

1998年夏季长江流域梅雨期 环流演变特殊性探讨^{*}

孙建华 赵思雄

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

摘要 利用1998年南海季风试验(SCSMEX)和华南暴雨试验(HUAMEX)的同化资料和2001年“973”中国暴雨试验(CHeRES)的T106背景场资料,对1998、2001年夏季6~7月环流和降水的分析表明:(1)1998年中高纬度双阻形势有利于冷空气南下,对“二度梅”的形成有重要作用;2001年副高偏东,中纬度槽脊的位置与典型梅雨相反,没有形成典型的梅雨。(2)东亚沿岸大槽的形成以及相应西风急流的南移、东伸和北风(冷空气)的南进,对“二度梅”开始时副高的突然南压有重要作用,这些因子可以作为1998年7月下旬“二度梅”形成的前期预报因子。(3)对降水与夏季风关系的分析表明,季风的短期变化与雨带的进退和维持有密切关系,特别是 $20\sim 30^{\circ}\text{N}$ 较大范围的低空急流对梅雨锋降水有重要作用;1998年梅雨期风速和湿度场有明显的日变化,且与强对流系统发生的时间一致。(4)对历史上“长梅”和“二度梅”年情况进行了分析,并将1998年的环流与1950年以来造成严重洪涝灾害的“长梅”和“二度梅”的环流作了对比,再次确认这几次梅雨期的中高纬度均为双阻或单阻形势,而1954、1980、1991年的副高为带状;1954、1980年副热带高压属于西进稳定型,1991、1998年分别属于南退北跳型及北跳南退型,但最后经调整使副高停留在长江以南,均有利于梅雨期降水。

关键词: 夏季风; 日变化; 梅雨

1 引言

梅雨是东亚和我国长江流域夏季常见的降水天气,一般出现在初夏,其雨期长、雨量大。1998年夏季,我国长江流域发生了自1954年以来的全流域性的特大洪水,其汛期降水比常年增多 $1\sim 1.5$ 倍,造成这次特大洪涝的直接原因是亚洲夏季环流形势的异常。1998年长达一个月的梅雨期分为两段:第1段是6月12日~7月3日,第2段是7月20~30日(“二度梅”),中间有16天是中断期,其中“二度梅”出现在“不该出现”的阶段(该阶段平均梅雨期应结束,华北雨季开始),造成了7月下旬长江流域的特大洪涝灾害。但梅雨期的降水,尤其是暴雨的研究与预报涉及到多种尺度的系统以及它们之间的相互作用。突发性暴雨多与中小尺度系统的强烈活动有关,而持续性

2002-01-28收到,2003-02-22收到第三次修改稿

^{*}国家重点基础研究发展规划项目“我国重大灾害天气机理和预测理论研究”(G1998040900)、中国科学院大气物理研究所知识创新工程(二期)以及中国和欧盟合作项目(ANFAS)共同资助

暴雨多与有利的环流和天气系统的稳定少动有关。我们注意到, 1998年长江流域的暴雨, 既具有突发性, 又具有持续性。对于其突发性, 尤其是“二度梅”暴雨的发生, 已有一些研究成果^[1,2], 对于持续性也进行了一些研究^[1,3]。然而, 在这两个月的时间里, 其环流状况也在不断变化, 本文正是要探讨这种环流变化的特殊性, 尤其要讨论“二度梅”这一特殊阶段中, 环流短期变化的可能影响。另外, 2001年“973”中国暴雨试验(ChERES)于6月10日至7月20日在长江中下游地区实施, 但2001年属于梅雨不明显的年份, 虽然中央台定义的梅雨期为6月17~26日, 但典型梅雨形势基本未建立。本文将利用此次试验资料分析这种梅雨不典型(少梅)年份的环流演变, 并与典型“长梅”和“二度梅”年进行对比。

1998年“二度梅”期间, 降水区基本沿长江流域呈带状分布。长江流域的大部分地区降水量有90~300 mm, 局部地区超过600 mm, 比常年同期偏多1~5倍。特别值得注意的是, “二度梅”开始前副高突然南撤, 导致雨带也突然南退。另外, 在“二度梅”开始时, 即21日凌晨, 武汉有一场罕见的特大暴雨, 降水量达280 mm, 汉阳地区达438 mm, 降水强度为有历史记录以来最大的一次。这次梅雨的开始是一种突发过程, 且梅雨开始后立即形成非常强的对流降水, 因此, 对这次过程进行研究, 不仅对研究特大暴雨的形成机理有重要作用, 而且对实际的天气预报也有非常重要的作用。

陶诗言等^[1,2]对1998年的大尺度环流形势作了分析, 认为这次“二度梅”暴雨的发生是大尺度环流异常所致。赵思雄等^[3]对1998年“二度梅”的分析认为, 夏季风偏弱, 前沿停留在长江流域, 中高纬度(45~70°N)两脊一槽的形势有利于冷空气南下, 冷空气与暖湿气流在长江流域形成切变线。本文将对1998、2001年的环流演变作较详细的分析, 并与典型的“长梅”、“二度梅”的环流形势对比, 研究造成梅雨期偏长、降水偏多的可能机制。另外, 本文也企图从历史上众多的“长梅”和“二度梅”个例中找出一些异同点。

2 资料

1998年中国进行了南海季风试验(SCSMEX)和华南暴雨试验(HUAMEX), 获得了大量中国南部和南海地区的资料, 广州区域中心同化了试验期间的资料。本文利用其中每6 h一次 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 格点同化资料来研究1998年6~7月份环流的演变特征, 以及夏季风短期变化对长江流域梅雨和中尺度对流系统的影响。但南海季风试验资料的覆盖范围有限(70~150°E, 10°S~40°N), 在研究中高纬度环流形势时, 采用NCEP的再分析 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 资料; 对2001年夏季降水和环流的分析采用“973”中国暴雨试验提供的雨量和T106背景场资料。为方便叙述, 本文中的时间均采用世界时。

3 1998、2001年夏季(6~7月)的环流形势演变

3.1 雨带的分布

1998年夏季6~7月的雨带演变主要分为4个阶段: 第1阶段(6月1~11日)雨带位于华南地区; 第2阶段(6月12日~7月3日)为第1段梅雨; 第3阶段(7月4

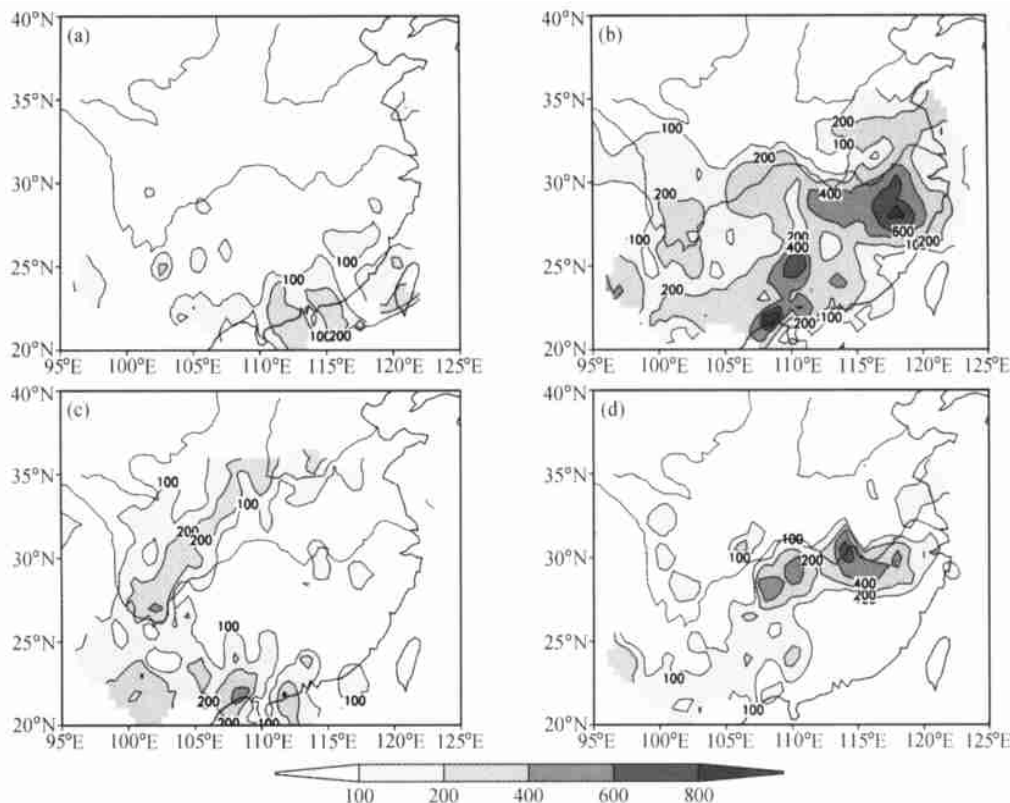


图 1 1998 年 6~7 月各阶段的总降水量 (单位: mm)

(a) 6 月 1~11 日; (b) 6 月 12 日~7 月 3 日; (c) 7 月 4~19 日; (d) 7 月 20~30 日

~19 日) 为梅雨的间歇期; 第 4 阶段 (7 月 20~30 日) 为第 2 段梅雨。图 1 为以上各阶段的总降水量。第 1 阶段雨带位于华南地区, 但降水并不是太强, 只在沿海地区有 200 mm 以上的降水区 (图 1a)。梅雨中断期长江的中下游地区基本没有降水, 出现了最高气温大于或等于 35 的盛夏高温天气, 在长江的上游和华南地区有较强的降水, 黄河流域也出现了较弱的降水 (图 1c)。第 1 段梅雨主要的降水中心位于长江中下游以及长江以南地区, 有大范围的 400 mm 以上的降水中心, 在江西、福建和浙江几省的交界处有 600 mm 的降水中心, 该阶段在广西局部地区也有 400 mm 以上的强降水中心 (图 1b)。第 2 段梅雨与第 1 段梅雨相比, 降水的范围要小的多, 主要的雨带位于长江中下游地区的 28~31°N 范围内, 但强度较强, 其中以湖北的降水最强, 超过 600 mm (图 1d), “二度梅” 的主要降水集中在 7 月 20~25 日。

2001 年试验期 (6 月 10 日~7 月 20 日) 相当于平均的梅雨期, 长江下游的入海口地区总降雨量超过 400 mm, 最高达到 1 000 mm (图 2), 主要是由于台风及其外围云系造成; 长江流域其他地区降雨量都在 400 mm 以下; 最强的降雨在华南地区, 其中两广的沿海地区达 1 000 mm 以上, 主要也是登陆台风的降水。

3.2 各阶段的平均环流形势

首先分析 1998 年 6~7 月环流形势的演变 (图 3)。对流层低层 850 hPa 上, 除了第 1 阶段外, 中国西南地区至孟加拉湾 (105°E 附近) 有一个较深的低槽维持 (图 3b、c、d);

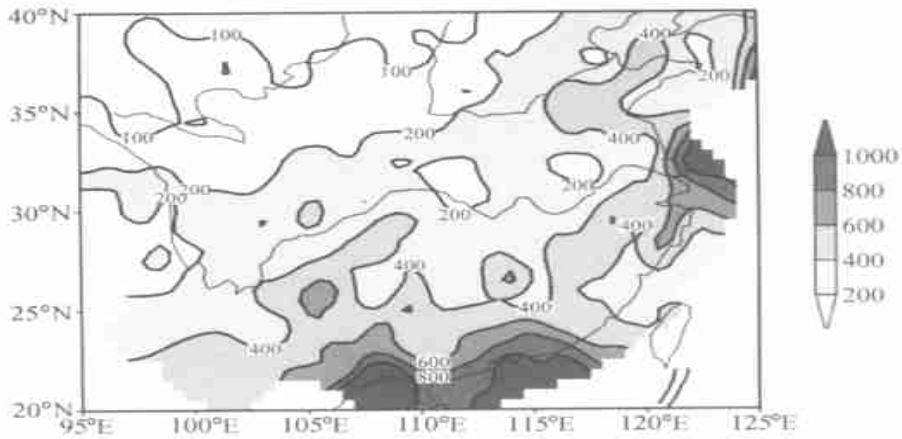


图2 2001年6月10日~7月20日的总降水量(单位: mm)

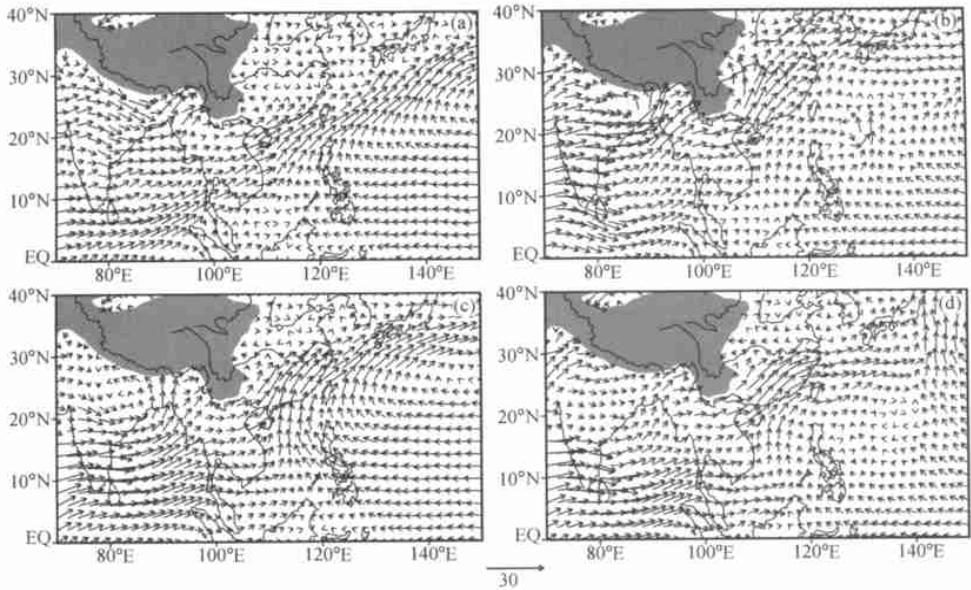


图3 1998年6~7月各阶段的850 hPa风场(单位: m s^{-1})

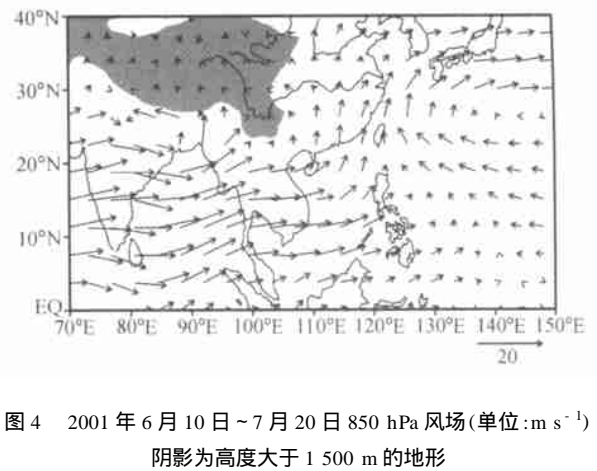
(a) 6月1~11日; (b) 6月12~7月3日; (c) 7月4~19日; (d) 7月20~30日

阴影为高度大于1500 m的地形

第2和第4阶段由于副热带高压北缘位于 28°N 左右,低纬西南风正好到达长江中下游地区(图3b、d);而第3阶段由于副热带高压北抬,位置偏北,使低纬西南气流推进到达长江以北的黄淮地区(图3c)。第2到第4阶段由于副高偏西,其西侧的西南气流活跃,造成长江上游地区从6月中旬至7月下旬降水较多(图1b、c、d)。第4阶段最显著的特征是在长江中游地区有一个低压环流存在,平均场上也可以看到此扰动的存在,表明这段时期长江中游地区多中尺度扰动活动,造成长江中游地区较强的降水。

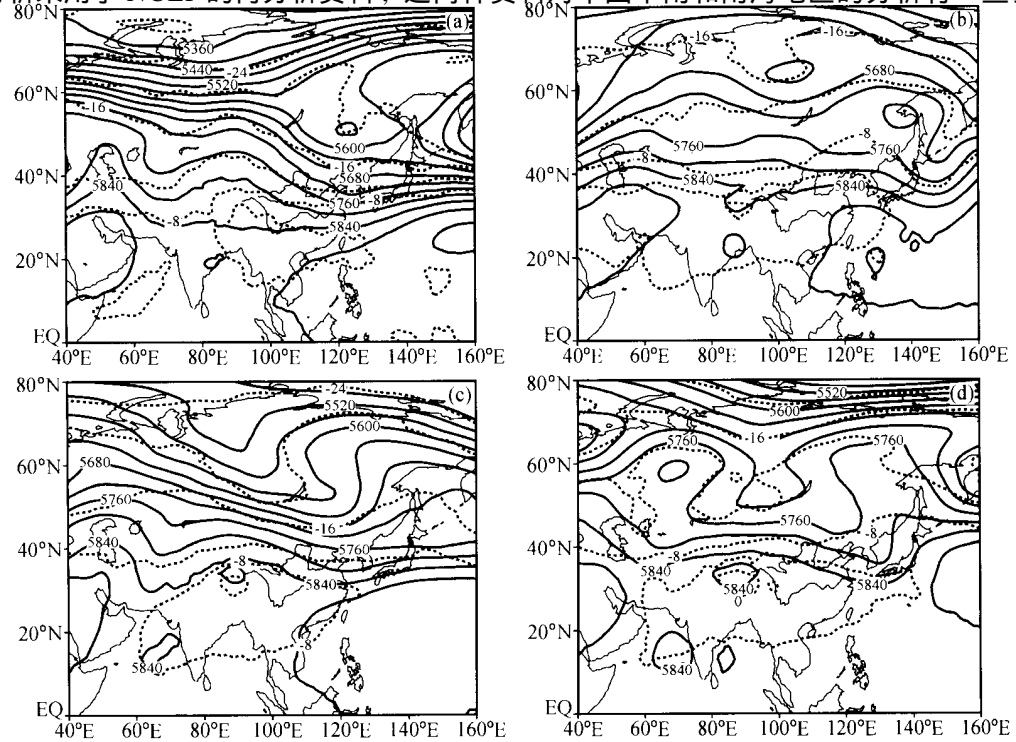
1998年的梅雨期,6月低层西南风到达长江流域,印度季风槽的西风在南海转为南风,7月以后,从太平洋来的副高南侧东风气流也在南海转向为南风,与前一支南风合并使到达中国南部的西南风增强。2001年梅雨期季风虽然达到了长江流域(图4),

但由于副高偏东，只有印度季风槽的西风在南海转为南风向北输送到长江流域，而副高西侧的东风气流较弱且没有到达南海。Kato^[4]研究 1979 年夏季环流时认为，“西风季风”和“南风季风”是不同的系统，“西风季风”是从孟加拉湾穿过中南半岛到达南海的赤道辐合带活动地区，与东风气流在南海辐合，并没有直接输送水汽到梅雨锋区。然而，1998 年 6~7 月从孟加拉湾来的“西风季风”气流穿过中



中国南部与从南海来的偏南气流汇合。因此，除了南海季风对暖湿气流的输送外，似乎南亚季风也能将一些孟加拉湾的水汽直接输送到东亚大陆。2001 年由于副高偏东，没有出现东风气流在南海与“西风季风”辐合。因此，1998、2001 年的情况与 Kato^[4]所分析的 1979 年的例子有些不同。

由于 1998 年南海季风试验只有 40°N 以南的同化资料，中层形势场 500 hPa (图 5) 分析采用了 NCEP 的再分析资料，这两种资料对中国华南和南海地区的分析有一些差



别。南海季风资料分析的第4阶段副热带高压分裂,主体位于西太平洋上,在南海和华南南部地区还有一个小高压,而NCEP资料只能分析出海上副高主体的5880线。其他阶段两种资料分析相似。由于广州区域中心同化资料利用了更多的中国南部加密观测,因此,我们认为对于华南和南海地区的分析,南海季风试验资料的可信度更高。第1阶段5880线到达华南沿海;第2阶段强大的副高主体已经北伸到 25°N ,5880线西伸到 105°E 以西;第3阶段副热带高压控制华南和长江中下游地区,梅雨中断;第4阶段副高又回落到 25°N 左右。1998年6~7月的大部分时间500 hPa的副高比常年偏西,5880线西伸到 110°E 甚至 105°E 以西,有利于长江上游地区降水的产生。

对比1998年两段梅雨期的中高纬度地区平均环流,其差别较大,第1段梅雨期的亚洲中高纬度地区平均呈纬向环流(图5b),而第2段梅雨期则是典型的双阻型(图5d)。逐日的分析表明,在第1段梅雨期开始时(6月12~22日),中高纬度地区为双阻形势;乌拉尔阻高稳定而强大,使来自极地的冷空气沿高压脊前的西北气流东移南下;鄂霍次克海阻高的存在阻挡了冷空气的东移,使其滞留在贝加尔湖的槽区;而第1段梅雨期的后期环流较平直。第2段梅雨期的平均场则出现了典型的梅雨期双阻型环流,一个阻高在鄂霍次克海地区,另一个在乌拉尔附近 $50\sim 80^{\circ}\text{E}$ 之间,两阻高之间为宽广的低压槽;中纬度地区($35\sim 45^{\circ}\text{N}$)高原北侧到日本有一低槽,有利于引导冷空气南下。因此,虽然第1段梅雨期的平均环流双阻形势不显著,但其前期仍有明显的双阻型,与第2段梅雨期的双阻形势相似。

2001年梅雨期的500 hPa环流(图6)与1998年显著不同,贝加尔湖地区是高压脊而 $60\sim 80^{\circ}\text{E}$ 的乌拉尔地区为槽,这种槽脊的分布与典型的梅雨环流相反,不利于冷空气南下到达长江流域。西太平洋副高明显偏东,5880线位于 120°E 以东,未伸到大陆上。由此看到,2001年的梅雨期除了中高纬度的槽脊位置与1998年的典型梅雨相反外,副高的偏东也不利于水汽的输送,使梅雨锋未能建立,只有几次西风槽和登陆台风造成的降雨过程。

图6 2001年6月10日~7月20日500 hPa形势场
实线:高度场,虚线:温度场

3.3 1998年“二度梅”开始时的环流变化

1998年7月20日前后环流形势有一个变化过程,最重要的特征是副热带高压的突然南撤。19日副热带高压控制整个长江以南地区,5880线在 30°N 左右(图7),而20日副热带高压只控制华南沿海地区,因此,雨带也从黄淮南退到长江流域。而常年该阶段副高应该北跳,雨带在北方地区。1998年7月下旬副高为什么偏南?庄世宇等¹⁾认为潜热加热的异常变化与1998年7月中下旬西太平洋副高异常有非常密切的关系,

1) 庄世宇、赵声蓉、姚明明, 98汛期西太平洋副高异常变化诊断分析, 1998年特大暴雨(洪涝)学术研究会论文摘要汇编, 中国气象局, 中国气象学会, 1999, 95~97.

尤其是南海地区的潜热加热持续偏弱可能是西太平洋副高位置异常的一个重要原因。然而，从副高的演变看，1998 年“二度梅”的建立是一次突变过程，潜热加热持续偏弱可以解释副高维持偏南，但很难解释副高突然南退的突变过程。然而，中低纬度环流是相互影响的，中高纬度环流的调整可能会影响副高的调整，下面我们对中高纬度环流的演变进行探讨。

对 7 月 20 日前后 500 Pa 环流的逐日分析发现，“二度梅”开始前是中高纬度双阻形势建立的过程，两阻高之间，从西伯利亚到中国东北是西北 - 东南走向的深槽。

从 6、7 月 850 Pa 中纬度西风气流和北风南进的程度看（图 8），两度梅雨期均有较强的高空偏西、偏北气流配合。西风从 6 月初到 7 月中旬是逐渐北退的，而 7 月 15 日以后又开始南进，7 月 15 ~ 25 日 4 m s^{-1} 等值线在 20°N 左右，相应的北风分量也达到 30°N 左右，与第一段梅雨期相似。由中高纬度形势场和风场的演变看，西风急流的南移

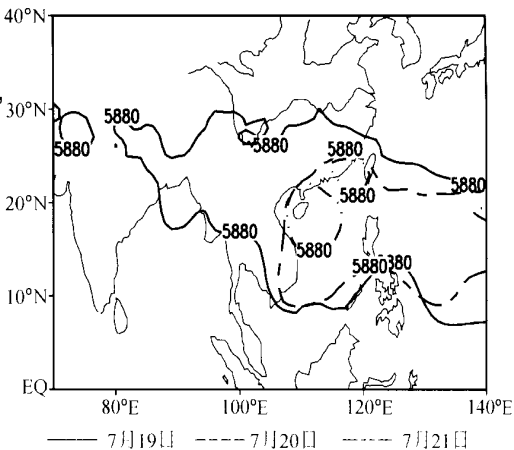


图 7 1998 年 7 月 19 ~ 21 日副热带高压 5880 线的演变

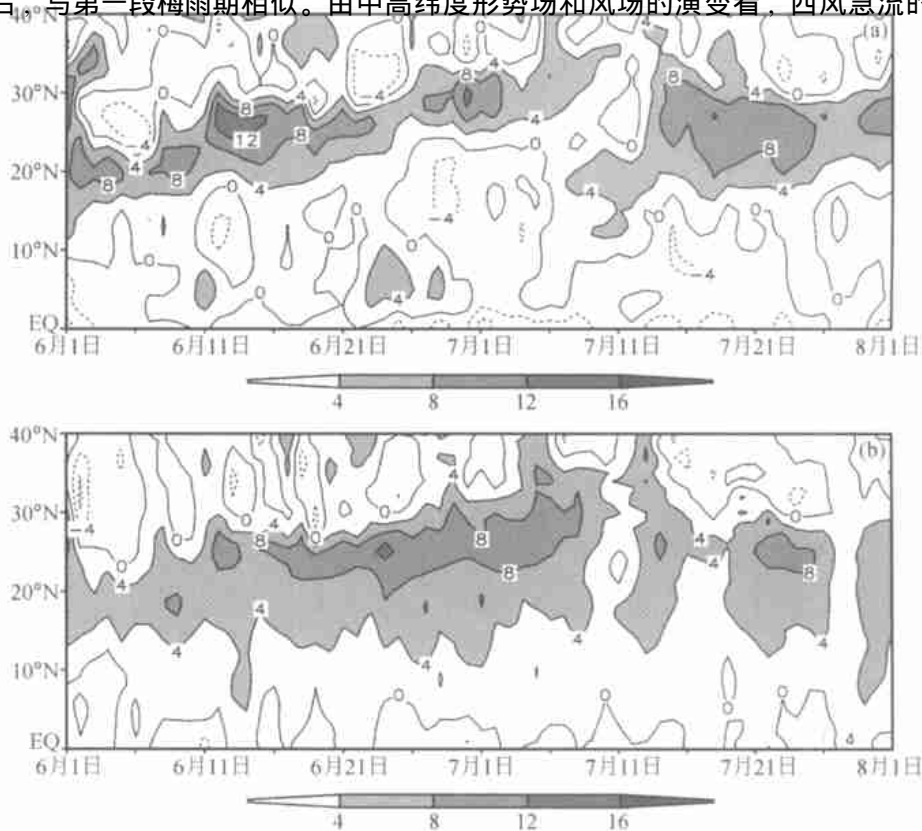


图 8 1998 年 6 月 1 日 ~ 7 月 30 日 850 hPa $110 \sim 120^\circ\text{E}$ 平均风场随时间的变化（单位： m s^{-1} ）

(a) 纬向风 (U)；(b) 经向风 (V)

以及北风（活跃的冷空气）的南进可能使副高在 7 月 20 日突然从江南退到华南。而此次过程中纬度风场的变化，是由于中高纬度地区从西伯利亚到东北的低槽和切断低压的发展造成的（图略）。过去的研究结果也表明，梅雨期副高南压、断裂的主要原因是锋面气旋出海后加深，500 hPa 出现沿海低槽^[5]。而西风急流随着沿岸低槽的建立，也有东伸的过程，200 hPa 急流也向东南移动。长江中下游地区在 19 日还位于高空急流出口区南侧，到 21 日则位于高空急流入口区南侧（图略），高空急流入口区南侧的上升气流不利于副高的维持。因此，我们认为东亚沿岸大槽的形成以及相应西风急流的南移、东伸和北风（冷空气）的南进，对“二度梅”开始时副高的突然南压有重要的作用。

对比 2001 年少梅年的中纬度风场演变（图 9），6 月 16 日以后 8 m s^{-1} 以上西风气流未出现在 $15 \sim 30^\circ \text{N}$ 地区，6 月下旬到 7 月上旬甚至出现了东风气流；进一步分析表明，东风气流为台风北侧的气流。南海地区的西风气流比 1998 年强，即从孟加拉湾穿过中南半岛的西风气流较强，因而，使南海地区对流活跃，生成台风较常年偏多，但不利于梅雨形成。

综上所述，如果中期数值预报能较准确地预测中高纬度地区环流的变化，就有可能预报出 1998 年“二度梅”的开始及其降雨。

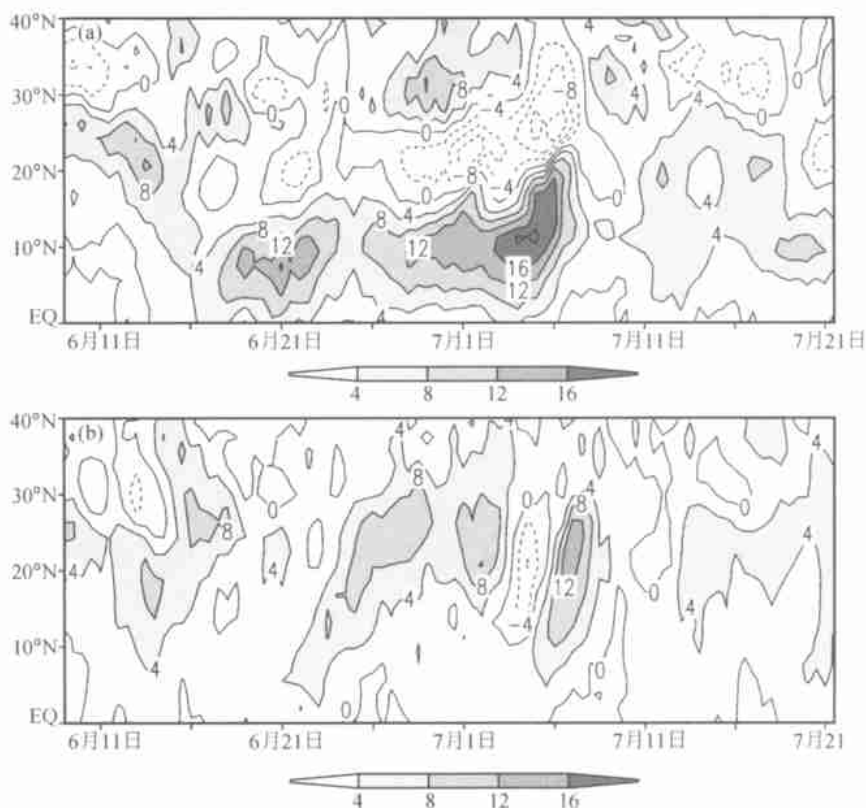


图 9 2001 年 6 月 10 日~7 月 20 日 850 hPa $110 \sim 120^\circ \text{E}$ 平均风场随时间的变化 (单位: m s^{-1})

(a) 纬向风 (U); (b) 经向风 (V)

4 季风的短期变化对长江流域梅雨锋降水的影响

季风对梅雨的形成有非常重要的作用，雨带的变化与季风密切相关。然而，1998 年的梅雨期分为两个阶段，两段梅雨的强弱也有变化，降水为什么会有这些变化，原因是什么？关于低层风场与暴雨发生的关系已有很多研究^[6]，本文只分析 1998 年 6~7 月夏季风的短期演变与梅雨锋雨带及其产生对流系统的关系，并与 2001 年的夏季风演变作对比分析。

图 10a 为 1998 年沿 110~120°E 的平均低空风速分布。6 月 12 日在 850 hPa 22~28°N 纬度带内出现 12 m s^{-1} 以上的急流，梅雨开始；6 月 28 日季风进一步向北推进了大约 2~3 个纬度；6 月 28~7 月 2 日雨带位于淮河流域（图 10b），正好与第 1 段江淮流域的梅雨期相对应。7 月 4 日以后西南低空急流消失，江淮流域的大范围降水中断。7 月 14 日以后又开始有西南低空急流出现，长江流域开始有较弱的降水产生；但直到 20 日以后急流才加强维持，与第 2 段梅雨期相对应，到 26 日基本消失。26 日以后的降水则无明显的西南低空急流配合。因此，可以看出（110~120°E，20~30°N）地区的西南气流中是否存在急流，对长江中游地区梅雨锋的维持和强降水的产生有非常重要的作用。梅雨期大风速中心主要位于 24~28°N，暴雨中心位于 26~30°N 之间，暴雨区位于低空急流的北侧。而相对应的 2001 年的梅雨季节则无此急流中心（图 11a），长

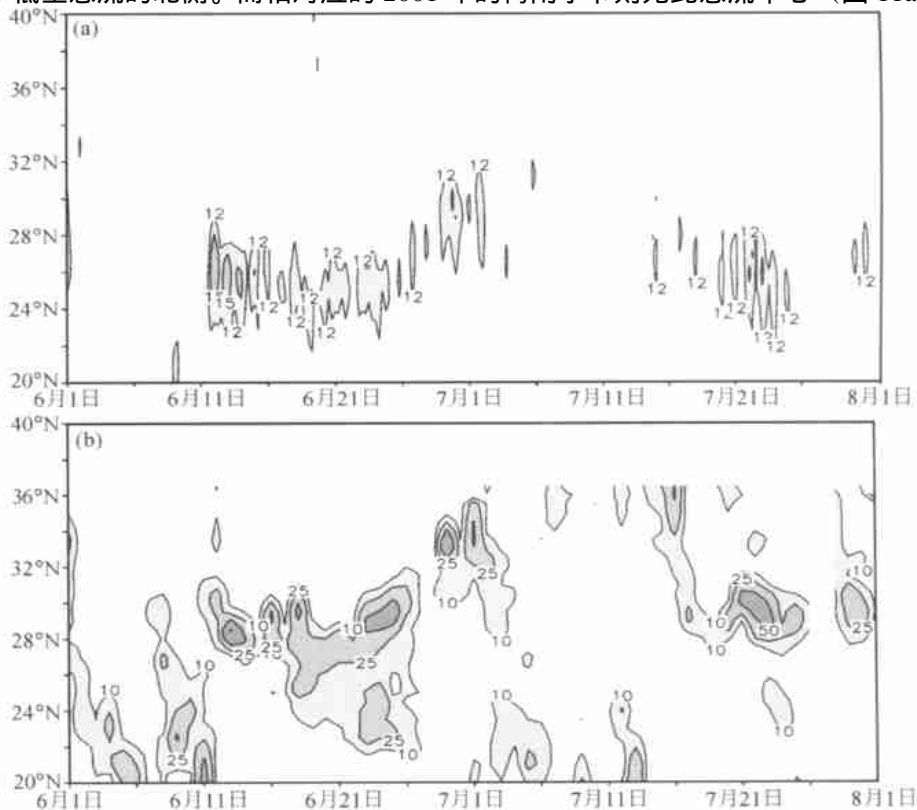


图 10 1998 年 6~7 月 110~120°E 平均的 (a) 850 hPa 风速 (单位: m s^{-1}) 和 (b) 雨量 (单位: mm)

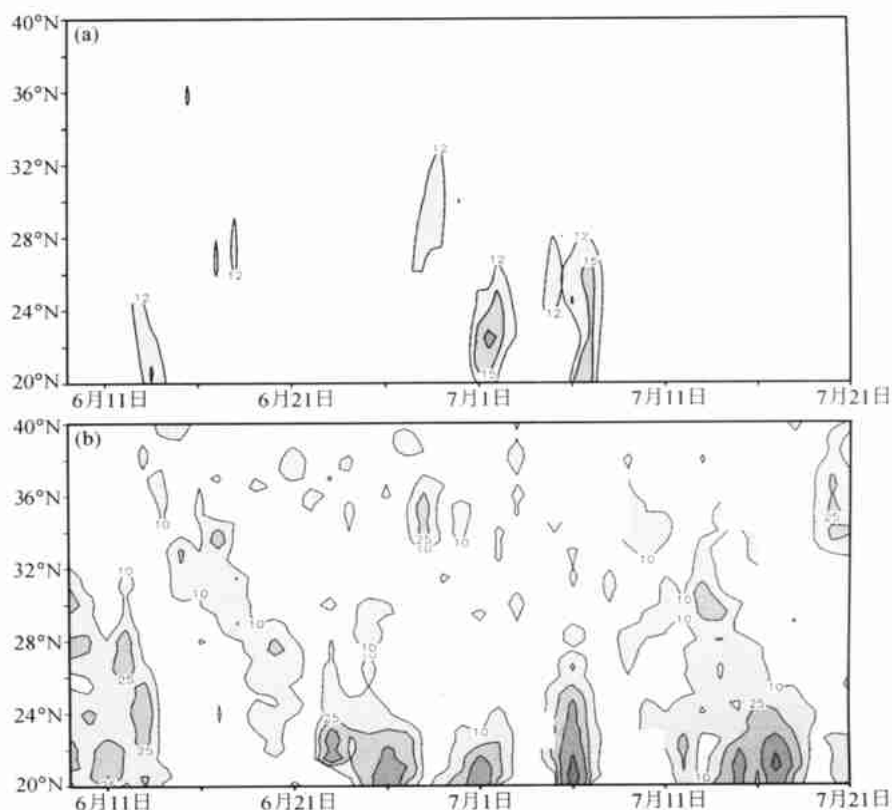


图 11 2001 年 6~7 月 110~120°E 平均的 (a) 850 hPa 风速 (单位: m s^{-1}) 和 (b) 雨量 (单位: mm)

江流域也无持续的梅雨锋降水形成 (图 11b)。华南沿海地区只发生几次较强的降水过程, 主要与台风有关。

在“二度梅”期间, 强降水主要产生在长江中下游地区, 而且暴雨的产生可见到明显的日变化。同时, 1998 年试验期间每日 4 次的观测资料 (00、06、12、18 时) 分析发现, 风场在 850 hPa 上的日变化也比较明显, 晚上开始加大, 最大的风场出现在后半夜和早晨。对 25~30°N 850 hPa 平均风场和湿度场演变分析发现, 大陆上从 100~120°E 的范围内, 只有 110~120°E 的平均风速大于 12 m s^{-1} , 强风速中心位于 115°E 附近 (图 12a), 因此风场的辐合区在 115°E 附近, 湿度场也是在该地区最大 (图 12b), 7 月 20~23 日在 110~115°E 地区有低空急流出现, 与湖北的强暴雨中心对应。

从图 12 还可以清楚地看到, 7 月 20~25 日每天的 12 时风速最小, 18 时和 00 时风速较大。湿度场的变化与风场不一致, 只在 18 时较大, 然后开始减小。湿度场为什么在 18 时之后减小? 图 13 为 1998 年 7 月 19~22 日的湖北省 8 个站的每小时降水分布^[7], 这几个站最强的降水大致出现在 18~00 时之间, 因此 00 时湿度场明显减小的原因可能是因为在 18~00 时之间一般有较强的降水产生, 大量水汽凝结。这段时期湖北的强降水虽然主要发生在晚上至凌晨, 但不同站降水出现的阶段不一样。由于格点资料只有每天 4 次, 因此, 很难说风场的增强在降水增强之前, 还是之后, 但晚上西南风和湿度的增大对强降水的形成确有一定的作用。

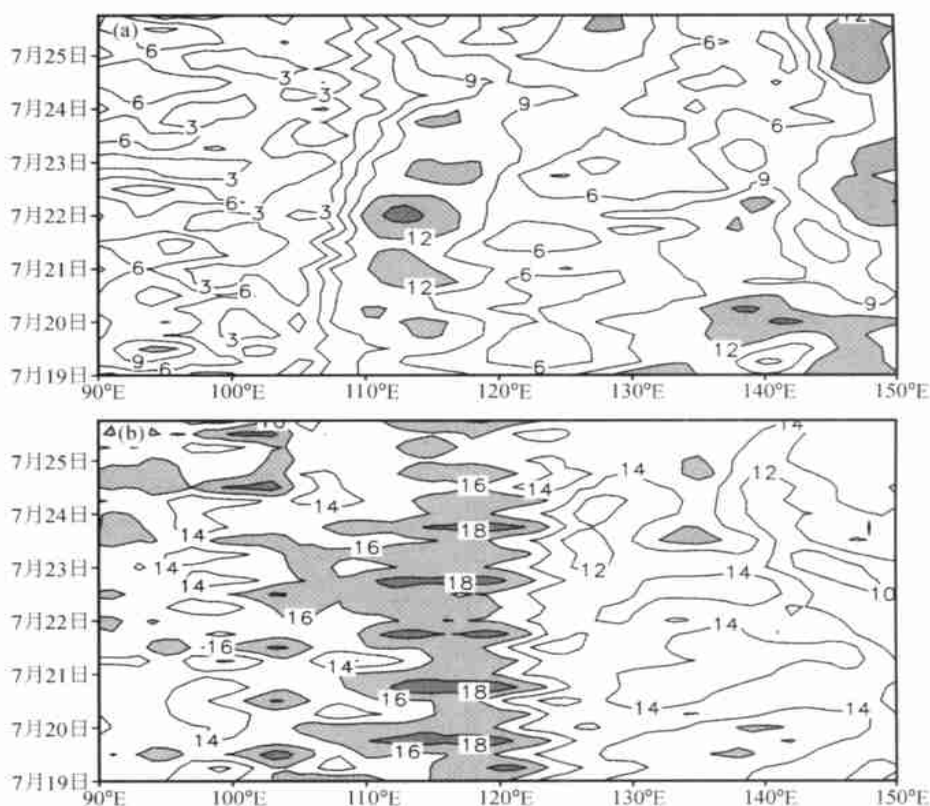


图 12 1998 年 7 月 19~25 日 25~30°N 850 hPa 平均风场和湿度场的演变

(a) 风场 (单位: m s^{-1}); (b) 湿度场 (单位: g kg^{-1})

根据以上对 1998 年 6~7 月夏季风演变的分析,发现夏季风的强度和日变化对雨带的形成和维持以及强中尺度对流系统的产生都有较重要的作用。2001 年的梅雨期中高纬度的槽脊位置与 1998 年的典型双阻形势相反,不利于梅雨的形成。

5 与历史上“长梅”和“二度梅”年的环流对比

以上对 1998 年这个特殊的“长梅”、“二度梅”年环流异常的阶段性及其短期变化特征作了必要分析,并与少梅年 2001 年的环流特征作了对比。然而,长梅与“二度梅”现象已多次发生,以下将讨论 1998 年的“二度梅”现象与历史上的长梅、“二度梅”有何异同。

5.1 历史上较典型的“长梅”(含“二度梅”)概况

入梅后,雨量陡增,暴雨频繁,这是梅雨期的主要气候特征。梅期雨量的多少,除了与梅期长度有关,还与梅雨期间暴雨过程的多少有关。梅雨期偏长称为长梅,建国以来属大涝的年份有:1954、1969、1980、1982、1983、1986、1991 和 1998 年等,其中,1954、1991 和 1998 年是 20 世纪最严重的洪涝年,也是较为典型的长梅年。

一般而言,梅期并非都是持续阴雨,在梅雨期 2 天以上无雨天气是经常出现的。

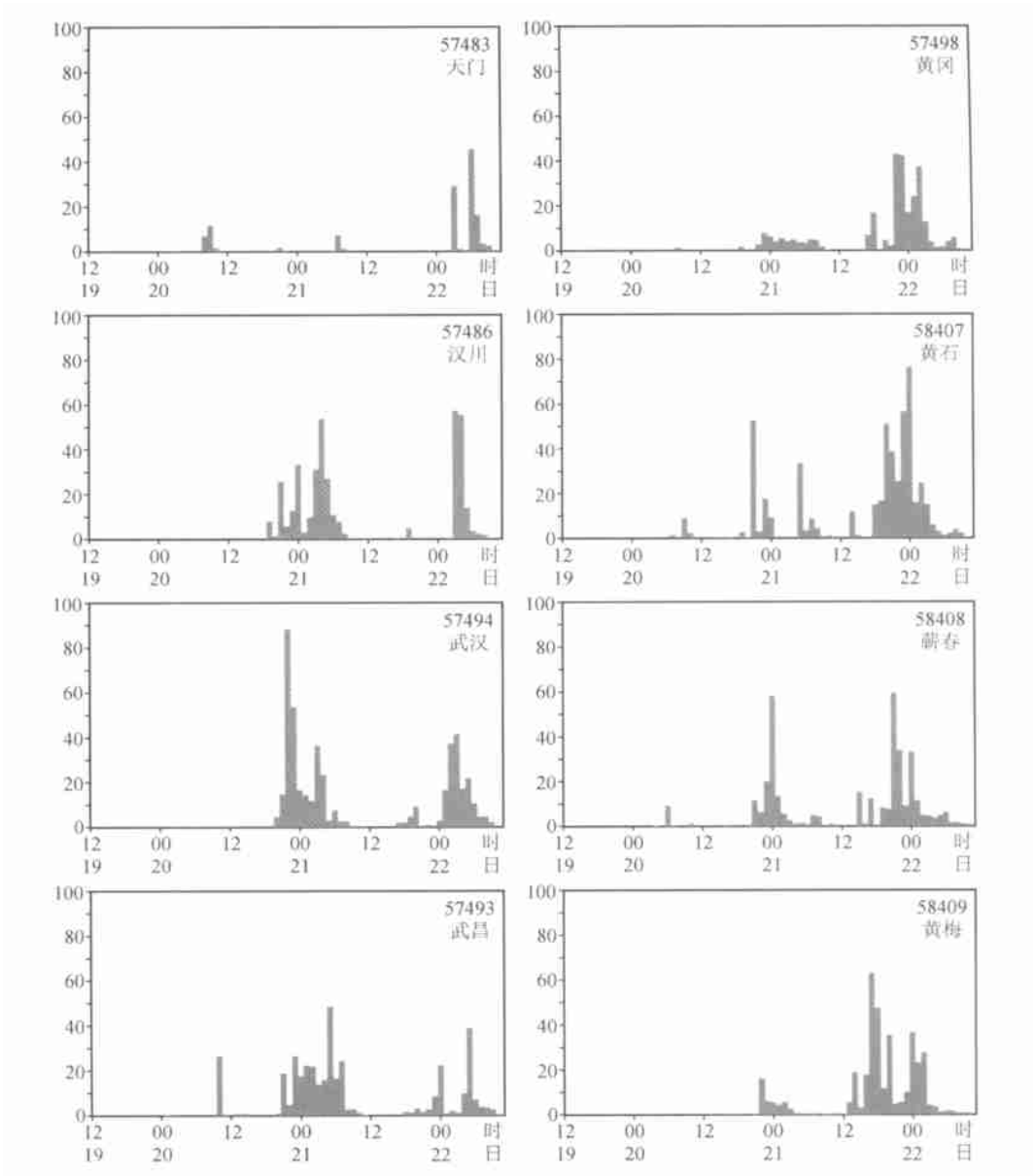


图 13 1998 年 7 月 19 日 12 时~22 日 12 时每小时雨量 (单位: mm)^[7]

历史上曾出现过 5 ~ 16 天的梅雨间断, 如 1962、1966、1970、1983、1984、1987、1989、1991 和 1998 年, 其中 1998 年的梅雨中断时间最长, 达 16 天。关于“二度梅”中央气象台的定义为梅雨期气候平均结束日(7 月 10 日)以后, 再次出现的梅雨锋降水。而江苏省台定义的“二度梅”是指入梅后, 前期副高脊线较稳定, 但在梅期中, 出现明显的副高脊线南落, 东亚沿海出现低槽, 梅雨锋系消失, 阴雨天气一度结束; 当低槽东移北缩后, 副高再次北上, 长江中下游的江淮地区又出现一段持续阴雨天气, 直到副高脊线北移至 27°N, 梅期才结束^[5]。本文中主要讨论环流的演变对梅雨的影响, 因而, 采用了江苏省台的“二度梅”定义。另外, 关于入梅和出梅的日期各个地方台

站和中央台都有自己的定义，中央台综合考虑了长江中下游的情况，因而，关于入梅、出梅日期本文中主要采用中央气象台的日期。

1998 年的“二度梅”不是由于副高南落造成的梅雨中断，而是副高增强北抬造成的梅雨中断，也不符合江苏台的定义。从副高的演变来看，1998 年 7 月下旬的持续阴雨更象“倒黄梅”，所谓“倒黄梅”是指环流已经调整为出梅形势，副高北进，梅雨结束，但黄淮降水开始以后，副高又南撤，致使江淮流域又出现的一段持续阴雨过程，实际上它应属于盛夏降水的范畴^[5]。虽然 1998 年 7 月副高的演变象“倒黄梅”的形势，但长江流域有切变线和梅雨锋，降水不仅持续较长，而且暴雨频繁，中高纬度环流也为典型的梅雨双阻形势，不论是大尺度的环流背景，还是暴雨的直接影响系统，都和梅雨季节相似。因此，我们将 1998 年 7 月下旬的降水归为“二度梅”，并与 20 世纪 50 年代以来主要的“长梅”和“二度梅”年进行比较，详见表 1。

表 1 典型“长梅”和“二度梅”年概况

年份	第一段梅雨期	间断期	第二段梅雨期	梅雨期总日数
1954	6 月 12 日~7 月 31 日 (50 天)			50 天
1962 *	6 月 17 日~26 日 (10 天)	6 月 27 日~7 月 2 日 (6 天)	7 月 3~8 日 (6 天)	16 天
1970 *	6 月 18 日~7 月 3 日 (16 天)	7 月 4~8 日 (5 天)	7 月 12~21 日 (10 天)	26 天
1980	6 月 9 日~7 月 21 日 (43 天)			43 天
1989	6 月 14 日~22 日 (9 天)	6 月 23~30 日 (8 天)	7 月 1~13 日 (13 天)	22 天
1991	6 月 2 日~19 日 (18 天)	6 月 20~29 日 (10 天)	6 月 30 日~7 月 12 日 (13 天)	31 天
1998	6 月 12 日~7 月 3 日 (22 天)	7 月 4~19 日 (16 天)	7 月 20~30 日 (11 天)	33 天

注：“*”数据引自文献 [5]

从历史上发生的几次“二度梅”过程来看，“二度梅”发生时，一般梅期偏长。1998 年的“二度梅”仍有其特殊性，即有 3 个“最”，其一，第 1 段梅雨持续的时间最长，达 22 天；其二，梅雨的间断期也是最长，为 16 天；其三，“二度梅”出现的时间也最晚，到 7 月下旬才出现，而正常情况下，7 月下旬雨带应北抬至华北地区。因而，在“二度梅”期间切变线上所引发的一类气旋（低压）发生、发展过程中，冷暖空气有明显的相互作用，反映出适当的斜压性贡献，与多数梅雨锋低压的情况有所不同。

除了 1991 和 1998 年的“二度梅”造成了严重洪涝灾害外，历史上还有长梅年 1954、1980 年也造成了长江流域的严重洪涝灾害，梅期长度分别为 50、43 天。其中，1954 年自 6 月 12 日至 7 月 31 日长江中下游地区的降水基本未间断，暴雨、大暴雨频繁发生，导致严重的洪涝。

5.2 典型长梅（含“二度梅”）的环流形势

1954、1980、1991 和 1998 年分别为典型的“长梅”和“二度梅”过程，本节将通过这几年梅雨期副高和中纬度环流形势的演变来分析“长梅”和“二度梅”年环流演变的差异，并对“二度梅”造成梅雨中断的原因进行分析。

1954、1980 年没有梅雨中断期, 整个环流形势稳定。1954 年从 6 月 12 日入梅后, 一直到 7 月 30 日由于副高脊线持续稳定在 $20 \sim 25^{\circ}\text{N}$, 没有出现梅雨间断。梅雨期西风带阻塞高压稳定, 前期的 6 月底到 7 月中旬是典型的双阻形势, 后期 7 月下旬转为东阻, 整个梅雨期的平均环流为典型的双阻形势 (图 14a)。而 1980 年造成“长梅”的主要原因也有两个: 一是副高的异常偏弱, 副高脊线在 25°N 左右徘徊, 梅雨期大部分时间副高西伸达到 105°E ; 另一个原因是西风带锋区偏南, 虽然 1980 年的梅雨期没有稳定的阻塞形势建立, 但偏南的西风带也造成冷空气南下到达长江流域。

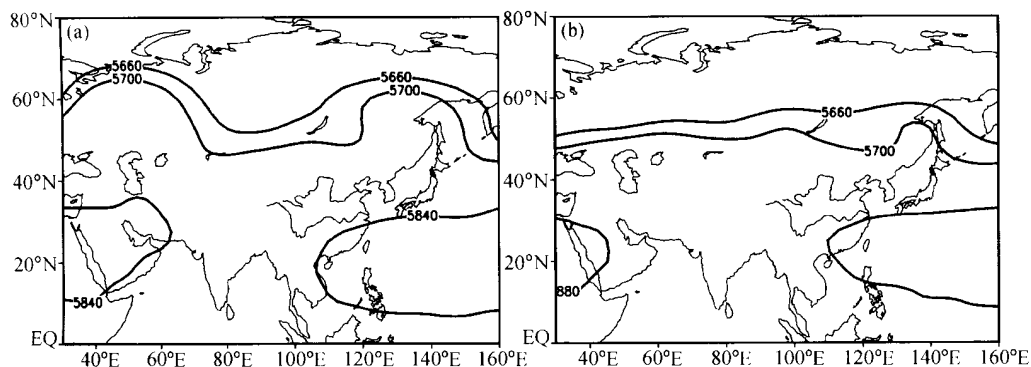


图 14 1954、1980 年梅雨期阻高和副高的分布

(a) 1954 年 6 月 12 日~7 月 31 日; (b) 1980 年 6 月 9 日~7 月 21 日

1991 年 6 月 2 日入梅, 入梅偏早且梅期暴雨频繁, 尤其在“二度梅”期间 (6 月 30 日~7 月 12 日) 出现了连续大暴雨。该年副高北跳较早且稳定, 6 月上、中旬和 6 月下旬后期至 7 月上旬前期, 副高脊线维持在 $20 \sim 23^{\circ}\text{N}$ 附近, 5880 线西伸到 115°E , 两段梅雨期的副高位置相似 (图 15a)。中高纬度维持稳定的阻塞高压, 梅期的大部分时间在 500 hPa 存在阻高。从 5 月下旬到 6 月中旬, 以乌拉尔阻高为主, 从 6 月下旬至 7 月中旬为贝加尔湖 - 鄂霍次克海阻高, 由于这段时间阻高是移动的, 所以平均图上看不出来。6 月 30 日~7 月 12 日长江中下游地区出现持续的暴雨、大暴雨。这段时期, 在贝加尔湖 - 鄂霍次克海阻高形势下, 蒙古 - 东北地区维持低压, 其后部不断有冷空气南侵, 与暖湿气流交汇于长江流域, 在此有利的大尺度背景下, 西来低槽的影响形成了暴雨天气。其梅雨中断期在 $40 \sim 60^{\circ}\text{E}$ 的东欧为强的阻塞高压, $80 \sim 100^{\circ}\text{E}$ 的河套以西地区为高压脊, 东北、华北地区为一较深的低槽, 正是这一低槽的建立使副高退到海上, 造成梅雨中断。对其他“二度梅”年的梅雨中断期形势也进行了分析, 可见 1962、1970、1989 年梅雨中断时都有东亚沿岸槽的建立。而 1998 年的梅雨中断主要是由于副高的北跳, 40°N 附近的中纬度地区是较平直的风西气流 (图 15b)。

1998 年的“二度梅”期间, 虽然中高纬度的阻塞形势与 1954 年的形势相似 (图 14b), 但低纬度副高不是带状分布, 副高分裂主体位于海上。其主要特点是副高动向既不同于 1954 年的西伸稳定 (无“二度梅”), 也不同于 1991 年副高先南落后北跳 (梅雨中断期东亚沿岸槽建立, 副高退到海上, 图 15a), 而是副高先北跳后南落 (图 15b), 其趋势与上述“长梅”和“二度梅”年都不相同。

综上所述, 虽然 1998 年的梅雨环流形势与以往的“二度梅”和“长梅”年相似,

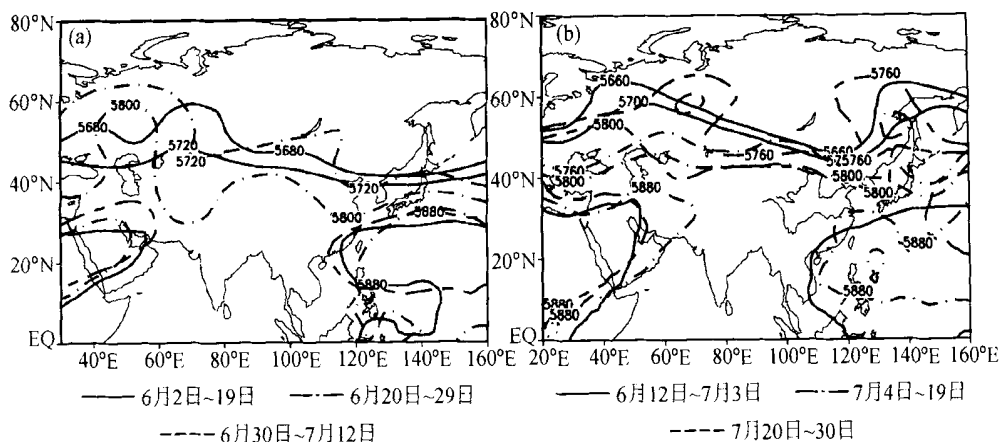


图 15 1991、1998 年梅雨期和中断期的阻高和副高的分布

(a) 1991 年; (b) 1998 年

但特殊之处十分明显。副高的西进型、南落型和北跳型均可导致“长梅”发生。

6 结论

本文对 1998、2001 年夏季环流演变进行了分析，研究了夏季风的短期变化与梅雨锋降水的关系。分析了历史上的长梅和“二度梅”情况，并将 1998 年与 1954、1980 年（长梅）和 1991 年（“二度梅”）的环流形势作了对比。主要结果如下：

1998 年的梅雨期分为两段，其中对流活跃，降水强度大，造成长江中下游地区严重洪涝灾害的“二度梅”与中高纬度双阻形势的形成和冷空气南下关系最为密切。中高纬度的槽脊分布与上述形势相反的 2001 年则是空梅或降水偏少。

东亚沿岸大槽的形成以及相应西风急流的南移、东伸和北风（冷空气）的南进，对“二度梅”开始时副高突然南压有重要的作用，这些因子可以作为 1998 年 7 月下旬“二度梅”形成的前期预报因子。

季风气流或低空西南气流的短期变化与雨带的进退和维持有密切关系，尤其是在 20~30°N 的纬度带内出现的低空风场对梅雨锋降水有重要作用。1998 年梅雨期风速和湿度场有明显的日变化，最大值出现在后半夜和早上，与强对流系统发生的时间较一致。

1998 年的“二度梅”与历史上的“二度梅”、“长梅”年的中纬度环流基本相似，以双阻和东阻形势较多，但副高动态的特征很不相同，为先北跳而后南退，而且北跳后长期稳定，致使梅雨中断期较长。中断期后“二度梅”出现的时间是历史上最晚的（7 月底），“二度梅”期间副高分裂，主体位于海上。而 1954、1980 年副热带高压属于西进稳定型，1991、1998 年分别属于南退北跳型及北跳南退型。

参 考 文 献

- 1 陶诗言、倪允琪、赵思雄等，1998 夏季暴雨的形成机理与预报研究，北京：气象出版社，2001，12~176。

- 2 陶诗言、张庆云、张顺利, 1998 年 7 月长江流域洪涝灾害的气候背景和大尺度环流条件, 气候与环境研究, 1998, **3** (4), 290 ~ 299.
- 3 赵思雄、孙建华、贝耐芳等, 1998 年 7 月长江流域特大洪水期间暴雨特征的分析研究, 气候与环境研究, 1998, **3** (4), 368 ~ 381.
- 4 Kato, K., Seasonal transition of the lower-level circulation systems around the Baiu front in China in 1979 and its relation to the northern summer monsoon, *J. Meteor. Soc. Japan*, 1989, **67**, 250 ~ 265.
- 5 周曾奎, 江淮梅雨, 北京: 气象出版社, 1996, 1 ~ 130.
- 6 孙淑清, 低层风场在暴雨发生中的动力作用, 大气科学, 1980, **6**, 394 ~ 403.
- 7 贝耐芳、赵思雄, 1998 年“二度梅”期间突发强暴雨系统及其环境场研究, 大气科学, 2002, **26** (4), 526 ~ 540.

A Study of Special Circulation During Meiyu Season of the Yangtze River Basin in 1998

Sun Jianhua, and Zhao Sixiong

(*Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*)

Abstract Data from HUAMEX and SCSMEX experiments in China in 1998 and heavy rainfall experiment of “973” (CHeRES) are employed to analyze the general circulations, the variation of summer monsoon during the summer of 1998 and 2001. The analyses suggest some marked characteristics in these two years. In 1998, two blocking highs in middle-high latitudes induce to the invading of cold air, of which are very favorable to the generation of heavy rainfall in the Yangtze River basin. However, the distribution of trough and ridge of 2001 is opposite to that of 1998 and the western Pacific subtropical high locates easterly, which induce to the relatively less precipitation during Meiyu season. The most important reasons of occurrence of Meiyu during later July in 1998 are the retreating of subtropical high suddenly. The further analysis shows that the build of east Asian trough and southern invading of westerly jet and cold air result in the retreating of western Pacific subtropical high. The study on the relationship between precipitation and summer monsoon indicates that the low-level jet of $20 \sim 30^\circ\text{N}$ is important to rainfall of Meiyu front and diurnal variation of wind and moisture is consistent to that of intense convective systems. The circulations of typical “long Meiyu” and “second Meiyu” are analyzed and compared with that of 1998. The results show that two blocking highs or one blocking high is the circulation in middle-high latitudes. The subtropical high in 1954, 1991, and 1998 are different, but they settle to the south of the Yangtze River and are favorable to the precipitation of Meiyu.

Key words: summer monsoon; diurnal variation; Meiyu