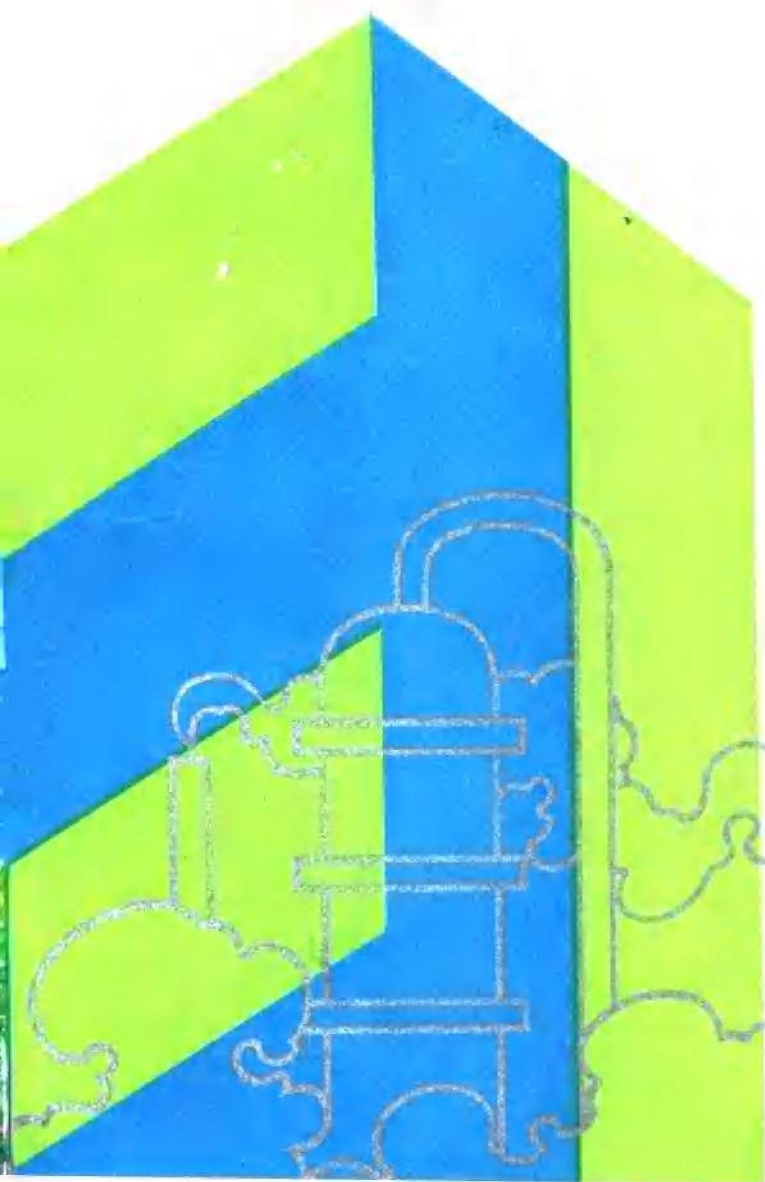


化工装备事故 分析与预防

刘相臣 张秉淑 编著



化学工业出版社

81.198
192

化工装备事故分析与预防

刘相臣 张秉淑 编著

31215 / 18

化学工业出版社

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

化工装备事故分析与预防/刘相臣,张秉淑编著. —北京:
化学工业出版社,1994.8

ISBN 7-5025-1377-9

I. 化… I. ①刘… ②张… II. ①化工设备-事故分析
②化工机械-事故分析 IV. TQ050.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 03349 号

责任编辑:郭乃铎

封面设计:潘岱予

*

化学工业出版社 出版发行
(北京市朝阳区惠新里3号)

三河科教印刷厂印刷

三河通达厂装订

新华书店北京发行所经销

*

开本 787×1092 $1/16$ 印张 16 $\frac{1}{2}$ 字数 408 千字

1994 年 8 月第 1 版 1994 年 8 月北京第 1 次印刷

印数 1—3,550

定价 15.80 元

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 年~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。

本书从我国化肥、化工、炼油企业建国以来,特别是近 10 年来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、石油化工生产涉及到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 者

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 化工设备与机器安全运行在生产中的重要地位.....	(1)
一、化工设备与机器在化肥、化工、炼油生产中的应用.....	(1)
二、生产特点及安全要求.....	(2)
第二节 化工设备与机器事故的现状分析.....	(4)
一、爆炸事故屡见不鲜.....	(4)
二、相同事故接连不断.....	(4)
三、恶性事故时有发生.....	(5)
四、设备缺陷比例很大.....	(6)
第三节 化工设备、机器分类与典型结构.....	(6)
一、化工设备分类与典型结构.....	(6)
二、化工机器分类与典型结构.....	(14)
第四节 材料选择在化工设备与机器安全运行中的重要作用.....	(26)
一、合理选择材料的重要性.....	(26)
二、选材中应注意的问题.....	(27)
第二章 化工设备与机器事故的机理	(28)
第一节 化工设备事故的机理.....	(28)
一、物理爆炸.....	(28)
二、化学爆炸.....	(29)
三、严重腐蚀.....	(35)
第二节 化工机器事故的机理.....	(36)
一、燃烧与爆炸.....	(36)
二、腐蚀与污染.....	(38)
三、磨损与疲劳.....	(39)
四、噪声与振动.....	(42)
五、汽蚀与喘振.....	(46)
第三章 化工设备与机器事故统计分析	(48)
第一节 塔槽釜爆炸事故统计分析.....	(48)
第二节 加热炉爆炸事故统计分析.....	(55)
第三节 换热器事故统计分析.....	(63)
第四节 废热锅炉事故统计分析.....	(68)
第五节 管道破裂与爆炸事故统计分析.....	(73)
第六节 压缩机事故统计分析.....	(77)
一、压缩机事故综合分析.....	(77)
二、压缩机燃烧爆炸事故统计分析.....	(87)

三、压缩机机械事故统计分析	(91)
四、机(泵)电机烧坏事故统计分析	(112)
第七节 石油化工用泵事故统计分析	(114)
第八节 离心机事故统计分析	(118)
第九节 汽轮机叶片、围带损坏事故统计分析	(121)
第四章 典型重大事故案例分析	(124)
第一节 氢分塔爆炸事故分析	(124)
一、事故基本情况	(124)
二、事故原因分析	(124)
三、事故教训与防范措施	(124)
第二节 液氯钢瓶爆炸事故分析	(125)
一、事故基本情况	(125)
二、事故原因分析	(125)
三、事故教训与防范措施	(126)
第三节 氨冷器爆炸事故分析	(126)
一、设计参数、结构及其性能	(126)
二、事故基本情况	(129)
三、事故原因分析	(129)
四、事故教训与防范措施	(132)
第四节 聚氯乙烯聚合釜超压爆炸事故分析	(133)
一、事故基本情况	(133)
二、事故原因分析	(133)
三、事故教训与防范措施	(133)
第五节 氮氢气循环机活塞杆断裂引起爆炸事故分析	(133)
一、事故基本情况	(134)
二、活塞杆断裂原因的初步分析	(134)
三、活塞杆裂纹形成原因的分析	(136)
四、氢的来源及其作用	(138)
五、消除故障的措施	(138)
第六节 H22 II 型压缩机曲轴断裂事故分析	(139)
一、压缩机主要技术特性	(139)
二、事故基本情况	(140)
三、断裂部件的化学成分、金相分析及硬度试验	(140)
四、曲轴断裂破坏原因分析	(141)
五、事故教训与防范措施	(143)
第七节 低密度高压聚乙烯(LDPE)装置乙烯压缩机超压故障的 排除与理论分析	(144)
一、故障发生基本情况	(144)
二、变工况复算	(148)
三、故障的理论分析	(152)

四、消除故障的措施	(158)
第八节 离心式二氧化碳压缩机高压缸异常振动的原因分析	(158)
一、机组运行概况	(159)
二、高压缸振动测试数据	(160)
三、高压缸振动原因分析	(162)
四、消除振动的措施	(163)
第五章 化工设备与机器的维护管理	(164)
第一节 塔槽容器的维护管理	(164)
一、塔的维护管理	(164)
二、槽类容器的维护管理	(164)
第二节 废热锅炉的维护管理	(166)
一、投入运行前的检查	(166)
二、操作运行中检查	(167)
三、清洗	(167)
四、停炉	(169)
五、常见故障原因及对策	(169)
第三节 换热器的维护管理	(170)
一、启动	(171)
二、停车	(171)
三、运行和维护	(171)
四、检查和清洗	(171)
五、常见故障原因与对策	(172)
第四节 管式加热炉的维护管理	(173)
一、点火和熄火	(173)
二、正常操作	(174)
三、日常维护检查	(175)
四、定期维护检查	(176)
五、常见故障原因与对策	(177)
第五节 配管的维护管理	(178)
一、日常维护	(178)
二、定期停车检修	(178)
三、紧急停车检修	(179)
四、常见故障原因与对策	(180)
第六节 压缩机的维护管理	(180)
一、活塞式压缩机的维护管理	(180)
二、离心式压缩机的维护管理	(188)
第七节 泵的维护管理	(192)
一、启动前的准备	(192)
二、启动	(192)
三、运行和维护	(192)

四、停车	(193)
五、常见故障原因与对策	(193)
第八节 离心机的维护管理	(198)
一、启动前的准备	(198)
二、启动	(199)
三、运行和维护	(199)
四、停车	(199)
五、常见故障原因与对策	(199)
第九节 汽轮机的维护管理	(203)
一、启动前的准备	(203)
二、启动	(204)
三、运行和维护	(204)
四、停车	(206)
五、常见故障原因与对策	(207)
第六章 安全保护装置	(210)
第一节 安全阀	(210)
第二节 爆破片	(211)
第三节 启动联锁保护装置	(213)
第四节 油压过低保护装置	(214)
第五节 轴向位移仪	(214)
第六节 测振仪	(215)
第七节 过载保护装置	(216)
第八节 超速危急遮断装置	(217)
第九节 处理易燃易爆介质的安全保护措施	(218)
第七章 化工设备与机器事故预测及诊断新技术	(220)
第一节 化工设备预测和故障诊断专家系统	(220)
一、应用专家系统进行预测和故障诊断的目的	(220)
二、专家系统的组成和形成的程序	(220)
三、专家系统的功能	(221)
四、知识的获得、整理和知识库	(221)
五、推论方法及专家系统的未来	(222)
第二节 换热器诊断的新方法	(223)
一、极值分析法诊断换热器	(223)
二、非磁性体管子的腐蚀诊断	(227)
第三节 高速运转机械振动监测与故障诊断技术进展	(228)
一、概述	(228)
二、几种常用的监测和故障诊断分析方法	(229)
三、我国应用监测和故障诊断技术的概况	(231)
四、最新预测维修(PDM)技术的介绍	(231)
附录	(236)

一、常见易燃、易爆、有毒物质主要安全技术数据一览表	(236)
二、管内各介质常用流速范围	(240)
三、化工机器主要零部件材料	(242)
四、化工装置易发生事故部位一览表	(252)
参考文献	(253)

第一章 概 论

第一节 化工设备与机器安全运行在生产中的重要地位

一、化工设备与机器在化肥、化工、炼油生产中的应用

化肥、化工、炼油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,制成为人们衣、食、住、行服务的、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、合成材料;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,等等。化工设备与机器(统称化工机械)是化肥、化工、炼油生产的重要生产工具,也是发展冶金、轻工、交通运输、邮电通讯、纺织及国防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、管式炉)是实现化肥、化工、炼油正常生产的静设备,在化工生产所有的装备中约占 80%。它广泛用于传热、传质、化学反应和物料贮存等方面。

在化肥、化工、炼油生产中,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,从国外引进的年产 18 万吨低密度聚乙烯生产装置中,乙烯原料气的聚合反应是在压力为 100~150MPa 的反应釜内进行的;在年产 30 万吨合成氨大型化肥生产装置中, N_2 和 H_2 气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,许多产品的制备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、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、蒸发器和重沸器等形式。据统计,在化工厂中,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、离子交换等,这些过程大多是在塔设备内进行的。据大概统计,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、液体的贮存和输送离不开贮槽和储罐。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;用于贮存压缩空气或液化气体的压缩空气贮罐、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、离心机)是完成化肥、化工、炼油生产正常运行必不可少的动设备。

在生产中,从原料到半成品以至到最终产品大多是流体,而流体的输送和提高流体压力以满足连续化管道生产、化工工艺流程的要求以及自控仪表装置的风源等都离不开泵和压缩机。例如高压法制聚乙烯需将乙烯气体由 0.03MPa 加压至反应压力 130~250MPa;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—1 才能去合成,这一切都必须由压缩机来完成的。

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、高粘度、剧毒和腐蚀性的,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。

在化肥、化工、炼油生产中,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(净制工段的 CO_2 去除)内,气-液两相依靠物系本身的重度差便可自然分开,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;国防化工中硝化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、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。例如由美国、日本、法国引进的年产 30 万吨合成氨大型化肥装置的五大机组,都采用高转速、大容量的工业汽轮机作为原动机。工厂中带动各类风机和泵的中小型汽轮机为数也极多。

二、生产特点及安全要求

化肥、化工、炼油生产的特点是:

(1) 易燃易爆 化肥、化工、炼油生产,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、真空条件下极易泄漏或挥发,甚至达到物质的自燃点。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。

如 1979 年 9 月 7 日,某电化厂液氯工段因液氯瓶内倒灌入氯化石蜡,充装前没有对钢瓶进行检查和过磅,致使一个半吨的液氯钢瓶发生爆炸,使 414m² 钢筋混凝土结构的包装厂房全部倒塌,另外还有 4 只钢瓶受冲击而爆炸,5 只被击穿,13 只被击伤变形,扩散液氯达 1.2 吨,污染环境范围 7.35 平方公里,死亡 59 人,伤 779 人,直接经济损失达 26 万元。

(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、烧碱等。它们不但对设备有很强的腐蚀作用,缩短其使用寿命,而且还会引起职工灼伤。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。

如 1988 年 6 月 28 日,某染料厂生产甲苯二异氰酸酯的高温光化锅在光化过程中,圆板视镜突然破裂,锅内光气等混合物料由视镜口喷出,造成 3 人中毒死亡,多人中毒。

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 化肥、化工、炼油生产的工艺过程相当复杂,工艺条件十分严格,有高温、

低温、高压、高真空度、大流量、高转速等。例如合成氨装置的合成塔,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反应器的压力为 130~250MPa,蒸汽裂解炉管壁温度高达 1100℃;石油化工的高压热裂化压力为 2~7MPa,温度为 450~550℃。如果由于设计有缺陷,或由于严重腐蚀而没得到及时检修或更换,或操作失误,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,化肥、化工、炼油企业朝着大型化、自动化、连续性、高转速、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,确保装置长期、连续、安全、稳定地运行。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、安装及在使用过程中,都必须特别重视化工设备与机器的密封问题。

1984 年底,在印度博帕尔市一家农药厂发生的毒气外泄事故,致使 20 万人中毒,几千人死亡。我国因设备严重泄漏而引起的人员伤亡事故也十分严重。

(3) 安全保护装置必须配套 随着科学技术的发展,现代化肥、化工、炼油装置大量采用了自动控制、信号报警、安全联锁和工业电视等一系列先进手段。自动联锁与安全保护装置的采用,在化工设备与机器出现异常时,会自动发出警报或自动采取安全措施,以防事故发生,保证安全生产。

例如,安装在反应器上的防爆膜就是设计时有意识使设备中的某一部件强度特别低,以避免因设备过载而使整个设备报废;又如两种气体混合后进行化学反应,当混合气体接近爆炸极限时,安装在气体输入管道上的安全保护装置就会自动中断气体的输入,防止燃烧爆炸事故发生;气体压缩机的油压过低保护装置,在出现运转中短时间油量减少或断油时,就会发出报警与停机联锁,以确保压缩机安全运行。

(4) 适用性强 当运行条件稍有变化如温度、压力等条件有变化时,应能完全适应并维持正常运行。而且一旦由于某种原因发生事故时,可立即采取措施,防止事态扩大,并在短时间内

予以修复、排除。这除要求安装有相应的安全保护装置外,还要有方便修复的合理结构,备有标准化、通用化、系列化的零部件以及技术熟练、经验丰富的维修队伍。

通过上述分析表明,化工设备与机器运行状况的好坏,将直接影响化工生产的连续性、稳定性和安全性,而且生产的特殊性使整个装置设备存在许多不安全因素。因此,强化化工设备与机器的维护管理,提高职工队伍的安全技术素质,确保化工设备与机器的安全运行,在化肥、化工、炼油生产中越来越重要。

第二节 化工设备与机器事故的现状分析

随着科学技术的进步和资源的不断开发,我国的化肥、化工、炼油工业得到飞速发展。到目前为止,我国已有约 1800 多家大中小型氮肥企业,3000 多家化工厂和 100 多家大中型石油化工基地,几乎遍及全国。特别是近二十年来,我国从国外引进了一大批成套生产装置,如 13 套 30 万吨/年合成氨、6 套 30 万吨/年乙烯和 6 套大型石油化纤生产装置,现已陆续投产。随着老厂改造、扩建,新厂的建成投产,以及引进大型生产装置的开工,结合行业生产的特点,安全生产和环境保护已是摆在我们面前的重要课题。有关部门特别注意了设备的优化设计、科学管理及设备改造与更新,并制定了一系列有关设计、制造、检查的标准,还在强化管理、提高职工安全素质等方面采取了一系列措施,取得了很大成绩。尽管如此,由于行业本身生产的特殊性,加上装备技术相对落后、企业管理尚存在差距、职工安全意识还没有牢固建立以及法制不健全等,重大事故屡屡发生,有的甚至是灾难性的,而且安全生产不稳定,有时设备事故有所减少,有时又有所回升。

据 1979~1988 年全国 28 个省市化肥、化工、炼油行业生产的不完全统计,共发生重大设备事故 552 起,占全部重大事故的 51.7%,造成的直接经济损失达 4048.7 万元;据有关部门统计,1949~1984 年,全国石油化工企业发生各类事故约 5899 起,其中因设备原因发生的事故占很大比例。从伤亡人数来说,也是十分惊人的。仅以小氮肥和炼油生产为例,截止到 1989 年,小氮肥生产伤亡人数达 3386 人,其中死亡 1332 人;1983~1987 年的五年间,炼油行业所发生的 647 起事故中,死亡人数达 117 人。

从 1979~1988 年全国 28 个省市化肥、化工、炼油行业生产事故统计看,化工设备中的塔、槽、釜燃烧爆炸事故为 55 起,换热器燃烧爆炸事故 25 起,煤气发生炉爆炸 25 起,废热锅炉爆炸事故 61 起,管道破裂事故 33 起,化工机器中的气体压缩机事故 224 起,石油化工用泵事故 69 起,离心机事故 7 起。

以上统计均为重大事故。所谓重大事故是指 1979~1986 年直接经济损失 4000 元以上者;1987~1988 年直接经济损失 10000 元以上者。

通过大量的化工设备与机器事故统计分析,可看出以下几个特点。

一、爆炸事故屡见不鲜

燃烧爆炸是行业生产多发事故之一。据 1979~1988 年全国 28 个省市化肥、化工、炼油行业生产的不完全统计,共发生化工设备与机器燃烧爆炸事故 252 起,占全部设备重大事故的 45.7%;1983~1987 年全国炼油生产发生的爆炸事故约占事故总数的 40%以上。此类事故年年不断,处处可见。其原因主要是由于行业生产特点决定的,加之违章指挥,违章作业,违反操作规程;设备、工具、附件有缺陷;管理上有漏洞,如规章制度不健全、劳动组织不合理;不懂操作技术知识,操作人员安全素质不高,从而导致燃烧爆炸事故屡屡发生。

二、相同事故接连不断

不论是化工设备还是化工机器,相同事故重复发生,有的在—台设备上连续发生多次。以下是几类常见事故。

(1) 煤气发生炉水夹套超压爆炸 因水夹套蒸汽出口阀未打开、进出口阀未打开或开得小而引起煤气发生炉水夹套超压爆炸事故达 36 起,特别是小氮肥企业尤为严重。

(2) 未置换或置换不合格引起设备爆炸 在化工设备与机器停车检修前,未作置换、清洗或置换不彻底,动火时发生爆炸。

(3) 不与生产系统隔绝,动火引起设备爆炸 检修前后,未按规定抽堵盲板,或盲板质量不合格,或随意用铝板、石棉板、阀门等代替盲板,未能有效地与生产系统隔绝引起爆炸,检修后未及时除掉盲板造成运行中超压爆炸。

(4) 违章动火引起设备爆炸 动火前未作动火分析,动火手续不齐全、不办理动火证违章动火切割、补焊引起设备爆炸居多,如气柜、锅炉、塔设备、管道等,尤其是氮肥企业的碳化塔螺栓切割。

(5) 上班睡觉、离岗,致使锅炉烧干 因上班睡觉、离岗或误操作致使锅炉、废热锅炉烧干的事故频繁发生。据 1967~1979 年小氮肥企业统计,锅炉烧干事故 20 多年来共发生 172 起,其中因上班睡觉、离岗、误操作导致的事故占总事故的 62.8%。

(6) 带液造成液击事故 因操作中带水、带液造成压缩机液击事故,致使活塞杆顶弯、曲柄位移、轴瓦烧坏或曲轴弯曲断裂。

(7) 活塞杆断裂 因制造缺陷(包括材料化学成分和锻件质量不符合要求)或活塞杆与十字头连接螺纹处应力集中较大,引起活塞杆断裂次数频繁,1983~1986 近 4 年间竟发生 32 起。

(8) 曲轴断裂 因压缩机长期运行,致使曲轴疲劳断裂多起。从 1988~1991 年的 4 年间,全国六个化肥厂同一台机型(H22 III 165/320)相继发生此类事故。

(9) 断油烧瓦磨轴事故 因齿轮油泵发生故障、润滑油油质低劣、安装时瓦量不合适等原因而引起压缩机运行中发生断油烧瓦磨轴事故,重者可使主轴报废。1983~1986 年近 4 年间共发生 12 起此类事故。

(10) 离心式压缩机、风机、蒸汽透平叶片断裂 因设计缺陷(指球形叶根)和制造缺陷(指焊缝本身和热影响区未焊透,气孔、咬边以及叶轮材料中存在非金属夹杂物,且有机械损伤),使叶轮产生局部应力集中,致使引进的大化肥合成气压缩机、压缩机驱动透平、尿素装置的离心式压缩机及炼油装置的凉水塔轴流风机等高速运转机器的叶轮产生疲劳断裂。

(11) 离心式压缩机机组振动 据 1977~1988 年我国 14 套大型氮肥装置五大机组的转子损坏情况分析来看,近 90 个转子中有 46 根是离心式压缩机转子,而且机组的振动是引起转子损坏的主要原因。

三、恶性事故时有发生

从发生设备事故的数量及事故的严重性来看,总的趋势有所增加和发展,重大恶性事故时有发生。现举几个例子如下。

1972 年 4 月 15 日,山西省某县化肥厂运输液氨罐车在途中发生爆炸,死亡 21 人,重伤 56 人,轻伤 99 人。主要原因是自制压力容器,未经技术鉴定和质量检验,又未装安全阀,导致液氨罐车超压爆炸。

1975 年 8 月 20 日,浙江省某化肥厂合成车间所用的 3M16-117/2 型原料气压缩机(系压缩焦炉气和高炉气的两用设备),停车前曾用于压缩焦炉气,而再次开车前,既没有校对安全阀

的操作票,又未采取置换处理,在未打开高炉气进口阀和三段卸载阀的情况下启动,致使压缩机憋压,三段阀门垫片在高压下断裂,高压气体冲出,摩擦产生静电起火,引起压缩机爆炸,3人死亡,6人受伤,直接经济损失达12万元。

1984年1月1日,大连石化公司某石油厂催化车间气体分馏装置发生燃烧爆炸事故,燃烧面积达5760m²,爆炸冲击波波及距厂10公里以外的重型机器厂、纺织厂,使721户居民房遭到不同程度的损坏,伤亡人数达85人,其中5人死亡,直接经济损失达252万元。主要原因是气分装置脱丙塔与该底重沸器之间连接管线的变径管缩口处的焊接质量低劣,加上开、停车及试压中压力、流量的变化导致低周疲劳,而产生断裂,使压力为1.7MPa、温度为54℃的丙烷液体喷出,在空间急剧气化形成爆炸性混合物所致。

1984年10月16日,广州某氮肥厂2AD95/20型冰机因出口调节阀制造质量差,断裂后掉进气缸,造成中体拉断、连杆弯曲、活塞杆变形、曲轴箱拉裂并变形及顶盖击碎事故,整机报废,损失严重。

1988年4月22日,吉林省辽源市某石油化工厂环氧化物车间皂化岗位环氧乙烷精馏塔釜残罐,在压料过程中,因未打开出料阀,造成憋压爆炸事故,当场死亡4人,伤3人,直接经济损失20万元。

1989年8月29日,辽宁省本溪市某化工厂聚氯乙烯车间聚合工段,因氯乙烯从设备人孔和轴封处大量泄漏,引起燃烧爆炸,死亡12人,伤5人。

1991年4月26日,山西省某县化肥厂合成车间,合成塔后废热锅炉进口弯管因材质代用错误发生突然爆炸,大量高压合成气从断开处喷出起火,烈火扑向断口正前方20多米处的厂调度室,致使室内7名职工当场死亡。

四、设备缺陷比例很大

在大量的设备事故中,因设计制造缺陷而导致的比例颇大。例如自制设备、擅自修改图纸改装设备,材质选择不符合要求、随意选用代材,铸造、焊接质量低劣(如铸件存在砂眼、气孔,焊缝不开坡口、未焊透、焊缝错边等),以及管件、阀门质量不佳而留下隐患等。截止到1979年,全国大型压缩机因设计不周、制造缺陷而发生的事故占全部压缩机事故的61.8%。据全国55个中型合成氨厂不完全统计,1982~1986年因设计不周、制造缺陷而发生的压缩机事故占全部事故的48%。尤其严重的是,因设计、制造缺陷原因而发生气缸开裂的次数为最多,占全部开裂事故的64.2%。从法国引进的大型尿素装置中,其中二氧化碳压缩机驱动透平、合成气压缩机的蒸汽透平的叶轮多次、多地(南京、安庆、广州)发生断叶事故,经分析主要是设计制造缺陷所致。

第三节 化工设备、机器分类与典型结构

一、化工设备分类与典型结构

化工设备种类繁多,型式多种多样。按工艺用途不同,可分为塔槽类、换热设备、反应器、分离器、加热炉和废热锅炉等。而化肥、化工、炼油厂中使用的化工设备大多数是压力容器,对压力容器进行分类也有许多种方法。

按工作压力不同,可分为低压、中压、高压和超高压四个等级。具体划分见表1-1。

从安全技术管理方面进行分类,可分固定式容器和移动式容器。除了用作运输贮存气体的瓶装、桶装和槽车装的贮存容器外,所有设备都是固定式容器。

1. 贮槽与塔器

表 1-1 压力容器分级

等 级	压力, MPa(kgf/cm ²)
低压容器	$0.098(1) \leq P < 1.57(16)$
中压容器	$1.57(16) \leq P < 9.8(100)$
高压容器	$9.8(100) \leq P < 98(1000)$
超高压容器	$P \geq 98(1000)$

到广泛应用。按贮存介质种类的不同,有液氨贮槽,丙烷、丁烷、石油液化气罐,液氧、液氮、液体二氧化碳容器以及压缩空气储气罐和缓冲罐等。贮罐的结构一般有三种:

(1) 中小型贮罐 由圆筒体和两个封头焊接而成,通常器内为低压,其结构比较简单,如图 1-1 所示。

圆筒体一般采用无缝钢管或钢板卷焊而成。封头形状可分为四类,即碟形封头、椭圆形封头、半球形封头和半锥形封头。随罐内所需压力的增加,可依次选用碟形、椭圆形、半球形封头的结构型式。当容器内含有颗粒状、粉末状的物料或是粘稠液体时,它的底部常用锥形封头,以利于汇集和卸下这些物料。有时为了使气体在器内均匀分布或改变气体速度,也可采用锥形封头。

(2) 大型贮罐 主要用于贮存不带压力、腐蚀性较小的液体和煤气。其罐顶型式有三种,即锥顶、拱顶和浮顶等,如图 1-2 所示。

锥顶罐采用 $1/5 \sim 1/16$ 锥度,圆锥顶承受的内外压力很低,只能承受 $-500 \sim +500 \text{ Pa}$ ($-50 \sim +50 \text{ mmH}_2\text{O}$) 的压力。

拱顶罐耐压为 $0.01 \sim 0.02 \text{ MPa}$ ($0.10 \sim 0.20 \text{ kgf/cm}^2$),罐顶为拱形,罐壁上设有加强圈。

(3) 球形罐 其结构如图 1-3 所示。它也属于大型储罐,在相同容积下表面积最小。在相同压力下,球形罐比圆筒形罐的壁厚要薄,其壳体应力为圆筒形罐壳体应力的 $1/2$,但制造加工复杂,造价较高。它主要用于大型液化气体贮罐,例如丙烷、丁烷、石油液化气以液态贮存时一般采用球形贮罐。从日本、法国引进的 30 万吨/年合成氨装置的液氨贮罐和石油液化气等易挥发性液体的储罐都采用球形贮罐。

不论是哪种型式的储槽式贮罐,故障主要发生在壳体本身,通常为燃烧爆炸、严重腐蚀、侵蚀以及严重泄漏等。

在化肥、化工、炼油生产中,经常会遇到物质从一相转移到另一相的过程。例如用水吸收气态氯化氢制盐酸时,氯化氢由气相转移到液相(水)中去,这种过程称为物质的传递过程。气体吸收、液体的蒸馏、固体的干燥、溶剂的萃取都属于传质过程。为其工艺过程服务的相应设备,如吸收塔、蒸馏塔、反应塔(作为反应设备使用)、萃取塔等都属于塔设备。

吸收塔是指用适当的液体吸收剂处理气体混合物,使其分离,以达到净化气体或提取其中有用物料的操作设备,此种设备又叫分离容器。如化肥工业的碳化塔、二氧化碳水洗塔、尾气回收塔和脱硫塔等,其结构型式有填料塔、泡罩塔及喷淋塔等。

蒸馏塔是指利用挥发度不同将液体混合物分离成纯组分的操作设备。如筛板塔、浮阀塔

贮槽(或贮罐)是指用于贮存各种介质、维持稳定压力起到缓冲、持续进行生产和运输物料的容器。贮槽的种类很多,按容积大小可分为小型贮罐和大型贮罐。小型贮罐按占地面积、安装费用和外观情况可分为立式和卧式;大型贮罐按其形状可分为锥顶罐、拱顶罐、浮顶罐、球形罐等。石油炼制装置多采用大型贮罐,小型贮罐在化肥、化工、炼油生产中也得

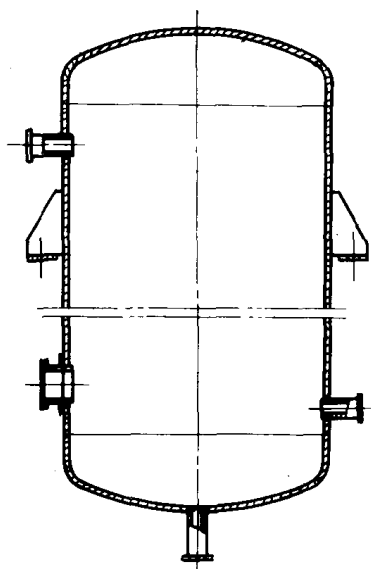


图 1-1 圆筒形容器

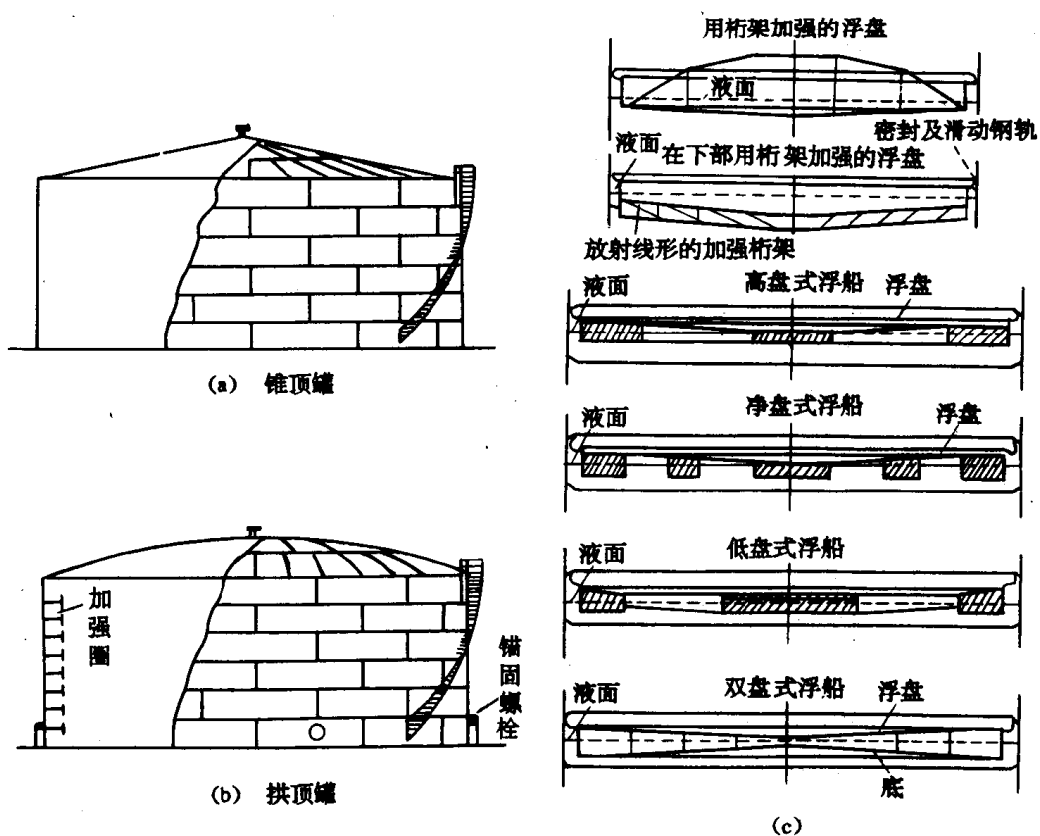


图 1-2 罐顶的结构型式

(a) 锥顶; (b) 拱顶; (c) 浮顶

(包括条形、文丘里阶梯式和盘式浮顶)。

萃取塔是利用一种溶剂对不同物质具有不同溶解度的性质,加入适当溶剂于混合物中,而使混合物中的组分得到完全或部分分离的操作设备。如填料塔、筛板塔、转盘塔等。

塔设备通常按照内件的结构特点进行分类,可分为板式塔和填料塔两大类。

(1) 板式塔 板式塔由塔体、内件及支座等部件组成。塔体多用钢板焊接而成。若采用铸铁制造,则塔间采用法兰连接。由于化工工艺和制造工艺的要求,在塔体上还设有液面计、人孔、手孔、进料管、出料管、进气管、回流管、压力表、温度计等零部件。

板式塔内件主要有塔盘、降液管、受液盘、除沫器等。按塔盘的结构型式不同,又有泡罩塔、条形浮阀塔、筛板塔等之分。典型的泡罩塔如图 1-4 所示。

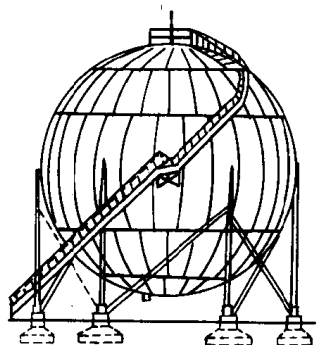


图 1-3 球形罐

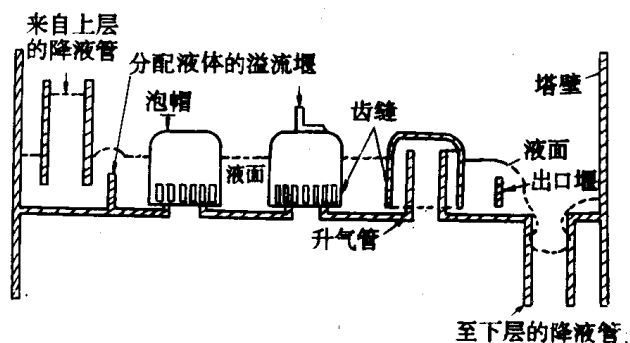


图 1-4 泡罩塔的结构简图