

冬季菲律宾周围对流活动与北太平洋 风暴轴联系的数值模拟*

胡增臻

黄荣辉

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

(中国科学院大气物理研究所, 北京 100080)

摘要 通过利用 IAP 2-L AGCM 进行的数值模拟, 进一步揭示了冬季菲律宾周围对流活动异常对北太平洋风暴轴变化的影响及其二者联系的物理机制和物理过程。结果表明: 当菲律宾周围对流活动增强时, 在 500 hPa 等压面上强迫产生一个自赤道西太平洋开始, 经我国东部、堪察加半岛、白令海, 到美国西海岸的异常波列; 位于西太平洋的经向三圈环流增强, 位置北移; 在风暴轴的西半部和东端斜压性增强; 从而导致了北太平洋风暴轴增强、北抬、东伸。

关键词 对流活动 风暴轴 异常波列 经向环流 菲律宾 北太平洋

1 引言

风暴轴区域是瞬变(天气尺度)扰动活跃的地区。风暴轴区域瞬变扰动导致的凝结加热异常等对全球大气环流和气候变化有重要影响。Blackmon^[1]以及 Lau 和 Wallace^[2]的诊断研究指出了在北半球冬季资料中, 纬向拉长的 2~6 天高度场大方差区位于从北美和亚洲东海岸开始分别穿过大西洋和太平洋的区域。Hoskins 和 Valdes^[3]总结了北半球冬季风暴轴的结构(图 1)。由图 1 可以看出, 在两个天气时间尺度高度场方差(Φ^2)大值区的上游, 存在向极($\overline{V'T'}$)和向上($-\overline{\omega'T'}$)的热通量极大值。正如 Hoskins 等^[4]指出的, 在这些区域 E 矢量的辐散有加速西风气流的倾向, 最大的垂直平均非绝热加热也位于这一区域。最大加热的出现是风暴轴存在导致的结果。Hoskins 和 Valdes^[3]使用线性定常波模式探讨了风暴轴的存在和自维持机制, 发现涡旋导致的直接热力作用确实不利于风暴轴的存在, 而它的涡度通量部分减弱了这种热力影响。在风暴轴区域的非绝热加热是涡旋活动的间接作用, 这一非绝热加热有利于在风暴轴区域维持一个平均的最大斜压不稳定。由涡旋活动导致的平均低层流增强暖的海洋西边界流, 这是风暴轴存在的关键。Change 和 Orlanski^[5]使用一个理想的原始方程模式探讨了控制风暴轴的涡旋活动动力学和其维持的因子。结果表明, 局地区域斜压不稳定性的增强不一定导致涡旋活动出现。风暴轴能量学研究表明, 斜压变换确实与最大斜压性区域有关, 下游的辐射能量通过非地转位势通量导致弱斜压区涡旋活动的发展和维持, 从而使

1995-07-08 收到, 1996-03-13 收到再改稿

* 国家自然科学基金(49505069)和中国科学院联合资助课题

得涡旋活动延伸到远离高斜压性区域的下游。文中给出的涡旋生命史实例表明, 非地转流的辐合、辐散控制着正压和斜压的转换, 特别是在弱斜压区。Frederiksen 和 Frederiksen^[6]研究了 1979 年 1 月水平变化的静力稳定性和非地转效应对北半球风暴轴不稳定模位置和成熟的异常遥相关型模的重要性。Higgins 和 Schubert^[7]根据模拟资料和 EC 分析资料, 诊断分析了太平洋风暴轴中天气涡旋活动的低频变化 (10 天以上) 的特征及其对纬向风的影响。Klasa 等^[8]研究了对流层上层天气尺度涡旋和 PNA 型的正压相互作用, 并发现在强 PNA 型期间, 天气尺度涡动动能和它向月平均流的转换在平均急流出口处最重要; 涡旋活动和动能转换最大值, 在正 PNA 位相时位于东太平洋且显著大于在负 PNA 位相时的极大值, 在负 PNA 位相时最大值位于中太平洋。胡增臻和黄荣辉^[9]研究发现, 冬季

热带西太平洋菲律宾周围对流活动异常与北太平洋风暴轴在 2~4 年时间尺度上存在着密切联系, 当菲律宾周围对流活动强 (弱) 时, 北太平洋风暴轴中心偏强 (弱)、偏东 (西)、偏北 (南)。并且指出二者是通过菲律宾周围对流活动异常强迫产生的东亚-北太平洋-北美 (ANA) 型距平波列联系在一起的 (图 2)。孙照勃和邓兴秀^[10]根据 1980~1985 年 ECMWF 的 500 hPa 高度场滤波资料分析了风暴轴的时间变化特征及其与急流的关系。最近, 胡增臻和黄荣辉^[11]分析表明, 瞬变项是距平方程中的大项, 它与定常项有很强的相互作用, 舍去的瞬变项是距平模式的主要误差源。并强调指出了在距平模式中进行瞬变量参数化的必要性。

目前, 国外对风暴轴变化机制的研究多集中于对风暴轴及周围区域的多种物理量进行诊断分析, 以揭示其变化规律。胡增臻和黄荣辉^[9]的研究表明, 冬季外源异常 (如菲律宾周围对流活动异常) 通过遥相关同样可以对北太平洋风暴轴变化产生显著影响。本文是这一工作的继续, 主要通过 GCM 数值模拟进一步揭示菲律宾周围对流活动异常影响北太平洋风暴轴的物理机制和物理过程。第二部分简要介绍本文数值模拟所使用的 IAP 2-L AGCM 和数值试验的设计; 第三部分分析数值试验的结果; 第四部分利用数值模拟的结果, 进一步分析冬季菲律宾周围对流活动异常影响北太平洋风暴轴变化的物理机制和物理过程; 结论和讨论在第五部分给出。

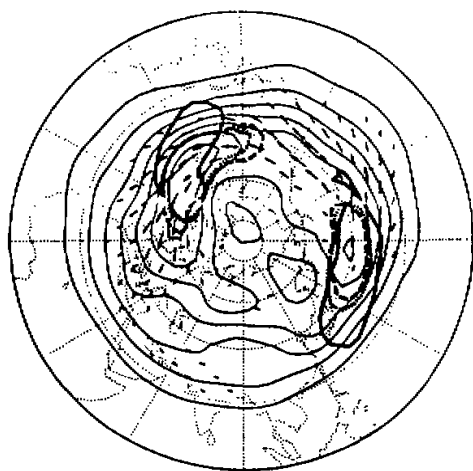


图1 根据 ECMWF 1979~1984 年冬季 (12~2 月) 经高通时间滤波后的瞬变资料, 总结的北半球冬季风暴轴结构^[2]

细等值线是 250 hPa 的高度方差 (等值线间隔 15 m^2); 箭头是 250 hPa 的 $E = (\overline{v'^2} - \overline{u'^2}, -\overline{u'v'})$; 粗虚线是 700 hPa 水平温度通量 ($\overline{P'T'}$) (等值线间隔 10 km/s); 粗点线是 700 hPa 垂直温度通量 ($-\overline{\omega'T'}$) (等值线间隔 0.2 kPa/s); 粗实线是垂直平均的非绝热加热 (等值线间隔 50 W m^2)

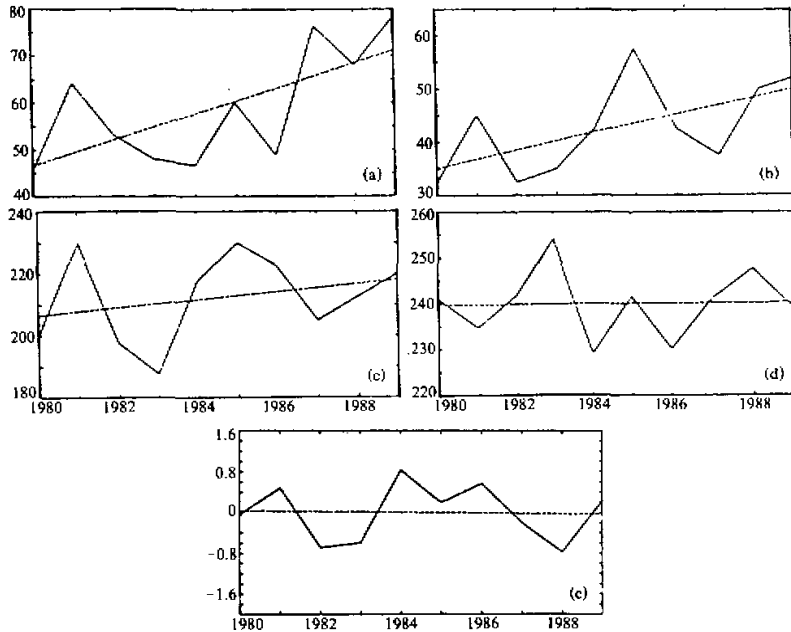


图 2 1 月份北太平洋风暴轴中心强度 (a)、风暴轴中心所处纬度 (b) 和经度 (c) 的时间演变曲线
(a)、(b)、(c) 的纵坐标单位分别是 m^2/s^2 、纬度 ($^{\circ}\text{N}$)、经度；经度值大于 180 时表示
西经；(d) 1 月份西太平洋菲律宾周围 ($0\sim 25^{\circ}\text{N}$, $90\sim 135^{\circ}\text{E}$) 50 个网格点平均的 OLR
时间曲线 (纵坐标单位: W/m^2)；(e) 1 月份 300 hPa I_{ANA} 的时间演变曲线，
$$I_{\text{ANA}} = [-Z^*(20^{\circ}\text{N}, 140^{\circ}\text{E}) + Z^*(65^{\circ}\text{N}, 140^{\circ}\text{E}) - Z^*(85^{\circ}\text{N}, 110^{\circ}\text{W}) +$$

$$Z^*(40^{\circ}\text{N}, 120^{\circ}\text{W}) - Z^*(10^{\circ}\text{N}, 115^{\circ}\text{W})]/5$$
，其中 Z^* 为标准化的
300 hPa 高度，虚线指线性趋势 (引自文献[9])

2 模式和数值试验设计

2.1 模式

本文数值试验使用的模式是 IAP 2-L AGCM^[12]。IAP 2-L AGCM 为全球二层原始方程格点模式，大气层顶取在 200 hPa。水平差分格式为 C 网格，分辨率为经度 5° 、纬度 4° 。积分时间步长 6 min。物理过程包括长、短波辐射，大尺度凝结和小尺度积云对流加热，以及大气和下垫面之间的能量、水分、动量交换。取真实地形和海陆分布，下垫面依其性质分为 9 类。反照率根据地表类型和有无积雪来确定。该模式能较好地模拟气候平均场，尤其是夏季环流、季风的进退、季节突变、低频振荡和遥相关的主要特征。此外，该模式还比较成功地模拟了古气候特征及 CO_2 加倍导致的温室效应。目前该模式已用于跨季度短期气候距平的预测试验中。IAP 2-L AGCM 是目前性能比较好的 AGCM 之一。

2.2 数值试验设计

热带西太平洋是全球海洋温度最高的海域，被称为暖池。全球暖海水大部分集中在

这里, 这个区域海气相互作用剧烈, 是大气热量的主要供应地之一。暖池处于 Walker 环流上升支, 暖池上空的对流活动对大气的加热也供给 Walker 环流能量。热带西太平洋上空的对流活动(热源)异常对全球大气环流和天气气候异常有明显影响。黄荣辉、李维京从观测事实和理论上研究了暖池上空对流活动所形成的热源对北半球大气环流异常的作用, 指出暖池上空热源强迫所形成的准定常行星波可以从菲律宾周围经东亚传播到北美西海岸^[13]。Nitta^[14]用卫星云图资料研究了西太平洋上空的对流活动对北半球大气环流变化的影响。此外, 许多研究还发现, 菲律宾周围对流活动异常对东亚(中国、日本)地区降水和气温异常有明显影响^[15~19]。

本文通过数值模拟进一步研究胡增臻和黄荣辉^[9]通过诊断分析揭示的 1 月份菲律宾周围对流活动异常与北太平洋风暴轴变化的联系。根据对 OLR 场做 REOF 分析的结果(见文献[9]中图 1), 以及低纬度对流活动一般位于高海温区的西侧这一事实, 在异常试验中, 取以下 T 来表示菲律宾周围对流活动的异常活跃:

$$T = T_0 \{ \sin[\pi(\theta - \theta_1) / (\theta_2 - \theta_1)] \sin[\pi(\lambda - \lambda_1) / (\lambda_2 - \lambda_1)] \},$$

$$\theta_1 < \theta < \theta_2, \quad \lambda_1 < \lambda < \lambda_2.$$

其中, $T_0 = 2^\circ\text{C}$, $\theta_1 = 2^\circ\text{N}$, $\theta_2 = 26^\circ\text{N}$, $\lambda_1 = 105^\circ\text{E}$, $\lambda_2 = 155^\circ\text{E}$ 。即 T 最大值为 2°C , 中心在 $(14^\circ\text{N}, 130^\circ\text{E})$ (见图 3a)。通过后面的数值模拟结果(图 7c)可以看出, 由于加入 T 使得菲律宾周围 σ 的变化为负值, 即上升运动增强, 由图 3b 也可以看出, 菲律宾周围对流性降水的差为正值, 即当在菲律宾周围加入 $+T$ 时, 相应的对流性降水增强。这再一次说明用 T 的变化来对菲律宾周围的对流活动进行参数化是合理的。这与已有的观测研究结果^[20]也是一致的。

3 数值模拟结果分析

利用 IAP 2-L AGCM 进行了两个数值模拟试验。第一个是以模式原积分的第 16

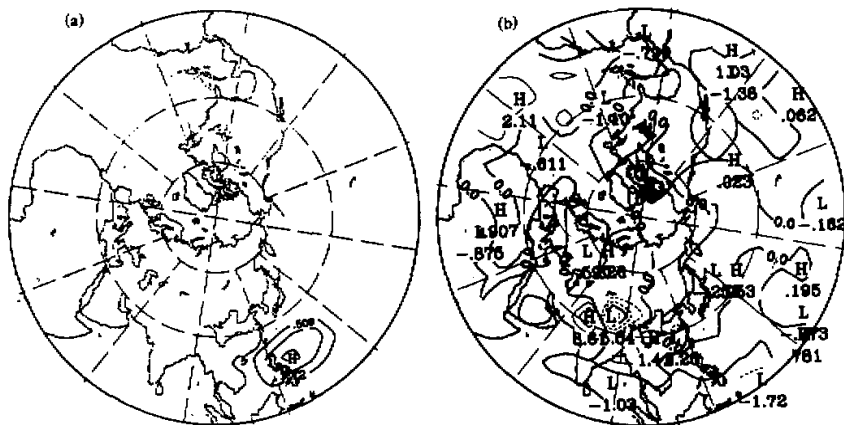


图 3 (a) 异常试验中菲律宾周围的 SSTA (等值线间隔为 0.5°C , 最外圈等值线为 0.5°C);
(b) EXP1-EXP0 的对流性降水 (等值线间隔为 1 cm/d , 虚线为负)

年 1 月 1 日 00 时为初始场, 加入气候 SST, 将模式积分 1 个月, 利用逐日积分结果分析模式对气候平均状态的模拟效果。这一试验称之为 EXP0。第二个试验, 与第一个试验类似, 但加入的是气候 SST 加上图 3a 中的 SSTA, 同样将模式积分 1 个月, 重点分析模式模拟的菲律宾周围对流活动异常 (SSTA) 对北太平洋风暴轴变化的影响。这一试验称之为 EXP1。以下分别予以分析。

3.1 EXP0

图 4 是模式模拟的第 16 年 1 月平均的 500 hPa 高度场, 400 hPa 急流和 400 hPa 风暴轴。急流以 $(\bar{u}^2 + \bar{v}^2)^{0.5}$ 表示, 其中 $\bar{u}$ 和 $\bar{v}$ 是月平均的 400 hPa u 和 v 。风暴轴以 $(u'^2 + v'^2)/2$ 表示, 其中 u' 和 v' 是经 2~6 天高通滤波后的 400 hPa u 和 v , 主要反映时间尺度一周以下的天气尺度扰动。高通滤波器采用 Trenberth^[21] 提出的 7 点简易高通滤波器。分析图 4a 可以看出, 模式很好地模拟出了位于北太平洋、北大西洋的大槽和相应的二个高压脊。由图 4b 可以看出, 与图 4a 相对应, 模式很好地模拟出了位于北太平

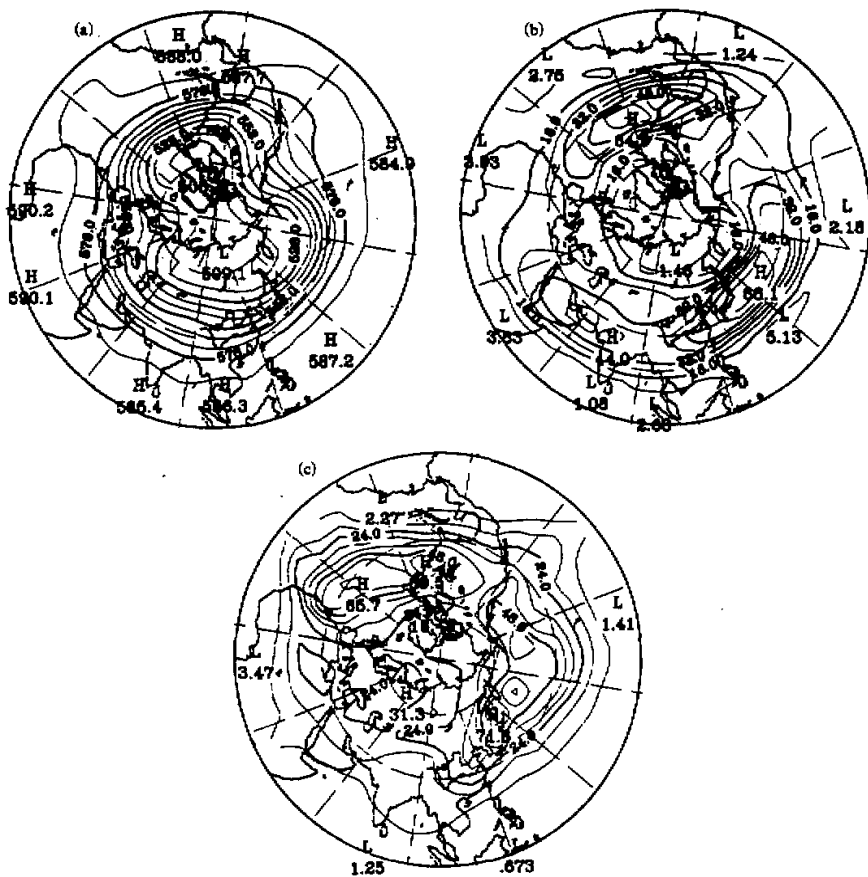


图 4 EXP0 模拟的 1 月份 500 hPa 高度场 (a)、400 hPa 急流 (b) 和 400 hPa 风暴轴 (c)
(a)、(b) 和 (c) 的等值线间隔分别为: 80 gpm、8 m/s 和 8 m²/s²

洋和北大西洋的强西风急流区。与文献[1~10]中给出的风暴轴比较可以看出, 图 4c 模拟的位于北太平洋和北大西洋的风暴轴无论从位置还是强度上都是十分成功的。这一方面再次说明 IAP 2-L AGCM 有很好的模拟性能, 另一方面也为本文后面的模拟取得成功奠定了基础。

3.2 EXP1

图 5 是 EXP1 的模拟结果。为了更突出地揭示出菲律宾周围对流活动异常对北太平洋急流和风暴轴变化的影响, 我们重点分析 EXP1 减去 EXP0 后的结果, 记为 EXP1-EXP0。由图 5c 和图 4b 可以看出, 模式模拟结果表明, 当菲律宾周围对流活动增强时, 在北太平洋急流中心附近及其北侧为正变化, 即北太平洋急流加强、东伸和北抬明显。此外, 由图 4c 和图 5d 可以看出, 当菲律宾周围对流活动增强时, 北太平洋风暴轴中心及其东侧为正变化, 即北太平洋风暴轴中心增强、东伸, 但北抬不明显。这表

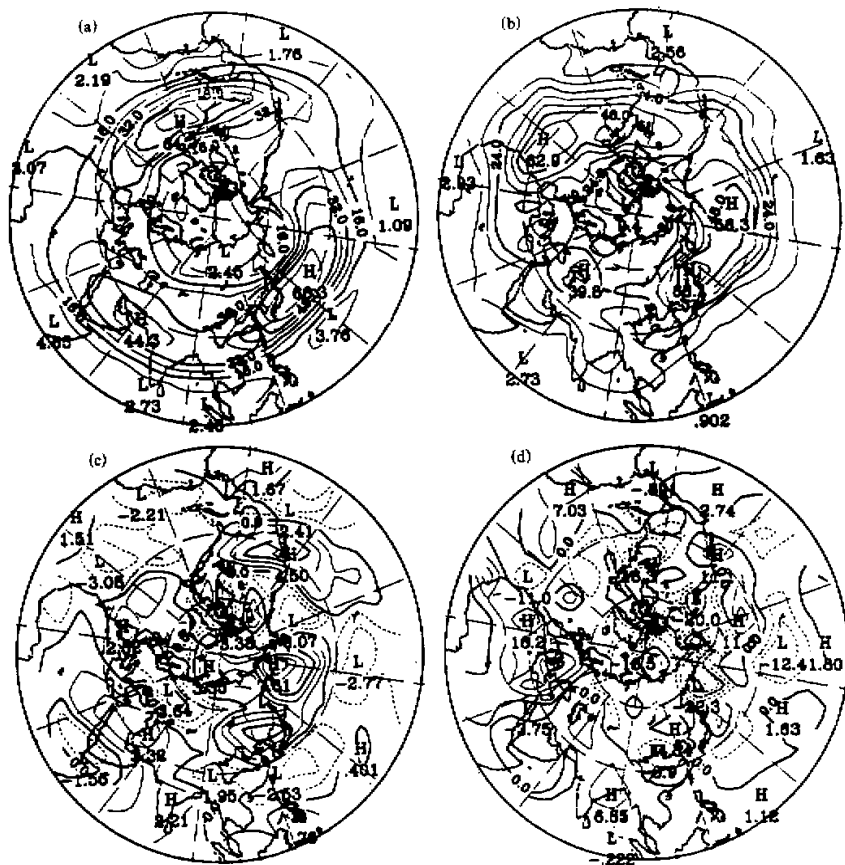


图 5 EXP1 模拟的 1 月份 400 hPa 急流 (a)、400 hPa 风暴轴 (b), EXP1-EXP0 的 1 月份 400 hPa 急流变化 (c)、400 hPa 风暴轴变化 (d)

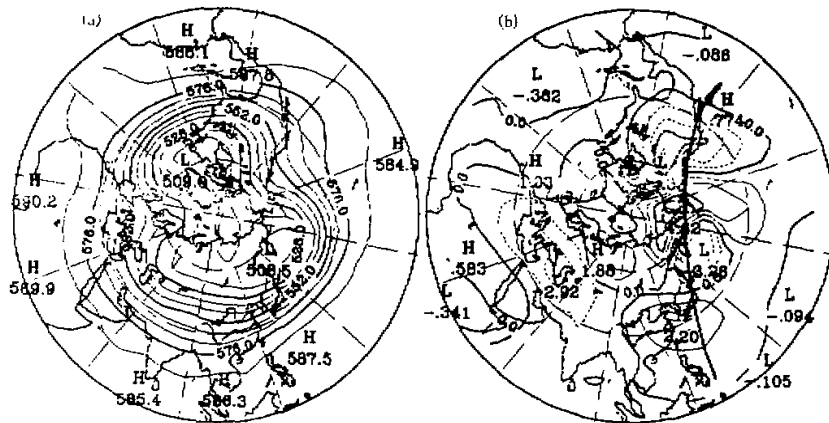
(a)、(b)、(c) 和 (d) 的等值线间隔分别为 8 m/s 、 $8 \text{ m}^2/\text{s}^2$ 、 1 m/s 和 $4 \text{ m}^2/\text{s}^2$

明数值模拟结果基本上证实了诊断分析的结论: 当冬季菲律宾周围对流活动增强时, 北太平洋急流和风暴轴中心增强、北抬、东伸^[9]。因此, 菲律宾周围对流活动, 在夏季时以影响北半球大气环流异常为主, 是一种单向的作用; 而冬季时除了北半球大气环流异常通过东亚冷空气活动影响菲律宾周围的对流活动外, 对流活动对大气环流异常也存在明显的反馈作用, 是一种双向相互作用。

4 冬季菲律宾周围对流活动异常与北太平洋风暴轴变化联系的物理机制和物理过程的进一步分析

诊断分析^[9]指出, 冬季菲律宾周围对流活动异常是通过强迫产生一个东亚-北太平洋~北美波列 (ANA) 从而影响北太平洋风暴轴变化的, I_{ANA} 指数与风暴轴变化有很好的相关 (图 2)。本文利用数值模拟结果, 进一步分析二者联系的物理机制和物理过程。图 6a 是 EXP1 的 1 月份 500 hPa 高度场变化, 图 6b 是 EXP1-EXP0 的 1 月份 500 hPa 高度场变化。由图 6b 可以看出, 从赤道西太平洋附近开始经我国东部、堪察加半岛、白令海至美国西海岸为一个“+--+”的异常波列。这一波列与文献[9]定义的 ANA 波列有些相似。在图 4a 中东亚大槽位于 $120^{\circ}\text{E} \sim 180$ 之间, 而图 6b 中在这一波列上位于堪察加半岛的负变高及其两侧的正变高, 使得东亚大槽在堪察加半岛附近强度加强, 经向度加大, 在负变高南部, 南北向高度梯度加大, 风速 u 增大, 而在这一负变高东部和西部, 东西向高度梯度增大, 风速 v 增大, 这样导致位于北太平洋的急流明显增强, 风暴轴也相应增强。

由于 IAP 2-L AGCM 垂直方向只有 2 层, 因此不能直接给出经圈环流的变化。本文利用 500 hPa 的垂直速度 $\bar{\sigma} = d\sigma / dt$ 来分析西太平洋附近经圈环流的变化。由图 7 可以看出, EXP0 (图 7a) 和 EXP1 (图 7b) 中在西太平洋附近的经向三圈环流特征比较清楚。例如沿 150°E , 在低纬度和 60°N 附近为上升运动, 而在副热带 (30°N) 和极地



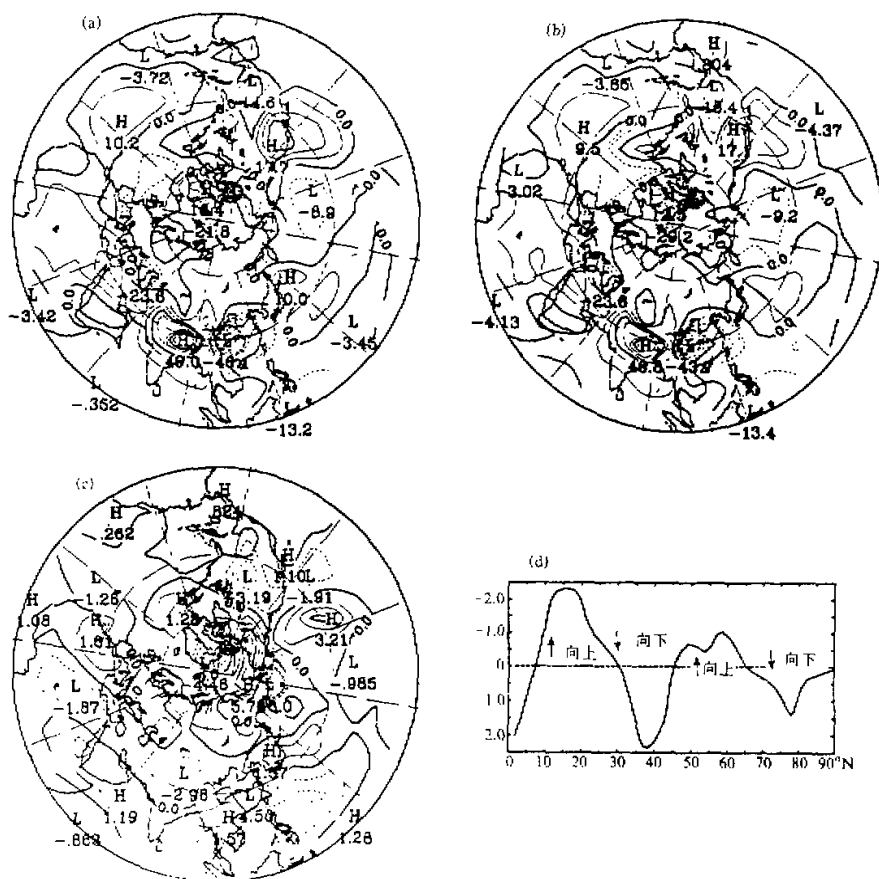


图 7 500 hPa 垂直速度($\bar{\sigma} = d\sigma/dr$),
(a) EXP0, (b) EXP1, (c) EXP1-EXP0, (d) 在图 c 中沿 140°E 的 $\bar{\sigma}$
等值线间隔: (a)、(b) 为 $5 \times 10^{-7}/s$, (c) 为 $1 \times 10^{-7}/s$; (d) 数值放大了 10^7 倍

为下沉运动。由图 7c 可以看出, 图 7a 和 7b 的差异比较明显, 即当菲律宾周围对流活动增强时, 西太平洋低纬度和 60°N 附近的上升运动增强, 副热带 (30°N) 和极地的下沉运动增强。即经向三圈环流增强, 且位置北移。图 7d 是图 7c 沿 140°E 的 $\bar{\sigma}$ 分布, 由图 7d 可以更清楚地看到, 西太平洋经向三圈环流的变化。由于北太平洋 (50°N 附近) 上升运动的增强, 导致北太平洋西风急流加速、北移, 风暴轴增强、北移。

北半球风暴轴能够用斜压波生命史模式来解释。分析不同试验中北太平洋风暴轴区域斜压性的变化, 有利于进一步揭示冬季菲律宾周围对流活动异常与北太平洋风暴轴变化联系的物理机制和物理过程。通常用于度量大气斜压性的指标是最大 Eady 增长率^[3, 5],

$$\sigma_{BI} = 0.31 f \partial V / \partial Z | N^{-1}$$

其中 N^{-1} 取为常数 $1.1 \times 10^2 \text{ s}$ 。图 8 给出了 800 hPa 和 400 hPa 间的斜压性指标 σ_{BI} 。图 8a、b 与文献[3]中的图 2 是非常一致的。 σ_{BI} 大值区与风暴轴有很好的对应关系。由图 8c 可以看出, 当菲律宾周围对流活动增强时, 中高纬中西太平洋地区的 σ_{BI} 值有明显变化, 在北太平洋风暴轴的西半部分及东端斜压性增强, 而在 150°E 附近斜压性略有减弱。由于在北太平洋风暴轴的西半部分和东端斜压性增强, 天气尺度涡旋活动增强, 瞬变扰动活跃, 有利于风暴轴增强。

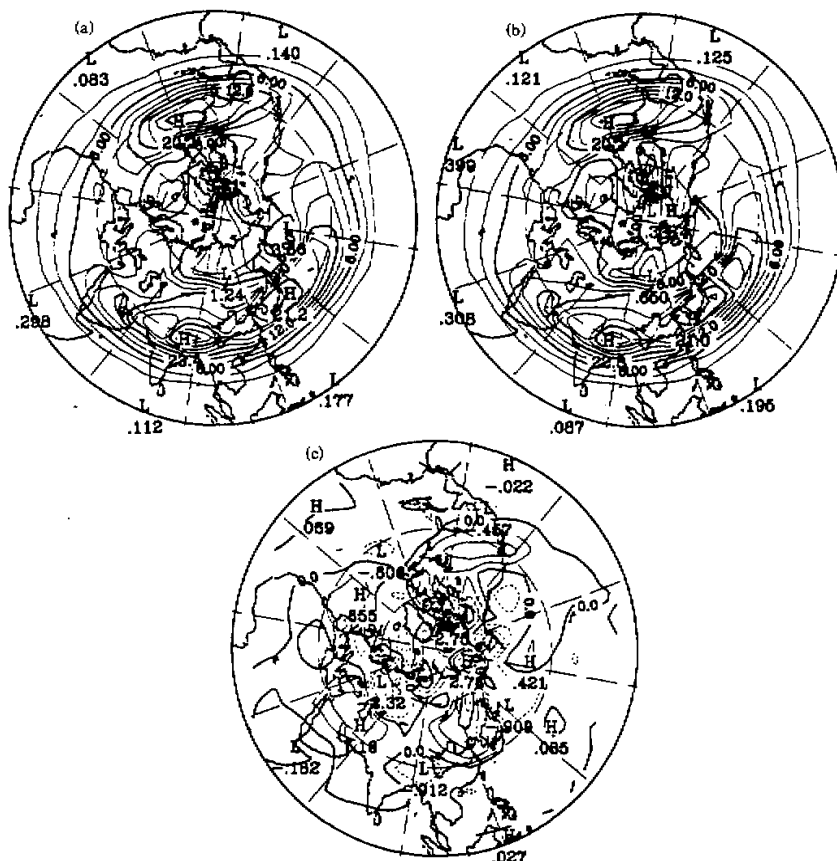


图 8 800 hPa 和 400 hPa 间的斜压性指数 σ_{BI}

(a) EXP0, (b) EXP1, (c) EXP1-EXP0

(a)、(b) 的等值线间隔 0.2/d, (c) 的等值线间隔 0.04/d

5 结论和讨论

通过本文利用 IAP 2-L AGCM 进行的数值模拟, 进一步揭示了冬季菲律宾周围对流活动异常对北太平洋风暴轴变化的影响及其二者联系的物理机制和物理过程, 证实了

冬季菲律宾周围对流活动对北半球大气环流异常有明显影响。本研究得到以下几点结论: 当冬季菲律宾周围对流活动增强时,

(1) 北太平洋急流和风暴轴增强、北抬、东伸;

(2) 在 500 hPa 等压面上强迫产生一个自赤道西太平洋附近开始, 经我国东部、堪察加半岛、白令海, 到美国西海岸的异常波列, 从而导致北太平洋急流和风暴轴增强、北抬、东伸;

(3) 位于西太平洋的经向三圈环流增强、位置北移, 从而导致北太平洋急流和风暴轴增强、北移;

(4) 在风暴轴的西半部分及东端斜压性增强, 天气尺度瞬变扰动异常活跃, 有利于风暴轴的增强。

总之, 当冬季菲律宾周围对流活动增强时, 通过遥相关波列和经向环流影响北太平洋急流的强度和位置变化, 斜压性增加, 瞬变活动异常活跃, 进而使北太平洋风暴轴增强、北抬、东伸。

本文的数值模拟结果基本上证实了诊断分析的主要结论, 但数值模拟给出的异常波列以及急流和风暴轴的变化与诊断分析的结果还有许多细节上的差异, 如模拟的风暴轴中心北抬不明显, 这可能主要与 IAP 2-L AGCM 水平和垂直分辨率不高以及菲律宾周围对流活动在模式中的参数化有待改进等有关。根据 Lau 和 Peng 的研究^[22], 基本气流的正压不稳定性对遥相关型的形成有重要影响, 因此, 当菲律宾周围对流活动异常使得基本气流改变时, 基本气流的正压不稳定性也产生相应的变化, 但如何进一步影响大气环流和风暴轴的变化有待于进一步的研究。此外, 本文只对数值模拟结果进行了简单的定性分析, 对物理机制的分析也有待于进一步深入, 特别是对像加热 (SSTA) 区域南北宽度对经向三圈环流以及急流和风暴轴位置变化的影响等问题, 有待于今后使用水平和垂直分辨率较高的 AGCM 进行更多的数值试验来进一步量化研究。

参 考 文 献

- 1 Blackmon, M. L., 1976, A climatological spectral study of the 500 mb geopotential height of the Northern Hemisphere, *J. Atmos. Sci.*, **33**, 1607~1623.
- 2 Lau, N.-C., and J. M. Wallace, 1979, On the distribution of horizontal transport by transient eddies in the Northern Hemisphere wintertime circulation, *J. Atmos. Sci.*, **36**, 1844~1861.
- 3 Hoskins, B. J. and P. J. Valdes, 1990, On the existence of storm-tracks, *J. Atmos. Sci.*, **47**, 1854~1864.
- 4 Hoskins, B. J., I. N. James and G. H. White, 1983, The shape, propagation and mean-flow interaction of large-scale weather systems, *J. Atmos. Sci.*, **40**, 1595~1611.
- 5 Chang, E. K. M. and I. Orlanski, 1993, On the dynamics of a storm track, *J. Atmos. Sci.*, **50**, 999~1015.
- 6 Frederiksen, C. S. and J. S. Frederiksen, 1992, Northern Hemisphere storm tracks and teleconnection patterns in primitive equation and quasigeostrophic models, *J. Atmos. Sci.*, **49**, 1443~1458.
- 7 Higgins, R. W. and S. D. Schubert, 1993, Low-frequency synoptic-eddy activity in the Pacific storm track, *J. Atmos. Sci.*, **50**, 1672~1690.
- 8 KJasa, M., L. Derome and J. Sheng, 1992, On the interaction between the synoptic-scale eddies and the PNA teleconnection pattern, *Beitr. Phys. Atmosph.*, **65**, 211~222.
- 9 胡增臻、黄荣辉, 1997, 冬季热带西太平洋对流活动异常的年际变化及其对北太平洋风暴轴的影响, *大气科学*, **21**(5), 513~522.
- 10 Sun Zhaobo and Deng Xingxiu, 1993, Temporal variation characteristics of storm tracks in the Northern Hemisphere, *J. Atmos. Sci.*, **50**, 1672~1690.

- sphere, *Climate Variability*(edited by Ye Duzheng, et al.), China Meteorological Press, 191~200.
- 11 胡增禄、黄荣辉, 1997, 夏季北半球地气耦合非定常距平模式中瞬变量与定常量关系的诊断分析, *大气科学*, 21(4), 449~458.
 - 12 Zeng Qingcun et al., 1989, *Documentation of IAP Two-level Atmospheric General Circulation Model*, DOE . ER / 60314-H1, TRO44, Prepared for United States Department of Energy, February, 383pp.
 - 13 Huang Ronghui and Li Weijing, 1987, Influence of the heat source anomaly over the western tropical Pacific on the subtropical high over East Asia, *International Conference on the General Circulation of East Asia*, April 10 ~ 15, Chengdu, China.
 - 14 Nitta, Ts., 1987, Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulation, *J. Meteor. Soc. Japan*, 65, 373~390.
 - 15 Nitta, Ts. and Zeng-Zhen Hu, 1996, Summer climate variability in China and its association with 500 hPa height and tropical convection, *J. Meteor. Soc. Japan*, 74, 425~455.
 - 16 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.
 - 17 Kurihara, K., 1989, A climatological study on the relationship between the Japanese summer weather and the subtropical height in the western North Pacific, *Geophysical Magazine*, 43, 45~104.
 - 18 Miyazaki, Y., 1992, Relationship between sea-water temperature in the tropics and winter weather over Japan, *J. Meteor. Soc. Japan*, 70(3), 769~774.
 - 19 Miyazaki, Y., 1989, The relationship between tropical western Pacific on the East Asia summer monsoon, *J. Meteor. Soc. Japan*, 67(5), 863~875.
 - 20 叶笃正、曾庆存、郭裕福, 1991, 当代气候研究, 北京: 气象出版社, 119~120.
 - 21 Trenberth, K. E., 1986, An assessment of the impact of transient eddies on the zonal flow during a blocking episode using localized Eliassen-Palm flux diagnostics, *J. Atmos. Sci.*, 43, 2070~2087.
 - 22 Lau, K.-M. and L. Peng, 1992, Dynamics of atmospheric teleconnections during the northern summer, *J. Climate*, 5, 140~158.

Simulation Study of the Connection between Convective Activities around the Philippines and the Storm Track in the North Pacific in Winter

Hu Zengzhen

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

Huang Ronghui

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

Abstract The impacts of the convective activity anomaly around the Philippines in winter on the variation of the storm track in the North Pacific and its physical mechanism are further investigated by the numerical simulation of IAP 2-L AGCM in this paper. It is shown that when the convective activities around the Philippines are active, a forced anomaly wave train, from the equator west Pacific to the west coast of USA via the eastern China, Kamchatka Peninsula, Bering Sea, is formed in the 500 hPa isobaric chart; the meridional circulation of the three cells over the west Pacific intensifies, its location moves northward; and baroclinity in the west half and the eastern end part of the storm track increases, as a result, the storm track in the North Pacific strengthens and moves northward and eastward.

Key words convective activity storm track anomaly wave train meridional circulation
Philippines North Pacific