



生产安全事故应急救援培训教材

化工火灾 应急救援技术

中海油安全技术服务有限公司◎组织编写

梁 锋 王海勇 任登涛◎编著

非外借




生产安全事故应急救援培训教材

化工火灾 应急救援技术

中海油安全技术服务有限公司 组织编写

梁锋 王海勇 任登涛 编著

 气象出版社
China Meteorological Press

内容简介

本书是《生产安全事故应急救援培训教材》丛书之一,介绍了化工火灾的基本知识、危化品火灾扑救技术措施、石油化工火灾控制与灭火、危化品与化工火灾现场扑救、消防物资与技术装备、石油化工火灾应急救援案例等内容,并附有火灾扑救及消防课程培训示例。可作为石油化工行业安全生产管理、应急管理、应急救援及相关从业人员的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

化工火灾应急救援技术/梁锋,王海勇,任登涛编
著. —北京:气象出版社,2017.6
生产安全事故应急救援培训教材
ISBN 978-7-5029-6580-8

I. ①化… II. ①梁… ②王… ③任… III. ①化工产品-火灾-突发事件-救援-安全培训-教材 IV.

①X928.504

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 142064 号

Huagong Huozai Yingji Jiuyuan Jishu

化工火灾应急救援技术

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号 邮政编码:100081

电 话:010-68407112(总编室) 010-68408042(发行部)

网 址:<http://www.qxcbs.com>

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

策 划:彭淑凡 张树军

责任编辑:彭淑凡

终 审:张 斌

责任校对:王丽梅

责任技编:赵相宁

封面设计:楠竹文化

印 刷:三河市百盛印装有限公司

开 本:889 mm×1194 mm 1/32

印 张:7

字 数:195 千字

版 次:2017 年 6 月第 1 版

印 次:2017 年 6 月第 1 次印刷

定 价:35.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换。

《生产安全事故应急救援培训教材》

编审委员会

顾 问：相桂生

编写委员会

主 任：李 翔

副 主 任：赵兰祥 王 伟 章 焱 杨东棹 陈 戎
郑 珂 刘怀增 钱立峰 王 勇 王明阶

委 员(按姓氏笔画排序)：

王旭旭 王国弘 王洪亮 吕长龙 朱荣东
任登涛 关 欣 杨立军 宋 杰 宋 超
张春阳 张树军 陈红新 孟 于 高立伟
粟 驰 焦叔声 谭志强 熊 亮 薛立勇

审定委员会

主 任：王 伟

副 主 任：任登涛

委 员(按姓氏笔画排序)：

马 林 马海峰 王 琛 王 超 王 辉
王大勇 王建文 王新军 王熙龙 付 军
刘 杰 刘 亮 刘伟帅 刘莉峰 衣勇磊
许朝旭 苏长春 杨 轶 杨德兴 何四海
余红丽 张绍广 陈 强 苗玉超 依 朗
赵明杰 侯宝刚 耿铁兵 徐瑞祥 黄远磊

丛书主编：赵正宏

本册编著：梁 锋 王海勇 任登涛

序

在党中央、国务院的高度重视下，在各地区、各部门和各单位共同努力下，全国安全生产形势持续稳定好转，全国生产安全事故起数和死亡人数已连续 14 年实现“双下降”。但安全生产形势依然严峻复杂，事故总量仍然很大，重特大事故时有发生。在做好事故预防、防范事故发生的同时，必须开展及时、有效的应急救援，避免事故蔓延扩大，减少人员伤亡和财产损失。

近年来，我国安全生产应急救援体系建设成效显著，国家成立了国家安全生产应急救援的专门工作机构，全国 32 个省级、304 个市级、1133 个县级政府和单位建立了应急管理工作机构，54 家中央企业建立了应急管理组织，建立了覆盖各行业、领域的五级安全生产应急预案体系；国家、地方、企业专兼职安全生产应急救援队伍体系基本建成，安全生产应急救援能力显著提升。

安全生产应急救援法制建设持续推进。2007 年颁布的《突发事件应对法》对包括生产安全事故在内的各种突发事件的预防与应急准备、监测与预警、应急处置与救援、事后恢复与重建等应对活动作出了规定。2014 年新修订的《安全生产法》对事故应急救援作出了专门的规定。经过多年的努力，《生产安全事故应急条例》也将颁布实施。依据有关法规，生产经营单位应当制定本单位生产安全事故应急救援预案，并定期组织演练，保证从业人员接受安全生产教育和培训，熟悉应急职责、应急程序和岗位应急处置方案。

为满足中央企业加强应急救援队伍建设的要求，提升生产经营单位应急响应水平，增强应急救援人员综合能力和高危行业员工应急行动能力与自救互救能力，中海油安全技术服务有限公司（原“海洋石油培训中心”）在中央国有资本经营预算安全生产保障能力建设专项资金的支持下，建成了功能完善、技术先进的应急救援培训演练基地，成为

首批 12 个国家级安全生产应急救援培训与演练示范基地之一。

为更好地发挥应急救援培训演练基地的培训功能,提高应急救援培训演练的效果,中海油安全技术服务有限公司在总结多年培训经验的基础上,组织行业内的专家编写了这套《生产安全事故应急救援培训教材》,包括《应急救援通用基础知识》《应急预案编制与演练》《事故灾难应急救援指挥》《应急救援个人防护装备》《人员应急逃生与急救》《化工火灾应急救援技术》《危险化学品生产事故应急救援》《危险化学品储存与运输事故应急救援》《工业带压堵漏应急技术》《高处作业安全技术与应急救援》《电气作业安全应急技术》《受限空间作业应急救援》《水上应急自救与搜救》《能量隔离与应急救援》14 个分册。

本套书将应急理论与教学实践相结合,设计了具有针对性的典型事故模拟场景训练,并将模拟仿真和实战训练相结合、实际演练和应急指挥相结合,有利于全面提升应急救援培训的效果。本套书的宗旨在于根据石油石化行业的事故特点,训练有关人员掌握在高风险作业、易燃易爆、有毒有害气体等恶劣的作业环境下,对于石油石化行业典型事故的快速应急响应能力、准确得当的现场处置能力、事故控制和现场恢复等能力。

本套书涉及预案编写、应急指挥、火灾扑救、事故救援等方面,可广泛应用于海洋石油勘探开发、工程建设、油气生产、危化品储存与运输、炼油、石油化工等领域,尤其适合海洋石油钻井、油气生产、海洋工程、危化品运输及炼化、石油化工等领域应急救援队员、危险作业场所安全管理人员和从业人员进行专业知识与技能培训。

生命至上,安全无小事。希望本套书的推广和应用,能使有关生产经营单位提高应急救援能力,起到减少事故损失、保护人民生命财产安全、促进社会和谐稳定的积极作用。

国家安全生产监督管理总局政策法规司司长 罗音宇

2017 年 6 月

前 言

化工生产过程是通过一系列的物理、化学反应完成的,其工艺操作大多在高温高压环境下进行,反应复杂、连续性强。化工企业用油、用火、用电的作业和设备装置多,火灾危险性大,引发火灾的因素众多,一旦发生事故,会给从业人员的生命安全带来极大的威胁,给企业造成严重的经济损失,对社会产生非常恶劣的影响。因此,化工企业的消防安全是头等大事。

另外,随着化工企业规模的不断发展与壮大,原油加工量越来越大,部分高含硫、低品质的原油加工比例也越来越高,由此产生的危险化学品也相应增加,对生产装置的正常运行构成一定的威胁,事故的发生也很难完全避免。因此,在事故的应急救援过程中,相关人员迅速了解和掌握危险化学品的危险特征和火灾扑救技术、措施和方法,及时、准确、有效地控制火灾的发生或控制其继续发展,有着至关重要的作用。

石油化工火灾爆炸的危险性主要体现在:石油化工生产过程中的各种原料、中间体、产品和废物以固体、液体、气体等形式存在,具有相应的理化特性和火灾爆炸危险性;工艺装置泄漏易形成爆炸性混合物,如工艺装置因设计不合理、材质缺陷、焊接质量差、密封不严、操作失误或受物料腐蚀、磨蚀等因素影响会导致物料泄漏,引起火灾或爆炸事故。由于装置结构单一,内装物料性质不同,各类装置的火灾危险性不尽相同。

鉴于石油化工生产原料、中间体、产品和废物及生产过程中均存在大量危险化学品的实际情况,本书主要介绍了危险化学品火灾的扑救措施、石油化工火灾控制与灭火、危化品火灾应急救援、消防物资与装备等内容,便于石油化工企业的安全管理人员、从业人员和应急救援人员增强消防安全意识,掌握基本的火灾扑救技术和应急处

置技能。

本书作为《生产安全事故应急救援培训教材》丛书之一,主要为石油化工行业的培训公司开展消防安全知识和应急技能培训提供参考,培训对象以石油化工企业的员工为主,因此编写内容侧重于石油化工生产过程中的火灾应急救援。

为保证本书质量,中海油安全技术服务有限公司(即海洋石油培训中心)组织行业内的专家成立了编写委员会和审定委员会,中海油总公司QHSE部、海油发展安全生产部及安全环保分公司的相关领导和同事也给予了大力支持,提供了宝贵的培训实操资料,在此,对大家的支持表示衷心的感谢。

由于笔者水平有限,本书难免存在疏漏之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

编者

2017年6月

目 录

序

前言

第一章 概 述	001
第一节 危化品和化工原料及生产过程的火灾危险性	001
一、石油化工原料的火灾危险性	001
二、危化品和化工生产过程中的火灾危险性	006
第二节 危化品和石油化工火灾特点	007
一、火灾形式多样	007
二、严重的爆炸危险性	008
三、易造成人员伤亡	009
四、火灾损失和影响比较大	009
五、污染环境	010
六、灭火难度大、消防力量耗费多	010
第二章 危化品火灾扑救技术措施	012
第一节 危化品火灾控制与灭火通则	012
一、扑救危化品生产企业火灾的基本对策	012
二、工艺灭火对策	013
三、扑救危化品火灾的安全措施	013
四、危化品火灾扑救组织指挥应采取的措施	014
第二节 气体火灾的控制与扑救	017
一、气体的主要特性	017
二、气体火灾扑救的主要对策	018
第三节 液体火灾的控制与扑救	019
一、易燃液体的主要特性	019

二、扑救易燃液体火灾的基本对策	021
第四节 固体化学品火灾的控制与扑救	023
一、固体化学品的主要特性	023
二、固体化学品火灾的主要扑救对策	023
第五节 毒害品和腐蚀品火灾的控制与扑救	027
一、毒害品和腐蚀品的主要特性	027
二、毒害品和腐蚀品火灾的扑救对策	028
第六节 危化品仓库火灾的控制与扑救	030
一、危化品仓库火灾的特点	030
二、扑救危化品仓库火灾的对策	031
第三章 石油化工火灾控制与灭火	034
第一节 海上油气开采企业火灾事故控制与灭火	034
一、海上石油平台的基本特点	034
二、海上石油平台火灾的特点	036
三、海上石油平台火灾的灭火措施	038
四、海上石油平台火灾的灭火行动要求及注意事项	040
第二节 井喷火灾事故控制与灭火	041
一、井喷的基本特点	041
二、井喷火灾的特点	043
三、井喷火灾的灭火措施	045
第三节 陆上油气开采企业火灾事故控制与灭火	051
一、现场火灾的危险性	051
二、陆地石油钻井作业现场火灾的预防措施	053
第四节 石油炼制企业火灾事故控制与灭火	057
一、石油炼制的火灾危险性	058
二、石油炼制企业的防火安全工作	058
第五节 油罐火灾控制与灭火	065
一、油罐的基本特点	065
二、油罐火灾的危险性	069
三、油罐火灾的灭火技术	073

四、油罐火灾的灭火措施	075
五、油罐火灾的灭火行动要求及注意事项	080
第四章 危化品与化工火灾现场扑救	082
第一节 火灾现场扑救基本原则	082
一、灭火基本原则	082
二、灭火注意事项	083
三、初期火灾的扑救	084
四、排除爆炸危险	087
五、采用搅拌灭火方法	087
六、配合消防队灭火	088
第二节 安全疏散	088
一、疏散方法	089
二、疏散要求	090
第三节 自防自救	092
一、成立救人小组	092
二、成立抢救设备小组	093
三、设置警戒区域	094
四、自防自救措施	097
第四节 特殊情况的紧急处置	100
一、可燃物料泄漏事故处置的基本要求	100
二、易燃、有毒气体泄漏紧急处置的方法和要求	101
第五章 消防物资与技术装备	111
第一节 泄漏检测报警设备	111
一、固定式气体检测报警系统的结构和特点	111
二、气体探测器	111
三、气体报警控制设备的使用与维护	116
第二节 灭火剂	118
一、水	119
二、泡沫灭火剂	120
三、干粉灭火剂	122

四、卤代烷灭火剂	123
五、二氧化碳灭火剂	123
第三节 灭火器	124
一、灭火器的种类	124
二、灭火器的使用	125
三、灭火器的维护	127
第四节 火灾自动报警装置	128
一、火灾自动报警系统的基本组成及基本形式	128
二、海上平台设置要求	135
三、火灾自动报警系统的日常管理维护	139
第五节 自动喷水灭火系统	140
一、自动喷水灭火系统的分类与特点	140
二、水雾灭火系统	142
三、气体灭火系统	143
四、泡沫灭火系统	148
五、海上平台消防水灭火系统的设置要求	156
第六节 室外消防给水系统	160
一、室外消防给水系统的类型及组成	160
二、消防水池	162
三、室外消火栓	162
第七节 消防车	164
一、常用消防车的分类	165
二、消防车奔赴火场注意事项	169
三、消防车操作要求	170
第六章 石油化工火灾应急救援案例	173
案例一 吉林石化分公司双苯厂爆炸事故	173
案例二 新疆独山子在建原油储罐特大爆炸事故	175
案例三 油田酸化作业期间发生火灾事故	178
案例四 英国北海 Piper Alpha 石油天然气平台爆炸事故	181
案例五 巴西 P-36 半潜式采油平台爆炸事故	185

参考文献	188
附录一 某油气库中控室、机房消防应急预案	190
附录二 某海上设施现场应急部署表	196
附录三 火灾扑救应急救援培训示例	200
附录四 “高级油气消防”课程教学规范	203

第一章 概述

第一节 危化品和化工原料及生产过程的火灾危险性

众所周知,石油化工和危险化学品(以下简称危化品)企业具有很高的火灾危险性。如何认识火灾危险性,以及怎样防范其对人员和设备的破坏,是每个石油化工和危化品企业生产、管理人员必须具备的基本技能。下面将石油化工生产原料生产过程和危化品企业的火灾危险性进行简单介绍,使大家熟悉石油化工企业、危化品企业的火灾危险性、掌握基本消防知识,提高自身的防火、灭火能力。

一、石油化工原料的火灾危险性

石油化工原料多为易燃、易爆物品,具有较高的火灾危险性。通常将火灾危险性物品分为爆炸品、可燃气体、燃烧液体、燃烧固体、自燃物品、遇湿易燃物品、氧化剂和有机过氧化物七类。各种物品的火灾危险性具有一定规律,在使用及保管时应严格遵循消防安全规定,以确保安全。

1. 爆炸品

凡是受到摩擦、撞击、震动、高温或其他外界因素的激发,能发生剧烈的化学反应,瞬间产生大量的气体和热量,使周围压力急剧上升,发生爆炸,对周围环境造成破坏,同时伴有光、声、烟雾等效应的物品,称为爆炸品。

爆炸品都具有爆炸性,因其化学性质不稳定,在一定外因的作用下能够发生爆炸。各种爆炸品的爆炸,即使由于本身的化学组成和性质决定它有发生爆炸的可能性,但如果没有必要的外界作



用,爆炸是不会发生的。也就是说,任何一种爆炸品的爆炸都需要外界供给它一定能量——起爆能。不同的爆炸品所需的起爆能一般都不同。爆炸品所需的最小起爆能,称为该爆炸品的敏感度,敏感度可表示出爆炸品在外界能量的作用下发生爆炸的难易程度,包括热敏感度、撞击敏感度、摩擦敏感度、静电敏感度等。影响爆炸品敏感度的因素很多,主要有:化学结构、物态、温度、密度、细度、杂质等。掌握爆炸品敏感度的特性及影响因素,在爆炸品的生产、储存、装运和使用过程中,综合考虑各种安全技术措施,可以防止发生火灾爆炸事故。

2. 可燃气体

可燃气体,指遇火、受热或与氧化剂接触能着火或爆炸的气体。可燃气体的火灾危险性可通过爆炸极限进行分级。

爆炸极限:当易燃与可燃气体与空气混合并达到一定浓度时,遇到火源就会发生爆炸。这个遇火源能够发生爆炸的浓度范围,叫作爆炸极限,通常用可燃气体在空气中的体积百分比(%)来表示。爆炸极限有上限和下限之分,气体在空气中的浓度低于爆炸下限或高于爆炸上限,都不会发生爆炸。只有当可燃气体在空气中的浓度处于爆炸上限和下限之间,才会爆炸。从可燃气体的爆炸极限可认识到:首先,爆炸极限的幅度越大,其火灾爆炸危险性就越高。例如,乙炔的爆炸下限是2.5%、上限是82%,乙烷的爆炸下限是3.22%、上限是12.45%,两者相比较,乙炔的火灾爆炸危险性比乙烷高得多。其次,爆炸下限较低的可燃气体,如果泄漏在空气中,即使量不是很大,也容易进入爆炸范围,具有很大的火灾危险。因此,在生产和使用这类物质时,就要特别注意防止“跑、冒、滴、漏”;再者,爆炸上限较高的可燃气体,如果空气进入容器或管道设备中,不需要很大的数量,就能进入爆炸范围,危险性也很大。因此,对这类可燃气体的生产、使用,要注意设备的密闭并保持正压,严防空气进入设备内。

3. 燃烧液体

遇火、受热或与氧化剂接触能着火,这类液体称为燃烧液体。闪

点等于或低于 61°C 的燃烧液体称为易燃液体。易燃液体在常温下极易着火燃烧,这类物质大多是有机化合物,其中很多属于石油化工品和危化品。闪点大于 61°C 的燃烧液体称为可燃液体,可燃液体的火灾危险性相对较小。在消防管理上,一般将燃烧液体分为甲、乙、丙三类:甲类液体指闪点小于或等于 28°C 的液体,如汽油、酒精、丙酮、甲苯等;乙类液体指闪点大于 28°C 且小于或等于 61°C 的液体,如煤油、松节油、丁醇、冰醋酸等;丙类液体指闪点大于 61°C 的液体,如柴油、润滑油、苯胺、乙二酸等。

对于不同类型的燃烧液体,采用的消防对策不同,储存、运输的要求也不同。燃烧液体的火灾危险性可通过其闪点、燃点、爆炸极限等反映。燃烧液体受热至一定温度,其表面上的蒸气与空气组成的混合物与明火接触,会发生一闪即灭的燃烧,这种一闪即灭的燃烧现象,叫作闪燃。液体能发生闪燃的最低温度,叫作闪点。如果液体表面上的蒸气与空气的混合物,遇火源能发生持续 5 分钟以上的燃烧,则这种燃烧叫作着火,发生着火的最低温度叫作燃点或着火点。易燃液体可归纳出以下特点:

(1)高度易燃性。易燃液体的主要特征是具有高度易燃性,这类物品非常容易燃烧。例如,汽油只需很微小的一点火花就可点燃,苯的液面与火焰相隔一定距离也会引起燃烧。

(2)易爆性。易燃液体挥发性大,当盛放易燃液体的容器有某种破损或密封不严时,挥发出来的易燃蒸气扩散到存放或运载该物品的库房或车厢的整个空间,当与空气混合,达到爆炸极限时,遇明火或火花即能引起燃烧爆炸。

(3)高度流动扩散性。易燃液体的黏度一般都很小,不仅本身极易流动,还因渗透、浸润及毛细现象等作用,即使容器只有极细微的裂纹,易燃液体也会渗出容器壁外,扩大其表面积,并源源不断地挥发,使空气中的易燃液体蒸气浓度增高,从而增加了燃烧爆炸的危险性。

(4)受热膨胀性。易燃液体的膨胀系数比较大,受热后体积容易膨胀,同时其蒸气压亦随之升高,从而使密闭容器中内部压力增大,



造成“鼓桶”，甚至爆裂，在容器爆裂时会产生火花而引起燃烧爆炸。因此，易燃液体应避免热存放，罐装时，容器内应留有 5% 以上的空隙，不可灌满。

(5) 忌氧化剂和酸。易燃液体与氧化剂或有氧化性的酸类（特别是硝酸）接触，能发生剧烈反应而引起燃烧爆炸。这是因为易燃液体都是有机化合物，容易氧化，能与氧化剂发生氯化反应并产生大量的热，使温度升高到燃点引起燃烧爆炸。例如，乙醇与氧化剂高锰酸钾接触会发生燃烧。因此，易燃液体不得与氧化剂等具有氧化性的酸类混储、混运。

(6) 毒性。大多数易燃液体及其蒸气均有不同程度的毒性。例如，甲醇、苯、二硫化碳等，不但吸入其蒸气会中毒，有的经皮肤吸收也会中毒，应注意劳动保护。

4. 燃烧固体

凡遇火、受热、撞击、摩擦或与氧化剂接触能着火的固体物质，统称为燃烧固体。燃烧固体可根据燃烧的难易程度分类，燃点小于或等于 300℃ 的燃烧固体称为易燃固体，燃点大于 300℃ 的燃烧固体称为可燃固体。

易燃固体的火灾危险性很高，可将其分为两级：一级易燃固体，此类物质燃点低，易于燃烧和爆炸，燃烧速度快，并能放出剧毒气体。大致包括：磷及含磷的化合物，如红磷、三硫化磷、五硫化磷等；硝基化合物，如发孔剂、二硝基甲苯、二硝基萘等；其他的如含氮量在 12.5% 以下的硝化棉、氨基化钠、重氮氨基苯、闪光粉等。二级易燃固体，此类物质的燃烧性能比一级易燃固体差，燃烧速度较慢，燃烧产物的毒性较小。大致包括：各种金属粉末，如镁粉、铝粉、锰粉等；碱金属氨基化合物，如氨基化锂、氨基化钙等；硝基化合物，如硝基芳烃、二硝基丙烷等；硝化棉制品，如硝化纤维漆布、赛璐珞板等；萘及其衍生物，如萘、甲基萘等，其他的如硫黄、生松香、聚甲醛等。

易燃固体具有以下特征：容易被氧化，受热易分解或升华；遇明火常会引起强烈、连续的燃烧；与氧化剂接触，反应剧烈而发生燃烧