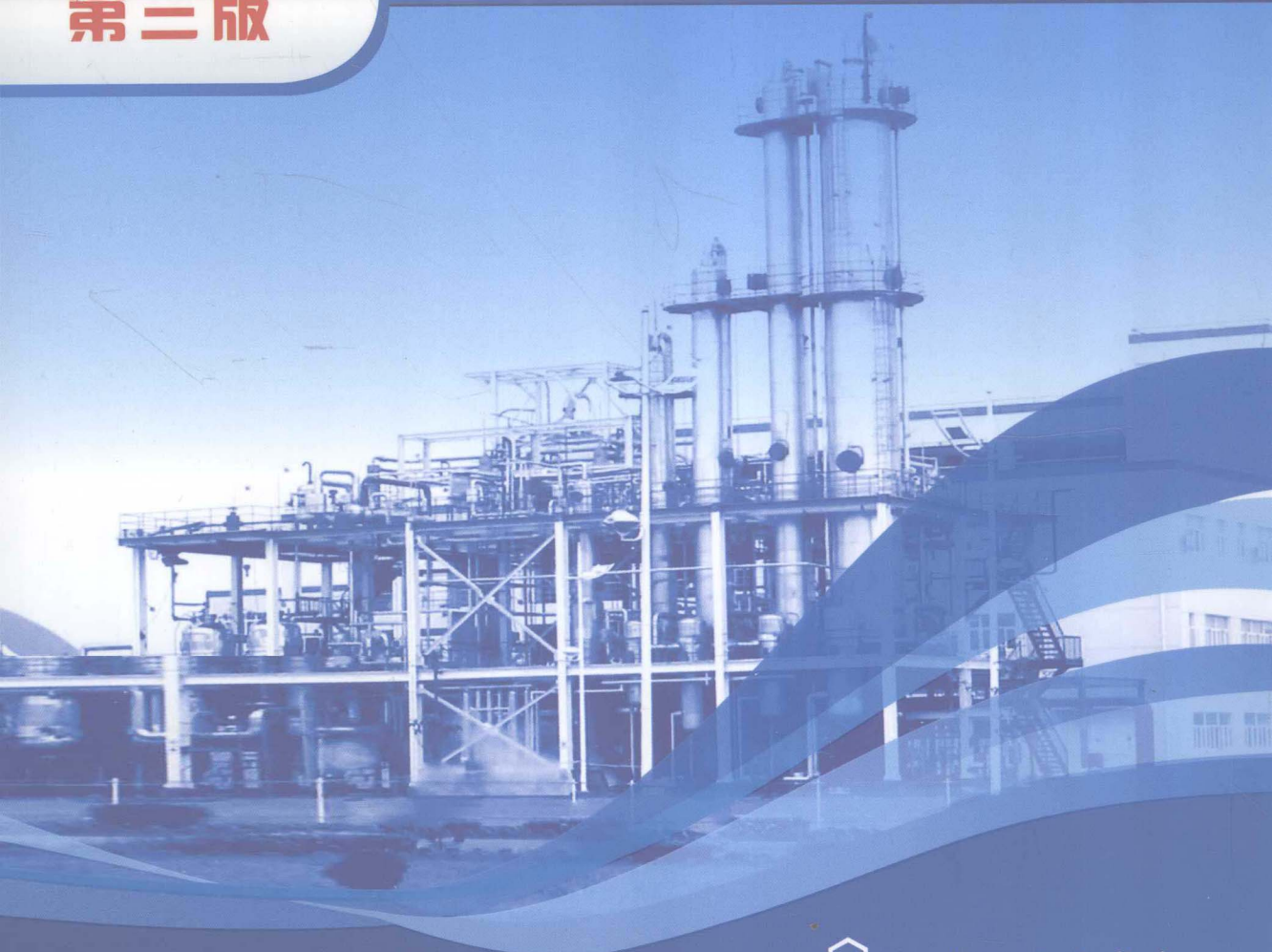


刘相臣 张秉淑 编著

石油和化工装备事故 分析与预防

第三版



化学工业出版社

刘相臣 张秉淑 编著

石油和化工装备事故 分析与预防

第三版



化学工业出版社

· 北京 ·

本书在 2003 年第二版的基础上,认真分析了我国化工、石油化工安全生产面临的严峻形势和突出的特点,搜集和汇编了近 10 年来全国石油化工系统危险化学品生产、储存和运输诸环节所发生的重大事故,在掌握第一手资料的基础上,从理论与实践结合出发,全面系统地阐述了石油和化工装备事故与安全生产的辩证关系,用科学的方法进行了石油和化工装备事故的统计分析,剖析了 23 起典型事故案例,借鉴国内外先进的安全生产技术、管理理念,介绍了化工设备与机器近代科学维护管理方法、故障预测诊断和国外快速检测有毒有害物的新技术,具有较强的科学性和实用性。

本书可供化工、石油化工系统科技人员、安全技术人员、企业各级领导、管理干部和道路运输管理人员阅读;可作为安全技术人员、职工安全技能培训的教材,也可供高等院校化工机械及相关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

石油和化工装备事故分析与预防/刘相臣,张秉淑
编著. —3 版. —北京:化学工业出版社,2010.10
ISBN 978-7-122-09301-1

I. 石… II. ①刘…②张… III. ①石油化工-化
工设备-事故分析②石油化工-化工设备-事故-预防
IV. TE687

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 153199 号

责任编辑:郭乃铎 杜进祥

文字编辑:向东

责任校对:王素芹

装帧设计:刘丽华

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 19 字数 473 千字 2011 年 1 月北京第 3 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:58.00 元

版权所有 违者必究

第三版前言

《化工装备事故分析与预防》第二版于 2003 年出版发行以后，由于年龄和退休的原因，笔者对化工、石油化工生产基本上没再过问，偶尔有时和化学工业出版社取得联系，了解一下读者对此书的反馈情况。当我得知该书的读者需求不减，有的企业将这本书作为职工安全生产培训的教材，而且曾重印多次而倍感欣慰。

化工、石油化工安全生产同其他行业安全生产一样，关系到人民群众生命财产安全，关系到改革、经济发展和社会稳定的大局。党中央、国务院历来高度重视和极度关注安全生产工作，多次召开全国安全生产电视电话会议，研究安全生产工作，针对安全生产中存在的突出问题，采取了一系列强有力的政策措施。近年来，在党中央国务院的正确领导下，各地区各部门和单位的共同努力，安全生产工作取得了一定的成效，初步建立了安全生产监管机制，对特大安全事故追究行政责任纳入法制的轨道，从 2002 年起，发生事故的总量和死亡人数呈逐年下降的趋势，目前，我国安全生产形势保持了总体稳定、趋向好转的态势。

但由于受经济杠杆的驱动，在石油化工产品市场供需旺盛的形势下，一些地方政府和企业领导不能正确处理安全生产和经济发展的关系，片面追求利润，安全生产投入严重不足，加之一些地方企业领导和工作人员严重失职、渎职、违章指挥以及违规作业；尤其是近些年发展起来的民营企业，由于安全基础工作相当薄弱，安全意识极为淡薄，非法生产、非法经营，我国化工、石油化工安全生产面临的形势依然十分严峻；特别重大恶性事故时有发生，而且没能有效地遏制，每年国家安全监管总局在全国安全生产情况通报的特别重大事故中，化工、石油化工行业中总是“榜上有名”。

为了坚决遏制特重大事故发生，努力促进化工、石油化工安全生产状况稳定好转，加强安全技术人才培训和职工安全技能培训，笔者对第二版进行了认真的修订，大幅度地删减与更新，删除了 1990 年以前发生的事故案例与分析，增加了现代新型结构的石油化工装备，引入了安全生产管理新的理念，凸显了近十年来全国石油化工系统最新发生的危险化学品生产、储存和运输诸环节所发生的泄漏、燃烧和爆炸等重大事故统计分析，国务院极度关注并派调查组进行调查的吉化“11.13”特大爆炸事故及松花江特别重大污染事件和广东省南海市“3.11”二甲苯泄漏事故等 15 例石油与化工装备重大事故案例剖析。

此外，介绍了国外快速检测有毒有害物的 10 大新技术、实施安全网络化管理，构建安全生产责任体系等安全技术；化工、石油化工设备、管道火灾爆炸事故类型分析与预防、危险化学品泄漏事故处置及运输事故应急救援和石油罐区爆炸防范措施等内容。

笔者愿在有生之年，为我国石油化工安全生产做出自己微薄的贡献，历时两年半完成的本书第三版，从书名到内容将以全新的面貌出现在广大读者的面前，但愿此书经过修订和补充后，能在进一步认清当前我国化工、石油化工安全生产的严峻形势，增加紧迫感，对企业安全人才的培训、强化安全生产、安全事故的防范意识、不断提高职工的安全技术水平和自我保护能力诸方面发挥积极的作用，这是我唯一的奢望。

编著者
2010 年 7 月

第一版前言

安全生产和劳动保护是发展社会主义市场经济、强化社会主义企业管理的重要组成部分，同时也是化工生产必须遵循的一条准则。而现代化工生产的特殊性，即工艺过程相当复杂，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的连续性、自动化程度的提高等，使生产发生事故的可能性很大，而且造成的危害和损失也极为惨重，这就给化工设备与机器的设计制造提出了更高、更苛刻的要求。

随着机械制造技术的发展，虽然可以提供承受高温、超低温、高压、高真空度、高转速、大流量和耐腐蚀的化工设备与机器，甚至可提供成套的大型石油化工装置，但由于生产环境复杂、工作条件恶劣、不安全因素增加，加之设计中考虑不周、维护管理水平低劣等原因，以及多年生产实践表明，化工设备与机器本身发生的事故仍相当频繁，已成为影响生产的主要因素，也是直接威胁人身安全的大敌。近些年来由国外引进的大型化肥、炼油装置也曾多次发生各种设备事故，有些甚至是相当严重的。据 1979~1988 年上半年全国 28 个省市化肥、化工、炼油等行业生产的不完全统计，发生重大设备与机器事故 552 起，占全部重大事故的 51.7%，造成的经济损失达 12895.4 万元，其中直接经济损失约 4048.7 万元。从伤亡的人数来说也是十分惊人的。截止到 1989 年年底，据我国小氮肥的不完全统计，伤亡人数达 3386 人，其中死亡 1332 人。因此，抓好职工的安全知识教育，强化化工、石油化工现代化安全生产管理，提高职工的安全技术、维护管理素质与技术水平，确保化工设备与机器长期、连续、安全、稳定地运行，保障广大职工的生命安全是至关重要的。

本书从建国以来，特别是近 10 年来我国化肥、化工、炼油企业实际发生的事故分析入手，总结其经验教训，并借鉴国外科学管理的先进经验，从理论与实践的结合上，全面系统地阐述了化工设备、机器与安全运行的辩证关系，总结设备易发生故障的部位与主要原因，并提出相应的预防措施。此书的出版将对发展化工、石油化工生产和安全技术起到一定的积极作用。

在编写过程中，得到了化工部有关司局领导、同志的极大关注和支持，化工部的石流、崔慕晶、高文、李光等同志和清华大学叶宏开副教授对初稿提出了宝贵意见，在此一并表示衷心地感谢！

由于化肥、化工、石油化工生产涉及的设备与机器相当复杂，技术性和实践性又很强，加之编著者水平所限，不免有缺点、错误和不妥之处，恳请读者提出批评和指正。

编著者
1994 年 4 月

第二版前言

《化工装备事故分析与预防》第一版自1994年8月出版发行以来,得到了广大读者的欢迎,第一次印刷后,在短短的时间内就销售一空,可见此书别开生面,拥有众多的读者群。随着当今轻工、环保事业的迅猛发展、国企改革不断深入以及大批青年职工的陆续上岗,要求学习安全技术知识的渴求越来越迫切,此书虽已先后多次印刷,但仍满足不了广大读者的需求,来函来人求购此书络绎不绝。

近年来,虽然我国化工、石油行业同其他行业一样,安全生产工作取得了显著的成绩,但安全生产工作任重道远。随着机械制造技术的发展,虽然可以提供承受高温、超高温、高压、超高压、高真空、高转速、大流量和耐腐蚀的化工设备与机器,甚至提供成套的大型石油化工生产装置,国家也采取了一系列措施,加强安全生产工作,但由于生产环境复杂、工作条件恶劣、不安全因素增加,加之设计中考虑不周、维护管理水平低劣以及安全意识不强、安全生产的极端重要性认识不足等原因,化工设备与机器发生的重大伤亡事故仍相当频繁,特大事故时有发生,已成为影响安全生产的主要因素,直接威胁着人民生命财产安全。近年来,由国外引进的大型化肥、炼油装置也多次发生各种设备事故,有些甚至是相当严重的。据1990~1999年全国29个省、自治区、直辖市化工系统县以上全民企业的不完全统计,共发生设备与机器事故1152起,占全部重大伤亡事故的31.3%。从伤亡人数来看也是十分惊人的。因此,抓好职工的安全知识教育,提高职工的安全意识和安全文化素质,强化领导干部的管理水平与安全责任心,确保化工设备与机器长期、安全、稳定地运行,使安全生产纳入法制化、科学化轨道,保障国家和广大职工的生命财产的安全是至关重要的。

为了适应我国化工、石油化工行业发展及安全状况的新形势,促进石油和化学工业安全、快速、健康地发展,化工出版社提出修订再版《化工装备事故分析与预防》一书的建议。针对我国当前生产中仍存在发生事故的隐患和不安全因素,作者在查阅、搜集、整理大量文献资料,总结多年来从事设备安全研究工作经验的基础上,对第一版进行了认真地修订,补充了近10年来全国化工系统所发生的重大设备事故统计分析和国内外典型事故案例剖析;普遍发生的泄漏中毒事故机理及职业病防治方法;轴流式压缩机和鼓风机的维护;广泛用于轻工、纺织、食品行业的旋涡气泵的工作原理、主要性能和故障排除;利用计算机技术进行在线设备故障诊断与预测新技术,以及《锅炉压力容器、压力管道、特殊设备事故处理规定》、《中华人民共和国职业病防治法》和《国务院关于特大安全事故行政责任的追究规定》的新要求等内容。但愿此书经过修改、补充后,能在职工安全生产技术培训、业务素质提高和安全生产中发挥积极的作用。

应该说明的是,随着经济体制的改革和市场经济的发展,不少企业的情况(包括名称)都会发生变化,但考虑到历史的原因,本书介绍事故案例时仍使用当时的企业名称。

本书在修订再版过程中,得到了中国石油化工总公司安全监督局李正钰、中昊化肥公司李光、中国化工设备协会高文、无锡中策机电设备有限公司(原无锡仪表二厂气泵研究所)王军义、《化工装备技术》编辑部徐平等同志的大力支持,在此一并表示衷心感谢!

由于化工、炼油、石油化工生产涉及的设备与机器相当复杂,技术性和实践性又很强,在生产中会不断出现新情况,加之编著者水平所限,难免有缺点、错误和不妥之处,恳请广大读者提出批评、指正。

编著者

2003年6月

目 录

第一章 概论

1

第一节 石油和化工装备安全运行在生产中的重要地位	1
一、石油和化工装备在化工、石油化工生产中的应用	1
二、化工、石油化工生产的特点及安全要求	2
三、安全运行在化工、石油化工生产中的重要地位	4
第二节 化工、石油化工生产中的现状分析和严峻形势	5
一、燃烧爆炸事故频繁发生	6
二、泄漏中毒事故普遍增多	6
三、相同类型事故重复出现	7
四、特别重大事故没能遏制	8
五、设备缺陷比例较大	9
六、化学危险品运输事故屡见不鲜	10
第三节 石油和化工装备的分类与典型结构	11
一、化工设备的分类与典型结构	11
二、化工机器的分类与典型结构	19
第四节 材料选择在石油和化工装备安全运行中的重要作用	38
一、合理选择材料的重要性	38
二、选材中应注意的问题	39

第二章 石油和化工装备事故的机理

41

第一节 化工设备事故的机理	41
一、物理爆炸	41
二、化学爆炸	42
三、严重腐蚀	48
四、泄漏中毒	49
第二节 化工机器事故的机理	55
一、燃烧与爆炸	56
二、腐蚀与污染	57
三、磨损与疲劳	58
四、噪声与振动	62
五、汽蚀与喘振	65

第一节 塔槽釜爆炸事故统计分析	67
一、违规作业 违章指挥	74
二、知识缺乏 操作失误	74
三、工艺落后 维护不周	75
四、投入不足 失职渎职	76
五、制造缺陷 设计缺陷	76
六、非法经营 非法生产	77
七、化学腐蚀	77
第二节 换热器事故统计分析	77
一、燃烧爆炸	79
二、严重泄漏	79
三、管束失效	80
第三节 加热炉爆炸事故统计分析	81
一、过氧操作致使煤气发生炉爆炸	83
二、空气、煤气倒流形成爆炸性混合物	83
三、水蒸气压力剧升,致使煤气发生炉水夹套憋压爆炸	84
四、违章动火引起煤气发生炉爆炸	84
五、设备缺陷、检修不良致使煤气发生炉爆炸	85
六、燃料质量不佳、操作不当引起煤气发生炉炉口爆炸	85
七、二次上吹结束、空气吹除开始时发生炉底爆炸	86
第四节 废热锅炉事故统计分析	86
一、炉膛、壳体爆炸	88
二、炉管爆裂、变形和失效	89
三、锅炉严重缺水	90
四、锅炉火管漏水	90
五、锅炉火管堵塞	91
第五节 管道破裂、泄漏与爆炸事故统计分析	91
一、管道设计不合理	95
二、材料缺陷、误用代材和制造质量低劣	95
三、违章作业、操作失误	95
四、维护不周	96
第六节 压缩机、风机事故统计分析	97
一、压缩机事故综合分析	97
二、燃烧爆炸事故统计分析	98
三、机械事故统计分析	102
四、风机事故统计分析	118
五、机(泵)电机烧坏事故统计分析	121
第七节 石油化工用泵事故统计分析	122
一、泵轴烧坏或断裂	124

二、轴承、轴瓦烧坏	124
三、燃烧爆炸	124
四、机械(端面)密封严重泄漏	125
五、其他零部件损坏	126
第八节 离心机事故统计分析	126
一、燃烧爆炸	127
二、操作失误机械伤人	128
三、腐蚀致使转鼓破裂	128
四、剧烈振动	129
第九节 汽轮机叶片、围带损坏事故统计分析	129
一、事故现象	130
二、主要原因	130
三、预防措施	131
第十节 危险化学品(危化品)道路运输事故统计分析	131
一、企业主体责任不落实	132
二、安全观念淡薄、安全意识很差	132
三、私自改装车辆	133
四、危化品道路运输的检查力度不够	133
五、危化品道路运输事故应急救援管理不力	133
第十一节 危险化学品(危化品)泄漏事故统计分析	134
一、自然灾害	141
二、设备设计存在缺陷 制造质量低劣	141
三、安全附件失效	141
四、违反操作规程 操作失误	141
五、应急施救不当	142

第四章 典型重大事故案例剖析

143

第一节 硝基苯精馏塔爆炸、污染事故分析	143
一、事故基本情况	143
二、硝基苯($C_6H_5NO_2$)的性质	143
三、事故原因分析	143
四、事故教训与预防措施	144
第二节 酒精储罐爆炸事故分析	144
一、事故基本情况	144
二、酒精(C_2H_5OH)的性质	144
三、事故原因分析	145
四、事故教训与预防措施	145
第三节 二苯甲酮反应釜爆炸事故分析	145
一、事故发生情况	145
二、理化特性	145
三、爆炸事故原因分析	145

四、事故教训与预防措施	146
第四节 液化气钢瓶爆炸事故分析	146
一、液氯钢瓶爆炸事故	146
二、液氯钢瓶爆炸事故	146
三、液化石油气钢瓶爆炸事故	148
第五节 氯气泄漏爆炸事故分析	149
一、氯气泄漏事故之一	149
二、氯气泄漏事故之二	150
三、氯气泄漏爆炸事故	150
第六节 加油站爆炸燃烧事故分析	151
一、加油站简况	151
二、事故原因分析	151
三、事故教训与预防措施	152
第七节 液化石油气站爆燃事故分析	152
一、事故基本情况	153
二、事故原因分析	153
三、事故教训与预防措施	153
第八节 乙烯罐区爆炸燃烧事故分析	154
一、事故基本情况	154
二、事故原因分析	154
三、事故教训与预防措施	155
第九节 炼油厂爆炸起火事故分析	155
一、事故基本情况	156
二、事故原因分析	156
三、事故教训与预防措施	157
第十节 二甲苯泄漏事故分析	158
一、事故基本情况	158
二、事故原因分析	158
三、事故隐患的控制与预防措施	159
第十一节 硫化氢中毒事故分析	159
一、硫化氢中毒事故之一	159
二、硫化氢中毒事故之二	160
第十二节 氮气中毒窒息事故分析	161
一、事故基本情况	161
二、事故原因分析	161
三、事故教训与预防措施	162
第十三节 换热器爆裂事故分析	162
一、事故基本情况	162
二、事故原因分析	162
三、事故教训与预防措施	163

第十四节 列管式换热器失效原因分析	163
一、事故基本情况	163
二、事故原因分析	163
三、事故教训与预防措施	164
第十五节 煤气发生炉爆炸事故分析	165
一、事故基本情况	165
二、事故原因分析	165
三、事故教训与预防措施	166
第十六节 锅炉炉膛煤气爆炸事故分析	166
一、事故发生前后状况	166
二、事故原因分析	166
三、事故教训与预防措施	167
第十七节 管道氧气爆炸事故分析	167
一、事故基本情况	167
二、事故原因分析	167
三、事故教训与预防措施	168
第十八节 液氨罐车装卸软管爆裂事故分析	168
一、事故基本情况	168
二、事故原因分析	168
三、事故教训与预防措施	169
第十九节 往复活塞式压缩机活塞体螺塞脱落撞缸事故分析	169
一、事故基本情况	169
二、事故原因分析	170
三、事故教训与预防措施	170
第二十节 离心式二氧化碳压缩机高压缸异常振动的原因分析	170
一、高压缸振动测试数据	171
二、高压缸振动原因分析	172
三、消除振动的措施	173
第二十一节 煤气鼓风机轴瓦连续烧毁事故分析	174
一、事故基本情况	174
二、事故原因分析	174
三、事故教训与预防措施	175
第二十二节 氨冷压缩机电机烧毁事故分析	175
一、事故简况	175
二、事故原因分析	175
三、事故教训与预防措施	175
第二十三节 汽轮机组油系统起火事故分析	175
一、事故基本情况	175
二、事故原因分析	176
三、事故教训与预防措施	176

第一节 塔槽(罐)类容器的维护管理	177
一、塔的维护管理	177
二、槽(罐)类容器的维护管理	178
第二节 换热器的维护管理	179
一、启动	179
二、运行和维护	180
三、停车	180
四、检查和清洗	180
五、常见故障原因与对策	181
第三节 管式加热炉的维护管理	182
一、点火和熄火	182
二、正常操作	183
三、日常维护管理	184
四、定期维护管理	185
五、常见故障原因与对策	185
第四节 废热锅炉的维护管理	186
一、投入运行前的检查	186
二、操作运行中的检查	187
三、清洗	187
四、停炉	189
五、常见故障原因与对策	189
第五节 配管的维护管理	190
一、日常维护	190
二、定期停车检修	191
三、紧急停车检修	192
四、常见故障原因与对策	192
第六节 压缩机的维护管理	193
一、活塞式压缩机的维护管理	193
二、螺杆式压缩机的维护管理	198
三、离心式压缩机的维护管理	203
四、轴流式压缩机的维护管理	207
第七节 风机的维护管理	210
一、离心式风机的维护管理	210
二、旋涡风机(旋涡气泵)的维护管理	212
三、罗茨鼓风机的维护管理	214
第八节 泵的维护管理	215
一、启动前的准备	215
二、启动	216
三、运行和维护	216

四、停车	217
五、常见故障原因与对策	217
第九节 离心机的维护管理	221
一、启动前的准备	221
二、启动	221
三、运行和维护	221
四、停车	222
五、常见故障原因与对策	222
第十节 汽轮机的维护管理	225
一、启动前的准备	225
二、启动	226
三、运行和维护	226
四、停车	228
五、常见故障原因与对策	229
第十一节 石油和化工装备的安全网络化管理	230
一、安全网络化管理的由来	230
二、安全网络化管理的特点	231
三、安全网络化管理的实施	232

第六章 安全保护装置

233

第一节 安全阀	233
第二节 爆破片	234
第三节 启动联锁保护装置	236
第四节 油压过低保护装置	237
第五节 轴向位移仪	237
第六节 测振仪	238
第七节 过载保护装置	239
第八节 超速危急遮断装置	240
第九节 处理易燃易爆介质的安全保护措施	241
一、气体压缩机	241
二、泵	242
三、离心机	242
第十节 可燃性气体探测报警装置	243
第十一节 突发性事故有毒气体快速检测箱	247

第七章 石油和化工装备事故预测及诊断新技术

249

第一节 石油和化工设备预测和故障诊断专家系统	249
一、应用专家系统进行预测和故障诊断的目的	249
二、专家系统的组成和形成的程序	249
三、专家系统的功能	250
四、知识的获得、整理和知识库	251

五、推论方法及专家系统的未来·····	252
第二节 换热器诊断的新方法·····	252
一、极值分析法诊断换热器·····	253
二、非磁性体管子的腐蚀诊断·····	257
第三节 高速回转机械振动监测与故障诊断技术进展·····	257
一、概述·····	257
二、几种常用的监测和故障诊断分析方法·····	258
三、我国应用监测和故障诊断技术的现状·····	261
四、最新预测性维修 (PDM) 技术简介 ·····	262
第四节 汽轮机压缩机机组在线热力性能诊断预测系统·····	263
一、热力性能诊断系统软件简介·····	263
二、应用实例·····	265
第五节 国外快速检测有毒有害物的新技术·····	265
一、电离/离子迁移谱技术 ·····	266
二、红外光谱学技术·····	266
三、火焰光度法检测技术·····	267
四、湿化学检测技术·····	267
五、电化学检测技术·····	267
六、表面声波技术·····	267
七、传感器排列技术·····	267
八、热电传导技术·····	267
九、火焰离子化检测技术·····	268
十、光电离检测技术·····	268

附录

269

一、常见易燃、易爆、有毒物质主要安全技术数据一览表·····	269
二、管内介质常用流速范围·····	273
三、化工机器主要零部件材料·····	274
四、化工装置易发生事故部位一览表·····	283
五、锅炉压力容器压力管道特种设备事故处理规定·····	285

参考文献

289

第一章

概 论

第一节 石油和化工装备安全运行在生产中的重要地位

一、石油和化工装备在化工、石油化工生产中的应用

化学、石油化学工业是以自然界中的各种物质为原料，对其进行化学处理和相应的物理处理，制成人们衣、食、住、行几乎都离不开的、有较高价值的产品。例如，以石油为原料制成的液化石油气、合成纤维和合成材料，再以高纯度乙烯为原料生产高透明的薄膜容器、管道、电缆、电视和雷达高频绝缘材料；以原油或焦炭、空气和水为原料制成的合成氨及碳酸氢铵肥料；以食盐为主要原料制成的纯碱和烧碱等。石油和化工装备即化工设备与机器（统称化工机械），是化工、石油化工生产的重要生产工具，也是发展冶金、轻工、交通运输、邮电通信、纺织及国防化工等行业生产必不可少的设备。

化工设备（包括化工容器、换热器、反应器、塔器、干燥器和管式炉）是实现化工、石油化工正常生产的静设备，在化工和石油化工生产所有的装备中约占 80%。它广泛用于传热、传质、化学反应和物料储存等方面。

在化工、石油化工生产中，由于化工工艺上的要求，一些化学反应要求在高压条件下进行，从而有利于合成与聚合。例如，国内目前生产规模最大、工艺技术最先进从美国引进的年产 25 万吨高压聚乙烯生产装置中，乙烯原料气的聚合反应是在压力为 220~250MPa 的管式反应器内进行的；在年产 30 万吨合成氨大型化肥生产装置中， N_2 和 H_2 的合成反应是在压力为 24MPa 的合成塔内完成的；在石油炼制中，原料油加氢、脱硫、脱氮和裂化反应是在一定压力的反应器中实现的。同时，许多产品的生产也要求在高温条件下进行。为了维持反应温度和有效地利用废热，总是伴随着各种各样的传热过程，如加热、冷却、冷凝和蒸发。根据使用目的的不同，所采用的换热装置有加热器、冷却器、蒸发器和重沸器等。据统计，在石油化工厂中，换热器的投资占全厂设备总投资的 11%；而在现代石油炼制中，换热器的投资占全部工艺设备投资的 40%。

在生产中，气-液、液-液两相接触进行传质及传热的过程是常见的，如精馏、吸收、萃取、气体增湿和离子交换等，这些过程大多是在塔设备内进行的。据粗略统计，在石油炼制工厂中，塔设备的投资占全厂设备总投资的 10%~20%，塔设备钢材消耗量几乎占全厂设备总重的 25%~30%。

气体、液体的储存和输送离不开贮槽和贮罐。例如，低、高压乙烯气体受槽、压缩机级间缓冲器是起缓冲作用的贮罐；用于储存压缩空气的储罐或用于储存液化气体的氧气瓶、氯气瓶；广泛用于炼油装置储运系统的圆筒贮罐、石油液化气的球形贮罐以及用于油水分离的分离器、计量用的计量槽等。

化工机器（包括气体压缩机、风机、泵和离心机）是完成化工、石油化工生产正常运行必不可少的动设备。

在生产中，从原料到半成品再到最终产品大多是流体，而流体的输送和提高流体压力以及自控仪表装置的风源等都离不开泵和气体压缩机。例如，高压管式法制聚乙烯需将乙烯气体由 25MPa 加压至反应压力 220~310MPa；石油炼制中将碳氢化合物中的重组分裂化为轻组分，要求加氢的压力为 15MPa；氮肥工业需要将氮氢混合气加压至 15~32MPa 才能去合成，这一切都必须由气体压缩机来完成。

又如，生产中需要处理的液体，除清水外还有酸碱溶液、液氨、有机溶剂、铜液和石油产品等，而这些液体大都是易燃、易爆、高黏度、剧毒和有腐蚀性的，且处于高压、高温或超低温环境中，输送并提高其压力则需要各种类型的泵。泵的应用相当广泛，是仅次于电动机的第二类通用机械。

在化工、石油化工生产中，常常会遇到两相物质互相混合的物料（如气-液、液-液、液-固等）需要分离。气-液相的物料分离是比较容易的，如在化肥生产中的各种洗涤塔（碳化工段的 CO₂ 去除）内，气-液两相依靠物系本身的密度差便可自然分开，即塔顶逸出气体，塔底流出液体。但对于液-液、液-固相混合物，就必须通过机械方法来完成，离心机就是其中应用较为广泛的一种。例如，化肥生产中硫酸铵或碳酸氢铵结晶与母液的分离；炼油生产中高级润滑油、燃料油的提纯；国防化工中硝酸甘油与混酸的分离过程和合成纤维、聚氯乙烯的脱水等，都需要离心机来实现。

随着石油化工装置的大型化和生产规模的不断扩大，现代化肥、化工和炼油工厂中使用的各种离心式压缩机、风机和水泵通常都采用汽轮机作原动机。对于大型石油化工装置的动力机械，大都采用高转速、大容量的工业汽轮机作为原动机。石油化工厂中带动各类风机和泵的中小型汽轮机为数也极多。

二、化工、石油化工生产的特点及安全要求

化工、石油化工生产的特点如下。

（1）易燃易爆 化工、石油化工生产，从原料到产品，包括半成品、中间体、添加剂、催化剂、各种溶剂和试剂等，绝大多数是易燃易爆的，而且多以气体、液体状态存在，在高温、高压、深冷和真空条件下极易泄漏或挥发，甚至达到物质的自燃点。又因工艺复杂、生产条件变化大、原料多变、设备种类多、开停车频繁和维修工作量大，如果操作失误、违反操作规程或设备管理不善、年久失修，发生燃烧爆炸事故的可能性、破坏性极大。加上有些物质还是有腐蚀、有毒的，就更加剧了事故发生的危险性和危害性。许多生产过程中物料需加热，日常设备检修还必须动用明火，这样一旦设备发生燃烧爆炸事故，不仅会损坏设备本身，还会毁坏厂房建筑，甚至造成人员伤亡。

2010 年 1 月 7 日，甘肃省兰州西固区兰州石化公司石油化工厂 316 罐区突然爆炸起火，致使 6 人死亡，15 人受伤，10 套装置停产，经济损失约为 5000 万元。分析其原因是罐区的一裂解碳四贮罐阀门发生泄漏，导致大量的轻烃（液化气）喷出所致。

（2）腐蚀严重、毒害性大 化工生产处理的物料，许多是有腐蚀性，甚至是强腐蚀性的，

如硫酸、硝酸、盐酸、氯碱和烧碱等。它们不但对设备有很强的腐蚀作用，而且还会引起职工灼伤。石油化工生产中有毒物质是普遍存在的，如氰化物、硫化物、氟化物、氢氧化物及烃类等，它们属于一般性毒物，还有许多是高毒和剧毒的。如果这些物质泄漏到车间内，当其浓度超过最高容许浓度时，就会严重影响工人的身心健康，甚至造成中毒死亡事故。

2004年2月16日，辽宁省辽中县某化肥厂合成车间分析室发生爆炸，致使2人死亡。其原因为高压取样进气管因严重腐蚀，其管壁减薄且折断，大量易燃易爆的氮氢混合气体迅速喷出，使其与空气混合，瞬时达到爆炸极限，化验员虽将取样吸气管折断，但没有及时打开分析室门窗，又没有及时启动调度联络信号铃所致。

此外，工业噪声、高温、粉尘和射线也会对职工和附近居民带来严重危害，导致各种职业性疾病的发生。

(3) 高温高压 化工、石油化工生产的工艺过程相当复杂，工艺条件十分苛刻，有高温、低温、高压、高真空度、大流量和高转速等各种情况。例如，合成氨装置中的合成塔，工作压力为30MPa，其一段和二段转化炉的温度在900℃以上；高压聚乙烯生产装置中管式反应器的压力为220~310MPa，反应温度为200~330℃；石油化工的高压热裂化压力为2~7MPa，温度为450~550℃。如果设计有缺陷，或由于严重腐蚀而没得到及时检修或更换，或操作失误，或超负荷运行，都有可能引起压力容器爆炸事故。由于压力容器中的高压气体具有极高的能量，而且多为易燃、易爆、有毒的介质，一旦发生破坏，所造成的损坏比常温、常压的设备与机器大100~1000倍。因此，世界上对压力容器的安全运行十分关注，做了大量的科学研究工作，从一般的压力容器失效分析和安全评定，发展到对提高可靠性、预测寿命课题的开发，建立案例库、先验概率数据库、专家系统，并向人工智能方向发展。

(4) 生产连续性强 随着人们对产品品种和数量的需求量剧增，化工、石油化工企业朝着大型化、自动化、连续性、高转速和大容量方向发展，厂际之间、车间之间、工序之间都相互沟通、相互依存，形成高度统一、不可分割的有机整体，而且生产周期长、长周期连续倒班作业，因此确保装置长期、连续、安全和稳定运行的要求将越来越高，设备一旦发生事故，停产一天的损失也越大。

如某厂高压聚乙烯车间一次乙烯压缩机发生故障，就使整个系统停车，停车一天损失产量190余吨，当时价值约48万元。

基于上述特点，对化工设备与机器的安全运行提出如下要求。

(1) 足够的强度 为确保化工设备与机器长期、稳定、安全地运行，必须保证所有的零部件有足够的强度。一方面要求设计和制造单位严把设计、制造质量关，消除隐患，特别是对于压力容器，必须严格按照国家有关标准进行设计、制造和检验，严禁粗制滥造和任意改造结构及选用代材；另一方面要求操作人员严格履行岗位责任制，遵守操作规程，严禁违章指挥、违章操作，严禁超温、超压、超负荷运行。同时还要加强维护管理，定期检查设备与机器的腐蚀、磨损情况，发现问题及时修复或更换，特别是化工设备与机器达到使用年限后，应及时更新，以防因腐蚀严重或超期服役而发生重大设备事故。

(2) 密封可靠 化肥、化工、炼油厂处理的物料大都是易燃、易爆、有毒和腐蚀性的介质，如果由于设备与机器密封不严而造成泄漏，将会引起燃烧爆炸、灼伤、中毒等事故。因此，不管是高压还是低压设备，在设计、制造、安装及使用过程中，都必须特别重视化工设备与机器的密封问题。2005年12月7日，河北省冀州市某化肥厂的合成氨生产装置在运行中，因设备受长期振动、冲刷等外力作用，导致脱碳塔与管道结合处的法兰松动，煤气变换气大量泄漏，遇静电而起火，喷出的可燃性气体引燃脱碳塔周边的保温材料，从而使塔内压