

# 基于 PSM 的化工过程安全管理对企业发展的影响

李 斌 ( 武汉科技大学, 湖北 武汉 430081 )

**摘 要:** 近年来化工行业重大安全生产事故频发, 为国家带来巨大财产损失和造成严重的社会恐慌, 严重背离安全生产工作。化工安全管理应当以人为本, 把保护人民生命安全摆在首位的安全理念。调查研究发现多数事故都是由于化工生产企业过程安全管理 (PSM) 体系缺失, 在化工工艺安全设计上存在严重缺失导致的。所以如何从技术上改进, 在管理上进行优化对于预防化工重大事故的发生就显得格外重要。以某医药化工生产企业的化工安全管理现状为研究对象, 利用工艺反应热安全和 PSM 理论知识阐述该企业存在的化工过程安全问题, 并就 PSM 给出改善建议, 希望能保障化工企业安全生产, 乃至促进该行业的持续发展。

**关键词:** PSM; 过程安全管理; 安全管理; 企业发展

## 0 前言

随着当前社会经济的发展, 人们对化工产品的需求也逐渐增多, 大大推动了化工工业的高速发展。但是化工生产使用的生产原料一般都是具有可燃性、毒性以及腐蚀性等危险化学品。生产工艺流程还存在高温、高压状态下伴随着反应热的各种化学反应和生产工艺环节。任何轻微操作失误或管理上的些许缺失, 都能够引发重大事故的发生。所以如何从化工工艺安全技术上去突破和完善化工过程安全管理水平, 对避免发生重大化工安全事故, 保障劳动人员的生命健康, 维护社会的和谐稳定至关重要。

## 1 化工过程管理相关内容

过程安全管理的英文名为 Process Safety Management, 简称 PSM, 是指通过工程和管理措施, 对化工过程整个生命周期中各个环节, 从根本上管控风险、消除隐患, 防控泄漏、火灾、爆炸、中毒等事故。化工过程安全管理的提出源于西方发达国家。上世纪七十年代欧盟和美国采取了一系列措施加强化学品、安全管理的措施, 并催生了操作危害分析 (HAZOP)、化工企业保护层分析 (LOPA) 法和安全完整性等级 (SIL) 等系统危害分析工具和安全标准的提出。2006 年中石化成为我国第一位 CCPS 企业会员则标志化工过程安全理念较为正式引入我国。经过近二十年的发展我国也做了相关的技术研究和建立较为完善标准体系。不同于职业安全管理侧重于预防作业人员因作业或工作环境受到伤害, 化工过程安全管理侧重于化学品生产、使用和储存过程设备设施中的化学品 (能量) 意外泄放事故的预防、减缓、应急响应和事故后恢复。化工过程安全不仅涉及生产安全, 还涉及环境保护和公共安全。

## 2 某化工企业 PSM 管理现状

### 2.1 公司简介和化工工艺

某医药化工公司厂区地址位于湖北东部某化工园区内的民营医药化工企业, 主要生产 1,4- 萘二甲酸, 其可作为生产荧光增白剂 KCB 中间体。生产工艺主要分两部分, 先是通过卤仿反应制备 1- 甲基 -4- 萘甲酸, 然后进行氧化反应生产成品 1,4- 萘二甲酸。卤仿反应工艺的基本操作和反应温度控制要求为: 投完料后卤仿化釜启动搅拌, 开启夹套蒸汽将混合釜液升温至 43℃ 后停止加热。此时混合物料处于引发状态, 半小时后温度会自然上升到 80℃, 保温反应 60min 后完成。氧化反应工艺的基本操作和反应温度控制要求为: 开启夹套蒸汽将釜液升温至 80℃, 釜液温度稳定后开启氧气以 8m<sup>3</sup>/h 流量进料, 合理控制反应釜夹套的冷热调节釜温在 80~118℃ 温度区间内。反应约 7h, 中途取样分析 K 一酸含量小于 0.5% 即为反应完成, 若偏高则继续通氧反应, 直到小于 0.5%。

### 2.2 工艺安全自控系统设计和配置现状

化工自动化是对化工生产流程中的各类工艺数据进行自动监测、调整并对全部生产流程完成优化与管控。结合工艺流程的特点和操作要求, 公司安装 KCB 酸生产系统 DCS 控制系统和氧化反应 SIS 系统, 控制室独立设于厂区东北部, 用于安放 DCS、SIS 控制柜及相关卡件、UPS 电源等。控制室由现场操作站、机柜、安全栅柜、端子柜、通讯总线及外部报警装置组成。在相应的区域设置有可燃气体和有毒气体检测报警装置, 主要涉及的醋酸为可燃 / 有毒气体, 另外在氧气可能聚集的区域设置氧气浓度探测器。气体检测探头连接现场报警装置, 可燃气体报警信号设置独立 GDS 系统, 报警信号信号线同时接入自控控制系

统。

## 2.2.1 工艺安全设计和配置现场存在问题

- ①液氧储罐区未设置氧气浓度探测器；
- ②车间现场部分压力表温度计损坏，且表头处未设置量程标识警示牌；
- ③氧化反应釜周边未设置有氧气浓度探测器；
- ④醋酸蒸馏釜、预处理釜等设施周边未设置有可燃气体探测器；
- ⑤氧化反应为重点监管的危险工艺，经HAZOP分析和SIL定级后未相应完善DCS控制系统，未匹配对应的SIS安全仪表系统；
- ⑥车间内设置的视频监控系统不足以覆盖氧化反应、离心机出料等作业危险性较大的区域；
- ⑦仪表控制系统定期维护信息缺失，且控制室未设置专门的操作人员进行监控和操作；
- ⑧现有控制室面向爆炸区域无防护设施，现有控制室的设置不符合要求。

## 2.2.2 其他安全装置的现场存在问题

- ①生产车间通风系统设施设置不满足化工采暖通风的设计规范要求；
- ②氧化反应釜的泄放管直接对空排放，未采取防止次生灾害的措施；
- ③生产工艺过程中存在较多开盖投料操作，未设置相对应的引风设施。

## 2.3 化工企业存在的管理痛点

通过对企业的调研和相关文件的查询，安全管理体系运行存在如下的问题：

- ①工艺变更管理缺失，厂区现有部分工艺设施、操作过程、参数、配制等与原设计不符；
- ②安全操作执行不力，企业在操作规程、工艺卡片管理、工艺自控监控记录与处置、危化品信息告知等方面存在缺失；
- ③特殊作业没有严格管控，如有限空间的台账不全，有限空间作业审批流程没按要求执行；
- ④企业没有形成良好的安全文化，管理组织和现场员工未能主动去关注安全，作业现场也缺乏基本的安全标志和警示。

## 3 完善PSM体系对企业发展的意义

### 3.1 从化工工艺方面的风险评估和对策

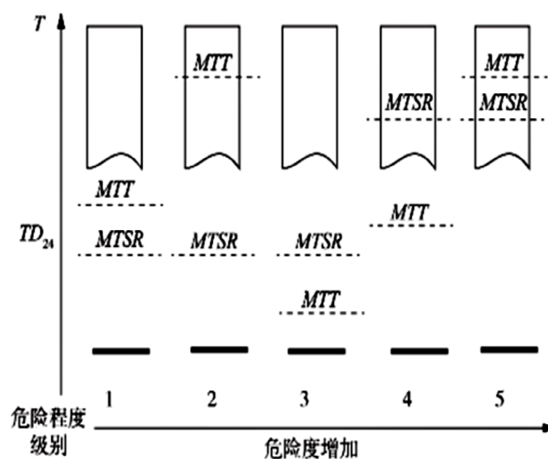
化工事故常常是由反应失控所导致的，如果能以适当的方式对工艺过程的热参数进行及时分析，许多事故都是可以遇见并避免的。化工反应大部分都是放

热的，比如氧化反应过程就会产生大量的热量。实际操作中如果反应热量没能转移，就很可能造成反应装置温度过高，压力迅速提升并产生消极反应并发生事故。其能量的释放量与事故损失有着直接关系，所以对化工工艺进行反应热安全风险评估以及工艺危险性分析和本质安全设计就显得非常重要。

#### 3.1.1 符合化学工艺反应热的安全评估要求

化学反应过程中的热安全问题表现在2个方面：热安定性与热危险性。热安定性是指参与反应过程的化学物质或者物料体系的热稳定性；热危险性是指化学反应过程当中存在的危险特性，突出表现在反应热失控。其中针对反应热失控的热安全分析是化工工艺热安全控制的关键。工艺过程发生热失控的根本原因都是由于反应的放热速率操作设备热转移能力，反应体系处于绝热模式下是其中最为严重的情形。目标反应失控导致的热积累还会引发二次分解反应，致使反应体系的温度和压力的继续升高。

潜热的 $\Delta T_{ad}$ 的严重度、评估对反应热积累的控制能力(MTSR)和评估引发失控反应的可能性是确定和评估化学反应失控热危险性的关键因素。通过系统化的评估流程，能够使评估出的安全风险等级更加合理。根据参数 $T_p$ 、MTSR、MTT和TD24数据，利用图1判断4个数据的大小关系，即对反应危险程度进行分级，继而采取相应的技术措施保障安全。



注：MTT为技术原因导致的最高温度，Maximum Temperature for Technical Reasons

图1 由 $T_p$ 、MTSR、MTT和TD24判别的危险级别

#### 3.1.2 化工工艺本质安全化设计准则

现代化的本质安全化设计需对化工生产过程安全进行全面的考虑，反应危险性越高，其本质化设计和控制措施等级越高。如对于反应危险性较低的工艺过

程,只需配置常规的自动控制系统对主要反应参数进行集中监控及自动调节。对于具有潜在分解风险的工艺过程,需增加设置偏离正常值的报警和连锁控制,如有超压反应,还需设置爆破片和安全阀等泄放设施。对于存在冲料和分解风险的工艺过程,则还要在增加设置紧急切断、紧急终止反应、紧急冷却降温等控制设施。而对于有较高爆炸风险的工艺过程,则首先要考虑是否有替代工艺降低风险,再考虑安全设计。除了前面所述控制措施外,还必须进行保护层分析,以确定控制系统所需要的仪表等级,并按仪表等级要求配置自动控制系统和独立的安全仪表系统。

### 3.2 建立良好的管理体系是 PSM 的保障

公司按照安全标准化的要求建立了安全管理体系以及执行安全安全生产责任制、安全教育培训、安全隐患排查治理等管理制度,安全管理工作也取得了一些成效。但是医药化工企业不同于一般的工贸行业,在生产过程中使用了大量的危险化学品,涉及到化学反应放热等高危害化工工艺。一些立法者和化工行业管理者也都意识到化工工艺安全必须包含这些关键安全管理要求,如:化工安全领导力,危害和风险评估、风险管控以及事故经验学习等。所以医药化工企业需要依据危害辨识和风险评估、以及全过程的风险管控为核心要素,结合化工行业的管理特点建立化工过程的安全管理要素体系。结合《化工过程安全管理导则》的要求,以戴明循环 PDCA 的管理理念,对公司提出如下 PSM 管理问题的改善对策。

#### 3.2.1 做好管理体系制度的策划是企业发展的基石

建立和落实全员安全生产责任制是企业实现安全生产的基础性工作。而具有安全第一,全员参与和负责的安全领导力是做好安全管理工作的源头和保障。安全领导力是企业各层级领导者在管辖的范围内充分利用人力、财力、物力等资源,带领整个团队实现安全生产目标的能力。企业的领导者们应把营造一个无安全事故的安全工作环境作为其安全发展理念,建立包含有安全愿景、期望和目标指标等为核心内容的安全价值观,构建符合该企业安全生产特点的优秀安全文化。

#### 3.2.2 危害辨识和风险评估及管控的严格执行是管理的核心

建立完善的风险管控制度,包括不限于安全规划与设计、安全操作规范、装置首次开车安全、作业许可管理、变更管理、安全仪表管理、承包商安全管理、

设备完好性管理、重大危险源管理、本质安全。其中变更管理、设备完好性管理和本质安全在日常执行中较为困难,也是发生安全事故的主要原因,需要重视并严格落实。

#### 3.2.3 风险管控过程的执行的检查是安全管理的关键

在风险管控过程中需要通过各种评价体系和方法对管理过程进行检查。只有及时自查自纠,才能让执行过程得到管控,让管理体系一直在策划的轨道上运行。如组织进行隐患排查去发现作业现场中存在的事事故隐患,对各种安全管理指标进行定期回顾和分析促进提高,定期做合规性评审去发现在安全管理过程中与相关法律法规的符合性或差距,以及足够的管理审核去关注安全管理体系的合规性、完整性、有效性、系统性。

#### 3.2.4 建立可持续发展的安全生产管理理念

安全管理过程中存在的安全问题和展现的不良安全绩效表现等,都要采取对策予以持续的改进。特别针对安全生产过程中发生的重大安全事故,必须组织多方人员都参与的事故调查,找出事故发生的根本原因,并制定改进措施避免事故的再次发生。同时本着实事求是的原则组织内外部审计工作,充分暴露企业安全管理中的根源性问题,并依照审计结果和建议,借助外部力量推动企业安全管理体系的持续改善。

## 4 结语

化工企业存在着中毒、火灾和爆炸等高危害和高风险的作业环境和生产工艺,给企业的风险识别和评估,安全生产技术设计以及安全生产管理都提出了很高的要求。需要建立专业的化工安全技术能力和先进的化工过程安全管理体系去做好工艺安全的本质安全设计、精准的风险控制措施以及化工过程安全管理执行,这些需要各种综合措施的推动和保障,推动企业的可持续发展。

### 参考文献:

- [1] 刘兵. 反应安全风险评估在精细化工安全生产中的重要性 [J]. 化工安全与环境, 2022, 35(22): 8-11.
- [2] 耿来红, 李卫平, 王涛, 冯维真, 许青梅. 对重点监管化工工艺开展反应热安全评估的思考 [J]. 化工管理, 2021(30): 103-104.
- [3] 邢婧. 基于“PDCA”循环模式的安全原理课程改革 [J]. 时代汽车, 2021(03): 63-64.
- [4] 刘荣海, 陈网桦, 胡毅亭. 安全原理与危险化学品测评技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 155-167.