

成果与方法

莱洲湾沿岸浅层地下卤水蒸发成因新依据

李伟, 吴衍华

(山东省第四地质矿产勘查院, 山东 潍坊 261021)

摘要:山东莱洲湾沿岸是我国重要的天然卤水矿产地, 分布广、浓度高、储量大, 关于其成因通过近几十年来的研究可归纳为蒸发浓缩生卤和冰冻生卤 2 种, 但其依据尚不够丰富。该文从海水冰冻实验与蒸发实验所经历的路径中, Na/Cl 与 Ca/Mg 随浓缩倍数的变化趋势来分析卤水的成因, 认为其应属蒸发浓缩生卤。

关键词:天然卤水矿; 矿床成因; 依据; 蒸发浓缩生卤; 莱洲湾沿岸

中图分类号: P619. 21⁺ 1; P611. 4⁺ 1

文献标识码: A

第四纪滨海相地下卤水是近几十年来被认识的一种新类型卤水盐矿床, 我国北方沿海地区主要分布在渤海沿岸及部分黄海岸段, 其中以山东莱州湾沿岸分布最广, 浓度最高, 储量最大。从 20 世纪 80 年代初期开始, 一些学者对其成因进行了探讨, 韩有松最先从卤水的化学成分分析认为其来源于海水, 并从地质角度分析得出可能来源于蒸发成卤的结论^[1], 但也不排除冰冻生卤的可能^[2]。孟广兰^[3,4]提出可以用卤水中 D 值相对于海水 D 值的变化趋势来判断卤水的成因。王珍岩等利用地球化学模拟的方法, 认为该地区的浅层地下卤水主要来源于古海水的蒸发浓缩^[5]。近年来, 山东省第四地质矿产勘查院对潍坊市北部沿海天然卤水矿进行勘查, 证实了莱州湾沿岸浅层地下卤水是蒸发浓缩生成而非冰冻成卤的结论, 并有了新的依据。

1 莱洲湾沿岸气候与地质特征

山东渤海沿岸地区的气候条件和地质特点为卤水的形成提供了充分的条件。据研究, 自晚更新世以来, 该地区气候日趋干旱, 几经变化形成现在的半干旱气候。据潍坊市气象局及水文局自有观测记录资料来看: 其年平均降水量 617mm, 蒸发量为 2147mm, 蒸发量达降雨量的 3.5 倍, 而且沿岸具有广阔的沙质浅滩。在退潮期间, 赋存于沙层中的海水

经强烈的蒸发作用变浓下渗, 涨潮时新的海水又给予补充, 如此周而复始, 不断浓缩下渗, 在沙层中贮存起丰富的卤水。沙层以下是粘土层, 为卤水的贮存提供了条件。大陆径流把陆源物质带入莱州湾及其邻近海域, 使其逐渐淤积变浅, 潮间带变为潮上带。潮上带沙滩的蒸发更为强烈, 使卤水进一步浓缩。同时, 大潮或风暴潮仍可为潮上带提供新的海水来源, 使卤水的形成过程持续进行^[6]。

此外, 在含地下卤水的沙层内, 普遍发现了海相腹足类生物及有孔虫化石, 它们属潮间带和滨岸浅水环境的种属, 这进一步表明, 卤水来源于海水。

2 Na/Cl 和 Ca/Mg 的变化特征

对卤水的主要阴阳离子的分析结果表明 (图 1), 主要离子含量 $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{SO}_4^{2-} > \text{Mg}^{2+}$, $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$, $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$, 与海水中离子含量排序相同。氯离子含量占阴离子含量的 92%, 钠离子含量占阳离子含量的 77%, 按舒卡列夫分类, 为 Cl-Na 型水, 与海水化学类型一致。

海水冰冻实验和海水蒸发实验中, Na/Cl 和 Ca/Mg 的变化是极具特征的。在海水冰冻实验中, 当海水浓缩倍数为 3.5 左右时, Na^+ 以芒硝 ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) 的形式从海水中析出^[7]; 而在海水蒸发实验中, Na^+ 要在浓缩到 10 倍时才以石盐 (NaCl) 的形

收稿日期: 2007-03-06; 修订日期: 2007-06-13; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 李伟 (1970-), 男, 山东枣庄人, 政工师, 主要地质勘查工作。

吴衍华等, 山东省潍坊市北部地区地下卤水矿勘察地质报告, 2005 年。

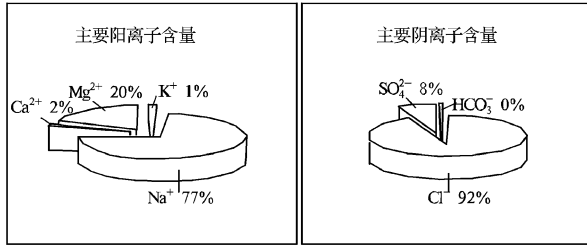


图 1 卤水中主要阴阳离子分布图

(注:根据舒卡列夫分类方法,图中各离子百分比为当量比)

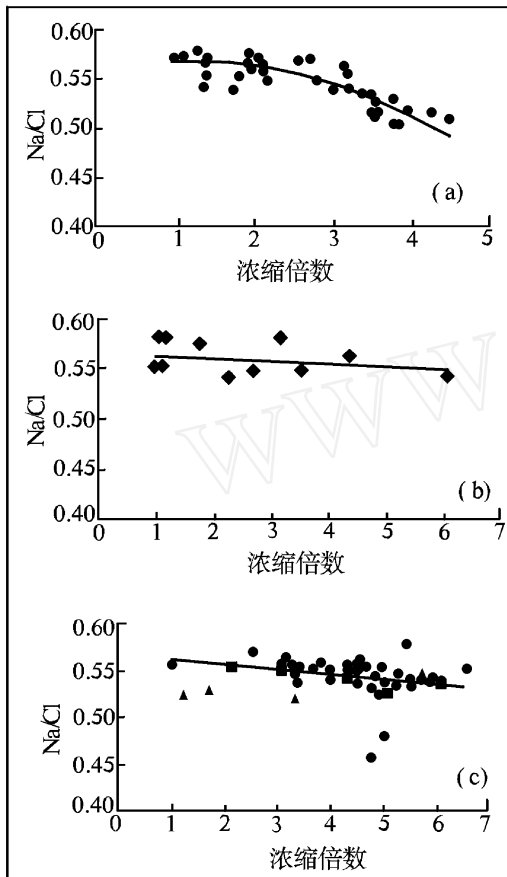


图 2 卤水中 Na/Cl 与浓缩倍数关系图

(a)根据 Heut^[7]等人的实验数据而作;(b)根据 McCaffrey^[8]等人的实验数据而作;(c)中 为本次采样数据,数据引自王珍岩等^[5],数据引自康兴伦等^[6]

式从海水中析出^[8]。所以对于海水冰冻路径,Na/Cl 在浓缩倍数超过 3.5 倍时迅速减小;而对于蒸发浓缩路径,Na/Cl 在浓缩倍数小于 10 倍时基本不变。另外,在海水冰冻实验过程中,当浓缩倍数小于 5 倍时,无 CaCO₃ 和 CaSO₄ 析出^[7,9];而在海水蒸发实验中,当海水浓缩到 1.8 倍时有 CaCO₃ 析出,3.8 倍时有 CaSO₄ 析出^[8]。所以对海水冰冻路径而言,

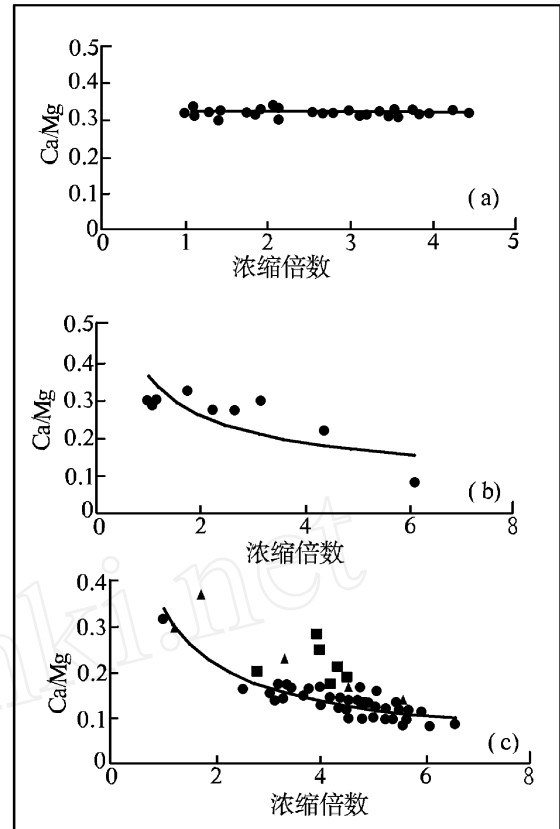


图 3 卤水中 Ca/Mg 比浓缩倍数关系图

(a)根据 Heut^[7]等人的实验数据而作;(b)根据 McCaffrey^[8]等人的实验数据而作;(c)中 为本次采样数据,数据引自王珍岩等^[5],数据引自康兴伦等^[6]

在浓缩倍数小于 5 倍时,Ca/Mg 维持恒定;而对于蒸发路径,由于析出了 CaCO₃ 和 CaSO₄,Ca/Mg 随浓缩倍数的增大而迅速减小。因此根据海水冰冻实验与蒸发实验所经历的路径的不同,用 Na/Cl 与 Ca/Mg 随浓缩倍数的变化趋势可以准确地判断地下卤水的成因。

图 2 和图 3 分别是 2005 年卤水勘查项目采样分析所得,Na/Cl 和 Ca/Mg 与浓缩倍数关系图。(a)和 (b) 分别代表海水冰冻实验^[7]、海水蒸发实验^[8]。从图中可以看出,海水冰冻实验与蒸发实验中的 Na/Cl 与 Ca/Mg 随浓缩倍数的变化趋势显著不同,以此为依据可以较准确地判断地下卤水的成因。图 2(c) 和图 3(c) 为莱州湾沿岸卤水采样样品的 Na/Cl 与 Ca/Mg 随浓缩倍数的变化趋势,由图可以看出,随着浓缩倍数的增加,Na/Cl 基本保持不变而 Ca/Mg 迅速下降,这和图 2(b) 和图 3(b) 海水蒸

发试验曲线是一致的。很显然,莱州湾沿岸地下卤水具备蒸发生卤的特征,这与地球化学模拟方法得出的结论是一致的^[5]。

另外,从地质的角度来看,冰冻生卤都有与之相应的地质地貌形态出现,其埋深可达几百到几千米。而莱州湾沿岸浅层地下卤水的埋藏深度仅为 0~80m,且呈有规律的带状分布,显然不同于冰冻生卤的地质构造。因此可以得出莱州湾沿岸地下卤水是蒸发浓缩形成,而非来自冰冻成卤的结论。

参考文献:

- [1] 韩有松,吴洪发. 莱州湾滨海平原地下卤水成因初探[J]. 地质评论, 1982, 28(2): 126 - 131.
- [2] 韩有松,孟广兰,王少青,等. 中国北方沿海第四纪地下卤水[M]. 北京: 科学出版社, 1996. 1 - 193.
- [3] 孟广兰,王珍岩,王少青,等. 冰冻成因卤水的水化学标志 I

- 卤水的 D 值[J]. 海洋与湖沼, 1999, 30(4): 416 - 420.
- [4] Wang Y Q, Chen X B, Meng G L, et al. On changing trends of D during seawater freezing and evaporation[J]. Cold Regions Science and Technology. 2000, (31): 27 - 31.
- [5] 王珍岩,孟广兰,王少青. 渤海莱州湾沿岸第四纪地下卤水演化的地球化学模拟[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2003, 23(1): 49 - 53.
- [6] 康兴伦,程作联. 山东渤海沿岸地下卤水的成分研究[J]. 海洋通报, 1990, 9(6): 17 - 21.
- [7] Herut B, Starinsky A, Katz A, et al. The role of seawater freezing in the formation of subsurface brines[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1990, (54): 13 - 21.
- [8] McCaffrey M A, Lazar B, Holland H D. The evaporation path of sea water and the coprecipitation of Br⁻ and K⁺ with halite[J]. J. Sediment Petrol, 1987, (57): 928 - 937.
- [9] Nelson K H, Thompson T G. Deposition of salts from sea water by frigid concentration[J]. J. Mar. Res, 1954, (13): 166 - 182.

Latest Origin Basis of Underground Bittern Evaporation in Costal Areas of Laizhouwan Gulf

L I Wei, WU Yan - hua,

(No. 4 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Weifang 261021, China)

Abstract: Costal areas in Laizhouwan gulf in Shandong province is an important natural bittern source in China. In these areas, bittern resource distributes widely with high density and big reserve. Through study in decades, origin of natural bittern can be divided into two types: one is evaporation and concentration, the other is deep freezing. On the basis of sea water evaporating and freezing experiment, combining with the result of variation trend of Na/Cl and Ca/Mg ratios, it is regarded that natural bittern in Laizhouwan gulf is formed by evaporation and concentration function.

Key words: Natural bittern resource; origin; basis; evaporation and concentration; costal areas of Laizhouwan gulf

(上接第 20 页)

Development of the Study on Toumaline in Our Country and Abroad

WANG M in¹, ZHANG Shang - kun^{1,2}, ZHAO Peng - da²

(1. Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China; 2. China Geological University, Beijing 100037, China)

Abstract: Crystal mineralogy, Ore - prospecting mineralogy, crystal physical and chemical characteristics and deposit resource are major aspects in studying toumaline in our country and abroad. Crystal structure and physical property of toumaline are studied in detail, and precious experiences in determining geological environment of ore - forming and rock - forming by using chemical compositions of toumaline have been gained from 40th of 20 century. Environment protection and Health products are produced by using physical property of toumaline, which shows a good exploration future of toumaline.

Key words: Toumaline; study development; advanced topic