

# 智能化背景下我国煤化工安全仪表系统 (SIS) 发展路径初探

崔 勇 (国能榆林化学工业有限公司煤制油重大项目筹建处设计管理部, 陕西 榆林 719200)

**摘 要:** 化工生产装置中的工业控制系统主要为 DCS、SIS。其中集散控制系统 (DCS) 被誉为工厂的“大脑”, 作为人机交互的桥梁, 操作人员能借此全面监控生产装置的运行状况, 进行调控, 确保生产过程的稳定和高效; 安全仪表系统 (SIS) 作为装置运行的最后一道安全保障, 其安全性、稳定性至关重要。但目前国产 DCS、SIS 系统的组态、操作软件尚未完全支持国产操作系统, 仍存在对微软操作系统的依赖性。本文针对国产系统的不足之处进行了优化设计, 结合生产实际, 提出了可操作性强的建议。

**关键词:** 安全仪表系统; SIS; 三重冗余处理器; 智能化; 控制系统 APC

**中图分类号:** TQ056 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 026-0010-03

## Preliminary Exploration of the Development Path of Safety Instrumented Systems (SIS) in China's Coal Chemical Industry under the Background of Intelligence

Cui Yong (Design and Management Department of Coal to Oil Major Project Preparation Office of Guoneng Yulin Chemical Industry Co., Ltd., Yulin Shaanxi 719200, China)

**Abstract:** The industrial control systems in chemical production facilities are mainly DCS and SIS. The distributed control system (DCS) is known as the “brain” of the factory. As a bridge for human-computer interaction, operators can comprehensively monitor the operation status of the production equipment, make adjustments, and ensure the stability and efficiency of the production process. The Safety Instrumented System (SIS), as the last line of safety assurance for device operation, is crucial for its safety and stability. However, the configuration and operating software of domestic DCS and SIS systems currently do not fully support domestic operating systems, and there is still a dependence on Microsoft operating systems. This article optimizes the design of domestic systems to address their shortcomings, and proposes practical suggestions with strong operability based on actual production.

**Keywords:** Safety Instrumented System; SIS; Triple redundant processor; Intelligentization; Control System APC

煤化工装置具有工艺介质易燃易爆、工艺技术复杂、规模大、工控系统性能和安全性要求高等特点, 目前国产 DCS、SIS 控制系统在煤化工行尤其是煤直接液化装置领域内尚无应用业绩。当前国际形势复杂多变, 关税战大的愈演愈烈, 使得中国面临潜在的技术封锁和供应链中断风险, 这促使国内开始探索 SIS 系统的国产化。通过国产化, 选用系统安全风险可控, 产品选用国内自主研发、自主生产、集成制造, 避免“卡脖子”。

### 1 研究背景和必要性

SIS 是 Safety Instrumented System 的简称, 中文意思是安全仪表系统, 它是一种经专门机构认证、具有一定安全等级, 用于降低生产过程风险的安全保护系统<sup>[1]</sup>。SIS 系统主要用于石油炼化、煤化工、石油化工, 核电、火电等行业, 对过程进行监测和保护, 最大限度地保护生产装置和人身安全, 避免恶性事故的发生, 构成了生产装置最关键的一道防线。

长期以来, 国内 SIS 系统主要依赖进口, 尤其是在煤化工和石油化工中, 进口 SIS 系统占据主导地位,

供货周期长, 成本高昂, 且维护和升级不便。当前国际形势复杂多变, 使得中国面临潜在的技术封锁和供应链中断风险, 这促使国内开始探索 SIS 系统的国产化。通过国产化, 不仅可以降低系统成本, 还能提升大型流程工业生产装备的国产化率, 为重点行业系统的国产化及大规模推广应用提供支撑<sup>[2]</sup>。

### 2 国内外研究现状和发展趋势

#### 2.1 国内外发展趋势

安全仪表系统 (SIS) 从 20 世纪 60 年代开发, 以气动和继电器元件为主。到 70 年代, 由简单的继电器系统发展为微处理器和可编程逻辑控制器 (PLC 或 PC), 并且由单回路系统发展为冗余系统和容错系统, 在国外已经拥有近 60 年的历史。目前主要过程安全仪表系统供应商有: Schneider、Honeywell、Rockwell、HIMA、Yokogawa、ABB、Emerson、Siemens 等。

主流 SIS 系统主要架构为三重化和四重化两种, 其中 Schneider、Rockwell 采用的是 2oo3D 架构, HIMA、Honeywell、Yokogawa、Emerson 采用的是 2oo4D 架构。

Schneider 旗下的 Tricon 在这个领域拥有绝对优势, 为全球提供安全、危机控制、透平机组控制产品及服务。Rockwell 在中国油气行业有较高名声, 其 AAD-vance 可根据顾客的要求, 配置不同的冗余度模块, 提供从无安全等级至安全等级达 SIL3 的高灵活性系统方案。Honeywell 拥有完整的工业火气探头产品线, 火气市场提供最完整的软硬件及服务能力, 在火气安全业务有较多的装机市场<sup>[3]</sup>。HIMA 产品在冗余配置和安全等级上可适用于高安全需求项目, 其产品的可用性和效率得到广泛认可。Emerson 新型 Charm SIS 借助电子布线技术, 使得布线与接线工作量减少 2/3。

SIS 系统引进国内应用有近 40 年的历史, 前些年一直都是国外系统垄断着市场, 直到 2012 年和利时发布了国第一套拥有自主知识产权的 SIL3 级安全仪表系统, 打破了国内 SIS 产品全部由国外厂商垄断的局面, 为国内流程工业的用户提供了新的选择<sup>[4]</sup>。之后国内其他企业也陆续开发出拥有自主知识产权的安全仪表系统。目前已进入国内外 SIS 厂商同台竞争状态, 国产系统与国外系统相比在性能技术上也逐步达到了国际同等水平。但在重大石油炼化、煤化工化工生产主装置的安全应用仍以国外系统为主。

## 2.2 项目单位研究基础

项目单位在相关领域具有较高的研究能力和技术水平, 拥有专业的设计、研发、制造及工程化应用验证团队, 其中包括多名博士和硕士, 在相关领域具有深厚的学术背景和丰富的实践经验。此外, 项目单位还拥有先进的实验设备和技术, 为项目的顺利开展提供了保障。

## 2.3 发展趋势

和利时进入安全市场较早, 对石化、化工中小型客户, 提供 DCS、SIS 打包销售, 正在进入高端市场。中控技术 TCS-900 SIS 系统为工业过程安全服务, 特别适用于石油天然气、大型石化化工、能源、交通、制药、冶金和旋转机组控制等领域, 在石化、化工行业用户有较大影响力<sup>[5]</sup>。TCS-900 系统是中控技术面向工业自动化安全领域自主研发的高安全性、高可靠性、高可用性的安全仪表系统 (SIS), 该系统适用于 IEC61508 定义的低要求操作模式和高要求操作模式的安全相关应用, 并通过 TÜV Rheinland 的认证, 符合 IEC61508 定义的 SC3 系统能力等级和安全完整性等级 SIL3 的要求; 康吉森凭借代理的 Tricon 产品, 过去几年一直在中国市场排名第一, CCS 市场地位难以捍卫, 继续代理 Tricon 产品的同时, 推广其自我品牌。这些国内安全系统厂商, 凭借品牌知名度积累、产品质量的认可推进发展, 过程安全系统市场份额持续上升, 业绩增长<sup>[6]</sup>。

SIS 为现代工厂中自动化控制最重要的一条安全防线, 扮演非常重要的作用。随着国家控制系统国产化导向, 国产厂家逐步向更高性能、更广泛应用和更优质用户体验的方向发展。

## 3 研究内容与预期目标

### 3.1 研究内容

①国产 SIS 系统硬件的适配性研究, 包括: 硬件系统中三重冗余处理器 CPU 和复杂芯片的适配性, 常规信号采集功能和精度, 硬件系统核心控制器的运行功能及性能, 系统整体的可靠性和稳定性等<sup>[7]</sup>。②SIS 系统辅助原器件国产化研究, 包括安全栅、继电器、电源模块等器件, 实现 SIS 系统机柜内的辅助原器件自主可控。③SIS 系统之间安全通信互联、全局组态管理、全局诊断及报警管理、安全人机交互、工业控制网络安全风险、相应安全策略研究。④煤化工化工核心装置 SIS 系统硬件和软件配置研究。针对煤化工化工装置规模大、流程长、工艺复杂、高温高压、易燃易爆等工艺特点, 研究满足煤化工化工装置生产控制复杂、高可靠性及高安全型要求 SIS 系统, 确保煤化工化工装置的安全、稳定、连续、满负荷、高效运行、提高企业经济效益。

### 3.2 预期目标和考核指标

通过研究攻关, 实现煤化工化工核心装置 SIS 系统国产化替代, 对应用设计、高级应用软件开发、工程实施各方面国产化应用。保障企业的安全生产与国家基础支柱产业的战略安全, 同时降低采购成本, 缩短制造周期<sup>[8]</sup>。

### 3.3 创新点

通过开展 SIS 系统硬件的适配性、辅助原器件、安全通信互联、全局组态管理、全局诊断及报警管理、安全人机交互、工业控制网络安全风险、相应安全策略等研究, 实现国产 SIS 系统首次在煤化工化工装置上应用示范, 打破国外厂商在煤化工化工领域的垄断局面, 相较进口 SIS 系统, 节省硬件、工程、服务等综合成本 30% 以上资金, 降低项目成本通过一体化应用, 实现一体化管理, 降低后期维护成本。

## 4 实施方案

### 4.1 技术路线

针对煤化工化工装置规模大、流程长、工艺复杂、高温高压、易燃易爆等工艺特点, 选取安全级国产 SIS 系统作为底层软硬件系统, 检验国产控制系统的适配性, 验证国产 SIS 系统控制系统的各项功能和性能, 开展辅助原器件、安全通信互联、全局组态管理、全局诊断及报警管理、安全人机交互、工业控制网络安全风险、相应安全策略等研究, 实现 SIS 系统国产化替代, 以及应用设计、高级应用软件开发、工程实

施各方面国产化应用<sup>[9]</sup>。

## 4.2 研究工作

①开展国产 SIS 系统硬件的适配性研究。包括：硬件系统中三重冗余处理器 CPU 和复杂芯片的适配性，常规信号采集功能和精度，硬件系统核心控制器的运行功能及性能，系统整体的可靠性和稳定性等。②开展 SIS 系统辅助原器件国产化研究。包括安全栅、继电器、电源模块等器件，实现 SIS 系统机柜内的辅助原器件完全自主可控。③开展 SIS 系统之间安全通信互联、全局组态管理、全局诊断及报警管理、安全人机交互、工业控制网络安全风险、相应安全策略研究。④开展煤化工化工装置 SIS 系统硬件和软件配置研究。

## 4.3 科技创新项目实施方式

针对煤化工装置规模大、流程长、工艺复杂、高温高压、易燃易爆等工艺特点，与国内知名企业联合成立 SIS 系统国产化研究攻关小组，加快产品研发和工业化应用步伐。

项目承担单位提供煤化工化工应用场景和技术支持，国内相关企业负责调研、研发、生产制造，通过论证的国产控制系统应用到煤化工化工装置上进行验证，并对试用状况进行跟踪监测。通过试用之后，总结研发经验并积极在行业内进行推广。

## 4.4 SIS 系统国产化项目实施计划和阶段性目标

SIS 系统国产化项目实施计划和阶段性目标的具体步骤见表 1。

表 1 各阶段的工作内容和目标

序号	工作内容	阶段目标
1	制定详细方案	完成方案论证
2	采购主要设备、材料	完成主要设备、材料合同签订
3	主要设备、材料到货	完成主要设备、材料到货验收
4	项目施工	完成项目施工
5	系统联调联试	系统投用
6	竣工验收	完成竣工验收
7	性能考核评价	完成性能考核评价
8	完成项目结题报告	完成结题报告和研制总结材料

## 5 效益预测

### 5.1 经济效益

煤化工核心装置采用国产化 SIS 系统相较于国外同类产品，将缩短供货周期，单点采购成本由 2000 元降低至 1000 元以下。采用中文编程界面，符合中国人使用操作习惯，节约培训成本，减少培训时间。

### 5.2 社会效益

目前煤化工行业，仍大量采用国外进口产品，不仅价格贵，而且某些控制核心技术不对我们开放，在项目实施过程中还可能造成关键工艺技术泄露。煤化

工化工企业经营过程中，国外系统备件价格昂贵，服务响应不及时，甚至无法获得可用备件，影响产业的安全可控，对国民经济可持续发展、国家的战略安全都会产生巨大的隐患。经过本项目的实施，打破国外厂商在百万吨煤化工化工装置 SIS 系统上垄断的局面，实现 SIS 系统国产化替代，以及应用设计、高级应用软件开发、工程实施各方面国产化应用<sup>[10]</sup>。保障企业的安全生产与国家基础支柱产业的战略安全，同时有效降低采购成本，缩短制造周期。

## 6 结语

本文探索了一条适合当前中国国情的国内自主建设大型项目目的执行模式，检验和锻炼了国产自动化供应商的产品性能及大型项目管理、服务能力。也为后续大型项目执行提供了借鉴参考作用，为后续的大项目奠定了基础；选用系统安全风险可控，产品选用国内自主研发、自主生产、集成制造，在可预测的未来，以和利时、中控为代表的本土企业在中国市场上占比会增加。

### 参考文献：

- [1] 胡景军, 陈云, 洪诗定. SCADA 系统实现 Web 服务的关键技术 [J]. 化工自动化及仪表, 2013, 40(11): 1395-1397.
- [2] 沈培璐, 陈彬. 基于管控一体化系统的第三方数据通信整合 [J]. 化工自动化及仪表, 2012, 39(7): 950-952.
- [3] 佚名. Stuxnet 病毒全球肆虐将影响我国众多企业 [J]. 计算机与网络, 2010(19): 43-43.
- [4] 范宗海, 于宝全. 大型炼化一体化工程 DCS 网络安全策略 [J]. 石油化工自动化, 2010(3): 1-5.
- [5] 张原. 计算机域管理在局域网安全管理中的应用 [J]. 自动化与仪器仪表, 2013(5): 136-137.
- [6] 宋义磊, 曹源明, 杨娟娟等. 安全仪表系统在化工企业安全管理中的作用与影响研究 [J]. 山东化工, 2025, 54(10): 192-194.
- [7] 马颖. 静态切换开关在仪表及控制系统中的应用与供电安全的提升 [J]. 石油化工自动化, 2025, 61(03): 80-82+102.
- [8] 陈南琨. 安全仪表系统在成品油罐区安全管理中的应用 [J]. 今日消防, 2025, 1(03): 68-70.
- [9] 王永宾. 石油化工安全仪表系统检验评估方法研究 [J]. 石化技术, 2025, 32(01): 367-369.
- [10] 杨跃, 王元品, 卢士波, 等. 氨罐区安全仪表系统改造研究与应用 [J]. 云南化工, 2024, 51(12): 158-160.

### 作者简介：

崔勇 (1981-), 男, 汉族, 陕西榆林人, 本科, 高级工程师, 现任职于国能榆林化工煤制油筹建处设计管理部, 主要从事 DCS、SIS、PLC、GDS 过程控制系统的管理、维护及现场仪表的管理工作。