

亚洲中高纬度环流对东亚夏季降水的影响^{*}

张庆云 陶诗言

(中国科学院大气物理研究所, 北京, 100080)

摘 要

夏季印度季风和东亚季风环流的主要差异之一在于: 东亚夏季风环流受中高纬度环流影响很大。文中探讨了中高纬度环流对东亚夏季风环流以及长江中下游地区夏季降水的影响。结果表明: 东亚夏季降水环流型及长江中下游地区夏季降水的强弱受乌拉尔山和鄂霍次克海形势的影响, 特别是东亚夏季梅雨期异常的降水与中高纬度阻塞型的建立密切相关。研究表明: 当鄂霍次克海高压建立并稳定时, 亚洲中高纬度及东亚东部地区的距平场易分别形成+ - + 的距平波列, 东亚地区距平波列的这种分布形势及其相互作用常常造成东亚夏季特别是梅雨期降水偏多; 反之, 当鄂霍次克海为低值区时, 亚洲中高纬度和东亚东部地区的距平场易形成- + - 的距平波列, 东亚距平波列的这种分布形势不利于东亚夏季梅雨期的降水。因此, 在考虑东亚夏季风环流的形势及其对同期降水的影响时, 中高纬度的环流形势及其与低纬环流的相互作用是非常重要的因素。

关键词: 中高纬度环流, 东亚距平波列, 夏季降水环流型。

1 引 言

自 20 世纪 80 年代初以来, 中国气象工作者对亚洲季风进行了一系列的研究^[1-9]后指出: 亚洲季风由印度季风和东亚季风组成。印度季风属于热带性质的季风, 特别是印度夏季风, 它几乎是一个单纯热带环流; 而东亚夏季风除了包含热带季风性质外, 还包含副热带季风性质。研究结果表明: 东亚季风系统中有两条辐合带, 热带辐合带和副热带辐合带。热带辐合带是热带季风环流和副热带高压南侧东风气流组成的热带对流云区(热带季风槽); 副热带辐合带是热带季风和北面冷空气组成的中纬度锋带—梅雨锋。这说明东亚夏季风环流及其降水系统不但受热带季风环流和副热带季风环流的影响, 而且还受中高纬度环流及其联系的冷空气活动的影响。

迄今为止, 有关热带和副热带季风环流与东亚夏季降水的关系已有了较多的研究成果^[10-13], 他们的研究表明: 夏季中国的雨带从华南向华北推移的速度以及停滞时间长短与副热带高压东、西向及南、北向的进退, 热带辐合带的位置, 越赤道气流及澳大利亚高压的强弱等密切相关。中国东部夏季降水的特点是季风性质的降水, 在东亚季风区内, 雨带的季节性的南北移动与锋带季节性位移密切相关, 但并非是一种简单的推移。锋带的季节

* 初稿时间: 1996 年 7 月 18 日; 修改稿时间: 1997 年 7 月 25 日。

资助课题: 国家“九五”重中之重项目“中国短期气候预测系统的研究”(96-908-04-04-1)。

位移不但受低纬度环流影响,还受中高纬度环流、中高纬度环流与低纬环流相互作用及其它因子的影响。因此东亚夏季降水不但受到低纬环流的作用及影响,还受中高纬度环流及其异常的影响。中高纬度环流形势对东亚夏季风环流及降水的影响,虽然给予了较多的重视,但关于这方面的详细研究并不多。因此文中将重点讨论中高纬环流的演变特点与东亚夏季风环流的关系、中高纬度环流与低纬环流相互作用对东亚夏季降水年际变异的影响。

文中首先讨论夏季东亚季风系统和印度季风系统的环流特征及差异;其次讨论北半球夏季中高纬度环流形势对东亚夏季风环流形势的影响;最后讨论中高纬度环流与副热带、热带环流的共同作用对东亚夏季风降水的影响。

2 夏季东亚季风与印度季风系统的环流特征及差异

陶诗言等^[1]曾给出东亚夏季风系统的环流模型,该模型清楚地显示了东亚夏季风环流的成员及其配置。为了清楚看出夏季印度季风和东亚季风环流系统的特征差异及其对东亚夏季环流的作用和影响,图 1 给出夏季亚洲季风系统(印度季风和东亚季风)的成员及环流特征示意图。

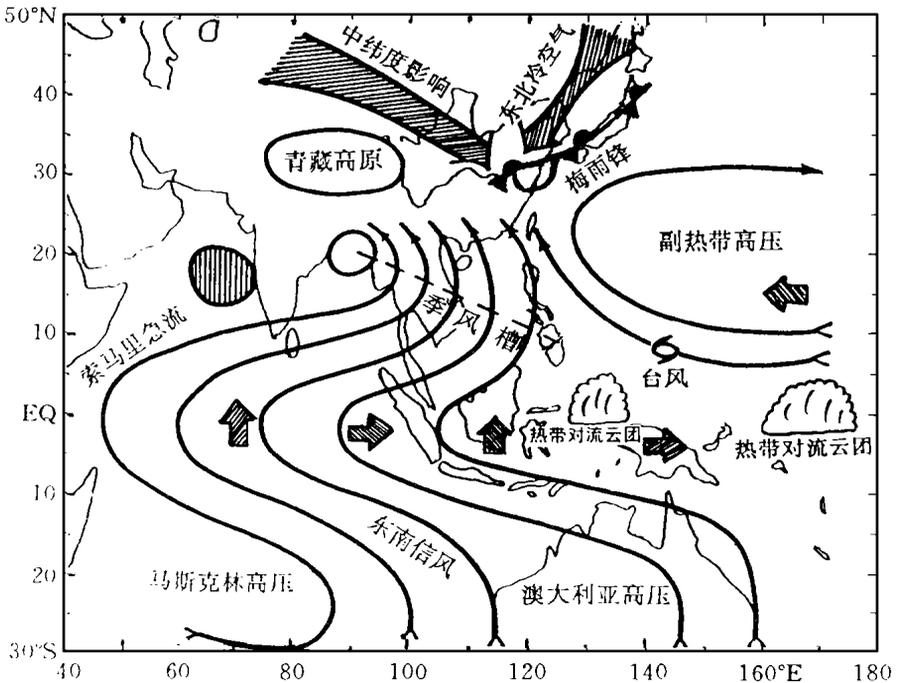


图 1 夏季亚洲季风系统成员及环流特征示意图
(\odot 表示涡旋建立, \circ 表示季风低压或沿梅雨锋扰动, \diamond 表示 30—50 d 的振荡)

从图 1 中清楚可见,东亚季风环流与印度季风环流之间虽存在一定联系,然而系统却有其独立性。在印度季风系统中的季风气流——西南风,主要来自南半球的马斯克林高压,索马里急流穿过赤道并由南向北推进,赤道印度洋地区的低频波也是由南向北传播,由于青藏高原的屏障作用,印度季风区主要受热带环流和季风槽影响,这表明印度夏季风系统是单纯的热带环流系统。东亚季风系统的季风气流来源则不同,从图 1 中可见,来自

南半球的 105 ~ 120 E 的越赤道偏南气流与来自印度洋的偏西气流及来自西太平洋副热带高压南侧的偏东气流汇合分别形成西南、东南气流, 前者是热带性质的季风气流, 后者是具有副热带性质的季风气流, 这两支气流为东亚季风区提供了暖湿的偏南气流, 东亚大陆 100 E 以东地区以及朝鲜、日本都受这些气流影响, 这是中国东部夏季降水的水汽主要来源。从图 1 中还可可见, 当这支暖湿气流向北推进与中高纬度环流带来的冷空气相遇后, 形成梅雨锋(副热带性质的季风)。天气过程已表明: 梅雨期的长短, 雨量的多少不仅与南面环流系统的位置、强度、水汽量输送等因素有关外, 还受北面中高纬度环流形势的制约

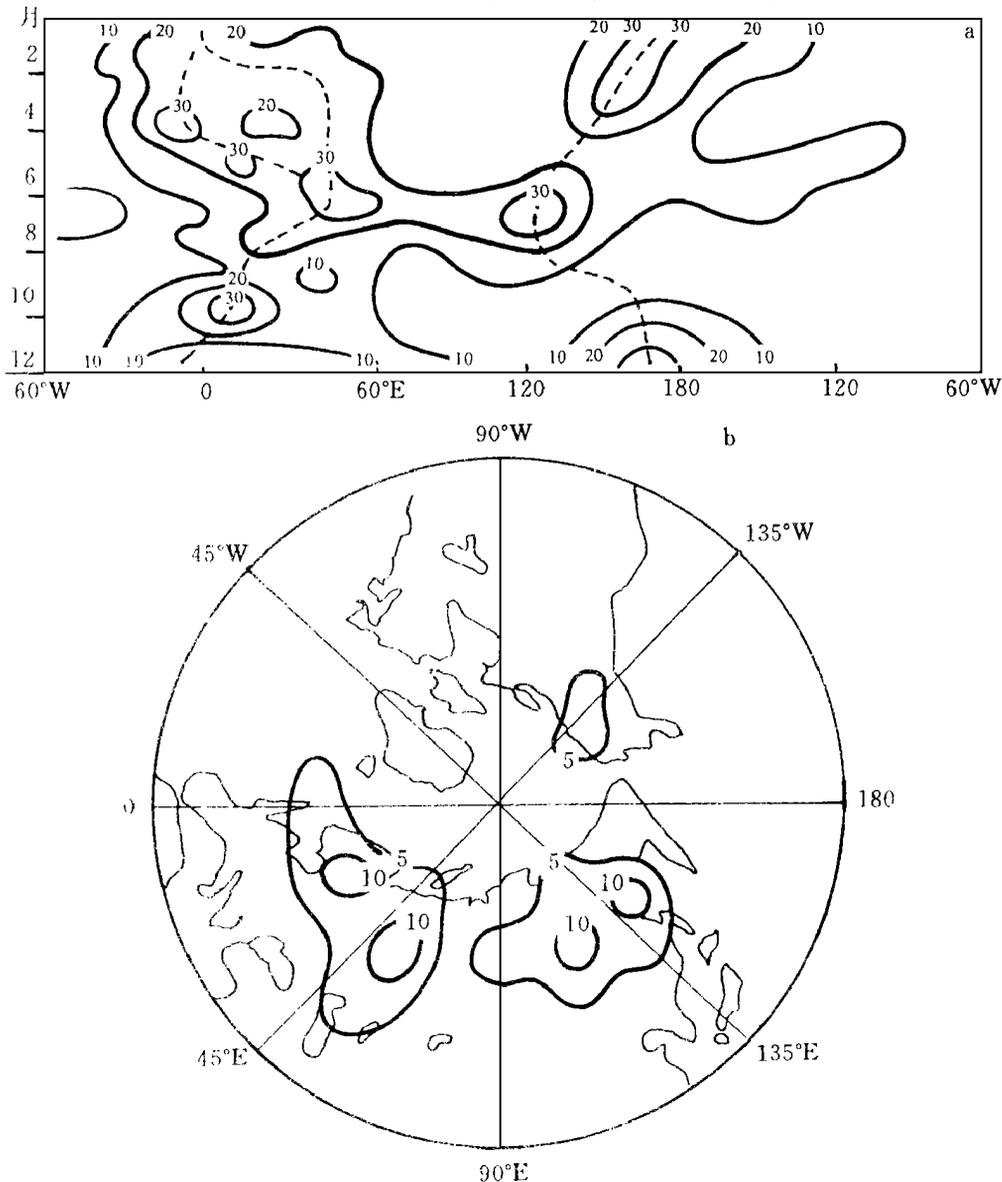


图 2 阻塞高压生成的月份-经度和夏季(6~8月)阻塞高压生成地区分布图

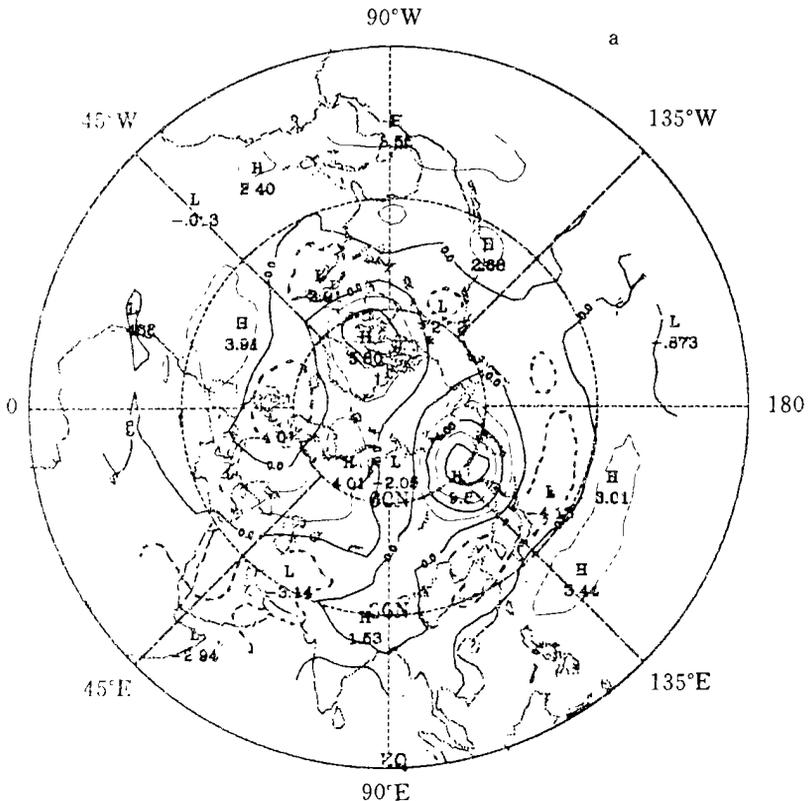
(a. 月份-经度分布; b. 生成地区分布)

和影响,这是东亚季风环流与印度季风环流在性质方面的一个主要差异,这表明东亚夏季环流及降水受中高纬度环流系统的影响较大。

3 夏季亚州中高纬度环流与东亚夏季环流的关系

北半球对流层 500 hPa 中高纬度位于西风带,其特征是西风基本气流上迭加着行星尺度的平均槽脊,冬季三槽三脊型,夏季四槽四脊型,大型天气过程演变时,中高纬度环流呈现为指数循环——纬向型与经向型或阻塞型转变。天气过程已表明:中高纬度环流形成阻塞后,常常能持续较长时间,冬季常给中纬度带来寒潮、暴雪等气候异常,夏季会造成冷夏、长梅雨和低温阴雨,可见阻塞形势是北半球中高纬度常见的异常环流型。

图 2a 给出根据 1965~1990 年共 26 a 的资料得到的北半球 500 hPa 沿 55°N 阻塞高压生成的月份-经度分布图(引自张培忠和杨素兰文*)。从图 2a 中可见,10~3 月的冬半年,存在两个大值中心,它们分别位于 10°E 和 170°E 附近,4~9 月的夏半年 2 个大值中心分别位于 50°E 和 140°E 附近,这说明北半球阻塞型生成的地区和季节是较固定的,即冬半年阻塞型易生成在东欧和中太平洋区域,夏半年特别是盛夏 6~8 月阻塞型多生成在乌拉尔山和鄂霍次克海地区。



* 个人通讯

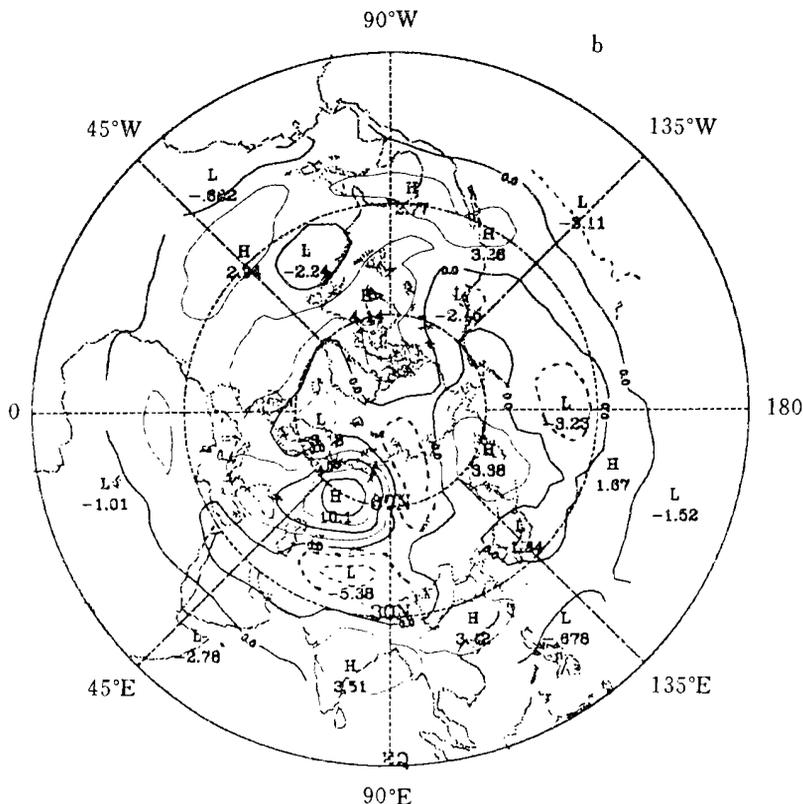


图 3 北半球相关形势图

(a. 以 60°N, 140°E (鄂霍次克海) 为基准点; b. 以 60°N, 60°E (乌拉尔山) 为基准点)

图 2b 是北半球 500 hPa 夏季 (6~8 月) 阻塞高压生成地区分布图 (引自张培忠和杨素兰文)。从图 2b 中清楚可见, 东半球的中高纬度乌拉尔山和鄂霍次克海区域是夏季阻塞高压生成地, 这进一步说明北半球夏季中高纬度的阻塞型主要发生在乌拉尔山和鄂霍次克海地区, 故这两个地区是北半球夏季中高纬度环流异常的关键区。

图 3a 给出以鄂霍次克海 (60°N, 140°E) 为基准点时北半球的相关图。计算是根据 1951~1994 年 7 月 500 hPa 高度网格点资料。从图 3a 中可见, 当鄂霍次克海为高值中心时, 显著的负相关区位于中国东部到日本东部的北太平洋中纬度区域, 其相关系数为 -0.41, (图中相关系数分别扩大 10 倍, 下同), 而低纬西太平洋以及中高纬的乌拉尔山区域分别为正相关区, 相关系数分别为 0.34 和 0.40, 可以看到, 在亚洲中高纬形成了东、西向 (纬向排列) 的 + - + 相关波列, 同时在东亚沿海地区也产生了一个南北向 (经向分布) 的 + - + 相关波列 (见图 3a)。反之, 当鄂霍次克海为低值中心时, 其相关区的符号变化呈相反分布, 这表明东亚东部的南、北向的相关波列以及亚洲中高纬东、西向的相关波列的形成与鄂霍次克海形势密切相关。

图 3b 给出以乌拉尔山为基准点时北半球的相关形势图。从图 3b 中可见, 当乌拉尔山为高压形势时, 青藏高原及其西部和西西伯利亚附近区域的形势呈现为低值区 (反相关),

相关系数分别为 -0.54 和 -0.38 ,而中高纬的鄂霍次克海区域是正相关区,相关系数为 0.37 ,这表明乌拉尔山地区为高压脊控制时,青藏高原及其西部的中纬度地区和西西伯利亚附近区域相应是低值区,鄂霍次克海是高值区,可以看到,亚洲地区的相关波列,一个位于亚洲中、高纬地区呈现为东、西向(纬向排列)的 $+ - +$ 相关波列,另一个是在亚洲西部呈现为南、北向(经向分布)的 $+ - +$ 相关波列(见图3b)。当乌拉尔山地区为低压形势时,其相关区符号的变化呈相反分布,青藏高原及其西部的中纬度地区以及西西伯利亚相应是高值区,鄂霍次克海相应是低值区,因此亚洲地区分别形成符号相反的 $- + -$ 相关波列,这表明亚洲西部的南、北向的相关波列以及亚洲中高纬东、西向的相关波列的形成与乌拉尔山地区形势密切相关。

综上可看出,乌拉尔山地区和鄂霍次克海区域的形势互为显著正相关。(在实际天气过程中,发现乌拉尔山附近的形势和鄂霍次克海附近的形势经常是相似的)。然而计算却表明:虽然二者存在正相关性,但它们各自对环流的影响是不完全相同。乌拉尔山地区的形势对西亚地区的环流产生直接影响(即相关系数最大),鄂霍次克海区域的形势主要对东亚地区的环流变化产生直接影响,这说明鄂霍次克海区域的形势对东亚夏季环流型的形成起着重要的作用。

4 东亚夏季环流型与江淮夏季降水的关系

图4给出1951~1994年长江中下游11站(南京,合肥,上海,杭州,安庆,屯溪,九江,武汉,钟祥,岳阳,宜昌)逐年6~8月降水量的标准偏差。从图4中可见,该区域降水存在十分明显年际变化,其降水量标准偏差超过 1.0σ 以上的年份有1954,1969,1980,1983和1991年,小于 -1.0σ 以上的年份有1959,1966,1967,1968,1972,1978和1985年。在这些年份里它们的降水百分率都分别大于30%或小于 -30% 以上,降水最多的年是1954年,其降水百分率达105%,降水最少的年是1978年,其降水百分率为 -45% 。显然1954年和1978年这两年是降水的极端年。下面用7月情况为代表,分别讨论夏季降水偏多年

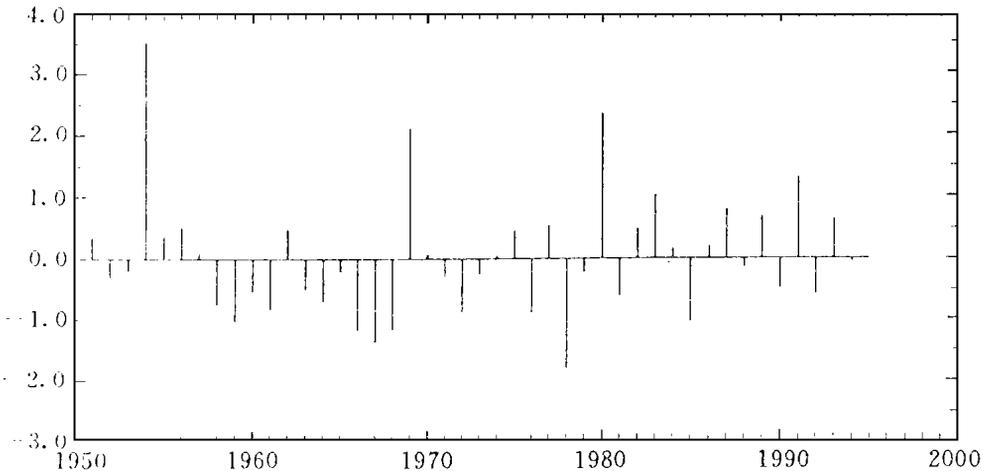
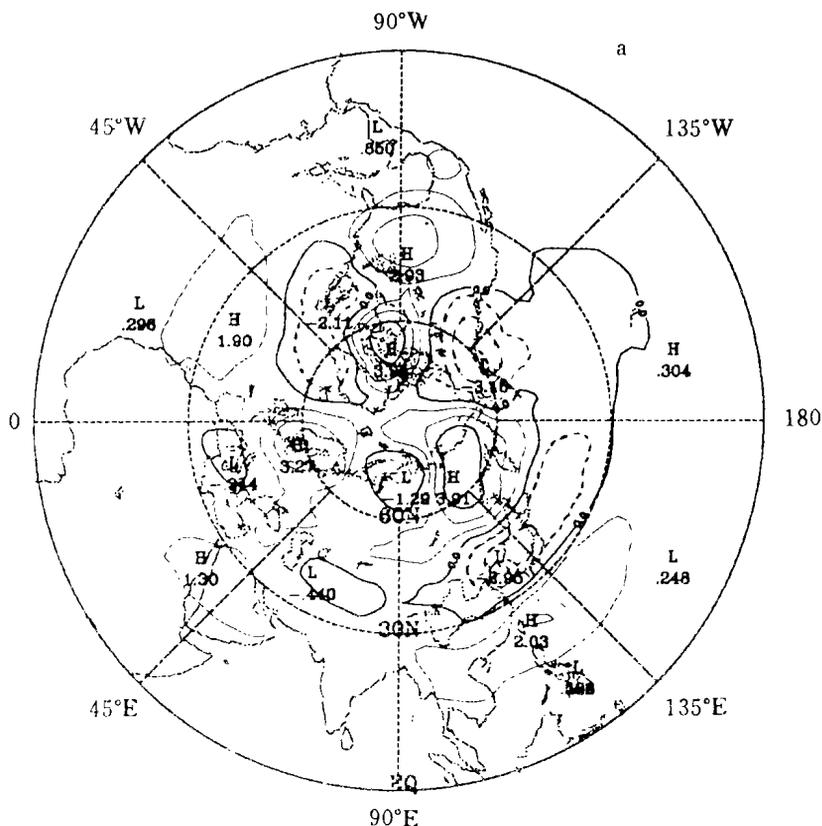


图4 1951~1994年长江中下游11站逐年6~8月降水量的变化

和偏少年以及降水极端年的东亚夏季环流特征。

图 5a 和图 5b 分别给出长江流域上述 5 个降水偏多年和 7 个偏少年平均的 7 月 500 hPa 高度距平图。从图 5a 中可见, 多雨年 500 hPa 高度距平场的形势是: 中高纬度的鄂霍次克海区域为最大的正距平中心, 中心值为 3.91 dagpm, 东亚和西太平洋的中纬度区域是负距平区, 中心位于朝鲜和日本南部, 中心值为 -2.95 dagpm, 南亚到低纬西太平洋区域是正距平区, 中心位于菲律宾群岛, 其中心值为 2.03 dagpm。这表明长江流域降水偏多年, 鄂霍次克海区域是高值区, 东亚中纬度是低压区, 而东亚低纬为高值区, 从 500 hPa 距平高度场上看, 亚洲中高纬度形成了东-西向(纬向排列)的+ - + 距平波列, 同时在东亚沿海地区也有一个南北向(经向分布)的+ - + 距平波列(见图 5a)。不难看出, 多雨年的这种距平场的分布状况与图 3a 的以鄂霍次克海区域为基准点的相关波列分布相似, 这说明长江流域夏季降水偏多时的环流形势与鄂霍次克海区域是高压中心密切相关。

图 5b 是 7 个少雨年的距平分布场, 从图 5b 中可见, 乌拉尔山和鄂霍次克海地区都是较大的负距平区, 其中心值分别为 -2.43 dagpm 和 -3.68 dagpm, 这表明东亚夏季降水偏少时, 中高纬度乌拉尔山和鄂霍次克海地区为低值区, 而东亚的中纬度地区处于高值区内, 500 hPa 的距平场上, 亚洲中高纬度形势形成了东-西向(纬向排列)的- + - 距平波列, 同时在东亚沿海地区也有一个南北向(经向分布)的- + - 距平波列。少雨年的这种



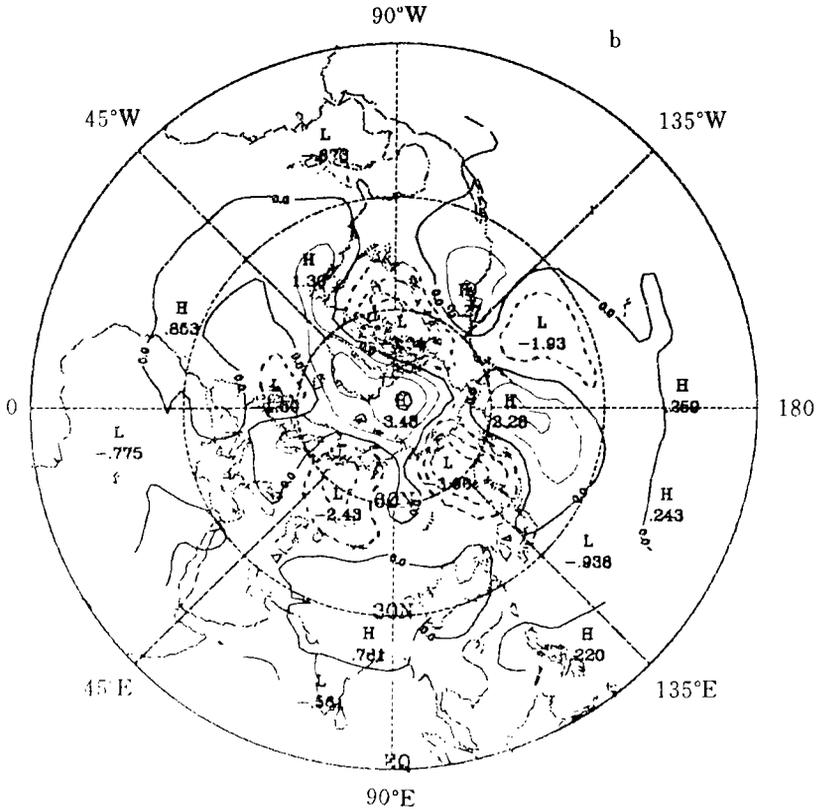


图 5 500 hPa 7 月平均高度距平

(a. 长江流域 5 个降水偏多年; b. 长江流域 7 个降水偏少年)

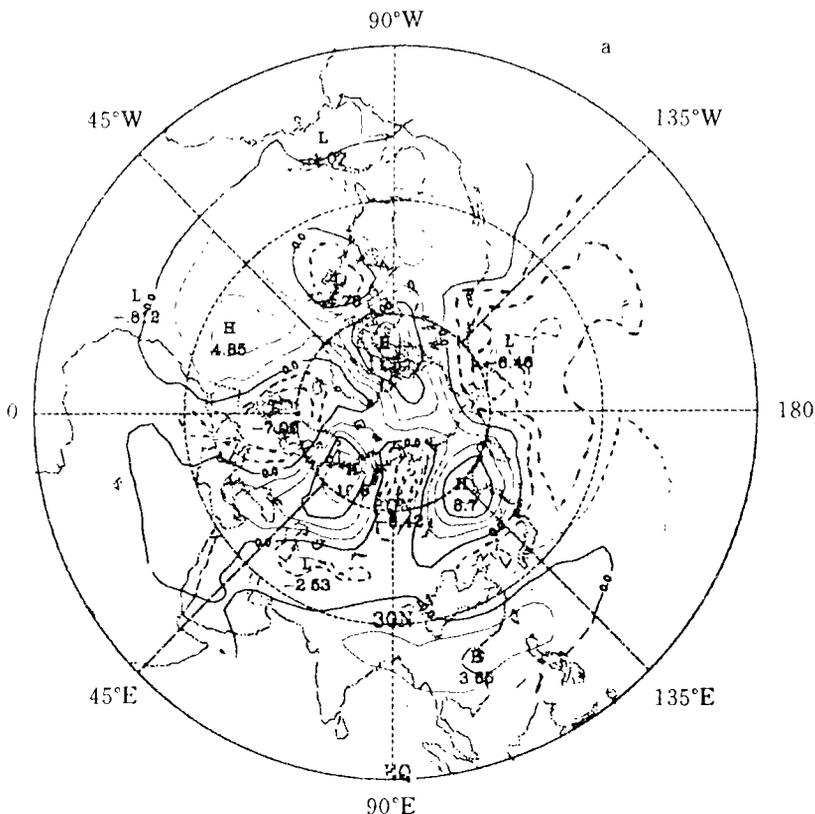
距平场的分布状况与图 3a, 3b 的相关波列分布相反, 不难看出, 东亚夏季降水偏少时的这种环流形势与中高纬度乌拉尔山和鄂霍次克海区域是低值区密切相关。

另外, 进一步探讨降水极端年东亚夏季环流型的分布。图 6a 和 6b 分别给出 1954 和 1978 年 7 月 500 hPa 高度距平分布图。从图 6a 中可见, 1954 年 7 月 500 hPa 中高纬形势特点: 乌拉尔山和鄂霍次克海分别是两个正距平区, 其中心值为 10.6 和 8.2 dagpm, 在这两个强大的高压中心之间是低值区, 其中心值为 -6.42 dagpm。中国大陆的中纬度带及中太平洋范围为宽广的低值区。从南亚到低纬西太平洋范围内为正距平区。盛夏 500 hPa 亚洲形势: 乌拉尔山和鄂霍次克海为高压脊区, 中纬度是宽广的低值区并与乌拉尔山和鄂霍次克海高压之间的深槽相连接, 低纬西太平洋副热带高压中心位于南海。中高纬度乌拉尔山和鄂霍次克海之间呈现出 + - + 的距平波列分布, 东亚东部的低纬到高纬为南北向 + - + 距平波列分布, (南海为正距平中心, 中纬度为负距平中心, 鄂霍次克海为正中心)。这与梅雨期降水偏多时的 500 hPa 高度场的距平形势一致, 这正如第 3 节的计算所表明, 东亚夏季这种形势场的出现与鄂霍次克海是高值区的形势密切相关。

图 6b 给出 1978 年 7 月 500 hPa 距平分布图, 从图 6b 中可见, 乌拉尔山和鄂霍次克

海区域是负距平区,其距平中心值分别为- 5.6 和- 7.8 dagpm。西太平洋上的中纬度范围是正距平区,低纬西太平洋为负距平区。在中高纬度乌拉尔山和鄂霍次克海之间的距平场呈现为- + - 波列。在东亚东部的西太平洋上,从低纬到高纬为一个南北向的- + - 距平波列,这与梅雨期降水偏多时的 500 hPa 高度场的距平形势相反,这种形势场的出现与鄂霍次克海是低值区的形势密切相关。

综上可看出,东亚夏季降水偏多或偏少的环流型与东亚南、北向和东、西向两支波列排列的形式密切相关,当高压形势维持在乌拉尔山和鄂霍次克海附近时,从乌拉尔山到鄂霍次克海区域常常形成东、西向排列的+ - + 的波列分布,东亚东部区域从低纬到高纬也形成一个南北向排列的+ - + 波列分布,这是东亚夏季梅雨期降水偏多时的环流型;当低压区维持在鄂霍次克海和乌拉尔山附近时,中高纬度乌拉尔山和鄂霍次克海之间呈现为东、西向的- + - 的形势,而在中纬常常是高值区,故在东亚东部,从低纬到高纬就形成一个南北向的- + - 形势场,这是东亚夏季梅雨偏少的环流型,这表明东亚夏季降水环流型受两支波列(东亚东部南、北向和亚洲中高纬度东、西向两支波列)共同作用的影响,从图 3a 可见,这两支波列的分布形式与以鄂霍次克海为基准点时得到的相关场一致(见图 3a)。另外从干旱年或洪涝年距平分布图(图 5a, 5b)的变化看,绝对值最大的距平中心都出现在乌拉尔山和鄂霍次克海区域,这表明中高纬度乌拉尔山和鄂霍次克海区域的形势对东亚夏季环流型的形成以及两支波列排列的形式对中国东部夏季梅雨期降水的多、少



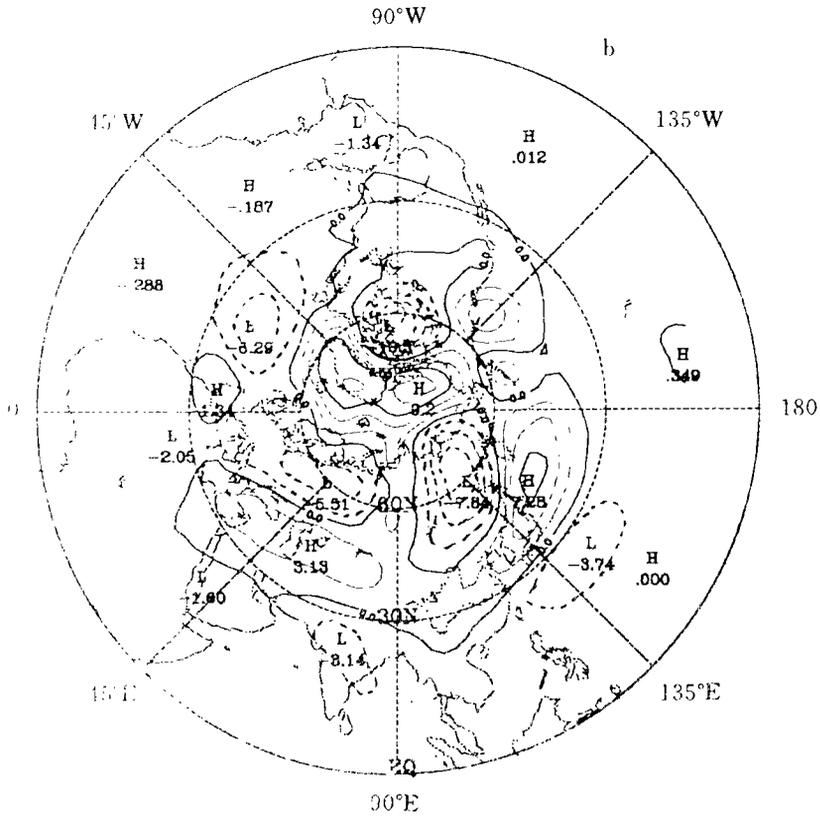


图 6 500 hPa 距平分布图

(a. 1954 年 7 月; b. 1978 年 7 月)

确实起着十分重要的作用。

5 东亚中高纬阻塞型与异常的梅雨

如前所述(见图 2b), 夏半年特别是夏季 6~8 月在乌拉尔山和鄂霍次克海地区易出现阻塞形势, 为了清楚看出中高纬度阻塞形势对东亚夏季环流形势的形成及中国东部夏季梅雨期降水的作用。图 7a 和 7b 分别给出 1991 年 7 月 500 hPa 距平值及距平值大于、等于 15 gpm 的日数的百分率。(计算需要逐日 500 hPa 高度场格点值的资料, 这里仅有 1991 年的逐日资料)。从图 7a 中可见, 1991 年 7 月, 鄂霍次克海区域为正距平区, 东亚和西太平洋的中纬度地区是负距平区, 低纬西太平洋地区是正距平区, 东亚东部的距平场呈南北向的+ - + 的距平波列分布, 正如上节所述, 这是东亚夏季梅雨期降水偏多时的环流型(1991 年其降水标准偏差在 1.0σ 以上)。那么这种形势究竟持续了多久? 图 7b 给出的是根据 1991 年 7 月逐日 500 hPa 高度场格点值的计算结果, 可以看到高纬和低纬这两个正距平区其大于或等于 15 gpm 的日数的百分率都在 80% 以上, 也就是说, 鄂霍次克海高压和西太平洋副热带高压在 7 月份都相对稳定了 25 d 以上, 由于高纬鄂霍次克海高压的

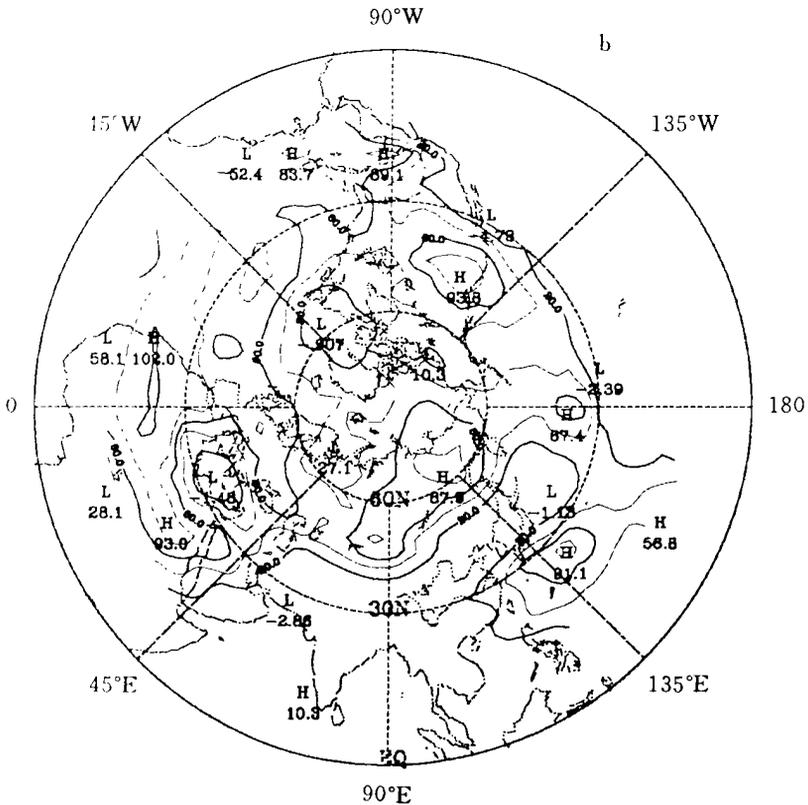


图7 1991年7月500 hPa距平场及距平值 15 gpm 的日数的百分率
(a. 距平场; b. 距平值 15 gpm 的日数的百分率)

季风环流的形势对梅雨期降水的影响时,要特别注意中高纬度鄂霍次克海形势的变化。这说明夏季东亚季风环流和印度季风环流及其降水性质的最主要的差异之一是:东亚夏季季风环流受中高纬度环流影响很大。

参考文献

- 1 Tao Shiyun, et al. A review of recent research on the East Asian summer monsoon in China. Review of Monsoon Meteorology. UK: Oxford University Press, 1987. 353pp
- 2 Ding Yihui. Monsoons over China. Atmospheric Sciences Library. Holland: Kluwer Academic Publishers, 1994. 1 ~ 87, 174 ~ 240
- 3 Zhu Qiangen, et al. A study of circulation differences between East-Asian and Indian summer monsoon with their interaction. Adv Atmos Sci. 1986, 3: 466 ~ 477
- 4 黄土松等. 论东亚季风体系的结构. 气象科学, 1987, 7: 1 ~ 16
- 5 陈隆勋. 东亚季风系统的结构及其中期变动. 海洋学报, 1984, 6: 744 ~ 758
- 6 朱乾根等. 夏季亚洲季风槽的断裂过程及其结构特征. 热带气象, 1987, 3: 1 ~ 8
- 7 何金海. 亚洲季风圈剖面内准 40 天周期振荡的环流结构及其演变. 热带气象, 1988, 4: 116 ~ 125
- 8 丁一汇等. 北半球夏季全球热带和副热带 200 hPa 平均辐散流场的研究. 气象学报, 1987, 45(1): 120 ~ 127
- 9 金祖辉等. 夏季东亚季风环流系统的中期变化及印度季风系统的相互关系. 见: 全国热带夏季风学术会议论文集.

昆明: 云南人民出版社, 1982. 204 ~ 215

10 陶诗言等. 论梅雨的年际变异. 大气科学(特刊), 1988, 13 ~ 21

11 林本达. 我国东部地区夏季风雨带进退规律的进一步研究. 见: 气象科学技术集刊(10). 北京: 气象出版社, 1987. 24 ~ 31

12 郭其蕴等. 中国与印度夏季风降水的比较研究. 热带气象, 1988, 4: 53 ~ 60

13 郭其蕴等. 东亚夏季风的变化与中国降水. 热带气象, 1985, 1: 44 ~ 51

INFLUENCE OF ASIAN MID-HIGH LATITUDE CIRCULATION ON EAST ASIAN SUMMER RAINFALL

Zhang Qingyun Tao Shiyan

(*Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100080*)

Abstract

In the paper, It had been pointed out that the main difference between Indian and East Asian summer monsoon is the circulation of mid-high latitude had great influence on East Asian Summer monsoon.

The study showed that during the flood years, the center of positive anomaly is around Okhotsk sea, the negative center is around the mid-latitude and the another center of positive anomaly is around low-latitude over East-Asia, the positive and negative anomaly centers at 500 hPa level formed the anomaly wave train from low latitude to high latitude over east Asia, At the same time there is another anomaly wave train from Ural mountains to Okhotsk sea in mid-high latitude, the positive anomaly center is around Ural mountains, the negative center is around Lake Baikal, the another positive center is around Okhotsk sea. There is almost opposite wave train arrangement between flood and drought case of Changjiang river basin over Mid-high latitude and East Asia. The correlation between Okhotsk sea and North Hemisphere had been made based on 500 hPa height data during 1951 ~ 1994 years. The status of Okhotsk sea played an important role in the forming of opposite wave trains for flood and drought case in Changjiang river basin. So, the patterns of anomaly wave trains closely related to the status of Okhotsk sea. A strong persistent anticyclone remained over the Okhotsk sea at 500 hPa level often causes summer flood events in Changjiang river basin.

Key words: The circulation of mid-high latitude, Amonaly wave trains over East Asia, Circulation patterns of summer rainfall.