

青藏高原湖泊退缩及其气候意义*

陈志明

(中国科学院南京地理研究所)

提要 三个内陆大湖最高岸线的近似年代测定表明,高原湖泊在 Q_3 末期或 Q_4 初期都曾出现过高湖面,反映当时气候远较今日湿润。高湖面可能对应于末次冰期的后半期,此时东湖处于最低海面。

湖区航判与实测发现,高湖面后湖泊存在 8—10 个退缩韵律,反映了青藏高原乃至中亚气候存在 8—10 个较干旱时期。鉴于高原尚在加速隆起,推测本区未来气候的长期变化可能继续向干旱的方向发展,但如果世界面临新冰期,且本区高湖面确实对应于冰期,那么在今后较短的时期里,湖泊水位也可能有所回升。

青藏高原内陆湖盆保留着众多罕见的岸线,反映了气候的不断干化。研究其特征与变化,对探讨中亚第四纪气候变化有重要意义。本文从岸线退缩与某些年代测定,探讨了晚冰期以来中亚气候的干化。

一、湖岸地貌特征

高原湖岸包括砂砾堤、阶地、砂嘴、滩脊、潟湖以及洪积扇或三角洲等。其中砂砾堤与阶地,尤其具有研究意义。

1. 湖成砂砾堤

为波浪携带湖滨粗碎屑物(砂与砾石)在湖滨上的堆积砂砾堤略有弯曲,横剖面呈垄状(非台阶式)。砂砾堤一般高数米至 20 米,向湖坡度小($3^\circ-5^\circ$),背湖坡度为 10° 左右。湖滨坡度大者砂砾堤间距数米,坡度平坦者间距可达数百至过千米。它们相互平行,环湖成同心圆,砂砾堤组成以扁平圆砾与粗砂细砾为主,粒度数厘米至 10 多厘米;砂砾堤两侧物质较细,常有潟湖存在。

2. 湖成阶地

湖浪侵蚀或堆积后,因构造抬升或湖面相对下降而成阶梯状。老阶地抬升后,在阶地下面又堆积新的阶地。阶坎常与断层面平行,形态平直。常伴生各种浪蚀形态,如潮蚀崖、湖蚀柱、洞穴等。

砂砾堤与阶地常易混淆,因为两者经常互相过渡或彼此穿插。例如,同期岸线在堆积岸上形成砂砾堤,而在侵蚀岸上则形成侵蚀阶地或基座阶地;另外,岸线高度也常产生变异。山地均衡调整不断上升,山前阶地随之抬升,而堆积岸上的砂砾堤较为稳定。

* 本文有关 ^{14}C 样品承国家海洋局第二海洋研究所分析,在此表示感谢!
收稿日期: 1984年5月3日。

二、古砂砾堤及其高湖面

内陆湖泊的最高岸线,一般被认为是过去湖面的指示^[1],其年代可代表高湖面的年代。然而,高原古湖岸线的年代至今研究极少。本文仅据少数¹⁴C数据与相应阶地的某些石器来探讨其年代。至于更新世的其他高湖面,本文暂不讨论。

1. 湖面高度的确定

根据古岸线确定古水位,必须首先排除构造对岸线的作用。野外考察表明,同一湖泊经常同时出现构造(阶地)的与气候(砂砾堤)的两种岸线。其中最高阶地一般分布高于最高砂砾堤,高度可比湖面高100—200m(个别>200m);砂砾堤一般分布在阶地之下,或穿插在中-低级阶地之间。例如,藏北南部的当穹错与当惹雍错的湖间地即是第11道砂砾堤的顶部,它构成两湖的分水岭。但其上尚有4级构造阶地,比高砂砾堤约高出60m。青海湖、邦达错、松木希错、札日南木错、昂拉仁错、札布耶茶卡、兹格塘错等较大的构造湖泊皆有类似情况。两种岸线上下关系表明,其上阶地皆受后期的构造抬升,而且阶地越老抬升越高。因此,构造阶地的高度不能作为古水位的代表,而古砂砾堤一般可反映过去的湖面。

据已有的20个湖泊的资料估计,青海西南部高湖面较现今的湖面平均高约58m;藏北北部平均高约12m,藏西北部平均高约100m,藏北南部平均高约84m^[1]。

2. 高湖面年代的讨论

砂砾堤无法进行测年。但在较高古砂砾堤之下,往往埋藏着土壤层,足以代表高湖面时期的侵蚀面。严格说来,古土壤形成早于湖积物。但在第四纪湖面波动频繁的情况下,两者相当接近。因此,古土壤可间接提供古砂砾堤的近似年代。图1所示为作者1979年7月在藏北南部所取样品的位。

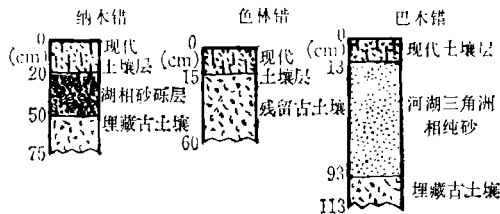


图1 湖区最高古砂砾堤剖面示意

(1) 纳木错: 样品采自东南岸札西多岛(两个相连岛屿之间)的湖湾处,剖面海拔4718m,比湖面高20.5m。表层为现代土壤层。中层(湖相砂砾层)为坚实砂砾层,砾石80—90%为灰岩,其他为钙质岩、砂岩与石英砂岩。砾石一般磨圆度较好,个别呈次棱角状;粒径一般1—5cm,个别15—20cm。下层(埋藏古土壤)观察厚度25cm(未见底),中夹少数碎石与小砾石。壤土含有长石分解成的白色土斑,并有少数植物根。

(2) 色林错: 剖面海拔4615m,比湖面高88—90m。样品采于西南岸突出的台地上

1) 冈底斯山以南通称为藏南,以北称藏北,青藏公路以东称藏东。其中藏北亦称姜塘高原,因面积较大又分藏西北部(指喀拉昆仑山区一带),藏北北部(指黑阿公路以北地区),藏北南部(指黑阿公路以南地区)。

(横向地形剖面见图 4:4)。台地受湖水浸蚀的依据即在于: 台地前缘与其下有很多古砂砾堤环湖排列。当湖水退出台地后, 台面则发育古土壤。除表层现代土壤外, 其下残留古土壤为棕色粘壤土, 质地坚实、含少量植物根。土壤中夹风化较深的小石块 (约占土壤的 15%)。

(3) 巴木错: 样品取于北岸最高岸线之下(见图 2), 剖面海拔 4555m, 比湖面高 85m 左右。在航片上, 北岸最高岸线东段十分清晰, 而中段和西段均较为模糊, 但仍然可见。剖面除上层表土外, 中层(黄色纯砂层)为 80cm 厚, 无层理的中-细砂层, 属湖滨三角洲快速沉积。下层(埋藏古土壤)为褐色粘土, 夹少数风化较深的小石块, 粘土中含植物根与茎。

国家海洋局第二海洋研究所对上述 3 个古土壤的 ^{14}C 分析¹⁾结果为: 纳木错 1.45 ± 0.46 万年; 色林错 1.01 ± 0.20 万年; 巴木错 1.72 ± 0.44 万年。它们分别代表三个湖泊高湖面的近似年代。

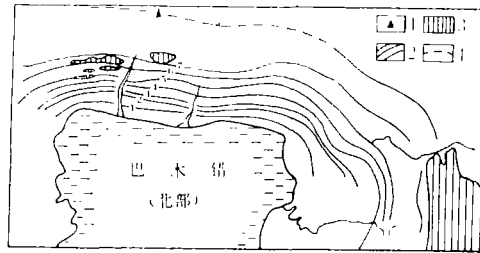


图 2 巴木错北岸退缩痕迹(据航片缩制)

1. 样品采集地点; 2. 湖岸退缩痕迹;
3. $\text{N}_2\text{-Q}_1$ 湖积岩; 4. 洪积物覆盖的岸线。

3. 高湖面的环境解释

上述绝对年代大致显示 Q_3 末或 Q_2 初, 继更新世的湖面波动之后, 又相继出现高湖面。反映气候又进入较湿润的时期, 并在 1.72 万年或 1 万余年之前达最高峰。可以肯定, 当时自然环境不如今日严酷, 自然景观也决非今日的咸水-半咸湖。

大高原南北至今已发现细石器 36 处, 旧石器 4 处, 分布从藏南聂拉木县至藏北尼玛与北部“无人区”的双湖一带; 西自普兰县的霍尔区, 东至昌都县的卡诺、林芝和墨脱等地^[2]。而在湖滨高砂砾堤(或入湖河流阶地上)中发现的有: (1) 柴达木盆地的小柴旦湖, 在东南岸最高砂砾堤 (74m) 之下的阶地上发现石器数件²⁾; (2) 藏北北部的双湖与尼玛一带, 在 7—8m 高砂堤上发现石片石器与细石器数十件^[3]; (3) 藏北中部的札仓茶卡, 在 3—4 级 (40—50m) 阶地上, 错纳错 3 级阶地 (15m) 上发现细石器多件^[8]; (4) 藏北南部的色林错-格仁错湖区共 14 个地点(图 3), 发现细石器 100 多件^[3]; (5) 藏南地区的玛法木错(玛旁雍错), 在东北岸 27—30m 的高阶地, 以及戳错龙错的近代高阶地上发现多件细石器^[8]。

据安志敏鉴定藏北石片石器属旧石器晚期, 其他大量细石器因不与陶器共存而定为

1) 样品承本所岳云章同志分析。

2) 据陈克造等 (1984 年) 察尔汉盐湖沉积的基本特征及其气候演化资料。

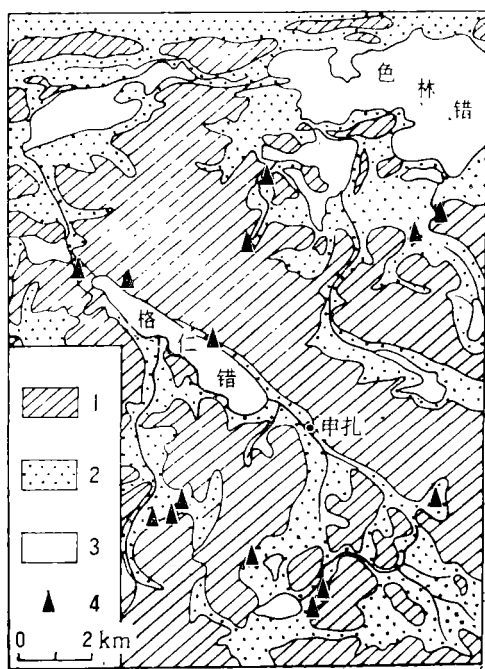


图3 色林错-格仁错湖区石器发现地点示意
1.丘陵山地；2.湖滨平原；3.湖泊；4.石器发现地点。

细石器的较早文化遗存^[3]。据推断细石器时代开始于晚更新世后期；最早不超过3万年前，个别地点还包括某些更早的旧石器。经鉴定认为，旧—细石器同时使用的可能性极大^[2]。可见，高湖面年代与古人类居住的年代较为接近。这表明当时高原南北的湖滨地带仍然是土地肥沃、草木茂盛、水质优良的环境。从发现石器的色林错南岸入湖河谷看，当时的河谷也远比现在广阔，阶地上尚有多处可供生活的岩洞。

值得注意的是，上述高湖面的最早年代（1.72万年前），稍后于末次冰期（1.8万年前^[43]）的最高峰年代，即使取其最晚的年代（1.01万年前），也不迟于末次冰期的结束（1—1.1万年前）。如果上述断代准确无误，高湖面可能对应于冰期（后半期），即末次冰期时我国东部海面最低的年代（1.6万年前^[4,10]）。这正涉及我国气候地层学的重大课题（高湖面对应于冰期或间冰期），值得进一步研究。

三、砂砾堤退缩的韵律问题

众多古砂砾堤的存在反映冰后期以来，高原气候明显的干化。由于高原第四纪（特别是Q₂以来）强烈并加速地隆起^[7]以及气候的干湿变化和强劲的风力，因而留下众多罕见的古砂砾堤。这些大小不等的古砂砾堤常常多到难以数计（图版I）。作为气候干化的退缩痕迹，有否规律可寻，是十分值得研究的。最好的办法是航片判读与地面调查相结合，即首先判读卫星与航空象片，选定堆积岸上的明显砂堤，或在若干密集的砂砾堤中取其组合韵律。还要排除可能的构造影响（阶地），然后进行野外核对与实测。

在前人调查的基础上,通过上述方法,现已在无数痕迹中发现若干退缩的韵律。约 30 个湖泊的实例如下:

1. 呈现 8 个左右退缩韵律的湖泊在青海地区有青海湖(东岸, 9 个)¹⁾, 鄂陵湖与札陵湖(8 个)²⁾, 柴达木盆地的昆特依湖(东岸, 8 个)³⁾; 藏北北部有向阳湖与向斜湖(东岸, 8 个), 涌波错(东岸, 8 个)、马尔盖茶卡(南岸, 8 个), 多格错仁(主湖东南岸, 8 个), 邦达错(西南岸, 8—9 个); 藏北南部有懂错与蓬错(东岸)、纳木错(北、西岸), 巴木错(北岸)、达如错(西南岸)、仁青休布错(东西岸)、嘎仁错与果普错(东北岸), 错呐错(东岸), 上述皆为 8 个韵律。色林错(东南岸, 8—9 个韵律); 高原北缘(南疆)有阿克赛依湖(东南岸, 8 个), 罗布泊(东岸, 8—9 个)。其上某些实例参见图 4, 5 及图版 I: 2, 3, 图版 II: 4, 5。

2. 呈现 9—10 个韵律的有独立石湖(东北岸), 达则错(东岸)、札布耶茶卡(东北, 东南岸); 10 余个韵律的有泽普错(东岸), 13—14 个韵律的是仓木错(西北岸); 14—15 个韵律的有当惹雍错(东岸), 札日南木错(东岸、南岸)、昂拉仁错(西岸)。

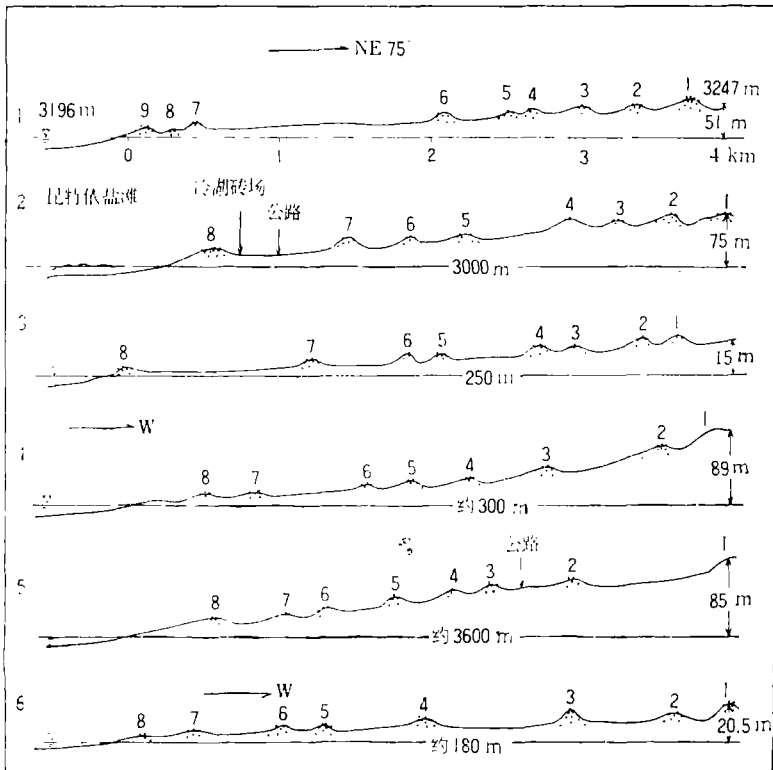


图 4 6 个湖泊古砂堤剖面示意

- 1. 青海湖东北岸¹⁾; 2. 昆特依盐湖南岸²⁾; 3. 涌波错东岸³⁾;
- 4. 色林错西南岸; 5. 巴木错北岸; 6. 纳木错札西多岛。

1) 同 P. 209, 1)。
 2) 同 P. 209, 1)。
 3) 据李炳元, 1977 年。西藏高原藏北北部地貌与第四纪。

存在差异的原因是多方面的。一些湖泊因未能排除构造阶地而呈现较多韵律。另一些湖泊因洪积物覆盖或冰雪融水补给而韵律较少,少数湖泊因湖水上涨可出现沉溺岸线(昂拉仁错)。

虽然各地退缩有所差异,但排除局部影响后,多数湖泊呈现 8 次(少数 9—10 次)的区域一致性,这正是气候区域性变化的反映。从退缩痕迹的相似性看,上述韵律具有普遍意义。它可能反映我国西部乃至中亚的干旱-半干旱区域,从未次冰期退缩以来,气候至少存在 8 个(少数 9—10 个)较干旱时期。当然,其中每一时期的年代,在高原南北可能有所差异,但其波动的韵律南北应该基本一致。

四、气候模式的讨论

据 X. W. 巴札尔用 ^{14}C 对冰后期沉积层的研究,认为非洲与近东冰后期(末次冰期开始退缩)以来,气候约有 7 次干旱或较干旱时期^[9]: 1. 公元前 11000 年气温低,雨量小; 2. 公元前 8000—6500 年温度升高,大陆干旱,而世界海面上升; 3—4. 公元前 4000—3000 年曾出现两次雨量减少时期; 5. 公元前 2400—850 年出现较长期干旱(中间 1200 年夹一次潮湿); 6. 公元前 590—645 年干旱时期; 7. 公元 1900 年雨量减少 10—15%, 气候变干、湖面下降。

虽然,上述地区与高原气候不能生硬对比,但其波动次数有所接近。表明本区至少 8 次较干旱时期是可能存在的。

高原更新世以来的强烈隆起,导致我国西部与中亚气候变干以及湖泊的强烈退缩。这是构造隆起与气候“直线式”变干的结果。但是,高原气候同样受到全球气候干湿波动的影响。其中较大的波动是与冰期、间冰期变化一致的,其时间幅度从数万年至几十万年。它反映内陆湖泊有几次大水时期(对此至今研究甚少)^[6]; 另一较小的波动,是以 1000—2000 年为幅度的,即本文所讨论的冰后期以来至少 8 次的较干旱时期。这种干湿变化是“脉动式”的。上述直线式与脉动式的复合则构成了青藏高原气候变化的“脉动干化”模式。

据上述模式,由于高原尚在加速隆起^[7],因此,从地质时间尺度上讲,我国西部气候可能继续变干。但是,如果我们面临新冰期^{[3][11]},而且高湖面确实对应于冰期,那么,在今后 1000—2000 年内、本区气候将可能停止干化,甚至湖面可能有所回升。显然,这种推论的根据是不足的,但是值得注意,它与来自冰川测量的结果吻合。例如,张祥松等对我国 116 条现代冰川的测量统计^[2],其中 62 条在退缩, 35 条在前进。他们推断,冰川的普遍退缩将被今后前进的增加时期所代替。不过,这是地质时期总退缩中的小前进,即属脉动变干的组成部分。

五、区域退缩强度的识别

高原南北湖泊退缩的强度并非一致。区域直观对比表明:藏北南部最强,藏西北部次之;藏北北部最弱,藏南次之(图 6)。值得注意的是,这与降水量自东南向西北递减的

1) 杨达源, 1983 年。第四纪间冰期向冰期过渡的气候变化——新冰期来临的征兆。

2) 张祥松, 1980 年。青藏高原现代冰川的近期进退变化。

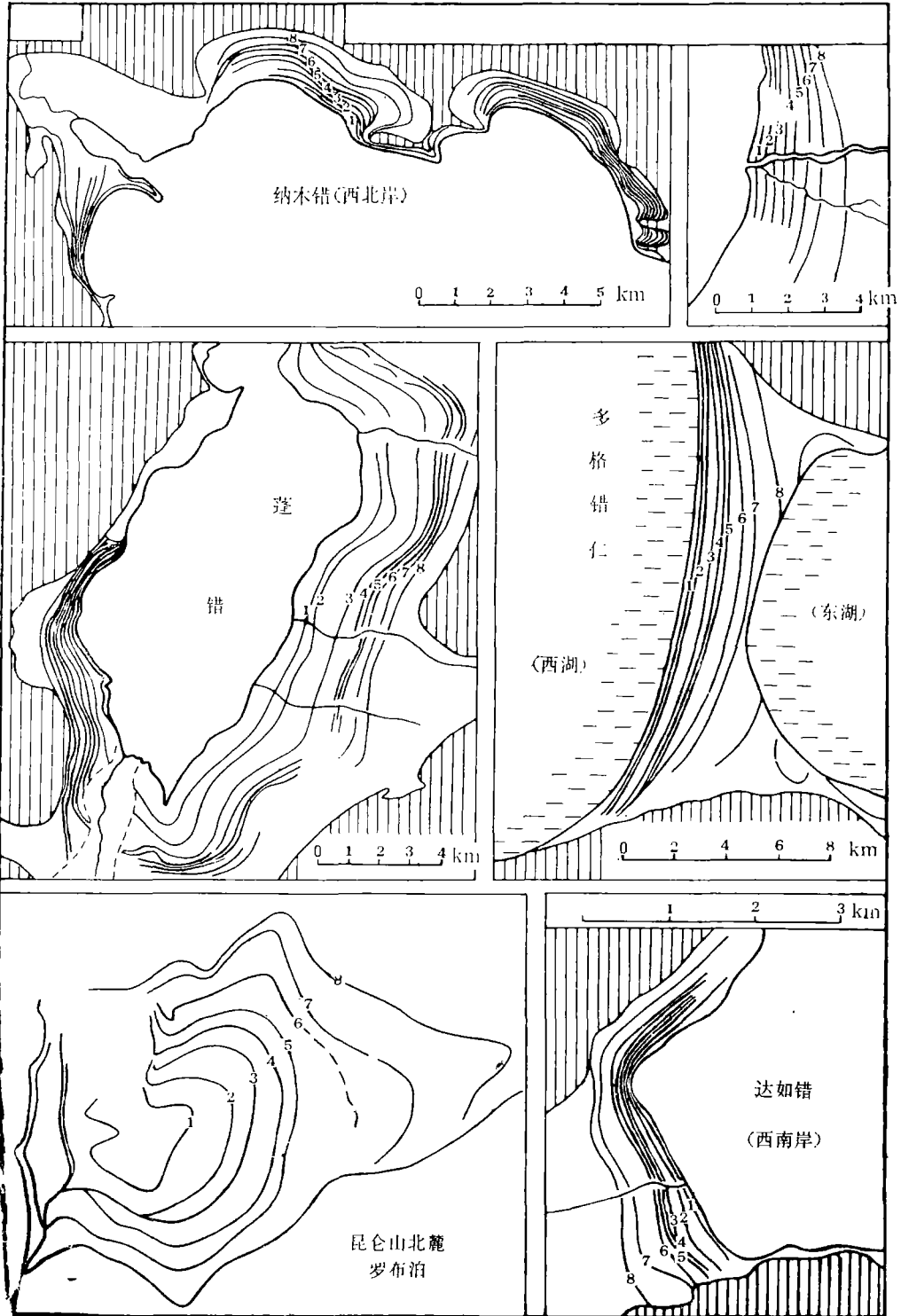


图 5 青藏高原内陆湖泊第四纪古今范围对比

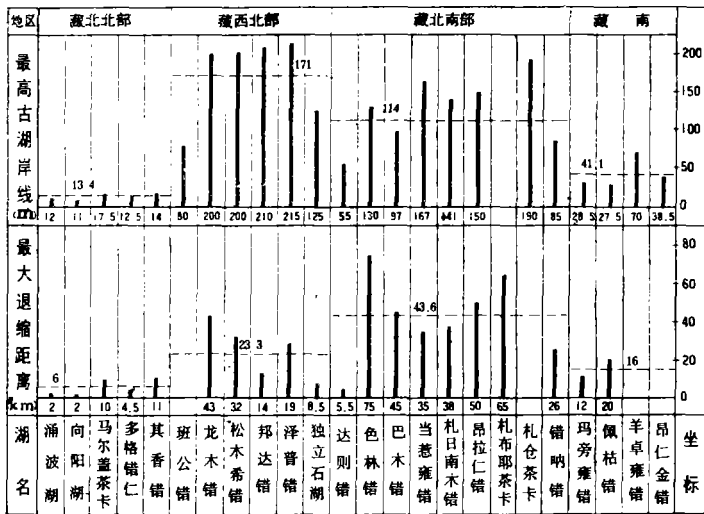
趋势是互相矛盾的。按高原气候干旱程度排列,其退缩强弱应是:西北最强,藏北北部次之,藏北南部较弱,藏南最弱^[6]。

造成上述假象的原因,我们认为主要与两个因素有关:

(1) 受湖泊大小的控制。在同一蒸发量与地面渗透之下,湖泊越大,水分失耗的绝对量也越大,因此水平退缩距离也越大。从图 6 可以看到,一般湖泊较大,水平退缩距离也较大。

(2) 受湖区地貌发育阶段影响。岸线高度与水平退缩的对比表明(表 1),除藏南因湖泊皆经历外流过程总退缩量不大外,其他水平退缩与最高阶地的高度(或新构成运动的

表 1 西藏湖泊最高岸线与退缩距离比较



注: 本表根据野外队地貌、第四纪组及湖泊的历年考察资料编制, 部份根据航片判读资料; 虚线上数字表示平均值。

强度)大致吻合。例如,西北部湖区最高阶地平均 171m (第一位), 其最大退缩距离平均 23.3km (第二位); 藏北南部最高阶地平均高 114m (第二位), 其最大退缩距离平均 43.6 km (第一位)。反之,藏北北部最高岸线平均最低(仅 13.4m), 其最大退缩距离平均也最小(6km), 表明湖岸高度差异与湖泊所处发育阶段有关。藏北北部湖泊多数处于老年时期,其陡直岸线难以见到,广大湖滨常被巨大洪积扇所覆盖,湖泊很浅,岸线常被夷平。由于湖泊快速老化与淤浅,湖面可能扩大(图 6)。反之,藏北南部和藏西北部,湖泊主要处于青壮年期,湖区新构造运动强烈,地貌回春作用明显,那里的湖岸阶地则被大量抬升,平原相对下降。随着湖盆地形起伏度增大,湖泊深度可能增大,湖面可能收缩。总之,湖盆(水体)几何形态的变化也可能导致湖面的伸缩。

研究表明,青藏高原新构造运动异常强烈,在高原的整体抬升中,湖区同样存在相对运动。对此,可从一些水体相距很近但高程相差较大而得到证实。例如,羊卓雍错与雅鲁藏布江相距仅 2km,但高程相差达 800m (因而目前正准备开发水力资源);当惹雍错与西南的姆错丙尼相距 18km,而湖面相差 315m。此外,当惹雍错比邻区的札日南木错,许如错分别低了 75m 和 179m。表明原来统一的基面已受后期构造运动影响而发生变异。应该指出,高原湖泊多数沿断裂带呈串珠状排列,在发育史上,许多湖泊皆彼此联通^[5]。这

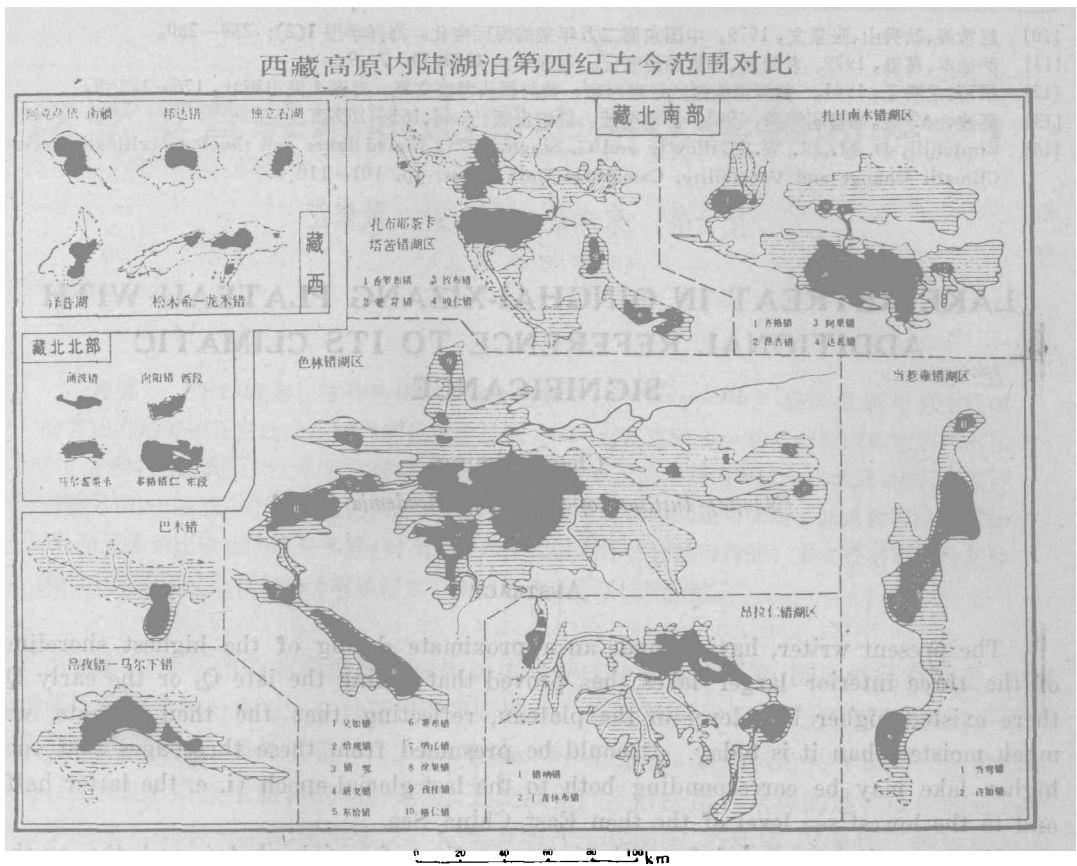


图 6 湖盆几何形态变化示意

湖水体积 $A = B$, 当湖盆淤浅 (B 发展到 A) 时, 面积将由 b 扩大到 a ;
反之, 湖盆加深 (A 发展到 B) 时, 湖面从 a 收缩到 b 。

样, 当一些湖盆被抬升时, 另一些湖盆即可能相对下降, 因而侵蚀基面随之变动。由此可见, 对于某些国外学者 (如 Bobek, 1937; Snyder 与 Langbein, 1962; Haude, 1969; Galloway, 1970 等) 采用内陆湖泊的最高岸线来估算古水位^[4], 应持谨慎态度。分析表明从内陆古湖岸推算古水位, 最好选择历史上皆为全封闭的内陆湖泊, 而且应以古砂堤为高度依据, 而不应根据构造阶地; 那些经历外流过程和吞吐型的内陆湖泊, 即使是古砂堤也难免不受构造运动的影响。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院兰州地质研究所等, 1979. 青海湖综合考察报告. 科学出版社, 5—7 页。
- [2] 刘泽纯、王富葆、蒋赞初等, 1981. 青藏高原马法木湖东北岸等三个地点的细石器. 南京大学学报 1981(4): 87—90。
- [3] 安志敏、尹泽生、李炳元等, 1979. 藏北甲札、双湖的旧石器和细石器. 考古 1979(6): 481—491。
- [4] 朱永其、曾成开、金长茂, 1979. 东海大陆架更新世晚期以来的海面变化. 科学通报 24(7): 317—320。
- [5] 陈志明, 1981. 青藏高原湖泊的成因. 海洋与湖沼 12(5): 178—186。
- [6] 陈志明, 1981. 从青藏高原隆起探讨西藏湖泊生态环境的变迁. 海洋与湖沼 12(5): 402—410。
- [7] 李吉钧、文世宣、王富葆等, 1979. 青藏高原隆起的时代、幅度和形式的探讨. 中国科学 6: 608—616。
- [8] 杨逸畴、李炳元、张青松等, 1983. 西藏地貌. 科学出版社, 166—190 页。
- [9] 南京大学地理系地貌教研组编, 1962. 第四纪地质学. 人民教育出版社, 77—78 页。

- [10] 赵希涛、耿秀山、张景文, 1979。中国东部二万年来的海面变化。海洋学报 1(2): 269—280。
[11] 萨德本、葛腾, 1979。札陵湖、鄂陵湖勘察记。地理知识 1979(5): 7—9。
[12] 景可、龙联元, 1981。黄河源头湖区地理考察。黄河源头考察文集。青海人民出版社, 176—178 页。
[13] 高迪, A. 著, 邢嘉明等译, 1981。环境变迁。科学出版社, 44: 161—165 页。
[14] Churchill, D. M., R. W., Galloway and G. Singh, 1978。Closed lakes and the Pataoclimatic record. Climatic Change and Variability. Cambridge Univ. Press, pp. 101—110.

LAKE RETREAT IN QINGHAI-XIZANG PLATEAU WITH ADDITIONAL REFERENCE TO ITS CLIMATIC SIGNIFICANCE

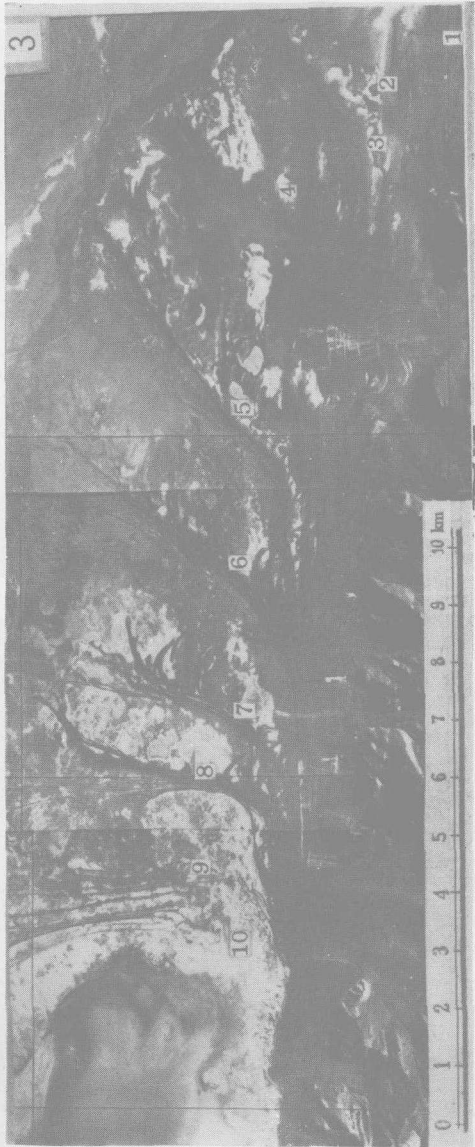
Chen Zhiming

(Nanjing Institute of Geography, Academia Sinica)

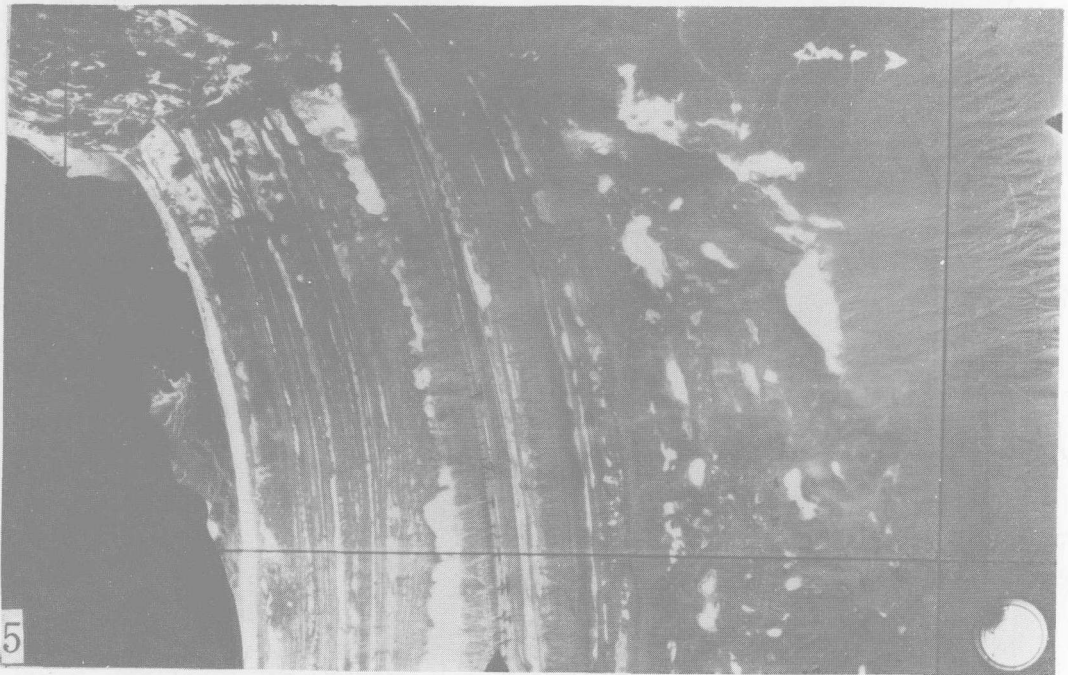
ABSTRACT

The present writer, having made an approximate dating of the highest shorelines of the three interior larger lakes, has proved that during the late Q_3 or the early Q_4 , there existed higher lake level in the plateau, reflecting that the then climate was much moister than it is today. It could be presumed from these three ages that such higher lake may be corresponding both to the last glacial epoch (i. e. the latter half) and to the lowest sea level of the then East China Sea.

Moreover, it is revealed from the interpretation of aerial photos and the on-the-spot survey that since then these lakes had 8—10 schemes of retreat, indicating that the climate at that time had 8—10 comparatively arid periods on the plateau and even in central Asia. As the plateau is still in the faster process of upheaval, it is expected that from the viewpoint of longterm variations the climate in this region in the coming future tends to be continuously dry. However, should there be a neo-glacial epoch in the world, and should the higher lake level really correspond to the glacial epoch, then in not a distant future, the lake water level would possibly rise again to some extent.



1. 难以计数的退缩痕迹(当惹雍错西北岸); 2. 新疆西南角阿克赛依湖东南岸退缩韵律;
 3. 藏北南部札布耶茶卡东南角退缩韵律;



4. 藏北色林错东南角退缩韵律；5. 藏北达则错东北岸退缩韵律。