

环青海湖地区气候变化及其对湖泊水位的影响

时兴合¹ 李 林² 汪青春² 刘 蓓² 张焕萍² 刘振君²

(1 青海省气象台, 2 青海省资料中心, 西宁 810001)

摘要 分析青海湖地区 1961~2000 年气象观测资料得出:年和四季的气温、地表蒸发以及年和夏季、冬季降水变化的气候倾向率均为正值;而春季、秋季降水变化的气候倾向率为负值。气温升高、地表蒸发加大的趋势比较显著,而降水增多的趋势不显著且年代际变化比较大,气温、地表蒸发等气象要素有向暖干化过渡的趋势,这种暖干化趋势是造成青海湖水位下降的主要原因之一。

关键词 青海湖水位 气候倾向率 暖干气候

引言

青海湖位于青藏高原东北部,面积约 4282 km² (1988 年观测),是我国最大的内陆湖泊,有水文记录以来,一个明显的观测事实是,湖水位平均以每年 10.2 cm (1959~1988 年)的速度急剧下降。最新的气候变化研究结果显示,新疆等地的降水增加、湖面扩大、水位升高,这与青藏高原青海湖水位下降的趋势截然相反。

由于气温升高,特别是流入青海湖河流域面积的降水减少,湖面的蒸发量增大,青海湖水位不断下降,1956~1988 年 32 年的时间里,青海湖水位下降了 3.54 m。青海湖面积缩小、水位不断下降的状况,对周边地区的局地气候要素可能产生较大的影响。为此我们对青海湖地区气候的年际变化及年代际变化问题作了研究,目的是了解青海湖水位持续下降的基本原因,并为开展环境监测预报工作积累相关知识。

1 资料及计算方法

用 1961~2002 年环青海湖地区气象观测资料,计算环青海湖地区月、季、年的平均气温、降水量、地表蒸发量序列,利用计算的气象要素时间序列,以时间为自变量,要素为因变量,建立一元回归或多阶曲

线模拟方程(方程略)。将方程系数 $b_1 \times 10$ 称为变化倾向率, b_1 值的符号反映上升或下降的变化趋势, $b_1 < 0$ 表示在计算时段内呈下降趋势, $b_1 > 0$ 表示呈上升趋势, b_1 绝对值的大小可以度量其演变趋势上升、下降的程度^[1~4]。

2 近 40 年环青海湖地区气候变化的基本特征

气象基本要素的时间变化不仅决定着环青海湖地区(刚察、共和、天峻,以下同)气候的演变,同时也对其它环境因子的发展和演变起启动作用。为了探讨环青海湖地区现代气候资源的变化过程,对辖区内 3 个气象台站 1961~2002 年月、季、年的气象资料作算术加权平均,建立本区统一的时间序列资料,利用数理统计方法对这一时间序列进行气候诊断分析,揭示上述地区年代际和长年代气候趋势变化的基本特征和规律。

2.1 气温变化

图 1 为环青海湖地区年平均气温变化曲线(季平均气温图略)。可以看出,一元线性拟合的年、季气温上升趋势比较直观;6 阶多项式拟合的年平均气温曲线反映出自 20 世纪 80 年代末显著增暖以来,90 年代后期增暖达到了最强。环青海湖地区年平均气温 1961~1962、1967、1983 年为相对的低温年,1988 年、1998~2002 年则为相对的高温年。

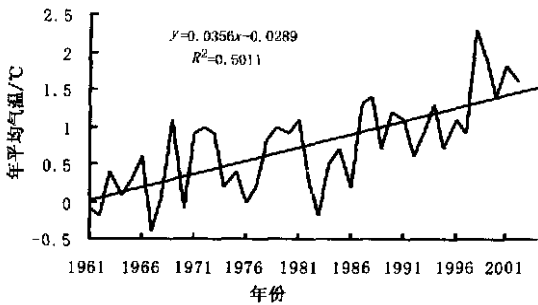


图1 环青海湖地区年平均气温年际变化

计算分析环青海湖地区年、季气温变化倾向率得出,年和春、夏、秋、冬四季的气温变化倾向率均为正值,它们的倾向率分别为每 10 年 0.356、0.149、0.252、0.411、0.614℃。这说明过去 40 年以来,环青海湖地区多数季节增暖是比较显著的,相对而言,秋、冬季增暖最为明显,夏季次之,春季增暖最为缓慢。此外,多数季节的变暖,也导致了年平均气温的增暖。

从环青海湖地区年、季平均气温年代际变化统计(表 1)看出,1971~2000 年环青海湖地区年、季的标准气候均值较 1961~1990 年偏高 0.2~0.5℃,秋、冬季和年平均气温各年代呈递增趋势;春、夏季气温总的趋势也在升高,但在 20 世纪 60 年代和 80 年代存在一个相对低温期。年平均气温 90 年代较 60 年代平均偏高了 1.0℃,而 70 和 80 年代较 60 年代仅偏高 0.4~0.5℃,偏高幅度相差近 1 倍。年平均气温经历了一个从“低—高”的演变过程。各季节气温变化的特点如下:

春季 20 世纪 90 和 70 年代为升温段,而 60 和 80 年代为降温段,并且 90 年代春季平均气温较 80 年代平均偏高了 0.8℃。夏季升温段出现在全球变暖比较明显的 90 年代,其余年代为相对低温段,较暖的 90 年代比 60~80 年代平均偏高了 0.5~0.8℃。秋、冬季 80~90 年代气温较 60~70 年代平均偏高了 0.5~0.8℃,秋、冬季平均气温 90 年代比 60 年代分别偏高 1.1℃和 1.6℃。同时,冬季也是 4 个季节中年代际平均气温升高最快的季节之一。

由以上分析可以得出,环青海湖地区 1961 年以来气温变化的特点是,春季增温不明显或者升温比较缓慢,而夏、秋、冬 3 季变暖比较显著,多数季节的显著升温导致了年平均气温的显著变暖。年平均气温和多数季节的这种增暖趋势与华北、东北和西北^[5-8]的其它地区变暖的趋势基本一致,而增暖的幅度相对偏小。

表 1 环青海湖地区年、季平均气温年代际变化℃

	1961 ~ 1970 年	1971 ~ 1980 年	1981 ~ 1990 年	1991 ~ 2000 年	1961 ~ 1990 年	1971 ~ 2000 年
年平均	0.2	0.6	0.7	1.2	0.5	0.9
春季平均	1.7	2.0	1.5	2.3	1.7	1.9
夏季平均	10.9	11.2	11.1	11.7	11.1	11.3
秋季平均	0.2	0.5	0.9	1.3	0.5	0.9
冬季平均	-11.9	-11.1	-10.6	-10.3	-11.2	-10.7

2.2 降水变化

图 2 给出了环青海湖地区年降水变化曲线(各季降水曲线图略)。从图可以得出,一元线性拟合直线的春季、秋季降水下降和冬季上升趋势比较直观,年和夏季降水环青海湖地区增多的趋势也一目了然。年降水的 6 阶拟合曲线也很直观的反映了 20 世纪 80 年代多雨和 90 年代少雨的特征,并且 90 年代末降水仍然处在拟合曲线的谷底,为偏少趋势。环青海湖地区年平均降水量,1967、1984、1988、1989 年为多雨年份,而 1962、1973、1978、1990 年为少雨年份。

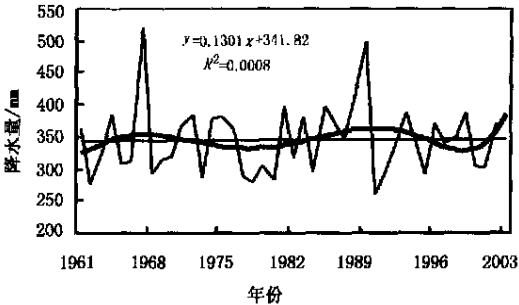


图2 环青海湖地区年降水量年际变化

分析环青海湖地区年、季降水变化倾向率得出,年、夏季、冬季降水变化的气候倾向率为正值,分别为每 10 年 1.301、5.875、0.147 mm;而春季、秋季降水变化的气候倾向率为负值,分别为每 10 年 -2.497、-3.570 mm。这说明环青海湖地区年、季降水变化也不十分突出,降水缓慢增加或减少均属正常波动。此外,夏季降水 80 年代和 90 年代明显增加也在年降水量增加中占有较大的比重。

表 2 给出了环青海湖地区年、季各年代平均降水量的平均值,由此表可以看出,年平均降水量环青海湖地区 1971~2000 年较 1961~1990 年标准气候均值平均减少了 0.3 mm,其中,夏季和冬季 1971~2000 年较 1961~1990 年分别增加了 7.8、0.3 mm,而春季和秋季均减少了 4.4 mm。年平均降水量 20

表 2 环青海湖地区年、季降水量年代际变化	mm					
	1961 ~ 1970 年	1971 ~ 1980 年	1981 ~ 1990 年	1991 ~ 2000 年	1961 ~ 1990 年	1971 ~ 2000 年
年平均	341.3	331.8	367.2	340.0	346.8	346.3
春季平均	95.0	79.4	95.6	81.9	90.0	85.6
夏季平均	206.7	216.5	233.1	230.1	218.8	226.6
秋季平均	64.2	66.3	63.0	51.1	64.5	60.1
冬季平均	2.7	4.4	3.2	3.7	3.4	3.7

世纪 80 年代最多,而 70 年代最少,60 和 90 年代相差不大,最多的 80 年代与最少的 70 年代相差 35.4 mm,年平均降水量 90 年代比 80 年代也平均偏少 27.2 mm。相对而言,年平均降水量从 60~90 年代依次经历了一个“多、少、多、少”的年代际变化过程。环青海湖地区降水各季节年代际变化的特点如下:

春季降水量 20 世纪 70、90 年代在 79.4~81.9 mm 之间,而 60 和 80 年代在 95.0~95.6 mm 之间,前者较后者偏少 13.5~14.6 mm。春季降水经历了一个“多、少、多、少”的年代际演变过程,这与年降水量的年代际变化趋势完全一致。

夏季降水 80 和 90 年代多,而 60 和 70 年代少,最多的 80 年代与最少的 60 年代相差 26.4 mm,降水年代际之间的变化趋势正好与秋季相反,即从 60~90 年代依次经历了一个“少、少、多、多”的年代际变化过程。

秋季降水 90 年代比多雨的 70 年代明显偏少了 15.2 mm,比次多的 60 年代偏少约 13.1 mm,秋季降水趋势的年代际变化特征与夏季相反,即从 60~90 年代依次经历了一个“多、多、少、少”的年代际演变过程。

冬季降水 70 和 90 年代多,而 60 和 80 年代少,最多的 70 年代与最少的 60 年代相差 1.7 mm。降水的年代际演变趋势与春季相反,即为“少、多、少、多”的变化趋势。

降水的年代际演变趋势,年和春季一致,夏季和秋季相反,冬季则与春季和年相反,即近 40 年,降水的季节分配变化比较大,基本表现为冷季和暖季略有增加,而过渡季节减少幅度比较大。近 20 年,过渡季节和暖季的降水 90 年代比 80 年代明显偏少。

从以上分析得出:在全球气候变暖的背景下,环青海湖地区夏季和冬季降水略有增加,而过渡季节降水在减少。夏季和冬季的变化趋势,上述地区 and 新疆^[8~9]的演变趋势基本一致,但降水增加幅度明显偏小。近 10 年,降水的演变特点与甘肃、陕西和

宁夏基本一致,即 90 年代多数季节降水比 80 年代明显减少,基本呈现出暖干化的特征。

2.3 地表蒸发量变化

图 3 给出了环青海湖地区地表年蒸发量变化曲线(各季地表蒸发曲线图略)。从这些图可以得出,一元线性拟合直线年和春、夏、秋、冬四季地表蒸发量上升的趋势比较直观。年地表蒸发量 6 阶拟合曲线也很直观的反映了 20 世纪 60 和 80 年代地表蒸发量相对较小而 90 年代地表蒸发量大的特征,并且 90 年代后期地表蒸发量增大比较迅速。

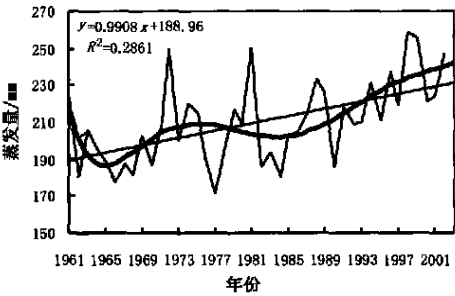


图 3 环青海湖地区地表年蒸发量变化曲线

分析环青海湖地区年、季地表蒸发量变化倾向率得出,年和春、夏、秋、冬四季地表蒸发量变化的气候倾向率均为正值,分别为每 10 年 9.908、1.267、5.786、2.599、0.257 mm。这说明夏、秋、冬 3 季环青海湖地区地表蒸发量变化比较突出,呈明显的增加趋势。多数季节地表蒸发量的增加,也导致了年地表蒸发量的缓慢增加。

表 3 给出了环青海湖地区年、季蒸发量(用高桥浩一郎^[10]蒸发公式计算地表蒸发量)各年代的平均值。由此表可得,年和春、夏、秋、冬四季平均蒸发量环青海湖地区 1971~2000 年较 1961~1990 年标准气候均值分别增加了 11.7、1.8、7.1、2.1、0.3 mm。年和四季蒸发量 90 年代最大,而 60 年代最小。年和四季的蒸发量都经历了一个从“少—多”的历史演变过程。

表 3 环青海湖地区地表年、季蒸发量年代际变化	mm					
	1961 ~ 1970 年	1971 ~ 1980 年	1981 ~ 1990 年	1991 ~ 2000 年	1961 ~ 1990 年	1971 ~ 2000 年
年平均	193.4	207.5	207.7	227.3	202.9	214.2
春季平均	27.0	30.7	25.1	32.3	27.6	29.4
夏季平均	146.6	154.5	157.7	168.1	153.0	160.1
秋季平均	19.2	21.2	23.8	25.5	21.4	23.5
冬季平均	0.8	0.9	1.2	1.4	0.9	1.2

从以上分析也可以得出,在全球气候变暖的背景下,环青海湖地区年和多数季节地表蒸发量有增大的趋势,这和气温的演变趋势基本一致。气候变暖不仅仅是气温逐年升高,地表蒸发量也逐年加大,变暖导致了地表水分的亏损。

3 年际及年代际气候变化对水位升降的影响

1959~2000年青海湖沙陀寺及下社2水文站观测资料分析表明,近40多年来青海湖水位除个别年份略有回升外,总体上呈现出明显下降趋势,年下降7.9 cm(图4)。在1959~2000年的42年中,湖水位上升年份为12年,持平年份为1年,其余28年为水位下降年份。同时,青海湖水位存在着明显的年内变化特征,1~4月水位平缓,从5月份开始上涨,至8、9月达到最高值,随后下降较快,至12月达到全年最低水位。

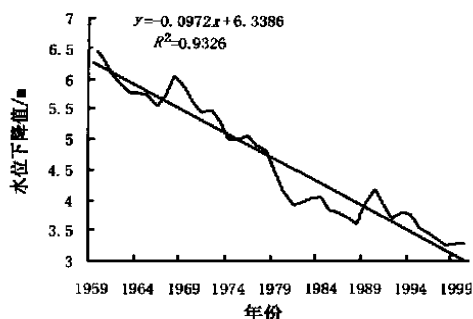


图4 1959~2000年青海湖水位变化曲线

青海湖水位下降的原因包括人类活动和气候变化两方面。由于湖周围水浇地面积约2万 hm^2 ,草地灌溉面积4000 hm^2 ,年灌溉量为 $0.8 \times 10^8 \text{ m}^3$,人畜饮用水量 $0.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。湖周围耕地主要是在1958~1960年开垦的,至今保留的不足一半,且随着退耕还草工程的实施,耕地面积在进一步减少。在耕地减少的情况下,水位在不断下降。青海湖年亏损水量约 $4.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,人类耗用水仅占1/5,说明人类活动对青海湖水位的影响是比较小的。

气候变化对青海湖水位的影响,是通过湖泊水量的收支平衡变化来实现的。一方面,环青海湖地区降水量减少使入湖河流的流量减少,进而导致湖泊水位的下降。另一方面,气温的升高和蒸发的增大,使湖面蒸发量增大,致使青海湖水量存储减少,最终出现水位下降。统计表明^[8],当气温不变、降

水量增加1 mm时,水位上升4.1 mm;当降水量不变、气温升高1 $^{\circ}\text{C}$ 时,水位下降95 mm;若降水量不变,当陆面蒸发增加20 mm,水位下降6.3%。即降水增加对湖泊水位的影响是正效应,而气温上升和蒸发增大对水位的影响是负效应。也就是说,流域内年降水量增加23.2 mm时,水位上升95 mm,与气温升高1 $^{\circ}\text{C}$ 的效应正好相抵。而降水量净增23.2 mm,仅相当于年降水量增加6%,在40多年的气象观测年份里,降水量变化超过 $\pm 6\%$ 的年份有2/3之多,而年平均气温距平超过1 $^{\circ}\text{C}$ 的年份基本没有出现过,说明青海湖水位的年际波动主要受降水量的影响。

从水位与降水量年际变化的对应关系来看,仅在1958~1986年的29年中,就有19年出现了水位下降,期间水位下降2.77 m。这19年的水位下降累计量为3.3 m,占水位下降总量的76%,占水位下降总年份的68%。在水位下降的19年中,有14年为偏干年份,水位下降的累计量为2.43 m,占青海湖水位下降19年累计总量的74%,可见,降水量对水位的下降起着决定性的作用。但是,在偏干的年份中,又以偏暖年份的水位下降为主导,期间9个暖干年份水位下降的累计量为1.76 m,几乎是冷干年份的2.6倍。因此,可以说暖干气候是造成青海湖水位下降的主要原因。

2002年环青海湖地区年降水量在337~470 mm之间,列器测记录的第5位。与多年平均(1971~2000年)比较,刚察、共和、天峻分别偏多6%、7%、45%,降水偏多时段主要出现在春季,主要来水段在布哈河和北部的其它河段。同期的年平均气温在-0.7~3.7 $^{\circ}\text{C}$ 之间,较同期(1971~2000年)的平均值偏高0.5~1.0 $^{\circ}\text{C}$,其中共和偏高1.0 $^{\circ}\text{C}$ 。2002年,流入青海湖的水量是历年平均的3倍,有效地抑制了青海湖水位下降的趋势,这除了与2002年环湖地区降水量明显偏多有直接关系外,还与环湖地区1.5万 hm^2 草场通过生态环境治理、植被得到暂时恢复也有间接的关系。

4 结论

(1)1971~2000年环青海湖地区年、季平均气温的标准气候均值较1961~1990年偏高0.2~0.5 $^{\circ}\text{C}$,秋、冬季和年平均气温各年代是递增的趋势;春、夏季气温总的趋势也在升高,但在20世纪60年代

和80年代存在一个相对低温期,年和春、夏、秋、冬四季气温变化的倾向率均为正值,它们的倾向率分别为每10年0.356、0.149、0.252、0.411、0.614℃。

(2)年平均降水量环青海湖地区1971~2000年较1961~1990年标准气候均值平均减少了0.3 mm,其中,夏季和冬季分别增加了7.8、0.3 mm,春季和秋季平均减少了4.4 mm,即冷季和暖季略有增加,而过渡季节减少幅度比较大。年和夏季、冬季降水变化的气候倾向率为正值,分别为每10年1.301、5.875、0.147 mm;而春季、秋季降水变化的气候倾向率为负值,分别为每10年-2.497、-3.570 mm。

(3)环青海湖地区年和春、夏、秋、冬四季地表平均蒸发量1971~2000年较1961~1990年标准气候均值分别增加了11.7、1.8、7.1、2.1、0.3 mm。年和四季蒸发量90年代最大,而60年代最小。年和四季的蒸发量都经历了从“少—多”的历史演变过程。年和春、夏、秋、冬四季地表蒸发量变化的气候倾向率均为正值,分别为每10年9.908、1.267、5.786、2.599、0.257 mm。

(4)近40多年来青海湖水位除个别年份略有回升外,总体上呈现出明显下降趋势,年下降7.9 cm。

在1959~2000年的42年中,湖水位上升年份为12年,持平年份为1年,其余28年为水位下降年份。水位下降(或上升)的原因主要是暖干(湿)化气候作用的结果。

参考文献

- 1 黄嘉佑.气候状态变化趋势与突变分析.气象,1995,21(7):22-26
- 2 汪青春,白彦芳.青海近40年的旱涝变化研究.青海气象,2000,(4):15-22
- 3 汪青春,周陆生,周宁芳.黄河上游气候因子对天然牧草产量的影响及最佳人工增雨期的选择.青海气象,2001,(2):28-31
- 4 马钰,唐朝淑,周余萍.青海气候变化的再认识.青海气象,1993,(3):19-23
- 5 曹鸿兴,李月红,魏凤英.我国短期气候变化成因研究.北京近30年高空温度变化特征.北京:气象出版社,1996.83-90
- 6 唐国利,林学椿.1921~1990年我国气温序列及变化趋势.气象,1992,18(7):21-26
- 7 施雅风,沈永平,李栋梁,等.中国西北气候由暖干向暖湿转型问题评估.北京:气象出版社,2003.17-44
- 8 秦大河(主编).中国西部环境演变评估,中国西部环境特征及其演变.北京:科学出版社,2002.54-67
- 9 施雅风.气候变化对西北华北水资源的影响.济南:山东科学出版社,1995.127-141
- 10 高桥浩一郎.月平均气温月降水量以及蒸发散量的推定方式.天气(日本),1979,26(12):759-763

Climatic Change and Its Influence on Water Level of Qinghai Lake

Shi Xinghe¹ Li Lin² Wang Qingchun² Liu Pei² Zhang Huanping² Liu Zhenjun²

(1 Qinghai Provincial Meteorological Office, 2 Qinghai Climatic Center, Xining 810001)

Abstract: An analysis was made of observed data around the Qinghai Lake from 1961 to 2000, and the results show that the climatic tendencies of the annual and seasonal air temperature and surface evaporation and summer and winter precipitation change were all positive, while the climatic tendencies of spring and autumn precipitation change were negative. The tendencies of temperature rising and surface evaporation increasing were more significant, while the tendency of precipitation increasing was less obvious and its inter-annual change was slightly greater. The meteorological factors such as air temperature and surface evaporation shows the tendency of transiting toward warm and dry, which is the main cause of the falling water level of the Qinghai Lake.

Key words: Qinghai Lake, water level, climatic tendency