

夏季风变异与我国持久性旱涝

段 月 薇

(中国科学院地理研究所)

提 要

本文根据1978—1981年4年的流场、相当位温和湿度场资料讨论了夏季风年际变异与旱涝的关系,着重分析了1978—1980年3年南北半球低纬度700毫巴等压面流场来了解夏季风几支气流与旱涝的关系。

本文根据最近三十一年(1951—1981年)我国东南地区夏季降水量资料,对全国各地旱涝年及月作了划分,在这基础上挑选1978—1981年四年(即1978年我国南方各省降水偏少,是严重的干旱年份;1979年7、8月南方各省降水除局部地区出现洪涝或干旱外,总的来看是属于正常年份;1980年我国南涝北旱以及1981年我国西涝东旱反常天气的典型年份)根据对流层低层(700毫巴层)流场、温湿场来讨论夏季风年际变异与旱涝的关系。这四年轻风变异年份,主要与南北半球低纬度的环流有密切的关系。因此,根据南北纬40°,东经70°到西经150°地区计118站高空资料讨论了1978—1980三年南北半球低纬度夏季风环流与我国旱涝的关系。

一、我国夏季降水特征及其旱涝年、月的划分

(一) 我国夏季(6—8月)降水特征

我国夏季的降水占年降水量的50%左右,但年际间的变化仍很大,选取全国受夏季风影响较明显而降水较多的五个地区¹⁾,以夏季降水量距平百分率逐年演变曲线(图1)来作我国夏季降水特征的比较。由图看出,夏季降水年变化的幅度以长江流域最大,华南虽然夏季降水最多,但年际间变化没有华中多水年高峰值明显突出,华北多水年的高峰值仅次于华中,说明华北地区夏季降水的年际变化亦大,川黔、云南高原夏季降水年变化幅度比较缓和,尤其是云南高原上夏季降水年变化幅度最小。降水变化幅度的大小说明夏季风来的早迟、强弱和持续时间长短对各地区影响不同,导致各地区降水距平百分率的差别亦不一致。例如华中长江流域中下游地区多水的洪涝年份1954、1969、1980年6、7月或7、8月降水

本文1983年5月24日收到,1984年6月21日收到修改稿。

1) 即华南八站:福州、厦门、广州、汕头、韶关、柳州、桂林、南宁;华中(即长江中下游地区)六站:上海、南京、芜湖、安庆、九江、汉口;华北八站:北京、天津、石家庄、保定、济南、郑州、太原、西安;川黔六站:贵阳、达县、成都、重庆、遵义、兴仁以及云南高原六站:昆明、思茅、蒙自、保山、大理、腾冲。

距平百分率高峰达150~200%，华北个别年份的变化亦大，如1956年6月降水距平百分率高到200%以上，华南多水年变化的幅度要比华中、华北小得多，最高年份在100%左右。

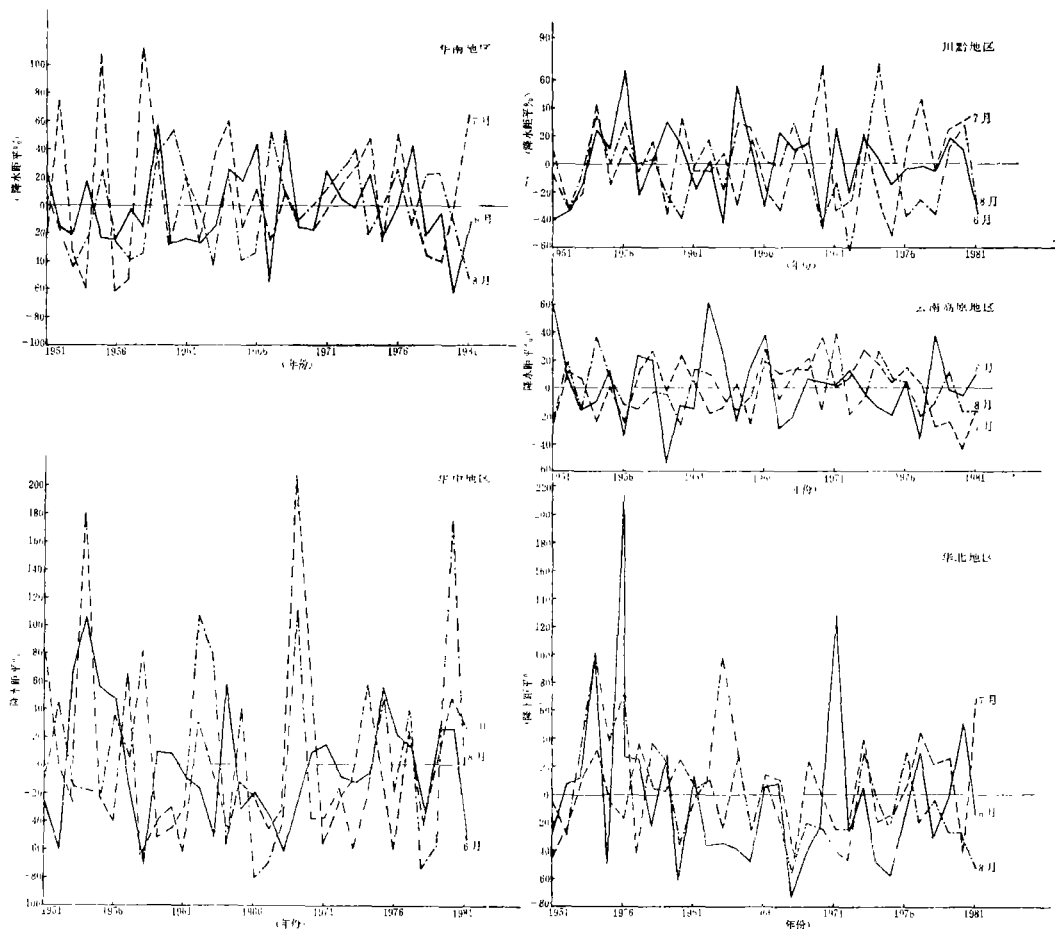


图 1 我国东南五地区1951-1981年6—8月逐年降水距平%演变曲线(毫米)

Fig. 1 Annual variation rainfall departure from 1951 to 1981 Jun.-Aug. in southeast five regions of China (mm)

(二) 旱涝年月划分的标准

按以上我国东南五地区统一考虑，根据夏季（6—8月）降水分布特征及类型的不同，采用降水距平百分率不同量级作为旱涝指标，见表1a划分出五个地区的大旱、旱、大涝、涝出现的年和月（表1b中有“*”号表示该年该月出现大涝或大旱）。再根据中央气象台长期组绘制的1978—1981年4年夏季（6—8月）的降水距平百分率图分析（图略），得出1978年夏季长江中下游大范围地区降水出现负距平，少雨明显，持续干旱，旱情趋势向北发展，旱情是比较严重的一年，是南旱北涝的形势。1979年夏季各地年雨量分布比较接近正常年份，从距平百分率图来看，有些地方多雨或少雨，甚至出现局地旱涝现象，但总的来看，6—8月各

表 1 我国东南五地区1951-1981年夏季 (6-8月) 出现的旱涝年、月
Tab. 1 The preence of drought-flood months (Jun.-Aug.) from 1951 to 1981 years in the southeastern five regions of China

a. 旱涝指标

旱 期	降 水 距 平 %		涝 期	降 水 距 平 %	
	旱	大	旱	涝	大
连续三个月	-40~-50%	-50~-80%	三个月	30~50%	50%以上
连续二个月	-50~-80%	-80%以上	二个月	50~100% (华南40~80%)	100%以上 (华南80%以上)
连续一个月	-80%以上 (关键区)		一个月	100~200% (华南75~150%)	200%以上 (华南150%以上)

b. 各地区出现的旱、涝年、月

地区	月		7 月	8 月
	年	6 月		
华北	涝年	1956*, 1971, 1954, 1980		1954, 1963, 1956
	旱年	1968, 1960, 1975, 1974, 1955	1951, 1984, 1968	1968, 1972
华中	涝年	1951*, 1964, 1956, 1975	1969*, 1954*, 1974, 1980*	1980, 1969*, 1962, 1958, 1975
	旱年	1958, 1968, 1952, 1981, 1963	1961, 1958, 1976, 1971, 1964, 1978	1966, 1978, 1967, 1964, 1973, 1979, 1959
华南	涝年	1959, 1968	1958*, 1955*, 1952, 1981, 1976	1960, 1967
	旱年	1980	1954, 1964, 1956, 1957	1981
川黔	涝年	1956, 1964	1670	1952, 1974
	旱年		1975, 1967	1972
云贵	涝年	1962, 1951		1959
	旱年			

地降水正负距平百分率持续不久,持久旱涝现象不明显。1980年夏季,出现了世界范围的异常天气,在长江、淮河流域整个夏季气温连续偏低,暴雨频繁,长江中下游出现解放以来仅次于1954年的特大洪水,降水正距平百分率超过170%以上,而华北、东北雨季却高温少雨出现了较严重的伏旱,呈现南涝北旱的形势。1981年从夏季雨区分布来看,我国持续的主要雨区出现在西部和北部地区,降水距平百分率高达100%左右;就其流域而论,主要雨区出现在长江上游和黄河上、中游地区,即西涝东旱的形势。从以上分析来看,我们就着重讨论1978、1980、1981年三年大范围持久性旱涝典型的年份,加之降水接近正常的1979年,故以这四年情况与夏季风年际变异结合讨论。

二、夏季风变异与旱涝的关系

由于季风年际变异大,常会引起我国大面积旱涝的反常天气气候现象。对一个地区而言,夏季风太强或很弱,都可能导致干旱。另外,还决定于夏季风停滞时间的长短。因此,如何决定季风强弱变异是值得研究的问题,至今尚无统一的标准。目前我国已用的一种是850毫巴北风与南风的比值,另一种用海陆气压差表示季风强弱的程度,这两种指标反映旱涝的情况与实况不是完全符合。国外如印度一般以降水的多寡来确定季风的强弱^[1],但形成降水的因子很多,单用降水指标也有一定的缺点。为此采用700毫巴等压面合成风的风向、风速作指标,则具有现实意义。选取东南方11个测站1978—1981年四年夏季(6—8月)

表 2 我国东南各地1978-1981年夏季700毫巴等压面合成风(米/秒)

Tab.2 700mb summer resultant in the southeastern regions of China from 1978 to 1981 (m/s)

测站	南京	上海	武汉	宜昌	衡县	芷江	福州	赣州	贵阳	广州	南宁	昆明	腾冲
年月													
1978	24703	24606	19502	23101	24606	23905	24207	23407	—	—	22605	24305	26204
1980	24611	24912	24711	25009	24510	23108	22507	19507	22509	19607	25707	23006	24104
1981	26703	24005	24201	16401	23803	22208	22804	22205	22304	19903	22403	23106	26605
1979	26305	29806	28201	31302	24506	25203	23107	24005	18704	23006	15205	25003	25704
1978	22105	17802	21805	22605	21002	22205	13201	15303	21306	11003	18703	22303	25001
1980	24908	24010	23007	22605	23707	21707	19306	19605	21206	18704	19806	25103	26801
1981	20804	19805	20504	20303	21303	19204	20202	19805	20005	18604	18304	22503	26403
1979	24708	25009	22407	22104	23907	22007	20404	20905	21606	20304	21605	25406	26505
1978	15801	11302	11102	17101	8304	9004	10704	8104	6703	8704	9405	8404	10203
1980	26505	24809	25004	25701	24609	23106	24305	23406	23104	19805	16604	22003	28603
1981	27405	26104	22504	21904	27402	18704	6701	13001	19206	12703	15003	19902	26003
1979	23403	3101	18001	19702	7201	12804	8902	11503	—	14603	13104	10902	7701

700毫巴合成风作比较, 见表2。表中前三位数为合成风风向(有的年份为两位数), 后两位数为风速, 这样既知道气流的方位, 而又了解风速的大小, 用来表示夏季风的强弱较为合适。从表2中看出最明显的是1978年和1981年夏季风风向, 风速差异很大, 尤其6月份二年虽然均出现偏西南风, 而1980年的风速从南京到芷江的范围内比1978年要大得多, 如武汉的差值高达9米/秒, 武汉1980年6月出现强盛的西南季风为11米/秒。到盛夏7、8月份, 1978年绝大部分测站即我国南方出现偏东南气流, 风速均甚小, 如武汉、宜昌风速只有1-2米/秒, 说明在暖高压脊的控制下, 气流下沉稳定风速减弱, 可是1980年在强西南气流控制下, 西南季风强而活跃。1981、1979年6、7月虽然西南风盛行, 但比1980年西南风的势力要减弱得多, 1979年8月西太平洋副高脊伸入大陆南方, 尚盛行东南气流, 辐合区的位置, 月际变化较大而不稳定, 季风进退活动明显, 以致1979年和1981年季风势力在我国东南地区不是太强, 而是接近正常偏弱。但最后必须指出, 以合成风作为季风强弱的指标, 对东经 105° 以西地区不适合, 如表2上昆明、腾冲的西南高原地区, 水汽来源于印度孟加拉湾的一支西南气流影响, 季风年际变化就没有东经 105° 以东我国南方各地明显。

三、持久性旱涝时期流场及温湿场的特征

我们利用1978—1981年四年对流层低层流场与温湿场分布的情况来说明持久性旱涝时期我国季风环流的特征。

(一) 流场分布的特征

根据上述分析, 我们将这四年夏季7月降水距平百分率图的雨区描绘在700毫巴夏季7月(6—8月流线图略)流场图上(图2a-d), 二者对照来看, 以700毫巴平均流场用来揭示冬夏季风流线, 图上切变线(辐合区)表示冬夏季风的交界面, 这个交界面由南向北移动。切变线所在地即夏季风的北界。从这四年夏季7月流场图的比较(6、8月流场图上的切变线均描绘在这四年7月的流线上), 切变线的位置有明显差异, 随之雨区的分布也就不同。但各年夏季风活动与雨区配合较好。1978年夏季7月份流线上(图2a)切变线的位置最偏北, 呈东北西南向, 在东南沿海各省出现东南气流, 8月(图略)江淮流域为西太平洋副高脊后的东南气流所控制, 北纬 35° 以南在单一的东南风盛行下, 所以这一年江淮流域出现大面积持久性干旱, 而北方多雨。1979年7月切变线位置较6月偏北五个线距(图2b), 8月(图略)江淮流域在副高脊反气旋的控制下, 局部地区出现旱象, 但多雨或少雨不是维持在某一地区经常出现。所以, 总的来说1979年是我国夏季风活动和雨量分布比较接近正常的一年。1980年从7月流场来看(图2c), 西南气流比1978年和1979年活跃, 整个夏季切变线偏在江淮流域, 主要雨带维持在江淮流域一带徘徊, 雨区偏东偏南而且持续时间又长, 导致1980年夏季长江、淮河流域持续降雨和华北、东北干旱少雨的天气。1981年夏季流场形势与1980年明显不同(图2d), 切变线更偏西偏北。因此, 1981年夏季我国连续的主要大雨区出现在我国西部及北部地区, 即主要雨区出现在长江上游和黄河上中游地区。所以从流场与雨区的配合, 年际变化也很大, 从而说明了我国持久性旱涝的分布特征与夏季风进退活动有密切联系。但形成旱涝的原因很多, 除大尺度季风环流为主要原因外, 还受小尺度天气扰动

的影响,原因是多方面的。

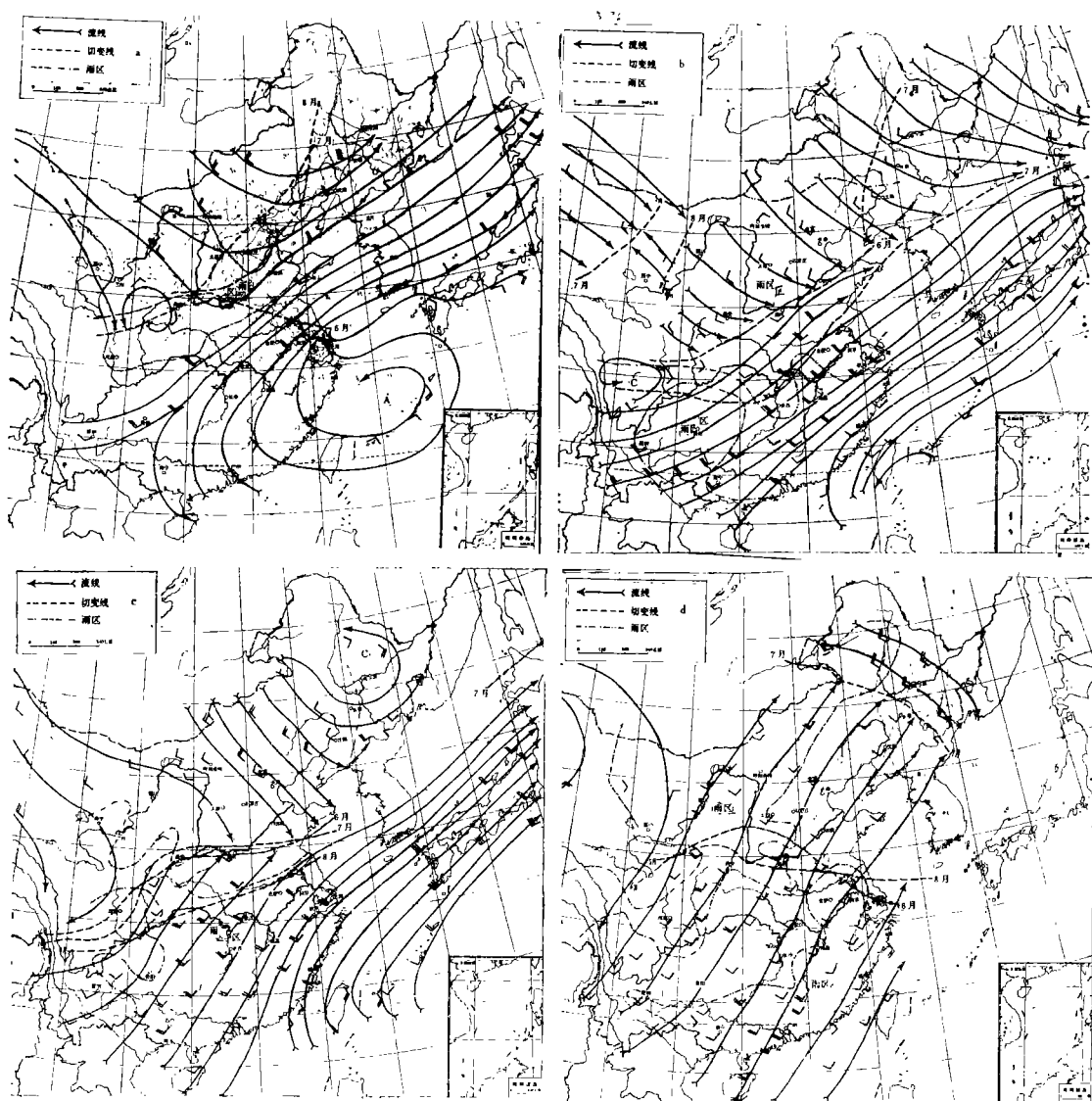


图 2 7月700毫巴流线图 (a.1978年, b.1979年, c.1980, d.1981年)

Fig. 2 700mb streamline in July (a.1978, b.1979, c.1980, d.1981)

(二) 温湿场分布的特征

季风年际变异期间必然在湿度场上有所反映。根据流场特征的分析,1978年是江淮流域广大地区异常干旱的年份,1980年是季风活跃南涝北旱的年份,我们取9个代表站这两年的湿度场比湿(q)作比较,表3表明,我国南方广大地区700毫巴层的比湿1978年要比1980年小得多,说明1980年西南季风水汽多。像南京、上海1980年的比湿高出1978年2克/千克。

表 3 1978年和1980年7月700毫巴比湿 (q) (单位: 克/千克)
Tab. 3 Moisture of 700mb in July of 1978 and 1980 (g/kg)

地点 年份	南 京	上 海	武 汉	宜 吕	芷 江	福 州	赣 州	贵 阳	南 宁
1978	6.4	6.3	7.2	8.4	8.4	6.8	6.8	8.9	8.4
1980	8.4	8.4	8.4	8.9	8.9	8.4	7.8	10.3	9.6

表 4 1978年和1980年7月700毫巴相当位温 (°c)
Tab. 4 700mb potential equivalent temperature in July of 1978 and 1980 (°c)

地点 年份	南 京	上 海	武 汉	宜 昌	衡 县	芷 江	福 州	赣 州	贵 阳	南 宁
1978	63.6	62.1	65.1	68.4	65.1	65.5	63.6	65.1	70.2	67.2
1980	65.5	70.2	68.4	70.2	68.4	70.2	68.4	66.7	74.2	72.2

热量分布的特征，我们以相当位温代表大气的特征温度，它在假绝热过程中的守恒性可用来表征气块的热能。同样以1978年和1980年两年7月700毫巴等压面相当位温作比较，从表3看出，1980年相当位温值要比1978年高得多，像上海、芷江、福州差值达到5—8 °c。所以，从流场、温湿场反映，充分说明1984年夏季风气流为一股从洋面推向我国大陆较强的暖湿的西南气流。

为了进一步说明这个问题，我们作了沿东经115°剖面1980年7月各高度平均温度减去1978年各高度的平均温度差图(图3)。从图中可以看出大致在武汉以南的纬度，其差值为正值，武汉以北的纬度，其差值为负值，层次愈高，正负差值愈大。这说明在武汉以南1980年7月平均温度高于1978年7月，而在武汉以北则冷于1978年7月，也就是1980年夏季风偏强的年份比1978年7月夏季风弱时期南方空气更加暖湿；同时1980年7月冷空气活动比1978年7月多而强。所以，从风场及温湿场来看1980年夏季风强，多雨水；1978年夏季风弱，主旱。

现在再根据东经115°剖面东西风分量图来看东风扩展的情况，进一步说明西南或东南季风的强弱对我国大面积地区旱涝的影响。我们仍根据这四年东西分量风图(图略)上东西风分界线的零线，绘制在图4上，从图上明显表明这四年除1980年东西风分界线稳定外，1978年东西

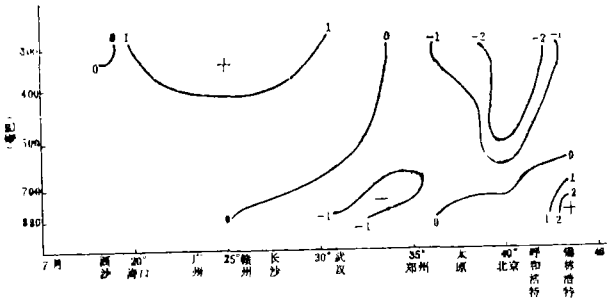


图 3 东经115°剖面1980年和1978年7月各高度差 (°c)

Fig. 3 Temperature differences between 1980 and 1978 of July at cross-section along 115°E (°c)

风分界线的零线最偏北, 几乎整个夏季逐月向北扩张, 尤其1978年8月份在武汉以北(北纬 30° 以北)从700毫巴到100毫巴高层均偏东风气流。这一特征表明东风分量偏北, 即西太平洋副热带高压偏北, 江淮流域在其南侧, 东风气流盛行。这亦证实季风偏弱年份纬向风的又一特征是东风向北扩展, 说明1978年在单一稳定的东南风控制下, 北方的冷空气弱, 则主旱

四、南北半球低纬度环流 与我国夏季持久性旱 涝的关系

早在60年代研究夏季东亚热带和副热带环流型时就有人指出^[2], 夏季东亚低纬度盛行经向环流期间, 南半球(特别是澳洲)也盛行经向环流, 并指出澳洲地区附近从南半球向北半球的质量输送也强烈; 文献^[3]在研究南半球天气过程对亚洲夏季风发展作用时也指出澳大利亚5—6月的高压活动和我国江淮流域6月降水有着密切关系。本节就手头资料着重分析1978—1980年三年南北半球低纬度(南北半球 40° 范围以内)及东经 70° 到西经 150° 地区700毫巴(850毫巴图略)夏季7月流场与我国夏季持久性旱涝的关系(图5a-c)。

夏季风变异年份, 主要与南北半球低纬度环流有密切的关系。1978年是我国南方夏季的大旱年, 以盛夏7月平均流场图分析来看(见图5a), 表明南半球副热带高压带(特别是澳大利亚高压)(东经 90° 到 120° 之间)出现了由南向北的跨赤道气流。在北半球低纬东经 120° 以东洋面上是一支东南气流, 以西是一支西南气流(包括一支由孟加拉湾过来的西南气流), 这几支气流向北移动的过程中汇合成一支西南气流沿着副高边缘向我国东南方向移去, 北半球副热带高压偏东偏北, 经向环流明显, 主体中心偏在东经 170° 以东, 北纬 35° 附近, 由

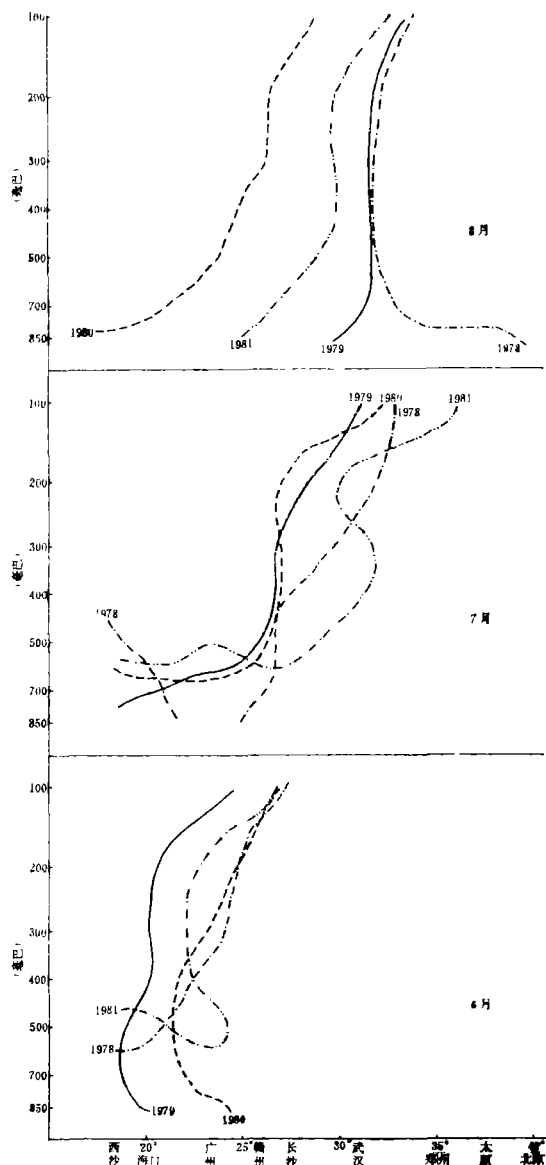


图 4 东经 115° 剖面1978—1981年6—8月东西风分界线零线的位置

Fig. 4 The location of East-west wind zeroline at cross-section along 115°E from 1978 to 1981 June-August

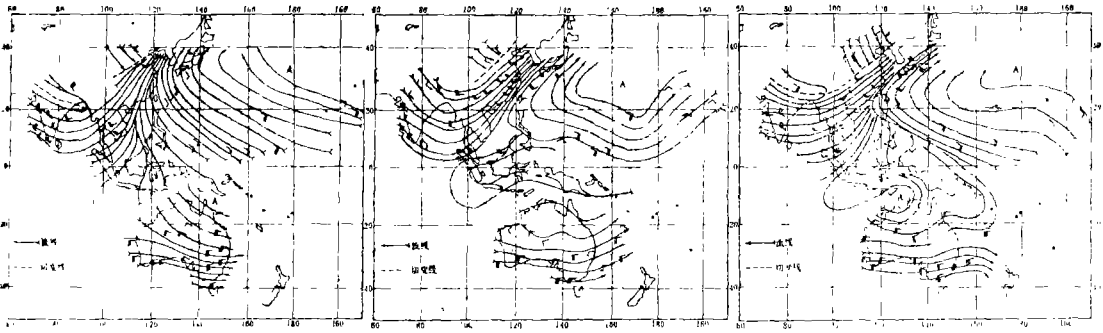


图 5 7月南北半球700毫巴流线图 (a. 1978年、b. 1979年、c. 1980年)
Fig. 5 700mb streamline of southern and northern hemisphere in July 1978
(a. 1978, b. 1979, c. 1980)

于北方冷槽位置偏北,我国江淮流域是处在西南风的控制下,但是我国东南闽广等省已在副高脊后的东南风的影响下,进入8月(图略)赤道辐合带位置偏北,副高北挺,整个我国南方大陆在持久单一的东南气流控制下,北方冷空气较弱,则江淮流域旱情严重发展。1980年夏季是我国南涝北旱异常天气,盛夏7月流场的型式与1978年迥然不同(见图5b),副高位置偏南西伸而且稳定持久,影响我国大陆的三支气流,在东经 120° 以东,为副高脊前的西南气流,以西由孟加拉湾过来的西南气流,以及跨越赤道的西南气流与副高脊前西南气流合并,我国大陆南方主要在三支暖湿气流辐合区;与此同时北方冷空气频频不断向南输送,则雨区持久的维持在江淮流域,形成了南涝北旱局面。在雨水接近正常的1979年,与旱、涝年的流型又不一样,见图5c,6、7月副高偏南(6月图略),我国大陆在副高脊前西南气流的控制下,并有孟加拉湾过来的西南气流,两支暖湿气流伸向大陆,形成降水。8月(图略)副高偏北,大陆为副高控制,有局部地区出现旱情,这一年整个夏季出现多雨或少雨,流型不是持久稳定在某一地区,总的说来夏季风活动接近正常,没有出现持久大面积旱涝现象。以上分析表明,夏季风年际变异和我国旱涝的关系,与副高所处的位置、强弱有密切联系,同时与南半球低纬度环流有一定关系,也表明南半球(特别是澳洲地区)向北半球跨越赤道气流强弱和范围大小是影响我国夏季大面积持久性旱涝的重要因素之一,在我国夏季持久性旱涝年份流型稳定度大也起重要作用。

通过以上几节分析,首先对我国东南五地区旱涝年、月作了划分,在这基础上选出最近几年出现持久性旱涝的1978、1980、1981年和雨水正常的1979年,表现夏季风年际变异与旱涝有密切的关系。在持久性旱涝年份、流场、温湿场的差异均甚大。其次,从选取1978—1980年三年旱、涝及正常年的分析,旱、涝以及正常年的流型配置均不同,旱、涝年份与副高所处的位置、强弱有密切的联系。副高偏东偏北经向环流盛行,如果东风带扰动少,北方冷空气又弱,我国在东南季风占优势下,则主旱。如果副高西伸偏南,稳定持久,同时北方冷空气强而不断向南输送,西南季风强而盛行,则会出现洪涝。夏季风活动正常年景的1979年,与旱涝年的流型又不一样,这一年整个夏季出现多雨或少雨,流型不是持久在某一地区,则不会出现持久性大面积旱涝现象。此外,与南半球低纬度环流也有一定的联系,跨越

赤道西南气流宽广、强弱对我国大陆季风环流起了加强的作用。最后,我国夏季风持久性旱涝年份流型的稳定度均甚大。

参 考 文 献

- 〔1〕 Y. P. Rao: S-W Monsoon New Delhi, 1976
- 〔2〕 陶诗言、徐淑英、郭其蕴: 夏季东亚热带地区经向和纬向环流的特征, 气象学报, 32 (2), 1962年。
- 〔3〕 郭其蕴: 南北半球的天气过程在亚洲夏季风发展中的作用, 地理集刊第9号, P.43-55, 1965年。
- 〔4〕 陶诗言、徐淑英: 夏季江淮流域持久性旱涝现象的环流特征, 气象学报, 32 (1), 1962年。
- 〔5〕 竺可桢: 东南季风与中国之雨量, 竺可桢文集, 科学出版社, 1979年。
- 〔6〕 徐淑英: 季风和江淮流域的旱涝, 中长期水文气象预报文集第一号, 水利电力出版社, 1979年。
- 〔7〕 徐淑英: 夏季风活动与长江流域的旱涝, 地理研究, 1 (1), 1982年。
- 〔8〕 周玉孚、徐淑英: 我国东部夏季风的活动, 地理科学, 1 (2), 1982年。
- 〔9〕 气象科学研究所天气气候所暴雨组: 年夏季长江流域异常大雨的初步分析, 气象, 第12期, 1980年。
- 〔10〕 徐夏因: 1980年夏季我国南涝北旱的环流特征, 气象, 第12期, 1980年。
- 〔11〕 徐以平: 1978年长江中下游夏季大旱的天气气候分析, 气象, 第2期, 1979年。

《干旱区研究》征订启事

本刊1984创刊。它刊载有关于旱区的学术论文、研究成果、考察报告, 以及学术动态和国外情况。

本刊为繁荣干旱区的学术研究服务, 是发表干旱区研究成果的园地, 是交流干旱区研究信息的场所, 是演播干旱区开发利用乐队。

本刊为促进干旱区的开发利用服务。它将从生物学、土壤学、地理学的角度, 对我国的干旱区开发利用, 提供科学性的建议和依据。

本刊是“为二十一世纪开发大西北和新疆作好前期准备”的一本科学性刊物。

本刊由中国科学院新疆生物土壤沙漠研究所主办, 读者对象为: 与干旱区有关的科技工作者、大专院校师生、生产部门的技术人员和领导人。欢迎向当地邮局订阅, 刊物代号58-37, 全年四期, 逢3月、6月、9月、12月的1日出版, 每册0.40元。

THE INTERANNUAL VARIATION IN SUMMER MONSOON AND THE PERSISTENT DROUGHT-FLOOD IN CHINA

Duan Yuewei

(Institute of Geography, Academia Sinica)

Abstract

On the basis of the summer (June-August) precipitation data of China in the recent 31 Years (1951-1981), we divide into Drought-Flood years and months, and select the last four years (1978-1981) as an example.

In 1978, the Southern provinces of China were in severe drought. In 1979, except for some local regions in drought or flood, generally they were in normal year. In 1980, Southern China was wet and Northern China dry and in 1981 Western China wet and Eastern China dry. By using streamline field, potential equivalent temperature and moisture, we discuss the relationship between the interannual variation in summer monsoon and Drought-Flood. We here mainly analyse low latitude 700mb surface of the southern and northern hemisphere for 1978-1980, so as to understand some relationships between different original currents of summer monsoon and Drought-Flood. The results are as follows: 1. In the severely drought year of 1978, the position of subtropical high was by east and by north and meridional circulation prevailed. China was under the influence of intense SE current, The cold air was so weak that drought was persistent in the southern part of China. 2. In 1980, the streamline field was apparently different from that of 1978. The situation of subtropical high was by forward west and permanent stable. Three different currents influenced China: east of 110°E it was the SW current from the ahead ridge, SW current was also present coming from the Bay of Bengal and the cross equator current, These three systems of thermal and moist currents were convergent at the southern part of China. Simultaneously the northern cold air moved southward continuously, so that rainfall was persistent in Jianghuai river, and thus became anomalous climate of Southern flood and Northern drought in China. 3. During 1979, the subtropical high normally moved from south to north. Both thermal and moist SW current (coming from northwest Pacific Ocean and the Bay of Bengal) stretched forward to China and rainfall was nearly normal.

Therefore the interannual variation of summer monsoon and the situation and strength of subtropical high are closely associated with the low latitude circulation of the southern and northern hemisphere.