

最优密度分割法在西昆仑遥感蚀变提取中的应用

陈利燕^{1,2}

(1. 黄冈师范学院计算机科学与技术学院, 湖北黄冈 438000; 2. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东广州 510640)

摘要 以西昆仑地区为研究区, 通过区域成矿地质背景和遥感图像数据统计分析, 针对铁化蚀变在 ETM 不同波段上的反射特征, 对研究区进行矿化蚀变信息的定量提取研究。结果表明, 最优密度分割法的离差平方总和曲线在 6 段时趋于平缓, 铁化蚀变总体分布较少且比较稀疏, 根据成因类型和空间分布特征铁蚀变侵入岩型铁染异常、地层铁染型异常等 3 种类型。

关键词 西昆仑; 最优密度分割法; 铁化蚀变

中图分类号 F301.24 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)25-12144-02

Application of Optimal Density Segmentation in the Remote Sensing Alteration Extraction in West Kunlun Mountain

CHEN Li-yan (Department of Computer Science and Technology, Huanggang Normal University, Huanggang, Hubei 438000)

Abstract With West Kunlun Mountain as the study area, the metallogenic geological background and the ETM were studied by remote sensing techniques. According to reflectance characteristics of Fe^{3+} alteration in different bands, mineral alteration information was extracted quantitatively. The results showed that the optimum segmentation method was an effective way to extract mineral alteration information. The curve of sum of deviations squares tended to slow when the ETM data was segmented to 6 parts. So the six parts segmentation method was the optimum partition in the area. The first three parts of the segmentation showed strongest distribution of Fe^{3+} alteration. The alteration information distribution was scarce and sparse.

Key words West Kunlun Mountain; Optimal density segmentation; Fe^{3+} alteration

西昆仑地区矿产资源非常丰富, 区内已经发现的矿床种类、类型繁多, 矿种较全, 在空间上分带规律明显, 矿化相对集中, 是寻找大型、超大型矿床的有利远景区之一^[1]。但由于该地区自然条件十分恶劣, 交通极其不便, 给基础地质研究工作和矿产勘查带来很大困难, 导致西昆仑地区成为新疆地质工作程度最低的地区。因此, 探索和完善适合于西昆仑地区的矿产资源勘查评价技术方法, 具有重要的理论意义和实用价值。

在过去十几年中, 遥感技术已在矿产勘查中起到了积极作用并取得了良好的应用效果^[2]。尤其在地质工作程度低、自然条件恶劣的西部高寒山区, 应用遥感优选最佳的遥感异常, 区划成矿远景区和找矿靶区, 浓缩找矿目标地, 可发挥遥感先行的优势, 加快地质勘查的步伐。笔者利用最优密度分割法识别、定量提取并圈定蚀变带, 对矿靶区优选、定位、定量预测, 确定铁化蚀变异常的程度。

1 研究区地质概况

研究区位于我国的西部边陲, 位于新疆的西南部。东临塔克拉玛干大沙漠, 南依喀喇昆仑山, 西与塔吉克斯坦接壤, 北接天山与新疆克孜勒苏柯尔克孜自治州和阿克苏地区相连, 总面积约 6 820 km²。西昆仑地层, 出露于新疆境内, 东起于阿尔金断裂系西南段的阿龙断裂, 西止于塔什库尔干断裂, 地层发育较齐全, 其中以前寒武系和古生界分布较广, 三叠叠次之。从地壳演化来看, 石炭系与三叠系具重要意义。前寒武系除甜水海鲜(长城纪)变质较浅外, 其余皆变质较深, 属低压角闪岩相和中压相系的递增变质的结晶片岩。古生代和中生代地层一般变质较浅, 属低绿片岩相, 但位于岩体附近的地层合时则例外。古生界与中生界多为海相^[1]。

西昆仑地跨塔里木与华南两大板块构造单元, 具有优越的成矿地质条件、成矿活动特别活跃。已知矿种达 40 种之

多, 其中铅、锌、铜和宝玉石等矿产是该区的优势矿产, 成矿类型主要有黄铁矿、接触交代、热液、斑岩、沉积、沉积变质型等, 不同类型的分布受大地构造的控制, 不同沉积建造、变质带、岩浆(火山岩)带有不同类型的矿产。

2 数据来源与研究方法

Fisher 在 1958 年提出一种最优分割方法(Optimum Segmentation Method), 分类的依据是离差平方和。1968 年罗吉昂诺夫在《地质对象按标志组合进行分界的统计方法》中对有序数据和地层的合理划分进行了阐述。图像最优密度分割将图像的灰度级(最小值到最大值)作为有序量, 利用费歇尔准则进行分割, 即使各分割段的段内离差总和最小, 段间离差总和最大, 进而划分出不同的地物类型^[3]。

地质数据是按一定顺序排列的地质变量, 通常叫做有序的地质变量, 如蚀变带的研究中, 从岩体中心到围岩的蚀变剖面的样品, 地质遥感图像灰度值等。对 n 个有序的地质变量进行分割, 可能有 $2n - 1$ 种划分方法, 每一种分法称为一种分割。在所有这些分割中, 有一种分割使得各分割段的段内离差总和最小, 而段间离差总和最大。这种对 n 个样品分段并使组内离差平方和最小的分割方法, 称为最优密度分割法。对于不同的分割段数, 都存在一个最优分割法, 通过对段内离差平方总和分割段数变化的曲线分析, 确定合理分割。

对于一幅单通道遥感图像, 假设其灰度最小值为 \min (≥ 0), 灰度最大值为 \max (≤ 255), 则所有像元灰度值分布在 $\{\min, \max\}$ 的灰度级范围内, 并且可以统计出每一灰度级的像元数, 以 P_i 表示。将 $\max - \min + 1$ 个灰度级按顺序分割成若干段, 使得各段内部所有像元的差异尽可能小, 而各段间像元的差异尽可能大。段内离差平方和可以作为衡量段内像元差异性的指标, 一般而言, 段内离差平方和越小, 表示段内像元的差异性越小, 反之则相反。为此, 需要计算出所有可能分割段的段内离差平方和, 段内的离差平方和 $D(i, j)$ 表示为 $D(i, j) = \sum_{n=1}^j [n - M(i, j)] \times P_n$; 设有一分割

基金项目 博士科研启动经费(08Cd159)。

作者简介 陈利燕(1981 -), 女, 浙江衢州人, 在读博士, 讲师, 从事 GIS 与遥感地质研究。

收稿日期 2009-04-28

法,将 $\max - \min + 1$ 个灰度值分割成 k 段,如 $\{\min, \dots, i_2\}$, $\{i_2 + 1, \dots, i_3\} \dots \{i_k + 1, \dots, \max\}$,对于每一段,分别确定其段的直径 $D(\min, \dots, i_2)$, $D\{i_2 + 1, \dots, i_3\}, \dots D\{i_k + 1, \dots, \max\}$,对于这种分割,可以求出各段直径的综合 S 。 $S = D(\min, \dots, i_2) + D\{i_2 + 1, \dots, i_3\} + \dots + D\{i_k + 1, \dots, \max\}$ 。

最优密度分割就是要在所有可能的 k 段分割中找到使 S 最小的那个分割法,称之为最优 k 段分割。

3 结果与分析

3.1 铁化蚀变异常分类 ETM3/1 遥感蚀变异常分类。选择最大分割段数为 14,运算获得各级分割段数的最优分割区间及段内离差平方总和,做出最优分割段内离差平方总和随分割段数变化的曲线^[4]。从图 1 可以看出,当分割段数达到 7 后,曲线趋于平衡,因此,取 6 为合理的分割段数。根据最优 6 段分隔法的结果,从强到弱分别赋以红到绿颜色进行彩色分割,从而得到 ETM3/1 铁化蚀变遥感信息异常分类图。对 TM1、3、4、5 波段的第 4 主成分的异常蚀变信息也按如上步骤计算最优分割段数,即可得到下图的离差平方总和和曲线。当分割数达到 6 后,曲线趋于平衡,因此取 6 分法为最佳的分割数。灰度值区间为 [168, 182]、[183, 195]、[196, 209]、[210, 223]、[224, 239]、[240, 255]。

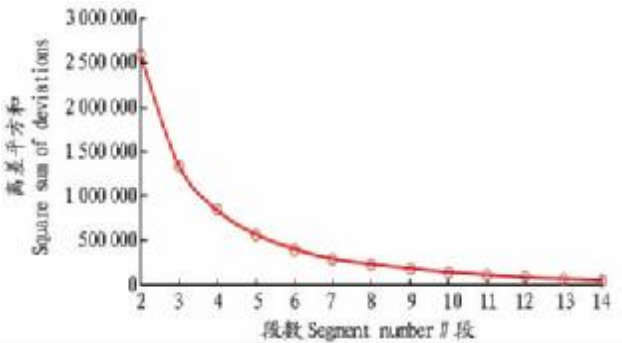


图 1 波段 3/1 段内离差平方和曲线

Fig. 1 The sum of squares curve of deviations based on TM 3/1 section

利用 GIS 空间叠加功能,ETM3/1 和 ETM1345 第 4 主成分的铁化蚀变的分类图叠加后,就能得到研究区的铁化因子蚀变分布和分类(图 2)。

3.2 铁化蚀变异常圈定 由图 2 可知,异常圈定效果分析主要考虑几个方面,即遥感矿化蚀变异常与已知矿床、矿(化)点的吻合性,与化探异常的吻合程度,与区域成矿规律、成矿特征的吻合性。在研究区中,利用最优密度分割法提取的遥感蚀变信息总体来讲,铁化蚀变则较少且分布稀疏。铁化蚀变信息根据其成因类型和空间分布特征也可分为 3 类,一是呈面型集合体分布,且分布范围最广,该类主要与研究区内大面积分布的中酸性侵入岩密切相关,应为中酸性侵入岩体本身所含铁质较高和区域性铁染所引起,找矿的意义不大,可将其归为“侵入岩型铁染异常”。二是为分散于各时代地层中呈星点状和不规则面状的铁化异常,主要由局部铁染引起,可将其归为“地层铁染型异常”。三是呈或连续性较好

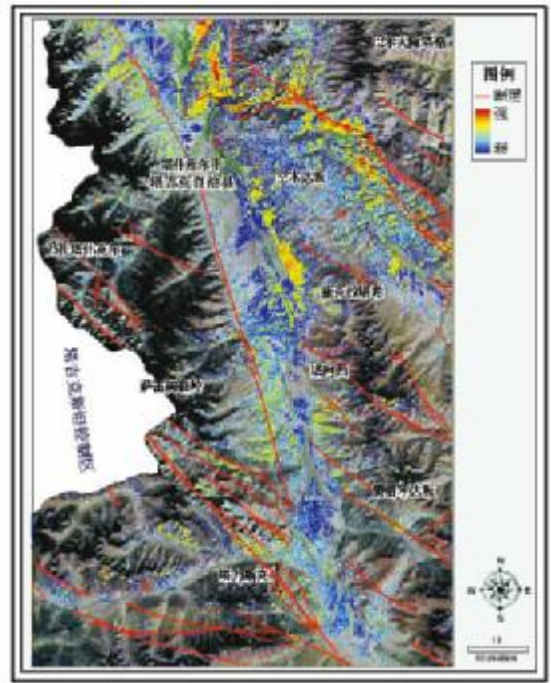


图 2 铁化因子蚀变分布和分类

Fig. 2 The distribution and classification of Fe alteration 的带状、条带状分布,且多与粘土化蚀变类矿物密切共生,该类铁化异常的分布与区内的断裂带较吻合。

4 讨论

(1) 以西昆仑地区为研究区,通过区域成矿地质背景和遥感图像数据统计分析,从多光谱的尺度,在分析遥感蚀变信息物理机理的基础上,针对不同蚀变矿物在 ETM 不同波段上的反射特征,对研究区进行矿化蚀变信息的定量提取研究^[5]。研究中定量方法提取的蚀变信息与研究区的主要赋矿层位、蚀变破碎带和断裂构造等控矿地质因素表现出一致性,一部分蚀变信息很好地揭示了已知金属矿化,为矿致异常,另一部分为找矿提出了指导信息^[6]。

(2) 遥感异常的分级,虽然利用最优密度分割法在研究区应用效果较好,但其物理机理的研究还有待深入。同时由于研究区地质、矿产研究程度极低,给异常的筛选与确认带来很大的困难,尚需大量的野外工作来验证。

参考文献

[1] 赵玲. 西昆仑地区恰尔隆、大同一带遥感构造研究与成矿预测[D]. 广州:中国科学院广州地球化学研究所,2007.
 [2] 王晓鹏,谢志清,伍跃中. ETM 图像数据中矿化蚀变信息的提取——以西昆仑塔什库尔干地区为例[J]. 地质与资源,2002,2(11): 191 - 122.
 [3] 吴德文,张远飞,朱谷昌. 遥感图像岩石信息提取的最优密度分割方法[J]. 国土资源遥感,2002(4): 51 - 54,66.
 [4] 孟新,姚国清. 内蒙古阿木乌苏地区 MT 图像褐铁矿化蚀变信息提取研究[J]. 遥感技术与应用,1995,10(2): 23 - 27.
 [5] 顾行发,田国良,李小文,等. 遥感信息的量化[J]. 中国科学 E: 信息科学,2005,35(S1): 1 - 10.
 [6] ABRAMS M J, ASHLEY R P, BROWN L C, et al. Mapping of hydrothermal alteration in the Cuprite mining district, Nevada, using aircraft scanning images for the spectral region 0.46 to 2.36 μm[J]. Geology, 1997, 5: 713 - 718.