

火灾化学导论

An Introduction to Fire Chemistry

胡源 宋磊 尤飞 钟茂华 编著



化学工业出版社

火灾化学导论

An Introduction to Fire Chemistry



胡源 宋磊 尤飞 钟茂华 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是国内第一本尝试将“火灾化学”划为一个相对独立的学科体系并系统探讨和总结其涵盖内容的图书。火灾化学内涵丰富、外延扩展性和融合性强,整个体系兼具基础性和应用性。

全书共九章,分为两大部分。第一部分(第一章至第二章)为火灾化学基础理论,主要叙述火灾化学这个学科体系的来由、发展、基本范畴、内涵、外延;火灾化学的研究任务、内容、方法及应用;火灾化学的理论基础,即热解、燃烧、爆炸、火灾的本质特征及以上环节间的本质联系。第二部分(第三章至第九章)为广义火灾化学包含的各方面内容,包括材料的防火(阻燃和耐火)原理、相关技术、应用和最新进展;火灾探测和灭火的基本化学原理;火灾的各种产物及其毒性和致毒机理;材料的火灾安全性或潜在火灾危险性评价;工业生产中火灾和爆炸等化学事故的致因及其防治;火灾调查中采用的化学分析方法;火灾本身及其防治手段对环境的潜在影响。全书内容丰富、自成体系、层次清楚、深入浅出。

本书可供消防、安全、轻工、化工、军工等部门的有关技术人员及从事火灾科学和消防工程、公共安全、灾害化学等研究的广大科研人员阅读参考,也可作为高等院校安全工程与消防工程、应用化学、工业分析、环境工程等专业的研究生和高年级本科生的教材、教参或课外读物。

图书在版编目(CIP)数据

火灾化学导论/胡源,宋磊,尤飞,钟茂华编著. —北京:
化学工业出版社, 2007.1

ISBN 978-7-5025-9439-8

I. 火… II. ①胡…②宋…③尤…④钟… III. 火灾-化学-灭火剂 IV. ①X932②TU998.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 117933 号

责任编辑:侯玉周

文字编辑:李姿娇

责任校对:蒋宇

封面设计:韩飞

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:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装订:三河市延风装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张25¼ 字数549千字 2007年1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:68.00 元

版权所有 违者必究

前 言

学科的交叉融合是国际上科技和教育发展的重要特征。现代科学具有高度分化与高度综合的特点,不断产生新分支学科、边缘学科和综合性学科。不只用一种,而是用几种科学方法研究特定的对象,成为当前科学发展最有前途的方向,使研究方法在学科分类上获得重要意义。从1985年国际火灾安全科学学会(IAFSS,另译为“国际火灾学会”)成立以来,“火灾化学(Fire Chemistry)”作为一个单独的学科名词已提出20多年。其间,多门类科学技术的快速发展和融合使其现有内容已突破原定范围和初始职能,现在已具有一定层次和规模。然而,目前科学界对火灾化学主题涉及的体系范围尚未有明确界定,体系中包含的交叉性、边缘性和技术性的理论和方法还比较分散,有必要对其发展现状和趋势作出总结。本书旨在将火灾化学作为一个相对独立和完整的分支学科,在充分调研国际上关乎该体系的著作论文并结合自身多年科研工作的基础上,首次尝试对该体系进行系统阐述,以期抛砖引玉,引发更多业界人士的科学讨论,促进该分支学科的完善和深化。

全书共九章,分为两大部分。第一部分(第一章和第二章)为火灾化学基础理论。其中,第一章主要叙述火灾化学这个学科体系的来由、发展、基本范畴、内涵、外延、研究任务、内容、方法及应用;第二章从研究与火灾相关的热解、燃烧、爆炸过程的化学热力学和动力学入手,阐明了火灾化学的基础理论,即热解、燃烧、爆炸、火灾的本质特征及以上环节间的本质联系。第二部分(第三章至第九章)为广义火灾化学包含的各方面内容。其中,第三章深入讨论了聚合物材料的阻燃原理、阻燃剂分类和作用原理以及不同聚合物基体的阻燃方法、加工技术及阻燃效果,同时还介绍了阻燃聚合物材料的主要应用;第四章分析了与火灾防治相关的化学原理及防治过程中遇到的各种化学问题;第五章着重介绍了火灾过程中的主要气体、液体和固体产物,相关毒理学基础知识及火灾产物毒性的研究理论和试验,对CO、HCN、NO和NO₂的生物致毒机理进行了深入分析;第六章分别阐述了热、烟、毒等火灾危险性的评价指标、评价内容和评价方法,给出了火灾安全性评价的一般参考流程,并通过具体的工程案例进一步阐述了聚合物材料和无机材料火灾安全性评价方法的应用过程;第七章着重分析讨论了导致工业化学事故致发火灾爆炸的现象、起因,叙述了化工过程中燃烧与爆炸的危险辨识,提出了防止工业化学事故,尤其是致发火灾与爆炸等恶性事故的处理对策;第八章从火灾物证的收集入手,列出了火灾物证常用的分离方法,详细介绍了各种化学分析方法(包括部分仪器分析方法)的原理及其在火灾调查中的应用;第九章着重介绍了火灾对人类生存和生态环境、健康等造成的恶劣影响以及火灾防治技术(如阻燃技术、灭火技术等)对环境造成的负面影响,引入了相关的危害程度计算模式。

本书由胡源主持编写大纲和修改定稿。编写人员分工如下：第一章，胡源、尤飞；第二章，胡源、宋磊、杨玲；第三章，胡源、宋磊、蔡以兵；第四章，尤飞、吴振坤、孔庆红；第五章，胡源、刘磊、尤飞；第六章，胡源、尤飞、肖俊峰；第七章，钟茂华、李玉臻、郭洪；第八章，林松、胡源、王银玲；第九章，宋磊、宣善勇。何淑琴、杨丹丹、陈昊、李明、陈希磊、张平等也参与了书稿的部分后期修改工作，在此致以感谢。

本书感谢以下基金的资助：国家自然科学基金（编号 50476026、50403014 和 50323005）、高等学校博士学科点专项科研基金（编号 20040358056）和教育部新世纪优秀人才支持计划。

由于本书是第一次尝试对火灾化学知识体系进行系统总结，再加上笔者水平有限，不当之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2006 年 10 月于中国科学技术大学

目 录

第一章 绪论	1
第一节 火灾化学的范畴	1
第二节 火灾化学的发展及任务	4
第三节 现实中的火灾化学问题	9
第四节 火灾化学的研究方法	11
参考文献	12
第二章 火灾化学的基础理论	14
第一节 概述	14
一、物质的热解	14
二、物质的燃烧	14
三、物质的爆炸	17
四、火灾	23
五、热解、燃烧、爆炸和火灾的相互关系	24
第二节 化学热力学基础	27
一、基本概念	27
二、热力学三大定律	27
第三节 化学动力学基础	31
一、基本概念和公式	31
二、建立反应速率方程的方法	33
三、反应机理及基元反应	34
第四节 热解过程中的热力学及动力学	39
一、煤的热解行为	39
二、硫化矿石自燃的化学热力学机理	43
三、聚合物材料热解特性和动力学研究	44
第五节 基础燃烧理论	47
一、燃烧理论的发展史	47
二、燃烧理论的探讨	48
三、聚合物的燃烧特点	52
四、灾害燃烧	55
第六节 爆炸的基本理论	55
第七节 火灾的基础理论	57

一、火灾的特点	57
二、火灾研究的主要方向	57
三、火灾的阶段	58
四、特殊火灾现象	59
五、火灾与化学的关系	64
六、火灾的双重规律性及应用	64
参考文献	65
第三章 阻燃原理和技术	67
第一节 聚合物材料阻燃的基本原理	67
一、气相阻燃原理	68
二、凝聚相阻燃原理	70
三、中断热交换阻燃机理	71
第二节 阻燃剂分类及其作用原理	72
一、无机阻燃剂	74
二、有机阻燃剂	80
第三节 材料防火保护基本原理	85
一、防火涂料	85
二、防火板	90
三、防火液	91
第四节 材料的阻燃及防护技术	91
一、聚合物材料的阻燃技术	91
二、防火保护技术	95
第五节 阻燃材料的加工技术	108
一、聚合物材料的加工技术	108
二、防火涂料的加工技术	109
第六节 阻燃聚合物材料的应用	110
一、阻燃聚合物的含义	110
二、阻燃聚合物材料的主要应用领域	111
三、阻燃聚合物材料的展望	112
第七节 阻燃技术的最新进展	113
一、聚合物/无机物纳米复合技术	114
二、接枝和交联技术	118
第八节 聚合物材料的燃烧与阻燃	118
参考文献	124
第四章 火灾探测与灭火的化学问题	131
第一节 火灾防治概述	131
一、火灾防治的重要性	131

二、火灾防治的主要任务	131
三、火灾防治的主要方法	131
四、火灾防治的重要场所	132
第二节 基于化学原理的火灾探测技术	132
一、火灾探测技术的发展现状和发展趋势	132
二、火灾探测器的分类	132
三、可燃气体火灾探测器	133
四、多传感/多判据火灾探测技术	141
五、多传感火灾探测器	141
六、火灾探测技术的最新进展	143
第三节 灭火剂及常用灭火系统	145
一、我国灭火剂的发展史与现状	145
二、常用的灭火方法	146
三、灭火剂的分类及其灭火原理	146
四、几类常用的灭火剂	146
第四节 新型灭火剂及其灭火原理	161
一、纳米粉末灭火剂	161
二、催化型干粉灭火剂	161
三、载体型干粉灭火剂	161
四、多元组分干粉灭火剂	162
五、气溶胶灭火剂	163
六、新型植物蛋白泡沫灭火剂	166
七、植物型复合阻燃灭火剂	166
参考文献	167
第五章 燃烧产物及其毒性	169
第一节 燃烧产物毒性研究的必要性	169
第二节 燃烧产物的分类	171
一、气态产物	171
二、凝聚态产物	174
三、火灾过程中的热量释放	175
第三节 火灾产物的毒性和毒性作用的一般机制及其研究方法	178
一、毒物与毒害剂量级	178
二、毒物的结构、特性与效应	180
三、接触特征	180
四、毒性作用	181
五、毒性作用的特征	182
六、毒性作用的一般机制	183
七、燃烧产物毒性的研究方法	184

第四节 火灾中常见有毒产物的致毒机理	189
一、概述	189
二、一氧化碳的致毒机理	191
三、氰化氢的致毒机理	192
四、一氧化氮的致毒机理	194
五、二氧化氮的致毒机理	195
参考文献	198

第六章 材料的火灾安全性评价	200
第一节 概述	200
一、基本概念	201
二、相关法规与标准	203
三、应用	205
第二节 聚合物材料的火灾安全性评价	206
一、热危险性	206
二、非热危险性	219
三、综合性评价	232
第三节 无机材料的火灾安全性评价	237
一、无机材料的耐火性能	238
二、评价方法	239
第四节 工程案例节选	241
一、概述	241
二、装饰材料火灾性能和热解性能评估	241
参考文献	244

第七章 工业化学事故致发火灾与爆炸的处理对策	248
第一节 化学事故致发火灾、爆炸的基本介绍	248
一、国内外典型工业化学事故致发火灾与爆炸事例	248
二、化工装置与化学事故	248
三、燃烧爆炸事故的分类及其形态特点	250
四、企业常见的火灾事故类型	251
第二节 化学事故致发火灾与爆炸的基本概念	252
一、化学品燃烧与爆炸的必要条件	252
二、可燃气体、可燃蒸气、可燃粉尘的燃烧与爆炸危险性	252
三、液体的燃烧与爆炸危险性	253
四、固体的燃烧与爆炸危险性	253
五、爆炸	254
第三节 工业化学事故引起火灾、爆炸事故的因素	270
一、自燃致发的火灾与爆炸事故	270

二、机械作用致发的火灾与爆炸事故	271
第四节 工业化学事故致发火灾与爆炸的预警体系	272
一、建立工业化学事故安全防范体系	272
二、防火防爆安全系统工程	272
三、化工企业燃烧爆炸危险的评估方法	273
第五节 化学工业防火防爆的安全措施与技术	276
一、化学工业防火防爆的基本原理	276
二、化学工业防火防爆的基本措施	277
第六节 采用防火防爆安全报警装置	281
一、火灾自动报警装置的作用原理	281
二、常用自动报警器	281
三、测爆仪器	281
四、自动报警灭火系统	282
第七节 化学事故现场处理预案	382
一、化学事故现场处理预案	282
二、化学事故现场处理预案案例	284
第八节 工业化学事故致发燃烧爆炸典型案例分析	287
参考文献	289
 第八章 火灾调查中的化学分析方法	291
第一节 概述	291
一、火灾调查的任务和内容	291
二、火灾调查与化学	291
三、火灾物证及其鉴定	296
第二节 火灾物证的现场采集	298
一、气态物证的采集技术	298
二、液态物证的采集技术	299
三、固态物证的采集技术	300
第三节 火灾物证化学分析中常用的分离方法	301
一、直接顶空法	301
二、蒸馏法	302
三、溶剂萃取法	302
四、动态顶空法	302
五、吸附法	302
六、固相微萃取法	303
第四节 火灾物证的化学分析方法	304
一、化学显色法	305
二、色谱法	310
三、紫外光谱法	319

四、红外光谱法	321
五、元素分析法	324
六、X射线衍射分析 (XRD)	327
七、热分析技术	328
八、香味探测技术	334
九、电气火灾鉴定技术	335
参考文献	340
第九章 火灾与环境	342
第一节 火灾环境问题	342
一、火灾所造成的环境问题实例	342
二、研究内容	344
第二节 火灾烟气组成及其对环境的具体危害	347
一、气相产物	347
二、液滴和固体颗粒产物	351
三、研究所需设备	352
第三节 森林火灾对环境的影响	353
一、概述	353
二、估算方法	353
三、全球森林火灾温室气体释放量的研究	354
四、我国森林火灾温室气体释放量的研究	359
第四节 油田火灾对环境的影响	361
一、概述	361
二、空气质量监测结果	361
三、对陆地环境的影响	363
四、对海洋生物的影响	364
五、油田火灾烟气对环境的影响	365
六、油田火灾产生的二氧化硫的量	367
七、油田火灾产生的多环芳烃 (PAH) 的量	368
第五节 煤田火灾对环境的影响	371
第六节 阻燃技术带来的环境问题	372
一、概述	372
二、溴系阻燃剂	373
三、清洁、高效阻燃技术	375
第七节 灭火技术造成的环境影响	376
一、哈龙灭火剂造成的环境问题及其替代物	376
二、灭火技术不当造成的环境问题	378
第八节 本章小结	378
参考文献	379

附录	382
附录一 易燃易爆性物质所特有的原子团及代表性物质	382
附录二 锥型量热计测得的某些材料的释热特性	384
附录三 材料在良好通风条件下燃烧的 LC_{50} 和 IC_{50} 值	384
附录四 有限通风燃烧条件下的 LC_{50} 值	387
附录五 材料在氧化高温分解条件下的 LC_{50} 和 IC_{50} 值	388
附录三~附录五参考文献	390

第一章 绪 论

早在公元前 50 万年,“北京人”已经开始用火;公元前 6~公元前 5 世纪,古希腊的赫拉克利特提出了万物之源是火的主张。火构成了人类从野蛮进入文明的重要标志。火是一种可控制的、快速持续并伴随发热发光现象的燃烧形式(明火),从本质上说是可燃物在能量和氧化剂作用下连续发生化学反应的结果。从这个意义上说,人类学会用火的同时,也就开始了用化学方法认识和改造天然物质。世界是由物质组成的,化学就是研究物质的性质、组成、结构、变化和应用的科学,它是人类用以认识和改造物质世界的主要方法和手段之一,是一门历史悠久而又富有活力的学科,它的成就是社会文明的重要标志。从开始用火的原始社会,到使用各种人造物质的现代社会,人类都在享用化学成果。人类的生活能够不断提高和改善,化学的贡献在其中起了重要的作用。

火具有两面性:当可控制时,它能给人类带来光明和温暖、健康和智慧,促进人类物质文明不断发展;当不可控制时,它则给人类带来具有很大破坏性和多发性的灾害,对人类生命财产和生态环境构成巨大威胁。这种在时间和空间上失去控制的群体燃烧并可能造成各种损失的灾害就是火灾。根据世界范围内出版的火灾资料统计^[1],在 1995~1996 年度和 2000 年度,美国、欧洲和中国发生火灾总数约为 1200 万例,致使 1.3 万人死亡和至少 17 万人受伤,直接经济损失分别达 129 亿美元、230 亿美元和 15 亿元人民币。控制和预防火灾已成为世界各国的共识。火灾起源于燃烧,而燃烧必须具备燃料、氧化剂、能量三个要素且其间相互作用时才能开始。俗话说,无风不起浪。对于火灾而言,这里的“风”就是指燃烧;“浪”是指火灾;“起”则是指维持燃烧和扩大范围的链式化学反应。因此,若想“不起浪”,就必须科学地认知火灾中的化学及与其耦合的现象和机理,使用合理的化学或与其耦合的其他技术手段,从本质上控制燃烧。这样,为了预防和控制火灾,人们不断对火灾进行实践经验和学术理论的总结。在火灾、化学、材料、环境、安全等知识体系自然融合交叉的基础上,人们将其归为一个既蕴含科学理论又包括工程技术的新体系,即火灾化学(Fire Chemistry)。

第一节 火灾化学的范畴

火灾化学包括哪些研究内容?它在现代科学中所属的分支和级别又如何?

笔者认为,火灾化学的范畴包括:火灾及其相关过程(包括热解、燃烧和爆炸)孕育、发生、发展和衰落的各个阶段中体系所发生的各种化学反应及其耦合效应和作用机理;体系内外能量转化的化学本质;体系组成、结构和形态的变化及其带来的体系外效应;各类火灾相关事故的化学诱因及化学防治的技术手段和方法。

从哲学角度看，任何科学概念都是事物本质属性的反映，有其客观的内容，即概念的内涵；也有它反映的特定对象，即概念的外延。就火灾化学而言，其研究领域包括热解机理及其动力学，着火机理、燃烧机理、类型、热力学和动力学，火灾的发生、发展和蔓延机理，阻燃与灭火机理、烟的生成、毒性或腐蚀性燃烧产物，燃烧或爆炸成灾的化学诱因等；其关注的对象则是相关过程中体系的组成、数量、结构、形态、相态、热能、化学能的变化，体系对外效应（毒性效应、环境生态效应和健康效应）及评价，基于化学科学的火灾安全防护技术的有效性评价。可见，火灾化学是一门内涵丰富、外延扩展性强、基础性和应用性并存的学科。

目前，在中国的学科分类和分级体系中，火灾化学尚没有明确定位。根据国际上火灾和消防科学技术的发展现状来看，它虽然已能够相对自成体系，但仍然是直接隶属于“火灾科学与消防工程学”的分支学科。火灾化学的定位取决于与其直接或间接关联的上层学科的分类和层次。

在由国家技术监督局于1992年11月1日发布并于1993年7月1日正式实施的国家标准《学科分类与代码》（GB/T 13745—92）中，“消防工程”（学科代码620.3010）被列为三级学科，隶属于一级学科“安全科学技术”（学科代码620，下列5个二级学科和24个三级学科）下的二级学科“安全工程”（学科代码620.30）。随着火灾科学与消防工程学的发展、知识体系的形成和科研队伍的建立，有必要把火灾科学与消防工程学作为一个独立的知识体系进行学科划分。从消防工程学科的知识派生来源和学术研究活动来看，消防工程与安全工程不存在隶属关系。国外也没有将“消防工程”置于“安全工程”学科之下。因此，在1999年6月中国科协学会部主持召开的学科发展与学科分类研讨会上，一些专家、学者在分析三种设置方案（见表1-1）后，一致建议把“国家标准”中一级学科“安全科学技术

表 1-1 消防学科分类建议方案

方 案 一	方 案 二	方 案 三
<u>一级学科</u>	<u>一级学科</u>	<u>一级学科</u>
620 安全科学技术	620 安全科学技术	620 安全科学技术
<u>二级学科</u>	<u>二级学科</u>	<u>二级学科</u>
620.10 安全科学技术基础学科	620.10 安全科学技术基础学科	620.10 安全科学技术基础学科
620.1020 灾害化学	620.1020 灾害化学	620.1020 灾害化学
620.20 安全学	620.20 安全学	620.20 安全学
620.30 安全工程	620.30 安全工程	620.30 安全工程
620.40 职业卫生工程	620.40 职业卫生工程	620.40 职业卫生工程
620.50 安全管理工程	620.50 安全管理工程	620.50 安全管理工程
620.60 火灾科学与消防工程	620.60 消防科学技术与工程	620.60 消防工程
<u>三级学科</u>	<u>三级学科</u>	<u>三级学科</u>
620.6010 火灾基础科学	620.6010 火灾基础科学	620.6010 火灾基础科学
620.6020 建筑防火工程	620.6020 建筑防火工程	620.6020 建筑防火工程
620.6030 工业与交通设施防火工程	620.6030 工业与交通设施防火工程	620.6030 工业与交通设施防火工程
620.6040 森林草原消防工程	620.6040 森林草原消防工程	620.6040 森林草原消防工程
620.6050 消防管理学	620.6050 消防管理学	620.6050 消防管理学
620.6060 火灾调查学	620.6060 火灾调查学	620.6060 火灾调查学
620.6070 其他学科	620.6070 其他学科	620.6070 消防工程的其他学科

术”内设立的三级学科“消防工程”，更名升级为二级学科“火灾科学与消防工程”，与“安全学”和“安全工程”等学科并列。一方面，选择“火灾科学与消防工程”作为学科名称比较贴切，这种称谓既包括了该学科中的基础理论部分，又包含有“消防工程技术”的应用内容，而且与大多数国家对该学科的表述（美国表述为 Fire Protection Engineering，英国表述为 Fire Safety Engineering）更为接近；另一方面，这种设置方案符合国家学科分类与标准的原则和方法要求，能够反映国际上火灾科学与消防工程学科发展的现状和方向，并结合了中国消防科学与技术的发展水平和科技管理工作的实际。

关于“火灾科学与消防工程”下属三级学科的设立，应考虑以下三个方面：符合制定《学科分类与代码》标准的原则与方法；反映国际上火灾科学与消防工程学科发展的现状和方向；与中国消防科学技术的发展水平和科技管理工作的实际相结合。按照国家标准《学科分类与代码》定义“学科是相对独立的知识体系”，并明确规定该标准所列入的学科“应具备其理论体系和专门方法的形成；有关科学家群体的出现；有关研究机构和教学单位以及学术团体的建立并展开有效的活动；有关专著和出版物的问世等条件”。鉴于“火灾科学与消防工程”是一门涉及诸多研究的综合性学科，在对下属子学科进行划分时，要着重注意每一个子学科研究领域的相对独立性和知识结构的完整性。学科不同于行业，也不同于大学的专业。子学科划分不宜过于笼统，尽量避免学科之间研究领域的重复；同时也不宜过细，否则影响学科知识体系结构的完整，不利于相关知识的融合和研究领域的拓展。考虑到消防学科知识派生来源的多学科性和研究领域的交错性，因此应以研究对象和研究目的为基点来组织子学科的划分较为合理。据此，建议在“火灾科学与消防工程”二级学科下设立七个三级学科，即火灾基础科学、建筑防火工程、工业与交通设施防火工程、森林草原消防工程、消防管理学、火灾调查学、火灾科学与消防工程的其他学科；或者是火灾学、防火工程、灭火工程、消防管理工程、消防指挥学、火灾原因调查学、火灾科学与消防工程学的其他学科。其中，火灾基础科学以火的特性、火灾的规律及其对人与环境的影响为基本研究对象，其研究目的是为减少火灾对人类的危害提供科学的和技术的基础理论与知识，其研究领域包括火灾化学、火灾物理学、火灾毒理学、火灾气象学、火灾地形学、火灾动力学、火灾模化、与火灾有关的爆炸理论及防爆抑爆技术、烟气毒性、灭火理论与灭火技术、消防水力学、消防心理学和行为学、消防社会学、消防系统学、消防设计与管理技术（含建筑、工业过程、运输过程、城市与社区）、火灾安全评估基础理论、日常用品与能源安全、人在火灾中的反应等。然而，以上各个研究领域的发展并不平衡，火灾化学日渐成为相对独立、主题突出的子学科。其他三级学科的研究领域中也都渗透着火化学的内容，如建筑材料防火技术、建筑工程的主动与被动消防系统、建筑火灾危险性分析和安全评估、工业与交通设施火灾（如石油化工、矿井、军工、铁路、公路、飞机、航天器、船舶、地下铁道、发电厂、核电站等场所的火灾和易燃易爆危险物品的火灾）、林区区和牧区防火灭火技术、易燃易爆危险品管理、灭火战术、火灾调查学中以高新科技成果为基础的新方法（含化学技术）、各类灭火装置和灭火剂等消防产品的开发研究。需要特别说明的是，上述学科分类的意

见，主要着眼于学科的科学的研究活动、对学科知识结构和体系的分析以及对消防科学研究内容之间相互关系的分析。同时，学科的分类也不等同于大学教育专业课程的设置。

单纯从化学学科的发展过程来看，依照所研究的分子类别和研究手段、目的、任务的不同，派生出不同层次的许多分支。在 20 世纪 20 年代以前，化学传统地分为无机化学、有机化学、物理化学和分析化学四个分支。20 年代以后，由于化学键的电子理论和量子力学的诞生、电子技术和计算机技术的兴起，化学研究在理论上和实验技术上都获得了新的手段，导致这门学科从 30 年代以来飞跃发展，呈现出崭新的面貌。目前一般把化学分为生物化学、有机化学、高分子化学、应用化学和化学工程学、物理化学、无机化学等类共 80 项，实际包括了七大分支学科。根据当今化学学科的发展及其与天文学、物理学、数学、生物学、医学、地学等学科相互渗透的情况，化学可作如下分类：无机化学、有机化学、物理化学（化学热力学、化学动力学、结构化学）、分析化学（化学分析、仪器和新技术分析）、高分子化学（天然高分子化学、高分子合成化学、高分子物理化学、高聚物应用、高分子物理）、核化学、核放射性化学、生物化学、其他与化学有关的边缘学科（地球化学、海洋化学、大气化学、环境化学、宇宙化学、星际化学等）。由此可知，火灾化学在化学学科中应纳入“边缘学科”范围。

第二节 火灾化学的发展及任务

火灾化学是“火灾科学与消防工程”的重要研究领域，其知识体系涉及化学、火灾学、燃烧学、数学、材料科学、物理学、计算机科学技术、安全科学技术等学科领域。火灾化学的发展与上级学科（火灾科学、消防工程）和交叉学科（燃烧学）的历史更迭不可分割，是其发展到一定阶段并交融后产生的新兴分支。

“火灾化学”一词的提出最早可追溯到 1985 年。是年，由英、美、日等国几位著名的消防科学家发起，在美国华盛顿成立了民间非赢利性的学术组织——国际火灾安全科学学会（the International Association for Fire Safety Science, IAFSS）。它是最早成立的国际火灾科学专业性组织，也是国际公认的、学术权威性最高、影响力最大的消防科学学术组织之一。这在一定意义上标志着“火灾科学与消防工程”这门学科开始获得国际消防科技界的公认^[2]，宣告了这门新兴学科的确立。学会在成立之初比较侧重于火灾科学（Fire Science 或 Fire Safety Science）的研究领域，经过十多年的发展，其关注的领域已扩展到消防工程的各个方面。在学科的名称上，它选择了一种具有“兼容性”的提法，即“火灾安全科学及工程”（Fire Safety Science and Engineering），并将学科的主要研究领域归纳为 10 个方面：火灾化学与火灾物理、火灾动力学（包括爆炸）、主动消防系统（包括探测和灭火）、被动消防系统、人在火灾中的反应（体能的、生理的和心理的）、消防安全管理、火灾风险评估与量化、火灾调查、消防安全设计（针对建筑、工业设施、交通、消费品等）和消防安全教育。IAFSS 每 3 年举办一次“系列性”国际学术会议，即国际消防安全科学研讨会（另译名为“国际火灾安全科学大会”，International

Symposium on Fire Safety Science)。每届大会都汇集了世界各国火灾科学技术界的精英,来自各国的科学家、学者、专家等正式代表 300~400 人,是当今国际上规模最大、学术水平最高的火灾科学会议。国际火灾科学大会研讨的专题主要围绕“火灾科学与消防工程”整个学科领域展开,包括全球火灾形势分析与预测,火灾的前兆、生成、蔓延与传播,火灾化学,火灾物理学,消防安全工程学,火灾危险性评估,火场中人的反应与行为,灭火战术与指挥,火灾原因检验技术以及森林、草原、矿井火灾等。这标志着人类对火灾机理的认识从无知提高到近代的氧化燃烧学说,进一步飞跃到火灾动力学的研究阶段。

火灾化学作为“火灾科学与消防工程”学科的重要分支,已经广泛出现于国内外高等院校学位教育体系、国际火灾组织研究体系、国际刊物和国际会议中,表现出活跃的生命力。

目前,国内外众多高等院校已开始把火灾化学作为消防或安全工程类专业的主修科目。据不完全统计,目前明确以“火灾化学”命名的课程信息见表 1-2。

从表 1-2 中可见,国外设置“火灾化学”课程的院校一般规模较小、影响较弱。设立“消防工程系”的几个名牌大学(如美国马里兰大学、英国爱丁堡大学)尚未开设此课程。火灾化学在学科教育中的普及尚待时日。

国际上有多种组织将火灾化学纳入主体研究领域,相关信息可不完全统计如表 1-3。

火灾化学的研究成果必须能够及时在火灾科学和消防工程界展示和交流,这就需要出版业的支持。目前,国际上将火灾化学作为出版内容的科技期刊可统计如表 1-4。

其他一些重要杂志虽然没有明确以“火灾化学”科学概念作为出版内容,但实际上对火灾化学学科的具体研究领域都有所反映,如 Fire and Materials、Polymer、Journal of Loss Prevention 等众多材料和安全领域的期刊。

此外,火灾化学也频频作为国际学术会议上的重要议题或计划,相关信息可总结如表 1-5。

表 1-5 中,国际火灾安全科学研讨会是由 IAFSS 每 3 年举办一次的重大会议,火灾化学是其中的重要部分,其涵盖的关键词包括:着火、烟气、烟炱、动力学、毒性、自燃、热释放速率控制。于 2005 年 9 月 18 日至 23 日在中国北京清华大学举行的第八届国际火灾安全科学研讨会 7 大议题:火灾物理;火灾化学;人类行为;特殊议题;结构响应和涉及;风险评估和性能化设计;灭火、探测及烟气管理。在以往的 7 届大会中,除了第 7 届(2002 年,美国)和第 4 届(1994 年,加拿大)没有明确提出“火灾化学”议题外,其他各届会议都将其作为重要组成部分,会上提交的论文数目分别为 14 篇(第 1 届,1985 年,美国)、3 篇(第 2 届,1988 年,日本)、12 篇(第 3 届,1991 年,英国)、38 篇(第 5 届,“火灾模型和火灾化学”,1997 年,澳大利亚)、13 篇(第 6 届,1999 年,法国)。Interflam 会议是由创立于 1987 年的英国 Interscience Communications 公司召集的,它是已知历史最长的关注火灾研究的国际学术会议,从 1979 年开始每 3 年举办一届,目前已进行到第 10 届。该会议宗旨是为火灾科学研究者、消防工程人员和消防产品设计