

石油化工设施风险管理丛书

HAZOP

分析指南

Hazard and Operability Analysis

中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院 编著

中國石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

石油化工设施风险管理丛书

HAZOP 分析指南

中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院 编著

中国石化出版社

内 容 提 要

本书介绍了在石化装置上实施危险与可操作性分析(HAZOP)的过程,全书对实施HAZOP的各个环节及相关知识进行了阐述,主要包括:HAZOP分析方法介绍、HAZOP方法使用范围、HAZOP方法实施过程、常见节点类型HAZOP分析表、HAZOP风险评估、计算机辅助HAZOP分析和HAZOP技术在石化装置上的应用实例分析。书后还附有常用危险辨识方法介绍、PES-HAZOP软件介绍和SDG-HAZOP软件使用说明,以便在实施HAZOP过程中参考。

本书可供石油、石化领域的安全评价人员、管理人员、安全技术人员以及大专院校安全工程专业师生等学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

HAZOP分析指南/中国石油化工股份有限公司青岛
安全工程研究院编. —北京:中国石化出版社,2008
(石油化工设施风险管理丛书)
ISBN 978-7-80229-502-5

I. H… II. 中… III. 石油化工-化工设备-风险分析-指南 IV. TE96-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第017907号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街58号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京密云红光制版公司排版

河北天普润印刷厂印刷

全国各地新华书店经销

*

850×1168毫米32开本6.875印张173千字

2008年4月第1版 2008年4月第1次印刷

定价:15.00元

编委会

主 任 徐 钢

副 主 任 张海峰 刘 跃 寇建朝 吕亮功

编委成员 张晓鹏 贾鹏林 杜红岩 庄 毅

何怀明 张志刚 龚 宏 狄 燕

卢传敬 黄秋明 洪 宇 李祥寿

蒋利军 胥晓东 刘广生 牟善军

曹永友 俞雪兴

撰稿人员 牟善军 姜春明 赵文芳 李 奇

姜巍巍 张卫华 王春利 杨春笋

康宝惠 李俊杰

编者的话

风险评价在我国又称为安全评价，我国安全评价工作从20世纪80年代后期开始起步，在安全评价理论、方法的研究和应用方面发展很快。目前，我国引入的安全评价方法主要有安全检查表、危险性预分析、故障树分析、事件树分析、爆炸指数法等。尽管在《安全评价通则》中规定使用HAZOP分析方法，但是由于种种原因，HAZOP分析一直没有得到广泛的应用。

在国外，HAZOP方法以其分析全面、系统、细致等突出优势成为目前危险性分析领域最盛行的分析方法之一。HAZOP方法是许多安全规范中推荐应用的危险辨识方法。在我国，相关政府部门也正在大力推广HAZOP分析方法的应用。但是，我国目前还没有一套完整的实施HAZOP分析的方法。本书的编写主要是帮助读者了解HAZOP方法和实施过程，是一本内容新颖、信息量大、系统全面的参考资料。

本文从应用、实施HAZOP方法的角度，系统深入

地介绍 HAZOP 实施过程中所涉及的各项内容。本书第一章“前言”，从 HAZOP 方法的应用现状开始，介绍了 HAZOP 方法的使用范围及其作用；第二章“HAZOP 分析方法”，全面介绍了 HAZOP 分析方法，包括 HAZOP 方法简介、HAZOP 术语、分析节点划分、偏差确定方法和分析、HAZOP 分析报告形成等；第三章“HAZOP 实施过程”，按照 HAZOP 实施过程的各个环节（分析准备、HAZOP 分析、编制分析结果、行动方案的落实等）进行了详细的描述。第四章“常见节点类型 HAZOP 分析表”，介绍了塔类、压缩机、鼓风机、熔炉/炉子、热交换器、软管、管线、泵、间歇反应器、连续反应器、罐/槽/容器、公用工程等常见设备 HAZOP 分析内容；第五章“HAZOP 风险评估”，在传统的 HAZOP 分析基础上，结合风险矩阵，利用事故的后果严重等级和事故发生频率等级在 5×7 风险矩阵中计算 HAZOP 分析中重大隐患事故的风险等级。第六章“计算机辅助 HAZOP 分析”，在人工 HAZOP 方法的基础上，提出了利用 SDG 模型及基于网论的推理方法，进行计算机自动 HAZOP 分析，主要包括 SDG 技术介绍和基于 SDG 技术的计算机辅助 HAZOP 评估的方法。第七章“HAZOP 技术在石化装置的应用实例”，主要介绍了丙烯腈装置的 HAZOP 分析和 65t/h 锅炉的计算机辅助 HAZOP 分析两个实例，在实例中完整地阐述了 HAZOP 的实施过程；附录 1“危险辨识方法介绍”中主要介绍了安全检查表、如果…怎么样、预先危险分析、故障类型及影响分析、事件树分析和故障树分析等方法；附录 2“PES - HAZOP 软件介绍”，介

绍了由中国石油化工股份有限公司青岛安全工程研究院开发的 HAZOP 分析软件，主要包括软件功能、优势、评价程序内容和软件操作流程等内容；附录 3“SDG - HAZOP 软件使用说明”，介绍了计算机辅助 SDG - HAZOP 分析软件的特点、功能和模型库的管理等内容。

由于 HAZOP 分析比较复杂，涉及的知识及学科较宽，书中难免有误，不妥之处，望读者指正。

目 录

1 前言	(1)
1.1 HAZOP 方法应用现状.....	(1)
1.2 HAZOP 方法的使用范围.....	(2)
1.3 HAZOP 分析的作用.....	(3)
2 HAZOP 分析方法	(5)
2.1 HAZOP 方法简介.....	(5)
2.2 HAZOP 术语	(6)
2.3 分析节点划分	(7)
2.4 偏差确定方法	(8)
2.5 偏差分析	(10)
2.6 HAZOP 分析报告.....	(11)
3 HAZOP 分析实施过程	(14)
3.1 分析的准备	(15)
3.2 HAZOP 分析.....	(20)
3.3 编制分析结果文件	(23)
3.4 行动方案的落实	(24)

3.5	HAZOP 分析示例	(24)
4	常见节点类型 HAZOP 分析表	(35)
5	HAZOP 风险评估	(61)
5.1	HAZOP 风险分析	(61)
5.2	HAZOP 风险分析示例	(69)
6	计算机辅助 HAZOP 分析	(99)
6.1	SDG 技术	(99)
6.2	基于 SDG 技术的计算机辅助 HAZOP 评估	(106)
7	HAZOP 技术在石化装置的应用实例	(119)
7.1	丙烯腈装置的 HAZOP 分析	(119)
7.2	65t/h 锅炉的计算机辅助 HAZOP 分析	(144)
附录 1	危险辨识方法介绍	(160)
附录 2	PES - HAZOP 软件介绍	(174)
附录 3	SDG - HAZOP 软件使用说明	(191)

1 前 言

1.1 HAZOP 方法应用现状

现代石油、化工工业生产在为社会带来巨大利益的同时，也带来了火灾、爆炸、毒物泄漏等重大事故隐患。石油、化工生产的工艺过程相当复杂，工艺条件要求十分严格，介质具有易燃、易爆、有毒、腐蚀等特性，生产装置趋向大型化，以及生产过程连续性、自动化程度的提高等，使生产中发生事故的可能性增大，造成的危害和损失也随之增大。如震惊世界的重大案例“美国联合碳化物公司印度有限公司 1984 年 12 月 4 日发生的异氰酸甲酯毒气泄漏”，造成 2000 多人死亡、20 万人受伤。根据该公司的事故调查报告，这次事故是因为由于操作失误、设计欠缺、维修不当及忽视培训等致使贮槽中含有水和三氯甲烷，从而发生剧烈反应而引起的。

鉴于此，石油、化工生产过程的安全性问题越来越受到各国政府和企业的的高度重视。能够预期分析、发现问题，将危险消灭在最初阶段是人们最想得到的结果。这就是安全评价所要解决的主要问题。

经过十几年的实践完善，安全评价方法得到了广泛应用和发展。国内外提出的评价方法达几十种，最常用的方法包括如果怎么样法(What If)、检查表法(CheckList)、危险和可操作性分析(Hazard and Operability Study, HAZOP)、故障类型和影响分析法(FMEA)及故障树(FTA)等。各种评价方法具有不同特点，适于不同的分析对象和需求。其中，危险与可操作性分析方法以其分析全面、系统、细致等突出优势成为目前危险性分析领域最盛行的分析方法之一。

HAZOP 分析指南

在国外, HAZOP 方法是许多安全规范中推荐应用的危险辨识方法。英国石化有限公司制定的《健康、安全和环境标准与程序》(HSE8)中明确规定在项目设计阶段必须进行设计方案的 HAZOP 分析;德国拜尔公司 1997 年制定《过程与工厂安全指导》中规定,其所属工厂必须进行 HAZOP 分析并形成安全评估报告;美国政府颁布的《高度危险化学品处理过程的安全管理》(PSM)法规中也建议采用 HAZOP 方法对石油化工装置进行危险评估。

在我国,对国内首次采用新技术、工艺的危化品建设项目,政府也在积极倡导采用 HAZOP 法进行工艺安全分析;危化品建设项目的验收前评价,建议以安全检查表的方法为主,尽可能以危险和可操作性研究法(HAZOP)为辅。

HAZOP 分析方法不仅适合于对石油、化工过程进行危险性分析,对其他过程(如机械、航天、兵器、国防、核工业等)稍加修改也可使用。

1.2 HAZOP 方法的使用范围

HAZOP 分析既适用于设计阶段,又适用于现有的生产装置。对现有的生产装置分析时,如能吸收有操作经验和管理经验的人员共同参加,会收到很好的效果。

同时,对于连续生产过程和间歇生产过程都可以采用 HAZOP 分析。在连续过程中,管道内物料工艺参数的变化反映了各单元设备的状况,因此在连续过程中分析的对象确定为管道,通过对管道内物料状态及工艺参数产生偏差的分析,查找系统存在的危险,对所有管道分析之后,整个系统存在的危险也就一目了然。在间歇过程中,分析的对象不再是管道,而应该是主体设备,如反应器等。根据间歇生产的特点,分成三个阶段(即进料、反应和出料)对反应器加以分析。同时,在这三个阶段内,不仅要按照关键词来确定工艺状态及参数可能产生的偏差,

还要考虑操作顺序等因素可能出现的偏差。这样才可以对间歇过程做出全面、系统的评估。

通过 HAZOP 分析,能够发现装置中存在的危险,根据危险带来的后果明确系统中的主要危害。如果需要,可利用故障树对主要危害继续分析。因此,这又是确定故障树“顶上事件”的一种方法,可以与故障树配合使用。同时,针对装置存在的主要危险,可以对其进行进一步的定量风险评估,量化装置中主要危险带来的风险,所以,HAZOP 又是定量风险评估中危险辨识的方法之一。

通过 HAZOP 分析,对于在装置的工艺过程及设备中存在的危险及应采取的措施会有透彻的认识。实践证明,HAZOP 分析已经被证明是过程工业中安全保障的有效方法,这一点已经在世界范围内得到了承认。

1.3 HAZOP 分析的作用

HAZOP 分析的目的是识别工艺或操作过程中存在的危害,识别不可接受的风险状况。其作用主要表现在以下两个方面。

(1) 尽可能将危险消灭在项目实施早期

识别设计、操作程序和设备中的潜在危险,将项目中的危险尽可能消灭在项目实施的早期阶段,节省投资。

HAZOP 分析组应包括设计者和操作人员等,采用系统分析的研究方法,以便能够识别出设计中存在的潜在危险。虽然最初的 HAZOP 研究是针对连续生产的装置,但是该技术通过部分修改,可以应用于间歇的工艺过程及工厂操作程序和设备。同样,HAZOP 既适用于新建装置,也适用于在役装置。

HAZOP 生成的记录,为企业提供危险分析证明,并应用于项目实施过程。HAZOP 提供早期的措施与实际采取措施偏差之间的因果关系,以消除或降低风险。必须记住,HAZOP 只是识别技术,不是解决问题的方法。HAZOP 实质上是定性的技术,

HAZOP 分析指南

但是通过采用简单的风险排序，它也可以用于复杂定量分析的领域，当作定量技术的一部分。

HAZOP 不能看做纯粹的设计功能检查。正常的设计应确保质量而不应考虑是否采用 HAZOP。也就是说，即使采用 HAZOP 分析，对于过程工业安全，做好基础设计和应用适当的设计规范依然是非常重要的。HAZOP 的优点是系统检查整套装置，而不是像设计人员那样只检查他们自己感兴趣的区域。

在项目的基础设计阶段采用 HAZOP，意味着能够识别基础设计中存在的问题，并能够在详细设计阶段得到纠正。这样做可以节省投资，因为装置建成后的修改比设计阶段的修改昂贵得多。

(2) 为操作指导提供有用的参考资料

HAZOP 分析为企业提供系统危险程度证明，并应用于项目实施过程。对许多操作，HAZOP 分析可提供满足法规要求的安全保障。HAZOP 分析确定需采取措施，以消除或降低风险。

HAZOP 能够为包括操作指导在内的文件提供大量有用的参考资料，因此应将 HAZOP 的结果全部告知操作人员和安全管理人員。从图 1-1 中可以看出，HAZOP 可以减少 29% 设计原因的事故和 6% 操作原因的事故，比危险检查表、可靠性检查等分析技术更为有效。

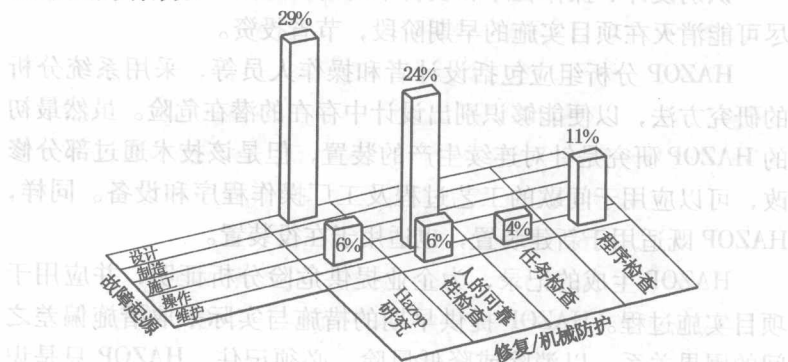


图 1-1 HAZOP 分析示例

2 HAZOP 分析方法

2.1 HAZOP 方法简介

HAZOP(Hazard and Operability Analysis, 危险与可操作性分析)方法是由 ICI 公司于 20 世纪 70 年代早期提出的, 第一本详细介绍 HAZOP 方法的书在 1977 年出版。HAZOP 方法现在已经广泛应用于生产工艺过程, 通过对整个工厂的因果分析来确定新的或已有的工程方案、设备操作和功能实现的危险。这种方法对于检查可操作性的问题也是有价值的, 经常可以通过检查可操作性问题, 发现工艺装置中潜在的危险。历经几十年实践应用和发展完善, HAZOP 技术以其系统、科学的突出优势, 在装置工艺危险辨识领域独占鳌头, 在发达国家得以广泛应用, 并倍受推崇。

HAZOP 分析是一种用于辨识设计缺陷、工艺过程危害及操作性问题的结构化分析方法, 方法的本质就是通过系列的会议对工艺图纸和操作规程进行分析。在这个过程中, 由各专业人员组成的分析组按规定的方式系统的研究每一个单元(即分析节点), 分析偏离设计工艺条件的偏差所导致的危险和可操作性问题。HAZOP 分析组分析每个工艺单元或操作步骤, 识别出那些具有潜在危险的偏差, 这些偏差通过引导词引出, 使用引导词的一个目的就是为了保证对所有工艺参数的偏差都进行分析。分析组对每个有意义的偏差都进行分析, 并分析它们的可能原因、后果和已有安全保护等, 同时提出应该采取的措施。HAZOP 分析方法明显不同于其他分析方法, 而是一个系统工程, 见图 2-1。

HAZOP 分析指南

HAZOP 分析必须由不同专业组成的分析组来完成。HAZOP 分析的这种群体方式的主要优点在于能相互促进、开拓思路。这就是 HAZOP 分析的核心内容。

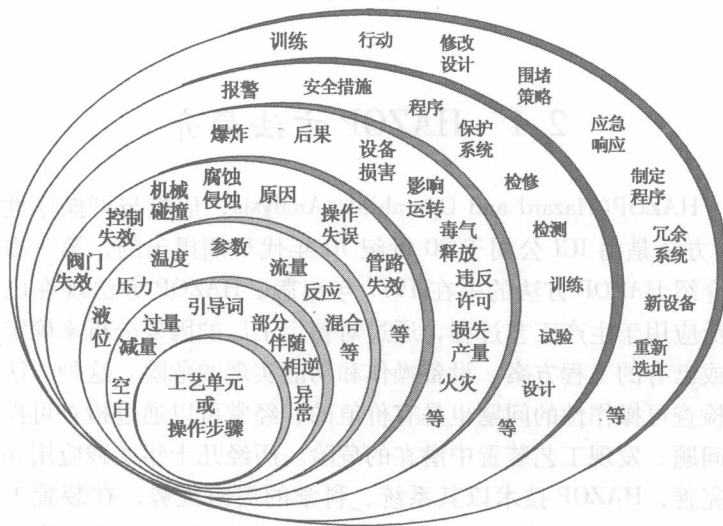


图 2-1 HAZOP 分析图

2.2 HAZOP 术语

(1) 分析节点 或称工艺单元，指具有确定边界的设备（如两容器之间的管线）单元，对单元内工艺参数的偏差进行分析。

(2) 操作步骤 间隙过程的不连续动作，或者是由 HAZOP 分析组分析的操作步骤；可能是手动、自动或计算机自动控制的 操作，间隙过程每一步使用的偏差可能与连续过程不同。

(3) 引导词 用于定性或定量设计工艺指标的简单词语，引导识别工艺过程的危险。

(4) 工艺参数 与过程有关的物理和化学特性，包括概念性

2 HAZOP 分析方法

的项目如反应、混合、浓度、pH 值及具体项目如温度、压力、相数及流量等。

(5) 工艺指标 确定装置如何按照希望的操作而不发生偏差,即工艺过程的正常操作条件;

(6) 偏差 分析组使用引导词系统地对每个分析节点的工艺参数(如流量、压力等)进行分析发现的系列偏离工艺指标的情况;偏差的形式通常是“引导词+工艺参数”。

(7) 原因 发生偏差的原因。一旦找到发生偏差的原因,就意味着找到了对付偏差的方法和手段,这些原因可能是设备故障、人为失误、不可预料的工艺状态(如组成改变)、外界干扰(如电源故障)等。

(8) 后果 偏差所造成的结果。后果分析时假定发生偏差时已有安全保护系统失效;不考虑那些细小的与安全无关的后果。

(9) 安全措施 指设计的工程系统或调节控制系统,用以避免或减轻偏差发生时所造成的后果(如报警、连锁、操作规程等)。

(10) 补充措施 修改设计、操作规程,或者进一步进行分析研究(如增加压力报警、改变操作步骤的顺序)的建议。

2.3 分析节点划分

对于连续的工艺操作过程,HAZOP 分析节点为工艺单元;而对于间歇操作过程来说,HAZOP 分析节点为操作步骤。工艺单元是指具有确定边界的设备(如两容器之间的管线)单元;操作步骤是指间歇过程的不连续动作,或者是由 HAZOP 分析组分析的操作步骤。

为了逻辑地、有效地分析进行 HAZOP 分析,首先要将工艺图或操作程序划分为分析节点或操作步骤。如果分析节点分得太小,会加大工作负荷,导致大量的重复工作;如果分析节点分得

HAZOP 分析指南

太大, 会使 HAZOP 的结果产生重大的偏差, 甚至会遗漏部分结果。对于连续工艺过程, 分析节点划分的基本原则如下:

一般按照工艺流程进行, 从进入的 PID 管线开始, 继续直至设计意图的改变, 或继续直至工艺条件的改变, 或继续直至下一个设备。

上述状况的改变作为一个节点的结束, 另一个节点的开始, 常见节点类型见表 2-1。

表 2-1 常见节点类型表

序 号	节点类型	序 号	节点类型
1	管 线	10	热交换器
2	泵	11	软 管
3	分批反应器	12	步骤(八关键词法)
4	连续反应器	13	步骤(三关键词法)
5	罐/槽/容器	14	作业详细分析
6	塔	15	公用工程和服务设施
7	压缩机	16	其 他
8	鼓风机	17	以上基本节点的合理组合
9	熔炉, 炉子	18	

在选择分析节点以后, 分析组组长应确认该分析节点的关键参数, 如设备的设计能力、温度和压力、结构规格等, 并确保小组中的每一个成员都知道设计意图。如果有可能最好由工艺专家做一次讲解与解释。

2.4 偏差确定方法

2.4.1 引导词法

对于每一节点, HAZOP 分析组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