

「建筑防灾系列丛书」

城市地质灾害与土地工程利用

CHENGSHI DIZHI ZAIHAI YU TUDI GONGCHENG LIYONG

李显忠 主编

中国建筑工业出版社

建筑防灾系列丛书

城市地质灾害与土地工程利用

李显忠 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

城市地质灾害与土地工程利用/李显忠主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2016. 9
(建筑防灾系列丛书)
ISBN 978-7-112-19677-7

I. ①城… II. ①李… III. ①城市-地质灾害-研究
②城市土地-土地管理-研究 IV. ①P694②F293. 22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 194948 号

责任编辑: 张幼平
责任设计: 李志立
责任校对: 李美娜 张颖

建筑防灾系列丛书
城市地质灾害与土地工程利用
李显忠 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)
各地新华书店、建筑书店经销
北京佳捷真科技发展有限公司制版
北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 15 $\frac{3}{4}$ 字数: 312 千字
2017 年 7 月第一版 2017 年 7 月第一次印刷
定价: 38.00 元
ISBN 978-7-112-19677-7

(29141)

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)





李显忠，山东蓬莱人，1965年5月出生，中国建筑科学研究院研究员，博士生导师，青岛海洋大学博士，清华大学博士后，享受国务院特殊津贴专家，我国知名岩土工程专家，九三学社中央经济委员会委员，现任中国建筑技术集团副总工程师兼岩土工程勘察院院长。2004年被国家人事部确认为中国首批“新世纪百千万人才工程”国家级人选。曾任建设部综合勘察研究设计院环境工程技术所副所长、建设部建设环境工程技术中心执行主任兼总工程师。历任中国建筑学会工程勘察学术委员会委员、《软土地区岩土工程勘察规范》主编、《城市地下空间工程技术标准规范》主编。获国家科技进步二等奖1项、建设部科技进步一、二、三等奖及其他省级科技进步奖共11项。发表论文20余篇，出版合著专著7部。具有国家注册土木工程师（岩土）、国家一级注册建造师资格。

建筑防灾系列丛书
Series of Building Disaster Prevention
指导委员会
Steering Committee

- 主任：曾宪新 住房和城乡建设部工程质量安全监管司 副司长
王清勤 住房和城乡建设部防灾研究中心 主任 教授级高工
- 副主任：张 鹏 住房和城乡建设部工程质量安全监管司抗震处 处长
赵基达 中国建筑科学研究院 总工程师 研究员
贾 抒 住房和城乡建设部工程质量安全监管司技术处 处长
- 委员：李引擎 住房和城乡建设部防灾研究中心 副主任 研究员
王翠坤 住房和城乡建设部防灾研究中心 副主任 研究员
黄世敏 住房和城乡建设部防灾研究中心 副主任 研究员
高文生 住房和城乡建设部防灾研究中心 副主任 研究员
金新阳 住房和城乡建设部防灾研究中心专家委员会 副主任 研究员
宫剑飞 住房和城乡建设部防灾研究中心专家委员会 副主任 研究员
程志军 中国建筑科学研究院标准处 处长 研究员
尹 波 中国建筑科学研究院科技处 处长 研究员
张靖岩 中国建筑科学研究院科技处 副处长 研究员
王晓锋 中国建筑科学研究院标准处 副处长 研究员

《城市地质灾害与土地工程利用》

主 编：李显忠
副主编：姚爱军

城市是人类生活最集中、土地利用最密集的地区，也是土地开发对环境干扰和环境对人类工程活动反馈最强烈的地区之一。城市地质环境对城市建设与发展的影响通常表现在两个基本方面：一是提供资源，如土地资源、环境资源和各种矿产资源等，作为一种有利的物质因素，是构成城市建设与发展的重要基础；二是形成制约，各种低质量的地质环境与由于人类活动而引起的各种灾害作为一种不利因素，构成对城市建设与发展的重要制约。

土地利用中对灾害环境缺乏控制，致使低质量环境和环境变异对城市产生破坏与影响，这是一种被动制约。由灾害造成的制约具有随机性，是一种动态过程。这种动态过程或是一次性灾害，或具有重发性和周期性，为了求得城市发展与环境的统一，改善和提高环境质量，在深入研究灾害机理与特征后，对环境变异进行监测和防治，减缓灾害程度，并将控制措施落实到城市规划中，这是一种主动制约。

本书研究成果一方面可直接应用于城市规划、建设及城市地质灾害的治理和防治，节约可能由于规划对土地利用不当所带来的巨额附加投资，减少大量潜在地质灾害的损失；另一方面，研究成果将通过法律的方式在城市规划、建设中得到应用。这有利于最大限度控制城市环境恶化和灾害的发生，保护城市地质环境与城市生态环境，获得显著的环境效益和社会效益。

我国有城市千余座，其中有许多城市具有较严重的地质灾害，通过建立地质灾害防治系统，对土地工程利用进行科学控制，将大大降低地质灾害带来的生命和财产损失，因此本书的出版有着重要的社会意义。



院士、教授

序 二

随着我国经济的高速发展，城市化进程加快，社会各系统相互依赖程度不断提高，灾害风险以及造成的损失也越来越大，并日益深刻地影响着国家和地区的发展。

我国是世界上自然灾害最为严重的国家之一。灾害种类多，分布地域广，发生频率高，造成损失重，总体灾害形势复杂严峻。2016年，我国自然灾害以洪涝、台风、风雹和地质灾害为主，旱灾、地震、低温冷冻、雪灾和森林火灾等灾害也均有不同程度发生。各类自然灾害共造成全国近1.9亿人次受灾，1432人因灾死亡，274人失踪，1608人因灾住院治疗，910.1万人次紧急转移安置，353.8万人次需紧急生活救助；52.1万间房屋倒塌，334万间不同程度损坏；农作物受灾面积2622万公顷，其中绝收290万公顷；直接经济损失5032.9亿元（摘自民政部国家减灾办发布2016年全国自然灾害基本情况）。

我国每年受自然灾害影响的群众多达几亿人次，紧急转移安置和需救助人口数量庞大，从一定意义上说，同自然灾害抗争是我国人类生存发展的永恒课题。正是在这样一种背景之下，人们意识到防灾减灾工作的重要性，国家逐步推进防灾减灾救灾体制机制改革，把防灾减灾救灾作为保障和改善民生、实现经济社会可持续发展的重要举措。

国务院办公厅于2016年12月29日颁布了国家综合防灾减灾规划（2016—2020年），将防灾减灾救灾工作纳入各级国民经济和社会发展规划。规划要求进一步健全防灾减灾救灾体制机制，提升防灾减灾科技和教育水平。中共中央、国务院印发的《关于推进防灾减灾救灾体制机制改革的意见》，对防灾减灾救灾体制机制改革作了全面部署，《意见》明确了防灾减灾救灾体制机制改革的总体要求，提出了健全统筹协调体制、健全属地管理体制、完善社会力量和市场参与机制、全面提升综合减灾能力等改革举措，对推动防灾减灾救灾工作具有里程碑意义。

顺应社会发展需求和国家政策走向，《建筑防灾系列丛书》寻求专业领域的敞开，实现跨领域的成果和科技交流。丛书包括《地震破坏与建筑设计》、《由浅入深认识火灾》、《漫谈建筑与风雪灾》、《城市地质灾害与土地工程利用》。这些分册的内容都紧

扣建筑防灾主题，以介绍防灾减灾科技知识为主，结合与日常应用相关的先进实用技术，以深入浅出的文字和图文并茂的形式，全面解析了当前建筑防灾工作的重点、热点，有利于相关行业的互动参与。

归根到底，《建筑防灾系列丛书》的目的就是要通过技术成果展示的方式，唤起社会各界对防灾减灾工作的高度关注，增强全社会防灾减灾意识，提高各级综合减灾能力，努力实现“从注重灾后救助向注重灾前预防转变，从应对单一灾种向综合减灾转变，从减少灾害损失向减轻灾害风险转变”（引自习近平总书记在唐山抗震救灾和新唐山建设40年之际讲话）。

“十三五”时期是我国全面建成小康社会的决胜阶段，也是全面提升防灾减灾救灾能力的关键时期。中国防灾减灾事业是一个涉及国计民生的整体问题，需要社会每一个人的参与，共同建设，共同享有。面临诸多新形势、新任务与新挑战，让我们携手并肩，继续努力，为实现全面建设小康社会，促进和谐社会发展做出更大的贡献！

前 言

本书针对我国地质灾害面广又复杂等特点，建立了一套通用性和实用性很强的城市地质灾害防御系统，完成了城市地质灾害信息系统、城市地质灾害风险评价与预测系统、城市地质灾害的技术经济分析方法、城市地质灾害区划图与工程防治图系的编制、城市地质灾害防治规划系统及土地工程利用控制等方面的研究，形成了一整套城市地质灾害防御规划决策研究的系统方法。成果通过对土地利用的科学控制规划，避免和减少了由于对地质灾害认识不足而造成的巨大损失，保证城市建设土地开发利用与地学环境取得最大程度的协调一致，节省大量的建设投资。

本书由中国建筑科学研究院李显忠教授主编，副主编为北京工业大学姚爱军教授。本书出版受“十二五”国家科技支撑计划课题“城镇重要功能节点和脆弱区灾害承载力评估与处置技术”(2015BAK14B02)资助，同时得到了科技部、住房和城乡建设部以及中国建筑科学研究院与住房和城乡建设部防灾研究中心相关领导的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。武强院士为本书作序，在此表示深深感谢。

由于编者水平有限，书中难免有欠妥之处，敬请读者批评指正。

目 录

第一篇 城市地质灾害预测与评估

第 1 章 城市地质灾害的基本特征	3
1.1 灾害分布与影响的广泛性	3
1.2 灾害的突发性和缓变性并重	4
1.3 灾害的连锁性和残酷性	4
1.4 城市灾害是具有浓郁人为因素的天灾	4
第 2 章 城市地质灾害与城市发展的关系	7
2.1 城市地质灾害是城市环境问题之一	7
2.2 城市发展与工程建设诱发地质灾害	7
2.3 环境整治、土地利用控制是城市防灾的核心	8
第 3 章 城市地质灾害现状分析	9
3.1 我国地质灾害分布规律与类型	9
3.2 城市地质环境与土地能力 (以南京为例)	48
第 4 章 城市地质灾害预测方法分析	51
4.1 概述	51
4.2 城市地质灾害预测评价模型	57
4.3 地质灾害危险地区的预测	86
第 5 章 城市地质灾害评估方法分析	91
5.1 地质灾害区划	91
5.2 地质灾害经济损失评估	94
5.3 城市地质灾害的综合评估	104
5.4 地质灾害评估指标系统	105
5.5 地质灾害综合评估与程序	105

第二篇 城市地质灾害技术经济分析方法

第 6 章 城市地质灾害技术经济分析线路设计	109
6.1 问题的提出	109
6.2 国内外研究概况	110
6.3 技术路线设计	111
第 7 章 城市地质灾害技术经济分析的基本问题	113
7.1 地质环境主题及其特征	113

7.2	诱发灾害的地质环境主题是技术经济分析的前提	114
7.3	城市土地利用类型与定量分析	115
7.4	地质灾害技术经济分析与城市规划	125
第8章	城市地质灾害易损性评价	127
8.1	易损性评价	127
8.2	地震地质灾害易损性分析	128
8.3	采空区塌陷易损性分析	130
8.4	岩溶塌陷易损性分析	131
8.5	洪涝灾害易损性分析	133
8.6	地震灾害易损性分析图及其分区	134
第9章	城市地质灾害的损失评价	135
9.1	损失评价的一般概念	135
9.2	城市地质灾害的损害率分析	135
9.3	城市地质灾害损失评价模型	137
第10章	城市地质灾害期望损失费用分区及图件编制	143
10.1	城市地质灾害期望损失费用分区方法	143
10.2	城市地质灾害期望损失费用图编制	145
第11章	唐山市地质灾害技术经济分析实例	153
11.1	唐山市地质灾害易损性分析	153
11.2	唐山市地质灾害损失评价	160
11.3	唐山市地质灾害期望损失费用分区与制图	162
 第三篇 城市地质灾害防治规划与土地工程利用控制		
第12章	城市地质灾害防治与减灾规划	167
12.1	城市地质灾害防治与减灾规划原则	167
12.2	城市地质灾害防治对策	169
12.3	城市防灾系统规划	189
12.4	城市地质灾害防治效益评估	197
第13章	城市土地利用规划方案优化方法研究	205
13.1	地质环境对城市规划的制约特征	205
13.2	城市规划中土地工程利用控制技术与规划方案优化	205
13.3	唐山市土地工程利用控制与规划优化	208
附录	城市土地工程利用控制法规研究	209
1.	唐山市土地工程利用控制条例	209
2.	唐山市土地工程利用控制技术标准	215
3.	南京市土地工程利用控制条例	223
4.	南京市土地工程利用控制技术标准	230

第一篇 城市地质灾害 预测与评估

第 1 章 城市地质灾害的基本特征

城市地质灾害是指由自然原因、人类原因或二者兼有的原因给人们造成的灾祸，是天灾和人祸的混合体。城市地质灾害与城市这个特殊地域在社会经济发展中的地位 and 作用是分不开的。

由于城市的五集中（人口、建筑物、生产、财富、灾害交叉等），在城市发生的地质灾害具有损失重、影响大、灾害连发性（灾害链）强，且有与城市发展同步增长的特点。根据在城市空间中灾害的随机破坏、灾害的时空特点、各种工程活动对灾害的影响以及城市灾害对策分析，城市地质灾害具有地质灾害的一般性质，又有城市的特殊性。

1.1 灾害分布与影响的广泛性

每个城市由于地理位置、地质条件不同以及城市发展层次的不同，各自分布着不同类型、不同风险水平的地质灾害。我国沿海地区是全国受灾最严重的地区，从辽宁丹东到广东广州基本上可以连接成带。随地区不同，带的宽度各异。几个三角洲是易灾区，大城市受灾带也较宽广。地面沉降灾害、软土不良地基等地质环境主题在沿海城市成为公害。例如，《长江三角洲地区地下水资源与地质灾害调查评价》报告（南京地质矿产研究所，2005）显示，因为长期超采地下水，上海市区最大累计沉降量达 2.63m，经济损失 2900 亿元；江苏省的苏、锡、常（苏州、无锡、常州）地区最大累计沉降量达 1.08m，经济损失 469 亿元；浙江省的杭、嘉、湖（杭州、嘉兴、湖州）最大累计沉降量达 0.82m，经济损失 85 亿元；三地累计经济损失 3454 亿元等。天津市也形成了市区、塘沽、汉沽三个沉降中心，累计沉降量最大为 3.916m，最大速率为 80mm/a，等等。

由于城市是人类对地质环境干扰破坏最严重的地区，人口和财富相对集中，任何类型的地质灾害，无论其大小，一旦发生，都会深刻影响社会的安定。

城市潜在渐生灾害也广泛分布，如美国每年由膨胀土造成的灾害损失达 40 亿美元，我国广西的膨胀土，已造成数十万平方米的房屋建筑破坏或不能正常使用，这是潜在的渐生灾害。从预测和整治角度讲，潜在渐生灾害较易掌握，对其予以重视并积极防治，可以带来很大的社会效益和环

境效益。

1.2 灾害的突发性和缓变性并重

城市地质灾害种类较多,一部分具有突发性,而另一部分具有缓变性。如地震、火山喷发、崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等属于突发性地质灾害,其发生的时间、空间、规模难以预测和预报,产生的灾害严重;而地面沉降、地面开裂(地裂缝)、黄土湿陷、膨胀土胀缩、冻土冻融、沙土液化、淤泥触变、水土流失、土地沙漠化、盐碱化、沼泽化等属于缓变性地质灾害,其发生过程缓慢,灾害影响长期存在,不可忽视。

1.3 灾害的连锁性和残酷性

1976年唐山7.8级地震顷刻间使80%的生产用房、9.4%的生活用房遭到破坏,全市供水、供电、通信、交通等生命线系统全部瘫痪,伤亡24.2万人,直接经济损失达100亿元以上,间接损失难以估量。

城市灾害中一种灾情的出现,常常表现为多种灾因的复杂叠加;一些平常的灾变,又常会在城市中酿成大灾。一个高等级、高强度的地质灾害发生后,常常诱发一连串的次生灾害,这种现象即灾害连发性,又叫“灾害链”。如1960年5月20日智利发生的7.7级、7.8级、8.5级三次大地震→瑞尼赫湖区发生三次大滑坡(300万 m^3 、600万 m^3 、3000万 m^3),滑坡、泥石流填入瑞尼赫湖→湖水位上涨24m,造成外溢→淹没了湖东瓦尔的维亚城,全城水深2m,使100万人无家可归。这个致灾过程中,地震—滑坡—洪水构成一个“灾害链”。

1.4 城市灾害是具有浓郁人为因素的天灾

在众多的自然灾害类型中,除地震、火山、台风等灾害的发生是由地球内外动力异常引起的外,其他各类灾害的发生都同人类活动有直接或间接的关系,而地震、火山、台风等自然灾害造成的损失大小也常同人类活动有关。人类活动导致的环境恶化一方面使地球自身抗异常活动能力下降,另一方面许多人类破坏环境的过程就是自然灾害形成过程。

1.4.1 土壤侵蚀

土壤侵蚀是一种分布广泛的现象,但由于人口膨胀和人类对土地资源的掠夺性利用,如滥垦、滥伐、滥牧、滥采等已使它成了危及人类生存的重要自然灾害。就我国来看,水土流失面积达 $150 \times 10^4 km^2$,占国土总面积的15.6%,每年流失土壤50多亿吨(入海泥沙量约 $20 \times 10^8 km^3$),占

世界总侵蚀量的1/12；黄土高原的水土流失举世瞩目，流失面积达 $43 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，土壤侵蚀量达 $23 \times 10^8 \text{ t}$ 左右。近30年来，人为垦荒活动尤其坡地开垦使地表径流增大，诱发和加剧沟谷侵蚀的发展。长江上游土壤流失仅次于黄土高原，其侵蚀面积达 $35.2 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，占上游土地面积的35%，并以每年1.25%的速率递增。长江流域水量充沛，多暴雨，森林砍伐和坡地开垦更急剧增加了径流冲刷量和土壤侵蚀量（相同条件下，裸地径流时间比林地提前2/3，径流冲刷增大3.6倍，土壤侵蚀量大幅增加）。土壤侵蚀造成严重的恶果。在侵蚀区，造成土壤变薄（山地则可能导致田地冲光，无地可耕，如贵州省赫章县从1957~1981年，土地石化面积从31.14万亩猛增达43.45万亩，平均年增五千多亩），肥力降低，含水量减少，热量状况变劣，土地生产力下降甚至丧失，导致整个生态系统失调；沟谷侵蚀的发展往往导致崩塌、滑坡和泥石流灾害。由于土层保蓄水能力降低，早期加剧灾情，暴雨易于形成山洪。可以说，侵蚀加重贫困，贫困加剧侵蚀，万年沃土毁于一旦。为了粮食，为了生存，“拯救土壤，就是拯救人类”。在远离侵蚀区的下游，泥沙淤积，河床抬高，水库淤塞，河道过洪能力降低，引起频繁的洪涝灾害，更不用说要花费巨金于水库清淤、河道和海港的疏浚。显然，土壤侵蚀如果不及时地防治，而且人为侵蚀率有增无减，最终必然导致难以逆转的大灾难。

1.4.2 土地沙漠化

沙漠化通常发生在具有沙质的土地上，往往是从土壤承受了人类赋予的过度压力而变干开始，如过度放牧、过度柴樵以致原有植物衰减，土壤有机质减少和水分保蓄能力下降，土地失去植物生产能力，在干旱多风的条件下，逐渐沙化并出现以风沙活动为主的地表形态，从而加剧土壤退化过程，导致可利用土壤丧失，脆弱的生态环境遭到进一步破坏。沙漠化对全球带来严重的威胁。我国是受其危害严重的国家之一，北方沙漠化、戈壁和沙漠化土地面积为 $149 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，其中沙漠化为 $33.4 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。土地沙漠化同人类活动密切相关，我国沙漠化土地中，有31.9%是在近百年来发生和发展的，从20世纪50年代到70年代，沙漠化土地以每年 1560 km^2 的速度在扩展。

1.4.3 城市化与土地开发

城市范围的高、大、深、重建筑物随着都市化进程的加速而日趋增加。市政工程、城市地下空间利用、城市生命线工程、傍河城市上游地区的水利枢纽工程、城市边际土地的开发等造成生态平衡的变异，说明人类对环境的干扰，无论是从方式上还是从剧烈程度上都空前浩大。当城市环境能力不能承受过度的土地开发时，就会诱发各种次生灾害。

