

中国石油天然气集团公司 HSE 指导委员会 编

石油化工 HSE 风险管理

PETROCHEMICAL
HSE
RISK
MANAGEMENT



石油工业出版社

石油化工 HSE 风险管理

中国石油天然气集团公司 HSE 指导委员会 编

江苏工业学院图书馆
藏书章

石油工业出版社

中国石化集团公司 HSE 管理体系

图书在版编目 (CIP) 数据

石油化工 HSE 风险管理/中国石油天然气集团公司 HSE 指导委员会编.—北京:石油工业出版社,2002.2

ISBN 7-5021-3675-4

I. 石…

II. 中…

III. ①石油化学工业—安全生产

②石油化学工业—劳动卫生

③石油化学工业—环境污染—污染防治

IV. TE687

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 098863 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 7.75 印张 200 千字 印 1—3000

2002 年 2 月北京第 1 版 2002 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3675-4/C·169

定价: 12.00 元

编委会名单

主任：阎三忠

副主任：王海森 董国永

成 员：周抚生 朱敬成 杨庆理 阎万朝 刘业厚 吴苏江

周爱国 时 秦 郭喜林 孟繁友 周成栋

主 编：董国永

副主编：吴苏江 周爱国

编写人（按姓氏笔划为序）：

丁宗平 于海宁 于碧源 王玉琦 毛国成 史 方

龙正军 孙法佩 吕 强 刘景凯 刘 沙 朱明东

那宇贤 纪烈兵 齐俊良 肖义昭 肖冬云 吴苏江

吴祉宪 李国红 李识宇 时 秦 张秀义 何柏峰

季采龙 孟繁友 周爱国 周成栋 赵东风 郭 臣

郭喜林 袁遂周 梁子健 董国永 斐玉起 韩文成

韩新芳 蒋绿强 潘福亮 魏荣彬 戴春权

序

随着社会的进步，健康、安全与环境（HSE）管理工作正受到社会公众越来越广泛的关注和重视。维护员工健康、安全，保持生态环境，不仅是企业应承担的责任和义务，也是参与市场竞争的评估标准和必要条件。20 世纪 90 年代，西方一些大石油公司从行为学分析和危害管理的理论入手，把“以人为本、线性管理、风险控制、持续发展”的 HSE 指导思想融入企业的管理运行之中，联手开发出一套科学、完整、规范的 HSE 管理体系，并逐步被各国石油公司所接受，现已公认为国际石油界健康、安全与环境管理共同遵守的规则，参与市场竞争的准入证。

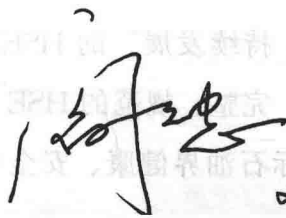
“他山之石，孕己之玉”。中国石油天然气集团公司（CNPC）从 1997 年推行 HSE 管理体系以来，通过与现有的行之有效的规章制度进行整合，扬其优势、摈弃弊端，在结合中实践、在发展中创新，初步形成了具有 CNPC 特色的 HSE 管理体系，取得了许多宝贵经验和良好绩效。这套由 HSE 技术专家和现场 HSE 管理人员共同编写的培训教材，既是对过去实施 HSE 管理体系经验的总结和提升，同时也是规范建立、实施 HSE 管理体系的理论工具和指南。

我国加入 WTO 以后，面临的是更为激烈的市场竞争。我们必须立足国情，面向世界，按照时代要求去做，按照国际石油公司管理的惯例去做。可持续发展战略要求我们，现代企业的经济效益、社会效益和环境效益应该是高度统一的。关注社会、关心职工，在创造最大经济回报的同时，要树立良好的企业形象。“创造能源和环境的和谐”是我们对社会和公众的承诺，而大力推行 HSE 管理体系正是实现这一理念的必然选择。

HSE 春风如剪，裁出了中国石油健康、安全与环境管理的一片新绿。然而，管理的变革、制度的创新不是一件容易的事情。HSE 的路还很长，还需要它走好、走远。石油工业新世纪的宏伟蓝图，激励着我们解放思想，与时俱进，积极进取，努力构筑具有 CNPC 特色的 HSE 企业文化。因此，各级管理者、技术

干部、广大职工都要进一步树立 HSE 理念，要充分利用这套 HSE 管理体系培训教材，宣传普及 HSE 知识，积极借鉴和吸收国外先进的管理方法，推进中国石油天然气集团公司“HSE 管理体系工程、HSE 管理人才工程和 HSE 技术创新工程”，通过开展“HSE 精品创优”活动，以新的姿态迎接新世纪的机遇和挑战。

中国石油天然气集团公司副总经理



2001/11/10

目 录

第一章 概述	1
第一节 炼化企业的生产特点	1
第二节 炼化企业对于风险评价与风险管理的要求	1
一、危害和影响的确定	1
二、建立判别准则	2
三、评价危害和影响	2
四、制定具体目标	3
五、风险削减措施	3
第三节 风险评价与风险管理的目的、程序和方法	3
一、目的	3
二、程序	3
三、方法	3
第四节 炼化企业关键装置和要害部位	4
第二章 炼化企业生产装置和生产工艺	6
第一节 装置概况	6
第二节 工艺流程	7
第三章 风险识别和评价	9
第一节 风险识别	9
一、危害和影响的确定	9
二、判别准则	11
第二节 风险评价	12
一、预先危险性分析	12
二、安全检查评价表	16
三、故障类型和影响分析	18
四、危险和可操作性研究	22
第四章 风险削减措施	23
第一节 管理措施	23
一、建立 HSE 管理机构	24
二、风险削减措施的主要内容	24
三、风险削减措施的实施	24
四、加强对员工的教育培训	24
第二节 硬件措施	25
第三节 系统措施	26
第五章 应急计划	29

第一节 应急的分类	29
第二节 应急计划	30
一、应急计划的内容	30
二、编制应急反应计划的注意事项	31
三、应急反应计划的编写、修改和评价	31
四、应急反应计划的审批和发布	31
第三节 应急反应体系	33
第四节 变更管理	33
一、变更管理的必要性	33
二、变更管理的内容	33
三、变更的种类及其管理	34
第六章 两书一表的编制	38
第一节 《HSE 作业指导书》的编写	38
一、概述部分	38
二、HSE 管理体系描述	39
三、组织结构	39
四、作业情况和岗位分布	45
五、岗位 HSE 职责和作业指南	48
六、危险及控制	53
七、记录与考核	58
第二节 《HSE 作业计划书》的编写	69
一、概述	69
二、政策和目标	69
三、人员、组织机构与职责	70
四、主要施工设备、HSE 设施及用品	71
五、危险识别与控制	72
六、应急计划	80
七、管理制度和文件控制	86
八、信息交流	97
九、监测和整改	103
十、审核和总结回顾	106
第三节 炼化企业《HSE 现场检查表》的编制	108
一、《HSE 现场检查表》的编制原则和要求	108
二、《HSE 现场检查表》的内容	108
三、炼化企业《HSE 现场检查表》	108

第一章 概 述

实施健康、安全与环境（HSE）管理体系的根本目的是最大限度地降低风险，防止人员伤害、财产损失及环境破坏，以满足或超过顾客的期望、政府法规及各相关方的要求。风险的正确评价和有效管理是达到此目的的关键所在。在项目管理过程中，必须做好风险识别和评价，才能正确地确定具体管理目标、指标和措施。在 HSE 管理体系的运行中，也必须及时识别和评价风险，才能防止事故的发生。因此风险识别和评价及风险管理在 HSE 管理体系中具有非常重要的意义。

第一节 炼化企业的生产特点

（1）易燃、易爆。炼化生产过程中的物料均属易燃、易爆物质，故炼化企业各生产装置均需防火、防爆。

（2）有毒、有害。炼化生产过程自始至终存在大量有毒物质，如氨、硫化氢及烃类等。这些物质有的属一般毒物，也有的属于剧毒物质。在操作条件下，它们多以气体、液体状态存在。这类物质因设备缺陷或操作失误而引起的泄漏会对环境造成严重污染，同时也会造成恶性中毒事故。

（3）腐蚀性强。炼化生产过程中存在如硫化氢、氨、酸等具有较强腐蚀性的物质，它们不但对人有很强的化学灼伤和毒害作用，而且对金属设备也有很强的腐蚀作用。腐蚀会降低设备使用寿命，缩短开工周期，特别是它可使设备变薄、变脆，若检修不及时，设备会因承受不了原设计压力而发生泄漏或爆炸着火事故。

（4）工作条件苛刻。炼化生产工序多，各生产装置又均属连续性操作装置，并且各生产装置之间有物料联系，从而构成较为复杂的生产流程。从各生产装置的工艺条件看，属高温、高压操作（如氨合成塔操作温度为 540℃，压力为 14MPa），因此操作要认真合理，否则易造成事故，影响正常生产。

（5）转动机械多。炼化生产过程中使用压缩机、鼓风机及大量的电机和泵等转动机械设备，这类设备的不正常运转会造成生产事故或电伤害。另外，大量转动机械的使用，会产生很强的噪音，造成噪音污染。

从炼化企业生产过程特点可以看出，炼化企业具有污染环境、危害工程安全和人体健康的潜在危险因素，故炼化企业对于风险评价与风险管理有不同于其他行业的要求。

第二节 炼化企业对于风险评价与风险管理的要求

一、危害和影响的确定

根据多年来炼化企业有关统计资料表明，炼化企业的危害和影响多来自新装置初始设

计、日常生产活动、环境、使用的材料，即其范围包括从生产开始到废弃物处置的全过程。因此，危害和影响的确定应考虑如下内容：

- (1) 与装置占地条件有关的问题。
- (2) 装置布置和设备间距。
- (3) 结构问题。
- (4) 对所处理物质危险性的认识问题。
- (5) 工艺问题。
- (6) 与物质输送有关的问题。
- (7) 误操作。
- (8) 设备缺陷。
- (9) 防灾计划。
- (10) 以往活动中遗留下来的潜在危害和影响。

二、建立判别准则

判别准则是判断危害和影响的依据，可以此为准则对危害及其影响进行判断。炼化企业应根据可能出现的健康、安全与环境危害及影响，制定出符合本企业特点的健康、安全与环境判别准则。判别准则必须根据国家、地方制定的法律、法规及政策、合同规定、任务书、公司的方针和战略目标、与炼化企业有关的环境质量标准和污染物排放标准等来制定。判别准则可以是定性的，也可以是定量的。定性的判别准则是指生态在炼化工程施工和运转过程中最大单项风险可接受程度，最大生态（如植被）破坏程度不能超过多少等；定量的判别准则，如在炼化生产过程中，所排放污水中化学耗氧量的最大排放浓度及石油类物质的最大排放浓度，噪音的最大声级数，汽车尾气的最大排放量等。这些都是根据实际情况和国家、地方的标准来制定的。如果 HSE 的表现不符合判别准则，就要采取风险削减措施。如监测发现污水中一些污染物的含量超过规定的排放标准时，就必须采取措施，使污水的排放浓度达到排放标准。

任何关于修订判别准则的提议或放宽准则要求的建议都应得到企业高层管理者的认可后方能变更。

三、评价危害和影响

在确定了危害、影响及判别准则后，应对所有风险因素进行风险评价。要做好对人、环境和财产的危害及影响程度的评价，必须建立一套可操作的评价程序。

不论采用何种形式的风险评价技术，都应吸收有经验的操作人员、制度与规程的制定者和社会的意见，进行综合得出结论。对风险和影响评价应有以下要求：

- (1) 对活动、产品和服务的影响。
- (2) 强调人与物两方面因素导致影响和风险。
- (3) 考虑来自风险区有关人员的意见。
- (4) 由具有资格、能力的人员来实施。
- (5) 按照正确的方法来进行。
- (6) 定期进行。

其中健康与安全的风险和影响评价应考虑到：火灾和爆炸；中毒和窒息；触电和溺水；物体、机械、车辆对人的伤害；有毒有害物质对人的影响。有时，运用有限的评价就可以提供足够的依据，制定避免危害产生的方法和风险削减措施。在这些情况下，被用以帮助评价的信息源包括：国际、国家、行业及企业的标准和操作规程；有关的工业数据；管理人员及健康、安全与环境专家的知识 and 经验。

对于定期和长期的环境影响评价应考虑到：控制和非控制排放到土壤、水体、大气中的物质和能量；固体与其他废物的产生与处置；土地、水、燃料、能源和其他自然资源的利用；噪声、气味、粉尘、振动对环境特殊部分的影响，包括生态系统；对文物、历史名胜、景点、自然风景区、公园及自然保护区的影响。

四、制定具体目标

作为评价的后续工作，炼化企业应根据企业的方针、战略目标、风险管理要求、生产及市场的要求建立适当、具体的健康、安全与环境指标和表现准则，并定期评审这些准则的连续性和实用性。

这些指标和表现准则的建立和修改是一个企业自我约束、自我管理的 HSE 管理体系的核心。

五、风险削减措施

企业应根据所在地的环境和条件、投资和效益回报、当前的科学技术知识，采取一些措施将风险降到合理并尽可能低的水平，这是制定风险削减措施的总原则。风险削减措施包括预防事故、控制事故、降低事故的长期或短期的影响。在任何情况下，应强调风险预防措施，总结经验教训，防止类似事故再次发生。应不断完善风险控制措施。制定的有效风险削减措施还应让员工能够理解和掌握。

第三节 风险评价与风险管理的目的、程序和方法

一、目的

风险评价和风险管理的目的在于识别企业当前的健康、安全与环境管理状况，分析良好之处和存在问题，从而确定有待改进的领域和机会，为建立和改进健康、安全与环境管理体系提供背景条件和基础。通过风险评价与风险管理，使企业从原来的事故管理转变为风险管理。

二、程序

防止事故发生，将危害及影响降低到可接受的程度是 HSE 管理体系运行的最直接目的，而风险的正确、科学评价和有效管理是达到此目的的关键所在。风险评价和风险管理过程如图 1-1 所示。

三、方法

风险评价有定性和定量两种方法。定性分析适用于不太复杂的情况，或无定量数据可用

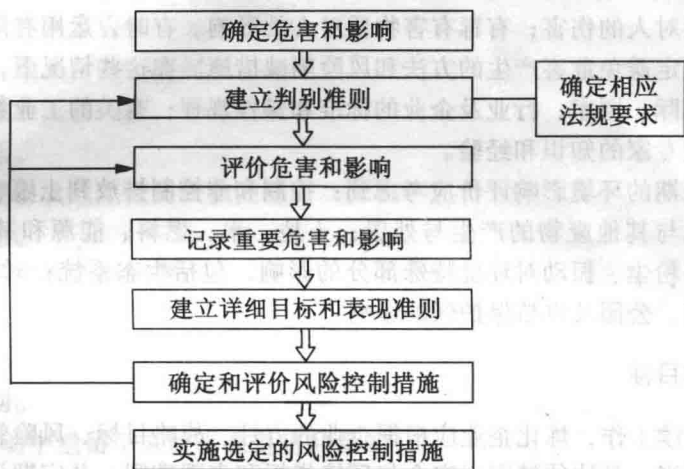


图 1-1 风险评价和风险管理过程图

的情况，通过发生几率和严重程度的同时评价，得到简单事故潜在风险结论。进行风险定性评价时，风险矩阵是一种有用的图表技术。矩阵中，后果对应的几率与所导致的风险类型相对应，分别用不同的阴影表示。风险类型分为不可容忍的风险区域、需要考虑削减的风险区域和可进行正常操作但仍需继续改进的区域。

定量风险评价是一种定量评价风险的系统方法，不管风险是来自于人为因素，还是来自硬件、软件缺陷，还是来自环境事件，或同时来自以上几个方面，都可用定量评价的方法进行评价。定量风险评价是一种功能强大的手段，但是只能由受过充分训练和具有经验的人使用。这种方法目前尚不能用于非急性危害的环境问题，如长期环境影响。定量风险评价提供了一种进行风险评价的系统方法，评价结果用数据表示，主要用于确定高风险区、帮助优选设计、选择操作准则以建立起有效的风险管理。风险数据是以绝对值而不是以相对值得出的，因此，在使用时应十分小心，因为计算出的数据都有一定程度的不确定性和局限性。

常用的定量风险评价方法主要有：

- (1) 危害和可操作性研究；
- (2) 事件树或事故树分析；
- (3) 环境影响评价；
- (4) 健康、安全、环境专项风险评价及综合评价等。

第四节 炼化企业关键装置和要害部位

炼化企业关键装置的划分如下：

(1) 炼油装置：常减压蒸馏装置，催化裂化装置，加氢裂化装置，液化石油气化学精制装置，加氢精制装置，制氢装置，溶剂脱蜡油装置，催化重整装置，烷基化装置，润滑油加氢装置，气体分馏装置，MTBE 装置，溶剂脱沥青装置，脱硫醇装置，甲醇装置。

(2) 有机化工装置：裂解制乙烯、丙烯装置，丁烷氧化脱氢制丁烯装置，裂解汽油加氢

装置,乙醛氧化制乙酸(醋酸)装置,芳烃抽提装置,合成甲醛装置,对二甲苯装置,对二甲苯二甲酯装置,环氧氯乙烷装置,对苯二甲酸装置,羧基合成制丁醇装置,环氧乙烷装置,间甲酚装置,环己烷装置,碳四抽提丁二烯装置,丙烯腈装置,高碳醇装置。

(3) 合成橡胶装置:丁苯橡胶装置,顺丁橡胶装置,丁腈橡胶装置。

(4) 合成树脂及塑料装置:尼龙6(己内酰胺)装置,高压聚乙烯装置,聚酯装置,低压聚乙烯装置,聚苯乙烯装置,聚丙烯装置,ABS树脂装置。

(5) 化肥装置:合成氨装置,尿素装置。

(6) 石油化纤装置:涤纶装置,腈纶装置,锦纶装置,维尼纶装置,尼龙装置。

(7) 公用工程:自备电厂(站),35kV以上的变电站,4500m³以上的空分装置。

(8) 污染物处理装置:污水处理场装置,废液焚烧装置,脱硫及硫回收装置,火炬。

炼化企业的要害部位划分如下:污水处理场,隔油池,轻油、液化气储罐区(站、库),各类有毒化学品储罐,民用液化石油气站(库),放射性同位素库,油品装卸码头,化学危险品仓库,铁路装卸油栈,乙炔气厂,专业车(船)队。

第二章 炼化企业生产装置和生产工艺

炼化企业生产工艺比较复杂，一般要说明装置概况和工艺流程说明。下面以某公司加氢裂化装置为例进行说明。

第一节 装置概况

(1) 装置规模： $140 \times 10^4 \text{ t/a}$ 。

(2) 年开工时数：8000h（年满负荷生产 333.3d），连续生产五班制。

(3) 原料油：辽河直馏蜡油（ $300^\circ\text{C} \sim 500^\circ\text{C}$ ）馏分。

(4) 加氢裂化和制氢组成联合装置，布置在一个界区内，界区的总面积为 31920 m^2 ，制氢装置占用 13680 m^2 ，加氢装置占用 18240 m^2 ，加氢裂化装置和制氢装置共用一个中心控制室、变配电间、生产办公楼。

(5) 装置组成。

装置由反应部分（包括新氢压缩机和循环氢压缩机）、分馏部分组成。

反应部分：原料油通过加氢裂化反应转化为轻质烃、轻石脑油、重石脑油等轻质产品。

分馏部分：将从反应部分来的反应生产油分馏切割为气体、液化石油气、轻石脑油、重石脑油及加氢未转化油等产品。

(6) 自动控制水平。

加氢裂化装置和制氢装置共用一套集散控制系统（DCS），用于装置的过程控制和管理、数据的收集和采集，实施高级控制及优化。

由于加氢装置操作复杂，危险因素多，相应设计了较为复杂的控制系统。为保证安全操作，确保人身及设备安全，装置设置了 9 个单元的自动保护系统，分别为：

① 2.1 MPa/min 、 0.7 MPa/min 紧急卸压停工联锁系统；

② 新氢气压缩机（C1102A/B）和循环氢压缩机（C1101）机组停车联锁系统；

③ 进料泵和能量回收透平联锁停车系统；

④ 第一循环氢加热炉熄火联锁系统；

⑤ 第二循环氢加热炉熄火联锁系统；

⑥ 循环油泵（P1114）联锁停车系统；

⑦ 第一分馏塔底重沸炉（F1104）熄火联锁系统；

⑧ 第二分馏塔底重沸炉（F1105）熄火联锁系统；

⑨ 脱丁烷塔底重沸炉（F1103）熄火联锁系统。

加氢裂化是高温、高压、临氢催化工艺过程，是重质油轻质化重要手段之一。尽管加氢裂化装置投资较大，操作费用较高，但它具有产品结构灵活，中间馏分收率高，产品质量好，对市场需求应变力强等特点，因此加氢裂化技术发展较快。

第二节 工艺流程

加氢裂化装置生产工艺流程见图 2-1。

原料由工厂罐区用泵送入装置，在进入装置后，通过原料过滤器过滤后进到脱水罐脱水，然后进两个原料油缓冲罐中作为四台高压进料泵的介质，再由四台高压进料泵升压后通过流量调节阀到高压换热器与反应流出物换热，然后与循环氢加热炉出口的氢气混合进到第一个精制反应器中。

另一原料——新氢通过装置新氢压缩机升压后，在新氢压缩机出口与循环氢混合，进到高压换热器，与反应流出物换热后，进到循环氢加热炉中，通过加热后与换热后的原料油混合进到第一个精制反应器中。

进到第一个精制反应器中的原料油，在加氢精制催化剂的作用（床层温度由急冷氢控制）下脱除氮、硫、氧等杂质后进到裂化反应器中，在加氢裂化催化剂的作用（床层温度由急冷氢控制）下进行精制生成油的开环、断链、芳烃饱和、烷烃异构化等化学反应，生成的各种气体和轻质油以及氢气、氨气的混合物进到高压换热器管程中。

进到高压换热器管程中的反应生成物与壳程中的原料油、循环氢及低分油等换热后，再与高压注水泵来的注水混合进到高压空冷器中冷却，然后到一台高压水冷器中进一步冷却。

冷却后的反应流出物最后进到高压分离器中，其顶部分出的循环氢进到循环氢压缩机入口，通过循环氢压缩机升压后分为三路：一路作为循环氢与新氢混合进到高压换热器；一路直接作为急冷氢进入到精制和裂化反应器中控制温度；一路作为冲洗氢进到各冲洗点。其中部油经液力透平回收能量后或直接通过一道减压阀减压后进到低压分离器，低压分离器分离出干气和水后，剩余的油进到分馏部分进行分离。其下部为酸性水，直接送到脱硫装置进行处理。

到分馏部分的油首先进到脱丁烷塔中，塔顶分离出液化气（其中一部分作为回流），塔底由重沸炉供给热量来保证塔内馏分的分离，塔底油通过塔压压到第一分馏塔；到第一分馏塔的油在塔内进行分离，塔顶分离出轻石脑油（其中一部分作为回流），塔的第 25 层抽出重石脑油到汽提塔中进行分离后作为产品出装置，塔底油由重沸炉供给热量来保证塔内馏分的分离，塔底油通过塔底重沸炉进料泵升压后送到第二分馏塔。第二分馏塔为减压塔，进到塔中的油继续进行分离；塔顶不凝气由抽真空系统抽出，塔顶集油箱抽出 3 号喷气燃料或低凝柴油（其中一部分作回流）；在第 15 层抽出重柴油。塔底油由塔底重沸炉进料泵将一部分打进重沸炉中，加热后返回塔中，为塔中分离提供热源，另一部分作为产品送出装置。

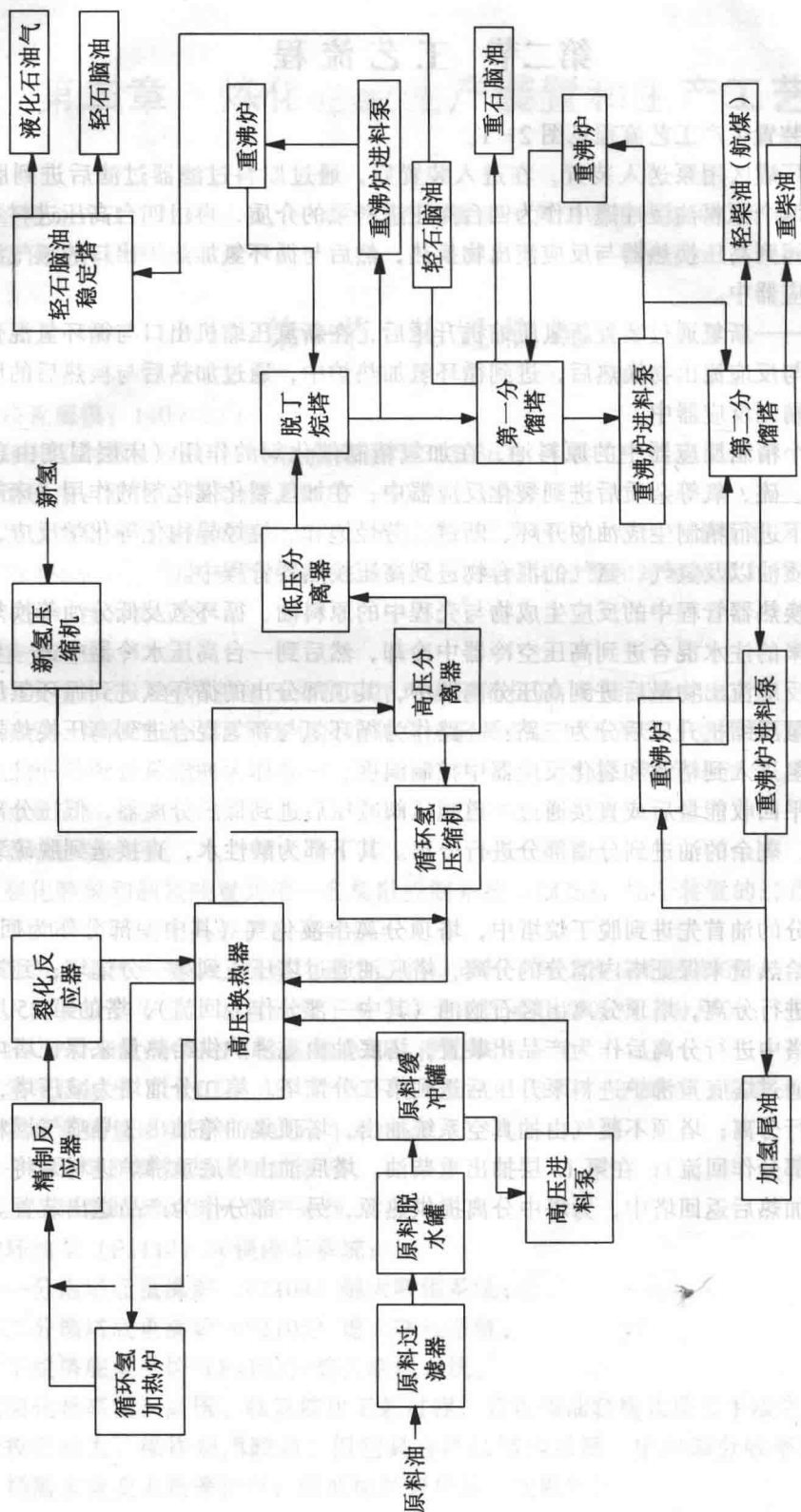


图 2-1 加氢裂化装置生产工艺流程图

第三章 风险识别和评价

第一节 风险识别

一、危害和影响的确定

风险识别有两个关键任务：一是识别可能引发事故的材料、设备、生产过程的特征；二是识别可能发生的事故后果。事故后果可简单地划分为对人的伤害、对环境的影响、对财产的损失三大类。

HSE 管理最重要一环就是对系统运行中潜在的不安全隐患进行彻底的检查，使任何一个容易引起事故的不确定因素都清楚可见，才有可能引起管理者和操作者重视。否则，隐患就将演变成事故。要真正识别风险，就需要对系统进行认真的学习研究，掌握工艺、设备及环境要求的情况，这样才能做出正确的风险管理方案。

风险识别有很多方法，可从以下几方面进行：

- (1) 按照系统流程进行识别，对系统进行单元划分，找出每个单元存在的危害和影响；
- (2) 把系统的重点部位列出来，并按不同的等级，按危害的重要程度进行排列加以识别。

加氢裂化装置分为两个系统，一是反应系统，二是分馏系统。按照系统的流程进行危害和影响的确定，见表 3-1。

表 3-1 加氢裂化装置危害和影响的确定

反 应 系 统	分 馏 系 统
新氢压缩机曲轴磨坏；	低压分离器串压到脱乙烷塔；
高压分离器串压；	脱丁烷塔顶冷却系统泄漏；
高压进料泵润滑油系统故障；	热油泵着火；
高压放空系统故障；	减压塔（T1105）顶挥发线冻凝事故；
高压注水系统故障；	加氢裂化放空罐（V1117）排污水隐患；
高压分离器玻璃界位板破裂易引起大量酸性水外泄；	加氢裂化干气、酸性水系统腐蚀泄漏；
加氢裂化催化剂飞温；	燃料气带液；
加氢裂化装置催化剂、硫化剂装卸时易产生事故；	加氢裂化分馏炉鼓风机损坏；
循环氢加热炉炉膛爆炸；	脱丁烷塔（T1101）回流带水
循环氢采样处中毒、着火	