海拉尔盆地盐湖及碳酸盐成因*

郑喜玉 吕亚平
(中国科学院青海盐湖研究所,西宁 810008)

摘 要 本文根据野外考察和室内分析资料,全面总结了该区盐湖概况、矿物组成、卤水成分及盐元素的物质来源,提出了碱湖的形成和天然碱的成因机理。

关键词 海拉尔盆地 脱硫细菌 成碱过程

海拉尔盆地,是我国东北部高纬度中的大型成盐盆地。盆地内盐湖星罗棋布,是内蒙古盐湖区的重要组成部分。尤其是天然碱湖,在半干旱沼泽草原区很有特色[1]。查明这些盐湖及其形成背景,对认识该区盐湖(尤其是碱湖)形成自然环境,拓宽盐湖研究新领域,是有重要意义的。

盐湖概况

据考察,海拉尔盆地及其附近,有 1km² 以上湖泊 123 个,面积 2680.96km²。其中,盐湖 80 个,占湖泊总数的 65.04%,为该区主要湖泊类型。但规模不大,面积只有 171.45km²,仅占湖泊总面积的 6.40%,单个盐湖平均面积 2.14km²,属于小盐湖分布区[2](表 1)。

表 1 海拉尔盆地(含外围)盐湖一览表

序号	盐湖名称	地理位置			面积 km²	水深 (m)	海拔 (m)	主要盐类矿物	资料来源
		政区	东经	北纬					
1	白音诺尔	陈巴尔虎旗	118°30′	49°47′	1.0	0.5	535	芒硝	3
2	霍鲁坡(洪亭)湖	陈巴尔虎旗	118°25′	49°44′	2.7	0.2	520	芒硝	3
3	修土湖	陈巴尔虎旗	118°42′	49°24′	2.0	0.5	568	芒硝	1
4	卧龙沟南湖	陈巴尔虎旗	119°32′	49°29′	1.0	0.1	604	芒硝	3
5	达拉孙诺尔	陈巴尔虎旗	119°46′	49°57′	1.0	0.1	531	芒硝	3
6	哈拉干特湖	陈巴尔虎旗	118°26′	49°11′	1.0	0.1	608	芒硝	3
7	莫里托湖	陈巴尔虎旗	118°29′	49°10′	1.0	0.1	612	芒硝	3
8	岸盖努托依湖	陈巴尔虎旗	118°30′	49°08′	1.6	0.1	612	芒硝	3
9	准查干诺尔	陈巴尔虎旗	119°01′	48°51′	1.0	0.1	650	芒硝	3

* 国家基金资助项目(49272116)
〔1〕 参加野外考察研究的还有张明刚、唐渊、董继和、梁育生、胡金泉、山发寿、韩延月、张澍浜、张子明。感谢林乐枝、王中山的帮助。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.

续表 1

序号	盐湖名称	地理位置			面积 km^2	水深 (m)	海拔 (m)	主要盐类矿物	资料来源
		政区	东经	北纬					
10	沙巴廷诺尔	陈巴尔虎旗	119°03′	48°51′	1.2	0.1	650	芒硝	3
11	额和锡诺尔	陈巴尔虎旗	119°05′	48°46′	1.0	0.1	650	芒硝	3
12	哈鲁坡湖	陈巴尔虎旗	118°55′	49°04′	2.7	0.1	604	芒硝、泡碱	1
13	英诺尔	鄂温克族自治旗	119°01′	48°43′	1.0	0.1	655	芒硝	3
14	查干诺尔	鄂温克族自治旗	118°48′	48°39′	1.0	0.1	660	芒硝	3
15	嘎鲁特湖	鄂温克族自治旗	119°04′	48°26′	1.2		674	芒硝	3
16	伊和诺尔	鄂温克族自治旗	119°43′	48°35′	1.4	0.2	672	芒硝	3
17	巴嘎诺尔	鄂温克族自治旗	119°44′	48°36′	1.3	0.2	672	芒硝	3
18	柴达敏诺尔	鄂温克族自治旗	119°43′	48°39′	1.0	0.1	666	芒硝	3
19	火布逊诺尔	鄂温克族自治旗	119°05′	48°13′	17.5	0.1		泡碱	1
20	盘扎湖	新巴尔虎左旗	118°23′	49°42′	2.5	0.1	520	芒硝	3
21	阿尔布拉克湖	新巴尔虎左旗	118°23′	49°39′	2.0	0.5	540	芒硝	3
22	哈鲁鲁湖	新巴尔虎左旗	118°13′	49°37′	1.5	0.3	540	芒硝	3
23	义合湖	新巴尔虎左旗	118°14′	49°10′	1.0	0.1	599	芒硝	2
24	嵯岗湖	新巴尔虎左旗	118°01′	49°02′	2.0	0.1	545	芒硝	2
25	巴杨查岗湖	新巴尔虎左旗	118°43′	48°24′	7.0	0.3	660	芒硝、泡碱	1、2
26	哈布其勒查干诺尔	新巴尔虎左旗	118°50′	48°22′	1.6	0.1	675	芒硝	3
27	塔日根(塔尔干)诺尔	新巴尔虎左旗	118°27′	48°10′	1.5	0.3	690	泡碱	1、2
28	苏敏诺尔	新巴尔虎左旗	118°10′	48°49′	1.0	0.1	550	泡盐	1、2
29	沙里博克(绍尔包格)湖	新巴尔虎左旗	118°05′	48°54′	3.1	0.2	547	芒硝、石盐	1、2
30	达布逊诺尔	新巴尔虎左旗	118°27′	49°15′	2.0	0.5	679	芒硝、石盐	1
31	达布散诺尔	新巴尔虎左旗	118°31′	48°19′	1.8	0.2	669	芒硝、泡碱	1、2
32	好纪(阿然吉)湖	新巴尔虎左旗	118°34′	48°15′	2.1	0.1	702	泡碱、芒硝	1
33	呼吉尔诺尔	新巴尔虎左旗	118°33′	48°18′	1.5	0.5	684	泡碱、芒硝	1
34	德保勒格湖	新巴尔虎左旗	117°40′	48°27′	1.0	0.1		芒硝	1
35	沙尔乌苏诺尔	新巴尔虎左旗	118°41′	48°12′	3.7	0.3	680	芒硝	2
36	嘎布津托胡鲁克湖	新巴尔虎左旗	118°31′	48°01′	1.0	0.1	701	芒硝、石盐	1、2
37	沃布多格(达布斯特)诺尔	新巴尔虎左旗	118°22′	48°07′	1.0	0.1	660	芒硝	1
38	哈苏盖诺尔	新巴尔虎左旗	118°28′	48°03′	1.0	0.1		芒硝	2
39	姆州(多罗)诺尔	新巴尔虎左旗	117°35′	48°18′	1.0	0.1	678	石盐	1
40	托索诺尔	新巴尔虎左旗	117°38′	48°37′	1.0	0.7		芒硝	2
41	陶苏阿拉善湖	新巴尔虎左旗	117°40′	49°02′	1.0	0.3		芒硝	1、2

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.

续表 1

序号	盐湖名称	地理位置			面积 km^2	水深 (m)	海拔 (m)	主要盐类矿物	资料来源
		政区	东经	北纬					
42	浩勒包(敖伦)诺尔	新巴尔虎左旗	116°17′	48°30′	1.5	0.2	660	泡碱	1
43	那仁(乃林)诺尔	新巴尔虎左旗	118°27′	48°24′	1.0	0.2	679	芒硝、泡碱	1
44	霍托查干诺尔	新巴尔虎左旗	118°10′	49°33′	1.0	0.2	543	泡碱	1、2
45	东红克尔湖	新巴尔虎左旗	119°10′	49°04′	1.0	0.1		芒硝、泡碱	2
46	锡林傲包湖	新巴尔虎左旗	117°43′	48°28′	1.0	0.1		石盐、芒硝	2
47	坎坷鲁湖	新巴尔虎左旗	117°42′	48°32′	1.0	0.1		石盐	3
48	塔子岗湖	新巴尔虎左旗	118°27′	48°12′	1.0	0.1		石盐	1
49	塔拉苏海湖	新巴尔虎左旗	118°25′	48°12′	1.0	0.1		芒硝、泡碱	1
50	新宝力格(古尔班)海	新巴尔虎左旗	118°09′	48°48′	3.0			泡碱	1
51	扎苏泼鲁柯湖	新巴尔虎左旗	117°40′	48°54′	1.0	0.2		芒硝	2
52	陶(托)逊诺尔	新巴尔虎左旗	117°44′	48°47′	1.0	0.1		石盐、芒硝	1、2
53	好老巴(浩勒包)湖	新巴尔虎左旗	118°43′	48°33′	1.0	0.1		泡碱、芒硝	1
54	柴(色)达木诺尔	新巴尔虎左旗	118°10′	48°45′	1.0	0.1	550	芒硝、泡碱	1
55	达布斯特湖	新巴尔虎左旗	118°22′	48°04′	1.0	0.2		芒硝、泡碱	2
56	呼吉仁诺尔	新巴尔虎右旗	116°28′	48°35′	1.0	0.1	570	芒硝	1
57	尚丁诺尔	新巴尔虎右旗	116°19′	48°30′	1.0	0.1	576	芒硝	2
58	查干诺尔	新巴尔虎右旗	116°29′	48°05′	8.7	0.4	508	芒硝	3
59	东库鲁图诺尔	新巴尔虎右旗	116°44′	48°34′	1.0	0.2	712	芒硝	1
60	西库鲁图诺尔	新巴尔虎右旗	116°26′	49°09′	2.3	0.5	660	芒硝	1
61	哈尔诺尔	新巴尔虎右旗	116°33′	48°46′	2.3	0.1	630	芒硝	3
62	巴里格沙诺尔	新巴尔虎右旗	116°48′	48°44′	1.0	0.1	560	芒硝	3
63	查布特诺尔	新巴尔虎右旗	116°47′	48°55′	1.0	0.1	600	芒硝	3
64	陶勒盖廷诺尔	新巴尔虎右旗	116°47′	48°58′	1.5	0.3	602	芒硝	3
65	阿尔善查干诺尔	新巴尔虎右旗	116°47′	48°09′	7.6	0.2	501	芒硝	2
66	特尔格廷查干诺尔	新巴尔虎右旗	116°31′	48°06′	1.1	0.1	508	芒硝	2
67	呼热诺尔	新巴尔虎右旗	115°45′	47°48′	2.0	0.2	501	芒硝	2
68	巴嘎哈伦沙巴尔特诺尔	新巴尔虎右旗	115°46′	47°46′	3.0	0.3	585	芒硝	2
69	小力布哥湖	新巴尔虎右旗	115°40′	48°07′	1.5	0.1	616	芒硝	2
70	都尔特诺尔	新巴尔虎右旗	116°52′	48°27′	1.0	0.1	558	芒硝、石盐	1
71	小碱湖	新巴尔虎右旗	117°05′	48°40′	2.0	0.2	640	水碱	3
72	大碱湖	新巴尔虎右旗	117°25′	48°35′	5.0	0.3	555	水碱	3
73	巴彦布拉格诺尔	新巴尔虎右旗	116°12′	48°55′	1.0	0.1		芒硝	2

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.

续表 1

序号	盐湖名称	地理位置			面积 km^2	水深 (m)	海拔 (m)	主要盐类矿物	资料来源
		政区	东经	北纬					
74	索里果图诺尔	新巴尔虎右旗	116°15′	48°45′	1.0	0.1		芒硝	2
75	珠尔博特诺尔	新巴尔虎右旗	116°30′	48°35′	2.0	0.1	550	芒硝	2
76	察汗诺尔	新巴尔虎右旗	116°40′	48°15′	2.0	0.2	550	芒硝	2
77	索里里诺尔	新巴尔虎右旗	116°00′	48°25′	2.0	0.1	550	芒硝	2
78	赛汗塔拉诺尔	新巴尔虎右旗	116°17′	48°30′	10.0	0.5	550	芒硝	2
79	白音陶里木诺尔	新巴尔虎右旗	117°05′	48°30′	11.0	0.3		芒硝	1、2
80	伊和牙巴特诺尔	新巴尔虎右旗	116°40′	48°47′	1.0	0.1	620	芒硝	3

注：1、中国科学院盐湖研究所 1993—1995

2、内蒙古自治区一六地质队 1985

3、中国人民解放军总参谋部测绘大队 1967—1969

盐湖成分

盐湖成分，分盐类矿物和卤水化学成分两部分。盐湖盐类矿物和盐湖卤水，化学组成相似，存在状态各异，在盐湖中共存，亦能相互转化。

1、盐类矿物

据考察，该区盐湖盐类矿物共 17 种(表 2)。其中，碳酸盐矿物 9 种、硫酸盐矿物 6 种和氯化物矿物 2 种。上述矿物中，以泡碱、芒硝、无水芒硝和石盐为主，数量多、分布广，具有开发价值。

表 2 海拉尔盆地盐湖类沉积矿物

类型	矿物名称		化学组成			主要盐湖
碳酸盐	方解石	Calcite	$CaCO_3$			多数盐湖
	文石	Aragcrite	$CaCO_3$			多数盐湖
	白云石	Dolomite	$CaCO_3$	$MgCO_3$		多数盐湖
	菱镁石	Magnesite	$MgCO_3$			塔日根诺尔
	针碳钠钙石	Gaylusite	Na_2CO_3	Ca_2CO_3	$5H_2O$	塔日根诺尔
	钙水碱	Pirssonite	Na_2CO_3	Ca_2CO_3	$2H_2O$	塔日根诺尔
	天然碱	Trcna	Na_2CO_3	$NaHCO_3$		好纪湖
	泡碱	Natron	Na_2CO_3	$10H_2O$		塔日根诺尔
	水碱	Thermonatrte	Na_2CO_3	H_2O		好纪湖
硫酸盐	石膏	Gypsum	$CaSO_4$	H_2O		多数盐湖
	硬石膏	Anhydrite	$CaSO_4$			白音陶力木湖
	无水芒硝	Thenardite	Na_2SO_4			赛汗塔拉诺尔
	芒硝	Mirabilite	Na_2SO_4	$10H_2O$		赛汗塔拉诺尔
	白钠镁矾	Bloedite	Na_2SO_4	$MgSO_4$	$4H_2O$	沙里博克湖
	泻利盐	Epaomite	$MgSO_4$	$7H_2O$		沙里博克湖
氯化物	石盐	Halite	NaCl			姆州诺尔
	水石盐	Hydrlhalite	NaCl	$2H_2O$		姆州诺尔

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.

表 3　海拉尔盆地盐湖卤水化学成分

样品编号	盐湖名称	密度 (g/cm^2)	pH	矿化度 (g/L)	化学成分								分类系数				水化学类型
					Na	K	Mg	Ca	Cl	SO_4	CO_3	HCO_3	Kn_1	Kn_2	Kn_3	Kn_4	
93HS−1	巴杨查岗诺尔	1.188	7	265.51	88.30	0.21	4.38	0.18	89.59	78.46	—	3.35	0.15	4.57	188.8	6.17	硫酸钠亚型
93HS−2	浩勒包诺尔	1.057	11	68.31	26.10	0.08	0.04	0.01	20.81	20.85	12.62	5.54	235.4	246.3	108.6	2330	碳酸盐型
93HS−4	呼吉尔诺尔	1.032	10	43.04	15.62	0.08	0.04	0.01	12.79	4.75	4.81	3.94	67.3	97.3	366.0	833.4	碳酸盐型
93HS−5	达布逊诺尔	1.290	8	480.15	177.60	0.46	0.01	0.01	147.30	62.08	45.22	47.48	8131	5194	14361	25394	碳酸盐型
93HS−6	塔日根诺尔	1.040	11	59.74	20.98	0.08	0.59	0.10	17.56	14.45	4.01	2.06	3.41	9.43	537.1	298.8	碳酸盐型
93HS−8	德保勒格诺尔	1.245	6	349.32	88.58	0.27	25.95	0.07	155.52	74.87	—	3.06	0.02	0.75	437.8	14.08	硫酸镁亚型
93HS−9	托索诺尔	1.124	5	143.76	37.01	0.05	8.20	0.36	35.71	58.53	0.72	3.19	0.11	1.78	68.53	428.8	硫酸钠亚型
93HS−10	姆卅(多罗)诺尔	1.243	7	260.80	63.16	0.34	18.82	0.36	87.59	86.04	—	3.54	0.01	1.18	100.7	3.20	硫酸钠亚型
93HS−13	白音陶力木诺尔	1.145	5	197.66	58.36	0.24	8.27	0.29	74.20	53.58	0.08	1.72	0.04	1.65	78.38	2.06	硫酸钠亚型
93HS−18	陶苏阿拉善湖	1.268	5	370.66	57.77	0.22	50.78	0.43	175.01	81.48	—	4.97	0.02	0.42	79.50	3.82	硫酸镁亚型
94HS−4	修土湖	1.019	5	28.04	9.57	0.03	0.19	0.03	7.22	9.76	0.37	0.87	5.63	45.60	325.3	41.33	碳酸盐型
94HS−6	西库鲁图湖	1.103	6	145.65	49.11	0.46	3.15	0.22	46.67	52.19	—	0.87	0.26	15.74	237.2	3.95	硫酸钠亚型
94HS−8	东库鲁图湖	1.055	9.5	77.11	23.81	0.38	1.66	0.30	18.61	31.94	—	0.40	0.20	16.5	79.85	1.33	硫酸钠亚型
94HS−9	阿尔布拉克湖	1.020	9	23.84	5.08	0.05	0.05	0.01	4.01	10.63	1.84	1.89	62.17	18.90	1063	373	碳酸盐型
94HS−12	富汗塔拉湖	1.103	6	137.00	44.01	0.06	1.03	0.49	14.00	77.55	0.04	0.81	0.56	51.63	84.67	0.56	硫酸钠亚型
94HS−13	达布散诺尔	1.168	5.5	240.80	86.82	0.28	1.96	0.19	108.86	41.49	—	1.08	0.50	19.80	218.3	5.68	碳酸盐型
94HS−17	好纪湖	1.004	9	7.99	2.61	0.04	0.06	0.03	2.11	1.39	0.21	1.54	19.44	34.8	46.3	58.3	碳酸盐型
94HS−18	嘎布津托胡鲁克湖	1.128	6	144.07	1.24	0.01	0.04	0.07	1.75	0.21	—	0.55	5.0	6.90	3.10	7.88	硫酸钠亚型
94HS−21	沙里博克湖	1.180	8.5	64.57	21.96	0.04	0.66	0.05	19.55	21.70	0.02	0.57	0.83	31.56	434	14.2	硫酸镁亚型
94HS−15	浩勒包诺尔	1.128	10	158.52	61.72	0.37	0.04	0.01	42.44	15.48	32.37	6.09	769.2	1078.8	1548	3846	碳酸盐型
94HS−16	塔日根诺尔	1.128	9	180.46	66.68	0.21	0.02	0.01	60.66	42.64	68.50	3.79	2409	6935	6642	7229	碳酸盐型
Q−1	东库鲁图湖			72.79	10.00	0.10	1.17	0.56	18.15	2.17	0.08	0.20	0.16	1.43	3.85	0.48	硫酸钠亚型
Q−2	哈鲁坡湖			16.05	5.80	—	0.02	0.04	5.22	1.02	1.34	2.62	22.1	27.48	5.30	34.93	碳酸盐型

分析者：吕亚平

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

2、卤水化学成分

盐湖卤水为高矿化卤水，比重 1.055－1.207，pH 值 5－11，矿化度 100－350g/l。卤水浓度受环境影响明显，干旱季节浓度加大，潮湿季节，浓度降低。据分析，卤水中 Na、K、Mg、Ca、Cl SO_4、HCO_3 和 CO_3 为主要化学成分，其含量占 98%（表 3）。除主要化学成分外，还赋含多种稀有元素和分散元素。种类多，但含量甚少，所以也叫微量元素。

盐湖成盐元素的来源

1、物质来源背景

该盆地，属于大兴安岭褶皱带平伦贝尔凹陷，在前古生界—下石炭世则为地槽区，形成厚层地槽型沉积建造。地槽发育后期，为强烈褶皱并有花岗石侵入。燕山运动早期，强烈升降运动，产生拗陷和隆起，并伴随火山喷发和岩浆侵入。中生界晚期和新生界时期地台形成，受新构造运动影响而出现台地和凹陷，为盐湖盆地和盐湖形成提供了地形条件，并给盐湖成盐元素补给提供了雄厚的物源基础。

2、成盐元素来源

成盐元素的来源和富集，是盐湖形成和成盐作用的基础。其来源，具有多源性。[1－4]。通常认为有海源和陆源之分，我国现代内陆盐湖，皆为陆源。

海拉尔盆地盐湖为陆源盐湖，化学元素来源于三个途径：(1)蚀源区岩石或岩层的风化淋溶作用；(2)地下水循环；(3)地表水和大气降水的补给。

(1)蚀源区或盆地边缘岩石或岩层的风化、淋溶作用，是盆地或盐湖成盐元素最原始的来源。该盆地东为大兴安岭山地，西属火山溶岩剥蚀丘陵，盆地内为波状起伏高平原，台地和凹地相间展布。寒武纪、泥盆纪、石炭纪、侏罗、白垩纪的碎屑岩及花岗岩、火山熔岩[5.6]；第三纪含膏泥岩广泛出露，在自然环境影响下，遭受风化、淋溶作用，引起易溶元素（Na、K、Mg 等）大量迁出，随水搬运，成为盐湖盆地或盐湖成盐元素最原始的补给源（表 4）。

(2)地下水循环的补给。包括泉水、浅层潜水、裂隙水在湖底或湖盆边缘出露，将围岩中的可溶元素带到盐湖盆地或盐湖，形成源源不断的补给源（表 5）。

(3)地表水和大气降水的补给。地表水、主要是河水、季节性溪水、洪水和沼泽草原积水；大气降水，包括雨水、雪水、冰雹水等。它们能够将地表岩石或垦土中的可容盐类，甚致大气中的盐分，搬运到盐湖或盐湖盆地，对成盐元素的聚集亦是不可忽视的补给来源（表 5）。

碳酸盐的成因

该盆地为半干旱沼泽草原区，具有 HCO_3 或 $HCO_3－SO_4$ 水文地球化学背景，为天然碱湖形成和成碱作用，提供了良好的 HCO_3 和 CO_3 水化学环境。富含 HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 的湖水同碱金属 Na^+ 作用，形成泡碱（$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$）是该区碱湖形成中普遍存在的成碱过程[1]。这种成碱途径，称为化合成碱。

芒硝脱硫作用，亦是碱湖和泡碱形成中又一重要途径。其机理是硫酸盐（主要是芒硝）在微生物（细菌）影响下，产生还原作用与碳酸水反应生成泡碱和硫化氢，即生物成碱[1]。自然界存在硫酸盐营养环境时，有利于细菌繁殖，在细菌参与下能将芒硝脱硫，还原成 Na 和 H_2S，并转变为 $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$。这种细菌称为脱硫细菌，或叫硫酸盐还原细菌[7]。在海洋、盐湖、矿泉水、油田水、火山泥岩及底质沉积物（有机质、黑色淤泥）中生存，微生物尸体、植物腐烂，亦能产生腐烂菌。硫酸盐脱硫强度决定于细菌的活动能量，硫酸盐还原充分，碳酸盐形成机率和规模

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 4　海拉尔盆地盐湖岩石化学分析

样　号	取样地址	主要岩性	化学成分（%）										水不溶物（%）	总　量（%）
			Na	K	Mg	Ca	Li	B	Cl	SO_4	HCO_3	CO_3		
93H1－1	巴杨查岗诺尔	含泥芒硝	25.9	0.01	0.09	0.07	0.001	0.02	0.04	52.64	0.84	0.09	19.63	98.70
93H1－2	巴杨查岗诺尔	粉砂质淤泥	2.89	0.02	0.10	0.05	0.004	0.02	3.93	0.76	0.37	0.01	91.34	99.47
93H2－1	浩勒包诺尔	含泥碱硝	39.58	0.02	0.03	0.03	0.01	0.06	0.46	11.69	—	39.48	0.76	94.61
93H2－2	浩勒包诺尔	粉砂泥砂	1.34	0.02	0.01	0.01	0.003	0.03	0.89	0.38	0.55	0.55	95.59	99.34
93H3－1	呼吉尔诺尔	粉砂淤泥	0.39	0.02	0.02	0.02	0.004	0.02	0.35	—	0.52	0.03	98.45	99.80
93H4－1	达布逊诺尔	含粉砂石盐	38.79	0.01	0.03	0.006	0.009	0.03	59.39	—	0.50	0.05	0.90	00.23
93H4－2	达布逊诺尔	粉砂淤泥	3.36	0.008	0.11	0.03	0.004	0.04	2.64	0.29	0.53	0.04	90.42	99.43
93H5－1	塔日根诺尔	含砂淤泥	0.56	0.02	0.01	0.01	0.004	0.04	0.18	0.13	0.90	0.08	97.04	98.13
93H6－1	德保勒格诺尔	含泥石盐	30.01	0.01	3.45	0.06	0.009	0.04	46.44	13.06	0.39	—	0.46	93.88
93H6－2	德保勒格诺尔	粉砂淤泥	0.98	0.02	0.27	0.09	0.003	0.01	2.14	0.33	0.19	—	95.38	99.35
93H7－1	托索诺诺尔	粉砂淤泥	2.47	0.02	0.55	1.26	0.004	0.008	2.52	4.64	0.24	—	87.50	99.20
93H8－1	白音陶力木诺尔	含泥芒硝	28.50	0.02	0.10	0.08	0.01	0.07	0.39	58.87	0.56	0.06	9.03	97.61
93H8－2	白音陶力木诺尔	粉砂淤泥	10.28	0.03	0.33	0.12	0.006	0.02	3.82	16.76	0.62	—	66.09	98.05

分析者：林乐枝

表 5　海拉尔盆地及其附近地下水、地表水、大气降水化学成分

水型	样品编号	取样位置	密度 (g/cm^2)	pH	矿化度 (g/L)	水化学成分(mg/L)							
						Na	K	Mg	Ca	Cl	SO_4	HCO_3	CO_3
地下水或潜水	93H—3	浩勒包诺尔	1.001	7	3.68	934.26	1.09	36.09	80.19	322.27	190.16	2108.22	—
	93H—7	新巴尔虎左旗	1.000	7	1.34	267.03	0.87	38.38	48.56	57.31	73.26	837.24	9.98
	93H—11	阿尔山泉水	1.000	7	1.53	342.47	0.65	30.01	32.96	35.06	44.45	1042.69	—
	93H—17	海拉尔市区	1.000	7	1.62	244.03	20.07	130.83	47.22	317.85	243.67	597.19	12.47
	94H—5	修土湖	1.010	6	2.27	365.21	1.53	121.09	20.85	1187.47	176.60	367.68	32.82
	94H—19	嘎布津托胡鲁克湖		7	3.86	1240.62	1.53	36.29	66.67	1749.95	213.20	551.53	—
	94H—20	嘎布津托胡鲁克湖		8	10.21	5041.83	15.25	306.99	68.38	1888.78	2041.5	617.25	41.02
地表水	93H—12	乌尔逊河	1.006	6	1.57	164.45	0.87	11.89	27.84	19.61	12.35	532.76	
	93H—14	克鲁伦河	1.001	8	0.35	34.04	0.87	10.27	44.99	15.84	43.63	196.53	
	93H—16	伊敏河	1.004	6	0.20	22.08	0.87	8.51	17.82	11.69	9.88	124.26	—
大气降水	93H—19	海拉尔河	1.000	6	0.23	30.13	0.65	14.87	3.34	59.57	29.64	25.36	—
	94H—3	扎赉特旗	1.000	6	1.14	343.85	2.40	19.91	34.87	520.82	37.86	177.22	—

分析者：吕亚平

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.

就大。脱硫细菌繁殖能力，取决于内部和外部环境，如卤水浓度、温度、压力、pH 等，有机酸、腐植质（腐值酸）是脱硫细菌所必须的营养环境。所以在芒硝或天然碱层顶底板中多为黑色淤泥，含有丰富有机质并往往同硝粒或碱粒共存。含盐量，尤其是 NaCl 浓度过高或过低，H_2S 含量过多都能抑制细菌活动。富含硫酸盐的碳酸盐水化学环境，有利于生物成碱作用的进行。例如，海拉尔盆地沼泽草原分布广泛，多具 HCO_3 和 HCO_3-SO_4 水化学环境，在碳酸盐水溶液中芒硝易于脱硫而形成为天然碱（主要是泡碱）。或是硫酸盐（芒硝）在碳酸水中，经脱硫细菌还原而生成泡碱。因此，不少碱湖中，天然碱（泡碱）与芒硝往往共存或形成混合层沉积。

自然界形成泡碱的途径，还有硫酸钠、氯化钠的天然水溶液与碳酸钙之间相互作用，便可能形成碳酸钠：[7]

$$Na_2SO_4+CaCO_3 \rightleftharpoons Na_2CO_3+CaSO_4$$

$$2NaCl+CaCO_3 \rightleftharpoons Na_2CO_3+CaCl_2$$

上述置换成碱过程，在尼较河谷地苏打（泡碱）湖群中，发现氯化钠、碳酸钠和碳酸钙同时共存的佐证（K. 别尔托列，1933）。基尔加尔德（Гильгард）实验资料表明，自然界在碳酸过剩情况下，硫酸钠或氯化钠与碳酸钙作用而形成苏打（泡碱）。指出硫酸钠溶液与碳酸钙作用时形成难溶盐石膏沉淀，溶液中生成泡碱；氯化钠与碳酸钙作用时发生置换，并形成易容性 $CaCl_2$ 和 $NaHCO_3$。海拉尔盆地不少碱湖，见到石盐、碳酸钠与碳酸钙共存的现象，但这种置换成碱的程度和过程，还有待考察和研究。

总之，海拉尔盆地碱湖和碳酸盐形成途径，归纳为三种模式：（1）化合成碱，地壳或垦土风化淋溶出碱金属 Na 与碳酸水溶液化合，而形成碱湖和泡碱；（2）生物成碱，硫酸钠（芒硝）脱硫产生 Na 和 H_2S，在碳酸水溶液中形成碱湖和泡碱；（3）置换成碱，硫酸钠、氯化钠水溶液与碳酸钙发生置换作用，而形成碳酸钠（泡碱）。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.

参考文献

〔1〕 郑喜玉等，海拉尔盆地盐湖的形成自然环境。盐湖研究，1994，2(3)：10—16

〔2〕 郑喜玉等，内蒙古盐湖。科学出版社，1992.

〔3〕 郑喜玉，内蒙古高原的盐湖。地理科学、1993，3(4)：369—378

〔4〕 Zheng Xiyu, Salt Lakes on the Inner Mongolian Plateau of China, Chinese Geographical Science, 1988, 1 (1): 83—94

〔5〕 徐昶，中国盐湖粘土矿物研究，科学出版社，1993.

〔6〕 牧寒，内蒙古盐湖资源，内蒙古人民出版社，1989.

〔7〕 ю. п 尼古尔斯卡娅；倪绍祥译，库隆达草原湖泊和水体中盐类形成过程。地表盐分的迁移累积和平衡。科学出版社，1961.

Salt Lakes And Carbonate Origin in Hailar Basin

Zheng Xiyu Lu Yaping

(*Qinghai Institute of Salt Lakes, Academia Sinica, Xining*, 810008)

Abstract

Based on the field survey and lab analysis, this paper concludes general situation、mineral composition、brine components、material source of salt—forming elements in this area, proposes the formation of alkaline lakes and origin machanism.

Keywords Hailar basin Desulfurization bacterium Process of alkaline—forming

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.