

1998年京津冀夏季风的低频振荡与降水的特征*

徐国强¹⁾ 藏建升²⁾ 周伟灿³⁾

¹⁾ (中国气象科学研究院,北京 100081)

²⁾ (河北省气象台,石家庄 050021)

³⁾ (南京气象学院,南京 210044)

提 要

使用美国 NCAR 1998 年再分析资料,研究了京、津、冀夏季风的低频振荡和低频降水的特征。结果表明,京、津、冀 1998 年夏季风存在 15~35 天的低频振荡,5~6 月低频降水较弱,7~8 月低频降水较强,低频降水的传播路径倾向于与其上空 200 hPa 低频辐散带的传播路径相一致,京、津、冀地区水汽主要来自南部边界和西部边界,南风低频水汽输送变化对低频多雨期发生发展具有指示意义。

关键词: 低频振荡 低频降水 低频辐散 传播 水汽

引 言

京、津、冀西连太行山,北接燕山,中南部为广阔的平原,地势由西向东、由北向南逐渐下降;京、津、冀夏季天气多变,汛期降水变率很大,旱涝频繁。总的来说,京、津、冀属于季风大陆性气候,位于东亚季风区的最北部,每年 7、8 月夏季风可以推进到京、津、冀地区,引起这里的雨季,就是人们常说的“七下八上”降雨关键期。京、津、冀降雨的多寡与季风的强弱、持续时间及季风气流与中纬度天气系统的相互作用密切相关。

Madden 和 Julian^[1,2]利用 1957~1967 年坎顿岛的观测资料,通过谱分析方法首先发现热带大气纬向风和气压场存在 40~50 天周期的低频振荡。Yasunari^[3]进一步讨论了低频振荡与夏季风的关系,注意到低频振荡从赤道向喜马拉雅山的经向传播。以后,许多研究也进一步揭示了热带大气低频振荡的活动规律及其产生机制。随着对热带大气低频振荡研究的深入,关于中高纬度大气季节内振荡及其活动也不断被发现。Krishna murti^[4]通过 FGGE 资料的分析指出 30~60 天振荡是一种全球大气变化现象。李崇银^[5]指出,东亚季风的建立及其活动周期同大气季节内振荡有密切关系,深入研究大气季节内振荡及其活动对于东亚地区的天气、气候预报都有实际意义。李崇银^[6]研究了华北地区的汛期降雨量同低频振荡的关系,指出华北汛期降雨偏少的年份,低频振荡不十分清楚,降雨量偏多的年份,降雨量 30~60 天的振荡相当明显。最近丁一汇、薛纪善等^[7]研究了 1998 年亚洲季风活动与中国的暴雨,认为亚洲季风可划分 3 个阶段,南海季风爆发受到印度季

* 资助课题:河北省短期气候预测研究。

1999-12-06 收到,2000-08-07 收到修改稿。

风活动的明显影响。朱乾根和徐国强^[8]从低频角度讨论了南海季风与中国南部低频降水的关系,认为中国的低频降水在全部降水中占有相当大的比重,研究低频降水是非常有意义的。

本文使用美国 NCAR 1998 年再分析资料,研究了京、津、冀夏季风的低频振荡现象,进而对低频降水的传播特征进行了研究。

1 京、津、冀夏季风低频振荡的分析

图 1a, b 分别是北京和石家庄 1998 年 5~8 月日平均降水序列。从图中可看出,两者降水序列的分布大致是相似的,只是每日降水量的大小有较明显的差别。从图中还能看出,两地日降水量皆大致有 10~40 天的低频振荡现象,两地产生明显降水的日期大致相同或相差不大,这说明两地基本上受同一降水系统影响的。为更准确确定京、津、冀地区低频振荡周期,本文对京、津、冀地区 850 hPa 纬向风和降水进行了小波分析。

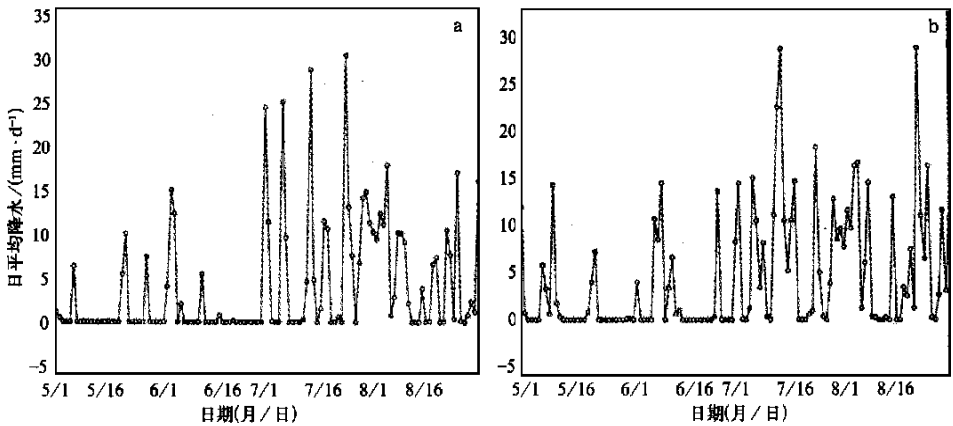


图 1 1998 年 5~8 月北京(a)和石家庄(b)日平均降水序列

小波分析是在 20 世纪 80 年代发展起来的一种新型数据处理、信号分析方法。小波变换是用一系列带通滤波器对信号进行滤波,带通滤波器的带宽随着中心频率的变化自动调解。本文采用对周期具有较强分析能力的 Morlet 小波研究京、津、冀夏季风低频周期变化。关于 Morlet 小波的详细介绍参见文献[9]。

本文首先对 1998 年 5~8 月京、津、冀及渤海区域($36.5^{\circ} \sim 41^{\circ} \text{N}$, $113^{\circ} \sim 120^{\circ} \text{E}$)的 850 hPa 纬向风进行了 Morlet 小波分析(图 2a),其中时间滞后取 60 天。由图 2a 可见,小波系数反映小波能量主要集中在 0~35 天这一振荡频域范围内,主要存在 15~35 天的低频周期和 10 天以下的高频周期,本文重点研究 15~35 天的低频振荡。在 5~6 月份,15~35 天的低频周期较强,从 7 月开始,此周期逐渐变弱,特别是 8 月中旬以后,此周期振荡有向更短周期演变的趋势,15~35 天的低频周期已不明显。从 5~8 月降水的小波波分析图(图 2b)可见,在低频频域范围内,5~6 月中旬主要存在 8~25 天的低频振荡,6 月下旬至 8 月下旬主要存在 15~35 天的低频振荡,其中后者在 7 月上旬至 8 月中旬强度较强。与

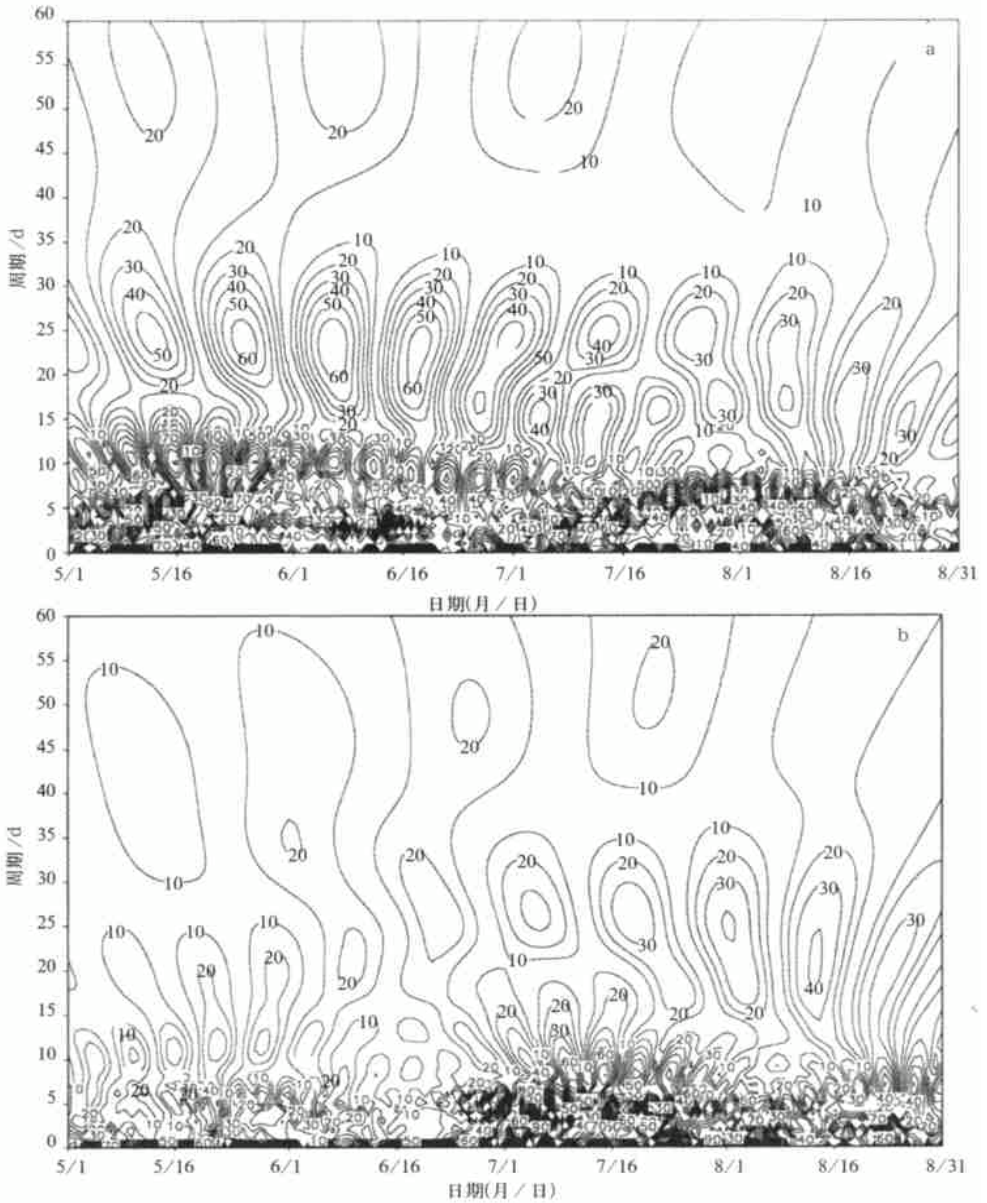


图 2 1998 年 5 ~ 8 月京 津 冀区域 850 hPa 纬向风(a)和降水(b) Morlet 小波分析

图 2a 比较,在 7 ~ 8 月纬向风的低频振荡逐渐变弱,这说明进入 7 月份后,随着降水的增加,降水的低频振荡有所增强,而纬向风的低频振荡强度反而逐渐减弱。产生这种现象的可能原因是 5 ~ 6 月份副热带系统活跃北上,而北方冷空气活动也较为频繁,因此造成高空槽脊活跃,纬向风 15 ~ 35 天振荡明显,但由于水汽输送较少,因此降水较少,降水的低频振荡也较弱。进入 7 月份后,冷空气活动逐渐减弱,京 津 冀主要受稳定的副热带系统影响,水汽输送增多,使降水增加,降水的低频振荡增强,而其纬向风的低频振荡变得较

弱。

本文使用 15 ~ 35 天的带通滤波器对 5 ~ 8 月的降水、风场和水汽输送进行滤波,用以研究低频降水和低频高低空流场及水汽输送的关系。

2 京、津、冀低频降水的传播特征

为了研究京、津、冀及其周围区域低频降水的传播特征,本文分别制作了 115°E 和 38°N 低频降水的时间变化剖面图。

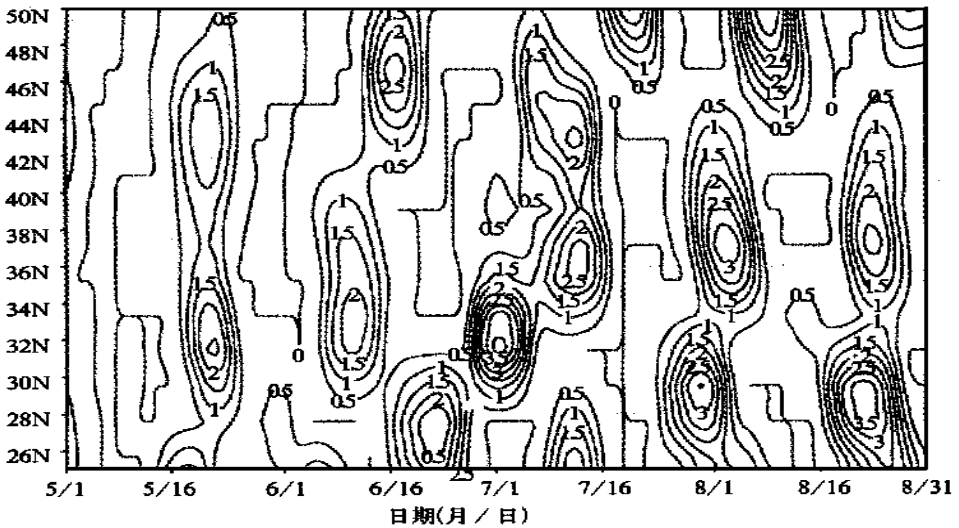


图3 1998年5~8月115°E低频降水时间-纬度剖面图(单位:mm/d)

图3为沿115°E的时间-纬度剖面图,由图可见,在5~8月,经过京、津、冀境内的低频多雨期主要有5个,5月下旬的一个多雨期在南北方向静止少动,说明从低纬到中高纬

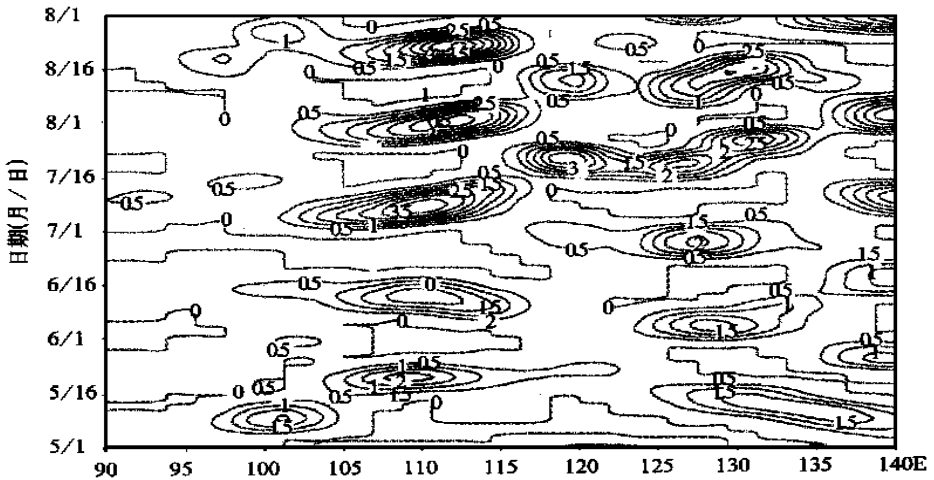


图4 1998年5~8月38°N低频降水经度-时间剖面图(单位:mm/d)

同时有低频降水产生,从6月上旬至7月中旬有两个低频多雨期由南向北传播,特别是6月中下旬至7月中旬的一个由南向北传播的速度很快,从低纬传到 38°N 附近时,低频多雨期又变得静止少动,这揭示出低频降水首先在低纬产生,然后向北扩展。7月下旬至8月中下旬的两个低频多雨期基本静止不动或非常缓慢的由南向北移动,说明南北产生低频降水的时间相差不多或低纬比中高纬稍微提前。7月下旬以后,在 43°N 以北有3个低频多雨期缓慢由北向南移动,但都没有进入京、津、冀境内。传播进入京、津、冀境内的5个低频多雨期特别是6月中下旬至8月下旬的3个低频多雨期中,强降水主要出现在 30°N 左右,正是这种强降水造成长江中游的暴雨过程,使长江流域出现洪峰。京、津、冀境内的低频降水比 30°N 附近的低频降水要弱。

由 38°N 经度-时间剖面图(图4)可见,经过京、津、冀的低频多雨期也主要存在5个,5月份较弱的低频多雨期由西向东传播,6月上中旬的一个较弱低频多雨期静止少动,进入7月份以后,低频降水开始增强,从7月初至8月下旬共有3个较强低频多雨期,这3个多雨期都缓慢自西向东移动,它们都发源于 104°E 附近,7月上中旬的一个从 102°E 开始向东缓慢移动并逐渐加强,于7月7日左右移到 110°E 时,低频降水达到最强,以后逐渐减弱消失,在7月17日以后于东部沿海又重新发生发展并向东移动;7月下旬的一个低频多雨期自 104°E 向东移动,在8月初移到 112.5°E 太行山山脉西侧时,低频降水达到最强,随后开始减弱东移,于8月9日左右移至渤海时又重新加强发展;8月中下旬的一个低频多雨期于8月19日左右在 105°E 附近生成后同时向西和向东移动,向西移动的部分强度较弱速度较快,向东移动的部分在东移过程中得到加强,在8月22日左右于太行山西侧达到最强,缓慢东移越过太行山后减弱消失。

综上所述,1998年夏季低频降水具有以下特点:

①1998年5~8月经过京、津、冀境内有5个低频多雨期,其中5~6月份的2个低频多雨期较弱,7~8月份的3个低频多雨期较强。②沿经向方向低频多雨期在6~7月份由南向北传播,其它时间生成的低频多雨期呈准静止振荡。③沿纬向方向的低频多雨期进入7月份后都是缓慢东移的,并且它们大都于 104°E 附近生成,在东移过程中加强,然后又减弱,特别是7月下旬至8月下旬的两个低频多雨期都在太行山西侧达到最强,越过太行山后减弱。

3 低频散度的传播和垂直分布特征

由于低频降水与高低空低频散度场必定有密切的联系,因此有必要对低频降水区上空的高低空低频流场进行分析,但是由于在平原地区低空流场以 850 hPa 为主,而在高原和太行山地区低空流场则以 500 hPa 或 700 hPa 为主,降水区在对流层低层不同区域的辐合区可能有所差别,因此这里仅给出对流层高层 200 hPa 高空散度场。

图5为 200 hPa 低频散度沿 115°E 时间-纬度剖面图,正值区表示高空低频辐散,负值区表示高空低频辐合。由图可见, 200 hPa 也存在5条高空低频辐散带,这5条低频辐散带的强度相差不是很大。5月下旬的一条静止少动,从6月上旬至7月中旬有两条低频辐散带由南向北传播,7月下旬至8月下旬的两条低频辐散带呈准静止振荡。比较图3

和图 5 可得到,在低频多雨期的高空均存在高空低频辐散(正值区),低频多雨期的传播方向也与高空低频辐散带的传播方向一致。

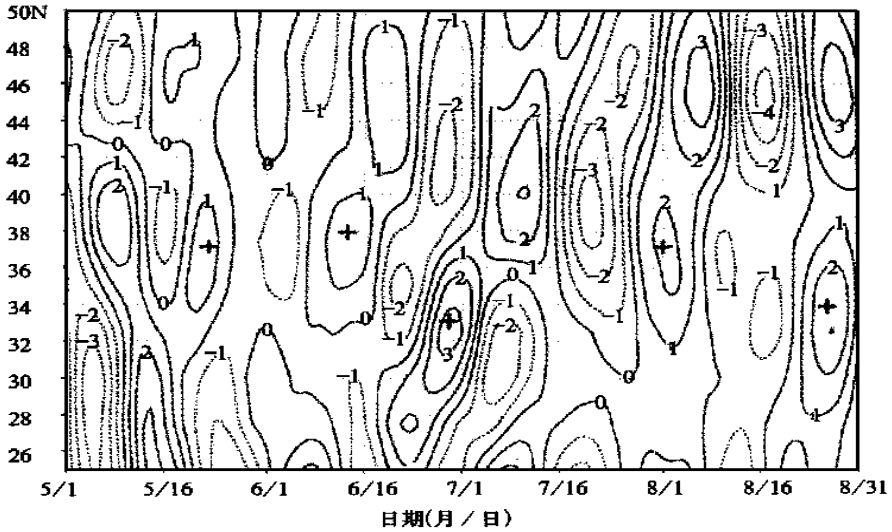


图 5 1998 年 5 ~ 8 月 200 hPa 低频散度沿 115°E 时间-纬度剖面图(单位:10⁻⁶/s)

在 200 hPa 低频散度沿 38°N 的经度-时间剖面图上(图 6),与图 4 对应,同样存在 5 条低频高空辐散带,这 5 条高空低频辐散带都凌驾于低频多雨期的上空,并且传播方向也与低频多雨期的传播方向一致,即 5 月份的一条低频辐散带由西向东传播,6 月份的一条呈准静止振荡,7 ~ 8 月的 3 条低频辐散带由西向东传播。

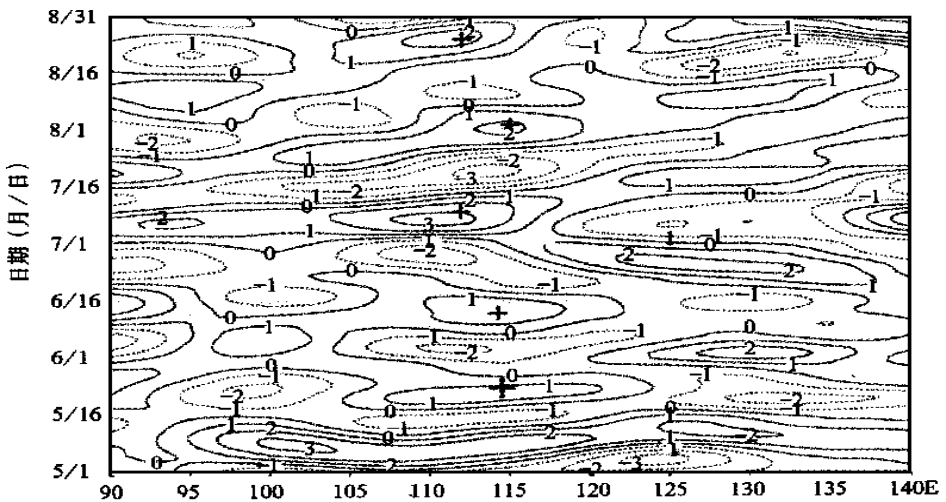


图 6 1998 年 5 ~ 8 月 200 hPa 低频散度沿 38°N 的经度-时间剖面图(单位:10⁻⁶/s)

从图 5、图 6 还可看到,沿 115°E 和 38°N 的各 5 条低频辐散带均较为连续,几乎没有中断,量级相差不大,而在图 3、图 4 中低频多雨期一般不连续,5 ~ 6 月的低频降水较弱,7 ~ 8 月的低频降水较强,这说明高空低频辐散带不是制约低频降水的唯一因子,还受其它

气象要素的影响,如湿度条件等,但可得出每个低频多雨期的高空均存在低频辐散带(正值区),低频多雨期的传播基本与高空低频辐散带的传播方向一致。

图 7 给出了一定点($38^{\circ}\text{N}, 115^{\circ}\text{E}$) 低频散度的垂直分布情况。从图中可看到,对流层低层与对流层高层的低频散度符号一般相反,即当对流层低层为辐合(辐散)时,对流层高层则为辐散(辐合),对流层中层(550~450 hPa) 辐合、辐散较弱或者为无辐散层;在 1998 年 5~8 月对流层中低层有 6 条低频辐合带,相应高层有 6 个辐散中心。与图 3、图 4 比较可见,5 个低频多雨期都对应对流层低层的低频辐合带(负值区),即这 5 个低频多雨期在对流层中低层有低频辐合上升运动,而对流层高层的低频辐散(正值区)又有利于上升运动的维持和加强。从图 7 中注意到,在 5 月上中旬对流层低层具有较强辐合,高层具有较强辐散,但低频降水并不明显,其原因可能是在 5 月中旬以前,由于水汽供应不足,虽然垂直环流配置较好,但仍不能产生明显降水。

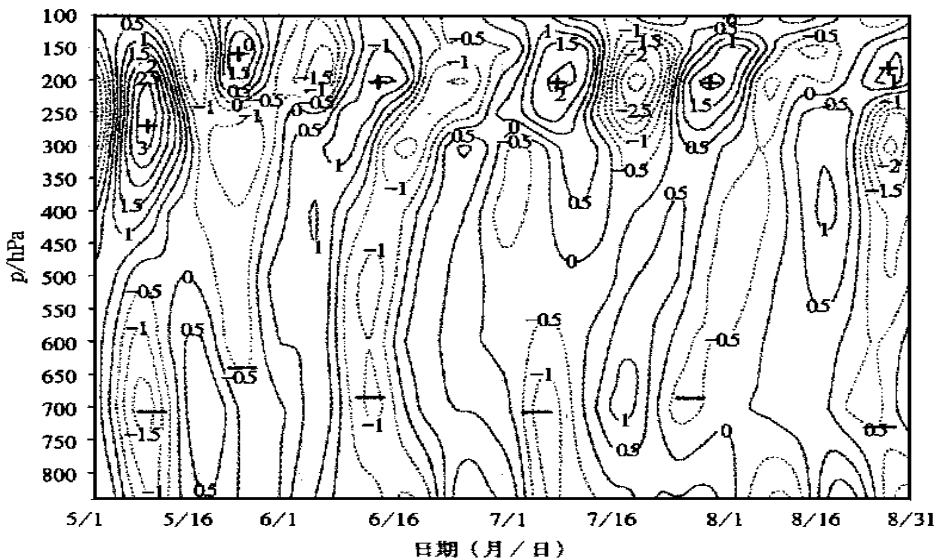


图 7 1998 年 5~8 月($38^{\circ}\text{N}, 115^{\circ}\text{E}$) 低频散度的时间-高度剖面图(单位: $10^{-6}/\text{s}$)

4 水汽输送和低频水汽输送的分析

图 8(a, b, c, d) 分别是 1998 年 5~8 月京、津、冀地区($36.5^{\circ}\sim 42^{\circ}\text{N}, 113^{\circ}\sim 118^{\circ}\text{E}$) 南、北、西、东 4 个边界水汽输送值的变化情况。从图中可看到,在不同边界水汽输送的贡献不同,输送值的大小也不同。对于京、津、冀地区,南边界和西边界为水汽主要的流入边界,东边界和北边界主要为水汽流出边界。5~6 月份,各边界水汽输送的振幅较小,说明在 5~6 月份水汽输送较弱,进入 7 月份后,水汽输送的振幅突然加大,这说明 SW 暖湿气流增强,使水汽输送加强,其原因可能是 7 月 6 日前后西太平洋副热带高压明显加强北进,相应东亚季风进一步加强,其前锋北推至黄河以北的华北、朝鲜半岛等地区^[7],同时副高西侧的暖湿西南气流也给华北带来了大量水汽,正是由于东亚季风和水汽输送加强,使京、津、冀地区开始产生较强降水;7 月 16 日左右北方冷涡发展副高减弱南退,从南向

北输送到华北的水汽减少,京津冀的降水也停止;7月23日以后,印度季风活跃,南海季风加强,水汽输送又有加强,华北又产生明显降水;8月14日以后,南海季风全面撤退,京津冀地区的水汽主要来自西边界、北边界和南边界,造成华北8月中下旬的明显降水。

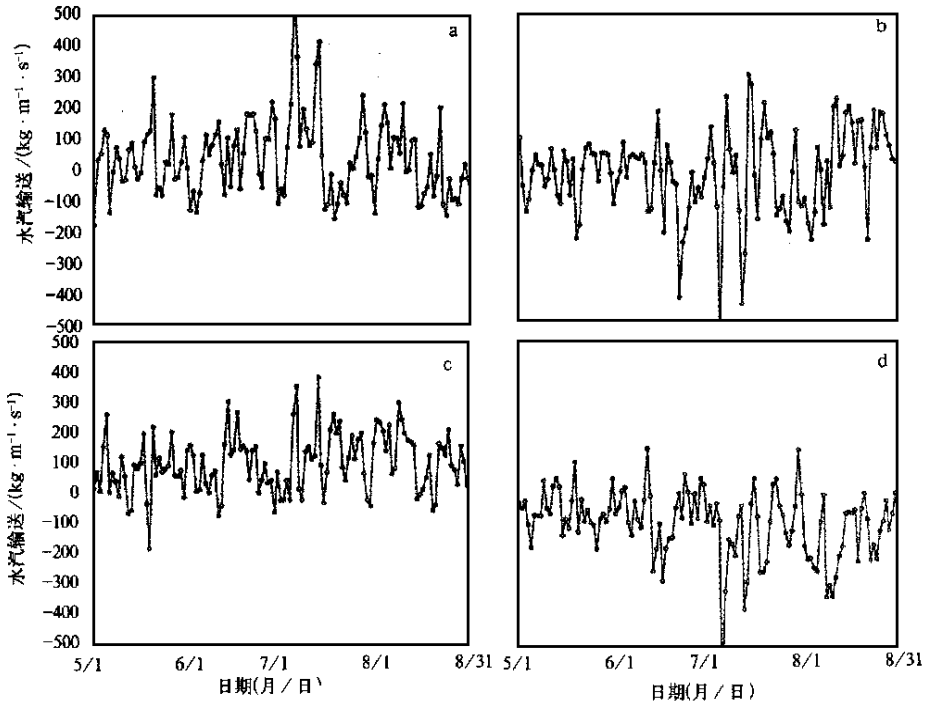


图8 京津冀($36.5^{\circ} \sim 42^{\circ} \text{N}, 113^{\circ} \sim 118^{\circ} \text{E}$)各边界水汽输送值(正值表示流入,负值表示流出)
(a)南边界 (b)北边界 (c)西边界 (d)东边界

上面讨论了京津冀地区水汽输送的情况,那么低频水汽输送与低频降水又有什么关系呢?为此本文制作了 38°N 低频水汽输送的经度-时间剖面图(图9)。从图中可见,南风输送经过京津冀的低频水汽输送带有5条,其中5~6月份的两条低频水汽输送带强度较弱,中心强度在 $30 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右,7~8月有3条较强的低频水汽输送带,中心强度均比5~6月份的低频水汽输送高 $30 \sim 60 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。与图4比较可知,除了7月17日在东部沿海产生的多雨期外,每个低频多雨期都对应有一条南风低频水汽输送带,水汽输送愈强,低频降水愈强,每个南风水汽输送中心对应低频降水中心,低频降水的传播与南风低频水汽输送的传播方向基本一致,但低频多雨期与南风低频水汽输送带在时间上并不完全一致,而是低频水汽输送带的开始、中心位置和结束均分别比低频多雨期的产生、中心位置和结束提前1~3天。这一特征在实际业务预报工作中具有很好的指示意义,我们可根据南风低频水汽输送的发生发展及传播情况预报出未来1~3天低频降水的产生、传播及降水的结束。

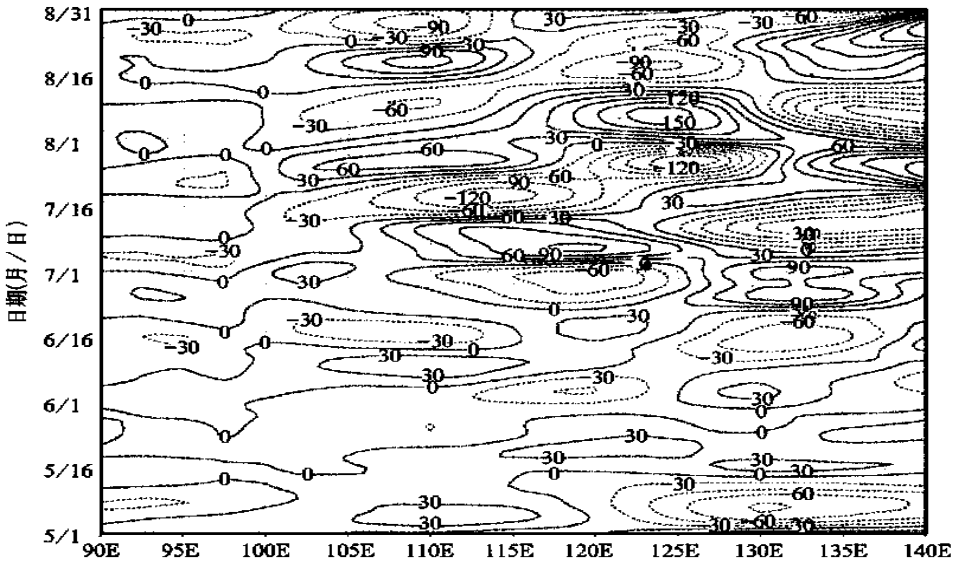


图9 1998年5~8月38°N低频水汽输送经度-时间剖面图(单位:kg·m⁻¹·s⁻¹)

综上所述,京津冀地区水汽主要来自南部边界和西部边界,而北部边界和东部边界主要为水汽流出边界。7~8月的水汽输送强于5~6月份的水汽输送;每个南风低频水汽输送带都对应一个低频多雨期,低频降水的传播与南风低频水汽输送的传播方向基本一致,南风低频水汽输送变化对低频多雨期发生发展具有指示意义。

5 结 论

(1) 京津冀1998年夏季风存在15~35天的低频振荡,其在5~6月份低频周期较明显,7~8月份低频周期逐渐变弱,降水在5月至6月中旬主要存在8~25天的低频振荡,6月下旬至8月下旬主要存在15~35天的低频振荡。

(2) 在京津冀境内,5~6月的低频降水较弱,7~8月的低频降水较强,沿纬度方向大多数低频多雨期由西向东传播,个别呈准静止振荡,一般低频降水中心位于太行山西部地区;沿经度方向,6~7月份低频多雨期由南向北传播,其它月份呈准静止状态。

(3) 低频降水的活动与传播路径与200 hPa高空低频辐散带的传播路径相一致,但在强度上不完全一致,低频多雨期都对应对流层低层的低频辐合带和对流层高层低频辐散带。

(4) 京津冀地区水汽主要来自南部边界和西部边界,7~8月的水汽输送强于5~6月份的水汽输送;每个南风低频水汽输送带都对应一个低频多雨期,低频降水的传播与南风低频水汽输送的传播方向基本一致,南风低频水汽输送变化对低频多雨期发生发展具有指示意义。

参 考 文 献

1 Madden R D, Julian P. Detection of a 40 - 50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. *J Atmos Sci.*,

- 1971, **28**:702 ~ 708 .
- 2 Madden R D, Julian P. Description of globe scale circulation cells in the tropics with 40 - 50 day period. *J Atmos Sci.*, 1972, **29**:1109 ~ 1123 .
- 3 Yasunari, T. A quasi-stationary appearance of 30 - 40 day period in the fluctuations during the summer monsoon over India. *J. Meteor. Soc. Japan*, 1980, **58**:225 ~ 229 .
- 4 Krishna murti T M, Gadgil S. On the structure of the 30 to 50 day mode over the globe during FGGE. *Tellus*, 1985, **37** (A): 336 ~ 360 .
- 5 李崇银. 大气低频振荡, 北京: 气象出版社, 1991. 1 ~ 5 .
- 6 李崇银. 华北地区汛期降水的一个分析研究. *气象学报*, 1992, **50**(1): 41 ~ 49 .
- 7 丁一汇, 薛纪善, 王守荣, 等. 1998 年亚洲季风活动与中国的暴雨/洪涝/南海季风爆发和演变及其与海洋的相互作用. 北京: 气象出版社, 1999. 1 ~ 4 .
- 8 朱乾根, 徐国强. 1998 年夏季中国南部低频降水特征与南海低频夏季风活动. *气象科学*, 2000, **20**(3): 239 ~ 248 .
- 9 Meyers S G, Kelly B C, O' Brien J J. An introduction to wavelet analysis in oceanography and meteorology: with application to the dispersion of Yanai waves. *Mon. Wea. Rev.*, 1993, **121**:2867 ~ 2878 .

FEATURES OF SUMMER MONSOON LFO AND LFR OVER BEIJING TIANJING HEBEI AREA IN 1998

Xu Guoqiang¹⁾ Zang Jiansheng²⁾ Zhou Weican³⁾

¹⁾ (Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

²⁾ (Meteorological Bureau of Hebei Province, Shijiazhuang 050021)

³⁾ (Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044)

Abstract

In the context of NCEP/ NCAR reanalysis daily data in 1998, the features of summer monsoon LFO (Low-Frequency Oscillation) and LFR (Low-Frequency Rainfall) over the Beijing-Tianjing-Hebei area in 1998 are studied. Results show that there is a 15-35 d oscillation cycle in summer monsoon in the target region. The LFR is weaker in May and June than in July and August. The migration direction of LFR is more likely the same as the low frequency (LF) divergence at the 200 hPa level. Vapor over the target region mainly comes from the south and west sides of the research area. The variation of LF vapor transportation from south wind can be useful for forecasting the occurrence and development of LFR.

Key words: LFO LFR LF divergence Migration Vapor