

# 建筑火灾人员疏散 风险评估

Risk Assessment for Occupant  
Evacuation in Building Fires

褚冠全 汪金辉 著



科学出版社

# 建筑火灾人员疏散风险评估

褚冠全 汪金辉 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书基于火灾动力学与统计理论耦合,突出火灾确定性、随机性的双重性规律,结合火灾情形下人员疏散行为的不确定性和复杂性,提出预测火灾导致人员伤亡风险的量化模型,对建筑火灾人员疏散风险评估方法进行了系统阐述。全书共9章,系统介绍了作者及国内外同行多年来的研究成果,内容主要包括建筑火灾人员疏散风险评估的目的和意义、建筑火灾动力学和人员疏散特性、火灾风险评估的不确定性、建筑火灾人员疏散风险量化评估模型、火灾场景发生概率随机性分析、疏散准备时间对疏散时间的影响分析、火灾导致人员伤亡量化评估、建筑火灾人员疏散风险时变分析算例、火灾风险评估在火灾保险和消防决策的应用等。

本书可作为火灾科学与消防工程、安全科学与工程、防灾减灾工程、建筑学等领域工程技术人员和研究人员的参考书籍,也可作为高等院校安全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

建筑火灾人员疏散风险评估/褚冠全,汪金辉著. —北京:科学出版社, 2017.3

ISBN 978-7-03-052212-2

I. ①建… II. ①褚… ②汪… III. ①建筑火灾-安全疏散-风险评价  
IV. ①TU998.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第054896号

责任编辑:刘凤娟/责任校对:杜子昂  
责任印制:张伟/封面设计:铭轩堂

**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>

**北京京华虎彩印刷有限公司** 印刷  
科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2017年3月第 一 版 开本:720×1000 B5

2017年3月第一次印刷 印张:22 1/2

字数:452 000

定价:139.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

# 前 言

随着我国国民经济及社会的发展,城市化发展速度空前,城市中涌现出许多设计新颖、外形独特的建筑,这些建筑无论是外观结构、使用功能,还是建筑材料、空间大小、配套设施,都与传统建筑有着很大的不同。在这些新颖建筑为现代城市增色的同时,带来的事故隐患和火灾风险也在不断加大。特别是公众聚集场所,由于建筑功能复杂、人员密集、可燃物较多,一旦发生火灾,很容易造成群死群伤以及巨大的财产损失。日新月异的建筑和日益严峻的火灾形势无疑给消防设计和安全管理带来了许多新的问题。

在消防设计方面,现有的处方式建筑防火规范已经不能完全满足现代建筑对火灾安全设计的要求,需要借助于性能化防火设计降低火灾危险。性能化防火设计的首要目标是将人员可能面临的火灾风险控制在可以接受的安全水平之内。只有合理、准确地进行火灾风险评估,性能化防火设计才能达到预期的目标,而切实可行的建筑物火灾安全性能化设计离不开科学的火灾风险评估方法。此外,在建筑消防安全管理方面,需要引入更加科学合理的管理模式,即通过消防与保险互动的模式,利用保费这一经济杠杆督促业主加大消防安全的投入、提高消防管理水平。当前火灾保险仅侧重对投保单位在火灾发生后的财产损失进行补偿,而合理的火灾公众责任险保费的厘定,需要以科学的建筑火灾人员疏散风险评估结果为依据。综上所述,无论对于建筑性能化防火设计,还是消防安全管理,开展建筑火灾人员疏散风险评估方法的研究都具有重要的理论和现实意义。

本书基于火灾动力学与统计理论耦合,对建筑火灾人员疏散风险评估方法进行了系统阐述。建筑火灾人员疏散风险评估着重突出火灾确定性、随机性的双重性规律,并结合火灾情形下人员疏散行为的不确定性和复杂性,提出预测火灾导致人员伤亡风险的量化模型。

本书共分9章,由交通运输部水运科学研究所的褚冠全博士主笔,上海海事大学的汪金辉博士参与了部分章节的撰写,褚冠全博士对全书进行了统稿。第1章至第4章、第6章、第7章、第9章由褚冠全博士撰写,第5章、第8章由褚冠全博士和汪金辉博士撰写。第1章主要介绍了火灾的灾害特性和事故特性,阐述了建筑火灾及其危害性,以及建筑火灾人员疏散风险评估的目的和意义。第2章介绍了建筑火灾动力学发展的基本过程,列举了一些火灾过程常用模拟软件和模型,重点对建筑火灾人员疏散的所需安全疏散时间和可用安全疏散时间的概念和计算方法进行了介绍。第3章主要介绍了风险、火灾风险的基本内涵,并从火灾风险量

化程度阐述了定性的、半定量的、定量的火灾风险主要评估方法及相关常用模型,突出介绍了火灾风险评估中的不确定性,并结合火灾动力学和人员疏散中的不确定性因素进行了阐述。第4章介绍了建筑火灾人员疏散风险量化评估的框架。第5章基于事件树与防火措施相结合,考虑防火措施实施概率的不确定性,提出了火灾场景发生概率随机分析方法,实现了对火灾场景发生概率的时变分布分析。第6章阐述了疏散准备时间及出口宽度对人员疏散时间的影响,对比了当疏散准备时间服从正态分布和取为定值两种情况下计算得到的疏散时间的差异,分析了疏散时间的概率分布状态。第7章基于火灾的双重性规律和人员疏散行为的复杂多样性,分析了可用安全疏散时间和所需安全疏散时间两参数的随机性,提出了人员伤亡评估模型,并结合工程算例进行了说明。第8章通过结合一个具体的事故案例,阐述了本书所提建筑火灾人员疏散风险评估方法的工程示例。第9章主要从火灾公众责任险费率厘定和消防设计方案决策两个方面,对建筑火灾人员疏散风险评估的应用进行了介绍。

本书既是对作者在中国科学技术大学火灾科学国家重点实验室攻读博士学位期间知识积累、研究成果的回顾,也是对工作以来在该领域发表相关学术论文的总结,感谢母校的老师、同学和现在单位的领导、同事的大力支持。书中引用了国内外同行的研究成果,在此一并表示感谢。本书的一些研究成果是在多项科研项目资助下完成的,如国家自然科学基金项目“基于火灾动力学与统计理论耦合的公众聚集场所人员风险评估方法研究”(项目编号:70803015)、国家自然科学基金项目“船舶舱室空间区域火灾模型研究”(项目编号:50909058)。在此对国家自然科学基金委员会给予的资助表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免有不足之处,敬请读者批评指正。

作 者

2017年1月

# 目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 火灾的灾害特性和事故特性	1
1.1.1 我国主要灾害类型、成因及分布	1
1.1.2 火灾的灾害特性	6
1.1.3 我国重点行业(领域)的事故概况	9
1.1.4 火灾的事故特性	13
1.2 建筑火灾及其危害性	14
1.2.1 火灾及其危害	14
1.2.2 我国火灾形势概述	15
1.2.3 今后一个时期我国火灾发展趋势	32
1.2.4 建筑火灾特点及其危害性	34
1.3 建筑火灾人员疏散风险评估的目的和意义	35
1.4 本书的章节设置和主要内容	36
参考文献	37
第 2 章 建筑火灾动力学和人员疏散特性	39
2.1 火灾燃烧概述	39
2.1.1 着火形式与过程	39
2.1.2 可燃物的种类及火灾燃烧特点	42
2.2 建筑火灾发展的基本过程	50
2.2.1 室内火灾发展概况和主要阶段	50
2.2.2 特殊建筑火灾发展基本状况	55
2.2.3 火羽流与顶棚射流	57
2.2.4 火灾烟气	59
2.3 火灾危害量化常用计算模型	64
2.3.1 火灾过程的常用经验公式	65
2.3.2 火灾过程的计算机模拟	69
2.4 建筑环境对火灾燃烧和烟气流动的影响	71
2.4.1 建筑环境对火灾燃烧的影响	71
2.4.2 建筑环境对烟气流动的影响	72

2.5	建筑火灾发展过程中的特殊现象	74
2.5.1	轰燃	74
2.5.2	回燃	77
2.6	建筑火灾人员安全疏散判据	78
2.7	所需安全疏散时间	79
2.7.1	火灾探测时间	79
2.7.2	火灾报警时间	84
2.7.3	疏散准备时间	84
2.7.4	疏散行动时间	97
2.8	可用安全疏散时间	106
	参考文献	107
<b>第 3 章</b>	<b>火灾风险及其评估过程中的不确定性</b>	<b>112</b>
3.1	风险及火灾风险	112
3.1.1	风险	112
3.1.2	火灾风险	115
3.2	火灾风险主要评估方法和模型	117
3.2.1	定性的火灾风险评估方法	117
3.2.2	半定量的火灾风险评估方法	117
3.2.3	定量的火灾风险评估方法	119
3.3	火灾风险评估中的不确定性	122
3.3.1	不确定性的最基本内涵	123
3.3.2	随机性	124
3.3.3	模糊性	124
3.3.4	随机不确定性和认知不确定性	125
3.4	火灾过程的不确定性因素	126
3.4.1	火灾动力学的随机性	126
3.4.2	人员疏散的不确定性因素	152
	参考文献	156
<b>第 4 章</b>	<b>建筑火灾人员疏散风险量化评估</b>	<b>161</b>
4.1	建筑火灾人员疏散风险评估主要影响因素	161
4.1.1	火灾动力学因素	161
4.1.2	火灾环境下人员特征因素	162
4.1.3	建筑环境因素	163

4.1.4 火灾动力学、人员特征和建筑环境三者的耦合关系 .....	164
4.2 建筑火灾人员疏散风险量化评估框架 .....	165
4.2.1 人员安全疏散判定准则 .....	166
4.2.2 建筑火灾人员疏散风险评估 .....	167
4.3 采用的不确定性分析方法 .....	170
参考文献 .....	171
<b>第 5 章 火灾场景发生概率随机性分析</b> .....	<b>172</b>
5.1 火灾场景概述 .....	172
5.1.1 火灾场景及影响因素 .....	172
5.1.2 设定火灾曲线 .....	174
5.1.3 火灾增长系数的随机性特征 .....	179
5.2 基于事件树的火灾场景分析 .....	182
5.2.1 事件树方法概述 .....	182
5.2.2 可能发生的火灾场景构建 .....	182
5.2.3 火灾场景发生概率 .....	185
5.3 火灾发生频率 .....	185
5.3.1 不同功能建筑的火灾发生频率 .....	185
5.3.2 火灾发生频率与建筑平面面积的关系 .....	187
5.4 建筑防灭火措施实施概率 .....	188
5.4.1 基于专家经验估算防灭火措施实施概率 .....	188
5.4.2 基于系统可靠率估算防灭火措施实施概率 .....	189
5.4.3 基于防灭火措施实施时间的不确定性估算实施概率 .....	192
5.4.4 建筑防灭火措施实施概率随时间变化的随机分析 .....	196
5.5 火灾场景发生概率的时变分布 .....	204
5.5.1 基于事件树分析可能的火灾场景 .....	206
5.5.2 基于事件树和离散 Markov 链耦合的火灾场景发生概率 .....	206
5.6 工程算例 .....	209
5.6.1 工程算例一 .....	210
5.6.2 工程算例二 .....	214
参考文献 .....	220
<b>第 6 章 疏散准备时间对疏散时间的影响分析</b> .....	<b>223</b>
6.1 引言 .....	223
6.2 疏散准备时间的组成和随机特性 .....	224



6.2.1	疏散准备时间的组成	224
6.2.2	疏散准备时间的估算方法	226
6.2.3	疏散准备时间的重要性	232
6.2.4	疏散准备时间的随机性	234
6.3	疏散准备时间对疏散时间的影响	237
6.3.1	单室场景下的模拟计算与分析	237
6.3.2	多室场景下的模拟计算与分析	244
6.3.3	拥塞与排队理论分析	248
6.4	出口宽度对疏散时间的影响	250
6.4.1	疏散准备时间服从正态分布时出口宽度对疏散时间的影响	250
6.4.2	疏散准备时间取为定值时出口宽度对疏散时间的影响	254
6.5	疏散时间的概率分布状态	259
6.5.1	单室场景下疏散时间的概率分布状态	259
6.5.2	多室场景下疏散时间的概率分布状态	276
6.6	小结	296
	参考文献	297
<b>第 7 章</b>	<b>火灾导致人员伤亡量化评估</b>	<b>299</b>
7.1	可用安全疏散时间随机性分析	299
7.2	所需安全疏散时间随机性分析	303
7.2.1	火灾探测报警时间的随机性分析	303
7.2.2	疏散准备时间随机性分析	305
7.3	火灾可能导致人员伤亡情况评估	306
7.4	工程算例	309
7.5	小结	313
	参考文献	313
<b>第 8 章</b>	<b>建筑火灾人员疏散风险时变分析算例</b>	<b>315</b>
8.1	事故算例概况	315
8.1.1	事故概况	315
8.1.2	算例概况	317
8.2	火灾场景随机性分析	318
8.2.1	基于事件树分析可能导致火灾场景	318
8.2.2	防灭火措施实施概率的不确定性分析	318
8.2.3	每个火灾场景的时变概率	321
8.3	火灾可能导致人员伤亡情况评估	323

---

8.3.1	可用安全疏散时间与所需安全疏散时间的不确定性分析	323
8.3.2	人员伤亡后果的不确定性分析	326
8.3.3	模拟分析结果与事故案例的对比分析	327
8.4	建筑火灾人员疏散风险时变分析	329
8.5	小结	331
	参考文献	332
<b>第 9 章</b>	<b>火灾风险评估在火灾公众责任险和消防决策的应用</b>	<b>333</b>
9.1	火灾公众责任险概述	333
9.1.1	火灾公众责任险的基本内涵	333
9.1.2	我国火灾公众责任险的基本现状	334
9.1.3	我国实施火灾公众责任险的紧迫性和必要性	334
9.1.4	我国实施火灾公众责任险面临的主要问题	335
9.2	火灾公众责任险费率厘定	336
9.3	基于风险的消防设计决策分析	341
9.3.1	决策理论	342
9.3.2	案例概况	343
9.3.3	火灾场景随机性分析	344
9.3.4	每个火灾场景导致伤亡人数评估	345
9.3.5	不同消防设计方案的期望效用值及决策	348
	参考文献	350

# 第1章 绪 论

火灾是火失去控制蔓延的一种灾害性燃烧现象，其直接损失约为地震的五倍，仅次于干旱和洪涝灾害，而其发生的频度则居各灾种之首。同时，火灾还具有“自然”和“人为”的双重属性，且随着人类文明的进步，社会生产力的发展，更加复杂多样。本章主要介绍火灾的灾害特性和事故特性，并对建筑火灾及其危害性进行阐述，以此提出了建筑火灾人员疏散风险评估的目的和意义。此外，本章还开宗明义地介绍了本书的主要章节设置和内容。

## 1.1 火灾的灾害特性和事故特性

因火灾的称谓中有“灾”，那么火灾最早应该是被人类作为灾害的一种来对待的，类似于水灾、旱灾等。追溯到遥远的古代，甚至尚未有人类时，火灾也是经常出现的，只不过是自然灾害的一种类型而已，无非是因天干物燥、雷电、火山喷发等引起的森林火灾、草原火灾。

随着人类社会进步，生产生活水平不断提高，火灾的特性已逐渐由单纯的“天灾”转变为“人祸”，即由自然灾害的属性转变成为事故的属性。火灾的起因不再单纯由不可抗拒的自然因素引起，而更多是由人的不安全行为、物的不安全状态和管理方面的缺陷而导致的事故。

本节首先在介绍我国主要灾害类型、成因及分布的基础上，阐述火灾作为灾害的一种类型，分析其灾害特性；其次，在介绍我国当前安全生产重点行业和领域特点的基础上，阐述火灾作为事故的一种类型，分析其事故特性。

### 1.1.1 我国主要灾害类型、成因及分布

凡是危害人类生命财产和生存条件的各类事件称为灾害。自古以来，各种各样的灾害不断骚扰人类。在现代社会，由于人口的持续过度增长，社会经济生产规模不断扩大，城镇高度密集化，以及人类自身对生态环境的有意识或无意识的破坏，各种灾害日趋严重。从国内外历史上和近代科技发展可以看出，灾害产生的主要原因有两个方面：一是自然变异；二是人为影响。因而我们把以自然变异为主因产生并表现为自然状态的灾害称为自然灾害，如地震、洪涝、滑坡、泥石流、崩塌等；把以人为影响为主因而产生且表现为人为态的灾害称为人为灾害，如空难、车祸、环境污染、医疗事故、犯罪等。

自然灾害和人为灾害之间没有绝对的界限,许多灾害的起因可能是自然的,也可能是人为的,或两者同时兼有。近几年来,国际社会对人为灾害概念的解释不断扩大,其含义涉及了社会意识形态和经济制度的不合理因素对人类自身造成的多种灾害。灾害是自然发生或人为产生的,对人类社会具有危害性后果的事件。

为了认识的便利和防灾的有效,人们常常按照不同的标准将灾害分为若干类型,不同类型的灾害有不同的辨识刻画指标及防治手段和对策组合<sup>[1,2]</sup>。灾害类型的划分可依据若干标准进行:①按灾害致灾因子的来源分类,可以将灾害划分为自然灾害和人为灾害两类。②按承灾体分类,可划分为人类生命致损灾害、财产致损灾害和人类环境致损灾害三大类。③按灾情分类,可把灾害分 8 个等级,即微灾、轻灾、中灾、重灾、大灾、暴灾、巨灾、极灾。④按致灾因子——承灾双因子分类,分为 4 种类型,即纯自然灾害、纯人文灾害、自然人文灾害、人为的自然灾害。⑤按灾害发生的特点分类,分为突发性灾害与缓发性灾害、原生灾害与次生灾害、单一灾害与复合灾害、区域灾害与全球灾害。⑥按其发生的生态环境进行分类,分为山地灾害、平原灾害、陆地灾害、海洋灾害、城市灾害、乡村灾害;按危害的国民经济进行分类,分为工业灾害、农业灾害、交通灾害。分析世界各种灾害灾种,95%的灾种我国都有<sup>[3]</sup>,文献 [4] 总结了国内外有关情况,将我国的灾害分为地质灾害、气象灾害、环境污染灾害、火灾、海洋灾害、生物灾害 6 大类,41 个小类,详见表 1-1。

表 1-1 我国灾害主要类型、成因条件及分布情况

类型		成因	分布
地质灾害	地震	地壳岩层能量突然释放而导致周围物质强烈运动产生地震,受区域地壳结构和活动断裂构造控制,分布和活动呈区域性和周期性特点	内生型,显露性灾害;分布地面以下数公里至数十公里,乃至数百公里
	崩滑流	受区域性和地带性双重因素的控制,人为因素显著,特别是对交通运输、水利建设、矿山的开采影响更大	外生型,显露性灾害;分布于地表浅部岩土体内
	水土流失	包括水力侵蚀、风力侵蚀、重力侵蚀、冻融侵蚀等,受区域性厚层风化壳及岩土松散与大气降水的侵蚀、搬运和人为影响。多发于我国的山地丘陵,加上对地表覆盖物被破坏,致使土壤裸露、径流加速,冲刷增大	外生型,显露性灾害;分布于地表浅层以下一定深度内,全国水土流失分布于西北黄土高原地区、长江流域和南方丘陵区
	沙化	受区域性气候的影响,在大风作用下所产生的结果,在严重干旱作用下人为破坏植被,过度耕作而贫瘠化,尤其是对工矿建设,公路、铁路修筑,大型水库修筑,破坏性更大,在新增沙漠中 80%是由人类活动所致	外生型,显露性灾害;分布地表数十米至百余米

续表

类型	成因	分布	
地质灾害	盐碱化	受气候、地形、地下水的影 响，由于地势低洼排水不 畅，地下水高矿化度大，蒸 发量大于降水量，盐分聚集 在耕作层而形成	内生型，显露性灾害；分 布于地表
	塌陷	受区域地壳构造控制，在人为因素的直接或间接作用 下，造成地面塌陷，岩溶水源被大量抽吸，地下水或岩 溶矿床疏干排水，泥沙被潜流带走，其中煤矿开采区 以人为诱发塌陷为主	外生型为主的隐伏性灾 害；分布地表以下一定深 度内
	地面沉降	由于自然条件和人为因素作用下所形成的地表高程不 断降低的环境地质现象。导致地面沉降的自然因素包 括地壳升降运动、地震、火山活动以及沉积物自然固 结压实等；人为因素主要是油气、煤、盐岩开采，修建 地下工程，灌溉，对局部进行静荷载和动荷载等，过量 抽吸地下水和油气资源开发是引起地面沉降最关键 的因素	外生型隐性灾害；分布于 地表以下一定深度
	地裂缝	受区域地壳构造控制，与岩石体胀缩性密切相关，人 为因素起着附加作用。地裂缝是现代地表破坏的一种 形式，绝大多数发生在上部沉积层中，成因有地质构 造和非地质构造	内生型与外生型，兼备显 露性灾害；分布于地表下 一定深度
	坑道突水	受区域性地质条件控制，在人为工程活动影响下发生， 当矿山开采和地下工程掘进，改变了岩体与水的压力 平衡，沿孔隙、层面、裂隙、断层、岩溶穴和管道大量 突泥与突水	外生型，显露性灾害；分 布于地下深处
	河洪淤积	河流是外动力地质作用的主要动力，上游以侵蚀作用 为主，下游以沉积作用为主，常造成河道与港口淤积	外生型，显露性灾害；分 布于地表浅层
	软土变形	三角洲及滨海平原广泛发育，滨海相和三角洲相厚层 软土淤泥，具有透水性差，强度低，压缩性高，变形大 的特点，属软弱土	外生型，隐性灾害；分布 于地表浅层
	地方病	由于地质历史发展的原因或其他因素，地壳表面元素 分布局部地区呈异常现象，例如某些元素的过多或过 少等在当地居民人体与环境之间交换出现不平衡，或 人体环境摄入的元素超出或低于人体所适应的变动范 围，形成地方病	内生型，隐性灾害；分布 于地表、人、畜体内
气象灾害	干旱	是气候、地理和社会等多种因素综合影响的结果，降 水量持续偏少，季风反常，大气活动中心位置和强度 出现异常环流的形势总是明显偏离常年状态，是危害 农业生产的第一大敌	外生型，显露性灾害；分 布于地表
	洪涝	是冷暖空气的交锋面-锋角在一个地区长期徘徊和停滞 所造成降水过于集中的结果。水土流失和植被破坏是 加剧洪灾发生的另一重要因素，分暴雨危害和连阴雨 危害	外生型，显露性灾害；分 布于地表

续表

类型	成因	分布
气象灾害	干热风 春末夏初, 北方云量很少, 太阳辐射强, 地面增温快, 5~6 月华北、关中、汾河谷地, 河套、河西走廊和新疆盆地月平均升温 5~8°C, 此时长江以北处在大陆性气团控制之下, 雨量稀少, 高温干燥	外生型, 显露性灾害; 分布于地表
	霜冻 受地形、地势、土壤等条件的影响, 主要受北方冷空气的侵入和在夜间由于地面或植物表面辐射散热冷却而成	外生型, 显露性灾害; 分布于地表
	台风 由深厚的高温、高湿、对流强烈的空气所组成。受地球自转偏向力的作用; 一般在 10~15°C 发生多; 对流层中风切变化小; 低空有辐合的场流, 上述 4 个条件相互影响, 对流作用更加旺盛	外生型, 显露性灾害; 分布于地表
	雹灾 在冰雹云中增长形成, 然后降到地面的一种固态降水, 强烈的上升气流, 丰富的含水量, 足够的低温和适当的温度配置, 冰雹胚胎数量适当, 则形成冰雹, 出现时间短, 来势猛, 强度大, 受灾损失惨重	外生型, 显露性灾害; 分布于地表
环境污染	废气污染 生产和燃烧过程中排放的各种释放于空气中的废气, 这些废气转化二次有毒物质; 在植物体内如果积累了污染物, 动物摄取了含污染物的饲料, 则会发生疫病, 达到了对动植物的危害; 其中酸雨已成为一个跨世界难点问题	外生型, 显露性兼隐性灾害; 分布地表面至天空数百米
	废水污染 工业废水与生活废水未经净化处理排到水体中破坏水体原来的功能, 使水体自净作用减弱, 主要来源于农田施肥与喷施农药、农村牲畜圈肥、化工厂、化肥厂、农药厂、炼油厂、油漆厂等	外生型, 显露性灾害兼隐性灾害; 分布于地表、水中、人畜体内
	废渣污染 人们在生产和生活过程中的废弃物, 任意丢弃或放在地表上或排入江河湖海, 这些物质乱堆乱放, 使土地性能变坏, 天长日久, 经雨雪淋溶, 就会污染地下水、河川和湖泊。城市垃圾未经无公害处理, 直接作为农肥, 无计划堆弃于坑洼沟塘, 未经处理直接或间接恶化城市的生态环境的。固体废物中的尾矿、煤干灰、干污泥和垃圾中的粉尘会随风飘扬, 许多种固体废物本身在焚烧时, 还会散发毒气	外生型, 显露性灾害兼隐性灾害, 分布于地表、水中、人畜体内
	农药污染 主要是由于从生产、包装、运输到使用, 每个环节管理不善所造成的。生产中的跑冒滴漏, 不经处理任意排放, 包装简陋、包装破损, 运输装卸散漏, 保管不善, 风吹雨淋, 用完容器不回收, 随意丢弃移作他用。农药的施用也是污染的一个主要环节	外生型, 显露性兼隐性灾害; 分布于地表、大气、水体、人体和牧畜体内

续表

类型		成因	分布
环境污染	化肥污染	主要是生产中冒、跑、滴、漏，特别是过量的施用，造成对环境的污染，氮、磷流失如果进入水体，可造成水体的富营养化，氮的流失，使水体中硝酸盐蓄积，饮用后致使婴儿出现正铁血蛋白血症，还有亚硝酸盐与促胺在体内生成亚硝酸胺，从而引起癌变	外生型，显露性兼隐性灾害；分布于土体、水体、大气、人畜体内
	噪声	由机械噪声、空气动力性噪声、电磁性噪声所造成，城市噪声 70% 来自于交通工具。交通噪声超过 70dB 的路段占 91.2%，区域环境超标达 50%，工业噪声对周围人群影响大。在高噪声车间里，噪声性耳聋的发病率达 70%	外生型，显露性灾害；分布于大气空间之中
	恶臭	主要来源于金属冶炼、炼油、石油化工、塑料、橡胶、牛皮、纸浆、化肥、医药、农药、毛、人造丝等化工厂的生产过程，有的则是从“三废”中排放出来，城乡的垃圾和粪便处理场，污泥晒场以及牲	外生型，显露性兼隐性灾害；分布于地表、土体、水体之中
	农作物焚烧	主要是水稻、小麦、玉米等农作物收获之后，农民因运输困难、处理费用高，再利用价值低，将农作物秸秆就地焚烧，集中焚烧，可产生相当严重的空气污染，影响飞机、汽车、火车的运行	外生型，显露性灾害；分布于地表大气之中
	白色污染	主要来源于农业生产和日常生活使用的塑料制品	外生型，显露性兼隐性灾害；分布于地表、水体、土体之中，分布城乡周围
	公害病	环境污染引起地方性疾病	内生型，隐性灾害；分布于地表、人畜体内
火灾	森林火灾	主要由天然火源和人为火源造成。非生产性用火，如在森林中烧火取暖做饭，林区村屯烟卤跑火，夜间走路打火把，烧山驱兽等，野外吸烟乱扔烟头已成为林区重要火源之一，春秋冬 3 个季节，最为严重，人为火源达 80% 以上，究其根源是人们防火意识淡薄	外生型，显露性兼隐性灾害；主要分布于在东北和西南地区
	草原火灾	它是失去人为控制，自由蔓延扩散的一种危害，主要由于人们在生活和生产中，不注意防火，再加上适宜的温度、植物、地形，就形成火灾，人为的火灾占到 85% 以上	外生型，显露性兼隐性危害；分布于地表
	其他火灾	人们在生产和生活过程中，失去控制的燃烧现象，由于防火措施不力，违章犯规、装修失控、管理不严、渎职失职、体系不全所造成。其中 90% 是人为造成的，随着经济活动的加快，火灾还在逐年扩大	外生型，显露性兼隐性灾害，分布于城乡及各类建筑物中

续表

类型		成因	分布
海洋灾害	风暴潮	风力对海平面的作用而导致开阔的水面相对于正常的水位增多或由气孔的下降和风力的共同作用,而导致水位相对正常水位的增量	外生型, 显露性灾害; 分布于海面 and 沿海地区
	海浪	地处季风地区, 受大风的推动和热带气旋的作用, 在海面上形成热带风暴和强烈风暴, 使海面形成高 10m 的巨大浪潮, 伴随台风和暴雨, 直接侵袭大陆	外生型, 显露性灾害; 分布于海面
	海冰	由于冬天天气寒冷, 在沿海近岸海域形成不同程度的结冰现象	外生型, 显露性灾害; 分布于海面 and 沿海地区
	赤潮	由甲藻引起的海水变色, 随甲藻周期性的大量增加而出现	外生型, 显露性灾害; 分布于海面 and 沿海地区
	海面上升	由于温室效应, 导致全球气温变暖, 冰川融化, 加之受地面及其他人为因素影响 (如筑堤建坝引起的河水水位提高)	外生型, 显露性灾害; 分布于沿海 and 沿海相邻地区
	海潮入侵	通过大潮和小潮的来回变化, 使河口盐度随汐的变化, 呈现相反的规律, 加之降水不足, 地下水位下降	外生型, 显露性灾害; 分布于海面 and 沿海地区
生物灾害	病害	农作物、森林和牧草在雨水、气流、昆虫等的传播下, 使病原侵入寄主之后, 遇到适宜的条件, 作物、森林、牧草出现病状, 病害由少增多, 由点到面传播扩大, 流行成灾	内生型, 隐露性灾害; 分布于农作物、森林、草地的整个生长阶段
	虫害	害虫分布广泛, 具远距离迁飞的习性, 突增突减现象无规律性, 繁殖力强、繁殖快, 具有暴食性, 由于栽培技术的变化, 加上环境条件的综合作用对农作物、森林、牧草危害猖獗	外生型, 显露性灾害; 分布于地表和地下
	草害	由于杂草具有极高的繁殖力和再生能力, 草种子具有早熟性、寿命长、传播能力极强, 这就造成杂草比农作物和牧草高大, 抑制作物生长, 造成田间管理费用加大, 人畜中毒	外生型, 显露性灾害; 分布于地表
	鼠害	随着人口的增多和工业生产的发展, 对综合治理鼠害的疏忽, 加之管理失误, 致使老鼠的密度加大, 数量增多, 就形成了对农作物、森林、牧草的危害	外生型, 显露性灾害; 分布于城乡各个角落

### 1.1.2 火灾的灾害特性

火灾是一种燃烧的过程, 也是一种灾害的现象, 具有自己的特性。在这里, 火灾的灾害特性指不同类型火灾的共同属性, 而不是某种火灾的特征。综合灾害特性和火灾特点, 火灾的灾害特性主要体现在以下几个方面。

#### 1. 普遍性和恒久性

灾害是天文系统、地球系统和人类社会系统物质运动的一种特殊形式。由于这



些系统的物质运动具有普遍性与恒久性，因此灾害在这些系统中也是普遍发生，不断地发生，直至永恒。

人类社会的发展史已经证明了火灾的普遍性与恒久性，历史的未来也将证明这一点。在经济社会和科学技术各方面都已经取得长足进步的当今世界，火灾不但没有减少、减弱，反而越来越多、越来越严重、越来越复杂。可以预见，随着社会的发展，火灾还会有新的形式出现。物质世界变得越来越复杂，在其有序化程度增高的同时，无序化也越来越强。只不过，在火灾灾害性越来越严重的同时，人类对于火灾的防治水平也越来越高。

火灾的普遍性与恒久性在实质上是一致的，都是指火灾发生的必然性。这种必然性在时间序列上表现为恒久性，在空间序列上表现为普遍性。

火灾的普遍性与恒久性在客观上要求人们充分认识其发生的必然性，并持之以恒地与其作斗争。

## 2. 多样性和差异性

火灾的类型是多种多样的，同时，火灾在形成的原因与机理、产生的过程、方式与后果及其影响所及的时空范围等方面都存在着一定差异。这就产生了火灾的多样性与差异性。即使同一种类型的火灾，其形成的原因及过程、后果在不同的时空范围内也是不同的，具有明显的多样性和差异性。例如，森林火灾可以由雷电等自然因素引起，也可以由人们用火不慎引起，这些不同因素引起的火灾在产生的过程与后果方面具有一定的差异。

成因相同或相似的火灾可以有不同的后果。因电线短路、电气设备过热等电气原因导致的火灾，它们在成因上有共性因素，但是它们引起的后果却有所差别。遇到有可燃气体聚集的区域，电火花可能会导致爆炸，进而引起火灾；遇到有可燃物堆积、空气不流通的区域，可能会出现阴燃，产生大量高温有毒烟气。

## 3. 全球性和区域性

火灾的全球性是指火灾在全球每一角落都可能发生。只要有人类活动的地方，都有可能遭受到火灾的威胁。火灾的区域性是指火灾发生范围的局限性。从空间分布上看，任何一种类型的火灾，其发生和影响的范围都是有限的。火灾的区域性与全球性并不矛盾。火灾的全球性说明了任何一个地方都有可能发生火灾，而不能说任何一个地方会发生所有类型的火灾；火灾的区域性说明了单个类型的火灾总是发生于一定的地方，而不能发生于所有的地区。火灾的全球性源自火灾的普遍性和恒久性，而火灾的区域性是由于火灾的形成，同任何其他事物和现象的发生与形成一样，需要特定的条件。

## 4. 随机性和可预测性

火灾的随机性源自火灾的模糊性、多样性和差异性。火灾本身的发生发展过程