

消防燃烧学国家精品课程配套教材

消防燃烧学

习题精解

徐晓楠 郭子东 杨迎 等编著



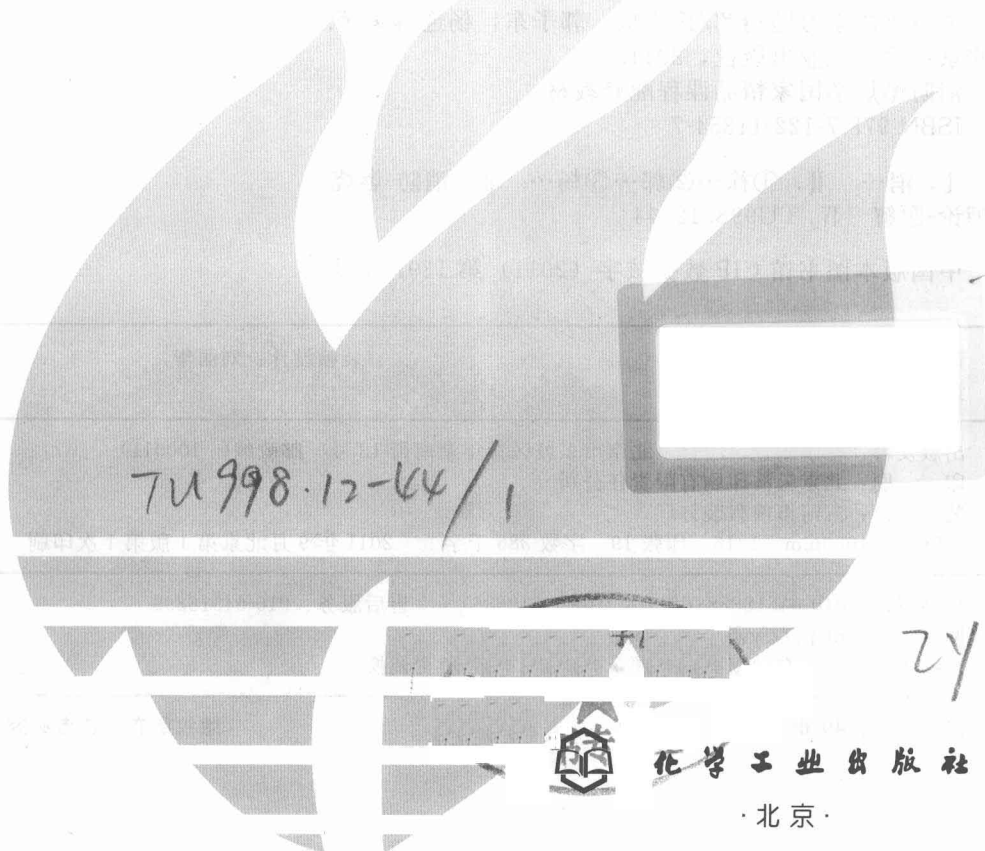
化学工业出版社

消防燃烧学国家精品课程配套教材

消防燃烧学

习题精解

徐晓楠 郭子东 杨迎 等编著



TU 998.12-64/1

67
21



化学工业出版社

·北京·

本书是《消防燃烧学》国家精品课程配套教材。为了帮助学生全面复习《消防燃烧学》知识,加深对消防燃烧学理论的理解,以及让学生学习运用《消防燃烧学》理论去分析和处理某些实际问题,本书精辟总结了《消防燃烧学》课程各章的教学目的和要求、大纲要求、重点难点,精心挑选了大量习题并附有习题详解。书末收集了各专业课程教学大纲、本科期末考试模拟试题和研究生入学考试试题。

本书力求简练、准确,可供消防工程、安全工程等专业师生使用,也可供其他相近专业同等学力的各类师生参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

消防燃烧学习题精解/徐晓楠,郭子东,杨迎等编著.
北京:化学工业出版社,2011.8
消防燃烧学国家精品课程配套教材
ISBN 978-7-122-11854-7

I. 消… II. ①徐…②郭…③杨… III. 消防-燃烧
理论-题解 IV. TU998.12.44

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第139706号

责任编辑:杜进祥 周永红
责任校对:陶燕华

装帧设计:刘丽华

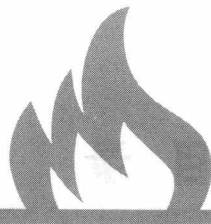
出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 刷:北京云浩印刷有限责任公司
装 订:三河市前程装订厂
710mm×1000mm 1/16 印张19 字数386千字 2011年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:40.00元

版权所有 违者必究

前 言



《消防燃烧学》是一门研究火灾的发生、发展和熄灭的基本规律的科学，它为防火和灭火工作提供理论指导，是消防教学的重要专业基础课，是消防工程、消防指挥、消防管理等专业的必修课和主干课。经过多年的建设，武警学院《消防燃烧学》于2005年被评为国家级精品课程。本书是依据国家精品课程“《消防燃烧学》教学大纲”的基本要求，结合编著者多年的教学经验编写的，可与杜文锋主编的《消防燃烧学》配套使用。

在学习《消防燃烧学》时，做习题有助于透彻理解有关燃烧的基本概念，掌握《消防燃烧学》的分析方法，提高分析、解决问题的能力。本书不但精辟地总结了《消防燃烧学》的主要内容，列举了各种典型例题的求解方法，精选了丰富的各类习题，并附有习题参考答案。而且列选了有代表性的本科毕业论文及安全技术及工程专业、材料学专业硕士研究生入学试题。

本书可作为消防工程、消防指挥、核生化消防、防火管理等专业本科的辅助教材。

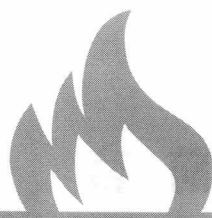
本书由武警学院消防工程系火灾理论教研室主任徐晓楠教授主编。第一章由杨迎讲师、徐晓楠教授编写，第二章由王平副教授编写，第三章由郭子东讲师、徐晓楠教授编写，第四章由闫琪讲师编写，第五章由郑兰芳讲师编写，第六章由杨迎讲师编写，附录由郭子东讲师编写。

由于编者的水平所限，书中不妥之处，敬请读者批评指正。

编著者

2011年7月

目 录



绪论习题	1
参考答案	4
第一章 燃烧基础	5
第一节 燃烧及燃烧过程	5
第二节 燃烧现象	6
第三节 燃烧参数	9
第四节 燃烧速率	11
第五节 燃烧过程中的物质传递	12
第六节 燃烧过程中的热量传递	14
习题答案	16
第二章 着火与灭火的基本理论	26
第一节 谢苗诺夫自燃理论	26
第二节 弗兰克-卡门涅茨基自燃理论	30
第三节 链锁反应着火理论	32
第四节 强迫着火	35
第五节 灭火分析	38
习题答案	42
第三章 可燃气体的燃烧	72
第一节 爆炸极限	72
第二节 预混火焰	75
第三节 气体火焰传播	75

第四节	扩散燃烧	77
第五节	燃烧速度	79
第六节	火羽	81
第七节	爆轰	81
第八节	气体爆炸的预防与控制	83
	习题答案	86

第四章 可燃液体的燃烧

111

第一节	液体燃烧概述	111
第二节	液体闪燃与自燃	113
第三节	液体的引燃及火焰传播	117
第四节	液体的稳定燃烧	119
第五节	沸溢与喷溅	121
	习题答案	126

第五章 可燃固体的燃烧

155

第一节	固体燃烧概述	155
第二节	固体着火燃烧理论	156
第三节	固体火焰传播	158
第四节	固体燃烧性能的评价参数	159
第五节	几类典型固体的燃烧	160
第六节	固体阴燃	163
第七节	粉尘爆炸	164
	习题答案	167

Chapter 6 Compartment Fire (室内火灾)

190

Lesson One	The development of compartment fire	
	(第一节 室内火灾发展过程)	190
Lesson Two	The flow and control of the smoke in compartment	
	(第二节 烟气控制)	191
Lesson Three	Flashover (第三节 轰燃)	192
Lesson Four	Backdraft (第四节 回燃)	193
	Problem Answers (习题答案)	195

附录一	《消防燃烧学》课程教学大纲	203
-----	---------------	-----

附录二	《消防燃烧学》期末考试模拟试题及答案	231
-----	--------------------	-----

附录三	硕士研究生入学考试试题	290
-----	-------------	-----

附录四	相关网站地址及期刊	292
-----	-----------	-----

	参考文献	298
--	------	-----

绪论习题

【教学目的和要求】

这是学生第一次接触《消防燃烧学》这门课程，通过本章教学使学员了解人类对燃烧的认识过程和发展历史、国内外火灾研究现状。了解课程的教学内容、各章节教学内容间的关系、教学的重点和难点以及学习本课程的基本方法。

【大纲要求】

- (1) 了解火灾科学的发展历史；
- (2) 掌握国内消防科研机构研究现状；
- (3) 掌握国外消防科研机构研究现状。

【重点难点】

重点：火灾科学发展史。

难点：国内外消防科研机构的研究现状。

【习题】

简答题

- (1) 结合表 1，利用在校的各种资源查找一起重大火灾事故，制作 5 分钟 PPT，课前结合 PPT 图文并茂地向同学们介绍这起火灾事故的起因、经过、灭火救援、经济损失和伤亡情况以及你在查找过程中所获得的启示。
- (2) 结合美国世贸中心双子塔的调查报告和 Related 视频资源。写一篇不低于 2000 字的短文说明双子塔倒塌的直接原因和间接原因，提出具体的消防安全措施，探讨救援过程是否合理。根据已有文献及我国现行规范阐明此类建筑可采用何种防火措施预防坍塌。
- (3) 以学习小组的形式，搜集整理 21 世纪以来各国发生的重特大火灾事故。一个学习小组搜集和整理一个国家的重特大火灾事故，这些国家包括中国、美国、英国、日本、德国、法国、意大利、加拿大。搜集整理工作结束后，各学习小组以讨论的方式进行沟通和交流，横向比较各国进入 21 世纪以后重特大火灾事故发生的频率和损失等各方面的情况。
- (4) 结合表 2 了解国外的火灾科学研究机构，以某个研究机构为对象，浏览其网站，考察其机构结构、研究模式、研究成果、主要科研人员等，撰写一份不超过 2000 字的调查报告。



- (5) 利用各种资源调查国内研究火灾科学的机构,了解各机构研究火灾的攻坚方向、取得的成绩以及对对中国火灾科学的影响。
- (6) 列举对火灾科学有重要贡献的国内和国外的学者,从中找出一位利用 PPT 的形式向其他同学介绍其生平、发表文献及其在火灾科学领域所做的重要贡献和意义。
- (7) 中国有许多城市的历史及由来与火有关,结合你对中国历史的了解,向同学们介绍某个城市的历史和典故。

表 1 20 世纪重大火灾事故

年份	地 点	损 失
1900	美国新泽西州霍博肯码头大火	死亡 326 人,受伤 250 人,损失 1000 多万美元
1903	美国纽约港湾“斯洛克姆将军”游船火灾	693 名游客被活活烧死
1903	美国芝加哥 Iroquois 剧场火灾	620 人死亡
1904	美国巴尔的摩(Baltimore)大火	损失 5000 万美元
1906	美国旧金山地震	2 万 8 千栋建筑被毁,450 人死亡,火灾造成的损失约合 3 亿美元
1917	加拿大哈利法克港撞船火灾	1600 人死亡,9000 人受伤,160 幢建筑被毁
1923	日本东京地震	毁坏 70 万个家庭的房屋,3 万 8 千人在公园中避难时死于火旋风
1928	西班牙马德里时髦大剧院火灾	110 人死亡,350 人受伤
1929	苏联弗拉基米尔戏院火灾	死亡 105 人
1934	美国新泽西州 Asbury Park 的 Morro Castle 轮船火灾	死亡 134 人,价值 500 万美元的大邮轮被彻底焚毁
1937	美国德克萨斯州新伦敦某小学校煤气爆炸	500 人被炸死
1944	印度孟买港货轮火灾	1500 人丧生,3000 人受伤
1947	美国德克萨斯州德克萨斯城 SS Grand-camp & Monsanto 化学公司火灾	损失约 6700 万美元
1967	西班牙布鲁塞尔市伊诺巴西温百货店火灾	死亡 325 人
1972	尼加拉瓜 Managua 地震	火灾和地震摧毁了整个城市,12000 死亡
1980	美国内华达州拉斯维加斯 MGM Grand Hotel 火灾	死亡 84 人
1983	澳大利亚林火	损毁森林 6 亿平方米,70 人死亡,8500 人无家可归,经济损失约合 10 亿美元
1984	巴西圣保罗市输油管道火灾破裂	死亡 508 人



续表

年份	地 点	损 失
1984	墨西哥城北郊 300 多万加仑液化石油气火灾	火焰高达 200 多米,附近的 80 多幢居民楼均被殃及烧毁。544 人死亡,1800 多人受伤,35 万人流离失所,120 万人被迫离开危险区
1989	苏联乌拉尔铁路线附近液化石油气管道破裂泄漏发生火灾	死亡 600 人,受伤 2000 人
1991	科威特油田大火	中国在内的 10 个国家 27 支灭火队,历时 4 个月耗资 21 亿美元把大火扑灭
1991	美国费城 One Meridian Plaza 火灾	3 名消防员牺牲,经济损失约合 5 亿美元
1991	美国加利福尼亚州奥克兰火风暴	经济损失 15 亿美元
1994	中国新疆克拉玛依市友谊馆火灾	造成 325 人死亡、132 人受伤
1995	美国缅因州 Le Grange 的 Milliken 地毯厂火灾	烧毁面积 6 万平方米,经济损失 5 亿美元
2001	美国世贸中心双子塔火灾	3000 人死亡,经济损失 10 亿美元

表 2 国际火灾研究机构

成立年份	机 构 名 称	研 究 方 向
1835	FM global	财产保险和工程防损风险
1897	美国防火保护协会(NFPA)	喷淋系统的推广应用和标准化
1894	美国保险商实验室(UL)	电气标准与试验
1904	美国国家标准局(NBS)-NIST 前身	建筑结构防火标准和试验
1974	美国火灾研究中心(CFR)	建立火灾科学图书馆,致力基础研究
20 世纪 50 年代	英国 Borehamwood 消防研究所	火灾科学研究
2003	美国酒精、烟草和火器局(BATF)	建立了世界上最大的火灾实验室

参考答案

略。

阅读理解 大阅读 15 分

1. 根据文章第一段可知，作者对“大阅读”的定义是“广泛地阅读各种类型的书籍”。

2. 根据文章第二段可知，作者认为“大阅读”的好处是“可以开阔视野，增长见识”。

3. 根据文章第三段可知，作者认为“大阅读”的缺点是“容易浪费时间，影响学习效率”。

4. 根据文章第四段可知，作者认为“大阅读”的关键是“要有明确的目的和计划”。

5. 根据文章第五段可知，作者认为“大阅读”的最终目的是“提高个人的综合素质”。

6. 根据文章第六段可知，作者认为“大阅读”需要长期坚持，不能三天打鱼两天晒网。

第一章 燃烧基础

【教学目的和要求】

通过本章教学使学员掌握燃烧概念和分类；掌握燃烧中燃烧产物的种类、毒性及危害；理解燃烧的本质和条件；掌握燃烧速率及反应速度方程的基本内容及在消防中的意义；了解燃烧过程中物质和热量传递形式及基本规律。

第一节 燃烧及燃烧过程

【大纲要求】

- (1) 掌握火灾的定义；
- (2) 掌握燃烧的定义；
- (3) 掌握燃烧三要素及其含义。

【重点难点】

重点：(1) 火灾的内涵；
(2) 燃烧的内涵。

难点：(1) 燃烧所需的必要条件；
(2) 燃烧所需的充要条件。

【习题】

1. 名词解释

- | | | |
|---------|---------|---------|
| (1) 火灾 | (2) 燃烧 | (3) 可燃物 |
| (4) 助燃物 | (5) 点火源 | |

2. 填空题

(1) 从本质上讲，燃烧是一种_____反应。



- (2) 根据着火三角形, 可以得出____、____、____和____四种防火方法; 根据着火四面体, 可以得出____、____、____和____四种灭火方法。
- (3) 要发生燃烧反应, 必须有____、____和____, 称为燃烧三要素。

3. 选择题

- (1) 下列物质不可做助燃物的是 ()。
- A. 氧气
B. 氯气、溴水
C. 二氧化锰、高锰酸钾
D. 浓硫酸、浓硝酸
E. K、Ca、Na
- (2) 下列物质可做还原剂的是 ()。
- A. 在化学反应中易失电子的物质
B. $KClO_3$ 、 $FeCl_3$
C. 二氧化锰、高锰酸钾
D. 浓硫酸、浓硝酸
E. Na、Mg

4. 简答题

- (1) 燃烧的本质是什么? 它有哪些特征? 举例说明这些特征。
- (2) 如何正确理解燃烧的条件?
- (3) 根据燃烧三要素可以提出哪些防火和灭火方法? 结合《建筑设计防火规范》(GB 50016—2006)、《高层民用建筑设计防火规范》(GB 50045—1995), 列举哪些条款应用的防火方法与课上所学对应。
- (4) 有这样一个医学案例, 医生准备给一名直肠病人开刀手术, 一切准备就绪后在仪器接通电源的瞬间, 只听病人“啊”的一声昏厥过去。经检查病人直肠断成两截, 试分析其发生的原因?
- (5) 以近两年发生的一起重特大火灾为对象, 结合着火三角形陈述该火灾发生时所具备的必要条件和充要条件。

第二节 燃烧现象

[大纲要求]

- (1) 掌握火焰的定义;
- (2) 掌握闪燃和自燃的内涵;
- (3) 掌握火羽的形成及内涵;
- (4) 掌握烟的形成及成分;
- (5) 了解火灾场景及火焰蔓延;
- (6) 掌握爆炸的内涵及条件。



【重点难点】

- 重点：(1) 火焰的定义；
 (2) 自燃的内涵；
 (3) 火羽的形成及内涵；
 (4) 爆炸的内涵。

- 难点：(1) 闪燃的内涵；
 (2) 烟气的主要成分；
 (3) 爆炸的必要和充要条件。

【习题】

1. 名词解释

- | | | |
|---------|----------|----------|
| (1) 火焰 | (2) 火羽 | (3) 烟 |
| (4) 闪燃 | (5) 自燃 | (6) 爆炸 |
| (7) 滴落物 | (8) 火灾场景 | (9) 火焰蔓延 |

2. 填空题

- 可燃液体发生闪燃的原因是_____。
- 遇水发生自燃的物质的共同特点是_____和_____。
- 硝化纤维素化学稳定性差，室温下能分解出_____气体，与空气中的氧气结合生成_____，易发生自燃。
- 一般情况下，互相接触能自燃的两种物质，一种是_____，另一种是_____。
- 涂油物品的自燃能力主要取决于油脂本身的不饱和程度，通常用_____来表示，其值小于_____的油脂一般不具有自燃能力；也就是说涂油物的自燃能力与_____或_____有关。
- 钾、钠等第一主族金属储存时要放在煤油或液体石蜡中的原因是_____；黄磷储存时要放在水中的原因是_____。
- 可燃物的着火方式可分为_____和_____两类。其中不需要外界加热，靠自身化学反应而发生着火现象称为_____；需将可燃物和氧化剂加热到某一温度时能发生自动着火称为_____。
- 从加热角度来看热自燃和点燃的区别，热自燃是_____，点燃是_____。

3. 选择题

- 物质燃烧时能够观察到火焰，物质一定是以（ ）的形式与氧化剂反应。
 A. 气态 B. 液态 C. 固态
- 烟的组成成分包括（ ）。
 A. 碳粒子 B. 水 C. 二氧化碳 D. 灰分
- 黄磷（又称白磷）性质极活泼，暴露在空气中即被氧化，只需一二分钟即自

燃。所以，黄磷必须（ ），若包装破损出现渗漏，导致黄磷露出液面，就会自燃。

A. 浸没在水中

B. 浸没在汽油中

C. 浸没在丙酮中

4. 简答题

(1) 根据图 1-1 的液体燃料火焰示意试分析焰心、内焰、外焰温度高低、颜色及明亮程度。

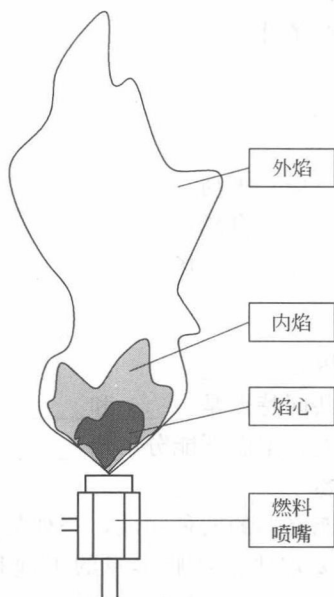


图 1-1 液体燃料火焰示意

(2) 假设一个理想的瞬时点发生燃烧，图 1-2 中哪个图片是该理想点燃烧的初始火

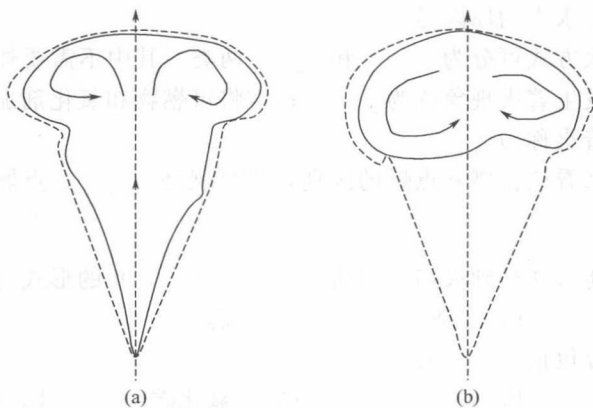


图 1-2 理想瞬时点火羽示意



羽流，为什么？

- (3) 举例说明燃烧产物（包括烟）有哪些毒害作用？其危害性主要体现在哪几个方面？
- (4) 火灾中碳粒子的生成量主要受哪些因素影响？
- (5) 分析下列情况各属于什么着火方式。
 - ① 厨房内热锅中植物油着火；
 - ② CaC_2 遇水发生爆炸；
 - ③ 用打火机点燃香烟。
- (6) 试列举两种与水作用发生自燃的物质，利用化学反应式说明作用机理；这类物质在生产和储运过程中需要注意哪些事项？
- (7) 试列举两种在空气中能发生自燃的物质，利用化学反应式说明作用机理；这类物质在生产和储运过程中需要注意哪些事项？
- (8) 试列举两种相互接触能自燃的物质，利用化学反应式说明作用机理；这类物质在生产和储运过程中需要注意哪些事项？
- (9) 试列举两种与氧化剂混合、在摩擦或撞击作用下能着火或爆炸的可燃固体，利用化学反应式说明作用机理；这类物质在生产和储运过程中需要注意哪些事项？
- (10) 查阅有关危险化学品手册，列举常见氧化剂和还原剂。
- (11) 煤、植物和涂油物自燃的共性有哪些？
- (12) 具有代表性的煤的自燃理论有哪些？用固体表面吸附理论解释煤的自燃原因。影响煤自燃能力的因素有哪些？
- (13) 植物自燃可分为哪几个阶段？
- (14) 油纸、油布在储存的过程中，通风不好或者受潮都会引起自燃，试解释其自燃原因（要求写出化学反应方程式）。
- (15) 1993年8月5日，深圳清水河一危险品仓库发生火灾，并导致连续爆炸。爆炸导致15人丧生、800多人死伤，3.9万平方米建筑物毁坏、直接经济损失2.5亿元。查阅相关文献资料，说明清水河爆炸事故发生的原因，向同学讲解火灾事故的全过程及其影响。
- (16) 查找 GB 8624—2006 列举燃烧滴落物的附加分级。

第三节 燃烧参数

【大纲要求】

- (1) 掌握闪点和自燃点的定义；



- (2) 了解烟气的毒性及其危害；
- (3) 了解产烟浓度和产烟率；
- (4) 掌握燃烧产生的热值和总热值的内涵；
- (5) 掌握热释放速率及其表达式；
- (6) 掌握空气需要量；
- (7) 掌握最小引燃能的定义、了解其应用；
- (8) 掌握爆炸极限定义及意义；
- (9) 了解火灾特性及受火程度的定义。

【重点难点】

- 重点：(1) 闪点和自燃点的定义和区别；
- (2) 烟气的毒性及危害；
 - (3) 产烟浓度和产烟率的定义及应用；
 - (4) 燃烧热值和总热值的内涵；
 - (5) 理论空气需要量和实际空气需要量的意义和区别；
 - (6) 火灾特性和受火程度的定义。

- 难点：(1) 热释放速率的表达式；
- (2) 燃烧所需的充要条件；
 - (3) 最小引燃能的定义及应用；
 - (4) 爆炸极限的定义及意义。

【习题】

1. 名词解释

- | | | |
|------------|------------|-----------|
| (1) 闪点 | (2) 自燃点 | (3) 烟气毒性 |
| (4) 产烟浓度 | (5) 产烟率 | (6) 热值 |
| (7) 总热值 | (8) 热释放速率 | (9) 辐射热通量 |
| (10) 空气需要量 | (11) 最小引燃能 | (12) 爆炸极限 |
| (13) 燃烧温度 | (14) 火灾特性 | (15) 受火程度 |

2. 填空题

- (1) 可燃液体发生闪燃的原因是_____。
- (2) 物质发生闪燃时对应的最低温度为_____，发生自燃时对应的最低温度为_____。
- (3) 聚氯乙烯是常见的发烟材料，假设 30g 的聚氯乙烯燃烧能够产生 1000L 的烟气，则聚氯乙烯的产烟浓度为_____。
- (4) 物质燃烧后，由于水在燃烧产物中存在状态的不同，热值有高低之分，水以液态形式存在时的热值是_____，水以气态形式存在时的热值是_____。