

电气自动化系统在石油化工领域中的应用与经济效益评估

丁 斌 (中原石油化工有限公司, 河南 濮阳 457000)

摘要: 电气自动化系统在石油化工领域中的应用是新时期石油化工行业信息化、自动化发展的核心技术支撑。将电气自动化系统应用于原料加工、工艺控制、设备运维、安全监控等流程,可以实现石油化工行业生产过程的精准调控、提升产品质量、降低运营风险。为拓展电气自动化系统在石油化工领域中的应用场景,使其应用的经济效益得到最大化,文章首先探讨了电气自动化系统在石油化工领域中的具体应用,进而分析并阐述电气自动化系统在石油化工领域中应用的经济效益。

关键词: 电气自动化系统; 石油化工; 经济效益; 生产; 精细化管理

中图分类号: TP273; TE65 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 011-0041-03

Application and Economic Benefit Evaluation of Electrical Automation Systems in the Petrochemical Industry

Ding Bin (Central South Petroleum and Chemical Co., Ltd., Puyang Henan 457000, China)

Abstract: The application of electrical automation systems in the petrochemical industry serves as a core technological support for the informatization and automation development of the sector in the new era. By integrating electrical automation systems into processes such as raw material processing, process control, equipment operation and maintenance, and safety monitoring, it enables precise regulation of production processes, enhances product quality, and reduces operational risks. To expand the application scenarios of electrical automation systems in the petrochemical field and maximize their economic benefits, this article first explores the specific applications of electrical automation systems in the petrochemical industry, followed by an analysis and discussion of their economic benefits.

Keywords: Electrical automation system; petrochemical economic benefits; production; refined management

石油化工行业是我国国民经济体系中重要的基础性支柱产业,不仅与我国经济发展、人民生活等密切相关,也是推动国家现代化建设的核心力量。由于石油化工行业在产品生产过程中存在易燃易爆、高温高压、流程复杂等特征,加之新时代背景下全球能源结构的不断调整,对石油化工行业高质量发展提出了新要求,传统以人工操作以及半自动化控制的生产模式已经无法满足石油化工行业的发展需求,创新生产运营模式、加强技术升级成为石油化工行业发展的必然趋势。电子自动化系统以其精准控制、智能调控、远程监测等优势,能够取代传统人工操作以及半自动化控制模式,为提升石油化工产业资源利用率、降低能耗、强化风险防控等提供技术支撑。然而,从当前石油化工领域中电气自动化系统应用情况来看,其应用场景相对局限,并未实现有效提升石油化工行业的经济效益。为了实现石油化工领域降本增效、绿色低碳的发展目标,应持续加强电气自动化系统在石油化工领域中的应用与经济效益评估的研究和实践。

1 电气自动化系统在石油化工领域中的应用

1.1 核心生产工艺的精准控制

电气自动化系统应用于石油化工生产工艺控制领域,能够实现对石油化工核心生产工艺的精准控制,为提升产品生产质量提供保障。石油化工生产的核心

工艺主要包括催化裂化、加氢精制以及乙烯裂解等,为保障产品生产质量、降低生产过程中原料的损耗,需要严格控制生产工艺中温度、压力、流量等指标参数,传统生产运营模式在参数控制上难度较大,因各项指标波动而引发安全事故、增加原料损耗。电气自动化系统通过采用 DCS 与 PLC 协同控制模式,能够实现石油化工核心生产工艺的闭环调节。

首先,在催化裂化装置中安装传感器,实时采集装置中反应器的温度、再生器的液力以及进料流量等参数,并将这些数据实时导入 DCS 系统中,该系统中根据石油化工生产要求预设工艺模型,对照这些数据,实现对催化裂化装置中的进料量、主风量以及催化剂循环量等的自动调控,以达到最佳的反应效果。

其次,在乙烯裂解装置的控制上,通过 DCS 对裂解炉炉管出口温度(COT)、进料流量、燃料气压力等参数的实时采集,对照标准参数,对燃料气调节阀的开度以及进料量进行精准调节,将 COT 的值控制在标准参数值 $\pm 1^\circ\text{C}$ 的范围内,实现对裂解炉的精准温控^[1]。与此同时,电气自动化系统参照预设的工艺配比,对原料进料泵的变频转速以及稀释蒸汽流量进行同步调节,以此实现原料—蒸汽混合比能够符合预设标准且能够保持稳定,减少结焦现象的出现,延长装置运行周期。

第三,在加氢精制装置中,电气自动化系统以DCS、PLC为核心,通过合理调控加热炉变频功率、进料泵变频流量以及循环氢压缩变频转速等,将加氢反应釜中的温度、氢油比、压力以及空速等参数控制在工艺阈值范围内。与此同时,电气自动化系统通过与调节阀、流量计以及变频电机等设施设备的联动,实现对装置中氢气、原料油以及循环油等物料的精准确输送,减少物料的浪费。

1.2 油气开采与集输的自动化管控

电气自动化系统在石油化工油气开采与集输领域中的应用,主要是通过传感检测、逻辑控制、远程调度以及数据联动等对油气开采与集输环节的工况进行精准调控与智能调度。

首先,在油气开采环节,通过在抽油机、电泵井的井口安装传感器,实现对机井运行过程中的压力、温度、流量以及载荷等数据的实时采集与传导,PLC、RTU接收到数据后,根据各项参数的预设阈值,精准调节抽油井的冲次、电泵的转速等,以此确保机井能够在恒压、恒流的环境中进行油气开采。

与此同时,电气自动化系统能够将井场中单井自动化单元数据传输到井口控制盘(SCS)以及油田中控系统中,集中化检测、调控井场多井工况,提升管理效率。在油气开采环节,电气自动化系统还可以与注水站、压裂设备等进行联动,形成较为完善的电气控制系统柜,结合油气开采需求以及油藏开采情况,自动调节注水量、流量以及压裂压力等,实现油气开采环节的闭环控制,有效保障油气开采安全及油气采收率。

其次,在油气集输环节,可以通过电气自动化系统与计量站、转油站以及联合站中的泵、阀、分离器、加热炉等设备进行联动,结合预设参数阈值,自动调节输油泵频率、加热炉负荷等,实现油、气、水三相自动分离、加热、计量等,并自动完成工艺流程的合理切换,确保油气传输的稳定性。

与此同时,电气自动化系统在油气开采与集输领域中的应用,依托SCADA系统对全域范围的集输管网进行实时检测,借助PID调节与管网水力模型,对各个节点的调节阀开度、泵站运行台数等的调控,确保集输管网的压力、流量以及温度等参数能够在阈值内,避免出现憋压、泄漏等安全问题,有效减少集输过程中的能耗^[2]。

1.3 储罐区与装卸环节的安全自动化操作

石油化工企业中储罐区属于安全运行要求标准较高的区域。储罐区作为石油化工企业的核心仓储设施,因其所存储的材料以原油、汽油、柴油等为主,不仅

易燃易爆,还具有一定的毒害性,因此,其能否安全运行直接关系到石油化工企业的健康稳定发展。油品的装卸同样是石油化工企业生产运营中的核心工作环节,实现装卸环节的安全自动化操作,是降低装卸过程安全风险、解决安全隐患的关键。

首先,在石油化工企业的储罐区,电气自动化系统借助传感器对储罐区各个储罐的液位、温度、压力、可燃气体以及有毒气体浓度等数据进行实时监测、采集与传导。PLC、DCS核心控制器接收数据并进行分析与处理,并结合工艺参数对各个储罐的液位进行精准调节,设置预警机制,如果储罐液位超限,系统会及时发出预警,同时会触发联锁保护,如自动关闭进料阀以及开启泄压装置等,避免出现抽空、冒罐等安全事故。电气自动化系统还能更具储罐区不同特性的储罐,如浮顶罐、固定顶罐等,可以采取针对性的安全控制措施,包括自动控制氮封压力以及自动控制伴热系统温度等,减少凝堵、介质挥发、氧化变质等问题的发生。

其次,在装卸环节,电气自动化系统通过RFID、机关对位技术等对槽车、船舶的身份以及装卸介质是否匹配进行确认,避免出现混装的问题。与此同时,在正式开展装卸作业时,电气自动化系统集成静电接地监测、鹤管归位检测以及防溢油传感器等技术设备,形成联锁控制系统,当装卸环节中任何一环不满足安全条件,都会触发联锁保护,禁止启动装卸作业,直至调整操作环节接触联锁保护^[3]。

1.4 设备智能运维与状态检修

石油化工领域的发展中,设备运维与检修是确保石油化工生产安全稳定运行的关键基础。由于石油化工生产过程中涉及到的设施设备种类多、数量大,且运行环境恶劣,传统以人工检修为主的定期检修模式容易出现检修不足或者检修过度的情况,无法满足新时期石油化工生产连续运行的需求。

电气自动化系统在石油化工设备运维与检修领域中的应用,能够有效促进石油化工生产设备从传统“定期检修”朝“预知维修”的方向转型。具体来讲,通过在核心设备上安装传感器、智能仪表、振动监测模块、温度巡检仪等终端设备,自动化系统与这些终端设备联动,使得系统能够实时、精准采集核心设备中电机转速、轴承温度、电压电流、润滑油液位以及振动幅值等参数,形成完整的设备运行数据池,为设备运维与检修提供良好的数据支撑。

在此基础上,电气自动化系统运用边缘计算、云计算等技术,智能分析系统所采集的多维度数据,将其与预设的设备健康阈值进行比对,及时发现异常数

值,通过异常数值的分析,精准定位故障部位以及故障类型,并给出设备运维与检修建议。自动化系统还可以运用其学习算法,针对设备现有运行数据进行其未来运行趋势的分析,能够找出设备性能衰减的规律,提前预判设备运行中可能出现的故障风险,并采取事前预防措施,将设备运维与检修从“事后维修”转向“事前预警”。

针对设备状态检修方面,电气自动化系统可以根据设备健康状态评估结果,针对设备所处的“正常运行”“轻微异常”“严重故障”等不同状态,个性化生成设备检修方案,实现设备的差异化检修,对处于正常运行状态的设备减少不必要的停机检修,而针对处于严重故障状态的设备要采取紧急停机联动控制方案,避免因设备故障引发生产安全事故^[4]。此外,自动化设备运维平台还能够实现对各个设备全生命周期检修数据的自动整理与记录,形成健全的设备运维档案。

2 电气自动化系统在石油化工领域中应用的经济效益

2.1 降低人工成本,提升生产效率

电气自动化系统在石油化工领域中的有效应用,能够在部分重复性、高强度、高风险的操作环节上代替传统人工,优化操作岗位的人员配置,节约人力资源,降低人工薪酬、人员培训以及人力资源管理等方面的成本。与此同时,电气自动化系统以其精准化、连续化控制的优势,实现石油化工生产流程的无间断运行,有效提升装置的开工率,同时能够提升生产负荷,与传统生产运营模式相比,产能得到有效提升。具体来讲,石油化工生产中的一般炼化装置,应用电气自动化系统对其进行自动化改造,与改造前相比,产生提升可达到5%—15%。

2.2 减少原料损耗,提升资源利用率

电气自动化系统在石油化工领域中的应用,其经济效益还体现在减少原料损耗、提升资源利用率方面。具体来讲,电气自动化系统在应用的过程中,可以实现对石油化工生产工艺参数的精准控制,从而有效避免受到温度、压力、流量等参数波动的影响而引发的原料分解、副反应增多等问题,减少原料单耗。与此同时,应用电气自动化系统对石油化工储运、装卸等环节的自动化控制以及安全性操作,可以有效减少溢油、混油、挥发损耗等情况的发生,提升石油化工产品生产质量及其在储运、装卸过程中的安全性。应用电气自动化系统后,石油化工产品的合格率得到明显提升,已高达99.5%,减少因产品质量问题而导致的返工,有效节约原料,提升资源利用率^[5]。

2.3 降低维修成本,延长使用寿命

电气自动化系统在石油化工领域中应用的经济效益还体现在能够有效降低设备维修成本、延长设备使用寿命方面。在电气自动化系统应用的过程中,通过对设备运行中各项参数的实时、精准采集与分析,以及对设备运行趋势的科学预测,能够实现石油化工设备维修模式从传统的定期大修向预知维修模式转型^[6]。通过预判设备性能老化规律,提前对设备进行故障防范与科学维护,降低设备故障发生率,减少不必要的设备拆卸以及设备更换,不仅可以有效确保设施设备运行的安全性和稳定性,还能延长设备使用寿命、降低设备维修成本。

具体来讲,通过应用电气自动化系统对设备进行预知维修,避免了设备超负荷运行,设备使用寿命平均延长3—5年,为石油化工企业节省了一笔不小的设备维修与更换费用。

3 结束语

综上所述,电气自动化系统在石油化工领域中的应用能够有效实现降低石油化工产业的人工成本、提升生产效率,同时能够实现提升资源利用率、降低设备维修成本、强化风险防控能力等。将其应用于生产工艺控制、石油开采的自动化管控以及设备智能运维、环保处理系统的自动化控制等,有效推动石油化工行业向绿色、低碳、可持续发展。未来,在工业4.0的深入推进下,电气自动化系统在石油化工领域中的应用应持续提升智能化水平,借助人工智能以及大数据分析技术的深度运用,实现石油化工产业生产过程的智能优化与智能控制。

参考文献:

- [1] 李德政. 石油化工行业中电气自动化系统的运用[J]. 中国设备工程, 2025(01):122-124.
- [2] 晁景. 基于电气自动化系统可靠性保障技术在化工厂的应用[J]. 化工管理, 2025(01):87-89.
- [3] 赵帆. 基于PLC的电气自动化控制系统在石化行业油库区中的应用[J]. 自动化应用, 2023,64(21):30-32.
- [4] 童理. 电气自动化系统在化工行业的应用概述[J]. 电气技术与经济, 2023(02):166-169.
- [5] 柯小均. 电气自动化系统在石油化工行业中的应用探讨[J]. 中国设备工程, 2022(06):106-107.
- [6] 梁海燕. 电气自动化系统在石油化工行业中的应用[J]. 化工管理, 2021(03):181-182.

作者简介:

丁斌(1990-),男,回族,河南商丘人,大学本科,工程师,研究方向:电气。