

江淮流域夏季旱涝与不同时间尺度 大气扰动的关系*

李桂龙 李崇银

(中国科学院大气物理研究所大气科学与地球流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京 100080)

摘 要 从不同时间尺度大气环流异常角度研究了江淮流域的汛期多雨和少雨情况, 结果表明准定常行星波的异常对江淮流域旱涝有较为明显的影响; 大气低频系统(准双周和季节内振荡)也有相当重要的作用, 且以对流层高层(200 hPa)的准双周振荡和对流层低层(850 hPa)的季节内振荡的影响更为清楚; 天气尺度扰动对汛期降水量异常的影响相对较小。低层准定常西南气流的强度与位置对旱涝的影响很大, 若准定常西南气流强且偏向大陆, 易造成江淮流域偏涝; 若准定常西南气流弱或偏向大陆以东的洋面上, 则江淮流域易旱。

关键词 准定常波 季节内振荡 准双周振荡

1 引言

江淮流域是我国经济发达地区, 也是旱涝发生较频繁的地区, 研究该地区旱涝成因对经济发展、减灾防灾有着重要的意义。无论是天气还是气候的研究和预报都清楚地表明, 一个地区降水量的多少或者旱涝的发生都明显地同某地区, 甚至同全球大气环流的异常有关。因此, 大气环流的异常往往被视为天气气候异常的物理依据, 受到人们极大的重视。但是, 大气环流(系统)的变化或异常, 除了有不同的空间尺度外, 也有其不同的时间尺度。而且已有一些研究表明, 气候的异常变化同大气环流的季节内振荡有一定的关系。例如, Lau 在对我国东部雨带的研究中强调雨带的变化受 40 天振荡的制约, 并指出夏季降水的变化可能与东传的 40~50 天波同大尺度季风环流的相互作用有关^[1]。李崇银研究华北夏季降水发现在多雨年有更明显的 30~60 天振荡^[2]。黄荣辉和孙凤英的研究强调了热带西太平洋暖池对江淮流域旱涝的影响, 指出若暖池偏暖(冷)热带西太平洋对流活动强(弱), 江淮流域易发生旱(涝)^[3]。Krishnamurti 对能量交换的计算表明低频运动(30~60 天)的能量是从两方面获得, 长期平均气流和高频运动, 并指出季节内振荡从高频运动中获得的动能较大^[4]。李崇银从季节内振荡的角度分析了江淮旱涝的原因, 发现春季 10°S~10°N 季节内振荡的强弱与江淮流域旱涝有关, 即季节内振荡强(弱), 江淮流域少(多)雨, 并强调了南海地区季节内振荡对江淮流域的影响^[5]。本文用欧洲中期天气预报中心(ECMWF)的资料分析了 1980 和 1983 年(代表偏涝年)、1985 和 1988 年(代表偏旱年)200 hPa、500 hPa 和 850 hPa 的环流形势(风场及高度场), 对其进行带通(30~60 天、10~20 天、3~10 天)及低通(90 天

1997-03-20 收到, 1998-01-22 收到修改稿

* 国家自然科学基金资助项目 49375237, 并得到国家攻关计划 96-908 的资助

以上)滤波处理,并就滤波后的结果分析研究了大气环流不同时间尺度扰动对江淮汛期降水(旱涝)的影响。

2 大气准定常振荡(波)对江淮旱涝的影响

图1是利用中国336站观测数据中江淮流域16个站(上海、南京、合肥、蚌埠、

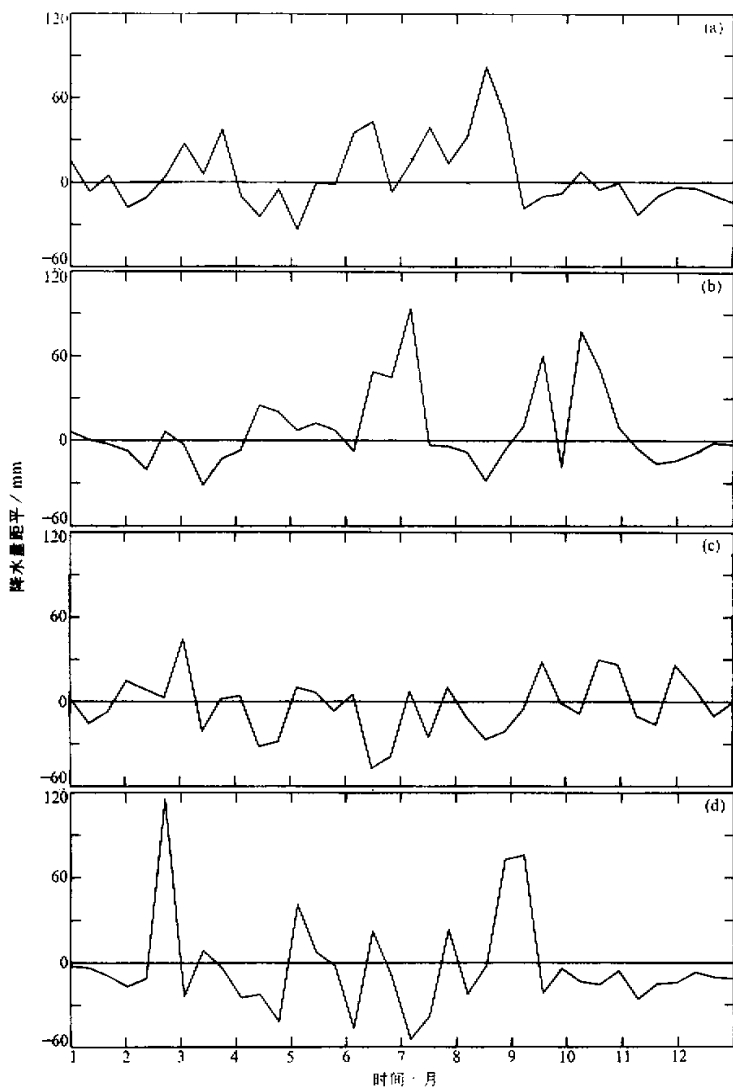


图1 江淮流域旬平均降水量距平的时间变化
(a) 1980年; (b) 1983年; (c) 1985年; (d) 1988年

芜湖、安庆、九江、南昌、长沙、武汉、岳阳、沙市、常德、清江、固始、屯溪) 计算的旬降水量距平值的时间变化, 从图中可清楚地看到 1980 和 1983 年夏季 (6~8 月) 江淮流域偏涝, 而 1985 和 1988 年夏季 (6~8 月) 江淮流域偏旱。针对这两种不同的降水量异常 (旱涝) 情况, 我们将分析不同时间尺度环流异常的影响, 并进行相互对比。

图 2 给出了在 200 hPa 面上 6~8 月沿 100~130°E 平均准定常波 (其周期大于 90 天) 动能的纬度分布情况。可以看出, 在偏早年的夏季准定常波平均最大动能处在 30°N; 而偏涝年的夏季准定常波最大动能在 25°N。准定常波最大动能的位置反映出在该处有较强的准定常波的持续活动; 而能量小的地方表明那里准定常波持续偏弱。因此, 图 2 说明准定常波主要活动带的纬度位置同夏季江淮流域的降水有关, 若准定常波主要活动带位于 30°N 附近, 则江淮流域将偏旱少雨; 若准定常波主要活动带偏南而位于 25°N 附近, 则江淮流域将多雨偏涝。图 3 是 500 hPa 高度场经低通滤波后在 30~50°N 范围平均的时间-经度剖面, 由图可见夏季在 120°E 附近存在一个准定常高度异常高值区, 在早年准定常波高度场不论从持续性还是从强度上都明显胜过涝年准定常波高度场。一般来讲, 江淮流域副热带高压位置早年较涝年偏北。因此, 早年准定常波高度场在 120°E 附近较涝年准定常波高度场强说明副高位置偏北, 与 200 hPa 准定常波动能分析结果对比发现, 不论从高层的准定常波动能还是从中层的准定常波的高度场都反映出早年高层准定常波的持续活动与中层副高的位置较涝年偏北。分析冬夏转换时刻 (4 月 15 日~5 月 15 日) 500 hPa 准定常波高度场又可以发现涝年准定常波夏季特征的出现 (高度正距平) 明显早于早年。虽然涝年夏季特征出现得比早年早, 但涝年夏季准定常波高度场正距平的强度不及早年 (图略)。

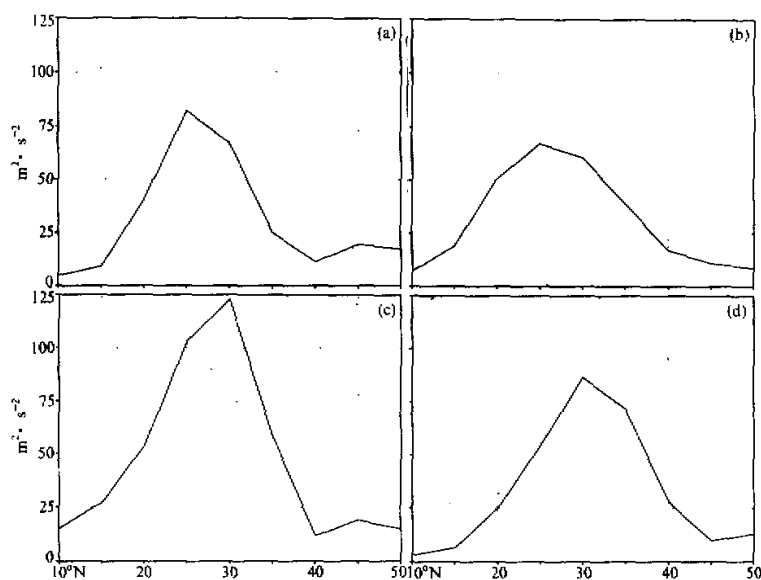


图 2 6~8 月 100~130°E 范围平均的 200 hPa 准定常波动能的纬度分布

(a) 1980 年; (b) 1983 年; (c) 1985 年; (d) 1988 年

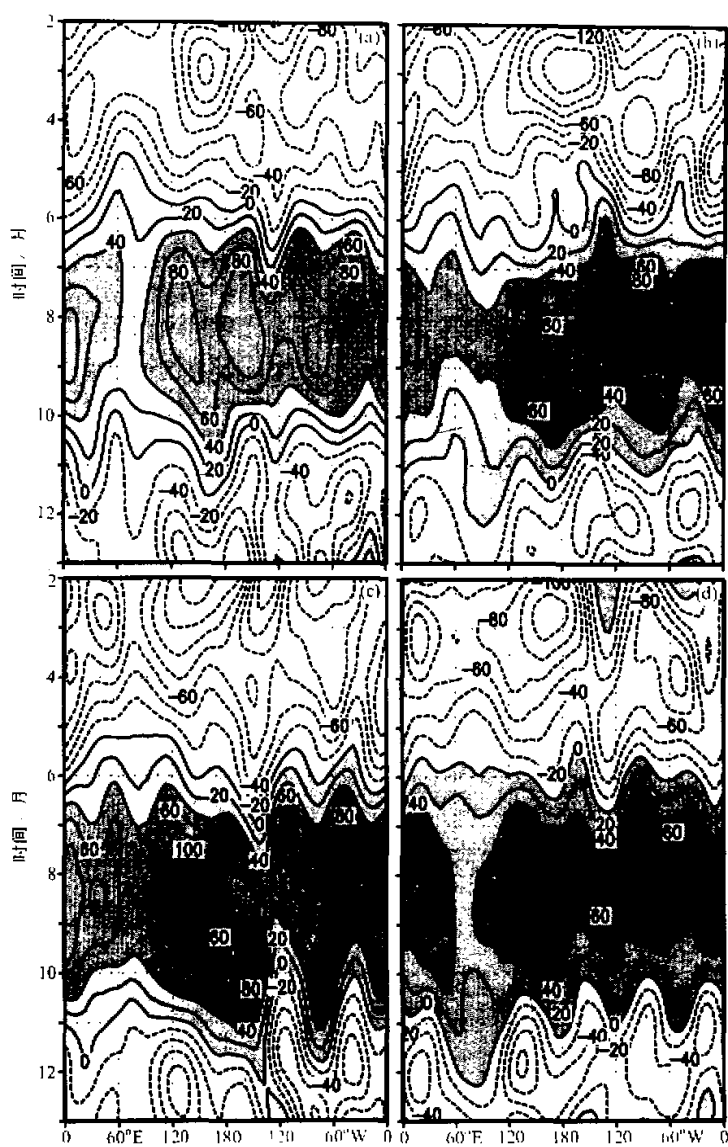


图3 中高纬度(30~50°N)准定常高度场的时间-经度剖面
(a) 1980年; (b) 1983年; (c) 1985年; (d) 1988年

3 准定常波的环流特征

低层大气的环流特征与降水之间是紧密相联的。据统计,江淮流域的暴雨80%以

上均与低空急流有关,而持续性暴雨的出现恰恰引起江淮流域的洪涝。因此,研究低层大气环流特征对我们进一步了解江淮流域旱涝有重要意义。前面提到的西太平洋暖池及南海季风的影响只是强调了江淮流域降水与热带地区海温异常及低频波的关系。那么江淮流域旱涝与准定常波有什么关系呢?本文用低通滤波方法分析了江淮旱涝所对应的低层 850 hPa 的环流特征,从低通滤波方法得到的 1980、1983、1985 和 1988 年 6~8 月的平均准定常环流场来看,滤波流场很好地反映出夏季西南季风、亚洲大陆气旋性环流与北太平洋反气旋环流等特征(图略)。仔细分析夏季旱涝演变过程中环流场特征可以发现,准定常西南气流的强度和位置与北太平洋反气旋性环流形成的早晚对江淮旱涝起着很重要的作用。

已有研究表明,进入中国的水汽主要是由跨过南侧边界和西南侧边界的西南季风气流带来的^[6]。首先我们从准定常环流场的分析来说明。为节省篇幅,我们只给出 1980

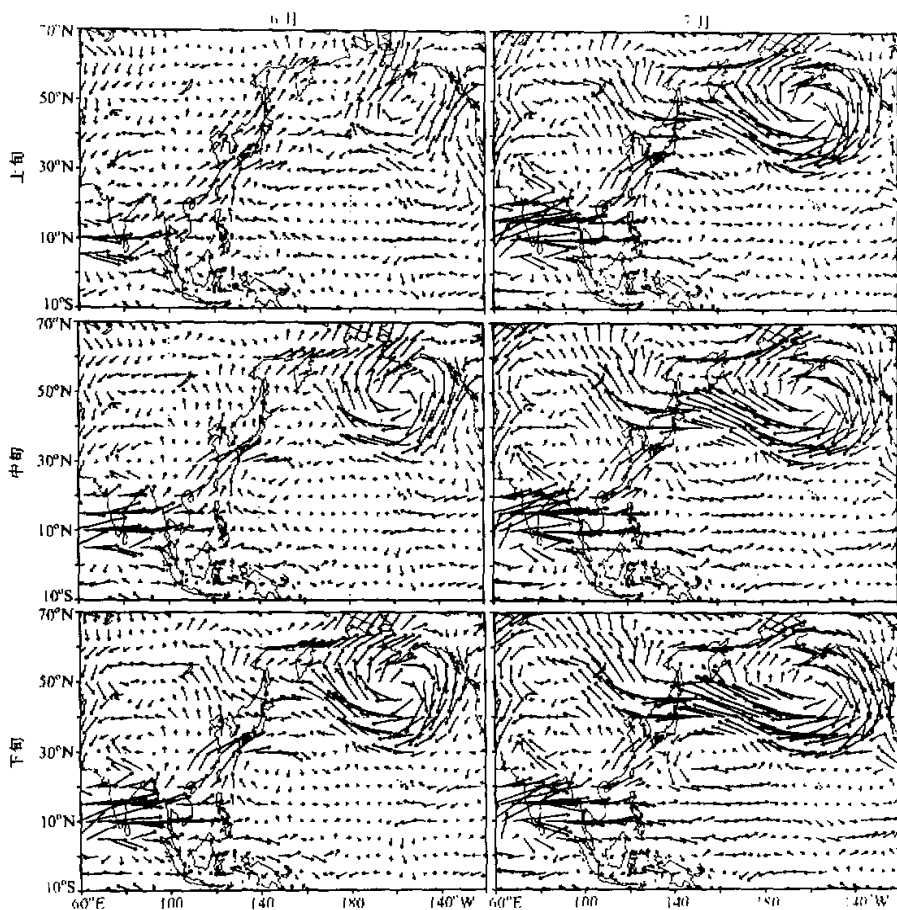


图4 6~7月850 hPa面上逐旬准定常环流场
(a) 1980年

年和 1985 年 6~7 月 850 hPa 面上逐旬的准定常环流场。1980 年 6 月初北太平洋东部已被一反气旋环流控制, 此时准定常西南气流经南海向江淮流域的输送很明显, 且该气流一直维持到 7 月底, 同时江淮流域以东有一较弱准定常反气旋式环流, 此环流的存在使得菲律宾以东洋面上的气流得以输送到江淮流域。在准定常西南气流与准定常反气旋环流的共同作用下, 南海的水汽得以顺利地输送到江淮流域使得江淮流域夏季发生了大涝 (图 4a)。对比 1983 年与 1980 年环流场, 可以发现相似的特征 (图略)。因此准定常西南气流由南海向江淮流域的输送对江淮流域旱涝起着很重要的作用。在早年我们将清楚看到不同的输送特征, 图 4b 为 1985 年 6~7 月 850 hPa 面上逐旬准定常环流场。从图中可清晰地看到, 6 月初东北太平洋仍维持一强大的气旋式环流且该气旋式环流直到 7 月中旬才崩溃。虽然此时准定常西南气流很强大, 但因其最大风速中心位于远离江淮地区的太平洋洋面上, 且此时由南海穿越华南地区向江淮流域的输送很弱, 造成

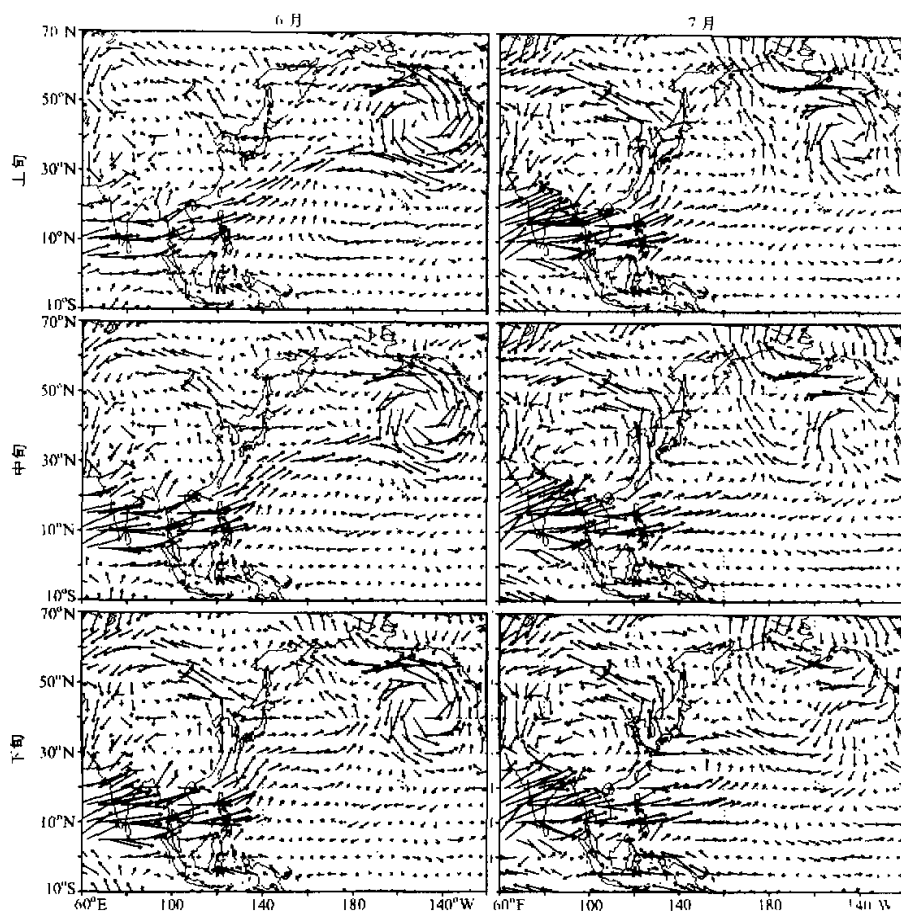


图 4 (续) 6~7 月 850 hPa 面上逐旬准定常环流场
(b) 1985 年

1985 年江淮流域夏季严重的干旱, 1988 年环流形势与 1985 年大体相似, 均表现为北太平洋气旋性环流崩溃较晚且准定常西南气流由南海向江淮流域的输送较弱, 因此 1988 年夏季也出现了持续性干旱现象。

为了进一步表现旱年和涝年水汽输送的差异, 我们计算了准定常波对水汽的输送(图 5)。其中图 5a 是 1980 年 6~8 月准定常波的平均水汽输送, 由图中可以看出, 1980 年 6~8 月江淮流域存在正的水汽输送, 表明准定常波对江淮流域 1980 年夏季的大涝起着很重要的作用。与此相对应, 图 5b 表明准定常波对 1985 年 6~8 月江淮流域存在负的水汽输送, 表明准定常波对江淮流域 1985 年夏季的大旱起着很重要的作用。

由上面分析可以得到初步结论: 若江淮地区涝, 北太平洋东部为准定常反气旋环流控制且存在准定常西南气流穿南海向江淮流域的强水汽输送; 若江淮地区旱, 北太平洋东部为准定常气旋式环流控制且从南海到江淮流域的准定常西南气流的水汽输送很弱。

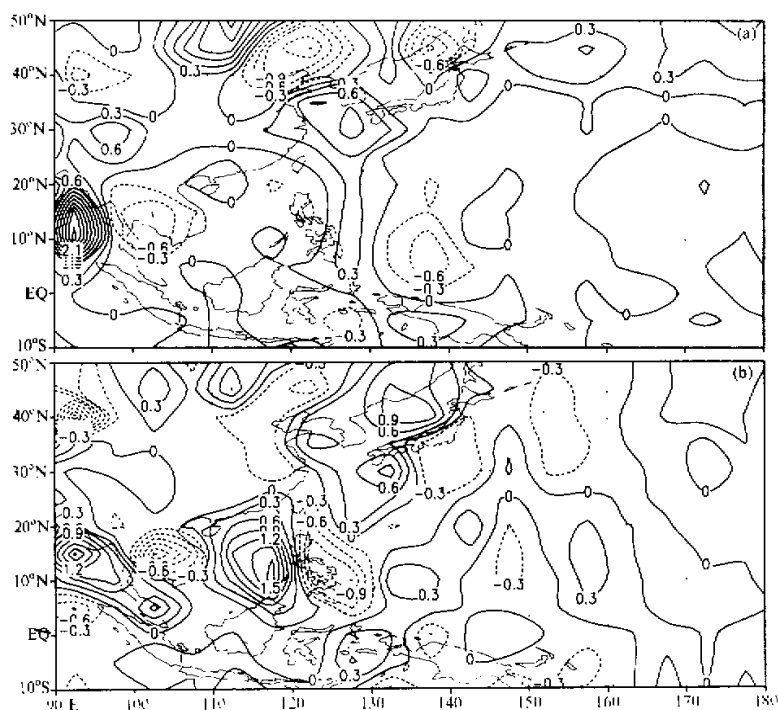


图 5 6~7 月 850 hPa 面上准定常波对水汽的输送
单位: $\text{m} \cdot \text{g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, (a) 1980 年; (b) 1985 年

4 大气低频系统及天气系统对江淮旱涝的影响

如前所述, 已有研究表明大气低频系统对旱涝的影响是很重要的。但低频系统中哪

一谱带对江淮流域旱涝的贡献更大呢? 图 6 是 200 hPa 面上季节内振荡动能在 100~130°E 区域范围内夏季 (6~8 月) 的平均, 从图中可以看出早年 (1985、1988) 与涝年 (1980、1983) 的差异主要表现在早年季节内振荡扰动动能的峰值在 25°N、35~40°N, 而涝年季节内振荡扰动动能的峰值在 15°N、40°N, 且早、涝年季节内振荡扰动动能位于两峰值间的低值区分别为 30°N 和 20°N, 早年的季节内振荡的低值区与准定常波动能的高值区相吻合, 反映出季节内振荡能量与准定常波能量可能存在互补性; 涝年这两种能量的高低值区相差 5°N, 两种能量交换可能处于更广阔的区域中。图 7 是对 200 hPa 上准两周振荡扰动动能在同一区域同一时间段的分析。从低纬到中高纬度 (10~50°N), 准两周振荡扰动动能在早年的峰值为 40°N; 而涝年扰动动能峰值为 35°N。与图 6 对比可以发现, 中纬度准两周振荡比季节内振荡表现出较好的规律性, 因此两种振荡对江淮流域的旱涝似乎都有影响, 而准两周振荡的影响更显著。同时从两种时间尺度扰动动能的合成分析来看, 准两周振荡也起着主导作用 (图略)。天气尺度波动动能在这 4 年中都反映出能量的峰值在 40°N, 但天气尺度扰动动能在 1980、1985 年较 1983、1988 年为大, 而季节内振荡恰好相反, 反映出有可能存在季节内振荡能量与天气尺度波的转送过程, 但这种转送过程与旱涝并没有必然联系 (图略)。从上面的分析中还可以看出一个有意思的结果, 在北半球从低纬到中高纬 (10~50°N), 除了季节内振荡, 各时间尺度扰动动能峰值出现的纬度与时间尺度呈反比, 反映出各时间尺度波动在各纬度活动的差异。从低纬到中高纬季节内振荡与准两周振荡扰动动能为双峰值, 而准定常波和天气尺度波动为单峰值且天气尺度动能的峰值均在 40°N。但在准定常波为峰值的地方, 季节内振荡动能较小, 反映出可能存在的能量转换关系。

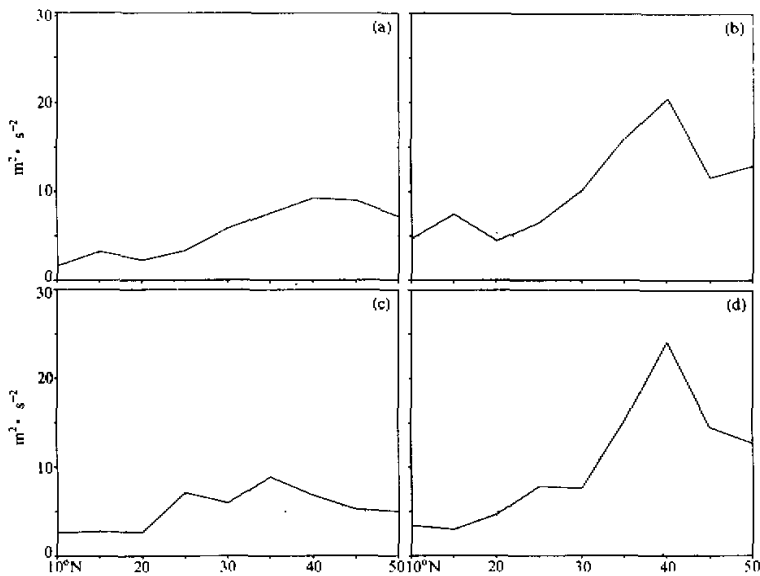


图 6 6~8 月 100~130°E 范围平均的 200 hPa 季节内振荡动能随纬度的分布
(a) 1980 年; (b) 1983 年; (c) 1985 年; (d) 1988 年

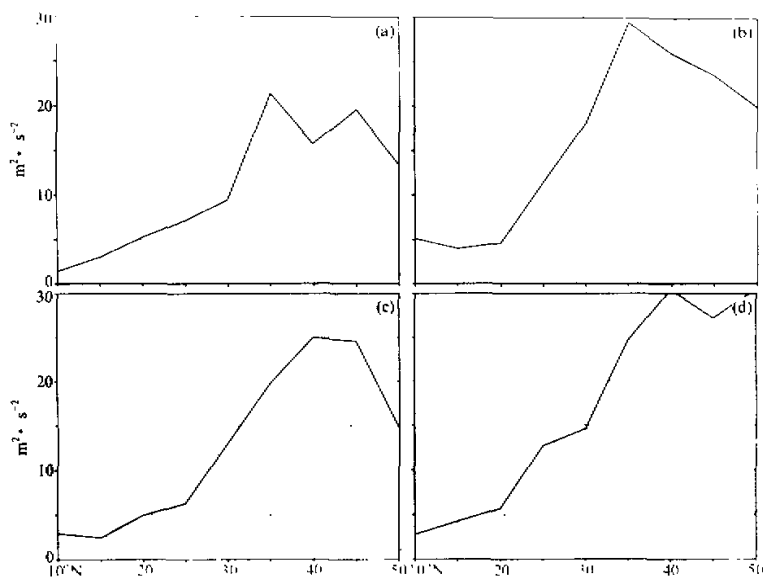


图 7 6~8 月 100~130°E 范围平均的 200 hPa 准两周振荡动能随纬度的分布

(a) 1980 年; (b) 1983 年; (c) 1985 年; (d) 1988 年

从上述分析中发现旱涝年各时间尺度动能的峰值的位置对旱涝的影响较大。早年各时间尺度动能峰值较涝年偏北(天气尺度除外),反映出各时间尺度扰动动能对旱涝都存在较显著的影响,且以准定常波和准两周振荡的影响最为显著。

准定常环流场与江淮旱涝表现出很好的关系,那么季节内振荡又怎样呢?图 8 为这 4 年中 850 hPa 面上 25~35°N 季节内振荡经向风的时间-经度剖面图,可以看出季节内振荡经向风在夏季的传播方向在旱涝年表现出较为明显的差异。1980 年从 2 月到 6 月表现出季节内振荡的经向风场的快速东传,至 6 月初出现由中太平洋向西传播的季节内振荡的经向风场,该季节内振荡的经向风场移动比其前期缓慢且在整个夏季都维持西传特征(图 8a)。1983 年略有不同,其前期季节内振荡的经向风场移动很快,6 月初在中西太平洋出现缓慢西移的季节内振荡的经向风场,该西传特征一直维持到 9 月底至 10 月初(图 8b)。早年表现出与涝年不同的特征,虽然 1985 年季节内振荡的经向风场在 6 月初出现由中西太平洋向西的移动,但该西移季节内振荡的经向风场与青藏高原以东的东移季节内振荡的经向风场交汇于 110~120°E 附近,该西移经向风场缺乏系统性,即整个夏季只有一次由中西太平洋向江淮流域移动的季节内经向风场(图 8c)。1988 年一直到 7 月初才出现季节内振荡的经向风场的西传且 1988 年季节内振荡的经向风场由青藏高原东部向江淮流域的东传特征尤为显著。1988 年夏季 6~8 月除了 7 月初的一次季节内振荡的经向风场的西传以外,整个夏季均为季节内振荡经向风的东传。因此季节内振荡经向风的传播特征对旱涝的影响也是不可忽视的。

对于季节内振荡的全球分析发现,在江淮流域的涝年和早年有着不同的北半球低频

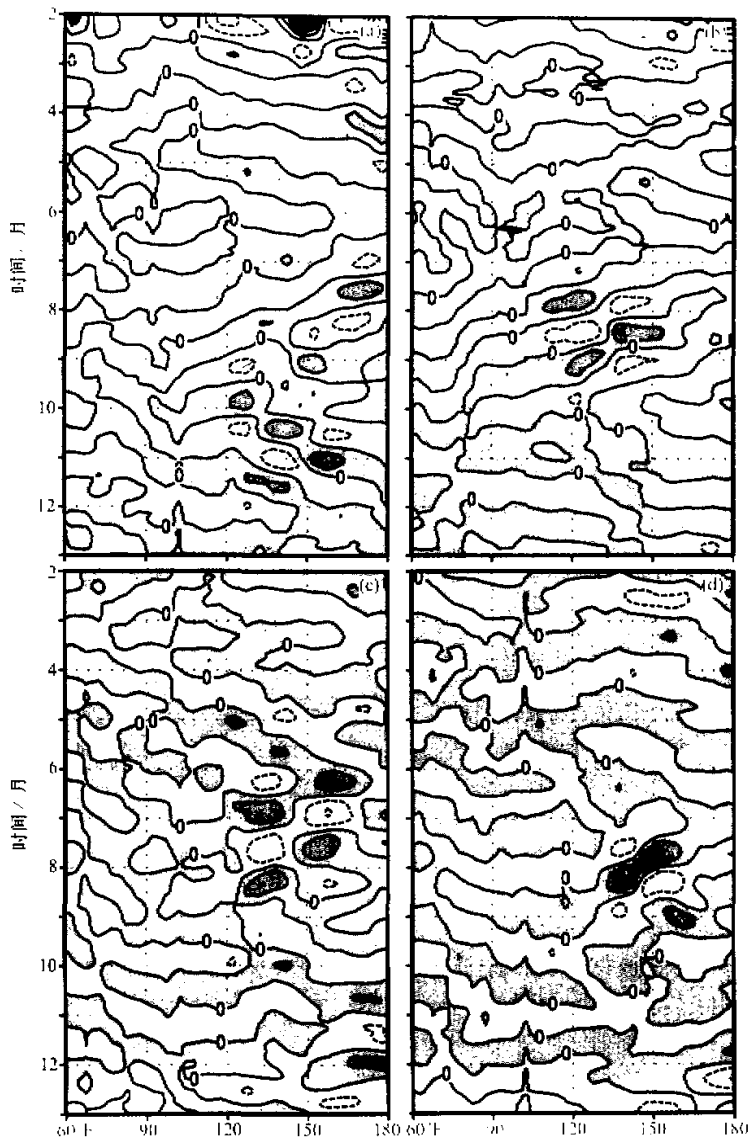


图8 25~35°N范围平均的850 hPa季节内振荡经向风的时间-经度剖面图

(a) 1980年; (b) 1983年; (c) 1985年; (d) 1988年

遥相关型。作为一个例子, 图9分别给出了1980年和1988年500 hPa上低频(30~60天)遥相关形势, 相关系数计算的参考点为(120°E, 30°N)。图9清楚地表明了低频遥相关型的差异, 对于1980年(涝年), 欧亚太平洋(EUP)波列和太平洋北美(PNA)波列比较清楚; 而对于1988年(旱年), 一种从非洲经东亚到北美的副热带低

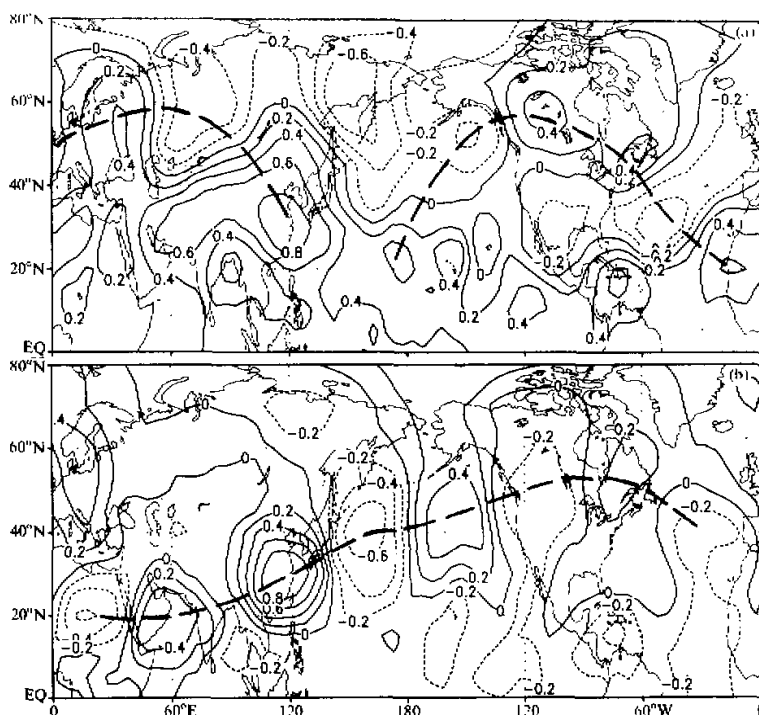


图9 500 hPa高度的低频(30~60天)通相关形势(相关系数分布)

相关系数计算参考点为(120°E, 30°N), 图中粗虚线表示低频波列

(a) 1980年; (b) 1988年

频波列十分清楚, EUP波列很不明显。1983年(偏涝)和1985年(偏旱)的低频通相关形势分别类似1980年和1988年(图略)。因此, 低频通相关形势与江淮流域的夏季旱涝也有一定的关系。

5 结论

通过以上分析可以看出, 不论从大气环流特征还是从能量分布都分析出旱涝年的差异, 主要表现在:

(1) 旱涝年, 各时间尺度不论从低层850 hPa、中层500 hPa及高层200 hPa均表现出不同的特征。旱(涝)年, 850 hPa面上北太平洋准定常反气旋环流形成较晚(早)。北太平洋反气旋的形成恰与海陆热力差异有关, 因此海陆热力差异对江淮流域旱涝有着很重要的影响。850 hPa面上准定常西南气流的位置与强度对江淮流域旱涝影响很大。若准定常西南气流弱且偏向江淮流域以东的洋面上, 则江淮流域易发生旱; 若准定常西南气流强且偏向江淮流域, 则江淮流域易发生涝。500 hPa准定常高度场的夏季特征环流形势在旱(涝)年出现较晚(早), 强度较强(弱), 反映了副高位置偏北(南), 易造成江淮

流域旱(涝)。200 hPa 准定常波能量在旱(涝)年则表现其峰值分别有不同的纬度位置,说明在长江流域偏南(北)有较强准定常波活动,易于发生偏涝(旱)。

(2) 季节内振荡的传播对江淮旱涝发生关系较密切,季节内振荡的经向风在旱(涝)年夏季表现出明显的东(西)传特征。低频波(尤其是准两周振荡)的主要活动带的纬度位置亦同江淮旱涝有关,在旱(涝)年夏季低频波的动能极大值位置偏北(南),说明低频波活动的主要纬度位置同江淮旱涝的发生有直接关系。

(3) 低频(30~60天)遥相关形势同江淮旱涝有关,初步结果表明,显著的低频EUP和PNA波列形势有利于江淮多雨。

(4) 从能量分析中可以看出各种时间尺度之间存在着转换,季节内振荡更多的表现为向准定常波及天气尺度扰动传送能量。

需要指出,本文仅是资料分析结果,揭露出了一些现象,但本质的认识尚有待进一步的动力学和模式研究。

参 考 文 献

- 1 Lau, K. M., 1988, Seasonal and intraseasonal climatology of summer monsoon rainfall over East Asia, *Mon. Wea. Rev.*, **116**, 18~37.
- 2 李崇银, 1992, 华北地区汛期降水的一个分析研究, *气象学报*, **50**, 41~49.
- 3 黄荣辉、孙凤英, 1994, 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*, **18**(2), 141~151.
- 4 Krishnamurti, T. N., 1990, Predictability of low frequency modes, *Meteor. Atmos. Physics*, **44**, 63~83.
- 5 李崇银、龙振夏、李桂龙, 1995, 南海热带大气低频振荡与华南初夏降水异常, 1994年华南特大暴雨洪涝学术会议文集, 北京: 气象出版社, 17~23.
- 6 丁一汇, 1994, 亚洲季风, 北京: 气象出版社, 110pp.

Drought and Flood in the Changjiang-Huaihe River Basin Associated with the Multi-Time-Scale Oscillation

Li Guilong and Li Chongyin

(State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmosphere Science and Geophysical Fluid Dynamics,
Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

Abstract The drought and flood in the Changjiang-Huaihe River basin are studied from the viewpoint of multi-time-scale anomalous circulation. It is demonstrated that anomalous quasi-stationary wave influence is very important. The low frequency oscillation is also important and the influence of 10~20 days oscillation at 200 hPa and intraseasonal oscillation at 850 hPa is obvious. And the influence of synoptic scale system (3~10 days) is small compared to that of the low frequency oscillation and quasi-stationary wave. It is also found that the strength and position of southwest quasi-stationary flow in east Asia and northwestern Pacific area play an important role in the occurrence of drought and flood in the Changjiang-Huaihe River basin. If the southwest quasi-stationary flow is strong and has tendency to continent, there will be flood in the Changjiang-Huaihe River basin. If the southwest quasi-stationary flow is weak and has tendency to the ocean, there will be drought in the Changjiang-Huaihe River basin.

Key words quasi-stationary wave intraseasonal oscillation 10~20 day oscillation