

倪东鸿,潘敖大,孙照渤,等. 2011. 中东急流的季节变化特征及其与热力影响的关系[J]. 大气科学学报,34(2):135-145.

Ni Dong-hong, Pan Ao-da, Sun Zhao-bo, et al. 2011. Seasonal variation features of Middle East jet stream and its relation with thermal effect[J]. Trans Atmos Sci,34(2):135-145.

中东急流的季节变化特征及其与热力影响的关系

倪东鸿¹, 潘敖大^{1,2}, 孙照渤¹, 李忠贤¹, 曾刚¹

(1. 南京信息工程大学 气象灾害省部共建教育部重点实验室, 江苏 南京 210044; 2. 江苏省气象局, 江苏 南京 210008)

摘要:采用多年平均的NCEP/NCAR再分析资料,研究了中东急流强度和位置的季节变化特征及其与南北温差的关系。结果表明:1)中东地区上空西风带的强度和位置的垂直结构均具有明显的季节变化特征,冬、春季西风中心强度较大,夏、秋季西风中心强度较小;600 hPa以上,冬、春季西风中心位置偏南,夏、秋季西风中心位置偏北。各季节的所有高度上,200 hPa的西风中心风速最大。2)中东急流的强度和位置具有明显的季节变化特征。冬半年(11月—次年4月)中东急流较强,南北位置基本维持在27.5°N附近;夏半年(5—10月)中东急流较弱,5月后急流中心位置偏北,6—9月位于40°N附近,10月南撤至32.5°N。3)中东急流的强度和南北位置变化与500~200 hPa整层平均的南北温差的对应关系很好,根据热成风原理,认为南北温差的季节性变化对中东急流的强度和南北位置变化具有重要影响。

关键词:中东急流;季节变化;热力作用

中图分类号:P466 文献标识码:A 文章编号:1674-7097(2011)02-0135-11

Seasonal variation features of Middle East jet stream and its relation with thermal effect

NI Dong-hong¹, PAN Ao-da^{1,2}, SUN Zhao-bo¹, LI Zhong-xian¹, ZENG Gang¹

(1. Key Laboratory of Meteorological Disaster of Ministry of Education, NUIST, Nanjing 210044, China;

2. Jiangsu Provincial Meteorological Bureau, Nanjing 210008, China)

Abstract: Based on the annual average NCEP/NCAR reanalysis data, the seasonal variation characteristics of the intensity and location of the Middle East jet stream (MEJS) and their relations with the South-North temperature differences (SNTD) are discovered. Results show that there are obvious seasonal variation characteristics for the vertical structures of intensity and location of westerlies over the Middle East area. The intensity of westerly center is stronger in winter and spring, but weaker in summer and autumn. Above 600 hPa, the location of westerly center is southward in winter and spring, but northward in summer and autumn. In each season, the velocity of 200 hPa westerly center is maximum. The intensity and location of MEJS have obvious seasonal variation characteristics. MEJS is stronger and locates in 27.5°N from November to the next April. MEJS is weaker from May to October and moves northward after May with its center maintaining over about 40°N from June to September and 32.5°N in October. The seasonal variation characteristics of the intensity and location of MEJS are significant with good corresponding relations to the SNTD averaged from 500 to 200 hPa. It shows that the seasonal adjustment of SNTD has important effects on the seasonal variations of intensity and location of MEJS according to the principle of thermal wind.

Key words: Middle East jet stream; seasonal variation; thermal effect

收稿日期:2010-11-08; 改回日期:2011-01-08

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40905045;40775059);江苏省科技支撑计划社会发展项目(BE2009694)

作者简介:倪东鸿(1970—),男,江苏南京人,博士,编审,研究方向为短期气候预测,ndh70@nuist.edu.cn.

0 引言

中高纬度的平均经向环流(费雷尔环流)很弱,平均水平环流在对流层盛行西风,称之为西风带。西风带弯曲围绕极涡沿纬圈运行,平均而言,西风带中冬季有 3 个槽脊,夏季则变为 4 个槽脊(朱乾根等,2000)。中高纬度的西风带是由于受到太阳辐射加热的经向差异、地球的自转作用而形成的,由于海陆分布不均匀以及大地形存在动力、热力作用,所以西风带呈现出纬向不均匀性,出现的西风大值区域就是西风急流区(Yang and Webster,1990;况雪源,2006)。

北半球冬季 3 个副热带西风急流中心分别位于日本以东之西太平洋、埃及和沙特阿拉伯北部、北美南部的上空(夏季它们均减弱北移),分别被称为东亚急流、中东急流和北美急流。其中东亚急流最强并对东亚气候存在显著影响,由此得到大量深入而系统的研究(Yang et al.,2002;况雪源,2006;况雪源和张耀存,2006;张耀存和况雪源,2006;况雪源等,2008)。而中东急流也是北半球较重要的一支西风急流,它位于亚洲西边界、东亚上游区域。研究表明,冬季中东急流的位置和强度变化与中国冬季气候异常具有非常紧密的联系(Yang et al.,2004;张自银等,2008;Wen et al.,2009;倪东鸿等,2010a,2010b)。但是,针对对流层上部 200 hPa 中东急流季节变化规律和空间分布特点的研究还很少,因此

本文拟采用 1968—1996 年多年平均的月平均 NCEP/NCAR 再分析资料(水平分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$)(<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>),对中东急流的垂直和水平结构及其强度和位置的季节变化特征进行细致研究,并对其季节变化的热力影响进行分析。

1 中东地区西风带垂直结构的季节变化

中高纬地区西风带受到太阳辐射加热的经向差异和地球自转的影响。随着季节的循环往复,太阳辐射加热的经向差异产生相应变化。由于中东及其邻近区域的地形复杂,特别是该区域基本位于欧亚大陆上,所以西风带在中东地区具有其独特的结构和季节变化特征。选取($0^\circ \sim 70^\circ\text{E}$, $10 \sim 50^\circ\text{N}$)区域内不同高度西风最大值中心(简称西风中心)所在纬度和西风中心的纬向风速,对中东地区西风带进行描述。

图 1 分别给出了多年平均的 1 月(圆点)、4 月(方块)、7 月(三角)、10 月(十字)西风中心所在纬度和中心风速随高度的变化,它们分别代表冬季、春季、夏季、秋季的情况。由图 1 可见,1 月,在 700 hPa 左右的对流层低层,西风中心位于 27.5°N 附近,中心风速为 12 m/s 左右;在 200 hPa 等压面上,中心风速达到最大,超过 50 m/s 。西风中心的纬度在 700 hPa 至 150 hPa 各等压面上一致(位于

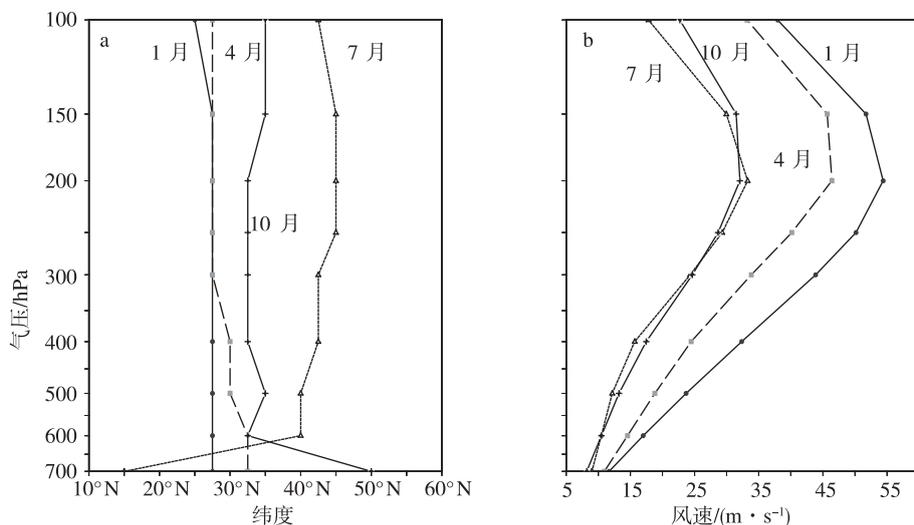


图 1 西风中心纬度(a;°N)和风速(b;m/s)随高度的变化(带圆点、方块、三角、十字的线分别指 1 月、4 月、7 月、10 月)

Fig. 1 Vertical variations of (a) latitude($^\circ\text{N}$) and (b) velocity(m/s) of westerly center over the Middle East area in January(solid line with filled circle), April(dashed line with diamond), July(dotted line with triangle), and October(solid line with cross)

27.5°N),没有出现南北移动现象,只是150 hPa以上略向南倾斜。4月,西风中心纬度随高度增加存在一定的倾斜,但倾斜程度不很明显,基本位于30°N附近上空,200 hPa上风速最大,为45 m/s。与1月情况比较可知,4月各层风速均明显减小,300 hPa高度以下西风中心略向北偏移。7月,西风中心的南北位置和强度均有非常明显的变化。与4月相比知道,7月各层风速减小明显,200 hPa上仅略大于30 m/s;600 hPa高度以上西风中心的纬度则出现了明显的北移,基本位于40~45°N。10月,西风中心风速与7月情况较接近;与7月相比,600 hPa高度以上西风中心明显南撤,位于32.5°N附近。

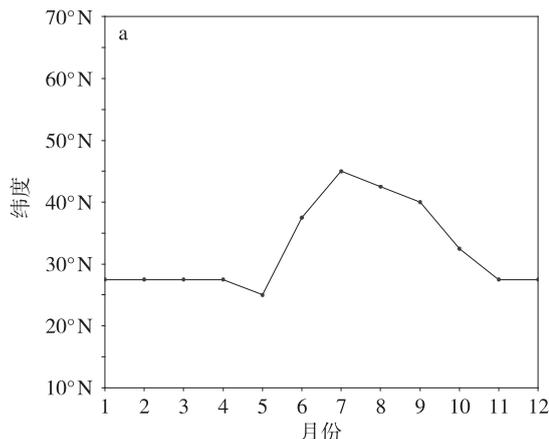
上述分析表明,中东地区上空西风带的强度和位置的垂直结构均具有明显的季节变化特征,冬春季节西风中心强度较大,位置偏南;夏秋季节西风中心强度较小,位置偏北。各季节的所有高度上,200 hPa的西风风速最大。

2 中东急流的季节变化特征

2.1 急流特征参数的季节变化

一般认为,急流中心的最大风速在对流层上部且必须大于或等于30 m/s。上述分析表明,一年四季的西风最大值均位于200 hPa等压面上,而中东急流也就是200 hPa等压面上西风大值(大于或等于30 m/s)区域。

本文选取200 hPa西风中心的纬度和风速作为描述中东急流的特征参数,并将(0°~70°E,10~50°N)区域内200 hPa上的西风中心称为中东急流中心。图2给出了中东急流中心纬度和风速的逐月演变曲线。



由图2a可见,5月急流中心处在最南的位置,位于25°N附近,7月处在最北位置,约在45°N附近,一年之中急流中心位置的经向变化幅度约为20个纬距。其中,5—7月,急流中心出现了由南向北的大幅度移动;7月,急流中心开始逐渐向南撤,至11月稳定在27.5°N附近,并一直维持到次年的4月。由此可见,5—7月急流中心向北移动至最北位置的速度较快,而7—11月急流中心南撤的过程则相对较慢,11月—次年4月急流中心的南北位置稳定少动。

由图2b可见,2月急流中心的风速最大,达到55 m/s,9月急流中心的风速最小,仅为30 m/s,急流中心西风强度在一年内的变化幅度为25 m/s。1—3月急流中心的风速较大,急流强;5—10月急流中心的风速较小,急流弱;4月、11—12月急流中心的风速介于上述二者之间。9月—次年2月,急流中心的风速逐渐加强,2—9月,急流中心的风速逐渐减弱。

比较图2a、b还可以看出,2—5月,急流中心强度逐渐减弱,而急流中心的南北位置却稳定少动;6月,急流中心位置迅速北移,而急流中心强度处于较弱状态;7—10月,急流中心逐渐南撤,而急流中心强度仍然较弱;10—11月,急流中心继续南移,而急流中心强度逐渐增大;12月—次年1月,急流中心稳定,而急流中心强度进一步增大。

2.2 冬季、夏季平均纬向风特征

下面主要探讨冬季(当年12月—次年2月平均)和夏季(6—8月平均)中东地区纬向风的季节变化特征。

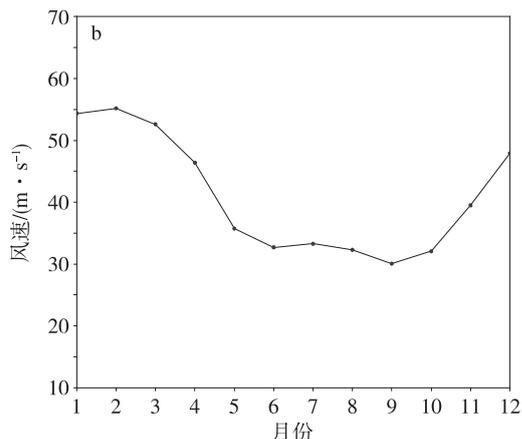


图2 中东急流中心纬度(a;°N)和风速(b;m/s)的季节演变

Fig. 2 Seasonal variations of (a) latitude (°N) and (c) velocity (m/s) of MEJS center

2.2.1 纬向风的垂直剖面

1) 纬度—高度剖面

图 3 给出了冬季和夏季的纬向风速沿 40°E 、 60°E 的高度—纬度剖面。由图 3a、c 可见,冬季,弱的东风主要位于低纬地区 (15°N 以南) 的上空,而中高纬度的上空为西风,从 700 hPa 到 200 hPa,西风逐渐增大,最大的西风中心位于 200 hPa 上,最大风速均超过 45 m/s,西风中心的垂直轴线基本位于 $25^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 。

由图 3b、d 可见,夏季,中高纬上空为西风,从对流层低层到 200 hPa 高层,西风逐渐增大,最大的西风中心位于 200 hPa 上,最大风速均超过 25 m/s (相对冬季而言较弱),西风中心的垂直轴线基本位于 40°N 附近。图 3b、d 还显示,夏季,热带东风加强并向北扩张;相对冬季而言,对流层高层的热带东风得到显著加强,特别是沿 60°E 剖面的高层东风,中心在 150 hPa 附近,中心风速超过 30 m/s。

2) 经度—高度剖面

图 4 给出了纬向风速冬季沿 27.5°N 、夏季沿

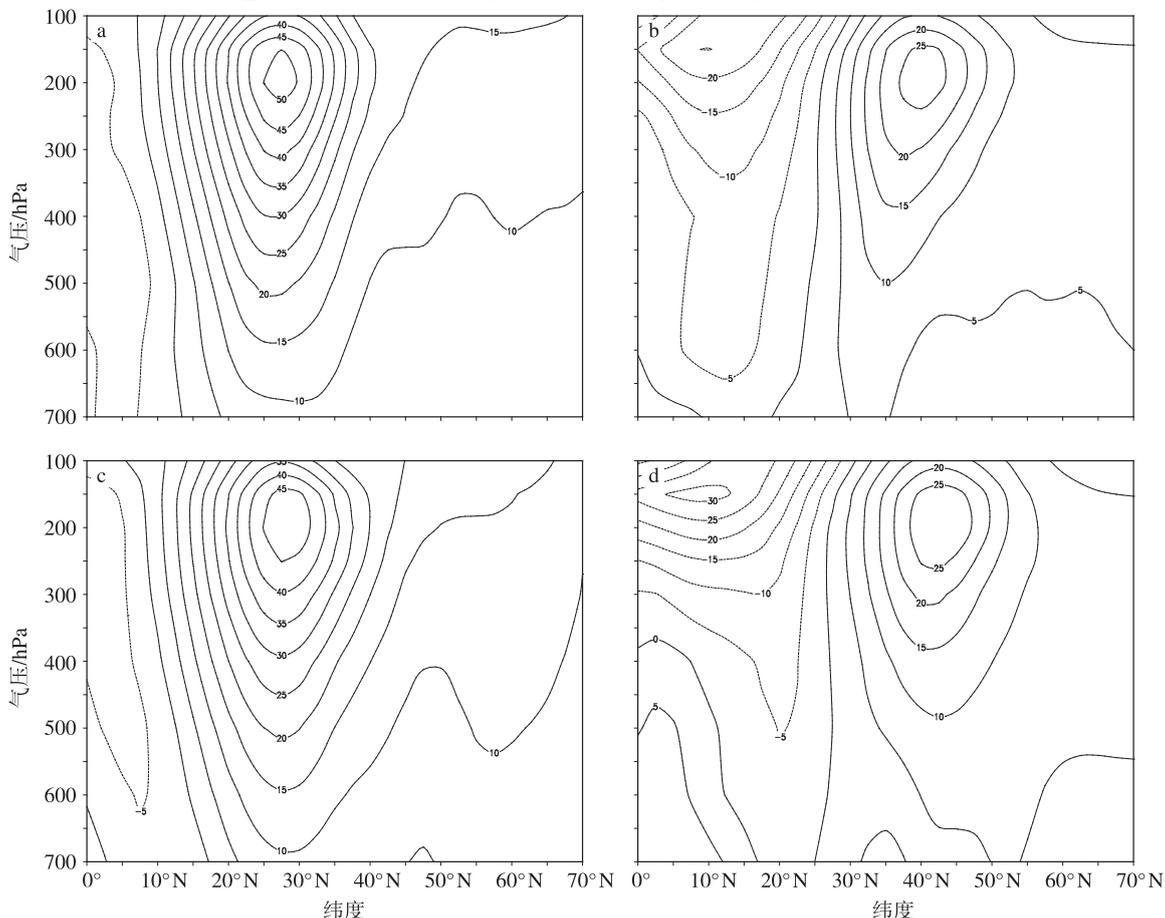


图 3 纬向风速沿 40°E (a, b)、 60°E (c, d) 的高度—纬度剖面 (a, c: 冬季; b, d: 夏季; 单位: m/s)

Fig. 3 Vertical cross-sections of zonal wind velocity (m/s) along (a, b) 40°E and (c, d) 60°E in (a, c) winter and (b, d) summer

40°N 的高度—经度剖面。冬季,西风最大中心位于 200 hPa 上,中东和东亚上空 200 hPa 上各有一个西风中心,分别对应为中东急流和东亚急流。夏季,西风最大中心也位于 200 hPa 上,从中东到东亚为较强的西风带。

2.2.2 200 hPa 纬向风场

图 5 给出了冬季和夏季平均的 200 hPa 纬向风场。由图 5 可见,冬季中东急流主要位于 ($0^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{E}$, $20^{\circ}\sim 30^{\circ}\text{N}$) 区域,急流核 (大于 50 m/s) 位于埃及和沙特阿拉伯的北部;夏季中东急流的位置明显向东北方向移动,大于 30 m/s 的急流核位于里海中部,与冬季相比,急流强度明显减弱,且约 25°N 以南区域为东风控制。

为了更加清晰地描述中东急流的季节演变以及与东亚急流的相应联系,图 6 给出了 1—12 月 ($0^{\circ}\sim 180^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{W}$, $0^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{N}$) 区域上空 200 hPa 纬向风速的水平分布。

由图 6 可知,1 月,中东急流核心区域 (大于 50 m/s) 位于埃及和沙特阿拉伯的北部,同时东亚急流

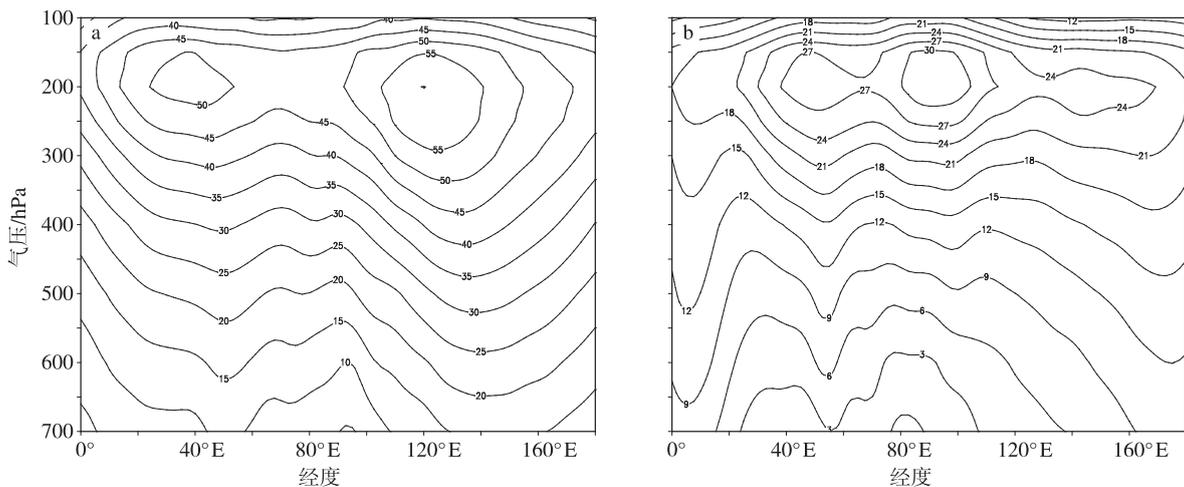


图4 纬向风速冬季沿 27.5°N (a)、夏季沿 40°N (b)的高度—经度剖面(单位:m/s)

Fig. 4 Vertical cross-sections of zonal wind velocity(m/s) along (a) 27.5°N in winter and (b) 40°N in summer

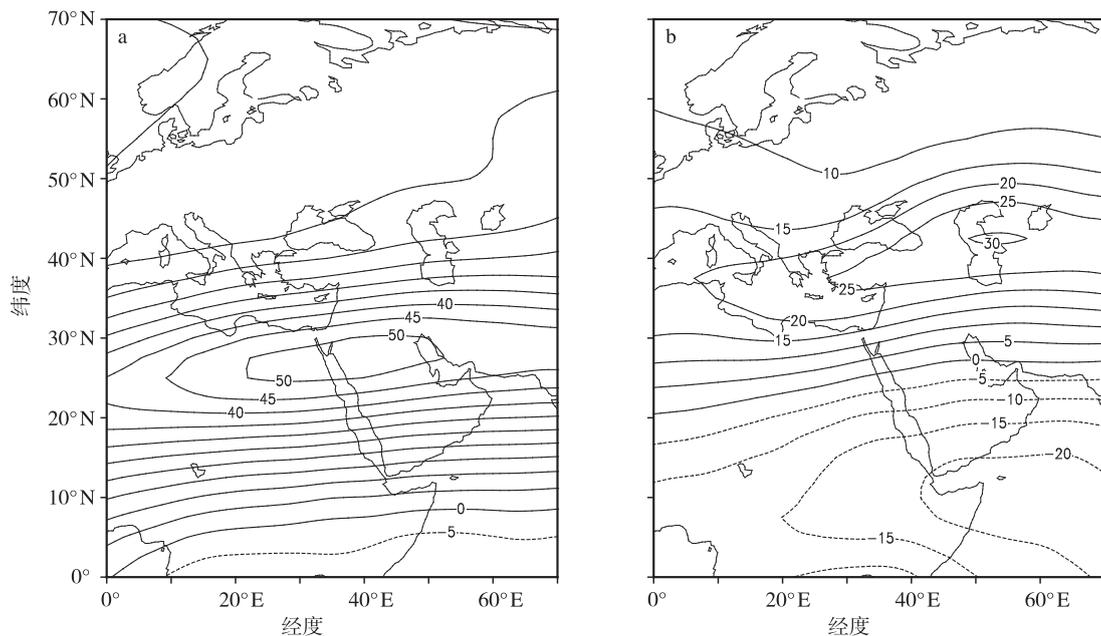


图5 冬季(a)、夏季(b)200 hPa 纬向风场(单位:m/s)

Fig. 5 The 200 hPa zonal wind fields in (a) winter and (b) summer(units:m/s)

核心区域(大于 70 m/s)位于日本东南洋面的西北太平洋上空(140°E);2月的情况与1月基本相同,急流位置稳定,强度基本未变;3月,中东急流核心区域向西移动,而大于 50 m/s 的西风范围减小,此时,东亚急流核心区域的强度减弱至 60 m/s ,而位置不变;4月,中东急流和东亚急流都有了较明显的改变,中东急流核心区域西移的同时强度减弱,东亚急流强度减弱较明显,而位置少动;5月,中东急流中心的强度进一步减弱,中心位置继续西移至经度 0° 附近,东亚急流的强度也有明显减弱,位置略向北移;6月,中东急流已经向东向北移至里海南部

(40°N 以南),强度减弱为 30 m/s ,此时,东亚急流的强度变化不大,但是它的急流核心分裂为2个,一个位于日本以东洋面上空,另一个西扩到 100°E 附近的青藏高原北缘;7月,中东急流维持在里海北部(40°N 以北),急流核心强度为 30 m/s ,此时,东亚急流的核区继续西移,到达中国新疆北部及哈萨克斯坦东部上空,强度维持在 30 m/s ,为东亚急流的一年之中最弱时期;8月,与7月情况基本相同,东亚急流中心强度略增加;9月,6—8月维持在里海附近的大于 30 m/s 的急流核几乎消失(仅有一个格点的西风风速等于 30 m/s),而东亚急流则显著增强,

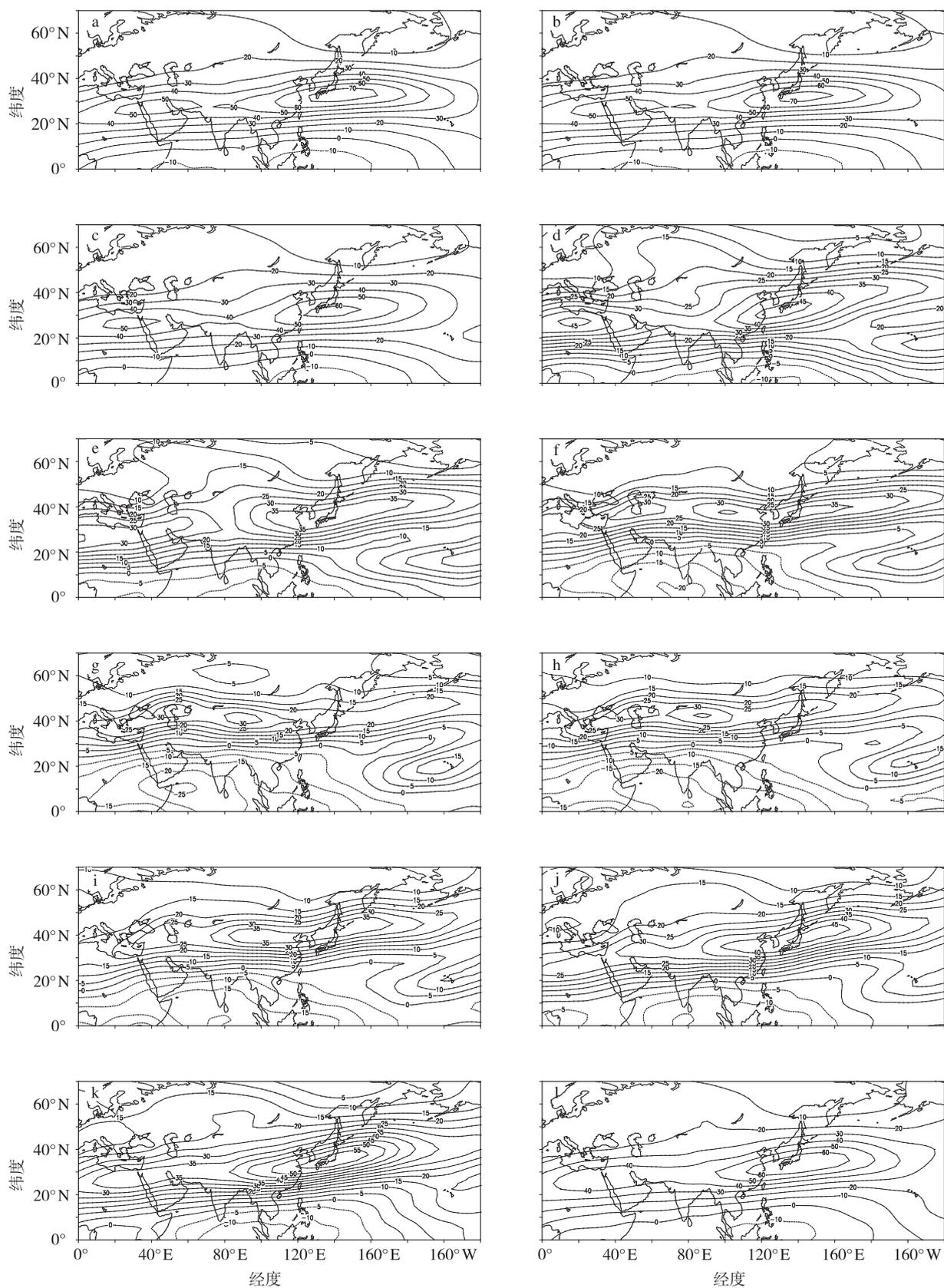


图 6 1—12 月(0°~180°~140°W,0°~70°N)区域上 200 hPa 纬向风场(a-l;单位:m/s)

Fig.6 (a-l) The 200 hPa zonal wind fields in (0°—70°N,0°—180°—140°W) from January to December (a-l; units: m/s)

增强范围明显扩大,急流东段位置大幅度东移,一直移到日本以东的西北太平洋上空;10月,中东急流加强并向南撤,大于30 m/s的西风区已移至里海南部(35°N以南)上空,此时,东亚急流加强并南移,大于45 m/s的西风核区主要位于日本以东洋面上空;11月,中东急流加强并显著向西扩展,移到了埃及和沙特阿拉伯的北部区域,中心风速大于35 m/s,同时,东亚急流进一步加强并向南移动,西风核区移至日本南部及其邻近海域,中心风速大于55 m/s;12月,中东急流加强并维持在冬季气候平均位置上(埃及和沙特阿拉伯北部),中心风速大于40 m/s,同时,东亚急流进一步加强而位置少动,中心风速大于60 m/s。

此外,热带东风伴随西风急流的季节性推移,也有相应变化,夏季偏北偏强,而冬季南撤、偏弱。

上述分析表明:中东急流的强度和位置具有明显的季节变化特征,即冬季偏强偏南,夏季偏弱偏北,其经向位置变化范围达20个纬距,强弱变化幅度为20 m/s;与此相伴,东亚急流的强度和位置也有明显的季节变化特征,即冬季偏强偏南,夏季偏弱偏北,其经向位置变化范围不如中东急流的大,约为10个纬距,但其强弱变化幅度非常大,约为40 m/s。此外,中东急流和东亚急流中心区域在空间上于夏季北推且相互靠拢、于冬季南撤且彼此分开。

3 中东急流季节变化的热力影响机制

上述分析表明,中东急流的季节变化特征非常显著。况雪源(2006)认为,急流的季节变化受到南北温差季节变化的显著影响。根据热成风原理可知,纬向风随高度的变化与气温的水平经向梯度有关(朱乾根等,2000),即

$$u_{\tau} = -\frac{R}{f} \ln \frac{p_0}{p_1} \left(\frac{\partial \bar{T}}{\partial y} \right)_p$$

当气温南高北低时, $u_{\tau} > 0$,表明西风随高度增加,反之则减小。一般在200 hPa高度以下气温的经向梯度大于0,200 hPa高度以上气温的经向梯度小于0,因此200 hPa上西风达到最大。

3.1 对流层中上层南北温差对急流季节变化的影响

本文定义南北温差为间隔2.5°的相邻纬圈上气温的南北差值(南减北)。图7给出了1、4、7、10月南北温差沿各月各层西风中心经度的纬度—高度剖面。可见,在最大南北温差中心所处的纬度上,200 hPa以下的对流层南北温差为正值,即南暖北

冷,说明西风风速随高度的增加是逐渐增大的;200 hPa以上至100 hPa,南北温差为负值,即南冷北暖,说明西风风速随高度的增加是逐渐减小的。在西风中心所在的纬度上,南北温差的“0”等值线基本位于200 hPa等压面上,即西风在200 hPa上达到最大。这很好地解释了一年四季的最大西风位于200 hPa上的原因。

由图7还可见,1月,各层的最大南北温差主要位于25~30°N上空,最大的南北温差中心出现在400 hPa附近,强度大于2.5 °C,为一年之中较强(7月也如此)。与此相对应,西风中心位于25~30°N,强度较大。4月,最大南北温差中心出现在350 hPa附近,纬度位置基本与1月相同,维持稳定少变的状态,南北温差中心强度大于2.0 °C,相应地西风中心的纬度位置也基本维持不变,但是强度略有减弱。7月,最大南北温差中心出现在300 hPa附近,纬度位置显著向北移动了,主要位于45°N附近上空,中心强度大于2.5 °C,与1月南北温差中心强度基本相当,此外最大南北温差位置随高度增加向北倾斜;相应地,西风中心位于45°N附近的偏北位置,但是西风中心的强度明显减弱。10月,最大南北温差中心出现在350 hPa附近,主要位于30~35°N的上空,南北温差中心强度大于1.5 °C,为一年中之最小值;与7月相比,南北温差中心位置向南移,相应地,西风中心南撤而强度变化不大。

综上所述,西风中心的位置和强度变化与南北温差的变化具有非常好的对应关系,特别是7月的南北温差中心北移与西风中心北移具有很好的对应关系。

基于对流层中高层平均温度基本体现了对流层整体的变化特征,并且可以基本消减下垫面不均匀性的影响这一事实(况雪源,2006),本文以500~200 hPa整层平均的南北温差为研究对象,分析它与中东急流的对应关系,以揭示中东急流季节变化的热力原因。

图8给出了沿各月急流中心经度的200 hPa纬向风速和500~200 hPa整层平均南北温差的时间—纬度剖面。比较图8a和8b可见,它们具有非常好的对应关系,500~200 hPa整层平均的南北温差随时间的变化基本反映了中东急流的强度和南北位置变化。1—5月南北温差中心位于25~30°N,中心强度较大,超过1.8 °C,相应地200 hPa纬向风速也位于25~30°N,最大风速大于50 m/s。5—7月,南北温差中心向北移动,7月南北温差中心位置

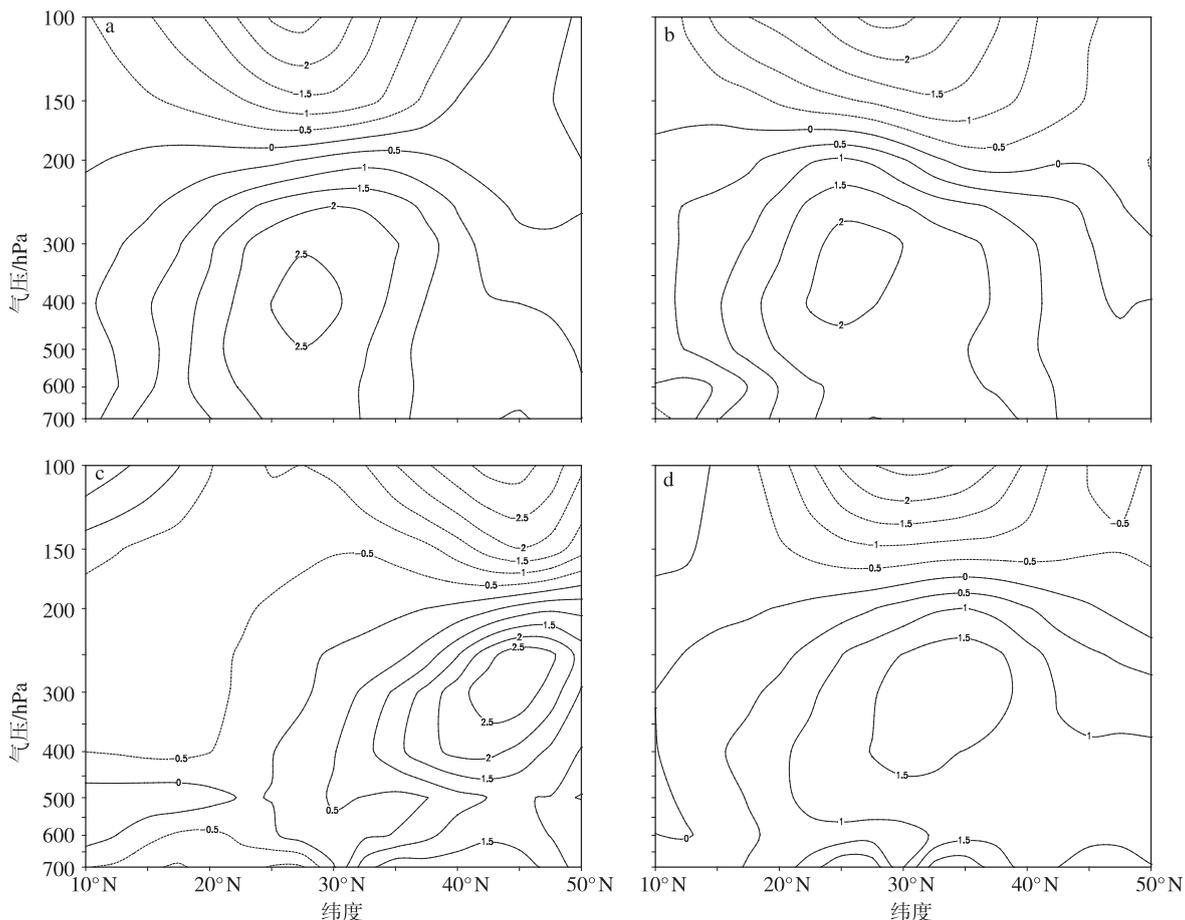


图 7 南北温差沿各月各层西风中心经度的纬度—高度剖面(单位:°C) a. 1月;b. 4月;c. 7月;d. 10月

Fig. 7 Height-latitude sections of the South-North temperature differences(SNTD; °C) along the longitude of westerly center from 700 hPa to 100 hPa in (a) January, (b) April, (c) July, and (d) October

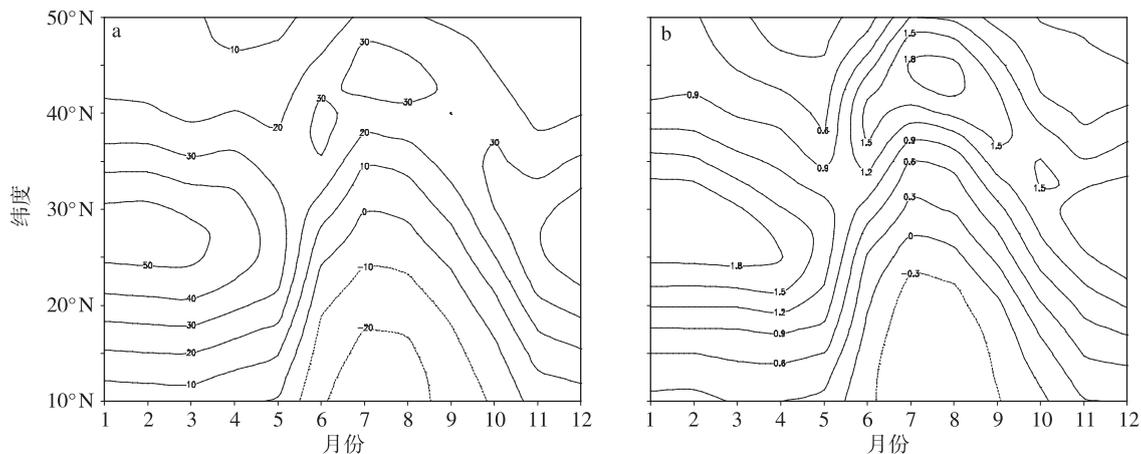


图 8 200 hPa 纬向风速 (a; m/s) 和 500 ~ 200 hPa 整层平均南北温差 (b; °C) 沿各月急流中心经度的时间—纬度剖面

Fig. 8 Time-latitude sections of (a) 200 hPa zonal wind(m/s) and (b) the SNTD(°C) averaged from 500 to 200 hPa along the longitude of MEJS center from January to December

最北,与此对应,中东急流中心北移,至7月中东急流中心也到达最北位置;7—8月,南北温差中心维持在45°N附近,中心值为1.8°C,此时中东急流中心也维持在45°N附近,中心风速大于30 m/s。8—

12月,南北温差中心逐渐南移,中东急流中心也不断南移。由此可见,500~200 hPa整层平均南北温差与中东急流的季节变化具有很好的对应关系,表明南北温差的季节性变化导致了中东急流的季节性

变化。此外,夏季热带东风与南北温差的季节性变化也具有较好的对应关系。

上述分析表明,中东急流的强度和南北位置的季节变化与500~200 hPa整层平均南北温差的季节变化具有很好的对应关系;在不同的季节里,它们的垂直结构特征也有较好的对应关系。因此,根据热成风关系式 $\frac{\partial u_g}{\partial p} = \frac{R}{f} \frac{1}{p} \left(\frac{\partial T}{\partial y} \right)_p$ (朱乾根等,2000),可以认为,中东地区南北温差的季节性变化引起了中东急流的季节性变化。

3.2 冬季、夏季热力变化对中东急流的影响

下面主要研究冬季、夏季的热力情况及其与中东急流的对应关系。图9给出了(0°~70°E,0°~70°N)区域上冬季和夏季500~200 hPa整层平均南北温差的分布。由图9可见,冬季,南北温差的大值中心位于埃及、红海和沙特阿拉伯的北部(中心最大值超过2℃),与冬季的200 hPa纬向风场的水平结构非常相似(图5a);夏季,南北温差的大值中心向北移动,主要位于黑海、里海附近(中心最大值超过1.8℃),而低纬地区(约25°N以南)的南北温差为负值(中东低纬地区上空为东风控制),与夏季的纬向风分布也很相似(图5b)。

上述分析表明,冬季强的中东急流主要位于埃及和沙特阿拉伯的北部;夏季弱的中东急流位置明显向北移动,位于里海中部;它们均与500~200 hPa

整层平均南北温差的分布形态相一致,说明冬、夏季中东急流位置和强度的变化明显受到南北温差的影响,符合热成风原理(朱乾根等,2000)。

为了更加清晰地描述500~200 hPa整层平均南北温差的季节演变,图10给出了1—12月500~200 hPa整层平均南北温差的分布。

由图10可知,1月,南北温差大值中心(大于2℃)主要位于沙特阿拉伯北部及其以东地区;2月的情况与1月基本相同,但是南北温差大值区域向西扩展;3月,南北温差中心区域向西移动,而大于2℃的大值区域范围减小;4月,南北温差中心继续向西移动,同时强度减弱;5月,南北温差的强度进一步减弱,在经度0°附近出现一个大值中心(大于1.4℃),同时在利比亚、埃及和沙特阿拉伯北部出现一个闭合中心(大于1.4℃);6月,南北温差中心向东北方向移动,位于里海附近(大于1.5℃),强度略增大;7月,正的南北温差大值中心维持在黑海南部、里海北部附近(40°N左右),而负的南北温差出现在热带低纬地区(25°N以南),负的南北温差大值中心已北推至埃及和沙特阿拉伯的中部地区;8月,与7月情况基本相同;9月,南北温差中心强度减弱并南撤;10月,南北温差中心继续南撤,大于1.4℃的南北温差中心已经移到里海南部(30°N以南),而且在利比亚上空形成一个大于1.4℃的南北温差闭合中心;11月,南北温差中心进一步加强

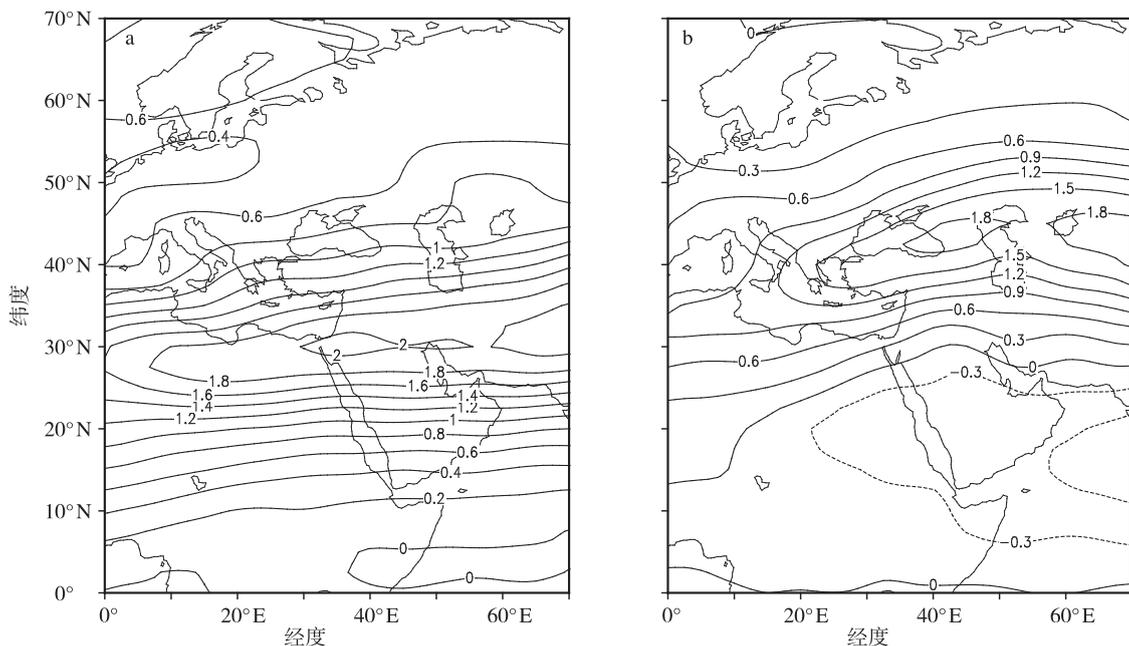


图9 (0°~70°E,0°~70°N)区域500~200 hPa整层平均南北温差的分布(单位:℃) a.冬季;b.夏季

Fig. 9 Distribution of the SNTD averaged from 500 to 200 hPa in (0°—70°N,0°—70°E) in (a) winter and (b) summer(units:℃)

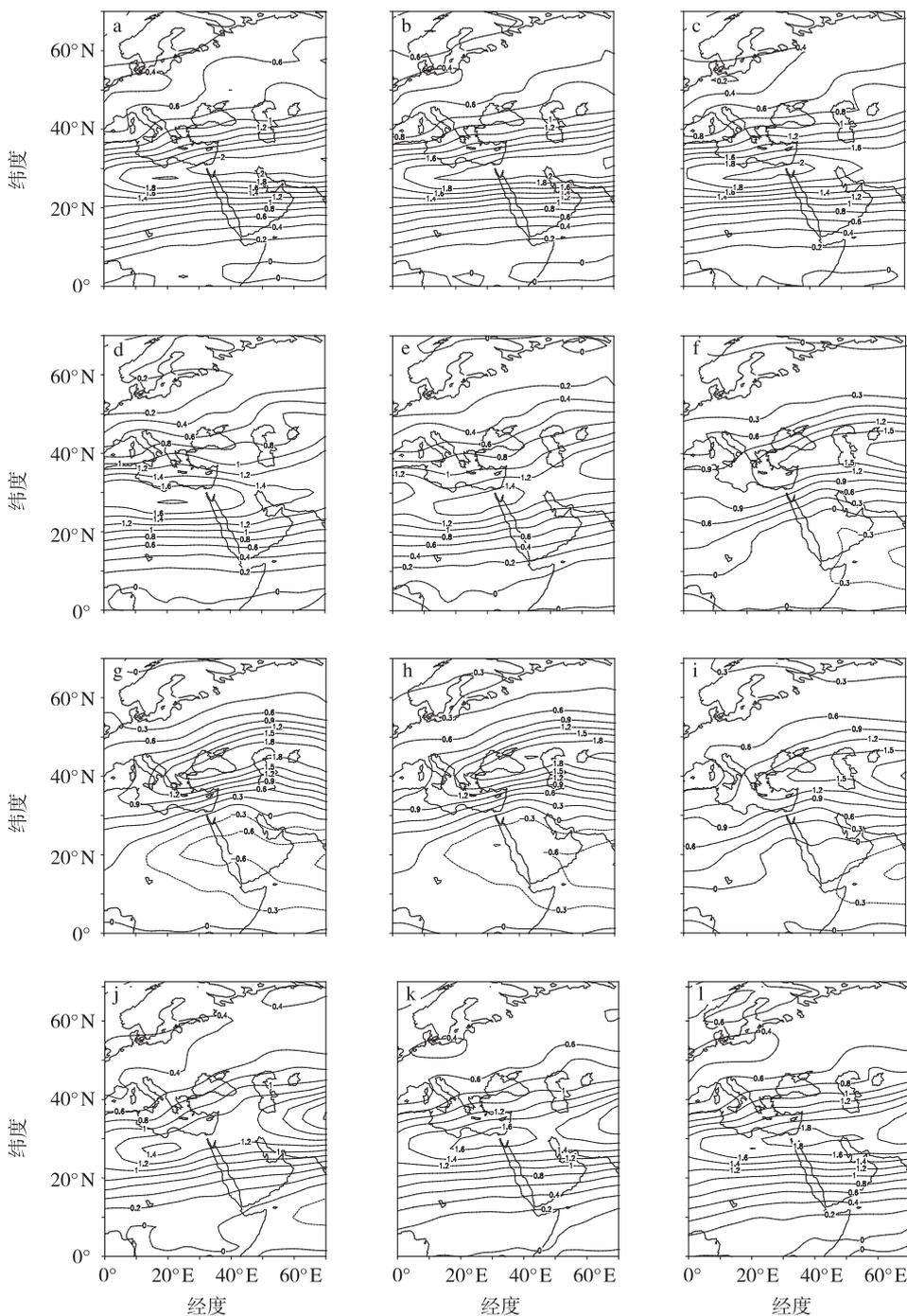


图 10 1—12 月(0°~70°E,0°~70°N)区域上 500~200 hPa 整层平均南北温差的分布(a-l; 单位:°C)

Fig. 10 (a-l) Distributions of the SNTD averaged from 500 to 200 hPa in (0°—70°N,0°—70°E) from January to December(a-l; units: °C)

并移到了埃及和沙特阿拉伯的北部区域,中心值大于 1.6 °C;12 月,南北温差中心加强并维持在冬季气候平均位置上(埃及和沙特阿拉伯的北部),中心值大于 1.8 °C。

上述分析表明,(0°~70°E,0°~70°N)区域上,

500~200 hPa 整层平均南北温差的强度和位置变化(图 10)与中东急流强度和南北位置变化(图 6)吻合得非常好。这进一步证明,随着太阳辐射经向加热的季节变化,南北温差的强度和位置也发生了相应变化,由此导致中东急流也随之而变。

4 结论

对中东急流强度、南北位置的季节变化特征进行了细致分析,并利用热成风原理对其热力影响进行探讨,得到以下结论:

1) 中东地区上空西风带的强度和位置的垂直结构均具有明显的季节变化特征,冬、春季西风中心强度较大,夏、秋季西风中心强度较小;600 hPa 以上,冬、春季西风中心位置偏南,夏、秋季西风中心位置偏北。各季节的所有高度上,200 hPa 的西风中心风速最大。

2) 200 hPa 上中东急流的强度和位置具有明显的季节变化特征。11月—次年4月中东急流较强,南北位置基本维持在 27.5°N 附近;5—10月中东急流较弱,5月急流中心位置最南(25°N)、6—9月偏北(40°N 附近)、10月南撤至 32.5°N 。5月中东急流中心位置最南(25°N),7月中心位置最北(45°N),差距20个纬距;2月中东急流中心强度最大(55 m/s),9月中心强度最小(30 m/s),差异为 25 m/s 。

3) 中东急流的强度和南北位置变化与500~200 hPa 整层平均的南北温差的对应关系很好,根据热成风原理,认为南北温差的季节变化对中东急流强度和南北位置的季节变化具有重要影响。

参考文献:

况雪源. 2006. 东亚急流季节、年际变化特征及其热力机制和气候效

应研究[D]. 南京: 南京大学大气科学学院.

况雪源, 张耀存. 2006. 东亚急流季节变化特征及其热力影响机制探讨[J]. 气象学报, 64(5): 564-575.

况雪源, 张耀存, 刘健. 2008. 秋冬季节转换期东亚环流变化特征及机制分析[J]. 高原气象, 27(1): 17-25.

倪东鸿, 孙照渤, 李忠贤, 等. 2010a. 冬季中东急流与中国气候异常的联系[J]. 气象科学, 30(3): 301-307.

倪东鸿, 孙照渤, 李忠贤, 等. 2010b. 冬季中东急流时空变化特征及其与中国气候的关系[J]. 解放军理工大学学报: 自然科学版, 11(3): 354-359.

张耀存, 况雪源. 2006. 一个气候系统模式 FGCM0 对东亚急流季节变化的模拟[J]. 大气科学, 30(6): 1178-1188.

张自银, 龚道溢, 郭栋, 等. 2008. 我国南方冬季异常低温和异常降水事件分析[J]. 地理学报, 63(9): 899-912.

朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 2000. 天气学原理与方法[M]. 3版. 北京: 气象出版社.

Wen M, Yang S, Kumar A, et al. 2009. An analysis of the large-scale climate anomalies associated with the snowstorms affecting China in January 2008 [J]. Mon Wea Rev, 137: 1111-1131. doi: 10.1175/2008MWR2638.1.

Yang S, Webster P J. 1990. The effect of summer tropical heating on the location and intensity of the extratropical westerly jet streams[J]. J Geophys Res, 95(D11): 18705-18721.

Yang S, Lau K-M, Kim K-M. 2002. Variations of the East Asian jet stream and Asian-Pacific-American winter climate anomalies[J]. J Climate, 15: 306-325.

Yang S, Lau K-M, Yoo S-H, et al. 2004. Upstream subtropical signals preceding the Asian summer monsoon circulation[J]. J Climate, 17: 4213-4229.

(责任编辑: 张福颖)