

The Methods for Planning of Emergency
Shelter and Its Application

防灾避难场所规划设计 方法与应用

初建宇 马丹祥◎著



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

获国家科技支撑

防灾避难场所规划设计方法与应用

初建宇 马丹祥 著



知识产权出版社

全国百佳图书出版单位

图书在版编目 (CIP) 数据

防灾避难场所规划设计方法与应用/初建宇, 马丹祥著. —北京: 知识产权出版社, 2015. 7

ISBN 978-7-5130-3671-9

I. ①防… II. ①初… ②马… III. ①紧急避难—公共场所—建筑设计—研究
IV. ①TU984. 199

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 172020 号

内容提要

本书针对选址评价、布局优化、责任区划分和灾害风险评价等避难场所规划问题, 分别建立了 5 个数学模型, 详细分析了模型的特点, 并给出了相应的求解方法和数值算例。为了提高这些模型的可操作性, 开发了避难场所规划决策支持系统, 并应用于某县城镇避难场所规划。本书还研究了“平灾结合”设计、应急住宿区设计和应急设施配置等避难场所设计理论与方法。本书可作为防灾减灾工程及防护工程、安全科学与工程、城市规划与设计、管理科学与工程等有关专业本科生或研究生的参考书, 也可供从事避难场所研究、规划、设计和管理等人员阅读参考。

责任编辑: 唐学贵

执行编辑: 于晓菲 聂伟伟

防灾避难场所规划设计方法与应用

The Methods for Planning of Emergency Shelter and Its Application

初建宇 马丹祥 著

出版发行: 知识产权出版社 有限责任公司	网 址: http://www.ipph.cn
电 话: 010-82004826	http://www.laichushu.com
社 址: 北京市海淀区马甸南村 1 号	邮 编: 100088
责编电话: 010-82000860 转 8363	责编邮箱: yuxiaofei@cnipr.com
发行电话: 010-82000860 转 8101/8029	发行传真: 010-82000893/82003279
印 刷: 北京中献拓方科技发展有限公司	经 销: 各大网上书店、新华书店及相关专业书店
开 本: 720mm×960mm 1/16	印 张: 17
版 次: 2015 年 7 月第 1 版	印 次: 2015 年 7 月第 1 次印刷
字 数: 280 千字	定 价: 58.00 元

ISBN 978-7-5130-3671-9

出版版权专有 侵权必究

如有印装质量问题, 本社负责调换。

前 言

重大自然灾害和事故灾难等重大突发事件造成房倒屋塌或严重破坏,基础设施系统瘫痪,居民丧失生活环境和生活条件,大量人员需要被转移安置在避难场所避难。在突发事件发生时能否及时提供避难场所,已经成为衡量政府应急管理能力和减灾能力的重要内容。为合理配置应急资源,高效组织避难疏散和救援活动,节约政府财政投入,急需完善避难场所规划设计理论与方法,以指导我国避难场所的规划建设。

作者长期致力于避难场所规划设计理论与方法的研究工作,在选址评价、布局优化、责任区划分、灾害风险评价和应急住宿区设计等方面开展了较深入的研究,发表了 20 余篇学术论文,这些研究为本书的出版奠定了基础。

本书共分为十章。第一章介绍了避难场所规划设计的研究背景、避难场所基本概念及其规划设计的特点和内容等;第二章建立了选址适宜性评价指标体系并给出了评价标准,提出了基于理想点已知部分属性权重信息的选址适宜性评价模型,给出了求解方法和数值算例;第三章提出了基于改进集合覆盖模型与 P -中值模型相结合的避难场所布局优化与责任区划分模型,给出了分步求取避难场所数量和责任区范围的求解方法,并进行算例验证;第四章在第二章和第三章的基础上,建立了选址评价、布局优化与责任区划分综合模型,并给出了改进粒子群算法的求解方法和数值算例;第五章考虑政府和避难者决策目标不同,建立了选址优化和责任区划分双层规划模型,并给出了相应的求解方法和数值算例;第六章以第二、

三、四章规划模型为基础,利用 C#编程语言和 ArcGIS 平台设计并开发了避难场所规划决策支持系统;第七章以某县级市为例,系统应用本书规划模型和决策支持系统,提出该县城镇各级避难场所的规划方案;第八章阐述了地震次生火灾、爆炸耦合转化的机理,建立了灾害链风险评价模型并给出模型参数的确定方法;第九章提出了避难场所“平灾结合”的设计思想,给出了应急住宿区避难帐篷布置的分级控制指标,提出各类避难场所应急设施的配置要求;第十章提出避难场所组织管理、平时管理和灾时管理的基本要求。

本书的出版得到天津大学梁建文教授、华北理工大学苏幼坡教授、北京工业大学马东辉教授、美国得克萨斯理工大学刘鸿潮教授的热情指导和大力支持。编辑于晓菲女士为本书的出版付出了辛勤的劳动。本书撰写过程中,参考和引用了许多同行专家的论文、著作、标准和新闻图片等,并吸纳了其中一些成果。在此,作者对他们致以衷心感谢!

本书的出版得到“十二五”国家科技支撑计划子课题“华北地区村镇住宅抗震和应急避难技术与示范”(编号:2013BAJ10B09-2)的资助。

限于作者水平,书中不足之处在所难免,欢迎专家和读者批评指正并反馈给我们,以便我们及时更正,推动避难场所规划设计理论与方法的完善和发展。

初建宇

2015 年 5 月 30 日于华北理工大学

目 录

第一章 绪论	1
1.1 问题的提出和研究意义	2
1.2 避难场所分类和功能	8
1.3 规划设计特点和目标	12
1.4 规划设计内容	15
第二章 基于理想点已知部分属性权重信息的 避难场所选址评价方法	17
2.1 相关研究简述	19
2.2 选址评价指标	20
2.3 选址评价模型的理论基础	27
2.4 基于理想点已知部分属性权重信息的选址适宜性评价模型	30
2.5 算例	34
2.6 本章小结	37
2.7 本章附录	37
第三章 基于改进集合覆盖模型与 P -中值模型的避难场所布局 优化与责任区划分方法	39
3.1 相关研究评述	40
3.2 布局优化与责任区划分的基础理论	42
3.3 基于改进集合覆盖模型与 P -中值模型的布局优化与 责任区划分模型	48

3.4 模型求解	51
3.5 算例	52
3.6 本章小结	67
3.7 本章附录	67
第四章 基于多目标规划的避难场所选址评价、优化与 责任区划分方法	80
4.1 避难场所适宜性评价指标体系	81
4.2 基于目标规划的选址评价、布局优化与责任区划分综合模型 ..	81
4.3 模型求解	85
4.4 算例	87
4.5 本章小结.....	100
4.6 本章附录.....	101
第五章 基于双层规划的避难场所选址优化与 责任区划分方法	111
5.1 双层规划基础理论.....	112
5.2 基于双层规划的选址优化与责任区划分模型.....	113
5.3 模型求解.....	117
5.4 算例.....	118
5.5 本章小结.....	121
第六章 基于 GIS 的避难场所规划决策支持系统	122
6.1 相关研究现状.....	123
6.2 系统总体设计.....	124
6.3 数据库及其管理子系统设计.....	132
6.4 模型方法库及其管理子系统设计.....	136
6.5 系统开发.....	142
6.6 本章小结.....	145

第七章 避难场所规划方法应用实例	146
7.1 某县级市城区概况	147
7.2 可利用避难场所评价	159
7.3 避难人口估算	167
7.4 中心避难场所规划	171
7.5 固定避难场所规划	174
7.6 紧急避难场所规划	178
7.7 应急道路规划	182
7.8 本章小结	186
第八章 地震灾害链风险评价方法	187
8.1 工业区地震次生火灾、爆炸的耦合转化	190
8.2 地震灾害链风险评价模型	208
8.3 本章小结	215
第九章 避难场所设计理论与方法	216
9.1 避难场所平灾结合的设计要求	217
9.2 避难场所应急住宿区设计指标	227
9.3 避难场所应急设施配置	235
9.4 本章小结	243
第十章 避难场所的管理要求	244
10.1 避难疏散的组织需求	245
10.2 避难场所的管理措施	246
参考文献	254

第一章 绪论

重大自然灾害和事故灾难等重大突发事件造成房倒屋塌或严重破坏，基础设施系统瘫痪，居民丧失生活环境和生活条件，大量人员需要被转移安置在防灾避难场所避难。例如，中国 2008 年汶川特大地震紧急转移安置 1510 万人（见图 1-1），2010 年玉树地震紧急转移安置 22 万人，2003 年重庆开县天然气井喷事故紧急转移安置 10 万人（见图 1-2），2004 年重庆天原化工总厂氯气泄漏紧急转移安置 15 万人。日本 1923 年关东地震 130 万人避难疏散，1995 年阪神地震 30 余万人避难疏散，2011 年东日本地震和海啸近 40 万人避难疏散。2004 年印度洋地震伴生海啸（见图 1-3），约 500 万受灾人口寻求避难。2005 年“卡特里娜”飓风登陆，美国政府要求新奥尔良市百万人撤离城市，实施远程避难疏散。



图 1-1 汶川地震后灾民被转移异地安置



图 1-2 重庆开县井喷事故后居民被紧急转移



图 1-3 2004 年印度洋海啸后等待安置的斯里兰卡居民

1.1 问题的提出和研究意义

1.1.1 灾害避难的历史教训

1. 灾民无处避难

据记载,从公元前 23 世纪至公元 1911 年,在我国发生的 1034 次地震中,出现多次地震后灾民“人甚恐,多露宿”“哮哭惊声日夜不绝,民皆露宿”“兵民口食无资,栖身无所”“人民流散”“瘟疫随作”“人俱死,

无收瘥者”。1917年和1925年，云南发生两次严重地震。“嵒峨（今云南省峨山彝族自治县）连震五昼夜，城内外房屋罕有存者，人民全家压毙，所在皆是。地震后即以大雪，饥饿遗黎、庇身无宇，冻死载道者弥望相踵……”“村中倒塌房屋中，亦救出人民数百，有老有少，甚有不穿衣服之妇孺，一并集中旷地，血肉模糊，有似活地狱现象。斯时也，生者无食，死者无殓，伤者无药……”“人民露宿旷地，无衣乏食，老弱悲号，妇孺饮泣，目睹心伤，难为图状。”1920年宁夏海原地震，“地震时值冬日，气候寒冽，灾民流离失所，衣食俱无，不死于地震多死于冻馁”。

我国几千年有文字记载的灾害史表明，许多重大灾害灾民没有息身之所，灾民不得不长时间露宿街头或荒郊野外，造成大量灾民死亡。2008年汶川特大地震后几天内，由于缺少合理有效的避难场所，大部分居民只能选择在街头、路边等场地避难（见图1-4）。



图 1-4 汶川地震后居民在街边露宿

2. 避难地点不安全

避难地点不安全造成人员伤亡的典型案例为 1923 年日本关东地震，地震后，约 130 万人避难，仅上野公园内就有 50 万人，平均每人占地面积只有 1.25m^2 。而且，临时避难的场所均缺少基本安全设施，结果地震后的大火造成 7 万多避难人员死亡，仅在被服厂内就有近 4 万人被烧死。

1976 年唐山地震后，市中心区的几十万居民无家可归，在公园、操场、空地、道路旁自发地搭建了大量防震棚。由于没有统一规划，不仅给应急救援带来了很大困难，也存在重大火灾隐患；2008 年汶川地震后，暴雨引发了汶川的多处泥石流灾害，避难安置点的部分房屋被毁，造成多人死亡或失踪；1999 年我国台湾集集地震中，原规划为避难据点的部分建筑因地震破坏而无法发挥其应有的应急功能，如图 1-5 所示。



图 1-5 我国台湾集集地震中部分避难据点倒塌

3. 避难生活条件差

唐山地震、汶川地震和玉树地震灾后的避难实践表明，紧急指定的避难场所缺乏合理的责任区划分，造成部分场所人满为患和灾民避难生活困难。1976 年唐山地震时，全国还都没有规划建设避难场所，北京的数百万

人震后紧急避难疏散，仅在中山公园、天坛公园和陶然亭公园就有 17.4 万人避难，对首都城市功能的运转造成严重干扰；2008 年汶川地震后，大批避难人员进入绵阳市区，绵阳九洲体育馆原设计容纳 6050 人，从 5 月 13 日至 6 月 29 日，接待的避难人员已达到约 10 万人次。在体育馆内没有划分功能区，缺乏必要的供水、供电、排污以及垃圾储运设施，给避难人员基本生活及应急救援工作造成了很大困难（见图 1-6）。



图 1-6 临时指定避难场所内的拥挤状况

4. 疏散和救援道路受阻

重大灾害发生后，远程避难和应急救援要求有通畅的应急道路，疏散和救援道路的阻塞，会不同程度地影响灾民避难行动和应急救援工作。如汶川地震发生后，道路基本处于瘫痪状态（见图 1-7），造成救援队伍进不去、受灾群众疏散不出来的困难情况；2005 年美国“卡特里娜”飓风造成新奥尔良市区 80% 的面积被洪水淹没，许多避难人员乘坐的车辆被困在公路上（见图 1-8）。

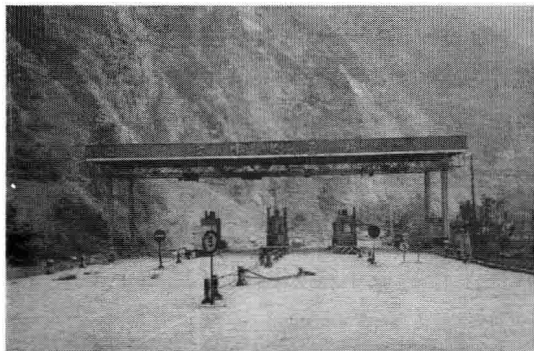


图 1-7 地震后通往汶川的道路被山体滑坡阻断



图 1-8 志愿者救助被“卡特里娜”飓风困在公路上的避难人员

1.1.2 我国避难场所建设现状

2003 年我国第一个地震应急避难场所示范点，在北京元大都城垣遗址公园建成。从此，我国避难场所的规划建设在全国范围内展开，从首都向各省、市、自治区的首府扩展，从特大城市、大城市向中小城市乃至县、乡发展，从单一类型的避难场所（防灾公园）向多种类型（学校、体育场馆、广场、空地等）并举发展。据不完全统计，截至 2012 年 12 月月底，全国除西藏自治区外，所有的省、直辖市、自治区均开展了不同等级的避难场所建设，目前，已建设的或正在建设的不同类型、按不同要求建设的避难场所约 13000 处。

我国避难场所建设工作虽然取得了较大的进展,但仍存在不少问题。规范化地规划设计和建设满足实际需求的避难场所系统,还要花费较长时间,投入较多人力、物力和技术资源。

1. 重建设轻规划设计

我国避难场所建设正由示范、试点转向大面积铺开建设的阶段,但是,我国各地普遍没有开展避难场所专项规划的编制工作,设计建造的避难场所简陋。主要原因是规划的重要性、必要性没有引起各级政府和有关部门的认识、重视,以及已经颁布的规划设计与相关国家标准还不够细化、不够准确等。

2. 数量不足和分布不均

以目前我国已建设避难场所数量最多的北京市为例,全市只有9个区县,建成32个达到标准要求的避难场所,能够安置的避难人数还达不到全市避难人口的1/10。全国其他城市还远不能与北京相比,可见避难场所的数量严重不足。

3. 缺乏配套应急设施

有些城镇公布建成的避难场所,只是设置了一些应急设施标识,没有或少有实质的应急设施和物资储备,使避难场所建设流于形式。一旦严重灾害发生,这样的避难场所将难以发挥应急避难功能,也不能满足灾后应急救援的要求。

1.1.3 研究意义

我国是世界上自然灾害最严重的国家之一,灾害种类多、分布地域广、发生频率高、造成损失重。近些年是我国历史上自然灾害最为严重的时期之一,灾害多发并发、大灾突发连发。同时,随着对资源和各种产品需求的不断增加,事故灾害呈现频繁发生、风险加剧的态势。在突发事件发生时能否及时提供避难场所,已经成为衡量政府应急管理能力和减灾能力的重要内容。

目前,我国避难场所规划设计工作,还主要依赖规划设计者的专业知识与经验确定避难场所的数量、布局和应急设施设置。缺乏科学的规划设计方法指导,使部分已建成的避难场所出现了场所本身不安全、缺乏配套的应急设施以及场所数量不足、分布不均等缺陷。这些存在缺陷的避难场所不但不能在灾时发挥应急避难功能,甚至可能造成像日本 1923 年关东地震那样的避难人员大量伤亡事件,对存在缺陷的避难场所关闭或改建也会造成巨大浪费。

在我国避难场所建设由试点转向大面积铺开的趋势下,为合理配置应急资源,高效地组织避难疏散和应急救援活动,节约政府财政投入,急需完善避难场所规划设计理论和方法,解决避难场所选址评价、优化和责任区划分以及住宿区设计指标等关键技术问题。

1.2 避难场所分类和功能

1.2.1 概念和分类

按照国家标准《城镇防灾避难场所设计规范》(报批稿)的定义,防灾避难场所(以下简称避难场所)是为应对突发性自然灾害和事故灾难,政府指定用于居民集中进行疏散和避难生活,配置有避难生活服务设施的具有一定规模场地和按照应急避难要求建设的建筑工程。可见,避难场所属于一种特殊类型的应急公共服务设施。

按照不同的设定指标,避难场所有多种类型。

1. 按避难应对灾种分类

按避难应对的灾种可称为地震避难场所、防风避难场所、防洪避难场所等,如专用于地震灾害的可称为地震专用避难场所,应对多灾种的可统称为综合防灾避难场所。

2. 按服务对象分类

避难场所可以为支援灾区的部队、工程技术人员、医疗队、志愿者和救灾指挥机构服务,也可以为居民服务,还可以同时服务,因此避难场所可以划分为避难型(为居民避难服务)、指挥救援型(为救援人员和指挥机构服务)、混合型(同时为居民避难和救援人员、指挥机构服务)。

3. 按规模与功能分类

规模是指避难场所的面积。根据我国《城市抗震防灾规划标准》(GB 50413—2007)和日本相关标准,按照规模与功能对避难场所划分如下:面积大于 50hm^2 为中心避难场所,一般城镇只有1个,特大城市只有少数几个,大多数为指挥救援型。 10hm^2 左右的是固定避难场所, 1hm^2 左右的为紧急避难场所,它们主要是避难型,其中固定避难场所可能是混合型。

可见,避难场所按功能可分为紧急避难场所、固定避难场所和中心避难场所。其中,紧急避难场所用于避难人员就近紧急或临时避难,也是避难人员集合并转移到固定避难场所的过渡性场所;固定避难场所具备避难住宿功能,是用于避难人员固定避难和进行集中性救助的避难场所;中心避难场所是具备救灾指挥、应急物资储备、综合应急医疗救援等功能的固定避难场所。

4. 按时间长短分类

避难场所按时间长短可划分为短期、中期和长期避难场所。根据国家标准《地震应急避难场所场址及配套设施》(GB 21734—2008)按避难时间将其划分为3类,I类30天以上,II类10~30天,III类10天以内;“防灾避难场所设计规范”(报批稿)规定短期固定避难场所避难时间一般不超过15天,中期固定避难场所一般不超过30天,长期固定避难场所一般不超过100天。