

# 纳木错湖相沉积与藏北高原古大湖

朱大岗<sup>1)</sup> 孟宪刚<sup>1)</sup> 赵希涛<sup>2)</sup> 吴珍汉<sup>1)</sup> 冯向阳<sup>1)</sup>  
吴中海<sup>1)</sup> 邵兆刚<sup>1)</sup> 刘琦胜<sup>1)</sup>

(1)中国地质科学院地质力学研究所,北京 (2)中国科学院地质与地球物理研究所,北京)

**摘要** 藏北高原古湖岸线分布广泛,湖相沉积与湖成地貌发育。目前,在纳木错沿岸可清晰地划分出4~6级湖岸阶地,最高湖相沉积高出现代湖面150 m,沿岸堤可多达50条。雄曲-那曲谷地是连接纳木错盆地与其以西的仁错-久如错盆地的分水谷地,也是构成纳木错2级湖岸阶地顶部的第四纪湖相沉积,构成宽谷的谷底。从最高湖岸线的分布与湖相沉积物、湖成地貌等标志综合判定,古大湖泊的面积要比现代湖泊面积大数十倍,末次古大湖的时代发生于末次冰期间冰段。

**关键词** 纳木错 湖相沉积 古大湖 末次冰期间冰段 藏北高原

藏北高原是我国湖泊分布最多的地区,湖泊演化则是高原环境演化的重要组成部分,因而在全球环境变化研究中具有特殊意义,它已成为高原古气候、古环境研究中的热点问题之一,也是研究近代气候变化、环境变化的有效途径。高原湖泊演化研究中的关键问题是重大事件的标志及其形成时代,因此湖泊面积最大、湖面最高时期的湖相沉积物和湖成地貌是判断古大湖存在的直接证据,其形成时代和演化过程是国内外地学界极为关注的重大科学问题之一。

## 1 纳木错的湖相沉积及湖成地貌

在藏北纳木错沿岸,分布着多级由湖相砂与粘土沉积所组成的湖岸堆积阶地、基座阶地和环湖分布的数十道由湖滨相砾石所组成的湖岸堤(图1),而且还有浪蚀平台、浪蚀柱、浪蚀崖、浪蚀洞与浪蚀壁龛等侵蚀地形,以及与湖面变化有关的层状分布的石灰岩喀斯特溶洞等。

### 1.1 湖岸阶地与湖相沉积

纳木错沿岸平原与基岩山丘的丘顶与坡麓,分布着多级由湖相砂与粘土沉积所组成的湖岸堆积阶地或基座阶地。沿湖分布较宽广、可比性较好的湖岸阶地可分为4个级,其高出湖面的相对高度分别是3~12 m、15~22 m、25~30 m、35~45 m。其中4级阶地连续出露的地区有作曲卡下游平原、夺

玛半岛东南呷角、玛尔迥北岸、塔吉古日西北坡即扎弄淌下游东岸(图版I-1)、昂崩与昂千南麓等地;4级阶地连续出露的地点有纳尔邦、玛尔迥南岸、波曲下游两岸、日达东、南、北附近等地;在这4级阶地中,第1、2、3级阶地均为堆积阶地,4级阶地在平原地区也为堆积阶地(但基底往往出露不全),而在基岩山丘的坡麓则为基座阶地,由有清晰微层理和分选良好的砂、粉砂、粘土及亚砂土与亚粘土所组成。有的地点有硅藻土层存在,如玛尔迥北岸的1级阶地(图版I-2);有的地点则见有螺类化石,如波曲下游的2级阶地(图版I-3),或有大量成层的草本植物的叶子(黄锡璇等,1983),如扎弄淌下游的2级阶地。

除由湖相沉积所构成的完整阶地面与阶地斜坡的4个级别的阶地外,在纳木错沿岸的若干基岩山丘的丘顶与坡麓都可以发现高出湖面60~150 m的5~6级湖相阶地沉积分布(图2),如夺玛、尼普、玛尔迥、塔吉古日西坡(图版I-1)、昂崩与昂千及干玛弄(图版I-4)等基岩小山丘。这些湖相沉积特征非常明显,均为青灰色的砂、粉砂、粘土及亚砂土与亚粘土,水平层理发育,有的甚至有清晰的微层理,现存的厚度在1~2 cm至1~2 m之间,越向上越薄(韩同林,1983)。它们往往与坡积物一起构成基岩斜坡上的一个个高度不等的小台阶,因而难以辨认出它们的连续性或区分它们分属于哪一级阶地,故

本文为中国地质科学院地质调查项目“西藏纳木错地区第四纪环境演变调查研究”(项目编号DKD2001006)和“西藏当雄幅1:25万区域地质调查”(项目编号DKD9901001)的阶段性研究成果。

改回日期:2001-2-21,责任编辑:宫月萱。

第一作者 朱大岗,1951年生,研究员,从事区域地质、沉积相与古环境研究,邮编:100081。

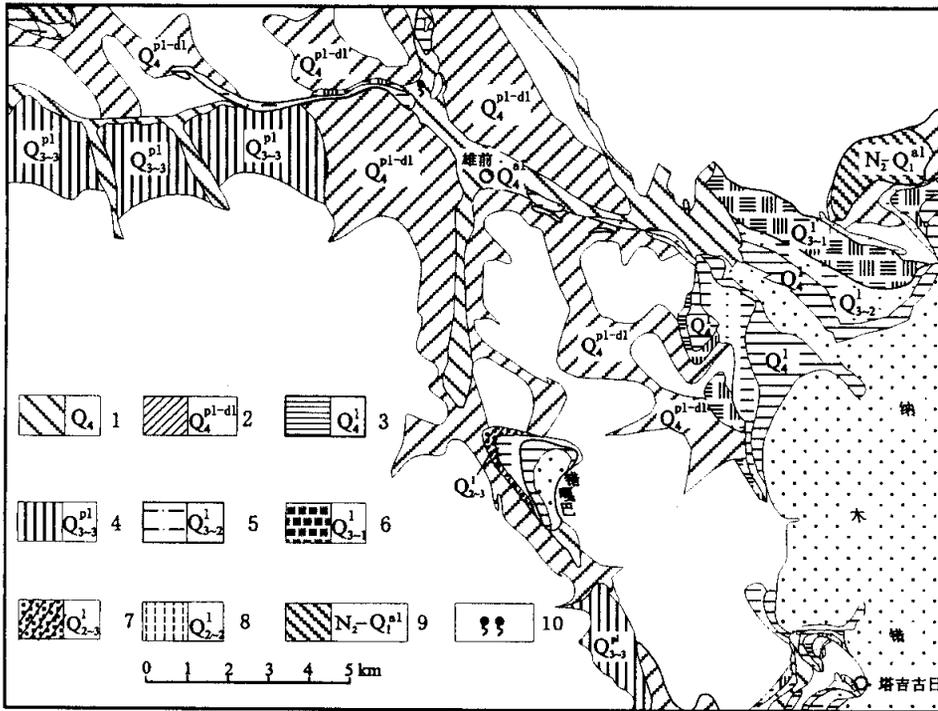


图1 纳木错西北岸与雄曲-那曲谷地东段第四纪沉积物分布图

Fig. 1 Deposit distributions of the Quaternary in northwestern bank of the Nam Tso lake and eastern Xiongqu - Naqu valley  
 1-全新世冲积物 2-全新世洪积与坡积物 3-全新世湖相沉积 4-晚更新世晚期洪积物 5-晚更新世晚期湖相沉积 6-晚更新世早期湖相沉积 7-中更新世晚期湖相沉积 8-中更新世中期湖相沉积 9-上新世或早更新世河流沉积 10-温泉与泉华沉积

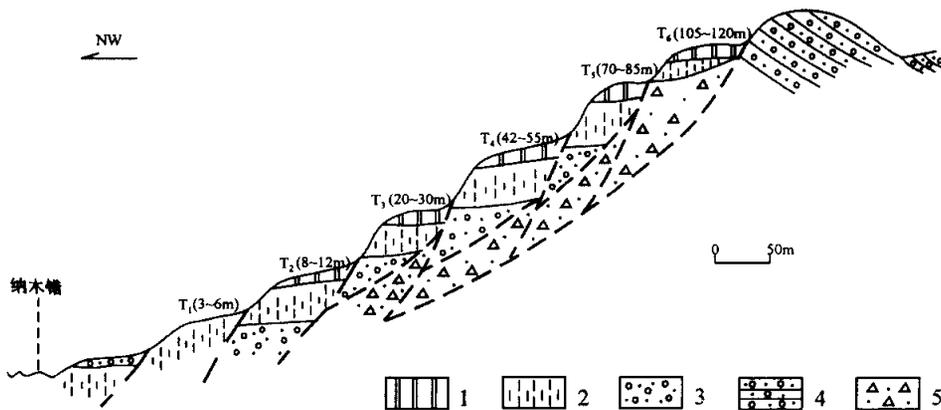


图2 纳木错西北岸纳尔邦处湖岸阶地剖面图

Fig. 2 A terrace section at northwestern bank of the Nam Tso lake Naerbang  
 1-土壤层 2-粘土层 3-砂砾层 4-砂砾岩 5-洪坡积物 ;T<sub>1</sub>—T<sub>6</sub>-6个级别的阶地

本文未能加以详细划分。

### 1.2 湖滨相沉积与湖岸堤

在纳木错沿岸, 拔湖 40 m 以下的较平坦的湖相

阶地面上, 均有数十条由湖滨相砾石所组成的沿岸堤分布, 其中规模较大的十多条沿岸堤几乎均沿湖岸连续分布, 这种现象在遥感影像图上有清楚的表

现,在野外也可明显地观察到。根据笔者的初步观察,在纳木错西北岸,沿岸堤可多达 30~50 条,如塔吉古日北岸有近 50 条(图版 I-5),扎弄淌下游古湖湾内、玛尔迥北岸与南岸、夺玛东南岸、日达南岸、纳尔邦、雄曲河口、作曲卡下游等地均有 30 条左右,它们多由长径 5~10 cm 的扁圆砾石所组成(图版 I-6)。

此外,在若干与纳木错分离,且环纳木错分布的稍大一些小湖的沿岸,也有若干条由扁圆砾石所组成的沿岸堤存在,如错嘎巴有数十条,错昂果至少有 5 条以上等。

### 1.3 其它湖成地貌

在纳木错沿岸与湖心岛屿上,可以见到各种各样的湖蚀地形与湖成地貌,如湖蚀平台、湖蚀柱、湖蚀崖及浪蚀洞、浪蚀穴与壁龛(图版 I-7)等。它们的拔湖高度多为 30 m 左右,构成 3 级湖相阶地的后缘,看来其形成时期湖面曾保持较长时间的稳定。从地形图和遥感照片上也可在纳木错南岸见到高出湖面 30 m 左右的湖蚀崖,侵蚀在冰川与冰水堆积上,其先后次序和相对时代的确定尚需进行详细调查研究。

此外,在当雄县纳木错乡的扎西多半岛多青与多穷 2 个石灰岩丘及班戈县保吉乡,均有成层的喀斯特溶洞分布,它们的形成也可能与湖面的变化有关(崔之久,1981)。

## 2 纳木错西北部雄曲-那曲谷地中的第四纪湖相沉积与湖相阶地

纳木错西北部的雄曲-那曲谷地,是连接纳木错盆地与其以西的仁错-久如错盆地的分水谷地。雄曲与那曲分别注入纳木错与仁错-久如错。该谷地近 EW 走向,长约 30 km,宽 1.5~3.5 km,其东段还有一条 NWW 方向的谷地与其相接(韩同林,1984)。在该谷地的分水岭丘贡附近及其东西两侧,有构成纳木错 2 级湖岸阶地顶部的第四纪湖相沉积,成为宽谷的谷底(图版 I-8),其海拔高程为 4 738 m(图 1),高出纳木错湖面 20 m。

由图 1 中还可以看出,在丘贡分水谷地北岸,还保存有高出纳木错湖水面 25 m 的 3 级湖相阶地,亦由典型的湖相砂与粘土组成,其上覆盖有湖滨相砾石所组成的湖岸堤,只是其砾石的磨圆度稍差,可能与该地因处于古湖面不够开阔地段,这里的古风浪作用不可能太强烈有关。而在雄曲与那曲的下游,由于河流的下切作用,在现代河床内发育有相对高

度为 1~3 m 的河流 1 级阶地。

此外,在该谷地南侧的几条注入雄曲-那曲的支沟,也各具特色:西部的俄弄与索布多萨,在出山口后所形成的洪积扇已被切割成拔河 5~6 m 的洪积台地,其内发育有拔河 1~2 m 的河流 1 级阶地与河漫滩,而东部的古弄玛干,则在出山口后形成典型的洪积扇,并在洪积扇上形成 5 条分支河道,除最西支河道的西支注入那曲外,东面 4 支河道与西支河道的东支,均注入雄曲,而且它们都没有发生下切;其东的苦弄下玛与加弄等沟,也没有下切。必须指出的是,所有这些河流的沉积物,都叠加在构成该谷地谷底的纳木错 2 级湖岸阶地之上。

## 3 藏北古大湖存在的证据

藏北高原现代湖泊大多数为封闭的咸水湖和盐湖,其周围分布有湖泊收缩时残留的湖滨相砂砾石或由湖蚀崖构成的古湖岸线、粉砂质粘土组成的湖积阶地,这些地质地貌特征是重建古湖面高度和计算古湖泊面积的标志(郑绵平等,1989;郑绵平,1999)。

笔者于 2000 年 6~8 月间,在纳木错沿岸,特别是其西北岸的野外地质调查与填图中,不仅发现了高出湖面 3~12 m、15~22 m、25~30 m、35~45 m 等 4 个级别的宽广的湖相堆积阶地或基座阶地,还发现有分布于若干基岩山坡上的高出湖面 60~150 m 的湖相沉积,其可能构成 5 级甚至 6 级阶地。另外,还见有环湖分布的数十条湖岸砾石堤。而且在纳木错西北岸和北岸,又发现了连通纳木错与仁错-久如错及纳木错与申错、巴木错的分水岭谷地及垭口,是由高出纳木错 20 m 左右的 2 级湖岸阶地堆积所组成,且垭口北面还保存着高于纳木错湖面 25 m 左右的 3 级湖岸阶地及覆于湖岸阶地之上的湖岸砾石堤。这无可争议地证明了纳木错(湖面海拔 4 718 m)与湖面分别比它低 70 m 与 40 m 的仁错(包括湖面高程 4 648 m 的仁错约玛与湖面高程 4 650 m 的仁错贡玛,二者间有湖岸堤分隔,但有小河相连)、久如错(湖面海拔 4 678 m,与仁错有河流相互连通)、申错、巴木错(4 555 m)等曾经是相互连通的一个大湖。

根据笔者室内对藏北地区 200 多张 1:10 万、20 多张 1:25 万地形图及遥感影像图的综合分析,色林错与仁错、久如错、巴木错等,以及扎日南木错与许如错、拉果错等的分水岭谷地,其地形地貌特征、遥感影像特征和野外已知的纳木错与仁错、久如错、巴

木错的分水岭谷地特征基本一致,故可大致推测它们也为湖岸阶地堆积所组成,但尚需野外证实。

鉴于纳木错是藏北高原内流区南部海拔最高的大湖,它与色林错等大湖各自均有宽谷相通,且这些宽谷中的分水垭口的海拔高度,均低于已经确认的纳木错古湖面的高度——海拔4 718~4 868 m。因此,笔者在此大胆地推想,藏北高原南部现存的几个大湖,包括纳木错、色林错和扎日南木错、当惹雍错,以及与他们相邻的大量中、小湖泊,在中更新世和晚

更新世中的某几个时期,并非仅以河流相互沟通,而是曾经数度相连,成为1~2个统一的大湖,各湖的面积可达30 000~40 000 km<sup>2</sup>或更多,其总面积可达70 000~90 000 km<sup>2</sup>。我们将这1~2个数度存在的古大湖称为“古羌塘湖”或“古羌塘东湖”与“古羌塘西湖”(表1)。该古大湖以后随着青藏高原的隆起、气候的恶化而收缩和崩分离析,逐渐演变成为现今的面貌(图3)。

表1 藏北高原古羌塘湖两大湖泊的主要特征

Table 1 Features of "ancient Qiangtang lake" in northern Tibet Plateau

古湖泊	区 位			现代主要湖泊及其海拔/m	最高湖面海拔/m	古湖期湖面面积/km <sup>2</sup>
	区域	纬度/N°	经度/E°			
羌塘东湖	羌塘高原东南部	31.0~33.0	87.0~91.8	色林错(4 530)、纳木错(4 718)、班戈错、崩则错、鸦个冬错、格仁错、巴木错(4 555)、申错、仁错	4 868	约40 000
羌塘西湖	羌塘高原西南部	30.0~33.0	83.0~87.0	扎日南木错(4 613)、当惹雍错(4 535)、许如错(4 714)、昂孜错(4 683)、拉果错、塔若错、昂拉仁错	4 864	约30 000

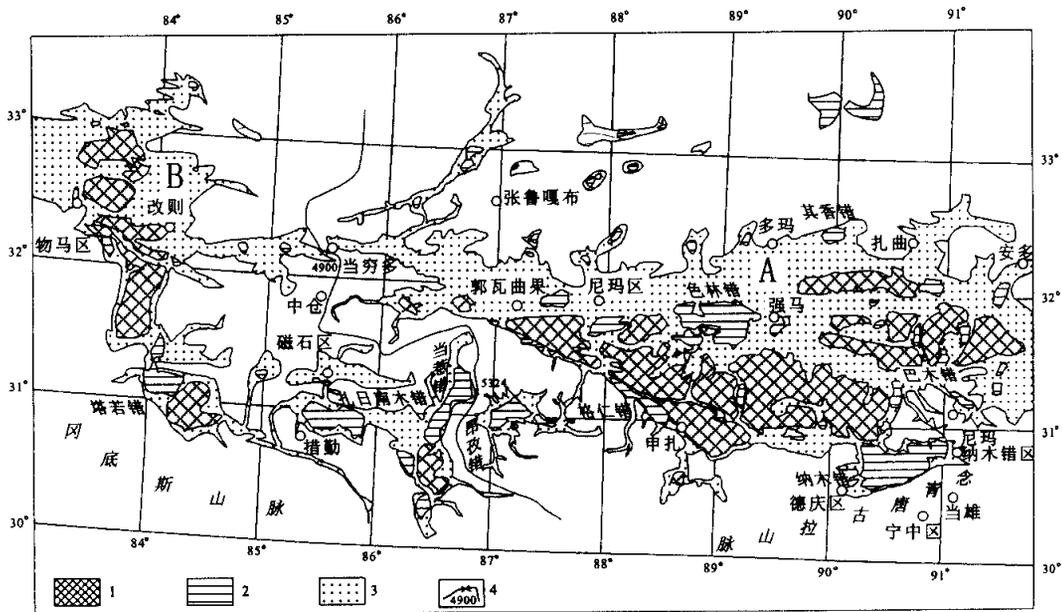


图3 藏北“古羌塘湖”示意图

Fig. 3 Sketch map of the "ancient Qiangtang lake" in the north of Tibet Plateau  
A“古羌塘东湖”;B“古羌塘西湖”;1-古湖中的岛屿;2-现代湖泊;3-古湖泊范围;4-分水岭

#### 4 纳木错和仁错-久如错的联合、分离与藏北古大湖的关系

由于在纳木错沿岸发现高出现代湖面达130~

150 m的湖相沉积分布,而且纳木错与其北的申错、巴木错及纳木错与其西侧的久如错、仁错的分水岭谷地,仅分别高出纳木错85 m与20 m。因此有理由推断,纳木错与其北的申错、巴木错及纳木错与其

西的久如错、仁错在地质历史上曾经连通过。但是否连通与何时连通,却是需要认真求证的科学问题。

野外已在连接纳木错与其西的仁错-久如错的雄曲-那曲谷地分水岭地段,发现了湖相沉积与湖岸阶地,确证了纳木错与其西的仁错-久如错,在纳木错 3 级与 2 级湖岸阶地形成时期,确实是相互连通的大湖。而且仁错与其以西的木纠错(有河流流入与色林错盆地的错鄂湖)之间的分水岭宽谷(宽达 8 km),只有海拔不到 4 700 m,仅高出仁错贡玛(海拔 4 650 m)不足 50 m。因此,我们有理由推论,在纳木错的 3 级阶地与 2 级阶地形成时期,纳木错是与色林错连通的一个大湖,而不是通过河流相连的两个湖。

这两个时期以及纳木错 4 级阶地与更高的湖相沉积物堆积时期,是藏北高原南部古大湖发育的几个高湖面阶段。其中的最高湖面阶段,纳木错与申错及藏北高原东南部的大多数古湖,如古色林错、古格仁错、古吴如错、古达则错、古昂孜错等,都是相连接的,可称为“古羌塘东湖”(图 3)。而藏北高原西南部的古当惹错、古扎日南木错、古塔若错、古扎布耶、古洞错等也是相互连通的,可称为“古羌塘西湖”。甚至在某个时段,“古羌塘东湖”与“古羌塘西湖”也一度相通,成为真正的“古羌塘湖”。

而发育于末次冰期间冰段(40~28 ka B. P. 或 40~25 ka B. P.)的“泛湖期”(郑绵平等,2000)或“大湖期”(李炳元,2000),可能只是笔者所提出的“古羌塘湖”演化历史中被解体前的最后一个发育阶段,而且当时的湖泊范围已较其以前的几个阶段,特别是其最大阶段已大大地减小了,湖面高度也大大降低了。至于古羌塘湖规模最大与最高湖面时期的时代、古湖分布范围、湖面高度与湖泊环境,正是笔者下步工作中所要研究的首要目标。而末次大湖期的时代,从 2 级湖相阶地及其上覆南侧支沟的河流沉积与地貌特征,以及在纳木错东南岸与念青唐古拉山脉西北坡的交汇处发现的高达 30 m 的湖积阶地上的冰碛物特征看,发生于末次冰期间冰段(40~28 ka B. P. 或 40~25 ka B. P.)的可能性是较大的,但也需进一步求证。

致谢:在野外工作期间得到了西藏地质矿产厅王保生、杨朝斌、西藏地质矿产厅培训中心平错、中国地质调查局拉萨安全保障工作站李全文、河南地

质勘查局区域地质调查队王建平等单位和同志们们的热情帮助和全力支持,以及地质力学研究所 1:25 万当雄幅填图项目组全体成员的大力协助,使该项研究得以顺利进行,在此表示衷心感谢。

## 参考文献

- 崔之久. 1981. 古岩溶与青藏高原抬升. 见: 青藏高原隆起的时代、幅度和形成问题. 北京: 科学出版社, 45~51.
- 韩同林. 1983. 西藏东北部的中生界及其层序讨论. 青藏高原地质文集(4) 地层·古生物. 北京: 地质出版社, 255~266.
- 韩同林. 1984. 西藏申扎—班戈一带地质构造分析. 青藏高原地质文集(15) 岩石·构造地质. 北京: 地质出版社, 53~72.
- 黄锡璇, 梁玉莲. 1983. 藏北高原北部地区湖相沉积的孢粉分析. 见: 西藏第四纪地质. 北京: 科学出版社, 167~171.
- 李炳元. 2000. 青藏高原大湖期. 地理学报, 55(2): 174~182.
- 郑绵平, 向军, 魏新俊, 郑元. 1989. 青藏高原盐湖. 北京: 科学出版社, 14~33, 203~219.
- 郑绵平. 1999. 论盐湖学. 地球学报, 20(4): 395~401.
- Zheng Manping, Meng Yifeng, Wei Lejun. 2000. Evidence of the pan-lake stage in the period of 40~28 ka B. P. on the Qinghai-Plateau. Acta Geologica Sinica, 74(2): 266~272.

## 图版说明 (Plate Note)

### 图版 I (Plate I)

1. 塔吉古日西坡, 纳木错西岸由砂与粘土组成的第四级湖岸阶地及覆于白垩纪石灰岩斜坡之上, 高于湖面 60~150 m 的湖相沉积物。
2. 玛尔迥北岸, 由硅藻土(上部)与粘土(下部)组成的纳木错 1 级湖岸阶地。
3. 波曲下游北岸, 纳木错 2 级湖岸阶地, 下部为水平层理发育的湖相砂与粘土, 出露厚度 2 m 以上; 中部为浅湖相粗砂小砾, 含完整的螺壳与蜂窝状钙质结核, 厚 0.3~0.4 m; 上部为湖滨相砾石层, 厚 1~1.2 m, 构成湖岸堤。
4. 干玛弄, 纳木错东北岸尼普处高出湖面 60~150 m 的湖相沉积物。
5. 塔吉古日北岸、纳木错西岸的湖岸砾石堤, 多达 50 条。
6. 夺玛岬角, 组成湖岸堤的直径约 5~10 cm 扁圆砾石。
7. 纳木错西北岸, 由火山碎屑岩组成的湖蚀壁龛。
8. 纳木错与仁错的分水谷地——雄曲-那曲谷地的分水岭丘贡附近, 纳木错 2 级与 3 级湖岸阶地; 3 级阶地由湖相砂与粘土组成, 上覆湖滨相砾石; 右侧长草的平坦低地为构成分水岭的 2 级湖岸阶地的顶部。

## Nam Tso Lacustrine Sediments and the Ancient Big Lake in Northern Tibet Plateau

Zhu Dagang<sup>1)</sup> Meng Xiangang<sup>1)</sup> Zhao Xitao<sup>2)</sup> Wu Zhenhan<sup>1)</sup> Feng Xiangyang<sup>1)</sup>  
Wu Zhonghai<sup>1)</sup> Shao Zhaogang<sup>1)</sup> Liu Qisheng<sup>1)</sup>

( 1 ) *Institute of Geomechanics , CAGS , Beijing* 2) *Institute of Geology and Geophysics , Academia of Sciences , Beijing* )

**Abstract** The ancient lakeshore is distributed extensively in northern Tibet plateau , and the lake sediments as well as the lake landform are well developed. At present , 4~6 grades of lake terraces around the Nam Tso can be distinctly recognized , which exceed the modern surface of the Nam Tso in altitude by 3~12 m , 15~22 m , 25~30 m , 35~45 m and 60~150 m , respectively. The first , second and third grades of terraces are all built terraces , and the fourth to sixth grades of terraces are also built terrace in plain area , but are base seat terraces at the sloping foot of the bedrock hill. These terraces are all composed of well - sorted sand , silt , clay and sub - clay with horizontal bedding and sometimes distinct tiny bedding. The highest lake sediments are 150 m higher than the modern surface of the lake. On the smooth lake terrace 40 m below the modern lake surface are tens of ( more than 50 ) lakeshore mounds composed of lakeside gravels. Along the bank of the Nam Tso and on the islands of the lake , various kinds of lake - erosion topographies can be seen , probably related to the change of the surface of the lake. The EW - trending Xiongqu - Naqu valley , 30 km in length and 1.5~3.5 km in width , connects with the Namucuo basin and the Rencuo - Jiurucuo basin in the west. In the eastern part of the valley , it connects with a new NWW - trending valley. Nearby the watershed of the valley and on its east and west sides , Quaternary lake sediments comprising the top of the second lake terrace of the Nam Tso becomes the bottom of the wide valley , indicating that the Nam Tso and the Rencuo - Jiurucuo on its west seem to have been a connected big lake when the third and second grade lake terrace of the Nam Tso were formed. Besides , the watershed between the Rencuo and the Mujiucuo on its west is as wide as 8 km with the elevation lower than 4 700 m , and its height above the Rencuogongma does not exceed 50 m , which suggests that the Nam Tso and the Selincuo also constituted a connected big lake rather than being two lakes linked together by rivers when the third and second grade lake terrace of the Nam Tso were formed. These two periods and the period during which the fourth grade of lake terrace and higher lake sediments of the Nam Tso were piled up belong to the several high lake surface stages in the growing history of ancient big lake in northern Tibet , and the highest lake surface stage of the Nam Tso , the Shencuo and the Bamucuo and most ancient lakes in the southeast part of northern Tibet plateau were all connected , which can be called ancient Qiangtang East Lake. The Zharinamucuo and the Xurucuo and other ancient lakes in the southwest of northern Tibetan plateau were also connected , which can be called ancient Qiangtang West Lake. Furthermore , the two ancient lakes were probably linked with each other in a particular period , and became genuine ancient Qiangtang Lake. According to the distribution of the highest lakeshore and the marks of the lake sediments , it is suggested that the area of the ancient big lakes in northern Tibet is tens of times bigger than that of modern lakes. The last time of the formation of the ancient big lake occurred during the interval epoch of the last ice age.

**Key words** Nam Tso lacustrine sediment ancient big lake interstadial epoch of the last ice age northern Tibet Plateau

图版 I



万方数据