

夏季东亚季风与西太平洋副高对 福建旱涝影响的诊断分析*

蔡学湛 高建芸 吴 滨

(福建省气象台,福州 350001)

摘 要

利用 NCEP/NCAR 发布的 850 hPa 风场和 OLR 场以及福建 38 个站月降水资料,分析了福建夏季旱涝与东亚夏季风及西太平洋副高的关系。结果表明夏季旱涝与夏季风强弱及副高南北位置密切相关。涝(旱)年在东亚季风系统中的热带季风环流出现异常加强(减弱),副热带季风环流则出现异常减弱(加强);涝年副高平均脊线位置偏北于 27°N 附近,旱年则偏南于 24°N 附近;由春入夏,再由夏入秋副高南北位置的季节位移,涝年先是急速北跳,而后又急速南撤,旱年却进退平缓。旱涝年东亚中高纬度环流亦表现出不同特征,涝(旱)年一般没有(有)出现阻塞形势,中纬度纬(经)向环流发展,副热带锋区北抬(南压),研究还进一步揭示了夏季副高位置南北偏离影响夏季各月降水及其分布的不同形式。

关键词:夏季风 副高 对流 降水

引 言

季风是东亚大气环流的一个非常重要的特征,也是直接控制我国天气气候变化的一个重要因素。早在 20 世纪 30 年代竺可桢^[1]首先提出东亚夏季风和我国降水的可能关系。60 年代,高由禧^[2]首先揭示了季风进退与我国大陆雨带移动的密切关系。近年来,亚洲季风作为一个全球性气象问题越来越受到人们的重视,国内外季风的研究取得不少有意义的成果。我国学者研究表明,南亚季风和东亚季风有许多不同特征,朱乾根等^[3]研究指出,东亚季风系统内存在两种性质不同的季风,一是位于西太平洋副高南侧东风气流之下的南海—西太平洋夏季风,属于热带性质的季风;另一个是位于西太平洋副高北侧西风气流之下的中国大陆—日本的夏季风,属于副热带性质的季风。陶诗言和陈隆勋^[4,5]研究指出东亚夏季风系统的成员包括:印度的西南季风气流、澳大利亚的冷性反气旋、沿 100°E 以东的越赤道气流、季风槽(或 ITCZ)、西太平洋副高和赤道东风气流、梅雨锋以及中纬度的扰动。因此,东亚季风是一个与印度季风环流系统相对独立的环流系统,它不仅受到印度西南季风气流的影响,而且还受到副热带高压和中纬度扰动系统的影响。由于副热带高压随季节的进退活动,副热带和热带季风也季节性地南北移动,副热带季风(东亚梅雨锋)在前汛期主要影响华南,梅雨期影响长江流域,盛夏影响华北,而热带季风

* 福建省自然科学基金项目 D9810010“福建汛期降水量场短期气候预测模式的研究”资助。

2002-06-03 收到,2002-10-25 收到修改稿。

在盛夏则主要影响我国南方及东南亚。夏季西太平洋副高脊线位置的南北变化,不但影响其北面梅雨锋的强弱,也影响其南面热带季风环流;而热带季风环流和梅雨锋的强弱又影响西太平洋副高的变化。因而东亚季风系统成员在东亚分布的南北异常,不但引起江淮流域、朝鲜半岛和日本的干旱和洪涝^[6],也必然会引起华南等地的干旱和洪涝。

1 资料及处理

选取福建境内分布均匀的 38 个站 1960~2000 年夏季(后汛期)7~9 月降水资料。为了便于诊断分析,采用假设某一时段降水服从 Person II 型分布的 Z 指数单站旱涝指标和既反映旱涝轻重程度又反映旱涝空间分布的 I、L 区域旱涝指标^[7],计算各站 Z 指数,再根据 Z 指数计算得出 $I > 50$, $L > 50$ 条件下,可满足气候概率约 7 年一遇的典型旱涝年。所得结果,旱年有 1967、1974、1978、1986、1991、1998 年,涝年有 1959、1961、1972、1985、1990、1997 年。

本文还利用 1960~1999 年 4~10 月美国 NCEP/NCAR 再分析 850hPa 纬向、经向风和 1975~1999 年月平均 OLR 资料,研究夏季东亚季风环流与西太平洋副高的关系及其对福建夏季降水的影响。

2 旱涝年东亚夏季风环流特征

张庆云、陶诗言^[8]研究表明,东亚季风系统中的两条辐合带,即热带辐合带和副热带辐合带的强度变化呈相反趋势,其强弱变化显著影响长江流域的降水。那么,这两支不同性质的辐合带对福建夏季降水有何影响?

图 1a、b 分别是 7~9 月福建夏季 6 个涝年与 6 个旱年 850 hPa 矢量风距平场合成。从图 1a 可见,南亚季风区 15°N 附近印度、孟加拉湾和中印半岛盛行偏西距平气流,该距平气流进入南海转为强盛西南距平气流,向北挺进,在我国东海 $120^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$ 之间与西太平洋东南距平气流汇合,向北进入我国江淮、黄海以及朝鲜半岛、日本等地,并延伸至 45°N 以北。因而,我国 115°E 以东大部地区都在偏西、西南或东南异常强的夏季风气流控制之下,表明夏季风环流明显偏强偏北。此时,东亚中纬度有一个反气旋距平环流,中心位于日本东南侧;东亚低纬度有二个气旋距平环流,中心分别位于华南东部与菲律宾东侧 150°E 附近。这表明涝年东亚季风系统中副热带季风环流明显偏弱,而热带季风环流明显偏强。相反,图 1b 中 15°N 附近的印度半岛、孟加拉湾及东南亚盛行偏东距平气流,而我国东部及沿海为强盛的偏北、东北、西北距平气流所控制,因而夏季风环流异常偏弱。此外,日本及其东南侧有二个气旋距平环流中心,相应地,华南东部至南海及菲律宾东侧分别各有一个未闭合的与闭合的反气旋距平环流。表征,旱年东亚副热带季风环流明显偏强,而热带季风环流明显偏弱。

综上所述,东亚季风环流呈现跷跷板现象,即东亚热带季风环流出现异常加强(减弱),副热带季风环流出现异常减弱(加强)。在我国东南沿海与菲律宾东侧低空出现气旋(反气旋)距平辐合(辐散),而在日本东南端低空出现反气旋(气旋)距平辐散(辐合),由于

低空辐合、辐散中心所在地附近可发生降水的异常,此时有利于福建降水异常偏多(少)。

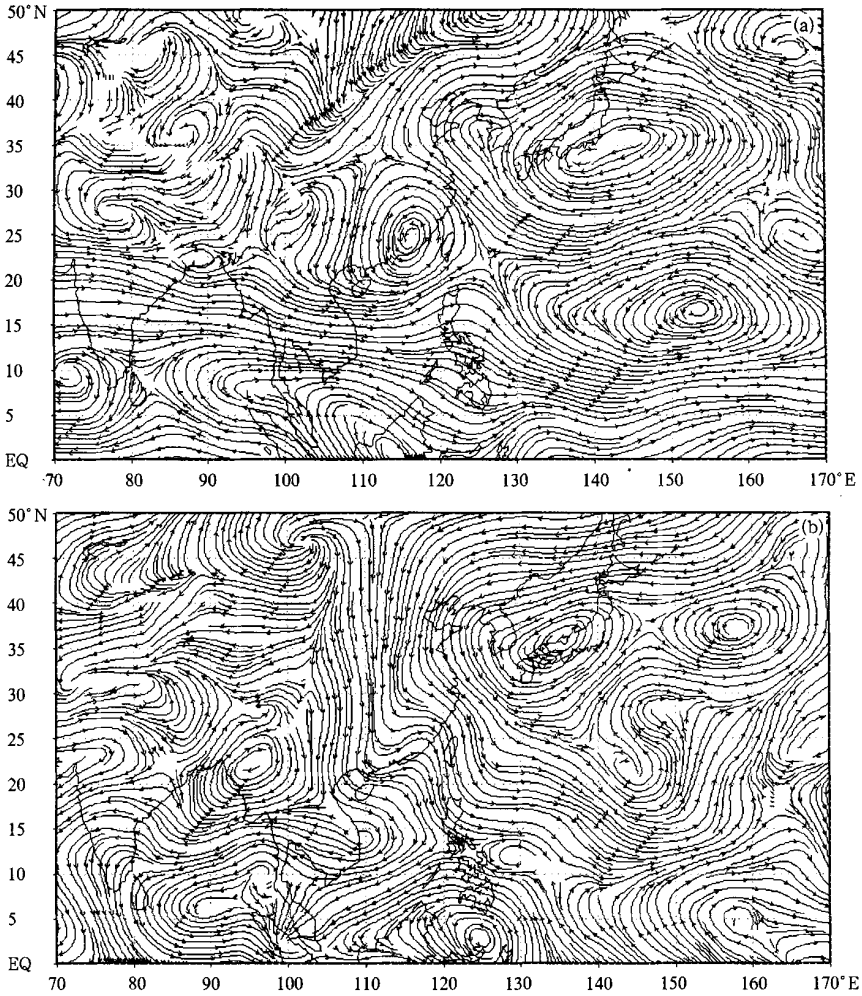


图1 7~9月850 hPa矢量风距平合成(a)涝年,(b)旱年

3 旱涝年对流活动特征

对应上述东亚夏季风环流的强弱在对流活动场上有何反映?图2a,b分别是涝年1985、1990、1997年与旱年1978、1986、1991、1998年OLR距平场成分布。图2a上日本东南侧有一个OLR正距平中心,华南东部与菲律宾东侧各有一个负距平中心,这显然与上述图1a上的东亚中纬度反气旋距平环流及东亚低纬度二个气旋距平环流相对应。与图2a成鲜明的对比,图2b上的日本东南侧为负距平中心所取代,华南东部与菲律宾东侧又为正距平中心所替换,这显然又与图1b上东亚中纬度气旋距平环流和东亚低纬度反气旋距平环流相对应。OLR距平场这种分布特征,证实了上述分析结论,即东亚热带季

风环流加强(减弱),同时伴随着东亚副热带季风环流减弱(加强),都与福建降水异常有着直接的联系。

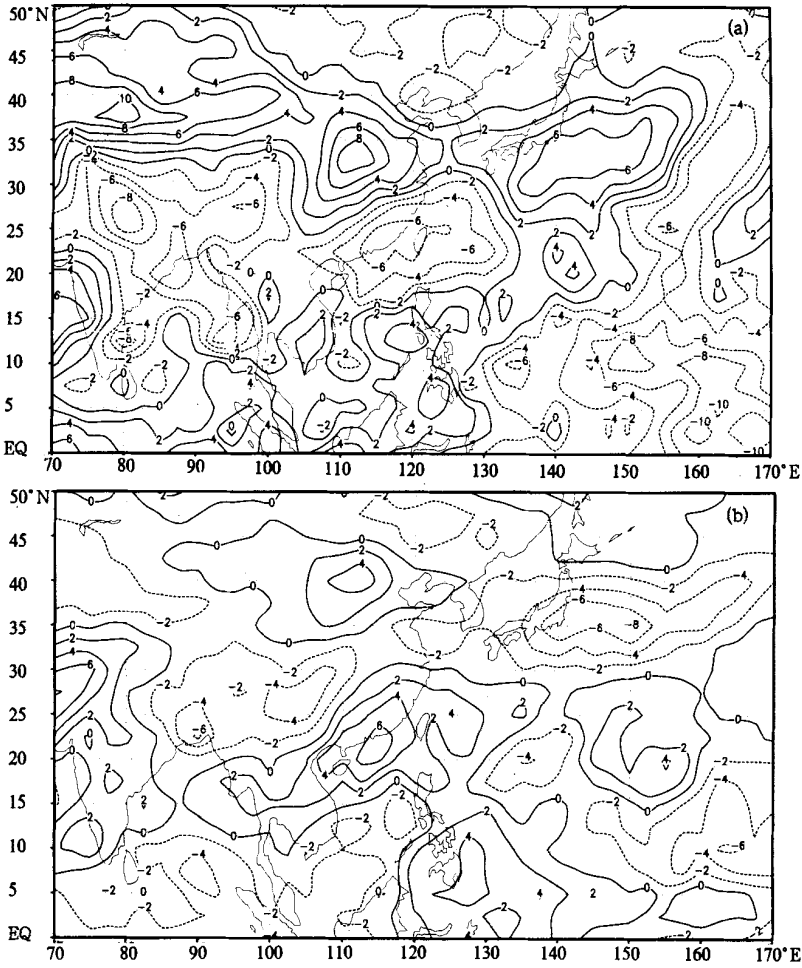


图 2 7~9 月 OLR 距平场合成分布(a)涝年,(b)旱年
(单位: $W \cdot m^{-2}$)

为了进一步分析旱涝年 OLR 场年内变化差异,由图 3 给出旱涝年 OLR 沿 $140^{\circ} \sim 150^{\circ} E$ 范围随时间-纬度的平均变化合成。图上显见,西太平洋副高体 ($> 250 W \cdot m^{-2}$ 高值区),从 5 月开始图 3a 明显偏北于图 3b,7~9 月副高体活动范围,图 2a 北跃至 $25^{\circ} \sim 38^{\circ} N$ 之间的偏北位置,而图 2b 位居于 $23^{\circ} \sim 30^{\circ} N$ 之间的偏南位置。副高移这种偏北与偏南趋势差异,使得 7~9 月副高南侧热带西太平洋 ITCZ 低值带 ($< 210 W \cdot m^{-2}$) 活动范围在图 3a 明显偏大,其中出现 $< 200 W \cdot m^{-2}$ 强对流区,这种态势标志着菲律宾东侧暖池附近 ITCZ 活跃。与之相比,图 3b 中 ITCZ 范围较小,没有出现 $< 200 W \cdot m^{-2}$ 的强对流区,反映菲律宾东侧 ITCZ 较弱。

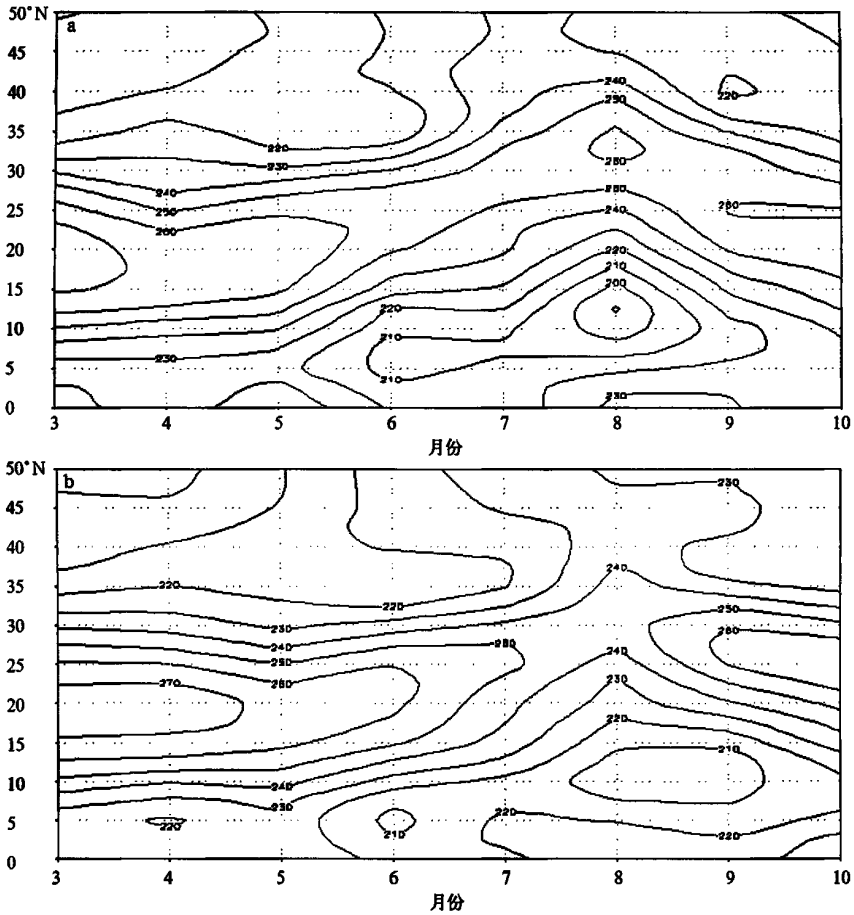


图3 OLR沿 $140^{\circ} \sim 150^{\circ} \text{E}$ 范围时间-纬度剖面(a)涝年,(b)旱年
(单位: $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)

4 旱涝年 500 hPa 中高纬度环流及西太平洋副高活动特征

黄荣辉和孙凤英^[9,10]对于暖池热状态及菲律宾附近对流活动对东亚夏季风环流年际异常的影响研究表明,北半球夏季环流异常存在着东亚-太平洋遥相关型(EPA型),这个遥相关型行星尺度扰动波列从东南亚通过东亚向北美西部沿岸传播,它严重地影响东亚夏季风的年际变化与旱涝发生。上面已分述福建夏季旱涝与东亚夏季风环流密切相关,是否也与EPA型有关?图4是6个涝年与6个旱年7~9月500 hPa高度距平场。可以看到,图4a从东南亚经我国江淮-日本岛至贝加尔湖-鄂霍次克海附近,东亚地区呈现出“- + -”距平分布;图4b则相反,从低纬至高纬,东亚地区呈“+ - +”距平分布。旱涝年在东亚地区出现这种距平波列,意味着涝年东亚中高纬度一般没有出现阻塞形势,纬向环流发展,东亚副热带锋区北抬,导致西太平洋副高位置偏北;旱年东亚阻塞形势发展,东亚中纬西风出现分支,经向环流发展,副热带锋区南压,并导致西太平洋副高偏南。这

种截然相反的距平波列,表明福建夏季旱涝与 EPA 也有很大关系,与文献[9][10]的结论是一致的。

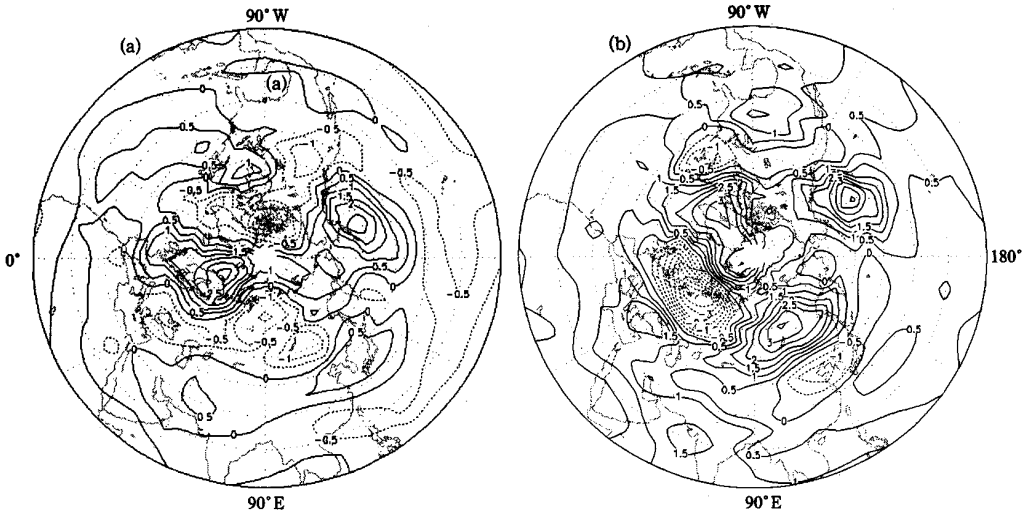


图4 7~9月500 hPa高度距平场分布(a)涝年,(b)旱年
(单位:10gpm)

为了进一步明确旱涝年西太平洋副高位置随季节北进南退的差异,图5给出旱涝年副高脊线位置的季节变程。图上可见,无论是涝年还是旱年由春入夏西太平洋副高都有一次北跃过程,但涝年北跃明显大于旱年。4月之前两者位置相接近,但5月开始涝年与旱年拉开向北的位移差,8月达最大,两者位置差达5个纬距。整个夏季7~9月涝年平均偏北于27°N附近,旱年偏南于24°N附近(常年为25.7°N)。8月达最北位置后(最北位置旱年为9月),涝年又急速南撤,入秋后已南撤到比旱年更南的位置。整个位移变程旱年都较平缓。两者差异与OLR所反映的副高在140°~150°E区域活动特征一致。由此,我们可把副高脊线位置由春入夏北跃急缓的异常,看作一个夏季旱涝前期可能征兆。

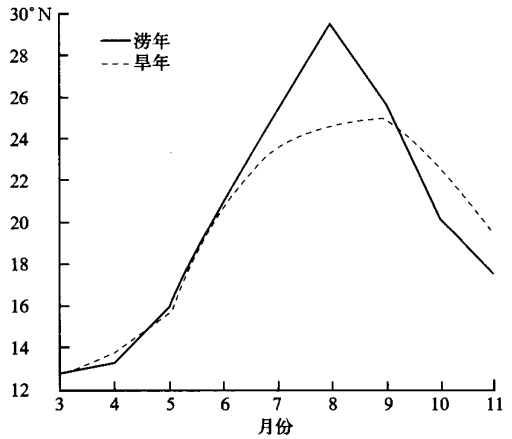


图5 旱涝年西太平洋副高脊线位置季节变程

5 西太平洋副高与夏季及其逐月降水的关系

上面分析了福建夏季降水异常典型年份与西太平洋副高南北平均位置有着密切的关系,但对于非典型年份这种关系是否具有普适性?我们用1960~2000年夏季及其季内各

月副高五个特征量与同期降水 EOF 展开前三个特征向量 $EOF_1 - EOF_3$ 时间系数统计相关如表 1。整个夏季 7~9 月及其各月 EOF 展开前三个特征量所占累积方差都在 70% 以上(表 1)。其空间函数分布(图略), 7~9 月 EOF_1 为全省同向, EOF_2 东西反向, EOF_3 南北反向。7 月 EOF_1 为全省同向, EOF_2 南北反向, EOF_3 中间地带与南北反向。8 月 EOF_1 仍全省同向, EOF_2 东北与西南反向, EOF_3 东与北反向。9 月 $EOF_1 - EOF_3$ 空间分布雷同整个夏季 $EOF_1 - EOF_3$ 。由表 1 可知, 整个夏季 7~9 月份只有副高脊线和北界位置与 EOF_1 相关达 0.05 显著标准, 可见在副高特征量之中, 南北位置与全省夏季降水的关系最为密切, 其变化影响全省降水普遍增多或减少。其中, 7 月只有副高脊线位置与 EOF_2 相关达 0.05 显著标准, 即副高南北位置变化与该月降水的南北反向分布关系密切。8 月副高北界与 EOF_1 相关, 面积与 EOF_2 相关都达 0.05 显著标准, 而脊线、北界与 EOF_3 相关高达 0.01 显著水平, 可见副高南北位置变化既与全省降水的多寡, 又与该月降水东与北的反向分布关系密切。9 月份也只有副高脊线和北界位置与 EOF_1 相关达 0.05 显著标准。因而该月还是主要由副高南北位置变化影响全省降水普遍增多或减少。

表 1 副高特征量与夏季降水 EOF 主分量相关系数及 EOF 特征量累积方差

月份 主分量	7~9月			7月			8月			9月		
	EOF_1	EOF_2	EOF_3	EOF_1	EOF_2	EOF_3	EOF_1	EOF_2	EOF_3	EOF_1	EOF_2	EOF_3
强度	0.09	-0.18	-0.05	-0.07	-0.02	0.11	0.09	-0.27	0.05	0.05	0.10	-0.06
面积	0.17	-0.11	0.05	0.08	-0.02	0.15	0.11	-0.31*	0.05	0.12	0.05	-0.14
西伸	-0.16	0.03	-0.20	0.03	-0.15	-0.17	-0.13	0.28	0.00	0.11	0.12	-0.19
脊线	0.36*	0.07	0.01	0.23	0.34*	0.17	0.27	-0.12	0.39**	0.30*	0.23	-0.07
北界	0.34*	0.07	-0.07	0.17	0.27	0.18	0.31*	-0.10	0.46**	0.34*	0.24	-0.14
累积方差	0.52	0.67	0.75	0.48	0.64	0.70	0.51	0.63	0.71	0.57	0.67	0.73

注:加*号为达 0.05 显著标准,**为达 0.01 显著标准。

为了进一步验证副高南北位置变化与福建夏季降水的关系,我们以 8 月为例由图 6a, b 给出 8 月副高脊线偏北($30.0^\circ N$ 以北)的年份 1960、1970、1985、1990、1992 年和脊线偏南($23.0^\circ N$ 以南)的年份 1965、1983、1986、1988、1991 年降水距平百分率合成的分布。我们看到 8 月副高脊线位置的异常偏差,不但影响到全省降水的差异,而且影响了降水分

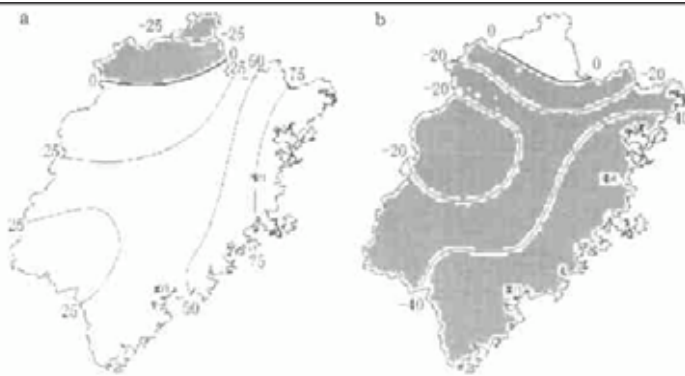


图 6 8 月副高脊线偏北年(a)、偏南年(b)降水距平百分率合成
(阴影区为负值)

布的差异,即脊线偏北时除北部局部偏少以外全省大部降水偏多,东部沿海特多;脊线偏南时除北部局部偏多以外全省大部降水则偏少,东部和南部沿海特少。其差异经 t 检验,全省约有 $2/3$ 达 0.05 显著水平,其中沿海地区差异最大,达 0.01 显著水平。可见,副高南北位置的差异,对福建夏季降水及其分布的影响相当显著。

6 小 结

通过以上诊断分析,可以得出如下结论。

(1) 福建夏季旱涝与东亚夏季风环流强弱密切相关,涝(旱)年夏季风明显偏强(偏弱),东亚季风系统中热带季风环流出现异常加强(减弱),而副热带季风环流出现异常减弱(加强)。

(2) 旱涝年西太平洋副高南北位置存在明显差异,涝年 7~9 月副高脊线平均位置偏北于 27°N 附近,旱年偏南于 24°N 附近。在由春入夏的季节转换中,旱涝年西太平洋副高季节位移差异显著。5 月开始,涝年表现为急速北跳,8 月之后又急速南撤;相反,旱年在整个过程的位移都表现平缓,两者经向位移差达 5 个纬距。5 月开始副高北进的急缓,可为我们提供一个夏季旱涝前期征兆。

(3) 旱涝年在 500 hPa 高度场上东亚经向距平波列明显,从低纬至高纬涝(旱)年呈“- + -”(“+ - +”)经向排列,表明涝(旱)年东亚地区一般没有(有)阻塞形势,中纬度纬(经)向环流发展,副热带锋区北抬(南压)。

(4) 在西太平洋副高活动特征量中,反映副高南北位置的脊线和北界位置变化,对福建夏季降水及其分布的影响最为显著。其中 7 月主要影响降水南北反向分布;8 月既主要影响全省降水多寡又影响东与北的反向分布,9 月则主要影响全省降水多寡。

参 考 文 献

- 1 竺可桢. 东南季风与中国之雨量. 地理学报, 1934, 1(1): 1~27.
- 2 高由禧等. 东亚季风的若干问题. 北京: 科学出版社, 1962.
- 3 Zhu Qiangen, He J H, Wang P X. A study of the circulation differences between East Asian and Indian summer monsoon with their interaction. *Adv. Atmos. Sci.*, 1986, 3: 466~477.
- 4 Tao Shiyun, Chen Longxun. The East Asian summer monsoon. Proceedings of International Conference on Monsoon in the Far East, Tokyo, Nov. 5-8, 1985. 1~11.
- 5 Tao Shiyun, Chen Longxun. A review of recent research on the Eastern Asian summer monsoon in China. *Monsoon Meteorology*. Oxford University Press, 1987. 60~92.
- 6 陶诗言, 朱文妹, 赵卫. 论梅雨的年际变异. 大气科学, 1988(特刊): 13~21.
- 7 鞠笑生, 杨贤为, 陈雨娟, 等. 我国单站旱涝指标确定和区域旱涝级别划分的研究. 应用气象学报, 1997, 8(1): 26~33.
- 8 张庆云, 陶诗言. 夏季东亚热带和副热带季风与中国东部汛期降水. 应用气象学报, 1998, 9(增刊): 16~23.
- 9 黄荣辉, 孙凤英. 热带西太平洋暖池的热状态及其上空的对流活动对东亚夏季气候异常的影响. 大气科学, 1994, 18(2): 141~151.
- 10 Huang Ronghui, Sun Fengying. Impact of the tropical western Pacific on the East Asian summer monsoon. *J. Meteor.*

Soc. Japan, 1989, 67: 587 ~ 604.

IMPACT OF EAST ASIAN SUMMER MONSOON AND SUBTROPICAL ANTICYCLONE OVER WESTERN PACIFIC ON DROUGHTS/ FLOODS IN FUJIAN

Cai Xuezhao Gao Jianyun Wu Bin

(*Fujian Meteorological Observatory, Fuzhou 350001*)

Abstract

Based on 850 hPa NCEP/ NCAR wind and OLR data, different features of East Asian summer monsoon and the subtropical anticyclone over western Pacific between dry and wet years in Fujian Province are discussed. The main results are as follows: In the East Asian summer monsoon system, the intensity of tropical monsoon circulation strengthens (weakens) while the intensity of subtropical monsoon circulation weakens (strengthens), with a northward (southward)-slanted average location of the western Pacific high in wet (dry) years. During the seasonal transition from spring to summer and summer to autumn, the seasonal northward and southward jumps of the high ridge in wet years are quicker, inversely the jumps in dry years are slower. The “- + -” (“+ - +”) anomaly pattern dominates over East Asia at 500 hPa in wet (dry) years, i. e., there is not (is) blocking situation while the subtropical frontal zone moves northward (southward) in wet (dry) years. Results also show different features of the impacts of northward- and southward-slanted subtropical high locations on rainfall and their distributions in various months in summer in Fujian Province.

Key words: Summer monsoon Subtropical high Convection Rainfall