

青海察尔汗盐湖别勒滩区段晶间卤水 全氮地球化学分布特征

王 腾^{1,2}, 韩凤清¹, 马茹莹^{1,2}, 韩继龙¹, 何 蕾^{1,2},
丁秀萍¹, 张燕霞^{1,2}, 韩耀宗¹

(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)

摘 要:氮是反映盐湖组成及盐湖环境的一个特征元素,全氮对于研究盐湖生物和有机地球化学具有重要意义。通过对察尔汗盐湖别勒滩区段晶间卤水全氮含量的分析,发现晶间卤水中全氮的含量相对海水、湖水等水体较高,全氮在不同钻孔不同深度上变化较大,随深度增加出现变大、变小和无变化3种变化趋势。空间上靠近涩聂湖和小别勒湖的钻孔中氮含量较低,可能与湖水补给有关。对比该地区卤水的矿化度、主要离子等指标发现,全氮受主要离子及矿化度的影响不大。同时结合盐湖晶间卤水中氨基酸的测试结果,发现全氮与氨基酸具有一定的相关性,表明在柴达木盆地别勒滩区段,全氮指标具有一定的有机地球化学指示意义。

关键词:察尔汗盐湖;晶间卤水;全氮;氨基酸;有机地球化学

中图分类号:P59; P736.4+3

文献标识码:A

文章编号:1008-858X(2014)02-0033-06

氮是盐湖中含量介于常量和微量元素之间的一种元素,是盐湖重要的组分和构建生命的重要元素之一,也是指示水环境的一项重要指标^[1-3]。水体中全氮是水体中各种形态氮的总称,包括氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮和有机氮^[4]。目前,对水体或沉积物中氮的研究多用于水环境、生态等领域,研究对象多为淡水湖泊或海洋,针对矿化度很高的盐湖卤水及晶间卤水中全氮的研究相对较少^[5-12]。氮素不仅是水体生物的重要营养元素,也是水体富营养化的主要限制性元素之一^[13]。通过研究盐湖卤水及晶间卤水中全氮的含量,可有助于进一步了解盐湖的物质组成及其环境特征。

察尔汗盐湖位于柴达木盆地中东部,地跨

格尔木市和都兰县,主要分为4个区段,即霍布逊段、察尔汗段、达布逊段、别勒滩段(图1),其中干盐滩上还有达布逊湖、南霍布逊、北霍布逊及涩聂湖等有湖表卤水的盐湖。察尔汗盐湖总面积5 856 km²,有格尔木河、柴达木河等多条内流河注入^[14]。该盐湖蕴藏有丰富的氯化钠、氯化钾、氯化镁和氯化锂等无机盐资源,为我国最大的无机盐生产基地。本研究样品采自察尔汗盐湖别勒滩区段的晶间卤水,同时采集了附近的涩聂湖湖水。别勒滩区段位于察尔汗干盐湖最西段,属于开发利用较晚的区域。通过对不同地点不同深度的晶间卤水进行全氮测试,分析该区域氮的分布规律,有助于进一步深入研究该区域盐湖组成及地球化学特征。

收稿日期:2013-10-31;修回日期:2014-03-13

基金项目:973项目(2012CB426500);国家自然科学基金项目(40772079)

作者简介:王 腾(1988-),男,硕士生,主要研究方向为有机地球化学。

通信作者:韩凤清。Email:hanfq@isl.ac.cn。

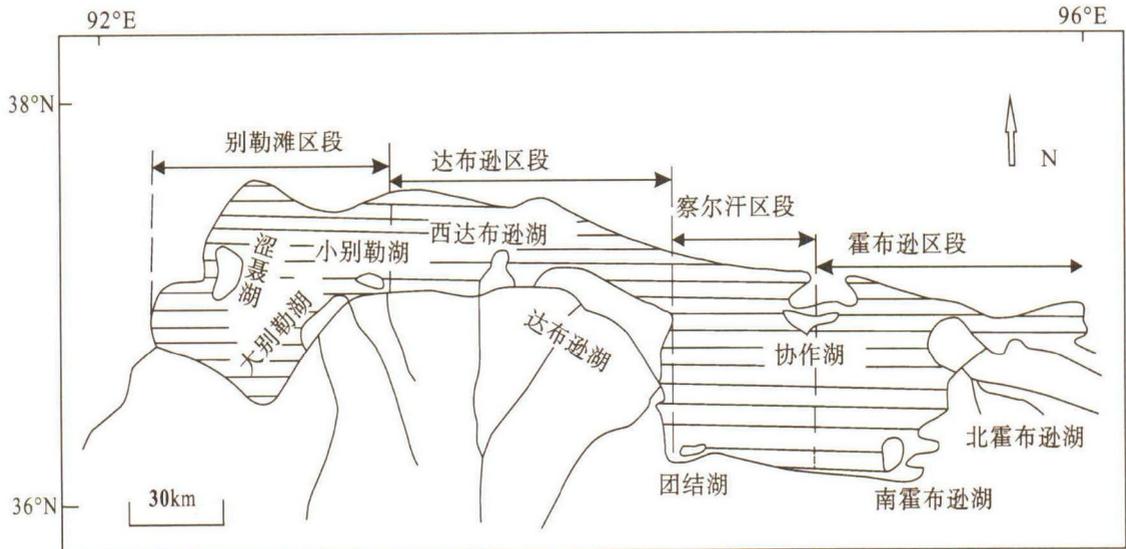


图1 察尔汗盐湖区段划分

Fig.1 Division of the sections in Qarhan Salt Lake

1 样品的采集与样品全氮含量的测试

1.1 样品采集

样品采集自察尔汗盐湖别勒滩区段 12 个钻孔,共 53 个样品(图 2)。本实验从所采样品中选取 36 个样品,应用凯式定氮法进行全氮含量测试^[15-16],测试工作在中国科学院西北高原生物研究所完成。

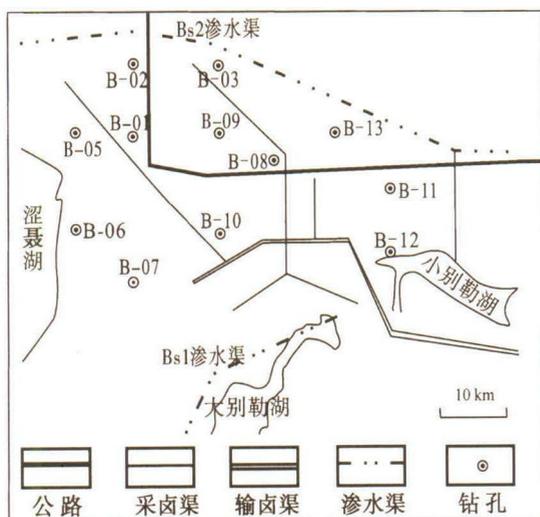


图2 别勒滩钻孔位置图

Fig.2 The distribution map of the drilling cores in Bieletan section

1.2 仪器、试剂与实验方法

1) 仪器与试剂

仪器 分析天平;凯氏蒸馏装置;锥形瓶;电热板。

试剂 盐酸(优级纯)标准溶液 0.002 mol/L;浓硫酸(分析纯) 100 mL;40% 氢氧化钠(优级纯)溶液 100 mL;无水碳酸钠(基准);硫酸铜与硫酸钾(优级纯)1:10 比例混合;2% 硼酸(优级纯)溶液 100 mL;混合指示液,1 份 0.1% 甲基红乙醇溶液与 5 份 0.1% 溴甲酚绿乙醇溶液(优级纯)临用时混合 100 mL。

2) 消化条件

缓慢加热至 400℃ 消化 120 min。

3) 实验方法

取 10mL 样品放入凯式瓶,加入 2 g 1:10 的硫酸铜和硫酸钾催化剂,加入 10 mL 左右浓硫酸缓慢摇动将样品浸湿。在电热板上缓慢加热至 400℃ 左右,大约 2 h 后样品呈透明淡蓝色液体,取出冷却 15 min ~ 20 min。将冷却后的样品定容至 100 mL,使用移液管取出 10 mL,放入凯式定氮装置。在三角瓶内加入 10mL 2% 硼酸以及 1 滴上述混合指示剂。样品中加入 10 mL 40% 氢氧化钠,蒸馏 7 ~ 8 min,将氨气完全吸收,呈淡蓝色。用 0.002 mol/L 的盐酸溶液进行滴定,至酒红色,然后根据盐酸的消耗

计算全氮的含量,测试误差不超过5%。

2 测试结果及全氮分布特征

全氮包括有机氮、氨氮、硝态氮和亚硝态氮,而由凯式法所测定的全氮理论上不包括硝

态氮和亚硝态氮^[17-18]。根据前人资料(表1),柴达木盆地察尔汗盐湖中硝酸根、亚硝酸根、铵根离子含量都较低,因此通过凯式定氮法所测得的全氮在很大程度上也可以反应该区域盐湖晶间卤水中有机氮的含量,可以作为对该区域进行有机地球化学研究的参考指标。

表1 察尔汗盐湖卤水或晶间卤水中硝酸根、亚硝酸根及铵根离子含量^[14]

Table 1 Contents of nitrate ion, nitrite ion and ammonium ion in Qarhan Salt Lake mg/L

	别勒滩	涩聂湖	小别勒湖	大别勒湖	霍布逊	察尔汗	达布逊
NO ₃ ⁻	10	3.65	4.3	2.7	3.15	3.9	0.03
NO ₂ ⁻	痕量	0.089	0.072	0.005	3.09	0.016	0.02
NH ₄ ⁺	痕量	20	痕量	痕量	痕量	痕量	-

通过对36个样品的测试发现(表2),在别勒滩区段盐湖晶间卤水中,全氮含量变化很大,同一钻孔的不同深度之间和不同钻孔之间都存

在着较大差距,其中最高含量在B-13-3孔,达到了157.73 mg/L;最低为B-2-2孔,仅为5.98 mg/L。

表2 察尔汗盐湖别勒滩区段盐湖晶间卤水全氮含量

Table 2 Contents of total nitrogen in the Bielelan section of the Qarhan Salt Lake

样品编号	深度 /m	全氮含量 / (mg · L ⁻¹)	样品编号	深度 /m	全氮含量 / (mg · L ⁻¹)	样品编号	深度 /m	全氮含量 / (mg · L ⁻¹)
B-1-1	4.5	39.62	B-6-2	4.0	9.72	B-8-3	11.0	69.53
B-1-2	6.0	31.4	B-6-3	6.0	8.22	B-8-4	13.0	66.54
B-1-3	8.0	37.38	B-6-4	8.0	7.48	B-9-3	8.0	49.34
B-1-4	9.3	30.65	B-6-5	10.0	8.22	B-9-4	9.0	48.59
B-1-5	12.0	30.65	B-6-6	12.0	12.71	B-10-4	12.0	55.32
B-2-2	2.0	5.98	B-6-7	13.6	26.17	B-10-5	13.7	112.1
B-2-3	4.0	43.36	B-7-1	2.0	28.41	B-11-4	10.0	10.47
B-3-2	4.0	62.05	B-7-2	4.0	41.12	B-12-3	3.5	29.16
B-3-3	5.5	73.26	B-7-3	6.0	46.35	B-12-4	4.5	26.17
B-5-2	5.0	38.88	B-7-4	8.0	58.31	B-13-3	6.0	157.7
B-5-3	7.0	12.71	B-7-5	10.0	47.1	B-13-4	7.8	8.97
B-6-1	2.0	11.96	B-7-6	11.8	42.61	涩聂湖	湖表	7.85

注:中国科学院西北高原生物研究所测试

表3 柴达木盆地别勒滩区段晶间卤水各孔全氮含量平均值

Table 3 The average total nitrogen in the Bielelan section of the Qarhan Salt Lake

mg/L

孔号	平均值	孔号	平均值	孔号	平均值
B-1	33.94	B-7	43.98	B-12	27.67
B-2	24.67	B-8	68.04	B-13	83.36
B-3	67.66	B-9	48.97	涩聂湖	7.85
B-5	25.80	B-10	83.73	全部	38.75
B-6	12.07	B-11	10.47		

由表2可见,B-1、B-6、B-7、B-8、B-9孔全氮含量随深度变化不大,而B-2、B-3、B-5、B-10、B-12、B-13孔中全氮含量则存在较大变化。其中,B-2、B-3和B-10孔从浅到深全氮含量增大,而B-5、B-12、B-13号孔从浅到深减小。

从各孔全氮空间分布来看,B-5孔和B-6孔距涩聂湖较近,其晶间卤水可能受到涩聂湖水的补给,因此与涩聂湖水的全氮含量较为接近,两钻孔和涩聂湖中的全氮含量都相对较低(表2,表3)。同样,靠近小别勒湖的B-11、B-12孔中全氮含量也相对较低。其它远离湖水补给的钻孔全氮含量则一般较高,如B-10和B-13孔。但也存在部分例外,如B-12-4,仅为8.97 mg/L,推测盐湖晶间卤水全氮含量的空间变化可能受到了湖水补给的影响。

总体而言,该区全氮分布的规律性较差,不同钻孔、不同深度之间存在较大的差异。值得注意的是,全氮含量最高的两个点分别为B-10-5和B-13-4,这两个孔在其它深度全氮含量相比其它钻孔并不高,特别是B-13-3和B-13-4,深度仅相差1.8 m,但全氮含量却相差达17.6倍。该区域沉积物为石盐与粉砂质粘土或粘土质粉砂互层,全氮的高低变化可能受到了晶间卤水不同含水层的影响。

此外,该研究区域全氮含量平均为38.75 mg/L,高于天然水中氮的平均浓度0.05 mg/L,海水中氮的浓度0.64~15.5 mg/L^[19],也高于青海湖中全氮的平均含

量(0.80±0.14) mg/L^[13],说明晶间卤水全氮含量较其它水体高,氮在晶间卤水中比其它水体更为富集。晶间卤水为地下水,地下水化学成分受含水介质影响,推断该地区全氮含量较高与晶间卤水的含水介质有关。

3 全氮分布规律与常规离子分布关系的探讨

察尔汗盐湖别勒滩区段主要离子分布呈现较为显著的规律性,钾离子随深度的增加而减小,锂离子随深度的增加而增加。在空间上,从东到西,钙离子和钠离子含量递减,而镁离子、锂离子、氯离子含量则递增,其主要离子含量的波动较小^[20]。与此相比,全氮含量的变化幅度则较大,全氮所表现出的分布特征与盐湖中常见的8个大类的离子分布未呈现出任何显著的相关性。据此推断,察尔汗盐湖别勒滩区段晶间卤水中全氮的分布受无机离子等因素影响较小。

4 测定该区域卤水中全氮含量的有机地球化学意义

由于有机态氮是构成氨基酸结构的基础元素之一,通过选取全氮含量较高的11个样品,使用高效液相色谱法对17种常见氨基酸含量进行了测定,发现氨基酸的总量与全氮含量具有一定的正相关性(表4)。

表4 察尔汗盐湖别勒滩区段总氮及氨基酸含量

样品序号	总氮	氨基酸	样品序号	总氮	氨基酸
B-1-1	39.62	125	B-8-3	69.53	115
B-2-3	43.36	163	B-9-3	49.35	87
B-3-3	73.26	53	B-10-5	112.14	176
B-5-2	38.88	72	B-13-3	157.74	485
B-6-7	26.17	71	涩聂湖	8.97	68
B-7-4	58.31	145			

注:中国科学院西北高原生物研究所测试

由表4可见,全氮含量较高的区域,氨基酸的含量也相对较高(B-3-3除外),二者相关系数为0.690,具有一定的正相关性。可见柴达木盆地察尔汗盐湖区域,全氮可以作为反映氨基酸含量及分布的参考指标。

5 结 论

通过对察尔汗盐湖别勒滩区段晶间卤水中全氮的测试和分析,结合该区域晶间卤水中主要离子及氨基酸等数据,可得出以下结论。

1)察尔汗盐湖别勒滩区段晶间卤水中全氮含量在5.98~157.73 mg/L之间变化,平均为38.75 mg/L,高于海水、青海湖和天然水中氮的平均浓度,显示盐湖中全氮有较强的富集。

2)察尔汗盐湖晶间卤水中全氮含量在各钻孔中变化较大,有些钻孔随深度增加而增加,部分钻孔随深度降低,还有的钻孔变化不大。

3)在全氮含量的空间分布方面,靠近涩聂湖及小别勒湖的钻孔中平均含量相对较低,其它地区含量则一般较高。

4)通过对该地区全氮和盐湖中常见的8个大类的离子分布特征对比发现,全氮含量与各离子分布的相关性不大。

5)察尔汗盐湖别勒滩区段晶间卤水中无机氮含量较低,全氮主要代表有机氮的含量。全氮与氨基酸表现出一定的相关性,因此研究全氮分布特征对于研究该区域的有机地球化学特征具有一定的指示意义。

致谢:感谢中国科学院西北高原生物研究所胡凤祖研究员和中国科学院青海盐湖研究所钱桂敏副研究员在盐湖有机物研究方面给予的指导和帮助。

参考文献:

[1] 王东红,黄清辉,王春霞,等.长江中下游浅水湖泊中总氮及其形态的时空分布[J].环境科学,2004,25(sup):27-30.

[2] Liang X, Xiao C, Yang T, et al. Distribution and transprotonation of nitrogen in Miyun reservoir waters[J]. Science in China, D Earth Sciences, 2005, 48(sup):322-332.

[3] Smith V H, Joye S B, Howarth R W. Eutrophication of fresh-

water and marine ecosystems[J]. Limnol. Oceanogr., 2006, 51(1):351-355.

- [4] 曾巾,杨柳燕,肖琳,等.湖泊氮素生物地球化学循环及微生物的作用[J].湖泊科学,2007,19(4):382-389.
- [5] 孙惠民,何江,吕昌伟,等.乌梁素海沉积物中有机质和全氮含量分布特征[J].应用生态学报,2006,17(4):620-624.
- [6] 杨绒,严德翼,周建斌,等.黄土区不同类型土壤可溶性有机氮的含量及特性[J].生态学报,2007,27(4):1398-1403.
- [7] 朱元荣,张润宇,吴丰昌.滇池沉积物中氮的地球化学特征及其对水环境的影响[J].中国环境科学,2011,31(6):978-983.
- [8] Saunders D L, Kalff J. Nitrogen retention in wetlands, lakes and rivers[J]. Hydrobiologia, 2001, 443:205-212.
- [9] He C, Liu X, Christie P, et al. Estimating total nitrogen deposition in agroecosystems in northern China during the wheat cropping season[J]. Journal of Arid land, 2010, 2(1):2-8.
- [10] Guildford S J, Hecky R E. Total nitrogen, total phosphorous, and nutrient limitation in lakes and oceans: Is there a common relationship[J]. Limnology and Oceanography, 2000, 45(6):1213-1223.
- [11] Wang S, Wang X, Ouyang Z. Effects of land use, climate, topography and soil properties on regional soil organic carbon and total nitrogen in the Upstream Watershed of Miyun Reservoir, north China[J]. Journal of Environmental Sciences, 2012, 24(3):387-395.
- [12] Yan Y, Wang X. Distribution characteristics of soil organic matter and total nitrogen on the Yajiang vertical belt, Gongga mountain around the Dadu river banks[J]. Wuhan University Journal of Natural Sciences, 2008, 13(3):331-335.
- [13] 陈学民,朱阳春,罗永清,等.青海湖氮素分布特征及其对藻类生长的影响[J].安全与环境学报,12(2):119-123.
- [14] 张彭熹,陈克造,于升松.柴达木盆地盐湖[M].北京:科学出版社,1987:1-235.
- [15] 何进,梁运祥.浅谈凯氏定氮法[J].陕西粮油科技,1996,21(3):52.
- [16] 张颖,王家林,于秦峰.妙府老酒中总氮及氨基酸含量的测定[J].酿酒科技,2011,10:98-100.
- [17] 江伟,李心清.凯氏蒸馏法和元素分析仪法测定沉积物中全氮含量的异同及其意义[J].地球化学,2006,35(3):221-226.
- [18] 沈志良,刘群,张淑美.2003.长江总氮和有机氮的分布变化与迁移[J].海洋与湖沼,11(6):577-585.

- [19] 牟保磊. 元素地球化学[M]. 北京:北京大学出版社, 1999:204-205.
- [20] 田润,韩凤清,马海州,等. 察尔汗盐湖别勒滩区段晶间卤水的主要离子分布特征[J]. 盐湖研究,2007,15(3):7-13.

Total Nitrogen Distribution Geochemical Characteristics of Inter-crystal Brine in Bieletan Section of Qarhan Salt Lake

WANG Teng^{1,2}, HAN Feng-qing¹, MA Ru-ying^{1,2}, HAN Ji-long¹, HE Lei^{1,2},
DING Xiu-ping¹, ZHANG Yan-xia^{1,2}, HAN Yao-zong¹

(1. Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining, 810008, China;
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China)

Abstract: Nitrogen is a characteristic element that reflects the components and formation environment of salt lakes. The research of the total nitrogen content is highly significant in studying the salt lake organism and organic geochemical.

By determining the total nitrogen content of inter-crystal brine in Bieletan, Qarhan Salt Lake, and comparing with salt lake salinity, eight common inorganic ions content in the region, it was found that there are different spatial distribution regularities between the total nitrogen and other inorganic elements like potassium, lithium and calcium. Total nitrogen content is less regular between different drill holes as well as the same drill hole with different depth. Besides, the variation of total nitrogen content is far bigger than those ions.

There are three trends that the brine nitrogen content becomes larger, smaller and invariant with increasing depth, and the nitrogen content of drill holes which near Senie Lake and Xiaobiele Lake are lower than other areas. The variation of total nitrogen content of inter-crystal brine in the region is not so influenced by factors such as common inorganic ion and degree of mineralization, and the real influence factors need further analysis and ascertainment.

The authors also discovered the nitrogen in the region is higher than in the sea, lakes and natural waters. At the same time, combining with the test result of salt lake inter-crystal brine amino acid, it was found that good correlation between total nitrogen content and amino acids content, suggesting that total nitrogen index has certain organic geochemical denotative meaning in Bieletan Section.

Key words: Qarhan salt lake; Inter-crystalline brine; Total nitrogen; Amino acid; Organic geochemistry