

化工生产过程中的安全风险评估与管理策略研究

牛辅华

河南康泰科技有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 化工生产于国民经济而言至关重要,其产品广泛应用于多领域,有力推动社会发展。但该过程潜藏大量安全风险,且随着产业规模持续扩张,生产工艺复杂度增加,安全事故频繁出现。这些事故严重危及人员生命、造成财产损失,还对周边环境产生恶劣影响。所以,深度剖析化工生产安全风险,运用高效的评估与管理策略,对化工行业的可持续发展起着决定性作用。

关键词: 化工生产过程;安全风险评估;管理策略

引言

本文探讨化工生产过程中的安全风险,详细阐述其特点,包括固有危险性高、事故连锁性强、风险隐蔽性大及影响范围广。介绍多种安全风险评估方法,如危险与可操作性分析、事故树分析、安全检查表法和层次分析法,分析各自优缺点。提出一系列安全风险管理策略,涵盖强化安全管理制度建设、提升员工安全素质、加强设备安全管理以及构建安全风险预警系统等方面,旨在为化工企业提供全面、科学的安全管理思路,降低安全事故发生率。

1 化工生产过程中的安全风险特点

1.1 固有危险性高

化工生产涉及众多危险化学品,如易燃、易爆、有毒、有害的气体、液体和固体。这些物质在储存、运输和使用过程中,一旦发生泄漏、燃烧、爆炸等情况,将释放出巨大的能量,造成严重的人员伤亡和财产损失。一些化工生产过程需要在高温、高压、低温、真空等极端条件下进行,这进一步增加了生产过程的不稳定性和危险性。高温可能导致物质分解、聚合,引发火灾爆炸;高压可能使设备耐压性能受到考验,增加泄漏和爆炸的风险。

1.2 事故连锁性强

化工生产是一个连续的过程,各个环节之间相互关联、相互影响。一个环节出现安全问题,很容易引发连锁反应,导致事故范围扩大。在化工生产装置中,某个管道发生泄漏,可能会引发周边设备的损坏,进而导致火灾、爆炸等更严重的事故。这种连锁反应使得化工生产事故的危害程度和影响范围远远超过其他行业的事故。

1.3 风险隐蔽性大

化工生产过程中的一些安全风险具有隐蔽性,不易被察觉。某些化学反应可能在设备内部缓慢进行,初期

可能没有明显的异常现象,但随着反应的积累,可能突然引发事故。一些设备的内部腐蚀、磨损等问题,也很难通过常规的检查手段及时发现,只有当设备出现严重故障时才会被察觉,此时往往已经错过了最佳的维修和防范时机。

1.4 影响范围广

化工生产企业通常规模较大,周边可能存在居民区、商业区等人口密集区域。一旦发生安全事故,其影响范围不仅局限于企业内部,还会波及周边地区。有毒有害气体的泄漏可能会随着风向扩散,对周边居民的身心健康造成威胁;火灾、爆炸产生的冲击波和飞散物可能会损坏周边的建筑物和设施,影响周边地区的正常生产生活秩序。

2 化工生产过程中的安全风险评估方法

2.1 危险与可操作性分析

危险与可操作性分析是一种基于引导词的系统分析方法。它通过对化工生产过程中的工艺参数进行逐一分析,找出可能出现的偏差及其原因和后果^[1]。在分析过程中,由多学科专业人员组成的团队,包括工艺工程师、设备工程师、安全工程师等,依据预先设定的引导词,如“流量过大”“压力过低”“温度异常升高”等,对每个工艺单元进行详细讨论。通过分析这些偏差可能引发的危险,提出相应的安全措施和建议。

HAZOP的优点在于其全面性和系统性。它能够对化工生产过程中的各个环节进行细致分析,发现潜在的安全风险,为制定针对性的安全措施提供依据。该方法强调团队合作,不同专业人员的参与可以从多个角度审视问题,提高分析的准确性和可靠性。然而,HAZOP也存在一定的局限性。它需要耗费大量的时间和人力,对分析团队的专业素质要求较高。而且,该方法主要依赖于团队成员的经验和知识,对于一些新的、复杂的工艺过

程,可能存在分析不全面的情况。

2.2 事故树分析

事故树分析(Fault Tree Analysis, FTA)是一种演绎推理的系统安全分析方法。它以化工生产过程中的事故为顶事件,通过对导致事故发生各种直接和间接原因进行层层分解,构建出倒立树状逻辑因果关系图。在实施FTA时,分析人员需先明确要分析的事故,即顶事件。随后,依据工艺原理和相关知识,逐步找出引发顶事件的中间事件与基本事件。这些事件间通过“与”“或”等逻辑门连接,清晰呈现事故发生的路径。

FTA的显著优点在于其逻辑性强。它能全面梳理事故原因,将复杂系统的因果关系直观展现,帮助分析人员精准定位关键风险因素,为制定预防措施提供清晰方向。同时,借助对事故树的定性与定量分析,可评估事故发生的可能性,为风险决策提供有力支撑。不过,FTA也存在一定局限。构建事故树对分析人员的专业要求极高,不仅要熟悉化工工艺,还需掌握扎实的逻辑分析知识。而且,对于大型复杂化工系统,事故树规模庞大,分析过程耗时费力,在确定基本事件发生概率时,数据获取难度大,若数据不准确,会影响最终分析结果的可靠性。

2.3 安全检查表法

安全检查表法是一种基于经验和法规标准编制的检查清单。编制安全检查表时,需要收集相关的法律法规、标准规范以及以往的事故案例等资料,结合化工生产过程的特点和实际情况,列出需要检查的项目、内容和标准。在实施检查时,检查人员依据安全检查表,对化工生产设备、工艺、操作、安全管理等方面进行逐一检查,记录检查结果,对不符合要求的项目提出整改意见。

安全检查表法的优点是简单易行、直观明了。它可以使检查工作更加规范化、标准化,避免检查过程中的遗漏和疏忽。同时,安全检查表可以根据不同的化工生产工艺和设备进行定制,具有较强的针对性^[2]。该方法适用于化工生产企业的日常安全检查、新装置的验收检查以及安全评价等工作。然而,安全检查表法也存在一定的局限性。它主要依赖于已有的经验和标准,对于一些新出现的安全风险可能无法及时发现。而且,检查人员的专业水平和责任心对检查结果的准确性有较大影响。

2.4 层次分析法

层次分析法是一种将定性与定量分析相结合的多准则决策分析方法。在化工生产安全风险评估中,它首先将复杂的安全风险问题分解为多个层次,包括目标层、准则层和指标层。目标层是需要评估的安全风险总体目

标;准则层是影响安全风险的主要因素,如人员因素、设备因素、环境因素、管理因素等;指标层是具体的评估指标,如人员培训情况、设备故障率、环境温度湿度、安全管理制度完善程度等。然后,通过两两比较的方式确定各层次元素之间的相对重要性权重,构建判断矩阵。最后,通过计算判断矩阵的特征向量和特征值,确定各指标的权重,进而对化工生产过程中的安全风险进行综合评估。

层次分析法的优势在于能够将复杂的安全风险问题进行层次化分解,将定性的判断转化为定量的计算,使评估结果更加科学、客观。它可以综合考虑多个因素对安全风险的影响,为企业制定安全管理策略提供全面的决策依据。然而,层次分析法也存在一些不足之处。在确定判断矩阵时,主观因素的影响较大,如果专家的判断不准确,可能会导致评估结果出现偏差。而且,该方法对于指标的选取和权重的确定要求较高,需要具备一定的专业知识和经验。

3 化工生产过程中的安全风险管理策略

3.1 强化安全管理制度建设

第一,安全生产责任制是化工企业安全管理核心。企业需明确各级人员、各部门与岗位员工的安全职责和权限,层层分解责任到个人。借助签订责任书,提升员工对安全责任的认知。同时,建立严格考核机制,定期考核落实情况,对履职不力者严肃问责,以此确保安全生产责任制有效落地。第二,安全操作规程是化工企业生产的关键指引。企业需依据化工生产工艺、设备特性,参照相关标准规范,制定详尽、科学且合理的规程。内容要覆盖生产全程,从设备启动、运行、停止,到维护保养与异常处理等环节。制定时,充分吸纳一线员工意见,保障规程切实可行。更要强化员工培训,让其熟悉并严守规程,彻底杜绝违规操作,以确保化工生产安全、有序进行,为企业稳定发展筑牢根基。第三,安全监督检查是企业安全生产的重要防线。企业应建立常态化机制,定期对化工生产设备、工艺、操作及安全管理制度落实情况进行全面检查。涵盖设备运行、防护设施、员工操作、隐患整改等重点。通过日常巡查与专项检查等方式,确保检查无死角。发现隐患即下达整改通知,明确责任与期限,跟踪至隐患消除,全力守护安全生产。

3.2 提升员工安全素质

第一,安全培训教育是提升员工安全素质的关键。企业要制定系统培训计划,按岗位、层次差异开展针对性培训。新员工入职,需接受公司、车间、班组三级全

面安全教育,熟悉规章、规程与注意事项。在职员工则定期参与知识更新、技能及应急处置培训,提升安全意识与操作水平。通过课堂讲授、现场演示、案例分析、模拟演练等多元方式,强化培训实效,筑牢企业安全生产人才根基。第二,安全文化是企业安全管理的灵魂所在。企业要积极培育,借开展安全知识竞赛、安全月等活动,提升员工对安全生产的认知与参与热情。利用宣传栏、标语、手册等,传播安全知识理念。企业领导更要以身作则,带头遵规,以实际行动为员工树立榜样,全方位营造浓厚安全氛围,助推安全文化建设。第三,科学合理的激励机制能充分调动员工参与安全生产的积极性。企业设立安全生产奖励基金,对表现突出的员工和部门,通过评选安全之星、先进班组等形式给予物质与精神奖励,如奖金、荣誉证书、晋升机会。同时,严惩违规员工,以奖优罚劣促使员工自觉遵规,踊跃投身安全管理,为企业安全发展添力。

3.3 加强设备安全管理

第一,设备选型与采购是化工生产安全根基。企业选设备时,需兼顾安全、可靠、适用及维保便捷性。优选信誉佳、资质全的供应商,保障设备质量达标。采购时签订详尽合同,明确技术参数、质量标准、售后条款^[3]。设备到货后,严格验收,查看外观、性能与安全防护装置,只有完全符合要求,才能确保其投入使用后安全稳定运行,为化工生产筑牢防线。第二,定期维护保养化工生产设备,是延长其寿命、保障安全运行的要点。企业需依设备使用状况和厂家要求,制定周全保养计划,明确周期与内容,涵盖清洁、润滑、紧固、调整、防腐等。操作时严格遵循规程,保证保养质量。同时,设立设备维护保养档案,详实记录保养时间、内容、人员及设备运行状态,为设备后续管理与维修提供可靠依据。第三,化工工艺与技术持续革新,企业需适时更新改造老旧设备,提升安全与生产效率。对存严重隐患且无法修复的设备,应及时换代。更新时,着重考量新设备与现有工艺的兼容匹配,保障顺利投用。对可技术改造提升性能的设备,积极开展改造。改造前充分论证、精心设计方案,使改造后的设备契合安全标准与生产需求,为企业稳健发展赋能。

3.4 构建安全风险预警系统

第一,构建安全风险预警系统的首要任务是选取合适的监测指标。这些指标应能够准确反映化工生产过程

中的安全风险状况,包括工艺参数、设备运行状态参数、环境参数以及人员操作行为参数等。在选取监测指标时,要结合化工生产工艺的特点和安全风险评估的结果,确保监测指标具有代表性、敏感性和可操作性。第二,安全风险预警系统核心在于用先进监测技术实时监测指标。当下,传感器、自动化控制、物联网、大数据等技术广泛应用。在化工设备、管道及环境中安装传感器,实时采集数据,借自动化控制与物联网传至数据处理中心。大数据技术深挖数据,洞察规律趋势,从而及时察觉潜在安全风险,为化工安全生产筑牢防线。第三,建立科学合理的预警模型是实现安全风险预警的关键。预警模型应根据监测指标的数据变化情况,结合化工生产过程中的安全风险标准和阈值,对安全风险进行评估和预测,及时发出预警信号。预警模型可以采用数学模型、统计模型、人工智能模型等多种形式。在建立预警模型时,要充分考虑化工生产过程的复杂性和不确定性,对模型进行不断的优化和验证,确保预警模型的准确性和可靠性。第四,构建科学预警模型是安全风险预警的关键。它依据监测指标数据变化,结合化工安全风险标准与阈值,评估、预测风险并及时预警。预警模型形式多样,如数学、统计、人工智能模型等。鉴于化工生产复杂且不确定,建模时需充分考量,持续优化、验证,以此保障预警模型的精准与可靠,切实发挥预警作用。

结束语

化工生产安全是一项长期且艰巨的任务。通过对安全风险特点的把握、合理运用评估方法以及有效实施管理策略,可显著提升化工生产安全性。未来,随着科技进步与管理理念更新,应持续完善安全风险评估体系,创新管理手段,进一步增强化工生产的本质安全,实现化工行业安全、稳定、可持续发展,为社会经济发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]李健华.精细化工生产过程中的安全风险评估与优化策略研究[J].化工设计通讯,2024,50(8):160-162.
- [2]罗振.化工生产过程中危险化学品的储存与运输安全策略研究[J].中国化工贸易,2024(34):157-159.
- [3]郝丽铭.化工生产过程中的事故防控与应急响应技术研究[J].电脑爱好者(电子刊),2020(11):5507-5508.