

西藏高原湖泊的成因*

陈志明

(中国科学院南京地理研究所)

西藏高原湖泊是我国最著名的湖群之一,面积约占全国湖泊总面积的三分之一;冈底斯山以北昆仑山以南,湖泊更为密集。本区是地球上海拔最高、面积最大的内陆湖群。其性质独特,早为中外学者所注意,但对其成因观点不一,主要有以下两种观点:

1. 冰川挖蚀观点

Huntington^[19], Trikler^[26] 和西尼村 (Синицын)^[7] 等认为高原曾被大陆冰川所覆盖,冰体挖蚀地表形成洼地,后来积水而成湖泊。西尼村认为:“在早第四纪时,整个西藏高原是被连绵的一片冰雪覆盖的……。当冰川不断缩减,在冰块下解脱出来的山间盆地中即形成宽广的冰积平原和一些大湖。”

我国60年代这一观点也有所流行^[2,9];一些大学教科书也倾向于这一看法¹⁾。

2. 河谷堰塞观点

认为地壳的差异运动使下游河床上升而堵塞了河谷 (Oldham, 1880), 或由各种堆积物堵塞河谷而成湖泊。这些物质或者是支谷的洪积扇和山崩物质,或者是冰川泥石流等。Burard 和 Hayden 都支持这一观点^[10,21]。

关于湖泊的构造成因仅有少数学者间接提及。Heim (1894) 认为“阿尔卑斯山区湖群是在该山强烈隆起的过程中,由内部沉陷作用而成”。他把这一论点首次地推广到喜马拉雅山等地区^[11]。此外,Hehin^[23] 和我国徐近之^[10] 等也曾提及湖盆的构造成因,但他们都没有进行论述。

通过近几年对整个高原的综合考察和室内研究,我们认为,单纯冰川挖蚀或河谷堵塞,仅能形成小型湖泊,而高原广泛分布的大中型湖泊,应属构造成因^[5]。

一、大中型湖泊的构造成因

1. 构造湖泊的形态特征

狭长的形态和相当的深度,并不是构造湖的固有标志。冰川湖也往往是狭长的,并可能有较大的深度。但是,大中型湖泊的狭长形态同较大的深度联系起来,便可作为构造湖的形态标志。

高原湖泊的形态(特别是深度),目前略有一些资料,辅以卫星象片,我们认为,藏北许多湖泊的长宽比值,不亚于世界著名的构造湖泊(表1)。其中最狭长的班公错东西长约

* 本文是科学院青藏高原综合考察成果之一,参加有关湖泊野外考察的还有范云崎、区裕雄、杨逸畴、王富葆、李炳元、尹泽生、张育松等同志。

本刊编辑部收到稿件日期:1980年5月5日。

1) 华东水利学院水文系陆水教研室编,1962。水文地理学 12. 8页。

153 公里(其中我国境内 110 公里),南北宽约 3.75 公里,长度是宽度的 40.8 倍,堪与世界最狭长的裂谷湖相比。

表 1 湖泊长度宽度的比值

西藏 40 个主要构造湖泊		世界著名构造湖泊	
班公错	40.8 倍	贝加尔湖	13.2 倍
多格错仁、西金乌蓝湖等 5 个	10—15 倍	坦噶尼喀湖	13.6 倍
错尼、美马错等 4 个	8—10 倍	马拉维湖	10 倍
当惹雍错、格仁错等 12 个	6—8 倍	卢尔多夫湖	10 倍
马尔盖茶卡、可可西里湖等 9 个	4—6 倍	蒙博托湖	4 倍
纳木错、色林错等 10 个	2.7—4 倍	死海	5.6 倍

根据我们实测的 10 多个湖泊(盐湖除外),深度一般较大,一些湖泊距岸 2—3 公里就有较大的深度;远比我国东部湖泊为深(表 2)。

表 2 西藏和江苏若干湖泊深度比较*

	西藏		江苏	
	最大深度	玛旁雍错 81.8 米,羊卓雍错 59 米,班公错 41.3 米		太湖
横断面最大深度	错尼 58.7 米,达则错 31.7 米		洪泽湖	4.75 米
距岸 2—3 公里的深度	纳木错 35 米,色林错 33 米,兹格塘错 14 米,错那 16 米,错鄂 22 米		石臼湖	2.42 米
			高邮湖	1.70 米
			骆马湖	4.67 米

* 西藏湖泊深度据范云崎、区裕雄及本文作者(1976, 1979 年)实测。

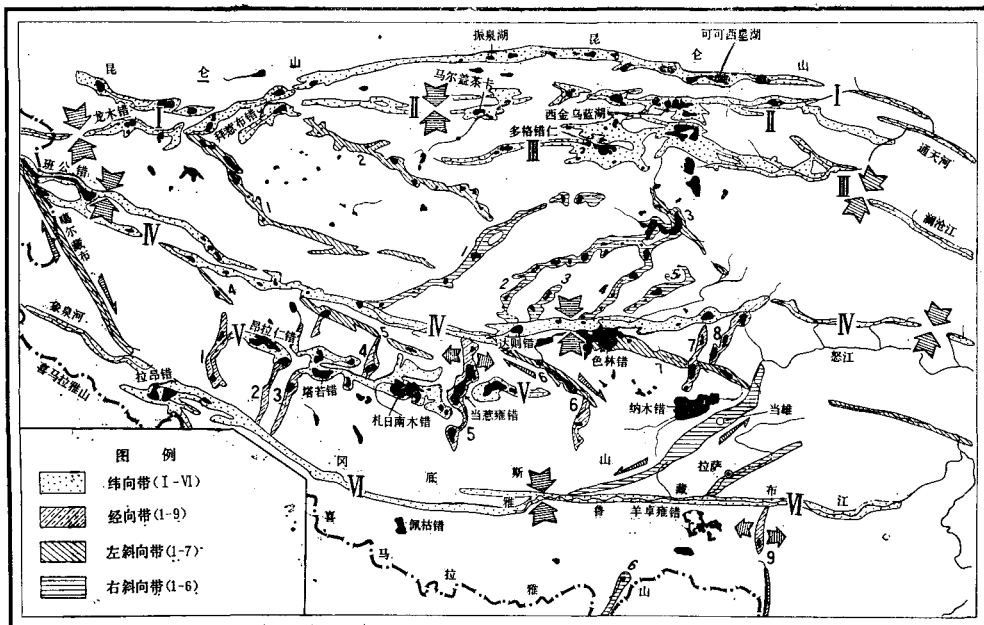


图 1 西藏高原湖泊-水系结构图

高原许多湖泊岸线陡直、多岛屿、多温泉,常见断崖和断层三角面,这都是构造湖形态的不同标志。

2. 湖泊带与构造带的一致性

青藏高原上,同一方向的数个湖泊常呈带状或串珠状排列,其间以水系或河谷相连,构成漫长的湖泊-河谷带,同高原的断裂系统相当近似。根据构造走向,大致可分为 6 个近似东西的纬向带,9 个近似南北的经向带,13 个斜向带,上述三带分别发育了 100 多个大中型湖泊(图 1)。

(1) 纬向带是最主要的构造地貌带,它控制着高原主要的山川湖泊(如图 1 所示)。

第(I)纬向带,西起龙木错,向东经振泉湖、至青海省的可可西里湖等,长逾 900 公里。它受昆仑山南麓-可可西里山北麓大断裂的控制,西段见石炭系推覆到侏罗系、三叠系之上。

第(II)纬向带,西起拜惹布错,经马尔盖茶卡(约基台错),东至青海的西金乌蓝湖,长逾 800 公里,并与通天河-金沙江相连。它受约基台-金沙江大断裂控制,中段见老灰岩推覆在新红色泥质砂岩之上。

第(III)纬向带从多格错仁至澜沧江,长达 630 公里,也受逆冲大断裂控制。

第(IV)纬向带西起班公错,大致沿黑阿公路,经达则错、色林错、东巧,向东与怒江相连,长约 1000 公里。本带地处班公-怒江大断裂,被认为是一老的板块缝合线^[12],东西及中段受压扭性断裂控制。

第(V)纬向带西起昂拉仁错,经札日南木错,至昂孜错等,长 540 公里左右。它受经向断裂所切穿,形迹不太清晰,但控制了冈底斯山北坡许多大湖的发育。

第(VI)纬向带位于象泉河-雅鲁藏布江大断裂,也被认为是一较老的板块缝合线^[12],主要控制拉昂错、玛旁雍错及雅鲁藏布江的发育。

上述纬向带的构造结局(图 2)表明,高原地块由于南北挤压,产生一系列压(扭)性断裂及其断陷盆地,并在此基础上发育着许多湖泊。图 3 得雨湖、涌波湖都是发育在这类断陷带的,航空象片可以清楚地看到湖盆的断崖。

(2) 经向带与斜向带主要受次级断裂所控制。

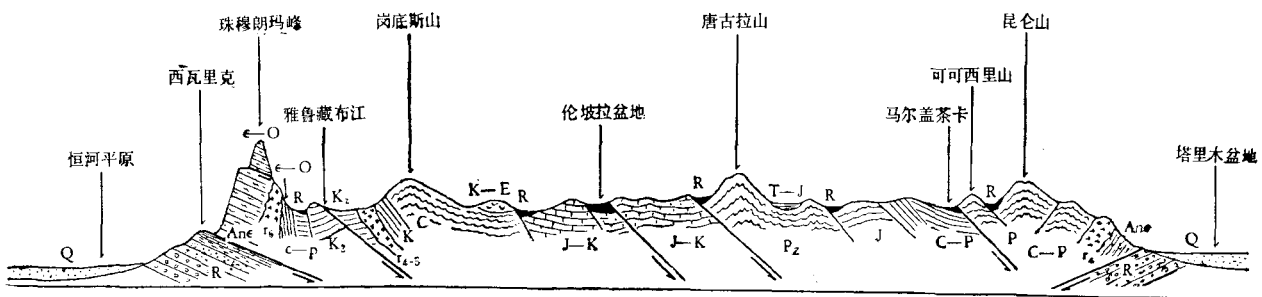


图 2 青藏高原地质构造格局示意剖面
(据西藏地质局第三地质队罗中舒资料略加修改)

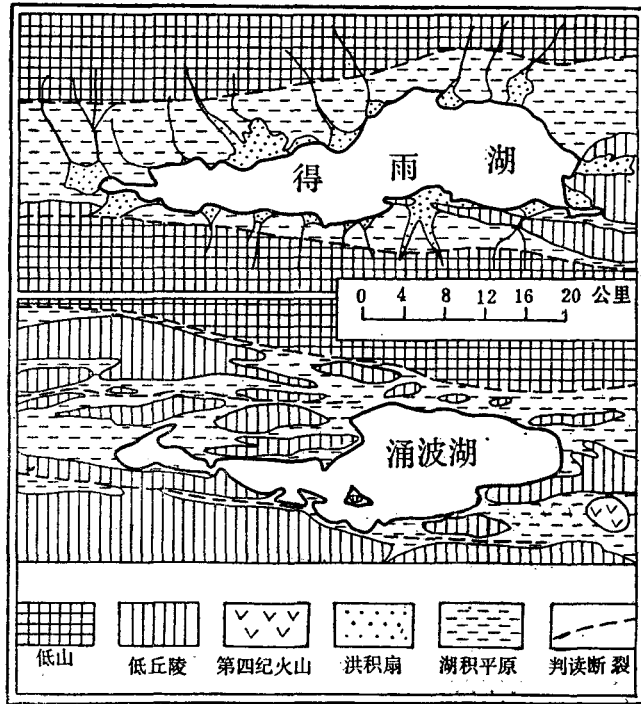


图3 藏北北部得雨湖、涌波湖湖盆构造地貌

经向带主要分布藏北南部, 共有 1—9 带。其中第 5 带(图 4)由当穷错、当惹雍错、许如错三个湖泊组成。其湖盆周围受多组断裂控制; 北段见两组正断层, 另外, 第 9 带也属正断裂控制。因此推断, 这类经向带的湖泊多数发育于张(扭)性为主的地堑盆地之中。

斜向带分左斜与右斜两组: 左斜向带有 1—7 带, 其中第 6 带(图 5)由 5 个湖泊连成一线, 周围都是山地。它受北西西断裂控制, 东段的东北盘向东错动、西南盘向西错动, 属于剪切断裂^[8], 五个湖泊发育在断裂破碎带之中。另外藏西噶尔藏布河谷也受右旋的剪切断裂控制。右斜向带有 1—6 带, 从纳木错南岸, 念青唐古拉山山前断裂为左旋大断裂推断, 这类湖泊主要也受扭性断裂控制。这两组斜向带之间, 是否存在共轭关系。值得进一步研究。

(3) 构造带的复合

不同断陷带的交汇往往形成较大的湖泊。例如, 西藏第一大湖纳木错, 位于北西西组与北东东组两断裂带的交汇地区(图 6), 因而湖体呈现近似三角形。其最长一边(东南岸)为古老断块隆起高山(念青唐古拉山), 而其两边(西岸与北岸)为白垩系的灰岩、砂页岩褶皱低山, 走向断裂发育。第二大湖色林错也有类似情况, 其形成和“班公-东巧-怒江”与“班戈-崩错”两组断陷带的交汇有关。青海湖是我国最大的内陆湖, 它受多组断裂的交切, 呈现菱形, 被称为新构造断陷湖^[4]。西藏中部的当惹雍错、南部的拉昂错、佩枯错则受经纬两组断裂的直交, 象片可见这些湖泊的中部, 都由于断块山的对峙而变窄, 形成哑铃形的湖体。此外, 藏南羊卓雍错也是较大的湖泊, 它同样是受北西西与北东东两组断裂相

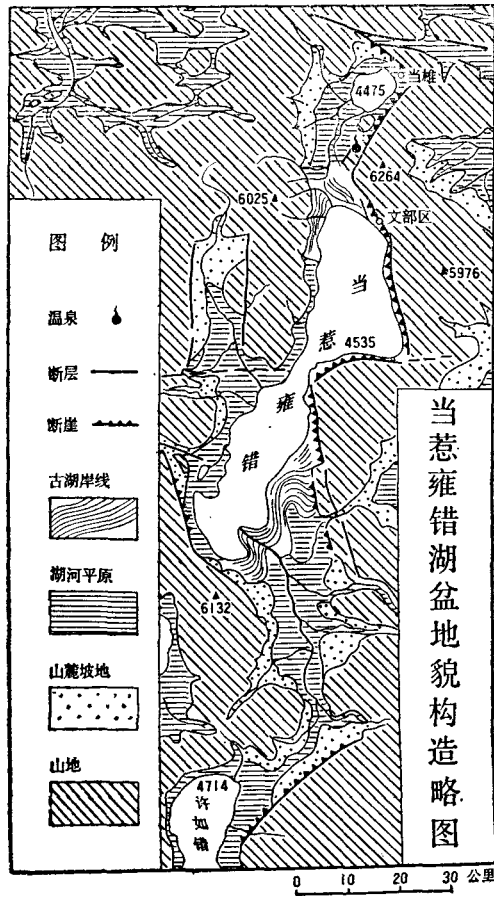


图4 当惹雍错湖盆地构造地貌略图

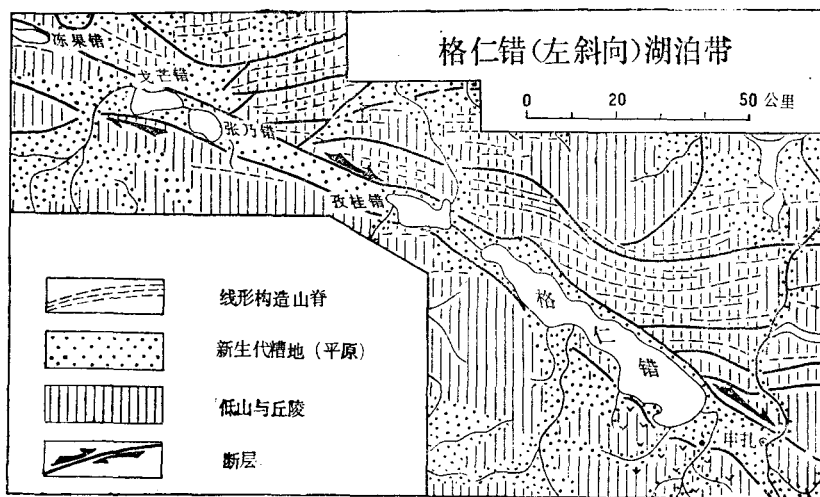


图5 格仁错(左斜向)湖泊带

纳木错湖区构造地貌略图

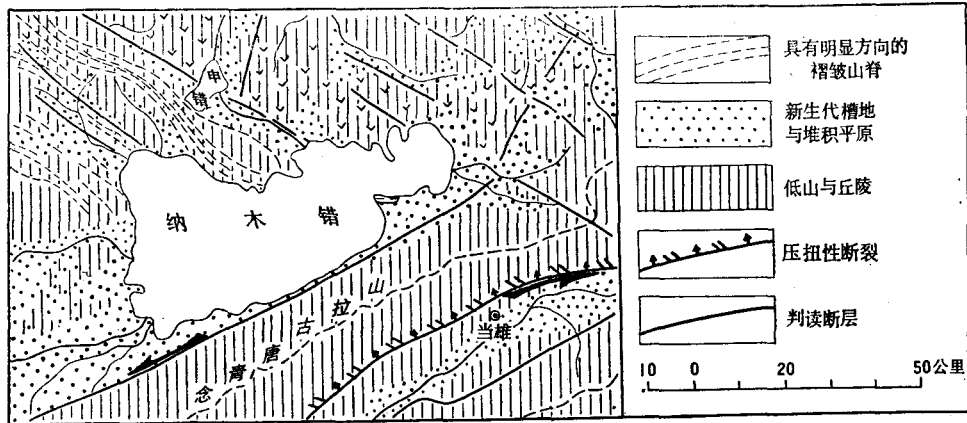


图 6 纳木错湖区构造地貌略图

交的控制¹⁾。

虽然,上述湖泊带的地质证据尚欠充足,但有意义的是,这种“纬向压、经向张、斜向扭”的主要应力模式,已被许多地学工作者所公认,并被认为是新生代高原强烈隆起所形成的统一应力场的产物^[6,12]。图 1 中箭头所表示的应力方向都是根据实际资料标定的。

3. 成湖期与构造期的对应性

根据科学院青藏队及有关省区的地质资料,目前已发现湖相地层的古湖盆近 50 个,许多地层含多种化石,可得知年代,另一些未发现化石的,可根据地层学方法初步断代。据此,编制了古湖泊地质年表(表 3)。从表可见,随着高原强烈隆起,一些湖泊不断新生,而另一些湖泊则不断消失。分析表明,高原主要成湖期与主要构造期大致相当;例如,

(1) 最早成湖期与板块碰撞时期一致。表 3 所示,老第三纪古湖(7, 10, 17, 20, 23, 26, 27, 29, 30, 31, 34, 46 等)的形成不早于始新世。在有化石依据的六个古湖(10, 26, 27, 29, 34, 46)中,五个成于始新世(另一在渐新世)。西藏地质局有关第三系的报告指出:西藏迄今尚无确切的陆相古新世地层的报道²⁾。因此,可以认为,始新世是高原湖泊形成的最早时期。值得注意,这一湖泊兴起的时期正是印度板块向北漂移并最终与欧亚板块相互碰撞的时期——4000 万年前^[22,12]。同时,始新世中期又正是强烈喜马拉雅运动的第一幕^[15];在喜马拉雅-阿尔卑斯褶皱带的另一端也有类似情况。Illies^[20] 认为,莱茵河地堑的沉积旋迴是以泥灰岩的淡水湖相的沉积开始的,其年代为 4500 万年前。表明亚阿尔卑斯山区古湖泊也可能同时兴起。因此,有理由认为,两大板块的碰撞揭开了喜马拉雅运动的序幕。那么,青藏早期湖泊便在新构造断陷的盆地中形成。

(2) 湖泊普遍发育时期与喜马拉雅运动第二、第三期大致相应。表 3 所示(除现代湖泊外),高原湖泊发育最普遍时期为上新世和早更新世,两者分别有 33 个和 24 个湖泊(其他时期湖泊不足 12 个)。根据高原新构造运动的研究^[15,16],中新世中期为强烈的喜马拉雅

1) 据西藏地质局第二地质大队徐宝文等资料,1978, 12。

2) 据西藏地质局三队吴一民资料,1979, 7。

部山顶的夷平面(例如四川西部稻城县的北海子山)¹⁾。灰岩地区的古喀斯特地形,是第三纪温湿气候下的产物^[3,13];冰期前地形的普遍发育也否定大陆冰盖的存在。

高原上真正的冰川湖指山谷或山麓冰川所形成的小型湖泊,包括冰蚀湖、冰碛湖、冰面湖、冰下湖、冰体阻塞湖等。这类湖泊最大不超过 20—30 平方公里,一般 10 平方公里左右(甚至不足 1 平方公里)。它们主要分布于高原边缘,较大的八松错、布冲错、布托错穷面积分别为 26.0, 9.1, 6.5 平方公里,都是在当地最大冰期,在冰川挖蚀的槽谷上由终碛堵塞而成的。这类湖泊湖岸陡,深度大,上源有现代冰川融水补给成为淡水湖。此外,在高原西北端的帕米尔、克什米尔和我国昆仑山和喀拉昆仑山的西段,以及高原南部的尼帕尔等喜马拉雅山的外流山区,也都有冰川湖的发育。

2. 堰塞湖

滑坡泥石流、洪积扇以及山崩等物质堵塞河谷而成的湖泊。在高寒的气候下,寒冻风化异常猛烈,从而提供堵塞物质的丰富来源。由于坡面活动受气候和地形条件的限制,因而堰塞作用主要也产生于高原边缘的外流山区。这里雨量丰富,河流深切,坡面陡,块体运动活跃。堰塞湖个体也不大,成湖新近。藏东南的易贡湖、古乡湖、然乌湖、八嘎湖是分别在 1900、1953、1773、1950 年,由山崩泥石流物质堵塞而成的(表 4)。在高原南部西部(包括邻国)的边缘山区,也有大量的堰塞湖。例如,帕米尔的萨烈兹湖(海拔 3239 米,面积 86.5 平方公里),亚施尔库尔湖(海拔 3734 米,面积 35.6 平方公里),特鲁姆库尔湖(海拔 3239 米,面积 2.2 平方公里)等。其中萨烈兹湖是在 1911 年 2 月 18 日,由于地震引起山崩而形成的^[18]。印度河上源支流在 1840 和 1841 年,以及藏南雅鲁藏布江(米仁林

表 4 西藏主要的冰川湖、堰塞湖特征简表*

成因	名称	面积 (千米) ²	海拔 (米)	形 态	形 成 过 程	所在地区
冰 川 湖	八松错	26	3460	长 13 千米, 宽 2 千米, 最大水深 60 米	在两支古冰川相汇的槽谷中, 由 终碛堵塞	藏南工布江达县
	布冲错	9.1	4655	长 6.3 千米, 宽 1.6 千米	由两条终碛和四条侧碛围堵	藏东丁青县北
	布托错穷	6.5	4600	长 44 千米, 宽 3 千米	在冰川槽谷中由终碛堵塞	藏东丁青县北
	安久拉错		4400	长 3 千米	北段由冰川侧碛堵塞, 南段由终 碛和洪积物堵塞	藏东南八宿县
堰 塞 湖	易贡湖	23	2150	长 16 千米, 宽 2 千米, 最大水深 25 米	1900 年前后爆发特大泥石流所堵 塞	藏东南波密县
	古乡湖		2600	长 5 千米, 宽 1—2 千米, 水深 20 多米	1953 年由巨大冰川泥石流堵塞	藏东南波密县
	然乌湖	20±	3800	长 26 千米, 宽 1—2 千米	约在 200 年前, 由左岸冰碛和右 岸崩塌物质堵塞	藏东南八宿县
	八嘎湖		1775	长 1 千米, 宽 0.4 千米	在 1950 年大地震产生地裂于 1959 年暴雨山崩堵塞而成	藏东南察隅县

* 据科学院青藏队地貌组 1973 年考察资料整理。

1) 郑本兴, 1978. 青藏高原古冰帽的分布和特征。

芝段)在历史时期都有短期堰塞成湖的记载。

综上所述,冰川湖与堰塞湖都是外力成因的湖泊,他们数量虽多,但个体小。同时,由于形成都需要充足的水分条件,因此主要分布在高原外缘的深切山区;有时,不同外力过程可以交互作用,甚至叠加在构造的基础上,形成较大的湖泊,因而使一些湖泊具有多成因的特点。

青藏高原湖泊的主要成因,是与阿尔卑斯、亚阿尔卑斯山区湖群基本一致的,其中大中型湖泊都是山地隆起,盆地沉陷的结果,在形成时间上也是可比较的。但是,青藏高原具有更多的内陆湖和构造湖,并有更强烈的高山湖泊的自然特征。

参 考 文 献

- [1] 王明业, 1966. 藏南地区湖泊的成因与演变。珠峰地区科考报告(现代冰川与地貌)。科学出版社, 144—160页。
- [2] 王明业、郑绍平, 1965. 青藏高原第四纪冰川遗迹。地理学报 1: 63—74。
- [3] 王富葆, 1978. 青藏高原岩溶地貌与高原隆起的关系。1978年全国地貌年会论文集。科学出版社。
- [4] 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, 17页。
- [5] 尹泽生、陈志明, 1977. 青藏高原湖盆的成因和湖泊的演变。1978年全国地貌年会论文集。科学出版社。
- [6] 叶洪等, 1975. 喜马拉雅弧形山系及其邻近地区的现代构造应力分析。地质科学 1: 13—32。
- [7] 西尼村 B. M., 1958. 亚洲高原第四纪冰川问题地理译报 1: 22—30。
- [8] 地质力学讲话编写组, 1976. 地质力学讲话。地质出版社, 57页。
- [9] 南京大学地理系地貌教研组编著, 1962. 第四纪地质学。人民教育出版社, 366—367页。
- [10] 徐近之, 1960. 青藏自然地理资料(地文部分)。科学出版社, 61页。
- [11] 高莱 L. W., 1959. 湖沼学。科学出版社, 10页。
- [12] 常承法、郑锡澜 1973. 中国西藏南部珠穆朗玛峰地区的构造特征。地质科学 1: 1—12。
- [13] 崔之久、郑本兴, 1966. 珠穆朗玛峰地区的喀斯特。珠峰科考报告(现代冰川与地貌)。科学出版社, 161—169页。
- [14] 陈克造, 1964. 青海湖的形成与发展。地理学报 3: 214—230。
- [15] 张青松等, 1977. 从新构造运动看青藏高原的成因。1978年全国地貌年会论文集。
- [16] 杨理华、刘东生, 1974. 珠穆朗玛峰地区新构造运动。地质科学 3: 209—219。
- [17] 潘为去, 1960. 青藏高原的湖泊。地理知识 5: 223—227。
- [18] Hutchinson, G. E., 1957. The Origin of Lakes Basins, A Treatise on Limnology, pp. 2—163.
- [19] Huntington, E., 1906. Pangong, A Glacial Lake in the Tibetan Plateau. *Journal of Geology* 14: 599—617.
- [20] Illies, J. H., 1972. Taphrogenesis and Plate Tectonics. *Inter-Union Commission on Geodynamics Scientific Report* 8: 435—437.
- [21] Law, B. C. and S. P. Chatterjee, 1965. Origin of Himalayan Lakes. *Mountain and River of India*, p. 49.
- [22] NASA, 1976. The Tibetan Plateau, Mission to Earth: Landsat Views the World, p. 334.
- [23] Sven Hehin, 1905. Scientific Results of a Journey in Central Asia, 1899—1902, 3: 484—557.
- [24] ———, 1922. The Formation of Pangong-tso Southern Tibert, Vol. VII, Chapter VIII, pp. 511—525.
- [25] ———, 1922. The Old Drainage of the Selling-tso-Pangong-tso Depression. Southern Tibet. Vol. VII, Chapter VIII, pp. 526—534.
- [26] Trinkler, E., 1930. The Ice-Age on the Tibetan Plateau and in the Adjacent Regions. *Geographical Journal* 75(3): 225—232.

THE ORIGIN OF LAKES ON XIZANG PLATEAU

Chen Zhiming

(*Nanjing Institute of Geography, Academia Sinica*)

ABSTRACT

The lakes on the Xizang Plateau have long since attracted keen attention from scholars both at home and abroad, yet there is divergence in opinion as to their origin. Two distinctive views currently prevalent are as follows:

(1) Some authors (E. Huntington, 1906 and E. Trinkler, 1930, with the support of B. M. Cinitjen, 1956) held that these lakes are sapping depressions formed by continental glaciation;

(2) Others (F. Drew, 1875, R. O. Oldham, 1880 et al.) were of the opinion that they are formed out of dammed-up valleys.

Only a few (Albert Heim, 1894 and Sven Hedin, 1905) touched upon such viewpoint as structural origin, but none of them gave any clear explanation to it.

Investigations made in recent years have shown that both glacial and barrier lakes are generally small in size, distributing mainly at the periphery of the plateau, while other numerous lakes, large or medium, are spread all over the plateau. These lakes are mainly of structural origin as viewed principally from the following facts:

1. The morphological features of structural lake: Most of the large and medium-sized lakes on the plateau are of linear or long-narrow shape. According to the morphological survey of 40 lakes in northern Xizang, the ratios of length to width are 4:1 for 30 lakes, 6:1 for 26 lakes, 8:1 for 9 lakes, 10:1 for 5 lakes, 40:1 for the most. Many lakes are deep, surrounded with steep strand-lines. The hot springs and faceted spurs are of common occurrence.

2. The coincidence of lake belts with structural belts: Several lakes in the same direction often lie in zonal arrangement, inter-connected with rivers or valleys. Six latitudinal belts (trending W-E), 9 longitudinal ones (N-S) and 13 oblique ones have been recognized as rift system, totaling more than 100 lakes. Different faults are often intersected to form large lakes. The above-mentioned lake belts are in turn controlled by the great rift zones of compression, tension and shearing. The principal stress field is believed to be products of the uplift of the plateau.

3. The correspondence of lake-forming stage with structural stage: Statistics of the depositing time of 49 paleolakes show that the earliest lake-forming stage (Eocene epoch) is found to coincide with both the first episode of the overpowering Himalayan Movement and the time of plate collision. The developing stage of two ancient lakes corresponds likewise to the 2nd and 3rd stages of Himalayan Movement.