

环境地质

新疆罗布泊罗北凹地地下卤水化学场特征研究

陈国栋,蔡娜,刘继梅,汤启云

(山东省地质科学实验研究院,山东 济南 250013)

摘要:简要介绍了新疆罗布泊罗北凹地地下卤水的水化学场特征,包括研究区地下卤水主要水化学类型为硫酸镁亚型和地下卤水宏量组分的水平和垂直分带性。另外,通过水样同位素测定分析研究了该区地下卤水的形成机制,即罗布泊古湖水主要由塔里木河等地表水及大气降水补给,后经过强烈的蒸发浓缩作用而形成的。

中图分类号:P641.3

文献标识码:B

0 引言

罗布泊罗北凹地是一个以液体矿为主,固液并存,并以钾盐为主,同时共(伴)生有钠、镁盐等的可综合利用的大型至超大型硫酸盐型的钾盐矿床。为了更好地开发利用罗北凹地卤水钾矿资源,需要对地下卤水系统的水文地质结构、卤水化学场等进行重新认识和分析。鉴于此,在罗北凹地 1 534 km² 的研究区内共汇总 750 组水样测试数据,利用这些水化学资料详细研究了罗布泊罗北凹地地下卤水化学组分的空间分布特征及形成机制。主要得出:①罗北凹地研究区地下卤水水化学类型为硫酸镁亚型;②罗北凹地研究区地下卤水水化学特征具有鲜明的水平和垂直分带性;③通过对罗布泊地区河水及地下水氢、氧同位素的组成分析,认为罗布泊地区古湖水主要由地表水(河水,如塔里木河)及大气降水补给,罗北凹地卤水则是由这些补给水经较强烈的蒸发浓缩作用而形成的。

1 地下卤水水化学类型

汇总了 88 个钻孔采样点,750 组水样测试数据,分析数据主要包括:K⁺,Na⁺,Ca²⁺,Mg²⁺,SO₄²⁻,Cl⁻和 HCO₃⁻ 7 项宏量组分;Li⁺,Rb⁺,Sr²⁺,Br⁻,I⁻,B³⁺ 等 10 项微量组分,以及各水样的矿化度和密度。

卤水水化学类型的确定对于正确了解和评价卤水资源,阐明卤水的形成、演化和成盐规律非常重

要。目前,水化学类型的分类有多种方案,常采用的方案主要 3 种:舒卡列夫水化学分类法、模糊聚类分析水化学分类法和 M·瓦里亚什科水化学分类法^[1]。针对不同的水样采用相应的水化学类型分类方法。一般认为,M·瓦里亚什科(1965 年)的水化学分类方案对于高盐度卤水比较适合,因为该方案比较符合卤水自然演化发展过程,能够较好的反映出天然水的化学组成特征,有助于认识天然卤水的演化过程和阶段,并预测卤水的演化方向及析盐种类。

由罗北凹地已测地下卤水资料可知,罗北凹地卤水中 HCO₃⁻,Ca²⁺ 质量浓度很低,特征系数 K_{n1} <<1,K_{n3} >>1,K_{n4} <1,符合硫酸盐型水。由于罗北凹地卤水 K_{n2} <1,因此,该区地下卤水为硫酸镁亚型卤水,盆地边部有的样品 K_{n2} 接近 1,表明部分卤水刚从硫酸钠亚型转变过来^[2]。

2 地下卤水宏量组分的水平和垂直分带性

宏量元素是地下卤水中分布最广的离子,有 K⁺,Na⁺,Ca²⁺,Mg²⁺,Cl⁻ 和 SO₄²⁻, 占有溶解盐类的 90% 以上,并决定了水的化学类型。针对罗北凹地研究区地下卤水中宏量组分,主要是通过 750 组水样测试数据来对各宏量组分在含水层位中的空间分布做了分析。

2.1 地下卤水宏量组分的水平变化

利用覆盖全区的 750 组水样数据,绘制出了罗

* 收稿日期:2012-07-11;修订日期:2012-09-28;编辑:王秀元

作者简介:陈国栋(1983—),男,山东曹县人,工程师,主要从事地质矿产工作;E-mail:sddkygcd@163.com。

北凹地各种离子的浓度等值线图,各宏量组分的区域水平变化如下:

矿化度(TDS):罗北凹地地下卤水中 TDS 在整个研究区的总变化趋势是“南高北低”,北部大部分地区盐度小于 350 g/L,在南部多大于 350 g/L。最高浓缩中心位于南小团(图 1)。这种分布状态究其成因是由于新构造运动使北部抬升,南部相对下降,其潜水面埋深小于北部,变为相对低洼区。由于水位埋藏较浅,地下卤水毛细蒸发作用不断进行,有利于卤水连续蒸发浓缩。另外,低洼区必然成为卤水的汇集区,此两作用促使南部卤水盐度增高。

镁离子(Mg^{2+}):镁离子含量由四周向中部逐渐增高,在中部形成镁离子含量的高值区,结合 TDS 分布图,罗北凹地地下卤水中镁离子含量随着矿化度的升高其质量浓度也呈现出上升趋势。反映了镁离子在卤水演化过程中,除了形成少量的白钠镁矾沉积外,基本上都是在卤水中浓缩富集(图 2)。

钠离子(Na^+):钠离子含量由边部向中部降低,在研究区中部形成一低值带,钠离子含量一般 84~88 g/L,从整个罗北凹地全区来看,该低值带正好是研究区地下卤水高矿化度地带,这表明了罗北凹地地下卤水中钠离子质量浓度随着矿化度的升高呈现出下降趋势,反映出在中部卤水中大量析出钙芒硝及部分石盐,致使卤水中钠离子含量减少。同时,全区边部 Na^+ 含量相对较高,一般为 100~110 g/L,反映出周边有富钠水的补给。在研究区中部正是由于钠离子的大量析出,使得卤水逐渐由硫酸钠亚型转变为硫酸镁亚型(图 3)。

硫酸根离子(SO_4^{2-}):硫酸根离子含量变化基本与 Mg^{2+} 含量变化一致,即由四周向中部含量增高,在中部形成高值区。该区大量 SO_4^{2-} 参加反应形成硫酸盐矿物的沉积,但卤水中 SO_4^{2-} 含量仍较高,反映周边有富水 SO_4^{2-} 的补给。 SO_4^{2-} 可达 40~50 g/L(图 4)。

综上所述,罗北凹地地下卤水的水平分异有一定的规律性,即研究区四周有富 SO_4^{2-} , Mg^{2+} , Na^+ 水的补给,其中 SO_4^{2-} 大量参加反应形成硫酸盐沉积,但 SO_4^{2-} 补给量相对较大,故卤水中 SO_4^{2-} 含量仍较高; Mg^{2+} 基本上在卤水中富集; Na^+ 形成大量钠盐矿物沉积外,在研究区中部形成低值区,导致地下卤水逐渐由硫酸钠亚型转变为硫酸镁亚型^[3]。

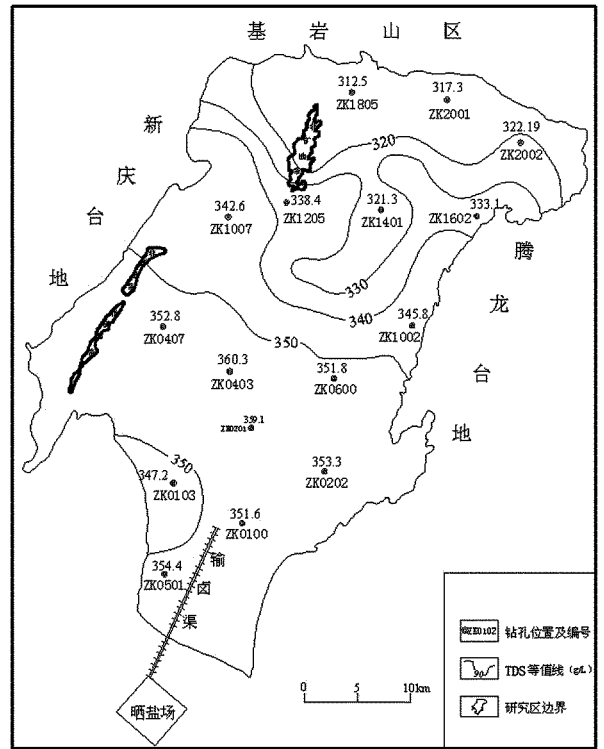


图 1 含水层 TDS 等值线图(g/L)

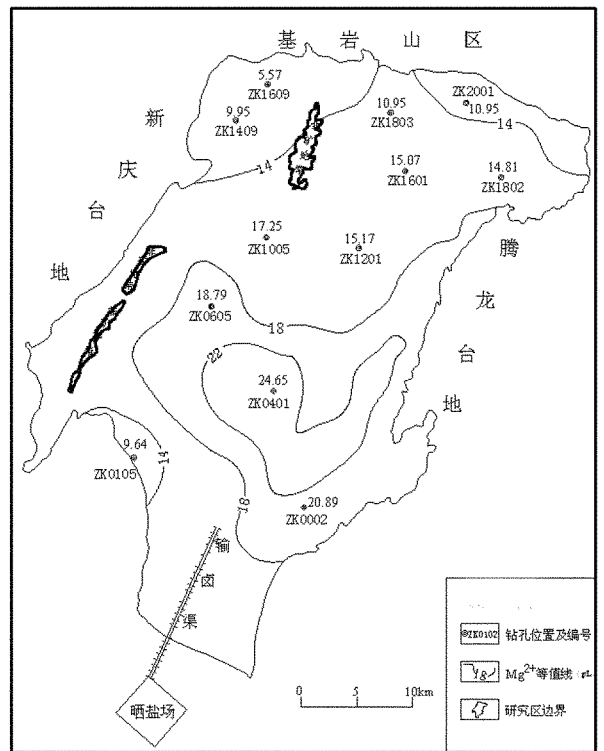


图 2 地下卤水 Mg^{2+} 等值线图(g/L)

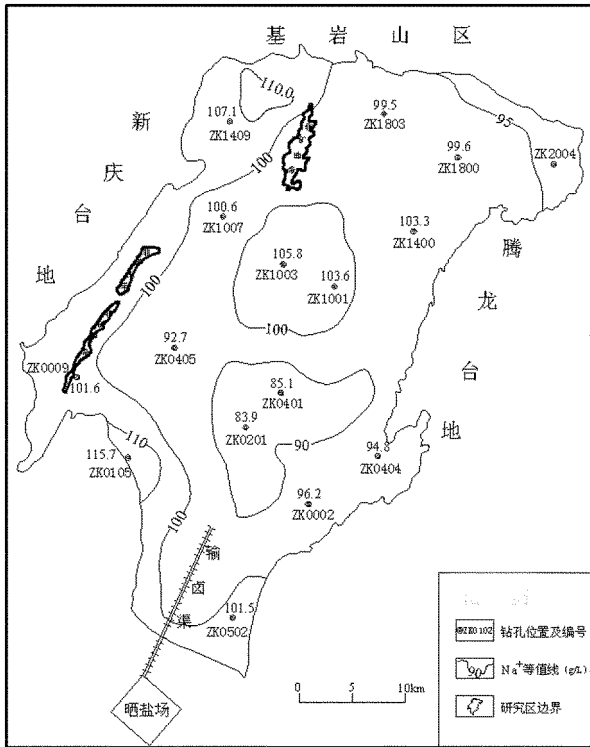


图 3 地下卤水 Na⁺ 等值线图(g/L)

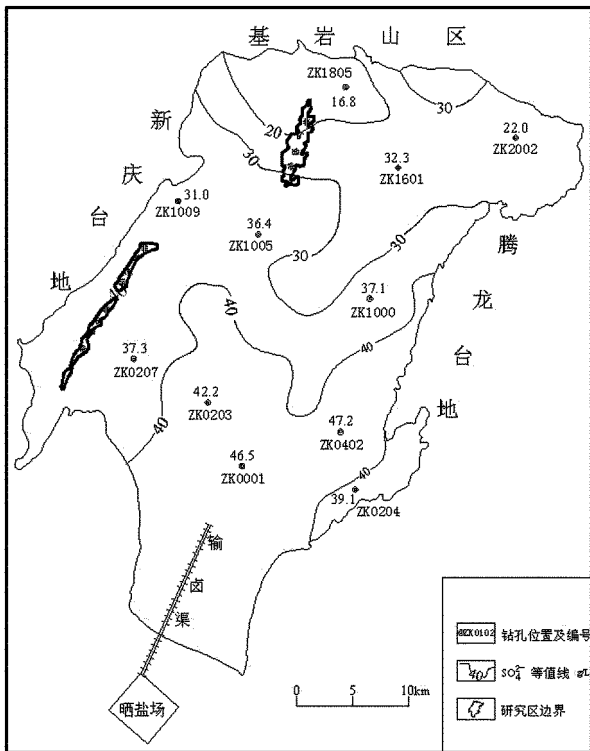


图 4 地下卤水 SO₄²⁻ 等值线图(g/L)

2.2 地下卤水宏量组分的垂直变化

从研究区各钻孔卤水离子含量在垂向上的变化可以看出,其变化十分明显(图 5)。卤水的矿化度、Mg²⁺, SO₄²⁻ 含量随着深度的增加总体增加, Na⁺, Cl⁻ 含量减少, Ca²⁺ 含量基本不变。这种变化反映卤水由上至下持续浓缩, Mg²⁺ 除形成白钠镁矾和钠镁矾沉积外,在卤水中富集。地层中随着钙芒硝、石膏、石盐的析出, SO₄²⁻, Na⁺, Ca²⁺ 显著减少,但实际上 SO₄²⁻ 含量增加, Na⁺ 含量缓慢减少, Ca²⁺ 含量上部增大,下部基本不变,也反映出该区持续有富 SO₄²⁻, Na⁺, Ca²⁺ 水的补给。Cl⁻ 含量总体由上至下降低,但变化不大^[4,5]。

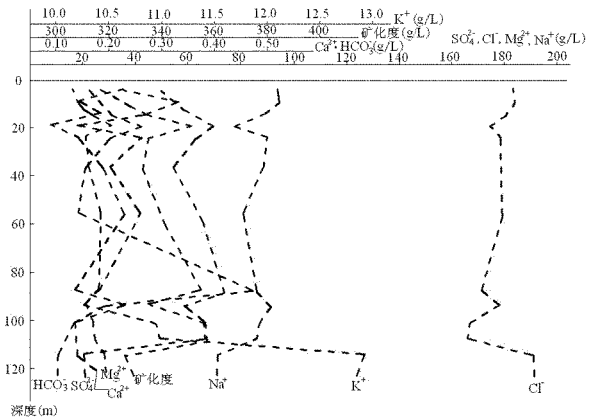


图 5 罗北凹地地下卤水离子含量垂直变化图

3 地下卤水同位素特征

3.1 氢、氧同位素

选取了 23 组水样进行了同位素分析,对采集的 23 组样品进行了稳定同位素¹⁸O 和 D(²H)的测试,水样中稳定同位素含量¹⁸O/¹⁶O, ²H/¹H 的大小通常用相对于标准平均海洋水(SMOW)的千分差来表示。

由图 6 可见罗北凹地卤水投影点沿着全球大气降水线分布且落在线的右下方,比较集中。表明该研究区卤水主要是由塔里木地区大气降水补给,且潜水和承压水均受到一定的蒸发浓缩^[6]。

3.2 锶同位素

研究区共采取 3 件卤水水样做锶同位素分析,结果见表 1。

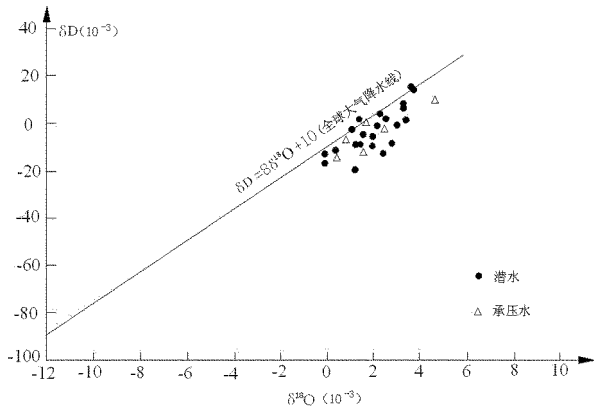


图 6 罗北凹地氢氧同位素特征

表 1 罗北凹地地下卤水锶同位素比值

样品号	采样地点	样品名称	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	标准误差 $\pm 2\sigma$
ZK95-1Su1	罗北凹地	卤水	0.71080	0.00006
ZK95-1Su2	罗北凹地	卤水	0.71073	0.00005
QK95-1Su1	罗北凹地	卤水	0.71044	0.00008

罗北凹地 3 个卤水的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值为 0.710 66 (平均值, $n=3$), 均大于现代海水(0.7090)和新生代海水(0.707 76~0.708 85), 说明研究区卤水与海水无直接联系^[6]。由于它们的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值略大于 0.71, 可推断, 罗北凹地卤水主要由地表水汇集而形成。

4 结语

通过对罗北凹地地下卤水水化学类型、宏量组分分布以及同位素组成的分析, 罗北凹地在宏观大的区域上卤水水化学类型基本全部属于硫酸镁亚型, 仅北部边界处存有少量的硫酸钠亚型卤水; 同时, 研究区地下卤水宏量组分呈现出较好的水平和垂直分带性; 研究区地下卤水主要是由塔里木地区大气降水补给, 且这些补给水经过了较为强烈的蒸发浓缩作用形成了目前的高矿化度卤水。

参考文献:

- [1] 刘刚, 韩晓静, 冯守涛, 等. 莱州湾南岸地下卤水水位动态变化与开采量关系研究[J]. 山东国土资源, 2011, 27(2): 12-16.
- [2] 张立荣. 潍坊北部地下卤水资源化学组分的关系[J]. 山东国土资源, 2006, 22(6): 23-27.
- [3] 赵振宏, 侯光才, 蔡青勤, 等. 罗布泊卤水矿床成矿地质背景[J]. 新疆地质, 2002, 20(3): 211-213.
- [4] 秦全新. 新疆若羌县罗北凹地液体钾岩矿床地质特征及成因探讨[J]. 新疆有色金属, 2003, (增刊): 2-6.
- [5] 王弭力, 刘成林. 罗布泊盐湖钾盐资源[M]. 北京: 地质出版社, 2001.
- [6] 刘成林, 王弭力, 焦鹏程. 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.

Study on Chemical Field Characteristics of Underground Brine in North Depression Area of Luobupo in Xinjiang Uygur Autonomous Region

CHEN Guodong, CAI Na, LIU Jimei, TANG Qiyun

(Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: In this paper, chemical field characteristics of underground brine in northern depression of Luobupo in Xinjiang Uygur Autonomous Region has been briefly introduced. Major chemical type of the underground brine is magnesium sulfate sub-type, horizontal and vertical zonation of macro ingredient of underground brine has been introduced, and water sample determination has been carried out. Through study on the forming mechanism of underground brine in this area, it is regarded that Luobupo lake is mainly replenished by surface water of Tarim river and precipitation, and condensed by stronger evaporation.

Key words: Underground brine; types of water chemistry; macro amount of components; zonation; isotope; Luobupo in Xinjiang Uygur Autonomous Region