

地质与矿产

* 罗布泊盐湖罗北区卤水主要离子平面分布特征

许浩¹, 赵全升¹, 丁光发², 杜江岩²

(1. 青岛大学, 山东 青岛 266071; 2. 新疆地矿局第二水文工程地质大队, 新疆 昌吉 831110)

摘要:罗布泊盐湖罗北区有着丰富的地下卤水资源,通过野外采集样品,室内试验检测,研究了罗布泊盐湖罗北区表层卤水主要离子的分布特征。采集卤水样品46件,通过分析,表明该区卤水矿化度范围在18.169~389.253 g/L,略有中间高四周低的趋势。卤水中的阳离子主要为 K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} , B^{3+} ;阴离子主要为 Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Br^- , I^- 。其中 K^+ , Na^+ , Li^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , B^{3+} 的分布及含量均与矿化度呈正相关关系, Ca^{2+} , Sr^{2+} 的分布及含量与矿化度呈负相关关系。 HCO_3^- , Li^+ , Br^- , I^- , Mg^{2+} 的分布及含量与矿化度关系不明显。

关键词:罗布泊盐湖;罗北区;离子分布;相关关系

中图分类号:P641.464

文献标识码:A

罗布泊盐湖位于塔里木盆地东端,北、东、南分别以库鲁克塔格山脊、阿尔金山脊和昆仑山脊为界,西部以七克里克断裂为界。罗布泊盐湖南北长115 km,东西宽90 km,面积10 350 km²,是世界上最大的盐湖之一。罗布泊地区属典型大陆性气候,是中国气候最干燥的地区^[1]。素有“旱极”、“死亡之海”之称。盐湖区降水稀少,年降水量仅17.4 mm,蒸发极为强烈,年蒸发量达4 440.12 mm,年平均气温12.4℃。研究表明罗布泊盐湖卤水属于硫酸镁亚型,卤水中蕴藏着丰富的钾、钠、镁、钙及硫酸根等物质资源,同时伴生有锂、溴、铯、硼等稀有元素。经济开发潜能巨大。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

罗布泊盐湖是世界上最大的盐湖之一,根据其地理地貌特征,将罗布泊盐湖划分为罗北区、罗中区、东台地、西台地、罗东区、西湖区和老湖区8个区段。其中罗北区段位于罗布泊盐湖的北部,是盐湖中盐类沉积发育良好、沉积厚度最大的区域^[2]。

罗北区含盐系厚度一般在30~150 m,矿区中心地带厚度最大,平均厚度达125 m。在纵向上由

南向北含盐西厚度变厚,向南变化较快,向北变化较为缓慢,在横向上自西向东,含盐系厚度变厚^[3]。该区域含水层厚一般为5~30 m,富水性中等偏弱或极强,卤水主要赋存于盐类物质的晶间,以晶间卤水为主,部分赋存于细沙、粉砂之中。储卤层主要由钙芒硝组成,部分为石膏层和石岩层。

1.2 野外调查及获取数据

在罗布泊盐湖罗北区及外围边缘41个点位采集表层水样品46件。对所取的46件水样进行室内检测,包括矿化度及各离子浓度的测定,其中 K^+ , SO_4^{2-} 采用重量分析法进行测定, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Br^- , Cl^- , I^- , HCO_3^- , B_2O_3 采用滴定分析法进行测定, Li^+ 采用原子吸收光谱法进行测定, Sr^{2+} 采用离子色谱法进行测定, Na^+ 采用差减法计算^[4]。

2 离子的分布特征

2.1 离子特征

罗布泊地区常年干燥少雨,区域内地下水与地表水补给严重不足,且蒸发作用较为强烈,形成了具有典型内陆蒸发作用的所调控的水文地球化学特征,并形成高矿化度的卤水环境^[5]。通过对所取46

* 收稿日期:2012-10-24;修订日期:2012-12-17;编辑:曹丽丽

项目来源:国家305项目(96-915-08-05)和“新疆罗布泊盐湖深部钾盐资源调查”项目(DKD2002002)

作者简介:许浩(1987—),男,硕士,主要从事水文地质相关研究;E-mail: a7229111@163.com。

件样品的分析,得到卤水各离子的含量特征(表 2)。

表 2 卤水各离子含量特征

分析项目	K ⁺ (g/L)	Na ⁺ (g/L)	Ca ²⁺ (g/L)	Mg ²⁺ (g/L)	Cl ⁻ (g/L)	SO ₄ ²⁻ (g/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	Sr ²⁺ (mg/L)	Li ⁺ (mg/L)	Br ⁻ (mg/L)	I ⁻ (mg/L)	B ₂ O ₃ (mg/L)
平均值	7.67	82.61	0.076	15.76	162.83	51.04	134.16	1.25	7.87	6.41	0.14	197.22
最大值	24.23	128.15	0.769	72.34	210.55	92.85	347.81	12.77	21.55	45.63	0.50	335.88
最小值	0.02	0.76	0.015	0.12	1.70	0.19	0.00	0.30	0.009	0.00	0.00	2.14

2.2 矿化度

通过分析表明,受强烈蒸发作用的影响,罗北凹地区矿化度最高 389.25 g/L,平均在 330.47 g/L。从图 1 可以看出,罗北区卤水矿化度呈中间高两边低的椭圆形散点分布,且北边略低于南边。罗北凹地东侧(NE—SW 剖面)矿化度很高,均大于 338.20 g/L。而所取水样中矿化度小于 200 g/L 的样品都位于罗北凹地的东北边缘,因此可以推测在罗北凹地外围东北侧可能有外来水源的补给。

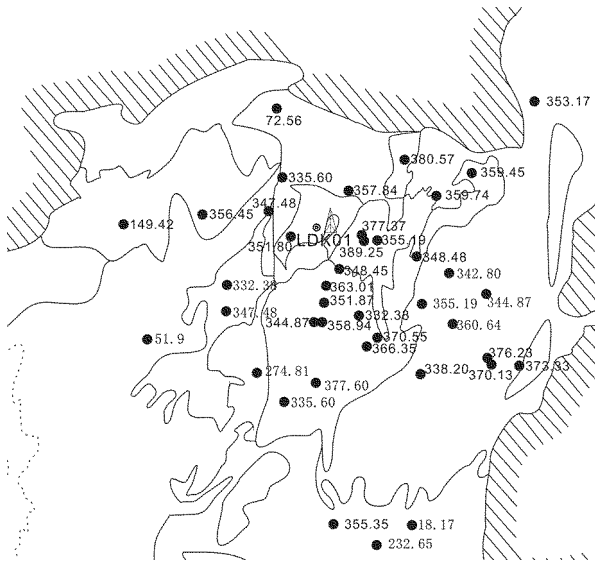


图 1 矿化度空间分布

2.3 各离子的关系

作钾、钠、钙、镁、锶、锂、氯、硫酸根、溴、碘、硼、碳酸根等离子和矿化度的散点图,对离子的相关性进行分析。钠离子与矿化度呈较好的正相关关系(图 2),说明钠离子是卤水中的一种主要物质,且在矿化度小于 300 g/L 时钠离子随矿化度的升高呈直线增长,在矿化度大于 300 g/L 时变化有一定的波动,但都维持在较高的水平。

钾离子的含量与矿化度呈正相关关系(图 3),且在矿化度小于 300 g/L 时钾离子随矿化度的升高

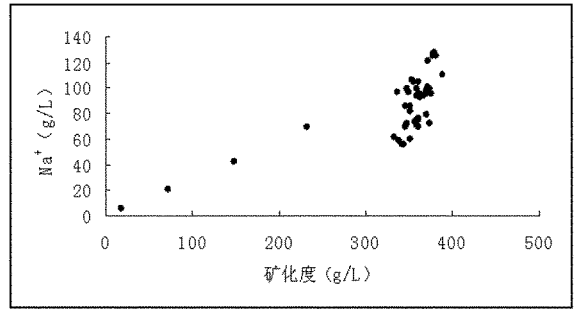


图 2 钠离子含量随矿化度的变化规律

呈线性增长,在矿化度大于 300 g/L 时钾离子含量基本稳定在 5~15 g/L 之间。取样点在矿化度为 362.96 g/L 时钾离子含量最高 24.23 g/L。

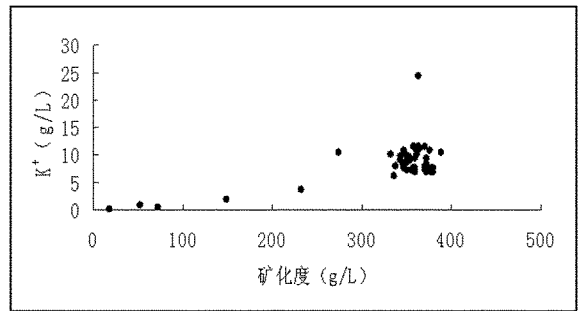


图 3 钾离子含量随矿化度的变化规律

从图 4 可以看到,钙离子的含量与矿化度之间呈明显的负相关关系,卤水浓度大于 300 g/L 的区域,钙离子的含量均小于 0.1 g/L。这是由于矿化度升高钙芒硝大量沉淀使其中钙离子含量下降所致。

由图 5 可以看出,镁离子含量与矿化度相关性较差。镁是卤水中的一种重要的物质,但在所取水样中镁离子的含量变化较为起伏,最大值达到 72.34 g/L,而最小值仅为 0.12 g/L,但总体平面变化率略有中间高四周低的趋势。

硫酸根离子含量与矿化度呈正相关关系(图 6),矿化度小于 300 g/L 的水样中,硫酸根离子含量最高

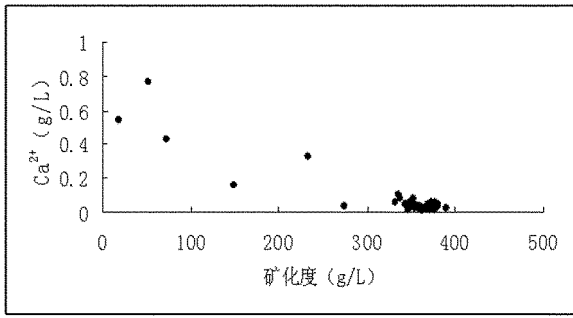


图 4 钙离子含量随矿化度的变化规律

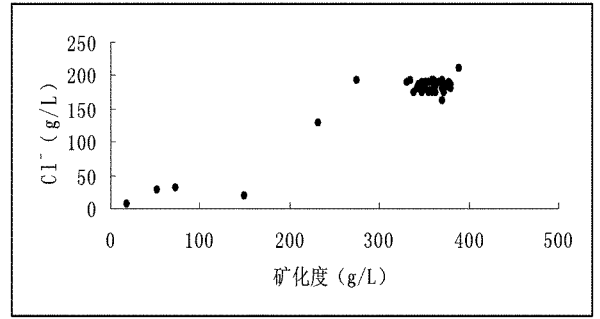


图 7 氯离子含量随矿化度的变化规律

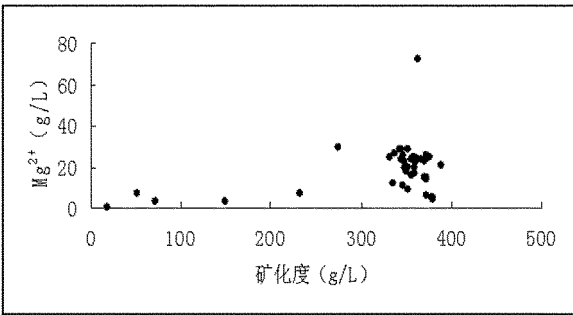


图 5 镁离子含量随矿化度的变化规律

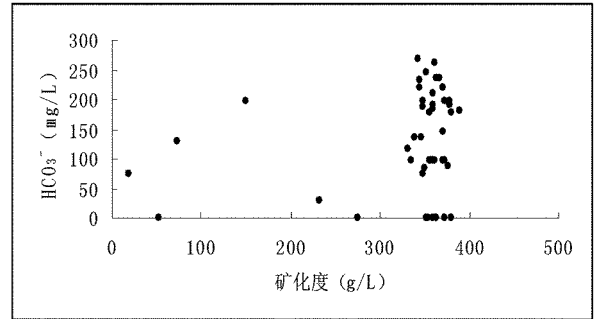


图 8 HCO₃⁻ 含量随矿化度的变化规律

值 83.63 g/L,其余水样品含量均小于 30 g/L。矿化度大于 300 g/L,硫酸根离子含量均大于 20 g/L。

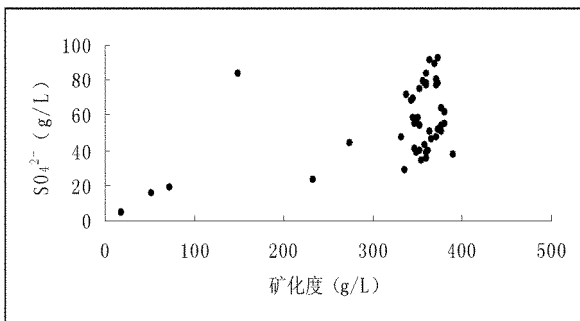


图 6 SO₄²⁻ 离子含量随矿化度的变化规律

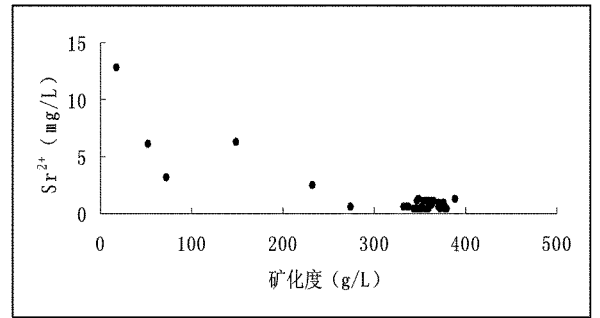


图 9 锶离子含量随矿化度的变化规律

从图 7 可以看出,氯离子的含量跟矿化度间呈一定的正相关关系,且当矿化度大于 300 g/L 时。卤水中氯离子的含量均大于 150 g/L。

从图 8 可以看出,碳酸氢根离子随矿化度的变化关系不明显,甚至在某些取样点没有检测到碳酸氢根离子,说明碳酸氢根离子可能不是该区域卤水中的一项必须物质。

卤水中锶离子的含量较低,均在 15 mg/L 以下(图 9),但是可以看出锶离子跟钙离子一样随矿化度的升高呈明显降低的趋势,而在矿化度大于 300 g/L 时锶离子的含量更是低至 2.0 mg/L 以下。

锂离子含量与矿化度间的相关关系不明显(图 10),锂离子含量均在 25 mg/L 以下,跟碳酸氢根离子相似,出现部分水样中没有锂离子的情况。所取水样中锂离子含量最高达 12.77 mg/L,平均含量 1.25 mg/L。平面分布与矿化度相反,略有中间低四周高的趋势。

从图 11 可以看出,作为一种卤素的溴离子在罗布泊盐湖罗北区含量很低,且与矿化度之间关系不明显。

碘离子含量与矿化度间相关性较差(图 12)。罗布泊地区碘离子含量较低,只有 3 件样品含量大于 0.4 mg/L。平均含量 0.14 mg/L。

三氧化二硼含量与矿化度呈正相关关系(图

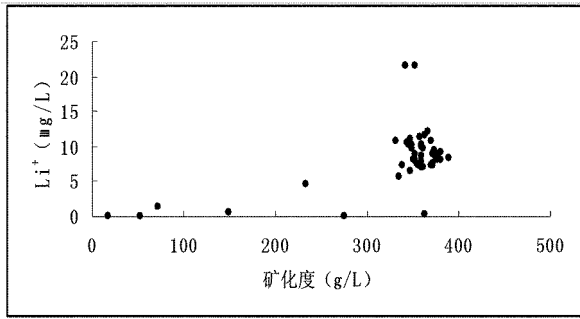


图 10 锂离子含量随矿化度的变化规律

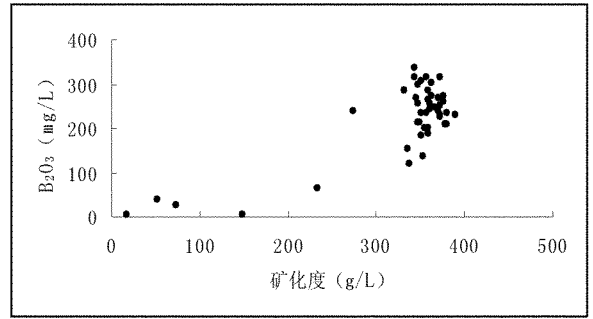


图 13 B₂O₃ 含量随矿化度变化规律

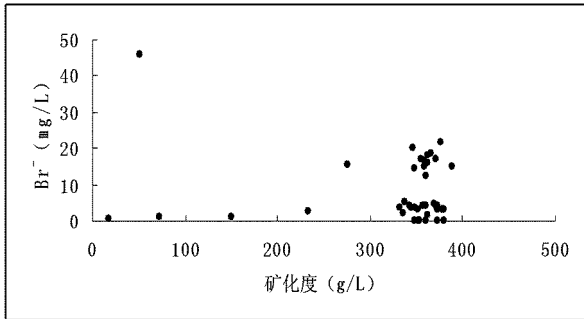


图 11 溴离子含量随矿化度的变化规律

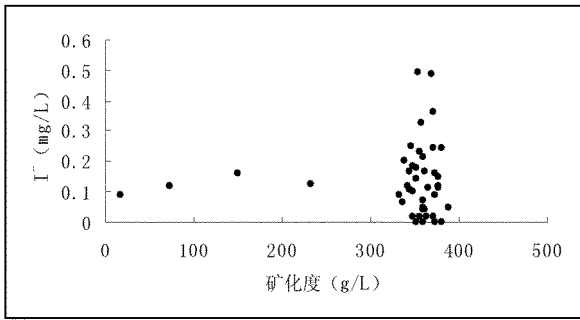


图 12 碘离子含量随矿化度变化规律

13), 矿化度小于 300 g/L 的水样中三氧化二硼的含量均小于 100 mg/L。矿化度大于 300 g/L 时, 三氧化二硼含量较高, 大多数都大于 150 mg/L, 最高值 335.88 mg/L^[6-8]。

3 结语

卤水中各化学组分含量变化与矿化度之间的关系表现为 3 种形式: ①随矿化度升高而升高, 如氯离子、钠离子等。②随矿化度升高而下降, 如钙离子、锶离子等。③随矿化度升高变化不明显, 如溴离子、镁离子等。第①②类元素的含量变化受蒸发作用影响较强, 第③类元素的含量变化则受补给来源的影

响较大。

罗布泊盐湖罗北区卤水矿化度略有中间高四周低的趋势。受到强烈的蒸发作用所致矿化度均较高, 只有外围陷车泉几个取样点较低, 可能与外来水补给有关。

钾离子、钠离子、氯离子的含量均处于较高的水平, 分布均与矿化度较为一致, 都略有中间高四周低的趋势。而钙离子、锶离子的含量分布特征与矿化度相反, 略有中间低四周高的趋势。镁离子的含量与矿化度没有一定的线性关系, 在矿化度为 300 g/L 的时候为一个转折点, 但分布也有中间高四周低的趋势。

参考文献:

- [1] 刘成林, 王弭力. 新疆罗布泊第四纪环境与成钾条件[J]. 地球学报, 1999, 20(增刊): 264-270.
- [2] 王弭力, 刘成林. 罗布泊盐湖钾盐资源[M]. 北京: 地质出版社, 2001.
- [3] 李浩, 唐中凡, 刘传福等. 新疆罗布泊盐湖卤水资源综合开发研究[J]. 地球学报, 2008, 29(4): 517-524.
- [4] 中国科学院青海盐湖研究所分析室 1 卤水和盐的分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1988: 135-751.
- [5] 刘成林, 王弭力, 焦鹏程, 等. 新疆罗布泊盐湖氢氧锶硫同位素地球化学及钾矿成矿物质来源[J]. 矿床地质, 1999, 18(3): 268-275.
- [6] 张兆广. 察尔汗盐湖东段浅卤水水文地球化学特征及卤水成因分析[J]. 盐湖研究, 2009, 17(1): 23-30.
- [7] 田润, 韩凤清, 马海洲, 等. 察尔汗盐湖别勒滩区段间卤水的主要离子分布特征[J]. 盐湖研究, 2007, 15(3): 7-13.
- [8] 于林松, 李世勇. 济南市城市地球化学系统评价指标体系初探[J]. 山东国土资源, 2010, 26(11): 33-36.

Distribution Characteristics of the Main Ions in Luobei Area of Luobupo Salt Lake

XU Hao¹, ZHAO Quansheng¹, DING Guangfa², DU Jiangyan²

(1. Qingdao University, Shandong Qingdao 266071, China; 2. The Second Hydrologic Engineering Geology Brigade of Xinjiang Bureau of Geology and Mineral Resources, Xinjiang Changji 831110, China)

Abstract: There are abundant resources in Luobei area of Luobupo salt lake. Through collecting samples in the field and indoor test, distribution characteristics of the main ions in the intercrystalline brine in Luobei area of Luobupo salt lake have been studied. 46 samples of the intercrystalline brine have been collected and analyzed. It is showed that brine salinity in this areas is in the range of 18.169~389.253g/L with the trend of high in the middle part and low in the surrounding areas. Major cations are K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Sr^{2+} , B^{3+} , and major anions are Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Br^- , I^- . Among them, distribution and content of K^+ , Na^+ , Li^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , B^{3+} have a positive relation with the degree of mineralization, while distribution and content of Ca^{2+} , Sr^{2+} have a negative relation with the degree of mineralization. Relationship of the distribution and content of HCO_3^- , Li^+ , Br^- , I^- , Mg^{2+} is not obvious.

Key words: Luobupo salt lake ;Luobei area; Ion distribution; correlation