

近 50 a 青海湖流域气候变化特征分析

陈亮¹, 陈克龙¹, 刘宝康², 侯光良¹,
曹生奎¹, 韩艳丽¹, 杨龙¹, 武彦朋¹

(1. 青海师范大学生命与地理科学学院, 青海 西宁 810008; 2. 青海省气象局, 青海 西宁 810008)

摘要:利用青海湖流域4个站点的观测资料,运用气温距平法和降水距平百分率法,并结合青海湖水位变化,就近50 a来青海湖流域生态环境对全球变暖的响应进行了分析。结果表明:(1)近50 a来青海湖流域年平均温度呈上升趋势,线性升温率为 $0.28\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$;日气温距平的30 d移动平均表明近10 a来气温波动明显;(2)近50 a来青海湖流域降水量总体上呈波动变化,没有明显的增多趋势,标准气候值为 379.1 mm ;(3)整个流域年蒸发量平均为 895.4 mm ,明显大于降水量;(4)由于青海湖流域气候的干暖化使得青海湖蒸发量阶段性升高,导致了近50 a青海湖水面高程不断下降,下降速率为 $0.79\text{ m}/10\text{ a}$ 。

关键词:青海湖流域;气候变化;全球变暖

中图分类号:P461

文献标识码:A

引言

IPCC(政府间气候变化专业委员会)发布的第4次评估报告指出,近100 a(1906~2005)来全球平均地面气温的升温率为 $0.074\pm 0.018\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,而近50 a来的变暖速度几乎是近100 a来的2倍,达到了 $0.13\pm 0.03\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ^[1]。对同期中国地区各种观测资料的检测表明,我国气候变暖趋势为 $0.02\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 0.08\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,而近50 a变暖趋势更达到 $0.12\sim 0.22\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ^[2]。青藏高原是全球变化中对气候变化最为敏感的地区之一,表现为气温变化振幅大,气候变化具有一定的超前性^[3]。近年来,由于青藏高原气候变化对毗邻地区影响较大以及对全球变化的指示作用,关于青藏高原气候变化的研究已在多种时间尺度上取得了丰硕成果,尤其是近50 a来青藏高原气候变化特征的成果众多^[4-13],同时由于青藏高原面积辽阔、地势复杂,所有的地面气候观测站点均有一定的地方区域代表性限制^[3,6],因此,高原气候变化的总体特征并不能完全揭示青海湖流域盆地的气候变化趋势。

青海湖作为我国最大的内陆高原咸水湖,位于

青南高原高寒区、西北干旱区和东部季风区的交汇处,是维系青藏高原东北部生态安全的重要水体。也是控制西部荒漠化向东蔓延的天然屏障。其生态环境的优劣,不仅影响着本区域生态系统的发育和分布,而且深刻影响着江河源头、柴达木盆地、祁连山东部以及青海省东部湟水谷地的生态环境和可持续发展。同时,青海湖区地处季风边缘地带,也是气候变化响应的敏感区域。在全球变暖的背景下,作为全球变暖敏感区的青藏高原青海湖流域也成为中外学者关注的热点地区。那么在这种气候变化背景下,青海湖流域的气候变化是否与全球和整个青藏高原的气候变化同步呢?

1 研究区概况与研究方法

青海湖流域跨青海海南藏族自治州的共和县、海北藏族自治州的海晏县和刚察县及海西蒙古族藏族自治州的天俊县,流域面积 $29\ 661\text{ km}^2$ (图1)。青海湖流域是一个封闭的内陆盆地。四周高山环绕,北部是大通山,是流域与大通河的分水岭;东面的日月山是流域与湟水流域的分水岭,也是青海省牧业区与农业区的分界线;西部为高原丘陵带,是流

收稿日期:2011-06-29;改回日期:2011-08-16

基金项目:国家社会科学基金项目(08XJY012)及国家科技支撑项目(2007BAC03A08-5子项目)共同资助

作者简介:陈亮(1981-),男,硕士研究生,从事水文地理学研究. E-mail:mambo.cl@gmail.com

域与柴达木盆地的分水岭;南面是青海南山,是流域与共和盆地的分水岭;东南为野牛山,是流域与贵德盆地的分水岭。整个流域近似织梭型,呈西北—东南走向,地形从西北向东南倾斜,北面大通山西段的岗格尔肖合力海拔 5 291 m,是流域的最高点。

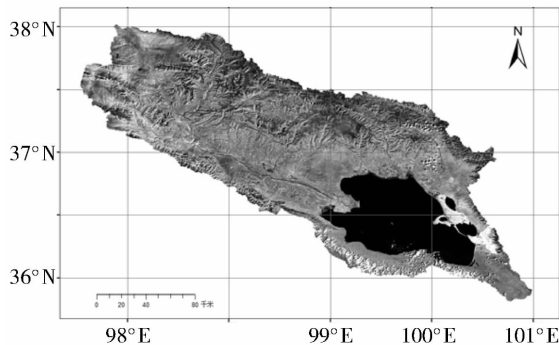


图 1 青海湖流域图

Fig. 1 The map of Qinghai Lake Basin

本文选用青海湖流域刚察站(37°20'N、100°10'E、海拔 3 301 m)、天峻站(37°24'N、98°56'E、海拔 3 417 m)、海晏站(36°57'N、100°53'E、海拔 3 099 m)、共和站(36°23'N、100°58'E、海拔 3 291 m) 1959 ~ 2008 年的逐年地面平均气温资料、1979 ~ 2008 年的逐日地面平均气温资料及 1959 ~ 2008 年逐年降水量资料。采用刚察、天峻、海晏和共和站的气温、降水均值模拟整个流域的气温、降水变化,通过气温距平法^[14-18]及降水距平百分率^[19-21]分析近 50 a 来青海湖流域的气候变化。并结合气候变化的环境响应^[22]和湖泊水位下降等环境退化^[23]事实,揭示青海湖流域气候演化过程 and 变化趋势。

2 分析与结果

2.1 气温变化

青海湖流域 1959 ~ 2008 年间年平均气温的线性升温率约为 0.28 °C/10 a, 平均气温标准气候值为 -0.3 °C(图 2), 20 世纪 60 年代气温距平偏低 0.6 °C, 70 年代偏低 0.3 °C, 80 年代距平偏低 0.1 °C, 90 年代偏高 0.2 °C, 21 世纪初期偏高达 0.7 °C。近 50 a 以来, 青海湖流域出现持续增温阶段, 1998 年是 50 a 来平均气温最高的年份, 年平均气温距平偏高 1.6 °C, 整个流域从 1987 年开始显著增温。

通过对 1979 ~ 2008 年逐日平均气温进行距平变化分析, 并进行 30 d 移动平均分析。结果表明, 青海湖流域四季划分明显, 夏、冬温差较大(图 3)。1994 年之前夏季气温距平超过 15.0 °C 的现象只发

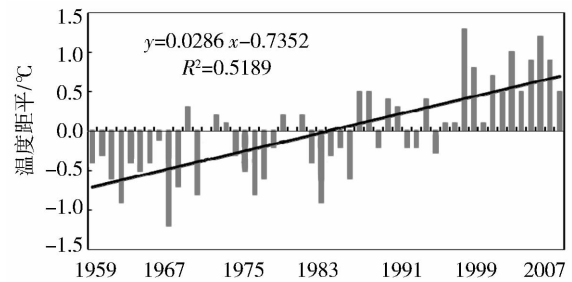


图 2 1959 ~ 2008 年青海湖流域年平均气温距平变化

Fig. 2 The annual mean temperature anomaly during 1959 - 2008 in Qinghai Lake Basin

生过 2 次, 分别是 1981 年和 1988 年。然而, 1994 年之后的夏季气温距平普遍 > 15.0 °C。1979 ~ 2008 年逐日平均气温 > 17.0 °C 的天数一共有 17 d, 其中只有 2 d 发生在 1981 年夏季, 大部分发生在 2000 年; 而低于 -20 °C 的天数一共有 30 d, 其中近一半发生在 2002 年。结果表明, 21 世纪以来气候波动较为明显。

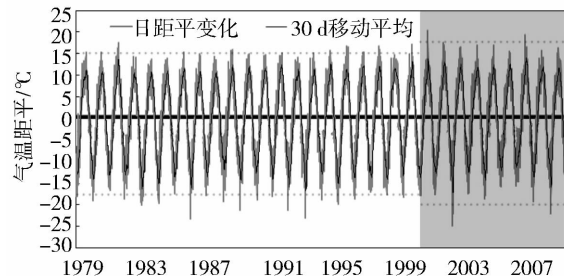


图 3 1979 ~ 2008 年青海湖流域日平均气温距平

Fig. 3 The daily average temperature anomaly during 1979 - 2008 in Qinghai Lake Basin

2.2 降水变化

青海湖流域 1959 ~ 2008 年降水量标准气候值平均为 379.1 mm。1959 ~ 2008 年平均降水距平百分率变化结果表明(图 4), 20 世纪 60 年代偏少 2.7%, 70 年代偏少 2.1%, 80 年代偏多 5.6%, 90 年代偏少 5.0%, 21 世纪初期偏多 4.2%。近 50 a 来青海湖流域降水量总体上呈波动变化, 并没有明显的增多趋势。

2.3 蒸发量变化

青海湖年水面蒸发量存在明显的阶段性变化(图 5), 近 50 a 经历了 3 个较剧烈的升降期。1958 ~ 1963、1977 ~ 1981、1998 ~ 2004 年水面蒸发量增

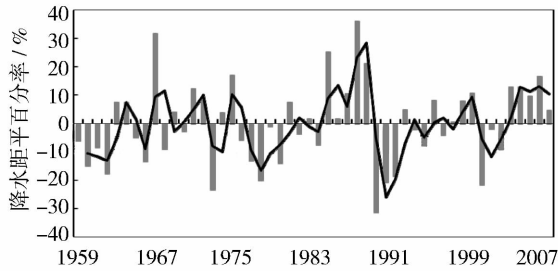


图4 1959~2008年青海湖流域
年平均降水距平百分率

Fig. 4 The annual average precipitation anomaly percentage during 1959–2008 in Qinghai Lake Basin

加,分别高出均值 10.3%、9.3%、3.3%; 1964~1976、1982~1997、2005~2007 年水面蒸发量减少,期间的平均值分别比均值低 1.3%、3.7%、1.4%。1997 年以前,水面蒸发量上升期的持续时间短,下降期的持续时间长,但 1998 年以后,上升期的持续时间延长,下降期的持续时间明显缩短;青海湖流域 1955~2005 年蒸发量平均为 895.4 mm,虽总体上呈减少趋势,但仍明显大于降水量,说明整个流域正处于暖干化气候趋势,也是青海湖水位持续下降的主要原因。

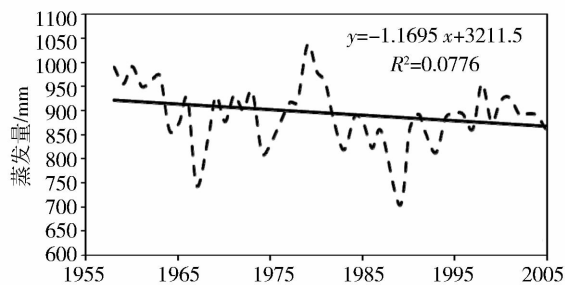


图5 1955~2005年青海湖水面蒸发量变化
Fig. 5 The change of evaporation in Qinghai Lake during 1955–2005

2.4 环境退化

青海湖流域湖泊较多,面积超过 0.03 km² 的湖泊有 70 多个,其中面积超过 0.3 km² 的湖泊有 20 余个。这些湖泊,集中分布于湖西北地势较高的河流源头地区和湖东部的湖滨地带。由于近 50 a 的持续增温,而降水没有明显增加,导致蒸发量远远大于降水量。流域内有的湖泊,因水源补给不足,湖面正在逐渐萎缩,最明显的就是青海湖。由于青海湖的湖面退缩,又不断分离出新的子湖,1980 年前后,湖东岸新分离出 2 个较大的子湖——沙岛湖和海晏湖。根据 1970 年代初出版的地形图量得湖面积为

4 473 km²,当时的湖水海拔在 3 195 m 左右,推算湖水位容积为 850 亿 m³。1988 年年平均水位降至 3 193.59 m,湖面积缩减为 4 282 km²,湖水容积缩减了 111 亿 m³。

近 50 a 来由于湖水位的下降,1955~2005 年青海湖沙陀寺站年平均水位逐渐下降(图 6),水面高程下降了 4.33 m;同时,引起地下水水位降低,湿地面积不断减少和局部干枯,1956~2000 年间,湿地面积共减少 61 km²;近 50 a 青海湖水面高程下降速率为 0.87 m/10 a。

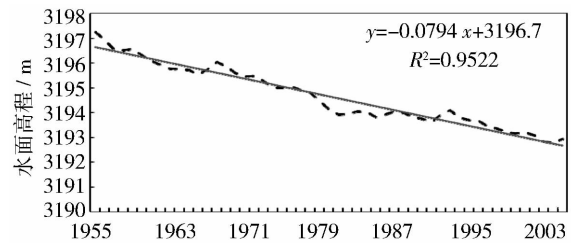


图6 1955~2005年青海湖
沙陀寺站年平均水位变化

Fig. 6 The annual average water level change at the Shatuosi station in Qinghai Lake Basin during 1955–2005

3 结论与讨论

根据以上分析可以看出,近 50 a 来青海湖流域气候变化的总体趋势是以温度升高为主,降水量并没有明显的增长趋势,这也是近 50 a 来青海湖储水量减少的重要原因。气候条件的这种显著变化对广泛分布在青海湖流域一带的高寒草甸和生物量极为丰富的湿地植被生长不利,气温的升高直接导致了蒸发量的增大,而相同时期降水量呈现波动变化,没有明显增加趋势,这将造成植被因干旱而退化,高寒草甸的破碎化程度提高,湿地面积严重畏缩。

气候变化的重大影响还在于对冻土环境的影响,青海湖流域广泛发育着永久性冻土和季节性冻土,高原冻土层的存在对于高寒草甸的生长发育具有重大意义。一方面永久性冻土层能有效阻止地表水和土壤水分下渗迁移,使植被根系层水分保持在较高水平;另一方面季节性冻土使活动层淋溶或淋滤的多种营养成分在此聚集,并维持土壤的低温条件而易于有机质积累。然而,近 50 a 来青海湖流域的线性升温率达到了 0.28 °C/10 a,使得 40 m 以上冻土地温状况升温加剧,造成季节性冻土范围不断扩大,季节融化层增厚,甚至永久性冻土层完全消失。永久性冻土退化使植被根系层土壤水分减少、

沼泽疏干、表土干燥;并使土壤组分、结构发生变化,从而使高寒草甸、湿地植被退化,植被群落发生演替。另外,冻土的退化,可能对全流域内基础设施及工程稳定性产生很大的危害。

在整个青海湖流域广泛分布着高寒草甸和牧草,其生产力水平受自然环境制约极为明显,尤其受降水影响极大。当线性升温率达到 $0.28\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,降水量呈波动变化,无明显增加时,植被的蒸散力大于降水的补给量,干旱胁迫加重;因此,水分成为高寒草甸及牧草生长的限制因素。因而,从某种意义上讲,如果气温上升,降水量无明显增长趋势,将造成高寒草甸分布区域地表及植被蒸散力的加大;而降水的增长明显滞后,整个流域干旱现象明显,水分的不足终将限制高寒草甸及牧草生产力的提高。

同时,据 IPCC 的第 4 次评估报告,在未来气候变化不同情景下,到 2100 年全球年平均气温升幅(相对于 1980~1999 年平均)将达到 $1.1\sim 6.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。随着近半个世纪以来气候变暖,青藏高原亚寒带和温带的最热月(7 月)上限气温指标分别增加了 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$,高原寒带 $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 积温上限值增加了 $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。因为高纬度和高海拔地区对全球变化的相应更为明显,所以从升温对青海湖流域环境的影响可以看出,整个流域对全球变化的相应具有正、负 2 个方面。在百年时间尺度下,大幅度升温相伴夏季风增强,降水量显著增加,整个植被带北移上迁,森林植被分布扩大、荒漠化面积缩小,湖泊水位上升,土壤表层有机质含量升高,但也伴随着冰川大规模退缩和多年冻土退化。但在增暖的初期,由于降水变化滞后于温度变化,高原迅速升温将导致蒸发增加,可抵消甚至超过降水增加的作用,造成气候干暖化;这个达到稳定暖湿阶段的过程会造成温度和降水的大幅度频繁波动,将可能有严重的旱、涝和其他灾害出现;21 世纪可能正是达到稳定暖湿阶段前剧烈波动的多灾时期。

那么,未来气候变化背景下,随着人口数量的不断增加和青海湖旅游资源开发进程的加快等因素的影响,频繁的人类活动将进一步加重青海湖流域气候系统的不稳定性。极端气候事件发生的概率将有可能加大,应该引起有关部门的高度关注。

参考文献:

[1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate

Change 2007, the Fourth Assessment Report (AR4) [R]. Valencia, Spain: WMO and UNEP, 2007.

- [2] 赵宗慈,王绍武,徐影,等. 近百年我国地表气温趋势变化的可能原因[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(4): 808-817.
- [3] Tang Maocang, Li Cunqiang. On the facts of that the Qinghai - Xizang Plateau was the source region of climatic variation [A]. The Proceedings of the First Symposium on the Qinghai - Xizang Plateau [C]. Beijing: Science Press, 1992, 42-48.
- [4] Sun Honglie. Formation and Evolution of the Qinghai - Xizang Plateau [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1996, 168-192.
- [5] Tang Maocang, Cheng Guodong, Lin Zhenyao. Contemporary Climatic Variations over Qinghai - Xizang Plateau and Their Influence on Environments [M]. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press, 1998, 121-139.
- [6] 林振耀,赵晰栾. 青藏高原气温降水变化的空间特征[J]. 中国科学(D 辑), 1996, 26(40): 354-358.
- [7] 康兴成. 青藏高原地区近 40 a 来气候变化的特征[J]. 冰川冻土, 1996, 18(增刊): 281-288.
- [8] 赵秀峰,王绍令,郭东信,等. 青藏高原多年冻土之近期变化研究 [A]. 青藏高原综合观测研究年报 [C]. 兰州: 兰州大学出版社, 1996. 1-9.
- [9] 程国栋,李培基,张祥松,等. 气候变化对中国积雪、冰川和冻土的影响评价 [M]. 兰州: 甘肃文化出版社, 1997. 22-56.
- [10] 陈全功,梁天刚. 青海省达日县退化草地研究 [J]. 草业科学, 1998, 7(4): 44-48.
- [11] 伊万娟,李小雁,崔步礼,等. 青海湖流域气候变化及其对湖水水位的影响 [J]. 干旱气象, 2010, 28(4): 375-383.
- [12] 许何也,李小雁,孙水亮. 近 47 a 来青海湖流域气候变化分析 [J]. 干旱气象, 2007, 25(2): 50-54.
- [13] 孙水亮,李小雁,许何也. 近 40 a 青海湖流域逐日降水和气温变化特征 [J]. 干旱气象, 2007, 25(1): 7-13.
- [14] 姜志伟,华珞,武雪萍,等. 洛阳孟津地区近 47 a 来气温的变化特征 [J]. 中国农业气象, 2009, 30(2): 127-132.
- [15] 郭慕萍,张国宏,茅彧. 黄土高原东部近 45 a 气温变化研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2009, 9: 47-50.
- [16] 蒯军,商兆堂,单婵. 滨海县近 50 a 气候变化特征分析 [J]. 中国农业气象, 2009, 30(增 2): 264-267.
- [17] 李瑞英,张翠英,刘继敏. 菏泽市近 48 a 来气候变化特征及未来趋势分析 [J]. 中国农业气象, 2009, 30(增 2): 268-270.
- [18] 王涛,陈云蔚,孙小平,等. 临安近 50 a 气温变化特征分析 [J]. 浙江气象, 2010, 30: 1-31.
- [19] 吴春艳,轩春怡,刘中丽. 气候变化对北京市水资源可持续利用的影响及对策 [J]. 中国农业气象, 2009, 30(增 2): 200-204.
- [20] 刘青春,秦宁生,许维俊,等. 长江源流量对长江源流域气候年代际变化的响应 [J]. 气象科技, 2008, 6: 102-107.
- [21] 格桑,苏雪燕,普布卓玛. 降水距平百分率在西藏干旱判定中的验证 [J]. 西藏科技, 2009, 2: 61-62.
- [22] 伏洋,张国胜,李凤霞,等. 青海高原气候变化的环境响应 [J]. 干旱区研究, 2009, 26(2): 267-276.
- [23] 青海省志编委会. 《青海省志》——青海湖志 [M]. 西宁: 青海人民出版社, 1998.

Characteristics of Climate Variation in Qinghai Lake Basin During the Recent 50 Years

CHEN Liang¹, CHEN Kelong¹, LIU Baokang², HOU Guangliang¹,
CAO Shengkui¹, HAN Yanli¹, YANG Long¹, WU Yanpeng¹

(1. *College of Biology & Geography Science, Qinghai Normal University, Xi'ning 810008, China;*
2. *Qinghai Provincial Meteorological Bureau, Xi'ning 810001, China*)

Abstract: Under the background of global warming, based on the meteorological data at the four meteorological stations in Qinghai Lake Basin, the response on global warming in Qinghai Lake Basin during the recent 50 years was analyzed by using the methods of temperature anomaly and precipitation anomaly percentage, and combined with the change of water levels of Qinghai Lake. The results are as follows: (1) The annual mean temperature had the increasing trend with the linear rate of 0.28 °C/10 a in Qinghai Lake Basin, and the temperature anomaly of the 30 days moving average indicated that the temperature fluctuated obviously in recent 10 years; (2) The precipitation in Qinghai Lake Basin in the past 50 years fluctuated in general with no significant increasing trend and its standard climate value was 379.1 mm; (3) The average annual evaporation was 895.4 mm in the whole Qinghai Lake Basin; (4) Warming and dry in the Qinghai Lake Basin led to increase of the Lake evaporation, which resulted in water level of Qinghai Lake decline in nearly 50 years with the rate of 0.79 m/10 a.

Key words: Qinghai Lake Basin; climatic change; global warming

~~~~~  
(上接第471页)

## Meso – scale Characteristics of the Convective Cloud in “8.8” Heavy Rain Occurred at Zhouqu County

WANG Jianbing<sup>1</sup>, YANG Jiancai<sup>2</sup>, WANG Zhigui<sup>1</sup>

(1. *Gannan Meteorological Bureau of Gansu Province, Hezuo 747000, China;*  
2. *Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou 730020, China*)

**Abstract:** The characteristics of the convective cloud in “8.8” heavy rain process was analyzed in this paper. Results show that the shear line on the upper air chart of 700 hPa located in the middle of Gansu Province played an important role in the convective cloud's formation, development and maintenance, and at the same time, the two time coalition of convective cloud had a very close relationship for the convective cloud's development. The heavy rain occurred in the process of convective cloud subsiding and moving southward, the heavy rain showed an obvious regional and abrupt characters. The moving path of the convective cloud was effected by the steering flow, topography and mountain and valley winds. The convergence resulted by the mountain and valley winds supplied the water vapour and energy to the maintenance of the convective cloud.

**Key words:** convective cloud; heavy rain; meso – scale; characteristics