

## 澳大利亚机载成像光谱仪及其应用

郭洪周<sup>1</sup> 房晓钟<sup>2</sup> 张宗贵<sup>3</sup> 甘甫平<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>中国地质调查局基础调查部 北京 100011)

(<sup>2</sup>中国地质装备总公司 北京 100085)

(<sup>3</sup>中国国土资源航空物探遥感中心 北京 100083)

**摘要:**本文主要介绍了当今实用的澳大利亚机载成像光谱仪(HYMAP)主要特点和主要技术指标,以及首次在我国应用效果。

**关键词:**澳大利亚 成像光谱仪 仪器 应用

### 1 前言

20世纪70年代,美国开始成像光谱技术研究,80年代初研制了第一台成像光谱系统(AIS),工作波段为124个。随后又研制出AVIRIS和GERIS系统,工作波段增至224个,覆盖范围400~2500nm。由于成像光谱系统应用前景巨大,加拿大、澳大利亚、荷兰、中国、欧空局等也积极开展研制工作。

90年代初,我国首先研制出MAIS,随后又研制出实用型模块化成像光谱仪OMIS及宽视场面阵CCD超光谱成像仪WHI。在此基础上开展了地质找矿、油气勘探、农业估产等领域应用研究。应用效果表明,我国成像光谱仪进入实用化,尤其商业化尚需一段时间。

1997年,澳大利亚机载成像光谱仪(HYMAP)开始应用于商业勘探领域,尤其在地质勘探领域特别是矿物填图方面得到了广泛应用。为了推进成像光谱技术在我国地质找矿中的应用,中国地质调查局于2002年通过租用澳大利亚机载成像光谱仪的方式,开展了新疆东天山地区航空成像光谱飞行、数据获取、数据处理,以及应用研究工作,为澳大利亚机载成像光谱仪引进和成像光谱技术推广应用奠定了基础。

### 2 主要特点

机载成像光谱仪是由澳大利亚集成光电公司(ISPL)研制生产的,投入商业性运营的机载成像光谱仪由4个探测器组织,每个探测器有32个通道,重量200kg(见图1)。该仪器配有导航定位系统(GPS)、定位和姿态参数记录设备(IMU)、三轴稳定陀螺平台,以及先进的数据预处理系统。可根据飞

行获取的姿态参数和大气参数,实现对图像的几何校正和大气校正。



图1 HYMAP机载成像光谱仪主要部件

### 3 主要技术指标

波段数:128个

光谱范围:400~2500nm

光谱分辨率:可见光、近红外为15~16nm  
短波红外为15~20nm

瞬时视场角(IFOV):2.5 mrad

总视场(FOV):60

扫描率(S/s):12~16(行/秒)连续可调

扫描率方式:光机旋转式

分光器件:光栅

行像元数:512

数据编码:16bit

### 4 在我国新疆东天山地区的应用

#### 4.1 概况

工作测区选择在新疆东天山土屋—延东多金属

成矿带,旨在加大该区矿产勘探力度。

测区位置:东经  $93^{\circ}12'58''\sim 95^{\circ}20'00''$ ;北纬  $42^{\circ}02'58''\sim 42^{\circ}23'08''$ 。测区面积  $3000\text{km}^2$ 。测区地形平均最高为  $851\text{m}$ 、平均最低为  $498\text{m}$ ,平均面高为  $670\text{m}$ ,确定相对航高为  $2400\text{m}$ ,绝对航高为  $3070\text{m}$ 。

2002年9月26日,在澳大利亚完成成像光谱仪辐射标定和光谱标定。随后运抵我国。10月4日至7日,在乌鲁木齐机场将仪器安装在国产Y-12型飞机上,并完成了仪器调试和试飞工作。10月中旬进入测区飞行。

#### 4.2 飞行质量

测区共飞行24个航带,每个航带覆盖宽度为  $2771\text{m}$ ,相邻航带旁向重叠为  $15\sim 5\%$  的占  $98\%$ 、重叠为  $6\sim 15\%$  的占  $2\%$ ,无旁向漏洞,航向方向旋偏角均小于  $5^{\circ}$ ,飞行高度符合设计航高。飞行质量完全符合技术要求。

#### 4.3 地面同步光谱测试

开展地面同步或准同步地物光谱测试的主要目的是:为本区获取的HYMAP数据进行光谱辐射校正提供参数,以便准确识别和提取岩矿地质体信息。

地面光谱测试使用美国光谱分析设备公司生产的便携式光谱辐射计(ASD-FR Pro)。光谱范围  $350\sim 2500\text{nm}$ ;光谱分辨率:可见光、近红外为  $3\text{nm}$ ,短波红外为  $10\text{nm}$ 。光谱分辨率优于HYMAP仪器。

地面同步光谱测试采用人工布标和自然地标测量两种方式,共测试光谱曲线75条。

#### 4.4 HYMAP数据预处理

一是为了检查数据是否有漏缺,以便及时补飞;二是为了提高HYMAP原始数据影像质量,而开展的光谱重建工作。因为HYMAP原始数据是地物光谱反射、辐射信息与大气辐射传输效应、地形效应、传感器扫描系统等多种因素影响的结果。为此必须进行数据相关处理工作,如:光谱辐射畸变校正、光谱定标、大气校正以及光谱重建,以便尽可能获取地物真实的光谱特征。

#### 4.5 HYMAP数据处理

主要指后期室内处理工作,主要包括每条航带数据几何校正、航带间数据几何校正、匀光处理以及图像地理编码与制图。

数据几何校正,主要利用飞行平台姿态记录参数与GPS数据建立空间拓扑关系,生成IGM(Input Geometry Matching)文件,在此基础上生成输出产品的GLT(Geographic Look-up Table)文件,然后

再利用GLT文件进行航带几何校正。由于地面未设GPS基站,难以进行差分处理,因此定位精度较差,航带间错位明显。为此,又利用1:5万地形图进行了人机交互式几何精校正处理,与此同时开展了地理编码工作。

根据不同航带图像亮度、反差不一致,以及同一航带中央与四周亮度不均匀等特点,进行了匀光处理,使亮度、反差与色别统一,过度自然。

#### 4.6 HYMAP数据质量

128个波段光谱数据中仅有4个波段( $437\text{nm}$ 、 $881\text{nm}$ 、 $1618\text{nm}$ 和 $1631\text{nm}$ )因仪器故障没有数据。由于这4个波段不是矿化蚀变信息提取的相关波段,因此没有对应用研究工作造成影响。

经过最小噪声分离方法变换分析,HYMAP数据信号与噪声能够分离。HYMAP数据信号和噪声分布正常,数据质量较好。

从可见光、近红外至短波红外HYMAP数据信噪比依次降低:可见光为  $120:1$ ,近红外为  $110:1$ ,短波红外: $1000\sim 1800\text{nm}$ 为  $100:1$ 、 $1900\sim 2500\text{nm}$ 为  $75:1$ 。

根据航带上成像光谱仪定标灯在可见光、近红外和短波红外的光谱响应值的最大、最小、均值和方差统计分析,其最大、最小、±标准偏差曲线与均值曲线几乎重合,表明飞行获取的HYMAP地物光谱信息数据漂移量少,数据稳定可靠。另外,从航带飞行检测的噪声(暗电流)曲线数据小、偏移少等现象,也反映了数据的稳定可靠。

通过相同位置含 $\text{CO}_3^{2+}$ 离子的方解石矿物的空中HYMAP数据与地面同步测试数据的特征光谱分析,空中的反射率曲线略高于地面测试曲线  $1\sim 2\text{nm}$ 。表明从HYMAP提取的岩矿地质体光谱特征波长位置漂移  $1\sim 2\text{nm}$ ,属于技术允许范围。

#### 4.7 HYMAP数据典型矿物信息提取及野外验证

为了提高HYMAP数据对典型矿物信息提取的可靠程度和识别的准确性,在开展地面同步光谱测试的基础上,还开展了野外非同步岩石标本日光下光谱测试112条,室内灯光下光谱测试110条,岩石鉴定50件,样品分析21件。并开展了不同矿物组成对岩石光谱特征综合影响的分析。

在工作中主要应用①光谱波形参数,②光谱相似性测度,③混合光谱模型,④地质统计,⑤光谱角、光谱分解、光谱匹配滤波等技术,完成了全区5种矿物(绿泥石、云母类、碳酸盐、高岭土和蛇纹石)1:5

万比例尺蚀变矿物提取和制图,以及区内重点地段红滩(面积 300km<sup>2</sup>)的 1:1 万比例尺蚀变矿物提取和制图。

经野外验证,①测区云母和云母化岩石广泛分布,主要由大面积出露的花岗岩,以及闪长岩、绿辉岩和火山质地层发生绢云母化所致,同时伴生绿泥石化。可能与区域热液作用有关;②高岭石化仅有零星分布,主要分布于云母矿物集中地段,由长石含量较高的花岗岩和闪长岩蚀变产生;③绿泥石、绿帘石分布广泛,一般火山岩、沉积地层以及辉绿岩体中的角闪石、辉石等暗色矿物多蚀变为绿泥石、绿帘石。大部分地段为绿泥石、绿帘石蚀变同时存在,二者混合光谱不易区分;④蛇纹石化主要分布于绿泥石、碳酸盐以及一些岩体的边缘。⑤碳酸盐化主要沿构造带呈近东西向线状分布。

测区内矿体边缘一般广泛分布着绿泥石化、蛇纹石化、碳酸盐化、云母化、高岭石化、绿帘石化。二种或二种以上蚀变矿物信息组合特征与已知矿体分布比较吻合,如黄山和黄山东铜—镍硫化物矿体边缘绿泥石化和蛇纹石化组合特征尤为明显。利用 HYMAP 数据提取的蚀变矿物信息尤其是组合信息,为地质矿产资源勘探与评价提供了新的手段。

## 5 结束语

根据航带平均覆盖宽度 2771 米计算,每个像元地面分辨率为 5.41×5.41m,其精度已满足制作

1:2 万遥感影像图的要求。如果测区有 1:1 万地形资料的话,建议进一步开展高精度几何校正,以满足大比例尺矿产勘探需要。

目前,仅完成了全区 5 种矿物 1:5 万、重点地段红滩 7 种矿物 1:1 万比例尺蚀变矿物提取和制图。建议进一步开展全区其他蚀变矿物和其他重点地段蚀变矿物信息提取工作。

单独开展成像光谱遥感飞行成本太大,建议在地形相对平坦地区与航空物探综合站(磁、电磁、放射性)一起进行测量。

由于机载成像光谱获取数据量巨大,数据的光谱重建和几何校正正是决定该项技术能否实现产业化的主要问题。实践证明,目前应用 6S 模型与成像光谱中水气波段相结合的方法,以及高精度差分 GPS 数据(DGPS)与 IMU 姿态参数相结合的方法,是实现光谱重建、几何校正快速、有效的方法。

**致谢:**本文资料主要来自中国地质调查局基础调查部组织实施,中国国土资源航空物探遥感中心承担完成的《新疆东天山土屋—延东地区航空成像光谱调查项目》。部分资料来自中国地质调查局发展研究中心承担完成的《公益性地质调查中遥感方法技术现状、发展趋势与对策研究课题》。在此,谨向参加此项工作的专业技术人员,以及对本工作给予支持和关心的同志表示衷心地感谢!

(收稿日期:2005年1月31日)

## The Advance of Australian Aerial High Spectral Equipment(HYMAP) and It's Application

**Abstract:** This paper mainly introduces technical property and main parameter of the aerial high spectral equipment (HYMAP), and it's application effect at first in China. (by **Guo Hongzhou**)

**Key words:** Australian, High Spectral, Equipment, Application

(上接第 30 页)

金属矿体多具有低阻、高极化率的异常显示,因此在进行金属矿勘探时,应对低阻异常配合激电参数验证。要注意石墨或老变质岩及基性岩中的某些矿物成分对金属硫化物高极化率的干扰。

高密度剖面在岩溶洞穴探测时,要配合浅层地震仪进行高阻异常验证,以便区分高阻脉岩与旱洞引起的高阻异常。

4)在对高密度成像剖面分析推断时,要注意排除反演假象,常见在一个高(低)值异常的四周,对称的分布着四个低(高)值异常假象。

5)在地形改正处理时,当遇到整体地形变化不大,但其中几个相邻电极相对高差较大,此时不可忽视地形改正。

(收稿日期:2005年4月10日)