

# 西藏自治区盐湖矿产资源遥感信息提取方法

白朝军, 王跃峰, 武萍

(河南省地质调查院信息中心, 郑州 450007)

摘要: 西藏自治区地域广, 湖泊多, 盐湖矿产资源十分丰富, 但调查研究程度较低。采用常规调查方法, 周期长、费用高、难度大。以 TM(ETM<sup>+</sup>) 数据为主要信息源, 采用波段合成、密度分割、比值处理等方法进行信息提取, 取得了良好效果。圈划出的成矿远景区准确、可靠, 经验证新发现了一批盐类矿产地。

关键词: 西藏; 盐湖矿产; TM(ETM<sup>+</sup>) 数据; 信息提取; 成矿远景区

中图分类号: TP 79 文献标识码: A 文章编号: 1001-070X(2004)02-0035-04

## 0 引言

西藏是我国现代内陆盐湖分布最多的省区之一, 也是世界上范围最大、海拔最高的盐湖区, 蕴藏着十分丰富的盐湖矿产资源, 但由于受独特的自然地理条件和交通等因素影响, 其调查研究程度较低。为了全面了解区内盐湖矿产资源潜力及潜在经济价值, 变资源优势为经济优势, 促进社会与经济可持续发展, 本文以西藏自治区盐湖矿产资源遥感调查项目成果为基础, 介绍遥感技术在西藏盐湖矿产资源调查中的应用情况。

## 1 遥感信息源与工作方法

### 1.1 遥感信息源

以分辨率中等, 价格适中的 TM(ETM<sup>+</sup>) 数据为基本信息源。针对该区气候寒冷、冬长夏短、积雪覆盖时间长等特点, 时相尽可能选择在信息量丰富, 含云量低的 9~11 月份, 同时尽可能选取不同景间时相接近的 TM(ETM<sup>+</sup>) 数据, 并充分考虑到地貌差异引起的季节性变化。如高寒区与低暖区相比, 高寒区可偏夏季, 低暖区可偏春、秋季。本次共获取西藏全区 TM(ETM<sup>+</sup>) 数据 95 景, 时相以 1999~2001 年为主。根据地物波谱测试、波段相关性分析确定最佳合成方案, 制作全区 1:50 万 TM4 TM3 TM2 国际分幅卫星图像 33 幅、ETM 图像 25 幅、假彩色密度分割及比值处理等专题图像 100 余幅。

### 1.2 工作方法

据统计, 西藏分布湖泊达 1 500 多个, 限于调查精度(1:100 万), 仅对面积大于 1 km<sup>2</sup> 的湖泊进行解译。具体工作方法是: 全区利用 1:50 万 TM4 TM3 TM2 卫星图像进行目视解译; 重要成矿有利区带采用 1:10 万、1:25 万 ETM4 ETM3 ETM2 假彩色合成图像, 在 PCI 图像处理软件支持下, 采用人机交互式解译方法完成; 成矿远景区(找矿靶区) 则用 1:5 万数字图像(ETM4 ETM3 ETM2、假彩色密度分割图像、比值处理图像), 提取异常信息, 并进行人工综合分析及野外检查验证。

## 2 盐湖矿产遥感信息提取及效果分析

### 2.1 湖泊解译标志

以 1:50 万 TM4 TM3 TM2 卫星图像为基础, 对全区湖泊及区域成矿地质背景进行解译。湖泊按其演化的不同阶段和含盐量由低到高的顺序划分为淡水湖、咸水湖、盐湖、半干涸和干涸湖。其中湖水含盐量分别为淡水湖小于 0.1%、咸水湖 0.1%~5%、盐湖大于 5%。区域成矿地质背景是指那些对湖泊的形成、演化及盐类沉积起着控制作用的成矿条件, 包括第四系分布及成因类型、水系、地貌、含矿建造、活动构造和现代泉点等。本文着重介绍 5 种类型湖泊的解译方法。

本次分别采集淡水湖、咸水湖(色卡执错, 含盐量 4.8%) 和不同含盐量的盐湖样品(鄂雅错, 含盐量 18.4%; 卡易错, 含盐量 15%; 结则茶卡, 含盐量

13.4%)进行了波谱测试,测试结果显示,盐湖反射率为最高,一般为50%~70%,咸水湖次之,一般为30%~50%,而淡水湖(或纯水)为最低,多为30%以下(图1)。且反射率与含盐量(矿化度)呈正比关系。反映在图像上,其亮度逐渐增加,色调由深到浅;盐湖因矿化度较高且不均匀,常形成环带状色带,还因有盐类沉积,在环湖岸边常形成白色盐霜(插页影片15)。结合已知不同类型湖泊的影像特征,建立解译标志如表1所示。

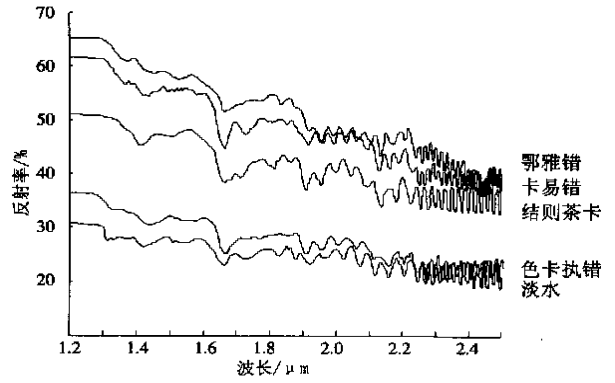


图1 湖泊波谱曲线图

表1 西藏自治区各类湖泊解译标志表(TM4 TM3 TM2)

湖泊种类	影像特征						
	形态及大小	色调	影纹图形	地貌	水系	地质特征	分布及典型湖泊
淡水湖	呈椭圆、长条形等,以小规模居多	呈暗青黑色。色彩饱和度高,明度低,色彩均一	影纹结构细腻,光滑、均一。边界清晰,呈封闭的折线状	“负地形”明显,四周山势多陡峻,峰顶现代冰雪较为发育	水系发育,往往有大规模的河流注入,多为过水湖,藏东多为河源湖	湖盆或湖岸多为基岩。发育少量第四系,且多为冲洪积、冰水堆积	分布于北纬32°以南地区,如格仁错、玛旁雍错等
咸水湖	呈不规则多边形、大小不等,相差悬殊	呈暗青色、深蓝色、蓝色,以蓝色者居多,呈浅蓝色	影纹结构细腻,较为均一。边界较为清晰,局部呈斑块或条带状图案	“负地形”较为明显,地势略平缓或一侧地势较为陡峻,相对高差中等	发育向心状水系,或不十分明显的向心状水系,多有一规模较大河流注入,多为尾间湖	湖泊周围第四系发育,以冲洪积为主,少量湖积。多分布于带中	分布范围广,但东经92°以东少见。如纳木错、色林错、班公湖等
盐湖	椭圆形,较规则的多边形等。规模以中小型为主	呈深蓝—浅蓝色,以蓝—浅蓝色为主。多构成环带状色带	多构成环带状、斑状图案,湖外常见耳朵状环带图形	“负地形”不太明显,周围地形相对平缓,高差小,多位于规模较大的盆地内	发育明显的向心状水系,但水系规模不大,湖泊完全封闭,无外流排水通道	湖泊四周第四系十分发育,湖内发育湖新统及全新统湖积物,多见蒸发岩类沉积	分布于北纬32°以北大部分地区。如扎布耶茶卡、朋彦错、仓木错等
半干涸湖	近圆形、椭圆形、形状较规则,多为中小型	呈浅蓝色、灰白色、白色等,明度较高	影纹较粗糙,斑状、絮状以及海绵状图形,与周围界线不清	“负地形”不明显,地形较为开阔平坦。多位于较大盆地内	汇水面积小,稀疏向心状水系,湖泊封闭	湖周第四系发育,从湖泊中心向外围依次为干湖滩—全新统一更新统	广布于藏北高原。如确旦错、布尔嘎错
干涸湖	椭圆形、形态规则,以小型湖泊居多	呈白色、瓷白色等,总体以白色调为主	湖泊影纹细腻,光滑、均一。边界呈过渡关系	“负地形”不明显,地形较为开阔平坦。多位于相对独立的小盆中	汇水面积一般不大,水系不发育,湖泊完全封闭,无外流排水通道	湖泊周围第四系发育,湖内多发育化学堆积	分布于藏北高原改则—双湖一带北部,如四家湖、朝阳湖等

为了检验解译标志的可靠性和准确性,对不同类型的湖泊均进行了野外验证。所采样品均布置在湖泊有代表性的部位,根据遥感影像特征和湖泊水文地质条件,选择在较稳定的、有一定深度且浓度适中的水体中。野外验证的湖泊有扎浪丁错、阿木错、洞古错、查布罗错、卡易错、才玛尔错、纳屋错和木地错。除木地错分析结果和解译不一致外,其它7个完全吻合,准确率达88%。

### 2.2 含矿盐湖的信息提取

在全区解译基础上,采用假彩色密度分割技术,结合ETM4 ETM3 ETM2三波段组合图像进行含矿盐湖的信息提取,进一步区分出含矿盐湖(成矿远景区)和非含矿湖泊。

假彩色密度分割是以色彩代替影像密度,可以

提高人们对密度差异的分辨能力,起到图像增强的作用。根据淡水、低矿化度卤水、含矿(硼、锂、钾为主)高矿化度卤水的波谱曲线特征,即含矿、非含矿湖泊反射率的明显差异,并通过对水体穿透能力较强的TM1 TM2 TM3波段进行对比分析研究,以TM2波段假彩色密度分割来区分非含矿湖泊和含矿盐湖效果较好。

淡水湖和咸水湖一般不成矿,只有含盐度高(矿化度高)的盐湖才能成矿。从湖水波谱曲线看,前者反射率低,后者反射率高,反映到灰度值上,随含盐度增加,灰度值应逐渐变大。通过对比已知不同矿化度湖泊的灰度图以确定最低含矿湖泊的灰度阈值。因此,选定某一深度的介于含矿、非含矿之间的标准湖泊即最低含矿(硼、锂、钾等含量为边界品位)

湖泊至关重要。在分析研究区内所有已知湖泊分析资料的基础上, 以 1 m 左右水深的湖泊为代表, 选择硼、锂、钾处于边界品位附近的茶里错, 处于最低工业品位附近的别若则错和高品位综合性含矿盐湖扎布耶茶卡<sup>[1]</sup>。首先, 对 TM2 波段图像进行预处理(排除大气干扰、图像校正等), 然后进行密度分割和对比。生成 TM2 波段密度分割图像(插页彩片 16), 对比结果显示: 茶里错呈绿色调, 别若则错和扎布耶茶卡均为绿、黄、红色调。表明从处于边界品位附近的湖泊—处于最低工业品位附近的盐湖—高品位含矿盐湖, 其反射率由低到高, 色调从绿色—黄色—红色, 灰度值从 100~160。对水深 1 m 左右盐湖, 用同种标准进行对比, 以灰度值 100, 呈绿色调者作为最低判断标准。如果灰度值 > 100, 呈绿、黄、红色调, 则为含矿盐湖, 否则, 如果灰度值 < 100, 且为绿、蓝、黑色调者, 则是非含矿盐湖。据此, 对未知含矿盐湖才玛尔错、色卡执错、纳屋错进行了 TM2 波段密度分割, 3 个湖泊在 1 m 左右水深处均呈绿或黄或红色调, 应为含矿盐湖。野外取样分析结果显示为液体硼矿床, 与提取结果一致。对于 > 1 m 水深的盐湖, 采用同样方法, 看湖边部(水深 1 m 左右处)是否有同样反映, 以此来判定是否为含矿盐湖。

### 2.3 盐类沉积成分的信息提取

盐类沉积成分(固体矿)的信息提取, 是在利用盐类矿产资源(石盐、芒硝、硼矿、钾矿、锂矿等单矿种或复合型矿种)遥感找矿模式进行预测的基础上, 结合比值处理来完成的。

比值处理是 TM 数据信息增强与提取的最常用方法。硼砂、芒硝、石盐是现代盐湖沉积的主要固体矿物。根据波谱测试结果(图 2), 反射率在可见光波

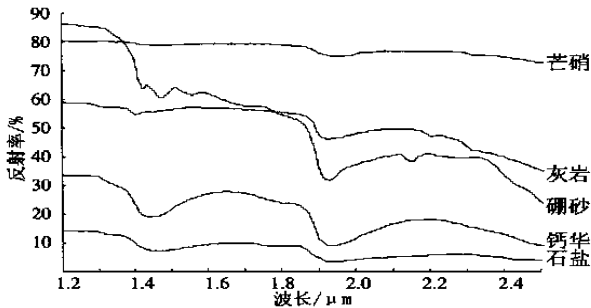


图 2 固体盐类波谱曲线图

段均为一条直线, 其中硼砂在可见光波段反射率高, 在近红外波段反射率低; 芒硝在可见光和近红外波段反射率相近, 变化较小, 而石盐介于二者之间。采用 TM2/TM7 比值图像区分 3 种矿物, 取得了满意效果。具体方法是: 将 TM2 和 TM7 波段数据校正

到同样的投影空间, 按  $TM2/TM7 \times 255$  算法进行图像比值处理, 然后将对比值结果附加色彩来区分灰度值的变化。通过已知含矿盐湖(扎布耶茶卡、依布茶卡、玛尔果茶卡等)的干盐滩比值图像(插页彩片 17)与其含盐类沉积成分分带图(图 3)叠合对

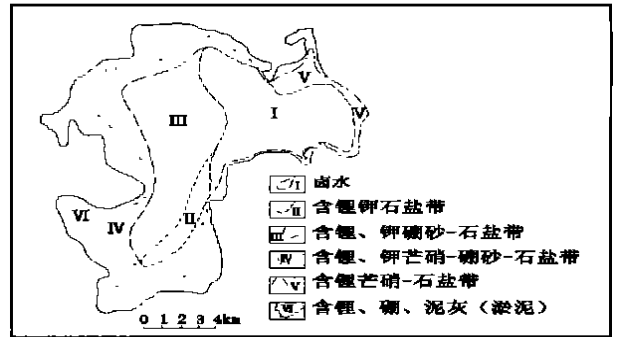


图 3 扎不耶茶卡南湖盐类沉积成分分带图

比, 发现白色代表硼砂或以硼砂为主, 红色代表石盐或以石盐为主, 绿色代表芒硝或以芒硝为主。为了检验判断结果的正确性, 本次选择工作程度低、找矿潜力大的已知盐湖鄂雅错、才玛尔错和未开展过工作的找矿靶区纳屋错、查哈那泊等 6 个盐湖进行了验证, 部署了浅井工程并取样分析, 结果和实际情况基本相符。其中预测的纳屋错芒硝找矿靶区经验证为一大型芒硝矿床。

### 3 结论

(1) 利用遥感技术进行盐湖矿产资源调查取得了明显效果, 特别是假彩色密度分割和比值处理方法可以直接区分含矿盐湖和非含矿湖泊、判别盐类沉积成分。

(2) 利用遥感技术进行盐湖矿产资源调查, 投资少、见效快、找矿效果好, 尤其在高寒缺氧、交通不便、地域广大的青藏地区, 是盐湖矿产资源快速评价的理想方法。

(3) 通过解译和实地调查, 查明西藏大于 1 km<sup>2</sup> 的湖泊 791 个。根据含盐度进一步区分出淡水湖 134 个、咸水湖 265 个、盐湖 279 个、半干涸湖 22 个、干涸湖 91 个。

(4) 在全区预测出 16 个重要成矿远景区、181 个重点找矿靶区(含矿盐湖)。经验证新发现 4 处盐类矿产地和 2 处超大型铯矿床, 2 处大型硼矿床, 1 处

● 郑绵平, 等. 西藏扎布耶茶卡盐湖综合调查与长期研究报告, 1995.

大型锂矿和大型芒硝矿床。初步探明结则茶卡是一个具有超大型铯、大型硼锂、小型钾矿远景的综合性矿床；鄂雅错是一个超大型铯、大型硼锂、中型钾矿远景的综合性矿床；新发现的纳屋错为大型芒硝、小型硼矿床，才玛尔错、色卡日错、卡易错为小型硼

锂钾综合性矿床。

参考文献

[1] 西藏自治区地质矿产局. 西藏自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1993.

## THE REMOTE SENSING INFORMATION EXTRACTION OF MODERN SALT LAKE ORE DEPOSITS IN TIBET

BAI Chao- jun, WANG Yue- feng, WU Ping

(Information enter of Henan Provincial Geological Survey, Zhengzhou 450007, China)

**Abstract:** Abundant salt lake ore deposits are developed in vast rural areas of Tibet, but with very insufficient investigation. It is very difficult to conduct the exploration work by the traditional geological surveying methods in that they are very expensive and time-consuming. The remote sensing information extraction of modern salt lake ore deposits in Tibet based on TM (ETM<sup>+</sup>) data, color synthesis, density segmentation and ratio transformation has turned out to be effective. A number of perspective areas proposed on such a basis proved to be reliable, and several halide ore fields were found through verification. The remote sensing information extraction is indeed an ideal method for rapid appraisal of salt lake ore deposits in high-altitude regions of western China.

**Key words:** Tibet; Salt lake ore deposit; TM (ETM<sup>+</sup>) data; Information extracting; Perspective areas

第一作者简介: 白朝军(1963-), 男, 高级工程师, 主要从事遥感地质矿产调查工作。

(责任编辑: 肖继春)

(上接第 34 页)

kind of digital map is very useful in rapid investigation of national land resource and environmental component distribution, but may not be practical in distributed hydrological modeling studies. For the purpose of overcoming this knotty problem, an improved method is proposed in this paper, which takes the best use of the original LULC information from China 1km grid multi-layer LULC digital map but makes some modifications to meet the needs of hydrological studies in practice. A single layer gridded LULC digital map is thus generated based on the principle of area-dominant and spatial smoothing techniques in which main LULC classes are well kept and most of the spatial distribution attributes are enhanced. As an example, the map generated for Yingluoxia basin of Heihe area is discussed on the basis of its application to a distributed hydrological simulation. The result demonstrates its practicality in meeting the needs of hydrological modeling purposes.

**Key words:** Land use/cover; Area-dominant; Frequency-dominant; Spatial-smoothing

第一作者简介: 张东(1975-), 男, 南京大学国际地球系统科学研究所 2002 级博士生, 主要从事 RS、GIS 与分布式水文模型集成研究。

(责任编辑: 刁淑娟)