

当代杰出青年科学文库

火灾风险与保险

孙金华 褚冠全 刘小勇 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书运用数理统计理论、风险分析理论、系统安全理论等,建立了建筑火灾财产损失风险、人员伤亡风险预测模型和方法,进而基于火灾风险的预测结果提出了火灾财险和第三者公众责任险费率的厘定模型,最后对火灾保险与消防互动中的若干问题进行了探讨。

本书可供火灾科学与消防工程、金融保险、建筑等领域的工程技术人员和研究人员参考,也可作为高等学校安全工程、金融保险等相关专业高年级本科生和研究生的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

火灾风险与保险/孙金华,褚冠全,刘小勇编著. —北京:科学出版社, 2008

(当代杰出青年科学文库/白春礼主编)

ISBN 978-7-03-020650-3

I. 火… II. ①孙… ②褚… ③刘… III. ①火灾-风险分析 ②火灾保险-基本知识 IV. TU998.12 F840.64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 031079 号

责任编辑:王飞龙 胡 凯/责任校对:陈丽珠

责任印制:赵德静/封面设计:王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社编务公司排版制作

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 5 月第 一 版 开本: B5 (720 × 1000)

2008 年 5 月第一次印刷 印张: 16

印数: 1—2 500 字数: 301 000

定价: 48.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈双青〉)

《当代杰出青年科学文库》编委会

主 编 白春礼

副主编 (按汉语拼音排序)

程津培 李家洋 谢和平 赵沁平 朱道本

编 委 (按汉语拼音排序)

柴玉成 崔一平 傅伯杰 高 抒 龚健雅

郭 雷 郝吉明 何鸣鸿 洪友士 胡海岩

康 乐 李晋闽 罗 毅 南策文 彭练矛

沈 岩 万立骏 王 牧 魏于全 邬江兴

袁亚湘 张 杰 张 荣 张伟平 张先恩

张亚平 张玉奎 郑兰荪

前 言

目前，火灾风险评估方法已经获得了很大的发展，适用于各行业的火灾风险评估方法不断被提出或改进，已经能够实现对火灾风险的合理量化。但是，基于火灾风险评估来厘定火灾保险费的研究才刚刚起步，都还比较粗略，局限于定性或半定量方法，主观因素成分比较多，缺乏科学依据，目前保险公司还主要是通过通过对火灾保险业务进行分类统计来厘定火灾保险费。此外，基于火灾风险评估来厘定火灾公众责任险费率的方法国内外尚未见完整的报道。

将火灾风险评估应用到火灾保险和火灾公众责任险费率厘定当中，可以充分发挥费率的杠杆作用，达到促进减灾防损的目的。通过将现有的火灾风险评估方法进行适当改进，实现对投保标的火灾风险的合理量化，并将火灾风险评估结果应用到火灾保险和火灾公众责任险费率厘定当中，使标的的保险费率与其火灾风险状况相一致。同时，科学地厘定火灾财险和火灾公众责任险的费率，有利于鼓励更多的单位和个人购买火灾保险及火灾公众责任险，真正实现消防与保险的良好互动，这对改善我国目前火灾事故发生频繁、群死群伤及重大经济损失的恶性事件时有发生现状，保障人民的生命财产安全，减轻政府的压力和经济负担具有重要意义。

《火灾风险与保险》一书从火灾科学应用基础理论出发，运用数理统计理论、风险分析理论、系统安全理论，对建筑火灾财产和人员风险进行了预测，进而基于火灾风险预测的结果提出了火灾财险和第三者公众责任险费率的厘定模型。作为一门应用科学，火灾科学的根本目的是解决工程中存在的主要问题，而火灾风险评估方法学的发展对于采取合理有效的防火措施，防治火灾发生发展，降低火灾造成的人员伤亡和财产损失的社会需求具有重大意义。

本书共分八章，由孙金华教授、褚冠全博士、刘小勇工程师共同编著，孙金华教授对全书进行了统稿。第1章由孙金华教授和刘小勇工程师执笔，主要介绍了目前我国火灾的形势和特点，国内外火灾保险的发展历史、火灾风险及保险的研究现状以及本研究的背景、目的和意义。第2章由孙金华教授和褚冠全博士编写，介绍了燃烧基础知识、火灾动力学演化机理、烟气运动规律以及火灾防治关键技术。第3章由褚冠全博士编写，主要介绍了概率论与数理统计的基础知识，火灾中的常用概率分布、统计数据分析方法。第4章由孙金华教授和褚冠全博士执笔，主要介绍了火灾风险的基本概念、火灾危险源辨识方法及其在风险评估中的应用以及一些量化的火灾风险评估的模型。第5章由褚冠全博士和孙金华教授

编写，主要基于火灾动力学特性和消防设施的防灭火效能，建立了建筑火灾直接财产损失的预测模型，提出了火灾诱发建筑坍塌的评价方法。第6章由刘小勇工程师和孙金华教授编写，介绍了国内外保险公司火灾保险费率厘定的一般方法，提出了基于建筑火灾财产损失预测的火灾财产保险费率厘定模型和方法。第7章由孙金华教授和褚冠全博士编写，介绍了火灾公众责任险的定义和概念，以及火灾动力学、防灭火设施的效能和火灾环境中人员的行为规律，建立了火灾人员伤亡预测模型，并在此基础上建立了火灾公众责任险保费的厘定模型。第8章由孙金华教授编写，针对当前消防与保险认识上的误区与火灾保险费率与消防分离的问题，对火灾保险与消防互动若干问题以及消防与保险互动机制的措施进行了探讨。

在撰写本书的过程中，作者得到了火灾科学国家重点实验室范维澄院士、廖光焯教授等诸多老师的大力支持，并引用了中国科学技术大学火灾科学国家重点实验室同事们以及国内外同行的相关研究成果，在此一并向他们表示感谢。本书是作者诸多科研项目研究成果的结晶，如：“十一五”国家科技支撑计划课题《建筑性能化防火设计关键技术及应用示范》(2006BAK06B02)、中国科学院“百人计划”和“百人计划”优秀后续支持项目、国家重大基础研究项目(973项目)《火灾动力演化和防治基础》第6课题——火灾风险评估方法学(2001CB409606)、国家自然科学基金重点项目《多参数耦合的火灾动力学演化与突变研究》(50536030)，以及“985工程”二期等。在此衷心感谢国家科技部、中国科学院、国家自然科学基金委员会等部门在研究经费上给与的大力资助。

虽然在撰写过程中尽了自己最大的努力，但由于水平有限加上时间仓促，错误和疏漏在所难免，敬请读者批评指正。

作者

2008年2月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 火灾现象及火灾的危害性	1
1.1.1 火灾及其危害性	1
1.1.2 火灾的分类及特点	3
1.1.3 我国目前的火灾形势	6
1.1.4 未来我国的火灾形势	7
1.2 火灾保险	8
1.2.1 世界火灾保险史	8
1.2.2 中国保险的产生与发展现状	9
1.3 火灾公众责任险	11
1.3.1 火灾公众责任险定义	11
1.3.2 我国火灾公众责任险的发展现状	12
1.4 火灾风险及保险研究的背景、目的和意义	13
1.4.1 研究的背景	13
1.4.2 研究现状及目标	15
参考文献	18
第 2 章 火灾动力学基础及防治技术	21
2.1 燃烧基本现象及原理	21
2.1.1 燃烧的三要素	21
2.1.2 着火形式与过程	22
2.1.3 燃烧的类型	24
2.1.4 燃烧化学动力学基础	31
2.1.5 燃烧热	36
2.2 火灾动力学基础	39
2.2.1 火灾的形成与发展	39
2.2.2 火蔓延及突变	40
2.2.3 火灾烟气的生成与输运	44
2.2.4 火灾中的热危害	53
2.3 火灾防治技术	57

2.3.1	性能化设计技术	57
2.3.2	阻燃技术	60
2.3.3	火灾探测与报警技术	63
2.3.4	灭火技术	66
2.3.5	烟气控制技术	72
	参考文献	75
第3章	火灾事故的统计与分析方法	76
3.1	统计理论基础	76
3.1.1	基本概念	76
3.1.2	参数估计	77
3.2	火灾统计中常用的概率分布	82
3.2.1	正态分布	82
3.2.2	二项分布	83
3.2.3	均匀分布	84
3.2.4	指数分布	84
3.2.5	其他分布	85
3.3	统计数据分析——回归与相关	87
3.3.1	相关系数估计	89
3.3.2	最小二乘估计	89
3.3.3	回归系数的显著性检验	90
3.3.4	预测	92
	参考文献	93
第4章	火灾风险及评估方法	94
4.1	火灾风险	94
4.1.1	风险及火灾风险的定义	94
4.1.2	火灾风险的表述	96
4.2	火灾风险评估的基本内容和方法	98
4.2.1	火灾风险评估的基本内容	98
4.2.2	火灾风险评估方法概述	101
4.3	火灾危险源辨识及其在风险评估中的应用	108
4.3.1	火灾场景设定	108
4.3.2	火灾荷载	109
4.3.3	火灾类型设定	113
4.3.4	火灾危险度	123
4.4	其他量化火灾风险评估模型	127

参考文献	130
第 5 章 基于火灾动力学和统计理论耦合的建筑火灾直接财产损失评估	132
5.1 引言	132
5.2 基于建筑火灾特点与防灭火措施的火灾阶段划分	133
5.2.1 阶段 1 火灾的成长概率及临界时间	135
5.2.2 阶段 2 火灾的成长概率及临界时间	136
5.2.3 阶段 3 火灾的成长概率及临界时间	138
5.2.4 阶段 4 火灾的成长概率	139
5.2.5 阶段 5 火灾的成长概率	141
5.2.6 建筑火灾烧损面积和财产损失的评估	142
5.2.7 建筑火灾直接财产损失	143
5.3 火灾引起建筑物坍塌的评价方法	143
5.3.1 建筑火灾的一般规律	145
5.3.2 火灾荷载与火灾持续时间的分布规律	146
5.3.3 极端情况下火灾引起的建筑物坍塌概率	148
5.3.4 基于建筑物防灭火特性的坍塌概率评估	150
5.4 工程算例	152
参考文献	155
第 6 章 火灾保险费率厘定	157
6.1 费率厘定概述	157
6.1.1 保费构成及费率计算	157
6.1.2 费率厘定的基本原则	158
6.1.3 费率厘定的数学原理	159
6.1.4 费率厘定的常用方法	160
6.1.5 火灾保险费率的影响因素	162
6.2 保险公司的火灾保险费率	163
6.2.1 中国	163
6.2.2 美国	166
6.3 基于保险业务统计的火灾保险费率厘定及信度分析	167
6.3.1 保险业务统计方法介绍	167
6.3.2 基于保险业务统计的费率厘定及信度分析	172
6.4 基于事件树分析法的企业火灾风险评估及费率厘定	176
6.4.1 事件树分析法在企业火灾风险评估中的应用	176
6.4.2 基于事件树分析法的企业火灾保险费率厘定模型	181
6.5 基于层次分析法的建筑火灾风险评估及费率厘定	183

6.5.1 层次分析法在建筑火灾风险评估中的应用·····	183
6.5.2 基于层次分析法的建筑火灾保险费率厘定模型·····	192
参考文献·····	195
第7章 火灾公众责任险及其费率厘定方法·····	196
7.1 火灾公众责任险·····	196
7.1.1 火灾公众责任险的定义·····	196
7.1.2 目前火灾公众责任险的实施办法及问题·····	196
7.2 火灾时人员风险预测方法·····	198
7.2.1 火灾场景出现的概率·····	200
7.2.2 火灾危险状态来临时间的随机性分析·····	206
7.2.3 人员疏散时间的随机性分析·····	211
7.2.4 单个火灾场景下可能导致的伤亡人数·····	215
7.2.5 人员伤亡的预期风险·····	217
7.2.6 工程算例·····	218
7.3 火灾公众责任险保费的厘定·····	224
7.3.1 火灾公众责任险保费的厘定模型·····	224
7.3.2 不同消防及管理条件下火灾公众责任险保费算例比较·····	225
参考文献·····	226
第8章 消防与保险互动的若干问题和保障措施·····	229
8.1 消防与保险互动认识上的误区·····	229
8.1.1 减灾防损上的认识误区·····	231
8.1.2 目标上的认识误区·····	231
8.2 火灾保险费率与消防分离的问题·····	232
8.3 消防与保险互动机制的建立·····	233
8.3.1 国外消防与保险互动的经验·····	234
8.3.2 建立我国消防与保险互动机制的措施·····	235
参考文献·····	246

第 1 章 绪 论

1.1 火灾现象及火灾的危害性

1.1.1 火灾及其危害性

火的使用是人类迈向文明的重要标志。可以说，火在人类文明和社会进步中起着无法估量的重要作用。它不仅改善了人类的饮食和取暖条件，而且不断促进社会生产力的发展，使人类创造出了大量的社会财富和现代文明。

然而火若失去控制，让它在具备燃烧条件的地方自由发展，它就会四处蔓延，吞噬那里的各种可燃物质，这就是火灾。火灾是人们所不希望的一种失去控制的由燃烧造成的灾害。凡是具备燃烧条件的地方，如果用火不当，或者由于某种事故或其他因素，造成火焰不受限制地向外扩张，就可能形成火灾。往往由于一把火，人们辛苦多年创造和积累的财富瞬间化为灰烬，千百年来形成的茂盛森林几天内变成荒野。火还可能无情地夺取许多人的生命，如 1987 年 5 月，黑龙江大兴安岭特大森林火灾，过火面积一百多万公顷，死亡 200 余人；2004 年 12 月，湖南常德桥南市场特大火灾，经济损失逾 2 亿元；再如 2000 年 12 月，河南洛阳东都商厦特大火灾，死亡 309 人；2004 年 2 月，吉林中百商厦特大火灾，造成了 53 人死亡。这就是火灾的恐怖。

火灾对人类和社会造成的破坏非常大。其造成的损失大大超过其直接财产损失。直接、间接财产损失，人员伤亡损失，扑救消防费用、保险管理费用以及投入的火灾防护工程费用统称为火灾代价。根据世界火灾统计中心以及欧洲共同体研究的结果，大多数发达国家每年火灾损失占国民经济总产值 2‰左右，而整个火灾代价约占 1‰。根据联合国世界火灾统计中心提供的资料，近年来，在全球范围内，每年发生的火灾就有六七百万起，有 65000~75000 人死于火灾。由此可见，火灾防治是人类社会一项长期、重要的任务。

目前，我国正处于经济转型，城市化建设高速发展的时期，火灾形势比较严峻，火灾的次数和损失均居高不下，尤其是发生了多起特大和重大火灾，造成了严重的群死群伤的恶性事件。例如新疆克拉玛依友谊馆火灾、河南东都商厦火灾中的死亡人数均超过 300 人，衡阳特大火灾死亡消防队员 20 人，其影响震惊中外。图 1.1 是我国 1998~2005 年火灾直接财产损失(不包括港、澳、台地区和森林、草原、军队、矿井地下发生的火灾)与 GDP 增长的关系曲线以及人员伤亡情况^[1]。表 1.1 则列出了最近几年来我国发生的一些特大火灾概况及其原因。

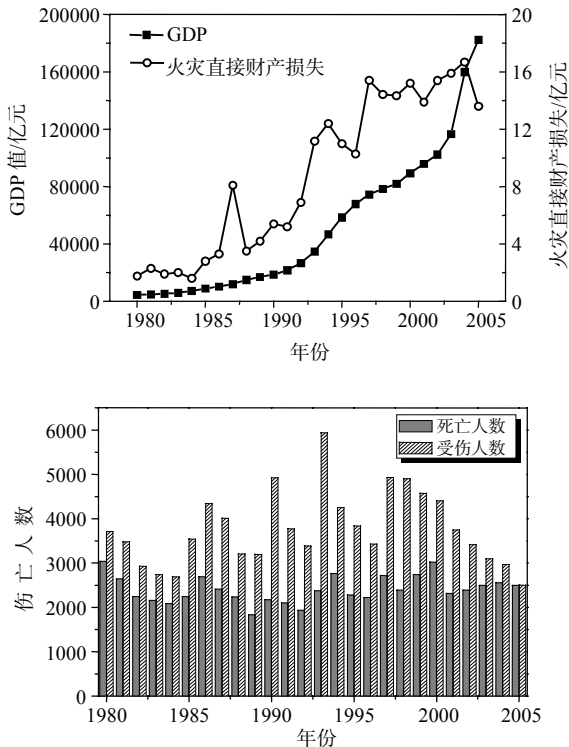


图 1.1 1980~2005 年我国火灾统计数据

从图中可以看出，虽然由火灾造成的直接财产损失在个别年份有较大波动，但整体上与 GDP 呈同步增长。并且从发展趋势来看，在当前和今后一段时间内，火灾将有所增多，危害相应增大的趋势不可能完全避免。对于人员伤亡情况，虽然由于火灾导致的受伤人数波动较大，但死亡人数居高不下，每年均维持在 2000 人左右。

表 1.1 1995~2006 年我国城镇部分特大火灾概况

时间	失火单位	火灾原因	直接财产损失 (万元)	死/伤/人
1995.1.20	河南郑州天然商厦	电线短路	2096.1	0/9
1995.10.15	山东胶州青岛世原鞋业公司	电缆短路	2785.8	-
1995.12.8	广东广州芬兰浴中心	吸烟引燃	145	18/0
1996.4.2	辽宁沈阳商业城	纵火嫌疑	5519.2	-
1996.8.9	河南濮阳中原油田输油管	哄抢漏油引燃	1.6	40/57
1996.12.8	湖南安乡县大富豪夜总会	电线故障	20	11/0
1997.1.29	湖南长沙市燕山酒店	酒精炉取暖	97	40/89
1997.6.27	北京东方化工厂乙烯储罐	燃气泄漏静电	11700	8/40
1997.11.17	新疆喀什工贸中心大楼	电热毯过热	400	15/21
1998.1.31	黑龙江佳木斯华联商厦	电热管加热	3638	1/5
1998.3.5	陕西西安煤气公司	液化气泄漏遇火花	477.8	11/30
1999.1.9	北京丰台区华龙灯具批发商场	电气	1736	-
1999.1.10	四川达州市通州百货商场	违反规定	3163.1	-

续表

时间	失火单位	火灾原因	直接财产损失 (/万元)	死/伤/人
2000.1.11	安徽合肥市城隍庙市场庐阳宫	电气	2178.9	-
2000.1.12	江苏省盐城市招商场	纵火	1289.9	1/13
2000.4.1	云南省昆明市南窑商品批发市场	玩火	1821.3	0/2
2000.12.25	河南省洛阳市东都商厦	违章电焊	150	309/7
2001.6.5	江西广播电视艺术幼儿园	蚊香失火	-	13/4
2001.12.19	内蒙古呼和浩特市宾馆	电器线路故障	910	5/19
2002.4.21	三亚市阳光购物城	电线接触不良	-	7/20
2002.6.16	北京市蓝极速网吧	纵火	-	24/13
2002.7.11	安徽佳通轮胎有限公司仓库	纵火	2692	无
2003.11.3	湖南衡阳市衡州大厦	火灾坍塌	-	20/11
2003.4.2	海口社会福利厂泡沫包装分厂	用氧气焊肢解	100	无
2004.2.15	吉林中百商厦	烟头引燃	400余	54/70
2004.2.15	浙江海宁市黄湾镇五丰村	失火引燃草棚	-	40/3
2005.1.7	北京京民大厦	野蛮施工	-	11/38
2005.6.10	汕头市华南宾馆	电线短路	-	31/21
2005.12.15	辽源市中心医院	不合格电器	821	37/95
2006.5.19	汕头市创辉织造公司	电线短路	-	13/1
2006.9.14	潮州市织里镇福音大厦	-	-	15
2006.9.16	沈阳市苏家屯制衣作坊	-	25.11	9/1

火灾在造成巨大经济损失的同时，还会对环境和生态系统造成不同程度的破坏，特别是一些重特大森林火灾。燃烧产生的大量烟雾、二氧化碳、一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化物等有害气体，不仅对环境产生不良影响，而且影响地面光照质量和数量，从而影响农作物的生长和收成。高强度火会影响土壤结构，破坏营养元素循环，使土壤微生物减少。森林大火能够烧死大量植物，使植物难以再生，生态系统失去自我调节能力，同时使受伤林木生命力下降，病虫害易于发生，进一步导致林木死亡，加速生态系统崩溃。此外，海面上的油轮以及傍海而建的大型油库火灾，伴随着原油泄漏，对海洋环境和生态也会造成不良的影响。同时，火灾还会给社会带来不安定因素。

因此，充分认识火灾的基本现象和危害，掌握火灾发生、发展和蔓延的基本规律，以火灾安全工程学为理论基础，依靠科技进步，在有限的防火安全投入下，采取切实可行、有效的火灾防护措施，降低火灾发生概率及火灾发生后的损失是广大科学与消防工程研究工作者的共同目标。

1.1.2 火灾的分类及特点

根据火灾发生的场合，火灾主要可分为建筑火灾、森林火灾、工矿火灾及交通工具火灾等类型^[2]。

一、建筑火灾

在各类火灾类型中，以建筑火灾对人们的危害最严重、最直接。因为各种类型的建筑物是人们生产和生活的主要场所，也是财富高度集中的场所。可以说，建筑火灾一直是火灾防治的主要方面，在各个国家、各个历史时期都是如此。

我国建筑火灾一直比较严重，这与我国的建筑结构形式、人民的生产和生活特点、我国的地理位置、气候条件、社会习俗等诸多因素有关。建筑物发生火灾时产生大量的烟雾，烟雾中有毒有害气体是火灾伤亡的最主要原因。在火灾中，材料分解产生大量的热量，引起建筑物内温度升高，混凝土在一定温度下将分解成无黏结力的石灰和二氧化碳，从而造成了楼层坍塌，使建筑物遭受灾难性的毁坏。

造成当前建筑火灾比较严重的因素是多方面的。应当注意，其中有不少因素与目前我国经济快速发展的状况有着密切关系：随着我国城市化水平的迅速提高，建筑业得到了突飞猛进的发展，不仅各种建筑物的数量大大增加，而且出现了许多新型、大型、高层等特殊类型建筑，如高层建筑、地下建筑、奥运场馆及大型商场、剧场、仓库、车间、候车厅等。这些建筑的使用功能和所使用的建筑材料也发生了巨大的变化，建筑物内使用的电力、热力设施大大增加，从而使火灾危险程度发生了很大变化。

二、森林火灾

火灾不仅吞噬生命财产，而且破坏人类赖以生存的自然资源。我国人均森林面积不到世界人均的 1/4，却是森林火灾频发的国家。据统计，从 1952 年到 2001 年我国共发生森林火灾 68 万次，累计受灾面积占全国森林面积的 23.6%，年均森林受害率达 0.63%，高居世界首位。近年来，我国森林火灾呈现出愈加频繁的趋势，危害加重，仅 2004 年就发生森林火灾 13401 起，比 2003 年增加 28.1%，2006 年发生在黑龙江和内蒙古的三起特大森林火灾，过火面积达 3820 平方公里，是我国自 1987 年大兴安岭特大火灾以来最严重的森林大火。

对于森林而言，林火是经常发生的现象，微小的火并不会给森林造成明显的损失，有时甚至益大于弊。因此，所谓森林火灾确切的说是指森林大火造成的灾害。其主要特点有：

1. 延烧时间长，大多为几天、十几天甚至更长；
2. 火烧面积大，大多为数百、数千公顷、数十万公顷或更大；
3. 火强度大，有明显的对流柱。当有飞火和火旋风出现时，那就更容易跳跃和飞越各种障碍(防火线、道路、河流等)；

4. 受可燃物种类、环境、地形、气象等条件影响大。在长期干旱的末期，森林含水量约在 15% 以下，有大风时发生的森林火灾是一种十分复杂而且异常可怕的危害现象；

5. 对林木的危害严重，可使 70% 以上甚至 100% 林木被烧死，同时对生态和环境也构成不同程度的破坏。

三、工矿火灾及交通工具火灾

在我国，随着煤炭资源的不断开采，频繁发生的煤矿安全事故也使得煤矿安全生产成为当前威胁最大、最为突出的一个问题。从 2001 年到 2005 年，我国每年煤矿事故的死亡人数一直在 6000 人左右，事故起数也一直居高不下(如图 1.2 所示)。2005 年，全国共发生煤矿事故 3306 起，造成 5938 人死亡，平均每天死亡 16 人。尽管事故起数和死亡人数相比 2004 年分别减少 335 起和 89 人，但一次死亡 10 人以上的特大事故和一次死亡 30 人以上的特别重大事故均有大幅度上升。由瓦斯爆炸引发的特大煤矿火灾屡有发生，如 2003 年 5 月 23 日，云南丽江煤矿瓦斯爆炸 24 名矿工遇难；2003 年 11 月 14 日江西丰城煤矿瓦斯爆炸死亡 48 人；2004 年 2 月 11 日，贵州六盘水煤矿发生瓦斯爆炸 24 人死亡。特别是 2004 年在河南和陕西以及 2005 年在辽宁接连发生的三起死亡人数超过 150 人的特大矿难，造成了巨大损失，给社会造成了极其恶劣的影响，引起了国内和国际社会的高度关注。

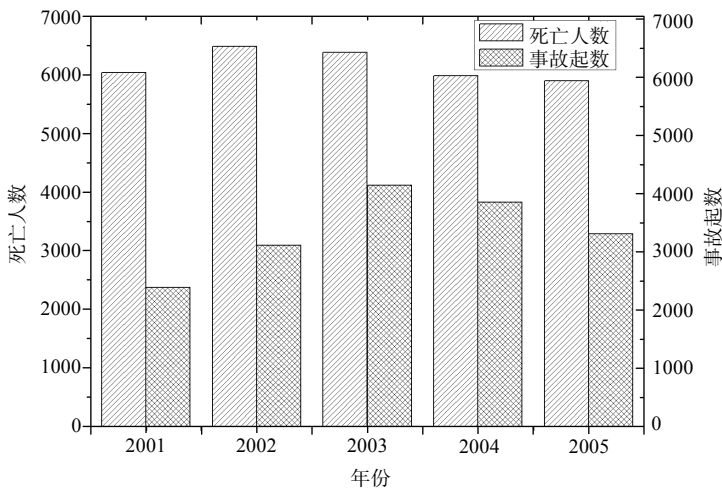


图 1.2 近年我国煤矿事故及死亡统计

生产和交换的发展带动了交通运输业的迅猛发展。众多可燃物的流通和调配，大量人员的转移，使交通工具火灾明显增多。例如 2000 年山东省共发生交通工具

火灾 940 起, 死 3 人, 伤 8 人, 造成直接财产损失 940 万元, 分别占全省火灾发生总数的 5.5%、总死亡人数的 1.4%、总的直接财产损失的 11%。再如, 2001 年北京市汽车拥有量为 166.4 万辆, 共发生汽车火灾 637 起, 直接损失 400 余万元。近年交通工具火灾发生起数和财产损失的额度增长趋势迅猛。

1.1.3 我国目前的火灾形势

近年来, 随着我国经济建设的快速发展, 导致火灾发生的因素也大量增加, 火灾形势日趋严峻。据统计, 1998 年至 2005 年之间, 全国共发生火灾 986565 次, 造成死亡 12881 人, 受伤 21076 人, 直接财产损失 73.3 亿人民币(以上统计数字均不包括港、澳、台地区和森林、草原、军队、矿井地下发生的火灾, 下同)。火灾次数逐年增多, 火灾损失也居高不下。仅 2002 年, 全国就发生火灾 258315 次, 死亡 2393 人, 受伤 3414 人, 直接财产损失 15.4 亿元。与上年相比, 起数上升 19.2%, 死亡上升 2.5%, 受伤下降 9.7%, 直接财产损失上升 10.1%。当前我国火灾主要有以下特点^[3]:

1. 重特大火灾时有发生

2002 年, 全国发生重大火灾 344 起, 造成 477 人死亡, 202 人受伤, 直接财产损失 1.396 亿元; 发生特大火灾 25 起, 造成 70 人死亡, 44 人受伤, 直接财产损失 12188 元。其中, 一次死亡 10 人以上的特大火灾 3 起, 造成 61 人死亡, 36 人受伤。重特大火灾的发生不仅对人民的生命财产造成巨大损失, 而且影响到国家经济建设和人民群众安居乐业。多年来, 我国消防工作者殚精竭虑, 致力于预防和减少重特大火灾的发生。

2. 公众聚集场所火灾比较严重

尽管近几年来我国各级人民政府加大了对商场市场、宾馆饭店、歌厅舞厅、医院学校等公众聚集场所消防安全治理力度, 但这类场所的火灾仍然比较突出。2002 年, 全国共发生各类公众聚集场所火灾 9499 起, 造成 333 人死亡, 分别占全年各类火灾总数的 4% 和死亡人数的 14%。

3. 物质储存场所及各类堆场火灾突出

近几年, 这类场所的火灾日趋增多, 造成的财产损失越来越严重。2002 年, 全国发生的这类火灾达 34457 起, 直接财产损失 18580.3 万元, 起数和直接财产损失都是近几年较多的一年。

4. 私营企业、个体工商户等小型经营场所火灾所占比例较大

2002 年, 全国私营企业、个体工商户共发生火灾 79955 起, 造成 1529 人死亡, 2096 人受伤, 直接财产损失 54065.5 万元。四项数字分别占各类单位火灾总数的 95.0%、死亡人数的 93.3%、受伤人数的 86.8% 和直接财产损失的 75.3%。

5. 城乡居民住宅火灾呈多发态势

2002年,全国城乡居民住宅共发生火灾51711起,造成1622人死亡,1341人受伤,直接财产损失21118.0万元。四项数字分别占2002年火灾总数的20%、死亡人数的67.8%、受伤人数的39.3%和直接财产损失的14%。与上年相比,起数和死亡人数分别上升4.8%和9.7%。

6. 放火案件不容忽视

2002年6月16日发生的北京市“蓝极速”网吧和2002年7月11日发生的安徽省佳通轮胎有限公司成品仓库等特大放火案件,对人民生命安全和国家财产都造成惨重的损失。2002年全国共发生放火案件8415起,约占当年火灾总数的3.3%。

1.1.4 未来我国的火灾形势

我国目前正处于经济起飞阶段,借鉴世界发达国家(包括美国、日本等)经济起飞阶段的火灾规律,可以预见在我国经济发展的这一进程中,将出现以下趋势^[4]:

1. 经济的发展使热力、电力的使用大大增加,在生产过程中,多种易燃、可燃的新物品新材料得到了大量使用,多种电气产品、塑料与化纤产品、燃油与燃气在各行各业中的使用范围越来越广。这都造成火灾危险性大大增加,不仅容易失火,而且容易演化为大火或爆炸。

2. 由于生产或经营的需要,修建了许多新型建筑物。主要表现在高层建筑、地下建筑及大型商场、剧场、仓库、车间、候车厅等迅速出现。与普通建筑相比,这些建筑物的火灾危险性具有很多新特点,不仅容易造成火灾蔓延,而且灭火难度增大。人们还缺少有效地预防与扑救的措施和经验。

3. 经济的高速增长还带动交通运输事业的迅速发展。大量可燃物的运输,众多人员的转移,都引起转运过程中火灾危险性增大,商业、服务行业等第三产业的迅速崛起也使人员和可燃物高度集中,也增加了起火因素。

4. 在经济起步时期,企业的经营者容易滋生片面追求利润而忽视安全的思想,尤其是那些基础较差而又急于快速发展的企业。一方面这类企业的建筑和设备差,还往往因资金缺乏而使用一些质量较差的材料,从而埋下了较多的火灾隐患;另一方面保证正常生产与生活的安全设施不足,加上人们的安全意识薄弱,这都为火灾的发生开了方便之门。

5. 在城市(镇)迅速膨胀过程中,容易出现规划上的缺陷,这主要表现在城市的市政工程、安全防灾设计和设施、环境保护等方面存在先天不足,或严重滞后于城市的扩展。

因此,在我国未来经济建设过程中,火灾必将成为一种不容忽视的灾害。有

必要对那些危险场合,尤其是近期涌现的特殊建筑(如高层建筑、地下建筑、奥运场馆及大型商场、剧场、仓库、车间、候车厅等)进行火灾风险评估,并开展性能化防火分析和设计,以降低其危险性,从而达到减少火灾发生次数及降低火灾损失的目的。

1.2 火灾保险

火灾保险(fire insurance):简称“火险”,保险人对承保的财产因遇火灾而遭受的损失,或由此进行施救所造成的财产损失以及所支付的合理费用负赔偿责任。

随着社会的进步,人们对风险保障的需求增加,为了迎合客户的需要,火灾保险所承保的风险也日益扩展,承保责任由单一的火灾扩展到地震、洪水、风暴等非火灾危险,保险标的也从房屋扩大到各种固定资产和流动资产。所以火灾保险已逐渐为各种综合性的财产保险所替代,如我国目前开办的企业财产保险、家庭财产保险均是以火灾保险为基础发展起来的。有的国家一直沿用了火灾保险的说法,而在我国,火灾保险已经改称为财产保险。在本书的研究中,火灾保险只单纯考虑火灾风险。

1.2.1 世界火灾保险史^[5]

火灾保险起源于1118年冰岛设立的Hrepps社,该社对火灾及家畜死亡损失负赔偿责任。但真正意义上的火灾保险是在伦敦大火之后发展起来的。1666年9月2日,伦敦城发生大火,牙科医生尼古拉斯·巴蓬开始办理火灾保险,开创了近代保险的先河。18世纪末到19世纪中期,英、法、德等国相继完成了工业革命,物质财富大量集中,火灾保险获得了迅速发展。进入19世纪,在欧洲和美洲,火灾保险公司大量出现,承保能力有很大提高。19世纪后期,随着帝国主义的对外扩张,火灾保险传到了发展中国家和地区。

中世纪的欧洲,一些手工业行会就有了火灾相互保险会。15世纪,在北德意志的石勒苏益格-荷尔斯泰因等地,成立了以保障遭遇火灾的财产为目的的互助共济团体。1591年,德国汉堡的酿造业者,为了筹划重建烧毁的造酒厂的资金,兴办了世界上最早的火灾保险组织。1676年在德国出现影响较大的汉堡火灾保险社,会员遭受火灾损失后,行会给予一定的补偿。这仅仅是火灾保险的序幕。

1666年9月2日,伦敦城发生大火。这场大火延续了5天,致使市内448公顷的地区,有373公顷化为瓦砾,有13200户住宅毁于一旦,财产损失达1200多万英镑,20多万人无家可归。1667年,牙科医生尼古拉斯·巴蓬开始承保房屋火灾保险,开创了近代保险的先河,被称为“现代保险之父”。巴蓬的火灾保险公司根据房屋租金计算保险费,并且规定木结构的房屋比砖瓦结构房屋保费增加

一倍。

18世纪欧洲的工业革命改变了欧洲的面貌、社会财富急剧增加，对火灾保险的需求也急剧上升，大量火灾保险公司涌现出来。1683年，成立了相互保险公司——友爱社。友爱社的会员必须在入会时交纳一笔保证金，当会员遭遇火灾需要赔偿时，所有会员再额外交纳按每100英镑保额计算的份金。保险届满时，会方须将保证金退还给会员。友爱社也规定木结构房屋保险加倍增收份金。1708年，查理斯·波维开办了“太阳火险公司”的前身“贸易交易所”。它对动产、房产分别签订火灾保险单。其保险金额以500英镑为最高限额，每3个月收取3先令的保险费，以其中的1先令转存损失赔偿基金。

同时，为了控制风险、降低保险赔付，催生了各种旨在促进减灾防损的组织和机构。1832年，伦敦各火灾保险公司组成了一支共同的消防队。1861年6月22日，泰晤士河岸的码头和仓库发生火灾，火灾保险公司为了鼓励货主采取防火措施，采取不同的收费标准，防火不好的受罚、好的受奖励等。1868年，成立了“火险公司委员会”，对火险业务分类和费率等方面进行协调。1935年11月26日，英国火险实验所正式开业，专门从保险角度全面研究防火科学的特点。

此外，1873年，马塞诸塞州首先使用了统一的标准火险单。1846年，德国成立了科仑再保险公司，这是第一家专门的再保险公司。

经过三百多年的不断发展，火灾保险目前已经成为世界各国政府和人民应对火灾事故的重要武器，是社会稳定、经济发展的后备保障。火灾保险不仅是最古老、也成为最重要的财产保险险种之一。表1.2列出了1998年世界上主要的财产保险公司。

表 1.2 著名财产保险公司(1998年)

单位：亿美元

世界市场			美国市场		
财产保险公司	国别	收入	财产保险公司	毛保费	市场率
Allianz	德	649	State Farm Insurance	343	11.8%
Assicurazioni Generali	意	485	Allstate Insurance	194	6.7%
State Farm Insurance	美	446	AIG	111	3.8%
Zurich Financial ervice	瑞	391	Farmers Insurance	105	3.6%
CGU	英	376			
Munich Re	德	355			
AIG	美	333			
Allstate	美	259			
Royal & Sun Alliance	英	254			

1.2.2 中国保险的产生与发展现状^[6,7]

保险作为一种补偿和分担意外损失的经济手段，在中国其思想的雏形可以追

溯到中国古代的储粮备荒的荒政思想和系统的仓储制度。在西方现代保险传入中国之前，中国各地已经出现了一些具有原始互助性质的民间保险组织。例如，经营陆路运输的镖局、经营船舶运输的船会、商号伙计互助性质的父母轩等等。

1805年，由东印度公司鸦片部经理达卫森(W S Davidson)发起，在广州设立谏当保险行，这是中国土地上出现的第一家保险企业。

在中国保险发展史上，魏源在《海国图志》中首次介绍了西方的保险思想和实务。其后，传播西方保险思想的人物和著作不断出现，著名的有洪仁玕的《资政新篇》、郑观应的《救时揭要》、王韬的《弢园尺牍》、钟天纬的《扩充商务十条》和陈炽的《保险集资说》。其中，洪仁玕是中国近代最早提出自办保险事业的思想家，在他的著作《资政新篇》写道“外国有兴保人物之例，凡屋宇、人命、货物、船等，有防于水火者，先与保人议定，每年纳银若干，有失则保人赔其所值，无失则赢其所奉。若失命，则父母妻子有赖；失物，则已不致尽亏。”

随着外商保险业抢占中国保险市场和西方保险思想的传入，催生了中国的民族保险业。1865年，创立于上海的华商义和公司保险行是中国第一家民族保险企业。1886年，合并成立的仁济和水火保险公司，是中国近代最早的、有影响的、较大规模的保险公司。1912年，吕岳泉在上海成立的华安合群保寿公司，是中国历史上纯粹华资、专家管理、规模最大的寿险公司。1929年，金城银行创办了太平水火险保险公司，逐步发展成为旧中国最大的民营保险公司。开业之初，办理水险、火险、船壳险、汽车险等，并酌量办理玻璃险、邮包险、茧纱险等。新中国成立后，金城银行暂停了中国内地的保险业务，但仍保留了香港、新加坡等地的财产险业务。

随着中国民族保险的产生和发展，关于保险理论的研究工作和法律法规的制定也相继在中国开展起来。1903年，清政府颁布第一部独立的商法《钦定大清商律》，规定商业中包含保险业，并对保险公司的设立作了规定，这是中国第一部带有保险内容的法律。1907年，徐锐草拟的《保险业章程草案》，是中国历史上最早的以保险为名的专门法规。1925年，王效文编著，商务印书馆出版的《保险学》，是中国第一部保险学著作。该书共分寿险、水险、火险、法律四部分。在火险部分，对火险的意义、沿革、利弊、功效，保费、损失估计、投资、组织等进行了系统的阐述。保费的计算中，提到了图标算法、经济算法等保费决定办法。1935年，中国保险学会成立，这是中国第一个保险学术研究团体。

新中国成立以来，我国保险业经历了一个坎坷曲折的发展历程，大致分为三个历史时期。

1. 创建时期(1949~1959年)

新成立的中国人民保险公司，经过改造和整顿，逐步统一了国内保险市场，外商保险公司逐步退出中国保险市场，并由太平保险公司专营海外保险。

2. 发展停滞时期(1959~1979年)

由于对保险的认识问题,国内保险业务被迫停滞,我国保险业发展陷入停滞。

3. 全面恢复和快速发展时期(1979年至今)

在改革开放思想的指导下,中国人民保险公司开始恢复国内业务,并且平安、太平洋等股份制保险公司相继成立。截至2003年底,我国共有保险公司61家(其中,中资24家,外资37家;财险24家,寿险32家,再保险5家),保险中介公司705家(其中,代理507家,经纪115家,公估83家),保险总资产达到9122.8亿元。2003年,实现保费收入3880.4亿元(其中,财险869.41亿元,寿险2669.5亿元),支付赔款和给付841亿元。我国的保险市场进入了快速发展的良性轨道。

同时,相比发达国家,我国的保险市场仍然存在市场规模仍然偏小、市场竞争不充分、保险资源配置效率低下、资金应用收益偏低等问题。另外,保险功能及作用还没有充分发挥,以2003年为例,我国的保险深度3.33%,比世界平均水平低5个百分点;保险密度35美元,仅为世界平均水平的7%左右。

随着我国加入世贸组织,将逐步开放我国的保险市场,我国的保险事业将迎来新的机遇和挑战。

1.3 火灾公众责任险

1.3.1 火灾公众责任险定义

公众责任险又称普通责任险,它主要承保被保险人在公共场所进行生产、经营或其他活动时,因发生意外事故而造成的他人人身伤亡和财产损失,依法应由被保险人承担的经济赔偿责任。随着我国法律制度的逐步健全,机关、企事业单位及个人在经济活动过程中常常因疏忽或意外事故造成他人人身伤亡或财产损失,依照法律须承担一定的经济赔偿责任,伴随着公众索赔意识的增强,此类索赔逐渐增多,影响当事人经济利益及正常的经营活动顺利进行。公众责任险正是为适应上述机关、企事业单位及个人转嫁这种风险的需要而产生的,它可适用于工厂、办公楼、旅馆、住宅、商店、医院、学校、影剧院、展览馆等各种公众活动的场所。其形式多样,主要有普通责任险、综合责任险、场所责任险、电梯责任险、承包人责任险等。

近年来公共营业场所,如商场市场、宾馆饭店、歌舞娱乐场所等公众聚集场所由于火灾致使公众伤害的问题非常严重,火灾事故不断造成重大人员伤亡和财产损失,以公共营业场所为主要承保对象的火灾公众责任险就是在这样的背景下出现的。火灾公众责任险是“责任保险”的一种,它主要承保被保险人在公共场所进行生产、经营或其他活动时,因火灾发生意外事故而造成的他人人身伤亡和财

产损失，公众聚集场所发生火灾后，将由保险公司向受害第三方及时提供赔偿。它与普通家财险或企财险中的火灾险并不一样，后者是保险公司对于家庭或企业发生火灾后所造成的财产损失的补偿。火灾公众责任险其特点是以单一火灾责任作为保险责任的一种保险，具有保险责任针对性强的特点。

1.3.2 我国火灾公众责任险的发展现状

火灾公众责任保险是社会公益性很强的险种，公众聚集场所的所有者或经营者投保了该险种后，一旦发生火灾事故，将由保险公司向受害第三方及时提供赔偿，这对保障公民和消费者的合法权益，维护社会稳定具有重要意义。中国保监会副主席吴小平说，我国需大力发展火灾公众责任保险，实质性推动保险与消防的互动协调机制。他呼吁有关各方借消防法即将修改之机，共同探讨将公共场所火灾公众责任保险明确为法定保险的必要性和可行性。

建立健全保险与消防的互动协调机制，有利于实现消防事业与保险业的双赢。保险公司可以与消防部门建立信息资源共享，通过积极主动的风险管理，减少和防止火灾事故的发生。各级政府和行业主管部门应不断探索保险与消防互动协调发展的方法和措施，通过运用市场规律和经济手段，切实履行好社会管理和公共服务功能。

为充分利用保险业的经济补偿和辅助社会管理功能，进一步发挥保险在火灾防范和火灾风险管理方面的作用，1995年以来，我国政府出台了一系列“意见”和“通知”，如国务院和国务院办公厅先后转发了公安部《消防改革与发展纲要》和《关于“十五”期间消防工作发展指导意见》，对推行火灾保险和建立消防与保险良性互动机制提出了要求。2002年，全国人大常委会消防法执法检查组提出了“实行单位消防安全强制保险制度，鼓励保险公司介入消防工作，利用市场经济机制调节火灾风险”的建议。

2006年3月24日，公安部、中国保险监督管理委员会联合发文《关于积极推进火灾公众责任保险，切实加强火灾防范和风险管理工作的通知》（公通字[2006]34号）要求积极推进火灾公众责任保险，切实加强火灾防范和风险管理工作的通知。为贯彻落实国务院《关于进一步加强消防工作的意见》和公安部与中国保险监督管理委员会联合下发的《关于积极推进火灾公众责任保险切实加强火灾防范和风险管理工作的通知》，充分利用保险业的经济补偿和辅助社会管理功能，进一步发挥保险在火灾防范和火灾风险管理方面的作用，许多省、直辖市的公安厅（局）与中国保险监督管理委员会各省直辖市的监管局联合发出通知，部署在全省（直辖市）推进火灾公众责任保险工作。如上海市在2006年12月发布了《关于本市开展火灾公众责任保险试点工作的实施意见》。

1.4 火灾风险及保险研究的背景、目的和意义

1.4.1 研究的背景

最近二三十年，我国处于火灾形势比较严峻的时期，火灾的次数和损失均居高不下，尤其是发生了多起特大和重大火灾，有的还造成了严重的群死群伤事件。火灾发生造成巨大的财产损失和群死群伤事件，可以通过两种方式避免：其一，是通过加大安全投入，来降低火灾发生的可能性和抑制火灾发生时造成的损失，但安全投入不可能无限加大，需寻找安全投入和安全效益的最佳的切合点；其二，是购买保险，通过缴纳保费将火灾风险(财产损失和人员伤亡)转嫁给保险公司来承担。通常的做法是将两者结合起来，通过一定的安全投入将火灾风险降低到一定程度，并将剩余的风险转移给保险公司，如图 1.3 所示。

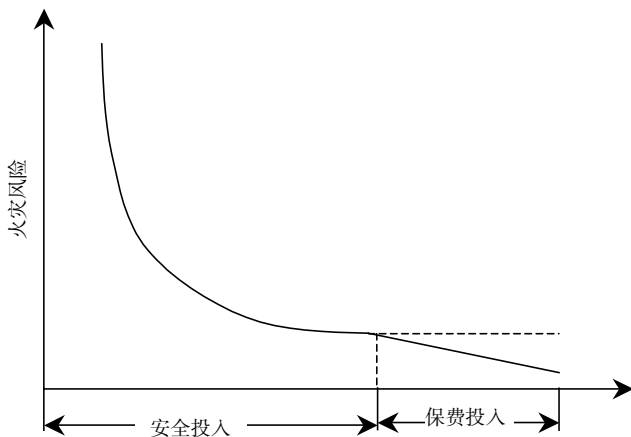


图 1.3 火灾风险防范示意图

在保险业发达国家，火灾保险开展比较普遍，火灾损失主要由保险公司进行赔付。而在我国，火灾保险(特别是火灾公众责任险)的投保率还比较低，保险赔付所占的比重微乎其微。目前的火灾事故赔偿处理中，绝大部分是由失火单位自己承担，或者转嫁给政府承担。结果，很多失火单位从此一蹶不振，对国家也造成了沉重的财政负担，受害人难以得到及时足够的赔偿。表 1.3 为几次影响重大的特大火灾财险赔付情况，财产保险赔付远低于直接财产损失，失火单位受到沉重打击，短时间内很难恢复，特别是受害的第三者也没有得到应有的赔偿，表 1.4 则列出了我国火灾事故中财险赔付数额较大的案例。

表 1.3 几次特大火灾财险赔付情况

时间	失火单位	直接财产损失	死亡人数	财险赔付
1995.12.8	新疆克拉玛依友谊馆	210.9 万元	323	没有或极少
2000.2.15	吉林中百商厦	800 余万元	54	129 万
2000.12.25	河南洛阳东都商厦	275 万元	309	没有或极少
2003.11.3	湖南衡阳衡州大厦	-	20	383 万
2004.12.21	湖南常德市场	约 1.8 亿元	-	保险金额近亿 人保首付 896 万

表 1.4 近年我国火灾保险赔付案例

时间	火灾事故	财险赔款/万元	其他
2005.8.14	广东汕头澄海某塑料厂火灾	146.22	
2005.6.24	成都市饮食公司陈麻婆豆腐店火灾	67	
2005.5.31	义乌市滨成印刷有限公司火灾	575	
2005.5.15	兰州市龙马商城火灾	161	
2005.5.13	平凉宝马纸业有限责任公司火灾	73	缴保费 3200 元, 保额 80 万
2005.3.9	慈溪市三北镇一毛皮生产企业火灾	212	
2005.2.15	吉林市中百商厦火灾	129	直接财产损失 800 余万元
2005.11.23	深圳金宝湖包装材料公司火灾	280.10	
2005.10.29	广东汕头万顺玩具厂火灾	119.89	
2005.1.17	东莞沙田某化工厂火灾	475	
2004 年	中国储备棉管理总公司爆炸	1367	
2004.7.16	东莞信兴塑胶玩具厂的仓库火灾	1500	
2004.3.22	福建石狮市光华电子钟表公司火灾	710	
2004.2.20	泉州恒强鞋塑有限公司火灾	480	
2004.12.31	湖南常德市场火灾	首付 896 万	保额近亿
2004.11.16	“辽海号”客货滚装轮火灾	1680	人保
2004.10.5	广东惠州 LG 电子厂厂房火灾	1100	
2004.1	上海大康公司火灾	75.6	大众保险
2003 年	广东省新昌鞋业有限公司火灾	1460	
2003.4.5	山东青岛正大火灾	6607	
2003.3.31	武汉晨鸣汉阳纸业公司火灾	194	
2003.2.7	南京日升纺织集团有限公司火灾	253	
2003.11.3	衡阳火灾	383	
2003.1.15	深圳龙岗葵涌橡胶厂火灾	272	
2002.9.6	上海制动重大火灾	13000	
2002.5.11	青岛蜜友鞋制品有限公司(韩企)	185	
2001.8.13	广东中山某塑料厂火灾	107.8	
2001.7.6	普宁市永昌隆服装织造厂火灾	1410	
2001.7.19	张家口桥西大市场、人民商场火灾	588	
2001.7.11	广东顺德一家具厂火灾	297	
2001.12.19	呼和浩特宾馆火灾	487	
2000.12.13	山西大同云中商城火灾	500	
2000.1.30	山西太原泰式按摩宫火灾	438	
1999 年	浙江国宏经编工业有限公司火灾	1016	
1999.7.20	山西太原变电站火灾	491	
1998.11.2	通化市银都商厦火灾	900	平安江西
1995 年	九江“大中大”商场火灾	773	

续表

时间	火灾事故	财险赔款/万元	其他
1990.6.20	南昌针织厂成品仓库火灾	212	
1987.5	大兴安岭特大森林火灾	120000	

资料来源：百度及谷歌搜索

火灾事故赔付是火灾保险的主要职能，然而火灾保险并不仅仅是起“收保费、付赔款”的简单“蓄水池”作用。同样火灾公众责任险的主要目的也不是单纯对受害的第三者进行经济补偿，减轻政府的负担。促进保户加强减灾防损，减少火灾事故的发生，以及降低火灾发生时造成的损失及人员伤亡是火灾保险的另一个重要职能。促进减灾防损职能的实现，主要有两种途径：其一，加强火灾风险管理，这包括承保前的风险识别以及承保后的风险检查，必要时投入相应的资金，采取有效措施减少风险、抑制风险、转移风险等。其二，通过经济杠杆作用，调动或激励投保户自动加强减灾防损，这包括设立免赔额、实行共保，即保户也承担部分损失责任，以及厘定差别费率，使保户所承担的保费与其标的的风险状况相一致。

火灾风险评估是通过分析影响火灾发生和发展的各种因素，充分利用历史数据，对系统发生事故的危险性进行定性或定量的分析，评价系统发生危险时的可能性和严重性，以合理量化火灾风险。通过火灾风险评估，一方面可以为核保提供正确的决策依据，核保人根据标的的风险情况，决定是否承保，进而确定保险费率。另一方面，通过承保前的风险评估服务，可以提出整改意见，从而降低标的的火灾风险^[6]。

将火灾风险评估应用到火灾保险(包括火灾公众责任险)费率厘定当中，科学地预测由火灾造成的财险损失和第三者人员伤亡风险，科学地厘定保险费率，充分发挥费率的杠杆作用，达到促进减灾防损的目的是本书的出发点。

1.4.2 研究现状及目标

一、火灾风险评估研究现状

国外关于火灾风险评估方法的研究主要是从20世纪70年代开始，是以一些发达国家开始系统研究性能化防火设计为背景开展的。我国关于火灾风险评估的研究相对一些发达国家起步较晚，但是随着近些年来与国外的相关研究机构的交流，也已经开展了火灾风险评估方面的研究工作，并取得了不少的成果，并且在消防安全设计及评估中有了一定的应用。目前，中国科学技术大学火灾科学国家重点实验室，公安部天津、上海、四川和沈阳四个消防研究所，中国建筑科学研究院建筑防火研究所，中国安全生产科学研究院，以及清华大学，中国人民武装

警察部队学院等科研单位和高校都在开展火灾风险评估相关方面的研究工作。此外,《国家重点基础研究发展计划》(973)“火灾动力学演化与防治基础”的立项给予火灾风险评估的研究很大的支持,已经出版了国内第一部系统介绍火灾风险评估方法学的著作。

目前,火灾风险评估方法已经获得了很大的发展,这些方法大体可分为三大类:定性分析方法、半定量分析方法和定量分析方法^[2]。

定性分析方法是对分析对象的火灾危险状况进行系统、细致的检查,根据检查结果对其火灾危险性做出大致的评价。如安全检查表(safety check list)、预先危险分析法,用于建筑火灾风险的定性评估。对于化学工业火灾还有 Hazop, what-if 等方法。定性分析方法主要用于识别最危险的火灾事件,但难以给出火灾危险等级。

半定量方法以火灾风险分级系统为基础,通过对火灾危险源以及其他风险参数按照一定的原则赋值,然后通过数学方法综合得到系统值,从而估算出系统的相对火灾风险等级。适用于建筑火灾风险评估的半定量方法主要有 NFPA101M 火灾安全评估系统^[8,9]、SIA81 法(gretener 法)^[10,11]、火灾风险指数(fire risk index)法^[12,13]、古斯塔夫法、模糊数学分析法、层次分析法等。半定量方法具有快捷简便的优点,其不足在于,该方法是按特定类型建筑进行分级的,方法不具有普适性;且评价结果与研究者知识水平、以往经验和历史数据积累有关。

定量分析法综合考虑建筑物发生火灾事故的概率以及火灾产生的后果,以风险大小来衡量系统的火灾安全程度。主要的定量分析方法有:建筑火灾安全工程法^[14](BFSEM, L 曲线法)、Crisp II^[15,16]、FiRECAMTM^[17]、CESARE-Risk^[18]、事件树方法、事故树评估方法等。该方法需要依据大量数据资料和数学模型,所以只有当数据较充足时,才可采用定量评估方法进行火灾风险评估。

人员安全是火灾发生时首先保证的目标。尤其是随着近年来性能化设计的发展、人员疏散模型与人员疏散行为的研究,国内外很多专家学者开展了火灾时人员生命安全风险评估的研究^[19-31]。类似于设计火灾场景和设定火灾曲线(design fires)的火灾建模过程,Horasan^[32]根据不同建筑物内的人员特征(年龄分布、当前状态、职业、对建筑物的熟悉程度等因素)分别选取合适的数值设计人员群体(design occupant groups)的火灾探测时间,人员疏散准备时间与运动时间。He^[33]通过概率的风险评估方法对人员生命安全预期的火灾风险进行量化。在评估过程中,该方法除了包含确定性因素之外,还通过对人员疏散过程考虑用泊松分布的形式表示其随机特性,并利用计算得到的火灾对生命造成的预期风险值 ERL 与可接受火灾风险水平比较来衡量消防设计是否合理。通常情况下,评价人员能否安全疏散的标准是比较所需安全疏散时间 RSET 与可用安全疏散时间 ASET 的相对大小。如果前者小于后者,则可以认为在火灾危险状态来临之前,该建筑物的人

员是可以疏散至安全区域的。但是 RSET 比 ASET 大多少才算安全呢? 由于火灾与人员疏散过程中的随机因素很多, 因此这些不确定性为疏散安全评估提出了更高的要求。Magnusson 和 Frantzich^[34] 考虑了人员疏散计算中的一些不确定性因素, 运用一次二阶矩(FOSM) 可靠指数 β 法对人员安全疏散可靠性进行了评价。这种考虑可靠性指数的方法被 Hasofer 与 Beck^[35] 用来估计着火房间死亡人数。Hasofer 和 Odigie^[36] 提出了离散危险函数(discrete hazard function), 该函数通过随机建模的方式考虑了危险状态与人员逃生中变化因素的相互作用, 并以预期死亡人数为目标函数评估人员的安全性。

二、保险费率厘定方法的研究现状

基于火灾风险评估来厘定火灾保险费率, 确保火灾保险标的的费率同其风险状况相一致, 将使火灾保险费率厘定更加科学合理, 有利于防灾减损。一些学者开始了这方面的初步探讨^[37-40], 但都比较粗略, 还局限于定性或半定量方法, 主观因素成分比较多。文献[41]统计确定四大类十二子类建筑的基本费率, 并对建筑结构、防火设备、消防管理等 18 个影响建筑火灾风险的因素, 给出了费率的调整标准, 这些调整标准多出于经验估计, 缺乏科学的依据。文献[42]对商场建筑风险评估等级及保险费率的相关性进行了探讨, 应用模糊数学分析法对商场火灾发生概率设立了评估标准, 并应用层次分析法对商场火灾后果严重程度进行了评估, 最后根据系统火灾风险等级调整保险费率。该方法简单易用, 但仅适用于商场, 且评价指标的设立和评分标准只是出于作者个人的经验判断。

保险公司目前还主要是基于概率统计理论, 通过对火灾保险业务进行分类统计来厘定火灾保险费。随着火灾风险评估方法的发展, 保险公司在厘定火灾保险费率时, 也开始考虑标的的风险状况, 但多局限于安全检查表法, 而且各地评估方法和标准及普及程度差别也比较大。我国是由财产保险来承保火灾风险的, 财产保险费率的确定按占用性质分为三大类 13 小类^[37], 而忽略了建筑物的结构设计、消防设施, 以及投保者的安全管理情况等因素对费率的影响, 十分的粗略。虽然青岛等地开始了根据风险状况调整费率的试点, 但由于起步较晚, 还没有得到广泛的应用。中国台湾地区开展的比较好, 由产物保险商业同业公会制定了《台湾火灾保险费率规章》^[42], 不仅对建筑分类很细, 而且制定了高楼加费比率、消防减费比率标准, 还详细规定了消防设备的安装标准; 美国的 FM global 公司不雇佣精算师, 而是由防损工程师依据风险状况核定费率, “严格受控风险(HPR)”的大型工商企业, 可以获得低保费、高赔付的保险, 并且和消防部门合作制订消防规范及技术标准等。

火灾公众责任险是根据近年来公共营业场所, 如商场市场、宾馆饭店、歌舞娱乐场所等公众聚集场所由于火灾致使公众伤害的问题非常突出, 火灾事故不断

造成重大人员伤亡和财产损失，火灾公众责任险是专门以公共营业场所为主要承保对象设计的。它主要承保被保险人在公共场所进行生产、经营或其他活动时，因火灾发生意外事故而造成的他人人身伤亡和财产损失。它与普通的火灾保险并不一样，是针对公众聚集场所发生火灾后，由保险公司向受害第三方及时提供赔偿。就火灾公众责任险的费率如何厘定，目前国内外尚未见相关研究报道。

三、研究目标

从以上分析可以看出，将火灾风险评估应用到火灾保险和火灾公众责任险费率厘定当中，可以充分发挥费率的杠杆作用，达到促进减灾防损的目的。同时，科学厘定火灾财险和火灾公众责任险的费率，也有利于鼓励更多的单位和个人购买火灾保险及火灾公众责任险，改善我国目前火灾事故发生频繁、群死群伤及重大经济损失的恶性事件时有发生现状，保障人民的生命财产安全，减轻政府的压力和经济负担。

目前，火灾风险评估方法已经获得了很大的发展，适用于各行业的火灾风险评估方法不断被提出或改进，已经能够实现对火灾风险的合理量化。与此同时，基于火灾风险评估来厘定火灾保险费率的研究所刚刚起步，都还比较粗略，局限于定性或半定量方法，主观因素成分比较多，缺乏科学依据，目前保险公司还主要是通过通过对火灾保险业务进行分类统计来厘定火灾保险费。此外，基于火灾风险评估来厘定火灾公众责任险费率的方法国内外尚未见完整的报道。

由于火灾风险评估是以性能化防火设计为背景展开的^[43]，因此，将现有的火灾风险评估方法通过适当改进，实现对投保标的火灾风险的合理量化，并将火灾风险评估结果应用到火灾保险和火灾公众责任险费率厘定当中，使标的的保险费率与其火灾风险状况相一致，便成为本书的研究目标。

参 考 文 献

- [1] 公安部消防局. 中国火灾统计年鉴[M]. 北京: 中国人事出版社, 2006.
- [2] 范维澄, 孙金华, 陆守香, 等. 火灾风险评估方法学[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [3] 陈家强. 我国的火灾形势与发展趋势[C]//第九届国际消防设备技术交流展览会学术研讨会论文集. 北京: [出版者不详], 2002. 1-5.
- [4] Guo Tienan, Fu Zhimin. The fire situation and progress in fire safety science and technology in China [J]. Fire Safety Journal, 2007, 42: 171-182.
- [5] 严庆泽, 等. 世界保险史话[M]. 北京: 经济管理出版社, 1993.
- [6] 吴申元, 郑韞瑜. 中国保险史话[M]. 北京: 经济管理出版社, 1993.
- [7] 吴定富. 中国保险业发展改革报告[M]. 北京: 中国经济出版社, 2004.
- [8] NFPA. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering [M]. 2nd ed. One Batterymarch Park, Quincy, MA, USA, 1995.
- [9] NFPA. NFPA 550 Guide to the Fire Safety Concepts Tree [M]. 1995 ed. MA, USA, 1995.

- [10] Watts J R, John M. Fire Risk Assessment using Multi attribute Evaluation [C]//International Association of Fire Safety Science. 5th International Symposium on Fire Safety Science, 1997, Melbourne: IAFSS, 679-690.
- [11] Erik D S. FRAME-Fire risk assessment method for engineering. <http://www.framemethod.be/indexen.html>.
- [12] Larsson Daniel. Developing the structure of a fire risk index method for timber-frame multi-storey apartment buildings, Report 5062 [R]. Lund University: Department of Fire Safety Engineering, 2000.
- [13] Magnusson S E. Rantatalo Tomas. Risk assessment of timber frame multi-storey apartment buildings, Internal Report 7004 [R]. Lund University: Lund Institute of Technology, 1998.
- [14] Fitzgerald R W. Building fire safety engineering method [M]. Worcester: Worcester Polytechnic Institute, 1993.
- [15] Fraser-Mitchell J N. An object orientated simulation (CRISPII) for fire risk assessment [C]//International Association of Fire Safety Science. 4th International Symposium on Fire Safety Science, 1994, Ottawa: IAFSS, 793-804.
- [16] Fraser-Mitchell J N. Risk assessment of factors related to fire protection in dwellings [C]//International Association of Fire Safety Science. 5th International Symposium on Fire Safety Science, 1997, Melbourne: IAFSS, 631-642.
- [17] Yung D, Hadjisophocleous G V, Proulx G. Modelling concepts for the risk-cost assessment model FIRECAM and its application to a canadian government office building [C]//International Association of Fire Safety Science. 5th International Symposium on Fire Safety Science, 1997, Melbourne: IAFSS, 619-630.
- [18] Beck V R. CESARE-RISK: A tool for performance-based fire engineering design [C]//Society of Fire Protection Engineering (SFPE) . 2nd International Conference on Performance-based Codes and Fire Safety Design Methods, 1998, Hawaii: SFPE, 319-330 .
- [19] Copper L Y, Stroup W D. ASET – a computer program for calculating available safety egress time. Fire Safety Journal. Vol.9, 1985.
- [20] British Standards Institution. Draft british standard BS DD240 fire safety engineering in buildings, Part 1: guide to the application of fire safety engineering principles. British Standards Institution, 1997.
- [21] Gwynne S, Galea E R, Owen M. et al. A review of the methodologies used in the computer simulation of evacuation from the built environment. Building and Environment, 34(6) : 741-749, 1999.
- [22] Proulx G, Fahy R F. The time delay to start evacuation: review of five case studies, In: Hasemi, Y. (ed.) , Proceedings of 5th International Symposium on Fire Safety Science, Melbourne, Australia, 783-793, 1997.
- [23] Proulx G, Sime J D. To prevent panic in an underground emergency: why not tell people the truth? In: G Cox, B Langford (ed.) Proceedings of the 3rd International Symposium on Fire Safety Science. Edinburgh, UK, 843-852, 1991.
- [24] Shield T J, Boyce K E., A study of evacuation from large retail stores. Fire Safety Journal 35, 25-49, 2000.
- [25] Ashe B, Shield T J., Analysis and modelling of the unannounced evacuation of a large retail store, Fire and Materials 1999, 23, 333-336
- [26] Meacham B J. Integrating human factors issues into engineered fire safety design [J]. Fire and Materials, 1999, 23(6) : 273-279.
- [27] Bryan J L. Human behavior in fire: the development and maturity of a scholarly study area [J]. Fire and Materials, 1999, 23(6) , 249-253.
- [28] Gwynne S, Galea E R, Hickson J. The collection and analysis of pre-evacuation times derived from evacuation trials and their application to evacuation modelling[J]. Fire Technology, 2003, 39(2) : 173-195.
- [29] 陈涛. 火灾情况下人员疏散模型及应用研究. 中国科学技术大学博士学位论文. 2004, 71-72.
- [30] Chu Guanquan , Sun Jinhua. The effect of pre-movement time and occupant density on evacuation time [J], Journal of Fire Sciences, 2006 24(3) , 237-259.
- [31] Chu G Q, Chen T, Sun Z H,et al. Probabilistic risk assessment for evacuees in building fires [J]. Building and Environment, 2007 42(3) : 1283-1290.

- [32] Mahmut B N. Horasan. Design occupant groups concept applied to fire safety engineering human behaviour studies [C]. 7th International Symposium on Fire Safety Science, Worcester: International Association for Fire Safety Science, 2002, 953-962.
- [33] He Y P, Horasan M, Taylor P, et al. Stochastic modelling for risk assessment [C]. Proceedings of the Seventh International Symposium on Fire Safety Science, 2002, 333-344.
- [34] Magnusson S E., Frantzich H, Harada K. Fire safety design based on calculations: uncertainty analysis and safety verification [J]. Fire Safety Journal, 1996 27(4) :305-334.
- [35] Hasofer A M, Beck V R. Probability of death in the room of fire origin: an engineering formula [J]. Journal of Fire Protection Engineering ,2000 10(4) :19-26.
- [36] Hasofer A M, Odigie D O. Stochastic modeling for occupant safety in a building fire [J]. Fire Safety Journal,2001 36: 269-289.
- [37] 李引擎, 季广其, 邓正贤, 等. 建筑物火灾损失统计计算和保险费率的确定[J]. 建筑科学, 1998, 14(5) : 3-7.
- [38] 刘小勇, 孙金华, 褚冠全. 基于火灾风险评估的企业火灾保险费率的厘定[J]. 火灾科学, 2005, 15(2) : 84-88.
- [39] Michel D. Stefan L. Non-life rate-making with Bayesian GAMs [J]. Mathematics and Economics, 2004, 35: 627-647.
- [40] 左哲, 田宏, 高永庭, 等. 关于商场建筑火灾风险评估等级与保险费率的相关性探讨[J]. 沈阳航空工业学院学报, 21(3) : 62-65, 2004.
- [41] 张念. 保险学原理[M]. 成都: 四川大学出版社, 2000.
- [42] 台湾产物保险商业同业公会. 台湾火灾保险费率规章[M]. 台北: 2002.
- [43] 霍然, 袁宏永编著. 性能化建筑防火设计与分析[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 2003.

第 2 章 火灾动力学基础及防治技术

2.1 燃烧基本现象及原理

燃料和氧化剂两种组分在空间激烈地发生放热化学反应的过程叫做燃烧^[1]。燃烧是可燃物与氧化剂之间发生的快速化学反应，一般还伴随着放出大量热量。可燃物中含有多种可以发生氧化反应的组分，它们的存在是燃烧的基本条件。通常，为了促使可燃物和氧化剂之间发生反应，还需要一定热源的作用。从另一角度看，燃烧是一种连续的反应过程，就是说燃烧过程中始终存在反应物与燃烧产物的输送、气体流动与热量的传递。因此燃烧是一种多组分的化学反应流问题，而且要比没有化学反应的流体力学问题复杂得多。

2.1.1 燃烧的三要素

物质燃烧过程的发生和发展，必须具备以下三个要素，即可燃物、氧化剂和点火能。只有这三个要素同时具备，才可能发生燃烧现象，无论缺少哪一个条件，燃烧都不能发生。但是，并不是上述三个要素同时存在，就一定会发生燃烧现象，这三个因素还必须相互作用才能发生燃烧。发生燃烧的充要条件是：

一、必要条件

1. 有充足的可燃物；
2. 有助燃物存在：凡是能支持和帮助燃烧的物质都是助燃物，常见的助燃物是含一定氧浓度的空气；
3. 具有一定温度和能量的火源。

二、充分条件

1. 燃烧的三个必要条件同时存在，相互作用；
2. 可燃物的温度达到燃点，生成热量大于散发热量。如果把燃烧比作一个由链体组成的圆环，则三要素是组成圆环的三个链体。如果组成圆环的三个链体缺少一个，或三个链体不相互联结，则将不能构成圆环，即缺少燃烧三要素之一，或三要素不相互作用，就不能形成燃烧现象。