

HAZOP培训系列教材

# 危险与可操作性分析 (HAZOP) 基础及应用

中国化学品安全协会 组织编写  
吴重光 主编

中国石化出版社

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

HAZOP HAZOP

HAZOP HAZOP

HAZOP 培训系列教材

# 危险与可操作性分析 (HAZOP) 基础及应用

中国化学品安全协会 组织编写

吴重光 主编



中国石化出版社

## 内 容 提 要

本书全面地介绍了 HAZOP 方法的起源、发展、特点和实施 HAZOP 分析的方法要点、基本步骤；分别介绍了在工程设计、生产运行、间歇过程、操作规程、电子电气系统、应急计划中应用 HAZOP 分析的特点和方法要点；还介绍了与 HAZOP 分析有关的风险矩阵等相关知识。另外，还特别介绍了 HAZOP 方法与企业安全生产以及过程安全管理的关系；与其他危险分析方法的关系；介绍了 HAZOP 分析的成功因素以及 HAZOP 方法的局限性和应用进展。这些内容会给读者一个更广阔的视野，以便于理解开展 HAZOP 分析的必要性以及如何正确地领导、组织企业开展 HAZOP 分析工作。

本书是 HAZOP 培训系列教材中的普及性教材，可作为针对政府安全监管人员、企业领导等非专业从事安全评价工作人员的 HAZOP 培训教材，也可以作为高等院校化学工程、安全工程等专业的选修课教材。

### 图书在版编目(CIP)数据

危险与可操作性分析(HAZOP)基础及应用 / 中国化学品安全协会组织编写. —北京:中国石化出版社,2012.8  
HAZOP 培训系列教材 / 吴重光主编  
ISBN 978 - 7 - 5114 - 1674 - 2

I. ①危… II. ①中… III. ①石油化工 - 化工设备 - 风险分析 - 技术培训 - 教材 IV. ①TE96

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 183005 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

### 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

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

\*

787×1092 毫米 16 开本 10.25 印张 239 千字

2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

定价:35.00 元

# 《HAZOP 培训系列教材》编审委员会

**主任委员：**孙华山 国家安全生产监督管理总局 副局长

**副主任委员：**陈丙珍 中国工程院院士、清华大学教授

王浩水 国家安全生产监督管理总局监管三司 司长

韦国海 中国化学品安全协会 副理事长

吴重光 北京化工大学 教授

## 委员：

孙广宇 国家安全生产监督管理总局监管三司 副司长

张海峰 国家安全生产监督管理总局化学品登记中心 主任

樊晶光 中国安全生产协会 秘书长

路念明 中国化学品安全协会 秘书长

洪宇 国家安全生产监督管理总局监管三司 处长

刘伟 国家安全生产监督管理总局监管三司 调研员

郭喜林 中国石油天然气集团公司安环部 处长

寇建朝 中国石油化工集团公司安环局 副局长

赵宝顺 中国海洋石油总公司安环部 副总经理

嵇建军 中国化工集团公司安环部 副主任

赵劲松 清华大学 教授

栗镇宇 上海瑞迈企业管理咨询有限公司 总经理

鲁毅 IRC 风控(北京)工程技术公司 总经理

孙成龙 中国石化工程建设公司 安全专业副总工

纳永良 北京思创信息系统有限公司 总经理/博士

孙文勇 中国石油集团安环院安全技术研究所 所长

韩中枢 国家石化项目风险评估技术中心 主任

万古军 国家石化项目风险评估技术中心 高工/博士

张广文 国家石化项目风险评估技术中心 安全工程师

黄玖来 福建联合石油化工有限公司 HSE 主管

陈驰 伊尔姆环境资源管理咨询(上海)有限公司 中国区安全业务总监

宋贤生 伊尔姆环境资源管理咨询(上海)有限公司 安全工程师

裴辉斌 中国化学品安全协会 主任助理

## 《HAZOP 培训系列教材》编写工作组

组 长：韦国海

副 组 长：吴重光

成 员：赵劲松 栗镇宇 鲁毅 孙成龙 万古军

张广文 黄玖来 宋贤生 刘伟 裴辉斌

责任编辑：许倩

# 序

石油和化学工业是我国国民经济重要的能源产业、基础原材料产业和支柱产业。石油化工生产过程大多数具有高温高压、易燃易爆、有毒有害、连续作业、过程复杂等特点，安全风险大，是国家安全生产监督管理的重点领域之一。党中央、国务院高度重视危险化学品安全生产工作，采取了一系列重大举措，全面实施安全发展战略，不断加强和改进危险化学品安全生产工作，实现了全国危险化学品安全生产形势持续稳定好转的态势。但是，危险化学品领域安全生产风险高，安全责任重大，安全生产工作任重道远。我们要坚持用科学发展、安全发展的理念统领安全生产工作，积极实施科技兴安战略，学习借鉴国外经验，进一步提升安全生产管理水平。

保障工艺过程安全是包括石油化工行业在内的流程工业所特有的、重要的安全生产管理任务。欧美国家在长期的工业发展进程中，从许多惨痛的事故教训中认识到过程安全的重要性，并催生了一系列有关过程安全管理的法律法规和工艺过程危险分析方法和技术。如：危险与可操作性分析(HAZOP)、保护层分析(LOPA)、故障假设分析(What - if)、故障假设/安全检查表分析(What - if/ Checklist)、故障模式与影响分析(FMEA)等。在众多的危险分析方法中，HAZOP方法以其科学性、系统性和全面性特点在全世界得到广泛的认可与应用，历经半个世纪长盛不衰，成为石油化工行业和各种高危领域事故预防的有效手段和重要工具。

国家安全生产监督管理总局高度重视HAZOP的推广应用。近几年来，国家安全生产监督管理总局监管三司和中国化学品安全协会在宣传、推广HAZOP技术方面做了不少工作，HAZOP方法已受到我国石油和化工企业的广泛关注，应用HAZOP方法的热潮正在悄然兴起。

为了进一步宣传普及HAZOP知识，促进HAZOP方法推广应用工作所急需

的人才培养，满足 HAZOP 方法在我国大范围普及应用的迫切需求，在国家安全生产监督管理总局监管三司的指导下，中国化学品安全协会组织国内 HAZOP 专家学者编写了首套适合我国国情的《HAZOP 培训系列教材》。

《危险与可操作性分析 (HAZOP) 基础及应用》和《危险与可操作性分析 (HAZOP) 应用指南》两本培训教材汇集了多年来国内外开展 HAZOP 分析的大量工程知识和实践经验，以及近年来 HAZOP 方法的改进、补充和发展，全面介绍了 HAZOP 的概念、方法要点、详细的应用案例以及具有重要参考意义的数据列表和资料，很有启发、借鉴和参考价值，也非常实用。

这两本书的作者和主审都是近几年在国内石化行业从事过程安全管理和 HAZOP 分析方面的专家，主持和参加过多个 HAZOP 分析项目，是国内应用 HAZOP 方法的先行者，积累了丰富的理论和实践经验。

我向大家推荐这两本书。希望石油化工和危险化学品领域的企业及设计、研究、咨询等单位、机构的领导和有关技术人员从中学到有用的知识和方法，得到有益的启示，共同促进 HAZOP 等过程安全管理技术在中国的普及应用，进一步提升我国石油化工企业安全管理水平、技术水平和防范事故能力。

孫華山

二〇一二年八月

# 前 言

HAZOP 是英文 Hazard and Operability Analysis 或 Hazard and Operability Studies 的缩略语，中文翻译为：危险与可操作性分析。它是对工艺过程进行危险(害)分析的一种有效方法。

HAZOP 方法诞生于 20 世纪 60 年代，该方法在全世界显现出“一经问世，广泛认可”的态势。应用 HAZOP 完成的安全评价项目已经不计其数！在互联网上只要点击“HAZOP”五个字母，映入眼帘的相关信息超过百万个！近年来 HAZOP 方法的应用进一步扩展到核电、航空航天、军事设施、软件和网络等领域。我国重大化工、石油化工、炼油项目，特别是国际合作项目无一例外都进行 HAZOP 分析。与其他安全评价方法比较，HAZOP 方法有三个突出特点：

特点之一是，发挥集体智慧；

特点之二是，采用引导词激发创新思维；

特点之三是，系统化与结构化的分析方法。

HAZOP 分析的三大特点带来了该方法的独特优势和广泛的适用性。HAZOP 分析采用了基于偏离的双向定性因果推理方法。反向推理，找到潜在危险的原因；正向推理，查出危险可能导致的不利后果，进而分析已有安全措施的作用；必要时提出补充安全措施的建议。最终将装置的风险降低到要求的界限以下。运用 HAZOP 分析，还能找出影响产品产量和质量的原因。

HAZOP 方法可以适用于过程工业的连续系统和间歇系统；可以适用于系统生命周期的设计阶段、生产运行阶段直至报废阶段。在工程设计阶段实施 HAZOP 分析是提高装置本质安全度的有效措施；在生产运行阶段实施 HAZOP 分析可以有效排查事故隐患，防患于未然。

此外，HAZOP 方法还适用于核电、机械、软件和电子信息等对安全性和可靠性要求很高的系统。



国家安全生产监督管理局高度重视学习、借鉴国际上先进的安全生产管理理念、方法和技术，早在 2007 年就开始宣传、倡导和推动 HAZOP 方法在我国的推广应用。2011 年 11 月，由国家安全生产监督管理局监管三司和中国化学品安全协会联合举办的“化工行业危险与可操作性分析(HAZOP)技术推广交流研讨会”上，国家安全生产监督管理局副局长孙华山在讲话中明确指出：要积极推广危险与可操作性分析等过程安全管理先进技术，积极开展 HAZOP 应用人才的本土化培养，支持 HAZOP 计算机辅助软件研究和开发，逐步深化 HAZOP 等过程安全管理技术在我国的推广应用。

目前，HAZOP 方法已经受到我国石油和化工企业的广泛关注，应用 HAZOP 方法的热潮悄然兴起。但是，HAZOP 方法在我国的应用还处在起步阶段。国内化工企业的领导和各级政府的安全监管人员，很多还不很了解这种方法。国内的 HAZOP 应用人才极其缺乏，即便是大型中央企业也很少拥有自己成熟的 HAZOP 团队；而国际上，石化行业的大型跨国公司都有自己专业化的 HAZOP 团队。目前，国内一些有资质的安全评价、咨询机构也只有少数能够组织 HAZOP 培训或执行 HAZOP 分析，而且水平参差不齐。

为了更加广泛、深入地宣传普及 HAZOP 方法基本知识，促进 HAZOP 方法推广应用工作所急需的人才培养，满足 HAZOP 方法在我国大范围推广应用时对理论、技术、规范、资料的迫切需求，促进 HAZOP 方法在我国普及应用的健康发展，今年初，中国化学品安全协会决定，在全国组织一部分 HAZOP 专家学者集体编写一部规范的、权威的、适合我国国情的 HAZOP 培训教材。这项工作得到了国家安全生产监督管理局领导和监管三司的充分肯定和积极支持，同时也得到了许多中央企业和专家学者的积极支持。成立了由国家安全生产监督管理局孙华山副局长任组长，中国工程院院士、清华大学陈丙珍教授等任副组长的“《HAZOP 培训系列教材》编审委员会”。组建了由国内一批专家学者参加的“《HAZOP 培训系列教材》编写工作组”。历经六个多月的不懈努力，完成了编写工作。

组织编写的《HAZOP 培训系列教材》共有两本书，一本是普及性读物：《危险与可操作性分析(HAZOP)基础及应用》；另一本是专业性读物：《危险与可操

作性分析(HAZOP)应用指南》。

本书即《危险与可操作性分析(HAZOP)基础及应用》，是一本主要面向企业领导和政府安全监管人员以及其他非专业从事安全评价人员的普及性读物。

本书是专业读物的简写本。它保留了专业读物的主要知识点和知识结构，但在内容深度上做了简化调整，缩减了篇幅。这样既保证了培训教材知识的完整性和系统性，又适应了非专业人员的阅读需要。

本书还针对主要读者对象是企业领导和政府安全监管人员的特点，增加了新的内容。本书从管理工作的需要出发，在介绍 HAZOP 方法基本知识及其应用的同时，突出介绍了 HAZOP 方法的起源、发展和特点；HAZOP 方法与企业安全生产以及过程安全管理的关系；与其他危险分析方法的关系；分别介绍了在工程设计、生产运行、间歇过程、操作规程、电子电气系统、应急计划中应用 HAZOP 分析的特点和方法要点，以及 HAZOP 分析的成功因素；介绍了 HAZOP 方法的局限性和应用进展，这些内容会给读者一个更宽阔的视野，以便正确地把握 HAZOP 分析与企业安全生产管理各要素之间的关系，正确地领导、组织企业开展 HAZOP 分析工作。

本书由吴重光、赵劲松、栗镇宇、鲁毅、张广文合作，是在专业读物《危险与可操作性分析(HAZOP)应用指南》的基础上进行改写编撰而成。本书由吴重光教授主编，陈丙珍院士对全书进行了审定。

韦国海副理事长代表中国化学品安全协会对编书工作进行了策划、组织和协调，并承担了部分文字修改工作。

国家安全生产监督管理局领导和监管三司对编书工作给予了大力支持与指导。孙华山副局长题写了序。监管三司王浩水司长、孙广宇副司长多次参加本书编写工作会议，给予指导；监管三司的其他有关同志从多方面给予了支持。

本书编写过程中，还得到了国家安全生产监督管理局化学品登记中心、中国石油天然气集团公司、中国石油化工集团公司、中国海洋石油总公司、中国化工集团公司、福建联合石油化工有限公司等单位 and 《HAZOP 培训系列教材》编审委员会中的其他领导和专家给予的多方面支持。

在此，谨向在编书过程中做出贡献的各单位和各方面人士表示衷心感谢！

由于编书时间仓促，错误和不当之处在所难免，欢迎批评指正。欢迎登录中国化学品安全协会网站 [www.chemicalsafety.org.cn](http://www.chemicalsafety.org.cn) 向我们反馈意见。

中国化学品安全协会  
二〇一二年八月

## 专用名词术语

本书涉及的专用名词术语及中英文对照如下。当名词术语有多种常用中文翻译时，在括号中列出。

| 中文                | 英文及缩略语                                   |
|-------------------|--|
| 危险与可操作性研究         | Hazard and Operability Studies (HAZOP)   |
| 危险与可操作性分析         | Hazard and Operability Analysis (HAZOP)  |
| 基于剧情的危险评估         | scenario based hazard evaluation         |
| 危险(危害)            | hazard                                   |
| 风险                | risk                                     |
| 事故剧情(序列、情景、场景、预案) | incident scenario                        |
| 危险剧情(序列、情景、场景)    | hazard scenario                          |
| 故障假设法             | What - if                                |
| 检查表法              | Checklist                                |
| 故障模式与影响分析         | Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) |
| 故障树分析             | Fault Tree Analysis (FTA)                |
| 事件树分析             | Event Tree Analysis (ETA)                |
| 后果分析              | Consequence Analysis (CA)                |
| 保护层分析             | Layer of Protection Analysis (LOPA)      |
| 领结图分析             | Bow - Tie Analysis (BTA)                 |
| 过程(工艺)安全          | Process Safety                           |
| 过程(工艺)安全管理        | Process Safety Management (PSM)          |
| 工艺(过程)危险分析        | Process Hazard Analysis (PHA)            |
| 工艺(过程)危险分析复审      | Process Hazard Analysis Revalidation     |
| 工艺(过程)危险审查        | Process Hazard Review (PHR)              |
| 过程(工艺)安全信息        | Process Safety Information (PSI)         |
| 要素                | element                                  |
| 参数                | parameter                                |
| 节点                | nodes                                    |
| 偏离(偏差)            | deviation                                |
| 设计意图              | design intention                         |
| 可操作性              | operability                              |
| 引导词               | guidewords                               |
| 原因                | cause                                    |

| 中文         | 英文及缩略语                                    |
|------------|---|
| 后果         | consequence                               |
| 影响(作用)     | impact                                    |
| 初始事件       | Initiating Event (IE)                     |
| 初始原因       | Initiating Cause (IC)                     |
| 中间事件       | intermediate event                        |
| 关键事件       | Pivotal Events(PE)                        |
| 失事(点)      | loss event                                |
| 现有安全措施     | safeguards                                |
| 建议措施       | recommendation                            |
| 行动         | action                                    |
| HAZOP 分析团队 | HAZOP team                                |
| 头脑风暴       | brain storming                            |
| 偏离到偏离      | Deviation By Deviation (DBD)              |
| 原因到原因      | Cause By Cause (CBC)                      |
| 作业安全       | work safety                               |
| 作业安全分析     | Job Safety Analysis (JSA)                 |
| 管道仪表流程图    | Piping and Instrumentation Diagram (P&ID) |
| 变更管理       | Management of Change (MOC)                |
| 投产前安全审查    | Pre - Startup Safety Review (PSSR)        |
| 操作规程(程序)   | operating procedures                      |
| 机械完整性      | Mechanical Integrity (MI)                 |
| 机械完整性程序    | Mechanical Integrity Procedures (MIP)     |
| 动火作业许可证    | hot work permit                           |
| 着火源        | ignition source                           |
| 应急计划与应急反应  | emergency planning and response           |
| 事故调查       | incident investigation                    |
| 商业机密       | trade secrets                             |
| 符合性审核      | compliance audits                         |
| 员工参与       | employee participation                    |
| 后果严重程度     | Severity (S)                              |
| 可能性        | Likelihood (L)                            |
| 风险等级       | Risk Rank (RR)                            |
| 风险矩阵       | risk matrix                               |

| 中文           | 英文及缩略语   |
|--------------|--|
| 合理可行的降低风险原则  | As Low As Reasonably Practicable (ALARP)                           |
| 定量风险分析       | Quantitative Risk Analysis (QRA)                                   |
| 定性分析         | qualitative analysis   |
| 安全仪表系统       | Safety Instrumented System(SIS)                                    |
| 安全完整性等级      | Safety Integrity Level (SIL)                                       |
| 设施布置检查表      | facilities siting checklist  |
| 人为因素检查表      | human factors checklist  |
| 本质安全检查表      | inherent safety checklist  |
| 安全证明文件       | safety case  |
| 减缓性保护措施      | mitigative safeguard   |
| 限制和控制措施      | contain and control  |
| 第一级限制系统      | primary containment system   |
| 容物损失(失去抑制)   | loss of containment  |
| 基本过程控制系统     | Basic Process Control System (BPCS)                                |
| 化学物质和物理因素阈限值 | threshold limit values for chemical substances and physical agents |
| 通用失效频率       | generic failure frequency  |
| 设备总体失效概率     | overall equipment failure frequency                                |
| 指令失效概率       | probability of failure on demand                                   |
| 风险评估数据目录     | risk assessment data directory                                     |
| 工艺设备可靠性数据指南  | guidelines for process equipment reliability data                  |
| 基于风险的检测技术    | risk based inspection technology                                   |
| 物理效应计算方法     | methods for the calculation of physical effects                    |
| 应急响应规划指南     | emergency response planning guidelines                             |
| 基础工程设计       | basic design; basic engineering                                    |
| 详细工程设计       | detailed engineering   |
| 主危险分析        | Major Hazard Analysis(MHA)   |
| 间歇流程         | batch process  |
| 批记录          | batch processing record  |
| 触发原因         | triggering cause   |
| 根原因          | root cause   |
| 根原因分析        | Root Cause Analysis (RCA)  |
| 起作用的原因       | contributing cause   |
| 使能原因         | enabling cause   |

| 中文               | 英文及缩略语  |
|------------------|---|
| 条件(条件原因)         | conditions  |
| 线性事件链            | linear event chain                                    |
| 事件序列图            | Event Sequence Diagrams(ESD)                          |
| 原因与影响图           | Cause – and – Effect Diagram( CED)                    |
| 事故及成因图           | Events and Causal Factors Charting( E&CFC)            |
| 相互关系图            | Interrelationship Diagram( ID)                        |
| * 疏漏(步骤跳越)       | OMIT  |
| * 不正确(步骤执行错误)    | INCORRECT   |
| * 缺失             | MISSING   |
| * 无(否或跳越步骤)      | NO、NOT 或 SKIP   |
| * 部分             | PART OF   |
| * 执行超限(超量、超时)或过快 | MORE 或 MORE OF  |
| * 执行不达限(量、时间)或太慢 | LESS 或 LESS OF  |
| * 伴随(事件)         | AS WELL AS 或 MORE THAN                                |
| * 执行过早或规程打乱      | REVERSE 或 OUT OF SEQUENCE                             |
| * 替换(做错了事)       | OTHER THAN  |
| 美国职业安全健康管理局      | U. S. Occupational Safety & Health Administration     |
| 美国职业安全健康研究院      | ( OSHA)   |
| 美国职业安全健康研究院      | National Institute for Occupational Safety and Health |
| 美国工业卫生协会         | American Industrial Hygiene Association               |
| 美国石油学会           | American Petroleum Institute                          |
| 美国化学工程师学会        | American Institute of Chemical Engineer ( AIChE)      |
| 化工工艺安全中心         | Center for Chemical Process Safety ( CCPS)( AIChE/    |
| 美国化学学会           | CCPS)   |
| 国际石油和天然气生产商联合会   | American Chemistry Council ( ACC)                     |
| 国际石油和天然气生产商联合会   | International Association of Oil & Gas Producers      |

注：带 \* 的是针对操作规程的 HAZOP 分析引导词。

# 目 录

|                                  |               |
|----------------------------------|---------------|
| 专用名词术语 .....                     | ( i ~ iv )    |
| <b>第 1 章 引言 .....</b>            | <b>( 1 )</b>  |
| 1.1 企业安全生产与 HAZOP 分析 .....       | ( 1 )         |
| 1.1.1 事故发生原因的多样性和普遍性 .....       | ( 1 )         |
| 1.1.2 传统安全设计技术存在缺陷 .....         | ( 2 )         |
| 1.1.3 企业存在多种事故隐患 .....           | ( 2 )         |
| 1.1.4 重大工艺过程事故教训 .....           | ( 3 )         |
| 1.1.5 实施 HAZOP 分析的必要性 .....      | ( 3 )         |
| 1.2 什么是 HAZOP 分析方法 .....         | ( 4 )         |
| 1.2.1 HAZOP 分析方法的由来和特点 .....     | ( 4 )         |
| 1.2.2 HAZOP 分析的基本步骤 .....        | ( 6 )         |
| 1.2.3 HAZOP 分析相关的术语 .....        | ( 7 )         |
| 1.3 HAZOP 分析与企业效益 .....          | ( 9 )         |
| 1.3.1 系统提升企业生产的安全性 .....         | ( 9 )         |
| 1.3.2 设计阶段实施 HAZOP 分析的效益 .....   | ( 9 )         |
| 1.3.3 生产运行阶段实施 HAZOP 分析的效益 ..... | ( 10 )        |
| 1.4 过程安全管理 .....                 | ( 11 )        |
| 1.4.1 过程安全管理概念 .....             | ( 11 )        |
| 1.4.2 过程安全管理法规的沿革 .....          | ( 12 )        |
| 1.4.3 过程安全管理系统简介 .....           | ( 12 )        |
| 1.4.4 工艺危险分析与过程安全管理的关系 .....     | ( 14 )        |
| <b>第 2 章 HAZOP 分析方法 .....</b>    | <b>( 16 )</b> |
| 2.1 HAZOP 分析启动 .....             | ( 16 )        |
| 2.2 HAZOP 分析的目标 .....            | ( 16 )        |
| 2.3 HAZOP 分析范围的界定 .....          | ( 18 )        |
| 2.4 选择 HAZOP 分析团队 .....          | ( 18 )        |



|              |                         |               |
|--------------|-------------------------|---------------|
| 2.5          | HAZOP 分析的准备             | ( 19 )        |
| 2.5.1        | 制定 HAZOP 分析计划           | ( 19 )        |
| 2.5.2        | 收集 HAZOP 分析需要的技术资料      | ( 19 )        |
| 2.6          | HAZOP 分析                | ( 19 )        |
| 2.6.1        | 基本步骤                    | ( 19 )        |
| 2.6.2        | 节点划分                    | ( 20 )        |
| 2.6.3        | 设计意图描述                  | ( 23 )        |
| 2.6.4        | 偏离确定                    | ( 23 )        |
| 2.6.5        | 不利后果识别                  | ( 24 )        |
| 2.6.6        | 原因识别                    | ( 25 )        |
| 2.6.7        | 现有安全措施识别                | ( 27 )        |
| 2.6.8        | 评估风险等级                  | ( 30 )        |
| 2.6.9        | 提出建议措施                  | ( 30 )        |
| 2.7          | HAZOP 分析文档跟踪            | ( 33 )        |
| 2.7.1        | HAZOP 分析表               | ( 33 )        |
| 2.7.2        | HAZOP 分析报告              | ( 35 )        |
| 2.7.3        | 文档签署                    | ( 36 )        |
| 2.7.4        | 后续跟踪和职责                 | ( 36 )        |
| 2.7.5        | HAZOP 分析的关闭             | ( 37 )        |
| 2.8          | HAZOP 分析审核              | ( 37 )        |
| 2.9          | 某中试装置 HAZOP 分析案例        | ( 38 )        |
| 2.9.1        | HAZOP 分析对象              | ( 38 )        |
| 2.9.2        | HAZOP 分析描述              | ( 42 )        |
| 2.9.3        | 结果讨论                    | ( 49 )        |
| 2.9.4        | 后续跟踪                    | ( 52 )        |
| 2.9.5        | 结论和观察                   | ( 52 )        |
| 2.9.6        | 原因到原因方法                 | ( 52 )        |
| 2.9.7        | 风险评估                    | ( 55 )        |
| <b>第 3 章</b> | <b>HAZOP 分析中风险矩阵的应用</b> | <b>( 58 )</b> |
| 3.1          | 风险和风险矩阵                 | ( 58 )        |
| 3.2          | 不利后果严重度分类               | ( 60 )        |
| 3.3          | 不利后果严重度分级               | ( 61 )        |