

副高北进过程的个例数值研究*

李双林** 张道民 纪立人 王益兴

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

(南京气象学院, 南京 210044)

摘 要 就一次出梅时西太平洋副热带高压北进过程, 用数值试验的方法, 对副高北进的原因进行了分析研究, 重点分析了非绝热过程在副高北进过程中所起的作用。结果表明: 1) 对应出梅时的环流形势, 大气内部的动力调整过程具有使副高增强北进的趋势, 是副高北进的主导因子。2) 在3~5天时间尺度上, 非绝热过程的作用不可忽视, 其总效应使副高减弱, 就各非绝热因子而言, 净辐射过程的总效应使副高减弱, 不利副高北进; 降水凝结潜热释放有利副高的维持和增强, 有利副高北进。就地区而言, 南亚季风区加热具有同副高南侧热带辐合带加热相同的作用, 正的加热增强有利副高增强北进。

关键词 副热带高压 增强北进 个例数值研究

1 引言

西太平洋副热带高压(简称副高)是夏季影响我国天气气候最大的环流系统之一, 关于副高活动影响因子的研究一直是人们感兴趣的课题。陶诗言等^[1]很早就提出了副热带长波调整与副高进退的关系。喻世华、赵库^[2]通过对副高位置持续性偏南、偏北的两次副高季节内中期进退过程的环流特征及加热场差异作用的对比, 分析讨论了东亚季风与副高的关系。喻世华^[3]认为在东亚季风区存在一支由副热带西南季风气流区上升和北支高空东风气流区下沉组成的季风环流圈——副热带季风环流圈, 并认为这个环流圈的强度变化是副高中期进退的环流机制。钟中^[4]用混合坐标系五层原始方程模式模拟了热带辐合带异常加热及江淮流域季风雨带异常加热对副高东西进退的影响, 认为两个加热带独立存在或共同作用都有利于副高西进。黄荣辉^[5]从观测事实、理论分析及数值试验研究了副高的活动同中国南海及菲律宾群岛以东洋面上海温异常和对流活动的关系。观测研究^[6]和数值试验^[7]均表明, 南半球的马斯克林高压和澳大利亚高压的发展加强将使赤道气流加强, 进而加强菲律宾周围的对流活动, 使局地 Hadley 环流发展, 导致西太平洋副高加强。可见, 副高活动涉及到西风带、副热带、热带以及两个半球环流的相互作用, 是一个很复杂的问题, 仍有待进一步研究。本文通过一次江淮梅雨结束时副高北进过程, 用数值试验的方法, 对副高北进的原因进行分析研究, 分别讨论了大气内部动力调整过程, 辐射、水汽凝结潜热释放及南亚季风区加热场改变等非绝热过程在副高北进过程中所起的作用。

1997-11-28 收到, 1998-09-11 收到再改稿

* 本工作得到中国科学院大气物理研究所所长基金及国家自然科学基金项目 49505068 共同资助

** 系武汉中心气象台定向培养博士生

2 试验方案

试验所用模式为 IAP T42L9 全球谱模式, 它是中国科学院大气物理研究所纪立人等^[8]开发的。该模式相比 ECMWF 同类模式的重大改进是引进了标准层结近似(或称静力扣除法), 垂直方向采用仿地形坐标 σ , 模式包括的主要物理过程有辐射、垂直湍流输送、表面过程、大尺度凝结和积云对流、水平扩散、次网格尺度地形重力波拖曳等, 具体参数化方案见文献^[9]。该模式有较强的预报能力, 它能预报副高北跳、江淮出梅及热带气旋发展演变等复杂天气过程^[9]。

为了解大气内部动力调整过程及非绝热过程对副高北进的作用, 设计了如下几个数值试验。试验所用初始场是 1995 年 7 月 5 日 20 时 ECMWF 同化资料, 模式积分 7 天, 每隔 24 小时输出一积分结果。

试验 0 (记为: test0), 也就是控制试验, 包括模式所有非绝热物理过程。

试验 1 (test1), 去掉所有非绝热物理过程, 也就是绝热试验。

试验 2 (test2), 去掉降水凝结调整过程, 包括了所有其他非绝热物理过程。

试验 3 (test3), 去掉辐射过程, 包括了所有其他非绝热物理过程。

试验 4 (test4), 仅去掉副高区辐射加热过程, 包括了所有其他非绝热物理过程。

试验 5 (test5), 去掉所有非绝热物理过程, 让文献^[10]中反算法计算的 1995 年 7 月 5~12 日共 7 天的平均加热作为固定加热场。

试验 6 (test6), 同试验 5, 令南亚季风区加热为 0。

试验 7 (test7), 同试验 5, 令副高南侧热带辐合带加热为 0。

试验 1 旨在了解大气内部动力调整过程在副高北进中的作用。试验 2 旨在了解水汽凝结过程对副高北进的影响。试验 3、4 可以了解辐射过程对副高进退的影响。试验 5 在一定程度上可验证模式加热计算的正确性, 并为试验 6、7 提供对比场。试验 6、7 旨在了解南亚季风区加热及副高南侧热带辐合带加热对副高进退的影响, 其去掉加热的区域的选取见后文。试验 5~7 的设计思想及其优点文中将进一步说明。

3 过程实况及预报试验

3.1 1995 年 7 月出梅天气过程

中央气象台分析确定 1995 年江淮梅雨的结束时间是 7 月 8~9 日。从 7 月 5~9 日北半球 500 hPa 高度场实况来看, 环流的演变是一种典型的出梅环流形势演变过程。7 月 5 日(图 1a), 西太平洋副热带高压 588 位势什米线西端位于华南, 西脊点约位于 112°E, 592 位势什米线的北脊点位于 31°N, 离日本主岛南端约 1~2 个纬度, 高压主体中心经度约为 142°E, 欧亚地区是典型的双阻型梅雨形势, 鄂霍次克海阻高、乌拉尔山阻高及贝加尔湖低槽都十分清楚。6 日(图 1b), 588 线西脊点及跨华南的范围没有明显变化, 592 线北界略有北抬, 与 5 日相比, 最明显的变化是鄂霍次克海阻高强度有所减弱, 不再存在 568 线的闭合中心。到 7 日(图 1c), 环流的变化十分明显, 588 线跨大陆范围明显扩大, 592 线北界北抬 2 个纬距以上, 已跨到日本岛, 592 闭合中心即

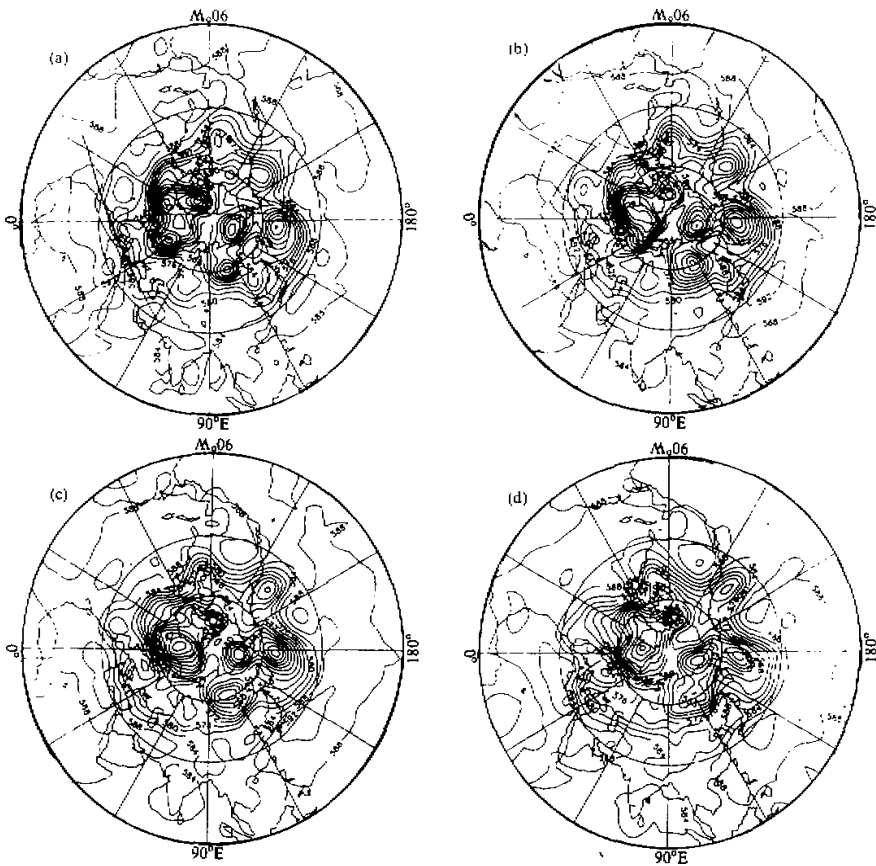


图1 1995年7月5~8日北半球500 hPa高度场实况
(a)~(d)分别对应5~8日

副高中心西进也十分清楚,鄂霍次克海阻高相比6日减弱非常明显,阻塞形势已崩溃,只是维持一个弱的高压脊,乌拉尔阻高和贝加尔湖低槽也减弱了。8日(图1d),592闭合线的范围虽然缩小了,但中心位置西进。588线西脊点继续西伸,北脊点继续稍有北抬,副高继续有所增强。9日,基本维持8日的环流形势。总之,7月6日到9日是一次清楚的副高增强北进的出梅形势演变过程。

3.2 控制试验结果分析

图2是控制试验预报的7~9日3天500 hPa高度场。由图可见,模式对中高纬系统的预报相当成功,鄂霍次克海阻高的崩溃、贝加尔湖低槽的填塞都预报得很好。但是,预报的副高明显偏弱,与实况相比,平均低4位势什米,预报的584线位置与实况的588线位置相当。模式存在预报副高偏弱的系统性误差,在其他的预报试验中也反映出来了,李双林等^[10]从加热场的角度分析了误差的来源,并认为主要是由于模式加热在低纬度偏弱造成的。下面将看到,如果把584作为副高的特征线,模式对副高北进的

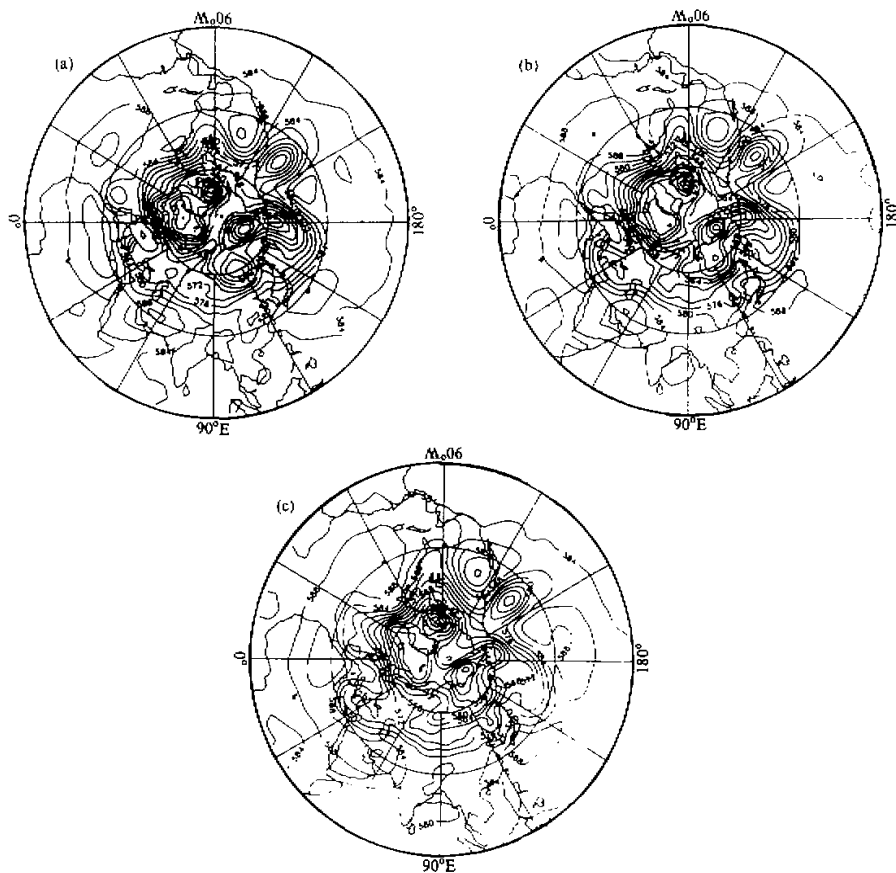


图2 1995年7月7~9日控制试验北半球500 hPa高度场预报
(a)~(c)分别对应7~9日

预报还是成功的。

对比7月7、8、9日3天的预报图看副高的演变情况。7日(图2a), 584线跨大陆的范围较小, 西脊点经度约为 118°E , 588线包围的闭合中心即副高主体中心经度约为 145°E 。8日(图2b), 584线跨大陆的范围明显增大, 西脊点经度约为 115°E , 588线闭合中心西移, 中心经度约为 135°E 。9日(图2c), 584线跨大陆的范围继续明显增大, 西脊点经度约为 108°E , 588线包围的闭合中心继续西移。相比8日, 588脊线也有些北抬, 跨日本岛的范围增大。10日, 副高基本维持9日的位置。总之, 模式预报的7月7~9日的环流形势演变是一种清楚的阻高崩溃、副高北进的出梅形势, 模式对这次出梅天气过程的预报很成功。

表1是控制试验预报500 hPa高度场的检验结果。从表可见, 在此预报个例中, 北半球热带外地区可用预报时间($\text{ACC} > 0.6$)是5天以上, 全球可用预报时间平均为4~5天, 热带地区在第1、2天预报较差, 在第3~7天预报反而变好了一些。这个结果

表 1 预报高度场对气候平均值距平与实况对气候平均值距平之相关系数 ACC

预报区域	7月6日	7月7日	7月8日	7月9日	7月10日	7月11日	7月12日
20~90°N	0.9604	0.8650	0.8101	0.7237	0.6391	0.5284	0.4759
20°S~20°N	0.5068	0.4578	0.6479	0.6009	0.5261	0.6196	0.5936
90°S~90°N	0.9292	0.8689	0.8333	0.7342	0.5617	0.4112	0.3890

与上面的分析是一致的。

4 副高北进影响因子分析

4.1 大气内部动力调整过程的作用——干绝热试验结果分析

天气系统的演变包括动力过程和热力过程，这两个过程是密不可分的，但它们所起的作用是不一样的。在梅雨结束、副高北进这样的副热带流型转换中，已有的研究有些强调动力因子的作用，有些强调热力因子的作用。林本达、缪锦海^[11]根据热成风适应原理分析了 1977 年 7 月出梅时副高北进的物理过程，发现动力因子在副高北进中起着主导作用，热力作用起着促进作用。这里用数值试验的方法，分析动力过程和热力过程在本副高北进个例中各自所起的作用，绝热干模式试验因不包括所有的非绝热过程，可用于分析纯动力过程的作用。

对比图 3a 和图 1b，不难看出，在绝热试验预报的第 1 天（6 日），西太平洋副高的强度、588 线跨大陆的范围及东北亚阻塞的强度和位置与实况都非常接近。在第 2、3 天，绝热试验预报的副高逐渐增强，并强于实况。到预报的第 4 天（9 日，图 3b），预报副高 592 线已跨入我国中东部的大部分地区，中心约在 33°N，明显强于实况。因此绝热试验也预报出了 7~9 日副高增强北进的趋势。从绝热试验同控制试验的比较来看（图 2、3），绝热试验预报的副高比控制试验预报的强一些。

图 3c、d 分别为 7、9 日东亚及西太平洋地区绝热试验与控制试验 500 hPa 位势高度差值图。7 日东亚及太平洋沿岸为 4 位势什米以上的正差值区域，华东沿海为 8 位势什米以上的正差值中心，西太平洋为弱的正差值区。9 日华东沿海的正差值中心继续增强并向北推进，中纬度太平洋中部发展出一个较强的正差值中心，热带和副热带西太平洋仍维持弱的正差值。可见，去掉非绝热加热后，副高增强并向西、向北伸展。因此，对应于此出梅个例的大气环流形势，内部的动力调整过程具有使副高增强的倾向，是副高北进的主导因子。这与文献^[11]对 1977 年出梅的物理分析结果是一致的。

非绝热加热的非均匀分布是大气运动的根本原因，此处存在一个问题，没有了非绝热加热，副高却增强了，其能量来自何处。分析大西洋副高的演变，7 月 6 日（图 3a），大西洋副高较强，592 的闭合等高线自大西洋中部跨到北非大陆至中东，东西范围近 80 经度，墨西哥湾的 592 闭合中心范围也较大。7 日，592 闭合中心断裂，范围明显收缩。至 8、9 日（图 3b），592 的闭合线范围已经非常小，说明伴随西太平洋副高增强时，大西洋副高很明显地减弱了。可以认为，去掉非绝热过程以后，西太平洋副高增强的能量来自大气自身的调节，即来自纯动力输送过程。

上述绝热试验预报的副高在第 3、4 天（7 月 8、9 日）已强于实况，并明显强于控

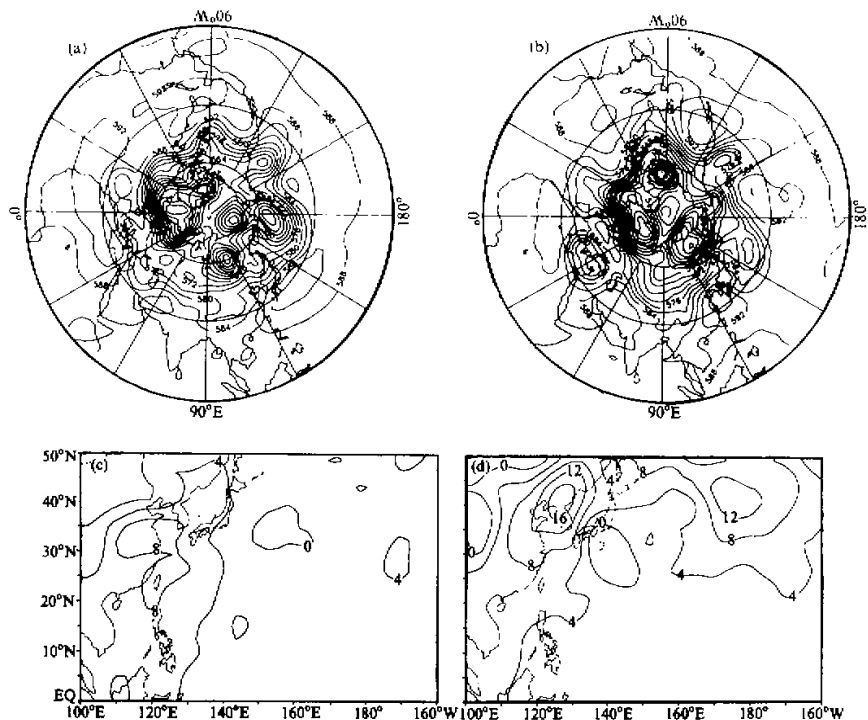


图3 绝热试验预报的北半球500 hPa高度场及其与控制试验预报的高度差(单位: 位势什米)

(a) 7月6日高度场; (b) 7月9日高度场; (c) 7月7日高度差; (d) 7月9日高度差

制试验, 说明在3天之后非绝热过程对副高活动的影响逐渐变得重要起来, 非绝热过程的净影响是使副高减弱的。下面分析水汽凝结潜热释放、辐射、南亚季风区加热和副高南侧热带辐合带加热等非绝热过程在这次副高北进所起的作用。

4.2 凝结潜热释放的影响——无降水调整的试验(test2)结果分析

降水调整是重要的非绝热加热过程, 从去掉降水调整过程之试验(test2)预报的500 hPa高度场来看, 6日, 与控制试验相比, 588线位置、西脊点差别不明显, 但592闭合范围减小了。7日(图4a), 尽管西脊点经度同控制试验差别不大, 但脊线位置已南退。8、9日, 副高继续减弱, 已看不到584以上的等值线了。说明去掉凝结潜热释放后副高表现为逐日衰减南退的趋势, 2天以后减弱已比较明显。也可看到, 中高纬的乌拉尔阻高、贝加尔湖低涡及鄂霍次克海阻高的演变与控制试验相比差别不是太大。说明去掉凝结潜热释放后影响最大的是中低纬度地区, 而对中高纬系统的影响相对小一些。这可解释为中低纬地区降水相对频繁, 凝结潜热释放加热过程在所有非绝热加热过程中更为重要。

从与控制试验预报的差值图来看, 在模式积分的开始2天, 二者相差不明显, 但到第3天, 热带和副热带西太平洋上, 均为-2位势什米以下的负差值, 最大负值中心达-6位势什米, 华东沿海也为负的差值。到第4天(图4b), 负差值进一步发展加剧, 中心达-8位势什米。与形势图所反映的一致, 副高已明显减弱。

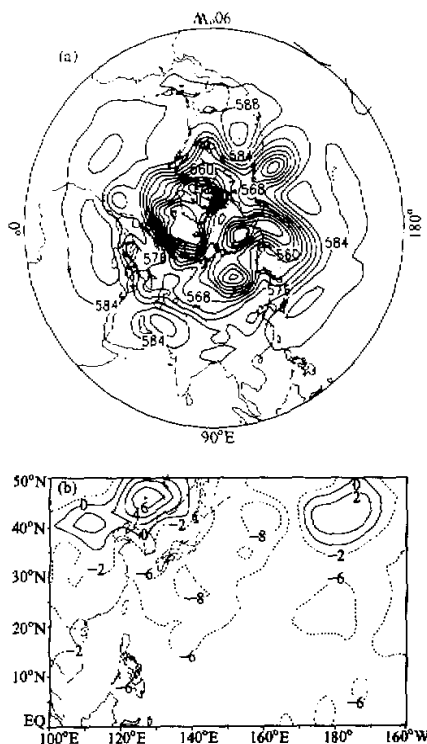


图4 无降水调整试验(test2)预报的北半球
500 hPa 高度场及其与控制试验预报的高度差
单位: 位势什米
(a) 7月7日高度场; (b) 7月9日高度差

计算对应表1区域的7月5~12日test2预报500 hPa高度场对气候平均值距平与实况对气候平均值距平之相关系数ACC(表略), 发现不考虑凝结过程后, 北半球热带外地区(20~90°N)可用预报期限由5天下降为4天, 全球逐日的距平相关系数ACC也减小了, 可见降水调整对预报的重要性。

4.3 辐射过程的影响——试验3、4的结果分析

为了说明辐射过程对副高北进的影响, 做了全球不考虑辐射加热试验(test3)。从预报的高度场来看, 6日, 副高中心位置大致位于(145°E, 28°N), 588线西脊点约为110°E, 脊线位置偏南, 约为20°N, 592位于海上, 存在596的闭合等值线。7日, 基本维持6日的形势。8日(图5a), 副高明显增强, 588线跨大陆范围明显扩大, 592线已跨上大陆, 主体中心西进, 中心位置约在(140°E, 28°N)。9日, 副高进一步增强。分析在东亚太平洋地区与控制试验的差值图, 从6~8日来看, 均为4位势什米以上的正差值, 并且7~8日增强明显。9日(图5b), 正差值加剧, 最大差值达8位势

什米以上。因此, 去掉辐射以后副高增强了, 也就是说, 辐射的净作用使副高减弱。

辐射的净作用是冷却, 为了说明上面副高增强是否是因为去掉辐射冷却以后等压面抬高的结果, 做了仅副高区不考虑辐射加热的试验(test4)。test4不考虑辐射加热的区域为(120°E~180°, 10~35°N), 与副高区对应。从试验4预报的500 hPa高度场来看, 6日, 副高及中高纬阻塞与控制试验相差明显。7日(图5c), 与控制试验相比(图2c), 副高已有所增强, 584线跨大陆的范围有些扩大, 中心592的范围也扩大了。8、9日, 副高继续增强。从test4与控制试验预报的500 hPa高度差分布来看, 7日, 副高区为大片正差值区, 最大正差值中心为2位势什米以上, 而其他区域差值很小, 几乎全为0。8日(图5d), 正差值区范围增大, 副高增强更明显一些。因此, 去掉辐射过程之后, 尽管等压面抬高了, 但副高区域增高更明显, 辐射过程的总效应是使副高减弱的, 不利于副高北进。

4.4 南亚季风区加热的影响——试验5、6结果分析

东亚季风和南亚季风存在着相互作用, 作为东亚夏季风重要成员的西太平洋副热带高压的活动是如何受南亚季风区系统影响的, 这个问题值得研究。陈隆勋等^[12]认为,

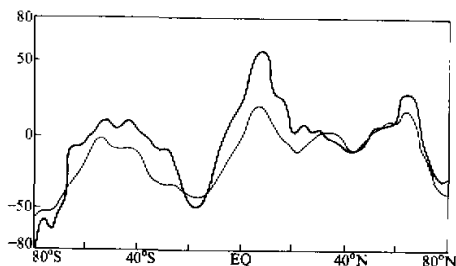


图 6 正反算法纬向平均加热率随纬度分布的对比
粗线为正算法; 细线为反算法。单位: W/m^2

热场看, 模式较好地描述了北半球实际大气的变化过程。从他们计算的 5~12 日 7 天平均模式加热率的分布来看, 北半球主要的加热区位于大陆、赤道中西太平洋及北太平洋的风暴轴区, 大洋上的其他区域几乎全为冷却区。主要加热中心位于南亚季风区、菲律宾至印度尼西亚及其附近洋面、中美洲, 最大加热达 $200 \text{ W}/\text{m}^2$ 。

试验 5 是将 5~12 日 7 天平均模式加热率 (在 9 个垂直等 σ 面相应高斯格点上)

作为模式固定加热率不变, 模式不含其他另外的非绝热加热过程、积分 7 天的试验。通过对试验 5 与控制试验预报结果的对比可进一步说明加热场计算的正确性, 表 2 是试验 5 的预报检验结果。比较表 2 和表 1 可知, 尽管北半球的有用预报期限缩短了, 但全球的可用预报期限仍然在 4 天以上。这进一步说明模式加热是基本合理的, 这为试验 6、7 的设计奠定了基础。

表 2 test4 预报 500 hPa 高度场对气候平均值距平与实况对气候平均值距平之相关系数 ACC

预报区域	7 月 6 日	7 月 7 日	7 月 8 日	7 月 9 日	7 月 10 日	7 月 11 日	7 月 12 日
20~90°N	0.9471	0.8286	0.6686	0.5404	0.4756	0.2992	0.5727
20°S~20°N	0.4912	0.6588	0.6211	0.4725	0.5463	0.5618	0.5844
90°S~90°N	0.9245	0.8383	0.7822	0.6003	0.3197	0.1402	0.1114

试验 6、7 是在试验 5 的基础上分别让南亚季风区和副高南侧热带辐合带加热区的加热率为 0。通过试验 6、7 与试验 5 预报的副高强弱及位置的比较, 可以了解南亚季风区加热和副高南侧热带辐合带加热区的加热对副高北进的影响。试验 6、7 去掉加热的区域的选择要考虑到两个方面, 一是要求分别位于南亚季风区和副高南侧热带辐合带加热区, 二是要求分别包括相应的加热中心。根据文献[10]计算的 7 月 5~12 日平均的水平加热率分布选择加热区域如图 7 所示。

为了客观地表示副高活动, 人们常用面积指数、强度指数、588 线的西伸脊点、120°E 脊线位置等参数, 在此采用副高面积指数和强度指数。考虑到控制试验预报副高系统性偏弱, 先定义副高面积指数和强度指数。

面积指数是 (110°E~180°, 10°N) 以北范围内所有大于或等于 584 的网格点数; 强度指数是该区域内所有大于或等于 584 的网格点上各点高度值减去 584 的和。

图 8a、b 是 test5 与 test6 预报的副高面积指数和强度指数的逐日演变。不难看出, 在预报的前两天即 7 月 6、7 日, 试验 5 与试验 6 预报的副高面积指数或强度指数几乎是相等的, 但之后, 指数的差别较大, 而且撤掉南亚区加热后副高指数小于未撤之前。也就是说, 撤除南亚季风区加热两天内, 副高活动几乎没有受到影响, 但之后副高强度减弱了。图中还可看到, 8 日之后两个试验预报的副高走势相当一致, 副高强度的差别稳定维持。

图 9a、b 分别为 7 月 8、9 日试验 6 和试验 5 预报的东亚 500 hPa 高度场差值图。

去掉南亚季风区加热之后的第 3 天 (图 9a), 副高东撤南退已经很明显。由于副高东撤南退, 本为副高西北边缘的华东沿海至日本, 为大片负差值区, 呈东北-西南向, 最大的负差值中心位于渤海湾, 中心为-3 位势什米。第 4 天即 7 月 9 日 (图 9b), 负差值加强, 副高进一步东撤。差值图的结果与上述面积指数和强度指数表示的结果一致。

副高南侧热带辐合带加热对副高活动的影响已为人们所重视, 黄荣辉等^[5]进行了比

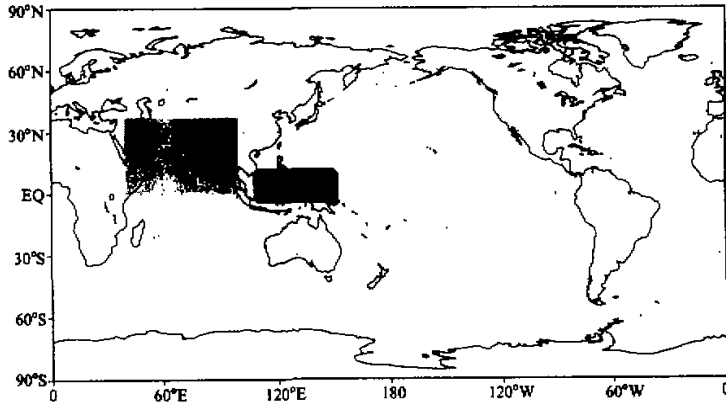


图 7 试验 6、7 去掉加热的区域
大淡阴影框对应试验 6; 小浓阴影框对应试验 7

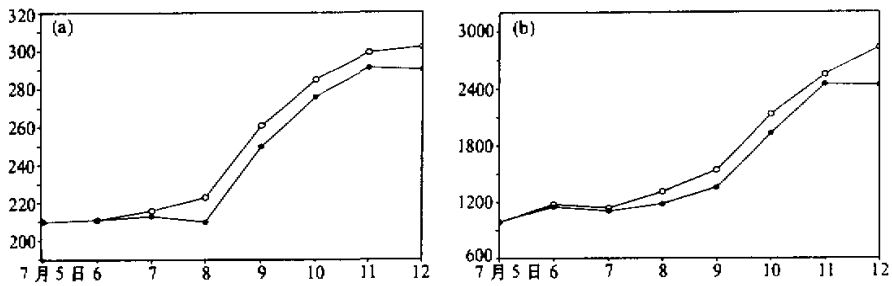


图 8 test5 与 test6 预报的副高指数的逐日演变
(a) 面积指数; (b) 强度指数, “o” 为 test5; “·” 为 test6

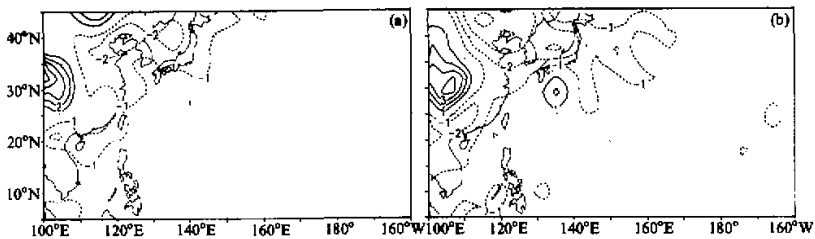


图 9 test6 与 test5 预报的北半球 500 hPa 高度差 (单位: 位势什米)
(a) 7 月 8 日; (b) 7 月 9 日

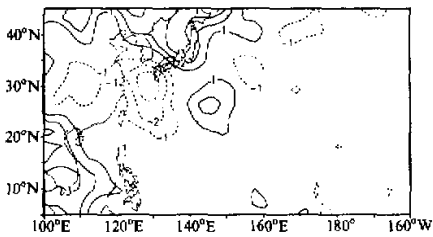


图 10 7 月 9 日 test7 与 test5 北半球 500 hPa
预报高度差 (单位: 位势什米)

较系统的研究, 并有比较清楚的结论。下面分析在本个例中副高南侧热带辐合带加热对副高北进的影响, 看能否重现他们的结果。由图 10 可见, 去掉副高南侧热带辐合带加热以后, 副高减弱东撤南退, 华东沿海副高控制的区域均为负差值区, 最大降高达 3 位势什米以上。这个结果同黄荣辉等^[5]是一致的。这就从另一方面说明前面关于南亚季风区加热场改变对副高活动的影响是可信的。

上述结果说明, 南亚季风区加热具有同副高南侧热带辐合带加热相同的作用, 加热场改变后大约 2~3 天影响副高活动, 到第 4 天影响已比较大了。正的加热增强有利于副高的加强西伸北进。这个结果与郭其蕴等^[14]的印度季风区降水和华北降水有较好的对应关系, 印度季风强则副高脊强而偏北的结论, 以及庄世宇、纪立人^[15]的观测分析及正压模式的数值试验结果南亚季风区的加热增强有利副高增强是一致的。

5 主要结论

通过一次出梅时副高北进过程, 用 IAP T42L9 全球谱模式对影响副高北进的因子进行了数值试验, 得到以下结论:

(1) 对应出梅时的环流形势, 大气内部的动力调整过程具有使副高增强北进的趋势, 是副高北进的主导因子。

(2) 在 3~5 天时间尺度上, 非绝热过程对副高北进的作用不可忽视, 其总效应使副高减弱。就各非绝热因子而言, 辐射的总效应使副高减弱; 凝结潜热的释放有利副高的维持和增强北进, 无降水调整时副高将很快衰退; 就地区而言, 南亚季风区加热具有同副高南侧热带辐合带加热相同的作用, 正的加热有利于 2~3 天后副高的西伸北进。

值得指出的是, 由于副高活动受许多因素的影响, 涉及到西风带、副热带、热带以及两个半球环流的相互作用等, 对其影响因子的研究是一个很复杂的课题, 可能在不同的个例中表现不一样。但无论如何, 本个例数值试验揭示的绝热时内部动力调整过程对副高北进的影响结果、辐射过程及南亚季风区加热改变对副高活动影响的结果是有意义的, 其中的机理还有待进一步分析。有关南亚季风区加热与副高南侧热带辐合带加热对副高北进作用机制的比较分析将在另文中完成。

致谢: 三位审稿专家的宝贵意见和中肯建议使作者受益匪浅, 谨致感谢。

参 考 文 献

- 1 陶诗言、朱福康, 1964, 夏季亚洲南部 100 hPa 流型的变化及其与西太平洋副热带高压进退的关系, 气象学报, 34, 385~395.

- 2 喻世华, 赵库, 1993, 西太副高异常进退对比分析, 热带气象学报, 9, 12~19.
- 3 喻世华, 1989, 西太副高中期进退环流机制, 海洋学报, 11, 373~377.
- 4 钟中, 1991, 东亚地区加热场对西太平洋副高东西进退影响的数值试验, 热带气象学报, 7, 332~339.
- 5 Huang Ronghui and Lu Li, 1989, Numerical simulation of the relationship between the anomaly of subtropical High over East Asia and convective in the western tropical Pacific, *Advances in Atmospheric Sciences*, 6, 202~204.
- 6 黄仕松, 余志豪, 1962, 副热带高压结构及其同大气环流有关若干问题的研究, 气象学报, 31, 339~359.
- 7 杨修群, 黄仕松, 1989, 马斯克林高压的强度变化对大气环流影响的数值试验, 气象学报, 9, 125~138.
- 8 纪立人, 陈嘉滨, 张道民, 吴万里等, 1990, 一个包含非绝热物理过程的全谱模式及其初步试验结果中期数值天气预报研究成果汇编, 北京: 气象出版社, 27~40.
- 9 Zhang Daomin et al., 1995, A global spectral and test of its performance, *Advances in Atmospheric Sciences*, 12, 67~78.
- 10 李双林, 张道民, 纪立人, 王盘兴, 1999, IAP T42L9全球谱模式加热场的诊断, 大气科学, 23(2), 191~198.
- 11 林本达, 缪锦海, 1981, 1977年出梅期间副高北跳过程的动力学分析, 大气科学, 5, 257~266.
- 12 陈隆勋, 朱乾根, 何金海等, 1991, 东亚季风, 北京: 气象出版社, 31~38.
- 13 Murakami, T., Longxun Chen and An Xie, 1986, Relationship among seasonal cycles, low-frequency oscillations and transient disturbances as revealed from outgoing longwave radiation data, *Mon. Wea. Rev.*, 114, 1456~1465.
- 14 郭其蕴, 王继琴, 1988, 中国与印度夏季风降水的比较研究, 热带气象, 4, 53~60.
- 15 庄世宇, 纪立人, 1997, 夏季副热带西太平洋大气环流持续异常, 科学通报, 42, 2196~2199.

A Case Study of Numerical Experiments of the Western Pacific Subtropical High

Li Shuanglin, Zhang Daomin and Ji Liren

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

Wang Panxing

(Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044)

Abstract As far as one case is concerned, during which the subtropical high over the western Pacific (SH) moved to northwest and Meiyu at the Yangtze River valley ended up, the causes of enhance of SH are studied by means of numerical experiments; especially the roles of diabatic processes such as radiation, precipitation and heating over South-Asia monsoon area are analyzed. The results indicate: (1) for the circulation pattern in which Meiyu will end, adiabatic dynamic adjusting processes tends to enhance SH and are the main cause of SH moved to northwest; (2) diabatic heating plays unignoredly roles in enhancing the subtropical high on medium-range scales of 3~5 days, and the net effect of diabatic heating lessens SH. As for the factors of diabatic heating, total effect of radiation processes lessens the subtropical high, the latent heating released by precipitation benefits on the maintenance and enhance of the subtropical high. As for the location, the heating over South-Asia monsoon area plays the same role as that in the ITCZ to south of the subtropical high, and is in favor of the enhancement of subtropical high and northwest movement.

Key words subtropical high western Pacific movement to north numerical experiment