

航空高光谱遥感技术在新疆雪米斯坦铀多金属矿产勘查中的应用研究

叶发旺¹⁾, 王存²⁾, 张川¹⁾, 刘洪成¹⁾, 武鼎¹⁾

1) 核工业北京地质研究院遥感信息与图像分析技术国家级重点实验室, 北京, 100029; 2) 青海省矿业权交易中心, 西宁, 810000

高光谱遥感技术是地质矿产勘查领域的重要新技术新方法。近几年, 航空高光谱遥感技术在地质矿产勘查中逐渐发挥了重要作用, 并取得良好应用效果(周强等, 2006; 阚明哲等, 2005; 叶发旺等, 2011; 赵英俊等, 2010)。2011 年, 核工业北京地质研究院遥感信息与图像分析技术国家级重点实验室利用引进的 CASI/SASI/TASI 航空高光谱测量系统完成了新疆雪米斯坦地区航空高光谱遥感测量, 获取了近 4200km² 的 CASI/SASI/TASI 航空高光谱遥感数据。其中, CASI 共 48 个波段, 光谱覆盖范围 404~1 047 nm, 光谱分辨率 14 nm, 空间分辨率 0.8 m; SASI 数据共 101 个波段, 光谱覆盖范围 950~2 450 nm, 光谱分辨率 15 nm, 空间分辨率 1.8 m; TASI 数据共 32 个波段, 光谱覆盖范围 8~11.5 μm, 光谱分辨率 0.11 μm, 空间分辨率 1.9m。通过对全区 CASI/SASI/TASI 航空高光谱遥感数据的处理、分析和找矿应用、野外验证, 已在铀、铜、金等铀多金属矿产勘查方面取得明显效果。本文根据雪米斯坦地区航空高光谱遥感矿物填图和已知矿床(点、异常)航空高光谱遥感特征, 分析了区域铀多金属成矿规律, 并在找矿中进行应用, 取得了良好的效果。与广大青年地质同行交流, 促进我国矿产勘查新技术新方法的深入应用, 争做地质找矿先锋。

1 航空高光谱遥感矿物填图与区域规律分析

利用航空高光谱遥感数据大气校正、光谱重建等处理和矿物填图技术(甘甫平等, 2004; 燕守勋等, 2004; 刘圣伟等, 2006), 对雪米斯坦地区

CASI/SASI 数据进行处理和矿物填图, 填出了高铝绢云母、中铝绢云母、低铝绢云母(这里的绢云母包括地质学上的白云母、绢云母、伊利石、蒙脱石等矿物)、绿泥石、绿帘石、高岭土、迪开石、碳酸盐、石膏、叶蜡石等 10 种蚀变矿物或矿物组合。通过对这些蚀变矿物空间分布特征的分析, 发现雪米斯坦地区蚀变矿物分布总体具有西部强、东部弱; 南缘强、北缘中等、中部弱的特征; 同时, 蚀变矿物分布与北东向断裂关系最为密切, 其次是东西向和北西向断裂。前人提出的查干陶盖勒-巴音布拉克东西向铀矿控矿断裂具有明显的航空高光谱遥感蚀变矿物分布, 但不同地段矿物类型和强度不同。从矿物成因学和流体成矿学理论出发, 对雪米斯坦地区航空高光谱遥感蚀变矿物发育的相对规模大小、种类及组合、以及形成蚀变矿物的流体性质等方面进行了综合分析, 初步确定出 10 个流体相对活动中心, 是雪米斯坦地区铀多金属矿产重要的成矿有利区。

2 已知铀多金属矿床(点、异常)航空高光谱遥感特征分析

在雪米斯坦火山岩地区, 前人已发现白杨河铀(铍)矿床和一系列铀矿点, 并发现了一些铜矿化异常点, 最近又发现了金异常。白杨河铀矿床是一个与潜火山岩体(称为杨庄岩体)有关的铀矿床, 主要的矿化蚀变是赤铁矿化、水云母化等。通过对白杨河铀矿区及外围航空高光谱遥感特征的分析, 发现白杨河铀矿区主要发育高铝绢云母、中铝绢云母、低铝绢云母、碳酸盐、绿帘石和赤铁矿等航空高光谱遥感蚀变。其中, 高铝绢云母蚀变异常主要

注: 本文为中核集团优先发展技术重点项目“铀及伴生元素矿产勘查高分辨率遥感评价技术研究”的成果。

收稿日期: 2013-03-13; 改回日期: 2013-03-31; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 叶发旺, 男, 1974 生, 博士, 高级工程师, 主要从铀资源勘查遥感技术及应用研究, Email:yfwbeijing2008@sina.com

呈不规则片状、长条状分布于东宽西窄长条状展布的次火山岩体（相对亮白色长条状部分）的两侧边缘。在岩体中东段，主要分布在北缘，在岩体的西段，主要分布在南缘。从矿区已知铀矿化地段与高 Al 绢云母的空间分布关系来看，高铝绢云母的空间分布特征与已知铀矿化地段具有很好的一致性，显示出研究区航空高光谱遥感高铝绢云母与铀矿化具有较密切的关系。同时，铀矿床所在的杨庄岩体北缘明显分布有航空高光谱遥感赤铁矿化蚀变，与大量地表铀矿化探槽分布一致。在杨庄岩体内部，赤铁矿化分布明显具有中西部强，东部弱的特点，这与近几年新发现的铀矿化孔主要分布在杨庄岩体内部中西段的实际情况相吻合。

通过对雪米斯坦地区已知铜矿化异常点航空高光谱遥感特征分析，发现铜矿化异常主要与“绿帘石、绿泥石+构造”航空高光谱遥感组合特征有关。对近年新发现金异常地段航空高光谱遥感特征分析，并结合西澳洲的皮尔巴拉地区利用 Hymap 航空高光谱遥感寻找金矿的相关成果和经验（Phil Bierwirth 等，2002），发现雪米斯坦地区可能与叶蜡石蚀变密切相关的金矿化类型。据此，提出了雪米斯坦地区寻找金矿的“叶蜡石+高 Al 绢云母+构造”航空高光谱遥感组合特征，为探索雪米斯坦地区寻找金矿提供了重要的新的线索。

3 铀多金属找矿应用成果

利用前述总结出来的雪米斯坦地区铀多金属矿产勘查航空高光谱遥感特征，开展了铀多金属成矿有利区预测和找矿应用，经野外调查取得了显著铀多金属找矿成果。在铀矿找矿应用方面，新发现铀矿化异常 1 片，铀钍混合型高场 1 片，铀含量高场 1 处。新发现的铀矿化异常位于雪米斯坦试验区中北部，远离前人已发现的已知铀矿点，具有明显的航空高光谱遥感高铝绢云母蚀变异常和地表粘土化蚀变，构造角砾岩，地表放射性 U 含量最高为 124Ur（相当于 124ppm），多处 60-90Ur。同时，该

异常处于大片花岗岩与泥盆纪火山岩的接触带，且发育多条区域断裂构造等有利成矿要素，下一步正计划进行深入评价。在铜矿找矿方面，发现了 4 处铜矿化异常和找矿有利地段。这些地段在航空高光谱遥感图像上具有明显的绿帘石化异常和构造、岩体（岩脉）等成矿有利要素组合，地表表现为明显的孔雀石化和石脉中的铜异常，为雪米斯坦地区铜矿勘查取得突破提供了重要线索。在金矿找矿方面，已在雪米斯坦地区确定出了多片航空高光谱遥感找金有利地段，不仅对开拓新疆雪米斯坦地区金矿勘查新区具有重要意义，而且为金矿找矿取得突破提供了重要线索。通过下一步对航空高光谱遥感信息的深入挖掘和野外调查，其在雪米斯坦地区铀多金属找矿中的应用效果会更多地显现出来。

4 结论

利用获取的 CASI/SASI/TASI 航空高光谱遥感数据，在新疆雪米斯坦地区 10 余种蚀变矿物或矿物组合，为雪米斯坦地区铀多金属找矿应用提供了重要的找矿信息。根据这些信息和总结出来的铀多金属找矿航空高光谱遥感模型，已取得新发现铀矿化异常 1 片、铀钍混合型高场 1 片、铀含量高场 1 处、铜矿化异常 4 处等显著找矿效果；同时，确定出了多片航空高光谱遥感找金有利地段，对开拓新疆雪米斯坦地区金矿勘查新区和取得金矿勘查突破具有重要意义。这些成果反映出航空高光谱遥感技术在铀多金属矿产勘查中是非常有效的新技术，是实现找矿快速突破的重要新技术先锋，值得大力推广到我国相对裸露的西北地区的找矿应用中，为实现找矿战略行动提供重要新技术新方法支持。

参考文献 / References

略