

图说

现代城市灾害 与减灾对策

宋波 黄世敏 编著



中国建筑工程工业出版社

图说

宋 波 黄世敏 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

图说现代城市灾害与减灾对策/宋波,黄世敏编著. —北京:中国建筑工业出版社, 2007

ISBN 978-7-112-09698-5

I. 图... II. ①宋... ②黄... III. 城市—灾害防治—图解
IV. X4-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第150493号

本书在对城市地表灾害等物理现象进行分析的基础上,对建筑结构、港湾、城市桥梁、公路、铁路、地铁、管线等城市生命线工程灾害进行了归类和分析。围绕现代城市灾后的主要特征,对灾后应急救援及恢复重建中的主要问题,完善防灾应急体制与减轻城市灾害等方面进行了分析论述。同时结合新技术在城市防灾减灾中的应用,重点介绍了工程结构控制技术、结构隔震与消能减震技术和地理信息系统等新技术新方法。最后,在总结现代城市灾害发展趋势的基础上,分析了城市的脆弱性,从减灾管理体系、防灾规划、国家防灾的立法和标准规范体系的建设等角度指出了城市减灾中存在的问题。

本书可以为高等院校研究单位提供科学研究的第一手资料,可以为城市规划、土建、交通等行政主管部门提供施政决策的参考。也可以对现代城市管理部门,交通、建设主管部门,高等院校,设计研究单位,施工单位等起到很好的参考作用,同时也可以作为大中小学的防灾减灾辅助教材。

责任编辑:赵梦梅 王 跃

责任设计:董建平

责任校对:梁珊珊 孟 楠

图说现代城市灾害与减灾对策

宋 波 黄世敏 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京嘉泰利德公司制版

北京中科印刷有限公司印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:12 $\frac{1}{2}$ 字数:300千字

2008年1月第一版 2008年1月第一次印刷

印数:1—2000册 定价:80.00元

ISBN 978-7-112-09698-5

(16362)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

推荐者的话

唐山大地震已经过去三十年。这次地震对城市造成了巨大的破坏，但是以此为契机，三十年来我国在城市防灾减灾的施策、研究以及新技术应用等方面取得了长足的进步。

近年来，城市化进程加速，人口高密度集中化趋势日趋明显，生命线工程错综复杂，地下空间的开发等导致了灾害形式的复杂化，如今，约50%的人口居住在城市之中，随着社会生产力和社会财富向有限地域的高度集中，现代城市的灾害脆弱性表现日趋突出。据统计，如果GDP翻一番，在遭受同样的灾害的情况下，损失将变为4倍。因此，从根本上提高现代城市的抗灾能力是摆在我们面前的迫切课题。

北京科技大学土木工程系宋波教授先后供职于冶金部建筑研究总院，建设部抗震办以及国外研究部门，长期致力于结构工程及防灾减灾领域的研究工作，在桥梁抗震，结构健康监测，结构优化设计方面完成了一系列重大工程项目。他重视现场研究，日本阪神大地震发生后2小时内即进入现场进行考察。他的有关阪神大地震百余幅宝贵的现场图片资料，以及近年来对印度洋海啸，首尔地铁现场等考察所获得的大量珍贵图片资料，为本书的出版奠定了基础。

中国建筑科学研究院工程抗震研究所黄世敏研究员也长期致力于结构抗震、加固改造、城市抗震防灾规划等方面研究，负责完成了国家博物馆等多项大型公共建筑的抗震鉴定及加固改造工程，在实际工程中研究并开发应用了相应的新技术、新材料、新工艺，积累了丰富的工程实践经验。这些新技术在防灾减灾中的应用也已反映在本书的相应章节中。

本书以地震灾害为主线，对城市中各种常见的灾害形式进行了深入浅出的解说，不仅可以对现代城市管理部门，交通、建设主管部门，高等院校，设计研究单位，施工单位等起到很好的参考作用，也可作为大中小学的防灾减灾辅助教材与参考资料。相信本书的出版能在提高城市综合防灾能力，建设宜居城市方面发挥积极的作用。

北京工业大学教授

周锡元（中国科学院院士）

2007年8月21日

前言

近年来,随着我国城市化进程的不断加速,人口呈高密度集中化态势,异型建筑及各类构筑物形式多样,城市生命线等基础设施交错复杂,城市空间结构特点日趋显著。在新形势下如何提高现代城市的抗灾能力是摆在我们面前的迫切课题。

本书的编写是在搜集大量一手资料的基础上分析归纳而成,同时还有北京科技大学博士生钟珉,硕士生姚志华、张国明、刘泉、潘建仕、孙北东、胡旭军、王晓月等参与了1至9章的编写工作。中国建筑科学研究院张立峰、倪永军参与第9、10章的编写工作。中国建筑科学研究院符圣聪研究员、葛学礼研究员、江津贝高工对本书提出了许多重要的修改意见,在此表示谢意。

北京工业大学出版社

(北京朝阳区东三环中路19号)

100029

著者简介

宋波，男，1962年12月出生，博士，教授，博士生导师。现任北京科技大学土木工程系副系主任。

1982年毕业于大连理工大学土木工程系，获学士学位。1985年毕业于大连理工大学水工结构工程专业，获硕士学位。1995年毕业于日本横滨国立大学，获工学博士学位。

先后完成国家、省部级科研与重点工程项目30多项，专利2项。目前在研项目有城市大型及重要建筑灾害防治关键技术研究（国家十一五科技支撑计划），国家自然科学基金重大研究计划：重大工程的动力灾变——考虑结构与环境介质的动力耦合效应的千米级大桥的抗灾分析关键技术研究，建设部科技发展项目，省部共建教育部城市工程安全减灾重点实验室开放基金等(songbo@ces.ustb.edu.cn)。

黄世敏，男，1968年出生，河北衡水人。1992年毕业于天津大学结构工程专业，获硕士学位，1995年毕业于中国建筑科学研究院结构工程专业，获博士学位。2003年至今先后任中国建筑科学研究院工程抗震研究所副所长、所长。现任第九届中华全国青年联合会委员、全国超限高层建筑工程抗震设防审查专家委员会委员、中国建筑学会常务理事、中国建筑学会抗震防灾分会副理事长兼秘书长、北京科技大学兼职教授、中国灾害防御协会理事、中国城市规划学会理事会理事等职。

目 录

第一章 绪论

1.1 现代城市特点	1
1.2 现代城市灾害的分类及特点	3
1.2.1 近年来的城市灾害事例	3
1.2.2 城市灾害的分类	4
1.2.3 城市灾害的特点	6
1.3 城市区域多灾种防灾减灾对策	8
1.4 本书主要内容	9

第二章 地表灾害现象

2.1 断层破坏	14
2.2 地基的砂土液化	17
2.3 滑坡	21
2.4 震后对边坡的临时加固	23
2.5 地面的不均匀下沉	25
2.6 地表灾害的防治对策	27

第三章 建筑结构典型灾害事例与解说

3.1 建筑结构基础的破坏	34
3.2 钢筋混凝土结构的破坏	36
3.3 钢结构与钢骨结构的破坏	43
3.4 砌体结构与木结构的破坏	47
3.5 建筑结构抗震防灾对策	52

第四章 城市桥梁的地震灾害

4.1 公路桥破坏形态	57
4.2 铁路桥梁破坏形态	65
4.3 桥梁抗震防灾对策及展望	68
4.3.1 常见桥梁加固措施与对策	69
4.3.2 桥梁抗震设计与加固的发展趋势	70
4.3.3 长大跨桥减灾技术	71

第五章 生命线工程的灾害及减灾对策

5.1 管线的破坏分析	77
5.2 管线的防灾减灾对策现状与发展	83
5.3 公路的破坏分析	86
5.4 公路抗震防灾措施对策	89
5.5 铁路、地铁的灾害	90
5.6 地铁抗震防灾措施对策	93

第六章 港湾设施的灾害与对策

6.1 港湾设施的破坏形式	97
6.2 港湾设施的防灾减灾对策	103

第七章 次生灾害及其他灾害形式

7.1 城市火灾	110
7.2 地质灾害——滑坡	113
7.3 城市水灾	114
7.4 海啸	117
7.4.1 海啸的灾害现象	117
7.4.2 海啸的灾害机理与灾害过程	117
7.4.3 海啸减灾对策	119
7.5 其他形式的灾害	121
7.6 城市的多灾种减灾	124

第八章 城市灾后应急救援与恢复重建

8.1 现代城市灾后的主要特征概述	125
8.2 应急救援及恢复重建中的主要问题及对策	127
8.3 完善防灾应急体制与减轻城市灾害	131

第九章 新技术在城市防灾减灾对策中的应用

9.1 概述	135
9.2 新技术在抗震设计规范编制修订中的应用	136

9.2.1 我国抗震设计规范的发展	136
9.2.2 现有抗震设计规范的缺陷与基于性能抗震设计的发展趋势	137
9.2.3 基于性能的抗震设计的研究	138
9.2.4 我国抗震设计规范发展完善的方向与新技术手段	140
9.3 工程结构控制技术与工程应用	141
9.3.1 概念	141
9.3.2 结构控制理论	142
9.3.3 结构控制研究与应用现状	142
9.3.4 结构控制的工程应用举例	145
9.4 工程结构隔震与消能减震技术	147
9.4.1 隔震的概念	147
9.4.2 隔震系统分类	149
9.4.3 隔震技术的工程应用举例	150
9.4.4 消能减震的概念和原理	154
9.4.5 消能减震技术的分类	154
9.4.6 消能减震技术的工程应用举例	156
9.5 地理信息系统在抗震防灾中的应用	158
9.5.1 地理信息系统概述	158
9.5.2 GIS 在工程场地抗震设防区划中的应用	159
9.5.3 GIS 在地震危害性分析和震害预测评估中的应用	160
9.5.4 GIS 在综合减灾中的应用	162

第十章 现代城市防灾减灾对策展望

10.1 现代城市与城市灾害的发展趋势	164
10.1.1 城市的脆弱性	164
10.1.2 现代城市灾害的特点	165
10.2 近年来国家在防灾减灾中的施策及所取得的成绩	167
10.2.1 我国防灾的立法与减灾管理体系建设	168
10.2.2 防灾减灾规划的编制与实施	168
10.2.3 标准规范体系的建设	169
10.2.4 已有建筑的加固与新建筑的抗震设计	169
10.3 城市防灾减灾中存在的问题	170
10.4 城市防灾减灾的主要任务	175
10.5 防灾减灾研究工作的发展趋势	184

附录 常用词汇的中英文对照	189
---------------------	-----

第一章 绪 论

1.1 现代城市特点

现代城市空间结构特点显著,商业、工业区和居民区交织分布在城市内,园林绿化区等各种功能区穿插其中,与复杂的交通系统、地下管线和生命线等其他元素一起共同构成了现代城市系统。

概括地说,现代城市具有以下四个特点:

(1) 城市规模越来越大,人口集中化倾向显著。

联合国对全世界人口城市化的情况调查:50年前,只有不到世界30%的人口居住在城市中,而今天,约50%的人口居住在城市之中。不仅如此,现在世界人口较50年前有了很大的增长。人口向城市集中,导致了社会生产力和社会财富向城市这种有限地域的高度集中。

人口及其社会活动的集中在产生巨大的经济与社会效益的同时,也给交通设施和公共基础设施带来

了巨大的压力。

(2) 建、构筑物集中,各种构筑物形式复杂多样,异型建筑形式突出。

现代都市建、构筑物种类多,形式各异,而且相对集中。以立交桥为例,20世纪70年代城市立交桥并不多见,而且形式结构简单,图1.1所示的是建于1971年位于石家庄的一座立交桥,而如今,结构复杂的城市立交桥已经很普遍,如图1.2所示。同时,现代都市中各种建、构筑物相对集中,如在图1.3中,可以看到居民楼与天然气罐毗邻,在方便居民使用的同时,也构成了城市灾害的潜在危险源。

城市地下构筑物更是形式多样,包括地下人行通道、地下管线共同沟和地铁等,其中地铁是现代城市重要构筑物,同时,相比其他城市地下构筑物,地铁工程呈复杂化、大型化和规模扩大化趋势。中国第一条地铁建于北京,于1971年运



图 1.1 1971 年的立交桥



图 1.2 现代城市复杂立交桥



图 1.3 居民区近接的储气罐

营, 全长 23.6 公里; 而现今中国多座城市拥有地铁, 比如, 2007 年上海地铁运营总长度将由 145 公里升至 230 公里, 北京目前地铁运营长度也已达到 100 多公里, 图 1.4 中图 (a) 是新建地铁 5 号线雍和宫站, 图 (b) 是北京市北京站地铁。

为了满足城市建设及各种大型国际性比赛的需要, 各种异型建筑不断涌现, 图 1.5 为新建国家大剧院和鸟巢工程。

(3) 城市生命线等基础设施交错复杂, 信息化程度不断提高, 对生命线依赖程度愈来愈深。

大规模的城市、高密度的人口

给城市的生命线工程提出了更高的要求。地下密布的水电管网, 良好的交通运输和通信网络等设施, 为城市提供运转动力和发展活力。

图 1.6 所示的城市高速铁路作为现代城市生命线的重要组成部分, 发挥着愈来愈重要的作用。

(4) 城市以及周边区域国家重点工程呈增加集中态势, 城市对重点工程依赖愈加明显。

随着我国经济发展, 国家投入了更多资金用于国家重点工程的建设, 这些重点工程通常集中在城市及城市周边。如南水北调、西气东输、三峡工程、青藏铁路工程等。图 1.7



(a) 北京地铁 5 号线雍和宫站



(b) 北京已投入运营的地铁

图 1.4 地下典型构筑物——地铁



(a) 国家大剧院外景



(b) 奥运工程——鸟巢场馆

图 1.5 新型异型建筑



图 1.6 城市间的高速铁路



图 1.7 国家重点工程——三峡工程

就是国家重点工程——三峡工程。重点工程将城市的环境、生态、安全等联系在一起。

鉴于现代城市所具有的特征，研究城市灾害特点，对积极预防城市灾害，使灾害损失减少到最小程度，对城市建设与经济发展具有十分重要的意义。

1.2 现代城市灾害的分类及特点

1.2.1 近年来的城市灾害事例

近些年的城市灾害不仅给城市造成了重大损失，也给城市防灾减

灾提出了新的课题。调查与分析城市灾害特点是建立正确的防灾体系、采取有效减灾措施的科学依据和研究基础。随着城市的不断进化和发展，灾害也在不断变化，这种变化不仅体现在数量以及危害性上，还体现在灾害的形式和种类等方面。

(1) 例如在气象方面，1995 年 7 月，芝加哥长达两星期高温，最高达到 119 华氏度 (48.3℃)，造成 465 人死亡；2003 年 8 月，法国城市高温导致 15000 余人丧生。

(2) 在生命线影响方面，1999 年 7 月，20 万纽约曼哈顿地区居民遭遇停电危机，停电达 19 个小时，



图 1.8 地铁灾害火灾外部现场

地铁服务在交通高峰期被迫中止。

(3) 此外,记忆犹新的美国“9·11”事件、日本东京沙林事件、中国 SARS 卫生健康危机事件等均反映出城市灾害不断翻新的特点。从这些灾害不难看出,现代城市在不断遭受像地震、洪水和台风这样传统自然灾害困扰的同时,还要面对不断出现的非传统潜在灾害危险。由于这些非传统灾害比自然灾害更具有隐蔽性、不确定性、偶遇性和突发性,非传统安全问题有可能成为现代城市安全的另一威胁。

1.2.2 城市灾害的分类

城市灾害以城市作为特殊的承灾体,种类比较多,为了更好地研究城市灾害,更清楚地把握各种传统与非传统的灾害,对城市灾害进行分类是有必要的。

随着城市现代化的发展,城市主要灾害形式包括:地震灾害、水灾、气象灾害、火灾与爆炸、建筑结构老化致灾、城市地质灾害、城市环境灾害、海洋灾害、通信信息灾害、城市流行病等。以下对各地的主要灾害形式进行了简要分类。

(1) 雪灾和寒潮 2006 年 1 月,欧洲遭遇强寒流袭击,俄罗斯等地区先后出现了大幅降温和异常寒冷天气;日本北海道岛和本州岛日本海沿岸地区普降暴雪,其中本州岛中部的新泻县最大雪深达 393cm。

(2) 高温热浪 2006 年 7 月,美国中西部、东北部和南部地区遭遇热浪,最高温度高达 51.6℃,热浪造成加利福尼亚州至少 141 人死亡。同时,欧洲各国持续遭热浪侵袭,造成至少 80 人死亡。法国、英国、西班牙、德国、意大利天气持续酷热。

(3) 台风、飓风和热带风暴 2006 年先后有 6 次台风袭击东亚地区(不包括登陆中国台风),造成严重灾害,其中强台风“榴莲”袭击菲律宾中东部,致使约 570 人死亡,至少 740 人失踪,千余人受伤,154 万人受灾。9 月中下旬,热带风暴席卷孟加拉湾,导致孟加拉国和印度东南部至少 175 人死亡,数百人失踪,约 38 万人无家可归。

(4) 火灾和爆炸 城市火灾通常具有很强的蔓延性,如图 1.9 所示,火灾常常会影响较大的一片区域。1998 年 1 月,黑龙江省佳木斯市华联商厦发生火灾,1 死 5 伤,过火面积



图 1.9 城市火灾事故



图 1.10 北京东方化工厂“6.27”特大火灾爆炸事故

2 万 m^2 ；2002 年 11 月 26 日晚，山东省潍坊市大虞区一居民住宅楼因液化石油气泄漏发生爆炸火灾，造成 9 人死亡；2006 年 11 月广州番禺颐达纺织厂近千平方米厂房仓库突发大火，并发生爆炸，8 小时烧掉 3 个亿。1997 年 6 月 27 日 21 时 26 分，北京东方化工厂罐区发生特大火灾爆炸事故（图 1.10），造成 9 人死亡，直接经济损失 1.18 亿人民币。

(5) 泄漏污染 2003 年 9 月乌克兰外喀尔巴阡州沃洛韦茨地区发生一起输油管道泄漏事故，溢出的石油流进近旁的拉托里察河，在河面形成长达 5 公里的油污带；2005 年 11 月，湖北省鹤峰县磷肥厂一装有 240 吨硫酸的硫酸罐发生泄漏，浓硫酸顺着厂区下水道流入河道，导致下游的浚水河、江坪河污染严重。

(6) 恐怖主义袭击 继美国 9·11 事件之后，恐怖主义袭击事件不断。2006 年 4 月，伊拉克首都巴格达北部的一个什叶派清真寺遭到自杀式炸弹袭击，造成至少 79 人死亡，160 多人受伤；2006 年 7 月，印度孟买西线城铁接连发生 7 起爆炸事件，造成至少 190 人死亡，600

多人受伤；2006 年 10 月 16 日，斯里兰卡海军一支车队遭到自杀式袭击，造成至少 99 人死亡，100 多人受伤。

上述举例中，(1)～(3)是以自然因素作为主要致灾因素，如气象因素中的大风、暴雨、冰冻、大雾等等，地质因素中的滑坡、地面沉降、海水倒灌、地震等，这类我们归结为城市自然灾害，其中尤以台风为多：新中国成立以来，上海因风灾已遭受至少 150 亿元损失；2005 年 14 号台风“彩蝶”给我国沿海城市造成 100 多亿元直接经济损失；台风“泰利”导致安徽 76 人死亡；飓风“卡特里娜”造成美国 198 人死亡，重灾区九成建筑受损，如图 1.11 所示，两张图片显示的是同一地点，其中右图是台风袭击新奥尔良之后，该城区遭受大面积水灾的情况。

(4)、(5)两种是由于人们认识和掌握技术不够熟练或管理失误给人类生存造成的巨大破坏影响，我们称之为技术灾害，比较常见的如火灾、化学事故灾害等。

(6) 这种灾害具有比较鲜明的特点，它是由于人类的故意行为导致



图 1.11 飓风“卡特里娜”袭击新奥尔良

的灾害，归于社会灾害的范畴，主要包括战争和恐怖主义袭击等。

综上所述，城市灾害的发生从本质上讲是由于自然灾害发生作用在城市的结果。城市灾害与自然灾害不同，它是以城市为特殊的承载体，因此研究其固有发展变化过程和特点具有特别重要的意义。

1.2.3 城市灾害的特点

城市灾害的特点可归纳为以下几个方面：

(1) 灾害的多样性和复杂性
每个城市的地理位置等自然条件都不同，但是随着城市的发展，这种条件的影响在减小，我们可以看到更多具有普遍性的灾害在各个城市发生。从这些城市灾害的总体分析来看，城市灾害的种类多样，在相同灾害的作用下，城市灾害的作用也比非城市类灾害更具复杂性。同时新型灾害和传统灾害交织在一起，对人类构成了更加严重的危害。

随着现代城市的发展，构成城市系统的元素也越来越复杂，由此，城市致灾因素也趋于多元性，城市灾害的形式也越来越多样化，这也是城市多灾种防灾减灾面临的新的挑战。

在“9·11”事件发生之前，超高层建筑设计过程中很少考虑来自空中的威胁，2001年“9·11”事件的发生也预示着现代城市发展所面临的灾害形式复杂多样化。2003年8月14日，美国纽约市中心街区发生大面积停电，进而影响美国东部几大城市和加拿大部分城市，停电持续了30个小时；2003年SARS事件持续了3个多月，造成近千人死亡，对整个亚洲地区的医疗机构造成了很大的冲击。

即使是现代城市中的同一类型构筑物，其可能遇到的灾害形式也有很大不同，以地铁为例：1995年的东京地铁沙林毒气事件、2001年韩国首尔地铁遭受水灾（图1.12）、2003年韩国大邱地铁的纵火案（图1.13）、2005年英国伦敦地铁爆炸案，各国城市地铁系统逐渐成为各种灾害的载体。

(2) 灾害的广域性

随着对城市防灾减灾的逐步重视，一般小型城市灾害将容易得到有效控制，但是在面对较大的灾害发生时，常有多个城市受同一灾害的影响，灾害的治理和防御不仅仅是一个城市的任务，单个城市也无法有效地抵抗区域性灾害。

比如美国俄亥俄州的康尼斯维



图 1.12 2001 年首尔地铁受水灾



图 1.13 2003 年韩国大邱地铁火灾时烧毁的车厢

尔发电厂在 2003 年 8 月 14 日下午停机,其他两家发电厂继而停机,此后两条输电电缆失灵,这些电缆失灵导致从俄亥俄州到密歇根州东部的电路被堵塞,巨大的电流以逆时针方向流动,此后,100 多家发电厂受影响而告停机,使北美地区 5000 多万人口受到停电影响,这次大停电造成美国国内生产总值平均每天损失 250 亿美元至 300 亿美元。同样的,上文提到的 2005 年的“卡特里娜”所造成的灾害决不仅仅局限于新奥尔良市,墨西哥湾沿岸的一系列港口、20% 的美国炼油设施都受到影响。

灾害的区域性影响不仅是物质性的,还包括精神性的灾后灾民安置和恢复重建工作,灾害心理学研究也成为减灾对策中的一个重要研究内容。

(3) 灾害的扩散性和连锁性
城市灾害的空间影响性,往往要大于发生源所能波及辐射的范围,这就是城市灾害所具有的扩散性。例如一座建筑物内部失火,可能引发周围的建筑大火,甚至引起爆炸性

灾害。由于灾害具有很强的扩散性,城市灾害并不是孤立发生的。许多灾害,特别是等级高、强度大的自然灾害发生以后,常常会诱发一连串的危害,这就是我们所说的连锁性强的特点。

(4) 灾害影响范围的扩大性
危害面广、破坏性大 对城市影响最大的是突发性灾害,灾害来势越猛,灾情发展越迅速,城市损失也越严重。城市作为地区的经济文化

全球灾害造成的损失与全球 GDP
(1980 ~ 1995 年) (单位:美元)

表 1.1

年	GDP($\times 10^{12}$)	损失 ($\times 10^9$)
1980	10	36
1981	11	3
1982	11	20
1983	11	11
1984	12	3
1985	12	13
1986	14	15
1987	16	20
1988	18	52
1989	19	30
1990	21	38
1991	22	45
1992	23	52
1993	24	59
1994	26	77
1995	27	152

政治中心，在同样灾害强度下，其损失要明显高于非城市地区。这里所说的破坏性大，不仅仅是指对经济财产的破坏性，还包括对城市功能网的破坏，对个人生命的危害。城市人口高度集中，这也部分地造成了城市灾害的破坏性之大。

表 1.1 给出了全世界各国 GDP 之总和（据世界银行，2001）与全球自然灾害造成总损失（据慕尼黑再保险公司）的关系，表中以美元为单位，我们对表内数据作了拟合，得到图 1.14。经济发展的程度可以用国内生产总值（GDP）来表示。GDP 越高，表示经济越发展。从 1980 ~ 1993 年的数字来看，随着经济的发展，GDP 的增加，灾害的损失将更为迅速的增长。若对这些数据整理，可以发现损失增长远比线性增长快得多。如果 GDP 翻一番，则灾害损失将变为 4 倍；如果经济翻两番，则灾害损失将变为原来的 16 倍。

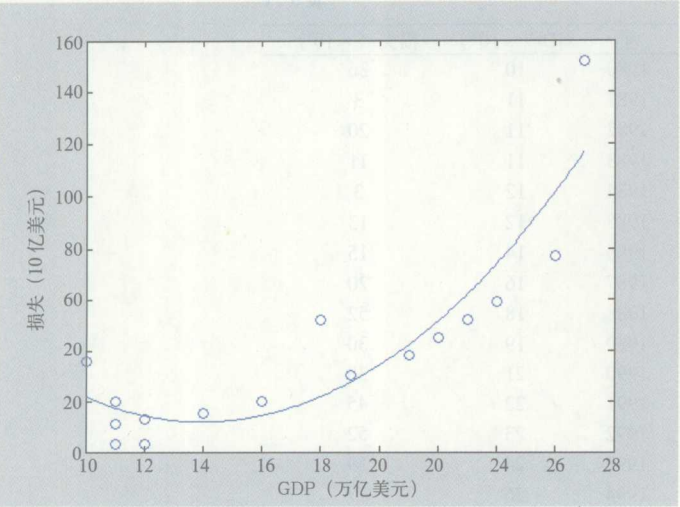


图 1.14 GDP 与损失拟合曲线

(5) 灾害影响的国际性

城市发生灾害，其破坏不仅涉及该城市本身，甚至可能波及整个国家，对国家经济造成影响，引起社会动荡，比如美国的“9·11”事件，以及“松花江水污染事件”等。灾害成因及影响区域的国际化对国际间综合防灾提出了更高的要求。

此外城市化程度的提高对通信网络、金融网络、生命线网络（水、电、燃气、道路等）依赖程度日益增强。一旦发生灾害，城市可能造成在更大范围内的功能瘫痪，影响灾后救援。

1.3 城市区域多灾种防灾减灾对策

从现代城市的特点，我们很容易看出城市社会因素复杂集中，往往形成网络系统，相互间存在影响。通过对现代城市灾害分类的分析讨论，不难得出以下结论，在城市这个由若干个子系统相互关联构成的复杂大系统中，通常严重的城市灾害都不可能独立或单一的出现。如果城市灾害发生，不及时切断灾害链，灾害便会不断扩大，发展。

具体来说，城市灾害的社会因素主要体现在以下几个方面：

(1) 城市危险要素高度集中
城市是社会因素最复杂、最集中的地方，因而最容易遭受灾害的袭击。从以往的灾害中可以发现，多数灾害中，城市社会因素往往对灾害具有放大作用。

(2) 城市对公共设施以及基础