

丛书主编 张继权

高等院校安全与减灾管理系列教材

城市公共安全学 ——原理与分析

Urban Public Safety: Principle and Analysis

刘茂 王振 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

高等院校安全与减灾管理系列教材

城市公共安全学

——原理与分析

Urban Public Safety: Principle and Analysis

刘 茂 王 振 编著



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

城市公共安全学：原理与分析/刘茂,王振编著. —北京：北京大学出版社, 2013. 11
(高等院校安全与减灾管理系列教材)

ISBN 978-7-301-23379-5

I. ①城… II. ①刘…②王… III. ①城市—公共安全—高等学校—教材 IV. ①X956

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 254544 号

书 名：城市公共安全学——原理与分析

著作责任者：刘 茂 王 振 编著

责任编辑：王树通

标准书号：ISBN 978-7-301-23379-5/X·0061

出版发行：北京大学出版社

地 址：北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址：<http://www.pup.cn> 新浪官方微博：@北京大学出版社

电子信箱：zpup@pup.pku.edu.cn

电 话：邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62765014 出版部 62754962

印 刷 者：北京大学印刷厂

经 销 者：新华书店

787 毫米×980 毫米 16 开本 20.75 印张 407 千字 插页 4

2013 年 11 月第 1 版 2013 年 11 月第 1 次印刷

定 价：40.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

《高等院校安全与减灾管理系列教材》 编委会

主 编 张继权

副 主 编 郑大玮 刘 茂 李 宁

编 委 (以姓氏笔画为序)

包玉海 刘兴朋 刘 茂 李 宁

佟志军 张继权 郑大玮 廖晓玉

秘 书 刘兴朋

策划编辑 王树通

主编、副主编简介

张继权：博士、教授、博士生导师

东北师范大学自然灾害研究所所长

中国灾害防御协会风险分析专业委员会理事、副秘书长

中国草学会草原火专业委员会副理事长、秘书长

农业部草原防火专家组专家

郑大玮：博士、教授、博士生导师

中国农业大学资源与环境学院教授

中国气象学会农业气象学委员会副主任

北京市政府专家顾问团减灾组专家

北京减灾协会常务理事

《气象学报》常务编委

刘 茂：教授、博士生导师

南开大学城市公共安全研究中心主任

《中国公共安全(学术版)》主编

李 宁：博士、教授、博士生导师

北京师范大学民政部教育部减灾与应急管理研究院

灾害与公共安全研究所所长

内 容 提 要

城市公共安全学全书分上、下两册。本书是上册，由两篇 10 章组成：第一篇城市公共安全概论与原理，第二篇城市公共安全风险分析。主要内容包括：城市工业危险源风险分析，城市公共场所风险评价，城市人群聚集风险分析，人群动力学及人群疏散运动学，城市公共基础设施风险分析主要是城市市政管线和地铁火灾风险分析，城市自然灾害风险分析——以地震灾害为例，城市道路交通风险分析及城市公路危险品运输风险分析。

本书适用于安全科学与工程专业、环境科学与工程、城市建设、城市规划与设计、防灾减灾、消防、市政和公安等专业的高等院校本科生及研究生的教材和参考用书，以及相关专业的工程技术人员和政府管理者参考。

前 言

城市公共安全是近十年我国经济与社会发展而催生的一个安全学科新领域,城市公共安全是涉及自然科学、社会科学等众多研究领域的交叉学科。

城市公共安全专门研究城市由于人为因素和自然因素导致的事故灾害及其对城市带来的风险。这些风险存在于生产、生活、生存范围的各个方面,包括衣、食、住、行、休闲娱乐等各个领域及环节。城市公共安全问题是城市问题和安全问题的耦合,由于城市和安全问题本身的复杂性,使得城市公共安全问题变成更为复杂的系统问题。城市公共安全具有人群聚集、脆弱性和社会敏感性等特点。若城市公共安全作为一个系统,它的风险由于人群的聚集而被放大;由于系统的脆弱性而易受攻击和破坏;由于系统的社会敏感性而被激化及突变。随着经济和社会的快速发展,我国城市化进程日益加快,由此带来的公共安全问题日益突出。

城市公共安全这一崭新的学科领域的研究才刚刚起步,目前还没有一套健全的理论方法体系去认识和解决城市安全问题。然而面对日益严重的城市公共安全问题,南开大学城市公共安全研究中心坚持探索之路,试图在城市公共安全研究上以风险理论为基础,研究城市安全所面临的各种风险,并在此基础上,给城市发展制定公共安全规划,对城市安全进行风险管理与风险控制,对城市突发事件和事故灾害实行应急救援,特别是在紧急状态下的人群疏散,从而实现城市公共安全。城市公共安全涉及范围广泛,各种各样的城市管理和城市危机问题无所不包。从安全角度可以分为城市工业危险源、城市公共场所、城市基础设施、城市自然灾害、城市道路交通、城市公共卫生及城市恐怖袭击等7方面的问题,本书仅研究前5个问题,另外两个问题以后讨论。

21世纪的城市公共安全问题,已不单纯是学术问题,而且是社会问题。教学与研究要顺应时代的要求,我和我的学生们(80多名博士、硕士研究生)遵循“不仅做学问,更要做事情”的原则,在做好城市公共安全的理论研究的同时,急社会之所急,针对社会热点问题和突出事件进行重点科研攻关,快速适时地拿出实用的科研成果。本书仅是其中一部分重要成果呈现给读者。

作为教材,本书试图给出城市公共安全的概念、重要问题的分类和认识解决这类问题的基本理论和基本方法。书中一些问题作者希望尽量给出定量分析结果,而不仅仅停留在概念上和“说道理”上,书中某些较难的综合问题分析计算是为给博士生、硕士生去

阅读,并从中得到启迪,从而引领更多的年轻人去研究城市公共安全问题,推动城市公共安全学科的成长和发展,这是本书的初衷。

全书分上、下两册,共五篇 16 章,由我和我的学生王振教授主持编写完成。本书内容主要源于我的学生的学位论文、科研报告和发表的文章。各章节完成情况如下:第 2 章李清水、张永强和刘旭峰;第 3 章 3.1 节周亚飞,3.2 节相艳景;第 4 章张青松、任常兴和李剑锋;第 5 章和第 6 章王振教授;第 7 章 7.1 操铮,7.2 节孙晓磊;第 8 章许同生;第 9 章李丽芬;第 10 章唐少佳;第 11 章赵国敏和牛晓霞;第 13 章张云龙;第 14 章王炜;第 15 章王丽;第 16 章周亚飞。姜珊珊同学对本书文字和内容的完成,功不可没,一年多时间里,在二三百万字的学位论文、科研报告和文章中辛勤耕耘。

本书是十几年来城市公共安全教学与科研过程结晶而成,现在的中国发展瞬息万变,有的成果当时很有创意,而现在看来似乎有点过时;编纂本书时太多的研究素材难以取舍和梳理,因此本书显得粗糙,甚至谬误之处在所难免,恳请读者批评指正,更盼同行专家赐教,不胜感激!

编者 刘茂

2013 年 8 月于南开大学

目 录

第一篇 城市公共安全概论与原理篇

第 1 章 概论	(3)
1.1 城市公共安全的基本概念	(3)
1.1.1 城市	(3)
1.1.2 城市公共安全	(5)
1.1.3 城市公共安全系统	(5)
1.2 城市公共安全的研究内容	(5)
1.3 城市公共安全的研究范围	(6)
1.3.1 城市工业危险源	(7)
1.3.2 城市公共场所	(8)
1.3.3 城市公共基础设施	(8)
1.3.4 城市自然灾害	(9)
1.3.5 城市道路交通	(10)
第 2 章 城市公共安全风险分析原理	(12)
2.1 概述	(12)
2.1.1 城市公共安全风险评价概念	(12)
2.1.2 城市公共安全风险评价方法	(12)
2.2 城市公共安全风险可接受水平	(17)
2.2.1 合理可接受水平	(17)
2.2.2 风险可接受对象的分类	(18)
2.2.3 个人风险可接受水平的确定	(19)
2.2.4 社会风险可接受水平	(23)
2.2.5 经济风险可接受水平的确定	(28)

第二篇 城市公共安全风险分析篇

第3章 城市工业危险源风险分析	(37)
3.1 城市重大工业危险源风险评价	(37)
3.1.1 某市重大危险源现状分布	(37)
3.1.2 某市重大危险源风险分析	(38)
3.2 化工园区重大事故的风险分析	(54)
3.2.1 概述	(54)
3.2.2 典型装置的确定	(56)
3.2.3 化工园区重大事故的风险计算	(61)
3.2.4 实例应用	(64)
第4章 城市公共场所风险指数评价法	(77)
4.1 概述	(77)
4.1.1 火灾指数	(78)
4.1.2 聚集指数	(82)
4.1.3 疏散指数	(85)
4.1.4 管理指数	(90)
4.1.5 应急指数	(90)
4.2 风险等级划分	(91)
第5章 城市人群聚集风险分析	(93)
5.1 人群聚集风险类型及其特征	(93)
5.2 人群聚集事故影响因素	(94)
5.3 性格与情绪	(95)
5.3.1 性格	(95)
5.3.2 情绪	(96)
5.4 环境因素	(97)
5.5 聚集人群的典型心理及行为特征	(99)
5.6 公共场所中人群的形成及自组织行为	(102)
5.7 恐慌的理论分析及其对人的行为的影响	(106)
5.7.1 恐慌概述	(106)
5.7.2 恐慌状态下人的行为表现	(107)
5.7.3 恐慌的定量描述	(108)

5.8	骚乱行为的理论分析及骚乱者的心理状况	(109)
5.8.1	骚乱行为概述	(110)
5.8.2	触发骚乱的因素	(110)
5.8.3	骚乱者的心理状况	(111)
5.9	人群拥挤踩踏事故风险分析	(112)
5.9.1	人群拥挤踩踏事故风险特征	(113)
5.9.2	通道堵塞对人群拥挤踩踏事故风险的影响	(116)
5.10	人群聚集风险的定性评价方法及案例研究	(117)
5.10.1	适用范围	(117)
5.10.2	人群聚集风险评价步骤	(117)
5.10.3	案例研究	(122)
第6章	人群动力学及疏散过程中的运动特征	(127)
6.1	人群密度、速度及人流通过率的关系	(127)
6.1.1	概念	(127)
6.1.2	最大人群忍受密度	(128)
6.1.3	密度-速度关系	(128)
6.1.4	密度-人流通过率关系	(133)
6.2	预测人群拥挤压力	(136)
6.2.1	人群之间的相互作用力	(136)
6.2.2	人群拥挤压力	(137)
6.3	疏散通道堵塞及恢复过程的建模与分析	(138)
6.3.1	密度-速度方程以及密度-人流通过率方程	(140)
6.3.2	初始人群密度对人群堵塞恢复过程的影响	(142)
6.3.3	堵塞过程分析	(143)
6.3.4	人群恢复运动的过程($t \geq \tau$)	(144)
6.3.5	堵塞消失时间的确定	(145)
6.4	相向流对疏散通道疏散效率的影响	(146)
6.4.1	buildingEXODUS 模拟软件	(146)
6.4.2	模拟结果	(148)
6.4.3	模拟结果的分析和讨论	(148)
6.5	建筑物出口安全设计的离散时间疏散模型	(152)
6.5.1	DTEM 疏散模型	(153)

6.5.2	案例分析	(157)
第7章	城市公共基础设施风险分析	(160)
7.1	城市市政管线的地震风险分析	(160)
7.1.1	城市市政管线地震失效原因及失效形式	(161)
7.1.2	城市市政管线地震易损性分析	(164)
7.1.3	城市市政管线的地震可靠性研究	(172)
7.1.4	地震引发城市燃气管线事故的定量风险分析	(180)
7.1.5	工程案例	(185)
7.2	地铁火灾蒙特卡罗模拟及风险分析	(201)
7.2.1	火灾的计算机模拟方法及其模型	(201)
7.2.2	风险分析软件@Risk	(205)
7.2.3	设定火灾场景	(206)
7.2.4	建立地铁火灾风险极限状态方程	(211)
7.2.5	确定极限状态方程中各参数的概率分布	(221)
7.2.6	各火灾场景的蒙特卡罗模拟及结果分析	(225)
7.2.7	地铁车站火灾事故风险	(228)
第8章	城市自然灾害风险分析——以地震灾害为例	(230)
8.1	自然灾害风险概述	(230)
8.2	地震风险评价	(232)
8.3	建筑物震害及相关经济损失预测	(236)
8.3.1	能力谱方法	(237)
8.3.2	经济损失预测	(240)
8.4	实例分析	(241)
8.4.1	地震风险分析	(242)
8.4.2	建筑物震害及经济损失预测	(253)
第9章	城市道路交通风险分析	(261)
9.1	道路交通安全概述	(261)
9.2	道路交通风险分析与事故预测	(262)
9.2.1	道路交通风险分析	(263)
9.2.2	道路交通事故预测方法	(272)
9.2.3	灰色预测方法	(272)
9.3	某市道路交通灰色预测分析	(275)
9.3.1	某市道路情况概述	(275)

9.3.2 某市道路交通事故的预测	(279)
第 10 章 城市公路危险品运输风险分析	(287)
10.1 概述	(287)
10.2 危险品公路运输风险评价	(288)
10.2.1 危害因素分析	(288)
10.2.2 危险货物分类	(290)
10.2.3 风险评估模型	(291)
10.2.4 评价步骤	(296)
10.3 危险品泄漏概率分析	(296)
10.4 GIS 和 ALOHA 的应用	(299)
10.4.1 危险品公路运输事故后果分析	(299)
10.4.2 GIS 的应用	(300)
10.4.3 ALOHA 的应用	(301)
10.5 利用 ALOHA 和 GIS 对泄漏事故进行后果分析	(303)
10.5.1 毒性液化气体(氨气)的泄漏后果	(303)
10.5.2 易燃液化气体的泄漏后果	(308)
10.5.3 易燃液体的泄漏后果	(310)
10.6 某市危险品公路运输风险评价	(310)
10.6.1 数字化地理数据	(310)
10.6.2 添加危险品公路运输的各种属性	(312)
10.6.3 利用计算功能计算每个路段的伤亡人数	(313)
参考文献	(315)



第一篇

城市公共安全 概论与原理篇

随着城市化进程的加快,城市公共事故发生的频率越来越高,危害后果也越来越惊人,造成了重大的人员伤亡和财产损失。城市公共安全的研究是我国经济和社会发
展面临的重大问题。

城市公共安全研究的理论基础是风险理论,城市公共安全的风险分析,是一个崭新的研究领域,是对可能发生的城市公共事故灾害进行风险分析,在确定城市系统原发事故条件下,进一步考虑城市系统由于人口聚集、建筑物密集、能量与物质汇集以及城市系统具有脆弱性、敏感性等对原发事故的放大作用,从而构成了城市公共安全的固有风险。

制定保障城市安全和城市经济社会协调发展的安全规划是城市公共安全研究的重要内容,城市公共安全系统的规划与设计本质是对城市风险进行预测后所做的安全决策,或者是对城市的安全设计,目的是控制和降低城市风险,使之达到可以接受的水平,主要从城市建设和社会发
展总体规划的角度出发,在城市系统风险分析和预测的基础上,确定城市公共安全规划目标,提出风险减缓的对策措施。

实施风险减缓对策措施,对风险进行控制,进而实现风险管理。风险管理是研究风险发生规律和风险控制技术的科学,通过风险辨识、风险评价,并在此基础上优化组合各种风险管理技术,对风险实施有效控制,从而降低和减缓风险,以期以最小的成本获得最大安全保障的目标。

危机管理和应急救援是城市公共安全另一不可缺少的部分。城市系统事故灾害的发生在理论上和现实中都是不可能完全避免的,为了事故发生后能及时、有效地实施应急救援,减少伤亡,减轻事故后果,需要建立一套城市事故灾害应急救援系统。

城市公共安全是一个复杂的系统问题,要想实现城市公共安全,必须建立城市公共安全管理系
统,实行以风险分析、安全规划、风险控制和应急救援为主要内容的策略。

1.1 城市公共安全的基本概念

1.1.1 城市

城市一般是指人口密集、工商业集中的地方,通常是周围地区的政治、经济、文化的

中心。从空间角度看,城市可以说是一定地域范围内的大、中、小不同规模的经济集聚点。纵观世界各国,尽管其国情千差万别,划分城市等级的标准大小不同,但却都是以城市人口为主要依据的。我国现行的城市共分为特大城市(人口大于100万)、大城市(50~100万)、中等城市(20~50万)和小城市(20万以下)4类。

城市是社会进步的产物,又是社会进步的动力。可以用“五集中”来描述现代城市的特征。所谓“五集中”,就是“人口集中,建筑物集中,生产集中,财富集中与诸种灾害集中”。其含义如下:

(1) 城市人口集中

大量统计数据表明,城市化从19世纪开始发展速度越来越快,世界城市人口的比重从1900年的13.6%上升到1980年的42.3%,并出现城市“大都市集聚化、城市郊区化、区域一体化”的“三化”新趋势。我国城市包括设市城市和建制镇。据2010年第六次人口普查登记的全国(内地)总人口为13.397亿人,其中城镇人口比重大幅上升。这次人口普查显示,居住在城镇的人口为66557万人,占总人口的49.68%;居住在乡村的人口为67415万人,占50.32%。同2000年相比,城镇人口比重上升13.46个百分点。

(2) 建筑物(包括构筑物)集中

近年来,随着改革开放的深入,城市化速度迅猛发展,不仅城市数量急剧增加,城市规模也大幅度扩展。建筑物向平面和空中发展,各种类型的高层建筑和超高层建筑鳞次栉比。从城市生命线工程的建设角度看,城市供水、排水和污水处理设施,城市煤气、电力的输送设施管网,城市电信设施管网,城市防洪、排涝设施、城市消防供水、消防通信设施、城市交通(含道路、桥梁、隧道、港口、码头、机场等)设施设备,都是纵横交错、十分密集地分布于城市的地上或地下。

(3) 生产集中

城市是社会生产力和商品经济发展的必然结果。城市还是物质生产和精神生产的集中地,也是物质和精神商品集散地。就物质生产而言,它集聚了电子、化工、轻工、冶金、食品、机械、建材、建筑业等各个行业的产品生产。就精神产品生产而言,它包括文学、艺术、科研、设计、教学及其传播媒体(如广播、电视、印刷等)各个行业的产品生产。

(4) 财富集中

纵观国内外,几乎所有城市都是沿江、河、湖、海而建。我国七大江河(即指海河、黄河、辽河、淮河、长江、珠江、松花江)的中下游地区分布着我国的主要城市,包括北京、上海、天津、广州、武汉、南京、合肥、南昌、长沙、西安、济南、沈阳、长春、哈尔滨、郑州、石家庄等20多个直辖市和省会城市,是我国各地政治、经济、文化、交通的中心,在我国经济建设中占有极其重要的地位。

(5) 灾害和事故集中

从我国的气候及其地质特点看,我国是一个多灾的国家。我国不仅自然灾害多发、