

1948~2001年全球陆地及大尺度 区域6~8月旱涝气候变化*

黄先香^{1,2)*} 夏冬冬¹⁾ 张立波¹⁾ 施能¹⁾

1) (南京气象学院, 江苏省气象灾害和环境变化重点开放实验室, 南京 210044)

2) (广州热带海洋研究所, 广州 510080)

摘要 用1948~2001全球陆地月降水资料(PREC/L),研究了全球、北半球、南半球及欧亚、非洲、澳洲、北美、南美和南极大陆等6个大尺度区域6~8月的旱涝气候变化。结果表明,全球及北、南半球6~8月的旱涝有明显的年代际变化。20世纪40年代末~70年代为全球洪涝多发期,80~90年代为全球干旱多发期。北半球的特征与全球较为一致;南、北半球6~8月的旱涝没有明显的联系,但发生暖(冷)事件时,两个半球可能同时出现干旱(洪涝);全球、半球的旱涝与ENSO有明显的联系。另外,非洲大陆和欧亚大陆旱涝年的分布有十分明显的年代际特征,6个大区域6~8月的旱涝之间存在一定的联系。

关键词: 旱涝; 气候变化; 年代际变化; ENSO

文章编号 1006-9895 (2004) 03-0540-11 **中图分类号** P461 **文献标识码** A

1 引言

旱涝问题一直是气候研究的重点,不少学者研究了局地性区域的旱涝变化问题^[1~6]。然而,目前还很少有全面研究全球旱涝气候变化的工作;这与全球降水量资料的缺乏有关。Bradley等^[7]曾研究过(1855~1984年)北半球年降水的变化,指出在1949~1964年的15年中,年降水维持正距平。20世纪50年代最为异常的,北半球有4个涝年;特别明显的旱年则出现在1912和1913年,其次是1918~1920年的连续干旱。但是,1984年以后的情况还不得而知。20世纪80年代及90年代初有一些研究全球降水量趋势变化的工作^[8~10],但是没有涉及到全球旱涝,也没有用上1990年以后的全球降水量资料。最近施能等^[11~13]研究了1948~2000年全球年总降水量的长期变化和时空特征,但是全球季节旱涝变化的研究仍非常少。施能和陈绿文^[11]利用Hulme的降水资料研究了1920~2000年全球及南、北半球6~8月旱涝分布,指出20世纪20到40年代为全球6~8月干旱多发期,50到60年代为全球洪涝多发期,70到90年代全球旱涝爆发频繁,旱年多于涝年。但是,他们所用的全球降水资料仅包括631个陆地格点,而且还没有涉及到全球各区域旱涝的研究。本文将利用空间覆盖面更广(全球有资料的陆地格点数为4390个)的1948~2001年全球陆地月降水资料,研究全球、

2003-06-30收到,2004-01-07收到再改稿

* 国家自然科学基金资助项目 40275028

** 南京气象学院硕士生,现在广东省佛山市气象台

南半球、北半球及全球 6 个大尺度区域 6~8 月旱涝气候变化问题。

2 资料和方法

2.1 资料

本文使用 Chen 等^[14]最新创建的 1948~2001 年全球陆地月降水资料 (PREC/L)。资料的空间分辨率: $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$, 范围: $88.75^{\circ}\text{S} \sim 88.75^{\circ}\text{N}$ 。全球有资料的陆地格点数为 4 390 个。该资料有严格的检测和质量控制, Chen 等^[14]已经阐明了该资料的优良特性。

2.2 方法

本文采用 2 种加权平均的指数来表示全球 (或大尺度区域) 的旱涝程度。即, 全球 (或大尺度区域) 6~8 月平均降水距平指数及其旱涝面积指数^[13]。经计算, 这 2 种全球旱涝指数之间存在着较强的正相关 (图 1), 相关系数为 0.81, 超过 0.001 显著性水平的 Monte Carlo 检验。文中分别对这 2 种指数从大到小排序, 认为在 2 种排序里都排在前 (后) 18 位的年份为涝 (旱) 年。为了检验这种旱涝年的划分是否合理, 本文采用 Monte Carlo^[15] 检验方法。表 1 给出了全球、南、北半球和全球 6 个大尺度区域的范围及格点数。

表 1 北半球、南半球和全球 6 个大尺度陆地区域的范围

区 域	格点数	纬 度	经 度
全 球	3280	$60^{\circ}\text{S} \sim 88.75^{\circ}\text{N}$	$180^{\circ}\text{W} \sim 180^{\circ}\text{E}$
北半球	2592	$0 \sim 88.75^{\circ}\text{N}$	$180^{\circ}\text{W} \sim 180^{\circ}\text{E}$
南半球	688	$60^{\circ}\text{S} \sim 0$	$180^{\circ}\text{W} \sim 180^{\circ}\text{E}$
欧 亚	1324	$40 \sim 88.75^{\circ}\text{N}$ $0 \sim 40^{\circ}\text{N}$	$0^{\circ}\text{W} \sim 180^{\circ}\text{E}$ $60 \sim 180^{\circ}\text{E}$
非 洲	494	$40^{\circ}\text{S} \sim 40^{\circ}\text{N}$ $0^{\circ}\text{S} \sim 14^{\circ}\text{N}$	$30^{\circ}\text{W} \sim 34^{\circ}\text{E}$ $34 \sim 60^{\circ}\text{E}$
澳 洲	152	$60^{\circ}\text{S} \sim 10^{\circ}\text{N}$	$90 \sim 160^{\circ}\text{E}$
北 美	833	$13 \sim 88.75^{\circ}\text{N}$	$170 \sim 15^{\circ}\text{W}$
南 美	301	$60^{\circ}\text{S} \sim 10^{\circ}\text{N}$	$180^{\circ}\text{E} \sim 30^{\circ}\text{W}$
南 极	1110	$88.75 \sim 60^{\circ}\text{S}$	$180^{\circ}\text{W} \sim 180^{\circ}\text{E}$

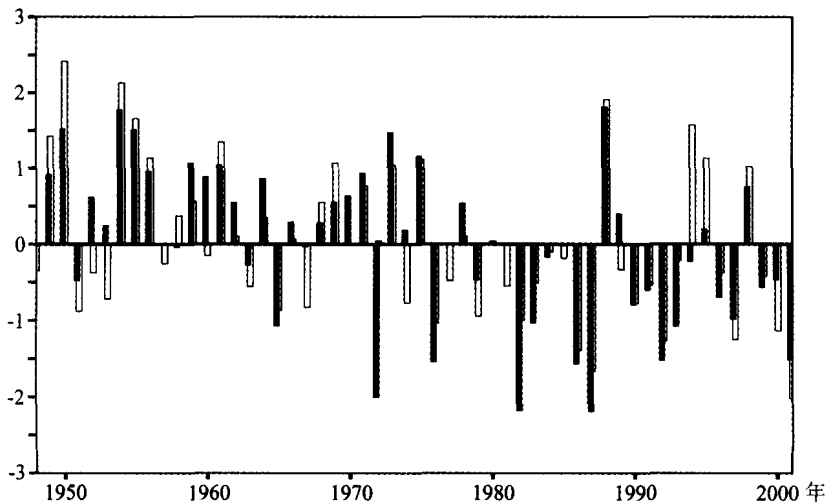


图 1 全球陆地 6~8 月平均的降水距平指数 (实心柱) 和旱涝面积指数 (空心柱) 时间序列

3 全球 6~8 月旱涝年及其特征

3.1 全球 6~8 月旱、涝年的划分和检验

根据以上的旱涝年划分方法,得到 1948~2001 年的全球 14 个涝年和 13 个旱年(表 2)。旱涝年差异的 Monte Carlo 检验的结果见表 3。

表 2 1948~2001 年全球 6~8 月旱、涝年

涝年	1988	1954	1950	1955	1973	1975	1959	1961	1956	1971	1949	1964	1998	1969
旱年	1987	1982*	1972*	1986*	1976*	1992	2001	1965*	1997*	1990	1991*	1951*	2000	

注:黑体字的年份是冷事件年,加注*的年份是暖事件年。

表 3 全球 6~8 月旱涝年划分的检验结果

全球	$t>0$	0.05 信度	0.01 信度	0.001 信度
格点数(总数 3280)	2006	431	212	76
Monte Carlo 标准(0.05 信度)	1845	227	55	8
Monte Carlo 标准(0.01 信度)	1921	269	74	14

可以看出,我们划分的全球 6~8 月旱涝年已经通过了 0.01 信度的 Monte Carlo 检验标准,旱涝年的平均降水量差异是显著的。需要指出,我们所划分的全球 6~8 月旱涝年与 ENSO 有一种较好的对应关系。例如,在 13 个旱年中,有 1982、1972、1986、1976、1965、1997、1991 和 1951 年等 8 年对应的都是暖事件年,没有冷事件年;14 个涝年中有 1988、1954、1950、1955、1973、1975、1956、1949、1964 和 1998 年等 10 年是冷事件年,没有暖事件年。我们还将全球 6~8 月平均的降水距平指数和旱涝面积指数分别与 1948~2000 年 6~8 月平均的南方涛动指数(SOI)(根据 Allan 等^[16]的 SOI 序列)求相关,相关系数分别为 0.694、0.509,正相关性很好,而弱 SOI 是与暖事件相联系。

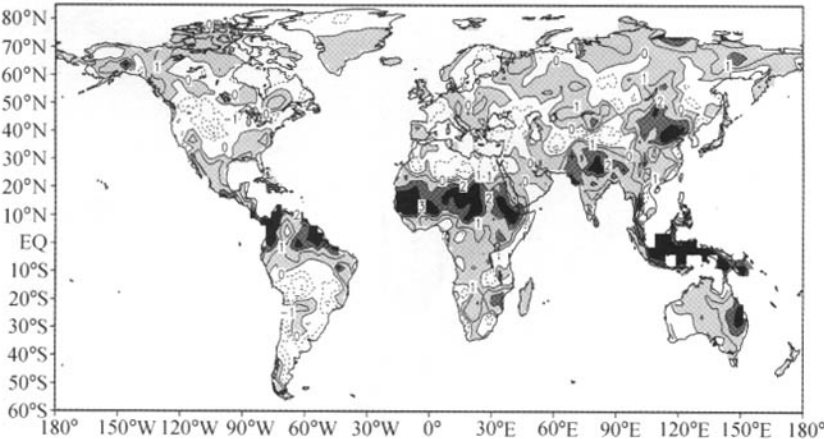


图 2 全球 6~8 月涝年和旱年平均降水距平差值的 t 检验(涝年—旱年)
阴影区浅灰色为 $t>0$ 的区域,灰(黑)色为差值达 0.05 (0.01) 信度的区域

图 2 给出了全球 6~8 月旱、涝年平均降水量距平差值（涝年减旱年）的 t 统计量分布。可以看出，全球大部分区域为正值区，说明涝、旱年的降水距平存在明显差异。差异最明显的地区几乎包括了全部季风区，例如：印度季风区、西非季风区、墨西哥湾区域及南美季风区，澳大利亚东南部、印度尼西亚、我国东部地区等。但也应当注意，由于存在局地的差异，全球各地几乎不可能同时旱或涝，北美西南部、南美洲中南部、地中海区域及非洲北部、中国新疆及其以西等区域，区域的旱涝位相基本上和全球其他大部分地区相反。这种变化可能是因为全球范围的旱涝与 ENSO 有密切关系，但 ENSO 对各地降水的影响不同，因而造成了旱涝的异常分布^[14]。

3.2 全球 6~8 月旱涝年的年代际变化规律和特征

将表 2 中的全球 6~8 月旱涝年按年代统计如表 4。可以看出，全球 6~8 月旱涝年的分布是不均匀的，具有明显的年代际特征。20 世纪 40 年代末~70 年代为涝期，出现了 12 次涝年，只有 4 个旱年，有 6 个涝年出现在 50 年代，这与 Bradley^[7]研究的年降水量结果是一致的。80~90 年代为旱期，出现了 9 个旱年，只有 2 个涝年。1988 年是全球最大的涝年，而 1987 年是全球最大的旱年。所以，全球旱涝频繁发生，旱年多于涝年，可能是近期气候阶段降水量变化的主要特征。图 3 给出了全球陆地 6~8 月降水距平指数的时间序列和高斯 9 点滤波曲线，基本上反映了全球旱涝演变的 2 个时间段。将我们划分出来的全球 6~8 月旱涝年结果与施能等^[13]划分出来的结果相比较，可以发现，在相同的时间段内（1948~2000 年），文献^[13]的 11 个涝年中有 10 年与我们的结果一致，7 个旱年中有 5 年与我们的结果一致。

表 4 全球 6~8 月旱、涝年的年代分布

年代	旱年	涝年
1948~1959	1	6
1960~1969	1	3
1970~1979	2	3
1980~1989	3	1
1990~2001	6	1

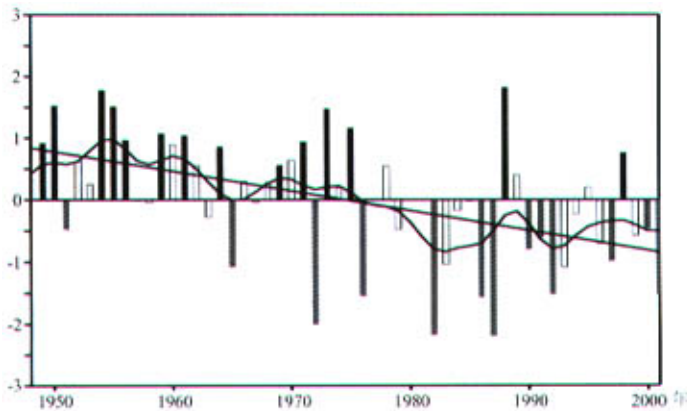


图 3 全球 6~8 月降水距平指数的时间序列、线性回归和高斯 9 点滤波曲线
黑（灰）柱条对应涝（旱）年

4 南北半球 6~8 月旱涝年的划分和特征

4.1 南北半球 6~8 月旱涝年的划分和检验

用同样的方法分别对南北半球 6~8 月降水进行旱涝年的划分和检验,划分结果如表 5。南北半球 6~8 月旱涝年的划分同样通过了 Monte Carlo 检验,旱涝年的平均降水量差异是显著的。南北半球 6~8 月的旱涝与 ENSO 关系密切。

表 5 1948~2001 年北半球和南半球 6~8 月旱涝年 年

北半球	涝年 (11 年)	1954	1988	1961	1959	1950	1964	1955	1969	1966	1995	1975			
	旱年 (14 年)	1986*	1972*	1982*	1987	2001	1992	1983	2000	1976*	1990	1999	1965*	1989	1951*
南半球	涝年 (13 年)	1973	1989	1955	1975	1956	1998	1950	1978	1949	1971	1988	1968*	1960	
	旱年 (13 年)	1987	1982*	1979	1993*	1963*	1976*	1997*	1965*	1992	1953*	1966	1981	1980	

注:黑体字的年份是冷事件年,加注*的年份是暖事件年。

4.2 南、北半球 6~8 月旱涝年的年代际变化特征

分别将南、北半球 6~8 月的旱涝年按年代统计如表 6。可以看出,北半球 6~8 月旱、涝年的分布是很不均匀的,具有明显的年代际特征。20 世纪 40 年代末~60 年代为涝期,出现了 8 次涝年,只有 2 个旱年;70~90 年代为旱年最多的时期,出现了 12 个旱年,只有 3 个涝年。图 4a 给出了北半球 6~8 月降水距平指数的时间序列和高斯 9 点滤波曲线,总的来看,旱涝演变大体上可以分为两个时间段:20 世纪 40 年代末~60 年

表 6 南、北半球 6~8 月旱涝年的年代分布

年代	北半球		南半球	
	旱年	涝年	旱年	涝年
1948~1959	1	4	1	4
1960~1969	1	4	3	2
1970~1979	2	1	2	4
1980~1989	5	1	4	2
1990~2001	5	1	3	1

代,70 年代~90 年代。图 4b 给出了南半球 6~8 月降水距平指数的时间序列和高斯 9 点滤波曲线。相对于北半球而言,南半球 6~8 月旱涝的年代际变化较不明显,旱、涝年的分布也比北半球均匀一些。主要的旱期出现在 20 世纪 80~90 年代(7 旱 3 涝),主要的涝期出

现在 50 年代(4 涝 1 旱)和 70 年代(4 涝 2 旱)。

从表 5 可以看出,南、北半球的旱涝年几乎很少一致,但从表 5 还可以看出,当发生暖(冷)事件时,南、北半球可能同时出现干旱(洪涝)。

比较北半球的旱涝年(表 5)与全球的旱涝年(表 2),可以发现北半球的旱涝与全球的旱涝非常一致。全球发生涝(旱)时,北半球也发生涝(旱)的几率在 81.8%(75.6%)以上,且北半球与全球几乎不可能同时发生相反的旱涝现象。

5 大尺度区域 6~8 月旱涝年的划分和特征

5.1 大尺度区域 6~8 月旱涝年的划分和检验

用同样的方法分别对欧亚、非洲、澳洲、北美、南美和南极大陆 6~8 月降水进行

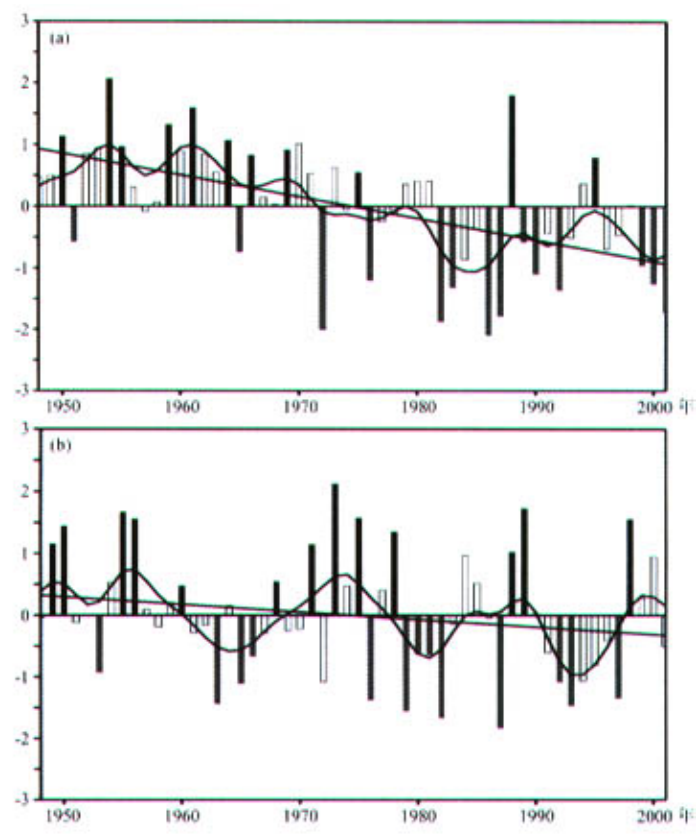


图 4 北半球 (a)、南半球 (b) 6~8 月降水距平指数的时间序列及线性回归和高斯 9 点滤波曲线
黑 (灰) 柱条对应涝 (旱) 年

旱涝年的划分和检验。划分结果如表 7 所示。6 个大区域 6~8 月旱涝年的划分同样通过了 Monte Carlo 检验。

5.2 大尺度区域 6~8 月旱涝年的分布规律

图 5 分别给出了欧亚、非洲、澳洲、北美、南美和南极大陆等 6 个大尺度区域 6~8 月降水距平指数的时间序列和高斯 9 点滤波曲线。可以看出：

欧亚大陆 6~8 月旱涝年的分布具有明显的年代际特征，20 世纪 40 年代末~60 年代中期为涝期，8 涝 0 旱；60 年代中期~90 年代，为干旱期，11 旱 3 涝。非洲 6~8 月旱涝年的分布的年代际特征更加明显，20 世纪 40 年代末~60 年代末，为涝期，10 涝 0 旱；70 年代至今 14 旱 2 涝，旱灾频繁。澳洲大陆 6~8 月的旱涝年分布相对均匀些，主要旱期出现在 1969~1982 年，7 旱 3 涝；没有明显的涝期。北美大陆 6~8 月的主要涝期出现在 1969~1984 年，6 涝 3 旱，主要旱期出现在 1990~2001 年，5 旱 1 涝。南

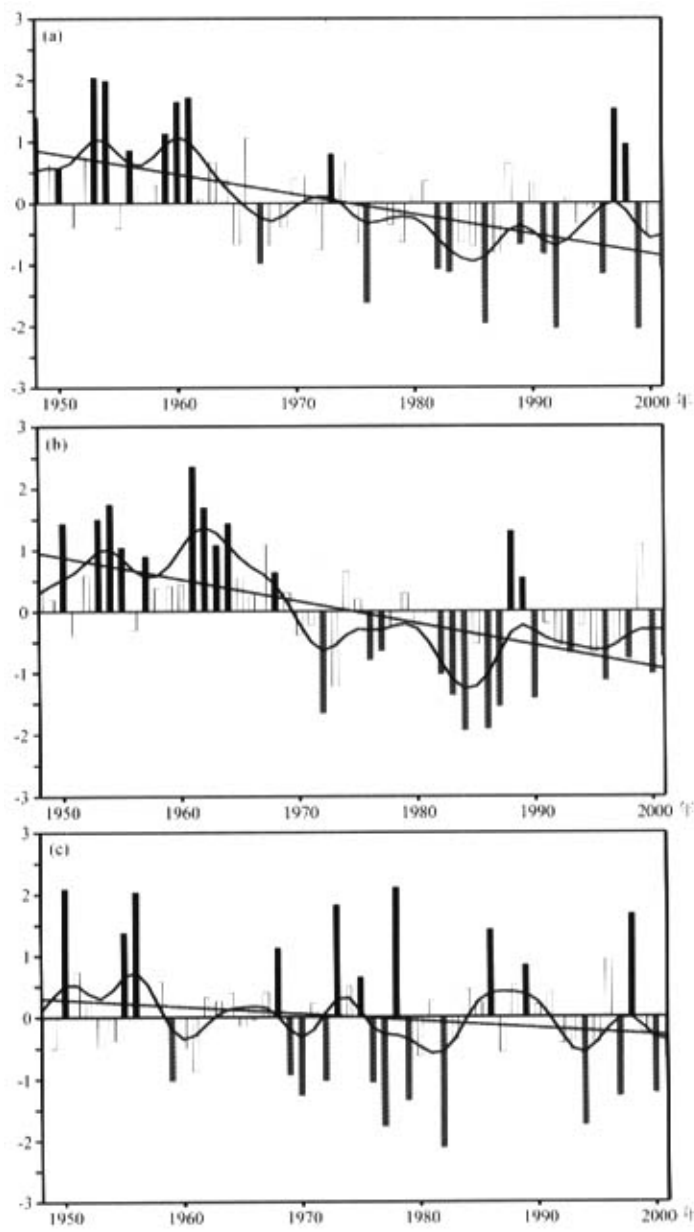


图 5 大尺度区域 6~8 月降水距平指数的时间序列及线性回归和高斯 9 点滤波曲线
(a)欧亚大陆;(b)非洲大陆;(c)澳洲大陆;(d)北美大陆;(e)南美大陆;(f)南极大陆
黑(灰)柱条对应涝(旱)年

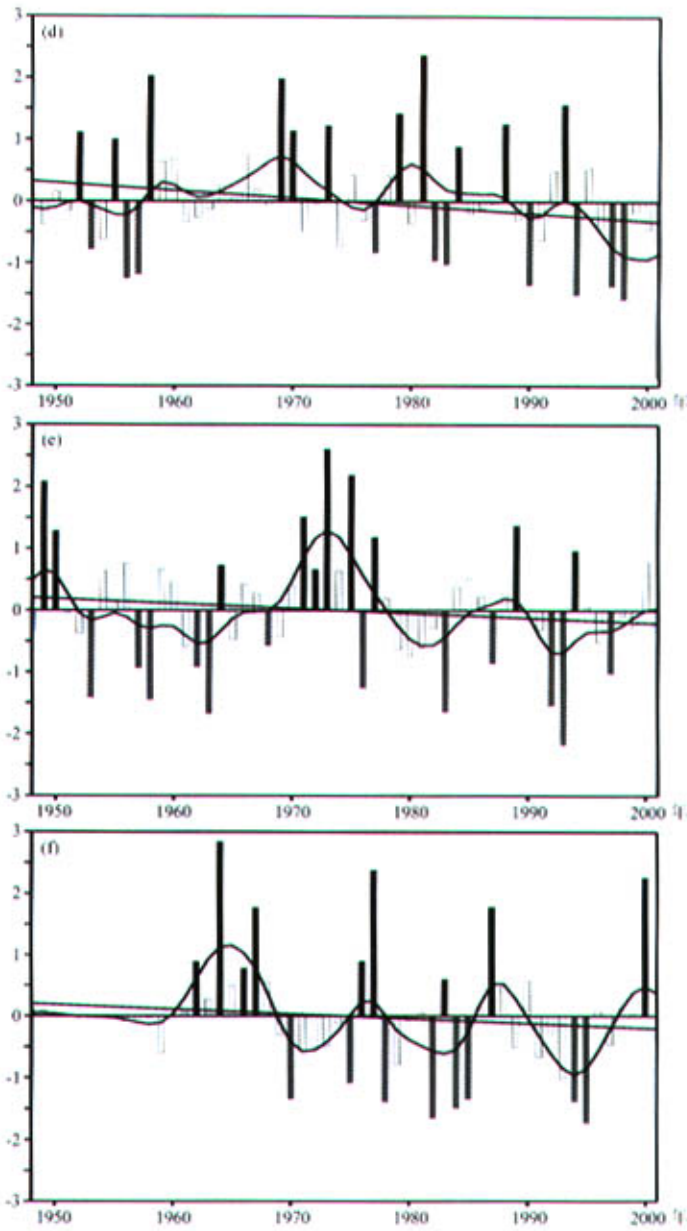


图 5 (续)

表 7 大尺度区域陆地 6~8 月旱涝年表

年

序	欧 亚		非 洲		澳 洲		北 美		南 美		南 极	
	涝年	旱年	涝年	旱年	涝年	旱年	涝年	旱年	涝年	旱年	涝年	旱年
1	1953	1999	1961	1984	1978	1982	1981	2000	1973	1993	1964	1995
2	1954	1992	1954	1986	1950	1977	1958	1998	1975	1963	1987	1982
3	1961	1986	1962	1972	1956	1994	1969	1994	1949	1983	1977	1984
4	1960	1976	1953	1987	1973	1979	1993	1997	1971	1992	2000	1978
5	1997	1996	1964	1990	1998	1997	1979	1990	1989	1958	1967	1994
6	1948	1983	1950	1983	1986	1970	1988	1956	1950	1953	1976	1985
7	1959	1982	1988	1996	1955	2000	1973	1957	1977	1976	1962	1970
8	1998	2001	1963	1982	1968	1976	1970	1983	1994	1997	1966	1975
9	1956	1967	1955	2000	1989	1972	1952	1982	1964	1957	1983	
10	1973	1991	1957	1976	1975	1959	1955	1977	1972	1962		
11	1950	1989	1968	1998		1969	1984	1953		1987		
12			1989	2001						1968		
13				1993								
14				1977								

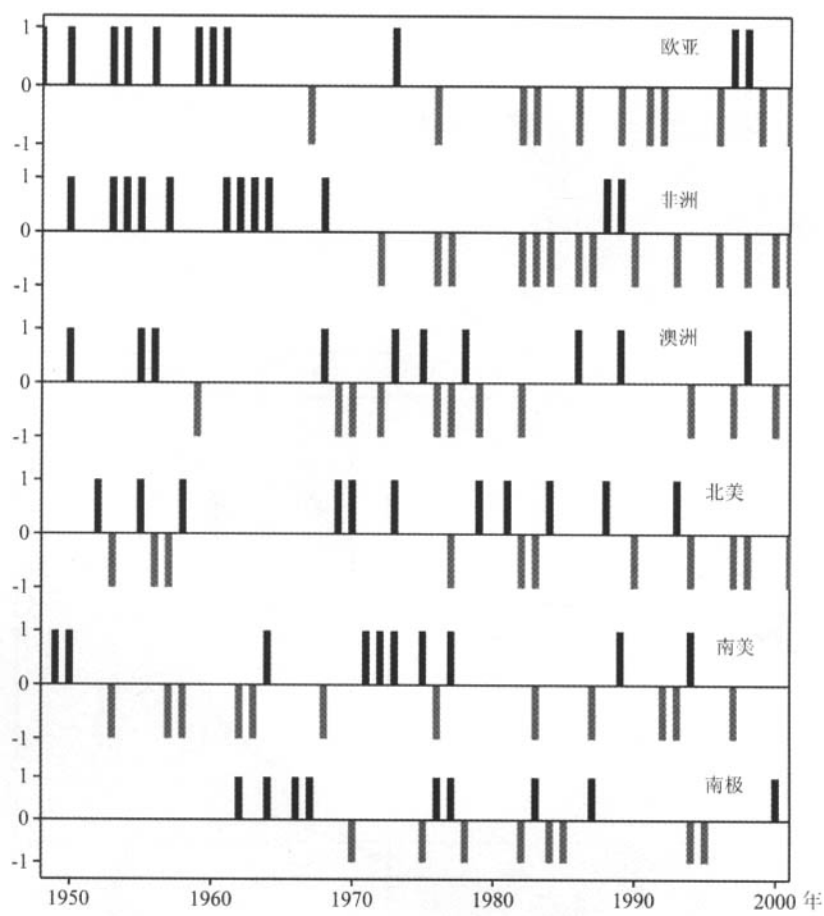


图 6 欧亚、非洲、澳洲、北美、南美和南极大陆 6~8 月旱涝年表对比示意图
黑（灰）柱条对应涝（旱）年

美大陆 6~8 月的主要旱期出现在 1953~1963 年, 5 旱 0 涝; 主要涝期出现在 1970~1977 年, 5 涝 1 旱。图 5f 表明南极大陆在 1950S 及之前的降水方差很小, 表明资料的可靠性不够。总的来看, 南极大陆主要涝期出现在 1962~1968 年, 4 涝 0 旱; 在 1970~1985 年, 出现了 6 个旱年 3 个涝年, 偏旱。由于观测点太少, 整个结果的代表性可能还不够。

5.3 大尺度区域 6~8 月旱涝的对比分析

图 6 给出了 6 个大尺度区域 6~8 月旱涝年的对比示意。结果表明, 尽管降水量的空间变率很大, 但是在各大区域 6~8 月的旱涝之间仍存在一定的联系。例如: 欧洲大陆和非洲大陆之间的旱涝具有较好的同时相关关系, 其中一个地区发生洪涝(干旱)时, 另一地区发生洪涝(干旱)的频率高达 33.3% (42.9%) 以上; 澳洲大陆和非洲大陆之间的旱涝相关密切, 当澳洲大陆洪涝(干旱)时, 非洲大陆发生洪涝(干旱)的频率为 40% (45.5%); 澳洲大陆和南美大陆之间的旱涝也相关密切, 其中一个区域发生洪涝时, 另一区域也发生洪涝的频率为 40%; 非洲大陆和北美大陆之间的旱涝也相关密切, 其中一个区域发生干旱时, 另一区域也发生干旱的频率在 42.9% 以上; 非洲大陆和南美大陆的旱涝也有明显的关系: 当非洲大陆发生洪涝时, 南美大陆很可能正发生干旱(频率为 41.7%); 当南美大陆发生干旱时, 非洲大陆可能正在经受洪涝(频率为 41.7%)。

6 结论

研究了 1948~2001 年全球、北半球、南半球及欧亚大陆、非洲大陆、澳洲大陆、北美大陆、南美大陆和南极大陆 6~8 月旱涝的气候变化特征, 得到以下主要结论:

(1) 划分了全球 6~8 月旱涝年。指出旱涝年的平均降水量分布有着明显的差异, 差异最显著的地区几乎包括了全部季风区。而在北美西南部、南美中南部、地中海区域及非洲北部、中国新疆及其以西等区域的 6~8 月降水与全球大部分区域的旱涝位相相反。全球 6~8 月旱涝年有明显的年代际变化特征, 20 世纪 40 年代末~70 年代为涝期, 出现了 12 个涝年, 只有 4 个旱年; 80~90 年代为旱期, 出现了 9 个旱年, 只有 2 个涝年。

(2) 划分了南、北半球 6~8 月旱涝年。指出北半球 6~8 月旱涝年的分布具有明显的年代际变化, 南半球旱涝年的年代际特征不如北半球明显。两个半球 6~8 月的旱涝没有明显的联系, 但当发生暖(冷)事件时, 南、北半球可能同时出现干旱(洪涝)。

(3) 全球、半球 6~8 月旱涝年与 ENSO 关系密切。

(4) 划分了欧亚、非洲、澳洲、北美、南美和南极大陆等 6 个大区域 6~8 月旱涝年, 指出非洲大陆和欧亚大陆旱涝年的分布有十分明显的年代际特征。并指出了各大区域旱涝之间的联系。

参 考 文 献

- 1 叶瑾琳、王绍武、李晓东, 中国东部旱涝型的研究, 气候变化规律及其数值模拟研究论文(第三集), 北京: 气象出版社, 1996, 36~45.
- 2 陶诗言、张庆云、张顺利, 1998 年长江流域洪涝灾害的气候背景和大尺度环流条件, 气候与环境研究, 1998, 3 (4), 290~299.

- 3 施能、杨永胜、陈辉, 我国东部夏季降水近百年雨型的多时间尺度变化特征及其预报的若干问题研究, 气象科学, 2001, **21** (3), 316~325.
- 4 符崇斌、温刚, 中国北方干旱化的几个问题, 气候与环境研究, 2002, **7** (1), 22~29.
- 5 孙安健、郭艳丽, 我国西北地区春季旱涝气候特征研究, 气候与环境研究, 2003, **8** (1), 1~8.
- 6 吴尚森、梁建茵、李春晖, 南海夏季风强度与我国汛期降水的关系, 热带气象学报, 2003, **19** (增刊), 25~35.
- 7 Bradley, R. S., H. F. Diaz, J. K. Eischeid et al., Precipitation fluctuations over northern hemisphere land areas since the Mid-19th center, *Science*, 1987, **237**, 171~175.
- 8 Diaz, H. F., R. S. Bradley, and J. K. Eischeid, Precipitation fluctuation over global land areas since the late 1800s, *J. Geophys. Res.*, 1989, **94** (D1), 1195~1210.
- 9 Hulme, M., Estimating global changes in precipitation, *Weather*, 1995, **50** (2), 34~42.
- 10 Dai, A., I. Y. Fung, and A. D. D. Genio, Surface observed global land precipitation variations during 1900—1988, *J. Climate*, 1997, **10** (11), 2943~2962.
- 11 施能、陈绿文, 全球陆地年降水场的长期变化 (1948~2000 年), 科学通报, 2002, **47** (21), 1671~1674.
- 12 施能、黄先香、杨扬, 1948~2000 年全球陆地年降水量场趋势变化的时、空特征, 大气科学, 2003, **27** (6), 971~982.
- 13 施能、陈绿文、封国林, 1920~2000 年全球 6~8 月陆地旱涝气候变化, 气象学报, 2003, **61** (2), 237~244.
- 14 Chen, M., P. P. Xie, J. E. Janowiak et al., Global Precipitation: A 50 year monthly analysis based on Gauge observations, *Journal of Hydrometeorology*, 2002, **3** (3), 249~266.
- 15 施能、魏凤英、封国林等, 气象场相关分析及合成分析中的蒙特卡罗检验, 南京气象学院学报, 1997, **20** (3), 355~359.
- 16 Allan, R. J., N. Nicholls, P. D. Jones, et al., A further extension of the Tahiti—Darwin SOI, early SOI results and Darwin pressure, *J. Climate*, 1991, **4** (7), 743~749.

Climatic Change of Flood / Drought of Global Land and Large-Scale Areas in June — August during 1948—2001

Huang Xianxiang^{1,2)}, Xian Dongdong¹⁾, Zhang Libo¹⁾, and Shi Neng¹⁾

1) (Nanjing Institute of Meteorology, Key Laboratory of Meteorological Disaster and Environmental Variation in Jiangsu Province, Nanjing 210044)

2) (Guangzhou Institute of tropical and oceanic Meteorology, Guangzhou 510080)

Abstract The flood/drought characteristics of global, the Northern and Southern Hemispheres, Eurasia, Africa, Australia, North America, South America and Antarctica in June—August (JJA) are investigated, based on global land monthly precipitation dataset PREC/L during the period of 1948—2000. The results indicate that the flood/drought characteristics of global, northern and southern hemisphere experienced decadal change: during 1950s—1970s global flood in JJA occurred frequently, and from 1980s—1990s global drought in JJA occurred frequently. The flood/drought characteristics of the Northern Hemisphere are agreed with ones of the global. There is no obvious correlation between the northern and southern hemispheric flood/drought in JJA. However when the warm (cold) event occurs, the drought (flood) may happen in JJA in the Southern and Northern Hemispheres. The flood/drought in JJA over global, the Northern and Southern Hemispheres are highly correlated with the ENSO events. In addition, the flood/drought characteristics of Eurasia and Africa experienced marked decadal change, and there are some relationships among flood /drought of the six large-scale areas.

Key words: flood/drought; climate change; interdecadal change; ENSO