

HAZOP 分析在多晶硅生产装置中的应用研究

陈海宝（亚洲硅业（青海）股份有限公司，青海 西宁 810007）

摘要：HAZOP 是一种系统化分析过程潜在危害的分析方法，广泛应用于石油、化工等过程。通过“引导词 + 工艺参数”分析工艺参数的变动、操作控制中可能出现的偏差及其对系统的影响、可能导致的后果，找出变动或偏差的原因，明确存在的主要危险、危害因素，并提出针对性的安全措施。但 HAZOP 只能定性分析主要危险、危害因素，不能对风险进行量化，已有的安全措施是否能够有效地降低风险，也是 HAZOP 分析所不能解决的。

关键词：HAZOP 分析；多晶硅；生产装置；应用研究

0 引言

化工工艺装置日益复杂，规模明显扩大，在应用的过程中也发生了诸多的安全事故，暴露出化工工艺系统的风险性。因此出现了化工工艺安全管理这一新兴学科，研发了危险与可操作性分析等多种切实有效的工艺危害分析方法。

1 HAZOP 分析方法

HAZOP 分析方法是一种系统化、科学化的技术和方法，能够对化工生产工艺和重要设备在运行期间潜在的危及安全生产的偏差因素进行预先识别、预先分析，进而提前制定防范措施，避免安全事故的出现。HAZOP 分析方法的工作过程是通过召开 HAZOP 会议解决工艺图纸和操作规程在工艺设计初期和装置运行期间存在的安全隐患，由相关专业的技术专家及设计人员、管理人员、操作岗位运行骨干共同组成的分析组按规定的方式，科学系统地研究设计图纸、设计指标及生产装置的重要设备是否符合安全生产的需要。分析偏离设计条件的偏差导致的危险因素是否满足可操作性问题。通过分析，辨识设计缺陷、工艺过程危害因素，并提出改进意见及改进措施，以提高生产装置的可操作性和安全性。HAZOP 分析方法已被证实可广泛应用于工程项目概念设计、工程设计、技术改造、现有生产装置的维修和生产试验中。

2 HAZOP 技术分析的意义

HAZOP 主要采用分析偏差、明确原因、探讨后果和提出解决措施等处理方式。分析前，工艺流程图应达到既定的要求；分析时，工程师需详细介绍装置设计的主要内容，讲解多个细节设计的主要目的及作用，记录讲解的主要内容。HAZOP 基于系统分析方法融合所有的关键词，通过查询工厂，分析工艺装置存在的危险、发生事故的主要原因及事故可能引发的重大风险，并以此为基础制定装置安全运行技术方案。HAZOP 技术也可增强装置技术人员的危险意识，改善 HAZOP 的效果。有利于强化人员风险防范意识和责任意识。HAZOP 技术主要以会议的方式，组织不同专业的管理人员和操作人员，认真分析装置潜在和既有的风险，深度探究和预防风险，减少不利影响，了解最严重的后果和发生异常

的主要原因，切实做好本职工作。此外，该技术也有利于丰富基层管理人员的专业知识，如工艺技术人员一方面要正确认识工艺技术，另一方面也需了解设备、电气和仪表的功能特点。

3 HAZOP 分析在多晶硅生产装置中的应用

3.1 成立 HAZOP 分析团队

成立 HAZOP 分析小组是首要任务。HAZOP 分析必须由一个团队协作完成，这也是 HAZOP 分析与其他安全评价审查方法的明显不同之处，其他安全审查方法有时候可能由个人专家独立完成。分析小组包括组长 / 主席（以下简称“主席”）、工艺工程师、电气工程师、仪表工程师、设计方工艺工程师、工艺装置供应商代表、工艺、仪表工程师、项目部代表、生产操作代表、秘书等，一般 5~10 人为宜，根据实际情况每人可身兼多种角色。HAZOP 分析小组主席一般由资深 HAZOP 专家担任，他的责任是组织和指导分析小组高质量的完成 HAZOP 分析研究工作，主席是能否有效完成 HAZOP 的关键因素。同时分析小组成员也必须有足够的经验、技术知识积累以及相关工作范围内的决策权，这样才能保障 HAZOP 报告中应对措施的有效执行。

3.2 工艺流程简述

缩合釜中加入乙酸乙酯、对羟基苯甲醛、丙二酸、甲醇钠。首先将储罐中的乙酸乙酯通过泵打到缩合釜中，启动缩合釜搅拌机；其次将对羟基苯甲醛固体通过真空上料机加进缩合釜中；第三步将丙二酸固体通过真空上料机加进缩合釜中；第四步打开缩合釜夹套冷冻进口阀，通入冷冻水系统，对缩合釜进行降温，然后将甲醇钠固体通过真空上料机加进缩合釜中。缩合釜上设置有手动放空管、尾气管（管口设爆破片）、乙酸乙酯进料管、蒸发气管、冷凝回液管、视镜口、固体进料口、出料口，以及加热、冷却等辅助管线；仪表设置有现场温度计、压力表，以及温度联锁蒸汽、冷凝水、冷却水上水、冷却水回水、真空上料机开关的 DCS 自控系统。HAZOP 分析的合理性，将直接影响和指导化工工艺设计，经过优化后的化工工艺设计图再指导现场施工以及实际操作。对于化工项目的危险工艺来说，HAZOP 分析至关重要，它分析出在生产中可能出现的危害因素，

并提出相应的解决措施,使危险性高的化工生产项目得到相应的安全保障。做好 HAZOP 分析首先得了解工艺、设备、电气、自控等专业知识,知道工艺流程图上每一个节点、每一个细节代表的含义和表达的意思,然后多与各相关专业的的设计沟通、多与工厂负责人和操作人员交流,从中学习和掌握在设计和现场碰到的各种问题和知识,再从问题中寻找出对应的解决办法,尽可能的减少一些不必要的缺陷和失误,只有在不断的学习和实践中掌握丰富的专业知识和经验,才能提高 HAZOP 分析水平,使化工工艺设计更加安全和规范。

3.3 完成 HAZOP 分析研究

HAZOP 分析研究正式开始。分析研究过程是通过引导词引导分析节点的工艺参数形成有意义的偏差,分析其产生原因、可能导致的后果、已有的安全保护措施及应该采取的安全措施等。讨论结果由记录员在 Leader 软件或 excel 中完成记录。主席负责分析研究过程中议题的范围及相关性把控,避免讨论研究的过度发散及偏离 HAZOP 主题来影响整个 HAZOP 分析研究的进度。例如:主席选择引导词流量+偏差高向分析小组提问:什么原因导致流量偏高?流量偏高会导致哪些可能的后果(后果包括操作、安全、环保三方面)?装置设计时已有哪些应对措施?是否需要其他的应对措施?小组成员在讨论这些问题,主席将凝练专家提出的意见,完成相应结果风险矩阵,记录员进行相应记录。主席将指定某人对完成该项应对措施负责,并注明日期。如果对流量偏高的情况的分析完成,主席可在表中按照顺序选择这个引导词流量+下一个偏差低结合来进行分析研究。同样的过程反复完成,直到完成所有单元的所有引导词+偏差组合。

3.4 风险等级划分

风险等级划分参照中石化 HSE 风险矩阵标准,A~E 代表事故后果的严重性程度(包括人员伤亡、财产损失、环境影响和声誉影响),1~6 代表事故发生的频率(即可能性),风险区域分为低风险(广泛可接受)、中风险(允许的风险区域)、高风险和严重高风险(不可接受的风险区域)4 个等级。对于高风险以上的后果,继续开展 LOPA 分析,评估现有保护措施的有效性,决定是否需要增加新的独立保护层。对于操作失误(放空阀未开启)可能引起的反应釜超压运行,当前未设置保护措施,风险等级为 D5(高风险)。

3.5 HAZOP 分析后改进措施

经过 HAZOP 分析后,Z27 井新增井安系统、可燃气体报警仪,增加闯入报警及语音喊话系统。根据分析结果,结合新增设备设施,制定新的管理制度。主要包括:增加人工巡检频次及巡检设备,并根据场站工艺流程顺序,设定固定巡检便道;加密开井期间电子巡检频率,规定气井开关前后必须进行电子巡检,确认周边情况、生产参数、设备状态等;增加电子巡检测试内容,

包括语音对讲、云台巡航;制定设备校检周期,每年校检固定式可燃气体报警仪,每半年对气动薄膜阀进行远程开关测试;跟踪监控传输设备及控制器的电池电压,根据现场使用情况准备备用电池。

4 HAZOP 评价技术发展

虽然 HAZOP 评价技术在当前的化工企业生产过程中已经取得优异的成绩,而且还伴随着科技的进步不断完善自身,朝着全面信息化、技术化的方向发展,但是对于发展过程中遇到的一些问题,却没有得到很好的改进或解决。未来的发展方向应该着眼于不足之处进行有效分析、合理改进。当前我国经济正处于迅速发展时期,对于化工产品的需求呈现出爆发式的增长,这就导致化工企业的生产规模越来越大,相关技术也要更新换代,这就意味着对于确保安全生产的评价技术也要有所提升。所以要大力开发和研究相关的软件与硬件设施,以“高效”“优质”为目标,以“安全”“准确”为目的,在结合人工与计算机双方优势,进行优势互补的同时,消除不利因素,从而保证对化工生产设备安全评价的准确性,为化工安全生产作出贡献。

5 结束语

HAZOP 分析小组通过对年产 2 万 t 多晶硅项目生产装置的设计图纸、工艺流程及设备的操作等进行系统科学的分析,挖掘出装置运行存在的潜在危险因素,并针对变动与偏差的后果提出相应的解决措施,从本质上避免危险隐患因素的发生,解决了生产装置运行过程中的安全隐患,最大限度实现系统本质安全的目的,同时也为企业的安全运行、安全管理和监督执法部门的安全执法提供了科学依据。

参考文献:

- [1] 高鑫,吕锡胜,高翔,宋兵兵.HAZOP 分析法在城镇燃气门站危害辨识中的应用[J].内蒙古石油化工,2020,46(12):31-33+45.
- [2] 董旺旺,吕兴连.HAZOP 分析方法在环氧乙烷储罐中的应用[J].山东化工,2020,49(17):121-123+126.
- [3] 杨洋.HAZOP 分析方法在化工项目应用中的探讨[J].化工设计通讯,2020,46(05):199-200.
- [4] 李军,陈耀华,韩文超,李翔.HAZOP 分析在小型氨制冷系统中的应用[J].中国特种设备安全,2019,35(12):23-26.
- [5] 郭康华.HAZOP 分析在过程工业装置设计中的应用[J].化工管理,2019(13):194-196.
- [6] 王和琴,杨程,徐明,周健.HAZOP 分析方法在硫黄回收装置的应用[J].安全、健康和环境,2018,18(09):40-44.
- [7] 臧振胜.HAZOP 分析方法浅析[J].中国仪器仪表,2018(06):49-53.
- [8] 冷悦山,苟东晓,苏宪章.HAZOP 分析方法在凝析油分离装置的应用[J].劳动保护,2018(06):78-81.