

土木工程研究生系列教材

防灾减灾工程学

江见鲸 徐志胜 等编著
任爱珠 主 审



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

土木工程研究生系列教材

防灾减灾工程学

江见鲸 徐志胜 等编著



机械工业出版社

本书为土木工程学科研究生系列教材之一。全书共分6篇,包括:灾害学总论、火灾灾害、地震灾害、风灾害、地质灾害和城市灾害学等。每一篇都根据灾害的各自特点,分析了灾害的成因与防灾减灾的对策。

本书可作为土木工程、水利工程、建筑学、城市规划、消防工程、安全工程等专业的研究生教材,也可供从事防灾减灾工程的广大工程技术人员和管理人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

防灾减灾工程学/江见鲸等编著. —北京:机械工业出版社, 2005.1
(土木工程研究生系列教材)

ISBN 7-111-16037-1

I. 防... II. 江... III. 灾害-防治-研究生-教材 IV. X4

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第004589号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:季顺利 责任编辑:冷彬 版式设计:霍永明

责任校对:王欣 封面设计:张静 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005年3月第1版第1次印刷

1000mm×1400mm B5·13.25印张·513千字

定价:32.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

封面无防伪标均为盗版

土木工程研究生系列教材编审委员会

顾问: (以姓氏笔画为序)

刘宝琛	刘祖德	刘怀恒	王正宏	林 皋
任爱珠	朱博鸿	沈世钊	沈祖炎	欧进萍
陈英俊	周 氏	周锡元	钟善桐	赵国藩
殷宗泽	顾晓鲁	蔡美峰		

主任委员: 江见鲸

副主任委员: (以姓氏笔画为序)

朱合华	李宏男	李 奇	李爱群	陈云敏
张永兴	杜修力	张素梅	尚守平	姜忻良
夏 禾	徐志胜	廖红建		

委员: (以姓氏笔画为序)

卫 军	王 钊	王清湘	卢廷浩	朱召泉
李正良	李英民	李洪泉	李鸿晶	刘晶波
吴知丰	陈国兴	杨果林	张家生	张颜刚
张耀春	郑 刚	易伟建	单 建	周朝阳
赵树德	徐礼华	袁迎曙	康清良	盛宏玉

秘书长: 季顺利

土木工程研究生系列教材序

随着我国高等教育的发展,普通本科教育已由精英式教育发展成为大众式教育。我国科学技术的高速发展,对具有高级专业知识、高级专业技能的专门人才的需求,日益迫切,这为硕士研究生教育的发展提供了广阔空间。一些高等院校,硕士研究生的招生规模,近年来正以15%~30%的速度发展。对一些研究型的重点高校,在“十五”期间,本科生与研究生的招生比例要大致相当。许多高校已获得工程硕士的培养授权,这为研究生培养又开辟了新途径。

硕士研究生招生规模的扩大,对传统的研究生教育模式提出了挑战。过去硕士生的培养基本套用博士生的培养模式,主要靠传帮带式的教育模式,而对数量增大的研究生教育,必须建立整建制的培养模式,即要求硕士研究生的教育培养模式向公共化、规范化方向发展。对此,硕士研究生的教材,特别是研究生教育的平台课、学位课的教材建设就显得特别重要了。

机械工业出版社根据当前土木工程研究生教育发展现状,本着“大土木工程”的教育思想,组织国内部分高校土木工程专业的教授,对土木工程研究生用教材建设进行了研讨,并组织编写了土木工程研究生系列教材。为保证教材的编写质量,组织成立了教材编审委员会,聘请了一批学术造诣深、德高望重的专家作顾问和教材主审。本套系列教材编写、出版的思路是:先基础课、平台课教材,后专业课教材。教材组织由长期给研究生授课的老师合作编写,达到“学校优势互补,质量上乘”的目标。教材体系设计,本着“重基本理论、重学科发展,结合学生现状和人才培养要求”的原则。教材编写质量,本着“出精品、主编负责、主审把关”的原则,符合国务院学位委员会设定的专业要求。

本套系列教材将于2005年陆续出版。我们相信,本套系列教材的出版将对我国土木工程研究生教育的发展和教学质量的提高及人才培养,产生积极作用,为我国经济建设和社会发展做出贡献。

江见鲸

前 言

自古以来，灾害就与人类共存，灾害给人类带来了巨大的损失，人类也为防止灾害和减轻灾害而作出了很大的努力。近代随着城市化的发展，人口和财富大量向城市集中，一旦受到灾害袭击，会造成巨大的人类伤亡和财产损失，影响一个城市或一个地区的可持续性稳定发展。灾害对公众来讲并不陌生，在媒体上经常有灾害的报道；各级政府对灾害也特别重视，一旦一个地区有灾，当地的领导常常在第一时间赶赴现场组织抢险救灾。同时，我国政府对防灾减灾的法规建设十分重视，陆续颁布了《人民防空法》、《防震减灾法》、《消防法》、《防洪法》等。而相比之下，有关防灾减灾的教育却相对落后。尽管在土木工程学科中有一个二级学科是“防灾减灾工程与防护工程”，许多高等院校设有这个二级学科的博士和硕士学位培养点，但至今尚未有一本供研究生专用的有关教材。

为了使土木工程和相关专业的学生能够增强防灾减灾意识，使专门从事防灾减灾工程的研究生掌握防灾减灾的基本原理和专门技术，编写一本比较全面和系统的“防灾减灾学”的教材是十分必要的。清华大学与中南大学多年来为研究生开设“防灾减灾工程学”和“灾害学”，并编写过一些讲义，本书就是在这些讲义的基础上编写而成的。

本书共分6篇，包括：灾害学总论、火灾灾害、地震灾害、风灾害、地质灾害和城市灾害学等。其中清华大学负责编写第1、4、5篇，中南大学负责编写第2、3、6篇。编写分工具体如下：江见鲸、陆新征（第1、4、5篇），徐志胜、徐彧（第2篇），李耀庄（第3篇），徐志胜、王薇（第6篇）。

全书由江见鲸和徐志胜负责统稿。

在本书的编写过程中，编者得到了国家自然科学基金委员会和科技部的支持，承担了自然科学基金项目“基于GIS的城市综合防灾评估与对策”（项目编号：95530180）的研究，以及国家“十五”科技攻关项目“城市公共安全研究”（项目编号：2001BA803B04和“小城镇基础设施防灾减灾关键技术研究”（项目编号：2002BA806B03-1）的研究工作，本书的一些内容就是项目的研究成果的集中体现。在此书出版之际，对国家自然科学基金委员会和科技部的资助表示感谢。

本书承清华大学防灾减灾工程研究所所长、博士生导师任爱珠教授审阅，她的有益建议使本书增色颇多。对此，也向她表示深切的感谢。

本书在编写过程中，参阅了许多学者的著作，并吸纳了其中的成果，在此特表感谢。防灾减灾工程涉及到多个学科，知识面广，一些问题尚在探索之中。书中难免存在不妥之处，请专家和读者批评指正。

编 者

2004年12月

目 录

土木工程研究生系列教材序

前言

第 1 篇 灾害学总论	1
第 1 章 灾害的含义和类型	1
1.1 灾害的含义	1
1.2 灾害的类型与分级	2
第 2 章 灾害对人类社会造成的危害	4
2.1 灾害危害人类社会的后果	4
2.2 我国历史上有关灾害的记载	7
2.3 世界七大洲主要灾害简介	11
第 3 章 国内外防灾减灾的发展简况	15
3.1 国际减轻自然灾害十年	15
3.2 中国政府的减灾行动	16
3.3 国内外一些主要的防灾、减灾学术刊物	17
第 4 章 土木工程防灾减灾工程学科的形成	18
4.1 灾害意识和灾害教育	18
4.2 防灾减灾学科的建设	19
4.3 土木工程防灾减灾学科的主要内容	21
第 2 篇 火灾灾害	22
第 5 章 火灾灾害概论	22
5.1 火灾的危害及特点	22
5.2 火灾的分类	25

5.3	我国消防安全的现状和预防对策	27
5.4	建筑火灾科学的主要研究内容和研究现状	31
第6章	建筑火灾的燃烧特性	33
6.1	燃烧的基本知识	33
6.2	室内火灾发展的过程	42
6.3	火灾在全盛阶段的性状	44
6.4	火灾蔓延	50
第7章	火灾烟气	54
7.1	烟气的产生及危害	54
7.2	烟气的特征	55
7.3	烟气的遮光性	56
7.4	烟气的毒性效应	61
7.5	烟气的传播	64
7.6	烟气的控制	66
第8章	建筑材料的高温性能	69
8.1	建筑材料的燃烧性能及其测定方法	70
8.2	混凝土的高温性能	75
8.3	钢筋的高温性能	81
8.4	其他常用建筑材料的高温性能	89
第9章	建筑构件的火灾性能	96
9.1	建筑构件的耐火极限	96
9.2	影响构件耐火极限的因素及提高耐火极限的措施	98
9.3	高温后钢筋混凝土梁板的耐火性	100
第3篇	地震灾害	110
第10章	地震概述	110
10.1	地震类型、成因和地震波	110
10.2	地震震级和烈度	114
10.3	基本烈度和地震区划图	119
10.4	地震活动概况及其分布	121
10.5	工程结构的抗震设防	125

10.6	地震的破坏作用	126
10.7	地震灾害实例	129
10.8	减轻地震灾害的基本对策	135
10.9	地震应急活动	140
第 11 章	抗震概念设计的总体原则	144
11.1	建筑物场地的选择	144
11.2	建筑物体型的确定	147
11.3	结构抗震体系的选取	153
11.4	结构延性的实现	154
11.5	多道抗震防线的设置	157
11.6	非结构构件的处理	158
11.7	建筑材料的选择和施工质量	160
第 12 章	结构地震反应分析和结构抗震验算	162
12.1	结构抗震设计理论的历史发展和回顾	162
12.2	结构地震作用计算的基本原则	164
12.3	单自由度体系的地震位移反应分析	166
12.4	单自由度体系的水平地震作用和反应谱	170
12.5	多自由度线弹性体系运动方程的建立	176
12.6	多自由度无阻尼线弹性体系自由振动	179
12.7	多自由度线弹性体系地震反应计算的振型分解反应谱法	181
12.8	多自由度线弹性体系地震作用计算的底部剪力法	188
12.9	结构基本周期的近似计算	191
12.10	水平地震作用下地震内力的调整	196
12.11	考虑水平地震作用扭转影响的计算	198
12.12	竖向地震作用的计算	199
12.13	多自由度体系弹塑性地震反应的时程分析法	201
12.14	结构静力弹塑性地震反应分析法	211
12.15	结构截面抗震验算	212
12.16	结构抗震变形验算	215
第 4 篇	风灾害	223
第 13 章	风的类型与分类	223
13.1	风的类型	223

13.2 风的等级	225
第 14 章 风灾害及对建筑物的影响	227
14.1 风灾害实例	227
14.2 大风造成的危害分类	229
14.3 风对建筑物的破坏作用	230
第 15 章 工程结构的抗风设计	232
15.1 风对结构的作用	232
15.2 结构上的静力风荷载	233
15.3 顺风向风振及风振系数	239
15.4 横风向风振	243
15.5 常用结构频率、周期和振型计算	247
15.6 高层建筑和高耸结构的抗风设计要求	250
第 16 章 防风减灾对策与风振控制	252
16.1 防风减灾对策	252
16.2 风振控制	252
第 5 篇 地质灾害	259
第 17 章 地质灾害概述	259
17.1 地质灾害的分类	259
17.2 地质灾害对人类的危害	259
第 18 章 滑坡灾害及其防治	260
18.1 滑坡灾害及分级分类	260
18.2 滑坡要素与滑坡的分级、分类	261
18.3 滑坡稳定分析	264
18.4 滑坡的防治措施	271
18.5 滑坡的监测与预报	276
第 19 章 崩塌的灾害及防治	278
19.1 崩塌的类型和成因	278
19.2 崩塌的特征	280
19.3 崩塌的危害	281

19.4	崩塌的防治	282
第 20 章	泥石流的灾害及防治	283
20.1	泥石流的灾害	283
20.2	泥石流的分类及形成条件	287
20.3	泥石流的防治	289
第 21 章	地面沉降及其防治	291
21.1	地面沉降及其类型	291
21.2	地面沉降造成的灾害	291
21.3	地面沉降的控制和治理	294
第 22 章	岩土工程灾害	296
22.1	岩土工程事故分类	296
22.2	岩土工程中因地基沉降造成的事故实例	297
22.3	岩土工程中因地基失稳造成的工程事故实例	304
22.4	岩土工程中因建筑物地基溶蚀与渗透破坏造成的事故实例	307
22.5	岩土工程事故灾害的防治措施	309
第 6 篇	城市防灾减灾概要	311
第 23 章	概述	311
23.1	前言	311
23.2	基本概念	311
23.3	城市灾害类型	312
23.4	城市灾害特点	315
23.5	城市灾害的成因	317
第 24 章	城市灾害风险性分析	318
24.1	风险的定义	318
24.2	风险分析的目的、内容与程序	318
24.3	风险识别	320
24.4	风险估计与评价	321
24.5	风险决策	327
24.6	减灾决策	327
24.7	城市自然灾害风险分析	329

第 25 章 城市防灾减灾规划	333
25.1 城市防灾减灾规划概述	333
25.2 城市防灾减灾规划的方法	340
25.3 城市综合防灾减灾规划的编制	341
25.4 城市灾害应急预案的编制	346
第 26 章 城市灾害管理信息系统	360
26.1 建立城市灾害管理信息系统的基本原则	360
26.2 城市灾害管理信息系统的功能	361
26.3 城市灾害管理信息系统的结构	362
26.4 城市灾害管理信息系统概念设计	363
26.5 城市灾害管理系统的建立	364
26.6 北京后沙峪灾害管理系统示例	369
附录 A 我国主要城镇抗震设防烈度、设计基本地震加速度和设计地震 分组	375
附录 B 中华人民共和国防震减灾法	391
附录 C 破坏性地震应急条例	397
附录 D 国家破坏性地震应急预案	402
参考文献	407

第 1 篇 灾害学总论

第 1 章 灾害的含义和类型

1.1 灾害的含义

灾害是指那些由于自然的、人为的或人与自然综合的原因，对人类生存和社会发展造成损害的各种现象。尽管“灾害”一词在人们日常生活中已经常用，但如果认真地追根问底，则尚未有一个统一的定义。世界卫生组织对灾害的定义为：任何引起设施破坏、经济严重受损、人员伤亡、健康状况及卫生条件恶化的事件，如其规模已超出事件发生社区的承受能力而不得不向社区外部寻求专门援助时，就可称其为灾害。联合国“国际减轻自然灾害十年”专家组对灾害所下的定义为：灾害是指自然发生或人为产生的，对人类和人类社会具有危害后果的事件与现象。值得指出的是，“灾害”是从人类的角度来定义的，灾害必须以造成人类生命、财产损失的后果为前提。例如，一次山体崩塌发生在荒无人烟的冰雪深山，并无人员伤亡，甚至无人知晓，则不会称作灾害。但是如果山体崩塌、滑坡发生在人员聚居的城镇，导致人员伤亡、房屋倒塌、农田被掩埋、水利设施被冲毁等，这就构成灾害事件。

自然灾害是自然界中物质变化、运动造成的祸害。自有人类以来，大小灾害不计其数，其中巨大的灾害就有成百上千次。例如：强烈的地震，可使上百万人口的一座城市在顷刻之间成为一片废墟，如唐山大地震；涝灾暴雨泛滥成灾，可摧毁农田、村庄，使成千上万居民流离失所；还有百年不遇的大旱，曾使非洲大陆田地龟裂、禾苗枯萎、饿殍遍野、惨不忍睹；火山喷发出灼热的岩浆，使意大利百年古城化为灰烬；强劲的飓风掠过，海浪滔滔，使孟加拉湾沿海村镇荡然无存……诸如此类，都是大自然带给人类的“天灾”。

人为灾害是由于人的过错或某些丧失理性的失控行为给人类自身造成的损害。例如用火不慎引起火灾可以使成片街区变为灰烬，烟花爆竹生产厂安全控制失误，引起爆炸而人亡厂毁；江河大堤因人工挖沙决口引起河水泛滥，从而使村庄成为泽国。由于人祸引起的灾害有火灾、爆炸、海难、空难、车祸、人口失控、城市膨胀、“三废”污染、工程事故以及投毒、战争、恐怖活动等。这些危

害社会的现象，普遍存在于社会的各个领域，并屡屡发生。

应当指出，各种自然灾害中，既有像地震、火山喷发这样的纯自然灾害，也有掺杂着人类行为活动在内的“人为自然灾害”，如酸雨、气候异常等。人们对1998年夏季我国长江、嫩江和松花江的特大洪灾印象颇深，教训也很深刻。那场百年罕见的灾难，自然因素、厄尔尼诺现象固然是“祸首”，但人为因素如滥伐森林、破坏生态平衡、围湖造田、水土流失等等也是不容忽视的重要原因。灾害专家分析后指出，过去是暴雨、大雨才成灾，现在则是中雨就成灾。所以，这些灾害是大自然物质运动、变化和人类社会不合理行为活动两者的叠加和渗透的结果，应是“七分天灾，三分人祸”。

1.2 灾害的类型与分级

1.2.1 灾害的类型

灾害的种类繁多，分类方法也不同，从灾害发生的原因来分可以分为自然灾害和人为灾害两大类。自然灾害与人为灾害各自又可分为许多类型。

1. 主要的自然灾害 包括以下种类

- (1) 地质灾害：地震，火山爆发，山崩，滑坡，泥石流，地面沉陷等。
- (2) 气象灾害：暴雨，洪涝，热带气旋，冰雹，雷电，龙卷风，干旱，酷热，低温，雪灾，霜冻等。
- (3) 生物灾害：病虫害，森林火灾，沙尘暴，急性传染病等。
- (4) 天文灾害，天体撞击，太阳活动异常等。
- (5) 其他如雪崩，冰崩，海啸，鼠害等也属于自然灾害。

2. 主要的人为灾害 包括以下种类

- (1) 生态环境灾害：烟雾与大气污染，温室效应，水体污染，水土流失，气候异常，人口膨胀等。
- (2) 工程事故灾害：岩土工程塌方，爆炸，人为火灾，核泄露，有害物失控（毒气，毒物，有害病菌等），水库溃坝，房屋倒塌，交通事故等。
- (3) 政治社会灾害：球迷骚乱，战争，集团械斗，人为放毒，社会暴力与动乱，金融风暴等。

无论是自然灾害，还是人为灾害，从灾害的发展过程特性看，灾害又可以分成四种类型

(1) 突变型。地震、泥石流、燃气爆炸等属于这一类型，它们的发生往往缺少先兆，发作是突然的，发生的过程历时较短，但破坏性很大，而且可能在一定期内重复发作。

(2) 发展型。暴雨、台风、洪水等属于这一类型。与突变型相比，它们有一

定的先兆，往往是某种正常自然过程积累的结果。它们的发展是较迅速的，但比突变型灾害要缓慢一些，因而其过程具有一定的可估计性。

(3) 持续型。旱灾、涝灾、传染病、生物病灾害等就属于这种类型。它们的持续时间可由几天到半年甚至几年。

(4) 环境演变型（或简称演变型）。沙漠化、水土流失、冻土、海水入侵、地面下沉、海面上升以及区域气候干旱化等属于环境演变型自然灾害。这类自然灾害是一种长期的自然过程，是自然环境演化或加上人类不当行为造成的必然伴生结果，因其进程缓慢，不易引起人们的重视并立刻采取措施，而且有些灾害防治还需世界不同国家之间合作进行，因而最难控制和减轻。但这类灾害具有统计意义上的可预报性，如二氧化碳倍增可能引起全球气温升高 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ ，这在理论上比较有肯定的结论，因它导致的区域干旱化和海平面上升也具有一定信度的预测结果。

从危害性上看，四种类型的自然灾害是有差异的。突变型和发展型自然灾害发作快，缺少征兆，因而对人类和动物的生命危害最大，两者有时被合作为骤发性灾害。持续型自然灾害持续的时间长，影响范围一般也较大，进而往往造成极大的经济损失。演变型自然灾害是一种漫长的自然过程，它破坏了人类的生存环境，而且纠正难度极大，因而它的影响最大，长期的潜在损失最大。

1.2.2 灾害的分级

对灾害规模的描述，目前还很不统一。如地震则以释放的能量来分级；崩塌、泥石流则以移动的土方量来衡量；植物病虫害以受灾面积来划分。可见，不同的灾种有不同的分级方法，相互之间很难统一，也不大可能统一。但不论何种灾害，均会造成人员伤亡或财产（经济）损失，所以可以此进行灾害分级。根据我国国情，将灾害分为以下五个等级：

巨灾：死亡 10000 人以上，经济损失超过 1 亿元人民币。

大灾：死亡 1000 ~ 10000 人，经济损失 1000 万 ~ 1 亿元人民币。

中灾：死亡 100 ~ 1000 人，经济损失 100 ~ 1000 万元人民币。

小灾：死亡 10 ~ 100 人，经济损失 10 ~ 100 万元人民币。

微灾：死亡 < 10 人，经济损失 < 10 万元人民币。

第 2 章 灾害对人类社会造成的危害

灾害是人类生存、生产和文明建设的大敌。灾害常以其巨大的能量无情地袭击人类，把无尽的灾难肆意撒向人间。往远来说，近 25000 万年来，差不多每隔 2600 万年就有一次全球性的灾难性浩劫。往近来说，自有人类之后，灾害与人相伴，世界各地和不同国家浩瀚的历史文献中，留下了无数惨痛的灾难记录。

2.1 灾害危害人类社会的后果

灾害危害人类社会的后果可以归纳为三个方面。

2.1.1 造成人员伤亡

自然灾害直接危害人类生命和健康。一次严重灾害导致千百万人至上亿人受灾，并造成巨大的人员伤亡。例如，1556 年 1 月 23 日，陕西华县、潼关大地震造成 83 万人死亡；1976 年 7 月 28 日河北省唐山大地震造成 24.2 万人死亡；1970 年 1 月 5 日云南通海强烈地震造成 15621 人死亡；1939 年 8 月 9 日，黄河花园口堤防被掘造成黄河泛滥，89 万人死于水淹和饥饿；1931 年 7、8 月，江淮流域特大洪水灾害造成约 22 万人死亡；1922 年 8 月 2 日，广东汕头地区遭受强台风风暴袭击，造成 7 万多人丧生；1954 年夏季长江中下游地区特大洪水灾害造成 3.3 万人死亡；1975 年 8 月淮河水系的洪河、汝沱河等水系发生特大暴雨洪水，造成 2.6 万人死亡。

表 2-1 列出了近 300 年来世界上死亡人数达 10 万以上的大灾。

表 2-1 近 300 年来世界死亡人数大于 10 万人的大灾难目录

时间	受灾地区	灾型	死亡人数/万人
1696.6.29	中国上海	风暴潮	10
1731.10.11	印度加尔各答	地震	30
1786.6.1	中国四川泸定	地震	10
1845 ~ 1836	日本本州北部	涝、饥荒	~ 30
1862.7.27	中国广东广州	风暴潮	10
1876.10.31	孟加拉巴卡尔甘杰	热带气旋	20
1876 ~ 1878	中国山东、河南、河北等	旱灾	1300
1879 冬	中国新疆喀什	冻害	10
1881.10.8	越南海防	台风	10
1882.6.5	印度孟买	热带气旋	10