

国土资源大调查项目经费资助

# 城市建设用 地质环境评价与区划

CHENGSHI JIANSHE YONGDI  
DIZHI HUANJING  
PINGJIA YU QUHUA

梁和成 周爱国 唐朝晖 等 编著  
柴波 甘义群 周建伟



中国地质大学出版社  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

国土资源大调查项目经费资助

# 城市建设用地 地质环境评价与区划

CHENGSHI JIANSHE YONGDI  
DIZHI HUANJING PINGJIA YU QUHUA

梁和成 周爱国 唐朝晖 等 编著  
柴 波 甘义群 周建伟



中国地质大学出版社  
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

## 内 容 简 介

本书较为系统、全面地阐述了城市建设用地地质环境评价与区划的涵义、基本原理、评价与区划方法和技术手段,并结合大量的研究实例对城市建设用地地质环境安全、城市不同功能建设用地地质环境适宜性、城市建设用地地质环境风险和城市建设用地的不同功能区优化布局等评价的理论与方法进行了全面深入的论述,并对城市建设用地地质环境区划进行了探讨。这些内容都是近年来城市地质环境评价领域的最新研究成果,其观点新颖,内容充实,实例丰富,方法先进,具有较强的理论意义和实际应用价值。

本书可供从事城市环境地质研究和参与该领域实际工作的技术人员和高等院校师生参考,亦可作为高等院校相关专业本科生、研究生的参考教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

城市建设用地地质环境评价与区划/梁和成,周爱国等编著. —武汉:中国地质大学出版社, 2010. 10

ISBN 978-7-5625-2543-1

I. ①城…

II. ①梁…②周…

III. ①城市-地质环境-评价②城市-地质环境-区划

IV. ①X141

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 183295 号

|                                 |             |                                                     |
|---------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------|
| 城市建设用地地质环境评价与区划                 |             | 梁和成 周爱国 唐朝晖 等 编著<br>柴 波 甘义群 周建伟                     |
| 责任编辑:刘桂涛 李 晶                    |             | 责任校对:戴 莹                                            |
| 出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号) |             | 邮政编码:430074                                         |
| 电 话:(027)67883511               | 传真:67883580 | E-mail: cbb @ cug. edu. cn                          |
| 经 销:全国新华书店                      |             | <a href="http://www.cugp.cn">http://www.cugp.cn</a> |
| 开本:787 毫米×1092 毫米 1/16          |             | 字数:368 千字 印张:14.375                                 |
| 版次:2010 年 10 月第 1 版             |             | 印次:2010 年 10 月第 1 次印刷                               |
| 印刷:武汉市教文印刷厂                     |             | 印数:1—1 000 册                                        |
| ISBN 978-7-5625-2543-1          |             | 定价:84.00 元                                          |

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

# 《城市建设用地地质环境评价与区划》

## 编写人员名单

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 梁和成 | 周爱国 | 唐朝晖 | 蔡鹤生 |
| 柴波  | 甘义群 | 周建伟 | 张庆军 |
| 吴尚  | 许芳  | 龙翔  | 赵启明 |
| 王翠玲 | 郑国明 | 涂婧  | 苗晋杰 |

# 前言

城市化的迅猛发展使得城市地质环境受到人类活动改造的强度日益剧增,进而造成城市地质环境的变化或者由此诱发了城市地质环境灾变。这种不可预见的城市地质环境变化对城市的影响非常广泛和深刻,尤其是由于城市高强度的开发与建设活动提速或扰动了城市某些地质过程,导致前所未有的复杂效应。因此,城市地质环境问题的研究已经成为前缘和热点,越来越受到人类的重视。由此,衍生了新兴的学科——城市环境地质学。

城市建设用地地质环境评价与区划是城市环境地质学的重要组成部分,是环境地质学的一个重要分支学科。它以地球系统科学为指导,围绕一定的目标,在城市地质环境调查的基础上,从资源-环境-经济协调发展的角度出发,全面研究城市地质环境与城市中人类活动之间的相互影响和反馈作用;以定性与定量相结合、定性分析作为约束定量分析的框架为基本原则,对城市地质环境进行深入、系统的分析,并对城市地质环境安全度、质量的优劣和风险的大小进行定性与定量描述,编制出评价图系,具有综合性、系统性、复杂性等特点。所有的城市地质环境成果必须经过城市地质环境评价与区划这一环节,将专业性的调查成果转变为通俗易懂、实用性强的评价成果,才能供社会所用。因此,在以资源保障为主的城市发展向更贴近新的城市社会生活、满足城市社会发展多种需要的方向转变之时,城市建设用地地质环境评价与区划对如何科学合理地从城市地质环境背景中更好地找到自身发展的基础和空间,乃至城市可持续发展至关重要。

笔者近年来完成了十余项城市地质环境评价方法研究项目,在城市地质环境评价与区划方面进行了一些理论和方法的探索,并在实践中得到了广泛应用,取得了一些研究进展和成果。为加强交流与应用,拟对上述成果归纳与总结。故从2008年起开始着手撰写本书,力求依据先进科学理论,用浅显的语言、实用的技术、丰富的实例来诠释城市地质环境评价与区划工作的理论与技术。

本书在《地质环境评价理论与实践》(周爱国、蔡鹤生,1998)与《地质环境评价》(周爱国等,2008)的基础上,进一步阐述了城市建设用地地质环境评价的相关概念、基本原理、评价方法和技术手段,结合实例对城市建设用地地质环境安全

性、不同功能建设用地的地质环境适宜性、城市建设用地地质环境风险及城市不同功能建设用地的优化等相关内容进行了较全面的综合论述、归纳和提炼,并对城市地质环境区划工作进行了阐述。期望本书能对本学科的相关研究人员及实际工作者提供一些帮助和借鉴。

本书第一、二章由周爱国、蔡鹤生、梁和成编写;第三章由柴波、梁和成、许芳、苗晋杰编写;第四章由梁和成、甘义群、张庆军、吴尚编写;第五章由梁和成、龙翔编写;第六章由唐朝晖、梁和成、吴尚编写;第七章由梁和成、周建伟编写。全书由梁和成统稿,周爱国、蔡鹤生校订,赵启明、涂婧、郑国明、王翠玲等参加了资料收集、文字整理、文稿校对和图件清绘等工作。

本书中的大部分成果所依托的研究项目主要来源于国土资源部。在此,衷心感谢国土资源部地质环境司、科技司和中国地质调查局水文地质环境地质部的相关领导和专家,他们在项目研究和书稿撰写过程中给予了相当多的指导和帮助。感谢中国地质科学院水文地质环境地质研究所、南京地质矿产研究所和中国地质环境监测院的有关专家,他们在研究过程中提出的很多有创意的思想和意见对我们帮助很大。

在项目研究的过程中,还得到了中国地质大学(武汉)王焰新、徐恒力、靳孟贵、梁杏、陈植华、祁士华等教授的热心帮助和指导,在此一并表示感谢!

另外,还要感谢为本书的实例提供了素材和地质环境背景资料的众多单位和同仁们。在本书的编写过程中,所有引用的文献都已尽量注明,但在多次学术交流中,许多学者和同行们在口头上或以邮件方式向笔者提出了许多宝贵建议,或提供了一些尚未发表的资料和成果,使笔者得到许多启发,这里无法一一注明,特此致歉,并表示衷心感谢。

由于城市地质环境评价在社会经济发展过程中的应用越来越多,其基本理论与技术近年来发展也非常迅速,它所涉及的内容又相当广泛,而笔者的水平和实践经验有限,书中肯定有不妥和错误之处,敬请广大读者批评、指正,以促进城市地质环境评价与区划这一分支学科更好更快地发展,使其应用水平更上一层楼,更好地为城市化健康发展做出贡献。

作 者

2010年7月于中国地质大学(武汉)

# 目 录

|                       |      |
|-----------------------|------|
| 第一章 城市地质环境与城市建设       | (1)  |
| 第一节 地质环境与城市建设的相互作用机制  | (1)  |
| 一、地质环境对城市建设的制约作用      | (2)  |
| 二、地质环境对城市建设的促进作用      | (4)  |
| 三、城市建设对地质环境的改造作用      | (6)  |
| 四、城市规划与地质环境保护         | (8)  |
| 第二节 城市建设用地地质环境评价与区划概述 | (9)  |
| 一、城市建设用地地质环境评价        | (9)  |
| 二、城市建设用地功能区划          | (12) |
| 第二章 城市建设用地地质环境评价理论与方法 | (15) |
| 第一节 城市建设用地地质环境评价理论    | (15) |
| 一、评价的基本原则             | (15) |
| 二、评价的基本原理             | (16) |
| 三、评价的主要内容及分类          | (19) |
| 四、评价的基本思路             | (22) |
| 第二节 城市建设用地地质环境评价方法    | (25) |
| 一、评价流程                | (25) |
| 二、评价单元划分              | (26) |
| 三、城市建设用地地质环境评价指标体系    | (26) |
| 四、评价指标数据提取            | (28) |
| 五、定权方法                | (30) |
| 六、评价模型                | (42) |
| 七、评价分区                | (64) |

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| 第三章 城市建设用地地质环境安全评价与区划 .....  | (65)  |
| 第一节 城市建设用地地质环境安全性评价的内涵 ..... | (66)  |
| 一、城市地质环境安全问题属性 .....         | (66)  |
| 二、城市地质环境安全问题分类 .....         | (67)  |
| 三、城市建设用地地质环境安全性评价内容 .....    | (69)  |
| 第二节 城市地质环境安全性评价方法 .....      | (71)  |
| 一、城市地质环境安全性评价原则 .....        | (71)  |
| 二、城市地质环境安全性评价思路 .....        | (72)  |
| 三、城市地质环境安全评价方法 .....         | (72)  |
| 四、城市地质环境安全区划 .....           | (98)  |
| 第三节 城市地质环境安全评价应用实例 .....     | (100) |
| 一、福州城市地壳安全评价 .....           | (100) |
| 二、福州城市地面稳定安全评价 .....         | (103) |
| 三、城市土壤安全评价 .....             | (105) |
| 四、城市地质环境安全综合评价 .....         | (113) |
| 第四章 城市建设用地地质环境适宜性评价与区划 ..... | (115) |
| 第一节 城市建设用地的功能分类 .....        | (115) |
| 一、一级功能用地类型划分 .....           | (117) |
| 二、二级功能用地类型划分 .....           | (121) |
| 第二节 城市建设用地地质环境适宜性评价 .....    | (123) |
| 一、建设用地适宜性评价思路与程序 .....       | (124) |
| 二、建设用地适宜性评价指标体系 .....        | (126) |
| 三、建设用地地质环境适宜性评价模型 .....      | (152) |
| 第三节 城市不同功能用地区划 .....         | (156) |
| 一、城市功能区划 .....               | (157) |
| 二、基于地质环境考虑的城市功能区划 .....      | (157) |
| 第四节 城市建设用地适宜性评价应用实例 .....    | (158) |
| 一、福州市建设用地功能分类 .....          | (158) |
| 二、不同功能用地地质环境评价指标体系 .....     | (160) |
| 三、评价指标定权 .....               | (161) |



|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| 四、评价单元划分 .....                     | (164) |
| 五、一级功能用地地质环境适宜性评价结果 .....          | (164) |
| <b>第五章 城市建设用地地质环境风险评价与区划</b> ..... | (167) |
| 第一节 城市建设用地地质环境风险评价的含义 .....        | (167) |
| 第二节 城市建设用地地质环境风险评价方法 .....         | (168) |
| 一、地质环境自然差异风险评价方法 .....             | (169) |
| 二、不同功能用地易损风险评价方法 .....             | (173) |
| 第三节 城市地质环境风险评价应用实例 .....           | (175) |
| 一、福州市地质环境差异经济损益风险评价与区划 .....       | (175) |
| 二、福州市不同功能用地经济易损风险评价与区划 .....       | (180) |
| <b>第六章 城市建设用地规划地质环境评估</b> .....    | (187) |
| 一、城市规划地质环境评估 .....                 | (187) |
| 二、规划地质环境评估区划 .....                 | (188) |
| 三、应用实例 .....                       | (189) |
| <b>第七章 城市不同功能建设用地优化评价</b> .....    | (193) |
| 第一节 城市不同功能建设用地优化的含义 .....          | (193) |
| 一、不同功能建设用地优化布局 .....               | (193) |
| 二、不同功能建设用地优化评价思路 .....             | (194) |
| 第二节 城市不同功能建设用地优化方法 .....           | (194) |
| 一、评价要素及因子分析 .....                  | (194) |
| 二、基于可能度的模糊层次分析法 .....              | (197) |
| 第三节 城市不同功能用地优化应用实例 .....           | (199) |
| 一、福州市居住与公共设施用地优化利用评价 .....         | (199) |
| 二、城市居住与公共设施建设用地规划管理建议 .....        | (203) |
| 三、福州市工业及仓储用地优化利用评价 .....           | (204) |
| 四、福州市不同功能用地功能优化 .....              | (208) |
| 五、福州市不同功能用地优化布局建议 .....            | (210) |
| <b>主要参考文献</b> .....                | (213) |

## 第一章

# 城市地质环境与城市建设

城市地质环境是人类赖以生存的物质基础,对城市建设和发展具有决定性的影响。城市地质环境与城市建设是相互依存、相互约束、相互改造、相互促进的过程。一方面,地质环境的优劣直接关系到城市的建设;另一方面,城市建设作为主要的外部营力改造城市地质环境,打破地质环境原有的平衡,使城市地质环境发生潜移默化的变化,变化的结果反过来又影响城市建设。故城市建设与地质环境之间存在着极为复杂的相互作用过程。具体表现在:城市受地质环境中的宏观地质背景、地质资源、地质灾害和环境地质问题等因素制约,同时地质资源的分布等因素会促进城市建设;如果在城市化进程中不能依据城市地质环境来合理规划和建设城市,将会带来严重的城市环境地质问题,严重制约城市的可持续发展,反之,如果依据城市地质环境合理地规划和建设城市,就能促进城市的和谐发展。

随着我国现代经济的快速发展,急剧增长的城市化已经对社会经济发展产生了深刻影响。中国目前已经进入城镇化快速增长时期,城镇化水平从 2005 年 42.99% 提高到 2009 年的 46.59%,年均增加 0.9 个百分点。预计到 2020 年,将有 50% 的人口居住在城市,2050 年则有 75% 的人口居住在城市(《中国城市发展报告(2009)卷》)。报告显示,到 2009 年,我国的城镇人口按统计口径算,已经达到了 6.22 亿人,城镇化率提高到 46.59%。随着我国现代经济的快速发展,急剧增长的城市化已经对社会经济发展产生了深刻影响。一方面,城市作为国家经济的基本载体,城市化已经成为促进社会和经济发展的主要动力之一;另一方面,城市依附于一定的地质环境和资源条件,城市化对城市地质环境的需求也越来越高。随着城市化进程的快速推进,城市发展、建设中引发了大量的地质环境问题。城市地质环境问题具有复杂性、连锁性、群发性和系统性的特点,单一的地质环境质量评价已经不能全面地指导城市规划建设,故迫切需要深入分析地质环境和城市建设的相互影响机制,进而开展城市建设用地地质环境评价区划的研究,为解决地质环境与城市规划建设之间的矛盾,更好地为城市规划建设提供地质学依据。

### 第一节 地质环境与城市建设的相互作用机制

随着人类社会的进步和科学技术的飞速发展,城镇化进程越来越快。城市人口迅速增加,城市规模不断扩大,城市的建设既有平面的扩张又有立体的开发。人类活动已成为强大的地

质营力,强烈参与与自然地质作用之中,打破了地质环境的原有平衡,使城市地质环境所受的影响和压力与日俱增。就建设用地而言,建筑于一定地质体上的各类城市建筑物,其巨大的负荷必将产生巨大的静压力,从而打破原有的力学平衡,使周围地质环境发生潜移默化的变化,变化的结果反过来又影响建筑物的安全稳定,形成建筑物与环境之间极为复杂的相互作用过程。城市建设与地质环境相互作用机制的研究极为必要。

## 一、地质环境对城市建设的制约作用

任何城市都建立在一定的地质环境之上,人们为了生存及求取最大效益,在许多方面都是充分利用地质环境进行建设。因此,城市地质环境对城市功能区规划、选址和布局具有决定性和战略性制约影响。如城市原始的地形地貌、气候及地理交通位置对城市发展具有重要影响,地形地貌既影响城市基建工程量及其投资,又对城市空间及其形体规划产生制约;原生地质环境问题与地球内动力及区域地质特征等有关,包括区域地壳不稳定性、活动性断裂、工程地质性质不良地层、岩土体结构特性及物理化学特性,以及与内动力有关的山体崩塌、滑坡等。这些因素直接影响工程规划、选址、设计、施工和运行中的工程决策。

地质环境对人类活动的反馈包括正反馈和负反馈。负反馈主要表现在次生地质环境问题上,它是由人类不合理的工程经济活动造成的,它们通过对岩土体应力状态、渗流压力、岩土体物理、化学及生物学特性等的改变而形成不同于原生环境的次生地质环境,并由此引起一系列地质环境问题。例如抽汲地下水、岩土体开挖、地面处理、工程荷载、地表水体调节、工业“三废”排放等所造成的以及全球气候引起的地质环境问题。

当前,在研究城市发展与地质环境关系中,特别需要重视对地质环境的保护,避免使许多地区的地质环境恶化,不但加剧了各种地质灾害的发生,而且形成了众多的主要由人为因素所导致的环境地质问题。因此,在城市开发和城市可持续发展方面,保护好地质环境是人类在经济发展中面临的重要任务,这是一个贯穿于整个人类和城市发展进程中的长期工作。

### 1. 地质资源条件限制

城市土地资源:城市用地扩展是城市发展中最显著的地质作用之一,表土层厚度、肥力、结构、工程地质特性对土地使用类型具有不同的制约作用。随着城市建设的发展,建设用地越来越紧张,国内外许多大城市都在向地下空间发展,如建设隧道、地铁、地下商场、地下停车场、地下污水处理厂和其他地下设施等。地下建筑物的安全直接受制于地下洞室周围岩、土体的稳定性,影响主要体现在地下洞室的位置、方向选择,洞室支、衬结构设计以及施工条件和施工方法选择等,围岩地质构造的复杂程度和地下水的活动情况也在很大程度上影响地下工程难度及工程造价和工程质量等。此外,在城市废物处置及城市建筑材料的供应方面也应充分考虑地质环境条件。

地下水资源:地下水资源是城市可持续发展的重要支撑,但我国许多城市地下水资源短缺,严重超采地下水导致许多环境地质问题。截至2005年,全国城市缺水总量达60亿 $\text{m}^3/\text{a}$ ,全国660多个城市中有400多个城市存在不同程度的缺水问题,其中有136个城市缺水情况严重。在全国688个城市中,依靠地下水供水的有400多个城市,占60%。随着城市化进程加快,人口不断向城市集中,生产和建设的持续扩大,城市缺水问题将日益严重。许多城市过量开采地下水,导致了地面沉降、地裂缝、海水入侵、地面塌陷、地下水枯竭等环境地质问题,严重妨碍了城市的建设和发展。城市的建设与发展离不开水源,地表水和地下水是城市供水的

两大水源,地下水资源的赋存、运动、开采条件等都与地质环境密切相关,因此,在城市供水工程建设时,必须充分考虑该地区的水文地质条件,预测评价城市建设和开采地下水对水文地质环境的影响,合理选择开发水资源的技术方案。另外,全国三分之二城市地下水水质普遍下降,地下水污染范围日益扩大,局部地段水质恶化,300多个城市由于地下水污染造成供水紧张,水污染对城市广大居民的健康已形成较大威胁。

**土壤资源:**我国大多数城市近郊土壤都遭受不同程度的污染。污染成分主要是有机物、重金属和放射性污染物等,影响了城市环境的改善。

**矿产能源资源:**尽管城市经济开放性使得城市产业不再受城内资源的限制,但市场经济不可避免地受产品区位成本及资源总量的制约,从而制约城市的可持续发展。矿产资源使我国兴建了大批矿业城市,较大储量的矿产资源地区易形成矿山城市,我国现已形成134座地级以上矿山城市。它们的分布表现与矿藏分布位置相一致,是因矿业开发而兴起、发展的城市。

**地质景观资源:**我国地域辽阔,地质地理条件复杂,神奇的大自然形成了许许多多独特的地质景观。在这些地质景观地区,形成了一些重要的旅游城市。

总之,我国宏观地质环境条件制约着城市分布格局,中观地质环境影响着城市规划布局,而环境地质问题或地质灾害制约着城市可持续发展,城市地质环境对城市建设与发展极其重要。

## 2. 城市地质环境问题

城市建设的特点,使得城市地区及其周边的地质灾害特别是人为地质灾害发生的概率比其他地区高得多,造成的损失特别大。城市建设中大量的开挖、排放水等,可诱发和加重地质灾害。因此,为了保证城市建设经济、安全、顺利地进行,必须查明拟建建筑物周围的地质环境条件及其在建筑物施工、运营过程中的变化,避开地质灾害隐患区或采取适当的措施进行整治。

当今的城市环境问题中,城市地质环境问题占有突出重要的地位,这主要是由于地质环境的脆弱性、难以恢复性甚至不可恢复性。据不完全统计,由于自然地质环境及人类工程活动等原因,我国300多个主要城市中有168个(包括小城镇有400多个)曾受到崩塌、滑坡、泥石流地质灾害的侵袭,造成约2万人员伤亡,直接经济损失约133亿元(人民币);有53个城市受到地面沉降的侵扰,直接经济损失约5930亿元[其中上海约2242亿元,苏、锡、常和嘉兴约553亿元,京、津、唐、冀(沧州、黄骅、保定、霸州、邯郸等)约2433.4亿元];有75个城市产生了地裂缝,直接经济损失约92亿元;77个城市出现了地面塌陷灾害,造成2000多人伤亡,直接经济损失近600亿元。总之,地质灾害威胁到城市中5~6千万人口的生命安全。

水土流失、土地荒漠化和沙漠化日益严重,加剧了城市地质环境的劣变。全国有70多个城市水土流失严重,40个城市土地荒漠化,24个城市土地沙漠化严重,使城市地质与生态环境不断恶化。

## 3. 地质构造格局问题

我国现今陆地上的地形地貌分布特征是地质构造运动演绎形成的结果,陆地上的平原、丘陵、盆地、台地、低山、高山、峡谷、高原、群山、沙漠、草原、河流、湖泊、海岸线等地貌形态,反映了我国的地质构造大背景格局。

自晚近地质时期中国大陆西部的挤压隆起后,中国地势由西向东总体呈逐步下降的三级阶梯状特征,这三级阶梯分别以平均海拔1000~2000m、4000m为界划分,分布范围见表1-1。

这三大地势阶梯及江河水系明显控制着我国地形地貌格局,形成了现代中国大陆地形地

貌框架格局,决定了我国复杂的地质环境分区和气候分带特征,形成了对城市分布发展有积极影响的地质资源和有制约作用的地质灾害等。

在平原、盆地、丘陵、河谷平原、山间盆地及河流沿线等地带,环境地质条件较优越,物产较丰盈,发展空间较大,是中国城市形成发展的主要区域,孕育分布了中国绝大多数的现代城市。新老地质构造通过其控制的地形地貌和江河水系分布格局影响了中国城市的形成分布,表现为与地势、地形地貌及江河水系影响相近的变化规律。

表 1-1 中国三级地势阶梯城市分布概况

| 地势阶梯  | 包含省区                                                    | 面积<br>( $\times 10^4 \text{ km}^2$ ) | 地级以上城市<br>数目(座) | 所占地级以上城市<br>的比例(%) | 城市分布密度<br>(座/ $\times 10^4 \text{ km}^2$ ) | 人口密度<br>(人/ $\text{km}^2$ ) |
|-------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|--------------------|--------------------------------------------|-----------------------------|
| 总体    | 全部国土                                                    | 960                                  | 313             | 100                | 0.326                                      | 130.2                       |
| 第一级阶梯 | 西藏、青海高原                                                 | 254.4                                | 2               | 0.64               | 0.007 9                                    | 4.0                         |
| 第二级阶梯 | 重庆、新疆、甘肃、宁夏、内蒙、陕西、山西、四川、贵州、云南等                          | 427.2                                | 100             | 31.95              | 0.222                                      | 74.79                       |
| 第三级阶梯 | 北京、天津、上海、辽宁、吉林、黑龙江、河北、河南、山东、江苏、浙江、福建、湖北、湖南、广东、广西、江西、海南等 | 278.4                                | 211             | 67.41              | 0.828                                      | 300.27                      |

由上可见,中国三大地势阶梯明显控制了我国地形地貌和河流分布格局,并由此形成了不同地质环境特征、地质资源、气候条件及对城市发展有制约作用的地质灾害等,中国城市的形成分布显著受到上述三大地势阶梯的影响控制,总体呈东密西疏态势,体现城市的形成发展与自然环境条件的高度相关性和律动性。

第四系松散沉积物受地质构造及新构造活动的影响,多分布在地势平坦的平原、低凹的盆地地带沉积。在这些松散沉积物分布区,易于储存地下水和形成地表水体,地表松散沉积物形成肥沃的土地和天然建筑材料,为城市的发展提供优良的地质环境条件。因此,易于松散沉积物堆积的平原、盆地、河谷、凹地等地带,是城市集中分布的地方,而丘陵山地、高原山地等不利于松散沉积物堆积的地方,往往城市分布稀疏,即使有城市分布,也是在山间盆地或低洼地带、河谷中。表 1-2 便揭示了这一规律。

## 二、地质环境对城市建设的促进作用

城市地质环境对城市发展建设的作用,是一把双刃剑。城市地质环境在对城市发展起制约作用的同时,一些地质环境条件又会对城市发展产生积极的促进作用。

地质环境是人类一切生活和工程活动的必然载体和基本环境,影响因素主要包括地形地貌、水文工程地质及环境地质条件、地理交通位置及水源条件,它们是城市选址时首先要考虑的因素。充足和适宜的土地资源,为城市的建设发展提供了广阔的空间,不断地促进城市的发

展;水是生命之源和城市经济的命脉,同时又是一切环境问题的催化剂和载体;矿产能源资源是城市经济和生活的根本保障,对第二产业起着决定性的作用,特别是优势资源的种类、结构往往决定着工业的主导行业、工业结构甚至产业的布局,促进城市发展。

表 1-2 中国地貌类型城市分布概况

| 地貌类型         | 包含区域                                                                                       | 区域面积<br>( $\times 10^4 \text{ km}^2$ ) | 分布的地级以上<br>城市数目(座) | 占地级以上统计<br>城市的比例(%) | 区域城市分布密<br>度(座/ $\times 10^4 \text{ km}^2$ ) |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------------------------------|
| 平原           | 主要包括华北、东北、长江中下游三大平原及珠江三角洲平原、三江平原、成都平原、关中平原、河套平原、东南滨海平原等区域                                  | 108.5                                  | 145                | 46.3                | 1.34                                         |
| 低山、丘陵及台地冲洪积区 | 主要包括淮阳山地—东南丘陵山地、湘桂丘陵山地、山东丘陵山地、海南丘陵山地、武夷—玉山山地、大小兴安岭低山冲洪积山地、长白山山地、辽东山地、燕山山地、阴山山地及四川盆地低山台地等区域 | 226.4                                  | 90                 | 28.7                | 0.397                                        |
| 高原山地         | 主要包括鄂西—云贵岩溶中山高原、秦巴山地、山西山地、黄土高原、川西、滇西、滇中高原高山山地等区域                                           | 190.8                                  | 39                 | 12.5                | 0.204                                        |
| 内陆干旱盆地及戈壁滩   | 主要包括准格尔、塔里木、吐鲁番盆地及河西走廊戈壁等区域                                                                | 92.0                                   | 8                  | 2.55                | 0.087                                        |
| 高原盐沼平原区      | 主要包括内蒙古高原、呼伦贝尔高原、鄂尔多斯高原、青藏高原、祁连山山地多年冻土及藏东南寒冻山丘与河谷平原、藏西北的干旱剥蚀中高山等区域                         | 342.3                                  | 3                  | 0.96                | 0.003 4                                      |

### 1. 人类对地质环境的依赖和影响

地质环境是人类生存的第一环境,城市发展中的人类活动主要表现在对城市的建设和改造上,而人类建设和改造城市的活动必然不能脱离城市地质环境本身,这种依赖性表现在:①对自然地质环境的依赖。人类在城市选址时首先考虑地形地貌、水文工程地质和环境地质条件、地理交通位置和水源条件等因素。②对土地资源的依赖。城市建设过程中,住宅建筑、道路交通、工业厂房、水源地、商业服务及其他各种市政设施均需要占用大量土地,不同的土地使用类型对土地的依赖不同。如农业和水源用地依赖于土层厚度、肥力和保水性等;工业用地则受表土层的工程地质特性的限制等。

人类对地质环境的影响主要集中在人类的工程经济活动上,这些活动中有对地质环境演化发展有利的,包括植树种草、园林绿化、边坡加固、废物无害化处理,等等。但更多的工程经济活动是不利于地质环境发展的,其中主要包括城市不合理规划和建设、无序开采地下水、岩土体开挖搬运堆填、地表处理、工业“三废”及生活垃圾处理不当、农药化肥的施用,等等,都容易引发严重的地质环境问题。

## 2. 城市建设要考虑地质环境的容量和质量

地质环境的容量是指在一个特定的地质空间,可能承受人类社会、经济、工程发展的最大潜能。这就是说,地质环境的容量是有限的,就目前人类认识的土壤污染而论,即使在正常的排放和土壤自净情况下,大多数土壤还是会被污染破坏的。因此,人类对地质环境的利用应当是有限度的,必须在地质环境容量允许的限度内从事活动。地质环境的容量应根据当地的地质环境特征和人类向地质环境索取及排弃物的类型,通过实际调查、长期监测分析,以在不造成地质环境恶化的前提下,可允许人类活动规模的量值来衡量。地质环境的质量在一定程度上是由地球物理因素和地球化学因素决定的,同时与人类干预破坏活动的强度有关,它可分为原生地质环境质量和次生地质环境质量两种。前者要求对自然状况下形成的地质环境进行评价,这是未受人类影响的地质环境“本质”,可依此值来评价地质环境质量的恶化程度;后者是在受到人为干扰后的地质环境质量。一般而言,一个地区的地质环境质量都包含了上述两层意思。因此,在评价时要强调进行综合分析,评价一个地区地质环境质量的优劣可从以下几个方面考虑:①自然地质条件的稳定性。包括区域地壳稳定性(地震、活动断裂)、岩体稳定性(岩石性质、风化程度、节理的密集程度和连通性、崩塌、滑坡)以及地质灾害的发育情况。②人为干扰的程度。人为不良干扰程度愈强,地质环境质量就愈坏。③原生地球化学背景值。环境要素在未受污染时,每一种化学元素都有相应的正常含量,这就是所谓的本底值,亦称为原生地球化学背景值,它对于人类是至关重要的,如一般土壤中,汞(Hg)为 $0.1\mu\text{g/mL}$ ,砷(As)为 $6\mu\text{g/mL}$ ,镉(Cd)为 $0.06\mu\text{g/mL}$ ,天然水中氟的本底值为 $0.15\sim 0.41\text{mg/L}$ ,若饮水中某种元素的含量超过或远小于本底值,均属异常,长期饮用都会对人体健康带来不利的影响。因此,考虑每个地区的环境本底值是地质环境质量评价的一个重要方面。

以上各点在评价中应综合考虑,往往寻求和提取地质环境质量最差的因素,并赋予较高的权重进行评价,而这一因素也常是主要的影响因素,我国西南山地区域在为城市交通选线进行的地质环境质量评价中,就优先考虑了地壳稳定性、崩滑发育问题,这是该区存在的地质环境质量最差的因素,抓住了主要矛盾,有利于做出正确的评价,并揭示地质环境的本质问题,进行治理。

## 三、城市建设对地质环境的改造作用

城市建设及日益增加的城市人口,无时不在扰动所在的地质环境。如改变城市的地貌景观,扰动地下水的物理及化学场,重塑城市表部岩土特征,不断对岩土体施加各种荷载等。这些作用的结果使城市所在的地质环境在许多方面已不同于其原有环境,形成一种叠加了城市地质作用的次生地质环境。

城市建设对地质环境扰动作用的特点主要在以下几个方面。

速度快:如单纯靠各种自然外力作用来夷平山脉或山地,可能需要几百万年或几千万年;而人类的活动,如修建构筑物(水坝、道路、地铁)等,几年内的剥蚀搬运量可能相当于自然营力几十万年的“工作量”。

强度大:如人们每年向河中倾倒的各种垃圾,包括工业垃圾和生活垃圾,很可能是河流自身输砂量的几倍。对搬运量来说,各种地质作用中首推河流的搬运量大,而现在人类为采煤和采矿,每年搬运的矿石量是全球河流总搬运量的3倍。

范围广:人类活动不仅影响地球表面,而且影响到岩石圈、生物圈、水圈和大气圈。如改变

城市的地貌景观,扰动地下水的物理及化学场,重塑城市表部岩土特征,不断对岩土体施加各种荷载等。当“量”积累到一定时,会使岩土体发生变异,导致“质变”从而引发城市地质环境问题。城市建设对地质环境诸多因素影响最大的是地下水及微地貌形态。例如:福州市随着地热水资源的开发利用,地热水开采量不断增加,地下水位不断下降,引发地面沉降。由于城市建设,长年累月的挖填作用,城市原有的地貌形态发生变化。

### 1. 城市化引发地质灾害及地质环境问题

当前,我国城市化进程发展迅速,据 2005 年资料统计,中国大陆城市 688 个,城镇多达 21 260 个,城市人口已达 56 212 万人,平均城市化水平已上升到 43%。

按照中央提出的要求,我国城镇化进程将稳步推进,城镇化水平将继续提高。城市化水平的提高,将使城市地区人类活动更加强烈,人地矛盾更加激化,城市地质环境更加脆弱,而城市居民对环境的要求又在不断提高,这将使城市地质环境的保护和改善难度与居民要求的矛盾更加突出。

城市化使人为地质灾害和环境地质问题更加突出,体现在下列方面。

(1) 矿山城市的采矿引起采空区塌陷、地面沉降、地裂缝、土地和植被破坏、放射性污染、堵塞淤积河道等。

(2) 地下水过量开采,引起大面积地面沉降、地裂缝、地面建筑物开裂及倾斜、地下管线工程破坏、地下水开采设备损坏、河流纵坡降变化导致航运受阻及桥下净空变小影响泄洪和航运,滨海城市的海水上岸、潜水位抬高、海水入侵、入海河流排洪能力下降等。

(3) 工程诱发灾害。由于城市建设,兴建大量工程及兴修道路、铁路、运河等的工程开挖、堆填及地表处理,改变了岩土体临空面位置、形态及应力状态,松动表土,导致边坡失稳、滑坡、崩塌、泥石流、地基失稳、岩溶塌陷、土地破坏及诱发地震等灾害发生。

(4) 城市发展引起废水、废渣污染及土地和生物多样性破坏等灾害。工业“三废”及生活垃圾,对城市地质环境的影响主要是化学的和生物的。工业“三废”与城市经济结构、产业布局、能源消费结构、工业生产技术及环境处理技术水平直接相关。其影响主要表现在严重污染地表和地下水体,占用大量的土地资源和污染大气,通过水、土、岩作用影响岩土体性质和结构,破坏土生生物和生态环境系统,并最终以水为载体和溶剂经物理气候系统和生物地球化学循环系统使地球各圈层发生作用和使全球环境发生变化。

### 2. 城市化促使地质环境的良性发展

在看到城市化加剧了人与地质环境矛盾的同时,也应看到城市化可以改善地质环境的另一面。随着城市化的进程,大量分散居民被集中到城市里,这样既可在较短时间内改善人类的生存条件,又有利于局部自然环境和地质作用环境朝向良性发展。第一,有利于地质景观资源和优良生态环境的保护及维护,居民由分散到集中,释放出了很多自然土地,减少了大量无序和无规则对可能存在的地质景观资源和优良生态环境的侵扰,或有利于建造和维护优良生态环境。第二,有利于矿产资源的科学配置,分散居民城市化集中以后,在城市分布区域对矿产资源的消费较大而集中,大批量的消费减少了大量分散式消费的运输费、批零费、管理费、过程损失费等支出。矿产资源的城市集中消费,有利于区域经济的规划和矿产资源的科学配置与调剂。第三,有利于城市地下空间资源的开发利用,分散居民的城市化集中,意味着人均力量的集中和开发项目投资及运行费用的较大降低,有利于资源开发利用或其他投资项目的开展,



如地下空间资源的开发利用等。最后,有利于人类废弃物的无害化集中处理,人类城市化集中后,消除或减小了分散居住人类对废弃物的低成本有害排放或高成本无害排放,有利于人类生存、生产废弃物的无害化低成本集中处理。

城市地质环境问题的产生与城市地质环境本身的优劣程度有关,也与人类工程活动所导致的地质环境系统变异密切相关。面对人类建设活动带来的日益严重的地质环境问题,不应仅仅筹划如何治理,更应该把目光放在问题的根源上,那就是高密度、高容积率的城市建设已经给城市地质环境造成了极大影响,只有研究清楚城市的地质环境质量后,才能合理有效地去规划、布局和管理城市,使城市建设与地质环境质量相适应,从而将各类地质问题防患于未然,保持城市的可持续发展。

因此,城市发展过程中,应当充分利用高质量的地质环境,同时,对具有潜在地质灾害威胁的地质环境进行合理有效的控制,调整人类工程活动方式。

#### 四、城市规划与地质环境保护

城市规划是为了保证在城市发展过程中合理、有效地利用城市生活空间环境的一种意识行为,主要涉及城市用地选择,它关系到城市功能组织和城市规划布局。合理规划城市用地,使经济发展和环境相协调,改善生态环境,提高生活质量,防止资源破坏和环境地质灾害的发生,从而以最小的投资获取最佳的环境效益,达到经济、社会和环境可持续发展的目的。

城市规划与地质环境有着密切、相互作用、相辅相成的关系。地质环境保护规划、地质灾害防治规划是城市规划体系中最为重要的内容之一,只有规划的科学、合理,既考虑长期效应,又考虑短期效益,才能使地质环境始终保持在适宜于人类生存、生产和生活的良好状态,而只有合理的利用和保护好地质环境才能使城市的建设发展进入良性循环轨道。

城市用地选择是城市规划的重要工作内容,城市用地选择的恰当与否关系到城市的功能组织和城市规划布局是否正确,同时对建设工程的经济决策和城市的运营管理等都有一定的影响。在城市规划中如何择优利用、制定合理的土地功能区划,无疑是十分重要的。城市用地选择以用地条件综合评价为依据。

城市用地条件包括自然条件、建设条件和其他条件,自然条件涉及地质、气候、生物等,其中地质环境条件是城市用地评价的主要自然条件。从地质学角度来看,城市的土地资源是有限的,土地条件的好坏与土地自身所处的地质环境有关,决定城市用地条件的地质环境要素大致包括:①岩土体类型,如岩土体的分布类型、地表形态、空间分布以及物理学、化学、水理学性质和力学强度等及其在自然和人为作用下的稳定性;②水文地质条件,包括地下水的赋存形式、水量大小、矿化度、硬度和水温等水质条件;③地形地貌条件,因为不同地形条件对城市的规划布局、道路的走向、线型、各种工程的建设以及建筑的组合布置、城市轮廓、形态等具有一定影响,而规划与建设的结果又对自然地形、地貌条件进行塑造;④物理地质现象,主要表现为地壳表层的各种内、外力地质作用,如岩石风化、冲沟、泥石流、滑坡、崩塌、海岸与湖岸的冲刷与堆积、多年冻结等。特别要注意的是在对用地的自然环境条件进行评价时,并不只是对各个环境要素评价的总和,而是要从地质环境角度考虑它们之间的相互关系、相互影响,尽可能预测自然环境条件在城市建设后人为影响下的变化,以及可能对建设产生的影响,即要积极开展城市地质环境评价工作。