

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

从新构造运动看察尔汗盐湖的形成

朱允铸* 李争艳

(青海省盐湖勘查开发研究院, 格尔木)

吴必豪 王弭力

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京)



通过对东昆仑山地层、地貌与新构造运动特征的研究查明, 距今 0.03Ma 以前, 该区在昆中断裂以南, 西起现今那棱格勒河中、上游, 东至阿拉克湖-托素湖之间, 存在一系列古湖, 有的还是盐湖。其中古那棱格勒湖和昆仑湖主要受与火山有关的热水补给, B、Li、K 含量相对较高。

距今 0.03 Ma 以来发生的新构造运动导致东昆仑山水系向南侵蚀, 使古湖水被袭夺并补给察尔汗地区, 因而在那棱格勒河上游南岸与近现代火山及断裂活动有关的热泉, 就成了察尔汗盐湖盐类物质的一个重要来源。

一、长期不解之谜

察尔汗盐湖位于柴达木盆地东南部, 面积 5856km²。该湖南部由西到东主要受源出昆仑山的乌图美仁河、格尔木河、诺木洪河、柴达木河补给; 北面有全吉河补给(图 1)。现今的察尔汗盐湖已经大面积干化, 形成广阔的干盐滩, 只在其周缘分布着达布逊、南、北霍布逊和涩聂湖等十个小盐湖。

察尔汗干盐湖共有 4 个成盐期^[1], 第一成盐期, 形成 S₁ 盐层, 时间为距今 25 000—21 800 年; 第二成盐期为距今 19 700—16 500 年, 形成 S₂ 盐层(相当原作的 S₂ 和 S₃ 或以前文献资料中的 S₂¹ 及 S₂²); 第三成盐期为距今 15 000—8 000 年, 形成 S₃ 盐层(相当原作的 S₄ 层); 第四成盐期, 为达布逊湖成盐期, 无直接测年数据, 但可引用格尔木河最低一级阶地阶面的资料, 其 ¹⁴C 测年数据为 4 910 ± 110 年^[2]。理由是該阶面下切与达布逊湖现今状况的形成成为同一新构造运动期。故此达布逊湖的成盐时间(S₄)为距今 5 000 年至现代(即 Q₁)。S₁、S₂、S₃ 的沉积主要是石盐, 每层厚数米至 20 余米不等。在 S₃ 盐层中含薄层状光卤石。在察尔汗西部别勒滩地区, 盐层中含有少量的石膏、白钠镁矾和软钾镁矾等硫酸盐矿物。因而从总体上说, 察尔汗是一个典型的氯化物型盐湖^[3,4]。已知该湖有: 石盐 60 × 10⁹t, 固、液体钾盐(KCl 含量 > 0.2% 以上)总量共约 0.9 × 10⁹t。此

本文 1989 年 3 月收到, 1989 年 8 月改回, 胡亚昌编辑。

* 参加此项工作的还有李松筠、陈永志、刘成林和李文生等。

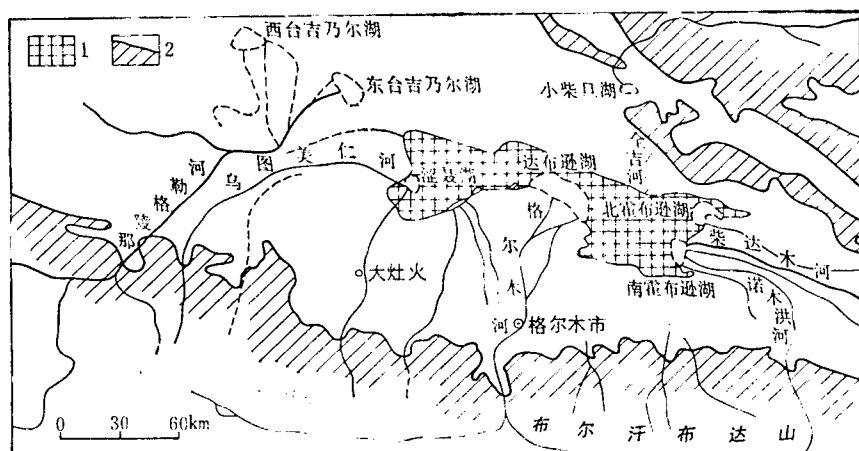


图1 察尔汗盐湖区及水系分布图

Fig. 1 The distribution of saline lakes and river system in the Qarhan region

1——察尔汗干盐滩; 2——盆地周边基岩。

1—dry salt beach; 2— bedrock along the basin margin.

外,在别敦滩地区晶间卤水中尚含较高的硼、锂等元素,工业上可以利用。

由于察尔汗盐湖以氯化物占绝对优势,并有大量钾镁盐的存在;其形成时间虽短,但数量巨大。所有这些,构成了察尔汗盐湖长期不解之谜。察尔汗盐湖究竟是怎样形成的?盐类物质来源于何处?特别是最近几年来,我们通过对本区一些水文深孔岩芯中微体古生物和沉积物结构构造的研究,得知察尔汗盐湖在距今3万年以前,长期处于淡水、滨、浅湖环境,偶尔达到半咸水状态,并曾多次沼泽化。只是到了接近 S_1 盐层沉积时,才出现少量只能在显微镜下观察到的石膏,之后突然形成大量盐类沉积^[4],似有事件沉积的性质。这确实是一大谜。

围绕着察尔汗盐湖物质来源问题,数十年来国内同行曾先后提出几种假说,兹将其要旨简述如下:

1. 周边淡水补给说:认为昆仑山有大面积花岗岩分布,其钾含量高于克拉克值。靠地表水对花岗岩的溶滤,很难解释0.03Ma左右可突然形成如此巨大的钾镁盐矿床。

2. 浓密古湖水迁移说:柴达木盆地在中更新世以前原是一个统一的古湖,随着新构造运动及气候干冷,盆地西部先行抬升,湖水东迁,析出硫酸盐;至中更新世末期的新构造运动,西部继续褶皱抬升,东部强烈下降,古湖水由西向东迁移,至察尔汗地区汇集咸盐;由于硫酸盐已在西部析出,因而在东部沉积的只能是氯化物。这是长期以来颇具说服力的看法。然而,随着近几年来研究工作的进展,这一假说存在着越来越多的矛盾:首先,若湖水自中更新世末期开始向东迁移,则察尔汗地区在晚更新世早期就应进入盐类沉积阶段,至少湖水应该咸化;其次是盆地西部的各大盐湖,如大浪滩、察汗斯拉图、昆特依等都在晚更新世早、中期已先后趋向干涸^[2],不可能在晚更新世晚期再向察尔汗进行补给;第三,研究表明,一里坪和东、西台吉乃尔湖是由那棱格勒河所形成的扇前湖,其成因与古湖

水迁移无关；第四，如承认卤水迁移最后达到察尔汗，则该处卤水中硼、锂含量应该最高。事实上是一里坪和东台吉乃尔湖最高，西台吉乃尔湖和别勒滩次之，狭义的察尔汗恰最低（见表 1）。所有这些都与古湖水东迁说不符。

表 1

湖 区	大浪滩	察尔汗 拉图	昆特依	一里坪	西台吉 乃尔	东台吉 乃尔	别勒滩	察尔汗	牛郎 织女	马海	大柴旦	小柴旦
样品数	$\frac{56}{58}$	29	$\frac{7}{5}$	119	$\frac{59}{62}$	$\frac{18}{16}$	$\frac{116}{76}$	$\frac{163}{161}$	14	16	51	$\frac{60}{55}$
$\frac{B \times 10^3}{\Sigma \text{ 盐}}$	0.16		0.23	1.10	0.31	0.75	0.44	0.30	0.18	0.60	2.45	3.91
$\frac{Li \times 10^3}{\Sigma \text{ 盐}}$	0.14	0.03	0.04	0.86	0.43	0.59	0.46	0.12		0.05	0.46	0.16

二、东昆仑山地貌与新构造运动特征

远在 50 年代，当时的地质工作者即已指出：东昆仑山因构造带与新构造运动是以东西向的断块上升为特征，而在山中有许多东西向的宽谷¹⁾。但这些宽谷在以前究竟是什么呢？有证据表明：约在 0.03Ma 前，它们原是一些湖泊。

地理上的东昆仑山，从板块构造观点看，在地质上可以一分为二：以昆中断裂为界，其北包括祁曼塔格山和布尔汗布达山，所出露的主要是海西期至燕山期的闪长岩与花岗岩，山前有一条从早古生代至三叠纪的火山岩带，并分布有一些从元古代至古生代的地层，因此东昆仑山应属早古生代至印支运动的火山岛弧；昆中断裂以南至昆南断裂间，主要是早古生代的中基性火山岩，相当蛇绿岩套，以及晚至三叠纪以海相为主的沉积，并夹杂有大量基性—酸性火山岩，相当板块俯冲带的“加积体”。昆南断裂为公认的板块俯冲带。不管这种认识是否正确，但以昆中断裂为界，东昆仑山南、北地质情况有显著差别是肯定的。

从第三纪末期，特别是第四纪时期，在青藏高原的隆升过程中，昆中断裂以北以断块式上升为主；昆南断裂以南的可可西里—巴颜喀拉山亦隆起上升，这两者之间（即昆中—昆南断裂间）则相对下降成为山间洼地，形成一系列东西向分布的古湖泊。根据近 2 年来的野外调查，结合对青海省地质图²⁾和卫片资料³⁾的解译，可将这些湖泊由东至西简介如下（图 2）：

1. 古托索湖 东起花石峡，西至现今托索湖之西端。作为古湖的证据是：该处之北部有未分之第三系，花石峡东北有下更新统湖相沉积。据与盆地对比，青海省地质图³⁾上所划 Q_1 湖积时代应包括 Q_1 及 Q_2 ，其上还有一砾石层或砂层，应划为 Q_3 早、中期湖积。

2. 古阿拉克湖 东起布青山主峰之东北，西至洪水河上游之南，古湖呈东西狭长带状。作为古湖的证据是：沿乌兰乌苏郭勒河两岸直至现今阿拉克湖之西端，也有未分之第三系及下更新统湖相沉积（ Q_1 ）。这些地层的时代亦很可能是早—中更新世。值得注意的

1) 1958，柴达木盆地第四纪专题研究报告，青海省地质局石油普查大队第四分队。

2) 张以弗，1981，1:100 万青海省地质图，青海省地质研究所。

3) 张以弗，1981，1:100 万青海省地质图，青海省地质研究所。

未分的第三系¹⁾。根据地貌、河谷阶地及地层含盐甚高情况,其时代应包括早、中更新世。在该层之上尚有一层松散的砂层,属较近时期的湖积物。因此,在过去的时间中,昆仑河是向西流到该处汇集成湖的。此外,该湖还受到南、北雪山补给;更重要的是受到昆南断裂附近、库赛湖以北至布喀大坂一带与晚新生代火山有关热水的补给。

5. 古那棱湖 现今那棱格勒河由布伦台往北东出山口一段,河谷为狭谷基岩组成的直立陡岸,高达 50m 以上。据其形成的阶地,这一河段是晚更新世晚期切开的。因此,现今那棱格勒河由布伦台往西的河谷第四系分布区,以前亦为一东西向的湖泊。更值得注意的是古那棱湖的湖水,以前亦是向西流的。因现今那棱格勒河上游与库木库里湖之间并无明显的分水岭,只有湖积砾石层连续分布,卫片上这一河湖相接的迹象,明显可见。见参考文献[5] 149-34 幅。可以断言:古那棱湖过去曾与库木库里相通,并向西流入阿雅塔库木库勒,而阿雅塔库木库勒地区的湖水,亦曾受到布喀大坂以西的晚新生代火山热水的补给。

6. 此外,在昆南断裂以南,青藏公路两侧,以及现今霍兰郭勒向东至灭格滩根郭勒,再向东至鄂棱湖之北侧,青海地质图上标明未划分第三系(R)及早更新世湖积(Q₁)处,亦应有两个古湖,可分别命名为古岭南湖和古霍兰湖。

三、晚更新世晚期的新构造运动及水系的变迁

青藏高原从距今约 0.03Ma 左右开始的新构造运动是一次伟大、剧烈的运动,其范围远远超出青藏高原本身。该运动具有整体上升,构造高原性质。在柴达木盆地这一运动的迹象到处可见,如:盆地东部包括早一中更新世湖积以及晚更新世早、中期洪积的褶皱(如盐湖、哑巴尔构造)和断裂,夷平面错位,河流下切等;同时,以察尔汗地区为中心的东柴达木继续沉降,西柴达木继续上升;东昆仑山大致以契盖苏断裂为界,西段较东段上升剧烈,表现为西段海拔高于东段,多雪山雪峰。

从 0.03Ma 前至今的这次新构造运动,其发展可分 4 个阶段,在地貌上有着明显的表现,与这 4 个阶段相适应的沉积,则是前述 S₁、S₂、S₃ 和 S₄ 盐层。

由于运动使东昆仑山相对上升,察尔汗地区继续沉降,从而加剧了原有河流的向源向南侵蚀作用,导致了一系列水系的变化(见图 3):

1. 香日德东南的托索河向南侵入,首先袭夺了古阿拉克湖,进而袭夺古托索湖。有可能还通过现今阿拉克湖之东南进一步袭夺了霍兰古湖。

2. 由于水泥厂以北的格尔木河向下深切,导致舒尔干河亦急剧下切向东南侵入,首先袭夺了古秀沟湖,进而在秀沟湖之东南侧又可袭夺霍兰古湖及岭南古湖。

在水泥厂西南,格尔木河亦向南侵入,首先袭夺了原补给古昆仑湖的河水,形成现今所见的昆仑河。从水泥厂至纳赤台一带的南侧又形成两条支流,并向南侵入,袭夺了原先由西向东补给秀沟的长约 80km 的河道(即西大滩与东大滩地区),使河水转为向北流,纳入昆仑河水之中。

3. 原先短小的那棱格勒河,亦加剧向南的侵入,横切山岭,首先袭夺古那棱湖,进而布

1) 张以弗, 1981, 1:100 万青海省地质图, 青海省地质研究所。

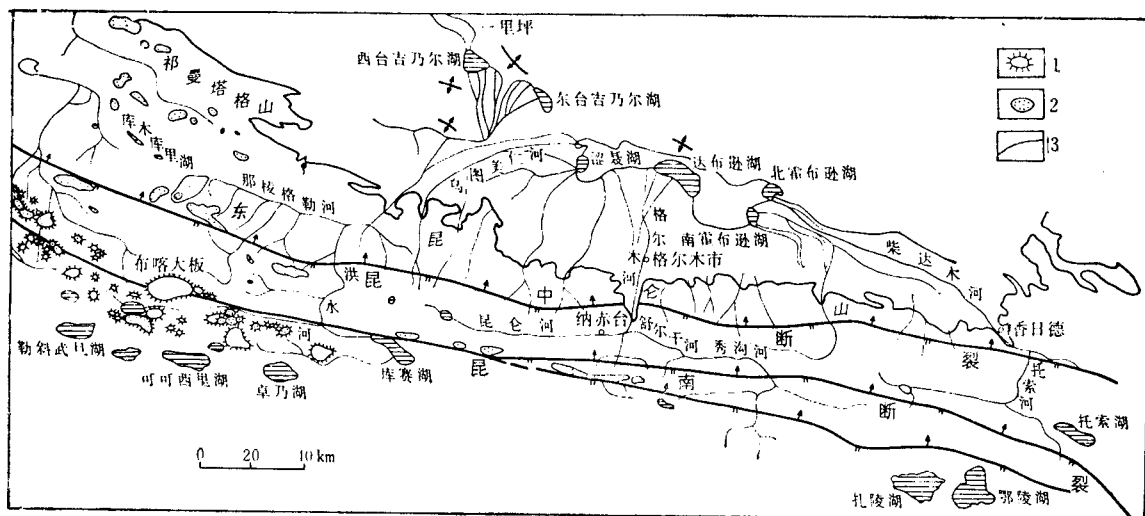


图3 东昆仑山和察尔汗地区近现代水系和湖泊分布图

Fig. 3 The distribution of the river system and lakes in the recent period in the East Kunlun mountain and Qarhan region

1——第四纪火山; 2——现今雪山; 3——河流

1—Quaternary volcanos; 2—modern snow mountain; 3—river.

仑台南侧的洪水河亦急剧向南伸入,沿张性裂隙横切山岭直上,袭夺了古昆仑湖之主体。

在所有河流的下切中,以洪水河的下切最剧,它所形成的河谷狭窄,最高的阶面距现代河床高达 130—150m;该处亦具有 4 级阶地。

四、解开察尔汗盐湖之谜

察尔汗盐湖从距今 0.03Ma 左右突然进入成盐期,并形成氯化物型盐湖,重要原因之一接受了来自上述东昆仑山中古湖的大量盐类物质。下面将用一些具体材料来补充说明这一事实。

1. 古昆仑湖与古那棱湖的补给

在东起库赛湖,西达新疆境内鲸鱼湖北侧的昆南断裂两侧,存在一系列火山口,构成孤峰、雪山等年轻地貌。虽然火山口喷发的初始时间尚未测出,但可肯定为晚新生代的产物,因有的火山口,如布喀大坂近年来仍在喷发。火山口及其附近发育着众多的温泉、热水溢出点。位于那棱格勒河中上游的洪水河,主要受这些火山口组成的雪山融雪水及温泉热水所补给。

从表 2 可看出¹⁾: 1. 在那棱格勒河及其支流水样中,元素含量,均以洪水河上、中游河水最高,硼、锂含量比其他二处河水高得多,除洪水河上游为氯化物型外,其余为硫酸钠亚型(按 M. T. 瓦利亚什科水化学分类); 2. 位于那棱格勒河出山口二峡谷处的河水,其

1) 4 号样为原青海第一水文地质队所采并分析。

表 2

样号	分析结果 取样地点	阳离子含量 (mg/l)					阴离子含量 (mg/l)				离子总量 (mg/l)	水质 类型	取样 日期
		K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Li ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	HCO ₃ ⁻	B ₂ O ₃			
1	洪水河中游	29.8	329.0	47.3	34.0	2.04	510.2	62.4	291.1	15.1	1320.9	硫酸钠 亚型	89.9
2	稳流河中游	1.2	29.0	38.1	6.3	0.02	39.4	29.8	130.0	2.0	275.8	硫酸钠 亚型	89.9
3	那棱格勒河 (布伦台)	3.6	89.0	66.1	16.5	0.04	142.5	91.3	173.3	3.4	585.7	硫酸钠 亚型	89.9
4	二 峡 谷	16.5	223.0	52.1	30.0		372.2	95.9	209.3	12.39	1019.2	硫酸钠 亚型	77.5
5	洪水河上游	114.0	900.0	91.4	17.3	8.5	1689.3	31.2	166.0	56.9	3007.7	氯化 物型	88.8

盐度及各离子含量,远高于布伦台和稳流河中游的河水,而接近于洪水河水质。因而,现今流入盆地的那棱格勒河,主要受洪水河补给;3. 根据二峡谷处的多年平均流量为 $1.068 \times 10^5 \text{ m}^3$ ¹⁾,可算得那棱格勒河 0.03Ma 来携入盆地的 KCl 为 $1.01 \times 10^9 \text{ t}$ 、NaCl 为 $18.15 \times 10^9 \text{ t}$ 。

如果考虑到古昆仑湖在 0.03Ma 之前早已存在,长期汇集了南侧的火山热水,并经蒸发浓缩,则当其流入察尔汗时,所带入盐类物质的数量将甚可观。

其次,古那棱湖的补给亦不容忽视。该古湖在距今 0.03Ma 前亦曾受到布喀大坂以西火山热水的补给,曾与库木库里湖、阿雅塔库木库勒湖相通。现今这两湖湖水的硼、锂含量均达工业利用品位,这是因为这些湖水受与火山活动有关,热水的补给。

2. 古秀沟湖和古霍兰湖的补给

表 3 资料²⁾表明:舒尔干河水中的硼及离子总量较昆仑河高,主要原因是其上游存在热水泉。格尔木河水水质接近舒尔干河水,说明后者是主要补给源。格尔木河年流量 $0.769 \times 10^9 \text{ m}^3$,经计算得出 0.03Ma 以来流入察尔汗地区的 NaCl 为 $2.695 \times 10^9 \text{ t}$,KCl 为 $0.132 \times 10^9 \text{ t}$ 。但古秀沟湖和古霍兰湖在被袭夺之前已经长期存在,其湖水同样是经过长期聚集

表 3

分析结果 取样地点	阳离子含量 (mg/l)				阴离子含量 (mg/l)				离子总量 (mg/l)	水质 类型	取样 日期
	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	HCO ₃ ⁻	B ₂ O ₃			
昆仑桥下	3.0	46.0	42.5	24.2	63.5	47.1	208.0	1.80	439.3	碳酸钠	84.7
舒尔干河口	4.0	95.0	44.5	32.7	121.6	85.0	246.1	10.27	637.4	碳酸钠	84.7
格尔木河水文站	5.0	80.0	41.7	33.1	118.1	82.6	218.4		575.8	碳酸钠	84.6
香日德河下游	4.0	61.0	38.7	30.0	85.1	81.1	211.6		511.5	碳酸钠	84.7

1) 蔡石泉,水文地质远景区划,1984,1,青海省地质矿产局。

2) 为原青海第一水文地质大队所采并分析。

并浓缩了的。

3. 古阿拉克湖和古托索湖的补给

现今柴达木河之上游为香日德河,其支流托索河从 0.03 Ma 以来先后袭夺了古阿拉克湖和古托索湖。现今之阿拉克湖为半咸水湖。根据香日德河水质和年流量($0.378 \times 10^9 \text{ m}^3$)可算出,0.03 Ma 以来流入察尔汗地区的 KCl 应为 $87 \times 10^4 \text{ t}$, NaCl 为 $1.757 \times 10^4 \text{ t}$ 。但如前所述,古阿拉克湖,在被袭夺前已有芒硝析出,湖水已相当咸化。

综上所述,那棱格勒河、格尔木河及香日德河从 0.03 Ma 以来,带入察尔汗盐湖的 NaCl 总量共达 $226.02 \times 10^9 \text{ t}$, KCl 达 $1.229 \times 10^4 \text{ t}$, 其中那棱格勒河带入的分别占 80% 和 82%。说明察尔汗盐湖的物质来源主要与古昆仑湖及古那棱格勒湖有关,而这些湖的湖水又主要受与火山及断裂活动有关的热水所补给。因此察尔汗盐湖钾盐及硼、锂的一个重要来源应是昆中、昆南断裂带间的火山热水。

至于察尔汗盐湖缺乏硫酸盐沉积,或其卤水主要属氯化物类型,除来自昆仑山区古湖水已有硫酸盐析出外,还应包括盆地中深循环盐卤水的补给。该水的特点是盐度高,多数为 80—200 g/l,主要为氯化物型,相对富含 Sr、Ca,而低 K、B、Li。在晚更新世晚期的新构造运动期间,这种氯化物型盐卤水可沿断裂带渗出补给察尔汗盐湖,与来自那棱格勒河、格尔木河和柴达木河的硫酸盐型水相互掺杂混合,使它们变质为氯化物型水;只在河水入湖处一带仍保持了硫酸盐型水的基本面貌;而在那棱格勒河水系(现今的乌图美仁河附近)直接注入的别勒滩地区,则成了硼、锂、钾的富集区。

结 论

察尔汗地区从中更新世后期的新构造运动之后,与柴达木盆地西部隔离,自成为一个独立的湖盆,直至距今 0.03 Ma 前的沉积环境,主要为淡水浅湖,间有泥炭沼泽。与此同时,察尔汗南面的东昆仑山地区存在一系列第三纪和更新世时期的古湖泊,湖水经过长期浓缩达到硫酸盐析出。发生在晚更新末期,距今 0.03 Ma 左右的一次强烈的新构造运动使东昆仑山剧烈上升,察尔汗地区相对下降,导致那棱格勒河、格尔木河和香日德河等水系向南先后袭夺了东昆仑山区古湖的湖水,使之大量汇集至察尔汗地区。伴随着气候的进一步干冷恶化,湖水蒸发浓缩成盐。在这些古湖的补给中,与火山热水有关的古昆仑湖起着决定性作用。因此,察尔汗盐湖的一个重要物质来源应是与火山作用有关的地下水,其次是第三系的地下盐卤水。从这一结论出发,柴达木今后的找矿,应继续加强盆地周缘火山及热水活动的研究,极有可能进一步扩大锂、硼、钾及其它矿产的前景。

参 考 文 献

- [1] 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》, 科学出版社, 第 106—114 页。
- [2] 吴锡浩、钱方, 1982, 格尔木河水系河谷地貌, 青藏高原地质文集, N4, 地质出版社, 第 71—86 页。
- [3] 吴必豪、关玉华、段振豪、连卫, 1986, 柴达木盆地察尔汗盐湖钾镁盐的沉积, 地质学报, 第 3 期。
- [4] 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。
- [5] 钱金凯等, 1982, 陆地卫星假彩色影像图 (1:50 万), 科学出版社。

THE FORMATION OF THE QARHAN SALINE LAKES AS VIEWED FROM THE NEOTECTONIC MOVEMENT

Zhu Yunzhu and Li Zhengyan,

(Research Institute of Exploration and Development of Saline Lakes of Qinghai)

Wu Bihao and Wang Mili

(Institute of Mineral Deposits, CAGS)

Abstract

Investigations of stratigraphy, geomorphology and neotectonic movement in the Eastern Kunlun Mountains show that there existed a series of ancient lakes, including some saline lakes, in the study region about 30,000 years ago. They were distributed south of the middle Kunlun fault, from the middle-upper reaches of the present Nalinggele River in the west to the Alag Lake-Toson Lake in the east. Of these the ancient Nalinggele Lake and Kunlun Lake were mainly recharged by the hot water related to volcanos, so the B, Li and K contents are relatively high.

The neotectonic movement that initiated at 30,000 a. B. P. caused the river system of the Eastern Kunlun Mountains to invade southwards; as a result the ancient lake water was captured and recharged the Qarhan area. Therefore the hot springs related to recent volcanism and faulting on the south bank of the upper reaches of the Nalinggele River became an important source of saline materials of the Qarhan Lake.

作者简介

朱允铸, 1935年生, 1958年毕业于北京地质学院地质与找矿专业。长期从事西藏、青海的盐湖普查、找矿勘探工作和研究工作。现任青海省第一地质水文地质队地矿研究室技术负责, 高级工程师。