

# 地球物理勘探及 地球化学勘探方法

## 在城市建设中的应用

雷卓翰 潘玉玲 杨熹云 编著



地质出版社

# 地球物理勘探及地球化学勘探方法在城市建设中的应用

雷卓翰 潘玉玲 杨熹云 编著

地质出版社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

本书是在广泛搜集国内外(以国内为主)有关资料和工作成果的基础上,经过认真筛选、分析和系统的归纳、整理编写而成的。全书由正文与附录两部分组成。正文部分共分为六章,内容为:地球物理勘探及地球化学勘探在城市区域地质调查、区域地壳稳定性评价及地震小区划、水文地质调查、地热勘查、工程地质调查及环境地质调查中的应用。附录部分有七个,内容有:高密度电阻率法、探地雷达法、高分辨率浅层地震勘探反射波法的有关问题、瞬态瑞雷面波勘探、地面核磁共振方法、基桩反射波法检测技术和以往常用的量、单位及国际单位制(SI)单位的换算关系。

本书可供从事城市物化探与城市地质工作的科技人员学习和参考,还可作为地质院(系)、校物化探专业学生的参考材料,也可从事区域开发和城市规划的科技人员和管理人员提供重要的技术信息和借鉴资料。

### 图书在版编目(CIP)数据

地球物理勘探及地球化学勘探方法在城市建设中的应用/雷卓翰,潘玉玲,杨熹云编著. —北京:地质出版社, 2006. 5

ISBN 7-116-04870-7

I. 地… II. ①雷…②潘…③杨… III. ①地球物理勘探—应用—城市建设②地球化学勘探—应用—城市建设  
IV. TU984

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 057891 号

---

责任编辑:刘凤仁 王 璞

责任校对:郑淑艳

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083

电 话:(010)82324508(邮购部); (010)82324572(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京印刷学院实习工厂

开 本:787mm×1092mm<sup>1/16</sup>

印 张:21.25

字 数:514 千字

印 数:1—2000 册

版 次:2006 年 5 月北京第一版·第一次印刷

定 价:50.00 元

ISBN 7-116-04870-7/P·2693

---

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)

# 引 言

随着我国城市建设的发展,地质工作在城市建设中的地位显得愈来愈重要。作为城市地质工作方法之一的地球物理勘探(简称物探)和地球化学勘探(简称化探)方法,从开始服务于城市建设之日起,就显示了它在解决城市地质问题中的独特作用,并赢得了较高的信誉。目前城市物化探工作正在得到逐步加强,应用领域不断扩大,解决城市地质问题的能力也在不断提高。但是,城市物化探工作毕竟还年轻,当前正处在发展阶段,应用范围还不够广泛,而且自身尚未总结出一套比较完善的工作程序与方法技术。它在城市建设中究竟能解决哪些地质疑难问题也鲜为人知,这些因素直接影响着物化探技术在城市建设中的地位和自身力量的发挥。为了使广大地质、地球物理(地球化学)工作者在开展城市物化探工作时,在方法的选择、技术的运用、成果的解释等方面有所借鉴,少走弯路,于1987年开展了“物化探技术在城市建设中的应用”的情报调研。1988年广东省地矿局给予立项并正式下达任务。这项调研的宗旨是,围绕现代化城市建设和发展所遇到的区域地质、水文地质,工程地质、灾害地质、环境地质等方面的问题,广泛搜集国内外(以国内为主)前人成功的工作成果,以应用实例为基础,结合编者自身的经验,比较系统地归纳、总结并阐明物化探在城市建设中应用的方法与技术。该调研报告在内容上力求既有一定广度又有一定的深度,并反映国内外(以国内为主)城市物化探工作现状和技术水平,期望它能成为广大地质工作者的一本有益读物,为地质院(系)校师生和地球物理(地球化学)工作者参考使用,为从事区域开发、城市规划的技术人员与管理人员提供技术信息和借鉴资料。在调研过程中,编者搜集了地质、冶金、石油、地震、水利、环保等系统的各种地学刊物(约500份),广东省地矿局物探队的生产报告和广东省地矿局七五七队、水文二队、北京物化探队的有关科研报告等。在此,特向上述有关单位和作者表示感谢!调研报告由雷卓翰、杨熹云合编。其中,引言、第三章和第四章由杨熹云编写,第一章、第二章和第五章由雷卓翰编写,第六章除第一节第一部分的实例由雷卓翰编写外,其余的由杨熹云编写。全报告由雷卓翰修改定稿。报告中的所有插图来源于相应的参考文献,由王丽莉绘制。该报告初稿完成后,承蒙中国地质大学教授傅良魁老师和石家庄经济学院副教授郑于文老师予以评阅。由雷卓翰、杨熹云合编的调研报告《物化探技术在城市建设中的应用》曾于1990年8月由广东省地质科学研究所刊印成册(1800册),内部发行。

十多年来,我国的经济建设飞快发展,物化探的新方法、新技术不断涌现。为了将新方法、新技术尽快应用到经济建设中去,以适应城市建设的需要和满足广大读者的要求,在地质出版社、广东省地质科学研究所的大力支持下,对这份调研报告进行了修编,将以《地球物理勘探及地球化学勘探方法在城市建设中的应用》为书名由地质出版社出版。修编工作由雷卓翰、潘玉玲完成。修编后,书中补充了近十几年来发展起来的新方法、新技术,例如,探地雷达、地面核磁共振法、高密度电阻率法、高分辨率浅层地震勘探和基桩反射波法无损检测等,并更换、补添了新实例和加大了化探内容的分量。在修编过程中,由潘玉玲编写前言,第三章第一节八,第四章第一节二(一)实例、二(四)的气体测量、第二节四的国内实例,第五章第二节四、第四节八,第六章第一节二、第二节一(二)、第二节四,以及附录3、附录4、

附录 5;由雷卓翰编写第三章第一节二,第四章第一节二(五),第五章第二节三,第六章第二节六,以及附录 1、附录 2、附录 6。

修编后的《地球物理勘探及地球化学勘探方法在城市建设中的应用》书稿得到中国地质大学李金铭教授的审阅,并提出宝贵意见,在此表示衷心的感谢!

书中选用了许多前人辛勤工作的成果,编者借此向他们深表谢意。由于编者水平所限,书中错误或不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2005 年 7 月

# 前 言

城市是政治、经济、文化和信息的中心。由于我国城市的规模、性质、自然资源承载力、地质环境特征不同,城市地质调查、评价的对象和工作内容、工作方法也有所差异。国内外城市建设工作表明,城市地质工作具有地域的独特性、工作的持久性、方法的多样性和学科的综合性等一系列的特点。据有关资料,到目前为止,世界上近 70 亿人口中约有 50% 居住在城市地区,约有 60 个城市的人口超过 500 万。发达国家城镇人口比例在 20 世纪 80 年代初即已达到 80%,发展中国家的城市化水平为 40%。

## 一、国内外城市地质工作的发展概述

### 1. 国外城市地质工作的发展简况

现代意义上的城市地质活动最早始于 20 世纪 20 年代末期,以德国出版的特殊土壤图用于城市规划为代表。至 60 年代,欧洲和北美地区的一些国家如德国、捷克、斯洛伐克、荷兰等国开展了系统的城市地质填图,编制了城市 1:1 万和 1:5000 的地质图、地基图和土地类型图,反映土壤和岩石的自然属性,图面内容以定性描述为主。

60 年代末至 70 年代,欧美发达国家的城市地质工作在工作内容延伸、工作区域扩展、信息系统化方面取得了重大进展。城市地质工作内容延伸到水土污染调查评价、地质资源潜力及其开发利用评价、城市废弃物的处置及应用地球化学方法进行污染治理等多个方面,并体现了调查与治理相结合。工作区域从单个城市扩展到城市群,同时注重城市地质为环境规划和土地利用规划服务,提高了成果的实用性。随着电子工业和计算机的发展,各种专业信息系统相继建立,用以获取和处理地质、地理、地形和水资源信息。

70 年代末至 80 年代,城市地质工作呈现两大特点:一是地质主题填图从定性向定量过渡,二是对地质资源保护意识增强。计算机的迅速发展和普及,促进城市地质主题填图从定性向定量过渡,如采用定量指标编制城市地质各类主题图件,利用计算机辅助编图、出图,建立各类地质数值模型与管理模型等。在城市地质工作中,对地质资源保护意识增强表现在地下水资源研究工作从注重水量转变为水质、水量并重;解决含水层污染问题从调查治理转变为预防与治理相结合。地下水的可供能力、地下水含水层脆弱性评价研究与编图作为对地下水资源进行保护的重要措施,并成为 80 年代后期城市地质工作的主题。1987~1989 年间,美国、意大利、荷兰、德国、瑞典、英国、捷克等国家相继编制出版了 1:1 万~1:100 万不同比例尺的地下水脆弱性图,为政府官员、规划者和管理者了解土地利用活动与地下水污染之间的关系,识别地下水易于污染的高风险区,制定地下水保护的方针政策和管理方案提供了依据。

90 年代以来是国际城市地质工作新的发展时期。90 年代以来,进一步明确了保障人类生命财产安全和促进城市社会、经济、环境可持续发展的城市地质工作目标,工作思路和工作方法也有所创新。

在工作思路,注重以整体观点研究城市地质问题,着手建立地质指标体系;实施全面保护城市地质环境、超前服务于城市可持续发展的战略。



城市地质工作从解决比较简单的规划建设问题深入到解决更为复杂的区域整体开发和决策问题。如美国于 1991 年开始实施水流域综合保护计划,将分散的水资源保护转向使用水流域的研究,在统一的水文单元内共同解决水资源的可供能力、水资源污染和生态环境恶化问题,使管理者能够从整个水流域全面地考虑影响水资源的各种作用。对于城市灾害,则注重对群发或诱发的灾害系统研究。研究灾害的影响面、易损性和对灾害的反应。近年来在国际地科联环境规划地质科学委员会的倡导下,西方国家正着手建立反映地质过程和地质现象变化大小、频率和趋向的地质指标体系,并将地质指标与城市的经济、社会、环境指标结合起来,从整体来考虑城市的建设和发展。实施全面保护城市地质环境、超前服务于城市可持续发展的战略的确定正是对过去城市化过程中忽视环境、忽视地学信息,造成城市灾害频繁发生的后果做出的深刻反思。如美国在地下水污染治理方面位居世界前列,最近十几年内仅清理油渗漏造成的土壤和含水层污染的费用就高达 1600 亿美元。但由于对复杂的水文地质条件认识不足,所采用的抽取及处理技术并未达到预期效果<sup>[1]</sup>。如今美国的科学家和立法者已经认识到,最成功的污染治理战略将是对土壤和地下水污染场地及其周围地区实施风险管理战略。类似的如城市快速发展而防灾、减灾措施相对滞后导致的城市灾害影响面扩大和易损性增强,已经影响或制约了城市的可持续发展。为此,地质灾害风险性评估、水土污染风险识别、地下水可供能力、城市脆弱性评价、建立环境变化的地质指标等作为对城市地质环境实施保护的超前服务工作已成为 90 年代至今城市地质工作的重点和热点。

在技术方法上,多学科、多目标、多种技术方法的交叉配合,提高了城市地质工作的质量和效率,增强了其解决实际问题的能力。例如,利用探地雷达、高分辨率地震勘探、层析成像等先进技术进行工程和地质灾害的勘察取得了显著功效。尤其是利用 GIS、RS、GPS 技术进行城市地质调查、地质灾害监测与防治,采集多学科地学信息、建立 GIS 平台的地学信息空间数据库和自然灾害风险评估的决策支持系统,较好地满足了城市地质快速响应城市发展的需求。

纵观国外城市地质工作的发展历程,经历了下述几方面的转变:工作内容从单纯查清地质条件到涵盖废弃物处置、水土污染防治、地质灾害风险性评估、地下水脆弱性评价、多目标地球化学和生态地质调查等多种内容的综合调查研究;对城市地质环境的调查与编图从定性描述深入到定量评价;工作思路从调查分析单一的地质问题转变为从整体上综合考虑城市规划、发展的需求,超前服务于城市社会经济的可持续发展;工作区域从单个城市扩展到城市群地区乃至国土规划经济开发区;技术方法从利用水文地球化学和物探技术为勘探开发服务拓展为多学科、多种先进的勘察、检测、分析技术相互结合,为多目标服务;地质信息从编制纸介质的图件、报告提升到建立空间数据库和 GIS 平台上的地学信息系统,实现信息及时更新、动态评价和社会共享。

国外城市地质工作的发展历程及其经验、教训对我国城市地质工作的开展具有较好的启发和借鉴作用。

## 2. 我国城市地质工作发展概况

我国的城市地质工作是从 20 世纪 50 年代的找水、供水开始的。

60 年代至 70 年代期间,在全国开展了水文地质普查。其工作目的是为国家宏观规划、城市建设提供水文地质基础资料。此间的工作内容主要是查明地下水的形成条件和分布规律,掌握地下水的补、径、排条件和水文地球化学特征,进行地下水资源评价。上海于 60 年

代着手开展地面沉降勘察,70年代初在地面沉降形成机理和防治上取得了突破性的进展。与此同时,全国的重点城市、重点地区的地下水动态监测站开始建立。

70年代末至80年代,我国的城市地质工作获得了空前发展。以城市为中心的水工环综合调查研究全面展开,工作区域从单个城市到国土综合开发区、大江大河流域。先后完成了长江、黄河流域的环境地质调查和编图,17个国土综合开发重点地区<sup>[2]</sup>和21个沿海开放城市的水资源和地质环境评价,对80多个严重缺水城市进行了地下水集中供水水源地的评价,对京、津、沪等75个主要城市进行了水资源预测。80年代后期对秦皇岛市、南通市、宁波市、湛江市和闽南金三角经济开发区进行了环境地质研究攻关,其内容包括区域地壳稳定性、软土地基、江海岸稳定性、地下水资源评价、地下水污染、地面沉降等方面。这一时期的城市地质工作在分析城市发展的地质条件的基础上,重点研究了城市水资源供需平衡、地质资源利用和城市发展主要环境地质问题,并从地学角度阐述了城市发展方向、规模和生态平衡,体现了地学为国民经济建设、城市发展规划服务的指导思想。

90年代以来,随着可持续发展理论的深入和计算机的广泛使用,中国城市地质工作越来越多地考虑社会、经济、环境等因素,地下水资源研究从地下水资源评价提高到建立城市地下水资源管理模型<sup>[3,4]</sup>。上海、天津、西安、苏州、无锡、常州、嘉兴等城市的地面沉降研究取得了不同程度的进展。上海市地面沉降在准三维地下水流模型的基础上,耦合一维地面沉降模型,通过数值模拟计算,进行沉降量预测,使地面沉降的研究从定性走向定量。

在新一轮国土资源大调查中,进一步加强了城市地质调查和地质灾害防治工作。围绕着地下水资源的可持续利用、地面沉降、城市垃圾的处置等主题,开展了首都地区、长江三角洲地区、环渤海经济区的地下水资源和环境地质调查评价;围绕土壤环境质量、农产品安全,开展了珠江三角洲、江汉平原、成都平原、长春经济区、浙江省生态地球化学调查。应用“3S”技术进行基础地质、环境地质调查,建立GIS平台上的地质信息空间数据库和信息系统也已经成为新一轮国土资源大调查城市地质新的主流工作模式。

## 二、我国城市地质工作的特点和面临的形势

### 1. 城市地质工作特点

#### (1)我国幅员广大,城市众多

城市依其人口的多少可分为特大型(人口超过100万)、大型(人口100万~50万)、中型(人口50万~20万)和小型(人口少于20万)等不同规模;依其所处的地理位置可分为沿海城市和内陆城市;依其所拥有的自然资源可分为矿山城市、旅游城市和港口城市等。

#### (2)解决城市地质问题需要学科的综合性和方法的多样性和注重地域的独特性

由于区域自然条件和地质环境的差异,城市在建设和发展过程中面临的主要地质问题也不相同,如西部城市、北方城市以资源型缺水为主,南方城市则以水质型缺水为主;山区城市主要受到崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷等突变型地质灾害的影响和破坏,平原地区、沿海城市则主要被水土资源污染、地面沉降、地裂缝、软土变形、海水入侵等缓变型地质灾害危害等。由此可见,城市地质涉及社会、经济、地质、地理、环境、生态、信息等诸多领域,解决城市地质问题需要多学科联合,具有学科的综合性和方法的多样性;同时,因受城市规模、类型、发展阶段等社会特征和地质环境特征双重因素的影响,不同城市、经济区地质调查评价的对象、内容、工作方法也有所不同,具有地域的独特性。



### (3) 城市地质工作的持久性和动态性

我国是发展中的国家,城市建设发展很快,城市建设任务繁重。随着城市人口、资源、工程活动强度的改变,地质环境呈动态变化,需要投入的地质工作是不间断的,工作内容也是变化的,采用解决问题的方法技术也是不断更新的,因此,城市地质工作又具有持久性和动态性。

## 2. 城市地质工作面临的形势

人类已进入 21 世纪,我国的城市建设与城市化进程又走向了一个新的发展阶段。例如,东部城市规模日益扩大,北京、上海、天津、南京、广州等大城市的城区扩张,郊县建成新区。与此同时,以特大城市为中心,多层次、功能互补的城市群正在逐步形成、壮大,其中以北京、天津、青岛、沈阳、大连为中心的环渤海城市群,以上海、南京、杭州、宁波为中心的长江三角洲城市群,以广州、深圳为中心的珠江三角洲城市群又开始了新一轮的合纵连横,通过建立超级都市圈方式来提升区域竞争力。

在这种形势下,东部沿海城市的地质资源能否支持城市社会经济可持续发展;地质环境是否具有承载城市化区域经济体的形成与发展的能力;怎样认识和解决东部沿海城市业已存在的人口、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,都成为紧迫需要解决的问题。

城市地质作为一项与人类生存和与城市社会、经济、环境、信息各个方面密切相关的基础地质工作,必须服务于城市(城市群、经济开发区)的规划、建设和管理,为城市社会经济可持续发展、减灾防灾提供具有针对性、实用性和超前性的基础地质资料和成果。

物化探方法与技术是城市地质工作的组成部分和方面军,它们在解决城市地质问题方面取得了显著成果,特别是近年来新方法、新技术的应用,为解决城市地质问题提供了新手段,提高了城市地质工作水平,使城市地质工作出现了新局面。

## 三、城市地质工作内容

中国城市环境地质工作即将进入一个新的发展时期,物化探方法与技术在城市地质的各项工作中将起到应有的作用。

根据我国目前城市地质工作形势发展的需要,城市地质工作拟在三个层面上展开:基础地质调查、主题填图、综合评价与研究。各层面之间相互联系,彼此依托,互为促进(图 0-0-1)。

城市地质工作的重点、填图主题和工作内容要根据城市、经济区具体的地质问题和发展需求而定。如北方资源型缺水城市,解决地下水水源、可持续开发利用地下水资源是城市地质的主题,查明含水层的空间分布,进行地下水源地的勘查,优选和评价地下水库等成为城市地质调查的主要工作内容。西部地区生态环境脆弱,在西部大开发的形势下,城市地质工作要围绕生态环境保护方面做工作,其工作内容应包括地质环境组成要素的脆弱性调查评价、城市建设适宜性评价等。矿山城市要重点调查开矿产生的地质灾害,如崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、水土污染等,进行地质环境安全性评价,提出治理对策;对于将要闭坑的矿山城市,为生态环境恢复,可进行土地复垦、地面塌陷治理的条件、治理方法的适宜性调查评价等。

### 1. 基础地质调查

地质环境是城市建设的基础,地质环境的组成要素往往是城市建设与发展的制约因素,

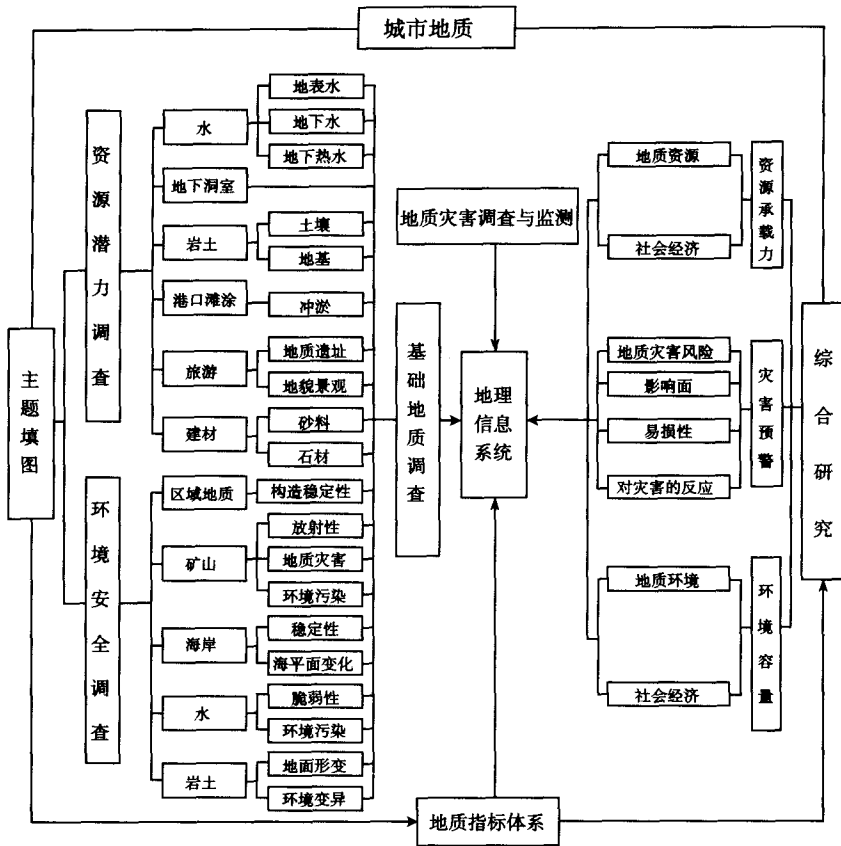


图 0-0-1 城市地质工作主要内容框图

(据冯小铭等,2003)

因此,在以往区域地质调查的基础上,围绕城市存在的主要环境地质问题和城市化进程的需要,有针对性地开展大比例尺的基础地质调查,通过城市立体填图,进一步查明城市地质体的空间特征和区域地质构造特征,认识和了解各种地质作用过程,对于提高城市地质调查评价成果的科学性和可信度、增强城市地质工作的后劲是至关重要的。

## 2. 主题填图

由图 0-0-1 可见,城市地质大致涵盖四大主题:资源开发利用、环境安全性、灾害评估和信息集成。很多资源和环境的要素是共同的,这些共同的要素作为可开发利用的资源与维持环境的因素之间很可能存在冲突,甚至导致灾害。如地下水既是一种资源,又是地质环境的重要组成部分,地下水资源过量开采,使得地下水水位持续下降,孔隙压力的改变引起饱和和土层释水、压密,导致地面沉降。因此,对资源的开发,很可能破坏环境,引发灾害;对环境的整治则可以保护资源,防治灾害。资源、环境、灾害三者密切相关,需综合分析评价。

## 3. 城市地质综合研究

由图 0-0-1 可见,城市地质综合研究包括资源系统的承载力、地质灾害预警和地质环境容量评价等方面的内容。

通常在大比例尺的城市地质主题填图成果的基础上,进一步研究城市地质问题的社会

属性、经济属性,使地质调查评价结果与城市的经济、社会、环境指标密切结合,从整体来考虑城市的建设和发展。

通过资源系统的承载力、地质环境容量的评价和地质灾害预警,实现城市地质与城市国民经济系统的融合,全面保护城市地质环境,超前服务于城市可持续发展。

### 参 考 文 献

- [1] 《上海地质矿产志》编委会. 上海地质矿产志. 上海:上海社会科学院出版社,1999
- [2] 鲁益钜,张道. 全国国土综合开发重点地区水资源和地质环境评估. 北京:地质出版社,1994
- [3] 谢新民. 地下水资源系统经济管理模型研究. 水文地质工程地质,1991,18(4)
- [4] 邵景力,崔亚莉,李慈君. 地下水多目标管理模型及其应用. 现代地质,1998,12(2)

# 目 录

## 引 言 前 言

第一章 物化探在城市区域地质调查中的应用 .....	(1)
第一节 物化探在城市区域地质调查中的作用 .....	(1)
第二节 物化探在城市区域地质调查中的应用 .....	(1)
一、物化探在北京市区域地质调查中的应用 .....	(2)
二、物化探在安阳市区域地质调查中的应用 .....	(7)
参考文献 .....	(11)
第二章 物探在城市区域地壳稳定性评价和地震小区划中的应用 .....	(12)
第一节 城市区域地壳稳定性评价 .....	(12)
一、城市区域地壳稳定性的分级与评价 .....	(12)
二、实例——大连经济技术开发区地壳稳定性的初步评价 .....	(16)
第二节 地震小区划 .....	(23)
一、地震效应 .....	(23)
二、地基土对地震波的滤波放大作用 .....	(24)
三、地震小区划的工作程序、内容与方法 .....	(26)
第三节 地震小区划中常用的物探方法 .....	(27)
一、综合物探法 .....	(27)
二、平均剪切模量法 .....	(30)
三、地震刚度法 .....	(35)
四、常时微动法 .....	(40)
五、一维反应分析法 .....	(46)
六、饱和砂土液化的判别 .....	(51)
第四节 地震危险性概率分析法 .....	(53)
一、概率分析法的原理 .....	(53)
二、实例 .....	(59)
参考文献 .....	(63)
第三章 物探在城市水文地质调查中的应用 .....	(64)
第一节 在基岩区寻找地下水 .....	(64)
一、电阻率法 .....	(64)
二、高密度电阻率法 .....	(70)
三、激发极化法 .....	(71)

四、声频大地电场法 .....	(78)
五、甚低频电磁法 .....	(81)
六、放射性测量 .....	(83)
七、电测井 .....	(87)
八、地面核磁共振测深法 .....	(88)
<b>第二节 在第四纪沉积区寻找地下水 .....</b>	<b>(89)</b>
一、物探在平原区第四系水资源调查中的应用 .....	(89)
二、用电法探测古河道 .....	(93)
三、在滨海沉积区和内陆渍化区寻找淡水 .....	(95)
<b>第三节 划分咸淡水界线 .....</b>	<b>(96)</b>
一、电剖面法 .....	(97)
二、电测深法 .....	(97)
三、电测井 .....	(101)
参考文献 .....	(104)
<b>第四章 物化探在勘查地热中的应用 .....</b>	<b>(105)</b>
<b>第一节 物探在勘查地热中的应用 .....</b>	<b>(105)</b>
一、地热田的地球物理特征 .....	(105)
二、勘查地热的地球物理方法 .....	(106)
<b>第二节 化探在勘查地热中的应用 .....</b>	<b>(127)</b>
一、常规地球化学方法 .....	(127)
二、汞量测量 .....	(129)
三、测定土壤中的活性碘 .....	(131)
四、地球化学温标 .....	(131)
五、水化学法 .....	(134)
参考文献 .....	(136)
<b>第五章 物探在工程地质调查中的应用 .....</b>	<b>(138)</b>
<b>第一节 用物探方法研究自然条件下地基岩土的物理力学性质 .....</b>	<b>(138)</b>
一、用物探方法研究岩土特征的物理前提 .....	(138)
二、用物探研究地基岩土特征的方法 .....	(139)
三、用瑞雷波法分层求地基的动力参数 .....	(144)
四、由土层电阻率求土层容许承载力 .....	(146)
五、利用测井资料研究岩土物理状态和物理力学性质 .....	(147)
六、动、静弹性系数的关系 .....	(154)
<b>第二节 物探在地基调查中的应用 .....</b>	<b>(155)</b>
一、电法 .....	(155)
二、浅层地震勘探 .....	(158)
三、瑞雷面波勘探 .....	(159)

四、探地雷达法 .....	(161)
<b>第三节 用物化探方法勘察活动断层 .....</b>	<b>(162)</b>
一、浅层地震反射波法 .....	(163)
二、用微震台网观测研究断层活动性 .....	(165)
三、射气测量 .....	(168)
四、用汞气测量研究断层活动性 .....	(170)
五、用激光法研究构造带的活动性 .....	(171)
<b>第四节 物探在查明地下电缆、管道和洞穴中的应用 .....</b>	<b>(172)</b>
一、用电磁法探测地下电缆和金属管道 .....	(172)
二、用红外辐射探测地下管道 .....	(174)
三、用天然电场选频法寻找地下管道、洞穴 .....	(175)
四、用甚低频法寻找地下管道、洞穴 .....	(177)
五、用微重力测量探测溶洞、孔穴、废管道 .....	(178)
六、用单道浅层地震反射波法寻找地下管道 .....	(179)
七、用射气测量、瑞雷波法在城市寻找洞穴 .....	(180)
八、探地雷达法探测地下管道(线) .....	(182)
参考文献 .....	(183)
<b>第六章 物化探在城市环境地质调查中的应用 .....</b>	<b>(184)</b>
<b>第一节 物化探在城市区域环境地质调查中的应用 .....</b>	<b>(184)</b>
一、地球化学在城市环境地质评价中的应用 .....	(184)
二、放射性测量在城市污染调查中的应用 .....	(189)
<b>第二节 物探在城市环境地质调查中的应用 .....</b>	<b>(193)</b>
一、地震的监测与预报 .....	(194)
二、滑坡调查 .....	(197)
三、地下水污染监测 .....	(202)
四、土地盐碱化调查 .....	(205)
五、圈定地表渗透地带 .....	(208)
六、城市垃圾污染的调查与废物处置场的选择 .....	(208)
参考文献 .....	(210)
附录 1 高分辨率浅层地震勘探反射波法的有关问题 .....	(211)
附录 2 瞬态瑞雷面波勘探 .....	(238)
附录 3 高密度电阻率法 .....	(252)
附录 4 探地雷达法 .....	(264)
附录 5 地面核磁共振方法 .....	(278)
附录 6 基桩反射波法检测技术 .....	(296)
附录 7 以往常用的量、单位及其与国际单位制(SI)单位的换算关系 .....	(321)

# 第一章 物化探在城市区域 地质调查中的应用

## 第一节 物化探在城市区域地质调查中的作用<sup>[1~2]</sup>

城市是现代人类社会活动最集中的空间,城市建设是现代国家经济建设最主要的领域之一。几乎每一个城市都要考虑城市空间的开发、规划,以确保城市多种职能、多种利益的相互协调,既考虑眼前,又着眼于未来可能出现的前景,尽可能地把大自然赋予的各种有利条件充分应用起来,同时还要注意其制约因素,使城市建设规划具有科学的依据。因此,开展中、大比例尺的区域地质、地球物理调查,系统地了解城市所在地及其管辖范围内的地质环境,是城市规划不可缺少的前期工作<sup>[1~2]</sup>●。

随着人口向城市集中,与地质有关的各种各样的城市地质问题相应出现,如大型建筑物增加了地基的负荷,就地取材的矿产资源(包括热水、矿泉水等)的评价和开发;水资源的保证情况;过量开采地下水导致地下水位的持续下降;天然地震产生的可能性和预防;由于人类活动引起的一系列地质灾害如城市地面下沉、滑坡、边坡坍塌;城市及其周边旅游地质资源的开发;大量废弃物的堆放场所;废弃物及其他排放物的环境污染,等等。这些情况,都直接或间接地与地质有关,如果不考虑地质因素,盲目地进行城市发展,将会产生长期难以克服的祸害,这一点已被国内、外很多例子所证实。

城市区域地质调查,是城市总体规划阶段的前期工作。目前,我国90%以上的大、中城市虽然已编制了城市发展规划,但一般都缺少地质资料,或者只有一些零星片断的资料。因此积极开展城市区域地质调查,对城市规划建设和发展具有重要的现实意义。

城市区域地质调查主要包括城市区域内地层岩性特征及其展布情况、厚度变化规律,构造特征,特别是活动断裂的发育情况和构造应力场特征等。它的直接目的主要是查明城市及其邻近地区的区域地质构造条件,研究各种地质构造特征的相互联系和制约关系,从而为评价工程地质条件、各种地质资源和地质环境奠定科学基础。

城市区域物化探是城市区域地质调查中的一个组成部分,是城市区域地质调查的先期工作。它的基本任务是探查区域的基底和断裂构造,查明某些第四纪地质、外动力地质和景观资源情况,提出地下水预测和工程地质、环境地质的进一步评价意见。通过城市区域物化探工作,可提供包括放射性、磁法、电法、重力、地球化学、测温等方面内容的图件,这些图件作为城市地质图件的一个组成部分,供城市规划建设使用。

## 第二节 物化探在城市区域地质调查中的应用

城市区域物化探为城市规划布局和发展计划服务。工作比例尺一般为1:5万至1:20

●原地质部区域地质矿产地质司,1986,城市一比五万区域地质调查的理论和方法。



万。采用的方法有航空磁测、航空放射性、地面磁测、重力测量、电测深、地震勘探、化探等。下面通过两个城市的工作结果,说明物化探在城市区域地质调查中的应用。

## 一、物化探在北京市区域地质调查中的应用<sup>①②</sup>

近几年来,北京物化探队在北京平原区,围绕北京的区域地质、水文地质、工程地质、区域稳定性和地下资源等地质问题开展区域性物化探工作<sup>③④</sup>,预期提交基岩地质构造图、第四纪地质及活动断裂推断图、推断水文地质图、推断工程地质图、矿产及地热异常分布图、地震小区划图、环境化学调查成果图(参阅第六章第一节)等城市地质系列图(物化探类)。这些图件将为北京城市建设规划和城市发展总体部署提供必不可少的资料,对城市的发展起着积极作用。

北京地区位于阴山纬向构造体系、祁吕贺兰山字形构造体系东翼反射弧与北北东向构造体系的交接部位。区域构造特点是,发育有一系列走向为北北东向的大规模的隆起带和沉降带并呈多字型展布。北京平原是一级沉降带,带内发育着北东向的次一级的北京凹陷和大兴隆起,它们受黄庄-高丽营断裂、南苑-通县断裂和礼贤-夏垫断裂严格控制。在北京凹陷内,发育的地层有中一新元古界、中一上侏罗统、下白垩统、新近系、古近系和第四系,总沉积厚度在3000m以上。在大兴隆起,其顶部的第四纪地层直接覆盖在中一新元古代和古生代地层之上。

北京地区各地质时期的岩浆岩均有发育,其中以燕山期岩体规模最大。在平原地区,分布有三大隐伏岩体(阳坊岩体、宰相庄岩体和固安-三河岩体)。

区域内物化探工作比例尺为1:50000,在前人基础上,编测结合,以测为主。投入方法有地面磁测、区域性电测深测量、重力测量、土壤地球化学测量、浅层地震勘探、常时微动测量和综合测井。已取得的主要成果如下。

### 1. 确定了北京平原区基底构造格架

由图1-2-1可明显地看出有三条北东向的重力梯度带将全区划分成三大异常区,即京西北重力高、北京重力低和大兴重力高。三条梯度带是:①涿县-龙湾屯梯度带,斜穿全区,全长数百公里,重力梯度达 $5.3 \times 10 \text{g. u.} / \text{km}$ ;②黄庄-高丽营梯度带,其南西段(黄庄-来广营段)等值线密集,重力梯度达 $8.2 \times 10 \text{g. u.} / \text{km}$ ,北东段受干扰,梯度带异常特征不明显;③礼贤-夏垫梯度带,中间有几处弯曲与错动。

由岩石密度资料可知,新生界与中生界、古生界、中新元古界之间的密度差为 $0.5 \sim 0.7 \text{g/cm}^3$ ,中生界、古生界及中新元古界彼此之间的密度差较小。推断京西北重力高、大兴重力高为京西北隆起、大兴隆起的反映,北京重力低为北京凹陷的反映,梯度带异常反映了黄庄-高丽营断裂、南苑-通县断裂、礼贤-夏垫断裂。图1-2-2、图1-2-3是根据重力、磁测、电测深和钻探等资料绘制的构造、断裂推测图,反映了北京平原区基底构造为一断陷状构造的格局,北东向断裂控制着凹陷与隆起,同时受北西、东西、南北向断裂切割。

① 马维俭,北京平原区物化探1:5万区调工作简介,1987。

② 北京物化探队,电测深区域调查在北京平原区的应用。见:物化探技术在城市工程中应用经验交流会论文集. 地矿部物化探科技情报网,1987。

③ 国际单位制的 $10 \text{g. u.}$ (重力单位) $=1 \text{mGal}$ (毫伽)。

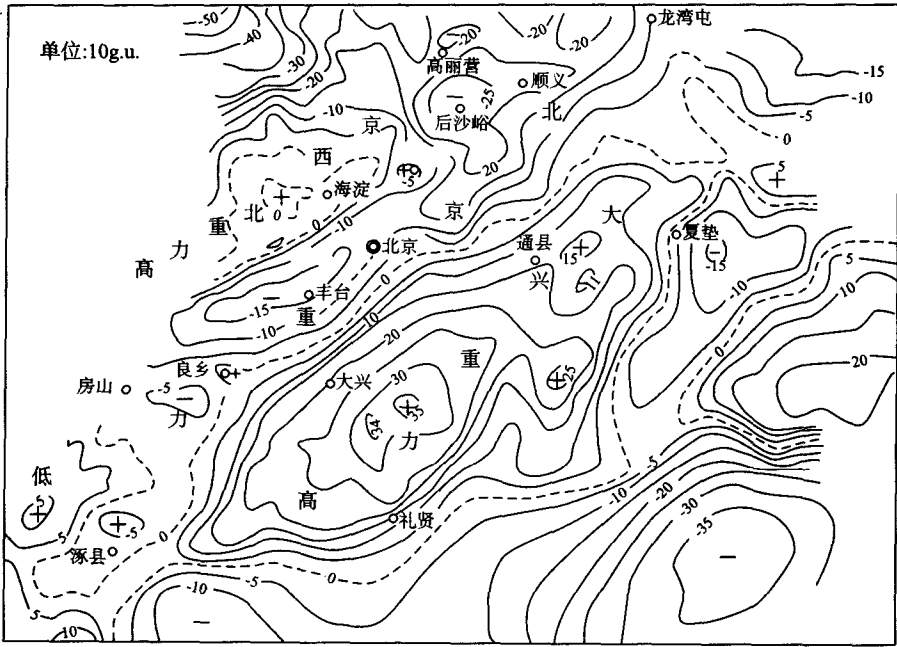


图 1-2-1 北京平原区布格重力异常等值线示意图  
(据马维俭,1987)

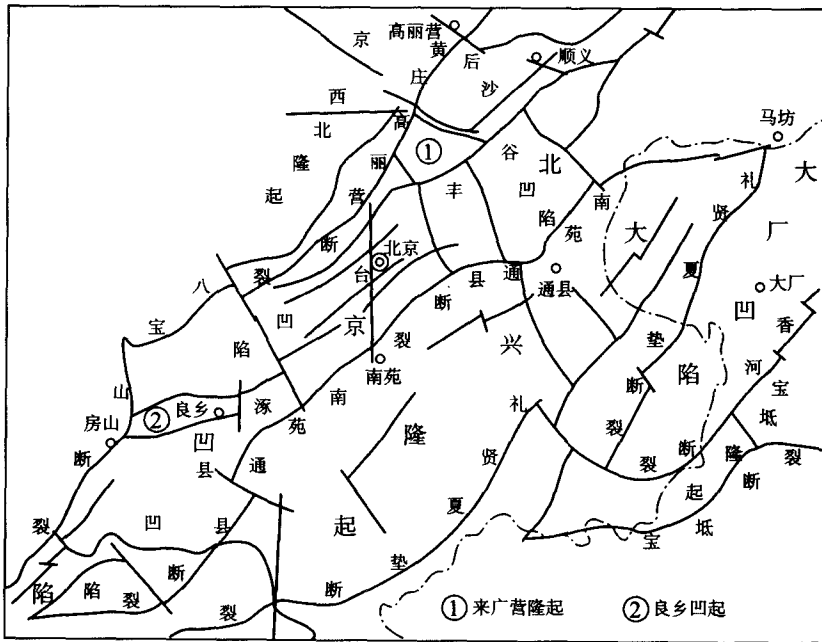


图 1-2-2 北京平原区构造、断裂物探推断示意图  
(据马维俭,1987)