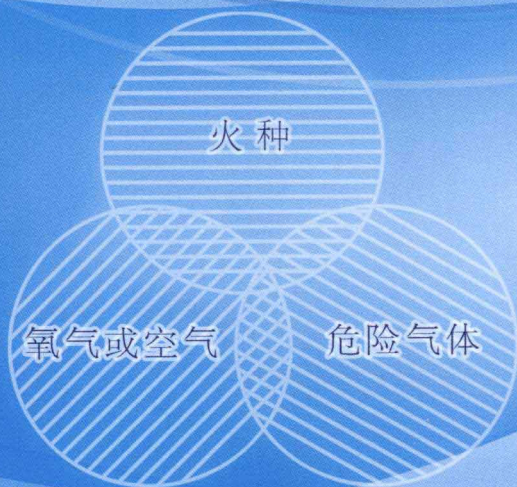


安全防**爆**

ANQUAN FANGBAO

吴九辅◎编著



石油工业出版社

安 全 防 爆

吴九辅 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书全面讲述了安全防爆的基础知识和理论,包括安全度的评价、爆炸三要素的特性与掌控、爆炸过程的影响因素、危险区域和场所的划分,提出了防爆、防燃烧的措施及安全保证。

本书理论性、系统性、工程性、实用性很强,是有关科研设计人员、管理人员、领导干部、涉危从业人员,特别是安全专业人员重要的参考书和工具书。本书也可供高等院校高年级学生、研究生、教师参考。

图书在版编目(CIP)数据

安全防爆/吴九辅编著.

北京:石油工业出版社,2011.8

ISBN 978-7-5021-8360-8

I. 安…

II. 吴…

III. 防爆

IV. X932

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第052249号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010)64523579 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2011年8月第1版 2011年8月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:21.75

字数:557千字

定价:78.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

安全防爆事关人的生命,财产和生产安全,社会的安危和稳定,是人类一切活动的重中之重。

随着人们生活水平的逐步提高,新技术、新材料、新工艺的不断推出,在不断地满足着人们对提高物质生活追求的同时,也产生了新的生产、生活环境,其中有些情况会引起爆炸和不安全的问题。在生活中为了保证人身安全、财产和生产的安全,提高全民的安全防范意识,及时探索新技术,掌握新材料、新工艺的安全性质,杜绝或减少爆炸事故的发生,防止事故的蔓延和扩大,是摆在各级政府面前的重要任务,同时也给安全防爆科技工作者提出了新的课题。

《中华人民共和国安全生产法》的颁布实施,与之相关的配套法规、标准等相继发布,为安全工作造就了良好的法制环境。

当代社会,由于人们生产活动、生活所接触到的生产资料、生活物资已经逐步从原始进入现代,而且有很大一部分是易燃易爆和可燃物质,应用的范围也非常广泛,可以说凡有人类的地方就有危险物质的存在。石油石化更是防爆的要害部门,普及和提高防爆技术,加强对易燃易爆物质进行有效的管理和控制,科学地使用、加工、运输和储存危险物品,特别是危险石油石化产品,合理安全使用电能,防止火灾,防止爆炸事故发生,减少事故损失和蔓延,重视预防控制,有相当重要的作用。

安全的重要性是人人皆知的道理,但是要保证安全是一件非常不容易的事。在现代社会生产、生活中,由于社会的需求生产着各式各样的产品,因此,在其生产过程中,无论是原材料、中间产品以及生产过程和设备都可能会有危险存在,不加控制防范就会造成人员伤亡和巨大的财产损失,给社会、家庭带来巨大灾难。近几年我国及世界上出现的事故,每年重大事故有上千起,有的一次事故就死亡上百人。其中,最重要的灾害就是爆炸。从统计数字看,爆炸占事故 50% 以上,因此,要生产、生活就必须安全,安全必须防爆。

本书共分为 9 章。第 1 章讲述了安全防爆的严峻形势和重要性;第 2 章讲述安全防爆的基础知识和理论,介绍了危险性、安全度的评价,“三鱼争头”的安全度评价方法,爆炸原理,爆炸要素,防爆基本概念与理论等;第 3 章、第 4 章、第 5 章以形成爆炸的三要素为基线,对危险气体、危险物质、火种、空气(确切地讲是氧及氧化剂)的特性及其引爆机理、防护原理、掌控方法都做了详细的论述;第 6 章讲述爆炸过程的影响因素,对容器、特殊容器内的气体、可燃粉尘的爆炸影响因素做了详细的论述;第 7 章介绍了危险区域场所的划分;第 8 章从规避爆炸三要素出发,以爆炸的三个状态阶段分别论述防保措施;第 9 章介绍了危险场所的电气设计、安装、检修、维护的专业要求和规范。

由于仪表与自动化系统是现代工程,生产过程及日常生活中监控危险环境的有效技术工具,其应用得正确与否直接关系到安全防爆的成败。所以,本书对仪表与自动化系统的防爆也做了较为详细的介绍。

为使广大读者使用方便,本书附录介绍了中外工厂用电气防爆标志简明对照、中外认证机构及标准(规范)、工业混合气和焦油产品的安全技术参数,从而使本书还可以兼作工具书使用。

本书已酝酿了十几年,积累了多年的资料,在成书过程中,对安全防爆认识也不断加深。纵览国内外一些有关防爆书籍,大都是一些论文文献单项成果的罗列,尽管单篇研究水平很高,但融通性、系统性、目的性不能令人满意,不能起到纲举目张、开门见山的作用。所以本书想尽量克服这些问题,以防爆为目的,以爆炸要素为支点,以基本概念理论为基础,希望目的明确,应用方便,解决当前防爆工程中的实际问题,服务于国家建设和人民生活。

防爆具有鲜明的法律性、时效性、系统性、组织性、严肃性。为了达到防爆的目的,防爆技术只是基础,但是它必须在极切重视,极端认真,严肃管理,分工明确,责任到位,奖惩严厉,慎之又慎的软环境下才能实现,才能使爆炸危险处在很低的概率下。每个与防爆有关的领导、科技人员、工作人员、企业老板都应激励起人的良知、良心、人性、禅善,来对待安全防爆事业。想一想,每一次爆炸造成惨痛悲剧,都会引起我们阵阵剧痛,一个个鲜活的生命,一个家庭的顶梁柱,一个强健的父亲,一个完好的设施几乎是瞬间灰飞烟灭,仿佛听到了年幼的孩子的哭泣,触到了一个正当年的妻子的昏厥倒地,看到了年迈的老人失望,涩滞的目光……也正是这些,使我有一种责任感,一种良知的火焰在心中燃烧,尽管年近花甲,体力欠佳,也要尽快将此书出版。希望本书发挥它应有的作用。

参加本书编著的人员有新疆油田的赵美刚高级工程师,长庆油田的刘贵喜高级工程师,吉林油田采油工艺研究院的陈多聪工程师,西安石油大学的王跃龙、郭颖娜副教授,研究生闫亚妮,中国石油集团测井有限公司的李爱玲、孙自科,胜利油田的许士真高级工程师,长庆油田运输公司的王瑞工程师,大庆油田的王秋艳、贾娟、曾晟工程师。本书得到了全国防爆电器设备标准化技术委员会秘书处的大力支持,在此表示深切的谢意。

本书在编著过程中,部分物理量引用、保留了原参考资料的单位,以方便读者查阅、参考、对照国内外有关技术资料。

由于本人水平和对问题的理解有限,书中难免有很多不足之处,敬请读者、专家给予指正。

吴九辅

2010年10月于古都西安

目 录

第 1 章 安全防爆的重要意义	(1)
1.1 安全防爆的严峻形势	(1)
1.2 国家对防爆安全的重视	(6)
第 2 章 安全防爆的基本知识及理论	(11)
2.1 爆炸的基本概念	(11)
2.2 安全度与危险度	(14)
2.3 “三鱼争头”理论	(15)
第 3 章 危险气体的掌控	(19)
3.1 危险气体的检测	(19)
3.2 危险气体的安全参数	(27)
3.3 安全参数综述	(49)
第 4 章 引火源的掌控	(51)
4.1 引火源的分类	(51)
4.2 燃烧源	(51)
4.3 温度	(53)
4.4 机械火花	(53)
4.5 电点燃能量	(54)
4.6 静电	(57)
4.7 天电	(67)
4.8 雷闪	(69)
4.9 着火	(76)
4.10 间接危险区内的点燃危险	(77)
第 5 章 空气环境的掌握	(78)
5.1 大气结构	(78)
5.2 大气气体成分	(81)
5.3 大气电离源和电离率	(86)
5.4 大气电场	(89)
5.5 大气的电导率、电荷和电流	(91)
5.6 高海拔地区恶劣环境下电气设备及对安全、防爆的影响	(96)

5.7	大气环境的防爆惰化	(99)
第6章	爆炸过程的影响因素	(106)
6.1	概述	(106)
6.2	密闭容器内的爆炸	(106)
6.3	特殊容器——管道内的爆轰	(133)
第7章	危险区域场所的划分	(142)
7.1	区域的划分	(142)
7.2	危险区	(143)
7.3	直接着火危险区	(152)
7.4	间接危险区	(153)
7.5	爆炸危险场所分级示例	(154)
第8章	安全防爆措施	(161)
8.1	概述	(161)
8.2	防爆措施简述	(161)
8.3	常用的危险环境的防爆电气设备	(167)
8.4	预防性防爆措施	(194)
8.5	爆炸时或爆炸后的防护措施	(207)
8.6	仪表与系统防爆	(226)
第9章	爆炸危险场所电气设备	(234)
9.1	爆炸危险场所电气设计和安装	(234)
9.2	爆炸危险场所电气安装的验收	(238)
9.3	防爆电气安装(设备和电装)的检查和维修	(239)
9.4	防爆电气产品的修理、大修和改造	(247)
9.5	火灾危险场所电气设备	(256)
参考文献	(258)
附录	(260)
附录1	中外工厂用电气防爆标志简明对照	(260)
附录2	中外认证机构及标准(规范)	(263)
附录3	工业混合气、石油和焦油产品的安全技术参数	(268)
附录4	石油化工产品的安全技术参数	(277)

第 1 章 安全防爆的重要意义

安全的重要性人人皆知,但要保证安全却不是一件容易的事。在现代社会生产、生活中,由于社会的需求,生产着各式各样的产品。在其生产过程中,无论是原材料、中间产品以及生产过程和设备都可能会有危险存在,不加控制防范就会造成人员伤亡和巨大的财产损失,给社会、家庭带来灾难。从统计数字看,在安全事故中,爆炸占事故的 50% 以上。因此,要保证生产、生活安全,必须做好安全防爆和控制。

1.1 安全防爆的严峻形势

1.1.1 国内重大爆炸事件

近 30 年来,随着我国经济的飞速发展,爆炸火灾损失也呈上升趋势,但近年来爆炸发生次数已趋平稳。在 1992 年至 1995 年期间,爆炸火灾发生次数比较平稳,但爆炸直接经济损失却增加很快,其原因是由于这一期间发生几次特大火灾爆炸所造成,如新疆克拉玛依友谊宾馆爆炸、辽宁阜新艺苑歌舞厅爆炸,均造成几百人死亡。1987 年哈尔滨亚麻厂亚麻尘爆炸,使 $1.3 \times 10^4 \text{m}^2$ 厂房受到破坏,189 台套设备被摧毁,造成 58 人死亡,65 人重伤,112 人轻伤,经济损失 881 万元;1991 年东北某化工厂相当于 30t 三硝基甲苯的炸药爆炸事故,硝化车间全部炸毁,附近厂房、电厂等均遭不同程度破坏,造成 17 人死亡,107 人受伤,直接经济损失 2000 多万元;1993 深圳清水河化学危险品仓库化工品爆炸火灾事故是我国财产损失最大的一次,造成 15 人死亡,200 多人受伤,直接经济损失达 2.5 亿元;还有近些年煤矿多次瓦斯爆炸事故(表 1-1),石化部门爆炸(表 1-2),这些特大恶性爆炸,在国内外都引起强烈反响。因此,必须采取切实有效的措施抑制爆炸事故发生^{[1][2]}。

表 1-1 近年煤矿爆炸事故概览

时间	地点	死亡人数	情况概述
2009 年 5 月 30 日	重庆綦江	30 人	重庆市綦江县境内的重庆松藻矿务局同华煤矿 2009 年 5 月 30 日上午 11 时许发生一起特大瓦斯爆炸事故,导致 30 人死亡
2009 年 2 月 22 日	山西太原	77 人	2009 年 2 月 22 日凌晨 2 时,山西焦煤集团西山煤电屯兰煤矿发生瓦斯爆炸事故,当班入井 436 人,其中 340 人升井,井下被困 96 人,此次事故已造成 77 人遇难
2008 年 6 月 13 日	山西孝义	34 人	2008 年 6 月 13 日 11 时左右,山西省吕梁市孝义安信煤业有限公司主井底发生爆炸事故,造成 34 人死亡
2007 年 12 月 6 日	山西洪洞	105 人	2007 年 12 月 6 日零时左右,山西临汾市洪洞县原新窑煤矿发生瓦斯爆炸事故,105 人遇难,15 人获救,初步判断系煤尘爆炸
2007 年 3 月 28 日	山西临汾	26 人	2007 年 3 月 28 日 11 时 30 分左右,山西省临汾市尧都区一平垣乡余家岭煤矿发生瓦斯爆炸,当时井下有 106 人作业,事故发生后有 80 人安全脱险,死亡 26 人

续表

时间	地点	死亡人数	情况概述
2006年10月10日	安徽谢桥	0人	2006年10月10日7时45分,淮南矿业集团谢桥煤矿发生一起冒顶事故,8名矿工被困井下
2006年9月13日	山西大同	1人	2006年9月13日12时10分,大同市矿区姜家湾街道办事处所属大南沟煤矿井下发生一氧化碳中毒事故,当时井下共有45人作业
2005年11月27日	黑龙江七台河	171人	2005年11月27日21时22分,龙煤矿业集团有限责任公司七台河分公司东风煤矿发生一起特别重大煤尘爆炸事故,死亡171人,伤48人
2005年7月11日	新疆阜康	83人	2005年7月11日,阜康神龙有限责任公司煤矿发生特大瓦斯爆炸事故,当时在井下作业的87名矿工中仅有4人生还
2005年3月19日	山西朔州	72人	2005年3月19日12时15分,朔州市平鲁区细水煤矿发生特大瓦斯爆炸,爆炸波及相邻的康家窑煤矿,当时上报被困人数为69人,后核查为71人,最终确定72名矿工被困并全部遇难
2005年2月14日	辽宁孙家湾	214人	2005年2月14日下午3时左右,阜新矿业集团孙家湾煤矿发生瓦斯事故
2004年11月28日	陕西陈家山	166人	2004年11月28日陈家山煤矿特大瓦斯爆炸事故共造成166名矿工遇难
2004年11月20日	河北沙河	65人	2004年11月20日,河北沙河市白塔镇二铁矿火灾事故,被困的116名矿工,有51人生还,65人遇难
2004年10月20日	河南大平	148人	2004年10月20日,河南省郑州煤业集团公司大平煤矿发生一起特别重大瓦斯爆炸事故,造成148人死亡,32人受伤
2003年11月14日	江西丰城	49人	2003年11月14日上午11时45分,江西建新煤矿这家有中国“江南一枝花”之誉的国有煤矿发生特大瓦斯爆炸,造成49位矿工遇难

表1-2 石化部门爆炸情况表(不完全统计)

序号	时间	发生单位	情况
1	2005年11月13日	吉林石化公司	吉林石化苯胺装置发生爆炸事故
2	2006年5月30日	兰州石化公司	爆炸4死11伤,居民担心污染
3	2006年6月29日	兰州石化公司	死1人伤10人,炼油厂一套气体分馏装置换热器头盖发生泄漏,引发爆炸
4	2007年1月16	广州石化炼油厂	污水回收罐进行检修,施工时连续两次爆炸,并燃大火造成1死1伤
5	2007年2月16日	兰州石化公司	合成橡胶厂一车间发生闪爆,6人受伤
6	2007年3月15日	山西临猗化工厂	存放有亚次氯酸钠的仓库突然发生爆炸,造成1死3伤
7	2008年6月4日	广州石化附近	乙炔气瓶连环爆炸,2死1失踪
8	2008年9月14日	辽阳石化公司	爆炸造成1人死亡,2人失踪,并有多人受伤
9	2009年1月7日	兰州石化303厂	兰州石化303厂一毫秒炉装置发生燃烧爆炸,事故造成2人死亡,20多人受伤
10	2009年12月14日	北京东方石化	炭黑水罐在地面突然爆炸

国内在 20 世纪 90 年代的火灾爆炸有下述特点。

1) 火灾爆炸发生地点

从我国十个省市火灾爆炸损失比较,以广东、浙江两省最为突出。以 1993 年为例,广东省火灾爆炸损失 3.5 亿元,占全国损失 11 亿元的 32%。在全国发生的 146 起特大火灾爆炸中,广东 26 起,占 18%,这是由于广东经济高速发展,而火灾爆炸的防范意识与防范能力低下所致。

2) 火灾爆炸发生原因与损失的关系

资料分析表明,主要是电器爆炸,违反安全操作规定和生活用火不慎所造成,这三种原因造成的火灾爆炸损失占火灾爆炸总损失的 70%。

3) 火灾爆炸发生场所

统计资料表明,特大火灾中的 54% 发生在公共活动场所,如商场、歌舞厅、宾馆、饭店、集贸市场等。这是由于这些场所可燃物集中,现代化电气设备急增,建筑物防灾抗灾能力较弱,消防设施不足,消防水源严重缺乏,加上人们在主观上火灾安全知识缺乏、意识淡薄、消防管理制度不健全、有法不依、官商勾结、贪腐渎职所致。

1.1.2 国外存在的严重问题

随着社会经济的高速发展,工业爆炸事故所造成的损失呈上升趋势。例如,1974 年英国夫利克斯保罗(FliXborough)化工厂发生的环己烷蒸气云爆炸事故,死亡 28 人,受伤 89 人,损坏房屋 2450 栋,直接经济损失达 700 万美元;1976 年意大利的塞韦索工厂和曼福莱多尼亚工厂发生大量毒物泄漏事故。塞韦索工厂的环己烷泄漏使 30 人受伤,22 万人疏散;1984 年墨西哥城液化石油气供应中心站发生爆炸,事故中约有 490 人死亡,4000 多人受伤,另有 900 多人失踪,120 万人撤离家园,供应站内所有设施毁损殆尽;1988 年英国北海石油平台因天然气压缩间发生大量泄漏而大爆炸,在平台上工作的 230 余名工作人员只有 67 人幸免于难,使英国北海油田减产 $120 \times 10^4 \text{t}$;1984 年 12 月 3 日印度博帕尔联合碳化公司发生 55t 甲基异氰酸酯泄漏事故,造成 2500 多人中毒死亡,20 余万人中毒,其中 5 万人失明,全世界为之震惊;1989 年 10 月 23 日,美国得克萨斯石油化工聚氯乙烯设备中异丁烷泄漏爆炸,经济损失达 7.3 亿美元;1989 年 6 月 3 日,俄罗斯乌法液化天然气输送管道泄漏,引起可燃气体云爆炸,爆炸能量相当于 10000tTNT 当量,死亡 645 人。这些震惊世界的惨祸,在社会上引起了强烈的反响,世界各国都成立了专门的机构,以加强对危险源的评价和控制工作。专家们预言,在石油、化工和交通运输等行业开展定量风险评价是今后的一个必然趋势。表 1-3 是日本 1972—1991 年 20 年间重大工业灾害事故的统计,可以看出爆炸事故在重大工业灾害中占有相当大的比例^[3]。

表 1-3 日本工业重大灾害统计

年份	重大灾害数次	爆炸数次	火灾数次	年份	重大灾害数次	爆炸数次	火灾数次
1972	357	78	27	1982	174	20	20
1973	331	64	19	1983	210	30	16
1974	272	32	16	1984	184	18	8
1975	276	37	19	1985	141	12	12

续表

年份	重大灾害次数	爆炸次数	火灾次数	年份	重大灾害次数	爆炸次数	火灾次数
1976	275	35	21	1986	146	13	8
1977	246	36	20	1987	165	23	8
1978	261	33	13	1988	188	16	21
1979	210	28	19	1989	182	23	6
1980	186	24	19	1990	185	20	8
1981	204	17	14	1991	196	15	13

1.1.3 防爆对人类生命财产安全的重大意义

爆炸事故具有很大的破坏作用,工业企业发生爆炸事故,会造成严重的后果。因此,认真研究爆炸的基本知识,掌握这类事故的一般规律,采取有效的防火防爆措施,对发展国民经济具有非常重要的意义。

1) 保护劳动者和广大人民群众的人身安全

发生火灾和爆炸事故不仅会造成操作者伤亡,而且还会危及在场的其他生产人员,甚至会使周围的居民遭受灾难。工厂企业做好防火防爆工作,对保护生产力、促进生产发展的意义是显而易见的。安全是以人为本的最基本的,最高的体现。

2) 保护国家财产

爆炸事故后往往是设备毁坏,建筑物倒塌,大量物质化为乌有,使国家财产蒙受巨大损失,所以防爆是实现工矿企业安全生产的必要条件。发生爆炸往往会打乱工矿企业的正常生产秩序,严重时甚至迫使生产停顿。

3) 加强防爆理论研究

众所周知,石油化工安全、锅炉安全、压力容器安全、电气安全和焊接安全,还有煤矿、炼油、冶金以及建筑等也都需要在防爆理论指导下,研究采取有效措施,防止爆炸事故的发生。

1.1.4 石油化工是防爆安全的要害部门

1) 安全生产是石油化工生产的前提条件

石油化工生产具有易燃、易爆、有害有毒、腐蚀性强、生产工艺复杂、操作条件苛刻等特点,因此与其他行业相比较,石油化工生产的危险性更大。例如,1979年孟加拉乔塞化肥厂,由误开阀门造成大爆炸,死亡15人,经济损失达6亿美元。设备故障可引起全厂性毁灭,如1979年某市液化石油气厂,因球罐材质问题使钢板发生破裂而爆炸起火,厂内全部生产设施被毁坏,死亡32人,重伤55人,直接经济损失达620万元。由于对设备管理使用不善造成严重危害,如1979年中国某市电化厂氯气车间液氯钢瓶充装前没有清洗检查,致使钢瓶内发生化学反应,压力剧增而突然爆炸,造成职工和居民死亡共59人,中毒住院治疗799人,门诊治疗200多人,直接经济损失达49万元。根据有关部门对一些石油化工企业的调查,最近几年共发生火灾事故185起,其中违章动火、厂内吸烟和汽油清洗设备零件引起的有74起,占40%;技术水平低,误操作引起的有47起,占25.4%;设备腐蚀、管线冻裂引起的有17起,占9.2%;雷击静电引起的有28起,占15.1%;职工素质差、仪表失灵引起的有19起,占10.3%。由上

述列举的事例,充分说明离开了安全生产这个前提条件,石油化工生产就难以正常进行。

2) 石油化工生产特点

(1) 原材料、产品种类繁多,状态多变,火灾爆炸危险性大。统计资料表明,石油化工生产所涉及的原料、中间体和产品有 400 万余种,其中绝大多数具有易燃易爆、有毒有害、腐蚀性强等特点。例如,油田气、炼厂气、天然气、煤气、液态烃等都是燃点低、爆炸下限低、最小引燃能小的物质,极易引燃爆炸。原油及其产品、各种烃类、树脂等也都是易燃易爆物质。而且生产中所使用的物料及其产品状态多变,气、液、固、气液、气固、液固、气固液等各种状态都可能存在。加之温度、压力、物料流速及流量等操作控制条件的诸多变化,使其生产过程具有较大的火灾爆炸危险性。

(2) 生产设备类型多样,结构繁简不一,动态设备与静态设备并存。动态设备主要有各种油泵、水泵、压缩机、风机、真空泵、粉碎机、研磨机等。静态设备主要有各种塔、器、釜、罐、炉、管线等。就设备结构而言,不同种类设备结构不同,同种类设备结构也千差万别。例如,塔设备按其功能不同有精馏塔、吸收塔、萃取塔、中和塔等;设备按其功能不同有反应器、换热器、缓冲器等;泵按其原理不同有离心泵、往复泵、旋转泵和液体作用泵等。

工艺控制参数苛刻,生产操作严格。石油化工生产为了提高设备的单机效率和产品的收率,缩短产品生产周期,获得最佳经济效益,许多工艺都在高温、高压、高速、低温、低压、临界甚至超临界状态下进行,工艺参数前后变化大,要求苛刻,控制严格。这也就增大了生产的火灾爆炸危险。

现代化的工业向大型化、集约化、自动化方向发展,生产装置规模大型化,物料处理量大,产品产率高。装置规模大型化,能显著降低单位产品的建设投资和生产成本,提高企业的劳动生产率,降低能耗,提高经济效益。因此,物料处理量大、产品产量高、装置规模大型化是现代石油化工生产的显著特点。目前,我国炼油生产装置最大加工能力已达到 $800 \times 10^4 \text{ t/a}$, 乙烯生产装置规模已达到 $45 \times 10^4 \text{ t/a}$, 并即将扩建到 $100 \times 10^4 \text{ t/a}$ 的更大规模,合成氨生产装置规模已达到 $35 \times 10^4 \text{ t/a}$ 以上。装置的大型化有效地提高了生产效率,但规模越大,存储的危险物料越多,潜在的火灾爆炸危险性越大,事故后果越严重。

3) 石油化工企业发生火灾、爆炸事故损失重大

装置规模的大型化,生产过程的连续化充分体现了石油化工生产的优势,装置规模大,装置内存的物料量越大,发生火灾、爆炸事故造成的损失也越大,停产一天的损失也越大。年产 $30 \times 10^4 \text{ t}$ 的合成氨装置每停一天,就少生产合成氨 1000t。开、停车频繁,不仅经济上损失大,丧失了装置大型化的优越性,而且装置本身的损坏也严重,发生事故的可能性也大。

装置大型化,一旦发生事故,其后果更严重,对社会的影响更大。例如,1973 年南非一家化肥厂一台容量仅 50t 液氨储罐发生爆炸,38t 液氨外泄,氨云波及范围直径为 150m,高 20m,造成 82 人伤亡;1978 年西班牙达拉琴诺附近的海岸公路上,43t 的丙烯罐车由于过量灌装和太阳曝晒而发生爆炸燃烧,死亡 200 人;1980 年 1 月伊朗一家石油精制工厂新投产的乙烯装置发生大火,影响了该国化学工业的聚乙烯和聚氯乙烯装置的生产;同年,比利时一家化工厂发生火灾,导致连续三次爆炸,致使氰化钠逸出,附近 3500 余人不得不紧急避难,12 名消防人员负伤。

近年来,中国石油化学工业获得了很大发展。目前已经拥有一大批现代化技术型石油化工企业,但也有一小部分企业是由小厂、老厂改造发展起来的。根据有关部门统计,一些石油

化工企业 35 年来共发生各类事故 5899 起,给人民生命财产带来了重大损失。

总之,石油化工企业的重大灾害事故造成人员伤亡,引起生产停顿,供需失调,社会不安。安全生产已成为石油化工企业发展的关键问题。

1.2 国家对防爆安全的重视

1.2.1 国家设置完善安全管理机构

国家的安全管理机构进行垂直设置。国家设置一个最高级安全监察部门,然后再在各个省设置下一级安全监察部门,然后是市级,在各地市的工矿企业分别设置自己的安全科即安全监察部门,县级也要设置安全监察部门,其中县级与工矿企业同级别。各级安全监察部门都受到上一级的安全监察部门的监管。国家制定相应的法律规定,保证所有各工矿企业都设置有主管安全的专门机构或科室,负责对工矿企业进行全面的安全监察工作。对工矿企业的安全管理机构进行双线管理,即各厂级的安全监察部门同时由工矿企业和上一级安全部门领导,厂级的安全经费由工矿企业和上一级部门(即政府)同时支付,并且厂级安全部门定期向上一级安全部门报告该厂的安全情况,逐级上报,以实现上下级之间及时的联系,便于上级更好地对下级进行领导和监督。

1.2.2 科学发展观,以人为本的体现

科学发展观的核心是以人为本,体现了马克思主义历史唯物论的基本原理,体现了我们党全心全意为人民服务的根本宗旨和推动经济社会发展的根本目的。深刻理解以人为本,才能深刻理解和全面把握科学发展观,切实把科学发展观贯彻落实到经济社会发展各个方面。

1) 以人为本

以人为本的“人”,是指人民群众。以人为本的“本”,就是本源,就是根本,就是出发点、落脚点,就是最广大人民的根本利益。

以人为本体现了立党为公、执政为民的本质要求。一切为了人民,一切依靠人民,是马克思主义政党最鲜明的政治立场。以人为本是我们党的根本宗旨和执政理念的集中体现,是社会主义制度的本质特征,是全面建设小康社会、实现社会主义现代化的根本要求。

坚持以人为本,必须在治国理政的过程中充分体现和代表人民的利益。

2) 经济社会发展与促进人的全面发展

我们党领导人民进行改革开放和现代化建设的根本目的,是通过发展社会生产力,不断提高人民的物质文化生活水平,促进人的全面发展。

实现人的全面发展,是一个长期的、渐进的过程。只有随着社会财富的不断增长和社会文明的持续进步,人民群众的物质文化生活需要才能日益充分地得到满足,人的全面发展才能日益充分地得到实现。

1.2.3 国家有关防爆安全的政策法规标准

1) 防爆概述^[4]

作为现代生产工具——机器设备和仪表,直接安装在生产现场或直接与生产介质相接触。有的现场氛围介质具有易燃易爆性质,这就要求使用的设备和仪表,不得引燃、引爆现场这些

危险介质和氛围。于是就提出了防爆问题。作为工程防爆有两个中心问题：一个是现场具有危险介质的环境的划分与处理；还有一个就是使用的仪表及设备应具有什么样的特性，对设备有什么要求，即防爆性能，以及两者之间的匹配适应问题。这里只就工程中常用的基本防爆规范加以介绍，以求能正确划分场所，正确选用防爆仪表及设备，对防爆仪表的设计使用、制造有一初步了解。工程设备与此类同。

2) 爆炸和火灾危险场所的分类

现在世界各国都将爆炸和火灾危险场所，按其发生爆炸性气体混合物出现的频度和持续时间，来对危险场所进行划分。这样划分后，也是为了安全经济地选用防爆设备和仪表，采取防范措施。

(1) 国际电工委员会(IEC)划分法：

① 0区(ZONE0)：连续地出现或预计会长期出现或短期频繁地出现爆炸性气体环境的区域。

② 1区(ZONE1)：在正常操作时，预计会周期地(或偶然地)出现爆炸性气体环境的区域。

③ 2区(ZONE2)：正常操作时，预计不会出现爆炸性气体环境，即使发生，只可能是偶然并短时出现的区域。

(2) 中国的划分(共分三类八级)：

① 第一类：气体或蒸气爆炸性混合物的爆炸危险场所，具体分为三级：

a. Q-1级场所：正常情况下能形成爆炸性混合物的场所。

b. Q-2级场所：正常情况下不能形成，但在不正常情况下，能形成爆炸性混合物的场所。

c. Q-3级场所：正常情况下不能形成，但在不正常情况下，形成爆炸性混合物的可能性较小的场所。

② 第二类：粉尘或纤维爆炸性混合物场所，分为二级：

a. G-1级场所：正常情况下能形成爆炸性混合物的场所。

b. G-2级场所：正常情况下不能形成，但在不正常情况下能形成爆炸性混合物的场所。

③ 第三类：火灾危险性场所，分为三级：

a. H-1级场所：在生产过程中，生产、使用、加工、储存或转运，闪点高于环境温度的可燃性液体，在数量上、配置上能引起火灾危险的场所。

b. H-2级场所：在生产过程中，悬浮状、堆积状的可燃性粉尘或可燃性纤维不可能形成爆炸性混合物，而在数量和配置上能引起火灾的场所。

c. H-3级场所：固态性可燃物质，在数量和配置上能引起火灾危险的场所。

3) 爆炸级别和温度组别

(1) 爆炸级别：同样是危险性气体混合物，但是点燃它们的最小点燃能量不同，见表1-4。

表 1-4 危险性气体混合物最小点燃能量

类别	级别	最小点燃能量, mJ
I	—	0.28
	A	0.20
II	B	0.06
	C	0.019

不同爆炸性危险气体的混合物,同一质量体积的这种混合物,爆炸后的破坏程度也不一样,为此可通过最大试验安全间隙和最小点燃电流比来进行分类,见表1-5。

表1-5 最大试验安全间隙和最小点燃电流比

级别	最大试验安全间隙 σ_{max} , mm	最小点燃电流比 (MICR)
II A	$\sigma_{max} \geq 0.9$	MICR > 0.8
II B	$0.9 > \sigma_{max} \geq 0.5$	$0.8 \geq \text{MICR} \geq 0.45$
II C	$0.5 \geq \sigma_{max}$	$0.45 < \text{MICR}$

表1-5中 σ_{max} 是用特制标准容器试验确定的;最小点燃电流比 (MICR) 是各种可燃性气体按照它们的最小点燃电流值与实验室的甲烷的最小电流比。

(2) 温度组别:不同爆炸性可燃危险气体混合物的温度组别是由自燃温度(发火点)来划分的。

自燃温度(发火点):是将可燃性物质放在空气或氧气中进行加热,由此而自行产生发火、燃烧或爆炸的最低温度。

温度组别(发火度):是将发火点按高低范围进行分割,分成若干组,每一个组就是一个温度组别(发火度),可分为六个组别,见表1-6。

表1-6 温度组别(发火度)

温度组别	发火度 t , °C
T1	$450 < t$
T2	$300 < t \leq 450$
T3	$200 < t \leq 300$
T4	$135 < t \leq 200$
T5	$100 < t \leq 135$
T6	$85 < t \leq 100$

显然这个温度组别就是工厂电气及设备的防爆要求,也是其表面最高温度限制的组别。可将危险气体按爆炸等级和温度组别列表(表1-7)。

表1-7 可燃性气体、蒸气防爆级别、温度组别举例

级别	组别					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
II A	甲烷,乙烷,丙烷,苯乙烯,苯,甲苯,二甲苯,三甲苯,萘,一氧化碳,苯酚,甲酚,丙酮,醋酸甲酯,醋酸,氯乙烷,氯苯,氨,苯胺	丁烷,环戊烷,丙烯,乙苯,异丙苯,甲醇,乙醇,丙醇,丁醇,甲酸甲酯,甲酸乙酯,醋酸乙酯,甲基丙烯酸酯,醋酸乙烯酯,二氯乙烷,氯乙烯,甲胺,二甲胺	戊烷,乙烷,庚烷,辛烷,壬烷,环己烷,松节油,石脑油,石油,汽油,燃料油,煤油,柴油,戊醇,己醇,环己醇	乙醛,三甲苯	—	—

续表

级别	组别					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
II B	丙炔, 环丙烷, 氰化氢, 城市煤气	乙烯, 丁二烯, 环氧乙烷, 环氧丙烷, 丙烯酸甲酯, 呋喃	二甲醚, 丁烯醛, 丙烯醛, 四氢呋喃, 硫化氢	乙基甲基醚, 二乙醚, 二丁醚, 四氟乙烯	—	—
II C	氢, 水煤气	乙炔	—	—	二硫化碳	硝酸乙酯

1.2.4 防止火灾爆炸的一般技术措施

要防止火灾爆炸事故, 就应根据物质燃烧和爆炸原理, 采取各种有效安全技术措施, 避免燃烧条件的形成。例如, 可燃性粉尘处于堆积状态或在容器中密集储存的状态时, 是不会爆炸的^[5]。火灾与爆炸密切相关, 某种意义上讲防爆要先防火灾。

1) 防火技术措施

根据火灾发展过程的特点, 防爆应首先防火, 可采取如下基本技术措施:

- (1) 以不燃溶剂代替可燃溶剂;
- (2) 密闭和负压操作;
- (3) 通风除尘;
- (4) 惰性气体保护;
- (5) 采用耐火建筑材料;
- (6) 严格控制火源;
- (7) 阻止火焰的蔓延;
- (8) 抑制火灾可能发展的规模。

2) 防爆技术措施

根据爆炸过程的特点, 防爆应以阻止第一过程出现, 限制第二过程发展, 防止第三过程为基本原则。主要应采取以下措施:

- (1) 防止爆炸性混合物的形成;
- (2) 严格控制点火能源;
- (3) 及时泄出燃爆开始时的压力;
- (4) 切断爆炸传播途径;
- (5) 减弱爆炸压力和冲击波对人员、设备和建筑物的破坏。

3) 建筑设计

易燃易爆危险场所的建筑物, 如厂房、仓库等, 必须按《爆炸危险场所安全规定》的要求进行设计和建设。防火防爆建筑物能限制火灾、爆炸的扩散蔓延。

4) 工艺安全

(1) 温度控制。在有化学和物理化学变化的生产过程中, 往往伴随有热量的变化, 有的过程要放出热量, 有的过程要吸收热量, 化学反应过程尤其是这样。为使过程能正常进行, 必须采取措施向反应系统加入或移走一定的热量, 即加热或冷却, 使系统的反应温度控制在适当的

范围内。

(2) 压力控制。在化工生产中,有许多反应需要在一定压力下才能进行,或者要用加压方法来加速反应速度,提高效率。正确操作,维持压力稳定,是安全生产的重要措施。

(3) 投料控制。主要控制投料速度、投料配比、投料顺序和原料纯度。

(4) 流量、液位控制。物料的流量是石油化工生产中很重要的工艺参数。对危险性较大的生产过程,控制物料流量尤其重要。为保证安全生产,在液体控制上要设有低液位报警和高液位报警。对于危险物料,还要设置危险液位报警和自动切除进料或出料连锁控制。

(5) 防止跑、冒、滴、漏。生产过程中跑、冒、滴、漏往往导致易燃、可燃液体和气体向环境中扩散,这是造成火灾爆炸事故的重要原因。

(6) 防止误操作。对比较重要的管线应涂以不同的颜色以示区别,对重要的阀门要采取挂牌、加锁等措施。不同管道上的阀门应相隔一定的间距,以免启闭错误。

1.2.5 危险气体测试的重要性

通常是以燃烧(或爆炸)浓度极限和自燃点作为评定气体火灾爆炸危险性的主要标志。如果某种可燃气体的燃烧浓度极限越低或其极限范围很宽,则标志其火灾危险性越大。燃烧极限很低,说明稍有一些泄漏,就可与空气(或其他助燃气体)形成爆炸性气体混合物,有点火源即可发生爆燃。燃烧极限较宽,说明进入燃烧浓度极限的机会多、幅度大,那么生产气体爆炸性混合物滞留的时间也相应增大。通常,将燃烧浓度上限与下限之差再除以下限值,作为可燃气体或蒸气的火灾危险度。设以 H 表示危险度,则

$$H = \frac{X_2 - X_1}{X_1} = \frac{Y_2 - Y_1}{Y_1} \quad (1-1)$$

式中 X_1 、 X_2 ——可燃气体或蒸气的燃烧浓度下限和上限(体积分数);

Y_1 、 Y_2 ——常压,20℃、101.325kPa下,以mg/L表示的浓度下限和上限值。

H 值越大,表示火灾危险性越高。可燃气体中, H 值较大的有:乙炔、环氧乙烷、乙醚、氢气、乙醛、硫化氢、乙烯、二硫化碳蒸气等。燃烧浓度较高的可燃气体,如果空气进入容器或管道设备中,不需较大的数量,就会进入燃烧浓度极限,对此,关键是采取正压操作,严防空气吸入。

在认识爆炸极限规律之后,就可以做到以下几个方面:

(1) 判断可燃物质的爆炸危险程度,从而尽可能用爆炸危险性小的物质代替爆炸危险性大的物质。例如,乙炔的爆炸极限为2.2%~81%;液化石油气组分的爆炸极限分别为丙烷的2.17%~9.5%,丁烷的1.15%~8.4%,丁烯的1.7%~9.6%等。它们的爆炸极限范围比乙炔小得多,说明液化石油气的爆炸危险性比乙炔小,因而在气割时推广用液化石油气代替乙炔。

(2) 爆炸极限可作为评定和划分可燃物质的标准,如可燃气体按爆炸下限($<10\%$ 或 $\geq 10\%$)分为一、二两级。

(3) 根据爆炸极限选择电机和电器。例如,生产或储存爆炸下限大于等于10%的可燃气体,可选用任一防爆型电气设备,爆炸下限小于10%的可燃气体,应选用隔爆型电气设备。

(4) 确定建筑物的耐火等级、层数和面积等。例如,生产爆炸下限小于10%的物质,厂房建筑最高层次限一层,并且必须是一、二级耐火等级。

(5) 在确定安全操作规程已有各种防爆技术措施(通风、检测、置换、检修)时,也都必须根据可燃气体或液体的爆炸危险性的不同,采用相应的有效措施,以确保安全。