

云南思茅盆地勐腊含盐带盐泉水化学特征与找钾研究

张玉淑^{1 2} 高东林¹ 时林^{1 2} 刘永³ 张西营¹ 李宝兰^{1 2}

(1. 中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;
3. 中化地质矿山总局浙江地质勘查院, 浙江 杭州 310002)

摘 要:云南思茅盆地是我国重要的含盐盆地, 勐腊含盐带位于思茅盆地的南部, 是盆地内最具找钾前景的区域。本次研究在勐腊含盐带内共采集到 11 件盐泉水样, 分析研究了样品中寻找钾盐的诸项指标, 包括钾、镁元素和几种微量元素的含量, 以及各种水化学特征系数值的变化。其中钾元素、镁元素、微量元素溴以及溴氯系数($Br \times 10^3 / Cl$) 等能够指示成盐过程卤水的浓缩演化阶段。勐腊含盐带成盐卤水总体上呈由北向南逐渐浓缩的趋势, 含盐带南段成盐卤水的浓缩阶段晚于含盐带北段, 南段成钾条件优于北段。再结合盐泉水的矿化度及其它一些水化学特征, 指出勐腊含盐带北段的盐井村与南段的磨整村为钾盐矿异常点, 南奔(老寨)有找钾远景。

关键词:勐腊含盐带; 找钾; 盐泉水; 盐泉水化学特征

中图分类号: P641.12

文献标识码: A

文章编号: 1008-858X(2013)02-0010-08

引 言

我国发现的钾盐矿主要是在青海柴达木盆地的察尔汗盐湖^[1]、新疆塔里木盆地的罗布泊、云南的勐野、江汉盆地等地区^[2-4]。钾盐作为易溶、易迁移的矿物在蒸发析盐的晚期才会沉淀, 并且钾盐的沉积规模与石盐沉积相比要小的多, 因此靠地表盐岩露头直接寻找钾盐矿床十分困难。但是含盐盆地内一般都有盐泉出露, 它是地下水与含盐系地层相互作用后出露地表的产物, 因其具有很大的流动性及较强的岩盐溶滤作用, 因而对很多钾盐矿床具有良好的指示作用。世界上很多钾盐矿床最初就是根据出露于地表的盐泉或钻探深层盐水或卤水而发现的, 如前苏联上卡姆下二叠系钾盐矿

床^[5]、加拿大萨斯喀彻温钾盐矿床、前苏联东西伯利亚钾盐盆地、中亚钾盐盆地、死海盆地^[6]、塔里木盆地西部古盐矿点卤水及找钾远景区等^[7]。云南思茅盆地的勐野井钾盐矿床是我国第一个古代固体钾盐矿床, 并推测该地区——尤其是盆地南部的勐腊含盐带依然具备找钾的前景^[8]。1964 年, 云南省地质局第十六地质队钾盐普查组和云南省地质局物探队先后在勐腊含盐带内分别进行了盐泉的初步调查、地质普查和重力普查。综合所得的资料说明, 含盐带南段(曼庄-尚勇)成钾远景较好, 北段(金厂河-补崩)次之, 中段(补崩-曼庄)更差^[9]。1992 年地矿部决定开展第二轮钾盐成矿远景区划分工作, 再次评价了勐腊含盐带盐泉水化学特征^[10]。虽然他们进行了大量的研究工作, 但并未发现有工业价值的矿床, 而且此

收稿日期: 2012-07-09; 修回日期: 2012-08-29

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2011CB403004); 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCXZ-YW-344)

作者简介: 张玉淑(1985-), 女, 硕士研究生, 主要方向为地球化学。

调查研究已时隔20年,我们有必要在此基础上作更深入的调查研究,旨在能为云南开展的新一轮钾盐找矿工作提供一些基础的地质信息与地质依据。

在盐类沉积附近常会遇到两种不同类型的卤水^[7,11-12],一种由母卤或沉积卤水所形成,其能指示盆地内海水蒸发及盐类沉积的发展阶段,并可初步确定该矿床是否含钾盐沉积;另一种是由溶解矿层的水所形成,其可说明固相沉积物中盐的组分特征。本研究中所采用的盐泉水样均为盐岩溶滤水,对它们进行分析研究,以期从盐泉水的水化学特征来判断出露区是否有钾盐矿存在或找钾远景显示。

1 区域地质背景

勐腊含盐带位于北纬 $20^{\circ}10' \sim 21^{\circ}57'$,东经 $101^{\circ}30' \sim 101^{\circ}45'$,位于西双版纳傣族自治州勐腊县境内,属中生代思茅拗陷南端,通常又称勐腊拗陷或勐腊盆地。其范围北起金厂河,南至老磨憨,向南延入老挝境内,长约90 km,东西宽约15 km,面积约 $1\,310\text{ km}^2$ (图1)。勐腊含盐带由边缘到中心,出露有三叠系、侏罗系、白垩系、古近系、新近系及第四系地层,总厚度约16 000 m。三叠系由海相或海陆交替相碳酸盐岩及碎屑岩沉积组成;侏罗系及白垩系以陆相红色碎屑岩为主夹部分海相碎屑岩;古近系及新近系以陆相膏盐或粉砂岩沉积为主;第四系为陆相洪积和河湖相碎屑岩及沼泽相含煤沉积^[9,13]。古新统勐野井组(云龙组)为含盐带内的主要含盐地层,由一套棕红色碎屑岩及盐岩建造组成,含盐带内出露面积 237 km^2 左右,约占含盐带面积的18%;等黑组广泛覆盖在勐野井组之上,面积 $1\,073\text{ km}^2$ 左右,约占含盐带面积的82%。根据含盐带的构造特征以及地层含盐性差异,可将勐腊含盐带大致分为3段^[9](图1)。含盐带北段(金厂河-补崩),勐野井组地层较完整出露于向斜两翼,在向斜中心次一级背斜(曼宴、磨胆)有零星出露。含盐性以向斜中心较好,西翼次之,东翼最差。含盐带中段(补崩-曼庄),由于第四系沉积分布广泛,仅在勐腊坝子西北角农场四队-补崩一带

有勐野井组地层出露,厚度约390 m。钻孔资料证实本段含盐性较差,勐野井组下段泥砾岩中已经不含盐。含盐带南段(曼庄-尚勇),勐野井组地层主要位于大向斜中央次一级背斜部位,出露不全,地表及钻孔中均未见标准之底部地层,因而对含盐系地层的划分及地层厚度等问题未能很好解决。通过对比钻孔及地面代表性的剖面类型,推断勐野井组上段可能为含盐层位。

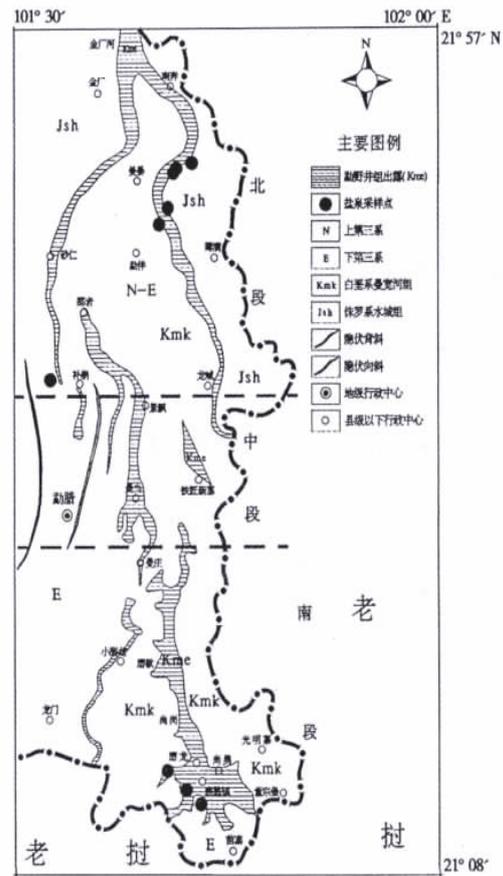


图1 勐腊含盐带盐泉水采样点分布示意图

Fig.1 Distribution of salt spring water sampling point in Mengla salt-belt

2 样品采集及分析

本研究的野外调查取样共8个盐泉收集到勐腊含盐带盐泉水样品11件(表1),含盐带北段6件,含盐带南段5件(其中磨整按深度不同取样3个)(图1)。室内对11件盐泉水样品做

了 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 等常量化学成分和 Br^- 、 B_2O_3 (B^{3+})、 Li^+ 、 Rb^+ 、 Sr^{2+} 等微量化学成分的分析。

盐泉卤水样品先经过滤以除去杂质,然后根据不同的离子特性分别采用不同分析方法^[14]。 K^+ 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 HCO_3^- 采用常规重量法(误差控制在 $\pm 0.5\%$ 以内)及滴定法(误差控制在 $\pm 1\%$ 以内); Na^+ 通过阴阳离子平衡差减计算求得; Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 、 Li^+ 采用电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-OES)检测; Br^- 采用酚红分光光度法测定; B_2O_3 (B^{3+}) 采用甘露醇法及 ICP-OES 测定; Rb^+ 、 Sr^{2+} 采用原子吸收分光光谱法测定;以上各测试方法误差均控制在 $\pm 5\%$ 。样品中所有项目的测试均在中国科学院青海盐湖研究所完成。分析结果见表 2,样品中微量元素 Rb^+ 、 Sr^{2+} 未检出。

3 勐腊含盐带的水化学特征

3.1 常量离子的含量变化特征及水化学类型

水化学法找矿的首要任务是寻找和采集高矿化度的卤水或盐泉水。但是由于自然及人为原因,勐腊含盐带内出露的老盐泉大多消失,且出露的泉水矿化度均不高。本次野外采集的盐泉样品中,磨整老盐井(MZ-Y-ave)的矿化度最高,为 312.4 g/L,磨龙盐井(ML-Y1)的最低,为 0.624 g/L,其余盐泉矿化度在 0.945 ~ 44.57 g/L 之间。按照常规方法^[11],矿化度小于 26 g/L 的为无异常区;矿化度在 26 ~ 167 g/L 之间的为低异常区;在 167 ~ 327 g/L 之间的为异常区;大于 327 g/L 的为高异常区。在分析的盐泉水样中,只有磨整老盐井(MZ-Y-ave)的矿化度在 167 ~ 327 g/L 之间,属异常区;盐井村的矿化度为 44.60 g/L,在 26 ~ 167 g/L 之间,属于低异常区。但是根据前人对思茅盆地盐泉的研究成果^[9-10],当卤水被普通淡水稀释至 1 g/L 左右时,主要找钾系数值仍然比较稳定,但是最好选用矿化度大于 5 g/L 的盐泉卤水参与评价,因此本文选取其中矿化度大于 5 g/L 的盐泉卤水样进行评价。

表 1 勐腊含盐带盐泉采样点野外登记简表

Table 1 Field records of salt spring water samples from the Mengla salt-belt

地点	点位(纬度 经度)	样品编号	样品记录概况
南奔(老寨)	21°49'15.1"N, 101°41'58.8"E	NB-Y1	南岛河边山脚处,出水量少,盐度为 1 g / 100 g 左右
南奔(新寨)	21°49'8.8"N, 101°41'31.9"E	NB-Y2	南岛河边靠近山脚处,周围生长芦苇,水量很小,盐度为 1g / 100 g 左右
南奔(新寨)	21°49'6.3"N, 101°41'29.8"E	NB-Y3	南岛河边山脚处,周围芦苇杂草生长,盐度为 1.5 g / 100 g
盐井箐	21°45'54.3"N, 101°38'25.4"E	YJJ-Y1	山泉流水,以前用此水煮过盐,但是现在水量很小,盐度很低
盐井村	21°44'16.70"N, 101°37'29.12"E	YJ-Y1	从山上流出,清澈,水量较大,盐度较高为 4.8 g / 100 g
瑶区	21°41'36.45"N, 101°32'05.59"E	YQ-Y1	香蕉林中,盐泉点附近芦苇茂盛,但是水量较小,盐度 1 g / 100 g 左右
磨龙(老寨)	21°14'5.9"N, 101°41'23.2"E	ML-Y1	老盐井,70年代煮过盐,现在泉水盐度较低
南坡	21°13'29.15"N, 101°42'57.6"E	NP-Y1	老盐泉位置,现在出水量少,盐泉基本被堵死,只采取少量样品
磨整	21°12'2.1"N, 101°43'28.2"E	MZ-Y1	老盐井,井深 7 米左右,表层取样,盐度为 10 g / 100 g
磨整	21°12'2.1"N, 101°43'28.2"E	MZ-Y2	老盐井 2 米深处取样,盐度为 26.6 g / 100g
磨整	21°12'2.1"N, 101°43'28.2"E	MZ-Y3	老盐井 4 米深处取样,盐度为 27 g / 100 g

常量离子中, Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 占绝对优势, Mg^{2+} 和 HCO_3^- 含量较低, CO_3^{2-} 没有检出, 因此水化学类型主要为氯化物型和硫酸盐型。就找钾的直接标志 K^+ 的绝对含量而言, 浓度都不是很高, 11 个样品中只有磨整盐井(MZ-Y-ave) 的 K^+ 浓度稍微大于 1, 为 1.006 g/L; 其次为盐井村(YJ-Y1) , K^+ 浓度为 0.294 g/L; 其余样品的 K^+ 浓度都小于 0.1 g/L。总体上, 11 个样品由北至南, K^+ 的浓度逐渐增高, 由此可以反映出含盐带内成盐卤水从北至南逐渐浓缩的趋势。

张彭熹等^[15] 根据察尔汗盐湖原生石盐包体流质中 Mg^{2+} 和 Na^+ 含量的分析数据, 认为成盐卤水中的 Mg^{2+} 含量能够间接反映卤水浓度的变化。当成盐卤水浓缩至石盐析出阶段但尚未达到钾石盐析出阶段时, 卤水中 K^+ 和 Mg^{2+} 浓度将同时随着卤水矿化度的增大而增高, 此时的 K^+ 和 Mg^{2+} 主要以混合物的形式进入石盐岩中, 也就是说石盐岩中的 K^+ 和 Mg^{2+} 含量主要取决于其母卤中这两种离子浓度的大小。从富钾石盐卤水中析出的石盐岩, 其 K^+ 和 Mg^{2+} 的含量要高于从贫钾石盐卤水中析出的石盐岩, 因此, 石盐岩中的 K^+ 和 Mg^{2+} 含量应当具有一致的变化趋势^[16], 二者呈正相关关系。

取勐腊含盐带内矿化度大于 5 g/L 的盐泉样品作出 K^+ 和 Mg^{2+} 含量变化趋势图(图 2), 从图中可以看出勐腊含盐带盐泉中 K^+ 和 Mg^{2+} 含量从北至南逐渐增加且具有一致的变化趋势, 由此可以反映出勐腊含盐带内成盐卤水由北至南逐渐浓缩的趋势。

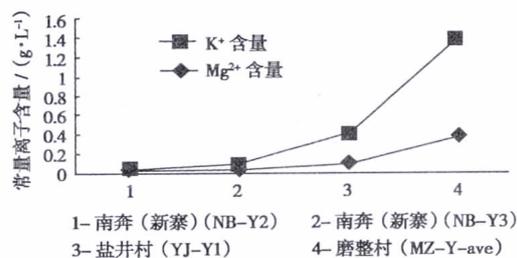


图2 勐腊含盐带盐泉 K^+ 和 Mg^{2+} 含量变化趋势图
Fig.2 Content trends of salt spring K^+ and Mg^{2+} in Mengla salt-belt

3.2 微量离子的含量变化特征

对于找钾研究来说, 除了要分析盐泉水中常量离子的含量变化特征外, 还要研究一些能够指导寻找钾矿(盐)的微量离子的含量变化特征, 如卤水中微量元素溴、硼^[17-18] 的含量变化可以指示卤水所穿滤盐层的沉积环境, 并可用来判别卤水蒸发浓缩的阶段。残留液中或盐类矿物中 Br^- 、 B^{3+} 含量越高, 表明卤水浓缩程度越高, 形成盐类矿物沉积阶段越晚^[19-21]。从表 2 可看出, 勐腊含盐带盐泉水样中的 Br^- 和 B^{3+} 含量都不高, Br^- 含量在磨整盐井中(MZ-Y-ave) 最高, 为 31.8 mg/L, 其次为盐井村口处盐泉(YJ-Y1) , 其 Br^- 含量为 5.1 mg/L, 其余盐泉样品的 Br^- 含量都小于 1 mg/L。同样选取勐腊含盐带内矿化度大于 5g/L 的盐泉水样作溴离子的含量变化趋势图(图 3), 从图中可以看出勐腊含盐带盐泉中溴离子含量由北至南逐渐升高, 和前面镁离子含量变化趋势相似, 都反映出成盐卤水从北至南逐渐浓缩的趋势, 含盐带南段成盐卤水浓缩阶段晚于北段。

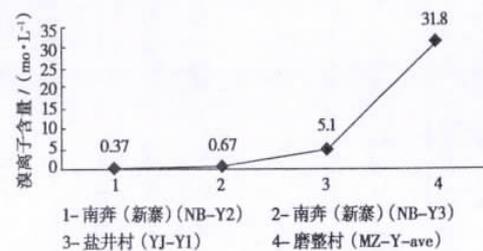


图3 勐腊含盐带盐泉 Br^- 含量变化趋势图

Fig.3 Content trends of salt spring Br^- in Mengla salt-belt

B^{3+} 和 Li^+ 的含量在盐井村(YJ-Y1) 最高, 分别为 6.01 mg/L 和 3.67 mg/L; 其次为磨整盐井(MZ-Y-ave) 和南奔新寨(NB-Y3) , 其含量分别为 4.33 mg/L、2.35 mg/L 和 1.45 mg/L、0.68 mg/L; 其余盐泉样品的 B^{3+} 和 Li^+ 含量也不超过 1 mg/L, 磨龙(老寨) 未检出 Li^+ 。总体上看, B^{3+} 和 Li^+ 的含量变化趋势几乎与 Br^- 有同步的变化规律。只是在磨整盐井(MZ-Y-ave) 稍微有些差异, 这很可能与粘土矿物的吸附作用有关^[22]。

表 2 动腊含盐带盐泉水水化学分析表

地点 (由北至南)		Table 2 Chemical composition for salt spring water from the Mengla salt-belt												$g \cdot L^{-1}$					
样品编号	K^+	Ca^{2+}	Na^+	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	矿化度	水化学类型	$Br^- / mg \cdot L^{-1}$	$B^{3+} / mg \cdot L^{-1}$	$Li^+ / mg \cdot L^{-1}$	$K \times 10^3 / Cl$	K/Br	rMg/rCl	rNa/rCl	$Br \times 10^3 / Cl$	$K \times 10^3 / \Sigma盐$	
南 奔 (老寨)	NB-Y1	0.008	0.109	0.736	0.016	0.835	0.469	0.342	2.344	—	0.24	0.68	0.17	9.58	33.33	0.058	1.36	0.287	3.413
南 奔 (新寨)	NB-Y2	0.032	0.25	2.391	0.028	2.904	1.359	0.561	7.245	硫酸钠亚型	0.37	0.99	0.51	11.02	86.49	0.028	1.271	0.127	4.417
	NB-Y3	0.042	0.307	3.104	0.034	4.003	1.694	0.355	9.362	硫酸钠亚型	0.67	1.45	0.68	10.49	62.69	0.025	1.197	0.167	4.486
盐井菁	YJJ-Y1	0.003	0.082	0.26	0.015	0.373	0.071	0.281	0.945	—	<0.2	0.46	0.08	8.04	—	0.115	1.073	—	3.175
盐井村	YJ-Y1	0.294	0.727	16.2	0.098	24.96	2.057	0.529	44.60	硫酸钠亚型	5.1	6.01	3.67	11.78	57.65	0.012	1.00	0.204	6.592
瑶 区	YQ-Y1	0.019	0.211	1.021	0.036	1.884	0.019	0.293	3.336	氯化物型	0.3	0.37	0.02	10.08	63.33	0.055	0.836	0.159	5.695
磨 龙 (老寨)	ML-Y1	0.006	0.058	0.154	0.018	0.201	0.05	0.273	0.624	硫酸钠亚型	<0.2	0.41	<0.01	29.85	—	0.262	1.186	—	9.615
南 坡	NP-Y1	0.036	0.064	0.895	0.012	1.118	0.095	0.635	2.538	—	0.34	0.41	0.2	32.20	105.9	0.031	1.236	0.304	14.184
	MZ-Y1	0.962	1.33	118.3	0.359	183.8	3.694	0.059	308.5	硫酸镁亚型	30.8	4.07	1.95	5.23	31.23	0.006	0.993	0.168	3.118
磨 整	MZ-Y2	1.003	1.336	120.5	0.368	187.3	3.752	0.042	314.3	硫酸镁亚型	31.8	4.19	2.56	5.36	31.54	0.006	0.993	0.170	3.191
	MZ-Y3	1.054	1.34	120.5	0.363	187.3	3.746	0.035	314.3	硫酸镁亚型	32.8	4.74	2.55	5.63	32.13	0.006	0.993	0.175	3.353
磨 整 平均值	MZ-Y-ave	1.006	1.335	119.8	0.363	186.1	3.731	0.045	312.4	硫酸镁亚型	31.8	4.33	2.35	5.41	31.63	0.006	0.993	0.171	3.220

4 盐泉水成因及水化学找钾分析

根据样品中 K^+ 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 Br^- 等离子含量计算出的水化学特征系数,可以用来判别卤水的浓缩程度、盐类物质沉积阶段、沉积环境等。实际资料表明^[5],卤钾浓度(卤水的矿化度— ΣM 和卤水中钾的浓度— K),以及为了消除淡化作用影响而常采用的钾盐系数($K \times 10^3 / \Sigma \text{盐}$)、钾氯系数($K \times 10^3 / Cl$)、钾溴系数(K/Br)等,是反映卤水富钾程度的直接找钾标志。而溴氯系数($Br \times 10^3 / Cl$)、镁氯系数(rMg/rCl)、钠氯系数(rNa/rCl)等,则是主要反映卤水浓缩程度的间接找钾标志。鉴于此,本研究综合利用上述几个系数指标来探讨勐腊含盐带各区域成盐卤水的浓缩阶段及成钾的可能性。

镁氯系数与钠氯系数具有因果关系,根据它们的特征系数值,结合水化学类型可以判断所分析卤水样品的成因类型为岩盐淋滤水抑或沉积水。海水浓缩实验表明^[21],在沉积过程中, Mg^{2+} 在液相母卤和固相盐岩中的分配系数是大不相同的,通常情况下 Mg^{2+} 会优先富集在海相母卤中,因此在水化学找钾中就可以应用镁氯系数(rMg/rCl)来判别盐类矿床周围地下水的成因类型,如当镁氯系数在 $0 \sim 0.1$ 之间时,指示卤水成因为岩盐淋滤水^[12]。海洋水最有意义的 rNa/rCl 和 $Br \times 10^3 / Cl$ 具有最大的稳定性。当 rNa/rCl 约等于 0.87 , $Br \times 10^3 / Cl$ 约等于 0.33 时,为海成沉积卤水;当 rNa/rCl 值为 $0.87 \sim 0.99$ 或更高, $Br \times 10^3 / Cl$ 值为 $0.83 \sim 0.08$ 或更小时,则为盐岩溶滤卤水;当 rNa/rCl 值小于 0.87 和 $Br \times 10^3 / Cl$ 值大于 0.33 时,则为沉积变质卤水^[23]。勐腊含盐带盐泉水的镁氯系数为 $0.006 \sim 0.262$,钠氯系数为 $0.836 \sim 1.360$,溴氯系数为 $0 \sim 0.304$ 。根据上述关于卤水成因判别分析,表明本研究中的盐泉水均为岩盐淋滤水。对这些盐泉水进行化学成分分析,就可以推测当地沉积岩盐的主要矿物组分和类型,据此可进一步的推断当时卤水的浓缩程度和变质情况。

含盐系或卤水中 $Br \times 10^3 / Cl$ 是判别蒸发

沉积阶段的重要的地球化学标志,可以作为钾盐找矿的重要的地球化学标志。溴和溴氯系数(特别是溴氯系数)在含盐系研究中,不仅可以指示卤水的浓缩程度,而且还可以预示钾盐矿出现的可能。勐腊含盐带盐泉水的溴氯系数在 $0 \sim 0.304$ 之间,最高的为 0.304 (NP-Y1),其次为 0.287 (NB-Y1)和 0.204 (YJ-Y1),这些值都没有达到海水的正常值(3.47),从溴的地球化学角度来看,具有这种性质的卤水一般为内陆湖盆或为内陆海等一些非典型海相成因的盆地,如土库曼斯坦上侏罗—下白垩含盐系溴氯系数也相当低,只有 $0.008 \sim 0.153$ ^[8]。由此可见,当含盐系中溴含量或溴氯系数比正常海水蒸发的标准低得多时,这种含盐系就可能属于陆相成因或受陆表水强烈影响的内陆海作为物质来源的非典型海相沉积。取勐腊含盐带内矿化度大于 5 g/L 的盐泉水样做溴氯系数变化图(图4),从图中可以看出盐井村盐泉水的 $Br \times 10^3 / Cl$ 最大,反映了盐井村成盐卤水处于相对较晚浓缩析盐阶段。盐井村的盐泉水中的钾元素与微量元素含量也较高,结合较高的溴氯系数值,表明了盐井村为勐腊含盐带的钾盐成矿异常点。从图4中还可看出,除盐井村盐泉水的溴氯系数存在微弱异常外,勐腊含盐带由北至南盐泉水的溴氯系数依次增大,指示成盐卤水从北到南总体浓缩的趋势,含盐带南段成盐卤水浓缩阶段晚于北段,南段成钾条件优于北段。

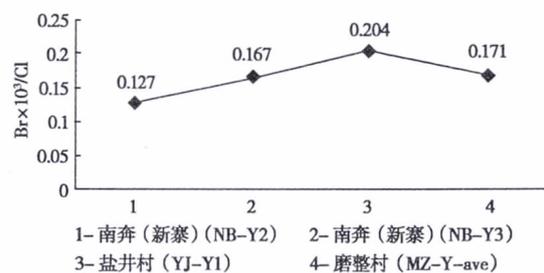


图4 勐腊含盐带盐泉水溴氯系数变化趋势图

Fig.4 Trends of salt spring $Br \times 10^3 / Cl$ in Mengla salt-belt

根据盐泉水的长期观测资料及固体矿石的人工溶滤实验,认为钾盐系数($K \times 10^3 / \Sigma \text{盐}$)及溴氯系数($Br \times 10^3 / Cl$)是比较稳定可靠的找钾标志,当溴氯系数为 $0.2 \sim 0.35$ 、钾盐系数为

5~10 之间时,表明地下可能含钾盐层;当溴氯系数高于 0.35、钾盐系数高于 10 时,则基本可以确定地下含有钾盐层^[9]。勐腊含盐带盐井村与南坡村溴氯系数和钾盐系数分别为 0.204、6.552 和 0.304、12.45,因此推断这两个地区的地下盐层中可能含钾。在利用水化学找矿中, K^+ 与 Br^- 的互存关系对寻找钾盐矿床具有重要的指导作用^[12], 当 K/Br 系数值在 25~50 之间时,则可能有找钾远景;大于 60 以上,则表明该区贫溴,卤水成因可能为石盐淋滤水或陆相水,没有找钾的可能性;而当 K/Br 系数较小,如小于 20 时,则说明水中贫钾富溴,卤水成因可能为母卤或沉积卤水,也无找钾远景。勐腊含盐带只有南奔(老寨)和磨整盐泉的钾溴系数在 25~50,分别为 33.17 和 31.95,其次盐井村盐泉的钾溴系数为 57.65,具有找钾远景,其它地方盐泉的钾溴系数均大于 60,找钾可能性小(表 2)。另外岩盐淋滤水的 $K \times 10^3/Cl$ 系数和 $Br \times 10^3/Cl$ 系数如出现不对应增高,则也可以暗示卤水与固态钾盐溶滤有关,因此 $K \times 10^3/Cl$ 、 $Br \times 10^3/Cl$ 等系数都是进行探盐找钾的有效指标^[7]。但在实际研究中, Br^- 含量常常结合 $Br \times 10^3/Cl$ 共同探讨成盐卤水的浓缩程度和成岩作用的演化过程^[23-26]。

5 结论与讨论

1) 勐腊含盐带盐泉的矿化度普遍不高,只有磨整老盐井(MZ-Y-ave)的矿化度最高,为 312.4 g/L,属于异常区;其次是盐井村的矿化度为 44.57,属于低异常区;但是根据前人对思茅盆地盐泉的研究资料,选用矿化度大于 5 g/L 的盐泉卤水仍然可以参与评价。盐泉卤水中的常量离子 K^+ 、 Mg^{2+} 、微量离子 Br^- 以及 $Br \times 10^3/Cl$ 等能够指示成盐过程卤水浓缩演化阶段,勐腊含盐带南段成盐卤水浓缩阶段晚于含盐带北段,南段成钾条件优于北段。

2) 盐泉的溴氯系数($Br \times 10^3/Cl$)值表明,含盐带内含盐系可能属于陆相成因或受陆表水强烈影响的内陆海作为物质来源的非典型海相沉积。盐井村盐泉中的钾元素与微量元素含量较高,结合特殊的钾溴系数及较高的溴氯系数,

认为南奔(老寨)、磨整盐泉及盐井村有找钾远景。

参考文献:

- [1] 张彭熹,张保珍,洛温斯坦 T K,等. 古代异常钾盐蒸发岩的成因—以柴达木盆地察尔汗盐湖钾盐的形成为例[M]. 北京: 科学出版社, 1993: 1-126.
- [2] 赵振宏,侯光才,蔡青勤,等. 罗布泊钾卤水矿床成矿地质背景[J]. 新疆地质, 2002, 20(3): 210-213.
- [3] 林耀庭,何金权. 四川盆地中三叠统异常水点水化学特征及探盐找钾预测研究[J]. 盐湖研究, 2004, 12(4): 1-8.
- [4] 刘成林,焦鹏程,王弭力,等. 新疆罗布泊第四纪盐湖上升卤水流体及其成钾意义[J]. 矿床地质, 2003, 22(4): 386-392.
- [5] 王东升. 富钾卤水的找钾指示意义——试论卤钾标志的一般性标准[J]. 物探与化探, 1985, 9(6): 452-456.
- [6] 钱自强,曲懿华,刘群. 钾盐矿床[M]. 北京: 地质出版社, 1994: 148-243.
- [7] 谭红兵,马万栋,马海洲,等. 塔里木盆地西部古盐矿点卤水水化学特征与找钾研究[J]. 地球化学, 2004, 33(2): 152-158.
- [8] 曲懿华,袁品泉,帅开业,等. 兰坪思茅盆地钾盐成矿规律及预测[M]. 北京: 地质出版社, 1998: 6-13, 86-105.
- [9] 云南地质局第十六地质队一分队. 云南勐腊含盐带钾盐普查评价报告[R]. 昆明: 云南地质局第十六地质队, 1972: 3-34.
- [10] 云南省地质矿产局八一四队. 云南省第二轮钾盐成矿远景区划[R]. 昆明: 云南省地质矿产局八一四队, 1994: 44-60.
- [11] 马万栋,马海州. 塔里木盆地西部卤水地球化学特征及成钾远景预测[J]. 沉积学报, 2006, 24(1): 96-106.
- [12] 樊启顺,马海州,谭红兵,等. 柴达木盆地西部卤水水化学特征与找钾研究[J]. 地球学报, 2007, 28(5): 446-455.
- [13] 云南省地质局第二区域地质测量大队. 区域地质调查报告(勐腊幅地质部分) [R]. 昆明: 云南省地质局, 1976: 5-20.
- [14] 中国科学院青海盐湖研究所. 卤水和盐的分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1988: 29-237.
- [15] 张彭熹. 柴达木盆地盐湖[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 164-167.
- [16] 袁见齐,杨谦,孙大鹏,等. 察尔汗盐湖钾盐矿床的形成条件[M]. 北京: 地质出版社, 1995: 84-85.
- [17] Chaussidon M, Jambon A. Boron content and isotopic composition of oceanic basalts: geochemical and Cosmochemical implication[J]. Earth Planet Sci Lett, 1994, 121(3-4): 277-291.

- [18] Harder H. Boron content of sediments as a tool in facies analysis [J]. *Sediment Geol*, 1970, 4: 153 - 175.
- [19] 赵伦山,张本仁. 地球化学 [M]. 北京: 科学出版社, 1988: 226.
- [20] 刘群,杜之岳,陈郁华,等. 陕北奥陶系和塔里木石炭系钾盐找矿远景 [M]. 北京: 原子能出版社, 1997: 1 - 228.
- [21] 瓦里亚特科 M T. 钾盐矿床形成的地球化学规律 [M]. 范例, 等译. 北京: 中国工业出版社, 1965: 11 - 22.
- [22] 许效松,吴嘉陵. 云南勐野井钾盐矿床特征,微量元素地球化学及成因探讨 [J]. *中国地质科学院院报*, 1983, 1: 17 - 36.
- [23] 林耀庭,何金权,王田丁. 四川盆地中三叠统成都盐盆富钾卤水地球化学特征及其勘查开发前景研究 [J]. *化工矿产地质*, 2002, 24(2): 71 - 83.
- [24] 程怀德,马海洲,谭红兵,等. 钾盐矿床中 Br 的地球化学特征及研究进展 [J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2008, 27(4): 399 - 408.
- [25] 李善平,马海洲,陈有顺,等. 老挝万象盆地钾盐矿床微量元素地球化学特征及矿床的成因 [J]. *地质通报*, 2010, 29(5): 760 - 769.
- [26] 张西营,马海洲,谭红兵,等. 老挝东泰钾盐矿床地球化学及其沉积后变化初步研究 [J]. *矿床地质*, 2010, 29(4): 713 - 721.

Hydrochemical Characteristics of Salt Spring and Potassium-Prospecting Research in Mengla Salt-belts of Simao Basin, Yunnan

ZHANG Yu-shu^{1,2}, GAO Dong-lin¹, SHI Lin^{1,2}, LIU Yong, ZHANG Xi-ying¹, LI Bao-lan^{1,2}

(1. Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China)

Abstract: Yunnan Simao Basin is famous for the significant reservation of salt in China. Mengla Salt-belts is one of the most promising areas for detecting sylvite deposit which located in the southern part of the basin. This study collected 11 salt spring samples in Mengla salt-belt, many indicators involving sylvite detecting have been analysed. These indicators are content of Potassium, Magnesium and many other related trace elements. At the same time, hydrochemical characteristics coefficients have been determined also. The geochemical indicators of salt spring, which can indicate the degree of brine concentration such as K^+ , Mg^{2+} , trace element (Br^-) and the $Br \times 10^3 / Cl$ show that the trend of the degree of brine concentration in Mengla Salt-belts was gradually increased from north to south, and the stage of brine concentration in the southern was posterior to the northern, the salt ore-forming environment in the southern is better than the northern. The degree of mineralization of the salt springs and some other water chemistry characteristics shows that the abnormal areas are Yanjing Village which located in the northern of Mengla salt-belt and the Mozheng village which located in the south of Mengla Salt-belt. Nanben (Old Village) is the most prospecting area for finding potassium.

Key words: Mengla Salt-belt, Potassium-Prospecting; Salt spring; Hydrochemical characteristics of salt spring