

浙江省森林火灾和 ENSO 循环的关系

毛燕军¹, 茅史亮², 李少虹²

(1. 浙江省气候中心, 浙江 杭州 310017, 2. 浙江省林火监测中心, 浙江 杭州 310020)

摘要: 对 1968–2013 年浙江森林火灾与气象资料进行统计分析, 并对 ENSO 循环下浙江森林火灾与气象要素的关系进行了进一步分析, 研究 ENSO 循环对浙江森林火灾的影响。结果表明: 1968–1983 年浙江森林火灾次数处于低值区, 1984 年起火灾次数突然上升, 并于 1986 年达峰值, 随后出现逐波下降趋势。浙江森林火灾多年平均月际变化呈单峰型, 从 12 月开始上升, 峰值出现在来年的 4 月, 5 月开始急剧下降, 谷值出现在 6 月, 海温暖异常月份, 森林火灾减少; 海温冷异常月份, 森林火灾增加; ENSO 循环影响浙江森林火灾的主要气候机理为: El Nino 爆发前的冬季有利于浙江森林火灾的发生, 而 El Nino 发生后的冬季不利于火灾发生; 与之相反, 在 La Nina 爆发之前的冬季不利于森林火灾的发生, 而在 La Nina 发生后的冬季, 有利于森林火灾的发生; ENSO 循环还通过与冬季风的关系影响到浙江森林火灾峰值月份的出现时间, 在 El Nino 年夏季, 一般不利于浙江森林火灾的发生, 在 La Nina 年夏季, 当副高西伸脊点偏西, 有利于森林火灾的发生, 当西伸脊点偏东, 则不利于森林火灾发生。

关键词: 浙江; 气象要素; ENSO 循环; 气候机理

中图分类号: S762

文献标识码: A

Relation between Forest Fires and ENSO Circulation in Zhejiang

MAO Yan-jun¹, MAO Shi-liang², LI Shao-hong²

(1. Zhejiang Climate Center, Hangzhou 310017, China; 2. Zhejiang Forest Fire Monitoring Center, Hangzhou 310020, China)

Abstract: Statistical analysis on forest fires and meteorology data in Zhejiang Province during 1968-2013 demonstrated that forest fires occurred less during 1968-1983, but increased from 1984 and topped in 1986, and then decreased. Monthly forest fires(1995-2013) showed a single peak curve, increased from December, topped in April of the next year, decreased sharply in May, lowest in June. Analysis on ENSO circulation and forest fires concluded that forest fires decreased when the sea temperature was warm, and increased when it was cold.

Key words: Zhejiang province; forest fire; meteorological element; ENSO circulation; mechanism on climate

森林生态系统是陆地自然生态系统中最大的生态系统, 在整个自然界的动态平衡中具有重要的作用。森林常受到不同程度火灾的破坏性毁灭。森林火灾的发生必须具备三个条件: ①森林可燃物 (是发生森林火灾的物质基础); ②火险气象条件 (是发生森林火灾的重要条件); ③火源 (是发生森林火灾的主导因素)。

森林火灾的发生、发展与气象因子的关系很密切^[1-2]。气象因子不仅影响森林可燃物的含水量和干湿程度的变化, 还影响到火的蔓延及林火的行为特点等。与森林火险关系密切的气象因子主要有空气湿度、温度、风速、降水和连旱天数等。重大森林火灾多发生在旱季或干旱少雨的时段。

随着林火资料和气象资料的积累, 对森林火灾与气象条件关系的研究也逐渐深入。ENSO 循环是年际气候变化的重要信号, 对全球气候有明显的影响。本文在分析了浙江森林火灾与气象条件一般关系的基础上, 针对

ENSO 循环这一特定气候背景, 分析了 ENSO 循环对浙江森林火灾的影响。

1 资料和方法

1.1 资料

本研究资料分三个部分, 分别为: 浙江省森林火灾次数资料、ENSO 资料、气象要素资料。资料来源如下。

1.1.1 森林火灾资料和气象要素资料 森林火灾数据来源于《浙江省林业志》^[3]和浙江省林火监测中心, 资料长 46 a (1968–2013 年), 其中 1995–2013 年 (19 a) 包含逐月森林火灾次数数据。

气象要素资料取自浙江省气候中心数据库, 包括最小相对湿度、平均相对湿度、最高气温、最低气温、平均气温、平均风速、最大风速、极大风速、降水日数、降水量等气候要素。

气象因子在森林火灾发生中的作用可分为两类: 一类对火灾发生有影响, 另一类对火灾蔓延有影响。上述气象要素中, 对火灾发生有影响的气象要素: ①温度 (最高气温、平均气温和最低气温); ②湿度 (平均相对湿度、最小相对湿度); ③降水日数; ④降水量。对火灾蔓延有影响的气象要素: 风速 (平均风速、最大风速和极大风速)。

1.1.2 ENSO 资料

1.1.2.1 ENSO 循环概述 ENSO 循环 (ENSO Circulation) 定义: 日界线以东的东南太平洋与日界线以西的西太平洋—印度洋之间海平面气压存在反相关关系, 即南方涛动现象 (SO), 用南方涛动指数 (SOI) 表示。在厄尔尼诺 (El Nino) 期间, 东南太平洋气压明显降低, SOI 为负值; 反之, 在拉尼娜 (La Nina) 期间, 东南太平洋气压明显升高, SOI 为正值。这种全球尺度的气候振荡称为 ENSO 循环。厄尔尼诺和拉尼娜是该循环过程中冷暖两种不同位相, 厄尔尼诺为 ENSO 暖位相, 拉尼娜为 ENSO 冷位相。

1.1.2.2 ENSO 判别标准 对 ENSO 事件的划分, 不同学者采用的指标及其判别标准、所用资料及其范围目前仍不统一, 其评判标准在国际上还存在一定差别。中国气象局国家气候中心在业务上主要以 NINO 综合区 (NINO 1+2+3+4 区) 的海温距平指数作为判定厄尔尼诺 (拉尼娜) 事件的依据^[4], 具体判别标准如下:

厄尔尼诺: NINO 综合区海温距平指数持续 6 个月以上 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$ (过程中间可有单个月份未达指标) 为一次厄尔尼诺事件; 若该区指数持续 5 个月 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$, 且 5 个月的指数之和 $\geq 4.0^{\circ}\text{C}$, 也定义为一次厄尔尼诺事件。

拉尼娜: NINO 综合区海温距平指数至少持续 6 个月 $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ (过程中间可有单个月份未达指标) 为一次拉尼娜事件; 若该区指数持续 5 个月 $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$, 且 5 个月的指数之和 $\leq -4.0^{\circ}\text{C}$ 时, 也定义为一次拉尼娜事件。

依据上述标准, 气候平均值取 1981–2010 年, 得到 1968–2013 年的 ENSO 事件如表 1。

表 1 1968–2013 年 ENSO 事件
Table 1 ENSO events during 1968–2013

序号	El Nino 起止年月	La Nina 起止年月
1	1968.12–1969.06	1967.08–1968.05
2	1972.04–1973.02	1970.06–1972.01
3	1982.05–1983.08	1973.05–1976.04
4	1986.10–1988.01	1983.10–1986.01
5	1991.05–1992.05	1988.04–1989.08
6	1994.10–1995.02	1995.08–1996.06
7	1997.04–1998.05	1998.08–2001.02
8	2002.06–2003.02	2007.05–2008.04
9	2006.08–2007.01	2010.06–2011.03
10	2009.06–2010.04	

1.2 方法说明

本文在进行相关系数检验时由于资料长短的不一致, 对于两变量无关 ($\rho=0$) 还是相关 ($\rho\neq 0$) 的假设检验, 分为小样本下的检验和大样本下的检验^[5]。

小样本 ($N\leq 30$) 时, 采用 t 检验, 对应的 t 统计量为 $t = \frac{r\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}}$ (该统计量服从自由度为 $N-2$ 的 t 分布)

大样本 ($N> 30$) 时, 采用标准正态分布检验, 对应的 z 统计量为 $z = r\sqrt{N-1}$

2 ENSO 循环对浙江森林火灾的影响

ENSO 事件被认为是年际气候变化中的强信号, 它的发生往往会在全球引起严重的气候异常, 也是区域气

候变化的重要气候背景，相应地对影响森林火险的气象因子（如气温、风、降水量、空气相对湿度、日照、能见度等）以及它们的不同组合也会有不同程度的影响。

2.1 浙江森林火灾变化的一般特征

2.1.1 浙江森林火灾年际变化的一般特征 1968－2013 年浙江省共发生森林火灾 27 560 次，多年平均火灾次数为 599.1 次，逐年变化曲线如图 1。

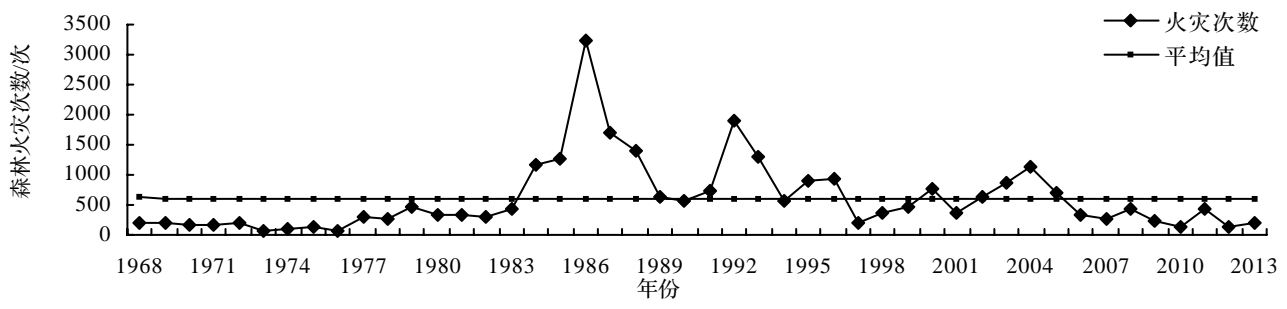


图 1 浙江省 1968－2013 年森林火灾次数变化
Figure 1 Annual forest fires during 1968-2013 in Zhejiang province

图 1 表明，1968－1983 年浙江省森林火灾次数处于低值区，变化相对平稳，略有波动，其中 1976 年最少（69 次）；1984 年起火灾次数突然上升，并于 1986 年达峰值（3 229 次），随后出现逐波下降趋势，1992 年出现次高峰，2004 年还有一个相对的峰值；2005－2013 年火灾次数又处于低值区，2010 年处于低值（97 次）。

森林防火的科学管理对森林火灾的发生也能产生一定影响。1987 年 5 月 6 日，大兴安岭地区特大森林火灾发生以后，各级人民政府十分重视森林资源保护工作，浙江省的森林火灾次数也呈逐年下降趋势。

2.1.2 浙江森林火灾月际变化的一般特征 浙江森林火灾多年平均月际变化呈单峰型，火灾次数从 12 月开始上升，峰值出现在冬半年的 4 月，5 月开始急剧下降，谷值出现在夏半年的 6 月。将 11 月至次年 4 月称为冬半年，5－10 月称为夏半年，则冬半年森林火灾次数约占全年总数的 90%，而夏半年只占 10%。

浙江森林火灾月际分布特征与其亚热带季风气候区的气候特征相关，其要素表现为：雨量丰富、气候湿润；雨热同季，冬季干冷少雨，夏季湿热多雨；冬春风大，夏秋风小。

不同年份森林火灾次数的月际分布基本相似：12 月森林火灾次数开始增多，5 月开始急剧下降，谷值出现在 6 月；主要差异在峰值出现的时间，多年平均峰值时间在 4 月，具体到不同年份，2－4 月均可出现峰值。

2.2 浙江森林火灾与气象要素的关系

2.2.1 年平均气象要素与森林火灾次数的关系 计算 1968－2013 年逐年森林火灾次数与年平均气象要素的相关系数，结果见表 2。

由表 2 可知，浙江年森林火灾发生次数与风速的相关性

表 2 浙江省年森林火灾次数与年平均气象要素相关系数(1968-2013)
Table 2 Correlation coefficient between annual forest fires and meteorological elements in Zhejiang province

对应气象要素	相关系数	对应气象要素	相关系数
最小相对湿度	0.156	平均风速	0.344*
平均相对湿度	0.051	最大风速	0.267
平均最高气温	-0.065	极大风速	0.330*
平均最低气温	-0.230	降水日数	-0.181
平均气温	-0.169	降水量	-0.132

注：*为通过 0.05 信度检验。

最密切，呈明显的正相关，其中，与平均风速和极大风速的相关性通过了 0.05 的信度检验，其他气象要素与森林火灾发生次数虽有一定的相关性，但均没有通过信度检验，具体关系分别如下：与降水日数、降水量呈负相关；与最高气温、最低气温、平均气温呈负相关；与最小相对湿度、平均相对湿度呈弱的正相关。

2.2.2 月平均气象要素与森林火灾次数的关系 计算（1995－2013 年）月平均气象要素与月森林火灾次数的相关系数，结果如表 3。

由表 3 表明：浙江月森林火灾发生次数与月降水日数关系最显著，呈明显的负相关，12 个月中有 7 个月火灾次数与降水日数相关性通过 0.05 信度检验；其次与降水量相关性较好，也呈明显的负相关，12 个月中有 5 个月通过显著性检验；各月相对湿度与火灾次数均呈负相关，其中 2、5 两个月与火灾次数的相关系数通过显著性

检验; 气温在 7、8 月与火灾次数的相关性最好, 呈正相关, 并通过信度检验, 12 月月平均气温与火灾次数呈负相关, 也通过显著性检验; 风速与森林火灾除 6、7 月有弱的负相关外, 其他月份为弱的正相关, 值得注意的是, 各月风速与森林火灾次数的相关性均不显著, 而年平均风速与年森林火灾的相关性是最显著的。

表 3 浙江省月森林火灾次数与气象要素相关性 (1995—2013 年)
Table 3 Correlation coefficient between monthly forest fires and meteorological elements in Zhejiang province

项目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
最小相对湿度	-	-*	-	-	-*	-	-	-	-	-	-	-
平均相对湿度	-	-*	-	-	-*	-	-	-	-	-	-	-
平均最高气温	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
平均最低气温	+	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-*
平均气温	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-
平均风速	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
平均最大风速	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
平均极大风速	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
降水日数	-*	-*	-	-	-*	-*	-*	-*	-	-	-	-*
降水量	-	-*	-	-	-*	-	-*	-	-*	-	-	-*

注: 表中“-”表示负相关, “+”表示正相关, “*”表示通过 0.05 信度检验。

2.3 ENSO 循环对浙江森林火灾的影响

不同的 ENSO 循环过程, 海温冷暖异常的起始、结束和持续时间不同, 其对月气象要素的影响也有很大差异。把厄尔尼诺发生期间, NINO 综合区海温距平 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$ 的月定义为暖异常月, 拉尼娜发生期间, NINO 综合区海温距平 $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ 的月份定义为冷异常月, 厄尔尼诺和拉尼娜间歇期的月份定义为正常月, 以下分析 ENSO 循环对浙江省各月森林火灾气象条件的影响及综合作用。

2.3.1 海温异常对月森林火灾气象条件的影响 根据 ENSO 循环不同位相月气象要素的统计特征分析, ENSO 循环对浙江省月森林火灾发生和蔓延的气象条件影响如下。

海温异常对森林火灾发生的影响: 1、3、4、7、9 月, 海温异常 (冷异常和暖异常一致) 不利于火灾发生; 2、5、8、11、12 月, 暖异常不利于火灾发生, 而冷异常有利于火灾发生; 6、10 月暖异常有利于发生, 而冷异常不利于发生。

海温异常对森林火灾蔓延的影响: 1—6 月的海温异常有利于火灾蔓延, 7 月的海温异常不利于蔓延, 8—12 月的海温暖异常不利于蔓延、冷异常有利于火灾蔓延。

2.3.2 ENSO 循环不同位相月森林火灾次数对比分析 统计不同 ENSO 位相各月森林火灾次数距平, 结果如表 4。

海温正常月份, 12 个月平均森林火灾次数距平 0.44 次, 总体接近常年。有 6 个月森林火灾发生次数略偏多, 分别为 1 月、6—8 月、10 月和 12 月; 其他月份森林火灾发生次数略偏少。

对比分析表明, 海温异常对森林火灾发生和蔓延的综合作用如下:

海温暖异常月份, 12 个月平均森林火灾次数距平 -19.42 次, 总体影响使森林火灾次数减少。有 11 个月森林火灾发生次数偏少, 其中 12 月、3 月、4 月明显偏少; 只有 2 月份森林火灾发生次数略偏多。

海温冷异常月份, 12 个月平均森林火灾次数距平 14.20 次, 总体影响使森林火灾次数增多。有 8 个月森林火灾发生次数偏多, 其中 12 月、3—5 月明显偏多; 有 4 个月森林火灾发生次数偏少。

表 4 ENSO 循环不同位相月森林火灾次数距平
Table 4 Anomaly value of monthly forest fires with different phase of sea surface temperature

	正常	暖异常	冷异常	多年平均
1 月	20.1	-13.9	-15.2	42.3
2 月	-3.8	7.0	1.0	104.4
3 月	-3.4	-78.1	39.5	119.6
4 月	-16.8	-92.2	119.8	128.8
5 月	-2.9	-3.1	11.0	12.1
6 月	0.2	-0.4	-0.2	2.4
7 月	1.8	-3.4	-2.9	5.4
8 月	2.3	-5.7	0.3	9.4
9 月	-0.1	-2.8	2.1	4.3
10 月	5.3	-6.8	-3.5	14.8
11 月	-2.4	-2.8	5.5	18.1
12 月	5.0	-30.8	13.0	36.3
平均	0.44	-19.42	14.20	

3 气候机理分析

浙江省地处东亚季风区,是我国受东亚季风影响最明显的地区之一,在东亚地区冬季盛行偏北风,夏季盛行西南风。ENSO的出现往往使东亚季风产生异常^[6],从而使东亚大气环流出现明显异常,由此引起月、季气象要素分布发生异常,其对浙江森林火灾气象条件产生影响的气候机理如下。

3.1 ENSO 循环对冬半年(11月至次年4月)森林火灾气象条件的影响

一般地,当年11月到次年4月,受冬季风影响,浙江盛行偏北风,空气干燥、降水少,有利于森林火灾的发生,但 ENSO 的出现会使冬季气候发生明显异常。

ENSO 对东亚冬季风的影响主要表现为:El Nino (La Nina) 减弱(增强)东亚冬季风。

在 El Nino 爆发前的冬季,东亚冬季风一直持续偏强,表现为东亚大槽深、西伯利亚地面高压强、东亚沿海偏冷和有异常北风,赤道西太平洋地区出现持续的西风异常;而在 El Nino 发生后的冬季,东亚地区形成了不利于强冷空气活动的大气环流形势,东亚冬季风明显偏弱。因此,El Nino 爆发前的冬季有利于浙江森林火灾的发生,而 El Nino 发生后的冬季不利于火灾发生。

与之相反,在 La Nina 爆发之前,东亚冬季风持续偏弱,不利于森林火灾的发生和蔓延;而在 La Nina 发生后的冬季,东亚冬季风却明显持续偏强,有利于森林火灾的发生和蔓延。

由于大气环流相对于海温变化有滞后效应,因此,浙江森林火灾峰值月份的出现时间也受 ENSO 循环的影响,森林火灾发生最多的月份多出现在3、4月。

3.2 ENSO 循环对夏半年(5—10月)森林火灾气象条件的影响

5—10月是浙江的汛期,受夏季风影响,降水丰沛。森林火灾最少的月份一般出现在6月份,但盛夏经常出现一段高温少雨天气,一旦出现持续高温少雨引起干旱,也会导致夏秋季森林火灾异常多发(如2003年8月和2013年8月)。

ENSO 循环对浙江夏季森林火灾的影响机理如下。

虽然在 El Nino 年和 La Nina 年东亚地区都仍为夏季风控制,但对夏季风强度有明显影响。El Nino(La Nina)对东亚夏季风有减弱(增强)作用,La Nina 增强东亚夏季风主要在长江以南地区。夏季风强(或弱)分别对应长江中下游至江南地区汛期少雨(或多雨)。

尤其是夏季降水量与 El Nino 的关系还依赖于 El Nino 所处的不同阶段^[7]。平均情况下:在 El Nino 处于发展期的夏季,主要降雨带在长江—淮河流域;而在 El Nino 处于衰减期的夏季,主要降雨带在长江以南地区。

在平均情况下:在 El Nino 年夏季,西太平洋副高位置偏南,呈带状西伸,江南地区降水偏多,不利于森林火灾发生;而在 La Nina 年夏季,西太平洋副高位置偏北,但江南地区降水量还要视副高西伸脊点的位置,情况相对复杂一点^[8],当西伸脊点偏西,江南地区高温少雨,有利于森林火灾的发生,当西伸脊点偏东,则不利于森林火灾发生。

浙江汛期降水量的多少还与 ENSO 对西太平洋副高和西太平洋台风活动的影响有关。在一般情况下,在 El Nino 年西太平洋台风生成数偏少,登陆我国东部沿海的台风数也偏少;在 La Nina 年西太平洋台风生成数偏多,登陆台风数也偏多。台风影响较大的地区,降水量多、气温低,对森林火灾的发生有抑制作用。

4 结论

森林火灾与气候变化密切相关,不同气候背景对森林火灾气象条件的影响和机理不同。事实上,ENSO 只是影响东亚季风的一种因素,东亚季风的活动及其异常还受到多种因素的影响,如东亚夏季风及与之相伴的降水异常还受到包括海温异常(SSTA)、青藏高原积雪和中高纬度大气环流等的影响,因此,上述分析中,与森林火灾相关的浙江月、季和年气候要素异常并不能都归结为 ENSO 的作用。

本文针对 ENSO 这一特定气候背景, 分析其对浙江森林火灾发生和蔓延的影响及气候机理, 得出以下主要结论:

(1) 1968–2013 年, 浙江省森林火灾次数分布的年际变化如下: 1968–1983 年火灾次数处于低值区, 变化相对平稳; 1984 年起火灾次数突然上升, 并于 1986 年达峰值, 随后出现逐波下降趋势, 1992 年出现次高峰, 2004 年还有一个相对的峰值; 2005–2013 年火灾次数又处于低值区。

(2) 浙江森林火灾多年平均月际变化呈单峰型, 火灾次数从 12 月开始上升, 峰值出现在冬半年的 4 月, 5 月开始急剧下降, 谷值出现在夏半年的 6 月。其中冬半年森林火灾次数约占全年总数的 90%, 夏半年只占 10%。

(3) 海温暖异常月份, 森林火灾减少; 海温冷异常月份, 森林火灾增加。

(4) ENSO 循环影响浙江森林火灾的主要气候机理如下:

El Nino 爆发前的冬季有利于浙江森林火灾的发生, 而 El Nino 发生后的冬季不利于火灾发生; 与之相反, 在 La Nina 爆发之前的冬季不利于森林火灾的发生, 而在 La Nina 发生后的冬季, 有利于森林火灾的发生。ENSO 循环还通过与冬季风的关系影响到浙江森林火灾峰值月份的出现时间。

在 El Nino 年夏季, 一般不利于浙江森林火灾的发生; 在 La Nina 年夏季, 当副高西伸脊点偏西, 有利于森林火灾的发生, 当西伸脊点偏东, 则不利于森林火灾发生。

参考文献:

- [1] 贺庆棠. 中国森林气象学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [2] 宋志杰. 林火原理和林火预报[M]. 北京: 气象出版社, 1991.
- [3] 浙江省林业志编纂委员会. 浙江省林业志[M]. 北京: 中华书局, 2001.
- [4] 李晓燕, 翟盘茂. ENSO 事件指数与指标研究[J]. 气象学报, 2000, 58(2): 102–109.
- [5] 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.
- [6] 王绍武. 现代气候学研究进展[M]. 北京: 气象出版社, 2001.
- [7] Huang R H, Wu Y F. The influence of ENSO on the climate change in China and its mechanism[J]. Adv Atmos Sci, 1989, 6(1): 21–32.
- [8] 毛燕军. ENSO 与浙江省 1998 和 1999 年汛期天气的关系[J]. 气象科技, 2001, 29(1): 31–34.