

# The Application of HAZOP in Petrochemical Enterprise

Shuai Geng

SINOPEC SABIC Tianjin Petrochemical Co. Ltd., Tianjin, 300271, China

## Abstract

Briefly explain HAZOP in petrochemical enterprise application course, importance and the technical route, put forward how to effectively implementing HAZOP review, in order to prevent the happening of the significant process safety accident.

## Keywords

HAZOP ; process safety

## 浅谈 HAZOP 在石油化工企业的应用

耿帅

天津(中沙)石化有限公司, 中国·天津 300271

## 摘要

简述 HAZOP 在石油化工企业应用历程、重要性及技术路线, 提出如何有效实施 HAZOP 审查, 以预防重大工艺安全事故的发生。

## 关键词

HAZOP; 工艺安全

## 1 引言

随着石油化工企业生产规模不断扩大, 工艺越来越复杂, 生产事故造成的灾难性财产损失和人员伤亡也更加严重, 为防止事故的发生必须对生产过程进行风险分析, 找到事故出现的概率和有可能造成伤害的严重程度, 采取相应措施以使风险降低到可容忍的程度内。HAZOP 研究是正规的确定化工过程设备危险的方法<sup>[1]</sup>。该方法是一种被广泛采用的工艺危险分析方法, 通过借助引导词和团队协作, 识别工艺系统中的事故情景、评估相应的风险, 并根据需要建议更多危险控制的措施。这种方法有很强的逻辑性和结构性, 既可以应用于新建项目, 也可以用于在役的生产装置, 并且不受工艺系统的类别与规模限制。

## 2 HAZOP 分析应用历程简介

危险性与可操作性分析 (HAZOP, hazard and operability study) 是以系统工程为基础的一种定性分析评价方法, HAZOP 最初由英国帝国化学 (ICI) 公司 1974 年开发, 广泛用

于化学工业、核工业、石油化工厂和近海石油钻井平台领域的安全管理。美国职业安全健康局 (OSHA) 颁布的工艺安全管理规定 (29 CFR 1910.119) 中, 要求设计有危化品的工艺装置或包含有超过 10000 磅 (4535.9kg) 易燃物的工艺装置, 都需要在工艺装置建设期间进行一次危害分析, 识别、评估、控制工艺系统的相关危害<sup>[2]</sup>, 所选择的分析方法与工艺系统的复杂性相匹配, 而且至少五年要对以前完成的工艺危害分析进行重新确认或更新。中国推行 HAZOP 基本包括: 文件汇编, 年度工作安排, 意见和通知, 标准和规范, 讲座和研讨, 事故信息通报等方式进行的。如: 中国安全监督总局于 2010 年颁布了 AQ/T3034-2010《化工企业工艺安全管理实施导则》(从 2011 年 5 月 1 日生效), 《化工建设项目安全设计管理导则》AQ/T3303-2010(2011 年 5 月 1 日实施) 已经把 HAZOP 分析方法作为化工设计过程危险源分析的基本方法予以推荐。国家安全监管总局、工业和信息化部 2010 年 11 月 3 日联合发布《关于危险化学品企业贯彻落实〈国务院关于进一步加强企业安全生产工作的通知〉的实施意见》(安监总管

[2010]186号),文件中规定“企业要积极利用危险和可操作性分析(HAZOP)等先进科学的风险评估方法,全面排查本单位的安全事故隐患,提高安全生产水平”。

《国家安全监管总局关于印发危险化学品安全生产“十二五”规划的通知》(安监总管三〔2011〕191号)规范危险化学品建设项目安全管理,开展危险与可操作性分析(HAZOP),装备基本过程控制系统和安全仪表系统,提高装置本质安全水平。积极指导企业采用科学的安全管理方法,提升管理水平。继续推动中央企业开展化工生产装置HAZOP,积极推进新建危险化学品建设项目在设计阶段应用HAZOP,逐渐将HAZOP应用范围扩大至涉及有毒有害、易燃易爆,以及采用危险化工工艺的化工装置。《国家安全监管总局关于印发危险化学品从业单位安全生产标准化评审标准的通知》(安监总管三〔2011〕93号)附件《危险化学品从业单位安全生产标准化评审标准》可选用HAZOP法对危险性工艺进行危险、有害因素识别和风险评价;一级企业涉及危险化工工艺和重点监管危险化学品的化工生产装置进行过危险与可操作性分析(HAZOP),并定期应用先进的工艺(过程)安全分析技术开展工艺(过程)安全分析。

《关于开展提升危险化学品领域本质安全水平专项行动的通知》(安监总管三〔2012〕87号)加强对新建项目的设计安全管理。危险化学品建设项目必须由具备相应资质和相关设计经验的设计单位负责设计,设计单位要加强安全设计审查工作,建设项目设计要以保证安全生产为前提,合理布局,选择成熟、可靠的工艺路线、设备设施,配备完善的自动化控制系统。对涉及“两重点一重大”的装置,要按照《化工建设项目安全设计管理导则》(AQ/T3033-2010)的要求,在装置设计阶段进行危险与可操作性分析(HAZOP),消除设计缺陷,提高装置的本质安全水平。

《国家安全监管总局、住房城乡建设部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)建设单位在建设项目设计合同中应主动要求设计单位对设计进行危险与可操作性(HAZOP)审查,并派遣有生产操作经验的人员参加审查,对HAZOP审查报告进行审核。涉及“两重点一重大”和首次工业化设计的建设项目,必须在基础设计阶段开展HAZOP分析。

《国家安全监管总局关于加强化工过程安全管理的指导

意见》(安监总管三〔2013〕88号)建立风险管理制度。企业要制定化工过程风险管理制度,明确风险辨识范围、方法、频次和责任人,规定风险分析结果应用和改进措施落实的要求,对生产全过程进行风险辨识分析。对涉及重点监管危险化学品、重点监管危险化工工艺和危险化学品重大危险源(以下统称“两重点一重大”)的生产储存装置进行风险辨识分析,要采用危险与可操作性分析(HAZOP)技术,一般每3年进行一次。对其他生产储存装置的风险辨识分析,针对装置不同的复杂程度,选用安全检查表、工作危害分析、预危险性分析、故障类型和影响分析(FMEA)、HAZOP技术等方法或多种方法组合,可每5年进行一次。企业管理机构、人员构成、生产装置等发生重大变化或发生生产安全事故时,要及时进行风险辨识分析。企业要组织所有人员参与风险辨识分析,力求风险辨识分析全覆盖。

目前,HAZOP分析在其他国家石油化工行业工程建设中已是一种广泛应用的安全分析评价方法,壳牌、埃克森美孚、BP、SABIC等国际石油公司对此都给予了高度的重视。

### 3 HAZOP 分析方法难点重点简介

详尽的HAZOP研究,建议由一个有经验的工厂或装置代表,技术人员,设备人员,仪表人员,操作专家和HSE工程师等组成的团队,必要时可以请到设计人员与相关专家。由经过专门培训的HAZOP组长或主席主持讨论,由记录员或秘书进行记录,记录可以借助计算机软件辅助完成。

在开始HAZOP研究前,必须有生产过程的详细信息。包括最新的PFD与能量平衡、P&ID、详细的设备说明书、设计布局总图、事故报告、SOP、MSDS、企业风险评估矩阵等。

HAZOP分析小组在了解整个工艺过程设计意图的基础上,将系统分为多个节点(node),各节点的设计意图应能够充分定义,对于连续工艺,HAZOP分析节点可以为工艺单元,而对于间歇操作过程,HAZOP分析节点一般为操作步骤。选择节点的大小通常取决于系统的复杂性和危险的严重性。复杂或高危险系统可分成较小的节点,简单或低危险的系统可分成较大的节点,以加快分析。有效的划分节点可能是HAZOP技术的难点之一。

以正常操作运行的工艺参数为标准值,分析运行过程中工艺参数的变动(即偏差),这些偏差通过引导词和工艺参数

引出。确定偏差最常用的方法是引导词法,分析小组选择合适的参数和引导词,组成有意义的偏差,进而分析每个偏差的原因及其事故后果,在已有安全措施的基础上,针对不能接受的风险,提出安全对策措施。这里提到的不可接受的风险,要基于企业风险评估矩阵所列情形,有经验的 HAZOP 团队有时还会通过识别系统中的独立保护层 (IPL) 的形式,进行保护层分析 (LOPA)。风险控制遵循适度、可行、最低的 ALARP 原则,在运用 HAZOP、LOPA、SIL 分析进行风险决策时,同样遵循 ALARP 原则。对于间歇操作过程可以通过审核 SOP 中操作步骤的偏差进行风险识别。在节点中有关大型设备或机组(有的企业通过综合分析定义为 HSE 关键设备)可以借助于 what-if/checklist 和 FMEA 法进行研究。这里要强调的是进行较为贴近实际的 LOPA 分析,需要企业自己具备完善的设备失效概率 (PFD) 数据库,这样才能使 LOPA 分析更加准确地服务于企业。在审核保护措施时,建议按照顺序依次查找:过程设计、基本过程控制系统 (BPCS)、关键报警装置与人员干预、安全仪表系统 (SIS)、安全泄放装置、泄放后的物理保护(围堰)、工厂应急响应、社会应急响应等。这样做的好处是不容易遗漏,也是现代石油化工工厂安全防护策略“洋葱模型”的体现。

另外,尽管在役装置开展 HAZOP 风险评估工作非常必要,但在设备极其陈旧,技术资料十分不完善的装置上开展此项技术,局限性是很大的,需要花大量的时间去确认现场是否与图纸一一对应。

#### 4 HAZOP 分析的实施策划

生产装置从立项到投产一般经历工艺包设计、基础工程设计、详细工程设计、施工、试车、生产、延期、退役或报废等几个阶段。工程设计包含基础工程设计和详细工程设计阶段。基础工程设计是在工艺包的基础上进行工程化的一个工程设计阶段。其主要目的是为提高工程质量、控制工程投资、确保建设进度提供条件。在基础设计阶段结束时,所有的技术原则和技术方案均应确定。对于中国一般的设计院或工程公司,在基础设计阶段,参加设计的主要专业是工艺专业、自动化控制和设备专业。详细工程设计是在基础工程设计的基础上进行的,其内容和深度应满足通用材料采购、设备制造、工程施工及装置运行的要求。基础工程设计阶段的

HAZOP 分析主要是确定安全设施是否存在以及如何设置和设计。因此基础工程设计阶段的 HAZOP 分析至关重要。基础工程设计阶段的 HAZOP 分析主要是针对主流程;详细工程设计的 HAZOP 分析主要是针对成套设备(如压缩机)以及基础设计阶段 HAZOP 分析后发生的设计变更。基础设计阶段的 HAZOP 分析安排在基础设计完成后、政府或上级单位审查前的这一段时间进行,详细设计阶段的 HAZOP 分析应该在详细设计结束前完成。从安全管理的整体性来讲,在安装施工前应该进行一次 HAZOP 分析回顾。这项工作的目的主要是在现场开始安装之前,对此前完成的 HAZOP 分析进行回顾,从而尽可能避免安装施工阶段可能出现的变更,因为在图纸阶段进行变更要比安装后再作变更经济得多。进行 HAZOP 分析回顾的主要工作内容包 括:回顾此前 HAZOP 分析提出的建设措施,特别是对未能及时关闭的有关设计的建议措施进行讨论,必要时可以对原有的建议措施进行补充、修改甚至删除;回顾此前 HAZOP 分析工作完成后所发生的设计变更,必要时对变更部分重新进行 HAZOP 分析;更新 HAZOP 分析报告,形成一份新版报告。此项工作通常由原 HAZOP 分析团队负责完成。工作过程中,主要参考此前完成的 HAZOP 分析记录表进行讨论。在安装施工前开展的 HAZOP 分析回顾通常适用于规模较大的项目,或者是 HAZOP 分析后经历重大变化的项目。此阶段的工作只对 HAZOP 分析记录表中有建议项的事故情景进行讨论,这样可以节约讨论时间。开车阶段是危险性较大的一段时间,很多重大过程安全事故发生在这个阶段。在开车前,针对开车方案进行 HAZOP 分析,检查开车流程和开车设施的安全性也是必要的。在生产阶段,随着时间的推移,会遇到很多不利于安全生产的问题和挑战,由于科技和管理的进步,以及企业法律意识的提高,工程技术人员会提出一些变更,通过变更来提高过程控制水平和操作的安全性,但也会引入新的风险,因此定期对在役装置进行 HAZOP 分析是非常必要的。另外,在设备延期、退役或报废阶段,可以通过 HAZOP 分析为装置整体可靠性的评判提供一定的技术支持。

#### 5 结语

从目前 HAZOP 在中国应用的情况来看,大部分是在设计阶段进行的,这相当于对装置的设计进行严格、系统、全

面的审查,发现其中存在的各类问题,及时提出解决方案。对在役装置实施 HAZOP 分析可以对装置从总体上进行系统的检查,不仅可以识别设计上的不足,而且可以对装置运行中的问题进行分析,进而提出有针对性的技术建议及改进措施,加深对装置操作和安全的理解,为操作规程的编制提供参考依据,提高装置可连续在线的运行周期。HAZOP 风险评估工作完成后,装置的操作规程和部分 P&ID 图应有所更新,建议

措施也应尽快得到落实。

### 参考文献

- [1] Guidelines for Hazard Evaluation Procedures,2d ed.(New York: American Institute of Chemical Engineer,1992).
- [2] Guidelines for Process Hazards Analysis, Hazard Identification & Risk Analysis by Nigel Hyatt( Canada: Dyadem Press,2003 ).