

鄱阳湖区域极端降水异常的特征及成因*

闵 岫, 刘 健

(中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊与环境国家重点实验室, 南京 210008)

摘 要: 鄱阳湖区域 4-7 月极端降水总量存在显著的 2-4 年周期变化, 且鄱阳湖 4-7 月极端降水总量的变率存在比较显著的增加趋势. 1998 年 6 月鄱阳湖地区极端降水总量异常偏多, 而 2001 年 6 月异常偏少, 仅为 1998 年的 13.5% 左右. 通过分析大气环流场、水汽输送等方面的差异, 发现 1998 年 6 月 500hPa 高度场上乌拉尔山高脊和鄂霍次克海高脊发展, 贝加尔湖大槽加深, 为鄱阳湖极端降水的产生提供了有利的环流背景, 850hPa 高度场上西太平洋副高增强, 使得副高西北侧的西南气流增强北上与由贝加尔湖低槽引导南下的偏北风气流交绥于长江流域, 并且增强的西南气流把大量的水汽带到鄱阳湖地区, 同时对对应高层南亚高压增强, 从而使得鄱阳湖地区有充足的水汽来源并产生强烈的上升运动. 而 2001 年 6 月 500hPa 高度场上中高纬地区环流经向发展, 850hPa 西太平洋副高位置相对偏东, 水汽不易到达鄱阳湖地区, 且贝加尔湖低槽减弱, 使得北方冷空气不易到达鄱阳湖区域, 同时对对应高层南亚高压偏弱偏西, 从而使得鄱阳湖地区上升运动减弱.

关键词: 鄱阳湖; 极端降水; 异常; 大气环流

Characteristics and causes of the extreme precipitation anomaly in Lake Poyang area

MIN Shen & LIU Jian

(State Key Laboratory of Lake Science and Environment, Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, P. R. China)

Abstract: The extreme precipitation (EP) amount from April to July in Lake Poyang area exhibits significant quasi-periodic oscillations of 2-4 years, and its variance has remarkable ascendant trend. June EP amount in Lake Poyang area was abundant in 1998, while it decreased sharply in 2001, which only accounted for 13.5% of annual precipitation in 1998. Through analyzing the difference of atmospheric circulation and moisture transport between the two periods, the results show that the developed high ridge near the Ural mountains and Okhotsk Sea and the stronger trough around Lake Baikal have offered a favorable circulation background for the EP in Lake Poyang area in June, 1998. Because of the strengthened Western Pacific subtropical high (WPSH), the stronger southwesterly in the northwest part of WPSH transported plentiful moisture to the area, and it converged with the northerly around the Yangtze River valley. Meanwhile, the South Asia high was reinforced at upper layers, which led to strong ascending motion in Lake Poyang area. While the eastward shifted WPSH and the meridional developed circulation over the middle and high latitude at 500hPa reduced the moisture transport in Lake Poyang area significantly in June, 2001. Moreover, the weakened north cold air from the trough around Lake Baikal was difficult to reach Lake Poyang area, and the weakened South Asia high decreased the ascending motion in the area.

Keywords: Lake Poyang; extreme precipitation; anomaly; atmospheric circulation

鄱阳湖流域降水量丰富, 时空分布不均, 其特有的气候变化特征、地理环境和人类活动等因素叠加导致洪涝灾害频繁. 据历年洪灾资料统计, 在 1950-2005 年的 56 年中, 鄱阳湖区发生水灾 46 次, 平均 5 年中 4 年有灾. 王凤等^[1] 根据鄱阳湖洪水位频率计算成果 and 湖区防洪标准等因素, 将洪水划分为 6 个等级, 其中 2-5 年一遇的洪水发生 24 次, 造成的损失大约占历年总损失的 1/3, 5 年一遇以上的洪水发生 7 次, 但其造成的损失约占历年洪灾总损失的 2/3. 闵騫^[2] 分析鄱阳湖洪水特征发现, 1990s 鄱阳湖平均水位超过近 50 年

* 中国科学院知识创新工程项目 (KZCX2-YW-337)、国家自然科学基金项目 (40871007, 40890054)、中国科学院南京地理与湖泊研究所自主部署项目 (NIGLAS2010QD17) 和学科领域发展支持项目 (NIGLAS2010XK02) 联合资助. 2010-07-07 收稿; 2010-08-27 收修改稿. 闵岫, 女, 1984 年生, 博士, 助理研究员; E-mail: shmin@niglas.ac.cn.

来的任何 10 年, 年最高水位出现近 100 年来的最大值。尽管鄱阳湖的洪涝灾害还受到土地利用变化、水土流失和地形等因素叠加效应的影响, 但气候变化很可能是对水循环产生影响的主导因素, 继而影响水资源, 造成旱涝灾害^[3-5]。郭华等^[6]研究发现, 鄱阳湖流域气温和降水均在 1990 年发生突变, 继而出现显著的上升趋势。王怀清等^[7]研究近 50 年鄱阳湖五大流域降水变化特征发现, 各流域年降水量、暴雨日数总体呈波动上升趋势, 1990s 以来暴雨日数异常偏多的概率最大; 他还指出由于近 50 年来鄱阳湖流域降水时间分布不均的情况加剧, 导致旱涝灾害风险可能增加。

极端事件频率和强度的变化对自然和社会带来的冲击远大于气候平均变化^[8]。全世界许多区域的研究都表明^[9]降水事件频率的变化不是很小就是很大, 往往总降水量有一个增加, 强降水量就会以更大的比例增加。由 Meehl, Karl 及 Zwiers 等 10 多位科学家联合署名在美国气象学会的会刊上发表了多篇论文呼吁加强对极端气候事件的研究^[10-12]。气象灾害是影响我国的主要自然灾害之一, 由暴雨导致的洪涝灾害又是最严重且发生频率较高的气象灾害。早在 20 世纪七、八十年代, 陶诗言等^[13-14]就对暴雨做了系统性的研究, 但以前的研究中都把强降水事件称为暴雨, 近十几年来极端降水的概念才被广泛应用。近十年来, 国内外已有许多专家学者对极端事件进行了分析^[15-24]。Karl 和 Knight^[25]基于降水分布的第 90 个百分位值定义了极端强降水事件, 通过研究美国降水的变化趋势发现, 自 1910 年以来美国降水量增加了 10%, 而这些降水量的增加主要来自于强降水和极端降水事件的增加。Tank 和 Konnen^[26]研究了欧洲降水极值指标的变化趋势, 发现区域平均降水极值指标在 1946–1999 年间出现湿润趋势。严中伟和杨赤^[27]研究指出, 在很多情况下, 极端气候变化可以达平均气候变化的 5–10 倍, 而另一些情形下, 极端气候完全逆平均气候而变化, 说明了极端气候独特的研究价值。近年来, 气候变暖导致极端气候事件的增加越来越受到全球各界的普遍关注。在气候变暖的大背景下, 中国的极端降水事件趋多、趋强, 尤其在长江以南地区极端降水表现最为明显^[28]。

Su 等^[29]分析长江流域的降水事件, 发现极端降水事件的频数和强度在长江流域均呈现出增加趋势。鄱

阳湖位于长江中下游地区, 极端降水事件也成为导致洪涝灾害发生的主要原因之一。而以往对鄱阳湖的研究当中, 分析鄱阳湖区域极端降水的工作相对较少。另外, 以往在分析极端降水事件时, 全年 (或全研究时段) 使用同一个阈值, 这样会使得监测得到的极端降水事件往往只出现在夏季 (或降水最大的月份), 因此下面我们分析鄱阳湖区域极端降水特征时, 每个月分别定义一个极端降水阈值。现有的极端降水的研究中, 比较关注极端降水现在和未来的趋势变化, 对于极端降水异常时所对应的大尺度环流特征方面的分析较少。因此, 通过分析鄱阳湖近 50 年的极端降水事件, 挑选出典型极端降水偏多年和偏少年, 讨论出现极端降水异常的原因。

1 资料与方法

本文运用国家气象信息中心提供的鄱阳湖流域 1960–2007 年地面气候资料高密度台站逐日降水数据。在资料选取时, 进行了质量控制, 剔除在研究时间段内有缺测值以及迁过站的台站。基于上述条件, 本文在鄱阳湖区域 (28°–30°N, 115°–117.5°E) 范围内选取了 28 个台站 (图 1a)。另外, 本文还使用了

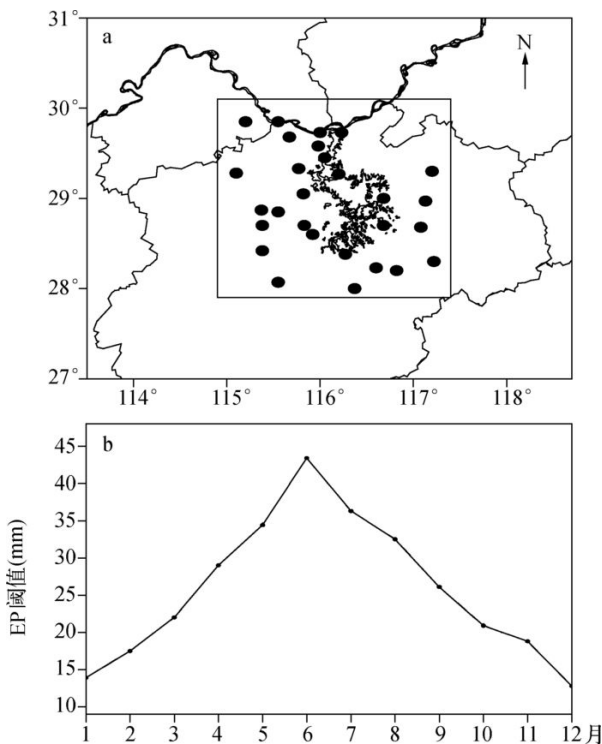


图 1 鄱阳湖区域站点分布 (a); 极端降水阈值逐月变化 (b)

Fig. 1 The distribution of stations (a) and seasonal distribution of extreme precipitation (EP) threshold (b) in Lake Poyang area

美国 NCEP\NCAR 在分析资料中 1960–2007 年的月平均高度场、地面气压场、比湿场以及风场资料(网格距为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$)。

IPCC 第 4 次评估报告^[30] 基于气象要素的概率分布,定义大于等于第 90 个(小于等于第 10 个)百分位的事件为极端事件,目前国内外在气候极值变化研究中最多见的即采用这种方法来定义阈值^[26,31–32]。因此在本文中运用百分位值的方法来定义极端降水阈值。为了增强多雨季节与少雨季节的时间可比性,每个月分别定义一个极端降水阈值,即选用各月第 90 个百分位对应日的降水值作为极端强降水阈值(下面极端降水即指极端强降水),具体方法见文献^[33]。由图 1b 可见,极端降水阈值呈现单峰型变化,在 6 月达到极大值。研究各月极端降水时分别使用其对应的阈值来监测极端降水事件。某日降水量超过对应的极端降水阈值,称为发生一次极端降水事件,某个研究时间段内发生极端降水的总次数称为极端降水频数,各次极端降水量之和称为极端降水总量。

2 鄱阳湖区域极端降水事件的时空分布

由鄱阳湖区域平均极端降水总量的季节–年际变化可知(图 2a),4–7 月鄱阳湖极端降水总量相对较多,且存在比较明显的年际变化,从 1990s 至 2000 年,8 月极端降水总量也呈现出一个增加的趋势。鄱阳湖区域多年平均的极端降水总量呈现出单峰型变化(图略),4、5、6、7 月的极端降水量较大,月平均值均达到 80mm 以上,极大值出现在 6 月。鄱阳湖区域平均 4–7 月极端降水总量的标准化距平以及 11 年滑动平均曲线可见,其存在比较明显的年代际变化特征,1960s 前中期以及 1970s 末至 1990s 初期,鄱阳湖区域 4–7 月极端降水总量偏少,1960s 末至 1970s 中期偏多;从 1990s 初至 21 世纪初,其又经历了一个从偏多转为偏少的时期(图 2b)。由鄱阳湖区域 4–7 月极端降水总量的小波分析可知(图 3),其存在 2–4 年左右的短周期,且在 1990s 至 21 世纪初能通过 95% 的信度检验。另外,还存在 20 年左右的长周期,其能谱显示从 1970 年至 21 世纪初该年际变化周期能通过显著性检验,但由于本文讨论的时间序列较短,因此还需要更长的时间序列来进一步证明该周期的可靠性。

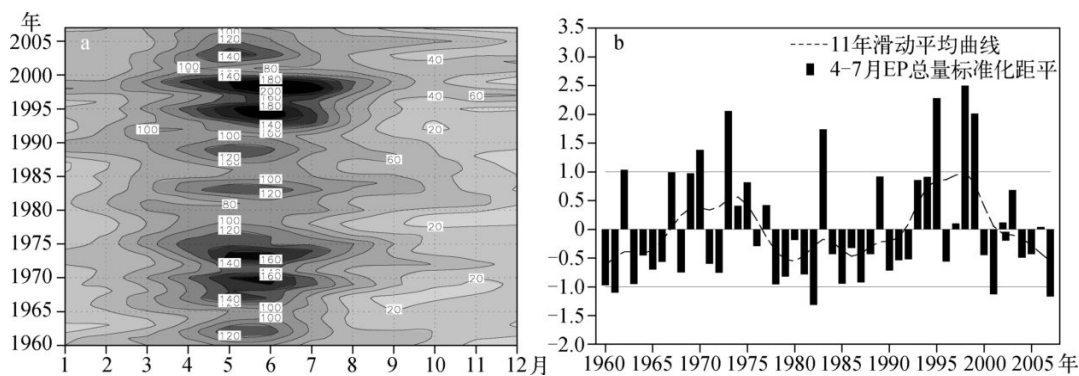


图 2 鄱阳湖区域平均极端降水总量(mm)的季节–年际变化(a), 4–7 月极端降水总量标准化距平以及 11 年滑动平均曲线(b)

Fig. 2 The seasonal and interannual variation of the EP amount(a), the time series of the normalized EP amount from April to July and their 11-year running average(b) in Lake Poyang area

为了进一步分析鄱阳湖 4–7 月极端降水总量的变化,我们以滑动的方式每 10 年求一个标准差,即 1960–1969, 1961–1970, ..., 1998–2007 年,得到一个标准差的序列(图 4),为了方便比较,这个标准差序列中的均值为 1960–2007 年的总体平均值。1980s 之前,鄱阳湖 4–7 月极端降水总量的变率基本在 40–45mm 左右,但从 1980s 中期至 1990s 经历了一个先减小再急速增大的过程,尤其是从 1990–1999, ..., 1995–2004 年的 6 个 10 年变率高达 60mm 左右(图 3),说明鄱阳湖区域 1990s 至 21 世纪初降水极端程度加大,出现旱涝灾害的可能也增大。同时,1990s 以来出现了三个极端降水总量异常偏多年(标准化距平 ≥ 1),分别为 1995、1998、1999 年,其中以 1998 年的极端降水总量值最大,两个极端降水总量异常偏少年(标准化距

平 ≤ -1), 分别为 2001 和 2007 年(图 2b).

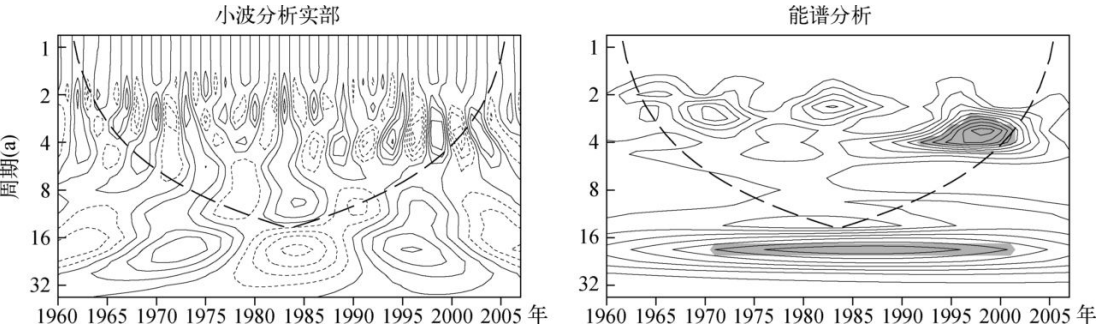


图 3 鄱阳湖区域 4-7 月极端降水总量的小波分析图(右图阴影表示能通过 95% 的信度检验)

Fig. 3 The Morlet wave analysis of the EP amount from April to July in Lake Poyang area

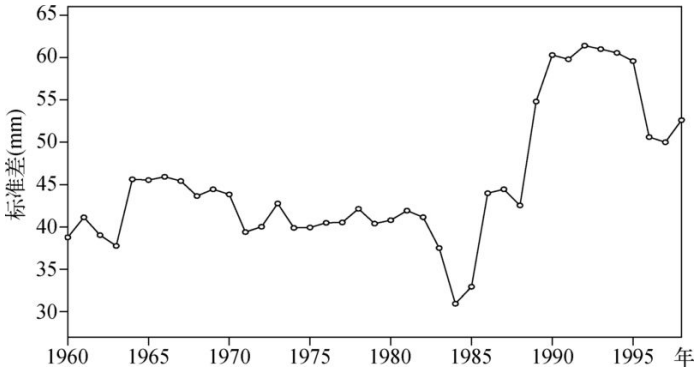


图 4 鄱阳湖区域 4-7 月极端降水总量 10 年滑动的标准差变化

Fig. 4 The 10-year running averaged variance of the EP amount from April to July in Lake Poyang area

鄱阳湖区域 4-7 月极端降水总量异常年份表说明, 1990s 以来极端降水异常事件出现的频率明显增加, 尤其是 6 月, 出现了 5 个极端降水偏多年和 4 个极端降水偏少年, 其中 3 个偏多年(1995、1998、1999 年)与 4-7 月一致, 1 个偏少年(2001 年)与 4-7 月一致(表 1)。只有 6 月同时存在与 4-7 月一致的极端降水偏多年和偏少年, 且鄱阳湖区域 6 月极端降水量与整个 4-7 月极端降水总量的相关系数为 0.82。由于 1990s 以来 3 个极端降水偏多年中以 1998 年极端降水量最大, 因此下面来重点分析鄱阳湖区域 6 月 1998 年和 2001 年极端降水分布特征的差异。

表 1 鄱阳湖区域 4-7 月极端降水异常年份*

Tab. 1 The years of EP anomaly from April to July in Lake Poyang area

月份	偏多年	偏少年
4 月	1975, 1983 , 1989, 1994, <u>1995, 1999</u>	1961 , 1972, 1982 , 1985, 1988, 1993
5 月	1962 , 1967, 1969, 1970, 1973, 1983 , 2004	1965, 1966, 1976, 1981, 1982 , 1986, 1990, <u>2001, 2007</u>
6 月	1967, 1973 , 1994, <u>1995, 1998, 1999</u> , 2003	1965, 1968, 1991, <u>2001</u> , 2002, 2004
7 月	1969, 1970 , 1974, 1983 , 1993, 1997, <u>1998</u>	1960, 1967, 1971, 1978, 1982 , 1988
4-7 月	1962, 1970, 1973, 1983, <u>1995, 1998, 1999</u>	1961, 1982, <u>2001, 2007</u>

* 加粗表示各月极端降水量异常与 4-7 月极端降水总量异常一致的年份, 下划线表示 1990s 以来的极端降水异常年份。

1998 年鄱阳湖区域 26 站点的极端降水量在 200mm 以上, 其中 10 个站点超过 400mm, 最大的极端降水量达 831.2mm(图 5a)。从图中 400mm 分界线可以看出, 极端降水量相对较小值主要出现在鄱阳湖湖区附近

及其周边的西北部地区,这些区域地势相对较低,说明地形对极端降水有一定的影响.

2001 年鄱阳湖区域 9 个站点的极端降水量在 100mm 以上,其中只有一个站点超过 200mm,且有 10 个站点的极端降水量为 0(图 5b). 从图中 0 分界线可知,无极端降水的站点主要出现在鄱阳湖周边的西北部地区. 另外分析了鄱阳湖区域 28 个站点 1998 年和 2001 年 6 月极端降水量占总降水量的比例(图略),发现它们的空间分布型与同年极端降水总量的分布基本一致,1998 年有 25 个站点极端降水量占总降水量的 60% 以上,其中有 8 个站点达 80% 以上,最大值为 88.8%;而 2001 年仅有 2 个站点极端降水量占总降水量的 60% 以上,有一半站点极端降水量占总降水量的比值小于 30%.

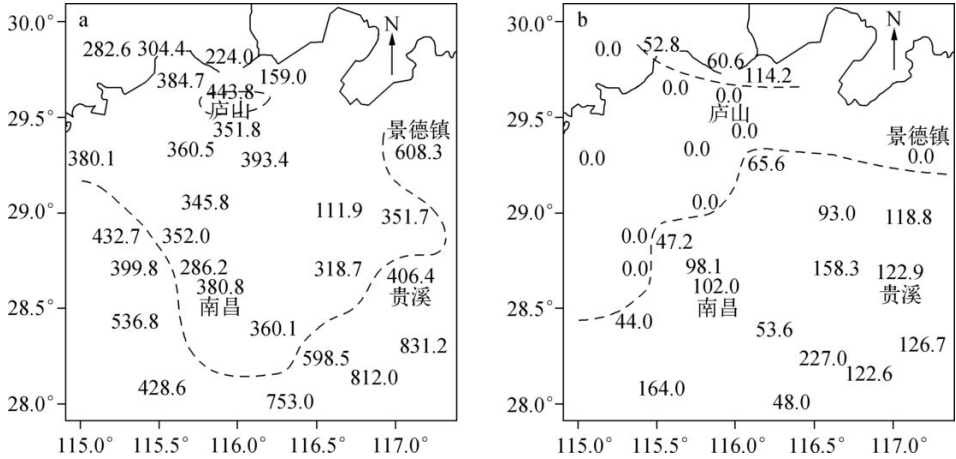


图 5 鄱阳湖 28 个站点 1998 年(a)、2001 年(b) 6 月极端降水总量的空间分布(单位:mm)
Fig. 5 The spatial distribution of June EP amount(mm) in Lake Poyang area in 1998(a) and 2001(b)

1998 年 6 月鄱阳湖区域 25 个站点发生极端降水事件 3 次以上(含 3 次),其中 18 个站点发生 5 次以上(含 5 次)极端降水事件(图 6a),而 2001 年 6 月仅有 1 个站点发生 3 次极端降水事件,另外,8 个站点出现 1 次,10 个站点 0 次(图 6b). 由于极端降水事件是小概率事件,根据我们对极端降水事件的定义,降水事件中只有 10% 为极端降水事件,分析 1998 年 6 月鄱阳湖地区的极端降水事件发现,其中有 21 个站点极端降水事件占降水事件的 20% 以上,最大的比例为 36.4%;而 2001 年 6 月有 21 个站点极端降水事件出现的比例小于 10%,比例大于等于 10% 的站点主要出现在东南部.

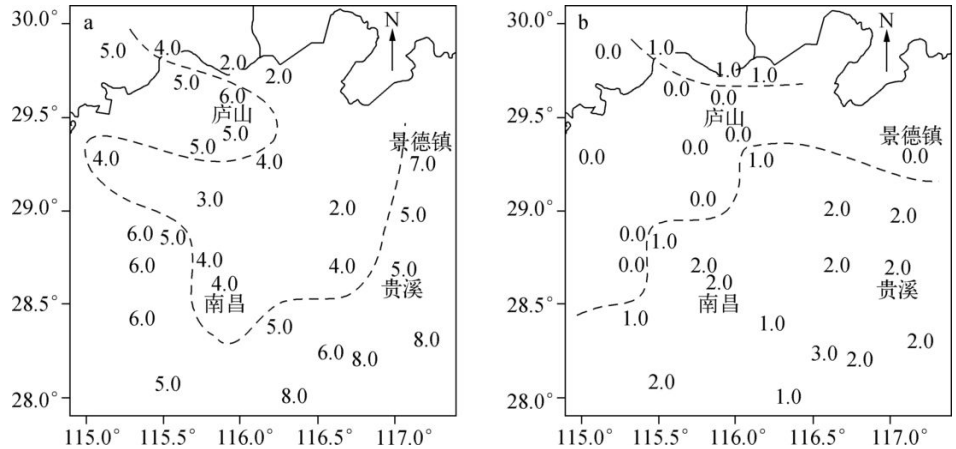


图 6 鄱阳湖 28 个站点 1998 年(a)、2001 年(b) 6 月极端降水频数的空间分布(单位:天)
Fig. 6 The spatial distribution of June EP frequency in Lake Poyang area in 1998(a) and 2001(b)

从图 4 和图 6 可以看出,无论是偏多年还是偏少年,鄱阳湖极端降水总量与极端降水频数的空间分布型大致相同,均呈现出东南部极端降水偏多、西北部偏少,以及湖区周边偏多、湖区附近相对偏少的形式. 这与我 国降水呈现东南-西北走向的特点相吻合,也符合地形影响降水的特点.

鄱阳湖 1998 年 6 月区域平均降水总量为 569.8mm,其中约 70% 是由极端降水造成,且极端降水事件出现的概率为正常情况的 2 倍以上,而 2001 年 6 月鄱阳湖区域平均的降水总量为 204.1mm,仅为 1998 年的 1/3,其中约 26% 为极端降水量,且极端降水事件出现的概率为正常情况的 3/5. 由以上分析可知,1998 年和 2001 年 6 月鄱阳湖区域无论是降水量、极端降水量还是极端降水事件出现的频率均存在很大的差异,下面我们从大气环流场以及水汽输送等方面来讨论出现这种差异的原因.

3 鄱阳湖区域 1998 年和 2001 年极端降水异常的成因分析

3.1 高度场

多年平均 6 月 500hPa 高度场上,欧亚大陆中高纬度地区为“两脊一槽”的大气环流形势,从 1998 年的距平场可知,欧洲东部为正距平,贝加尔湖至西西伯利亚地区为负距平,鄂霍次克海附近为正距平(图 7a). 这种“+ - +”的距平分布形势说明 1998 年 6 月 500hPa 高度场上欧亚大陆中高纬度大气环流经向发展,形成双阻(乌拉尔山阻塞高压和鄂霍次克海阻塞高压)的环流形势,同时贝加尔湖大槽发展加深,鄱阳湖位于槽的东南侧,发展加深的贝加尔湖大槽容易引导西西伯利亚冷空气南下与南方暖湿空气交绥于鄱阳湖地区. 2001 年 6 月 500hPa 距平场上呈现出“- + -”的分布形势,与 1998 年正好相反,说明 2001 年 6 月 500hPa 高度场上欧亚大陆中高纬度大气环流纬向发展,而高空槽脊系统的减弱不利于鄱阳湖地区降水的发生(图 7b).

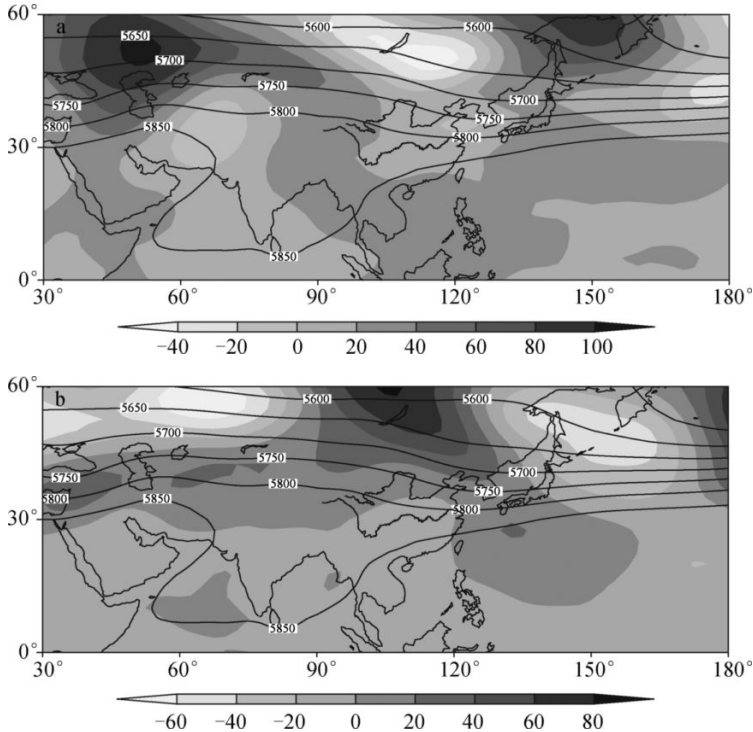


图 7 1998 年(a)和 2001 年(b)6 月 500hPa 高度距平场(填色图;等值线为多年平均 6 月 500hPa 高度场)

Fig. 7 The June geopotential height anomaly field(shaded) at 500hPa in 1998(a) and 2001(b)

多年平均 6 月 100hPa 高度场上,欧亚大陆基本上被南亚高压控制. 从 1998 年距平场可见(图略),整个

欧亚大陆均为正距平,说明南亚高压偏强,高层辐散偏强,有利于产生强的上升运动. 2001 年 100hPa 高度距平场上(图略),东亚地区为负距平,西亚地区为正距平,说明南亚高压偏西,中国上空南亚高压偏弱,不利于产生强的上升运动.

3.2 散度场和垂直风场

从 1998 年 6 月 850hPa 散度距平场可见(图 8a),鄱阳湖地区为负距平,而在 100hPa 上,该地区为散度正距平(图 8b),说明鄱阳湖地区低层气流辐合偏强,高层气流辐散偏强,这种高低层配置容易导致鄱阳湖地区上升气流的增强. 强烈的上升气流是产生极端降水的必要条件,因此本文给出 110°–120°E 范围内平均的垂直环流距平场. 本文选取的鄱阳湖区域位于 28°–30°N,1998 年 6 月,鄱阳湖区域从低层到高层 100hPa 均出现偏强的垂直上升气流(图 9a). 6 月是长江中下游地区降水最大的月份之一,因此鄱阳湖区域 6 月多年平均的垂直风速为负,极大值出现在 400hPa,大约为 -0.063Pa/s ,而 1998 年该区域垂直风速的极大值达 -0.096Pa/s ,约为平均值的 1.5 倍,其它层次的情况也类似.

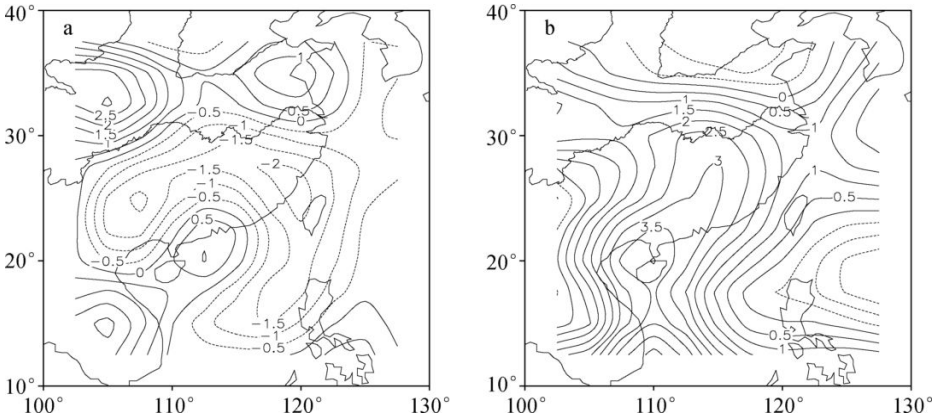


图 8 1998 年 6 月 850hPa(a) 和 100hPa(b) 散度距平场 (单位: 10^{-6}s^{-1})
Fig. 8 The divergence anomaly in June 1998 at 850hPa (a) and 100hPa (b)

2001 年 6 月,鄱阳湖地区低层散度距平为正,高层为负,这与 1998 年的情况相反(图略),由垂直距平环流场也可以看见,鄱阳湖区域从低层到高层均出现垂直气流的正距平(图 9b),正距平的极大值出现在 700–850hPa,约为 0.01Pa/s ,说明 2001 年鄱阳湖区域低层辐合偏弱,高层辐散偏弱,同时垂直上升气流也偏弱,这种形势不易为极端降水的产生提供有利的动力条件.

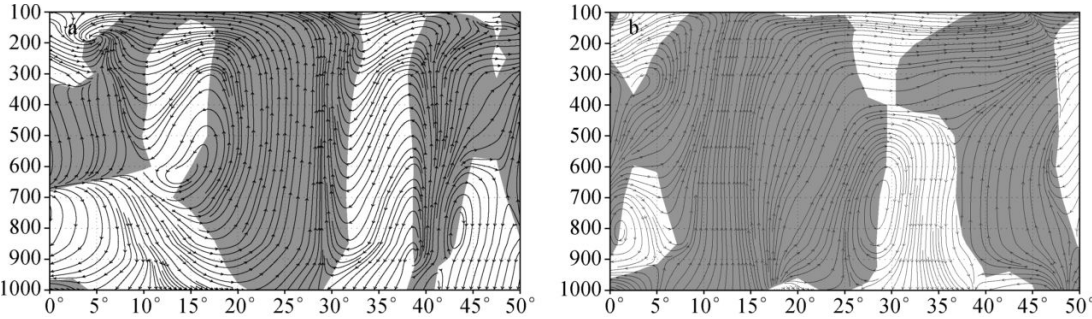


图 9 1998 年(a) 和 2001 年(b) 6 月 110°–120°E 范围内平均的垂直环流距平场(阴影为垂直上升气流差)
Fig. 9 Cross section of zonal mean vertical circulation anomaly averaged over 110°–120°E in June 1998(a) and 2001(b)

3.3 水汽输送

鄱阳湖区域6月的水汽主要来自孟加拉湾和西太平洋地区,为了看出1998年和2001年的水汽输送差异,本文给出水汽输送距平场(图10).1998年6月的水汽输送距平场上西太平洋地区有一条明显的水汽输送带能把水汽输送到鄱阳湖区域(图10a).多年平均6月鄱阳湖区域水汽通量的模约为21.8,而1998年6月鄱阳湖区域水汽通量的模约为31.5,比平均值多了9.7,说明1998年鄱阳湖地区水汽来源充足.另外,分析水汽通量散度距平场可知(图略),1998年6月鄱阳湖区域为明显的负距平,说明该地区水汽辐合偏强,为极端降水的产生提供了有利的水汽条件.

2001年6月,西太平洋地区也存在一个水汽输送带,但由于偏东风距平气流不够强,大部分水汽只能到达中国东部沿海地区,而到达鄱阳湖地区的水汽偏少(图10b).2001年6月鄱阳湖区域平均的水汽通量的模约为20.8左右,比多年平均值偏少,另外,从水汽通量散度距平场可知(图略),2001年6月鄱阳湖区域为明显正距平,说明该地区水汽辐合偏弱.

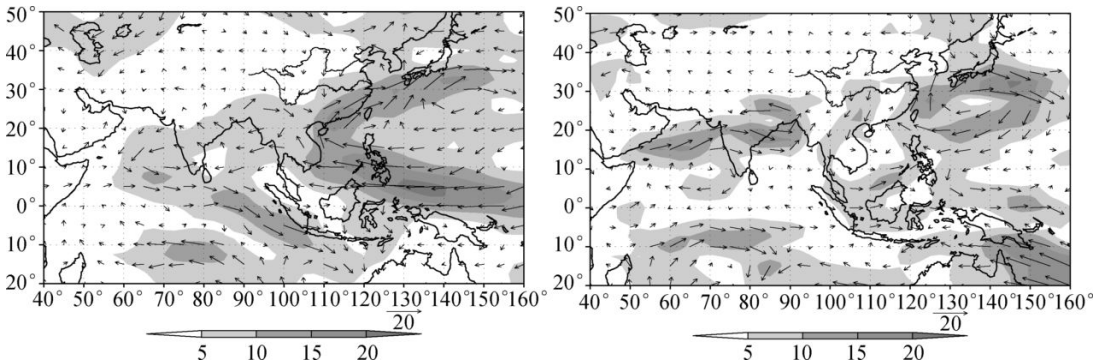


图10 1998年(a)和2001年(b)6月整层积分(从地面到300hPa)的水汽通量距平场(单位:kg/(m·s))

Fig. 10 Moisture flux anomaly in June 1998(a) and 2001(b), vertically integrated from the ground surface to 300hPa

3.4 讨论

强降水的产生需要有利的大气环流背景场.1998年6月500hPa高度场上乌拉尔山高脊和鄂霍次克海高脊发展,贝加尔湖大槽加深(图7a),有利于分裂小槽东移和引导冷空气南下,为极端降水的产生提供了有利的环流背景.而2001年6月中高纬地区环流经向发展,不利于冷空气南下.

形成强降水过程不仅需要有利的大气环境背景场,还需要强烈的上升运动.1998年6月850hPa高度场上西太平洋副高增强,使得副高西北侧的西南气流增强北上与由贝加尔湖低槽引导南下的偏北风气流交绥于长江流域,同时对对应高层南亚高压增强,从而使得鄱阳湖地区产生强烈的上升运动.而2001年6月,西太平洋副高位置相对偏东,且贝加尔湖低槽减弱,使得北方冷空气不易到达鄱阳湖区域,同时对对应高层南亚高压偏弱偏西,从而使得鄱阳湖地区上升运动减弱.

大量的水汽通量辐合是产生强降水的必要条件,如果没有强大的水汽通量辐合,即使其它条件皆具备也只能产生较小的降水.孟加拉湾和西太平洋为鄱阳湖地区的水汽源地,1998年6月由于西太平洋副高的增强,大量的水汽由西太平洋副高西北侧的西南气流输送到鄱阳湖区域,使得到达鄱阳湖地区的水汽比气候平均态多了近50%,为极端降水的产生提供了必要的条件.而2001年6月西太平洋副高位置相对偏东,大量的水汽只能输送到东部沿海地区,而到达鄱阳湖地区的水汽相对较少,从而不利于极端降水的产生.

4 结论

本文分析了鄱阳湖极端降水的气候特征,发现1998年和2001年6月极端降水存在明显的差异,并对造成它们极端降水总量差异的原因进行了初步分析.主要结论归纳如下:

(1) 鄱阳湖区域4-7月极端降水总量存在2-4年左右的短周期能通过显著性检验,其在整个48年的

线性变化趋势并不显著,但通过分析 10 年滑动的标准差发现近十几年来,鄱阳湖 4-7 月极端降水总量的变率存在比较显著的增加趋势。

(2) 1998 年 6 月鄱阳湖地区极端降水异常偏多,区域平均降水总量为 569.8mm,其中约 70% 是由于极端降水造成,且极端降水事件出现的概率为正常情况的 2 倍以上,而 2001 年 6 月鄱阳湖区域平均的降水总量为 204.1mm,仅为 1998 年的 1/3,其中约 26% 为极端降水量,且极端降水事件出现的概率为正常情况的 3/5。

(3) 1998 年 6 月 500hPa 高度场上中高纬环流纬向发展,850hPa 高度场上西太平洋副高增强,使得副高西北侧的西南气流增强北上与由贝加尔湖低槽引导南下的偏北风气流交绥于长江流域,并且增强的西南气流把大量的水汽带到鄱阳湖地区,同时对应高层南亚高压增强,从而使得鄱阳湖地区有充足的水汽来源并产生强烈的上升运动。

(4) 2001 年 6 月 500hPa 高度场上中高纬地区环流经向发展,850hPa 西太平洋副高位置相对偏东,水汽不易达到鄱阳湖地区,且贝加尔湖低槽减弱,使得北方冷空气不易到达鄱阳湖区域,同时对应高层南亚高压偏弱偏西,从而使得鄱阳湖地区上升运动减弱。

5 参考文献

- [1] 王 凤,吴敦银,李荣昉. 鄱阳湖洪涝灾害规律分析. 湖泊科学,2008, **20**(4): 500-506.
- [2] 闵 骞. 20 世纪 90 年代鄱阳湖洪水特征的分析. 湖泊科学,2002, **14**(4): 323-330.
- [3] Tao FL, Yokozawa M, Hayashi Y *et al.* Future climate change, the agricultural water cycle, and agricultural production in China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2003, **95**: 203-215.
- [4] Evans TE. The effects of changes in the world hydrological cycle on the availability of water resources. In: Bazzaz F, Sombroek W eds. *Global climate change and agricultural production*. Chichester: John Wiley and Sons, 1996: 15-48.
- [5] 郭 华,姜 彤,王艳君等. 1955-2002 年气候因子对鄱阳湖流域径流系数的影响. 气候变化研究进展,2006, **2**(5): 217-222.
- [6] 郭 华,姜 彤,王国杰等. 1961-2003 年间鄱阳湖流域气候变化趋势及突变分析. 湖泊科学,2006, **18**(5): 443-451.
- [7] 王怀清,赵冠男,彭 静等. 近 50 年鄱阳湖五大流域降水变化特征研究. 长江流域资源与环境,2009, **18**(7): 615-619.
- [8] IPCC. *Climate Change 1995: The science of climate change*. New York: Cambridge University Press, 1996: 141-193.
- [9] IPCC. *Climate Change 2001: The scientific basis*. Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 156-159.
- [10] Meehl GA, Karl TR, Easterling DR *et al.* An introduction to trends in extreme weather and climate events: observations, socioeconomic impacts, terrestrial ecological impacts, and model projections. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2000, **81**(3): 413-416.
- [11] Easterling DR, Evans JL, Groisman PY *et al.* Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2000, **81**(3): 417-425.
- [12] Karl TR, Knigh RW, Easterling DR *et al.* Indices of climate change for the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1996, **77**: 279-292.
- [13] 陶诗言,丁一汇,周小平. 暴雨和强对流天气的研究. 大气科学,1979, **3**: 227-238.
- [14] 陶诗言. 中国之暴雨. 北京: 科学出版社,1980.
- [15] 翟盘茂,任福民,张 强. 中国降水极值变化趋势检验. 气象学报,1999, **57**(2): 208-216.
- [16] Zhai PM, Zhang XB, Wan H *et al.* Trends in total precipitation and frequency of daily precipitation extremes over China. *Journal of Climate*, 2005, **18**: 1096-1108.
- [17] 杨莲英. 新疆极端降水的气候变化. 地理学报,2003, **58**(4): 577-583.
- [18] 任朝霞,杨达源. 近 40a 西北干旱区极端气候变化趋势研究. 干旱区资源与环境,2007, **21**(4): 10-13.
- [19] 赵庆云,张 武,王式功等. 西北地区东部干旱半干旱区极端降水事件的变化. 中国沙漠,2005, **25**(6): 904-909.
- [20] 江志红,丁裕国,陈威霖. 21 世纪中国极端降水事件预估. 气候变化研究进展,2007, **3**(4): 202-207.
- [21] Kunkel KE, Pielke Jr RA, Changnon SA. Temporal fluctuations in weather and climate extremes that cause economic and

- human health impacts. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1999, **80**: 1077-1098.
- [22] Trenberth KE. Conceptual framework for changes of extremes of the hydrological cycle with climate change. *Climatic Change*, 1999, **42**: 327-339.
- [23] Dai A, Trenberth KE, Karl TR. Global variations in droughts and wet spells. *Geophysical Research Letters*, 1998, **25**: 3367-3370.
- [24] Groisman PY, Karl TR, Easterling DR *et al.* Changes in the probability of heavy precipitation: Important indicators of climatic change. *Climatic Change*, 1999, **42**(1): 243-283.
- [25] Karl TR, Knight RW. Secular trends of precipitation amount, frequency, and intensity in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1998, **79**(2): 231-241.
- [26] Tank AMGK, Konnen GP. Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe. *Journal of Climate*, 2003, **16**(22): 3665-3680.
- [27] 严中伟, 杨 赤. 近几十年我国极端气候变化格局. 气候与环境研究, 2000, **5**(3): 267-272.
- [28] 秦大河. 中国气候与环境演变评估: 中国气候与环境变化及未来趋势. 气候变化研究进展, 2005, **1**(1): 4-9.
- [29] Su BD, Jiang T, Shi YF *et al.* Observed precipitation trends in the Yangtze river catchment from 1951 to 2002. *Journal of Geographical Sciences*, 2004, **2**: 204-218.
- [30] Solomon S, Qin DH, Manning M *et al.* Climate Change 2007: The Scientific Basis Contribution of Work Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [31] Schmidli J, Frei C. Trends of heavy precipitation and wet and dry spells in Switzerland during the 20th century. *International Journal of Climatology*, 2005, **25**: 753-771.
- [32] Zolina OC, Simmer AK, Gulev S. On the robustness of the estimates of centennial-scale variability in heavy precipitation from station data over Europe. *Geophysical Research Letters*, 2005, **32**.
- [33] 闵 岫, 钱永甫. 我国近 40 年各类降水事件的变化趋势. 中山大学学报(自然科学版), 2008, **47**(3): 105-111.