大布苏碱湖的形成演化环境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 根据野外现场考察和室内分析研究，首次论述了大布苏碱湖的概况，盐类矿物组合，卤水化学成分和水化学特征，研究了碳酸盐湖的形成条件和演化环境，提出了天然碱，主要是泡碱的形成背景和成碱机理。

关键词 大布苏碱湖 形成环境 脱硫细菌 成碱机理

大布苏碱湖，是东北平原北部松嫩冲积平原中的著名盐湖，盛产天然碱而闻名。该湖地处我国东北半干旱半湿润的沼泽草原地带，地质构造条件和自然地理环境，不同于新疆和青藏高原盐湖分布区，在半干旱沼泽草原地带具有明显的代表性。考察和研究该湖的形成条件和演化环境，对认识我国高纬度、低海拔沼泽草原地带盐湖的形成自然环境，特别是碳酸盐盐湖的形成环境和成碱背景，不仅拓宽了盐湖研究的领域和内容，而且对充分开发盐湖资源和改造盐碱土地方面，都有实际意义。

1、盐湖概况

大布苏碱湖，又名大麻苏泡、碱泡子、工农湖。位于吉林省西部，乾安县工农湖镇。地理座标：东径 123°00′，北纬 44°48′。湖盆呈北西——南东向延伸，为不规则状、上大下小的“C”字形（图 1）。湖盆长 14km，宽 5.56—8.3km，湖水面积 34km²，湖面海拔 122m[1]。

该湖盆属于封闭型的内流盆地，汇水面积 400km²，但附近无常年性地表河流，湖岸冲沟发育，主要依靠大气降水和泉水补给。湖水受气候影响明显，尤其是干湿季节和降雨前后，湖水波动较大。该湖湖表水分布不均匀，东部深而西北部较浅，夏季水大而冬季水小，是个受季节影响敏感的盐湖[1]。

2、盐湖成分

盐湖成分，包括盐湖盐类矿物成分和盐湖卤水化学成分两大部分。

1、盐类矿物成分

盐类矿物，是盐湖卤水在干旱气候条件下，经蒸发、浓缩而自行结晶析出的蒸发盐类矿物。据考察统计，该湖盐类矿物有 11 种（表 1）。其中，碳酸盐类矿物 6 种，硫酸盐类矿物 4 种和氯化物盐类矿物 1 种，以碳酸盐类矿物中的泡碱和硫酸盐类矿物中的芒硝为主。

① 国家自然科学基金资助项目（NO:49272116）
② 参加野外考察研究的人员还有张明刚、胡金泉、梁青生、山发寿、韩廷月。对刘建华、徐昶、王中山的帮助，表示感谢。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

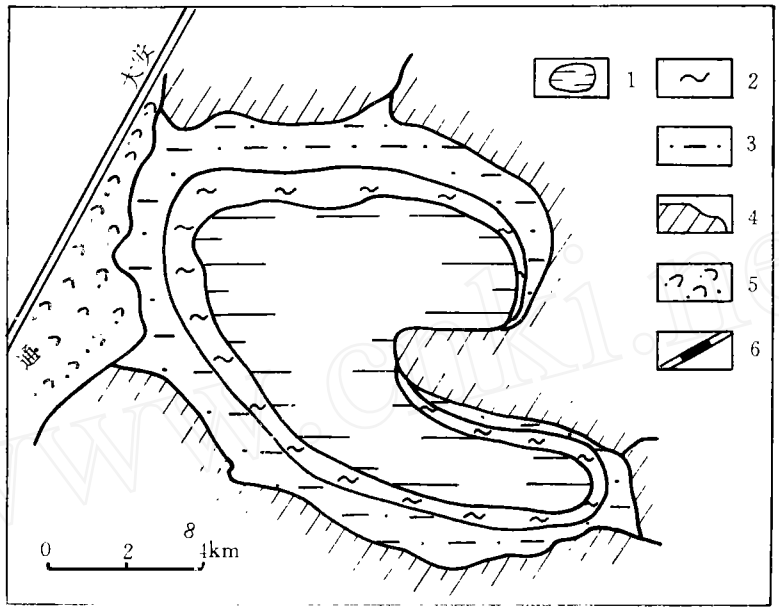


图 1　大布苏碱湖平面图

1、上湖水，下泡碱和芒硝薄层　2、黑色含砂淤泥　3、粉砂粘土　4、台地　5、沙垅、沙丘　6、铁路

表 1　大布苏碱湖沉积矿物

矿物名称		化学组成	沉积特征
方解石	Calcite	$CaCO_3$	湖盆阶地碎屑沉积中，呈分散状分布
白云石	Dolomite	$CaCO_3 \cdot MgCO_3$	分布于粉砂粘土碎屑沉积中，为次生矿物
水菱镁矿	Hydrom agnesite	$Mg_4(OH)_2(CO_3)_3 3H_2O$	湖浜阶地含砂粘土中，呈结核状产出，不成层，往往形成石灰石团块
天然碱	Trcna	$Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3$	产于湖相沉积中，同泡碱共生
泡碱	Natron	$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	产于湖表水下，呈薄层状，为该湖主要碳酸盐沉积矿物
水碱	Thermonatrte	$Na_2CO_3 \cdot H_2O$	产于湖中沉积物中，同泡碱共生，不成层
石膏	Gypsum	$CaSO_4 \cdot H_2O$	在湖盆阶地碎屑沉积物中，呈片状或粒状，分布零星不成层
硬石膏	Anhydrite	$CaSO_4$	同石膏共生，为石膏失水后的次生产物
芒硝	Mirabilite	$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	为湖表卤水在低温情况下晶出的针状矿物，呈层状同泡碱共生，为该湖主要盐类沉积矿物
无水芒硝	Thenardite	Na_2SO_4	同芒硝共生，分布不均匀
石盐	Halite	NaCl	湖盆边缘，为季节性析出的少量矿物

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2、盐湖卤水化学成分

该湖卤水主要是湖表卤水，分布于湖区东南部，最大水深 1m，一般是 0.3—0.5m。湖水呈浅灰色，比重 1.2370，pH 值 10，矿化度 113.59g/L，属于高矿化卤水。卤水化学成分中，Na、K、Mg、Ca、Cl、SO_4、HCO、CO_3^{2-}、含量最高，占卤水化学成分总量的 99.9%，为主要化学成分（表 2）。从表 2 可知，该湖卤水主要化学成分中，阳离子 Na^+ 和阴离子 HCO_3、CO_3^{2-} 含量最高。其中，Na^+ 含量占阳离子（$Na^+ + Mg^{2+} + K^+ + Ca^{2+}$）总量的 99.9%，而其余（$K^+ + Mg^{2+} + Ca^{2+}$）阳离子之和仅占阳离子总量的 0.1%。显然，$Na^+$ 在阳离子组成中占主要地位。而阴离子 HCO_3^- 和 CO_3^{2-}，在阴离子组成中占有明显优势。据计算，HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 之和，占阴离子（$Cl^- + SO_4^{2-} + HCO_3^- + CO_3^{2-}$）总量的 78.05%，而 Cl^- 及 SO_4^{2-} 之和，仅占阴离子总量的 21.95%，可见 HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 的含量，在阴离子组成中，占有绝对多数。由此可知，该湖卤水主要水化学成分中，阳离子 Na^+ 和阴离子 HCO_3^- 及 CO_3^{2-} 的含量占明显多数，是影响卤水成盐演化过程中的主要成分。卤水的成盐演化方向，显然是以晶出 Na 的碳酸盐类沉积矿物，为主要成盐发展方向，而析出 Na 的硫酸盐类矿物或氯化物盐类矿物，则是次要的成盐作用方向。这种成盐过程和演化趋势，在该湖卤水大量析出 Na 的碳酸盐（主要是泡碱）和 Na 的硫酸盐（芒硝）沉积中，得到证实。

该湖卤水，除主要水化学成分外，还赋含有微量元素（表 2）。从表 2 中看出，微量元素的种类虽然不算少，但绝对含量却不高。据计算，微量元素含量之和，仅占盐湖水化学成分总量的 0.1%，属于次要成分。微量元素含量虽然不多，但很重要，对认识盐湖的成盐背景和形成演化特征，都是很重要的。

表 2　大布苏碱湖及乌兰花碱泡子湖水化学成分

含量(mg/L) 项目 / 湖名	水化学成分							
	Na	K	Ca	Mg	Cl	SO_4^{2-}	HCO_3	CO_3
大布苏碱湖	476561.53	436.40		28.70	100866.06	43794.20	6534.01	507315.74
乌兰花碱泡子	6819.04	46.64	20.51	49.77	5777.62	1045.0	3912.02	1599.90
含量(mg/L) 项目 / 湖名	水化学成分							
	B_2O_3	Li	V	Cu	Ti	Sr	Ba	Zn
大布苏碱湖	167.70	2.11	0.8857	0.1462	0.7608	0.194	0.2545	0.099
乾安碱泡子	22.37	0.0039	0.0458	0.0042	0.0057	0.3014	0.0314	0.0269
含量(mg/L) 项目 / 湖名	水化学成分							
	Ni	Mn	Fe	Cr	Si	Al	P	Ag
大布苏碱湖	0.3429	0.1667	8.5698	0.091	8.594	0.9687	280.90	0.034
乌兰花碱泡子	0.1148	—	0.0355	—	0.1883	—	14.85	—

湖名	比重	pH	矿化度(g/L)	取样时间
大布苏碱湖	1.2370	10	113.59	1994.6.25
乾安碱泡子	1.0120	10	19.27	1994.6.25

样品分析：吕亚平、张晓飞

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

盐湖水化学类型，是根据湖水主要化学成分，采用 M.Γ. 瓦良什科(M.Γ. Валишко)关于盐湖的分类方法，经计算其分类系数分别为：$k_{n_1}=33185.12$；$k_{n_2}=33578.14$；$k_{n_3}>>1$；$k_{n_4}>>1$，确定该湖水化学类型属于碳酸盐型盐湖。

3、盐湖形成演化环境

1、封闭或半封闭的古湖盆地

古湖盆地，是盐湖形成的地形基础。大布苏湖盆，是个封闭的内流盆地，形成时代为晚更新世末——全新世早期，但演化到盐湖发展阶段，则是全新世中晚期—现代。该湖盆地，虽然形成于晚更新世末—全新世早期，但在许多方面对早中更新世时期的古湖盆地，却有明显的继承性。据有关研究资料(孙广友，1990、裘善文，1990)表明[2,3]，早—中更新世时期，松嫩平原是一个统一的大型湖盆，并有静水环境下的厚层湖相粘土沉积。晚更新世时期，第四纪地壳运动明显加强，而导致松辽分水岭缓慢抬升，松嫩冲积、湖积平原沉降中心缩小，并向西迁移。在干冷气候影响下，湖泊面积不断收缩，并分割成许多小湖泊，标志着统一大湖解体，古松嫩湖泊已不复存在。晚更新世末—全新世初期，受干冷气候和强劲季风影响，残留湖盆遭受冲蚀、改造，并形成沙丘、沙垅等风蚀地形和丘间洼地。上述残留湖盆、风蚀洼地集中成湖，并逐渐演化成现今的盐碱湖泊(裘善文，1990)[3]。例如，大布苏碱湖，湖盆边缘(保留有明显的湖滨降地，西岸平缓，东岸为陡崖，高出湖面 15m，可能是该湖高湖面平台沉积的遗迹。沉积时代，约 5000—6000aB.P.。

2、气候环境

全新世以来，大布苏湖区的气候环境，以干旱气候为主，干中有湿，干—湿交替的气候特征[4]。根据沉积剖面和孢粉组合分析表明，全新世早期，岩性为粉细砂和粉砂粘土沉积，孢粉组合特征以蒿为主，藜、麻黄次之，表明当时属于半干旱—半湿润的过渡型气候环境。沉积物中虽然有一定盐分，但湖水依然属于末成盐发展阶段的咸水环境。沉积时代，约 9000—7000aB.P.。全新世中期，沉积岩性为粉砂粘土或砂质粘土。碎屑沉积中含有钙质结核($CaCO_3$)和淡水螺壳(图 2)。孢粉组合特征，仍以蒿为主，藜、麻黄、草木次之，反映的气候环境则为温和—半干旱。沉积时代，为 5000—4800aB.P.。麻黄、草木属等耐旱植物花粉的增多，说明 5000—4800aB.P. 期间，依然是以半干旱气候环境为主；螺壳和 $CaCO_3$ 结核的出现，表明湖水继续向咸化方向演化，演化过程并没有发展到成盐作用阶段。其后，湖相沉积中出现了黑色淤泥薄层，腐植质含量明显增多，表明半干旱环境中亦存在短暂的温湿气候，沉积时间 3800aB.P.。湖水虽然进一步咸化，但含盐量不高，依然属于未成盐发展阶段的咸水湖演化阶段。全新世晚期，干化现象增强，大布苏湖盆西岸沙化面积扩大，并出现了半固定沙丘。湖相沉积为粉细砂和粉砂质粘土夹薄层黑色淤泥，但粉细砂含量明显增加。孢粉组合含量减少，品种趋向单一，以蒿为主，耐干旱植物花粉增多，气候环境虽然有短期潮湿现象，但半干旱的气候特征始终没有改变。湖泊收缩，蒸发浓缩作用加强，湖水进一步咸化，湖边出现了季节性的碱、硝粉末，^{14}C 年龄约 1100aB.P.。随着人类活动的影响，开垦和放牧力度加大，半干旱气候增强，沙化范围扩大，自然植被减少，环境更加恶化[5]。湖水含盐量提高了，湖中出现了薄层或粉末状的芒硝和天然碱(实际是泡碱)，有些就是含泥砂的芒硝和天然碱，俗称土硝、土咸。大布苏湖水开始进入盐(卤水)湖的形成演化阶段。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

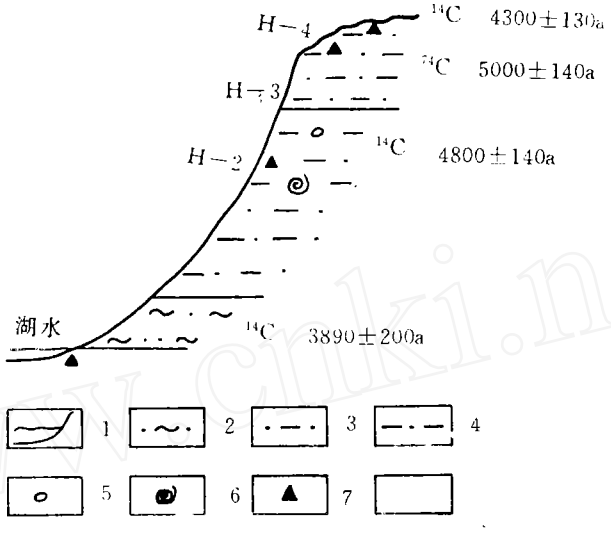


图 2　大布苏湖盆阶地剖面

1 湖水　2 粉砂淤泥　3 粉砂粘土　4 含砂粘土　5 钙质结核　6 螺壳化石　7 取样位置　8 ^{14}C 年龄"①

3、成盐元素的来源

成盐元素的补给和富集，是形成盐湖和成盐作用的物质基础。大布苏湖盆位于东北平原北部，松辽隆起西部湖盆集中分布的低洼地带，有利于地表水、地下水和各种盐分的迁移和聚集。该湖盆成盐元素来源于湖盆及其边缘，各个时期不同类型的碎屑沉积物。主要是白垩系、第三系和第四系沉积岩系及荒漠、沼泽草原地表风化壳中的可溶盐分。例如，Na、K、Mg、Ca 等元

时代	孔深(m)	层厚(m)	柱状图	^{14}C aB. P.	主要岩性	气候特征
Q_3	20	20			桔黄色粉砂粘土	干冷 冷湿 干冷
Q_2	40	10		7300 9000	深灰色淤泥质粉砂粘土，含有机质和贝壳	温湿 冷湿 干冷
		15			灰绿一深灰色淤泥质粉砂粘土	
Q_1	60	27		9700	灰绿色淤泥质粉砂粘土	温和半湿润
	80	12			浅灰色砂砾石和粉细砂	温凉半干旱 冷干
N_2 | N_1	100 113	26			灰绿色砂砾岩、泥岩夹粉细砂	温湿－暖干 温湿

图 3　大布苏湖令字井钻孔剖面

（据夏玉梅等，1990 资料简化）

① ^{14}C 年龄测试：梁青生

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

素，随地表水或地下水搬运到湖盆，成为该湖成盐元素最原始、最经常的补给源。松嫩平原是燕山期及喜马拉雅运动以来形成的大型内陆断拗盆地，接受了来自大兴安岭的碎屑物源，形成巨厚的中—新生代沉积岩层。据研究资料（夏玉梅等，1990）[6]，大布苏钻孔剖面沉积岩性（图 3），主要是粘土粉砂和粉砂质粘土，夹粉细砂或砂砾石薄层，沉积矿物为伊利石、蒙脱石、高岭石和少量绿泥石等粘土矿物及石英、长石等碎屑矿物。上述岩层中含有各种成盐元素（表 3），尤其是 K、Na 的硅铝酸盐和 Na、Mg、Ca 的碳酸盐、硫酸盐、氯化物等盐分，在地表水、地下水影响下，对湖盆盐分的积累，有重要的补给作用。该湖盆附近为半干旱的沼泽草原区，赋含各种盐分的大气降水（表 4）和地表水，形成了具有 HCO_3 或 HCO_3—SO_4 型潜水水文地球化学环境，为该湖碳酸盐成盐元素的迁移和富集，提供了丰富的物质来源[4]。

表 3　大布苏湖沉积岩系可溶盐分含量

编号	主要岩性	化学成分（%）										
		Na	K	Ca	Mg	Cl	SO_4	CO_3	HCO_3	B	Li	Zn
H－1	含砂淤泥	5.22	0.01	0.01	0.12	4.43	1.76	1.62	1.33	4.31×10^{-4}	—	—
H－2	粉砂粘土	0.94	0.03	0.01	0.21	0.69	0.68	0.43	0.71	1.04×10^{-3}	—	1.67×10^{-5}
H－3	粘土粉砂	0.15	0.01	0.03	0.01	0.06	0.12	0.02	0.31	2.42×10^{-4}	—	—
H－4	含粘土粉砂	0.60	0.06	0.02	0.02	0.15	0.48	0.11	0.77	6.37×10^{-4}	—	2.8×10^{-5}

编号	主要岩性	化学成分（%）										
		Ni	Mn	Fe	Cr	Si	Al	V	Cu	Ti	Ba	Br
H－1	含砂淤泥	–	2.59×10^{-5}	1.11×10^{-4}	–	4.93×10^{-3}	1.81×10^{-3}	7.95×10^{-4}	1.85×10^{-4}	1.43×10^{-4}	–	–
H－2	粉砂粘土	–	1.39×10^{-4}	5.43×10^{-3}	–	1.77×10^{-2}	9.1×10^{-3}	3.56×10^{-4}	8.96×10^{-5}	3.01×10^{-4}	–	–
H－3	粘土粉砂	–	2.07×10^{-5}	5.67×10^{-4}	–	3.49×10^{-3}	0.09×10^{-4}	–	8.32×10^{-5}	1.28×10^{-4}	–	–
H－4	含粘土粉砂	1.19×10^{-5}	2.08×10^{-4}	7.08×10^{-3}	–	2.77×10^{-2}	1.37×10^{-2}	1.21×10^{-4}	1.62×10^{-4}	5.22×10^{-4}	2.76×10^{-5}	–

注：取样位置见图 2　　分析者：吕亚平、张晓飞

表 4　大布苏湖区大气降水化学成分

水化学成分（mg/L）											
Na	K	Mg	Ca	Cl	SO_4	CO^{-3}	HCO_3	B_2O_3	Li	V	Cu
347.85	2.40	28.20	34.87	520.82	37.86	—	177.22	2.4224	0.1048	0.0074	0.0257

水化学成分（mg/L）											
Ti	Sr	Ba	Zn	Ni	Mn	Fe	Cr	Si	Al	P	Ag
0.0056	0.1694	0.0618	0.0245	0.0303	0.0022	0.0296	0.0910	5.019	0.0453	—	—

比重	pH	矿化度（g/L）	取样日期	分析者
1.000	6	1157.26	1994.6.27	吕亚平　张晓凤

4. 成碱机理

大布苏湖盆及其附近属于半干旱沼泽草原地带，具有良好的 HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 的水化学背

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

景，有利于碳酸盐盐湖的形成和天然碱，特别是泡碱的沉积[4]。富含阴离子 HCO_3^-、CO_3^{2-} 和阳离子 Na^+ 的卤水，在干旱气候影响下，HCO_3^- 或 CO_3^{2-} 与 Na^+ 作用而生成 $NaHCO_3$ 或 $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ 等盐类沉积，是该湖区普遍存在的成碱过程，即化合成碱。从乌兰花咸水泡和大布苏碱湖卤水的发展阶段，可以得出明确的认识：乌兰花咸水泡是大布苏碱湖形成演化的过去，而大布苏碱湖则是乌兰花咸水泡形成发展的未来。由此看到大布苏碱湖，由咸水湖逐渐发展到盐（碱）湖的形成演化的全过程。

碱湖形成和天然碱（主要是泡碱）沉积的另一途径，是通过微生物脱硫作用来完成。硫酸钠盐（主要芒硝）在细菌（脱硫细菌）参与下产生还原作用，分解成 Na^+ 与 SO_4^{2-} 离子，迅速同富含 HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 离子的碳酸盐湖水反应，生成泡碱（$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$）和 H_2S，即生物成碱作用。据 Ю·Л·尼古尔斯卡娅（1956）研究表明[7]，湖泊的硫酸盐营养环境，有利于细菌繁殖和活动，易于分解 Na_2SO_4（芒硝）还原成 Na^+ 和 H_2S。这种细菌称为脱硫细菌或叫硫酸盐还原细菌，多在海洋、湖泊、矿泉水、火山熔岩水和地质沉积物，如黑色淤泥中生存。脱硫细菌的繁殖和活动能力，决定于生活环境，如湖水含盐量、温度、压力和酸碱度等。有机酸和腐植质（腐植酸），是脱硫细菌所必须的营养物质，所以在芒硝或天然碱层顶底板黑色淤泥中，含有丰富的有机质和 H_2S，并夹有芒硝或天然碱颗粒。湖水的盐度对细菌活动有明显控制作用，NaCl 浓度过高或过低，H_2S 含量过多，都能抑制细菌活动。硫酸盐层中的碳酸盐水化学环境，有利于生物成碱作用。大布苏湖水，具有 HCO_3 或 HCO_3—SO_4 水化学环境，硫酸盐（主要是芒硝）在这种水化学环境中，易于脱硫而形成天然碱（主要是泡碱），或者芒硝在饱和碳酸水溶液中，经脱硫细菌还原而生成泡碱沉淀。所以，在该湖碳酸盐类（泡碱为主）沉积中，总含有一些硫酸盐类（芒硝为主）沉积。

置换成碱作用（К. Л. 卢卡含夫，1956）[8]，是碱湖形成和成碱作用的又一重要途径。硫酸钠（芒硝）水溶液与碳酸钙或石灰石（$CaCO_3$）作用，而形成碳酸盐类（主要是 Na_2CO_3）沉积，即为置换成碱。反应式为：

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

这种置换成碱过程，往往发生在荒漠草原或沼泽草原地带，石灰质粘土或钙质粘土（黄土型）沉积分布广泛的碳酸盐型盐湖。大布苏碱湖虽然具有这种成碱自然环境，湖相碎屑沉积中有石膏存在，湖盆阶地也发现了石灰质团块或钙质结核，但对这种成碱途径还没有开展模拟实验和充分的论证，所以对置换成碱作用过程的研究，还须要深入的考察、探索和完善。

5. 结论

大布苏碱湖，位于东北平原西部半干旱沼泽草原地带，具有高纬度、低海拔的分布特点。古湖盆地，为松嫩平原湖泊收缩，松辽隆起抬升后而残留的凹地，经冲蚀和风蚀作用而形成的汇水湖盆，形成时代为晚更新世末—全新世初期，演化到成盐作用发展阶段则是全新世晚期—现代。

该湖盐类沉积矿物有 11 种，其中碳酸盐矿物有 6 中，其余为硫酸盐和氯化物矿物。盐类矿物中，以泡碱为主，芒硝次之。卤水中含有近 30 种水化学成分，包括 8 种主要成分和 20 种微量元素。其中，阳离子 Na^+ 和阴离子 HCO_3^-、CO_3^{2-} 含量最高，是影响和决定卤水成盐演化方向及形成碳酸盐类沉积的主要元素。盐湖水化学类型，为碳酸盐型盐湖。

该湖区具有良好的 HCO_3、CO_3 区域水文地球化学环境和有利的碳酸盐类盐湖形成背景。天然碱（主要是泡碱）的形成途径，构成三种模式：(1)化合成碱；(2)生物成碱；(3)置换成碱。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

参考文献

〔1〕 郑喜玉等，内蒙古盐湖，北京：科学出版社，1992.

〔2〕 孙广友，松辽平原中部第四纪地壳运动与平原发育一兼论松辽分水岭的形成。中国东北平原第四纪自然环境形成与演化，哈尔滨：哈尔滨地图出版社，1990，2－23.

〔3〕 裘善文，松嫩平原湖泊的成因及其环境变迁。中国东北平原第四纪自然环境形成与演化，哈尔滨地图出版社，1990，146－154.

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

〔5〕 裘善文等，东北西部沙地吉土壤与全新世环境。中国全新世大暖期气候与环境，北京：海洋出版社，1992，153－160，1992.

〔6〕 夏玉梅等，松嫩平原晚第三纪一更新世孢粉组合及古植被与古气候的研究。中国东北平原第四纪自然环境形成与演化，哈尔滨地图出版社，1990，12－23.

〔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，北京：科学出版社，1961，121－143.

〔8〕 К. Л. 卢卡合夫，陈静生译，苏联境内风化壳的地带性地球化学类型．北京：科学出版社，1956，146－158.

Formation and Evolution Environment of Dabusu Alkaline Lake

Zheng Xiyu　Lu Yaping

(*Qinghai institute of salt lakes, academia sinica, Xining*, 810008)

Abstract

Based on the field survey and lab analysis, first, this paper introduces general situation of Dabusu alkaline lake, salt mineral assemblages, chemical compositions of brine and hydrochemical characteristics; discusses formation condition and evolution environment of carbonate lake; proposes formation background and alkaline－forming theory of Trona, inparticular, Natron.

Kerywords　Dabusu alkaline lake　Formation environment　Desulfurization bacterium　Alkaline－forming theory

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net