

于庚康,徐敏,高苹,等. 江苏冬夏季人体舒适度指数异常的背景场研究[J]. 气象,2012,38(5):593-600.

江苏冬夏季人体舒适度指数异常的背景场研究^{*1}

于庚康¹ 徐 敏¹ 高 苹¹ 黄 亮¹ 罗 艳² 凌 洋¹

1 江苏省气象局,南京 210008

2 安徽省气象局,合肥 230061

提 要: 利用江苏地区 37 个气象观测站 1980—2009 年逐日资料,及同时段美国 NCEP/NCAR 再分析资料以及北太平洋海温资料,通过合成和遥相关法,研究了当江苏冬、夏季人体舒适度指数(CIHB)出现异常偏高和偏低时,大气环流与北太平洋海温场的基本特征。结果表明:(1)CIHB 偏高年较偏低年,冬季,东亚大槽偏浅,冬季风明显偏弱,尤其是北风分量偏弱最为明显,江苏上空下沉气流偏弱,均不利于冷空气东移南压以及向下入侵;夏季,副热带高压偏西、偏强,南亚高压偏东、偏北、偏强,夏季风明显偏强,尤其是南风分量偏强显著,导致往北的暖湿气流强盛,垂直运动总体偏弱,不利于夏季对流活动的发生。(2)冬季,CIHB 偏高年中西太平洋的海温高于偏低年,尤其是在我国东部近海的黑潮区,偏暖幅度最为明显,无论是超前相关还是同期相关,西太平洋海温与冬季 CIHB 都是以正相关为主,其中暖池区的正相关最为显著。

关键词: 人体舒适度指数,冬夏季异常,大气环流异常,遥相关

Study on Physical Background of Comfort Index of Human Body Anomaly in Winter and Summer in Jiangsu Province

YU Gengkang¹ XU Min¹ GAO Ping¹ HUANG Liang¹ LUO Yan² LING Yang¹

1 Meteorological Service of Jiangsu Province, Nanjing 210008

2 Meteorological Service of Anhui Province, Hefei 230061

Abstract: The daily meteorological data at 37 stations in Jiangsu Province, the NCEP/NCAR reanalysis data of monthly mean geopotential height and wind fields, and the data of the North Pacific sea surface temperature (SST) from 1980 to 2009 are analyzed by methods of composite and teleconnection. The characteristics of atmospheric circulation and North Pacific SST were studied when comfort index of human body (CIHB) was anomalous in winter and summer. The results indicated that: (1) the cold air force in winter is weaker when the CIHB is higher than that when the CIHB is lower. Because East Asian trough is shallower, winter monsoon is weaker especially the north wind and downdraft are also weaker at the stage of higher CIHB than lower CIHB. In summer, subtropical high was found to be westward and strengthening and South Asia high lies easterly and northerly and strengthens in the higher CIHB stage, including the stronger summer monsoon and weaker vertical convection. (2) In winter, SST in the Midwest Pacific at the stage of higher CIHB is warmer than the lower CIHB, particularly in Kuroshio in China eastern offshore. No matter the leading or contemporaneous correlation, the correlation between the West Pacific SST and the CIHB in winter is positive mainly, especially in Kuroshio.

Key words: comfort index of human body, winter and summer anomaly, atmospheric circulation anomaly, teleconnection

* 江苏省科学技术厅科技创新与成果转化项目(BM2008163)资助

2011年9月11日收稿; 2012年1月31日收修定稿

第一作者: 于庚康,主要从事公共气象服务研究. Email: yugk_qx@js.gov.cn

引言

随着生活水平的日益提高,人们对与生活息息相关的天气信息越来越重视,其中对人体舒适度指数的关注尤为突出,它不仅直接影响到人们的日常生活,而且还对生产、销售、交通运输等诸多领域亦产生影响。从 20 世纪 90 年代开始,国内不少学者对此展开了广泛研究,石春娥等^[1]、吴兑等^[2]、罗晓玲等^[3]和吴结晶等^[4]对人体舒适度指数的预报体系和方法进行了深入研究,针对江苏特有的地理环境,严明良等^[5]提出了环境气象指数和人体舒适度指数的 7 种设计方法。杨成芳等^[6]、李兴荣等^[7]、彭洁等^[8]和黄静^[9]对不同地区人体舒适度指数的气候特征进行了统计分析。不过对于异常舒适度指数,尤其是极端舒适度指数的研究,目前尚不多见,针对背景场的研究,揭示其对人体舒适度指数的影响,更鲜为报道。在实际业务工作中,气象工作者需要进一步改善人体舒适度指数的预报准确度,以便于更好地指导日常的气象服务,因此,凸显出异常舒适度指数背景场研究的必要性。

众所周知,冬、夏两季是季风建立后气候场相对稳定的季节,季节内的舒适度指数异常更能反映出背景场的特征,本文针对冬、夏季人体舒适度指数异常年份的背景场(大气环流和北太平洋海温场)进行分析研究,可为异常人体舒适度指数的变化现象提供一定的科学解释,也可为人体舒适度指数的中长期预测提供气候背景的科学依据,同时对江苏旅游气候资源优势的综合开发以及气象部门开展旅游气象服务也有一定的参考价值。

1 资料和研究方法

1.1 资料来源

(1) 气象常规资料:江苏省气候中心 37 个气象观测站 1980—2009 年日平均温度、日平均相对湿度和日平均风速。

(2) 环流场资料:同时段美国 NCEP/NCAR 再分析资料,月平均高度场和风场,水平分辨率 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$,垂直方向共 12 层(1000、925、850、700、600、500、400、300、250、200、150 和 100 hPa)。

(3) 海温资料:来自国家气候中心的太平洋

($10^\circ\text{S} \sim 50^\circ\text{N}$, $120^\circ\text{E} \sim 80^\circ\text{W}$) 海平面温度 (Sea Surface Temperature, SST), 水平分辨率 $5^\circ \times 5^\circ$ (共 286 个格点), 1980—2009 年月平均值。根据计算需要,冬季为 12 月至次年 2 月,夏季为 6—8 月。

1.2 研究方法

人体舒适度指数 (Comfort Index of Human Body, CIHB) 主要是通过式(1)^[5]得出,该计算模型已经过多次试验和比较,并且已经作为预报模式应用于江苏的日常气象业务当中,经过检验准确度比较高,所以该计算模型总体较为成熟。文中所使用的研究方法是合成分析、 t 检验以及相关系数,并探讨了冬、夏季 CIHB 异常与相应海洋-大气背景场之间的可能联系。

$$CIHB = (1.8t + 32) - 0.55(1 - hu/100) \times (1.8t - 26) - 3.2\sqrt{v} \quad (1)$$

式中, t 为温度 ($^\circ\text{C}$), hu 为湿度 (%), v 为风速 ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)。

2 江苏地区人体舒适度指数年际变化特征

从 1980—2009 年江苏冬、春两季 CIHB 的历年变化(图 1)中,可以看出,在近 30 年中,冬季 CIHB 变化范围是 32~41,呈现出了较为显著的上升趋势,说明冬季的寒冷程度总体上是缓解的,CIHB 还

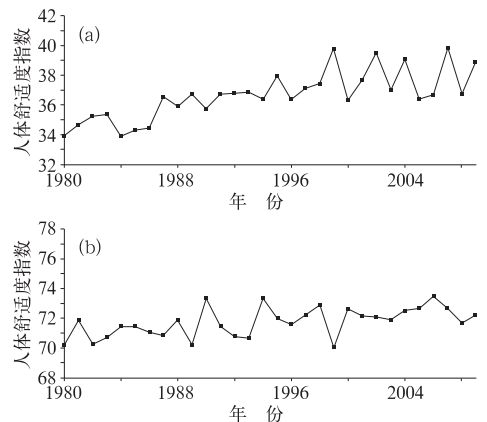


图 1 1980—2009 年,江苏地区人体舒适度指数的历年变化 (a) 冬季, (b) 夏季

Fig. 1 Annual variations of CIHB in Jiangsu Province from 1980 to 2009 (a) winter, (b) summer

存在着比较明显的年际变化,尤其是在21世纪,年际振荡的周期基本上是3~4年,个别年份出现了异常偏高或偏低值;夏季CIHB变化范围是70~74,与冬季相比,虽然夏季CIHB并不存在明显的变化趋势,但是依然有较为明显的年际变化,并且同样存在着CIHB异常偏高或偏低的年份,不过波动幅度要明显小于冬季。

在文献[10]中,通过通径分析得知:CIHB与温度(相对湿度和风速)之间是存在着显著的正(负)相关,其中温度对CIHB的正影响最大(温度的直接通径系数高达0.88),而相对湿度和风速对CIHB的影响非常小(湿度和风速的直接通径系数分别只有-0.01、-0.05),所以CIHB中真正起主导作用的还是气温。已有研究表明^[11],在全球变暖的气候背景下,20世纪80年代中期以来,江苏地区的异常升温与全球气温的明显增暖是同步的,尤其是冬季,响应最为显著,因此,可以认为:近30年,江苏冬季CIHB的总体上升趋势与全球变暖也是基本同步的。而对于夏季,虽然7和9月CIHB存在弱的上

升趋势,但整个夏季的增长趋势并不明显,因此,夏季CIHB的变化趋势与全球变暖的同步性较差,这主要是由于在北半球变暖的背景下,江苏夏季气温的变化趋势和年际振动的响应存在很大的不确定性^[12]。

为了便于进一步探讨CIHB值出现异常偏高和偏低的物理原因,文中挑选出典型年进行合成分析,(1)冬季:CIHB偏高年有5年(1999、2002、2004、2007和2009年),CIHB均在39~40,对照表1可知,这几年冬季的人体感觉是处于偏冷的状态,相对于冬季平均状态,冷的感觉有所减弱;偏低年有7年(1980—1986年),CIHB都位于35.5以下,即体感较冷,为近30年冬季最冷期。(2)夏季:CIHB偏高年有4年(1990、1994、1998和2006年),CIHB是73~74,即体感偏热明显,相对夏季平均状态,热的感觉有所加重;偏低年有4年(1980、1982、1989和1999年),CIHB是在70附近,即体感舒适,相对夏季平均状态,体感舒适的程度有所提升。

表1 江苏省冬季人体舒适度指数的等级划分标准(括号内为夏季)

Table 1 Classification standards of winter CIHB in Jiangsu Province (summer in bracket)

舒适度指数	≤25	26~38	39~50	51~58	59~70	71~75	76~79	80~85	>85
舒适度等级	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
感觉程度	寒冷	较冷	冷(清凉)	偏冷(偏凉)	舒适	偏暖(偏热)	热(闷热)	炎热	暑热

3 江苏冬、夏季CIHB异常年份的物理背景

冬、夏季CIHB的异常除了与全球变暖有关外,是该地区大气环流形势场异常直接影响的结果。因为大气环流形势场反映了大气运动的基本状态,是各种不同尺度的天气系统发生、发展和移动的背景条件,并制约和孕育着较小规模的气流运动^[13]。同时北太平洋的海温变化会对大气环流产生影响,并且这种影响除了不断向下游传播以外,也将在后期某一段时期内向上游传播一段距离,因此海气相互作用也会对CIHB造成影响。所以,为了深入研究引起江苏冬、夏季CIHB年际异常的基本背景,以下将通过合成分析和遥相关,分别对冬、夏季CIHB异常偏高和偏低的大气环流形势场与北太平洋海温场的基本特征进行详细的讨论。

3.1 冬、夏季CIHB异常偏高、偏低年的高度场特征

对江苏而言,西风槽与西太平洋副热带高压和南亚高压是冬、夏两季天气变化的主要影响系统,图2和3给出了江苏冬、夏季CIHB偏高年和偏低年的500 hPa合成图以及差值场。比较图2a与2b可以发现:冬季,CIHB偏低年的东亚大槽要深于偏高年,意味着偏低年的500 hPa形势场更有利于槽后冷空气的南下,即CIHB偏低年东亚冬季风要强于偏高年,差值场(图2c)中也可以看到,中纬度整个欧亚大陆,CIHB偏高年的500 hPa位势高度要明显大于偏低年,江苏上空大致高出了45 gpm,在100 hPa高度场(图略)上具有同样的分布特征。由于冷空气的强弱会直接影响到气温的高低,而气温又是CIHB的主要影响因子,所以,冬季东亚大槽的深浅对CIHB的高低起着至关重要的作用。

夏季, CIHB 偏低年(图 3b), 副热带高压 588 线西伸脊点位于 132°E, 584 线位于江浙交界处; CIHB 偏高年(图 3a), 588 线西伸脊点位于 128°E, 较偏低年明显偏西, 584 线穿过江苏中部, 从差值场(图 3c)上也可以清晰看到, 偏高年的副高势力明显要强于偏低年, 但是差值幅度要明显小于冬季, 这也就为夏季 CIHB 波动幅度小于冬季提供了一种解释。在 100 hPa 高度场(图略)上, CIHB 偏高年(偏低年), 南亚高压的中心高于 1684 dagpm(1680 dagpm), 1672 dagpm 线的东伸脊点位于 134°E(130°E), 南亚高压 120°E 的脊线位置位于 30°N(28°N)。因此, 夏季, CIHB 偏高年较偏低年, 副高偏西、偏强, 南亚高压偏东、偏北、偏强, 这意味着偏高年的夏季风要强于偏低年。

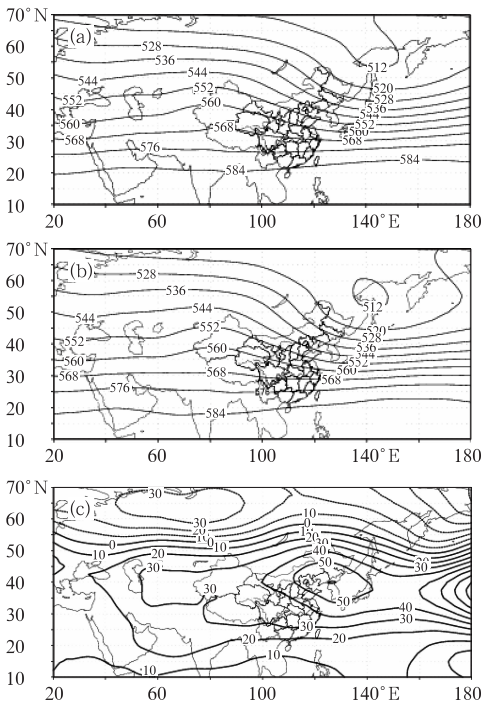


图 2 冬季 500 hPa 高度场的合成图
(单位: gpm)

- (a) CIHB 偏高年(缩小了 10 倍);
- (b) CIHB 偏低年(缩小了 10 倍);
- (c) 偏高年与偏低年的高度场之差

Fig. 2 Composite graphs of 500 hPa height field in winter (unit: gpm)

- (a) higher CIHB (decreased by 10 times);
- (b) lower CIHB (decreased by 10 times);
- (c) the difference between higher CIHB and lower CIHB

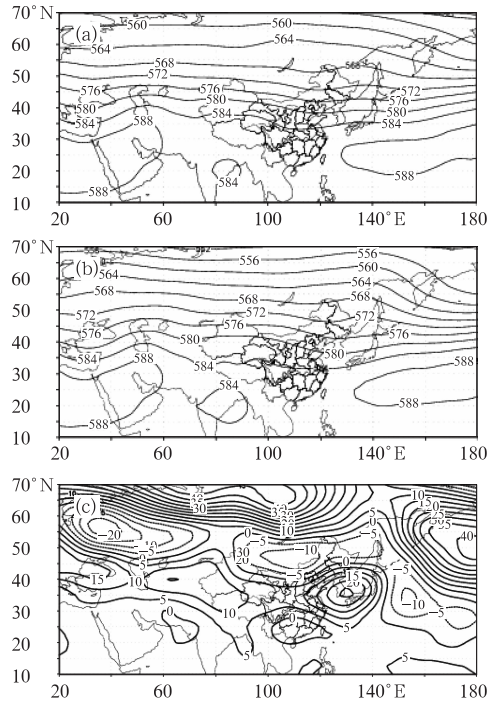


图 3 同图 2, 但为夏季

Fig. 3 The same as Fig. 2, but in summer

3.2 冬、夏季 CIHB 异常偏高、偏低年的风场特征

形势场分析可知, 在冬、夏季 CIHB 出现异常偏高和偏低时, 冬、夏季的季风环流也表现出了明显的差异, 可由风场的分析给出更为直接的证实(图 4 和 5)。从纬向风异常的分布特征来看(图 4a), 在冬季, 北半球中高纬度 20°E~180°范围内(下同)绝大部分地区是正值, 对应 CIHB 偏高年的西风分量要大于偏低年, 在低纬地区, 尤其是太平洋上空为大片的负值, 对应 CIHB 偏高年的东风分量要大于偏低年, 而对于江苏上空, CIHB 偏高年的西风分量比偏低年要小 $0.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。从经向风异常的分布特征来看(图 4b), 冬季, 在北半球, 无论是陆地还是海洋基本上都是以正值为主, 对于江苏, CIHB 偏高年的北风分量比偏低年要小 $1.0 \sim 1.2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。由此可见, 冬季, CIHB 偏高年的西北风强度明显要弱于偏低年, 尤其是北风分量差异最为明显。

夏季, 从纬向风异常的分布特征来看(图 5a), 北半球高纬是以负值为主, 即 CIHB 偏高年高纬的西风分量小于偏低年, 中低纬是以正值为主, 说明 CIHB 偏高年与偏低年各地的东西风差异较大, 对于江苏上空, CIHB 偏高年西风分量比偏低年平均要大 $1.0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。从经向风的差值场上来看, 全区

是以正值为主,说明各地在 CIHB 偏高年与偏低年,南北风差异较大,对于江苏,CIHB 偏高年南风分量比偏低年平均要大 $1.5 \sim 1.8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。所以,夏季,CIHB 偏高年的西南风强度明显要强于偏低年,尤其是南风分量差异最为明显。

与冬、夏两季 CIHB 异常有关的经向风和纬向风的异常,清楚地反映出了 CIHB 偏高年与偏低年,江苏地区冬季风和夏季风活动的显著差异:冬季,CIHB 偏高年(偏低年)冬季风的活动明显偏弱(偏强),不利于(利于)冷空气东移南下;夏季,CIHB 偏高年(偏低年)夏季风的活动明显偏强(偏弱),暖湿

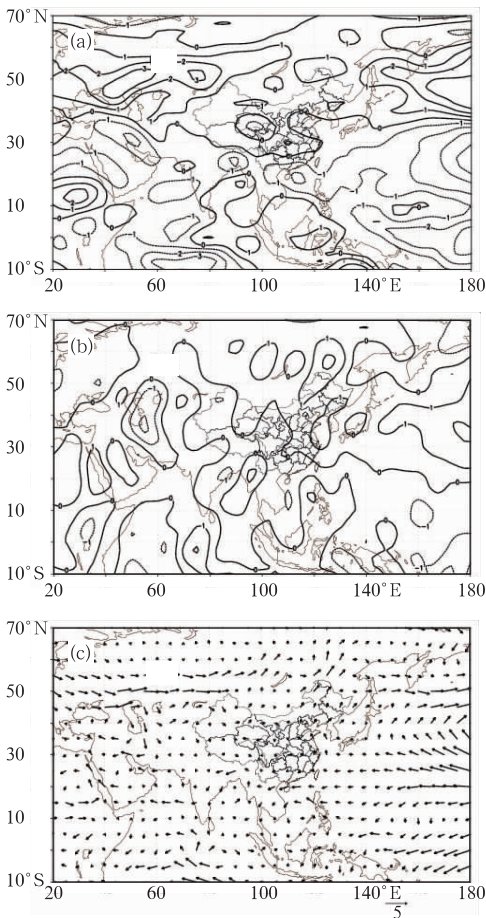


图 4 冬季 850 hPa 风场合成图 (CIHB 偏高年与偏低年之差)(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
 (a) 纬向风异常, (b) 经向风异常,
 (c) 风矢量异常
 Fig. 4 Composite graphs of 850 hPa wind field in winter (the difference between higher CIHB and lower CIHB) (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
 (a) zonal wind anomaly, (b) meridional wind anomaly, (c) wind vector anomaly

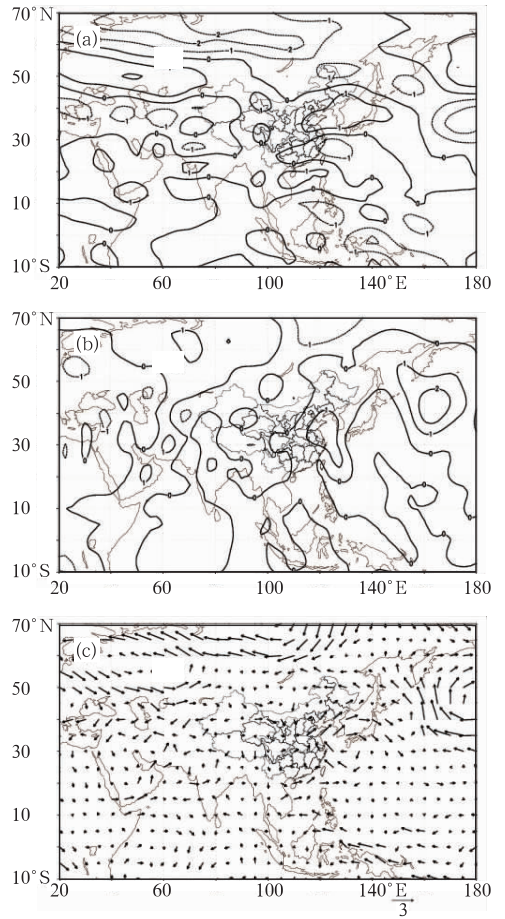


图 5 同图 4, 但为夏季
 Fig. 5 The same as Fig. 4, but in summer

气流强盛(较弱)。东亚冬、夏季风环流的异常特征在图 4c 和 5c 所给出的风矢量差值场中也可以得到直接的反映,不难发现,夏季,江苏以及以东地区存在明显的反气旋性环流,江苏位于其西部,东南风要明显强于冬季,所以在 CIHB 异常年份里,夏季的季风环流差异要大于冬季,经向分量的差异要大于纬向。

3.3 冬、夏季 CIHB 异常偏高、偏低年的垂直环流特征

为了进一步分析 CIHB 偏高年与偏低年江苏上空垂直环流的差异性,本文分别沿 $30^\circ \sim 36^\circ \text{N}$ 纬度带、 $116^\circ \sim 122^\circ \text{E}$ 经度带做垂直剖面图。

冬季,CIHB 偏高年与偏低年,江苏上空都是盛行下沉运动(图略),但从垂直环流的差值场来看(图 6a 和 6b),无论是纬圈环流还是经圈环流,都是盛行上升运动,由此可见,CIHB 偏高年的下沉支要弱于偏低年,即意味着冷空气向下入侵的势力要弱于 CIHB 偏低年。对于夏季,CIHB 偏高年与偏低

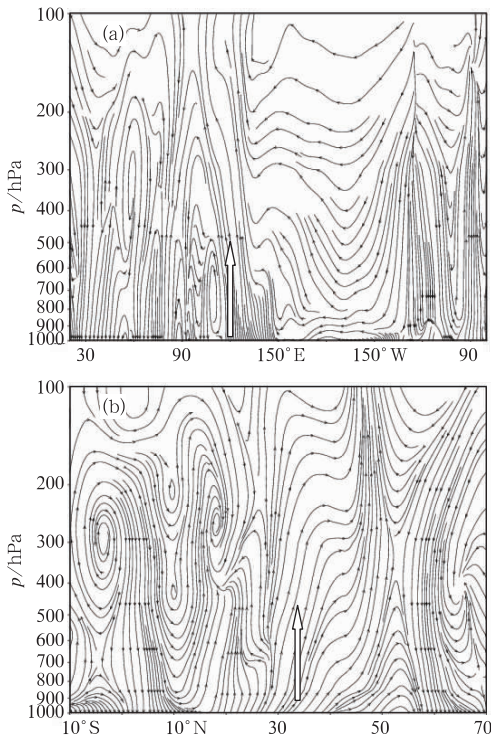


图6 冬季,CIHB 偏高年与偏低年的垂直环流之差

- (a) 沿 $30^{\circ}\sim 36^{\circ}\text{N}$ 纬度带平均;
(b) 沿 $116^{\circ}\sim 122^{\circ}\text{E}$ 经度带平均

Fig. 6 The difference of vertical circulation between higher CIHB and lower CIHB
(a) zonal average between $30^{\circ}\sim 36^{\circ}\text{N}$;
(b) meridional average between $116^{\circ}\sim 122^{\circ}\text{E}$

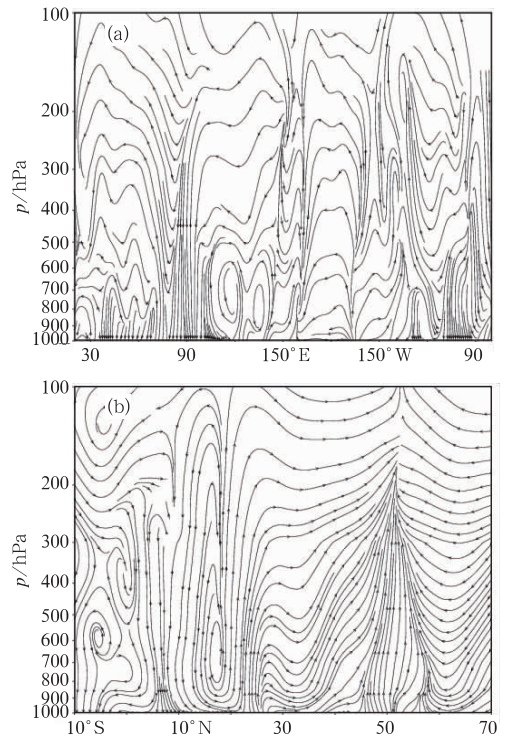


图7 同图6,但为夏季

Fig. 7 The same as Fig. 6, but in summer

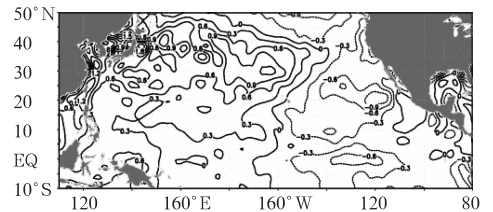


图8 冬季,CIHB 偏高年与偏低年的海温之差(单位: $^{\circ}\text{C}$)

Fig. 8 The difference of North Pacific SST between higher CIHB and lower CIHB (unit: $^{\circ}\text{C}$)

年,在 $30^{\circ}\sim 36^{\circ}\text{N}$ 的范围内,经圈方向的垂直环流均为上升运动(图略),但从两者的差值场上看(图7b),江苏上空存在弱的向北的下沉运动,说明CIHB 偏高年的经圈环流弱于偏低年;对于纬圈方向的垂直环流,江苏东西部存在着差异,其中有一个顺时针方向的小型环流,即江苏东部低层为下沉气流,西部各层都是上升气流(图略),对于两者的差值场同样如此(图7a),即东西部的垂直运动也并不一致,600 hPa 以下有一个逆时针方向的环流,江苏东部为上升运动,西部是下沉运动,说明CIHB 偏高年江苏东西部的垂直运动均弱于偏低年。

因此,CIHB 偏高年较偏低年,冬季下沉运动偏弱;夏季,经圈方向的上升运动偏弱,纬圈方向东西部垂直运动存在差异,但同样偏弱,不利于夏季对流活动的发生。

3.4 冬、夏季 CIHB 与北太平洋海温场的关联

从20世纪60年代以来,气象学家对海气关系

就进行了广泛而深入的研究,认为海洋是使长期天气过程发生异常的主要能源之一,潘华盛等^[14]研究指出:黑潮海域冬季与春季的连续加热,对我国东北地区夏季温度影响很大,尤其是冬季黑潮海域的加热关系更明显。还有研究指出^[15-18], SST 异常对东亚冬季风的年际异常具有非常重要的影响,因此,为了进一步揭示 CIHB 异常年份中 SST 与东亚冬季风的联系,图8给出了CIHB 偏高年与偏低年的冬季海温差。冬季,北太平洋中西部为大片的正值区,说明CIHB 偏高年的海温高于偏低年,尤其是在我国东部近海的黑潮区,偏暖幅度最为明显,暖中心超过了 1.2°C 。出现如此明显的暖水区,主要是由于

CIHB 偏高年的东亚大槽浅于偏低年,冷空气势力偏弱,同时西太平洋副高较强,其西侧的偏南风又削弱了冬季风的南侵,使得冷涌活动减少,因而在 CIHB 偏高年,中西太平洋的海温要比偏低年高。对于夏季海温差(图略)在我国近海海区同样是正值区,但偏暖幅度要小于冬季,至于其物理原因有待进一步研究。

海洋对我国气候异常的影响不仅存在同期效应,还存在后延效应,有时这种后延效应还相当关键^[19-23]。东亚环流季节性突变和前期太平洋海温异常有相当的联系,后者至少是制约东亚环流演变的一个重要因子,因此,为了能更好地了解江苏近 30 年 CIHB 与北太平洋海温之间的关联,计算了 1980—2009 年冬、夏季 CIHB 与上年 1—12 月以及当年 1—11 月太平洋海温的相关系数,由于篇幅受限,所以文中仅给出具有代表性的 4 个月的相关系

数分布(图 9)。通过相关分析,可以发现,从上年 1 月一直到当年 11 月,西太平洋海温与冬季 CIHB 都是以正相关为主,其中暖池区的正相关最强,上年 2 月、5 月以及当年 2 月(图 9a、9b 和 9c)的正相关中心均超过了 0.55,从当年 1 月开始,20°N 附近的东太平洋区域开始出现负相关,并且区域逐步扩大,当年 2 月(图 9c)的负值中心小于-0.45,到了当年 11 月(图 9d),两者的相关性明显减小,这意味着冬季 CIHB 与前期的海温相关性要好于同期。对于夏季(图略),CIHB 与上年的海温相关性总体较差,没有明显的高相关海区,到了当年 7 月,10°N 附近海区存在较明显的正相关。海温场与江苏 CIHB 关联的可能机制是:当海温发生剧烈变化时,热带和副热带地区环流也发生相应的调整来适应风场和温度场,而这种调整会影响到中纬度大气环流的变化,从而影响中纬地区的气候。

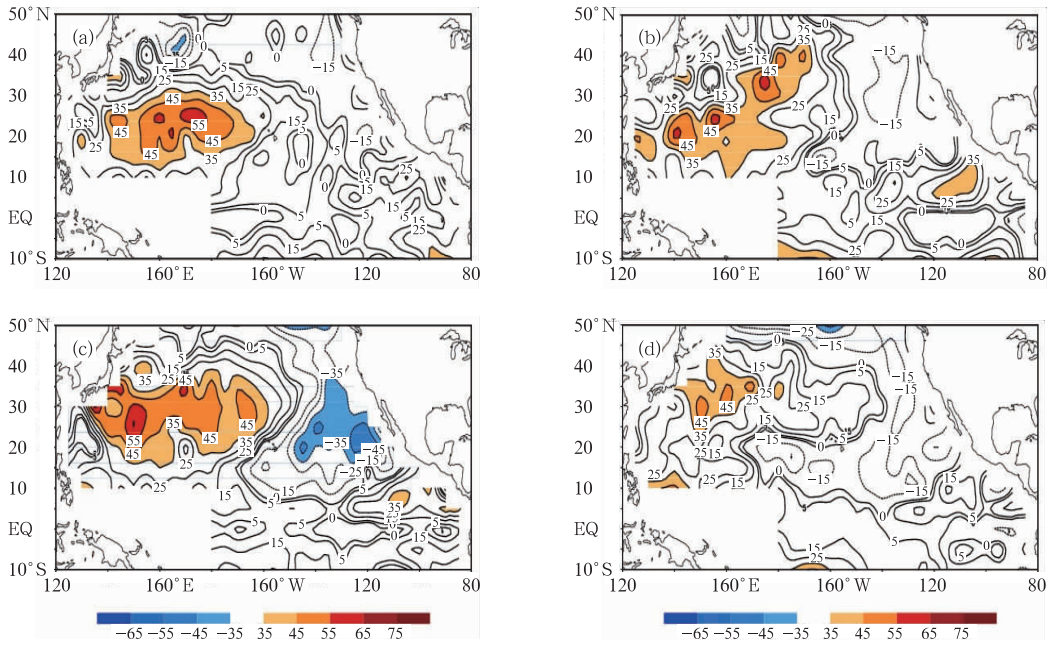


图 9 1980—2009 年江苏冬季 CIHB 与北太平洋海温的相关系数

(已扩大 100 倍,阴影区是指相关系数通过了 0.05 显著性检验)

(a) 上年 2 月, (b) 上年 5 月, (c) 当年 2 月, (d) 当年 11 月

Fig. 9 Correlations between Jiangsu CIHB and North Pacific SST from 1980 to 2009

(Correlations have increased by 100 times and the shaded area by passing significance test of 0.05)

(a) February in last year, (b) May in last year, (c) February in this year, (d) November in this year

4 小结与讨论

在全球气候变暖的背景下,近 30 年江苏冬、夏

季 CIHB 存在一定的演变规律,并伴随着异常偏高和偏低的状况,为了进一步揭示引起江苏冬、夏季 CIHB 出现异常的背景场特征,文中利用美国 NCEP/NCAR 的再分析资料中的高度场、三维风场

以及北太平洋海温资料,通过合成和遥相关法,详细分析了当江苏冬、夏季 CIHB 出现异常偏高和偏低时,大气环流与北太平洋海温场的基本特征,并阐述了北太平洋海温场引起 CIHB 异常的可能机制,结论如下:

(1) 1980—2009 年,江苏冬、夏季 CIHB 均存在显著的年际变化,尤其是冬季 CIHB 的总体上升趋势与全球变暖基本同步,夏季由于气温的变化趋势和年际振动对全球变暖的响应存在很大的不确定性,所以同步性较差,但冬、夏两季均存在 CIHB 异常偏高和偏低的极端情形。

(2) 从高度场来看,冬季,CIHB 偏低年的东亚大槽要深于偏高年,即 500 hPa 形势场更有利于槽后冷空气的南下;夏季,CIHB 偏高年较偏低年,副高偏西、偏强,南亚高压偏东、偏北、偏强。

(3) 从水平风场来看,江苏地区,CIHB 偏高年较偏低年,冬季风明显偏弱,尤其是北风分量偏弱最为明显,因此,不利于冷空气东移南下;夏季风明显偏强,尤其是南风分量偏强显著,所以暖湿气流强盛。

(4) 从垂直环流来看,冬季,CIHB 偏高年的下沉支要弱于偏低年,即冷空气向下入侵的势力要弱于 CIHB 偏低年;夏季,CIHB 偏高年较偏低年,经圈方向的上升运动偏弱,纬圈方向东西部垂直运动存在差异、但同样偏弱,不利于夏季对流活动的发生。

(5) 从海温场来看,冬季,CIHB 偏高年中西太平洋的海温高于偏低年,尤其是在我国东部近海的黑潮区,偏暖幅度最为明显,无论是超前相关还是同期相关,西太平洋海温与冬季 CIHB 都是以正相关为主,其中暖池区的正相关最强。北太平洋海温场与江苏 CIHB 关联的可能机制是当海温发生剧烈变化时,热带和副热带地区环流也发生相应的调整来适应风场和温度场,这种调整会影响到中纬度大气环流的变化,从而影响中纬地区的气候。

参考文献

- [1] 石春娥,王兴荣,陈晓平,等. 人体舒适度预报方法研究[J]. 气象科技,2001,29(3):364-369.
- [2] 吴兑. 多种人体舒适度预报公式讨论[J]. 气象科技,2003,31(6):370-372.
- [3] 罗晓玲,兰晓波,李岩瑛,等. 人体舒适度指数预报体系研究[J]. 干旱区资源与环境,2004,18(8):59-62.
- [4] 吴结晶,李瑞光,穆美舒,等. 青岛市区夏季暑热指数初探[J]. 气象,2000,26(4):33-36.
- [5] 严明良,沈树勤. 环境气象指数的设计方法探讨[J]. 气象科技,2005,33(6):583-588.
- [6] 杨成芳,薛德强,李长军. 山东省人体舒适度区域特征研究[J]. 气象,2004,30(10):7-11.
- [7] 李兴荣,张小丽,隋高林,等. 深圳夏季典型晴天不同小气候区温湿及舒适度特征[J]. 气象,2010,36(10):62-66.
- [8] 彭洁,宗志平,黄小玉,等. 湖南猛洞河漂流气候舒适度评价[J]. 气象,2011,37(6):771-776.
- [9] 黄静. 天气舒适度的分析和应用[J]. 气象,2001,27(11):47-51.
- [10] 于庚康,徐敏,于堃,等. 近 30 年江苏人体舒适度指数变化特征分析[J]. 气象,2011,37(9):1176-1181.
- [11] 陈海山,朱伟军,邓自旺,等. 江苏冬季气温的年代际变化及其背景场分析[J]. 南京气象学院学报,2004,27(4):434-442.
- [12] 江志红,丁裕国. 近 35 年江苏沿海气温变化对北半球增暖的响应[J]. 南京气象学院学报,1998,21(4):743-749.
- [13] 孙燕,濮梅娟,张备. 南京夏季高温日数异常的分析[J]. 气象科学,2010,30(2):279-284.
- [14] 潘华盛,魏松林. 冬季黑潮加热与东北地区夏季(6—8月)温度关系的初步分析[J]. 海洋学报,1981,3(2):211-217.
- [15] 李崇银,胡季. 东亚大气环流与 El Nino 相互影响的一个分析研究[J]. 大气科学,1987,11(4):359-364.
- [16] 穆明权,李崇银. 东亚冬季风年际变化的 ENSO 信息[J]. 大气科学,1999,23(3):276-285.
- [17] 陈海山,孙照渤,倪东鸿. Nino C 秋季海温异常对东亚冬季大气环流的影响[J]. 热带气象学报,2002,18(2):149-156.
- [18] 陈海山,孙照渤,倪东鸿,等. 东亚冬季风对秋、冬季 SSTA 响应的数值试验[J]. 南京气象学院学报,2002,25(6):721-730.
- [19] 丁一汇. 高等天气学[M]. 北京:气象出版社,1991:745-766.
- [20] 余志豪,蒋全荣. 厄尔尼诺,反厄尔尼诺和南方涛动[M]. 南京:南京大学出版社,1994:262-325.
- [21] 陈烈庭. 太平洋海气相互作用时空变化[J]. 气象学报,1983,41:296-304.
- [22] Horel J D, Wallace J M. Planetary-scale atmospheric phenomena associated with the southern oscillation[J]. Mon Wea Rev, 1981,109(4):813-829.
- [23] 董婕,刘丽敏. 赤道东太平洋海温与中国温度、降水的关系[J]. 气象,2000,26(2):25-28.