

国土资源大调查地质科技与国际合作  
系列成果之二

# 地质勘查技术重大进展与成果

中国地质调查局  
科技外事部  
二〇一〇年八月

# 目 录

# CONTENTS

一、基本情况 .....	1
二、重大进展与成果 .....	2
(一)通过关键技术引进消化吸收,推动了自主研发能力提升 .....	2
1.航磁测量核心技术不断深化 .....	2
2.航空物探方法手段不断扩充 .....	4
3.航空物探软件功能不断增强 .....	5
4.航磁编图形成系列产品 .....	7
5.隐伏矿物探方法取得突破 .....	8
6.电磁法测量仪器形成系列 .....	12
7.新型电磁仪器获得技术突破 .....	14
8.地质勘查技术软件测评稳步推进 .....	16
(二)以理论方法创新为先导,实现地球化学勘查技术全方位应用 .....	16
1.区域化探方法技术支撑了全国地球化学扫面计划 .....	16
2.面向多目标,完善了生态环境地球化学调查技术 .....	19
3.低密度地球化学填图技术引领全球地球化学填图 .....	20
4.深穿透地球化学技术研究取得明显进展 .....	20
(三)瞄准国际前沿,实现新型遥感技术矿产、能源与灾害探测的新突破 .....	21
1.高(成像)光谱技术及矿物填图 .....	21
2.干涉雷达技术及地面沉降监测 .....	24
3.多光谱异常信息提取技术及矿产资源勘查 .....	27
4.遥感仪器研制及地质应用 .....	28
5.POS 直接定位技术及地质灾害应急与精细调查 .....	30
6.国产卫星关键技术研发及应用系统建设 .....	31
(四)钻探技术和装备形成系列产出,为资源环境开发提供直接手段 .....	33

1.科学深孔钻探技术 .....	33
2.2000 米地质岩心钻探技术 .....	36
3.高精度定向对接井钻井技术 .....	38
4.系列全液压动力头钻机 .....	38
5.全液压车装动力头水井钻机 .....	38
6.浅海及滩涂取样钻机 .....	39
7.浅层取样技术 .....	39
8.天然气水合物钻探技术 .....	40
9.新型金刚石钻头系列 .....	41
10.新型冲洗液技术 .....	42
<b>(五)地质测试分析技术与国际同步发展,为国土资源调查再添利器 .....</b>	<b>42</b>
1.无机测试分析技术 .....	43
2.有机测试分析技术 .....	44
3.同位素分析测试技术 .....	44
4.现场分析新技术新方法 .....	45
5.地质分析仪器研制 .....	46
6.标准物质研制 .....	46
7.实验室质量监控和管理 .....	48
<b>(六)创新综合利用技术工艺,扩大社会效益 .....</b>	<b>49</b>
1.共伴生难处理矿产综合利用水平提升 .....	49
2.复杂难利用矿产综合利用方法不断改进 .....	54
3.提高矿产利用率技术有较大突破 .....	54
4.非金属矿产高效开发利用技术现亮点 .....	56
5.尾矿回收利用技术有进展 .....	60
<b>(七)新技术新方法培训取得显著效果 .....</b>	<b>61</b>
1.紧密结合工作实际,面向生产一线,解决地调工作难题 .....	61
2.培训目标明确、计划科学合理、内容翔实实用 .....	61
3.承办单位高度重视,培训教师认真负责,学员普遍满意 .....	62
4.通过培训,推广了我局研发的勘查技术和仪器设备 .....	62



## 一、基本情况

1999年国土资源大调查以来，围绕着国家地质工作和建立世界一流地调局的需要，我局在勘查技术研发及应用方面取得了显著进步，勘查技术已经成为地质调查的重要技术手段。经过产学研联合攻关，初步建立了卫星和航空对地观测技术、勘查地球物理技术、勘查地球化学技术、钻探技术、地质分析测试技术和矿产综合利用技术等体系，立体勘查技术体系逐步建立，与国内同行相比已形成了比较明显的整体优势和特色。

围绕空中、地面、深部矿产勘查以及矿产综合利用等关键技术的研发和仪器的研制，共设立313个项目，涉及勘查技术的物探、化探、遥感、钻探、分析测试和矿产综合利用等六大领域，主要为技术方法类项目，共安排项目资金53799.6万元。其中：物探项目83个，经费11104.3万元；化探项目45个，经费9019.7万元；遥感项目29个，经费5854万元；钻探项目61个，经费10778.2万元；分析测试项目40个，经费6386.2万元；矿产综合利用项目55个，经费10657.2万元。

参加勘查技术六大领域项目研究的单位超过60家，主要为局属单位和相关的大专院校，形成了较好的产学研模式，确保了项目的顺利实施。

勘查技术领域一批技术成果的推广应用产生了很好的经济效益，形成了专利技术和装备，其中获得发明专利33项；获得了国家科技进步二等奖1项、国土资源科学技术一等奖4项、国土资源科学技术二等奖24项；发表论文1000余篇。

“十二五”期间,将围绕国家对矿产与能源重大需求开展联合攻关,充分发挥新技术新方法在地质矿产调查和矿产资源综合利用等领域的支撑作用,以应用促进技术发展。按照统筹规划,突出重点,整体推进,形成优势的要求,立足国内实际,通过关键技术的引进、消化、吸收,加快构建我国特色的地质调查技术体系,为地质找矿的重大突破发挥技术引领作用。

## 二、重大进展与成果

### (一) 通过关键技术引进消化吸收,推动了自主研发能力提升

#### 1. 航磁测量核心技术不断深化

大调查科研项目的实施使我国航空物探技术水平显著提高,航磁测量技术水平保持国际领先地位

在 HC-85 航空磁力仪基础上,航遥中心成功研制出 HC-2000 航空氦光泵磁力仪(见图 1-1。),总体技术指标达到同类仪器国际先进水平。灵敏度为 0.0003nT,频率响应大于 2.0Hz,航向误差 $\leq 1.0\text{nT}$ ,输出方式数字八位 BCD 码,

模拟输出 100nT、10nT,采样率为 1~15 次/S 可选,带宽 $>2\text{Hz}$ ,仪器测程



图 1-1 HC-2000 航空氦光泵磁力仪

30000~70000nT。经实际生产飞行,仪器性能稳定、数据质量可靠,为新一轮国土资源大调查提供了高新技术支撑。

2002 年自行成功研制了 DSC1 数字磁补偿与数据收录系统(见图



图 1-2 DSC1 型航磁数字补偿仪与数据收录系统



1-2)。,DSC1 型航磁自动数字补偿器与进口的 AADCII 型软补偿器对比试飞, 结果表明 DSC1 型航磁自动数字补偿器的补偿效果同进口的 AADCII 具有相当的水平。基于工业微机的 DS 系列智能化全参数数字收录系统, 可对空中采集的各种参数进行自动海量收录, 误漏码率 $<1\%$ 。目前已有 20 台仪器在投入使用, 作业区遍布全国各地, 完成工作量约 150 万测线公里, 都取得了良好的应用效果, 对行业的技术进步和产业结构优化升级起到了重要作用。

自上世纪八十年代末航遥中心开始研制和试验航磁水平梯度系统, 先后经过多次试验, 2003 年底成功试验飞行航磁水平梯度测量系统, 在此基础上 2009 年又成功研制航磁全轴梯度测量系统。目前, 采用新研制成的 HC05 四道梯度磁力仪和 DSC02 型多道补偿仪与数据收录系统的结合可以任意构成航磁总场、垂直梯度、水平梯度和全轴梯度测量系统。2009 年在 Y12 飞机上改装集成的航磁全轴梯度测量系统 (图 1-3、图 1-4), 左右探头间距: 22.14m, 垂



图 1-3 HC05 和 DSC02 等组成的航磁全轴梯度测量系统



图 1-4 装载航磁全轴梯度测量系统的 Y12 飞机

直上下探头间距: 2.0m, 左右探头连线中点距尾探头距离: 12.958m。新研制的航磁全轴梯度测量系统进行了多种性能测试和试验飞行, 系统在各种情况下

的复现性都很好,说明系统的稳定性和可靠性很好。1:20000 近 5000km 的试验飞行取得圆满成功,主要性能指标优于设计值并达到国际先进水平,表明我国航空全轴梯度测量技术已实现实用化。

自主研发的 ZH-1 磁化率仪(见图 1-5)可以测定土壤、岩石、矿物、砖瓦、水泥及半导体等材料的磁化率。该仪器有效地压制了噪声,保证了数据的可靠性。目前已经生产 ZH-1 磁化率仪近百台,推广到全国多个省、自治区的地质勘查单位,得到了用户的一致好评。



图 1-5 智能化磁化率仪

## 2. 航空物探方法手段不断扩充

航空物探增加了新技术手段,使我国航空重力、航空电磁、航空放射性测量系统与国际先进水平保持同步

目前航空重力测量作为一种重要的航空物探测量方法,在地质勘探、军事应用等多种领域发挥着重要作用。国外航空重力测量系统的技术已趋于成熟,但以美国为首的西方国家对我国引进该技术进行了封锁,局航遥中心克服重重困难,2005 年成功引进并集成了 GT-1A 航空重力测量系统(见图 1-6),该系统性能技术指标达到国际先进水平,填补了我国国土资源勘查领域的空白。通过飞行试验和几个测区的试生产测量,在石油勘探、大地构造研究等领域都取得了很好的勘查效果。



图 1-6 GT-1A 航空重力测量系统

2003年从加拿大引进了一套吊舱式直升机频率域电磁系统(见图1-7),并完成了硬软件消化吸收、配套设备开发集成。该系统经测试、试验、试生产,验证了该测量系统性能和技术指标可以达到同类系统的世界先进水平。通过广东、江西等地的试生产测量,发现了一批具有潜力的找矿目标。该系统为我国增加了适合复杂地形条件下、快速进行地质勘查的航空物探新技术,具有广泛的应用前景。



图1-7 频率域航空电磁系统进行作业

1999年引进了GR-820主体,并进行了消化、吸收,整修了已有的旧晶体,对软硬件配套升级,最终整合了我国完整的航空伽玛能谱系统,该套系统分辨率优于8.5%,总谱钍峰漂移小于1道,达到国际先进水平。

### 3.航空物探软件功能不断增强

通过自主研发大型航空物探专业软件系统,结束了依赖进口国外专业软件的局面

(1)研制、集成了具有自主知识产权的基于WINDOWS系统的航空物探软件系统——“空中探针”1.0版(AirProbe V1.0)

系统涵盖了我国航空物探(磁、电、放)数据预处理与质量监控、数据处理、正反演解释、编图到成图全过程使用的方法软件。其界面友好、功能齐全、可视化强、操作简单,达到标准化要求。与当前国际上常用的加拿大GEOSOFT公司地球物理软件OASIS相比,就航空物探数据处理部分,两者的软件功能设置基本相同,运行速度相近。AirProbe V1.0软件系统还提供中国



地质科学院地质研究所、海军航保部等单位使用,获得用户好评。系统今后在更大范围内推广使用,必将获得更显著的经济和社会效益,为国家节省大量外汇。见图 1-8

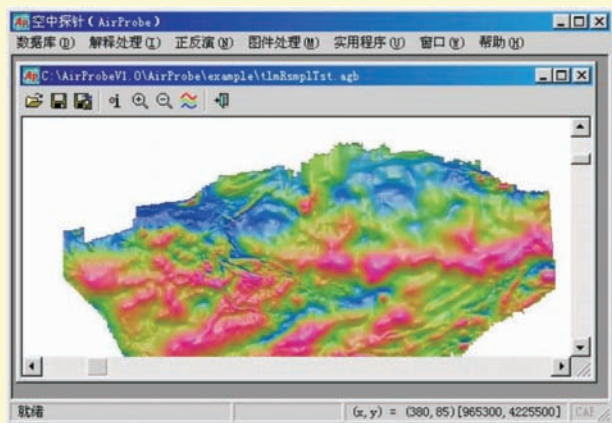


图 1-8 空中探针(AirProbe V1.0)工作界面

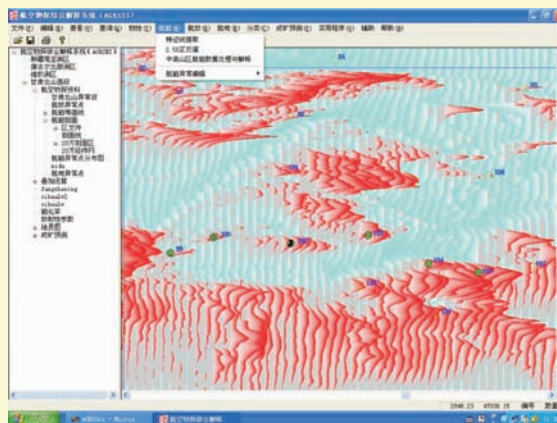


图 1-9 航空物探综合解释系统 (AGRSIS)工作界面

(2)在 MAPGIS 平台上开发了航空物探多元数据综合解释系统(AGRSIS V1.0)

实现了 GIS 技术与航空物探解释技术的有机结合,改变了传统的手工操作模式,大大降低了劳动强度和繁琐程度,极大提高了工作效率和可视化程度,为成果解释人员提供了高效、快捷的工具和手段。在新疆尾亚地区、新疆康古尔北部地区、甘肃北山地区航空物探综合站勘查等项目组试用,取得了良好效果,目前已在航遥中心广泛推广使用。见图 1-9

(3)建立了基于 MAPGIS 平台的航空物探(磁)异常管理信息系统

实现了航磁、航电、航放异常及地检和见矿异常信息的检索、统计、属性编辑,实现了检索数据成图自动化,实现了航空物探异常信息的可视化管理。见图 1-10

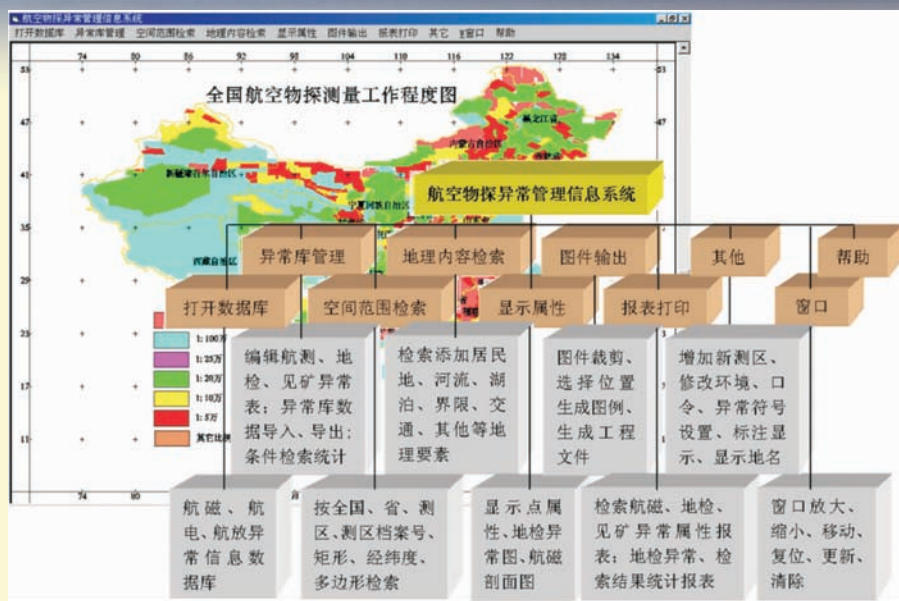


图 1-10 航空物探异常管理信息系统工作界面

#### 4. 航磁编图形成系列产品

(1) 编制了全国 1:25 万航磁系列图, 满足了不同层次的研究需求

至 2009 年, 共编制了 148 幅全国 1:25 万航磁系列图。此外, 分别编制了东天山地区 1:25 万航磁图、青藏铁路沿线航磁图、北山航磁图等图件。这些图件满足了不同层次的地质解释和研究需求, 编图成果已向全国 21 个省免费提供, 并举办了多期应用推广班, 在全国找矿进程中发挥了重要作用, 实现了地质调查成果向社会化服务的转化。

(2) 1:500 万航磁编图基本覆盖全国大陆

利用我国建国以来完成的 432 个航磁测区、1204 万测线公里、2002 万  $\text{km}^2$  测量面积的航磁数据, 采用了先进的数字编图技术, 编制了 1:500 万航磁图, 陆上航磁覆盖面积达到了 97%, 并且填补了青藏高原地区航磁空白, 是目前为止覆盖中国国土面积最广的基础航磁图件。编制了中国航磁测量测区覆盖图、数字高程模型 GTOPO30 阴影图、国际地磁参考场 IGRF2000 分布图、中国及其毗邻海域航空磁力  $\Delta T$  异常图等七种相关图件, 提供了更丰富的信

息,为不同领域的应用需求提供了重要的基础资料。中国 1:500 万航磁图及其相关图件,反映了我国磁场的宏观特征和大地构造格架的基本特点,在我国基础地质、地球物理研究、矿产资源勘查、地质环境评价等方面发挥了重要作用。本项目获得 2005 年国土资源科技成果二等奖。见图 1-11。

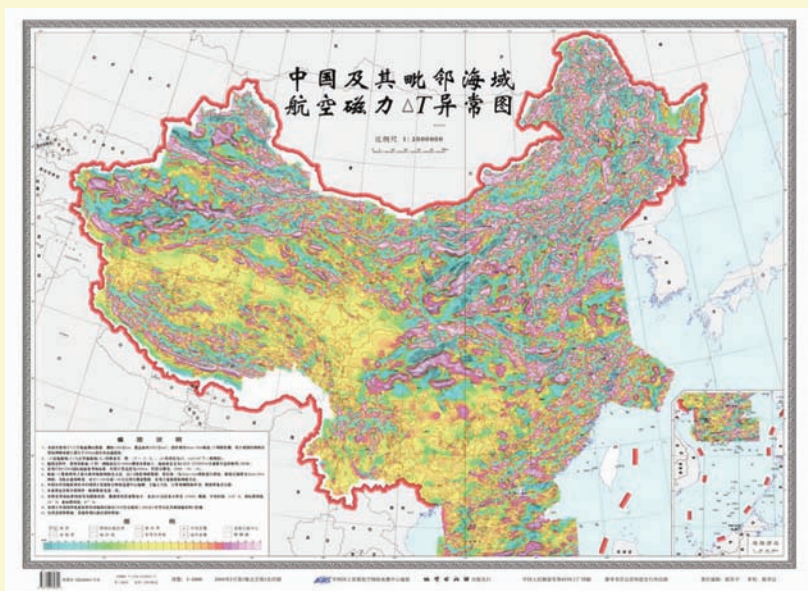


图 1-11 1:500 万航磁图

### 5. 隐伏矿物探方法取得突破

针对隐伏矿勘查,通过物探方法研究与改进,取得了一批高水平成果,在矿产勘查中获得较好的应用效果

**瞬变电磁法(TEM)技术研究:**在快速、轻便、大探测深度实用电法技术研究中,针对新型 IGGEM-20 瞬变电磁仪,研发了实用、快速的推断解释系统。在隐伏金属矿勘查、煤田地质、工程地质等方面,显示了瞬变电磁法良好的潜力和应用前景。见图 1-12

**可控源音频大地电磁(CSAMT)技术研究:**瞄准国内外的前沿技术或难点课题,开展了复杂条件下物探二、三维数据处理、解释技术研究,取得了多



项具有自主产权、创新性的成果。例如,研制出起伏地形 CSAMT,相位二维正、反演技术,应用于勘查实践中,取得较好应用效果。CSAMT 勘探深度大(一般可达 2000m)、分辨力高、对低阻敏感、抗干扰能力强。在红透山地区、辽宁省八家子等多个矿区深部找矿研究中,取得满意效果。见图 1-13

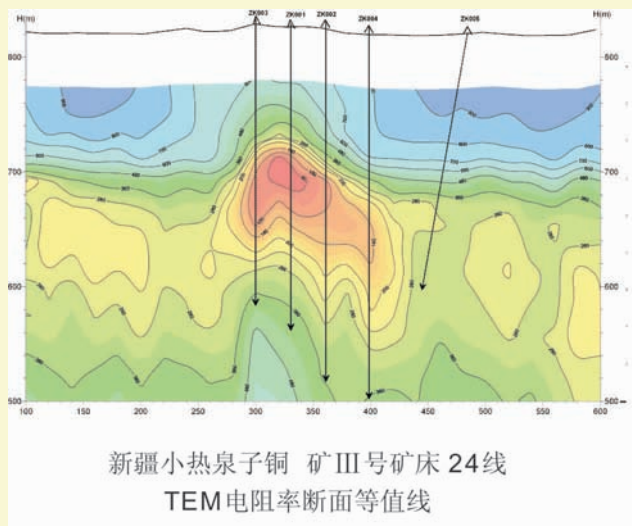


图 1-12 瞬变电磁法野外测量效果图

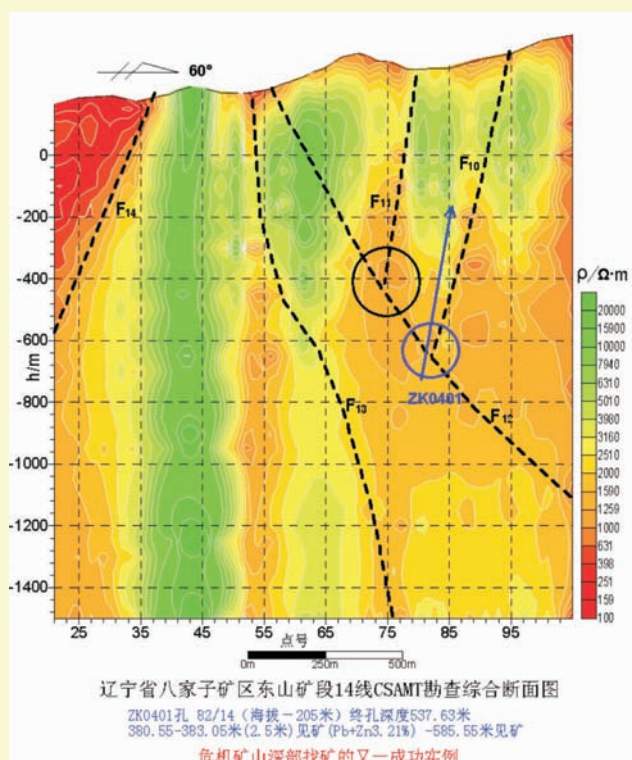


图 1-13 CSAMT 测量综合断面图

**大探测深度阵列式轻便电磁法应用研究:**阵列电磁法系统,属于我国自主研发的新技术,它实现了阵列式天然场和人工源电磁混合测量,可满足复杂地理地质条件下多参量、大深度、多目标探测的需求,适用于金属矿、地下水、地热、油气藏等资源勘查和研究。见图 1-14

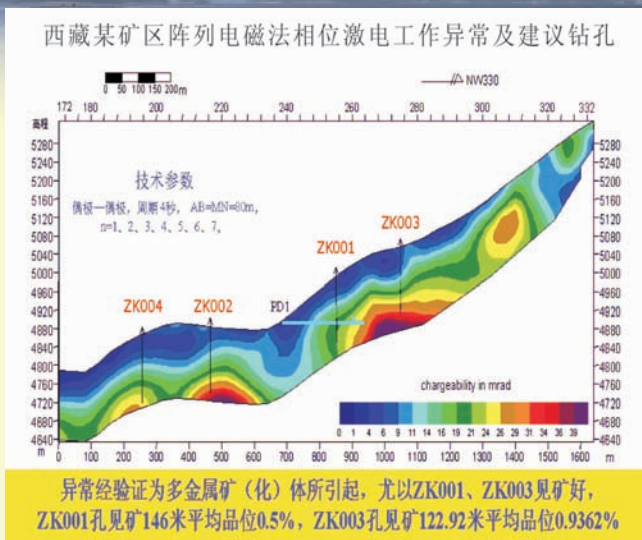


图 1-14 西藏某矿区阵列电磁法相位激电图

目前,正在研究以电磁法阵列式覆盖观测技术为平台,多场源(天然场、人工场)多方法(音频大地电磁测深、大地电磁、可控源音频大地电磁、激发极化)融合集成的大功率高精度地面电磁法勘查技术系统。该系统具有我国自主知识产权、探测深度可达 2000 米,为我国矿产资源深部勘查提供技术保障。

**重磁三维反演技术:**物化探所在重磁三维反演研究方面取得突破,形成重、磁三维体交互反演和三维物性(密度、磁化强度)技术和软件。为区域调查、资源勘查、工程环境和考古等领域的重、磁数据处理提供了三维、可视化、人机交互处

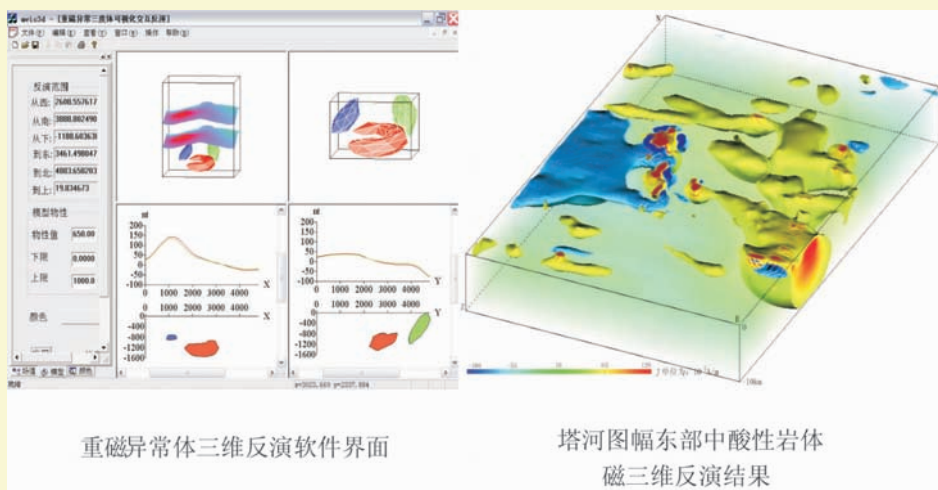


图 1-15 重磁三维反演技术

理解释平台。对多个测区的重、磁数据进行了三维处理解释,获得了较好的应用效果。见图 1-15



**地下物探方法研究:**地下物探方法具有受地面干扰因素影响小,探测范围大的特点,可准确确定井周与井间盲矿的空间位置及其形态。主要进展:研制了大功率(100瓦)无线电波法地面发射机,为地-井方式无线电波透视法提供了可用设备。国内首次开展地-井三分量 TEM 探测方法技术试验研究。开发了井-地电阻率、激电相位三维人机交互反演软件,为井-地电法定量反演提供了先进技术。国内首次成功取得电磁波井-地找矿资料,确定了钻孔见矿体的走向及倾向。见图 1-16

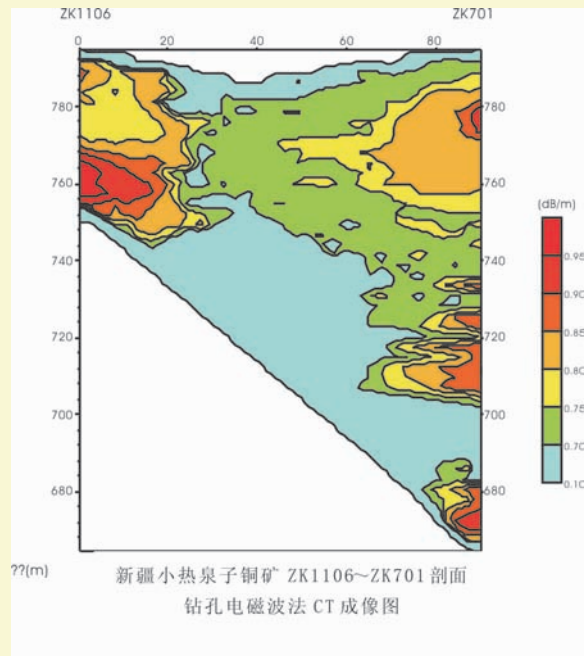


图 1-16 钻孔电磁波 CT 成像图

**金属矿二维地震找矿方法技术**

**研究:**开展了散射地震勘探技术基础理论和勘探技术研究;采用数值模拟方法,研究了散射成像技术和地震波识别问题。在利用散射波地震方法寻找块状硫化物矿床、利用反射波地震方法探测控矿构造等研究中,取得了突破性的进展。见图 1-17,图 1-18

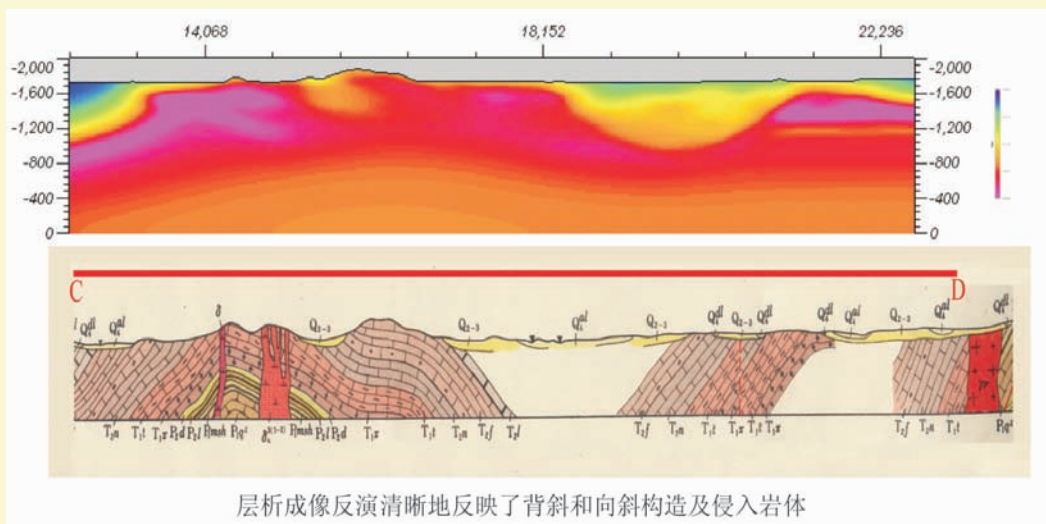


图 1-17 安徽铜陵狮子山铜矿地震试验研究成果



图 1-18 NX60P 地震仪和可控震源车

## 6. 电磁法测量仪器形成系列

**阵列电磁法仪器研制与应用研究:** 历经十余年自主研制开发, 将传统电磁法单一测点观测变革为多测点同步覆盖阵列观测, 不仅有利于观测信号的高分辨收录提取, 还提高了探测效率。近几年, 阵列电磁法技术已发展成天然场与人工场相结合的电磁法综合探测方法, 包含有: 天然场的音频大地电磁测深技术 (AMT), 人工场的时间域激电技术 (TDIP)、频率域激电技术 (幅频率测量、相位激电测量、多频谱激电测量), 大功率人工场的电磁测深技术 (CSEM)。经不断完善, 反复验证, 证实了该系统具有高分辨、大探测深度等优点, 已基本成熟, 可满足复杂地理地质条件下多参量、大深度、多目标探测的需求, 为我国开展大面积、快速勘查提供高效、轻便的换代产品与方法技术。见图 1-19

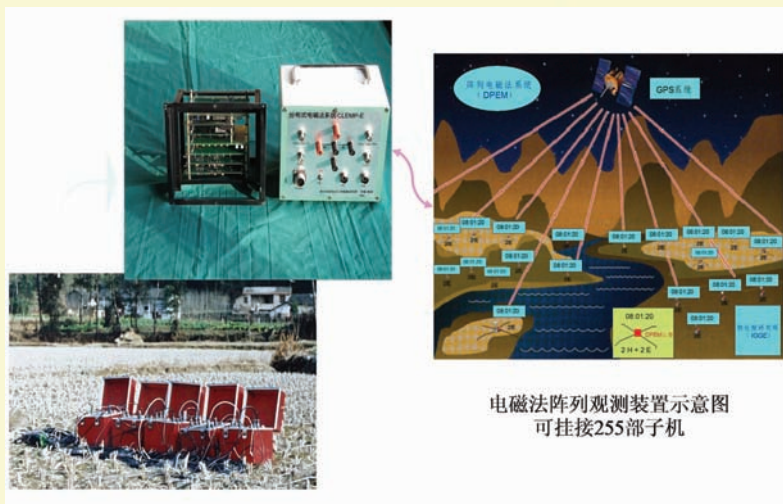


图 1-19 电磁法阵列观测系统



**频率域激发极化普查型幅相仪:**2002年研制成功的频率域激发极化普查型幅相仪,可同时进行时间域、频率域、复电阻率或谱激电法测量。实现了大量数据的存储和实时处理,并可实时显示供电电流曲线和测量电压曲线,使得操作人员可直接判断观测质量和干扰水平,适用于小比例尺、大面积的激电快速普查。

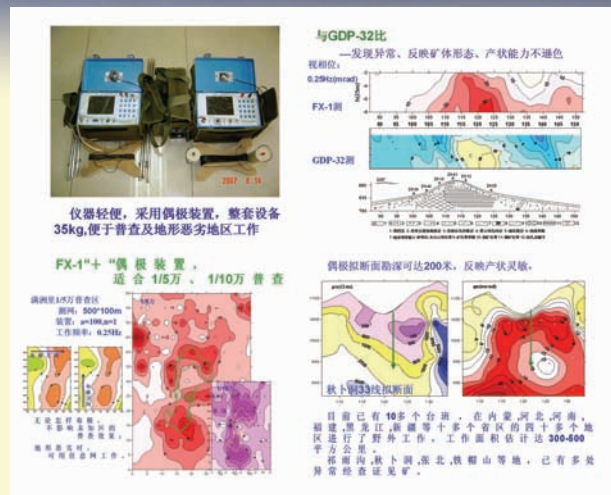


图 1-20 频率域激发极化幅相仪及应用成果



图 1-21 瞬变电磁系统

**瞬变电磁系统研发与应用研究:**2003年物化探所研制成功 IGGEM-20 型瞬变电磁仪及相应数据处理与解释系统,该仪器集目前国内外同类仪器之所长,在国内具有领先水平,可实现重叠回线、大定源、偶极等多种装置的测量一般勘探深度为 400-500 米,在高阻区可达 700 米。2003 年在新疆小热泉子铜矿开展了地井 TEM 三分量测量,在见矿不好的钻孔 ZK1108 中发现一处三分量 TEM 异常,推断出了异常体的深度、方位和距离,通过巷道验证为一个井旁富铜矿体。

**大深度高分辨电磁测量技术与多功能电法仪器研制:**近年来,物化探所开发了大深度高分辨多功能的电磁探测系统,主要以大功率、密集频点的发射接收研究为主,并进一步提高观测系统的稳定性和实用性,在研究可控源



电磁法源场效应与地形影响的基础上,提高了电磁法探测深度与空间分辨能力。

### 7. 新型电磁仪器获得技术突破 高温超导磁强计研制及应用研究

在大调查资金资助下,先后在大地

电磁测深法、瞬变电磁法、远偏移瞬变电磁法上做了大量的应用研究,特别是在“十五”期间取得了突破性进展。研制出了实用化的高温超导磁强计,能大大提高勘探深度,使我国在高温超导磁强计研制及应用研究领域居世界领先水平,研制的高频无磁杜瓦填补了国内空白。见图 1-23



图 1-23 三分量高温超导磁强计

实现了单分量高温超导磁强计的实用化,还成功研制出三分量高温超导磁强计,并研发出配套的数据处理和定量解释技术。使我国高温超导磁强计应用研究水平处于国际领先行列。它取代传统感应线圈作接收传



图 1-22 大功率多功能电磁法系统

物化探所在高温超导技术应用研究方面取得重大进展。近年来,在瞬变电磁技术研究中引入高温超导技术,实现了单分量高温超导磁强计的实用化,还成功研制出三分量高温超导磁强计,并研发出配套的数据处理和定量解释技术。使我国高温超导磁强计应用研究水平处于国际领先行列。它取代传统感应线圈作接收传

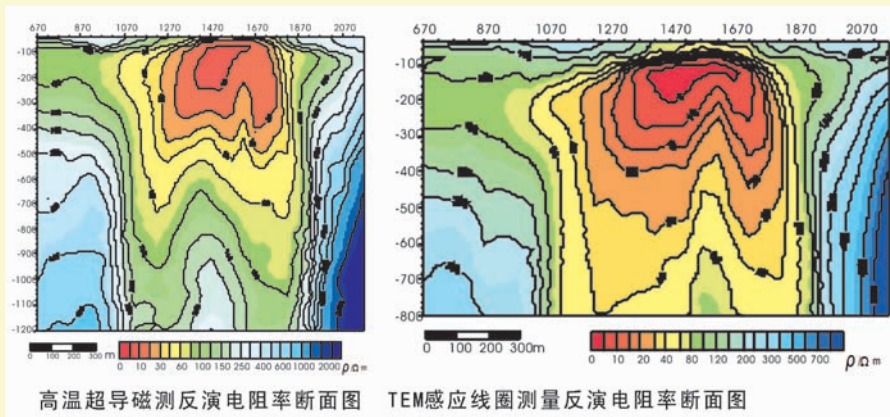


图 1-24 新型物探方法测量图



感器,能大大提高勘探深度,为寻找深部隐伏矿及对矿体准确定位提供了高新技术手段。见图 1-24

**高精度井中质子磁力仪:**我国在井中磁测方面起步和发展较早,上世纪七、八十年代就得到了普遍应用。在发现井底、井旁盲矿,确定矿体产状、走向等方面取得了显著地质效果。但是,我国现有低精度井中磁力仪,只能用于寻找强磁性矿床,对寻找中、弱磁性固体矿产显得无能为力。2006年,物化探研究所成功研制出我国第一台井中高精度质子磁力仪,精度优于 $\pm 5\text{nT}$ ,填补了我国高精度井中磁测仪器的空白,保持了我国在这一领域的先进地位,为中-弱磁性矿区开展井中磁测提供了可用设备。见图 1-25



图 1-25 高精度井中质子磁力仪

**高精度重力仪的研制:**研究开发具有自主知识产权、高技术含量的高精度重力测量系统,对提高我国矿产资源勘探能力和国家安全,具有特别重要的意义。我国是资源大国,庞大的地质勘查市场不能长期大量依赖进口,西方国家对我国实行技术封锁,各国对很多先进的技术都设置了出口限制,很难引进当今最先进的高精度重力测量技术。即使引进了设备,也只有操作手册和设备实物,很难实现引进设备的二次开发和自主创新,一旦出了问题,只能找厂家维修,造成周期长、成本高的局面。2006年地调局站在国家层面,设立了高精度重力仪的研制项目,由物化探所承担,有望明年完成科研

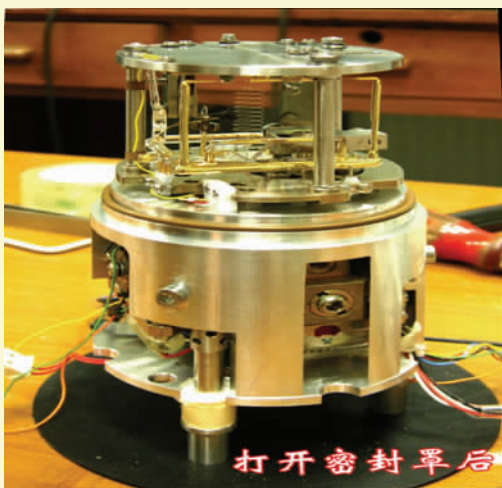


图 1-26 高精度重力仪

样机,分辨率由目前的 0.01mGal 提高到 0.005mGal。

## 8.地质勘查技术软件测评稳步推进

地质勘查软件的开发与应用代表着地质科技的应用水平,对提高地质找矿水平具有重要的意义。为培育具有自主知识产权的地质勘查技术软件,经过局物化探所、发展中心和航遥中心等单位的积极努力,完成了“物化探勘查技术软件综合测评研究”软件测评大纲和测评流程制定,初步规范了软件测评内容、流程、测试、评价的具体标准。编制了直流电阻率/激电法软件测评大纲,以软件的核心方法技术功能为基点,针对直流电法的地形改正,一维反演,二维正、反演,设计了包括一维和二维的一套较典型的地电模型作为测试用例;对地调局推广应用的“电法工作站 WEM2.5”软件中的直流电阻率/激电法子系统进行了试验性测评,并形成了试验性测评报告,为建立科学规范的地质、物、遥专业软件测评体系奠定了基础。



图 1-27 电磁波数据处理系统界面

## (二)以理论方法创新为先导,实现地球化学勘查技术全方位应用

### 1.区域化探方法技术支撑了全国地球化学扫面计划

在内蒙中东部、河北-山西北部、东北地区、西藏北部、甘肃、新疆等地,相继开展了干旱荒漠区、森林沼泽区、高寒湖沼丘陵区等特殊自然地理景观条件下区域化探方法技术研究。见图 2-1

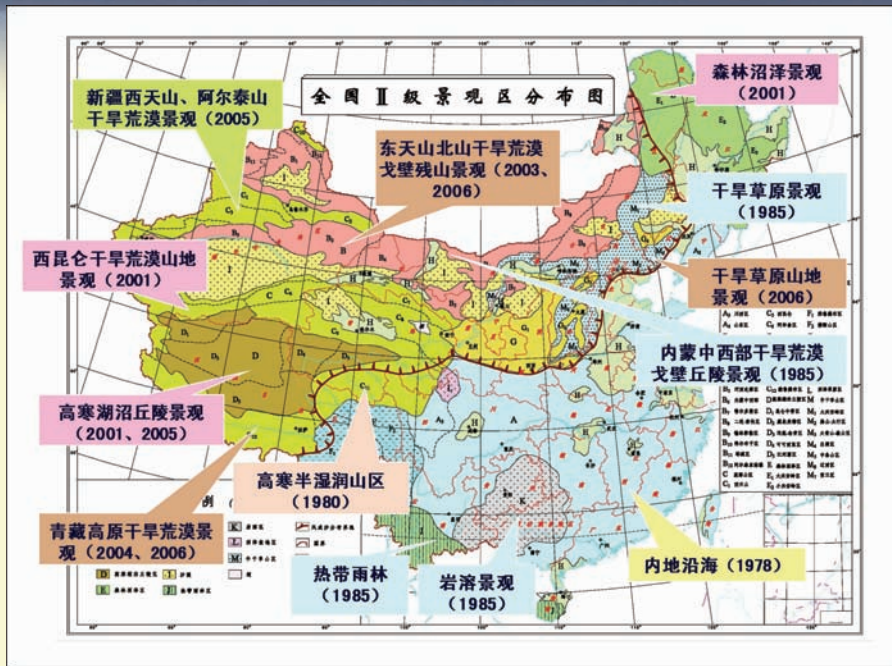
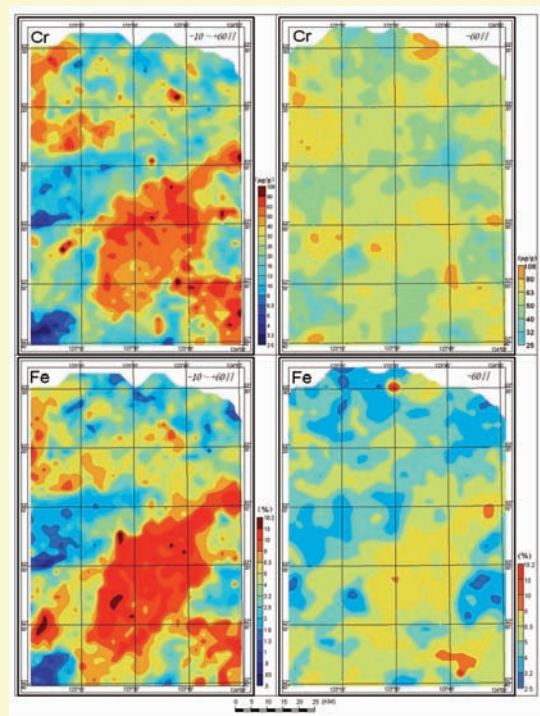


图 2-1 特殊景观地球化学调查方法技术研究程度图

通过研究区域元素赋存、分布特点和迁移、演化规律,查明了风积物、有机质对区域地球化学特征的干扰特点和程度,研究出了能够针对性地排除干扰的方法,制定出了适合 7 种地区的区域化探扫面及异常源追踪、查证技术。破解了多年来一直影响这些地区化探找矿效果、困扰我国区域地球化学调查工作的难题。见图 2-2

这些特殊景观区化探方法技术成果使区域地球化学调查工程得以高质量的实施。国土资源地质大调查十年间,利用该技术完成了 120 个 1:20 万图幅、130 个 1:5 万图幅,共 86.8 万  $\text{km}^2$



新技术调查成果 老技术调查成果  
图 2-2 森林沼泽景观新老方法对比

的区域地球化学调查工作,使区域化探调查面积由占我国陆域国土面积的53%提高到63%,并取得了良好的地质找矿效果。

区域化探工作的深入开展,推动了地球化学样品分析测试技术的全面进步,优化了39种元素、建立了54和76元素的分析测试配套技术方案和质量监控方案。研制的地球化学国家一级标准物质也从39种增加到156种。

先后开展了以成矿带资源潜力评价为目的的区域地球化学调查资料开发利用方法技术研究,并以冈底斯成矿带东段、大兴安岭成矿带中南段为典型进行了示范性评价。

对区域地球化学调查资料的深入研究,提出了地球化学块体理论和方法,有力地推动了勘查地球化学和区域成矿学的学科交叉和融合,丰富和发展了矿产资源潜力定量评价方法技术体系。依地球化学块体理论,按照地球化学块体方法技术完成了全国地球化学块体矿产资源潜力预测,提出了主要成矿远景区及靶区分布,也对我国矿产资源规划部署工作提出了有价值的建议。见图2-3

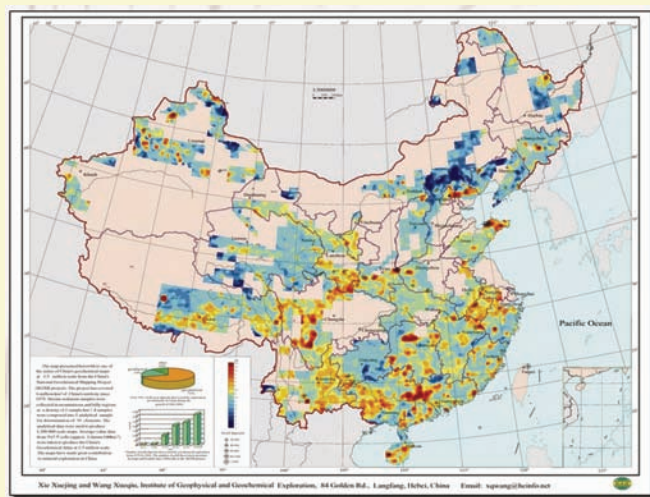


图 2-3 全国 Au 块体地球化学图

利用区域地球化学调查样品开展了76元素填图试验研究,建立样品组合、76元素分析测试及监控的方法技术方案,编制出世界上首份76元素地球



化学图,并用中英文同时公开出版了世界上第一份 76 元素地球化学图集。见图 2-4

区域化探方法技术系统的进一步完善和覆盖全国的地球化学调查计划的进一步实施,推动了国内外地球化学填图技术的发展和运用,使我国在地球化学填图领域继续保持国际领先。在联合国向多数发展中国家推荐的国家发展计划中都推荐使用中国的区域化探技术。

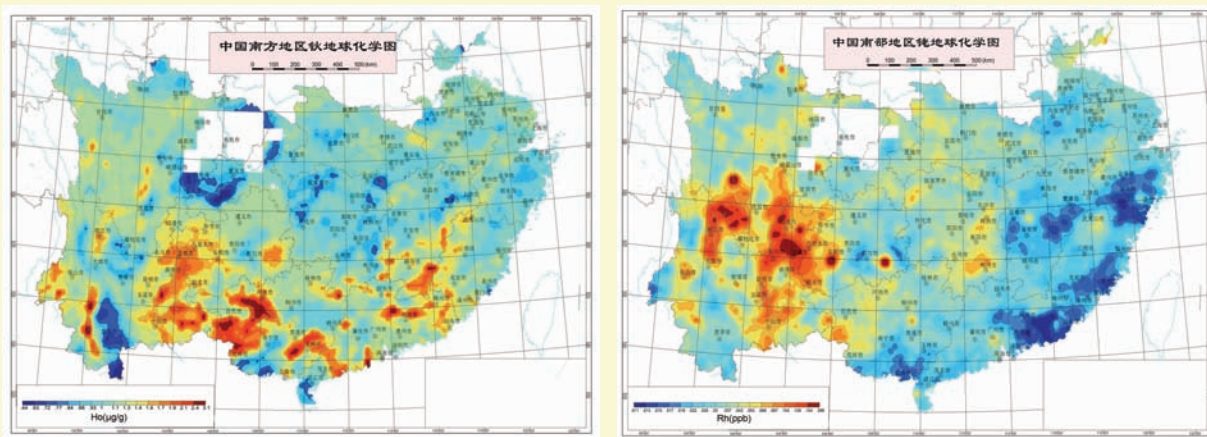


图 2-4 中国南方地区钨、铊地球化学图

## 2. 面向多目标,完善了生态环境地球化学调查技术

通过厚覆盖区地球化学调查和评价方法技术研究,确定了全国多目标地球化学调查的基本技术方案。随着全国多目标调查工作的开展,逐步建立了完善了农田、河流、湖泊、城市、海岸带、沿海经济区等不同生态系统的环境地球化学调查、评价技术和生态环境安全的地球化学预警技术,使地球化学调查的思路和技术从地质找矿逐步延伸到对土地利用的安全、合理性、生态环境质量评价等领域,形成了地球化学技术为资源、环境、土地管护提供基础资料的多目标地球化学调查计划。

目前,利用这套方法技术完成 1:25 万多目标地球化学调查 160 万  $\text{km}^2$ ,取得了大量对国家宏观经济决策有影响的成果。

### 3. 低密度地球化学填图技术引领全球地球化学填图

在荒漠戈壁和草原景观区开展了采样介质、采样密度、采样层位等研究，制订了低密度、超低密度地球化学填图技术，与哈萨克斯坦等国开展了地球化学填图合作示范，并先后为南美洲、非洲和亚洲举行了5次地球化学填图技术培训班。见图2-5

在我国地球化学填图技术推动下，国际地球化学界对全球地球化学填图产生了浓厚兴趣，联合国教科文组织拟在中国建立国际地球化学填图中心的计划正在审核之中。

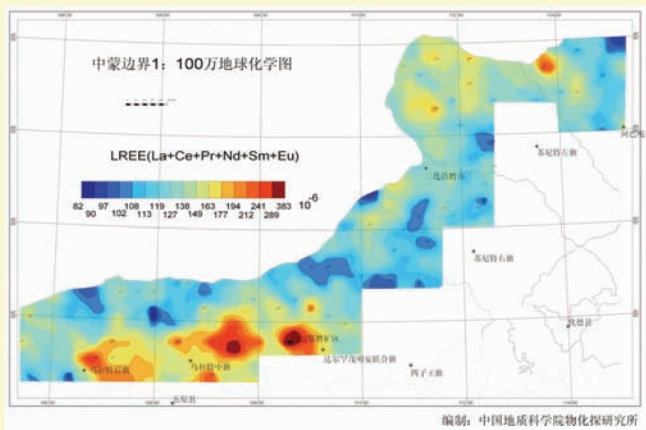


图2-5 中蒙边界 1:100 万轻稀土元素地球化学图

### 4. 深穿透地球化学技术研究取得明显进展

在隐伏矿床上方发现了纳米级金属成矿物质迁移的证据，对异常形成机理研究有了较为深入的认识，初步建立了穿透性地球化学物质聚集迁移的理

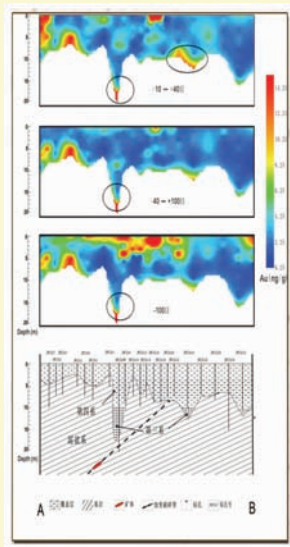


图2-6 矿化信息富集粒度对比

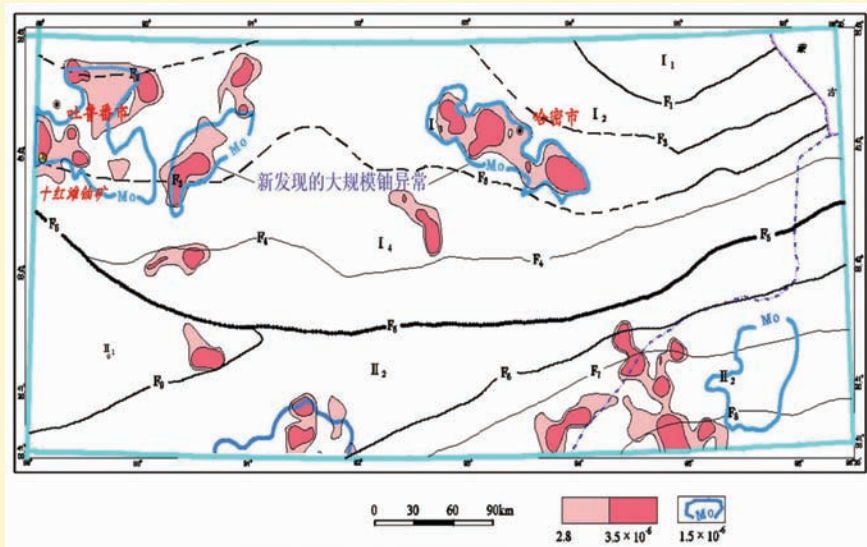


图2-7 东天山深穿透地球化学调查成果



论模型。对不同景观的覆盖区深部矿化信息在地表的富集层位、富集粒度和赋存状态进行了系统研究,对金属活动态测量、地电化学测量、地球气测量技术持续进行了改进和完善。见图 2-6

东天山深穿透地球化学调查示范在吐哈盆地发现了有望找到大型砂岩型铀矿床的大规模铀异常。见图 2-7

### (三) 瞄准国际前沿, 实现新型遥感技术矿产、能源与灾害探测的新突破

从 1999 年以来,在以地质大调查资助为主的研究条件下,在高(成像)光谱技术、干涉雷达技术、多光谱异常信息提取技术、遥感仪器研制、POS 直接定位技术以及国产卫星研发等方面取得了较大进展,推进了遥感地质勘查技术的进步,提升了地质勘查的能力、水平和效率。

#### 1. 高(成像)光谱技术及矿物填图

该研究成果居国内领先水平,达到国际先进水平。开展了高(成像)光谱数据处理,矿物信息提取及应用研究建立了“类—族—种—亚种(变种)”的矿物分层识别谱系;总结了一套较系统的适合我国干旱裸露区区域性高光谱遥感矿物填图的工作方法与技术流程,开展了《高光谱遥感矿物填图工作方法指南》的编制工作。形成的技术流程与《工作方法指南》为技术的工程化应用奠定了基础。

将光谱段扩展到了中热红外谱段,初步建立了全谱段的技术体系与应用流程,弥补了可见光—近红外谱段仅能识别蚀变矿物的问题,提高了矿物识别的种类和矿物信息识别的精度。开发了矿物化学成分、含量定量反演方法,提高了信息识别的定量化程度。

> 基于矿物光谱的指纹效应,实现了利用遥感宏观手段对微观信息(如



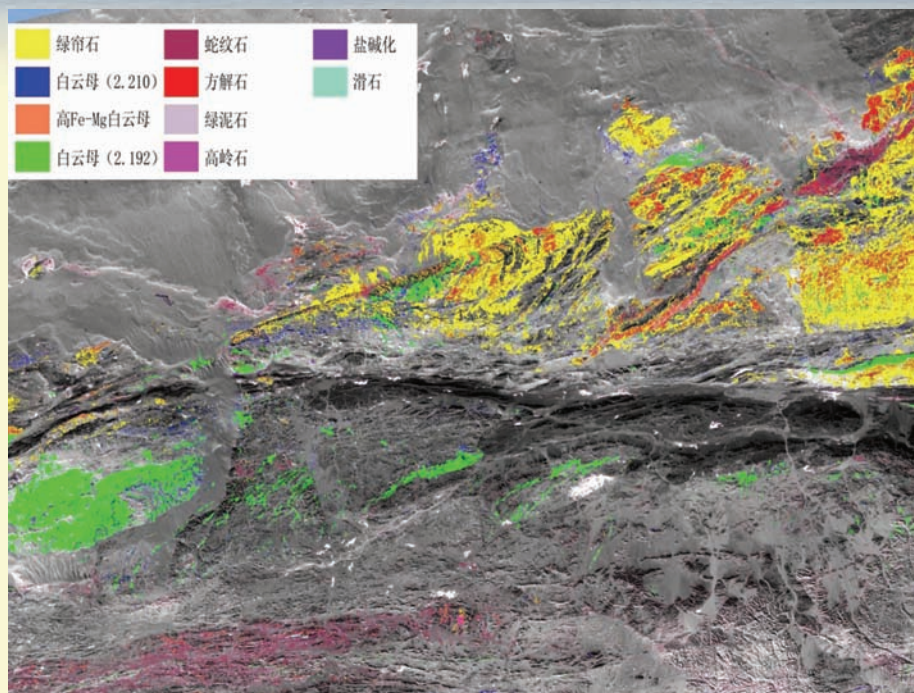


图 3-1 高(成像)光谱矿物识别

矿物等)的识别与提取;识别的矿物种类或矿物组合达 30 种左右。矿物类型识别准确率 90%以上,错误率 3%;漏识别率为 16%,矿物识别率 84%(对 102 处的检查与验证)。

> 进行了 1:5 万面积性矿物填图试验(图 3-2),并建立了裸露区高光谱矿物识别与矿物填图的技术体系和工作程式,为我国第三代地质填图-矿物填图奠定了技术基础。

> 基于矿物共生组合关系和成矿成藏规律,在西藏驱龙(图 3-3)、新疆东天山、塔里木盆地、陕西榆林地区(图 3-4)圈定成矿(藏)靶区,提升了遥感地质找矿的精准度。

> 开展了地表矿物组成成分识别和植被地球化学异常信息提取研究,实现了对矿山环境的综合调查与监测(图 3-5),为“绿色矿山”建设提供技术支撑。

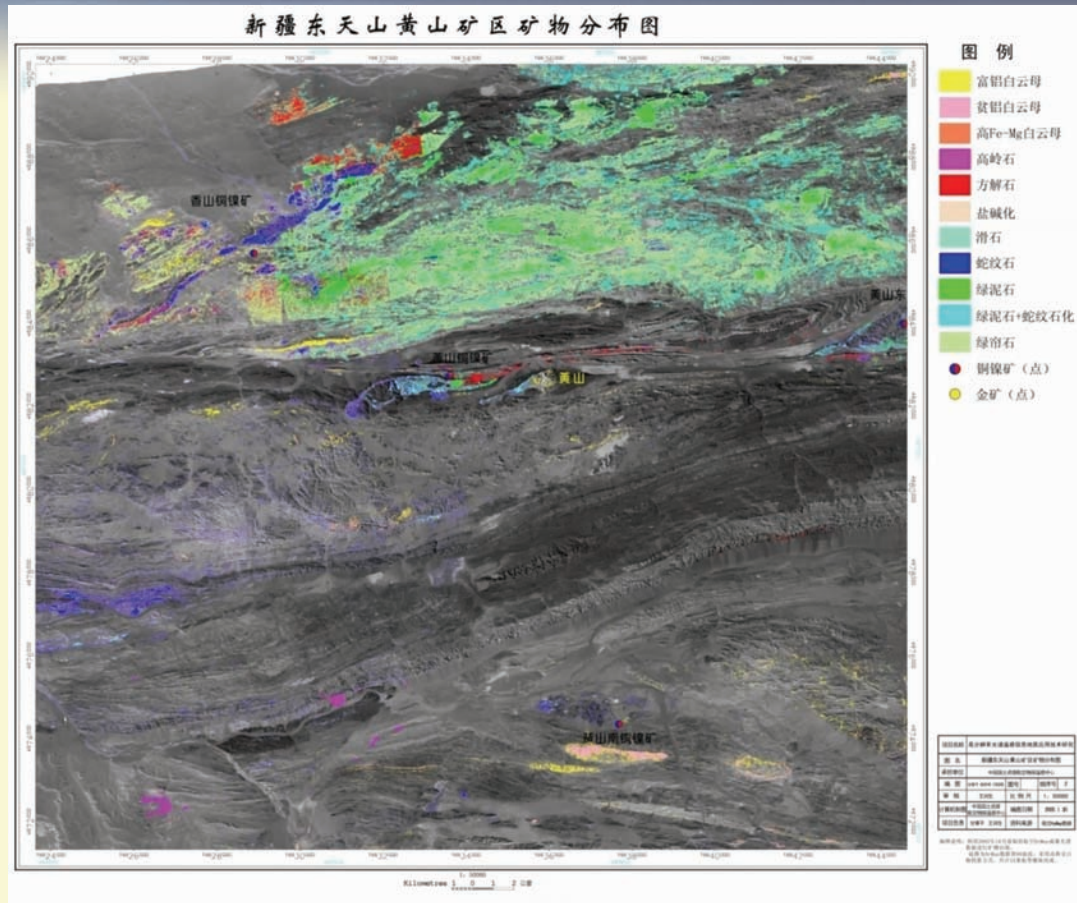


图 3-2 1:5 万矿物填图试验

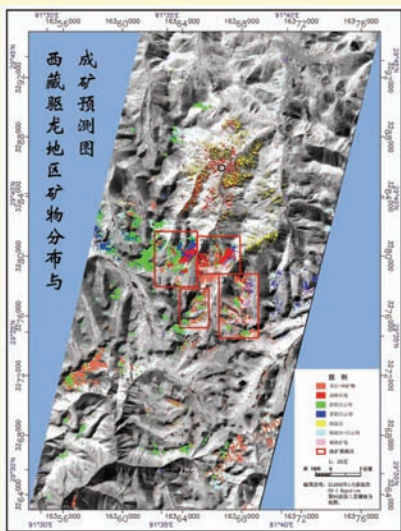


图 3-3 西藏驱龙地区成矿预测

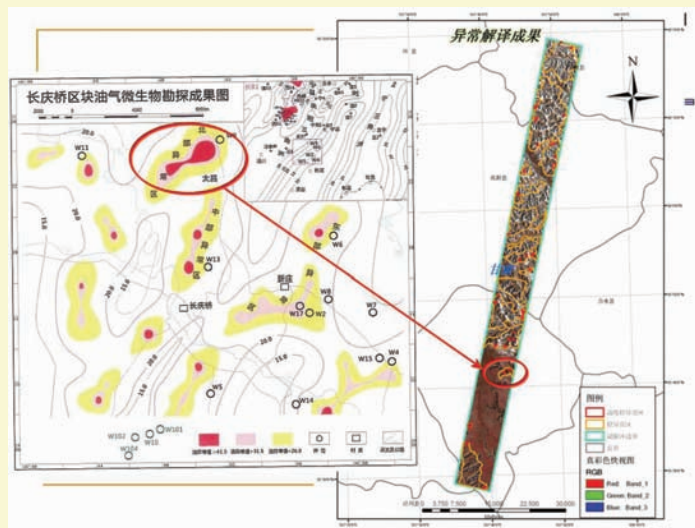


图 3-4 高光谱油气探测

地质科技与国际合作系列成果之二

地质勘查技术重大进展与成果

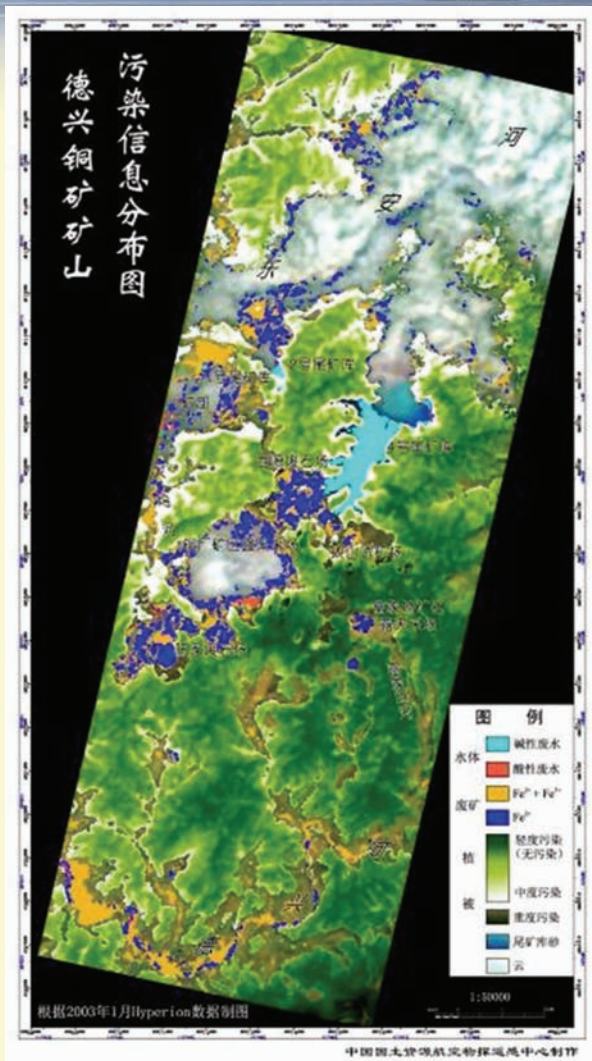


图 3-5 德兴铜矿  
矿山环境污染调  
查与监测

## 2.干涉雷达技术及地面沉降监测

形成了趋于完善的多尺度、多类型地表形变 InSAR 调查与监测技术体系(图 3-6),解决了地面沉降长时序监测,低相干条件下大区域地表形变监测以及角反射器辅助滑坡监测等关键问题,建立了以“相干目标时间序列分析(CPT-InSAR)”为核心的地表形变信息提取方法,完成了长条带、多轨道 CPT-InSAR 成果集成研究及地面沉降 InSAR 监测基准控制和精度验证等关键问题,解决了多类型灾害性地表形变 InSAR 监测的主要问题。

研究成果已广泛应用于我国华北平原(图 3-7)、长三角、汾渭谷地等主要

地区区域性地面沉降调查与监测,属我国首次利用 InSAR 技术开展大范围区域性地面沉降调查与监测。同时,首次应用中分辨率(ENVISAT 数据)和高分辨率(TerraSAR-X) InSAR 技术监测高速铁路沿线地面沉降,并在京津城际高速铁路全线中取得成功应用(图 3-8)。

此外,将 InSAR 技术成功应用于滑坡监测(图 3-9)、城市地裂缝、地震形变场、油田地面变形、水库变形以及煤矿开采沉陷等多尺度、多形式的灾害性地表形变场探测与监测中,取得了良好的社会效益,为地质灾害监测技术的进步起到了积极作用。

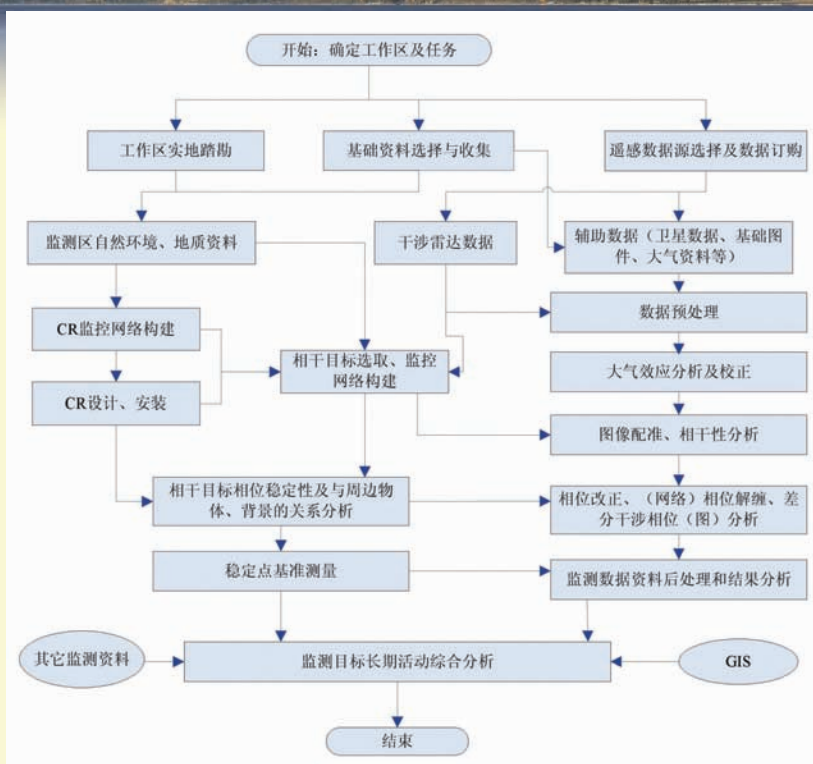


图 3-6 差分干涉雷达技术监测地质灾害技术体系

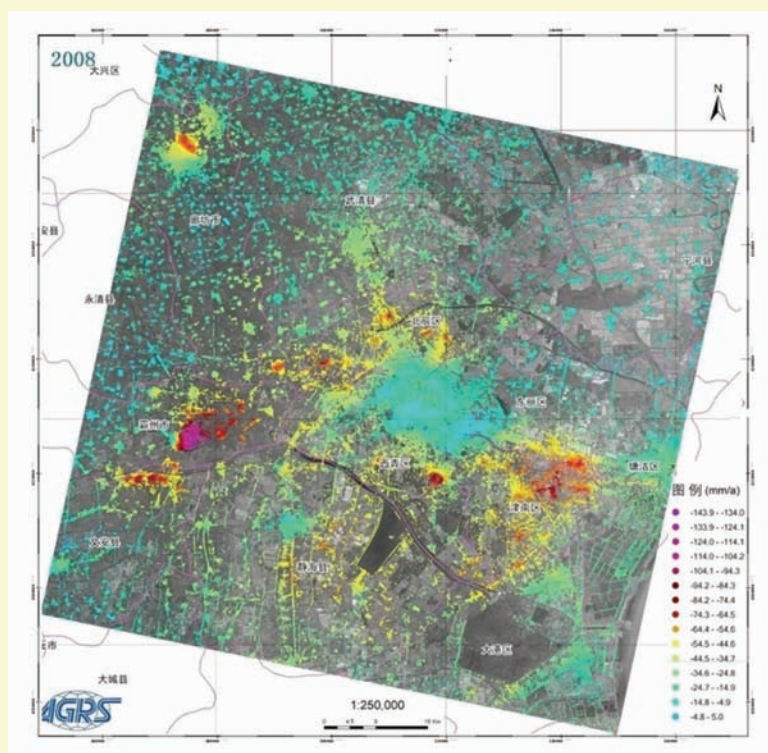


图 3-7 天津地区地面沉降 InSAR 速率图

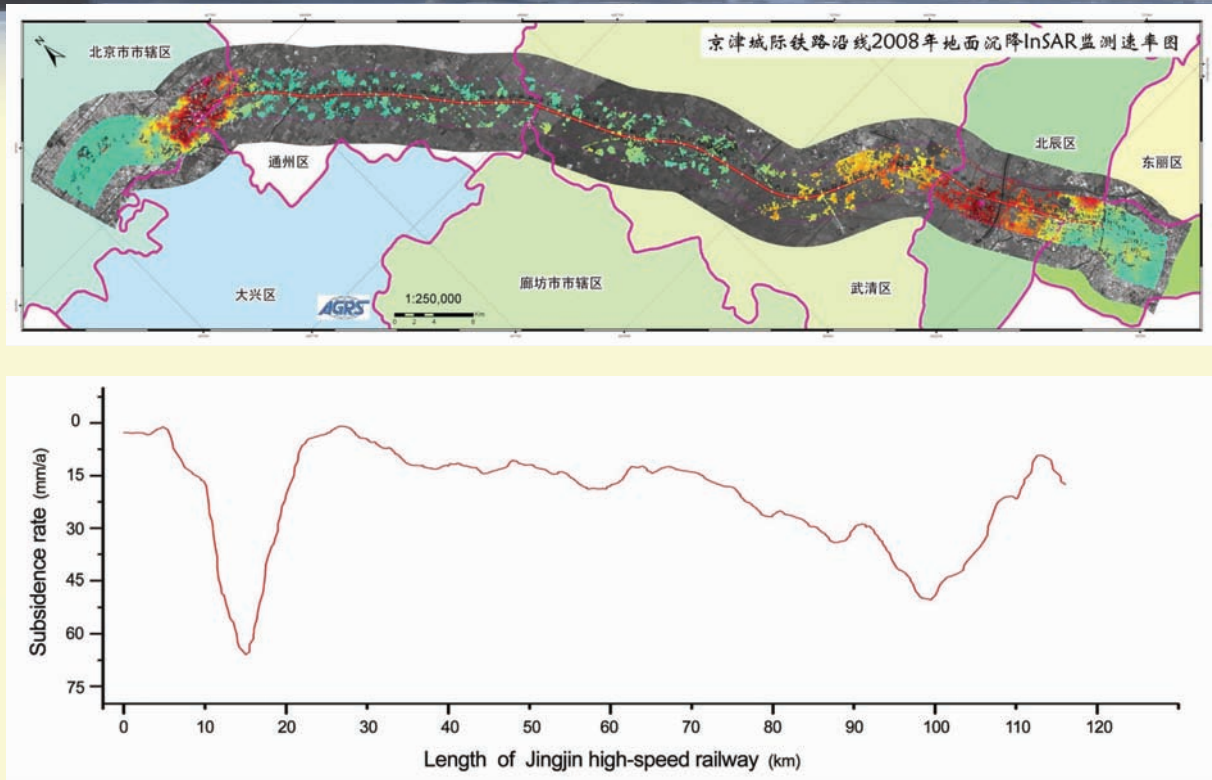


图 3-8 京津高铁沿线地面沉降监测与调查

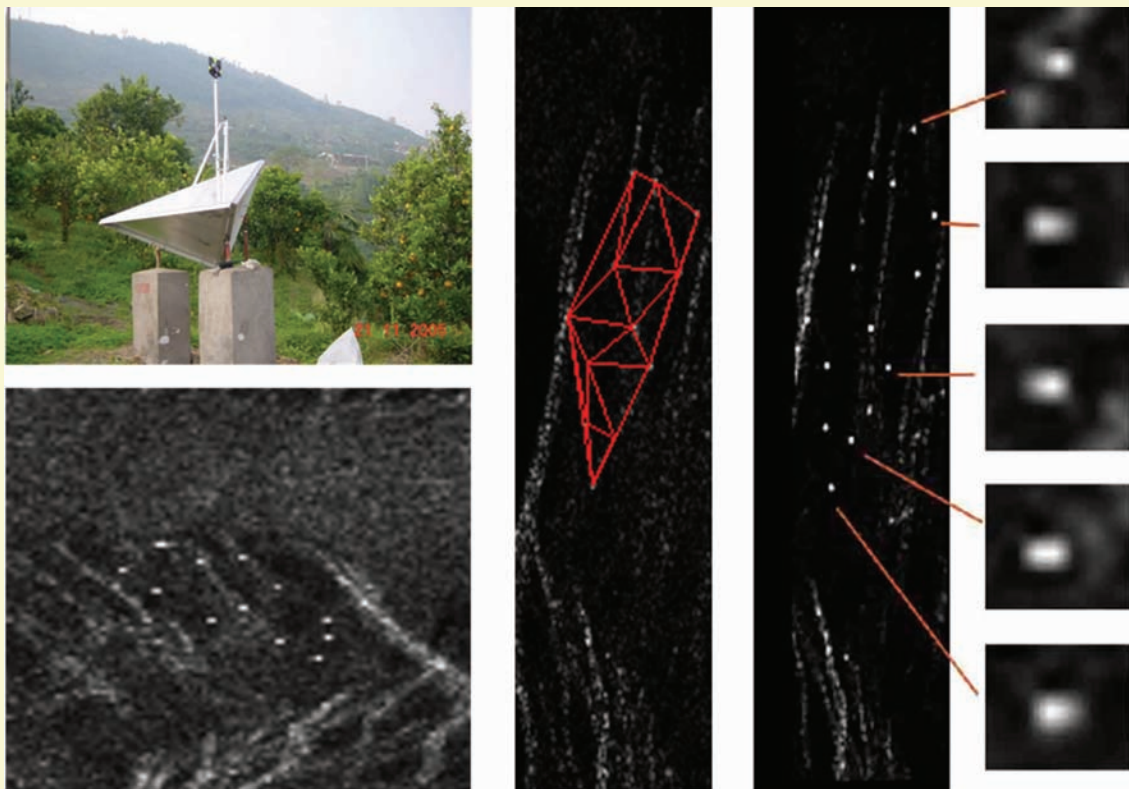


图 3-9 利用 CR InSAR 监测得到的树坪滑坡体变化情况  
(2005,10 -2009.3;最大滑移超过了 1.3m,普遍滑动在 0.3-1m)

### 3.多光谱异常信息提取技术及矿产资源勘查

建立了 1:25 万遥感填图技术流程和技术标准、在西部地区完成不同比例尺的遥感地质解译和遥感找矿工作、利用不同图像处理方法进行典型矿物蚀变异常信息提取和成矿远景预测、以 GIS 和 RS 作为主要技术平台,开发了遥感信息处理分析系统、开发了 RSMAP2.0 软件系统,服务于野外国土资源调查、创立了“去干扰—主成分分析—异常筛选技术”矿物异常信息提取技术(图 3-10),将遥感蚀变异常信息提取技术应用于工程化生产,形成了系列化产品生成体系。

遥感找矿异常提取技术方法已经在我国天山-北山、昆仑山、冈底斯山、青藏铁路沿线等重要成矿带上成功进行了应用,完成遥感数据处理 174 景,制作 1:25 万标准分幅遥感异常图 97 幅、1:10 万标准分幅遥感异常图 200 幅、1:5 万标准分幅遥感异常图 127 幅,推荐遥感异常检查点 3900 多个。在已经检查的 273 个推荐异常中,新发现矿点、矿化点 57 处。

该方法已经被中国地质调查局确定为战略性矿产远景调查工作中遥感技术的必做工作方法,在局系统推广,并在战略性矿产远景调查、全国矿产远

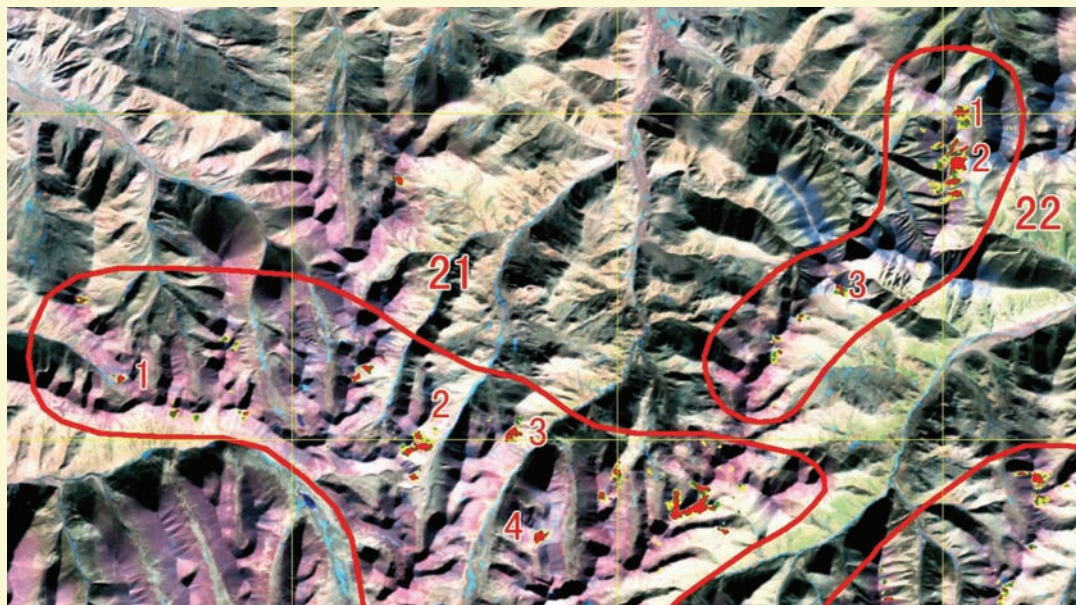


图 3-10 驱龙-甲马地区羟基蚀变异常图

景评价以及我国重要成矿区带的遥感异常提取工作中发挥了重要作用。与此同时,开发的 RSMAP2.0 软件已提供给地调系统约 60 余家单位进行应用和推广,目前已取得了较好应用效果和社会经济效益。

#### 4. 遥感仪器研制及地质应用

研发了 4 种类型的地面光谱仪,开发了具有全部自主知识产权的便携式近红外光谱(矿物)分析仪(图 3-11、12、13),填补了国内空白,各项技术指标均与国外同类产品相当;整体技术达到同类产品的国际先进水平,推进了遥感地质调查地面工作现代化以及遥感地质作用机理的研究。

该系列产品在矿物填图、找矿靶区预测、油气资源评价、考古、珠宝等领域得到广泛应用,此外仪器改进后还在粮油、药品和牛奶检测方面得到推广。在地质调查方面,北京有色地调中心应用本仪器进行了包括内蒙吐泉,青海阿尔金,新疆雅满苏等七处矿物填图,圈定了蚀变带,确定了找矿靶区;航遥中心利用本仪器进行了青海油气普查,建立了油气模型;加拿大斯帕顿矿业公司利用本仪器在云南潞西金矿区划分地层和矿体;澳大利亚矿业公司购买本仪器在张家口蔡家营铅锌矿进行了矿体填图和找矿;台湾考古学会使用本仪器在三星堆、马王堆博物馆进行了古玉器分析测定,追踪玉石来源,宁夏地勘局利用本仪器进行珠宝鉴定;对仪器进行适当改进后,农业部油料所使用该仪器进行了粮油品质鉴定,京新药业进行了药



图 3-11 BJKF-1 型便携式近红外矿物分析仪样机

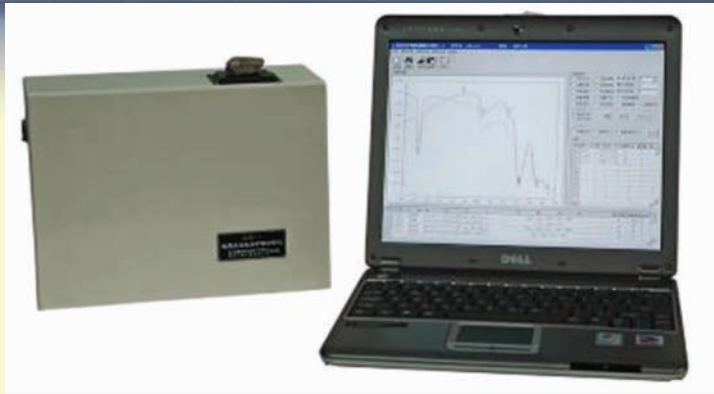
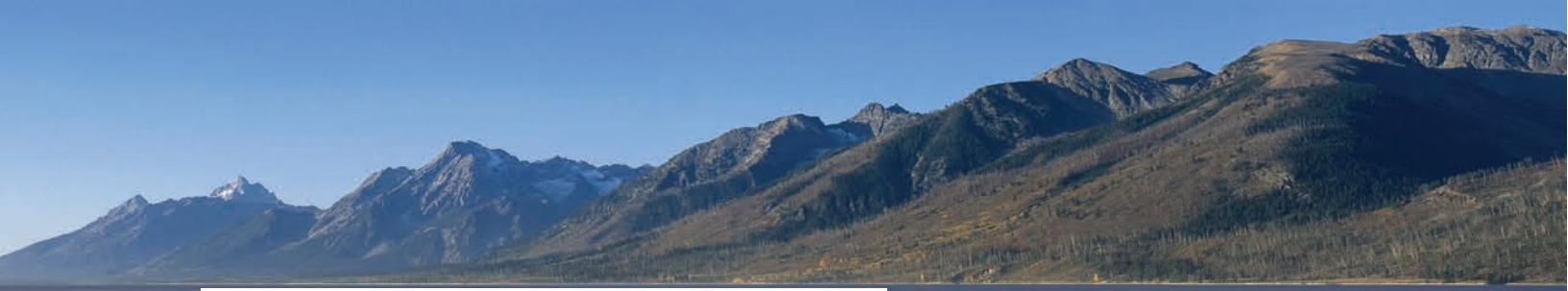


图 3-12 ZDJ1PB-1 型便携式近红外矿物分析仪及携带箱

品质量检测等,国内近百个用户使用本仪器进行分析测量,取得了良好的社会效益。

目前拥有北京有色地调中心、宁夏地矿局、江西地矿局、新疆地矿局等几十个用户使用,同时拥有台湾考古协会、加拿大麦克莱斯矿业公司等地区和国外用户。该项目成果曾代表国土资源部“十五”科技成果展、代表国土资源部成

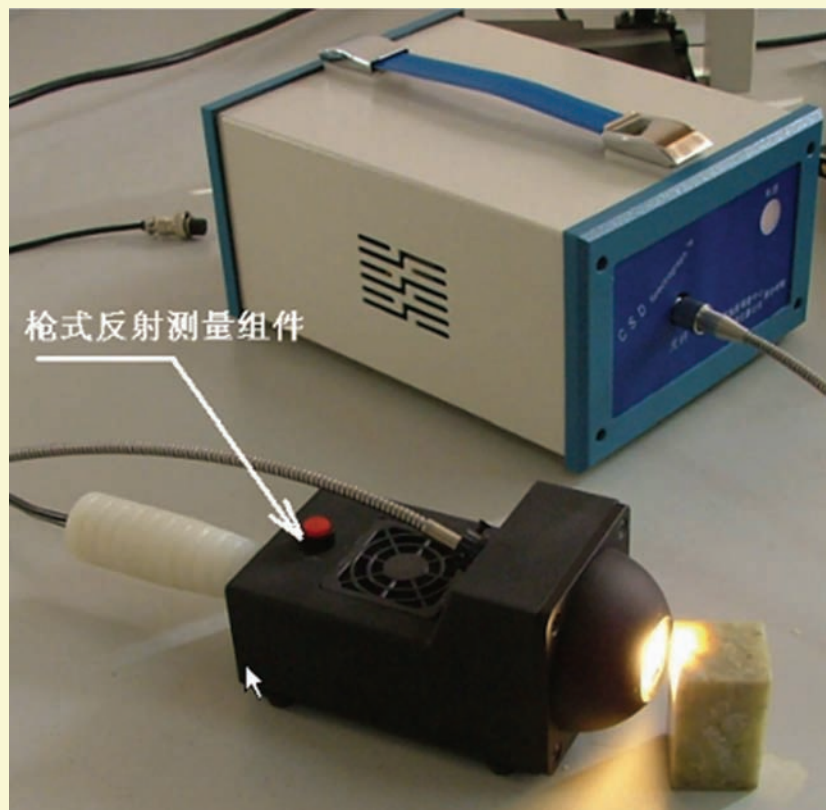


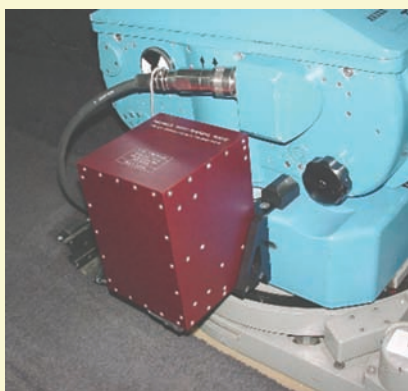
图 3-13 可见光-近红外光纤光谱矿物分析仪主机



果参加 2006 加拿大 PDAC 矿业大会和江苏省“十五”重大创新成果展。获科技部颁发的“国家重点新产品”证书。

## 5.POS 直接定位技术及地质灾害应急与精细调查

深入分析 POS 系统定位定向技术在国内外的的发展现状和存在问题,系统研究基于 DGPS/IMU 组合导航定位技术的 POS 系统工作原理和技术方法以及 POS 与航摄仪集成系统的误差来源及其改正模型,进而提出了一套完整的数据处理及精度评定方法(图 3-14);通过实施多个项目不同方案的集成 POS 系统航空摄影,得出了直接地理定位的数据获取流程及质量控制方法;解决了机载 POS 系统直接地理定位关键技术;针对产业化应用的关键技术环节,提出了 7 项重要技术指标;自主设计开发了专门针对机载 POS 系统直接地理定位方法的软件系统,形成了一套完整的工程化技术流程及实施方案。该方法先后应用于河北丰宁航空摄影、昆明市航空摄影等国家基础测绘项目以及高精度的大比例尺的资源环境调查。



在 POS 系统支持下快速获取的北川航空遥感影像图

图 3-14 机载 POS 系统直接地理定位技术方法

开发机载 POS 系统直接地理定位软件系统,形成了一套完整的工程化技术流程及实施方案。在 2008 年的汶川大地震、2010 年的玉树地震、三峡库区等以及航空遥感精细调查中发挥了重要作用,为救灾减灾、航空遥感精细调查等提供了精确的定位信息。

## 6. 国产卫星关键技术研发及应用系统建设

开展了 02B 星在轨测试和应用技术研发,解决了 02B 星应用中存在的技术难点,总结归纳了卫星数据应用的技术流程;确定了卫星数据在土地利用调查监测、基础地质调查、地质灾害调查,以及国家土地督察和矿业执法检查中的应用可行性。建立了基于国产卫星的矿山动态监测应用示范系统(图 3-15),以及卫星高光谱地质应用试验系统(图 3-16),正在研建基于国产遥感卫星和导航卫星(北斗)的双星地质服务与管理信息系统(图 3-17)。

联合编制了《国土资源卫星应用发展规划(2009-2020 年)》,提出了国土资源业务化卫星应用体系和保障体系建设建议。提出了发展适合于矿产与能源探测的高光谱卫星发展计划。

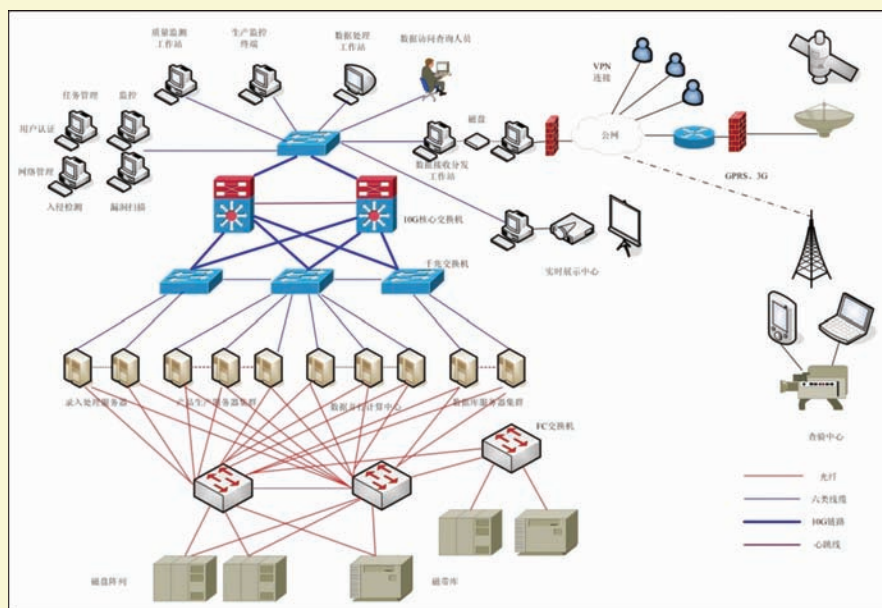


图 3-15 基于国产卫星的矿山动态监测应用示范系统

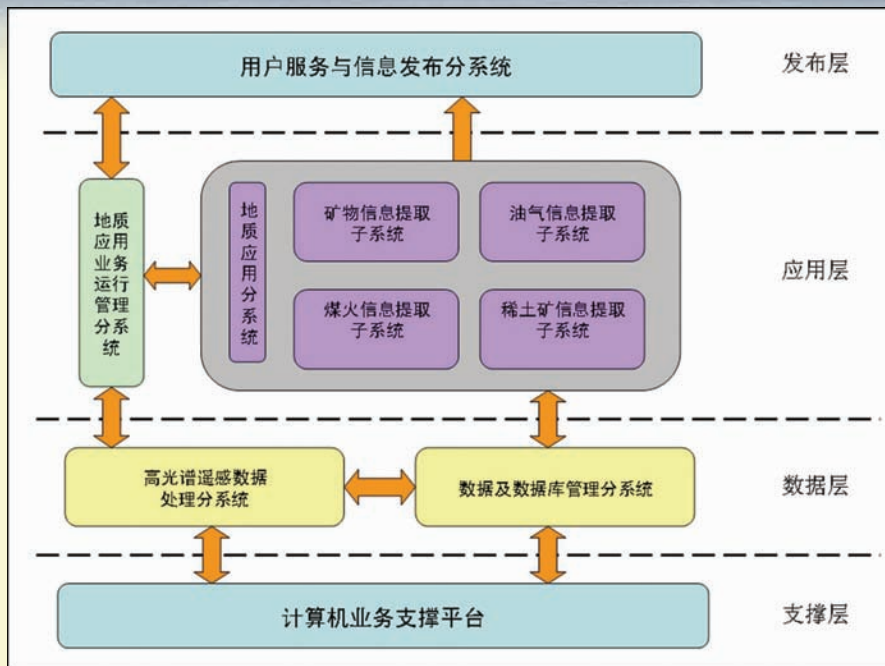


图 3-16 卫星高光谱地质应用系统

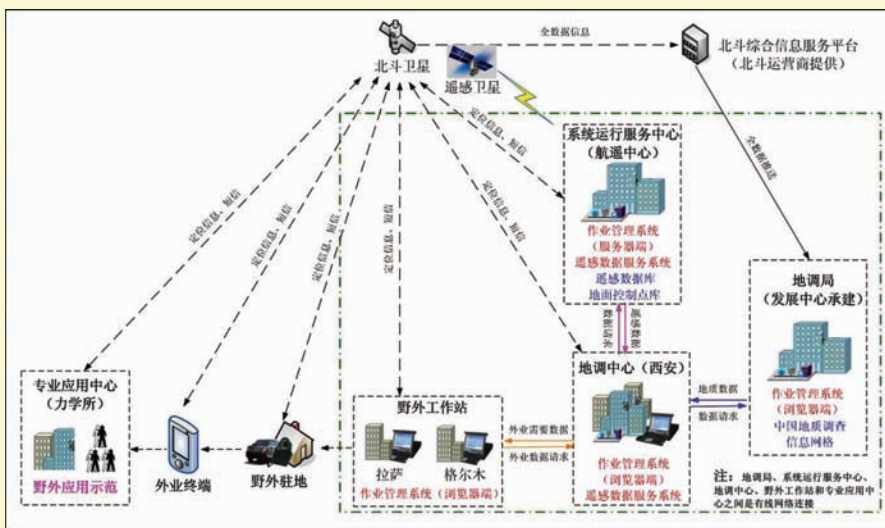


图 3-17 研建中的基于国产遥感卫星和导航卫星（北斗）的双星地质服务与管理系统

资源一号 02C 卫星在国土资源部的领导下，由局航遥中心和部土地勘测规划院联合申报立项。2010 年 7 月，立项建议书已通过中咨公司的评估，并同意立项。

## (四) 钻探技术和装备形成系列产出,为资源环境开发提供直接手段

通过中国大陆科学钻探工程的实施,建立具有了有国际先进水平的科学钻探技术体系,对地球科学研究起到了重要的支撑作用,推动了我国科学钻探技术的进步和发展;研究开发出系列地质钻探全液压动力头岩心钻机,加快了我国地质钻探装备的更新换代;初步建立 2000 米以内地质钻探技术体系,提高了我国地质钻探技术整体水平;开发出陆地、浅海和滩涂地质调查取样钻探技术和装备,为特殊景观地区实施地质填图、化探采样和土地环境评估等领域提供了有效的技术手段;开展了天然气水合物勘探开发钻探技术研究,在高原冻土区成功钻获天然气水合物样品,使我国天然气水合物勘探取得重大突破;实现对接井的重大技术突破,标志着我国定向对接井钻井技术在国际上处于主导地位;逐步建立一支业务过硬的钻探技术研发队伍。

### 1. 科学深孔钻探技术

#### (1) 中国大陆科学钻探工程

针对硬岩深井连续取心钻进的技术难题,研究开发出一整套具有国际先进水平的科学钻探技术体系,完成深度 5158 米的中国大陆科学钻探科钻一井,对地学研究起到了重要的支撑作用,推动了我国钻探技术的进步和发展。见图 4-1



图 4-1 大陆科学钻探科钻一井

### 1) 螺杆马达液动锤金刚石取心钻探技术系统

该技术用于硬岩深井取心钻进具有机械钻速高、回次进尺长、取心效果好、钻柱磨损轻微、功耗低以及钻柱对井壁扰动小等优点,是一项新型的组合式取心钻探技术,属世界首创,达到国际领先水平。见图 4-2

#### 2) 液动锤钻进技术

结合科钻一井的实施,完成了新型液动锤



图 4-3 YZX 系列液动锤实验

的研究开发和应用。科钻一井的统计数据表明,采用液动锤钻进施工,可提高钻进效率 54%,延长回次进尺 178%,大幅度减少了施工周期、降低了施

工成本,为科钻一井的顺利完成发挥了重要作用,并创造了单孔应用进尺和使用深度两项世界纪录,使我国的液动锤技术达到了国际领先水平。见图 4-3

#### 3) 螺杆钻+液动锤+绳索取心三合一钻具

具有创新和多技术集成的三合一(螺杆钻+液动锤+绳索取心)钻具的研制。其技术优势为:利用绳索快速打捞内管钻具,大幅度减少提下钻时间;利用螺杆马达井底回转,降低钻进扭矩,保护井壁安全;利用液动锤,进行冲击载荷碎岩,提高钻速,减少岩心堵塞。

该钻具在大陆科学钻探中的成功使用,使我国的钻探技术迈上了一个新

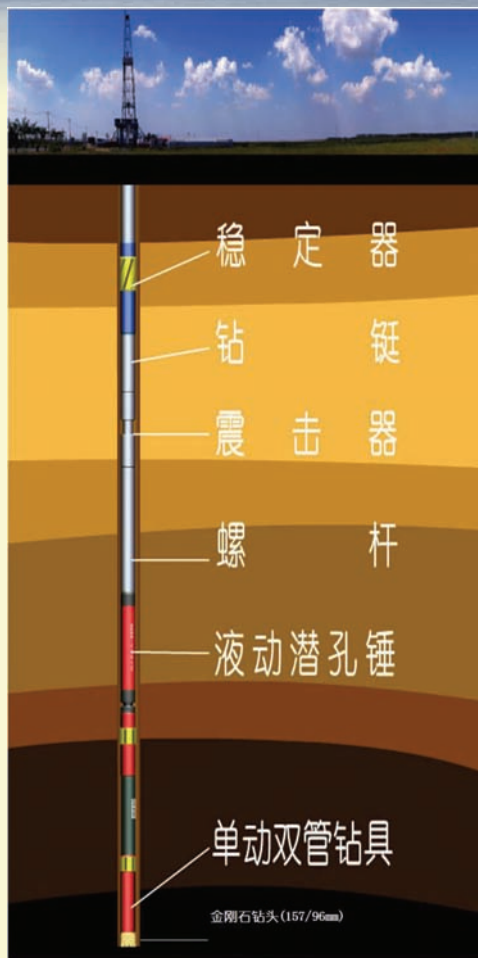


图 4-2 螺杆马达+液动锤+金刚石取心钻探系统



的台阶。该技术达到了国际先进水平。

#### 4)KZ 型 CCSD 专用扩孔钻头

自主研发的 KZ 型 CCSD 专用扩孔钻头,攻克了坚硬岩层的扩孔钻进难题,在接近 2000m 的扩孔施工中,平均寿命超过 60h。见图 4-4



图 4-4 KZ 型专用扩孔钻头

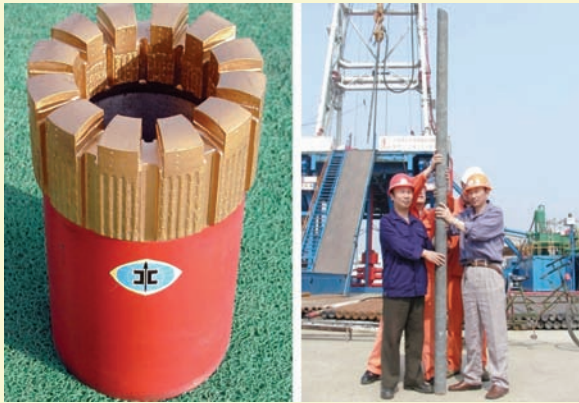


图 4-5 新型金刚石钻头及科钻岩心

#### 5)新型金刚石钻头

在"中国大陆科学钻探工程"的实施过程中,采用新型镶齿式金刚石钻头,钻头整体性能价格比超过国外钻头和中美合资的顶级钻头,达到国际先进水平。见图 4-5

### (2)汶川地震断裂带科学钻探工程

汶川地震断裂带科学钻探工程将为地震研究提供岩心和测井资料,为在地层深部进行科学实验和长期监测提供通道条件。见图 4-6

1)在已完成的 WFSD-1、WFSD-3-P 孔的钻进施工过程中,解决了破碎岩层的取心难题、钻孔缩径卡钻问题,保证了钻探施工安全顺利进行,并以高的采心率(WFSD-1、WFSD-3-P 孔分别为 94.3%、95.1%)获取了原状性好的岩心,为地学研究提供了高质量的样品。

2)探索出一套适合于地震断裂带复杂地层条件的长孔段小间隙下套管固井工艺,成功地完成了破碎扩径带和断层泥缩径带的下套管、固井施工,为整个钻探项目获得成功奠定了基础。

3)组织研发了一套多功能、低成本的深孔取心钻探设备、配套器具以及复杂岩层钻进施工工艺,可用于 3000m 左右的科学钻探、3000~5000m 的岩

心钻探、地热钻探以及煤层气和浅层石油钻探。

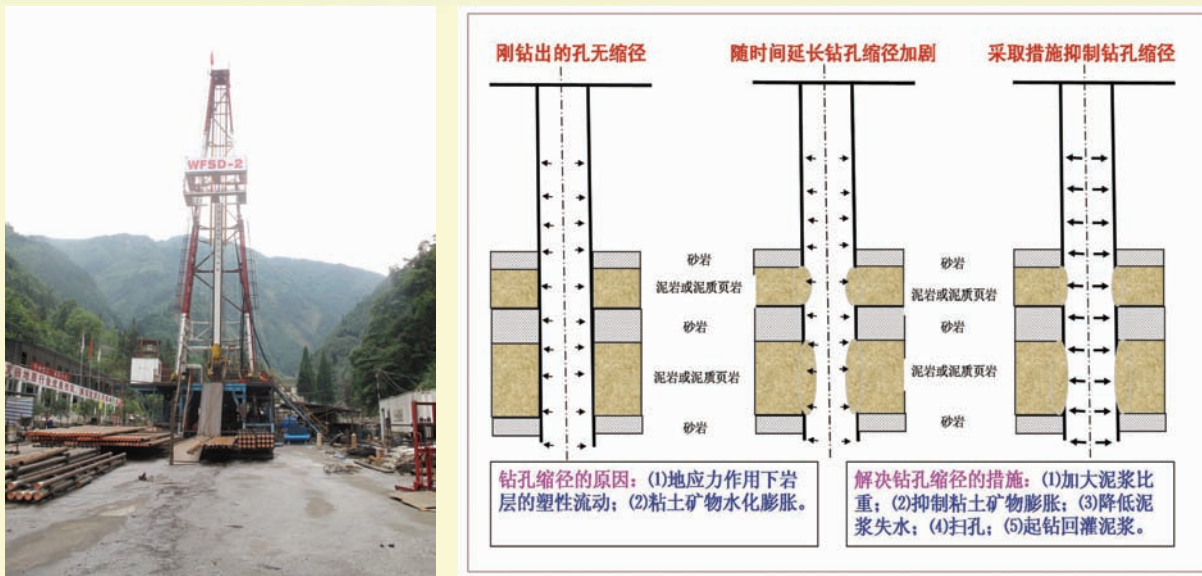


图 4-6 汶川科钻 2 号孔及钻孔缩径示意图

## 2.2000 米地质岩心钻探技术

在地质大调查项目、科技部 863 项目和危机矿山专项项目的支持下,完成了 2000m 全液压岩心钻机及配套设备的研究,包括 2000m 全液压动力头岩心钻机、配套泥浆泵、高精度钻探参数检测系统、钻井液固控系统、深孔用绳索取心钻杆、绳索取心液动潜孔锤钻具、不提钻换钻头钻具以及长寿命金刚石钻头,完成了 2000m 岩心钻探设备、器具配套集成研究和应用示范,标志着我国 2000m 地质岩心钻探技术体系已基本形成。见图 4-7

(1)采用 2000m 全液压地质岩心钻机、配套设备及工艺器具,在山东省乳山金青顶金矿区完成了终孔深度达 2212.80m( $\Phi 76\text{mm}$ N 级口径)示范孔的工程施工。其中采用 H 级口径( $\Phi 95\text{mm}$ )绳索取心钻具钻进 1461.90m,并下入相同深度的  $\Phi 91 \times 4.5\text{mm}$  技术套管,创造了国内 H 级绳索取心钻进深度及岩心钻探套管应用深度的两项最深纪录。

(2)新开发的 XJY-850 无缝合金钢管材,管材机械性能达到国际先进水



平,几何精度明显提高。用此管材研发的 73mm、89mm 绳索取心钻杆,在示范孔施工期间未发生孔内钻杆事故,标志着高强度薄壁绳索取心钻杆研究取得了重大进展,将结束我国 2000m 以深钻孔绳索取心钻杆依靠进口的局面。

(3) 超高胎体双层水口金刚石钻头硬岩最长使用寿命超过 110m。



图 4-7 2000m 地质岩心钻探技术示范工程

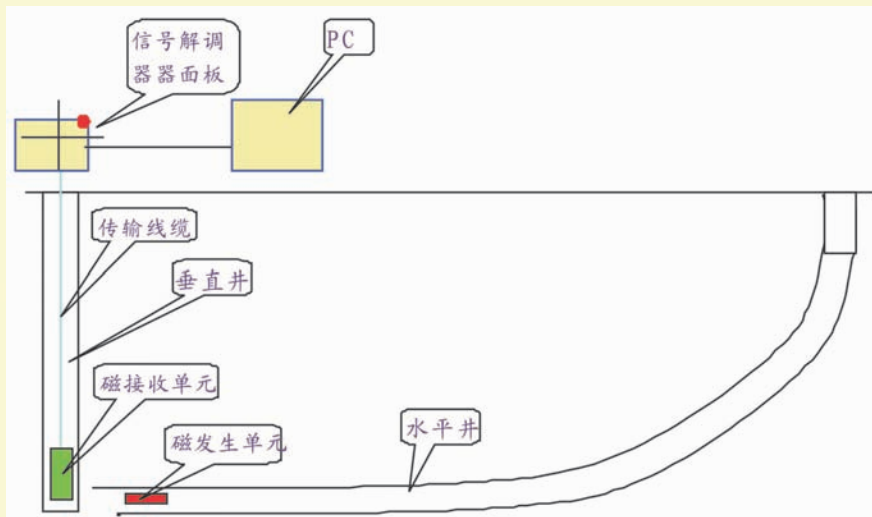


图 4-8 对接井钻井技术



### 3.高精度定向对接井钻井技术

勘探所在地调项目的支持下,完成了高精度定向对接中靶系统研究,实现了地下导航高精度定向对接连通,这是对井施工技术的重大突破,标志着我国定向对接井钻井技术在国际上处于主导地位。

通过土耳其天然碱工程的实施,实现从两井对接连通到多井对接连通的技术跨越;在此基础上,促进了对接井钻进实现从单点服务到多点服务——技术服务到工程总承包——国内工程到国外工程的转变。见图 4-8

### 4.系列全液压动力头钻机

完成了 300m、600m、1000m、1500m 和 2000m 系列全液压地质岩心钻机的研制,实现了对进口产品的替代,为我国地质钻探装备的更新换代提供了现代化产品。目前在国内市场占有率已经超过 70%,并出口澳大利亚、俄罗斯、吉尔吉斯斯坦、蒙古等国。见图 4-9



图 4-9 YDX 系列全液压动力头钻机

### 5.全液压车装动力头水井钻机

由勘探所研制的 SDC-1000 全液压钻机,可用于煤层气抽采井快速钻孔、浅层油气井、抢险救援井以及勘探孔、物探孔、地热井、水井等深度 1000 米以内不同孔径钻孔的施工,带动了国内相关领域装备研发的发展,为水文水井、煤层气等资源的勘探开发提供了现代化的高效钻探技术装备。见图 4-10



图 4-10 SDC-1000 全液压水井钻机

## 6. 浅海及滩涂取样钻机

研制了浅海及滩涂取样钻机,为沼泽、滩涂、水域等复杂地区进行地取心钻探、原位测试、科学探险、考察、工程地质勘探提供了专业的现代化钻探装备。见图 4-11



图 4-11 浅海及滩涂取样钻机

## 7. 浅层取样技术

为满足地质填图和化探技术的采样需要,充分发挥地质钻探技术的支撑作用,完成了浅层的取心和取样技术的研究和应用。工艺所研制了便携式地质刻槽取样机;探工所研发了 TGQ 勘查取样钻机(图 4-12),勘探所研发了 DR 系列全液压取样钻机(图 4-14)。其中北京探工所研制的 TGQ 系列轻便取样钻机先后出口非洲加蓬、尼日利亚和安哥拉等国,共出口 80 台套(图 4-13)。



图 4-12 浅层取样系列钻机



图 4-13 TGQ 系列轻型取样钻机在非洲加蓬取样施工



图 4-14 勘探所 DR 系列全液压取样钻机

### 8. 天然气水合物钻探技术

勘探所针对天然气水合物的特性,开发了保温保压取样钻具和快速冷冻取样器。在海拔 4200 米的青海省祁连山脉木里高原冻土区进行了我国第一口"祁连山冻土区天然气水合物 DK-1 科学钻探实验孔"钻探施工,并成功钻获了天然气水合物样品。见图 4-15



图 4-15 天然气水合物钻探施工现场

### 9. 新型金刚石钻头系列

探矿工程所采用新型镶齿式金刚石钻头的二次镶嵌式工艺,提高了我国孕镶金刚石钻头的制造水平。研制的 PDC 黑冰齿复合片钻头,与常规合金钻头相比,在煤田地质钻探中钻探效率提高 3 倍,钻头寿命提高数十倍,成本降低 70%;采用复合式金刚石钻头,利用巴拉斯(三角聚晶)和金刚石孕镶层的复合作用(巴拉斯的犁作作用和高耐磨性,孕镶层的磨削作用和自锐特性),可以适应硬、脆、地地层,取得了好效果。见图 4-16



图 4-16 新型金刚石系列钻头

## 10. 新型冲洗液技术

通过多年来地调项目的实施,冲洗液技术研究取得了丰硕的成果,完成了五种新型冲洗液处理剂的研制和五种新型冲洗液体系的研究:

五种新型冲洗液处理剂:高效润滑剂(GLUB)、非分散高温聚合物稀释剂、高效护壁剂、KL植物胶及接枝淀粉共聚物;

五种新型冲洗液体系:PHP-GSP无固相冲洗液体系、GSP低固相冲洗液体系、生物聚合物无固相冲洗液体系、低摩阻抗盐侵冲洗液体系及KL植物胶型环保冲洗液体系;

开展了新型堵漏技术的研究及地质调查钻探泥浆数据库研究。

以上成果为复杂及特殊地质条件下开展钻探施工,应对复杂工程地质问题、提高钻进效率、保证钻孔安全,提供了强有力的技术支撑。

### (五) 地质测试分析技术与国际同步发展,为国土资源调查再添利器

2006年9月,在北京召开了由中国地质调查局和国际地质分析家协会联合主办,国家地质实验测试中心承办的主题为“资源与环境材料的现代分析技术”的第六届国际地质和环境材料分析大会(Geoanalysis2006)。本届会议是国际地质分析大会有史以来规模最大的一次会议。来自澳大利亚、德国、蒙古、俄罗斯、美国坦桑尼亚等19个国家的近200位专家参加会议,表明我国的分析测试水平得到了国际认可和相应地位。

通过地质大调查研究建立了一批应用于生态环境地质调查和评价、地下水、土壤和海洋带沉积物有机污染物调查、海洋区域地质调查、油气资源调查和矿产资源调查,涵盖无机分析、有机分析、同位素分析、微区分析、形态分析、野外现场分析等现代分析测试技术的,具有创新性的实验测试新技术、新方法。



## 1.无机测试分析技术

针对我国地质大调查的需求,建立了以 X 射线荧光光谱仪(XRF)、等离子体原子发射光谱仪(ICP-AES)、等离子体质谱仪(ICP-MS)等大型现代分析仪器为主,辅之以其他经典分析技术的多元素的分析系统方案(图 5-1)。重点解决了化探分析要求的 76 个中的一些难分析元素(铂族、稀有稀散以及卤素等 26 个金属和非金属元素),其中部分方法填补了国内同类标准空白,极大地提高了整体分析技术水平。

正因为有分析测试技术作支撑,目前除我国外,其他国家尚不具备全面、快速、高质量完成大批量地质样品的分析测试的能力,使得我国的地球化学填图在世界上处于领先地位。



等离子体质谱仪



等离子体光学发射光谱仪



原子吸收分光光度计



X 射线荧光光谱仪

图 5-1 在大调查支持下引进的系列地质分析仪器

## 2. 有机测试分析技术

开展了多目标地质调查中主要有机物、地下水重要有机污染物、能源有机地球化学实验测试技术方法研究。

形成了一套相对快速、经济的地质样品中有机污染物分析方法。研究制定了地下水污染调查评价样品分析质量控制方法,野外样品采集方法和现场质量控制方法、实验室日常分析质量监控方法和地下水样品测试质量远程实时监控系统等共性和关键技术问题。

分析了 25 种挥发性卤代烃、苯系物、11 项有机氯农药和 1 种多环芳烃共计 37 项优先控制有机污染物。在此基础上,建立了全国地下水污染调查必测 37 项有机组分的测试方法并在行业内推广应用。

有机测试分析技术的开发,为全国地下水污染调查、油气地球化学勘查提供了强有力的技术支撑。

## 3. 同位素分析测试技术

引进了我国第一台高灵敏度高分辨率离子探针质谱并开发了相应的测试技术,在前寒武纪地质研究方面取得了许多世界一流的研究成果。

建成了我国第一家硅同位素分析实验室,技术研究及应用研究在国际上均处于领先地位。

建成了我国第一家 La-Ce 法定年实验室、磷灰石(U-Th)/He 同位素定年实验室和国内首家 Mg 同位素测定实验室,均填补了国内空白。

首次在国内建立了硝酸盐的氮氧同位素和氧同位素非质量效应分析方法、微区原位硼同位素分析方法、铜锌同位素分析方法,为直接利用成矿元素的同位素示踪成矿物质来源提供了有力支撑。

率先在国内开展激光氩-氩法测年技术研究,将我国的氩-氩同位素年代学研究带入微区领域。



#### 4.现场分析新技术新方法

开展野外现场分析技术研究,为地学科研和矿产勘查提供及时、可靠、乃至决策性的现场测试数据支持,是地质实验测试技术发展的重要方向之一。大陆科学钻探工程的开展,有力带动了现场分析技术的发展,特别是科学钻探现场流体分析技术达到国际水平,为及时获得地下流体地球化学信息作出重要贡献。“多功能车载野外实验分析装备”面向西部偏远覆盖区的矿产勘查,集浅钻取样、制样和现场分析于一体,已取得一些初步研究成果。见图 5-2、5-3



图 5-2 车载式野外现场实验室



图 5-3 大陆科钻地下流体现场分析实验室



## 5.地质分析仪器研制

国家重视具有自主知识产权,先进、适用的专业化地质分析仪器及相关辅助设备研发。便携式 X—射线荧光光谱分析仪的研制成功应用于地球化学找矿、环境地质、贵金属材料和饰品的检测等方面;便携式近红外矿物分析仪,为硅酸盐单矿物、含羟基硅酸盐矿物、硫酸盐矿物和碳酸盐矿物的野外现场分析提供了准确、简便、适用的手段;X—射线荧光光谱分析仪在大洋科考船上的现场分析居国际先进行列。20 世纪 90 年代,X—射线全反射装置的研制和研究,提高了 79 种元素分析的检出能力。其他已成功研制的仪器有:便携式光导比色计,紫外/可见分光光度计,流动注射分析仪等十几种仪器。其中,有的仪器已经批量生产并达到产品系列化。见图 5-4



图 5-4 便携式 X—射线荧光光谱分析仪

## 6.标准物质研制

研究制定一批地质调查急需,以现代实验测试技术为支撑的,应用于矿物矿石类样品和生物地球化学样品的分析标准方法;研制一批地质调查急需的标准物质

地质大调查工作开展以来,研制了碳酸盐岩石成分分析标准物质、系列



金属矿石成分分析标准物质、铝土矿成分分析标准物质、稀有稀土矿石成分分析标准物质、西藏沉积物成分标准物质、系列土壤、底泥中常量、微量元素标准物质、河口沉积物地球化学标准物质、铯-钷定年标准物质、系列生物成分分析标



图 5-5 部分标准样品及定级证书

准物质、金地球化学标准物质、系列土壤形态、有效态标准物质、重晶石矿石成分分析标准物质等共计 160 余种国家标准物质。目前还在进行多金属矿石、石英岩化学成分、矽线石、南极海洋沉积物、三江源沉积物、土壤磷形态等多种标准物质的研制工作。这些标准物质广泛应用于对多目标地球化学调查、区域化探以及矿产调查样品分析质量监控,对提高国土资源大调查中样品分析水平发挥了重要的作用。见图 5-5

近年来,地科院资源所研制的石英玻璃和锰铝石榴石两个激光氧、硅同位素分析工作标准物质,为激光同位素分析在国内地质领域的应用和推广奠定了基础。国家地质实验测试中心成功研制了两个国际上首例辉钼矿 Re-Os 年龄国家一级标准物质,为国内外 Re-Os 年龄实验室建立了科学数据比对的共同尺度。地科院物化探所研制的 6 个有效态国家一级标准物质和国家地质实验测试中心研制的 3 个土壤和沉积物中 13 个微量元素顺序提取标准物质,为建立土壤和沉积物中重金属顺序提取形态分析技术体系和质量监控

体系奠定了坚实的基础。

2001至2009年,共研制地质矿产成分分析国家一级标准物质135种,二级标准物质16种。除了地质矿产成分分析标准物质以外,围绕地质调查、生态地球化学评价等研究工作的开展,还进行了环境化学分析、食品成分分析等相关领域标准物质的研制工作。

截止2010年4月,现行有效的地质实验测试标准方法统计情况为:国家标准方法21项(包括96个分标准,已修定报批,待发布)、行业标准、规程19项(包括789个分标准)。

### 7.实验室质量监控和管理

围绕现代分析测试技术产生的海量数据,实验室信息管理系统(LIMS)和实验测试质量控制与标准物质的研制也越来越引起重视。在“十五”期间,中国地质调查局宜昌地质矿产研究所、国家地质实验测试中心等实验室开展LIMS的研究并获得重要进展的基础上,宜昌地质矿产研究所和国家地质实验测试中心对研究成果进行了进一步的完善。宜昌地质矿产研究所的研究成果在中国地质调查局的支持下,开始在全国地质实验室推广。利用现代化计算机和信息技术,实现海量实验数据的储存、管理和共享。

宜昌地质矿产研究所根据各单位的实际情况及不同的管理要求,完成了大量用户本地化编程工作。包括:二级和三级组织结构的转换、不同形式的原始记录和分析报告格式、不同要求的收费计算和工作量统计模式等;已完成西安地质调查中心、天津地质调查中心、成都地质调查中心等七家单位实验室LIMS的安装、联机调试及人员培训工作,同时,先后接待青岛海洋所、西安地质调查中心、天津地质调查中心等单位20多人次参观和现场培训。

## (六) 创新综合利用技术工艺, 扩大社会经济效益

### 1. 共伴生难处理矿产综合利用水平提升

一批高水平的磁铁矿、红柱石矿、难选钼矿、稀土矿、铜钼共生矿及盐湖矿产、难处理金矿等综合利用新技术投入产业开发, 产生了很好的经济效益, 促进了我国矿业发展

磁场筛选法(磁筛)新技术创新性地综合利用了磁选、重选和筛分手段, 有针对性地解决了细粒难选磁铁矿矿石的选矿难题, 在确保回收率前提下, 可以大幅度提高铁精矿品位, 获得优质铁精矿。对我国 8 大矿区 30 亿吨难利用铁矿的研究结果表明, 在确保回收率的前提下, 大部分可选得 TFe66%~70%左右的优质铁精矿, 有的甚至可以选得 TFe71%以上的可供粉末冶金、作软磁性材料用的高纯铁精矿, 研究表明难利用铁矿可得到有效开发利用。目前“磁筛”技术装备相继在武钢大冶铁矿、唐钢庙沟铁矿等 50 余家矿山企业推广应用, 数以亿吨计的细粒不均匀嵌布磁铁矿可以获得高品质铁精矿, 有力推动了钢铁工业节能减排。2009 年度磁筛设备又被阿根廷中冶集团 MSG



图 6-1 磁筛--武钢集团大冶铁矿选矿厂大量应用

铁矿山采用进行工业试验。见图 6-1

依托红柱石选矿新技术建成了目前亚洲最大的红柱石选矿厂(年产 5 万吨红柱石精矿),采用的选矿工艺简单易行、低成本、无污染,不但获得优质骨料级高档耐火材料原料,填补了国内空白,而且解决了细粒级物料难利用的问题。项目 2007 年度获国土资源科学技术二等奖。见图 6-2



图 6-2 新疆库尔勒三维矿业公司红柱石年产 5 万吨红柱石精矿选矿厂奠基

攻克了氧化钼矿和难选滑石型钼矿选矿界公认的难题,盘活了大量难利用钼矿资源。目前依靠氧化钼矿选矿新技术在内蒙投产了我国第 1 条氧化钼矿生产线;难选滑石型钼矿选矿提纯技术栾川上房沟钼矿得到推广应用,取得了显著经济效益。见图 6-3

四川龙蟒集团利用钒钛磁铁矿综合利用技术研究成果,进行了红格钒钛磁铁矿选矿设计与工程开发,建成了年处理 150 万吨原矿的选矿示范生产厂,金属回收率、产品质量和能耗等主要技术经济指标领先于同类型企业,可年产铁精矿 55 万吨、钛精矿 10 万吨以上,年产值 2.5 亿元,利税 6000 万元以上。该项目解决了龙蟒保有储量 6 亿多吨的钒钛磁铁矿资源合理开发利用



难题，同时也将带动攀枝花红格矿区保有储量 16 亿多吨及攀西地区近百亿吨的钒钛磁铁矿资源利用的技术进步。见图 6-4

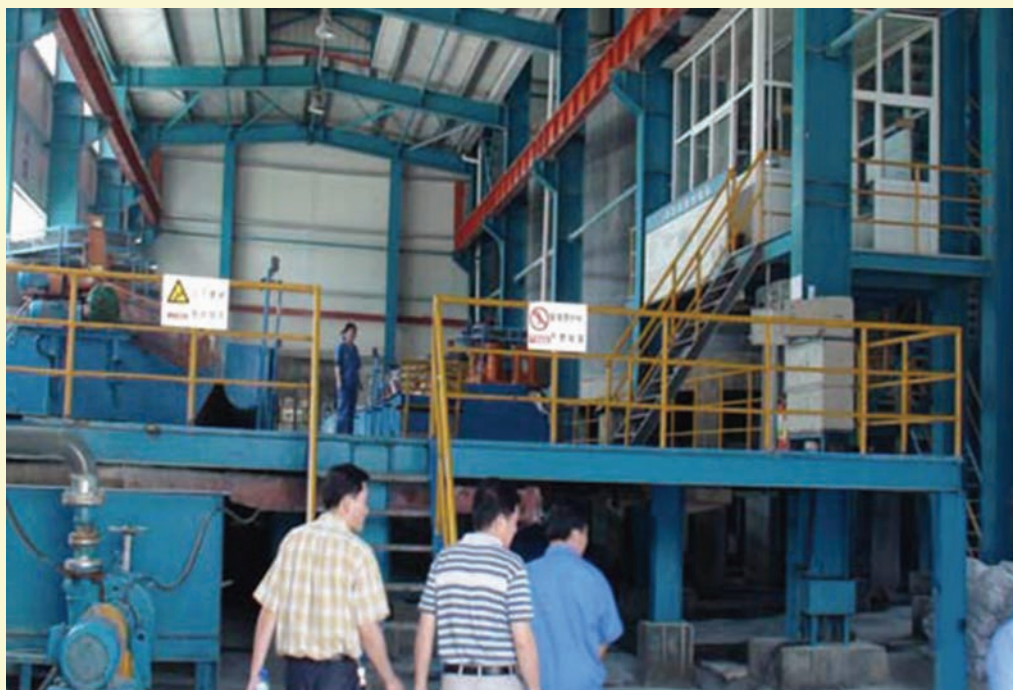


图 6-3 洛钼集团富川公司难选钼矿生产车间



图 6-4 四川龙蟒集团钒钛磁铁矿年处理 150 万吨原矿选矿厂

四川冕宁稀土矿综合利用研究成果,形成了适应西南稀土资源特点的开发利用系列技术。成果转化形成了稀土生产的产业链,实际加工量占四川的50%、全国的10%~15%。2006~2008年的产值为6亿元,上交利税1.5亿元。以该成套技术为基础创办的“稀土科技产业园区”可批量供应氯化物、氧化物、氟化物、碳酸盐、高纯金属、稀土硅化物等六大系列、三十余种规格(型号)的系列稀土产品,出口日美等国家和地区,技术指标达到国际先进水平,对我国的稀土产业优势的形成起到了积极推动作用。见图6-5

西藏中凯矿业股份有限公司根据“铜钼铅锌共生矿综合利用技术研究”成果,建成年处理原矿27万吨的铜多金属矿选矿厂。通过三年的生产运行,产值达28392万元,实现利润6202.6万元,为国家上缴税收947.72万元。该技术成功应用的实例已在当地形成了一定的影响力。对所在地区总储量800~1500万吨的该类资源利用有很好的示范作用。项目2009年度获国土资源科学技术二等奖。见图6-6



图6-5 冕宁稀土矿综合利用示范厂



图 6-6 中凯矿业公司铜钼铅锌共生矿综合利用选矿厂

在成本较低的“盐湖提锂”取代“锂辉石硬岩提锂”的发展趋势下,“西藏扎布耶盐湖资源提取技术”项目为西藏扎布耶盐湖卤水提取锂资源的产业化提供了技术先进、经济效益好的开发途径。项目 2003 度获国家科学技术进步二等奖、2002 度获国土资源科学技术一等奖。

根据地调项目研究的技术积累,承担单位积极开展技术延伸研究和技术推广应用,也产生了较好的经济效益,如根据嵩县难处理金矿矿石性质和现场实际情况,提出的工艺流程改造方案具有很好的实用性,使金回收率由原来的 65%提高到 86%以上,年增经济效益 1000 万元以上,充分利用了国家有限的金矿资源,创造了良好的经济效益。嵩县难处理金矿项目 2004 度获国土资源科学技术二等奖。



## 2. 复杂难利用矿产综合利用方法不断改进

### 对银铅锌铜多金属矿、浸染型钴银矿和含钴铜镍矿等复杂难利用矿开辟了综合利用新途径

在复杂难利用矿研究方面,对三江地区的白秧坪、夏塞、呷村等银铅锌铜复杂难选冶多金属矿,开创性地提出了选冶结合处理工艺,对解决矿物嵌布复杂难以单体解离获得高品位单一精矿产品或精矿产品互含较高的难题,开辟了一条新途径。

呷村特大型银铅锌铜多金属矿的开发,汇聚了多家研究单位的技术精华,选冶结合研究成果代表了矿物加工的发展方向,为国内同类型复杂难处理矿的开发利用提供了有力的技术支撑。

浸染型钴银矿通过湿法冶金工艺,有效地提取了钴,减少了环境污染,尤其是选择适宜的固砷剂、脱砷剂,解决了高砷钴矿中砷的污染及脱砷难的问题。

含钴铜镍矿资源合理利用新工艺研究针对从选矿产品冶炼高冰镍并从中回收钴、镍的工艺十分成熟,高砷冰镍火法提取工艺对环境污染严重的技术现状,选定一种成分复杂的高砷冰镍进行湿法冶金分离回收钴、镍等有用组分的试验研究,填补国内湿法处理高砷冰镍的空白,完善钴资源综合利用的技术体系。

## 3. 提高矿产利用率技术有较大突破

### 低品位矿产、复杂难利用矿产提高资源回收率的技术研究获得突破,有望大大增加我国矿产的可利用储量、缓解我国资源的紧张局面

“鄂西宁乡式铁矿利用工艺技术研究”获得突破性进展。扩大连续试验采用“磨矿-重选脱泥-反浮选脱磷脱硅”工艺,获得的铁精矿质量( $TFe \geq 57.32\%$ ,  $P \leq 0.28\%$ )达到炼铁原料要求时,铁回收率达 80.7%,为盘活我国数



十亿吨宁乡式铁矿资源提供了技术支持。见图 6-7



图 6-7 鄂西宁乡式铁矿工艺技术研究扩大连续试验车间

多宝山斑岩型铜钼多金属矿综合利用新技术研究、铜铅锌银多金属矿湿法提取分离新技术研究、新疆优势非金属矿综合利用技术研究、滑石型难选钼矿资源选矿关键技术研究、含砷铜金矿综合利用新技术、内蒙古 801 稀有多金属矿(图 6-8)等地调项目,提高了资源利用率,有望解决一批长期呆滞矿的利用技术难题,部分成果正在转化实施中。

低品位碳酸锰矿制备高纯材料技术及产业化研究依靠科技创新,解决我国锰资源利用率低、电解金属锰产品质量不高的技术问题,为占我国锰资源储量 97% 的贫锰矿的利用、提高我国电解金属锰的国际市场竞争力提供技术支撑。

西部钛资源深度利用技术为四川攀枝花、新疆巴楚、河北承德等地区的

钒钛磁铁矿资源提供了开发利用工艺技术，将使呆滞的低贫钒钛铁矿资源得到开发利用，对提高资源利用率和促进我国铁、钛、钒产业的发展发挥了积极的支撑作用。



图 6-8 内蒙古 801 稀有多金属矿工艺技术研究扩大连续试验车间

攀西地区浸染型铜多金属矿分离新技术研究采用铜钼混合浮选—选钴—选铁—铜钼分离工艺流程获得了合格铜精矿、铁精矿、钴精矿，研制了 EM-H08-2 铜矿物有效抑制剂，有望使四川会理、西藏索达等地区资源储量 1200 多万吨的铜多金属难处理矿资源得到有效利用。

#### 4. 非金属矿产高效开发利用技术亮点

非金属矿选矿提纯、矿物材料应用研究、超微粉制备、表面改性和专用加工装备的研制，推动了非金属矿的高效开发利用

“新疆优势非金属矿综合利用技术研究”研究出独特的“集合体选矿”技



术路线,解决了新疆库尔勒储量 1.2 亿吨的红柱石的利用难题。获得的优质红柱石精矿,填补了国内空白,结束了国内长期缺乏粗粒红柱石骨料的历史。工艺操作简单可靠,生产成本低,技术指标属国内领先。

非金属矿新材料研究为非金属矿的高值利用、提高非金属矿资源的保障程度和开发的经济效益打下了基础。在“蒙脱石纳米粘土研究”、“矿物纤维—聚合物增强材料制备技术研究”、“纳米矿物粉体材料制备新技术研究”、“矿物材料应用技术研究”项目的支持下,沸石、膨润土矿高值利用、矿物纤维增强高聚物复合材料、纳米材料研究方面取得了一系列成果(图 6-9)。利用矿物改性手段将矿物学和材料科学相结合,改变非金属矿物的表面物理化学性质,研制深加工、精细加工、高技术附加值的矿物新产品,为改变大量非金属矿资源的低值利用、“高进低出”的局面,实现非金属矿资源的合理利用和有效保护做出了贡献。通过改性手段拓展资源利用新用途,实现资源增值化,提高了我国矿产资源的战略价值和地位。



图 6-9 研发的沸石分子筛产品

水镁石矿物经表面改性后制备氢氧化镁阻燃剂,用于高分子材料中,可以使高分子材料具备无毒、无卤、消烟、阻燃的效果,极大地降低了火灾的危险性,降低了火、烟对环境危害,对保障设备财产安全和人民生命安全,具有重要的社会效益。见图 6-10



图 6-10 氢氧化镁阻燃剂

长江上游煤系硫铁矿综合利用技术研究，采用全浮选工艺获得品位 49.63%，回收率 95.5% 的优质硫精矿，硫精矿烧渣为良好炼铁原料，选矿尾矿制作烧结墙体砖和烧结装饰砖质量达到 MU15—MU20 级。实现煤系硫铁矿资源全面综合利用。见图 6-11



图 6-11 硫铁矿选矿尾矿制作烧结墙体砖



图 6-12 FZF 型非金属专用浮选机



图 6-13 干式强磁选机

针对我国非金属矿分选加工装备分选效率低下、产品质量难以提高的现状,研究开发出了适应非金属矿选别、加工特点的工业级浮选机新型搅拌磨、系列磁选机等开创性的非金属矿专用设备技术,获得国家专利两项,研制的各型设备已在国内 10 多家矿山企业成功使用。见图 6-12、6-13

### 5.尾矿回收利用技术有进展

全面调研了解了我国重要矿产矿山的尾矿堆存和利用状况,研发了一批有较强实用性的尾矿中有价成分的回收技术以及尾矿制备建筑材料技术、环境治理的矿物材料应用技术

“我国尾矿资源开发利用现状调查及利用对策研究”、“重要固体矿产尾矿资源调查与综合利用研究”调研了主要大型矿山尾矿,为国内尾矿资源利用评价提供了可靠依据。全面分析了大宗矿产尾矿堆存量、性质,总结了尾矿分类及相关的尾矿利用技术进展、典型经验和存在问题,并结合国民经济发展趋势及对矿产品的需求,建立了尾矿堆存量预测数学模型,提出了进一步提高尾矿综合利用水平的对策建议,为我国尾矿资源开发利用和保护决策提供依据。

“北京地区垃圾填埋场选址防渗透与地下水污染防治中环境矿物材料利用研究”对北京地区六里屯等 3 个典型垃圾填埋场天然粘土层的环境容量进行了综合评价。对粘土层的化学组成、矿物组成及其它物化性能等进行了分析测试;对粘土层有机污染物的吸附率和去除率进行了系统的实验。通过对天然矿物材料的有机、无机改性,取得了吸附和去除有机污染物的良好效果。

“利用矿业废弃粉煤灰、水坝淤积物改善生态环境研究”项目以植树造林为主,并研究了城市污水沉淀物肥效,首次在国内将废弃物以植树造林缓释肥的角度,进行了从矿物组合、成分、物性及栽种实验等多方面的详细研究;在国内首次提供了淤泥与污泥系统矿物学资料,为以后应用提供了参



考;提出了土壤与废弃物组合植树造林的合理配方。

“湘粤赣冶炼废渣资源利用技术研究”提出的铅锌废渣、钢铁厂烟尘利用技术路线,解决了硫酸熟化—浸出法浸出率低和高硅难过滤、二次高温挥发富集中试料品位低、工艺成本高的问题,实现了冶炼废渣、粉尘等废弃物资源循环利用,减轻环境污染,经济效益、社会效益和环保效益显著。

## (七)新技术新方法培训取得显著效果

大调查开展以来,我局在勘查技术领域取得了一系列新进展,为及时推广这些成果,提高野外一线地质调查工作水平和效率,有计划地开展了新技术新方法培训。仅2004年至2009年6年间,围绕野外地质工作需要,结合大调查陆续产出的技术成果,安排了70多期新技术方法培训班。参加培训总人数超过6000人次,70%为年轻技术人员。参加培训授课的专家300多人。编辑培训教材20册。汇总的PPT讲稿300多个,还现场录制的培训DVD光盘。总体来讲,培训内容丰富,形式多样,成效较为显著。

### 1、紧密结合工作实际,面向生产一线,解决地调工作难题

年初在野外之前安排地质钻探和取样技术培训,保证技术人员在出队之前掌握相关的仪器操作技能,解决了他们出队前的许多难题。物探仪器及方法技术培训班于野外收队之后的12月初举办,解决了一线工作中的数据分析解释的许多技术难题。

### 2、培训目标明确、计划科学合理、内容翔实实用

遥感红外光谱分析技术培训班,现场演示了野外光谱仪的操作方法和数据处理软件使用方法,60%以上的学员当天可以熟练使用仪器。为配合全国地下水污染调查评价工作需求,举办的地下水污染分析培训班,将培训授





课、专家现场指导、规范考核和实验室资格认定等多项工作结合起来,使全国各相关地质实验室形成地下水样品有机污染物分析测试能力迅速提高,为全国地下水污染调查评价提供了有力的技术支撑。为顺利开展中蒙边境 1:100 万低密度地球化学填图工作,对蒙方工作人员进行培训,合作开展了野外采样工作。

### 3、承办单位高度重视,培训教师认真负责,学员普遍满意

局发展研究中心承办的"全国矿产勘查新技术新方法培训班",提前半年准备培训资料,结合国际技术发展前缘认真编制了培训教材,内容涉及勘查技术的各个领域。培训班调查表显示对老师的授课满意率达 90% 以上。通过培训了解了国家地质工作的形势,开阔了视野,拓宽了视野,增强了地质实验测试工作者的荣誉感和使命感。

### 4、通过培训,推广了我局研发的勘查技术和仪器设备

2009 年在山东乳山深部钻探现场举办的全国深部钻探技术培训交流会上,我局勘探所研发的高精度钻进参数仪、绳索取心钻探及事故处理技术、复杂地层取心技术、复杂地层钻井液技术、深孔硬岩用金刚石钻头和扩孔器、液动潜孔锤钻进技术、定向钻探技术得到了推广。通过地质调查浅层取样技术培训,探工所研制的浅层取样钻探机得到了大力推广,培训会现场就订出多台钻机,培训会后又有多家上门求购,形成了产品销售的良好势头。



图 7-1 深部勘探技术推广应用培训班



图 7-2 瞬变电磁法系统推广应用培训



图 7-3 数字综合测井培训



图 7-4 矿产综合利用培训研讨班



图 7-5 遥感勘查技术培训班



图 7-4  
学员全  
神贯注  
听讲



图 7-5  
部分培  
训教材



图 7-6 培训  
DVD 资料