

潘畅, 李建, 廖捷, 等. 2009 年 2—3 月我国南方连阴雨天气过程分析[J]. 气象, 2010, 36(3): 39-46.

2009 年 2—3 月我国南方连阴雨天气过程分析^{* 1}

潘 畅¹ 李 建² 廖 捷¹ 沈 艳¹ 徐 宾¹ 张洪政¹

1 国家气象信息中心, 北京 100081

2 中国气象科学研究院, 北京 100081

提 要: 利用 JRA-25 再分析资料分析了 2009 年 2—3 月我国南方一次连阴雨过程的环流背景, 以及该时期西太平洋副高和副热带西风急流的异常活动, 并计算了降水区域内的水汽收支。结果表明: (1) 这次过程中, 欧亚大陆上空阻塞形势稳定, 我国北方地区长期由槽后脊前的西北气流控制, 而在中低纬地区, 西太平洋副高稳定在菲律宾海上空, 加强了南方地区对流层中低层的西南风。这种环流形势使得北方干冷空气和南方暖湿气流在长江流域长时间对峙, 形成了稳定的准静止锋, 是影响这次连阴雨过程的主要天气系统。(2) 对流层高层的副热带西风急流异常偏北, 急流轴入口处南侧的辐散环流与低层西南气流北侧的气旋性辐合环流相配合, 在长江流域上空形成利于降水发展和维持的动力结构。(3) 偏北的西太平洋副高伴随着反气旋性环流异常, 其西边缘的偏南风造成了来自西太平洋及南海低纬地区至我国南方的偏南风水汽输送支异常, 它主导的经向水汽输送是造成主降水区水汽通量辐合的重要原因, 对降水发展和维持的影响更为显著。

关键词: 连阴雨, 环流分析, 水汽输送

Circulation Analyses on Persistence Rainy Days from February to March 2009

PAN Yang¹ LI Jian² LIAO Jie¹ SHEN Yan¹ XU Bin¹ ZHANG Hongzheng¹

1 National Meteorological Information Center, Beijing 100081

2 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081

Abstract: Based on the JRA-25 ($1.25^\circ \times 1.25^\circ$) reanalysis datasets, the circulation features and moist conditions of the persistence rainy days from February to March 2009 are investigated. The results show that: (a) at the middle-high latitudes, the blocking situations are stable over the Eurasia, and at the middle-low latitudes, the West Pacific subtropical high (WPSH) is intensified over the Philippine Sea. Under these stable circulations, the cold-dry air from the north contacts the warm-wet airflows from the south over the middle-lower reaches of Yangtze River for a long time, which forms a stationary front. (b) In the upper troposphere, the axis of the subtropical westerly jet stays around 35°N , enhancing the divergence above the stationary front. The divergence matches the cyclonic convergence north of the southwesterlies on the low levels, which forms a favorable rain-producing dynamic structure. (c) The anticyclonic circulation anomaly, according to the intensified WPSH, results in a moisture transport anomaly from the West Pacific and the South China Sea to southern China. The meridional transport anomaly contributes the most of the moist convergence in the rainy area, having significant impacts on the development and persistence of the precipitation.

Key words: persistence rainy days, circulation analysis, moisture transportation

* 国家自然科学基金 40625014、40705025, 中国气象局行业专项 GYHY200706010 资助
2009 年 4 月 22 日收稿; 2009 年 11 月 13 日收修定稿
第一作者: 潘畅, 从事中尺度天气分析和数值模拟研究. Email: pany@cma.gov.cn

引 言

连阴雨是指连续 5 天以上的连续阴雨天气现象,中间可以有短暂的日照时间,7 天以上则为长连阴雨。如果连阴雨发生在农事活动的关键时节,其影响、危害非常大^[1-2],例如春季的连阴雨常常伴有低温灾害,有可能造成棉花烂种或水稻烂秧。2009 年 2—3 月我国长江中下游及以南部分地区出现了一次历史罕见的连阴雨天气过程,与持续雨雪天气伴随的风雹、雷暴、低温冰冻等灾害天气以及因持续降水引发的泥石流、滑坡等地质灾害对安徽、湖北、浙江、湖南等地的农业生产和人民生活造成重大影响和巨大的经济损失。以往研究表明^[3-7],春季长江中下游地区连阴雨发生时,我国南方地区常常有一支强劲的西南气流维持,它与孟加拉湾南支槽、副热带高压外围以及低纬越赤道气流的发展有关,而中高纬地区则常出现“巴贝湖宽槽”,此背景又依赖于北半球长波系统以及超长波系统的稳定维持。由此可见,南、北两支西风带的相互作用对连阴雨的发生和维持影响甚大。为了研究 2009 年年初这次异常持续的阴雨过程的天气成因,本文分析总结了这次连阴雨天气过程的环流特征,除了分析中高纬环流的异常形势,还探讨了副热带高空急流的异常活动对连阴雨维持的影响,以及副热带高压对降水区水汽输送的作用,借以更全面地认识各天气及气候系统在连阴雨过程中的作用。

环流分析采用的是日本 25 年再分析资料数据集(Japanese Re-Analysis 25 years, JRA-25)。该数据集是日本气象厅(JMA)以及一些科研机构合作开发的,对东亚地区和热带地区有着相对较好的分析能力^[8]。资料水平分辨率为 $1.25^{\circ} \times 1.25^{\circ}$,垂直

方向 23 层(1000、925、850、700、600、500、400、300、250、200、150、100、70、50、30、20、10、7.5、3、2、1、0.4 hPa)。本文所用数据包括各标准等压面上的位势高度、温度、水平矢量风和比湿等常规气象要素。另外,分析中还用到国家气象信息中心提供的中国逐日格点降水量实时分析系统(1.0 版)数据集以及长江中下游及以南部分地区内 102 个基本基准站逐日的降水观测资料。

1 连阴雨过程的降水概况

2009 年 2 月 14 日至 3 月 7 日长江中下游及以南部分地区出现罕见的持续性阴雨天气过程。 $25^{\circ} \sim 32^{\circ} \text{N}$ 、 $108^{\circ} \sim 122^{\circ} \text{E}$ 范围内 102 个站点的过程平均降水日数为 15.5 d(总统计日数为 22 d),超过历史同期均值 4.5 d,而超过均值的台站共有 91 个,占纳入统计台站总数的 89.2%,其中有 47 个台站降水日数达到或超过历史同期(自 1961 年以来,下同)第 3 位,12 个站降水日数超历史同期记录,江西的樟树、玉山和浙江的金华、嵊县、鄞县等站点该过程中有降水记录的日数都达到了 20 d。此外,这次过程的累积降水量也较历史同期异常偏强。上述区域的过程累积面降水量达到 132.3 mm,为自 1961 年以来同期第 3 大值,超过历史同期均值的 89.6%。其中,该区域内有 43 个台站的过程累积降水量超过历史同期第 3 位,22 个站超历史同期记录,最突出的是安徽黄山站,其过程累积降水量高达 339.4 mm。

从降水过程上看,这次连阴雨过程可以分为两个阶段。第一阶段的降水从 2 月 14 日至 2 月 20 日结束,主要集中在长江中下游地区的湖北、江西、安徽、江苏和浙江 5 省(图 1a),中心位于安徽南部和

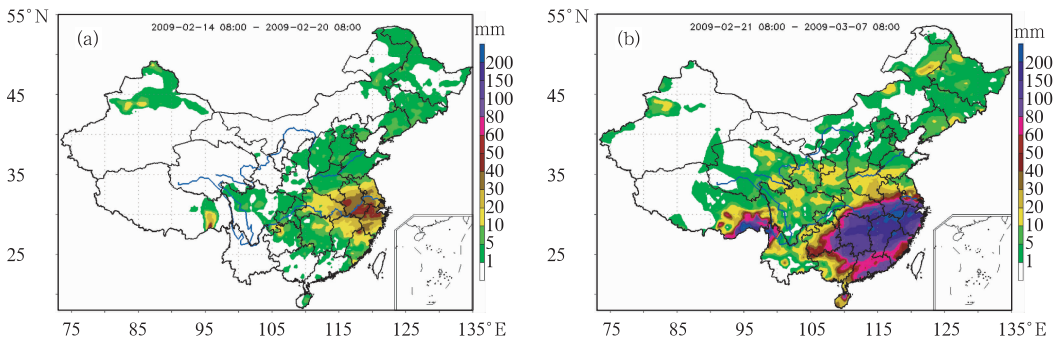


图 1 累积降水量(单位:mm), (a) 2009 年 2 月 14—20 日; (b) 2 月 21 日至 3 月 7 日

Fig. 1 Accumulated rainfall (unit: mm), (a) 14—20 February 2009; (b) 21 February—7 March 2009

浙江省的交界地区,中心区域日平均面降水量为6.8 mm。20日,全国的降水稍有停歇,但从21日开始,长江流域再次出现大范围降水过程,主雨带移至长江流域以南的湖南、江西、福建、浙江、广东等省,中心位于安徽、江西和浙江三省的交界处(图1b),中心区域日平均面降水量为11.3 mm,其中,24日和27日皖南、赣北等部分地区分别出现了50 mm以上的暴雨中心,连阴雨进入第二阶段。此外,伴随第二阶段的开始,从2月21日至3月1日在青藏高原的东南部和云南西北部也出现了强降雨(雪)过程,区域累积面降水量达到39.9 mm,降水中心地区波密和察隅站

的累积降水量分别达到66.3和75.2 mm,均超历史同期最高记录。总的说来,长江中下游地区第二阶段降水强度要高于第一阶段。

2 连阴雨过程的天气及环流形势分析

这次连阴雨过程的环流形势演变大体上也可以分为两个阶段。在第一个阶段(2月14—20日),欧亚大陆上空500 hPa位势高度场呈两槽一脊型(图2),乌拉尔山地区有阻塞高压发展,鄂霍次克海为一切断低压,由低压中心向南伸展出一个深厚的

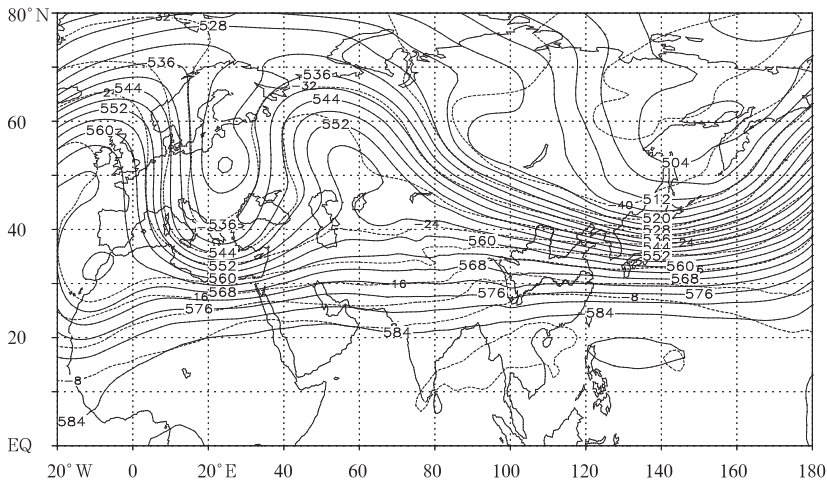


图2 2009年2月14—20日平均500 hPa温度场(虚线, °C)和位势高度场(实线, dagpm)

Fig. 2 500 hPa temperature (solid line, °C) and geopotential height (dashed line, dagpm) averaged from 14 to 20 February 2009

低槽。低压中心后部配合有闭合的冷中心,表明有冷空气堆积。我国北方处在槽后脊前宽广的西北气流控制下,偏北风引导高纬冷空气逐渐向南入侵。而我国南方地区水汽充沛,西太平洋副热带高压(5880 gpm)位于菲律宾吕宋岛以东洋面,在其西北方向对流层低层我国南方地区处在西南气流的控制下(图3,矢量箭头),有利于向长江中下游地区的水汽输送。这样,北方干冷空气团和南方暖湿气流交汇在长江中下游地区,形成一条东—西向的准静止锋(图3,等假相当位温密集带),锋区北侧风速骤减,在锋区内造成强烈的风速辐合(图3),利于暖湿空气抬升凝结。这条准静止锋是造成该地区降水的主要影响系统。

在第二阶段(2月21日至3月7日),欧亚大陆中高纬长波调整,西部低槽减弱,乌拉尔山阻塞高压

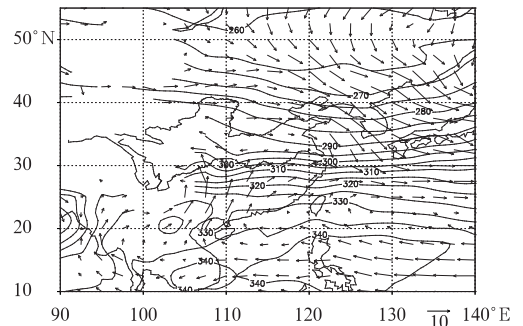


图3 2009年2月14—20日平均的850 hPa假相当位温(等值线, K)和水平矢量风(矢量箭头, $m \cdot s^{-1}$)

Fig. 3 850 hPa pseudoequivalent potential temperature (contour, K) and wind vector (black arrow, $m \cdot s^{-1}$) averaged from 14 to 20 February 2009

略向东移,鄂霍次克海低压则进一步发展(图 4),这一形势加剧了西伯利亚贝加尔湖的冷空气向南入侵。中低纬度地区,副高(5880 gpm)仍维持在菲律宾以东洋面,但与前一阶段相比,在 30°N 附近却出现了明显的槽脊波列。在这样的背景下,我国北方地区仍为槽后脊前的西北气流控制,而青藏高原南支槽则不断发展加深,造成低槽和副高之间位势梯度增加,西南气流较前期有明显增强,2月 21—24 日华南地区出现了较强的西南低空急流,加强了暖

湿空气向北的输送。同时,伴随长江流域低层气旋性环流加强,风场转成西南风和偏东风的辐合,准静止锋区逐渐转成东北—西南走向(图略)。在这种形势下,长江中下游地区原本减弱消失的降水再次发展起来,且强度有所增加,雨带也逐步转成东北—西南走向。其间,南支槽的发展也是造成第二阶段高原东南部和云南西北部降水的主要影响系统。3月 4 日以后高原南支槽逐渐东移,长江流域转由偏北风控制,雨带南移至华南及南部沿海地区发展。

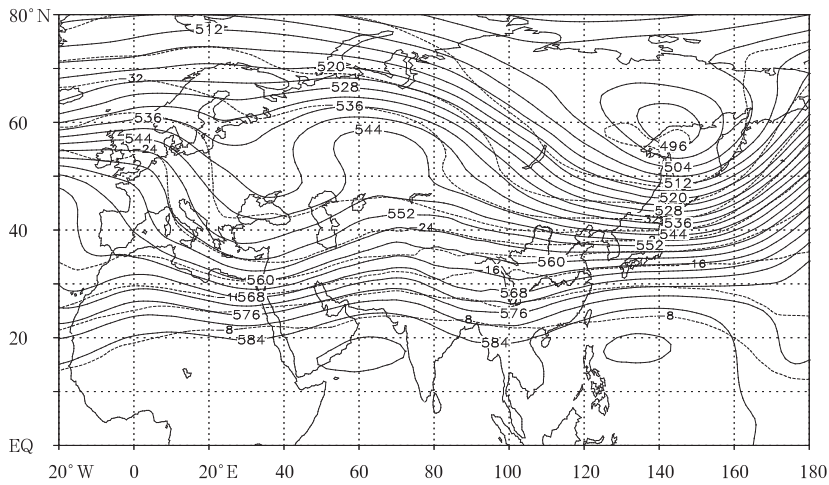


图 4 2009 年 2 月 21 日至 3 月 7 日平均的 500 hPa 温度场(虚线, $^{\circ}\text{C}$)和位势高度场(实线, dagpm)

Fig. 4 500 hPa temperature (dashed line, $^{\circ}\text{C}$) and geopotential height (solid line, dagpm) averaged from 21 February to 7 March 2009

从 500 hPa 的气候距平图上可以更清楚地看到连阴雨过程中中高纬地区东高西低的异常形势(图 5):西西伯利亚有一正距平中心,对应乌拉尔山的阻塞高压,而鄂霍次克海的切断低压则对应着一片负距平大值区。相应地,在对流层中低层,阻高东部贝加尔湖地区有明显的偏北风异常,利于冷空气向南活动,不过偏北风距平在我国河套地区逐渐转为偏东风距平,说明冷空气强度有限,不会大举向南迅速影响到我国长江以南地区,而是逐步向南入侵。在中低纬度地区,西太平洋上空为正高度异常,历史同期多年平均的副高中心位于 15°N 、 140°E 附近,说明这次连阴雨过程中,副高位置较多年平均态偏西偏北,这与 2008 年 1 月份低温冰冻灾害过程中副高位置异常偏北的情况类似^[9]。从低层环流场上看,西太平洋为反气旋性环流异常,我国长江流域以南为西南风异常控制,南海北部上空则是东南风异常(图 5, 矢量箭头)。这样,我国南方低层西南气流

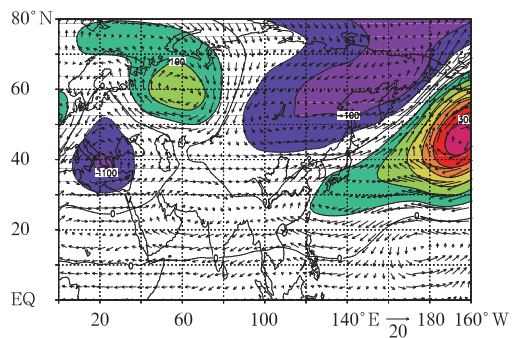


图 5 2009 年 2 月 14 日至 3 月 7 日 500 hPa 平均位势高度(等值线, gpm)和 850—500 hPa 平均的水平风(矢量箭头, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)距平
Fig. 5 500 hPa geopotential height anomaly (contour, gpm) and winds vector anomaly (arrow, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) averaged from 21 February to 7 March 2009

增强,加强其北侧与偏北风的气旋性切变及辐合。

同时,东南风异常还可以加强来自南海及菲律宾以东洋面的水汽输送作用,为连阴雨过程提供充足的水汽来源。

为了定量表示该时期副高活动的异常,参考国家气候中心定义的副高脊线位置、西脊点和强度指数,进一步比较了该时期 500 hPa 副高的活动与历史同期的差异。表 1 给出 1979—2009 年历年 2 月 14 日至 3 月 7 日平均的副高的脊线位置、强度以及西伸指数。可以看到,历史上该时期副高脊线平均位于 15.2°N,从强度上看,有 20 个年份 110°~180°E,10°N 以北范围内没有出现高于 5880 gpm 的值,近 1/3 的年份副高都呈带状位于 16.5°N 以南的低纬地区,无明显闭合中心。而 2009 年的这次连阴

雨过程中,副高的强度指数为 58,较多数年份略偏强,并且出现了闭合中心,中心位于 17.5°N、135°E,副高脊线位于 17.5°N,较历史同期明显偏北 2.3°。副高稳定维持在菲律宾以东洋面,说明我国大陆地区与东部洋面可能有着较强海陆热力差,有利于西南风的发展和维持^[10]。

副热带西风急流对中国地区的降水及异常有着非常重要的影响^[11-13],它能够在高空形成有利的辐散环流,并与低空急流发生动力耦合,因而与暴雨区有很好的对应关系^[14-15]。分析这次连阴雨期间 110°~120°E 平均的 200 hPa 散度场和纬向风距平发现(图 6),降水期间长江中下游上空对流层高层稳定维持着辐散环流,辐散中心的位置与高层的反气旋环流异常正好是一致的(北侧是西风异常,南侧东风异常)。历史同期多年平均态下,副热带西风急流轴位于 30°N,距平场的结果表明这次连阴雨过程中急流轴北移了,并稳定维持在 35°N 附近,急流轴入口处南侧的反气旋性辐散环流正好位于长江中下游地区上空,为该地区的降水提供了非常有利的高空辐散条件。而在对流层低层,高空辐散区南侧 28°N 附近则稳定维持着气旋性辐合中心(图略),其南侧的西风距平对应着低层加强的西南气流。高空急流与低层西南气流形成高层辐散低层辐合的配置结构,十分有利于该时期降水的发展和维持。

表 1 1979—2009 年 2 月 14 日至 3 月 7 日西太副高脊线位置、强度以及西伸指数

Table 1 WPSH indices averaged during 14 February to 7 March from 1979 to 2009

年份	副高指数类型	脊线(纬度)	强度	西脊点(经度)
1979		13.75	0	—
1980		13.75	0	—
1981		16.25	192	118.75
1982		15	0	—
1983		15	737	—
1984		15	0	—
1985		16.25	0	—
1986		13.75	0	—
1987		16.25	227	112.5
1988		16.25	270	120
1989		16.25	0	—
1990		12.5	0	—
1991		13.75	0	—
1992		15	73	127.5
1993		16.25	0	—
1994		12.5	0	—
1995		12.5	0	—
1996		13.75	0	—
1997		17.5	0	—
1998		15	720	—
1999		17.5	0	—
2000		16.25	0	—
2001		16.25	24	—
2002		15	130	108.75
2003		13.75	0	—
2004		16.25	119	130
2005		16.25	833	—
2006		16.25	0	—
2007		13.75	0	—
2008		16.25	0	—
2009		17.5	58	125

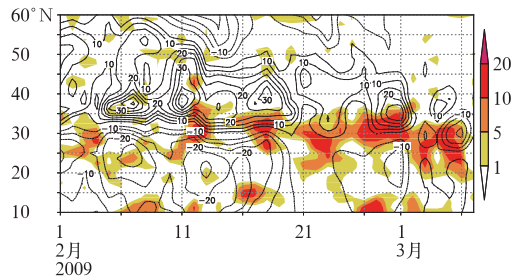


图 6 110°~120°E 平均 200 hPa 散度(阴影, 10⁻⁶ s⁻¹)和纬向风距平(等值线, m · s⁻¹)的纬度-时间图

Fig. 6 Latitude-time section of 200 hPa divergence (shaded, 10⁻⁶ s⁻¹) and zonal wind anomaly (contour, m · s⁻¹) averaged from 110° to 120°E

以往研究表明^[4,7],长江中下游地区持续的连阴雨过程与北半球长波和超长波系统的发展有关。在这次连阴雨过程中,欧亚大陆上空维持着典型的经向型环流,两个阶段东亚地区中高纬的阻塞高压

都比较稳定,我国北方地区长期处于槽后脊前的西北气流控制而没有大槽发展东移,有利于冷空气呈小股扩散南下而不是大举向南入侵。同时,对流层高层副热带西风急流轴北抬,其南侧的辐散环流控制了长江中下游地区,高空辐散长期与低层西南气流北侧的辐合区配合,形成了有利于降水维持和发展的动力条件。而在东亚中低纬度地区,位于菲律宾海的副高稳定少动也有利于我国南方西南风的加强和维持,且来自低纬地区的水汽输送很充分。在这种环流形势下,北方干冷空气和南方暖湿气流能够在长江流域长时间稳定对峙,形成稳定少动的准静止锋区,最终造成该地区持续性的阴雨天气。

3 连阴雨过程的水汽条件分析

持续性的降水过程需要有充足的水汽供应来维持,因而水汽条件以及与大尺度环流相联系的水汽输送对降水的作用十分显著^[16-18],要认识造成这次连阴雨过程的原因,有必要弄清楚该时期的水汽条件及输送特征。基于对 2009 年 2 月 14 日至 3 月 7 日平均的整层水汽通量散度的垂直积分(地面至 300 hPa)的分析发现(图 7a,阴影),该期间长江中下游以南地区为一个明显水汽通量辐合区,辐合中心大致位于江西、安徽和浙江 3 省的交界处,中心值小于 $-8 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,与过程累积降水中心的位置比较一致。具体的水汽输送路径为(图 7a,矢量箭头):来自菲律宾以东洋面的水汽经赤道东风带向西输送,在东南半岛东岸折向北,与青藏高原南麓的一支偏西水汽输送支汇合后,再转向东北经云贵高原输送入我国东部长江中下游及以南部分地区;另外,在副高西侧边缘的南海北部和巴士海峡上空还有一支强度相对较弱的东南风水汽输送支,它在我国南方沿海地区转成东北向,汇入上述偏西水汽输送支。由此可见,来自西太平洋、南海以及孟加拉湾北部上空的水汽均对这次连阴雨过程造成了影响。

进一步将其与历史同期多年平均的水汽输送形势做比较。从同期多年平均的水汽输送形势上看(图 7b),青藏高原南麓的副热带西风气流水汽输送是历史同期我国东部降水的主要水汽通道,这与张洁等^[18]分析的影响中国春季降水的水汽输送气候态是一致的。张洁等^[18]还指出与中国春季异常降水模态对应的异常水汽输送形势受到副高、西风急

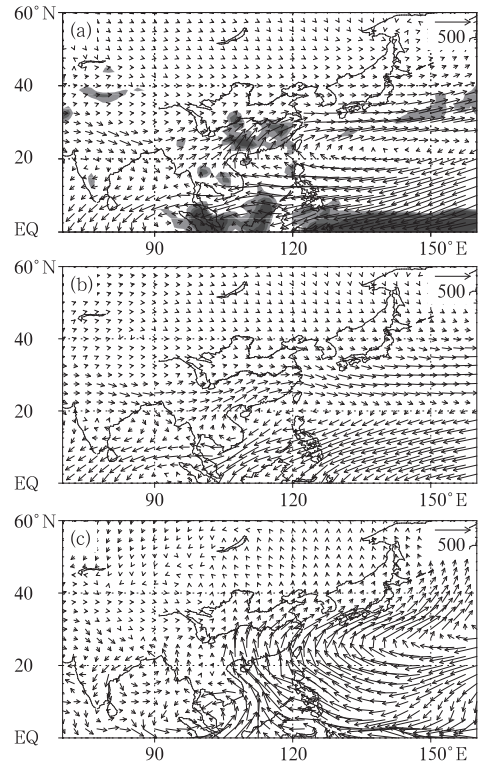


图 7 2 月 14 日至 3 月 7 日平均整层的水汽通量垂直积分($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

(a) 2009 年; (b) 1979—2008 年平均;

(c) 2009 年距平场。图 a 中阴影表示整层水汽通量辐合区(小于 $-3 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 间隔 3×10^{-5})

Fig. 7 Vertically integrated water vapor transport averaged from 14 February to 7 March ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

(a) 2009; (b) 1979—2008 mean; (c) anomaly of 2009. Regions with total moisture flux divergence lower than $-3 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ are shaded in Fig. 7a

流等大尺度环流异常的影响。类似地,从图 7c 给出该次连阴雨过程水汽输送的距平也可以看到,与同期的多年平均态相比,在西太平洋和南海地区由于受到副高加强及反气旋性异常环流的影响,存在一支由低纬西太平洋经菲律宾海、南海向西的异常输送路径,它与赤道东印度洋的向东异常输送支在南海南部汇合后折向北,直到我国长江中下游及以南地区。值得注意的是,在距平场上从高原南麓至我国东部并没有出现明显的偏西水汽输送异常,说明长江中下游及以南地区西边界流入的主要是由气候平均态的偏西气流输送的来自孟加拉湾北部的水汽;而由南边界流入的水汽则主要是由反气旋环流

异常有关的偏南风水汽输送异常造成,这些水汽主要来自自南海、菲律宾海及以东洋面。

表2给出主要降水区(23.75°~31.25°N, 108.75°~121.25°E)矩形区域内各阶段过程平均的水汽收支状况(水汽收支的计算方法参考文献[19],表中数值表示分别沿东、南、西、北四个侧边界外法向上的水汽通量和矩形区域内整层的水汽通量散度,负值表示有水汽的流入)。可以看到,由南边界进入降水区域的水汽通量最多,达到 $8.58 \times 10^7 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$,其次是西边界,为 $4.55 \times 10^7 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$,它们是造成区域内水汽增加的主要因子,是这次降水过程最主要的水汽供应源;而东边界和北边界的通量都是正值,说明该边界上水汽主要是流出的。同时,南北向水汽通量之和($6.13 \times 10^7 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$)要显著大于东西向的结果($2.31 \times 10^7 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$),说明水汽通量的经向辐合对该地区水汽增加的贡献更突出,所以来自南海及菲律宾以东洋面异常的偏南风水汽输送支对该次过程降水的发展起到了更重要的作用。此外,第二阶段由西、南边界进入的水汽量要显著多于第一阶段,且区域内水汽通量辐合也显著增加,这是造成第二阶段降水强度偏大的重要原因。

表2 主要降水区(23.75°~31.25°N, 108.75°~121.25°E)内各阶段平均的水汽收支状况(单位: $10^7 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$)

Table 2 Water vapor budget in rain area (23.75°~31.25°N, 108.75°~121.25°E)

时段	水汽收支	西边界 流出量	南边界 流出量	东边界 流出量	北边界 流出量	区域内 总的通量 散度
2月14—20日		-2.86	-6.05	5.68	2.09	-1.14
2月21日—3月7日		-5.35	-9.75	8.87	2.61	-3.62
2月14日—3月7日		-4.55	-8.58	7.86	2.45	-2.83

图8给出上述区域内分别沿东、南、西、北四个侧边界外法向上整层水汽通量的时间演变。可以发现,在该次过程开始之前,长江中下游及以南部分地区范围内来自西边界的水汽通量突然增强,降水开始后,西边界进入的水汽通量稳步增长,待降水峰值过后又逐渐回落,说明降水发展过程中偏西风水汽输送支稳步增强,它是降水过程中重要的水汽来源。而由南边界进入的水汽通量变化则不同,它与该区域内水汽通量散度的变化最为一致,在第一、二阶段降水开始以及峰值出现之前均对应着一次显著增强的过程,与降水发展的关系非常密切,这更进一步表明偏南风水汽输送异常支对降水区内的水汽通量辐合的作用更显著,对降水发展的贡献也更突出。

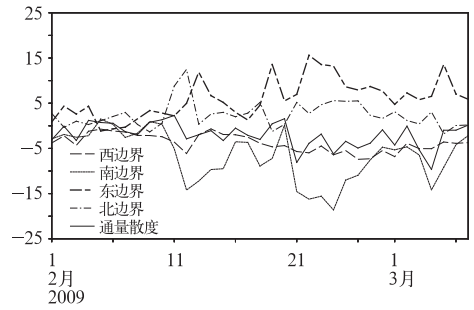


图8 2009年2月1日至3月7日(23.75°~31.25°N, 108.75°~121.25°E)区域内分别沿东、南、西、北四个侧边界外法向上的整层水汽通量($10^7 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$)和区域内整层水汽通量散度($10^7 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$)的时间演变

Fig. 8 Time variations of the total moisture flux at east, south, west and north boundaries ($10^7 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$) and moisture flux divergence in region (23.75°~31.25°N, 108.75°~121.25°E)

4 结 论

2009年2月14日至3月7日我国长江中下游及以南部分地区经历了一次持续的阴雨天气过程,其降水日数多,降水强度大,为同期历史罕见。本文对这次强天气事件产生的环流背景和水汽条件进行了分析,主要结论有:

(1) 环流及距平分析表明,在此次连阴雨过程中,一方面,鄂霍次克海有一个冷低压发展和维持,乌拉尔山的阻塞高压形势稳定,我国北方地区长期处于槽后脊前的西北气流控制,冷空气不断向南入侵影响到长江以北地区;另一方面,西太平洋副热带高压在菲律宾海上空稳定少动,其位置较常年偏北,与之伴随着反气旋的异常环流,有利于我国南方地区西南风的维持与发展。这种环流形势造成北方冷空气和南方暖湿气流在长江流域长时间对峙,形成了稳定的准静止锋区。同时,对流层高层的副热带西风急流轴北抬,并稳定在 35°N 附近,急流轴入口处南侧的辐散环流与低层西南气流北侧的气旋性辐合环流相配合,在长江流域上空形成十分有利于降水发展和维持的动力结构。这些都为持续性降水的产生提供了非常有利的环流背景。

(2) 水汽条件分析表明,该次过程的水汽通道主要有两支:一支来自孟加拉湾北部由高原南麓的

偏西风气流经云贵高原输送至我国东部长江以南地区,它与该时期气候平均的副热带西风气流水汽输送支一致,是降水区重要的水汽来源;另一支来自菲律宾海以东洋面由副高西南边缘的偏东风向西输送,在南海北部折向北进入我国南方地区,它受到与偏强副高相伴的反气旋环流异常的影响,副高西边缘的偏南风异常造成了来自西太平洋和南海低纬地区至我国南方的经向水汽输送支异常,这支异常的经向水汽输送是造成这次连阴雨过程中南方地区水汽通量辐合的重要原因,对降水发展和维持的影响更加显著。

参考文献

- [1] 陆均天. 华南等地少雨旱情持续长江中下游地区连阴雨—2002年4月[J]. 气象, 2002, 28(7): 62-63.
- [2] 马巧英. 阳春三月气温变幅大南方低温霜冻灾害—1998年3月[J]. 气象, 1998, 24(6): 62-63.
- [3] 葛非, 肖天贵, 金荣花, 等. 2008年低温雨雪天气扰动能量的积累和传播[J]. 气象, 2008, 34(12): 11-20.
- [4] 孙锦铨, 陈永秀. 长江中下游春季连阴雨天气气候分析[J]. 气象, 1991, 17(5): 29-34.
- [5] 施宁. 长江中下游春季连阴雨的环流及其低频振荡背景[J]. 气象科学, 1991, 11(1): 103-111.
- [6] 施宁. 长江中下游春季连阴雨及厄尔尼诺年的环流背景[J]. 气象, 1990, 16(12): 8-14.
- [7] 王继志, 郭敬修. 我国南方低温连阴雨天气的研究[J]. 气象科技, 1981, (1): 1-9.
- [8] Onogi Kazutoshi, Tsutsui Junichi, Koide Hiroshi, et al. The JRA-25 reanalysis[J]. J Meteor Soc Japan, 2007, 85(3): 369-432.
- [9] 高辉, 陈丽娟, 贾小龙, 等. 2008年1月我国大范围低温雨雪冰冻灾害分析Ⅱ成因分析[J]. 气象, 2008, 34(4): 101-106.
- [10] 赵平, 蒋品平, 周秀骥, 等. 春季东亚海-陆热力差异对我国东部西南风降水影响的数值试验[J]. 科学通报, 2009, 54(1): 1-7.
- [11] 王东勇, 张娇, 朱红芳, 等. 淮河洪涝年7月上旬环流特征与近10年平均环流特征差异分析[J]. 气象, 2008, 34(8): 63-69.
- [12] 汪靖, 刘宣飞, 韩桂荣, 等. 2005年江淮流域入梅偏晚的成因分析[J]. 气象, 2006, 32(12): 76-81.
- [13] 况雪源, 张耀存. 东亚副热带西风急流位置异常对长江中下游夏季降水的影响[J]. 高原气象, 2006, 25(3): 382-389.
- [14] 陈受钧. 梅雨末期暴雨过程中高低空环流的耦合—数值试验[J]. 气象学报, 1989, 47(1): 8-15.
- [15] 徐海明, 何金海, 周兵. 倾斜高空急流轴在大暴雨过程中的作用[J]. 南京气象学院学报, 2001, 24(2): 155-161.
- [16] 黄荣辉, 张振洲, 黄刚, 等. 夏季东亚季风区水汽输送特征及其与南亚季风区水汽输送的差别[J]. 大气科学, 1998, 22(4): 460-469.
- [17] Zhou T, Yu R. Atmospheric water vapor transport associated with typical anomalous summer rainfall patterns in China [J]. J Geophys Res, 2005, 110(D08104): doi: 10.1029/2004JD005413.
- [18] 张洁, 周天军, 宇如聪, 等. 中国春季典型降水异常及相关的大气水汽输送[J]. 大气科学, 2009, 33(1): 121-134.
- [19] 丁一汇. 天气动力学中的诊断分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1989: 293.