文章编号: 1000-0240(2003)02-0211-04

西北地区近年来内陆湖泊变化反映的气候问题

郭 铌, 张 杰, 梁 芸
(中国气象局 兰州干旱气象研究所, 甘肃 兰州 730020)

摘 要: 内陆湖泊是气候变化敏感的指示器, 高山湖泊处于自然状态, 受人类活动影响较小, 能够较真实地反映气候状况, 而内陆河尾闾湖变化是自然和人类活动共同作用的结果. 利用 NOAA/AVHRR、EOS/MODIS 卫星资料和相关文献资料研究分析了祁连山哈拉湖和大、小苏干湖, 黑河下游东居延海、新疆博斯腾湖、塞里木湖和艾比湖面积变化. 结果表明, 近年来祁连山哈拉湖面积呈逐渐扩大趋势, 大、小苏干湖面积变化稳定; 2002 年是黑河流域降水较多的年份; 2002 年新疆内陆和高山湖泊面积显著增加, 预示着这些地区降水增多, 冰雪融化加快. 内陆湖泊变化应引起人们的关注.

关键词: 哈拉湖; 卫星资料; 湖面积; 变化
中图分类号: P343.3 文献标识码: A

1 引言

内陆湖泊是气候变化敏感的指示器, 高山湖泊处于自然状态, 受人类活动影响较小, 能够较真实地反映气候状况, 而内陆河尾闾湖变化受自然和人类活动共同影响. 利用内陆湖泊变化研究其反映的气候问题已有许多研究, 施雅风[1] 利用青海湖和伊塞克湖水位变化等资料分析其所指示的气候干暖化趋势; 胡汝骥等[2] 利用天山湖泊变化分析其所示的气候趋势; 王树基[3] 研究了我国干旱区湖泊受人类活动的影响. 由于内陆湖区人烟稀少, 自然条件恶劣, 受到自然和物质因素的约束, 难以经常获得湖泊变化数据. 卫星遥感技术为监测湖泊变化提供了有效手段, 早在 20 世纪 70 年代, 美国 NESDIS 就利用 NOAA/AVHRR 可见光和红外图像监测五大湖湖冰的变化[4], 中国国家卫星气象中心气象卫星水情监测已形成业务产品[5]. 本文利用 NOAA/AVHRR、EOS/MODIS 卫星资料和相关科技文献资料研究分析了近年来祁连山区哈拉湖、苏干湖、黑河下游东居延海、新疆博斯腾湖、塞里木湖和艾比湖面积变化, 从中分析这些地区的气候变化.

2 资料与方法

2.1 资料

本文选用 1989 年、1994—2002 年 NOAA/AVHRR 资料、2002 年 8~9 月 EOS/MODIS 资料和相关科技文献[1~3] 资料.

2.2 监测原理

NOAA 系列气象卫星上携带的改进的甚高分辨率扫描辐射仪(AVHRR-2) 有 5 个通道, 其中通道 1 位于可见光波段(0.58~0.68 μm)、通道 2 位于近红外波段(0.725~1.1 μm), 它们接收来自地气系统的反射辐射. 由于水在整个反射红外波段相对与植物或土壤来说具有很突出的低反射特征[6], 在通道 1 和通道 2 图像上, 水体的色调非常暗, 与周围陆地有很大差别, 这在通道 2 图像上尤其突出, 水陆界限十分明显, 很容易将其识别出来.

美国对地观测系统计划 EOS (Earth Observing System) 是通过发射一系列对地球观测卫星获取的数据来解决全球环境和气候变化问题. 中分辨率成像光谱仪 MODIS (Moderate-resolution imaging Spectrora-diometer) 是 EOS 中计划最有特色的仪器之一, 它是当前世界上新一代"图谱合一"的光学

收稿日期: 2002-10-10; 修订日期: 2002-12-11
基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-10-06; KZCX2-301); 国家自然科学基金重大项目(90202013) 资助
作者简介: 郭铌(1963—), 女, 广东澄海人, 副研究员, 1984 年毕业于南京气象学院, 目前从遥感应用研究. E-mail: niguo@hotmail.com

遥感仪器，有 36 个离散光谱波段，从 0.4 μm(可见光)到 14.4 μm(热红外)全光谱覆盖，2 个通道空间分辨率达 250 m(0.62~ 0.67 μm，0.841~ 0.876 μm)，5 个通道为 500 m，29 个为 1 km. 与 NOAA/AVHRR 类似，MODIS 通道 2 图像中水陆界限明显，但对于非常浅且浑浊的水体，通道 2 中水陆差异不大，但在通道 6 上差异显著. 利用通道 6(1.628 ~ 1.652 μm)可以将水体提取出来.

在 ENVI 图像处理软件支持下，将水体提取出来，并计算其面积.

3 结果分析

3.1 哈拉湖湖面变化

哈拉湖是一个位于是祁连山西段疏勒南山南部的高山咸水湖，海拔 4 078 m，面积 602 km^2，主要水源来自高山融雪和降水，其变化主要受自然因素影响. 从利用 NOAA 卫星资料计算湖泊面积变化图(图 1)中可以看到，80 年代末至 90 年代初，湖泊面积有所缩小，从 623 km^2 降至 588 km^2，随后呈波动上升趋势，2002 年湖面积达 616 km^2.

通过分析哈拉湖附近气象站(托勒，38°52′ N，98°22′ E)，海拔 3 361.2 m，年平均降水量 285.4 mm)同期年降水量和夏季平均温度可以发现，哈拉湖面积变化与托勒站降水和夏季平均温有很好的一致性，湖面积大的年份一般对应降水高值年和温度高值年(图 1)，如 1989 年降水量 365.6 mm，气温 9.5 ℃，湖面积为 623 km^2；1998 年降水量 404.4 mm，温度 10.1 ℃，面积 627 km^2；2001 年降水 351.7 mm，气温 10.9 ℃，湖面积竟达 636 km^2. 值

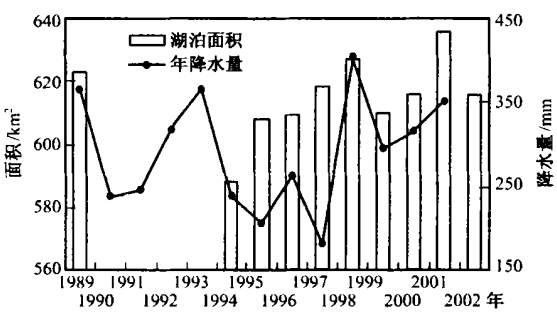

图 1 NOAA 卫星计算的哈拉湖面积变化和附近气象站降水曲线

Fig. 1 The variation in area of the Har Lake calculated from NOAA satellites data and the precipitation curve of Tuole Meteorolgical station

得注意的是尽管 1997 年降水量仅有 180.7 mm，但夏季气温 10.2 ℃，较 1996 年高 1.3 ℃，湖面积仍达 618 km^2，表明气温升高加速冰雪融化，对湖面积增加的贡献不可低估. 可见近几年来在气候变暖的背景下，山区降水呈增加趋势，冰雪融水增多，注入湖泊的冰雪融水和降水量大于湖面蒸发，是湖面积扩大的原因.

3.2 苏干湖面积变化

大、小苏干湖位于阿尔金山南麓，海拔 2 800 m，大苏干湖为咸水湖，小苏干湖为淡水湖，1982 年两湖列为甘肃省候鸟自然保护区. 苏干湖水源来自北部阿尔金山、东北部的党河南山和东南部的马海山和土尔根达坂山的冰雪融水和山区降水. 图 2 是根据 NOAA 卫星资料计算的大、小苏干湖面积变化图，可以看到从 1989—1995 年，大苏干湖面积有所增加，从 86 km^2 增加到 105 km^2，以后几年变化比较稳定. 小苏干湖面积近 10 a 来在 10 km^2 附近呈波动变化，说明近几年苏干湖水量收支维持在一个平衡状态.

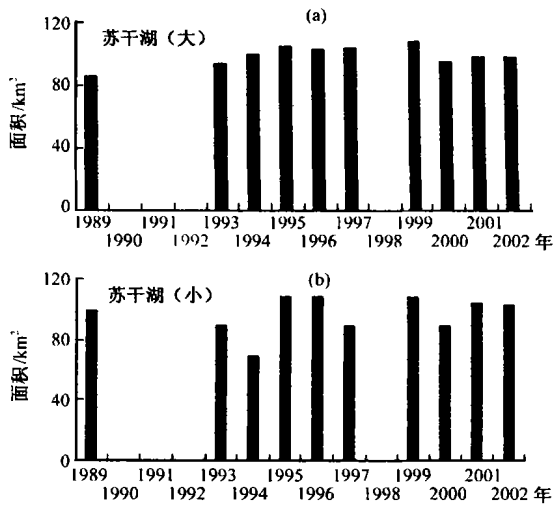

图 2 根据 NOAA 卫星资料计算的大、小苏干湖面积变化

Fig. 2 The variation in area of the big and small Sugan Lake calculated from NOAA satellites data

3.3 东居延海

居延海位于内蒙古西北部的额济纳旗，是我国第二大内陆河—黑河的尾闾湖. 历史上的居延海由东、西、北三个海子组成，水域面积曾达到 2 600 多平方公里，是我国西部最大的淡水湖之一. 由于气候变化和人类活动的影响，1961 年西居延海干枯，东居延海面积严重萎缩，成为季节湖. 据研究，1998 年东居延海面积较 1989 年萎缩严重(表 1)，2000 年和 2001 年完全干枯.

表 1　东居延海(索果诺尔)湖水面积变化统计表

Table 1　The variation in area of the East Juyan Lake

时间/(年-月-日)	面积/km^2	时间/(年-月-日)	面积/km^2
1989-05-01	0.0	—	—
1989-07-26	38.6	1998-06-18	0.0
1989-09-11	48.5	1998-09-08	6.5
1989-11-27	41.00	1998-11-11	22.9

为了拯救黑河下游日益恶化的生态环境, 遵照国务院决定, 黑河管理局2000 年 10 月和2001 年 9 月两次向黑河下游调水, 但是据卫星监测, 这两次调水均无水到达东居延海. 2002 年 7 月上旬, 黑河上游地区出现较大洪水, 莺落峡断面 7 月 10 日 15 时出现最大洪峰流量 931 $m^3 \cdot s^{-1}$, 再次向黑河下游调水, 7 月 17 日 17 时, 黑河水流归干涸已久的东居延海. 根据 EOS/MODIS 卫星资料计算, 东居延海7 月 30 日面积达 21.51 km^2, 随后逐渐下降, 9 月 5 日为十几平方公里, 以后又缓慢增加. 11 月仍有 30 多平方公里的水面.

3.4　新疆湖泊变化

位于准葛尔盆地西南部的艾比湖, 海拔 180 m, 据王树基[3]研究, 艾比湖 20 世纪 20—30 年代面积为 2 000 km^2, 1948 年缩小为 1 200 km^2, 1983 年为 550 km^2, 1987 年为 552 km^2, 据 2002 年 8 月 EOS/MODIS 资料计算, 面积为 891 km^2, 面积显著增加.

天山南麓的博斯腾湖, 1987 年 面积为 980 km^2, 2002 年 8 月 EOS/MODIS 资料计算的面积达 1 430 km^2.

新疆面积最大的高山湖泊赛里木湖, 海拔 2 071 m, 基本处于自然状态的一个闭塞的湖, 1972 年面积 445 km^2, 1977 年为 450 km^2, 1987 年 459 km^2, 2002 年 8 月 EOS/MODIS 资料计算的面积为 464 km^2, 略有增加.

4　结果与讨论

根据卫星监测结果和相关气象资料分析, 可以得出以下结论:

(1) 近 10 a 来祁连山哈拉湖面积呈逐渐扩大趋势, 其原因是近年来祁连山西段高山地区降水呈增加趋势和气温升高导致的冰雪融水增多. 大、小苏干湖面积变化稳定表明浅山地区冰川融水和降水量与湖面蒸发量保持平衡.

(2) 2002 年黑河尾闾湖东居延海的重新出现, 说明 2002 年是黑河流域降水较多的年份.

(3) 2002 年新疆内陆和高山湖泊面积显著增加, 说明这些地区降水增多, 冰雪融化加快.

(4) 内陆湖泊水位变化是降水量、径流量和蒸发量平衡的结果[7], 上述结果表明祁连山西、中段出现了一些气候向暖湿方向转变的迹象, 由于受资料限制, 本文还不能提供充分的证据说明气候已经在向暖湿方向转变, 但作为气候变化敏感指示器的内陆湖泊变化应引起人们的关注.

参考文献(References):

[1] Shi Yafeng. Glacier recession and lake shrinkage indicating the climatic warming and drying trend in central Asia [J]. Acta Geographic Sinica, 1990, **45**(1): 1-11. [施雅风. 山地冰川与湖泊萎缩所指示的亚洲中部气候甘暖化趋势与未来展望[J]. 地理学报 1990, **45**(1): 1-11.]

[2] Hu Ruji, Yang Chuande, Ma Hong, *et al*. Glaciers and lakes in the Tianshan Mountains and climate trends [J]. Arid Land Geography, 1994, **17**(2): 1-7. [胡汝骥, 杨川德, 马虹, 等. 天山冰川与湖泊变化所示的气候趋势[J]. 干旱区地理 1994, **17**(2): 1-7.]

[3] Wang Shuji. The activity of human being in recent 40 years had influence over arid lake in China [J]. Arid Land Geography, 1989, **12**(1): 1-5. [王树基. 近四十年来人类活动对我国干旱湖泊的影响[J]. 干旱区地理, 1989, 1989, **12**(1): 1-5.]

[4] Rao P K, Holmes S J, Anderson R K, *et al*. Weather Satellites: Systems, Data, and Environmental Applications [M]. Beijing: Meteorological Press, 1994. 368-374. [Rao P K, Holmes S J, Anderson R K, 等(许健民等译). 气象卫星——系统、资料及其在环境中的应用 [M]. 北京: 气象出版社, 1994. 368-374.]

[5] Dong Chaohua. Interpretation Handbook About Meteorological Satellite Operational Products [M]. Beijing: Meteorlogical Press, 1999. 129-138. [董超华. 气象卫星业务产品释用手册 [M]. 北京: 气象出版社, 1999. 129-138.]

[6] Swain P H, Davis S M. The Quantitative Approach of Remote Sensing [M]. Beijing: Science Press, 1984. 160-162. [斯韦恩 P H, 戴维 S M. 遥感定量方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1984. 160-163.]

[7] Shi Yafeng, Shen Yongping, Hu Ruji. Preliminary study on signal, impact and foreground of climate shift from warm-humid in Northwest China [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2002, **24**(3): 219-224. [施雅风, 沈永平, 胡汝骥. 西北气候由暖甘向暖湿转形的信号、影响和前景初步探讨[J]. 冰川冻土, 2002, **24**(3): 219-224.]

Climate Change Indicated by the Recent Change of Inland Lakes in Northwest China

GUO Ni, ZHANG Jie, LIANG Yun
(Lanzhou Institute of Arid Meteorology, Chinese meteorological Administration, Lanzhou Gansu 730020, China)

Abstract: Inland lakes are sensitive indicators of climate change. High mountain lakes, due to less influence from human activity, can reflect the climate state accurately. On the other hand, the lake at the end of an inland river may change under the effect of both the human activity and the natural variation. In this article, area changes of some inland lakes in Northwest China in recent years were analyzed using data from NOAA/AVHRR and EOS/MODIS. The results show that the Har Lake in higher west part of the Qilian Mountains is expanding; the Big Sugan Lake and the Small Sugan Lake in lower west part of the Qilian Mountains are stable. There is more precipitation in the Heihe valley in 2002. The area of inland and higher mountain lakes in Xinjiang increases notably in 2002. This suggests an increase in precipitation and meltwater of snow and ice in these regions. Attention should be given to these changes.

Key words: Har Lake; satellites data; lake area; change