

高等学校教材

# 国土资源调查方法

李永军 主编

李永军 苏生瑞 陈淑娥 李英 编著



# 国 土 资 源 调 查 方 法

李永军 主编

李永军 苏生瑞 陈淑娥 李 英 编著

西安地图出版社

## 内 容 简 介

国土资源的国情教育和国土资源的调查方法教育是高等院校义不容辞的责任，该教材面向地质学、地质资源与地质工程、资源与勘查工程学、土地资源及相关专业，简要介绍了国土资源的分类和中国国土资源的现状及其发展演化趋势，详细论述了国土资源调查的区域地质调查方法和以“3S”技术为代表的新技术、新方法在国土资源调查中的应用，详细论述了矿产资源、土地资源的调查和评价的基本理论和方法，同时还对海洋资源、水资源、旅游资源、气候资源和生物资源等其它资源的调查方法和评价方法以及我国实施国土资源与可持续发展战略的相关内容做了介绍。

该教材内容丰富，思想新颖，基本上反映了中国有关国土资源调查方法的最新成果。语言流畅，通俗易懂，适合大专院校学生和相关专业人员学习和参考。

## 序

由长安大学地球科学与国土资源学院、地质工程与测绘工程学院几位教师合作编写的《国土资源调查方法》一书，是在我国教育改革新形势下对素质教育的一次探索，这对于拓宽人才的知识面，增强人才的适应性是十分有意义的。

国土资源为各国的社会发展提供了最基本的物质、能量和场所。人类直接利用自然资源的生产活动，在经济结构中属第一产业，包括了矿业、农业、林业和渔业等，是一个完整经济系统的起点。合理地开发利用有限的国土资源，是实现社会、经济、环境可持续发展的基本保证。

被称作“新一轮国土资源大调查”的工程，是在新的社会经济发展阶段中，在原来的区域地质调查、城市地质调查、农业地质调查、环境地质调查、水文地质调查等的基础上发展起来的，已于上世纪九十年代末启动。这是一项十分重要的基础性和公益性事业，任务是长期的，需要不断更新。因此，必须有大批专门人才来组织和实施这一工作。这就要求我们培养一批专业知识较全面，系统了解国土资源调查的工作性质、内容和方法，并有过一定工作体验的国土资源调查高级工程技术人员。同时，对于从事国土资源开发、地学研究等方面工作的人员，也需要掌握这些知识。这一本教材即为此而编撰。

本书以新一轮国土资源调查任务为中心，详细地说明了调查的主要内容，具体的实施过程及基本的工作方法，还对调查所涉及的有关问题，如我国的国土资源调查史，国土资源管理的概念、任务和法律，以及资源安全问题等作了介绍。作者在编写中，十分注意了基础理论的前缘性，内容方法的实用性，章节安排的科学性，文字表述的通俗性。据我了解，许多院校虽已开设了这门课，但这是第一本公开出版的教材。

几位作者有过从事地学生产工作、地学科学研究、地学教学实践的经历，曾作过地质调查的管理和组织工作，并直接参加了新一轮国土资源大调查。他们涉足多个地学专业，并且具有专业互补的特点，从而保证了本书具有了前述特色。出版前，有三次试用、修改和补充，本次又进行了重新编排和校正。希望通过今后的教学实践和进一步努力，以期不断地成熟和完善，为更多的院校使用，并为国土资源调查事业做出新贡献。

中国工程院院士 汤中立

2003年5月于长安大学

# 前 言

国土资源，国脉所系，民生所依；支撑各行各业，关系千家万户，影响千秋万代；是人类赖以生存和发展的物质基础和国富民强的物质条件，也是一个国家综合国力的根本体现。随着可持续发展战略的实施，在人口—资源—环境大系统中，资源是基础，被当作是关系国家经济安全的重要问题，越来越受到高度重视。

中国地域辽阔，资源丰富，种类齐全，从资源总量上看是位居世界前列的，也因此一直是国人引以自豪的资本。但人均资源占有量很低，从这种意义上看，中国目前在上世界上是一个资源相对贫乏的国家，也是一个处于工业化进程中的发展中国家，资源消耗处于增长阶段，资源型产业将长期占有相当的地位和比重，资源安全问题是中国的经济安全问题。新世纪，中国将进入全面建设小康社会、推进现代化建设的新阶段，经济社会发展对资源的需求呈增长态势，资源储备和供需矛盾将会愈加突出。投资经济、快速有效、保障资源储备量和资源安全就显得日益重要和紧迫，也是当前国土资源调查的艰巨任务。运用先进的方法和手段是解决这一问题的关键。

国土资源调查专门人才的培养，重在资源调查基本理论和基本方法的学习。资源的国情教育也是高等院校义不容辞的责任。该教材面向各相关专业，力求使学生系统了解中国国土资源的现状及其发展演化趋势，掌握国土资源调查、评价的基本理论和方法。

该教材是在长安大学教学资助的立项教材。是在校教务处的直接指导和帮助下完成的。

本教材力求达到思想性、科学性、结合性与思想性相统一，突出重点，强调启发性、系统性和可操作性。教材系统总结、全面介绍了国土资源的基本类型、概念、国内外研究及各资源类型调查方法现状以及发展方向，以全面反映各资源类型调查的新理论、新技术、新方法和新手段；重点介绍当代飞速发展的观测与探测技术、物质与测试技术、模拟与实验技术、计算机与处理等高新信息技术在国土资源调查中的应用，以填补空白、满足教学为目标，以培养学生的理论思维水平，提高综合分析、实践能力和科学研究能力为宗旨。

国土资源类型多样，调查方法涉及地学学科的许多领域，还涉及一些边缘学科和交叉学科。教材从地质学调查的最基本方法——区域地质调查工作方法入手，全面介绍调查工作的基本程序、调查内容和重点、具体操作方法和规程，在此基础上，重点介绍了土地资源、矿产资源这两类国土资源，同时还对海洋资源、水资源、旅游资源、气候资源和生物资源等其它资源的调查方法和评价方法做了介绍。国土资源调查的另一重要目的是提供政

府宏观决策，加强国土资源的规划和管理，为适应这一要求，本书介绍了国土资源的规划目的、重要性，介绍了国土资源的行政管理、经济管理、法制管理和科学技术管理，并对《中华人民共和国土地管理法》和《中华人民共和国矿产资源法》两部地质资源大法的主要内容做了介绍。最后，还简要介绍了国土资源与经济、社会可持续发展以及国土资源与地质灾害、环境保护以及人类生存的关系，简要介绍了中国实施国土资源与可持续发展战略的相关内容。

该教材共分九章，约 28 万字，由李永军主编，苏生瑞、陈淑娥、李英参加编写。前言，第一章，第二章，第三章（大部分），第五章第五节，第六章第四节，第七章第三节、第四节，第八章，第九章由李永军编写；第三章第六节，第五章第一节、第二节、第三节，第六章第一节，第七章第一节由苏生瑞编写；第三章第二节之五，第六章第二节、第三节由陈淑娥编写；第四章，第五章第四节，第七章第二节由李英编写。全书由李永军统稿。

由于教材内容涉及面广、时间短、难度相对较大，加上笔者们的知识结构和水平有限，错误及不足、疏漏之处在所难免，敬请专家、学者、同行和广大读者指正。

该教材在编写过程中，还得到了许多领导、相关专家和同行的指导和帮助。汤中立院士百忙之中审阅了教材，并写了序。长安大学张维吉教授对教材初稿进行了深入细致的审查和修改；成都理工大学冯文光教授、长安大学王全庆教授认真审阅了本教材，提出了宝贵的修改意见；董俊刚帮助绘制了部分插图。在此，一并表示衷心的感谢。

编者

2003 年 3 月 6 日

# 目 录

第一章 资源类型及其分布 .....	1
第一节 国土资源调查概述 .....	1
一、国土资源调查的目的、任务 .....	1
二、国土资源调查的作用和意义 .....	2
三、国土资源调查的学科体系与理论基础 .....	2
第二节 国土资源的基本概念及主要类型划分 .....	3
一、资源与自然资源 .....	3
二、国土与国土资源 .....	4
三、国土资源类型划分 .....	4
四、国土资源的基本特点 .....	6
第三节 中国国土资源的分布规律和组合特点 .....	7
一、国土资源的地域分异特点 .....	7
二、国土资源地域结构与组合特点 .....	11
第四节 国土资源的地质调查历史与研究现状 .....	12
一、外国国土资源的研究与发展概况 .....	12
二、我国国土资源调查的发展历程与现状 .....	13
第二章 国土资源调查的基本程序 .....	15
第一节 国土资源调查的立项 .....	15
一、国土资源调查项目管理 .....	15
二、国土资源调查项目的立项 .....	15
三、国土资源调查项目的设计编写 .....	16
四、国土资源调查项目设计的审查 .....	16
五、签订项目合同 .....	16
第二节 国土资源调查的实施程序 .....	17
一、国土资源调查的基本方法与技术 .....	17
二、国土资源调查的一般工作程序 .....	18
三、国土资源调查项目的实施 .....	19
四、成果报告编写、资料汇交及项目终结 .....	20
五、成果社会化服务 .....	21
第三章 区域地质调查方法 .....	33
第一节 区域地质调查概述 .....	33
一、区域地质调查的目的和任务 .....	33
二、国外区域地质调查概况 .....	35
三、中国区域地质调查概况 .....	35
四、中国区域地质调查的新局面 .....	36

第二节 沉积岩区区域地质调查 .....	36
一、正确建立填图单位 .....	36
二、基本层序调查 .....	39
三、地层格架调查 .....	40
四、地层模型研究方法 .....	40
五、第四纪地质调查方法 .....	41
第三节 花岗岩类区地质调查 .....	43
一、岩石谱系单位（单元-超单元）填图方法 .....	43
二、造山带花岗岩填图方法讨论 .....	45
第四节 变质岩区区域地质调查 .....	47
一、变质岩区填图方法的类型 .....	47
二、构造—地（岩）层—事件法 .....	48
三、构造—岩石—事件法 .....	49
四、地质事件序列的研究与地质事件表的建立 .....	49
第五节 火山岩区区域地质调查 .....	49
一、火山岩区调填图的基本要求 .....	49
二、火山岩区调填图方法简介 .....	50
第六节 新构造及地质环境与灾害调查 .....	52
一、新构造调查方法 .....	52
二、环境地质调查 .....	54
第七节 区域地质填图 .....	58
一、剖面调查 .....	58
二、路线调查 .....	60
三、调查图件的标绘内容及方法 .....	61
第四章 矿产资源调查 .....	62
第一节 矿产资源调查概述 .....	62
第二节 区域矿产资源分布规律调查 .....	62
第三节 矿（化）点及异常的调查与评价 .....	67
一、矿（化）点的检查和评价 .....	69
第四节 典型矿床调查 .....	71
一、矿床地质调查 .....	71
二、矿体调查 .....	73
三、矿石调查 .....	74
四、矿床地球化学调查 .....	75
第五节 资源远景及潜力评价 .....	76
第五章 土地资源调查与评价 .....	79

第一节 土地资源调查概述 .....	79
第二节 土地利用现状调查 .....	80
一、土地利用现状概查 .....	80
二、土地利用现状详查 .....	80
三、土地利用现状的调查程序 .....	80
第三节 土地资源评价 .....	86
一、土地资源评价的方法和程序 .....	86
二、土地资源评价的工作程序 .....	86
三、土地资源评价种类和内容 .....	86
第四节 农业生态地质调查 .....	88
一、农业地质调查内容 .....	88
二、农业生态地质调查方法 .....	90
第五节 林业及牧业资源调查 .....	91
一、森林资源的调查 .....	91
二、草场资源的调查 .....	92
三、决策支持方法在林牧业资源调查中的应用 .....	93
<b>第六章 其它资源调查方法 .....</b>	<b>95</b>
第一节 水资源调查 .....	95
一、水资源调查概述 .....	95
二、水资源调查方法 .....	96
第二节 海洋资源调查 .....	100
一、海洋资源调查概述 .....	100
二、中国海洋资源概况 .....	101
三、海洋资源调查方法 .....	103
四、极地考察介绍 .....	104
第三节 旅游资源调查 .....	105
一、旅游资源调查内容 .....	106
二、旅游资源调查方法 .....	109
三、旅游资源评价方法 .....	110
第四节 气候资源调查简介 .....	111
<b>第七章 国土资源调查的前缘技术 .....</b>	<b>113</b>
第一节 国土资源调查中的地球物理新方法 .....	113
第二节 国土资源调查中的地球化学新方法 .....	114
一、国土资源调查中地球化学调查的主要任务 .....	114
二、国土资源调查中地球化学工作方法的主要特点 .....	115
三、地球化学研究内容 .....	115

第三节	3S 技术在国土资源调查中的应用 .....	121
一、	GPS 技术在国土资源调查中的应用 .....	121
二、	RS 技术在国土资源调查中的应用 .....	121
三、	GIS 技术在国土资源调查中的应用 .....	123
第四节	数字地质调查技术 .....	128
一、	资源调查数字化采集技术研究方法 .....	128
二、	数字国土资源调查系统功能特点 .....	131
三、	国土资源数字调查 GeoSurvey 填图系统简介 .....	132
第八章	国土资源规划、保护与管理 .....	135
第一节	国土资源规划与保护 .....	135
一、	指导方针和目标 .....	135
二、	国土资源调查评价 .....	136
三、	国土资源保护与合理利用 .....	137
第二节	国土资源管理 .....	139
一、	国土资源管理概述 .....	139
二、	国土资源管理体制、机构及职责 .....	140
三、	国土资源管理的主要内容 .....	142
四、	国土资源管理的方法 .....	142
第三节	国土资源法规管理 .....	143
一、	国土资源法的概念及调整对象 .....	143
二、	国土资源法的特点及体系 .....	144
三、	主要国土资源法规简介 .....	144
第九章	国土资源调查与可持续发展 .....	155
第一节	资源与发展的关系 .....	151
一、	土地资源是生存之源、也是发展之本 .....	151
二、	矿产资源与社会经济的发展 .....	152
三、	水资源与人类社会发展 .....	157
四、	地质灾害、环境保护与人类生存 .....	158
第二节	实施国土资源与可持续发展战略 .....	160
一、	可持续的资源观 .....	160
二、	实施可持续发展战略是必然选择 .....	160
三、	中国可持续发展战略目标 .....	161
四、	资源的可持续发展重要性 .....	161
五、	中国可持续发展对策 .....	161
参考文献	.....	163

# 第一章 国土资源类型及其分布

## 第一节 国土资源调查概述

### 一、国土资源调查的目的、任务

开展国土资源调查的基本目的，是为了摸清资源“家底”、了解环境、认识优势，为区域社会经济可持续发展和国家发展战略目标提供科学依据。随着社会经济的发展对土地、矿产和海洋资源的不断需求，保持耕地总量动态平衡，保障能源、矿产供应安全，使国土资源利用结构和布局得以调整和优化；发现和评价战略性矿产的大型、超大型产地，提供新的后备资源基地；完成全国地下水资源潜力评价以及主要大江大河和重要经济区的环境地质调查；建立地质灾害监测防治系统，为实现全国及区域可持续发展提供科学依据等，必须开展国土资源调查。这也是各国都已充分认识到的重要基础性、公益性工作。

开展国土资源调查是国土资源学的科学基础。地球上的各种自然资源是人类社会发展的物质基础。研究自然资源的形成、演化和时空分布规律，探索人类、资源与环境之间的相互作用、相互依从、相互制约的关系，揭示社会经济发展与资源开发、环境保护之间协调发展的基本规律，探讨资源合理开发的途径与技术、资源可持续利用的途径，以及资源管理的政策、法规与信息技术，是国土资源调查的主要任务，具体内容包括：

#### 1. 调查研究国土资源现状并进行综合评价

为了合理地开发和利用国土资源，必须了解其基本状况，包括各类资源的数量、质量、分布及其地区组合等，分析区域特征和开发利用现状，解决存在的问题。根据国民经济发展的需要和科学技术水平，对待开发资源进行质量特征、开发条件及综合效益评价，制定开发规划，可持续地开发和利用国土资源。

#### 2. 研究区域国土资源开发与经济发展的关系

国土资源是以一定的质和量分布在一定地域的，国土资源学的研究离不开具体的时空尺度。因而，要重视区域资源的种类构成、质量特征和经济发展的关系的研究，将资源优势转变为经济优势，寻求资源优势互补，解决区域性资源短缺等问题。

#### 3. 建立国土资源可持续开发模式

国土资源开发利用的目的是为了促进地区经济发展，但不能单纯为追求经济效益浪费资源，破坏生态环境，也不能为保护资源环境而限制对资源的合理开发。要深入研究资源开发与保护之间的内在联系，按照可持续发展的战略思想，正确处理开发与保护的关系，建立在保护中开发，在开发中加强保护的发展模式。

#### 4. 制定国土资源开发规划及资源管理的法规与方法

国土资源规划是国土资源开发、利用、保护等系列工作的中心环节，也是协调各个环节之间相互矛盾的有力措施。国土资源管理是为保证国土资源开发、利用和保护工作

的顺利进行所采取的行政、法制、经济和技术等管理手段。从理论和方法技术上加强对国土资源规划和管理的研究，是国土资源学面临的一项重要任务。

5. 探索新技术、新方法在国土资源调查研究和资源开发中的应用

资源科学研究已由定性转向半定量、定量，日益模式化和数量化。随着遥感遥测技术（RS）、全球定位系统（GPS）、地理信息系统（GIS）和计算机技术的广泛应用，大大提高了资源科学研究的速度和质量。国土资源学研究中新方法、新技术的不断开发和应用将对人类在全球资源开发、利用、保护与管理方面产生深远影响。

二、国土资源调查的作用和意义

目前世界经济的发展仍在很大程度上依赖于自然资源，不合理的消耗资源就会产生一系列环境问题。如何合理开发利用自然资源，保证资源的永续利用和经济的持续发展，并将对环境质量的影响减小到最低程度，以实现人与自然的和谐相处，已经成为人类面临的重大课题。自然资源的调查正是为这一目标的实现提供理论基础和科学依据。

中国正处于国民经济持续发展阶段，人口将继续增加，资源供需矛盾日益突出。国土资源调查工作已成为国土资源管理的主要基础性工作。“要积极准备，认真做好国土资源调查评价工作。既为当前国民经济和社会发展提供资源保障，又为可持续发展作出贡献。要组织各方面力量，开展新一轮的国土资源大调查。”是新时期国土资源调查的中心任务。

三、国土资源调查的学科体系与理论基础

国土资源调查是为了了解国土资源的各种特征和规律，对国土资源组成的各要素的数量、质量、空间分布以及它们的变化规律及相互关系进行考察。它为国土资源的开发、评价、规划等提供基础资料，为实现国土资源的科学管理服务。

1. 国土资源调查的学科体系

国土资源调查是国土资源勘查学的重要组成部分，是国土资源学的应用分枝学科（图 1-1）。资源勘查一般可划分为调查、勘查与评价等几个阶段。调查是基础性的、定性的工作，勘查是重点性的、定量的工作，评价是现实性的、综合性的工作。根据资源的分类，国土资源勘查学又包括土地资源调查、矿产资源调查与勘查、水资源调查、海洋资源调查、气候资源调查、生物资源调查、旅游资源调查等，以及其他一些专门性调查，如区域地质调查、环境地质勘查、岩土工程勘查等。

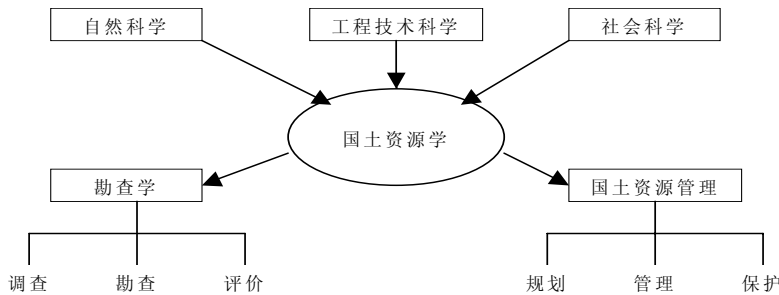


图 1-1 国土资源调查学科体系示意图

## 2. 国土资源调查的理论基础

国土资源调查是国土资源学的应用分枝学科,它与基础理论之间有着科学的联系和理论的继承关系。因此其理论基础,应包括地球科学的重要理论基础和应用基础,如地质学与地质勘查学,自然地理学与自然区划,环境科学与环境工程等。

国土资源调查的理论基础是建立在物质循环规律、能量守恒与转化定律、地域分异规律、自然节律规律、生态平衡规律等基本规律之上。除此而外,调查还包括地质及地理、数学、经济和技术等基础。从学科系统来看,地球科学依赖于基础学科(如数学、物理、化学)的发展,而资源管理则涉及一些重要的社会科学,如管理学、经济学和社会学等。因此,国土资源调查的理论,涉及了自然科学、社会科学以及应用工程技术学等多个方面。

## 第二节 国土资源的基本概念及主要类型划分

### 一、资源与自然资源

#### 1. 资源 (Resources)

在《辞海》中将资源定义为“资财的来源”,并特指天然的财源。一般认为,资源是一定的技术、经济条件下,能为人类利用的一切物质、能量和信息。这其中既包括现在已为人类所利用的资源,也包括现在虽然还未被人类所利用,但将来即可为人类服务的潜在的资源。

在经济学中,资源是人类社会经济活动的自然条件和物质基础,具有实体性。但随着社会、经济、科学技术的发展,其内涵和外延在不断变化。资源除了自然物质外,还包括人力及其劳动的有形和无形积累,如资金、技术、设备、知识、信息等。资源概念有通用化或泛化的趋势。综合各家观点,可将资源分划为四大类:

(1) 自然资源。属于完全的自然物,没有人类劳动的参与,如矿产资源、土地资源、水资源、气候资源、海洋资源、生物资源等。

(2) 经济资源。以自然资源为对象,经人类劳动后的产物,可分为生活资料和生产资料,如原材料、机器、设施、能源、交通等。

(3) 社会资源。以非物质形式作用于人类生产活动过程中的资源,如经营管理、组织形式、劳动力、资本、市场、人才、法律、政策、道德等。

(4) 知识资源。从社会资源中分化出来,主要指科学、技术、文化、信息等。

#### 2. 自然资源 (Natural Resources)

自然资源是指人类可以利用的、天然形成的物质和能量。

英国《大百科全书》对自然资源的定义为:“对人类可以利用的自然生成物及生成这些成分的源泉的环境功能”。根据这一分类方案确立的自然资源分类体系参见图 1-3。

《辞海》中对自然资源的概念解释为:“自然资源,一般指天然存在的自然物(不包括人类加工制造的原材料),如土地资源、矿产资源、水利资源、生物资源、海洋资源等,是生产的原材料和布局场所。随着社会生产力的提高和科学技术的发展,人类开发利用自然资源的广度也不断增加。”

综合对自然资源的各种解释，可以概括为：自然资源是一切能够为人类生存、发展、社会进步需要而被利用的，其概念和内涵随着社会、科学技术的发展和人类认识水平的提高而不断加深和拓宽的自然物质和能量。

## 二、国土与国土资源

### 1. 国土 (Land)

国土是指一个国家主权管辖的地域空间，也就是指全国人民赖以生存和生活活动的场所，包括领土、领海、领空和对近海专属经济区、大陆架具有开发其资源权利的区域。

国土对于一个国家来说是极其重要的，它既是人民生活的场所，进行各项经济建设和文化活动的基地，也是发展生产所需要的各种原料和能源的源地。国土既是一个政治、行政的概念，又是一个经济、技术和自然的概念。

中国地域辽阔，领土面积为 960 万平方公里，仅次于俄罗斯和加拿大，位居世界第三位。领海以 12 海里宽度计算，面积为 35 万余平方公里。领空则包括领土和领海范围的上空，领空的高度，目前国际上尚无规定。

### 2. 国土资源 (Territorial Resources)

国土资源广义的概念是指存在于国土领域内的所有资源，包括自然资源和社会经济资源。狭义的国土资源主要指一国领土范围内的自然资源。国土资源学侧重于自然资源的研究，而将社会经济领域仅作为国土资源开发、管理和保护的基本前提和经济基础。本书所述及的国土资源指自然资源。

## 三、国土资源类型划分

由于自然资源的广泛性和多宜性，人们对自然资源认识的深度和广度不同，加上人类对资源分类详尽程度和应用目的的差异，到目前为止还没有一个统一的分类系统，常见的自然资源分类系统主要有以下几种：

(1) 根据自然资源本身固有的特征，将国土资源划分为耗竭性资源和非耗竭性资源 (图 1-2)。耗竭性资源又可划分为再生性资源和不可再生性资源两大类。再生性资源主要是指由各种生物及生物与非生物因素组成的生态系统，在正确的管理和维护下，可以不断更新和利用，否则就会退化、解体并有耗竭之虑的资源。非再生性资源主要是指各种矿物和矿石燃料。其中一些非消耗性金属如宝石、黄金、铂等，虽然不像太阳能等非耗竭性资源那样能源源不断地供给人类，但却是能重复利用的；另一些资源如石油、天然气、煤和泥炭等，当它们作为能源进行利用时，大部分能量以热的形式耗散掉。自然界中还存在着一些资源，它们在目前的社会生产和技术条件下，不会在利用过程中导致明显的消耗，即非耗竭性资源。非耗竭性资源又可分为恒定性资源和非恒定性资源。

(2) 按自然资源的技术性和经济性以及物理性质划分为物质资源与能量资源两大类。前者主要指原材料资源，如生物资源、水资源、矿产资源等；后者主要指直接太阳能、转化太阳能 (水力、风力、潮汐能等) 和地球内能 (地热等)。



图 1-2，自然资源分类系统（李文华、沈长江，1985）[有改动]

（3）按自然资源的再生性特征可划分为可再生资源 and 不可再生资源两大类。可再生资源主要指能够不断生长繁衍的生物资源和自然循环中形成的可循环资源，如水、耕地、动物、森林、草场等。不可再生资源是指储量有限、能被用尽而不可能自然再生的资源，如矿产资源，其形成历史长，但被耗尽后不能再生，只能异地勘查寻找。

（4）按自然资源的限制性特征分为流量资源和存量资源。流量资源表现为容量限制，如气候资源、生物资源、旅游资源和土地资源等。存量资源其资源量表现为储量限制，如矿产资源、能源等。

（5）自然资源的空间和属性特征，将自然资源划分为自然生成的及生成环境的两大类（图 1-3）。自然生成的包括土地、水、大气、岩石、矿物、生物及其群集的森林、草场、矿产、陆地、海洋等；生成环境的又包括太阳能、地球物理的循环功能及生态学循环功能 3 类。

（6）按自然资源的形成条件、组合状况、分布规律及其与地理环境等因素，可划分为矿产资源、土地资源、水资源、生物资源、气候资源、海洋资源、旅游资源。这 7 类自然资源与国计民生关系最为密切，是国土资源的主体资源。本书将依这一分类系统介绍。

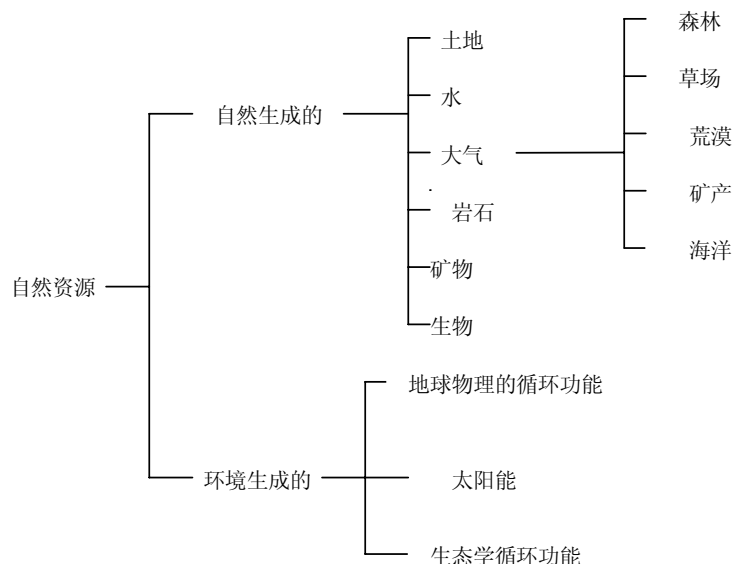


图 1-3，英国《大百科全书》的分类系统

目前，中国国土资源部的主要对土地资源、矿产资源、海洋资源进行集中统一管理。此外，水资源研究与调查也一直是国土资源部门的主要任务之一。因此，本书主要侧重于从地学角度重点介绍土地资源调查、矿产资源调查、海洋资源调查和水资源调查的有关方法，对旅游资源、气候资源和生物资源等的调查只作简要介绍。

## 四、国土资源的基本特点

### 1.整体性

自然资源在自然界中是作为系统存在的，各种资源相互依存、相互制约，构成完整的资源生态系统。利用或改变一种资源或资源生态系统中的某种成分，会在一定程度上影响周围环境甚至整个资源生态系统。正是由于资源作为一种整体而存在，决定了在研究中采取系统理论与系统分析方法的必要性，决定了国土资源学研究的综合性。

### 2.稀缺性

物质、空间和运动是无限的，但在一定的时空范围内，就人类与资源的关系而言，又是有限的。虽然地球上蕴藏着极为丰富的资源，但它终究是一个有限的量。资源的稀缺性还表现在资源分布的不均匀性，造成地区性资源短缺。

### 3.层次性

自然资源包括的范围很广，它可以从一种植物的化学成分到物种，从种群、群落到生态系统直至整个生物圈。从矿物的物化结构到矿石，从金属、非金属到全部固体矿产资源，反映矿产资源的系统层次性。从空间范围看，诸如流域、湖盆、山地、平原等可以是一个局部的地段，也可以是一个地区、一个国家，甚至全球。自然资源的分布具有明显的地域差异，即资源的空间层次性。资源的形成和演化也反映了时间的层次性。这些层次性反映资源系统的结构与功能受地域分异规律、自然节律、自然演替与地质循环的制约。

#### **4.地域性**

自然资源的形成与演化，受制于生成它的环境条件如地质、地理和人类活动。因此，资源分布的不均匀性和地域特点十分明显。不同类型的自然资源的地域分布规律有很大差别，同一种资源的分布也有很强的地域性。自然资源的区域分布具有一定规律性，由于影响自然资源形成和分布条件的不均衡，决定了自然资源分布的不均衡性。

#### **5.国际性**

一般来说，自然资源的开发、保护和管理属于各国自己的主权，应由各国自行解决。但由于有些自然资源是国际共享的（如公海中的自然资源），只有通过国际行动才能达到合理利用和保护的目的。其次，一个国家和地区对自然资源开发利用所造成的后果往往超出一个国家的国界范围而影响世界其他地区。第三，当代自然资源的开发利用已逐渐打破闭关锁国的状态，国际间自然资源开发的合作、贸易和技术交流日益广泛。一个国家资源政策和贸易价格往往会产生世界性的连锁反应。

#### **6.资源的有限性和发展潜力的无限性**

资源的有限性是指在特定的时间、地点条件下，任何资源的数量和质量都是有限的；在特定的时间、地点条件下，人类的科学技术水平和开发利用资源的能力、范围、种类是有限的。同时，资源的开发利用潜力又是无限的。因为物质是不断循环运动、不断更新发展的，因此都可以不断重复利用。但如果消耗超过其更新能力和更新速度，资源就得不到恢复，甚至会受到破坏。

#### **7.资源的多用（多功能）性**

由于资源由多种物质成分组成，各种成分都有其各自的用途；即使仅由一种物质成分构成的资源，在各种不同的系统中由于物质循环、生态循环关系或由于物质本身理化性质关系，也会具备多种用途；不同物质成分组成的资源亦可具有相似的理化特性、生物特性和经济特性。资源的多用性，决定着资源在开发利用时，必须根据其可供利用的广度和深度，实行综合开发、综合利用和综合治理。

### **第三节 中国国土资源的空间分布和组合特点**

#### **一、国土资源的地域空间分布特点**

##### **（一）国土资源的地域背景**

自然资源与世间一切事物一样都有其形成与演化，发生与发展的过程。自然资源的形成与分布受制于生成它的环境条件如地壳结构、地理环境和人类活动。中国地域辽阔，地壳结构复杂，自然环境多样，因此，中国国土资源的空间分布及组合规律是由中国特有的地壳结构和自然地理环境所决定的。

##### **1. 自然地理环境的地域性**

中国自然地理环境的主要特点是疆域辽阔，陆海兼有。大陆地貌的基本格局是地形上西高东低，呈现出三级台阶。最高的一级阶梯为青藏高原，平均海拔 4000m 以上，号称“世界屋脊”。第二级阶梯由内蒙古高原、黄土高原、云贵高原和塔里木盆地、准葛尔盆地、四川盆地构成，平均海拔 1000m 至 2000m 之间。从大兴安岭、太行山、巫山和

雪峰山麓向东到海岸线，地势下降到海拔 500 至 1000m 为第三级阶梯。(图 1-4)。

中国是个多山的国家，习惯上说的山区包括了山地、丘陵和比较崎岖的高原，约占全国总面积的三分之二。全国各类地形的百分比为：山地约 33%，高原约 26%，盆地约 19%，平原约 12%，丘陵约 10%。

地貌、地形是影响中国自然地理环境与自然资源，尤其是地面资源生成的主要因素之一。它在能量与物质再分配和能量物质的流通与屏障、分支及阻滞中起到了重要作用。高大的青藏高原对中国乃至全球大气环流的影响已成为世界科学家关注。中国的几条重要山脉，往往是中国气候和自然地理的重要分界线。

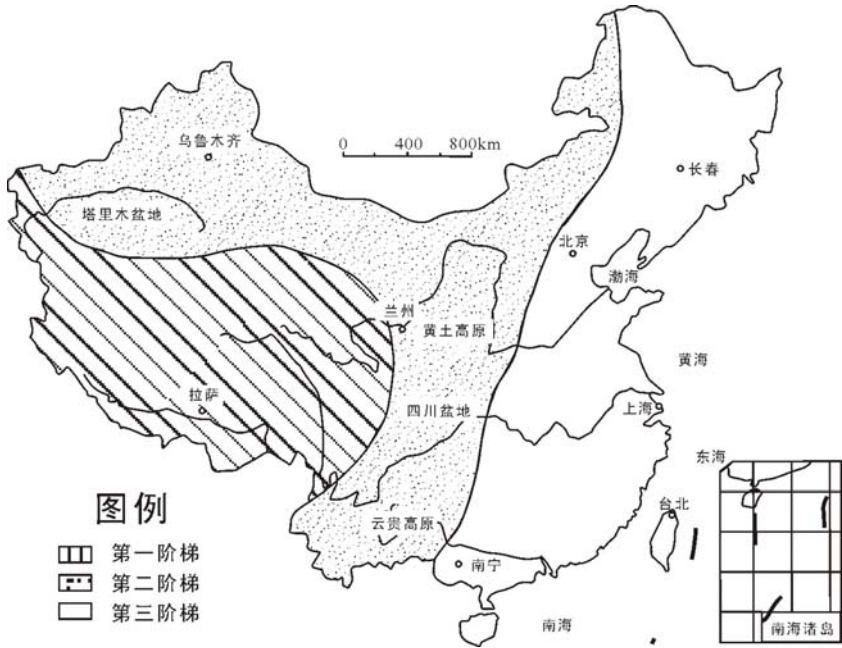


图 1-4，中国大陆地势的三大阶梯示意图（引自中国资源数据库网：[www.data.ac.cn](http://www.data.ac.cn)）

## 2. 自然地理环境的地域性

自然地理环境除具有整体性特征外，也具有地域性（即地域分异性）。所谓地域分异，是指自然地理环境各组成要素或自然综合体沿地表按一定方向有规律地发生分化所引起的差异。自然界中地域分异的现象是非常显著的。从赤道到两极的纬向分异，从沿海到内陆的海陆分异，从山麓到高山顶部的垂直分异，而小区域的分异则更为复杂，如山坡和谷底之间，坡向与坡度等，都可以观察到不同属性的自然环境的规律性变化。地域分异规律应该反映整个自然环境各个部分的空间分化。

### （二）国土资源地域特征

#### 1. 土地资源地区分布不平衡

中国国土辽阔，土地资源类型多样，各类土地资源都有分布。但是，山地多，平原少，耕地与林地所占地比例小。各类土地资源分布不均，耕地主要集中在东部季风区；林地多集中在东北、西北及西南的边远山区；草地多分布在内陆高原、山区。各类土地

资源统计总量见表 1-1。

表 1-1，中国土地、林地及水利资源统计表

项 目	类 型	数 量	项 目	类 型	数 量
土 地 资 源	农用地面积总量（万公顷）	65331.7	大 陆	地表水资源总量（亿立方米）	28124
	建设用地面积（万公顷）	3641.4		地表径流（亿立方米）	27115
	耕地（万公顷）	12761.3		冰川融水量（亿立方米）	560
	园地（万公顷）	1064.0		地下（浅层）水量（亿立方米）	8287
	林地（万公顷）	22919.1		水力资源蕴藏量（亿千瓦）	6.76
	牧草地（万公顷）	26384.6		可开发量（亿千瓦）	3.79
	水面（万公顷）	2202.4		内陆水域总面积（万公顷）	1747
	城镇及独立工矿用地（万公顷）	2487.6		可养殖面积（万公顷）	675
	交通用地（万公顷）	580.8		海岸带面积（万平方公里）	28
	水利设施用地（万公顷）	573.0		海水可养殖面积（万公顷）	260.01
林 木 资 源	活立木总蓄积量（亿立方米）	124.9	海 洋	已养殖面积（万公顷）	109.49
	森林蓄积量（亿立方米）	112.7		浅海滩涂可养殖面积（万公顷）	242
	森林覆盖率（%）	16.55		已养殖面积（万公顷）	89.37

注：1. 自然资源部分未包括台湾省统计数据 2. 土地、水利资源为以前清查数，耕地面积为 1996 年农业普查数据。3. 森林资源为 1994～1999 资料，4. 土地资源为 2001 年统计数据

（1）耕地。中国 90% 以上耕地分布在中东部的湿润、半湿润地区，尤其集中在华北平原、东北平原与长江中下游平原，80% 的水田分布在秦岭-淮河以南地区，85% 的旱地分布在此线以北地区，其中东北平原、黄淮海平原占全国旱耕地的 60% 左右。林地集中分布在东北、西南和南方山区。天然草地则主要分布在西部广大的干旱、半干旱地区。

中国主要牧区分布见图 1-5。中国土地资源地区分布不平衡，受水分和气候条件所制约，是土地资源分布的基本特点。

（2）林地。中国现有森林面积 15894 万公顷，覆盖率 16.55%，是少林的国家，与世界平均森林覆盖率 30.8% 仍有较大差距。天然林多集中在东北和西南地区。东部平原及辽阔的西北地区，森林却很稀少。东北林区的大兴安岭、小兴安岭和长白山林区，是中国最大的天然林区和木材采伐基地，森林面积与木材蓄积量占全国的三分之一以上，木材采伐量占全国二分之一。西南林区是中国第二大天然林区，包括横断山区、喜马拉雅山南坡、雅鲁藏布江大拐弯等地的林区，森林蓄积量占全国的三分之一。东南林区是

中国最主要的次生及人工林区，包括秦岭—淮河一线以南，云贵高原以东的广大丘陵山区。

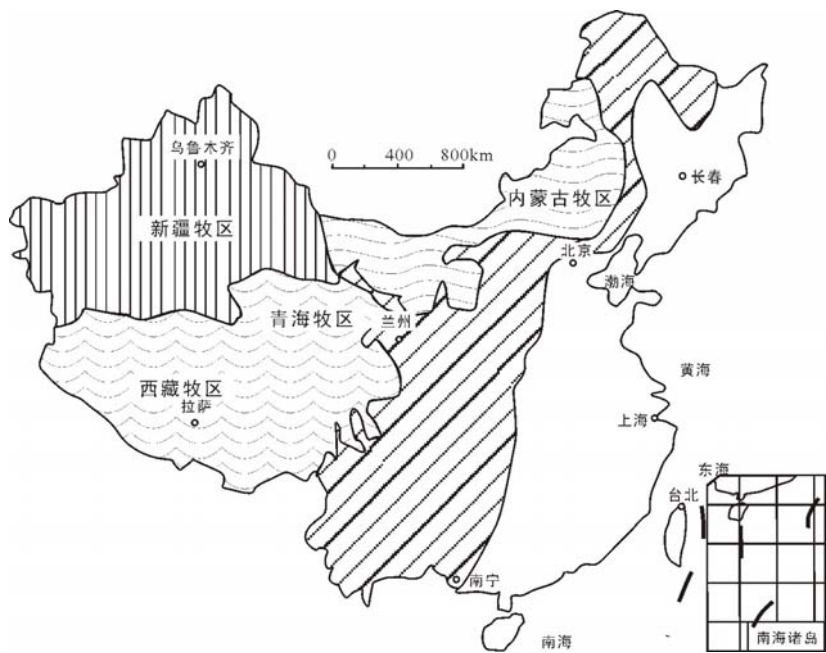


图 1-5，中国主要牧区分布示意图（引自中国资源数据库网：[www.data.ac.cn](http://www.data.ac.cn)）

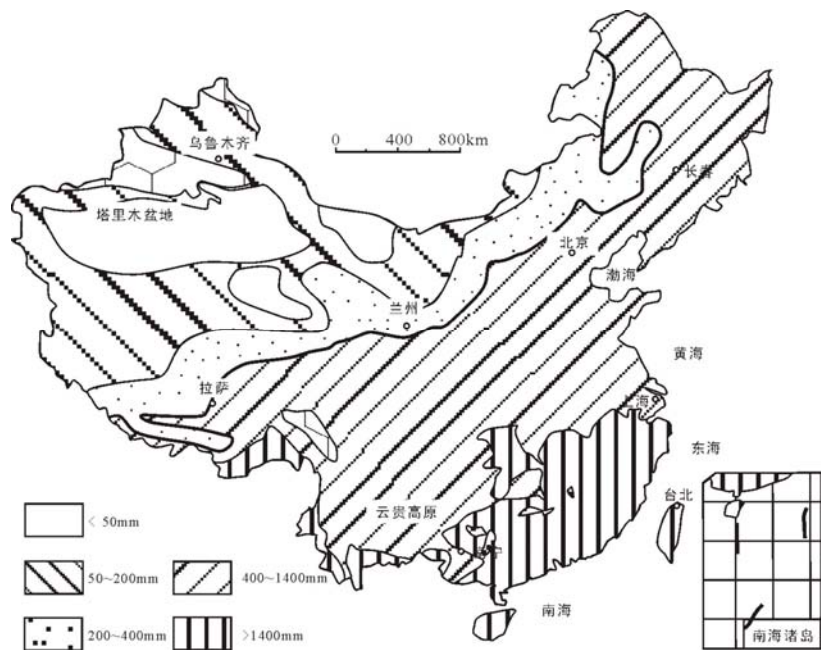


图 1-6，中国年降水量分布示意图（引自中国资源数据库网：[www.data.ac.cn](http://www.data.ac.cn)）

(3) 草地。中国有三亿多公顷的草地，草场类型多样，有利于多种牲畜不同季节的放牧利用。草场面积占全国总面积近四分之一，是世界草场面积最大的国家之一。中国的天然草场主要分布在大兴安岭—阴山—青藏高原东麓一线以西以北的广大地区，人工草场主要分布在中国东南部地区，与耕地、林地交错分布。

### 2. 水资源地区分布特点

中国水资源分布状况见表 1-1，大陆水资源分布与大陆降水量分布基本一致，由东南向西北内陆呈递减趋势。中国南方占水资源总量的 81%，而土地面积占 36.4%。尤其长江流域，占全国地表水资源总量的 35.1%。中国北方水资源总量占全国的 19%，土地面积却占全国的 63.6%，水资源普遍不足（图 1-6）。

### 3. 气候资源区域特点

中国全年太阳辐射量除川、黔地区外，大都相当或超过国外同纬度地区。中国的亚热带、暖温带、温带占国土总面积的 71%。中国平均年降水量为 648mm，较全球平均年降水量偏少约 19%，比亚洲偏少 12%。约占国土 70% 的北方，干旱、半干旱地区占国土面积的一半，水分处于不同程度的亏缺状态。水是中国气候资源系统中的薄弱环节。

西北内陆地区光热资源丰富，降水量严重不足，水是稀缺资源。青藏高原光能资源最好，是全国最高值，但热量条件最差，温度是限制条件。中国东半部光热水匹配比西部地区协调，但地区差异也显著，东北北部热量少；华北地区、黄土高原水分不足，特别是春雨少，春旱严重；江南地区夏季少雨，伏旱普遍；四川盆地与贵州高原光照条件最差。

### 4. 生物资源区域分布特点

生物生长受水、热、土地所制约，它的分布具有区域性。森林资源主要集中分布在东北、西南和南方山区，其面积与蓄积、用材等均占全国的 80% 以上，而广大的华北、西北地区实属少林、无林地区。草地资源主要分布在西部干旱、半干旱的高原与山区。

### 5. 矿产资源地域组合特点

由于成矿地质条件不同，矿产资源具有明显的地域差异。煤炭储量 90% 分布在长江以北，其中晋、陕、蒙三省区占全国保有储量的 68%；铁矿集中分布在辽、冀、晋、川四省，占保有储量的 60%；镍集中分布在甘肃金川，占全国储量的 70%；铜主要分布在江西、西藏、云南、甘肃；锡集中在云南和广西；稀有金属则以新疆为主；磷矿的 80% 分布在滇、黔、鄂、川、湘五省；钾盐绝大部分集中在青海的柴达木盆地；石油则主要分布东北、华北和新疆，广大西南与华南短缺，但海上石油前景乐观。东北、华北属铁矿、煤炭、石油为主的矿产资源配套类型，西南、华中属多金属矿为主的类型，西北属石油、煤炭、有色金属为主的类型，华东、华南属于矿产资源不丰富而有有色金属较多的类型。

## 二、国土资源地域结构与组合特点

根据自然资源结构的相似性、自然资源开发与经济发展的联系性及区域的完整性，可分为七大区。

### 1. 东北区（黑、吉、辽、内蒙古东部）

宜农土地资源丰富，土壤肥沃，开发潜力大，是中国最大的天然林区和林产品加工基地。东北区是以羊草草原为主的天然草场。矿产资源丰富多样，已探明矿产资源 80 多种，约占全国探明矿种的 2 / 3。其中铁、煤、石油等是本区的优势资源，而且资源搭配组合好，有利于开发。水资源北缺南丰，东多西少。

## **2.华北区（京、津、冀、鲁、豫）**

光热充足，降水少而集中，旱涝频繁。径流不丰，时空分配不均，水少而土多，组合不理想。平原面积大，耕地多，林牧地比例小。矿种多，组合条件好，开发条件优越，但优势矿产不突出。旅游资源丰富多彩，天然与人文结合，地上地下文化古迹灿烂辉煌。

## **3.黄土—内蒙古高原区（晋、陕、宁及内蒙古中西部）**

气候暖和，光能丰富，干旱少雨，多风沙。水资源短缺且分布不均，季节性强。草地比例大，土地质量低，难利用土地多。以煤炭为主的能源资源优势突出，铁与有色金属、稀土元素居重要地位。旅游资源丰富多彩。

## **4.西北区（甘、青、新）**

土地辽阔，草地面积大，农、林地面积少。干旱少雨，水资源短缺。能源资源（石油、煤炭、水能）丰富，种类齐全。矿产种类多样，有色金属与盐类为优势资源。干旱、风沙、盐碱、水土流失严重，生态环境十分脆弱。

## **5.长江中下游（沪、苏、浙、皖、赣、鄂、湘）**

临海沿江，交通便捷，区位优势突出。气候温暖湿润，水热配合好，水资源丰富。土地资源类型多样，土地生产潜力高。矿产资源种类多，储量大。旅游资源丰富多彩。

## **6.东南沿海区（闽、粤、琼、台）**

以南亚热带、热带为主体，多温多雨，水资源丰富。山多平地少，耕地不足。生物资源丰富多样，矿产资源贫乏。海域辽阔，海洋资源丰富。

## **7.西南区（川、渝、滇、黔、桂、藏）**

矿产、能源资源丰富且配合较好，石油资源短缺。草、林面积大，耕地少。水资源较充沛，但水多土少而田高水低，水土不协调。以大山名川、民族风情为特色的旅游资源丰富。

# **第四节 国土资源的地质调查历史与研究现状**

## **一、国外国土资源的研究与发展概况**

20 世纪 20 年代，美国政府正式将国土资源的开发和保护作为一项重要任务，在扩大耕地面积的同时，加强了水土保持。30 年代美国开始对田纳西河流域的综合开发和整治，把防洪、发电、航运和治穷致富等目标有机地结合起来，全面规划，统一协调。

第二次世界大战后至 20 世纪 50 年代，世界面临着共同的困境，各国政府纷纷采取措施促进经济恢复和国家的繁荣。日本政府于 1945 年 11 月颁布了《紧急开垦措施要领》，1950 年又公布了《国土综合开发法》，60 年代实行了《国民经济倍增计划》。战后法国的区域经济发展很不平衡，一些先驱者对空间发展的“协调”、“平衡”、“分散”等问题进行了研究，为国土整治做了理论和舆论上的准备。1955 年法国政府颁布了《地区活动纲

要》后，又制定了《地区活动行政区划》，鼓励中央经济向地方扩散，这标志着法国国土工作的正式起步。荷兰、英国等西欧国家战后也实施了一些国土开发整治行动。

日本政府自 1962 年至 1987 年间，4 次修改通过《全国综合开发计划》，基本目标是建设多极分散型国土和使各城市圈形成全国网络。

美国在该时期的工作重点是自然资源的利用、治理、环境保护和资源政策。1970 年美国国会通过了《国家环境政策法》，1972 年通过了《美国联邦防止水源污染修正案》和《水土资源保持法》等。此外，还利用资源卫星技术对国土资源进行了详细的考察。

前苏联是在全国经济区划的基础上开展国土规划的，即资源开发、工业布局、城镇居民点和各项大型公用工程的建设等综合规划。

## 二、中国国土资源调查的发展历程与现状

中国地域辽阔，历史悠久，资源丰富，是世界上资源开发利用最早的国家之一，但又是一个现代资源科学发展较晚的国家。根据发展历程，大致可划分为四大阶段。

### 1.零星记述时期

这一阶段的特点是人们在开发利用各项自然资源过程中，对于它们的分布、特征、用途以及在管理保护等方面积累了越来越多的经验。最早有关可再生资源、生物资源、土壤与土地特征及植被分布和生态环境关系的记录见于春秋时期的《管子》一书中。到战国时代，对各种可再生资源，尤其是关于水、土、物候、生物等的利用、治理方面的记述大为增加，如《禹贡》、《周礼》、《山海经》、《淮南子》等著作。随着生产的发展，这类记述一直延续到明清时代。其中有部分记述有较大的参考价值，对世界科学的发展也有重要影响。

### 2.萌芽时期

从 19 世纪末到中华人民共和国成立以前。资源调查与研究进入了科学调查的萌芽阶段。这一时期的调查研究中，从全国看来是少而分散的，主要有两个方面，一方面是由当时政府及有关部门组织的零星资源调查、考察。另一方面，不少外国学者出于种种目的，在当时各国列强殖民主义政府的保护下，在中国不少地区进行了为数不多的资源调查。

### 3.发展时期

（1）发展初期。从新中国成立的 1949 年开始到 1978 年。在全国各地普遍开展了国土资源的勘查与综合考察；同时，针对当时国家建设之急需，进行了若干重要资源的专题调查研究等。通过这一时期的工作，首先对全国的自然条件与自然资源状况有了比较系统和全面的了解；其次，初步掌握了其数量、质量与分布规律，全面填补了中国有史以来对自然资源与自然条件的科学资料，尤其是那些广大的边远省区的空白。在对这些可再生资源进行大量工作的同时，为配合国家工业发展和建设的需要，各产业部门对于非再生性的地下矿产资源与各种燃料能源资源，也进行了大量的工作。为国家制定国民经济发展规划和地区开发方案提供了重要科学依据，发挥了资源考察在国民经济建设中的先行作用。

（2）发展中期。自 1978 年全国制定第三次科学技术发展规划以后，将可再生的农

业资源调查与因地制宜、合理利用农业资源的农业区划工作，列为全国 108 项重大科技项目的第一项。截止 1983 年上半年，全国 2057 个县已经完成了 1143 个县的县级调查及区划工作，并建成了自然保护区 106 个，其中既包括各种典型的生态系统、珍稀动物的集中分布区、风景如画的自然公园和珍贵的地质剖面，并对今后的自然保护区建立进行了规划。一个以国土整治为中心任务的资源研究正在起步。环境保护工作也正在与国土整治及区域经济规划同步进行。

（3）现今。20 世纪 70 年代以来，以人口、资源、环境与发展为核心的全球性问题愈发突出。不管是环境污染、生态危机，还是粮食安全、资源短缺，都可以归结为资源利用问题。资源的过量耗费和资源开发不合理，是由于人类对自然资源的基本特征认识不足，对资源开发利用缺乏计划性、有序性所致。1992 年联合国环境与发展大会的召开，在高层强化了资源、环境与发展问题的全球性及紧迫性，也使得可持续发展的思想得以广泛传播和贯彻实施。中国政府于 1992 年在全球率先制定了《中国的 21 世纪议程》，这不仅大大推动了中国对资源合理开发、永续利用的重视，也促进了资源科学的形成和发展。资源调查与研究已从 80 年代的单项或专门自然资源调查研究走向综合调查研究，其研究重点转向资源永续利用与社会经济可持续发展，资源生态、资源经济、资源立法与管理成为主要命题。其发展趋势可概括为：①从个体、局部走向一般、整体，日益注重国际合作和全球性问题研究。②从静态分析走向动态预测，区域发展模式与可持续发展等战略性研究日趋活跃。③从自然评价走向注重社会经济分析，以合理化为内容的资源管理研究已正在成为热点。④从定性分析走向半定量、定量研究，日益模式化和数量化。⑤从常规手段走向高新技术应用，研究方法和手段日益现代化。

## 第二章 国土资源调查的基本程序

### 第一节 国土资源调查的立项

#### 一、国土资源调查项目管理

国土资源调查项目，是指独立编制设计，开展调查和研究工作，完成既定任务，并独立提交成果报告的国土资源调查工作单元。国土资源调查项目管理是指根据有关规定和技术标准，对国土资源调查项目的立项、设计、施工审查验收的全程管理。

国土资源调查项目按专业性质可分为：区域地质、矿产地质、水文地质、工程地质、环境地质、地球物理、地球化学、遥感地质、工程技术、信息技术项目等。各专业调查内部可根据工作内容和工作程度作进一步细分。

按项目经费来源可分为：地质勘探费项目、国土资源调查经费项目、矿产资源补偿费项目、科学事业费专项项目、社会资金项目。

根据项目进程可分为：新开项目和续作项目。

国土资源调查项目的工作程序包括：立项、设计书编写、设计书审查、签订项目合同、调查实施与年度检查、野外验收、报告编写与审查、资料汇交和项目终结。

国土资源调查项目管理的内容主要有，实施单位资质管理、计划管理、财务管理、统计管理、技术管理、质量管理、资料汇交管理、项目合同管理等。

项目管理办法实行国土资源与有关部门及地区项目管理办公室多级管理。地区管理中心对本辖区内的国土资源调查项目进行管理。国土资源部已公布的调查项目管理方面的主要制度有：《项目实施单位资质规定》、《项目设计编写技术要求》、《项目设计审查办法》、《项目实施单位建立质量体系的原则要求》、《项目原始资料检查规定》、《项目质量事故查处规定》、《项目委托承包办法》、《项目经费监督审查办法》、《项目立项规定》、《项目设计预算审查办法》、《项目质量管理总则》、《项目实施单位质量认证管理办法》、《项目质量监督办法》、《项目工作报告制度》、《项目成果报告评审办法》、《项目招标投标管理办法》、《项目专项经费管理办法》、《项目经济监督审查专家管理办法》等等。

#### 二、国土资源调查项目的立项

立项程序包括：发布项目指南、申报立项建议书、初步审查、组织专家论证、综合平衡和确定项目及项目承担单位。

项目指南的内容包括：编写依据、指导思想、工作性质、目标任务、部署原则、工作重点、地区安排、鼓励导向等。

项目建议书由立项申报单位组织编报。其中技术经济部分包括立项依据、目标任务、技术路线、实施方案、预期成果、主要实物工作量、组织管理和经费概算等，并附有关图件。资质部分包括申报单位基本情况、工作业绩、组织结构和人员及装备等。

初审主要审查申报材料是否齐全，是否符合指南和有关规定，以往工作业绩，资质认证及质量体系认证意见等。

专家论证由国土资源部组织有关专家对申报项目进行论证。论证工作包括审阅立项申报材料，听取初审意见和野外调查报告介绍，听取申报单位的说明和答辩，提出专家评议意见。项目实施单位的确定一般通过委托、招标两种形式，按照规定合理选择项目实施单位。

### 三、国土资源调查项目的设计编写

设计是根据下达的总体任务，按照有关技术标准，结合工作区的实际情况而制订的具体工作部署、技术方法、经费预算等，以确保完成地质调查项目任务。在工作进程中，还会根据年度任务编写年度或阶段性工作设计或工作安排。

设计书编写主要依据项目任务书、以往地质工作资料、有关技术标准和预算标准。

编写程序依次是明确任务、收集资料、现场踏勘、设计编制。

编写要求主要有依靠科技进步，充分收集并综合研究前人资料，符合有关规范、规定和要求，按有关要求编制设计预算，编写应内容完整、重点突出，附图、附表齐全。

设计书主要内容包括：目标任务、以往资料的综合研究、工作部署、方法技术和工作量、预期地质成果、经费预算、组织措施、实施单位设计初审意见（详见本章附录）。

### 四、国土资源调查项目设计书的审查

设计审查由国土资源部统一组织，分级实施。重要项目由国土资源部组织审查，一般项目委托有关地区项目管理中心（地区项目管理办公室）或实施单位组织审查。审查主要依据项目任务书和有关技术标准。

设计审查程序是按国土资源部的统一安排，确定审查组织单位，审查组织单位组织专家审查组，确定审查时间和地点，专家组听取设计编写人介绍和答辩，专家组评议并提出审查意见书。

审查的重点是：任务是否明确，工作部署是否正确，方法技术是否科学先进，经费预算是否合理，组织措施是否落实。

项目设计编写单位根据专家审查意见书在规定的时间内修改补充设计；中国地质调查局或地区管理中心（地区项目管理办公室）对设计审查工作进行认定。认定的内容有审查程序，审查专家的组成，设计是否符合任务书的要求，依据的技术标准以及对专家意见的修改情况等。经过认定的设计方可实施。

### 五、签订项目合同

合同是指以确定权利、义务为内容的协议。通过签订项目合同，明确双方权利、义务，保护合同当事人的合法权益，以确保项目任务的顺利完成。

签订项目合同程序依次是，核对项目、备齐合同附件、双方协商拟定合同补充条款，并以书面形式确定，双方在合同书上签字、盖章后，合同生效。

项目合同主要内容有，双方的权利与义务、项目价款的支付与结算、成果和资料的

归属与保密、合同的生效、变更与终止、违约责任、合同附件及双方约定的其他事项。

## 第二节 国土资源调查的实施程序

国土资源调查是针对全国或一定区域而开展的综合资源调查。从地表到地下、从陆地到海洋的综合调查评价，从整体上把握土地资源、矿产资源、海洋资源、生物资源、旅游资源等多种资源所构成的国土资源系统。在资源调查的基础上，还要进行国土资源信息库建设和国土测绘，并向社会提供基础地质、土地资源、矿产资源、环境和灾害等公益性信息服务。

### 一、国土资源调查的基本方法与技术

资源调查方法的选择和技术的运用直接关系到资源调查结果的可信度。传统的资源调查方法包括多种了形式，如实地考察、访问、收集资料、建立实验站点等。随着科学技术的发展，资源调查方法在理论、技术、装备、工艺、规范及标准等方面都有了较大的发展，并在实践中得到不断推广应用。如通讯卫星、全球定位系统、遥感等新技术已广泛运用于资源调查，各种高精度观测仪、探测器、分析仪等现代设备，对进一步提高调查的工作效率，探索更大空间和多个层面的资源问题，提供了新的平台。但资源调查采用以现场考察为主，多种方法与技术相结合的综合调查的方式，体现了国土资源调查工作的基本特征。

#### 1.室内分析与野外考察相结合，获取资源信息

可采用收集资料、访问、现场调查等多种方式进行。收集资料为间接调查法，是通过收集调查对象的各种现有及历史信息、数据和情报资料，从中摘取与资源调查项目有关的内容，进行分析研究。访问调查是用访谈询问的方法了解资源情况，获取需要的资料信息的一种方法。通常可通过设计调查表或面谈、电话等手段进行。现场调查即野外考察法，是调查者在现场对被调查事物和现象进行直接观察或借助仪器设备进行观测、记录，直接获得资源信息和所需各类资料的调查方法。该方法能客观地反映被调查对象的实际，是资源调查中最常用的一种实地调查法。

由于各类资源分布在一定的地域范围内，所以只有通过调查区的综合考察，才能全面系统地了解其分布位置、变化规律、数量、质量、结构、功能、价值等。

#### 2.充分利用高新技术辅助调查

现代高新技术辅助调查已成为资源调查不可缺少的手段。20 世纪 70 年代以来，遥感技术与计算机科学等技术的不断引进和应用深化，开拓了资源调查研究的深度和广度，使现代资源调查取得了显著进展。当前，国外地质调查工作普遍采用通讯卫星（CS）、全球定位系统（GPS）、地理信息系统（GIS）、遥感（RS）、地质三维分析可视化（VS）等高新技术，以及各种大型观测仪器、航天航空器等仪器设备的运用，实现了对国土资源更深层次和更广范围的调查和研究。

遥感遥测技术，特别是航天遥感技术大大提高了调查研究的速度和质量。遥感技术的广泛应用使区域资源综合考察发生了质的变化。采用遥感技术调查，收集多种比例尺、多种类型的遥感图像和与之相匹配的地形图、地质图、地理图等，解译图像中的资源信

息，不仅能对资源的类型定性，而且能成为资源的定量标志；不仅可提供面上的资料，补充路线调查和定点观测的不足，而且还可以获得地面实地调查无法取得的资料和信息。通过卫星照片、航空照片等遥感图像的整体性研究，可以全面掌握调查区资源现状，判读各地物的空间布局 and 组合关系，为开发资源提供可靠线索。多光谱扫描系统在资源综合考察中的应用，不仅为资源科学研究提供了大量资料，更重要的是，同时取得了整个资源系统的信息，并可以在时间上进行连续定期监测。以地球资源卫星（陆地卫星）为标志的空间遥感技术，已为人类认识地球、调查资源和监测环境连续不断地提供基本图件和科学数据，特别是卫星照片的广泛使用，大大缩短了区域资源调查的周期，工作效率成倍提高。

计算机科学和空间技术相结合，使资源数据库和资源信息系统成为现代资源调查研究的强大技术手段，在资源数据库建立的基础上发展成资源信息系统是必然的趋势。资源信息系统是在计算机软硬件设备支持下，对有关数据进行预处理、输入、存贮、查询、检索、运算、分析、显示、更新和提供应用的技术系统，以研究和处理各种空间实体及其复杂关系为主要特征。运用计算机辅助野外空间属性数据采集技术及其数据传输和数据处理、全球卫星定位系统应用技术和其他现代测绘技术进行实地调查，不仅可以提高工作效率，而且也提高了调查精度。它实际上是在数据库支持下，把系统理论、系统分析、资源信息采集、自动化制图等新技术综合在一起应用的综合性技术系统。同时运用 GPS 技术完成全国或区域各比例尺地质图件及矿产地、水文、土地利用现状等调查成果的数据化，建立具有信息管理、综合分析的国土资源基础数据库、图库，实现实施过程和调查成果的数字化、网络化，建立资料交换和共享制度，向国家和社会提供国土资源的基础资料和相关信息。计算机的广泛应用为资源调查的模式化、定量化、全球化和战略化研究提供了便利的技术手段，为复杂的资源系统研究及需求预测分析提供了更多的方便。随着资源数据库和资源信息系统朝着具有统一标准、多层次和分布式系统的方向发展，与遥感技术紧密结合、直接接口，以及具有智能分析与决策的专家系统等方面的深入发展，必将加速资源科学研究的现代化进程。

## 二、国土资源调查的一般工作程序

资源调查是一项技术性很强的工作，无论采取哪种方式，进行哪方面调查，都必须有严格的工作程序，这样才能保证工作效率和调查质量。一般而言，调查工作可分为室内准备阶段、现场调查阶段、内业整理阶段 3 个阶段。

### 1. 室内准备阶段

（1）组织准备。资源调查是综合性很强的科学工作，它涉及到多门学科，所以要求调查人员具备多学科的科学知识和科学素质。为保证调查质量，首先要建立一支专业队伍，从组织上予以保障。队伍要进行技术培训和协调，让队员掌握资源调查的一般工作程序和方法以及相关学科的知识，以确保工作的顺利进行。

（2）资料准备。资料准备的主要任务是收集、整理、分析所需调查地区的各种专业图件与数字、文字资料、工作底图（包括地形图、遥感图件等）。具体包括调查区自然、社会和经济环境等方面的文献资料；工作底图的收集以作为专业调查的基础图件，其中

准备调查区大比例尺的地形图是非常必要的，以作为野外调查时的填图底图；遥感影像资料的收集与整理（包括航空照片和卫星影像与磁带）。

（3）制定工作计划。根据调查任务、目的和调查的技术规程，首先进行总体调查方案设计，主要包括调查的目的要求、调查内容、项目、调查工作期限、调查资料的收集方式和方法，调查资料整理分析的方法、质量要求以及提交调查结果的形式与图表等；然后要修订更为详细的工作计划，确定具体工作方法、进度、质量、要求、费用预算等。通过工作计划的层层落实，以保证调查工作的圆满完成。

## **2.现场调查阶段**

准备阶段的工作就绪以后，就进入资源调查的野外考察阶段。

首先，要进行路线勘察，对调查区进行全面普查，了解调查区概貌。为防止遗漏，应充分利用有关部门现有资料，并同熟悉当地情况的人员进行交谈了解。然后，借助图表、航卫片和较大比例尺的地形图以及先进的仪器设备对工作区进行系统、全面的调查。应用遥感技术和实地调查相结合，构成多元立体资源调查数据获取方式，并将收集资料结果标绘在一定比例尺的地形图上，确定其分布状况和规律等。对于需要详细勘察的则在概查和系统调查基础上进行，根据调查目的与要求进行重点调查。各类资源调查要符合行业调查规程的要求，以保证资源调查的精度。

## **3.内业整理阶段**

这个阶段主要将所调查的资料进行整理、分析研究，最后完成调查报告和图件。

（1）资料整理。首先在野外实地检查的基础上，对资料进行鉴别、计算核对和修正，审查资料的适用性与准确性，删除有错误的资料，并补充、修正资料，使其达到完整、准确、客观。

（2）应用计算机技术，对资料进行编码与分类、分析处理、编绘图件。

（3）编写调查报告。调查报告一般包括以下几项内容：调查区自然地理特征及社会经济概况。调查目的、对象、内容、方式与方法等；阐明全部有关数据，包括问题提出、论证过程、结论引出、分析研究方法等；各类资源的数据、质量与分布（附图）；论证的总结和资源开发利用建议（参见本章后附录）。

一份完整的调查报告一般由标题、目录、概要、正文、结论与建议、附件（数据汇总表、背景材料、资源分布图、资源分析表等）几个部分组成。

# **三、国土资源调查项目的实施**

项目实施是指为完成某一调查项目任务，在调查过程中，根据不同的条件和目的，选择适当的技术手段和技术方法而实施的实际工作。施工分为野外实地调查和室内研究两个阶段。

## **1.准备工作**

依据项目设计和技术标准制订施工方案、编制野外作业计划、落实作业组织和物资装备、制订相关工作细则。

## **2.项目管理内容**

（1）计划任务管理。按专业工种、按时间进度制订阶段性任务目标。

(2) 生产技术管理。包括作业组织管理、技术业务指导和施工安全管理等。

(3) 质量管理。制定质量责任制度，编制技术标准实施细则、作业指导书、质量检验标准，组织质量体系正常运行。

(4) 经费财务管理。合理安排资金，严格开支标准和范围，正确进行财务核算。

(5) 物资装备管理。确保野外施工必备的装备和物资供应。

(6) 生活保障管理。积极创造条件，采取多种措施，努力改善野外工作人员的食宿条件和文化生活。

### **3.年度检查**

为完成调查项目任务，保证调查项目工作质量和项目经费的合理使用，对项目阶段性控制管理，提出阶段性工作的调整部署意见。

由国土资源部会同有关部门组织监督审查专家和相关人员进行年度检查。检查内容有，工作进展和任务完成、调查成果、工作质量、经费使用。

检查形式分为野外现场检查 and 年度成果汇报会或项目中期评估。

### **4.野外验收**

野外验收是调查工作的重要阶段，为了检查项目任务的完成情况和保证成果报告的编写质量，必须做好野外验收工作。野外验收工作由地区地调中心或受委托的项目实施单位聘请项目监督审查专家和有关人员，按照规定的程序和要求进行。

野外验收程序是，项目实施单位提出野外验收申请、组成专家组，并确定验收时间、项目实施单位提供全部野外原始资料和野外工作总结报告、专家组审查原始资料并按规定实地抽查、专家组提交野外验收报告。

野外验收主要内容有，合同规定的任务完成情况，项目工作部署、工程布置是否合理，工作量是否满足设计任务的要求，原始资料是否齐全、准确，地质资料综合整理、综合研究是否符合有关要求，质量体系运行情况。

### **5.野外补课**

野外验收后，项目实施单位必须按验收意见组织野外补课，并向有关单位提交野外补课工作总结。

## **四、成果报告编写、资料汇交及项目终结**

### **1.报告编写**

报告编写是调查工作的最后阶段。通过总结整理野外资料，总结规律，提高认识。全面、准确地反映调查工作成果。报告编写程序是，编写报告提纲，整理各类原始资料 and 数据处理，编制各类综合图件和文字报告，整理原本档案和实物资料。在编写调查项目成果报告的同时，应简要编写项目财务报告，总结项目经费使用情况。

### **2.成果报告审查**

成果报告审查是调查项目工作内容的全面考核和取得成果的技术评定，是对项目成果质量最终把关。

报告审查主要依据任务书、设计书、设计审批意见书，野外验收意见书，有关技术标准。主要内容包括：主要成果是否符合规定的要求，各项技术资料是否齐全准确，成

果的综合研究水平，成果和原始资料的吻合程度，成果和综合图件的质量评价，存在问题等。成果报告审查由国土资源部会同管理中心或指定的有关单位聘请技术质量监审专家及有关人员进行。

成果报告审查程序是，项目实施单位提出报告审查申请，审查组织单位组成专家评审组，并确定审查时间和地点，项目实施单位提供所有资料并汇报成果报告主要内容，专家评审组审核各类资料、评议报告内容、提交审查意见书。

项目报告编写单位根据专家审查意见在规定的时间内对报告补充修改；国土资源部会同管理中心对报告审查工作进行认定。认定内容包括：审查程序、审查专家的组成、报告是否符合设计任务要求、依据的技术标准、根据专家意见的修改情况等。

### **3.资料汇交**

资料是项目成果的主要载体，项目实施单位承担的调查项目形成的成果资料除了按规定向政府有关部门汇交外，必须按照国土资源部的规定汇交。

调查项目所形成的调查成果资料、调查原始资料、调查实物资料均应汇交。汇交形式应以正式印刷的纸介质资料和光（磁）盘数据资料两种形式汇交。

### **4.项目终结**

项目终结是指项目所有工作任务结束后，对项目任务完成情况进行最终认定，这是项目管理的最后一个环节，认定结果可作为项目实施单位资质评定及有关部门奖励、惩罚等的重要依据。项目终结由国土资源部或项目下达单位负责组织。

终结内容有：成果报告审查情况、经费结算和审计情况、资料汇交情况及合同执行情况。项目实施完成资料汇交任务后，提出终结申请；管理部门按照验收内容逐项审核并形成书面验收意见，项目完成，合同终止。

## **五、成果社会化服务**

成果社会化服务是国土资源调查的最终目的。应及时向全社会发布工作成果，充分发挥其在国民经济建设和社会发展中的作用。成果发布通过年度成果公报、国际互联网发布、重大成果新闻发布会、报纸和刊物等多种媒体。

为了向社会推广应用调查成果资料，需组织成果资料的转化，编制综合性、科普性资料。同时，健全和完善基础性、公益性国家地学数据库数据及网络服务工作。

## 附：中国地质调查局 1:25 万区域地质调查有关技术要求

为了更好的开展地质调查工作，中国地质调查局重新颁发了 1:25 万区域地质调查立项论证报告编写提纲、图幅设计书编写提纲、地质调查报告编写提纲和 1:25 万区域地质调查主要技术要求等，这些具体要求也适合其他不同比例尺的地质调查工作。现附录如下：

### （一）立项论证报告编写提纲

- 1.区域地质背景及立项依据（立项依据要阐明立项意义，社会应用前景和科学目标）。
- 2.以往研究程度及综合分析。
- 3.目标任务及实现的可行性论述（拟进行的调查内容，要实现的调查目标及可行性论证）。
- 4.技术路线、技术方法、工作标准和具体实施方案。
- 5.主要实物工作量。
- 6.组织管理（含项目人员组织分工、项目组人员情况简介等）。
- 7.质量保证。
- 8.申请者所在单位（包括合作单位）的审查和保证。
- 9.预期成果（含具体要提交的各类地质调查图件、地质调查报告、科研论文和专著，最终成果以数字化形式提交的方式等）。
- 10 经费预算及年度经费分配建议。

### （二）图幅设计书编写提纲

#### 1.绪言

1.1 简要说明上级下达的任务书文号及其任务要求，测区名称与编号，测区范围及面积，工作的起止时间。

1.2 简述测区工作任务、自然地理概况、测区交通位置。

附：测区交通位置简图。

#### 2.地质调查研究历史及研究程度

##### 2.1 对前人工作的评估

2.1.1 各种比例尺填图的评估---包括填图范围与面积、路线密度、控制程度、填图单位划分方案与精度、图面表达精度、图面结构合理性、评审验收情况、各种不同比例尺图件的统一性与连续性以及存在的问题等。

##### 2.1.2 地层单位和地层序列建立的依据及其合理性

如：沉积地层，应根据各省（市自治区）地层清理后的资料进行检查，发现问题（含地层单位名称、定义、层型剖面、古生物资料及年代依据、与上、下地层的接触关系等）应逐项给予说明，提出处理意见，以便在填图中加以解决。

2.1.3 测区的地质构造格架和大地构造属性的认识依据是否充分，与实际资料是否符合，存在那些矛盾。

2.1.4 各项样品采集与测试项目数量、精度与质量，能否满足本次区调工作的要求。

2.1.5 矿产调查程度和质量是否符合相应的技术要求，存在那些问题需要在本次调

查中加以解决。

附：地质研究程度略图。

附：测区地质调查历史简表，包括调查时间、成果名称、作者单位或作者姓名、出版时间、出版单位。

### 3.地质概况及存在的主要问题

3.1 简述测区的大地构造位置，测区内的地层、岩石（含沉积岩、侵入岩、火山岩、变质岩、及特殊地质体等）、构造等特征及存在的主要问题。

#### 3.2 简述测区区域矿产资源概况

附表 1. 测区地层序列表。

附表 2 矿（化）点情况登记表，包括矿点名称、矿种、类型、产地、规模、开采情况、工作程度（检查、评价、普查、勘探）。

### 4. 专题调查与研究

按图幅带专题的原则，在全面分析测区存在的基础地质问题的基础上，筛选确定出有关专题，对所设专题的科学意义、调研内容、方法和技术路线等进行简述。对于修测、片区一修测图幅必须针对本次调查工作需要解决的重大地质问题，突出专题调查研究的内容。

#### 5. 技术路线、填图方法及精度要求

5.1 明确测区的填图类型，如实测区、修测区或片区一修测区。

5.2 在明确调查区填图类型的基础上，针对测区存在的问题及本次着重解决的问题提出本次地质调查的技术路线及填图方法，因此设计中应分别按不同类型编写。

#### 5.3 主要地质调查工作的精度要求

##### 5.3.1 填图的地质观察路线

实测区：青藏高原等地中比例尺地质调查空白区每幅图路线总长度 $>2500\text{km}$ ；其他实测区每幅图路线总长度 $>3500\text{km}$ ；修测区：每幅图路线总长度，主干路线与新测路线长度 $\geq 2000\text{km}$ ，辅助路线 $300\sim 500\text{km}$ ；片区一修测区：每幅路线总长度，主干路线与新测路线长度 $600\sim 800\text{km}$ ，辅助路线 $200\sim 300\text{km}$ 。

5.3.2 实测剖面----每个地层单位都应有 $1\sim 2$ 条实测剖面予以控制，实测剖面的比例尺一般为 $1:5000$ ，必要时需采用 $1:2000\sim 1:500$ 。

5.3.3 本次区调工作各项样品采集与测试项目数量、精度要求。

附： $1:250000$ 区域地质图（草图）。

### 6. 工作部署

6.1 简述组织机构、人员组成、技术装备，实测区还要详细说明物资供应、安全保障、通讯联络及紧急救援等措施。

6.2 工作部署安排---根据踏勘结果、遥感解译程度划分不同的工作区，制定不同的路线调查方案和工作程序，编制工作进度与工作流程。

6.3 编制工作计划，设计实物工作量。

6.4 编制总体工作计划和分年度工作计划，编制工作部署图。

附： $1:250000$ 遥感地质解译草图及地质解译程度分区图。

附：1:250000 工作部署图（重点解剖区附 1:100000 工作部署图）。

附：工作进度表。

附：实物工作量一览表。

#### 7.质量管理与监控

按照质量体系要求，简述对图幅质量管理及保证原始资料质量的措施。

#### 8.经费预算

在确定填图方法、研究内容及专题研究、研究深度和报告附件的内容之后，按计划财务部门的要求编制区调项目经费预算，并对各项经费预算依据加以说明。

附表：实物工作量经费预算表。

附表：项目总经费预算表及年度经费预算表。

#### 9.预期地质成果及图面的表达方式

简要说明通过本次区域地质调查预期取得和提交的主要地质成果（包括图幅专题研究成果）及图面的表达方式；设计书中应列出报告附件的内容，除必要的图件（地质图）外，还应编制一些专门图件和略图，设计书中应当列出这类图件的大致清单。为突出测区的综合研究程度，地质图面可附测区小比例尺数字地面模型、布格重力、磁化强度、伽马射线光谱测定等数据影像图。最终成果按要求除提交印刷地质图件及报告、说明书及专题报告外，应按中国地质调查局编制的《地质图空间数据库工作指南》提交 ARC/INFO、MAPGIS 图层格式数据光盘及图幅与图层描述数据、报告文字数据。

### （三）区域地质调查报告（地质部分）编写提纲

#### 第一章 绪论

交通、位置；自然地理及经济概况；任务要求；工作条件及研究程度概况；完成任务情况。（附：交通位置图、研究程度图、完成工作量表）。

#### 第二章 地层

由老到新介绍区域地层系统，重点介绍岩石地层、生物地层、年代地层的划分、标志、组成、岩性岩相和岩石学特征；几何形态、相互关系、时空关系、时空展布与变化规律；同时视需要对层序地层、事件地层、磁性地层等进行划分对比；总结区域地层时空展布特点，建立区域地层格架和模型，进而论述地层序列形成的环境，结合其他地质作用，建立区域沉积盆地形成演化模式。（可附不同大地构造单元和不同沉积环境相剖面结构类型图、沉积岩相组合类型图，各时代沉积层序对比图，沉积层序及相对海平面变化图，各时期岩相古地理图。区内发育较好研究详细的时代附区域地层格架图，相模式图，综合区域层序地层柱状图，盆地演化模式图；可视需要附有关岩石化学、地球化学图解等）。

#### 第三章 岩浆岩

##### 第一节 基性—超基性岩侵入岩

按时代从老到新，并按超基性岩、基性岩顺序，分述各时代侵入岩的特征，出露面积、岩体（群）数量产出部位、产状、形态；岩石类型、矿物成分、结构构造，原生构造和次生变化、接触关系；岩石化学、岩石地球化学特征；蚀变、内外接触带特点，岩性岩相划分等。并以研究较详细的岩体为例，反映岩浆岩特点。综合各种资料，结合野

外客观特征，探讨与岩浆岩活动有关的大地构造环境（“蛇绿岩”归入此节）。

## 第二节 中酸性侵入岩

应全面反映调查区花岗岩类的野外地质特点和室内分析鉴定综合特征。可按概述、各论和综合特征对比三部分编写。

### 一、概述部分

主要简述调查区花岗岩类活动规模、产出地质位置、形成时期、产状以及岩石类型和各自所占比例。填图单位划分。

### 二、各论部分

一般以填图单位划分从早到晚依次叙述。首先简述每个单位（或独立单元）出露地理位置、面积、单位划分、岩体数量等。然后分节或分段详细叙述每一单位的下列特征：

- 1.地质特征
- 2.岩石学特征
- 3.组构、节理、岩脉、岩墙及包体发育情况和产状变化规律
- 4.内蚀变作用和外接触变质作用
- 5.岩体的侵入深度、剥蚀程度及形成物理化学环境、侵入机制等。

### 三、综合对比

综合对比各时代、各超单元或序列特征，对各论部分具共同性的问题统一综述，不能肯定属于那个超单元的一些问题，如隐伏岩体的预测等可在此部分叙述。可按下列内容：

- 1.各时代、各超单元或序列花岗岩类的特征对比和演化特点
- 2.花岗岩类成因
- 3.花岗岩类的就位机制
- 4.隐伏花岗岩体的预测

5.综合上述特征建立区内花岗岩类岩浆活动形成演化环境的认识，为区域地质发展史的重塑提供依据。

附侵入岩分布图、主要岩体剖面图、岩体岩石化学、地球化学特征、副矿物等鉴定、对比资料和接触关系资料等。

## 第三节 火山岩

火山岩产出层位时代，空间分布特征（火山岩地质体的产出分布状态和火山岩相划分），岩石地层、岩石单位（填图单位划分）、岩石—地层层序特点、接触关系、火山喷发旋回和韵律特点；总结区域各时代火山岩岩石学特征（岩石类型、矿物成分、结构构造等）、岩石化学和地球化学特征；以研究较详的火山机构为典型，详细总结区域火山岩浆喷发活动特点，结合其他地质作用，探讨火山作用的大地构造环境及有关成矿作用。

## 第四章 变质岩

在全面论述变质地质体特点的常规内容（岩石学特征、矿物共生组合、变质相带、相系、变质作用类型划分及特征、原岩恢复、变质期次划分及其时代等）的基础上，以地质事件（包括建造事件、构造变形事件、变质作用事件、岩浆作用事件等）演化的观点，合理划分构造变形相、构造层次，根据变质变形叠加改造关系并结合区域构造运动

特征，建立构造变形序列。将变质与构造变形相结合，分析各种事件的时、空关系，划分地质事件的演化阶段，归纳总结演化趋势，探讨随着地质事件演化所反映出的构造环境的变迁，尽可能使地质报告和地质图能反映地质事件的动态演化过程。

附简要变质地质图，突出表示测区变质岩地质特征；有条件时可附变质变形构造序列表等。

## **第五章 地质构造及构造发展史**

指明测区所处大地构造位置，概述区域地质构造背景，划分构造单元，叙述各构造单元间界线特征及性质，归纳总结各构造单元沉积作用、岩浆活动、变质作用和构造变形特征等，描述各单元主要构造形迹（褶皱、断裂、韧性剪切带、区域性面理发育及置换特点、节理等）的形态、类型、级次规模、运动学特征，产状，性质与组合关系（构造组合样式、构造群落特征）和总体构造特点。叙述各构造层次、构造变形相的构造变形特征，不同构造运动体制构造变形变质和构造运动时间，综合反映各种地质作用过程及成矿作用特点等，建立区域地质构造演化模式，重塑区域地质发展史。造山带地区，应确定造山带类型。叙述造山带不同构造单元特点，逆冲—推覆构造、伸展剥离断层、平移剪切带等的产状、性质和运动学特征等。叙述造山带总体构造特征，结合构造变形、变质作用和岩浆活动等，建立造山带的构造演化模式，结合与造山作用有关的盆地沉积作用形成的层序，重塑盆、山转变演化历史。对造山带“混杂岩”，须分别按基质和外来岩片（块）详细描述其物质组成、时代依据、岩相特征、形成的大地构造环境和变形变质历程分析，并阐述其在造山带区域地质历史发展中的形成演化过程。

地质构造部分，如条件允许，都应详细收集有关地球物理和地球化学资料，结合地表地质归纳总结区域深部构造特点，探讨深部和浅表构造关系；叙述新构造运动特点，在地震和滑坡、塌陷等地质灾害多发区，应根据实际资料，分析其发生的构造背景，推论今后发展趋势。

附构造纲要或地质构造图，构造剖面、断面图、地质构造演化模式图、造山带演化模式图等。

## **第六章 矿产及其他国土资源概况**

视具体情况编写，如根据任务要求，凡开展矿产或其他国土资源调查工作的图幅，则应在区域地质报告中增加此章进行叙述。

## **第七章 专项调查与专项研究**

视具体情况编写，如根据任务要求，专门针对测区存在的重大基础地质问题（如超高压榴辉岩带组成及形成机制等），或针对重大科学发现与进展（如珍稀生物群、国际地质层型剖面等）进行了专项调研，或面向国民经济可持续发展做了环境地质、灾害地质、工程地质、农业地质等方面的专项地质调查工作，则应在区域地质报告中增加此章（或以专报形式）进行叙述。

## **第八章 经费决算**

## **第九章 结 论**

取得的重要地质成果及主要结论、存在问题及结合测区特点提出今后工作意见，使报告做到重点突出、具有特色。

(附最终验收决议书；主要参考文献目录)。

#### (四) 区域地质调查的特殊地质体及构造地质调查技术要求

##### 1. 混杂岩和蛇绿岩调查

在造山带进行区域地质调查工作，特别要注意对混杂岩（Melange）和“蛇绿岩”（Ophiolite）的调查和研究，应采用特殊的方法进行填图。

造山带“混杂岩”或“蛇绿混杂岩”构成的主要特色是造山带大地构造演化各阶段的不同来源、不同时代、不同变形变质程度、不同大小的各种构造岩片（块）或重叠、或位移、或缺失，形成现今统一的混杂的物质场。针对这一主要特色，混杂岩调查和研究的首要任务是应查清其各类构造岩片（块）的裂解、运移、拼合定位及变形变质历程，从现存构成混杂岩各类基本构件—构造岩片（块）的物态（物质组成）、时态（时代依据）、相态（岩相特征）、位态（原始生成部位）和变形、变质调查入手，追寻其原始生成环境、时空结构和变位、变形、变质历程，从中恢复其造山带三维结构和揭示造山带形成机制及大地构造演化历程，这一调查方法称之为“混杂岩构造岩片四维裂拼复原法”。对混杂岩中不同类型的构造岩片或岩块，均需尽量详细圈定和填制。

从整体上查明“混杂岩”的内部构成和分布延伸范围，除对外来岩片（块）进行系统的“物态”、“时态”、“相态”、“位态”和“变形变质”历程调查外，还要对外来岩片（块）赋存的“基质”进行系统的物质成分、时代、变形变质特点调查，即分别收集混杂岩的岩片（块）和基质两者各自的岩性、岩相和时代依据。

“蛇绿岩”的调查，“蛇绿岩”发育保存完好的地区，应查明“蛇绿岩”岩石类型和结构构造特征，建立系统完整的“蛇绿岩”序列，研究上覆沉积单元的沉积岩相特征，尽量采集古生物化石，并结合同位素年龄资料，确定“蛇绿岩”形成时代。在“蛇绿岩”保存发育不好的“蛇绿混杂岩”地区，应着重查明蛇绿岩有关不同类型岩石的岩块（片）规模、物质组成、产状、形态、相互接触关系，以及伴生沉积岩的沉积岩相和构造变形特征，寻找古生物化石。结合同位素年龄、岩石学、岩石化学和地球化学资料建立对“蛇绿岩”形成环境和时代的认识。

##### 2. 地质构造调查

应用构造解析方法，对各种规模大小不等的构造变形形迹（包括褶皱、断裂、韧性剪切带以及各种面理、线理等）的产状、性质、规模、位态及有关运动学特征等资料进行详细收集，查明其区域分布特点和组合规律；研究其构造层次及构造变形相，建立区域构造变形序列，为探讨认识区域地质构造演化奠定基础。

应用现代造山带研究的理论和方法，开展对不同类型造山带的地质调查。着重查清造山带三维空间的物质组成、结构构造特征，研究造山带旁侧盆地形成与发展演化的地层层序构筑特征和物源成分特点，为盆地、山脉转变演化的研究奠定基础。同时注意对卷入造山带不同大地构造单元构造变形特征进行系统调查，查明各类构造变形的运动学特征，为建立造山带形成演化过程中构造运动体制的演化转变，探讨造山作用产生的地球动力学机制提供依据。对造山带基底形成阶段、洋陆转化阶段、陆内造山阶段和后造山隆升—剥蚀阶段的物质建造、变形、变质特点进行系统调查，重塑其地质构造演化历史。

对新构造运动的表现及特点进行调查,广泛收集资料,研究新构造运动的时期和类型。地质灾害多发地区,应查明引起灾害的地质构造背景及具体构造部位。地震发育地区,应收集有关地震方面的资料,对活动性断裂应尽量查明其延伸、规模、性质、产状及运动学特征,为分析研究区域地质灾害规律和环境工程评价提供依据。

### 3.其他专项调查

区域地质调查工作中的水文地质调查工作一般不作系统调查,但对泉水、温泉应进行观测、记录和采样,并研究其出露的地质构造条件。对区内具有旅游观赏价值和科学普及意义的典型地质现象和地理地貌景观均应进行调查研究和评价。涉及大、中城市和居民密集区周围的有关生态环境、灾害地质、工程地质、水文地质、农业地质等方面的内容,必须广泛收集资料,对城市环境、重要工业、农业区进行综合评价,以增强区域调查成果全方位面向社会服务的功能。在需进行系统的水文地质、灾害地质、环境地质、工程地质、矿产地质、农业地质等专项调查评价区,应专门立项进行系统调查评价,并按有关规范、规定要求开展工作。

1:250000 区域地质调查任务书或设计书批复意见书中如专门规定了某类专项地质调查,其野外地质观测路线的布置,必须充分注意满足专项调查任务的需要。野外及室内工作部署以能满足专项调查对象的总体要求,并能收集到有关对象比较系统完整的资料为目的。如大规模泥石流、大规模滑坡或垮塌堆积群发地区,存在有地震活动的活动断裂带,或因工程地质需要而对某部分地域进行的专题地质构造调查等。

### 4.专题研究

视具体情况确定,应根据任务要求,专门针对测区存在的重大基础地质问题(如超高压榴辉岩带组成及形成机制等),或针对重大科学发现与进展(如珍稀生物群、国际地质层型剖面等)进行专项调研,或面向国民经济可持续发展开展环境地质、灾害地质、工程地质、农业地质等方面的专项地质调查研究工作,并以地质专报形式公开发表。

在地质填图项目实施中,如有重大发现(如新发现的重要的矿化点;古人类遗迹;等),应及时上报有关业务主管部门,上级主管部门应立即组织有关专家核实,确为重大发现者应及时立专项并追加经费予以支持,保证研究深入开展。

一般情况下,修测图幅及片区都必须安排专题研究。

### 5.地质调查中遥感技术的应用

目的任务:遥感资料提供的信息可以帮助对区域地质体进行较准确的圈定,从宏观上控制区域地质构造的总体格架,对提高区域地质调查质量具有十分重要的作用。在通行困难、解译效果好的地区,若能充分利用遥感资料将对提高图幅质量起到事半功倍的效果,可以节省人力财力和时间,减少野外工作量,具有明显的效益。因此,必须充分加以应用。

航、卫片解译应贯穿整个区域地质调查工作的始终。其解译工作进行的步骤大致为:首先在踏勘和设计编写前对遥感资料进行一次系统的全图幅范围的初步解译,根据遥感资料的影像特征,进行遥感影像单元和遥感形态单元(线形、环形)划分,并编制遥感图像解译草图;对照参考已有地质资料,拟定全区岩性和构造地质解译标志;根据解译标志,对遥感资料进行地质解译并编绘遥感地质解译图,提供野外踏勘中参考应用,以

便有针对性地布置地质观察路线，并对解译内容进行实地检查验证，不断修改补充和完善解译标志，提高解译质量；同时修改补充原遥感地质解译图有关内容，使解译内容与客观情况更为吻合。此种修改补充后的遥感地质解译图，应作为设计书编写的一个重要组成部分，提供给野外工作阶段随地质路线调查进行全面检查验证。野外检查验证确证可靠的地质体和地质界线均可作为实测地质体和界线处理，当影像与实际不符时，应以实际观察为准勾绘地质界线和地质体，但对不确切影像引起的原因，应予总结说明，不断提高解译效果。最后，根据野外全面地质检查验证成果，修改工作区岩性和构造地质遥感图像解译标志，根据新的解译标志，对遥感资料作详细地质解译，进一步修改、补充、完善遥感地质解译图的有关内容，制作工作区遥感地质图。

为了使遥感影像资料能够充分发挥作用，要求由地质调查人员亲自解译。提供进行地质解译的遥感图像的比例尺，一般与野外工作手图比例尺相同为好（1:100000 或 1:50000）。遥感图像解译图、遥感地质解译图和遥感地质图其比例尺应与地质图比例尺相同。解译过程中所使用的航、卫片资料和所形成的解译成果图件，均应编录建档，作为原始资料保存。

#### （1）工作方法与工作内容

遥感图像的解译：主要是去伪存真、先整体后局部，通过对比、推理，解译不同比例尺的单张单波段或彩色合成卫片，然后再对比多时相、多波段、多片种及航、卫片镶嵌图，从中确定各类地质体、线、环形影像特征及其分布和变化等。整个过程大致可分为初译、详译、对比解译、综合解译四个步骤，解译结果填入解译卡片和解译图中。对比解译主要是在不同时期、不同比例尺、不同片种间进行；综合解译则是与已有地质资料对比，综合分析做出最后判断，并探索其成因与岩石类型和地质构造等的内在联系等。

在区调项目设计阶段，野外工作阶段，综合研究及编写报告四个阶段中，根据各类遥感图像的质量、可靠性等不同程度地加以研究。具体操作程序如下：

##### 1) 项目设计阶段

a. 收集工作区以卫星遥感图像为主的多种遥感图像资料如多片种、多时相、多波段卫片，黑白及彩色航片和前人在本区内的遥感地质工作资料。

b. 制作卫星遥感区域镶嵌图、标准地理分幅 1:250000 遥感影像图和单景卫星遥感图像。区域镶嵌图主要供区域构造分析；遥感影像图可作为遥感地质解译工作底图，单景卫星遥感图像（单波段黑白或彩色合成片）用于地质解译。

c. 遥感图像资料比例尺。航片比例尺应大于填图比例尺，一般情况下以 1:25000～1:50000 为宜，最好选用近期拍摄的航片。卫星遥感区域镶嵌图和标准地理分幅遥感影像图其比例尺与地质图比例尺相同，其他卫星遥感图像比例尺应与野外工作手图比例尺相同，可选用不同时期、各个波段的 1:100000 或 1:50000 黑白单波段图像，彩色合成图像或其他增强处理的不同卫星图像及相应数据磁带、光盘，为能使野外调查第一线技术人员充分、高速、优质完成调查任务，最好配备微机遥感图像处理软件，力求在计算机上进行图件解译。

d. 各区调项目确定后必须在编写项目设计前对工作区遥感图像进行初步解译，经踏勘后建立初步解译标志，编制遥感地质解译图，并做为设计附图，其解译成果图的比例

尺应与常规地质图的比例尺相同。

e.在初步解译的地质草图（设计图）上，合理选择剖面位置和部署野外验证观测路线。根据遥感图像的影像特征，结合地质解译资料，有目的地将观察点布置在可能是岩体、岩相变化、相变界线、接触带、矿化蚀变带、线形构造、环形构造处。并在以上重点区段，开展图像处理工作，增强、提取有关地质信息。

f.遥感图像地质解译的主要内容如下：对不同岩类在区内时空分布信息的解译提取，根据测区所处地理位置及覆盖程度情况，基岩裸露程度等特点，对各种正式、非正式填图单位的分布、岩性进行划分及确定，并详细分析影像构造特点，研究不同地质体的接触关系，圈定接触变质范围及界线。对线性影像有延伸、分叉、复合、穿插、交切等构造特点及与毗邻地区线性影像的相互关系等进行解译确认后，按其地质属性分类、命名及划分等级。对环形构造影像的解译应详细研究环形内外的色调差异、结构，相互关联的不同环形影像之间相互包容、叠加、切割等空间分布关系及与线形影像之间的交切、衍生等关系后按其地质成因加以分类、命名、划分等级。对火山地质的解译应利用火山特征影像追踪火山机构，研究火山机构的空间分布及其与区域断裂之间的关系。对第四系地质、地貌的解译应根据影像特征划分出山区与平原的接触关系、界线，确定冲洪积扇的边界、河床主流的分布；分析古河道的变迁、河漫滩、阶地等的界线和分布特征等。对矿化蚀变带以及特殊岩类的解译应利用多波段数据处理，提取图斑信息。分析图斑显示的矿化蚀变带及特殊岩类的分布特征等。

## 2) 野外工作阶段

对 1:50000 或 1:100000 卫星遥感图像的地质解译要贯穿于整个路线填图的全过程，运用遥感影像资料在野外进行地质验证和影像地质调绘是提高路线地质填图质量和填图速度的重要技术环节，具体要求如下：

a.为建立填图单位在测制地质剖面工作过程中要尽可能补充解译标志，不断完善解译标志，修改充实遥感地质解译图。

b.野外路线填图前应从面到线，从线到点，运用卫片点一线一面一体的空间结构，对该路线的地质问题进行整体解译分析，清理出可能存在和需解决的基础地质问题，做到目的明确，心中有数。

c.以航、卫片图像的地貌形态、地形图和地质信息为基础，参考工作手图，沿即将穿越的路线，解译编绘遥感地质剖面图，以便作路线填图勾绘信手路线剖面时使用，并在地质路线观测中相互印证。

d.在遥感地质剖面上，根据遥感地质解译图的信息资料和航、卫片的地质结构，简略勾绘出岩石地层单位、特殊岩石单元、影像标志层、典型构造形迹及影像异常点，建立遥感构造模型，借以提高路线填图的预测性和加快路线地质调查的速度。

## 3) 综合研究及编写报告阶段

a.利用已有地质、物地球化学、成果资料，结合野外资料，全面系统整理遥感图像解译资料，进行最终套合解译和综合研究—即详译、对比解译、综合解译阶段。

b.提交最终成果验收时应提交遥感图像解译图、遥感地质解译图和遥感地质图；解译卡片及野外验证卡片；工作区典型航、卫片图集。

c.遥感地质工作在 1:250000 区调报告中应单列一章或一节，叙述本次工作所采用的遥感地质技术方法、特点等，其主要内容为：工作中所利用的遥感图像资料种类、比例尺、质量、可解译程度等；简述工作方法、程序；详述各类地质体的解译标志，线、环形影像特征及其地质意义等。

d.资料验收时应对应是否采用遥感图像解译资料做为检查区调工作质量的重要依据。

### （2）解译精度

卫片解译精度：解译工作中严格执行总体设计要求，在 1:100000 或 1:50000 各类卫片中将较为清晰的地质现象首先在卫片上解译勾绘，其中大于 1km 以上的影像转绘在 1:250000 地形图上（特别是线性构造）；对环形构造的解译一般在 1:100000 或 1:50000 卫片上只圈绘直径大于 1km 以上的环形影像，而有特殊意义的控矿、火山等线、环形构造虽规模小也可夸大表示并注明。

航片解译精度：为了分析研究卫星图像解译中较为重要或难以判断的影像及地质构造内容，需要在立体镜下对相应航片进行辅助性解译，了解构造格局的延伸，以便提供带有验证性的佐证资料。航片解译应重点关注诸如火山机构、断裂交汇、破碎蚀变带、矿点、矿化等地段，在 1:25000 或 1:30000 航片上，只解译勾绘长度大于 500km 和线形构造和直径大于 1km 的环形构造。个别意义重大的地质体（如矿化蚀变带、火山口、蛇绿岩片等），虽小但应夸大表示在最终成果图。

### （3）图像数据处理

根据区调工作重点，遥感图像处理一般由区域基础图像处理和重点区段图像处理两部分组成。

区域基础图像处理：根据遥感图像在区调工作中的不同用途，区域基础图像处理又细分为卫星遥感区域镶嵌图、标准地理分幅遥感影像图和单景遥感图像处理。

通过对不同时相的卫星遥感图像，经计算机处理、彩色匹配、数字镶嵌工作区涉及的不同景的卫星遥感图像，形成比工作区大的卫星遥感镶嵌图像。在这种镶嵌图像上，不同景像接缝位置，看不出明显的接缝，要求做到无缝镶嵌。同时，整个工作区的遥感图像，彩色变化特征比较自然，不会随不同时相的卫星遥感图像形成不均匀变化的图斑。图像镶嵌精度，应保证在一个原始图像象元之内。

经过镶嵌处理形成的遥感图像，没有进行地理投影变换，不具有地理坐标信息，不便于与工作区的地形图进行对比分析，同时，也不便于遥感图像的地质解译与编图。经过几何校正处理的遥感图像，其地理坐标与地形图一一对应。在此基础上制作超过工作区范围的卫星遥感区域镶嵌图和与工作区等大的标准地理分幅遥感影像图。前者主要用于区域构造分析，后者只要比例尺一致，其图面大小与地形图相等，地理位置与地形图完全对应，可以用作遥感地质解译的工作底图，供野外和室内直接使用。

图像几何校正是卫星区域镶嵌图和标准地理分幅遥感图像图制作的基础。几何校正的精度直接决定以上两种图像的精度。为保证卫星遥感区域镶嵌图和标准地理分幅影像图的精度，几何校正时应在 1:100000 地形图上选取地面控制点，每张 1:100000 地形图上应选取 5 到 7 个控制点，整个工作区内应选取 45 到 62 个地面控制点。控制点在地形图上的分布应比较均匀。有条件的情况下，应在工作区的周边地区选取一定数量的控制

点。多项式拟合误差不大于 90m。

在镶嵌图像处理过程中，不允许人为地改变部分遥感图像的光谱特征。如为了追求无缝镶嵌和色彩变化的自然均匀，而人为改变部分光谱特征，可能会导致图像色彩变化的损失和局部区域光谱变化的失真。

单景原始遥感图像的独立成图，可以客观、真实地反映地物的空间分布状况。通过对单景原始遥感图像的处理，形成单波段黑白图像，或多波段彩色合成图像，以及其他功能处理图像，配合区域镶嵌图和标准地理分幅影像图，可以提高遥感地质解译精度。

重点区段图像处理：对工作区的重点区段选取合适的图像处理法，例如图像拉伸、空间滤波、图像比值、主成份分析、视反射率图像、彩色空间变换等，对原始遥感图像进行有针对性的图像处理，增强突出以上重点地区的相关地质信息，便于遥感地质解译。完成地质路线踏勘后，选择工作区的重点区段，开展图像处理，其地质解译结果，经野外检查验证后，可以勾绘到标准地理分幅影像图上。

为了提高遥感图像地质解译效果，地质填图人员应学习掌握遥感技术的基本理论，图像处理的基本原理和方法，以及遥感图像地质解译方法技术。要求地质填图人员能独立开展图像处理，建立和不断完善遥感影像地质解译标志，使遥感技术能最大限度地解决地质填图中的实际问题，有效减轻野外路线地质调查工作量，提高地质填图效率和质量。

## 第三章 区域地质调查方法

### 第一节 区域地质调查概述

#### 一、区域地质调查的目的和任务

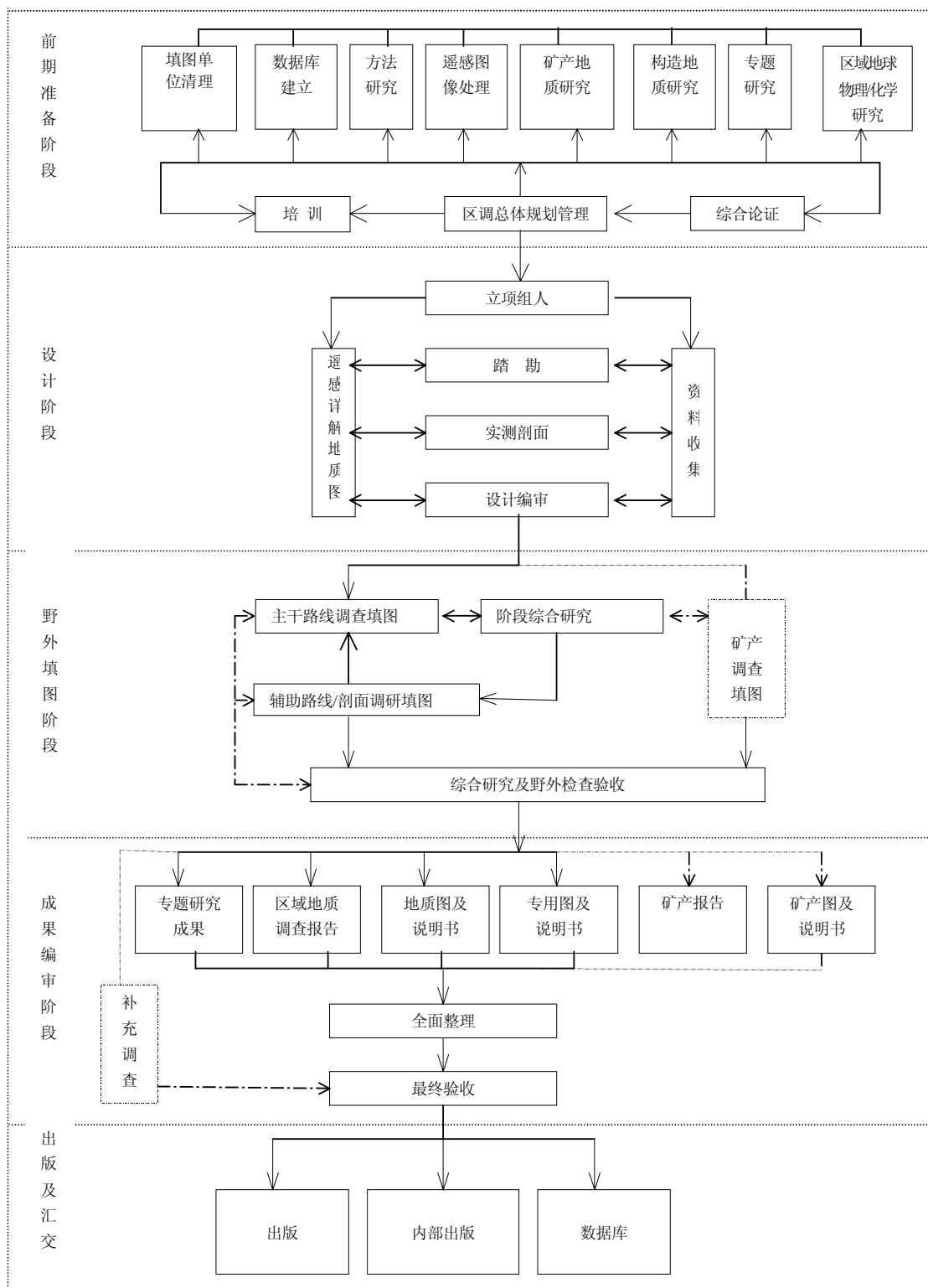
区域地质调查（简称区调），是指在选定的区域范围内，运用现代地质科学理论和技术方法，在充分研究和运用已有资料的基础上，按规定的比例尺进行系统的区域地质填图、找矿和综合研究，阐明区域内的岩石、地层、构造、地貌、水文、工程地质等基本地质特征及其相互关系；研究矿产的形成条件和分布规律，为经济建设、国防建设、科学研究和进一步的地质找矿工作，提供基础地质资料。因此说，区域地质调查是服务于国民经济各部门、重要的经济建设区、中心城市的发展和国土规划等提供必要的区域地质资料的基础性和公益性工作。随着现代社会和经济的发展，科学技术的进步，以及地质找矿工作的深入发展，区域地质调查的重要作用和深远意义，已愈来愈为人们认识。

区域地质调查中，主要通过对地层和岩体划分、对比，矿物和岩矿鉴定，地质构造分析等工作，发现和检查矿点、矿化点，为进一步找矿和评价矿产提供基础资料。在区域地质调查中，常常运用区域物化探测量来发现物化探异常，然后进行地质解释和异常检查验证，指导找矿。

区域地质调查工作的范围，一般按国际统一地形图分幅原则划分的地质图幅。目前，中国开展的有大、中、小三种不同比例尺的区域地质调查。

小比例尺区域地质调查，比例尺为 1:50 万或 1:100 万，又称概略地质调查。目的是阐明调查区内的地质特征，预测矿产远景，为较大比例尺的地质调查或矿产普查以及其他工作提供资料依据；中比例尺区域地质调查，比例尺为 1:25 万（1:20 万）或 1:10 万。初步查明各种矿产的分布规律，指出找矿远景区，为工农业建设、国防建设和科学研究等提供基本的综合性地质资料；大比例尺区域地质调查，比例尺为 1:5 万或 1:2.5 万，又称详细区域地质调查。一般是在中比例尺区域地质调查的基础上，根据国民经济建设布局，选择在成矿远景区带、国家重点项目区、重要经济建设区和中心城市及其周围地区，以及需要解决重大基础地质问题的地区，进行的地质调查研究工作。区域地质调查按照国家统一规划进行。国务院授权国土资源部门负责对区域地质调查工作的统一规划。在中华人民共和国领域及管辖海域内从事区域地质调查工作，都必须由国土资源部进行统一登记管理，使其按照国家统一规划进行工作。

一个完整的区域地质调查的基本程序，主要包括区域地质调查的总体规划、项目安排、立项、组织实施、质量监控、最终审查、资料归档保管等全过程。其中组织实施是承担单位的主要工作，对一个具体调查项目，由于不同工作区地质特征的差异性，以及图幅的目的、任务的差异性，地质填图的工作程序有所差别。但一般可分为前期准备、设计编写、野外填图、成果编审、提交成果资料五大阶段（见图 3-1）。



注：实框及箭头表示必须进行的工作及流程方向。虚线及虚线箭头表示需要时，或有条件时才做的工作及流程方向

图 3-1 区域地质调查工作程序图

区域地质调查图件和区域地质调查报告是区域地质调查工作的最终成果。

## 二、国外区域地质调查概况

区域地质调查工作的水平及国土的区调覆盖程度，在很大程度上反映了一个国家的地质工作程度和地质研究程度，代表了一定时期或发展阶段的基础地质科学水平。世界各国都十分重视区调工作，尤其是工业发达的国家，区调工作进展速度较快。如前苏联，1:100 万区调已在 1961 年完成，至 1980 年，1:20 万区调已完成国土面积的 96%，1:5 万区调已完成国土面积的 32%。美国 1:50 万地质填图已接近完成，1:25 万地质填图已完成国土面积的 44%，1:6.3 万（含 1:5 万）已完成 30%。英国、法国、德国（指前西德）和日本的 1:20 万填图早已完成，1:5 万和 1:6.3 万填图也已完成或接近完成，并不断更新和填制更大比例的地质图。发展中国家如巴西，1:5 万填图已完成国土面积的 16%。

## 三、中国区域地质调查概况

中国系统的区域地质调查工作始于上世纪 50 年代中期。至 1990 年，1:100 万区调工作已基本完成，1:20 万区调已完成国土面积的 70%，占应测面积（除沙漠、雪线以上大面积覆盖区和西藏部分地区外）的 93%。目前，全国已完成 1:5 万区域地质调查 164 万 km<sup>2</sup>，占全国陆地面积 17%。2002 年底，全国已完成 1:25 万区域地质调查约 90 幅（140 万 km<sup>2</sup>）。统计数字说明，中国区调工作已取得了很大进展，发展速度也是较快的。

1983 年地矿部进一步明确了 1:5 万区调工作的方针、任务和工作部署，迅速调整和加快了 1:5 万区调工作的步伐，在全国范围内形成了一个 1:5 万区调工作高潮。

上世纪 70 年代后期，中国在区调工作中开始重视吸收国外先进的地质理论和新技术、新方法，并组织进行了少量探索性试验研究。1981 年总结出中国火山岩区地质填图经验，编写和公开出版了《火山岩区区域地质填图方法指南》，推广了火山岩区双重制图法；1985 年推广了 1:5 万巢湖市幅地质图（组图经验，并扩大试点。1986 年，地矿部设立了“1:5 万区调中地质填图方法研究”项目，并列入部“七五”重点科技攻关项目（编号 86—016—02），分别开展中国花岗岩、变质岩、沉积岩发育区的 1:5 万区调填图方法研究。项目的指导思想和目标是，把当代地质科学领域中的新理论、新观点、新技术和新方法运用到区域地质调查中，改革传统的区调填图方法。在既充分借鉴和吸收国外有关的先进的地质填图方法，又包含中国自己的研究成果的基础上，通过选择典型的试验区进行填图实践和研究，突破目前地质填图方法的技术难点，总结和创立一套适合中国地质特色的花岗岩类区、变质岩区和沉积岩区地质填图方法，并以此填制出新一代的地质图，赶上或达到世界先进水平，进一步提高中国区域地质研究程度和水平。

1997 年，区域地质调查进行了重大调整，新开 1:25 万地质填图试点工作，于 1999 年底完成了 8 幅试点图幅。同年成立中国地质调查局，全面部署 1:25 万地质填图。当前，1:25 万地质填图的技术方法体系仍在不断丰富和完善中。

现代地质科学的进步，正冲击和改变着传统的地质填图方法。但是，能够把地质科学领域里的新理论、新观点、新技术和新方法运用到区域地质填图中，真正形成一套新填图方法的研究，在国外也只有少数国家。有的国家虽然较早开展过这类研究，但只是

在少数地区试验，有的还处于探索之中。迄今，关于花岗岩等级体制划分的基本概念和命名原则尚处在继续讨论和完善之中。变质岩区填图方法，虽然许多国家已从单一岩石类型划分转变到岩石—地层法和构造—地层法，但由于变质作用十分复杂，地质构造背景多样，变质热事件研究方法的适用性如何？变质建造填图的意义如何？这些问题均有待于进一步研究。沉积岩区的地质填图，尽管新理论、新观点不断涌现，但如何运用到区域地质填图中，尚有许多问题需要研究。

## 四、中国区域地质调查的新局面

根据国家战略性经济结构调整的需要，中国于 1999 年成立中国地质调查局，并在全国下设 6 个地质调查中心，积极推进地质工作的根本性转变，更加紧密地与国家经济建设和社会发展相结合。坚持资源与环境并重的方针，开展区域性、基础性、公益性地质调查和战略性矿产勘查，为国土资源规划、管理、保护与合理利用的政府职能服务，为满足社会各界日益增长的地学知识与信息需求服务，为经济与社会可持续发展服务。加强地质理论研究与创新，推动地质技术进步，提高地质工作服务水平，开创国家地质工作新局面。

中国地质调查局的主要职责是，承担、组织、实施国家基础性、公益性地质调查和矿产资源远景评价工作；承担、组织、实施国家战略性矿产勘查工作；承担、组织、实施地质灾害调查评价和专项防治工作；组织、实施国家部分重大工程建设和前期勘查工作；组织、实施地质调查项目质量监督；开展与地质调查和矿产勘查相应的科学研究和技术攻关工作；开展地质调查和矿产勘查新技术、新方法、新工艺的研究、引进和推广；建立地质调查和矿产勘查信息网络系统，提供社会服务；开展与地质调查和矿产勘查相关的国际交流与合作。

## 第二节 沉积岩区区域地质调查

沉积岩区岩石地层单位填图方法，要点是以现代地层学、沉积学为理论依据，以沉积地层多重划分为基础，通过研究岩石地层单位的基本层序，较准确地描述沉积地层的组成、结构、变化和单位的识别特征；通过正式与非正式岩石地层单位填图，查明并具体表示其时一空存在状况（包括形态、几何关系与排列规律）、纵横向变化与年代单位的相互关系；通过分析研究，逐步建立和完善区域地层格架和模型；分析、阐明和预测各岩石地层单位的形成环境、沉积作用、区域地质发展史与自然资源的分布规律。

### 一、正确建立填图单位

填图单位的正确建立是沉积岩区填图方法的关键。依据岩层的不同特征和属性可将其分为各类地层单位。其中最主要的有岩石地层单位、生物地层单位和年代地层单位 3 种。

#### 1. 岩石地层单位

岩石地层单位是以宏观岩石学特征变化为划分基础的岩石地层体。它是以一种岩石，或以一种岩石为主，或数种岩石类型的联合；或是具有明显的整体的或统一的岩性

特征和岩性的组合,它必须是野外易于识别和可划分的原始沉积层序的四度时空岩层体。它强调了宏观岩石学特征,整体统一,宏观地层实体。根据其准确程度及延展范围分别划分为正式或非正式单位,并有相应的等级划分。

(1) 组 (**Formation**)。组是岩石地层划分中的基本正式单位。任何地区的全部地层柱,都以组为单位作无遗漏的整分;组是可鉴别、可填图的岩石地层体。它虽然是客观上具有成因联系,但它并不是以成因为基础所划分的单位;组的厚度可大可小,从大于1米到数千米,总体具划分适度、等级居中的特点;其界线和延伸必须清楚,易于鉴定,如特殊岩性、特殊结构构造标志层、单一岩性中的复杂互层或复杂岩性中的单一岩性夹层、生物层、火山岩夹层等,但不允许存在长期间断;组级单位的延展和建立应与相应的地层分区或地层小区大体一致或基本吻合;为避免产生混乱,组宜概分而不宜细分,以保持实际效用最大,数量最小。在条件不具备时可先建非正式地层单位。

(2) 段 (**Member**)。段是级别低于组的正式岩石地层单位,是组的组成部分,段具有与组内相邻岩石不同的岩石特征,如为区域性分布的特殊岩性实体,则选定层型使用地理名称命名;如为非区域性分布的特殊岩性实体可作为非正式单位处理。段的厚度无固定的标准,它可由一个组横向延至另一个组,视需要和可能将一个组划分为若干段或指定某一部分为段。

(3) 层 (**Bed**)。层是等级最低的岩石地层单位,层由岩石特征上明显区别上、下相邻层的单层或复层所组成,并可穿过不同的段或组;对区域对比和填图有用的标志层如事件层、凝缩层等可作为正式岩石地层单位并命名;其余标志层如特殊岩性或均一岩性夹层(煤层、铁矿层、灰岩、凝灰岩、砂岩),各种岩石舌状体、透镜体、礁体、生物富集层、含矿层及其他岩石体等,则作为非正式单位实体尽可能填绘。利用这些非正式单位填图,以增加地质信息、便于综合分析。

(4) 群 (**Group**)。群是具有某种共同岩性特征的两个或多个上下相邻的组归并而成的高级岩石地层单位,它应该是研究程度的提高和小比例尺编图以及综合研究需要的产物。因此,我们提倡在条件许可时并组为群,改变将群的建立仅限定在工作或研究程度低的地区或先建群再建组的观念。但具有与上、下相邻群不同岩性特征的组都不能并入相邻的群,而应单独存在于地层柱中。群内不允许有重要的沉积间断或不整合存在。

## 2. 生物地层单位

生物地层单位是根据化石的类型、分布和化石的某些特征(富集程度、生态类型、演化阶段和其他特征)而统一在一起,并区别于相邻地层的四维时空岩层体。生物地层是客观物质实体,生物地层单位是相对客观划分的产物。

所有岩层体同时具有年代地层和岩石地层特征,但不一定具有生物地层特征,某一生物地层单位是否存在,只能依据有无特殊生物地层特征而加以鉴别。因此,生物地层划分只能在地层层序中有限的部分进行。生物地层带(单位)不分等级,但用属命名的带和以该属某个种命名的带之间有等级的差别。任何生物带都有一个时间值,但它们并不是到处等时的时(间)带。生物带可以采用不同的生物内容和生物特征进行分带。因此,就有内容、意义和作用不同的多种生物带。通常生物地层单位划分为组合带、延限带和顶峰带。

### 3.年代地层单位

年代地层单位是根据地层层序内存在的一系列特定时间间隔的等时面划分，由同一特定地质时间间隔内形成的全部岩层、岩体组成的地层单位。建立年代地层单位的目的是为了解释地层序列的年代关系，为全球性的对比提供年代地层格架，为建立和不断完善相应的地质年代单位和地质时间格架提供依据。划分年代地层的关键是对特定地质时间间断等时面的鉴定，以及界限层型和地层年代属性解释，而不是它的物质特征。年代地层单位分为宇、界、系、统、阶、亚阶 6 级。

化石为地层的测年和时间对比提供了重要的指导。生物地层单位常接近年代地层单位，因此，生物化石的研究是确定年代地层的重要手段。在无生物的哑地层，重要年代地层单位划分通常采用同位素测年，如采取沉积岩中的火山岩、海相沉积的自生矿物测年等。

### 4.不整合界限地层单位

不整合界限单位是顶、底被特定的、明显的区域性不整合面限定的岩石体。它可以包含任一类或多类岩石，但岩石特征、化石内容或其年代与成因解释，都不是它的定义和划分的标准，只有顶、底不整合面的建立和辨认才是这种单位的唯一标准。因为不整合界限单位是一类独立的描述性的客观地层单位及其在地层学研究中的特殊意义。所以，国际地层划分分会建议修订《国际地层指南》时新增“不整合界限单位”一章（ISSC，1989）。由于不整合界限单位对于描述、解释、预测沉积地层的时空分布状态，建立区域地层格架非常重要，因此在区域地质调查中应该注意研究不整合界限单位。

不整合界限单位的基本单位为“序”（Synthem），必要时可划分“亚序”（Subsynthem），或并序为“超序”（Supersynthem）。发育不全或因严重剥蚀而保存不全的序又可称为“小序”（Minisynthem）。序的划分要具有大区性意义的顶、底面，而序内存在的较长时间沉积间断面、下超面、上超面等则作“亚序”的界限。

### 5.其他地层单位

（1）磁性地层极性单位。是在地层的原始序列中，以磁极性的一致而统一在一起，并区别于相邻岩层体的单位。它也是以可测量的天然剩余磁性方向变化（倒转、漂移）特征划分的一种客观单位。单位的正式术语是磁性地层极性带，简称“极性带”，与极性带相对应的年代称“时”。应用磁性地层和结合地球磁场极性倒转时间表，可进行地层年代划分，目前这种方法在中生代和新生代地层中被广泛使用。

（2）化学地层单位。将岩层按照特定的地球化学变化分割为不同的层位或单元。岩层的地球化学特征包括：主要氧化物成分含量，各种元素（微量元素、稀土元素、稳定同位素等）及其含量；成分组合状况、丰度变化和分布型式；相关元素比值及其变化；以及地球化学异常层的存在等。

（3）矿物地层单位。是根据沉积序列中所含稳定重矿物组合特征划分的地层。常用的地层单位为矿物组合带，其划分方法类似于生物地层组合带。应用它可以对矿物源区相同不含化石的地层进行矿物地层对比（如中生代陆相红层），追索陆源区，判断母岩性质，推测侵蚀顺序、沉积物分散途径、成岩变化以及利用某些重矿物作放射性年龄测定等。

尽管地层单位划分及其意义有多种多样，但具有广泛的区域地质填图意义的只有岩石地层单位和年代地层单位，其他地层单位亦可根据图幅地质条件和填图的需要酌情使用。

## 二、基本层序调查

基本层序（Essential sequence）是沉积地层垂向序列中按某种规律叠覆的，一般能在露头范围内观察到的、代表一定地层间隔发育特点的单层组合。基本层序内各单层在沉积时不一定完全连续，但其顶、底常由更明显的侵蚀或突变界面所限定。所谓基本，是相对于地层序列中一定地层间隔（如段或组或群等）而言，一定地层间隔往往由某 1~2 种基本层序反复重现组成。它是地层单位最重要的实质性内容之一，是地层最原始的结构和最基本的细胞组织。

### 1. 基本层序的性质类型与划分

（1）旋回性基本层序。由于沉积作用本身具有自旋回性，只要外界随机因素的干扰不过分强大，沉积作用的产物就会呈现旋回性特点。所以，沉积序列多带有旋回性，这也是我们识别、划分基本层序的主要依据之一。旋回性基本层序是由三个以上的单层按一定顺序依次叠置而成的，多在一定地层间隔内反复重现。

（2）不显旋回性的基本层序。凡肉眼看不出垂向变化规律的沉积序列，如岩性单一的粘土页岩或泥岩，看不出叠覆规律的薄层（毫米至厘米级）韵律沉积等，可以任取一段地层柱当作岩性均匀的不显旋回性的基本层序，来表示该地层间隔的特征。

### 2. 基本层序调查内容

（1）单层成分。主要是物质成分的调查，包括各单层的岩石类型和所含的特殊组分，如有用金属矿物和磷、铁、锰结核，海绿石，蒸发岩矿物等，以及古生物内容（包括实体化石和生物屑的类别与大致含量）。必要时，应在室内对岩石和矿物及其化学成分常、微量元素和稳定同位素等做进一步研究。

（2）鉴别地层序列中具特殊成分或成因的夹层。如生物化石富集层、地球化学异常层、含矿层、古风化壳、古土壤、碳酸盐岩序列中的石英砂岩或粘土岩夹层、随机出现的块体流沉积层、风暴岩夹层、火山灰夹层等。后二者往往是重要的等时对比标志。

（3）单层厚度、形态、岩石结构、沉积构造、遗迹化石、古生态、古流向和成岩结构与构造研究（如帐篷构造、干裂、内沉积物、各种成岩变化与胶结物）。

（4）基本层序内各单层与基本层序间的叠覆特征和接触关系。查明基本层序是否具有旋回性，各单层间有无优选的叠覆方向，各单层界面相对位置，基本层序之间与其内部单层之间可能存在的侵蚀兼并和沉积间断特点，以及基本层序之间的叠覆特征等。

（5）基本层序的纵横向变化。

（6）基本层序与理想的相模式对比：有助于认识形成基本层序的沉积作用和环境特点；其两者差异，则指示还有地区性的或随机性的特殊地质作用和过程需要进一步研究。

在调查和建立基本层序的研究中，应对上述六方面进行全面的分析和研究。切忌只侧重某些特征的选择，将基本层序简单化、模式化和理想化。

### 3.基本层序的调查方法

实测主干剖面是研究岩石地层单位基本层序的厚度、组成、结构、数量及纵向变化等特征的主要方法，此外还有主干地质路线和辅助地质路线的调查。主干剖面的观察描述需要满足调查内容的要求，并要图（基本层序柱状图）、表（各种数据表格）化。主干地质填图路线是为了调查各类岩石地层单位的基本层序在空间上的变化，包括其厚度、组成、结构和数量（用统计法获得）变化，并发现和补充查明新的基本层序的特征及时空分布特征等。而辅助路线调查只要求对已有的基本层序研究成果进行控制性验证。

## 三、地层格架调查

区域性岩石地层单位的时、空有序排列形式称为地层格架，它可以用一定的几何图形来表示。因为时间和空间是两种不同的物理量，按不同的物理含意，地层格架又可分为空间格架和时间格架两类。地层的空间格架又叫作岩石地层格架或地层的沉积格架；时间格架又叫年代地层格架。两类格架中，岩石地层格架为基础，它是客观存在的，可根据岩石地层序列的结构和空间排列特征察觉的描述性格架，是沉积盆地分析和沉积地层及层控矿产分布规律预测的基础。年代地层格架是解释性格架。要建立高分辨率的年代地层格架，除使用生物地层方法和各种年代地层方法之外，还必须研究岩石地层格架的几何关系。

区域地层格架调查主要是了解基本不整合界限单位的垂向叠覆及其内部地层的侧向堆积规律。其调查要点是区域性不整合面的识别与追索，饥饿段的识别与追索，特殊形态岩石单位的填图，遥感图象解译，基本层序垂向变化研究，年代地层格架研究，地层序列中各不整合界限单位地质特征变化规律的研究以及地层格架中矿产分布规律。

## 四、地层模型研究方法

地层模型（Stratigraphic model）是地层实体的组成、结构、时空存在状况的简化表达和综合解释，研究和建立地层模型是进行盆地地层分析的基本方法。

地层模型可分不同的种类。剖面地层模型仅表示一个地层序列的组成和结构；岩石地层模型表示地层单位的时空分布、组成与结构变化，同其他地层单位的相互关系；生物地层模型表示生物地层单位的组成、地层位置、地层标志、时空变化；年代地层模型表示某一地区年代地层单位的结构特征，与岩石地层单位等的相互关系。

### 1.剖面地层模型研究方法

可用一定地层间隔的代表性基本层序、各单层所占比例、该地层间隔的厚度与其中基本层序的个数来表示。它是环境、沉积作用和地方性地质特征解释的基础。建立剖面模型的方法有两种，即经验法和统计法。

经验法建立剖面模型的步骤是：①研究剖面中的单层组合规律，划分基本层序；②计算各类单层的累积厚度与其在剖面总厚度中所占的百分比；③根据基本层序的平均厚度、单层叠覆顺序（注意由于兼并造成的叠覆关系，不能同正常顺序一样看待）及各类单层所占的厚度百分比建立剖面模型。它可较好地表现某一地层间隔的组成和结构特征，且方法简便。一般来说用经验法已足够了。

## **2.区域岩石地层模型研究方法**

区域岩石地层模型的研究是区域岩石地层格架和剖面地层模型的综合。故可用区域岩石地层格架加代表性剖面模型来表示。这种模型是对真实的区域地质情况的概括，因而易于同实际现象对比，也便于在区调工作中的应用。它对本区范围内的进一步调查研究能起检查、预测、指导作用，还可用它与地层层序的概念格架和理想相模式对比，研究其异同，解释本区的沉积环境、作用及速率，地质发展历史和矿产分布规律等。因此，它又是盆地地层分析的基础。

## **3.区域生物地层模型研究方法**

在区域岩石地层格架或年代地层格架上，加生物带分布范围、地层标志及不同地点（剖面）代表性生物化石分类单位名称及相对丰度，同时还表示各岩石地层单位的分布范围。它是一种综合模型。

## **4.区域年代地层模型研究方法**

在地层的区域年代格架上加年代地层单位如阶、亚阶的界线及其地层标志、生物带界线、岩石地层单位的界线，有可能时尚应加磁性地层极性单位界线和年龄测定数据等。剖面地层模型研究，在一个区调图幅或联测图幅中是应该做而且也是可以做到的。区域岩石地层模型，经岩石地层单位组合后。在区调填图工作中，特别是在一个片区区调填图中也是可以做到的，也只有这样才能对一个区域内的地层特征和属性认识更加客观和深入。

# **五、第四纪地质调查方法**

第四纪是地球历史上的最新阶段，其时间跨度约 240 百万年。这一阶段最突出的特征，首先是人类的出现和进化；其次是冰川现象广布，气候冷暖的多周期变化；第三是大陆面积增大，新构造运动活跃；第四是沉积类型繁多，在陆地上出现了未完全固结成岩的松散堆积。第四纪地质，不仅直接与人类矿产资源寻找、生态环境保护和地质灾害防治有关，而且陆相沉积成因类型多样、分布零散、对比困难、持续时间短，在研究时必须综合采用多学科方法，如沉积地层学、生物地层学、气候地层学、磁性地层学，以及各种精确测年的年代地层学、考古学等。

第四纪沉积物的成因类型一般分为：残积、坡积、崩积、滑坡堆积、泥石流堆积、洪积、冲积、沼泽堆积、湖积、海积、冰川堆积、灰华堆积、人工堆积、混合类型等。

## **1.第四纪地层划分方法**

第四纪地层划分的方法很多，概括起来主要有岩石地层学、生物地层学、气候地层学、地貌地层学、磁性地层学、同位素地层等地层学方法和考古学方法等。一般说来，第四纪地层的划分与对比，仍应遵循地层指南中的程序规定和有关原则。在第四纪地层不太发育的地区填图，以采用非正式单位为宜。

## **2..第四纪地质调查的内容**

第四纪地质调查内容很多，主要有第四纪时期的构造运动及其性质、幅度、主要标志和时代等；地貌特征及其形态、规模、产状及延伸；第四纪沉积物的岩性、成因类型、空间分布范围，与地貌条件的关系，及其地层划分和时代的确定；第四纪古气候和古环

境的分析及其研究手段以及第四纪气候、古生物演化、土壤发育、沉积韵律等影响；第四纪年代和分期、第四纪人类发展和文化遗迹；第四系中赋存的矿产（如砂金、泥炭等）及其矿产赋存层位等。

### 3.第四纪填图方法

（1）考察路线及观测点的布置。在地质构造简单的大面积第四纪地层分布区，可以平行路线穿越法为主，追索法为辅，以便能掌握全区第四纪地层分布规律及其与地貌单元之间的关系；在岩性、岩相、厚度变化大的复杂地区，以追索法为主，穿越法为辅；在地形、地貌、地质条件复杂、交通不便的地区，则应以梅花路线为主；高原或高山区，大型河谷、盆地常是调查的重点地区，采用路线剖面法，路线垂直于河谷、分水岭。对沿线两侧第四纪阶地、斜坡、剥夷面特点以及各种地质、地貌和基岩露头情况等都要进行系统观察、描述。

观察点一般应选在第四纪地层露头良好、层次较全、层厚较大、分层明显、岩性特征较鲜明、沉积体形态清晰、分布又较广，并具有代表意义的地点或剖面。但对那些在研究第四纪事件有一定意义、虽地层不全、厚度不大的露头或剖面，也要布置一些辅助观察点，以补充主要观察点或剖面之不足，使区内第四纪地质研究更充实更完善。在第四纪地质填图中，观察点一般布置在地层、地貌特征的分界处。对地表不同部位的特殊地质现象还可布置水文观察点、古生物点、出土文物点、古人类居住的洞穴点，以及年龄样品采集点等。

（2）观察记录要点。不同岩性的第四纪沉积物，应观察描述其厚度、产状、颜色、结构、构造及变化情况。如为砾石沉积，应注意描述砾石的磨圆度、岩石成分、分选性、排列方向、表面特征，统计漂砾、卵石、砾石、砂和粘土的百分含量等。根据沉积物岩性、结构、构造及所含动、植物群，并结合地貌特征划分成因类型。

发现泥炭、高岭土、硅藻土、砂矿等矿产时，即应查明它们的产状和分布情况，并采集有关样品，为进一步开展有关工作提供资料。在适当的地点和沉积物类型中注意寻找哺乳动物化石，按有关规定要求采取孢粉样、微体古生物样等。从阶地结构特点、剥夷面的变化、第四纪变形（褶皱、断裂）以及地形切割强度等方面研究新构造运动的性质和强度。记录沉积物与地貌的关系、相对高度和绝对高度。对一些具代表性或有重要意义的露头和地貌应作剖面、素描、照相，在可能与需要的情况下尚应视具体岩性特点，采集必要的样品。

（3）地质—地貌双重填图法。地貌与第四纪地层分布有着密切的相关性，岩石地层单位的界线和地貌单元的界线都应客观地填绘到图上。

### 6.第四纪地质图编绘

第四纪地质图，应视研究内容、任务要求而编制。综合地质图上的第四纪地质内容，主要表示第四纪沉积物的成因类型、时代、地层单位符号、阶地、灾害地质现象及新构造活动迹象等。阶地一般分级表示。专用第四纪地质图上，沉积物的成因类型和年代分别以代号和颜色表示；阶地必须分级、分类，分别以代号和阿拉伯数字表示；剥夷面分级和海拔高度分别以代号和阿拉伯数字表示；用不同花纹反映不同地层的岩性特征；用不同的形象图例反映微地貌特征；灾害地质现象及溶洞、温泉、地震等用符号表示。不

同类型的图例，应按规范要求绘制，在上述基础上对特殊情况允许创新。由于第四纪沉积物与地貌有密切的相关性，必要时第四纪地质剖面图可用立体图形式表示。

## 第三节 花岗岩类区地质调查

### 一、岩石谱系单位（单元—超单元）填图方法

#### 1. 岩石谱系单位的由来和基本概念

岩石谱系单位填图方法始于北美。和沉积岩相比，花岗岩是一种不连续、与周围环境不完全协调的不成层的地质体，不受沉积叠覆律和侧向沉积原理支配。虽然可以采用类似于岩石地层单位方法填图。但是，相同岩性的花岗岩不应该是岩石地层单位。因此，北美地层命名委员会（1983）建议建立花岗岩类等级体制新地层单位，即岩石谱系单位。《北美地层指南》的定义是，“岩石谱系单位主要是由侵入、强烈变形和（或）高度变质的岩石组成的有边界的地质体，根据岩石的特征加以区分和圈定。与岩石地层单位对比，它一般不受层序律的限制，它与其他一些岩石单位的接触可以是沉积的、侵出的、侵入的、构造的或者是变质的。”

#### 2. 花岗岩类岩浆的同源性及其演化序列的基本概念

所谓岩浆同源关系，实质上就是所有岩石构成单位具有一定的空间和时间关系、矿物成分之间的关系，同时保持着相类似的结构特点。亦就是说，一定的空间和时间范围内所形成的花岗岩类来自一个公共的母岩浆房。这样，就需要确定它们必须来自同一母岩浆房，其中不仅岩石类型一致，包括相似的岩石结构和矿物形态、相似的包体形态和数量、相似的岩墙组合，还要从地球化学及地质年代学等方面找到证据。同源岩浆序列是一次熔融事件演化所形成的一套岩石组合，可能是由于岩浆离开一个公共的母岩浆房之后分异演化形成。

一定的空间范围内，岩浆的同源性及其演化序列有其固定的模式。这样，在一个复杂深成岩体所建立起来的同源岩浆序列，与另一个复杂深成岩体内的同源岩浆序列基本上可以对比。因此，可以通过区域填图揭示出各个深成岩体及其内部的各个侵入体的生成顺序和空间分布规律，建立相应的等级，按照岩石谱系单位的原则进行划分和填图。

#### 3. 岩石谱系单位的填图单位建立方法

一些大型岩体或岩基不仅是由若干个独立侵入体所组成的复式岩体，而且这些侵入体的出现具有一定的次序，并在一定的区域范围内保持相对稳定。花岗岩类填图方法的核心是划分岩石谱系单位、建立等级体制，它是一种以岩浆同源性质及其演化为理论，以岩浆多次脉（涌）动上侵形成的岩石单位为基础，以岩体内部接触关系、年龄、成分为标志，划分侵入体，归并建立单元、超单元，并分析研究其定位机制的填图方法。

（1）识别和填绘侵入体。按照岩石谱系单位等级体制划分原则进行区域地质填图，第一步也是最关键的一步，是要将岩基或大型深成岩体中的每个侵入体逐个识别和填绘出来。侵入体是指一次岩浆脉动或涌动贯入而形成的以明显的或隐蔽的侵入界线与其他地质体分隔的独立地质实体。是侵入岩区地质填图中最小的基本地质单位。它在地面上常表现为岩石成分和结构较均一的具有一定规模的岩石块体。侵入体之间的接触类型有

突变型（脉动型）和隐蔽型（涌动型）侵入两类。

突变型（脉动型）侵入接触。脉动是来自深部的岩浆的单独一次贯入，就叫一次“脉动”。接触面两侧表现为成分上的突变，通常在 1~2mm 的范围内可以发现两者之间有一条清楚的接触界线，甚至在一块手标本或一个薄片上即可以看出。

隐蔽型（涌动型）侵入接触。在一个岩体内部，当有一些差异的组份之间出现差异性流动时，先贯入的侵入体虽已开始固结，但部分仍然保持液态的情况下，被后贯入的侵入体所侵入。涌动侵入所形成的接触界线不明显。通常在 1~2cm 的距离内岩石成分和结构的快速变化而找不到很清楚的接触界面，有时在接触带形成宽度不等的混染带。

脉动和涌动是相对的含意，应该说涌动是脉动的一种不明显的表现形式。在岩浆脉动快速堆聚的地方，脉动的次数极难分辨，接触界线不清，表现为涌动形式。有时一个侵入体与另一个侵入体接触，在一地表现脉动接触，在另一地又表现涌动的接触。

超动是另一类特殊接触关系。不论是不同时代的深成岩体之间，还是同时代的深成岩体之间，呈急变式的非常明显的接触即是超动。超动关系是两期构造岩浆旋回的产物。

根据岩石成分标志在野外直接圈定和填绘侵入体。对于岩石成分变化较宽的各种岩石类型，无疑是十分有效的方法。岩石成分的不均一可以表现在岩石类型的不均一，主要组成矿物的急剧变化，标志矿物和特征矿物是否出现，岩石中所含包体的类型和数量的变化，以及由于上述因素所引起的岩石色率及风化颜色的差异等。主要标志有岩石类型的不均一及其急剧变化，岩石中主要矿物成分和暗色矿物含量比例及其特征的变化，岩石中出现的特征矿物和标志矿物，岩石中所含包体的特征。

根据矿物的粒度大小、晶形、自形程度、排列方式和产出方式、斑晶的含量和大小、斑晶与基质之间矿物颗粒大小的差别程度以及两者之间是否有过渡等进行判别。对于岩石成分变化相对较窄的花岗岩体，如 S 型花岗岩，利用结构差异判别划分不同侵入体是有效的。若和成分标志结合起来判别侵入体，效果则更加明显。

（2）建立花岗岩类单元的标志。单元是岩石谱系单位中最基本的单位，相当于岩石地层单位中的组。凡是岩性相似（不仅是岩石类型基本相似，而且包括岩石的成分、结构、矿物形态方面的变化，所含包体的形态和数量、岩墙组合等都基本相似），同时年代也基本相当的两个或两个以上的相邻或靠近的侵入体，可划为同一单元。

（3）归并单元和建立超单元的标志及其研究方法。超单元是岩石谱系单位中更高一级的单位，相当于岩石地层单位中的群。它是在时间上和空间上紧密相关，在岩石特征（成分和结构）上具有某些相似特点以及表现出清楚的亲缘和演化关系，并且未被其他地质事件所中断的两个或两个以上单元归并组成的。它代表了一次熔融事件（岩浆热事件）多次脉动上侵定位的全部产物。归并单元建立超单元的标志为：空间上的紧密相伴，时间上的紧密相关，成分上的演化和亲缘关系，具有结构演化序列特征，同位素特征的相关性。

（4）归并超单元组合。超单元组合是岩石谱系单位中最高一级单位，相当于岩石地层单位中的超群。它代表整个构造—岩浆旋回或某个特定的地质历史阶段形成的若干个超单元在一定空间范围内的组合。超单元组合中的所有超单元，虽然不一定是同源岩浆的，但在某种程度上都是同成因的，它们都是同一次构造事件影响下的不同岩浆热

事件所形成的岩浆岩组合群体。超单元组合的归并原则是在空间上必须分布于同一岩石区，而且有密切的成因联系；受同一构造活动事件的控制，是构造发展过程不同阶段的产物。

(5) 花岗岩类超单元的区域对比。花岗岩岩基和巨大的花岗岩体可以分解，一般总是在一定的区域规模内多处出现，并具有某些共同点。因此象对比沉积地层那样进行区域内不同岩体之间的对比，从而逐步建立起区域性（岩石区）标准岩石谱系单位。

花岗岩类岩石谱系对比的目的是论证不同岩体和岩基内的各单元在岩石谱系中位置及其对应关系，并以此探讨花岗岩类岩石谱系的区域性变化规律。其意义在于对一个特定的构造区内，了解岩浆活动的基本规律和发展历史。

区域对比的前提必须是同一构造区或岩石区内不同深成岩体中相同时代的超单元；必须是同一熔融事件的产物，具有同源性；具有相似的岩性、结构、构造和年龄特征。对比是指岩石类型、矿物成分、岩石结构、同位素年代、地球化学、能谱测量及放射性测量、磁化率等方面的研究对比。

(6) 花岗岩类岩体构造填图和定位机制研究。定位机制的核心就是花岗岩类岩体的空间问题，是花岗岩类岩体构造填图的基本内容，填图中要注意岩体的轮廓和三维几何形态、岩体的内部构造、捕虏体和暗色包体的形态、大小、相互排列和优选方位所造成的构造样式研究，并进行必要的变形组构和应变测量。同时，要注意晚期变形和叠加变形观察研究。定位机制主要有强力定位（包括穹窿、底辟和气球膨胀）和被动定位（包括顶蚀、火山口塌陷和断裂扩张）两大类型。

## 二、造山带花岗岩填图方法讨论

### 1. 造山带花岗岩类地质填图方法现状

花岗岩类地质填图方法是伴随对花岗岩类成因分类、填图实践的积累以及研究技术、手段的不断更新而逐步完善的。分类理论的创新，带来了填图方法的更新。中国的1:20万区域地质填图，主要强调岩浆活动时间顺序以及与围岩接触关系，重视每一种岩石类型在全部岩浆序列中的时间位置，尤其强调将每一个深成岩体看作一次岩浆上侵就位的简单岩体。因此，虽然亦注意到深成岩内部岩石，在成分上、结构上以及颜色等方面的一些变化，但在填图中有时只将这些变化划归不同的岩相带（边缘相、过渡相、内部相），没有深入调查研究这些变化所表现出的不同岩类间的内部接触关系，以至将一次岩浆热事件多次脉动或涌动上侵所形成的多期复式岩体，认为是一次侵入活动的简单深成岩体；有时，在地质填图中也识别出具有明显穿切关系的不同深成岩体，但这种识别仅仅限于不同岩体之间；缺乏对同一岩基、岩体内部接触关系的深入解剖；相邻岩体之间的填图标志等内容对比研究也不多；区域地质填图中主要采用岩性—相变方法填图，因而图面仅反映了主体岩石的岩石类型和分布特征，表达内容相对简单。

20世纪80年代以后，国际上开始流行花岗岩类的I型和S型（简称I—S型）分类体系和方案，地质学家开始思索建立在这一流行分类方案基础上的花岗岩类填图方法新体系。南美和北美的地质学家，分别对安第斯山海岸和内华达山脉岩基的I型花岗岩类的岩石谱系填图方法取得了一些重要进展，尤其是对复杂岩基内部的多个侵入体的识别、

分解和地质填图。适逢中国开展新一轮 1:5 万区域地质填图改革,学习和借鉴了国外 I 型花岗岩类岩石谱系填图的方法,推广了 I 型花岗岩类成分演化序列填图方法,取得了一些成果。解体复杂岩体的经验很快推广。受这一思想的启发,从中国大量分布 S 型花岗岩类这一实际出发,在花岗岩研究程度较高的华南等地部署试点图幅,探索适合 S 型花岗岩类的岩基解体、侵入体识别、建立单元和归并超单元的岩石谱系填图方法,并很快取得了重要进展。迅即在全国较多的 1:5 万地质填图中全面推广,并颁布了《花岗岩类区 1:5 万区域地质填图指南》。近年来的 1:5 万区调填图,多数图幅中对花岗岩类进行了岩石谱系单位填图方法尝试和实践。其主要作法是运用岩石谱系单位填图的最基本方法,对以往认为较单一岩体从识别和填绘侵入体入手进行解体,重视各侵入体之间的接触关系和识别标志,表达和反映序列演化观。花岗岩类填图中,对复杂岩基和大岩体再解体,这一思想无疑是应当肯定的,但岩石谱系的建立、同源岩浆及其演化的单向性等问题在造山带实践中遇到了挑战,因而单元-超单元填图方法需要重新认识。

I—S 型分类方案,最早由 Chappell 和 R.White (1974) 在研究澳大利亚 Lachlan 褶皱带早古生代花岗岩类岩石时提出,这一经典方案被 Collins (1998) 的三源组分混熔模式得以重新正确解释。另外,分类方案在此后的推广中,分类内容不断增补,但由于不同研究者对其理解的差异以及各地花岗岩特征的差异性,尤其是 Pearce 等将其与构造环境相联系并加以改造原始分类,使这一分类理论更为混乱。

I 型、S 型花岗岩类在造山带显示出较多的无序性和非单向性,岩浆混合作用导致花岗岩类的复杂性,不平衡矿物共生组合现象在造山带花岗岩中非常普遍,因而导致成分演化序列和结构演化序列填图方法在造山带的不适用性。除 I—S 型分类方案外,还有许多派生分类方案(如同熔型、改造型、幔源型分类,造山型和非造山型分类等等)以及法国学者 Barbarin (1997) 提出的综合性分类。这些派生分类方案和综合性分类,在研究花岗岩源区及岩浆热事件等方面均有重要作用和对比分析价值,但在填图中均难以细化和表现。原因是这些分类强调了成因尤其是构造成因,缺少填图中所必备的客观性、确定性、可操作性,即可填性。

## 2. 造山带花岗岩类地质填图的建议

(1) 花岗岩类填图单位划分的原则讨论。地质填图,是对客观地质体根据比例尺需要进行的图面表达。图面可表示、野外可识别、分布区可对比是对填图的基本要求。花岗岩类是自然地质体的一种,因此在填图中,应当视花岗岩与沉积岩、火山岩、变质岩基本相同的类似于“岩石地层”的划分原则,即要根据宏观岩性特征及野外识别的变化内容将岩基分解成各填图单位,使其物理属性可见化,以便最大限度地挖掘岩体中蕴藏的各种地质信息。花岗岩类填图单位要依据宏观岩性特征、相对分布、出露位置等确立。整体岩性基本一致,野外露头尺度易于识别和区别,是填图单位划分的关键。填图单元确定应以客观岩石、矿物学、组构学为标准,以易识别、易统一、易掌握、易填绘、确定性强、可操作性强为前提。总之,花岗岩填图单位的确立标准不应以有推断性、认识可变性和野外露头尺度不可区分性因素,尤其是带有成因性模式为依据。建议只能依据前述火成岩基本分类方案进行填图单位确立。

(2) 花岗岩类填图的重点调查内容。准确和客观地做好基本岩石定名和再细分。

以 Q—A—P 基本分类为标准, 确定基本名称和类型, 结合岩石组构、颜色、特征矿物, 将基本名称进一步细分。以利在野外露头尺度区分出更细的岩石类型, 提高划分精度, 为识别侵入体和解体岩体奠定基础。

客观处理侵位先后排序。侵入体以及单元之间的先后排列, 必须以野外观察确定的顺序为准。不得依某些元素及其图解的排序而人为调整或改变, 更不能掩盖这些看似不合单向性的侵位排序和岩石化学、地球化学信息。因为这些信息恰恰能指示成岩过程中可能存在混合作用或混浆作用, 并对成岩和地质背景分析有重要参考价值。

慎重归并超单元。《指南》要求被归并者必须是同源岩浆演化序列的产物, 而实际上由于对普遍存在的混染、岩浆混合作用等认识不足, 导致将非同源者归并。反之, 由于过分强调有序性和单向性, 本属同一超单元者因不具单向性而排外。出现了该归未归、不该归而错归的现象, 造成资料失真。建议从野外实际出发, 不强求有序性和单向性规定。同期非同源但空间上又有密切联系的混浆花岗岩应给予真实和足够的归并体现。

重视填图中的包体研究。包体数量多、类型杂、成因多样是造山带花岗岩的又一重要特色, 包体信息愈来愈受到关注。填图中应尽可能在三维空间详细反映这些变化。

协调花岗岩类与其他地质体的代号。作为地质图中表达的重要内容之一, 花岗岩类应与其他几类地质体代号协调。同一级别地质单位, 代号表示方案应基本一致, 利于读图并保证内容表达的系统性和科学性。建议超单元与群、岩群代号相似, 单元与组(岩组)代号表达相仿, 依此类推。

## 第四节 变质岩区区域地质调查

### 一、变质岩区填图方法的类型

变质岩区进行地质填图应正确处理建造与改造的关系, 用构造分析的方法研究填图中有关变质地质学问题, 从而建立以构造变形、变质作用理论为指导, 以同一成因类型原岩建造的变质岩石或变质岩石组合填图单位为基础, 以构造分析方法为手段, 以地质事件为主线的填图方法体系。根据原岩建造的性质和改造作用的程度, 可分为构造—地层—事件法、构造—岩层—事件法、构造—岩石—事件法。变质岩系可以分为成层有序、层状无序和块状无序 3 种类型。

#### 1. 成层有序变质岩系

指原岩为沉积岩或火山堆积岩系, 在时间和空间关系上遵循地层叠复原理, 表现为一套有序组合, 虽经区域变质作用, 但原岩性质清楚, 原生结构要素保存完好或基本保存, 地层层序虽经变形变质作用的改造, 在“位态”上发生变化, 但通过构造分析方法或标志层组合方法可以恢复其原有层序的变质岩系。

#### 2. 层状无序变质岩系

指原岩为沉积岩或火山堆积沉积岩系, 经区域变质与变形作用改造, 原生结构要素只部分保留, 层理往往被构造置换为次生面理(通过各种方法在野外尚能识别其原岩性质), 或者为区域性顺层滑脱、顺层逆冲推覆以及水平剪切带等构造面理所改造, 从而导致了地层层序的破坏, 地层在空间上相互叠置, 在时间上不连续, 序次关系混乱, 它们

之间往往或是缺失或是重复或者颠倒，原始沉积的地层厚度很难准确地确定，这类变质岩系，往往出现在大陆造山带的核部，呈带状或线状分布，变质程度为中等。

### 3. 块状无序变质岩系

可分为 3 种情况。一种是原岩为古老深成侵入体，经多期变质变形作用强烈改造，变质程度高，一般为高角闪岩相—麻粒岩相，随后期变形变质作用而呈现退变质现象，通常指的高级变质区或花岗片麻岩穹窿区就是这类。块状无序，是把表壳岩系剔除后的那部分变深成岩体而言的，至于表壳岩系一般应是有序的，其能否建立正常的地层层序主要决定于出露情况和变质变形改造程度；第二种情况是原岩为变质沉积—火山堆积岩，经多期变质变形作用，并伴随强烈的混合岩化作用而形成片麻岩，由于多次叠加褶皱形成一种假片麻岩穹窿；第三种情况出现的是原岩性质难以判别的一套片麻岩和片岩。

除了上述几种典型的情况外，变质岩更多的是过渡类型，就是群级岩石地层单位的关系是有序的，符合地层叠复原理，而其中组段级单位，往往为构造面理分割或置换，造成局部地层的加厚或变薄乃至缺失，在这些组、段级地层单位之间关系，不完全服从地层叠复原理。从群一级地层单位的关系看，是成层有序的，但群内的组、段级单位之间，为多期构造面理置换或顺层韧性剪切带所分割，造成群内组级变质岩在空间上变化很大，时间上不连续。另外还见总体（群级）有序而局部（组级或段）无序构造地层。

以上种种依据变质岩系的“层”（理）、“面”（理）关系进行分类，对于变质岩区填图方法的选择以及对区域构造格架的认识是至关重要的。同时亦奠定了变质岩系岩石地层单位的多重划分与命名的基础。

## 二、构造—地（岩）层—事件法

成层有序的可以建立层序的应用岩石地层单位，结合并借鉴沉积岩区的填图方法进行填图；对层状无序无法建立层序的则采用构造岩层单位填图。主要填图单位有：

### 1. 群、组、段单位

利用沉积示顶底标志、构造指向、标志层和标志层组合，经构造解剖能建立或恢复地层层序的正式的地层单位。除此之外尚可建立层、超群和亚群等非正式单位。其含义同沉积地层，但其建立是在填图工作全部完成后才最后确定。

### 2. 岩群、岩组、岩段单位

岩群、岩组、岩段是与群、组、段相对应的基本岩层单位，是岩石地层经强烈的构造作用改造的产物。其特点是，层与层之间的界面大多数情况下为构造变形面，或者原岩石地层从整体上发生强烈的面理置换，从而破坏了岩石地层的原生叠置关系，使其失去了连续性而无法建立和恢复完整的地层层序的变质岩系。由于改造作用的不均衡性，有序、无序状态关系较为复杂，据不同情况，两种单位可交互使用，如群、岩组、岩段或岩群、组、段等。

### 3. 超岩群和亚岩群

分别相当于超群和亚群。其主要区别在于边界的构造性质，但超岩群必须是就地改造的结果，而不能把构造迁移拼贴的群级岩片轻易归并为超岩群。

### 三、构造—岩石—事件法

在以变质侵入体为主的变质岩区，由于侵入岩均已遭受了较强烈的、甚至是多次的变质—变形作用的改造，使原始的侵入体岩貌及组构特征已基本或大部分消失殆尽，并被改造成为各类长英质片麻岩和麻粒岩，其原岩是古老的深成岩，则应采用构造—岩石—事件法进行填图。对次生变形简单、变质程度较低，尚保留有原岩岩性及结构特征，能反映时序关系标志的变质侵入体可参照花岗岩岩石谱系单位填图方法进行。填图单位有：

#### 1. 片麻岩套

由两种以上时空分布关系密切的变质侵入体所组成。虽还能识别，但由于改造作用强烈无法厘定其时序关系，进行填图时，可称为片麻岩套，大致相当于花岗岩类岩石谱系中的超单元(如对其内部各变质侵入体无法进行划分时，则使用非正式单位片麻杂岩)。

#### 2. 片麻岩体

由单一变质岩体构成的岩石单位。

#### 3. 片麻岩、片岩、杂岩

原岩性质不明时分别使用之。

### 四、地质事件序列的研究与地质事件表的建立

在工作开始时就要注意研究各地质单位的时空关系，建立起粗略的事件表，随着工作深入、资料的丰富和认识程度的提高而不断修正、完善，在填图工作完成后建立区域内的地质事件表。地质事件表的建立是由局部到全局、由单项到多项的综合研究过程。填图过程中只有正确划分构造域之后，在同一构造域内进行构造学、岩石学、岩相学及变质作用多方面的研究，才能进而确立同一构造类型区域内的地质事件表。

变质岩石系列和岩石关系研究，构造变形序列的建立（构造序列与构造形迹组合的研究），多期、多相变质作用及变形作用关系的研究以及区域地质事件表的确立是地质事件研究的重点。区域地质事件的建立及表现方法有叙述式和表格式等。

## 第五节 火山岩区区域地质调查

### 一、火山岩区调填图的基本要求

大面积火山岩分布区既要采用火山地层法，同时也要应用岩性及岩相制图法的“双重”填图方法。具体要求是：①在详细研究划分火山岩和沉积夹层的基础上，结合火山地层的结构类型，划分岩石地层单位和火山喷发旋回及火山喷发韵律，建立地层层序，确定火山喷发时代；②查明火山岩岩石主要物质成分和地球化学特征、结构构造、岩石类型、产状、厚度、接触关系以及空间分布和变化规律；③依据岩石特征和火山岩体的分布形态，划分火山岩相；研究火山岩形成的地质环境；④查明与火山活动有关的构造特征，结合岩性、岩相资料研究古火山机构，探讨火山作用、区域构造与成矿的关系。

## 二、火山岩区调填图方法简介

### 1.剖面调查研究方法

火山岩区测制剖面主要是解决两个方面的任务。其一是正确划分火山岩地层，建立火山岩地层的填图单位；其二是详细研究火山岩岩性、岩相和火山机构、火山构造及岩石的含矿性，后者除实测剖面外尚需结合面上填图工作方能完成。

火山岩剖面测制的一般要求：①确定火山岩地层层序、厚度，正确划分火山岩地层。火山岩的厚度应该以同喷发期，按火山机构为单位测得的厚度。火山岩的“组”常以喷发旋回作为一个组的划分标志。它可以是几个组合相或相似的韵律的组合，也可以是一个厚度较大的完整的韵律组成。火山岩的“群”是具有两个以上时代相关而相邻的组归并而成。火山岩的小分层是以火山岩的颜色、结构、构造和成分的差异或沉积夹层来划分的。②查明火山岩的结构类型是指火山岩地层中在垂向上岩石组合特征。火山岩的物质成分主要指矿物成分和化学成分，由于许多岩石常具隐晶质和玻璃质，岩石的化学成分是划分火山岩类及其命名的主要依据。③查明火山岩的形成环境。火山岩的形成环境包含两个含义，其一是火山喷发的构造环境，如大陆裂谷、岛弧、大洋；其二是地理环境，如海底喷发或陆地喷发。④查明火山岩的岩相。⑤结合填图查明古火山机构或火山喷发中心。⑥确定火山岩的喷发时代。常采用火山岩中沉积夹层中所含的化石，火山岩及同源侵入体的同位素年龄或古地磁年代，与正常沉积岩顶、底接触关系等。⑦火山岩的岩相调查研究。

### 2.古火山位置的调查研究方法

第四纪以前的火山称为古火山。古火山机体一般多遭不同程度地破坏，或者受后期地层的覆盖和构造运动的影响，使其变得比较复杂特别是各个火山口的喷发机理和形成的岩相、岩性、构造特点不同，往往表现出不同的特征。因此，调查和确定古火山口的存在及其具体位置尤为重要。有时在推测古火山口附近需测制局部放大比例尺的剖面来研究火山机构，常见的古火山口有下列标志：①火山口附近形成的火山碎屑岩，碎屑的粒度大，常为集块岩、火山角砾岩，而远离火山口则碎屑物粒度则逐渐变细，为凝灰岩所代替；②熔岩或火山碎屑岩在火山口附近，一般厚度大；远离火山口时厚度逐渐变薄，但有些易流动的基性熔岩，受古地形的控制，厚度也会出现相反的情况；③通过详细测量火山岩的产状（层理、流面）常可发现其走向多呈环形包围火山口，而倾向一般是指向火山口外侧，但是塌陷形成的破火山口则向火山口内侧倾斜，并在火山口附近倾角较陡，远离火山口则逐渐变缓；④火山口附近的岩石常出现热液蚀变现象，如次生石英岩化、碳酸盐化和某些矿化现象，远离火山口时蚀变现象逐渐减弱并直至消失；⑤火山口附近常见有环状、半环状及放射状裂隙系统，这些断裂多属张裂或张扭性质，多为岩墙和岩脉充填；⑥火山口附近常有稍晚期次火山岩岩体分布，如果为裂隙喷发，这些岩体呈带状或串珠状分布；⑦多数中心式古火山机构常具有环状分布的航磁、重力和各种元素地球化学异常或放射性异常；⑧遥感图像常显示环状、半环状影像特征。

中国目前在沉积岩区、变质岩区和花岗岩类区的基本岩石地层单位划分方案与术语及等级关系见表 3-4。

表 3-4 沉积岩、变质岩、花岗岩类岩石地层单位划分与术语方案（据周维屏等，1993，有改动）

岩 类		沉积岩类	变 质 岩 类					侵 入 岩 类 (以花岗岩类为主)		
			变 质 等 级 增 加→ <span style="float:right">←变 质 等 级 增 加</span>							
			变质沉积		火山堆积岩系		原岩性 质不明		变质侵入体	
			浅变质	中浅变质	中深变质	中深变质			浅变质	
			成层有序	层状无序	块状无序					
鉴别标志		岩性与层序率		岩性与构造	岩性	岩性	岩性	岩性	岩性与层序	
岩石地层 单位类型		岩石地层单位 (Lithostrati—graphic units)		构造~地（岩）层单位	岩石地层单位	岩石单位	岩石谱系单位	岩石谱系单位	岩石谱系单位 (Lithodemic units)	
岩 石 地 层 单 位 等 级	正 式 单 位	超群（Supergroup） 群（Group） （亚群）（Subgroupj） 组（Formation） 段（Member） 层（流）（Bed/Flow）		超岩群（Complex supergroup） 岩群（Complex group）  岩组 岩段 岩层（流）	副片麻岩群  副片麻岩组		片麻岩套  片麻岩	超单元组合（Superunits associations） 超单元（Superunits）  单元（Umits）		
	非正式 单位	岩性段 标志层 岩楔、岩舌礁滩			变质表壳岩组合	片麻岩 片 岩		序 列 侵入体		
不具等级 意义单位		沉 积 杂 岩 <sup>[1]</sup>		变 质 杂 岩 （Metamorphic complex） <sup>[2]</sup>				岩浆杂岩（Igneous complex） <sup>[3]</sup>		

[1] 沉积杂岩：指在活动大陆边缘板块俯冲带上，不同时代地层由下构造叠置混生的岩块，岩块内有时服从层序律，岩块之间不服从层序律。

[2] 变质杂岩：指由两种或两种以上的变质岩因复杂的变形与变质而难以划分具有等级意义的地质体总和

[3] 岩浆杂岩：指由不同时代、不同岩性且在空间上紧密共生，因构造等因素，难以查清其演化序列的侵入岩群体。

## 第六节 新构造及环境地质与灾害调查

### 一、新构造调查方法

新构造运动主要指第四纪以来，造成地壳形变或新构造运动形迹的构造运动。新构造运动研究对探讨大地构造成因起到将今论古的作用，为地震预报提供依据，促进动植物和古人类的演化，可以解释大陆地表和海洋盆地的现代地形特征，对研究第四纪沉积有特殊意义。

新构造类型的划分目前还没有一个统一的分类标准或原则，但一般认为，主要有升降运动、褶皱运动、断裂运动等类型。

新构造运动的表现大致有多层地形，如夷平面、阶地（包括河流、海、湖，洪积等）、溶洞等，地形高低变化，切割程度，河谷形态，水系分布，地下水位，沉积厚度，岩相变化，沉积物类型及其组合，地质构造（断裂、褶皱、岩层倾斜、节理、裂隙、地层不整合等），古地震，古火山，古迹，地热异常及温泉，地应力值变化，以及其他各种地球物理异常值等。

#### 1. 多层地形的调查

多层地形是指地表在内外营力相互作用下所形成的两级或两级以上的具有阶梯状态特征的一种层状地貌形态。多层地形中常见的有夷平面、阶地和溶洞等。多层地形是新构造运动研究的有效方法，特别是研究新构造运动的间歇性特点很具有代表性。

（1）夷平面的调查。夷平面是指在地壳运动相对稳定时期，由于外力长期的削高填低作用或称夷平作用，夷平了由构造运动所创造的崎岖起伏的地形和构造面，形成向侵蚀基准面方向趋近的平缓起伏的地形。

夷平面具有以下几个特点：①在没有变形的情况下，同级夷平面的高差不大（即地形面平缓起伏）；②分布广泛，不受岩性、构造的影响，切割了不同岩性、不同时代的地层；③同级夷平面有相似的地形形态和地貌组合形态；④夷平面上有相应的堆积物，常见有红土残积物和冲积层。夷平面的年代确定可以采取内插法、相关沉积法、区域对比法。

研究夷平面的形变，首先要弄清是否是时代相同的同期夷平面。夷平面的高度测定是研究山区新构造运动上升幅度的可贵资料。对夷平面的研究，在调查前，可在室内对大比例尺（如 1:5 万等）的地形图进行分析，绘制出一张解释图，然后带到野外进行调查和验证。在调查中，可绘制夷平面地貌剖面图，以及等值线图或其他图解等。

（2）阶地的调查。阶地因成因不同，可分为河成、海成、湖成和洪水形成等。本节重点介绍河流阶地。过去不同时期的河谷底部（河床和河漫滩部分），由于河流下切侵蚀，而被抬升超出一般洪水期水面以上，呈阶梯状分布在谷坡上，这种地貌称为河流阶地。其特点主要 阶梯状，一般洪水不淹没，沿河道两侧谷坡断续分布。阶地的形成必须有两个阶段首先在相对稳定时期的侧蚀作用阶段，形成河床及河漫滩；之后由各种因素（主要是构造运动）引起河道上升，产生了河流的急剧下切作用。阶地的形成原因有多种，但主要原因是因地壳上升或者下降而形成的，这是新构造运动的主要研究对象。研

究构造运动形成的阶地主要有河流横剖面法和河谷纵剖面法两种。

(3) 溶洞的调查。溶洞在灰岩出露区，特别是华南和西南一带特别发育。溶洞的形成因素之一就是地下水的的作用，地下水位在没有构造因素影响的情况下，一般都保持不变，稳定时期长，溶洞发育。一旦地壳运动将此区抬升，而地下水位也随之相对下降，早期的溶洞抬到了地下水位以上的高度，如此反复形成了多层溶洞地貌现象。

## **2.河谷形态及水文网的调查**

河谷及水文网类型很多，但与新构造运动有关的，属河谷形态类型的主要有“V”型谷、先成谷、后成谷及袭夺谷。

“V”型谷是老河谷受地壳急速抬升而形成的峡谷，但多数代表河谷形成初期的形态，其特点表现为谷地深、谷坡陡、比降大、多急流和瀑布，是由地壳迅速上升，河流强烈下切而成。

先成谷为早期形成的河流，后因某段发生地壳隆起而未改道，原位下切，保持谷道不变。这些河谷一般多发生在峡谷地段，反映了地壳运动时代较新。

后成谷形成于构造变动之后，即在老构造变动后，开始形成小型河谷。随之，地壳下降，沉积了大量的堆积物，覆盖在老地层之上。后来，地壳上升，早期发育的小型河流沿着新地层顺坡继续发育，深切底部老地层，不受老地层构造形态的影响，保持河道不变。

分水岭两侧的河流由于侵蚀速度不同，侵蚀作用强的一条河流夺取了侵蚀力较弱河流的水，这种河谷为袭夺谷。袭夺谷在一定程度上也反映了新构造运动的影响。

水系或水文网形态很多，常见的与新构造运动有关的有辐射状水系、聚心状水系、网格状水系、平行状水系、环状水系以及其他的水系同向偏转和河道变迁等。

## **3.沉积厚度的调查**

堆积物主要出露在新构造运动的下降地区，沉积物的厚度变化是剥蚀与堆积，上升与下降等地质作用所引起的。反映这种新构造运动的堆积物，主要出露在许多山麓区和山区。一般说来，沉积物厚度越大，反映盆地的沉降幅度就越大，或者说盆地断陷或凹陷也越深。沉积物突然变薄或变厚，可能与断裂活动有关，在地堑或裂谷式盆地中，因断层带阶梯状下降、中部断陷最深，沉积也就最厚。在断陷幅度大的地方沉积厚度就大，特别在强烈上升的深大断裂的下降盘，其沉积厚度是相当大的，如渭河裂谷盆地，在西安附近，新生代沉积厚度达 5000m 左右。因此，为了分析沉积区内的新隆起、新凹陷（或断陷）和新断裂的分布规律，以及它们的活动、活动幅度和速率、沉降中心等，就必须收集研究地区的物探和钻孔资料，仔细分析不同时代的地层，编制各种图件，如基岩埋深图、不同时期地层的等厚线图、某时期的湖相顶面等深线图。

## **4.岩相变化的调查**

岩相变化包括成因上和岩性上的变化。成因上的变化主要是成通过它们的变迁和相互间的叠置关系来分析新构造运动的升降特点。岩性上的变化是指沉积物颗粒的粗细变化。一般来说，粗颗粒反映构造运动强烈，细颗粒反映构造运动微弱或稳定。如湖沼相堆积物中，主要以粉砂、淤泥、亚粘土类物质为主，颗粒均较细，反映了上升运动微弱，或相对稳定；而山麓地带的大量堆积物均是粗粒状的卵石层，特别是西北地区普遍发育，

说明了强烈的上升运动，而且速度较快，反映该地区剥蚀能力很强。

### 5.堆积物类型及其组合关系的调查

堆积物的成因类型一般与一定的沉积环境有关。不同的沉积环境，在某种程度上又反映了构造运动的强弱和性质。干冷气候环境除了气候变化外，可以由地壳上升运动造成。相反红土型可因地壳下降或相对稳定时产生。再如重力堆积一般产生在陡坡 $>45^\circ$ 的条件下，而这种条件的造成，又往往与强烈上升运动而引起的强烈下切作用有关。在坡度较小的情况下，便形成坡积物。

### 6.新构造的调查

新构造主要有褶皱、断裂、节理、裂隙、倾斜岩层及不整合等。新构造可以保存在老地层中，也可以直接在新地层中出现。在老地层中不易被认识，往往容易忽视；而新地层中的构造比较直观，只要发现，一般就能认定。需要指出的是，新地层中的构造不完全是构造运动所引起的，还包含有外力作用和人为因素。这些外力作用形成的构造都是假构造，在研究新构造中都应加以排除。

## 二、环境地质调查

### （一）环境地质调查概述

环境地质问题，指各种工程经济活动引起的环境工程地质问题和环境水文地质问题，主要是城市、能源、交通、原材料工业等重大工程建设和矿山开发、水资源开发及农业活动等引起的地面及斜坡变形破坏、建筑物及公共设施的变形破坏、固体废弃物的环境危害、水库浸没及水库诱发地震、地下水资源枯竭和水质污染等。主要特殊不良地质环境条件指特殊不良岩土体（易溶岩、冻土、湿陷性黄土、胀缩土、淤泥质软土等），原生有害地球化学异常、煤层自燃、海平面升降、重要地区的沙丘移动和地壳强烈活动带等。主要地质灾害包括由自然地质作用以及人为活动造成的崩塌、滑坡、泥石流、地裂缝、地面沉降、地面塌陷，地下工程的严重塌方、突水、瓦斯爆炸，土地盐渍化、沼泽化、沙漠化，水土流失与河道、水库淤积，河、湖、海岸的严重冲刷、塌岸，海水入侵，旅游区和自然保护区的自然地质景观破坏等。

环境地质调查的任务及主要内容主要有：

（1）调查各种环境地质问题和地质灾害的发育情况、分布规律及其形成原因。着重查明对本区影响较大和重点地区的地质灾害和环境地质问题。

（2）应用定性分析和半定量分析相结合的方法，进行地质灾害发育强度及环境地质问题影响程度及其危害的分区评价，并作出发展趋势预测。在此基础上，结合自然环境、社会与经济（人口、城镇、经济—工程建设等）发展规划，圈定重点防治区域。

（3）研究并提出环境地质问题、地质灾害的防治和地质环境保护对策，包括在重点地区进一步勘查、评价对策和监测预报对策与治理对策等。对危害性较大的灾害点或影响较大的问题应及时向当地政府和主管部门报告，以便采取防范措施，最大限度减少灾害损失和环境危害。

（4）由于各地区地质条件不同，和社会经济发展水平的差别，所反映出的环境地质问题，具有明显的地区性特点。因此部署上要按“区域展开，重点突破”的原则，确

定调查工作重点。

## （二）调查的基本要求和方法

充分利用前人资料，重视野外路线调查，加强综合分析，查明条件、总结规律、科学分类、现状评价，趋势预测，并提出区划与对策。

在开展野外调查之前，应根据已有资料和国民经济规划建设要求，划分出重点工作和一般工作区。要把地质灾害危害程度较大的城镇区、工矿区、重大工程分布区、交通干线、国土开发重点区、农业重点开发区和经济技术开发区等作为重点工作区。

要充分收集、利用已有资料和遥感图像，以路线穿越调查为主，现场观察和访问相结合，必要时辅以适量的物探、剥土、坑槽、室内实验；加强地质观察和分析，记好调查卡片，收集好第一性资料；加强资料整理和综合研究，充分利用计算机技术。对重点区或全区性的重点问题的调查要加密调查路线和调查点。

地质灾害及环境地质问题种类多，分布不均，要突出重点，兼顾一般，抓住对调查区危害最大的灾种或问题，调查其发育特征、分布规律、成因和危害。在调查成因及发育规律时，要分别阐明自然条件和人类工程经济活动在其形成中的作用，并注意地质灾害及环境地质问题的群生及派生关系。对点上或面上的问题都要调查其现状及变化两个方面的情况。对重点地区的一些影响较大的地质灾害或问题尽可能在现场分析、预测其发展趋势，了解和总结已有防治经验，提出进一步防治的对策。

加强灾害经济的调查研究。地质灾害造成人畜伤亡，直接和间接经济损失等和已有防治工程的类型、结构、规模及防治工程效益等，都必须分项统计和列出。

### 1.崩塌调查

调查重点地区是新构造上升（含强烈地震带）、高差较大、坡面较陡、降雨充沛、暴雨多发和人类经济—工程活动强烈的山区。调查内容包括：①调查崩塌发生的时间、范围、规模、特点、危害和造成的损失；②调查分析崩塌形成条件和影响因素，形成条件包括地形地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件等；影响因素包括自然的（如降雨、地震、植物根劈）和人为因素（坡脚开挖、后缘加载、机械振动、排水不当）等；③评价并预测重要崩塌体稳定状况及其发展趋势；提出防治对策。对已有的防治工程，要详细调查其特点和效益；④圈定潜在崩塌危险地段（带），分析其成因、预测其发展趋势、崩塌形式和可能规模，提出防治对策。

### 2.滑坡调查

调查的重点地区是新构造强烈上升（含强烈地震带）、软硬岩相间、降雨充沛、暴雨多发，人类经济—工程活动强烈等山区。调查内容包括：

（1）调查滑坡规模、要素和危害。①估算滑坡规模包括长度（顺滑动方向）、宽度、厚度、面积、体积和滑动的水平、垂直距离；②滑坡微地貌形态特征，如滑坡形态和地表起伏情况，滑坡环谷、滑坡断壁、滑坡台阶、洼地、膨胀丘等；③重要滑坡体的组成要素与特征，如滑坡体物质组成、结构和分布特点，滑坡体后缘、前缘及侧方边界尺寸和高程，滑动面、滑坡床和剪出口形态、构成、产状与埋深，横向、纵向、放射状、羽毛状裂缝等；④其他现象，如滑坡体上建筑物、树木等地物位移情况，滑坡造成危害情况等；⑤滑坡危害和造成的损失。

(2) 调查分析滑坡形成条件、影响因素、滑坡活动历史和滑动方式、特点、力学性质、类型，以及滑坡与其他斜坡变形方式的关系。

(3) 调查预测滑坡体稳定状况和发展趋势，提出防治对策。对已有的防治工程，要详细调查其特点和效益。

(4) 调查圈定潜在滑坡危险地段，分析其成因，预测其发展趋势、变形破坏方式和可能规模，提出防治对策。

### **3.泥石流调查**

调查的重点地区（段、带）是，构造强烈活动（含强烈地震带）的山区或山前地带，具有大量松散物质堆积区，滑坡、崩塌物质成片、成带堆积区，暴雨多发区及冰雪融化区，植被严重破坏区。应特别注意对“人为型泥石流”形成条件的调查，如矿山废弃矿渣、矸石和道路或施工弃渣堆放不当，可能因暴雨引发泥石流的地段。调查内容包括：

(1) 调查泥石流的规模、特征和危害。①形成泥石流的固体碎屑物质的供给区、流通区和堆积区的位置、范围、规模、形态和泥石流物质组成、结构特点及可能的物流量；②形成泥石流的水的来源和水量；③泥石流物质成分、结构和流变性质；④泥石流暴发时间、过程（速度）和受力性质；⑤泥石流类型；⑥泥石流活动历史和暴发频率，特别注意历史上该地泥石流暴发的临界降水量；⑦泥石流危害和造成的损失。

(2) 调查形成泥石流的自然与地质环境背景。包括地貌、地层岩性、地质构造、风化作用与崩滑作用及其堆积物发育、分布状况，流域内降雨、冰雪融化特点和河、湖、水库分布情况等。

(3) 调查预测泥石流稳定状况和发展趋势；提出防治对策。对已有的防治工程，要详细调查其特点和效益。

(4) 调查圈定潜在泥石流危险的和多发的地区（段）或沟谷。

### **4.地裂缝调查**

调查地裂缝的形态特征、产状要素、规模和其形成的自然地理及地质环境背景（特别是与区域构造的关系）与影响因素（自然的、人为的），有条件时初步确定地裂缝的成因类型，分析地裂缝在时间上、空间上、强度上的分布规律和发展趋势。

调查地裂缝的危害和造成的损失，提出防治对策。对已有的防治措施，要详细调查其特点和效益。

### **5.地面沉降调查**

调查地面沉降的分布范围、发生历史、沉降速率、总沉降量、范围、历史和引起地面沉降的自然地理、地质环境背景与因素，尽可能分析地面沉降的成因（构造沉降、抽取地下水或土层压缩引起等）和主要沉降、压缩层，预测地面沉降的发展趋势。

调查地面沉降的危害和造成的损失。如海水倒灌，港口、码头和堤岸失效，河流纵坡变化导致水流不畅、洪水泛滥或影响水上交通，雨季渍涝成灾，地表和地下建筑物损坏等。对已采取的防治措施，要详细调查其特点和效益。

### **6.地面塌陷调查**

地面塌陷主要指岩溶地面塌陷和非岩溶地面塌陷，而后者多是因为采矿或洞室开挖引起的塌陷。因此，岩溶区（主要是松散堆积物覆盖的岩溶区）城镇、工厂洞室密集区

和矿产开采区是地面塌陷的重点调查区。调查内容包括：

(1) 调查地面塌陷发生的时间、规模、范围和分布规律，分析地面塌陷与地貌、地层岩性、地质构造、水文地质条件、降水、地表水之间的关系。对矿区地面塌陷还应特别注意分析地面塌陷与矿山排水或采空、洞室开挖等之间的关系，确定其成因类型。

(2) 调查地面塌陷的危害和造成的损失，预测其发展趋势，提出防治对策。对已有的防治工程，要详细调查其特点和效益。

#### **7.坑道突水调查**

调查矿山和其他地下坑道突水（有的伴随突泥）的时间、规模、历史和突水点的分布、特点与水的来源，分析突水与地层岩性、地质构造、水文地质条件、岩溶发育规律、地表水与人为活动的关系，调查突水造成的危害和损失，了解突水防治经验。

#### **8.海水入侵调查**

调查海水入侵地下淡水层的历史、范围、面积和淡水咸化的程度及动态，调查区内自然地理、地质环境背景，分析海水入侵地下淡水层的原因，调查海水入侵危害和造成的损失，预测其发展趋势，总结已有的防治经验，提出进一步防治对策。

#### **9.冷浸田和土地盐渍化、沼泽化调查**

调查冷浸田（或称土地潜育化）和土地盐渍化、面积和地区的水文、气象、地形地貌特点，沉积物的成因类型、物质成分和厚度，区域地质构造及新构造活动特征，水文地质条件，人为经济—工程活动和土地耕作、灌溉、施肥及其管理情况，分析冷浸田和土地沼泽化、盐渍化的成因与类型。调查冷浸田和土地沼泽化、盐渍化的危害和造成的损失，特别是农业损失。预测它们的发展趋势，总结当地已有的防治经验，提出进一步防治对策。

#### **10.河流、湖泊（水库）、海岸侵蚀与沉积调查**

调查河流、湖泊（水库）、海岸侵蚀、堆积的速率、规模和规律，所在地区气候、气象特点和水体水文特点，以及所处地质环境背景；分析河流、湖泊、海岸成因和演变历史。调查河流、湖泊、海岸侵蚀、堆积和演变危害与造成的损失，预测其发展趋势，提出防治对策。对已有的防治工程，详细调查其特点和效益。

#### **11.土地沙化和沙漠化调查**

调查土地沙化和沙漠化的范围、程度、特征、发展速率和类型，分析形成沙化和沙漠化的自然因素和人为因素；调查土地沙化与沙漠化或沙丘移动的危害和造成的损失，预测其发展趋势，总结已有的防治经验，尽可能提出进一步防治对策。

#### **12.水土流失调查**

调查水土流失范围、发展速率、强度（侵蚀模数等）、面积和水土流失的自然因素和人为因素；调查水土流失的危害和造成的损失，如土层变薄、耕植土被毁损、土壤肥力减低和河流、湖泊、水库淤积、洪水泛滥、生态环境恶化等，预测其发展趋势，总结已有的防治经验，提出进一步防治对策。

#### **13.特殊岩土危害调查**

主要调查内容包括：岩（土）层的物质成分和机构、地下水的埋深及水位变化、气温变化、冻结层厚度（永久的、季节性的）冻融变化周期、土石冻融类型及其成因、黄

土湿陷危害、胀缩土危害、淤泥质软土等调查。

#### **14.区域地下水位下降（枯竭）或上升调查**

调查地下水开采量、水位下降速度、深度、水质变化、降落漏斗面积等，调查由于人工开采或其他自然因素造成的区域地下水位下降或枯竭对城市或工农业供水、地球化学变化等造成的危害，调查地下水位上升对农田、城市建筑地基及各种设施的影响或危害。

#### **15.地下水污染调查**

调查各种污染源的位置、主要污染物和浓度、排放量、排放方式、排放途径及污染状况，重点是工业“三废”排放和农业污水灌溉现状及污染状况进行调查；大气、地表水与土壤中的主要污染物及污染程度、范围与演变过程、污染原因和污染途径；地下水中的主要污染物及其分布特征、污染程度和污染范围、污染原因、污染类型、以及对环境和生态的影响。

#### **16.原生或次生地球水化学场变化问题**

调查由于原生地球化学场异常或次生地球化学成分变化引起的各种危害，如地方病的类型、分布、危害人类或其他生物种群的范围、产生原因等。

#### **17.固体废弃物调查**

调查工业、生活固体废弃物、废液的不合理排放对地表和地下水环境危害的地点、原因、范围和强度等；城市生活垃圾的排放及其污染范围，填埋物的处置状况；矿山区的废矿、矸石的堆放范围、污染性质、历史、强度等。

#### **18.山区城市建设地基开挖调查**

调查山区城市建设中不合理开挖坡脚或基坑引起斜坡变形破坏的分布范围、程度、产生原因及对建筑群的破坏状况。

#### **19.地下工程中的地质灾害调查**

调查地下工程中的严重塌方、突水、突泥石流、瓦斯爆炸、岩爆与煤层自燃的规模、成因及其危害程度和教训。

### **（三）环境地质信息系统的建立及应用**

主要包括环境地质数据库的建立、计算机辅助制图、利用数据库的可操作性和计算机制图的及时灵活性，进行多方面的辅助决策。为地区性国民经济发展规划和布局的决策，适时调整地方经济战略，进行咨询；全国计算机数据库联网，对国土规划的长远目标和近期设想进行防灾、减灾、抗灾和救灾检查。

环境地质及地质灾害研究完成的主要地质图件有环境地质图、地质灾害分布图、地质灾害发育强度分区评价图、地质灾害危险程度分区预测图、环境水文地质评价预测图。

## **第七节 区域地质填图**

区域地质填图方法通常由剖面调查、路线调查、专门性调查几部分组成。

### **一、剖面调查**

#### **1.实测剖面**

(1)实测区主要地质填图单位至少有1~2条实测剖面控制。修测区对原有的实测剖面在检查的基础上选择具代表性的或有重要意义而出露好的剖面进行重测或补测,重测或补测的剖面数应占原有一定比例;凡是新建的地层单位,都要新测制层型剖面。

(2)剖面线通过处,要求露头连续性好,一般要求基岩露头大于60%,为此应充分利用沟谷、自然

切面和人工采掘的断面、公路两侧的崖壁等,作为剖面线通过位置。对地带状、线状地质体,实测剖面线方向要基本垂直于地质体走向,一般情况下两者之间的夹角不可小于60度;对于侵入岩等圆形或近等轴状分布的地质体,可布置“十”字形剖面控制(图3-2)。

(3)当露头不连续时,应布置一些短剖面加以拼接,但需注意层位拼接的准确性,难以用短剖面拼接时,应考虑使用探槽或剥土予以揭露。特别是当推测掩盖处岩性有变化,或产状、接触关系和地层界线等重要内容因掩盖而不清时,必须使用探槽。

(4)详细逐层记录岩性、岩相、构造、各类样品采集、照相的等内容。实测剖面丈量表及计算表要详细记录导线号、导线方位、导线长度、坡度、分层号、分层斜距、各类面理、线理产状及测量位置。

(5)沉积岩、沉积—火山岩(含浅变质的沉积—火山岩)要绘制实测剖面图和柱状图:第四系堆积物如为水平岩层(倾角小于 $5^{\circ}$ )可只制作柱状图;中深变质岩、侵入岩和造山带区混杂岩一般只要求制作实测剖面图。

## 2.复查剖面

复查剖面是指对前人在调查区内在完成区调或专题地质调查研究时实测的剖面,在无须进一步实测时,通过收集、消化前人成果,对该剖面的专门性复查和再认识。

对前人研究程度较高的剖面,野外复查中仅对其进行系统掌握,对有争议或尚需补充资料地段适度补做工作和采集必要样品,可不再另做剖面图。对原研究程度偏低或尚需进一步研究的剖面,或者涉及区内主要填图单位建立,地质体重新解体与厘定的剖面,可依照原导线平面图逐层补做记录与描述,修正与完善,部分地段可重做剖面图。个别剖面确因原导线无法实地核实时,可建议由复查改为局部重测。

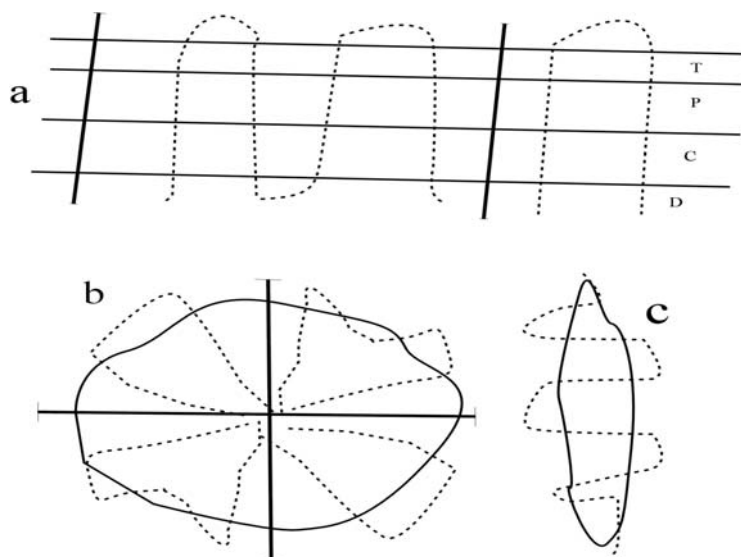


图3-2,地质路线及剖面布置示意图

a、c,平行路线;b、花瓣状路线;

粗实线为布置剖面线,虚线为布置路线

### 3.详细路线剖面

详细路线剖面是依照设计书规定，在二条剖面之间控制主要地质体边界、区内地质构造格架、特殊样品（加密）采集而布置的主干路线剖面，是对区内实测剖面的补充。该类剖面要求全程或主要地段详细控制重要地质体和填图单元。详细路线剖面均应有较大比例尺的路线剖面图编绘。详细路线剖面调查中，应多量取各类产状，较详细岩性分层，并采集必要样品，记录各界线、产状、样品等的准确位置，并在信手剖面图和手图上全面反映。

## 二、路线调查

系统连续的地质路线观测，是区域地质调查必要的最基本的方法，必须严格认真地做好。调查路线分为踏勘路线、系统观测路线、检查路线。

### 1.踏勘路线

踏勘路线布置一般应以垂直各类地质体及区域构造线走向的穿越路线为主，并能观察到区域内具有代表性的各种主要地质体和地质构造现象为最佳选择；如果穿越路线难以满足全面系统掌握区域地质情况，也可采用穿越和追索路线相结合的方式进行踏勘。

### 2.系统观测路线

系统观测路线必须全面控制测区所有地质体和重要构造形迹的空间展布形态及其分布规律，对路线线距和点距不作机械的规定，但要求点、线控制应形成一定的网络格架；对地质繁简程度不同的地区其地质路线的稀、密应有所不同。凡穿越路线不能达到目的的，可布置专门的追索路线。

### 3.地质路线控制程度

区域性的主要构造地质体，必须要有足够的地质路线控制，其路线控制程度的要求，应以能较准确地圈定出构造地质体的形态为原则。路线布置应以最大程度控制地质体分布为原则。通常采用穿越路线为主，追索路线辅助的布线方法。

穿越路线基本上垂直地质体和构造线方向，按一定间距控制地质体，以最小的工作量（最少的路线）穿越最多的地质体，研究最多的地质问题。根据地质体形态的不同，穿越路线有平行路线和花瓣状路线两类（图 3-2）。

追索路线是对局部重要地质现象以及和相邻图幅接边等特殊目的而布置的路线。

地质路线上的点距，一般不作规定，但其所通过的地质界线，重要接触关系，重要地质构造，或重要地质现象等均必须要有地质观测点控制，对该类观测控制点要求记录务必详实，测量数据参数准确齐全，并附有必要的照片、素描图和必要的实物标本。所圈定的主要地质体沿走向延伸呈现较大变化时，一般均应沿界线布置追索路线，以控制其变化情况，查明其变化原因。所有重要地质界线、地质体、正式填图单位和具有特殊意义的非正式填图单位等均应有足够的观察路线和观察点控制。在观察路线上要详细观察记录，采集必要的样品，取准、取全各种地质要素、参数数据。露头良好的路线、主干路线和专题研究路线，要求作好连续信手地质路线剖面，对重要地质现象、接触关系均应有素描图或照片反映其实际情况。

接触关系是地质调查工作中需要着重解决的核心问题。在地质调查工作中，必须查

明不同地质体间的接触关系性质。

对遥感解译程度良好地区，观测路线只需对解译成果进行适当的地面检查验证和样品系统采集为主，并在有关记录中附上相应的影象及解译资料，以使进行印证检查。

地质体的标定应严格执行有关规定。地质观测点、线标定误差，一般不得大于其标定地形图 1mm 所代表的实际距离。

### 三、调查图件的标绘内容及方法

#### 1. 标绘内容

地质调查中，用于填绘和标定地质内容的图件简称为（野外工作）手图。标绘内容应按有关规定要求，做到齐全、准确、规范、统一。一般要求标绘的内容包括观察点及编号、地质界线、岩石花纹、各种构造要素及其产状、矿层（矿化）花纹、岩体接触变质带蚀变花纹、化石及各类样品采集点的位置、符号及编号等。

#### 2. 标绘方法

地质点：以直径 1.5mm 的小圆圈画在定点位置。点号、分层号、产状等内容的具体标绘方法如图 3-3 示意。如分层过细时，可以将数层合并成一个大的岩性层，层内岩性花纹以主要岩性代表。

各种构造要素符号按测量的位置标注。各类样品标定应按规定的代号，以相应的符号标注在采集位置上。书写必须规范正确。

专门性检查是指对地质调查中，没有达到预期目的、有认识分歧、有重要发现的地段安排进一步调查，或在质量管理与监控中安排的复查、抽查路线进行的再检查。专门性检查中所涉及的一般性工作方法参照前述方法，如涉及矿产等专门性检查时，具体方法参照矿产调查的有产方法。

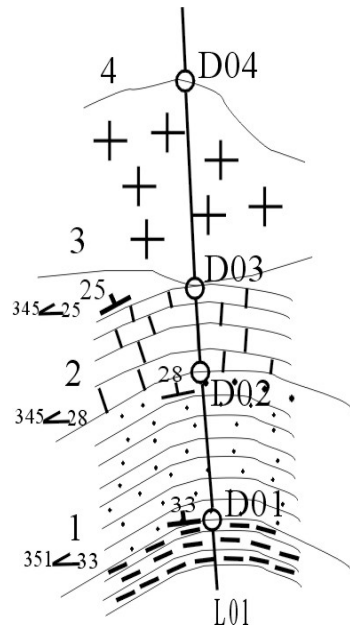


图 3-3，地质路线标绘示意图

## 第四章 矿产资源调查

矿产资源是自然资源中对人类生存和发展最为重要的资源类型之一。矿产系指蕴藏地下为人类所能利用的物质，它以固态、液态、气态三种状态存在，固体者称之为矿石。国土资源调查中的矿产资源主要是指固体矿产及能源矿产，资源学中称其为能源和矿物原料，习惯分为金属矿产、非金属矿产、石油、天然气、煤和一些放射原料等。

矿产资源既是区域地质调查的重要内容之一，又可作为国土资源调查的独立内容，进行专项立项调查和评价。

### 第一节 矿产资源调查概述

#### 1. 矿产资源调查的目的和任务

人类社会的发展与矿产资源的开发利用有着密切地内在联系。自人类出现以来就开始利用矿产资源，并以利用的类型和强度，将社会发展阶段划分为旧石器时代、新石器时代、青铜器时代、铁器时代、工业革命时代等。当今人类社会已进入信息时代，已拥有了大量加工型原料，但最基本的物质或最初始的物质中，矿产资源仍占很大的比例。任何国家的经济发展和社会进步，都离不开矿产资源的开发利用。

矿产资源的有限性、区域性、综合性、扩展性，决定了对矿产资源的开发，既不能无度浪费，也不应悲观绝望。要建立新的社会发展理念，只要我们可持续的利用矿产资源，人类社会经济的发展就会有坚实的物质基础，才能保证其可持续的发展。

矿产资源的稀缺性、竞争性，选择性、可得性、分散性、传布性、增值性说明，矿产资源调查不仅仅是一项技术工作，还是一项基本的社会经济工作。要实现矿产资源可持续的开发利用，首先必须了解资源状况，研究资源特征，发现新的矿产，评价资源潜力，最终要提出利用对策。这不仅关系到矿产资源利用的合理性和有效性，还关系到矿产资源在社会经济发展中的作用及意义。

#### 2. 矿产资源调查的具体任务和内容

(1) 了解资源状况。这是国土资源调查中矿产资源调查最基本的任务，也是调查的最初工作内容。通过收集前人工作的各种成果以及采取区域踏勘、矿点检查、路线调查等形式直接获取的初步成果，使我们可以对区域中工作程度和存在问题形成初步认识，进而对区域矿化类型、成矿条件、代表矿化的时空分布、控矿因素及成矿条件获得初步了解，以确定各阶段调查的工作方法、重点及进程。

(2) 研究资源特征。一般包括成因特征及工业特征两方面。成因特征内容十分广泛，也将因矿床类型不同而有差异，但基本上应包括成矿的空间域和成矿的时间域因子研究。工业特征包括矿体品位、规模、储量、产出条件、形态、有用组合的赋存状态。

(3) 发现新矿产地。矿产资源调查的最终目的，还是为了不断发现新的矿产地。因此，在调查工作中，应十分重视新矿产地的发现，并将这一工作放在重要位置。发现新矿产地的工作方法可以有多种，包括对已知地表矿化线索的检查和析，如重砂异常、化探异常、物探异常、遥感信息以及各种地表和地下的其他矿化标志等。

(4) 评价资源潜力。由于矿产资源的自然属性及社会经济属性，决定了矿产资源

潜力的评价必须充分考虑各种评价因子，包括自然因子（规模、形态、组分、共生和开采条件）、经济因子（自然环境、交通、水电供给、建设条件等）、社会系统（劳动力、技术、需求、地位、环境影响、地域发展等），进而建立评价指标和评价单元，最终完成对已发现或已勘探资源的利用潜力和未发现的资源预测潜力进行评价。评价资源潜力，可以科学的认识区域资源潜力优势，制定本区矿产资源开发规划。

（5）提出利用对策。国土资源调查是一项公益性的基础工作，它不仅服务于矿产资源开发，而且服务于区域经济社会发展，因而也是区域经济区划，环境区划等工作的重要因子之一，成为制订地方以至国家国民经济和社会发展规划的主要基础。在完成矿产资源调查时，还必须从国土资源调查的角度，对区域矿产开发利用前景，开发中的环境影响，矿产经济的地位及作用，开发政策和方法等多个方面和层次提出建议和利用对策。

## 第二节 区域矿产资源分布规律调查

从形成特征角度认识区域矿化形成的时间域、空间域、成矿史、主要的控矿条件，是全面认识调查区矿产资源特征的最基本工作，也是在成矿理论指导下，认识区域成矿特征的重点，最基本的内容包括区域矿产的类型与区域成矿史的研究认识。

### （一）区域矿产类型调查

从矿床学范畴讲，称之为矿床（化）类型，从工业利用角度讲，称之为矿床工业类型。二者由于分类原则的不同而形成了不同的分类系统，习惯上前者称为成因类型、后者称为工业类型。此外，还有如有机矿产和无机矿产，固体矿产与能源矿产，传统矿产和非传统矿产等分类。但从成因理论和经济利用两个方面分类，既有理论意义又有实用价值，可以最好的概括绝大部矿床类型，也能直观反映其利用性质，因而是最常见的分类。

#### 1. 矿产（床）工业类型

常规分类包括金属矿产和非金属矿产。在此，我们建议把能源矿产也列入矿产工业类型分类中，同时建议将农业（用）矿产和药用矿产也一并列入。如此，矿床工业类型就自然扩展为利用类型了。

（1）金属矿床。从利用性质上，还可划分为独立矿床、共生矿床及伴生矿床。从金属特征上可分为黑色金属矿床和有色金属矿床。黑色金属主要包括铁矿、锰矿、铬矿、钒矿、钛矿、镍矿、钴矿。有色金属矿床在工业上习惯划分为贱金属矿（Cu、Pb、Zn），半金属矿（As、Sb、Hg），贵金属矿（Au、Ag 和铂族元素）。余者称为稀有金属矿。

（2）非金属矿。与金属矿不同的是，非金属矿主要是利用矿石中的矿物或全部矿石，只有个别情况下才利用其中的元素，如 S、K、P 等。世界各国对于非金属矿产的分类各不相同，中国是按工业部分划分为七类，即化工原料、建筑材料、冶金材料、轻工原料、电子工业、光学材料和宝石类。

（3）能源矿产。主要指一次能源的基本原料。它们不仅是目前最主要的能源类型，而且是重要的非金属—有机化工原料。按其存在形式可划分为固体矿产（煤矿、油页岩矿）、流体矿产（石油、天然气）、放射性矿产等。

(4) 农业及药用矿产。农业矿产主要指可为农业生产直接利用的矿物或岩石，它与化工原料的重要区别于这些矿物、岩石不需深加工就可被用于大农业。农业矿产是按农业利用类型进行分类。

肥料矿产是指其中某些组合可以作为植物生长的养分而直接利用的矿产。包括传统矿质肥料如作为磷肥的磷灰石、磷块岩，某些含磷高的黑色岩石，作为钾肥的光卤石，以及一些钾长岩类。非传统矿质肥料如泥炭、褐煤、伊利石、海绿石等。微量元素肥料如麦饭石、超基性岩、含稀土矿物类岩石、黑色页岩、石灰岩以及沸石、膨润土、硅藻土、海绿石、伊利石等。肥料添加剂类如珍珠岩、高岭土、膨润土等。饲料矿产如饲料增加剂蒙脱石、硅藻土、海泡石，饲料增效剂如坡缕石、凹凸棒石、沸石；环保矿产如除臭—干燥剂矿产如漂白土、珍珠岩、石灰石、蒙脱石、沸石等，吸附剂如沸石、膨润土。食品矿产如保鲜—防腐剂类如海泡石、累托石、坡缕石等，过滤—漂白剂类如珍珠岩、硅藻土、麦斑石。农药用矿产有杀虫灭菌剂类如硫黄、雄黄、滑石、海泡石、金红石（粉），调节生理剂类如膨润土、水绿矾胆矾等，农药载体（添加剂）类如沸石、膨润土，叶腊石等。

药用矿产。系指可直接用作药物的矿物或岩石，在中药和西药中均有许多这类矿产。大多西药主要使用其中的成分，一般不直接利用，个别情况下为调节药性和药力而使用作为添加剂。中药中有许多矿物性药物，它的作用是多方面的，此不一一列举。

## 2. 矿床成因类型

矿床成因类型是按矿床物质来源、形成条件和机制划分的矿床类型。这一划分系统是随成矿理论的发展而不断变化的。另一种划分系统是按成矿的阶段性的划分，如同生矿床、改造矿床、变质矿床、混合岩化矿床、叠加矿床等。

研究矿床成因的主要目的是为了认识成矿规律，筛选控矿因素，进行成矿预测，分析资源潜力，寻找新的矿床。进行成因类型的划分是为了更好的应用现代成矿理论，研究矿床成因。因此，应当避免机械的套用，应首先根据对矿床宏观和微观，结构和成分等多个侧面的观察，获取成矿作用类型及成矿作用时间（相对）认识，再通过一系列地球化学的成因分析，使这些认识定量化，最终判断矿床的成因。

近年来，成矿理论尤其注重研究成矿的多期（多阶段）性，成矿物质（成矿元素、载体、流体）的多源性和成矿方式的多样性。许多大型—超大型矿床，许多高品位矿体（矿石），都不会是一期（阶段）、一种方式形成的，已有许多实例说明了这种认识。

地学的基本研究方法是“将今论古”，这已成为认识地质历史的标尺。但是，地质历史是发展的，许多地质现象是不可能完全重复的，这是近年来地学研究的一个重要醒悟。矿床学理论也存在这一问题。任何一种对于矿床成因类型的认识，都是阶段性的。既要能够提出认识，又不能完全固执这一认识，这就是我们在分析矿床成因类型与确定矿床工业类型上的差异。

## （二）区域成矿史调查

矿床作为地壳中一种特殊地质体，它们既与其所赋存的岩石系统同时或较晚形成，也将随这些岩石系统经历相同的地质作用演化至今。研究一个区域的成矿史，就是从研究该区地壳的构造—盆地—岩浆—热事件的演化史入手，认识构成该区地质演化的各种

地质事件中发生的各种成矿作用类型、成矿的继承性、成矿的发展和叠加等。成矿作用的本质，是有用元素的富集和有用矿物的形成，当其富集系数达到工业要求时（最低工业品位），即形成了矿床。元素的富集与有用矿物的形成，需要物源、动力及富集条件，这都是地学研究涉及的基本问题和手段。因此，成矿史研究是区域成矿特征研究中的基本问题。

详细建立成矿史，必须从成矿的时空演化及成矿系列（系统）两方面入手。

成矿的时间域，就是研究不同时间长度中的成矿作用发展和演化规律。成矿的空间域，就是研究不同空间尺度中成矿作用条件及空间结构关系。在分析区域矿化的分带性和成矿的演化过程中，认识成矿的时间域和空间域是最基本的内容。

### **1.成矿的时间域**

成矿时间域的尺度。一般将成矿中经历的长时间尺度称为成矿时代，中时间尺度称为成矿期，短时间尺度称为成矿阶段。

（1）成矿时代。是指地壳发展历史中产生特定矿产或矿产组合的地质时代。内生矿床的成矿时代常依据地壳运动和岩浆活动的时期来划分，如燕山期、印支期等。外生矿床的成矿时代一般以矿床形成的地质时期来划分，如中国的北方长城纪沉积铁矿（宣龙式），南方泥盆纪的沉积铁矿（宁乡式）等。但目前许多矿床学家认为，成矿时代是指地质历史中，矿床形成比较集中的一个较长时间范围。最典型的实例是世界上的成煤期和 SEDEX 型矿床的形成期十分集中，前者为石炭纪和侏罗纪，后者为中元古代和泥盆纪。

（2）成矿期。指矿床在形成过程中，由于成矿介质显著的物理化学条件的改变而形成的不同成矿时期。一个矿床的形成常具有多期性。实际上，随着对成矿作用研究的深入，成矿作用在时间上的转化和发展的划分更为详细，因而成矿期的划分也更为细微，对于一个同生成因的矿床，可以划分出同生期（沉积期、成岩期）、热变质期、改造期、动热变质期、叠加期以及表生期。

（3）成矿阶段。指依据矿床在成矿过程中，每个成矿期内的成矿活动常以不同的矿物、矿物组合或元素特征，以及不同产状的矿脉或矿物集合体的相互切割和交代等关系划分的阶段。成矿阶段是在成矿期内按成矿作用类型对时间间隔的进一步划分，成矿阶段中成矿作用的条件发生了变化，致使其产物出现了差异。更为普遍的是，在描述成矿过程中习惯上使用的“成矿前蚀变”、“成矿后蚀变”以及矿石类型的变化，都可作为划分成矿阶段的依据。

### **2.成矿的空间域**

成矿作用及其产物（矿化体矿床）在空间上分布具有不均匀性。从地壳结构和形成演化的角度看，空间上一级分类是活动带及稳定区，这两种区域在组成、结构、地质作用类型上都存在着显著差异。进一步的划分可依据空间过渡性和成分与结构来进行。在不同的地壳单元中，形成了不同的矿产，从而决定了矿产空间分布的不均匀性和不一致性。

一般情况下以矿床作为矿产的基本空间单位，但有时也用较大空间的“矿田”，或生产系统的“矿区”作空间单位。从成因意义上看，对其规模和富集程度往往可以模糊

化，而突出了它的富集作用（成矿作用）。

（1）成矿域。又叫成矿区域，是与成矿时代或时间域相对应的空间域概念。传统的成矿区域一般以一级大地构造单元为尺度，但实际上主要指构造—岩浆带或构造—沉积盆地。近年来，根据全球构造划分出了如特提斯成矿域、古亚洲成矿域等，反映了目前认识的成矿域与全球板块构造单元中，成矿集中的单元相一致。

（2）成矿带。是描述矿产集中分布的一些呈现狭长带状的地区。全球成矿带，又叫巨型矿带，是这种带状分布最大的单元，它往往与大的板块边缘—大陆边缘在空间上相一致。著名的全球成矿带有环太平洋成矿带、特提斯成矿带（或古地中海成矿带）等。

（3）成矿省。有时也叫成矿区，一般是指矿床集中分布的地区，范围可以很大（成矿域），也可以很小（一个矿床组合）。要界定此处的成矿区，必须给定其构造—热事件单元或一定的矿床空间分布特征。在文献中常见的中国的成矿区有长江中下游成矿区、华南成矿区、天山成矿区、祁连成矿区、华北地台北缘成矿区等。

（4）矿带。以具有确定的矿床组合或成矿系统为标准的成矿空间分布的划分单元，它一定与构造—建造带相统一，或为某些区域性断裂控制，或与大地构造边界相吻合，或为三、四级构造单元的空间域。

（5）成矿区。一般指矿带内矿床相对集中的地区，新近提出的“矿床富集区”概念，与成矿区基本一致。成矿区内与成矿有关的沉积建造一般是连续的含矿层位，与成矿有关的岩浆岩集中出露，且具有相似的成因系列。矿化类型较单一，矿床组合简单，构造上属四级单元。从空间结构上看，应当有数个矿田或数个矿床。

（6）矿田。矿田一词在中国使用较为混乱。前苏联及俄罗斯矿床学中常见有“矿结”等类似名词。矿田是由一系列在空间上、时间上、成因上紧密联系的矿床组合而成的地区。

### 3. 矿床组合与成矿系列（统）

在中国，对矿床组合与成矿系列有两种不同的认识。一种认为，成矿系列“是指在一定的地质环境中形成的，在时间上、空间上和成因上有密切联系的一组矿床类型，它们由一种或几种成矿元素组成，且包括两种以上的矿床成因类型。成矿系列亦可称矿床系列或矿床组合。”另一种认识是矿床系列所指范围更大，是“某一矿带或成矿亚带中，在成因上有联系的多种矿床组合”。而矿床组合是指“某一矿区或矿田范围内，有多种在成因上有一定联系的金属或非金属矿床的共生组合。”

无论是层控矿床、变质矿床还是与岩浆岩有密切空间和成因联系的矿床，一般都不是独立存在的，而往往是各种规模、不同类型、集中于一定范围内，它们之间或有某种成因联系（统一的成矿事件产生的成矿的水平或垂直分带性），或有某种空间联系（不同成矿事件受构造的继承性和多期控制生）。因此，不同矿床类型在空间上和成因上的“共生”现象是客观存在的。目前，多数人倾向于矿床组合系指类型较为简单、空间范围相对较小（成矿区）的矿床“共生”现象，而“矿床系列”则与“成矿系列”是从两个侧面说明矿床在大范围内（矿带以上）共生的原因和现象。

### 第三节 矿（化）点及异常的调查与评价

广义的矿点，是指具备成矿条件、显示矿产存在并具有需进一步工作价值的地段。在矿产资源调查中，矿点与矿化点应当有所区别。矿点是经调查工作，确定有矿石品位达到工业要求，但规模小于小型矿床的成矿地段或规模不清的成矿地段。矿化点是指在研究和工作程度上尚不能确定是否有矿产存在，但有成矿现象的地点。实际工作中，由于客观情况并非如此简单，因此必须确定一个标准才易区分。未达到工业矿床规模的成矿地段，在地球化学方面可以按其富集程度划分为4级，即工业富集（达到最低工业品位以上）、成矿富集（达到边界品位）、矿化富集（接近边界品位至出现明显的矿石矿物）、地球化学富集（超过背景值的异常区）。结合规模大小，可以划分为矿床、矿点、矿化点和地球化学异常等4个级别的成矿现象出现地。此外，对于某些地球化学异常区，如发现铁帽、蚀变带以及古人采矿遗迹地，也常称之为矿化点。

#### 一、矿（化）点的检查与评价

在国土资源调查中，研究已知矿（化）点，发现新的矿（化）点是一项基本任务，其目标是为了发现新的矿产地（矿床或矿体），扩大本区的资源储量，提高资源的研究程度。矿（化）点调查主要包括对矿（化）点产出地段成矿地质背景的调查和评价，对矿化地段的地球化学勘查，对区内一些重要成矿现象出现地进行解剖，在已知矿床外围及深部探测新的矿体（隐伏矿体）。

##### 1. 矿（化）点的成矿地质环境调查

矿（化）点的主要调查内容与典型矿床调查内容（见本章第四节）的要求大体相同，仅仅是在系统性和定量性上有所差别。必须尽量准确的确定矿化的成因类型、产出层位、矿化类型及含矿性，调查矿化地段附近是否有岩浆岩出露。沉积岩系中的矿（化）还应调查主要岩石组合，是否出现火山岩层位，附近还有哪些矿化现象。同时要调查已知矿化现象的主要控矿因素等地质背景要素。对控矿因素的分析仍应从层位、岩性、构造、岩浆活动、矿化期次、推测成因等方面，尽量系统调查。

在对单个矿（化）点及成矿现象调查时，应尽量把握区域成矿的时间域和空间域特征，运用从已知矿床获得的成矿规律，对矿（化）点进行分析；运用数量更多、空间分布更广的矿（化）点及成矿现象，补充和验证已获得的成矿规律认识，从而加深对区域成矿的认识，提出更多更具体的成矿标志。

对区内所有矿（化）点的成矿背景的调查的主要目的，是对这些矿（化）点进行对比、分级、筛选，以确定需要进一步工作、有前景的矿（化）点。通过工作，评价其是否有投入初勘、详勘的必要性。

##### 2. 矿（化）点工程揭露和地质测量

对于具有成矿前景、可望达到工业矿床规模的矿点，或者具备成矿条件但基本成矿要素不清和矿化规模不清的矿化点，需要工程揭露和地质测量。

（1）工程揭露。工程揭露是为了直接观察矿化的规模、连续性和获取矿化体赋存条件信息。主要是对表土和风化物的剥离，一般只用探槽和浅井工程揭露。在设计工程

之前，通过踏勘或路线剖面调查，完成对该地段的地面地质草测，编制地质简图、剖面地质图等。对每一个工程需进行编号、采样，其要求与矿床勘探要求相同。

(2) 地质测量。地质测量是结合地段的工程揭露，进行一定比例尺的剖面地质测量和地面地质测量，其比例尺一般要大于 1:1 万。进行地质测量的目的是为了获取矿(化)体的形态、产状、矿化强度、矿(化)体规模等一些定量数据，进一步总结矿化体的时空分布规律以及预测和分析矿体的可能规模。地质测量的主要工作有：①查明矿(化)地的主要地质特征，完成相关地质图件。采集矿石及围岩样品，确定矿石、岩石类型、矿物组成、矿石品位、有用组分和伴生组分、有害组分、体重、元素赋存状态等参数。②测量和研究矿体出露长度、平均厚度、延深情况，测量矿体的产状、形态、埋深和剥蚀深度。③概略推算矿床的预测储量。④提出评价结论或进一步工作建议。

矿产的发现工作，属于阶段性工作。每一次的调查和评价都会为下一步工作提供资料，都会使认识有所前进。因而在作出评价结论时，切忌主观武断，尽量客观实际，使之有更大的利用价值。

### 3. 古采矿活动的调查

中国已知重要矿产地的发现史表明，众多矿产地的表层都发现有古代或近代人类冶炼、采矿活动的遗迹，包括地名、老矿坑、旧矿硐，炼精、废石堆等。许多矿床的地名本身指示了曾有过采矿活动，如银硐沟、铅硐山、铜厂坡等，多数小地名在 1:5 地形图上都有反映，应予注意。更直接的标志是老矿坑、矿硐等，更应重视。在矿(化)点调查中要研究这些矿坑、矿硐的地质位置，准确将其标识在地质图上，对仍可观察的坑和硐，应进行地质编录，或按地质观察点的要求调查，详细填写卡片，并进行素描或照像。如果仍残留有少量矿石或矿化体，应采集样品。对整个测区多种古采矿活动空间分布及地质背景的调查分析，是矿产资源调查中一项不可忽视的内容。

### 4. 矿床周边地区的调查

地质学的基本研究方法是由已知推研未知。矿床周边地段无论是否有矿化露头，都应当给予重视，因为这些地段是成矿概率最高、且找矿最有希望的地段。调查重点一是已知矿体的走向延伸部位，另一是已知矿体的深部。前者可能发现新的矿体或矿段，后者可能发现隐伏矿体。

对矿床周边地区的调查，主要依托对已知矿床成矿规律和控矿因素的研究，并对这些地段进行必要的工程揭露和地质研究。大多数的矿床勘探工作，其范围都是有限的，在延长和延深部位，或布置工程密度变小，或无勘探工程，因此可以布置一定的揭露工程和探矿工程，包括物化探层析法、测井法等。但工作的重点应放在矿体空间分布规律、控矿条件及找矿标志的综合分析上，完成对隐伏矿体及侧伏矿体的预测。

### 5. 矿化地段地质、地球化学及成矿特征的综合分析和评价

地、物、化、遥多手段找矿的综合分析和评价，是对一个区域矿产资源地综合评价的新技术和新方法。成矿的地质标志，如广义的铁帽(次生产物)、石英脉带、蚀变带，以及抗风化的原生矿物等都是有意义的。地球化学标志更为广泛，有原生晕、次生晕、分散流、水化学、地气等异常，地球物理标志包括磁法、电法、重力、放射性等异常。遥感成矿标志是近年来不断总结和认识的一些新标志，在多波段遥感信息中，容纳了大

量成矿信息，可采用影纹解释、光谱解释、似彩色合成等方法，建立一个区域的遥感解译系统，其中包括成矿解译系统。

## 二、矿化异常的检查与评价

矿化异常包括多种地质异常（蚀变、铁帽、石英脉带等）、化探异常（分散流、水化学、次生晕、地气等）、物探异常（重力、磁法、放射性等异常）以及遥感异常。最为重要的是 1:20 万至 1:5 万地球化学异常、重砂异常等，属于必须调查和评价的异常。其他类型异常只需对其有代表性的作出分析和评价即可。

### 1. 1:20 万地球化学异常调查

1:20 万地球化学测量与区域地球物理测量（布格重力、航磁）等，都是国土资源调查中基础调查内容，调查面积已经覆盖了全国大部分地区。1:20 万地球化学异常作为区域地球化学探测的重要结果，成为研究成矿规律、发现新的矿产地的重要信息，应当给予重视。1:20 万地球化学异常调查工作应重视和加强以下方面工作：

（1）1:20 万地球化学测量资料收集。包括区域元素地球化学异常图、综合元素地球化学异常图，各异常元素组合的分类和强度划分等级，以及对各主要异常检查和评价的基本结论。此外，对某些重要异常还进行过土壤地球化学测量（次生晕），有矿化体样品和少量地表工程揭露。这些资料都应当注意收集和整理。

（2）地质调查。包括对异常区的地质勘探、地质填图或路线地质调查等，以了解区内的地质特征及发现各种成矿现象。对重要矿化地段，要测量地质剖面 and 填制大比例尺地质图（草测），以研究控制异常的主要地质因素，推断异常源。对推测的异常源采集必要样品进行分析测试，证实其判断。

（3）化探调查。1:20 万水系沉积物测量获得的异常，虽然在圈定异常时已考虑到异常的位移，在确定异常强度时也考虑了分散作用，但要进一步确定异常的确切位置、异常的真实强度，需要进行大比例尺土壤地球化学测量或岩石地球化学测量。土壤地球化学测量起到异常定位或缩小靶区的作用，而通过岩石地球化学剖面，可以确定矿化体、了解矿化特征和控制因素，包括富集层位、岩性富集程度、元素组合等。必要的话，还应投入一定的地气测量和生物测量工作，以探索覆盖层下矿化体的位置及分布。

（4）地球物理调查。为了探索矿体埋藏状况，对出露矿体形态、产状、延深等作出推测及探测深部的盲矿体，以提供深部探矿工程设计的依据，需要投入一定的地球物理探测工作。常用方法包括磁法、激发电位法、自由电位法、激发极化法、中间梯度法等，对于获得的各种物探异常，应结合地质特征给予解释，并通过工程和样品予以验证或评价。

（5）工程揭露。对地表露头不好的地段，尤其是通过物化探工作进一步确定的靶体，应投入一定的工程揭露。揭露矿（化）体、控矿构造、含矿层位等重要成矿标志，为评价异常提供定量资料。揭露工程主要采用探槽、浅井，甚至仅仅是剥土或剥去表层风化岩，应明确目的和主要任务，根据具体情况设计揭露工程。

（6）区域对比。区域对比也是评价异常的一项重要内容，即将已知矿床矿点分布区 1:20 万化探异常与未知区化探异常，在类型、衬度、元素组合、区域异常分带性等

方面的对比，判断未知区异常源和评价异常。

## **2.大中比例尺土壤地球化学（次生晕）异常调查**

在许多矿区外围、重要矿化地段和重要远景区，一般曾有过 1:5 万至 1:5 千的土壤地球化学测量，圈定了地球化学异常，并对测区内的异常分布和主要异常进行评述。在系统、全面收集和整理的基础上，调查重点应放在对这些异常的分析 and 对比研究上。由于国土资源调查涉及的范围较大，区内可能已有多个小区完成过这类工作，因此应在分析对比的基础上，对重要异常重新认识，进行地面检查、取样、室内研究，必要时应动用一定的工程揭露并取样。对于露头连续的异常，可以进行更大比例尺的岩石地球化学测量。调查中在指导思想上必须避免“先入为主”，要善于发现问题、提出问题、不断探索。许多矿产地就是在这样的反复探索、反复研究中发现的。

## **3.重砂异常检查**

重砂异常是区域地质调查的一项重要成果，尤其是 1:20 万基础地质调查的成果中，重砂异常是一项基本成果。重砂包括河流重砂和人工重砂两大类，绝大部分重砂样品是通过采集地表水系中重砂矿物获得的。重砂异常可以指示区域中的矿化类型、矿化区域，是寻找原生矿化地和砂矿床的重要线索。常见的重砂异常是根据出现的重砂矿物类型及数量来确定的。根据重砂矿物的稳定性序列可以判别其搬运距离，如一些硫化物只能近距离搬运，而一些副矿物可能远距离搬运。

对重砂异常的检查，包括对重砂异常区地质条件的调查和对重砂异常区水系沉积特征的研究两个方面。后者是为了了解重砂形成过程及条件，以便判别源区。

（1）地质调查。通过地质踏勘和路线调查，确定异常区地质体的类型，各类地质体的出露面积和剥蚀程度等。收集和整理该区内的各种成矿现象、已知的地球化学和地球物理异常，进行综合分析，最终提出评价意见及进一步工作的建议和设计。

（2）区域水系沉积物调查。了解区内水系的分布、分水岭位置，初步划出各级水系的流域范围。对现代水系沉积物及阶地水系沉积物，进行采样位置和剖面结构研究，调查其厚度、层序、分层组分、韵律等，对重点重砂异常点，还应分层采样，以了解异常出现的层位、共生矿物。

（3）重砂验证。对于判别可能作为重砂源区的地质体，通过采集人工重砂样品进行验证。

## **4.其他异常的检查**

区域地球物理信息和区域遥感信息中，也有重要的异常。它们同样是矿产资源调查中的重要成矿线索和成矿标志，也应当进行必要的调查和评价。

（1）区域地球物理信息。包括航重、航磁、卫重、卫磁和地震联合地质剖面在内的多种地球物理异常，对于认识区域地壳结构、构造类型、岩浆活动，以及成矿史都有重要的意义。如认识莫霍面和康氏面的变化、断裂深度级别的划分、岩浆岩的分布规律及埋藏状态等。对于某些类型矿床，还具有直接的成矿意义，如与超基性岩有关的矿化、铁矿化等。对于这些异常的检查，重点是对它们与地质背景的空间和内在联系的分析。地球物理信息作为一种地壳的物理信息对于认识区域地质和成矿规律都是不能缺少的。此外，还有一些在矿区外围及深部的物探剖面、测井资料，都应注意收集和分析。

(2) 遥感分析信息。遥感地质是区域地质调查的主要内容之一。成矿作用和矿床的遥感标志研究,对于认识成矿条件,总结成矿规律,建立找矿标志系统是不可缺少的。高分辨率遥感图像上可以直接观察和识别采矿遗址,并能判别矿床工业类型,对于出露矿体可根据影纹和色彩判别矿化类型及规模。对于某些成矿现象标志如铁帽、蚀变带、石英脉等,能准确定位,认识其客观分布特征。此外,还有植物、水体等可指示矿化作用存在的间接标志。对于这些指示找矿的标志,需通过地面调绘确定其真实性。遥感地质还提供了许多间接找矿的资料,如岩体(环状构造)和区域性断裂(线状构造),地层产状与变质相(影纹和色调),岩性(影纹和色调)等,应注意这些信息的识别。

(3) 气体地球化学异常。近年来在某些地区开展的航空气体地球化学测量也有重大意义。除 Hg 气外,还测定了一些稀有气体,如氦、氩、氡及其同位素。包括对常规气体(CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S 等)的各种地球化学研究,已逐步派生出了一门新的地球化学分枝——气体地球化学。内生气体包括地幔生气作用、变质作用及浅层生物作用等。已经认识到深部来源气体有较高含量的 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 及特殊组分的稀有气体,而在一些地热田会出现气体异常。许多区域性深大断裂都是深源物质的通道,因而对区域成矿有重要的控制作用。一些侵入体也有显著的地气标志。此外,许多有机矿产其标志更为明显。对这些异常的检查,主要是判别它们与地质作用和矿化元素的空间和成因联系。

## 第四节 典型矿床调查

在国土资源调查中,对区内具有代表性的矿床进行地质、地球化学调查,是矿产资源调查中的一项重要任务。此外,还需分析矿床成因,总结主要的控矿因素,最终确定该矿区在区域矿产资源中的经济地位及找矿意义。调查工作可分矿床、矿体和矿石三个层次进行,各层次调查的主要内容和侧重点不同。“矿床”这一基本理论和经济单元,即有成因意义又有工业意义,因而既要重视对成矿地质环境及成矿机制的调查,也要重视对矿床的各项工业指标的调查。对矿体及矿石层次的调查,重点应放在工业指标上,但不应忽视宏观和微观的成因信息。

### 一、矿床地质调查

通过对矿床(矿区)普查、详查、勘探及研究资料和文献的收集、分析,获得矿床基本地质特征的认识,主要内容包括含矿地层、容矿岩石、变质变形、岩浆活动、控矿构造、矿化强度与分布等方面。还需要通过实地调查,必要时进行一些研究性地质测量,动用一定的揭露工程,对典型意义地段进行解剖,采集和分析一些代表性样品,进行微观研究。最终在区域对比和类型对比工作的基础上,总结成矿规律,提出找矿标志,参与建立矿产资源评价系统。

#### 1. 含矿地层调查

含矿地层是矿床或矿区内的最基本地质要素之一。对含矿地层的调查,主要应了解岩石类型与岩石组合、地层层序、岩相变化,重点应放在矿(化)体(层)在区域含矿岩系中的层位以及与区内其他类型矿床、矿化体位置的时空变化规律,矿床中矿化层位的跨度,多层性和韵律性,矿(化)体与岩相、岩性的成因联系等。

层位控矿一般有两种情况。一类是单一层位，即在含矿岩系中的位置十分确定，矿化层的跨度很小，一般只有一两层矿，具有这一特征的矿床主要为一些沉积—残余矿床，如风化壳型矿床等。另一类是多层的，矿化层有一定跨度，层内有多层矿（化）体，矿体类型有一定的沉积韵律关系，如许多 VMS 和 SEDEX 矿床。

不仅含矿地层有多层性和韵律性，矿床中的矿体类型及矿体中的矿石类型也具有层序性和韵律性。认真调查矿床和矿体的层序性，对于总结矿体的空间分布规律，矿化的分带性特征都有重要的价值。

对含矿地层的研究，还应注意岩相的变化，包括沉积相，变质—变形相等。沉积相对同生矿床的控制是十分明确的，而又通过对岩性、构造的控制，对后生矿床也有重要影响。一般沉积矿床总是形成于特殊的沉积相中，如沉积型铝土矿、沉积型铁矿、沉积型锰矿，都形成于不同的相环境中。矿化在层序上的分带性也不仅仅是成矿流体演化的结果，也受到沉积相更替的影响。研究沉积相变带对后生矿床的控制，主要是岩控性和构造的复合，如礁灰岩产于特殊的沉积相，它是 MVT 矿床的主要容矿岩石，相变带与层间是最易发展裂隙化和剥离的位置，在构造运动中常可能发育成层间破碎及断裂破碎带，是后生矿床主要的导矿、容矿场所。

对不同类型矿床和同一大类矿种不同亚类矿床在区域含矿沉积建造中的位置的精细分析对比，可以获得成矿史以及不同构造—热事件中矿化类型与强度的资料，并为研究区域成矿提供重要信息。

## 2. 变质变形调查

矿床（区）内岩石和矿石的变质与变形特征，反映了矿区的地质作用类型及演化。主要包括岩石的变质岩类型调查、变质变形序列、变质相系及应力场分析等。

变质—变形序列是通过对比变质作用类型及变质作用的演化分析而建立起来的。变质序列可划分为时间序列和空间序列。时间序列反映了地壳热状态的变化过程主导的区域热历史及应力场的变化。空间序列反映在变质带（相）和变形带的空间分布方面，对于一个变质穹窿，由中心向外可以划分出混合岩带—角闪片岩带—绿片岩带。而对于一个变形带，又可以划分出糜棱岩带、千枚岩带及碎裂岩带。这些分带既有垂直性，又有水平性。

为建立区域的构造热历史，对变质岩相系的研究较之热水沉积作用和侵入—火山作用更为困难。除了研究这些变质作用的叠加和复合等特征外，目前研究手段还不够完善。判别变质岩的类型和变质相主要还是依据矿物相变原理，根据变质矿物共生组合的变化和依据变质相图来判别。

## 3. 容矿岩石调查

无论何种成因矿床，它们都赋存于一定类型的岩石中，或岩石本身就是矿石。因此，矿石是一种特殊的岩石。这里的容矿岩石，不是指含矿地层中的各种岩石类型，而专指作为矿体的岩石（矿石）。

各种岩石类型中都可能容矿，因而许多矿床就用容矿岩石的类型命名，如砂岩铜矿、页岩铜矿，斑岩铜矿、Au-U 砾岩等。常见的容矿岩石类型及其对应矿化类型或矿化元素有：

(1) 沉积岩类：砾岩 (Au-U)、砂岩 (Cu)、粉砂岩 (Pb-Zn)、灰岩 (Zn)、白云岩 (Hg、Sb) 硅岩 (多金属)、含炭泥岩 (Fe、U、V、P)、泥灰岩 (Au) 等。

(2) 侵入岩类：纯橄岩 (Cr)、辉长岩 (Cu-Ni)、斑岩 (Cu、Mo、Au、W)、花岗岩 (W、Sn、Bi、Mo、稀土)、伟晶岩 (稀有、稀土)。

(3) 火山岩：玄武岩 (Fe、Cu-Au)、安山岩类 (多金属)。

(4) 构造岩：碎裂岩及角砾岩 (多种脉状矿体)，糜棱岩 (Au)。

(5) 特殊岩类：热水沉积岩 (SEDEX)。

(6) 蚀变岩类：(热水交代-充填矿化)。

#### 4. 控矿构造调查

控矿构造，不仅指区内的构造形式和现今的构造系统，还应包括同沉积期构造，以及火山构造和侵入构造等。构造活动的重要意义，在于为地壳中的热流运动提供通道。这是因为岩石的热传导率很低，只有通过流体运动才能将热量高速度、远距离、大容量输送，并主导了该区的构造运动—盆地演化—变质变形以及岩浆活动。深层构造还可以将深部物质（地幔流体）导入浅部，浅部构造可以为成矿流体的形成、运移及成矿提供条件。

#### 5. 岩浆活动调查

岩浆活动是一种重要的区域热事件。它可以提供成矿动力、成矿流体及成矿物质。对矿床（区）内岩浆活动的强度、类型、形态等调查，对建立区域热历史是十分重要的。

#### 6. 矿体的空间分布规律调查

矿床一般都是由一个至几个主矿体及多个小矿体组成的。矿床（区）内矿体的空间分布规律指示了主要的控矿因素。如层控矿床矿体的分布受层位、岩相、岩性的控制，而与岩浆有关的矿床受岩体形态、产状、蚀变带等的控制。注意分析矿体的空间分带性、空间变化、以及多层性、层序性等，也是矿床地质调查工作的一项重要任务。

## 二、矿体调查

矿体是空间上连续的，成分上较统一的，可开采和利用的地质体。矿体是由矿石构成的，多个矿体构成了矿床，一个矿床可以有多种类型的矿体。

#### 1. 矿体规模调查

表示矿体规模的主要指标是储量，即矿体的矿石量或总金属量。矿石量是由矿体体积与矿石的体重求取的。而体积即指矿体的几何形态。对于形态复杂的矿体，在勘探学上常常可以划分成一些相对较规则的几何块段（矿块），并通过求各块段体积之和获得矿体体积。

实际上最困难的是确定矿体的几何参数。矿体的厚度一般可以通过勘探工程揭露而直接获取，运用几何变换把样品长度转换为真厚度，或垂直厚度，或水平厚度等。矿体的厚度为边界矿体与顶、底板的接触面，有的为地质界线（岩层、矿层、断层等），有的只能靠品位界限来人为圈定。由于矿体一般被埋藏于地下，地表出露线仅仅是一部分，要确定矿体的沿长和延深，必须由勘探工程来揭示。

#### 2. 矿体形态调查

矿体的自然边界是十分复杂的，所为矿体的形态是对自然形态的一种模糊化或几何化。矿体的形态往往与其成因有一定联系。矿体的形态类型可以按照矿体的几何形态参数特征来划分。第一类为等轴状矿体，即三维有限的几何体，一般分为矿瘤、矿巢、矿囊，有时也有短透镜体或扁豆体。第二类为二维有限的几何体，最典型的为柱状体、筒状体或管状体。第三类为一维有限（厚度）的几何体，即板状体（矿层、矿脉）或长透镜体。应当认识到，矿化体的形态与容矿岩石的形态基本一致，而矿体只是其中的一部分。因此，在研究矿体形态时，实际上往往模糊了矿化部分与矿体部分，才能得到有意义的结论。

### **3. 矿体产状调查**

调查内容一般包括矿体的空间展布、矿体的埋深，以及矿体的剥蚀深度等。此外，从成因学上还往往包括矿体与母岩的关系，矿体与成矿流体通道（导矿）和聚矿构造的空间关系等。矿体的空间展布可以用产状三要素（走向、倾向、倾角）来表征，但对于二维形态矿体，还有侧伏角和倾状角等参数，二者与真倾角之间有一定的几何关系。另外，对于受到强烈褶皱变形的矿体，其产状更为复杂，需要用更多参数来确定。矿体的埋深也是需要判定的重要参数。一般在一个区内可以获得矿体出露的最低标高与最高标高的参数，二者之差即为矿体的埋深。大多数情况下要确定出露矿体的埋深参数。

### **4. 矿体数量调查**

对于一个矿床来说，达到工业品位的部分称为矿体，而达不到工业品位的部分称为矿化体。不同矿床其矿体数量差异很大。工业矿体即指品位与规模均较大的且具开采价值的矿体。因此，应当对这一类矿体在研究中给予特别的注意，并详细收集其文字、图件、工程、化验等资料。

### **5. 矿体变化性调查**

研究矿体品位、类型、厚度、形态、规模和产状的变化性是矿体调查的主要任务。研究变化性时，常从变化性类型（连续有规则和断续无规则等）、变化程度（相对变化幅度）、控制变化的因素等方面入手。可以用许多变化特征值来定量表示，包括统计曲线、统计参数以及数学模型等，并以此划定矿床的勘探类型。

## **三、矿石调查**

矿石是矿体中能开采和可利用的矿体部分。不能利用的部分称为夹石或脉石。在矿石调查中主要需获取矿石的矿物组成与元素组成、矿石的组构、矿石类型、矿石品位、伴生和有害组分含量等资料。此外，还需要了解矿石的可选性试验和矿石的质量参数等资料。

### **1. 矿石的矿物组成调查**

矿石的矿物组成包括矿石矿物和脉石矿物两类。由其共生组合特征又可分出简单的组合和复杂的组合等。矿石矿物主要指矿石中可利用的矿物，金属矿石中又常指金属矿物。脉石矿物一般为无用的矿物，金属矿石中一般指非金属矿物。对于有机矿产而言，矿物组成在许多情况下以化合物组成为代表。

### **2. 矿石的化学组成调查**

矿石中可利用的化学元素叫成矿元素或主要元素，其含量一般要达到工业可利用的边界品位或工业品位。因此，要求对矿石的主要化学成分分析。为全面了解矿石的可利用性，还须对矿石中的多种组分进行分析。此外还要对矿石中的伴生组分和有害组分进行分析。

### **3. 矿石类型调查**

除了根据主要矿石矿物划分矿石类型外，还可根据有用元素的赋存相态划分。另外，根据有用矿物的赋存状态（如 Au、Ag、Pt 等）也可进行矿石分类。还有一种矿石的习惯分类是上种分类的综合，即氧化矿石、原生矿石和半氧化（混合）矿石等。划分矿石类型主要是为了指导采矿和矿石的加工。

### **4. 矿石组构调查**

矿石组构可以反映矿物的共生组合关系、世代关系、形成阶段、形成方式等。因此，对矿石组构的研究一直是矿石调查的主要内容。常见矿石的主要构造有块状、斑状、带状、脉状、球状、肾状、空洞状、骨架状、破碎状和疏松状等。对矿石结构类型的划分更为复杂，主要有等粒、不等粒、片状、纤维状、环带状、结晶定向、紧密连晶、边缘、交代、破碎，胶状、球粒状、碎屑状等。肉眼观察和镜下研究是组构调查的常规方法。

### **5. 矿石中有用组分的赋存状态研究**

对于一些以独立矿物形式存在的元素，需要确定矿石矿物的矿物类型、矿物学特征及粒度等，如自然金可分出颗粒金、裂隙金、包裹金等。对于某些以类质同相形式存在的元素，如方铅矿中的 Ag、黄铁矿中的 Au，需要了解它们的在矿物中分布状态。对于某些微细粒罕见矿物，需要了解它们的产出形式、化学成分及矿物类型。

### **6. 矿石品位的空间变化调查**

矿体中矿石的品位一般用较均匀或不均匀两种空间变化描述。因此，可以圈出一些高品位矿石（富矿石）和中低品位矿石及贫矿石。研究富矿石的空间分布规律，指出富矿石产出的地段，对于矿山开采有重要意义。

### **7. 矿石的可选性试验和矿石质量参数调查**

可选性试验是反映矿石可利用的一个重要指标，试验资料主要包括选矿流程、回收率、精矿品位、综合利用技术等。矿石质量参数主要包括矿山开采技术性参数如矿石体重、孔隙度、湿度、松散系数、硬度、抗压强度、块度等。

## **四、矿床地球化学调查**

矿床地球化学调查是矿床调查中十分重要的内容。几乎每一个矿床都积累了大量的地球化学资料，收集、综合、整理、分析这些资料，是国土资源大调查的一项重要任务，也是建立数据库的重要组成部分。

### **1. 矿物（含矿物对）中微量元素、特征元素含量调查**

矿物（含矿物对）中微量元素、特征元素含量是标型矿物的判别标志，也可用作矿物地温计、地压力及微量元素地温计、地压计。矿物地温计、地压计是利用矿物中特征元素含量测量而计算其温压参数的。此外，还有结构温压计，即矿物相转变温压计和某些元素占位温压计等。

## 2. 流体中的微量元素含量调查

一般主要指矿石气液包裹体中流体的元素含量，对地热水等则直接采取流体样品。这些流体中常量元素和微量元素（离子、气体）的含量及组合，既可以指示成矿物质来源，又是重要的流体物理化学条件的信息，可以计算流体的 pH—Eh 以及热储温度。

## 3. 同位素调查

包括各种类型样品中的稳定同位素（ $\delta^{34}\text{S}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 、 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta\text{D}$ 、 $\delta^{30}\text{Si}$ 、 $\delta^{14}\text{N}$  等）和放射性同位素（母体  $\text{U}^{238}$ 、 $\text{U}^{235}$ 、 $\text{Th}^{232}$ 、 $\text{K}^{40}$ 、 $\text{Rb}^{87}$ 、 $\text{Sm}^{147}$  等，子体  $\text{Pb}^{210}$ 、 $\text{Pb}^{212}$ 、 $\text{Pb}^{206}$ 、 $\text{Pb}^{207}$ 、 $\text{Pb}^{208}$ 、 $\text{Pb}^{204}$ 、 $\text{Ar}^{40}$ 、 $\text{Ar}^{39}$ 、 $\text{Ar}^{36}$ 、 $\text{Sr}^{87}$ 、 $\text{Sr}^{86}$ 、 $\text{Na}^{143}$ 、 $\text{Na}^{144}$  等）。它们可以用作分析系统的流体成矿物质来源，判别成矿物理化学条件（同位素平衡温度、古盐度、Ph-Eh 值等），也可用于进行同位素测年及分析地质体的演化等。

## 4. 各种样品中的微量元素和稀土元素调查研究

成矿元素的丰度及元素组合可以通过统计分析获得趋势性、相关性、分带性等规律，也可以用作判别物源、形成条件等。稀土元素可以通过分配型式（配分型）及其主要参数如  $\delta\text{Eu}$ 、 $\delta\text{Ce}$ 、 $\Sigma\text{REE}$ 、 $\text{LREE/HREE}$  等来判别物源类型，分析演化条件及过程等。

## 5. 有机地球化学调查研究

近年来，有机地球化学不仅用于研究有机矿产，而且大量用以研究金属矿产的成因与形成条件。主要有有机化学参数有总碳、有机碳、氨基酸含量， $\text{H/C—O/C}$  比值及相关参数  $\text{I}_\text{H}$ 、 $\text{I}_\text{O}$ ，与烷烃碳数分布相关的参数 CPI、OEP 等，氯仿 A（可溶沥青）的族组成，重要烃类含量等。它们可以判别物源、古地理环境、成熟度等。

## 6. 矿物包裹体

一般可分为熔融包裹体和气液包裹体。矿物包裹体研究可以获得温度、压力、密度、流体类型、成分（如气体类的  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、 $\text{CH}_4$ 、 $\text{H}_2$ 、 $\text{N}_2$  等；离子成分如  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{F}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$  等；固体矿物成分如石盐、方解石、沥青等）、pH—Eh、等信息。

# 第五节 资源远景及潜力评价

认识控矿因素，总结成矿规律，建立成矿标志，对已知矿床的远景作出预测，对重要矿点作出远景评价等，这些都是资源远景评价的主要内容。而对区域内资源从经济学和社会学方面进行综合评价，指出它们在区域经济和社会发展中的地位 and 开发利用对策，是资源潜力评价的中心任务。

## 1. 控矿因素与成矿规律研究

（1）选择判别控矿因素系统。控矿因素，即成矿的控制因素，是在对区域各种成矿条件的分析和研究的基础上，根据与成矿空间、时间和成因的相关程度以及各种地质、地球化学条件的内在联系而确定的。根据目前对矿床成因的认识，可以划分出时控、层控、岩控、母岩控矿、构造控矿、深部控矿、保存程度等多个因素。时控性，指区域成矿发生在特定的时间段，可以划分为一定的成矿时代和成矿期。层控性和岩控性，指区域矿化受一定地层层位和岩性的控制，而这种层位是在一定沉积建造中，具有特殊的岩石组合和层序，反映了一定的沉积相及古地理环境。母岩控矿，主要指岩浆活动对成矿

的控制，其中岩浆岩成因类型和演化性质及程度最为重要，而岩浆形成和侵入—喷出的构造环境（时间和空间）又对类型和演化起制约作用。构造控矿，包括构造形式控矿（控矿空间），也包括构造系统控矿（构造—热事件）及各种构造界面的控矿（不整合面、接触界面及火山机构）。深断裂控矿是近年来认识到的一种重要控矿因素。深大断裂，尤其是超壳断裂是成矿动力、流体及深部物质集中区，是各类地球化学的急变带，也是矿产的集中区。保存程度是决定矿产是否存在的最后一个要素，决定于其埋深、剥蚀深度、氧化程度等。

（2）成矿规律研究。成矿规律指区域成矿在时间上、空间上、共生关系上及系统性方面的规律性。内容包括成矿时代、成矿期、成矿阶段的确定，成矿域、成矿带、成矿区、矿田的划分及空间分布规律研究，矿床成因类型及其共生关系，成矿作用系统及主要成矿作用类型等。成矿是一种成矿物质在地质过程中的地质地球化学聚集过程，总结这一过程的时间、空间、成因等系统的特征，就是成矿规律。在矿产资源调查中，对成矿规律的研究贯穿始终，最终的成果除文字外，主要用区域矿产分布及成矿规律图等图件表示。矿产分布及成矿规律图要求反映区域矿带、成矿区、矿田等的范围及空间结构，不同规模的矿床、矿点、矿化点、各种成矿现象的空间位置及空间分布规律；各种控矿因素及其与矿化的空间关系等。

## **2.成矿预测**

矿产预测是根据成矿的控制条件及已获的各种成矿标志，对区域成矿前景及找矿方向提出意见和建议。其预测结论主要反映在成矿预测图、成矿远景区和找矿靶区说明等成果中。其方法比较常用的是地质预测与统计预测法。

统计预测是将成矿条件和成矿现象数字化后，通过统计分析进行预测的方法。进行这一工作时首先要建立数字化的成矿模型，这必须经过两步完成，即首先建立概念模型，再通过确定变量及权重，完成定量模型；第二步是划分预测单元，最后建立预测系统和确定远景区。在广泛使用计算机技术的时代，这种预测将会被广泛应用。

## **3.资源潜力评价**

资源潜力评价包括已发现或已勘探资源的可利用潜力评价，资源经济和社会潜力的综合评价。前者在调查的多项工作中已有介绍，这里主要介绍经济社会潜力的评价。

在区域资源经济和社会潜力评价中，首先要全面分析和确定评价因子，然后建立评价网络和评价系统，才能进行定量的评价。这些评价因子应包括自然因子系统（主要是地质条件因子和矿产经济指标因子）、经济技术因子系统（如自然环境、技术环境、开采技术、选冶技术等）和社会因子系统（如效益、需求、地位、环境影响等）。在这一复杂系统中，包含了一些独立因子，也有一些仅为辅助因子，其中还有一些衍生因子。因此，对三大因子系统中各种因子进行筛分，可以确定十大独立因子。

（1）资源品质因子。如矿石品位、类型、品级、可选性、回收率等。

（2）资源分布因子。如规模、矿体厚度、连续性、埋深、开采方式、储量级别与强度等。

（3）资源可靠因子。如勘探程度、储量级别与比例。

（4）资源开采因子。如开采条件、采剥比、开采方式等。

(5) 资源开发因子。如自然条件、交通条件、人力资源条件、配套企业、选冶技术等。

(6) 经济建设因子。如矿山建设、选冶厂建设条件、费用及比例。

(7) 环境影响因子。如环境脆弱性、污染诱发地质灾害等。

(8) 经济效应因子。如价格波动、市场需求、利润、最佳公式等。

(9) 区域效应因子。如人口密度、文化水平、工农业基础、资金、经济发展前景等。

(10) 社会效益因子。包括估计的年利率、可带动的产业、需求程度、经济地位等。

确定这些因子之间的关系及因子的权重，通过等级和类型系统联系起来，就可以建立评价网络。每个因子按权重一般可划分为 3~4 级，一般划分到 2~3 级就能满足建立评价系统的要求。第二步的工作方法类似于统计预测，即将区内划分出一些不同等级的评价域，最小为基本评价单元，划分时应考虑尽量照顾到矿床区划单元。

资源潜力综合评价结果可以用图形表示，也可用文字叙述。根据这些科学分析，对区内多个单元进行以矿产资源为中心的经济区划，制定发展规划，以促进地区经济社会的可持续发展。

## 第五章 土地资源调查与评价

土地是地球表层的陆地部分及其附属物。在生态学范畴,土地是一个由气候、地貌、岩石、土壤、植被、水文、基础地质、以及人类活动构成的土地生态系统,它是自然、经济的综合体。自然条件和社会经济条件对土地的形成和发展起着重要作用。在社会生产中,土地是生产资料,也是十分重要的资源,它的空间特征和属性决定了在社会经济发展中的不可替代作用。

在人类生活所必须的物质条件中,土地占有特别重要的地位。自有人类以来,土地就是人类生存的物质基础,是人类劳动的第一个对象,在经济学上称之为生产资料。特别是在农业生产中,它又是其他任何生产资料所不能代替的重要生产资料,农业生产是人类在自然社会生态系统中,利用生物对其环境所进行的能量交换和物质交换的过程,而土地正是生物进行这种交换的必要环境条件。作为生产资料的土地,具有区别于其他生产资料的特性,即土地是自然本身的产物,其面积是有限的,位置具有固定性,土地具有永久性,而且土地既是生产资料,又是社会土地关系的客体。

### 第一节 土地资源调查概述

#### 1.土地资源调查的目的

土地调查工作是国家用以查清土地数量、质量及其分布和利用现状,以及掌握它们的动态变化信息和规律的一项技术措施,也是土地管理的基础工作。准确的土地数量、质量资料,是制订长远规划,编制国民经济计划,制订有关政策的科学依据,对国家建设具有重要意义。实践证明,土地调查不仅是国家建设的客观需要,同时也是进行土地权属管理和土地利用管理的必要前提。

土地资源调查的目的是对土地资源的类型、数量、质量、空间分布、生产潜力及其利用和管理的状况进行综合考察的一项基础性的工作。其主要目的是,为土地资源管理、资源和环境的保护提供基本数据和有关图件;为合理利用土地、充分发掘土地资源潜力、保持生产平衡提供基础工作和动态监测;为制定国民经济计划、综合农业区划、改善或调整土地利用方式提供重要依据。

#### 2.土地资源调查的任务

土地资源调查的任务是,调查各类土地资源的数量及其空间分布,包括各级用地单位的土地总面积和土地类型面积及其空间分布等;查清土地资源的质量及土地各构成要素的基本情况,并进行综合评价、分等分级;根据土地利用现状的分析和土地评价的结果,提出区域土地资源合理开发利用、整治、管理的意见和具体的规划方案;提交土地利用现状图、土地类型图、土地适宜性图、土地生产潜力图以及土地资源的构成要素图等专题系列图件。

#### 3.土地资源调查的内容

土地资源调查的主要内容应包括对土地资源构成要素的调查,对土地类型和土地利

用现状的调查等，并在此基础上进行土地统计、土地登记以及土地评价、土地利用规划和土地管理方面的工作。如果调查以一定周期重复进行，则形成对土地资源的动态监测。

## 第二节 土地利用现状调查

土地利用现状调查，主要是查明土地的位置、数量、类型、权属和利用性情况等，主要目的是为制定国民经济计划、土地科学管理、土地利用规划提供资料，为国民经济发展及改革开放政策服务。因此土地利用现状调查是土地资源调查中的核心内容。

土地利用现状调查的基本任务是，分县查清全国各类土地分类面积及其分布状况，编制土地利用现状图，并了解土地利用的经验和存在的问题，提出合理利用土地的意见，为制订国民经济计划和土地政策，进行国土整治，农业区划、土地规划，因地制宜地指导农业生产、科学管理土地等项工作服务。

### 一、土地利用现状概查

为满足编制国民经济计划，制订农业区划和农业生产规划的急需，需要进行土地利用现状概查。国家级和省级土地利用现状调查的基本做法是，利用地球卫星像片，采用分层抽样、数理统计和编图量算等，概算出全国和分省的土地利用分类面积。土地利用现状分类细度只到一级（见表 5-1），线状地物面积可利用选点求系数办法计算。

### 二、土地利用现状详查

为了给国家计划部门提供土地的精确数据，给地籍管理和土地利用管理提供可靠的基础资料，从技术力量和近期提供大比例尺图件资料的可能情况出发，现状阶段只进行县级土地利用现状详查。

县级土地利用详查的基本做法是：农区有近期 1:1 万（或大于 1:1 万），重点林区有 1:2.5 万，一般林区有 1:5 万，牧区 1:5 万或 1:10 万地形图，以及相应比例尺的航片，通过外业补测或调绘，将变化了的地物界线转绘到地形图或航片上。然后勾绘出土地所有和使用单位的界线，并以修绘后的底图作为工作底图，量算出各类土地的面积。线状地物的面积要利用实丈宽度和图上量算的长度计算。县级土地利用现状详查的基本单位，农区到村，林区和牧区到乡。详查的土地利用现状分类到二级（见表 5-1）。

### 三、土地利用现状的调查程序

为顺利完成土地利用现状调查，一般将整个调查工作分为准备工作、外业调查、内业转绘和土地面积量算、成果整理 4 个阶段。

#### （一）准备工作

准备工作包括组织准备、资料准备和仪器设备准备，编写调查任务书等内容。

（1）组织准备。包括建立机构、组织专业队伍、制订工作计划及检查验收制度等。

（2）资料准备。包括收集和整理各种图件资料及社会经济资料等。收集近期 1:1 万地形图和相应比例尺的航片。同时，要收集行政区划、地质、地貌、水利、交通、气象等图件和资料，土地概查、土壤普查的图件和资料，土地权属证明及文件，社会经济

表 5--1 土地利用现状分类及含义

一级类型		二级类型		含 义
编号	名称	编号	名 称	
1	耕地			种植农作物的土地，包括新开荒地、休闲地、轮歇地、草田轮作地；以种植农作物为主间有零星果树、桑树或其他树木的土地；耕种三年以上的滩地和海涂。耕地中包括南方宽<1.0 米，北方宽<2.0 米的沟、渠、路、田埂
		11	灌溉水田	有水源保证和灌溉设施，在一般年景能正常灌溉，用以种植水稻、莲藕、席草等水生作物的耕地，包括灌溉的水旱轮作地
		12	望天田	无灌溉工程设施，主要依靠天然降雨，用以种植水稻、莲藕、席草等水生作物的耕地，包括无灌溉设施的水旱轮作地
		13	水浇地	指水田、菜地以外，有水源保证和灌溉设施，在一般年景能正常灌溉的耕地
		14	旱地	无灌溉设施，靠天然降水生长作物的耕地，包括没有固定灌溉设施，仅靠引洪淤灌的耕地
		15	菜地	地种植蔬菜为主的耕地，包括温室、塑料大棚用地
2	园地			种植以采集果、叶、根茎等为主的集约经营的多年生木本和草本作物，覆盖度>50%，或每亩株数大于合理株数 70%的土地，包括果树苗圃等用地
		21	果园	种植果树的园地
		22	桑园	种植桑树的园地
		23	茶园	种植茶树的园地
		24	橡胶园	种植橡胶树的园地
		25	其他园地	种植可可、咖啡、油棕、胡椒及其他多年生作物的园地
3	林地			生长乔木、竹类、灌木、沿海红树等林木的土地，不包括居民绿化用地，以及铁路、公路、河流、沟渠的护路、护岸林
		31	有林地	树木郁闭度> 30% 的天然、人工林
		32	灌木林	覆盖度> 40% 的灌木林地
		33	疏林地	地树木郁闭度 10~30%的疏林地
		34	未成林造林地	指造林成活率大于或等于合理造林株数的 41%，尚未郁闭但有成林希望的新造林地（一般指造林后不满 3~5 年或飞机播种后不满 5~7 年的造林地）
		35	迹地	森林采伐、火烧后，五年内未更新的土地
		36	苗圃	固定的林木育苗地
4	牧草地			生长草本植物为主，用于畜牧业的土地
		41	天然草地	以天然草本植物为主，未经改良，用于放牧或割草的草地，包括以牧为主的疏林、灌木草地
		42	改良草地	采用灌溉、排水、施肥、松耙、补植等措施进行改良的草地
		43	人工草地	人工种植牧草的草地，包括人工培植用于牧业的灌木

续表 5--1 土地利用现状分类及含义

一级类型		二级类型		含 义
编号	名称	编号	名 称	
5	居民点及工矿用地			指城乡居民点、独立居民点以及居民点以外的工矿、国防、名胜古迹等企事业单位用地，包括其内部交通、绿化用地
		51	城镇	市、镇建制的居民点，不包括市、镇范围内用于农、林、牧、渔业生产用地
		52	农村居民点	镇以下的居民点用地
		53	独立工矿用地	居民点以外独立的各种工矿企业、采石场、砖瓦窑、仓库及其他企事业单位的建设用地，不包括附属于工矿、企事业单位的农副业生产基地
		54	盐田	以经营盐业为目的，包括盐场及附属设施用地
		55	特殊用地	指居民点以外的国防、名胜古迹、风景旅游、墓地、陵园等用地
6	交通用地			居民点以外的各种道路及其附属设施和民用机场用地，包括护路林
		61	铁路	铁道线路及站场用地，包括路堤、路堑、道沟、取土坑及护路林
		62	公路	指国家和地方公路，包括路堤、路堑、道沟和护路林
		63	农村道路	指农村南方宽 $\geq 1$ 米，北方宽 $\geq 2$ 米的道路
		64	民用机场	民用机场及其附属设施用地
		65	港口、码头	专供客、货运船舶停靠场所，包括海运、河运及其附属建筑物，不包括常水位以下部分
7	水域			指陆地水域和水利设施用地，不包括滞洪区和垦殖三年以上的滩地、海涂中的耕地、林地、居民点、道路等
		71	河流水面	天然形成或人工开挖河流常水位岸线以下的面积
		72	湖泊水面	天然形成的积水区常水位岸线以下的面积
		73	水库水面	人工修建总库容 $\geq 10$ 万立方米，正常蓄水位岸线以下的面积
		74	坑塘水面	天然形成或人工开挖蓄水量 $< 10$ 万立方米常水位岸线以下的蓄水面积
		75	苇地	生长芦苇的土地。包括滩涂上的苇地
		76	滩涂	包括沿海大潮高潮位与低潮位之间的潮浸地带，河流、湖泊常水位至洪水位间的滩地；水库、坑塘的正常蓄水位与最大洪水位间的面积。常水位线一般按地形图，不另行调绘
		77	沟渠	人工修建，用于排灌的沟渠，包括渠槽、渠堤、取土坑、护堤林。指南方宽 $\geq 1$ 米，北方宽 $\geq 2$ 米的沟渠
		78	水工建筑物	人工修建，用于除害兴利的闸、坝、堤路林、水电厂房、扬电站等常水位岸线以上的建筑物
		79	冰川及永久积雪	表层被冰雪常年覆盖的土地
8	未利用土地			目前还未利用的土地，包括难利用的土地
		81	荒草地	树木郁闭度 $< 10\%$ ，表层为土质，生长杂草，不包括盐碱地、沼泽地和裸土地
		82	盐碱地	表层盐碱聚集，只生长天然耐盐植物的土地
		83	沼泽地	经常积水或渍水，一般生长湿生植物的土地
		84	沙地	表层为沙覆盖，基本无植被的土地，包括沙漠，不包括水系中的沙滩
		85	裸土地	表层为土质，基本无植被覆盖的土地
		86	裸岩、石砾地	表层为岩石或石砾，其覆盖面积 $> 70\%$ 的土地
		87	田坎	主要指耕地中南方宽 $\geq 1$ 米，北方宽 $\geq 2$ 米的地坎或堤坝
		88	其他	指其他未利用土地，包括高寒荒漠、苔原等

资料（如各种用地的统计数，标准地块的产量等）。

（3）仪器和设备的准备。配备或购置调查工作必须的仪器、工具和设备。

（4）编写调查任务书。调查任务书的内容应包括：①基本情况；②调查工作所需的图件资料和技术条件；③调查工作的组织、实施步骤与方法；④时间安排与经费预算情况，承包办法；⑤各级行政界线和权属界线的处理和认定情况。

## （二）外业调查

包括预求航片平均比例尺、室内预判、外业判读调绘、外业解测、填写外业调查原始记录表，外业调查检查等工作。

### 1. 基本要求

（1）调绘宜采用影像平面图，也可采用航摄相片或新测制的地形图。

（2）先调绘行政界，然后调绘权属界，再调绘地类界，调绘的界线和地物应准确，权属关系清楚，图斑闭合，线条细滑，取舍合理，注记无误，清晰可读，线划、符号符合规定。

（3）测绘面积不得有漏调和重叠，一般应选在航向重叠或旁向重叠的中部，平原地区航向重叠度达 60%以上时，可隔片调绘。

（4）调绘的明显地物界线在图上位移应 $<0.3\text{mm}$ ，困难地区或不明显地物界线的位移应 $<1.0\text{mm}$ 。

### 2. 调绘准备

（1）用相片平面图或影像图调绘。作业前必须对调查地区的图件进行整理，并检查影像的清晰度，图幅的接边精度等。

（2）用单张航片调绘。应按航线号和航片号编制调绘范围的航片索引图和航片接合图，准备航高、焦距等数据，预求航片平均比例尺，进行室内预判，确定外业的工作路线与方法。

### 3. 境界与土地权属的调绘

（1）境界包括国界及各级行政界线。土地权属界包括村界，农、林、牧、渔场界，居民地外的厂矿、机关团体、部队、学校等企事业单位的土地所有权界和使用权界。

（2）收集国有土地使用单位的土地权属证明文件、图件等资料，铁路、公路、水利、工矿等企事业单位具有法律效力的权属界线证明文件，按文件确定界线。

（3）无论是同期调查、不同期调查以及有否证明文件，均应由相邻单位共同签署确认。若有争议，则两界之间的土地为争议土地，应同时标注图上，由上级主管部门做技术处理。

### 4. 地类调绘

（1）按表 5-1《土地利用现状分类表》进行地类调绘。

（2）以村为单位，对土地资源进行判读和编号，在航片上用红色实线表示地类界线，按地类在图斑中央标定调绘符号，地类界与线状物重合时省略不绘地类界。地类被线状地物分割时，各小块标出地类符号；当被权属界分割时，被分割的各部分均作单个图斑处理。

（3）最小上图和上簿面积，参照有关规范执行。

## 5. 线状地物调绘

(1) 线状地物包括河流、铁路、林带、固定的沟、渠、路等。当宽度 $\geq 2\text{m}$ ，应予调绘并实地丈量宽度，丈量精确到  $0.1\text{m}$ 。长度在地形图（相片平面图或影像图）上量取。

(2) 宽度变化较大的线状地物，应分段丈量。

(3) 依实际位置在图上表示的双线河，不必进行外业调绘，宽度和长度均在地形图（或相片平面图或影像图）上量取。

(4) 线状地物按规定符号表示，一般不编号，记录在调绘手簿相应图斑的有关项内。

## 6. 补测地物

实际地物有变化时应将变化部分补测在影像平面图上；当使用航摄相片时，还应转绘在地形图上。

补测地物点的精度按有关规定执行。有必要时还须新增地物，新增地物补测时，航片补测可采用比较法（目测内插法）、截距法、交汇法、延长线法，地形图上补测可采用平板仪补测地物。

## 7. 调绘整饰

(1) 调绘、补测须符合规定的各项要求，调绘、补测的要素须及时着墨整饰。

(2) 调绘内容须逐片整饰接边，符号、颜色及精度须符合规定。

(3) 相片平面图、影像图调绘后，经整饰即为土地利用现状工作原图。

## 8. 填写外业手簿

按表 5-2 填写手簿，要求字体正规，字迹清晰，不准涂改和就字改字、刮擦和重抄。

最后，还应按有关策质量监控和技术管理规定，认真做好各类资料的检查与核对。

表 5-2 土地资源调查手簿

地类 编 号	地类 名 称	地类 符 号	权属		临时 图斑号																	
			性 质	单 位 全 称		作 物 类 型	耕 作 制 度	植 被	名 称	宽 /m	长 /m	面 积 / 公 顷	属 单 位	面 积 / 公 顷	名 称	符 号	经 性 质	属 单 位	面 积 / 公 顷	产 量	灌 溉 保 证 率	坡 度

## （三）内业转绘和土地面积量算

内业阶段的内容包括航片转绘、土地面积量算、面积统计汇总和整饰分幅土地利用现状底图等。

### 1. 航片转绘

将单张航片的外业调绘成果利用某一种转绘方法，转绘到分幅地形图上，经检查符

合转绘精度要求后，转绘好的图件便可作为量算面积和编制土地利用现状图的底图。

航片转绘可以以航片平面图或影像地图为底图，也可以以地形图为底图。转绘的方法很多，主要有图解转绘法与仪器转绘法等。可根据图件资料的情况，仪器设备情况，土地利用现状调查的精度要求及地形条件等，选择各自适宜的转绘方法。平原区常用相似法和中心辐射线网格法，距离交会法和转绘仪法。丘陵区常用单个投影仪法，辐射网格法，单辐射分带转绘和平行尺法。山区常用单个投影仪法，辐射交会法，单辐射分带转绘法和自然网格法。

## **2. 土地面积量算与汇总**

土地面积量算与汇总统计的原则是，“图幅为基本控制，分幅进行量算，按面积比例平差，自下而上逐级汇总”。图幅为基本控制是指各种比例尺的地形图其分幅都应有一个理论面积，处于图幅内的县、乡、村或碎部图斑总计都应符合该理论值。分幅进行量算，如行政区域跨几幅图时，可先在每一幅中量出其面积，然后参加平差，最后把平差后的面积相加汇总。按面积比例平差是指在同幅内的同一级面积量算中，当量测面积与控制面积不符时（闭合差小于允许误差），可将此不符合值按面积大小比例进行分配。自下而上汇总是指参与调查的所有图幅量算及平差工作全部结束后，可按行政单位（村、乡、县）自下而上地逐级将平差后的面积累计相加汇总。

面积量算方法，可根据图斑形态、大小以及量算要求分别采用求积仪法、方格法，平行线法，图解法，解析法，光电法或计算机量算法。为了把测量和计算中的误差降到最小程度，规定一律量 2 次，如果 2 次结果在规定的允许误差之内，取平均值。

图幅内相邻县的面积量算时，必须在相邻县共同签署确认的边界图上进行面积量算，各县应采取协商办法，由先调查的县提供跨县图幅中各县在该图幅平差后的面积，作为相邻各县在该图幅内面积量算的控制。

线状地物一般按矩形计算面积，宽度用外业实测值，长度在工作底图上量取。线状地物的图上宽度大于 5.0mm 时，按图斑编号，单独量算面积，并参加平差；图上宽度小于 5.00mm 时，不做单独图斑处理，将其面积归入相邻地类图斑量算。由于线状地物的归属原因，以其中中心线做图斑界线量算时，应从两侧的图斑中扣除线状地物的相应面积。

## **3. 整饰分幅土地利用现状图**

面积量算和汇总工作结束后，即可对转绘好的分幅底图，按土地利用现状图要求的内容与图式进行清绘、整饰，整饰后的图件便成了分幅土地利用现状底图。

### **（四）成果整理**

成果整理阶段包括编制土地利用现状图和编写土地利用现状报告（说明书）。

土地利用现状图主要有分幅土地利用现状底图和行政区域的土地利用现状底图 2 种。土地利用现状图的编制一般是以分幅工作底图为基础，根据不同比例尺的综合要求，分别编制县、乡级土地利用现状图。土地利用现状图比例尺视辖区面积大小而定。土地利用现状图主要表现各种地表分布状况，其他内容可适当综合，图中应包括境界线，地类界及符号、线状地物等。等高线的表示，丘陵山区用同比例尺地形图上的等高曲线，平原区适当注记高程点。土地利用现状图的编绘程序一般是，展绘数字基础、拼贴编绘底图、编绘土地利用现状图、清绘与复制和按土地利用现状分类上色。

土地利用现状调查报告的内容包括调查地区的地区的自然和经济与社会概况，调查工作概况，调查成果及精度分析，土地资源合理利用中的问题与建议，土地利用现状的综合分析和建议，土地利用现状图及调查表，其他调查成果。

### 第三节 土地资源评价

土地评价是指土地用于规定目的时，对土地性能的评定。因为土地评价要考虑土地的各种性能，多种用途以及不同的目的，因而土地评价是一个多指标的评价系统，也是一个多目标的评价系统，要同时考虑各种可能的土地用途，并兼顾生态效益、经济效益、社会效益。土地评价的目的是为土地资源估价、土地利用规划、土地管理、环境保护服务，为估计土地经营好坏服务，为土地税收提供科学依据。

由于土地评价的目的、目标、对象、方法等不同，土地评价种类也有多种。根据评价的目的，可以将土地评价分为土地适宜性评价、土地生产潜力评价，土地经济评价。根据评价的方法可以将土地评价分为定性评价和定量评价。根据土地评价的目标的综合性程度可以分为单项评价和综合评价。根据评价对象的不同可以分为多种单项评价，如农业用地评价，交通用地评价等。

#### 一、土地资源评价的方法和程序

土地评价的因素多变，其方法也是多种多样的。常用两阶段法和平行法。两阶段法是指第一阶段主要依据自然资源调查作出定性评价；第二阶段主要依据社会经济分析作出定量评价。平行法是指土地和土地利用种类的自然因素的调查与社会经济分析及评价同时进行的一种方法。该法由于将两阶段法中的两个阶段同时进行，因此可以缩短评价时间，常用在需较短时间提供出较精确的成果和评价中。

#### 二、土地资源评价的工作程序

土地评价的工作程序大致可分为土地评价的准备阶段，评价中间过程，评价资料管理和成果汇报 3 个主要阶段。在土地评价的准备阶段，要进行土地评价立项与初步商讨，确定评价目的，实地调查并收集数据和资料，制定评价工作计划。地评价的中间过程实际是评价进行过程或中间环节，上接评价准备阶段下续评价成果的整理汇报。在该过程中，需确定土地利用类型，划分土地评价单元，进行土地资源评价。土地评价的成果包括土地评价报告书和编制土地评价成果图。

#### 三、土地资源评价种类和内容

按土地评价目的可分为土地自然适宜性评价，土地生产潜力评价，土地经济评价。

##### 1. 土地自然适宜性评价

土地自然适宜性评价是指根据土地类型的质量和作物或者土地利用方式的生理、生态要求分析土地自然适宜性的过程称为土地自然适宜性评价。土地自然适宜性评价方法可分为定性的、定量的以及定性和定量相结合的土地自然适宜性评价。

土地自然适宜性评价是分析土地的经济适宜性的基础。分析土地自然适宜性等级方

法很多，但核心内容大多采用土地用途与土地质量的比配。比配包括两个步骤，第一步依照土地利用要求和土地质量的分析比较得出土地利用方式的适宜性等级；第二步提出新的土地利用方式。这两个过程往往反复进行，直至达到令人满意的适宜性等级。

## **2.土地生产潜力评价**

土地生产潜力是指土地在一定的自然条件或社会经济条件下，生产对人类有用的生物产品或经济产品的潜在能力。土地生产潜力评价包括土地的作物生产潜力评价、土地的综合生产潜力评价以及土地人口承载潜力分析等。

土地作物生产潜力评价是针对一定的作物或一定的土地利用方式，具体分析作物潜在产量与各种自然因素的关系，并建立数学模型，以此可评价潜在产量的绝对值，这种评价被称为土地的作物生产潜力评价。

农业生态区法是一种理论上比较完善、实际中应用较多的计算生产潜力的方法，它将作物的生产过程看作是作物不断吸收太阳光和水分，在土地所提供的环境条件中进行光合作用的过程。其中，由光照和温度条件所决定的作物最大生长力称为光温生产力，若作物的最大生产力是由光照、温度和水3个条件所决定，则称为光温水生产力，如果再加上土壤的作用，则称为光温水土生产力。

土地综合生产潜力评价一般采用土地类型的分类单元为评价单元，综合考虑作物或土地利用方式的适宜性评价或生产潜力评价的结果。最有影响的土地综合生产潜力评价是美国农业部的“土地潜力分级系统”。这种分级系统揭示了土地潜力在生产力上的逐级变化，便于进行所有土地之间的等级比较。

## **3.土地经济评价**

土地经济评价是从土地的经济属性出发，在不同的自然条件和社会经济条件下，分析不同质量的土地生产耗费量（投入）与提供产品量（产出）的对比关系，或者在同样的投入条件下，分析不同产出量的经济指标。

土地经济属性是土地经济评价的依据。主要的土地经济属性包括土地价值与土地价格、投入与产出、市场方向、集约度等。土地经济评价可分为单项经济评价、综合经济评价、土地资源潜力评价和土地的国民经济评价。

（1）单项经济评价。又称农业经济评价。其评价指标是“投入—产出”可变函数。最常用的方法是从各种宜种农作物的角度对土地适宜性进行评价，还可通过对不同土地上某项费用的增加与其成果之间的数量分析来实现。评价的成果可应用于土地效益的提高和优化。

### **（2）综合经济评价**

综合经济评价不仅考虑土地的自然特性，同时还考虑土地的区位和人工肥力因素（如灌溉、施肥）。其评价标准是人力和自然力相结合的经济力，即各类土地上农业利用的相对经济效益。综合经济评价指标包括总产量、费用回收率和级差收入。

（3）土地的国民经济评价。又称货币评价。因为综合经济评价是根据年产量或级差收入进行的，但在解决土地的有偿使用和土地的优化利用等问题时，不但要确定土地的利用价值，还要考虑时间因素对地价的影响，即在确定地价时，需考虑该土地为农业利用的完整（累计）的国民经济效益，并用货币表示。

## 第四节 农业生态地质调查

农业生态地质是一门新兴边缘学科。作为农业生态环境的重要因子，如土壤、地貌、气候、水文、生物、景观等都与地质环境有着密切的内在联系，而农业自然灾害中，地质灾害占据主要地位。地表水和地下水等水文状况对农业生产影响极大，它受到基岩的岩石组成、构造形式等的明显限制。要正确地认识和评价农业生态环境，必须注意和研究农业地质环境即生态环境地质因子，在研究其他农业生态环境因子时，也要注意研究它们受地质因子的影响和限制。因此，农业地质调查，是区域生态环境调查的重要内容之一，是地质调查直接服务于农业、林业和牧业，为这些产业的生产提供自然环境和污染环境状况信息，为制定产业规划提供重要的科学依据。

### 一、农业地质调查内容

农业地质调查，能够全面反映农业生态要素中的地质因子及地质因子的影响作用，从而可以进行农业生态地质类型的划分，并确定其区域主导因子及参数，以供指导农业生产。目前中国农业地质调查工作仍处于实验阶段，因而无统一的规范和标准。

农业地质调查一般是以农业地球化学调查为基础，联系区域地壳表层地质背景及演化，基岩和成土母质的组成、结构和物质循环，分析地下水及土壤水分的分配和分布，调查土壤吸力状况，尤其是植物营养元素的背景含量及分布状况，划分农业土地生态环境类型，分析土地利用现状及潜力，农业污染及农业灾害的类型及对策，综合评价区域社会经济环境对农业生产环境的影响，提出农业生态环境保护和合理利用的对策。

#### 1. 生态地质背景调查

(1) 区域地壳表层物质组成与结构调查。包括岩石类型、特殊地质体的分布（如超基性岩、花岗岩、剪切带、破碎带等）、区内传统矿产与非传统矿产的类型及分布。这些都是基础地质调查的主要内容，但需要从农业地质背景角度进行分析和总结。

(2) 区域地球物理场和地球化学场调查。包括重力场、磁场、放射性场、地球化学场、地热场及应力场等，注重分析其本底，异常形态特征、组合、分带性，判别其主导因素。

(3) 区域地壳演化史调查。对区域内的造陆、造山作用，时间、类型、演化阶段的调查，尤其是对第四纪以来地壳运动的调查，为研究该区环境演化规律提供基础资料。另一个重点是现代地壳运动及其环境效应，调查区域地壳升降趋势及速率，区域气候和自然环境等迁移和趋势。

(4) 区域地质灾害调查。调查区内地壳稳定性、地震、地裂、滑坡、泥石流等地质灾害，并对水土流失、沙漠化、盐渍化等环境灾害形成的地质因素进行调查和评价。

#### 2. 基岩与成土母质调查

(1) 基岩的矿物和化学组成调查。调查不同类型基岩的主要矿物、次要矿物、副矿物、常量元素、微量元素（有益元素和有害元素）等。这些内容在区域地质地球化学调查中已有许多资料可参考，但在微量元素分析项目上，要突出农业化学元素，注意收集和补充。

(2) 成土母质的调查。成土母质是基岩表层的疏松物质，它们可能是水下沉积物（砂、砾、泥），也可能是地表沉积的（洪积、波积、残积、风积），甚至是一些成熟度很低的沉积岩，如黄土、红土等。成土母质调查既是区域表生地质和地质化学调查的主要内容，又是农业地质调查的主要内容，二者在元素选择和研究重点上有所不同。农业地质侧重于这些物质的形成和运移，风化和搬运作用在不同地段的发育程度和速率，在元素的研究上，更侧重于与农业有关的有机物和微量元素。

(3) 农业水文地质调查。调查基岩裂隙带的分布与密度，表层松散物的孔隙度、渗透性，地下水供给状况（潜水面深度，地下水运动方向及速率，地表水渗透速率及滞留时间，给水和排水区的分布等）、深层水的水储量和水质，土壤保水能力（土壤水的分配、有效水分、季节分配、土壤水的动态）等。

### 3. 土壤地球化学调查

(1) 土壤地球化学本底调查。又称为土壤地球化学背景调查。中心任务是调查区内土壤中的营养元素和有害元素（包括污染元素）的背景值、衬度及异常情况，包括不同层位和不同粒级中的元素背景值；不同类型元素的背景值；元素地球化学赋存状态及迁移性。

(2) 土壤微量营养元素的空间分布规律调查。主要指 Zn、Cu、Fe、I、Se、Cr、Co、Mn、Mo、Ni、V、B 等在植物生长中的作用。调查区域空间及不同类型土壤中存在的营养元素的种类、含量、元素组合、分布规律及存在形式及来源，讨论其有效性及利用率，分析这些元素的生物地球化学循环及平衡过程，提出最佳浓度标准及保证措施。

(3) 土壤中有毒有害元素地球化学调查。调查土壤中有毒有害元素的含量（如 Pb、Sb、Hg、Cd 等）以及某些限量元素（如 V、F、Mo、Se 等）的含量，调查它们在各种植物及农业品中的含量，分析其分布状况，讨论其积累速率和排出条件，重点了解这些元素在食物链中的传递和积累过程，确定其损害类型和强度。

(4) 土壤中微量元素的生态环境效应调查。主要包括区域土特产农林副产品的地球化学因子，及其生长环境的土壤地球化学和地方病与微量元素缺乏症或高含量。

(5) 土壤发生学调查。主要调查成土控制因素及其重要性，土壤发育程度及其分布规律，土壤对成土母质与基岩的继承性及变化性，影响土壤演化的主导因素，土壤发育的趋势及保存条件，土壤灾害及土壤问题等。

(6) 土壤—生物链间元素迁移和循环规律研究。在上述调查基础上，通过对土壤与农作物间营养元素，有益微量元素，有毒有害元素的含量对比，农作物、饲料、动物体之间元素含量对比，讨论土壤—生物链的微量元素循环，如有可能最终编制土壤—生物地球化学图。

### 4. 农业土地资源调查与评价

(1) 土地类型调查（见前节述）。

(2) 土壤类型调查。收集有关土壤类型和特征方面的资料，包括土壤性状、土壤水分、土壤结构、土壤肥力等土壤学的基本数据和资料，并结合土壤地球化学背景调查等对土壤肥力和土壤问题进行综合评价。

(3) 土地资源利用及潜力调查。调查土地的适耕性（土地利用类型，土地等级、

土地质量,土地改良及环境影响),土地利用状况、土地潜力(利用潜力、后备耕地、土地条件潜力等)以及土地灾害和土地利用中的问题。

(4) 农业地质灾害和农业污染调查。调查农业地质灾害类型和诱发因子,包括突发性灾害和缓发性灾害,与地质环境有关的环境灾害和诱发因子(如土壤侵蚀、肥力退化、区域沙化、盐渍化等)以及水利灾害等。

### 5. 区域农业资源潜力调查和评价

(1) 区域农业资源类型与分布调查。主要利用地方政府的各项调查和统计资料,了解区域农、林、牧、养殖、渔业等的产业类型,生产水平,生产系统的适宜性,经济效益及生产力水平的综合指数等。

(2) 近地农业矿产类型及分布。包括传统农业矿产和非传统农业矿产,还应关注潜在(可替代)的农业矿产包括无机矿产及部分有机质矿产如钾、磷、有机肥等常用肥料,以及就近发现和利用的微肥矿产、饲料矿产,农业环保矿产、药用矿产、食品加工矿产、土壤改良剂等。调查区内的农业矿产类型、品质、潜力、利用水平、分布规律、成矿规律、矿产预测等。

(3) 农业经济和社会环境调查。调查区内高品质、高产量的农作物和土特名优产品的类型、生产能力,品质特征、产量、经济效益和社会效益等,调查人口分布密度、健康状况、结构、平均寿命、文化水平等;调查农村的制造业、矿业及其他镇企业的分布、经济效益及发展潜力,调查农业的金融环境,调查农产品及其他产品的产销渠道、管理水平、社会接受能力及法规,政策的执行和宣传状况等。

(4) 对本区农业潜力作出评价,指出存在的主要问题,提出建议和对策。

## 二、农业生态地质调查方法

调查流程可分为信息采集方法、信息处理与集成方法、决策支持方法。有关决策支持方法参见本章第五节相关内容,现就信息采集方法、信息处理与集成方法做一简介。

### 1. 信息采集方法

(1) 一般地学工作方法。对基岩地质、水文地质、土壤类型、土地类型等调查,可采用一般的地学工作方法,即区域踏勘、路线调查、农业地质填图、代表性类型的解剖等工作方法,调查中应广泛采用 3S 技术。

(2) 专门方法。一般为地球化学、土壤学、环境学等工作方法和研究方法结合的方法。如在土壤地球化学背景研究中,采用随机取样法获取样品。在农业地质填图时,采用稀疏地球化学布点,定量分析法。在研究成土过程与元素迁移时,采用土壤剖面法(包括人工土壤剖面 and 修整自然土壤剖面)。

(3) 抽样调查和问题调查方法。抽样调查,就是在选择代表性中再随机抽取一些样本,进行详细分析,通过样本样品与整体特征的统计关系分析,以样本调查代替整体调查,最终获得整体的属性期望和规律性。问题调查,即选择在区域内影响程度大,而且普遍性高的问题区进行调查和定量分析,并作为全区评价的主要因素考虑。调查可采用访问、查询、问卷统计报表等方式进行。

(4) 统计分析法。农业地质调查涉及领域广,重点问题多,应按有利于统计分析

的要求安排调查工作。除了应用相关分析、趋势分析、判别分析、因子分析等一般方法外,还可以采用统计检验方法评价获得数据的可信度和准确度等。只有这样,才能获得较深入的认识。

(5) 综合分析法。农业地质调查大部分基础信息利用的是前人或其他工作的资料。因此,在资料的综合利用和分析方法上,应注意选择相对可靠的资料,利用相对准确的资料,照顾资料的覆盖面,寻找资料中存在的矛盾和问题,在应用时作到心中有数。

## **2. 信息处理和信息集成方法**

调查中对信息应尽量利用 GIS 技术、集成技术和人工智能技术,通过建立空间数据库,各种数字化模型,进行综合分析和模糊处理,使其能更直观和客观的得以反映。

农业生态地质调查信息处理和集成的目标是在进行农业生态地质区划,并以此为基础完成农业发展规划与对策中得到真实体现。农业生态地质区划,确定了编制农业生态地质图的原则,内容及技术路线,并可以提供联系农业生态地质环境及农业资源潜力评价之间的脉络。农业地质区划的内容应包括:划分农业生态地质单元、高级单元和超单元,建立农业生态地质空间系统。生态区—亚区—小区;确定农业生态地质环境评价体系及指标,建立属性网络和属性模式;确定农业问题,包括土壤问题,污染问题和灾害问题;确定区划原则,即评价单元和评价指数;建立区域评价指标系统;完成区划评价。

# **第五节 林业及牧业资源调查**

从资源分类学上讲,林、牧业资源属于生物资源大类。生物资源常分为陆地生物资源和海洋生物资源等,海洋生物资源调查参见海洋资源调查相关章节中的介绍。从资源的相互依从关系来看,林、牧业资源和土地资源关系最为密切,土地资源是林、牧业资源的载体,因而对林、牧业资源起着决定性的作用;而水资源、气候资源等是林、牧业资源的限制性因素。另外,在国土资源调查研究中,林、牧业资源的调查总是和土地资源统筹规划。林、牧业资源主要指森林资源、草场资源。因此本节简要介绍森林资源、草场资源的一般调查方法。

## **一、森林资源的调查**

### **1.林地面积及森林覆盖率调查**

林地面积及森林覆盖率是衡量一个地区森林资源经济利用价值的重要指标。森林资源的覆盖率达到一定的密度(约相当于土地总面积的 1 / 3 以上),就有利于改善小气候,涵养水源,保持水土,防风固沙,保护农田免受风沙侵袭,进而改善农业生产条件,调节大气候。林地面积计算方法和森林覆盖率指数的确定参照林业部门制定的有关标准。

### **2.森林资源的数量和质量调查**

森林产品的数量和质量依据林种的不同而有不同的指标要求。对用材林资源来讲,主要指标是森林蓄积量和所产木材的品种及材积级别。其中森林蓄积量中首先是森林蓄积总量,其次是可利用森林资源所占的密度,特别是后者有更重要的实用价值。

### **3.森林资源结构调查**

森林是一种生物地理群落,决定这个群落发生和发展的主要动力,一方面在于植物

与环境之间的相互作用，另一方面在于植物之间的相互作用。由于这些作用的结果，使任何森林在外貌上都具有一定的结构，即在森林发育过程中，不同类别的植物（主要是林木）具有一定的比例。

森林结构（包括树种结构、层次结构、年龄结构和森林密度等）是影响林木生长、生产力以及稳定性的重要因素，同时也影响着森林的多种多样防护作用的发挥。

#### **4.森林资源的分布和开发利用条件调查**

森林的分布具有明显的地带性特点，不同地带性森林植被类型具有不同的经济利用价值。森林分布也具有明显的区域性特点，随着气候、地理条件的变化而形成不同的林区、林种和蓄积量以及特有的林副产品。此外，森林分布与人类的经济活动有着密切的关系，人为的因素也在影响着森林分布的变化。森林资源的开发利用条件具体表现在森林资源的集中程度和丰富程度是否有利于采伐企业的建立，林区附近的工农业发展水平是否有利于为林区提供必要的机械设备和粮食及其他农产品。林区河川的水运、动力资源的保证程度、林区的保证程度、林区气候、地貌条件也影响着森林资源的开发利用。

## **二、草场资源的调查**

### **1.草场生物环境条件调查**

（1）气候条件调查。气候是基本条件，它决定着植物所得到的温度、光照、降水数量和分配，并且决定着草场的基本特性，制约着草场各个组成部分如土壤、植被、牲畜、野生动物等的存在和发展，从而影响着畜牧业生产的形式和基本方向。因此，气候条件不仅是形成草场的基本因素，也是对草场进行调查与评价的主要内容之一。

（2）地貌调查。草场的自然条件在很大程度上取决于地貌因素。通常，大地貌往往决定着草场的地理分布，中地貌往往导致地区气候、水文、土壤的变化，小地貌则只能看作草场内部的条件，同样显著地支配着草场内部生态条件。所以地貌条件是草场植被、气候、土壤等特征的综合表现。草场地貌不但决定着草场植物生活的各项要素，同时它对于草场利用也有很大的影响。

（3）水源调查。水在草场资源经济利用价值方面具有重要意义。草场水源包括地表水及地下水。水源丰富程度和利用难易程度的调查是水源的主要内容。

（4）土壤基质调查。土壤基质条件决定了土壤的物理化学性状，从而影响草场植被的生长和草场的放牧利用。对土壤基质主要应调查生草土壤的发育程度和土壤的机械组成，以鉴定草场的饲用植物的生长情况和草场的耐牧条件，从而确定草场的经济利用价值。

### **2.草场植被条件调查**

（1）草场植被覆盖度调查。草场植被覆盖度越大，经济价值越高。而且不同的草场类型，草场植被的覆盖度相差很大。

（2）草场饲用植物构成调查。草场的饲用植物构成直接影响着各类草场的经济利用价值。

（3）草群品质和产量调查。草群品质和产量是评价草场饲用植物经济利用价值的两个主要方面。草场草群的品质一般按其所含成分的比例以及植物成分的适口性来确定。

调查应按植物适口性评价草场草群的质量，然后再按草场产草量的多少划分若干草场产草级别。

### 3.草场生产潜力调查

(1) 载畜量与载畜能力调查。载畜量即草场上实际的家畜饲养量，也称为牧场实际的密度容量。它在一定程度上反映了草场生产能力的水平和经营管理的效果。载畜能力是指草场在中等程度利用下，全年放牧期内可能容载的牲畜最大定额，它是一种理论数值。载畜量小于载畜能力，表明草场生产还有潜力。但由于载畜量受多种因素影响而变化，因而估算载畜能力时，务必考虑到可能出现的因素，从而使载畜能力接近客观实际。否则，就可能造成超载，使草场生产力大大下降。

(2) 畜产品的年产量和单位面积产量调查。

(4) 草地营养调查。草地牧草营养物质的含量决定了草地饲用价值的高低。重点调查草地牧草营养物质的种类、物候期、生境条件，特别是草地土壤等。调查主要指标是牧草中的粗蛋白质、粗脂肪、无氮浸出物、粗纤维、粗灰分含量、总营养物质。

生物资源不仅是人类生活消费品和工业原料的重要来源，而且也是生态系统的核心，需要调查研究生物资源的种类、分布状况、生物群落的概貌及生物多样性等。对森林植被，主要调查森林植被的种类、数量、质量、分布面积、林龄结构、地域组合特点及其差异、开发利用现状及存在问题等。对草场资源，主要调查其分类、分布、生境条件、植被条件，草场资源的数量、质量、生产潜力（产草量、草地载畜能力、草地营养），草场资源利用状况和存在问题等。

森林资源和草场资源的基本调查方法主要是实地考察、统计分析等，遵循一般资源调查的常规方法，此不详述。

## 三、决策支持方法在林牧业资源调查中的应用

决策支持方法主要是指利用“3S”系统在包括土地、地质、采矿、石油、军事、土建、管线、道路、环境、水利、林、水保等多种领域，通过动态的调查、监测，进行系统综合分析，从而提供科学化决策依据的方法。

“3S”的决策作用绝不可过份夸大化，比如说，一个森林资源调查、监测系统，能够快速准确的研究森林病虫害的种类、范围、程度，并指导杀虫灭害，但用什么手段去实施，仍需要林学专家去指导解决。而解决结果的评价（特别是大范围时）又要依靠“3S”专家去实施。因此“3S”专家与其服务领域的专家相辅相成，协同作战时，专业问题才能得以解决。就专家位置而言，“3S”专家是系统服务员，而专业问题专家是系统决策者。指望一个“3S”系统超越专业专家去解决专业问题是不可能的。目前，在农业、林业、草场等资源调查、提供决策依据的研究进展很快，现选择几个较成熟的决策支持方法简介如下。

### 1.精密农业系统

精密农业是国外依靠科学技术发展高效农业的一个新概念，是电子地图、DGPS、现代农机、现代农业科学技术集成的结晶。其特点对土壤特征、水分、气候等与农业相关的因素进行研究，建立相关的GIS，通过DGPS导航，实现飞机播种、药物飞播治虫

防病锄草施肥，当然此项工作也可由 DGPS 导航的农机车辆完成。此举可以省去横向重叠、转换重叠，因地制宜地播种、施肥、锄草、撒药，减少浪费，提高效益。如夜间喷洒农药和化肥，因夜间风小、气温低，可使用喷孔更多、更细的喷雾器，因夜间蒸发和漂移损失小，喷施均匀，夜间植物气孔张开，更易吸收农药和化肥；而白天阳光照射，喷洒的农药会因为蒸发、无效扩散，随风漂游而造成浪费。据国外统计，利用现代精密农业系统，可节约 50% 的农药和化肥。

## 2. 森林资源、水土保持、荒漠化调查、监测“3S”系统

矢量数据、样地定位、电子地图补测补绘、RS 采样地定位与恢复、RS 几何校正起始数据等多种功能与作用。突出数据库功能，使各种手段获取的数据都能与数据库之间实现双向访问，进而解决森林资源、水土保持、荒漠化调查与监测中从定位到观测，从处理到分析，从决策到制图，从静态估计到动态分析各种条件下的空间几何、物理问题，确保资源合理开发利用，实现 GIS、RS、GPS 一体化、集成化。

该系统调查的基本问题是，林业资源调查监测必要空间定位精度的研究；DGPS 基础多功能控制网的合理密度、精度和施测研究；树冠、地形、重复次数、测程对 DGPS 精度影响之研究，粗差探测；点、线、面、体定位方法、数学模型、精度分析研究；固定样地 DGPS 恢复、建立、自动记录、实时计算、处理通讯之研究；DGPS 用于森林调查、监测，防火、更新、病虫害、荒漠化、野生动物跟踪调查研究；DGPS 与 RS 结合之研究（采样地定位、面积测定，校正所需已知数据定位、混合像元图斑及面积测定、DGPS 在 RS 图像上的实时显示处理）；DGPS 与 GIS 结合之研究，实时测图，补测补绘，实时显示，数据管理与分析，林相图，森林资源分布图绘制。

最为成功的方法是已解决了调查中的树冠、地形引起的粗差探测、剔除、平差问题，提高森林郁闭条件下、定位精度和可靠性措施。

## 3. “3S”在草地估产中的决策应用

草地产量是草业生产力高低的重要衡量指标，同时也是制定畜牧业生产规划的基础。能否及时掌握准确地大面积草地动态产量资料，对计算草地载畜量和安排草畜生产，提高草地畜牧业生产力，都具有十分重要的意义。然而，目前一般采用的传统测产方法，由于测点控制面窄，周期长，再加之费时又费力，成本高，都不能及时反映大面积草地产量动态变化状况，而具有其局限性。因此，为了克服传统测产方法和技术的不足，提高生态学在植物群落和景观层次的研究水平和范围，提高人们对草地生态系统在空间、时间和属性特征动态变化的了解和演替过程的掌握，使生态学原理和草地信息更有效应用于草业生产，发展草业生产力和丰富草地生态学研究方法。利用遥感技术，全球定位系统和借助 GIS 系统的统计功能，通过多年地面观测工作和卫星影像的印证和草地专家系统分析，经过一系列专业化技术处理，实现草地信息获取，信息处理和信息应用自动化、定量化和一体化目标，进而通过建立草地可食牧草各类估产模型和遥感环境综合技术系统，努力实现草地可食产量大面积遥感动态监测和估产指标及提高估产的精度。最终实现草地估产新思路的目标——RS、GPS、GIS 和草地专家系统一体化集成，丰富及拓宽草地生态学研究方法。

## 第六章 其他资源调查方法

矿产资源、土地资源属地质学研究的重要内容，是国土资源部直接规划和管理的重要资源。水资源、旅游资源及气候资源也包含了地质类资源的成分，属地质学研究的内容之一，但其规划和管理分属水利部、国家旅游管理局和国家气象局等部门。为突出本书“从地学角度研究国土资源特征，论述地质学的国土资源调查方法”之特色，本章对水资源、海洋资源、旅游资源及气候资源的地质调查方法做一般性介绍。生物资源主要是现代地质阶段的产物，与一般意义上的地质历史时期的资源有很大区别。在土地资源调查与评价一章的林业及牧业资源调查中，已就森林资源和草场资源等生物资源类型的一般调查方法做了简要介绍，故本章不再介绍生物资源调查。

### 第一节 水资源调查

#### 一、水资源调查概述

水资源是指人类生产与生活的天然水源。广义水资源应为一切可被人类利用的天然水，包括了海洋、地下水、冰川、湖泊、土壤水、河川径流和大气水等自然界的各种水体。狭义的水资源是指人们可以直接利用的淡水，包括地表水（河、湖、水库）和地下水。

水资源属于一种再生性的自然资源，它除了具有一切再生性自然资源所共有的特性外，还有其本身所固有的特性，即循环性、形成周期的多变性、数量上的有限性、分布的不均匀性和品质上的多样性。

关于水资源的分类，目前尚无统一认识。不同的分类原则，会得出不同的分类结果。按水的物理化学性质，水资源可分为淡水资源、咸水资源、热水资源（温泉、地下热水）、固态水资源（冰川、积雪）。按国民经济用水的要求，水资源可分为耗用水资源和借用水资源。前者主要指工业耗用水、农业灌溉水和民用水；后者主要指凭水力做功的水资源，如航运、漂木、发电等等。按水的空间分布及人们的利用习惯，常分为地表水和地下水等。本章主要介绍地下水资源调查。

水资源调查目的是通过一系列的现场观测、勘探、试验，以及室内实验研究，查明调查区的水文地质条件，掌握调查区地下水的形成、赋存、运动特征，水质、水量变化规律，提供在制定利用或排除地下水措施时的水文地质依据。

水文地质调查通常分为水文地质普查和水文地质勘探两大阶段，前者属于综合性水文地质调查，后者属于专门性水文地质调查。

水文地质普查，即为经济建设规划提供水文地质资料而进行的综合性水文地质调查工作，采用的比例尺为 1:50 万—1:100 万。调查方法以水文地质测绘为主，配合少量的勘探和试验工作。其任务是着重查明区域地下水形成的初步规律，提供区域水文地质条件资料，为国民经济远景规划和为水文地质勘探设计提供依据。具体要求是初步查明主要含水层的埋藏和分布特征，地下水形成条件，地下水类型，地下水的水质，补给与排泄条件、运动规律，并概括地对区域地下水量和开发远景做出评价。

水文地质勘探，即在水文地质普查后所选定的有利地段上，为某项生产建设提供水文地质依据所进行的专门性水文地质调查工作。如为工农业提供地下水源，为矿区排水，为热、矿水开发等所进行的勘探等皆属于类此。水文地质勘探又可分为初步勘探和详细勘探。

## 二、水资源调查方法

当前进行的水文地质调查工作方法主要有水文地质测绘、水文地质勘探、水文地质（现场）试验、地下水动态（长期）观测和室内实验分析鉴定。

### （一）水文地质测绘方法

水文地质测绘是以地面调查为主，对地下水和与其相关联的各种现象进行现场观察、描述、测量、编录和制图的一项综合性工作，并对所得资料进行分析研究，找出它们的内在联系，用以判明调查区的水文地质条件，为地区规划或专门性生产建设提供水文地质依据。

水文地质测绘的基本任务是，观察地层的空隙及其含水性，确定含水层和隔水层的岩性结构、厚度、分布、破碎情况及其变化；判断含水层的富水性，主要研究由含水层补给的各种地下水露头的出水量及其动态变化；分析褶皱构造和断裂构造的水文地质特征；观察地貌、自然地理、地层构造等对地下水补给、运动、排泄的控制情况及主要含水层间的水力联系，以及地下水与地表水间的联系；研究区域地下水的化学成分、水文地球化学环境及地下水污染情况；掌握区内现有地下水供水或排水设施的工作情况和开采前后环境及水文地质条件的变化；结合收集到的勘探及试验资料，对区内深部水文地质条件进行相应研究。

#### 1.地质调查

地质调查的主要内容是：（1）从地下水赋存层位、形成条件着眼，对地区内各类松散层和基岩层的岩性、结构、层序组合进行观测研究。在此基础上，侧重对岩石原生空隙的形成、特征和数量进行调查，对含水层和隔水层的分布特征及其稳定性进行调查，对松散层的成因、结构、分布特征、孔隙大小和数量进行调查，对非可溶性基岩的风化及构造裂隙形成规律进行研究，掌握其集中分布带，对可溶岩的发育规律进行调查。（2）为确定含水层所处的构造类型和地下水的分布状态、富水地段，以及地下水补给、径流及排泄条件，对区内的具体地质构造进行调查。（3）对与地下水活动有密切关系的物理地质现象和与地下水开采或疏干有关的某些地质现象，进行观测与研究。

#### 2.地貌调查

对各种地貌单元的形态特征进行观察、描述和测量，查明各地貌单元的成因类型与地层、构造及地下水间的关系，注意对与当地地貌及外动力地质作用相关的沉积物的分析，调查各种地貌的形成时代及其发展历史，从而分析某些含水层的时代及其发展史。

在松散层分布区，还要注意观测微地貌，运用地貌学方法判定第四纪地层的有关特征。注意研究现代物理地质作用的性质和强度，以及在地貌上的反映。研究新构造和地下水活动引起的地貌现象。还要研究岩石的风化条件，从而分析风化裂隙水的分布规律。

最后，还要把所得到的资料，绘制成地貌剖面图和平面地貌图。

### **3.地下水调查**

对地下水露头点进行全面的调查研究是水文地质测绘的核心工作。在测绘中要对各类地下水露头点认真地进行观测，以确定含水层或富水地段，评价含水层的水质水量，并分析水文地质条件的变化规律。

泉是地下水天然露头，应注意观测。在缺乏泉的区内，要把重点放在现有井（孔）的观测上，当两者都缺乏时，则应进行布置重点揭露工程。如含水层埋藏较浅，可采用洛阳铲等揭露。含水层埋藏较深，则用钻机揭露（对有意义的地下水点，应注意采水样，供分析水质）。

在测绘中，要正确的把各种地下水露头点一一绘制在地形地质图上，并将主要水点联系起来，以分析调查区内的水文地质条件。还应选择典型部位，通过地下水露头点绘制水文地质剖面图。

对地表水的调查重点应放在：（1）查明地表水体的类型、分布、所处的地貌单元；（2）测量地表水体的水位、流量、水温、化学成分及物理性质，必要时还需观测地表水体的动态；（3）用分段测流的办法，确定地表水排泄或补给地下水的体具体地段及其水量的变化，并注意分析地表水量的增减或消失与地层岩性及构造之间的关系。

## **（二）水文地质钻探**

水文地质钻探是水文地质调查中最重要勘探手段和主要方法之一，在各种水文地质调查中，均应设计相应的水文地质钻探工作量。

### **1.水文地质钻探工作的任务**

水文地质钻探工作的任务，首先决定于勘探目的、调查阶段，其次决定于勘探区的自然地理和地质构造，以及水文地质特征等。一般的任务是：（1）揭露地下水，确定含水层位，并查明含水层（体）的岩体、结构及埋藏深度，以及含水层和隔水层的上述特征在水平和垂直方向上的变化规律；（2）查明各含水层水位，确定各含水层的初见水位和天然（稳定）水位，确定各含水层之间的水力联系；（3）测定含水层的水文地质参数；（4）进行地下水动态观测，了解地下水的补排条件及其动态变化；（5）采取岩心或岩土样作岩土的水理性质和物理力学性质实验，取水样进行水质分析，测水温；（6）结合开采地下水，施工勘探生产井。

根据主要任务，水文地质钻孔一般分为勘探孔、试验孔、观测孔和开采孔4类。勘探孔主要了解地质、水文地质条件，试验孔是除完成前者任务外，尚需进行水文地质试验，观测孔主要供水文地质观测和取样，开采孔是取得水文地质资料后对前述孔扩成开采井。

### **2.水文地质钻孔的设计要求**

水文地质钻孔具有结构复杂、施工要求严格、周期长和消费大等特点，设计钻孔时总的要求是，从最好的经济效益出发，以最少勘探工程量和最快速度，获得质量最高、数量最多的水文地质资料。

具体要求是充分收集现有地质、水文地质测绘、勘探和物探资料，在全面掌握工作区水文地质情况的基础上设计钻孔。根据工作任务和阶段设计钻孔；按照不同的水文地

质条件所要采用的地下水资源评价或矿井涌水量预测的方法，设计和布置相应的水文地质钻孔；对水文地质条件控制孔应先疏后密，点线结合、深浅结合；要考虑“一孔多用”、“供排结合”及水资源管理的需要来设计钻孔，如是否把勘探孔变为“探采结合孔”或“探排结合孔”或留作长期观测孔之用。

### 3.水文地质钻孔的布置原则

(1) 松散沉积区。山间盆地主要勘探线应沿山前至盆地中心方向布置。山前倾斜平原地区主要勘探线应平行冲、洪积扇轴，而辅助勘探线则垂直冲、洪积扇轴。河流平原地区勘探线应垂直于主要的现代及古河道方向布置。滨海平原地区勘探线应垂直海岸线布置，在河口三角洲地区，则应布置成垂直海岸和垂直河流的勘探网。

(2) 基岩区。在裂隙岩层分布地区，一般沿着河谷至分水岭的方向布置。为查明层间裂隙含水层及各种富水带的勘探线，则应垂直于含水层或含水带走向的方向布置。在岩溶地区，主要的勘探线应沿区域岩溶水的补给区到排泄区的方向布置，且应随着近排泄区而加密，或增加与之平行的辅助勘探线，勘探线应通过岩溶水补给边界及排泄边界，并有钻孔加以控制。在以管道流为主的南方岩溶区布置水文地质勘探孔时，除考虑上述原则外，尚应考虑有利于查明区内主要的地下暗河位置。

### (三) 水文地质试验

水文地质试验分野外试验和室内试验两种。本节只讲述几种主要的野外水文地质试验，包括抽水试验、渗水试验、注水试验、地下水流速流向的测定及连通试验。

#### 1.抽水试验

抽水试验是以地下水井流理论为基础，在实际井孔中抽水和观测。抽水试验的目的和任务是，研究井的涌水量与水位降深的关系及其与抽水延续时间的关系，求得含水层及越流层的水文地质参数，研究降落漏斗的形状，大小及扩展过程，研究含水层之间及含水层与地表水体之间的水力联系，确定含水层（或含水层）边界位置及性质，进行开采或疏干的模拟，以确定井间距、开采降深、合理井径等设计井群时所需的参数。

按所依据的井流理论，可分为稳定流抽水和非稳定流抽水试验。按抽水试验时所用井孔的多少，可分为单孔、多孔及干扰井群抽水试验。按抽水井的类型，可分为完整井和非完整井抽水试验。按试验段所包含的含水层情况，可分为分层、分段及混合抽水试验。

抽水试验场地布置，首先要依据任务和当地水文地质条件，选定抽水孔（主孔）的位置。然后进行场地布置，包括观测孔的配置，以及抽水设备的布置。观测孔在平面和剖面上的布置取决于试验任务、精度要求、规模大小、试验层的特征，以及资料整理和计算方法等因素。干扰井群抽水试验观测孔的布置应控制整个流场直到边界，非均质的各个块段也应有观测孔。观测孔的数目、距离及深度主要取决于试验的任务、精度要求和抽水类型。观测孔间距应近主孔者小，远主孔者大，最远应以能观测到明显水位下降，或下降值不少于 10 倍的允许观测误差。

抽水试验设备主要指抽水设备。用具包括过滤器、流量计、水位计、水温计、计时器等。除此，有时还需构筑排水设施和设置通讯用具。

#### 2.渗水试验

渗水试验是用以研究包气带岩石透水性的简易方法。尽管方法有多种，但实用的都是在浅试坑中进行有薄水层的稳定渗入。所得资料根据古典毛细管理论确定渗透系数。这种试验有助于灌水、渠水、降水，尤其是降雨渗入的研究。

### 3.注水试验

当扬程过大或试验层为透水不含水时，可用注水试验代替抽水试验，近似测定岩层的渗透系数。注水试验还可用于人工补给和废水地下处理研究。一般是采用稳定注水方法，不稳定注水法目前还很少用。

### 4.地下水实际流速测定

实际流速可用以确定含水层的一些参数，如计算通过某一断面的流量，判断水流属层流或紊流，研究化学物质在水中的弥散，以及作为决定地下灌浆中一些技术措施的依据。测定实际流速的方法有示踪试验和物探方法 2 种。

### 5.连通试验

连通试验是确定研究地段地下水流经具体途径的一种有效方法。当前主要用于研究岩溶地下水（地下河系）和寻找矿井涌水通道两个方面。也有助于判断地下分水岭的位置，补给范围、水流方向、流速、流量、地下水与地表水间的联系，以及水库漏失途径等方面。连通试验方法很多，主要为水位传递法和示踪试验法。

## （四）地下水的水量计算与地下水资源评价

地下水资源是指有使用价值的各种地下水量的总称，它属于整个地球水资源的一部分。地下水要有使用价值，必须满足水质和水量两个方面的要求。所以地下水资源评价应同时进行水质和水量的评价。但由于地下水量的计算和确定比评价水质复杂，故一般进行地下水资源评价时，是在水质符合要求的前提下，着重对水量进行评价。

### 1.地下水量的分类

由于地下水量具有可恢复性、活动性和调节性等特点，因而对地下水量的准确表达较困难。更由于水量分类有许多不同的术语和分类，目前尚未统一和完善。常用的几个术语概念是：

补给量：是指天然状态或开采条件下，单位时间从各种途径进入单元含水层（指水文地质单元内的某一含水层或含水组，或任一均衡地段的某一含水层或组）的水量。

储存量：是指储存在单元含水层中的重力水体积。

允许开采量（或可开采量）：是指通过技术经济合理的取水构筑物，在整个开采期内出水量不会减少，动水位不超过设计要求，水质和水温变化在允许范围内，不影响已建水源地正常开采，不发生危害性工程地质现象的前提下，单位时间内从水文地质单元或取水地段开采含水层中可以取得的水量，常用  $\text{m}^3/\text{d}$  或  $\text{m}^3/\text{h}$  或  $\text{m}^3/\text{a}$  计。

### 2.地下水允许开采量的计算

地下水的允许开采量是地下水资源评价的中心问题。在供水水文地质勘察中进行地下水量计算的目的是要提出允许开采量。允许开采量主要取决于补给量，同时还与开采的经济技术条件及开采方案有关。由于水文地质条件不同，已有的水文地质资料丰富程度不同，以及对计算成果要求的精度不同，可以采用不同的计算方法。目前已有的计算方法可归纳为开采试验法、相关分析法、水均衡法、水文分析法、水动力学的解析法

和数值法以及电模拟法和系统理论法等。在实际工作中可以同时采用几种方法计算，以便于互相对比和验证，使计算结果更加可靠。

### 3.地下水资源的评价

地下水资源评价分局部评价和区域评价 2 种。局部评价是在局部地段上，为保证某具体部门（城市，厂矿）的供水而进行的评价。区域评价是在较大的水文地质区域内，为规划开发地下水或综合利用自然资源而进行的评价。

（1）局部地下水资源评价。一是根据水文地质条件，布置经济技术合理的集水构筑物，预测出稳定的允许开采量，或允许降深内规定期限的允许开采量，即最大允许开采量的评价。另一是按具体的供水要求布置几种不同的取水方案，通过计算、对比，选出最佳方案，若为稳定型和调节平衡型开采动态，应评价其保证程度，若为非稳定型开采动态，则应评价不同开采期限内的水位降深情况，做出水质水量是否能满足供水要求的结论。

对局部水源地地下水资源评价时，还应注意对相邻水源地及其他供水水源的影响，对此也应作出评价。对开采后水质的变化及其他不良后果均应作出评价。

（2）区域地下水资源评价。区域地下水资源评价工作常常是在已有地质、水文地质勘探资料及目前开采动态资料的基础上进行的，必要时也要布置少量的勘探试验补充性工作。评价时应考虑水质是否符合规定标准，编图时应分别指出适于饮用水、适于灌溉水和适于工业技术用水的区域。

区域评价的方法主要用水均衡法，在平原地区还可用水动力学的解析法及数值法，在基岩山区可用水文学法，有资料可比时可用水文地质类比法。区域地下水资源的评价应在独立的水文地质单元上进行。

区域地下水资源的评价工作，一般可按下列程序进行：①收集资料，确定主要含水层，编制各种图件；②计算并确定水文地质参数，必要时应当补充进行一些地质、水文地质、水文和物探的野外工作；③计算地下水的各种补给量；④进行水文地质计算分区，并将分出的区域进行概化；⑤选择最适合的方法，计算可开采量；⑥给出所需水文地质参数、水位允许降深，计算开采期限；⑦拟定集水构筑物分布的计算图式；⑧按地段、含水层、整个区域的次序，计算地下水的开采量；⑨评价开采地下水时河流流量可能的变化，地下水水质的可能变化，以及有否其他不良后果。

## 第二节 海洋资源调查

### 一、海洋资源调查概述

海洋约占地球表面的 71%，是重要的自然资源宝库。海水占地球水总量的 97.2%，其中蕴藏有大量生物、化学、动力和矿产资源等。随着科学技术的发展和人类在开发陆地资源时的匮乏，越来越重视海洋资源的开发和利用，海洋已成为人类的主要资源地。

#### 1.海洋资源分类

海洋资源有广义和狭义 2 种概念。广义的海洋资源是指与海洋有关的物质、能量和空间。狭义的海洋资源是指来源、形成和存在方式都直接与海水有关的资源。不同的分

类方案所划分的海洋资源类型有较大区别。

(1) 按资源的性质、特点、存在形态,海洋资源可分为海底矿产资源、海水资源、海洋能源、海洋生物资源、海洋空间资源、海洋旅游资源。

(2) 根据资源所处的地理位置,海洋资源可分为海岸带资源、大陆架资源、海岛资源、深海与大洋资源、极地资源等。

## **2.海洋资源的基本特征**

(1) 海洋资源分布广,数量大。海水中含有地球上已知 100 多种元素中的 80 多种,与海洋有关的各类资源在地球上的分布范围十分广阔,类型多,数量大。如鱼类资源的 85% 来自海洋。世界上 95% 的锆石、90% 的金红石、90% 的金刚石、80% 的独居石、75% 的锡石都来自滨海砂矿。海洋石油约占世界石油总储量的 40%。海水中的黄金总含量相当于陆地储量的 170 多倍。海水中的银相当于陆地储量的 7000 多倍。世界上 97% 以上的水集中在海洋里。

(2) 海洋资源开发潜力巨大。限于科学技术水平,海洋资源的开发利用度很小,存在着巨大的潜力。如海洋可给人类提供的食物相当于陆地全部农产品的 1000 倍,但目前对海洋生物的利用还不到 1%。海洋潮汐能的蕴藏量约 27 亿千瓦,波浪能约为 10~100 亿千瓦,海流能约为 50 亿千瓦,盐度差能约为 26 亿千瓦。这些能量相当于现今地球上全部动、植物生长所需能量的 1000 多倍。但目前仅开发了其中的一小部分。因此,在陆地资源日益减少的情况下,海洋资源将是人类取之不尽,用之不竭的资源宝库。

(3) 海洋是一个人类未知的世界,不断有新的资源被发现和利用。20 世纪的中叶,开发了大陆架的石油和天然气,70 年代发现了现代海底热水成矿作用,80 年代开始研究锰结核的开发,90 年代发现了深海沉积物中的新型能源—天然气水合物。

(4) 海洋资源具有有限性和脆弱性。海洋资源虽然数量巨大,但有些资源亦属于不可再生资源。如油气资源和海底矿产。随着陆地矿产资源的日益减少,滨海砂、矿也会随之减少。海洋中的生物资源,特别是近岸水域、河口和港湾,极易受到陆源污染物排放的影响,致使近岸海域和海岸带生态环境恶化,部分海域生物种类减少。

## **二、中国海洋资源概况**

### **(一) 海底矿产资源**

海洋矿产资源,通常是指目前处于海洋环境下的除海水资源以外的矿物资源,包括溶存于海水中的海水矿产资源和赋存于海底的海底矿产资源。

#### **1.海底油气资源**

中国海域油气资源,除分布在海岸带区之外,还分布在大陆架和深海区,而且蕴藏量相当丰富。经调查,共发现 18 个中新生代沉积盆地,总面积超过 130 万平方公里。石油资源量约 500 亿吨,天然气资源量约 0.3 万亿立方米。近年来,经过普查和海上钻探,先后发现了渤海、南黄海、东海、珠江口、北部湾和莺歌海、万安滩等七个大型含油气的盆地。这些盆地不仅规模大,而且不少是同陆地上的油田连接,渤海油田就是陆上胜利、大港、辽河油田向海域的延伸,油气前景好。

#### **2.大洋锰结核**

锰结核通常由 30 种以上的有用元素组成，目前认为其中最具有经济价值的为锰、铜、钴、镍这 4 种金属元素。锰结核在世界各大洋均有发现。中国南海海盆深度大，又有铁、锰、镍、铜、钴等金属的来源，所以形成了在其他海域少见的锰结核。中国锰结核主要分布在北纬  $14^{\circ} \sim 21^{\circ} 30'$ 、东经  $115^{\circ} \sim 118^{\circ}$ 、水深 2000~4000m 的海盆和陆坡上，其中在中沙群岛南部和东沙群岛东南部比较富集。

### 3. 海洋砂矿

海洋砂矿，是指滨海及浅海地区由于海水的反复运动，使有用矿物发生机械分选作用，在有利地形部位富集而成的碎屑矿床。这些矿床中主要含有金、铂、锡、钨、铬、铁、钛、铅、汞、锑、铋、钼、锆、金刚石、刚玉、水晶、磷、高铝矿物、石英砂及砾石等矿产。其中以金、铂、锡、钛、锆、金刚石等滨海砂矿最为重要。中国滨海砂矿的分布以广东沿岸最多，集中了滨海金属砂矿的 90% 和非金属砂矿的 82.7%，其次为台湾、山东、福建、广西。中国已在渤海、北黄海和东海浅海区圈定出一些工业矿物相对高含量区。

### 4. 海底热液矿床

海底热液矿床是指由海底热液成矿作用或海底热液喷泉形成的多金属软泥和块状硫化物矿床，它富含 Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Mn、Fe 等多种金属元素，目前已知沿大洋中脊和边缘岛弧区岩浆活动带有重要海底热液矿床。尽管目前对海底热液矿床的研究还有待深入，但可以肯定的是海底热液矿床的分布较广，所含的金属具有很高的开采价值，不少海洋地质学家预言海底热液矿床将是未来世界矿产开发的重要对象。

## （二）海水资源

海水资源分为海水水资源和海水中的化学元素资源。此外，还有地下卤水资源。

### 1. 海水水资源

海洋中最大量的物质是海水。海水水资源价值，表现在海水直接利用或将海水转化成价值更高的淡水。目前海水直接利用于工业冷却方面。海水淡化是缺水地区淡水来源的重要途径。

### 2. 海水化学资源

海水中含有近 80 种化学元素，其中含量较大的有氯、钠、钙、钾、镁、硫、溴、碳、锶、硼等元素。海水制盐和化学元素的提取是海水应用的重要领域。

中国海盐产量约占世界海盐产量的 30%，居世界首位。长芦、辽东、胶东和苏北是中国 4 大海盐生产中心。海水制盐的发展，为海水资源的综合利用提供了有利条件。现在中国已有 50 多个盐化工厂，能从海盐苦卤中提取 30 多种化工产品。正式投产的有氯化钾、溴素、芒硝、硫酸镁、盐酸、苛性钠、钾镁肥等 10 多种。

## （三）海洋能源

海洋能源通常是指海洋中所特有的依附于海水的可再生能源。通常分为海水机械能、海洋热能、盐度差能和海洋光合能等。海水机械能包括潮汐能、波浪能、海流能等。海洋能在一定的条件下可以转化为电能和机械能，因此是具有很大开发价值的能源。

## （四）海洋生物资源

中国海洋生物资源丰富，品种繁多。具有捕捞价值的海洋动物鱼类 2500 余种，头

足类 84 种，对虾类 90 种，蟹类 685 种，渔场 70 多个。海洋生物入药的种类 700 种。

### 1. 海洋渔业

中国海洋鱼类品种繁多。据不完全统计，鱼类约有 5000 种；经济价值较高的有 150 多种。数量较多的有带鱼、小黄鱼、大黄鱼、墨鱼、白姑鱼、鲐鱼、鲨鱼、海鳗等。还有虾、贝、蟹、藻类几千种。中国沿海渔场面积有 81.8 万公顷，约占世界优良渔场的四分之一。目前，已利用的只有 16.3 万公顷，尚有广阔的近海海域待开发利用。

### 2. 海水养殖业

海水养殖包括蓄养、繁殖、育苗和养成等多方面，可分为观赏性、科学研究性和食用生产性养殖等。水产养殖是目前增长速度最快的蛋白质来源之一。中国在近岸浅海、滩涂发展了大规模的海水养殖业。全国沿海省市都开展了海水养殖，养殖品种有鱼、虾、贝、藻。近年来，海水养殖业迅速发展，经济附加值高的海产品开发多受到沿海县市的普遍青睐。

### 3. 药用海洋生物资源

中国海洋生物种类多，为丰富的药用生物资源创造了条件。在中国仅渤海开发的药用生物种就有 158 种。已进入应用和试用的有海带、珊瑚、马尾藻、海蜇、贻贝、乌贼、海蛇、海盘车、石花菜、海龟、海绵、海参、角叉菜、海马、海葵、藤壶、裸甲藻、硅藻、水母、寄居蟹、中华鲎、海胆、玳瑁、海豚等，均可以制药。

另外，大陆海岸和岛屿海岸独特的海岸自然旅游景观和海浴，浅海岸的海陆景观、海底景观以及海上观日、观潮、灯塔、渔港、渔村、码头、渔舟以及亭台楼阁等人文景观等海洋旅游资源十分丰富（参见旅游资源一节）。

## 三、海洋资源调查方法

海洋资源调查的内容涉及海洋水文学、海洋气象学、海洋化学、海洋地质学、海洋生物学和海洋物理学等各个方面，多有专门的调查手册，如海洋水文调查、海洋化学调查等，国家海洋局也有专门的《海洋调查规范》。这里主要介绍有关地质学类资源的主要调查方法，即海洋地质调查方法。海洋地质调查一般为不定时观测，于海面 and 空中进行路线调查或面积调查，于海底进行定点调查，常规的调查方法主要有水深及海底地形测量、海洋地球物理勘探、海底表层取样和海上钻探、遥感测量等。

海洋的特殊性，决定了海洋资源与土地资源及其他资源调查的差异性。主要表现在海洋考察的专用运载工具和仪器设备两方面。海洋调查的运载工具有调查船、观测浮标、潜水器、水下居住实验室和飞行器等。海洋调查的仪器设备是取得实际资料的关键，海洋仪器的发展方向是，电子仪器取代机械仪器；一器多参数、数字化、微机化、系列化是发展趋势；空中调查发展遥感，水中调查注重遥测，海面调查向深海、远洋发展。

### 1. 水深测量和多波海底地形测量

水深测量常用回声法。分为线测深、窄面测深和近年来日趋成熟的宽面测深。此外微波雷达测高仪、机载激光测深仪、多波束旁扫声纳系统是近来海洋调查技术三大突出进展。

海底地形测量是根据侧扫声纳、海底照相、海底电视、浅地层剖面仪测量和底质取

样等所提供的海底沉积物、基岩和地质构造等资料，结合水深资料，编制海底地貌图及其他相应的图件，以反映海底地貌特征，划分地貌类型并研究其成因及生成时代。

## **2. 海洋地球物理勘探**

海洋地球物理勘探简称海洋物探，是在海上运用物探仪器测量海底岩石的某些物理性质，藉以推测海底地质的一种方法。海洋物探包括海洋地震、海洋磁测、海洋重力和海底热流测量等。其工作原理与地面物探相同，但仪器装备和工作方法都有海上的特殊要求。其中海洋地震是获取地震地层和海底构造的主要手段，4种物探方法中以此种方法用得最多。据地震剖面可绘制水深图、表层沉积物等厚度图和基底顶面等深线图、区域构造图和大面积岩相图。利用磁性地质体在海底产生的磁异常信息，可研究区域构造和沉积盆地，寻找人为管道、隐伏岩体和碳氢化合物远景区。海洋重力测量广泛用来探查大陆架油气资源，海底热流测量目前主要应用热流值的平面变化分析大地构造特征，也用于推测深部岩浆活动动态。

## **3.海底表层取样和海上钻探**

物探记录具有多解性，为了恰当地利用海洋物探资料及进一步了解海底地质，需要从海底表层和更深部位采集岩石（含沉积物）标本。

采集表层 30m 以内松散沉积物，一般用采样器（深度<1m，如拖网、抓斗）或取样管（柱状取样管、垂直取样管、浅层取样管），取样技术已改进为无缆取样、摄影取样等。采集厚度>30m 的样品和<30m 的硬岩芯一般采用海上钻探的方法。海上钻探是在海域进行的钻探工程。按工作水深有近海钻探和深海钻探；按钻机位置高程有海底钻探和海面钻探；按工作目的有石油钻探和地质钻探；按钻孔深度有浅孔钻（<30m）、深孔钻（30~6000m）和超深钻（>6000m），后二者即是广义的深海钻探（大洋钻探）。石油钻探是常见的海上钻探，一般工作水深<1000m，钻孔深度一般<3000m。

## **4.遥感测量**

主要采用海洋航空遥感和海洋卫星遥感方法。海洋卫星遥感，重点调查海面温度、海水盐度、海面风场、海浪、海流、潮汐、海洋水准面、浅海测深、海冰、溢油污染、泥沙等。所提供的数据在海洋产业、海洋科学研究和海洋管理等领域得到普遍应用。卫星遥感技术已列为全球海洋观测系统的重要技术构成。海洋航空遥感主要直接用于海洋水文物理研究。水下摄影和录像，是目前较普遍的海下遥感。

另外海洋调查人员和水下作业人员潜入海里，对海底进行直接观察和从事海底工程，是物探、钻探等手段不可取代的，他们是海底调查与作业的重要力量。

# **四、极地考察介绍**

极地是海洋中的特殊地区，极地考察是海洋资源调查的特例。随着科学技术的发展，海洋考察运载工具及仪器设备在不断完善，大大提高了极地考察的能力，为极地海洋资源调查开创了前所未有的条件和机会。当前，世界上许多国家加大了在北极和南极的调查规模和频率，成果也日趋丰富。

## **1.北极考察**

北极地区是指北极圈（北纬 66°33'）以北的广大地区，约占地球总面积的 1/25。其

中陆地和岛屿面积占 800 万 km<sup>2</sup>，全部归属于 8 个环北极国家，但北冰洋仍属国际公共海域。

北极地区的自然资源极为丰富。据保守的估计，该地区潜在的可采石油储量有 1000~2000 亿桶，天然气在 50~80 万亿立方米。其他矿产资源也很丰富。例如喀拉半岛的世界级大铁矿以及大量的铜镍钼复合矿和金、金刚石、铀等矿藏。

北极的生命活动非常活跃。最典型的植物当属泰加林中的落叶松，而最典型的低等植物则是地衣，其寿命最长可达 400 年。在北极苔原上还有 900 多种显花植物，构成了北极色彩斑斓的世界。北极的鸟类共有 120 多种，动物也丰富多样，有珍贵的角鲸和白鲸、北极海象、北极海豹、北极熊和灰熊，还有上百万只驯鹿、数万头麝牛、北极狼、北极狐、北极兔，以及数以亿万计具有奇特集体自杀行为的北极旅鼠。

北极地区具有十分独特的科学研究价值。北极与南极所不同的是北极有居民。目前在北极地区的当地居民已达 700 多万。当地生活着的至少已有上万年历史的土著居民——爱斯基摩人、楚科奇人、雅库特人、鄂温克人和拉普人。北极地区还有一个特点，就是有大面积的永久性冻土带，里面储存有大量的地球古环境信息，并保存有大量的固体碳及碳氢化合物，具有调节温室效应，进而影响全球性气候变化的巨大潜力。北极陆地的生命活动更加丰富多彩。对于北极生物多样性、生物总量、生态环境的研究，不仅直接关系到当地居民的生存环境，而且由于北极与北半球中、低纬度区生物的亲缘关系，这些研究从人类的生物资源前景、生物基因工程等角度来看应具有更加广泛而深远的意义。

## 2. 南极考察

南极洲是纬度最高的大洲，除了南极半岛等极少数地区和岛屿外，几乎都在南极圈以南，是世界上在极圈内占面积最大的洲。它四面是浩瀚的海洋，距其他各洲甚远。因此是世界最孤立的一洲。陆地几乎全部被冰雪所覆盖，具有地势最高峻、气候最严寒、风暴最强烈、景色最单调的自然地理特征。

中国于 1983 年 6 月 10 日正式加入《南极条约》，成为第 17 个正式的协商成员国。《南极条约》的主要内容是，南极的利用将只限于和平目的，禁止在南极进行一切军事活动和任何核爆炸或处理放射性废物等。

1985 年 2 月，中国派出第一支南极考察队前往南极和南大洋进行科学考察，并在乔治岛上建立中国第一个考察站——中国南极长城站。

南极是一个有待开发的自然资源宝库。考察南极的重要意义在于南极有丰富的矿藏资源，淡水资源和海洋生物资源；南极考察领域很广，如气象学、地球物理学、冰川学、地质学、地貌学、地震学、地磁学、海洋学、测绘学和生物学等；南极是研究大陆漂移和板块构造说的理想地区之一；南极洲是未来南半球各大洲间横越南极的唯一的中间基地；南极洲也是天气预报工作的重要的观察地点。总之，这个人类还陌生的大洲，随着科学与技术的发展，将逐渐得到合理的开发利用。

## 第三节 旅游资源调查

凡对旅游者产生吸引力，并具备旅游功能和价值的自然景观和人文景观，统称为旅

旅游资源。旅游资源是由自然赋存、人工创造、自然与人工结合 3 种情况而产生的。空间分布上的区域性、时间上的韵律性、构景要素的组合性、美学上的观赏性、开发利用的永续性和不可再生性等是旅游资源的主要特点。

随着旅游业的不断发展，需要开发更多的旅游资源。旅游资源科学、合理的开发，要经过旅游资源的调查、评价及开发规划 3 个阶段，其中调查是基础。

## 一、旅游资源调查内容

旅游资源调查的目的，是系统地查清调查区域内旅游资源的类型、数量、质量、性质、成因、时代、特点和价值，以及有关的自然、社会、经济环境条件等基本情况，为旅游资源评价提供资料，进而为开发规划、合理利用及其保护提供科学依据。

### （一）旅游资源调查的基本内容

#### 1. 旅游资源状况调查

根据美、特、奇、古、名、稀等旅游资源特点，确定调查区的旅游资源对象，并进一步调查其类型、数量、结构、规模、级别、成因及与旅游资源有关的重大历史事件、名人活动、文艺作品等基本情况，形成旅游资源的文字、照片、录像、专题地图等有关资料。

#### 2. 自然、社会、经济环境与条件调查

根据旅游资源的开发要求，对与其相关的自然、社会、经济环境条件进行调查。自然条件包括地质、地貌、气象气候、水文、动植物等；社会条件包括行政归属与区划、人口与居民、文化、医疗环卫、安全保卫、历史等；经济条件包括位置、距离、交通、电力、邮电通讯、供水、食宿等，并附上一些要素的地图。

#### 3. 环境保护状况调查

调查影响旅游资源利用的环境保护情况，包括由工矿企业、生活服务等人为因素造成的大气、水体、噪音等污染状况和治理程度，同时也包括空气、水、土壤、岩石等自然要素中的重要物质及元素的本底值，以及由此引起的地方性传染病等。

#### 4. 客源分析

根据资源的吸引力和当地的社会经济状况，初步分析客源形成的范围和大概数量，分析邻近地区以及同类资源区对调查区客源产生的积极影响和消极影响。

### （二）旅游资源调查内容

#### 1. 已知旅游景区及外围旅游资源的调查

为了充分挖掘已知旅游区的潜力，拓展多样的旅游产品，满足不同层次游客的不同需求，有必要重点在已知旅游区及外围地区进行调查，以发现新旅游资源，加强原景区的功能配套，以适应现代旅游的观光、度假、娱乐等多种旅游需求，同时也有利于分散原景区的客流，改善旅游环境。外围地区旅游资源的发现与开发，有利于扩大旅游区范围，增加旅游环境容量，与原景区一起形成规模大、内涵丰富的统一新景区。

#### 2. 重点新景区的调查

为适应旅游者多层次的需求，把一些旅游资源极具特色或有可能发挥其特殊旅游功能的地区确定为重点新景区，并对此进行详细调查。主要包括有：

(1) 具有特色的大型旅游景观。它是指具有鲜明地方特点,且可能存在较强吸引力的,类似湖南张家界、四川九寨沟、湖北神农架等旅游景观。这些地方人迹罕至,有鲜为人知的独特地貌、水体、动植物等资源。

(2) 具有特殊功能的旅游景观。在调查过程中除了观光型的旅游资源之外,还应注意具备其他功能的旅游资源。如登山、探险、求知、科学考察、狩猎、滑雪、漂流、宗教文化等,以适应旅游需求多样化的发展趋势。

(3) 适合科学考察和专业学习的旅游景观。旅游业的发展势必会促成一支专业旅游和科学考察旅游队伍的形成。依据他们的需要,应当发掘一些具科学考察和增加科学知识意义的旅游景观。如地质方面的标准剖面、重要的古生物化石点、典型的矿床、冰川、典型的奇特地貌、特殊的动植物和独特的气象气候以及古人类活动遗迹遗址等。

(4) 唯我独有的旅游资源。它是指稀缺性极强、少有的旅游资源。如青藏高原、大熊猫、中国独特的民族风情和民族文化。这些可能独一无二的旅游资源给游客以极大吸引力,满足其猎奇、求新、求异心理。

### **3. 交通沿线及枢纽点的调查**

旅游资源开发的最大限制因素之一是交通,故摸清交通现状与建设前景十分重要。交通沿线及枢纽点的旅游资源,只要有一定的特色,就能吸引游客,游客也较容易进入。若旅游资源特色强,规模大、结构好,就极易形成近期开发的重点新景区。而那些远离交通沿线和枢纽点的旅游资源,只有规模大,价值高,才有吸引力。交通枢纽点往往人口密集,除交通外,其他的基础设施也较好,极易形成旅游接待地甚至旅游中心城镇(市)。

### **(三) 自然旅游资源类型及调查内容**

旅游资源可分为自然旅游资源和人文旅游资源两大类。自然旅游资源是指地貌、水体、气候、气象、动植物等自然地理要素所构成,吸引人们游览,并且能成为旅游业利用的景观和环境。人文旅游资源是人类社会中形成的各种具有鲜明个性特征的社会文化景观,它的开发利用,强烈受到开发者的社会意识形态与文化素养的支配。一个国家、一个地区具有的独特风格的民族习俗、历史发展、文化艺术等可构成人文旅游资源。这里主要讨论自然旅游资源。

自然旅游资源包括地质类旅游资源、地貌类旅游资源、气象及气候类旅游资源、水文类旅游资源、生物类旅游资源和太空类旅游资源等。

#### **1. 地质类旅游资源**

地质旅游资源就是由地质体(构造、岩性、地层、矿床等)形成的旅游资源。地质旅游资源是其他旅游资源的构成基础,一般具有不可再造性,一些地质旅游资源具有科学研究和观赏的双重价值。地质旅游资源对旅游者产生的旅游吸引力,调查内容包括地质构造、地质剖面、化石、岩石、熔岩、岩溶、丹霞、风化、冰川、黄土造型、风沙造型、河谷、海岸岩礁、海蚀海积、地震及火山遗迹、洞穴、峰林、峡谷等景观。

#### **2. 地貌类旅游资源**

地貌类旅游资源是具有观赏价值和一定吸引能力的地表形态的总称。按地表形态分为山岳、高原、平原、盆地;按岩石性质分为花岗岩、丹霞、流纹岩、熔岩、岩溶;按规模分级分为小尺度、中尺度、大尺度。

地貌不仅是构成区域风景总特征的基本条件，而且在很大程度上决定了旅游项目的兴建和选择，同时地貌过程影响风景区内部的分区，地貌旅游资源对人文现象也有较大的影响。每一类风景总是与富有特定地貌形态的地域联系在一起。地貌不同，适于开展的旅游项目也有所不同。中国辽阔的疆域上存在着不同的地貌，既有玲珑的江南园林，也有粗犷的北方民居和轻盈的南方竹楼。东北林区的“木格楞”和南方湿热地区的高脚屋，显示出不同地貌的影响。

所以在对地貌旅游资源调查中重点调查山岳、丘陵、平原、盆地、高原、草原、峡谷、沙漠、岛屿、水域、林地、滩地等具有特点或代表性的景观。

### **3. 气象及气候类旅游资源**

气象、气候旅游资源就是指那些可以造景、育景，并有观赏功能或科学考察功能的大气物理现象和过程。包括日、月、星辰、云、雨、雾、雪、霜、虹、霞、光影、佛光、风、海市蜃楼、天空色彩、冷暖、日出日落等要素。气象、气候旅游资源具有易变性、立体性、节律性、广域性、差异性和背景性等特点。

气象、气候旅游资源不仅和地貌、水色、人文旅游资源结合，使构景富于层次和变化，使风景区更加绚丽多姿。而且，良好的气候条件本身就是一项旅游资源。世界上有许多国家充分利用优越的气候旅游资源发展旅游业，如西班牙就是以地中海沿岸的和煦阳光和温暖的气候发展旅游业，每年接待的游客数甚至超过它的本国人口。另外，久居某一种气候类型区的人们都有到其他气候类型区去体验的愿望，因而各种气候类型都以各自独特的气象、气候景象，激发人们的旅游动机。

### **4. 水文类旅游资源**

水文旅游资源，是那些能吸引旅游者，并由此而产生经济和社会效益的水体以及水文现象，包括湖泊、溪潭、江河、瀑布、海洋、海岸、潮汐、滩涂、泉源、现代冰川等景观。

水文旅游资源若和其他旅游资源结合，则可产生更大的旅游吸引力，并且组成有名的胜景。其中，山水的结合又是多种因素结合的基础。中国许多风景名胜都是水景与山景浑为一体的典范，如壮丽的长江三峡风光是江河奔腾和青山夹峙的山水组合。而杭州西湖是一湖碧水和周围的塔、寺、亭、廊等多类建筑，以及花草树木构成的一个组合体。水体可以使生物栖息繁衍，为生物提供各种活动场所，为水景赋予生命的活力。

### **5. 生物类旅游资源**

生物旅游资源又称作生态旅游资源，是自然景观旅游资源中最富有特色的类型，包括野生动植物种和植被森林、特异的植物群落、珍稀动植物种、古树名木、微生物、观赏类动物、花卉、绿地等景观。它们是极富生命力的自然景观旅游资源，以其自身生命节律的周期性所表现出的变化多端的形态，构成风景景观的实体。生物旅游资源不仅在防风、防沙、水源涵养、调节气候以及维系大自然生态平衡方面发挥着巨大作用，而且具有造景功能。

### **6. 太空类旅游资源**

太空、各类天体、天外来“客”以及各种天文景象等都属于太空旅游资源。太空旅游资源具有科学考察的旅游功能。对旅游者来说，各种形式的太空旅游既是一种满足好

奇心的享受，又是一种科学教育。太空旅游资源是旅游文化和神话传说的客体。世界各国的文化发展中都有许多美好的神话传说，是旅游资源的一个组成部分。许多神话传说取材于太空天体，如银河和织女星构成了牛郎织女的传说。中国佛教、道教的诸多神灵都和很多星星有关，《西游记》就反映了这些神话故事。太空旅游资源可以开发成太空遨游旅游资源、宇宙星体旅游资源、天文观测旅游资源和陨石旅游资源等。

## 二、旅游资源调查方法

旅游资源调查的基本程序与一般资源的调查程序近同，主要经过资料搜集，野外现场调查和论证，室内整理并完成旅游资源调查的最终报告。

现场调查是旅游资源调查的重点。现场调查一般分为概查、调查和重点考察 3 个阶段。概查是在搜集资料的基础上，对所有搜集资料的一般性核查。调查是对普查的远景区加密调查网点，从规模、质量、美学及客源市场等方面的进一步调查。重点考察是在上述两个阶段调查的基础上，筛选具有开发价值的项目和区域进行全方位多内容详查。要强调指出的是，现场调查要多用现代声像摄录设备，将考察内容全面记录，真实显现旅游资源原貌，而且有利于计算机技术对资料进行分析、处理。

旅游资源调查报告的编写，原则上与一般资源调查报告编写无太大区别。但应突出区位条件、旅游资源的情况、旅游资源的评价和旅游资源的开发途径、步骤和保障措施等内容。

调查前的资料搜集等准备工作是旅游资源调查的基础和先行，较之一般资源调查更为重要，因此，现对资料搜集工作的主要内容做一介绍。

（1）基础资料搜集。包括规划范围区内的自然条件及地理环境资料，各种最新的地方志、地名志，且附有地理区位图、地形图、土地利用现状图及附近旅游地与游览区情况资料。要求根据需要标出等高线、主要制高点的海拔高度、河流与湖泊水深、洪水期和枯水期的水位、气温及降水量变化、风力及风向、光照时数、蒸发量等。据此可计算出当地的气候舒适度等。

（2）旅游资源资料搜集。旅游资源资料包括有关风景区的调查报告、规划、论文以及关于地质地貌、水域风光、生物景观、古迹与建筑、民风民俗、休闲求知设施等旅游资源的文字、照片、影像、录像等资料。对重点旅游资源，应提供尽可能详细的资料。

（3）环境质量资料搜集。包括空气、水源、土壤清洁度，有无噪音影响，有无地震、洪水、火山喷发、塌方、滑坡、雪崩、泥石流等自然灾害，有无地方性传染疾病，有无放射性、易燃易爆物、电磁辐射等。还应提供区内水、空气、土壤中的重要物质或元素的本底值。

（4）现有基础设施资料搜集。包括交通、食宿、电力、邮电通讯、供水排水、水利防洪、医疗卫生、安全保卫等设施 and 公共建筑等。

（5）社会经济资料搜集。包括人口、土地、水源、能源、农副产品、特种工艺品生产等方面情况。最好能提供当地 10 年内的人均国民生产总值和居民消费水平方面的数据。

同时要对搜集资料的准确性、精确性以及可利用程度进行综合分析和比较，初步确

定旅游资源的特色和开发重点，制定进一步调查计划。

### 三、旅游资源评价方法

旅游资源评价，就是从合理开发利用和保护旅游资源出发，按照有关标准，对一定区域内旅游资源本身的价值及外部开发条件，进行综合评判和鉴定的过程，为制定区域社会经济发展规划提供依据。旅游资源评价是在旅游资源调查的基础上进行的更深层次的研究。

旅游资源评价是科学地开发和利用旅游资源的前提。通过对一定区域内旅游资源的评价，可以对旅游资源的品位、性质、开发条件等有比较全面而客观的认识，从而明确该旅游资源在同类旅游资源或在所处区域中的地位，确定不同旅游资源的开发序位，为制定旅游开发规划等提供科学的判断标准或理论依据。

#### （一）旅游资源评价的内容

##### 1. 旅游资源特色评价

“特色”是旅游资源吸引游客出游的关键性因素，是旅游资源开发的灵魂。通过对调查区与其他旅游区的比较研究，寻找出旅游资源的特色，为确定旅游资源的开发方向和具体旅游项目的建设提供依据。

##### 2. 旅游资源的价值与功能评价

旅游资源的价值决定其旅游开发的功能。拥有观赏、历史、文化、科学、经济和社会等价值的旅游资源，一般均具有观光、度假、健身、商务、探险、科考、娱乐等旅游功能，据此决定其开发方式和保护前景。

##### 3. 旅游资源的结构和规模评价

孤立的旅游景观，即使特色、价值较高，功能也多，但其开发价值也受到限制。只有在一定地域和时间内，多种类型旅游景观的协调布局和组合，形成一定规模的旅游资源结构模式，才能形成较好的开发规模，获得较高开发效益，故旅游资源的结构和规模应是其评价不可缺少的内容之一。

##### 4. 旅游资源环境的评价

包括旅游自然环境、社会环境、经济环境和环境容量的评价。

（1）旅游自然环境评价。旅游自然环境指调查区内的地质、地貌、气象、水文、生物等组成的自然环境。旅游自然环境对旅游资源的质量、时间节律和开发有着直接的决定作用。

（2）旅游社会环境评价。旅游社会环境指旅游资源所在区域的政治局势、社会治安、医疗保健和当地居民对旅游的认识等条件。一个地区的政治局势和社会治安稳定状况，直接影响旅游者的出游决策。若当地居民对旅游业有正确的认识，热情好客，则对旅游资源开发和发展旅游业有积极的作用。

（3）旅游经济环境评价。旅游经济环境指能够满足游客开展旅游活动的一切外部经济条件，包括交通、水电、邮电通讯、各种档次的食宿服务和其他旅游接待设施。

（4）旅游环境容量评价。旅游环境容量指在一定时间条件下，一定旅游资源的空间范围内的旅游活动能力，也就是在不影响旅游活动和旅游业持续发展的基础上，所能

容纳游客的限定数量，又称旅游承载力或饱和度。

### 5. 旅游资源开发条件的评价

旅游资源开发是旅游资源评价的最终目的，是一项涉及社会、经济、文化、环境等各部门、多领域的系统工程。旅游资源自身条件固然非常重要，但旅游资源开发仍受许多外部客观条件的影响和制约。因此，必须对旅游资源所在区域的地理位置、交通条件及旅游资源与其所在区域的其他旅游资源的关系、客源条件、旅游投资条件、施工条件、旅游资源开发现状条件等因素进行评价。

#### （二）旅游资源评价的方法

旅游资源的评价方法，已由初期的凭直觉判断、定性描述表达的经验法发展为更加全面科学的指标数量化、评价模型化、标准评定公众化等评价方法体系。

##### 1. 定性评价方法

定性评价是通过人们的感性认识，对旅游资源做出定性的评价或分级，一般无具体数量指标。根据评价的深入程度及评价结果形式，又可分为一般体验性评价和美感质量评价。

（1）一般体验性评价。通过统计大量旅游者或旅游专家在问卷上回答有关旅游资源（或旅游地）的优劣顺序，或统计其在报刊、旅游指南、旅游书籍上出现的频率，从而确定一个国家或地区最佳旅游资源（地）的顺序，其结果能够表明旅游资源（地）的整体质量和知名度。

（2）美感质量评价。属于专业性的旅游资源美学价值的评价，这类评价一般是基于旅游者或旅游专家体验性评价基础上进行的深入分析，其评价结果是具有可比性的定性尺度。

##### 2. 定量评价方法

定量评价法是通过统计、分析、计算，用具体的参数来表示旅游资源及其环境等级的方法。数量化是现代科技发展的趋势，较定性评价更直观、更准确。

（1）技术性的单因子评价。是评价者在评价旅游资源时，集中考虑某些典型而又关键的因子，对这些关键因子进行技术性的适宜或优劣评判。这种评价的基本特点是运用了大量的技术性指标，它一般只限于自然旅游资源评价，对于开展专项旅游活动如登山、滑雪、游泳等非常适用。目前比较成熟的有海滩和海水浴场的评价、旅游湖泊评价、地形适宜性评价、滑雪旅游资源评价、康乐气候分析、溶洞的评价等。

（2）综合性的多因子定量评价。该评价方法是在考虑多因子的基础上，运用一些数学方法，通过建模分析，对旅游资源及其环境和开发条件进行综合定量评价，评价的结果为数量化的指数值，便于不同资源评价结果的比较。和前述两种方法相比，具有更为客观、准确和全面的优点。这类评价方法也较多，如指数表示法、综合评分法、模型数学评价法、层次分析法、美学评分法、观赏型旅游地综合评价、价值工程法等。

## 第四节 气候资源调查简介

气候资源是各种气候因子的综合，属非耗竭性资源。主要包括光能资源、热量资源、降水资源等。气候资源是地球上生命现象赖以产生、存在和发展的基本条件，也是人类

进行活动的基本物质条件和能量。气候资源是基于地球大气资源基础上，由许多自然条件所制约的一种脆弱的动态平衡，必须不断地加以维护和改良，才能成为人类可以永久利用的资源。从全球性宏观范畴看，人类生产活动使空气中二氧化碳的浓度增加，空气污染日益加重，臭氧层被破坏，导致气候变暖等等，这些均会给全球气候带来难以估量的影响，危及气候资源的稳定性。

气候资源的无限循环性和单位时段内的有限性、时间上的相对稳定性和波动性、空间上地域的差异性、相互制约性和可变性等特点，决定了该类资源调查的特殊性和复杂性。气候学属于大气科学的主体研究范畴，因此，对气候的调查与研究有一整套专门的方法。但作为一种资源，调查的主要目的是研究气候资源的利用，气候灾害的防御以及相关的气候问题，因而调查方法遵循一般资源调查的基本方法和规律。这里主要简介与地学有关的调查内容和基本方法。

### **1.气候资源的基本参数调查**

主要对影响和决定气候的部分资源分布特征，气温及太阳辐射，水热光资源组合类型及特征等重要因子进行调查。调查的基本内容包括：全国或各调查区域的降水量、水分盈亏量、空气湿度、土壤水分以及年际变化、季节分配、时空分布规律等调查。热量参数主要包括气温（平均气温、最高温、最低温）、积温、生长期、无霜期、温度强度及热量分布规律、区域差异等。光照参数调查包括全国及各调查区域的光质、光照量（太阳总辐射量）及其变化等。风能参数如风能能量、能量密度、时空分布等。同时还要对水热光资源组合进行组合类型、类型分区、生产力指数、综合开发利用以及全国或区域的灾害性天气的分布规律、影响时间、区域等内容开展调查。

### **2.气候资源的质量与数量调查**

水、热、光、气是气候资源的4大资源要素。考虑到空气资源随时间和空间的变化量较小，由此造成的生物产量差异不大，不作为调查重点。各资源的数量多少、年内分配、年际变化是调查的重点。水分资源方面主要调查降水量、水分盈亏量、空气湿度、土壤水分以及它们随时间的变化等；热量资源主要调查积温、生长期、温度强度及其保证率；光资源主要调查光质、光量、光时及其变化等内容。质量与数量的级别表示应按有关规定的分级标准。

### **3.气候资源生产力调查**

气候资源生产力，是单项气候资源及其组合类型的最高表现形式，是气候资源的最好评定指标。气候资源生产力调查从单项资源和资源组合类型两方面进行，一般采用气候资源生产力指数表示一个地区生产力的相对大小。气候资源类型及其生产力指数，表示综合气候资源的质量优劣；气候资源类型所控制的面积，表示其数量的多少。

气候资源调查中，要从气候的成因并结合生产实际，尤其是农业生产的需要出发，通过对气候考察与调查资料的统计分析，研究气候分布规律，进行气候分区，挖掘气候资源，指导合理和科学的利用气候资源；研究气候变迁的原因，掌握气候变化规律；探讨人类利用、适应和改造气候的方法、途径，更加有效的利用气候资源，并积极影响气候；开展季节划分、气候分类和气候区划工作，为生产建设部门进行规划提供依据；提供利用、改造小气候的方法和途径，供生产建设部门选择和应用。

# 第七章 国土资源调查的前缘技术

## 第一节 国土资源调查的地球物理新方法

地球物理勘探简称“物探”，它是地球物理学在探测地下地质构造和寻找有用矿产方面的一个分支，是综合性资源地质调查工作的重要组成部分。

物探是一种间接的地质手段。物探方法的优点是可以覆盖层寻找地下隐伏的地质构造、地质体以及矿产资源。由于用仪器观测地球物理场比直接揭露地质体更简便易行，因此应用物探方法能够大大提高工作效率，加快施工进度，降低生产成本。

物探方法广泛应用于各种比例尺地质填图、地质勘探、工程地质环境调查、工程施工质量、工程现状的检测、环境地质及水资源调查。

物探仅仅是众多地质方法中的一类。许多地质问题，物探方法一般是不能直接奏效的，它必须以一定的地质及地球物理条件为前提，如勘探对象与围岩之间必须具有明显的、可以探测的物性差异；勘探对象要有一定的规模，而且埋藏不太深；各种干扰因素产生的干扰场相对于异常而言，应当足够微弱或具有不同的特征，以便能予以分辨或消除。此外，还要特别注意物探资料的解释的多解性问题。

表 7-1，电法勘探在国土资源调查中的应用范围简表

场源	基 本 方 法		应 用 范 围
天 然 场	自然电场法		普查找矿，探测地下水流向及地下水与地表水的补给关系，检查水库漏水点
	大地电流法		探查区域地质构造
	大地电磁法		探查区域地质构造
	音频磁场法		探查区域地质构造
人 工 场	电 阻 率 法	电剖面法	配合地质填图，追索断层破碎带，接触带及各种高、低阻地质体的分布，调查岩溶发育带
		电测深法	探查地质构造，勘测基岩起伏，埋深，风化壳厚度，划分倾角很小的地层层位，确定含水层分布及埋深，划分咸、淡水分界面
	充电法		确定良导矿体的形态、范围、及相邻矿体间的联系，追索地下暗河、充水裂隙带，测量地下水流速、流向，研究滑坡
	激发极化法		普查找矿，填绘金属矿化岩石及石墨化岩石的界线，划分含泥质地层。
	电磁法		地质填图，普查找矿，探测构造

关于物探的一般方法和原理，均在相关教材中有专门详解，且在国土资源调查中属于常规调查方法。电法勘探是国土资源调查中最常用的方法，现就其基本方法和调查应

用范围列表于后（表 7-1），其他基本方法此不赘述。声波探测是近年来发展起来的一种新的探测技术，现就该技术做一简单介绍。

用声波仪测试声源激发的弹性波在地质体中的传播情况，借以研究地质体的物理性质和构造特征的方法，称为声波探测。它和地震勘探一样，也是利用岩石弹性的物探方法，而且都以弹性理论作为本方法的理论基础。二者之间的主要区别，在于声波探测所利用的是其频率大大高于地震波的声波或超声波，其频率一般为一千赫兹以及几兆赫兹。

与地震勘探相比，由于声波的频率高、波长短、受地质体的吸收和散射比较严重，因此声波探测对岩体的了解较为细致而探测范围较小，但具有简便、快速、经济、便于重复测试，对测试的地质体无破坏作用等优点。所以声波探测和工程地质勘探已作为一整套不可缺少的综合测试手段，以配合工程地质勘察不同阶段的测试工作。

声波探测分为主动测试和被动测试两种。主动测试所利用的声波由声波仪的发射系统或槌击、爆炸方式产生；被动测试的声波则是岩体遭受自然界的或其他的作用力时，在变形或破坏过程中由它本身发出的。主动测试包括波速测定、振幅衰减测定和频率测定，其中最常用的是波速测定。

目前在工程地质勘探中，采用岩体声波探测解决的地质问题有，根据波速等声学参数的变化规律进行工程岩体的地质分类；根据波速随岩体裂隙发育而降低及随应力状态的变化而改变等规律，圈定开挖造成的围岩松弛带，为确定合理的衬砌厚度和锚杆长度提供依据；测定岩体或岩石试件的力学参数如杨氏模量、剪切模量和泊松比等；利用声速度及声振幅在岩体内的变化规律进行工程岩体边坡或地下洞室围岩稳定性的评价；探测断层、溶洞的位置及规模，张开裂隙的延伸方向及长度等；定量研究岩体风化壳的分带；开挖补破及补强灌浆的质量检查；利用声速度、声振幅及超声电视测井的资料划分钻井剖面岩性进行地层对比，查明裂隙、溶洞及套管的裂隙等；划分浅层地质剖面及确定地下水面深度；天然地震及大面积塌陷灾害的预报。

## 第二节 国土资源调查的地球化学新方法

地球化学是研究地球及邻近天体的化学组成，化学作用及化学演化的一门地球科学重要分支学科。在资源调查的各个领域，广泛应用了地球化学调查方法。

### 一、国土资源调查中地球化学调查的主要任务

国土资源调查中地球化学调查的主要任务可以概括为，了解区域地球化学背景和解剖化探异常；研究区域地壳演化及成岩成矿机理；评价和分析一些特殊的地质过程。

#### 1. 区域地球化学背景及化探异常分析

（1）获取区内各种地质体及各类岩石中元素组合、分配、分布及主要统计参数（平均值、衬度、离差、分布型等）；区内元素的空间分带性及时间演化等。

（2）获取与各种地质体伴生的各类物质中元素的分布、分配及统计值，包括成土母质、土壤、水系沉积物、地表水、地下水、生物、气体等。

（3）分析区域地球化学异常的元素组合、浓集系数、衬度、面积等，划分异常等级和类型，研究其空间分布规律，探讨背景、趋势等。

(4) 开展找矿地球化学和勘探地球化学工作。采用化探扫面,对区域化探异常进行解剖、分析,配合矿床地质工作,分析异常源,在勘探中与勘探工程、地球物理探矿方法配合,研究矿床、矿体上的矿化分带性、判别标志,为勘探设计提供重要依据。

## 2. 研究区域地壳演化与成岩成矿机理

地球化学方法已成为获取成因信息的重要手段,在国土资源调查中具体应用如下:

(1) 获取区域内重要地质体及地质过程的地球化学判别标志。如蛇绿杂岩、剪切带、隐伏构造、深部构造等,以及区域地壳演化中的构造—热事件及热历史研究。

(2) 地质体成因类型与形成机制分析。包括各种沉积建造形成的构造环境,各种侵入岩和喷出岩的物源、构造背景、形成的物理化学条件、构造演化的地球化学判别等;

(3) 建立区域地壳演化的  $P-T-t$  轨迹,提供地质温度计、地质压力计,在年代学上可分析形成年龄、变质年龄、封闭年龄等,以及地质体的冷却速率,研究区内的主要热旋回等。

(4) 研究地质产物的微观结构,获取更广泛的成因信息。地球化学不仅能获得地质体中元素(常量、微量)和同位素组成的信息,而且能够通过微量微区分析,获得矿物微观组成与结构的信息,如类质同相替代量,两相分配系数,甚至可探索晶体内部空间构成等特征。矿物包裹体研究是目前唯一可获得的成矿流体样本探索。

此外,地球化学还担负着对一些特殊地质过程的研究任务,尤其是在矿产资源的调查和评价中,地球化学起到不可替代的作用。

## 二、国土资源调查中地球化学工作方法的主要特点

地球化学方法的基本工作过程包括野外(实地)样品采集、室内样品加工、实验室样品测试、分析成果的整理、数据统计分析、模式化和可视化研究等主要阶段。

野外采样是地球化学工作的基础。首先样品要具有代表性,采样方法可用刻槽、连续检块、定位检块或随机取样等;其次,每个采样点必须有详细的观察记录,并在相关图件上标定采样位置,最终提供样品分布图。

样品采集点的布置方法一般有随机采样、剖面法采样、和专门性地球化学测量。地表化探包括原生晕、次生晕、分散流等。地下为测井、坑道与地面剖面结合。

室内样品加工包括磨制光薄片、样品粉碎、单矿物分选、特殊的样品制备等。这一阶段的主要要求是,首先样品登记清楚,杜绝混乱。其次加工过程必须封闭,尽力避免污染。第三,样品数量要达到送样要求。第四,必须保留 3 倍以上的副样。

样品测试一般由有资质的专业实验室完成。在详细了解专业实验室具体的送样要求后,详细填写送样单。送样单中的编号登记不得有误,各项内容尽量具体,还应注明对样品测试内容的具体要求和希望等。如果由自己完成,则应注意应当首先了解仪器的精密度和准确度,确定最佳实验条件,在仪器最稳状态下测定,并进行自检和外验。

## 三、地球化学研究内容

### (一) 实验测试方法和内容

依测试内容分为成分分析、特殊物质分析和结构分析 3 大类。

## 1.成分分析

(1) 常量元素分析。常用的如火成岩和变质岩的岩石化学 15 项全分析。有时因特殊需要也用简项分析。对于矿石，常分析主要组分及有害组分。另外，常常通过单矿物分析或微区分析获取矿物的主要成分，计算矿物的分子式。

(2) 微量元素和稀土元素。微量元素指含量很低的痕量元素，它们虽不是主要成分，但有重要的指示意义。如沉积岩中的 Ba/Sr 比，变质岩中的 Cr、Ni、CO、Ba 及稀土，黄铁矿中的 Ci/Ni 比值，方铅矿中的 Ag、Bi 等，都有重要的成因信息。另外，风化壳碎屑物、土壤、水系沉积物中的成矿元素一般都是微量元素，而水体中金属元素，气体中的汞气也是微量元素，有机质中也有金属元素如 Zn、Cu、Mn、Ni 等，另还有 P、S、F 等非金属元素。

(3) 同位素组成。同位素依形成机制可以分为稳定同位素（宇宙成因的），放射性同位素（宇宙成因或放射性成因，具有放射性的）和稳定体系（放射性成因的）。常用的稳定同位素主要有硫、碳、氢、氧、硅、氮。放射性同位素多用于测年，包括 U—Th—Pb 系，K—Ar 系，Rb—Sr 系，Sm—Nd 系，Re—Os 系等。此外还有  $^{14}\text{C}$ 、热释光、光释光等方法。稳定体系如  $\text{Pb}^{206}$ 、 $\text{Pb}^{207}$ 、 $\text{Pb}^{208}$ 、 $\text{Sr}^{87}$ 、 $\text{Nd}^{143}$  等，这是一类丰度既受放射性同位素丰度影响，又受时间影响的稳定性同位素，目前常用于地壳演化分析和物源判别。

## 2.特殊物质分析

(1) 矿物包裹体分析。矿物包裹体是指在矿物生长（结晶）过程中，捕掳于矿物晶体中的成矿流体残留物。虽然其体积在大多数情况下十分微小（直径仅几个  $\mu\text{m}$ ），但确是目前可获得的唯一原始流体样品。矿物包裹体分析不仅可以获得成分信息，包括固体成分、液体成分和气体成分，而且可以获得捕获时的物理化学信息，如温度、压力、pH、盐度（Wt.%NaCl）等。

(2) 物相分析。对岩石、矿物中不同化合物相态的分析，如测定氧化物相、硫化物相、硅酸盐相、碳酸盐相、有机物相等的相对含量，有时还可测定吸附态（相）和独立矿物（相）的相对含量。广泛采用相分析技术可以获得更多的信息。

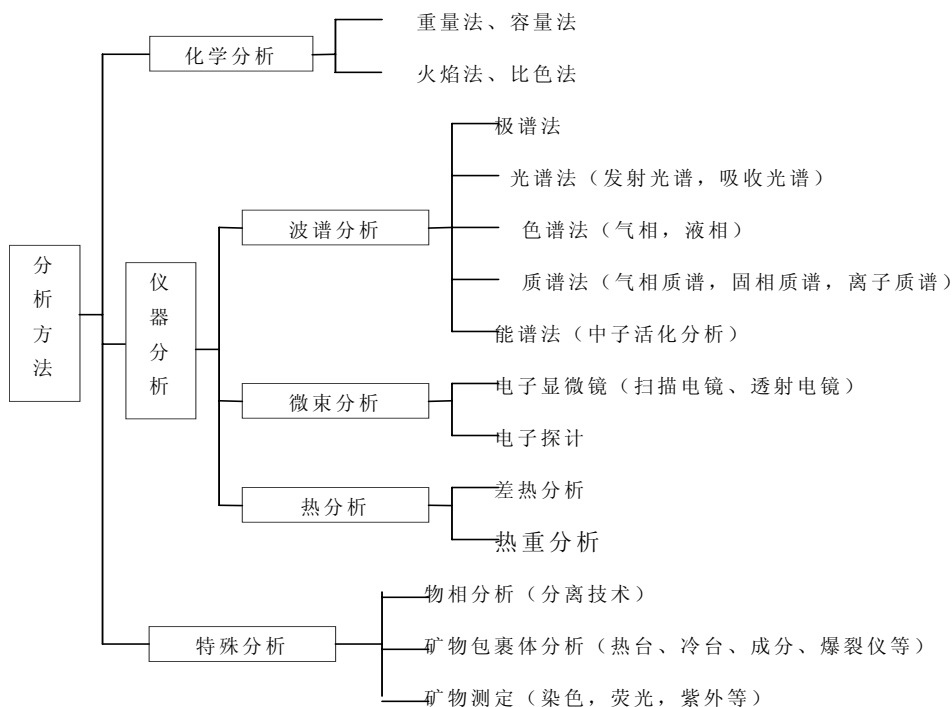
(3) 矿物的热分析。利用矿物在加热过程中的热效应（吸热、放热、失重）测定矿物脱水（结晶水、结构水）及相变温度，以获取成因信息。

(4) 有机物分析。除分析 H、O、C 含量外，还有有机物含量分析（ $\text{C}_{\text{有机}}$ 、氨基酸、总烃、氯仿 A、饱和烃、芳烃等）、有机化合物类型分析（干酪根、镜质体等）。目前不仅广泛应用于成热度、生油指标，而且在判别沉积环境上十分重要。

(5) 类质同相替代分析。测量类质同相替代量的方法很多，但判别替代位置的方法很少，其中应用穆氏堡尔谱判别  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Sn}^{2+}$  的代换位置，是一种很特殊的方法。

## 3.结构分析

宏观的结构构造可以利用遥感影像、肉眼及普通光学显微镜观察，而晶体内部晶格级的微观结构，也是地球化学研究的重要内容。依测试方法可分为化学分析、仪器分析和特殊分析（图 7-1），依研究方法可分为直接观察、间接观察和间接分析 3 类。



注：1.光谱法依光源可划分为原子光谱、x 光谱、等离子体，红外等  
2. 波谱分析包中还括特征谱系，如穆斯堡尔谱，电子自旋共振、核磁共振等

图 7--1，地球化学测试方法分类图示

直接观察一般是借助显微镜（普通显微镜、电子显微镜和离子显微镜），通常采用反射法（获得物质表面结构的图像）和透射法（获得物质内部质点分布图像）。间接观测就是通过对矿物谱学特征的分析，获得物质微观结构的特征，如红外光谱法、射线法、穆斯堡尔谱、核磁共振法、顺磁共振法。间接分析法是通过成分分析来推测结构，包括热分析（脱水和相变）、电子探针和离子探针（微区分析）等。

## （二）地球化学信息分析与判别

### 1.区域规律的信息与分析（宏观分布）

宏观上的元素分带性，同位素的激变带，稀有气体的异常等都是近年来在研究区域规律时采用的新的地球化学信息。同类地质体（岩石类型、侵入体矿化）在空间上的变化规律，对于认识区域地质演化，构造—热事件，建立成矿系列等也是重要的信息。

### 2.赋存状态的信息与分析（微观分布）

主要包括岩石（矿石）中元素的赋存状态（物相分析）和矿物中元素的赋存状态（分布形式）。岩石（矿石）中 useful 和有害组分赋存状态分析，对于认识成因和判别可利用性具关键意义。矿物中某些元素的赋存状态是地质学的重要研究内容，如方铅矿中 Ag 的分布，黄铁矿中 Au、Co 的分布等，对于研究矿床成因有重要价值。

### 3.物源判别

目前可以进行判别的物源可包括基本物质（金属和主要组分）来源、流体来源、硫、CO<sub>2</sub> 等矿化剂来源等。流体主要是热水溶液，因而利用流体的  $\delta D$ — $\delta^{18}O$ 、主要离子类

型、盐度等判别，间接的利用  $\delta^{18}\text{O}$ — $\delta^{13}\text{C}$  ( $\text{CO}_2$ — $\text{CO}_3^{=}$ ) 也可判别。主要成分来源判别用于岩浆岩和变质岩类。用铅同位素判别金属来源。此外，利用主要矿物中的微量元素标型特征规律也可进行判别，如黄铁矿的  $\text{Co/Ni}$  比值等。近年来也采用  $\text{Si}$  同位素进行物源判别。

4.物理化学条件判别

物理化学条件判别中最主要的参数有温度、压力、盐度、 $\text{pH}$ — $\text{Eh}$  等。温度常用包裹体均一温度、稳定同位素平衡温度、矿物地质温度计、微量元素地质温度计以及利用矿物共生相图判别温度等方法判别。压力判别常用  $\text{CO}_2$  浓度法、蒸汽压法、不混熔包裹体法等。包裹体测压法、矿物—微量元素地压计法，以及共生矿物分析法等。盐度常用包裹体成分的测定确定总矿化度，通过冷冻法测得总盐度 ( $\text{NaCl Wt} \cdot \%$ ) 等。 $\text{PH}$ — $\text{Eh}$  主要测定包裹体流体的酸碱度和还原性。此外利用拉曼光谱测定的包裹体气相成分，还可以计算出还原系数 ( $\text{R}$ )。常用地球化学测试方法的测试对象和送样要求见表 7-2 及图 7-2。

5.年代学判别

目前常用的测年技术有同位素年代学和其他年代学（图 7-2）。

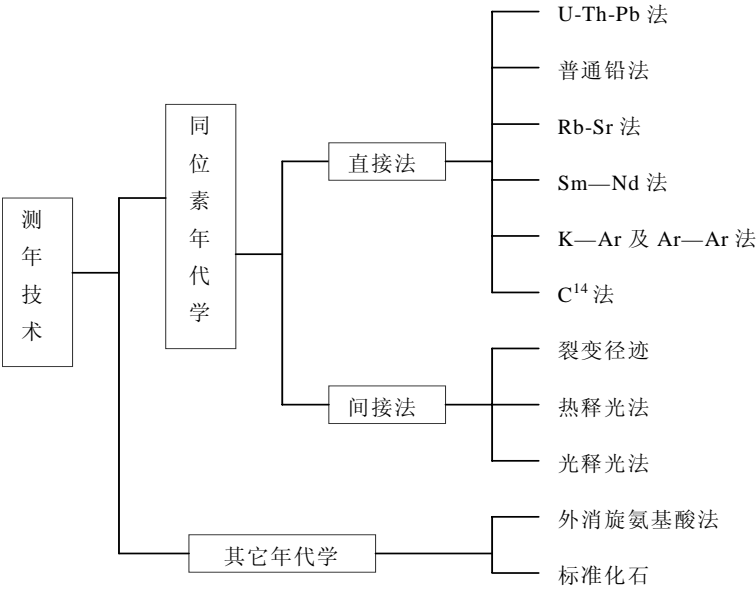


图 7-2，地球化学测年技术方法示意图

6.标型判别

不同地质体因其特征的组成与结构，通过统计分析可以建立一系列标型特征。如根据  $\delta^{18}\text{O}$  可将花岗岩类划分为贫  $^{18}\text{O}$ 、正常  $^{18}\text{O}$  和富  $^{18}\text{O}$  三类。矿物特征也相似，如黄铁矿中  $\text{Co/Ni}$  比值，闪锌矿中  $\text{Zn}$ 、 $\text{Cd}$  含量等都可以作为定性的标型及定量的标型，作为判别成因的重要经验值。

表 7--2 ， 常用地球化学测试方法介绍及送样要求

方法	测试对象（样品）	测试目标	送样要求
X 光粉晶与衍射	矿物晶体	晶胞参数、晶体结构、判别矿物类型	几粒或十几克，粘土矿物 100g
红外光谱	单矿物、液体、气体	矿物类型、类质同相、多形结构、岩石成熟度、干酪根等	单矿物 2g，液体 1ml，气体 200ml
激光拉曼	固体或粉末，矿物包裹体片	有机物成分、结构、矿物成分、气液包裹体气体和矿物成分	固体 1g，气体液体>1ml
穆斯堡尔谱	铁矿物，岩石	矿物中 Fe、Sn 氧化态电子标型、配位数和位置，生油岩成熟度	20mg
核磁共振	固体、液体	矿物有序度，矿物水类型，晶体电荷分布，键性，有机化合物类型	固体 80-160g，液体 1-2ml
热分析	氧化物，含水矿物，碳酸盐，胶体等矿物	吸热、放热峰值及失重	单矿物，岩石 5g
矿物包裹体	矿物、岩石（标本）或单矿物	测温（Th、Td），测盐度，测成分（水量，子矿物离子，气体 $\delta^{18}O$ ， $\delta D$ 等）	均一盐度：包裹体片（0.2mm 薄片，双抛），爆裂，成分：单矿物纯度 95%重量>5g
电子探针	岩石、矿物	矿物微区半定量成分，或矿物中某些元素的分布（半定量）	薄片、光片或导电胶管
离子探针	岩石、矿物	微区（包裹体）中的同位素组成，化学成分（定量）	薄片、光片
透射电子显微镜	岩石或单矿物（矿物，微体化石）	晶体结构和形态	岩石、矿物薄片
扫描电子显微镜	矿物、岩石	表面结构，微晶形态	薄片、光片、导电胶管
激光显微光谱	矿物、岩石	矿物中微量元素，次要成分含量、微细矿物 定名	薄片（粉末或液样也可）
岩石化学	全岩	常量元素含量	100-200 目粉样 50-200g
单矿物分析	单矿物	主要成分及痕量成分（定量）	纯度一般在 98%以上 10-100g
原子发射光谱法	矿物、岩石及其他各类物质	70 余种金属元素包括 REE 的半定量一定性分析（PPm 级）	包括火焰、电弧、等离子体、X 光和激光等激发源，5g 粉样
原子吸收光谱（AAS）	矿物、岩石及其他	低含量元素及微量元素包括（REE）定量分析（可达 PPb）	10~50g
X 光释光和中子活化法	矿物、岩石及固体、气体、液体	极低含量的元素（ $\Sigma REE < 5ppm$ 的稀土元素）	样品需加热 70-90 热 16-30mg
质谱分析（一）测年法	单矿物、全岩	放射性固体与稳定子体丰度	
Ar—Ar 法	长石、辉石、角闪石及全岩	$^{39}Ar$ 、 $^{36}Ar$ 、 $^{40}Ar$ 、 $^{40}K$	一组样品，至少 3 个

续 7--2, 常用地球化学测试方法介绍及送样要求

方法	测试对象 (样品)	测试目标	送样要求
Rb—Sr 法	全岩、海绿石或云母、长石	$^{87}\text{Rb}$ 、 $^{87}\text{Sr}$ 、 $^{36}\text{Sr}$	一组样品, 至少 4~5 个
U—Th—Pb 法	锆石	$^{235}\text{U}$ 、 $^{238}\text{U}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}$	几粒 (单粒锆石), 10-20g (不一致曲线)
Sm—Nd 法	全岩	$^{147}\text{Sm}$ 、 $^{144}\text{Nd}$ 、 $^{143}\text{Nd}$	50g (一组样品至少 4-5 个)
$^{14}\text{C}$ 法	含有机质及含有机物的物质, 包括骨骼	$^{14}\text{C}$ 丰度	样品最好年龄小于 2 万年
普通铅	方铅矿、黄铁矿、长石	$^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}$ 、 $^{204}\text{Pb}$ 相对丰度	2—20g (黄铁矿等应量较大)
热释光 (HL), 光释光 (OSL)	含放射性物质的固体物	在晶格中存储的释放放射性性能	避光保存, 年龄 2~50 万年, 1000g
电子自旋共振 (顺磁共振)	固体物	物质内部结构	50-100g (个别需 1~2kg)
裂变径迹	磷灰石、锆石、火山玻璃	$\alpha$ 粒子径迹 (损伤)	薄片, 单矿物 100-500 粒
质谱分析 (二) 稳定同位素	单矿物或矿物成分单一的岩石		
氧	氧化物或含氧盐	$^{16}\text{O}$ 、 $^{18}\text{O}$ 的相对丰度	单矿物纯度应在 98% 以上, 10~20g
硫	硫化物、硫盐、硫酸盐有机化合物 (气体、液体)	$^{32}\text{S}$ 、 $^{34}\text{S}$ 的相对丰度	单矿物纯度 95% 以上, 尤其避免多种硫化物的混合, 10~20g
碳	有机物、 $\text{CO}_2$ 、碳质	$^{12}\text{C}$ 、 $^{13}\text{C}$ 的相对丰度	避免纤维等有机质的混染
氧、氢	水 (包裹体水)	确定 $\delta \text{D}$ 、 $\delta ^{18}\text{O}$ 值	包裹体样需 20g 以上
碳氧同位素	碳酸盐矿物	确定 $\delta ^{13}\text{C}$ 、 $\delta ^{18}\text{O}$	避免纤维物的混染
$\text{C}_{\text{有机}}$	岩石	有机在总碳中的相对含量 (%)	粉样 50-100g
有机分析	生油岩, 储层岩、盖层岩等	氯仿 A、沥青族、岩数分布等	300-100g
色谱分析	气体、液体 (气液包裹体成分) 有机质	气相组成、离子成分、有机化合物成分	适量
极谱分析 (电化学分析)	矿物, 岩石、液体等	金属元素和分散元素	10-20g

## 第三节 3S 技术在国土资源调查中的应用

### 一、GPS 技术在国土资源调查中的应用

GPS 即全球定位系统 (Global Positioning System), 是利用人造地球卫星进行点位测量导航和定位的技术。GPS 系统包括 3 大部分: 空间部分 (GPS 卫星星座)、地面控制部分 (地面监控系统) 和用户设备部分 (GPS 信号接收机, 图 7-3)。

GPS 定位基本原理是利用测距交会确定点位。在三维空间中, 如果接收机能够得到 4 颗 GPS 以上卫星的信号, 就可以进行定位; 当接收到信号的卫星数目多于 4 个时, 可以优选 4 颗卫星计算位置。

GPS 技术在国土资源调查中最广泛的用途之一是利用手持式 GPS 接收机现场获得所需观察点的经纬度坐标数据, 进而进行点位测量导航和定位。更多的应用体现在 GPS 与 GIS 以及 RS 的 3S 集成应用中。



图 7-3 手持式 GPS 接收机

### 二、RS 技术在国土资源调查中的应用

遥感 (RS——Remote Sensing) 技术是当前迅猛发展的 “3S” 之一, 是利用计算机的图像处理技术对卫星遥感资料进行处理, 为资源调查和监测提供及时和准确的遥感信息。卫星遥感信息具有宏观性、客观性与现时性, 在多种资源调查和监测中得到广泛应用。

现行的遥感图像处理系统软件很多。国外软件以 ELDAS 为代表, 国内以野外调查微机辅助遥感图像解译系统 (RSIES for FS) 和 GEOIMAGE 为代表。ELDAS 软件图像解译功能强大, 但对计算机的配置要求高, 价格昂贵, 英文操作界面复杂, 在一般性资源调查中暂时难以普及。国产软件均与最通用的 Windows 操作平台兼容; 软件的开发语言工具为目前流行、通用的 Microsoft Visual C++ 编程语言, 便于以后软件功能的进一步完善和版本的升级; 软件除了支持目前国际上通用图像文件格式外, 它还支持由遥感卫星获取的、由磁带机读入电子计算机的无格式遥感图像文件, 并将它们转换成国际上通用图像文件格式, 同时它又支持物理、化学探测获得的离散地学数据, 并将离散地学数据迅速图像化处理; 充分考虑了操作人员实际工作中的方便性; 价格适中; 在一般 PC 机、便携机上可完成操作; 处理功能简练实用, 能从卫星遥感原始图像中提取多种直观资源信息; 对操作环境无特殊要求, 满足野外现场操作, 并与地质调查中的 GIS 等软件兼容性好; 中文人机对话界面, 操作简便。现以 RSIES for FS 为例, 简要介绍其特点及处理方法。

#### (一) RSIES for FS 系统软件的主要功能模块简介

##### 1. 文件管理模块

文件管理模块主要有遥感图像输入显示、图像格式的互相转换、矢量图形单独显示及与对应遥感图像的叠加显示、图像存储、图形存储、当前窗口信息、图像恢复、关闭

激活窗口中的显示图像及叠加于其上的矢量图形等功能。

## 2.图像变换模块

包括图像求反、水平镜象、垂直镜象、图像平移、图像任意几何尺寸变换、图像任意几何角度旋转、图像几何校正等多种图像变换功能。

## 3.图像处理模块功能

支持大尺寸的遥感图像，甚至整景 TM 图像的处理；多种图像增强处理；多种图像边缘检测功能及各种图像锐化、平滑处理功能；各种图像灰度的非线性数学变换增强处理功能；各种图像滤波处理；用户自定义滤波，可定义  $3 \times 3$  或  $5 \times 5$  的卷积核算子，适用于用户自己特定区域图像处理的特殊需要；图像与常数之间的各种算术、逻辑运算处理；两幅图像之间的算术、逻辑运算处理；三幅同样尺寸的 8bit 图像的 RGB 及 IHS 彩色合成；24bit 图像的 RGB 及 IHS 彩色分解处理；两幅图像或多幅图像之间两两对应互相镶嵌拼接处理。

## 4.图像解译编辑模块

采用直观的、可隐可现的、浮动式的图像编辑解译工具窗口，在浮动工具窗口中可进行大量图像选择处理功能，如解译画笔线条的粗细选择、加注文字（中文、英文都可以）的颜色、字体、大小、加注文字的位置、倾斜角度等等选择、具体的解译编辑功能如画点、直线、折线、任意曲线、矩形、圆、椭圆或任意多边形选择等。独具特色的图像编辑功能，可以使当前反悔操作的后数十次操作功能恢复，可以在当前激活窗口中显示图像上感兴趣的子区域内进行剪裁、拷贝、粘贴等操作功能。图像解译分别有 Vector 矢量方式与 Raster 栅格方式，所有解译、编辑结果都可存盘，形成相关的 Vector 矢量图形文件及 Raster 栅格图像文件。

## 5.视窗功能模块

可隐、可现最常用如打开文件、存储文件等功能的工具条窗口；可隐、可现某项功能运行状态窗口；可隐、可现图像解译编辑工具浮动窗口；可按图像实际尺寸、放大、缩小方式显示图像。

### （二）RSIES for FS 软件的主要图像处理方法与技术

利用视窗管理功能，对图像实际大小、图像放大、图像缩小、图像概貌的操作。图像变换功能主要用来进行图像求反、图像镜象处理、图像平移处理、图像任意几何尺寸比例关系缩放处理、任意旋转、图像几何校正。

利用图像处理功能，对图像增强、图像非线性增强变换、边缘检测、锐化平滑、滤波处理、图像运算、图像分类处理、图像镶嵌及 RGB, IHS 分解合成等。图像增强处理有直方图调整、直方图均衡化、图像轻微增强、直方图规定化、伪彩色处理、灰度非线性变换六项功能。灰度非线性变换是对当前图像的灰度进行非线性数学变换，从而达到增强图像对比度的目的。图像灰度正规的非线性数学变化关系有如对数、指数、正弦、余弦、平方或平方根等六项图像处理功能和数学变换、指数变换、对数变换、平方变换、平方根变换、正弦变换、边缘检测。锐化处理属于高通滤波处理方法，籍以突出图像中的突变部位。平滑处理主要用于消除图像中的噪声干扰，以滤波窗口内像元亮度的平均值作为该窗口中心像元新的亮度值。膨胀处理于加粗、加厚激活窗口中显示灰阶图像中

不均匀图斑及某些孤立点。收缩处理主要用于压缩、消除激活窗口中显示灰阶图像中不均匀图斑及某些孤立点。滤波处理有中值滤波、水平滤波、自定义滤波。

利用彩色合成功能，根据对话框提示窗口显示的图像彩色合成结果进行 IHS 彩色合成、24 位图像 RGB 分解、24 位图像 IHS 分解。

利用图像镶嵌功能，对坐落于几景的 TM 或 SPOT 图像经过几何校正，图像编辑、剪裁、拼接镶嵌，得到需要的遥感图像。

### 三、GIS 技术在国土资源调查中的应用

#### （一）GIS 软件的基本功能简介

GIS 即地理信息系统 (Geographic Information System)，是一种将空间数据与非空间数据的信息联系在一起的特殊信息系统。

比较常用的地理信息系统软件，国外以三家美国 GIS 开发商 ESRI, Intergraph 和 MapInfo 的软件产品为代表，国内以 MapGIS, GeoStar 和 Citystar 为代表。这些软件的用户界面基本相似，特色功能明显，但在资源调查中的应用功能十分相似，现以 MapGIS 为代表，介绍主要功能。

MapGIS 是中国地质大学开发的地理信息系统软件，主要模块及功能是：

数据输入模块：提供了各种空间数据输入手段，包括数字化仪输入，扫描矢量化输入以及 GPS 输入。

数据处理模块：可以对点、线、多边形等多种矢量数据进行处理，包括修改编辑、错误检查、投影变换等功能。

数据输出：可以将编排好的图形显示到屏幕或者输出到指定设备上，也可以生成 PostScript 或 EPS 文件。

数据转换：提供了 MapGIS 与其他系统之间数据转换的功能。

数据库管理：实现了对空间和属性数据库管理和维护。

空间分析：提供了包括 DTM 分析、空间叠加分析、网络分析等空间分析功能。

图像处理：图像配准镶嵌以及处理分析模块。

电子沙盘系统：实时生成地形三维曲面。

数字高程模型：可以根据离散高程点或者等高线插值生成网格化的 DEM，并进行相应的分析，如剖面分析、遮蔽角计算等等。

#### （二）GIS 在国土资源调查中的主要应用

空间数据获取是 GIS 系统建设首先要进行的任务，它可以有多种实现方式包括数据转换、遥感数据处理以及数字测量等等，其中已有地图的数字化录入，是目前被广泛采用的手段，也是最耗费人力资源的工作，其主要流程见图 7-4。

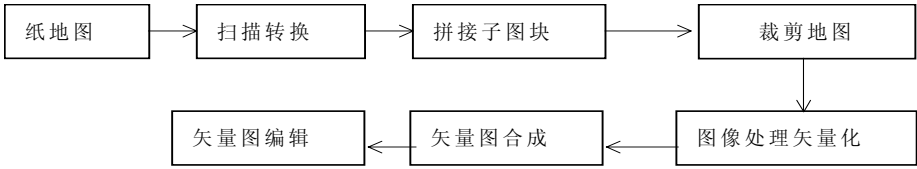


图 7-4，地图信息处理流程图

在 GIS 中，录入的内容包括空间信息和非空间信息，前者是录入的主体。目前，空间信息的录入主要有两种方式，即手扶跟踪数字化和扫描矢量化。

GIS 在国土资源调查中的应用十分广泛（图 7-5），现阶段的应用主要体现在两大领域，一是国土资源调查成果的数字化（数字化地质类图件和建立相应的数据库），另一是与 RS 及 GPS 的集成和综合应用。

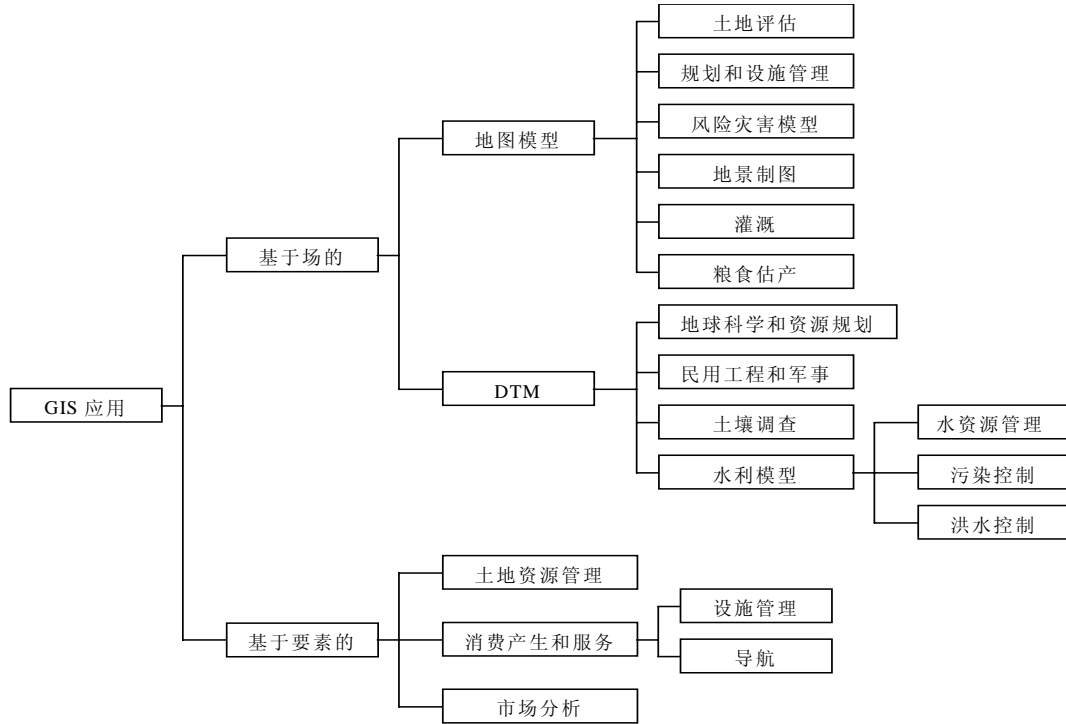


图 7-5，GIS 在国土资源调查中的应用

### 1. 数字化地质类图件

数字化图件，即运用计算机系统将图面信息数据化，转变成为图形或图像信息，并按数据结构及类型生成图件。地理数据分为点、线、面三类拓扑型数据，因此在 GIS 图形编辑分为点编辑、线编辑、面编辑，并对应三类数据库。区域地质调查成果数字化是 GIS 在国土资源调查中成果数字化的最先成功的尝试和实践。现以其为例，简介如下：

（1）区域地质调查成果数字化的优点。成果数字化方法，实质上是以 GIS 为技术基础，对多源地学资料的采集、储存、检索、分析、处理、建模和显示的全过程计算机化和数字化。数字化方法能充分利用区内各种资料，辅助填图，明显提高了地质研究程度；使用计算机处理、生成的各种最终成果资料，在成图过程中可随时对图件表示内容进行增加、更新及修改，并可随时输出每个阶段的各种图件资料；资料的检索查询简便易行，不必去翻阅大量原始资料；输出图件的比例尺和格式的选择有更大的灵活性；输出专业内容及属性的选择非常灵活，使得深层次的空间数据分析是其最富潜力的功能。

（2）区域地质调查图件数字化的主要方法与流程。在区调工作过程中，要使原有的纸质地图和实际资料转化为数字化图件，建立地质信息系统，采集、存储、分析地质

数据，需要一系列复杂的工作。按先后顺序可以分为 7 个环节（图 7-6）。

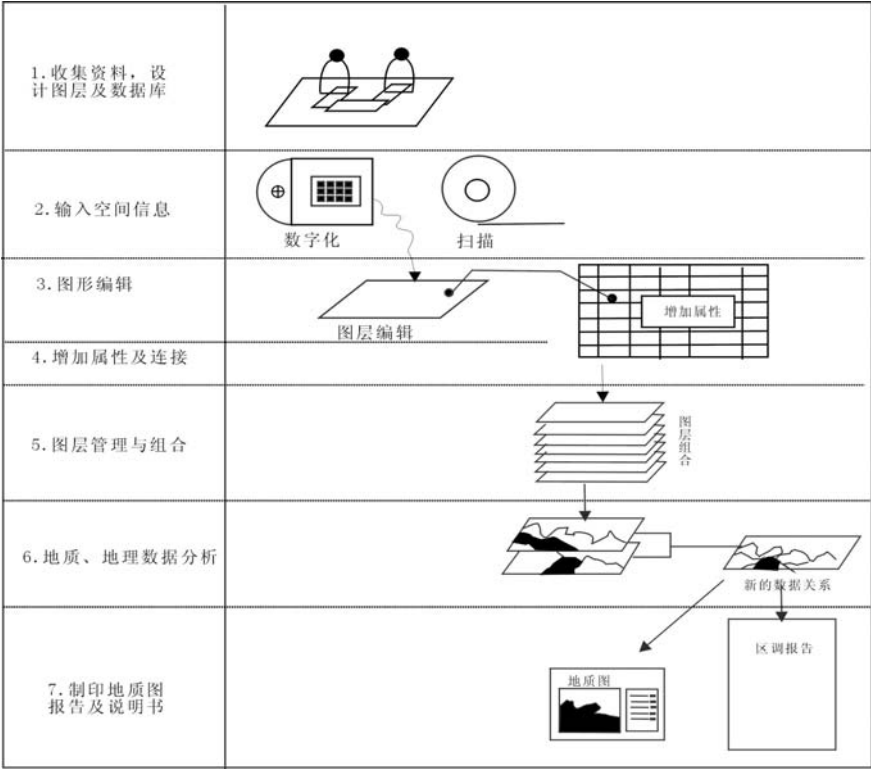


图 7-6，数字化图件工作流程图（引自董国臣、郝国杰等，1998，有改动）

①收集资料，设计图层及数据库。首先要全面收集图幅内的各种图形资料、文字资料。将收集的资料分为地理、地质和实际资料 3 部分，并初步简编地形工作，根据有关规范设计图层及数据库、工作目录和文件名。

②输入空间信息。空间信息主要指图形资料，输入分为清绘、扫描和矢量化 3 个阶段。清绘是根据野外路线地质调查资料，编制地质清绘图，用于扫描，清绘时要用薄膜，以便于用自动矢量化将扫描形成的栅格图象转化为矢量化图形。输入空间信息大部分要进行扫描，部分可用数字化仪。如果清绘和扫描 2 个环节把握较好，一般可以直接利用 MAPGIS 自动矢量化，生成 . dxf 文件。如果上述 2 个环节不理想，可以将栅格图像装入 MapInfo 进行配准，然后在 MapInfo 中予以校正后分矢量化。

③图形编辑。所有的图形信息已转化为矢量图形，应包含所有空间信息；所有线条都在正确的位置，而且有正确的形状；所有图形体都按实际连接；所有的多边形区是唯一的，不能相互覆盖；所有图形实体都必须在工作区内。还要建立正确的拓扑关系。可以通过线条的移动、整形、结点连接处理，保证线条有正确的位置与形状，保证结点连接正确，然后用自动跟踪功能，形成区域，选择不同样式的线条与区域分别代表不同类型的水系、道路、地质界线 and 地质体，完成地质、地理部分的图形编辑。在 ARC / INFO 中，可以执行建立拓扑关系、标明错误、修改错误和重建拓扑关系来完成上述任务。

④增加属性及连接。每个图层都有一对应的属性表。每一图层都自动建立了一个相关联的属性表，可以根据每个图层的属性表结构输入属性，这样就将图形实体与描述性

信息自动连接起来；将在其他数据库应用程序中建立的属性表连接起来。通过这些步骤，我们就可以建立包含非空间信息的图层。

⑤图层管理与组合。地质图要将地质体分布、断层、图例、代号、产状、水系、交通、居民地、等高线、图框和方里网等图层组合在一起，方能形成地质图。组合过程中也会发现，不同图形实体或标记有掩盖关系，需要进一步调整它们的位置，调整图层的上下位置。一般情况下，由下而上的顺序为面、线、点 3 种文件。

⑥地理、地质数据分析。根据要解决的实际问题，利用选择或 SQL 功能、建立缓冲区、应用边界或区域操作等，可以解决各种复杂的问题。

⑦制印地质图。设计地质图的内容、版面，确定地质图的有关参数，彩喷打样校验后，通过出片机输出黄、蓝、青、黑 4 色分色挂网胶片，送厂印刷。

## **2.GIS 与遥感的集成及具体技术**

根据上述介绍，地理信息系统是用于分析和显示空间数据的系统，而遥感影像是空间数据的一种形式，类似于 GIS 中的栅格数据。因而，很容易在数据层次上实现地理信息系统与遥感的集成，但是实际上，遥感图像的处理和 GIS 中栅格数据的分析具有较大的差异，遥感图像处理的目的是为了提取各种专题信息，其中的一些处理功能，如图像增强、滤波、分类以及一些特定的变换处理（如陆地卫星影像的 KT 变换）等，并不适用于 GIS 中的栅格空间分析，目前大多数 GIS 软件也没有提供完善的遥感数据处理功能，而遥感图像处理软件又不能很好地处理 GIS 数据，这需要实现集成的 GIS。

在软件实现上，GIS 与遥感的集成，主要有分离的数据库，通过文件转换工具在不同系统之间传输文件；两个软件模块具有一致的用户界面和同步的显示；集成的最高目的是实现单一的、提供了图像处理功能的 GIS 软件系统等 3 个方面。

在一个遥感和地理信息系统的集成系统中，遥感数据是 GIS 的重要信息来源，而 GIS 则可以作为遥感图像解译的强有力的辅助工具。GIS 作为图像处理工具时，其功能有几何纠正和辐射纠正、图像分类、感兴趣区域的选取。而遥感数据作为 GIS 的信息来源，其作用是线以及其他地物要素的提取、DEM 数据的生成、土地利用变化以及地图更新。

利用遥感数据更新空间数据库，最直接的方式就是将纠正后遥感图像作为背景底图，并根据其进行矢量数据的编辑修改。而对遥感图像数据进行分类，得到的结果可以添加到 GIS 数据库中。

## **3.GIS 与全球定位系统的集成及具体技术**

作为实时提供空间定位数据的技术，GPS 可以与地理信息系统进行集成，以实现不同的具体应用目标。

（1）定位。主要在室外动态调查与定位信息的活动中使用。如果不与 GIS 集成，利用 GPS 接收机和纸质地形图，也可以实现空间定位；但是通过将 GPS 接收机连接在安装 GIS 软件和该地区空间数据的便携式计算机上，可方便地显示 GPS 接收机所在位置并实时显示其运动轨迹，进而利用 GIS 提供的空间检索功能，得到定位点周围的信息。

（2）测量。主要应用于地质测量、土地管理、城市规划等领域，利用 GPS 和 GIS 的集成，可以测量区域的面积或者路径的长度。该过程类似于利用数字化仪进行数据录

入，需要跟踪多边形边界或路径，采集抽样后的顶点坐标，并将坐标数据通过 GIS 记录，然后计算相关的面积或长度数据。

在进行 GPS 测量时，要注意所要确定 GPS 的定位精度是否满足测量的精度要求；其次，对不规则区域或者路径的测量，需要确定采样原则，采样点选取的不同，会影响到最后的测量结果。

（3）监控导航。用于车辆、船只的动态监控，在接收到车辆、船只发回的位置数据后，监控中心可以确定车船的运行轨迹，进而利用 GIS 空间分析工具，判断其运行是否正常，如是否偏离预定的路线，速度是否异常（静止）等等，在出现异常时，监控中心可以提出相应的处理措施，其中包括向车船发布导航指令。

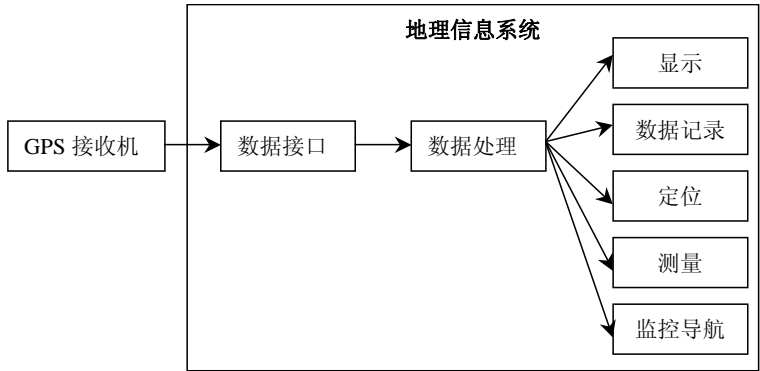


图 7-7，GIS 与 GPS 集成的系统结构模型

图 7-7 描述了 GIS 与 GPS 集成的系统结构模型，为了实现与 GPS 的集成，GIS 系统必须能够接收 GPS 接收机发送的 GPS 数据（一般是通过串口通信），然后对数据进行处理，如通过投影变换将经纬度坐标转换为 GIS 数据所采用的参照系中的坐标，最后进行各种分析运算，其中坐标数据的动态显示以及数据存储是其基本功能。

4.3S 集成综述

3S 技术为科学研究、政府管理、社会生产提供了新一代的观测手段、描述语言和思维工具。3S 的结合应用，取长补短，是一个自然的发展趋势，三者之间的相互作用形成了“一个大脑，两只眼睛”的框架，即 RS 和 GPS 向 GIS 提供或更新区域信息以及空间定位，GIS 进行相应的空间分析（图 7-8），以从

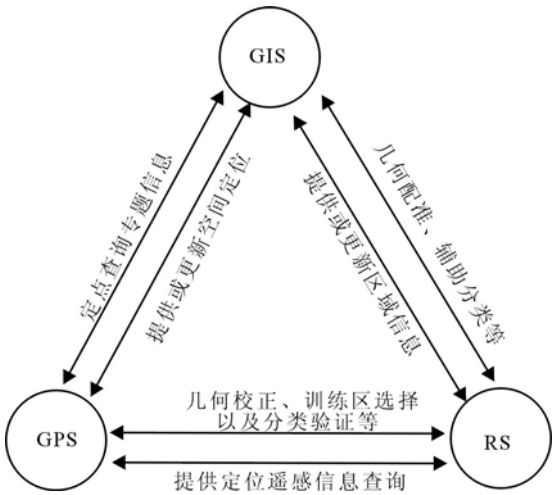


图 7-8，3S 的相互作用与集成

RS和GPS提供的浩如烟海的数据中提取有用信息，并进行综合集成，使之成为决策的科学依据。

GIS、RS和GPS三者集成利用，构成整体的、实时的和动态的对地观测、分析和应用的运行系统，提高了GIS的应用效率。在实际应用中，较为常见的是3S两两之间的集成，如GIS/RS集成，GIS/GPS集成或者RS/GPS集成等，但是同时集成并使用3S技术的应用实例则较少。区域数字填图系统是三者集成的最好体现。

3S集成技术的发展，形成了综合的、完整的对地观测系统，提高了国土资源调查的速度与精度，提高了人类认识地球的能力。

## 第四节 数字地质调查技术

国土资源调查工作，涉及的信息种类多，内容广泛复杂、信息量大。全面、准确、快捷地采集野外第一手资料，是保证地质调查任务完成的基础。以往的野外地质调查数据采集技术已经不能适应当前地质工作现代化的要求。开展地质调查数据采集技术研究，以实现地质调查数据获取全过程的信息化，是提高国土资源调查工作质量和效率，实现区调工作现代化所必须采取的步骤和措施，也是世界先进国家区调工作的普遍趋势。

### 一、资源调查数字化采集技术研究方法

系统连续的地质路线观测，是国土资源调查必要的最基本的方法，是任何其他方法所不能代替的。因此，野外地质路线观测是国土资源调查最基础的工作。按照野外工作不同阶段的划分，野外地质观测路线基本可划分为踏勘路线、系统观测路线和检查路线。

国土资源调查与数字化采集技术就是把上述野外地质观测路线与实际材料图的完全人工工作过程，跨越式转变为野外现场地质调查与信息数字化过程，传统的“老三件”结合现代化的“新三件”（图 7-9），使国土资源调查真正实现了数字化。这个过程就是野外数据的数字化获取技术及其成果统一性的数字化重现和认识的研究重点。



图 7-9 老三件结合新三件实现填图数字化

#### 1. 资源调查技术的硬软件支撑基础

随身带到野外的掌上机能够描述与管理复杂的信息，具有足够的存储容量，体积小、重量轻、功耗低，至少能连续工作 10 小时以上。满足这种要求的设备是最终实现野外数据采集信息化的硬件基础。否则，不能解决一次性数据录入问题，数字调查技术的实现则是一句空话。空间定位是数字调查基础的基础。实时的 GPS 接收机能否应用于野外地质数据采集主要有 4 个因素，即精度、体积、重量与功耗。2001 年出现内置掌上机的

GPS 产品, 使野外数据采集的定位方法发生了革命性变化。嵌入系统 WINDOWSCE 的应用是野外地质调查与调查数字化采集系统的主流系统。

## 2. 数据模型必须满足地质调查与调查信息数字化统一性再现和认识的要求

地质调查与信息数字化统一性再现的目的是提供一个框架结构以便在计算机内组织、储存利用地质(图)数据。数据模型独立于任何具体的软件/硬件配置。核心是地质对象的数字化。标准化是统一性的基础, 统一性再现是有效地把地质调查与信息组织起来, 而认识则是通过数据模型来反映的。野外资源数据模型由地质数据模型和地质图数据模型组成。

(1) 国土资源调查野外数据采集 PRB 过程及其相应的数据模型。现实世界的地质现象是经地质学家在野外调查、解释并且把解释结果作为具有描述性信息的地理对象(点、线、面等)记录在地图上或笔记簿上。地质野外数据模型就是把地质体的地理表示和描述性信息结构化地储存在数据库中。目前在地学界争论较大的问题是描述性信息结构化程度。由于地质现象错综复杂, 不同地区、不同地质构造位置、不同岩类等情况, 都难以用非常结构化的数据模型来满足对包罗万象的野外地质现象的数字化。

根据最新研究成果与实验表明, 如果说, 掌上机、GPS+Wince、GIS、手写输入与电子词典等基本技术的应用使数字区调成为可能, 那么, 区调野外数据采集 PRB 过程的建立, 将使数字区调变为现实。PRB 过程及其相应的数据模型的建立将不但使野外地质观测与观察的过程准确的数字化, 而且使野外数据采集过程标准化和规范化。

PRB 过程通过把野外数据采集的过程分为地质点(Point)、分段路线(Routing)、点间界线(Boundary)的数字化过程来保证对区调野外数据采集所需要计算机处理最基本的信息项的结构化, 而且具有保证地质学者能够不受约束地采全、采准野外观察数据的特点。

(2) 地质图数据模型综述。地质调查成果的绝大部分都是以图的形式来表现的。空间地质图与数字地质图是资源信息化的重要成果之一。

目前国内有的空间数据库数据模型存在的问题是即考虑制图的特点又考虑空间数据特点, 而这样的数据模型在今后资源评价分析中不能提供足够的空间数据分析的信息, 因为足够的空间数据分析的信息是靠点、线、面之间的拓扑关系及相应的属性表来提供的。而数字地质图数据模型可以不考虑不同图元之间的拓扑关系也可满足要求。

空间地质图数据库数据模型是不受人的主观意识或不同学术观点影响的数据模型。在国土资源调查中, 空间地质图数据库数据模型是由不可再分的自然地质实体及相关属性表构成。而数字地质图需要通过概念地质数据模型建立和相应的图示图例才能实现从空间地质图到数字地质图的转换。

(3) GIS 的数据模型特点是单独空间数据与属性数据。空间数据包含几何数据及拓扑数据, 几何数据即空间坐标、高度、面积, 拓扑数据即空间特征的几何关系。但这种数据对于空间分析和建模能力是相当有限的。因此还需要用一些高级空间特征来建立新的地学数据模型, 这些数据模型非常适合有关地学在网络分析和空间扩散方面的研究。

充分考虑空间数据物理存储结构, 不允许在图层及属性表的命名上出现同物异名、同名异物等问题。



二、数字国土资源调查系统功能特点

目前正在开展的 1:5 万区域地质调查野外初期试验表明，数字调查技术不但为地质学家接受，而且渴望该技术能迅速推广应用，目前国内较为成熟的数字调查系统以 GeoMapping 为代表。数字调查技术将使国土资源调查在以下 5 个方面发生深刻变化。

1.数字调查技术将改变传统的技术研究手段

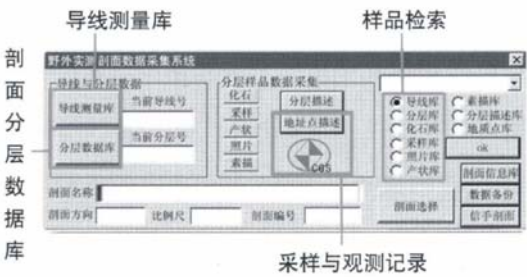
数字调查技术实现了无纸区调数字化生产。手图被电子笔记簿取代。具有可视化野外采样、素描、产状、照片、野外实测剖面数据、素描等多源空间数据的获取、存储与管理的功能；采用结构化的数据库与无容量描述限制地质观察现象文本数据库相结合，大大简化和改进传统的空间记录方式，使地质学家更专注地质本身调查（野外地质调查数据采集系统主要工作界面见图 7-10）。

2.数字调查技术提高研究精度

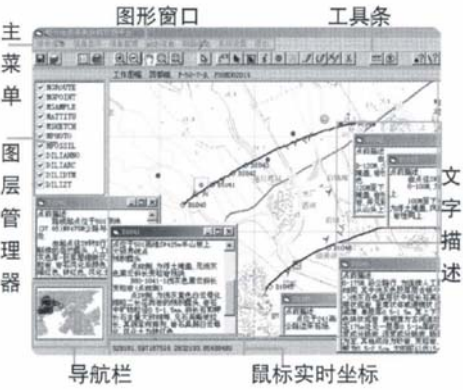
采用实时 GPS 定位与野外电子手图的整合，大大提高了空间定位精度和速度。采用 GIS 技术，对点的实际勾画、产状、样品、素描、化石的定位，野外实际路线距离、方位与观测内容的定性定量整合实现可视化与自动化。野外数据采集系统提供 PRB 字典，规范野外记录格式，提高了数据采集精度。



野外地质调查数字填图掌上数据采集系统（CE RGMAP）



野外地质剖面数据采集系统（CE RGSECTION）



数字填图系统（PC RGMAP）

图 7-10 野外数字调查计算机填图系统

### 3.数字调查技术提高研究程度

野外数据采集系统提供了 3 种 PRB 词典,有助于野外调查地质实体的识别。历史专题图层和现势图层整合再现,有助于野外调查的认识和判断。野外数据采集系统的三维数字高程模型、遥感图像与野外电子手图整合显示,有助于地质人员直接在野外勾绘地质界线,最大程度采集野外信息,避免遗漏,而且精度高。利用 GIS 空间分析功能,进行有效地质点和有效路线分析,为提供最佳路线、最佳剖面位置部署提供依据。利用 GIS 空间分析功能,指导各种专题研究。

### 4.数字调查技术加快调查周期

野外观测数据的现场数字化采集大大降低了劳动强度。地质点、产状、样品、素描、化石、地质界线等的空间位置和属性数据按规范要求直接成图和建库。避免从手图到野外实际材料图的搬绘和整理的过程。采用图层管理方式,PRB 的任一地质点、路线、各类采样数据检索,可同时打开多个野外记录本,大大加快了野外资料整理和处理时间,其周期可减少到传统的 2 / 3。可视化剖面自动计算与交互式成图,大大减轻了劳动强度和提高了速度,其周期可减少到传统的 4 / 5。野外调查工作量自动统计。按规范要求输出各类图件和文档等。数字调查技术将大大改变成果表现形式

### 5.数字调查技术使资源调查成果的表现形式丰富多彩

数字调查技术是构建“数字中国”、资源评价的基础,是“大调查”成果的公益性服务的最佳媒体,提供了数字地质图、空间地质图图形与图像的融合(三维、正射影像)2.5 维图、各类数字化专题图、数字化野外原始记录本及其采样数据库、测试结果数据库、多源数字化多媒体地质图、超媒体地质报告、数字化地质剖面图、计算成果数字图。

数字区调是把野外地质观测路线与实际材料图的完全人工制作过程跨越式转变为野外现场地质调查与调查信息数字化的复杂过程。该技术的研究与应用将使地质调查工作的研究方法、研究精度、研究程度、研究周期、研究成果发生深刻的变化,集 GPS、GIS、RS 技术为一体的野外数据采集系统使传统的野外地质调查发生革命性的变化,并开创地质调查主流程——地质调查与调查的数字化时代,填补中国地质调查信息现场数字采集技术的空白,为相关地质调查(水文地质、工程地质、环境地质、固体矿产、土地资源、林业资源、水资源等调查)的野外数据采集奠定基础。

## 三、国土资源数字调查 GeoSurvey 填图系统简介

GeoSurvey 是“九五重点高技术开发项目(9506002)”的成果。在系统开发的过程中,借助和借鉴地矿点源信息系统的设计原理与方法,采用“多 S(DBS、GIS、CADs、RS、GPS 和 ES 等)”结合与集成技术,充分体现了以主题式关系数据库系统(RDBS)和空间数据库系统(PDBS)为基础,以空间信息和属性信息管理为核心的设计思路。

该系统在室外配备以高功能的掌上机和超轻型便携机为硬件支撑的野外数据采集子系统(GeoField);在室内则配备以 PC—586 以上微型机为硬件支撑的整理编图子系统(GeoCLS & GeoCADs),内含综合整理、统计分析、空间分析、区域评价、地质图编绘和报告编写等功能强劲的处理模块(主要操作界面见图 7-11)。

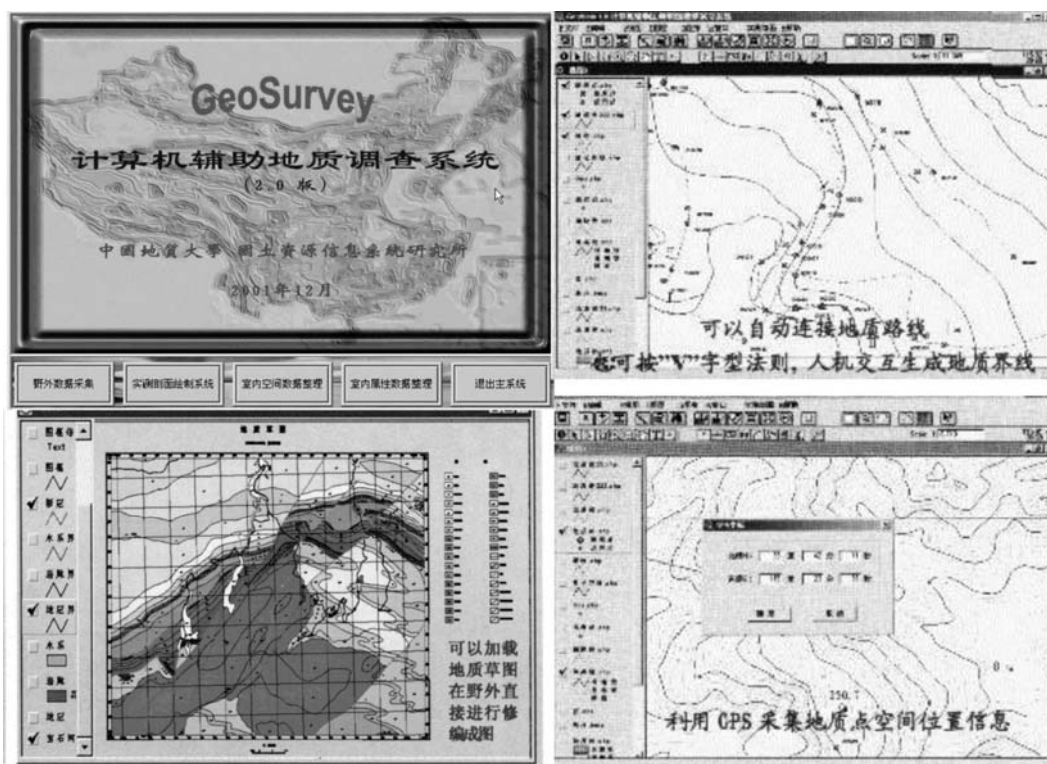


图 7-11 GeoSurvey 主要操作界面

利用该系统可以在野外方便地采集路线和地质点的全部属性数据、空间数据和影像数据；也可直接修编国土资源草图和地质草图的方式进行填图，实现从野外数据采集到室内资料综合整理和图件编绘的全程计算机辅助化，甚至可以越过室内手工编图阶段，实现“无纸填图”。

该系统以图幅为单位，还可以方便地将野外调查资料、物探资料、化探资料和钻探资料集成起来，达到“多 S”信息交互检索、综合处理和综合应用的目的，使图幅内的各种空间数据和属性数据的存贮、检索和处理实现自动化、高速化、网络化、综合化和智能化，进而为立体填图打下良好的基础。系统中除了具有一系列功能强劲的应用模块，还提供二次开发工具，能支持用户根据需要进行补充再开发。数字国土资源调查 GeoSurvey 的结构与工程流程见图 7-12。

该系统由于采用行业统一的数据模型、标准的代码体系、规范的图式图例、约定的处理方式和通用的软件接口，有较高的专业化特点。当时机成熟时，主管部门（省局和部委）可以利用这套软件和计算机网络技术，来组建一个信息齐备而又功能完善的“基础地质信息系统”和“国土资源信息系统”，这将有效地推进“数字国土工程”的实施，为实现地质调查工作信息化与国土资源信息社会化奠定坚实的基础。

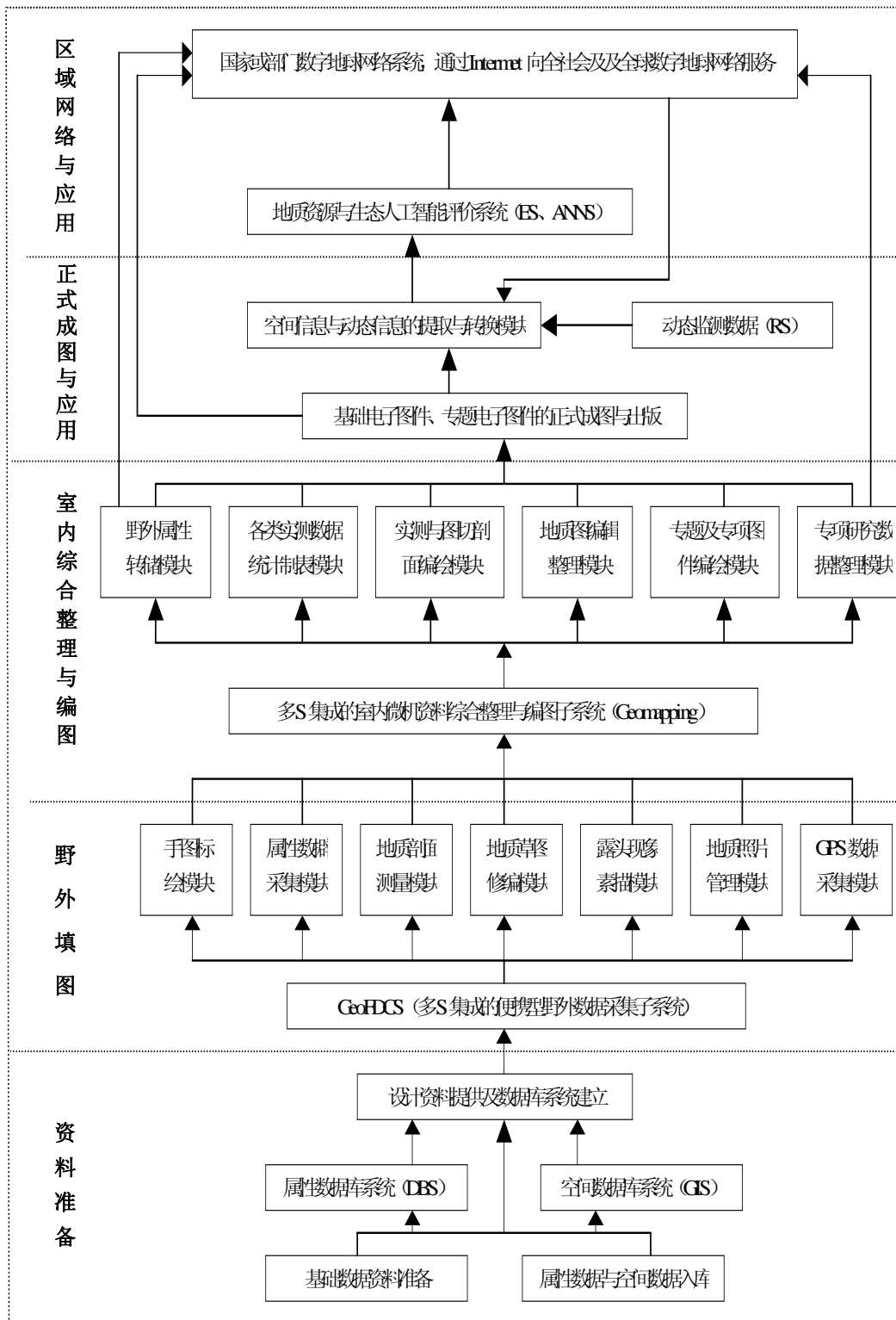


图 7-12 数字国土资源调查计算机辅助系统的结构与工作流程（引自吴冲龙等，2002，有改动）

## 第八章 国土资源规划、保护与管理

### 第一节 国土资源规划与保护

国土资源是经济社会可持续发展的重要物质基础。中国是一个处于工业化进程中的发展中国家，农村人口占很大比重，资源消耗处于增长阶段，资源型产业将长期占有相当的比重。耕地安全、能源和矿产供应安全、水资源安全问题是中国的经济安全问题，国土资源领域仍然存在一些突出矛盾和问题，因而，做好国土资源的调查、保护与管理等工作显得更为重要。

国土资源规划是从国土资源的合理开发利用和治理保护出发，围绕国家在一定时期的总目标和总任务，对国土资源开发和经济建设进行总体部署，提出重大国土整治的任务与要求，协调人口、资源、环境的关系，以取得好的社会、经济与生态效益。国土资源规划是国民经济和社会发展长远计划的基础性工作，对长远计划的制定起着指导作用。

国土资源保护是指科学合理有效地利用国土资源，使之发挥最大的经济、社会、环境效益，服务于人类当前，同时注重后代人的需要，在时间配置上达到对社会最优。国土资源保护和经济发展是互相依赖、彼此促进的。保护了国土资源，经济就可以持续稳定地发展；经济发展了，又可以为国土资源保护提供经济技术条件。我们要科学地解决好开发、利用与合理保护的关系，既要考虑经济效益，又要考虑生态效益，促使国土资源与经济发展相互协调，以实现社会的可持续发展。

本节重点介绍中国当前在国土资源调查、资源保护与管理、国土整治等领域的有关规划和保护政策。

#### 一、指导方针和目标

##### 1. 国土资源规划与保护的指导方针

“在保持经济增长的同时，控制人口增长，保护自然资源，保持良好的生态环境”是中国的基本国策，长期坚持“在保护中开发，在开发中保护”，实现“有序有偿、供需平衡、结构优化、集约高效”是中国国土资源开发、管理和保护的总方针。国土资源规划的指导方针是，坚持把保护和合理利用国土资源作为主题，坚持把调整资源开发利用结构作为重点，坚持把科技创新和制度创新作为动力，坚持把积极参与全球资源领域的合作与竞争作为重要契机，坚持把保障国家资源安全作为出发点。

##### 2. 国土资源规划与保护的目标

国土资源规划的总目标是基本满足经济增长对土地、矿产和海洋资源的需求，并为实现第三步战略目标作好必要的资源准备；保持耕地总量动态平衡，保障能源、矿产供应安全，国土资源利用结构和布局得到调整和优化；国土综合整治取得成效，生态环境有明显改善；初步建立国土资源要素市场体系；健全国土资源管理体制，提高国土资源管理水平。

国土资源调查评价的主要预期目标是填补中比例尺地质调查空白区，初步摸清全国矿产资源“家底”，发现和评价一批战略性矿产的大型、超大型产地，形成一批新的后备基地。完成新一轮全国地下水资源潜力评价，初步完成主要大江大河和重要经济区的环境地质调查。建立全国土地利用动态监测体系，查明耕地后备资源。建立地质灾害监测防治系统。发展重大地学理论，攻克一批国土资源调查评价技术难关。

国土资源保护与合理利用的主要预期目标是在保护生态环境的前提下，保持耕地总量动态平衡，农用地质量、结构和布局明显改善，基本农田得到有效保护。保障国家重点建设项目和基础设施用地，土地集约利用程度明显提高。矿产开发规模基本适应国民经济的需要，经营性矿产勘查得到加强，支柱性矿产的储量有较大幅度的增长，国内资源保证程度有所提高，矿产资源开发利用结构逐步趋于合理，矿产品进出口结构有所改善，优势矿产在国际市场的地位得到巩固。利用外资勘查、开发国内矿产资源和到国外勘查、开发矿产资源取得实质性进展，战略矿产储备体系初步建立。拓宽海洋资源领域，保护性开发渔业资源，扩大其他海洋资源的开发。

## 二、国土资源调查评价

紧密结合经济建设，大力加强关系国计民生和国家安全的能源和其他战略资源、地下水资源和国家重大工程建设前期地质勘查，加强地质环境勘查和灾害防治，加强西部地区地质调查，为经济社会可持续发展提供基础资料和资源保障。深化改革，依靠科技进步，应用新思路、新理论、新技术和新方法，统一规划、统一部署，多学科、多工种集成作业，实行区域展开和整体推进，是当前和今后一个时期国土资源调查评价的主要任务。

### 1.基础地质调查

围绕国家重要经济区、大中城市发展的需要，主动扩大服务领域，有针对性地开展区域地质、环境地质、灾害地质、水文地质、城市地质、农业地质等专项调查。围绕重大基础地质问题，统一组织和部署区域地质调查、地球物理、地球化学和遥感地质调查，在为经济社会发展提供基础资料的同时，发展重大地质科学理论。

### 2.土地资源调查、监测

开展土地变更调查和耕地变化、非农建设用地规模扩展的土地动态监测，建立覆盖全国的土地利用动态监测系统和年度监测公报制度，更新土地利用现状调查基础图件和数据。全面完成耕地后备资源调查、农村集体土地产权调查和城镇地籍调查，基本完成村庄地籍权属调查；全面开展城镇土地集约利用潜力调查与评价、农用地后备资源适宜性评价、土地价格调查和基准地价更新；开展全国城市用地、农用地分等定级与估价。

### 3.矿产资源调查评价

优先安排工作程度极低地区矿产资源区域远景评价，提高区域矿产资源评价程度，圈定一批成矿远景区。围绕现有全国重要成矿远景区开展资源潜力评价，摸清全国矿产资源潜力。加强具有重大突破前景的矿产地的调查评价，新增一批资源量。开展西部沉积盆地新区、新层位的油气资源评价，开展主要产煤区煤层气资源远景调查和西部优质煤调查评价，开展区域性地热资源评价。

#### **4.环境地质调查**

开展重要经济区、干旱半干旱地区荒漠化环境地质调查。加强西部地区和青藏铁路、南水北调等国家重大工程建设前期的区域环境地质调查评价。加强地质灾害调查和监测，查清中国主要地质灾害种类、时空分布、发育规模和危害程度，制定地质灾害多发区的防治规划。

#### **5.地下水资源调查评价**

按照大流域和地下水系统进行新一轮地下水资源潜力调查评价，建立全国主要地下水系统空间数据库。加强西部地区盆地和西南岩溶石山地区地下水资源勘查评价。紧密结合国家重要基础设施建设、主要城市、重点农业开发区和生态环境建设及严重干旱缺水地区特别是北方严重干旱缺水地区的需要，开展地下水勘查与合理开发利用示范。

#### **6.海洋地质矿产调查**

继续开展南极、北极科学考察。开展中国海域天然气水合物调查与评价，继续加强南沙油气资源勘查和黄海中古生界油气资源调查。加强国际海底区域矿产资源的调查评价，增强中国拥有和开发深海资源的国际竞争力，维护国家对国际海底区域的资源权益。加强深海多金属结核资源勘查，开展富钴结壳靶区调查，加强深海资源调查、勘查和开采技术与开发，为深海矿产资源开发利用，做好必要的资源、技术、外交、法律、管理等方面的准备。

### **三、国土资源保护与合理利用**

“自然保护”（即自然资源与自然环境保护）是指“理性地使用环境，以达到人类生活的最高品质”。“科学合理有效地利用国土资源，使之发挥最大的经济、社会、环境效益，服务于人类当前，同时注重后代人的需要，在时间配置上达到对社会最优”的根本目的。

#### **1.国土资源开发保护的基本原则**

国际性自然资源保护趋势是，政府运用立法和经济手段，保护和管理好土地资源和矿产资源，鼓励土地资源和矿产资源的持续使用和管理；保护森林，发展树木、森林和林地的多重生态、经济、社会和文化的作用与功能，并把它们的价值纳入国民经济核算体系；防止沙漠化蔓延，对尚未退化或仅仅轻微退化土地的使用政策和可持续发展的水资源管理，使用无害于环境的农业和畜牧业技术；保护海洋资源，加强预防工作，控制海运造成的污染，并制定严格的减少意外事故的国际性法规，建立专门的经济区，以保护和维持海洋资源；保护和管理淡水资源，对淡水资源进行评价和保护，制定淡水的使用、质量、保护和改善的国家目标，发展节水技术和管理技能。

中国开发保护国土资源的基本原则是，经济、社会与生态环境效益相结合；当前利益与长远利益相结合；因地制宜；统筹兼顾、综合利用的原则；依靠科技进步实现社会经济发展和国土资源可持续利用。

#### **3.国土资源的开发与保护策略**

（1）合理利用土地资源，保护耕地。始终坚持十分珍惜、合理利用土地和切实保护耕地的基本国策，正确处理经济发展、耕地保护和生态建设的关系，进一步加强农用

地特别是耕地的保护，保障经济发展用地需求。积极推进土地整理与复垦，适度开发土地后备资源。建立和完善耕地保护新机制。建立耕地保护的预报预警制度，形成约束管地用地行为的社会监督机制。严格控制新增建设用地规模，提高土地资源集约利用水平和有效供给能力。积极盘活国有企业用地。发挥区域资源优势，合理调整土地利用结构和布局。加强农业生产结构调整用地的引导和监督管理，形成合理有序的农用地调整利用机制，防止毁坏耕地。对过度开垦、围垦的地区有计划、有步骤地退耕还林、还草、还湖，大江大河两岸及其他生态脆弱地区的陡坡耕地要尽快全部退耕。积极开展防沙治沙。加强土地利用总体规划的实施管理，充分发挥规划的宏观调控作用。实行土地用途分区管制与用地指标控制制度，发挥土地用途转用许可和土地利用年度计划的调控和约束作用。制定和完善规划实施管理的配套规章，建立规划实施的监督体系，做好规划实施的监督检查和跟踪分析。加强土地利用计划管理。

（2）科学开发矿产资源，保障安全供应。坚持开源与节流并举，保护与开发并重，统筹规划，合理布局，控制矿产资源开发总量，调整和优化矿业结构，提高矿产资源利用水平。

加强矿产资源勘查，保持重要矿产储量增长与消耗的基本平衡。积极开拓新的资源及找矿领域。实行总量调控，优化资源开发利用结构。实行保护性开发，严格控制生产和出口总量。科学、合理开发地下水资源，厉行节约，防治污染。调整矿产资源开发规模结构。调整矿产品结构，鼓励发展深精加工矿产品。重视矿业城市和资源枯竭的国有矿业企业的发展。调整和改善矿产资源开发的区域布局。按照统筹规划、因地制宜、发挥优势、集约开发的原则，以市场为导向，推动区域矿产资源开发。依靠科技进步和技术创新，提高资源利用率。充分利用国内外两种资源、两个市场，逐步建立矿产资源可持续供应体系。建立战略资源储备制度。以石油、铀、铜、锰、钨、锡、铬、钴、铂族金属和离子型稀土等重要战略资源为重点，实施国家战略储备，增强抵御突发事件、国际局势动荡和世界矿产品供应风险的能力，以确保国家经济安全。加强矿产资源保护。发挥矿产资源规划的调控作用，限制矿产资源的过量开采。对国家规划矿区、对国民经济具有重要价值的矿区和国家规定实行保护性开采的特定矿种，依法实行特殊的保护措施。限制对生态环境有较大影响的矿产资源开发，禁止乱采滥挖、破坏性开采矿产资源。

（3）加强水资源保护。建立严格的水资源管理制度，发挥现有水利工程效益。节约用水。为防患于未然，确保安全用水，建立水源保护区，控制水体污染，治理好“三废”是搞好水源保护的根本措施。

（4）加大海洋资源开发与保护力度，维护国家海洋权益。维护国家海洋权益，合理开发利用海洋资源，切实保护海洋生态环境。积极推进国际海底区域矿产资源开发，逐步把中国建设成为世界海洋资源开发大国。海洋资源保护加强法制，保护海洋。加强调查监测工作，掌握和了解中国海域污染的现状和趋势；开展重点河口海湾的自净能力和环境容量的研究工作；开展海洋污染对海洋生态系统影响的研究；重视增殖海区海洋学基础的调查研究。科学捕捞和海水养殖结合起来，使海渔业资源得到合理的保护。如有计划的留下足够的适当的群体组成基本资源数量，可人工增殖延续后代，保持一定的世代强度，为捕捞提供充足的物质基础。积极发展水产品的加工和资源综合利用。开发

远洋渔业和南极新资源。

(5) 做好旅游资源保护工作。减缓旅游资源的自然风化, 杜绝人为破坏旅游资源, 对已破坏的旅游资源的恢复。旅游资源是存在于自然和社会生态系统中的, 只有与环境协调的旅游资源才具魅力, 旅游资源的开发必须遵循生态学原则, 保持旅游资源长存于世, 永具魅力, 从而造福于子孙后代。

(6) 开发西部优势国土资源, 促进西部大发展。西部大开发, 要把资源优势转变为产业优势和经济优势, 必须以市场需求为导向, 合理利用和节约资源, 保护生态环境。继续巩固西部地区资源产业的优势地位, 提高竞争能力, 促进区域经济协调发展。

把地下水资源的勘查、开发和有效利用放在突出位置。建立并完善地下水动态监测网, 统一规划, 联合调控, 合理利用地表水与地下水, 优化地下水资源利用布局。防止地下水过量开采和污染, 使地下水资源开发利用与生态环境协调发展。坚持“全面规划、分步实施, 突出重点、先易后难, 先行试点、稳步推进”原则, 实施退耕还林还草, 合理调整土地利用结构, 有计划、有步骤地退耕还林还草和绿化荒山荒地, 恢复林草植被, 改善西部生态环境。

## 第二节 国土资源管理

国土资源是国家社会经济发展的重要基础, 国土资源的管理工作也越来越受到重视。但由于世界各国国土资源赋存条件不同, 社会经济体制各异, 因而其管理体制、内容和手段也各有特点。目前, 主要有多部门管理体制和国土资源由专门机构管理两种形式。前者以英国、德国为代表。后者以日本、美国为代表。中国国土资源管理的发展趋势是国家行为明显增强, 国土资源管理将走向制度化和规范化; 由分散管理转向统一管理; 国土资源管理的体制由计划经济转向社会主义市场经济; 以可持续发展为指导思想, 以实施可持续发展战略、实现国土资源可持续开发与利用为根本任务; 逐步形成更加完善的理论和良好的经验积累和管理体制。

### 一、国土资源管理概述

国土资源管理, 是指国家运用行政、经济、法律、科学技术等手段对影响国土资源的各种行为进行调整的行政管理活动。其目的是协调国土资源开发利用与经济、社会发展的关系, 以保护和改善环境、保障人体健康、促进经济和社会的可持续发展。中国的国土资源管理工作, 逐步走向法治管理轨道, 从着重定性管理转变为注重定量管理, 从适应计划经济的国土资源管理转变为适应社会主义市场经济体制的国土资源管理。国土资源管理与管理学、环境管理学、环境法学、资源法学的结合也日益紧密。

#### 1. 国土资源管理的特点

(1) 广泛性和综合性。国土资源管理的广泛性和综合性取决于国土资源工作的广泛性和综合性。具体表现在: 国土资源行政管理机关一般包括各级人民政府以及相关的政府部门; 国土资源行政管理对象包括一切与国土资源有关的活动和事项; 国土资源管理是包括多种职能的综合管理, 其手段既包括宏观的和微观的, 也包括行政的、经济的、法律的、科学技术的和宣传教育的等多种形式; 国土资源管理的依据包括各种有关的法

律、法规、规章、计划、标准和其他政策文件；重视规划和协调是实现综合国土资源管理的重要方面。

（2）科学性和技术性。国土资源管理的科学性、技术性主要体现在：国土资源管理的理论科学，即国土资源管理学是由现代管理科学分支形成的一门新兴学科；国土资源管理的前提、条件科学，即根据从科学预测、调查研究、影响评价、情报交流所获得的具有科学性、准确性的信息进行管理；国土资源管理的科学依据，即国土资源管理所依据的国土资源法、国土资源规划、国土资源标准一般都具有科学技术性；国土资源管理的手段科学，即运用现代通讯、遥感监测和计算机网络等现代科学技术进行管理。

（3）区域性和地方性。国土资源规划、标准既有全国统一性，又必须具有地方差异性，不同的区域可以在国家统一管理的目标下制定地方性法规、规划和标准；注意和重视地方国土资源管理机关的作用，具体的、直接的管理以地方政府部门管理为主，即组织上以地方为主；国土资源管理的大量工作和重点集中在地方。

（4）法制性和民主性。现代国土资源管理必须是依法管理。国土资源法制是国土资源管理的支柱。国土资源管理不是自我监督，而是被管理者以外的力量实施的行为。它以法定的权力为后盾，是一种权力对另一种权力的约束。现代行政管理的基本形式是法治，基本内容是民主。管理者和被管理者关系的不对等性，被限制在法制和民主政治的范围内，即管理者和被管理者之间的不对等地位的存在，以双方对法律的平等遵守为前提。

## **2. 国土资源管理的地位**

国土资源管理是国家的一项基本管理活动，它是市场经济条件下国家所担当的新的职能。这是由国土资源对于国家经济和社会发展的作用、市场机制对国土资源保护的软弱以及传统计划体制的缺陷所决定的。国土资源管理正是通过运用法律手段对影响国土资源开发利用的各种社会因素进行调整，以实现充分发挥国土资源优势、促进经济和社会协调发展的宗旨。实践证明，只能由政府来组织国土资源保护行动。因此，现代国家对国土资源的管理主要是通过经济、法律、规划等手段，是计划与市场的有机结合，是现代国家的一项基本职能。

# **二、国土资源管理体制、机构及职责**

## **1. 国土资源管理体制**

国土资源管理体制，是指有关国土资源行政管理的组织结构、职责权限结构及其运行方式。其主要内容包括各级国土资源行政管理机构的设置及相互关系，各级国土资源行政管理机构的职责和权限划分、各种职责和权限的相互关系及运行方式。其中，国土资源管理机构是国土资源管理的组织形式和组织保证，职责权限是国土资源管理的职能形式和功能保证，运行方式则是国土资源管理组织形式和职能形式的动态反映和动态结合。中国国土资源管理体制的特点是统一管理与部门分工管理相结合，中央级的管理与地方分级管理相结合。

## **2. 国土资源管理机构**

根据宪法和有关国土资源法律的规定，与国土资源管理有关的机关及主要部门有：

国务院和地方各级人民政府、国务院和县级以上地方人民政府的国土资源行政主管部门、国务院和县级以上地方人民政府与国土资源管理有关的其他行政主管部门。国家海洋行政主管部门、港务监督、渔政渔港监督、军队和各级公安、交通、铁道、民航管理部门，依照有关法律的规定对国土资源实施管理。县级以上人民政府的土地、矿产、林业、农业、水利行政主管部门，依照有关法律的规定对国土资源实施管理。国务院和县级以上地方人民政府的计划发展委员会、经济贸易委员会、科学技术委员会负责做好国民经济、社会发展计划和生产建设、科学技术中的国土资源开发与保护综合平衡工作。

### **3.国土资源管理机构的职责**

国务院国土资源行政主管部门——中华人民共和国国土资源部，是对全国国土资源实施统一管理的部门，其主要职责是：

（1）拟定有关法律法规，发布土地资源、矿产资源、海洋资源（农业部负责的海洋渔业资源除外，下同）等自然资源管理的规章；依照规定负责有关行政复议；研究拟定管理、保护与合理利用土地资源、矿产资源、海洋资源政策；制订土地资源、矿产资源、海洋资源管理的技术标准、规程、规范和办法。

（2）组织编制和实施国土规划、土地利用总体规划和其他专项规划；参与报国务院审批的城市总体规划的审核，指导、审核地方土地利用总体规划；组织矿产资源、海洋资源的调查评价，编制矿产资源和海洋资源保护与合理利用规划、地质勘查规划、地质灾害防治和地质遗迹保护规划。

（3）监督检查各级国土资源主管部门行政执法和土地、矿产、海洋资源规划执行情况；依法保护土地、矿产、海洋资源所有者和使用者的合法权益，承办并组织调处重大权属纠纷，查处重大违法案件。

（4）拟定实施耕地特殊保护和鼓励耕地开发政策，实施农地用途管制，组织基本农田保护，指导未利用土地开发、土地整理、土地复垦和开发耕地的监督工作，确保耕地面积增加。

（5）制订地籍管理办法，组织土地资源调查、地籍调查、土地统计和动态监测；指导土地确权、城乡地籍、土地定级和登记等工作。

（6）拟定并按规定组织实施土地使用权出让、租赁、作价出资、转让、交易和政府收购管理办法，制订国有土地划拨使用目录指南和乡（镇）村用地管理办法，指导农村集体非农土地使用权的流转管理。

（7）指导基准地价、标定地价评测，审定评估机构从事土地评估的资格，确认土地使用权价格。承担报国务院审批的各类用地的审查报批工作。

（8）依法管理矿产资源探矿权、采矿权的审批登记发证和转让审批登记；依法审批对外合作区块；承担矿产资源储量管理工作，管理地质资料汇交；依法实施地质勘查行业管理，审查确定地质勘查单位的资格，管理地勘成果；按规定管理矿产资源补偿费的征收和使用。审定评估机构从事探矿权、采矿权评估的资格，确认探矿权、采矿权评估结果。

（9）组织监测、防治地质灾害和保护地质遗迹；依法管理水文地质、工程地质、环境地质勘查和评价工作。监测、监督防止地下水的过量开采与污染，保护地质环境；

认定具有重要价值的古生物化石产地、标准地质剖面等地质遗迹保护区。

(10) 安排并监督检查国家财政拨给的地勘费和国家财政拨给的其他资金。

(11) 组织开展土地资源、矿产资源、海洋资源的对外合作与交流。

### 三、国土资源管理的主要内容

#### 1. 国土资源产权管理

国土资源产权管理是指以国土资源的产权为依托，对国土资源产权进行合理有效组合、调节，以实现资源的合理利用和有效配置的制度。主要包括国土资源产权关系及产权结构安排、国土资源产权主体权利与义务关系界定和国土资源产权关系的保证体系。

中国国土资源产权制度特点：是所有制形式单一、产权管理制度相对集中、所有权和使用权分离、不同资源的产权管理分离、产权交易在国家行政管理下运行。

#### 2. 国土资源配置管理

国土资源配置是指各种资源在各种不同使用方面的分配。国土资源配置是国土资源在不同生产部门之间的必要的平衡和相互联系，是国土资源在不同生产部门之间的限度和比例的确立。在一定时刻建立的这种限制和比例经常被价格升降所打破，于是又会引起一种新的限制和比例的再建立，导致国土资源在不同生产部门间的再分配。中国现行的国土资源配置管理主要通过市场配置和计划配置两种方式对国土资源实行配置管理。

国土资源配置的主要原则是均衡与增长相结合、需求管理与供给管理相结合，并与国家宏观经济措施的松紧调整相适应。

中国资源配置具体应该包括四个层次：区域内部企业之间各种生产活动所需资源的配置、区域内部各产业之间的资源配置、区域之间经济发展的趋向与资源配置、区域参与国际经济活动的资源配置。实行区域资源配置的目的，就是有效地开发区域内部资源和合理地利用区域外部资源，迅速而稳定地发展区域经济，进而为整个国民经济的发展作贡献。

#### 3. 国土资源规划与保护管理

规划与保护管理是国土资源管理的一种重要形式体现。中国国土资源规划的类型及主要内容详见本章一节介绍。

### 四、国土资源管理的方法

国土资源管理是多学科交叉渗透、综合运用和管理科学，要实现国土资源管理的根本目标，提高国土资源管理效率，除完善国土资源管理体制外，还要综合运用以下几种方法。

#### 1. 行政方法

国土资源管理者运用行政权力，通过强制性的行政命令，直接指挥和控制管理对象，按照行政系统自上而下实施管理的方法。行政管理系统通常采用命令、指示、规定、通知、条例、章程、指令性计划等方式对子系统进行控制。行政方法依靠行政权力，通过行政层次和行政手段，对下属管理机构的行政管理行为进行组织、指挥、协调和控制。

其管理内容主要包括：规划管理、耕地保护管理、地籍管理、土地利用管理、矿产开发管理、矿产资源储量管理、地质环境管理、地质勘查管理、执法监察管理、海洋管理等多个方面。

## **2.经济方法**

国土资源管理者按照客观经济规律的要求，运用经济手段，调节和引导国土资源的开发利用活动，以实现管理职能的方法。经济利益原则是经济方法的核心。经济手段是经济方法的工具，它在调节经济利益、实现管理目标方面起着重要的作用。在国土资源管理方面常采用国家税收、金融财政、地租地价、征收资源补偿费等。经济方法的局限性表现在：往往追求利益最大化而不利于保护资源，由于管理方式的间接性难以立即采取措施控制某种行为。

## **3.法律方法**

管理者通过贯彻执行有关国土资源的法规，规范人们在国土资源开发、利用、保护、整治过程中的行为的管理方法。管理机构主要运用立法和司法手段，巩固和调整各方面的国土资源关系。科学的制定法律是行使法律手段的前提，司法是行使法律手段的保证。制定法律仅能解决管理工作有法可依的问题，要保证法律的贯彻执行，还必须建立相应的司法机构和制度。国家司法机关依照法规，通过调解、仲裁、起诉和审判等手段，确保各种法规的实施。法律方法具有更大的强制性、严肃性和权威性。它是对行政和经济方法的必要补充。

## **4.科学技术方法**

管理者按照国土资源的自然、经济规律，运用现代科学技术手段来实现管理目标的方法。科学技术方法注重在管理工作中广泛运用计算机技术、互联网技术、遥感技术等，实现管理手段现代化，为科学决策快速而准确地提供大量信息，提高国土资源管理的功效。

# **第三节 国土资源法规管理**

## **一、国土资源法的概念及调整对象**

国土资源法是调整人们在国土资源的开发、利用、保护和管理过程中所发生的各种社会关系的法律规范的总称。它由各部门资源法组成，主要包括各种资源的法律、行政法规、规章和地方性法规。国土资源法所调整的对象是一切与开发利用和保护国土资源有关的社会关系及保证各种可再生资源的恢复和再生有关的社会关系。概括起来主要有下列几个方面。

### **1. 资源权属关系和资源流转关系**

国土资源的所有权、使用权和其他权益等体现于人们在开发、利用、保护、营造国土资源的一切经济活动之中。国土资源法根据各种国土资源的具体情况特别设定了其财产权属和流转关系。

### **2. 资源管理关系**

中国现行的资源管理体系是政府部门主管和辅助管理相结合。主要框架为各级政府

的管理、各级政府中各种资源行政主管部门的管理（包括资源行业管理关系和专项资源管理关系）、各级政府中各有关部门对资源的辅助管理。

### 3. 其他经济关系

人们在开发、利用、保护、营造国土资源的各种经济活动中，涉及到财政、税收、金融、劳动、环境保护等关系，其中有些内容是由国土资源法给以特别调整的。

## 二、国土资源法的特点及体系

### 1. 国土资源法的特点

（1）宏观性。国土资源法从宏观上研究人类经济活动与自然生态的关系，按照宏观上的要求规定人们在开发、利用和保护国土资源过程中的行为规则。

（2）综合性。国土资源法是综合性很强的法律，既包括国家最高权力机关制定的法律，也包括国家行政机关颁布的行政法规、命令和决定，还有一些地方性法规。

（3）科学技术性。现代科学技术的发展，对国土资源法的影响是深远的。随着一批如国土经济学、系统生态学等新学科的产生，以及信息技术的广泛应用，促使人们加深对人类活动与自然生态关系的认识，不断用新的理论和方法制定了开发、利用国土资源的许多技术规范，并使之逐渐成为保护国土资源的法律规定。

（4）一定的国际共同性。国土资源法所保护的对象，是人类共同赖以生存和持续发展的物质基础。人类负有对国土资源保护的共同国际义务。有关的国际组织、国际公约和各国的国土资源法规应相互借鉴、通力合作，以达到保护国土资源的共同目标。

### 2. 国土资源法的体系

中国国土资源法律体系的构架主要由资源行业法、专项资源法、资源保护法、资源政策法和国际国土资源法 6 个方面的法律组成。

资源行业法是指某种资源的利用与某一行业的经济活动相联系，该资源的法律内容是资源管理和行业管理相结合，矿产资源法、森林法等属于资源行业法。专项资源法是指某种资源的利用与许多经济活动相关，该资源的立法，不含有行业管理的内容，主要是针对该资源的合理利用和保护，如土地管理法、水法等属于专项资源法。资源保护法其立法角度是国土资源的保护方面，如自然保护区法、野生动物保护法等。资源政策法是针对一定时期，为了资源行业的发展和资源的开发、利用、保护而制定的社会经济政策。国际国土资源法是中国与其他国家签订、缔结的有关国土资源利用和保护的国际条约、中国参加的有关国土资源利用和保护的国际公约，是中国资源法系中的国际法部分。

## 三、主要国土资源法规简介

中国已先后制定颁布了 20 多部国土资源法及配套的行政法规（表 8-1），还有些国土资源法正在相继出台，中国的国土资源立法正进入完善时期。这里仅对《中华人民共和国土地管理法》和《中华人民共和国矿产资源法》内容简要介绍。

### （一）《中华人民共和国土地管理法》主要内容

#### 1. 土地管理法的基本原则

表 8-1 中国国土资源有关法规名录简表

法规名称	颁布时间及通过会议	修订时间及会议
《中华人民共和国土地管理法》	1986 年 6 月 25 日第六届全国人民代表大会常务委员会第十六次会议	1998 年 8 月 29 日第九届全国人民代表大会常务委员会第四次会议
《中华人民共和国矿产资源法》	1986 年 3 月 19 日第六届全国人民代表大会常务委员会第十五次会议	1996 年 8 月 29 日第八届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议
《中华人民共和国草原法》	1985 年 6 月 18 日第六届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议	2002 年 12 月 28 日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十一次会议
《中华人民共和国森林法》	1984 年 9 月 20 日第六届全国人民代表大会常务委员会第七次会议	1998 年 4 月 29 日第九届全国人民代表大会常务委员会第二次会议
《中华人民共和国水法》	1988 年 1 月 21 日第六届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议	2002 年 8 月 29 日第九届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议
《中华人民共和国渔业法》	1986 年 1 月 20 日第六届全国人民代表大会常务委员会第十四次会议	2000 年 10 月 31 日第九届全国人民代表大会常务委员会第十八次会议
《中华人民共和国野生动物保护法》	1988 年 11 月 8 日第七届全国人民代表大会常务委员会第四次会议	
《中华人民共和国海洋环境保护法》	1982 年 8 月 23 日第五届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议	1999 年 12 月 25 日第九届全国人民代表大会常务委员会第十三次会议
《中华人民共和国水土保持法》	1991 年 6 月 29 日第七届全国人民代表大会常务委员会第二十次会议	
《中华人民共和国煤炭法》	1996 年 8 月 29 日第八届全国人民代表大会常务委员会第二十一次会议	
《中华人民共和国文物保护法》	1982 年 11 月 29 日第五届全国人民代表大会常务委员会第二十五次会议	1991 年 6 月 29 日第八届全国人民代表大会常务委员会修改第 31 条
《中华人民共和国城市规划法》	1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会常务委员会第十一次会议	
《中华人民共和国领海及毗连区法》	1992 年 2 月 25 日第七届全国人民代表大会常务委员会第二十四次会议	

续表 8-1 中国国土资源有关法规名录简表

法规名称	颁布时间及通过会议	修订时间及会议
《中华人民共和国测绘法》	1992 年 12 月 28 日第七届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议	2002 年 8 月 29 日第九届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议
《中华人民共和国气象法》	1991 年 10 月 31 日第九届全国人民代表大会常务委员会第十二次会议	
《中华人民共和国环境影响评价法》	2002 年 10 月 28 日第九届全国人民代表大会常务委员会第三十次会议	
《中华人民共和国大气污染防治法》	1995 年 8 月 29 日第八届全国人民代表大会常务委员会第十五次会议	2000 年 4 月 29 日第九届全国人民代表大会常务委员会第十五次会议
《中华人民共和国水污染防治法》	1984 年 5 月 11 日第六届全国人民代表大会常务委员会第二十三次会议	1996 年 5 月 15 日第八届全国人民代表大会常务委员会第十九次会议
《中华人民共和国节约能源法》	1997 年 11 月 1 日第八届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议	
《中华人民共和国矿山安全法》	1992 年 11 月 7 日第七届全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议	

耕地总量只能增加、不能减少的原则，土地用途管制的原则，国家对土地实行集中统一管理的原则，加强土地执法监察的原则。

## 2.土地的所有权和使用权

土地所有权是指土地所有者依法对土地占有、使用、收益、处分的权利。土地所有权是土地所有制在法律上的体现。中国实行土地的社会主义公有制，具体表现为两种形式，即全民所有制和劳动群众集体所有制，反映在所有权上即国家土地所有权和农民集体土地所有权。国有土地属于全民所有，由国务院代表国家依法行使土地所有权。国家是国有土地唯一的、统一的所有者。唯一性和统一性是中国一切国家财产所有权主体的基本法律特征。集体土地所有权的主体只能是农民集体。

法律规定，城市市区的土地属于国家所有。农村和城市郊区的土地，除由法律规定属于国家所有的以外，属于农民集体所有；宅基地和自留地、自留山，属于农民集体所有。国有土地和农民集体所有的土地，可以依法确定给单位或者个人使用。使用土地的单位和个人，有保护、管理和合理利用土地的义务。农民集体所有的土地依法属于村民集体所有的，由村集体经济组织或者村民委员会经营、管理；已经分别属于村内两个以上农村集体经济组织的农民集体所有的，由村内各农村集体经济组织或者村民小组经营、管理；已经属于乡（镇）农民集体所有的，由乡（镇）农村集体经济组织经营、管理。

农民集体所有的土地，由县级人民政府登记造册，核发证书，确认所有权。单位和个人依法使用的国有土地，经县级以上人民政府登记造册，核发证书，确认使用权。其中，中央国家机关使用的国有土地的具体登记发证机关，由国务院确定。依法改变土地权属和用途的，应当办理土地变更登记手续。依法登记的土地的所有权和使用权受法律保护，任何单位和个人不得侵犯。

### **3.土地利用总体规划**

全国和省级的土地利用总体规划属宏观控制性规划，县、乡级土地利用总体规划属实施性规划。通过土地利用总体规划，将土地分为农用地、建设用地和未利用地，确定了每块地的农用地使用权和建设用地使用权，国家将土地资源在各产业部门间进行合理配置。

（1）国家建立土地调查制度。县级以上人民政府国土资源行政主管部门会同同级有关部门进行土地调查。土地所有者或者使用者应当配合调查，并提供有关资料。县级以上人民政府国土资源行政主管部门根据土地调查结果，规划土地用途和国家制定的同一标准，评定土地等级。

（2）国家建立土地统计制度。县级以上人民政府国土资源行政主管部门和同级统计部门共同设计统计方案，依法进行土地统计，定期发布土地统计资料。土地所有者应当提供有关资料，不得虚报、瞒报、拒报、迟报。

### **3.耕地保护**

（1）耕地总量动态平衡制度。国家保护耕地，严格控制耕地转为非耕地，国家实行占用耕地补偿制度。非农业建设经批准占用耕地的，按照“占多少、垦多少”的原则，由占地单位负责开垦与所占用耕地的数量和质量相当的耕地；没有条件开垦或者开垦的耕地不符合要求的，应当按照省、自治区、直辖市的规定缴纳耕地开垦费，专款用于开垦新的耕地。省、自治区、直辖市人民政府应当严格执行土地利用总体规划，采取措施，确保本行政区域内耕地总量不减少。耕地总量减少的，由国务院责令在规定期限内组织开垦与所减少耕地的数量和质量相当的耕地，并由国务院国土资源管理部门会同农业行政主管部门验收。

（2）基本农田保护制度。划入基本农田保护区严格管理的耕地有：第一，经国务院有关主管部门或者县级以上地方人民政府批准确定的粮、棉、油和名、优、特、新农产品生产基地内的耕地；第二，高产、稳产田，有良好的水利与水土保持设施的耕地，正在实施改造计划以及可以改造的中、低产田；第三，城市蔬菜生产基地；第四，农业科研、教学试验田；第五，国务院规定应当划入基本农田保护区的其他耕地。

（3）耕地保护措施。非农业建设必须节约使用土地，可以利用荒地的，不得占用耕地；可以利用劣地的，不得占用好地。禁止占用耕地建窑、建坟或者擅自在耕地上建房、挖沙、采石、采矿、取土等；禁止占用基本农田发展林果业和挖塘养鱼；禁止任何单位和个人闲置、荒芜耕地。

### **4.建设用地**

建设用地是指建造建筑物、构筑物的土地，包括城乡住宅和公共设施用地、工矿用地、交通水利设施用地、旅游用地、军事设施用地等。法律规定了建设用地的管理原则

是：国家对建设用地实行统一管理的原则；强调了规划对建设用地的控制作用；以节约和合理利用每寸土地，保护耕地和提高土地利用率为前提；实行建设用地的有偿使用制度。

农用地转用是指现有的农用地按照土地利用总体规划和国家规定的批准权限报批后转变为建设用地的行为，又称为农用地转为建设用地。农用地转用是控制农用地转为建设用地的重要措施，是实现土地用途管制制度的关键环节。农用地能否转为建设用地的依据有土地利用总体规划、土地利用计划和建设用地供应政策。法律规定农用地转为建设用地、土地征用实行严格的权限审批制度。

乡村建设用地应当按照村庄和集镇规划，合理布局，综合开发，配套建设。建设用地，应当符合乡（镇）土地利用总体规划和土地利用年度计划，并依法办理审批手续。占用农用地的，要依照有关规定办理审批手续。

## **5.土地监督检查**

土地行政主管部门在履行土地监督检查职责时，有权依法要求被检查单位或者个人提供有关土地权利的文件和资料，进行查阅或者予以复制；要求有关单位或者个人就有关土地权利的问题作出说明。有权依法进入被检查单位或者个人非法占用的土地现场进行勘测，责令非法占用土地的单位或者个人停止违反土地管理法律、法规的行为。

## **6.违反土地管理法的法律责任**

法律明确规定了侵犯土地所有权和使用权的责任、非法占用土地的责任、非法转让土地及非法侵占、挪用征地费的责任、土地管理及保护的责任。

### **（二）《中华人民共和国矿产资源法》主要内容**

矿产资源法是调整人们在勘查、开采、利用、保护矿产资源过程中所发生的各种社会关系的法律规范的总称。其内容主要包括矿产资源的所有权、探矿权、采矿权、矿产资源管理、勘查、开采、利用、保护和法律责任的法律、行政法规、规章和地方性法规等。在矿产资源勘查、开采、利用和保护过程中，中央政府主管部门和有关部门、矿山企事业单位、其他社会组织之间以及它们与公民之间所发生的各种社会关系，都是矿产资源法所调整的对象。矿产资源法是国家通过法律手段对矿产资源进行科学管理、合理利用、有效保护的主要工具，是中国国土资源法律体系的重要组成部分。

#### **1.矿产资源的所有权、探矿权和采矿权**

（1）矿产资源的所有权。所有权是矿产资源法律关系主体对矿产资源占有、使用、收益和处分的权利。矿产资源法规定了矿产资源单一的所有权制度，即矿产资源属于国家所有，由国务院行使国家对矿产资源的所有权。地表或地下的矿产资源的国家所有权，不因其所依附的土地的所有权或使用权的不同而改变。

（2）探矿权。探矿权是指在依法取得的勘查许可证规定的范围内勘查矿产资源的权利。取得勘查许可证的单位或个人称为探矿权人。探矿权人依法享有的权利包括：按照勘查许可证规定的区域、期限及工作对象进行勘查；在勘查作业区及相邻区域架设供电、供水、通讯管线；在勘查作业区及相邻区域通行；根据工程需要临时使用土地；优先取得勘查作业区内新发现矿种的探矿权；优先取得勘查作业区内矿产资源的采矿权；自行销售除国务院规定由指定单位统一收购的矿产品之外的勘查中按照批准的工程设计

施工回收的矿产品。

(3) 采矿权。是指在依法取得的采矿许可证规定的范围内开采矿产资源和获得所开采的矿产品的权利。取得采矿许可证的单位或者个人称为采矿权人。采矿权人享有的权利包括：按照采矿许可证规定的范围和期限从事开采活动；自行销售除国务院规定由指定的单位统一收购的矿产品之外的矿产品；在矿区范围内建设采矿所需的生产和生活设施；根据生产建设的需要依法取得土地使用权；法律、法规规定的其他权利。

探矿权、采矿权的取得必须是具备法定条件者经过申请和国土资源管理部门的审查和批准，并依法办理登记，取得矿产资源勘查许可证、采矿许可证。依法取得的探矿权、采矿权受法律保护。国家实行探矿权、采矿权有偿取得制度。开采矿产资源，必须按照国家有关规定缴纳资源税和资源补偿费。

## **2.矿产资源管理体制**

中国的矿产资源保护实行主管与协管相结合的监督管理体制，即国务院国土资源主管部门主管全国矿产资源勘查、开采的监督管理工作，国务院有关主管部门协助国务院国土资源主管部门开展工作；省、自治区、直辖市人民政府国土资源主管部门主管本行政区域内矿产资源勘查、开采的监督管理工作。设区的市人民政府、自治州人民政府和县级人民政府及其负责管理矿产资源的部门，依法对本级人民政府批准开办的国有矿山企业和本行政区域内的集体所有制矿山企业、个体采矿者以及在本行政区域内从事勘查施工的单位和个人进行监督管理，依法保护探矿权人、采矿权人的合法权益。

## **3.矿产资源保护制度**

(1) 矿产资源规划制度。按照规定，全国矿产资源规划在国务院计划行政主管部门指导下，由国务院国土资源主管部门根据国民经济和社会发展中长期规划，组织国务院有关主管部门和省、自治区、直辖市人民政府编制，报国务院批准后实施。按其内容，可分为矿产资源勘查规划和矿产资源开发规划。

(2) 矿产资源勘查登记制度。国家对矿产资源勘查实行统一的区域登记管理制度。凡在中华人民共和国领域及其管辖海域内从事 1:20 万和大于 1:20 万比例尺的区域地质调查，金属矿产、非金属矿产、能源矿产的普查和勘探，地下水、地热水、矿泉水资源的勘查，矿产的地球物理、地球化学的勘查，航空遥感地质调查工作的，都必须申请登记，取得探矿权。矿山企业在划定或者核定的矿区范围内进行的生产勘探工作、地质踏勘及不进行勘探工程施工的矿点检查，不需要进行登记。矿产资源勘查登记工作由国务院国土资源主管部门负责，特定矿种的矿产资源勘查登记工作可以由国务院授权有关主管部门负责。

(3) 采矿许可证制度。采矿许可证是国土资源主管部门依法向符合规定条件的单位或个人发放的允许其开采矿产资源的证明文件。采矿许可证制度，则是关于采矿许可证的取得条件、申请、审核、发放和管理的一整套程序、措施和方法。凡在中华人民共和国领域及其管辖海域开采矿产资源的单位和个人，必须经过审查批准，方能取得采矿许可证。否则，不得进行采矿活动。不同区域、规模 and 不同种类的矿产资源，分别由不同的机构审批和发放采矿许可证。

(4) 矿产资源补偿费制度。矿产资源补偿费，是指采矿权人为补偿国家矿产资源

的消耗而向国家缴纳的一定费用。矿产资源补偿费制度，则是关于矿产资源补偿费的征收对象、范围、费率、程序和使用与管理的一整套措施和方法。其目的是为了保障和促进矿产资源的勘查、保护与合理开发，维护国家对矿产资源的财产权益。除法律、行政法规另有规定外，凡在中华人民共和国领域和其他管辖海域开采矿产资源的采矿权人，都应当按规定缴纳矿产资源补偿费。矿产资源补偿费由国土资源主管部门会同财政部门征收。征收的矿产资源补偿费纳入国家预算，实行专项管理，主要用于矿产资源勘查。

（5）矿产资源保护措施。对特定矿区和矿种实行计划开采，对具有工业价值的共生和伴生矿产实行综合勘探与综合开采、要求采取合理的开采顺序、方法和工艺，国家对集体矿山企业和个体采矿实行积极扶持、合理规划、正确引导、加强管理的方针，鼓励集体矿山企业开采国家指定范围内的矿产资源，允许个人采挖零星分散资源和只能用作普通建筑材料的砂、石、粘土以及为生活自用采挖少量矿产。矿产储量规模适宜由矿山企业开采的矿产资源、国家规定实行保护性开采的特定矿种和国家规定禁止个人开采的其他矿产资源，个人不得开采。同时，集体矿山企业和个体采矿应提高技术水平，提高矿产资源回收率。

（6）环境保护。开采矿产资源，必须遵守有关环境保护的法律规定，防止污染和破坏环境。在国家划定的自然保护区、重要风景区、国家重点保护的不能移动的历史文物和名胜古迹所在地，未经国务院授权的有关主管部门同意，不得开采矿产资源。勘查、开采矿产资源时，发现具有重大科学文化价值的罕见地质现象以及文化古迹，应当加以保护并及时报告有关部门；耕地、草原、林地因采矿受到破坏的，矿山企业应当因地制宜地采取复垦利用、植树种草或者其他利用措施。

（7）矿区范围争议解决。矿山企业之间的矿区范围的争议，由当事人协商解决，协商不成的，由有关县级以上地方人民政府根据依法核定的矿区范围处理；跨省、自治区、直辖市的矿区范围的争议，由有关省、自治区、直辖市人民政府协商解决，协商不成的，由国务院处理。

对违反矿产资源法的法律的有关责任，包括违反了矿产资源权属的责任、矿产资源勘查中的责任、矿产资源开采中的责任、矿产资源监督管理及矿产品收购中的责任有明确的责任处理规定。

## 第九章 国土资源调查与可持续发展

### 第一节 资源与发展的关系

地球科学和地质学家的责任是保证人类社会在 21 世纪持续发展的关键之一。我们正处在科学技术飞速发展、社会经济空前繁荣的时代，这种发展和繁荣极大地依赖于国土资源的开发和利用。合理的开发和利用资源是实施可持续发展的重要保证。

#### 一、土地资源是生存之源和发展之本

土地是人类赖以生存和发展的物质基础，是社会生产的劳动资料，是农业生产的基本生产资料，是一切生产和一切存在的源泉，是不能出让的存在条件和再生产条件。

首先，没有土地，人类就不能生存。就像人需要空气、水、阳光一样，土地为人类的生存和发展提供了客观的、基础性的物质条件，人类从土地中得到赖以生存的衣食住行的基本条件，可为生命第四要素。特别是，当其他条件一定时，土地的数量、质量、分布等决定着土地的人口负载量和人们平均生活的质量。如果人类能正确、科学地开发、利用、改造、保护土地，使人与土地正确结合，保持恰当的配比，就能在利用土地、取得土地产品和利用土地的过程中，实现土地的可持续利用和人类自身的可持续发展。

第二，国民经济各行业的发展离不开土地。充足的、优质的、合理分布的土地是顺利发展国民经济的必备条件之一。

对于非农业行业，土地是当作基地、当作场所、当作空间的操作基础来发生作用的。在工业、建筑业、交通行业中，土地是作为地基使用的。土地数量、质量、位置直接影响着这些行业的生产及效益。建工厂，需要选择合适的地点，需要坚实、稳固的地基，需要占用一定面积的土地。而铁路、公路建设和住宅建设，都需要一定位置一定数量一定立定条件的土地。

另外一些行业，如采矿、水力发电、地热利用、航运等，土地不仅具有地基作用，而且更是被当作生产原料、运力、生产工具，从而在位置、数量、质量上都受到严格限制。而在旅游业中，自然界的特殊风光、景观是旅游地的先决条件，其土地是一种特殊的资源。

由于土地是有限的，而各行各业对土地面积、位置等也有一定的要求，因此，土地对于非农业生产的重要性是不言而喻的。

农业生产对土地的要求更甚于其他产业。在农业生产中，土地不仅是劳动对象，而且本身又是最好、最重要的劳动资料，没有土地就没有农业生产。农业生产对土地的需求表现在需要面积广大的土地，否则就不可能生产出足够数量的满足人类需求的农产品。这是由于，无论土地质量如何高，人类耕作栽培水平如何高，单位面积土地生产率总是有限的。而狭义上的农业，对于土壤、气候、地貌、水文等条件的要求，是十分严格的，不同位置、不同质量的土地，农业生产的品种、质量和数量是有很大区别的。因而，只

有一定条件的土地才适于农业生产。

可见，大自然为人类提供了多种多样的可资利用的土地资源，为人类的栖息、繁衍、生活、生产等活动提供了条件；另一方面，也向人类提出了因地制宜、充分而合理地利用不同位置、不同质量的土地，以取得更大的经济、社会、生态效益的任务。

第三，土地是人类生产关系中的核心关系。在人类经济生活中，土地的所有制决定了以土地所有制为基础的生产关系，即再生产过程中人们之间的相互关系和分配关系。具体说，它决定了土地使用制度，决定了级差地租、绝对地租、地价的存在与否及其水平，并且与土地产品的成本、生产价格、市场价格存在与否及其水平发生密切关系。同时，土地的重要性还决定了在一切社会中，由国家或社会的其他代表对土地实行社会化管理的必要性。要处理不同社会中人与人之间的关系问题，在相当大的程度上都要涉及土地关系问题。

社会生产力的发展，不但不会降低土地问题的重要性，相反，土地已成为影响人类可持续发展的世界性重大问题。中国土地资源绝对数量大，但相对数量小，人均耕地更少，且耕地后备资源严重不足，土地质量差，分布不均。“珍惜和合理用地，切实保护耕地”是中国的基本国策。

## 二、矿产资源与社会经济的发展

矿产资源是人类社会发展不可缺少的物质基础。人类需要的自然资源中 70%，重工业原料中 90% 都来自于矿产资源。与之有关的是原材料工业和采掘业，构成了工业的基础，是推动国民经济各部门发展的重要保证。

表 9-1 中国探明矿产储量潜在价值在世界上的位次

位次	国家	潜在总值/亿美元	人均潜在总值/万美元	位次	1km <sup>2</sup> 潜在总值/万美元	位次
1	美 国	298392.75	12.017	19	318.387	47
2	原苏联	218478.538	7.565	25	97.525	34
3	中 国	165616.624	1.511	53	172.513	24
4	南 非	89054.095	25.664	10	729.322	10
5	澳大利亚	66250.270	41.406	5	86.238	39
6	沙特阿拉伯	53566.010	38.180	7	239.134	20
7	加拿大	52639.986	20.092	14	52.767	57
8	德 国	47823.643	5.933	28	1339.425	6
9	印 度	39057.621	0.425	92	118.815	31
10	英 国	31393.032	5.527	30	1286.056	7
	全 球	1377228.735	2.064		92.122	

（据朱训，1999，有改动）

人类历史的发展和生产力的进步与矿物原材料的利用关系密切。正因为如此，历史学家将人类社会的历史阶段划分为石器时代、铜器时代和铁器时代。随着人类文明的提高，对矿产资源的依赖程度不断增强。世界前 10 位主要探明矿产储量潜在价值的国家排序见表 9-1。

矿产资源地理分布不均，绝大多数矿产资源 60% 以上产量都集中于 5 个以内国家。总的来看，资源相对丰富、资源量保证程度高的国家一般是经济较为发达的国家。

中国矿产资源品种齐全、配套程度高；探明矿产储量总量丰富；单位国土面积矿产资源丰度高；有 20 余种优势矿产资源在全球占重要地位（表 9-2）。

表 9-2 1996 年中国主要矿产品产量在世界上的地位

品种	单位	全球产量	中国产量	中国占世界比例/%
煤	10 <sup>8</sup> t	46.07	13.5	29.3
石油	10 <sup>8</sup> t	31.68	1.5	4.7
钢	10 <sup>8</sup> t	7.505	1.0	13.3
铁矿石	10 <sup>8</sup> t	10.13	2.5	24.67
十种有色金属	10 <sup>4</sup> t	5718.75	529.67	9.26
金	t	2130	121.0	5.6
稀土氧化物	t	65335	30000.0	45.9
磷矿石	10 <sup>4</sup> t	14343.6	3106.0	21.65
萤石	10 <sup>4</sup> t	389.2	190.0	48.81
滑石	10 <sup>4</sup> t	720.0	240.0	33.33
重晶石	10 <sup>4</sup> t	532.8	177.04	33.2
硅灰石	10 <sup>4</sup> t	42.0	23.0	54.76
石墨	10 <sup>4</sup> t	72.0	35.0	48.61

（据朱训，1999）

各矿种虽贫富都有，但大宗矿产品贫矿较多，中国矿产资源形势喜忧参半，资源勘查工作成效显著，而且资源潜力较大，但老矿山多，接替探明后备资源不足，同时开发

利用中由于技术落后，资源利用率不高。

2001 年中国的矿产品进出口资料统计见表 9-3、4。表中基本反映了中国当前各主要矿产种类的存量及短缺情况。

表 9-3， 2001 年中国主要短缺矿产品进口量（万吨）及来源

矿产品	进口量	进口来源国及比例（%）
原油	6025	31 个国家，其中伊朗 18，沙特 15 阿曼 14，苏丹 8，安哥拉 6，越南 6，也门 4，印尼 4，赤道几内亚 4，俄罗斯 3
铁矿石	8404	20 个国家，其中澳大利亚 44，巴西 23，印度 14，南非 11，秘鲁 1
锰矿石	171	14 个国家，其中澳大利亚 26，加蓬 16，加纳 29，缅甸 9，巴西 9，印度 7，印尼 2
铬铁矿	109	13 个国家，其中印度 74，越南 10，伊朗 6，巴基斯坦 6，南非 2，澳大利亚 1
铜矿石	226	26 个国家，其中智利 31，蒙古 21，澳大利亚 23，加拿大 6，伊朗 5，秘鲁 7，土耳其 2
钾肥	543	18 个国家，其中俄罗斯 57，加拿大 24，约旦 8，以色列 5，德国 1，智利 1

（据 2001 年中国国土资源报告）

表 9-4， 2001 年主要缺矿产品出口量（万吨）及去向

矿产品	出口量	出口去向及比例%
石墨	37.24	48 个国家或地区，其中日本 57，韩国 13，荷兰 9，美国 4，台湾省 2，印尼 2，德国 2，比利时 1，意大利 1，土耳其 1，英国 1，俄罗斯 1
重晶石	258.73	29 个国家或地区，其中新加坡 27，文莱 22，泰国 17，台湾省 9，委内瑞拉 7，菲律宾 5，芬兰 3，南非 2，苏丹 2
萤石	110.98	24 个国家或地区，其中美国 23，日本 27，荷兰 17，意大利 9，韩国 5，加拿大 4，印度 2
锡及制品	6.97	48 个国家或地区，其中香港 40，荷兰 39，日本 8，越南 3，新加坡 3，台湾省 2，美国 2，比利时 2，韩国 1
钨精矿	2.26	14 个国家或地区，其中荷兰 39，日本 28，韩国 15，英国 6，南非 3，德国 3，台湾省 2，印度 2，美国 1，澳大利亚 1
锑氧化物	3.61	18 个国家或地区，其中荷兰 44，日本 27，美国 8，挪威 5，印度 3，巴西 3，香港 2，德国 2，南非 2，波兰 2
钨氧化物及氢氧化物	0.91	14 个国家或地区，其中韩国 22，瑞典 17，美国 11，荷兰 11，日本 11，英国 10，印度 6，南非 6，以色列 2，加拿大 2
稀土氧化物	5.59	33 个国家或地区，其中日本 26，法国 26，美国 21，荷兰 7，台湾省 6，韩国 5，巴西 2，英国 2

（据 2001 年中国国土资源报告）

能源是经济发展的重要支柱，人类社会消耗的 90% 的能源来自于矿产资源。工业化程度高低，生活水准的高低都直接与能源消耗成正比关系（图 9-1）。工农业生产中的机械化程度和电气化程度对生产力水平提高起着决定性的作用。

能源对于人类技术进步起到了示范和带头作用，人类历史上 3 次能源技术应用的转变：蒸汽、电力、原子能都引起了生产技术的重大变革。

人们物质与文化生活所消耗的一切物品均体现了能源的最终消耗（图 9-2）。

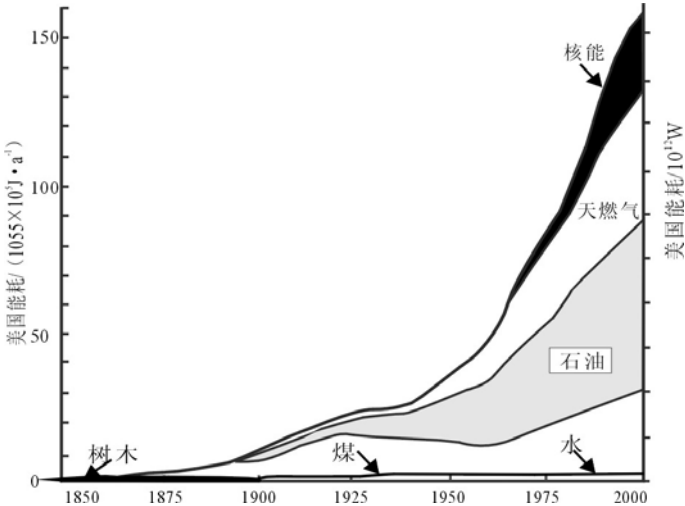


图 9-1，美国 1850-2000 年能耗变化曲线图  
(引自陈毓川，2000)

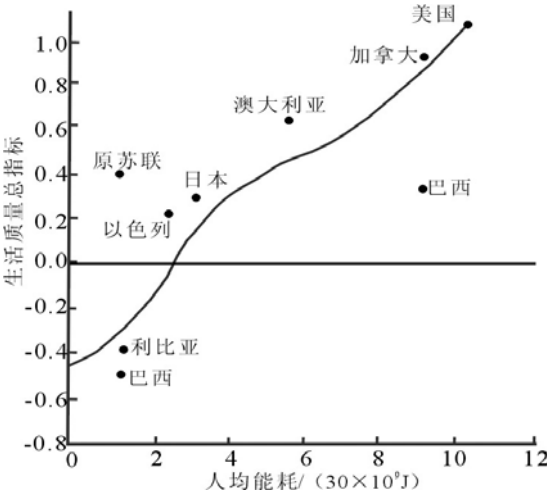


图 9-2，人均耗能与生活水平的关系  
(引自陈毓川，2000)

国民经济增长与能源之间关系密切，一般来说，能源增长与国民生产总值（GDP）的增长速度成正相关。能源消耗弹性系数，即能源消耗和国民生产总值两者年平均增长速度之间的比值，基本上能反映这种关系（表 9-5）。随着新技术、新设备、新工艺的应用，能源结构的改变和能源管理的改善，GDP 增长速度在能耗增长较低的情况下，也可能飞速发展。

表 9-5，主要发达国家能源弹性系数变化表

国 家	1960~1973 年	1973~1978 年	1980~1987 年
美 国	1.07	0.89	0.03
加 拿 大	0.94	0.58	0.31
日 本	1.00	0.43	0.45
法 国	1.00	0.40	0.38
原联邦德国	1.06	0.96	0.12
意大利	1.81	1.15	
英 国	0.71	0.55	0.42
经合组织平均	0.98	0.76	

（引自陈毓川，2000）

能源的开发，能源基地的建立，能带动一个地区相关的产业发展。如炼油、石油化工、钢铁、建材、电力、有色、机械、交通、通讯等工业的腾飞。主要能源结构的改变会影响产业结构的调整。产业结构的变化不仅影响着能源的利用效益，在一定程度上也影响产业部门能源消费结构。

未来社会经济发展与地质能源关系密切。20 世纪初，94.5% 的能源来自于煤，至今仍占 30%。中国是煤炭使用大户，75% 能源依赖于煤。煤炭及其相关产业，不仅为中国经济发展提供了丰富的能源，还推动了产煤区地方经济的发展。

石油天然气是当今世界最重要的能源，有国民经济的“血液”之称。中国已成为世界重要的油气资源保有与生产国。为了满足需求剧增的能源，各国正向深部、向海洋、向荒漠进军，以保证社会经济持续发展的能源供给。

核能很可能是化石能源之后供人类使用的又一种动力，当前和今后相当长的时期内，发达国家仍将利用其资金雄厚的优势，发展能源技术，开发新能源。

其他地质能源如地热能、油页岩、煤层气、油砂等也都逐渐得到利用，成为能源紧缺的重要补充。

各国根据本国情况制订了不同的能源发展战略。美国是世界最大的能源进口国，把能源安全可靠供应、节能和环保放在同等位置上来考虑，减少石油进口量，加强核电生

产，加快煤与天然气开发，增加新能源的利用；独联体国家有丰富的能源资源，自给有余，现采取石油、天然气、煤并重的战略；日本是能源贫乏的第二大石油进口国，抑制能源需求，加速核电和再生能源的发展，降低对进口石油的依赖程度；西欧推进积极寻找新能源的战略，提高核能、天然气的利用，推进风能，太阳能、地热能、生物能利用的研究，发展中国家多数以可再生能源作为其发展重点，占全球人口 3 / 4 的发展中国家能耗预计 2020 年仅占 40%，这些国家由于经济发展程度低，工业建设和人民生活耗能大，能源供应不足，电力紧张，生物能消耗大，对生态环境造成巨大压力，化石燃料的低效使用，污染物排放正在形成严重的社会问题。

中国是世界第一人口大国，虽然能源总量在世界排序中有一定地位（表 9-6），但人均占有量很低，资源保证程度较低，特别是煤和油气是中国经济发展所面临的严重问题，与其他国家类似，权衡能源开发利用中可能产生的各种利弊，应用最新科技成果，尽最大可能兴利除弊，提高单位能耗的经济效益。

表 9-6 1991 年全世界能源生产前十位排序表

位次	煤产量/ $10^6$ t	原油产量/ $10^6$ t	天然气产量/ $10^6$ t	发电量/ $10^9$ kw.h
1	中国 1087.4	原苏联 513.0	原苏联 8099	美国 2823
2	美国 901.4	沙特阿拉伯 407.9	美国 5285	原苏联 1633.9
3	原苏联 557.9	美国 368.6	加拿大 1301	日本 847.7
4	德国 352.1	伊朗 167.1	荷兰 831	中国 677.6
5	印度 240.7	中国 140.0	美国 552	德国 617.1
6	澳大利亚 225.9	墨西哥 138.9	阿尔及利亚 458	法国 499.8
7	波兰 209.7	委内瑞拉 117.1	沙特阿拉伯 450	加拿大 489.9
8	南非 171.4	UAE97.3	印度尼西亚 285	英国 427.7
9	捷克斯洛伐克 98.1	挪威 93.2	墨西哥 380	印度 281.7
10	英国 91.3	尼日利亚 92.9	UAE332	巴西 222.2

（引自陈毓川，2000，有改动）

### 三、水资源与人类社会的发展

地球上水资源是丰富的，但多为含盐的水。据估计其总量约为 14 亿  $\text{km}^3$ 。水资源的分布是不均衡的，受自然地理条件影响大，不仅地理分布差异大，季节分布也是极不相

同的。当今世界不少国家之间的冲突也起因于对水源分配的矛盾。近年来，缺水和闹水荒的人口和地区越来越多。

淡水水源主要来自大气降水。中国属淡水资源相对贫乏的国家，资源量名列全球国家排序的 110 名之后，分布的不均匀性也十分突出，缺水已经严重影响着经济的发展和人民生活。

水资源的开发对国民经济发展具有举足轻重的作用，是实现可持续发展的重要条件。人类的社会经济行为必需建立在可再生水资源量、环境的承载力、自然生态的恢复速度等要素的相对平衡上，即严格遵循自然法则，研究各个地区的可再生资源 and 可恢复环境资源的最大可持续发展保证程度，寻求一个平衡点，即既保证当代人类的生活水准提高，又不影响后代人的发展条件。中国自然条件决定了水资源紧张的局面是一个长期的制约因素，而我们正处在高速工业化的时期。因此，选择适合中国国情的资源组合方式，建立低度消耗资源的节约型国民经济体系，促进水资源的合理开发利用，降低消耗，杜绝浪费，缓解供需矛盾，以增强水资源对国民经济发展的保证程度。

20 世纪以来工业用水增加了约 60 倍，水资源的有限和工农业用水、居民用水的急剧增加造成了水资源的紧张和过量采水的一系列环境问题，特别是地面沉降。中国东部一些大中城市如京、津、沪、西安、太原、苏州、无锡等 30 个城市沉降显著；大连、宁波等城市因过量采水而造成海水入侵和淡水层咸化。华北、西北等地因灌溉方式不当而造成大量可耕地的盐碱化。河水的过量抽取造成断流。近年来，黄河断流时间越来越久，断流河段越来越长。中国地下水过量开采已形成 56 个区域性漏斗，总面积达  $8.7 \times 10^4 \text{km}^2$ 。地下水位下降在有些地方引起土壤干化。

水资源的污染有工业、农业、生活和矿山污染。工业的废水、废渣、废气排放，造成某些元素直接、间接进入地下水和地表水体，并逐渐积累下来。水体的污染不但会给人类生活造成影响，危害人类健康，也会影响工业生产，造成产品不合格，而且水体污染后在较短时间内难以完全恢复原状，有些污染物的分解需要很长时间，并能通过生物逐渐富集起来，危害扩大。有些物质在生物体中的聚集会造成致命的后果。由于水体的污染使一些可饮用的水资源变成不可饮用，甚至不能作农业用水和工业用水。

水资源的合理、科学管理和使用是人类摆脱缺水的最重要途径。污水处理、达标排放、循环使用保护生态环境、治理污染源、维护水资源的持续利用、以丰补涸、淡化海水、大力开展节水、搞好水资源开发利用规划、建章立制、完善法规和管理体制、采用先进科技成果加强监测等，是水资源合理利用和科学管理的重点。对于因地下水过量开采而引起的环境地质问题，则应采取以防为主，防治结合，综合治理的方针。

## 四、地质灾害、环境保护与人类生存

全球平均每年自然灾害的经济损失约 600 亿美元，12000 人丧生，且有不断增加的趋势。中国每年都因地质灾害而损失 500~600 亿元和近万人丧生。

中国属崩滑流特别发育的国家，灾点达 41 万多处，有特大型崩滑点 191 处，泥石流 149 处，较大型的崩滑、泥石流点 7473 处，在川、藏、甘、滇等地共有 10 余万条山沟有泥石流发生。全国有 70 余座县城处于这种灾害的威胁之下，崩滑流多在山区发育，

影响总面积占中国国土面积的 18.10%。其危害极其严重，每年人员伤亡及经济损失巨大。

中国处在全球两大地震活动带交接处，震灾特别严重。20 世纪以来，共死于地震 115 万人，占总死亡人数的 44.2%。全球死 10 万人以上的 8 次大震，其中 4 次发生在中国，1976 年唐山地震就死亡 24.3 万人。地震常伴以火灾、海啸、滑坡、风暴、洪水、雪崩等，加重灾情。地震虽可预报，但短期预报的成功率不高，所以震灾有突发性、隐蔽性的特点。中国地震活动频次高、强度大、城市受灾率高，全国 70% 的百万人口以上大城市位于此区，特别是一批重要的城市如北京、天津、西安、太原、呼和浩特、昆明、乌鲁木齐、银川、拉萨、汕头则位于 8 级的高烈度地震区。当前，中国正处于地震活跃期，加强地震预报，作好工程选址论证，可避免一些不必要的人员和财产损失。

中国火山活动较少，危害较小。

中国岩溶塌陷分布于碳酸盐岩区，如滇、黔、桂、川、湘、粤、鄂、冀、辽等省区，共有岩溶塌陷点 2800 余处，其中自然成因仅 30.4%，其余为人为因素诱发，多为矿坑输水或人工抽水造成，而且其比例越来越高，表现为突然、点多、影响范围不同，发育具连续性、重复性，分布集中，危害较大。

地面沉降及地裂缝，多因过量开采地下水引起，也有因地壳运动和石油开采引发。在西安、太原等地地裂缝与地面沉降同时出现、相互叠加，其危害尤大。

中国水土流失面积约占国土面积 18%，以大兴安岭—贺兰山—龙门山—横断山脉以东最烈，其中黄土高原水土流失最为严重。水土流失与植被发育程度关系密切，植被的破坏是促成水土流失严重的直接原因。

中国现有沙漠面积占国土面积 15.9%，每年仍以沙漠面积的 1.32% 的速度增加，导致生态环境极度恶化，60% 的贫困县集中分布在沙漠区的附近，每年因风沙造成的经济损失高达 45 亿元人民币，沙漠化的加剧则是由于人为的不合理耕作和气候干燥多风的共同影响造成。

中国盐碱化土地多分布在西北、华北地区，约占总耕地面积 8.5%，每年因此而造成的经济损失 25 亿元人民币。

其他地质灾害如海水入侵、水土环境异常、地下水水质变异和水位上升、坑道突水、瓦斯爆炸、煤层自燃、河湖及水库淤积、河海塌岸、冷浸田、水库渗漏、胀缩土、冻土冻胀融陷，砂土液化等虽是影响较局部的灾害，但若处置不当，也会造成严重的经济损失和人员伤亡。

20 世纪以来，随着经济飞速发展，人们向自然界的索取不断加大，地质历史时期逐渐形成的生态环境平衡遭受到越来越严重的破坏，灾害类型越来越多，破坏性也越来越大，造成的经济损失也越来越严重，也就引起了社会的普遍关注。科学技术的发展，使人们对地质灾害的监测，预防和治理也有了高新的技术手段。地震、火山的预报工作已有了长足的进步；海水倒灌、地面沉降的治理已日益成效显著；滑坡、泥石流的监测也使不少生命财产免受劫难；沙化和洪水也逐步减少了对人类的威胁。1998 年，中国长江和松花江遭到了百年不遇的洪水的袭击，但中国人民战胜了洪水，减轻了损失，这就给世人提供了战胜自然灾害的经验。

## 第二节 实施国土资源与可持续发展战略

### 一、可持续的资源观

长期以来，人类把自然界看作是异己的力量，是对立的实体。因而，人类对自然就不择手段地进行掠夺、改造和“征服”，只知索取，不知保护，只顾眼前，不顾长远，因此在开发利用资源的同时，带来了对环境的破坏。现在很多人都认识到这种对立的看法是错误的。现在大家理解到人类也是世界生态系统里的一员，人类与自然界是一个整体。如果我们一味地向自然界索取资源，排斥其他生物，最终必将破坏人类本身生存的条件，毁灭人类自己。所以，向自然索取的同时，要创造条件给它以补偿。对自然资源的开发利用，今后要强调合理开发和高效利用，合理开发就是指在开发利用的同时，要进行保护，开发与保护要同步进行。

树立正确的资源观，有助于我们制定正确的资源开发政策，保证资源的永续利用。

可持续发展的资源观就是资源的持续利用。通过资源的合理开发、节约使用、防治污染、保护环境，维护生态系统的动平衡，实现可持续发展。

将地球作为一个统一的整体，人口、环境、经济、社会的发展都离不开资源，一切发展都是资源的物质变换。人类消耗煤炭、石油等能源，取得热能、电能等功效，同时燃烧放出大量二氧化碳，绿色植物叶绿素在阳光作用下，又将二氧化碳和水合成有机物，成为新的资源。人类开采铁、铝、铜等金属和非金属矿产，经过冶炼和制造成为有用的生产资料和生活资料，也是在对这些资源进行有目的的物质变换。资源贫乏国家或地区通过贸易使短缺资源得到补充，然后在物质变换中提高其附加值，去换取更多的资源，一些发达国家和地区走的正是这种“贸易发展道路”；资源丰富的国家或地区通过贸易输出多余资源，输入紧缺资源，几经物质变换，大大提高了新的生产或生活资料资源，许多“资源型”发展中国家走的正是这样的道路。因此无论资源与发展等式还是不等式的国家或地区，发展都同资源紧密相联。是自己已有资源，还是通过贸易取得资源进行物质变换的过程，其发展直接或间接受制于资源。

### 二、实施可持续发展战略是必然选择

中国是一个发展中国家。新中国成立特别是改革开放以来，中国经济建设取得了巨大成就。产业结构调整取得明显成效，区域经济得到较好的发展。在看到经济快速增长的同时，我们还应看到，中国人口众多，自然资源相对短缺，经济基础和技术能力仍然较薄弱。人均淡水、耕地、森林和草地资源均不到世界平均水平的三分之一，加之自然灾害频繁，废气、废水及固体废物等主要环境污染物的排放量继续增加，以城市为中心的环境污染仍在继续，并且在向农村蔓延。

基于上述国情，中国政府提出，必须把贯彻实施可持续发展战略始终作为一件大事来抓。经济的发展，必须与人口、环境、资源统筹考虑，不仅要安排好当前的发展，还要为子孙后代着想，为未来的发展创造更好的条件，决不能走浪费资源、先污染后治理的路子，更不能吃祖宗饭、断子孙路。走可持续发展的道路是当前和今后中国经济、社

会发展的客观需要和必然选择，是功在当代、泽及子孙的伟大事业。

### 三、中国可持续发展战略目标

根据 1992 年联合国环境与发展大会通过的《21 世纪议程》有关精神，中国于 1994 年 3 月 25 日，国务院第 16 次常务会议讨论通过了《中国 21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》（简称《中国 21 世纪议程》），从中国的人口、环境与发展总体情况出发，提出了促进中国经济、社会、资源和环境相互协调的可持续发展战略目标是，在保持经济快速增长的同时，依靠科技进步和提高劳动者素质，不断改善发展的质量；促进社会的全面发展与进步，建立可持续发展的社会基础；控制环境污染，改善生态环境，保护可持续利用的资源基础；逐步建立国家可持续发展的政策体系、法律体系，建立促进可持续发展的综合决策机制和协调管理机制。

### 四、资源的可持续发展重要性

《中国 21 世纪议程》把经济、社会、资源与环境确定为密不可分的整体，突出表述了中国保护资源与环境战略的取向。从现实和长远看，资源相对短缺对中国经济发展具有很大的制约力，资源危机感必须高度重视。要运用经济、法律、行政手段实行资源开发利用与保护增值并重的方针，大力开展资源综合利用，不断提高资源的利用率。

### 五、中国可持续发展对策

（1）积极推进经济增长方式转变，把提高经济效益作为经济工作的中心。依靠经济体制改革，形成有利于节约资源、降低能耗、增加效益的良性生产机制。在涉及社会效益和环境效益的领域，如环境污染控制、清洁能源开发、废物综合利用和自然保护等方面，实行优惠的价格、税收及贷款政策。

（2）大力发展科学技术，实施科教兴国战略，提高可持续发展的科技支持能力。坚持资源合理利用和环境保护相结合，大力开发低污染和资源节约型的生产工艺和产品。

（3）建立和健全有利于可持续发展的经济法规、政策和财税制度。研究制定与可持续发展有关的立法行动计划、方案和措施，加强与可持续发展有关法律、法规的宣传和教育，加强执法队伍的建设，大力加强执法监督检查。

（4）运用经济手段保护资源和环境。按照资源有偿使用原则，制定自然资源开发补偿机制和环境税收政策，强化国家对自然资源的管理和合理配置，完善资源开发利用、节约和保护体系。改革资源价格体系，加强资源综合利用，实行有利于废弃物资源化的有关政策。

（5）坚持区域经济协调发展，充分利用各自区位优势，逐步缩小地区发展差距。国家应制定有利于缩小地区差距的倾斜政策，重视支持中西部的发展。选择适合中国国情的城市化发展模式和道路。

（6）加强可持续发展的教育，提高全民族的可持续发展意识和公众参与的能力。充分利用广播、电视、报纸等大众传媒和各级各类学校，进行可持续发展的教育，特别是对妇女和少年儿童的教育，普及可持续发展知识。制定公众参与可持续发展的国家战

略，建立公众参与机制，充分发挥公众在可持续发展中的作用。

（7）对经济和社会发展政策进行可持续发展的评估。

（8）按照计划管理的范围和层次，将可持续发展战略分级纳入各部门、各地方和企业的发展计划。在产业政策和区域规划中体现可持续发展战略。