

应用技术大学系列教材

煤化工安全与环保

COAL CHEMICAL INDUSTRY SAFETY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION

刘建秋 董文庚 主 编
王春玉 薛士科 副主编

中国环境出版社

应用技术大学系列教材

煤化工安全与环保

主 编：刘建秋 董文庚

副主编：王春玉 薛士科

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (C I P) 数据

煤化工安全与环保/刘建秋主编. —北京: 中国环境出版社, 2015.8

应用技术大学系列教材

ISBN 978-7-5111-2436-4

I. ①煤… II. ①刘… III. ①煤化工—安全生产—高等学校—教材②煤化工—环境保护—高等学校—教材IV. ①TQ53②X784

中国版本图书馆CIP数据核字 (2015) 第136182号

出版人 王新程
责任编辑 黄晓燕 陈雪云
责任校对 尹芳
封面设计 宋瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街16号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
010-67112735 (环评与监察图书分社)
发行热线: 010-67125803 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2015年8月第1版
印 次 2015年8月第1次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 32.25
字 数 582千字
定 价 49.00元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】
如有缺页、破损、倒装等印装质量, 请寄回本社更换。

序 言

煤化工生产属于化工生产过程，工艺流程长，所用设备多，使用大量化学品，产生大量有毒物质，生产操作烦琐，技术要求高，生产中存在很多不安全因素。若设计不当、安装不好、操作失误、设备维修不到位，加上安全责任不落实、管理不善、培训不及时、职工素质低等因素的协同作用，极易出现燃烧、爆炸、中毒、机械伤害、职业伤害等事故，造成重大损失，影响生产的正常进行，危害职工身体健康。同时，环境问题也是制约煤化工行业健康发展的关键，在煤化工生产中产生大量的有毒气体、粉尘、含酚氰废水、固体废物、噪声和废热等，如果控制不当，处理不达标，管理不严，就会造成严重的环境污染，危害职工身体健康，危及生态环境安全。本书在分析煤化工生产各工序存在的安全隐患和环境问题基础上，在安全方面，提出了安全工艺设计、技术装备配置、生产管理和正确操作的措施，以保证生产安全；在环保方面，提出了清洁生产、污染治理和强化管理的环保措施，以保护生态环境不受破坏，促进煤化工行业的健康持续发展。

本教材分两大部分，第一部分关于安全生产，第二部分关于环境保护，共十二章。可作为本专科煤化工、化工等专业的核心课教材，也可以作为钢铁、环保、制药等专业的拓展知识教材，或用于行业企业安全、环保方面的专门培训和企业职工培训。全书由刘建秋教授统稿，王琴副教授审核。除第七章化工安全系统分析与评价由河北科技大学董文庚教授编写和第十二章焦化清洁生产由河北先达环保公司王君林编写外，其余各章均由河北工业职业技术学院教师编写，第一章安全形势分析与安全生产概论由李建锁编写，第二章危险化学品管理与应急救援预案编制由郭利健编写，第三章炼焦安全由薛士科编写，第四章化产回收与精制安全技术和第五章气化安全技术由王春玉编写，第六章煤化工职业病危害与防护由

尹兵合编写，第八章环境保护概论和第十章煤化工烟尘污染和治理由刘建秋编写，第九章煤化工废水污染和治理由郑轶荣编写，第十一章煤化工废液废渣的处理与利用由吕芳编写。

本书编写得到了河北焦化行业协会高志军高工、河北省环保产业协会兰国谦秘书长、河北旭阳焦化有限公司艾军总工程师的热情指导，还得到了河北科技大学刘庆洲教授的大力协助，在此表示感谢。由于水平有限，难免存在一些问题，真诚欢迎批评指正。

编者

2015年3月

目 录

第一部分 煤化工安全

第一章 安全形势分析与安全生产概论.....	3
第一节 企业安全生产形势分析.....	3
第二节 煤化工安全生产的重要性.....	7
第三节 煤化工安全管理.....	11
第四节 化工安全管理体系.....	23
第二章 危险化学品管理与应急救援预案编制.....	47
第一节 危险化学品安全管理.....	47
第二节 危险化学品环境管理.....	61
第三节 应急救援预案.....	80
第三章 炼焦安全.....	86
第一节 备煤安全.....	86
第二节 炼焦安全.....	94
第四章 化产回收与精制安全.....	106
第一节 防火防爆.....	106
第二节 锅炉与压力容器安全.....	123
第三节 设备防腐.....	129
第四节 电气安全.....	137
第五节 检修安全.....	153
第六节 化产工艺及设备安全.....	158

第五章 气化安全技术	172
第一节 煤气生产概述.....	172
第二节 发生炉煤气生产与净化安全.....	176
第三节 水煤气生产与净化安全.....	179
第四节 煤气输配安全.....	186
第五节 煤气贮存安全.....	196
第六节 煤气设施的操作安全.....	200
第六章 煤化工职业病危害与防护	203
第一节 职业病防治基本知识.....	204
第二节 毒物的危害与防护.....	206
第三节 粉尘的危害与防护.....	218
第四节 高温辐射的危害与防护.....	220
第五节 噪声的危害与防护.....	222
第六节 振动的危害与防护.....	229
第七节 电磁辐射危害与防护.....	231
第八节 职业卫生设施.....	236
第九节 个人防护用品.....	240
第七章 化工安全系统分析与评价	253
第一节 安全系统评价概述.....	253
第二节 安全系统评价方法.....	260
第三节 安全系统评价案例.....	281
第二部分 煤化工环保	
第八章 环境保护概论	299
第一节 环境与环境问题.....	300
第二节 环境保护的综合措施.....	308
第三节 煤化工的环境污染现状与防治对策.....	315

第九章 煤化工废水污染和治理	321
第一节 煤化工废水来源与危害	321
第二节 废水处理基本方法	327
第三节 焦化废水处理规范	350
第十章 煤化工烟尘污染和治理	356
第一节 大气圈基础知识	356
第二节 大气污染物及污染源	357
第三节 大气扩散	359
第四节 大气污染的控制技术	365
第五节 煤化工烟尘的来源	377
第六节 炼焦生产的烟尘控制	380
第七节 化产回收与精制的气体污染控制	392
第八节 气化过程的烟尘控制	394
第十一章 煤化工废液废渣的处理与利用	397
第一节 固体废物基础知识	397
第二节 煤化工废液废渣的来源	407
第三节 焦化废渣的利用	411
第十二章 焦化清洁生产	423
第一节 实施清洁生产的意义	423
第二节 循环经济	427
第三节 清洁生产	433
第四节 清洁生产审核	444
第五节 清洁生产的政策、标准与技术	456
思考题答案	467
附录	484
参考文献	506

第一部分 煤化工安全

第一章 安全形势分析与安全生产概论

第一节 企业安全生产形势分析

企业在生产经营过程中由于防范不力可能会发生生产事故，生产事故会造成财产损失和人员伤亡，影响企业正常生产，造成不良社会影响，甚至会对企业造成能否生存的巨大影响。生产事故大部分属于事故灾难，即具有灾难性后果的事故。是直接由人的生产、生活活动引发的，违反人们意志、迫使活动暂时或永久停止，造成人员伤亡、经济损失或环境污染的意外事件。《中华人民共和国突发事件应对法》明确了事故灾难是突发事件的一种类型，是国家保证国家安全的重要组成部分。（《中华人民共和国突发事件应对法》定义的突发事件是指突然发生，造成或者可能造成严重社会危害，需要采取应急处置措施予以应对的自然灾害、事故灾难、公共卫生事件和社会安全事件。）

一、安全形势分析

人类现代历史上曾发生多起安全事故，许多重大伤亡事故都与化学品引起的中毒、爆炸、火灾有关。1976年意大利塞维索工厂环己烷泄漏事故，造成30人伤亡，迫使22万人紧急疏散。1984年墨西哥城液化石油气爆炸事故，使650人丧生、数千人受伤。1984年印度博帕尔市郊农药厂发生甲基异氰酸盐泄漏恶性中毒事故，2500多人死亡，20余万人中毒受伤，其中大多数人双目失明，67万人受到不同程度影响。我国20世纪末以来也发生多起重大安全事故。1993年8月5日深圳化学危险品仓库爆炸火灾事故造成15人死亡，100多人受伤，损失2亿多元。1997年6月27日北京东方化工厂爆炸事故造成8人死亡，直接经济损失1亿多元。2003年12月23日重庆开县井喷事故，剧毒硫化氢夺走243条人命，4000多人中毒就医，10万人连夜疏散，直接经济损失达6432多万元。2004年

重庆天原化工厂爆炸，发生氯气泄漏，造成9人死亡，15万人大转移。2005年4月21日，重庆市綦江县东溪化工厂乳化车间，遇强降雨天气发生爆炸，车间厂房垮塌，造成12人死亡，7人下落不明，13人轻伤。同年7月，江苏无锡化工厂爆炸，造成3人死亡和4人重伤；10月，首钢总公司动力厂煤气管道发生泄漏，致现场9名职工死亡；11月，中石油吉林石化公司发生爆炸，6名工人死亡，近70多人受伤，数万人紧急疏散；松花江苯和硝基苯一度超标108倍，导致哈尔滨市停水4天，600万人饮水恐慌。2006年1月6日，六盘水市水城钢铁公司氧气厂3号制氧机在检修时，空分塔发生珠光沙喷砂事故，大量砂子喷射造成多人被埋，致使7人死亡，21人受伤。2007年1月，广东东莞市一废旧塑料回收加工坊发生火灾，造成13人死亡；同年4月，辽宁省铁岭清河特钢公司发生钢水包滑落事故，30t钢水洒出，冲进车间，造成交接班32人全部死亡；8月，山东滨州市魏桥创业集团铸造厂发生铝水伤人事故，造成14人死亡。2010年，广东普宁燃放烟花爆炸事故，21人死亡。2011年，贵州盘县煤矿瓦斯爆炸，造成19人死亡；同年，晋中市一氧化碳中毒事故，造成10人死亡。2012年鞍钢集团公司重型机械有限公司铸钢车间一钢包发生喷爆事故，造成13人死亡；同年2月，石家庄市赵县克尔化工厂硝酸胍车间发生爆炸事故，造成25人死亡。2013年5月，章丘保利集团公司发生爆炸事故，33人死亡；6月，中石油大连石化公司20t甲醇罐爆炸，造成4人死亡；同月，吉林省宝源丰禽业公司液氨泄漏爆炸引起火灾事故，造成121人遇难。2014年8月，昆山中荣金属制品有限公司抛光二车间发生重大铝粉尘爆炸事故，造成75人死亡和185人受伤。

据统计，我国2013年发生各类事故30.9万起，造成6.9万人死亡。发生重特大事故49起，死亡865人。反映安全发展水平的四项相对指标（亿元GDP事故死亡率、工矿商贸10万人事故死亡率、道路交通万车死亡率、煤矿百万吨死亡率）虽然有所降低，但与先进国家还有很大差距。2013年全国发生煤矿事故604起，死亡1067人。其中较大以上事故60起，死亡469人，煤矿百万吨死亡率0.288。

焦化企业虽然没有像化工、石化企业那样发生特别重大事故，但零星的生产事故屡屡发生，如2010年7月，涟源市湖南五江集团汇源焦化厂违章操作引发反应槽爆炸，造成2人死亡。2010年12月，江西新余钢铁公司焦化厂发生有害气体窒息死亡事故，4人死亡。2011年10月，武汉平煤武钢联合焦化有限责任公司精苯车间发生爆炸，造成1死1伤。因此焦化企业也是事故频发的重灾区，安全形势严峻，安全预防、管理与应对不能放松。

二、安全事故频发原因分析

总体上看,由于我国处于工业化初中级阶段,生产技术装备落后,本质安全性差,自动化水平低,防范措施不到位,操作人员培训不系统,造成我国生产企业在安全方面普遍存在“三高两低”(事故总量高、重特大事故发生频率高、安全隐患风险高、技术装备水平低、从业人员素质低)等突出问题。与美国等发达国家比较,我国的安全生产问题比较突出。如交通死亡人数,中国每年6万~7万人,美国只有3万~4万人;工商贸领域事故死亡人数,我国每年大约1万人,美国0.5万~0.6万人;煤矿事故死亡率,中国是0.564(2011年),美国是0.054(2006年);亿元GDP生产安全事故死亡率,我国是0.173,英国是0.02,日本是0.05,美国在0.04~0.06。

为什么在生产中安全事故屡禁不止?是工业化初中级发展阶段决定的,还是工艺设备本身的本质安全不够?是安全防护设施不到位,还是技术落后?是安全意识淡漠,还是培训不到位?是职工责任心差,还是管理不严,造成操作规程和安全规定没有得到落实?

表1-1是对多家企业发生事故的原因分析,从中看出,设备缺陷、对物质危险认识不足和误操作排在前三位,其中人为原因(即人的不安全行为)、物及技术原因(物的本质缺陷和不安全状态)和管理原因(管理漏洞)是造成事故的主要原因。通过进一步分析人的不安全行为,可以大致分为13种类型,如表1-2所示,这也是安全预防与控制的重点所在。

表 1-1 事故出现概率的综合分析

危险因素	占比例 /%	危险因素	占比例 /%
工厂选址	3.5	物料输送	4.4
工厂布局	2.0	误操作	17.2
结构问题	3.0	设备缺陷	31.1
对物质危险认识不足	20.2	防灾计划不充分	8.0
化工工艺	10.6		

表 1-2 造成事故的人的不安全行为

序号	分类	序号	分类
1	操作错误、忽视安全警告	8	在吊物下作业、停留
2	造成安全装置失灵	9	机器运转时检修

序号	分类	序号	分类
3	使用不安全设备	10	注意力不集中
4	手工代替工具	11	忽视使用劳保用品
5	物品存放不当	12	不安全装束
6	冒险进入危险场所	13	对易燃易爆品处理错误
7	攀坐不安全位置		

结合我国现阶段安全事故综合分析，事故频发的原因可以概括为六个方面：

一是重生产，轻预防。当前我国是经济高速发展期和转型期，快速增长以及生产和经营方式的转变、市场压力的增加，给企业经营带来诸多困难。许多企业把工作重点放在了生产与经营上，安全投入不足，安全设施不配套，预防措施不到位，安全制度不落实，安全管理粗放化，造成巨大安全隐患。这是事故频发的根本原因。

二是安全意识淡薄，对安全生产重视不够。按照“海因里希法则”，每次事故都有 29 个征兆，29 个征兆对应 300 个苗头，如果我们关注生产过程的各个苗头，及早处理，防患于未然，就可以大大减少事故的发生。但在生产过程中，企业对职工的教育不够，安全意识没有成为劳动者的根本意识，造成对事故隐患视而不见，发现事故征兆与苗头没有采取积极预防措施，往往造成难以控制事故灾难。

三是缺乏安全生产知识，违反操作规程，安全生产预案没有很好地落实。为了保证生产设备与工艺安全运行，安全操作是根本要求，发生不正常事件的应急措施也是防止事故发生的根本保证。但有些企业职工培训与安全教育没有跟上，对职工日常操作运行管理不严格，制订的应急预案不演练，由于操作不当或应对措施不力造成的事故层出不穷。

四是安全管理部门管理不到位，监督检查与处罚力度不够。造成检查一阵风，企业只是应付，处罚只是隔靴搔痒，使得企业只做表面文章，没有从根本上下工夫。安全检查与监督整改没有长效性，监督检查没有真正起作用。

五是违章指挥，违反劳动纪律。有的企业领导为赶生产进度，违反安全生产规定，指挥职工在没有安全保障的场所或区域进行工作。有的企业允许有劳动禁忌的人员从事不能从事的工作，造成安全事故。有的企业违反劳保制度，造成职工连续工作，疲劳工作，引发事故发生。

六是生产工艺落后，设备带病运行。在以上的分析中我们看到，造成事故的最主要原因是设备的本质缺陷。而目前在许多中小企业普遍使用的是大企业淘汰

的落后设备或已经到报废期的设备，本质安全性能大大下降，一旦发生极端情况，就会酿成事故。有的企业检修不及时，设备或零部件超期服役或更换不及时，也是造成事故的原因之一。

三、防止事故发生的措施

事故的危害与事故发生的频次和危害程度密切相关。其相互关系式为：

$$PC^k = n \quad (1-1)$$

式中： P ——后果程度达到 C 的发生频率；

C ——事故后果的严重程度（人员伤亡人数、财产损失）；

k ——常数（ k 大事故的危害程度小， k 小时事故的危害程度大）；

n ——常数。

因此，防止事故发生主要从以下两个方面考虑：一是减少事故发生的频次，二是降低事故的危害程度。

要减少事故发生的频次，必须做好事故预防工作。事故预防可以从五个阶段入手：一是健全组织，包括配备管理人员、技术人员，主要领导亲自参与安全管理；二是做好企业的调查取证工作，找出安全问题所在，有针对性采取措施；三是进行事故的分析原因，包括事故、频次、直接原因、间接原因等；四是制定改进措施，包括技术改进、人员调整、教育培训、建章立制；五是实施改进措施，把安全生产落到实处。

降低事故的危害程度，必须采取综合性的安全生产措施。包括加强管理、增加投入、强化教育、改进技术、领导重视、制订救援预案和组织好安全演练等。同时要强化安全意识，提高事故防范能力，把保证安全作为头脑中根本意识，“居安思危，思则有备，有备无患”。加强安全技术培训，使职工了解保证安全的操作知识、个人防护知识、出现事故的救援知识等，通过能力提升防范和处理安全事故。强化意志品质训练，使职工做到遇事不慌张，能坚强、果断地处理发生的事故，保证个人安全，减少事故损失。

第二节 煤化工安全生产的重要性

化学工业是生产化学产品的工业，它不仅为农业生产提供化肥与农药，也为我们的生产生活提供塑料、橡胶、聚酯等合成材料，同时提供各类药品。化学已

经渗透到我们生活的各个方面，化学工业已发展成为国民经济的支柱产业和发展高科技的基石。其产品包括酸、碱、化肥、农药、有机原料、塑料、合成橡胶、合成纤维、染料、涂料、医药、感光材料、合成洗涤剂、炸药、橡胶等。2013年，我国石油和化工行业总产值超过10万亿元，占GDP的12%左右，规模以上石油和化工企业2.8万多家，从业人员达到700多万人，居世界首位。

目前，我国传统煤化工产品生产规模居世界第一（2013年全国4.76亿t），合成氨、甲醇、电石和焦炭产量分别占全球产量的32%、28%、93%和58%。未来我国煤化工行业将采取规模化、大型化、一体化、基地化发展模式，促进产业集群化、高端化发展，进一步延长煤化工产业链条，提高资源利用效率、提高企业层次、提高产品附加值。

一、煤化工生产特点

煤化工是以煤为原料经化学加工使煤转化为气体、液体和固体燃料以及化学产品的过程。从煤加工过程区分，煤化工包括煤的干馏（含炼焦和低温干馏）、煤的气化、煤的液化和合成化学产品等。

煤化工生产除了化工生产共有的特点之外，又具有其特殊性，其特点如下：

1. 生产装备大型化

煤化工本来就包括备煤、炼焦、化产、焦油等多个工序，产业链长，设备多。近年为提高生产效率，不断进行着产业链的延伸，增加了煤气制甲醛、聚甲醛、己二酸、合成氨、苯精制、蒽油加氢等工序，以煤为原料的化工生产已经成为一个连续巨大的生产系统。随着环境压力的加大，工艺设备更新不断加快，大型化已经成为一种趋势（按照2014年焦化行业准入标准，顶装煤焦炉的建设门槛是6m以上焦炉，捣固焦建设门槛是5.5m焦炉）。

2. 连续化生产事故多

近年来，随着技术革新和装备大型化，炼焦炉炭化室由4m左右增到6~8m，长由13m左右增到16~17m，每孔炭化室的容积由25m³左右增加到50m³左右，每孔炉一次装煤量由20t增到40t。生产规模的大型化提高了自动化水平，提高了生产率和产品质量。高温炼焦是在隔绝空气的条件下，温度高达950~1050℃生产焦炭，需要提高包括推焦车、拦焦车、装煤车、熄焦车、捣固车机各设备的协同工作能力，提高操作的精度和熟练程度，加大检查检修力度，才能保证各设

备的正常使用。后续煤气净化、硫铵生产、吡啶回收、粗苯加工等生产工序工艺流程长，设备、容器多，操作要求高，一旦系统某个部分出现问题或出现误操作，防护装置失灵，很可能产生连锁反应，甚至造成恶性事故，影响整体生产的进行。

3. 易燃易爆易中毒物质多

煤化工生产中有许多成品、半成品、副产物为化学危险品，如生产中的煤气、氨气、粗苯等与氧或空气混合达到一定比例时，遇到火源或高温，就可能燃烧和爆炸；而生产过程中产生的煤气含有一氧化碳、硫化氢、氨、苯、酚等有毒物质，如果不慎大量吸入会造成中毒，长期吸入低浓度有毒气体会产生职业伤害。

4. 高温露天作业粉尘毒害大

焦炉露天设置并在高温下运行，操作不慎会造成工作人员的烧伤烫伤，焦炉的高温环境在夏季会引起工作人员中暑，焦炉等在作业时会产生大量含有苯并[a]芘(BaP)、SO₂、NO_x、H₂S、CO和NH₃和粉尘的烟气，不仅会造成大气污染，还会对现场工人产生职业伤害，危害职工健康。

5. 资源、能源消耗大，污染严重

中国煤化工产业规模保持快速增长，2013年已投产煤制油项目的产量达到170万t，甲醇产量达到2900万t，煤制烯烃产量180万t，煤制气天然气产量达到27亿m³，产业规模位居世界首位。预计到2020年，中国煤制油和煤制气规模分别达到3000万t和500亿m³，将形成4000万t煤制油产能、4100万t煤制烯烃产能和2800亿m³煤制气产能，全国煤化工产业将耗煤7.5亿t左右。由于其煤炭资源消耗量巨大，环境污染物排放量大，受到越来越多的资源与环境压力。

同时不能忽视我们面临的环境问题，煤化工产生大量的酚氰废水、含粉尘和有机物废气、有机废物和废液、污泥等污染物质，不加处理和控制在造成严重环境问题。另外，煤化工行业的碳排放问题也不容忽视，如60万t的煤制烯烃可能会达到400万~500万t的二氧化碳排放量。

二、安全生产的重要性

安全是指客观事物的危险程度能够为人们普遍接受的状态。事故是意外的变故或灾祸，是非计划、失去控制的事件。在生产过程中凡是能引起人身伤害、导致生产中断或物资财产损失的事件都叫事故。安全生产是在生产经营中，为避免造成人员伤亡和财产损失而采取的事故预防和控制措施，以保证从业人员的人身