

智能化在炼化一体化项目中的应用研究

张来勇, 赵猛, 周晖, 张梅英

(中国寰球工程有限公司, 北京 100012)

摘要: 炼化一体化是炼油化工行业发展的必然趋势, 而智能化是助推炼化一体化项目安全、绿色、集约和效益发展的重要手段。本文首先介绍了炼化一体化发展的内涵, 剖析了其发展特征和运营管理中面临的问题, 然后提出了“智能炼化一体化”的基本技术架构和典型应用场景, 最后结合建设经验总结了智能化建设的实施要点和建议。

关键词: 炼化一体化; 智能化; 应用场景; 数据孤岛; 技术架构

1 前言

炼化产业是关乎我国民生和国家安全支柱性产业。近 10 年来, 随着工业技术的发展和供需产业结构的变化, 炼化企业面临着巨大的挑战: (1) 国际原油价格宽幅震荡和国内外行业竞争激烈, 对企业的精益化管控提出了更高的要求; (2) 石化产品结构化需求不平衡, 迫使燃料型向原料型油转化转型升级; (3) 安全、环保要求日趋严格, 致使企业的投资和生产成本大幅攀升^[1]。因此, 老旧、低效的炼油厂和化工厂必将被淘汰, 而炼化一体化则成为炼化行业发展的必然选择^[2-4]。然而我国的炼化一体化项目大而不强, 主要是因为传统生产管理模式难以适应其规模化、集约化和上下游一体化的发展特征, 限制了炼化一体化效能的释放。随着 IT 技术的发展, 掀起了第四次工业革命, 形成了众多以智能化为核心的应用技术^[5, 6], 这为炼化一体化的精益管控提供了一把利剑, 必将促进炼化一体化企业安全、绿色、集约和

效益的高质量发展。

本文首先介绍了炼化一体化发展的内涵, 剖析了其发展特征和运营、管理中面临的问题, 然后提出了“智能炼化一体化”的基本技术架构和典型应用场景, 最后结合建设经验总结了智能化建设的实施要点和建议。

2 炼化一体化发展的内涵

十多年前, 我国的炼油、化工企业平均规模普遍偏小, 呈现出“多、小、散、乱”的分布格局, 这导致单位产品的成本高、能耗高、环保治理费用高、储运费用高, 以及供应链条协调不畅等问题, 并随着竞争环境的加剧、效益的下降促使炼化企业不得不走上提质增效、产业转型升级的道路。随着焦化、加氢、催化裂化和重整等技术的发展, 给予了炼油和化工装置“直接牵手”的必要技术条件。

炼化一体化是指将炼油和化工装置在有限的地域内实现集约发展, 进而实现资源的节约和有效利用, 大大降低建设和生产成本, 增强市场适应性, 提高经济效益和企业的



抗风险能力,这也是国家经济发展由资源消费型向循环经济型、资源节约型和环境友好型转变的必然要求。炼化一体化不仅是从技术经济层面的发展优化策略,而且具有更加丰富的技术内涵:上下游原料互供、优化利用一体化;总平面布置一体化;公用工程/辅助设施一体化;物流储运一体化;消防、安全和应急一体化;环境保护一体化;管理服务一体化等。然而,这些一体化不是简单的罗列和组合,而是有机的整体技术集成,最终才能实现资源的高效优化配置与利用。

3 炼化一体化的发展特征和面临的问题

炼化一体化模式经过多年的发展已从初级的以单供原料为主的松散型提升为全面互供的紧密型,与传统独立的炼油或化工装置相比,呈现出鲜明特征。

- (1) 集群化、大型化、规模化特征愈发明显。
- (2) 上下游工艺集成度更高,耦合关系更加复杂。
- (3) 集约化和共享化程度更高。
- (4) 安全、环保风险密度更大,影响面更广、危害程度更大。

然而,面对这样“大、多、繁、杂”的炼化一体化流程工业体,传统生产管理模式和工具难以满足其发展的要求并暴露出诸多问题。

- (1) 大型化和规模化直接导致设备的数量、种类成倍增加且约束条件更加复杂,运维难度更大,非计划宕机影响的范围更广。
- (2) 上下游一体化导致装置间公用工程互供的耦合关系更加复杂,装置的操作条件和负荷动态变化导致公用工程的保供和有效节能降耗变得异常困难。
- (3) 大型炼化一体化的高度集成,致使安全、环保的风险更加集中、危害程度更大,监控和管理风险、防范于未然成为炼化一体化企业必须高度重视的问题。
- (4) 由于炼化一体化装置的快转、快投和快稳难度大,导致对市场的敏捷性没有发挥出来,经济效益没有得到充分挖潜。

这些问题都属于“人、机、料、法、环”生产要素的精益化管理、动态优化配置的管控范畴。但由于炼化一体化的高度集约化发展,使其变得异常复杂,如不采用先进的管控手段和方法,必将降低炼化一体化项目的竞争力和效能的发挥。

4 智能炼化一体化基础技术架构和典型应用场景

4.1 智能炼化一体化基础技术架构

炼化一体化完成了生产装置和技术的硬扩展,但其效能的发挥取决于是否有先进的管控手段驾驭这么“大、多、繁、杂”的庞大工业体。传统生产管理模式借助信息化技术,一定程度上缓解了超大规模炼化一体化项目的管理难题,但形成了大量数据孤岛和业务竖井,难以实现业务协同和智能科学决策,无法适应其高质量发展的要求。随着人工智能、大数据、云计算、互联网等技术的不断发展,“数据、算力、算法”能力得到大幅提升,在此基础上提出了智能炼化一体化的基础技术架构,以打破数据孤岛和业务竖井的壁垒,实现泛在感知、预测预警、协同优化、科学决策等智能化手段与炼化一体化业务的深度融合,进而激发炼化一体化项目潜能。

本智能炼化一体化技术架构采用平台化设计(图1)。其中,边缘层与炼化一体化工厂进行海量数据传输和交互,经过数据清洗、处理等技术将多源、异构和多模态数据存储在 IaaS 层的中央数据库,中央数据库通过数据标准化实现各类数据的集成与融合,为上层的业务协同和智能化应用奠定可靠的数据基础;同时在 PaaS 层上部署相应的算法库、模型库、微服务组件库、报表库、控件库、套件库等基础通用单元,使其具有强大的数据分析和挖掘等功能;然后根据实际的业务需求在 SaaS 层上部署相应的智能化应用,形成 N in 1 的智能化应用平台,每项智能化应用通过调用 PaaS 层上的智能化单元并加工 IaaS 层中央数据库中的数据,输出决策信息和控制指令,建立起数据驱动的“描述-诊断-预测-决策”智能服务机制,从而降低人工判断在决策中的比重,进一步提升生产、经营、管理精益化、智能化水平。

本技术架构重点突出两大特征,即中央数据库和 N in 1 智能化应用集成平台。(1)中央数据库通过主数据管理、标准化数据、标准化接口等实现数据的集成及共享,从根本上消除数据孤岛和业务竖井等数据割裂问题,实现数据驱动的业务协同。(2)智能化应用是种探索与追求,将随着业务深入开展和技术进步而不断有新的部署和优化升级,因此要求技术架构必须具备极强的易扩展性,N in 1 的数据、算法、应用的平台化集中集成为未来扩展业务应用提供了经济、便捷的途径,实现了强大后台、优化中台和敏捷前台的优良运维环境。

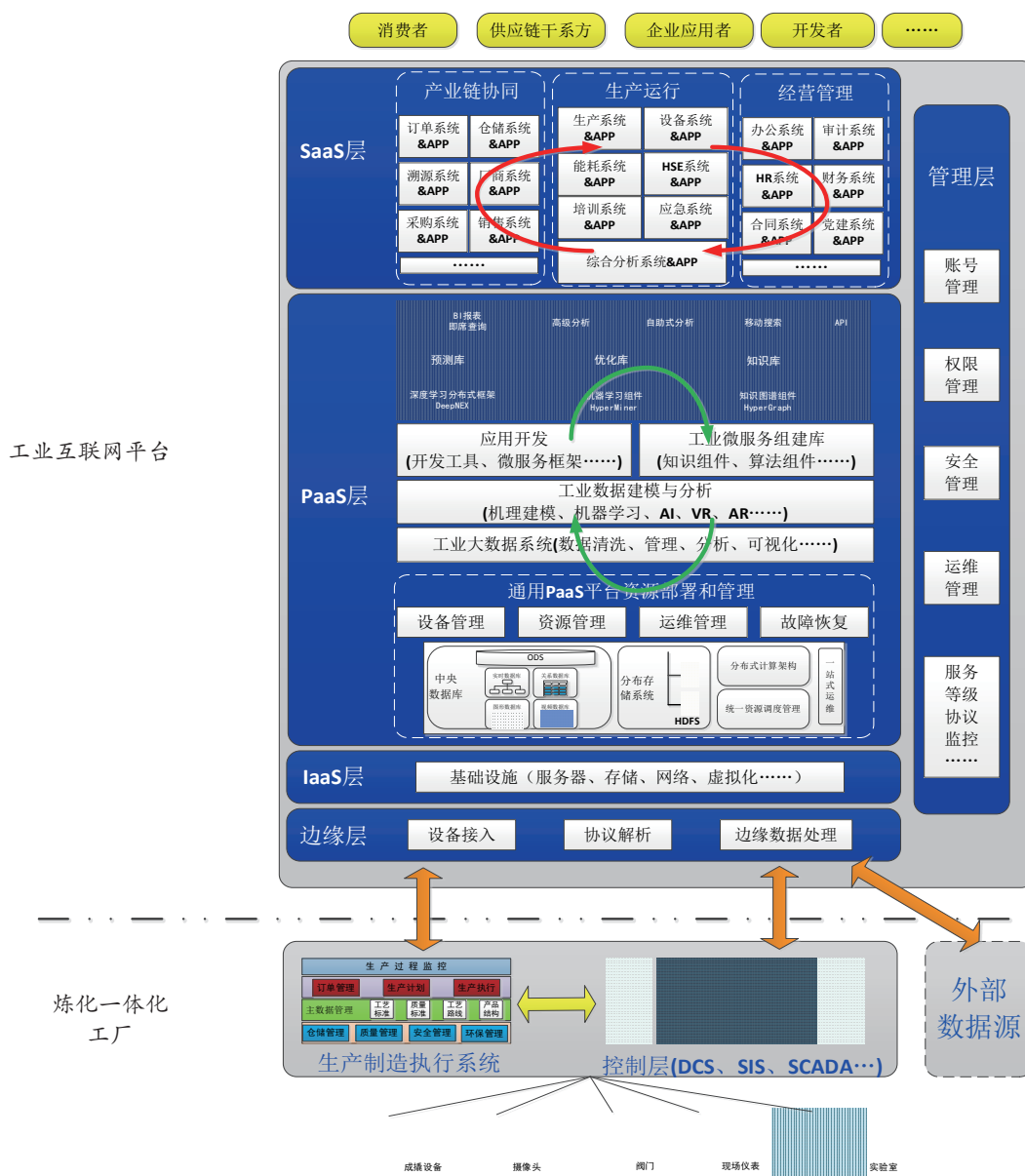


图 1 基础技术架构

4.2 典型应用场景

设备、能源、安全环保和生产优化是炼化一体化项目精益化管控的重点和难点,智能炼化一体化应在夯实基础平台的基础上,以需求为导向着重建设以下典型应用场景。

(1) 智能设备管理。炼化企业中的设备“安、稳、长、满、优”运行是重中之重,但由于炼化一体化的规模化发展,设备的数量、种类繁多,仅仅依靠人工点巡检不仅工作量巨大而且很难及时发现和定位设备问题。运用网络、大数据等技术,实时自动采集海量的设备关联数据,并建立设备

健康模型,在线分析健康状况,预测设备故障,分析、挖掘和规避设备故障影响因素,进而解决非计划宕机、带病运行或过度维修等问题,建立科学维保、降本增效的智能化、精细化 3P 设备管理体系,实现设备全寿命周期的科学管理。另外,设备故障预测算法中可采用数据、图形、频谱和多变量关联等方法提高预测的准确性和提前量。

(2) 智能能源管控。炼化一体化项目由于目标产品的动态调整以及装置间的产品和能源互供的耦合关系,导致水、电、气、汽和煤等公用工程的消耗在时间和空间维度上



也是动态变化的。因此,利用智能化技术建立能源管控模型,实时监控能源产/耗数据,分析能源供需特征,实现由粗放型保供向精细化保供转变,同时有的放矢地节能降耗,达到公用工程动态集约的优化平衡,进而降低生产成本、提高效益。另外,还可通过对重点设备和装置能耗的分析,挖掘生产、安全和设备更深层次的问题。

(3) 智能安环监管。大型炼化一体化的高度集中,致使安全、环保的风险更加集中、危害程度更大和关联危害更广,在国家绿色发展的要求下,应加强其安全和环保的监管。通过视频在线监控、人员定位、周界报警、事故推演、安环与应急和生产系统联动等智能化应用,从事后管理向事前预测、事中控制转变,增强管控能力,降低安环风险。

(4) 智能生产优化。分子炼油技术就是在分子尺度上对原油进行加工评价,准确预测产品性质,据此优化工艺流程和操作条件,以“宜油则油、宜烯则烯、宜芳则芳”的优化原则提升每个分子的价值。RTO 和 APC 是针对目标产品,充分考虑成本、约束条件、安全等因素,利用数据处理、稳态判定、模型校正和先进控制等技术,将 RTO 优化的操作参数下装给 APC 系统,由其实现稳定的闭环优化控制。分子炼油和 RTO/APC 优化技术相结合将为整个采、产、供、销价值链提供了的动态优化手段,增强了上下游系列装置的“敏捷性”和对原油/产品市场波动快速响应的能力,大大提高了生产价值和产率,进一步释放了炼化一体化的增值创效潜能。

(5) 3D 数字化工厂和数字孪生。其是随着建模、图形图像以及数据处理等技术的发展孕育而生的新应用场景,是庞大炼化工厂的海量数据和生产机理的承载体。通过这项技术可以实现沉浸式的巡检、操作培训、设备维护指导、应急仿真演练、报警显性化展示、事故推演、生产计划的优化与验证,以及工艺方案调整仿真验证等功能,支撑监测、预测和假设分析以及多角度可视化展示和辅助决策等各类应用,快速提升炼化一体化运营的管控业务水平。

5 智能化实施要点和建议

通过多个智能化项目的实践,可以总结出以下实施要点和建议。

(1) 以需求为导向确定整体目标,遵循整体规划、分步实施、再优化的技术路线,且基础设施最好在工程项目建设阶段同步建设,避免后续的修修补补。

(2) 功能设计、模块设计、接口设计、数据设计等要遵循标准化设计原则,为日后的智能化升级和新的智能化应用的部署奠定基础。

(3) 夯实工厂自动化/数字化基础,为智能化应用提供实时、可靠的数据。

(4) 消除数据孤岛,打通业务间的壁垒,加强业务间显性联系和数据隐性关联,实现生产、经营一体化管理,发挥出智能化的整体效益。

(5) 在智能化建设阶段就要建立与之相适应的组织结构和规章制度,确保其能够扎实落地、良好运行。

(6) 加强信息安全建设,让安全风险可控。

因此,炼化一体化的智能化建设不能一蹴而就、急于求成,应当结合企业现状和中长远发展战略加强顶层设计,注重智能化应用实效,以实现炼化一体化项目的精益化管控。

6 结语

目前,在全球大型炼化一体化项目的浪潮下,大炼化完胜小炼化,并完成淘汰和进化,已初步形成新的炼化行业格局,但不久的将来炼化行业将迎来更深层次的变革,竞争重心将从对规模的追逐转向对精益化管控、再增值创效的能力上来。“智能炼化一体化”的发展范式凭借其在海量数据处理、业务协同优化、科学辅助决策、上下游产业融合等方面的巨大优势,必将助推炼化一体化项目整体跃升且成为炼油和化工企业未来发展的必然趋势。

参考文献:

- [1] 李雪静. 全球炼化行业发展动向及启示 [J]. 石化技术与应用, 2018, 36 (2): 75-82.
- [2] 李志强. 炼化一体化—未来石油化工发展的方向 [J]. 当代石油石化, 2005, 13 (5): 8-11.
- [3] 孙会东, 宋爱萍. 世界大型石油公司及部分国家炼化一体化发展现状及启示 [J]. 石油规划设计, 2009, 20 (5): 15-18.
- [4] 陈淳. 炼化一体化基地的产异化发展 [J]. 石油炼制与化工, 2013, 44 (7): 64-68.
- [5] 杜品圣. 工厂智能—德国推进工业 4.0 战略的第一步 [J]. 自动化博览, 2014 (2): 22-25.
- [6] 马孟模. 流程工业智能工厂建设技术应用探究 [J]. 工业控制计算机, 2017, 30 (3): 53-54.