

华北平原地区夏季严重旱涝特征诊断分析^{*}

孙安健 高 波

(国家气候中心, 北京 100081)

摘 要 利用华北平原地区 13 个站 1951~1995 年 6~8 月的降水量资料讨论了该地区发生的严重旱涝特征, 发现各有 7 年出现严重干旱和雨涝。严重干旱主要发生在 6、7 月份, 严重雨涝主要发生在 7、8 月份。特大旱涝发生最频繁的地带在燕山南麓和太行山东麓。50 年代多雨涝, 60~80 年代多干旱, 进入 90 年代雨涝增多, 反映华北平原地区旱涝变化阶段性和群发性。东西伯利亚(或鄂霍茨克海)阻塞高压及亚洲中高纬度东高西低分布的稳定维持, 则分别对华北平原的严重干旱与雨涝的形成起着重要的作用。西太平洋副热带高压位置偏北、偏西(偏南、偏东), 华北平原地区易发生严重雨涝(干旱)。夏季风偏强(弱)年份, 华北平原多发生雨涝(干旱)。在赤道中东太平洋海温与北太平洋西风漂流区海温处于明显正距平阶段, 华北平原地区易分别发生严重干旱与雨涝。

关键词: 华北平原; 夏季; 严重旱涝

1 引言

华北平原地区的降水非常集中, 雨季为 6~8 月。虽属夏季风降水, 但华北已地处我国夏季风区的北缘, 而夏季风年际变化很大, 所以华北平原地区的干旱与雨涝灾害频繁发生。过去, 许多学者从不同角度讨论了华北地区夏季 6~8 月的旱涝特征及其成因^[1~5]。本文将着重分析严重干旱与雨涝的气候特征, 并探讨其成因。

2 资料与方法

选用华北平原地区 13 个台站 1951~1995 年 6~8 月的月降水量资料, 所选台站的情况列于表 1。

表 1 所选台站情况

台站名	北京	天津	邢台	德州	惠民	济南	潍坊	菏泽	兖州	临沂	安阳	郑州	信阳
开始年	1951	1951	1954	1951	1952	1951	1951	1954	1951	1953	1951	1951	1957

关于旱涝的指标, 国内外有很多。本文选用 Z 变换^[6], 即将遵从 Γ 分布的原降水量序列进行 Z 变换, 获得服从正态分布的标准化序列, 并依表 2 进行旱涝等级划分。

1999-01-18 收到, 1999-05-13 收到修改稿

^{*} 国家“九五”重中之重项目“我国短期气候预测系统的研究”(96-908-04-03-1)资助

表 2 旱涝等级划分

Z 值	等级	累积频率 p	类型
$Z \geq 2.0$	1	$p \geq 98\%$	异常涝
$1.645 < Z < 2.0$	2	$95\% < p < 98\%$	大涝
$1.037 < Z \leq 1.645$	3	$85\% < p \leq 95\%$	涝
$0.542 < Z \leq 1.037$	4	$70\% < p \leq 85\%$	偏涝
$-0.542 \leq Z \leq 0.542$	5	$30\% \leq p \leq 70\%$	正常
$-1.037 \leq Z \leq -0.542$	6	$15\% \leq p < 30\%$	偏旱
$-1.645 \leq Z \leq -1.037$	7	$5\% \leq p < 15\%$	旱
$-2.0 < Z < -1.645$	8	$2\% < p < 5\%$	大旱
$Z \leq -2.0$	9	$p \leq 2\%$	异常旱

3 旱涝特征

3.1 旱涝时域特征

表 3 给出了华北平原 6~8 月各时段的旱涝出现机率。严重雨涝系包括涝、大涝和异常雨涝, 严重干旱系包括旱、大旱和异常干旱。雨涝系包含所有类别的涝, 干旱系包含所有类别的旱。特大旱(涝)包含大旱(涝)和异常干旱(雨涝)。

表 3 华北平原 6~8 月旱涝出现机率表 (1951~1995 年)

%

等级 时域	雨涝	严重雨涝	异常雨涝	干旱	严重干旱	异常干旱
6 月	42	11	4	27	13	4
7 月	27	13	7	31	13	0
8 月	36	18	2	33	16	2
6~7 月	38	18	4	29	11	2
7~8 月	29	9	2	24	13	2
6~8 月	36	16	2	22	16	2
总和	208	85	21	166	82	12

从表 3 可见, 6~8 月, 尽管雨涝的机率远大于干旱的机率, 但严重雨涝与严重干旱、异常雨涝与异常干旱出现的机率相同。6~7 月各类别涝的机率均大于相应旱的机率。雨水特别集中的 7~8 月份, 虽然雨涝的机率多于干旱, 但严重干旱的比重较大, 出现机率超过严重雨涝。

从 6~8 月各月的情况来看, 7 月最特别, 异常雨涝机率高达 7%, 但异常干旱从未出现过。6 月的特点是雨涝频仍, 达 42%, 但严重雨涝出现的机率则不如 7、8 月份, 异常干旱倒是最多的。严重雨涝与干旱均是 8 月最为多见。这些统计特征表明, 华北平原地区初夏 6 月异常干旱相对多见, 盛夏 7 月异常雨涝较为频繁, 到盛夏 8 月, 严重旱涝均很频仍。

总的来说, 华北平原地区 6~8 月期间内各类别雨涝出现机率均分别高于相应类别干旱的机率。

3.2 旱涝地域特征

6~8 月华北平原干旱出现机率以冀东南至鲁西北一带最大, 达 36%。干旱机率由此往各个方向减小。但严重干旱出现机率却是太行山东麓地带最大, 而干旱出现最多的冀东南至鲁西北一带却是严重干旱发生的低值区 (图 1)。

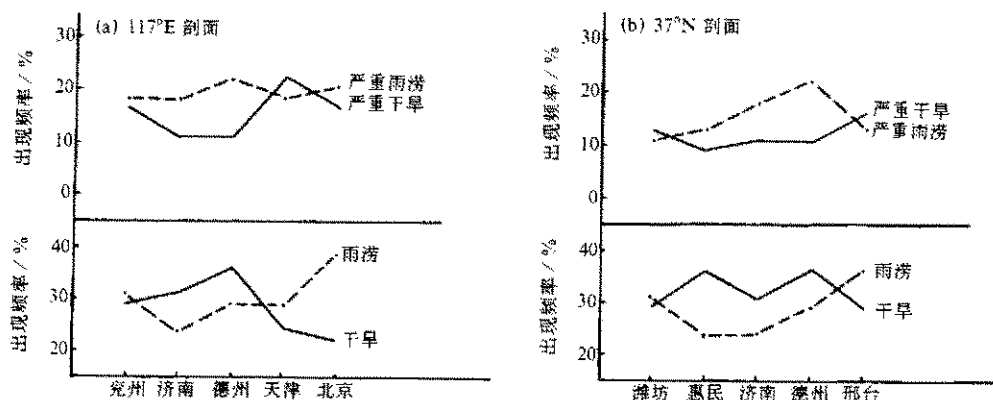


图 1 华北平原夏季 (6~8 月) 旱涝频率分布
(a) 117°E 剖面; (b) 37°N 剖面

6~8 月华北平原雨涝出现机率以黄河沿岸区域最小, 为 20%~25%, 雨涝机率由此往西北和东南方向增大。太行山东麓地带最大, 超过 35%。严重雨涝机率的分布形势则与雨涝相反, 高值区位于华北平原中部, 太行山东麓及山东半岛为低值区。

盛夏 7~8 月份是华北平原地区雨水最为集中的季节。这时干旱机率最大分别出现在冀中和黄河以南的山东, 均大于 30%; 而太行山东麓干旱机率最小, 不足 25%。严重干旱机率则是黄河两岸为低值区, 由此往西北、东南方向增大, 至河北平原西北部出现机率又减小为低值区。

盛夏 7~8 月份的雨涝机率分布形势与 6~8 月相似, 即黄河沿岸最小, 不足 25%, 由此往西北和东南方向增大。严重雨涝机率是冀中最小, 不足 15%, 其余地区均在 15%~20%之间。从华北平原 6~8 月特大旱涝频率之和的地域分布来看, 济南以东的黄河两岸特大旱涝发生机率最小, 不足 5%; 冀中、冀东及鲁北地区其机率也在 10%以下; 特大旱涝发生最为频繁的地带是燕山南麓和太行山东麓, 机率超过 15%。

3.3 旱涝年际变化

图 2 给出了华北平原地区夏季 (6~8 月) 旱涝演变图。表明旱涝年际变化有明显的阶段性和群发性。从 50 年代到 60 年代中期, 雨涝频仍, 干旱罕见; 60 年代中期至 70 年代旱涝却是交替发生; 80 年代干旱频繁, 雨涝罕见; 进入 90 年代, 雨涝增多。这一演变特征与 6~9 月西非萨赫勒地区 (图略) 及印度季风雨 (图 3) 旱涝变化趋势是大体一致的。这是因为从非洲萨赫勒起经中东、印度、巴基斯坦到我国北部一带存在一个同时的干湿变化, 在 60 年代以前偏湿, 在此以后转为干旱。华北平原地区 60 年代由多雨转入少雨, 正是上述 60 年代全球气候变化的一部分^[7]。

严重干旱也是 80 年代最频, 60 年代次之。严重雨涝则是 50 年代最频, 随之出现

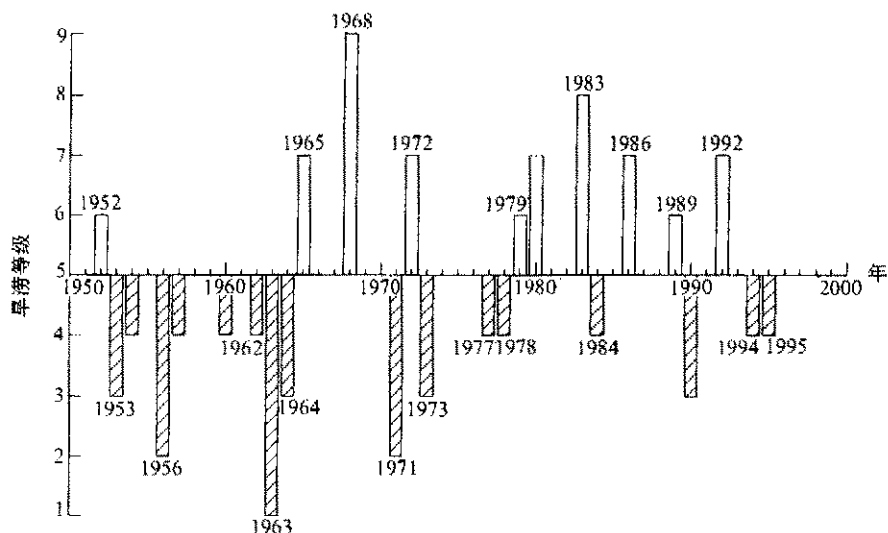


图2 华北平原地区夏季(6~8月)旱涝演变图

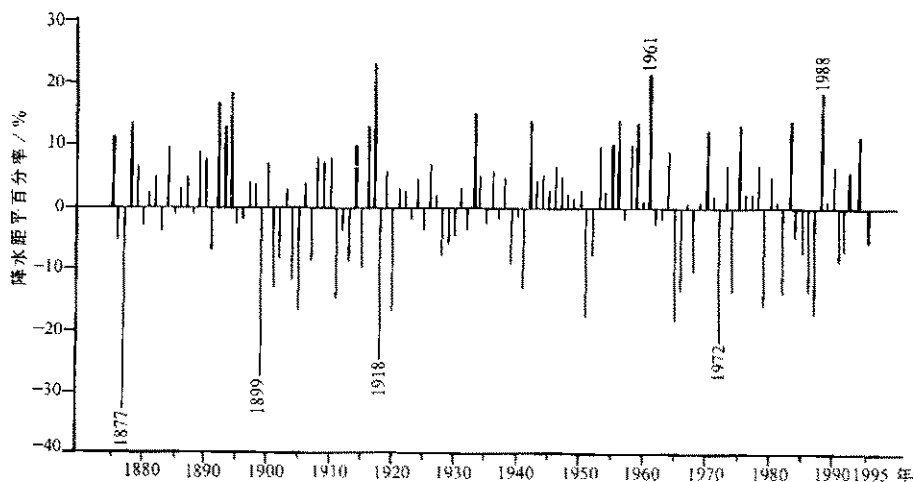


图3 印度6~9月降水量标准化距平变化图(引自 WMO-NO.819 P62)

机率减小,到80年代则从未发生过,进入90年代又有所增大(表4)。异常雨涝仅发生在50与60年代,进入70年代以来则从未发生过。尽管80年代干旱与严重干旱频仍,但异常干旱仅发生在60年代(表4)。

3.4 严重旱涝年评定

华北平原6~8月发生严重雨涝的年份有7年:1963、1956、1971、1953、1964、1973和1990年,其中1963年为异常雨涝。严重干旱年份也有7年:1968、1983、1965、1972、1980、1986和1992年,其中1968年为异常干旱(表5)。

华北平原的夏季雨涝多为暴涝,由几场暴雨所致。异常雨涝年1963年仅是8月暴涝所致,不过前期7月已多雨偏涝,底水比较足。大涝年1956与1971年则完全是6月

表 4 华北平原 6~8 月各年代旱涝机率表

%

年代 类型	50*	60	70	80	90*
涝	9	9	9	2	7
旱	2	4	4	9	2
严重雨涝	7	4	4	0	2
严重干旱	2	4	2	7	2
异常雨涝	2	2	0	0	0
异常干旱	0	2	0	0	0

* 50 年代为 1951~1959 年, 90 年代为 1990~1995 年

多雨所致, 涝年 1953 与 1964 年雨水降在 8 月, 1973 年则降在 7 月。1990 年很特别, 6、7、8 月各个月都偏涝, 属久雨成涝。表明华北夏季严重雨涝出现时段主要在 7、8 月份。

华北夏季干旱则是持续少雨的结果。1968 年异常干旱与 1983 年大旱均是这两年 6、7 月连旱所致。1986 年与 1992 年干旱也是 6、7 月连旱, 1980 年干旱是 7、8 月连旱, 6 月还是大涝, 为先涝后旱。1965 年与 1972 年干旱发生在 6 月。据此, 可以看出华北夏季严重干旱出现时段主要在 6、7 月份。

4 严重旱涝的影响因子分析

华北平原位于半湿润气候区, 受东亚季风的影响十分明显。由于季风的年际变化很大, 故这一地区的旱涝灾害较为频繁。而且这一地区的季风降水, 除受到副热带和热带环流影响外, 还与中高纬度环流及与其联系的冷空气活动有关。

将上述 7 个严重雨涝年和 7 个严重干旱年分别进行合成, 从中高纬大气环流、副热带大气环流及低纬度热带海洋热状况异常来探讨华北平原地区严重旱涝的影响因子。

4.1 中高纬度大尺度环流

图 4 给出了华北平原地区夏季 7 个严重雨涝和 7 个严重干旱年份北半球 500 hPa 高度场距平合成图。由图 4b 可见, 中高纬度在亚洲为广泛正距平区。这种环流形势不利于华北平原地区的降水, 易出现干旱。

事实上, 在华北夏季这些严重干旱年份, 在东西伯利亚与东亚沿岸的中高纬度地区均盛行阻塞形势, 高压一般位于东西伯利亚或鄂霍茨克海地区, 南侧的低压位于我国的东北与华北北部地区。西风急流在阻塞高压西侧产生明显的分支, 在南北两侧产生强锋区。而华北平原地区正处于两支锋区之间的弱锋区, 为高压坝活动区。于是, 在西北气流控制之下, 干旱少雨。

在华北夏季严重雨涝年份, 欧亚中高纬度地区出现两脊一槽的类型, 在贝加尔湖附近为一高压脊, 在乌拉尔山附近为一深槽。呈现东高西低的分布 (图 4a)。在这稳定的基本环流条件下, 冷槽中不断有冷空气分裂南下, 与暖湿季风气流交绥, 形成有利于持续多雨的大尺度环流形势。

表 5 华北平原夏季旱涝评定年表 (1951~1995 年)

等级 时期	异常涝	大涝	涝	偏涝	偏旱	旱	大旱	异常旱
6~8 月	1963	1956 1971	1953 1964 1973 1990	1954 1957 1960 1962 1977 1978 1984 1994 1995	1952 1979 1989	1965 1972 1980 1986 1992	1983	1968
6~7 月	1956 1957	1960 1971 1973	1964 1977 1990	1953 1961 1963 1966 1970 1978 1991 1993 1994	1955 1969 1972 1974 1982 1985 1986 1987	1951 1965 1983	1992	1968
7~8 月	1963	1964	1953 1973	1955 1957 1960 1962 1971 1974 1990 1994 1995	1965 1972 1979 1991 1992	1952 1983 1989	1968 1986	1980
6 月	1956 1971	1980	1954 1987	1952 1953 1957 1959 1967 1977 1979 1984 1986 1989 1990 1991 1993 1994	1951 1968 1969 1974 1975 1985	1983 1992	1965 1988	1955 1972
7 月	1957 1960 1973	1964	1977 1988	1961 1963 1970 1978 1990 1994	1951 1952 1956 1959 1974 1982 1983 1984	1954 1986 1992	1968 1980 1987	
8 月	1963	1954	1953 1964 1974 1984 1987 1995	1951 1955 1956 1962 1971 1976 1982 1990	1960 1965 1968 1972 1975 1977 1986 1988	1952 1957 1979 1980 1983	1991	1989

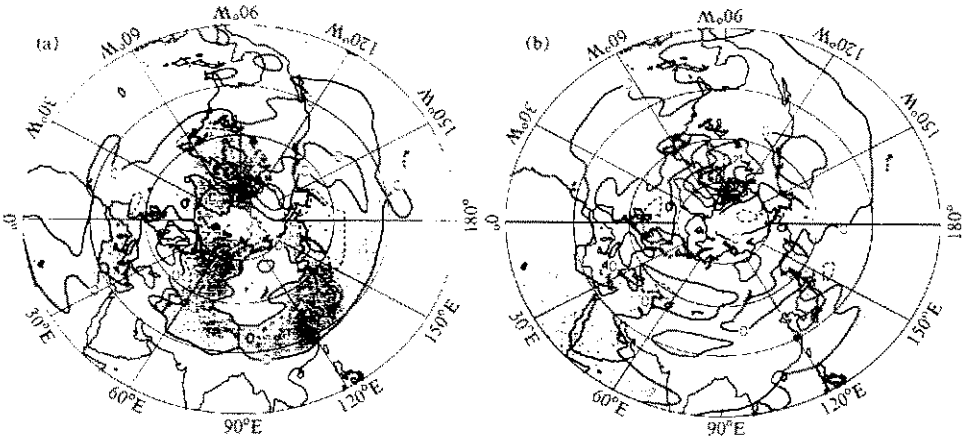


图4 华北平原地区夏季7个严重雨涝和7个严重干旱年份北半球500 hPa 高度场距平合成图
(a) 严重雨涝; (b) 严重干旱

4.2 副热带大气环流

副热带高压是影响华北平原地区夏季降水的重要环流系统。它的强度、纬度位置及西伸程度对华北平原旱涝有着决定性的作用。

从表6可见，华北平原夏季严重雨涝与严重干旱年份的西太平洋副热带高压环流特征有着明显的差异。严重雨涝年份，6~8月的西太平洋副热带高压强度偏弱，脊线位置偏北，脊点位置明显偏西；严重干旱年份，6~8月的西太平洋副热带高压强度偏强，脊线位置偏南，脊点位置稍偏东。

表6 华北平原6~8月严重雨涝和严重干旱年西太平洋副热带高压环流特征量距平平均值

环流特征量 类型	面积指数	强度指数	北界位置	脊线位置	西伸脊点
严重雨涝	-1.5	-4.5	1.5	1.2	-7.1
严重干旱	0.9	6.4	-1.4	-0.7	0.9

对表6进行了方差检验，通过0.01信度的是脊线位置，通过0.05信度的是脊线北界位置，其他三项均未通过。这表明对华北平原地区严重干旱与雨涝，脊线的位置最为关键。

4.3 热带洋面热状况

引起季风年际变化的物理机制有两方面：即下边界热力强迫作用和大气内部动力学作用。在下边界中，热带洋面的热状况起着主导作用，热带洋面海表面温度的异常通过海气相互作用对热带和全球的大气环流有很大影响。这在华北平原严重旱涝发生上也表现出遥响应的特征。

对表7进行了方差检验，通过信度0.02、0.05与0.10的分别是Niño 4区、Niño 3区和Niño 1+2区，其他各海区均未通过。反映赤道中东太平洋海温对华北平原地区严重干旱与雨涝有较明显的遥响应关系。对图5也进行了方差检验。结果表明赤道中东太

表 7 华北平原 6~8 月严重雨涝和严重干旱年热带洋面各关键区海温指数距平的平均值

海区 类型	印度洋 (0~10°N, 50~90°E)	Niño 4 (5°N~5°S, 160°E~150°W)	Niño 3 (5°N~5°S, 150°E~90°W)	Niño 1+2 (0~10°S, 90°W 以东)	C (0~10°S, 180°~90°W)	W (0~10°N, 140°E~180°)
严重雨涝	-0.19	-0.16	-0.18	-0.25	-0.22	-0.07
严重干旱	0.12	0.31	0.61	0.89	0.48	0.08

平洋海区与北太平洋西风漂流区均通过信度 0.05 的检验, Niño 1+2 区仅通过 0.10 信度检验。从表 7 与图 5 的海温距平分布来看, 在华北平原严重雨涝年份, 热带中东太平洋和印度洋虽为负距平覆盖 (图 5b), 但各关键区海温指数在-0.07~-0.25 之间; 而西北太平洋西风漂流区海温距平达 0.4~0.6°C 以上。这表明当华北平原地区出现严重雨涝时, 北太平洋西风漂流区的海温有明显的遥响应。严重干旱年份, 热带中东太平洋和印度洋均为海温正距平覆盖 (图 5a), Niño 3 区与 Niño 1+2 区海温指数均超过 0.5, 各为 0.61 和 0.89 (表 7)。这表明, 华北平原地区的严重干旱则发生在赤道中东太平洋海温处于升高阶段, 即发生在 ENSO 事件的发展阶段。

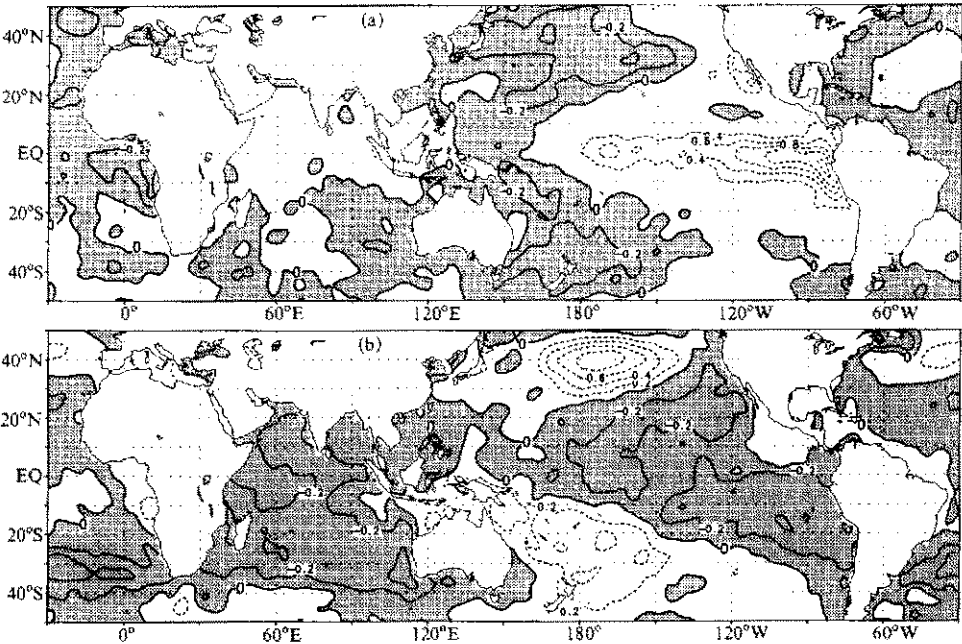


图 5 华北平原 6~8 月严重雨涝和干旱年份全球洋面 (50°N~50°S) 海表面温度距平图
(a) 严重干旱年; (b) 严重雨涝年

4.4 东亚夏季风特征

在东亚地区, 存在由热带季风和副热带高压的南侧东风组成的 ITCZ 和由副热带季风及北侧冷空气组成的副热带辐合带。相应的也有两个雨带, 即 ITCZ 雨带和大陆雨带。中国大陆雨带随夏季风向北推进而北进, 停留于华南则称前汛期雨带, 停留于长江中下游称梅雨雨带, 到华北则称华北雨带。因此, 东亚夏季风的变异将会影响到华北

夏季降水及早涝的年际变化。

海陆分布是造成季风现象的最重要的因子。因此, 郭其蕴^[8]取 $10^{\circ}\text{N} \sim 50^{\circ}\text{N}$ 范围内每 10° 纬圈上 110°E 减 160°E 之间的气压差值 $\leq -5 \text{ hPa}$ 的所有数值之和代表东亚夏季风的强度。将各年值与 30 年平均求比值, 称作夏季风强度指数。图 6 给出了东亚夏季风强度指数演变图。对应于华北平原地区的干旱和雨涝, 可以发现 70% 的雨涝是出现在东亚夏季风强度指数大于 1, 即夏季风偏强的年份, 而 70% 的干旱则是出现在东亚夏季风强度指数小于 1, 即夏季风偏弱的年份。

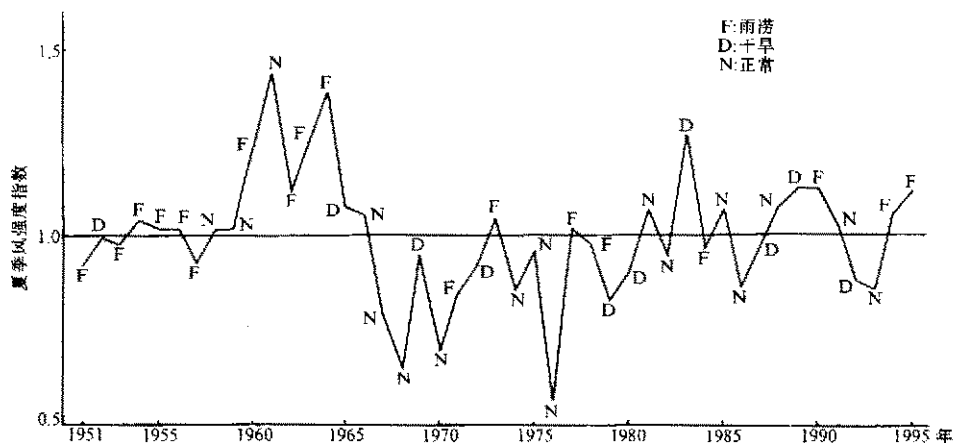


图 6 东亚夏季风强度指数演变图

5 结语

(1) 华北平原地区夏季严重干旱与雨涝年份均有 7 年, 1968 年发生异常干旱, 1963 年发生异常雨涝。严重干旱主要出现在 6、7 月份, 严重雨涝主要出现在 7、8 月份。

(2) 华北平原地区严重雨涝发生高值区在中部, 东部与西部为低值区; 严重干旱发生低值区在黄河两岸, 由此往西北、东南方向机率增大。特大旱涝发生最频繁的地带在燕山南麓和太行山东麓。

(3) 严重干旱 80 年代最频, 60 年代次之, 严重雨涝 50 年代最频, 随之出现频率减小, 80 年代从未发生过, 进入 90 年代频率又有所增加。

(4) 东西伯利亚和鄂霍茨克海上空的阻塞高压对华北平原严重干旱的形成起着非常重要的作用, 而亚洲中高纬度东高西低的分布对华北平原的严重雨涝形成有利。

(5) 当夏季副热带高压强度偏弱(强), 脊线位置偏北(南), 脊点位置明显偏西(稍偏东)时, 华北平原地区易发生严重雨涝(干旱)。

(6) 华北平原严重干旱发生在赤道中东太平洋海温处于升高阶段, 而严重雨涝则发生在北太平洋西风漂流区海温异常偏高阶段。

(7) 在东亚夏季风偏弱的年份, 华北平原地区多发生干旱; 在东亚夏季风偏强的年

份, 华北平原地区多发生雨涝。

参 考 文 献

- 1 毕慕莹, 近40年来华北干旱的特点及其成因, 旱涝气候研究进展, 北京: 气象出版社, 1990, 23~32.
- 2 胡增臻, 黄河流域汛期降水的时空变化特征, 中国气候灾害的分布和变化, 北京: 气象出版社, 1996, 77~84.
- 3 李锦、叶瑾琳、胡增臻、陈振华、王绍武, 近四十年黄河流域的旱涝, 长江、黄河旱涝灾害发生规律及其经济影响的诊断研究, 北京: 气象出版社, 1993, 19~40.
- 4 毕慕莹、丁一汇, 1980年夏季华北干旱时期东亚阻塞形势的位涡分析, 应用气象学报, 1992, 3(2), 145~155.
- 5 叶笃正、黄荣辉等, 长江、黄河流域旱涝规律和成因研究, 济南: 山东科学技术出版社, 1996.
- 6 Kite, G. W., Frequency and Risk Analysis in Hydrology Water Resources Publication, 1978, Colorado 80522.
- 7 严中伟等, 60年代北半球夏季气候跃变 1. 降水和温度变化, 中国科学 (B辑), 1990, 6, 97~103.
- 8 郭其德, 东亚夏季风强度指数及其变化的分析, 地理学报, 1983, 38(3), 207~217.

A Diagnostic Analyses of Serious Flood/ Drought during Summer Season in the North China Plane

Sun Anjian and Gao Bo

(National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081)

Abstract Monthly rainfall data of June–August of 1951 to 1995 from 13 meteorological stations of the North China Plane are used for discussing serious flood and drought features. There are seven serious floods and droughts in the last 45 years, respectively. Serious droughts and floods mainly happened from June to July and from July to August, respectively. The most serious drought and flood frequently happened at the southern foot of the Yanshan Mountain and the eastern foot of the Taihang mountain. There were more floods during the 1950s and more droughts from the 1960s to 1980s and increasing floods during the 1990s in the North China Plane. The stable sustenances of blocking high over the East Siberia (or the Okhotsk Sea), and distribution of Ural trough and Baikal ridge plays a very important role in the serious drought and flood formation in the North China Plane, respectively. When location of the western Pacific subtropical high is to the north and west (south and east) as compared with the normal, serious floods (droughts) happened often. When summer monsoon intensity is weak (strong), drought (flood) frequently happen in the North China Plane. During SST raise stage in the equatorial central and eastern Pacific and North Pacific westerly drift region, serious droughts and floods easily happen in the North China Plane, respectively.

Key words: North China Plane; summer; serious flood and drought