

煤化工智能工厂安全一体化设计与实践

潘 振

中科合成油内蒙古技术研究院有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 010321

摘 要：随着煤炭产业的数字化转型和智能化升级，煤化工智能工厂的安全一体化设计与实践成为行业关注的焦点。本文旨在探讨煤化工智能工厂安全一体化的设计理念、关键技术、及实践案例与效果，为煤化工企业的安全生产和可持续发展提供参考。

关键词：煤化工；智能工厂；安全；一体化

引言

煤化工行业作为能源化工领域的重要组成部分，其生产过程具有高温高压、易燃易爆、有毒有害等特点，安全生产风险较高。随着“双碳”战略的不断深化，推动煤化工企业智能化改造和数字化转型升级，实现安全一体化管理，已成为提升行业安全生产水平、促进可持续发展的重要途径。

1 煤化工智能工厂安全一体化设计理念

1.1 总体思路

煤化工智能工厂安全一体化设计以提升企业安全生产管理水平为目标，通过整合信息技术、自动化技术和安全管理技术，构建覆盖生产全过程的安全管理体系。该体系包括安全监测、风险评估、应急响应等多个环节，实现安全生产的全链条管理。在网络架构划分上，煤化工智能工厂可以采用多层次的网络架构设计，包括感知层、网络层、平台层和应用层。感知层负责数据的采集，通过网络层实现数据的传输，平台层进行数据的处理和分析，应用层则将处理结果应用于实际生产中，实现数据的闭环管理。

1.2 设计原则

煤化工智能工厂安全一体化设计遵循以下原则：

（1）系统性原则：安全一体化设计被视为一个复杂的系统工程，各环节之间紧密相连，相互协调。从数据采集、传输、处理到应用，每一个环节都不可或缺，共同构成了一个完整的安全管理体系^[1]。这种系统性的设计思路，确保了安全一体化系统的整体性和协调性，提高了系统的稳定性和可靠性。

（2）前瞻性原则：在设计过程中，充分考虑了煤化工行业的发展趋势和安全生产的需求变化。采用先进的设计理念和技术手段，如人工智能、大数据分析等，确保安全一体化系统具有前瞻性和可扩展性。这样，随着技术的不断进步和生产需求的变化，系统可以及时进行

升级和优化，保持其先进性和实用性。

（3）实用性原则：注重设计的可操作性和实用性，确保安全一体化系统能够在实际生产中发挥有效作用。在设计过程中，充分考虑了企业的实际情况和生产特点，确保系统能够与企业的生产流程和管理模式相契合。同时，系统界面简洁明了，操作方便易行，降低了员工的学习成本和使用难度，提高了系统的可接受性和使用效率。

2 关键技术与应用

2.1 信息技术

2.1.1 大数据与云计算

在煤化工生产过程中，会产生海量的数据，包括生产数据（如原料投入量、产品产出量、生产效率等）、设备数据（如设备运行状态、故障记录、维护历史等）、环境数据（如温度、湿度、气压等）。这些数据中蕴含着丰富的信息，对于安全生产决策至关重要。大数据技术通过数据挖掘算法，如关联规则挖掘、聚类分析、异常检测等，对这些海量数据进行深度处理，提取出有价值的信息。例如，通过对生产过程中的温度、压力、流量等实时数据进行监测和分析，结合历史数据，可以建立预测模型，预测设备故障或生产异常的发生，从而提前采取措施进行预防。同时，大数据技术还可以对历史事件数据进行深度挖掘，分析事故发生的原因、规律和影响因素，为制定安全防范措施提供科学依据。云计算技术则实现了安全信息的共享和协同处理。在煤化工智能工厂中，云数据中心作为数据存储和处理的核

心，通过虚拟化技术将计算资源、存储资源和网络资源集成在一起，为各个生产环节和设备提供统一的数据服务。生产现场的数据通过物联网技术实时传输到云数据中心，进行存储、处理和分析。云计算平台还提供了强大的数据分析和可视化工具，使操作人员能够直观地了解生产过程中的安全状况，及时发现潜在的安全隐患。

2.1.2 物联网技术

在煤化工生产过程中,设备的安全运行是确保生产安全的关键。物联网技术可以实时监测设备的运行状态和工艺参数,如温度、压力、振动、流量等。例如,在煤化工设备中安装温度传感器,可以实时监测设备的温度变化情况,一旦发现温度异常升高,系统会立即发出报警信号,提醒操作人员及时采取措施进行处理,防止设备因过热而损坏或引发火灾等安全事故。同时,物联网技术还可以实现设备的远程控制,如通过远程操控系统关闭存在安全隐患的设备,确保生产的安全稳定运行^[2]。此外,物联网技术还可以结合RFID技术,对生产现场的人员、物料和设备进行实时追踪和定位,确保生产过程中的物料流转和人员操作符合安全规范。

2.2 自动化技术

2.2.1 集散控制系统(DCS)

在煤化工智能工厂中,DCS系统可以实时监测和控制生产过程中的各种参数,如温度、压力、流量、液位等。DCS系统通过分布式控制架构,将控制任务分配到多个控制器上,每个控制器负责控制一部分生产过程或设备。这种分布式控制方式提高了系统的可靠性和灵活性,即使某个控制器出现故障,也不会影响整个系统的正常运行。同时,DCS系统还具有强大的数据处理和分析能力,可以对生产过程中的数据进行实时处理和分析,为操作人员提供准确的生产信息和决策支持。例如,在煤化工生产过程中,DCS系统可以实时监测反应釜的温度和压力变化,根据预设的控制策略自动调节加热或冷却系统的输出,确保反应釜在安全的温度和压力范围内运行^[3]。

2.2.2 智能巡检系统

在煤化工生产过程中,生产现场的环境往往比较恶劣,存在高温、高压、有毒有害等危险因素。传统的人工巡检方式存在风险大、劳动强度高等问题。智能巡检系统通过利用机器人或无人机等智能设备,可以在无需人员进入危险区域的情况下,对生产现场进行实时巡检。这些智能设备配备有高清摄像头、红外热像仪、气体检测仪等传感器装置,可以实时监测生产现场的环境和设备状态。例如,机器人巡检系统可以沿着预设的巡检路线自动行走,对设备的外表、连接部位、仪表指示等进行实时监测和记录。一旦发现设备存在异常或泄漏等情况,机器人会立即停下并发出报警信号,同时将巡检数据传输到控制中心进行分析和处理。无人机巡检系统则可以在高空对生产现场进行俯瞰式巡检,快速发现大面积的设备异常或环境污染等情况。

2.3 安全管理技术

2.3.1 风险评估与预警系统

在煤化工生产过程中,存在着多种安全风险,如火灾、爆炸、中毒等。这些风险一旦发生,往往会造成严重的人员伤亡和财产损失。风险评估与预警系统通过利用大数据技术和模型算法,对生产过程中的安全风险进行实时评估和预警。系统可以根据生产过程中的实时数据和历史数据,结合安全标准和规范,分析风险发生的可能性和后果严重程度。例如,系统可以对生产过程中的易燃易爆物质进行实时监测和分析,评估其泄漏或爆炸的风险大小,并根据风险等级发出相应的预警信号^[4]。同时,系统还可以实时监测风险指标的变化情况,如温度、压力、浓度等关键参数的变化。一旦发现风险指标超过安全范围或存在异常波动,系统会立即发出预警信号,提醒操作人员及时采取措施进行处理。这样,可以及时发现并控制潜在的安全风险,防止事故的发生。

2.3.2 应急响应系统

在煤化工生产过程中,尽管采取了多种安全防范措施,但仍然无法完全避免事故的发生。因此,建立一套完善的应急响应系统对于减少事故损失具有重要意义。应急响应系统包括应急预案制定、应急资源调配、应急指挥协调等多个方面。在发生事故时,系统可以迅速启动应急预案,明确应急响应的流程和责任分工。同时,系统还可以调动应急资源,如消防队伍、救援设备、医疗救护等,确保应急响应的及时性和有效性。此外,应急响应系统还提供了应急指挥协调的功能。在事故现场,应急指挥人员可以通过系统实时了解事故的情况和发展趋势,对应急资源进行统一调度和指挥。同时,系统还可以与相关部门和机构进行信息共享和协同作战,提高应急响应的效率和效果。

3 实践案例分析:以中煤鄂尔多斯能源化工有限公司的煤化工智能工厂建设为例

3.1 案例背景

中煤鄂尔多斯能源化工有限公司成立于2011年6月8日,其建设和运营的图克化肥项目是中煤集团实施战略转型、打造蒙陕能源化工基地、建设一流煤化工企业的示范项目。项目设计年产200万吨合成氨、350万吨尿素、20万吨液化天然气,总投资200亿元。已建成投产的一期项目设计年产100万吨合成氨、171.6万吨尿素,总投资约130亿元。

3.2 安全一体化设计与实践

3.2.1 总体设计思路

中煤鄂尔多斯能源化工有限公司从煤化工安全生产

和企业日常运营两个领域展开,根据信息技术发展趋势以及国家、行业、集团公司的政策指引,启动了信息化建设工作。按照“智能工厂”管理理念,旨在实现信息化建设与应用达到国内领先水平,并全面支撑企业各项业务的发展,构建以生产管理为核心,各层面信息化系统充分联动,信息数据高效传递和加工的“智慧”平台。

3.2.2 自动化控制系统建设

设备方面:全厂机械设备3478台,电气设备1987台套,仪表设备14180台套。主要设备大机组、气化炉及电仪关键设备、控制系统全部为进口产品,技术先进,安全性高。例如,气化装置的BGL气化炉由德国泽玛克公司提供技术,太原重工制造;尿素装置二氧化碳压缩机由日本日立公司制造等。

仪表方面:采用了性能可靠的信息化操作技术和安全联锁控制,既保证了装置的本质安全,也减少了现场操作人员,实现了技术适应本地化、生产控制集中化、控制水平信息化、装置布置集约化。

电气方面:110KV外供电线路采用单塔双挂(两回进线)形式,由220KV图忽岱总降压变电站供给,单母分段运行方式供电,保障了供电稳定。

3.2.3 生产管理信息化建设

在生产管理方面,中煤鄂尔多斯能源化工有限公司搭建了一个符合自身管控要求的生产信息化基础平台,在建系统包括实时数据库、衡器数据库,实验室管理、生产计划管理、物料管理、能源管理、操作管理(工艺管理)、大机组监控等8个模块。系统建成后实现生产过程物料、能源、生产调度、质量、安全、设备运行等全业务覆盖。

3.2.4 经营管理系统建设

以中煤集团ERP系统为基础,建设了一个可扩展的企业产供销管理系统,将原料的采购、进厂和产品销售出厂业务进行集成和优化,并与生产执行、员工管理、辅助决策等系统有效集成。基于统一的核算规则和基础数据,通过系统化集成,实现业务驱动的财务核算和管理,从而达到从采购到付款、销售到收款、生产到成本等多条业务财务运营主线的整体管控,实现生产操作与企业经营管理的数据共享与融合,提升公司经营管理水平。

3.2.5 内部网络架构与数据中心建设

采用双星型、双链路三层网络架构设计,全面覆盖了公司生产区和办公区,实现40G到核心、万兆到汇聚、千兆到桌面,为公司内部信息传递、数据共享提供了高

速、安全、可靠的通道。以华为新一代敏捷网络设备为核心搭建了虚拟化网络平台,通过最新的CSS2技术,实现高可靠性的同时简化了配置管理、提升了链路带宽的弹性扩展能力。基于华为公司全套虚拟化产品搭建了企业私有云、桌面云,形成集中化、虚拟化、可扩展的技术体系,有效降低了运行维护成本,为各类应用系统提供了安全、稳定、可靠的工作环境。

3.3 安全一体化实践效果

通过自动化控制和信息化建设,全厂具备了智能化感知条件,优化管理流程、精简用工数量,提高生产效率、稳定产品质量,降低了生产资源成本及生产过程中的错误率。岗位人员从初期规划的1300人降至830余人。在能源闭环管理的基础上,全过程用能优化机理模型从用能设备、产耗能装置、能源管网等维度进行全过程的用能优化。在线分析诊断每日能耗情况,及时查找差异并进行优化,全面提升企业能源管理的精细化水平,全厂综合能耗预期降低2%左右。通过大机组监控、设备完好等系统对设备运行状态及运行参数加强监控,提高装置产能,避免减少设备故障的扩大化和停止事故,延长设备的使用寿命,提高设备的运行可靠性及生产效率,直接避免因各类设备故障而造成经济损失。

结语

煤化工智能工厂安全一体化设计与实践是提升行业安全生产水平、促进可持续发展的重要途径。未来,随着信息技术的不断发展和应用场景的不断拓展,煤化工智能工厂安全一体化系统将迎来更加广阔的发展前景。同时,煤化工企业也应继续关注行业发展趋势和安全生产需求的变化,不断优化和完善安全一体化系统以适应新的挑战 and 机遇。

参考文献

- [1]武东升,章维,杨加义,等.煤化工智能工厂安全一体化设计与实践[J].仪器仪表用户,2019,26(11):1-5.
- [2]李强,席建亭,张元新.数智赋能,打造煤化工智能工厂示范试点——内蒙古荣信化工有限公司智能工厂建设实践[C]//中国机械工业联合会,中国机电装备维修与改造技术协会.2024中国工业设备智能运维技术大会论文集(下).内蒙古荣信化工有限公司,2024:4.
- [3]马军忙,张安平,史晶.煤化工智能工厂建设的实践与研究[J].自动化应用,2023,64(18):10-14+17.
- [4]吴志敏.现代煤化工智能工厂的研究与探讨[J].当代化工研究,2019,(04):109-110.