柴达木盆地西台吉乃尔盐湖矿区卤水水化学特征

张西营, 马海州, 高东林, 张明刚, 王 涛
(中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008)

摘 要: 西台吉乃尔盐湖位于柴达木盆地中部, 矿区卤水中富含锂、钾、硼、镁等多种元素, 极具开发价值。自2003年开始, 矿区已开始进行大规模采卤, 利用前人1959年和2001年两次勘查资料, 从水化学角度分析和探讨了西台吉乃尔盐湖矿区未大规模采卤前卤水中各元素的分布规律和变化特征。研究表明, 矿区西北部主要为氯化物型卤水, 其余大部分地区基本为硫酸镁亚型卤水, 我们推测地下卤水水化学类型的差异很可能与不同区域原始卤水的组成及补给水等因素有关。有益组分中, 高含量的 Li^+、K^+ 主要分布在矿区的西北部; B_2O_3 的高含量区主要在矿区的中东部广大地区。赋存于孔隙卤水中 K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Li^+、Cl^- 等元素的平均含量要高于晶间卤水; B_2O_3、Na^+、SO_4^{2-} 等则低于晶间卤水; 卤水矿化度、pH值和密度则相差不多。孔隙卤水在 Na^+、K^+、Mg^{2+}/Cl^--H_2O 四元体系介稳相图中的投影点接近光卤石相区; 湖表卤水和晶间卤水在 Na^+、K^+、Mg^{2+}/Cl^-, SO_4^{2-}-H_2O 五元体系介稳相图中位于泻利盐、软钾镁矾和钾石盐的共结点附近, 且分布比较集中; 湖表卤水在演化阶段上存在较大差别; 晶间潜卤水已普遍进入钾石盐析出阶段。研究还表明, 西台吉乃尔湖湖水的水化学变化明显受季节变化的影响, 而湖表卤水与地下卤水存在着一定程度的水力联系, 这种联系的强弱和变化特征尚待进一步研究。

关键词: 柴达木盆地; 西台吉乃尔盐湖; 晶间卤水; 孔隙卤水; 水化学特征; 介稳相图
中图分类号: P592 文献标识码: A 文章编号: 1008-858X(2007)02-0012-09

0 引 言

西台吉乃尔(以下简称西台)盐湖位于柴达木盆地中部, 矿区面积500多平方公里。矿区卤水中富含锂、钾、硼等资源, 储量大, 品位高, 开采利用价值极大。因此, 为了有效开采与合理利用丰富的盐湖矿产资源, 在进行大规模开采之前, 有必要对西台湖矿区的水文地球化学背景作深入了解, 以便为矿区大规模采卤后卤水的水化学动态变化研究打下基础, 同时对盐湖资源的可持续利用也有着重要意义。

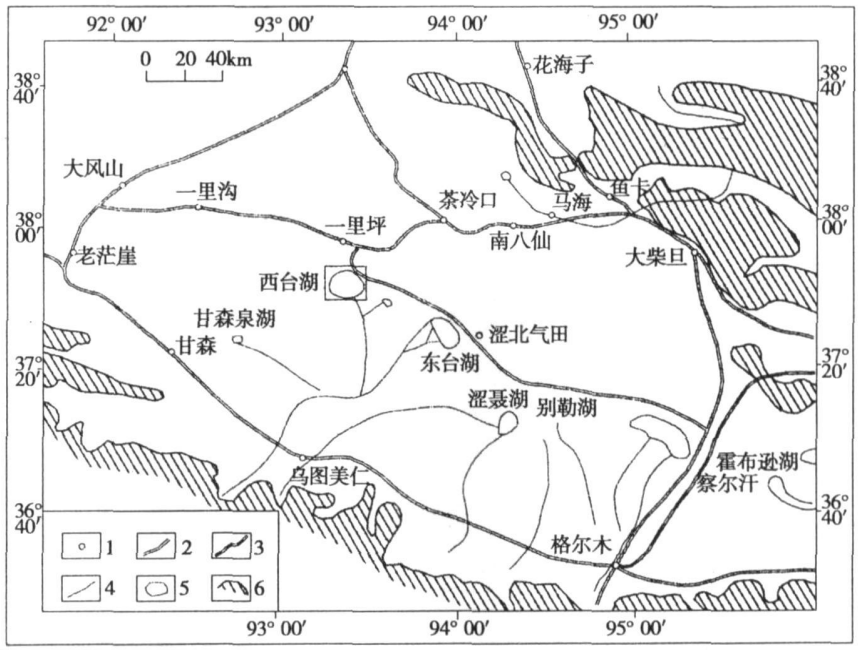
1 矿区自然地理及勘探概况

西台吉乃尔湖, 位于海西蒙古族藏族自治州大柴旦境内, 地理坐标: E93°13′~93°34′, N37°33′~37°53′。湖区往北10 km抵达315国道旁的一里坪, 向东60 km到东台吉乃尔湖, 有涩格公路158 km与215国道相接, 南去格尔木市, 现正在修建西台到东台的简易公路(见图1)。

西台湖盆为构造断陷盆地, 盆内有晚更新世、全新世数十米厚的含盐岩系沉积, 包括冲积相的粘土和湖相盐类沉积, 边缘为中、晚更新世的湖相砂质泥岩和砂质粘土沉积, 往往形成湖岸阶地。湖盆呈近似三角形, 为封闭的内流盆地, 接受来自昆仑山北坡的那陵格勒河支流西台吉乃尔河的补给[1]。湖区为典型的内陆干旱气候, 表现为干燥多风、降雨稀少、蒸发强烈、昼夜温差大的特征。矿区年平均气温为4.47 ℃, 年蒸发量为2 505.9 mm, 降水量为

收稿日期: 2006-09-19
基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-346)
作者简介: 张西营(1977-), 男, 硕士, 助理研究员, 盐湖地球化学与环境地球化学专业.
(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnk

17.8 mm。该湖为固液相并存以液体卤水矿为主的盐湖, 盐湖水化学类型为硫酸镁亚型。卤水资源富含 K、B、Li 等化学成分, 综合利用前景广阔。



1. 城镇; 2. 公路; 3. 铁路; 4. 河流; 5. 湖泊; 6. 山界。

图 1　西台吉乃尔盐湖矿区交通位置图

Fig. 1　The traffic and location map of mining area of the west Taijinar salt lake

矿区地质勘查始于上世纪 50 年代。1959 ~1963 年青海省地质局第一地质队(青海省柴达木综合地质勘查大队前身, 以下简称柴综队)在该区开展了以锂为主的初步勘探; 1988 ~ 1990 年, 柴综队开展了台吉乃尔地区锂、硼、钾综合普查工作; 2001 年 12 月至 2002 年 3 月底, 柴综队在矿区完成野外工作并编著了《青海大柴旦镇西台吉乃尔湖锂矿区勘探报告》, 该报告在前人工作的基础上对西台矿区进行了比较详细和全面的补充研究。2003 年, 青海中信国安科技开发有限公司在湖区建厂并开始了大规模采卤, 现已经建成面积约 40 多平方公里的盐田、长约 6 公里多的主采卤渠道和多条采卤支渠、采卤试验井 10 多口以及总计 31 口观测井(点)的长期观测网。

2　卤水的分析方法

本文的样品化学分析数据来源于 1959 年和 2001 年两次对西台矿区的勘探资料①②。

样品主要是在钻孔中采集的液体卤水样及部分湖水样与河水样, 液体样品由于容易蒸发浓缩结晶析出固体矿物, 样品采取后立即装瓶, 用石蜡密封, 以保证样品的原始状态。

1959 年主要对矿区的 K^+、Li^+、B_2O_3、Mg^{2+}、SO_4^{2-}、Cl^-、Ca^{2+} 和 Na^+ 等元素进行了分析。从检查结果看, 大部分的分析质量是可靠的, 基本上可以满足分析的要求。

2001 年卤水样主要分析了 K^+、Na^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Li^+、Cl^-、SO_4^{2-}、B_2O_3 及 pH 值、密度、矿化度等。具体方法如下: 水样瓶去蜡封开瓶后, 先测 pH 值和密度, 然后吸取 25 mL冲稀到250 mL置于容量瓶中, 再从容量

① 周孝达等. 柴达木西台吉乃尔湖锂矿矿区初步勘探、东台吉乃尔湖锂矿矿区普查检查报告. 青海省地质局第一地质大队(内部资料). 1965

② 张天德等. 青海大柴旦镇西台吉乃尔湖锂矿矿区勘探报告. 青海省柴达木综合地质勘察队(内部资料). 2002

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

瓶中吸取25 mL冲稀到另一250 mL容量瓶中进行分析。主要离子分析方法如下：K^+、Na^+、Li^+，原子吸收法；Ca^{2+}、Mg^{2+}、EDTA 容量法；Cl^-，$AgNO_3$ 容量法；B_2O_3，酸碱滴定法；SO_4^{2-}，$BaSO_4$ 重量法；pH 值，离子电极法；密度体积称重法；矿化度，105 ℃烘干重量法。2001 年卤水样的分析测试工作是按照《地质矿产实验室测试质量管理规范》(DZ0130.3—94) 和《地下水质量检验方法》(DZ/T.0064) 进行的，样品内检合格率均≥90%，无系统偏差，符合上述规范要求。

3 矿区水文地球化学分析

3.1 1959 年矿区主要离子的空间分布特征

根据1959 年的有关勘探资料(周孝达等)，我们绘制了 1959 年矿区内部分重位钻孔(与2003年长观孔位置相重合的钻孔) 主要离子(K^+、Li^+、B_2O_3、Mg^{2+}、SO_4^{2-}、Cl^-、Ca^{2+} 和 Na^+，其中，Na^+ 有 8 组数据，SO_4^{2-} 只有 2 组，其余离子有 20 组) 的平面分布图(见图 2)

从图 2 可以看出，Cl^-、Mg^{2+} 和 Li^+ 在西北部含量特别高，另外一处含量较高的区域是矿区的沉积中心；B_2O_3 含量高值区主要分布在中部和东部；K^+ 在西北部含量最高，其次在中东部等区域。上述离子在矿区的南部和西南部含量均较小。而 Na^+ 除了在沉积中心外，其它地方含量均较高，尤其是在南部。

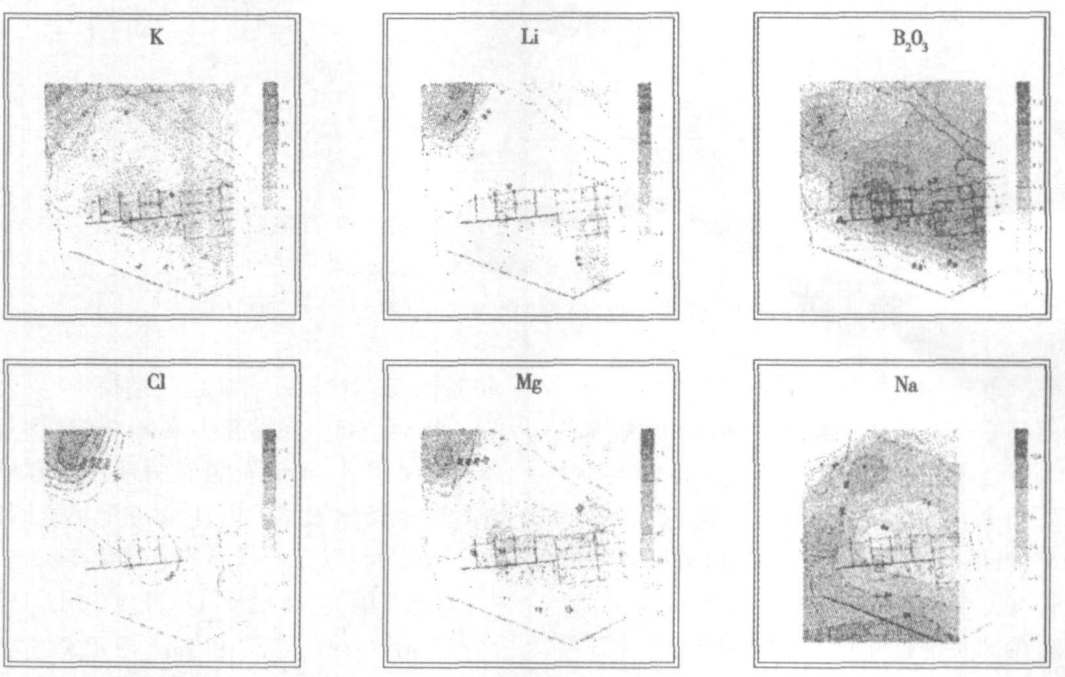


图 2 1959 年矿区地下卤水中各离子的等值线图

Fig. 2 The isoline map of each ion in underground brine of the mining area in 1959

3.2 2001 年矿区水文地球化学

根据柴综队的勘探报告(张天德等)，我们对2001 年部分重位钻孔(与 2003 年长观孔位置相重合的钻孔) 的水化学资料进行了分析。

3.2.1 河水

西台吉乃尔河按照M.Г. 瓦里亚什科水化学分类方法[2]，属于硫酸钠亚型水，为半咸水。对进入矿区的河水水化学资料分析表明，3～4 月份河水主要来源于泉集河(台吉乃尔河上游)，7 月份河水则主要反映了那陵格勒河洪水的性质。

3.2.2 西台湖湖水

西台湖为季节性湖泊，湖水水化学动态极不稳定，水化学类型为硫酸镁亚型，矿化度一般在 300～360 g/L。湖水的水化学特征取决于湖

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnk

水的存续时间, 从湖水因补给而存在到蒸发而消亡, 反映了湖水在接受补给后的溶解咸化、蒸发浓缩、析盐消失的过程。2001 年湖水化学成份反映了两次补给后(4 月和 7 月, 见图 3 虚线框) 湖水浓度的变化, 由接受补给淡化(4 月) 到湖水干涸(10 月份), 湖水的水化学组份 Li^+、K^+、B_2O_3、Mg^{2+} 含量不断增加, 而 Na^+ 则逐渐减少, 这反映了湖水浓缩析出固相石盐(寒冷时还有芒硝) 后, 卤水中剩余 Na^+(及 SO_4^{2-}) 大幅度减少的变化(见图 3)。上述分析表明, 由于矿区河流的季节性变化特点, 决定了西台湖湖水化学成分的多变性, 湖水的水化学动态变化主要受控于上游河流脉冲式补给的季节性变化。这也说明整个湖区的动态变化主要受自然因素影响, 人类对其影响甚微。

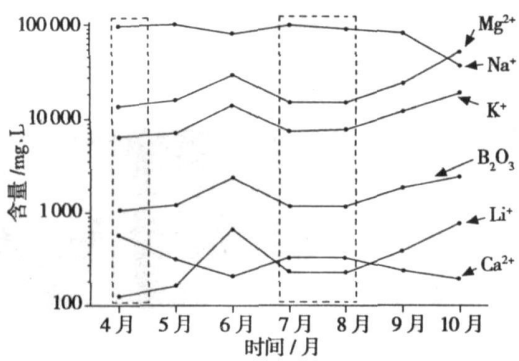


图 3　2001 年西台湖湖表卤水化学成分随时间的变化(4～10 月)

Fig. 3　The change of chemical components of surface brine of the west Taijinar salt lake in 2001(from April to October)

3.2.3　主要离子的空间分布特征

按照瓦里亚什科分类[2], 矿区地下卤水水化学主要有两个基本类型: 氯化物型和硫酸镁亚型。氯化物型水主要分布在 G1(2003 年长观孔 1 号, 以下表示类同)、G2、G3 和 G4 所在的西北部区域, 其余大部分地区基本为硫酸镁亚型水。根据地下水的赋存条件、水理性质和水力特征, 矿区地下水可划分为松散岩类孔隙水和化学岩类晶间水两个基本类型。研究发现, 矿区西北部的松散岩类孔隙水基本上为氯化物型水, 其余大部分地区则主要为化学盐类晶间卤水, 其水化学类型主要为硫酸镁亚型水。

根据已有重位观测资料, 我们绘制了各主要离子(K^+、Na^+、Li^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Cl^-、B_2O_3、SO_4^{2-}) 以及 pH 值、密度、矿化度的等值线图(图 4)。

从图 4 中可以看出, 有益组分中, 高含量 K^+ 主要分布在矿区中部(即沉积中心), 向西北延伸至孔隙卤水区至最高; 高含量 B_2O_3 的分布区主要在矿区的中部, 向东南部延伸至最高; Li^+ 则主要分布在西北部孔隙卤水区; 三种有益组分在西南部和南部含量均比较低。

Cl^- 和 Mg^{2+} 与 Li^+ 有类似分布; SO_4^{2-} 在沉积中心含量最高, 西北部含量最低; Ca^{2+} 则与 SO_4^{2-} 分布情况相反; 而 Na^+ 的高含量分布区主要在南部的漫流区以及东部分流河的入湖口处, 推测 Na^+ 的这种分布特征可能受河流分布的影响; 矿化度在中部和西北部孔隙卤水区含量较高; pH 值除南部小范围外, 其余区域均相对较高; 密度在中西部较高。

从上述各化学成分的分布情况来看, 与矿区的水化学类型的分布是很一致的。

3.2.4　主要离子的垂向变化规律

矿区地下卤水在垂向上有一定的变化, 但变化并不大, 其主要特征为: Cl^-、Mg^{2+} 变化不大, Na^+ 上高下低; 矿化度自上而下由大到小再增大, 密度与其规律基本相符; Ca^{2+} 随深度增加由大而变小, SO_4^{2-} 则反之。实际上, 卤水水化学垂向变化与含水介质、受蒸发析盐程度有关, 同时受河流补给强度的影响, 情况较复杂, 不同地段的影响因素较多。

3.3　相图研究

3.3.1　孔隙潜卤水

孔隙潜卤水虽都处于石盐相区, 但 $MgCl_2$ 指数多数较高, 并接近光卤石相区, 反映了其已达到较高的卤水演化阶段。同时也可看出, 它们在空间分布上的相对较分散, 这表明不同区域孔隙潜卤水的演化程度存在一定差别(见图 5)。

3.3.2　湖表卤水、晶间潜卤水和晶间承压水

从图 6 中可知, 湖表卤水基本上属于硫酸镁亚型水, 其投影点在软钾镁矾相区与白钠镁矾及泻利盐相区的共结点附近; 晶间潜卤水在相图中基本位于软钾镁矾相区顶端及其上方, 说明其已普遍进入钾石盐开始析出阶段; 晶间承压卤水多数位于泻利盐相区的右测及其与软

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

钾镁矾和钾石盐相区共结线的边缘,个别进入光卤石相区。按照韩慰田、蔡克勤等人根据硫酸盐型特征系数 $R = rSO_4^{2-} / rMg^{2+}$ 对卤水分类的方法[4],晶间潜卤水和承压卤水均属于硫酸镁亚型,基本在同一相区范围内,但承压卤水的范围更广一些,潜卤水则相对集中;湖表卤水主要集中在硫酸镁亚型和钠—镁硫酸盐亚型的边界处,个别为高矿化度的氯化物"过渡亚型",这说明了湖表卤水水化学成分受补给水影响较大,从而在空间分布上产生较大分异。

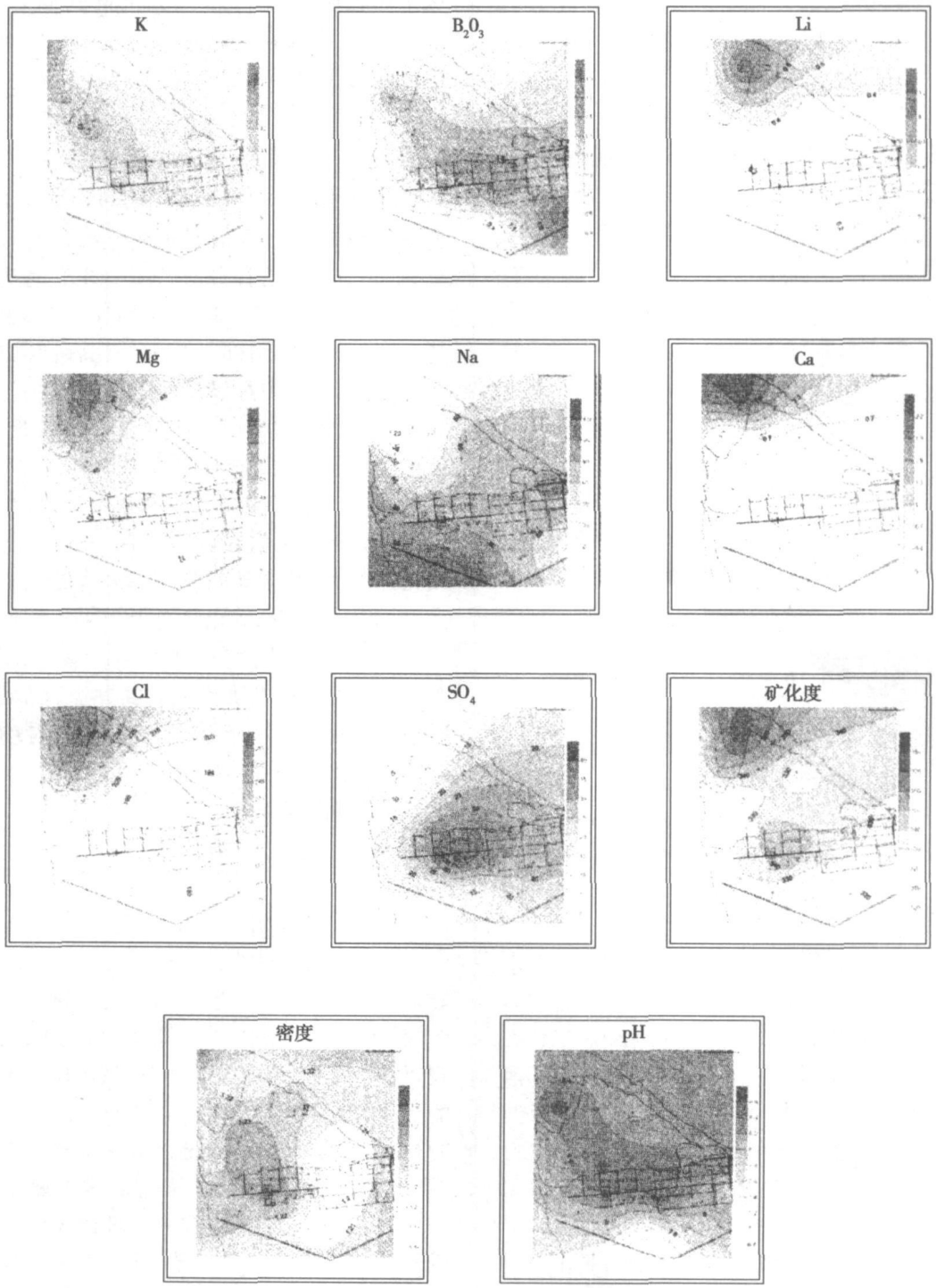
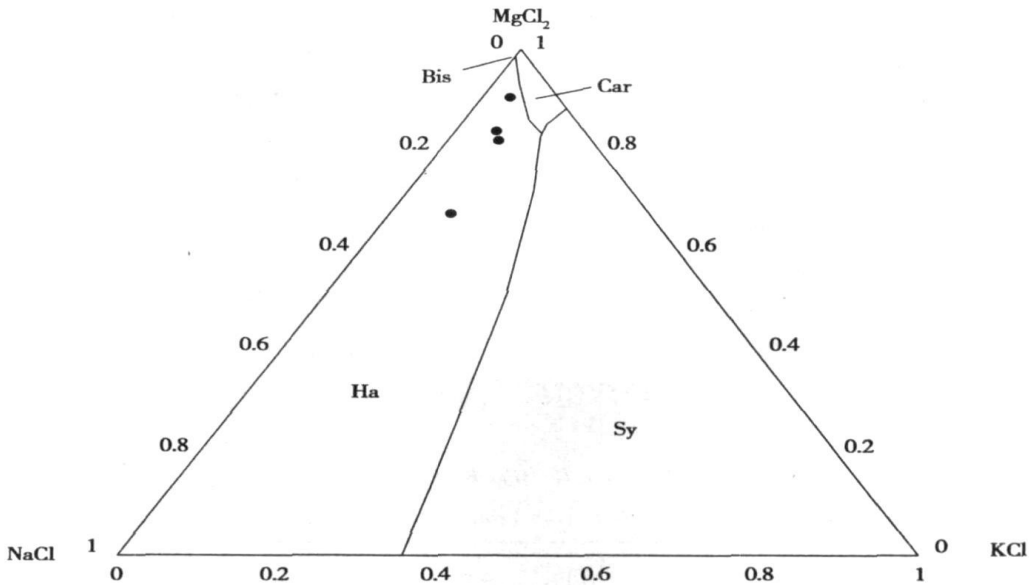


图 4 2001 年矿区地下卤水中各化学成分的等值线图

Fig. 4 The isoline map of each chemical component in underground brine of the mining area in 2001

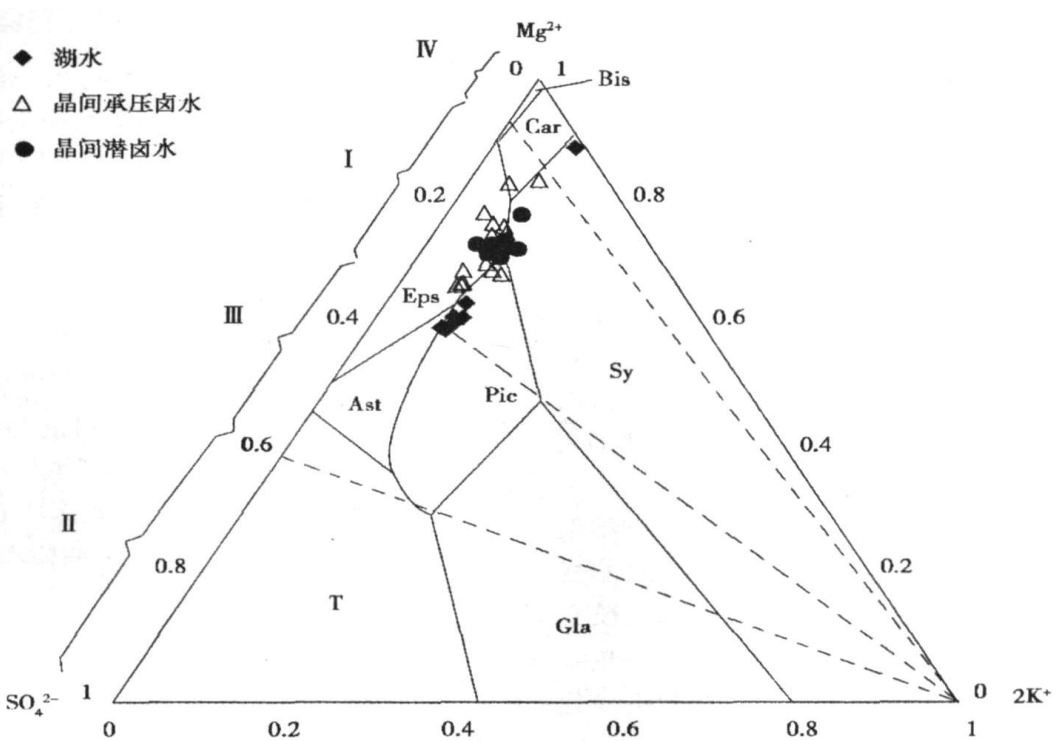
(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnk



Ha— 石盐; Sy— 钾石盐; Car— 光卤石; Bis— 水氯镁石。

图 5　孔隙潜卤水四元体系介稳相图[3] (25 ℃)

Fig. 5　The quaternary system metastable phase diagram of Na^+, K^+, Mg^{2+}/Cl^--H_2O in pore unconfined brine



Bis— 水氯镁石; Car— 光卤石; Esp— 泻利盐; Ast— 白钠镁矾; Pic— 软钾镁矾; Sy— 钾石盐; Gla— 钾芒硝; T— 无水芒硝。根据硫酸盐型特征系数 $R = rSO_4^{2-}/rMg^{2+}$ 对卤水分类: Ⅰ— 硫酸镁亚型; Ⅱ— 硫酸钠亚型; Ⅲ— 钠— 镁硫酸盐亚型; Ⅳ— 氯化物"过渡型"。

图 6　湖水、晶间潜卤水和晶间承压水 Na^+, K^+, Mg^{2+}/Cl^-, SO_4^{2-}-H_2O 五元体系介稳相图[5] (25 ℃)

Fig. 6　The quinary system metastable phase diagram of Na^+, K^+, Mg^{2+}/Cl^-, SO_4^{2-}-H_2O in lake brine, intercrystalline unconfined brine and intercrystalline confined brine

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnk

西台湖矿区孔隙卤水与晶间卤水虽属于同一沉积单元，但它们却处于不同的演化阶段。孔隙卤水分布区的沉积物岩性主要为中细、中粗砂，含部分石盐和光卤石，未见或极少有硫酸盐矿物；而晶间卤水分布区沉积物岩性主要为含砂石盐和含白钠镁矾的粉细砂石盐，其中含有大量的硫酸盐矿物（白钠镁矾、石膏、芒硝等）。对柴达木盆地大浪滩及察尔汗湖区的研究认为，沉积物中所析出的盐类矿物有较大差异，这很可能是由于原始卤水组成和补给水组成不同所造成的[6]。根据以上分析，我们认为西台湖矿区地下卤水水化学类型的差异主要与不同区域原始的卤水组成、沉积物盐类矿物组合以及卤水中各元素的溶解度不同等多种因素有关，而后期地表水（主要是湖表水）对不同区域的补给差异也是较为重要的因素之一。

3.4 1959 年与 2001 年水化学成分的对比分析

表 1 是 1959 年和 2001 年时孔隙卤水与晶间卤水中水化学成分平均值的对比分析结果。

表 1 孔隙卤水与晶间卤水在 1959 年和 2001 时化学成分的对比

Table 1 Comparison of chemical components of pore brine and intercrystalline brine between 1959 and 2001

卤水类型	时间	K^+	Na^+	Mg^{2+}	Li^+	Cl^-	SO_4^{2-}	B_2O_3	矿化度	pH 值	密度	数据来源
孔隙卤水	1959	15.130	44.000	63.100	0.910	240.260	—	0.958	—	—	—	周孝达等
	2001	13.789	19.550	68.166	0.686	246.799	1.790	0.999	355.082	8.420	1.227	
晶间卤水	1959	7.650	82.070	22.940	0.270	188.410	28.780	0.970	—	—	—	张天德等
	2001	9.523	71.742	30.176	0.261	192.189	21.887	1.183	327.460	8.104	1.220	

1959 年时，孔隙卤水相对富 K^+、Mg^{2+}、Li^+、Cl^-，而晶间卤水中则相对富 B_2O_3、Na^+ 和 SO_4^{2-}，但 B_2O_3 在二者中含量变化并不大。

2001 年，孔隙卤水中 K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Li^+、Cl^- 等的平均含量要高于晶间卤水一倍至数倍，而 B_2O_3、Na^+、SO_4^{2-} 等则低于晶间卤水，其中 Na^+、SO_4^{2-} 甚至为几倍到十几倍，B_2O_3 则变化并不大；矿化度、pH 值和密度，虽然孔隙卤水均高于晶间卤水，但二者相差并不多，尤其是密度，相差无几。

综合比较两个不同时段的水化学成分结果可以发现，除了 Na^+ 在孔隙卤水中随时间的变化较大外，各离子在时隔 40 多年后，基本没有大的变化，并且 Na^+ 的前后对比差异主要与统计样本的多寡和不一致有关系。这些数据变化不大，二者相互补充验证，可以作为研究矿区水化学动态变化的背景。

4 结论和讨论

通过对 1959 年和 2001 年不同时段西台湖水化学变化的分析，可得到如下结论：

（1）西台盐湖湖表卤水的水化学变化明显受季节变化的影响，即 3～4 月份受冰雪融水和 7～8 月份受洪水和降雨的影响。地下卤水在多大程度上受这一因素的影响和支配，尚待进一步研究；

（2）矿区西北部为氯化物型卤水（孔隙卤水），已处于较高的演化阶段，其余大部分地区的卤水基本为硫酸镁亚型（晶间卤水）。我们认为这种水化学类型的差异很可能与区域沉积物中的原始卤水成分、补给水等因素有关；

（3）有益组分中，K^+ 在矿区中西部和西北部含量较高；Li^+ 在西北部含量较高；B_2O_3 的高含量区主要在矿区的中部向东部延伸的广大地区；

（4）孔隙卤水中 K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Li^+、Cl^- 等的平均含量要高于晶间卤水；而 B_2O_3、Na^+、SO_4^{2-} 等则低于晶间卤水；矿化度、pH 值和密度，虽然孔隙卤水均高于晶间卤水，但二者相差并不多；

（5）孔隙潜卤水在 Na^+、K^+、Mg^{2+}/Cl^--H_2O 四元体系介稳相图中的投影点接近光卤石相反，反映了卤水已进入较高演化阶段，但不同区

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnk

域仍存在差异。湖表卤水、晶间潜卤水和晶间承压卤水在 Na^+、K^+、Mg^{2+}/Cl^-、SO_4^{2-}-H_2O 五元体系中的投影点基本分布在泻利盐、软钾镁矾和钾石共结点附近, 且分布相对集中; 晶间潜卤水已普遍进入钾石盐析出阶段; 湖表卤水在演化阶段上则存在较大差别;

(6) 1959 年和 2001 年的水化学统计结果相似, 说明 40 余年来西台湖矿区水化学成分变化不大。并且 2001 年的水化学数据比较全面, 分析方法较先进, 可靠性也比较强, 可以作为水化学动态变化研究的背景;

1959 年和 2001 年两次时隔 40 年之久的对比分析表明, 大规模采卤前西台湖矿区受人类影响甚微, 基本处于自然状态, 上述分析结果为研究矿区大规模采卤后的水化学动态变化奠定了基础。

青海中信国安科技发展有限公司领导对本工作大力支持并提供了数据资料, 特别是姚泽理和陈元军两位工程师在工作中给予了大量帮助, 对此作者表示衷心感谢。

参考文献:

[1] 郑喜玉, 张明刚, 徐昶, 等. 中国盐湖志[M]. 北京: 科学出版社, 2002. 163—164.

[2] 于升松. 察尔汗盐湖首采区钾卤水动态及其预测[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 35—37.

[3] 牛自得, 程芳琴. 水盐体系相图及其应用[M]. 天津: 天津大学出版社, 2002. 251.

[4] 何法明, 刘世昌, 白崇庆, 等. 盐类矿物鉴定工作方法手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 1988. 144—147.

[5] 金作美, 肖显志, 梁式梅. (Na^+、K^+、Mg^{2+}), (Cl^-、SO_4^{2-}), H_2O 五元体系介稳平衡研究[J]. 化学学报, 1980, 38(4): 313—321.

[6] 张彭熹. 柴达木盆地盐湖[M]. 北京: 科学出版社, 1987. 58—59.

全国唯一的研究盐湖科学和技术的专业性学术期刊

欢迎订阅《盐湖研究》

《盐湖研究》是国家科委批准的学术类自然科学期刊, 由中国科学院青海盐湖研究所主办, 科学出版社出版, 1993 年创刊并在国内外公开发行。

《盐湖研究》是国内唯一的研究盐湖科学和技术的专业性期刊。面向国内外报导交流盐湖、地下卤水、油田水、海水等基础、应用、开发和技术及管理的研究报告、论文和成果, 探讨其资源的分离提取技术与综合利用途径。

《盐湖研究》为季刊, A4 开本, 72 页, 每季末月 5 日出版发行。单价: 8.00 元/本, 全年32.00元。刊号: ISSN1008—858X; CN63—1026/P。邮发代号: 56—20。全国各地邮局均可订阅。联系电话: 0971—6301683。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnk

Hydrochemical Characteristics of Brines in the Mining area of West Taijinar Salt Lake in Qaidam Basin

ZHANG Xi-ying, MA Hai-zhou, GAO Dong-lin, ZHANG Ming-gang, WANG Tao
(Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008, China)

Abstract: The west Taijinar Salt Lake is located in the center of the Qaidam basin. The brine in the mining area of the lake is rich in K, Li, B, Mg and other elements, and has been largely exploited since 2003. Based on the exploration data of 1959 and 2001, the distribution rules and variation characteristics of each element of the brine which was not exploited were analyzed and discussed from the view of hydrochemistry. The results show that the brine in the northwest of the area belongs to chloride type and other parts magnesium sulphate subtype. We speculate that the difference of the hydrochemical type in different areas is probably related to the factors, such as the primary brine components, the feed water and so on. As to the useful elements, high contents of Li^+ and K^+ are distributed in the northwest, and B_2O_3 mainly in the vast middle-east. The average contents of K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Li^+ and Cl^- existing in pore brine are lower than those in intercrystalline brine. While average contents of B_2O_3, Na^+ and SO_4^{2-} in pore brine are higher than those in intercrystalline brine. But the values of total dissolved solid (TDS), pH and specific gravity are almost similar between the two kinds of brine. The projected points of pore brine in quaternary system metastable phase diagram of Na^+, K^+, Mg^{2+}/Cl^--H_2O are close to the phase region of carnallite. While the projected points of lake surface brine and intercrystalline brine are around the invariant point of epsomite, schoenite and sylvite in quinary system metastable phase diagram of Na^+, K^+, Mg^{2+}/Cl^-, SO_4^{2-}-H_2O. There exists a great difference in the lake surface brine at the evolution stages. The intercrystalline unconfined brine has extensively arrived at the stage of sylvite-precipitation. The results also show that the hydrochemical variation of brine in the West Taijinar Salt Lake is obviously influenced by season changes, and there exits a hydroaulic connection between the lake surface brine and underground brine. And further study is needed to investigate the strength and the variation characteristics of this connection.

Key words: Qaidam basin; West Taijinar Salt Lake; Intercrystalline brine; Pore brine; Hydrochemical characteristics; Metastable phase diagram

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnk