

化工安全技术管理中的防火防爆工艺设计与安全设施配备

王翠云

杭州智盎科技有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i6.8117

[摘要] 本文围绕化工安全技术管理中的防火防爆工艺设计与安全设施配备展开研究。详细阐述了防火防爆工艺设计原则，包括消除或控制火源、降低可燃物质浓度、优化反应工艺等，同时探讨了安全设施如消防系统、防爆电气设备、泄压装置等的合理配备要点，指出需要精细布局，做好防火防爆工艺设计，协同管理，确保工艺与设施有效运作。通过实际案例分析，展示了防火防爆工艺设计与安全设施配备协同作用在保障化工生产安全方面的重要性，指出当前存在的问题并提出改进建议，为化工企业提升防火防爆安全水平、确保安全生产提供理论支持与实践指导。

[关键词] 化工安全技术管理；防火防爆；工艺设计；安全设施配备

[中图分类号] TQ086.1

Fire and explosion prevention process design and safety facilities in chemical safety technology management

Wang Cuiyun

Hangzhou Zhiang Technology Co., LTD.

[Abstract] This paper focuses on the design of fire and explosion prevention processes and the provision of safety facilities in chemical safety technology management. It elaborates on the principles of fire and explosion prevention process design, including eliminating or controlling sources of ignition, reducing the concentration of flammable substances, and optimizing reaction processes. The paper also discusses key points for the proper installation of safety facilities such as fire protection systems, explosion-proof electrical equipment, and pressure relief devices, emphasizing the need for meticulous planning to ensure effective operation of both processes and facilities. Through case studies, it highlights the importance of the coordinated efforts between fire and explosion prevention process design and safety facility provision in ensuring chemical production safety. It identifies existing issues and offers suggestions for improvement, providing theoretical support and practical guidance for chemical enterprises to enhance their fire and explosion safety levels and ensure safe production.

[Key words] chemical safety technology management; fire prevention and explosion protection; process design; safety facilities

化工工艺安全直接关系到企业的平稳生产、员工生命、环境安全等。化工工艺安全审查是安全咨询服务的工作重点，是化工事故预防重要手段，目的是寻找化工工艺存在的安全问题、提出针对性问题改进意见，以保障化工生产的安全进行。但随着化工技术的进步、化工工艺的发展，单一安全审查的要点、方法已经不能适应实际工作的要求，必须充分研究化工工艺安全审查要点，优化安全审查方法，才能够更好地发挥化工整体行业的安全水平。

1 化工防火防爆概述

化工生产过程涉及的易燃易爆物品有很多，如氢气具有密

度小、扩散速度快、燃点低等性质，能够与空气组成爆炸性混合物，遇着火源就会瞬间燃烧爆炸。汽油具有易燃性、液态或气态易挥发，其蒸气与空气组成的混合物能够形成爆炸性气体，常温下遇到着火源即被点燃[1]。硝化棉属于易燃固体，具有燃点低、燃烧快、燃烧时产生有毒气体等特点。

化工火灾爆炸事故的危害非常大。化工火灾爆炸事故会导致严重的人员伤亡，大量的人员生命财产安全受到威胁；带来重大经济损失，损坏生产设施设备、厂房、原材料等；而且事故带来的环境污染也是非常严重的，有毒有害气体、液体泄漏污染空气、水源、土壤，给人类生态环境带去长期的不良影响。

化工火灾爆炸事故往往是由许多原因共同造成，其中有很多原因属于人为因素，违规操作和安全意识不足导致化工生产过程中发生人员违规操作或安全意识不高而发生的意外行为。设备故障，化工装置中诸如管道泄漏引发化工企业发生大量易燃易爆物质泄露或电气设备故障如电气线路出现短路而引发的电火花均属于化工火灾爆炸事故的重要原因之一。同时管理缺失也是重要原因之一，因为相关的管理制度不完善、安全管理巡查不规范等带来的安全隐患[1]。

2 防火防爆工艺设计原则与方法

2.1 消除或控制火源

火源是引发化工火灾爆炸事故的重要因素，因此，消除或控制火源是防火防爆工艺设计的一项重要的基本原则。静电是化工生产中常见的火源，因此，控制静电的发生是消除静电火灾的最基本方式。消除静电的方法有很多，例如可以在设备和管道上安装静电接地，使静电能够及时导入到大地中去，避免静电积聚导致火花放电；对于一些输送易燃液体的管道，也可以利用导电性能较好的管道，从而减少静电的产生，也可以通过控制人员工作区域的范围，避免人员穿戴易产生静电的衣物，从而做好防静电火灾的有效措施。

除此之外，明火也是重要火源。化工生产区中需禁止吸烟和明火作业，当确实需要开展动火作业时，需严格执行动火审批制度，落实可靠防火措施之后，经专业人员操作、专人监护。一些可能会引发摩擦火花的机械，例如压缩机、泵等设备要定期维护保养，保持其良好的运行状态，减少摩擦起火的可能。

2.2 降低可燃物质浓度

降低可燃物质的浓度是预防防火防爆的关键。最常用的防火防爆方法之一就是通风换气，设计适宜的通风排风系统，尽快排出生产工艺过程中生成的可燃气体、蒸汽和粉尘，使工作场所保持良好的空气流通状态，可燃物质的浓度时刻都保持在爆炸下限以下[2]。例如储有易燃易爆液体仓库要安装强制通风设备，保持仓库内的空气良好流动状态。

其次，布置可燃气体监测报警器，可燃气体监测报警器是用来监测工作环境所存在的可燃气体的浓度，当可燃气体达到报警浓度，自动报警，并通知工作人员，使他们能够采取相应的措施，比如增氧、寻找泄漏源等。除此之外，在工艺设计过程中，减小可燃物的储存量和使用量，采用密闭设备来加工，避免可燃物向环境泄漏而增加火灾爆炸的概率。

2.3 优化反应工艺与安全布局

改变认为反应工艺本身属于源头防火防爆，采用安全、温和的反应条件的反应路线，避免使用火灾爆炸产生的反应，如高温、高压、强氧化等强条件。如某些放热反应可以控制反应的速率，防止出现反应的失控。控制好反应的温度、压力、流量等参数，保证安全进行反应。

工艺设计中，消防分隔、安全距离也是非常重要的，利用防火墙、防火卷帘等防火分隔措施将各类生产车间分隔开，一旦发生火灾火势不易传播。各类物质的特性不同，各设备和建筑物的安全距离也会相应调整，避免各类火灾、爆炸事故“连

锁反应”。比如，易燃、易爆物品的储存区，应与生产区保持足够的安全间距，并配套相关防护措施，减少危险度。

3 化工安全技术管理中的防火防爆工艺设计与安全设施配备要点

3.1 精细布局，做好防火防爆工艺设计

化工生产过程中的防火防爆工艺设计过程是一项复杂细致的系统性工程。在生产工艺的选择上，首先采用安全成熟、工艺先进、风险低的工艺。在工艺设计初期，尽量选择操作过程比较平稳的工艺路线来减少因工艺流程不当所带来的一些火灾爆炸危险。例如一些易燃易爆的反应，应该采用比较温和的反应条件进行控制，使反应失控的概率大大降低。尽可能对反应过程进行风险评价，对于危险点做出分析，做到未雨绸缪。

设备的选择、布置也属于工艺设计的重要工作。化工设备的选择要满足生产工艺的要求和物料的特性，保证设备的密封性、耐压性和耐温性，储存和输送易燃易爆介质的设备采用防爆设备，设置安全附件，如安全阀、爆破片等。设备布置要考虑安全间距的原则，合理安排设备位置，方便作业、维护和紧急情况下人员的疏散[3]，考虑风向、地势等因素，避免易燃易爆物质外漏积聚发生事故。

3.2 全面设防，加强安全设施配备

完善的安全设施是化工生产防火防爆的坚实防线，在化工生产安全保障体系中占据着举足轻重的地位。

在火灾预警与灭火报警系统布置方面，应当根据具体的化工生产工艺特点来合理配置。化工生产中，每个部分都可能存在火灾隐患，比如可能存在可燃气体泄漏的安全隐患，因此在可燃气体泄漏的区域要设置敏感的可燃气体报警传感器，该传感器能够发挥类似于“嗅觉卫士”一样的功能，对可燃气体浓度进行实时、精准测量，当可燃气体浓度在潜移默化中不断上升超过可燃气体危险浓度时，该装置会及时发出高警报声，这个警报声就是及时吹响的安全号角，此时，相关人员能够及时有效应对相关工作，及时规避可燃气体泄漏等潜在火灾隐患。在此基础上，要设置功能完整的火灾自动报警系统，该系统是整个化工生产企业中的安全眼睛，其能够对所有区域、全面无死角地监测火情，当出现火灾时，能第一时间将警报信息及时地传递给有关人员，以便及时响应和处理火灾事故。

此外，消防设备配置也应格外重视。化工生产中包含不同的类型火灾，要根据不同的类型和等级选择适合的灭火设备和灭火系统，例如，面对油类火灾时，可采用泡沫灭火系统进行扑救。泡沫的灭火机理是将泡沫覆盖在油面上，实现泡沫与油面之间的隔离灭火，能够高效灭火。电气类火灾应选用不导电的二氧化碳灭火器或干粉灭火器灭火。消防水系统作为化工企业最基本的必不可少的灭火装置，要求消防水充足，水压稳定，消防管网好比人体里的“血管”，要覆盖到全厂任何一个位置，将灭火用水及时运送到灭火地点，给灭火工作提供保障。

防爆设施必不可少。易发生爆炸的地方要使用防爆电气设备，以免发生电气火花引起爆炸。设置防爆墙、防爆门等设备，限定爆炸的危险范围，减少爆炸对周边人员及设备造成的危

害。同时,设计好通风,将易爆、易燃的气体、粉尘等尽快排出。

3.3 协同管理,确保工艺与设施有效运作

防火防爆工艺设计和安全设施配备都是安全措施的组成部分,是两个相辅相成的环节,要加强协同管理。制订和完善防火防爆安全管理制度,明晰各部门、各人员在工艺设计和安全设施维护管理工作中的责任,抓好防火防爆工艺设计及安全设施的维护管理工作。定期对防火防爆工艺设计进行安全评价,发现防火防爆问题及时整改,并定期对防火防爆安全设施进行检查、维护和保养,使其保持良好运行状况。

人员培训及应急管理也是协同管理的重要措施,对化工生产操作人员、安全管理人员进行专业知识培训,使其掌握防火防爆工艺设计要求、安全设施的操作方法,定期开展应急演练,提升人员应对火灾爆炸事故的应急处置能力,在演练中检验其工艺设计和安全设施有效性并发现问题及时改进。

防火防爆工艺设计和安全设施配置在化工安全技术管理中处于核心地位,精细的工艺设计、周全的安全设施配置、协同的管理控制是防止火灾爆炸事故发生、保护人员生命安全和企业财产安全、推动化工行业可持续发展的可靠保障[4]。

4 实际案例分析

4.1 事故原因分析

在 2015 年某化工园区内某家化工企业发生了比较严重的火灾爆炸事故。该公司从事有机化工品生产,该事故造成人员伤亡较大,造成生产事故企业财产和环境损失严重。查实事故起因系该生产装置之一生产反应釜发生物料泄漏,该反应釜泄漏的物料系易燃易爆有机化合物,由于该反应釜密封装置老化且未进行及时更新,泄漏物料流入车间地面,泄漏物料遇车间正在进行动火作业的车间明火进而引起泄漏物料着火,火势迅速发展,由于车间内储存有大量的易燃易爆原料及产品进而引发爆炸。

直接原因是相关承包方安全管理混乱,作业审批制度不严,作业前未组织对作业环境进行全面安全检查,并签发动火作业证;操作工人安全意识不高,安全操作不到位,发现物料泄漏后,未及时采取报告、处理措施;企业相关设备维护保养不到位,没有及时发现和及时更换老化密封件。

4.2 防火防爆工艺设计和安全设施配备方面的不足

该企业缺乏防火防爆工艺设计。反应釜所在的工艺流程规划存在问题,反应釜与动火点的距离较小,缺少安全风险因素考虑。整个生产车间防火分隔欠缺,出现火灾后很容易发生连环爆炸。

企业在安全设施上配备不到位,车间内配置了可燃气体报警器,但是有的已经损坏,由于车间工作人员没有及时维修,造成泄漏时,可燃气体报警器并没有响起警报,或者报警时间比较长,导致事故持续扩大。车间内防火设施配置少,灭火器数量少,并且也有部分灭火器过期失效。配置的消防水压力不足,火灾发生时,消防水不能满足灭火需要。车间内部没有设

置一套完善的通风体系,不能及时排放泄漏的可燃气体,导致车间内的可燃气体过多,从而引发爆炸。

4.3 改进措施

针对以上问题,有如下改进建议:在工艺设计上,调整工艺流程布置,将反应釜等危险设备与动火施工区域保持适当的安全间距并设置防火分隔措施,比如防火墙、防火卷帘;优化反应釜密封设计,采用可靠性的密封设计,并做好设备日常巡检与维护工作,及时排查处置设备隐患。

安全设施装备上,对可燃气体报警装置进行全面检查维护,实现正常运行并增加可燃气体报警装置数量,确保实现车间全面覆盖,补充和更新消防设施,按规定的数量和种类配备灭火器并进行检查维护,对消防水系统进行升级改造确保消防水能保证灭火需要,完善车间通风系统,安装强制通风设备确保可以及时排出泄漏的可燃气体。

5 结语

总之,化工防爆安全工艺和安全技术设施是化工安全技术的两大关键组成部分,也是化工安全的根本保障。防爆、抑爆的化工工艺设计,是减小工艺潜在点火源或低浓度降低可燃物含量,科学合理的设置消防设施、防爆电器等安全技术和安全设施。可以防患于未然,杜绝或控制化工爆炸火灾发生。实践案例充分说明一旦工艺设计、安全设施不符合要求,就会酿成大祸,不能补救。

综上所述,未来,随着技术的发展,化工防火防爆技术将向智能化、绿色化方向发展,智能化安全装置可以对化工安全生产过程进行实时监控、自动控制,及时预报并做出有效应答;绿色化的防火防爆工艺是从化工生产原料、工艺方法或条件的选用上控制易燃易爆危险物质的使用、产生和堆积,从源头上减少易燃易爆危险物质造成的火灾爆炸事故。相信,在今后的工作中,化工防火防爆将进一步发展,为化工安全生产和可持续发展提供更有力的保障。

【参考文献】

- [1]郭兴昱.化工企业防火防爆安全管理和技术措施研究[J].数码精品世界,2023(6):125.DOI:10.12277/j.issn.1009-0428.2020.06.096.
- [2]马瑞.化工企业防火防爆安全技术措施探析[J].化纤与纺织技术,2022,51(2):109-111.
- [3]王海霞,张晓静,周义德.纺纱车间清梳联工序防火防爆措施[J].上海纺织科技,2024,52(6):14-18.
- [4]韩升,罗宇鹏,李骞,等.封闭区域油气泄漏火灾爆炸风险与通风方式分析[J].油气田环境保护,2024,34(4):70-73.

[5]陈辉.化工安全生产管理中的问题与对策[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(05):16-18.

作者简介:王翠云,女,1972.8,汉族,本科,籍贯浙江杭州,中级工程师,研究方向化工安全技术管理、安全管理咨询服务。