

文章编号: 1006-6616 (2000) 01-0084-06

鄂尔多斯盆地浩勒报吉淖尔全新世盐湖特征

田孝先

(内蒙古第二水文地质工程地质勘察院, 内蒙古 东胜 017000)

摘要: 本文论述了鄂尔多斯盆地北中部浩勒报吉淖尔全新世盐湖矿床特征, 阐明了湖表卤水化学成分、盐度、水化学类型、pH 值等地球化学特征, 并对盐湖的沉积结构、含盐量变化、矿床物质组成进行了全面研究。对成矿条件作了探讨, 为合理开发该矿床提供了科学依据。

关键词: 鄂尔多斯盆地; 全新世盐湖; 矿床特征; 成矿条件

中图分类号: P641.4⁺64, P534.63⁺2 **文献标识码:** A

1 盐盆概况

浩勒报吉淖尔位于鄂尔多斯盆地北中部乌审旗境内, 地理坐标东经108°29′24″~108°33′00″、北纬38°43′13″~38°46′08″。湖平面向 NW—SE 延伸, 呈长条状分布, 含矿面积大于6.5 km², 湖盆四周主要由白垩系下统砂岩形成的丘陵, 地形起伏不大, 相对高差40~50 m。边部由于湖水的冲刷侵蚀作用, 往往形成笔直的陡崖, 形似湖的围墙。湖区外围有大面积的风积沙丘, 形成浩瀚的毛乌素沙漠, 湖四周均高于湖面, 封闭性能良好。

该湖边部较浅缓, 中部略低洼, 湖内含第四纪湖相化学沉积物, 为全新世盐湖。湖表面有卤水, 卤水深浅不一, 内含不同含量的 Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、CO₃²⁻、HCO₃⁻、SO₄²⁻、Cl⁻ 等离子。

2 盐湖矿床特征

2.1 卤水的分布范围、深度及变化

湖中卤水水深、面积及矿化度随降水量和季节变化而变化。据1998年3月份资料, 湖水水域面积仅2.8 km², 大部分地方已干涸, 只有在湖的最低洼处有20~40 cm 深的残余卤水。同年7~9月份的丰水期降水较多, 湖水面积猛增, 达5.4 km², 平均水深0.63 m。1999年元月份, 湖水面有所下降, 水深一般0.2~0.8 m, 最深可达0.98 m, 平均水深0.52 m, 积水面积4.93 km²。

2.2 卤水的地球化学特征

收稿日期: 1999-7-29

基金项目: 内蒙古自治区1998年地方地质勘查项目 (No. 内政发1998年1号附件9)

作者简介: 田孝先 (1943—), 男, 高级工程师, 主要从事盐类矿床普查与勘探工作。

2.2.1 卤水的主要化学成分 卤水中除 H、O 以外，其余主要是 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 CO_3^{2-} 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 等离子，含量变化见表1。

表1 离子含量特征表
Table 1 Features of ionic content

特 征 离 子	离子含量 (g/L)			
	一 般	最 高	最 低	平 均
K^+	0.25~2.50	34.50	0.005	4.91
Na^+	1.50~6.00	135.00	0.034	25.30
Ca^{2+}	0.008~0.010	0.14	0.00	0.019
Mg^{2+}	0.02~0.03	2.83	0.00	0.14
Cl^-	1.50~10.00	163.60	0.017	29.78
SO_4^{2-}	0.30~5.50	25.46	0.00	4.32
CO_3^{2-}	0.40~20.00	39.61	0.00	6.95
HCO_3^-	0.60~10.00	16.96	0.18	3.91
矿化度	3.50~200.00	401.72	0.229	83.56

测试单位：内蒙古第二水勘院化验室

2.2.2 卤水的次要化学成分 表层卤水中除主要化学成分外还赋存多种微量元素,但含量很低，仅占卤水中离子总量的0.5%~2%。此次工作仅分析了 B_2O_3 、Fe，其中 B_2O_3 平均含量 405.33 mg/L，Fe 平均含量0.976 mg/L。

2.2.3 卤水化学成分变化特征

表2 天然水盐度分类表

Table 2 Saltness classification of natural water

类 别	盐 度	
	%	g/L
淡 水	<0.5	<5
半 咸 水	0.5~2	5~20
咸 水	2~3.5	20~36
卤 水	淡 卤 水	3.5~13.5
	浓 卤 水	13.5~26.5
	饱和卤水	>26.5

浩勒报吉淖湖表卤水中 Cl^- 、 Na^+ 离子的含量居于首位，变化幅度较小，相对比较稳定；而 Ca^{2+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 等离子含量变化却很大,很不稳定。在卤水析盐的早期阶段， Ca^{2+} 、 CO_3^{2-} 离子相互作用，析出 CaCO_3 、 MgCO_3 等盐类， Ca^{2+} 含量减少。尔后， CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 离子与 Na^+ 离子作用生成 Na_2CO_3 、 Na_2SO_4 盐类，因而也影响了这些离

子在卤水中的浓度。在此期间， Cl^- 离子在卤水中不断聚集，所以 Cl^- 离子的浓度在卤水中一直比较高。由水质分析资料可知， K^+ 、 Mg^{2+} 离子随着卤水含盐量的增加，其含量也随之增加。卤水中离子含量的变化是有一定规律的，阳离子的稳定程度依次为 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} ，阴离子为 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- ，这种次序是由离子在卤水中的溶解度所决定的。离子在卤水中的这种稳定程度，决定着卤水演化的方向和盐类的析出顺序。卤水先失去其不稳定的组分，而后失去其稳定的组分，称为卤水的正向演化，浩勒报吉淖湖表卤水具有正向演化的特征。

2.2.4 卤水的盐度 卤水盐度的划分标准各地各部门很不统一。现借鉴青海省察尔汗盐湖南卤水矿床的划分方案（表2）。将天然水分成淡水、半咸水、咸水和卤水4大类，其中又将卤水

分成3个亚类即淡卤水、浓卤水和饱和卤水。

根据表2的分类方案,浩勒报吉淖湖水
属属淡卤水 (表3)。

2.2.5 卤水化学类型 卤水的化学类型
划分采用前苏联盐矿专家瓦里亚什科的分类方法,即利用盐湖卤水中的当量比确定
(表4)。

浩勒报吉淖湖表卤水通过计算 $K_{n1}=23.72$ 、 $K_{n2}=30.93$ 、 $K_{n3}=94.88$ 、 $K_{n4}=311.95$,用以上几个特征系数衡量均符合碳酸盐型卤水特征。该湖水化学类型取决于卤水中主要阳离子和主要阴离子的相互作用,水盐平衡体系由 Na^+ 、 K^+ 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 H_2O 组成。

2.2.6 卤水的
pH 值 卤水的
pH 值 最高
10.175、最低7.9,
平均值9.672,呈
碱性。pH 值与矿
化度之间有一定的
联系:(1)矿化
度在 150 g/L 以
内时 pH 值随矿
化度增高而增高;
(2)矿化度增至
200 g/L 以上时
pH 值有下降趋势。

2.3 含碱砂和含碱淤泥沉积特征

2.3.1 盐湖的沉积结构 (1)含盐层位。湖表卤水之下为含碱砂、含碱淤泥沉积层,初步确定其时代应属全新统。该层无分支复合现象,产状平缓,倾角小于5°。(2)盐湖的沉积结构。上部岩性主要为浅黄色、浅灰色中细砂或粉细砂沉积,厚0.2~3 m,属于湖泊发展的最后阶段。其中有碳酸盐、硫酸盐、卤化物等盐类沉积;蒸发盐类沉积物中有天然碱、泡碱、芒硝、石盐、钾石盐等。中部主要为粘土质粉细砂、粉砂质淤泥沉积,厚度在1~6 m 之间。粉细砂由石英、长石、云母等组成,粘土矿物有伊利石、蒙脱石、高岭石等,含有机质,并含少量盐类矿物。本层位往往呈灰黑色,有较浓的 H_2S 气味。沉积层序清晰,可见黑、白、灰、绿相间的微细层理,反映了当时的沉积环境和季节变化。下部基岩之上普遍分布一层厚1~3 m 的浅黄色、灰黄色粉细砂、细砂至中细砂粗碎屑沉积,是盐湖早期阶段的产物。厚度主要受古地形控制,根据15个钻孔资料统计,湖积层沉积厚度最薄1.30 m,最厚12.66 m,一般为6.10~8.80 m,变化系数33%,属于稳定型沉积。(3)可溶盐含量变化。在湖相沉积物中含有多种可溶盐成分,如 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 、 NaCl 、 KCl 、 Na_2SO_4 、 CaCO_3 、 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 、 MgCO_3 、 $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ 等,另外有 H_2O 及水不溶物。各主要成分含量变化如表5。

表3 浩勒报吉淖湖水盐度

Table 3 Salinities in the Holbaojinao Salt lake

湖水盐度/%		
最 高	最 低	平 均
12.077	0.477	6.870

测试单位:内蒙第二水勘院化验室

表4 盐湖卤水分类方法(瓦里亚什科)

Table 4 Classification critena of the brine water in salt lakes

离子 的 形 式	分类系数	碳酸盐型	硫酸盐		氯化物型
			硫酸钠型	硫酸镁型	
	$k_{n1}=\frac{\vartheta\text{CO}_3^{2-}+\vartheta\text{CHO}_3^-}{\vartheta\text{Ca}^{2+}+\vartheta\text{Mg}^{2+}}$	>1	<1	<<1	<<1
	$k_{n2}=\frac{\vartheta\text{CO}_3^{2-}+\vartheta\text{HCO}_3^-+\vartheta\text{SO}_4^{2-}}{\vartheta\text{Ca}^{2+}+\vartheta\text{Mg}^{2+}}$	>>1	>1	<1	<1
	$k_{n3}=\frac{\vartheta\text{SO}_3^{2-}+\vartheta\text{Ca}^{2+}}{\vartheta\text{Ca}^{2+}}$	>>1	>1	>>1	<1
	$k_{n4}=\frac{\vartheta\text{CO}_3^{2-}+\vartheta\text{CHO}_3^-}{\vartheta\text{Ca}^{2+}}$	>>1	<1或>1	<1或>1	<1

注: ϑ 表示离子的当量

表5 浩勒报吉淖尔沉积物化学成分

Table 5 Chemical compositions of the sediment in the Holbaojiniao

组分\值域	组分含量/%								备注
	Na ₂ CO ₃ +NaHCO ₃	Na ₂ SO ₄	NaCl	KCl	CaCO ₃ + Ca (HCO ₃) ₂	MgCO ₃ + Mg (HCO ₃) ₂	H ₂ O	水不溶物	
最高	2.833	1.315	3.618	0.892	2.118	1.093	62.98	89.262	指单样
最低	0.001	0.001	0.001	0.011	0.015	0.007	11.42	34.126	指单样
平均	0.405	0.158	0.642	0.124	0.264	0.174	26.26	72.17	

测试单位：内蒙第二水勘院化验室

水平方向变化：在水平方向上，可溶盐组分含量高的分布于湖的中心部位，在湖的边部各组分含量有变低的趋势。

垂直方向变化：大部分钻孔资料反映，含碱砂、含碱淤泥中 Na₂CO₃+NaHCO₃由顶部向底部含量逐渐减少，而 Na₂SO₄、NaCl、KC 等由浅到深含量也随之减少，但不成比例。水不溶物含量变化与可溶盐含量变化互为消长关系。

3 矿床物质组成

在野外现场观察岩矿芯并编录，系统采样。室内在显微镜下对薄片进行观察，利用水溶配矿和镜下鉴定相结合的方法鉴定矿物种类和碎屑物。

3.1 盐矿物

(1) 泡碱 (Na₂CO₃·10H₂O) 无色或白色，玻璃光泽，常为粒状、柱状、针状、粉末状集合体。二轴晶负光性， $N_g=1.440$ ， $N_m=1.425$ ， $N_p=1.405$ 。

(2) 天然碱 (Na₂CO₃·NaHCO₃·2H₂O) 无色或淡黄白色，半透明，有酸味、碱味，易溶于水。二轴晶负光性， $N_g=1.540$ ， $N_m=1.492$ ， $N_p=1.418$ 。

(3) 芒硝 (Na₂SO₄·10H₂O) 无色透明，玻璃光泽，味清凉咸苦，在空气中易脱失结晶水而成白色粉末。二轴晶负光性， $N_g=1.398$ ， $N_m=1.396$ ， $N_p=1.392$ 。

(4) 石盐 (NaCl) 白色或红色，玻璃光泽，易溶于水，味咸。它形粒状，有清楚的立方解理，等轴晶系， $N=1.544\sim1.541$ 。

(5) 钾石盐 (KCl) 多呈玫瑰色，味辛辣咸涩，易溶于水。光学性质无色透明，负突起较高，等轴晶系， $N=1.484\sim1.511$ 。

(6) 方解石 (CaCO₃) 无色透明，薄片呈云雾状。自形晶少见，多为不规则它形，一轴晶负光性， $N_o=1.658$ ， $N_e=1.486$ ，对称消光。

(7) 菱镁矿 (MgCO₃) 白色，它形一半自形。晶体细小呈粒状集合体，一轴晶负光性， $N_o=1.700\sim1.782$ ， $N_e=1.509\sim1.563$ 。

3.2 粘土矿物

经 x 光鉴定，粘土矿物主要有以下矿物：

(1) 伊利石，是粘土矿物的主要组成矿物，含量比较多，平均约占粘土矿物总量的78%左右。

(2) 绿泥石、高岭石，两者含量相差无几，平均含量15%左右。

(3) 蒙脱石, 含量相对较少, 约占5%左右。

3.3 硅酸盐矿物

样品经水溶、酸溶和悬浮法去掉粘土矿物之后, 剩余残渣则为碎屑物, 称其重量后在双目镜下辅以偏光显微镜和 x 光衍射分析其矿物种类, 进行鉴定和统计。经鉴定分析主要有以下几种矿物:

石英是主要矿物, 占碎屑总量的60%~70%; 长石是次要矿物, 占20%~30%; 云母约占2%~5%。暗色矿物(角闪石、绿帘石、辉石等)和一些植物碎屑含量很少, 约占0.5%~2%左右。

4 成矿条件探讨

4.1 地质条件

区内无火山活动, 也无较大的断裂构造。经初步研究, 浩勒报吉淖是由风蚀洼地形成的盐盆地, 四周广泛分布着白垩纪富含盐离子的灰绿色砂岩(已被大量的化验资料所证实), 含盐元素的集散系数均大于1, 属于地球化学集中状态。在湖泊演变过程中, 随着外围母岩的风化、淋滤, 由地表水及地下潜水向湖盆运移过程中带入了大量的含盐离子, 不断地迁入湖盆而富集, 为该矿床的形成提供了先决条件。

4.2 古气候条件

根据以往内蒙古第二水勘院在该区获得的大量古气候资料, 鄂尔多斯盆地在第四纪全新世中后期距今约6000年至现代, 气候有明显波动, 出现干冷和温湿交替期, 从而导致湖盆水域扩大或缩小, 但总趋势还是以干旱、半干旱占据主导地位, 在干旱气候影响下, 湖盆水域面积最终仍以缩小为主。此时湖面蒸发作用强烈, 湖水含盐量明显增加, 相继进入咸水湖或盐湖阶段。鄂尔多斯盆地大部分盐湖都于此时形成(达拉特旗盐盆除外)^[4], 如内蒙古第二大碱湖——合同察汗淖以及白彦淖、哈马尔太淖、讨号图淖、浩勒报吉淖等盐湖。

4.3 生物化学条件

浩勒报吉淖湖相沉积物中含有相当数量的黑色淤泥及植物的根、茎、叶、花。说明当时的水体中有机质含量丰富。由于脱硫细菌的作用, 有机质与水体中的 SO_4^{2-} 离子作用, 产生大量 H_2S , 同时生成大量 CO_2 溶于水中, 形成 HCO_3^- 、 CO_3^{2-} 并与 Na^+ 反应生成 Na_2CO_3 和 NaHCO_3 。由于这种反应进行得不够充分, 湖相沉积物中除含有天然碱、泡碱外仍含有 SO_4^{2-} 和 Na_2SO_4 。生物化学作用起到了极为重要的成矿作用。

在野外工作期间得到了蒋复初研究员的多方指导, 参加野外工作及资料整理工作的还有马少华、祁瑞军等同志, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 杨 谦, 吴必豪, 等. 察尔汗盐湖钾盐矿床地质 [M]. 北京: 地质出版社, 1998. 98~129.
- [2] 何法明, 刘世昌, 等. 盐类矿物鉴定工作方法手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1988. 1~22.
- [3] 郑喜玉, 等. 内蒙古盐湖 [M]. 北京: 科学出版社, 1992. 191~202.
- [4] 田孝先. 鄂尔多斯盆地东北部达拉特旗芒硝矿床地质特征及成矿条件研究 [A]. 第六届国际盐湖学术讨论会论文选集 [C]. 北京: 地质出版社, 1996. 64~69.

STUDIES ON THE FEATURES OF THE HOLBAOJINAO QUARTERNARY SALT LAKE IN MID-NORTH ERDOS BASIN

TIAN Xiao-xian

*(The Second Institute of Hydrogeology and Engineering Geology of
Inner Mongolia, Dongshen, Inner Mongolia 017000, China)*

Abstract: The present paper discusses the characteristics of the Holcene Holbojinao salt lake deposits in Mid-north Erodos Basin with a full description of the chemical composition, salinity, type of water chemistry and pH value of the surface brine. A study of the sedimentary regime salinity variation, and the composition of the lake deposits as well as the mineralization conditions has been made.

Key words: Erdos Basin; Holbaojinao salt lake; salt mineralization