

国家城镇化的地学保障·中国城市地质调查丛书

中国城市地质调查 技术方法

程光华 翟刚毅 庄育勋 等 编著



科学出版社

国家城镇化的地学保障·中国城市地质调查丛书

中国城市地质调查技术方法

程光华 翟刚毅 庄育勋 等 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

城市地质调查体现在四大方面,一是基础地质调查,二是专题研究,三是综合评价,四是数据库与信息系统建设。基础地质调查主要是建立城市三维地质结构;专题研究是从各学科或专题的角度对部分城市地质问题进行研究和单因素评价;综合评价是综合基础调查、专题研究的各项因素,包括从城市安全、可持续发展的角度进行综合性分析评价,如城市地壳稳定性评价、地下空间适宜性评价、土地利用适宜性评价、城市资源承载力 and 环境容量评价、城市安全性风险性评价等,对城市规划、建设与可持续发展提出相应的对策建议;数据库与信息系统建设是集城市所有地质资料与成果信息,进行统一管理,建立面向科学技术人员、政府管理人员和社会公众的信息平台。

本书是对城市地质调查技术方法的全面总结,内容涉及城市地质调查、监测、研究、评价、资料整理与综合集成等方面,并已形成城市地质调查技术方法体系。本书可供从事城市地质工作的科研人员、行政管理人员及相关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国城市地质调查技术方法 /程光华,翟刚毅,庄育勋等编著. —北京:科学出版社,2013

(国家城镇化的地学保障·中国城市地质调查丛书)

ISBN 978-7-03-038930-5

I. ①中… II. ①程…②翟…③庄… III. ①城市-区域地质-地质调查-技术方法-中国 IV. ①P562

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 248920 号

责任编辑:陈岭啸 罗 吉/责任校对:张怡君

责任印制:肖 兴/封面设计:许 瑞

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销



2013 年 10 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2013 年 10 月第一次印刷 印张:18

字数:412 000

定价:99.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《国家城镇化的地学保障·中国城市地质调查丛书》 编辑委员会

主 任：庄育勋

副主任：翟刚毅 曲亚军 魏连伟 陈华文 潘圣明
赵维明 陈国栋 杜海燕

委 员：程光华 蔡向民 魏子新 赵增敏 龚日祥
杨祝良 黄宇辉 胡 平 王 平

主 编：程光华 翟刚毅 庄育勋

成 员：杨祝良 蔡向民 严学新 陈忠大 王家兵
庄文明 黄美谦 罗水余 胡健民 杨忠芳
刘建东 李继军 尚建嘎 方 正 李 晓
林小明 彭振宇 杜子图 毛晓长

组织编写单位：中国地质调查局

负责编写单位：中国地质调查局南京地质调查中心

参加编写单位：北京市地质调查研究院

上海市地质调查研究院

浙江省地质调查院

天津市地质调查研究院

广东省地质调查院

中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所

丛 书 序

城镇化是中国实现现代化的重大措施。党的“十八大”报告指出,工业化、信息化、城镇化和农业现代化是全面建设小康社会的载体,是推动我国经济社会发展的新引擎。从发达国家发展的历史来看,工业化和城镇化是实现社会和经济现代化、走向小康社会的必由之路。改革开放以来的30多年,是我国历史上城镇化发展最为迅速的时期。我国的城镇化率由1978年的17.92%上升至2012年的52.57%,年均增长约一个百分点,是世界同期城镇化率水平的三倍。预计2050年我国城镇化率将达到70%。

城市地质是城市可持续发展的重要基础。城市的科学规划、建设、管理和城市的可持续发展需要包括地质科学在内的科学理论和方法技术的支撑,需要以大量科学调查成果资料为基础。城市的区域地壳稳定性信息,地下空间资源信息,地下水、地热、矿产、化石能源、建筑材料以及地质遗迹等地质资源信息,地质环境与地质灾害信息等是制定城市规划的重要基础。城市市政建设计划制定,政府地下水等资源开发管理,城市地下空间资源开发与地籍管理,城市周边地球化学环境与农业区划管理,城市地铁、天然气管线运营管理,土地资源调查监测与城市土地利用管理等城市建设、城市管理迫切需要城市地质信息数据作为基础与支撑。

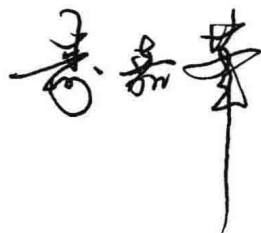
国土资源部中国地质调查局自2004年至2011年,先后在环渤海、长江三角洲和珠江三角洲三个经济区,与上海、北京、杭州、天津、南京、广州六个城市政府合作开展了城市地质调查试点工作。这项工作以服务于城市可持续发展为目标,以先进地学理论为指导,在城市行政区范围内,围绕制约城市可持续发展的地质构造、地质资源、地质环境等综合因素,采用地质、地球物理、地球化学、钻探、遥感、监测、测试和信息技术等多学科、多专业、多方法手段,以已有地质资料为基础,全面调查城市三维地质结构、地质资源、地质环境和地质灾害,建立城市地质信息数据库与三维可视化数据管理服务系统,综合评价城市发展的资源保障与环境承载能力,从而为城市规划、建设、管理、防灾减灾、环境治理服务,为城市可持续发展服务。

城市地质调查试点工作取得了丰硕的成果。一是查明与评价了六个试点城市的地质背景、资源与地质环境的安全性、承载力。试点成果已及时提交各城市政府及有关部门使用,在各城市的规划、建设与管理中,发挥了巨大的作用,取得了良好的经济和社会效益。二是为地方开展城市地质工作提供了示范,拉动了全国的城市地质工作。三是编制了城市地质调查工作指南,为今后开展全国城市地质调查工作提供统一的技术规范。四是探索了不同类型城市地质调查工作方法,探索了安全有效的城市地球物理调查技术方法,研发了城市多源异构三维可视化地质信息管理系统。五是地质工作服务于城市规划、建设和管理做出了重要的探索和实践。六是使我国的城市地质调查在理论、方法、技术上达到国际领先水平。七是在项目的组织实施经验上,形成了超前性、综合

性、立体性、公益性、实用性五大项目特点,形成了系统化、定量化、信息化、动态化四大项目技术特色,形成了中央与地方共同出资、统一部署、统一管理、统一标准、成果共享的项目合作机制,以城市行政区为单元,多专业统一部署,分头实施、互相促进、协调推进的项目技术管理机制,地质工作与政府规划、城建、交通、环保等部门联动、实时、协同的项目成果应用转化机制。

《国家城镇化的地学保障·中国城市地质调查丛书》是城市地质调查试点工作的系统和全面总结,共分四部。第一部为《城市地质与城市可持续发展》,围绕城市地质工作做什么、适用范围的问题,介绍了国内外城镇化趋势,总结了城市发展中的资源环境问题,归纳了城市可持续发展对城市地质工作的需求,回顾了以往的城市地质工作,阐述了新一轮城市地质工作的新思路,回答了为什么要开展城市地质工作。第二部为《中国城市地质调查成果与应用——北京、上海、天津、杭州、南京、广州试点调查》,围绕六个试点城市的工作情况,介绍了城市地质调查试点项目总体工作概况、目标任务、工作部署与专题设置、组织实施、工作进展与成果,介绍了各试点城市三维地质结构调查、城市水土地球化学调查与评价、城市地质灾害与地质环境调查与评价、城市地质资源调查与评价、城市重大工程专项调查、城市地质环境综合评价、城市地质数据库与信息服务系统等方面的调查内容与成果,介绍了各试点城市的调查与评价成果在城市规划、建设和管理中的实际应用。第三部为《中国城市地质调查技术方法》,围绕城市地质调查的技术方法,介绍了三维地质结构调查方法、城市水土地球化学调查与评价方法、城市地质灾害与地质环境调查与评价方法、城市地质资源调查与评价方法、城市地质环境综合评价方法、城市信息系统建设与成果表达技术方法等城市地质调查技术方法体系。第四部为《中国城市地质调查工作指南》,围绕开展城市地质调查的技术标准,介绍了开展城市地质调查试点的总体工作指南,以及遥感、钻探工程、地球物理、环境地球化学、数据库与信息系统建设等方面的具体工作指南。这四部构成城市地质工作的完整体系,各部又相对独立。

这项工作是在我兼任中国地质调查局局长时就给予充分的重视和支持的。我十分欣喜地看到,作者在大量城市地质调查试点的基础上,对我国城市地质调查工作进行了全面系统的总结,这是我国城市地质调查的最新、最全面的成果。这一成果的出版必将对我国其他城市开展这项工作在思路上有启迪作用,在技术方法上有指导作用,在项目组织上有借鉴作用,在成果应用上有示范作用。这一成果的出版必将推动拓宽地质工作服务领域的探索,必将有力地推动我国城市地质调查水平的提高,也必将在保障我国城镇化的科学、健康发展中起到重要作用。



2013年3月

前 言

中国地域广阔，新构造运动强烈，第四纪沉积物分布广泛，沉积类型复杂多样。本次开展城市地质试点调查的六个城市可分成深覆盖区和浅覆盖区两大类，每一类又属于不同的成因类型。北京为以不同河流冲积扇叠置而成的厚覆盖山前冲积平原型；天津为厚覆盖滨海平原型；上海为厚覆盖三角洲平原型；南京为浅覆盖内陆河谷盆地型；杭州为浅覆盖河口平原型；广州为浅覆盖河控三角洲平原型。

通过山前冲积平原、滨海平原、三角洲平原、河口平原、内陆河谷盆地、河控三角洲平原六个不同景观类型城市的调查试点，全面总结了城市立体地质调查、专题调查、综合研究与评价、数据库与信息系统建设、成果表达与应用等技术方法，比较系统地建立了集调查、研究、评价、成果表达、数据库与信息系统建设为一体的城市地质调查技术方法体系和技术指南体系，积累了丰富的经验，将为全国开展城市地质调查起到了很好的示范作用。

在调查研究上侧重于三维地质结构调查，活动断裂调查，城市水、土、气等环境地球化学调查，地面沉降调查，岩溶塌陷调查，垃圾填埋场调查等方面的技术方法研究；在评价上侧重于区域地壳稳定性、地下空间适宜性、工程建设适宜性、城市土地利用适宜性、垃圾填埋场址优选区划、城市环境容量评价等方面评价指标体系建设；在成果表达上形成了地质报告，系列基础性、评价性、对策建议性地质图系，立体显示与三维可视化表达等成果表达体系；在资料与成果的集成方面建立城市地质数据库与信息系统，城市多源地学数据的一体化组织、管理、发布与实时更新体系。

城市地质调查技术方法体系主要包括：资料收集与分析集成技术方法、基础地质调查与专题调查技术方法、专题调查研究与评价技术方法、综合性评价技术方法、数据库与信息服务系统建设技术方法、地质编图与成果表达技术方法，这些方法构成了城市地质调查技术方法体系。

1. 资料收集与分析集成技术方法

总结了如何收集分析集成城市已有各类基础地质、矿产地质、工程地质、水文地质、环境地质、地球物理、地球化学、测试分析、监测等原始资料、成果资料并形成城市地质系统信息的技术方法。

2. 基础地质调查与专题调查技术方法

(1) 三维地质结构调查技术方法

总结了山前冲积平原、滨海平原、三角洲平原、内陆河谷盆地、河口平原和河控三角洲平原不同类型城市的三维地质结构调查方法。包括隐伏基岩结构、深覆盖区与浅覆

盖区松散沉积层三维地质结构、三维工程地质结构和三维水文地质结构调查方法。

(2) 活动构造调查技术方法

总结了北京、天津、广州等不同地区的活动构造调查方法。

3. 专题调查研究与评价技术方法

专题研究指的是从各学科或专题的角度对部分城市地质问题进行研究和单因素评价。

(1) 地质环境专题调查技术方法

总结了城市水土、大气、生物等环境地球化学调查与评价方法。

(2) 地质灾害专题调查技术方法

总结了城市地面沉降、崩滑流等地质灾害调查方法和地质灾害成因机理研究、分析方法。

(3) 城市垃圾填埋场调查与场址优选技术方法

总结了城市垃圾堆积物调查方法、垃圾填埋场对城市水土环境影响评价方法和垃圾填埋场址优选区划方法。

(4) 岩溶与塌陷专项调查评价方法

总结了杭州、广州等城市地区岩溶塌陷的调查、评价与预测防治方法。

(5) 地质资源专项调查评价方法

总结了城市地下水、地热、矿产、地下空间、地质遗迹等地质资源调查与评价方法。

4. 综合性评价技术方法

初步总结了城市区域地壳稳定性、地下空间适宜性、土地利用适宜性、城市地质环境容量等综合评价方法。综合评价是在综合基础调查、专题研究等各项成果的基础上，从城市安全、可持续发展的角度进行综合性分析评价，如城市地壳稳定性评价、地下空间适宜性评价、土地利用适宜性评价、城市资源承载力和环境容量评价、城市安全性风险性评价等，并对城市规划、建设与可持续发展提出相应的对策建议。

5. 数据库与信息服务系统建设技术方法

总结了城市地质数据库与信息服务系统建设方法。数据库与信息系统建设是集成城市所有地质资料与成果信息，进行统一管理，建立面向科学技术人员、政府管理人员和社会公众的信息平台。

6. 地质编图与成果表达技术方法

总结了城市地质系列图件编制方法，城市地质调查的成果表达方式方法。

目 录

丛书序

前言

第 1 章 城市地质调查主要技术方法	1
1.1 资料收集与整理	1
1.2 地表调查方法	3
1.3 遥感技术方法	3
1.4 钻探技术方法	8
1.5 地球物理勘探技术方法	12
1.6 地球化学调查方法	49
1.7 测试方法技术方法	53
1.8 数字信息技术方法	53
第 2 章 城市三维地质结构调查方法	54
2.1 基岩地质结构调查方法	54
2.2 松散层三维地质结构调查方法	62
2.3 工程地质结构调查方法	86
2.4 三维水文地质结构调查方法	103
2.5 活动构造调查方法	117
第 3 章 水土地球化学调查与环境质量评价方法	126
3.1 引言	126
3.2 环境地球化学调查方法	127
3.3 环境地球化学质量评价方法	133
第 4 章 地质灾害与地质环境调查方法	156
4.1 地面沉降调查与评价方法	157
4.2 斜坡类地质灾害调查方法	167
4.3 垃圾场现状调查与场址优选区划方法	168
4.4 岩溶地质调查评价方法	177
第 5 章 地质资源调查与评价方法	183
5.1 城市地下水资源评价方法	183
5.2 城市地热资源评价方法	190
5.3 地下空间资源调查与环境条件评价方法	194
5.4 矿产资源调查与评价方法	196
5.5 地质遗迹资源调查与评价方法	197

第 6 章 城市地质环境综合评价方法	201
6.1 区域地壳稳定性评价方法	201
6.2 地下空间容量及适宜性评价方法	203
6.3 城市工程建设适宜性评价方法	213
6.4 土地利用适宜性评价方法	218
6.5 城市地质环境容量评价方法	228
6.6 城市地质环境质量评价方法	234
第 7 章 信息系统建设与成果表达技术方法	247
7.1 城市地质数据库建设方法	247
7.2 城市地质信息系统建设方法	255
7.3 城市地质成果表达与图件编制方法	267
参考文献	275

第1章 城市地质调查主要技术方法

城市地质调查技术方法指进行城市地质调查、勘察、施工所需的各种技术，并不存在城市地质专门技术，各种方法技术均可用于城市地质调查。但在选择具体技术方法时，必须考虑城市人类活动强度大、工程多等特点。

应用于城市地质调查的技术方法主要包括遥感、钻探、地球物理、地球化学、计算机、测试等。但城市地质调查有特殊性，有些在其他地区应用效果很好的方法不适合在城市地区应用，需要从城市地质环境特点出发，选择或改进适合城市地区特点的技术方法，更好地服务于城市地质调查。

1.1 资料收集与整理

任何一个城市地质调查都是在地质工作程度已相当高的基础上展开。因此，以往地质工作获得的可靠、准确的地质资料不仅是当前调查的基础和依据。而且，结合城市重大地质环境问题和当前亟待解决的城市地质问题，通过对以往资料的分析，可以找到开展城市地质调查的关键切入点，从而推进城市地质调查工作的有效开展。

1.1.1 资料的收集

1) 一般性资料收集

概要性收集城市建设发展规划和土地利用、产业发展与布局等相关图件与信息。系统收集以往形成的所有地质、矿产和物化遥成果资料和各种原始资料。

成果资料包括已有的1:200 000、1:250 000、1:50 000区域地质调查资料，矿产、水文地质、工程地质、环境地质和地质灾害、地球化学等调查与评价资料，专题调查研究、区域性总结、工程地质勘察、地球物理探查、遥感调查等综合性研究勘察资料与成果报告。

原始资料包括各种野外编录、实际材料图、剖面图、柱状图、野外记录本、测试分析报告等原始的编录与测试数据资料。对在成果报告中有体现的、典型的、可能在调查项目中经进一步整理就可利用的资料要收集其相关原始资料。

工程地质勘察资料应搜集有地形配套的钻孔分布图或准确的钻孔坐标位置，并通过校正落实在地形图上。

2) 钻孔资料收集

钻孔资料的收集，在精度或密度要求之下，必须把握两个原则：一是以往地质调查

中形成的钻探资料全面引用,但需准确落实钻孔位置。二是工程勘察的钻孔资料选取时,必须对所属勘察项目所有钻孔进行预览分析,选取能反映场地及其周边地层划分的钻孔和有特殊控制的钻孔。如有必要,还应勾画一张简要的、与场地所在范围调查精度相同的基岩地质图或第四系等厚图。一般钻孔筛选还应关注下列方面:①钻孔平面分布图或坐标位置齐全,有钻孔柱状图;②出现断裂或断层(特别结构面)的钻孔;③特殊基岩层位如灰岩或溶洞、膨胀土、膏盐层的钻孔;④能表明基岩地质体特定时代的钻孔;⑤第四系层序比较完整的钻孔;⑥深度大于40~50m的钻孔;⑦有相应的岩土分析测试结果或地下水稳定水位和水质分析报告的钻孔。

1.1.2 资料整理

1) 一般性资料整理

全面利用已有的成果资料和原始资料,首先选出可为调查项目利用的成果资料和各种原始编录资料,同时找出已有资料的不足之处,为开展进一步调查工作打下基础。有针对性地通过整理和分析对不同类别的资料进行归类,进行资料可利用程度的划分。

基岩区已有资料整理要求见表1-1。已有成果资料的整理包括地质图、剖面图、综合地层柱状图、地质报告等,地质图包括基岩地质图、第四系地质图、构造纲要图、古地理演化图、岩浆岩序列图等。

表 1-1 基岩区资料收集及整理内容一览表

资料名称		主要内容
成果资料		地质报告、地质图、基岩地质图、第四系地质图、构造纲要图、古地理演化图、岩浆岩演化序列图、图切剖面图、综合地层柱状图等
原始资料	地质填图	实际材料图,实际材料图中的成果地质图没有表达的特殊岩性层信息及其属性信息
	地质剖面	剖面图,地层柱状图与图件相关信息
	采样基本信息	采样位置、样品类别编号、位置、坐标、日期、样品类型、采样人
	测试分析	野外地质点编号,野外编号,测试单位,试验人,试验编号,测试项目,含量和分析结果作出的图、表、文
	样品类别	古生物、同位素年龄、岩石化学、地球化学、稀土、同位素示踪、重砂等
	野外记录本	调查点编号、性质、位置、坐标、照片、素描、剖面分层信息、样品采集信息、项目名称、岩性描述、分层编号、记录人、审核人、工作时间

各种原始编录资料如地质剖面编录、地质填图路线编录和采样测试分析资料。

地质剖面编录资料包括剖面图、地层柱状图、野外记录本等,还包括了利用剖面图、地层柱状图及野外记录本中的照片、素描、剖面分层信息、样品采集信息及其分析

结果作出的一些判别分析图件等。

地质填图路线编录资料包括：实际材料图、野外记录本、实际材料图中在成果地质图上没有表达的特殊岩性层信息（如煤、膏盐层等）、野外记录本中的可利用地质点点位及其属性信息（如特殊岩性层分层、照片、素描、样品采集等）的选分资料。

采样测试分析资料整理包括：采样位置、样品类别等。样品类别有古生物、同位素年龄、岩石化学、地球化学、稀土、同位素示踪、人工重砂等。

2) 第四系分布区资料整理

第四系分布区主要整理利用前人不同项目中的原始资料，包括钻孔资料、物探资料、实测地层剖面、露头调查及相关样品测试资料（表 1-2）。要求筛选出所有第四纪地质研究孔和有代表性的、具有详细岩性描述或完整的测井曲线资料且揭穿第四系的工程地质孔。筛选出的各个钻孔的原始编录数据有孔位、孔口高程、孔深、施工日期、水位、分层位置、分层属性、钻孔柱状图、采样位置及其分析测试结果，还包括利用分析结果所作出的一些判别分析图等。测试分析种类有粒度分析、地球化学、古地磁、微体古生物、孢粉、测年（ ^{14}C 或热释光）、矿物分析等样品。

表 1-2 第四系分布区原始资料整理内容表

资料名称	主要内容
钻探编录表	钻孔编号、位置、开孔日期、终孔日期、施工单位、抽水试验、采样测试、回次进尺、岩性描述、分层编号、记录人、审核人
野外调查记录	实际材料图，调查点编号、性质、位置、时间、描述、记录人、照片、素描
样品采集基本信息	编号、位置、坐标、日期、样品类型、采样人
样品测试信息	野外编号、测试单位、试验人、试验编号、测试项目、测试结果
样品类型	粒度分析、地球化学、古地磁、微体古生物、孢粉、测年（ ^{14}C 或热释光）、矿物分析

1.2 地表调查方法

地表地质调查重点是在已有资料的基础上，开展相应比例尺精度要求的地表地质调查，包括区域地质调查、工程地质调查、水文地质调查、水土地球化学调查、环境地质调查、地质灾害调查和地质资源调查等。各专业的相应比例尺地质调查有相应的技术规范和要求。主要按相应比例尺的技术要求、技术方法和本次研究制定的城市地质调查系列工作指南开展地表地质调查工作。

1.3 遥感技术方法

遥感技术方法在城市地质调查中具有重要的作用，用以获取地表各种地质信息。遥感技术方法主要用于地理地貌、地质体、地质构造、城市空间动态变化、土地资源、已

利用地下空间、垃圾场与废物堆放场、地质灾害等的调查,已取得了很好的效果,提高了工作效率和工作质量。

遥感解译是各项城市地质调查工作的基础,是第四纪地貌、地质单元划分、活动构造调查和研究、环境地质调查、城市垃圾处置现状调查及选址调查等工作的前期工作。

1. 数据源

应用于遥感解译的数据可以多类型、多时相和多精度,主要依据工作比例尺和解译目标体确定,反映动态变化时需要多时相的航卫片,如 SPOT5、ETM 卫星数据和 1:50 000 DLG、DEM 数字地形数据、航空遥感数据、QuickBird 影像和 IKONOS 影像等。但是,数据最低精度不能小于 1:50 000,最好有近期与中期、长期的多时相对比影像资料。航片采用最新 1:1000 或 1:10 000 红外片(2002 年)。原始数据必须进行数据融合、数据校准、数据裁剪等处理,如杭州市利用最新区 ETM、DEM(1:10 000)和 SPOT 遥感数据;北京市基础数据采用 2006 年 SPOT5 卫星的 2.5m 分辨率彩色影像,结合 2001 年的 ETM 数据、1998 年的航片等进行历史变迁的分析与调查。

2. 遥感解译工作程序和工作方法

遥感解译一般工作流程见图 1-1。

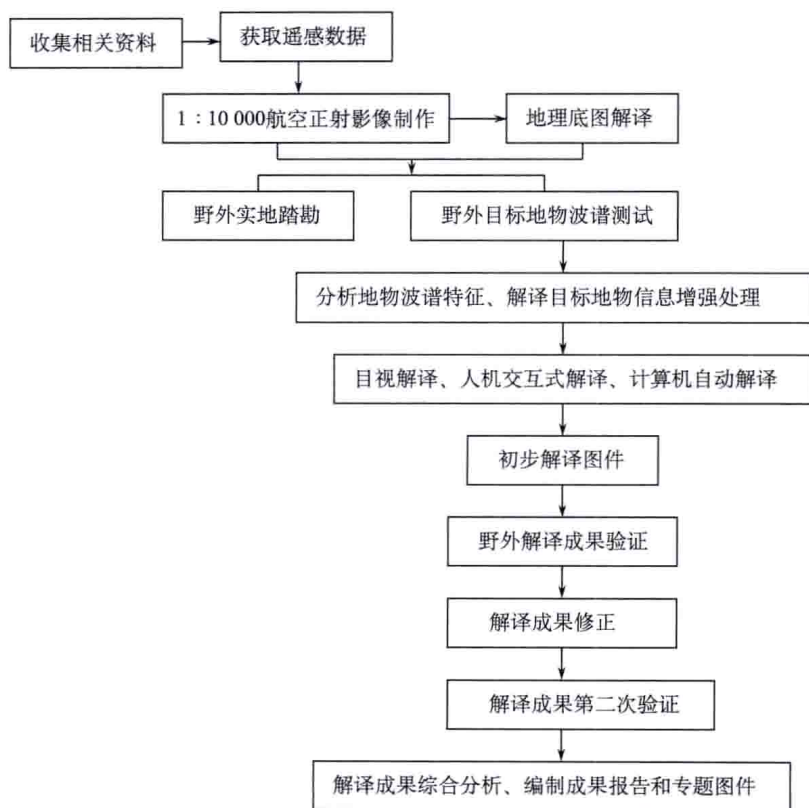


图 1-1 遥感综合调查工作流程图

结合不同时相的遥感、航片、地形图等多源信息,通过信息增强、配准与融合等数据处理,采用以目视解译判读为主的解译方法。

(1) 图像数据处理

分为全区性处理及局部性处理。首先针对全区采用最佳反映地形地貌的光学图像增强、调整反差等方法制作全区 1:50 000 遥感影像图,然后在工作过程中针对专题特殊要求和野外验证,制作局部性影像图,反映历史变迁和突出地质问题。

(2) 初步解译

首先在踏勘的基础上建立解译标志,经过初步解译和详细解译提交遥感解译图,结合地面调查进行验证后,对遥感图像进行综合解译分析,编制综合解译成果图件。

(3) 野外验证

遥感技术是重要的辅助手段,要充分与地面调查相结合,进行野外验证。

3. 遥感技术方法应用

1) 应用于地形地貌调查

通过资料和遥感数据分析,确定解译地貌类型,进行野外调查,并与资料对比,确定各地貌类型的解译标志,利用遥感影像,进行系统解译,并对照 1:10 000 地形图圈定地貌类型范围,解译精度为面状单元图斑 $\geq 2\text{mm} \times 2\text{mm}$ (即实际面积 $\geq 400\text{m}^2$)。对解译出来的地貌类型及其分布范围,进行实地验证,并对解译中出现疑问的地方进行野外实地调查,编制地貌图,如根据珠江三角洲地区地貌特征,将广州地貌类型分为低山丘陵、残丘、台地、平原、沙洲、人工改造地貌 6 大类。

杭州市利用了 TM/ETM 和高分辨率的 SPOT 等图像数据资料,采用目视解译判读,并以地形地质图为辅,以影像的形态、色调、阴影和水系等特征为直接标志和土壤、植被、农作物为间接标志,结合微地貌和野外验证,着重解译与地表环境演变关系最密切的第四纪微地貌及岩溶地貌,划分不同级别的地貌单元,编制地貌解译图 (图 1-2)。

解译首先从区域地貌形态与成因特征入手,把握全区地貌单元的格架;其次分析各种解译对象的相互关系,具体分析不同地貌单体之间关系,如剥蚀地貌与堆积地貌、地貌单体与组合形态、宏观地貌和微观地貌、地貌形态与地质体、图像影纹特征与地貌类型的相互关系,不同比例尺及不同类型图像上同一地貌形态解译标志和解译结果的差异性等;最后利用多时相遥感资料分析地貌的演化过程,结合城市发展规划,进行地貌单元建设适宜性分析。

2) 应用于垃圾填埋场调查

遥感方法对垃圾场与废物堆放场的解译主要采用目视解译,通过建立的固体废物影像解译标志,进行判读、圈定固体废物单元。大比例尺摄影图像具有很高的空间分辨率,对于工业及生活废物堆放和填埋场的位置、规模等解译效果很好,而 TM 多光谱影像具有较高的光谱分辨率,对堆放和填埋物分类可发挥一定作用。利用两种遥感数据源交互式解译,对工业及生活废物堆放和填埋场的分布、规模及废物分类具有较好的解

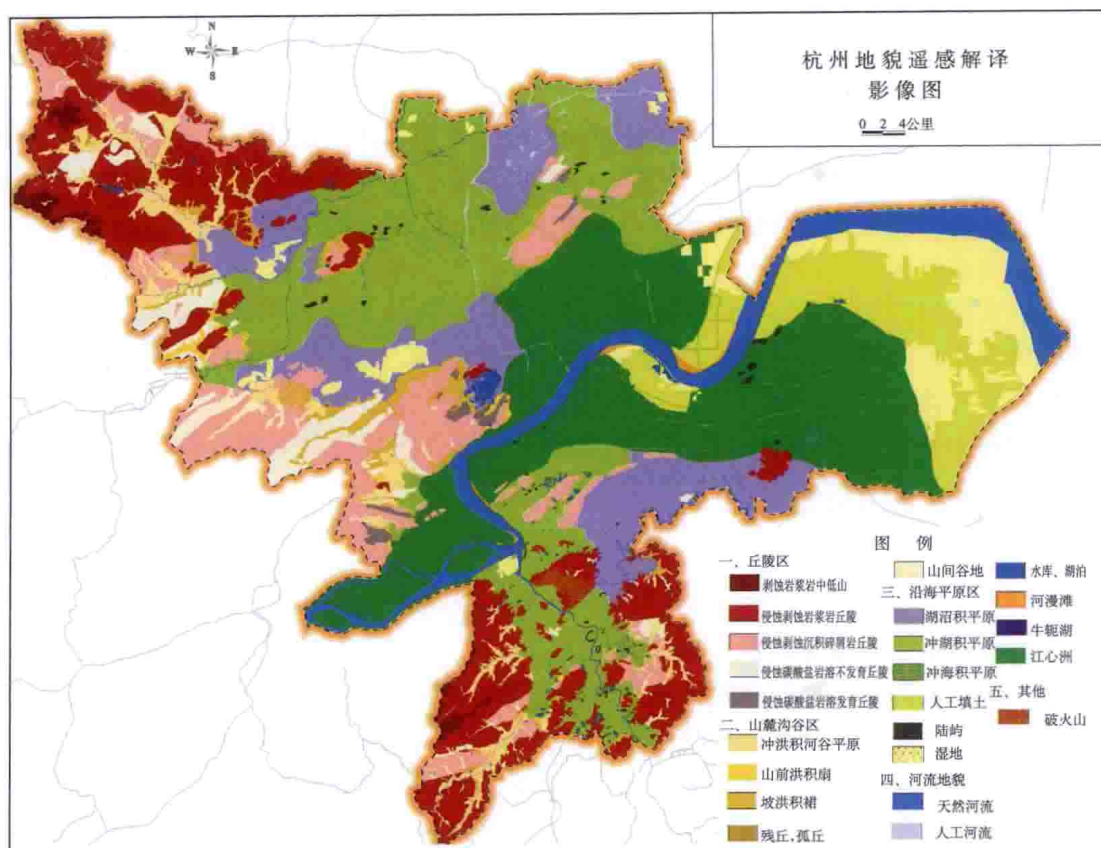


图 1-2 杭州市地貌遥感解译图

译效果，解译结果实时性好，直观性强，正确率高。北京、广州、南京等垃圾填埋场调查都应用了遥感方法，取得了很好的效果。

在北京城市垃圾处置现状及选址项目中，对平原区 15 000 多张航片进行解译，野外调查核实，共查找垃圾点 490 个。广州垃圾填埋场调查主要采用目视解译，通过建立的固体废物影像解译标志，进行判读圈定固体废物单元。

3) 应用于断裂构造调查

多数城市利用遥感技术开展断裂构造的解译和调查。

广州第四系覆盖层较薄，基岩风化层厚，植被发育，遥感图像用于断裂构造的解译效果较好，对区域性断裂构造及其交切关系和组合形式具有直观的总体影像，在加强图像处理、野外实地踏勘和建立解译标志后，通过综合分析异常地貌形态、河流网结构异常、综合景观等，较好地解译出了断裂构造。

杭州市充分利用了 ETM 丰富的光谱特性和 SAR 图像清晰的纹理特性，明显增强了遥感图像线性纹理的可辨程度，以 ETM (3、4、5 波段) 假彩色合成并以 8 波段 HSV 融合图像为底图，以 ETM 与 SAR 融合图像、WTM 彩色合成图像、ETM 圈积增强结果图等为附图，建立解译标志，宏观以纹理型边界作为断裂存在的标识，微观以

纹理形状、大小等作为断裂性质的判据,对主要区域性断裂带进行判别。通过综合分析水系密度、异常地貌形态、河流网结构异常、地下水异常、综合景观等,厘定区域性断裂格架空间位置、交切关系、组合形式。

4) 应用于地下空间占用情况调查

在踏勘的基础上建立解译标志,进行遥感解译,通过实地验证后,对遥感图像进行综合解译分析,调查地面空间利用现状,根据工程建设经验,采用类比的方法,分析圈定地面建筑深基础对地下空间的开发利用程度,为进一步对地下空间利用现状和利用程度的分析调查提供依据。

高层和超高层建筑、高架桥路等一般要有较深的桩基础并附建有地下空间设施,利用遥感立体影像对该类建筑物的解译,就可间接圈定已利用地下空间的分布范围。结合城建等部门收集到的地下空间资料,建立建筑物高度、建筑物样式与基础深度关系的判别模式和计算建筑基础已占用的地下空间,就能基本反映城市地下空间占用情况。

广州、杭州市利用遥感进行了地下空间占用情况调查。如杭州以2005年SPOT5为工作底图,利用遥感与工程地质资料,反演分析杭州平原区已占用的地下空间,并以MapInfo作为图像解译的基本软件,以1:10 000数字地形图和DEM数据为纠正控制资料,在高分辨率卫星遥感影像进行几何校正基础上,调整影像对比度和明暗度进行目视解译。以人机交互的方式提取各类型建筑形状及大致的相对高度信息,通过有关部门查询和验证以及实地调查,结合水文地质、工程地质数据,建立建筑物高度、建筑物样式与基础深度关系的判别模式和计算建筑基础已占用的地下空间。通过遥感影像图—建立解译标志—形成解译信息—建立建筑物高度、型式与不同工程地质区基础设置深度的遥感判别模式的工作流程,形成遥感地下空间占用图,基本反映了城市地下空间占用情况。

5) 应用于地质灾害调查

遥感方法对地质灾害调查主要应用于斜坡类和地面塌陷类地质灾害的解译,采用机器解译结合目视解译纠正,通过实地核实,解译对于已发生的尤其是新近发生的斜坡类和地面塌陷地质灾害效果较好。南京、杭州、广州等城市利用遥感技术进行地质灾害调查。

由于发生斜坡灾害和地面塌陷的面积一般并不是很大,所以要求选用遥感影像的空间分辨率应该尽可能高,比如用QuickBird影像(最高空间分辨率是0.64m)、IKONOS影像(最高空间分辨率是1m)等,当然同时还要考虑遥感影像数据时间分辨率。也可用主体精度较低的SPOT5卫星影像数据(最高空间分辨率是2.5m)进行图像处理解译,部分结合用QuickBird影像做辅助判读。

6) 应用于城市动态扩展分析

杭州市利用不同时段的MSS(1976)、TM(1984、1997)、ETM(2000)、中巴资