

“十三五”国家重点图书出版规划项目

海峡西岸经济区地质灾害监测预警与环境地质问题研究丛书



沿海城市地质灾害、 环境地质问题

与城市发展相互作用研究

赵云胜 卢颖 陈连进 张佳文◎著

 气象出版社
China Meteorological Press

非
外
借

“十三五”国家重点图书出版规划项目

海峡西岸经济区地质灾害监测预警与环境地质问题研究丛书

沿海城市地质灾害、环境地质问题 与城市发展相互作用研究

赵云胜 卢颖 著
陈连进 张佳文

内 容 简 介

本书是《海峡西岸经济区地质灾害监测预警与环境地质问题研究丛书》之一,作为国土资源部公益性行业科研专项“海西区地质灾害监测预警与环境地质问题研究”的一个重要研究成果,对沿海城市防治地质灾害具有示范价值。本书以泉州市为例,对沿海城市的地质灾害、环境地质问题以及城市发展资料进行搜集、梳理和分析;然后,基于上述资料完成研究区地质灾害、环境地质问题的危险性分区,并完成基于地质灾害、环境地质问题的城市功能分区与区划;进而得出研究区内地质灾害、环境地质问题与城市发展的相互作用关系,构建了二者相互作用关系的指标体系及模型;最后,提出研究区地质灾害与环境地质问题的减避对策。本书可供安全工程、地质灾害防治、城市规划等相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

沿海城市地质灾害、环境地质问题与城市发展相互作用研究 / 赵云胜等著. — 北京:气象出版社, 2016.10

(海峡西岸经济区地质灾害监测预警与环境地质问题研究丛书 / 张佳文主编)

ISBN 978-7-5029-6441-2

I. ①沿… II. ①赵… III. ①沿海—城市地质环境—关系—城市—发展—研究—中国 IV. ①X321.2
②F299.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 249683 号

Yanhai Chengshi Dizhi Zaihai Huanjing Dizhi Wenti Yu Chengshi Fazhan
Xianghu Zuoyong Yanjiu

沿海城市地质灾害、环境地质问题与城市发展相互作用研究

赵云胜 卢 颖 陈连进 张佳文 著

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号 邮政编码:100081

电 话:010-68407112(总编室) 010-68406961(发行部)

网 址: <http://www.qxcbs.com>

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

责任编辑:彭淑凡 张盼娟

终 审:邵俊年

封面设计:北京八度出版服务机构

责任技编:赵相宁

印 刷:北京地大天成印务有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

印 张:15

字 数:368 千字

版 次:2016 年 11 月第 1 版

印 次:2016 年 11 月第 1 次印刷

定 价:68.00 元

海峡西岸经济区地质灾害监测预警 与环境地质问题研究丛书 编委会名单

主 任：陶建华

副 主 任：张佳文 王国民

编委成员：（以姓氏笔画为序）

王 蕊	左昌群	叶龙珍	冯 流	刘俊雄
杨军华	李朝奎	余德林	陈 明	陈连进
陈建平	陈福龙	柳 侃	林从谋	洪儒宝
赵云胜	常方强	谢含华		

丛书主编：张佳文

本册主编：赵云胜 卢 颖 陈连进 张佳文

前 言

随着我国城市化率的不断提高，地质环境与城市发展的矛盾日益突出。我国有 45% 的城市位于地震烈度为 7 度和 7 度以上区域，崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害险象环生，地面沉降、地面塌陷、地裂缝分布广泛，土壤污染、地下水污染等环境地质问题层出不穷。各类地质灾害、环境地质问题单一或耦合的发生，严重威胁着城市公共安全，开展地质灾害、环境地质问题与城市发展的相互作用研究极为迫切和重要。然而，由于地质灾害、环境地质问题种类繁多，城市发展涵盖的内容极为广泛，使得对二者相互作用的研究变得格外复杂，是一个典型的多学科交叉课题。安全科学具有高度综合和跨学科的性质，这与此课题多学科交叉性、综合性相契合。泉州市地处我国东南沿海，是受到多种地质灾害、环境地质问题威胁严重的典型沿海城市之一。因此，本书从安全科学的视角，以地质环境与城市发展的“交叉领域”为研究对象，以 GIS 技术为平台，通过收集资料、现场调查、理论建模分析、实例验证等手段，开展泉州市地质灾害、环境地质问题与城市发展相互作用的研究，不但为泉州城市化进程中系统防范地质灾害、协调地质环境与城市发展的矛盾提供重要支撑，而且为提高我国沿海城市地质环境与城市公共安全的风险管理水平提供重要的科学依据与技术示范。

本书在概述研究背景和意义、国内外相关研究进展、研究方法等内容的基础上，分五大部分进行论述。第一部分从城市用地、城市公共设施、城市规划等方面研究了泉州城市建设与发展状况。第二部分在地质环境分析的基础上，查明了区内主要地质灾害、环境地质问题种类和分布特征。第三部分首先开展了各单灾种危险性评估研究，然后探讨了多灾种之间的相互作用关系，完成了多灾种耦合危险性评估研究。第四部分遵循从定性到定量的科学思路，分析了地质灾害、环境地质问题对城市发展的影响作用，以及城市发展对地质灾害、环境地质问题的诱导作用，建立了二者的相互作用指标体系及模型，并结合泉州开展了实例研究，得到了二者的相互作用度。第五部分研究了地质灾害、环境地质问题的减避与应急，首先研究了基于环境地质问题的城市功能区划，提出了规划层面的减避对策；然后针对研究区内各类地质灾害、环境地质问题特点，提出了具体减避对策；最后研究了重大地质灾害下的应急避难场所选址、应急物资调配等关键问题，提出了应急对策。

本书是多位同仁合作的成果。赵云胜、卢颖、陈连进主要负责书稿的组织和撰写工作，张佳文负责全书的设计与协调，编写人员还包括硕（博）士研究生郭良杰、张浩、侯云玥、余汉坤、高圣等。

本书的出版得到了国土资源部公益性行业科研专项与中国地质大学（武汉）学科建设项目的联合资助，是“海西区地质灾害监测预警与环境地质问题研究”项目课题四“泉州市地质灾害、环境地质问题与城市发展相互作用研究”（No. 201211039-4）的重要成果之一。

在本书即将付梓之际，我们要感谢福建省地矿局、泉州市城乡规划局等单位的无私奉献，他们所做的大量工作和提供的数据资料是本书撰写的重要基础。

由于作者水平所限，本书难免存在疏漏与差错，敬请广大读者批评指正。

著者

2016 年 11 月

目 录

前言

第 1 章 研究概述	1
1.1 研究背景和意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究目的和意义	2
1.2 研究现状与发展趋势	5
1.2.1 研究现状	5
1.2.2 存在问题及发展趋势	11
1.3 研究内容与技术路线	13
1.3.1 研究的角度和着眼点	13
1.3.2 研究内容	13
1.3.3 研究区范围	14
1.3.4 技术路线	15
1.4 主要研究成果及创新点	17
1.4.1 创新点	17
1.4.2 成果概述	17
第 2 章 研究区城市发展概况分析	19
2.1 研究区概况	19
2.1.1 泉州自然地理概况	19
2.1.2 泉州社会经济概况	20
2.2 研究区城市用地现状	20
2.2.1 泉州用地现状概述	20
2.2.2 泉州各类用地情况	21
2.3 研究区城市公共设施	24
2.3.1 概况	24
2.3.2 泉州市公共服务设施	25
2.3.3 泉州市生命线工程	33
2.3.4 泉州市大型公共交通设施	36
2.3.5 泉州市重点保护单位	40

2.4	研究区城市规划	41
2.4.1	泉州市规划概述	41
2.4.2	泉州市历次总体规划回顾	42
2.4.3	泉州 2008—2030 年城市总体规划	44
2.5	小结	46
第 3 章	研究区地质灾害、环境地质问题分析	47
3.1	研究区地质环境概况	47
3.1.1	地形地貌	47
3.1.2	地层	47
3.1.3	区域地质构造背景	48
3.1.4	工程地质与水文地质	51
3.2	研究区主要地质灾害、环境地质问题种类	59
3.2.1	地质灾害、环境地质问题分类及界定	59
3.2.2	环泉州湾地区的地质灾害、环境地质问题	61
3.2.3	研究区主要地质灾害、环境地质问题	61
3.3	研究区主要地质灾害、环境地质问题分布特征	61
3.3.1	地质构造活动引发的地质灾害、环境地质问题	61
3.3.2	崩塌、滑坡等物理性地质灾害问题	64
3.3.3	土体污染、水体污染等缓变型环境地质问题	65
3.4	小结	67
第 4 章	研究区地质灾害、环境地质问题危险性区划	68
4.1	危险性区划的基础理论	68
4.1.1	危险性的内涵	68
4.1.2	危险性区划的原理和原则	69
4.1.3	危险性区划的基本方法	71
4.1.4	危险性区划的基本步骤	72
4.2	地震时地质环境危险性	73
4.2.1	研究方法	73
4.2.2	研究区地震时地质环境危险性分区	74
4.3	台风暴雨时地质灾害危险性	76
4.3.1	研究区台风暴雨与地质灾害的关系	76
4.3.2	研究区台风暴雨时地质灾害危险性分区	77
4.4	环境地质问题危险性	77
4.4.1	研究区水体污染危险性分区	77
4.4.2	研究区土体污染危险性分区	80

4.5 地质灾害、环境地质问题多灾种耦合危险性区划	85
4.5.1 多灾种耦合在地质灾害危险性区划中的必要性	85
4.5.2 多灾种及其相互作用关系	86
4.5.3 多灾种耦合危险性评估模型	88
4.5.4 研究区地质灾害、环境地质问题多灾种耦合危险性区划	90
4.6 小结	102
第5章 研究区地质灾害、环境地质问题与城市发展的相互作用	103
5.1 地质灾害、环境地质问题对城市发展的影响	104
5.1.1 地震对城市发展的影响	104
5.1.2 崩塌、滑坡、泥石流灾害对城市发展的影响	117
5.1.3 地面沉降、地面塌陷和地裂缝等对城市发展的影响	121
5.1.4 水土污染对城市发展的影响	121
5.1.5 特殊岩土体环境问题对城市发展的影响	122
5.2 城市发展对地质灾害、环境地质问题的诱导	126
5.2.1 城市工程建设诱发的地质灾害	126
5.2.2 矿山开采诱发的链生环境问题	130
5.2.3 工农业生产导致的水土污染	131
5.2.4 围海养殖及建设等引发的海岸带环境问题	132
5.3 地质灾害、环境地质问题与城市发展的相互作用模型	133
5.3.1 模型概念之图示	133
5.3.2 模型定量计算——典型相关性分析	133
5.3.3 模型定量计算——盲数分析	137
5.4 小结	154
第6章 研究区地质灾害、环境地质问题减避及应急	155
6.1 地质灾害、环境地质问题的减避对策	155
6.1.1 地震减避对策分析	155
6.1.2 地质灾害减避对策分析	158
6.1.3 环境地质问题减避对策分析	162
6.2 基于地质灾害、环境地质问题的城市功能分区与区划	166
6.2.1 城市功能分区与区划概述	166
6.2.2 基于地质灾害、环境地质问题的城市功能区划的方法	167
6.2.3 基于地质灾害、环境地质问题的城市功能区划	169
6.3 研究区应急避难场所选址	175
6.3.1 应急避难场所概述	175
6.3.2 应急避难场所选址模型	178

6.3.3	泉州市主城区中心应急避难场所选址研究	182
6.4	研究区应急物资调配	194
6.4.1	应急物资需求点	194
6.4.2	应急物资供应点	196
6.4.3	应急物资调配方案	198
6.4.4	应急物资调配评述	216
6.5	小结	217
第7章	结论及展望	218
7.1	结论	218
7.2	展望	218
参考文献		220

第1章 研究概述

1.1 研究背景和意义

1.1.1 研究背景

(1) 全球化背景——地质环境是关系人类社会发展的基础

人类与自然环境关系的形成始于人类的诞生,自然环境是伴随人类社会发展的永恒议题。第二次世界大战后,全球局势基本稳定带来了经济的繁荣发展。与此同时,随着社会生产力的快速提高,各种资源消耗过量、环境破坏日趋严重,资源匮乏和环境恶化成为世界各国政府面临的棘手问题。1972年联合国“世界性的人类环境会议”召开,通过了《人类环境宣言》,引起了全世界对人与自然环境和谐发展的普遍关注。1992年,联合国环境与发展大会召开,《环境与发展宣言》《二十一世纪议程》等纲领性文件的出台,进一步阐述了环境问题对人类生存和发展的严重威胁和解决这些问题的迫切性。如何保障人类生存的自然环境,实现人与自然环境的可持续发展,成为当代国际社会关注的焦点。

地质环境是人类生存、繁衍以及从事各类活动的场所和资源的提供者。学术上认为,地质环境是地球演化的产物,通常指人类生存和发展相互影响的地球表层岩土体空间,它与水环境、大气环境、生态环境之间进行广泛的物质、能量、信息交换,起着控制作用、支撑作用或破坏作用,共同构成人类生存与发展的环境系统^[1]。地质环境为人类提供基础的生存空间,其质量的优劣直接关系到人类的生存与发展。

(2) 国内背景——我国地质环境与城市发展的矛盾日益凸显

城市是以人为主体的,由社会、经济、资源、环境与灾害等要素之间通过相互作用、相互依赖、相互制约所构成的复杂动态空间地域系统^[2]。

改革开放以来,随着科学技术的进步和经济的稳步发展,我国城市化水平不断提高。1949年我国城市化率为10.6%,2009年已上升到46.6%。专家预测,2020年中国将有50%的人居住在城市,2050年则有75%的城市居住人口,城市化率将达到50%及以上^[3]。而城市化率由第一临界点30%提升至第二临界点65%~70%的进程即为城市化进程中的高速发展阶段。许多国家的发展历程表明,这是一个国家从相对落后迈向相对发达的转折点,但也是各种矛盾冲突更为激烈的时期。城市地域系统作为人类活动最为密集的区域,是对地质环境产生影响极为强烈的地方^[4]。在城市化率不断提高的背景下,地质环境问题与城市发展的矛盾日益凸显。

一方面,地质环境是城市发展的重要基础,而当今地质环境问题已成为制约城市发展的主要因素。我国是世界上遭受地质灾害、环境地质问题最严重的国家之一,城市地质环境问题种类多、破坏性强,主要表现为,有45%的城市位于地震烈度为7度和7度以上地震区内^[5],1976年唐山大地震、2008年汶川大地震,造成了巨大的人员伤亡和财产损失;崩塌、滑

坡、泥石流灾害仅次于地震灾害,1949—2002年造成严重损失的崩塌、滑坡、泥石流灾害1000多次^[5],2010年舟曲特大泥石流使得舟曲县城部分被夷为平地;地面沉降、地面塌陷、地裂缝灾害分布广泛,在20世纪20年代初期开始显现,70年代后则急剧增加,仅地面沉降就涉及50多个城市,年平均直接经济损失1亿元以上^[6];水土污染问题也层出不穷,我国有2/3的城市地下水短缺,约57%的城市地下水状况差^[7],每年因土壤污染造成的直接经济损失约200亿元^[8]。城市是区域内人口的集中地,社会财富、基础建设、现代设施等各种资源高度集中,城市脆弱性日趋增强。而城市地质环境一旦酿成灾害,具有不可逆性,且灾害的发生往往具有群发性、交叉性,极有可能诱发二次灾害。各类地质环境问题单一或耦合的频发,对城市居民造成人员伤亡或经济损失,严重制约着城市的发展。

另一方面,城市发展不断“扰动”着地质环境,大规模的城市建设在给人类社会创造辉煌文明的同时,也引发了一系列地质环境问题。例如,上海、天津、太原、西安等城市由于地下水过度开采而引发地面沉降,即使在构造重力引发沉降所占比重较大的西安,在沉降中心区域,人类活动(抽取地下水)导致的沉降也达到85%以上^[9];全国因地下水开采引发的地面塌陷也达800多处^[10]。又如,城市工程建设因挖掘、筑坡等对地形进行改变,深基坑等地下工程建设,则对地下水流场进行改变,自然边坡由于人类活动建设改变其原始的上部载荷,水库建设诱发地震等人类工程活动诱发的地质灾害层出不穷。此外,城市水土污染、城市固体废弃物等问题也是城市化进程中极为突出的地质环境问题。2013年湖南“镉大米”事件,经调查,其重灾区位于株洲,株洲正是亚洲有名的有色金属冶炼基地,重金属污染物的超标排放,对水土污染产生了极大影响^[11]。人类活动等对地质环境的影响与破坏,已不仅仅是简单的单灾种问题,而是涉及一系列地质环境演化与城市发展的系统问题。由此可见,人类活动作为一种强大的地质营力,正在强烈改变和破坏着地壳表层地质环境,进而改变其演化规律和演化速率。

综上所述,在我国地质环境与城市发展的矛盾日益凸显的形势下,开展地质灾害、环境地质问题与城市发展的相互作用研究极为迫切和重要。本书来源于国土资源部公益性行业科研专项“海西区地质灾害监测预警与环境地质问题研究”(No. 201211039)的子课题“沿海城市地质灾害、环境地质问题与城市发展的相互作用研究”,选取海西区典型沿海城市泉州市为例,研究其地质灾害、环境地质问题与城市发展的相互作用及对策。

1.1.2 研究目的和意义

1.1.2.1 研究目的

开展地质环境问题与城市发展的相互作用研究,旨在查明研究区地质环境问题及其危险性分区、查明城市建设及规划状况,以二者的“交叉领域”为研究对象,研究地质环境问题对城市发展的影响作用以及城市发展进程中对地质环境问题的诱导作用,建立二者相互关系的指标体系及模型,提出其城市化进程中的地质环境问题的减避对策。

1.1.2.2 研究意义

(1)从系统大安全观出发,为人地关系的研究提供新视角

地质环境问题与城市发展相互作用的研究从研究内容上隶属于“人地关系”的范畴,而探究其深层次的哲学背景,则归结于人类社会发展的系统大安全观。安全是人类生存的永

恒主题,人类社会发展史亦是人类与各种危险做斗争进而追求安全的历史。早期的原始社会,物质资料极度匮乏,能否获得食物都成问题,这时人们面临的便是由于物质资料匮乏引发的安全问题。随着生产力的不断提高,地震、洪水、战争、饥荒等逐渐成为威胁人类安全的因素,我国历史上也留下了许多与灾害抗争的名人或传说,如大禹治水、张恒发明地震仪、秦始皇修筑长城等等。工业革命以后,人类利用技术开发资源,技术给人类带来文明和财富的同时,也带来了新的灾难^[12],探索减少或规避事故的技术和手段也不断被创造与应用。

进入21世纪,人类已在20世纪创造了巨大的物质财富,对安全的追求不再仅仅是食物的满足,而是对整体生存环境的安全和谐的追求。相对落后的安全系统与人民日益增长的安全物质文化需要仍然是我国现阶段需要解决的矛盾。从安全科学的视角,研究地质环境问题与城市发展的相互作用及对策,是解决相关矛盾的组成部分,丰富了安全科学的研究范畴,同时为人地关系的研究提供了新视角。

(2) 发挥交叉学科优势,提供综合研究范例

地质环境涵盖的内容极为广泛,涉及工程地质、水文地质、环境地质等各方面内容;城市发展涵盖的内容亦极为广泛,涉及城市人口、经济、资源等各方面内容。地质环境问题与城市发展的相互作用研究是一个典型的交叉学科课题,当前还没有哪一种理论能够系统完成此问题的研究。

一方面,任何城市均建立在一定的地质环境之中,地质灾害、环境地质问题直接影响着城市的可持续发展。地震、崩塌、滑坡、泥石流、地面沉降、地面塌陷、地面裂缝、水体污染、土体污染、盐渍化、石漠化、海水倒灌、海岸淤积侵蚀等对城市规划和建设产生强烈的制约作用,使得人类在城市规划和建设中必须充分考虑地质灾害防治、地质环境保护、地下空间的合理利用、各类建筑的合理布局、水资源的合理开发、生活及工业废物的处置等一系列地质环境问题。

另一方面,城市的发展如工程建设、地下空间开发、道路建设、矿山开采等又或多或少地改变原有的地质环境条件,使城市自然物理场发生变化,引发若干地质灾害、环境地质问题。只有明确地质环境问题的特点及其对城市发展的影响,才能在城市规划建设中对不良地质作用进行合理规避;只有明确城市发展对地质环境的诱导作用,才能适应和合理地利用城市地质条件,从中谋取经济效益。忽视地质环境对城市发展的影响,或者忽视城市发展对地质环境的改变作用,都难免招来大自然的惩罚,甚至给城市发展带来灾难。

因此,以大安全观为指导,系统研究二者之间的相互作用及对策,使城市规划建设与地质环境协调发展,是当前各相关学科领域尤其是城市地质环境领域和城市规划领域共同探索的交叉性前沿课题,对提高相关交叉学科研究水平具有重要意义。

(3) 对研究区城市发展的意义

以福建省泉州市为例,以GIS技术为平台,开展研究区内多种地质环境问题耦合的危险性分析,在此基础上进行地质环境问题与城市发展的相互作用研究,最后提出区内地质环境问题的减避对策。其研究理论、技术、方法及研究成果可为泉州市城市化进程中系统防范地质环境问题、协调地质环境与城市发展的矛盾提供支撑,同时为其他领域如城市地质环境领域、城市规划领域、公共管理领域提供参考,为同类城市的相关研究提供示范,具有重要的实际应用价值。针对泉州市进行地质灾害、环境地质问题与城市发展的相互作用关系研究的意义表现在以下几个方面:

① 泉州是一座历史文化底蕴深厚、经济活跃、富有竞争力的城市。但是,由于泉州现状行政区划特点,市区面积狭小,不到 900 km²,城市的发展空间得不到应有的基本保障,给城市安全带来不利影响。从地区发展的现实状况来看,此次研究范围是泉州城市建设最密集、经济文化最繁盛、人口最集中的地区,确保城市安全的必要性十分突出。

② 泉州市正面临转型的关键时期,泉州过去的发展模式是“弱中心城市下多点并发”,这种模式对泉州此前的发展功不可没,但却不利于泉州今后的发展,尤其不利于泉州城市产业转型。从福建省省委省政府和泉州市市委市政府提出的把泉州建设成为“海峡西岸三大中心城市之一”的发展目标来看(见图 1-1),查清城市安全的现状,制定相应措施,是实现宏伟目标,进一步加强“海西城市群”衔接的有力保障。所以这些现状对泉州市的城市安全提出了新的要求。



图 1-1 区域关系分析图

资料来源:泉州市城市总体规划(2008—2030)

③ 从现有规划的工作要求和基础来看,泉州市总体规划已进入实施阶段,急需从整体发展的角度,提出城市规划和公共安全方面的意见和建议。

④ 泉州是多种地质灾害、环境地质问题多发区域,具备多种地质灾害、环境地质问题成灾的地质、气象条件。在城市发展的过程中,地质灾害和环境地质问题已成为决策者不得不考虑的问题,只有在对两者进行充分研究并找出其和城市发展之间的相互作用,才能做到在城市规划等相关决策中对以上灾害的有效减避。

因此,在泉州城市总体规划框架下,对泉州市尤其是人口集中的主城区进行地质灾害、环境地质问题方面的研究,在泉州市城市规划过程中有针对性地制定规划导则并采取措施来预防或减缓灾害带来的不良后果,意义重大。

1.2 研究现状与发展趋势

地质灾害、环境地质问题与城市发展的相互作用研究涉及地质学、地理学、灾害学、城市规划学、社会科学等多学科内容,是一个典型的交叉学科课题。然而,查阅大量的文献资料表明,能够对地质环境问题与城市发展的相互作用进行系统性研究的文献极为罕见,研究者们更多的是从某一学科视角,探索二者之间的相互作用关系,以下对主要学科视角的相关研究进行阐述。

1.2.1 研究现状

1.2.1.1 地质学视角

从地质学视角,对地质环境问题与城市发展的相互作用研究主要集中于研究城市工程地质对城市规划的影响上。城市工程地质研究从20世纪50年代以来一直是国内外学者研究的重点,随着城市化进程中新的地质环境问题的不断凸显,城市规划地质领域亦不断扩大,由传统的工程地质领域逐渐发展到环境地质领域^[13,14],开始着手建立涵盖地质灾害、土壤、水环境、地质资源等诸多方面的综合地理信息系统^[15],使得城市发展决策尤其是规划决策中的地质信息更加全面和完善,以提高城市对地质环境问题进行防范的本质安全性。

(1) 国外研究现状

1969年,美国市政工程协会发表《城市规划艺术》报告,提出将地理学家、地质学家等归入城市规划研究人员,且在城市规划多个专业组中均有地质学家参加,足见城市地质工作在城市规划中的重要作用^[16]。美国地质学家Kaye在1969年编著的*Geology and Our City*, R. F. Legget在1972年出版的*Cities and Geology*,塞拉利昂大学教授R. 鲍文(Bowen)1982年编著的*Urban Geology*,这些都是地质研究工作转向与城市发展相结合的里程碑式的成果。

20世纪70—80年代,西班牙开展了1:2.5万精度的岩土填图工作,用于城市规划^[17];荷兰研究了土地复垦对地面沉降的影响程度^[18];美国开始对华盛顿、奥斯汀、旧金山、波士顿、波特兰市、劳伦斯城进行全面系统的城市工程地质研究,并取得显著的成果和经济效益^[19];欧洲等发达国家强调将城市地质灾害研究成果纳入到城市规划和管理中^[20],逐渐形成城市规划用地适宜性评价体系。

90年代,随着GIS等计算机技术的发展,“选取合理评价指标”“建立城市工程地质环境评价体系”成为第二、第三届国际工程地质学会上的重要议题^[21]。美国科罗拉多州立大学的研究人员与规划部门合作,实施了一项用GIS进行的地质灾害易损性和风险性评价研究,对“崩塌、滑坡、泥石流”等地质灾害进行了要素综合分析,按14种等级对土地利用适宜性进行评价分区,并建立了该市“整体化决策支持系统”,圈出了最适宜未来城市发展地段和高风险需要治理的地段,为城市规划管理服务^[22]。1990年,英国地质调查局开始了一项为期15年的全国性1:5万填图计划,其中伦敦完成了1:5万GIS数字式地质图,被誉为“伦敦计算机化地下与地表地质”,为伦敦城市地区的土地利用规划、环境管理、工程项目选址提供了重要依据^[23]。加拿大地质调查局则全面更新了首都地区的地球科学数据库,系统完成了首都地区各类地图的数字化,管理内容则包括城市水文地质条件、地下水水质和水量、城市供

水水源合理开发利用等;与城市有关的地震、活断层、滑坡、泥石流、洪水、地面沉降、水土流失等;城市建筑材料、地热、矿产资源开发利用情况;城市中工业和生活垃圾的处理、地下水环境污染等^[24]。

21 世纪以来,随着全球城市化水平的稳步发展,资源和环境问题日益严峻,城市地质环境领域研究也随着时代的发展不断提升。一方面,越来越多不同领域的学者参与到城市地质环境工作中来,因而其分工越来越细,特别关注地质灾害风险性评估、水土污染风险识别、地下水资源可持续利用和城市脆弱性评价等方向的研究。另一方面,地质环境学作为一门新兴的地质学与环境学交叉的边缘学科,在近 30 年逐步形成并发展,其强调地质环境系统的整体性,吸纳地质灾害、水土污染等各方面的研究成果,以完善地质环境系统的综合研究。例如,Martinez 等^[25]评估了以色列地下水脆弱性及地下水污染对城镇发展的抑制作用;Tudes 等^[26]对土耳其境内靠近北部安纳托利亚断层带的居米什哈内市进行了地质环境评价,提出在城市规划中应建立地质环境数据库,便于合理选址和土地规划利用;Chacon 等^[27]研究了西班牙格拉纳达市地区的城市工程地质环境,提出了城市规划建设对策;Dunayeva 等^[28]通过遥感和 GIS 技术综合评价了德国城市建设用地适宜性,建立了不同权重的多种因素评价模型来评价潜在的工程地质灾害对民用建筑的影响。

(2) 国内研究现状

我国的城市地质工作始于新中国成立后 20 世纪 50 年代北京等地的城市供水水源地勘察。60—70 年代,全国各地陆续开展了各种比例的水工环等地质调查和评价工作,积累了大量的地质工作基础。80 年代改革开放以来,我国经济快速发展,城市建设规模空前,城市地质工作也得到了空前发展,取得了一系列研究成果:

1987 年,谭周地教授^[29]提出城市工程地质环境稳定性的概念,并建立城市工程地质稳定性评价的相关理论;1989 年,杨闽中和方鸿琪教授^[30]提出了城市工程地质评价及预测的理论;1997 年,王思敬等^[31]在对城市工程地质条件进行全面分析的基础上,提出了城市环境工程地质系统分析的评价和预测方法;2001 年,杜东菊^[32]根据我国城市所处的地质环境复杂性,提出了城市地质环境研究区域、地区、工程场地的划级研究路线及相应采用地壳稳定性、地面稳定性和地基稳定性的分析与评价理论;2002 年,方鸿琪和杨闽中^[33]分析了地质灾害在城市地质环境评价与分析中的特殊重要性,强调城市防灾规划应将地质灾害作为防治目的之一。

近年来,一系列评价方法被应用于城市地质环境评价,对于地质资料相对匮乏的区域的,常常以半定量的方法为主,包括有模糊综合评判法、灰色聚类法、逐步判别分析法、多目标加权法、模式识别法、层次分析法、信息量统计法等。如蔡鹤生等^[34]探讨了层次分析定权法在城市地质环境综合评价中的应用;郑明新等^[35]探讨了分形理论在区域地质灾害预测中的应用;张丽等^[36]开展了基于灰色聚类的区域地质灾害危险性分区评价等。数理统计、人工神经网络、支持向量机等模型虽然也有应用,但并不普遍,主要是因为此类模型虽然定量化程度高,但同时也更为复杂,对样本数据要求量大,常用于研究区已有样本数量较多的情况。

在技术手段上,注重建立 GIS 平台的地学信息空间数据库和自然灾害风险评估决策支持系统,提倡 GIS、RS、GPS 等多种技术的综合应用。陆洲杰等^[37]通过与 GIS 技术相结合,探索了城市建设用地适宜性定量评价的方法,并在武汉市进行了应用;汤连生等^[38]以 GIS

为基础平台,探讨了城市环境地质图编制的原理、方法以及步骤,为城市地质调查过程中基础及专题图件的编制提供了重要的指导和借鉴;周成涛等^[39]建立了山地城市地质环境数据库,编制重庆市主城区不良地质分区图;梁和成等^[40]建立了针对不同功能的建设用地提出了相应的地质环境评价与区划方法,并以福建省福州市为例对方法进行了实例应用;涂齐亮^[41]则在以中国地质调查局“云南省主要城市环境地质问题调查评价”工作项目为依托的基础上,结合昆明市城市环境地质问题的实际情况,建立了地质数据三维 GIS 分析与可视化平台,便于为城市规划提供工程地质、水文地质、环境地质数据库,并进行综合地质环境评估。

由此可见,城市地质工作已由传统的工程地质领域逐渐向城市地质环境的综合研究渗透,重视地质指标体系的研究,重视城市环境地质工作超前服务战略的研究。对某一类或某一种地质环境问题进行深入研究是各领域的专业研究方向,而吸纳地质灾害、水土污染等各方面的研究成果以完善地质环境系统的综合研究并为城市建设、规划、防灾减灾等提供科学依据,则是城市地质环境研究的大势所趋。

1.2.1.2 地理学视角

从地理学视角,学者们更多的是从宏观地域系统入手,则将地质环境归为“地”的一部分,将城市发展归为“人”的一部分,对地质环境问题与城市发展的相互作用研究则主要在生态地理学中的人地关系演化、人文地理学中的人居环境研究等方面有所体现。

从生态地理学来看,国外衡量人地关系的定量研究主要有资源环境承载力、生态足迹、物质流模型、生态效率、能值分析、综合集成评价、脱钩指数、系统动力学、数理统计等模型和方法。其中,从资源环境承载力角度研究资源环境问题是经济学、生态学和地理学的研究热点,资源环境承载能力是指特定时空下资源环境系统在自我维持和调节能力的前提下,能够维持人类社会系统持续发展的社会经济规模和人口的数量。对于资源环境承载能力的研究多体现在土地资源承载能力、水资源承载能力、生态环境承载能力、经济承载能力等方面^[12,13]。加拿大学者 Wackernagel 和 Rees^[14]于 1992 年率先提出生态足迹的评估模型,经过近几十年的发展,被广泛应用于全球、国家、区域、城市等不同尺度人地系统可持续性评估中,世界自然基金会(WWF)两年一度的《地球生命力报告》是生态足迹最有影响力的报告,提示了生态足迹在人地系统研究中的重要作用,生态足迹的研究尺度主要有全球尺度、国家尺度、区域或者城市尺度,其研究领域主要包括国际贸易、交通能源、旅游、饮食结构等方面。

在我国,已故著名地理学家吴传钧院士 1991 年在《论地理学的核心——人地关系地域系统》一文中提出人地关系地域系统是以地球表层一定地域为基础的人地关系系统,也就是人与地在特定的地域中相互联系、相互作用而形成的一种动态结构,研究人地关系地域系统的总目标是为探讨系统内各要素的相互作用及系统的整体行为与调控机理。随后,许多地理学者对人地关系地域系统展开了综合研究。潘玉君^[45]提出人地关系地域系统的协调共生应用理论,提出人地关系地域系统的概念,根据熵值原理提出人地关系地域系统的 3 种类型,运用反馈学理论研究人地关系地域系统的协调共生原理。许然^[46]提出了人地关系的系统理论与可持续发展的关系,强调了人地系统之间的协调和人地关系整体与部分的协调以及发展的观念和系统的分析方法等。吕拉昌^[47]提出了人地关系研究的数量范式、质量范式、结构范式、行为范式、文化范式、分析范式等范式,使得人地关系研究更具可操作性。王