西藏盐湖矿产资源遥感定量预测方法研究

王跃峰 白朝军

(河南省地质调查院 河南 郑州 450001)

摘 要:西藏自治区地域广大,湖泊众多,盐湖矿产资源十分丰富,但调查研究程度较低,资源潜力不明,家 底不清。以遥感信息为基础,采用多因素综合评判模型法进行盐湖矿产定量预测,初步摸清现阶段西藏盐 湖矿产资源家底,为地方政府和有关部门进行盐湖矿产资源勘查开发提供了重要参考依据。该预测方法具 有较强探索性,和已知查明资源量进行比较,预测结果基本可靠,是西部高海拔地区盐湖矿产资源快速评价 的有效方法。

关键词: 西藏; 盐湖矿产; 遥感; 多因素综合评判模型; 定量预测 中图分类号: TP79 文献标识码: A 文章编号: 1008 - 858X(2012) 02 - 0011 - 07

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、海拔最高的盐湖密 集区,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、技术水平和交通等 因素制约,其调查研究程度较低。在已知的 600多个盐湖中,做过调查的仅有 250 余个,勘 查评价的不足 10 个,探明储量的则更少。已有 的工作也仅仅局限于公路沿线(交通方便的地 区)或少数矿种。资源潜力不明,家底不清。

作者在主持西藏自治区盐湖矿产资源遥感 调查项目时,利用遥感技术对西藏全区固、液态 矿产共存,以硼、锂、芒硝、石盐、铯复合性矿种 为主的盐湖矿产资源进行了系统调查,对全区 大于1km²的181个重点含矿湖泊的硼、锂、钾 资源量进行了预测研究,基本查清了西藏现阶 段盐湖矿产资源的分布情况。本文着重介绍利 用遥感技术进行地表盐湖矿产资源定量预测的 方法,地下晶间卤水资源和孔隙卤水资源位于 地下深处,含量变化较大,加上遥感技术条件限 制不在本次研究之列。

1 预测方法

在通常的评价中,对固体和液体(表面卤 水)盐湖矿产资源量的计算,一般都采用品位 (浓度)体积法:湖泊体积×单矿种平均品位 (浓度)。这就需要对每一个湖泊进行系统测 量(面积、卤水深度、固体矿厚度),取样分析, 同时还要考虑丰水期、枯水期对品位的影响,难 度之大、费用之高、周期之长可想而知。在当前 无法系统获取每个含矿湖泊水深和品位(浓 度)等实际资料情况下,以遥感信息为基础,采 用多因素综合评判模型法进行资源量预测,无 疑是一种比较理想的方法。

盐湖矿产资源遥感定量预测,是一项复杂 而困难的工作,又是一个涉及多学科、多领域、 多因素的综合分析和评判过程,此前很少有人 做过研究,缺少可借鉴的经验和理论。经过反 复研讨,我们以遥感信息为基础,采用多因素综 合评判模型法进行预测,以含矿湖泊为预测单 元,以验证的含矿湖泊或已查明资源量的同类

收稿日期:2011-10-12;修回日期:2011-11-18

作者简介:王跃峰(1963 -) , 男, 高级工程师, 主要从事矿产资源遥感调查研究。 E - mail: pwyf@163. com。

含矿湖泊为模型单元,以遥感综合找矿模式所 涉及的控矿因素为多因素(预测变量),参数值 (权重值)由预测单元与模型单元比较后确定, 最后将预测单元的总参数值和模型单元参数 值1进行对比,来预测资源量。

2 模型单元预测变量及标准参数 设置

预测变量(控矿因素)的选择构置和 标准参数的设定如下。根据本次工作建立 的盐湖矿产资源遥感综合找矿模式,我们 将液体资源量预测所涉及的因子确定为两大 条件10个因素或变量(图1)。根据对形成矿 产资源有利程度和对计算资源量的影响,10个 因素权重值由大到小排序为卤水面积、卤水深 度、遥感成矿信息、地质背景、封闭性、泉华、退 缩比、沉降性、水系、地貌。经过综合分析对比 研究,模型单元预测变量的设定依据及标准参 数如下。



图 1 资源量预测层次结构图

Fig. 1 Hierarchy diagram for the resources amount assessment

2.1 内部赋存条件(Q₁)

内部赋存条件(Q₁)是组成矿体和计算资 源量的最基本因素,它直接影响资源量的多少, 权重占总因子的70%,主要包括卤水面积和卤 水深度。

卤水面积 P₁ 指现在地表以上湖泊水体面积 不包括地下晶间卤水面积 是计算液体矿产资源量的重要因子 在内部赋存条件中设计为

0.5.

卤水深度 P₂ 指现在地表以上湖泊水体的 平均深度,也是计算液体矿产资源量的重要因 子,参数(权重)在内部赋存条件中设计为 0.5。

2.2 外部成矿条件(Q₂)

外部成矿条件(Q₂) 是形成矿床的外在因 素,其条件优劣对形成矿床规模和品位起重要 作用,其总体变化相对有限,所以设计权重占总 因子的30%。主要包括地质背景、水系、地貌、 泉(华)、退缩比、封闭性、沉降性、遥感成矿信 息等8个因子。

地质背景 S₁ 指湖泊水系流经主要地区的 地质、构造、地球化学特征等和成矿关系密切。 参数(权重)在外部成矿条件中(下同)设计为 0.03。

水系 *S*₂ 主要指流进湖泊各种水系的发育 程度。水系是成矿物质运移的主要载体 ,发育 程度对盐湖成矿影响较大 ,参数(权重)设计为 0.06。

地貌 S₃ 指湖盆所处的地貌类型,是断陷谷 地还是孤立湖盆,和成矿物质来源丰富程度有 关。参数(权重)设计为 0.04。

泉(华) S₄ 因西藏盐湖异常丰富的硼、锂、 钾和地下热泉关系密切,古泉华发育地区,硼、 锂成矿可能性较大。参数(权重)设计为0.10。

退缩比 *S*₅ 关系到湖泊的退缩程度。湖泊 退缩程度越高,成矿物质相对越集中,品位越 高。参数(权重)设计为0.06。

封闭性 *S*₆ 指湖泊保存成矿物质的密封程 度。封闭性好,就容易成矿,否则,成矿物质流 失,难以成矿。参数(权重)设计为 0.15。

沉降性 *S*₇ 指湖泊所在的绝对或相对高低 位置,可用绝对海拔或相对落差来表示,绝对海 拔越小或相对落差越大,表明沉降性好,容易形 成汇水中心,成矿物质就充足。参数(权重)设 计 0.06。

遥感成矿信息 *S*₈ 指盐湖矿产在影像上 (TM、ETM)各种直接、间接反映。包括色调、影 纹、亮度、饱和度和各种成矿增强信息在影像上 的综合反映,是遥感矿产调查的基础和成矿最 重要的标志。参数(权重)设计为0.5。

2.3 预测湖泊参数及权重设置

把模型单元总参数值设定为1,然后把预 测湖泊的各个方面(包括内外部条件的各种因 素)和模型单元进行对比,得出各因素参数值, 最后计算出总参数值。根据模型单元总参数值 为1和其资源量,求出预测湖泊的资源量。

 1)液体 LiCl 预测参数设置 以经过野外 验证的结则茶卡为模型单元。该湖泊面积
 101.38 km²;平均水深 10.49 m ,总参数值为1,
 LiCl 资源量 139.62 × 10⁴ t ,以此为标准来设置
 和计算各个预测湖泊参数值和 LiCl 资源量。

内部赋存条件 Q_1 中,卤水面积 P_1 利用 MapGIS 在最新时相中大比例尺 TM/ETM 影像 图(1:500 000 ~ 1:50 000) 上直接量取 根据湖 泊面积大小,按 < 10 km²、10 ~ 50 km²、50 ~ 100 km²、> 100 km² 划分参数值,参数值分别 是 0.004、0.02、0.10 和 0.50。

卤水深度 P_2 根据已知和本次调查盐湖的 水深结果,得知不同盐湖水深的水体在 TM1 波 段所反映的灰度值(密度),建立水深—影像密 度关系见表1 ,然后利用 TM1 灰度值,类推未知 湖泊的水深。我们划分出 <1 m 的浅水区,1 ~ 3 m 较深水区 $3 \sim 10$ m 的深水区和 >10 m 的 极深水区。参数值分别设定为 0.004、0.02、 0.10 和 0.50。

表1 TM1 波段灰度值与水深关系表

 Table 1
 The relationship between the gray scale of TM1 and the depth of water

	or this and the dept	ii or water
	灰度值	深度/m
1	0 ~ 3	>5
2	6 ~ 10	3~5
3	10 ~ 20	2 ~ 3
4	20 ~ 50	1~2
5	120 ~ 140	0.7~1.0
6	160 ~180	0.5 ~0.7
7	180 ~ 200	0. 2 ~ 0. 5
8	>200	< 0. 2

外部成矿条件 Q₂ 中,地质背景 S₁ 根据湖 泊周围出露的地层、岩浆岩及构造发育情况 结 合地球化学特征和已知验证盐湖结则茶卡进行 对比,按成矿的有利程度,分为4级,参数值设 定为0.008、0.015、0.03、0.05。其中0.008代 表没有含矿地层,岩浆岩及构造不发育;0.015 代表有含矿地层,岩浆岩及构造不发育;0.03 代表有含矿地层,岩浆岩及构造较发育;0.05 代表有含矿地层,岩浆岩及构造较发育;0.05 代表有含矿地层,岩浆岩及构造发育,分布有利 的地球化学异常。

水系 S₂ 根据注入河和排泄河的分布特征, 结合成矿有利度,依次划分出4级,参数值设定 0.02、0.04、0.06、0.08。其中,0.02代表只有 排泄河 0.04代表有注入河也有排泄河 0.06 代表注入河较多,排泄河较少 0.08代表注入 河较多,没有排泄河。

地貌 S₃ 根据所处地貌对成矿的有利程度, 划分为一般、较有利和有利 3 级,参数值设定为 0.02、0.04、0.06。其中 0.02 代表所处的地势 较高,不利于物质的汇入; 0.04 代表所处的地 势适中,有部分物质的汇入; 0.06 代表所处的 地势较低,汇入物质较多。

泉及泉华 S_4 是地下热水排泄的主要表现 或存在形式,据发育程度我们划分出 4 级,参数 值设定为 0.02、0.05、0.10、0.15。其中,0.02 代表泉及泉华不发育; 0.05 代表泉及泉华零星 分布,有 1 ~ 2 个; 0.10 代表泉及泉华发育,有 3 ~ 5 个; 0.15 代表泉及泉华非常发育,有 5 个 以上。泉及泉华个数可根据已知资料或在影像 图上确定。

退缩比 *S*₅ 为湖泊退缩程度和成矿有密切 的关系,根据湖泊影像上能看到的退缩前面积 和现湖泊面积之比,划分为强退缩(>5 倍),中 退缩(5~2 倍)和弱退缩(<2 倍)3种。参数 值设定为 0. 10、0. 06、0. 02。

封闭性 *S*。根据湖泊排泄方式和受后期断 裂影响程度确定,封闭性划分为较差、一般、好 3 种,参数值分别设定为 0.06、0.10、0.15。其 中 0.06 代表有排泄河流或在断裂带上,封闭 性较差; 0.10 代表有少量的排泄河流; 0.15 代 表没有排泄河流和断裂,封闭性好。

沉降性 S_7 根据湖泊的绝对或相对位置 沉 降性可划分为差(>4 800 m 或落差 <50 m), 中等(4 800 ~4 600 m 或落差 50 ~200 m)和好 (<4 600 m 或落差 >200 m)3种,参数值设定 为 0. 02、0. 04、0. 06。

遥感成矿信息 S₈ 根据色调、影像和增强信 息(反频增强、均衡化增强及比值、主成分分析 等)反映的程度,划分为弱、中、次强、强4种, 参数值设定为 0.02、0.10、0.50、2.0。

2) 液体 B_2O_3 预测参数设置 以经过野外

验证的才玛尔错为模型单元。该湖泊面积 35.06 km²,水深 1.44 m,总参数值 1,资源量 7.23 × 10⁴ t,以此为标准来计算预测各个湖泊 的总参数值和资源量。根据对成矿有利度,不 同因素参数值划分3~5级 划分原则和方法基 本同上 参数值设定如表 2。

表 2 B₂O₃ 资源量预测权重设置表

Table 2The given predicted weighted values for B_2O_3 resources										
权重 变量		权重	分级及权	重数						
P1 卤水面积 0.5	0.2(<20 km^2)	0. 5(20 ~ 50 km ²)	1.5(50 ~ 80 km ²)	3. 0(80 ~ 100 km^2)	7.0(>100 km ²)					
P2 卤水深度 0.5	0.2(<1 m)	0.5(1~3 m)	1.5(3~5 m)	3.0(5~8 m)	5.0(>8 m)					
S_1 地质背景 0.03	0.01	0.03	0.05	0.08						
S ₂ 水系 0.06	0.02	0.06	0.10	0.15						
S ₃ 貌 0. 04	0.01	0.04	0.07	0.10						
S ₄ 泉华 0.10	0.05	0.10	0.15	0.20						
S₅ 退缩比 0.06	0.02	0.06	0.10							
S ₆ 封闭性 0.15	0.10	0.15	0.20							
S_7 沉降性 0.06	0.02	0.06	0.10							
S ₈ 遥感成矿信息 0.50	0.20	0.50	2.0	5.0						

3) 液体 KCl 预测参数设置 以经过野外 验证的鄂雅错(面积 72.31 km²,平均水深 10.51 m, 总参数值为 1, 资源量

1 003.17 × 10⁴ t) 为标准预测各个湖泊的参数 总值及资源量 参数值级别划分及设定见表 3。

Table 3 The given predicted weighted values for KCl resources										
权重		权重分级	及权重数							
变量										
P ₁ 卤水面积 0.5	0.08(<20 \rm{km}^2)	0. 2(20 ~ 50 km ²)	0. 5(50 ~ 100 km ²)	1.0(>100 km ²)						
P2 卤水深度 0.5	0.03(<1 m)	0.08($1 \sim 5 \text{ m}$)	0. 2(5 ~ 10 m)	0.5(>10 m)						
S ₁ 地质背景 0. 03	0.005	0.01	0.03	0.05						
S ₂ 水系 0.06	0.008	0.02	0.06	0.10						
S ₃ 地貌 0. 04	0.05	0.10	0.15							
S ₄ 泉华 0.10	0.06	0.10	0.15							
S₅ 浓缩比 0.06	0.06	0.10	0.15							
S ₆ 封闭性 0.15	0.05	0.10	0.15							
S_7 沉降性 0.06	0.02	0.06	0.10							
S_8 遥感成矿信息 0.50	0. 20	0. 50	1.5							

表3 KCl资源量预测权重设置表

4) 固体芒硝、石盐资源量预测参数设置 固体和液体矿产资源量在预测变量(控矿因 素) 选择上稍有不同。内部赋存条件主要为分 布面积和沉积厚度,权重占总因子的70%;外 部条件主要有地质背景、水系特征、地貌特征、 湖盆封闭性、遥感成矿信息等 权重占总因子的 30%。由西藏盐湖盐类沉积特征可知,芒硝和 石盐密切共生,且几乎存在于每个含矿湖泊中。 石盐往往沉积于表层,厚度一般较小,一般1~ 100 cm;芒硝沉积于石盐下面,且有多层分布, 且厚度远远大于石盐,累计可达20~30 m。故 此,我们粗略地认为芒硝和石盐的分布面积是 相等的,同时根据纳屋错芒硝矿床验证结果,认 为分布面积约为干盐滩和卤水面积之和。区内 有些湖泊是以石盐沉积为主,有些是以芒硝为 主,多数石盐和芒硝均有沉积。

固体芒硝资源量预测参数设置以验证湖泊 纳屋错(面积 80.59 km²,平均水深1.33 m,总 参数值为1,资源量10 347.97 × 10⁴ t)为标准进 行预测。 内部条件包括分布面积和沉积厚度。分布 面积权重设计 0.50。根据已知资料或直接在 TM(ETM)影像图上圈定,然后在 MapGIS 上读 取。划分级别为 < 20 km²、20 ~ 50 km²、50 ~ 100 km² 和 > 100 km²,参数值分别为 0.08、 0.2、0.5 和 1.5;沉积厚度权重设计 0.5。根据 已知资料或据盐湖沉积物总的变化趋势(芒硝 在班—怒结合带较厚,往北依次变薄,石盐则由 南往北渐变厚)来进行推算,分级为 0~1.0 m、 1~2 m、2~4 m 和 > 4 m,参数值分别为 0.2、 0.5、1.0 和 2.5。

外部条件包括地质背景、水系、地貌、封闭 性及遥感成矿信息5种因素,分级及参数值设 置如表4。

表4 芒硝 (Na_2SO_4) 资源量预测权重设置表

Table 4	The given	predicted	weighted	values	for	Na_2SO_4	resources
---------	-----------	-----------	----------	--------	-----	------------	-----------

权重变量		权重分级	及权重数	
P ₁ 卤水面积 0.5	$0.08(<20 \text{ km}^2)$	0. 2(20 ~ 50 km ²)	0. 5(50 ~ 100 km ²)	$1.5(> 100 \text{ km}^2)$
P2 平均厚度 0.5	0. 2(0 ~ 0. 5 m)	0.5(1.0~2.0 m)	1.0(2~4 m)	2.5(>4 m)
S1 地质背景 0.3	0.1	0.3	0.5	1.0
S ₂ 水系 0.1	0.05	0.1	0.2	
S ₃ 地貌 0.1	0.02	0.05	0. 1	0. 20
S ₆ 封闭性 0.2	0.1	0.2	0.3	
S ₈ 遥感成矿信息 0.3	0.1	0.3	0.5	

石盐资源量预测参数设置以工作程度相对 较高的朋彦错(面积 23 km²,平均层厚0.62 m, 总参数值为1,资源量 1936×10^4 t)为标准,设 定参数分级和参数值见表5。

表 5 石盐(NaCl) 矿石资源量预测权重设置表

		8			
权重 控矿因子	_	权重	分级及权	重数	
P1 卤水面积 0.5	0.2(<20 km ²)	0. 5(20 ~ 40 km ²)	2.0(40~70 km ²)	5. 0(70 ~ 100 km ²)	$12(> 100 \text{ km}^2)$
P2 平均厚度 0.5	0.005(0 ~ 0.1 m)	0.2(0.1 ~ 0.3 m)	0.5(0.3~0.7 m)	2.0(0.7~10 m)	5.0(> 1.0 m)
S ₁ 地质 0.3	0.005	0.1	0.3	0. 5	
S ₂ 水系 0.1	0.002	0.05	0.1	0.15	
S ₃ 地貌 0.1	0.002	0.05	0. 1	0.15	
S ₆ 封闭性 0.2	0. 1	0. 2	0.3		
S ₈ 遥感成矿信息 0.3	0. 1	0.3	0.5		

 Table 5
 The given predicted weighted values for NaCl resources

3 资源量预测模式及计算

根据矿床统计预测理论和本次多因素综合 评判模型法,计算资源量模式如下:

 $T = \sum \cdot K$ = $K \cdot [Q_1(P_1 + P_2) + Q_2(S_1 + S_2 + \dots + S_8)]$ = $K \cdot [0.7(P_1 + P_2) + 0.3(S_1 + \dots + S_8)]_{\circ}$

其中,T为预测矿种资源量(10^4 t),K模型单元 矿床资源量(10^4 t), Σ 湖泊参数总和, P_1 卤水面 积或固体盐类分布面积参数值, P_2 卤水平均深 度或固体盐类矿产平均厚度参数值, S_1 地质背 景参数值 S_2 水系参数值 S_3 地貌参数值 S_4 泉 (华) 参数值 S_5 退缩比参数值 S_6 封闭性参数 值 S_7 沉降性参数值 S_8 遥感成矿信息参数值。

根据上述参数分级及设置标准,用预测湖 泊和模型单元的同种控矿因素进行对比,得出 各因素参数值,然后计算出总参数值,最后用预 测模式进行计算。

本次工作对西藏境内 81 个含矿湖泊进行 了液体硼(B₂O₃)资源量预测,对 62 个含矿湖 泊进行了液体锂矿(LiCl)资源量预测和钾矿 (KCl)资源量预测,对 68 个含矿湖泊进行了固 体芒硝矿(NaSO₄)资源量预测,对 67 个含矿湖 泊进行了固体石盐矿资源量预测。各盐湖资源 量预测结果略。

表6 预测与查明资源量对比一览表

Table 6	Comparsion	among the	resources	amount of	of predicted	and surveyed
		0				2

	2	Q1 内部	部条件((0. 70)			Q2 外音	部条件((0. 30)		权重	预测资	杳昍盗	
权重值 湖泊及 矿种	<i>P</i> ₁ 0. 5	<i>P</i> ₂ 0. 5	<i>S</i> ₁ 0. 03	S ₂ 0. 06	<i>S</i> ₃ 0. 04	<i>S</i> ₄ 0. 04	<i>S</i> ₅ 0. 06	S ₆ 0. 15	<i>S</i> ₇ 0. 06	S ₈ 0. 50	总和	源量/ 10 ⁴ t	<u></u> 源量/ 10 ⁴ t	误差/ %
扎布耶 茶卡(液 态 LiCl)	0.5	0.02	0.05	0. 08	0.06	0. 15	0. 10	0. 15	0.06	2.0	1. 16	161.82	149. 44	8.3
鄂雅错 (液态 LiCl)	0. 10	0.5	0.05	0. 08	0.06	0. 10	0.06	0. 15	0.06	0.5	0. 74	103.04	100. 73	2. 29
结则茶卡 (液态 B ₂ O ₅)	7.0	7.0	0.05	0.06	0.07	0. 15	0. 10	0. 15	0.06	2.0	10. 59	76. 58	98.03	28.0
鄂雅错 (液态 B ₂ O ₅)	3.0	7.0	0.03	0.06	0.04	0. 05	0.02	0. 15	0.06	0.5	7.27	52. 58	52.00	1.11
扎布 耶茶卡 (液态 KCl)	1.0	0. 08	0.05	0. 10	0.04	0. 15	0.06	0. 15	0. 10	0.5	1. 10	1 104. 49	816. 92	26.04
戈木错 (石盐)	2.0	0.5	0.3	0. 05	0. 05		0.06	0.2		0. 1	1.96	3 794. 56	3 360	12.9
雅根错 (石盐)	2.0	0.5	0. 1	0.05	0. 05			0.1		0. 1	1.87	3 620. 32	3 200	13. 1
郭加林错 (芒硝)	0.5	1.0	0.3	0. 1	0. 1			0.2		0.3	1.35	13 969.76	14 303.68	2.3
班戈错 (芒硝)	1.0	1.5	0.3	0.2	0. 1			0.2		0.3	2.08	21 523.77	20 819.44	3.3
平均														10.82

4 资源量预测及结果评述

4.1 预测结果

根据上述资源量预测方法和计算模式,我 们对全区已知矿床和找矿靶区主要矿产进行了 资源量预测。结果是液体锂矿(LiCl)资源量为 2 127.71×10⁴ t,液体硼矿(B₂O₃)资源量为 1 089.91×10⁴ t,液体钾矿(KCl)资源量为 33 696.01×10⁴ t。

4.2 预测结果评述

该预测方法及参数值设置具有很强探索 性,为了判断预测结果的可靠性、准确性,我们 对工作程度较高的盐湖,用已知查明储量和本 次预测资源量进行比较(表6)。由表6可以看 出,预测资源量和查明资源量(储量)平均误差 10.82%,一般在5%~15%,说明预测方法是 可行的,预测结果基本可靠。

值得说明的是,盐湖中的盐度也是个重要 参数,它和矿产有一定的正相关性,盐度越高说 明盐湖成矿物质越集中,含矿浓度也越大,同时 它的外部条件表现对成矿也越有利。所有这些 特征在遥感信息因子中已包含,在此不再单独 设盐度参数。

5 结 论

1) 以遥感信息为基础,采用多因素综合评 判模型法进行盐湖矿产定量预测,是一项复杂 而困难的工作,又是一个涉及多学科、多领域、 多因素的综合分析和评判过程。本文采用的预 测方法具有很强探索性,和已知查明资源量进 行比较,预测结果基本可靠。

2) 对西藏境内含矿湖泊(含找矿靶区)进行了资源量预测。其中,液体锂矿(LiCl)资源量为2127.71×10⁴ t,液体硼矿(B₂O₃)资源量为1089.91×10⁴ t,液体钾矿(KCl)资源量为33696.01×10⁴ t,为地方政府和有关单位及个人进行盐湖矿产资源勘查开发提供了重要参考依据。

3) 我国青藏高原地域广大、高寒缺氧、交通不便、盐湖矿产资源工作程度较低利用遥感技术进行调查和资源潜力评价具有投资少、见效快、找矿效果好等诸多优点是西部高海拔地区盐湖矿产资源快速评价的有效方法。

参考文献:

- [1] 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏盐湖[M].北京: 科学出版社,1988.
- [2] 郑绵平 向军 等. 青藏高原盐湖[M]. 北京: 科学技术出版社,1989.
- [3] 郑喜玉 ,张明刚 ,徐昶 ,等. 中国盐湖志 [M]. 北京: 科学 出版社 2002.
- [4] 张彭熹 ,等. 中国盐湖自然资源及开发利用 [M]. 北京:科学出版社 ,1999.
- [5] 袁见齐,等.察尔汗盐湖钾盐矿床的形成条件[M].北 京:地质出版社,1995.
- [6] 袁见齐,等. 西藏活动构造[M]. 北京: 地质出版社, 1987.
- [7] 佟伟 ,等. 西藏温泉志 [M]. 北京: 科学出版社 2000.
- [8] 郑绵平. 盐湖资源环境与全球变化[M]. 北京: 地质出版 社,1996.
- [9] 郑绵平. 青藏高原盐湖资源研究的新进展 [J]. 地球学报. 2001 22(2):97-102.
- [10] 马志邦 赵希涛 朱大岗 等. 西藏纳木错湖沉积的铀系 年代学研究[J]. 地球学报 2002 23(4): 311 – 316.
- [11] 祁海平,王蕴慧.中国盐湖中硼同位素的初步研究[J]. 科学通报,1993,38(7):634-637.
- [12] 刘东生 涨新时 熊尚发 等. 青藏高原冰期环境与冰期 全球降温[J]. 第四纪研究, 1999(5):385-396.
- [13] 连玉秋,关宏钟,王蔚.西藏麻米盐湖硼矿的发现及其 意义[J].西藏地质.1994(2):170-178.
- [14] 郑绵平,刘文高. 西藏发现富锂镁硼酸盐矿床[J]. 地质 论评. 1982 28(3): 263 - 266.
- [15] 徐正余 為. 青藏高原主要矿产及其分布规律[M]. 北京: 地质出版社,1991.
- [16] 王跃峰,白朝军,等.西藏自治区盐湖矿产资源遥感调查[R].郑州:河南省地质调查院,2004.
- [17] 王建平 陈瑞保,等. 西藏自治区国土资源遥感综合调查[R]. 郑州:河南省地质调查院 2001.
- [18] 王跃峰 陈瑞保 白朝军. 等. 西藏盐湖 TM 影像遥感分 析[J]. 盐湖研究 2004, 12(2):1-7.
- [19] 王跃峰,白朝军 张明云,等.西藏古大湖成盐模式的提出与分析探讨[J].盐湖研究,2006,14(3):1-5.
- [20] 王建平,白朝军,等. 西藏盐湖矿产资源遥感成矿预测. 北京: 地质出版社 2008.

(下转第43页)

Preparation Technology of Anhydrous Strontium Chloride

ZOU Xing-wu¹², WANG Shu-xuan¹, YANG Zhan-shou¹, WANG Shu-ya¹, QI Mi-xiang¹

(1. Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining \$10008, China;

2. Graduated University of Chinese Academy of Sciences, Beijing ,100039, China)

Abstract: Relying on the advantage of Qinghai strontium resources, the anhydrous strontium chloride was prepared by low-grade strontium carbonate and industrial hydrochloric acid. The process of removal of barium, sulfur and other impurities from low-grade strontium carbonate was studied and evaporation concentration, crystallization, filtering and drying processes were also investigated. The quality of products can reach the requirements of the general industrial. Preparation of strontium chloride, not only enrich the types of strontium products in Qinghai province ,but also increase the ability of resiting risk of Strontium production enterprises.

Key words: Anhydrous strontium chloride; Strontium carbonate; Purification; Drying

(上接第17页)

Remote Sensing Assessment of Salt Lake Mineral Resources in Tibet China

WANG Yue-feng ,BAI Chao-jun (Henan Institute of Geological Survey Zhengzhou 450001 ,China)

Abstract: Tibet Autonomous Region , with expansive area and a great number of lakes , is rich in salt lake mineral resources. However , because of inadequate geological investigation and exploration the resources potential and amount is unclear. Based on remote sensing information and by using multi-factor comprehensive evaluation model to make a quantitative assessment of salt lake mineral resources , the amount of salt lake mineral resources in Tibet is initially revealed , providing an important reference for the exploration and development of salt lake mineral resources of local governments and relevant units. Compared with the known resources amount , the result of this exploratory assessing method is fairly reliable. Thus this method is an ideal method to make an efficient assessment of salt lake mineral resources at high altitude areas in western China.

Key words: Tibet; Salt lake mineral resources; Remote sensing; Multi-factor comprehensive evaluation model; Quantitative assessment