

厄尔尼诺事件对太湖流域降水的影响

吴娟¹, 林荷娟¹, 吴志勇², 姜桂花¹, 季同德¹

(1.太湖流域管理局水文局(信息中心),上海 200434; 2.河海大学水文水资源学院,江苏 南京 210098)

摘要:为了揭示 1951~2016 年厄尔尼诺事件影响下太湖流域夏季(6~8 月)降水特征,分析了厄尔尼诺事件开始年与结束年的降水状况。结果表明:太湖流域降雨与厄尔尼诺事件存在一定的关系:(1)弱强度厄尔尼诺事件起始年的 6 月与 6~8 月、结束年的 6 月与 7 月降水均以正常、大旱与极旱为主;中等强度厄尔尼诺事件起始年的 6 月与 6~8 月以正常与大涝为主,结束年同时段以正常、偏旱与大旱为主;(超)强厄尔尼诺事件起始年 6 月以正常或大旱为主,8 月以正常或大涝为主,结束年刚好相反。(2)(超)强厄尔尼诺起始年的夏季,西太平洋副热带高压面积偏小,位置偏东,而结束年的夏季,西伸脊点加强西伸,利于太湖流域降雨偏多。(3)(超)强厄尔尼诺起始年的全年编号台风以偏少为主,登陆台风正常略偏少,但事件的起始年夏季 6~8 月编号台风却以偏多为主,结束年秋季 9~11 月登陆台风以偏多为主;结束年 6 月降雨偏多,登陆台风向秋季集中,易造成流域持续洪涝,对防洪产生不利影响。

关键词:厄尔尼诺;太湖流域;降水

中图分类号:P461+.2

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2017)05-0060-06

1 引言

厄尔尼诺现象伴随着全球性的天气气候异常,早已引起广泛关注。研究表明,发生在热带太平洋的厄尔尼诺和发生在大气中南方涛动实质上是相互联系的大尺度海气交互作用的事件,是同一现象在两种介质中的不同表现,厄尔尼诺和拉尼娜在 ENSO 循环变化过程中两个极端位相分别被称为 ENSO 暖位相和 ENSO 冷位相^[1-3]。厄尔尼诺通常是通过加强副高,间接影响我国的降水和旱涝^[4-5]。厄尔尼诺有利于赤道中东太平洋上升运动,导致大气环流的哈德来环流加强,有利于西北太平洋副高强度增强、面积偏大^[6]。魏凤英等^[7]指出厄尔尼诺现象是海气相互作用的结果,厄尔尼诺与中国东部夏季降水异常分布有密切关系。廖荃荪等^[8]研究表明厄尔尼诺发生季节不同会对我国夏季降水产生不同的影响。赵汉光等^[9]提出秋冬季开始出现明显增温的厄尔尼诺会影响当年和次年的降雨。金祖辉等^[10]研究了 ENSO 循环的不同位相与中国降水的关系,结果表明 ENSO 循环对中国冬、夏季降雨影响、时空分布

有密切联系。吕爱锋等^[11]研究表明 ENSO、PDO 等大范围的气候波动会影响区域的气温、降水以及蒸散发,进而影响流域径流过程。太湖流域位于长江三角洲地区腹地,三面临江滨海,地跨江苏、浙江、上海和安徽三省一市,总面积 36 895 km²^[12],特殊的地理位置决定了太湖流域洪涝台旱等多种灾害频发,发生在 6~7 月的梅雨是流域洪涝灾害的主要降雨类型,特点是总量大、历时长、范围广,可影响全流域;发生在 8~9 月的台风暴雨雨强大、历时短,易造成流域局部洪涝灾害^[13]。流域盆状的地形和平缓的地势导致洪水出路不足,太湖和地区河网水位易涨难消,进一步加重了洪涝的影响^[14]。本研究根据 1951~2016 年太湖流域夏季(6~8 月)降水量、厄尔尼诺事件、副高、台风资料,研究厄尔尼诺事件对太湖流域降水影响,以提高今后夏季降水趋势预测准确率,为防汛提供更好地服务。

2 资料与方法

厄尔尼诺现象是发生在赤道中、东太平洋海域,海水温度相对“正常状态”向暖的一方的偏离(即出现

正距平)的现象。近年来,ENSO 事件具体监测指标,各国各业务与科研机构尚未达成一致看法^[15-16]。本文以中国气象局国家气候中心采用的 NINO3.4 指数定义 ENSO 事件。NINO3.4 指数为赤道太平洋海区 (170°~120°W,5°S~5°N)平均的海表温度异常值;NINO3.4 指数 3 个月滑动平均的绝对值达到或超过 0.5℃、且至少持续 5 个月,判定为一次 ENSO 事件^[17],其中:NINO3.4 指数≥0.5℃为厄尔尼诺事件,NINO3.4 指数≤-0.5℃为拉尼娜事件。本研究根据国家气候中心《ENSO 监测简报》,分析确定了 1951 年以来厄尔尼诺事件的起止时间、峰值时间以及强度,见表 1。在 19 次厄尔尼诺事件中,超强事件有 3 次,分别发生于 1982~1983 年、1997~1998 年和 2014~2016 年;强、中等和弱事件分别有 1 次、7 次和 8 次。

表1 1951~2016年厄尔尼诺事件
Table1 El Nino events occurred during 1951-2016

序号	起止年月	长度/月	峰值时间	峰值强度	强度等级
1	1951.08~1952.01	6	1951.11	0.8	弱
2	1957.04~1958.07	16	1958.01	1.7	中等
3	1963.07~1964.01	7	1963.11	1.1	弱
4	1965.05~1966.05	14	1965.11	1.7	中等
5	1968.10~1970.02	17	1969.02	1.1	弱
6	1972.05~1973.03	11	1972.11	2.1	强
7	1976.09~1977.02	6	1976.1	0.9	弱
8	1977.09~1978.02	6	1978.01	0.9	弱
9	1979.09~1980.01	5	1980.01	0.6	弱
10	1982.04~1983.06	15	1983.01	2.7	超强
11	1986.08~1988.02	19	1987.08	1.9	中等
12	1991.05~1992.06	14	1992.01	1.9	中等
13	1994.09~1995.03	7	1994.12	1.3	中等
14	1997.04~1998.04	13	1997.11	2.7	超强
15	2002.05~2003.03	11	2002.11	1.6	中等
16	2004.07~2005.01	7	2004.09	0.8	弱
17	2006.08~2007.01	6	2006.11	1.1	弱
18	2009.06~2010.04	11	2009.12	1.7	中等
19	2014.10~2016.05	20	2015.12	2.8	超强

在气象部门日常业务中,通常用降水距平百分率作为划分旱涝级别的标准,这对于年降水而言是可行的,因为随着降水序列的增长,年降水量通常服从或接近正态分布。但对于某一时段(年以下的时间尺度)降水量而言,未必服从正态分布。许多研究表明 P- 型

分布拟合某一时段的降水量效果较好^[18-20],而指数方法假设某时段降水量服从 P- 型分布,其概率密度分布为:

$$P(X)=[\beta\Gamma(\gamma)]^{-1}[(X-\alpha)/\beta]^{\gamma-1}e^{-(X-\alpha)/\beta} \tag{1}$$

根据文献[21],对降水量 X 进行正态化,可将概率密度函数 P- 型分布转换为以为变量的标准正态分布,其转换公式为:

$$Z_i=\frac{6}{C_s}\left(\frac{C_s}{2}\phi_i+1\right)^{1/3}-\frac{6}{C_s}+\frac{C_s}{6} \tag{2}$$

式中:C_s 为偏态系数;φ_i 为标准变量,式中

$$C_s=\frac{\sum_{i=1}^n(X_i-\bar{X})^3}{n\sigma^3},\phi_i=\frac{X_i-\bar{X}}{\sigma},$$
$$\sigma=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n(X_i-\bar{X})^2},\bar{X}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^nX_i \tag{3}$$

根据 Z 变量的正态分布曲线,划分为 7 个等级并确定其相应的 Z 界限值^[22-23],作为各级旱涝指标,列于表 2。

对于气候变量不同时刻间的线性相关和两气候变量间的线性相关是否显著,即相关系数达到多少为存在显著相关关系,必须进行统计检验^[24]。所谓相关检验,就是检验相关系数 ρ 和 ρ(j) 为 0 的假设是否显著,提出原假设 H₀:ρ=0 或 H₀:ρ(j)=0。

在假设总体相关系数 ρ=0 成立的条件下,相关系数 γ 的概率密度函数为 t 分布的密度函数,因此,可以采用 t 检验来对 γ 进行显著性检验。统计量

$$t=\sqrt{n-2}\frac{\gamma}{\sqrt{1-\gamma^2}} \tag{4}$$

遵从自由度 v=n-2 的 t 分布。给定显著性水平 α,查 t 分布表,若 t>t_α,则拒绝原假设,认为相关系数是显著的。

在实际检验过程中,自由度已知,给定显著性水平,就可以查表对相关系数进行显著性检验。

3 厄尔尼诺事件对太湖流域夏季降水的影响

通过对 1951~2016 年太湖流域夏季 6~8 月降水量资料的整理,计算距平百分率。1958、1969、1976、

表2 以Z值为指标的旱涝等级
Table2 The grades of flood and drought for value

等级	1	2	3	4	5	6	7
Z 值	Z>1.645	1.037< Z ≤1.645	0.842 < Z ≤1.037	-0.842 ≤ Z ≤0.842	-1.037 ≤ Z <-0.842	-1.645 ≤ Z <-1.037	Z <-1.645
类型	极涝	大涝	偏涝	接近正常	偏旱	大旱	极旱

1978、1980、1983、1992 年峰值出现在 1 月或 2 月,除了 1980 年夏季 6~8 月降水为正距平,其余 6 年夏季降水均为负距平;1987 年峰值出现在 8 月,该年夏季 6~8 月、7 月、8 月降水均为正距平;1951、1963、1965、1972、1997、2002、2006 年峰值出现在 11 月,除了 1951 年夏季 6~8 月降水为正距平,其余 6 年的夏季 6~8 月、6 月降水均为负距平。

由表 3 可知,厄尔尼诺事件开始年,对应夏季 6~8 月降水负距平几率为 74%,正距平几率为 26%;厄尔尼诺事件结束年,对应夏季 6~8 月降水负距平几率为 89%,正距平几率为 11%。

在 8 次弱强度厄尔尼诺事件起始年中,1951、1963、2004、2006 年起始于夏季 7 月或 8 月,仅 1951 年夏季 6~8 月降水为正距平,其余 3 年夏季 6~8 月、6 月、8 月降水均为负距平;1968、1976、1977、1979 年起始于秋季 9 月或 10 月,夏季 6~8 月降水均为负距平;8 次弱强度厄尔尼诺事件均在 1 月或 2 月结束,除了 1980 年夏季降水为正距平,其余 7 年夏季 6~8 月降水均为负距平。

在 7 次中等强度厄尔尼诺事件起始年中,无论是起始于春季 4 月或 5 月的 1957、1965、1991、2002 年,还是起始于夏季 6 月或 8 月的 1986、2009 年,夏季降水均无明显规律;7 次中等强度厄尔尼诺事件在 2 月到 7 月结束,对应的夏季 6~8 月降水均为负距平。

在 3 次超强厄尔尼诺事件与 1 次强厄尔尼诺事件起始年中,1972、1982、1997 年起始于春季 4 月或 5 月,对应于夏季 6~8 月、6 月降水均为负距平,而起始于 10 月的 2014 年超强厄尔尼诺事件,该年夏季 6~8 月降水为正距平;3 次超强厄尔尼诺事件分别在 4、5、6 月结束,1983、1998 年夏季 6~8 月、8 月降水均为负距平,而 2016 年夏季 6~8 月降水为正距平,1973 年强厄尔尼诺事件在 3 月份结束,该年夏季 6~8 月降水为负距平。

对峰值强度与起始年、结束年的夏季 6~8 月、6 月、7 月、8 月的相关系数进行分析:峰值强度与厄尔尼诺事件起始年 7 月、8 月、6~8 月降水距平呈正相关;峰值强度与厄尔尼诺事件结束年 6 月降水距平呈正相关,但与结束年 8 月降水距平呈负相关。由相关性检验可见:峰值强度与厄尔尼诺事件起始年 8 月、6~8 月降水、与结束年 6 月、8 月降水存在显著的相关性。由此可见,起始年 8 月与 6~8 月降水、结束年 6 月与 8 月降水受厄尔尼诺事件影响较大,峰值强度越高,起始年 8 月与 6~8 月降水、结束年 6 月降水偏多可能性越大,结束年 8 月降水偏少可能性越大。

表 4 为厄尔尼诺事件开始年、结束年太湖流域夏季 6~8 月降水旱涝等级,厄尔尼诺事件的起始年,属于正常年为 12 年,大涝、偏涝年数为 4 年,偏旱、大旱年数为 3 年;厄尔尼诺事件的结束年,属于正常年为 12 年,极旱、大旱、偏旱年数为 6 年,大涝 1 年。在 8 次

表3 1951~2016年间厄尔尼诺事件开始年、结束年太湖流域夏季降水距平百分率(%)

Table3 The summer precipitation differences in starting and ending years of El Nino events during 1951 to 2016

序号	起始年	6 月	7 月	8 月	6~8 月	结束年	6 月	7 月	8 月	6~8 月	
1	1951	-7.3	42.9	-3.5	9.5	1952	-29.1	15.4	10.1	-3.1	
2	1957	7.0	74.7	4.6	27.4	1958	-52.6	-40.0	-12.7	-36.4	
3	1963	-8.7	-66.0	-2.0	-24.5	1964	-8.9	-55.3	-48.9	-35.7	
4	1965	-39.0	-24.5	16.9	-17.2	1966	-27.7	-25.5	-54.0	-35.1	
5	1968	-57.4	-33.7	-44.7	-46.1	1970	-17.2	26.0	-40.9	-11.1	
6	1972	-23.0	-63.1	-22.4	-35.3	1973	10.9	-48.1	-48.4	-25.8	
7	1976	-16.0	-50.0	-25.6	-29.6	1977	-41.5	-14.4	19.1	-14.4	
8	1977	-41.5	-14.4	19.1	-14.4	1978	-71.9	-53.8	-84.3	-70.1	
9	1979	-27.5	-14.4	-33.4	-25.2	1980	-15.4	27.5	85.6	29.1	
10	1982	-44.6	55.3	-28.1	-8.4	1983	38.1	-5.7	-74.7	-10.3	
11	1986	10.5	-3.4	-48.4	-12.0	1988	-31.0	-12.3	-36.4	-26.8	
12	1991	62.0	69.4	-21.2	38.6	1992	-36.2	-69.5	3.0	-34.5	
13	1994	2.6	-80.0	-25.6	-31.8	1995	13.3	12.7	-31.6	-0.7	
14	1997	-47.0	6.0	32.4	-6.0	1998	-11.0	8.4	-36.1	-12.7	
15	2002	-5.1	-32.5	2.3	-11.4	2003	-45.1	-3.3	-49.3	-33.4	
16	2004	-12.5	-36.7	-44.9	-30.0	2005	-71.5	11.6	9.6	-20.6	
17	2006	-51.1	23.9	-72.9	-34.5	2007	-46.3	17.8	-35.0	-22.8	
18	2009	-5.0	50.6	21.2	20.4	2010	-56.9	47.0	-35.0	-17.8	
19	2014	-16.6	43.6	38.1	19.0	2016	53.8	25.2	-58.0	10.4	
与峰值强度 相关系数		0.03	0.39	0.42	0.42	与峰值强度 相关系数		0.60	-0.06	-0.51	0.04

表4 1951~2016年间厄尔尼诺事件开始年、结束年太湖流域夏季降水旱涝等级
Table4 the grades of flood and drought for summer precipitation in starting and ending years of El Nino events

序号	起始年	起始年6月 旱涝等级	起始年7月 旱涝等级	起始年8月 旱涝等级	起始年6~8月 旱涝等级	结束年	结束年6月 旱涝等级	结束年7月 旱涝等级	结束年8月 旱涝等级	结束年6~8月 旱涝等级
1	1951	正常	大涝	正常	正常	1952	正常	正常	正常	正常
2	1957	正常	极涝	正常	大涝	1958	大旱	正常	正常	大旱
3	1963	正常	大旱	正常	正常	1964	正常	大旱	正常	偏旱
4	1965	正常	正常	正常	正常	1966	正常	正常	偏旱	偏旱
5	1968	极旱	正常	正常	大旱	1970	正常	正常	正常	正常
6	1972	正常	大旱	正常	偏旱	1973	正常	偏旱	正常	正常
7	1976	正常	大旱	正常	正常	1977	正常	正常	偏涝	正常
8	1977	正常	正常	偏涝	正常	1978	极旱	大旱	极旱	极旱
9	1979	正常	正常	正常	正常	1980	正常	正常	极涝	大涝
10	1982	偏旱	大涝	正常	正常	1983	大涝	正常	极旱	正常
11	1986	正常	正常	正常	正常	1988	正常	正常	正常	正常
12	1991	大涝	极涝	正常	大涝	1992	正常	大旱	正常	偏旱
13	1994	正常	极旱	正常	正常	1995	正常	正常	正常	正常
14	1997	大旱	正常	大涝	正常	1998	正常	正常	正常	正常
15	2002	正常	正常	正常	正常	2003	偏旱	正常	正常	偏旱
16	2004	正常	正常	正常	正常	2005	极旱	正常	正常	正常
17	2006	大旱	正常	大旱	偏旱	2007	大旱	正常	正常	正常
18	2009	正常	大涝	偏涝	大涝	2010	极旱	大涝	正常	正常
19	2014	正常	大涝	大涝	偏涝	2016	大涝	正常	大旱	正常

弱强度厄尔尼诺事件中,起始年6月、起始年6~8月、结束年6月、结束年7月降水均以正常或大旱、极旱为主。在7次中等强度厄尔尼诺事件中,起始年6月、6~8月以正常、大涝为主,结束年6月、8月、6~8月以正常、偏旱、大旱为主。在3次超强厄尔尼诺事件与1次强厄尔尼诺事件起始年中,起始年6月以正常或大旱为主,起始年8月以正常或大涝为主,结束年刚好相反,结束年6月以正常或大涝为主,而结束年8月以正常或大旱为主。

4 (超)强厄尔尼诺事件对西太平洋副热带高压与台风的影响

厄尔尼诺现象发生以后,通过海气耦合作用,直接影响着热带大气环流,对影响我国东部地区夏季降水的主要环流系统——西太平洋副热带高压的位置和强度产生了明显的作用^[24-26]。本研究采用的副高西伸脊点、脊线指数、面积指数资料来自国家气候中心的74项环流指数。

分析强厄尔尼诺年、超强厄尔尼诺年西太平洋副热带高压6~8月的西伸脊点指数,1973年6月、1983年6月、1997年8月、1998年8月、2014年7月、2016年6月、2016年8月西伸脊点偏西,太湖流域降雨偏多8.4%~53.8%;1972年6月、1972年7月、1972年8月、1973年7月、1982年8月、1997年6月、2014年6

月西伸脊点偏东,太湖流域降雨偏少16.6%~63.1%。分析强厄尔尼诺年、超强厄尔尼诺年西太平洋副热带高压6~8月的脊线指数,1973、1982、1983、2014年6月副高脊线均较常年偏南,太湖流域分别于6月16日、7月7日、6月19日、6月17日入梅,均较常年(6月13日)偏晚。分析强厄尔尼诺年、超强厄尔尼诺年西太平洋副热带高压6~8月的面积指数,除了1997年7月,厄尔尼诺起始年1972、1982、1997、2014年6~8月副高面积均较常年偏小,而厄尔尼诺结束年刚好相反,1983、1998、2016年6~8月副高面积均较常年偏大。

台风活动的异常与热带大尺度环流的改变密切相关,厄尔尼诺事件是影响大气环流和气候异常的强信号,必然会对台风的发生频数、强度、位置等台风活动特征的异常产生影响^[27]。编号台风、登陆台风资料来自国家气候中心的74项环流指数。分析强厄尔尼诺年、超强厄尔尼诺年编号台风、登陆台风数:除1972年,其余年份的全年编号台风均偏少;全年登陆台风以正常略偏少为主。但(超)强厄尔尼诺事件的起始年(1972、1982、1997年)夏季6~8月编号台风以偏多为主,而结束年(1973、1983、2016年)秋季9~11月登陆台风以偏多为主。

5 结论

通过对厄尔尼诺年太湖流域夏季6~8月降水分

析表明,厄尔尼诺现象对研究区域降水具有重要影响,主要结论如下:

(1)厄尔尼诺事件开始年、结束年、峰值强度年,太湖流域夏季6~8月降水负距平几率均高于正距平几率。弱强度厄尔尼诺事件均在1~2月结束,夏季6~8月降水均为负距平。中等强度厄尔尼诺事件在2~7月结束,夏季6~8月降水均为负距平。起始于春季4~5月的1972、1982、1997年(超)强厄尔尼诺事件,夏季6~8月降水均为负距平;超强厄尔尼诺事件均在4~6月结束。起始年8月与6~8月降水、结束年6月与8月降水受厄尔尼诺事件峰值强度影响较大,峰值强度越高,起始年8月与6~8月降水、结束年6月降水偏多可能性越大,结束年8月降水偏少可能性越大。

(2)厄尔尼诺事件的结束年太湖流域6~8月与6月降水为极旱、大旱、偏旱几率高于大涝几率。弱强度厄尔尼诺事件起始年6~8月降水以正常、偏旱与大旱为主;中等强度厄尔尼诺事件起始年6~8月降水以正常与大涝为主,结束年6~8月降水以正常、偏旱与大旱为主。弱强度厄尔尼诺事件起始年与结束年6月降水均以正常、大旱与极旱为主;中等强度厄尔尼诺事件起始年的6月以正常与大涝为主,结束年6月以正常、偏旱与大旱为主;(超)强厄尔尼诺事件起始年6月以正常、偏旱与大旱为主,结束年6月以正常与大涝为主,起始年8月以正常与大涝为主,结束年8月以正常、大旱与极旱为主。

(3)(超)强厄尔尼诺起始年的夏季,西太平洋副热带高压面积偏小,位置偏东,而结束年的夏季,西伸脊点加强西伸,太湖流域降雨偏多。(超)强厄尔尼诺事件6月副高脊线较常年偏南,这意味着副高第一次北跳偏迟,进而导致太湖流域入梅偏晚。起始年夏季6~8月编号台风以偏多为主,结束年秋季9~11月登陆台风以偏多为主;由于太湖流域6月份降水占全年比重最大,因此,结束年6月降雨偏多,导致流域蓄水量增加,而登陆台风向秋季集中,易形成持续洪涝,对防洪产生不利影响。

参考文献:

- [1] Philander S G H. El Nino southern oscillation phenomena [J]. Nature, 1983,302:295-201.
- [2] Bjerknes J. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature [J]. Tellus, 1966,18: 820-829.
- [3] Trenberth K E. The definition of El Nino [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1997,78:2771-2777.
- [4] 张雪刚,毛媛媛. 厄尔尼诺现象对我国夏季降水的影响[J]. 水资源保护, 2004,20(1):28-30. (ZHANG Xuegang, MAO Yuanyuan. Summer precipitation and El Nino [J]. Water Resources Protection, 2004,20(1):28-30. (in Chinese))
- [5] 赵振国. 厄尔尼诺现象对北半球大气环流和中国降水的影响[J]. 大气科学, 1996,20(4):422-428. (ZHAO Zhenguo. Impact of El Nino events on atmospheric circulation in the northern hemisphere and precipitation in China [J]. Scientia Atmospherica Sinica, 1996,20(4): 422-428. (in Chinese))
- [6] 张利平, 夏军. 厄尔尼诺事件及其对西太平洋副高和长江中下游洪水影响的初步研究 [J]. 大自然探索, 1999,18 (67):86-90. (ZHANG Liping, XIA Jun. El Nino events and its influences on west Pacific subtropical high and flood in Yangtze River basin [J]. Exploration of Nature, 1999,18(67):86-90. (in Chinese))
- [7] 魏凤英,张先恭. 厄尔尼诺与中国东部夏季降水异常分布[J]. 海洋学报, 1994,16(6):58-65. (WEI Fengying, ZHANG Xiangong. El Nino and summer precipitation anomalies in eastern China [J]. ACTA Oceanologica Sinica, 1994,16(6):58-65. (in Chinese))
- [8] 廖荃荪,赵振国. 我国东部夏季降水分布的季度预报方法[J]. 应用气象学报, 1992,3:1-9. (LIAO Quansun, ZHAO Zhengguo. Seasonal forecasts methods of summer precipitation distribution in Eastern China [J]. Applied Meteorology, 1992,3:1-9. (in Chinese))
- [9] 赵汉光,张先恭,丁一汇. 厄尔尼诺与我国气象异常[A]. 长期天气预报论文集 [C]. 气象出版社, 1990:108-118. (ZHAO Hanguang, ZHANG Xiangong, DING Yihui. El Nino and meteorological anomalies [A]. Long Range Prediction Symposium [C]. China Meteorological Press, 1990:108-118. (in Chinese))
- [10] 金祖辉,陶诗言. ENSO 循环与中国东部地区夏季和冬季降水关系的研究[J]. 1999,23(6):663-672. (JIN Zuhui, TAO Shiyan. A study on the relationships between ENSO cycle and rainfalls during summer and winter in eastern China [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 1999,23(6):663-672. (in Chinese))
- [11] 吕爱锋,贾绍凤,王素慧,等. PDO 和 ENSO 指数与三江源地区径流变化的相关关系研究[J]. 南水北调与水利科技, 2010,8(2):49-52. (LV Aifeng, JIA Shaofeng, WANG Suhui, et al. Relationship between streamflow in Sanjiangyuan and the indices of ENSO and PDO[J]. South-to-north Water Transfers and Water Science & Technology, 2010,8(2):49-52. (in Chinese))
- [12] 梁瑞驹,程文辉,蔡文祥,等. 太湖流域水文数学模型[J]. 湖泊科学, 1993,5(2):99-107. (LIANG Ruiju, CHENG Wenhui, CAI Wenxiang, et al., Hydrological system model for Taihu lake drainage basin [J]. Journal of Lake Science, 1993,5(2):99-107. (in Chinese))
- [13] 刘兆飞,王翊晨,姚治君,等. 太湖流域降水气温与径流变化趋势及周期分析[J]. 自然资源学报, 2011,26(9):1575-1584. (LIU Zhaoifei, WANG Yichen, YAO Zhijun, et al. Trend and periodicity of precipitation, air temperature and runoff in the Taihu lake basin [J]. Journal of Natural Resources, 2011,26(9):1575-1584. (in Chinese))

- [14] 刘浏, 徐宗学. 太湖流域洪水过程水文—水力学耦合模拟[J]. 北京师范大学学报(自然科学报), 2012,48(5):530–536. (LIU Liu, XU Zongxue. Hydro-dynamical simulation of flood in the Taihu basin [J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2012,48(5): 530–536. (in Chinese))
- [15] Smith T M, Reynolds R W. Extended reconstruction of global sea surface temperatures based on COADS data (1854–1997) [J]. Journal of Climate, 2003,16:1495–1510.
- [16] Smith T M, Reynolds R W. Improved extended reconstruction of SST (1854–1997) [J]. Journal of Climate, 2004,17:2466–2477.
- [17] 邵颢, 周兵. 2015/2016 年超强厄尔尼诺事件气候监测及诊断分析[J]. 气象, 2016,42(5):540–547. (SHAO Xie, ZHOU Bin. Monitoring and diagnosis of the 2015/2016 super El Nino events [J]. Meteorological Monthly, 2016,42(5):540–547. (in Chinese))
- [18] 么枕生, 丁裕国. 气候统计[M]. 北京: 气象出版社, 1990:161–180. (YAO Zhensheng, DING Yuguo. Climatic Statistics [M]. Beijing: China Meteorological Press, 1990:161–180. (in Chinese))
- [19] 王跃民, 鲁慧霞, 刘瑾瑜, 等. 3 个不同旱涝指标划分旱涝等级的比较研究 [J]. 现代农业科技, 2011,7:326–327. (WANG Yuemin, LU Huixia, LIU Jinyu, et al. Comparison on three classification grades of flood and drought [J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2011,7:326–327. (in Chinese))
- [20] 刘军臣, 王迟, 王君. 黄淮平原地区旱涝频率特征分析[J]. 河南气象, 2000,(1):24–26. (LIU Junchen, WANG Chi, WANG Jun. Study on the frequency characteristics of drought and flood in Huanghuai plain [J]. Meteorology Journal of Henan, 2000,(1):24–26. (in Chinese))
- [21] 盛承禹. 中国气候总论 [M]. 北京: 科学出版社, 1986:422–432. (SHENG Chenyu. China Climate Overview [M]. Beijing: China Science Press, 1986:422–432. (in Chinese))
- [22] Kife G W. Frequency and Risk Analysis in Hydrology [M]. Water Resources Publication, Colorado 80522, ISBN -0 -918334 -24 -3, 1978.
- [23] 鞠笑生, 杨贤为, 陈丽娟, 等. 我国单站旱涝指标确定和区域旱涝级别划分的研究[J]. 应用气象学报, 1997,8(1):26–32. (JU Xiaosheng, YANG Xianwei, CHEN Lijuan, et al. Research on determination of staion indices and divison of regional flood and drought grades in China [J]. Quarterly Journal of Applied Meteorology, 1997,8(1): 26–32. (in Chinese))
- [24] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术 [M]. 北京: 气象出版社, 2007:30–31. (WEI Fengying, Technology of Contemporary Climate Statistics Diagnosis and Prediction [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2007:30–31. (in Chinese))
- [25] 陈烈庭. 太平洋海气相互作用的时空变化 [J]. 气象学报, 1983, (14):3. (CHEN Lieting. The temporal and spatial variations in air-sea interaction over the Pacific ocean [J]. Acta Meteorologica Sinica, 1983,(14):3. (in Chinese))
- [26] 钱步东, 范钟秀. 北极海冰与赤道东太平洋海温的相互影响及其与 EL NINO 的联系 [J]. 热带气象学报, 1994,(4):325–334. (QIAN Dongbu, FAN Zhongxiu. Interaction between the arctic sea ice and the equatorial eastern Pacific sea surface temperature and the relation to El Nino [J]. Journal of Tropical Meteorology, 1994,(4): 325–334. (in Chinese))
- [27] 何敏, 宋文玲, 陈兴芳. 厄尔尼诺和反厄尔尼诺事件与西北太平洋台风活动[J]. 热带气象学报, 1999,15(1):17–24. (HE Min, SONG Wenling, CHEN Xingfang. Typhoon activity in the northwest Pacific in relation to El Nino/La Nino events [J]. Journal of Tropical Meteorology, 1999,15(1):17–24. (in Chinese))

Influence of El Nino Events on Rainfall in Taihu Basin

WU Juan¹, LIN Hejuan¹, WU Zhiyong², JIANG Guihua¹, JI Tongde¹

(1. Bureau of Hydrology Information Center of Taihu Basin Authority, Shanghai 200434, China;

2. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: In order to reveal summer (from June to August) precipitation characteristics of the Taihu Basin under the influence of El Nino events during 1951–2016, the precipitation differences of the starting and ending years were analyzed. The results show that the El Nino events have some impacts on summer precipitation. (1) For El Nino events with low intensity, the probability of severe and extremely drought is higher in June and June to August of the starting years, as well as June and July of the ending years. For El Nino events with medium intensity, the probability of severe flood is higher in June and June to August of the starting years, while the probability of partial and severe drought is high for the same period of the ending years. For El Nino events with high intensity, the probability of severe drought in June and severe flood in August of the starting years is higher, while the results of that in ending years were inverse. (2) The subtropical high over the western Pacific is smaller, weaker and shifted eastward in summer of the starting years in El Nino events with high intensity, whereas the subtropical high enhanced and stretched westward in summer of the ending years, leading to plentiful precipitation of Taihu Basin. (3) The total number of formatting typhoon and landing typhoon is slightly less in the starting years of El Nino events with high intensity, however, the number of formatting typhoon in summer and landing typhoon in autumn is large. Plenty precipitation in June as well as typhoon concentrated in autumn tends to cause continuous floods over the Taihu Basin.

Key words: El Nino; Taihu Basin; precipitation