



# 防火防爆技术

FANGHUO  
FANGBAO  
JISHU

全国高校安全工程专业本科规划教材

高等学校安全工程学科教学指导委员会组织编写

# 國 人 國 際 技 術

THE NATIONAL INSTITUTE OF  
STANDARDS AND TECHNOLOGY  
NIST

THE NATIONAL INSTITUTE OF  
STANDARDS AND TECHNOLOGY  
NIST

X932-43  
Y-723

全国高校安全工程专业本科规划教材

# 防火防爆技术

高等学校安全工程学科教学指导委员会组织编写

主 编 杨泗霖

主 审 孙金华

中国劳动社会保障出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

防火防爆技术/杨泗霖主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2007  
全国高校安全工程专业本科规划教材

ISBN 978-7-5045-6819-9

I. 防… II. 杨… III. ①防火-高等学校-教材②防爆-高等学校-教材  
IV. X932

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 182419 号

**中国劳动社会保障出版社出版发行**

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

\*

北京市艺辉印刷有限公司印刷装订 新华书店经销  
787 毫米×960 毫米 16 开本 15.25 印张 265 千字

2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

定价: 30.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64954652

## 高等学校安全工程学科教学指导委员会

主任委员	孙华山				
副主任委员	黄玉治	范维澄	周世宁	宋振琪	谢和平
	沈忠厚	冯长根	王继仁	宋守信	
委 员	张平远	王 生	钮英建	张来斌	林柏泉
	刘泽功	蔡嗣经	傅 贵	吴 超	吴 穹
	杨庚宇	许开立	程卫民	张殿业	景国勋
	蒋军成	赵云胜	姜德义	黄卫星	刘玉存
	李树刚	吴宗之	伊 烈	崔慕晶	李永红
	李生盛	杨书宏			
秘 书	杨书宏	(兼)			

## 内 容 简 介

本书着重论述燃烧的学说和理论，研究燃烧和爆炸的机理，防火防爆技术的基本理论和基本技术措施，可燃易爆危险化学品的燃爆特性及其安全措施，危险源安全和工业建筑安全。书中较系统地研究了采取防火防爆技术措施和制定防火防爆工作条例与应急预案的理论依据。

本书是全国高等院校安全工程专业的本科规划教材，也可作为消防人员、企事业单位安技人员、保卫干部和其他生产管理人员的培训教材。

# 序 言

党的十六届五中全会确立了“安全发展”的指导原则，极大地促进了我国安全科学事业的发展，同时为安全工程学科提供了良好的发展机遇。据初步统计，到目前为止，全国开设安全工程专业的高校已达百余所，安全工程专业已成为我国高等教育中重要的新兴专业之一。

加强教材建设，是促进我国安全工程专业健康发展的重要基础工作。本届（2004—2008年）高等学校安全工程学科教学指导委员会在充分吸收现有教材成果和借鉴上届教指委安全工程专业教材成功编写经验的基础上，于2006年启动了“全国高校安全工程专业本科规划教材”的组织编写和出版工作。第一批安全工程专业本科规划教材包括《安全学原理》《安全管理学》《安全人机工程学》《安全系统工程》《职业卫生概论》《工业通风与除尘》《化工安全》《工业防毒技术》《机械安全工程》《电气安全工程》《防火防爆技术》《锅炉压力容器安全》《安全经济学》《安全心理学》《风险管理与保险》15种。

本套规划教材的编写力求满足安全工程专业课程体系和课程教学的新发展，立足现实，反映前沿，力求创新，既包括已经成熟并被公认的理论与学术思想，又反映安全工程学科领域具有前瞻性与代表性的最新理论、技术和方法，并借鉴吸收世界上发达国家的先进理论、理念与方法。

在本套教材开发过程中，全国30余所高等学校、科研院所的近百名专家和学者积极参与了教材的编写和审订工作，教指委秘书外、教材开发分委会和

中国劳动社会保障出版社做了大量的组织工作，在此向他们表示衷心的感谢！

本套教材的编写和出版，是我国安全工程学科在教材建设方面又迈出的重要一步。虽然我们尽了最大努力，但仍有不足，恳请安全工程领域的专家学者和广大师生提出宝贵意见。

高等学校安全工程学科教学指导委员会

2007年8月



# 前 言

火和爆炸对于人类社会一直是具有巨大创造性和破坏性的力量，在生产和生活中，一旦失去控制，就会酿成灾害，而且火灾和爆炸事故往往能造成惨重的人身伤亡和巨大的财产损失。随着现代化建设的飞速发展，可燃易爆物品广泛应用于各行各业，尤其是石油、化工、矿山、火工等行业，危险性更大。现在，火灾和爆炸事故的预防仍然是世界各国重点研究的安全防范课题。

燃烧和爆炸及其防范理论是安全工程学科的基本理论之一。本课程着重研究燃烧的学说和理论、燃烧和爆炸机理、防火防爆的基本理论及其基本的安全防范技术措施等，是学习石化安全、矿山安全、火工安全、锅炉压力容器安全和电气安全等的专业基础课。该教材曾获教育部2002年全国高校优秀教材二等奖，此次在高等院校安全工程学科教学指导委员会的指导下，经过总结充实和提高而重新编写的。

本书共六章，第一、二、三章由首都经贸大学安全与环境工程学院杨泗霖编写；第四章由中北大学化工与环境学院安全工程系张树海编写；第五章由昆明理工大学国土资源工程学院王国华编写；第六章由首都经贸大学安全与环境工程学院吕肃然编写。杨泗霖任主编，吕肃然任副主编，由中国科学技术大学孙金华教授审稿。本书在编写过程中，得到不少兄弟院校老师的帮助。同时也参考了诸多科技文献，在此表示衷心的感谢。

编 者

2007年10月

# 目 录

绪论 .....	( 1 )
一、课程性质和研究对象 .....	( 1 )
二、防火与防爆技术的发展 .....	( 1 )
三、火灾爆炸事故的特点和一般原因 .....	( 2 )
四、课程学习意义和要求 .....	( 4 )
第一章 燃烧与防火基本原理 .....	( 5 )
第一节 燃烧的学说和理论 .....	( 5 )
一、燃烧素学说 .....	( 6 )
二、燃烧的氧学说 .....	( 7 )
三、燃烧的分子碰撞理论 .....	( 7 )
四、活化能理论 .....	( 8 )
五、过氧化物理论 .....	( 8 )
六、链式反应理论 .....	( 9 )
第二节 燃烧的类型与特征 .....	( 11 )
一、氧化与燃烧 .....	( 11 )
二、闪燃与闪点 .....	( 12 )
三、自燃与自燃点 .....	( 17 )
四、着火与着火点 .....	( 24 )
五、物质的燃烧历程 .....	( 25 )
六、燃烧速度 .....	( 26 )
七、燃烧产物 .....	( 28 )

<b>第三节 热值与燃烧温度</b> .....	( 30 )
一、热值 .....	( 30 )
二、燃烧温度 .....	( 32 )
<b>第四节 防火技术基本理论</b> .....	( 34 )
一、燃烧的条件 .....	( 34 )
二、火灾及其分类 .....	( 36 )
三、防火技术的基本理论和应用 .....	( 39 )
<b>第五节 防火基本技术措施</b> .....	( 40 )
一、火灾发展过程与预防基本原则 .....	( 40 )
二、消除着火源 .....	( 41 )
三、控制可燃物 .....	( 52 )
四、隔绝空气 .....	( 52 )
五、防止形成新的燃烧条件, 阻止火灾范围扩大 .....	( 52 )
六、火灾报警器 .....	( 52 )
<b>第六节 灭火技术基本理论和灭火器材</b> .....	( 55 )
一、灭火的基本方法 .....	( 55 )
二、灭火剂 .....	( 56 )
三、灭火器材 .....	( 60 )
<b>本章小结</b> .....	( 68 )
<b>复习思考题</b> .....	( 68 )
<b>第二章 爆炸与防爆基本原理</b> .....	( 69 )
<b>第一节 爆炸机理</b> .....	( 69 )
一、爆炸及其分类 .....	( 69 )
二、爆炸的破坏作用 .....	( 73 )
三、分解爆炸 .....	( 74 )
四、可燃性混合物爆炸 .....	( 76 )
五、爆炸反应历程 .....	( 77 )
<b>第二节 爆炸极限计算</b> .....	( 80 )
一、爆炸反应当量浓度计算 .....	( 80 )

二、爆炸下限和爆炸上限计算 .....	(84)
三、多种可燃气体组成混合物的爆炸极限计算 .....	(86)
四、含有惰性气体的多种可燃气体混合物爆炸极限计算 .....	(87)
五、爆炸极限的应用 .....	(91)
<b>第三节 爆炸温度和爆炸压力</b> .....	(91)
一、爆炸温度计算 .....	(91)
二、爆炸压力计算 .....	(95)
<b>第四节 防爆技术基本理论</b> .....	(96)
一、可燃物质化学性爆炸的条件 .....	(96)
二、燃烧和化学性爆炸的关系 .....	(96)
三、燃烧和化学性爆炸的感应期 .....	(97)
四、防爆技术基本理论及应用 .....	(98)
<b>第五节 防爆基本技术措施</b> .....	(98)
一、爆炸发展过程与预防基本原则 .....	(98)
二、预防形成爆炸性混合物 .....	(99)
三、消除着火源 .....	(105)
四、测爆仪 .....	(105)
五、防爆安全装置 .....	(107)
<b>本章小结</b> .....	(115)
<b>复习思考题</b> .....	(115)
<b>第三章 可燃易爆危险化学品燃爆特性</b> .....	(116)
<b>第一节 可燃气体</b> .....	(116)
一、气体燃烧形式和分类 .....	(116)
二、影响气体爆炸极限的因素 .....	(117)
三、评价可燃气体燃爆危险性的主要技术参数 .....	(122)
<b>第二节 可燃液体</b> .....	(128)
一、燃烧形式和液体火灾 .....	(128)
二、可燃液体的分类 .....	(130)
三、可燃液体的爆炸极限 .....	(131)

四、评价可燃液体燃爆危险性的主要技术参数 .....	(132)
<b>第三节 可燃固体</b> .....	(140)
一、固体燃烧过程和分类 .....	(141)
二、评价固体火灾危险性的主要技术参数 .....	(141)
三、粉尘爆炸 .....	(143)
<b>第四节 其他危险物品</b> .....	(146)
一、遇水燃烧物质 .....	(146)
二、自燃性物质 .....	(149)
三、氧化剂 .....	(151)
四、爆炸性物质 .....	(153)
<b>本章小结</b> .....	(156)
<b>复习思考题</b> .....	(156)
<b>第四章 危险化学品安全</b> .....	(157)
<b>第一节 概述</b> .....	(157)
一、危险化学品的概念及分类 .....	(157)
二、危险化学品危害特点 .....	(160)
<b>第二节 危险化学品生产单位安全</b> .....	(161)
一、危险化学品生产单位的特点及其生产安全职责 .....	(161)
二、危险化学品生产单位的防火防爆技术 .....	(163)
三、危险化学品生产单位安全组织管理保障 .....	(165)
<b>第三节 危险化学品包装、储存、运输安全</b> .....	(167)
一、危险化学品包装安全要求 .....	(167)
二、危险化学品运输安全要求 .....	(169)
三、危险化学品储存安全要求 .....	(171)
<b>第四节 民用爆破器材与烟花爆竹安全</b> .....	(173)
一、民用爆破器材与烟花爆竹分类 .....	(173)
二、民用爆破器材与烟花爆竹的主要危险性 .....	(174)
三、民用爆破器材与烟花爆竹事故的一般原因 .....	(175)
四、民用爆破器材安全措施 .....	(177)

五、烟花爆竹安全措施 .....	(177)
本章小结 .....	(178)
复习思考题 .....	(178)
第五章 危险源安全 .....	(179)
第一节 危险、危害因素分类 .....	(179)
一、危险、危害因素 .....	(179)
二、危险、危害因素分类 .....	(179)
第二节 重大危险源辨识与控制 .....	(181)
一、重大危险源概念 .....	(181)
二、重大危险源辨识 .....	(182)
三、重大危险源控制系统 .....	(183)
第三节 安全评价方法 .....	(184)
一、安全评价方法及其分类 .....	(184)
二、常用安全评价方法简介 .....	(185)
第四节 事故应急救援预案 .....	(188)
一、事故应急救援的意义 .....	(188)
二、编制事故应急救援预案的方法和步骤 .....	(188)
三、现场(内部)事故应急救援预案 .....	(188)
四、场外(外部)事故应急救援预案 .....	(189)
本章小结 .....	(190)
复习思考题 .....	(190)
第六章 工业建筑消防安全 .....	(192)
第一节 工业建筑火灾危险性分类 .....	(192)
一、意义 .....	(192)
二、工业建筑火灾危险性分类 .....	(193)
第二节 建筑物构件的燃烧性能和耐火极限 .....	(196)
一、建筑材料的燃烧性能及分级 .....	(196)
二、建筑构件的燃烧性能 .....	(196)

三、建筑构件的耐火极限 .....	(197)
<b>第三节 工业建筑物的耐火等级 .....</b>	<b>(198)</b>
一、建筑物的耐火等级 .....	(198)
二、工业建筑物的耐火等级、层数和占地面积 .....	(200)
<b>第四节 防火分隔 .....</b>	<b>(202)</b>
一、防火分区 .....	(202)
二、防火分隔物 .....	(203)
<b>第五节 防火间距 .....</b>	<b>(204)</b>
一、影响防火间距的因素 .....	(205)
二、确定防火间距的基本原则 .....	(206)
三、库房的防火间距 .....	(206)
四、厂房的防火间距 .....	(206)
<b>第六节 厂房防爆泄压 .....</b>	<b>(210)</b>
一、厂房防爆泄压原理 .....	(210)
二、对泄压构件和泄压面积及其设置的要求 .....	(210)
<b>第七节 防烟技术 .....</b>	<b>(211)</b>
一、防烟分区 .....	(211)
二、防烟方式 .....	(212)
三、排烟方式 .....	(214)
四、隔烟设施 .....	(215)
<b>第八节 安全疏散与火场逃生 .....</b>	<b>(215)</b>
一、安全疏散 .....	(215)
二、火场逃生 .....	(216)
<b>本章小结 .....</b>	<b>(219)</b>
<b>复习思考题 .....</b>	<b>(219)</b>
<b>附录 1 危险化学品安全管理的法律法规及标准 .....</b>	<b>(221)</b>
<b>附录 2 108 种物质的防火防爆安全参数 .....</b>	<b>(224)</b>
<b>主要参考文献 .....</b>	<b>(228)</b>

# 绪 论

## 一、课程性质和研究对象

燃烧和爆炸及其预防理论是安全工程学科的基本理论之一。该学科的专业课程如锅炉安全、压力容器安全、电气安全、焊接安全、石油化工安全、矿山安全、火工安全等，都需要在防火与防爆基本理论的指导下，根据其工艺过程、原材料和设备等的燃爆危险特性，研究采取有效的防护技术措施，防止火灾和爆炸事故的发生。学习燃烧、爆炸及其预防理论，是学习掌握有关专业课的基础，因此，本课程是安全工程的专业基础课。

本课程主要研究燃烧的基本原理、燃烧的类型及其特征，在此基础上研究火灾发生的一般规律、防火技术的基本理论、防火与灭火的基本技术措施以及灭火器材的使用；同时，研究爆炸机理及其分类，爆炸极限及其计算，爆炸温度和压力的计算，在此基础上研究发生爆炸事故的一般规律，防爆技术的基本理论，防爆的基本技术措施。然后综合燃烧和爆炸的基本理论和知识，研究易燃易爆物品的燃烧和爆炸特征，讨论危险化学品、危险源和工业建筑等一般安全防护要点。

## 二、防火与防爆技术的发展

在人类出现之前，火就已经存在于自然界。根据北京周口店“北京猿人”遗址发现的灰烬、烧骨等用火遗迹，证明在 69 万年前人类已经学会用火；而在云南省元谋县发现“元谋人”的用火证据，更将人类用火追溯到 170 万年以前。据有关资料表明，大约在 1.7 万年以前，人类就已经学会了人工取火。火的利用使人类摆脱了“茹毛饮血”的野蛮时代，而自从学会“钻木取火”等摩擦生火的人工取火方法以后，大大促进了生产力的发展，诸如制陶、冶铜、炼铁……西安的半坡遗址发掘的文物证明，早在 5 千年前我们的祖先就能利用火来炼铁。然而，失去控制的燃烧（即火灾），以及工业生产中的爆炸事故则严重威胁着人们生命和财产的安全。因此，随着生产技术的发展，人们越来越重视防火与防爆技术的研究。



据有关资料记载,我国很早以前就设置火官,如周朝的“司燿”“司烜”。历代封建王朝,大都制定了有关防火的法律,重视以法治火。宋朝时建立的以士兵组成的“潜火队”,是世界上较早建立的官办专职消防队。当时还组织了民间消防队伍,如南宋的“水铺”“冷铺”,也是世界上较早出现的民间消防组织。

解放前,在旧中国半殖民地半封建的历史条件下,消防事业得不到应有的重视和加强,同世界上经济发达国家相比,处于落后的状态。虽然从国外引进了消防警察的体制和少量近代消防技术设备,但是普及推广十分缓慢。

新中国成立后,党和政府非常重视防火与防爆工作,消防事业走上了振兴的道路。防火与防爆技术进步很快,取得了显著的成绩,形成了由公安部消防部队、企业专职消防队和群众义务消防队等多种形式消防队伍组成的消防力量体系。消防站遍及全国各大、中、小城市和县城,消防装备和器材逐步现代化。北京、沈阳和天津等不少城市成立了消防研究所,北京劳动保护科学研究所等研究单位设置了防爆研究室,不少高等院校设置了相关专业,开设了防火与防爆课程,使我国的防火与防爆科学技术水平和管理水平迅速提高。党和政府非常重视防火与防爆工作的法制建设,1957年颁布实施《消防监督条例》,1998年4月29日颁布实施《中华人民共和国消防法》,形成了较完整的消防法规体系。在防火与防爆工作中,专门机构与广大人民群众相结合,认真贯彻“以防为主,防消结合”的消防工作方针。多年来成功地预防了大量火灾和爆炸事故的发生,并且有效地扑救了許多火灾,使我国的火灾和爆炸事故保持在较低水平,这些都说明新中国成立以来,在防火与防爆工作中取得的难能可贵的成就。

### 三、火灾爆炸事故的特点和一般原因

#### 1. 火灾爆炸事故的特点

(1) 严重性。火灾和爆炸事故所造成的后果,往往是比较严重的,它容易造成重大伤亡事故。例如某市亚麻厂的粉尘爆炸事故,死亡57人,伤178人,13 000 m<sup>2</sup>的建筑物被炸毁,3个车间成了废墟;1977年英国发生因雷击引起一个火药库的大爆炸,连同附近居民死亡约3 000人;2002年1月27日,尼日利亚发生一起军火库爆炸,当场连同附近居民炸死850多人,周围的广大居民在万分惊恐、仓皇逃生、慌不择路的状态下,纷纷掉进附近的一条运河,第二天从运河里捞出2 000多具尸体,并有1 100多人失踪。尼日利亚总统宣布,1月27日为国难日。我国某市的仓库发生火灾爆炸,损失达2亿元人民币。总之,火灾和爆炸事故不仅能造成重大人身伤亡,还会使国家财产遭受巨大损失,甚至迫使工矿企业停产,通常需要较长时