

# 青海湖的形成和发展

陈克造 黄第藩 梁狄刚

(中国科学院兰州地质研究所)

青海湖(庫庫諾尔)是我国最大的一个内陆高原湖泊。这样一个巨大的内陆水盆是怎样形成的? 是什么时候形成的? 形成后又怎样发展的? 这些,的确是饶有兴趣的研究课题。半世纪以来,它引起了许多中外学者的注意。

1961—1962年間,我們参加了中国科学院青海湖綜合考察队的工作,收集了一些有关資料。茲在湖区地貌、第四紀地层和新构造运动等研究的基础上,对青海湖的形成和发展,提供一些資料和看法。应该指出:江德昕、晉慧娟、許汉奎、黄宝仁、郭兰、朱蓮芳、梅震亚、刘中庆、胡伯良等同志,曾先后参加过野外考察,对完成本文付出了辛勤的劳动;武汉水生生物研究所卢奋英等同志也提供了許多資料;中国科学院冰川冻土研究室施雅风、楼桐茂两先生对本文提出过許多宝贵意見,給了我們很大帮助,在此一併表示感谢。

## 一、地貌特征

青海湖流域面积约34590平方公里,湖体面积4456平方公里<sup>1)</sup>。湖盆长轴平行于区域主要构造綫方向——北西西向,最长104公里,最寬62公里。湖面海拔3196米,最大水深29米<sup>2)</sup>。湖区北及东北面是祁連山东南延伸的分支,即高度达4500米的大通山及4000米以上的团保山(同布山)、达坂山和日月山,以上山脉,构成湖区与大通河流域和湟水流域的分水岭。湖区南及东南面,被高約4000—4500米的青海南山所包围,它把湖区和共和盆地(属黃河流域)分割成两个地貌景观截然不同,而新构造运动特征也有明显差异的地区。野牛山和青海南山东段的加拉山、蛙里貢山,組成了湖区与貴德盆地的分水岭。青海南山西段的中吾农山向西延伸,成为湖区与柴达木盆地的分水岭。

湖区四周山地呈现出明显的多层地形,有三級夷平面广泛分布(图1):

第I級——海拔4200—4600米。由于升起時間最早,故保存最差,其上发育有峰嶺尖削的冰川地形,无新沉积物复盖。

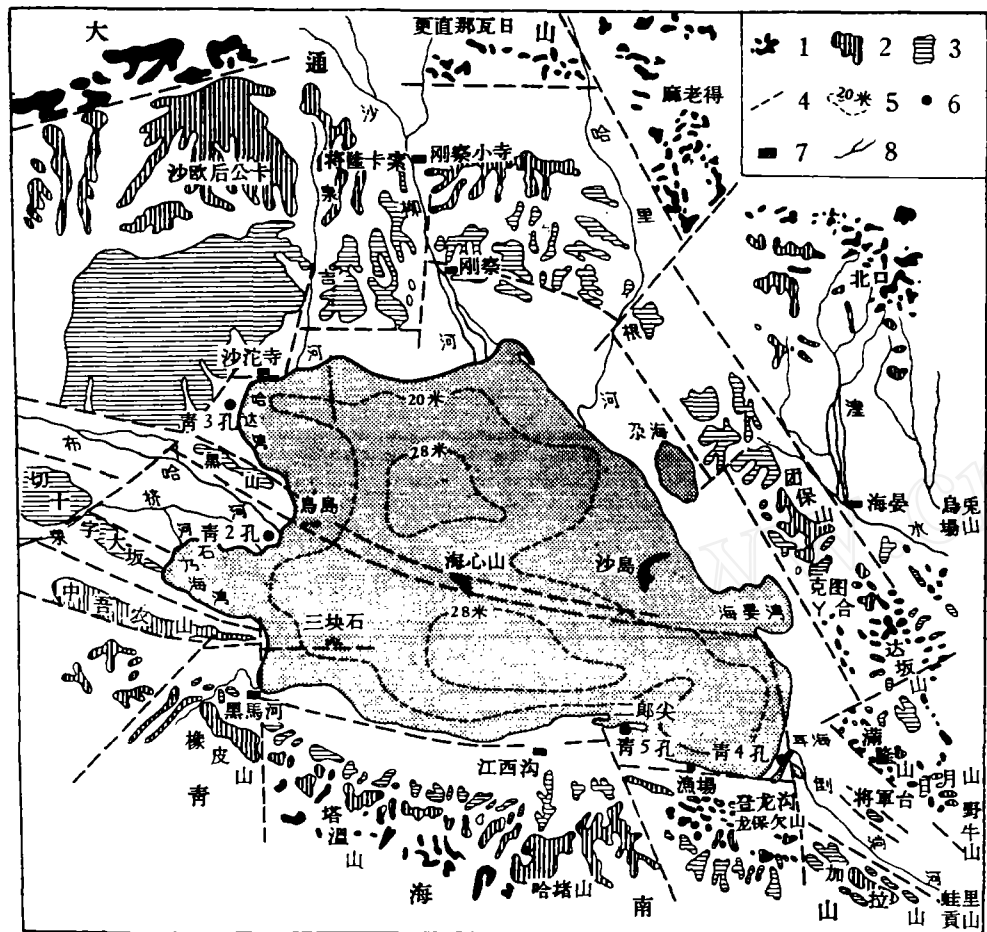
第II級——海拔3800—4000米。升起較早,保存較差,常为深沟切割。局部地区見有上新統紅层复盖。

第III級——海拔3500—3600米。升起最晚,保存最好,局部地区有新沉积物复盖。

这三級夷平面,与1958年施雅风、陈梦熊等在本区划分的五个地貌帶中的高、中、低山帶相当<sup>[1]</sup>。各級夷平面之間,或以断裂接触,在地形上表现为走向平行,为深沟分隔的长条形山系;或形成山脉兩側之山前高、低台阶,以山脉斜坡上的阶梯式陡坎相过渡。它們

1) 据青海省地质局水文队戈庆云等提供的資料。另方永“青海湖湖盆地貌的基本特征、成因及其演变”一文作4635平方公里。

2) 1962年秋季在113个实测点上的实测結果。



1.第 I 级夷平面：组成湖区高山带新第三纪初升起； 2.第 II 级夷平面：组成湖区中心带或高山带的山前高台阶，第四纪初升起； 3.第 III 级夷平面：组成湖区低山带或高山带的山前低台阶，晚更新世初升起； 4.新构造断裂； 5.湖水等深线； 6.井位； 7.居民点； 8.河流。

图 1 青海湖区夷平面分布图（本图根据：（1）野外及湖上考察；  
（2）十万分之一地形图；（3）物探电测深资料）

是湖区新构造时期中几次大规模间歇性上升的标志。

湖区阶地发育,在性质上可分为侵蚀阶地和堆积阶地两种。侵蚀阶地分布于第 III 级夷平面以下的山地斜坡上,共 3—5 级,组成低山带的多层地形和谷中谷地形,其中以湖盆西缘的黑山斜坡上表现得最为清晰(图 2)。它们在成因上是多种多样的。那些临近湖畔与分布在湖滨平原上的,大都属湖成侵蚀阶地(如沙陀寺、铁布卡、黑山等地)。堆积阶地

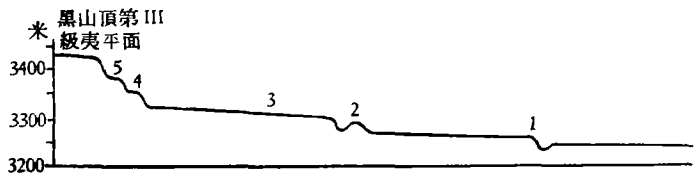


图 2 黑山北麓湖成侵蚀阶地实测剖面

高度小, 主要以内迭阶地为特征(图 3)。在布哈河、倒淌河、柴挤河、沙柳河等河两岸, 普遍发育有三級河成内迭阶地(图 4, 照片 1)。湖区西岸和南岸, 在黑山北侧的哈达滩和黑马河、二郎尖一带, 多处发育有一至三級湖成堆积阶地(图 5, 照片 2)。河、湖阶地的高度对比见表 1 及表 2。洪积阶地多見于近期強烈隆起的山麓地带。湖区西部的柴挤河, 在横穿切十字大坂的峡谷处, 其西岸的第 3 級阶地即由洪积物組成, 高出河面 11.3 米。湖盆东部野牛山主峯南麓的一道沟, 洪积阶地最发育, 形成三級内迭洪积阶地: 第 1 級高出河面近 10 米, 第 2 級高出第 1 級約 4 米, 第 3 級高出第 2 級 2 米(图 6), 它們反映了野牛山近期的強烈上升。日月山主峯南麓也有洪积阶地, 但不如野牛山发育。总的說来, 湖区东部和南部的堆积阶地, 要比西部和北部更为发育。

表 1 青海湖区河成堆积阶地距河面高度(米)对比表

級 別	西 部 布 哈 河 区			东 部 倒 淌 河 区	
	天 棚 公 社	黑 山 南 麓	柴 挤 河	倒 淌 河 鎮	将 軍 台
3	—	5—6	11.3	16.2	28.7
2	3.3	3	2.2	4.6	6.2
1	1.5	1	1	0.6	0.5

表 2 青海湖区湖成堆积阶地距湖面高度(米)对比表

級 別	哈 达 滩	鉄 布 卡	黑 馬 河	二 郎 尖	江西沟漁場
3	—	—	—	17	10
2	5	7.1	7.1	8	5
1	1	3.1	2.1	2	2

湖区地貌的又一特色, 是在山地与湖之間广泛分布着大大小小的冲积扇。特別在湖盆南緣, 从倒淌河鎮开始, 冲积扇沿着环湖公路連綿而作波状起伏, 它們組成了一个环绕山地与湖滨之間的山前傾斜平原带, 一般寬 1—6 公里。湖盆南緣傾斜平原带狹窄, 冲积扇梯度較陡, 保存較差, 这与青海南山在近期的強烈上升有密切关系; 北緣傾斜平原带寬, 冲积扇較緩, 保存較好(表 3), 这与湖盆北緣山势較緩, 山地在近期上升幅度相对較弱有关。冲积扇由河流砂礫組成, 上复 1—2 米黃色亚粘土, 植被发育。

表 3 湖区几个大型冲积扇大小和坡度对比表

地 点	湖 盆 南 緣		湖 盆 北 緣		
	黑 馬 河 北	黑 馬 河 东 南	泉 吉 河	沙 柳 河	哈 里 根 河
坡 角	43′	1°10′	24′	21′	22′30″
半径(公里)	9	8	9	16	17

青海湖滨湖地带常有許多湖堤, 特別是在較大的湖湾地区, 常見湖堤壘壘成行分布。它們由湖滨礫石組成, 礫石大小在 0.5—6 厘米左右, 大者多扁圓状。湖堤一般寬 8—15 米, 其坡角背湖陡(近 10 度), 向湖緩(近 7 度)。它們可分为近代湖堤和古湖堤两种。近

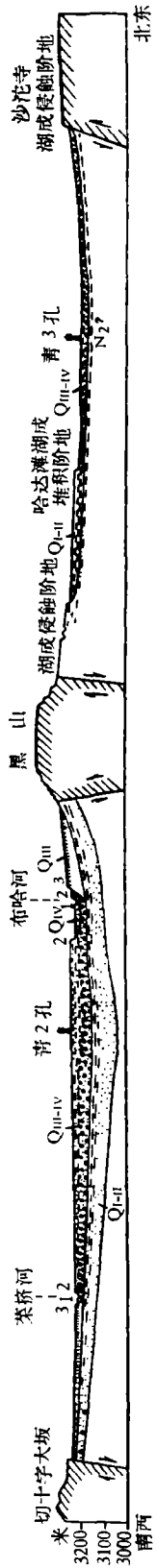


图3 湖区西部河湖阶地剖面略图

【本图根据: 1)野外观测及钻井资料, 2)物探电测深布哈河区第四系底面深度图, 3)1:2.5万分之一地形图(国家测绘总局1957)等资料】



图4 布哈河下游三级阶地地貌素描图

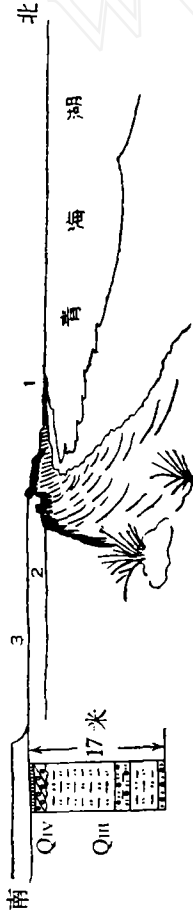


图5 二郎尖湖阶地地貌素描图

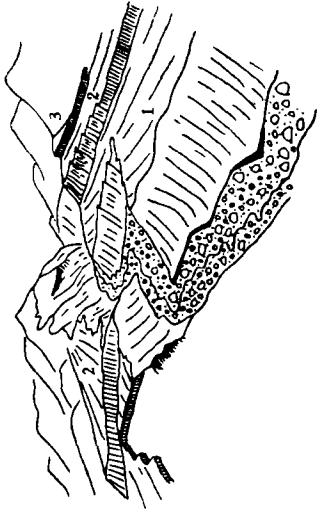


图6 野牛山麓一道洪积阶地素描图

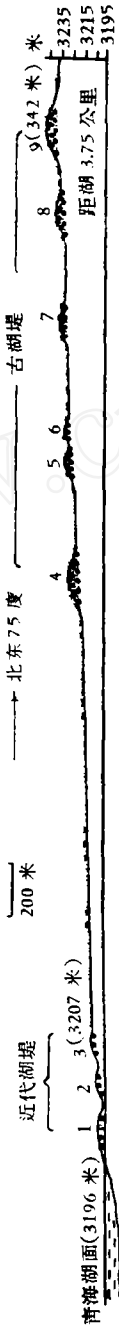


图7 海晏湾湖堤实测剖面图

代湖堤距岸在 1 公里以內,距湖面高度小于 15 米,保存好、延伸远,高度大者一般有三道,其上砾石裸露。古湖堤一般已遭破坏,呈断續延伸。我們在海晏湾曾发现数道比較清楚的古湖堤,最远的一道距湖岸綫 3.75 公里,高出湖面 51 米(图 7),因为脫出水面年代已久,距岸很远,上面已为植被复盖。

表 4 湖区近期湖堤分布对比表

地 点	哈 达 滩	石乃海湾	黑 馬 河	二 郎 尖	耳 海	海 晏 湾		哈里根河口
数 目	3	3	3	5	6	近期湖堤 <sub>3</sub>	古湖堤 <sub>6</sub>	3
距湖面最大高度(米)	10	5	4	9	14	11	51	8.5
距湖岸綫最大距离(米)	800	20	200	450	380	400	3750	700

表中湖堤数目系指延伸較远,比較显著的湖堤

碧藍的湖水中,聳立着四个島屿。在黑山的东南延綫上是烏島(照片 3a,b)和海心山。它們之間断續有沙崗和暗礁分布。烏島恰似布哈河三角洲的門戶,基岩是由下古生代浅变质岩組成的,上面复有从布哈河谷吹来的砂。各种水鳥在夏秋温暖季节栖息其上。海心山位于湖心偏南,高76米,由花崗岩和前寒武紀片麻岩組成,島緣整齐陡立,浪蝕遺迹到处可見。湖东北面的沙島,是湖中最大的一个島屿,面积约11平方公里,其外貌很象一个向西北方向呈弧形突出的新月型大砂丘。显然,它是湖中砂礫突出水面,接受风砂堆积而成的。此外,在湖的西部,在青海南山西段之中吾农山向湖延伸的方向上,有七块石灰岩礁石,它們的产状与組成湖边山脉的中三迭統灰岩产状一致,在阳光照耀下,发出銀白色光,光輝夺目,这就是著名的三块石。以上說明,島屿的分布与湖区山脉之間有着明显的成因連系。

总的說来,青海湖区由各級夷平面組成的层层山势、山脉与湖浜的急剧过渡、山麓带一个又一个冲积扇的存在,湖浜及湖盆流域內的各种阶地、环湖分布的新老湖堤、湖水中島屿的規律性分布,以及湖盆东岸的新月型沙丘(照片 4)堆积等等,所有这些,共同組成了一幅十分独特的內陆山間湖泊地貌景观。这一地貌景观,主要是在新构造运动中山脉不断上升与扩大,以及在气候因素影响下,湖水不断退縮的結果。它為我們追溯青海湖的形成和发展历史提供了綫索。

二、夷平面和阶地形成時間的討論

青海湖湖盆周围几級夷平面形成時間的研究,可以帮助我們追溯湖区新构造运动的历史,从而对本文主題的討論,提供有益的綫索。

本区古生界和下三迭統皆属地槽型浅变质岩系;中上三迭統属地槽迴返后的产物——巨厚的磨拉石堆积,主要見于盆地西部和北部。湖区的侏罗系仅見于盆地北緣,是一套巨厚的砂、泥岩夹煤系地层,具有小型地塹式堆积的特征。白堊系亦見于盆地北緣<sup>[2]</sup>,产状 2°—4°,厚約 170 米,与侏罗系呈輕微的角度不整合接触,由紅色河流相砂、砾岩組成,具大型交錯层理。可以看出,其沉积古地理特征与侏罗紀有显著不同,代表本区在經历了第二幕燕山运动的微弱影响之后,地表被进一步剝蝕夷平的产物。本区老第三紀地层不很

发育,在湖盆北緣泉吉和湖盆西緣切十字大坂一带,見有紫紅、砖紅色砂砾岩,出露厚度約数十米。結合岩性特征以及与西北区各盆地对比,这套沉积地层划为老第三紀比較恰当。从邻区貴德、共和盆地老第三系不发育或缺失的情况来看,老第三系在青海湖不很发育,也是可以理解的。

綜上所述,把青海湖及其邻区的資料結合起来考虑,就不难看出,随时代变新,地层厚度依此变薄,并且湖相沉积逐渐完全为河流相所代替。在这段漫长的地質历史中,剝蝕作用和夷平作用不断改造着构造面,特别是白堊紀一早第三紀期間,由于长期夷平作用的结果,形成了一个古老的統一的夷平面(即当时夷平了的地表)。

这个最古老的夷平面何时走向解体?是与青海湖形成和发展密切有关的一个問題。

区内各級夷平面上,沒有或很少有新沉积物复盖,因此,各級夷平面升起時間的确定,大多只能借助于盆地中沉积物的发育情况的研究,以及与其它地区夷平面研究結果的比較来予以推論。

关于第 I 級夷平面的升起時間,我們主要是借助于新第三系的資料来确定的。在青海湖南緣龙保欠山下的灯籠沟和青 3 孔下部以及野牛山等地,可以看到另一套第三紀紅层,其岩性特征是砖紅、灰黃色砂岩、砂质泥岩与粘土质泥岩,砂岩具河成交錯层理,泥岩呈厚层块状。根据与共和对比,应属晚第三紀。但是,在湖盆广大地区,这套地层由于被第四系复盖,其发育的詳細情况不很清楚。在这种情况下,参考青海湖南側共和盆地的第三系資料,是很有意义的。在共和盆地鉆井中,揭露了一套厚八百余米的晚第三系地层,多直接复于結晶基底之上。其岩性特征为灰黃色、灰色砂泥岩夹紅褐色、灰綠色泥岩及粘土层;上部过渡为灰黃、砖紅色中一細砂岩夹砾岩薄层,其中具大型交錯层理,为第四系所不整复。1962 年,中国科学院南京地質古生物研究所黄宝仁同志曾对这套地层进行过詳細的介形类研究,共发现介形类 40 种,其中已为文献記載过的老种有 18 种:

*Cyprinotus subtilitus* Galeeva (in litt.)

*Candoniella albicans* (Brady)

*Ilyocypris errabundis* Mandelstam

*Ilyocypris tuberculata* (Brady)

*Cypris* cf. *subglobosa* Sowerby

*Candoniella mirabilis* Schneider

*Cypridopsis helvetica* Kaufmann

*Ilyocypris biplicata* (Koch)

*Limnocythere* cf. *luculenta* Livental

*Zonocypris* cf. *membrana* Livental

*Cyclocypris serena* (Koch)

*Cyprideis littoralis* (Brady)

*Ilyocypris gibba* (Ramdohr)

*Candona* cf. *rostrata* Brady et Normana

*Ilyocypris dunschanensis* Mandelstam

*Darwinula stevensoni* Brady et Robertson

*Ilyocypris cornae* Mandelstam

*Cypridopsis obesa* Brady et Robertson

这 18 个老种中,已知可在漸新統出現的有 5 种,可在上第三系出現的有 13 种,可在第四系出現的有 10 种。可見其中属于上第三系的种属最多,而且有 5 个种在第四系中还从未发现过。此外,这套地层中所含腹足类化石,經中国科学院地質古生物研究所余汶鉴定有: *Radix* sp., *Valvata* sp., *Gyraulus* sp., *Bithynia* sp., *Lymnaea* sp., 其时代均属晚第三紀。因此,共和盆地的上第三系共和羣,与邻区据脊椎动物化石而确定的上第三系貴德組及托孙諾尔組的时代是相当的。共和盆地这套厚达 800 余米的上第三系,常直接复于結晶基底之上,这就显示着早第三紀之后,随着新构造运动的来临,在強烈的地壳差异运动影响下,最古老的夷平面开始解体,明显地呈现出盆地与山系的对照性地貌。在盆地中堆积巨厚的上第三系的同时,盆地周围升起了第 I 級夷平面。

关于第 II 級夷平面的升起時間,可以从蛙里貢山得到証据。蛙里貢山是青海南山东段的分支,它的山頂脊綫代表一个保存得較好的第 II 級夷平面,其南側有上第三系共和羣順山之西南坡延伸,向上盖复,几达山頂(图 8)。同时,在蛙里貢山山麓地带,可見該套上第三系被一套厚約 400 米的第四紀含結核黃土夹砾石层所不整复,标志着一次地壳运动。根据青海省地質局的脊椎动物化石資料,其时代属早一中更新世<sup>[3]</sup>。由此可見,第 II 級夷平面的升起,是发生在晚第三紀至更新世之間。



图 8 蛙里貢山新构造隆起上的共和羣(N<sub>2</sub>)产状素描图

关于第 III 級夷平面的升起時間,可以从湖区第四系沉积剖面的研究中得到启示。黑山位于布哈河三角洲的西北側,海拔約 3500 米,高出湖面約 300 米。山頂平坦,是一个保存得相当好的第 III 級夷平面。山的北麓有第三紀紅层分布,与組成黑山的下古生界变質岩呈断裂接触。黑山北側的湖滨地带,有哈达滩第 2 級湖阶地,高約 5 米,組成阶地的沉积物是粉紅色粘土夹数层黃綠色薄层粉砂,呈清晰的湖成微細层理(照片 5),其上复有黃色亚粘土。前者含介形类化石,經黃宝仁鉴定有: *Limnocythere dubiosa* Daday, *L. inopinata* (Baird), *L. sancti-patricii* Brady & Robertson, *L. sp.*, *Eucypris inflata* (Sars), *E. sp.*, *Candon angulata* Müller, *Candoniella suzini* Schneider, *Ilyocypris bradyi* Sars, *I. tuberculata* (Brady)。此化石羣可与柴达木盆地甘森地区上新統最上部至更新統的化石种羣相比較。再結合本区地层发育情况以及整个第四系介形类的分布特征、壳的矿化程度等等,我們將这套沉积物划为早一中更新世。值得注意的是,阶地距黑山很近,而該剖面中却没有取材于黑山的变質岩块,可見在早一中更新世时,黑山实属潛山。同时也証明:第 III 級夷平面的升起,是发生在早一中更新世以后的事情。

另外,第 III 級夷平面的升起時間,在湖区第四系鑽井剖面的旋迴性上也得到了反映。如图 9 所示,我們在青海湖共揭露了厚約 250 余米(未見底)的第四系。剖面簡略描述于

下:

- Q<sub>IV</sub>——青 2 孔为黑色粉砂质淤泥、淤泥夹薄砂层、属三角洲相。青 3 孔与青 2 孔岩性基本相似而略粗,属浅湖相。青 4 孔主要为黑色细砂。青 5 孔为具底砾的黄土。
- Q<sub>III</sub>——青 2、3 孔为河流相砾石层。青 4 孔上部为黑色淤泥、粉砂质淤泥夹砂砾层;下部为黄色砂砾层。青 5 孔上部为灰、蓝灰、灰绿色粉砂质淤泥、淤泥及粉砂;下部为黄色砂砾层夹数层黄红色薄层淤泥。青 4、5 孔下部为滨湖-浅湖相,上部为浅湖-深湖相。
- Q<sub>I-II</sub>——青 4 孔上部为深湖相黑色淤泥夹有大小在 1—2 厘米的黄铁矿结核;下部为黄色砂砾层夹数层浅红色粘土及灰绿色细砂。青 5 孔为含不规则状钙质结核的黄土、微红色黄土,中夹数层砂层及砾石层,向顶部过渡为较深水湖相沉积。

剖面可明显地划分出两个下粗上细的沉积旋回。其中,青 4 孔下旋回,即井深 121 米以下的层段,与哈达滩 Q<sub>I-II</sub> 的沉积物相当(兹命名为哈达滩组);青 5 孔下旋回,即井深 76 米以下的层段,是一套含钙质结核的黄土与微红色黄土夹砾石层,与共和盆地 Q<sub>I-II</sub> 的含结核黄土夹砾石层可以对比,因此,它应该是与哈达滩组同时异相的沉积物。而这两个剖面的上旋回(兹命名为二郎尖组),根据顶部(二郎尖湖阶地剖面)介形类的研究结果,说明其种属亦属更新世;但从剖面中的层位关系来看,自然应划归晚更新世比较恰当。因此, Q<sub>I-II</sub> 地层组成的下旋回,与 Q<sub>III</sub> 地层组成的上旋回之间,亦即早一中更新世与晚更新世之间,有一次地壳上升运动。这也说明:第 III 级夷平面的升起时间,应始于晚更新世的初期。

中国大陆新生代的三次地壳上升运动,早已为我国许多地质学前辈在研究中国地文期时所发现。1936 年,杨鍾健、卞美年<sup>[4]</sup>在研究甘肃黄河新生代及第四纪地质时,在综合前人研究成果的基础上,曾划分出五个地文期。其中,唐县、汾河和清水三个侵蚀期,也正是发生在早一晚第三纪之间、晚第三纪一早更新世之间和晚更新世初。由此可见,青海湖三级夷平面的升起时间,是与我国西北区各级相应夷平面的升起时间基本一致的。它同样反映了上述三次主要而强烈的新构造间歇性上升运动的影响。

阶地的形成,可以帮助我们认识湖区自晚更新世以来的发展历史。

前已述及,最低的第 III 级夷平面的升起,始于晚更新世之初,那么,这一级夷平面斜坡上的三至五级基岩侵蚀阶地,就自然是在晚更新世时期,伴随第 III 级夷平面的间歇性上升而形成的。依此类推,与这些侵蚀阶地相当的湖中岛屿,如鸟岛、海心山,也都应该是这一时期的产物。

湖盆内的河、湖、洪积阶地,一般位于上述侵蚀阶地之下,它们的形成时间更晚,多属全新世至现代时期的产物。在这些阶地的研究中,我们发现对于同一级阶地而言(包括湖成与河成阶地),尽管它们的形成时间相同,但由于本区新构造运动差异性的影响,使组成它们的地层时代不尽相同。譬如,青海湖 2、3 级阶地顶部均由全新世晚期的砾石层与黄色亚粘土所组成,但阶地下部的第四系却具有不同的时代:哈达滩湖阶地由 Q<sub>I-II</sub> 湖相沉积物组成;二郎尖湖阶地由 Q<sub>III</sub> 的湖相沉积物组成;布哈河下游第 2 级阶地由 Q<sub>III</sub> 灰色泥质粉砂与灰白色薄层粉砂质粘土(河湖交替相沉积物,照片 6)组成等。上述资料说明,同一级阶地,其结束河、湖相沉积的时期却有先后不同,这自然应当是新构造差异运动的影响所致。又如,当我们从江西沟渔场向西追溯至二郎尖,发现第 3 级湖阶地的高度距



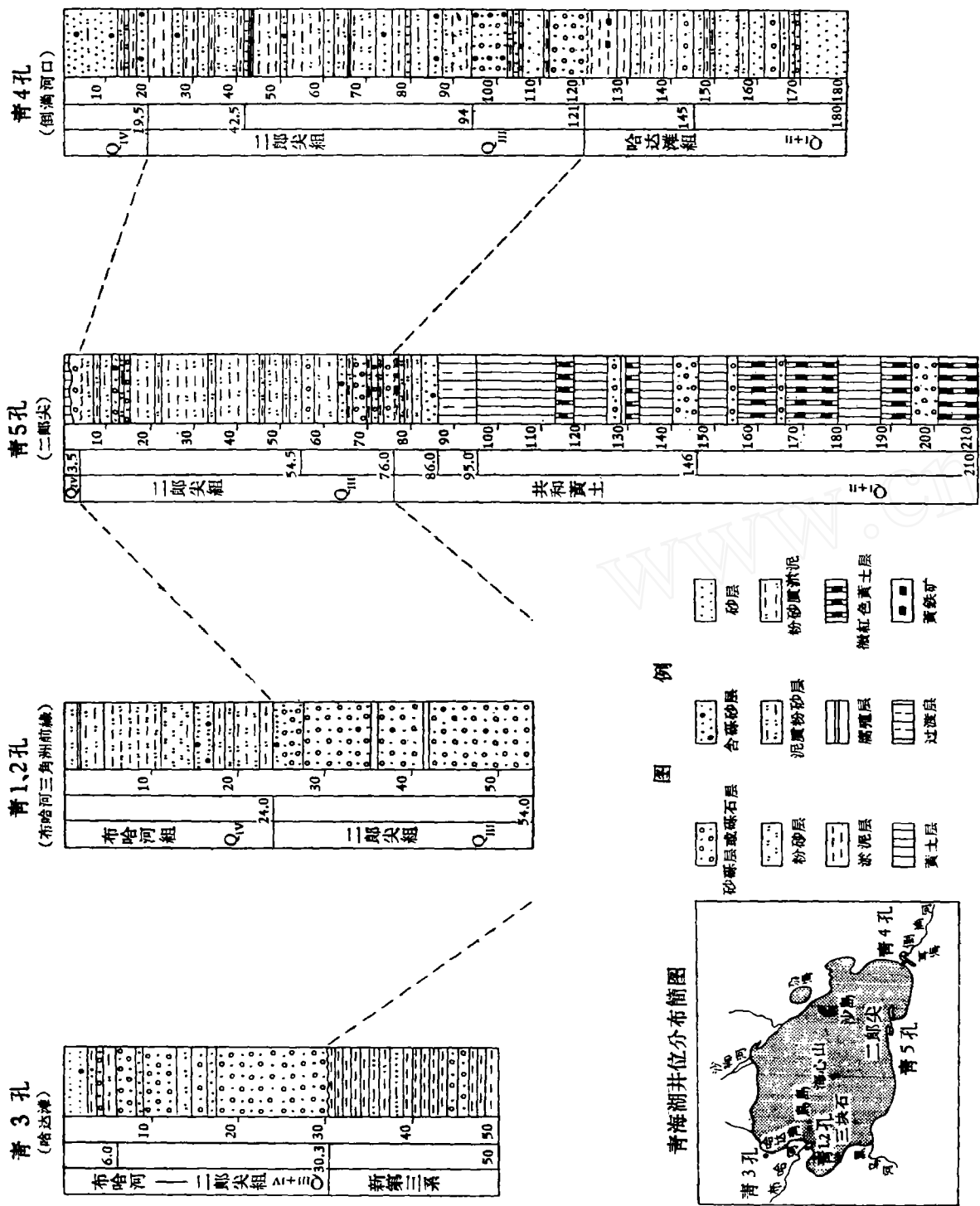


图9 青海湖第四系钻井剖面对比图

湖面由 10 米左右逐渐增大至 17 米,更向西又逐渐减小。这也同样证明了新构造差异运动在青海湖阶地形成中的影响。

除此之外,在青海湖半干燥气候条件下,湖水入不敷出,以致侵蚀基准面不断下降,也必然是湖阶地形成的因素之一。

综上所述,我们认为青海湖堆积阶地的形成,是在湖水不断退缩这一因素的参与之下,新构造间歇性上升运动与差异运动作用的结果。

### 三、青海湖的形成及其成因类型

青海湖座落在南祁连山槽背斜(加里东)的东南部,东和东北已跨入中祁连山槽背斜带(前震旦纪),南缘属青海南山槽向斜(海西),西南与柴达木台块和北昆仑槽向斜东端毗邻。不难看出:湖区地质结构十分复杂,它处于几个构造单元的交汇地带(参阅中国科学院地质研究所 1959 年所编“中国大地构造图”)。由于不同时期的构造单元,硬化程度不一,往往在它们的接触带上,产生异常发育的断裂——主要为北西西向和近南北向的交叉断裂,这就为新构造运动的特征和湖泊形成方式创造了前提。

根据前文所述,可知本区第 I 级夷平面升起于晚第三纪之初。结合下第三系的分布及其沉积岩相特点来看,我们认为在早第三纪并不存在有比较显著的盆地面貌,现在的青海湖,也不大可能是从早第三纪开始演化而来的古湖泊(图 10 a)。

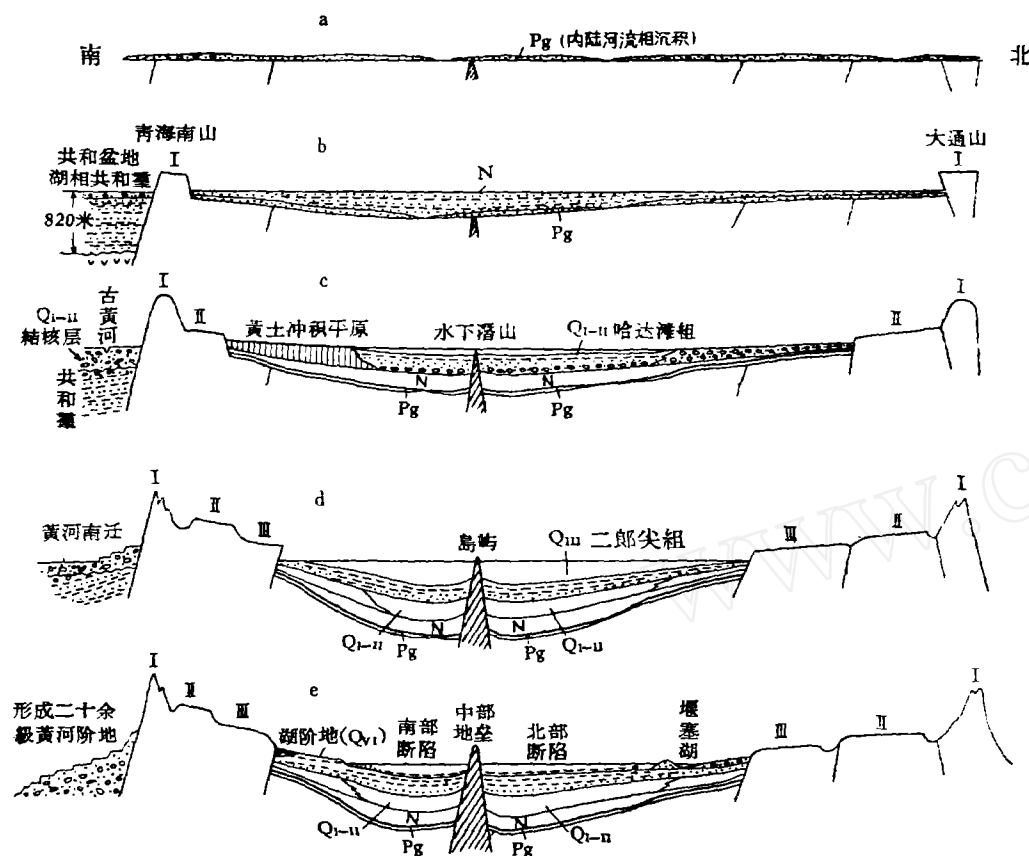
在晚第三纪,本区与其它广大地区一样,进入了新的活化阶段,开始了地壳的改造,其特征主要表现为:在这个不同构造单元的交汇地区,沿老构造线的接触带或老断裂,发生了强烈而复杂的新断裂和块断差异升降运动。反映在地貌上,也必然是年青的地貌景观代替了前述老化的地貌景观。具体地讲,由于晚第三纪早期强烈的新构造块断差异错动,破坏了统一的古夷平面的完整性,随着第 I 级夷平面的升起并逐渐成长为新山系的同时,在共和盆地堆积了厚达八百余米的湖相与河湖交替相地层;而在青海湖,从第 I 级夷平面的分布及其区域性发育的特点,以及上第三系相对比较广布的情况来看,也至少呈现出了颇为明显的构造洼地地貌。至于当时这个构造洼地(图 10 b)是否集水成湖,目前尚缺乏足够资料作出结论。

第四纪初,区内又发生一次强烈的块断差异升降运动。这次运动,将原来已升起的第一级夷平面抬得更高,以致达到雪线以上。同时,在它的边缘,升起了第 II 级夷平面(图 10 c)。它的出现,使原来的新生山地进一步成长,山缘扩大。两级夷平面开始组成了环绕盆地的阶梯式地形。此时,青海湖构造洼地则进一步下沉,洼地的规模相对缩小。由此可见,这次运动使湖盆面貌日益深刻和明显了。

青 4 孔下部(即下旋迴)与哈达滩的早一中更新世沉积,主要是一套浅湖相沉积物。虽然钻井没有把这套沉积物全部揭露出来,但已经给我们提供了当时的基本沉积类型。它证明,青海湖在我国第四纪第一间冰期,即更新世早期,就已经出现了。

应该说明,从下一中更新统的分布及其沉积相的特点来看,当时的青海湖与现在相比,东西更长,南北更窄,地堑的面貌更为清晰。另外,当时湖盆的南缘,存在着一个相当宽广的山麓黄土冲积平原带(沉积物见于青 5 孔下旋迴)。这套黄土夹砾石层沉积物的出现,又说明了那时青海湖的气候还是比较寒冷而干燥的。它与早一中更新世的湖相沉积,

在沉积类型的成因组合上恰相对应。Q<sub>I-II</sub> 湖相沉积中孢子花粉的研究,同样证明它们是比較寒冷干燥气候下的沉积。



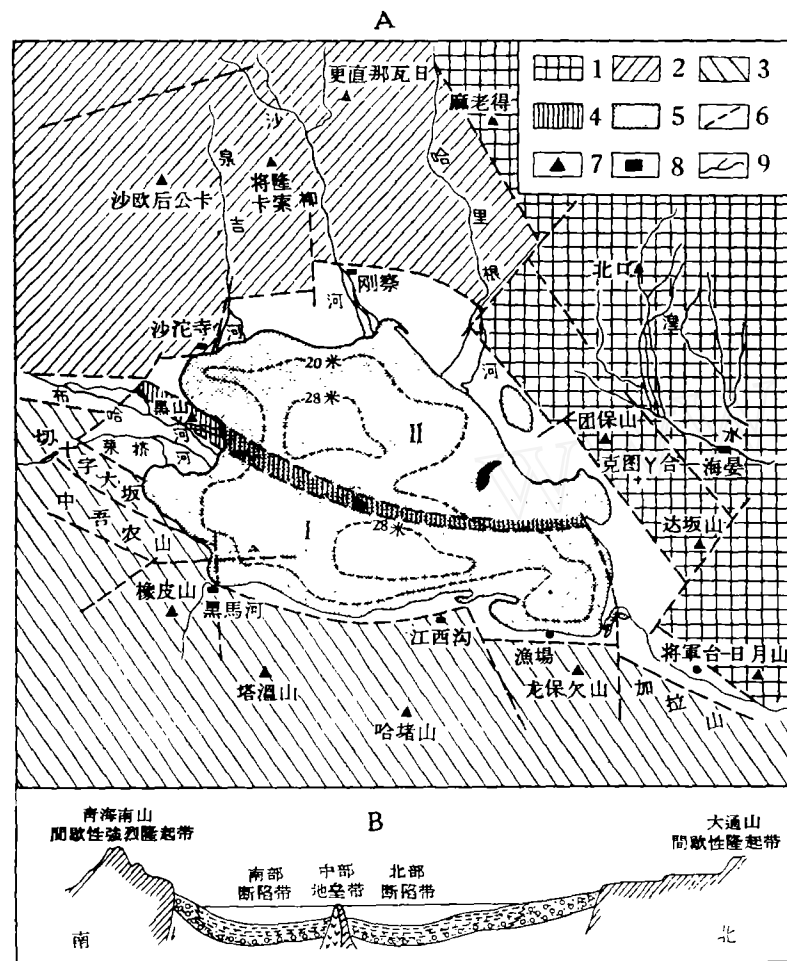
a. 早第三紀末——古夷平面形成。 b. 晚第三紀末: 第 I 級夷平面升起之后构造洼地形成。  
c. 中更新世末: 自第 II 級夷平面升起后, 青海湖形成。河湖共存。浅水湖。 D. 晚更新世末: 自  
第三級夷平面升起后, 湖泊閉塞。全盛时期。分割性加剧。 e. 現代: 鈣质沉积。咸化。堰塞。  
縮小。向盐湖发展。

图 10 青海湖形成发展示意图

中国西北普遍发育有早更新世冰期, 前人已經在本区找到过它的遺迹。我們在青海南山相当于第 I 級夷平面的龙保欠山、日月山、野牛山山頂, 也观察到了清楚的冰川地形如冰斗、角峯(照片 7)、魚脊等。可以設想, 随着第一間冰期中冰川的消融, 給青海湖提供了一定的水源。

关于青海湖的成因方式問題, 許多資料証明, 它是新构造断块差异升降运动的产物。我們看到, 青海湖湖盆外貌近似菱形, 它的四个端点大致在沙陀寺、哈里根河口、耳海和鉄布卡附近; 湖水等深綫在边緣陡急、在中部寬平, 以致湖体纵剖面成一“U”形; 在平行主要构造綫——北西西方向上, 有許多伸入湖中的山咀以及它們之間的湖湾(照片 8); 湖中的孤山孤島呈直綫断續相連。上述种种, 首先給我們提供了青海湖是断陷成因的印象。从

图 11 中更可看出：湖区四界均为断裂所限，这些断裂，或者象布哈河谷断裂及湖盆南缘断裂一样，为物探资料所证实，使第四系发生断裂错动，断距最大可达 80—90 米；或者造成对照性鲜明的地貌景观；或者造成象柴挤河那样的河流改道现象，或者切出如沙陀寺



1. 东部强烈隆起带：新第三纪开始隆起，晚更新世以来隆起加剧； 2. 大通山隆起带：自新第三纪以来间歇性隆起； 3. 青海南山隆起带：自新第三纪以来间歇性隆起； 4. 中部地垒带：由湖中孤山孤岛组成，晚更新世以来先后隆起； 5. I. 南部强烈断裂带， II. 北部断裂带，两者自新第三纪以来继承性下陷； 6. 新断裂； 7. 山脊； 8. 居民点； 9. 河流。

图 11 A. 青海湖区新构造略图 B. 青海湖新构造分带示意剖面图  
(本图根据：(1)野外及湖上考察，(2)十万分之一地形图，(3)物探电测深资料)

(照片 9)、铁布卡附近的湖岸断崖；或者造成黑马河附近的断块山冲破已形成的冲积锥……。这些，都是湖区断裂具有新构造性质的标志，都说明北西西和近南北向交叉断裂的新构造活动，对湖泊成因起着控制作用。的确，新断裂在决定了湖盆构造成因方式的同时，也就奠定了湖体外形轮廓的基础。

归结起来，我们认为：青海湖是一个至少在早更新世就已经形成的新构造断陷湖泊。

## 四、青海湖的发展

**1. 河湖共存及其闭塞** 在青海湖的地貌研究中,一个十分引人注目的现象是,倒淌河流淌在一个宽约12公里的谷地之中。它与湖盆西缘的布哈河不仅谷地宽度和形态相若,而且在 $135^\circ$ 方向上可以直线相连,均具有不受制于地层走向的断裂谷的特征。物探及第四系资料更证明了,它们是同处于新构造断裂谷地之中。1938年,孙健初从布哈河、倒淌河与汗唐河(上游名曰曲乃亥河,位于倒淌河东南延线上,其间为一分水岭所隔)河谷地貌的研究中,就曾得出十分精辟的结论:“由此事实,可见昔日此一带(经青海湖至黄河)有古河一,沿一向斜轴自西而东……。中段(即倒淌河区——作者)因断层关系,致东部地势升起,西部下陷,乃转其水流向西而成今日之倒淌河”<sup>[5]</sup>。应该指出,上述宽阔之古河谷地遗迹,分布在第II级夷平面之下,并且不低于第III级夷平面,从而说明这条古河隶属于早一中更新世。这样看来,青海湖在它形成之后,曾经是个外洩湖,亦即在早一中更新世有过河湖共存的阶段。这一见解,也与青海湖  $Q_{1-2}$  沉积物的特征——浅水湖相相符合。

青海湖能否闭塞,关键在于湖水出口的咽喉地带——倒淌河上游与贵德盆地的分水岭,能否在新构造运动中强烈隆起,并最终战胜水流的下切而阻塞湖水。为进一步搞清这一疑难,我们曾在湖区东部的日月山、野牛山、蛙里贡山、加拉山、达坂山一带,作了较详细的观察,发现在加拉山南麓、蛙里贡山西北(倒淌河至共和公路边)  $Q_{1-2}$  结核层呈 $8^\circ-11^\circ$ 的倾角背山产出;野牛山南麓的第III级夷平面,呈 $6^\circ-8^\circ$ 的倾角,以几个方向背山倾斜(图12 a、b、c),且被河流切成“V”型谷,其上重迭着前述的宽广古河谷地。前已述及,第III级夷平面开始升起于晚更新世初,而在湖盆东部地区,这级夷平面与湖区其它部分

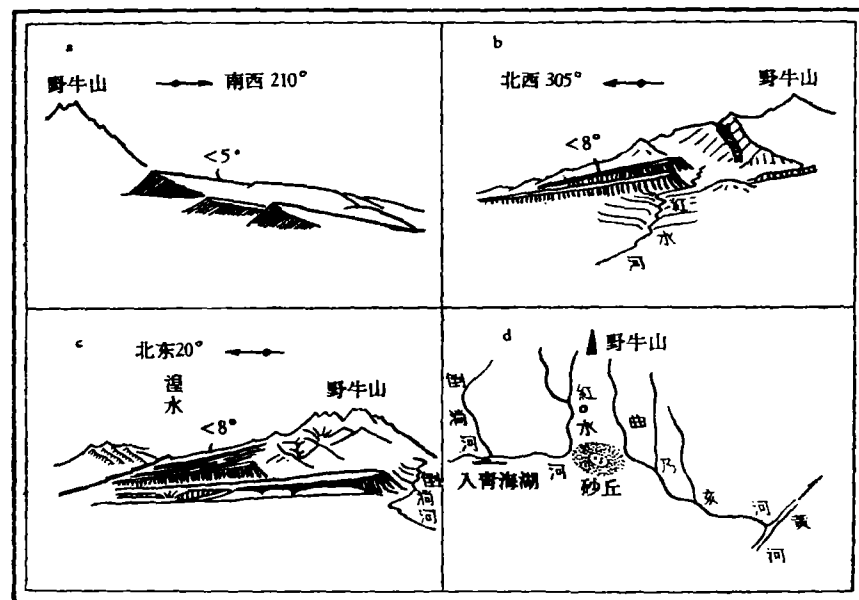


图 12 野牛山前低台地向三方倾斜及水系分流素描图

相較,或則保存得不好,或則遭受強烈變形。上述資料,說明在湖盆东部地区,晚更新世初的这次上升,与湖区其它地区相比,具有更为強烈的特征。也正是由于这一次上升,堵塞了古湖的东部出口。有种种迹象表明,这次強烈上升一直延續至今,它清晰地反映在今日的倒淌河与貴德盆地的分水岭上。該处同源野牛山的紅水河(倒淌河上游)与曲乃亥河,垂直山脉走向直泻而下,于山前低台地兩側以九十度的轉弯分流,成一“北”型(图 12 d),分別注入青海湖和黄河。二河分流現象,既是野牛山目前強烈隆起的标志,也恰好描繪出晚更新世以来該区水系发展的图景。这一地区倒淌河阶地比其它地区的河流阶地一般高出数倍(參閱表1),結合野牛山前的“扇中扇”現象,都反映了日月山—野牛山是湖盆东部隆起带的中心。

野牛山与加拉山組成了青海湖盆地与貴德盆地的分水岭;蛙里貢山組成了共和盆地与貴德盆地的分水岭;而位于野牛山西北的达坂山——烏兔場山隆起,則是海晏盆地的东南界。看来,上述諸山組成了一個大面积新构造隆起区,正是由于它們在晚更新世初期的急剧上升,至少也就从这个时候开始,排除了青海湖在整个东部地区外洩的可能性。

應該指出:从倒淌河口青 4 孔以及青 5 孔剖面的分析来看,青海湖的閉塞状况,可能开始得比晚更新世还要略早一些。因为,从沉积岩相的变化来看,在早一中更新世末期,青海湖的沉积突然从黃土冲积相(边缘)或浅水湖相(中部)分別变成了較深水湖相或水流不暢的深水硫化氫相——含黃鉄矿的淤泥层。看来,在盆地边缘或靠近古湖出口的地带,这种沉积类型的演变,是湖泊业已閉塞的标志。

綜上所述,我們認為:青海湖的閉塞,是发生于中更新世末—晚更新世初的事情。它是随着导致第 III 級夷平面升起的这次新构造上升运动的来临,并且在出口地带上升得更為強烈的情况下发生的。

**2. 湖泊形态特征的演变** 青海湖在其形成后的初期,是一个外泄的浅水湖泊。当时水域面积在东、西方向上較目前寬闊,而在南北方向上較為狹窄(北緣据浅钻資料,无  $Q_{1-n}$  湖相沉积)。晚更新世时期,随着地壳差异运动的增強和湖盆閉塞状况日益显著,导致湖水位上升;加之当时气候向着温暖潮湿方向轉化(据孢粉資料),于是,在青海湖的发展阶段中出現了一个全盛时期。从沉积相来看,这时水盆显著加深;从湖相沉积分布来看,这时湖面更为广闊,南緣的黃土( $Q_{1-n}$ )冲积平原亦为湖水所掩复。与此同时,随着第 III 級夷平面的升起,湖盆的分割性也日益加剧(图 10 d)。湖盆西緣的黑山,在早一中更新世时尙属水下潛山(見前文),此时开始升出水面,成为孤島。在黑山东南延續上的烏島、海心山、將軍台,这时亦分別有所抬升。湖盆中部的地垒带,这时已开始形成,并在其南北兩側相应地出現了两个湖水最深的断陷带(图 11 剖面图)。总之,我們認為,目前青海湖的形态特征,在晚更新世即已奠定了基础。

全新世以来,青海湖形态发展的基本特征是:随着湖盆周围新构造隆起的繼續发展,和气候复趋干燥的同时,湖面縮小、水位下降,并且这一过程日益加剧。这时,一方面湖浜的几級阶地先后出現;另一方面,湖中的島屿日漸增多、扩大,其中如黑山、將軍台等,开始脫离湖体成为湖畔孤山。关于青海湖縮小的規模,从以下資料可大致作出估計。我們曾在黑山西端,距布哈河三角洲前緣約 30 公里处,发现过古湖堤;而現在距湖东緣 26 公里处的察汉城(建于汉朝,照片 10),昔日却位在湖浜<sup>[6]</sup>。这样看来,湖水在东西方向上約退了



这一水体浓缩的过程,是在何时开始发生的呢?从前文的论述可见,青海湖水体在早一中更新世时并不闭塞,一个外泄的湖泊,自然不会形成盐类的显著聚积。不过,由于当时气候比较干燥,故水质应相对较咸。在晚更新世时,湖泊刚刚闭塞,加以气候比较潮湿,水面极端扩张,湖水加深,湖体水容量不断增加,这些,又决定了当时湖水应该经历过一个淡化的过程。因此,我们认为水质的咸化,乃是在气候复趋干燥的全新世初期发生的。这一点,在介形类的生态研究上,也得到了一定程度的反映。特别是沉积物中氯含量的分析(见表6),进一步证实了上述结论。

表6 青海湖第四纪湖积物 Cl<sup>-</sup> 平均含量

时 代	青 4 孔		青 5 孔		青 2 孔	
	Cl <sup>-</sup> , %	样 品 数	Cl <sup>-</sup> , %	样 品 数	Cl <sup>-</sup> , %	样 品 数
Qiv	—	—	—	—	0.18	6
Qiii	0.006	22	0.006	4	—	—
QI+II	0.013	7	0.017	3	—	—

随着湖水的咸化,必然引起湖中水生生物的单一化。目前,青海湖水体中主要繁殖有一定数量的藻类和少数浮游动物,鱼类亦仅繁殖有2—3种鲤科的鲤鱼。这种状况的形成,依我们看来,是水质咸化的结果。

**4. 沉积作用的演变** 青海湖自形成以来,沉积作用是以旋迴式发展为其特色的。而每一阶段的沉积物又各有其特点。早一中更新世沉积主要是在比较干寒气候条件下形成的黄土或浅水湖成氧化相的红色沉积,只是在末期才有深水还原相湖积层出现。晚更新世时,沉积物以深水或较深水的灰黑色湖相沉积为特征。至全新世,特别是在后期,沉积物的特征如表7所示,说明正处于碎屑沉积向化学沉积的过渡阶段。沉积物富含藻类,是一种钙质淤泥,且有弱白云质化现象。并且,在个别地区(东部)有风砂堆积。上述种种沉积作用的演变,给我们描绘了青海湖在形成之后,气候、湖水进退和不同水介质条件的演变特征。不言而喻,按照咸化湖泊的发展规律,青海湖现代沉积物中的白云质化现象将日益显著,并且将继续经历硫酸盐类——石膏、芒硝——过渡到氯化物(岩盐)的沉淀顺序,以至最后走向干涸和消亡。

表7 青海湖淤泥与其它沉积岩化学成分百分含量对比表

化 学 成 分	砂 岩	泥、 頁 岩	青 海 湖 淤 泥	灰 岩
SiO <sub>2</sub>	78.31	58.11	37.77	5.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.76	15.40	9.65	0.81
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.08	4.02	3.61	} 0.54
FeO	0.30	2.45	1.73	
MgO	1.16	2.44	4.25	7.87
CaO	5.50	3.10	15.42	42.57
Na <sub>2</sub> O	0.45	1.30	1.84	0.05
K <sub>2</sub> O	1.32	3.24	1.62	0.38
Cl	微迹	—	0.53	0.02
S	—	—	0.47	—



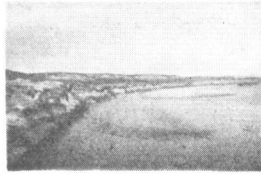
总之,在新构造和气候因素的綜合影响下,在经历了晚更新世的全盛时期之后,青海湖自全新世以来,湖体日益缩小,分割性日益加剧,水质含盐量循序增加,水生生物日趋贫乏和单一,沉积物中开始出现了化学沉淀,等等,构成了青海湖近期发展历史的主要特征。

(收稿日期: 1963 年 3 月)

### 参 考 文 献

- [1] 施雅风、陈梦熊等: 青海湖区自然地理初步考察,地理学报第 24 卷第 1 期,1958 年。
- [2] 中国科学院地质研究所,兰州地质研究所,北京地质学院: 祁連山地质志,科学出版社,1960 年。
- [3] 周本雄、刘后一: 青海共和更新世的哺乳动物化石,古脊椎动物与古人类,第 1 卷第 4 期,1959 年。
- [4] 楊鍾健、卞美年: 甘肃中部皋兰—永登新生代地质,中国地质学会会志第 16 卷,1936—1937 年。
- [5] 孙健初: 青海湖,地质論評第 3 卷第 5 期,1938 年。
- [6] 馬子奇: 青海湖紀略,新西北,第 3 卷第 3 期,1931 年。
- [7] 李式金: 青海湖区之初步探討,边政公論,第 1 卷第 11—12 期,1942 年。
- [8] B. A. 苏林: 天然水系中的油田水,石油工业出版社,1956 年。
- [9] O. A. 阿列金: 水化学,水利电力出版社,1957 年。
- [10] B. A. 奥布鲁切夫: 新地质构造及其造形的基本特征,地质专辑第 3 輯(新构造运动),地质出版社,1956 年。
- [11] 中国科学院第一次新构造运动座谈会发言记录,科学出版社,1957 年。
- [12] 論新大地构造学与地貌学的一些問題,科学出版社,1957 年。
- [13] И. П. 格拉西莫夫: 最新构造运动及其在天山北部现代地形发展中的作用,亚洲地貌学与古地理学問題,科学出版社,1959 年。
- [14] 方永: 青海湖湖盆地貌的基本特征、成因及其演变,地理集刊第五号,科学出版社,1963。
- [15] Обручев, В. А., Центральная Азия, Северный Китай и Нань-шань, Том 1 и 2, 1900.
- [16] Прежевальский, Н. М., I. Из Зайсана через Хами в Тибет и на верховье Жёлтой реки. Третье путешествие в Центральной Азии, РГО 1883.  
II. Четвёртое путешествие в Центральной Азии, РГО 1888.
- [17] Риттер, К., Землеведение Азии Часть 1, РГО, 1856.
- [18] Потанин, Г. Н., Тангуско-тибетская окраина Китая и Центральной Азии, РГО 1888.
- [19] Козлов, П. К., Монголия и Кам, Тр. Экспедиции РГО совершенный в 1899—1901 г. г., т. 192, 1905.
- [20] Чернов, А., Остров Куйсу на Кукуноре Топограф и Геодез Журнал, 1911.

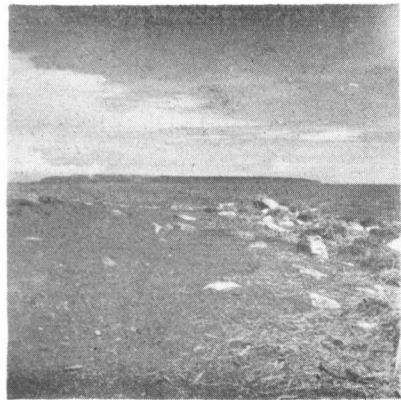
图版 I



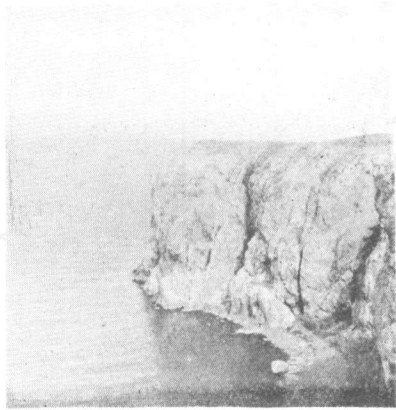
照片 1 布哈河下游阶地



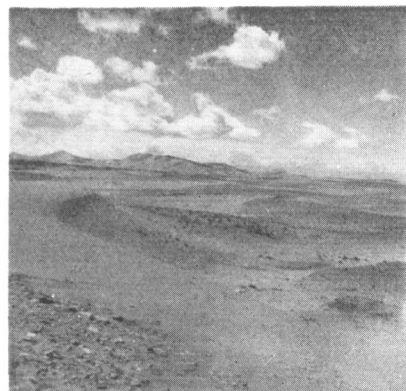
照片 2 二郎尖湖阶地



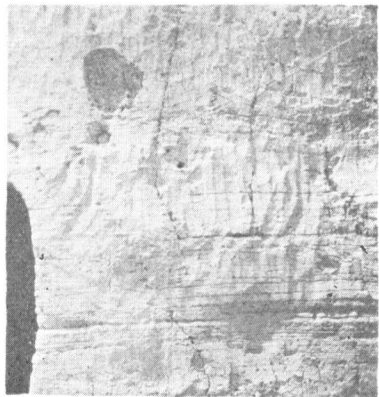
照片 3a 鳥島全貌及海西皮(鳥島以西浅滩)  
东南隅之鳥窝残迹



照片 3b 鳥島东北側之断崖

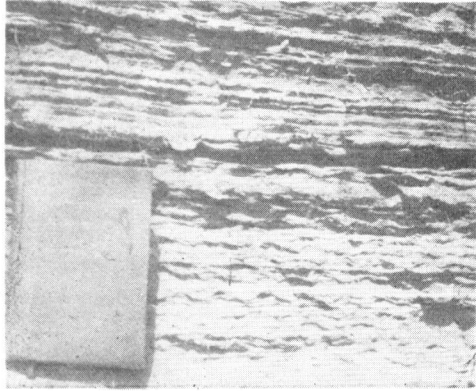


照片 4 湖盆东北緣之新月型砂丘



照片 5 哈达台湖阶地  $Q_{1-II}$  湖相微細层理

图版 II



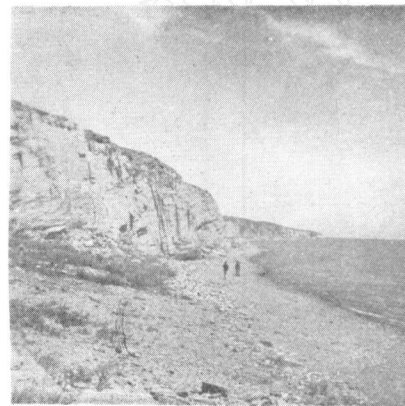
照片 6 布哈河二級阶地  $Q_{III}$   
河湖交替相沉积剖面



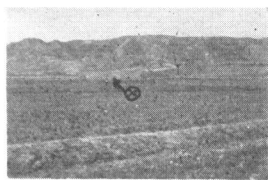
照片 7 龙保欠山主峯角峯



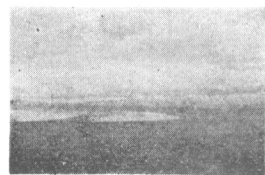
照片 8 哈达湾北緣地貌、植被及  
变质岩山咀伸入湖湾的情况



照片 9 沙沱寺湖滨断崖



照片 10 日月山 II 級夷平面和  
汉朝之察汉城废墟⊗



照片 11 耳海脱离青海湖  
母体的情况

## ФОРМИРОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ОЗ. КУКУНОР

Чэнь Кэ-цзао, Хуан Ди-фань, Лян Ди-ган

(Ланьчжоуский геологический научно-исследовательский  
институт АН КНР)

### Резюме

Оз. Кукунор является самым большим бессточным нагорным озером в нашей стране. Оно представляет собой неотектонический разрывный прогиб.

В первой части настоящей статьи дана характеристика выровненных поверхностей, террас, озерных валов, конусов выноса, островов, и других элементов рельефа в районе озера. Во второй части рассматриваются вопросы о формировании трех выровненных поверхностей и терра района озера.

Основывая на вышеуказанных материалах, в третьей и четвертой частях мы остановились на истории формирования и развития озера. Считаем, что в начале неогена с поднятием первой выровненной поверхности в районе оз. Кукунор начала появляться тектоническая депрессия. В начале четвертичного периода с поднятием второй выровненной поверхности и абляции ледников сформировалось оз. Кукунор, и в ранне-среднем плейстоцене был период сосуществования озера и рек. С конца среднего плейстоцена до начала позднего плейстоцена с поднятием третьей выровненной поверхности озеро стало замкнутым вслед за этим озеро расширяло свой размер, углублялось и достигло максимума своего развития. С голоцена из-за непрерывного поднятия хребтов и усыхания климата площадь оз. Кукунора уменьшилась примерно в полтора раза, и уровень воды снизился. Озеро вступило в стадию засоления. Наряду с этим, водные организмы остались однообразными, минерализация воды повысилась (в настоящее время доходит до 12.32 г/л) и начали появляться химические отложения.