



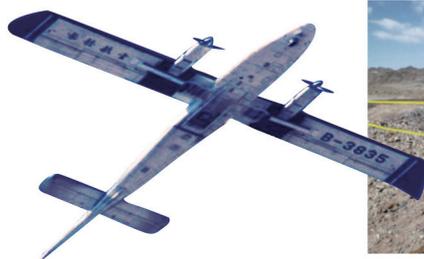
中国地质调查成果快讯

News Letters of China Geological Survey

自然资源部中国地质调查局编印 第4卷第24~25期(总第093~094期) 2018年11月

航空物探专辑

航空物探调查 服务基础地质研究和矿产勘查



(总)网出证(京)字第223号
准印号:京内资准字1418-L0197号

内部资料 免费交流



《中国地质调查成果快讯》简介

《中国地质调查成果快讯》每半月出版，由自然资源部中国地质调查局编印。本快讯以宣传地质调查最新成果、进展和动态为目的，突出及时性、可读性和专业性，其特色为“快”“准”“实”，为统筹相关资源及制定相关要求提供依据。主要围绕地质调查“十大计划”，即公益性基础地质调查计划、能源矿产地质调查计划、重要矿产地质调查计划、海洋地质调查和天然气水合物资源勘查试采计划、重要经济区和城市群综合地质调查计划、地质灾害隐患和水文地质环境地质调查计划、地质数据更新与应用服务计划、服务国家重大战略和国土开发保护地质调查计划、军民融合地质调查计划和地质科技创新计划，开展地质调查成果与进展、地质调查重大信息和地质成果转化应用与服务民生3个方面的报道。

.....

《中国地质调查成果快讯》编辑委员会

主 任：李金发

副 主 任：严光生

编 委：（按姓氏笔画为序）

马 军 文冬光 石建省 叶建良 冯安生 邢丽霞 邢树文 朱立新
刘同良 刘延明 齐亚彬 江云华 孙晓明 李文昌 李文渊 李文鹏
李志忠 李基宏 杨智峰 肖桂义 吴能友 何远信 张作衡 张君峰
张金昌 张智勇 陈仁义 郝爱兵 胡时友 胡茂焱 胡泽松 侯增谦
徐学义 徐 勇 彭轩明 韩子夜

主 编：严光生

执行主编：肖桂义 邢丽霞

策 划：张万益

责任编辑：毛晓长 邱士东 张开军

编 辑：左力艳 肖莹莹

编 辑 部：自然资源部中国地质调查局发展研究中心规划研究室

地 址：北京市西城区阜外大街 45 号（100037）

电 话：010-58584336 E-mail: cgs_bss@126.com

中国地质调查成果快讯

2018年11月第4卷第24~25期(总第93~94期)

目次

· 综 述 ·

秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查成果与进展····· 2

· 成果与进展 ·

航空物探调查助力北秦岭华阳川地区铀矿找矿····· 9
鄂尔多斯盆地南缘发现砂岩型铀矿找矿新线索····· 13
甘肃礼县—陕西宝鸡地区航空物探服务资源勘查及基础地质研究····· 16
甘肃敦煌—阿克塞地区航磁调查服务基础研究与找矿预测····· 20
山东齐河地区航空物探调查发现多处铁矿找矿信息····· 24
云南腾冲—云县地区航磁综合研究····· 28
辽宁瓦房店地区航磁梯度调查助力金刚石矿勘查····· 32
新方法新技术助力北秦岭华阳川地区航空物探调查····· 35
航空物探在安徽青阳—芜湖地区地质矿产调查中的作用和效果····· 39

· 成果快报 ·

新疆哈密地区新发现具有大型远景规模的黑山金矿····· 44
全国矿产资源潜力评价数据库建设成果与服务····· 47
兰州—西宁经济区综合地质调查助推“一带一路”建设····· 51
祁连山地质志为自然资源管理提供基础依据····· 54
湖南幕阜山花岗伟晶岩分类与稀有金属成矿规律初探····· 59

News Letters of China Geological Survey

Vol. 4, No.24 ~ 25, Nov., 2018 (Serial No.093 ~ 094)

Contents

Review

- Achievements and progress of airborne geophysical survey in major metallogenic belts such as Qinling and Tianshan Mountains 2

Achievements and progress

- Airborne geophysical survey boosts uranium prospecting in Huayangchuan area of North Qinling Mountain 9
- New prospecting clues of sandstone-type uranium deposits detected on the southern margin of Ordos Basin 13
- Airborne geophysical survey in Lixian-Baoji area of Gansu Province serves resource exploration and basic geological research 16
- Airborne magnetic survey in Dunhuang-Aksai area of Gansu Province serves basic research and metallogenic prediction 20
- Airborne geophysical survey finds several clues of iron ore deposits in Qihe area, Shandong Province 24
- Comprehensive study of aeromagnetic anomalies in Tengchong-Yunxian area, Yunnan Province 28
- Aeromagnetic gradient survey in Wafangdian area boosts diamond exploration 32
- New methods and technologies boost aero geophysical survey in Huayangchuan area of North Qinling Mountain 35
- The role and effect of airborne geophysical survey in geological and mineral resources investigation in Qingyang-Wuhu area, Anhui Province 39

News of achievements

- Heishan gold deposit with large prospective potential discovered recently in Hami area of Xinjiang 44
- Achievements and services of the construction of national mineral resources potential assessment database 47
- Comprehensive geological survey of Lanzhou-Xining Economic Zone boosts the construction of “The Belt and Road” 51
- The latest achievements in the compilation of regional geological records in the Qilian Mountain serve public welfare 54
- A tentative discussion on the classification of granitic pegmatite and metallogenic regularity of rare metal deposits 59

航空物探作为一种快速、经济、环保、受地形干扰小的绿色地质勘查技术,为全国基础地质调查、能源和矿产勘查、国防建设、地学研究等作出了重要贡献。2000年以来,随着辽宁本溪大台沟铁矿、山东济宁铁矿、安徽庐江泥河铁矿、河南新蔡铁矿等一大批铁矿的发现,全国对航空物探资料,尤其是高精度航磁资料的需求急剧增长,内蒙古、新疆、黑龙江、河北等省(自治区)纷纷开展航空物探调查。2016年,自然资源部(原国土资源部)中国地质调查局在“重要油气盆地和成矿区带航空物探与遥感调查”工程中设置了“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”二级项目。通过2016—2018年近三年的工作,在秦岭、祁连、鄂尔多斯、天山等重点成矿区带开展了高精度航空物探测量,取得了系列成果,尤其是获得了一批高精度航空物探数据,缓解了重点成矿区带基础地质研究和矿产勘查对高精度航空物探数据的急需;针对重要的异常进行了初步查证,发现多处铀、铁、金、铜、铅锌等多金属矿(化)体和矿化线索,划分出一批找矿远景区,促进了重点成矿区带矿产勘查工作;通过航空物探新技术、新方法的示范应用,形成了航空物探新技术、新方法的技术要求,提升了航空物探勘查能力。

本期为“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”项目成果专辑,重点选登2016—2018年在秦岭及天山等重点成矿区带取得的航空物探测量、研究、找矿、技术方法等方面的成果与进展。

综 述

秦岭及天山等重点成矿区带 航空物探调查成果与进展

摘要：通过项目实施，加强了秦岭、祁连、鄂尔多斯、天山等重点成矿区带航空物探调查工作，完成高精度航空物探测量近65万测线千米，覆盖面积约30万 km^2 ，查证异常200多处，发现多处铁、铜、金等多金属矿（床）点和一批矿化点，优选出具有找矿意义的异常400余处，发现了一批新的岩性地质体和构造，开展了航磁全轴梯度、航磁三分量、航空TEM电磁等新方法的应用示范或试验，完善了调查技术方法体系。

1. 前 言

通过“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”项目的实施，2016—2018年取得了丰富的航空物探调查成果。完成高精度航空物探测量近65万测线千米（覆盖面积约30万 km^2 ），拉动地方政府和工业企业投入约20万测线千米（覆盖面积约10万 km^2 ）。首次获取了调查区的高精度航空物探数据，选编航空物探异常5000余处，查证异常200多处，发现多处铁、铜、金等多金属矿（床）点和一批矿化点。划分出找矿远景区近200个，优选出具有找矿意义的异常400余处，进一步奠定了重点成矿区带航空物探异常找矿远景区分布格局。发现了一批新的岩性地质体和构造，开展了航磁全轴梯度、航磁三分量、航空TEM电磁、

山区航空重力、航空重磁遥等新方法的应用示范或试验，总结形成了8个技术要求，完善了调查技术方法体系。

2. 成果简介

2.1 获得一批高精度航空物探数据

在秦岭、祁连、鄂尔多斯、天山等重点成矿区带开展了航空物探调查工作，累计完成高精度航空物探测量近65万测线千米（覆盖面积约30万 km^2 ），拉动地方政府和工业企业投入约20万测线千米（覆盖面积约10万 km^2 ），首次获取了调查区的高精度航空物探数据。这些调查地区原有航空物探工作程度都较低，通过调查工作，不仅大幅提高了工作程度，而且获得一批高精度数据，将有力支撑这些地区的地质调查、矿产资源勘查与

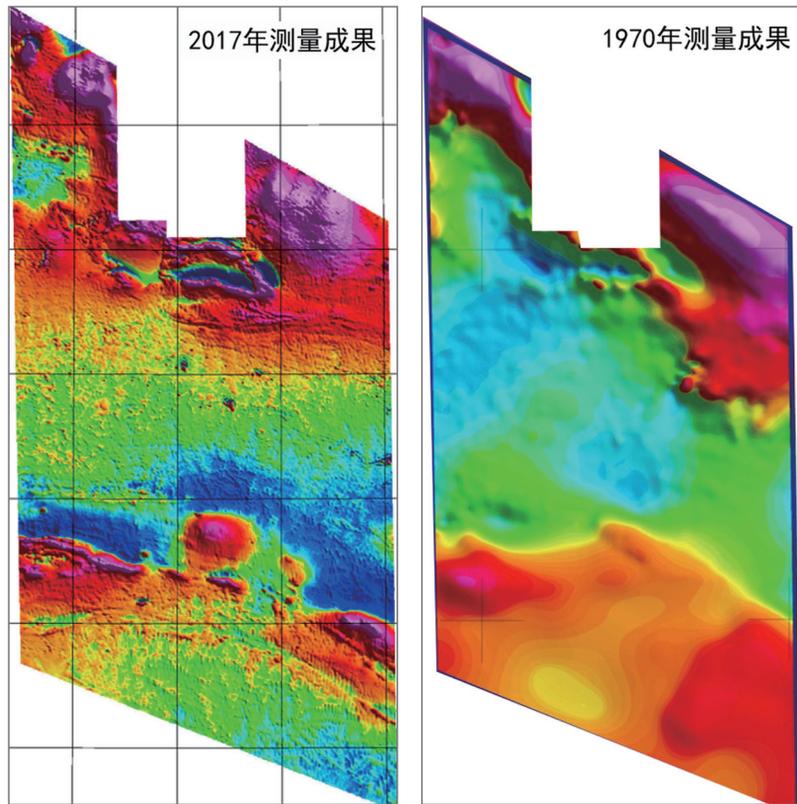


图1 青海同仁—甘肃卓尼地区不同年代航磁对比

评价、自然资源管控等工作。

(1) 青海同仁—甘肃卓尼地区航磁测量：青海同仁—甘肃卓尼地区为中高山、深切割区（海拔高度普遍在3000m以上，地形起伏大于500m），2016年前仅开展过1：20万—1：50万低精度航磁测量，航磁场较光滑、异常稀少。2017年在该区开展了1：5万高精度航磁测量，航磁异常较丰富（图1）。

(2) 云南宣威—贵州赫章地区航空物探测量：云南宣威—贵州赫章地区为中高山、深切割区（海拔高度普遍在2000m以上，地形起伏大于500m），2016年前仅开展过1：100万低精度航磁测量，航磁异常分布规律性很差。2017年在该区开展了1：5万高精度航空物探（磁、

放）测量，航磁、航放异常很好地反映了该区的地质构造特征。

(3) 北秦岭华阳川地区航空物探测量：北秦岭华阳川地区也是深切割的山区（海拔高度普遍在1500m以上，地形起伏大于500m），2016年以前仅开展过1：10万低精度航磁测量。2016年在该区开展了1：1万高精度航空物探（磁、放）测量，通过航空伽马能谱资料，改变了该区原来的铀矿找矿方向（否定了东部的找矿潜力，指出找矿方向应调整为向南延伸），并根据航空伽马能谱资料新发现了一批矿（化）点，为进一步勘探奠定了基础。2017年又在该区开展了1：5万高精度航空物探（重、磁）测量和1：1万直升机TEM电磁测量（测量范围不

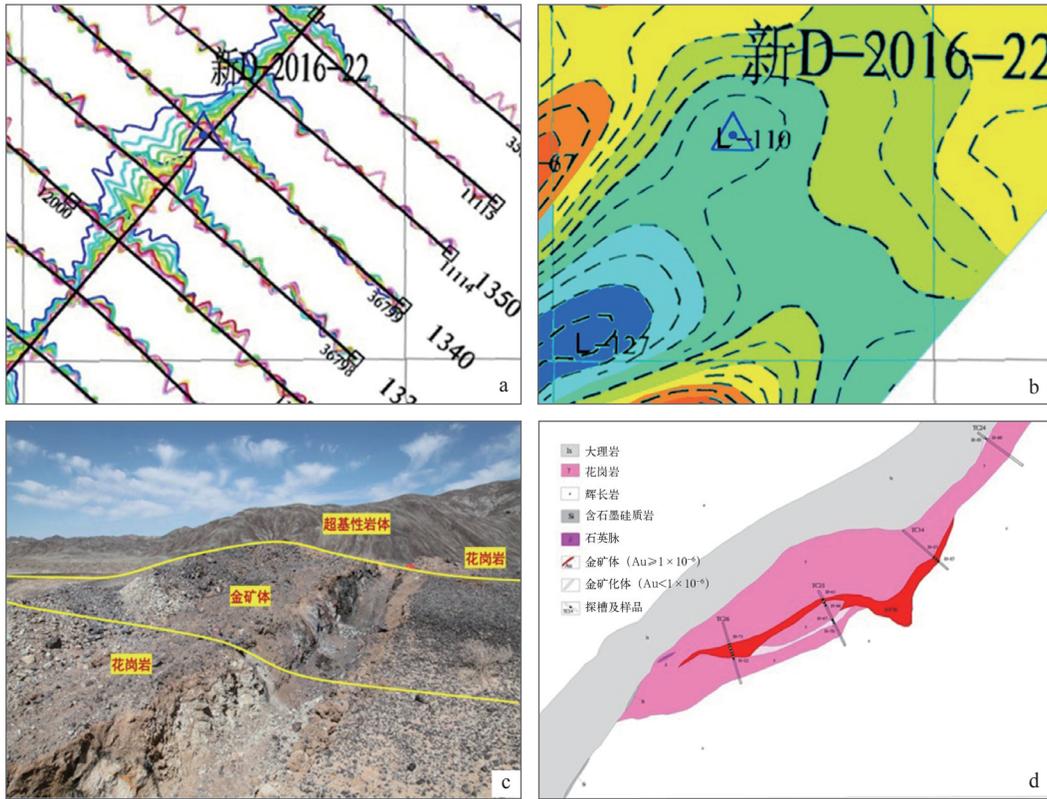


图2 哈密红柳川金矿区航空物探异常及地质图

a—航空TEM电磁堆积剖面平面图；b—航磁 ΔT 等值线平面图；c—探槽揭露示意图；d—1:1000地质图

完全相同，其中航空物探（重、磁）测量的范围较大，航空物探（磁、放）测量的范围其次，直升机TEM电磁测量范围较小、主要位于华阳川沟谷中）。由于北秦岭华阳川地区位于华山、老牛山等大山分布区，山势陡峭，地面工作非常困难，目前仅开展了1:20万区域重力调查。与1:20万地面布格重力异常相比，1:5万航空布格重力异常的宏观特征基本一致（表明航空布格重力异常是可靠的），但异常细节更丰富。

1:1万直升机TEM电磁测量区域位于华阳川沟谷中，沟宽约5km、沟深大于300m，沟的中部还有顺沟展布的高压输电线。尽管有这些不利因素的影响，直

升机TEM电磁测量仍取得了预期的效果，其中I区为华阳川铀矿主要勘探区、II区为预测具有找矿潜力的地区、III区为金堆城钼矿及外围找矿区。

2.2 取得一批基础地质研究新成果

通过对2016—2017年获得的高精度航空物探（磁、放、重、电）资料进行初步解释、研究，圈定侵入岩1413处、火山岩177片、磁性变质岩24片，推断断裂950条、环形或穹隆构造10余个等。在推断解释的基础上，编制了测量地区的岩性构造图，为寻找铜、金、铀及多金属矿提供了背景资料，对研究成矿背景、成矿规律等具有重要意义。



图3 HFU-14异常地质现象

典型成果介绍：对敦煌—阿克塞地区86180.4测线千米高精度航磁数据进行了深入研究，圈出侵入岩体384处，其中超基性岩体67处、基性岩体79处、中性岩体130个、中—酸性岩体57处、正长岩体24个、酸性岩体27处；推断断裂142条，其中深大断裂1条、大断裂6条、一般断裂135条，包括新发现隐伏、半隐伏断裂116条。特别是进一步厘定了阿尔金断裂部分地段的位置：航磁推断的阿尔金断裂与原地质划分的阿尔金断裂带基本重合，但对穿过阿尔金山主峰向西延伸地区的断裂位置进行了重新厘定；首次在阿尔金断裂和祁连断裂交会的钝角区域内发现2个环形航磁异常区，推断为化石沟环形构造和月牙山环形构造，这两个均呈逆时针方向旋转的地质构造分别控制了南祁连古生代地层、岩浆岩、矿产的分布和全吉地块元古宙地层及加

里东期和华力西期岩浆岩的分布，为基础地质研究、金属矿产勘查提供重要依据。

2.3 有力支撑服务多金属找矿

通过对2016—2017年获取的高精度航空物探资料进行分析研究，选编航空物探异常5000余处，初步查证航空物探异常200多处，共发现45处金、铀、铁等多金属矿床和矿（化）点，其中新发现金矿床1处、铀多金属矿化7处、铁铜镍等多金属矿体（化）37处；划分出找矿远景区近200个，优选出有找矿意义的异常400余处，进一步奠定了重点成矿区带航空物探异常找矿远景区分布格局。

(1) 东天山白石泉地区新发现1处金矿床。通过对1:2.5万航空TEM电磁测量发现的电磁异常进行地面查证，在D-22号异常区发现金矿体1处，地面工程揭露控制金资源量1.5t(图2)。根据矿化蚀变

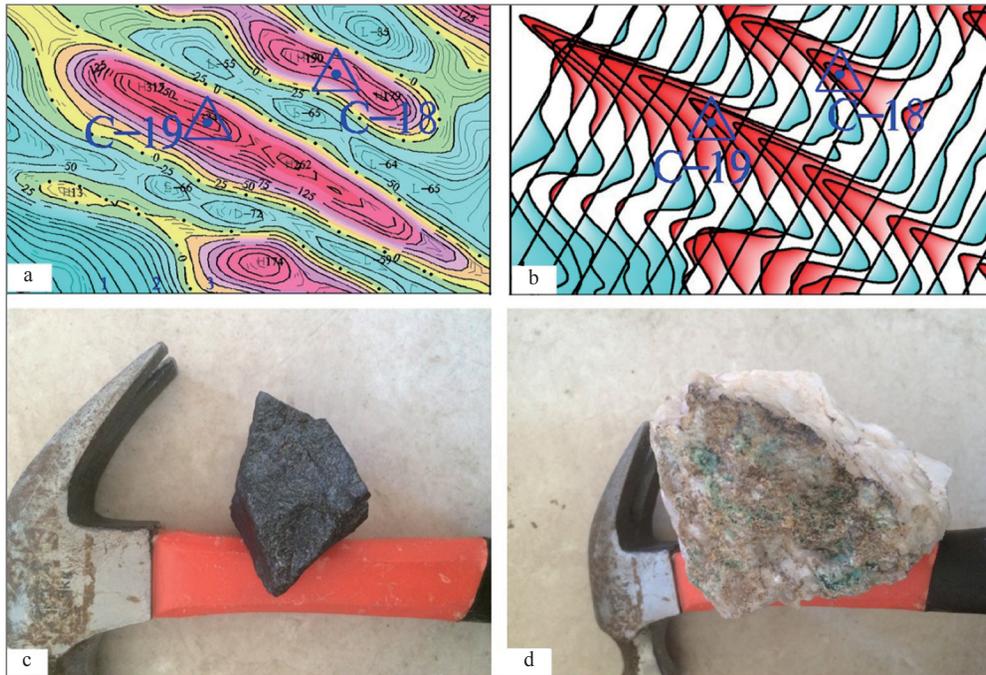


图4 C-18及C-19航磁异常图及发现矿石

a—航磁 ΔT 等值线平面图；b—航磁 ΔT 剖面平面图；c—C-18异常区地表见到的磁铁矿照片；
d—C-18异常区地表见到的孔雀石和褐铁矿化照片

带分布情况，预计其334资源量超过10t，有望达到大型规模。

(2) 内蒙古阿拉善左旗地区发现砂岩型铀矿找矿线索。内蒙古阿拉善左旗地区完成1:5万高精度航空物探(磁、放)综合测量45689.8km，控制测量面积22845km²，选编航放异常25个(铀异常18个、钍异常6个、钾异常1个)，对5个航放异常进行三级查证，在HFU-14航放异常区新发现1处具砂岩型铀矿找矿线索。HFU-14航放异常U、TC均呈明显的尖峰异常，U含量异常峰值 9.6×10^{-6} ，半峰值宽度约186m，K、Th含量无明显异常显示，K含量3.1%，Th含量 2.4×10^{-6} ，属铀异常。异常呈团块状，规模约2000m × 1500m。地面查证结果：U含量异常值一般在 $2 \times 10^{-6} \sim 80 \times 10^{-6}$ ，最高为 118.62×10^{-6} ，

并伴有很好的土壤氡异常。异常区以第四系土褐色砂、砂土、砾石覆盖为主，砾石有花岗岩、石英及少量砂岩，北部大面积出露加里东晚期片麻状二云母花岗岩。异常区浅坑中，泥质粉砂土发育褐铁矿化(图3)。因此，HFU-14航放异常可作为砂岩型铀矿重要找矿线索，找矿潜力较大。

(3) 可可托海—萨尔托海地区发现磁铁富矿1处、铜矿化带2条。新疆可可托海—萨尔托海地区完成1:5万高精度航磁调查45992.6km，据此新编航磁异常478处，对其中15处航磁异常进行了地面三级查证，发现磁铁富矿体1处、铜矿化蚀变带2条、重要找矿线索12处，获得了很好的找矿效果。C-18和C-19航磁异常为两条呈北西向平行展布、相距约1km的



图5 航空物探新技术设备

a—航磁全轴梯度测量系统；b—直升机吊舱式TEM电磁测量系统；c—航空重磁遥测量系统；d—山区航空重磁测量系统

带状异常(图4-a、b),其异常强度、走向延伸分别为350nT、长2.5km和460nT、长5.5km。根据异常查证结果,在C-18航磁异常区发现出露的磁铁矿体2条,其中一条长约100m、宽度为40~60m,矿石TFe最高品位为46.9%(图4-c)。2.5D反演结果显示,磁铁矿体宽约150m、向下延深约500m,估算资源量约1500万t,可达小型铁矿规模。在C-19航磁异常区发现褐铁矿化和孔雀石化蚀变带(图4-d),该带产于绢云母石英片岩与辉长岩接触部位,孔雀石化则呈断续分布,矿化蚀变带不连续长约3400m、宽50~200m;此外,还发现Au元素异常,Au含量最大达 127×10^{-9} 。C-18和C-19异常具有寻找铁铜金多金属矿的潜力,推测铁矿规模可达中—大型以上。

(4) 甘肃敦煌—阿克塞地区发现

铜、金、铁多金属矿化5处。甘肃敦煌—阿克塞地区完成1:5万高精度航磁调查86180.4km,据此新编异常713处,对其中43处航磁异常进行了地面三级查证,发现铜金铁多金属矿化5处,其中甘C-2015-143异常区捡块样分析Cu含量0.12%;甘C-2015-213异常区内土壤样品Cu含量0.21%、Ni含量0.28%、Cr含量0.16%,铜、镍含量达矿化品位;甘C-2015-122异常内发现出露的铁矿带3条,其中第一条宽3m、TFe品位40.18%,第二条宽6m、TFe品位20.09%~28.15%,第三条宽1.2m、TFe品位40.18%,矿体延伸大于100m;甘C-2016-172异常区发现与超基性岩有关的铜镍金等多金属矿化带;甘C-2016-255异常区发现出露的长大于400m、宽4m的铁矿体1条,TFe品位最高35.29%,Au含量0.23gt。

2.4 环境调查有新发现

(1) 山东潍坊地区海水入侵调查取得新发现。在山东潍坊地区开展了1:5万高精度航空物探(磁、电、放)综合测量,利用该资料对海水入侵、放射性污染等环境问题进行了研究,全区按强海水入侵区、中强海水入侵区、弱海水入侵区和非海水入侵区(淡水区)等4种类型进行了划分地区,划分出海水入侵面积约2920km²,其中中度、重度海水入侵面积达2870km²,海水入侵区影响人口约90万人。与1996年相比,2016年测量结果显示中海水入侵区边界局部向内陆推进约500m;利用航空伽马能谱资料,发现由稀土矿渣、发电厂废渣(如粉煤灰)、人类工程建筑石料等产生的放射性污染4处。

(2) 丹江口地区放射性环境调查取得新进展。根据丹江口地区1:5万高精度航空物探(磁、放)综合测量获得的

航空伽马能谱资料,在丹江口水库周边及上游发现了42处航放异常,对其中13个重点异常进行了地面检查,发现位于丹江口水库周边及上游的豫U-2016-15、16、17等10处异常为已经废弃或正在开采的矾矿露天开采场引起;位于丹江口水库东2km、香花镇第二初中附近的豫Th-2016-5异常由某钢材厂的废料引起,河南省环境保护相关部门到现场进行了查看。

2.5 推进航空物探新技术新方法进步及有效应用

开展了航磁梯度、直升机TEM、山区航空重力、航磁三分量、航空重磁遥等航空物探新方法、新技术(图5)的示范应用,并在示范应用的基础上形成了8份《技术要求》,推进了航空物探技术进步。

(自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心 范正国 余学中 赵廷严供稿)



范正国(1962-),男,教授级高级工程师

自然资源部中国地质调查局“重要油气盆地和成矿区带航空物探与遥感调查”工程首席专家、“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”二级项目负责人。现任自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心矿产航空物探室主任。从事航空物探解释和方法研究。负责多项地调项目及863计划重大项目课题等。

E-mail: fzghlxj@agrs.cn



余学中(1977-),男,教授级高级工程师

自然资源部中国地质调查局“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”二级项目副负责人。现任自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心综合航空物探室副主任。从事航空物探解释和在金属矿产勘查、水工环调查方面的应用工作。曾负责完成了“祁连成矿带西段航空物探调查”等10余项地调项目。

E-mail: 113606367@qq.com

成果与进展

航空物探调查助力 北秦岭华阳川地区铀矿找矿

摘要: 首次在具有中高山特点的北秦岭华阳川地区开展了1:1万高精度航空物探(磁、放)调查项目,发挥了航空物探的特点,取得了丰富的航空物探成果,指导了地面铀矿勘查工作,初步开展的异常野外踏勘工作,发现3条铀异常带,凸显了航空物探测量成果对地面工作的指导作用。获取的大比例尺、高精度航空物探资料,为今后在北秦岭华阳川地区进行区域地质研究和寻找以铀、钼、金等为主的矿产资源等提供了重要的基础资料。

1. 项目概况

近年来,在北秦岭华阳川地区取得了铀矿找矿突破,由于当地地形切割较大,地面物探工作开展较为困难,受自然资源部中国地质调查局西安地质调查中心委托,自然资源部中国地质调查局

国土资源航空物探遥感中心在北秦岭华阳川地区开展“北秦岭华阳川地区航空物探调查”课题,归属于“秦岭成矿带文康-凤太地区地质矿产调查”项目下设的“北秦岭华阳川地区硬岩型铀矿调查评价”子项目。课题工作周期为2016—2017

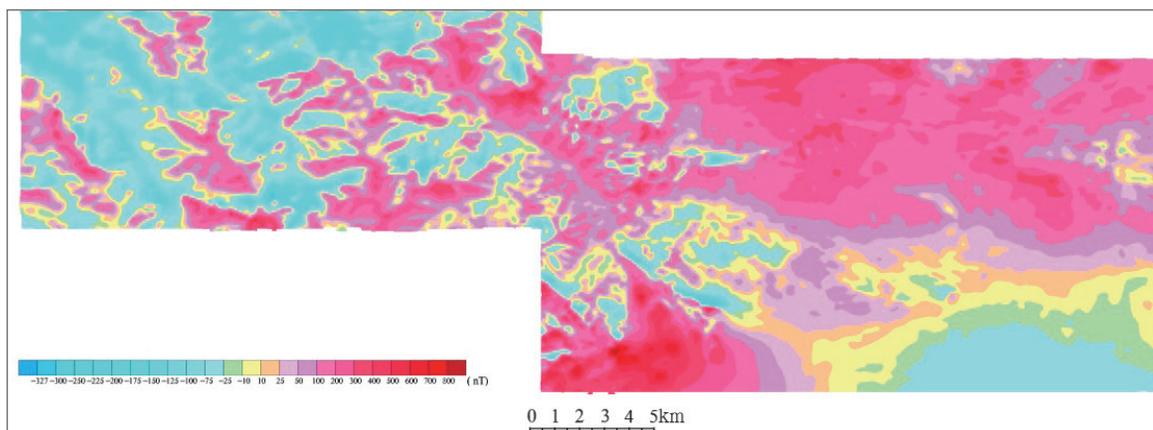


图1 北秦岭华阳川地区航磁 ΔT 等值线平面图

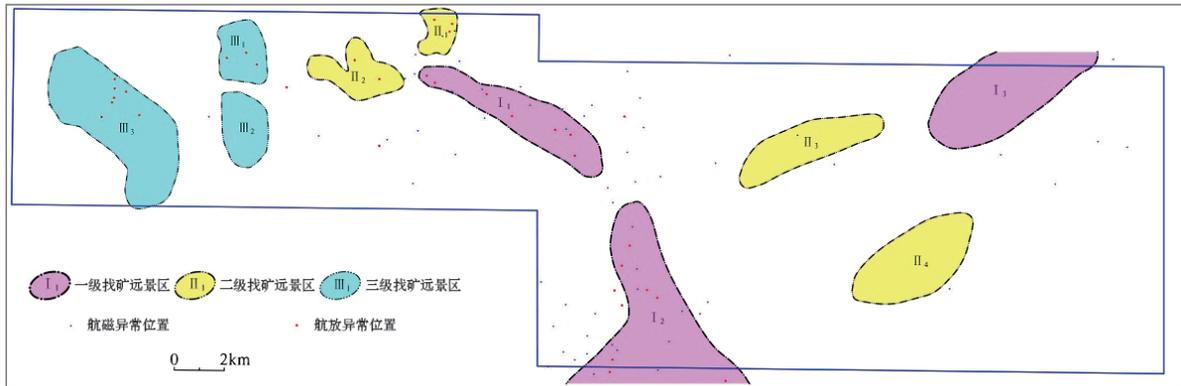


图2 北秦岭华阳川地区航磁、航放局部异常分布及找矿远景预测图

年。主要目标任务是完成北秦岭华阳川地区1:1万高精度航磁和伽马能谱综合调查5200测线千米,查明航磁和伽马能谱异常分布特征,为矿产资源调查评价提供高质量的航空物探资料。

2. 成果简介

(1) 首次获取北秦岭华阳川地区1:1万高精度航空物探调查5393.7测线千米,多项测量技术指标优于设计要求。全区调平后的磁场测量总精度 $\pm 1.95\text{nT}$,属于高质量的航磁资料,为该区的基础地质研究和地质找矿提供了十分丰富的地球物理信息。

(2) 使用GeoProbe、Oasis等软件对测量数据进行了精细处理,建立了北秦岭华阳川地区航磁、航放数据库2个,并编制了北秦岭华阳川地区航空物探基础图件12套,包括:航磁飞行航迹图、离地飞行高度剖面平面图、航磁 ΔT 剖面平面图、航磁 ΔT 等值线平面图(图1)、航空伽马能谱总含量平剖图、航空伽马能谱总含量等值线平面图、航空伽马能谱

钾含量平剖图、航空伽马能谱钾含量等值线平面图、航空伽马能谱铀含量平剖图、航空伽马能谱铀含量等值线平面图、航空伽马能谱钍含量平剖图和航空伽马能谱钍含量等值线平面图。

(3) 根据本次航空物探调查的目的和任务及地球物理场特征,对航磁数据有针对性地进行了化极、化极垂向一次导数、化极上延(0.1km、0.2km、0.3km、0.5km、1km)和航磁剩余异常计算等位场转换处理,对航放数据进行了Th/K、Th/U、U/K比值的计算,并绘制了各种数据处理图件。这些数据转换处理图件丰富了该区磁场、放射性场信息,支撑航磁、航放资料解释。

(4) 对测区及周边地区开展物性测量工作,测定了各时代地层、岩浆岩等各类岩矿石的磁化率、伽马能谱,实测岩(矿)石物性(磁化率、伽马能谱)测量点80处,获得能谱数据102组,获得磁化率数据2261个,采集物性标本38块,获取了丰富的北秦岭华阳川地区岩(矿)石物性资料,为航空物探资料解释提供

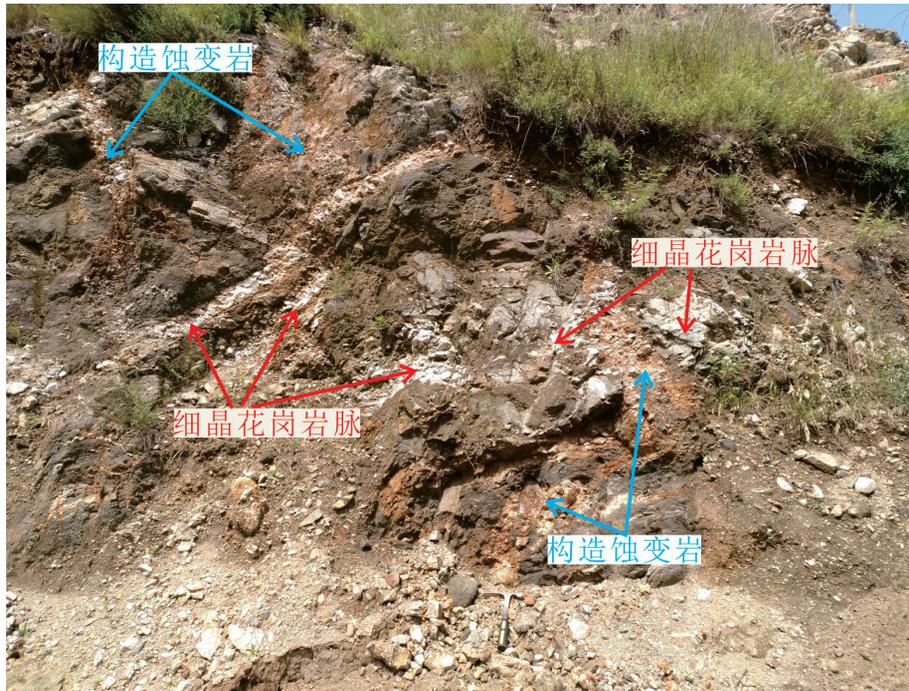


图3 铁岔沟鹰嘴崖附近含铀构造蚀变岩

了坚实的物性基础。

(5) 全区共选编航磁异常60处, 通过综合分析解释, 与已知铜矿有关的异常1处, 与已知钼矿有关异常2处, 推断辉绿(玢)岩引起的异常3处, 二长花岗岩引起的异常7处, 片麻岩引起的异常32处, 千枚岩引起的异常1处, (蚀变)安山岩引起的异常14处。按不同成因类型进行了综合分析, 并探讨了有代表意义的各类异常的磁场、地质、化探等特征。按航磁异常在金属矿产勘查时的找矿意义, 全区共划分出具有直接或间接找矿意义的甲1类异常2处、甲2类异常3处、乙2类异常24处、乙3类异常14处。这些不同级别航磁异常为北秦岭华阳川地区寻找铁、钼、金等多金属矿产提供了重要信息。

(6) 全区共选编航放异常34处, 其

中铀异常30处, 钍异常4处, 通过综合分析解释, 认为华阳川地区的航放铀异常均为地层(岩体)中穿插的碳酸岩脉含铀引起, 其中二长花岗岩中的碳酸岩脉引起的异常6处、正长岩中的碳酸岩脉引起的异常1处、片麻岩中的碳酸岩脉引起的异常16处、(蚀变)安山岩中的碳酸岩脉引起的异常4处、隐伏(蚀变)安山岩中的碳酸岩脉引起的异常3处; 认为华阳川地区的航放钍异常为地层(岩体)的反应, 二长花岗岩引起的异常2处, 正长岩引起的异常1处, 片麻岩引起的异常1处。这些航放异常为北秦岭华阳川地区寻找铀多金属矿产提供了重要信息。

(7) 以航磁、航放资料为主, 结合地质、遥感等资料综合分析, 全区共划分出不同方向、不同级别的断裂22条, 其中I级断裂4条、II级断裂9条、III级断

裂9条, 这些不同级别的断裂是区域构造格架的重要组成部分, 也是区内重要的控岩、控矿构造, 对研究区域构造的划分和演化, 探讨铀、钼、金等多金属矿产的形成及分布规律具有重要的地质意义。

(8) 根据测区成矿地质条件、找矿标志和航磁、航放异常的找矿意义, 通过地质、物探、化探、遥感等成矿条件的综合分析, 全区共圈出不同级别、不同矿种的找矿远景区10个(图2), 其中Ⅰ级找矿远景区3个(铀矿1个, 钼、铀矿1个, 金矿1个)、Ⅱ级找矿远景区4个(铀矿2个, 金矿2个)、Ⅲ级找矿远景区3个(铀矿3个)。这些找矿远景区的圈定及划分对于该区域寻找铀、钼、金等金属矿产勘查具有重要的参考及指导意义。

(9) 依据航空物探调查成果, 西安地质调查中心组织人员开展野外异常踏勘工作, 在铁岔沟地区发现2条铀异常带

(图3), 在冰凌沟地区发现一条铀异常带, 且与航空物探测量结果相吻合, 凸显出了航空物探测量成果对地面工作的指导作用。

3. 成果意义

在北秦岭华阳川地区开展的航空物探(磁、放)调查, 克服了秦岭山区高海拔、地形切割剧烈的飞行困难, 获取了高质量的航磁、航放数据资料, 揭示出区内航空磁场和航空伽马能谱场的分布特征, 服务华阳川地区深部和外围铀矿找矿工作, 为全面评价该区放射性矿产资源、环境放射性本底提供了宝贵的基础资料。

(自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心 赵廷严 杨海 贾志业 金久强 蒋久明 梁秀娟 张琦洁 丛丽娟供稿)



赵廷严 (1984-), 男, 工程师

自然资源部中国地质调查局“北秦岭华阳川地区1:5万航空物探(重、磁)综合研究”子项目负责人。就职于自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心。从事航空地球物理综合解释与方法技术研究工作。承担了敦煌—阿克塞等地区的航空地球物理综合解释等工作。

E-mail: zhaotingyan@agrs.cn



杨海 (1987-), 男, 工程师

就职于自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心。从事航空地球物理综合解释工作。承担了北秦岭华阳川、祁连成矿带和龙门山造山带的航空地球物理综合解释等工作。

E-mail: yanghai@agrs.cn

鄂尔多斯盆地南缘发现 砂岩型铀矿找矿新线索

摘要: 鄂尔多斯盆地南缘1:5万航空物探(磁、放)调查的实施,大致查明了鄂尔多斯盆地南缘航磁、航放异常分布特征,并在转角-药埠头地段新发现数个具有找矿指示意义的航放异常区,为鄂尔多斯盆地东南部砂岩型铀矿找矿指明了新方向。

1. 项目概况

“鄂尔多斯盆地南缘1:5万航空物探(磁、放)调查”子项目,归属于“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”项目,由自然资源部中国地质调查局和中国核工业地质局共同出资实施,核工业航测遥感中心承担。子项目周期为2016—2018年。主要目标任务是通过在鄂尔多斯盆地南缘开展1:5万高精度航磁、航放综合调查,查明区域磁异常和航放异常特征及分布规律,研究成矿地质背景,优选异常开展地面查证,开展找矿远景预测,提供可能的矿致异常和找矿预测区。

2. 成果简介

(1) 在沟谷纵横的鄂尔多斯盆地南部黄土塬地区,获取了10.29万km²的1:5万航磁、航放成果数据;在鄂尔多斯盆地西南缘(2016年度工作区)推断解释

了15条断裂、1个中央古隆起,推断解释了盆地基底岩相,反演了结晶基底和奥陶系顶面埋深;筛选了86个航放异常、12片航放高场、249个航磁异常。查证了18个航放异常,其中HFU-83号等4个航放异常铀含量超过砂岩型铀矿边界品位,具有重要找矿意义;圈定出5个砂岩型铀矿找矿远景区、1个油气有利区,为该区进一步铀及油气勘查选区提供了重要依据。

HFU-83号航放异常产于中侏罗统直罗组(图1),岩性为砂岩、泥岩,其中砂岩以长石石英砂岩为主,泥岩局部夹煤线。异常区直罗组具备较好的泥砂泥结构,砂体厚度较大,透水性较好,富含铁质、有机质,上下泥岩发育,有利于铀的迁移富集;查证发现砂体异常幅值高,地面伽马总量值高达1200Ur,地面U含量高达 526×10^{-6} (图2);岩石化探分析结果显示铀元素含量最高达 3934.8×10^{-6} (砂岩型铀矿边界品位为

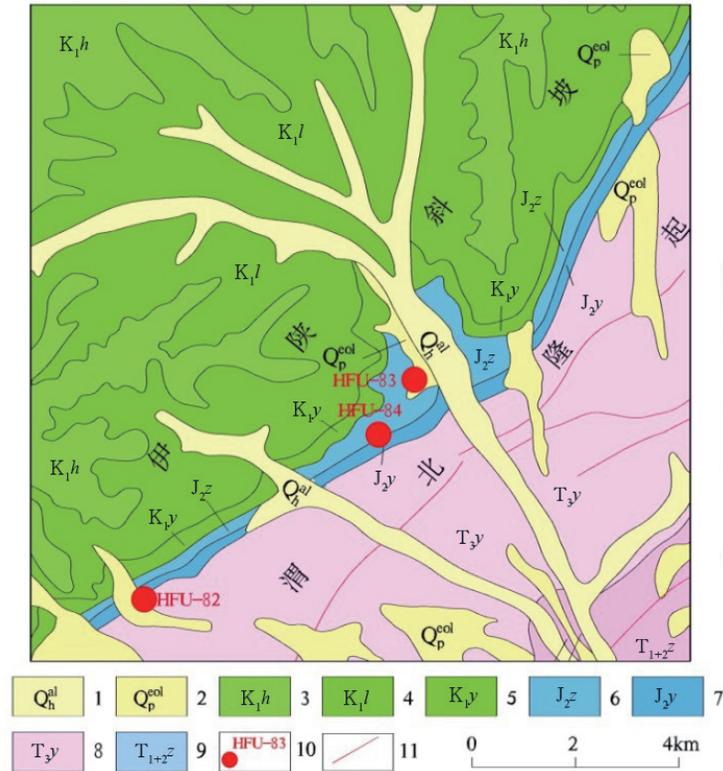


图1 HFU-83号航放异常地质简图

1—第四系砂土；2—第四系黄土；3—下白垩统环华池组；4—下白垩统洛河组；5—下白垩统宜君组；6—中侏罗统直罗组；7—中侏罗统延安组；8—上三叠统延长组；9—下—中三叠统纸坊组；10—异常中心点及编号；11—断裂

100 × 10⁻⁶)；异常区砂体上下隔水层发育，地层倾角在2° ~ 5°，具有形成有利的地下水补径排水动力条件；异常区局部地段见褐铁矿化，有较好的土壤氦异常显示。综上所述，该异常为进一步砂岩型铀矿找矿的重要线索。

(2) 在鄂尔多斯盆地东南部店头铀矿床的双龙地段沿沟观测到明显带状航放异常。店头铀矿床位于彬县—店头铀成矿带上，前人研究显示店头铀矿床与东胜地区铀矿床的铀成矿地质背景及铀矿化特征类似，该区成矿潜力大。在双龙地段西部上畛子、西南部转角、北部槐树庄农场及药埠头地区沿沟谷发现类似的航放异常4处。经过异常地面踏勘检

查，初步推断该类异常可能与深部砂岩型铀矿产生氦子体沿裂隙向上运移在沟谷中富集有关，相应地段深部可能具有铀矿找矿潜力。

3. 成果意义

通过子项目的开展，填补了鄂尔多斯盆地南缘地区高精度、大比例尺航磁航放测量空白，为该区基础地质研究、公益性地质服务及进一步铀、油气勘查提供了详实的基础地球物理资料。同时在转角—药埠头地段新发现多处航放异常，异常东距前人圈定的彬县—店头铀成矿带15 ~ 20km，位于有利的构造斜坡带，

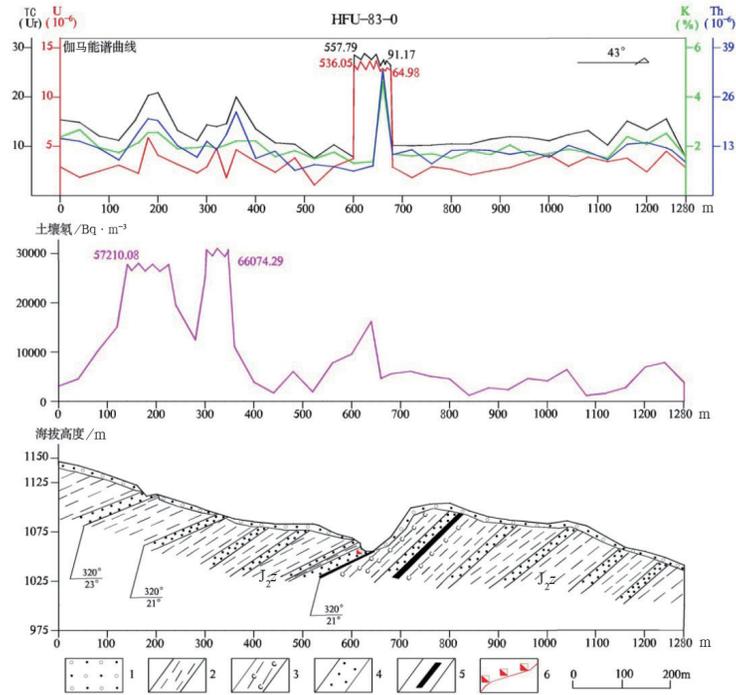


图2 HFU-83地质、地面伽马能谱、土壤氢综合剖面图

1—砂土；2—长石石英砂岩；3—泥岩；4—含炭质泥岩；5—煤线；6—褐铁矿化

深部存在找矿目的层直罗组，初步推断可能与深部砂岩型铀矿产生的氡子体沿裂隙向上运移在沟谷中富集有关，对应地区深部可能具有铀矿找矿潜力。这些

新发现的航放异常是鄂尔多斯盆地东南缘砂岩型铀矿找矿的重要新线索。

(核工业航测遥感中心 王培建 江民忠供稿)



王培建 (1986-), 男, 工程师

自然资源部中国地质调查局“鄂尔多斯盆地南缘1:5万航空物探(磁、放)调查”子项目负责人。就职于核工业航测遥感中心。从事铀及多金属矿产航空物探勘查技术研究工作。

E-mail: 534585317@qq.com



江民忠 (1966-), 男, 研究员级高级工程师

现任核工业航测遥感中心航空物探勘查院院长。从事航空物探技术研究与管理工作。

E-mail: jmzh183@163.com

甘肃礼县—陕西宝鸡地区航空物探 服务资源勘查及基础地质研究

摘要：以直升机为测量平台，首次获取了甘肃礼县—陕西宝鸡地区最新1:5万航空物探（磁、放）高质量数据资料，填补了该区大比例尺、高精度航磁航放测量的空白，编制系列图件1234张，新发现一批具有重要找矿意义的航磁航放异常。采用多种新技术，系统厘定了断裂构造格架及岩性地质体分布。通过开展不同类型矿产模型预测，综合圈定了铁、金、铅锌多金属矿及铀矿找矿预测区，为区内已知矿产勘查区深部及外围找矿指明了新的方向，有力推进了该区矿产资源勘查步伐，同时为继续深化基础地质研究、完善国家公益性基础地质资料提供了有效服务。

1. 项目概况

“甘肃礼县—陕西宝鸡地区航空物探（磁、放）调查”子项目，归属于“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”项目，由自然资源部中国地质调查局及中国核工业地质局共同出资实施，由核工业航测遥感中心承担。工作周期为2015年1月—2017年12月。子项目总体目标任务为通过对甘肃礼县—陕西宝鸡地区开展1:5万高精度航空物探（磁、放）调查，查明航磁和航放异常分布特征，研究成矿地质背景，为铁、多金属矿及铀矿资源调查评价提供高质量的航空物探资料和解释成果。

2. 成果简介

（1）以直升机为测量平台，克服了秦岭山区高海拔、地形切割剧烈的飞

行困难，获取了甘肃礼县—陕西宝鸡地区1:5万高质量航磁、航放基础数据资料，测线长度为102548km，控制面积48794km²（图1），揭示出该区航磁场和航空伽马能谱场的分布特征。特别是高精度航放资料，为全面评价该区铀矿资源潜力、环境放射性本底提供了宝贵基础资料。

（2）提供了24种（总计1234张，包括1:5万标准分幅图件1220张）高质量航空物探图件资料，进一步完善了国家公益性基础地质资料，为该区后续开展大比例尺地质调查工作奠定了坚实基础。

（3）基于航磁、航放、地质、重力及遥感等资料，综合推断断裂170条，包括新推断主干断裂21条，修订了前人划定的10条深、大断裂位置。综合圈定隐伏、半隐伏侵入岩体259处，新近纪基性

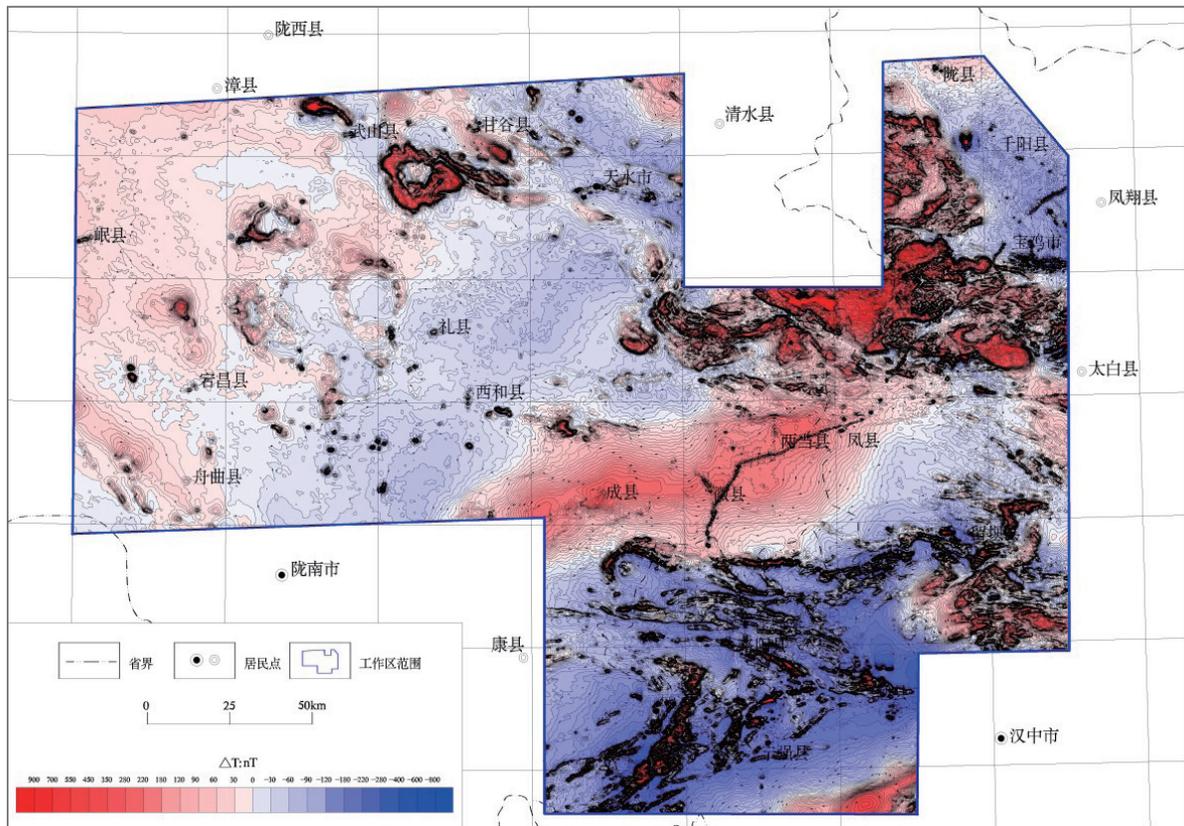


图1 甘肃礼县—陕西宝鸡地区航磁 ΔT 化极影像图

火山岩区7处(图2)。特别是创新性地采用多种航磁位场边界信息增强技术,有效地提取了“中川-温泉岩体群”这一重要成矿母岩及其周围隐伏地质体深部信息,扩大了中川矿集区深部找矿范围;厘定了关山、党川、宝鸡、华阳、光头山、天子山等大型侵入岩区及勉略缝合带(略阳段)深部岩性分布。这些研究成果不仅提升了该区基础地质研究程度,也为深挖找矿信息提供了重要依据。

(4) 选编航磁异常579个、航放异常134个,完成了32个异常三级查证。结果表明,有13个异常具有较大找矿意义,其中1个航放异常见到铀矿化、3个航磁异常见到明显蚀变矿化,航空物探直接

找矿效果明显。

HFU-121航放铀异常产于泥盆系猫儿山组硅质灰岩、含炭硅质灰岩中,航放钾道、钍道均无明显异常显示,但铀道峰值突出,铀含量可达 14.12×10^{-6} 。经查证,地表见明显蚀变矿化(图3),地面伽马总量最高达565Ur,地面伽马能谱铀含量最高达 369.61×10^{-6} ,高出背景值近百倍(背景值为 $4 \times 10^{-6} \sim 6 \times 10^{-6}$)。该异常是碳硅泥岩型铀矿后续勘查的直接线索,具有重要找矿意义。

甘C-2015-0056航磁异常处于武山-天水镍成矿带中,产于元古宇牛头河群深变质岩与超基性岩体的接触部位。航磁异常呈明显强尖峰特征,极大值为

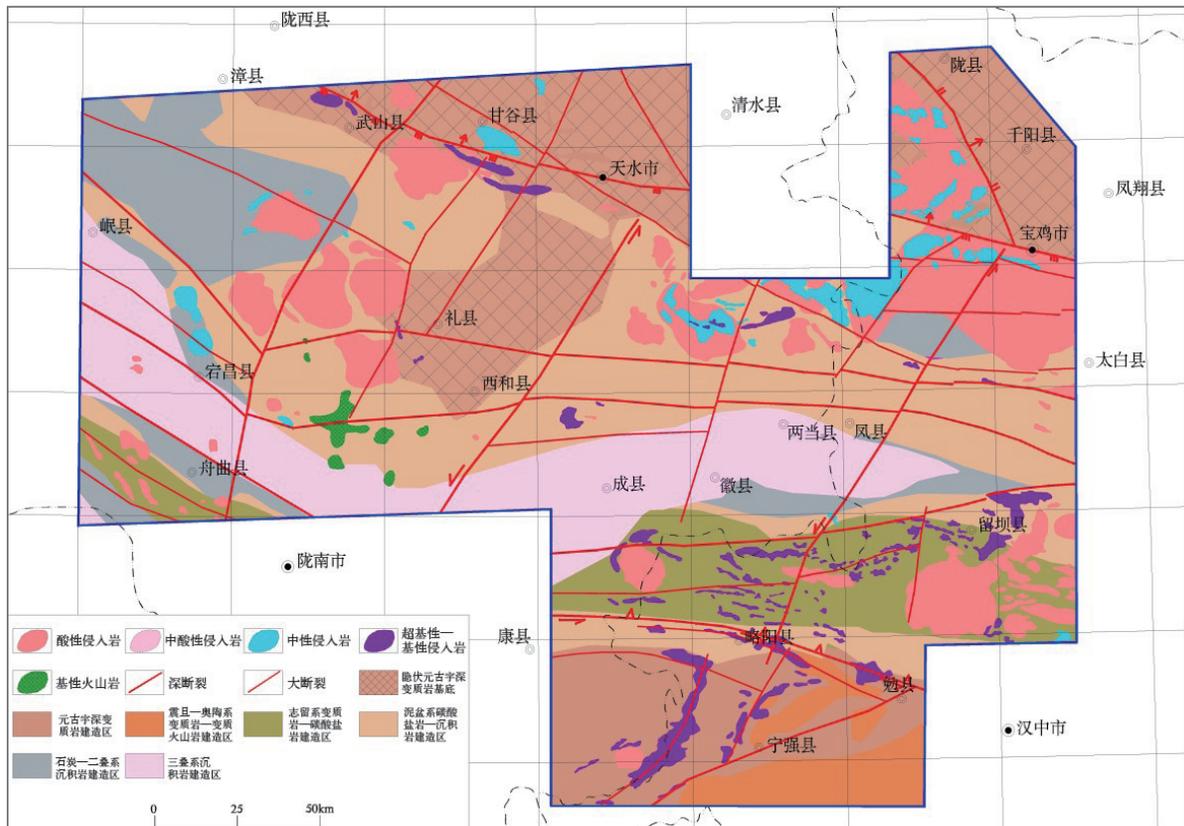


图2 甘肃礼县—陕西宝鸡地区航空物探推断岩性构造分布图

1390.3nT。经查证，地磁异常极大值达1790nT，且与金、银、铁、钴、镍、钼化探组合异常具有较好的套合性，特别是镍元素含量在300m长度磁异常地段连续大于 1000×10^{-6} 。该异常是新发现的重要矿致异常，值得进一步工作。

(5) 创新性地将矿产半定量预测、神经网络预测2种技术进行综合应用，实现了2种方法的优势互补，提高了预测效果；建立了8种不同类型矿床预测模型，为寻找同类矿产提供了直接判据。

(6) 综合圈定了34个找矿预测区和13个有利找矿区段，大大缩小了找矿范围。这不仅预示着已知矿产勘查区深部

及外围仍有广阔的找矿前景，新圈定的找矿预测区和有利找矿区段也为后续找矿工作部署指明了新的方向，有力地推进了秦岭—祁连成矿带矿产勘查步伐。

3. 成果意义

充分发挥了航空物探在艰险复杂地形条件下快捷、高效的技术优势，填补了甘肃礼县—陕西宝鸡地区1:5万高精度航磁、航放资料的空白，有效服务了国家公益性基础地质调查工作。通过深入研究及少量野外实地查证，新发现了13个重要找矿线索，所圈定的找矿预测



图3 HFU-121异常蚀变特征

区和有利找矿区段为后续勘查部署指明了方向,同时也为深入研究该区深部构造及岩性的分布特征、控矿作用等基础

地质问题提供了新的证据和视角。

(核工业航测遥感中心 张翔 汪远志 供稿)



张翔(1986-),男,工程师

现任核工业航测遥感中心航空物探勘查院综合研究室主任。主持了自然资源部中国地质调查局“甘肃礼县—陕西宝鸡地区航空物探(磁、放)调查”子项目综合研究工作。

E-mail: zhangxiang19860626@163.com



汪远志(1971-),男,研究员级高级工程师

现任核工业航测遥感中心航空物探勘查院副院长。承担了自然资源部中国地质调查局“甘肃礼县—陕西宝鸡地区航空物探(磁、放)调查”子项目。

E-mail: wyz703@163.com

甘肃敦煌—阿克塞地区航磁调查 服务基础研究与找矿预测

摘要：在敦煌—阿克塞地区开展1:5万高精度航磁测量和综合研究工作，测量使用国内先进的航空物探测量系统，完成航磁测量86180.4测线千米，覆盖面积40853km²，测量总精度1.95nT；提交了测区基础图件、数据处理图件和成果解释图件9套。该成果为该区基础地质研究和找矿预测提供了航磁系统资料。

1. 项目概况

“敦煌—阿克塞地区航磁调查”子项目，归属于“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”项目，由自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心承担。项目周期为2015—2017年。主要目标任务为通过对敦煌—阿克塞地区开展1:5万高精度航磁调查（图1），查明测区航磁异常分布特征，研究成矿地质背景，为矿产资源调查评价提供高质量的航空物探资料和解释成果。

2. 成果简介

（1）在敦煌—阿克塞地区采用直升机开展了1:5万高精度航磁测量工作，飞行高度101m，获取了86180.4测线千米的高精度航磁数据，磁场总精度1.95nT，质量达到优秀级别。提交了敦煌—阿克塞地区航磁数据，编制了航磁基础图件

4套、数据处理图件3套、成果解释图件2套。

（2）全区共选编异常751处，在结合已有地质、物探、化探、遥感资料和异常查证、物性测量成果，对航磁异常进行了地质成因解释和找矿意义评价（图2）。共提交有找矿意义的重点异常53处，包括有进一步找矿价值的已知矿（甲1类异常）18处，推断由矿引起的异常（乙1类异常）35处。为祁连—阿尔金地区寻找铁、铜镍、铌钽、铅锌、金等矿产提供了重要信息。

（3）推断断裂142条，其中深大断裂1条、大断裂6条、一般断裂135条，包括新发现隐伏半隐伏断裂116条。北部地区F₁和F₂以NEE向为主控制了敦煌地块基底分布，南部F₃、F₄、F₅、F₆、F₇等断裂NW向弧形分布控制了祁连—柴达木构造系，宏观上揭示了NEE和NW向构造会交于测区中部阿尔金断裂的构造特征。一

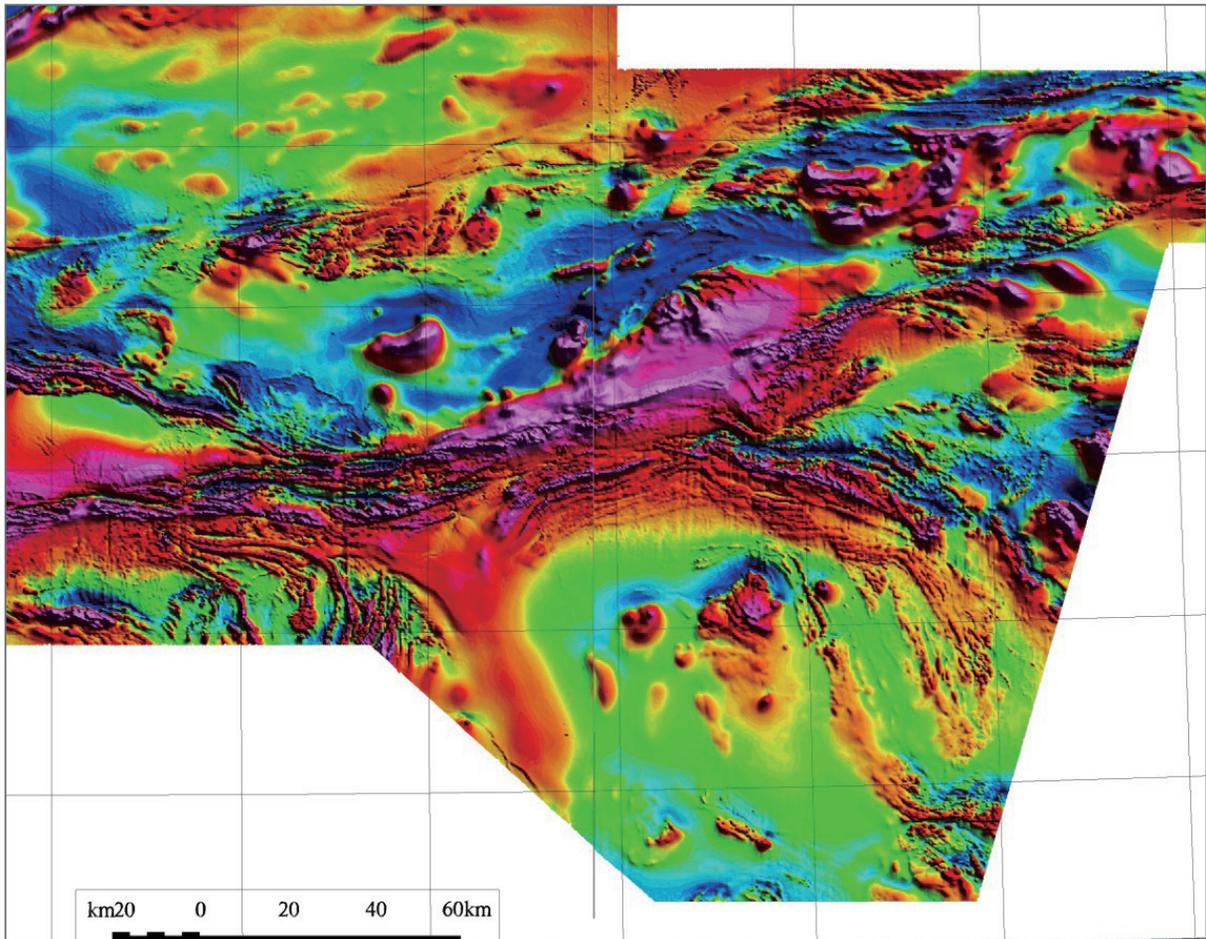


图1 敦煌—阿克塞地区1:5万航磁 ΔT 阴影图

一般断裂在矿产分布方面更具有直接控制作用,如 F_{125} 、 F_{73} 和 F_{74} 、 F_{110} 和 F_{111} 等与 F_4 、 F_5 、 F_6 交会处都发现有重要的矿产地分布。

(4) 全区共圈出侵入岩体384个,其中超基性岩体67个、基性岩体79个、中性岩体130个、中—酸性岩体57个、正长岩体24个、酸性岩体27个。这些岩浆岩的圈定,为研究本地区岩浆活动和找矿预测提供了新资料。

(5) 筛选出43处异常进行了地面查证,地表见金铁矿化1处、铁矿化2处、

铜镍矿化2处,取得了突出的找矿效果,为进一步矿产勘查工作提供了重要线索。

(6) 以航磁资料为基础,综合区域地物化遥资料,圈定出铜镍、铬铁、铌钽、铅锌、金等多金属找矿远景区17个(图3、图4),其中I级远景区7个、II级远景区5个、III级远景区5个,为测区优选找矿目标、缩小勘查区范围提供了重要资料。

3. 成果意义

以直升机为测量平台在工作区开展

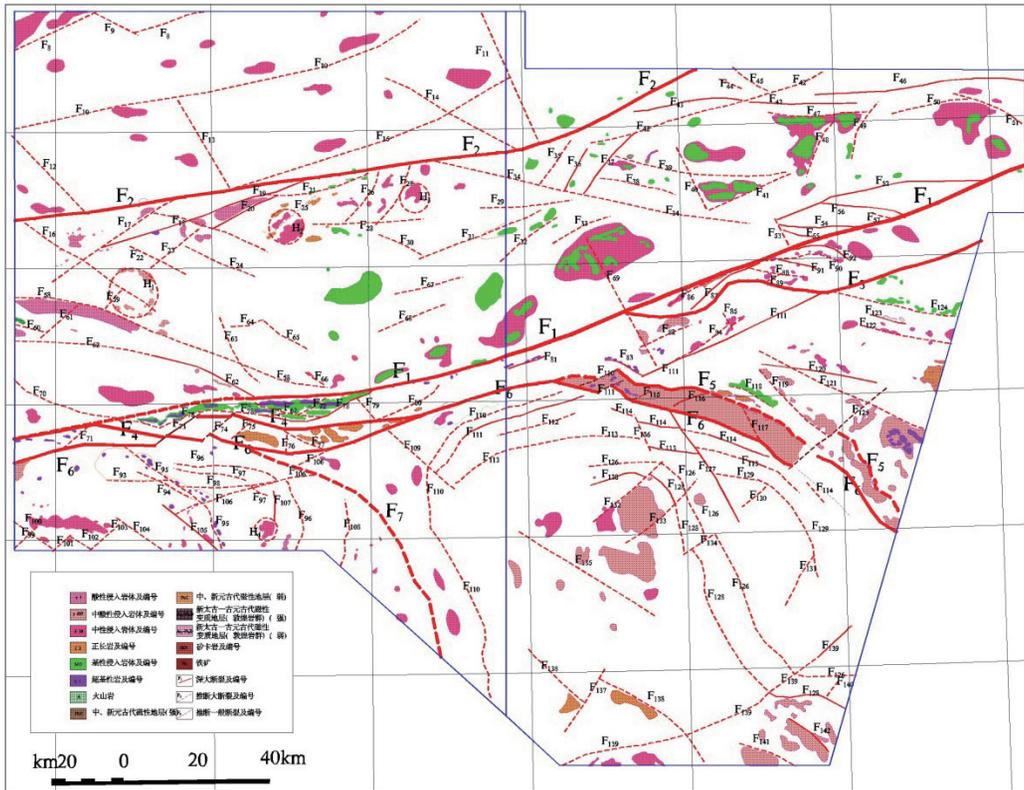


图2 敦煌—阿克塞地区航磁推断岩性构造解释图

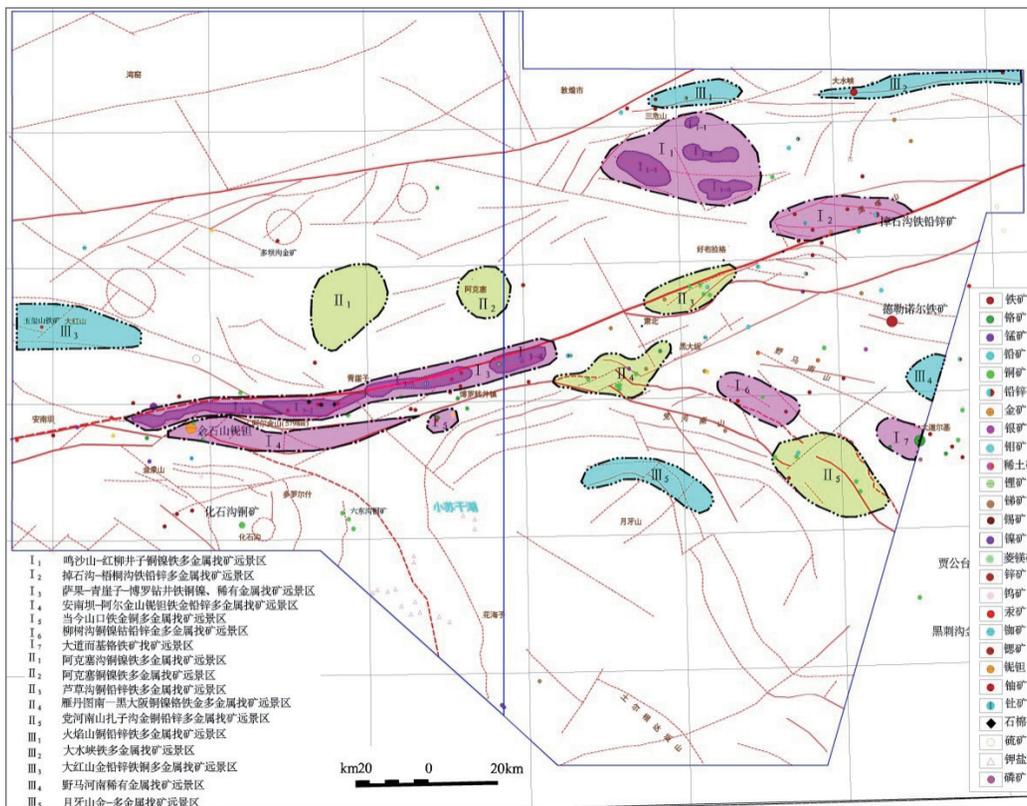


图3 敦煌—阿克塞地区航磁异常及找矿远景区

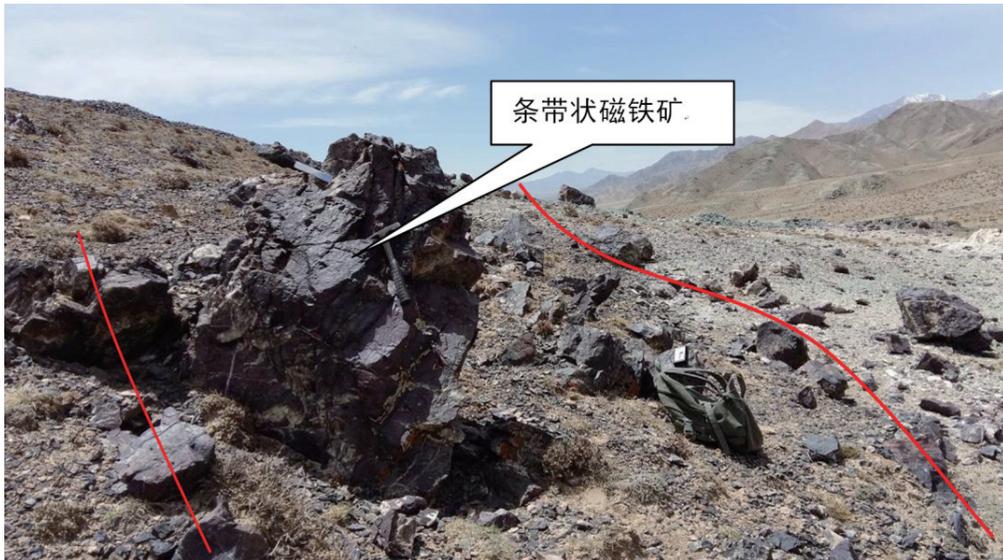


图4 甘C-2016-255航磁异常地表发现宽约4m的磁铁矿体

了大比例尺的航磁调查,获取了高质量的航磁数据资料,揭示了区内航空磁场的分布特征。获得的敦煌—阿克塞地区大比例尺、高精度的航磁基础数据及较丰富的研究成果,将直接服务于该区地

质找矿工作,完善了国家公益性地质基础资料。

(自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心 丛丽娟 赵廷严 贾志业 李健 杨雪 高珊供稿)



丛丽娟(1966-),女,教授级高级工程师

自然资源部中国地质调查局“敦煌—阿克塞地区航磁调查”子项目负责人。就职于自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心。从事航空地球物理综合解释与方法技术研究工作。近年承担了内蒙古、敦煌—阿克塞等地区的多个航空地球物理综合解释等工作。

E-mail: conglijuan@agrs.cn



赵廷严(1984-),男,工程师

自然资源部中国地质调查局“北秦岭华阳川地区1:5万航空物探(重、磁)综合研究”子项目负责人。就职于自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心。从事航空地球物理综合解释与方法技术研究工作。承担了敦煌—阿克塞等地区的航空地球物理综合解释等工作。

E-mail: zhaotingyan@agrs.cn

山东齐河地区航空物探调查 发现多处铁矿找矿信息

摘要：在对2017年度飞行的高精度直升机航空物探（重、磁）资料综合分析的基础上，研究了该区的区域构造，进行了深覆盖区岩性构造填图。对该区航空重磁场进行了综合解释处理，对其中5条重点剖面进行了人机交互反演，确定了6处对寻找深覆盖区铁矿潜力较大的找矿目标。

1. 项目概况

为了加快山东齐河—禹城地区深覆盖区铁矿找矿工作，自然资源部中国地质调查局在“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”项目中部署了“山东齐河—禹城地区航空物探（重、磁）调查”子项目，由自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心承担。工作周期为2017—2018年。主要目标任务是通过对山东齐河—禹城地区进行1:5万高精度航空物探（重、磁）调查，查明该区航空重力场、航磁场分布特征，研究成矿地质背景，为矿产资源调查评价提供高质量的航空物探资料 and 解释成果。该子项目总共完成测量10553测线千米，覆盖面积0.5万km²，并编制了山东齐河—禹城地区1:5万航空重力、磁基础图件和转换处理图件，编制了山东齐河—禹城地区推断岩性构造图，以及找矿靶区预测图，为今后山东齐河—禹城

地区进行基础地质研究和寻找铁等矿产提供了依据。

2. 成果简介

（1）编制了山东齐河—禹城地区推断岩性构造图，为该区基础地质研究和找矿提供了依据。根据航空重力场和航磁磁场特征，并结合地质和其他地面资料，对该区进行了初步的岩性构造填图（图1）。总共划分断裂构造9条，其中一级断裂1条、二级断裂7条；圈定中酸性岩体18处，其中隐伏中酸性岩体11处，对寻找铁矿潜力较大的中酸性岩基顶部凸起的岩支7处，变质岩主要分布在测区的东南部，可分为中等磁性和强磁性变质岩2类。

（2）确定了7处对寻找铁矿潜力较大航磁异常，为山东齐河—禹城地区开展地面矿产勘查提供了重要依据。通过航磁磁场特征及转换处理图件分析，认为航磁异常垂向一阶导数（图2）对寻找

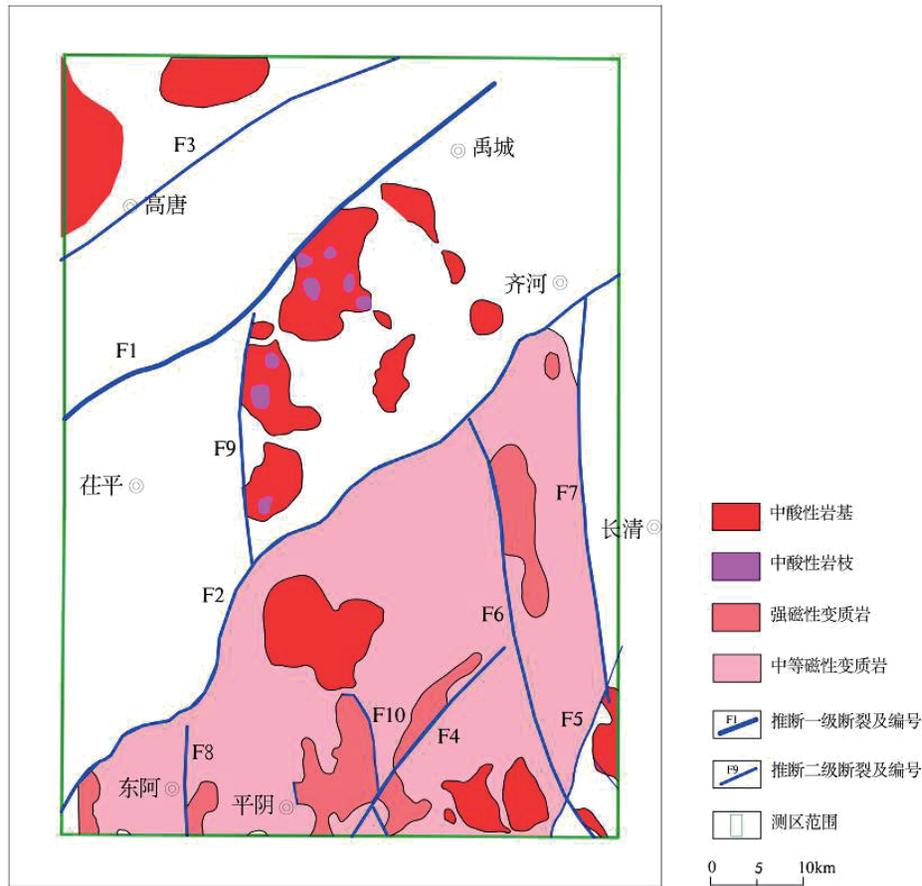


图1 山东齐河—禹城地区航空物探推断岩性构造图

深覆盖铁矿效果较好，其中强度较大的垂向一阶导数局部异常（C1、C2、C3、C4、C5、C9、C10）对寻找铁矿潜力较大。C1、C2、C4、C9航磁异常，在重力垂向一阶导数图上位于重力高边缘的凸起部位，而C2航磁异常与G3航空重力异常、C3航磁异常与G3航空重力异常、C10航磁异常与G5航空重力异常范围基本吻合或部分吻合，认为上述航磁异常为闪长岩体引起，航空重力异常由闪长岩体和灰岩综合引起，在闪长岩与灰岩的接触部位，对寻找矽卡岩型铁矿潜力较大。

(3) 对重点异常剖面进行了人机交

互反演，获得了潘店岩体的空间分布特征，以及成矿有利部位。在潘店地区总共飞行了7条精测航空重力、磁测剖面，平均飞行高度91m，并进行了重磁人机交互联合反演，获得了闪长岩体的空间分布状态，以及矽卡岩型铁矿的赋存位置。即在闪长岩体边部附近向外凸出的岩支部位，并与寒武系—奥陶系灰岩或石炭系—二叠系灰岩接触部位，是寻找矽卡岩型铁矿的有利部位。如L8040线重磁剖面人机交互反演结果表明，布格重力异常主要是由高密度地层（包括闪长岩体）台阶引起，磁异常主要由闪长岩体引起，局部次级磁异常部分由磁铁矿

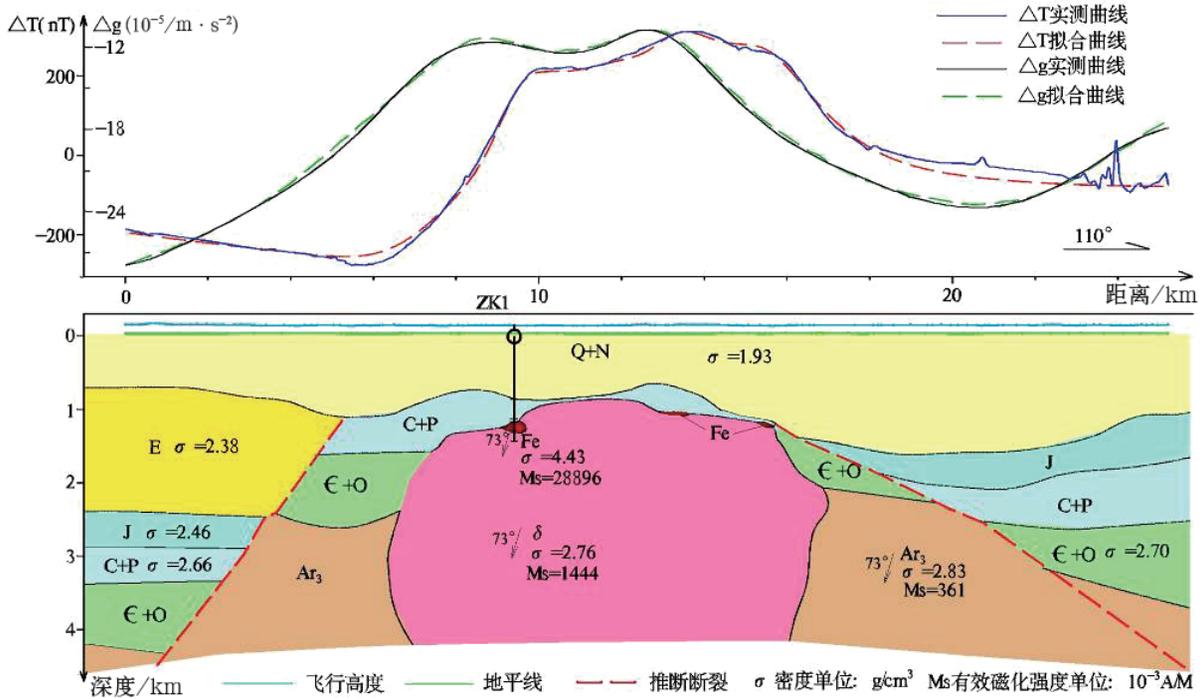


图2 L8040航空重磁剖面人机交互反演结果

引起。闪长岩体规模：长6570m，顶部最小埋深980m，底部最大延伸3700m，磁化率 3500×10^{-5} SI，岩体密度 2.76g/cm^3 ；分布有3个磁铁矿体，2个位于岩体西南侧顶部凸起边缘与灰岩的接触部位，其中北部铁矿规模长450m，顶部埋深1174m，厚度约58m，铁矿磁化率 80000×10^{-5} SI，密度 4.43g/cm^3 ；南部铁矿长287m，顶部埋深1308m，厚度约43m，铁矿磁化率 80000×10^{-5} SI，密度 4.43g/cm^3 ；另一个磁铁矿体位于岩体北东部，铁矿规模长360m，顶部埋深1284m，厚度约150m，铁矿磁化率 80000×10^{-5} SI，密度 4.43g/cm^3 。其他地层分布及密度、磁性参数见图2。

(4) 确定了7处找矿目标，为山东齐河—禹城地区提供了重要的找矿线索。根据该区重磁特征，并结合地质和其他

地面物探资料，在潘店地区初步确定铁矿找矿靶区7处，对寻找矽卡岩型铁矿具有很大潜力，其中Ⅲ号靶区经钻探验证已经见累计厚度116.5m的矽卡岩型铁矿，Ⅷ号靶区经钻探验证见累计厚度7~26m的矽卡岩型铁矿（图3），其他6处铁矿靶区与Ⅲ、Ⅷ号靶区成矿地质条件类似，均分布有中酸性岩支，在灰岩与中酸性岩支的接触部位，对寻找矽卡岩型铁矿潜力较大。

3. 成果意义

本次高精度航空物探（重、磁）测量重磁场信息十分丰富，发现了一批新的构造信息和航空重、磁异常，为山东齐河—禹城地区基础地质研究和找矿提供了重要的基础资料。山东齐河—禹城



图3 潘店地区钻孔岩心

地区为大面积沉积岩深覆盖区，以往对盘店闪长岩体的分布特征认识不够，通过本次典型剖面的重磁人机交互反演，对潘店岩体的空间分布特征有了进一步的了解，尤其是本次新圈定7处中酸性岩基顶部凸起的岩支，对该区寻找深覆盖

区铁矿具有一定的指导意义，为山东齐河—禹城地区提供了重要的找矿线索，并为下一步进行钻探验证提供了依据。

(自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心 王卫平 吴成平 徐东礼 马勋表供稿)



王卫平 (1963-), 男, 教授级高级工程师

2001年获国家科技进步二等奖1项, 2012年获国土资源科技成果二等奖1项。自然资源部中国地质调查局“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”二级项目附属子项目负责人。就取于自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心。从事航空物探解释和方法研究工作。承担了“直升机航空物探系统集成与测量方法技术研究”“新一代航电仪研制”, 以及内蒙古乌达、江西宜黄、广东龙门等地区的直升机航空物探勘查项目。

E-mail: 911733417@qq.com

云南腾冲—云县地区航磁综合研究

摘要：在云南腾冲—云县地区开展1：5万高精度航磁调查，结合地质、矿产、化探、区域重力、岩（矿）石磁化率及剩磁资料，筛选和查证了一批可能的矿致航磁异常，进行了岩性构造填图，开展了铜、铅锌等多金属找矿预测工作，为该区矿产资源调查评价提供了高质量的航磁资料和解释成果。

1. 项目概况

为支持云南省西南部腾冲—云县地区脱贫攻坚振兴发展，补充完善滇西基础地球物理资料，自然资源部中国地质调查局部署实施了“云南腾冲—云县地区航磁调查”子项目，归属于“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”项目，由自然资源部中国地质调查局国土

资源航空物探遥感中心承担。工作周期为2015—2017年。子项目主要目标任务是获取一批高精度航磁数据，进行岩性构造填图和找矿远景预测区圈定，为云南腾冲—云县地区地质找矿、构造演化研究等提供重要支撑。通过三年的工作，全面完成目标任务，并筛选出一批可能的矿致航磁异常，与云南省地质调查院

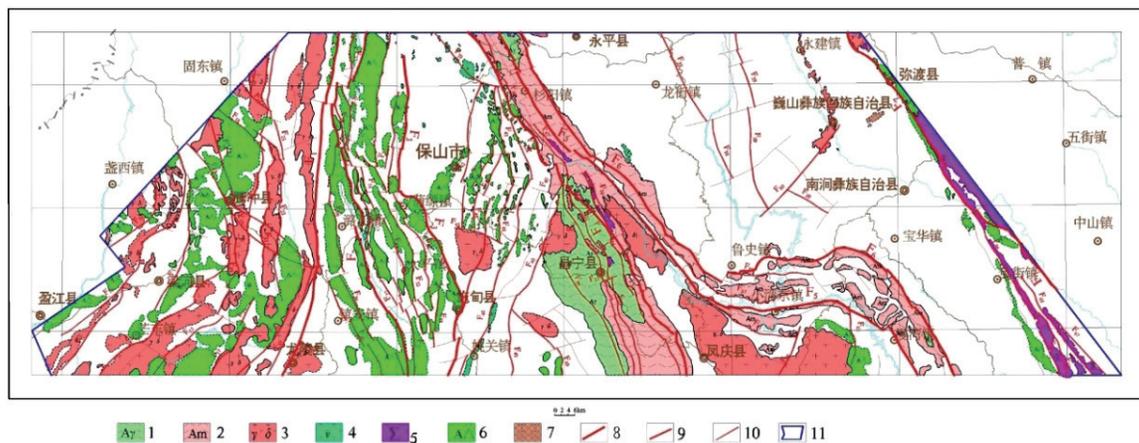


图1 云南腾冲—云县地区航磁推断岩性构造图

1—推断中等-弱磁性变质岩；2—推断强磁性变质岩；3—推断中酸性岩体；4—推断基性岩体；5—推断超基性岩体；6—推断火山岩；7—蚀变岩；8—推断一级断裂；9—推断二级断裂；10—推断三级断裂；11—测区范围

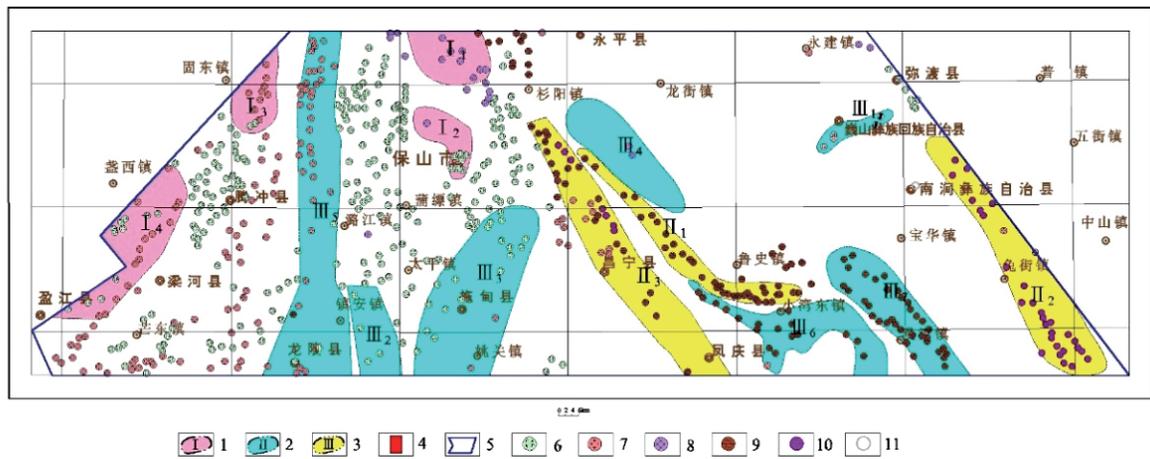


图2 云南腾冲—云县地区航磁异常分布及找矿远景预测图

1—一级远景区; 2—二级远景区; 3—三级远景区; 4—测区范围; 5—变质岩异常; 6—中酸性侵入岩异常;
7—超基性岩异常; 8—基性岩异常; 9—火山岩异常; 10—蚀变岩异常; 11—干扰异常

联合进行了综合异常查证, 取得了重要的综合研究成果和找矿效果。

2. 成果简介

2.1 推断岩性构造图

由于不同地质体的岩石组成、矿物成分、结构构造等方面存在一定差别, 而这种差别可以通过物性差异在磁场上得到不同程度的反映。对物性差异大的不同地质体, 航磁能够作出较为准确的区分。因此, 以不同岩性磁化率特征和不同地质体所反映的磁场特征为依据, 在腾冲—云县地区进行了岩性构造填图。利用航磁资料填制的推断岩性构造图具有很大的实用性, 可以解决诸多实际基础地质问题, 如隐伏半隐伏地质体、断裂等空间定位问题。

根据岩石磁化率特征、航磁异常特征和地质构造环境, 对区内航磁反映的侵入岩进行了划分, 全区共圈定侵入岩

体109处, 其中根据航磁资料新推断岩体45处, 修改岩性、岩体分布范围64处。根据航磁推断断裂划分原则, 全区划定断裂245条, 包括已知断裂67条、航磁推断断裂178条, 其中一级断裂7条、二级断裂60条、三级断裂178条(图1)。

2.2 航磁异常选编及找矿远景预测

依据本次航磁调查的地质任务, 在充分分析航磁资料的基础上, 结合以往地质、物探、化探、遥感等资料, 对区内来利山锡矿、昌宁薏坝地锡矿、核桃坪铅锌、厂街铜钴矿、金宝山铂钨铜镍矿、双沟铬铁矿等典型矿床进行分析研究, 重点解剖典型矿床的成矿特点、控矿规律和地球物理异常特征, 提取矿床判别标志, 建立适合区内异常解释的地质—地球物理找矿模型。

以找矿模型为参照, 以测区的航磁 ΔT 剖面平面图、航磁 ΔT 等值线平面图、航磁 ΔT 化极等值线平面图、航磁

ΔT 化极垂向一阶导数等值线平面图、航磁 ΔT 剩余异常剖面平面图等为基础,结合地质、化探资料,以寻找铜、铅、锌、铁、锡、金等多金属矿为主要目标,在成矿地质背景有利地段,对比多金属化探异常和航磁异常,共筛选航磁异常649处,其中新编航磁异常585处、老异常64处。对重要矿种开展地质、物探、化探、遥感等综合信息集成和叠加分析,筛选出找矿远景区14片,其中I级找矿预测区4片、II级找矿预测区3片、III级找矿预测区7片(图2)。

2.3 主要找矿成果

通过本次调查在昌宁无量山地区新发现铁矿致异常(滇C-2015-365),其位于一条航磁异常带上,地质成矿条件良好,找矿潜力很大,采用磁异常拟合体

积法计算,估算铁矿资源量0.5亿t以上。

新发现的滇C-2015-78异常, NNE 2.4km处有腾冲市中和乡老平山锡矿,异常处土壤样品分析Au、Ag、Cu、Pb、Mo、W、Sn、Fe元素均有富集中心,与实测地磁剖面及地质剖面矿化带有较好的对应。Sn含量为0.36%,达工业品位,值得进一步开展工作。

核桃坪铜铅锌铁找矿预测区(I₁)内成矿地质条件优越,有已知大中型铜、铅、锌、铁多金属矿床分布。航磁异常与已知矿床对应较好,铜、铅、锌化探异常浓集中心明显。对滇C-2015-26、27、28和滇C-2015-30号异常进行了地面地质、物探、化探综合查证,发现铅、锌矿化与磁铁矿化(图3),磁异常可以作为寻找铅、锌、铁多金属矿的间接标志,定量反演表明具有良好找矿前景。



图3 核桃坪铅锌矿外围云C-2015-30异常磁铁矿化

滇C-2015-360、361、362, 滇C-2015-258、349异常推断由隐伏花岗岩引起, 该区已知锡矿与花岗岩具有非常紧密的关系, 所圈定的隐伏花岗岩体, 可以作为相应矿种的间接找矿线索。

滇C-2016-128、129、130、131、206、207、209、211~214, 滇C-2016-208、215~218等NW向串珠状异常推断由基性—超基性岩浆岩型铬铁矿引起。沿该带产出有双沟式基性—超基性岩浆岩型铬铁矿, 铬铁矿矿体主要产于橄榄岩相超基性岩中, 因此圈定的隐伏基性—超基性岩体可以提供重要的间接找矿线索。

3. 成果意义

通过在云南腾冲—云县地区1:5万

高精度航磁调查及初步地面查证工作, 高质量完成了54065.3km²测量, 覆盖测区面积26300km²; 编制了航磁基础图件及转换处理、解释图件, 取得了较好的地质调查与找矿效果, 为滇西地区地面矿产勘查工作科学部署和合理规划提供了线索及依据, 为地质灾害预防、地质构造研究等工作提供了重要支撑, 更好地发挥了航空物探资料信息在地质调查和矿产勘查方面的先导作用。同时证明通过航空物探快速扫面后进行异常筛选, 然后通过地面物探、化探、地质等综合查证手段进行定位、区分、评价有意义异常, 是一种经济、快速、高效的空—地联合勘查方法。

(自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心 何敬梓 黄旭钊 葛藤菲供稿)



何敬梓 (1990-), 男, 助理工程师

就职于自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心。从事综合航空地球物理数据处理解释、地质矿产调查等工作。参与了“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”项目及国家重点研发专项所属项目“典型覆盖区航空地球物理技术示范与处理解释软件平台开发”研究工作。

E-mail: 749079407@qq.com

辽宁瓦房店地区航磁梯度调查 助力金刚石矿勘查

摘要：在辽宁瓦房店地区开展了1:1万高精度航磁梯度调查，获取了丰富的航空物探信息，选编了一批具有找矿意义的航磁梯度异常；推断了断裂构造，圈定了侵入岩，开展了金刚石矿成矿预测，为该区区域地质研究和金刚石勘查提供了丰富的基础资料和研究成果。

1. 项目概况

“瓦房店地区航磁梯度调查”子项目，归属于“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”项目，由自然资源部

中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心承担。工作周期为2016—2017年。主要目标任务是通过在辽宁瓦房店地区开展1:1万高精度航磁梯度调查，查明航磁异常分布特征，研究成矿地质背景，

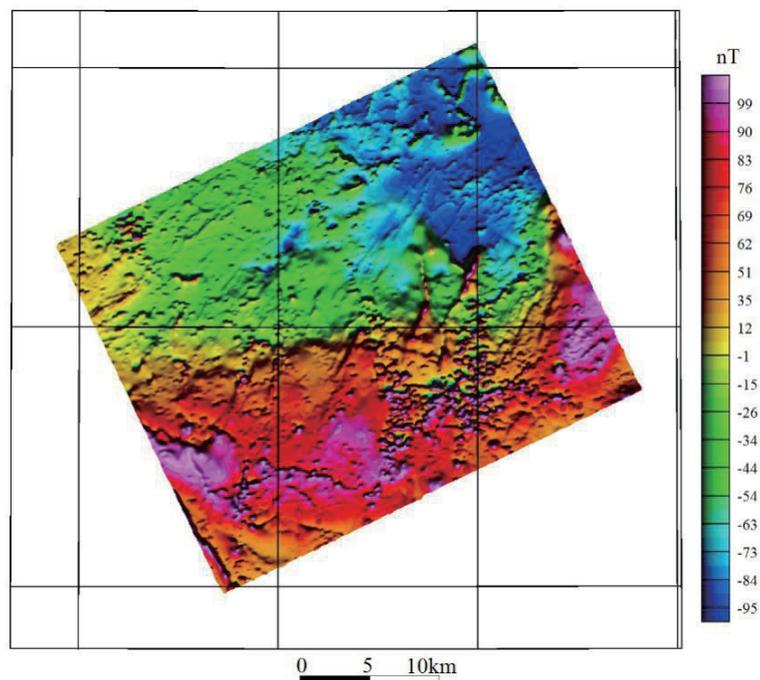


图1 瓦房店地区航磁 ΔT 立体阴影图

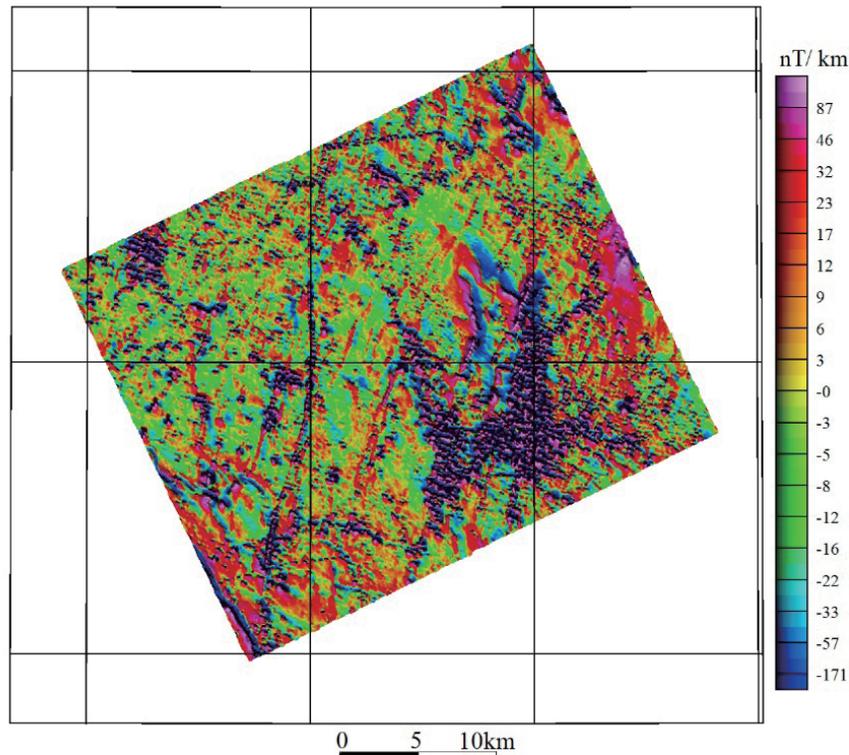


图2 瓦房店地区航磁横向梯度立体阴影图

为金刚石矿产资源评价提供高质量的航空物探资料 and 解释成果。

2. 成果简介

(1) 首次在该区开展1:1万高精度航磁梯度测量, 获取了高质量的航磁梯度数据10169.7km, 覆盖面积约1000km², 野外各项技术指标均优于设计指标, 全区调平后航磁 ΔT 、横向梯度、纵向梯度、垂向梯度总精度分别为1.99nT、0.052nT/m、0.055nT/m、0.071nT/m。本次航磁梯度资料为本区金刚石矿勘查提供了宝贵的基础资料(图1、图2)。

(2) 对比实测与由 ΔT 计算出的横向梯度、纵向梯度、垂向梯度的等值线平面图, 二者变化趋势基本一致, 异常形

态基本相似, 但实测的横向梯度和垂向梯度等值线平面图中对异常的细节刻画更为精细, 且由 ΔT 计算出的梯度没有剖面平面图, 因此实测梯度能为矿产勘查和地质解释提供更丰富、更精细的信息。

(3) 通过航磁梯度、地质等资料的综合解释, 共划分出断裂14条, 其中一级断裂3条、二级断裂11条; 圈出侵入岩体57处, 其中金伯利岩体21处、基性岩体25处、中性岩体11处。不同级别的断裂是区内重要的控岩、控矿构造, 为区域构造的划分和演化, 探讨金刚石矿的形成及分布规律具有重要的地质意义。

(4) 选编航磁及梯度局部异常119处, 其中新编航磁异常52处、往年航磁异常61处、航磁梯度异常6处。划分出具

有直接或间接找矿意义的甲类异常3处、乙2类异常15处、乙3类异常16处。

(5) 以航磁梯度资料为基础, 综合参考地质、矿产、化探等资料, 全区共圈出金刚石找矿远景区5片, 按成矿地质条件和找矿标志等分为两级, 其中Ⅰ级远景区3片、Ⅱ级远景区2片, 对当地金刚石矿产勘查具有重要的指导意义。

3. 成果意义

获取的高质量航磁梯度资料, 为瓦房店地区基础地质研究和金刚石勘查提

供了重要的地球物理资料。通过开展地质、物探、化探等资料综合研究, 筛选出一批有利的局部异常, 圈定了找矿远景预测区, 为瓦房店地区金刚石勘查部署提供了参考建议, 体现了航磁梯度调查在地质调查与评价过程中的重要作用。通过航磁梯度资料的综合分析对比, 凸显了梯度调查的优势, 总结了航磁梯度资料解释应用的方法, 为其他地区开展航磁梯度调查提供了参考依据。

(自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心 贾志业 安战锋 赵廷严 周德文 张林杰供稿)



贾志业 (1984-), 男, 工程师

就职于自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心。从事航空地球物理综合解释工作。近年承担了辽宁瓦房店、甘肃敦煌—阿克塞、静宁—秦安等地区的航空地球物理综合解释等工作。

E-mail: jiazhiye@agrs.cn

新方法新技术助力北秦岭 华阳川地区航空物探调查

摘要: 采用沿地形缓起伏光滑曲面飞行测量方法开展航空物探(重、磁)测量工作,并使用新研制的三维导航系统控制飞行航迹,且使用与导航新技术相匹配的航空物探测量质量评价体系对航空物探测量数据进行质量监控。测量结果表明,通过这些新技术的使用,有效降低了离地飞行高度、提高了测量效果,解决了复杂地形区航空物探(重、磁)测量难题。

1. 项目概况

北秦岭华阳川地区为中高山区,地形切割强烈,地形复杂。“北秦岭华阳川地区1:5万航空物探(重、磁)调查”子项目,归属于“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”项目,由自然资

源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心承担。工作周期为2017—2018年。主要目标任务是开展北秦岭华阳川地区高精度航空物探(重、磁)测量,查明区域航空重力场和磁力场特征,解决北秦岭华阳川地区因地形切割较大,地面物探工作开展较为困难,急需大比

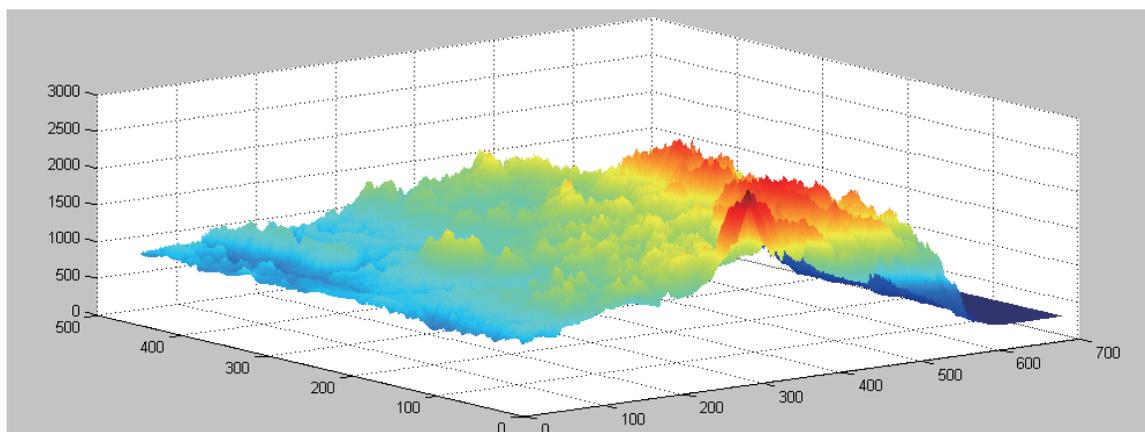


图1 北秦岭华阳川地区三维地形示意图

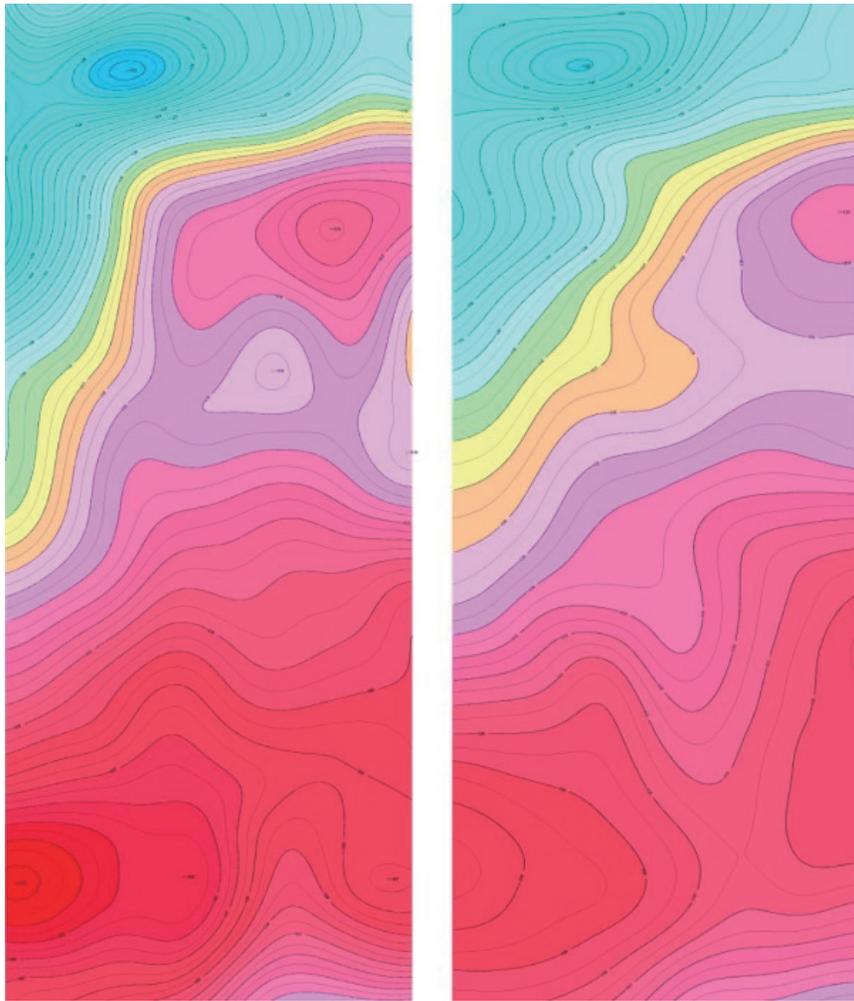


图2 不同测量方法获取的航空布格重力测量效果对比图
(左—沿地形缓起伏飞行方法；右—水平飞行方法)

例尺的物探资料的困难，为矿产资源调查评价提供高质量的航空物探资料 and 解释成果。

2. 成果简介

(1) 本次测量以航空重力测量为主，在保证航空重力测量效果的基础上，兼顾航磁测量。为使两种测量方式都能取得最佳测量效果，提出了沿地形缓起伏光滑曲面飞行测量方法，并在本次测

量过程中首次采用。沿地形缓起伏光滑曲面飞行测量方法主要技术指标为：起伏坡度小于 3° ，过山头飞行高度不小于100m，切割线与主测线交叉点处的设计飞行高度相同。以此为依据，利用DEM数据，设计三维导航航迹，设计计算过程及结果(图1)。

(2) 开发了适用于沿地形缓起伏测量方法的三维导航控制系统，并在本测区首次使用以控制测量航迹。三维导航控制系统除随时提供飞机的空间位置、

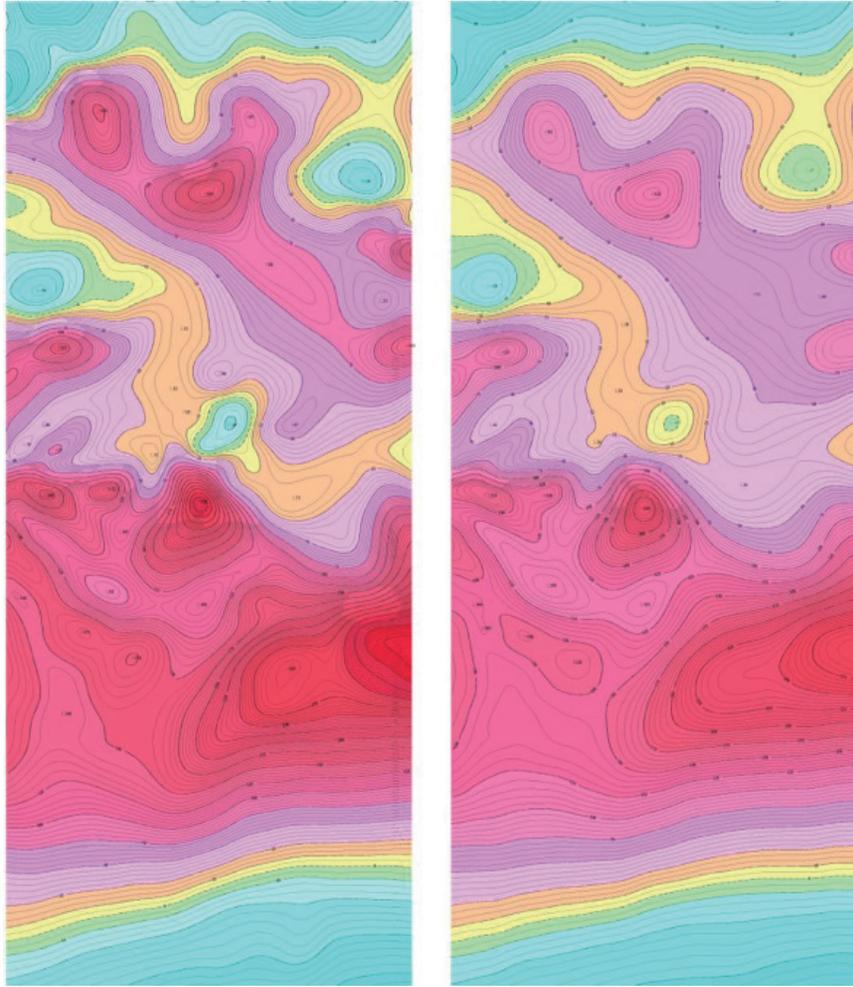


图3 不同测量方法获取的航磁 ΔT 测量效果对比图
(左—沿地形缓起伏飞行方法;右—水平飞行方法)

航向、速度、偏航距、待飞距及预达时间等信息外,同时提供实际飞行航迹与设计航迹的上下、左右偏差。即可帮助飞机驾驶员尽量保持测量飞机沿预先设计好的飞行航迹进行飞行测量。三维导航控制软件对实现沿地形缓起伏光滑曲面飞行测量方法的实现提供了有力的保障。

(3) 首次使用与导航新技术相匹配的航空物探测量质量评价体系对航空物探测量数据进行质量监控。质量监控结

果显示:全区缓起伏测线飞行高度差按测点统计,平均飞行高度差为4.935m、高度差小于10m的占总测点数的89.64%;小于20m的占总测线数的99.22%,小于40m的占99.94%,优于设计要求。全区所有缓起伏测线飞行起伏角度在 3° 以内占87.36%,满足设计要求。全区缓起伏主测线与切割线共有516个交叉点,交叉点高度差在30m以内占99.61%。

(4) 全区磁场水平统一调平后,航磁总精度0.22nT,满足设计全区测量总

精度优于等于2.0nT的要求，这主要得益于主测线与切割线交叉点高度差较小的缘故。全区重力场水平统一调平后，航重总精度0.56mGal，满足设计全区测量总精度优于等于0.8mGal的要求。

(5) 为验证沿地形缓起伏光滑曲面飞行测量方法的可行性和先进性，以华阳乡、金堆镇重点成矿区域为中心开展水平测量飞行，飞行高度定位为沿海拔2600m。对比水平飞行方法与沿地形缓起伏飞行方法的重、磁综合测量效果，发现沿地形缓起伏光滑曲面飞行测量方法获取的重力场与水平测量飞行获取的重力场面貌相似，但沿地形缓起伏测量方法获取的重力场信息更为精细(图2)。证明了沿地形缓起伏测量方法的可行性和先进性。航空磁场测量效果方面(图3)，沿地形缓起伏光滑曲面飞行测量方法获

取的航磁 ΔT 较水平飞行方法获取的航磁 ΔT 磁场信息更多，磁异常幅度更大。

3. 成果意义

采用沿地形缓起伏光滑曲面飞行测量方法在复杂地形区开展航空物探(重、磁)测量工作取得了理想的测量效果，为今后在高山区，地形切割剧烈地区飞行积累了宝贵的飞行经验，为大规模推广该飞行方法奠定了基础。沿地形缓起伏光滑曲面飞行测量及质量控制方法的试用成功在有效降低航空物探测量飞行高度、提高测量效果等方面将发挥重要的作用，从而推动航空物探技术进步。

(自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心 赵廷严 李芳 贾志业 丛丽娟 耿圣博 闫红雨 杨雪 供稿)



赵廷严(1984-), 男, 工程师

自然资源部中国地质调查局“北秦岭华阳川地区1:5万航空物探(重、磁)综合研究”子项目负责人。就职于自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心。从事航空地球物理综合解释与方法技术研究工作。承担了敦煌—阿克塞等地区的航空地球物理综合解释等工作。

E-mail: zhaotingyan@agrs.cn



李芳(1986-), 女, 工程师

就职于自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心。从事航空地球物理综合解释与方法技术研究工作。参与了“北秦岭华阳川地区1:5万航空物探(重、磁)综合研究”子项目, 承担了山西太原、临汾-运城等地区的航空地球物理综合解释等工作。

E-mail: 793101673@qq.com

航空物探在安徽青阳—芜湖地区 地质矿产调查中的作用和效果

摘要: 安徽青阳—芜湖地区位于扬子板块西缘成矿带, 具有较大的找矿潜力。本次航空物探测量发现新的航磁、航放异常, 识别出新的断裂, 圈定出新的找矿有利地质体。通过航磁、航放异常查证, 发现了新的找矿线索, 为找矿突破提供了坚实的地球物理基础。

1. 项目概况

“安徽青阳—芜湖地区1:5万航空物探(磁、放)调查”子项目, 归属于“重要油气盆地和成矿带航空物探与遥感调查”工程下设的“秦岭及天山等重点成矿区带航空物探调查”项目, 由自然资源部中国地质调查局国土资源航空物探遥感中心承担, 中国冶金地质总局地球物理勘查院参与。子项目周期为2017年4月—2017年12月。主要目标任务是在安徽青阳—芜湖地区开展1:5万高精度航空物探(磁、放)调查, 完成15000km航空物探(磁、放)测量任务, 结合地质矿产、地面物化探等资料, 进行综合研究和分析, 划分断裂、圈定岩浆岩和控矿蚀变岩, 研究区域地质构造与成矿规律; 筛选一批可能的矿致局部航磁、航放异常, 开展航磁、航放异常地面三级查证, 并进行多金属矿找矿预测, 圈定找矿预测区和最小预测区。

2. 成果简介

(1) 航空物探测量与数据处理成果。2017年5月—2017年11月超额完成了航空物探测量任务, 共完成测线15302km, 覆盖面积逾7000km²(图1)。通过对航磁原始数据的正常场、正常场高度、磁日变等校正和磁场水平调整, 获得了信息十分丰富的航磁图, 在此基础上进行化极、向上延拓、剩余异常、方向导数、欧拉反褶积等位场转化处理方法, 从多角度突显磁场信息, 发现多个有意义异常; 通过对航放原始数据进行飞机本底修正、宇宙射线本底修正、剥离修正、大气氡修正、高度衰减修正, 得到修正后的总计数率, K、U、Th含量等值线平面图等基础图件, 再通过综合数据处理(比值方法、多元素组合参数)突出重点关注的放射性异常, 为基础地质和矿产资源研究奠定了基础。

(2) 航磁、航放异常选编成果。目



图1 测区野外飞行作业图

前已完成部分区域航磁、航放异常选编，共选编航磁异常90处、航放异常32处，其中矿致异常4处、推断矿或矿化蚀变有关41处、侵入岩49处、性质不明12处，大多数航磁、航放异常为新选编。通过航磁、航放异常选编发现，新的异常图不但显示了新的航磁、航放异常，而且对已有小比例尺、低精度磁、放异常形态反映更好。

(3) 基础地质研究成果。航测资料对工作区主要断裂及构造单元有清楚的反映。测区断裂构造发育，断裂走向主要有近北东（北东东）向、东西向、北西向，其中以北东向为主构造线方向。不同时期、不同性质、不同规模的断裂构造纵横交错，构成了区内复杂的构造格局。

涇县-敬亭山断裂在航磁 ΔT 化极阴影图上表现为线性异常带、串珠状异常带，尤其在马头镇-敬亭山沿线该特征最为明显。龙门山-锦屏山断裂在区内呈弧形展布，主要显示为磁场分界线、磁异常梯度带。刘村岩体断裂位于测区东部

大刘村-姚村一带，由刘村岩体边部及内部的多条北北东向、北东向断裂组成，区内延伸长度在6~23km不等，除F31、F33、F36外均为航磁推断断裂（图2）。照君岩北断裂显示为负磁异常条带，断裂北侧局部异常较多且幅值较高，南侧局部异常幅值较低。航磁 ΔT 剩余异常阴影图磁场形态整体变化不大，但断裂处的负磁异常条带和两侧的局部异常更加清晰，显示断裂主要为浅部活动的特征。据航测资料初步分析，推断出了46条不同级别、不同性质的断裂。

航测资料对部分侵入岩、火山岩、变质岩和磁铁矿等反映明显。测区内岩浆岩发育程度较高，测区西南部和东部主要表现为侵入活动，形成岩基或大型岩株（如旌德、刘村），喷出岩出露较少，仅在测区东南边界西天目山照君岩附近有零星出露，同时伴有同期岩浆侵入活动。测区内岩浆侵入活动主要集中在燕山期，自西向东侵入时代由晚侏罗纪-早白垩纪变新；侵入活动的产物以中酸性岩为主，主要集中在旌德县及宣

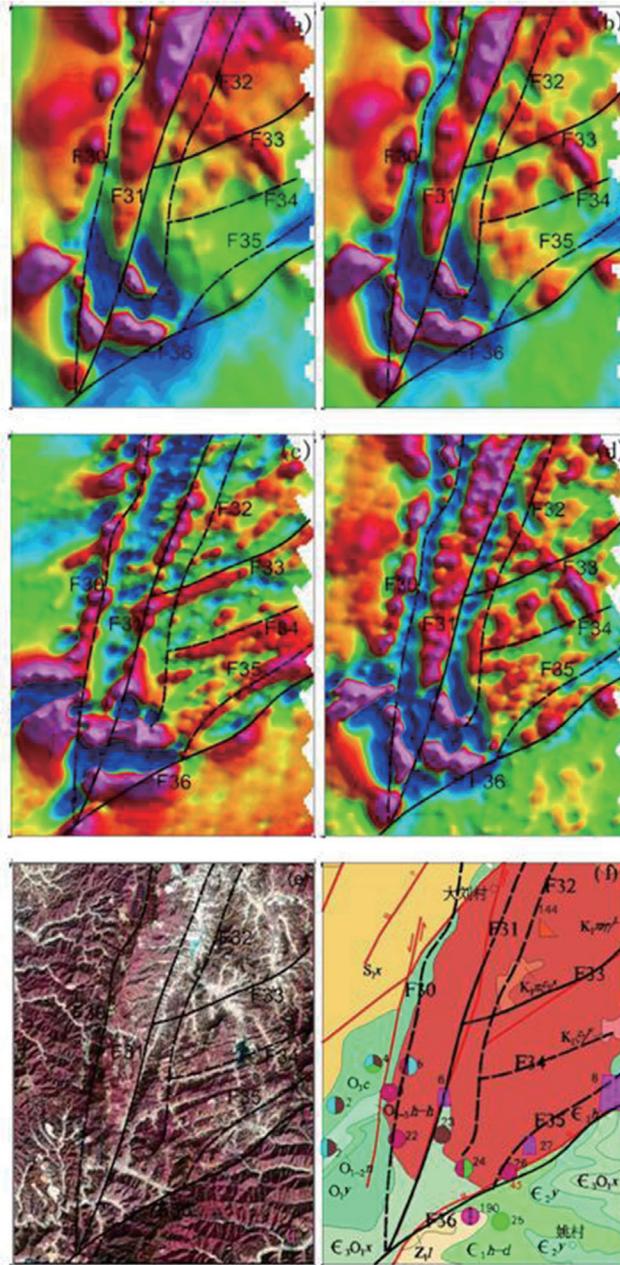


图2 测区内刘村岩体断裂航磁、遥感、地质综合图

(城)郎(溪)广(德)三县交界的刘村一带,自西向东岩性由花岗闪长岩-二长花岗岩-钾长花岗岩变酸性。测区麻姑山岩体地表无出露,航空伽马能谱Tc阴影图上无明显反映,在磁场图中反映十分清楚,航磁 ΔT 阴影图上显示为大规模正异常,化极上延1km后仍有明显反映,利

用各类航磁转换图件(图3)可以推断下有一定规模的隐伏岩体,且该岩体与麻姑山铜钼矿有密切联系,表明可以利用航磁资料直接或间接找矿。依据航测资料对比分析,新圈定40多处中酸性、酸性侵入岩。据磁场特征判断,这些侵入岩多数为隐伏岩体,具有较好的找矿意义。

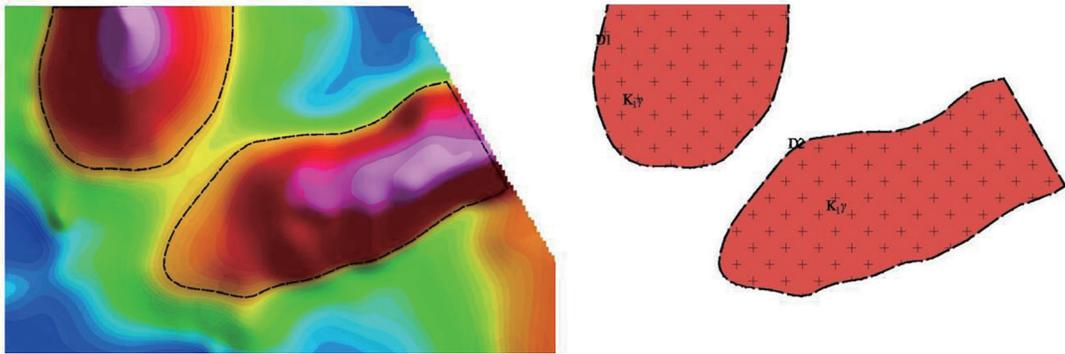


图3 测区麻姑山岩体航磁推断解释图

(4) 异常踏勘与查证成果。在航磁、航放异常分析选编的基础上,对8处异常进行踏勘检查。为了取得找矿突破,对其中5处具有找矿意义的异常开展三级查证,并发现了新的找矿线索。

在皖C-2017-3号异常区有麻姑山矽卡岩型铜钼矿床。据前人1:20万化探资料,该磁异常处有一甲类地球化学异常,主要元素组合为Cu、W、Ag、Hg,异常浓集中心明显,主要成矿元素Cu浓度梯度变化明显。该地球化学异常主要为麻姑山铜、钼矿床引起。综上推断该异常为矿化蚀变岩和深部岩体共同引起,异常边部及叠加异常中心为成矿有利部位,建议在周边寻找与麻姑山铜钼矿成矿模式类似的矽卡岩型矿床。

在皖C-2017-29号异常区周边有竹溪岭钨钼矿等多个多金属矿床、矿化点。航磁 ΔT 阴影图上,异常处在正磁场边部,为圆形,直径约1.4km。 ΔT 剖面平面图上2条测线有反映,异常曲线规则、圆滑,呈尖峰状。航磁 ΔT 最大值约92nT。推断该异常为侵入岩体和矿化石英脉共同引起,该异常处成矿地质条件良好,建议做进一步地面详查工作。

在HFU-22号异常区发现存在高强度的铀异常(图4),形态为条带状,走向为北东向,航空伽马能谱总计数率、钾、铀、钍含量分别为1646.3cps、0.6%、 8.0×10^{-6} 、 4.0×10^{-6} ,U/Th值为2.0,为明显的铀异常特征。该异常与HFU-19、HFU-24异常共同处在一条近北东向的窄幅铀异常带上,异常带长约20km。该异常为寒武系—震旦系地质单元内的炭质页岩所引起,且异常幅值极为突出;又存在一条长20km的铀异常带,航空伽马能谱铀异常在影像图上较为连续,空中实测的铀平均含量为 12.6×10^{-6} ,为全区平均值的4倍,成矿地质背景佳,是铀矿的富集的有利部位。

3. 成果意义

安徽青阳—芜湖地区位于扬子成矿省,下扬子成矿亚省,涉及二个Ⅲ级成矿区(带),即长江中下游Cu-Au-Fe-Pb-Zn-硫铁矿-石膏成矿带和江南隆起东段Au-Ag-Pb-Zn-W-Mo-V-萤石成矿带,构造-岩浆活动强烈,资源丰富,矿床类型多,找矿潜力大。本次航空物探测量不但发现了新的航磁、航放异常、识

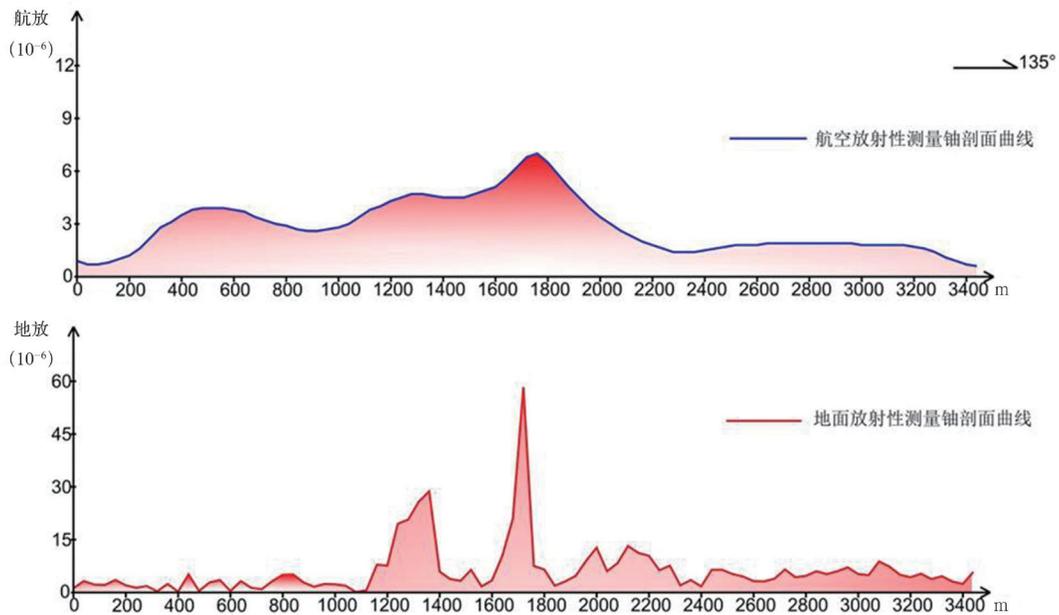


图4 HFU-22异常U含量航地对比剖面

别出新的断裂、圈定出新的找矿有利地质体，通过航磁、航放异常踏勘与查证还发现了新的找矿线索，为找矿突破提供了坚实的地质、地球物理基础。同时，大比例尺、高精度航空物探测量具有精

度高、分辨率好的特点，可以部分替代地磁、地面放射性测量，从而提高工作效率，节省人力、物力。

(中国冶金地质总局地球物理勘查院
许苏鹏 董根旺供稿)



许苏鹏 (1982-), 男, 高级工程师
自然资源部中国地质调查局“安徽青阳—芜湖地区1:5万航空物探(磁、放)调查”子项目负责人。就职于中国冶金地质总局地球物理勘查院。从事航空物探测量、数据处理及成果解释工作。
E-mail: xusupeng1@163.com



董根旺 (1987-), 男, 工程师
就职于中国冶金地质总局地球物理勘查院。从事航空物探成果解释工作。参与“安徽青阳—芜湖地区1:5万航空物探(磁、放)调查”子项目。
E-mail: 892353159@qq.com

成果快报

新疆哈密地区新发现 具有大型远景规模的黑山金矿

摘要：通过沙泉子幅1:5万矿产地质调查，在沙泉子断裂南侧的卡瓦布拉克-星星峡地块，新发现黑山金矿，圈定含金矿化带4条、矿体3条。金矿（化）体赋存于天湖岩群浅变质岩和晚古生代火山岩中，为浅成低温热液型金矿，预测金资源量可达大型矿床规模，拓展了东天山成矿带找矿方向。

1. 项目概况

“东天山成矿带景峡地区矿产地质调查”项目，归属于自然资源部中国地质调查局“西北主要成矿带地质矿产调查”工程，由有色金属矿产地质调查中心承担。项目周期为2016—2018年。主要目标任务是在东天山成矿带主要找矿远景区开展1:5万矿产地质调查，初步查明区域成矿地质背景及成矿条件，优选成矿有利地段，进行工程验证，圈定并提交找矿靶区，探索建立该区有效的地质找矿方法技术组合。2016年，在沙泉子幅圈定了黑山金矿找矿靶区，开展了槽探工程揭露；2017—2018年，经钻探工程验证，初步控制了金矿体规模，预测金资源量可达大型矿床规模。

2. 成果简介

(1) 新发现黑山金矿，圈定金

矿化带4条、矿体3条。金矿化带长270~950m，宽5.0~45.0m，沿走向呈舒缓波状，西南撒开，北东收敛，由新太古—古元古界天湖岩群上亚群绿帘透辉角岩、角闪石英片岩以及晚期角岩化英安岩、安山岩组成（图1），受北东向断裂控制，带内糜棱岩化、硅化、角岩化、矽卡岩化、绢云母化、蛋白石化、黄铁钾钒、褐铁矿化发育。钻探验证结果显示：矿体具上贫下富特征，控制最大斜深220m，金属硫化物较地表发育，呈似层状、透镜状，金属矿物主要为黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿，矿石结构为他形粒状、角砾状结构，具有块状、条带状、浸染状构造。矿体长100~570m，厚1.0~10.2m，Au品位0.26~30.6g/t，主矿体平均3.62g/t，伴生银6.3g/t，其中10—18线，单工程Au品位3.34~4.48g/t，平均4.22g/t，最大见矿厚度10.2m。

(2) 1:5万岩屑（土壤）测量圈定

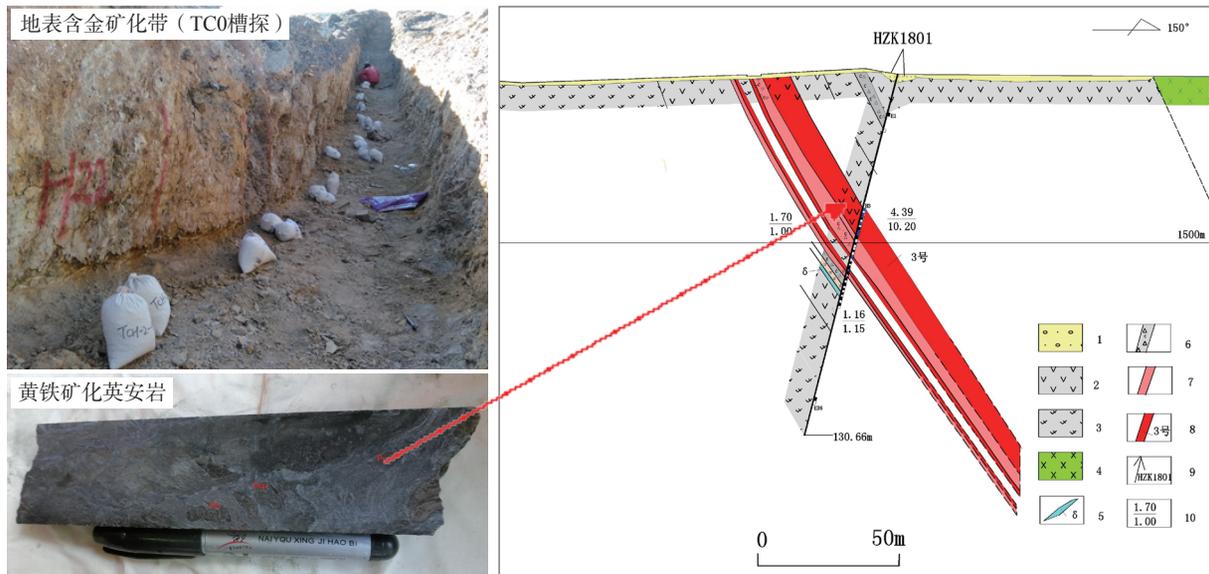


图1 新疆哈密黑山金矿区18线剖面

1—第四系; 2—安山岩; 3—英安岩; 4—辉长岩; 5—闪长岩脉; 6—破碎带;
7—含金矿化带; 8—金矿体; 9—钻孔编号; 10—品位/厚度

了一近东北向的SHS15(乙1)综合异常带,与含金矿化带展布方向一致(图2)。异常以Au、Ag、As、Sb为主,由Au38、Ag29、As28、Sb22异常组成,西南段未封闭,Au、As异常具三级分带特征,浓集中心明显,异常外带大致吻合,其中Au38最大值 215×10^{-9} ,平均值 23.4×10^{-9} ,异常范围达 27.8 km^2 。

(3) 将该区原划定的早泥盆世辉长岩解体出一套中酸性火山岩建造。综合研究表明,辉长岩分布范围存在一套晚古生代火山岩建造,由下至上为英安岩、碎屑岩、安山岩夹英安岩组合,受后期岩浆构造活动影响,岩石普遍角岩化、糜棱岩化,上部安山岩夹英安岩组合为金赋存的主要建造。

(4) 初步确定金矿成因类型为浅成低温热液型。矿体赋存于天湖岩群浅变质岩及晚古生代中酸性火山岩中。历经

加里东期岩浆构造作用、华力西中晚期塔里木板块和准噶尔板块之间的俯冲-碰撞作用,以及晚石炭世一早二叠世末板块间的拼贴碰撞,发生由南向北逆冲推覆,含矿构造以北东向为主,并与中酸性火山岩密切相关,对矿源层的进一步迁移、改造、富集而成。

3. 成果意义

东天山金矿主要产于沙泉子断裂以北的阿其山早石炭裂谷及康古尔碰撞带两侧。自20世纪50年代以来,卡瓦布拉克-星星峡地块在铁、铅锌、铜镍、钨、稀有金属及非金属矿找矿有较好的进展。该地块除东侧马庄山一带有金矿点发现外,找金总体进展不大,黑山金矿点的发现,对该区浅成低温热液型金矿找矿具有一定的指导和借鉴意义。在早泥盆世辉长岩解体出一套以中酸性为主的火

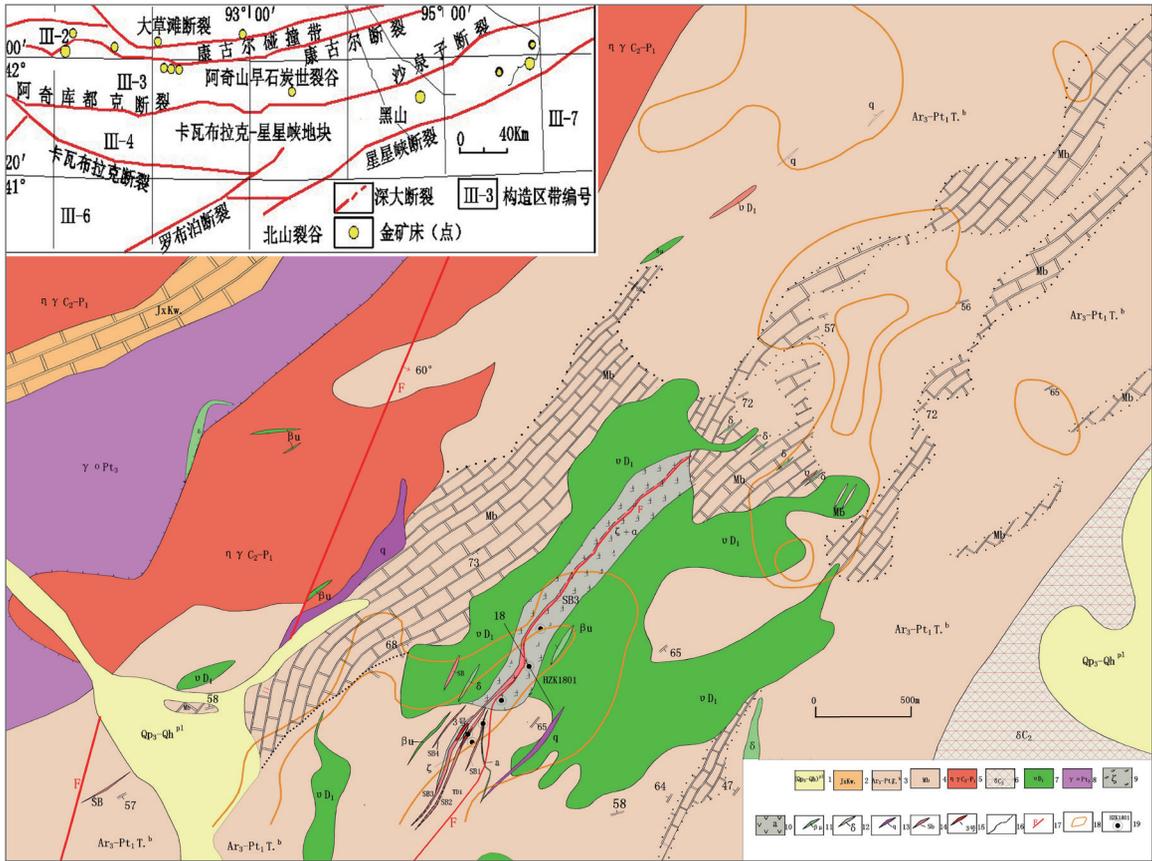


图2 新疆哈密黑山金矿区地质略图

- 1—第四系；2—蓟县系卡瓦布拉克群；3—天湖岩群上亚群；4—大理岩；5—早二叠—晚石炭二长花岗岩；6—晚石炭闪长岩；7—早泥盆辉长岩；8—晚元古片麻状花岗岩；9—英安岩；10—安山岩；11—辉绿玢岩；12—闪长岩脉；13—石英脉；14—破碎带；15—金矿体编号；16—地质及推测界线；17—断裂；18—金异常；19—钻孔编号

山岩，重新确立了该区金矿的主要赋存层位，对于区域构造演化、成矿地质背景及矿床成因研究具有重要意义。金矿化带深边部尚未完整控制，工作程度低，金矿资源潜力较大；找矿成果可为哈密地区提供接替资源，金矿开发利用对推

动地方经济建设和民族地区稳定具有重要意义。

(有色金属矿产地质调查中心 肖文进
 刘海鹏 王寿成 刘军 肖剑 高军辉
 肖保 李坡 祁亚辉 张忠义 张远飞
 供稿)



肖文进 (1966-), 男, 教授级高级工程师
 就职于有色金属矿产地质调查中心。从事地质勘查和综合研究工作。承担在“东天山成矿带景峡地区矿产地质调查”项目沙泉子片区、山口站片区工作。
 E-mail: xwenjin2004@163.com

全国矿产资源潜力评价 数据库建设成果与服务

摘要:我国完成了煤、铀、铁等25个矿种的全国矿产资源潜力评价工作,形成了海量数据。为确保数据系统性、完整性、规范性和持续可用,采用了矿产资源潜力评价数据模型方法技术体系,建成了一体化潜力评价海量数据库,已广泛服务于找矿战略、矿政管理、政府部门、矿业企业及社会公众。

1. 项目概况

中国地质调查局发展研究中心承担的“潜力评价数据库一体化管理与开发研究”专题,是全国矿产资源潜力评价(2006—2013年)后续工作之一,属于“基础地质数据更新”项目的子项目。该子项目基于全国矿产资源潜力评价成果,采用了矿产资源潜力评价数据模型方法技术体系,开展了潜力评价数据库一体化管理与开发研究,建成了潜力评价海量数据库。数据成果已得到广泛应用。相应方法技术除了在全国矿产资源潜力评价中得到全面应用之外,也推广到“全国矿产资源利用现状调查”“全国危机矿山接替资源找矿”“全国重要矿集区找矿预测”等全国专项工作。同时对地质调查评价专项十大计划中数据库建设工作也有重要参考和借鉴意义。

2. 成果简介

(1) 全面完成了全国矿产资源潜力评价数据库一体化集成建设工作。项目在2013年底潜力评价建库阶段性工作基础上,将①30个省(直辖市/自治区)(包括北京、天津、河北、山西、山东、河南、内蒙古、黑龙江、吉林、辽宁、江苏、安徽、浙江、江西、福建、湖北、湖南、广东、广西、海南、四川、重庆、云南、贵州、西藏、陕西、甘肃、宁夏、青海、新疆)铁、铝、铜等23个矿种潜力评价图件数据,②30个省(直辖市/自治区)省级大地构造图、五要素地质构造专题图(沉积、火山、侵入、变质、大型变形)和省级区域成矿规律图图件数据,③6个大区(华北、东北、华东、中南、西南、西北)和全国汇总综合专题(地质背景研究、成矿规律研究、重力资

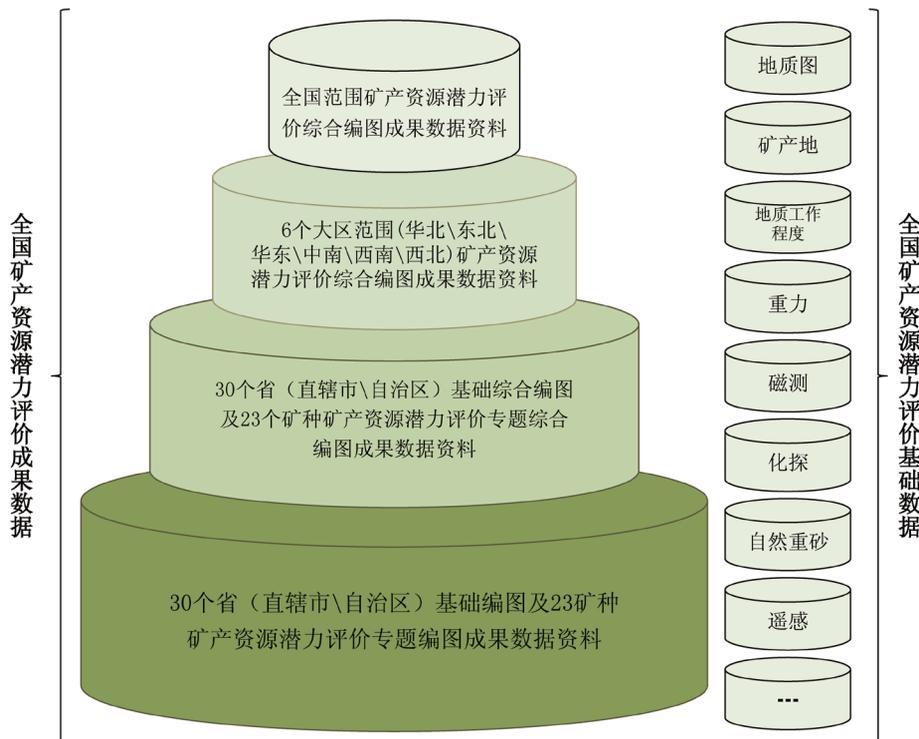


图1 全国矿产资源潜力评价数据库数据资源构成

料应用、磁测资料应用、化探资料应用、遥感资料应用、重砂资料应用、矿产预测研究、化工矿产资源潜力评价)的潜力评价综合图件数据,按全国矿产资源潜力评价成果建库技术要求,收集、整理与集成入库,形成了系统、完整、规范、一体化管理的全国矿产资源潜力评价数据库,为向社会持续提供矿产资源潜力评价成果资料服务奠定了坚实基础。全国矿产资源潜力评价数据库数据资源构成见图1。

(2)公开发布了全国矿产资源潜力评价成果图件资料目录。基于全国矿产资源潜力评价数据库成果,以省(直辖市/自治区)为单元,按基础编图(地质、矿产、重力、磁测、化探、遥感、自然重砂等)、矿种(铁、铝、铜等23个

矿种,不包括铀和煤炭)、专题(成矿地质背景、成矿规律、物化遥重砂、矿产预测等)以及空间尺度(典型矿床、预测工作区、1:25万分幅、省/市/自治区范围),编制了潜力评价成果图件数据实体资料检索目录,约含11万条目录信息,已在天津国际矿业大会、全国地质资料馆地质资料信息服务网站和中国地质调查局网站上公开发布,让公众及时方便了解、查阅、收集与利用潜力评价图件数据实体资料。

(3)系统总结了地质、物探、化探、遥感、重砂资料数据处理和矿产资源潜力评价预测方法技术。主要包括:地质变量信息处理、物探信息处理、化探信息处理、重砂信息处理、遥感信息处理、通用数据处理、评价预测处理7个方面方



图2 全国矿产资源潜力评价数据库一体化管理平台DipMopa

法技术,约140种。为今后矿产资源潜力评价常态化及相关应用系统功能完善或地质大数据处理储备了数据处理方法技术。

(4) 研究探索了基础地质数据库与潜力评价成果数据库整合关键技术。主要包括:①DipMopa平台系统元数据库数据模型,②DipMopa平台系统元数据库管理软件。为将DipMopa平台推广到省级地调院等基层地勘单位,实现基层地勘单位基础地质数据与潜力评价成果数据的一体化管理,储备了数据模型及整合软件技术。全国矿产资源潜力评价数据库一体化管理平台见图2。

(5) 建立了矿产资源潜力评价数据

模型方法技术体系,支撑完成了我国陆域煤、铀、铁、铜、金等25个重要矿种资源潜力定量评价。出版了《矿产资源潜力评价数据模型技术总论》《全国矿产资源潜力评价成果建库技术要求》《全国矿产资源潜力评价成果整合集成建库方法与技术》等系列专著。培养了矿产资源潜力评价信息技术人才。

3. 成果意义

(1) 建立了矿产资源潜力评价数据模型方法技术体系,为矿产资源评价模式从小规模人工定性评价向大规模计算机定量评价跨越奠定了基石,支撑完成了我国陆域煤、铀、铁、铜、金等25个

重要矿种资源潜力定量评价，摸清了家底，为我国矿产资源战略制定和矿产勘查开发规划提供了真实准确数据。

(2) 建立了系统、完整、规范的全国矿产资源潜力评价成果集成空间数据库，实现了我国资源国情调查重大工程成果数据资料的一体化管理，便于今后维护、查阅、利用，以及向社会持续提供潜力评价成果资料服务。

(3) 公开发布全国矿产资源潜力评价成果图件数据资料目录检索信息，及时方便社会公众了解、查询、借阅、收集、利用潜力评价成果资料实体，使得潜力评价成果利用价值最大化。

(4) 系统总结了地质、物探、化探、遥感、重砂资料数据处理和矿产资源潜力评价预测方法技术，为今后矿产资源潜力评价常态化及相关应用系统功能完善或地质大数据处理储备了数据处理方法技术。

(5) 探索研究了面向DipMopa软件平台的潜力评价成果数据与相关基础地质数据整合关键技术，为实现基层地勘单位基础地质数据与潜力评价成果数据的一体化管理，储备了数据模型及整合软件技术。

(中国地质调查局发展研究中心左群超供稿)



左群超 (1964-), 男, 教授级高级工程师

获得计算机软件著作权4项, 获2017年国土资源部科学技术奖二等奖、获2015年中国地质调查局地质科技一等奖、2015年中国地理信息科技进步二等奖。就职于自然资源部中国地质调查局发展研究中心(自然资源部矿产勘查技术指导中心)。从事矿产资源潜力评价、矿集区找矿预测和计算机地质智能技术与标准研究等。近年来主持或承担“全国重要矿产资源潜力评价综合信息集成”“国家基础地质数据库整合与集成”“潜力评价数据库一体化管理与开发研究”“矿集区找矿预测数据模型研究及数据库建设”等项目。

E-mail: zuoqc163@163.com

兰州—西宁经济区综合地质调查 助推“一带一路”建设

摘要: 依据丝绸之路境内段综合地质调查工程的目标任务,在充分搜集和利用已有资料的基础上,开展兰州—西宁经济区1:5万环境地质调查,查明经济区地质环境条件,评价地质资源,解决关键环境地质问题,完善地质环境动态监测网络,为兰州—西宁经济区规划建设提供基础地质资料,服务丝绸之路经济带建设和生态文明建设。

1. 项目概况

“兰州—西宁经济区综合地质调查”项目,归属于“丝绸之路境内段综合地质调查”工程,由自然资源部中国地质调查局水文地质环境地质调查中心承担。工作周期为2016—2018年。兰州—西宁经济区作为“丝绸之路经济带”中的重要节点,地理位置特殊,环境、地质问题突出,具有重要的战略意义。本项目以服务丝绸之路经济带规划建设为宗旨,以地方重大需求为导向,在西宁市、兰州市及兰州新区开展工作。在完成1:5万环境地质调查3045km²的基础上,围绕破解制约经济区和重要城市发展的关键地质问题展开各项专题研究。

2. 成果简介

(1) 完成了丝绸之路境内段兰州—西宁经济区相关图集编制,服务地方发展规划,服务“一带一路”建设。通过

兰州—西宁经济区图集的编制,深化了兰州—西宁经济区区域性水工环地质条件和规律认识,对区域性地质灾害防治与地质环境保护,具有一定的建议性,为国家重大工程的实施(兰西经济区建设)提供基础性地质资料。同时编制了青海省海东市资源环境与地质图集,该图集内容涵盖土地质量、植被资源、矿产资源、自然旅游资源、基础地质、水文地质、工程地质、环境地质等方面,包括全省经济区位图、遥感影像图、地势图、土壤质量地球化学图系、土地利用现状图、植被类型图、地质图、水文地质图、工程地质图、地质灾害分布与易发性区划图、区域地壳稳定性区划图、矿产资源分布图、自然旅游资源分布图等。从城市区角度详细反映了地质环境背景、制约城市建设发展的重大地质问题、支撑城市规划建设的自然资源空间分布情况。

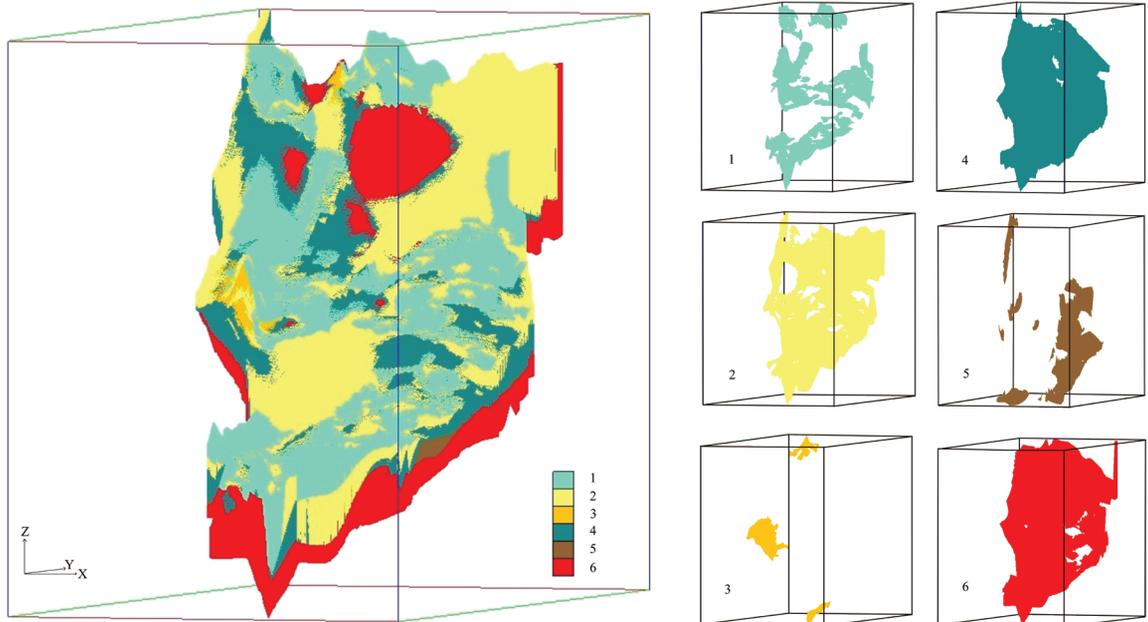


图1 秦王川盆地三维地质结构模型及各地层展布

1—人工填土 (Q_4^{ml}); 2—冲洪积物 (Q_4^{al+pl}); 3—风成黄土 (Q_3^{2col}); 4—冲洪积物 (Q_{2+3}^{al+pl}); 5—冲积物 (Q_1); 6—红层 (N)

(2) 初步建立了基于GMS和DEM的秦王川盆地三维地质结构模型，为地方国土空间用途管制提供了依据。利用收集的近300个工程地质钻孔并结合本年度钻探施工，综合地球物理探测、遥感取得的阶段性成果，初步建立了盆地区三维地质结构模型（图1），划分了各地层的大致分布范围和结构。利用三维地质结构体能够分层展示各地层的空间展布，并能在任意方向切割剖面进行展示（图2）。不仅为三维地质建模提供前期数据支撑，同时也为下一步地下空间建设建设和建设适宜性评价打下了基础。

(3) 环境地质调查为兰州新区湿地及生态廊道规划建设提供了地质依据。采取了使用现场调查和遥感解译相结合的方式对研究区湿地和生态廊道的建设情况进行了分析。认为该区是秦王川盆

地自然降水、引大入秦工程灌溉回归水和地下水潜流的溢出区，属于黄土高原区罕见的内陆盐沼湿地，在我国西北干旱区生态系统中具有特殊性，并具有一定的防洪抗旱、调节气候、净化水质、保护生物多样性等功能。但是，湿地的建设和发展要十分关注生态环境地质问题，应在进一步开发中加强监管和治理。

3. 成果意义

通过兰州—西宁经济区1:5万环境地质调查，紧密围绕地方需求开展了专项调查及评价，支撑直接服务了兰州—西宁经济区规划建设。一方面提高了工作区崩滑流地质灾害的研究程度和防治预警能力，为下一步多要素城市地质调查奠定了坚实的基础；另一方面为兰州新区提供了科学合理开发利用地下水、

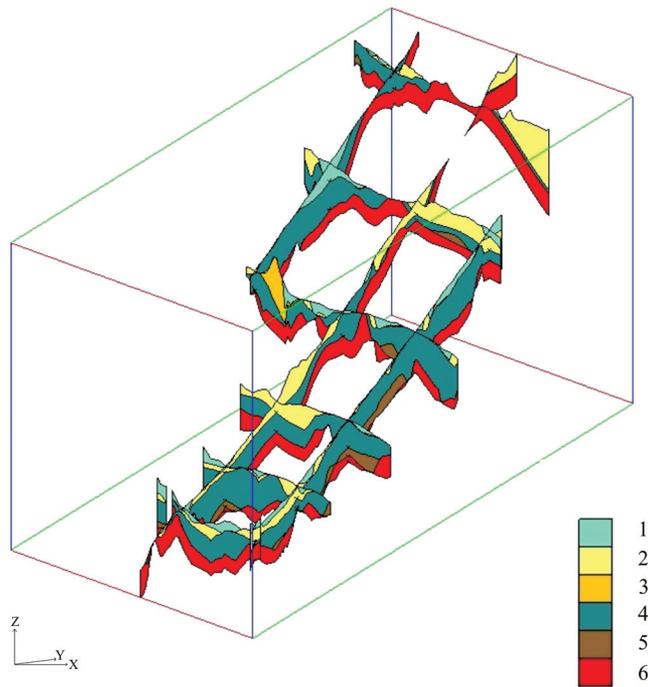


图2 秦王川盆地三维地质结构模型联合剖面示意图
(图例说明见图1)

地表水资源的建议。项目的顺利实施为国民经济发展提供了关键地质技术支撑,对深入探查区域地下水赋存规律、促进水工环勘查理论与技术水平的提高均具有

较高的科学和实践价值。

(自然资源部中国地质调查局水文地质环境地质调查中心 刘义 王思源 供稿)



刘义(1988-),男,硕士,工程师

就职于自然资源部中国地质调查局水文地质环境地质调查中心。从事水工环地质综合调查与评价工作。参与了“青海省东部城市群重点地区1:5万水工环地质综合调查评价”项目,2018年承担了“兰州—西宁经济区综合地质调查”项目。

E-mail: lyi@mail.cgs.gov.cn



王思源(1989-),男,博士,工程师

就职于自然资源部中国地质调查局水文地质环境地质调查中心。从事自然地理及生态环境地质调查与研究。参与了“兰州—西宁经济区综合地质调查”等项目。

E-mail: 408472642@qq.com

祁连山地质志为自然资源管理提供基础依据

摘要：在全面收集整理祁连山及邻区区域地质调查、专题研究成果以及公开发表论文和专著的基础上，系统总结了祁连山及邻区区域地层、沉积、岩浆岩、蛇绿混杂岩、变质岩、岩石圈结构、第四纪地质以及地质构造等方面的研究成果，编制了《祁连山地质志》及1:100万地质系列图件，阐明了祁连山及邻区区域地质发展史，是祁连山地区基础地质资料的最新总结。

1. 项目概况

祁连山位于青藏高原东北缘，是中国境内的重要山脉之一，地跨陕西、甘肃、青海、宁夏、内蒙古五省区。研究区地质构造复杂多样，地层发育齐全，构造-岩浆活动频繁，变形、变质作用强烈，成矿条件良好，矿产资源丰富，是我国乃至世界著名的造山成矿带，曾被誉称为中国的“乌拉尔”，为我国经济发展作出了重要贡献。“祁连山地区区域地质调查片区总结与服务产品开发”项目，现已更名为“全国地质构造区划与区域地质调查综合集成”单列项目，归属于“地质资料信息化与社会化服务”一级项目，“国家基础地质数据更新与集成”工程，由自然资源部中国地质科学院地质研究所承担，自然资源部中国地质调查局西安地质调查中心参与。工作周期为2013—2018年。主要目标任务是对祁连

山地区区域地质调查、矿产勘查和专题研究成果，特别是地质大调查实施以来的新资料、新进展等进行总结，同时针对关键基础地质问题加强专题研究，提交志书和系列图件，为自然资源管理提供基础地质资料。

2. 成果简介

(1) 确定了12个不同地质断代的编图单元，编制了祁连山及邻区古、中生代构造-岩相古地理图，重塑祁连山及邻区不同历史阶段的洋陆格局、海陆分布、弧盆和盆山空间配置关系，恢复各时代构造地层岩石组合的构造背景、沉积盆地格局、沉积环境、沉积相和古地理变迁规律(图1)。寒武纪时期，祁连山及邻区总体处于伸展构造背景，呈现陆表海-陆缘海与初始洋盆相间的古地理格局；奥陶纪进入弧盆系发展阶段，呈现俯冲洋盆-岛弧-弧(间)后盆地-陆缘

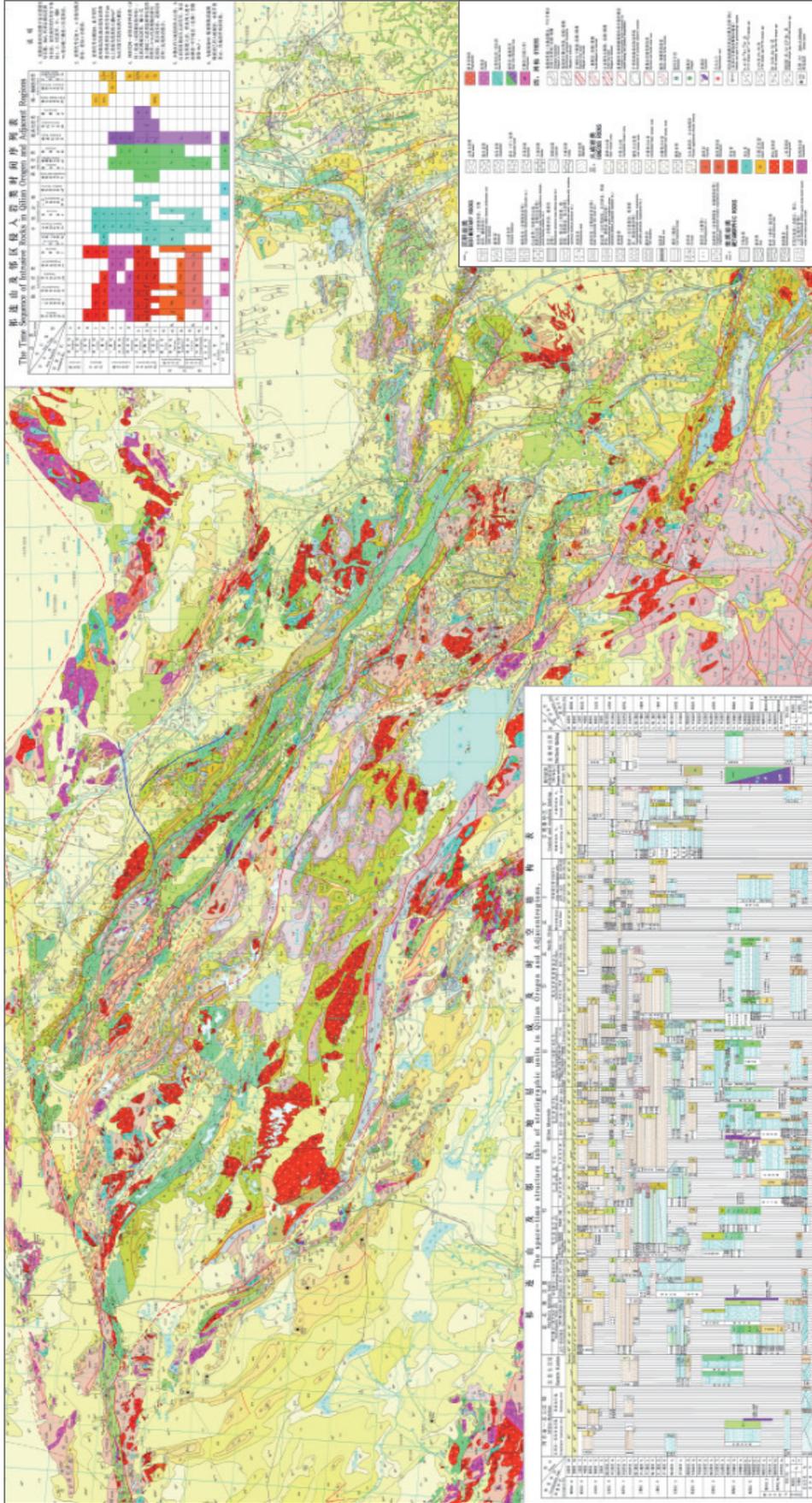


图1 1:100万祁连山及邻区地质示意图

海相间的复杂古地理格局；志留纪时期，岛弧、微陆块之间相继碰撞造山；泥盆纪初，祁连山及邻区陆块已经拼合为统一整体，中、晚泥盆世堆积了不同性质的前陆盆地磨拉石建造；石炭纪开始，海侵范围扩大，祁连山及邻区主体为海陆交互相及滨浅海相碎屑岩和碳酸盐岩；二叠纪早中期表现为伸展环境，晚期转化为挤压构造背景；三叠纪进入残留海演化阶段，晚三叠世末期彻底结束了海相沉积历史；早侏罗世开始，全区开始发育陆内盆地发育阶段，开始了河流、湖泊相沉积的陆内演化过程，发育一系列陆内坳陷盆地、山前断陷盆地及陆内断陷盆地。

(2) 在祁连山地区划分出4个火山喷发旋回、7个喷发亚旋回及8个火山喷发期。其中古一中元古代火山岩普遍发生变质变形，呈角闪片岩、斜长角闪片岩等产出；新元古代火山岩在祁连地区广泛出露，以大陆溢流火山活动的裂隙式喷发为特征；早古生代火山活动强烈，火山岩分布广泛，构造环境多样，既有大陆裂谷型、洋壳型，也有岛弧型和弧后盆地型，以带状分布为特点，可分为四个主要活动时期：早期（早一中寒武世）、中期（早一中奥陶世）、晚期（晚奥陶世）和末期（早一中志留世）。火山活动最为强烈的时期是早一中期，从晚奥陶世开始，火山作用逐渐趋向尾声，活动范围也越来越小，至中志留世末期海相火山活动即告结束；晚古生代火山作用微弱，形成于碰撞后伸展环境，以陆相火山作用为主，部分地区为海相火

山作用；中生代祁连地区火山作用明显减弱，主要分布在茶卡-兴海-赛什腾山一带的三叠纪鄂拉山组中，另外在北祁连地区有零星出露。

(3) 研究区前南华纪侵入岩浆活动主要包括古元古代早期、古元古代晚期和新元古代早期3个阶段。其中古元古代早期侵入岩可能记录了一期俯冲-碰撞造山事件，代表了古陆块基底的形成；古元古代晚期侵入岩在北祁连及柴北缘地区均有出露，多形成于板内环境，表明本地区在古元古代晚期存在一期裂解事件，可能对应于哥伦比亚超大陆裂解；新元古代早期侵入岩在祁连地区广泛发育，多形成于俯冲-碰撞环境，是Rodinia超大陆汇聚事件的记录。南华纪-早泥盆世侵入岩浆活动是本地区最重要的岩浆活动事件，其中南华纪时期主要为基性侵入岩和A型花岗岩，是Rodinia超大陆裂解事件的响应；寒武纪时期以大洋板内岩浆活动为主；奥陶纪早期多为俯冲型花岗岩，中晚期转变为以俯冲碰撞型花岗岩为主，代表了祁连地区早古生代的洋陆转换事件。志留纪一二叠纪时期超镁铁质-镁铁质-中酸性侵入岩均有发育，主要形成在伸展构造背景，并在宗务隆-兴海地区形成“红海型”小洋盆。三叠纪时期侵入岩主要发育在宗务隆-兴海地区，主要为I型和A花岗岩两类，记录了本地区“红海型”小洋盆从俯冲碰撞-碰撞后伸展这一构造演化过程。中生代时期侵入岩出露较少，多与深大断裂活动有关。

(4) 祁连山地区自北向南发育5条

蛇绿混杂岩带,依次为九个泉-大岔大坂-老虎山蛇绿混杂岩带、熬油沟-玉石沟-柏木峡蛇绿混杂岩带、大道尔吉-拉脊山-永靖蛇绿混杂岩带、天峻南山-隆务峡-甘加蛇绿混杂岩带以及柴北缘蛇绿混杂岩带。其中九个泉-大岔大坂-老虎山蛇绿混杂岩带为SSZ型,时代介于505~448Ma,熬油沟-玉石沟-柏木峡蛇绿混杂岩带为MORB型,时代介于550~497Ma,二者是北祁连洋于不同阶段扩张,俯冲消减过程中的产物,并与走廊南山岛弧带、红沟岛弧带一同构成了一个完整的沟-弧-盆体系。北祁连地区广泛分布的志留纪复理石建造,指示北祁连洋可能在奥陶纪末期关闭,而弧后洋盆的关闭滞后于大洋盆地。柴北缘蛇绿混杂岩带内保存了经历过超高压变质的大洋岩石圈残片以及大量洋板块岩石记录,包括N-MORB、OIB以及洋内弧环境下形成的一套火山岩组合,时代介于544~480Ma,带内广泛分布的高压/超高压岩石峰期变质时代介于462~420Ma,指示柴北缘洋在约460Ma时已经闭合。从北祁连洋与柴北缘洋的性质、发育时代推断,二者可能都是秦祁昆大洋的分支。大道尔吉-拉脊山-永靖蛇绿混杂岩带中的火山岩具有大陆板内、洋岛、岛弧或弧后盆地火山岩的性质,认为该条蛇绿混杂岩带形成于陆缘裂谷环境,时代介于525~441Ma。祁连地区广泛发育泥盆纪磨拉石建造,指示本地区在泥盆纪时期进入到碰撞造山后的板内伸展阶段,石炭纪时期,板内伸展达到鼎盛,造山作用完全停止,整

个祁连造山带被夷平并被覆盖于石炭纪海相到海陆交互相沉积层之下,受南部昆南洋向北俯冲的影响,宗务隆地区在331~250Ma发育“红海型”小洋盆。

(5) 祁连造山带可划分出四期变质作用:第一期为吕梁期,为中P/T相系区域动力热流变质作用形成的高绿片岩相-高角闪岩相结晶基底变质岩系,主要记录于达肯大坂岩群和德令哈杂岩中;第二期为晋宁期,主要为低-中P/T相区域低温变质作用形成的低绿片岩相变质作用,绿帘-角闪岩相次之,局部达角闪岩相;第三期为加里东期,表现为区域低温动力变质低P/T相系绿片岩相变质作用。由于加里东期沟-弧-盆体系发育并经历俯冲-碰撞-造山,在北祁连和柴北缘地区分别发育高压和超高压变质带。北祁连高压变质带中榴辉岩的变质年龄为500~460Ma,蓝片岩的时代为460~440Ma,是世界上确定的3个最老的大洋“冷”俯冲带之一。柴北缘超高压变质带记录了460~420Ma高压/超高压变质、420~400Ma的折返和退变质、400~360Ma的造山带去根和垮塌事件;第四期为海西-印支期,以埋深变质作用为主,该期变质使泥盆纪-三叠纪地层经历了低级变质,达到亚绿片岩相。

(6) 系统收集整理有关祁连及其邻区的地壳-上地幔物质物性(密度、磁化率、电阻率、速度等)、地球物理研究成果(剖面或平面),开展以地面重磁力、航空磁力、卫星重磁力为主要内容的区域地球物理分析;对区域内深反射和宽角反射、地震层析、大地电磁测深、

岩石圈热结构等方面进行了总结研究；对圈层性质、地壳-岩石圈类型和岩石学结构与组成进行了详细分析；最后，从深部地质与资源环境角度探讨了GPS观测与地震活动、环境与灾害以及青藏高原东北部及其邻区地球动力学。

(7) 完成了祁连山地区新生代地层动态区划，建立了本地区新生代地层格架。同时对新生代以来的古生物、古气候尤其是与当代人类活动密切的古人类活动遗迹、古地震、地貌、第四纪冰期等进行了详细的总结，集成了最新的研究成果，完成了祁连山及邻区第一幅第四纪地质与地貌图，揭示了祁连山及邻区第四纪地质与地貌特征及环境演变规律，为国家公园建设、生态环境保护等自然资源管理提供了基础。

(8) 将祁连山及邻区构造演化划分为古元古代Columbia超大陆形成阶段、新元古代Rodinia超大陆形成阶段、Rodinia超大陆裂解及洋陆演化阶段、后造山伸展剥蚀阶段、陆内盆山构造演化阶段五大阶段。在漫长地质演化过程中，

研究区依次完成了大陆地壳的演化，古元古代超大陆裂解到新元古代超大陆形成，新元古代超大陆裂解到早古生代大洋体系闭合及碰撞造山，新生大陆地壳伸展及海陆格局的形成，直至全面结束海陆构造格局，最终铸就现今盆山构造格局。

3. 成果意义

在前人工作的基础上，系统总结了祁连山及邻区区域地质调查与研究的最新成果和进展，在地层系统的厘定和完善、构造单元划分与构造演化、深部地球物理特征、新构造活动等方面取得重要进展和认识，大幅度提升祁连地区基础地质的研究现状。同时，全面更新地质系列图件，可为国家城市规划、工程建设、资源利用、环境保护、防灾减灾等提供重要的基础地质资料，并为社会公众提供公益性区域地质信息。

(自然资源部中国地质调查局西安地质调查中心 朱小辉供稿)



朱小辉 (1986-), 男, 工程师

就职于自然资源部中国地质调查局西安地质调查中心。2016年起担任“全国地质构造区划与区域地质调查综合集成”计划单列项目负责人。从事西北地区的基础地质调查研究。

E-mail: zhuxiaohui_012@163.com

湖南幕阜山花岗伟晶岩分类与 稀有金属成矿规律初探

摘要: 通过详细野外调查、室内测试与区域对比,将幕阜山地区花岗伟晶岩划分为电气石伟晶岩、电气石-绿柱石伟晶岩、绿柱石伟晶岩、绿柱石-铌钽铁矿伟晶岩和铌钽铁矿-锂电气石-锂云母伟晶岩五类,分别对应伟晶岩演化与稀有金属富集的五阶段:无矿化→含Be→富Be→富Be、Nb、Ta→富Be、Nb、Ta、Li。幕阜山南缘仁里地区伟晶岩演化至第五阶段,形成了超大型铌钽矿;而北缘断峰山地区的伟晶岩演化至第四阶段,具有较大的找矿潜力。

1. 项目概况

稀有金属(如锂、铍、铌、钽等)在自然界分布较为分散且十分稀缺,但广泛应用于医药、化工、航空航天以及新能源领域,具有重要的经济价值与战略意义。近年来,市场对锂、铍、铌、钽等稀有金属矿产资源需求急剧增加,因此探究稀有金属矿产成矿规律对于指导勘查找矿具有重要意义。“湖南1:5万郭镇市、白羊田镇、北港镇幅区域地质调查”子项目,归属于“鄂东-湘东北地区地质矿产调查”项目,由自然资源部中国地质调查局武汉地质调查中心承担。工作周期为2016—2017年。主要目标任务是开展1:5万区域地质调查,加强地层、岩石、构造的调查,突出岩性填图和特殊地质体及非正式填图单位的表达,系统查明调查区成矿地质背景和成矿条件。

2. 成果简介

(1) 幕阜山复式岩体位于扬子陆块与华夏地块交接部位的江南隆起带,岩体内部和外缘接触带发育大量花岗伟晶岩脉,岩脉形态以网脉状、透镜状、囊状为主,多达数千条,常见多期次伟晶岩脉互相穿插现象。按岩脉的发育程度和分布特征,可划分为断峰山、北港、黄龙山与仁里4个伟晶岩密集区。按伟晶岩脉中矿物组合特征划分为:电气石伟晶岩、电气石-绿柱石伟晶岩、绿柱石伟晶岩、绿柱石-铌钽铁矿伟晶岩和铌钽铁矿-锂电气石-锂云母伟晶岩五类(表1,图1)。

(2) 通过对不同类型伟晶岩脉主要矿物及特征矿物(长石、云母、电气石、石榴子石、绿柱石、铌钽铁矿)的微区原位EPMA和LA-ICP-MS元素地球化学的对比分析,重建了幕阜山伟晶岩脉稀有元素的富集过程(图2):①花岗质岩

表1 幕阜山伟晶岩脉分类

地名	岩脉名称	岩脉类型	矿物组合
断峰山	电气石伟晶岩	Tur-伟晶岩	钾长石、钠长石、白云母、石英、石榴子石、电气石
	电气石-绿柱石伟晶岩	Tur-Brl-伟晶岩	钾长石、钠长石、白云母、石英、石榴子石、绿柱石、电气石
	绿柱石伟晶岩	Brl-伟晶岩	钾长石、钠长石、白云母、石英、石榴子石、绿柱石
仁里	绿柱石-铌钽铁矿伟晶岩	Brl-Col-伟晶岩	钾长石、钠长石、石英、白云母、黄铁矿、石榴子石、绿柱石、铌钽铁矿
	铌钽铁矿-锂电气石-锂云母伟晶岩	Col-Elb-Lpd伟晶岩	钾长石、钠长石、石英、石榴子石、铌钽铁矿、锂电气石、锂云母

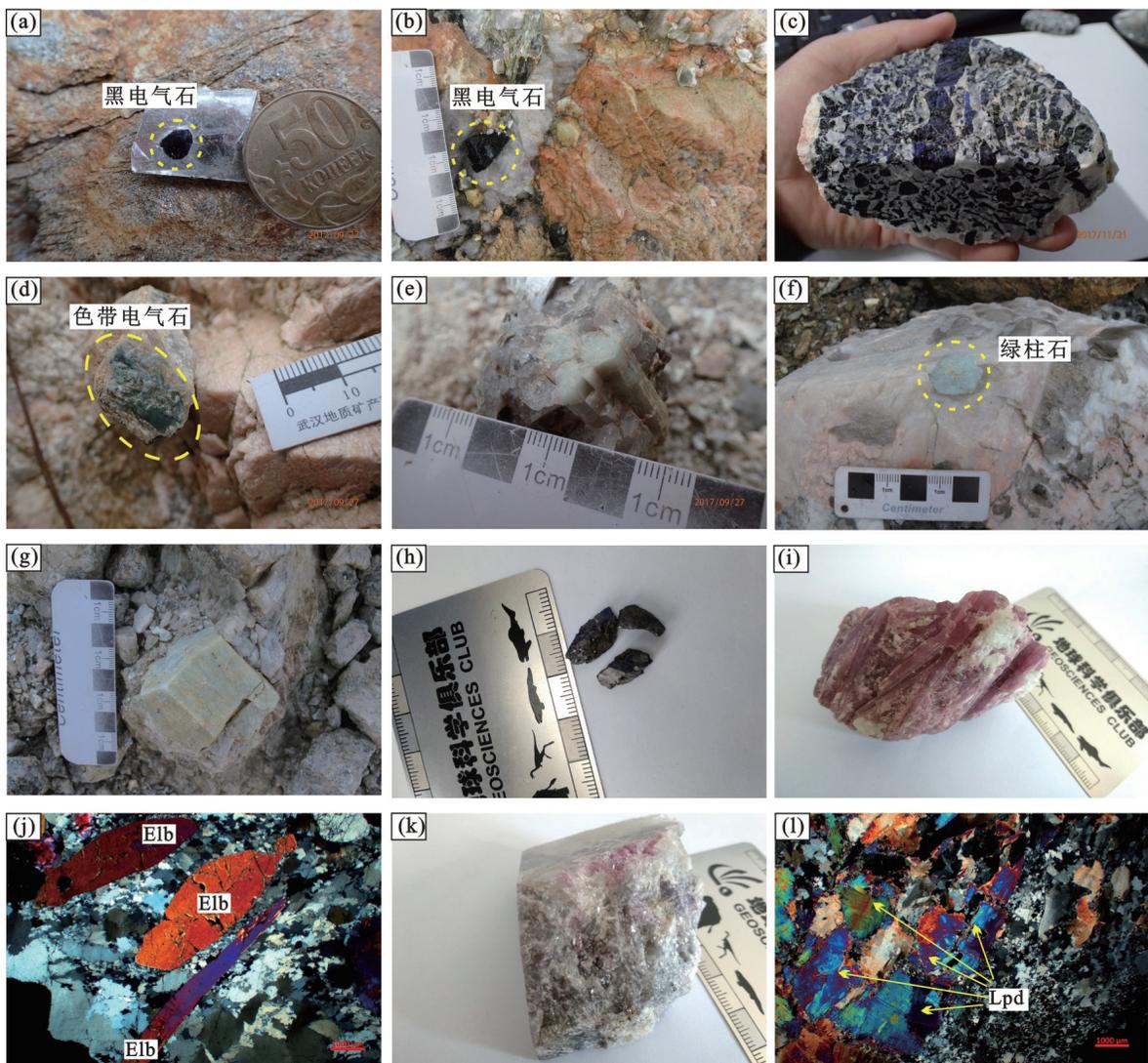


图1 断峰山与仁里矿区伟晶岩特征性矿物

a—Tur-伟晶岩中生长于白云母中的黑电气石；b—Tur-伟晶岩中生长于石英中的黑电气石；c—Tur-Brl-伟晶岩中黑电气石；d—Tur-Brl-伟晶岩中色带电气石；e—Tur-Brl-伟晶岩中簇状绿柱石集合体；f—Brl-伟晶岩中绿柱石单晶；g—Brl-Col-伟晶岩中绿柱石巨晶；h—Brl-Col-伟晶岩中铌钽铁矿颗粒；i—Col-Elb-Lpd伟晶岩中锂电气石；j—锂电气石镜下照片，正交偏光；k—Col-Elb-Lpd伟晶岩中锂云母；l—锂云母镜下照片，正交偏光；Elb-锂电气石；Lpd-锂云母

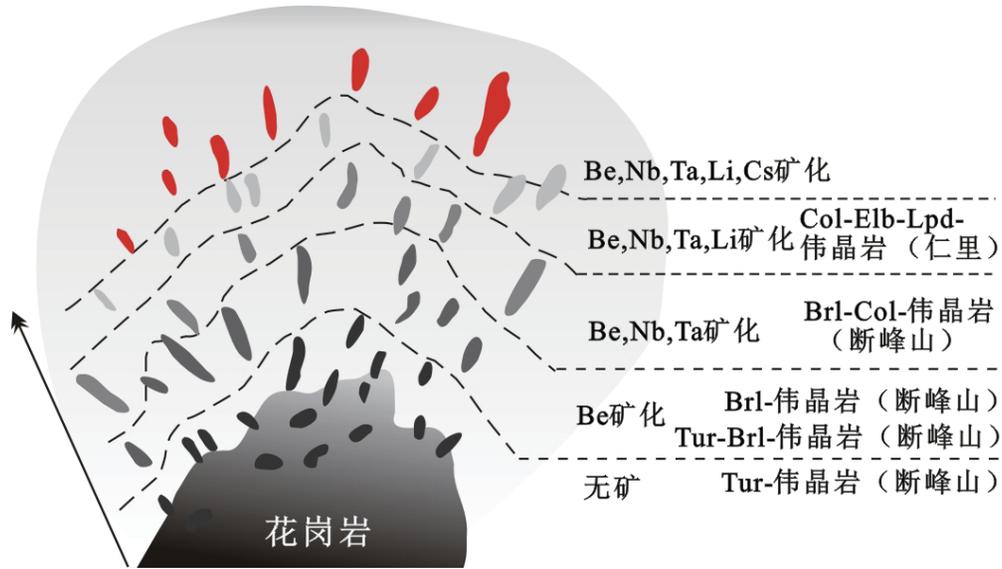


图2 幕阜山伟晶岩演化与稀有金属成矿规律模式图

浆演化后期的伟晶质熔体首先结晶出不含矿的电气石伟晶岩；②随后Be元素逐渐富集，绿柱石析出，形成电气石-绿柱石伟晶岩；③接着形成绿柱石伟晶岩；④随着Nb、Ta元素开始富集，铌钽铁矿结晶，形成绿柱石-铌钽铁矿伟晶岩；⑤随着岩浆继续演化，Li逐渐富集，形成含锂矿物的伟晶岩脉。幕阜山北缘断峰山地区伟晶岩演化至富集Be、Nb、Ta

阶段，常见铌钽矿化。南缘仁里地区伟晶岩演化至富Be、Nb、Ta、Li阶段，故形成超大型铌钽矿，据湖南省核工业地质局三一一大队初步估算，钽铌资源总量逾2万t。

(3) 断峰山地区电气石-绿柱石伟晶岩(对应伟晶岩演化的第二阶段)中发育色带电气石，由核部至边部Li含量逐渐升高，边缘含量达到 8124×10^{-6} (图3，

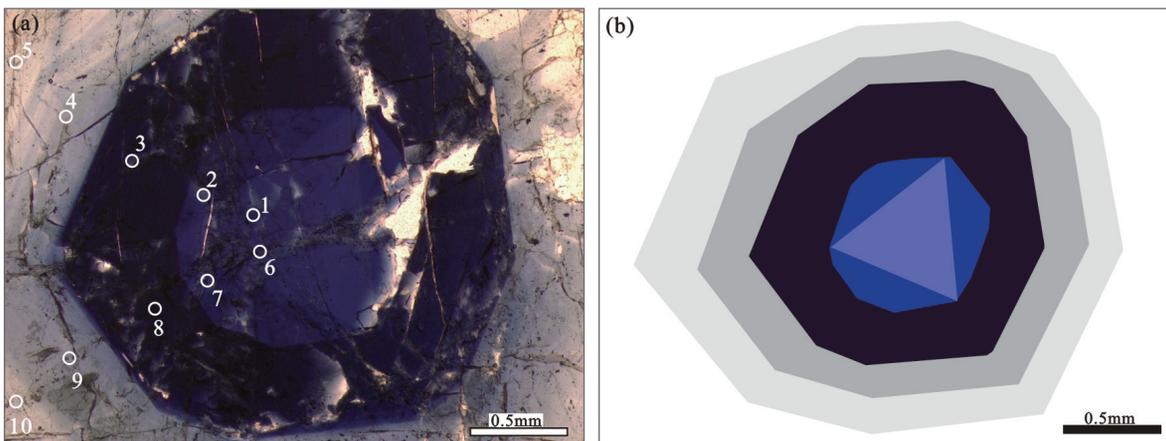


图3 色带电气石EPMA化学成分分析点示意图(a)和素描图(b)

10号点), 接近仁里矿区内锂电气石中Li含量 12318×10^{-6} 。因此, 断峰山地区演化至第四阶段的伟晶岩具有较大锂矿找矿潜力。

3. 成果意义

按矿物组合对幕阜山伟晶岩进行分类, 初步总结了幕阜山伟晶岩的演化与稀有金属成矿规律, 为指导断峰山地区

寻找稀有金属矿产具有重要指导意义。加强对断峰山一带铌钽及锂矿的找矿工作力度, 有望实现找矿重大突破, 为打造幕阜山-武功山-九岭锂、铍、铌、钽稀有金属基地奠定资源基础。

(自然资源部中国地质调查局武汉地质调查中心 田洋 王晶 金巍, 中国地质大学(武汉) 李乐广供稿)



田洋 (1984-), 男, 高级工程师

自然资源部中国地质调查局“湖南1:5万郭镇市、白羊田镇、北港镇幅区域地质调查”子项目负责人。就职于自然资源部中国地质调查局武汉地质调查中心。从事区域地质调查工作。

E-mail: 41834572@qq.com

征 稿 启 事

《中国地质调查成果快讯》由自然资源部中国地质调查局编印，坚持奉行“讯息报道快速精准，成果来源原汁原味，文字表达通俗易懂”的原则，主要报道地质调查“十大计划”的成果与进展，涉及能源地质、基础地质、矿床地质、水文地质、环境地质、海洋地质、遥感地质、地球物理、地球化学、规划部署、地质信息等专业领域。

一、对地质调查成果的要求

地质调查成果应具备以下条件：

(1) 成果具有原创性，反映地质调查工作的新进展、新成果、新发现、新理论、新技术、新方法，且未在其他新闻媒体上发表。

(2) 有较重要的应用价值和科学意义，属地质调查与相关地质科学创新领域中的热点问题或前沿课题，能够为国家资源安全、社会经济、区域可持续发展、战略研究提供先导性、基础性研究资料。

(3) 对本领域或相关领域有较大促进作用和深远影响。

(4) 基础地质成果，应为解决某一重大基础地质问题或有新发现。

(5) 矿产地质成果，应属于石油、天然气、页岩气、煤层气、天然气水合物、煤、铁、铜、铝、铅、锌、锰、镍、钨、锡、钼、金、钾盐等对国民经济建设有重大意义的矿种；固体矿产调查成果为新增矿产资源储量（333及以上类别），且矿床规模属于大型以上，或显示调查区内发现具备寻找规模为大型以上潜力的找矿勘查靶区，或矿床类型、找矿方向取得新的突破，并对区域找矿具有重要指导意义。

(6) 水文地质、环境地质与灾害地质，调查成果应为解决国民经济建设中带普遍性、关键性、战略性、公益性和区域性问题的成果，成为国土资源开发、整治、保护和合理利用提供科学依据。

(7) 地质科技，为解决制约找矿和环境保护的理论与技术难题，成果具有创新性、实用性。

(8) 地质数据更新与应用服务成果，在全国层面上对以往地质数据进行建库、编图，或针对国家需求、社会需求而进行的专题性成果资料集成等有宏观影响的成果。

(9) 海洋地质调查成果，在海岸带、海洋开展的基础地质调查、矿产资源调查、数字海洋等方面取得实质性进展、重大发现的成果。

二、对稿件的要求

成果报道简明扼要，内容新颖、观点鲜明、主要数据可靠齐全，重点突出某一领域地质调查工作的主要成果与进展，篇幅一般不超过2000字，要求附代表性图表。

稿件编写的一般顺序为：标题/供稿人姓名及单位/成果主要贡献人简介/摘要/正文/图件及说明。

(1) **标题**：包括中文标题和英文标题。中文标题一般不超过20个字，力求简洁、务实、概括主题，避免使用“重大突破”“重大成果”等词。

(2) **供稿人姓名及单位**：供稿人姓名及单位全称。

(3) **成果主要贡献人简介**：提供1~2名成果主要贡献者的个人简介，包括：姓名、性别、职称，获得重要称号及奖项，承担计划、工程、二级项目及工作任职情况，研究方向，承担项目情况，电子邮箱，彩色寸照等信息。字数在50~100字以内。

(4) **摘要**：对成果进行精炼性高度概括，包括研究目的、方法、结果和结论四要素，尤其要突出成果创新之处，不加评论和补充解释，不超过100字。

(5) **正文**：包括项目概况、成果简介和成果意义三部分。具体内容如下：

① **项目概况**：综述项目的起止时间、承担单位（多承担单位只列前三单位）、项目来源等。

② **成果简介**：该部分为重点，要求阐述客观、平实，慎用“填补国内空白”“世界先进水平”“国内一流”等专业性强的术语，少使用“首次”“重大”“超大”等夸张词汇，力求通俗易懂。

③ **成果意义**：对取得的进展或成果进行客观、公正地评价，不夸大、不缩小，主要针对研究目的，评价成果取得的经济效益、社会效益、资源效益、生态效益与科学价值。

(6) **图件要求**：需提供具有代表性的成果图件和野外照片。图件不得含保密性内容，反映成果的主要内容。

① **格式**：图件格式为JPG，分辨率为300dpi以上。其他软件绘制的，需转为JPG图片格式。

② **布局**：图面简洁、结构合理，线条花纹要清晰、粗细疏密要合适。外框线、断层线、地形线、横纵坐标线都用0.3mm粗线，其他用0.18mm细线。

③ **文字**：图中文字注记都用六号、小五号宋体字（8号、9号）。英文及数字使用英文格式Times。

④ **其他**：有些插图要有线段比例尺或实物比例尺、方向标和经纬网。尽量采用图中注记与图外注释直接表达法。

来稿发至邮箱：cgs_bss@126.com

编辑部地址：北京市西城区阜外大街45号（100037）

自然资源部中国地质调查局发展研究中心规划研究室

电话：010-58584336

版权和免责声明：

本出版物中的所有数据、信息和图件受版权保护。严禁将《中国地质调查成果快讯》内容用于任何商业用途或其他营利性用途。如用于读者个人学习、研究出版或公开发表论文时，需注明出处，且不得进行有悖原意的引用、删节或修改。

参考文献引用格式：

作者. 文章标题[J/OL]. 在线期刊名称, 出版年份, 卷号(期号): 页码. 引自网址.

例如：

夏雨波. 雄安新区城市地质调查服务新区总体规划成效显著[J/OL]. 2018, 4(13-14): 2-7.
http://www.drc.cgs.gov.cn/maga/cgkx/201807/t20180726_464111.html

本出版物所包含的信息仅为了阐明问题，自然资源部中国地质调查局及其他关联机构和个人不承担由于材料的任何错误或不精确等所带来的责任。

微信号：newsletterscgs



扫描微信二维码
关注《中国地质调查成果快讯》

中国地质调查成果快讯

2018年11月第4卷第24~25期(总第093~094期)

(24期/年, 2015年创办, 每月15、30日出版, 印数1660册)

编印单位：自然资源部中国地质调查局

编委会主任：李金发

主 编：严光生

执行主编：肖桂义 邢丽霞

策 划：张万益

责任编辑：毛晓长 邱士东 张开军

编 辑：左力艳 肖莹莹

编 辑 部：自然资源部中国地质调查局
发展研究中心规划研究室

地 址：北京市西城区阜外大街45号

邮 编：100037

电 话：010-58584336

邮 箱：cgs_bss@126.com

印 刷：北京地大彩印有限公司

Sponsored by China Geological Survey of Ministry of Natural Resources

Director of Editorial Committee: Li Jinfa

Editor in Chief: Yan Guangsheng

Executive Editor: Xiao Guiyi, Xing Lixia

Planned by Zhang Wanyi

Duty Editor: Mao Xiaochang, Qiu Shidong, Zhang Kaijun

Editor: Zuo Liyan, Xiao Yingying

Editorial Office: Development and Research Center of China Geological Survey of Ministry of Natural Resources (45 Fuchengmenwai Road, Beijing 100037, China)

Tel: +86-10-58584336

E-mail: cgs_bss@126.com

Printed by Beijing Dida Printing Limited Company

发放范围：自然资源部等部委相关司局、自然资源部中国地质调查局局机关及局属单位、各省(区、市)国土资源厅和图书馆、武警黄金指挥部及其他中央管理地勘单位、地质院校、省级地质调查院、环境监测总站、部分地勘单位、地矿行业重点企业等