

城市环境地质调查 信息化建设

张礼中 张永波 等 著



地质出版社

城市环境地质调查信息化建设

张礼中 张永波 周小元 王 乾
蔡子昭 霍志彬 梁国玲 王 伟 著
刘长礼 石 磊 张春英 陆 琰

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

作者充分运用水文地质学、环境地质学、地质灾害学、软件工程学的理论知识以及地理信息系统、全球定位系统、大型数据库、网络等高新信息技术,将信息技术和传统的城市环境地质调查工作相结合,实现城市环境地质调查工作的信息化。首先,考虑城市环境地质调查主流程信息化的实际需要,提出了城市环境地质调查数据库标准化方案;其次,提出了城市环境地质调查的信息化流程,给出了城市环境地质调查信息系统组成、功能及应用模式;第三,围绕城市环境地质调查大、中型数据库的建设工作,开发了城市环境地质调查信息系统系列软件;第四,开发了城市环境地质调查综合成果管理系统和共享服务系统。研发的成果在多个项目中示范和推广应用,基本实现了城市环境地质调查工作从野外数据采集、数据收集整理、数据入库、数据浏览查询、动态分析评价、成果社会共享的信息化流程。

本书可供从事水文地质、环境地质调查评价与信息化工作的有关人员及高等院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

城市环境地质调查信息化建设 / 张礼中等编著. —
北京:地质出版社, 2011.6
ISBN 978-7-116-07233-6

I. ①城… II. ①张… III. ①城市环境—环境地质学—地质调查—信息化—研究 IV. ① X21-39 ② X141-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 102387 号

CHENGSHI HUANJING DIZHI DIAOCHA XINXIHUA JIANSHE

责任编辑:刘亚军 杨 军

责任校对:王素荣

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号, 100083

咨询电话: (010)82324508 (邮购部); (010)82324578 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010)82310759

印 刷:北京天成印务有限责任公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 16.5

字 数: 400 千字

版 次: 2011 年 6 月北京第 1 版

印 次: 2011 年 6 月北京第 1 次印刷

定 价: 120.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-07233-6

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

前言

在已进入信息社会的今天，城市化的迅速发展，迫切需要更详细的地质资料为城市规划和建设提供支撑，以及地质资料为城市规划和建设服务的快速响应机制。实现地质调查主流程信息化是服务于国民经济建设和社会发展的保证。构筑数字化的现代地质工作，提高地质资料标准化程度，实现地质调查主流程信息化是一件事关国计民生、服务各行各业、惠及千家万户的全局性工作。地质调查主流程信息化运用现代技术获取与挖掘各类信息，辅助地质工作者决策，是现代地质工作的发展趋势。

针对我国城市环境地质调查工作的现状和信息技术在水文地质、工程地质、环境地质等专业领域应用状况，我们认为，城市环境地质调查的信息化流程包括野外数据采集、空间数据库建设、空间数据库管理、数据应用（评价、分析）、数据共享。强调要服务于一线调查人员、分析研究人员并服务于城市规划和建设。需要研究面向对象的城市环境地质调查数据库标准，解决全国性城市环境地质调查数据库的建设与集成问题；研制开发围绕数据库建设和管理的应用系统及相关评价模型，实现野外调查的数字化、数据采集、动态管理、实时动态评价、实时动态地学结论图的生成及输出，达到改变传统调查方式、提高工作效率，随时参与城市地质环境管理，及时为城市规划提供地质信息的目的；研究调查成果的共享形式，实现成果的社会共享。

本书是国土资源部百名优秀青年科技人才计划资助项目“城市环境地质调查信息化研究”、中国地质调查局“全国主要城市环境地质综合评价”项目下的“城市环境地质数据库建设”子项目等工作内容成果的总结。针对“全国主要城市环境地质综合评价”项目的实施，作者充分运用水文地质学、环境地质学、地质灾害学、软件工程学的理论知识以及地理信息系统、全球定位系统、大型数据库、网络等高新信息技术，将信息技术和传统的城市环境地质调查工作相结合，实现城市环境地质调查工作的信息化。首先，考虑城市环境地质调查主流程信息化的实际需要，提出了城市环境地质调查数据库标准化方案；其次，提出了城市环境地质调查的信息化流程，给出了城市环境地质调查信息系统组成、功能及应用模式；第三，围绕城市环境地质调查中大型数据库的建设和分析评价工作，开发了城市环境地质调查信息系统系列软件；第四，开发了城市环境地质调查综合成果管理系统和共享服务系统。研发的成果在多个项目中示范和推广应用，基本实现了城市环境地质调查工作从野外数据采集、数据收集整理、数据入库、数据浏览查询、动态分析评价、成果社会共享的信息化流程。本书将信息技术和传统的城市环境地质调查工作相结合，除应用水文地质、工

程地质、环境地质调查评价相关理论方法外，更多的是综合应用高新信息技术来实现城市环境地质调查的信息化。整个工作是跨学科的，有巨大的软件开发工作量，项目组开发团队付出了辛勤的劳动。本阶段的工作应该说还是初步的，有待下一步丰富和完善。

全书共分6章：前言、第1章、第2章、第5章、第6章由张礼中编写，第3章由张永波、张礼中、梁国玲编写，第4章由张礼中、张永波、王乾、蔡子昭、周小元、霍志彬、王伟编写，刘长礼参加部分模型的设计工作，石磊参加了共享服务网站的建设工作，张春英、陆琰参加了相关数据库的建设工作。全书由张礼中统稿。

本书在编写和出版过程中，得到了中国地质科学院水文地质环境地质研究所、北京师范大学水科学研究院以及全国主要城市环境地质调查评价各参加部门或单位的大力支持和帮助，特别是中国地质科学院水文地质环境地质研究所科技创新基地水文地质环境地质调查信息化学科带头人张永波研究员的支持和帮助，在此深表感谢。

作者

2011年3月

目 录

1	绪言	1
2	城市环境地质调查信息化研究概况及总体设计	3
2.1	国内外城市环境地质调查相关工作现状	3
2.1.1	城市环境地质工作进展	3
2.1.2	相关数据库建设及数据标准化研究进展	5
2.1.3	相关信息系统建设研究进展	8
2.2	城市环境地质调查信息化拟解决的关键问题	15
2.3	城市环境地质调查信息化建设的内容	17
2.4	城市环境地质调查信息化研究思路及技术路线	17
2.5	城市环境地质调查信息系统总体设计	17
2.5.1	城市环境地质调查数据库标准	20
2.5.2	城市环境地质调查信息化流程	20
2.5.3	城市环境地质调查信息系统组成、功能及应用模式	20
2.5.4	城市环境地质调查信息系统开发实践	21
3	城市环境地质调查数据库设计	23
3.1	城市环境地质调查数据库标准制定原则	23
3.1.1	引用标准及参考规范	23
3.1.2	相关项目标准	24
3.1.3	编制依据与标准内容	24
3.2	城市环境地质调查数据描述与数据模型	24
3.2.1	城市环境地质调查数据内容	24
3.2.2	城市环境地质调查数据库概念模型	26
3.3	图层划分与编码体系	31
3.3.1	城市环境地质调查数据高层编码方案	31
3.3.2	图层划分方案	32
3.3.3	图元编码方案	34
3.3.4	图元属性表设置	34
3.4	图元属性	39
3.5	数据库存储结构	39
3.5.1	图层数据文件	40
3.5.2	属性表数据文件	42
3.5.3	城市环境地质调查数据库目录结构	43

3.6	数据库建设工作要求	44
3.6.1	属性表数据采集	44
3.6.2	图形数据采集	44
3.6.3	数据库的集成	44
3.6.4	数据库建设报告	44
3.6.5	质量保证措施	45
3.6.6	数据库的提交	45
4	城市环境地质调查信息系统设计开发	46
4.1	城市环境地质调查信息系统构成	46
4.1.1	野外数据采集系统	47
4.1.2	数据综合整理与数据录入系统	47
4.1.3	城市环境地质调查信息应用系统	48
4.1.4	综合成果管理系统	48
4.1.5	城市环境地质数据共享与社会化服务系统	48
4.2	城市环境地质调查野外数据采集系统	48
4.2.1	城市环境地质调查野外工作流程	48
4.2.2	硬件设备	50
4.2.3	系统结构	50
4.2.4	采集子系统功能	51
4.2.5	桌面系统功能	53
4.2.6	数据采集流程	54
4.2.7	子系统与数据库的关系	55
4.2.8	采集子系统的开发与实现	55
4.2.9	桌面系统的开发与实现	61
4.3	城市环境地质调查数据综合整理与数据录入系统	68
4.3.1	系统结构	69
4.3.2	系统应用模式	69
4.3.3	系统功能	70
4.3.4	系统数据处理流程	70
4.3.5	系统的开发与实现	71
4.4	城市环境地质调查信息应用系统	81
4.4.1	系统结构	81
4.4.2	系统功能	82
4.4.3	系统数据处理流程	83
4.4.4	开发环境和运行环境	83
4.4.5	用户界面	84
4.4.6	信息集逻辑结构	85
4.4.7	系统类对象描述	86

4.4.8	系统主框架的开发与实现	87
4.4.9	数据信息管理子系统开发与实现	92
4.4.10	模型评价分析子系统的开发与实现	108
4.5	城市环境地质调查综合成果管理系统	151
4.5.1	总体结构	151
4.5.2	系统功能结构	152
4.5.3	开发环境和运行环境	153
4.5.4	系统的开发与实现	153
4.6	城市环境地质数据共享与社会化服务系统	155
4.6.1	总体结构	155
4.6.2	工作流程	157
4.6.3	系统功能结构	158
4.6.4	系统的开发与实现	160
5	城市环境地质调查信息系统应用	170
5.1	系统安装	170
5.2	数据库及信息系统建设培训工作	173
5.3	数据库及信息系统建设——以兰州为例	174
5.3.1	准备工作	176
5.3.2	建库方法	176
5.3.3	建设过程	177
5.3.4	建设成果	178
5.4	野外数据采集系统应用——以泉州为例	179
5.4.1	自然地理概况	179
5.4.2	水文地质概况	180
5.4.3	采集系统示范应用过程	180
5.4.4	工作成果	181
5.5	综合成果管理系统应用——以哈尔滨为例	181
5.5.1	数据组织过程	182
5.5.2	哈尔滨市城市环境地质调查综合成果管理系统	182
5.6	信息系统在 5.12 地震灾后恢复重建中的应用	184
5.6.1	广元市环境地质资料浏览查询系统	185
5.6.2	广元市地质环境管理信息系统	185
5.7	数据共享与社会化服务系统应用	186
5.7.1	系统网址	186
5.7.2	基础数据共享	186
5.7.3	地图成果共享	189
5.7.4	技术文档共享	191
6	结论与展望	192

附录..... 194

 A1 综合调查类 194

 A2 数据整理与汇总 238

 A3 综合研究与分析成果 239

 A4 地学建议 252

参考文献..... 254

1 绪言

我国城市化发展迅速。新中国成立初期,城市只有 58 个,到 1952 年百万人口以上的城市也只有 9 个。自 1978 年以来,中国城市化进程已进入加速发展的新阶段。城市数量由 1978 年的 193 个发展到 2008 年的 655 个,其中百万人口以上的特大城市 122 个,50 万~100 万人口的大城市 118 个,20 万~50 万人口的中等城市 151 个,20 万以下的 264 个,城市化率提高到 45.68%。在东部沿海地区,开始形成以特大城市为中心的城市群(带),主要有环渤海城市群、长江三角洲城市群和珠江三角洲城市群。改革开放极大地促进了城市综合实力的增强。2008 年,全国地级及以上城市(不包括市辖区)地区生产总值 186279.5 亿元,占全国 GDP 的比重 62%,城市的中心地位和作用越来越突出。20 世纪 90 年代初以来,我国城市化水平得到了较大的提高。

城市化的迅速发展,迫切需要更详细的地质资料作为城市规划和建设的支撑。预计到 2020 年我国城市化水平将达到 50% 左右。届时,城市人口将达到 7 亿。农村人口不断向城市聚集,饮用和生产消耗的水量大大幅度增加,水资源供需矛盾日益突出;日益增加的城市垃圾和废水若不适当处置,将导致地表水、地下水质量不断恶化,土壤污染加剧;城市区域地壳和地基的稳定性问题制约着城市的发展;地下空间的开拓如布局不当,可诱发许多地质问题等。以往城市地质工作相对薄弱,积累的地质资料远远不能满足解决这些问题的需要。地质资料标准化程度不高,成果信息化水平低,缺乏为城市规划建设服务的快速响应机制。及时更新城市地质调查资料,提高地质信息服务水平,对促进城市可持续发展具有重要意义。

国土资源部十分重视并大力推进国土资源信息化建设,将“加强信息系统建设,实现信息服务社会化”列为“十五”、“十一五”期间的一项重要任务。中国地质调查局组织有关人员就国家地质工作信息化进行了研究,提出以加强应用为发展方向,以政府部门、社会公众和专业用户为服务对象,以实现国家地质工作主流程信息化为核心的地质调查信息化工作总体思路。确定了主流程信息化建设、地学数据库建设、信息标准建设、网络建设等内容间的逻辑关系,明确了各部分的主要内容,形成了地质调查信息化工作总体框架(图 1.1)。

实现地质调查主流程信息化是服务于国民经济建设和社会发展的保证。构筑数字化的现代地质工作,实现地质调查主流程信息化是一件事关国计民生、服务各行各业、惠及千家万户的全局性工作。地质调查主流程信息化运用现代技术获取与挖掘各类信息,辅助地质工作者决策,是现代地质工作的发展趋势。

中国地质调查局从 2004 年开始组织全国城市环境地质调查试点,争取在 2011 年完成全国主要城市(地级以上及少数县级城市)的城市环境地质调查工作,为城市规划和建设服务。为适应新的形势,中国地质调查局积极推进地质工作的根本转变,更加重视数字城市地质工作。

全国众多城市已把推进信息化建设作为 21 世纪城市发展的新课题和社会发展的新动力，在组织领导、统筹规划、项目建设等方面进行了广泛的实践。上海、北京、天津、广州、哈尔滨、杭州、重庆等大城市，均把城市地质信息化工作作为城市信息化工作的一个重要方面来抓，正在通过较高精度的地质调查和研究获取丰富的城市地质信息，利用现代信息技术和手段，建立起三维可视化数据信息管理服务系统，为当地搭建城市地质信息快速响应平台，以满足城市管理和社会对城市地质信息不断增长的需求，并已取得实质性的成果，代表了目前城市地质调查信息化的水平。

中国地质调查局地质调查信息化工作总体框架为城市环境地质调查信息化工作指明了方向。随着信息技术的发展和普及，信息技术在城市环境地质调查评价等方面得到了广泛的应用。针对我国城市环境地质调查工作的现状和信息技术的地质、工程地质、环境地质（以下简称“水工环”）专业领域应用状况，笔者认为城市环境地质调查的信息化流程包括野外数据采集、空间数据库建设、空间数据库管理、数据应用（评价、分析）和数据共享。强调要服务于一线调查人员、分析研究人员并服务于社会。需要研究面向对象的城市环境地质调查数据库标准，解决全国性城市环境地质调查数据库的建设与集成问题；研制开发围绕数据库建设和管理的应用系统及相关评价模型，实现野外调查的数字化、数据采集、动态管理、实时动态评价、实时动态地学结论图的生成与输出，达到改变传统调查方式、提高工作效率，随时参与城市地质环境管理，及时为城市规划提供地学参考的目的；研究调查成果的共享形式，实现成果的社会共享。

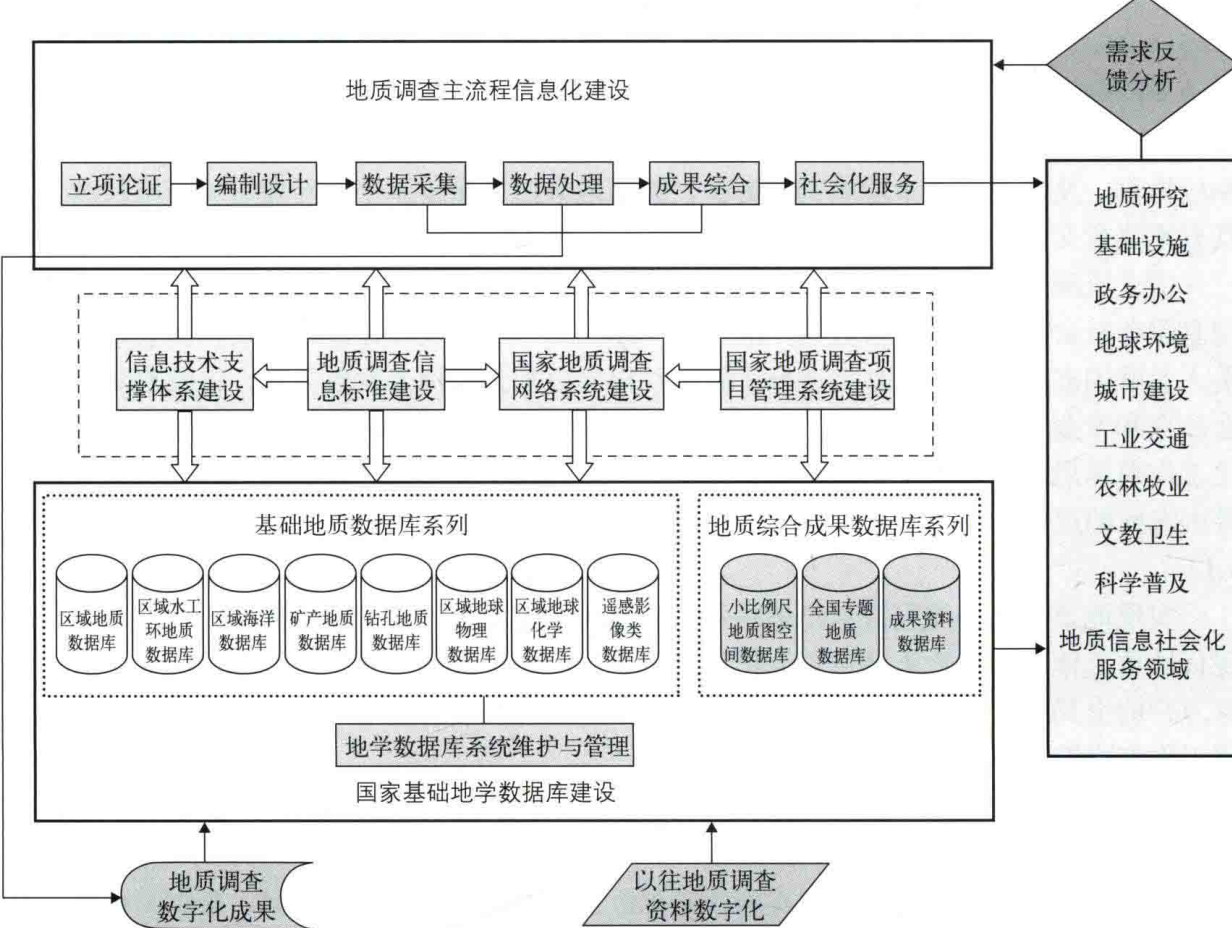


图 1.1 中国地质调查局地质调查信息化工作总体框架

2 城市环境地质调查信息化研究概况及总体设计

2.1 国内外城市环境地质调查相关工作现状

2.1.1 城市环境地质工作进展

现代城市集中着一个国家很大部分的生产力,提供国家大部分经济产出,是各个国家和地区的政治和国家间交往的中心。全球约有 60 座城市的人口超过 500 万,全球 70 亿人中约 50% 居住在占世界总面积不到 1% 的城市地区。随着人类社会的进步和科学技术的飞速发展,城市化进程不断加快,人类活动已经成为一种地质营力,强烈地作用于地质环境,使城市地质环境不断恶化,与城市土地利用、资源开发、废物处置、环境保护和灾害防治等有关的环境地质问题日益突出,甚至直接影响和制约着城市的发展和改造。

2.1.1.1 国外城市环境地质工作进展

国外城市环境地质工作始于 20 世纪初。20 世纪 20 年代,德国出版了用于城市规划的特殊土壤图系;30 年代末,德国又出版了标识着各种类型土地利用适宜性的 1:10000 和 1:5000 的地质图,并应用于城市扩建规划。第二次世界大战后,欧洲和北美地区城市地质工作得到发展,德国、捷克、斯洛伐克和荷兰等国家开展了系统的地质填图。20 世纪 60 至 70 年代,是城市环境地质工作大发展时期。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及地质相关资源潜力和开发利用的勘查评价。20 世纪 60 年代末,处理城市废弃物造成的污染成为工作的重点,应用地球化学解决废物污染问题迅速成为一种发展趋势。德国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。美国的许多城市出版了类似的城市地质图。20 世纪 70 年代欧美发达国家的城市地质工作取得了重要进展。涌现出“加利福尼亚州城市地质总体规划”、“旧金山海湾地区定量土地潜力分析”以及“德国下萨克森州和不来梅市自然环境潜力地质科学图系(1:20 万)”等代表性成果。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。苏联的城市地质工作也取得了长足的发展,特别注重城市地区土壤和地下水资源污染防治等环境问题。20 世纪 80 年代国外城市环境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。主题图的编制更多地采用了定量化指标,并尽量简化图面内容,使非地质专业用户能够更加容易地理解图面信息。20 世纪 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)”,以包括两万多份钻孔描述资料的数字化数据库为基础,采用 GIS 与模型技术以及解决地质和环境问题的各种主题图件。加拿大地质调查

局刷新了首都地区的地球科学数据库，通过应用系统完成了首都地区各类地图的数字化。20 世纪 90 年代中期俄罗斯出版了《莫斯科城市地质》专著，对莫斯科几十年来的城市地质工作进行了总结和研究。

总之，国外城市地质工作重视地质环境及其相关资源的保护，重视引用和普及计算机编图技术，建立地下水和地质环境数值模型和管理模型，大大提高了工作效率，提高了成果的质量及可视化程度。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，注重建立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。

2.1.1.2 国内城市环境地质工作进展

我国城市环境地质工作可以追溯到新中国成立初期，已连续开展了 50 多年，成果丰硕，为我国城市规划、建设和经济的发展做出了巨大贡献。

20 世纪 50 年代，以北京为代表的历史文化大都市和以包头为代表的新型工业化城市供水水源地勘查、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，标志着新中国的城市地质工作的开始。

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查、治理和防治方面取得了重大进展，与此同时全国各地相继建立了地下水动态监测站。

20 世纪 80 年代中国的城市地质工作获得了空前发展，除进行为城市或经济开发区建设服务的专门性的水文地质和工程地质勘察外，以城市为中心的水工环地质综合调查研究也全面展开，先后完成了 80 多个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。1983 年地质矿产部、城乡建设环境保护部和北京市联合开展北京地区航空遥感调查；1984 ~ 1985 年开展了 30 多个中心城市的 1 : 5 万地质调查，深入了解了这些城市的基础地质条件，对 27 个大中城市（主要是省会城市）的地下水资源和城市环境地质问题进行了研究和预测，指出城市环境地质问题主要有地下水环境的污染、地面沉降、地裂缝和岩溶塌陷等；1986 年出版了《中国 2000 年城市地下水资源及环境地质问题预测研究》报告；同年地质矿产部区域地质矿产地质司组织编制了《城市地区 1:5 万区域地质调查的理论和方法》；1986 ~ 1990 年由地质矿产部水文地质工程地质研究所牵头，26 个科研、学校和勘查单位参加的《沿海重点城市及经济特区环境地质研究》是地质矿产部“七五”重点科技攻关项目，涉及 5 个课题 24 个专题，研究地区包括秦皇岛市、南通市、宁波市、闽南三角地区和湛江市等五个城市与地区。该成果论述了沿海城市面临的环境地质问题：软土震陷、海岸线变迁、海平面升降、地面沉降、海水入侵、地面塌陷、江岸海岸坡失稳、水环境污染、水土流失和港口回淤；给出了防治措施，编制了城市环境地质图系，并系统探讨了城市地质制图的理论和方法。

1990 年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，对丹东、上海、青岛、厦门、珠海、北海等 21 个城市的水资源及地质环境进行了评价；1992 年国

家计委和地质矿产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 个重点城市和以山西为中心的能源基地等 8 个重点地区的图幅。

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 3 月，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，如何科学合理地利用城市地质环境，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。中国地质学会在青岛召开了中国城市地质研究成果交流会，汇报交流城市地质研究成果，并完成《中国城市地质》专著的编写。

2003 年，中国地质调查局启动了上海、北京城市地质三维调查项目。2004 年，又启动了全国主要城市环境地质调查评价项目，并率先开展了浙江、江西、四川等省主要城市环境地质调查评价。2005 年，启动了甘肃、黑龙江、海南三省主要城市环境地质调查评价项目。2006 年，启动了福建、湖南、贵州、吉林、河南五省主要城市环境地质调查评价项目。2009 年，启动了其余主要省市主要城市环境地质调查评价项目。

另外，地震、石油、化工、煤炭、建材、农业、城建、水利、航运、交通等部门也从各自专业角度积累了大量有关城市的资料，并提出了相应的城市地质工作的技术要求。

总之，中国的城市环境地质工作从起初的城市发展需求引导，发展到现在的主动为城市发展服务。为适应新的形势，中国地质调查局积极推进地质工作的根本转变，更加重视数字城市地质工作，积极开展全国水工环空间数据库建设工作。

2.1.2 相关数据库建设及数据标准化研究进展

城市的发展具有其空间区位性，与之相对应的地质环境条件具有空间分布特征的差异性，城市每个地区地质环境适宜性存在较大的差别。各个地区地质环境条件对城市规划的适宜程度，取决于基础地质、水文地质、工程地质与灾害地质等条件，是基础地质、水文地质、工程地质与灾害地质条件空间叠加分析所得到的综合结果。因此，反映城市地质环境条件的信息不仅仅是一种属性数据，更重要的是具有空间分布的特征。基于地理信息系统（GIS）构建城市环境地质空间数据库则显得更加迫切，它能为城市某个地区地质环境综合信息的快速提取提供数据支持。

2.1.2.1 国外相关数据库建设及数据标准化研究进展

信息技术先行国家的地学空间信息与其他空间信息一起，已经进入到大型分布式 GIS 系统与 Internet 网络上的应用，实现了空间基础设施上的信息服务等共享发布。诸如各种比例尺的数字地图、DEM 高程、水文动态、钻孔及测井，以及各类数据的元数据库和可视化数据访问的配套软件，免费获取的地学数据 CD 等。

美国国家地质图数据库（NGMDB）从 20 世纪 90 年代中期开始构建，包括地质、灾害、地球资源等方面的图件和相关数据信息。美国地调所与 ESRI 密切合作，目前已经建立有全国性基础地质数据库、矿产资源数据库、水数据库和环境与灾害数据库等，其中水

数据库包括水监测数据、水质数据、峰流量数据、河流盆地特征数据和水资源数据等。环境与灾害数据库包括全球变化数据和滑坡等内容。美国地下水数据（Ground-Water Data）是美国全国水信息系统的一部分，美国地质调查所（USGS）收集并分析全国水、沉积物和样品的化学、物理及生物特征数据，到 2004 年 9 月，地下水数据库中的离散样品数据库收集了 420 多万个历史水质分析数据。通过美国地下水数据库可以免费查询美国全国地下水的实时数据和历史数据。澳大利亚也建立有全国性基础地质数据库、矿产资源数据库、地下水数据库、环境与灾害数据库等，其中地下水数据库包括地下水水质评价数据、大型承压水盆地水文地质和大型承压水盆地测井数据库。英国建立了哥伦比亚省完整的水资源资料及数据，其中，哥伦比亚地下水水井数据库是一个大型的动态数据库，目前该数据库在 Internet 网络环境运行，数据可通过网络动态更新。法国地下水数据库是法国生态可持续发展部、卫生部、水资源管理处、区域环境局和 DRIRE 集团等集体劳动的成果，也是水资源信息系统的一个产品。主管部门是生态可持续发展部水资源管理局。地下水数据库的信息化拓展、管理由法国地质矿产调查局（BRGM）负责。以上数据库均建立有元数据信息，并在 Internet 发布。

美国地调所一直注重信息的标准化工作，1996 年成立地质图数据模型工作组，目标是提供一个综合的、灵活的数据模型，能被国家地质图数据库参与者共同使用，以利于生产、管理和发布数字化地质图。澳大利亚建立了国家地籍数据模型，作为其空间数据库基础设施的一部分，是在从澳大利亚和新西兰有关机构获取适用的数据模型基础上加以归纳，形成多层次通用数据模型，该模型每两年修改一次，以保证模型的连续性。英国地调所 160 多年来一直采集和存储地学数据，大量数据缺乏标准性，给数据共享带来困难，为此，英国地调所从 1990 年开始进行数据体系结构研究。以上数据模型都在国家层面建立，并开发了相应软件支持，确保数据库的建立标准化。

2.1.2.2 国内相关数据库建设及数据标准化研究进展

地质环境数据库构建研究在国外起步较早，国内始于 20 世纪 70 年代后期。起初主要是对地质环境属性数据的管理，包括各类钻孔数据、地下水动态监测数据以及典型地质灾害监测数据的管理，数据管理系统纯属 MIS 管理系统，主要基于 Foxpro 和 dBase 等数据系统开发。80 年代后期至今，随着计算机技术与地理信息系统技术的发展，地质环境数据的结构与管理内容皆发生了质的变化。一方面，管理内容由单一地质环境属性数据管理向属性数据与空间数据共同管理发展；另一方面，由地质环境属性数据与空间数据单独管理过渡到属性数据与空间数据一体化管理。其管理系统属于 MIS 与 GIS 相结合的管理系统，实现地质环境数据的图文一体化管理，主要基于 SQL Server、Oracle 数据系统与 GIS 平台开发研究。

近几年来，随着 GIS 技术的发展和普及，空间数据库建设得到了迅猛发展，在国土资源部的统一部署下，开展了一系列的空间数据库建设和信息化标准的制定。

(1) 我国相关数据库计划

1) 地下水动态监测数据库

地下水动态监测数据库主要是国家级动态监测点的水位监测数据，由中国地质环境监测研究院会同各省地质环境监测总站进行数据更新，数据信息由中国地质环境监测研究院

负责管理和发布使用。

2) 水文地质钻孔数据库

在 20 世纪 80 年代末至 90 年代初,中国地质环境监测研究院组织了全国水文地质钻孔数据库的建库工作,开发了基于 dBase III 的水文地质钻孔管理系统,并在各省水文队陆续推广。

3) 县(市)区域水文地质调查

结合“县(市)区域水文地质调查”工作的开展,1996 年地质矿产部科技司组织开展了水文地质空间数据库标准方面的研究工作,并在此基础上开展了“县(市)区域水文地质调查”空间数据库建设工作,后因种种原因该项目终止。

4) 1:20 万水文地质图数据库

1999 年国土资源大调查的数字国土工程项目组织了 1:20 万水文地质图及建库工作,并在 2000 ~ 2002 年布置了较大的工作量,由中国地质环境监测研究院负责项目的具体实施,利用六年的时间,完成了 1:20 万区域水文地质调查成果的 965 幅水文地质图的数字化和数字水文地质图空间数据库建设。

5) 全国地下水资源评价数据库

为查清我国地下水资源现状,实现地下水资源可持续评价能力,作为预警工程项目,从 1999 年开始开展了“新一轮全国地下水资源调查评价”工作,同时建立了全国地下水资源数据库。结合项目取得的调查评价成果,建立了包括全国系列图、大区系列图、省级系列图在内的全国地下水资源图形数据库和属性数据库,共涉及各类成果图 136 张。出版了《中国地下水资源(数据库卷)》和《中国地下水资源数据库系统》数字光盘。

6) 地下水资源调查数据库系列

从 1999 年以来,陆续开展了新疆塔里木盆地、河西走廊、鄂尔多斯盆地、华北平原、环渤海地区、松嫩平原、长江三角洲、西南石山等地区的地下水资源专项调查工作,同时开展了西北找水专项计划。这些项目在完成调查任务的同时,均不同程度地建立了地下水资源空间数据库。

7) 县市地质灾害空间数据库

汇总集成了 616 个县市的地质灾害调查数据库,有近 8 万个灾点 600 万条数据。

以上数据库都是以工作项目的形式建立,各有各的数据库建设标准,数据库之间相同内容表达也有不一致的情况。

(2) 数据的标准化研究

为了有效地组织各类空间数据、提高数据的传输和利用效率及达到空间数据共享之目的,对空间数据按相关的标准、规范进行标准化,是城市环境地质空间数据库建设的基础和前提。

国内发布的与城市环境地质调查相关的数据库标准及规范有:《区域地下水资源调查数据格式与图示图例》工作标准、《水文地质钻孔数据文件格式》行业标准、《地下水资源数据文件格式》行业标准、《1:20 万水文地质图空间数据库标准》、《1:5 万水工环综合空间数据库标准》、《西北地下水资源勘查评价空间数据库工作指南》、《1:50 ~ 1:20 万环境地质调查空间数据库建设工作指南》、《1:5 万重点城市及经济开发区水工

环综合空间数据库建设工作指南》。这些标准及规范在我国相关空间数据库建设中起到了很好的指导作用。

目前覆盖整个领域的地质信息编码标准规范为《地质矿产术语分类代码》(GB/T 964920-2001) 国家标准。这一标准是在 20 世纪 80 年代集中了全国各部门地质行业专家研究制订的地质术语分类代码标准基础上修订而来,反映了当时在地质信息编码方面国内外的先进技术和力图通过统一规范各个地质领域的数据库代码来促进地质数据共享的超前的系统设计思想。此外,一些专业性的术语、图式图例、色标、编图规范、数据文件格式、信息分类命名、观测台站和构造代码等相关标准、规范(含重大项目编码规范)相继制订或开展研究。但是由于 20 世纪 80 年代中期支持地理空间分析的数据库管理系统——GIS 的应用尚不普遍,基于多层次广域网络的分布式地质数据库共享集成和互操作技术还只是设想,在当时的技术和应用背景下,《地质矿产术语分类代码》国家标准设计的主导思想主要立足于地质学科的专业属性信息的分类系统进行设计,其方案偏重于地质科学分类体系,强调学科的全面性、系统性。存在的不足是:信息体系庞大,大批在目前条件下尚难以采集、综合和共享性不高的专业信息都纳入其中,编码码位过长,代码设计的规律性和可操作性不强,因此在此后建设的地质数据库中,基本没有得到贯彻实施。没有考虑多源地质信息空间集成的需要,难以满足各个专业地质数据之间、地质信息与其他领域地理空间信息之间集成的需要。不能涵盖大批新的地质信息,特别是利用对地观测技术获取、处理的动态类信息。

从地质调查信息采集和应用的角度,地质调查的属性信息又经常分为点源信息和综合信息(又称域源信息)两大类。点源信息是对地质实体客观存在的描述,属于地壳特定位置的科学调查原始记录信息,往往具有唯一性,对应的地理单元是一定空间参考系内特定的点、线(一组点)、面,主要用于标准比例尺的区域基础地质图数据库建设、专业性地质评价和资源开发利用的微观活动。综合信息是通过对点源信息加工处理的结果,往往具有多义性,对应的是空间的面(如矿区、地下水分区)或少数线(如构造线)、点(水井等),即主要对应于一个区域(或图上的图斑)。对于不同的应用,产生不同专业的综合区划方案,是宏观管理和综合地质评价主要使用的对象。与点源信息相比,综合信息具有数据量小、更新速度快、用户范围宽、共享需求大等特点。

已经发布的城市环境相关标准及规范,主要是从专业分类和部门信息系统的需要出发,地质要素的编码规则大部分数据库遵从国家或行业的标准或规范,少数通过自定义确定,由于城市环境地质调查信息具多学科交叉的特点,很难按专业规范去统一编码,研究其编码规则是必要的。

2.1.3 相关信息系统建设研究进展

地理信息系统(GIS)是对地球空间数据进行采集、存储、查询、分析、建模和显示的计算机系统。它是集信息科学、空间科学、地球科学和计算机科学为一体的新兴边缘学科。城市环境地质的空间特性,相关信息系统的建设都是以 GIS 技术为支撑。GIS 在地质环境研究中得到了广泛应用,各种信息系统纷纷建立,取得了很大成绩。