

# 国内外城市环境地质工作进展

张秀芳, 李善峰

(中国地质环境监测院, 北京 100081)

**摘要:** 城市化是世界各国发展的共同趋势, 是人类文明和进步的标志。论文简述了国内外城市环境地质工作的历史发展, 着重论述了城市地质工作的内容, 指出我国城市环境地质中存在的问题。如地面沉降、地裂缝、岩溶塌陷等地质灾害及水资源短缺、城市废弃物处置以及特殊岩土环境问题。为了提高城市规划和确保城市可持续发展, 仅从以下5个方面提出了我国城市地质工作的方向: (1) 城市地质环境条件、地质资源综合调查评价; (2) 城市主要环境地质问题调查; (3) 城市群、城市密集区环境地质适宜性综合评价; (4) 城市环境地质综合研究; (5) 城市环境地质信息系统建设。

**关键词:** 环境地质; 城市地质; 国内外; 城市环境地质

**文章编号:** 1003-8035 (2004) 04-0096-05

**中图分类号:** X14 0642.5

**文献标识码:** A

## 0 引言

城市化是世界各国发展的共同趋势, 也是经济发展的结果。目前全世界60多亿人口中已有50%生活在城市, 发达国家城市人口已超过总人口的70%<sup>[1]</sup>。据统计我国城市人口2001年达4.8亿, 占总人口的37.66%, 城市数量已超过600个, 城市化水平达到30%, 即进入城市化加速发展时期。

随着城市化建设加速和经济的发展, 城市地质环境受到的影响和压力与日俱增。如工程建设的加载和开挖, 破坏了地壳表层的力平衡, 使工程设施产生沉降、位移、失稳; 城市过量抽取地下水造成水位下降、水资源枯竭, 引起的地面沉降和岩溶塌陷; 有些城区还会产生采空区地面塌陷以及地裂缝、滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害; 城市人口不断增加, 大量排出废弃物, 包括工业废水、生活污水、工业垃圾、建筑垃圾和生活垃圾, 造成了城市环境严重污染。城市环境地质问题已成为影响社会可持续发展的主要因素。

## 1 国内外城市地质工作进展

### 1.1 国外城市地质工作进展

国外城市地质工作始于20世纪初, 加拿大皇家协会曾发表过关于地质对城市中心的意义和重要性认识的论文; 20世纪20年代末期, 德国率先出版了用于城市规划的特殊土壤图系, 用以支持城市规划<sup>[2]</sup>; 二次世界大战后, 德国、捷克、斯洛伐克和

荷兰等国家, 实施了系统的地质填图, 以指导城市规划与建设; 20世纪60~70年代, 城市地质工作内容扩大到水、土污染调查评价, 城市废弃物危害的调查评价, 以及地质相关资源潜力和开发利用的勘察评价<sup>[2]</sup>。应用地球化学解决废物污染问题成为一种发展趋势, 德国首先绘制出描述土壤潜力与限制的“地质潜力图”, 供城市规划者参考。多哥、印度尼西亚等国也采用了这套图件的编图方法。美国的许多城市也出版了类似的城市地质图。70年代西班牙许多城市开展了用于城市规划的1/2.5万的岩土填图工作。荷兰开展了土地复垦对地面沉降影响的研究。这一时期用于获取和处理的地质、地理、地形和水资源数字化信息系统相继建立, 加拿大启动了旨在开发能够对地球科学信息进行编辑、处理和显示的计算机系统, 实现了城市中心地区的有序和高效发展。80年代国外城市地质工作的典型特征是电子自动化带动了全新的主题填图工作。1987~1989年美、意、荷、德、英等国家相继出版了1/1万、1/100万不同比例尺地下水脆弱性图, 为识别地下水污染难易程度和制定地下水保护政策提供依据。城市地质工作开始引用计算机编图技术, 建立地下水和地质环境数值模型和管理模型, 提高了地质工作成果的质量及可视化程度<sup>[2]</sup>; 东南亚和太平

收稿日期: 2004-03-04; 修回日期: 2004-05-31

作者简介: 张秀芳 (1952—), 女, 高级工程师, 从事水文地质工程地质环境地质科技情报检索工作。

洋地区 80 年代中期开始了城市地质的研究工作。目前已出版了 11 卷城市地质文集,主要介绍了中国、孟加拉、斐济、印度尼西亚、马来西亚、尼泊尔、菲律宾、朝鲜、斯里兰卡、泰国、越南等国家特定城市的地质研究和现状报告;非洲只有多哥开展过城市地质工作。90 年代初期英国地质调查局启动了“伦敦计算机化地下与地表项目 (LOCUS)”。该项目的目标是生产用于土地利用规划、土木工程建设以及解决地质和环境问题的各种主题图件。这项工作以包括 2 万多份钻孔描述资料的数字化数据库为基础,采用了具有强大功能的 GIS 与模型技术;1993 年加拿大地质调查局已经通过 GIS 系统完成了各类地图的数字化。城市环境地质工作也转向重视城市经济可持续发展的综合研究,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。在工作中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。在技术方法上,强调多学科、多种方法的配合,尤其注重利用 GIS、RS、GPS 技术进行环境地质调查、地质灾害监测,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等,较好地实现了城市环境地质快速响应城市发展的需求<sup>[3]</sup>。

21 世纪开始,以整体观点研究城市地质问题的的工作得以深化。即以整体上考察城市地质问题,以适当的指标体系定量表征城市地质质量,进而建立和健全相应的监测系统,并将其纳入城市环境总体管理的轨道<sup>[4]</sup>。

## 1.2 我国城市地质工作进展

20 世纪 50 年代先期进行了北京、西安、包头等城市供水水源地勘察、地下水开采以及在这个基础上开展的地下水动态监测工作<sup>[5,6]</sup>;20 世纪 60 ~ 70 年代为满足大规模的城市建设和经济发展的需要,开展了各种比例尺的区域性和专门性的水文地质、工程地质、环境地质调查、评价工作。天津、上海在地面沉降的勘察、治理、防治方面取得重大进展。与此同时全国各地相继建立地下水动态监测站;20 世纪 80 年代以城市为中心的水工环综合调查研究也全面展开,先后完成了 80 多个严重缺水城市地下水集中供水水源地的评价以及京、津、沪等 75 个主要城市的水资源预测。工作区域从单个城市向国土综合开发区和大江大河流域发展,先后完成

了长江、黄河流域的环境地质调查和编图工作<sup>[2]</sup>;1983 年开展北京地区航空遥感调查;1984 ~ 1985 年开展了 30 多个中心城市 1/5 万地质调查<sup>[3]</sup>;相继出版了《中国 2000 年城市地下水资源及环境地质问题预测研究》;《城市地区 1/5 万区域地质调查的理论和方法》;《沿海重点城市及经济特区环境地质研究》等成果报告;1990 年原地质矿产部环境司主编了《沿海主要城市水资源及地质环境评价》报告,对 21 个城市的水资源及地质环境进行了评价;这是中国首次对城市地质环境与地质资源环境所进行的较全面的论证工作,也是城市地质工作的一项系统工程<sup>[6]</sup>。1992 年国家计委和地矿部环境司共同出版了《中国重点城市和地区地下水资源开发利用现状及供水对策图集》。该图集包含了北京等 25 个重点城市和山西能源基地等 8 个重点地区;2000 年中国地质调查局组织开展了矿山地质环境调查,其中包括了部分矿山城市的环境地质问题的调查。2001 年国土资源部组织了“全国地质环境与城市规划研讨会”。会议的主要议题为:在新的历史时期,如何科学合理利用城市地质环境,城市环境地质问题,城市环境保护与城市可持续发展问题,不同功能、不同规模城市的地质环境工作重点等;中国地质学会完成《中国城市地质》专著的编写。

当前我国正在适应新的形势,积极推进地质工作的根本转变,城市地质日益受到重视。“数字城市”作为“数字地球”的重要组成部分,已成为社会和政府关注的焦点。同时,我国城市环境和城市灾害研究得到进一步发展,制定了城市灾害防治计划和防治目标以及地质环境保护规划,完成了北京、天津、上海等重要城市的环境地质综合勘查评价,计划在 2010 年前完成 100 座城市的地质环境保护规划工作。相应地有《城市生态环境建设与保护规划》、《地质灾害与防御》、《城市地理信息系统》等专著出版。

## 2 城市环境地质工作中存在的问题

我国城市发展中突出的地质环境问题表现为以下几个方面:

### 2.1 突发性地质灾害

突发性灾害包括崩塌、滑坡、泥石流灾害,这些灾害属于外动力作用形成的岩石圈灾害,具有相同的形成条件和分布规律<sup>[7]</sup>。全国大约有灾害性泥

石流沟 1.2 万条, 滑坡数万处, 崩塌和危岩体数十万处, 主要分布在我国西南和西北地区<sup>[7]</sup>。滑坡和泥石流广泛分布的城市像兰州、重庆、攀枝花市等, 由此造成严重的经济损失。

## 2.2 缓变型地质灾害

缓变型地质灾害包括地面沉降、地面塌陷、和地面裂缝。由于开采地下水及工程建设, 由此引发的地面沉降、地裂缝、岩溶塌陷等地质灾害, 广泛分布于城镇、矿区和铁路沿线, 成为影响城市人民生活, 妨碍城市建设的重要环境问题<sup>[7]</sup>, 已经造成了巨大的经济损失, 甚至人员伤亡。如长江三角洲地区目前地面累计沉降量大于 200mm 的沉降区面积近 1 万 km<sup>2</sup>, 使地势低洼的平原区内涝和洪涝加剧; 并引发地面坍塌和地裂缝, 造成大量建筑物毁坏。无锡、常州因地裂缝造成的经济损失达 5 亿元。唐山、秦皇岛、杭州、广州、深圳等城市因地面塌陷导致房屋破坏或倒塌, 有的成为工程隐患。

## 2.3 水资源短缺

我国城市水资源开发中缺乏统一规划, 资源性缺水已经成为制约环渤海地区城市可持续发展的瓶颈<sup>[5,6]</sup>。长江三角洲地区因地表水严重污染, 长期超采地下水, 使地下水资源日趋枯竭, 形成了遍及全区的特大型水位降落漏斗, 主采层最大水位埋深达 87m。制约了当地经济的发展。

## 2.4 城市废弃物的任意处置

随着工业化程度的提高, 受城市“三废”任意排放的影响, 城市生态环境质量明显下降, 水土污染日趋严重。长江三角洲、珠江三角洲地表水多为 IV ~ V 类水, 城区部分河段可达劣 V 类水。

## 2.5 城市特殊岩土环境问题

我国特殊岩土分布广泛, 在外因作用下转化为次生灾害, 造成工程结构物破坏, 造成我国城市发展中特殊岩土环境问题。如: 新疆盐渍土、青藏高原冻土、西北地区湿陷性黄土、华南红土及红黏土, 沿海地区塑性软土及东南沿海地区风化残积土等, 因其特殊的工程地质性质而造成城市建设中地基处理困难, 是城市发展中的特殊岩土环境问题<sup>[11]</sup>。

## 2.6 风沙尘暴灾害

风沙尘暴与人类活动密切相关, 破坏城市环境。主要表现为城市空气中总悬浮颗粒物的浓度普遍超标。造成这种状况的主要原因是裸露地面和建筑施工。以北京为例, 2002 年裸露地面和施工工地总数

超过 8000 个<sup>[8]</sup>, 大量堆积在工地上的沙堆土和裸露土是北京扬尘的主要物质源。风沙尘暴不仅给市民生活带来不便, 而且破坏城市设施。

## 2.7 城市地质环评工作

城市环境地质调查研究工作与城市规划、建设和管理存在一定程度的脱节<sup>[9,10]</sup>。该工作大多偏重于地表工作, 对地下空间利用所需深部地质工作重视不够, 绝大多数城市尚未建立城市国土资源与环境监测系统。水文、气象、环保、地震、地质等部门的资料未能共享, 也在一定程度上影响了城市地质成果的完整性。另外, 城市规划和建设项目的环境影响评价工作已成为城市发展建设过程中的强制性法定环节, 成为城市规划和建设的依据。

# 3 城市地质工作面临的任务

在城市化进程不断加快, 环境地质问题日益增多的新形势下, 城市地质工作面临新的挑战 and 机遇: 资源能否满足城市经济和社会可持续发展的要求, 地质环境是否具有适应城市化发展的承载能力, 怎样认识和解决东部沿海城市已存在的人口、资源、环境问题, 如何满足城市水资源的需求与可持续利用, 防治地面沉降、地裂缝、岩溶塌陷等地质灾害, 实现生态环境的良性循环等等, 成为城市环境地质工作需要回答和解决的紧迫任务。

## 3.1 城市地质环境条件及地质资源综合调查评价

建立城市地质体空间结构的基本框架, 基本查明城市浅层、中层、深层、地质结构; 宏观评价城市稳定性, 综合论证城市新构造、地壳稳定性、地面稳定性和地基稳定性等; 宏观评价城市地球环境背景, 基本查明与人居环境密切相关的城市地球化学背景和地球物理背景。

综合评价地下水资源, 查明城市地下水系统的空间分布与结构, 地下水补、径、排特征及其变化过程, 评价地下水资源总量、调蓄能力、环境与生态功能及其可持续利用潜力, 建立典型区地下水系统三维结构模型, 探索建立四维模型; 开展城市地下水应急后备水源地调查评价; 基本查明城市地热资源、矿泉水资源的分布、资源量、开发潜力及资源保护; 宏观论证矿产资源潜力及其开布局; 宏观评价地质旅游资源类型、分布、保护与利用价值。

## 3.2 城市主要环境地质问题调查

在充分利用已有资料的基础上,针对不同城市存在的主要环境地质问题,开展以1/5万为主要比例尺的调查评价。

3.2.1 水、土壤污染调查评价:以动态评价与预测的观点,调查评价城市地表水、地下水、土壤的污染历史、污染现状及污染变化趋势,评价污染影响因素,提出污染防治对策。

3.2.2 地下水脆弱性调查评价:以水体固有脆弱性调查评价为主,对局部污染严重地区开展特殊脆弱性调查评价;在查明地下水脆弱性固有和特殊参数的基础上,根据不同的水文地质条件,结合人类工程活动因素,编制地下水脆弱性图,进行地下水功能分区和风险区划。

3.2.3 地质灾害风险性调查评价:查明崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降、海水入侵等地质灾害的发育分布规律,评价地质灾害的稳定性、易损性,圈定地质灾害易发区和高风险区,进行地质灾害危险性区划和风险区划研究,为城市安全提供保障。

3.2.4 矿山环境地质调查评价:查明城市及其周边地区矿山地质环境现状、动态变化趋势;矿山开采引起的主要环境地质问题,包括矿区废弃物排放、损毁土地、土地复垦与恢复治理、废弃物综合治理和资源化利用、地下水疏干、采空区塌陷、边坡失稳、环境化学污染等;矿山开采对城市发展的影响;提出矿山合理布局意见和地质环境保护对策。

3.2.5 固体废弃物处置场址安全性、适宜性调查评价:查明固体废弃物处置场地的分布现状、对水土体的污染现状,评价场地的适宜性、稳定性和安全性;从环境地质角度调查评价新的适宜的处置场所,进行固体废弃物处置场址安全性、适宜场区划。

3.2.6 岩土体特征、稳定性和适宜性调查评价:调查城市岩土体、特殊岩土体的类型、分布、工程地质性质等,评价其承载力及对工程稳定性的影响,评价其对地下空间利用的适宜性。

3.2.7 海岸带调查评价:调查海岸带基本特征,海岸侵蚀,河口、港湾淤积,风暴潮灾害等。

### 3.3 城市群及城市密集区环境地质适宜性综合评价

以现有资料为基础,以城市群、城市密集区为单元,从区域环境地质角度,从地质基础条件、地质资源潜力条件、地质环境条件等方面宏观评价城市群、城市密集区区域布局的合理性、适宜性,为

城市群、城市密集区布局规划和调整、重大工程建设及时提供需求信息。

### 3.4 城市环境地质综合研究<sup>[2]</sup>

3.4.1 城市环境地质调查理论、技术、方法研究,统一工作方法、工作流程、技术要求和技术标准,为城市环境地质调查提供理论、技术方法等方面的技术支撑。

3.4.2 城市地质环境质量评价指标研究,综合考虑城市的自然属性和社会属性,探索研究东部沿海城市地质环境质量评价指标。

3.4.3 城市环境地质图系研究,探索成果表达的新思路、新内容、新方法和新形式,全面更新城市环境地质系列图件,满足地质人员、规划决策人员、社会公众等不同层面对地学信息的需求。

3.4.4 城市地质环境与城市可持续发展关系研究,城市化进程与地质环境效应研究,城市地质环境承载力研究,城市发展规模、城镇布局及功能性的适宜性论证,城市地质环境区划研究。

3.4.5 城市地质环境监测研究,开展以地下水资源、地质灾害、水土污染、矿山环境为主要内容的监测研究,注意海岸带变化监测研究。为全面建立东部沿海城市地质环境监测体系、及时响应、实时动态评价城市化进程中地质环境条件的变化奠定基础。

### 3.5 城市环境地质信息系统建设

统一开发城市环境地质空间数据库和调查信息系统软件,按城市、城市带、城市群、省(自治区)、东部沿海地区不同层次分别建立空间数据库和信息系统;完成东部沿海城市大中比例尺环境地质图基础数据库建设,实现城市环境地质调查信息采集、处理、储存、分析全过程的信息化;推广应用高效、实用的野外信息采集和处理技术,初步实现城市环境地质调查评价工作主流程的信息化;建设城市环境地质调查信息元数据库并开展网上服务,建立城市环境地质信息公开查询系统;提高城市环境地质工作对城市发展的快速响应能力,提高地质信息的社会化服务。

#### 参考文献:

- [1] 庄育勋,杜子国,李有枝.支撑城市可持续发展的地质调查工作[R].北京:中国地质调查局,2002.
- [2] 南京地质矿产所,中国地质调查局城市地质研究中

- 心. 东部沿海城市环境地质调查规划 [R]. 2003.
- [3] 中国地质调查局发展研究中心. 城市地质——国家地质工作的新领域 [R]. 2002.
- [4] 葛双城. 21 世纪城市地质工作的思考 [J]. 浙江地质, 1999, 15 (2): 54 - 59.
- [5] 施伟忠. 开展城市环境地质工作为城市规划和建设服务 [J]. 湖北地矿, 2001, 15 (3): 20 - 27.
- [6] 方家骅. 中国城市环境地质工作回顾和今后工作思考 [J]. 火山地质与矿产, 2001, 22 (2): 84 - 86.
- [7] 郭希哲, 等. 中国地质灾害与防治 [M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [8] 王军, 张东焕. 城市地质灾害防治对策 [J]. 城市管理与科技, 2003, 5 (2): 133 - 134.
- [9] 中华人民共和国环境影响评价法 [S]. 北京: 法律出版社, 2002.
- [10] 吴恒, 张信贵, 易念斗. 城市建设与地质环境的关系及研究要点 [J]. 地质科学, 1999, 34 (1): 107 - 115.
- [11] 王思敬. 中国城市发展中的地质环境问题 [J]. 第四纪研究, 1996, 15 (2): 115 - 12.

## Review on urban environmental geologic work in China and abroad

ZHANG Xiu-fang, LI Shan-feng

(China institute of geo-environmental monitoring, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Urbanization appears a common trend for every country to meet in development, which is the mark of human beings civilization and progress. In this paper, domestic and abroad history of environmental geology development in urban area is briefly introduced, contents of urban environmental geology are detailedly expounded. Problems of urban environmental geology in China, such as land subsidence, ground fissures, karst collapse, water resource shortage, urban waste matter processing, peculiar soil environmental issues etc., are pointed out. In order to improve urban plan and ensure sustainable development in urban, aims of urban geological work in China are as follows: (1) investigating and evaluating of geologic environment condition and geologic resources in urban; (2) investigating of major urban environmental geologic issues; (3) synthetical evaluating of environmental geology applicability in metropolitan area; (4) synthetical researching of urban environmental geology; (5) establishing information systems of urban environmental geology.

**Key words:** environmental geology; urban geology; domestic and abroad; urban environmental geology