

1920~ 2000 年全球 6~ 8 月陆地旱涝气候变化

施 能

(南京气象学院, 南京, 210044)

陈绿文

(广东省气象局, 广州, 510080)

封国林

(扬州大学理学院, 扬州, 225009)

摘 要

用 1920~ 2000 年全球 6~ 8 月陆地降水量资料研究了全球、北、南半球 6~ 8 月旱涝特征。采用加权平均的 6~ 8 月降水距平指数和加权平均的 6~ 8 月旱涝面积指数来表示全球的旱涝程度;从而划分了 1920~ 2000 年的全球 6~ 8 月降水量的旱涝年。对划分的旱、涝年进行了旱涝年差异的 Monte Carlo 检验。研究结果指出,在 1920~ 2000 年中,1988(1930) 年是全球最严重的涝(旱)年,其次是 1954(1976) 年。全球的及北、南半球的旱涝有明显的年代际变化。20 世纪 20 年代为全球 6~ 8 月干旱多发期,20~ 40 年代为全球 6~ 8 月洪涝少发期,50~ 60 年代为全球洪涝多发期,70 年代~ 2000 年全球旱涝爆发频繁,旱年多于涝年。北半球的特征与全球较为一致。南、北半球陆地分别作用为一个整体,它们的 6~ 8 月旱涝没有明显的联系,但是当发生暖(冷)事件时,南、北半球 6~ 8 月可能出现干旱(洪涝),全球 6~ 8 月的旱涝变化与 ENSO 之间有明显的联系。

关键词: 全球旱涝, 气候变化, 6~ 8 月, 年代际变化。

1 引 言

目前,气候变化研究基本集中在气温上,降水的气候变化研究还很少。我们认为,要研究降水的气候变化就必须研究全球范围的降水及全球旱涝的长期变化。全球陆地作为一个整体肯定存在降水量及旱涝的变化,这种变化的多时间尺度特征很值得研究。然而,目前还很少有全面研究全球旱涝变化的工作。这与全球降水量资料的缺乏有关。Bradley^[1]曾研究过 1855~ 1984 年北半球年降水的变化。指出,北半球降水作为整体,有相当大的年代际变化。还指出在 1949~ 1964 年的 15 a 中,年降水维持正距平。20 世纪 50 年代是最异常的,它有 4 个全球涝年,而特别明显的旱年则依次出现在 1912 与 1913 年,其次 1918~ 1920 年的连续干旱。但是,1984 年以后的情况还不得而知。80 年代及 90 年代初有一些工作是研究全球降水量趋势变化的^[2~ 4],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;全球季节旱涝变化的研究工作

就更少。但是,在 1999 年以后完成并发布了几个全球降水量资料库^[5]。目前已经有了相当数量的全球降水资料库。气象学家已经最大可能地发掘与改善了全球的降水信息。利用这些最新的资料研究全球的旱涝特征是到时候了。最近,施能等利用 Chen 等^[6]创建的 1948~ 2000 年的全球陆地降水量资料,研究了全球年降水量的长期变化特征^[7, 8]及其与 ENSO 的关系^[9]。本文将利用更长的由 Hulme 创建的 1920~ 2000 年全球 6~ 8 月陆地降水资料序列,研究全球、南、北半球 6~ 8 月旱涝气候变化问题。

2 资料和方法

2.1 资 料

全球 Hulme 降水量资料,已经延长到 1998 年 12 月。而 Chen 等^[6]建立的全球陆地降水量资料(PREC/L)有 1999 和 2000 年月降水量资料,但是从 1948 年开始。这 2 份资料具有相当高的一致性^[5]。文中根据 Hulme 资料的缺测统计,在 1920~

1947年, Hulme 资料共有 655 个格点资料是完整的, 即 1~12 月都不缺记录, 其中有 15 个格点为 PREC/L 资料缺测格点, 剩下 640 个格点与 PREC/L 插值资料格点是重合的。文中以这 640 个格点为基准格点, 构造了一份完整的 1920~2000 年降水场资料。具体的做法为: 1920~1947 年完全用 Hulme 资料; 1948~1998 年期间, 如果 Hulme 资料不缺测, 则用 Hulme 资料, 如果 Hulme 资料缺测, 则用 PREC/L 插值资料代替; 1999~2000 年则完全用 PREC/L 插值资料来代替。统计的结果表明, 一共插补了 6809 个记录, 占总记录数的 1.1%。对这份 1920~2000 年的完整的资料序列进行统计, 发现其中有 9 个格点的降水记录距平和均方差全为 0。为了便于进一步研究, 从资料场中剔除了这 9 个格点

的记录, 剩下 631 个格点。所使用的基本资料分辨率为 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ (纬度/经度) 覆盖 $87.50^{\circ} \text{S} \sim 87.50^{\circ} \text{N}$, 1920 年 1 月~2000 年 12 月。

2.2 6~8 月旱涝年的确定方法

我们采用 2 种加权平均的指数来表示全球的旱涝程度。

2.2.1 6~8 月平均的降水距平指数

将全球每个格点块的 6~8 月降水距平(平均值用 1920~2000 年的平均值)乘以该格点块纬度的余弦(也就是按格点块的面积加权)再相加, 得到一个 81 a 的序列。对该序列做标准化处理, 得到全球平均 6~8 月降水距平指数(见图 1 中的实心直方图)。指数越大, 则全球平均降水越多, 这个指数最直接地反映了全球 6~8 月总降水量的年际变化。

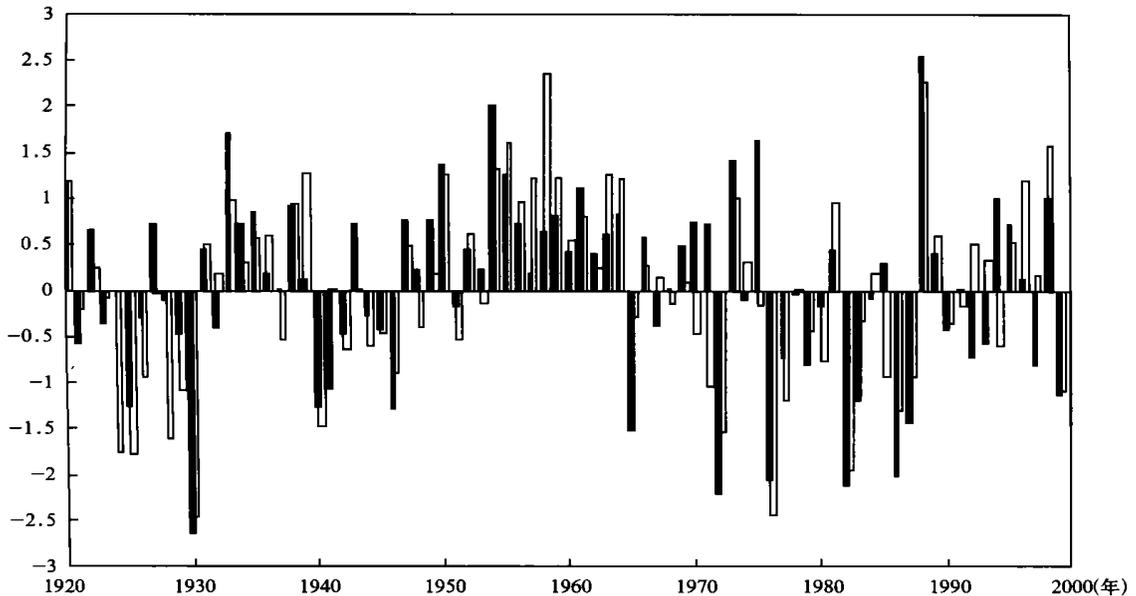


图 1 全球 6~8 月平均的降水距平指数(实心)与平均的旱涝面积指数(空心)的直方图

2.2.2 6~8 月平均的旱涝面积指数

将全球 6~8 月降水正距平的格点(数值为 1)乘以该格点纬度的余弦再相加, 得到一个 81 a 的序列。对该序列做标准化处理, 得到全球 6~8 月平均旱涝面积指数(见图 1 中的空心直方图)。指数越大, 则涝的面积越大, 最直接地反映了全球 6~8 月平均旱涝面积大小。

两种方法得到全球旱涝指数之间存在着较强的正相关(见图 1, 相关系数 0.729, 信度超过

0.0001)。我们分别对这两种指数值从大到小排序, 认为在两种排序里都排在前 20 位的年份定义为涝年, 都排在后 20 位的年份定义为旱年。在 1920~2000 年中, 1988(1930) 年是全球最严重的涝(旱)年, 其次是 1954(1976) 年。全部结果见表 1。

2.3 全球 6~8 月旱涝年划分的检验方法

为检验这种旱涝年的划分是否合理, 我们采用 Monte Carlo^[9,10] 方法。如果全球旱涝的划分出是有 L 个涝年, H 个旱年。首先, 对区域内每个格点

表 1 1920~ 2000 年全球 6~ 8 月旱、涝年表(涝年 14 a, 旱年 12 a)

涝年	1938	1950	1954*	1955	1956	1958	1959	1961
	1963	1964	1973	1981	1988*	1998		
旱年	1921	1925	1929	1930*	1940	1972	1976*	1977
	1982	1986	1987	1999				

* 为全球最严重旱涝年

作均值差的 t 检验, 分别统计均值差(涝年减旱年) 的 $t > 0$ 、信度达到 0.05, 0.01 和 0.001 的格点数。然后, 这里做了 10000 次随机独立试验, 产生出长度为 81 a 的 10000 个随机的(0, 1) 序列。根据产生的随机的(0, 1) 序列, 对 1920~ 2000 年共 81 个年份进行排序, 可以得到 81 个年份的 10000 种不同的随机排序。对每一次试验(排序), 都取前 L 年为涝年, 后 H 年为旱年, 对区域内每个格点再作降水量均值差的 t 检验, 同样地分别统计出 $t > 0$ 、信度达到 0.05, 0.01 和 0.001 的格点数。最后, 将 10000 次试验中得到的格点数按从大到小排序, 则排第 10, 100 和 500 位的格点数分别为达到 Monte Carlo 信度

0.001, 0.01 和 0.05 的格点数(对于 t 检验值大于 0 的情况, 文中取第 500 位的格点数为达 Monte Carlo 信度标准的格点数)。我们认为, 所划分的旱涝年, 只有在均值差的 t 检验值超过相应的 Monte Carlo 信度标准的格点数时, 旱涝年的划分才是有意义的。

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

根据上面的旱涝年的划分方法, 得到 1920~ 2000 年的全球 14 个涝年和 12 个旱年(表 1)。而旱涝年差异的 Monte Carlo 检验的结果见表 2。

表 2 全球 6~ 8 月的旱、涝年的 Monte Carlo 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 631)	418	148	73	34
Monte Carlo(0.05 标准)	355	56	28	14

可以看出, 我们划分的全球 6~ 8 月旱涝年已经通过了 Monte Carlo 检验标准, 旱涝年的平均降水量的差异是显著的。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 12 个旱年中, 有 1925, 1930, 1972, 1976, 1982 和 1986 年等 6 a 对应的都是暖事件年; 14 个涝年中有 1938, 1954, 1955, 1964, 1973, 1988 和 1998 年, 共 7 a 是冷事件年。所有的涝年中只有(1963 年) 是暖事件年; 所有的旱年中没有冷事件年。事实上, 6~ 8 月平均的降水距平指数与 6~ 8 月平均的旱涝面积指数和 6~ 8 月平均的 SOI(根据 Allan 等^[11] 的 SOI 序列) 的相关系数(81 a 的序列) 分别为 0.46, 0.58。而弱 SOI 是与暖事件相联系。

图 2 是全球 6~ 8 月旱、涝年的平均降水距平差值的 t 统计量值图(涝年减旱年)。可以看出, 全球绝大部分为正区, 说明涝、旱年的降水距平存在明显的差异。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、墨西哥湾区域及北美季风区, 澳大利亚东南部、热带太平洋岛屿以及中国东部和中亚的温带地区。但也应当注意, 全球各地几乎不可能同时旱或涝, 存在局地的差异。

存在差异的地域主要分布在地中海区域及西欧东部、南非东部、北美的西海岸、南美洲西南一带。在全球旱涝年中, 这些区中的降水距平基本上和其它大部分地区相反。这种变化有可能是因为全球范围的旱涝与 ENSO 有密切的关系。ENSO 既影响了全球的降水量, 也造成了旱涝的异常分布^[9]。

3.2 全球 6~ 8 月旱、涝年的年代际变化规律和特征

从图 1 看出, 1920~ 2000 年时段内, 全球平均降水量距平指数及全球旱涝面积的长期趋势变化是不大的。但是, 旱涝年有明显的年代际变化。表 1 中的全球 6~ 8 月的旱涝年按年代统计如表 3。

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 20 年代是一个干旱期, 出现了 3 次旱年, 没有一个涝年, 为全球 6~ 8 月干旱多发期, 而 20~ 40 年代的 30 a 中只有 1 个涝年, 为洪涝少发期; 50~ 60 年代这 20 a 为涝年最多的时期, 出现了 9 个涝年, 没有 1 个旱年, 有 6 个涝年出现在 50 年代, 这与 Bradley^[1] 对年总降水量计算时指出的 50 年代是最异常的, 它有 4 个全球涝年的结果是比较一致的。在 70 年代到 2000 年中出现了 7 个旱年 4 个涝年, 旱年多于涝年。特别地,

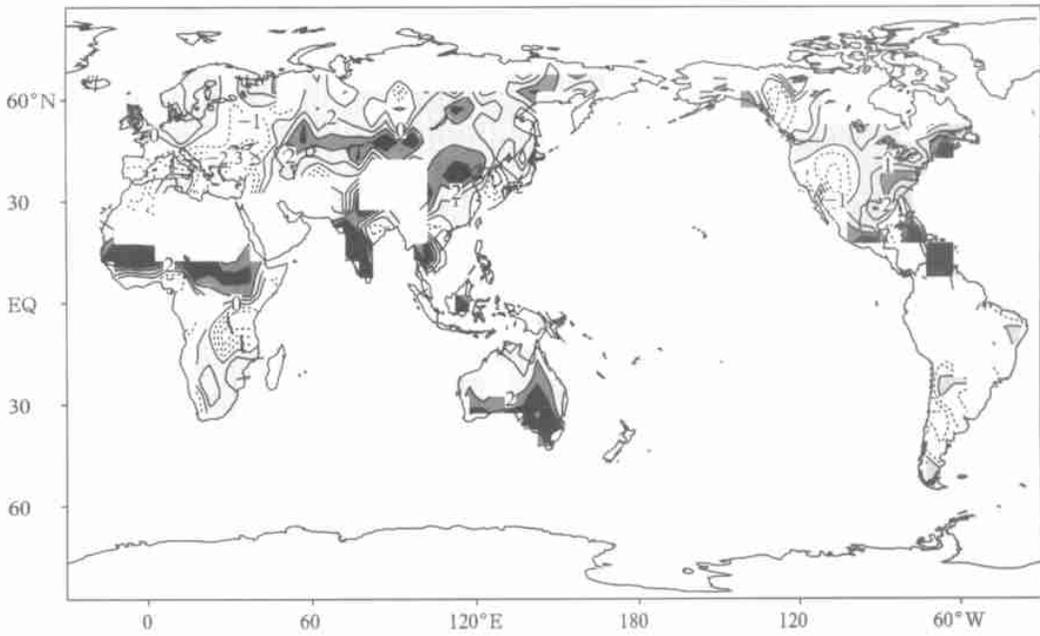


图2 全球6~8月旱、涝年的降水距平差值 t 检验图(涝年减旱年)

(阴影区淡灰色为 $t > 0$ 的区域, 灰色为差值达 0.05 信度的区域, 黑色为差值达 0.01 信度的区域)

1988年为1920~2000年中最严重的涝年,而1976年是1900~1920年中仅次于1930年的旱年。所以,全球旱涝明显频繁发生,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3个时间段。

表3 全球6~8月旱、涝年的年代分布

年代	旱年	涝年
1920~1929	3	0
1930~1939	1	1
1940~1949	1	0
1950~1959	0	6
1960~1969	0	3
1970~1979	3	1
1980~1989	3	2
1990~2000	1	1

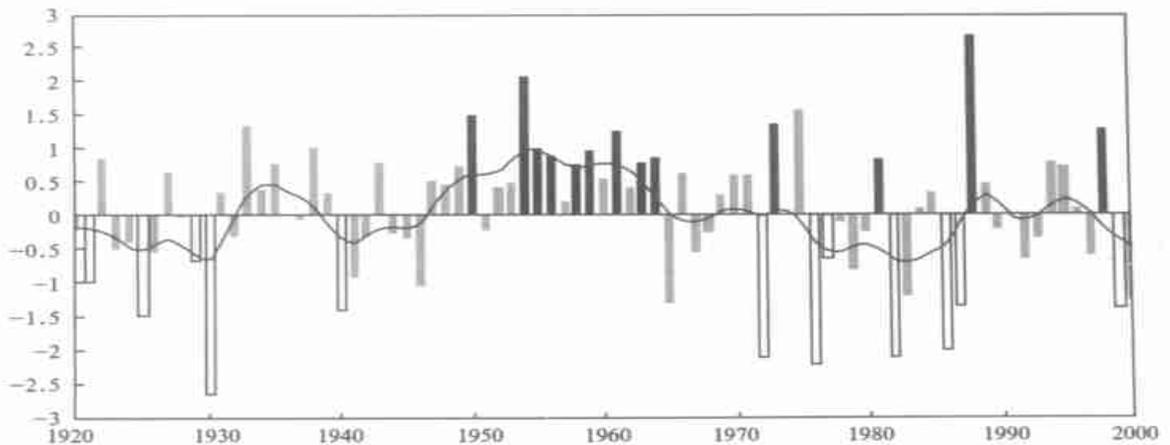


图3 全球6~8月降水距平指数的时间序列和高斯9点滤波曲线,直线回归

(黑色条对应涝年,空心条对应旱年,灰色条对应正常年)

4 南、北半球 6~ 8 月旱、涝年及其特征

行旱涝年的划分和检验。划分的结果如表 4。南、北半球 6~ 8 月旱涝年的划分同样通过了 Monte Carlo 检验。

4.1 南、北半球 6~ 8 月旱、涝年的划分和检验

图 4 分别给出了北、南半球 6~ 8 月涝年和旱年

用同样的方法分别对南、北半球 6~ 8 月降水进

表 4 1920~ 2000 年北半球和南半球 6~ 8 月旱涝年表

	北半球		南半球	
	涝 年	旱 年	涝 年	旱 年
1	1948	1921	1922	1924
2	1949	1923	1936	1925
3	1950	1925	1938	1928
4	1953	1929	1939	1932
5	1954*	1930*	1943	1945
6	1959	1940	1955	1946
7	1961	1972	1956	1948
8	1963	1976*	1973*	1953
9	1964	1978	1978	1969
10	1969	1982	1989	1970
11	1981	1983	1998	1976*
12	1988*	1986	2000	1982
13	1995	1987		
14	1998	1999		

* 为全球最大旱涝年

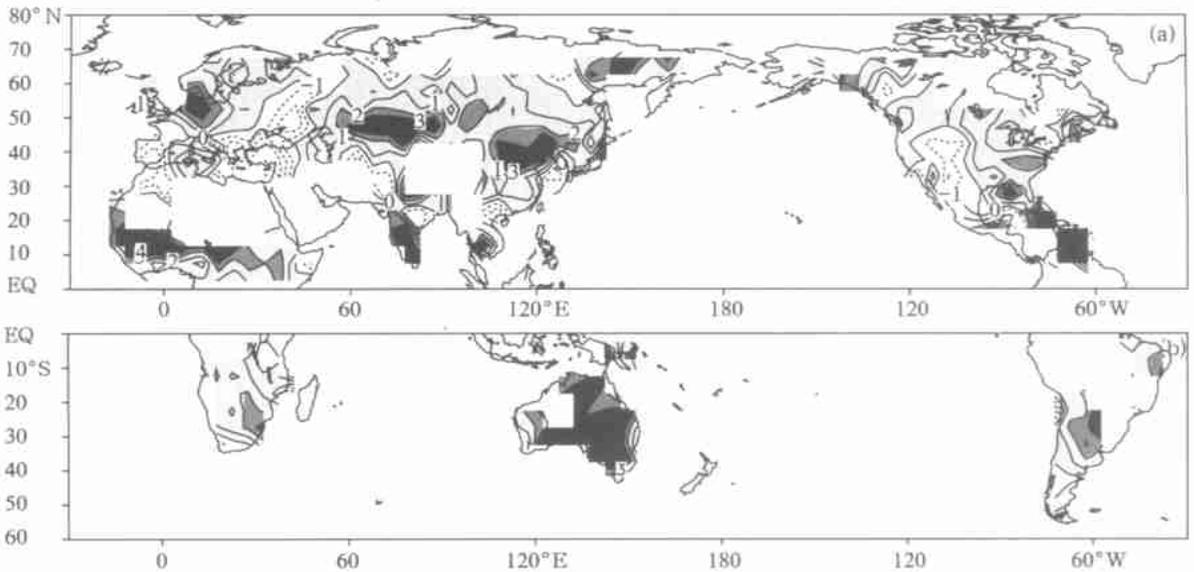


图 4 南、北半球 6~ 8 月旱年和涝年的平均降水距平差值 t 检验分布(涝年减旱年)

(a. 北半球, b. 南半球; 阴影区淡灰色为 $t > 0$ 的区域,

灰色为差值达 0.05 信度的区域, 黑色为差值达 0.01 信度的区域)

平均降水距平差值的 t 检验图(涝年减旱年)。可以看出, 我们划分的南、北半球 6~ 8 月的旱年和涝年的平均降水距平有着明显的差异。

同样, 这里也分别对北、南半球的旱、涝年制作了降水量场的差值的图。结果表明(图略)南半球旱、涝年的降水量差异明显。

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 5。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 20~ 30 年代是 1 个干早期, 出现了 5 次旱年, 没有 1 个涝年。40~ 60 年代为涝年最多的时期, 出现了 10 个涝年, 只有 1 个旱年。图 5a 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 4 个时间段: 20 世纪 20~ 30 年代, 40~ 60 年代, 70~ 80 年代, 90 年代。根据表 4, 在 20~ 30 年代出现了 5 个旱年, 为旱灾多发时期; 40~ 60 年代的 30 a 期间, 11 次旱涝

(10 涝 1 旱), 连续出现涝, 涝灾较为严重; 70~ 90 年之后, 2 旱 1 涝。
代出现 9 次旱涝(7 旱 2 涝), 也是处于早期; 90 年代

表 5 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
1920~ 1929	4	0	3	1
1930~ 1939	1	0	1	3
1940~ 1949	1	2	3	1
1950~ 1959	0	4	1	2
1960~ 1969	0	4	1	0
1970~ 1979	3	0	2	2
1980~ 1989	4	2	1	1
1990~ 2000	1	2	0	2

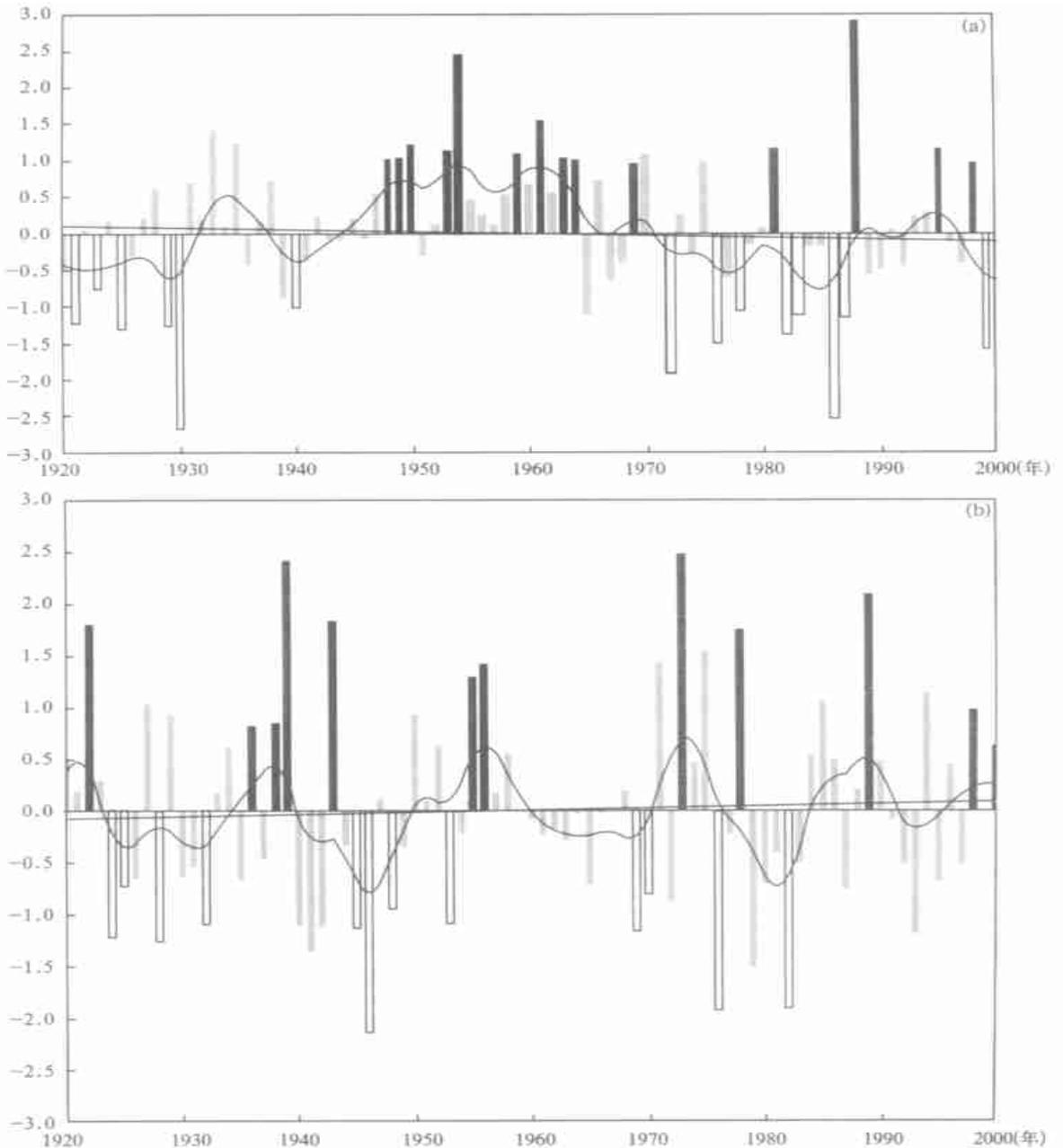


图 5 北半球(a)、南半球(b)6~ 8月降水距平指数的时间序列和高斯9点滤波曲线及回归直线
(实心条对应涝年, 空心条对应旱年, 灰色条对应正常年)

图 5b 给出了北、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 1924~ 1932 年期间(4 旱 0 涝) 和 1945~ 1953 年(4 旱 0 涝); 主要的涝期出现在 1936~ 1943 年(4 涝 0 旱)。

从表 4 可以看出, 南、北半球的旱涝年几乎很少是一致, 在北半球涝的 14 a 中, 南半球也发生涝的频率仅为 1/14(7%), 发生旱的频率为 3/14(21%), 正常的频率为 72%(10/14)。在北半球旱的 14 a 中, 南半球也发生旱的频率为 3/14(21%; 1925, 1976, 1982 年), 发生涝的频率为 1/14(7%), 正常的频率为 10/14(72%)。在南半球涝的 14 a 中, 北半球也发生涝的频率为 1/14(7%), 发生旱的频率为 1/14(7%), 正常的频率为 12/14(86%)。在南半球旱的 14 a 中, 北半球也发生旱的为 3/14(21%; 1925, 1976, 1982 年), 发生涝的频率 3/14 为(21%), 正常的频率为 8/14(58%)。此外文中还进一步算出了两个半球的 6~ 8 月平均降水距平指数的相关系数, 结果近似为零, 没有明显的相关。可见南、北半球陆地分别为一个整体, 它们的旱涝没有明显的联系, 但是, 从表 4 中可以看出, 当发生暖(冷)事件时, 南、北半球 6~ 8 月可能同时出现干旱(洪涝)。

比较北半球的旱、涝年(表 4) 与全球的旱涝年

(表 1), 可以发现它们是非常一致的。这个结果不难理解。因为文中分析的是全球陆地降水量, 而全球的陆地大部分在北半球。

5 总结与结论

研究 1920~ 2000 年全球 6~ 8 月的旱涝气候变化特征, 得到主要结论如下:

(1) 给出了 1920~ 2000 年全球 6~ 8 月旱涝年表。提出了全球 6~ 8 月旱涝年的划分和检验方法。指出在地中海区域及西欧东部、南非东部、北美的西海岸、南美洲西南 6~ 8 月降水与旱涝年中的降水位相经常是相反的。

(2) 全球 6~ 8 月旱涝年有明显的年代际变化特征, 20 世纪 20 年代为全球 6~ 8 月干旱多发期, 20~ 40 年代为全球 6~ 8 月洪涝少发期, 50~ 60 年代为全球洪涝多发期, 70~ 2000 年, 全球旱涝爆发频繁, 旱年多于涝年。

(3) 全球、半球 6~ 8 月旱涝年与全球 ENSO 事件关系明显。

(4) 给出了南、北半球 6~ 8 月旱涝年。指出, 南半球 6~ 8 月旱涝年的年代际变化特征不如北半球明显。还指出, 两个半球 6~ 8 月的旱涝联系并不明显, 它们的平均降水距平指数的相关也不明显。

参考文献

- Bradley R S, Diaz H F, Eischeid J K, et al. Precipitation fluctuations over northern hemisphere land areas since the Mid-19th century. *Science*, 1987, 237(4811): 171~ 175
- Diaz H F, Bradley R S, Eischeid J K. Precipitation fluctuation over global land areas since the late 1800 s. *J Geophys Res*, 1989, 94(D1): 1195~ 1210
- Hulme M. Estimating global changes in precipitation. *Weather*, 1995, 34~ 42
- Dai A, Fung I Y, Genio A D D. Surface observed global land precipitation variations during 1900~ 1988. *J Climate*, 1997, 10(11): 2943~ 2962
- 施能, 陈绿文, 林振敏. 全球降水与区域性季风降水序列的相关统计分析. *气象科技*, 2002, 30(2): 73~ 79
- Chen M, Xie P, Janowiak J E, et al. Global Precipitation: a 50 year monthly analysis based on Gauge observations. *Journal of Hydrometeorology*, 2002, 3(3): 249~ 266
- 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~ 1675
- 陈绿文, 施能. 全球陆地降水初步分析. *南京气象学院学报*, 2002, 25(1): 84~ 91
- Shi Neng, Chen Luwen. A preliminary study on the global land annual precipitation associated with ENSO during 1948~ 2000. *A A S*, 2002, 19(6): 993~ 1003
- Livezey R E, Chen W Y. Statistical field significance and its determination by Monte Carlo techniques. *Mon Wea Rev*, 1983, 111(1): 46~ 59
- Allan R J, Nicholls N, Jones P D, et al. A further extension of the Tahiti-Darwin SOI, early SOI results and Darwin pressure. *J Climate*, 1991, (4): 743~ 749

CLIMATIC CHANGE OF GLOBAL LAND FLOOD/ DROUGHT IN JUNE AUGUST DURING 1920 2000

Shi Neng

(*Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044*)

Cheng luwen

(*Meteorological Bureau of Guangdong Province, Guangzhou 510080*)

Fen Guolin

(*Mathematics and Physics College, Yangzhou University, Yangzhou 225009*)

Abstract

The flood/ drought characteristics of global, northern and southern hemisphere in June– August are investigated by using global land precipitation dataset during the period of 1920– 2000. The following two weighted mean indices are used to describe the extent of global flood/ drought. (1) The weighted mean June August precipitation anomaly index: the June-August precipitation anomaly (the 1920– 2000 mean was used) at each grid point was multiplied with the cosine of the latitude of the grid point, and added together to get a series of 81 years. Normalizing the series yielded the global weighted mean June August precipitation anomaly index. The larger the index, the more the mean precipitation, thus directly reflecting the interannual change of global June-August total rainfall. (2) The weighted mean June-August flood/ drought area index: adding all the cosine of the latitude of the grid points of June-August positive precipitation anomalies yielded a series of 81 years, and normalizing the series got the weighted mean June-August flood/ drought area index. The larger the index, the larger the wet area, thus directly reflecting the global June-August mean flood/ drought area. There is a higher positive correlation (correlation coefficient= 0.71) between the two global dry/ wet indices. The two series indices from 1920– 2000(81 years) were sorted descendently according to their values respectively, and then the first 20 years and the last 20 years in the two sorted series were defined as global flood and drought years respectively. The differences between flood and drought years are examined with Monte Carlo test. The results indicate that 1988 (1930) is globally the wettest (driest) year during the period, and the next is 1954 (1976). The flood/ drought characteristics experienced decadal change: during 1920s global drought in June– August occurred frequently, and from 1920s to 1940s global flood year in June– August occurred infrequently, then flood years were globally observed in the period of 1950s– 1960s. In the period from 1970s to 2000 global land flood/ drought frequently happened with flood years more than drought ones. The flood/ drought characteristics of Northern Hemisphere are agreed with ones of the global. The southern and northern hemisphere are taken as a whole respectively, and no obvious correlation is found between the northern and southern hemispheric June– August flood/ drought. However when the warm (cold) event occurs, the drought (flood) may happen in June– August in the southern and northern hemispheres. The global land flood/ drought in June– August are highly correlated with the ENSO events.

Key words: Global land flood/ drought, Climate change, June– August, Interdecadal change.