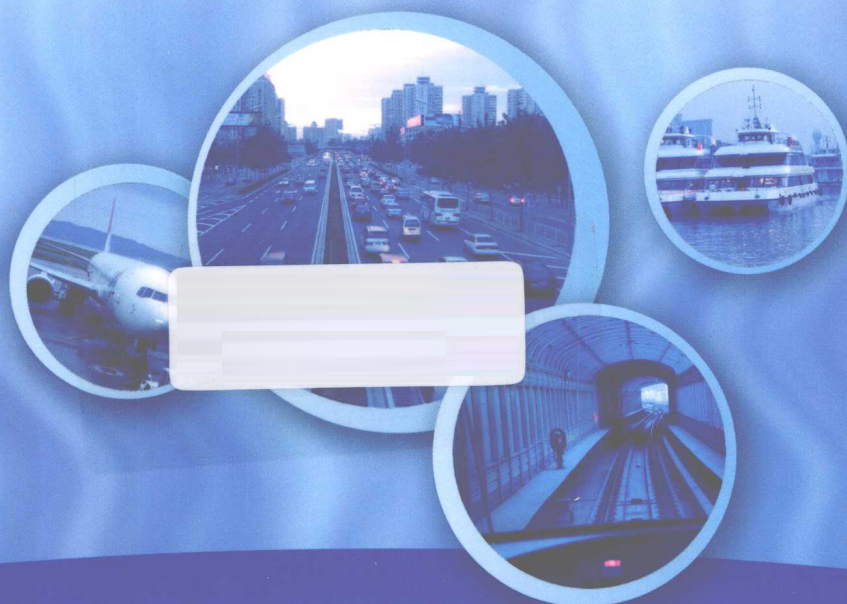


朱 杰 主编

交通火灾 防治技术

JIAOTONG HUOZAI FANGZHI JISHU



化学工业出版社

朱 杰 主编

交通火灾 防治技术



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

交通火灾防治技术/朱杰主编. —北京: 化学工业出版社, 2012.10
ISBN 978-7-122-15191-9

I. 交… II. 朱… III. 交通事故-火灾-灾害防治
IV. ①X928.7②U491.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 204071 号

责任编辑: 刘兴春

文字编辑: 汲永臻

责任校对: 顾淑云

装帧设计: 关 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: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张 11¼ 字数 167 千字

2013 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: 38.00 元

版权所有 违者必究

前言

随着社会经济和城市化的发展，交通工具日益现代化、多样化，公交汽车、地铁、高铁、飞机、船舶等交通运输工具越来越成为我们生活中必不可少的一部分。目前，我国已成为世界上最重要的空运、海运、铁路运输大国之一。

我们在享受现代交通工具舒适便捷的同时，也面临着各种交通工具火灾频发的严峻现状。根据公安部消防局公布数据显示：2011年全国共发生交通工具火灾达到13049起，造成了重大的人员伤亡和财产损失，社会影响极其恶劣。因此，为了控制和防范交通工具火灾的发生，有效降低交通工具火灾事故，确保现代综合运输体系安全发展，交通工具火灾防治已成为各国城市公共安全研究人员的一个十分重要的研究课题。

本书共分为7章，第1章对交通工具火灾研究现状进行总结分析；第2章阐述了火灾科学的相关基础理论；第3章至第7章是本书的重点内容，分别以公交汽车、地铁列车、高速列车、民航飞机和船舶这五种交通工具作为研究对象，系统地介绍了公交汽车、地铁列车、高速列车、民航飞机及船舶各类交通工具火灾发生的特点、原因及国内外研究现状，提出相应的火灾防治、应急救援对策和建议，并对典型交通工具火灾案例进行讨论分析。

本书可作为高等学校消防工程、安全工程、环境工程等专业师生的教材或参考用书，也可供消防安全、环境安全等领域的科研人员、技术人员和管理人员参阅。

本书由四川师范大学消防工程研究所所长朱杰老师主编。代君雨、张志刚、徐钟铭、彭莉等同志参与了部分内容的编写，

并对本书做了大量文献资料收集整理工作；李俊秋、吴建波对本书的文字做了校核工作，在此一并表示感谢。另外，书中还借鉴了国内外相关同行的同类研究成果，参考文献已列出，编者在此向他们表示衷心感谢；如有标注遗漏，敬请谅解。

本书由四川师范大学出版基金资助出版。

由于编者水平有限且编写时间仓促，书中难免存在一些疏漏和不妥之处，敬请有关专家和广大读者批评指正。

编者

2012 年 8 月于成都

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	3
1.2 我国目前交通工具火灾的形势	4
1.2.1 交通工具形势	4
1.2.2 交通工具火灾基本情况	5
1.2.3 交通工具火灾形势严峻的原因	5
1.3 国内外交通工具火灾研究现状	6
1.3.1 相关防火设计规范的制定	6
1.3.2 材料燃烧性能研究	7
1.3.3 火灾烟气运动规律及控制技术研究	8
1.3.4 人员疏散和应急预案研究	8
1.3.5 消防安全管理研究	8
参考文献	9
第 2 章 火灾科学基础理论	11
2.1 燃烧	13
2.1.1 燃烧的定义	13
2.1.2 燃烧三要素	13
2.1.3 燃烧机理	14
2.1.4 燃烧类型	15
2.2 烟气	19
2.2.1 烟气的定义	19
2.2.2 烟气的影响因素	19
2.2.3 烟气的危害	20

2.2.4	烟气的研究方法	22
2.2.5	常用的防排烟技术措施	23
2.3	火灾自动报警系统	25
2.3.1	火灾自动报警系统分类	25
2.3.2	火灾自动报警系统的组成	27
2.4	火灾探测器	28
2.4.1	火灾探测器简介	28
2.4.2	火灾探测器的选择	31
2.5	灭火系统	31
2.5.1	自动喷水灭火系统	32
2.5.2	泡沫灭火系统	35
2.5.3	气体灭火系统	37
2.5.4	干粉灭火系统	39
2.6	阻燃	41
2.6.1	阻燃机理	41
2.6.2	阻燃剂	42
2.7	人员疏散	46
2.7.1	安全疏散的目的及原则	46
2.7.2	人员安全疏散的判据	47
2.7.3	人员安全疏散的准则	48
2.7.4	允许疏散时间及影响因素	48
2.7.5	安全疏散距离及影响因素	49
2.7.6	火场中人的心理和行为	49
2.7.7	人员疏散软件介绍	50
	参考文献	51
第3章	公交汽车火灾防治技术	53
3.1	引言	55
3.1.1	国外公交汽车的发展概况	55
3.1.2	国内公交汽车的发展概况	56
3.2	公交汽车火灾特点	57
3.2.1	火灾危害性大	57
3.2.2	火灾扑救难度大	58

3.2.3	极易产生轰燃现象	58
3.2.4	人员疏散困难	58
3.2.5	火灾影响较大	59
3.3	公交汽车火灾事故原因	59
3.3.1	公交汽车火灾事故原因统计	59
3.3.2	公交汽车火灾原因分析	60
3.4	公交车火灾安全防护	60
3.4.1	理论分析	60
3.4.2	公交汽车火灾主动防护	62
3.4.3	公交汽车火灾被动防护	64
3.5	公交汽车火灾防治新技术	66
3.5.1	采用新型公交汽车消防安全防护系统	66
3.5.2	研发并使用新型灭火系统	67
3.5.3	设置新型逃生装置	67
3.6	公交汽车火灾事故救援体系	69
3.7	案例分析	70
	参考文献	72

第4章 地铁列车火灾防治技术 73

4.1	引言	75
4.1.1	国外地铁发展概述	76
4.1.2	国内地铁发展概述	77
4.2	地铁火灾特点	78
4.2.1	突发性强, 不易预防	78
4.2.2	氧含量急剧下降	78
4.2.3	发烟量大, 排烟散热困难	79
4.2.4	火情探测和扑救困难	79
4.2.5	人员疏散困难	79
4.3	地铁火灾事故原因	80
4.3.1	地铁火灾事故原因统计	80
4.3.2	地铁火灾事故原因分析	80
4.4	地铁火灾安全防护	81
4.4.1	理论研究	81

4.4.2	地铁火灾主动防护	86
4.4.3	地铁火灾被动防护	90
4.5	地铁火灾防治新技术	92
4.5.1	地铁火灾防治讨论	92
4.5.2	地铁火灾研究方向	95
4.6	地铁火灾应急救援	97
4.6.1	应急救援原则	97
4.6.2	区间救援	97
4.6.3	车站救援	98
4.6.4	地铁火灾逃生方法	98
4.7	案例分析	99
	参考文献	102
第5章	高速列车火灾防治技术	105
5.1	引言	107
5.1.1	国外高速列车的发展概况	107
5.1.2	国内高速列车的发展概况	109
5.2	高速列车火灾特点	109
5.3	高速列车火灾事故原因	111
5.4	高速列车火灾安全防护	112
5.4.1	理论分析	112
5.4.2	高速列车火灾主动防护	116
5.4.3	高速列车火灾被动防护	120
5.5	高速列车火灾事故救援体系	121
5.5.1	应急救援基本原则	121
5.5.2	应急预案	122
5.6	高速列车火灾案例	124
	参考文献	125
第6章	民航飞机火灾防治技术	127
6.1	引言	129
6.1.1	国外民航飞机的发展概况	129
6.1.2	国内民航飞机的发展概况	130

6.2	民航飞机火灾特点	131
6.3	民航飞机火灾事故原因	133
6.3.1	民航飞机火灾事故原因统计	133
6.3.2	民航飞机火灾事故原因分析	133
6.4	民航飞机火灾安全防护	134
6.4.1	理论分析	134
6.4.2	民航飞机火灾主动防护	137
6.4.3	民航飞机火灾被动防护	140
6.5	民航飞机火灾事故救援体系	141
6.5.1	民航飞机火灾扑救措施	141
6.5.2	民航飞机火灾救援实施方法	142
6.6	案例分析	143
	参考文献	145
第7章	船舶火灾防治技术	147
7.1	引言	149
7.1.1	国外船舶的发展概况	149
7.1.2	国内船舶的发展概况	150
7.2	船舶火灾特点	151
7.3	船舶火灾原因	152
7.4	船舶火灾安全防护	153
7.4.1	理论研究	153
7.4.2	船舶火灾主动防护	156
7.4.3	船舶火灾被动防护	157
7.5	船舶火灾防治对策及研究方向	159
7.5.1	船舶火灾研究方向	159
7.5.2	船舶火灾防治对策	160
7.6	船舶火灾应急救援	162
7.7	案例分析	163
	参考文献	168

第1章

绪论

1.1 引言

随着社会经济发展和科技进步,交通工具日益多样化,公交车、地铁列车、高速列车、飞机、船舶等交通运输工具越来越成为我们生活中必不可少的一部分。目前,我国已成为世界上最重要的空运、海运、铁路运输大国之一。据统计,到2015年,我国公交专用道总里程预计达到10000公里,实现公交出行分担率50%以上;截至2012年,我国铁路营业里程已达到11万公里以上,其中高速铁路将达到1.3万公里以上;“十二五”期间,我国运输机场数量将达到230个以上,旅客运输量将达4.5亿人,机队规模预计达到4500架以上;目前我国已有北京、上海、广州、天津、深圳、南京、重庆、长春、武汉、大连、沈阳、成都、西安、苏州等多个城市开通地铁运营线路,且已成为世界上地铁发展速度最快的国家之一;截至2012年,我国港口货物吞吐量和集装箱吞吐量均位居世界第一,沿海港口将在未来五年内建成深水泊位661个,新增通过能力30亿吨。

我们在享受现代交通工具舒适便捷的同时,也面临着各种交通工具火灾频发的严峻现状。现有主要交通工具,大多是以易燃易爆液体、气体作为动力燃料,火灾荷载及火灾危险性相对较大;同时,交通工具空间狭小,人员密集,流动性大且行李较多,一旦发生火灾,易积聚大量高温烟气且蔓延迅速,进而造成重大人员伤亡和财产损失;此外,交通工具火灾突发性强,人员疏散救援条件较差,导致火灾扑救极为困难。根据公安部消防局公布数据显示:2011年全国共发生交通工具火灾达到13049起,造成了重大的人员伤亡和财产损失,社会影响极其恶劣。

因此,为了控制和防范交通工具火灾的发生,有效降低交通工具火灾事故,确保现代综合运输体系安全发展,交通工具火灾防治已成为各国城市公共安全研究人员的一个十分重要的研究课题。本书将从公交车、地铁列车、高速列车、飞机、船舶等交通工具展开论述,介绍各交通工具的国内外发展概况、火灾特点、火灾安全防护技术及应急预案等内容。本书可作为消防工程、安全工程、环境工程等专业师生的教材或参考用书,也可供消防安全、环境安全等领域的科研人员、技术人员和管理人员参阅。

1.2 我国目前交通工具火灾的形势

1.2.1 交通工具形势

随着城市现代化及经济的发展，我国已从马车、汽车等传统的交通工具，发展成为集公交汽车、地铁列车、高速列车、飞机及船舶等多种现代化交通工具于一体的综合交通运输体系，并向着便捷、安全、经济、高效等方向发展。

现阶段，我国公共交通运营车辆总量为 41.2 万辆，公交专用道路里程达 7452km，快速公共交通系统总运营里程达 283.8km，运输总量 36 亿人次；北京、上海、广州、天津、深圳、南京、重庆、长春、武汉、大连、沈阳、成都、西安、苏州等多个城市开通地铁，以北京为例，到 2011 年底已运营线路达 15 条，运营总里程达 372km，日均客流量突破 700 万人次；高铁投入运营里程达 8358km，在建规模超过 1 万公里，到 2012 年新建高速铁路总规模将达到 1.3 万公里，已成为世界上高速铁路发展最快、系统技术最全、集成能力最强、运营里程最长、运营速度最高、在建规模最大的国家；飞机运输机场达 180 个，其中年旅客吞吐量 100 万人次以上的运输机场达到 53 个，年货邮吞吐量 1 万吨以上的运输机场 47 个，共有定期航班航线 2290 条，按重复距离计算的航线里程为 512.77 万公里，年旅客运输量 29317 万人次；船舶通航总里程已达 13.3 万公里，共有沿海运输船舶 9322 艘、净载重量 2450.6 万吨，内河运输船舶 18.02 万艘、净载重量 5266.25 万吨。

到 2015 年，我国力争实现公路客货运量分别达到 400 亿人、300 亿吨；铁路网覆盖全国 20 万人口以上城市，快速铁路网基本覆盖省会及 50 万人口以上城市；新建高速铁路网规模达到 2.5 万公里，包括 1.5 万公里的“四纵四横”高速铁路网主骨架、5000 公里的主骨架高铁连接线和 5000 公里的城际高铁；民航客货运量分别达到 4.5 亿人次、900 万吨，民用机场覆盖全国 81% 以上的县级城市单元，沿海港口货物吞吐量达到 78 亿吨，内河货运量达到 38.5 亿吨。交通工具将按预期目标发展。

1.2.2 交通工具火灾基本情况

近年来,随着交通工具的迅速发展,交通工具火灾也呈逐年上升趋势,火灾形势相对严峻。据统计,1998年全国交通工具发生火灾6022起,死亡124人,受伤人数459人,造成直接经济损失14180.6万元;1999年全国交通工具发生火灾5911起,死亡132人,受伤人数497人,造成直接经济损失14395.0万元;2000年全国交通工具发生火灾6787起,死亡79人,受伤人数380人,造成直接经济损失11722.9万元;2001年全国交通工具发生火灾7825起,死亡121人,受伤人数309人,造成直接经济损失13714.7万元;2005~2010年共发生交通工具火灾事故73263起,死亡88人,直接经济损失达96043.6万元,占火灾事故总数、死亡人数总数、直接经济损失总数比例分别为12.22%、1.03%、16.55%。交通工具一旦发生火灾,极易造成群死群伤事件,带来重大经济财产损失,特重大交通工具火灾事故时有发生,火灾形势相对严峻,国内外重大交通工具火灾案例详见表1.1。

表 1.1 国内外交通工具火灾案例

交通工具	时间	火灾发生地点	起火原因	后果
公交汽车	2009年6月	中国成都	纵火	死亡27人,伤76人
地铁列车	1995年10月	阿塞拜疆巴库	电动机车 电路故障起火	死亡558人,伤269人
地铁列车	2000年11月	奥地利萨尔茨州	空调过热引发火灾	死亡155人,伤18人
地铁列车	2003年2月	韩国大邱	纵火	死亡189人,伤146人
高速列车	1947年4月	日本生驹山隧道	车祸	死亡28人,伤73人
高速列车	2002年11月	法国东部的南希站	电气系统故障	死亡12人,伤9人
民航飞机	2001年4月	美国	电流短路起火	死亡23人
民航飞机	2002年5月	中国大连	纵火	死亡112人
民航飞机	2010年8月	中国伊春机场	降落起火	死亡42人,伤53人
船舶	1991年4月	中国烟台	自燃	直接经济损失约4万美元
船舶	1992年1月	中国长江	电焊起火	直接经济损失1000万元
船舶	2004年10月	中国江西	爆炸起火	直接经济损失303.64万元

1.2.3 交通工具火灾形势严峻的原因

(1) 火灾荷载大,扑救相对困难

交通工具内可燃装饰材料多、油箱载油量大、线路设计复杂多样、

属相对密闭空间,起火燃烧后,温度积聚升高、空气体积膨胀、烟气流积聚,火势极易在短时间蔓延扩大,人员疏散及火灾扑救相对困难。

(2) 不确定性大,可控性差

交通工具火灾发生时间、空间不确定性较大,且地铁、高铁、飞机、轮船等交通工具运行环境相对特殊、复杂多变,通常使用车内消防器材灭火,一旦火势扩大,将极难扑救,造成重大人员伤亡及财产损失。

(3) 疏散困难,人员伤亡大

交通工具发生火灾时发烟量大,燃烧释放大量一氧化碳、氯化氢等有害气体和烟雾,阻碍人们视线,造成疏散困难,增加人群窒息的可能性;且交通工具载客量大,疏散出口相对有限,短时间内很难保证人员快速安全疏散。

(4) 火灾防御体系跟不上交通工具的发展

各类新型交通工具层出不穷,载客量越来越大,但由于其火灾防御系统不能跟上交通工具发展,导致其潜在火灾危险性增大。一旦发生火灾,经常处于被动局面,极易造成不可逆损失。

(5) 交通工具火灾防范意识淡薄

交通工具火灾防范意识相对淡薄:一是不清楚交通工具中消防器材的放置及使用;二是安全意识淡薄,通常有旅客携带易燃易爆等危险品乘坐交通工具;三是缺乏基本的交通工具火灾安全知识,发生火灾后不能及时控制早期火灾,不懂逃生自救方法,一旦遇到火灾,极易造成重大伤亡。

1.3 国内外交通工具火灾研究现状

交通工具火灾的防治已成为城市公共安全领域的一个重要课题,是目前国内外火灾领域研究的热点和难点。国内外学者已经针对交通工具火灾已经开展了大量的研究工作,主要集中在相关防火设计规范的制定、材料燃烧性能研究、火灾烟气运动规律及控制技术研究、人员疏散和预案应急研究以及消防安全管理研究等方面。

1.3.1 相关防火设计规范的制定

为了从源头上降低交通工具火灾发生的概率,减少交通工具火灾损

失,世界各国相继制定了一些交通工具设计规范及标准,主要代表有《Federal Motor Vehicle safety standard 302》、《机动车运行安全技术条件 GB 7258—2004》、NFPA130《固定导轨运输和有轨客运系统标准》、NFPA 502《公路隧道、桥梁及其他限行公路标准》、《地铁设计规范 GB 50157—2003》、《地铁车辆通用技术条件 GB/T 7928—2003》、《地铁设计防火规范》(报批稿)、《高速铁路设计规范 TB 10020—2009》、《船舶消防管理和检查技术要求》、《运输船舶消防管理规定》、《船舶与海上设施法定检验规则》、《美国航空航天标准 AS1055B》、《美国航空航天标准 AS1072》、《国际标准化组织标准 ISO2685》、《中国航空工业标准 HB6167.14》、《中国航空工业标准 HB7044》等。以上规范及标准主要从结构设计、材料性能、设施设备、安全管理等方面进行了规定,但是对公交车、地铁列车、高速列车、船舶、飞机等交通工具防火设计和主动防护措施方面的内容规定的较少。

1.3.2 材料燃烧性能研究

提高材料及内饰燃烧性能是防止交通工具火灾发生或延迟火灾发展及蔓延的重要措施。目前,交通工具材料燃烧性能研究主要集中在材料燃烧性能试验和新型耐火材料的应用。

由于公交车、地铁列车、飞机等交通工具上的车体、座椅、扶手、装饰构件以及乘客携带的行李通常都是可燃物,一旦发生火灾,极易造成严重的后果。为了评估交通工具火灾危险性,国内外学者采用全尺寸试验和中小尺寸模型试验对交通工具材料燃烧特性进行了研究,提出在交通工具上尽量使用阻燃耐火材料和新型耐火材料,如硅氧烷聚合物等。大量研究表明,新型耐火材料的应用有助于提高车体构件结构抗火性能,以控制火灾初期结构变形,给旅客疏散提供保证。世界各国对交通工具车体结构抗火性能要求不同,法国 TGV 列车根据经验按照 350℃ 和持续 10min 的条件核算列车车体的强度和刚度;德国 ICE 列车要求能保证在全面燃烧 15min 条件下可运行和不丧失牵引、制动控制性能;英国要求车辆的抗火能力不低于 30min (能抵抗 800℃ 的高温);美国联邦航空条例 FAR23 部和 25 部对飞机驾驶舱、客舱和货舱的设施、构件用材料规定了不同的防火试验方法、阻燃特性试验要求和试验装置。