

# 基于 RS/GIS 的西藏地区湖泊 变化动态监测及气候背景

张继承, 姜琦刚, 李远华, 王 坤

(吉林大学 地球探测科学与技术学院, 吉林 长春 130026)

**摘要:** 在 RS/GIS 技术的支持下, 以 1970 年 1:10 万地形图、20 世纪 70 年代末 MSS 遥感图像、80 年代末 TM 遥感图像和 2000 年左右 ETM 遥感图像为主要数据源, 提取了 4 期湖泊数据, 结合 1965~2002 年来温度、降水 and 前人资料, 分析了西藏地区湖泊分布及 30 年来湖泊变迁的时空差异特征。研究结果表明: 西藏地区内陆湖泊对全球和区域性气候变化有着敏感响应, 研究区内的湖泊在 20 世纪 80 年代末萎缩比较明显, 2000 年以来西藏湖泊出现全面扩张的趋势。湖泊变迁的地区性差异主要体现在“藏北南部大湖区”的湖泊群和喀喇昆仑山区湖泊群持续扩张, 藏北地区分布的中小型湖泊受温度升高影响最大, 气候变化是湖泊面积变化的驱动因素, 而湖泊的地质、地理条件和补给方式等特征决定了湖泊的变迁类型和程度。

**关键词:** RS/GIS; 西藏; 湖泊; 动态变化; 气候变迁

**中图分类号:** TP79; P512.32; P343.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2008)01-0087-07

## Dynamic Monitoring and Climatic Background of Lake Changes in Tibet Based on RS/GIS

ZHANG Ji-cheng, JIANG Qi-gang, LI Yuan-hua, WANG Kun

(School of Ge exploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, Jilin, China)

**Abstract** Based on the 1:100 000 topographic maps in 1970's, remote sensing images of Landsat TM in 1990 and Landsat ETM in 2000, and the air temperature and precipitation datum from 1965 to 2002 in Tibet, this paper analyzes the distribution and variation of lakes in time and space. The results show that the change of inland lakes is sensitive to climate changes. Generally, the area of lakes in Tibet shrunk in 1980's, but increased since 2000. The regional differences in the changes of lakes indicate a continuous area-increasing lakes in the southern part of North Tibet and Galakunlun Mountain area. The driving force of area changing of lakes' is fluctuant climate, but the other reasons, for example, geological or geographical conditions, riverhead supply mode, and so on, determine the types and grades of change.

**Key words:** RS/GIS; Tibet; lakes; dynamic change; climatic changes

## 0 引言

西藏地区的湖泊是多以咸水湖、盐湖为主的内陆湖泊, 是青藏高原湖泊的主要分布地区, 湖泊面积超过全国湖泊面积 1/4, 不仅是中国湖泊面积最

大、最为集中的地区之一, 也是世界上海拔最高、数量最多和面积最大的内陆高原湖区。在全球变化背景及干旱环境本底中, 变化最大的莫过于湖泊<sup>[1]</sup>, 作为青藏高原主体的西藏地区, 是地球上中低纬度受人类活动影响最小的地区, 其本身独特的

收稿日期: 2007-10-20

基金项目: 中国地质调查局项目(1212010510218)

作者简介: 张继承(1981-), 男, 内蒙古赤峰人, 博士研究生, 从事遥感技术应用研究。E-mail: skipjack@126.com

©1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

气候条件以及内部地形和区域气候差异,对西藏地区的湖泊变迁产生不同程度的影响。湖泊变迁敏感地记录着气候与环境变化的信息,是全球变化和高原气候变化直接的反映。一些学者对西藏地区单个湖泊或典型区域的湖泊变迁进行研究<sup>[2-4]</sup>,对近 30 年来整个西藏地区的湖泊变迁研究较少,笔者在对青藏高原生态地质环境遥感调查与监测过程中,研究了西藏地区近 30 年来湖泊的变迁,对于青藏高原水资源、生态环境保护及全球气候变化影响等有着积极的意义。

## 1 研究区概况

西藏自治区位于东经  $78^{\circ}25'$ ~ $99^{\circ}06'$ ,和北纬  $26^{\circ}50'$ ,~ $36^{\circ}33'$ ,总面积  $120.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,平均海拔在 4 500 m 以上,是世界上海拔最高、形成年代最晚的巨大青藏高原的一部分。由于地形与大气环流的综合作用,西藏气候主要特点可概括为:气温偏低,年差较小,日差较大;太阳辐射强,日照时间长,气压低;降水量的空间分布极不均匀,东南极丰而西北干旱,干湿季分明,部分地区多夜雨,雨热同期;高原西北部风大沙多<sup>[5]</sup>。青藏高原由于不断隆起,特别是中新世以来的强烈抬升,不但直接改变着西藏本身的环境,对河流与湖泊的形成和演变带来了深刻地影响。由于印度板块向北俯冲,造成了高原上主要山系呈近平行的东西走向,从北向南排列的有昆仑山脉、喀喇昆仑山脉、唐古拉山脉、冈底斯山脉、念青唐古拉山脉、喜马拉雅山脉。西藏地区的湖泊,多分布在上述各山脉之间<sup>[6]</sup>,其形成和演化过程中,受控于地貌、水系、地质、构造、气候等多种因素的影响。

## 2 研究方法

西藏地区地域辽阔,地形复杂,特别是湖泊集中的藏北地区,有大面积的无人区,采用常规手段观测得到的实地数据较少。西藏大部分地区地处高处,大气透明度高,适合卫星遥感大面积、短周期、多角度的湖泊变迁调查和监测,利用不同时相的遥感图像变化可直观的反映湖泊面积变迁。温度和降水序列分析采用 5 年降水距平和 5 年平均降水变化率分别对 1965~1970 年、1975~1980 年、1985~1990 年、1995~2002 年西藏地区测站数据进行空间插值分析,得到研究数据所在时期气候变化的空间特征,进行湖泊变迁的气候背景分析。

### 2.1 处理流程

#### 2.1.1 主要数据源

根据遥感图像时相集中年份,将湖泊变化分为 3 个时期:1970~1980 年、1980~1990 年和 1990~2000 年,使用的数据基于 20 世纪 60 年代末期航片绘制的 1970 年 1:10 万地形图、1999~2001 年 7~9 月 ETM 影像以及 70 年代末 MSS 影像和 80 年代末 TM 影像。70 年代末 MSS 图像和 80 年代末 TM 图像由于数据限制,部分为冬季时相或用相邻年份图像代替,3 期遥感图像的时期差距约为 10 a,考虑到部分图像的时相限制和湖泊面积变迁的季节性差异,仅选用较大的构造型进行湖泊变迁研究。

#### 2.1.2 图像合成及校正

西藏多数地区空气较稀薄,瑞利散射严重, TM、ETM 遥感图像最终采用 7、4、1 波段进行假彩色合成,并采用小波融合的方法用 15 m 全色 8 波段进行融合,得到融合后 15 m 分辨率。图像层次丰富,接近真色彩,并对水体信息反应敏感,图像上湖泊边界清晰的 ETM 图件, MSS 采用 432 假彩色合成,4 期数据均采用 lambert 投影,以 1:10 万地形图为参考影像图,分别校正其他 3 期遥感图像,误差控制在 1 个像素内。

#### 2.1.3 湖泊信息提取

青藏高原地形复杂多变,高差较大,阴影明显,地块破碎,自动提取水体无法达到预期精度,因此湖泊的解释采用矢量功能强大的 MPAPGIS 软件,用人机交互目视的方法进行,分别对 1:10 万地形图、MSS、TM 和 ETM 遥感图像湖泊进行人工解释,提取精度控制在 1 个像素内。

#### 2.1.4 湖泊时空变化分析

湖泊的时空变化分析主要通过 ARC/INFO 软件的矢量分析模块和地统计分析模块来实现。通过矢量分析将 1:25 万 DEM 中高程值添加到湖泊属性中,作出主要湖泊变化与高程变化关系曲线。1951~2002 年均温度数据分析主要通过地统计模块进行 KRINGE 空间插值分析,与湖泊变化叠合,可以得到反映温度与湖泊变化的关系图。

湖泊变迁类型主要划分为消失的湖泊、萎缩的湖泊、稳定型湖泊、扩张型湖泊、新增的湖泊。研究发现,有些稳定型湖泊自 1970 年以来,一直处于持续不明显地扩张或萎缩状态,因此,将稳定型湖泊细分为稳定、扩张和稳定、萎缩型湖泊(表 1)。

表 1 湖泊变迁类型的划分  
Tab. 1 Different Types of Lakes

消失的湖泊	萎缩型湖泊	稳定、萎缩型湖泊
$S_{现}=0$ 且 $=S_{原}>0$	$(S_{现}-S_{原})/S_{原}<\sim 0.05$	$\sim 0.05<(S_{现}-S_{原})/S_{原}<0$
稳定、扩张型湖泊	扩张型湖泊	新增的湖泊
$0<(S_{现}-S_{原})/S_{原}<0.05$	$(S_{现}-S_{原})/S_{原}>0.05$	$S_{原}=0$ 且 $S_{现}>0$

注:  $S$  为湖泊面积;  $S_{现}$  为变化后湖泊面积;  $S_{原}$  为变化前湖泊面积

3 湖泊时空变迁分析

3.1 湖泊分布及面积变化影响因素

西藏地区湖泊形成受新构造运动控制, 区内的湖泊分布和形态, 呈现出以东西或北西向排列为主的长方形、椭圆形和线状形态, 部分湖泊为冰川侵蚀造成的洼地、冰碛物或滑坡体堆积堵塞的河谷形态<sup>[7]</sup>。主要湖泊类型为构造湖, 湖水较深, 湖盆陡峭, 因受到不同方向的构造带控制, 在高原内部形成了纵横交错的近似网络的湖泊格局。相对于分布较广的构造湖而言, 冰川湖多分布在高原边缘海拔较高的高山冰川和古冰川活动区。堰塞湖主要分布在海拔相对较低的藏东南高山峡谷地形切割强烈地区。西藏地区较大湖泊主要分布在被称为“藏北大湖区”的西藏中部地区, 藏北高原西北角和东北角分布中型湖泊, 小型湖泊分布广泛。本次湖泊现状的调查主要采用 2000 年左右 ETM 遥感数据, 经过精确解译, 查明西藏地区大于 1 000 km<sup>2</sup> 的湖泊 2 个, 大于 100 km<sup>2</sup> 的湖泊 54 个, 大于 50 km<sup>2</sup> 的湖泊 116 个, 大于 10 km<sup>2</sup> 的湖泊 301 个, 大于 1 km<sup>2</sup> 的湖泊 876 个, 小于 1 km<sup>2</sup> 的小湖泊或季节性湖泊约 65 000 个, 总面积约 27 038 km<sup>2</sup>。

3.2 近 30 年湖泊总体趋势变化

西藏地区湖泊总体变化趋势分析采用 1970 ~ 2000 年这一时期的湖泊进行对比分析, 受西藏地区季节性小湖泊众多以及数据、解译精度的限制, 只对大于 1 km<sup>2</sup> 的湖泊进行湖泊变迁分析(图 1)。

1970 ~ 2000 年, 西藏地区大部分湖泊出现不同程度的扩张, 扩张最明显的湖泊主要集中分布有“藏北大湖区”之称的藏北高原南部湖区东部和藏北高原内部湖区的中小型湖泊(图 1)。典型扩张的湖泊有纳木错、当惹雍错、色林错、吐错等; 喀喇昆仑山地区的班公错、鲁玛江东错、郭扎错等; 藏北高原北部内部大多数中小湖泊都出现了扩张趋势。萎缩型湖泊主要分布在可可西里山一带的小型湖泊群, 稳定、

萎缩型湖泊主要分布在“藏北大湖区”西部, 典型湖泊有鲁玛江冬错、郭扎错、邦达错、结则茶卡等, 藏东南的雅鲁藏布江大拐弯处和横断山地区分布的中小型冰川湖和堰塞湖, 也以扩张为主。

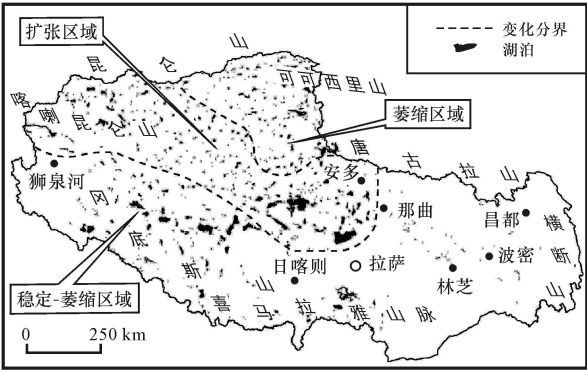


图 1 20 世纪 60 年代末期至 2000 年湖泊面积变化

Fig. 1 Dynamic Change of Lakes from the End of 60's 20th Century to 2000

3.3 不同时期湖泊变迁分析

由于 20 世纪 70 年代末部分 MSS 遥感图像的时相为冬季, 小型湖泊受季节影响较大, 因此仅对大于 10 km<sup>2</sup> 的较大湖泊面积进行 3 期数据变化分析。

图 2 ~ 4 中湖泊扩张和萎缩的集中部分, 表示湖泊不同变迁时期西藏湖泊变化的主要集中区域。3 个时期西藏湖泊面积变迁总体表现为 70 年代大部分湖泊处于稳定状态, 80 年代湖泊萎缩和 90 年代湖泊的全面扩张时期。西藏湖泊变迁剧烈区域主要集中在以那木错和色林错湖泊群为代表的藏北南部大湖区, 自 70 年代以来面积持续、较大幅度地扩张; 藏北喀喇昆仑山地区的中型湖泊群, 80 年代以来呈现稳定扩张; 藏北可可西里山地区中小型湖泊群, 70 ~ 80 年代末持续萎缩变化等(表 2)。

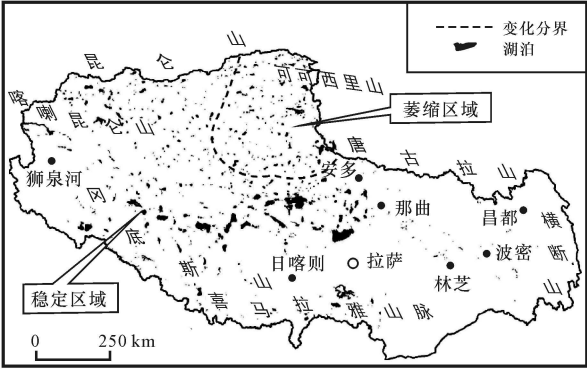


图 2 1970 ~ 1980 年湖泊面积总体呈现稳定变化

Fig. 2 Steady Change of Lakes from 1970 to 1980

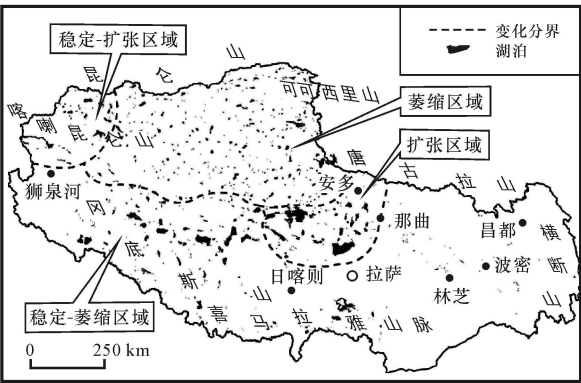


图 3 1980 ~ 1990 年湖泊变化呈现萎缩趋势

Fig. 3 Decreasing Tendency of Lakes Changes from 1980 to 1990

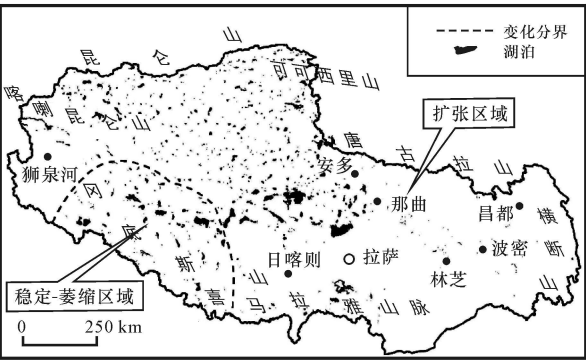


图 4 1990 ~ 2000 年湖泊面积全面扩张

Fig. 4 General Expanding of Lakes from 1990 to 2000

表 2 不同时期湖泊变化类型

Tab. 2 Statistics For Changing Types of Lakes in Different Periods

年份	消失的		稳定型湖泊 / %		扩张型	新增的
	湖泊 / %	萎缩型湖泊 / %	稳定、萎缩	稳定、扩张	湖泊 / %	湖泊 / %
1970 ~ 1980	3.0	22.5	22.5	25.8	25.2	1
1980 ~ 1990	3.3	43.2	17.5	18.9	13.9	3
1990 ~ 2000	0	7.6	15.6	24.8	48.4	3.6

4 湖泊变迁因素分析

4.1 湖泊主要补给类型差异及分区

西藏地区湖泊面积变化与湖泊水量变化趋势一致,研究区内大于 10 km<sup>2</sup> 的湖泊多为内流湖泊,湖泊水量收入除了降水直接补给和源于冰雪融水的一系列河流外,部分地区地下水补给占有较大的比重,内陆湖泊水量支出以湖面蒸发消耗为主。西藏地区面积广大,区内地形和气候不尽相同,各个区域的湖泊补给差异很大,总体来讲,从西藏西南

到东北部,降水在湖泊补给中的比例逐渐减小,地下水补给的比例逐渐增大,冰雪融水通过一系列河流注入湖泊,成为西藏地区特别边缘地区和雅鲁藏布江大拐弯地区湖泊重要的补给来源。研究区内湖泊补给主要分为 3 种类型<sup>[8]</sup>。

4.1.1 藏北北部地区中小湖泊地区

该区湖泊补给主要以冰雪融水和地下水为主,特别是藏北地区东北喀喇昆仑山地区和西北部可可西里山地区,分布有较大的冰川和积雪,冰雪融水补给相对充足,集中分布很多中型湖泊。

4.1.2 藏北南部大湖区

该区位置靠近西藏南部,降水比藏北内陆地区相对较多,湖泊补给以降水、冰雪融水和地下水混合补给为主。

4.1.3 藏南内陆、外流湖区

该区内陆湖泊主要依靠一些依靠冰川积雪的短小支沟补给,外流湖泊与藏东南湖泊相似,但降水量补给偏少。

4.2 气候变迁影响下不同补给类型湖泊面积变化

地质构造是湖泊形成的基础,气候条件特别是降水与温度是影响湖泊最直接的自然因素,湖泊的扩张与收缩及其引起的生态环境演化过程都是全球的、区域的和局部构造和气候事件共同作用的结果<sup>[9-10]</sup>。结合本次湖泊调查的数据时相,选用了 1965 ~ 2002 年西藏地区及相临周边测站月平均温度和降水序列,缺失的资料年份利用相临年份平均值补充。为了分析研究区内各个时期不同地区温度和降水增加和减少的分布,空间插值温度距平和平均年降水变率得到西藏地区温度距平和平均年降水变率空间插值图,结合湖泊变迁图表分析,可以近似得到湖泊变迁的气候背景信息。

4.2.1 1965 ~ 2002 年降水及温度变化基本特征

据 NOAA 网站提供的全球和北半球年均温度距平数据,根据 1965 ~ 2002 年西藏的年均温度标准序列分析,虽然西藏地区温度测站稀少,气候序列较短,参考的“平”有所差别,但伴随着全球持续升温,西藏地区平均气温总体呈明显的上升趋势,并且温度波动比全球温度波动强烈,冷、暖变化差别明显。20 世纪 60 年代年平均气温最低,70 年代起年平均温度不断升高,特别是 90 年代以后,温度升幅最为明显,达到年代平均温度最高值(图 5)。

图 6 是 1965 ~ 2002 年西藏全区降水量标准序列变化图,可以看出,30 多年来年降水量有较小的增

量, 60~70 年代降水量小幅度逐渐减少(图 6b), 累积曲线呈波动下降趋势, 80 年代以后降水变化很大, 80 年代初和 90 年代初降水以减少为主, 但 90 年代中期以后, 西藏地区平均年降水量增加十分明显。

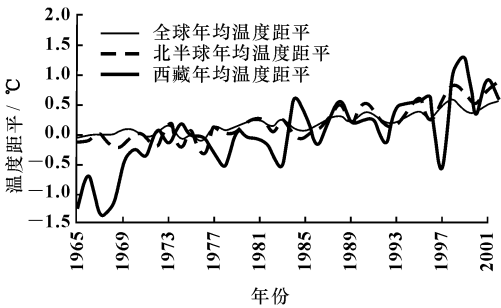


图 5 1965~2002 年全球、北半球和西藏年平均温度距平变化

Fig. 5 Changes of Annual Temperature Anomaly from 1965 to 2000 in Global Northern Hemisphere and Tibet

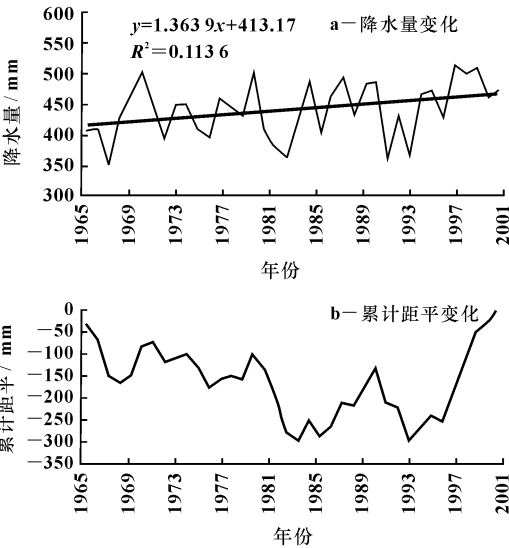


图 6 年降水量及累积距平变化曲线

Fig. 6 Curves of Annual Precipitation and Accumulative Anomaly

4 2 2 温度、降水变化的时空差异

西藏地区总体气候呈暖湿趋势, 由于西藏地区气候类型复杂多样, 各个地区温度、降水变化不尽一致。为了直观反映西藏地区温度、降水的空间分布, 采用遥感图像和地形图所在时相的不同时期(1966~1970 年、1976~1980 年、1986~1990 年、1999~2001 年)各测站的温度距平差值和降水变率差值<sup>[8]</sup>进行空间插值的方法, 对西藏地区气候进行分析, 这种方法对西藏地区复杂的气候条件略显粗糙, 但可以直观反映西藏地区温度时空差异和变迁

趋势(图 7)。

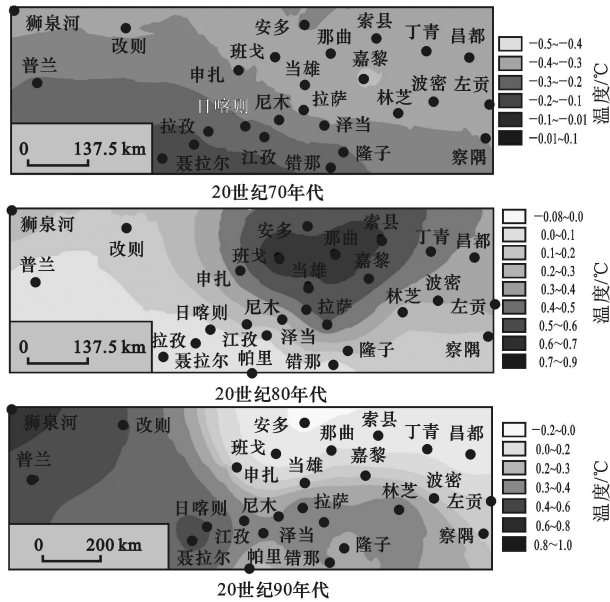


图 7 温度变化时空分异

Fig. 7 Temporal Variation and Spatial Differentiation of Annual Temperature Changes

20 世纪 70 年代西藏地区各测站 5 年均温度除西南部稍有增加外, 其余地区均以降低为主, 降水分布存在西部增加、东部减少的趋势; 而 80 年代西藏各测站温度明显升高, 升温的中心在那曲、班戈、当雄一带, 降水变化趋势以东部和西南部增加、藏北和拉萨地区减少为主; 1990~2000 年两个时期对比, 除安多外, 西藏各测站温度均有较大升高, 温度升高区域集中在藏北和藏西南地区, 而全区范围内降水有较大幅度增加, 特别在申扎、改则、拉萨一带, 是降水增加较为集中的地区(图 8)。

4 2 3 湖泊面积变迁的影响因素分析

由于西藏地区特别是藏北高原地区人类活动较少, 因此全球和区域性气候变迁直接或间接影响着湖泊水量的收入和支出, 应该是湖泊变迁的重要驱动因素, 其中不同补给类型的湖泊对气候变化有着不同响应。全球和区域气候对湖泊水位的影响, 主要是通过影响湖泊水量的收支平衡体现出来。气候变化对内陆湖水位的影响主要取决于降水、入湖地表径流及地下径流变化与湖水蒸发损失间的平衡。20 世纪 80 年代以来, 全球气候干暖化对湖泊水量的收支平衡影响巨大, 一方面, 降水量减少使入湖河流的流量和直接降入湖泊的雨量少, 导致湖泊水位下降。另一方面, 气温升高对湖泊水位的影响主要体现在冰川积雪消融量的增加对入湖

河流的补给加大以及冻土退化、季节融化深度加深或是冻土层的完全消失,意味着冻结层上含水层得到了扩展,改善了降水、地表水、地下水循环条件,使降水及地表水入渗深度增大并补给深部地下水,改善了地下水储量,使流域的总蒸发量增加以及高山区降水形态的变化,从而直接或间接影响到湖泊的面积变化<sup>[11]</sup>。

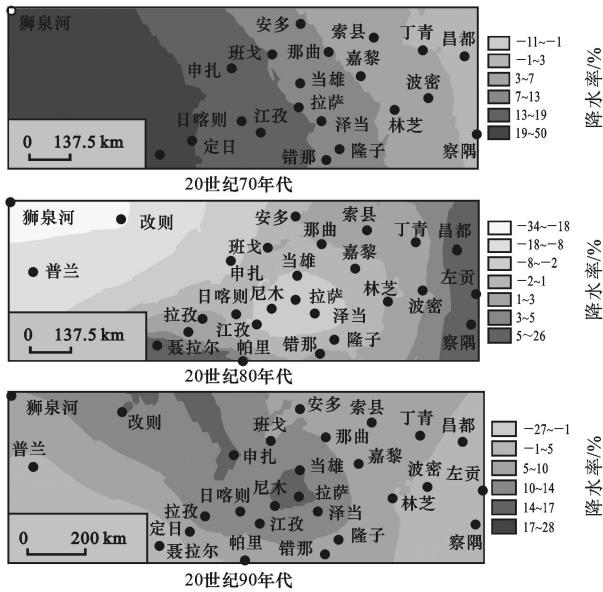
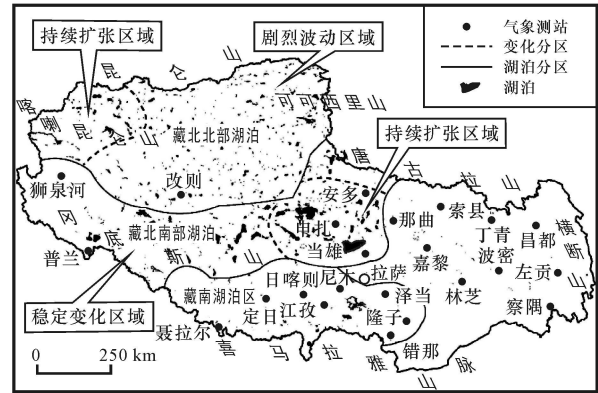


图 8 降水空间分布分异

Fig. 8 Temporal Variation and Spatial Differentiation of Annual Precipitation Changes

对西藏地区湖泊变迁及整体和局部气候差异,结合不同地区湖泊主要补给方式的差异等因素的分析,发现以冰雪融水和地下水补给为主的藏北北部内陆湖泊对气候波动有着明显的指示作用。近 30 年来,藏北北部是湖泊和气候变迁较为剧烈的地区,如藏北高原东北部和西北部以冰雪融水为主要补给的中小型湖泊群,而藏北高原内部的小型湖泊,对温度升高响应较为明显;藏北南部湖泊区是以降水、冰雪融水和地下水为主要来源的混合补给方式,特别是湖区的东部湖泊自 20 世纪 60 年代末期以来一直处于扩张趋势,如那木纳、色林错等,这个地区的湖泊不仅以冰川融水为主的混合补给方式,而且位置靠近降水较多的西藏东南部,在 80 年代至今的持续升温 and 区域性降水增加影响下,成为 90 年代到 2000 年湖泊面积扩张最明显的湖泊群。无论湖泊退缩还是扩张,均是其对区域气候、环境变化的反映。湖泊退缩将导致区域水汽补给通量减少,沙化和荒漠化面积增加,干旱化趋势加速;湖

泊扩张将造成因蒸发水面的扩大和蒸发量增加而损失水源的部分补给量,湖泊的扩张和萎缩是对气候变化的响应和通过自身的调整寻求新的动态平衡的反映<sup>[12]</sup>(图 9、表 3)。



据关志华<sup>[6]</sup>,有改动

图 9 湖泊分区和测站分布

Fig. 9 Sub-Areas of Lakes and Distribution of Stations

表 3 湖泊变迁分区与气候背景信息

Tab. 3 Changes of Lakes and Climate Background			
年份	1970 ~ 1980	1980 ~ 1990	1990 ~ 2000
藏北北部湖泊区	稳定型变化湖泊为主; 温度降低, 降水增加	萎缩型湖泊为主, 西北部分扩张; 温度升高, 降水减少幅度大	扩张型湖泊为主, 温度增幅较大, 降水增幅较大
藏北南部湖泊区	湖区东部稳定扩张型湖泊为主, 西部稳定萎缩型湖泊为主; 温度略有上升, 降水增加	湖区东部湖泊扩张减缓, 西部湖泊萎缩趋势明显; 温度略有上升, 降水减少	全面扩张, 西部湖泊稳定、萎缩型为主; 温度、降水均增幅较大
藏南湖区	多数湖泊萎缩, 温度增幅较大, 降水增加	全面萎缩, 温度升高, 降水增多	西部萎缩, 东部扩张; 温度升高, 降水减少

青藏高原的湖泊和气候变化,更多受到全球气候条件下自然气候波动的影响。随着青藏铁路的建成通车以及公路交通、通讯的改善,现代科学技术和外来文化的涌入和人类频繁活动以及对水资源的过度开发与不合理利用,将给西藏地区的湖泊生态环境带来了严峻挑战。目前西藏地区的湖泊是高原上重要的旅游资源,也是十分脆弱的生态系统,特别是羌塘高原的封闭内陆型湖泊因其特有性和生态脆弱性而具有极其重要的科学价值,对于西藏地区的湖泊要更好的保护和研究。

5 结语

(1)基于遥感和地理信息技术的大尺度湖泊调查技术对于西藏地区特别是人迹罕至的藏北高原

地区有着巨大的优势。采用地形图和多源遥感数据, 研究尺度从过去的单个湖泊或小范围的湖泊监测, 扩展到大尺度、多角度的湖泊变化监测。随着遥感技术的发展, 高空间、时间和光谱分辨率卫星的出现, 为西藏地区湖泊的更加深入细致地调查和全面研究提供了技术支持。

(2)近 30 年来湖泊变迁主要在藏北内陆湖泊地区, 主要变化趋势为 20 世纪 70 年代末至 80 年代末的萎缩和 2000 年以来的全面扩张, 特别是以纳木错、色林错为代表的藏北南部大湖区东部持续扩张, 而藏北内陆北部中小型湖泊对气候变化的响应更为敏感。

(3)通过对 1965 ~ 2002 年西藏地区温度降水序列的分析, 发现 20 世纪 60 年代末以来西藏地区平均温度和平均年降水量总体呈增加趋势, 其中藏北地区是 80 ~ 90 年代的降水减少中心和 90 年代以来的温度升高中心, 湖泊面积变化一定程度上反映了温度、降水等气候条件不同组合关系的变化。

(4)全球气候干暖化和区域性气候变化是湖泊面积变化的驱动因素, 对湖泊面积变化有着直接或间接的影响, 而湖泊本身的地质条件、所处的地理位置、气候条件和补给方式等特征决定了湖泊的变迁类型和程度。

(5)由于西藏地区湖泊变化与全球和区域气候变化以及湖泊的性质、所处位置、气候条件、湖泊补给形式与人类活动的影响等多种因素密切相关, 而

当前对于湖泊变化和影响湖泊变化因素的监测数据明显不足, 因此, 湖泊面积变化与气候波动、冰川进退、多年积雪变化、冻土退化和人类活动影响等的定量化关系, 有待于进一步研究。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 周成虎, 罗格平, 李 策, 等. 博斯腾湖环境变化及其与焉耆盆地绿洲开发关系研究[ J ]. 地理研究, 2001, 20(1): 14-23.
- [ 2 ] 边 多, 杨志刚, 李 林, 等. 近 30 年来西藏那曲地区湖泊变化对气候波动的响应[ J ]. 地理学报, 2006 61(5): 511-518.
- [ 3 ] 鲁安新, 姚檀栋, 王丽红, 等. 青藏高原典型冰川和湖泊变化遥感研究[ J ]. 冰川冻土, 2005, 27(6): 784-792.
- [ 4 ] 鲁安新, 王丽红, 姚檀栋. 青藏高原湖泊现代变化遥感方法研究[ J ]. 遥感技术与应用, 2006, 21(3): 174-177.
- [ 5 ] 徐凤翔. 西藏 50 年: 生态卷[ M ]. 北京: 民族出版社, 2001.
- [ 6 ] 关志华, 陈传友, 区裕雄, 等. 西藏河流与湖泊[ M ]. 北京: 科学出版社, 1984.
- [ 7 ] 朱立平. 湖泊——青藏高原上的璀璨明珠[ J ]. 大自然, 2005, 3(3): 7-9.
- [ 8 ] 王江山. 青海省生态环境监测系统[ M ]. 北京: 气象出版社, 2004.
- [ 9 ] 任朝霞, 杨达源. 西北干旱区近 50 年气候变化特征与趋势[ J ]. 地球科学与环境学报, 2007, 29(1): 99-102.
- [ 10 ] 秦大河. 中国西部环境演变评估: 第 3 卷[ M ]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [ 11 ] 张兰生. 中国生存环境历史演变规律研究[ M ]. 北京: 海洋出版社, 1993.
- [ 12 ] 姜加虎, 黄 群. 青藏高原湖泊分布特征及与全国湖泊比较[ J ]. 水资源保护, 2004, 4(6): 24-27.

## 欢迎订阅 2008 年《地球科学与环境学报》

《地球科学与环境学报》(1979 年创刊, 刊名先后为《西安地质学院学报》、《西安工程学院学报》、《长安大学学报(地球科学版)》)是教育部主管、长安大学主办的地学综合类学术期刊, 系中国科技核心期刊, 其先后被美国《化学文摘》、美国《地质学题录与索引》、美国《剑桥科学文摘: 自然科学》、美国《石油文摘》、美国《乌利希国际期刊指南》、俄罗斯《文摘杂志》、《中国核心期刊(遴选)数据库》、《中国科学引文数据库》、《中国地质文摘》、《中国石油文摘》等国内外十余家著名权威文摘或数据库固定收录。

本刊刊登内容主要有基础地质与矿产地质、水文地质与工程地质、环境地质与生态地质、地球物理、地球信息科学等, 重点报道地学前缘及交叉学科的高水平科技成果, 突出西部大开发中资源勘查、干旱与半干旱地区地质与生态环境保护以及国家重要基础工程建设中重大地质科技问题。

在此, 热诚欢迎广大地学科技工作者为本刊撰写论文, 对高质量特别是国家各种基金项目或重大科技攻关项目产出的论文将优先发表。

《地球科学与环境学报》为季刊, 每季末月出版, 112 页, 每册定价 8 元, 邮发代号 52—280, 国外代号 Q4115, 邮局漏订者亦可直接同本刊编辑部联系。

本刊地址: 西安市雁塔路南段 126 号长安大学雁塔校区; 邮政编码: 710054; 电话: (029)82339978; E-mail: dkyhxb@chd.edu.cn