

http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx

青海省柴达木盆地一里坪和东、西台吉乃尔湖地质新认识

朱允铸 李文生 吴必豪 刘成林

(青海省盐湖勘查开发研究院, 格尔木)

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)



柴达木盆地中部的一里坪和东、西台吉乃尔湖, 即三湖, 在晚更新世晚期以前, 与察尔汗同为一统--的淡水滨浅湖。此后发生强烈的新构造运动, 导至湖水四次收缩, 三湖与察尔汗湖逐渐分离, 那棱格勒河水系产生四期冲积扇, 三湖形成相应的扇前湖。从距今约15000年开始, 三湖演变成盐湖, 沉积了上、下盐层, 其晶间卤水及湖表卤水富含锂和硼, 储量巨大。盐类物质主要来自那棱格勒河上游昆南断裂两侧与新生代火山活动有关的温泉热水的补给。

位于柴达木盆地中部的一里坪、西台吉乃尔湖和东台吉乃尔湖(以下简称三湖), 卤水中的锂含量在柴达木盆地是最富的, 硼含量也比较高, 仅次于大、小柴旦湖(图1)。对于“三湖”的成因和硼、锂的富集, 一直缺乏明确的认识。一般只是泛泛地认为是柴达木古湖长期演化和卤水浓缩的结果; 虽也有比较具体者, 如认为是中更新世末期新构造运动, 使盆地分隔后残余卤水的汇集, 或者来自西部湖水的不断补给等, 但也多与事实不符。又由于它们与著名的察尔汗钾镁

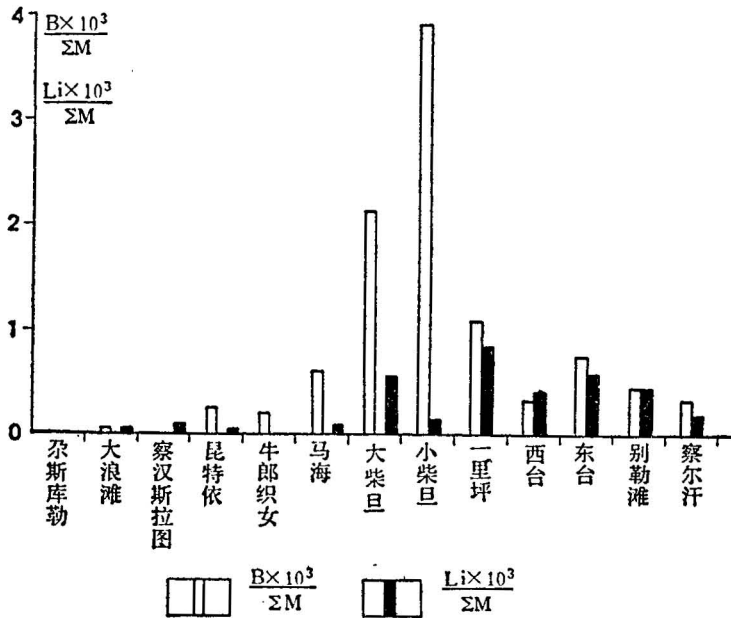


图1 柴达木盆地各盐湖硼盐、钾盐比值对比图

Fig. 1 Comparison of B-salt ratio and Li-salt ratio among different saline lakes in Qaidam Basin

注: 参加此项工作的还有李争艳、李兴、王弭力等。
本文1988年10月收到, 1989年7月改回, 胡亚昌编辑。

盐矿床相邻，而且在晚更新世早、中期，它们确曾处于统一的东柴达木古湖之中，因而长期以来，人们一直将“三湖”的成盐期与察尔汉盐湖成盐期进行机械的对比。

在本文中，笔者拟对上述看法提出新的认识。将证明：“三湖”的成因属那棱格勒河所形成冲积扇的扇前湖（图2）；“三湖”地区的盐类沉积形成很晚，应在距今15000年之后，即下部盐层仅能和察尔汗的S₃盐层对比，现今地表盐层可和达布逊湖盐层成盐期对比；三湖的锂、硼物质来源与那棱格勒河上游布喀大坂一带的近-现代的火山活动的热水有关。最后将进一步探讨在研究区内外扩大锂、硼、钾的找矿远景问题。

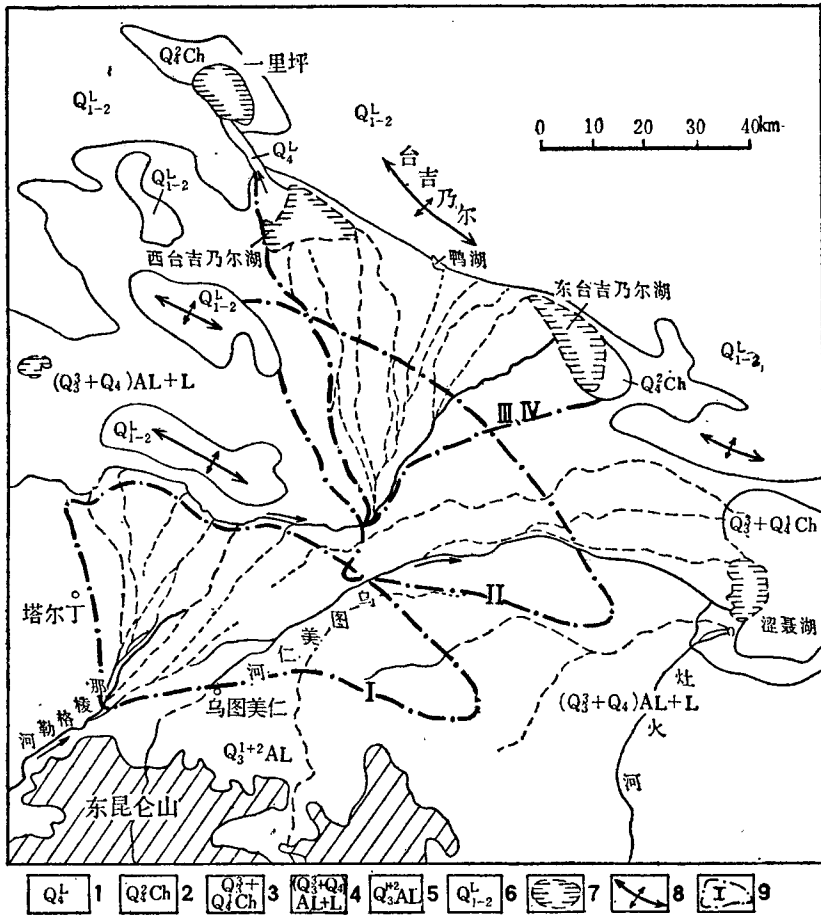


图 2 一里坪—涩聂湖间地质略图

Fig. 2 Geological sketch in the region between Yilipin and Cenie Lakes

1—全新世湖积砂；2—全新世晚期化学沉积；3—晚更新世末期及全新世早期化学沉积；4—晚更新世晚期及全新世冲积、湖积；5—晚更新世早、中期冲积砾石；6—早、中更新世湖积；7—湖水；8—背斜；9—晚更新世晚期以来那棱格勒河向北推进所形成冲积扇范围及先后次序编号

1—Holocene lake sand; 2—Late Holocene chemical deposit; 3—Chemical deposit of late Pleistocene and early Holocene; 4—Alluvial and lake deposits of late late Pleistocene and Holocene. 5—Alluvial gravel of early and middle late Pleistocene; 6—Lake deposit of early and middle Pleistocene; 7—Lake water; 8—Anticline; 9—The distribution and serial numbers of alluvial fans that formed as a result of Nalinggele River moving northward since late Pleistocene

一、“三湖”的成因

柴达木盆地在中更新世以前为一统一的大水湖。从第三纪早期至中新世,盆地沉降中心一直在西部。上新世开始,盆地西部开始抬升,沉降中心向东转移。第四纪的新构造运动使西部继续抬升;东部则以涩聂湖附近为中心强烈沉降,该区第四纪沉积厚达3 000m。中更新世末期有过一次较强烈的新构造运动,对盆地产生了巨大影响;一方面使西台吉乃尔湖以西的西柴达木盆地全部隆升,露出水面,并分割为孕斯库勒、大浪滩、察汉斯拉图、昆特依、马海等次一级湖盆。根据最近我们对古地磁、孢粉、新构造运动等研究,这些次一级成盐盆地先后在晚更新世早、中期趋于干涸^①;另一方面则是以涩聂湖为中心的东柴达木继续沉降,沉降中心有逐渐向东扩展的趋势。

在晚更新世早、中期,东柴达木盆地为一统一淡水湖,其界线:西起西台吉乃尔湖,东至诺木洪以东,北达西台吉乃尔湖-东台吉乃尔湖-察尔汗盐湖三个湖的北侧不远,南部大致以青藏公路为界。其湖岸标志为现今所见晚更新世早、中期洪积砾石,在地貌上常表现为陡坎或阶地;根据可与其对比的诺木洪西北、努尔河两岸的阶地,阶面以下5—25cm处的瓣鳃类介壳¹⁴C测年为距今 $28\,700 \pm 700$ 年^[1],可以肯定:东柴达木作为一个统一湖盆存在的时间,为晚更新世早期至距今0.03Ma左右,即晚更新世的早、中期(Q_3^{1+2})。在这期间基本上没有盐类沉积,这已为1984年在别勒滩(位东台吉乃尔湖之东)所施工的ZK-S-6孔(9,10,14m)和1987年在一里坪附近和西台吉乃尔湖西侧所打的两个钻孔:ZK-701孔(800m),ZK-702孔(800m)所证实。根据上述钻孔沉积物结构构造和微体古生物的初步研究表明:从中更新世至晚更新世晚期(距今0.03Ma),该区为一广阔的淡水湖,属滨湖、浅湖和沼泽环境沉积^[2,3]。

从距今0.03Ma时间开始,盆地发生了一次强烈的新构造运动,可分四个发展阶段,其具体体现是:在盆地四周的河谷有四个阶地存在;在东柴达木湖区有四次湖水收缩。前三个阶段的运动使东柴达木湖水自南向北、自西向东收缩;每收缩一次,在察尔汗盐湖地区形成一层石盐沉积,即形成自下而上的 S_1 、 S_2 (包括原来的 S_1^1 和 S_2^1)、 S_3 石盐沉积。通过 S_3 的沉积,察尔汗已基本干涸,仅残留较现在为大、位置偏东的达布逊湖。第四阶段,它使达布逊自东北向西南收缩,形成现代状况,并有 S_4 石盐沉积。

上述新构造运动发展的四个阶段,在冲-洪积扇方面也有反映。与东柴达木古湖收缩的同时,其西南的那棱格勒河则有四次冲积扇的形成(图2)。第一、二次冲积扇,随着湖水的收缩,紧跟湖水向北推进。但在第三次湖水收缩时,察尔汗湖区已接近干涸,涩聂湖以西无湖水存在;而一里坪地区长期为沉降中心,此时又继续沉降,因此那棱格勒河由原先的自西南往北东流,改为向北流,并形成第三个冲积扇,形态与现今近似,当构造运动发展到第四阶段时,那棱格勒河未能形成新的向前推进的冲积扇,而是叠加在第三次冲积扇之上。其原因是其北侧受到了由早一中更新统组成的台吉乃尔背斜的阻挡。那棱格勒河口四次冲积扇的推进,可从地球资源卫星所拍的台吉乃尔湖幅照片上清楚看到^[4]。图2为根据卫片及以往的地质调查所作的一里坪—涩聂湖间地质略图。

从图2可以清楚地看到:东、西台吉乃尔湖和中间的鸭湖均位于最近形成的冲积扇前缘,其形态完全受冲积扇控制,其湖水完全由现代那棱格勒河补给,是典型的扇前湖。至于一里坪盐

① Wu Bihao' Li Songjun, Zhu Yunzhu and Shen Zhenshu 1988, Depositional environment, Paleoclimate and Salt Resources of Quaternary sediments in Qaidam Basin, (Abstracts). IAS International Symposium on sedimentology related to Mineral Deposits, Beijing, China. P. 296—297.

湖，也可划归扇前湖之列；它是在一里坪继承性沉降基础上继续沉降形成的；它的湖水是由西台吉乃尔湖西北角通过一沟谷补给的；在现在，当西台吉乃尔湖水涨时，仍有湖水补给一里坪盐湖，这在卫片上清楚可见⁽⁴⁾。

“三湖”成因为扇前湖，与古湖分割无直接关系。进一步研究“三湖”的成盐特征也可得出相同结论。“三湖”各有上下两套盐层：

1. 表层石盐层

(1) 东台吉乃尔湖 分布在现今湖水分布范围内，其西端为粉细砂砂质粘土，向东石盐含量渐增，至东部为较纯的石盐，并含少量芒硝^①，厚2—3m，分布面积约80km²，这些资料说明湖水是自西向东补给，与那棱格勒河河水运移方向一致。

(2) 西台吉乃尔湖 湖水只分布在湖区的中部以东地区，石盐层分布在现代湖水分布区的西部(3-A)；石盐颗粒较细，含砂，厚仅1—2m，分布面积约150km²^②

(3) 一里坪盐湖 石盐分布面积210km²，厚4—6m，石盐颗粒较粗，夹薄层粉、细砂^③。

西台吉乃尔湖的石盐分布于湖区西部，是河水自南东向北西补给的结果；石盐颗粒较细，含砂较多，其原因与直接受河水补给有关。而一里坪的石盐晶体较粗，说明它远离河水补给；所夹薄层粉细砂反映了西台吉乃尔湖在涨水或发洪时一次次带来碎屑物的补给。

2. 下部石盐层

分布范围也与现今地表湖盆一致。从成盐情况看说明当时的湖泊为第三次冲积扇形成时的扇前湖：

(1) 东台吉乃尔湖 石盐层分布面积91km²，厚10—15m，向东尖灭，顶板埋深6—10m；西部含砂较多，并可见到石膏、芒硝及白钠镁矾，向东石盐质纯。这也反映了当时河水自西向东补给情况。

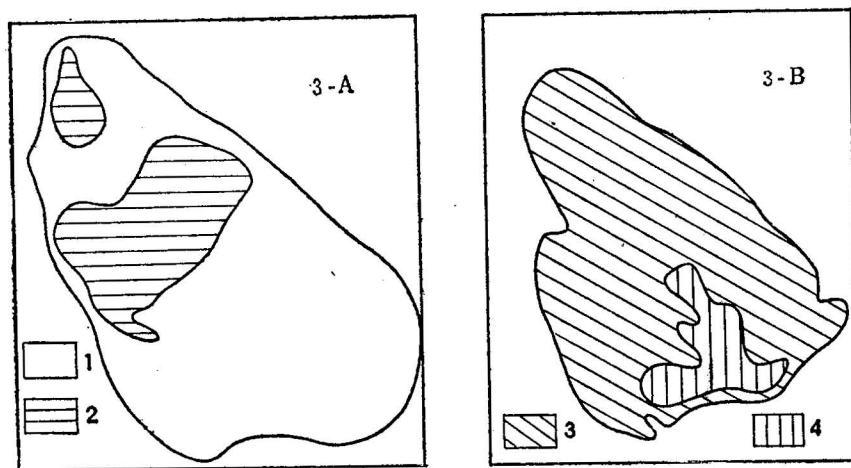


图 3 西台吉乃尔湖地表(3-A)、地下盐层(3-B)分布略图

Fig. 3 The distribution sketch of surface and underground salt layers in West Taijinar Lake

1—现今湖盆分布范围；2—表层石盐分布范围；3—下层盐分布范围；4—下层盐底部白钠镁矾分布范围
1—The distribution of present lake basin; 2—The distribution of surface salt layer; 3—The distribution of lower salt layer; 4—The distribution of bleedite at the bottom part of lower salt layer

① 青海省第一地质队，东台吉乃尔湖锂矿区普查检查报告，1965年。

② 青海省第一地质队，西台吉乃尔湖锂矿区初步勘探报告，1965年。

③ 青海省地质局柴达木地质队，柴达木一里坪锂矿区初步勘探总结报告，1960年。

(2) 西台吉乃尔湖 石盐层也分布在现今湖盆范围之下,东西两侧含砂渐增,面积 430km^2 ,厚 $15\text{—}20\text{m}$,埋深 $23\text{—}30\text{m}$;其下有一零星分布的白钠镁矾薄层及含芒硝的石盐,底部及边缘有零星石膏分布,主要分布于盆地的东南部,即近水源补给一侧,厚 $2\text{—}3\text{m}$,埋深 $25\text{—}30$,分布面积 53.5km^2 (图3—B)

(3) 一里坪 西北部石盐质纯,向东南含砂增加,反映湖水自东南向西北补给,分布面积 221.49km^2 ,埋深 $16\text{—}41\text{m}$,厚 $10\text{—}25\text{m}$ 。本层底部有一薄层含芒硝的白钠镁矾,厚 30cm ,不稳定;顶部有一小扁豆体状钾石盐薄层。

从西台吉乃尔湖、一里坪盐湖的盐类沉积可以看出:西台吉乃尔湖的盐矿分布与沉积,直接受第三次冲积扇控制,故含砂较多,硫酸盐沉积可达白钠镁矾阶段;而一里坪则不仅有白钠镁矾沉积,石盐层顶部尚有钾石盐沉积,说明其湖水浓缩程度较高,它的湖水不直接由当时那棱格勒河水补给,而是经西台吉乃尔湖浓缩后,再向它补给的,即西台吉乃尔湖起着“预备盆地”的作用。但从卫星照片上看^[4],可能还有部分卤水来自西部察汉斯拉图盆地湖水的补给。然而由于卤水富锂;表明其与西台吉乃尔湖的关系更为密切。

二、成盐时期

“三湖”的成因与柴达木古湖分割无直接关系,与察尔汗盐湖成盐作用也分属二个盆地,但它的成盐期是否可和察尔汗盐湖对比呢?答案是可以的。因为盆地的成盐作用既是新构造运动所产生,也是一定气候条件下的产物,具有同一性。

察尔汗盐湖的成盐时期,自下而上可分为^[5]: S_1 : 距今 $25000\text{—}21800$ 年; S_2 : 距今 $19700\text{—}16500$ 年(相当原作的 S_2 和 S_3 ,也即一些文献中使用的 S_1^2 及 S_2^2); S_3 : 距今 $15000\text{—}8000$ 年(相当原作的 S_4) ($Q_3^3+Q_4^1$); S_4 : 相当达布逊湖成盐期,无直接测年数据。但根据格尔木河最低一级阶地的阶面, ^{14}C 年龄为 4910 ± 110 年^[6],该阶地阶面下切,与现今达布逊湖的形成,为同一新构造期,所以达布逊湖的成盐时间 (S_4) 应为距今 5000 年—现代 (Q_4^2)。

达布逊湖实际上亦为格尔木河最新一次冲积扇的扇前湖,与“三湖”地区那棱格勒河最新一次冲积扇的扇前湖形成时间一致,故后者的表层盐成盐期亦应为距今 5000 年—现代。“三湖”下部的盐层,为第三次冲积扇的扇前湖沉积,与 S_3 相当,成盐期为距今 $15000\text{—}8000$ 年 ($Q_3^3+Q_4^1$)。

三、物质来源

“三湖”上、下盐层晶间卤水及湖水均富含锂、硼,可达工业品位,规模巨大,具有重大的经济价值。由于它们均直接受那棱格勒河水系补给,故硼、锂来源应与该河有关。

调查资料表明,那棱格勒河上游的主要支流为洪水河,该河水矿化度高达 1321mg/L ,其中锂含量为 2.04mg/L ,硼含量为 4.69mg/L 。而在那棱格勒河流出山口进入盆地处,由于其它支流河水的补给,硼含量稍有降低,但仍高达 3.84mg/L 。与柴达木盆地其它河流相比,那棱格勒河河水锂含量比它们高 $50\text{—}100$ 倍,硼含量高 $5\text{—}10$ 倍。在那棱格勒河出山口处多年平均径流量为 10.68 亿立方,则从本区盐类沉积开始, 15000 年来流入的锂总量可达 2675 万吨;硼 6152 万吨。考虑到那棱格勒河的一部分水可经乌图美仁河补给别勒滩、察尔汗湖盆(最多也不会超过 50%),其余注入东、西台吉乃尔湖和一里坪地区,故锂、硼数量仍然相当可观,在一定程度上也可与实际储量相比拟。

那么那棱格勒河水中的硼、锂又来自何处呢？从图4可以看到，洪水河上游呈东西走向，发源于布喀大坂，实际上是沿昆南断裂分布。而据地球资源卫星资料^[4]，在该断裂带两侧，存在一系列环形状构造，可解释为新生代火山口地貌。基于这些火山口都切穿了最年轻的侵入岩（可能属中生代后期）；多数组成雪山、雪峰等年轻的地貌形态；而昆仑与阿尔金山交汇处的火山口（即为昆南断裂火山带的西延部分）在1952年尚有喷发；以及布喀大坂在1984年也有火山喷发，并至今存在高达130℃的温泉多处等资料分析，这些火山极有可能是第四纪的，也是比较近期的。与火山及断裂活动有关的温泉热水的溢出，就成为那棱格勒河河水钾、硼、锂的直接来源。

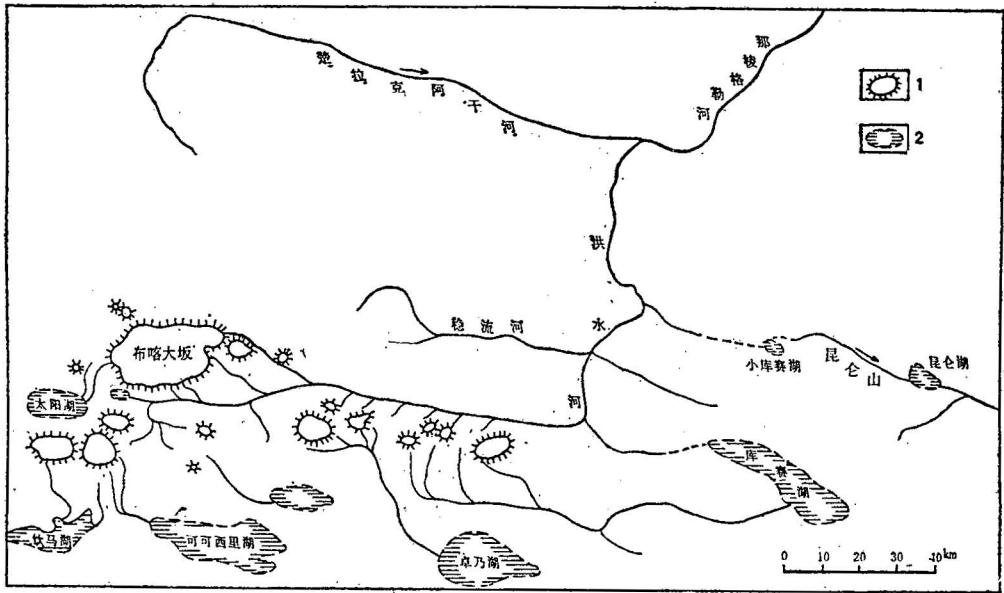


图 4 那棱格勒河上游洪水河发源地新生代及现代火山口分布图

Fig. 4 The distribution diagram of Cenozoic and Modern volcanic crater scattered over the Sourceland of Hongshui River System in the upper reaches of Nalinggele River System

1—新生代火山口；2—湖泊

1—Cenozoic volcanic crater; 2—Lake

四、找矿方向

1. 东台吉乃尔湖—涩聂湖间（图2）锂、硼、钾综合找矿区：已知东台吉乃尔湖有已成工业矿床的液体锂、硼矿存在。而那棱格勒河在第二次冲积扇形成前，是补给察尔汗西段别勒滩地区的，故该处晶间卤水中亦相对富含锂（ $\frac{Li \times 10^3}{\Sigma 盐}$ 值高达1.77）及硼（ $\frac{B \times 10^3}{\Sigma 盐}$ 值高达1.51）；其次是现今东台吉乃尔湖湖面高于涩聂湖，前者海拔2682.8m，后者2677m那棱格勒河水系现今还有水流向涩聂湖地带补给；第三，涩聂湖以西原为第四纪沉降中心（台南凹陷），过去和现在均有那棱格勒河水补给，其东部别勒滩区段地下水也可能有自东向西的补给，因此在该处寻找锂、硼、钾液体矿是有希望的。

2. 太阳湖—可可西里湖—库赛湖及其以南地带湖泊中寻找液体锂、硼矿。众所周知，由火山活动所形成的温泉或地下热水可以带来硼、锂等有用元素。“三湖”既已形成工业矿床，则在火山分布区附近，受来自深部地下水直接补给的湖泊，更可能形成液体硼、锂矿床。在那棱格

勒河上游洪水河以南有大量新生代火山口分布(见图4),附近的湖泊很多。继续往南,位于可可西里湖—库赛湖南的可可西里山,也存在许多新生代火山岩及湖泊^①。因此这里是一个值得注意的寻找液体锂硼矿有远景的地区,也有可能火山口附近找到固体硼矿。其中太阳湖一带的湖泊,可能有来自现代火山热水的直接补给;库赛湖原先也可能受到发源于布喀大坂的河水补给,只是到晚更新世末期由于新构造运动影响,那棱格勒河自北而南向源侵蚀,才将原自西向东补给的洪水河上游袭夺,使其纳入那棱格勒河水系,而不再补给库赛湖而已。

参 考 文 献

- [1] 陈克造, 1987, 柴达木盆地晚更新世盐湖演化。中国-澳大利亚第四纪学术讨论会论文集, 第83—91页。科学出版社。
- [2] 吴必豪、李松筠、朱允铸、李润民、赵辉, 1987, 柴达木盆地察尔汗盐湖的钾镁盐沉积。岩相古地理通讯, 第1期, 第53—60页。
- [3] Wu Bihao, Li Songjun, Duan Zhenhao, Li Xing, Chen Yongzhi et al, 1986, The Deposition of K-Mg Salt in Qarhan Lake, Qaidam Basin, China. Abstracts, 12th International sedimentological Congress, Highland Press P. 338.
- [4] 国家地质总局航空物探大队遥感室, 1987, 地球资源卫星象片图集。地质出版社。
- [5] 黄麒、蔡碧琴, 1987, 察尔汗盐湖沉积物年代学的初步研究。中国-澳大利亚第四纪学术讨论会论文集, 第106—114页。科学出版社。
- [6] 吴锡浩、钱方, 1982, 格尔木河水系河谷地貌。青藏高原地质文集, No. 4, 第71—86页。地质出版社。

NEW RECOGNITION ON THE GEOLOGY OF THE YILIPING LAKE AND THE EAST AND WEST TAJNAR LAKES IN THE QAIDAM BASIN, QINGHAI PROVINCE

Zhu Yunzhu and Li Wensheng

(No. 1 Geological Hydrogeological Party of Qinghai Province,
Golmud, Qinghai)

Wu Bihao and Liu Chenglin

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological
Sciences, Beijing)

Abstract

The Yiliping Lake and the East and West Tajnar Lakes, i. e. Three lakes, in the central part of the Qaidam basin had been connected with Qarhan to form a unified freshwater shoreline shallow lake before the late part of the late Pleistocene. Afterwards strong neotectonic movements took place; as a result, the lake shrank four times and the Three Lakes were gradually separated from Qarhan. Meanwhile, alluvial fans of four periods originated in the Nalinggale River system and the Three Lakes became a forefan lake. From about 15000 yr B. P. on, the Three Lakes evolved into saline lakes, where the upper and lower salt beds were

① 吴向农等, 1984, 青海省唐古拉山地区晚第三纪的火山活动。青海地质, 第一期。

deposited. The intercrystal brines of the beds and surface brines of the lakes are rich in Li and B. Their reserves are large. The salt materials were mainly derived from both sides of the Kunnan fault in the upper reaches of the Nalinggela River and supplied by the hot springs related to Cenozoic volcanism.

作者简介

朱允铸，生于1935年，1958年毕业于北京地质学院。长期从事西藏、青海的盐湖地质调查研究工作，现任青海省盐湖勘查开发研究院地矿研究室技术负责、高级工程师。单位地点在青海省格尔木市。