

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2017.06.002

厄尔尼诺事件及其对我国夏季降水量 时空分布的影响

方国华¹,丁紫玉¹,闻 昕^{1,2},林榕杰¹

(1. 河海大学水利水电学院,江苏 南京 210098;
2. 中国水利水电科学研究院流域水循环模拟与调控国家重点实验室,北京 100038)

摘要: 为了探讨厄尔尼诺与我国夏季降水的关系,分析 Nino 指数的变化趋势和突变情况,解析 1961—2016 年历次厄尔尼诺事件的类型和强度特征,对我国月降水距平进行 EOF 分解,研究我国降水变率的空间分布和年际变化规律。重点研究 2014—2016 年厄尔尼诺事件的特征及其对 2016 年我国夏季月降水量时空分布的影响。研究表明:Nino 指数和我国降水变率在厄尔尼诺事件发生期间波动较大,厄尔尼诺事件将影响我国次年夏季降水量的时空分布。其中,东部型厄尔尼诺事件峰期过后我国夏季降水呈现长江流域增加、淮河以北大部分地区及东南沿海地区减少的特征;中部型厄尔尼诺事件峰期过后,夏季降水呈现黄河流域及华南地区增加、长江流域减少的特征;混合型厄尔尼诺事件丰期过后降水增加的地区主要为黄河流域。

关键词: 厄尔尼诺事件;Nino 指数;降水量时空分布;夏季降水;M-K 检验

中图分类号:TV211.1 文献标志码:A 文章编号:1000-1980(2017)06-0481-08

El Nino event and its impact on the spatial and temporal distribution of summer precipitation in China

FANG Guohua¹, DING Ziyu¹, WEN Xin^{1,2}, LIN Rongjie¹

(1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China;
2. State Key Laboratory of Simulation and Regulation of Water Cycle in River Basin,
China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

Abstract: To explore the relationship between El Nino event and the summer precipitation, the variation trend and mutation of Nino index are firstly examined to identify the types and intensity characteristics of El Nino events during 1961-2016. The spatial distribution and inter-annual variation pattern of precipitation are then examined by analyzing the monthly precipitation anomaly using EOF method. Emphasis is placed on the analysis of the characteristics of El Nino events during 2014-2016, and their impacts on the temporal-spatial distribution of the summer precipitation in 2016. The study shows that both Nino index and the precipitation variability fluctuate significantly during the period of El Nino event, and the spatial and temporal distribution of precipitation in the next summer is largely influenced by the event. Specifically, the summer precipitation appears to increase in Yangtze River basin and decrease across most northern Huai River Basin and the southeast coastal areas after Eastern El Nino's heyday. For Central El Nino, the summer precipitation appears to decrease in Yangtze River Basin and increase in Yellow River Basin and Southern China. For Mixed El Nino, the increase in summer precipitation is detected across the Yellow River Basin.

Key words: El Nino event; Nino index; the spatial and temporal distribution of precipitation; summer precipitation; M-K test

收稿日期:2016-11-23

基金项目:国家自然科学基金(51609061);江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD);江苏省水利科技项目(2015084)

作者简介:方国华(1964—),女,安徽定远人,教授,博士,主要从事水资源规划及利用、水利水电系统规划与优化调度研究。E-mail: hhufgh@163.com

通信作者:闻昕,讲师。E-mail: njwenxin@163.com

厄尔尼诺事件由赤道太平洋地区海表温度异常引起,是热带太平洋上大尺度海气相互作用的强烈体现^[1-2]。它直接影响太平洋地区的大气环流以及洋流,并进一步通过作用西副高脊线的南北变动对中国降水产生影响。不同类型的厄尔尼诺事件对西副高脊线的影响不同,从而造成我国不同地区夏季降水呈现出不同的分布特征^[3]。厄尔尼诺事件发生周期不规律,平均3~5 a 发生1次,通常会引起我国多个地区降水异常,产生严重的干旱和洪涝灾害。

国内外学者已围绕厄尔尼诺及其与降水之间的关系开展了一定的研究。符淙斌等^[4]针对中国夏季降水指出在厄尔尼诺衰减年夏季,江淮流域往往少雨,华北地区以及江南北部、长江流域多雨,且长江流域往往发生洪涝灾害。随着研究的逐步深入,宗海峰等^[5]发现厄尔尼诺事件前期冬季 Nino3 区海温与中国夏季降水的年际变化关系并不稳定。Fu 等^[6]指出厄尔尼诺发生时,最大温升除了会发生在东太平洋以外,也可出现在中太平洋。Weng 等^[7]将最大温升发生在中太平洋地区的厄尔尼诺称为“中部型厄尔尼诺”,传统的厄尔尼诺事件又称为“东部型厄尔尼诺”,这两种类型的厄尔尼诺事件发生机制不同,对全球气候变化的影响亦不相同。除东部型和中部型厄尔尼诺事件外,还有一些事件发展到盛期时最大温升分布介于这两者之间,基本位于 Nino3.4 区,根据 Kug 等^[8]的研究,袁媛等^[9]将其定义为混合型厄尔尼诺。张志华等^[10]对厄尔尼诺事件对我国的气候影响进行研究,指出不同类型的厄尔尼诺事件对东亚夏季风及我国的夏季降水影响有很大差异。

在过去大量研究中,国内外专家学者已经对过去历次厄尔尼诺事件的特征、影响、机理等不同方面进行了广泛的研究,但由于全球气候变暖造成的大气环流结构的变化以及区域气候动力过程的变化^[11-13],厄尔尼诺事件形成、发展及其影响也在逐渐发生变化。最近一次厄尔尼诺事件自2014年10月开始,于2015年11月达到峰值,是1961年以来持续时间最长的强厄尔尼诺事件,也造成了2016年夏季我国长江流域以及南方多地的特大洪涝灾害事件,该次事件的诸多特征已打破了历史上对于厄尔尼诺事件的认识和经验。因此,在本次厄尔尼诺事件结束之时,全面回顾1961年以来历次厄尔尼诺事件,结合本次厄尔尼诺事件发生的背景,揭示在变化环境下厄尔尼诺事件的变化特征,解析厄尔尼诺事件与我国次年夏季降水时空分布的关系,研究其与历次厄尔尼诺事件的异同特性,这对于科学认识变化环境下厄尔尼诺事件的时空演变特征,科学防范和应对极端洪涝灾害具有重要的科学意义和实际应用价值。

1 资料来源和研究方法

1.1 资料来源

陆地降水资料采用中国气象科学数据共享服务网提供的中国地面降水日值0.5°×0.5°格点数据集(V2.0),该数据集基于全国国家级台站(基本、基准和一般站)的降水日值资料经过薄盘样条法空间插值生成^[14]。海温数据采用美国海洋大气局(NOAA)提供的 Nino3 区、Nino4 区及 Nino3.4 区的月平均海表温度距平资料(即 Nino3 指数、Nino4 指数和 Nino3.4 指数)^[15],选取资料时段均为1961—2016年。

1.2 研究方法

采用 EOF^[16]方法对我国月降水距平进行空间分型,提取降水变率的主要特征;运用 M-K 检验^[17]对 Nino 指数的时间序列进行趋势分析和突变检验;采用动态时间归正(DTW)算法^[18],度量不同厄尔尼诺事件的相似性。

2 1961—2016 年历次厄尔尼诺事件分析

Nino 指数是赤道太平洋 Nino 分区的月海表温度距平值^[19],本文依据 Nino3、Nino4 及 Nino3.4 指数的变化情况对厄尔尼诺事件的类型、强度进行划分,并采用 M-K 检验方法分析这3类指数变化趋势和突变情况。

本文采用 Nino3 指数作为判断厄尔尼诺事件是否发生的标准,当 Nino3 指数持续6个月及以上达到或超过0.5℃时,则认为厄尔尼诺事件发生^[20]。同时,根据厄尔尼诺事件发展到盛期时最大海温正距平所在的 Nino 分区,对厄尔尼诺事件类型进行划分,其中,最大海温距平分布于 Nino3 区的事件称为东部型厄尔尼诺,分布于 Nino4 区的事件成为中部型厄尔尼诺,分布于 Nino3.4 区的事件成为混合型厄尔尼诺^[9],用 Nino3 指数、Nino4 指数和 Nino3.4 指数分别表征东部型、中部型和混合型厄尔尼诺事件。Nino3.4 指数峰值若大于2℃,则为强厄尔尼诺事件^[21]。

根据以上标准,对 1961—2016 年厄尔尼诺事件的类型和强度进行划分,其中东部型厄尔尼诺有 1965—1966 年、1969—1970 年、1972—1973 年、1976—1977 年、1979—1980 年、1982—1983 年、1997—1998 年、2014—2016 年;中部型厄尔尼诺事件有 1968—1969 年、1977—1978 年、1993—1993 年、1994—1995 年、2004—2005 年、2006—2007 年;混合型厄尔尼诺事件有 1963—1964 年、1986—1988 年、1991—1992 年、2002—2003 年、2009—2010 年。经分析 20 世纪 80 年代之前,主要发生东部型厄尔尼诺;在 80 年代以来,中部型和混合型的厄尔尼诺发生频率有所增加。从 1961 年至今发生的 19 次厄尔尼诺事件中,有 13 次在 11、12 月份达到盛期(厄尔尼诺指数达到峰值),另外 6 次出现在 9、10、1、2 月份,即厄尔尼诺事件高峰期易发生在秋冬季节;有 4 次强厄尔尼诺事件,均为东部型厄尔尼诺,相较于其他类型的事件,东部型厄尔尼诺更易发展为强厄尔尼诺事件。

采用 M-K 检验对 Nino3 指数、Nino4 指数和 Nino3.4 指数进行分析,研究各指数的增减趋势及突变情况,显著水平取 0.05,结果见图 1。Nino3 指数在 20 世纪 60 年代到 70 年代前期 UF 曲线以 0 线为中心上下波动,Nino3 指数基本处于增减平衡的状态,从 1980 年以来 UF 曲线在 0 线以上,Nino3 指数处于上升状态。Nino4 指数在 1980 之前保持动态的稳定,在 1980 年之后以增加趋势为主,1991 年后超过 0.05 显著水平,增加趋势明显。Nino3.4 指数在 60 年代到 70 年代前期基本处于增减平衡的状态,1973—1982 年 Nino3.4 指数减小,其中 1974—1978 年前后显著减少,1982—1992 年基本保持稳定水平,1992 年之后大体呈现增长的趋势。

本文对 3 类指数的突变点进行统计分析,1961—2015 年 3 类指数共发生 19 次突变,其中有 13 次发生在厄尔尼诺年,表明在厄尔尼诺发生的年份,赤道太平洋地区的海温变化较剧烈,其中 Nino3.4 指数在研究时段突变较频繁,共发生了 10 次突变,结果见表 1。

3 厄尔尼诺事件对我国夏季月降水量影响分析

3.1 中国大陆地区降水时空变化特征分析

采用 EOF 方法,对我国 1961—2015 年月降水距平进行分析,研究降水变率空间分布情况。第一模态方差贡献率为 54.3%,第二模态为 16.2%,累积方差贡献率为 70.5%。因此,第一模态与第二模态即可反映我国 1961—2015 年的月降水量变化特征。

图 2 为我国降水变率第一模态的空间系数和时间系数,全区的空间系数均表现正值,表明我国的降水量呈现统一的变化趋势,即全国的降水量同时增加或者减少^[22]。西南地区数值最大,表明该地区降水量的振幅最明显,西北地区数值最小,降水季节变化最不明显;由时间系数可知变幅较大的年份有 1964 年、

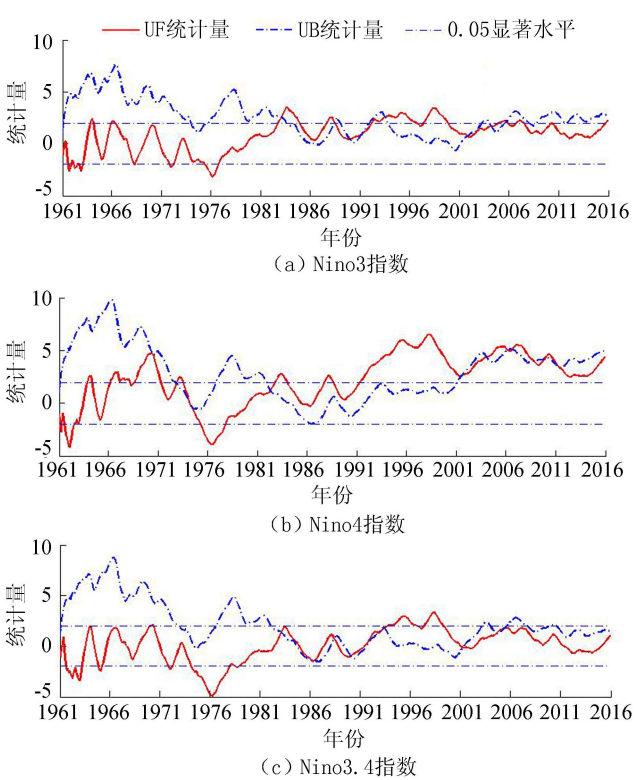


图 1 不同厄尔尼诺指数的 M-K 检验结果

Fig. 1 M-K test results for different El Niño indices

从 1980 年以来 UF 曲线在 0 线以上,Nino3 指数处于上升状态。Nino4 指数在 1980 之前保持动态的稳定,在 1980 年之后以增加趋势为主,1991 年后超过 0.05 显著水平,增加趋势明显。Nino3.4 指数在 60 年代到 70 年代前期基本处于增减平衡的状态,1973—1982 年 Nino3.4 指数减小,其中 1974—1978 年前后显著减少,1982—1992 年基本保持稳定水平,1992 年之后大体呈现增长的趋势。

表 1 Nino 指数突变点所在年份及是否位于厄尔尼诺年统计结果
Table 1 Time statistics of Nino index mutation and its relation with the time of El Niño

Nino3		Nino4		Nino3.4	
突变点年份	是否为厄尔尼诺年	突变点年份	是否为厄尔尼诺年	突变点年份	是否为厄尔尼诺年
1988	是	1972	是	1983	是
1989	否			1985	否
				1986	是
				1988	是
1991	是	1974	否	1990	否
2001	否			1992	是
				1993	是
2004	是	1982	是	2001	否
2005	是			2004	是
				2005	是

由时间系数可知变幅较大的年份有 1964 年、

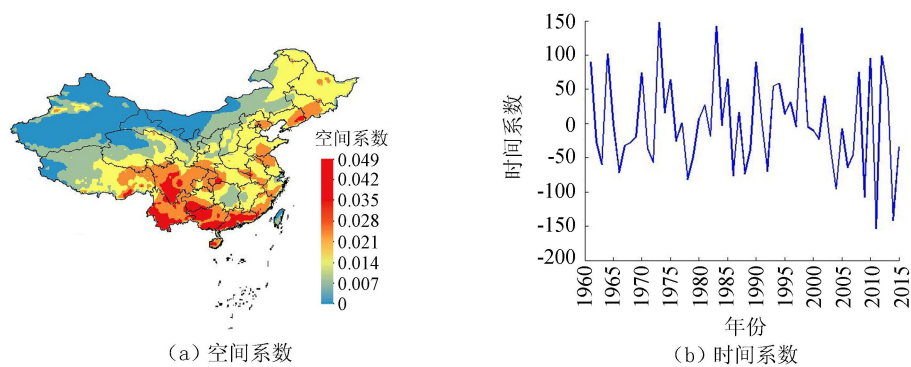


图 2 全国降水变率第一模态结果

Fig. 2 The first model results of precipitation variability in China

1973 年、1978 年、1983 年、1986 年、1988 年、1990 年、1998 年、2004 年、2009 年、2010 年、2011 年、2012 年、2014 年,除 1990 年、2011 年、2012 年外,其余为厄尔尼诺事件年。

图 3 为我国降水变率第二模态的空间系数和时间系数,我国东南地区空间系数总体以负值为主,华北、西北地区的空间系数以正值为主,反映了降水变化的反位相关系。由时间系数可知降水变幅较大的年份有 1963、1964、1966、1970、1971、1973、1975、1978、1983、1985、1997、2002、2003、2010 年,除 1971、1975、1985 外,其余为厄尔尼诺事件年。综合这两种模态,在厄尔尼诺年全国的降水变化幅度偏大,为常规年份的 1.4~2.8 倍。

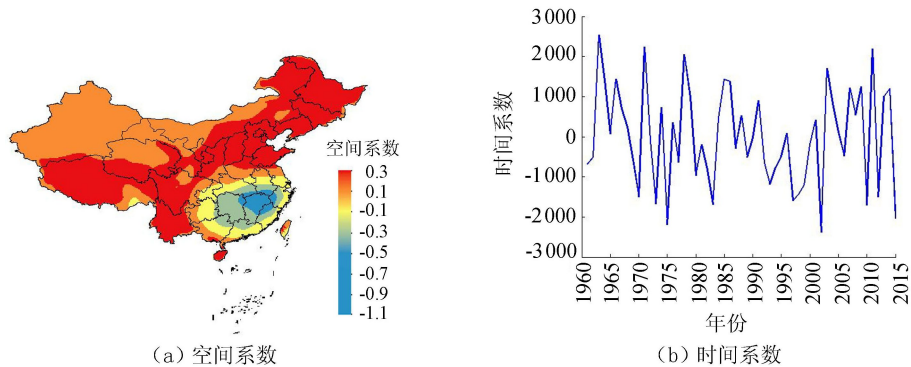


图 3 全国降水变率第二模态结果

Fig. 3 The second model results of precipitation variability in China

3.2 1961—2013 年历次厄尔尼诺事件与我国次年夏季降水关系分析

我国大部分位于季风气候区,夏季降水集中,强度较大,而且年际变化也较大,旱涝现象比较常见,研究显示厄尔尼诺将影响我国次年夏季降水的时空分布情况^[23-25],特别是由此引起的强降水事件将对我国防洪保安构成重大威胁,因此本文对厄尔尼诺事件与我国次年夏季(6—8 月)月降水的影响进行研究,分析厄尔尼诺事件峰值过后我国夏季降水增减比例及增减概率情况。需要说明的是,本文将厄尔尼诺发生到盛期所在的年份称为厄尔尼诺当年,盛期后第二年成为厄尔尼诺次年。

对 1961—2013 年历次厄尔尼诺事件次年我国夏季(6—8 月)月均降水量较 1961—2015 年多年夏季月均降水量(简称多年月均降水量)的增减比例及增加概率(厄尔尼诺事件次年夏季月均降水量高于多年月均降水量的次数与厄尔尼诺事件次数之比)进行统计,结果见图 4。

我国夏季的主要雨带分为 3 种类型:I 类雨型(北方型),多雨带位于黄河流域及其以北地区,江南南部至华南地区;II 类雨型(中间型),多雨带位于黄河至长江之间;III 类雨型(南方型),多雨带位于长江流域或江南一带^[9]。

东部型(传统型)厄尔尼诺事件次年,我国夏季东部地区长江流域及江南地区降水偏多的可能性较大,尤其是长江中下游的湖北、湖南、江西、安徽等地降水增多的概率为 80% 以上,降水量比通常高出 50% 以上,局部地区达到 80%,而东南沿海福州、广州等地降水减少的概率为 90% 左右,降水量低于平均水平的 10%~50%。因此,在东部型厄尔尼诺事件发生次年,我国夏季降水呈现出类似 III 类雨型的分布特点。另外,西藏的西南部,内蒙古北部以及吉林、辽宁部分地区夏季降水增多的概率也较高,在 80% 以上,降水量大概比

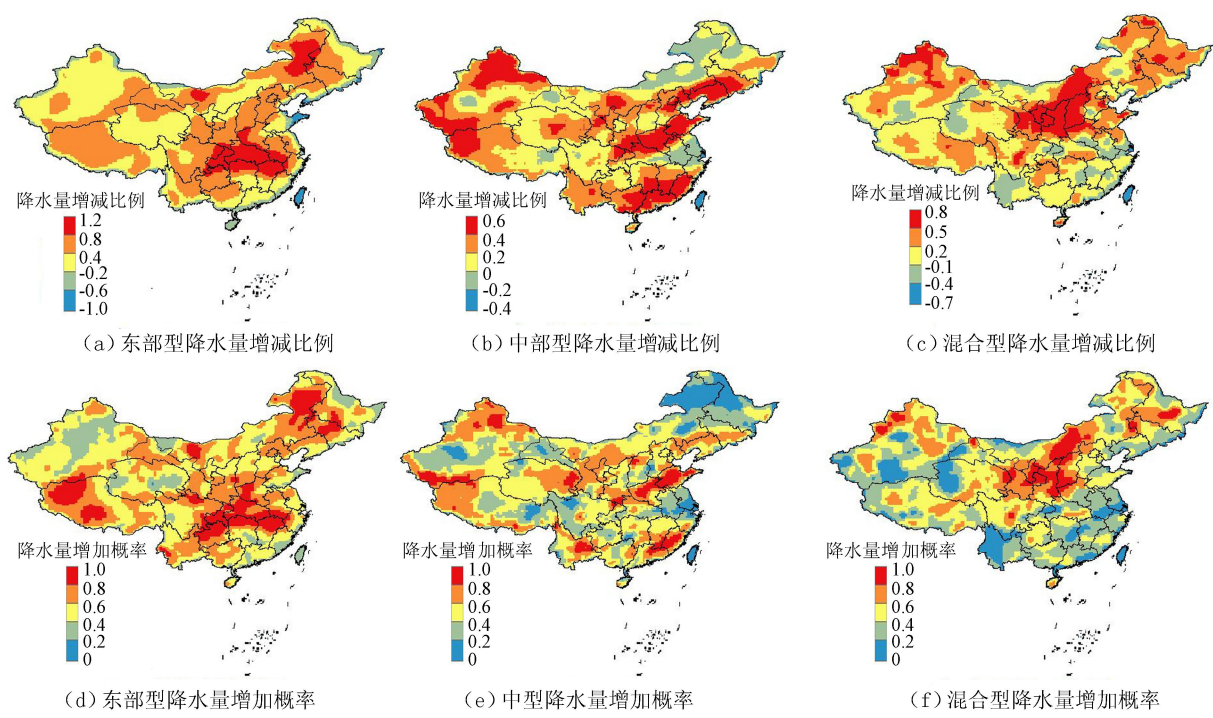


图 4 不同分布型厄尔尼诺事件次年夏季月均降水量相对于多年月均降水量变化情况

Fig. 4 Comparison between summer average monthly precipitation of many years and the summer average monthly precipitation in the next year due to different types El Nino events

多年月均降水量增多一倍左右。

在中部型厄尔尼诺事件次年,我国夏季降水分布呈现出两条雨带:一条位于黄河流域及其以北地区,为主要的降水雨带;另一条雨带位于华南,类似于 I 类雨型的分布特征。夏季降水增多的区域主要有:黄河流域部分地区、辽宁的辽河流域、新疆天山山脉以北和西藏昆仑山脉以南的部分地区,以及福建、广州等地,降水增多概率在 65% 以上,其中山东和广东的局部地区降水增多的概率在 80% 以上,降水量较常规年份增多 50% 左右;降水减少的地区主要为长江流域和黑龙江流域,其中长江流域下游江浙一带,以及黑龙江流域松花江以北的地区夏季降水减少的概率在 90% 以上,降水量较平常年份减少约 40%,东北地区极易发生干旱。

在混合型厄尔尼诺发生次年,我国夏季降水分布以秦岭淮河线为界呈现出不同的特征:以北地区降水偏多,以南地区降水减少。其中,在黄河流域中下游地区降水增加现象最明显,降水增加概率普遍在 75% 以上,降水量比常规年份增加约 80%。长江流域、珠江流域、澜沧江流域夏季降水普遍减少,云南、浙江、福建等地减少趋势明显,降水量接近平常年份夏季降水的 55%。

综上,不同分布型厄尔尼诺事件所对应的次年夏季我国降水增减分布情况不同,东部型、中部型和混合型的厄尔尼诺恰好分别对应了次年夏季我国可能出现典型的 III 类和 I 类雨型,这对于我国汛期气候预测有着重要的指示意义。

3.3 2014—2016 年厄尔尼诺事件及其对我国次年夏季降水影响分析

1961—2016 年共发生 19 次厄尔尼诺事件,最近一次厄尔尼诺事件开始于 2014 年 10 月,已持续到 2016 年,在 2015 年 11 月份发展到盛期。由于从发生到盛期时最大海温正距平基本上都处在 Nino3 区,所以此次厄尔尼诺事件为东部型厄尔尼诺事件。Nino3.4 指数的峰值为 2.66℃,为强厄尔尼诺事件,但强度略低于 1997—1998 年厄尔尼诺事件。

从 1961—2013 年历次厄尔尼诺事件中选择与本次厄尔尼诺事件相似的事件进行类比分析,以海温在 11 月份达到峰值或峰值高于 2.5℃ 为标准,选取 1965—1966 年、1972—1973 年、1982—1983 年、1997—1998 年的 4 次东部型厄尔尼诺事件进行分析。其中,1965—1966 与 1997—1998 年的事件高峰期都在 11 月,1972—1973 年、1982—1983 年、1997—1998 年发生的都为强厄尔尼诺事件。然后,运用动态时间弯曲距离 (DTW 距离) 对这 4 次事件从发生到高峰时段的 Nino 指数序列与 2014—2016 年事件的 Nino 指数序列进行相似性度量,结果见表 2。

1997—1998 年与 2014—2016 年厄尔尼诺事件的 Nino3、Nino4 和 Nino3.4 指数之间的 DTW 距离均为最小值,其次为 1972—1973 年、1982—1983 年、1965—1966 年厄尔尼诺事件,即 1997—2008 年与 2014—2016 年厄尔尼诺事件的 Nino3、Nino4 和 Nino3.4 指数时间序列相似性最高。

1965—1966 年、1972—1973 年、1982—1983 年、1997—1998 年与 2014—2016 年厄尔尼诺事件次年(1966 年、1973 年、1998 年与 2016 年)夏季降水量相对于多年夏季降水量增减情况如图 5 所示,2016 年夏季长江中下游地区,黄河下游地区,西藏和新疆大部分地区与 1998 年降水变化趋势类似,局部地区降水较常年增多 30% 以上,其中重庆、湖北、安徽和江苏四省的南部地区夏季降水量较常年增加 60% 以上。特别的,松辽流域、内陆河片夏季降水情况则与 1998 年相反,其中松辽流域与 1966 年、1973 年、1983 年的夏季降水情况均不同,降水量减少 11% 左右。2016 年夏季降水与 1983 年夏季降水在长江流域、东南沿海流域、青海甘肃等地比较相似,与 1973 年在海河流域、珠江流域比较类似,与 1966 年在内蒙古自流入、藏北高原自流入比较类似。

表 2 Nino 指数时间序列相似性分析结果
Table 2 Similarity analysis results of time series of Nino indices

时段	海温距平峰值/℃	峰值所在月份	DTW 距离/℃		
			Nino3	Nino4	Nino3.4
1965—1966	1.53	11	8.77	3.38	3.57
1972—1973	2.51	12	2.49	2.36	0.53
1982—1983	3.14	12	1.24	2.63	0.92
1997—1998	3.32	11	0.72	1.39	0.11
2014—2016	2.73	11			

注:DTW 距离指对应年份与 2015 年 Nino 指数序列之间的距离。

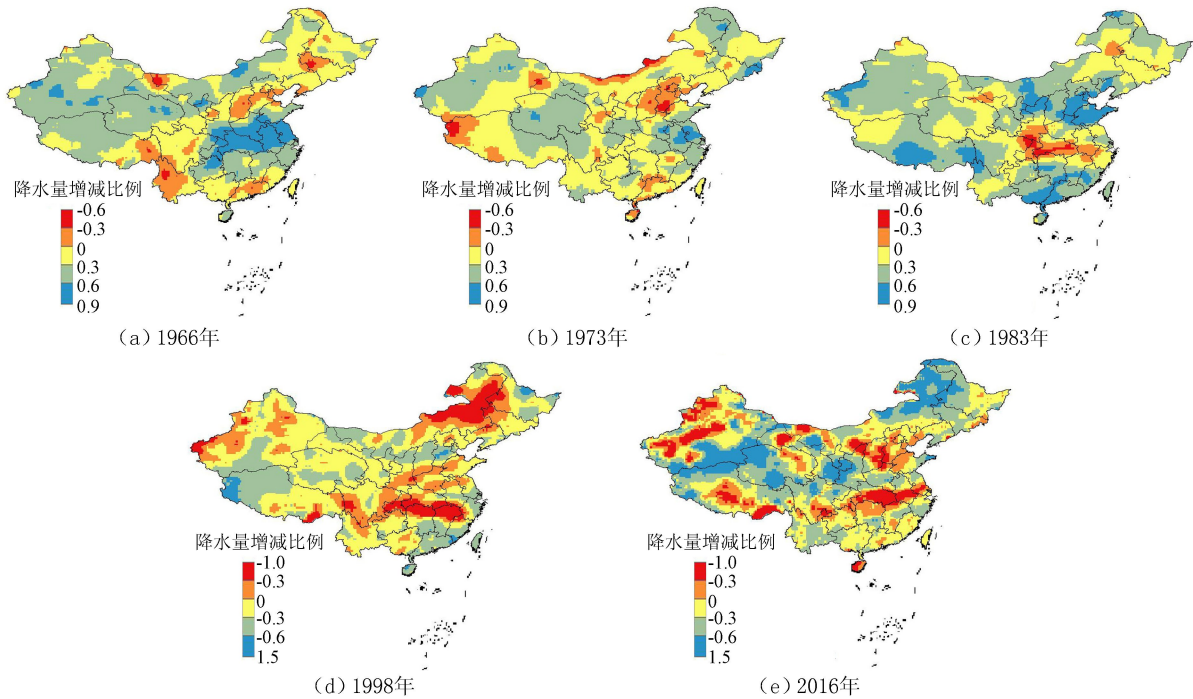


图 5 不同年份夏季降水量相对于多年夏季降水量增减比例

Fig.5 Comparison between summer precipitation in different years and the averaged summer precipitation

4 结 语

分析 1961—2016 年历次厄尔尼诺事件的类型和强度特征,采用 M-K 检验对 Nino 指数的变化趋势和突变情况进行研究;采用 EOF 方法对我国降水变率进行空间分型,解析我国月降水量的变化规律;研究厄尔尼诺次年我国夏季月降水量相对于多年平均夏季月降水量的增减比例以及增减概率,揭示 1961—2013 年不同分型厄尔尼诺事件与我国夏季月降水量的关系。在此基础上,运用动态时间规整算法对 2014—2016 年厄尔尼诺事件与历史厄尔尼诺事件进行相似性研究,并分析我国 2016 年夏季月降水的时空分布情况。主要结论如下:

a. 1961—2016 年共发生 19 次厄尔尼诺事件,其中 8 次传统型厄尔尼诺,6 次中部型厄尔尼诺和 5 次混合型厄尔尼诺,有 4 次为强厄尔尼诺均为传统型厄尔尼诺。Nino 指数在发生厄尔尼诺的时段突变频率

增高。

b. 全国降水增减幅度在厄尔尼诺事件发生的年份普遍偏大,东部型厄尔尼诺事件次年夏季长江流域和东北地区降水量通常比常规年份偏多 50%~80%,华北地区和华南地区降水比常规年份偏少 10%~50%;中部型厄尔尼诺事件次年夏季黄河流域下游地区以及华南广州地区降水较常规年份增多 50%左右,长江流域和东北地区降水量比常规年份偏少 40%左右;混合型厄尔尼诺事件次年夏季黄河流域中部地区的降水通常比常规年份偏多 50%以上。

c. 2014—2016 年厄尔尼诺事件与 1997—1998 年厄尔尼诺事件 Nino 指数变化情况相似程度较高,其夏季降水分布也较为相似。在 2016 年夏季,长江中下游地区、黄河下游地区、新疆和西藏大部分地区的夏季降水量比多年平均夏季降水量增加 30%以上,但是在松辽流域、内陆诸河等地区降水量均呈下降趋势,其中松辽河流域减少 11%左右,与历次厄尔尼诺事件影响有显著的差异。

参考文献:

- [1] 张雯燕, 张长宽, 龚政, 等. 长江口外近岸环流对厄尔尼诺事件的响应[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2014, 42(3): 267-272. (ZHANG Wenyan, ZHANG Changkuan, GONG Zheng, et al. Anomaly response to El Nino events of nearshore circulation off Yangtze Estuary[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences). 2014, 42(3): 267-272. (in Chinese))
- [2] ZHANG Wenyan. Response of nearshore circulation outside Yangtze Estuary to ElNino events [J]. Water Science and Engineering, 2016, 9(2): 145-154.
- [3] 陈烈庭. 太平洋海气相互作用的时空变化[J]. 气象学报, 1983, 41(3):296-304. (CHEN Lieting. The temporal and spatial variations in air-sea interaction over the Pacific Ocean[J]. Acta Meteorologica Sinica, 1983, 41(3):296-304. (in Chinese))
- [4] 符淙斌, 滕星林. 我国夏季的气候异常与埃尔尼诺/南方涛动现象的关系[J]. 大气科学, 1988, 12(特刊):133-141. (FU Congbin, TENG Xinglin. The relationship between the climate anomalies in summer and the phenomenon of El Nino/Southern Oscillation[J]. Atmospheric Science, 1988, 12(Special Issue):133-141. (in Chinese))
- [5] 宗海峰, 陈烈庭, 张庆云. ENSO 与中国夏季降水年际变化不稳定性特征[J]. 大气科学, 2010, 34(1):184-192. (ZONG Haifeng, CHEN Lieting, ZHANG Qingyun. The instability of the interannual relationship between ENSO and the summer rainfall in China[J]. Atmospheric Sciences, 2010, 34(1): 184-192. (in Chinese))
- [6] FU C, DIAZ H. Characteristics of the response of sea surface temperature in the central Pacific associated with warm episodes of the Southern Oscillation[J]. Monthly Weather Review, 1986, 56(6): 1716-1738.
- [7] WENG H, ASHOK K, BEHERA S K, et al. Impacts of recent El Nino Modoki on dry/wet conditions in the Pacific during boreal summer[J]. Climate Dyn, 2007, 29(2): 113-129.
- [8] KUG J, JIN F, AN S. Two types of El Nino events: Cold Tongue El Nino and warmpool El Nino[J]. Journal of Climate, 2009, 22: 1499-1515.
- [9] 袁媛, 杨辉, 李崇银. 不同分布型厄尔尼诺事件及对中国次年夏季降水的可能影响[J]. 气象学报, 2012, 70(3):467-478. (YUAN Yuan, YANG Hui, LI Chongyin. Study of El Ni no events of different types and their potential impact on the following-summer precipitation in China[J]. Acta Meteorologica Sinica, 2012, 70(3):467-478. (in Chinese))
- [10] 张志华, 黄刚. 不同类型 El Nino 事件及其与我国夏季气候异常的关系[J]. 南京气象学院学报, 2008, 31(6):782-789. (ZHANG Zhihua, HUANG Gang. Their relationships with China summer climate anomaly[J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology, 2008, 31(6):782-789. (in Chinese))
- [11] WEN Xin, FANG Guohua, QI Heshuai, et al. Changes of temperature and precipitation extremes in China: past and future[J]. Theoretical and Applied Climatology, 2016, 126(1/2): 369-383.
- [12] WEN Xin, FANG Guohua, ZHOU Lei, et al. Regional climate change and its possible effects on river runoff in Qiantang river basin-past and future[J]. Fresenius Environmental Bulletin, 2015, 24(11B): 3880-3894.
- [13] 左军成, 左常圣, 李娟, 等. 近十年我国海平面变化研究进展[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2015, 43(5):442-449. (ZUO Juncheng, ZUO Changsheng, LI Juan, et al. Advances in research on sea level variations in China from 2006 to 2015 [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2015, 43(5):442-449. (in Chinese))
- [14] 国家气象科学数据共享服务网. 中国地面降水日值 0.5°×0.5°格点数据集(V2.0) [EB/OL]. [2016-03-15]. http://data.cma.cn/data/detail/dataCode/SURF_cLI_chn_PRE_DAY_GRID_0.5/keywords/V2.0.html.
- [15] National Oceanic and Atmospheric Administration. Download climate timeseries [EB/OL]. [2016-03-23]. http://www.esrl.noaa.gov/psd/gcos_wgsp/Timeseries/.

[16] 柯长青,李培基.用 EOF 方法研究青藏高原积雪深度分布与变化[J].冰川冻土,1998,20(1):65-68. (KE Changqing, LI Peiji. Research on the characteristics of distribution and variation of snow cover on the Tibetan Plateau by using EOF Analysis [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 1998, 20(1):65-68. (in Chinese))

[17] 赵亚锋.基于延时相关性的我国降水对 ENSO 事件响应分析[D].兰州:兰州交通大学,2014.

[18] 彭赓,刘金烜,曾鹏志,等.时间序列相似性与基于搜索数据的预测研究:以九寨沟客流量预测为例[J].管理现代化,2016(2):107-110. (PENG Geng, LIU Jinxuan, ZENG Pengzhi, et al. Time series similarity and forecasting based on search data: a case study of jiuzhaigou passenger flow forecast[J]. Management Modernization, 2016(2):107-110. (in Chinese))

[19] 王智祖,左军成,陈美香,等.黄、东海沿岸海表温度变化与厄尔尼诺的关系[J].河海大学学报(自然科学版),2012,40(4):461-468. (WANG Zhizu, ZUO Juncheng, CHEN Meixiang, et al. Relationship between El Nino and sea surface temperature variation in coastal region of Yellow Sea and East China Sea[J]. Journal of Hohai University(Natural Sciences), 2012, 40(4):461-468. (in Chinese))

[20] Enso 监测小组.厄尔尼诺事件的划分标准和指数[J].气象,1989(3):37-38. (Enso monitoring team. The division criteria and indices of El Nino events[J]. Meteorology, 1989(3):37-38. (in Chinese))

[21] XUE F, LIU C. The influence of moderate ENSO on summer rainfall in eastern China and its comparison with strong ENSO[J]. Chinese Science Bulletin, 2008, 53(5):791-800.

[22] 刘伟.东北地区气候对厄尔尼诺响应的时空分析[D].长春:东北师范大学,2007.

[23] INFANTI J M, KIRTMAN B P. North American rainfall and temperature prediction response to the diversity of ENSO[J]. Climate Dynamics, 2016, 46(9/10):3007-3023.

[24] 张强,孙鹏,程辰,等. ENSO 影响下安徽省旱涝灾害及农业生产损失时空变化特征[J].水资源保护,2016,32(6):6-18. (ZHANG Qiang, SUN Peng, CHENG Chen, et al. Temporal and spatial variations of ENSO-induced flood and drought disasters and loss in agricultural production in Anhui Province [J]. Water Resources Protection, 2016,32(6):6-18. (in Chinese))

[25] 胡玉恒,荣艳淑,魏佳,等.华南前汛期降水与前期印度洋海温的关系[J].水资源保护,2017,33(5):106-116. (HU Yuheng, RONG Yanshu, WEI Jia, et al. Relationship between pre-flood season precipitation in South China and Indian Ocean SST at earlier stages[J]. Water Resources Protection, 2017,33(5):106-116. (in Chinese))

· 简讯 ·

《河海大学学报(自然科学版)》论文入选
“领跑者 5000——中国精品科技期刊顶尖论文”

在中国科学技术信息研究所公布的 2016 年度“领跑者 5000——中国精品科技期刊顶尖学术论文 (F5000)”入选名单中,《河海大学学报(自然科学版)》刊发的 3 篇论文入选。至此,本刊刊发的论文已有 10 篇入选 F5000 论文(见下表)。

序号	姓名	题名	刊期	入选 F5000 年度
1	郑志宏,魏明华	基于熵值法的改进集对分析水质模糊评价	2013,41(2):136-139	2014
2	叶金印,姚 成,李京兵,李致家	综合误差系数在新安江模型参数全局优化中的应用	2013,41(1):1-5	2014
3	李晓,李致家,董佳瑞	SWAT 模型在伊河上游径流模拟中的应用	2009,37(1):23-26	2014
4	梁忠民,王晓童,郦建强,常文娟,李爱花,胡义明	抗旱能力定量计算的简化方法	2014,42(6):471-475	2014
5	吴峰,鞠平,秦川,李龙,陶爱峰,孙黎霞	近海可再生能源发电研究综述与展望	2014,42(1):80-87	2014
6	张长宽,陈欣迪	大规模滩涂围垦影响下近海环境变化及其对策	2015,43(5):424-430	2015
7	徐伟,董增川,付晓花,谈娟娟,刘倩,杜芙蓉	基于 BP 人工神经网络的河流生态健康预警	2015,43(1):54-59	2015
8	钱宝,刘凌,肖潇	土壤有机质测定方法对比分析	2011,39(1):34-38	2016
9	包红军,王莉莉,李致家,姚成	基于 Holtan 产流的分布式水文模型	2016,44(4):340-346	2016
10	张长宽,陈欣迪	海岸带滩涂资源的开发利用与保护研究进展	2016,44(1):25-33	2016

(本刊编辑部供稿)