文章编号: 1009-3850(2005)04-0055-04

# 西藏昂拉仁错湖泊演化的遥感分析

## 夏 清,刘登忠

(成都理工大学地球科学学院,四川成都 610059)

摘要:本文应用陆地卫星图像,分析了西藏昂达仁错湖泊萎缩的现状,建立了湖泊萎缩的影像解译标志,并根据其在 演化过程中所留下的萎缩痕迹,反演出昂拉仁错湖泊在6个不同时期的萎缩状况。认为气候干旱是导致湖泊萎缩 的主要因素。

关键 词:昂拉仁错;湖泊演化;遥感;西藏

中图分类号: P627 文献标识码: A

西藏是我国湖泊密度最大的地区之一,是地球 上海拔最高、数量最多和面积最大的高原内陆湖区 面积超过1km<sup>2</sup>的湖泊达612个,超过5km<sup>2</sup>的有 345个<sup>[1,2]</sup>。昂拉仁错位于藏北湖区。陆地卫星图 像揭示出,随着青藏高原不断隆起,特别是中新世以 来的强烈抬升,昂拉仁错已逐步萎缩。伴随着湖泊 萎缩,随之而来的是湖水逐渐咸化,湖区小气候失 调。可见,研究昂拉仁错湖泊的萎缩状况,不仅对湖 泊萎缩原因、萎缩速度、萎缩强度等研究有重要意 义,而且对了解该区水资源变化动态、环境变化,也 具有十分重要的价值<sup>[1]</sup>。

昂拉仁错座标为 N31°27′-31°40′, E82°48′-83°23<sup>[3]</sup>, 地处冈底斯山北坡东西向断陷带。受近东 西向断裂带控制<sup>[4]</sup>, 昂拉仁错与纳木错、色林错、扎 日南木错、当惹雍错、塔若错等几个大湖几乎分布在 同一个纬度带上, 其分布大体与构造线一致, 致使该 区内湖泊率高达10%<sup>[2]</sup>, 成为高原上面积最大的内 陆湖盆地区。湖盆周围低山环抱, 形成低山一丘陵 湖盆地形。湖泊周围有松当藏布、夺弄藏布等河流, 河水主要由附近冰雪融水、大气降水和地下水补给。 由于南部的喜马拉雅山和冈底斯山阻隔了北上的印 度洋暖湿气流, 使藏北地区气候干燥而寒冷, 补给量 小于蒸发量, 存在着自东往西、自南而北愈趋寒冷和 干燥。

昂拉仁错湖泊具有如下几个特点:第一,昂拉仁 错湖盆受新构造运动控制,湖泊的历史大都可以追 溯到古一新近纪,湖泊的分布和形态大体与构造线 一致,湖泊呈长形,长轴呈东西走向<sup>[5]</sup>;第二,该湖 为内陆湖,湖水来源主要是高山冰雪融水和地面径 流,入湖河流大多短小,以湖盆为归宿,水流侵蚀作 用不大;第三,由于高原的寒旱化趋势增强,冰雪融 水来源减少,湖水补给少,大多不能外泄,又因气候 干旱,蒸发旺盛,所以现已成咸水湖;第四,湖泊通过 调整其形态参数(最明显的是湖泊水位)对湖泊水量 平衡变化做出快速反应,同时湖水矿化度也随湖泊 水量平衡变化做出相应改变<sup>[6,7]</sup>,湖水的矿化度竟 高达300mg/1以上<sup>[7]</sup>。

### 3 遥感解译标志

根据图像上昂拉仁错在不同时期演化所留下的 萎缩痕迹(如古湖滨线等)的状况,可以看出在不同 时期湖泊的萎缩规模、强度和方式不一,但在TM合 成图像上,这些湖泊萎缩特征常表现为以下遥感影 像标志。

#### 1. 湖积平原

昂拉仁错湖泊水面收缩以后,遗留下广阔的湖

收稿日期: 2005-03-30

第一作者简介:夏清,1980年生,女,硕士研究生,主要从事遥感、地理信息系统研究。

积平原和湖滨阶地(图1),其地势平坦,色调较均 一,无流水侵蚀网纹。

2. 湖滨沼泽

在昂拉仁错湖泊周围的湖积平原上,多见有盐 碱沼泽,图像上呈浅白色絮状、斑状影像。

3. 湖泊的解体

昂拉仁错湖泊在逐渐萎缩的过程中,在湖积平 原上留下了分解后的小湖体。随着气候的日趋干 旱,补给量小于蒸发量,湖水来源减少,湖泊水位的 下降,分解的星点状小湖体也逐渐萎缩,最终以蒸发 的形式消耗掉,直至消失。

4. 古潮岸进积的痕迹

湖泊萎缩,造成沉积物向湖心方向进积,可以清 楚的看到这些多层湖积物进积痕迹影像,这些痕迹 代表了古湖滨线,是湖泊萎缩退化的直接标志。昂 拉仁错古湖滨线痕迹在卫星图像上小而隐蔽,它们 都是以湖泊为中心呈弧形的浅棕色细线纹。古湖滨 线痕迹在侵蚀岸上表现为阶地,而堆积岸上主要表 现为砂砾堤,后者主要是湖滨沿岸环流挟带的泥砂 逐渐沉积形成湖滨堤。

此外,在图像上还可以看到,萎缩的湖泊解体 后,原湖盆中残留水体在遥感图像上呈星点状影像, 而其周围均是浅色盐碱滩,这种影像说明湖泊已趋 于消亡。其次,由于湖盆基底的掀斜运动,造成湖泊 侧向迁移,在图像上可以看出在山系一侧,临近活动 断裂,冲积物往往在湖泊西侧、北侧发育而东侧不发 育,这种迁移,往往具有定向性。再次,由于断陷盆 地两侧的差异抬升,使入湖河流的河道由东向西发 生偏移(图1)。

## 2 湖泊的演化过程

由于青藏高原的不断隆升, 气候日趋干燥, 湖泊 的水量入不敷出, 引起湖水日渐萎缩。 笔者根据陆 地卫星图像上湖泊萎缩过程中留下的萎缩痕迹反演 出昂拉仁错湖泊在 6 个不同时期的湖泊萎缩状况。

A 期:昂拉仁错正处于全盛时期,湖泊面积最大 约为2069.2km<sup>2</sup>,湖面海拔最高为4862m。入湖河流 主要是西部的阿毛藏布,南部的松当藏布、夺弄藏 布。此时的河流的径流量正处于最大的时期。河流 两岸无沼泽,在昂拉仁错西部发育有少量的冲积扇。

B 期:昂拉仁错湖泊开始萎缩,并留下了湖泊萎缩的痕迹──古湖滨线。与A 期相比,湖泊面积缩小,水位下降。在湖泊东侧可以看到分离出了小的湖体。湖泊萎缩过程中留下了湖积平原,其在 TM

图像上色调较均一。在图像上还可以看到湖泊萎缩 后在其周围有少量盐碱出现,在图像上呈斑状影像。 在昂拉仁错湖泊西侧可看到冲积扇逐步向湖泊进 积。入湖河流松当藏布,由于断陷盆地两侧差异抬 升,河道已由东向西发生偏移。

C期:此时昂拉仁错与A期相比,湖面明显缩 小。湖泊萎缩的痕迹──古湖滨线,逐渐增多,以湖 泊为中心呈弧形分布。北部、西侧的冲积扇不断向 湖泊推进。由于后期的冲积扇不断进积,在TM图 像上可以看到西侧的古湖岸线已呈现模糊影像。湖 泊周围盐碱增多,并有盐沼出现。入湖河流松当藏 布逐渐向西侧偏移。

D期:在这个时期湖泊萎缩的程度大体与C期 相同。湖泊萎缩留下的古湖滨线相应增多。盐碱、 沼泽逐渐增多。因湖泊萎缩而分解的小的湖体因气 候等原因也逐渐萎缩,在湖体周围是浅色的盐碱滩。

E期:湖泊面积明显缩小,分解的小湖体增多。 入湖河流松当藏布继续由东向西偏移,且河道两岸 发育沼泽,在图像上可见入湖河流的支流因径流量 减少已干涸而留下了古河道的痕迹。

现今: 昂拉 仁 错 湖 泊 面 积 已 经 缩 小 至 513km<sup>214</sup>,湖面海拔为4715m。在图像上可看到湖 积平原上大面积的沼泽和盐碱。入湖河流由于径流 量逐渐减少,在河道两岸及河道上遗存少量沼泽。

通过最高湖积阶地采样, ESR 测年数据表明 A 期距今约241ka, 相当于中更新世晚期。由古砂堤采 样, C 期距今约107ka, 相当于晚更新世; D 期距今约 8ka, 相当于全新世。根据湖泊萎缩后留下的萎缩痕 迹以及相关沉积, 借助MAPGIS软件及相应地形图 推算 出昂拉 仁错在 6 个不 同时期 的萎缩状况 (表 1)。可以看出, 昂拉仁错湖泊面积萎缩最快的 是 A、B 期, 即中更新世晚期, 面积减少了482.9km<sup>2</sup>; 湖泊湖面下降最快的是 B、C 期, 即中更新世晚期至 晚更新世, 湖面下降54m。从中更新世晚期至全新 世湖泊面积萎缩的缩小量总体呈递减趋势。

## 3 讨论

据近年来的研究,青藏高原在上新世尚未基本 形成<sup>[2]</sup>,当时印度洋暖湿气流仍然控制整个高原, 形成暖湿的亚热带气候,有利于湖泊的发育,而在中 更新世之后,高原强烈隆起,自然面貌及其湖泊特性 发生根本性的变化,昂拉仁错湖泊萎缩变化也不例 外。

影响昂拉仁错湖泊演变的因素是多方面的,其



图 1 昴拉仁错湖泊萎缩遥感解译图

1. 古湖范围; 2. 现存水体; 3. 盐碱滩; 4. 沼泽; 5. 河流; 6. 古河道; 7. 冲积扇; 8. 基岩山地; 9. 湖积平原; 10. 冲积平原; 11. 古湖滨线 Fig. 1 Romote sensing interpretation of the collapse features of the Ngangla Ringco Lake

1= extend of the ancient N gang la Ringco lake; 2= present-day water body; 3= salina; 4= marsh; 5= river; 6= ancient channel; 7= alluvial fan; 8= bedrock mountain; 9= lacustrine plain; 10= alluvial plain; 11= ancient lake strandline 表 1 昂拉仁错湖泊最高古岸线高度简表 Table 1 Maximum heights of the ancient lake strandline of the Ngangla Ringco Lake

时 期	湖泊面积/km <sup>2</sup>	<b>湖面海拔</b> / m	距今年代/ ka
A 期	2069. 2	4862	241
B 期	1586.3	4838	
C 期	1234. 5	4784	107
D 期	890.1	4762	8
E 期	578.5	4748	
现今	513	4715	

表现形式亦比较复杂,其主要影响因素有:第一、气 候变化的影响。湖泊是气候的产物,湖泊的盛衰与 气候的关系密切,当天气久晴不雨时,湖面就会缩 小,以至消亡;当降水量大而集中时,湖面就将扩大, 甚至泛滥成灾,在干旱与半干旱地区,表现尤为突 出<sup>[4]</sup>。

中更新世之后,由于青藏高原的不断隆起,南部 的喜马拉雅山已超过4~5km,构成了印度洋暖湿气 流北上的屏障<sup>[2]</sup>,使高原气候变的干燥而寒冷,存 在着自东往西、自南而北愈趋寒冷和干燥,使其补给 量小于蒸发量,降水量明显减少,高原气候的日益干 燥,干燥的气候又加速了湖水的蒸发,其结果必然导 致湖水面积的缩小,高原气候就更加干燥,湖水日渐 浓缩,矿化度不断增加,由淡水湖变为咸水湖<sup>[4]</sup>。 从古岸线和湖滨多级阶地的发育来看,高原气候在 变干的总趋势下,有过多次的稳定时期。从湖滨尚 残留近期退缩所形成的多级沙砾堤,说明湖泊的萎 缩一直延续到今天<sup>[1]</sup>。

第二,山前冲积扇的发育及淤塞状况是判断湖

泊萎缩原因的标志之一<sup>[1]</sup>。近代山前冲积扇在快速侧向向前加积,逼近和侵占古湖盆位置,且冲积物入湖淤积,逼迫湖水水面缩小。在图像上可以看到 在昂拉仁错北部、西侧方向冲积扇不断向湖泊进积 的情况。

第三,分析不同时期入湖河流状况,可查明径流 量减小也是造成湖泊萎缩的原因之一<sup>[1]</sup>。从遥感 图像上可以看出随着高原的不断隆升,入湖河流如 松当藏布、夺弄藏布,河道不仅发生偏移,而且河流 径流量逐渐减小,在河流的两岸已发育沼泽。

综上所述,导致昂拉仁错湖泊逐步萎缩是青藏 高原大面积隆升所引起的气候干旱、冲积物淤积、径 流损失等诸因素综合影响的结果。

参考文献:

- 刘登忠. 西藏高原湖泊萎缩的遥感图像分析[J]. 国土资源遥 感, 1992, (4): 1-6.
- [2] 中国科学院 青藏 高原 综合科学考察队. 西藏 的河流 与湖泊
  [M]. 北京:科学出版社, 1984.
- [3] 王洪道,林利新.大地明珠——湖泊资源[M].北京:科学普及
  出版社,1988.
- [4] 吴珍汉,叶培盛,胡道功等.青藏高原腹地的地壳变形与构造 地貌形成演化过程[M].北京:地质出版社,2003.
- [5] 《中国自然地理》编写组.中国自然地理[M].北京:高等教育出版社,1984.
- [6] 郑度,杨勤业,刘燕华.中国的青藏高原[M].北京:科学出版 社,1985.
- [7] 曹建廷,王苏民.西北内陆湖泊主要环境问题[J].科技导报, 2001,(12):21-23.

## Remote sensing interpretation of the evolution of the Ngangla Ringco Lake in northern Xizang

XIA Qing, LIU Deng-zhong (Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract: The collapse features of the Ngangla Ringco Lake in northern Xizang are interpreted with the aid of the Landsat images, thus resulting in the determination of the indicators for the image interpretation. Six stages of the lake collapse are traced out in the light of the collapse traces in the lake. It can be seen that the gradual collapse of the lake should be attributed to the dry climates, alluvial fillings and ruoff loss caused by the large-scale uplifting of the Qinghai-Xizang Plateau. This study is significant to the understanding of not only the cause, velocity and degree of the lake collapse but also the dynamic regimes and regional changes of water resources and environments.

Key words: Ngangla Ringco Lake; lake evolution; remote sensing; Xizang