离，削减设备投入<sup>[7]</sup>。对控制器与 I/O 模块现有的配置进行优化，按照测点数量与控制要求精准计算设备容量，避免过度配置引起的投资浪费；采用具有模块化设计的设备，便于后期扩展与维护，降低与备件库存相关的成本。优先采用国产优质 DCS/PLC 系统，在满足工艺要求的前提下，与进口产品相比，优势十分明显，可大幅降低初始资金投入，同时减少售后服务的响应时间，降低维护花销<sup>[8]</sup>。

#### 2.2.2 对安全仪表系统（SIS）的安全完整性等级（SIL）开展优化定级与设计

SIS 系统的优化设计应在保证安全性能的前提下，实现成本的合理调控。核心是做好科学的 SIL 定级与配置，采用系统的风险评估及危害排查，依据工艺过程的危险状况、事故后果的严重程度等要素，精准核定各安全连锁回路的 SIL 等级，杜绝盲目追求高等级引起的成本浪费。针对不同 SIL 等级的回路，采用差异化的配置方案：高 SIL 等级回路选用冗余设计的传感器、控制器及执行器，保证安全功能的可靠性；低 SIL 等级回路在满足安全要求的基础上，降低设备开支，优化 SIS 和 DCS 之间的接口设计，实现两者的数据互通与协同配合，防止功能重复编排，降低设备的冗余度；合理设置安全连锁逻辑，简化控制环节，减少软件开发及调试的费用，提高系统运行稳定性以及维护的便捷程度。

#### 2.2.3 打造一体化系统平台以削减异构集成成本

传统的自控仪表系统往往由若干独立子系统组成，存在信息割据与异构集成的障碍，致使集成所需成本高、维护难度大。在优化设计阶段，搭建一体化系统平台，将 DCS、SIS、PLC、在线分析仪表、设备管理系统等进行深度集成，实现数据的集中采集、统一管控与共享应用。采用统一规格的数据库与软件平台，对数据格式及通信协议进行标准化，减少不同系统之间的接口设备及转换模块数量，降低集成硬件成

本和软件开发成本。依靠一体化平台实现生产过程的集中监控与统一管理,减少操作终端监控设备的数量,减少设备购置及能耗支出;实现运维管理功能的整合,将设备状态监测、故障预警、备件管理等功能进行一体化集成,提高运维办事效率,减少维护费用支出。一体化平台可实现数据的深度解析与挖掘,为生产优化以及成本控制提供数据层面支撑,进一步提升系统的经济产出。

### 3 经济效益分析

#### 3.1 初始投资成本对比

优化后的设计方案采用精准选型、标准化设计、架构简化及一体化集成等方法,实现初始投资成本的明显削减。在设备采购阶段,通过差异化选型与国产替代,仪表设备的采购成本平均降低了15%—20%;标准化、统一化的设计减少了定制化产品和分散采购的额外溢价,使设备与材料采购成本进一步降低约10%—15%。在施工安装环节,控制室和机柜间布局优化后,电缆铺设距离缩短了,减少了约20%的材料消耗,同时提高了施工效率,将工期缩短约10%—15%,降低人工费用与管理开支。在系统集成阶段,开放式架构与一体化平台减少了接口设备、转换模块以及冗余配置,集成成本平均降低至原来的70%—75%。与传统方案相比,优化后的自控仪表系统初始投资成本会高出18%—25%。对于大型石油化工项目而言,可节省数千万元的前期投入资金,经济效益极为明显。

#### 3.2 全生命周期成本(LCC)分析

全生命周期成本包含初始投资、运行维护、能耗、备件替换及报废处理等全流程的各项支出。优化后的设计方案通过多维度措施实现全生命周期成本的持续降低。在实际运行维护方面,标准化、统一化设计降低了维护难度,减少了维护人员培训成本和故障处理时间,维护人工成本平均降低至原来的75%—80%;模块化与开放式架构让设备的检修与更换更省事,减少了停机状态下的维护时间,降低了生产亏损。就能耗情况而言,优化的系统架构跟低功耗仪表一起减少了能源消耗,一年里能耗成本平均降低10%—15%;设备可靠性提升造成故障发生概率降低,减少了备件更替的频次与成本,备件库存成本平均下降了30%—35%,从后期系统升级角度看,预留的扩展空间跟开放的系统构架防止了二次改造的大量资金投入,让升级成本得以降低,和传统方案对比,优化后的系统全生命周期成本能减少22%—28%,长期经济效益明显,为企业实现持续盈利提供了强大后盾。

### 4 结语

针对成本控制开展的石油化工自控仪表系统优化

设计与实施,是应对行业成本偏升、资源配置不匹配等问题的有效途径,本文聚焦于设计选型、系统架构集成两大核心环节之上,给出精准挑选型号、实施标准化设计、进行布局优化、建立开放架构、开展SIL优化定级和达成一体化集成等一系列优化措施,构建起全流程、多层面的成本控制体系。该优化方案在保障系统安全稳定与工艺适应水平的基础上,能明显缩减初始投资与全生命周期的费用,为企业造就可观的经济成效,伴随智能化、数字化技术不断进步,可以进一步把人工智能、大数据等技术添加进自控仪表系统,实现成本管控的精准和智能,比如利用预测性维护技术降低非计划停机造成的损失,依靠数字孪生技术对系统设计与运行参数予以优化,为石油化工行业高质量、低成本的发展提供更强大的技术后盾,在行业转型发展的关键阶段,企业应看重自控仪表系统成本控制的优化工作,把它作为降本增效的关键抓手点,依靠科学的规划与落实,增进核心竞争本事,实现长期的可持续发展。

#### 参考文献:

- [1] 高铭,郭翔宇,刘生春.人工智能算法在石油仪器仪表故障诊断中的应用研究[J].仪器仪表用户,2025,32(11):66-68.
- [2] 李鹏.石油化工自控仪表系统的优化设计与实现[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(19):100-102.
- [3] 荣亮.海洋石油平台安全仪表系统分析[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(18):146-148.
- [4] 原直广.石油仪表安装的可靠性设计与冗余技术应用研究[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(18):120-122.
- [5] 李琪乐.石油炼化厂电气仪表自动化系统安全应用探究[J].石化技术,2025,32(10):54-56.
- [6] 陈鹏.石油化工仪表与控制系统的应用[J].当代化工研究,2025,(18):124-126.
- [7] 刘玉环.石油化工加热炉低氧燃烧控制系统的分析仪选型[J].石油化工设备技术,2025,46(05):34-39+66+5.
- [8] 刘智超.石油化工自控仪表的安装质量控制研究[J].石化技术,2025,32(09):4-6.

#### 作者简介:

李赫(1992-),汉族,山东淄博人,大专,工程师,研究方向:石化化工设计、化工设备等。  
侯孟朋(1986-),汉族,山东德州人,大专,工程师,研究方向:石化化工设计、化工设备等。  
赵红伟(1988-),汉族,山东淄博人,本科,工程师,研究方向:石化化工设计、化工设备等。