

文章编号: 1004-4574(2004)02-0039-07

# 自然灾害对深圳城市建设发展的影响

吴健生, 王仰麟, 南 凌, 李正国, 李 莉

(北京大学环境学院, 北京 100871)

**摘要:** 随着灾害科学研究的深入, 城市自然灾害已经成为其重要的研究领域。对于快速城市化的深圳, 其自然灾害方面的研究更有必要。深圳市的自然灾害主要有气象灾害、地质灾害和海洋灾害等 3 类, 它们是自然变异因素与人类活动共同作用的结果。在深圳的建设发展中, 自然灾害的影响表现在两个方面: 一是限制了土地利用和开发的规模, 加大了城市土地开发利用的成本; 二是对城市的经济建设造成了危害, 使深圳的生态环境和工程地质条件造成退化。最后针对深圳市自然灾害的特点, 阐述了它们的防治原则。

**关键词:** 自然灾害; 城市发展; 影响; 深圳

中图分类号: X43 文献标识码: A

## Influence of natural disasters on urban development in Shenzhen

WU Jian-sheng, WANG Yang-lin, NAN Ling, LI Zheng-guo, LI Li

(Environment School, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract:** Natural disasters in city become an important aspect of research on disasters. It is essential to study them in Shenzhen city. There are meteorological disasters, geological disasters and oceanic disasters. These disasters are the result of natural and human activities. These disasters restrict land use and land development and deteriorate ecological environment and engineering geological condition in Shenzhen. In connection with characteristics of natural disasters in Shenzhen, some principles to prevent the disasters are presented.

**Key words:** natural disasters; urban development; influence; Shenzhen

## 1 自然灾害对城市建设发展影响的研究进展

随着科学技术的日益发展, 人类利用自然、改造自然的能力不断提高, 但众多的灾害却给人类带来了巨大的威胁和挑战, 给人类社会造成难以估量的损失。作为一定区域内政治、经济和文化中心的城市, 即是人口和财富的集中地, 也是交通和通讯的重要枢纽, 一旦受灾, 损失将会非常严重。在早期的城市规划和城市建设中, 对城市自然灾害的危害性认识不够, 导致城市在发生自然灾害时, 生命财产损失较大, 因此在将来的城市建设和规划中必须系统地研究城市自然灾害的现状和发展规律, 减少灾害的损失; 另一方面, 城市区域发生的自然灾害与人们的生活工作息息相关, 有条件对发生在城市地域内的自然灾害进行详细观察, 获得灾害形成、发展和致灾的大量观察数据, 对这些数据的分析和研究将进一步了解城市灾害的成因机理和变化规律, 丰富自然灾害的理论, 因此城市也是进行自然灾害研究的良好场所。故城市自然灾害的研究有深刻的理

收稿日期: 2003-06-05; 修订日期: 2004-03-20

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G2000046807); 国家自然科学基金资助重大项目(90102018)

作者简介: 吴健生(1965-), 男, 湖南新化人, 博士, 主要从事景观生态学、遥感和 GIS 研究。

论和现实意义。

从 1987 年开始, 联合国开展“国际减轻自然灾害十年”活动<sup>[1]</sup>, 国内外许多学者对区域性自然灾害做了大量的研究工作, 研究内容主要涵盖灾害损失指标体系、灾害损失评估方法、灾害区划原则与原理、灾害综合区划方法、灾害预测预报方法、综合减灾对策等方面<sup>[2~6]</sup>。

统计资料表明, 世界上 80% 以上的人口和多数城市集中在沿海 200km 的范围内。而这些地区正是最常受到洪水、台风、海啸、风暴潮、泥石流等自然灾害袭击的区域<sup>[7~10]</sup>。城市自然环境与城市的产生和发展之间存在着密切联系, 它即为城市建设提供资源, 又制约城市的发展。随着城市社会生产力的发展和科学技术的进步, 城市发展对环境的冲击亦更加强烈, 特别是城市由平面开发转向空间开发, 城市工程建筑活动和工业生产活动对环境的影响与日俱增, 由此而引起灾害频繁发生<sup>[11, 12]</sup>。

前人对城市灾害的研究主要集中于城市灾害的调查, 包括灾害的空间分布、形成原因、诱发因素、危害程度和影响范围等内容, 主要解决城市灾害危险性评价、灾害易损性分析、灾害分区、重点防治区域和防救对策等问题<sup>[13~17]</sup>。

## 2 研究区概况

深圳市位于珠江口东部, 南以深圳河与香港新界相邻, 北接梧桐山、羊台山与东莞、惠州两市接壤, 东临大亚湾、大鹏湾。全市由东南向西北排列 3 个地貌带, 即南带(半岛和海湾地貌带)、中带(海岸山脉地貌带)、北带(丘陵谷地带), 形成深圳市的地势由东南向西北逐级下降, 中部为低丘、台地, 沿海有狭长的海滨平原。西部介于珠江口和深圳湾之间, 间有河谷平原。

深圳于 1979 年建市, 1980 年设立经济特区, 现辖 6 个区, 分别为特区内 4 个区: 罗湖、福田、南山、盐田区; 特区外 2 个区: 宝安、龙岗区。20 多 a 来, 深圳凭借特有的区位优势, 进行全方位城市建设, 从一个边陲小城镇发展为集工业、贸易、旅游、金融于一体的初具规模的现代化城市。

## 3 深圳市主要灾害的类型及其特征

深圳地处热带与亚热带过渡地区, 又临海, 自然灾害频繁, 灾种也较多, 自然灾害类型主要有气象灾害、地质灾害、海洋灾害、生物灾害等。深圳市的主要灾害类型和灾种如表 1 所示, 其空间分布见图 1。其中以气象和地质灾害种类最多, 以台风、洪涝、干旱以及水土流失等造成的危害程度最严重。

表 1 深圳主要自然灾害类型  
Table 1 Main types of natural disasters in Shenzhen

类 型	自 然 灾 害 灾 种 名 称
气象灾害	洪水、台风、暴雨、寒潮、干旱、冷害、高温和连阴雨等
地质灾害	地震、山崩、滑坡、泥石流、地裂缝、地面沉降、水土流失、土地荒漠化、土壤盐碱化和土壤污染等
海洋灾害	海啸、海浪、赤潮、海水入侵、海岸侵蚀、海面上升和海洋污染

深圳市自然灾害一部分是由于自然变异(作用)造成的; 另一部分是由于不合理、不适当的人类活动引发或加重的。研究表明, 大多数自然灾害是由于自然因素与人类活动共同作用的结果。

### 3.1 深圳市气象灾害的特征

深圳地处南海之滨, 冬季受西风带气候影响, 来自大陆的干冷空气可以长驱直入, 造成冬季寒潮、低温阴雨等灾害天气, 春夏秋季受西风带和低纬热带气候的共同影响, 常发生台风、暴雨、强对流等灾害天气, 同时由于降水时空分布常常不均匀, 秋冬春季常发生旱情。

### 3.2 深圳市地质灾害的特征

从深圳市地质环境和地质灾害的分布与形成条件来看, 山区、丘陵地带、海滨地带是深圳市地质灾害主

要分布地区,也是动力地质条件复杂、地质环境较为脆弱的地区,城市建设必然会受到地质灾害的威胁和制约。深圳地区的地质灾害灾种和主要分布范围详见表 2。

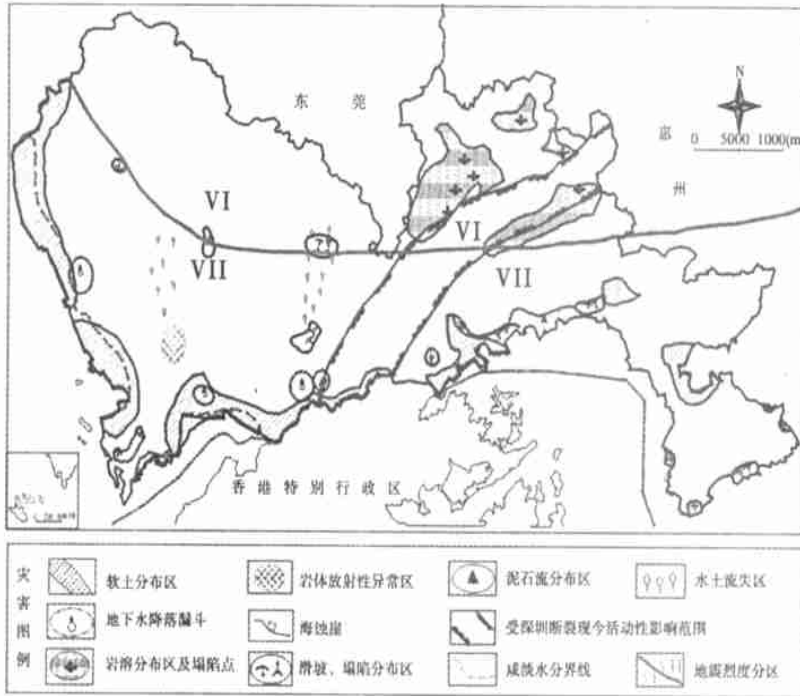


图 1 深圳市重点灾害分布图

Fig. 1 Distribution of main natural disasters in Shenzhen

表 2 深圳市地质灾害类型及分布

Table 2 Category and distribution of geological disaster in Shenzhen

灾种	分布范围	行政区域或地带
崩塌、滑坡、泥石流	东部海岸山脉及大鹏半岛 海岸山脉以北,沙湾河以东 西部羊台山周围地区	葵涌、大鹏、南澳 布吉、横岗、坪地 龙华、石岩
岩溶塌陷	深圳市石灰岩地区	龙岗、坪山、坪地、葵涌盆地
特殊岩土类灾害	分布在第四纪河流相和 海相地层粉砂层和砂淤泥	深圳海岸平原、海滨、河流两岸等地区
水土流失	片状分布在深圳各区及多条河流附近、较大规模 采空区、开挖公路两旁和砂石露天堆放区	核心圈层(特区),中部圈层及外部圈层
地壳活动和断层 位移、地裂缝	深圳断裂带	坑梓、横岗、罗湖

### 3.3 海洋灾害的特征

深圳市属沿海城市,海岸线长 229.96km。故也发育沿海地带普遍存在的海平面上升、海岸带海水入侵及地下水咸化、风暴潮等自然灾害,同时在西部海域有海岸带淤积现象。

## 4 自然灾害对城市建设发展的影响

深圳市在不到 20a 的时间里由一个边陲小镇迅速发展成为全世界瞩目的新兴城市,并且现在城市开发

建设还在不断升级扩张,全市朝着全面城市化的目标迈进。在快速城市化过程中,人们对地质环境作用的力度和强度巨大,由此产生了许多环境地质问题,现在这些问题有逐渐增多和日益严重的趋势,已经或将要影响和阻碍城市的发展。研究表明,在城市地域内,自然灾害对城市发展的影响主要表现在两个方面:一是对城市土地利用和开发的限制;二是影响城市生态环境和工程地质条件。

#### 4.1 自然灾害对土地利用条件的约束

土地是城市环境,特别是地质地理环境的主要依托,也是城市规划与发展的载体。因此,合理科学地利用土地资源是城市可持续发展的基础。

从保护深圳市生态原则出发,结合深圳的地貌类型与工程条件,以坡度  $12^\circ$  为界,此线以上多为低山、丘陵和高台地,将这部分土地作为不宜建设用地,总面积为  $956.8\text{km}^2$ ;  $12^\circ$  以下多为低台地、阶地和平原,是良好的城市建设用地,总面积  $991.9\text{km}^2$ ,但其中有  $81.5\text{km}^2$  已划入 I 级水源区和农业保护用地。因此,深圳的不可建设用地为  $1038.3\text{km}^2$ ,可建设用地为  $910.4\text{km}^2$ 。深圳市及各区、镇可建设用地与不可建设用地见表 3。

表 3 深圳市土地资源统计表  
Table 3 Statistics of land resources in Shenzhen

类 型	特 区		宝 安		龙 岗		全 市	
	面积/ $\text{km}^2$	占全市/%	面积/ $\text{km}^2$	占全市/%	面积/ $\text{km}^2$	占全市/%	面积/ $\text{km}^2$	占全市/%
土地面积	391.7	20.1	712.9	36.6	844.1	43.3	1948.7	100
可建设用地	178.2	19.6	410.3	45.1	321.9	35.3	910.4	100
不可建设用地	213.5	20.6	302.6	29.2	522.2	50.2	1038.3	100

从表中可以看出,深圳市土地资源占深圳市面积的 20.1%,且其中一半以上属于不可建设用地,因此深圳市属于土地资源不丰富的城市。

从城市发展规模来看,深圳市开创初期,宜开垦的土地较多,城市规模不大,土地资源品质较好,基本上可以满足深圳市的建设需要。但是,经过 20a 的高速发展,大块的、直接可适宜开发的土地资源存量所剩无几,同时适宜于作为城市建设用地功能的、适宜性较好的土地资源存量也所剩不多,土地资源使用已经较为紧张。另一方面,深圳市城市发展的速度并没有因此而减慢,土地开发和利用的需求依然强大,整个城市在土地开发利用需求和土地资源存量供给与资源保护方面存在着较大的矛盾,这一矛盾正在制约着深圳市的城市建设规模和建设质量。

正常来说,解决该矛盾的方法主要有:

(1)城市建设和土地资源的使用向山地—丘陵—高台地地区发展,经过人工改造,将不适宜的土地资源变为可利用的土地资源。

(2)土地使用向海滨带发展为主。以围海造地为主,进行海岸带土地开发。

(3)对城市已建设的土地进行功能改造。

(4)对城市土地资源进行合理规划,提高现有土地的使用效率。

上述方法中,前两种方法有关土地资源的数量扩大方面,后两种方法是有关土地使用效率方面。从深圳市的土地开发现状来看,前两种方法仍是今后土地开发的重点方法,后两种方法是深圳市土地开发的潜在重点发展方向。

但是,从本区自然环境和自然灾害的分布与形成条件来看,山区、丘陵地带、海滨地带是本区自然灾害主要分布地区,也是动力地质条件复杂、地质环境较为脆弱的地区,土地开发必然会受到自然灾害的威胁和制约。

威胁主要有:(1)山地—丘陵—高台地地区是山地灾害(崩塌、滑坡、泥石流等)高发地区,今后的土地的开发会加速自然灾害的发生频率、带来经济建设的损失和增加土地资源开发的成本费用;(2)滨海地区是地面沉降、海岸侵蚀、淤积等缓发性自然灾害的重点危害区,是特殊岩土类重点分布地区,也是风暴潮的高发区,潜在的自然灾害的损失巨大;(3)另一方面,人类的土地开发活动,必将影响开发地区的自然环境,使潜在

的自然灾害影响范围和损失强度逐步扩大。

因此, 深圳市土地开发和利用中, 要研究土地开发对自然环境的影响和土地遭受自然灾害的危害问题。

## 4.2 自然灾害对城市发展的危害

### 4.2.1 气象灾害的危害影响

深圳市气象灾害发生频率高、影响面广、危害性大, 属群灾之首。最严重的气象灾害是台风, 据统计, 1952—1989 年间影响本区的台风共 184 次, 台风带来的狂风暴雨和风暴潮, 既有解除旱象的积极作用, 又具有很大的破坏力。台风所经之地, 拔树倒屋、摧毁庄稼, 令江河泛滥、咸水倒灌、溢塘、垮堤等, 对海洋、江河的交通运输和渔业生产很大影响。同时, 台风风大雨猛, 带来了风涝灾害及其次生的风暴潮、巨浪、泥石流、滑坡、土壤盐碱化等一系列灾害。如 1993 年深圳市遭遇“9.26”台风暴雨, 罗湖商业区成为一片泽国, 直接经济损失 14 亿元; 1995 年 8 月 14 日, 第 5 号台风造成 2 死 1 伤, 南涌公路出现多处塌方, 新大村等地也一度被洪水围困, 数百亩虾田被淹, 一些渔船和渔排被毁。据初步估算, 损失超过 3000 万元。台风突发性强, 在很短的时间内可造成严重灾害, 导致极大损失。

### 4.2.2 水土流失的危害影响

深圳的动态水土流失面积大约为  $62\text{km}^2$ 。开发、兴建道路和开山采石等粗放型掠夺式开发, 剥离地表植被, 破坏地质环境的均衡, 造成大量水土流失。水土流失造成大量表层泥土流失, 形成山体裸露, 黄土遍地, 满目苍夷, 破坏景观, 更造成河道拥塞, 下游地区饱受洪涝水浸之苦。

深圳市城市化土地开发的速度在前几年远远超过建设的速度, 而大多数开发地又没有采取有效的水土保持措施, 一遇高强度暴雨, 在各种松散堆积坡及其影响的台面, 必然造成严重的水土流失。超常的土体加剧侵蚀和泥沙淤积对城市化的基础设施构成严重威胁, 影响防洪道, 城市下水道排水, 危及交通, 甚至电力、通讯设备的安全, 对深圳市的经济可持续发展构成严重威胁。如 1993 年夏建成的位于布吉河大芬支流李朗大道至肉鸡加工厂一段 500m 箱涵, 半年后便淤满约一半。1996 年 6 月一场 20a 一遇的暴雨, 把沙头角镇设计防洪能力为 50a 一遇的一个排洪暗沟进水口完全淤积, 泥沙淤积达 2m 多深, 雨水顺地面流向下游的鹏湾工业区, 地面积水达 1.2m 深, 造成交通中断、厂房受浸、居民被困, 直接经济损失达 447 万元。事后现场勘察表明造成这次水灾的主要原因是上游一开发区的水土流失。

### 4.2.3 海平面上升及海水入侵的危害影响

海平面上升是近年来发现的全球性问题, 海平面上升将加速海水入侵, 导致滨海地下水动力条件发生严重变化, 在深圳市东部海岸带造成海水或高矿化咸水向大陆淡水含水层发生的入侵现象, 破坏地下水水脉, 进而影响人民生活 and 工农业生产。如在深圳市西南部泥质海岸滩地, 高盐度海水容易渗透进入陆地地下水, 借助潮汐倒灌江河, 在一定范围内对建筑物、构筑物基础和地下埋藏的各种管线产生腐蚀, 并造成土地盐碱化和淡水变咸, 直接影响人们的生活用水。

### 4.2.4 海岸变迁及泥沙淤积的危害影响

深圳市海岸淤积现象主要分布于西部海岸。自 1962 年来, 海岸线普遍向外推移数百米至 1000 余 m, 海岸外移速度为  $17 \sim 55\text{m/a}$ 。湾内淤积较严重, 海滩以淤泥为主, 可以预测, 位于深圳湾和前海湾之间的蛇口、赤湾和妈湾等港湾海岸线有拉直的趋势, 对妈湾、赤湾港口码头的建设存在潜在的危险。

### 4.2.5 斜坡类灾害的危害影响

由于劈山修路、基坑开挖、开山采石等开发建设, 形成高陡坡、深路堑, 这些地段极易发生滑坡或崩塌。这类地质灾害呈点状分布于深圳市全市范围, 具有突发性, 局部危害性很大。造成的危害主要有: (1) 造成人员伤亡; (2) 破坏城镇、矿山、企业; (3) 破坏铁路、公路、航道, 威胁交通安全; (4) 破坏水利、水电工程; (5) 影响资源开发, 阻碍经济发展。

如 1997 年 7 月 21 日, 深惠线及深汕线由于暴雨, 诱发山体滑坡 130 多处, 深惠、深汕线中断约 10h, 直接经济损失达 7000 多万元。

### 4.2.6 断裂(带)的活动性灾害的危害影响

深圳市内第四系掩盖的断裂构造比较多, 特别是罗湖区比较密集, 虽然断裂构造活动性较弱, 但是往往形成软硬相间的断裂破碎带, 其中裂隙发育的部位, 往往又是地下水强烈活动的通道, 其浅部常形成槽状风化土石体, 导致工程地质条件复杂, 是不适宜建筑区或建筑高成本区。

其中最大的五华—莲花山大断裂的南西段从惠阳市淡水镇进入深圳并经坑梓、坪山、横岗、沙湾, 穿过深

圳水库和罗湖商业区,由香港屯门入海。该断裂带经过龙岗区未来主要发展地区,还穿越深圳市主要水利设施和有数百座高层楼宇的罗湖市区。一旦断裂发生位移或错动,将造成灾难性的后果。

#### 4.2.7 隐伏岩溶塌陷灾害的危害影响

深圳市的岩溶地质发育区主要发育在龙岗区的龙岗、坪山、坪地和葵涌盆地4个地貌单元区内,面积约60km<sup>2</sup>,而位于盆地内地势平坦、适宜城市发展建设的河谷冲积平原,土地资源储备较丰富,是龙岗区未来城市发展的中心地带,也是深圳市未来发展的后备基地,但该区发育大量的岩溶塌陷灾害。岩溶塌陷在该区造成的主要危害有:房屋和桥梁开裂、倾斜或倒塌;道路凹凸不平或开裂;地下管道错裂失效;抽水井管上升,设备须不断更新等。

如1992年3月4日晚,龙岗镇20m长的商业一条街刚封顶不到一个月的一幢3层小楼一角墙基突然陷落,形成直径3m深的坑。

该区的岩溶塌陷诱发民居倒塌及建筑事故,不仅造成一定的经济损失还带来一些负面的社会影响,阻碍楼房层次建设高度、城市建设规模和外商的投资信心。

#### 4.2.8 地面沉降的危害影响

深圳市是个缺水的城市。饮用水主要靠外地引入,地下水为辅助后备水源。但据不完全统计:全市民间也自行打井近3000眼,日开采水量25万m<sup>3</sup>,同时由于建筑施工基坑不合理降水,都造成地下水位下降、水质恶化(地下水中氮、磷浓度逐年升高),引发地面沉降、地表开裂、楼房倾斜、墙体开裂等地质灾害,引发资源和环境问题。

地面沉降对深圳市的主要危害有:

(1)破坏城市设施,妨碍城市建设。主要是造成房屋和桥梁开裂、倾斜或倒塌;道路凹凸不平或开裂;给城市规划和建设造成困难。

(2)积水滞洪,水患和潮灾加剧。严重的地面沉降活动,把城市一些区域置于洪水和海湖威胁之下,如由于地面沉降城市引起滞积积水,影响城市交通和环境,使地下室和低层建筑物被水淹没,造成比较严重的经济损失,同时使拦河堤坝等防洪设施因沉陷而发生破坏,造成城市御洪能力不断下降;在深圳的滨海带由于地面沉降活动使陆地地面高程下降,海平面相对上升,导致海水侵袭和风暴潮灾害加剧。

如1992年4月,罗湖区某工程基坑不合理降水,导致地面沉降,使周围楼房变形或产生裂隙成为危房。

#### 4.2.9 不良地基土体的危害影响

在深圳市区内,影响工程建筑地基基础稳定性的主要不良土体有软土、饱和粉细砂土和不均匀风化土。由于不良地基土承载力低、易触变震动液化,因此不宜作为建筑物的天然地基或持力层。

## 5 自然灾害防治研究

根据深圳市的自然灾害发生规律和分布特点,从科技、行政管理和思想观念等角度,提出了深圳市自然灾害防治总策略。

在科学技术方面,加强灾害防治的科学研究,实施减灾工程;选择有代表性、有研究价值的灾害点进行监测、预报研究;加强灾害研究情报网,实行资料共享,情报互通,避免重复工作。同时,在深圳市的城市规划和建设中,在规划的编制和实施过程中重点考虑自然灾害的影响,编制详细的城市自然灾害防治规划。

在行政管理与政策法规方面,加强政府职能部门在减灾工作中的领导作用,实行统一管理、分部门管理相结合的制度。同时,加强自然环境保护和自然灾害防治的法制建设,实行依法治理。

建立环境伦理观念,扭转环境劣化趋势,变恶性循环为良性循环,保护环境,优化环境。因为滑坡、崩塌、泥石流等灾害是生态环境劣化变异的结果。所以,要从根本上防止自然灾害的产生,必须保护和优化环境。而环境的劣化又是在较长的历史时期因不合理的人类活动所造成的。因此优化环境必须以调整人类活动为核心内容,彻底改变以牺牲地质环境、生态环境为代价,掠夺式开发资源而取得经济增长的倾向,要寻求一个经济发展与环境优化同步进行的发展途径。

## 参考文献:

[1] 任鲁川. 区域自然灾害风险分析研究进展[J]. 地球科学进展, 1999, 14(3): 243-246.

- [2] 马宗晋, 方蔚青, 高文学, 等. 中国重大减灾问题研究[M]. 北京: 地震出版社, 1992. 1—5.
- [3] 马宗晋, 高庆华. 论人口—资源—环境—灾害恶性循环的严重性与减灾工作的新阶段[J]. 自然灾害学报, 1992, 1(1): 12—18.
- [4] 赵阿兴, 马宗晋. 自然灾害损失评估指标体系的研究[J]. 自然灾害学报, 1993, 2(3): 1—7.
- [5] Piers Blaikie, Terry Cannon, Ian Davis, et al. Risk: Natural Hazard, People's Vulnerability, and Disasters[M]. London: Routledge, 1994. 147—167.
- [6] 史培军. 再论灾害研究的理论与实践[J]. 自然灾害学报, 1996, 5(4): 6—17.
- [7] 宋俭. 工业化以来传统灾害的演化趋势[J]. 荆州师范学院学报, 2000, (6): 74—77.
- [8] 罗可. 我国当前城市化问题分析[J]. 武汉城市建设学院学报, 2000, 17(1): 25—31.
- [9] 李相然, 林子臣. 城市土地利用的工程地质评价[J]. 宁夏工学院学报(自然科学版), 1995, 7(3): 2—7.
- [10] 李相然. 沿海城市环境地质灾害的主要类型、特点与防灾对策研究[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1997, 8(2): 91—94.
- [11] 肖和平. 城市地质灾害及对策[J]. 灾害学, 2000, 15(2): 38—42.
- [12] 都吉夔, 李远志. 城市防震减灾及其对策[J]. 灾害学, 2001, 16(4): 50—52.
- [13] 吴效军. 城市地质安全战略与城市地质灾害防治规划[J]. 规划师论坛, 2002, 18(1): 14—16.
- [14] 杜兴信, 李博. 陕西关中地区城市灾害评价[J]. 灾害学, 1994, 9(3): 46—52.
- [15] 张显东, 沈荣芳. 澳大利亚城南灾害应急反应规划研究[J]. 灾害学, 1996, 11(1): 68—72.
- [16] 苏维词. 贵州主要城市的岩溶塌陷灾害及其防治[J]. 水文地质工程地质, 1998(3): 40—42.
- [17] 曾荣青. 澳门气候及主要气象灾害[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 2001(2): 100—104.