

# 工业互联网时代工厂安全生产的思考与实践

褚健<sup>1,2</sup>

1. 中控科技集团有限公司, 杭州 310053

2. 宁波工业互联网研究院, 宁波 315000

**摘要** 流程工业企业安全生产问题日益成为全社会关注的焦点。聚焦工业企业运行的五大核心——“人、机、料、法、环”,以工业操作系统为平台,采用第五代移动通信(5G)、窄带物联网(NB-IoT)和云计算等技术,围绕人员安全、设备安全、物料安全、工艺安全和环境安全,提出了安全生产整体解决方案,以满足企业用户的安全需求,为工业互联网时代工厂安全生产保驾护航。

**关键词** 安全生产;工业互联网;智能工厂

近年来,重、特大安全生产事故频发,“8·12”天津滨海新区爆炸事故、“3·21”江苏响水天嘉宜公司爆炸事故、“4·15”山东齐鲁天和惠世中毒事件等多起严重事故,都是因为化工生产过程中存在操作不规范、管理不彻底和技术跟不上等问题。安全生产已经成为当今社会广泛关注的热点议题之一。

另一方面,全球新一轮科技革命和产业变革已经孕育兴起,中国制造业转型升级与其形成历史性交汇。为了抢占未来经济和科技发展的制高点,中国制定了促进工业由大变强的指导性战略《中国制造2025》,明确提出加快推动新一代信息技术与制造技术融合发展,将智能制造作为两化深度融合的主攻方向,推动行业发展和产业变革<sup>[1]</sup>。在工业互联网时代,智能制造为工厂安全生产管理的新模式提供了新思路。

2018年6月19日,应急管理部联合工业和信息化部、财政部、科技部发布了《关于加快安全产业发展的

指导意见》,提出“重点发展基于物联网、大数据、人工智能等技术的智慧安全云服务,聚焦重点行业领域安全需求,以数字化、网络化、智能化安全技术与装备科研为重点方向,通过中央财政科技计划(专项、基金等)支持符合条件的灾害防治、预测预警、监测监控、个体防护、应急救援、本质安全工艺和装备、安全服务等关键技术的研发。”

2019年4月24日,应急管理部又与工业和信息化部召开座谈会,以推动工业互联网在危化品企业安全风险监测预警中的应用,指出以危险化学品企业安全风险监测预警为切入点,共同推进安全生产监测信息系统的建设,力争在2019年基本实现对重点危化品企业基本安全生产信息监测的全覆盖,然后逐步扩展到其他安全生产领域。

面对如此严峻的安全生产形势,已不满足于传统的安全管理技术和方法,各种新技术、新方法开始与安

收稿日期:2019-05-20;修回日期:2019-06-10

作者简介:褚健,教授,研究方向为工业互联网,电子邮箱:chuj@supcon.com

引用格式:褚健.工业互联网时代工厂安全生产的思考与实践[J].科技导报,2019,37(12):92-96;doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2019.12.016

全生产紧密结合,寻求企业安全生产管理的解决方案。自动化控制技术可以在化工生产中出现某一环节波动和异样时及时发出安全警报,提醒化工生产人员及时查看问题,予以解决<sup>[3]</sup>。“互联网+石油石化安全生产”概念的提出,为石油石化安全生产提出了新的解决方向<sup>[3]</sup>;物联网技术已经在石油石化行业生产过程管理、设备资产管理、人员管理和安全管理等领域初步应用,取得了较好的效果<sup>[4]</sup>;安全预警指数系统的提出,为企业安全风险的发展趋势提供了量化的依据<sup>[5]</sup>;监测监控技术推动了煤矿生产的安全管理发展<sup>[6]</sup>;应急指挥平台搭载新技术的模式提高了煤化工企业安全生产突发事件的处理效果<sup>[7]</sup>。

本文以生产安全为着重点,从人员安全、设备安全、物料安全、工艺安全和环境安全5个角度出发,利用专业检测技术、数据分析技术、智能预测技术和专家知识,提出基于工业操作系统为平台的解决方案。

## 1 流程工业的安全需求

流程工业在生产过程中有易燃易爆、高温高压、连续作业等特点,生产流程长,生产工艺复杂,危险性大,稍有不慎就可能引发事故,给员工生命和企业财产造成严重的威胁。但在实际生产过程中,受制于当前的技术及条件,仍存在如下问题。

1) 当前流程工业中使用的设备和仪表众多,信息数据分散在不同的系统,发生事故时需在多个系统查询数据,然而跨系统的数据对比分析、关联计算难以实现,严重影响事故原因的确认和事故的紧急处理。

2) 随着分布式控制系统(DCS)的普遍应用,设置的报警越来越多。据统计,每个操作员需要应对的报警组态超过4000个,但操作人员数量和精力有限,过多报警使操作员疲于应对,导致忽略真正需要紧急处理的关键报警,不能及时处理异常情况,导致产量降低、质量下降和紧急停车,严重时甚至导致事故发生。缺少高级报警管理系统的应用,对系统报警进行优化处理和分类管理,减少干扰报警,突出重要报警。

3) 大量中小企业生产设施简陋、人员依赖性强、技术装备和管理方法落后,对重大安全隐患(如设备腐蚀、泄露)缺少科学有效的监测,对危险源识别和分析缺少科学的评估及跟踪。企业对装置缺少科学分析,

易腐蚀、易泄漏点缺少实时监测系统。

4) 在流程工业开停车或工况切换过程中,由于操作人员新老更替、操作水平良莠不齐、操作步骤不规范等原因,可能造成物料过度损耗、设备损坏,甚至引发生产事故<sup>[8]</sup>。

## 2 以工业操作系统为平台的解决方案

针对流程工业企业存在的安全生产问题,提出以工业操作系统为平台的生产安全整体解决方案,从“人、机、料、法、环”5个方面,将分散在各个系统中的不同信息通过工业物联网实现信息互联互通、消除信息孤岛,基于数据分析提出优化方案,提高工业企业生产管理水平,推动企业的可持续性发展,为工业企业的安全生产保驾护航。针对流程工业的安全需求,安全生产解决方案主要考虑从以下3个方面进行完善。

1) 让“感官”更真实。工厂装置现场存在大量不合理的报警,针对这些报警,突出关键报警,提高操作人员对异常工况的响应效率,实时监控设备和管道的腐蚀情况,指导工艺操作并实现预测性维护,减少因设备腐蚀造成的事故和损失,让监测和报警信号真实反应装置的状况。

2) 让“大脑”更强大。在快速获取人员、设备、工艺、环境等相关数据的基础上,进行充分的数据分析,根据风险评估模型的建立,评价工厂当前的安全风险,并通过手机 App、短信、电子邮件等方式及时将相关数据发送给管理人员,让管理者在第一时间获取需要的信息,为企业安全管理决策提供依据。

3) 碎片化模块,结构化产品。根据工厂在安全管理中的实践,梳理出安全管理业务流程,进而以业务流程为基础设计工业操作系统的功能模块。在应用到具体工厂场景时,根据工厂实际管理需要,结构化功能模块,使系统适用于不同工况,满足工厂对于唯一安全管理体系的建设需求,提高管理效率。

鉴于此,从工业互联网的角度出发,提出了工业操作系统的概念,从人员、设备、物料、工艺、环境5个方面为企业安全生产提供了解决方案,具体框架如图1所示。同时,从生产监护和规划设计两个层面为工业操作系统充实了结构化的功能模块,提高工厂应急协同能力,最终实现工厂的数字化安全运行。

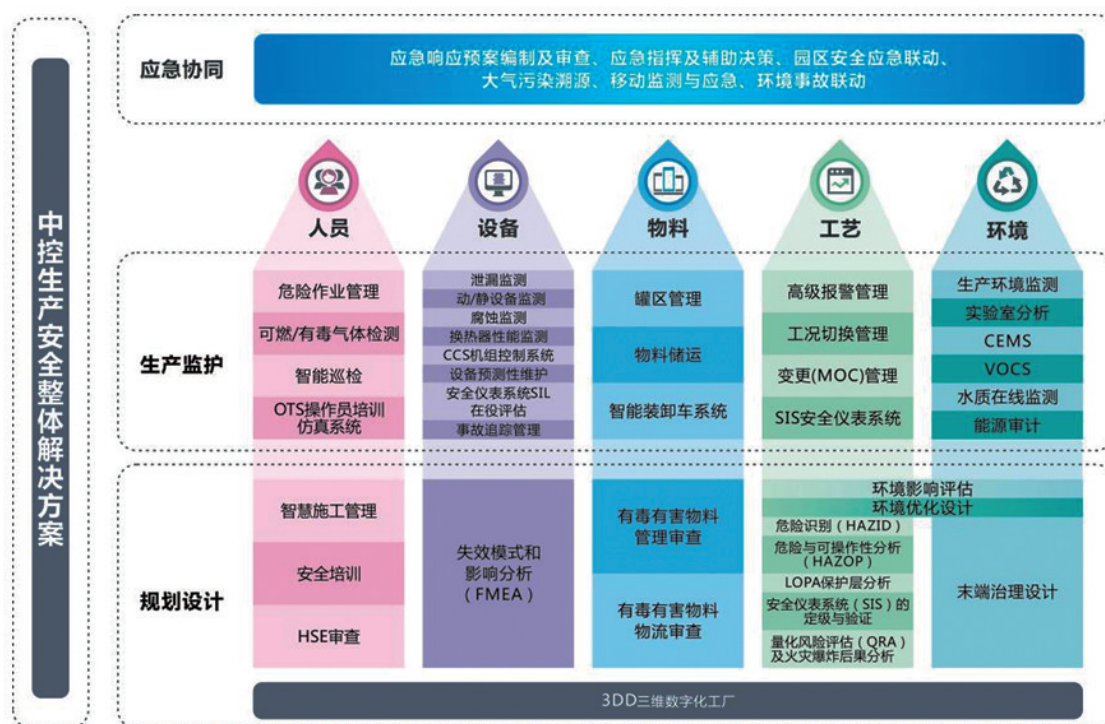


图1 中控生产安全整体解决方案(框架)

Fig. 1 Overall solution for plant safety management of SUPCON (framework)

## 2.1 操作平台设计

工业操作系统以帮助企业实现工厂区域的信息全集成成为突破口,搭建全集成的工业大数据平台,它是集工业控制平台、工厂模型平台、工业大数据平台、工业云平台、工业 Apps 应用商店等于一体的工业操作系统,通过云(云互联网平台)、企(工厂互联网平台)、端(边缘计算节点)三层同一架构,实现管控一体化交互<sup>[9]</sup>。以集成化、数字化和智能化手段解决生产控制、生产管理、生产安全和企业经营的综合问题,让企业掌握自身发展工业大数据和人工智能的主动权。

## 2.2 人员安全方案

采用地理信息系统(GIS)、视频监控、图像识别、人员定位和物联网等技术构建人员定位与管理系统,对工厂中的人员、设备、物资、危险源、监控、门禁、环保设备、消防设备等要素进行全方位监控,直观、高效、快捷地实现智能施工管理、危险作业管理、智能巡检和应急管理等功能。

1) 智能施工管理。从施工单位的选择、合同签订、人员培训、现场监管、绩效评估等各方面对施工单位进行全工程周期的智能化管理,把控源头、关注过程,实

现建设项目的安全、高效实施。

2) 危险作业管理。以《化学品生产单位特殊作业安全规范》(GB 30871—2014)为依据,结合工业现场应用场景,分析作业申请、作业批准、作业实施、作业关闭4个环节中的风险点,发挥移动终端的桥梁作用,以线上审核、线下管控相结合的方式,管控危险作业过程中的风险。

3) 智能巡检。基于智能巡检软件平台,实现巡检人员定位,综合分析巡检信息,不断优化巡检点、巡检频次、巡检路线等,为预测性维护提供数据支持。

4) 应急管理。以智能化手段,覆盖应急管理的预防、准备、响应、恢复全部4个阶段,实现应急预案的精准推送、应急物资的实时更新、应急队伍的快速联动、应急过程的全程记录。

## 2.3 设备安全方案

利用互联网技术,监控关键设备的状态数据,通过数据分析实现预测性维护、事故中应对和事故溯源分析等。对于传统方式难以监测的关键点,采用4G或5G等无线技术手段进行部署。从泄漏监测、动设备监测、腐蚀监测、安全完整性等级(SIL)在线评估等方面帮助

企业实现设备安全。

1) 泄漏监测。基于过程泄漏风险图,部署点、域、界节点监测设备,实时监测高危装置设备泄漏源的泄漏风险和泄漏趋势,消除由易燃易爆、有毒有害气体和挥发性有机物外漏而造成的重大事故隐患。

2) 动设备监测。通过物联网技术,接入关键动设备的监控数据,确保关键动设备安全运行,并实现预测性维护,减少因动设备故障引起的非计划停车。

3) 腐蚀监测。利用在线仪器工具和分析方法实时监测关键设备或关键部位的腐蚀情况,确定材料在工艺介质环境中的腐蚀速度、腐蚀裕量,指导设备管理人员及时升级材质,更换设备管道或对缓蚀剂类型或比例做出调整。

4) SIL在线评估。基于当前中国安全生产形势严峻、监察力量不足及监察工作急需加强的现状<sup>[10]</sup>,根据功能安全国际标准 IEC61508 和 IEC61511 推出 SIL 等级在线评估平台,定期评估安全系统的 SIL 等级。

## 2.4 物料安全方案

运用物联网技术进行危险源管理,在线关联危险源所在设备,关联危险源监控位号,关联危险源周边物资,让危险源管理从静态的台账管理上升为可联动周边资源信息、生产信息、安防信息的动态过程,方便应急救援时的指挥调度。

1) 罐区管理。定期评估罐区内外环境、设备状况,以及安全附件、消防设施、安全警示牌、可燃和有毒气体报警系统的完好性,以提高罐区管理的科学性和有效性。

2) 物流储运。对厂区内危险化学品的输送管道和储运过程进行信息化管理和识别,通过声光报警装置警告靠近人员。

3) 智能装卸车系统。智能装卸车系统由自动装卸平台、卡车内部设备和管理平台组成,该系统可以自动优化装卸任务,装卸平台可自动优化单次装卸数量,在降低运行成本的同时,也提高了工作环境安全等级。

## 2.5 工艺安全方案

通过标准通信接口,获取控制系统关键工艺参数和报警数据,进行统一监控和管理。

1) 高级报警管理。高级报警管理系统通过统计分析发现不合理的报警设置,并通过报警搁置和多工况报警管理等手段减少无效报警对操作员的干扰;通过报警审计发现不合理的报警,有效地管理与维护报

警。高级报警管理系统可为装置的“安全、稳定、长周期、满负荷”运行提供保证,使生产更加平稳、操作更加安全、生产成本进一步下降以及事故进一步减少。

2) 工况切换管理。工况切换管理系统以规范与简化操作流程为初衷,运用标准化操作流程图,规范操作员操作步骤。将现场实际操作经验写入操作导航管理软件的方式不断优化操作规范,从而形成一个良性的工艺效益改进循环。

3) 工艺安全管理。实现工艺安全信息的管控和工艺危害分析,对物料危害特性、工艺设计基础、设备设计基础、装置运行信息进行实时更新,以信息化工具为载体,结合危险与可操作性分析(HAZOP)、保护层分析(LOPA)等工艺危害分析方法,定期对装置的安全风险进行辨识、评估与管控。

## 2.6 环境安全方案

利用传感器技术、物联网技术实现对企业污染源相关指标的实时监控,采集污染源监测数据、污染产生数据及污染治理的设备参数,确定系统的运行情况。

1) 挥发性有机化合物(VOC)在线监测。VOC在线监测系统根据废气中的成分及特性、环境敏感区分布和主导风向等因素,预测污染物的扩散趋势,科学制定污染区的控制方案。

2) 水质在线监测。水质在线监测系统监测水质、水量、污染源排放、环境因素、工程设备/设施运行状况等,贯穿“源头预防-过程监测-效果评估”全流程,引入公众调查评议,建立长效的监督管理机制,最终达到提升人居环境质量,改善城市生态环境的目的。

## 3 结论

当前,安全生产已经成为企业的核心竞争力之一。如何管控工厂安全风险、消除重大安全隐患、避免生产安全事故始终是工厂安全管理的难题,这也将长期成为安全生产管理领域研究的课题。当今正处于工业互联网的起步阶段,结合工业互联网的时代特征,提出的工业操作系统基于人员安全、设备安全、物料安全、工艺安全、环境安全等管理业务,从信息化、数字化、智能化的角度,为工厂安全生产难题提出了解决方向。通过在实践中与安全管理技术的进一步紧密结合,工业操作系统可实现应用模块的不断优化、更新和升级,这将为工厂安全现状诊断、安全风险预警、安全

方案咨询提供数字化和智能化的解决方向,在不久的将来,工业操作系统将支持4G/5G的智能终端,基于机理模型与大数据融合进行风险识别及定量分析,以图像智能识别的方式进行隐患报警,结合App产业生态为工厂制定全流程安全解决方案,从而为工厂的绿色安全、可持续发展提供一份坚实的保障。

### 参考文献(References)

- [1] 曹晓红, 韩永立. 两化融合环境下智能工厂探索与实践[J]. 无机盐工业, 2019(5): 1-5.
- [2] 许超. 化工安全生产中自动化控制技术的应用[J]. 化工管理, 2018(4): 137.
- [3] 朱志红, 邱书香, 徐平. “互联网+”在石油石化安全生产中的应用及发展趋势[J]. 北京石油管理干部学院学报, 2016(1): 43-45, 49.
- [4] 王华. 物联网在石油石化行业的应用初探[J]. 石油规划设计, 2011(6): 1-4, 27, 53.
- [5] 孙广鑫. 企业安全预警指数系统的研究[J]. 新疆有色金属, 2018(1): 104-108.
- [6] 刘海. 现代监测监控技术在煤矿安全生产中的应用研究[J]. 能源与节能, 2018(10): 137-138.
- [7] 李梁玉. 应急指挥系统网络平台在甲醇厂的应用分析[J]. 现代商贸工业, 2019(16): 192.
- [8] 赵文彦. 工业企业的安全培训[J]. 城市建设理论研究, 2017(25): 170.
- [9] 褚健. 流程工业智能工厂的未来发展[J]. 科技导报, 2018, 36(21): 23-29.
- [10] 黄拴雷. 企业生产安全事故风险分级及分级监察研究[D]. 北京: 首都经济贸易大学, 2018.

## Plant safety production in industrial internet era

CHU Jian<sup>1,2</sup>

1. SUPCON GROUP Co., Ltd., Hangzhou 310053, China
2. Ningbo Industrial Internet Institute, Ningbo 315000, China

**Abstract** In view of the five cores of the industrial enterprise operation, the people, the equipment, the materials, the process, and the environment, a total solution for the safety production is given in this paper, with the industrial operating system as the platform, the 5th-generation (5G), narrow band internet of things (NB-IoT) and cloud computing as tools, to solve the problems of the personnel safety, the equipment safety, the materials safety, the process safety and the environmental safety. It can meet the security requirements of enterprises, and guarantee the safety production of intelligent plants.

**Keywords** safety production; industrial internet; intelligent plant ●



(责任编辑 刘志远)