

覃卫坚,周美丽,徐圣璇. 2016. 2013 年影响广西热带气旋频数偏多的成因分析. 气象, 42(6):709-715.

2013 年影响广西热带气旋频数偏多的成因分析^{*}

覃卫坚 周美丽 徐圣璇

广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022

提 要: 使用 1951—2013 年 NOAA OLR、NCEP/NCAR 风场和高度场再分析资料、中国气象局热带气旋资料, 分析 2013 年影响广西热带气旋数量偏多的原因。结果表明: 2013 年 6—9 月西太平洋副热带高压明显偏强, 西伸脊点明显偏西, 脊线略偏北, 同时副热带高压南侧对流活跃, 降水过程潜热释放有助于副热带高压位置偏北, 这种形势非常有利于热带气旋向广西移动。索马里越赤道气流强劲, 在南海及菲律宾与北太平洋反气旋西南侧的东南气流相遇, 形成季风槽, 非常有利于热带气旋生成频数偏多。热带低频强对流带在印度洋和西太平洋活动频繁, 并分别向东向西移动; 赤道东太平洋海温偏低; 哈得来和沃克环流较常年偏强, 沃克环流上升支位置偏西, 这些也可能是 2013 年影响广西热带气旋数量偏多的原因之一。

关键词: 热带气旋, 热带低频系统, 哈得来环流, 沃克环流, 频数

中图分类号: P466

文献标志码: A

doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2016.06.006

Causality Analysis of More Tropical Cyclones Affecting Guangxi in 2013

QIN Weijian ZHOU Meili XU Shengxuan

Guangxi Climate Centre, Nanning 530022

Abstract: Based on NOAA OLR, NCEP/NCAR height and wind monthly reanalysis data and CMA tropical cyclone data during 1951—2013, the causes of more tropical cyclones (TCs) that affected Guangxi in 2013 are analyzed. The results show that the West Pacific subtropical high (WPSH) was exceptionally stronger than in other years and its west ridge point abnormally stretched westward and northward from June to September 2013, which is favorable for more TCs to affect Guangxi. At the same time, the condensation latent heat released by rainfall on the south side of WPSH may be in favor of the northward extension of WSPH. Besides, the Somali cross-equatorial flow was stronger than normal, and joined in a southeast air flow on the southwest side of north Pacific anticyclone over South China Sea and Philippines, forming a monsoon trough, which is very conducive to the generation of more TCs in 2013. The results also show that there were much more activities and eastward (westward) propagation of low-frequency convections over India Ocean and west Pacific Ocean, lower SST in the eastern equatorial Pacific, stronger Hadley and Walker circulations and a westward deviation of the ascending branch of Walker circulation, and all of these factors could lead to the occurrence of more TCs in 2013.

Key words: tropical cyclones, MJO, Hadley circulation, Walker circulation, frequency

引 言

2013 年南海及菲律宾以东洋面生成有编号台

风数量总共有 31 个, 为进入 21 世纪以后的最多年。2013 年影响广西热带气旋个数(简称 TCs, 下同)达到了 9 个, 是 1972 年以来 40 年的最多, 是年际和年代际变化为减少趋势背景下的异常现象。为什么

^{*} 广西自然科学基金项目(2013GXNSFB053010 和 2013GXNSFAA019273)共同资助

2015 年 2 月 29 日收稿; 2015 年 12 月 29 日收修定稿

第一作者: 覃卫坚, 主要从事短期气候预测以及天气气候动力学研究. Email: qinweijian2008@126.com

2013 年影响广西热带气旋偏多呢? 一般认为影响广西热带气旋由两个条件决定的, 首先南海及菲律宾以东洋面要有热带气旋生成, 其次要有适合的引导气流使热带气旋向广西移动。关于热带气旋已有了很多的研究, 如黄荣辉等(2007)、陈光华等(2006)、黄勇等(2009)研究发现当西太平洋暖池处于暖状态, 西北太平洋上空热带气旋移动路径偏西, 影响中国热带气旋数量偏多, 反之路径偏东、数量偏少; 田华等(2010a; 2010b)、陶丽等(2012)、赵小平等(2012)还提出热带低频系统对热带气旋活动起到调制作用; 申松林等(2010)、龚振淞(2011)、高拴柱等(2012)、张玲等(2014)、钟爱华等(2015)研究指出西北太平洋台风频数与副高、季风槽、越赤道气流关系密切; 以上这些研究大多数针对中国这个大区域的, 而少见针对位于中国西南部的广西来研究, 关于影响广西热带气旋的研究多以天气过程个例分析为主, 因此有必要针对影响广西热带气旋的数量和路径做更深入的研究。本文分析了 2013 年 6—9 月大气环流异常情况, 研究热带低频系统、海温、哈得来环流等对广西热带气旋的影响, 得到 2013 年影响广西热带气旋数量偏多的成因, 为准确作好热带气旋长期预报提供参考。

1 资料和方法

使用 1951—2013 年国家环境预测中心/国家大气研究中心(NCEP/NCAR)的全球风场和高度场再分析资料, 向外长波辐射(outgoing long-wave radiation, 简称 OLR)取自于美国海洋和大气局(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)的 OLR 日资料。灾情资料来自于广西气候中心 2013 年年度评价资料。热带气旋包括了台风、热带风暴及热带低压, 观测数据来源于中国气象局台风年鉴和热带气旋年鉴。影响广西热带气旋主要分布在 6—9 月, 以下主要分析 6—9 月的环流形势、热带低频系统及海温。历史平均值使用的是 1981—2010 年共 30 年的平均。

研究方法采用是相关系数、30—60 天的带通滤波器。

2 影响广西热带气旋的气候概况

当热带气旋进入这个区域(19°N 以北、 112°E

以西), 就定义该热带气旋为影响广西的热带气旋。统计得到 1949—2014 年影响广西热带气旋年平均个数为 5 个, 最多年为 9 个。影响广西热带气旋年平均个数为三个时期: 20 世纪 50 年代到 70 年代前期为偏多期, 平均年个数为 6 个; 70 年代中期到 90 年代前期为正常期, 平均年个数为 5.2 个; 90 年代后期到 21 世纪 10 年代为偏少期, 平均个数为 3.2 个; 可见历年变化有显著减少趋势, 平均 10 年减少约 0.4 个。影响广西热带气旋年内呈“单峰型”的分布特征, 6 月开始增多, 在 8 月到达峰值, 为 1.4 个, 之后逐步减少, 主要集中在 6—9 月。1961—2013 年期间影响广西热带气旋数量总共有 263 个, 依据中国气象局上海台风研究所的热带气旋历史数据, 得到这些热带气旋生成中心位置分布如图 1, 从图中可见影响广西热带气旋绝大多数初次生成在南海中北部和菲律宾群岛以东到马绍尔群岛以西洋面($6^{\circ}\sim 22^{\circ}\text{N}$ 、 $106^{\circ}\sim 160^{\circ}\text{E}$)。2013 年影响广西热带气旋有 9 个, 比常年偏多 5 个, 是 1974 年以来热带气旋影响个数最多的一年, 也是 1949 年以来影响个数最多的年份之一(陈国民等, 2014)。初次影响广西热带气旋出现的时间较常年偏早, 最后一个影响热带气旋时间偏晚。其中, 6 月中旬开始有南海热带低压影响广西, 影响时间比常年平均偏早 12 d; 7 月 2—3 日第 6 号强热带风暴温比亚横穿影响广西; 8 月是热带气旋影响最多的月份(杨舒楠等, 2013), 有“飞燕”、“山竹”、“尤特”、“潭美”等 4 个台风接踵影响广西, 其中第 11 号超强台风尤特影响时间长, 致灾严重; 9 月下旬第 19 号超强台风天兔与冷空气共同影响, 带来强风暴雨和降温; 11 月中旬初, 第 30 号超强台风海燕是 2013 年广西致灾最严

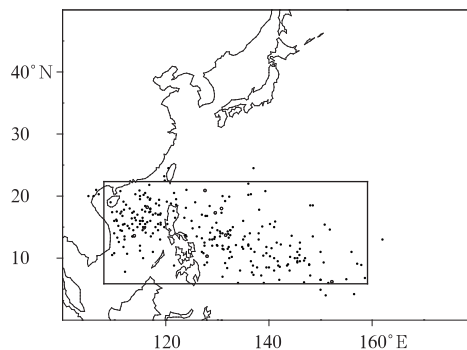


图 1 1961—2013 年影响广西热带气旋的源地分布图
(空心圆为 2013 年源地)

Fig. 1 The TC genesis locations during 1961—2013
(Hollow circles indicate the TC locations in 2013)

重台风,也是 1949 年来影响时间排位第八晚的台风,影响时间比常年偏晚 52 d,且灾情严重程度为历史同期少见。2013 年热带气旋生成源地为南海和菲律宾以东洋面,其中有 3 个在南海生成,具体源地分别为(18.2°N、116.4°E)、(14.9°N、115.8°E)、(13.6°N、113.9°E);有 6 个在菲律宾以东洋面生成,具体源地分别为(17.3°N、129.6°E)、(10.3°N、128°E)、(13.7°N、131.6°E)、(20.9°N、127.6°E)、(18°N、130.8°E)、(6.2°N、152.2°E)(图 1)。

3 环流形势分析

图 2a 为 2013 年 6—9 月 500 hPa 高度场及距平图,在图中西伯利亚地区为很强的正距平,贝加尔湖地区(50°~60°N、80°~130°E)为强的负距平,中国中东部到日本海一带为较强的正距平,这三个环流异常中心形成了正→负→正的波列分布,副热带高压(以下简称副高)西侧处于该波列半波长的正异常中心,有利于副高在大陆沿海地区稳定建立,使脊线偏西。从 2013 年和 1981—2010 年 30 a 平均的 588 线位置来看,西太平洋副高强度明显偏强,西伸脊点明显偏西,脊线略偏北,588 线西伸到了台湾

岛。

由于台风是受环境气流引导的刚性涡旋,移动主要受环境气流引导(陈联寿等,1979;钱燕珍等,2013)。图 2b 为 2013 年 6—9 月 500 hPa 平均风速流场图,从图中可见沿着副高南侧、西侧有偏南偏东气流流向广西区域,引导气流途经菲律宾群岛、南海地区,而这些地区正是热带气旋活跃区,这种引导气流有利于热带气旋往广西移动。副高西侧边沿的东南气流与西南季风相遇,在南海地区形成一个季风槽。

图 2c 为 2013 年 6—9 月 OLR 及距平值分布图,OLR 反映云顶温度高低,低值区表示对流旺盛,图中可见在南海和菲律宾东部海面为强对流区,对流不稳定容易引发热带气旋发生,通常热带气旋多在该地区生成,这种特征与 2013 年热带气旋生成数量偏多相吻合的。东海地区为对流抑制区,刚好为副高控制区,是副高稳定维持和加强的重要原因。吴国雄等(1999)、喻世华等(1989;1991;1993)、温敏等(2000)认为副高南北向移动还跟夏季对流过程凝结潜热释放有密切关系,图中可见 2013 年 6—9 月副高南侧对流活跃,降水过程潜热释放有助于副高北进,位置偏北。

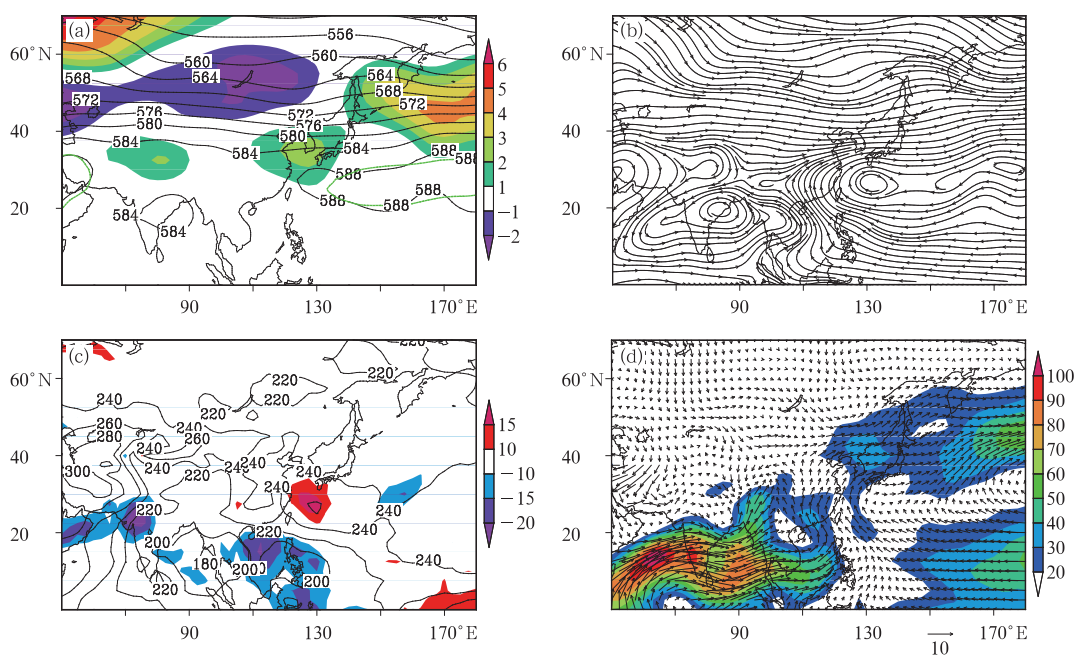


图 2 2013 年 6—9 月(a)500 hPa 高度场及其距平值(阴影区域为距平值,虚线为 588 线历史同期平均所处的位置,单位: dagpm), (b)500 hPa 流场, (c)OLR 分布(阴影区域为距平值,单位: $W \cdot m^{-2}$), (d) 850 hPa 风场(单位: $m \cdot s^{-1}$)及水汽通量(阴影区域,单位: $g \cdot s^{-1} \cdot hPa^{-1} \cdot cm^{-1}$)

Fig. 2 (a) The geopotential height and (b) the stream at 500 hPa, (c) OLR and (d) 850 hPa wind and moisture flux from June to September 2013 (unit: dagpm for height, $W \cdot m^{-2}$ for OLR, $m \cdot s^{-1}$ for wind, $g \cdot s^{-1} \cdot hPa^{-1} \cdot cm^{-1}$ for moisture flux)

图 2d 为 2013 年 6—9 月 850 hPa 风速及其水汽通量图,图中可见索马里越赤道气流非常强劲,气流夹带着丰富水汽横穿阿拉伯海和孟加拉湾向东直达南海,在菲律宾转向北向西,进入广西境内。北太平洋为一个反气旋环流状态,在南海及菲律宾存在西南气流与北太平洋反气旋西南侧的东南气流相遇,环流为季风槽形势,造成大气不稳定,促进热带气旋生成。华南地区沿海一带为东南风,有利于热带气旋移向广西。

4 成因分析

4.1 热带低频系统的影响

经过低频滤波后的 OLR 负距平带定义为低频强对流带,低频强对流带的传播方向主要看其最强中心位置随时间的变化来判定。很多研究表明 MJO 的活动影响着热带气旋的发生发展和移动路径,在 MJO 的调控下热带气旋活动分为活跃期和抑制期,当低频强对流带位于西太平洋时热带气旋生成数量偏多(祝从文等,2004;刘舸等,2007;胡等,2013;孙长等,2009;田华等,2010a;2010b)。图 3a 为 2013 年 6—9 月热带地区($10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 平均)经过 30~60 d 滤波 OLR 的经向分布图,图中三角形为影响广西热带气旋生成所处位置。图中可见 6 月上旬有两个强的低频强对流带,其中一个在印度洋区

域($60^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{E}$),另外一个低频强对流带从西太平洋区域($140^{\circ}\sim 160^{\circ}\text{E}$)生成并随时间向西传播,中心最大强度超过 $-20 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$,6 月中旬在 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 之间的位置减慢停留,稳定后在 110.5° 和 116.4°E 分别生成两个影响广西的热带气旋;7 月中旬 120°E 附近有一个强的低频强对流带生成并加强,7 月下旬末到 8 月上旬在 115.8° 和 113.9°E 分别有两个热带气旋生成,该低频强对流带向东传播,同时 7 月下旬末在马绍尔群岛(160°E)附近有一个低频强对流带生成并向西传播,8 月中旬两个低频强对流带汇并在 131.6° 和 127.6°E 分别生成两个热带气旋;9 月上旬初在印度洋区域($60^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{E}$)有个强的低频强对流带向东传播,同时在马绍尔群岛附近($150^{\circ}\sim 170^{\circ}\text{E}$)有个低频强对流带向西传播,9 月中旬后期两个低频强对流带在菲律宾群岛以东洋面($120^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$)汇合,此时在 130.8°E 有一个热带气旋生成。

图 3b 为通过 30~60 d 滤波 OLR($110^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$ 平均)纬向分布图,与图 3a 相比可见低频强对流带南北向传播较东西向传播弱一些,只有在 7 月中旬到 8 月有明显的向南或向北传播。从图中可见 6 月中下旬在 $5^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$ 存在一个强的低频强对流带,在低频强对流带的北部有两个影响广西的热带气旋生成;7 月中旬 24°N 有一个强的低频强对流带向南传播,当传播减慢或停止后,7 月底到 8 月上旬在 14°N 左右分别生成 3 个热带气旋,之后强的低频强对流带又向北传播,8 月中旬后期在 20°N 附近

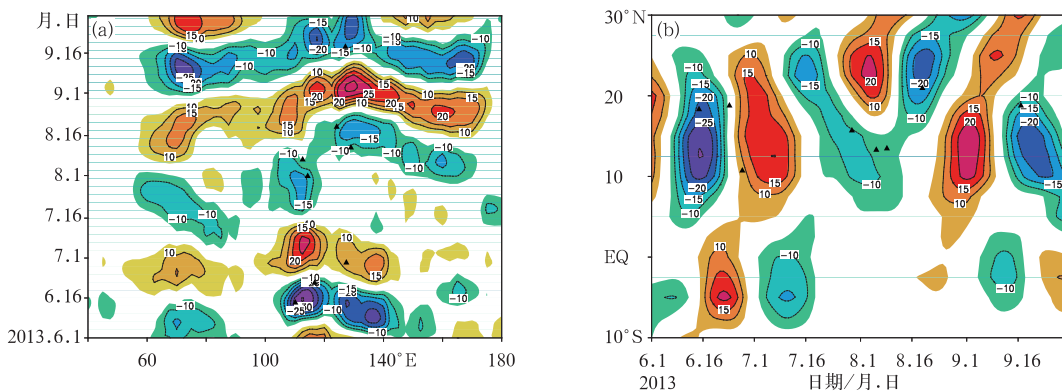


图 3 2013 年 6—9 月 OLR 30~60 d 滤波(a)时间-经度($10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 平均)和 (b)时间-纬度($110^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$ 平均)剖面图

(单位: $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, 阴影为经过滤波 OLR $\leq -5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 或 $\geq 5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$; ▲ 为热带气旋生成地点)

Fig. 3 (a) Longitude-time cross sections (averaged $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$) and (b) latitude-time cross sections (averaged $110^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$) of the 30-60 d band pass filtered

OLR ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) from June to September 2013

(Solid triangles indicate the genesis locations of TCs)

为一个强中心,并生成一个热带气旋;9月中旬在 $8^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 有一个强的低频强对流带维持,在该低频强对流带有一个热带气旋生成影响广西。总之,2013年6—9月热带低频强对流带在印度洋和西太平洋活动频繁,并分别向东向西移动,当传播速度减缓稳定下来时常有热带气旋生成,这是影响广西热带气旋偏多的原因之一。

4.2 海温影响

热带气旋生成于暖湿的海洋,海洋表面的高温度和水汽影响着热带气旋的发展增强和移动路径。计算影响广西热带气旋频数与海温的相关关系(图4a),气旋频数与印度洋北部、赤道东太平洋海温相关显著,为反相关,相关通过了0.05的显著性水平检验,其中与阿拉伯海及孟加拉湾海面温度相关最显著,相关系数达到0.4以上,即这些海域海温越低

(高),影响广西热带气旋个数越多(少)。李春晖等(2007)研究指出拉尼娜年西太平洋地区热带气旋生成数量偏少。如图4b所示,2013年6—9月赤道东太平洋和印度洋北部海温较历史同期偏低,尤其赤道东太平洋海温偏低程度最大,偏低 0.5°C 以上(司东等,2014),这可能是导致2013年影响广西热带气旋个数偏多的原因之一。一般认为热带气旋生成的条件为海水表面温度在 26.5°C 以上,高海温的洋面使上升气流更加激烈,非常有利于热带气旋生成数量偏多。2013年6—9月在热带西太平洋地区有很大的区域($20^{\circ}\text{S}\sim 25^{\circ}\text{N}$)海温大于 27°C ,其中菲律宾以东海面达到 30°C 以上。黄荣辉等(2007)研究指出西太平洋暖池($0^{\circ}\sim 16^{\circ}\text{N}$ 、 $125^{\circ}\sim 165^{\circ}\text{E}$)海温偏高有利于热带气旋活动路径偏西,热带西太平洋季风槽位置偏西。2013年6—9月西太平洋海温偏高有利于热带气旋影响广西。

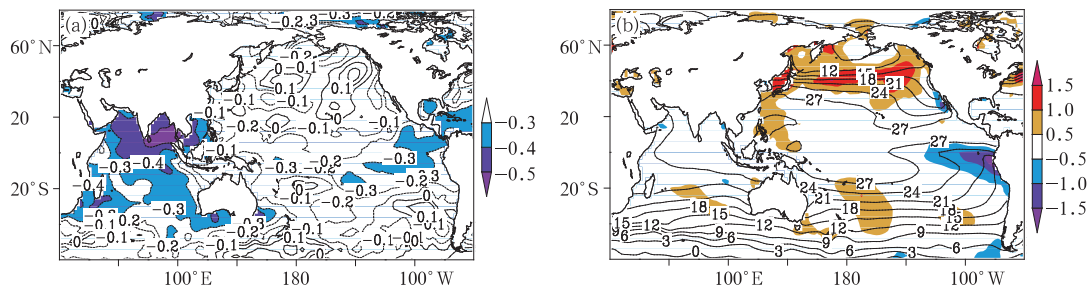


图 4 (a) 海温与影响广西热带气旋频数相关系数分布图(阴影为通过 0.05 的显著性水平检验区域),
(b) 2013 年 6—9 月海温及距平值图(单位: $^{\circ}\text{C}$, 阴影为距平值大于 0.5°C 或小于 -0.5°C 的区域)

Fig. 4 (a) The correlations between SST and TCs (Shaded areas have passed the 0.05 significance level test),
(b) SST and SST anomalies from June to September 2013 (unit: $^{\circ}\text{C}$, the SST anomalies above 0.5°C or lower -0.5°C are shaded)

4.3 哈得来和沃克环流影响

哈得来环流指的是在赤道热带辐合带附近空气受热后上升到对流层向两极运动,在南北半球 30° 附近下沉,在低纬地区形成闭合环流圈。图5a为2013年6—9月流场沿着 117.5°E 纬度-高度垂直剖面图,从图中哈得来环流上升支位于 $0^{\circ}\sim 27^{\circ}\text{N}$,向南和向北存在两个下沉支,分别位于 $20^{\circ}\sim 28^{\circ}\text{S}$ 和 $45^{\circ}\sim 55^{\circ}\text{N}$ 。前面分析得到2013年6—9月南海地区海表温度较历史同期偏高,这造成南海地区($10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$)上空上升气流速度强度较历史同期偏强,即哈得来环流强度偏强,也说明了南海地区对流活跃,有利于热带气旋在该地区生成。 $27^{\circ}\sim 32^{\circ}\text{N}$ 低层有小范围的下沉气流,而且下沉速度较历史同期

偏强,由于下沉加热作用,有助于在该区域为高压控制及强度偏强,高压南侧的东南引导气流使热带气旋向广西移动。

沃克环流指的是热带海洋表面因海温的东西差异而产生的一种纬圈热力环流。图5b为2013年6—9月流场沿着 15°N 的经度-高度垂直剖面图,可见 $20^{\circ}\sim 160^{\circ}\text{E}$ 区域上空大气基本为上升气流, 160°E 以东地区低空大气为东风气流,高空为西风气流。与常年同期相比,南海及菲律宾以洋面区域($110^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$)上空上升气流速度较常年同期偏强,这区域正是影响广西热带气旋产生的源地,上升气流强度偏强非常有利于热带气旋的生成和发展; $150^{\circ}\sim 170^{\circ}\text{E}$ 区域上空上升气流速度较常年偏弱,有利于副高增强西伸,使副高南侧的东南气流与西

南季风相遇,有利于在该区域及其西侧形成季风槽,季风槽内部存在着大气不稳定机制,其所处区域正是影响广西热带气旋源地,大气扰动在合适的条件下就得到发展,易有热带气旋的产生。Chan(2000)研究指出拉尼娜状态使沃克环流异常上升支位置偏西,异常下沉支位于西北太平洋东侧。可见2013年

6—9月赤道东太平洋海温虽然未达到拉尼娜定义标准,但已经接近拉尼娜状态,因此赤道太平洋西高东低海温的影响可能是沃克环流上升支位置偏强偏西的原因,从而导致2013年影响广西热带气旋个数偏多。

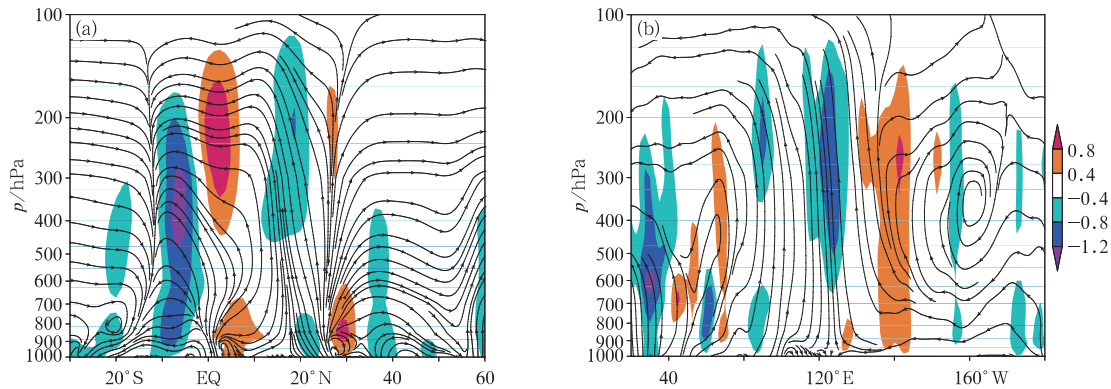


图5 2013年6—9月沿着117.5°E纬度-高度(a)和沿15°N经度-高度(b)流场垂直剖面图

(阴影为垂直速度距平值 $>0.4 \text{ hPa} \cdot \text{h}^{-1}$ 或 $<-0.4 \text{ hPa} \cdot \text{h}^{-1}$,单位: $\text{hPa} \cdot \text{h}^{-1}$)

Fig. 5 Longitude-height cross-section of flow field along 117.5°E (a) and latitude-height cross-section of flow field along 15°N (b) from June to September 2013

(Shaded areas indicate the anomalies of vertical velocity $> 0.4 \text{ hPa} \cdot \text{h}^{-1}$ or $< -0.4 \text{ hPa} \cdot \text{h}^{-1}$)

5 结论与讨论

通过上述分析,得到以下结论:

(1) 2013年6—9月西太平洋副高强度明显偏强,西伸脊点明显偏西,脊线略偏北;副高南侧、西侧有偏南偏东气流流向广西,非常有利于热带气旋往广西移动;副高南侧对流活跃,降水过程潜热释放有助于副高北进,位置偏北。

(2) 索马里越赤道气流强劲,横穿阿拉伯海和孟加拉湾直达南海,在南海及菲律宾与北太平洋反气旋西南侧的东南气流相遇,形成季风槽,这种形势非常有利于热带气旋生成频数偏多。

(3) 热带低频强对流带在印度洋和西太平洋活动频繁,并分别向东向西移动;赤道东太平洋海温偏低;哈得来环流和沃克环流较常年偏强,沃克环流上升支位置偏西,这些也可能是影响广西热带气旋数量偏多的原因之一。

另外,本文分析2013年热带气旋活跃期间大气环流情况,分析了热带低频系统和海温对其影响,从气候外强迫因子来看,这些影响因子数量可能是远

远不够的,希望以后研究中增加陆地、高原热状况等因素对影响广西热带气旋的分析。

参考文献

- 陈国民,曹庆. 2014. 2013年西北太平洋热带气旋预报精度评定. 气象, 40(12): 1549-1557.
- 陈联寿,丁一汇. 1979. 西北太平洋台风概论. 北京: 科学出版社.
- 陈光华,黄荣辉. 2006. 西北太平洋暖池热状态对热带气旋活动的影响. 热带气象学报, 22(6): 527-532.
- 龚振瀚. 2011. 2008年西北太平洋热带气旋活动异常特征及成因分析. 热带气象学报, 27(1): 202-208.
- 高拴柱,吕心艳,王海平,等. 2012. 热带气旋莫兰蒂(1010)强度的观测研究和增强条件的诊断分析. 气象, 38(7): 834-840.
- 古月,陈葆德,董广涛. 2013. 区域气候模式在不同分辨率下对西北太平洋热带气旋生成气候特征的比较研究. 气象, 39(2): 137-145.
- 黄荣辉,陈光华. 2007. 西北太平洋热带气旋移动路径的年际变化及其机理研究. 气象学报, 65(5): 683-694.
- 黄勇,李崇银,王颖. 2009. 西北太平洋热带气旋频数变化特征及其与海表温度关系的进一步研究. 热带气象学报, 25(3): 273-280.
- 李春晖,刘春霞,程正泉. 2007. 近50年南海热带气旋时空分布特征及其海洋影响因子. 热带气象学报, 23(4): 341-347.
- 刘舸,张庆云,孙淑清. 2007. 2006年夏季西太平洋热带气旋活动的初步研究. 气候与环境研究, 12(6): 738-750.
- 倪钟萍,吴立广,张玲. 2013. 2005—2010年台风突变路径的预报误

- 差及其环流背景. 气象, 39(6):719-727.
- 钱燕珍, 许映龙, 徐迪峰, 等. 2013. 东海转向和登陆热带气旋特征合成分析. 气象, 39(12):1600-1608.
- 申松林, 江静. 2010. 西北太平洋台风频数异常年的气候背景分析. 气象, 36(5):64-70.
- 司东, 袁媛, 崔童, 等. 2014. 2013 年海洋和大气环流异常及对中国气候的影响. 气象, 40(4):494-501.
- 孙长, 毛江玉, 吴国雄. 2009. 大气季节内振荡对夏季西北太平洋热带气旋群发性的影响. 大气科学, 33(5):950-958.
- 陶丽, 李双君, 韩艳, 等. 2012. 热带大气季节内振荡对西北太平洋地区热带气旋路径的影响. 热带气象学报, 28(5):698-706.
- 田华, 李崇银, 杨辉. 2010a. 大气季节内振荡对西北太平洋台风路径的影响研究. 大气科学, 34(3):559-579.
- 田华, 李崇银, 杨辉. 2010b. 大气季节内振荡与对西北太平洋台风生成数的影响研究. 热带气象学报, 26(3):283-292.
- 温敏, 何金海. 2000. 夏季季风降水凝结潜热释放效应对西太平洋副高形成和变异的影响. 南京气象学院学报, 23(4):536-541.
- 吴国雄, 刘屹岷, 刘平. 1999. 空间非均匀加热对副热带高压形成和变异的影响 I:尺度分析. 气象学报, 57(3):257-263.
- 杨舒楠, 何立富. 2013. 2013 年 8 月大气环流和天气分析. 气象, 39(11):1521-1528.
- 喻世华, 王绍龙. 1989. 西太平洋副热带高压中期进退的环流机制. 海洋学报, 11(3):372-377.
- 喻世华, 杨维武. 1991. 副热带季风环流圈的特征及其与东亚夏季环流的关系. 应用气象学报, 2(3):242-247.
- 喻世华, 赵库. 1993. 西太平洋副热带高压异常进退的对比分析. 热带气象学报, 9(1):12-19.
- 张玲, 许映龙, 黄奕武. 2014. 1330 号台风海燕强烈发展和快速移动原因分析. 气象, 40(12):1464-1480.
- 赵小平, 沈新勇, 王咏青, 等. 2012. 越赤道气流准双周振荡对西北太平洋台风路径的调制作用. 大气科学学报, 35(5):603-619.
- 钟爱华, 周泓, 赵付竹, 等. 2015. 两次西行热带气旋影响云南的诊断分析. 气象, 41(4):409-417.
- 祝从文, Tetsuo Nakazawa, 李建平. 2004. 大气季节内振荡对印度洋—西太平洋地区热带低压/气旋生成的影响. 气象学报, 62(1):42-50.
- Chan J C L. 2000. Tropical cyclone activity over the western North Pacific associated with El Nino and La Nina events. J Climate, 13(16):2960-2972.