

北太平洋海冰, 一个西北太平洋台风生成 频次的预测因子?

范 可^{①②*}

(① 中国科学院大气物理研究所竺可桢-南森国际研究中心 NZC, 北京 100029; ② 云南大学大气科学系, 昆明 650091)

摘要 研究了北太平洋海冰面积与西北太平洋台风生成频次的关系. 研究表明冬季(前一年 12 月至 1, 2 月)和春季(3~5 月)北太平洋海冰面积指数与全年的西北太平洋台风活动频次在 1965~2004 年中有显著的反相关关系, 相关系数分别为 -0.42 和 -0.49(显著性水平达到 99%以上). 冬、春季北太平洋海冰面积越大, 西北太平洋台风生成频次减少. 研究表明与春季北太平洋海冰面积正异常相关的热带环流和海温异常将提供不利于西北太平洋台风生成的热力和动力条件. 与春季北太平洋海冰面积的异常相关的北太平洋大气环流, 将通过大气遥相关引起春季热带环流的变化, 由于热带环流在春季到台风生成的盛期(6~10 月)有很强的季节持续性, 因此, 与春季北太平洋海冰面积变化相关的热带环流和海温能够影响西北太平洋台风的生成频次.

关键词 台风 北太平洋海冰 大气遥相关

热带气旋活动的年际变化是一个具有科学性和经济性的重要问题. 早期的研究揭示了厄尔尼诺-南方涛动(ENSO)和平流层准两年振荡与西北太平洋台风活动年际变化的关系并讨论了其中的物理机制^[1~10]. 他们的研究表明 ENSO 事件能在很大程度上影响热带气旋位置、强度和路径. 在 El Niño 当年, 在西北太平洋热带气旋的主要生成区域内, 热带气旋活动减少, 而在其以东的区域, 热带气旋活动增多. 同时, 西北太平洋热带风暴和台风生成位置较平均位置偏南偏东, 热带气旋的生命史较长, 容易出现强度较强的热带风暴. 而 La Niña 年则相反. Chan^[11]进一步分析了 El Niño 及 La Niña 发生的前一年, 当年及之后对西太平洋热带气旋活动频次的不同的影响, 并将 ENSO 作为一个重要因子应用于西太平洋热带气旋活动的季节预测中^[12,13]. 他们研究表明赤道东太平洋海温异常可以通过影响太平洋低纬地区的纬圈环流、

赤道辐合带、海温、对流和风切变幅度等进而影响西北太平洋台风的活动频次、强度和位置. 此外, 研究^[9,10]还表明了当平流层低层纬向风准两年振荡处于西风位相时, 有利于西太平洋台风活动增加.

此外, 早期的学者^[14~20]还注意到了两半球, 尤其是南半球大气环流与西北太平洋台风活动的关系. 他们认为当南半球低纬是经向环流, 澳洲有冷空气爆发, 南半球的越赤道气流加强, 导致赤道辐合带加强, 西太平洋容易生成台风. 近年的研究发现, 南极涛动是南半球中高纬一个主要的气候模态, 它的实质是南半球中高纬系统之间的质量交换. 近年已有研究^[21~23]表明, 它能够影响我国北方的沙尘气候及夏季风的降水. 王会军等^[24]研究发现 6~9 月的南极涛动与西北太平洋台风的生成频次关系密切, 在南极涛动正异常下, 西北太平洋的赤道环流和海温能够抑制台风生成, 南极涛动的负异常年份则有利于

收稿日期: 2006-12-29; 接受日期: 2007-03-02

国家自然科学基金项目(批准号: 40221503, 40631005, 40620130113)资助

* E-mail: fanke@mail.iap.ac.cn

西太平洋台风活动。

北太平洋涛动是北太平洋上一个主要的年际变化的大气模态,它表示了北太平洋高中纬之间海平面气压的翘翘板变化.北太平洋涛动指数定义为格点(65°N, 175°E)与格点(25°N, 165°E)标准化的海平面气压之差.正的北太平洋涛动表示弱的阿留申低压和西太平洋副热带高压.最近,王会军等¹⁾发现 6~9 月北太平洋涛动与全年西太平洋台风和大西洋飓风生成频次有显著的相关关系并分析了其中的可能机制. Wang 等^[25-27]揭示了对流层上层经向风存在着环太平洋型的大气遥相关并指出环太平洋的遥相关有可能是两半球相互作用的一个机制.这些研究工作说明了两半球中高纬大气环流,尤其是太平洋地区的环流对西北太平洋台风和热带大西洋飓风活动有重要的作用.然而,高纬环流的年际变动规律复杂,其中的物理机制还认识不清,尤其是北太平洋海冰对西北太平洋台风活动有无影响,高中低纬环流在其中如何作用等问题,都需作更多的研究.

武炳义等^[28]研究表明冬季北极巴伦支海和喀拉海海冰面积越大,将导致东亚冬季风减弱. Zhao 等^[29]发现春季白令海和鄂霍次克海海冰边界收缩,将通过静止波和陆面过程,导致我国南方夏季降水增多.

在以上研究的基础上,本文将研究冬春季北太平洋海冰面积与西北太平洋台风生成频次的关系,并初步分析其中的可能机制,进而考察春季北太平洋海冰是否能作为一个预测西太平洋台风生成频次年际变化的因子.本文的研究目的是为今后台风活动年际变化预测提供依据.

将西太平洋生成频次定义为一年中西太平洋生成的台风数,资料来自美国联合台风预警中心.由于一年中西北太平洋台风主要生成时期集中在 6~10 月(台风盛期),6~10 月台风盛期的生成频次的年际变化与全年中台风生成频次的年际变化基本一致.因此,本文关注的季节是春季(3~5 月)和夏季(6~10 月),着重讨论春季北太平洋海冰与西北太平洋台风生成频次的关系.本文中,西北太平洋是指 5°~45°N, 105°~180°E 区域,包含南海区域.本文使用了 Hadley 中心的 1°×1°月平均海冰密度资料^[30],美国海洋和大气中心的月平均海温资料^[31],NCEP/NCAR 的 2.5°×2.5°月平均大气资料.以上资料长度是 1964~2004 年.

1 北太平洋海冰和台风活动

北太平洋海冰主要覆盖在白令海和鄂霍次克海区域.本文中的北太平洋海冰指数是选取 53.5°~66.5°N, 158.5°E~159.5°W, 和 44.5°~59.5°N, 140.5°~155.5°E 两个区域海冰面积之和来表示.图 1 给出了冬季和春季的海冰面积指数和西北太平洋台风生成频次的在 1965~2004 年的时间变化曲线,所有的曲线都标准化并扣去了线性趋势.其中,冬季的北太平洋海冰指数和春季的北太平洋海冰指数线性相关系数是 0.54(超过了 99%的可信度水平),这就表明了北太平洋海冰在冬、春季有很好的季节持续性.西北太平洋台风生成频次与冬、春季的北太平洋海冰指数的线性相关系数分别是-0.42 和-0.49(超过了 99%的可信度水平),因此,冬春季的北太平洋海冰面积指数与西北太平洋台风生成频次在年际变化上有显著的反相关关系.这样,冬春季的北太平洋海冰有可能成为预测全年或 6~10 月(台风盛期)西北太平洋台风生成频次年际变化的一个预测因子.

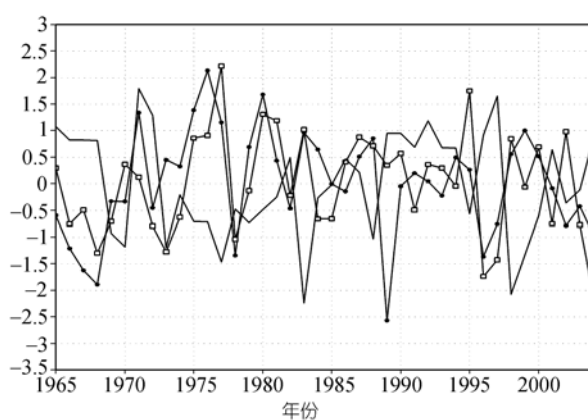


图 1 北太平洋海冰面积指数(ISA)和西北太平洋生成频次(TNWNP)在 1965~2004 年的时间序列

ISA 春季和冬季分别由带点实线和带方块实线表示, TNWNP 由实线表示,所有时间序列都标准化和去掉了线性趋势

图 2 分别给出了西北太平洋台风生成频次、春季北太平洋海冰与春季及 6~10 月的海平面气压的相关系数分布场.图 2(a)给出的是西北太平洋台风生成频次与春季海平面气压场的相关系数分布场.图 2(a)中显示了,北太平洋高纬地区为显著的正相关系数分布区,而中纬度是显著的负相关系数的分布区,这正

1) 王会军, 孙建奇, 范可. 北太平洋涛动与台风和飓风频次的关系研究. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2007, 37(已接受)

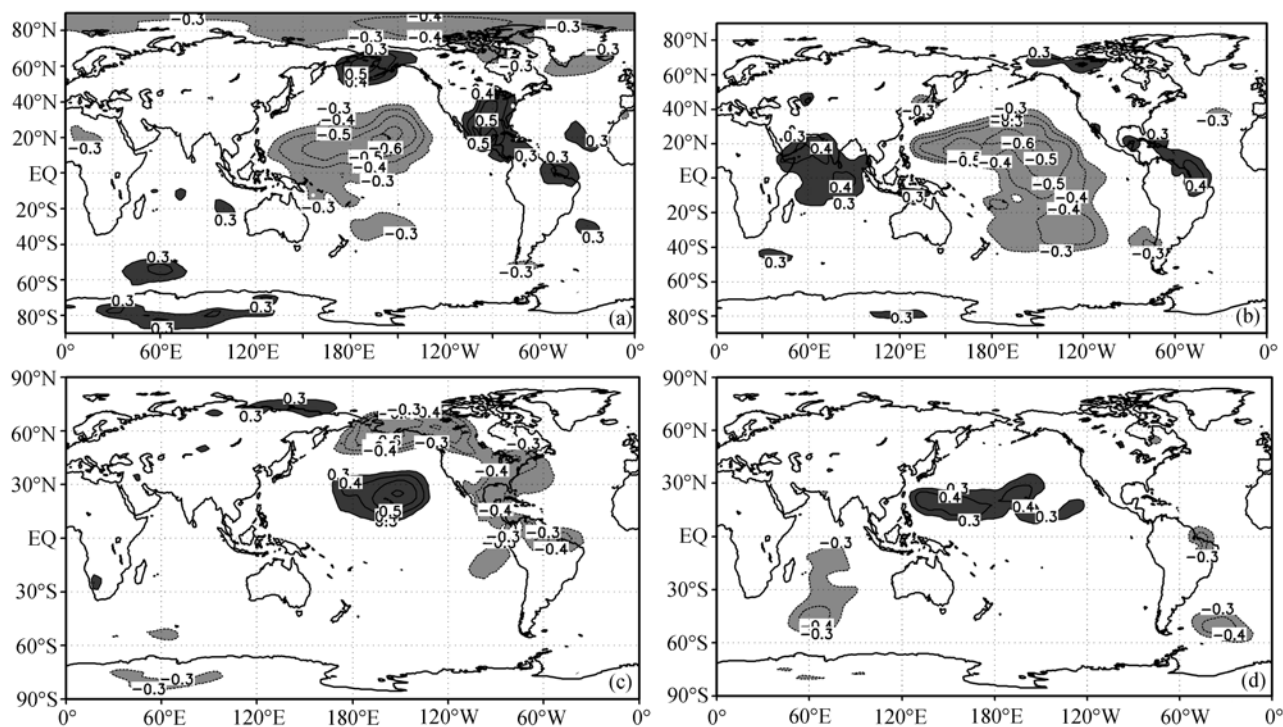


图2 西北太平洋台风生成频次(TNWNP)与海平面气压场(SLP)的相关系数分布场, 春季北太平洋海冰面积指数(ISA)与海平面气压场(SLP)的相关系数分布场

(a) TNWNP-SLP (3~5月); (b) TNWNP-SLP (6~10月); (c) ISA (MAM)-SLP (3~5月); (d) ISA (MAM)-SLP (6~10月). 阴影区表示超过95%的可信度检验, 时间是1965~2004年

好反映了一个正位相的北太平洋涛动. 图2(b)给出西北太平洋台风生成频次与6~10月海平面气压场的相关场, 显著的负相关区在太平洋中低纬地区, 因此, 在春季和台风盛期6~10月, 北太平洋地区环流是影响西北太平洋台风生成频次的关键区域.

图2(c)和(d)是春季北太平洋海冰指数分别与春季海平面气压场和6~10月海平面气压的相关系数分布场. 图2(a)和(c)分布特征基本相反. 图2(d)的显著正相关区在热带太平洋地区. 因此, 图2进一步确认春季北太平洋海冰与西北太平洋台风生成频次有显著的反相关关系, 北太平洋海冰面积越大(越小), 西北太平洋台风生成频次减少(增多).

2 大气环流和北太平洋海冰变化

为了解北太平洋海冰对西北太平洋台风生成频次的影响, 我们分析了与北太平洋海冰变化相关的大气环流. 选取1977, 1979, 1980, 1981, 1988, 1994(1965, 1967, 1972, 1978, 1982, 1997, 2002, 2004)为北太平洋海冰指数正(负)的异常年份作组合分析. 其中, 去掉了在 $120^{\circ}\sim 170^{\circ}\text{W}$, $5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$ 的范围内, 在

前一年的12月到次年5月连续六个月的海温距平大于(小于) $+0.5^{\circ}\text{C}$ (-0.5°C)的异常年份, 这样在某种程度扣去ENSO事件发生的不同时期对台风活动的不同影响^[11].

在春季850 hPa的位势高度场的组合差值分析中(图略), 呈现一个显著负位相的北太平洋涛动模式, 在北太平洋高纬是负位势高度差值区, 在太平洋副热带地区是正差值区, 这与图2(c)一致. 在6~10月台风盛期, 850 hPa的位势高度场的组合差值中, 正差值区在西北太平洋及南太平洋地区. 图2中, 从春季到6~10月, 热带太平洋的大气环流变化非常稳定, 而且, 热带太平洋地区表现为高压环流, 这就不利于季风槽的加强和西北太平洋台风的生成.

纬向风垂直切变幅度是影响台风生成的一个重要的动力因子, 弱的垂直风切变幅度有利于台风的发生和发展. 本文中的纬向风切变幅度定义为200和850 hPa的纬向风之差. 就气候平均而言, 在6~10月, 热带西太平洋地区表现为弱的纬向风垂直切变幅度, 并且低层有辐合, 有正相对涡度场及高温高湿海温, 这些条件有利于台风的发生和发展. 图3给出

了 6~10 月台风盛期中, 850 和 200 hPa 的风差异场. 图 3(a) 表明, 在台风生成盛期, 对流层低层热带西太平洋地区是东风异常, 季风槽减弱. 在 140°E 附近赤道两侧分布着两个反气旋环流, 140°E 附近南半球越赤道气流显著减弱, 而南半球越赤道气流的减弱, 将减弱台风的发生和发展 [14~18]. 从图 3(b) 高层 200 hPa 的风差异场上可以看到, 热带西太平洋为西风异常, 西北太平洋地区是气旋环流. 图 3 说明了在正的北太平洋海冰异常下, 热带西太平洋纬向风垂直切变加强, 南半球的越赤道气流减弱, 这些动力条件不利于西北太平洋台风生成和发展.

图 4 分别给出了 6~10 月台风生成的盛期 850 和 200 hPa 的相对涡度差值场. 低层(图 4(a)), 低纬西太平洋地区为负的相对涡度, 这与图 3(a) 的反气旋环流异常相对应, 它不利于季风槽的加强. 而高层(图 4(b)) 为正的相对涡度. 因此, 以上的合成分析表明了, 与春季正(负)的北太平洋海冰指数相关的 6~10 月低纬西太平洋环流有: 加强(减弱)的纬向风垂直切变幅度, 低层负(正)的相对涡度以及减弱(加强)季风槽, 而这

些条件都不利(有利)于台风的发生和发展.

3 机制分析

冬、春季海冰是如何影响 6~10 月西北太平洋台风活动呢? 由以上的合成分析中注意到, 与春季北太平洋海冰变化相关的热带太平洋环流从春季到 6~10 月有很好的季节持续性, 而北太平洋高纬环流季节持续性显著减弱(见图 2). 因此, 季节持续性强的热带太平洋环流有可能在春季北太平洋海冰影响西北太平洋台风活动过程中起着重要的作用. 为进一步验证猜想, 图 5 给出了 200 hPa 纬向风在春季与 6~10 月台风盛期的季节相关系数分布场. 图 5 中可见, 显著的正相关分布在赤道和副热带太平洋地区, 这就说明了赤道太平洋环流从春季到 6~10 月的确有很强的季节持续性. 这种很强的季节持续性也体现在其他的大气环流场中.

那么, 春季北太平洋海冰如何作用于同期的热带太平洋环流呢? 与西北太平洋台风生成频次显著相关的春季海平面气压场上(图 2(a)), 呈现显著的正

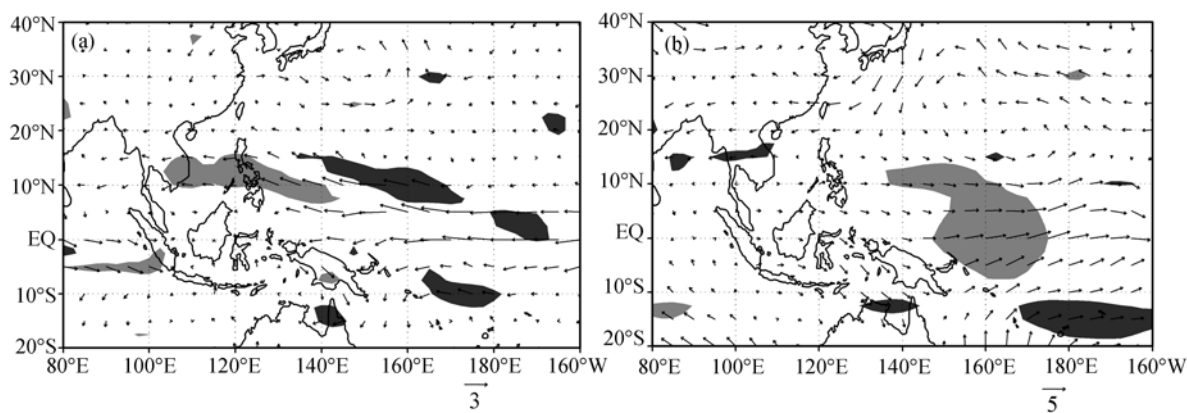


图 3 春季北太平洋海冰面积指数正负异常年的 6~10 月风场差值场(单位: m/s)

(a) 850 hPa; (b) 200 hPa. 阴影区说明同图 2

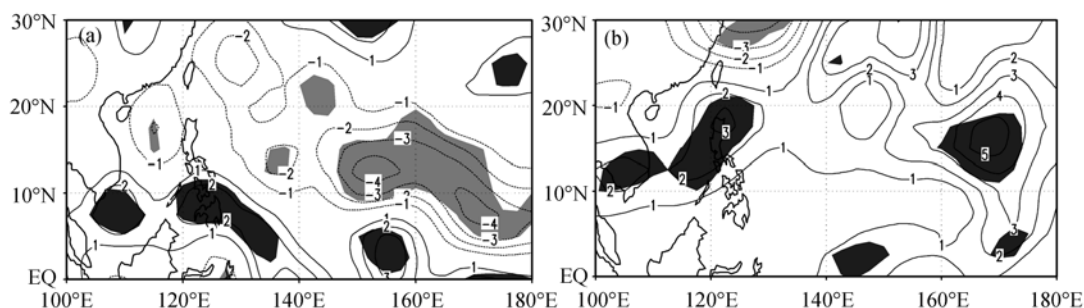


图 4 春季北太平洋海冰面积指数正负异常年的 6~10 月相对涡度(单位: $\text{e}^{-6} \cdot \text{s}^{-1}$)差值场

(a) 850 hPa; (b) 200 hPa. 阴影区说明同图 2

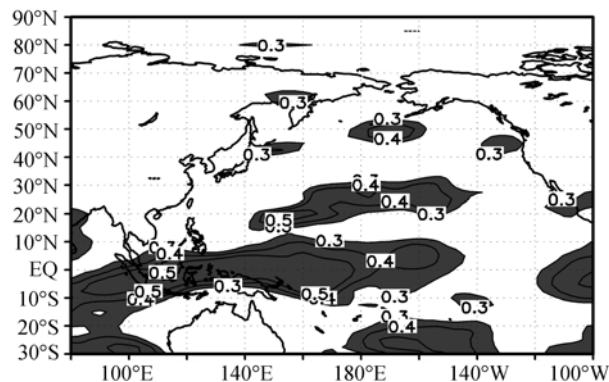


图5 200 hPa 春季纬向风与6~10月的季节相关系数分布场
阴影区说明同图2, 时间是1965~2004年

位相北太平洋涛动, 同时, 与春季北太平洋海冰面积指数显著相关的春季海平面气压场上(图2(c)), 是显著的负位相的北太平洋涛动, 由此认为, 春季北太平洋海冰有可能通过北太平洋涛动及大气遥相关而影响到春季的热带太平洋环流。图6给出了春季北太平洋高纬格点(65°N, 170°E)的海平面气压与春季全球200 hPa的纬向风相关系数分布场, 图6反映出从北极到热带太平洋地区有显著的正、负相间的波列结构, 这就反映了北太平洋高纬到热带的大气遥相关分布。图6还表明了春季北太平洋高纬格点(65°N, 170°E)的海平面气压正异常, 对应同期热带太平洋上的高层东风异常。由图5可见, 由于热带太平洋环流从春季到6~10月有很好的季节持续性, 进而有利于西北太平洋台风的在6~10月生成和发展。因此, 图6反映的大气遥相关在高纬和热带环流相互作用过程中起着关键的作用。

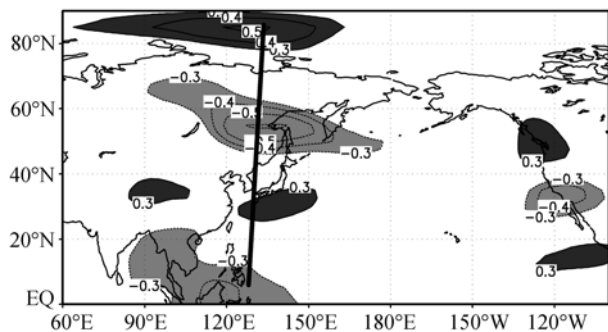


图6 格点(65°N, 170°E)海平面气压与200 hPa春季纬向风的相关系数分布场
黑实线表示北极到热带太平洋的大气波列。阴影区说明同图2, 时间是1965~2004年

热力条件是影响台风发生和发展的另一个重要的因素。我们还分析了春季海温和6~10月海温的差值场(图略)。春季, 负的海温异常在赤道太平洋140°E以东的地区和阿留申群岛地区, 而在6~10月, 海温分布特征与春季相似, 只是阿留申群岛的海温负异常减弱。由此可知, 与春季北太平洋海冰面积相关的海温分布从春季到6~10月也有很好的季节持续性。海温的差异分布与丁一汇^[20]的研究一致, 他们注意到赤道中东太平洋和北美西岸的负海温将不利于西北太平洋热带气旋活动。由于赤道中太平洋冷的海温抑制了140°E以东的对流活动, 在赤道太平洋两侧出现了一对反气旋的环流异常(图3(a))。同时, 在850 hPa的散度差异场上(图略), 热带西太平洋地区是显著的辐散区。因此, 赤道中太平洋海温的负异常及相关的热力条件将导致西北太平洋台风生成数减少。

4 结论

本文定义一个北太平洋海冰面积指数, 发现冬、春季节的北太平洋海冰面积指数是影响西北太平洋台风生成频次年际变化的一个显著的因子并讨论了其中的可能机制。

首先, 春季正(负)的北太平洋海冰面积异常将引起: (1)春季北太平洋高纬海平面气压减弱(加强); (2)春季北太平洋高纬气压场将通过大气遥相关或北太平洋涛动影响赤道太平洋环流; (3)由于赤道环流具有从春季到6~10月很好的季节持续性特征, 进而减弱(加强)了盛期6~10月西北太平洋台风生成的动力条件和热力条件。其次, 春季正(负)的北太平洋海冰面积指数异常对应着赤道太平洋140°E以东的海温负(正)异常, 由于海温的季节持续性, 抑制(加强)了6~10月140°E以东赤道太平洋的对流发展, 导致了西北太平洋台风生成频次减少(增加)。然而, 以上只是一个初步的解释, 要弄清北太平洋海冰如何影响西北太平洋台风生成频次的年际变化的过程和其中的机制, 还需要今后作更多的分析和采用先进的气候模式作深入地研究。

参 考 文 献

- 1 潘怡航. 赤道东太平洋的热力状况对西太平洋台风发生频率的影响. 气象学报, 1982, 40: 25—33
- 2 李崇银. 厄尼诺与西太平洋台风活动. 科学通报, 1984, 14: 1087

- 1089
- 3 Chan J C L. Tropical cyclone activity in the northwest Pacific in relation to the El Niño/Southern oscillation phenomenon. *Mon Weather Rev*, 1985, 113: 599—606[DOI]
 - 4 Wu G X, Lau N C. A GCM simulation of the relationship between tropical-storm formation and ENSO. *Mon Weather Rev*, 1992, 120: 958—977[DOI]
 - 5 Lander M A. Comments on “A GCM Simulation of the relationship between Tropical storm formation and ENSO”. *Mon Weather Rev*, 1993, 116: 2137—2143[DOI]
 - 6 Chen T, Weng S P, Yamazaki N, et al. Interannual variation in the tropical cyclone formation over the western North Pacific. *Mon Weather Rev*, 1998, 126: 1080—1090[DOI]
 - 7 Chia H H, Ropelewski C F. The interannual variability in the genesis location of the tropical cyclones in the Northwest pacific. *J clim*, 2002, 15: 2934—2944 [DOI]
 - 8 Wang B, Chan J C L. How strong ENSO events affect tropical storm activity over the western North Pacific. *J Clim*, 2002, 15: 1643—1658[DOI]
 - 9 Gray W M. Atlantic seasonal hurricane frequency, Part I: El Niño and 30 mb quisa-biennial oscillation influences. *Mon Weather Rev*, 1984, 112: 1649—1668[DOI]
 - 10 Chan J C L. Tropical cyclone activity in the western North Pacific in relation to the stratospheric quasi-biennial oscillation. *Mon Weather Rev*, 1995, 123: 2567—2571[DOI]
 - 11 Chan J C L. Tropical cyclone activity over the western North Pacific associated with El Niño and La Niña events. *J Clim*, 2000, 13: 2960—2972[DOI]
 - 12 Chan J C L, Shi J E, Lam C M. Seasonal forecasting of tropical cyclone activity over Western North Pacific and the South China Sea. *Weather Forecast*, 1998, 13: 997—1003[DOI]
 - 13 陈兴芳, 赵振国. 中国汛期降水预测研究及应用. 北京: 气象出版社, 1999. 171—178
 - 14 李宪之. 台风生成的综合学说. *气象学报*, 1956, 27: 87—89
 - 15 陶诗言, 徐淑英, 郭其蕴. 夏季东亚热带和副热带地区经向和纬向环流型的特征. *气象学报*, 1962, 32: 91—103
 - 16 王作述, 何诗秀, 方宗义, 等. 西北太平洋 ITCZ 多台风发生的初步研究. *气象科学*, 1982, (1-2): 132—139
 - 17 何诗秀, 张宝严, 傅秀琴. 西北太平洋盛夏台风频数与大尺度环流条件的关系. *热带气象*, 1986, 2: 251—256
 - 18 李曾中. 越赤道气流与中国天气关系的初步统计分析. *气象*, 1986, 4: 11—14
 - 19 陈联寿. 盛夏亚洲中高纬流型与西太平洋台风路径的关系. *气象学报*, 1965, 35: 476—485
 - 20 丁一汇. 影响西太平洋台风形成的大尺度环流条件. *海洋学报*, 1983, 5: 561—574
 - 21 Fan K, Wang H J. Antarctic oscillation and the dust weather frequency in North China. *Geophys Res Lett*, 2004, 31, L10201, doi: 10.1029/2004GL019465
 - 22 范可, 王会军. 南极涛动的年际变化及其对东亚冬春季气候的影响. *中国科学D辑: 地球科学*, 2006, 36(4): 385—391
 - 23 Wang H J, Fan K. Central-north China precipitation as reconstructed from the Qing dynasty: signal of the Antarctic atmospheric oscillation. *Geophys Res Lett*, 2005, 32, L24705, doi: 10.1029/2005GL024562
 - 24 王会军, 范可. 西北太平洋台风生成频次与南极涛动的关系. *科学通报*, 2006, 51(24): 2910—2914
 - 25 Wang H J. The circum-Pacific teleconnection pattern in meridional wind in the high troposphere. *Adv Atmos Sci*, 2005, 22(3): 463—466
 - 26 Wang H J. Linkage between the Northeast Mongolia precipitation and the Northern Hemisphere zonal circulation. *Adv Atmos Sci*, 2006, 23(5): 659—664[DOI]
 - 27 王会军. 达尔文气压变化与蒙古东北部降水的关系研究. *大气科学*, 2006, 30(5): 753—758
 - 28 武炳义, 黄荣辉, 高登义. 冬季北极喀拉海、巴伦支海海冰面积变化对东亚冬季风的影响. *大气科学*, 1999, 23: 268—275
 - 29 Zhao P, Zhang X D, Zhou X J, et al. The sea ice extent anomaly in the North Pacific and its impact on the East Asian summer monsoon rainfall. *J Clim*, 2004, 17: 3434—3447[DOI]
 - 30 Rayner N A, Parker D E, Horton E B, et al. Global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century. *J Geophys Res*, 2003, 108(D14): 4407, doi: 10.1029/2002JD002670
 - 31 Reynolds R W, Rayner N A, Smith T M, et al. An improved in situ and satellite SST analysis for climate. *J Clim*, 2002, 15: 1609—1625 [DOI]