

化工安全工程存在的问题与采取措施

沈连通

内蒙古盛德源化工有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 014300

摘要: 化工行业作为国民经济支柱产业,其安全生产直接关系到人民群众生命财产安全与社会稳定。然而,当前化工安全工程领域仍面临多重问题,重特大事故时有发生。本文系统梳理化工安全工程存在的突出问题,从本质安全、运行管理、人员素质、应急体系、监管制度五个维度剖析深层原因,并提出针对性改进措施,旨在为提升化工企业本质安全水平、防范遏制重特大事故提供理论参考与实践指导。

关键词: 化工安全工程;安全管理;危险化学品;事故预防;本质安全

引言:化工行业生产过程中涉及大量易燃、易爆、有毒、有害危险化学品,具有高温高压、连续作业、能量集中等特点,安全风险显著高于一般工业领域。深入剖析发现,化工安全工程在工艺设计缺陷辨识、过程风险管控、异常工况预警、应急响应能力等方面存在系统性短板。本文立足化工安全生产实际,系统分析当前存在的主要问题,并提出切实可行的改进措施,为促进化工行业安全发展提供支撑。

1 化工安全工程概述与理论基础

1.1 化工安全工程的内涵

化工安全工程是运用工程技术和管理手段,识别、评估、控制化工生产过程中的各类安全风险,预防事故发生、减轻事故后果的综合性学科领域。其核心目标是实现“本质安全”,即通过工艺设计、设备选型、自动控制等技术手段,从根本上消除或降低危险,而非单纯依靠操作人员的谨慎操作。化工安全工程涵盖工艺安全、设备安全、消防安全、职业健康等多个专业方向,贯穿项目设计、建设、试生产、运行、检修、变更、废弃全生命周期。与传统工业安全相比,化工安全更加强调过程安全管理(Process Safety Management, PSM),关注工艺系统中能量和危险物质的非受控释放,而非仅关注人员个体防护和作业行为规范。

1.2 化工安全生产的特点与难点

化工安全生产具有鲜明的行业特点。一是物料危险性高,原油、天然气、液氯、液化石油气、甲醇、二甲醚等原料及中间产品大多具有易燃、易爆、有毒、腐蚀等危险特性,微小泄漏即可能引发灾难性后果。二是工艺条件苛刻,许多化工反应在高温、高压、深冷等极端条件下进行,参数波动可能触发连锁反应。三是生产连续性强,现代化工装置多为连续流程,局部故障可能迅速波及整个系统,停车重启成本极高,企业往往存在

“带病运行”的侥幸心理。四是能量集中度高,大型化工装置储存的危险物质能量巨大,一旦失控,破坏半径可达数公里。五是隐蔽性风险多,管道腐蚀、阀门内漏、仪表漂移等隐患难以通过日常巡检及时发现。这些特点决定了化工安全管理必须采取预防为主、系统管控的策略^[1]。

2 化工安全工程存在的主要问题

2.1 工艺设计与本质安全层面的问题

工艺设计阶段安全风险辨识不充分是突出短板。部分设计单位对危险与可操作性分析(HAZOP)重视不足,分析深度不够,未能系统识别工艺系统的偏离及其后果。新建项目安全审查存在“重资料、轻实质”倾向,设计缺陷被带入建设阶段。工艺安全信息管理缺失普遍,物料安全技术说明书、工艺流程图等基础资料不完整,直接影响风险管控有效性。老旧化工装置本质安全水平低下,部分服役超三十年的设备老化、材质劣化、控制系统落后,多次改造后原始设计逻辑被破坏,安全裕度严重不足。变更管理(MOC)流于形式,许多企业未建立规范审批流程,临时改造、设备替换、参数调整随意进行,未开展变更前风险对比分析和安全措施复核,为事故发埋下隐患。

2.2 运行管理与操作执行层面的问题

运行管理问题集中在操作规范执行不严和设备维护欠账。操作规程不完善、执行不到位或执行与实际两张皮普遍,部分企业规程内容笼统,缺乏关键参数的控制范围和偏差处置步骤;一线员工违规操作、习惯性违章屡禁不止。特殊作业管理不规范是事故重灾区,动火、受限空间等高风险作业的审批、检测、监护环节存在漏洞,气体分析走过场、作业票代签等问题时有发生。设备设施维护保养欠账严重,预防性维修体系不健全,“坏了再修”模式导致设备带病运行,腐蚀减薄、安全

阀锈死等隐患不能及时发现。承包商安全管理薄弱,检修外包普遍但入厂培训走过场、作业监督缺位,承包商人员事故率显著高于正式员工^[2]。

2.3 人员素质与安全文化层面的问题

人员素质问题已成为制约化工安全水平提升的瓶颈。从业人员安全意识和技能不足,一线操作工多为农民工,文化程度偏低,对工艺原理、风险特征、应急处置知识掌握有限,面对异常工况时缺乏判断处置能力。专业安全管理人员严重短缺,既懂化工工艺又懂安全工程技术的复合型人才供不应求,中小企业甚至无力配备专职安全管理人员。安全培训针对性、实效性差,培训内容与岗位实际脱节,以“读文件、看录像”为主,缺乏仿真模拟、实操演练等有效形式,培训效果难以保证。更深层次的问题是安全文化缺失,“重生产、轻安全”的思想惯性根深蒂固,管理层存在侥幸心理,认为“事故概率低、不会轮到我”;基层员工安全价值认同感低,主动报告隐患、拒绝违章指挥的意愿不强,安全管理工作缺乏内生动力。由于人性的自利性心理,使其在对待化工安全方面产生低认知,低察觉,低敬畏,存在侥幸心理,不能真实的去按照制度流程做好。

2.4 应急管理 with 风险防控层面的问题

应急管理体系不健全使事故后果往往被放大。应急预案针对性、可操作性不强是共性问题,许多企业照搬模板编制预案,未针对自身工艺风险开展基于场景的应急策划,预案内容与现场实际脱节。应急演练流于形式,演练脚本事先编排、演练过程按部就班、演练评估走过场,达不到检验预案、锻炼队伍、提升能力的目的。监测预警手段落后,多数企业仍依赖人工巡检和定期检测,在线监测、智能预警系统应用不足,难以实现风险早期识别和超前预警。区域联动应急机制不健全,化工园区企业之间、企业与政府之间缺乏有效的应急协调和信息共享机制,事故状态下资源调度混乱,错失最佳处置时机。应急装备配备不足或维护不善,空气呼吸器、防化服、堵漏工具等装备老化失效,关键时刻“不能用、不够用”。

2.5 监管制度与责任落实层面的问题

企业主体责任落实不到位是诸多问题的根源。部分企业安全投入不足,安全设施“三同时”制度执行不严,安全费用被挤占挪用。安全管理体系与实际运行“两张皮”现象突出,制度挂在墙上、写在纸上,就是落不到行动上。政府监管方面,监管力量与监管任务严重不匹配,基层应急管理部门化工专业监管人员匮乏,面对数量庞大的化工企业,检查频次和深度难以保证。

违法成本偏低问题长期存在,现行法规对企业违法行为的处罚上限偏低,与事故造成的巨大损失相比不成比例,对企业缺乏足够震慑力。信息化监管手段应用滞后,危险化学品全链条追溯体系尚不完善,跨区域、跨部门信息共享不畅,难以实现精准监管和动态管控。事故责任追究存在“重基层、轻高层”倾向,对企业主要负责人和管理层的问责力度不足。

3 提升化工安全工程水平的对策措施

3.1 强化本质安全与工艺安全管控

提升本质安全是化工安全工程的治本之策。首先,严格设计阶段安全审查,强制推行HAZOP分析,对涉及重大危险源的新建项目,分析报告须经独立第三方审查。建立设计安全审查终身负责制,设计单位和审查专家对设计安全承担相应责任。其次,完善工艺安全信息管理,建立数字化工艺安全信息平台,实现物料、工艺、设备信息的标准化管理和动态更新。再次,加快老旧装置安全改造,制定分行业的老旧装置淘汰更新目录,对服役超过设计年限且无法通过改造提升安全水平的装置强制退出^[3]。最后,严格变更管理流程,将MOC作为不可逾越的红线,任何工艺、设备、物料、人员的变更均须经过风险评估和审批程序,严禁擅自变更。同时,推广定量风险评估(QRA)技术在重大危险源选址、布局、应急响应中的应用。

3.2 完善运行管理与操作规范

规范运行管理是防范日常事故的关键。第一,健全操作规程,确保每个岗位、每台设备、每个工艺步骤均有章可循,操作规程应包含正常操作、异常处置、紧急停车三种工况的标准化程序,并定期评审修订。第二,强化特殊作业管控,动火、受限空间等高风险作业严格执行审批制度,气体分析、安全交底、现场监护三到位,作业票证实行电子化管理和可追溯存档。第三,建立设备完整性管理体系,推行预防性维护和预测性维修,对关键设备实施在线状态监测,建立设备失效数据库,实现从“事后修理”到“事前预防”的转变。第四,加强承包商全过程管理,将承包商纳入企业统一的安全管理体系,实行准入审核、入厂培训、过程监督、绩效评价闭环管理,对严重违规的承包商实施“一票否决”。此外,推广“手指口述”等操作确认法,减少误操作风险。

3.3 提升人员素质与培育安全文化

人才是化工安全的第一资源。应构建分层分类的安全培训体系,针对新员工、转岗人员、特种作业人员、管理人员等不同群体实施差异化培训,注重案例教学、

仿真演练与实操考核, 严禁培训走过场。同时加强专业人才培养, 推动校企合作定向培养化工安全复合型人才, 建立注册安全工程师激励机制, 提高安全岗位薪酬待遇和职业吸引力。推行安全行为观察, 鼓励员工主动报告隐患和未遂事件, 建立无惩罚报告制度, 让“主动发现问题”成为安全文化的有机组成部分。此外, 要着力建设企业安全文化, 管理层以身作则, 将安全价值观融入企业愿景和绩效考核, 营造“人人讲安全、事事为安全”的组织氛围。可借鉴杜邦等国际一流企业的安全文化建设经验, 推动全员从“要我安全”向“我要安全”“我会安全”的根本转变。

3.4 健全应急管理 with 风险防控体系

应急管理是防范事故扩大的最后防线。(1) 编制基于真实场景的应急预案, 针对最坏事故情景开展后果模拟, 明确应急响应等级、指挥架构、资源清单和处置程序, 确保预案“实用、管用、好用”。(2) 开展实战化应急演练, 不预先通知时间、不预设脚本、不提前排练, 突出练指挥、练协同、练实战, 演练后开展科学评估, 针对问题修订预案。(3) 建设智慧监测预警系统, 在重大危险源区域部署气体检测、视频监控、温度压力传感等在线监测设备, 建立多参数融合预警模型, 实现风险早期识别和自动报警。(4) 建立区域协同应急联动机制, 化工园区建立“企业—园区—政府”三级应急响应体系, 定期组织联合演练, 实现应急资源统一调度和力量协同。同时, 加强应急装备配备和维护保养, 确保关键时刻“拉得出、用得上”。

3.5 强化监管与落实主体责任

政府监管和企业自律需双轮驱动。监管层面, 加大执法检查力度和频次, 对重大隐患实施挂牌督办, 对严重违法行为实施“四个一律”(一律关闭取缔、一律上限处罚、一律停产整顿、一律追究责任)。提高违法成本, 推动修订法规提高处罚上限, 实施按日连续处罚, 将违法行为纳入征信体系, 实行联合惩戒。信息化监管方面, 构建“工业互联网+安全生产”监管平台, 实现危险化学品全链条信息化追溯和重大危险源在线监控。企业层面, 严格落实安全生产标准化建设, 将标准化体系与企业日常管理深度融合, 杜绝“两张皮”。推行安全责任保险, 发挥保险机构在风险评估和事故预防中的专

业优势。落实全员安全生产责任制, 将安全绩效与薪酬、晋升挂钩, 形成“人人有责、层层负责”的责任链条^[4]。

3.6 推动技术创新与智能化升级

技术创新是提升化工安全水平的根本动力。一是推广应用先进工艺安全技术, 如微通道反应、连续化生产等本质安全工艺, 从源头减少在线危险物料量。二是提升自动化控制与安全仪表系统水平, 对涉及重点监管危险化工工艺的装置, 强制配置自动化控制系统和安全仪表系统, 并定期开展安全完整性等级评估。三是建设智慧化工园区和智能工厂, 运用大数据、人工智能、数字孪生等技术, 实现生产全过程的智能监控、风险预测和辅助决策。四是推动危险化学品电子标签和全链条追溯体系建设, 实现危化品“来源可查、去向可追、责任可究”。政府层面应加大对化工安全技术研发的投入, 建立安全技术成果推广应用机制, 推动“机械化换人、自动化减人、智能化无人”。

结束语

化工安全工程是防范重特大事故的关键防线。本文系统分析了当前在工艺设计、运行管理、人员素质、应急体系、监管制度等方面存在的突出问题。破解化工安全困局, 需坚持系统思维, 统筹本质安全提升、运行规范完善、人才文化培育、应急体系健全、监管责任落实、技术创新驱动六个维度协同推进。化工安全生产是一项长期而艰巨的任务, 需要政府、企业、社会多方协同, 坚持预防为主、标本兼治。未来应持续深化化工过程安全管理, 加快推进智慧安全技术应用, 从根本上提升化工行业本质安全水平, 为行业高质量发展提供坚实保障。

参考文献

- [1] 孔云明. 安徽省化工园区安全风险现状分析与对策措施研究[J]. 工业安全与环保, 2023, 49(6): 70-72.
- [2] 谭采星. 化工企业设备防火安全问题的探析[J]. 化工管理, 2022(14): 84-86.
- [3] 陈旺兴. 化工安全工程存在的问题与措施[J]. 广东安全生产技术, 2024(6): 43-45.
- [4] 蒋利超. 化工企业生产工艺中的安全管理与环保措施研究[J]. 山东化工, 2024, 53(1): 233-234, 237.