海拉尔盆地盐湖的形成自然环境①

郑喜玉 吕亚平②
(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研究,总结了海拉尔盆地盐湖的概况、盐类矿物组成、水化学成分和盐湖的形成自然环境;探讨碳酸盐型盐湖和形成条件和天然碱的成因机理.

关键词 海拉尔盆地 盐湖成分 自然环境 盐生过程

海拉尔盆地,是内蒙古高原东部著名的内陆盆地,也是我国纬度最高的盐湖成盐盆地.盆地内盐湖数量不少,但面积不大,盐碱硝湖分布广泛.具有明显的盐湖多、面积小、类型齐全的成盐特点.考察和研究这些盐湖的成因及成盐自然环境,对认识该区盐湖的形成演化、成盐背景和积累盐湖基础资料,显然是有重要意义的.

盐湖概况

海拉尔盆地,位于大兴安岭两侧,海拉尔河以南,伊敏河以西,克鲁伦河以东,中(国)蒙(古)边界以北的沙漠、草原和沼泽地带,是呼伦贝尔高原西南部的大盆地.该盆地东西长近200km,南北宽150km,面积约 $3.05\times10^4km^2$,是个近似不规则状的"平形四边形".据考察和有关资料统计[1],该盆地有盐湖45个,占呼伦贝尔高原盐湖数量的65.25%,盐湖面积124.48km^2,占呼伦贝尔高原盐湖总面积的49.79%,是呼伦贝尔高原盐湖分布的稠密区(图1).海拉尔盆地盐湖数量虽然不少,但面积确不大,平均单个盐湖面积2.76km^2,最大的盐湖面积仅有17.5km^2,确属小盐湖分布的成盐盆地.该盆地地形波状起伏,呼伦湖及其东侧地势偏低,海拔550～700m,俗称"达贲塔拉".塔拉内地势平坦,盐湖海拔偏低.海拔最高的盐湖为库库诺尔,面积为17.5km^2,海拔706m;平均海拔600m以下,是我国地势偏低的盐湖分布区.该盆地盐湖卤水很少,湖水也不深,属于小而浅的盐湖类型.盐湖成盐期短,但多数是干盐湖或半干涸盐湖;也有些则是季节性或称为周期性的盐湖.潮湿季节积水成湖,或称硝(碱)泡子,受气候影响明显,具有很大的易变性.

总之,该盆地盐湖具有数量多、面积小、类型全和成盐规模有限的特点[2-3].

盐湖成分

盐湖成分,是由蒸发岩类矿物成分和卤水水化学成分两大部分组成.盐湖盐类矿物和盐湖

① 国家自然科学基金资助项目
② 参加野外考察研究的还有唐渊、董继和、张明刚;内蒙古盐业公司的张澍浜,呼伦贝尔盟盐业分公司的张子明.感谢刘建华清绘图件,许志强英译摘要.

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

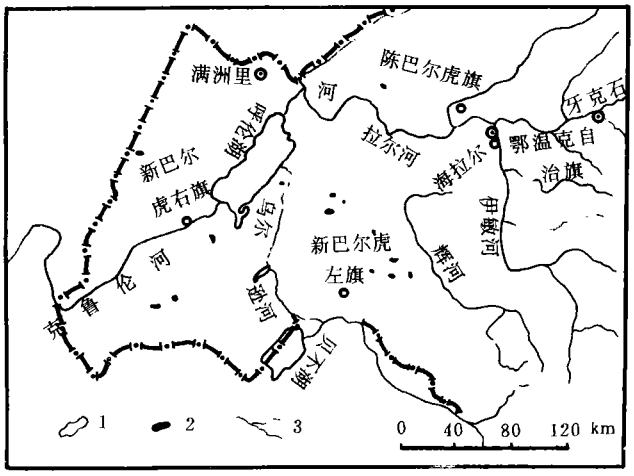


图 1 海拉尔盆地盐湖分布图

卤水，两者即有区别又有联系，在同一盐湖中可以相互依存，相互转化.

1 盐湖卤水成分

海拉尔盆地盐湖卤水，按赋存状态分为湖表卤水、晶间卤水和淤泥(碎屑)卤水三种类型，以湖表卤水为主. 海拉尔盆地盐湖面积小湖盆浅，湖水储存有限. 所以，该盆地盐湖，具有小湖浅盆浅水的特点. 据调查，许多盐湖卤水分布范围不足 0.5km^2，而且分散，湖水很浅，水深 0.3～0.5m，大部分为干盐湖或半干涸盐湖.

盐湖卤水为无色、无嗅、透明度良好，具咸味或咸苦味，呈中性或碱性，pH 值 6～8，最大 pH 值 11，比重 1.1632，矿化度 43.04～350g/L，最高 480.15g/L(达布逊诺尔). 盐湖卤水，尤其是湖表卤水受气候影响非常敏感，干旱或潮湿季节，降水前后，都会引起湖表卤水的减水或增加以及水质的明显变化.. 小湖浅盆浅水，在干燥炎热的气候环境中，经常处在饱和状态，甚致迅速蒸发浓缩，在湖盆边缘出现蒸发岩类沉积，如石盐、芒硝或天然碱等. 这种盐类矿物，在雨季多水的情况下极易潮解或溶解，形成同质异相，共存于盐湖卤水. 据分析，盐湖卤水主要成分，有 Na^+、K^+、Mg^{2+}、Ca^{2+}和 Cl^-、SO_4^{2-}、CO_3^{2-}、HCO_3^- 等离子(表 1). 从表 1 看出，阳离子 Na^+含量最高. 其次是 Mg^{2+}和 K^+，而 Ca^{2+}含量最少，Na^+含量在阴阳离子总数中占三分之一，个别盐湖卤水含量还要高，可以接近二分之一. 如达布逊诺尔 Na^+含量占阴阳离子总和的 49.73%，显然，占主要地位. Mg^{2+}在卤水中也不算少，像陶苏阿拉善诺尔，Mg^{2+}含量占阴阳离子之和的 31.1%，占次要地位；K^+和 Ca^{2+}含量就很少了，其总量还占不了 1%. 卤水中阴离子含量，以 Cl^-和 SO_4^{2-} 占优势. 其中，Cl^-的含量占阴离子之和的 25%，个别盐湖可达到 36.76%(陶苏阿拉善诺尔)；SO_4^{2-} 含量，一般占阴阳离子之和的 15%～17%，少数盐湖卤水可达 26.47%(托索诺尔)，显然也是该区盐湖卤水中的常见化学成分. CO_3^{2-} 和 HCO_3^- 在淡水湖卤水中含量通常不高. 只有在碱湖卤水中的含量，才占重要地位，形成碳酸盐型卤水. 例如，敖伦诺尔卤水，$\Sigma(CO_3^{2-}+HCO_3^-)$占阴阳离子总量的 22.4%，相当于 Cl^-和 SO_4^{2-} 含量之和.

总之，海拉尔盆地盐湖卤水阳离子含量顺序为：Na＞Mg＞K＞Ca 或 Na＞Mg＞Ca＞K；阴离子含量顺序为：Cl＞SO_4＞CO_3＞HCO_3，个别湖则为：Cl＞HCO_3＞CO_3＞SO_4.

应该说明，海拉尔盆地盐湖卤水，微量元素含量普遍偏低，均未形成地球化学集中.

2 盐湖盐类矿物成分

根据野外考察研究资料统计，海拉尔盆地盐湖蒸发岩类矿物共有 16 种(表 2). 其中，碳酸盐矿物 8 种(方解石、文石、白云石、菱镁矿、针碳钠钙石、水碱、泡碱、天然碱)；硫酸盐矿物 6 种(石膏、硬石膏、芒硝、无水芒硝、白钠镁矾、泻利盐)；氯化物矿物 2 种(石盐、水石盐)[4-5]. 从上述盐类矿物组合说明，海拉尔盆地虽然是内蒙古高原的组成部分，但由于自然环境和成盐背景不同，其盐类矿物的数量和类型，比高原其他成盐区要少而简单.

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

表 1　海拉尔盆地盐湖卤水化学成分

样号	湖名	密度 (g/cm^3)	pH	矿化度 (g/L)	化学成分 (g/L)								分类系数				水化学类型
					Na	K	Mg	Ca	Cl	SO_4	CO_3	HCO_3	K_{n1}	K_{n2}	K_{n3}	K_{n4}	
93HS—1	巴杨查岗诺尔	1.188	7	265.51	88.3	0.21	4.38	0.18	89.59	78.46		3.35	0.15	4.57	183.8	6.17	硫酸钠亚型
93HS—2	敖伦诺尔	1.057	10	68.31	26.12	0.08	0.04	0.01	20.81	2.09	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	67.8	97.3	366.0	833.4	碳酸盐型
93HS—5	达布逊诺尔	1.290	8	480.15	177.6	0.46	0.01	0.01	147.32	62.08	45.22	47.48	5194.2	8131.3	14361.2	25394.1	碳酸盐型
93HS—6	塔日根诺尔	1.040	11	59.74	20.98	0.08	0.59	0.01	17.55	14.45	4.01	2.06	3.41	9.53	537.1	298.8	碳酸盐型
93HS—8	德保勒诺尔	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	姆州诺尔	1.243	7	260.80	63.16	0.34	18.82	0.36	87.59	86.04		3.54	0.04	1.18	100.7	3.26	硫酸钠亚型
93HS—13	白音陶力要诺尔	1.145	5	197.66	58.36	0.24	8.27	0.29	74.20	53.58	0.03	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	79.5	3.82	硫酸镁亚型
Q—1	东乌库尔图湖			72.79	10	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	34.98	碳酸盐型

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

表 2　海拉尔盆地盐湖盐类沉积矿物

类型	矿物名称		化学组成	沉积特征
碳酸盐	方解石	Calcite	$CaCO_3$	次生
	文石	Aragcrite	$CaCO_3$	次生
	白云石	Dolomite	$CaCO_3 \cdot MgCO_3$	次生
	针碳钠钙石	Gaylusite	$Na_2CO_3 \cdot CaCO_3 \cdot 5H_2O$	次生
	钙水碱	Pirssonite	$Na_2CO_3 \cdot CaCO_3 \cdot 2H_2O$	次生
	天然碱	Trcna	$Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3$	原生
	泡碱	Natron	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	原生
	水碱	Thermonatrte	$Na_2CO_3 \cdot H_2O$	原生
硫酸盐	石膏	Gypsum	$CaSO_4 \cdot H_2O$	原生
	硬石膏	Anhydrite	$CaSO_4$	次生
	无水芒硝	Thenardite	Na_2SO_4	次生
	芒硝	Mirabilite	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	原生
	白钠镁矾	bloedite	$Na_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 4H_2O$	次生
	泻利盐	epaomite	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	次生
氯化物	石盐	Halite	NaCl	原生
	水石盐	Hydrohalite	$NaCl \cdot 2H_2O$	次生

盐湖形成自然环境

盐湖，是湖泊中含盐量最高的一种特殊类型，是沙漠草原地带广泛分布的湖泊类型. 盐湖的形成和成盐作用，要有良好的地形地貌条件、充足的盐分来源和积累、干旱的气候环境和有利的地球化学背景. 因此，盐湖的形成和分布，具有明显的地区性和地带性的特点.

1　封闭或半封闭的湖盆或汇水洼地，是盐湖形成和分布的先决条件. 海拉尔盆地位于大兴安岭褶皱带呼伦贝尔断陷，受呼伦湖东岸 NE—SW 向断裂影响，而形成查干诺尔拗陷、马达木拗陷、呼和湖拗陷、伊敏河拗陷等，为古湖盆或洼地的形成提供了构造基础. 该区为高平原地貌区，地形波状起伏，地势东南高，西北低，自北而南形成两条东西向展布的沙带，其间出现许多小湖盆地、丘间洼地及草原低地成为地表水和地下水的汇集中心，是众多盐湖盆地或盐湖形成的良好场所. 小湖盆地或洼地的形成，通常与沙带、沙丘和风蚀作用有关；有些洼地则为流水冲刷而成. 这种外力作用形成的小湖盆地或洼地，一般规模不大，方向性不明显，湖盆浅而平坦，积盐或集水有限，则是这类湖盆或洼地的显著特点.

2　成盐元素的来源，是盐湖形成和成盐作用的物质基础. 海拉尔盆地，位于呼伦贝尔断陷的中心地段，地势偏低，有利于地表水和地下水的汇集. 该区盐湖成盐元素，来源于湖盆或洼地附近岩层的可溶盐类，尤其是古生界的砂砾岩和碳酸岩；中生界侏罗系、白垩系的碎屑岩；新生界第三系、第四系的含膏砂岩和近代表层碎屑沉积；以及各时代的火山岩、中酸性侵入岩等. 经过风化淋滤使那些可溶盐类，如 Na、K、Mg、Ca 等元素，随水流入湖盆或洼地，成为该盆地盐湖成盐元素的原始补给源. 第三系膏盐岩层，在湖盆附近亦有分布，内含丰富的硫酸盐类，对盐湖有直接的补给作用. 荒漠草原风化壳，尤其是硅铝——石膏质风化壳，含有 Ca、Mg 的碳酸盐和硫酸盐，例如 $CaCO_3$ 和 $CaSO_4$ 等；丘间洼地或草原低地，还堆积或残留一些 Na、Mg 的氯化物. 这些不饱和的碳酸性、硫酸性或氯化物性荒漠草原风化壳，对小湖盆地或洼地的盐类积累，亦有经常性的补给作用. 该盆地多为 HCO_3 或 $HCO_3—SO_4$ 型水化学潜水区，对碳酸盐型盐湖成盐元素

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

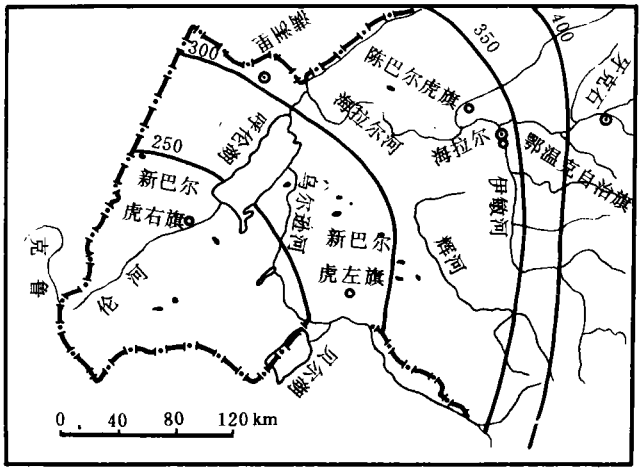


图 2　海拉尔盆地降水量(mm)等值线

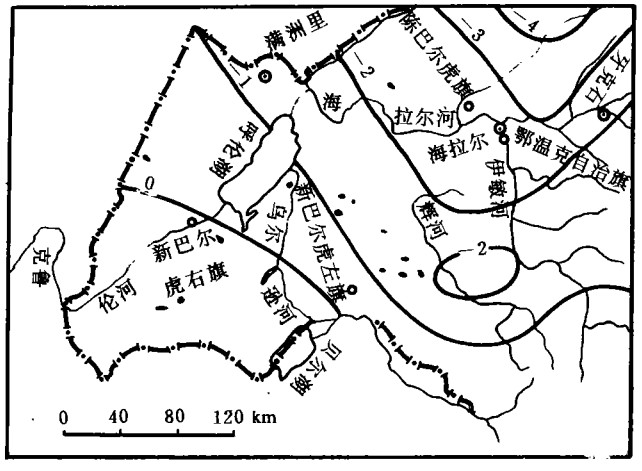


图 3　海拉尔盆地平均气温(℃)等值线

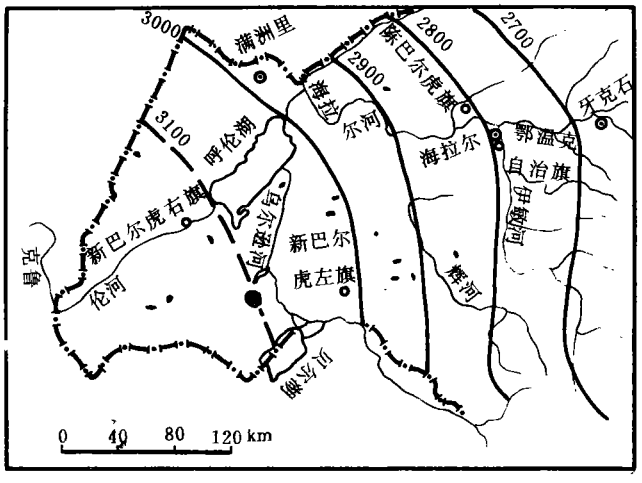


图 4　海拉尔盆地太阳辐射(h)等值线

的迁移和富集，提供了有利的水文地球化学环境.

3　干旱气候，是盐湖形成和分布的重要条件. 降水稀少，蒸发量大，地表水资源不足，则是干旱气候的明显标志. 海拉尔盆地，深居内陆，纬度偏高，降水量272mm/a 左右，年降水量的 70%集中于夏季(6－8 月). 降水分配不均，东部和北部偏多，西南部偏少(图 2)；年蒸发量1623mm，以夏季为最大；夏季气温高而短促，冬季寒冷且漫长. 年平均气温－2～－0.5℃(图 3). 1 月最冷，平均气温－24.3℃，极端最低温度－40.1℃，7 月最热，平均气温 20.9℃，极端最高温度 39.5℃. 盆地日照时间长，年日照时数为3104.7h(图 4)，太阳总辐射量 5719.6J/$m^2 \cdot d$，热能资源与新疆哈密－吐鲁番地比较接近. 平均湿度 0.36mb(图 5)；平均风速 4.1m/s，主要集中在春季，多数是来自西伯利亚的西北风.

总之，该盆地为半干旱的大陆性气候，夏季集中降水和蒸发，有利于盐湖盆地或洼地成盐元素的迁移、积累和成盐作用.

成盐元素的富集环境及碳酸盐的成因

海拉尔盆地星罗棋布的盐湖或汇水洼地，在干旱气候影响下，普遍出现积盐过程，或称盐生过程. 例如，乌尔逊河东侧，海拉尔河南部东西向延伸的沙带或丘间，有许多小盐湖或盐碱泡，储存有富含多种成盐元素的卤水或盐类沉积. 关于盐湖成盐元素的富集，主要决定于元素的溶解和迁移强度. 盐湖主要成盐元素(Na、K、Ca、Mg、Cl、SO_4、CO_3、HCO_3 等)的迁移和富集，是由元素或化合物特性(电荷、原子价等)有关内在因素和周围

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

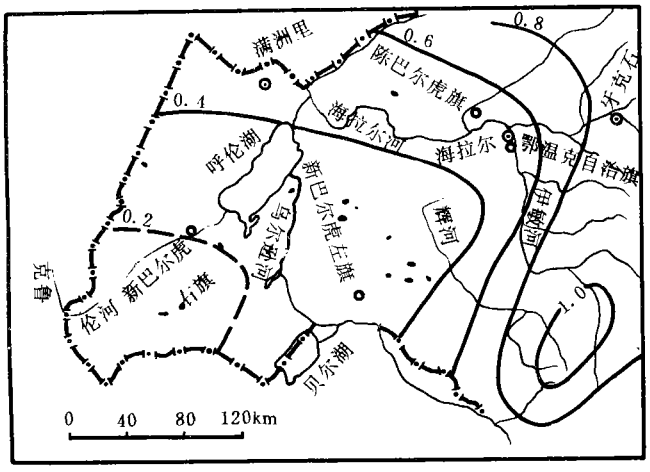


图 5 海拉尔盆地平均湿度(md)等值线

环境(温度、介质条件等)相关的外在因素所决定(A. Π. 费尔斯曼,1934)[6]. 在自然界条件下,岩石或岩层淋溶和风化过程中,成盐元素的迁出顺序,不仅决定于元素本身特性和物理化学条件,而且还取决于有机体的生命活动,Cl、S(SO_4)为强迁移元素,Ca、Mg、Na、K 属于易被迁移的元素(Б. Б. 波雷诺夫,1936)[6]. 所以,这些元素容易在盐湖卤水中形成富集,成为主要水化学成分. 在表生地球化学过程中,介质环境 pH 值和氧化－还原过程,能够影响元素的溶解和迁移能力. 酸性介质(pH＜6)中,Ca、S(SO_4)等元素具有很强的迁移能力;碱性溶液(pH＞7)中,C(HCO_3、CO_3)、As 等元素的活动性较强;Na、K、Cl 元素的活动范围很广,在酸性和碱 性溶液中都能够迁移. 介质环境,不仅影响元素的溶解和迁移强度,而且也影响盐湖的成盐作用. 一般来说,氯化物盐类形成于酸性或弱碱性环境;碳酸盐类,只限于碱性(pH 值 8.20～10.82)环境;硫酸盐类,在酸性或碱性介质环境中,都 能形成沉积,所以在碱湖中,也能够见到芒硝的沉积.

海拉尔盆地碱湖很多,其成因除具有良好的 HCO_3 或 HCO_3－SO_4 型水水文地球化学背景,提供足够的 CO_3 或 HCO_3 成分外,有机体的生命活动,对碳酸盐型水体的形成,起着重要的作用. 天然碱湖中含有大量的黑色淤泥,其中有机碳含量可达 0.15%～0.44%,表明水体中有机质丰富. 在沉积过程中,由于脱硫细菌的影响,有机质与水体中的 SO_4^{2-} 相互作用,除产生 H_2S 外,还会生成大量的 CO_2. CO_2 溶于水便形成 HCO_3^- 和 CO_3^{2-}. 如果有机质含量丰富,脱硫细菌活动强烈,反应就充分,在卤水和盐层中就很少含有 SO_4^{2-} 和芒硝等硫酸盐[1]. 若有机质含量有限,细菌活动又弱,反应就不会充分,就像海拉尔盆地许多碱湖那样,在卤水和天然碱沉积中都含有一定数量的 SO_4^{2-} 和芒硝[7].

参 考 文 献

1 郑喜玉等,内蒙古盐湖,北京科学出版社,1992

2 郑喜玉等,内蒙古高原的盐湖,地理科学,1983,3(4):369-378

3 Zheng Xiyu, Salt Lakes on the Inner Mongolian Plateau of China, Chinese Geographical Science, 1988, 1(1): 83-94

4 徐昶,中国盐湖粘土矿物研究,北京科学出版社,1993

5 牧寒,内蒙古盐湖资源,内蒙古人民出版社,1989

6 K. Π. 卢卡舍夫(陈静生译,1960),苏联境内风化壳的地带性地球化学类型,北京科学出版社,1956

7 《制盐工业手册》编辑委员会,制盐工业手册,北京中国轻工业出版社,1994

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

The Natural Envirinment of The Formation of Hailar Basin

Zheng Xiyu, Lu Yaping

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

ABCTRACT

According to filed survey and laboratory study, the author summarized the general condition of Hailar Basin, the Salt mineral composition, water chemical composition and the natural environment of the formation of salt lakes in the basin, and also discussed the formation condition for carbonate type salt lake and the mechanism of trona.

Keywords Hailar Basin, Salt lake composition, Natural environment, Salt-forming process

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