

HAZOP 分析在硫磺回收基础设计中的应用

李宪华 宋世佳 方志华 (山东三维石化工程股份有限公司, 山东 青岛 266071)

摘要: 介绍了 HAZOP 的起源、术语、准备流程和分析结果及改进措施。通过对某公司硫磺回收装置在基础设计阶段进行 HAZOP 分析, 可以找出潜在风险, 识别硫磺装置工艺设计中存在的不足, 为装置的安全设施设计和事故风险预防提供科学依据。

关键词: HAZOP 分析; 硫磺回收; 风险; 安全

工程设计是建设项目生命期中的重要环节, 基础设计阶段是建设项目进行整体规划、优化工艺流程、确定与控制工程占地、造价的重点阶段。国家规定硫磺回收装置属于重点监管的危险化工工艺, 其中硫化氢、二氧化硫是高度危害介质属于重点监管的危险化学品, 根据国家安全监管总局、住房和城乡建设部联合发布的《关于进一步加强危险化学品建设项目安全设计管理的通知》(安监总管三[2013]76号)的要求, 涉及“两重点一重大”的建设项目, 必须在基础设计阶段开展 HAZOP 分析。优化新建项目的设计, 排查化工装置安全风险, 提高生产装置潜在风险辨识能力, 提升事故风险控制管理水平, 切实保障重点生产装置的本质安全。

1 HAZOP 概述

1.1 HAZOP 起源

HAZOP 是 Hazard and operability study 的简称, 即危害及可操作性研究, HAZOP 研究技术是由英国帝国化学公司 (ICI) 于 20 世纪 70 年代早期提出的分析方法。是一种有预定内容的危害识别手段, 被公认为是工程设计和危险识别的主要手段。在设计阶段实施 HAZOP 分析则尽可能将危险消灭在项目实施早期, 增加装置安全性, 优化装置操作性。

1.2 HAZOP 术语

①节点: 在开展 HAZOP 时, 通常将复杂的工艺系统分解成若干子系统, 每个子系统称作一个节点, 以简化复杂的系统, 有助于分析团队集中精力参与讨论;

②偏离: 指偏离所期望的设计意图, 如温度、压力、液位和组成等工艺参数都有各自安全许可的操作范围, 如果超出该范围, 无论超出程度如何都视为偏离设计意图;

③可操作性: HAZOP 包括危险分析和可操作性分析, 前者是为了安全目的, 而后者关心工艺系统是否能够实现正常操作, 是否便于开展维护或维修, 甚至是否会导致产品质量问题或影响收率;

④引导词: 简单的词或词组, 用来限制或量化意图, 联合参数以便得到偏离, 如高、低、没有。分析团队借助引导词与特定参数相互搭配, 识别异常工况, 即所谓偏离的情形;

⑤事故剧情: 在实施 HAZOP 过程中, 借助引导词的帮助, 设想工艺系统可能出现的各种偏离设计意图的情形, 这种推测的偏离设计意图的事故情形称为事故剧情;

⑥原因: 指导致偏离的事件或条件;

⑦结果: 指由工艺系统偏离设计意图所导致的结果。

⑧现有安全措施: 是指当前设计、已经安装的设施中存在的保护措施;

⑨建议措施: 是指所提议的消除或控制危险的措施。

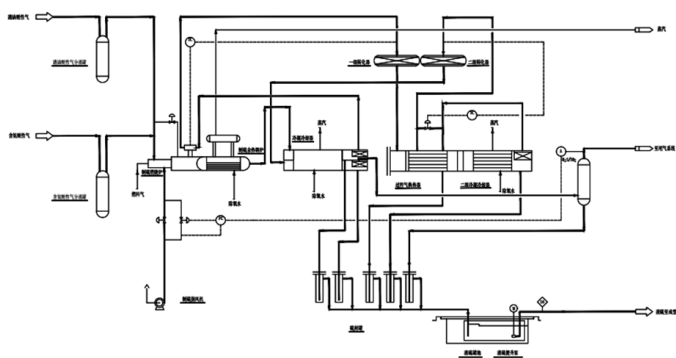
1.3 HAZOP 分析工作原理

HAZOP 分析是一种应用于识别设计缺陷、辨识工艺过程危害及是否可具操作性问题的系统化、结构化的定性或定量分析全流程潜在危害的评价方法。危险和可操作性分析 (HAZOP) 是以会议讨论方式进行, 分析会由主席支持, 参加人员有工艺工程师、设备工程师、仪表控制工程师、管道工程师、操作生产人员以及记录员等。会前收集准备的资料有: 管道仪表流程图 (P&ID)、工艺流程图 (PFD)、物料平衡表等资料, 严格按照工艺流程, 分析者将工艺装置分解为多个节点, 从节点开始通过引导词分析工艺条件发生偏差 (压力、温度、流量的改变), 所导致的危险与可操作性结果, 分析组将列出引起偏差的原因后果, 识别工艺设计及装置生产中潜在导致安全或操作性问题的缺陷同时分析装置已有的安全保护措施是否恰当实用, 当这些偏差的保护措施不当时, 需要给出新的合理的保护措施, 使得生产装置安全稳定运行。

2 硫磺回收装置 HAZOP 分析示例

2.1 装置简介

硫磺回收装置的部分工艺流程如图所示。



上游装置来的酸性气先进入分液罐进行分液, 分液后酸性气进入制硫燃烧炉发生 Claus 反应, 高温过程气进入制硫余热锅炉, 用余热发生饱和蒸汽。冷却后的过程气进入一级冷凝冷却器, 进一步冷却凝下来的液体硫磺, 进入硫封罐。一级冷凝冷却器管程出口过程气通过高温掺和阀升温后进入一级转化器, 在催化剂的作用下, 过程气中的 H_2S 和 SO_2 转化为元素硫。反应后的气体进入过程气换热器管程与二级冷凝冷却器出口的低温过程气换热后进入二级冷凝冷却器; 二级冷凝冷却器冷凝下来的液体硫磺, 自

底部流出进入硫封罐。分离后的过程气再返回过程气换热器壳程,加热后进入二级转化器。在催化剂作用下,过程气中剩余的 H_2S 和 SO_2 进一步转化为元素硫。反应后的过程气进入三级冷凝冷却器,冷凝下来的液体硫磺自底部流出进入硫封罐。顶部出来的制硫尾气经尾气分液罐分液后进入尾气处理部分。液硫汇入液硫池后进行循环脱气,脱气后的液硫至的硫磺成型机造粒成型。

2.2 节点划分

本次 HAZOP 分析以相关 PID 图为节点,共划分 23 个节点。

2.2.1 典型节点分析

节点序号为 N-07,节点为 PE-03-DW02-DW03,节点描述为溶剂再生酸性气进入酸性气分液罐 D101 进行气液分离,含氨酸性气进入分液罐 D102 进行气液分离,分离出的酸性气分别送至制硫燃烧炉。

节点序号为 N-08,节点为 PE-03-DW04-DW08,节点描述为酸性气分液罐 D101 来的酸性气部分同酸性气分液罐 D102 来的酸性气混合进入燃烧炉燃烧器 F101 进行燃烧,约有三分之一的酸性气能够燃烧,剩余三分之二未燃烧的酸性气进入燃烧炉 F102;酸性气分液罐 D101 未燃烧的部分酸性气进入燃烧炉 F102 与燃烧炉燃烧器 F101 中未燃烧的三分之二部分混合后完全燃烧后反应馏出物送至一级制硫余热锅炉。

节点序号为 N-09,节点为 PE-03-DW09-DW13,节点描述为燃烧炉 F102 的馏出物进入一级制硫余热锅炉 E101 及二级余热锅炉 E102 冷后送至一级冷凝冷却器 E103 冷却后液态硫送至一级硫封罐,气体进入一级加热器 E104 加热后进入一级克劳斯转化器 R101 进行进一步反应后经二级冷凝冷却器 E105 冷却后液态硫送至二级硫封罐,剩余气体进入二级转化器进行反应后进入三级冷却器冷却后,液态硫送至三级硫封罐,反应尾气送至尾气加热器。

2.2.2 硫磺回收装置部分 HAZOP 分析记录

引导词:高,偏差:分液罐液位高,原因:来气带水过多,后果:D101/102 满罐,严重时燃烧炉进液可能引起燃烧炉爆炸,保护措施:D101/102 设两套液位测量及高报警,两套液位计能够比较且偏差较大时则报警,D101/102 设液位高停燃烧炉联锁,建议:建议 D101、D102 采取三取二联锁执行现有功能且 DCS 与 SIS 系统分开取信号。

引导词:低,偏差:风机流量低,原因:开车时引入酸性气过程期间 FV1010 故障关小造成主燃料气流量小,后果:开车时酸性气并入燃烧炉燃烧器 F101 过程中主燃料气流量减少造成空气过量产生过量二氧化硫,导致最终排放大气尾气超标,污染环境,保护措施:尾气排放系统设硫化氢-二氧化硫比值在线分析仪反馈信号给空气控制系统对空气量进行调节。

引导词:低,偏差:炉温低,原因:TV1022/1029 故障关小造成蒸汽量减小,后果:克劳斯转化器内硫转化率低,保护措施:克劳斯转化器设温度测量及低报警,加热器设温度控制系统及低报警。

引导词:液位低,偏差:FV1012 故障关造成余热锅炉

汽包,原因:TV1022 故障关小造成蒸汽量减小,后果:余热锅炉 D103 干锅,可能造成爆炸,保护措施:余热锅炉 D103 设液位测量及低报警,余热锅炉 D103 设液位低报警低低联锁停车,建议:将余热锅炉 D103 液位低低一取一联锁停车改为低低液位三取二联锁停车。

2.2.3 硫磺回收装置部分 HAZOP 分析建议措施

建议设计单位确认酸性气分液罐 D102 设有伴热,目前图纸中未标示,形成建议措施的讨论和推理过程及依据:酸性气分液罐 D102 中铵盐低温结晶堵塞管线,风险等级:I 级,建议采纳情况:已采纳,设计 D102 有伴热。所在节点:07。

建议 D101 采取三取二联锁执行现有功能且 DCS 与 SIS 系统分开取信号,形成建议措施的讨论和推理过程及依据:三取二联锁比一取一联锁可靠性更高,风险等级:III 级,建议采纳情况:已采纳,所在节点:07。

建议 D102 采取二取一联锁执行现有功能且 DCS 与 SIS 系统分开取信号,形成建议措施的讨论和推理过程及依据:三取二联锁比一取一联锁可靠性更高,风险等级:III 级,建议采纳情况:已采纳液位高高停含氨酸性气至制硫燃烧炉阀门切断进料,打开至火炬气阀门,所在节点:07。

建议设计单位与鼓风机厂家协商,鼓风机应设振动严重时停风机联锁,设计值由厂家设定,形成建议措施的讨论和推理过程及依据:防止鼓风机喘振损坏,风险等级:II 级,建议采纳情况:已采纳,与风机厂家沟通确定,所在节点:08。

3 结束语

HAZOP 提出这些建议都是关于设计、安全和改进的,这些建议将会降低潜在的安全或者可操作性问题。HAZOP 分析有助于帮助设计人员以新的思维角度充分认识到项目设计、生产中各个环节中存在的隐患。

如果从设计阶段就开始使用,可以快速识别出设计中存在的问题,从详细设计阶段就可以进行修正,那么就降低了工程建设完成和开工后的变更成本。使装置达到安全、稳定、长周期、满负荷、优质量的运行。取得良好效果,进一步提升了装置的本质安全。

参考文献:

- [1] 郑启红.HAZOP 在化工装置设计中的应用[J].工艺与设备,2020(9):75-76.
- [1] 鲁凤.HAZOP 在煤化工项目硫回收装置中的应用[J].化肥工业,2016(4):67-70.
- [3] 朱新浩.HAZOP 分析在硫磺制酸装置设计中的应用[J].上海化工,2017(4):22-26.
- [4] 杨蓓.如何进行“风险及可操作性分析”[J].炼油技术与工程,2005(9):55-57.
- [5] 青岛安全工程研究院.HAZOP 分析指南[M].北京:中国石化出版社,2000.

作者简介:

李宪华(1976-),女,山东曹县人,本科,高级工程师,注册化工师,目前在山东三维石化工程股份有限公司从事设计工作。