

本书获国家自然科学基金（编号：51374098）资助

化工安全

HUAGONG ANQUAN

◎主编 徐锋 朱丽华

◎主审 白杰

HUAGONG ANQUAN



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

本书获国家自然科学基金(编号:51374098)资助

化 工 安 全

主 编 徐 锋 朱丽华

主 审 白 杰

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书共分8章,内容包括绪论,化工火灾、爆炸及其控制,化工泄漏及其控制,化工职业危害及其控制,化工单元操作安全技术,化工常用特种设备安全技术,化工腐蚀与防护和危险化学品事故应急救援。

本书可作为安全工程、化学工程及相关工程专业本专科学生的教学用书,也可作为化工领域从事安全生产技术与管理的专业人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

化工安全/徐锋,朱丽华主编. —天津:天津大学出版社,
2015.5

ISBN 978-7-5618-5310-8

I. ①化… II. ①徐… ②朱… III. ①化工安全 IV.
①TQ086

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第096239号



出版发行 天津大学出版社
地 址 天津市卫津路92号天津大学内(邮编:300072)
电 话 发行部:022-27403647
网 址 publish.tju.edu.cn
印 刷 北京京华虎彩印刷有限公司
经 销 全国各地新华书店
开 本 185mm × 260mm
印 张 12
字 数 240千
版 次 2015年5月第1版
印 次 2015年5月第1次
定 价 29.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

前 言

化工行业在国民经济中发挥着重要的作用。然而,化工生产具有生产工艺复杂多变,原材料及产品易燃易爆、有毒有害和有腐蚀性,生产装置大型化、过程连续化和自动化等特点,因此在生产过程中存在着潜在的危险因素,极易发生破坏性的事故。安全生产是化工行业的首要问题。

本书从介绍化工生产与安全、化工生产的特点及危险性分析入手,对化工火灾、爆炸及其控制,化工泄漏及其控制,化工职业危害及其控制,化工单元操作安全技术,化工常用特种设备安全技术,化工腐蚀与防护,危险化学品事故应急救援几方面进行了阐述。本书内容全面,兼具系统性和实用性。本书可以作为安全工程、化学工程及相关工程类专业本专科生的教学用书,也可以作为化工领域从事安全生产技术与管理的专业人员的参考用书。

本书由黑龙江科技大学的徐锋和朱丽华担任主编,其中第1、3、4、5、6、8章由徐锋编写,第2、7章由朱丽华编写。内蒙古工业大学的白杰教授审阅了全书。本书在编写过程中得到了重庆大学徐龙君教授的大力支持和帮助,在此表示感谢。编写本书时参考了有关专著与文献(见参考文献),在此,向其作者一并表示感谢。

由于编者水平有限、时间仓促,书中难免存在错误和不当之处,敬请专家和广大读者批评指正。

编 者
2014年12月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 化工生产与安全	(1)
1.1.1 化学工业发展背景	(1)
1.1.2 安全在化工生产中的重要地位	(2)
1.2 化工生产及化工事故的特点	(3)
1.2.1 化工生产的特点	(3)
1.2.2 化工事故的特点	(4)
思考题	(5)
2 化工火灾、爆炸及其控制	(6)
2.1 典型火灾、爆炸的类型与特点	(6)
2.2 燃烧的相关概念及特征参数	(8)
2.2.1 燃烧的相关概念	(8)
2.2.2 燃烧的特征参数	(10)
2.3 爆炸的相关概念及爆炸能量计算	(11)
2.3.1 爆炸的相关概念	(11)
2.3.2 爆炸能量的相关计算	(13)
2.3.2 爆炸的伤害作用	(19)
2.4 惰化防火措施	(21)
2.4.1 真空惰化	(21)
2.4.2 压力惰化	(23)
2.4.3 压力-真空联合惰化	(24)
2.4.4 使用不纯的氮气进行真空和压力惰化	(24)
2.4.5 吹扫惰化	(25)
2.4.6 虹吸惰化	(25)
2.5 可燃性三角图及应用	(26)
2.6 爆炸破坏的防护	(30)
2.6.1 爆炸封锁	(30)
2.6.2 泄压防护	(30)
2.6.3 爆炸抑制	(31)
2.6.4 惰化	(31)
2.6.5 连接和接地	(31)

2.6.6	浸渍管	(32)
2.7	泄压系统	(32)
2.7.1	泄压系统的作用	(32)
2.7.2	泄压设计步骤	(33)
2.7.3	泄压设备的位置	(33)
2.7.4	泄压设备的类型	(35)
2.7.5	泄放情形	(37)
2.7.6	制定泄放尺寸的数据	(38)
2.7.7	泄压系统的安装及泄放物质的安全处置	(39)
	思考题	(42)
3	化工泄漏及其控制	(43)
3.1	常见泄漏源及泄漏量计算	(43)
3.1.1	常见泄漏源介绍	(43)
3.1.2	泄漏量计算	(43)
3.2	泄漏物质扩散方式及扩散模型	(58)
3.2.1	泄漏物质扩散方式及影响因素	(58)
3.2.2	泄漏物质扩散模型	(60)
	思考题	(68)
4	化工职业危害及其控制	(70)
4.1	职业卫生与职业病概述	(70)
4.1.1	职业卫生	(70)
4.1.2	职业病	(71)
4.2	工业毒物及职业中毒	(71)
4.2.1	常见工业毒物及其对人体的危害	(71)
4.2.2	工业毒物的毒性	(75)
4.2.3	最高容许浓度与阈值	(78)
4.3	生产性粉尘及其对人体的危害	(80)
4.3.1	生产性粉尘的概念、来源及分类	(80)
4.3.2	生产性粉尘对人体的危害	(80)
4.3.3	生产性粉尘的卫生标准	(81)
4.4	潜在职业危害的辨识	(82)
4.5	潜在职业危害的评价	(83)
4.5.1	通过监测对易挥发毒物的暴露进行评价	(83)
4.5.2	员工暴露于粉尘中的评价	(85)
4.5.3	员工暴露于噪声中的评价	(85)
4.6	职业危害的控制	(87)

4.6.1	个体防护	(87)
4.6.2	环境控制	(87)
	思考题	(88)
5	化工单元操作安全技术	(89)
5.1	物料输送	(89)
5.1.1	固体物料的输送	(89)
5.1.2	液体物料的输送	(90)
5.1.3	气体物料的输送	(93)
5.2	熔融和干燥	(95)
5.2.1	熔融	(95)
5.2.2	干燥	(96)
5.3	蒸发和蒸馏	(101)
5.3.1	蒸发	(101)
5.3.2	蒸馏	(103)
5.4	冷却、冷凝和冷冻	(106)
5.4.1	冷却和冷凝	(106)
5.4.2	冷冻	(107)
5.5	筛分和过滤	(111)
5.5.1	筛分	(111)
5.5.2	过滤	(112)
5.6	粉碎和混合	(113)
5.6.1	粉碎	(113)
5.6.2	混合	(113)
5.7	吸收	(114)
5.7.1	吸收操作概述	(114)
5.7.2	吸收操作运行安全条件分析	(116)
5.8	液-液萃取	(117)
5.8.1	萃取操作概述	(117)
5.8.2	萃取剂及其选择	(118)
5.8.3	萃取设备	(119)
5.8.4	萃取过程的安全控制	(120)
5.9	结晶	(122)
5.9.1	结晶操作概述	(122)
5.9.2	结晶过程机理分析	(123)
5.9.3	结晶方法介绍	(124)
5.9.4	结晶设备分类与选择	(125)

5.9.5	结晶过程安全控制	(126)
	思考题	(127)
6	化工常用特种设备安全技术	(128)
6.1	压力容器安全基础知识	(128)
6.1.1	压力容器的分类	(128)
6.1.2	容器的主要受压元件及安全附件	(129)
6.1.3	容器的破坏形式	(130)
6.2	锅炉	(131)
6.2.1	锅炉的分类	(131)
6.2.2	锅炉的常见事故及处理	(131)
6.2.3	锅炉的安全使用	(133)
6.3	气瓶	(135)
6.3.1	气瓶的分类	(135)
6.3.2	钢制气瓶的结构	(136)
6.3.3	气瓶的安全管理及使用	(138)
6.4	管道	(139)
6.4.1	化工管道分类	(139)
6.4.2	管道的操作、检查和检测	(140)
6.4.3	管道的安全防护	(142)
	思考题	(143)
7	化工腐蚀与防护	(144)
7.1	腐蚀定义及机理	(144)
7.2	腐蚀类型	(145)
7.3	腐蚀防护	(147)
	思考题	(148)
8	危险化学品事故应急救援	(149)
8.1	危险化学品的分类和性质	(149)
8.1.1	危险化学品的分类	(149)
8.1.2	危险化学品的性质	(149)
8.2	危险化学品事故	(154)
8.2.1	危险化学品事故定义、类型及分类	(154)
8.2.2	危险化学品事故特点	(156)
8.3	危险化学品事故应急救援知识	(157)
8.3.1	危险化学品事故应急救援的基本任务	(157)
8.3.2	危险化学品事故应急救援的基本形式	(158)
8.3.3	危险化学品事故应急救援的组织与实施	(159)

8.4 危险化学品事故现场救护技术	(163)
8.4.1 现场救护时伤情判断	(163)
8.4.2 心肺复苏术	(164)
8.4.3 止血术	(166)
8.4.4 包扎术	(168)
8.4.5 固定术	(175)
8.4.6 搬运	(176)
思考题	(178)
参考文献	(180)

1 绪论

1.1 化工生产与安全

1.1.1 化学工业发展背景

现代化学工业始于18世纪的法国,随后传入英国。19世纪以煤为基础原料的有机化学工业在德国迅速发展起来。但那时的化学工业规模不大,主要着眼于各种化学品的开发,而且当时的化工过程开发主要是由工业化学家率领、机械工程师参加进行的。到19世纪末20世纪初,石油的开采和大规模炼油厂的兴建为石油化学工业的发展和化学工程技术的产生奠定了基础,由此产生了以“单元操作”为标志的现代化学工业。

20世纪60年代初,新型高效催化剂的问世、新型高级装置材料的出现和大型离心压缩机的研究成功,标志着化工装置大型化进程的开始,从而把化学工业推向了一个新的高度。此后,化学工业过程开发周期缩短至4~5年,放大倍数达500~20000倍。化学工业过程开发就是把化学实验室的研究结果转变为工业化生产的全过程。它包括实验室研究、模拟、中试、设计、技术经济评价和试生产等许多内容,其核心内容是放大。由于化学工程基础研究的进展和放大经验的积累,特别是化学反应工程理论的迅猛发展,过程开发能够按照科学的方法进行。中间试验不再是盲目地、逐级地,而是有目的地进行。化学工业过程开发的一个重要进展是可以用电子计算机对化学过程进行模拟和放大。中间试验不再像过去那样只是收集产生的关联数据,而是可以对模型进行数学检验并设计试验结果。化学工业开发的趋势是,不一定进行全流程的中间试验,对一些非关键设备和很有把握的过程不必试验,有些可以用计算机在线模拟和控制来代替。

20世纪70年代后,现代化学工程技术渗入了各个加工领域,使生产技术面貌发生了显著变化。而且随着化学工业技术的发展,在给国民经济带来巨大效益的同时,也给环境、资源带来了很多问题,因此能源、原料和环保就成为新时期化学工业所面临的挑战,化学工业进入了一个更为高级的发展阶段。

在原料和能源供应日趋紧张的条件下,化学工业正在通过技术进步尽量减少其对原料和能源的消耗;为了满足整个社会日益增长的能源需求,化学工业正在努力提供新的技术手段,用化学的方法为人类提供更新、更多的能源;为了自身的发展,化学工业也在开辟新的原料来源,为以后的发展奠定丰富的原料基础;随着电子计算机的发展和应用,化学工业正在进入高度自动化的阶段;高新技术的应用也使化学工业生产效率有了显著

提高,并使其技术面貌发生了根本性的变化。新技术和新科技的应用,使化学工业对环境的污染得到了进一步的控制,并为改善人类的生产条件做出了新的贡献。

20世纪最后几十年,化学工业在世界范围内取得了长足发展,化学工业渗透到了各个领域。化学工业的发展在很大程度上满足了农业对化肥和农药的需要;塑料和合成橡胶已在材料工业中占据主导地位;医药合成不仅在数量上而且在品种和质量上都有了较大发展。化学工业的发展速度已经超过国民经济的平均发展速度,而且化工产值在国民生产总值中所占的比例不断增大,化学工业已发展成为国民经济的支柱产业。

目前我国的化学工业已经发展成为一个有化学矿山、化学肥料、基本化学原料、无机盐、有机原料、合成材料、农药、感光材料、国防化工、橡胶制品、助剂、试剂、催化剂、化工机械和化工建筑等十五个行业的工业生产部门。化工产品达 20 000 多种。由于化学工业所包括的种类繁多,而且具有易燃易爆、易引起中毒和腐蚀等性质,故化学工业在促进工农业生产、巩固国防和改善人民生活等方面发挥重要作用的同时,也面临着安全生产和环境保护方面的问题。化学工业应采用新的理论方法和新的技术手段保障生产安全和环境安全,做到安全生产和环境保护与化学工业同步发展,从而保障化学工业有序、安全的发展。

1.1.2 安全在化工生产中的重要地位

化工生产具有易燃易爆、易引起中毒和腐蚀、高温、高压等特点,与其他行业相比,化工生产潜在的不安全因素更多,危险性和危害性更大,因此,对安全生产的要求也更严格。

首先,安全是生产的前提条件。化工生产的特点决定了其有很大的危险性。一些发达国家的统计资料表明,在工业企业发生的爆炸事故中,化工企业占 1/3。随着生产技术和生产规模的扩大,化工生产安全已成为一个社会问题。一旦发生火灾和爆炸事故,不但会导致生产停顿、设备损坏,而且会造成大量人身伤亡,甚至波及社会,产生无法估量的损失和难以挽回的影响。例如,2013年5月20日,山东保利民爆济南科技有限公司发生特别重大爆炸事故,造成 33 人死亡、19 人受伤,直接经济损失 6 600 余万元。再如,2014年8月2日,江苏昆山中荣金属制品有限公司发生特别重大铝粉尘爆炸事故,造成 97 人死亡、163 人受伤,直接经济损失 3.51 亿元。

安全生产是化工生产发展的关键。装置规模的大型化、生产过程的连续化无疑是化工生产发展的方向,但要充分发挥现代化工生产的优势,必须安全生产,确保生产装置长期、连续、稳定、安全运行。2013年11月22日,位于山东省青岛经济技术开发区的中国石油化工股份有限公司管道储运分公司东黄输油管道泄漏原油进入市政排水暗渠,在形成密闭空间的暗渠内油气积聚遇火花发生爆炸,造成 62 人死亡、136 人受伤,直接经济损失 75 172 万元。因此安全生产已成为化工生产发展的关键问题。

此外,在化工生产中,不可避免地要接触大量有毒化学物质,如苯类、氯气、亚硝基化合物、铬盐、联苯胺等,极易造成中毒事件;同时这些物质也容易造成环境污染。

中国加入 WTO 后,各项工作都要与国际惯例接轨,化学工业面临的安全生产、劳动保护与环境保护等问题越来越引起人们的关注,这对化工生产安全管理人员、技术管理人员及技术工人的安全素质提出了越来越高的要求。如何确保化工安全生产,使化学工业能够持续健康地发展,是中国化学工业面临的一个亟待解决的重大课题。

1.2 化工生产及化工事故的特点

1.2.1 化工生产的特点

化学工业是指以工业规模对原料进行加工处理,使其发生物理和化学变化而成为生产资料或生活资料的加工业。而化工生产过程是指化学工业的一个个具体的生产过程,或者就是一个产品的加工过程。化工生产过程区别于其他生产过程的最明显的特征就是生产过程中发生了化学变化。

化学工业正逐步发展为一个多行业、多品种的生产部门,出现了一大批综合利用资源和规模大型化的化工企业。这些企业就其生产过程来说,同其他工业企业有许多共性,但在涉及产品、生产工艺要求和生产规模等方面又具有自己的特点,具体表现为以下四个方面。

(1) 化工生产涉及的危险品多

化工生产使用的原料、半成品和成品种类繁多,且绝大多数是易燃易爆、有毒、有腐蚀性的化学危险品。这对生产中这些原材料、燃料、中间产品和成品的贮存和运输都提出了特殊的要求。

(2) 化工生产要求的工艺条件苛刻

有些化学反应需要在高温、高压下进行,有的要在低温、高真空度下进行。如:在由轻柴油裂解制乙烯、进而生产聚乙烯的生产过程中,轻柴油在裂解炉中的裂解温度为 800 °C;裂解气要在深冷(-90 °C)条件下进行分离;纯度为 99.99% 的乙烯气体在 294 MPa 的压力下聚合,制成高压聚乙烯树脂。

(3) 生产规模大型化

近几十年来,国际上化工生产普遍采用大型生产装置。采用大型装置可以明显降低单位产品的建设投资和生产成本,有利于提高劳动生产率。因此,世界各国都在积极发展大型化工生产装置。当然,也不是说化工装置越大越好,这里涉及技术经济的综合效益问题。例如,目前新建的乙烯装置和合成氨装置大都稳定在 30~45 万 t·a⁻¹ 的规模。

(4) 生产方式日趋先进

现代化工企业的生产方式已经从过去的手工操作、间断生产转变为高度自动化、连续化生产;生产设备由敞开式变为密闭式;生产装置由室内走向露天;生产操作由分散控制变为集中控制,同时由人工操作发展为计算机控制,使正常情况下的安全生产有所保障。

1.2.2 化工事故的特点

1) 火灾、爆炸、中毒事故多且后果严重

我国 30 余年的统计资料说明,化工厂的火灾、爆炸事故死亡人数占因工死亡总人数的 13.8%,居第一位,中毒、窒息事故致死人数为总人数的 12%,居第二位,高空坠落和触电分别居第三、第四位。很多化工原料的易燃性、反应性和毒性本身就容易导致火灾、爆炸、中毒事故的频繁发生,而且多数化学物品对人体有害。生产中由于设备密封不严,特别是在间歇操作中泄漏的情况很多,容易造成操作人员的急性和慢性中毒。据化工部门统计,因一氧化碳、硫化氢、氮气、氮氧化物、氨、苯、二氧化碳、二氧化硫、光气、氯化钡、氯气、甲烷、氯乙烯、磷、苯酚、砷化物等 16 种物质造成中毒、窒息的死亡人数占中毒死亡总人数的 87.9%。而这些物质在一般化工厂中都是常见的。

2) 正常生产时事故发生多

据统计,正常生产活动时发生事故造成死亡的占因工死亡总数的近 70%,而非正常生产活动时仅占 10% 左右。正常生产时之所以事故发生多,主要有以下原因。

①化工生产中有许多副反应,有些机理尚不完全清楚。有些生产是在危险边缘如爆炸极限附近进行的,如乙烯制环氧乙烷、甲醇氧化制甲醛等,生产条件稍有波动就会发生严重事故。

②化工工艺中影响各种参数的干扰因素很多,设定的参数很容易发生偏移。参数的偏移是事故的根源之一,即使在启动调节的过程中也会产生失调或失控现象,人工调节更易发生事故。

③由于人的素质或人机工程设计欠佳,往往会造成误操作,如看错仪表、开错阀门等,特别是在现代化的大生产中,人是通过控制台进行操作的,发生误操作的机会更多。

3) 设备选材及加工是影响化工事故的重要因素

化工厂的工艺设备一般都是在严酷的生产条件下运行的。腐蚀介质的作用、振动、压力波动造成的疲劳、高低温对材质性质的影响等都是在安全方面应该引起重视的问题。化工设备的破损与应力腐蚀裂纹有很大关系。设备受到制造时的残余应力、运转时的拉伸应力的作用,在有腐蚀的环境中就会产生裂纹并发展长大,在特定的条件下,如压力波动,严寒天气就会发生脆性破裂,造成巨大的灾难性事故。制造化工设备时除了选择正确的材料外,还要用正确的加工方法。以焊接为例,如果焊缝不良或未经热处理则会使焊区附近的材料性能劣化,容易产生裂纹使设备破损。

4) 化工事故具有集中和多发期

化工生产常遇到事故多发的情况,给生产带来被动。化工装置中的许多关键设备、元件,特别是高负荷的塔、槽、压力容器、反应釜、经常开闭的阀门等,运转一定时间后,常会出现多发故障或集中发生故障的情况,这是由于设备进入了寿命周期的故障频发阶段。对于多发事故必须采取预防对策,加强设备检验,充实备品备件,及时更换使用到期的设备。

思考题

1. 化工生产的特点是什么?
2. 化工事故的特点是什么?
3. 为什么化工事故会出现集中和多发期?

2 化工火灾、爆炸及其控制

由于化工生产工艺复杂、反应条件苛刻(大多数反应是在高温、高压,甚至超高压条件下进行的),加之原物料、中间产物及产品大多为易燃、易爆物质,反应过程中稍有操作不慎就会引发火灾和爆炸事故。一旦发生火灾、爆炸事故,会造成严重的后果。因此研究燃烧和爆炸的基本原理,掌握化工火灾、爆炸事故发生的一般规律,对预防此类事故的发生具有十分重要的意义。

2.1 典型火灾、爆炸的类型与特点

1) 典型火灾、爆炸的类型

化工生产过程中发生的火灾、爆炸事故主要有泄漏型火灾及爆炸事故、燃烧型火灾及爆炸事故、自燃型火灾及爆炸事故、反应失控型爆炸事故、传热型蒸气爆炸事故和破坏平衡型蒸气爆炸事故六种。

(1) 泄漏型火灾及爆炸事故

泄漏型火灾及爆炸事故是指处理、储存或输送可燃物质的容器、机械或其他设备因某种原因发生破裂而使可燃气体、蒸气、粉尘泄漏到大气中(或外界空气吸入负压设备内),达到爆炸浓度极限时遇点火源所发生的火灾和化学性爆炸。在泄漏口处及地面上泄漏的液体或粉尘往往只发生火灾。醋酸生产过程中常见的一氧化碳气体泄漏爆炸事故就属此类事故。

(2) 燃烧型火灾及爆炸事故

燃烧型火灾及爆炸事故是指可燃物质在某种火源作用下发生燃烧、分解等化学反应而导致的火灾和化学性爆炸。在敞开式或半敞开式空间中,可燃物质燃烧后产生的气体和压力能够向大气中释放,所以不会发生爆炸,而只发生火灾。在密闭容器中,可燃物质被点火源点燃后发生燃烧或分解等反应,产生的大量气体在反应热的作用下体积急剧膨胀,从而使容器内的压力迅速升高,当超过容器的耐压极限强度时,则会使容器破裂发生爆炸。在较为密闭的建筑物内,如充满可燃气体、蒸气或悬浮着可燃粉尘,达到爆炸浓度极限范围,遇点火源也会发生这种燃烧型化学性爆炸。某些易分解气体和炸药等爆炸性物质,在开放空间中或密闭容器内,被点火源点燃后都会发生这种燃烧型化学性爆炸。另外,输送高压氧气的铁制管路和阀门在一定条件下与氧化合,也会发生剧烈燃烧,导致此类火灾和爆炸。

(3) 自燃型火灾及爆炸事故

自燃型火灾及爆炸事故是指某些物质由于发生放热反应、积蓄反应热量引起自行燃烧而导致的火灾和化学性爆炸。通常,在敞开式或半敞开式的容器或空间发生的自燃,大多会导致火灾;在密闭容器或空间发生的自燃,因反应压力急剧上升则容易使容器破裂,造成爆炸。

(4) 反应失控型爆炸事故

反应失控型爆炸事故指某些物质在化学反应容器内进行放热反应时,反应热量没有按工艺要求及时移出反应体系外,使容器内温度和压力急剧上升,当超过容器的耐压极限强度时,则会使容器破裂,导致物料从破裂处喷出或容器发生爆炸。这类爆炸可认为是物理性爆炸,但是当物料的温度超过其自燃点时,则会在容器破裂或爆炸后发生燃烧反应,瞬间变成化学性爆炸。发生这类爆炸的化学反应大致有聚合反应、氧化反应、酯化反应、硝化反应、氯化反应、分解反应等。

(5) 传热型蒸气爆炸事故

传热型蒸气爆炸事故是指低温液体与高温物体接触时,高温物体的热量使低温液体瞬间由液相转变为气相而发生的爆炸。这类爆炸主要有水接触高温物体(如铁水、炽热铁块、高温炉等)发生的水蒸气爆炸。常温的水全部变成水蒸气体积会膨胀 1 700 倍以上,这种急剧的膨胀会造成人员伤亡或设备破坏。另外,当液态甲烷倒入液态丁烷、液态丙烷倒入液氮、液态丙烷倒入约 70 ℃ 的水中时,也会发生这种传热型蒸气爆炸。传热型蒸气爆炸属于物理性爆炸,一般不会造成火灾。但液态甲烷、丙烷等可燃气体发生蒸气爆炸时,会与空气形成爆炸性混合气体,有引发化学性爆炸及火灾的危险;水蒸气爆炸也可能损坏机械设备、电气设备等,间接引起火灾。

(6) 破坏平衡型蒸气爆炸事故

破坏平衡型蒸气爆炸事故是指密闭容器中盛有在高压下保持蒸气压平衡的液体,当容器与气相部分接触的壳体因材质劣化、碰撞等原因出现裂缝时,高压蒸气泄漏,使容器内的压力急剧下降,从而破坏了气液平衡状态,液体因而处于不稳定的过热状态,大量过热液体迅速汽化,导致压力剧增,使容器裂缝扩大或破裂成碎片,容器内的液体大量喷出,由液相瞬间变成气相而呈现的蒸气爆炸现象。这种破坏平衡型蒸气爆炸属于物理性爆炸。但是,若容器内的液体是可燃性液体,喷出的液体变成蒸气后,与空气形成爆炸性混合气体,遇点火源便会发生化学性爆炸或大面积火灾。常温的液化石油气火车槽车、汽车槽车因撞车、脱轨等原因会发生这类蒸气爆炸。在火场上受到烘烤加热的易燃、可燃液体贮罐以及有较高压力的液体贮罐或反应器等,若容器上因某种原因有裂缝存在,也会发生这种破坏平衡型蒸气爆炸。

2) 典型火灾、爆炸的特点

(1) 突发性强

很多火灾、爆炸事故是在人们生产、生活的场所内突然发生的且发生地点有很大的偶然性,人们往往始料未及。同时,灾害事故发展迅速,来势凶猛,可波及的区域很广,进

一步扩展方向的随机性大,能够在很短的时间内产生很大的破坏作用。

(2) 易形成连锁灾害

所谓连锁灾害是指一种灾害发生后,又引起若干其他灾害出现的现象。火灾与爆炸就是两种密切相关的灾害。爆炸引起火灾或火灾中发生爆炸是石化企业事故的显著特点。这些企业所用的原料、产生的中间产品及最终产品多数具有易燃易爆特性,生产环境中存在易燃易爆的物质,如果具备了点燃引爆的条件,就会发生爆炸,导致火灾,火灾又引起爆炸。火灾、爆炸事故还会引起有毒有害物质泄漏,进而造成环境污染。例如,2005年11月13日,中国石油天然气股份有限公司吉林石化分公司双苯厂硝基苯精馏塔发生爆炸,造成8人死亡,60人受伤,直接经济损失6908万元,并引发松花江水污染事件。

(3) 流淌性、立体性火灾多

可燃易燃液体易流动,当其从设备内泄漏时,便会四处流淌,如遇明火极易发生火灾。由于生产企业存在易燃易爆物质流淌扩散性、生产设备布置密集性和企业建筑构造互通性的特点,一旦初起火灾控制不住,火势就会上下左右迅速扩展而形成立体性火灾。

(4) 损失严重

一旦发生火灾、爆炸事故,除了造成巨大的人员伤亡、财产损失和基础设施破坏外,还会造成生产经营系统和社会经济正常秩序的混乱。不仅会对事故现场的设施、设备造成毁灭性的破坏,还会损坏所在区域的供电、供水、交通等基础设施。

2.2 燃烧的相关概念及特征参数

2.2.1 燃烧的相关概念

1) 燃烧或火灾

燃烧是可燃物质与氧化剂发生的一种发光发热的氧化反应。按电子学说,在化学反应中,失去电子的物质被氧化,称为还原剂;得到电子的物质被还原,称为氧化剂。所以,氧化反应并不限于同氧气的反应。例如,氢气在氯气中燃烧生成氯化氢,并伴有光和热的发生,可以称之为燃烧;金属和酸反应生成盐虽然属于氧化反应,但因其没有同时发光发热,所以不能称为燃烧;灯泡中的灯丝通电后同时发光发热,但因其不是氧化反应,所以也不能称为燃烧。只有同时发光发热的氧化反应才被界定为燃烧。火灾是失去控制的燃烧。

2) 闪燃及闪燃点

任何液体的表面都有蒸气存在,其浓度取决于液体的温度。可燃液体表面的蒸气与空气形成的混合可燃气体,遇到明火以后,只出现瞬间闪火而不能持续燃烧的现象叫闪燃。发生闪燃时液体的最低温度叫闪点。

由定义可知,闪点是对可燃液体而言的,它是评价可燃液体危险程度的重要参数之