

厄尔尼诺/拉尼娜事件对青海湖周边地区气候的影响

张慧慧¹, 赵景波^{1,2}

(1. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062;

2. 中国科学院 地球环境研究所 黄土与第四纪地质国家重点实验室, 陕西 西安 710075)

摘要: 根据 1961 年来青海湖周边地区的气温和降水量资料, 结合小波分析和 ENSO 事件的发生与变化, 研究了 1961 年来青海湖周边气温与降水的变化趋势, 以及厄尔尼诺/拉尼娜事件对该区气温、降水量以及旱涝灾害的影响。结果表明, 1961 年来青海湖周边地区的年降水量呈波动上升趋势, 西部最显著, 年降水量以 8.73 mm/10 a 的速率增加。该地区的年平均气温呈波动上升趋势, 平均气温增温率接近或明显高于全国平均水平。1988—2010 年多年平均气温比 1961—1987 年增加更显著。小波分析显示, 青海湖周边地区降水变化周期约为 3, 7 和 17 a, 气温变化的周期约为 3, 7 和 29 a。不同研究区域的降水量和气温变化与 ENSO 事件相关性不同。研究数据表明, 青海湖周边地区厄尔尼诺年发生涝灾多于旱灾, 而拉尼娜年多发生旱灾。1961—2009 年青海湖水位总体趋势在下降, 2005 年后出现回升, 流域降水量对湖水位的年变化有显著影响。

关键词: 厄尔尼诺/拉尼娜; 气温; 降水量; 旱涝灾害; 青海湖周边地区; 水位

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)01-0146-06

中图分类号: P732

Effects of El Nino/La Nina Events on Climate in Qinghai Lake and Its Surrounding Areas

ZHANG Hui-hui¹, ZHAO Jing-bo^{1,2}

(1. College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China;

2. State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, CAS, Xi'an, Shaanxi 710075, China)

Abstract: The trends and periodic changes of temperature and precipitation processes in the Qinghai Lake periphery are analyzed based on temperature and precipitation data since 1961 and combined with wavelet analysis and the El Nino/La Nina events. The effects of the El Nino/La Nina events on temperature, precipitation and droughts and floods are investigated as well. Results showed that the annual precipitation was increasing, most notably in the west, and the annual precipitation was increasing at a speed of 8.73 mm/10 a. Moreover, the annual temperature was increasing. The mean temperature warming rates were close to or above the national average. Bounded by 1987, the average temperature during 1988—2010 was significantly higher than that during 1961—1981. The tests on wavelet periodic changes indicated that the periods of annual precipitation in the Qinghai Lake periphery were about 3, 7 and 17 years and those of annual temperature were about 3, 7 and 29 years. The correlations between ENSO events and precipitation and temperature were different in different regions. Floods occurred easily in the El Nino years, while droughts occurred easily in the La Nina years. The lake level was decreasing, but it has rebounded since 2005. The precipitation had a significant impact on the water level.

Keywords: El Nino/La Nina; temperature; precipitation; drought and flood; Qinghai Lake periphery; water level

ENSO 现象是指赤道中、东太平洋海温的冷暖交替异常变化, 是大范围海气相互作用的结果, 也是全球气候变化的强信号之一。

我国已有许多学者研究 ENSO 事件对我国气候的影响^[1-5], 研究以 ENSO 事件与我国各区域气温、

降水及旱涝灾害变化的关系为主, 同时关注其对西太平洋副热带高压和台风等的影响, 但具体到 ENSO 事件对青海湖流域气候影响的相关研究仍较少。青海湖流域地处青藏高原东北部, 地理坐标为 36°15'—38°20'N, 97°50'—101°20'E, 流域面积 29 661 km²。

收稿日期: 2012-02-20

修回日期: 2012-03-28

资助项目: 国家科技支撑计划项目“青海湖流域生态和环境综合检测与评估技术”(2007BAC30B01)

作者简介: 张慧慧(1988—), 女(汉族), 山西省长治市人, 硕士研究生, 研究方向为环境评价与治理。E-mail: huihui1190@stu.snnu.edu.cn。

通信作者: 赵景波(1953—), 男(汉族), 山东省滕州市人, 教授, 博士生导师, 研究方向为第四纪与自然地理研究。E-mail: zhaojb@snnu.edu.cn。

其四周为青海南山、日月山和大通山所环绕,是我国东部季风气候区、西北干旱区和西南高寒区的交汇地带,地方性气候显著,且为青海省重要的渔业、畜牧业和旅游业基地,研究 ENSO 事件对其气候的影响具有重要意义。

1 资料来源与方法

本文降水量和气温数据来源于“中国气象科学数据共享服务网”,由于青海湖流域内气象站点稀少,仅有刚察和天峻 2 个气象站,因此又选取了距离青海湖较近,且具有一定的代表性的共和站和海晏站的统计资料进行分析。天峻站缺少 2009、2010 年气象数据,海晏站缺少 1961—1975 年气象数据。

研究青海湖周边气候变化与 ENSO 事件关系时,利用 2×2 列联表,进行 X^2 检验,以确定 ENSO 事件与该区气候变化的相关性程度和置信水平^[6]。

2 1961 年来 ENSO 事件的发生与变化

2.1 1961 年来 ENSO 事件的统计

为了研究 ENSO 事件对气候变化的影响,需要明确 ENSO 事件的定义。由于不同学者选取的 Niño 检测区及所用资料指标的不同,加之,ENSO 事件自身发生发展的复杂性,因此目前国内外对 ENSO 事件的划分无统一标准^[7-12]。本文根据中国 ENSO 监测小组^[13]确定的标准,采用赤道东太平洋($10^{\circ}\text{N}-10^{\circ}\text{S}, 180^{\circ}\text{W}-90^{\circ}\text{E}$)月平均 SSTA(平均海面温度异常) $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$ ($\leq -0.4^{\circ}\text{C}$),持续时间 6 个月,中断时间不超过 1 个月,定义为一次厄尔尼诺事件(拉尼娜事件)。1961—2009 年,有 16 a 发生厄尔尼诺事件,共发生厄尔尼诺事件 14 次,有 13 a 发生拉尼娜事件,共发生拉尼娜事件 11 次,其余 20 a 为正常年份(表 1—2)。

表 1 1961 年来的厄尔尼诺事件^[13]

序号	El Niño 事件年	发生年	结束年	持续月	强度	发生季节	序号	El Niño 事件年	发生年	结束年	持续月	强度	发生季节
1	1963	1963	1963	9	1	夏	8	1993	1993	1993	9	2	春
2	1965	1965	1966	15	2	春	9	1994	1994	1994	9	2	春
3	1972	1972	1972	12	3	夏	10	1997	1997	1998	15	3	春
4	1976	1976	1976	9	1	夏	11	2002	2002	2003	12	1	春
5	1982—1983	1982	1983	15	3	秋	12	2004—2005	2004	2005	12	1	夏
6	1987	1986	1987	18	3	秋	13	2006	2006	2007	9	1	秋
7	1991	1991	1992	18	2	春	14	2009	2009	2010	10	3	夏

表 2 1961 年来的拉尼娜事件^[13]

序号	La Nina 事件年	发生年	结束年	持续月	强度	发生季节	序号	La Nina 事件年	发生年	结束年	持续月	强度	发生季节
1	1962	1962	1963	9	-1	秋	7	1984—1985	1984	1985	12	-1	冬
2	1964	1964	1964	9	-1	春	8	1988	1988	1989	12	-3	夏
3	1968	1967	1968	15	-2	春	9	1995	1995	1996	12	-1	春
4	1970	1970	1971	21	-2	夏	10	1999—2000	1998	2000	21	-3	秋
5	1974	1973	1974	18	-3	夏	11	2007	2007	2008	9	-3	秋
6	1975	1975	1975	12	-3	春							

2.2 1961 年来 ENSO 事件的特征

2.2.1 时间特征 ENSO 事件起止时间不同,14 次厄尔尼诺事件中,各季节发生的次数及所占比例为:春季 6 次,占 42.9%;夏季 5 次,占 35.7%;秋季 3 次,占 21.4%。11 次拉尼娜事件各季节发生的次数及所占比例为:春季 4 次,占 36.4%;夏季 3 次,占 27.3%;秋季 3 次,占 27.3%;冬季仅发生 1 次,占 9.0%。由此可见,ENSO 事件发生时间以春季为主,夏秋季次之。ENSO 事件持续时间也不尽相同,有的仅几个月,如 1962 年的拉尼娜事件、1963 年和 1976 年的厄尔尼诺事件等。有的跨 2 个自然年,有的甚至跨 3 个自然年。以 10 a 为一个限度,由表 1、2 可知,

90 年代以来,厄尔尼诺事件发生次数均达到 4 次,与 60—80 年代的 2 次相比明显增多,可见,90 年代以来为厄尔尼诺事件多发期。

2.2.2 强度特征 根据海温距平对 ENSO 事件强度进行等级量化(表 1—2):强厄尔尼诺(3)、中等厄尔尼诺(2)、弱厄尔尼诺(1);弱拉尼娜(-1)、中等拉尼娜(-2)、强拉尼娜(-3);正常年(0)。可以看出,60 年代以来 ENSO 事件的发生具有波动性,波动周期为 2~7 a。强厄尔尼诺事件有 5 次,分别是 1972、1982—1983、1987、1997、2009 年;强拉尼娜事件有 5 次,分别是 1974、1975、1988、1999—2000、2007 年。总体而言,厄尔尼诺事件的强度大于拉尼娜事件的强度。

3 青海湖周边地区 1961 年来降水量变化与 ENSO 事件关系

3.1 青海湖周边地区 1961 年来降水量变化

青海湖北部(刚察)1961 年来的年均降水量为 381.77 mm,南部(共和)、西部(天峻)、东部(海晏)的分别为 318.90,344.83,397.86 mm。研究区年降水量年际变化较大,整体呈现波动上升趋势(图 1)。其中

北部(5.02 mm/10 a)、南部(2.00 mm/10 a)增幅不明显,西部增幅最显著,年均降水量以 8.73 mm/10 a 的速率增加。根据多项式拟合趋势线及数据分析可知,研究区域 70 年代降水量相对偏少,80 年代出现明显增加,并达到最高,90 年代较 80 年代略有减少,2000 年后降水又继续回升。与 70 年代相比,80 年代年均降水量东部增幅最显著,增加了 52.23 mm,增幅最小的南部地区也增加了 31.20 mm。

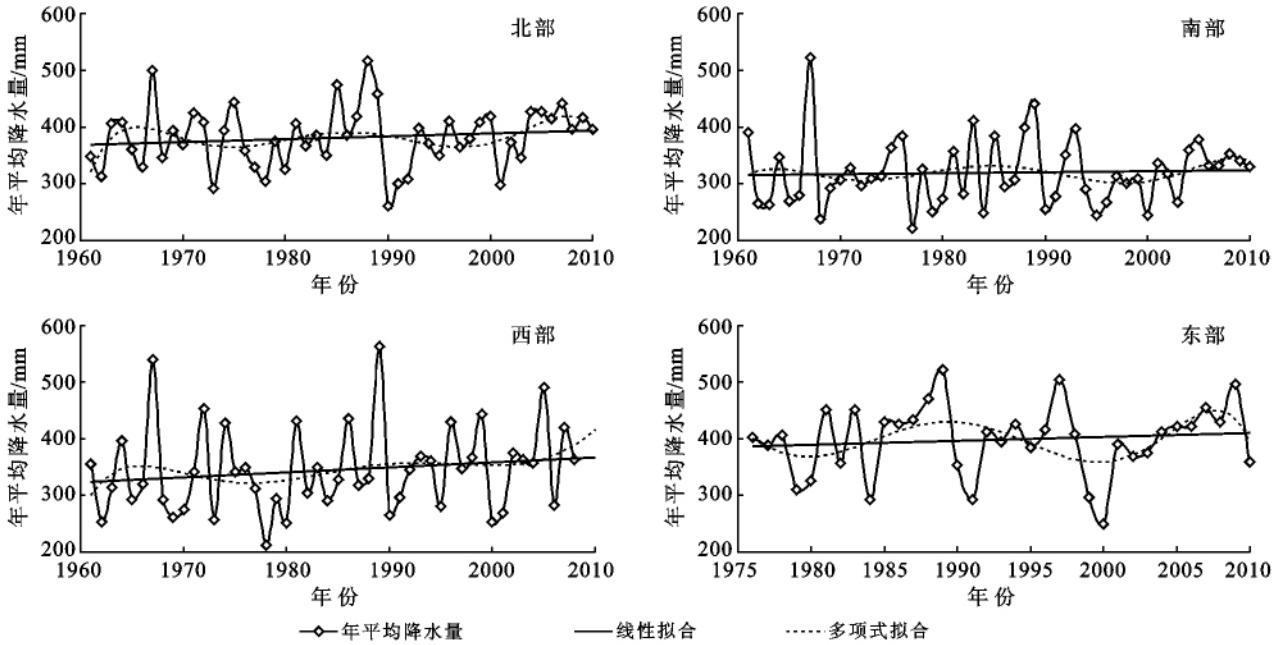


图 1 青海湖周边地区 50 a 来年平均降水量变化

3.2 青海湖周边地区 1961 年以来降水量的的小波分析

利用 MHF 小波变换对降水变化做多时间尺度的分析,结果如图 2a 所示,图 2a 中虚线为负等值线,代表降水偏少,实线为正等值线,代表降水偏多。由图 2a 可知,不同时间尺度相应的降水结构不同。降水量在 10 a 以下尺度上,周期震荡剧烈,无明显的规

律。在 25 a 以上尺度周期震荡趋于平缓,规律比较清晰,经历了少—多—少—多 4 个循环交替,并且到 2010 年降水增多等值线仍未闭合,表明降水增多的趋势有可能还将继续。从图 2b 中可以得出,3 个小波方差峰值在 3.1,7.1 和 16.7 a 尺度上。青海湖周边地区降水变化以 3 a 的周期为最强,是第 1 主周期。

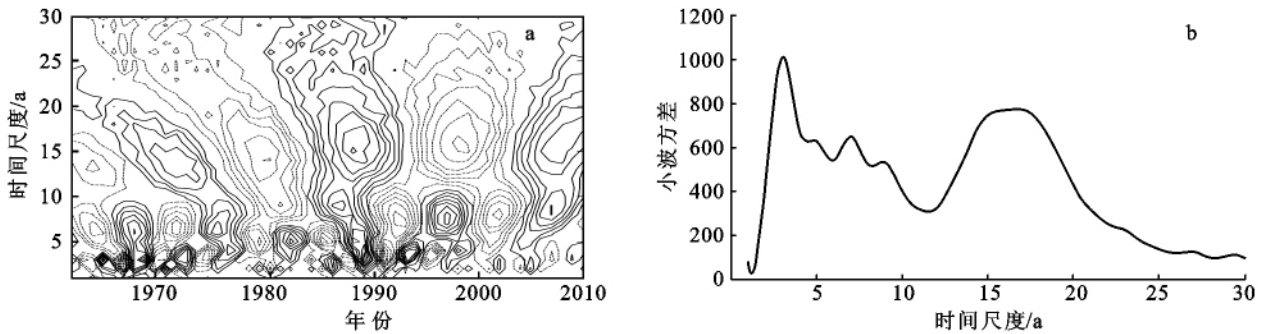


图 2 青海湖周边地区降水量的的小波变换系数(a)和小波方差(b)

3.3 青海湖周边地区 1961 年来降水量变化与 ENSO 事件关系

利用 X^2 检验^[6]对表 3 中年降水距平数据处理

得:北部 $X_{EP}^2 = 0.3585$, $X_{LP}^2 = 0.6875$;南部 $X_{EP}^2 = 0.0011$, $X_{LP}^2 = 1.2202$;西部 $X_{EP}^2 = 0.0432$, $X_{LP}^2 = 5.1754$;东部 $X_{EP}^2 = 0.0275$, $X_{LP}^2 = 3.0310$ (式中:

E——厄尔尼诺事件; L——拉尼娜事件; P——降水量)。与理论值^[6]($X^2_{(0.05,1)} = 3.841, X^2_{(0.01,1)} = 6.635$)相比可知,除拉尼娜事件与西部降水量变化超过显著水平外,青海湖周边其他地区降水量变化与 ENSO 事件的关系均达不到相关水平。

通过对青海湖西部降水量变化与 ENSO 事件的

关系进行分析得知,西部厄尔尼诺年的多年平均降水量(350.29 mm)比正常年的(348.53 mm)高 1.76 mm,而拉尼娜年的多年平均降水量(332.83 mm)比正常年的低 15.70 mm。可见,拉尼娜年西部年降水距平以负距平为主,降水量显著减少,拉尼娜事件与西部降水量变化超过显著水平。

表 3 降水量及气温距平变化与 ENSO 事件年数的关系

年型	年降水距平								年均温距平							
	北部		南部		西部		东部		北部		南部		西部		东部	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
El Niño 年	9	7	7	9	9	6	9	4	10	6	11	5	8	7	7	6
La Nina 年	8	5	5	8	4	9	3	4	4	9	4	9	4	9	4	3
非 El Niño 年 且非 La Nina 年	8	12	9	11	11	9	8	6	10	10	8	12	10	10	6	8
非 El Niño 年	16	17	14	19	15	18	11	10	14	19	12	21	14	19	10	11
非 La Nina 年	17	19	16	20	20	15	17	10	20	16	19	17	18	17	13	14

4 青海湖周边地区 1961 年来气温变化与 ENSO 事件关系

4.1 青海湖周边地区 1961 年来气温变化

青海湖周边地区 1961 年来的年平均气温呈波动上升趋势(图 3),根据线性拟合,青海湖北部、南部、西部和东部的年平均气温分别以 0.032, 0.053, 0.035, 0.049 °C/a 的速率增加。与全国平均气温增长率 0.03 °C/a 相比^[14],该区域增幅接近或明显高于

全国水平,这可能与青藏高原对全球变化的敏感性有关^[15]。由多项式拟合结果可知,20 世纪 60—80 年代中期趋势线在平均值以下,年平均气温多为负距平,为相对冷期,80 年代后期气温开始转暖。根据有关专家的研究^[16-17],认为 1987 年是西北地区西中部气候转向暖湿型的突变年。以 1987 年为界,青海湖北部、南部、西部和东部 1988—2010 年多年平均气温比 1961—1987 年多年平均气温分别高 0.82, 1.37, 0.86, 0.88 °C,远高于全国平均水平(0.35 °C)。

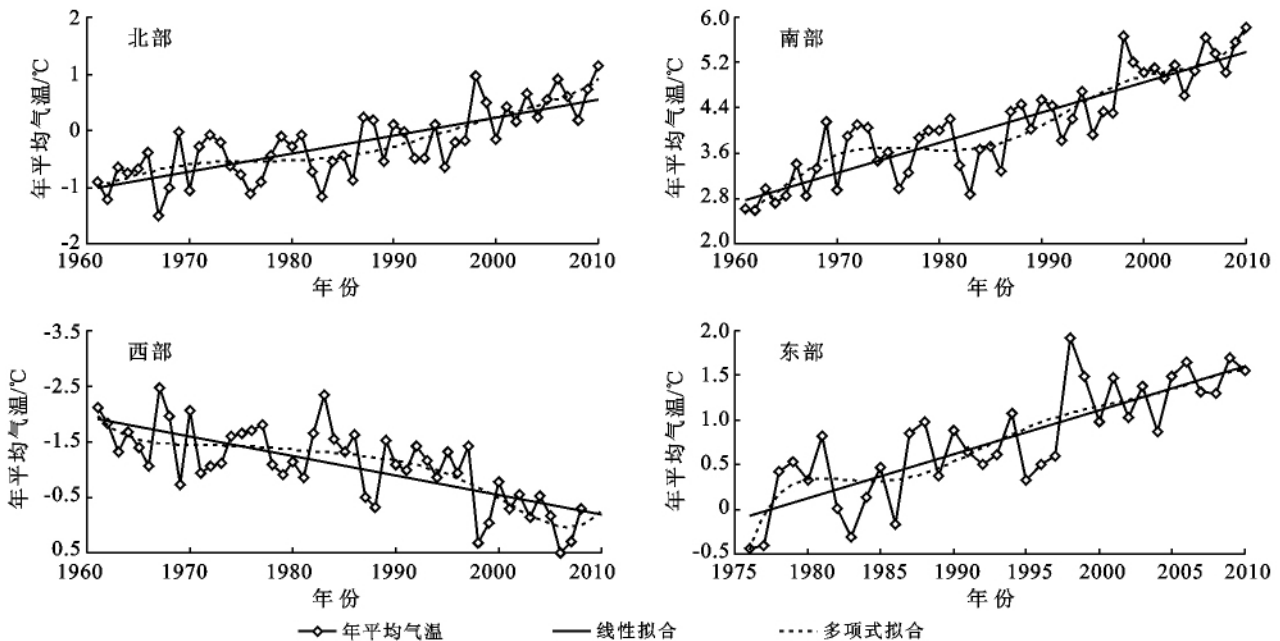
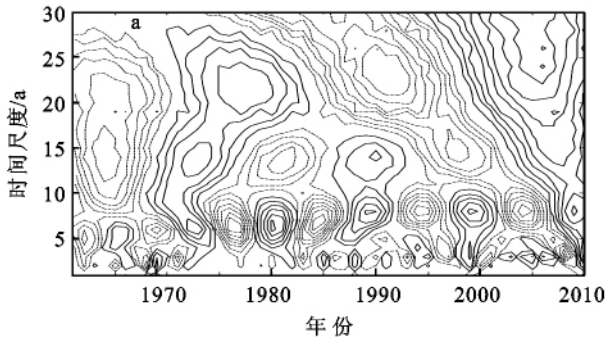


图 3 青海湖周边地区近 50 a 来年平均气温变化

4.2 青海湖周边地区 1961 年来气温的小波分析

图 4 为 1961 年来年平均气温距平的 Morlet 小波变换图和小波方差图,图 4a 中虚线为负等值线,代表气温偏低,实线为正等值线,代表气温偏高。由图 4 可知,气温在 5 a 以下尺度上,周期震荡剧烈,表现为无明显的规律。随着时间尺度的增加,周期震荡趋于平缓,规律比较清晰。在靠近 7 a 的尺度上,经历



了低—高 10 个循环交替。在 29 a 尺度上,经历了低—高交替,且到 2010 年气温增高等值线仍未闭合,表明气温增高的趋势有可能还将继续。从图 4b 中可以得出,3 个小波方差峰值 3.0,7.4 和 29.1 年尺度上。说明青海湖周边地区的气温变化以 29 a 的周期为最强,是第 1 主周期,第 2,3 主周期分别为 3 a 和 7 a。

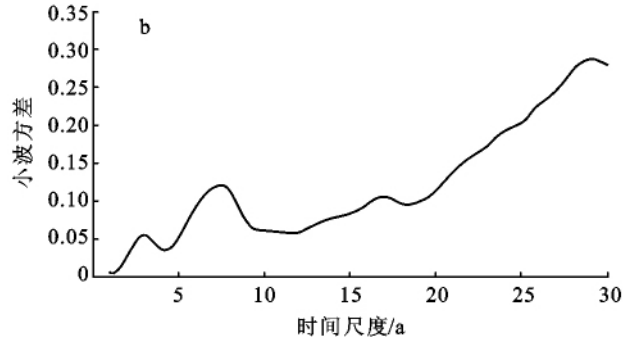


图 4 青海湖周边地区气温变化的小波变换系数(a)和小波方差(b)图

4.3 青海湖周边地区 1961 年来气温变化与 ENSO 事件关系

由表 3 可知,青海湖周边地区厄尔尼诺年年均温距平以正距平为主,拉尼娜年以负距平为主。利用 X^2 检验^[6]对表 3 年均温距平数据处理得:北部 $X_{ET}^2=0.115 0$, $X_{LT}^2=3.932 4$;南部 $X_{ET}^2=2.160 0$, $X_{LT}^2=1.759 2$;西部 $X_{ET}^2=0.102 5$, $X_{LT}^2=3.800 6$;东部 $X_{ET}^2=0.009 2$, $X_{LT}^2=0.028 4$ (式中: T ——气温)。与理论值相比可知,拉尼娜事件与北部气温变化达到显著水平,与西部气温变化接近显著水平。其他区域气温变化与 ENSO 事件的关系均达不到相关水平。

通过对青海湖北部及西部气温变化与 ENSO 事件的关系进行分析得知,北部厄尔尼诺年的多年平均气温($-0.14\text{ }^{\circ}\text{C}$)比正常年的($-0.25\text{ }^{\circ}\text{C}$)高 $0.11\text{ }^{\circ}\text{C}$,而拉尼娜年的多年平均气温($-0.46\text{ }^{\circ}\text{C}$)比正常年的低 $0.21\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。西部厄尔尼诺年的多年平均气温($-1.01\text{ }^{\circ}\text{C}$)比正常年的($-1.06\text{ }^{\circ}\text{C}$)高 $0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$,拉尼娜年的多年平均气温($-1.22\text{ }^{\circ}\text{C}$)比正常年的低 $0.16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。可见,拉尼娜事件与北部、西部气温变化达到或接近显著水平,且均呈负相关。

5 青海湖周边地区 1961 年来旱涝灾害与 ENSO 事件的关系

根据张存杰等^[18]的研究可知, Z 指数更能够客观反映西北地区旱涝灾害情况。依据他们修订后的 Z 指数旱涝等级标准^[18],统计得出青海湖周边地区 1961 年来旱涝灾害与 ENSO 的关系表(表 4)。青海

湖周边地区旱涝灾害发生的总概率为 $47.1\% \sim 63.3\%$, ENSO 事件年发生旱涝灾害的总概率为 $30.6\% \sim 36.7\%$ 。由表 4 可知,周边地区厄尔尼诺事件年发生涝灾多于旱灾,拉尼娜事件年发生旱灾偏多。

表 4 旱涝灾害与 ENSO 事件关系

方位	旱涝类型	El Nino	La Nina	正常年
北部	涝(旱)	5 (1)	5 (4)	4 (10)
南部	涝(旱)	5 (4)	4 (5)	6 (7)
西部	涝(旱)	2 (3)	4 (6)	5 (7)
东部	涝(旱)	4 (2)	2 (3)	2 (3)

6 青海湖水位变化与降水量的关系

依据资料分析,1961—2009 年,青海湖水位总体呈下降趋势^[19],平均每年下降 0.071 m 。2005 年来,青海湖水位出现回升,以 0.184 m/a 的速率上升,2009 年水位达 $3\ 193.69\text{ m}$,恢复到了 1992 年的水平。49 a 间个别年份青海湖水位会随着气候变化,补给与蒸发的相互消长,出现回升,连续回升不超过 3 a。水位增幅最大的为 1968,1989,2006 年,分别为 $0.32, 0.33, 0.36\text{ m}$ 。水位下降幅度最大的为 1979,1980,2002 年,分别为 $0.33, 0.34, 0.45\text{ m}$ 。

国内学者研究认为^[20],人类活动耗水量对湖水位影响不大,青海湖水位主要受气温影响,气温升高导致蒸发量增加,进而引起水位下降。而青海湖水位

变化量,及布哈河和沙柳河径流量主要受降水影响。将青海湖流域内刚察站和天峻站年降水量数据求平均,得到青海湖流域的降水量变化图(图 5)。该图显示,1967,1988,2005 年降水出现峰值,这 3 a 过后,湖水水位升高。除 1979 年降水量在连续 4 a 下降之后出现短暂回升外,1978,2001 年,即水位显著降低年的上一年,流域降水量均明显降低。可见,水位变化较降水量变化有一定滞后性,水位增长与降低与上一年流域降水量增加与下降有关。

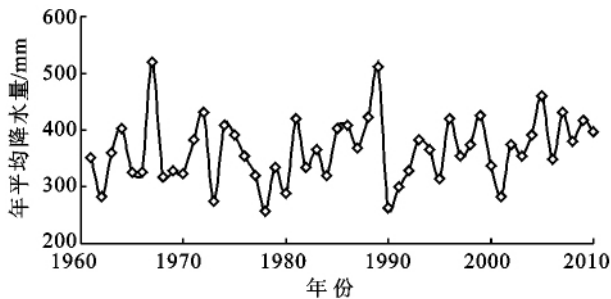


图 5 1961 年来青海湖流域年降水量的变化

7 结论

(1) 50 a 来青海湖周边地区降水量呈波动上升趋势,西部增幅最显著,年平均降水量以 8.73 mm/10 a 的速率增加。研究区域 80 年代降水量出现明显增加,并达到最高,90 年代略有减少,2000 年后降水又继续回升。研究区域年平均气温也呈波动上升趋势,平均气温增长率接近或明显高于全国平均水平,80 年代后期青海湖周边区域气候有向着暖湿化方向发展的趋势。

(2) 青海湖不同区域降水量、气温变化与 ENSO 事件的关系不同。拉尼娜事件与西部降水量变化超过显著水平,拉尼娜年降水量显著减少。青海湖周边其他地区降水量变化与 ENSO 事件的关系达不到相关水平。拉尼娜事件与北部气温变化达到了显著水平,与西部气温变化接近显著水平,均呈负相关。其他区域气温变化与 ENSO 事件的关系均达不到相关水平。

(3) 近 50 a 来,研究区年降水量变化以 3.1 a 左右为第 1 主周期,年气温变化以 29.1 a 左右为第 1 主周期。该区湖水主要来自降水,降水对该区湖水水位的影响大但存在滞后性。

(4) ENSO 事件年发生旱涝灾害的总概率为 30.6%~36.7%。青海湖周边地区厄尔尼诺事件年发生涝灾多于旱灾,拉尼娜事件年发生旱灾偏多。

[参 考 文 献]

- [1] 谢丽红,杜挺,陈科屹. 海气相互作用下厄尔尼诺与我国降水相关性分析[J]. 内江师范学院学报,2011,26(6): 55-58.
- [2] 姚辉,李栋梁. 厄尔尼诺事件与中国降水及历史旱涝[J]. 应用气象学报,1992,3(2):228-234.
- [3] 唐晓春,袁中友. 近 60 年来厄尔尼诺事件对广东省旱灾的影响[J]. 地理研究,2010,29(11):1932-1939.
- [4] 布亚林,郑建义. 两类厄尔尼诺(拉尼娜)事件对河南夏季降水的影响[J]. 河南气象,2004(2):11-12.
- [5] 赵振国. 厄尔尼诺现象与我国温度[J]. 气象,1989,15(7):26-30.
- [6] 徐小玲,延军平. 近 30 年毛乌素沙区的气候与厄尔尼诺/拉尼娜事件的相关分析[J]. 干旱区研究,2003,20(2):117-122.
- [7] 李晓燕,翟盘茂,任福民. 气候标准值改变对 ENSO 事件划分的影响[J]. 热带气象学报,2005,21(1):72-78.
- [8] Frederick S R, Clyde W F, Guillermo A B. ENSO classification indices and summer crop yields in the South-eastern USA[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2011,151(7):817-826.
- [9] Satori G, Williams E, Lemperger I. Variability of global lightning activity on the ENSO time scale[J]. Atmospheric Research, 2009,91(2/4):500-507.
- [10] 涂方旭,李耀先,李桂峰. 厄尔尼诺与拉尼娜的诊断[J]. 广西气象,2001,22(1):44-46.
- [11] 王绍武. 近 500 年的厄尔尼诺事件[J]. 气象,1989,15(4):15-20.
- [12] 阮均石. 气象灾害十讲[M]. 北京:气象出版社,2000: 66-67.
- [13] ENSO 监测小组. 厄尔尼诺的划分标准和指数[J]. 气象,1998,15(3):37-38.
- [14] 尹云鹤,吴绍洪,陈刚. 1961—2006 年我国气候变化趋势与突变的区域差异[J]. 自然资源学报,2009,24(12):2147-2156.
- [15] 姚檀栋,刘晓东,王宁练. 青藏高原地区的气候变化幅度问题[J]. 科学通报,2000,45(1):98-105.
- [16] 施雅风,沈永平,李栋梁,等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究,2003,23(2):152-164.
- [17] 许何也,李小雁,孙永亮. 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.
- [18] 张存杰,王宝灵,刘德祥,等. 西北地区旱涝指标的研究[J]. 高原气象,1998,17(4):381-389.
- [19] 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]. 干旱气候,2010,28(4):375-383.
- [20] 孙永亮,李小雁,汤佳,等. 青海湖流域气候变化及其水文效应[J]. 资源科学,2008,30(3):354-361.