

主分量变换在油气异常信息 提取中的作用*

李玲芝 王彦广 范士明 庞亚军

(航空航天部五院 503 所 北京 100081)

摘要 本文介绍了机载细分红外图像增强油气信息的计算机图像处理方法和主分量变换对提取油气信息的作用以及处理后的结果。

关键词 机载细分红外图像, 信息增强, 主分量变换

1 引言

中国科学院遥感应用研究所和中国石油天然气总公司石油勘探开发研究院合作, 在新疆地区开展机载遥感油气资源勘探应用研究项目, 我所承担了两期、两个试验区的图像处理工作。第一期 1988—1989 年, 在新疆准噶尔盆地东部三台油气区, 面积约九千多平方公里; 第二期 1990 年, 在新疆塔里木盆地北部及中部试验区, 总面积近一万多平方公里。

提供给我们的机载图像数据有: 机载细分红外图像、机载多光谱图像、机载彩红外摄影图像等。

机载细分红外图像获取的波段最有利于对油气藏烃类微渗漏的识别。下面介绍对此类数据的处理方法。

2 图像预处理

2.1 图像数据格式的转换

由机上获取的 CCT 磁带其图像记录格式为 BSL (Band Sample Line) 格式, 为便于计算机处理, 我们将 BSL 格式转换为 SLB 格式。

2.2 零值列的剔除及行数据的恢复

在采集某一航带的数据时, 细分红外扫描仪的工作起始点位置是不定的, 结果造成该带图像中每行的第一列数据并不正好是扫描角处于零点处获得的, 使得图像的某些列上出现了黑线(即零值列), 必须去掉。仔细观察黑线两边的数据, 我们把黑线右边第一列前

* 中国科学院遥感应用研究所朱振海等同志、石油勘探开发研究院王文彦先生在工作中给予支持, 在此表示感谢。
收稿日期: 1992 年 8 月 5 日, 收到修改稿日期: 1993 年 2 月 25 日

提,成为新图像的第一列,再将下一行位于黑线左边的若干列接在该行的尾部,照此方法处理每一行,即去掉了零值列,恢复了图像数据。

2.3 波段间的配准

遥感图像处理是以各个波段间对应像元的变化对比来进行的,这就要求图像的各个波段,属于同一位置的点应该精确地配准。否则,图像不仅仅表现出模糊、错位,更重要的是它影响处理结果的准确性。

细分红外扫描仪工作波段可达 12 个,在仪器设计时将其排成两行,选择其中的 8 个通道来采集数据。

在对地扫描时,所记录的位置约有两个像元的差异,配准是必须的。

若用四元组 $\langle S, L, B, T \rangle$ 来描述一个像元在四维空间中的位置(其中 S —Sample, L —Line, B —Band, T —Time),则在塔北试验区机载细分红外图像的配准图像中,这 8 个波段对应于配准图像起始点的位置依次是: $\langle 7, 8, 1, 1 \rangle$, $\langle 11, 8, 2, 1 \rangle$, $\langle 9, 1, 3, 1 \rangle$, $\langle 7, 1, 4, 1 \rangle$, $\langle 5, 8, 5, 1 \rangle$, $\langle 3, 8, 6, 1 \rangle$, $\langle 1, 8, 7, 1 \rangle$, $\langle 9, 8, 8, 1 \rangle$ 。经过配准后,基本上实现了图像 8 个波段同各点位置的重合。

2.4 正切校正

机载图像由于扫描的视场角大,使图像的横向压缩严重,需要对图像做横向扩展,进行正切校正。对于细分红外扫描仪,瞬时扫描角为 6 mrad,相对高程为 5000 m,机下点像元分辨率为 $30 \times 30 \text{ m}^2$,详见图 1。经正切校正后,图像每行由 256 个像元扩展到 302 个,解决了横向压缩的问题。

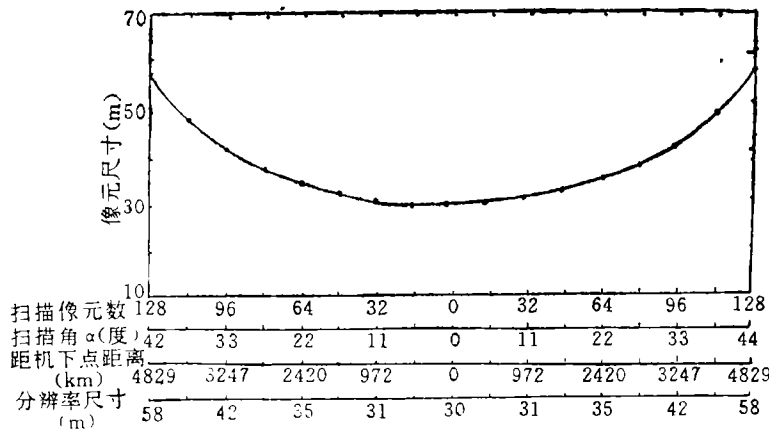


图 1 细分红外扫描仪行像素尺寸变化图

Fig. 1 Line pixel size of the fine infrared scanner

2.5 直方图规范化

由于获取的图像偏亮,记录信号几乎全部饱和[图 2(a)]。针对这一情况,我们做了均值为 128,方差为 32 的直方图规范化处理,处理后的图像表现出较好的层次[图 2(b)]。

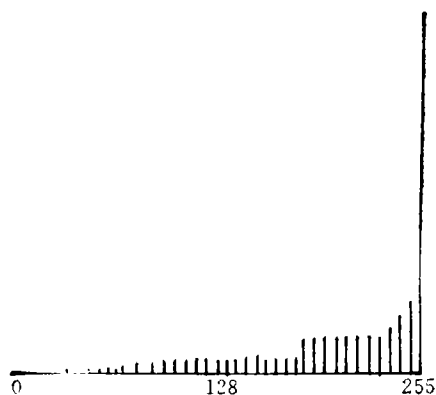


图 2(a) 处理前直方图

Fig. 2 (a) Histogram before process

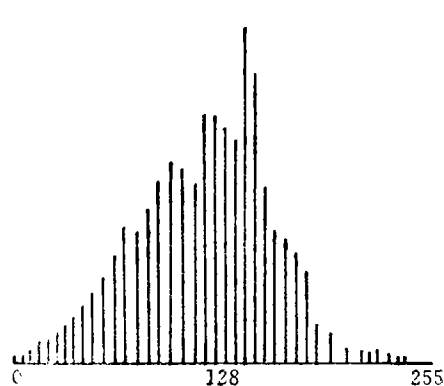


图 2(b) 处理后直方图

Fig. 2 (b) Histogram after process

2.6 辐射校正

第一期机载图像的辐射校正方法是: 选取试验区内横贯全区(基本上与飞行方向垂直)的匀质灰体作为相对辐射校正的参照体, 追踪读出每个航带每个波段在该灰体处的像素值, 得到每个航带每个波段横贯试验区的像素值的分布趋势, 用最小二乘拟合, 求出其标准曲线。以该曲线为标准, 逐航带逐波段进行相对辐射校正。

第二期机载图像的辐射校正利用了我们自己研制的无参辐射校正法^[1]进行的。校正结果是消除了图像中存在的明显辐射偏差及条带现象。

2.7 几何校正

第一期是选取的 TM 图像为参考图像, 对机载图像进行几何精校正。第二期选取的是国土卫星彩红外图像为参考图像, 对机载图像进行几何校正。建立了参考图像与机载图像控制点对之间的一一对应关系。象这种细长(302 × 6800)的图像用多项式法校正, 效果不好。我们采用的是有限元法^[2]进行校正, 校正精度均方差在 100 米左右。

2.8 数字镶嵌

将经过上述一系列处理的逐航带逐波段图像进行相邻航带图像的数字镶嵌, 镶嵌方法是把重叠部分的同名点精确对准(图 3), 得到全试验区的数字镶嵌图。

其中塔北试验区图像的第 4 波段没有数据, 所以只有 7 波段。

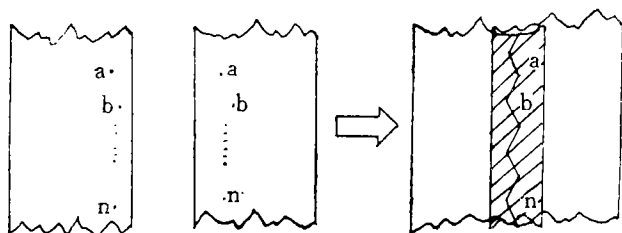


图 3 航带图像数字镶嵌示意图

Fig. 3 Digital mosaic of multiple strip images

2.9 空间滤波

为了减少噪声对图像处理结果的影响,对细分红外图像进行了 5×5 的滤波处理。

3 主分量变换

机载细分红外图像有七、八个波段,每个波段上都含有比较丰富的、有信息意义的反差和细节,怎么样才能把这些有意义的信息突出并集中起来,是我们处理的目的。

经过对多种非相关变换的分析和实验,我们选中了离散的主分量变换,它是图像变换中具有最佳性质的一种,特别适合当前选取的这种遥感信息资料,设

$$X = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T \text{ 和 } Y = [y_1, y_2, \dots, y_n]^T$$

是两个 n 维的随机向量,用 Y 精确地表示 X 是

$$X = \Phi Y$$

其中 Φ 是 $n \times n$ 的正交矩阵,记为

$$\Phi = [\phi_1, \dots, \phi_n],$$

则

$$X = \sum_{i=1}^n y_i \phi_i$$

若用 $[y_1, y_2, \dots, y_m]^T$ 来表示 X ,其中 $m \ll n$,那么,问题就归结为如何选取 $[y_{m+1}, \dots, y_n]$ 及 Φ 使得误差在均方差意义下达到最小而

$$y_i = \Phi_i^T E\{X\} \quad i = m+1, \dots, n$$

Φ_i 取 X 的协方差矩阵的特征向量,就能达到均方差最小,而且

$$\text{均方差} = \sum_{i=m+1}^n \lambda_i$$

式中的 λ_i 是 Φ_i 对应的特征值。

于是,我们只要取 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_m \geq \lambda_{m+1} \geq \dots \geq \lambda_n$ (λ_i 是 X 协方差矩阵的特征值),取 Φ_i 是 λ_i 对应的特征向量,对 X 作变换

$$Y = \Phi^T X$$

如果只取 Y 的前 m 个 ($m \ll n$) 分量,作为对 Y 的近似,则此时的误差 $\sum_{i=m+1}^n \lambda_i$ 是最小的,而且 $y_i (i = 1, \dots, m)$ 中, y_i 与 y_j 互不相关,变换后的特征独立,互不相关,可以描述图像某方面的特征; y_1, y_2, \dots, y_m 的维数大大减小,便于处理。而且方差具有由大到小排列的性质,使其具有较强的分类能力。

由此可见,主分量变换具有增强信息、特征最佳抽取的功能及信息压缩存储功能。

在进行主分量变换之前,我们针对第 4 波段(粘土矿物的吸收峰)、第 6、7 波段(吸附烃类的吸收峰)、第 8 波段(碳酸盐矿物的吸收峰)进行了几种组合,对某些波段进行增强。然后,计算图像的均值、方差、波段间的相关系数矩阵、协方差矩阵、特征值、特征向量等。

主分量变换后的图像信息主要集中在第一主分量中,影像的细节特别多,比原来任何一个波段的信息都多,第二主分量中也有较多的信息,其它分量中反映的多是噪声信息。选取油气信息集中的第一、第二主分量及另外一个主分量进行了彩色合成,异常信息已有

了较好的显示。

4 油气信息的提取及分析

经过主分量变换后合成的彩色图像上油气异常信息有了较好的显示。为生成一幅直观、清晰的油气信息分布图,我们对经上述处理的图像进行油气异常信息提取。所用的方法是:首先选取典型的已知或半已知的油气区,提取出特征信息,对提取出的信息形成一个特征空间,建立典型的油气信息的特征值,以这些特征值对整幅图像进行处理,得到一幅单波段只含油气异常信息的图像。为适于人眼判读,我们将背景配成蓝色,油气异常信息配成红色,得到一幅彩色油气异常信息分布图。油气异常信息与已知油田有很好的吻合。

此外,我们还将油气异常分布信息与地震构造图用计算机进行复合,从图上可以看到两者有较好的吻合,我们还将油气异常分布信息与镶嵌好的 TM 图像、国土卫星像片及地震构造图进行复合,再加上经纬度信息,便于对油气异常分布信息进行定位,同时也可从卫星图像上了解到地表景观。

经与实地资料对照分析,对于第一期(准噶尔)试验区的判读结果是:18 个遥感异常区域,与已知油气田的含油范围符合或基本符合的有 6 个区域;与见油探区或可能的油气藏有关的有 3 个区域;与有利的构造部位或可能有岩性圈闭式的油气聚集有关的有 8 个区域;与油气藏相关性较小的只有 1 个区域。

第二期(塔北)试验区的判读结果是:8 个油气异常区,其中的 4 个区域基本上是已知区;另外 4 个区域基本上是未知区,其中的 3 个区域与最新的地震构造信息完全吻合,另一个区域的地下构造尚不清楚。

值得一提的是,在整个图像处理过程中,我们对试验区内哪些井已经出油,哪些井没有出油,是完全不清楚的。特别象准噶尔试验区甘河子台 22 井,位于油气异常的未知区内,图像处理探井才钻完,消息说,该井获高产油气流。塔北试验区也有类似情况,在轮南断垒以北,不是油气异常区,据说此处布的 3 口井没有打出油气。

总之,我们认为这套图像处理方法是科学的,对于大面积探测油气异常分布有很重要的实用价值。该方法在整个遥感找油技术中占有重要的地位。该方法在应用于贵州赤水地区及山东、东北某地区时,也获得了满意的结果。

参 考 文 献

- [1] 王彦广,庞亚军. 遥感图像的无参辐射校正法. 中国空间科学技术, 1992,12(1): 16—18.
- [2] 李玲芝等. 遥感图像几何校正的有限元法. 中国空间科学技术, 1989,9(2): 24—31.
- [3] 田村秀行等著(赫荣威等译). 计算机图像处理技术. 北京:北京师范大学出版社, 1988.

The Impact of Main Component Transformation on Extraction of Oil-gas Information

Li Lingzhi Wang Yanguang Fan Shiming Pang Yajun

(Beijing Institute of Satellite Information Engineering)

Abstract This paper presents the computer image processing method used in oil-gas resource exploration with emphasis on the method of enhancement of airborne fine-divided infrared image of oil-gas information.

Main Component Transformation compresses multispectral information, it is important for the extraction of oil-gas information.

On the basis of these work, a software package has been developed, which has been used to process TM image and obtained satisfactory result.

Key words Airborne fine-divided infrared image, Information enhancement, Main component transformation