

夏季欧亚中高纬持续流型的年代际变化

潘婕¹, 纪立人²

(1. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081; 2. 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029)

摘要: 利用夏季欧亚中高纬大气环流持续流型指数的年代际变化来反映欧亚中高纬大气环流的多年振动, 尝试揭示夏季欧亚中高纬持续流型的年代际变化与我国降水、全球海温以及北大西洋涛动(NAO)的年代际变化之间的联系, 主要结论如下: (1) 1959—2000年夏季欧亚中高纬流型指数有明显的年代际变化, 1980年前后流型指数均值发生了年代际突变; (2) 夏季欧亚中高纬流型指数的年代际变化特征与我国夏季降水、6月全球海表温度距平的年代际变化趋势具有一致性, 印证了SSTA与夏季欧亚中高纬持续流型、持续流型与我国夏季降水之间的关联; (3) 冬季NAO指数和夏季流型指数在年代际尺度上关系甚为密切, 它们的年际相关也存在着年代际变化; (4) 合成分析表明, NAO高指数及E型过程对应的春季SSTA分布形势极为相似, 且突变前后与E、C型环流对应的海温异常的分布特征和关键区, 在中期-月及年代际不同时间尺度上也表现出了一致性, 印证了垫面强迫在夏季欧亚中高纬持续流型的形成和维持中的作用。

关键词: 夏季欧亚中高纬; 持续异常; 年代际变化; 降水; 海温; 北大西洋涛动

中图分类号: P434 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2016)06-0057-12

1 引言

大范围的持续性异常天气往往同大气环流持续异常有关。如果大气环流存在多年振动, 那么和它相联系的大范围天气特征也就必然要随之发生多年的变化, 揭露大气环流的多年振动规律可为大范围天气的长期预测提供比较可靠的依据。

关于年代际变化的研究已有很多, 林学椿^[1]应用滑动T检验方法进行研究, 指出在20世纪70年代末、80年代初确实存在着一次明显的年代际气候跃变, 跃变前后北半球海平面气压、500 hPa高度和北太平洋海温结构都有明显的差异; 李峰等^[2-4]利用1958—1997年共40 a的资料分析了东亚夏季风以及我国华北夏季降水的年代际变化特征及其与北太平洋SSTA的关系, 指出东亚夏季风在70年代中期发生显著变化, 1976年前后东亚夏季风由偏强转

为偏弱, 受其影响华北地区夏季由降水偏多转为少雨, 北太平洋海表温度(Sea Surface Temperature, SST)由正距平变为负距平, 东亚夏季风与北太平洋海温异常之间相互作用亦存在着年代际变化特征; 钟姗姗等^[5]对太平洋次表层海温年代际变率及其突变特征的研究表明, 太平洋次表层海温在1980年前后从上至下, 先后经历了一次显著的年代际突变; 周连童等^[6]对我国夏季气候年代际变化特征的研究也表明, 我国夏季降水、气温以及热带太平洋SST均有明显的年代际变化, 在1976年前后发生了一次明显的气候跃变, 尤其是降水, 从1977年到2000年夏季长江流域的降水明显增加, 而华北地区和黄河流域降水则明显减少, 出现了严重干旱。可见, 20世纪70年代中后期、80年代初全球气候都发生了一次突变。

杨修群等^[7]分析比较全球海气系统年际和年代际变化的主要时空特征时发现, 全球大气年代际变

收稿日期: 2015-04-20

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划(2012BAC19B10)。

作者简介: 潘婕(1975-), 女, 副研究员, 博士, 从事气候资源与气候变化研究。E-mail: panjie@caas.cn

化主要位于中高纬地区,而实际天气演变活动充分表明,夏季欧亚中高纬环流的持续异常往往同我国的夏季旱涝相联系,如1954年、1991年夏季江淮流域发生特大洪水期间,鄂霍次克海上空均维持稳定的阻塞形势^[8-9];1998年长江流域的梅雨异常并由此产生严重洪水,最直接原因是欧亚大范围环流持续异常,其中最明显的特征之一是乌拉尔阻塞形势长时间维持^[10]。那么,夏季欧亚中高纬持续异常流型是否也存在着年代际变化特征?

近年来有研究表明^[11],冬季的北大西洋涛动(North Atlantic Oscillation, NAO)与夏季鄂霍次克海高压有关联,一月份NAO为正(负)位相时,六月鄂霍次克海高压将偏强(弱)。一系列研究表明,NAO指数无论是振幅还是位相都表现出明显的年代际变化特征^[12-13]。夏季欧亚中高纬持续异常如果存在年代际变化特征,其与NAO、海温以及我国降水的年代际变化之间的关系又是如何的?这有待于在本工作中进行考察和研究。

本文将利用潘婕等^[14]定义的夏季欧亚中高纬持续流型指数的年代际变化来反映欧亚中高纬大气环流的多年振动,尝试揭示夏季欧亚中高纬持续流型的年代际变化与NAO、海温以及我国降水等的年代际变化之间的联系。

2 资料

本文所使用的资料包括:(1)潘婕等^[14]定义的1959—2000年6—8月夏季欧亚中高纬500 hPa流型指数I;(2)中国气象局的336站逐月降水量资料,覆盖时段1959—1994年6—8月;(3)美国国家大气研究中心(National Center for Atmospheric Research, NCAR)全球海温格点场月平均资料,覆盖时段为1959—2000年6—8月,经纬度网格距为 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$,纬向格点序数 $i=1-180$,经向格点序数 $j=1-90$;(4)1958—2000年冬季(12、1、2、3月)NAO指数^[15]。

其中,资料(1)中流型指数I的意义主要用于表征夏季欧亚中高纬500 hPa高度场持续流型,当 $I \geq 0.9$ ($I \leq -0.9$)且持续时间 ≥ 10 d时为E(C)型过程。E型特点是欧洲西海岸为长波槽,乌拉尔山、贝加尔湖、鄂霍次克海地区分别为长波脊、槽、脊;C型环流的槽脊位置与E型相反。

3 流型指数的年代际变化

图1为1959—2000年夏季欧亚中高纬平均流型指数I的直方图。从图1a可看出,夏季流型指数时间序列的分布存在一定的年代际变化或阶段性特征,20世纪60、70年代以负指数为主,80年代除了1981年和1982年为弱的负指数为其余年份均为正指数,90年代正负指数出现频数相当。

由图1还可看到,6月份(见图1b)欧亚中高纬流型指数I的逐年均值分布形势与夏季的最为相似,两者的正负值所出现的年份多数吻合。由平均指数正负值的发生频数也可看出它们的年代际变化趋势也很相近:夏季平均图上,1961—1980年出现正值10次,负值10次,1981—2000年出现正值12次,负值8次,即1980年以前出现正(负)值的频数少(多)于1980年之后;而1980年以前6月份出现正(负)值的频数也明显少(多)于1980年之后,1980年以前出现正值8次,负值12次,1980年之后出现正值14次,负值6次。两段时期7月份的正负值发生频数趋于一致,到了8月份,正负值发生频数已与6月份相反。

而流型指数的线性变化趋势(见图2)又略有不同。从总体上考察,夏季指数呈上升趋势,6月更明显,7月几乎不变,8月则呈现下降趋势。而从分时段的发展趋势看,夏季的趋势转变与7月较相似,且7月的趋势转折最为明显,由60、70年代的上升趋势转变为80、90年代的下降趋势;6、8月则是由下降转为上升。总之,流型指数的变化趋势也存在着年代际变化特征。

另外,从1959—2000年夏季欧亚中高纬各型异常环流持续过程的统计数据来看(见参考文献[14]中表2),夏季E、C型过程发生频数的年代际变化特征是很明显的,而6月份的E、C型过程的发生频数年代际变化则更显著,但6月份是日历上的日期,为了更好地体现天气意义,我们考虑了我国长江中下游地区平均出梅日期(7月8日)之前的一段时间(6月1日—7月8日):1961—1980年C型过程在7月8日前出现的次数(9次)远多于E型(5次),而1981—2000年则是E型出现的次数多于C型,分别为7次和2次;就累积天数而言,发生日期在这段时间内的

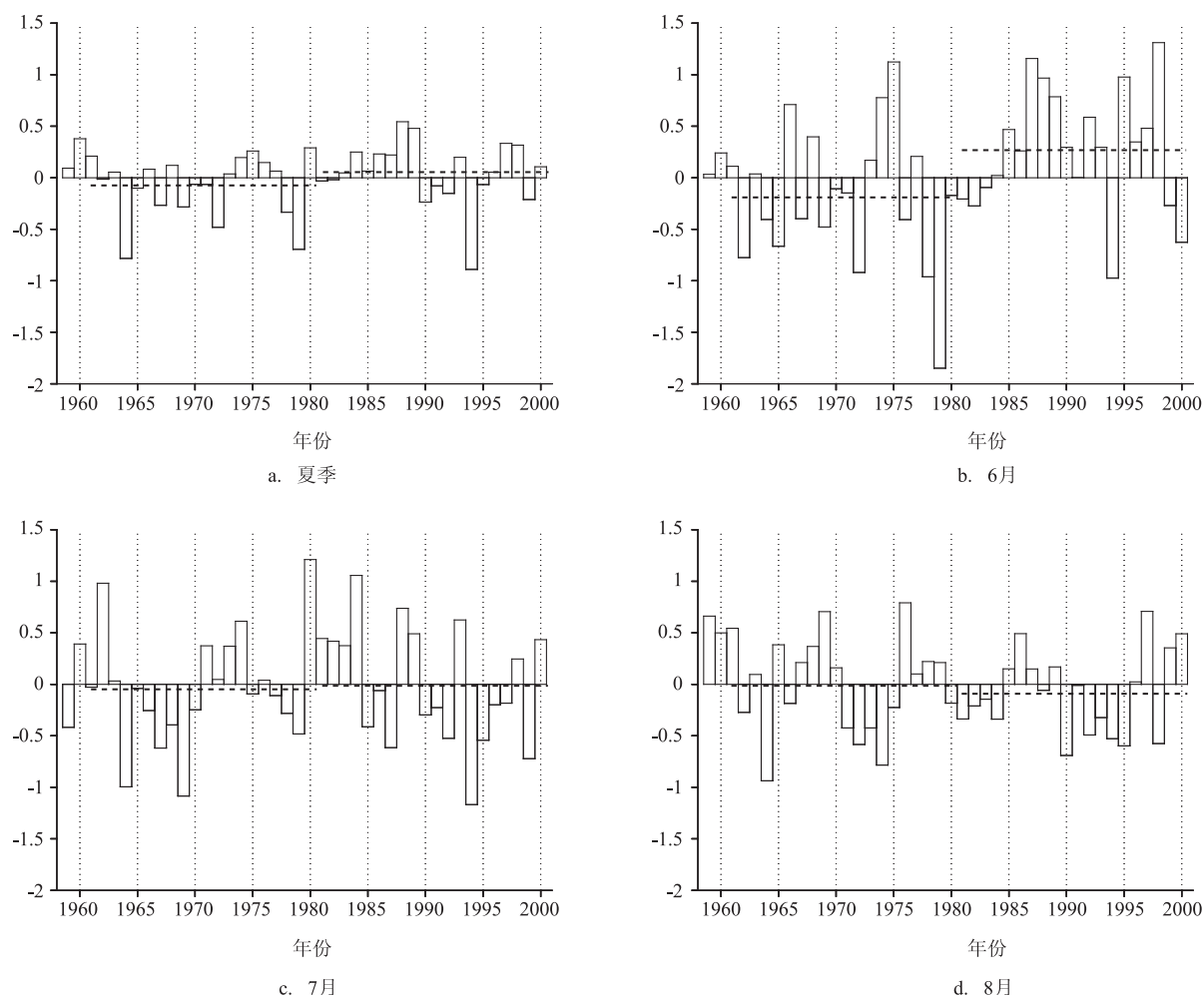


图1 流型指数逐年均值直方图(虚线为其所在时间区间的20 a平均值)

E、C型过程在前20 a分别为72 d和124 d,后20 a分别为110 d和37 d,也就是说,前20 a,C型出现的频数和累积天数超过E型,而后20 a,E型出现频数和累积天数则远超过C型。可见E、C型过程的年代际变化特征是很明显的,而6月份这种特征最为显著,这主要是因为本文所定义的夏季欧亚中高纬持续流型出现频率在6月份占多数,因此6月份的变化特征与整个夏季最相似、最有代表性。

上述种种迹象表明,夏季欧亚中高纬持续流型很有可能存在着年代际突变。为了更好地加以判断,我们对1959—2000年逐日流型指数序列用滑动t-检验检测其均值突变(滑动t-检验方法详见魏凤英^[16])。取子序列长度 $n_1 = n_2 = 10$,计算出的t-统计量序列如图3所示。

从图3看出,t-统计量极值分别出现在1980年

和1990年,1980年为正值,1990年为负值,均远远超过了1%的显著性水平。说明在这42 a间,流型指数10 a均值的两次最大突变出现在1980年左右和1990年左右。1980年左右经历了一次由负值到正值的转变,1990年左右又由正值转为负值。这与前面的分析是一致的。

此外我们还计算了子序列长度 $n_1 = n_2 = 20$ 的滑动t-统计量,1979、1980、1981年的t-统计量数值分别为1.73、3.08、2.96,1980年和1981年均达到了1%显著性水平,1979年也达到了10%的显著性水平,可见1980年前后流型指数均值确实发生了年代际突变。

为了进一步验证流型指数的年代际变化及提取其振荡周期,对1959—2000年流型指数的夏季均值时间序列进行了小波分析,图4为流型指数夏季

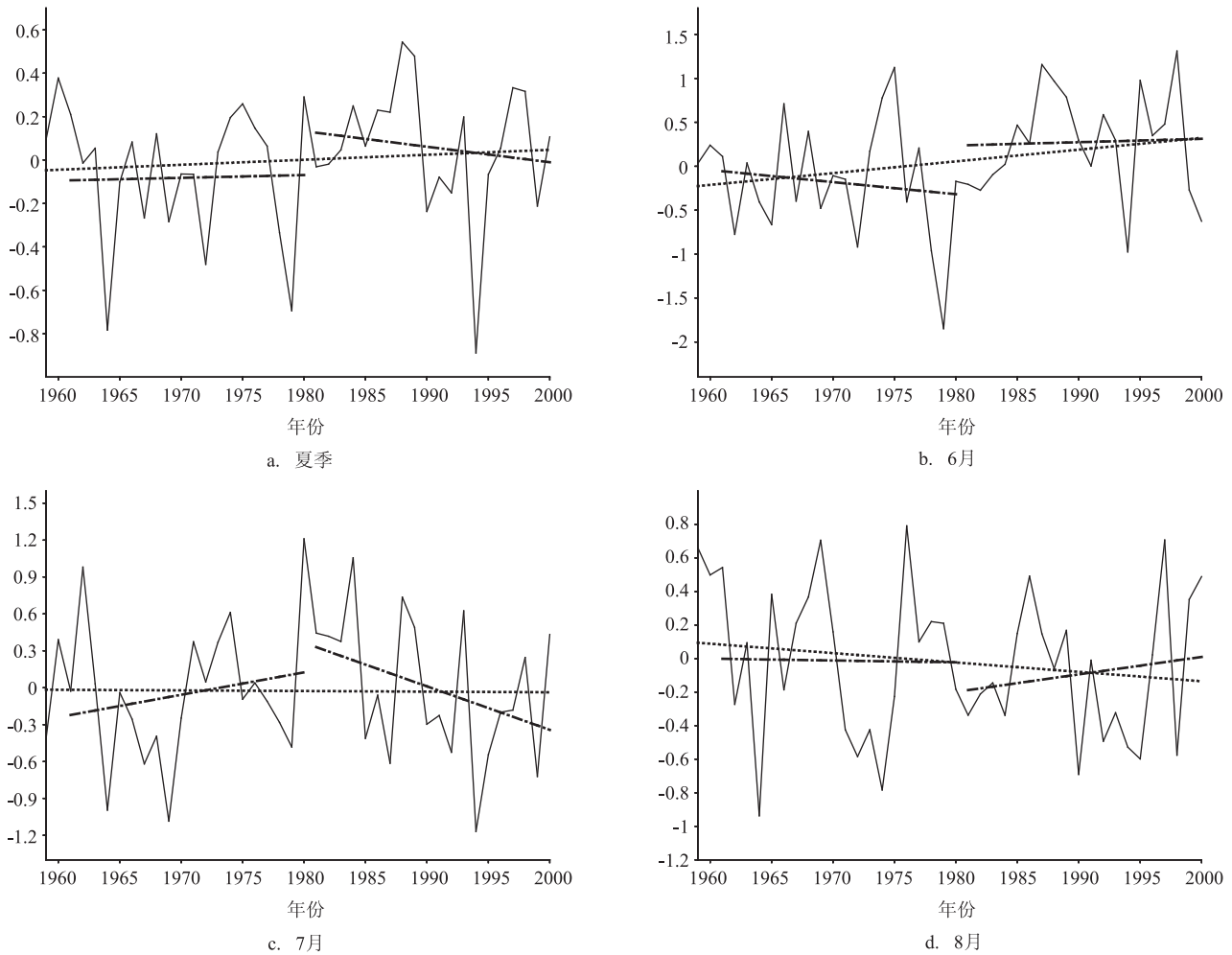


图2 流型指数逐年均值曲线及线性变化趋势

(点线:1959—2000年趋势;虚线:1961—1980年、1981—2000年的趋势)

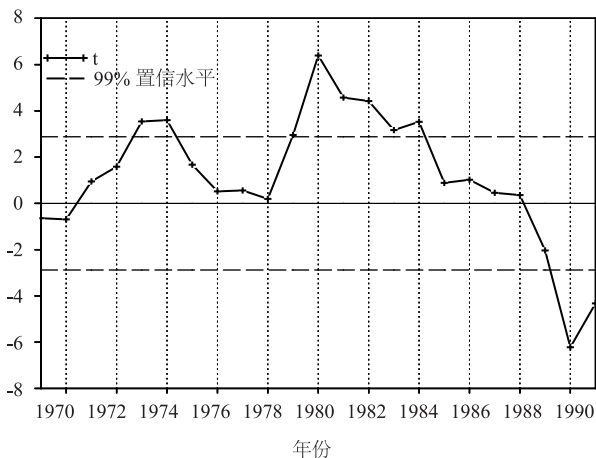


图3 流型指数滑动t-统计量曲线

(虚线为通过置信水平为99%的临界值)

均值小波变换平面图,图的上半部分为低频振荡

区,等值线相对稀疏,对应较长尺度的周期振荡;下半部分是高频振荡,等值线相对密集,对应较短尺度周期的振荡。可以看到,在42 a变化中,7—8 a、14—15 a及20 a的周期振荡都很清楚,不同周期内小波系数的振幅强度和振荡中心位置都有所不同,较长尺度周期均呈现比较均匀的振荡态势,在7—10 a周期、11—20 a周期内小波系数都分别以一定的振荡规律分布着,没有出现很剧烈的振动,说明夏季欧亚中高纬持续异常在较长时间尺度上是有规律可循的。

在小波变化曲线图上(见图5)可以清楚的看到,流型指数的年代际变化很明显,在15—20 a的周期振荡中,年代际突变点在1976/1977年附近,即1976/1977年前后流型指数有正负转换的现象。

以上分析表明,对于夏季欧亚中高纬环流场,

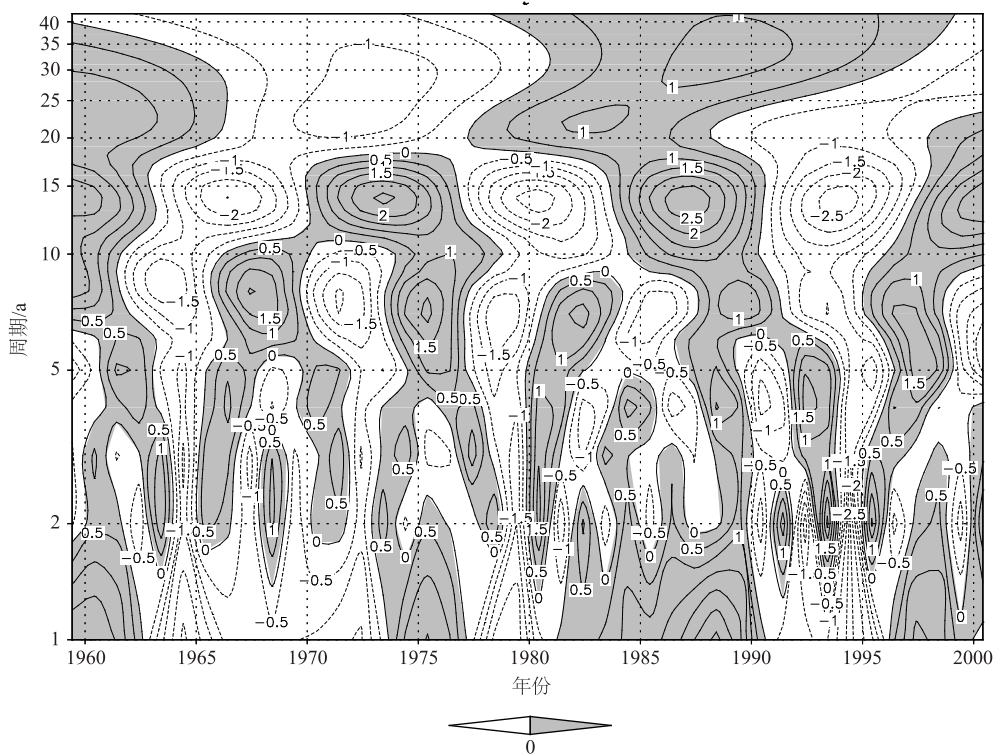


图4 流型指数夏季均值小波变换

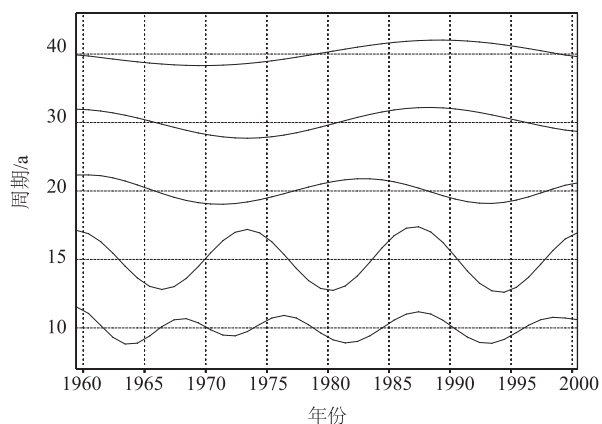


图5 流型指数夏季均值小波变换曲线

无论是持续过程还是逐日流型,均存在着明显的年代际变化,转折点在1980年前后。因此后面将以1980年为时间分界点讨论其前后两段时期流型指数与各要素场的联系。

4 流型指数与我国夏季降水年代际变化的联系

由欧亚中高纬流型指数I的夏季均值年代际变

化来看:1980年以前流型指数正(负)值少(多)于1980年以后的,相应的,1980年以前E(C)型少(多)于1980年以后。从持续流型与我国夏季降水异常的相关关系分析^[14]得知:夏季欧亚中高纬流型指数I与我国月降水总量在长江下游地区、东北大部为正相关,华北、华南为负相关,因此1980年前一段时期江淮降水与后一段时期相比应偏少,华北、华南则偏多。再从6月、8月的环流指数年代际变化来看:6月,情况与整个夏季相似;8月,1980年以前正指数多于1980年以后,由于8月环流指数与江淮流域降水为负相关,与华北为正相关,那么1980年以前江淮流域降水应偏少,华北偏多,1980年以后则应是江淮流域降水偏多,华北偏少。

为了解1980年前后两段时期江淮流域以及华北的降水量分布,分别对1980年前后两段时期我国月降水量距平进行合成。

从合成图上看,1980年以前(见图6a),夏季江淮流域、东北地区降水确实为负距平,华北除内蒙外基本为正距平,但达到置信水平为90%的区域相对较少,华南大部为正距平区,而1980年以后(见图6b)江淮流域降水为正距平,华北、华南为负距平,

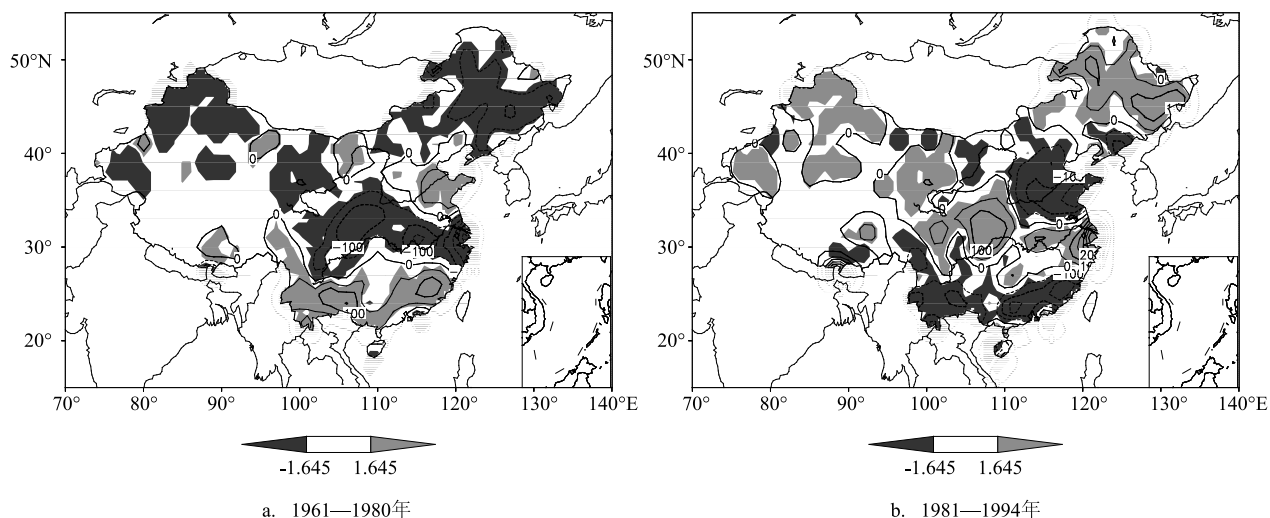


图6 两段时期夏季月降水量距平合成图(单位:mm)
(阴影区为通过90%信度检验的显著性区域,浅(深)色为正(负)距平)

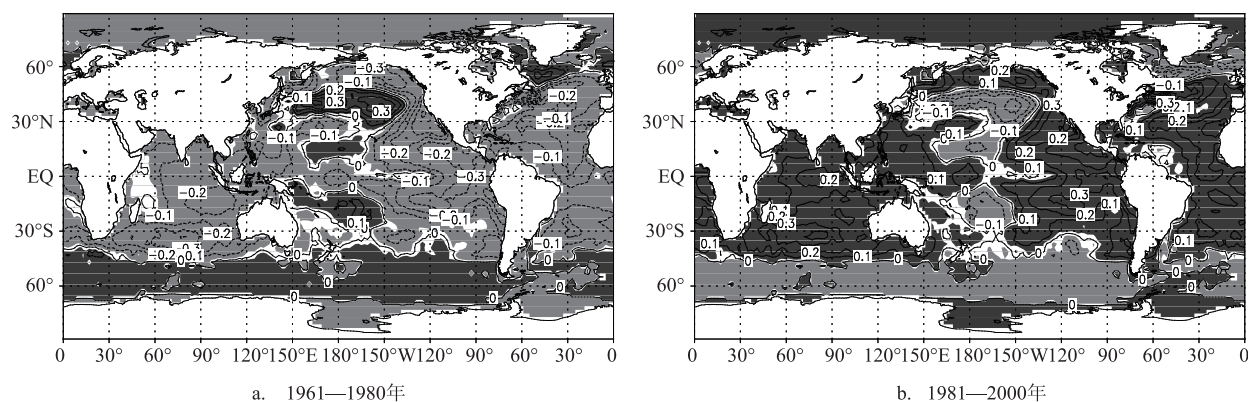


图7 两段时期6月海温距平合成图(单位:°C)
(阴影区为通过90%置信水平的显著性区域,深(浅)色为正(负)距平)

而这些都分别与E、C型过程的夏季月降水量距平合成图(见参考文献[14]中图7)分布特征相吻合:1980年以前的分布与C型过程的相似,1980以后的则与E型过程的相似。

在林学椿^[1]对20世纪70年代末、80年代初气候跃变的研究中也指出,跃变前东亚地区由低纬度到高纬度500 hPa高度距平呈-+-分布,我国江淮流域降水偏少;而跃变后东亚地区由低纬度到高纬度500 hPa高度距平呈+-+分布,我国江淮流域降水偏多。可见这些结论是一致的。

前面指出,C型过程与华北夏季降水正距平相对应。陆日宇^[17]在研究华北夏季不同月份降水的年

代际变化时发现,华北地区夏季降水量具有明显的年代际变化,在20世纪50年代及60年代前半期,华北降水量明显偏多,在1965年附近,降水量急剧减少,进入70年代降水量略有回升,而整个80年代华北地区夏季降水量最少,进入90年代后,降水量略呈上升趋势。孙淑清^[18]也指出,华北降水距平有明显的20 a左右的年代际变化,从总体上讲,从50年代初至70年代为丰水期,70年代至90年代则为枯水期,而从1992年以后又开始变为正距平。这些都与本工作中所讨论的C型持续过程在60年代发生频次较多,70年代稍减少,而80年代甚至一例都未出现,到了1993年又开始出现这种年代际

变化相对应。

可见,夏季欧亚中高纬流型指数的年代际变化特征与我国夏季降水的年代际变化趋势是存在相关的。

5 海表温度距平的年代际变化

正如引言所提到的,林学椿^[1]在研究20世纪70年代末、80年代初气候跃变及其影响时指出北太平洋海温在70年代末、80年代初确实存在着一次明显的跃变,而我们前面也曾指出,E、C型过程发生频数在1980年前后也有明显对比。因此,以1980年为突变点,考察突变前后的海表温度场特征。

由于6月的情况能较好地表征整个夏季的特征,因此以6月为例。图7a、b分别为1961—1980年和1981—2000年的6月海温距平合成图。可以看出,在印度洋、太平洋和大西洋地区两段时期的海温距平符号几乎完全相反,作为两段时期的距平图,这种结果是很自然的,但其差异很明显,说明此结果还是有意义的。

1961—1980年,正距平区主要位于30°—50°N太平洋,印度洋、暖池区、美洲西岸和北太平洋高纬地区基本都是负距平,北大西洋大部分也为负距平,这与6月C型过程的海温距平场(图略)相似。在1981—2000年图上也有对应的分布特征,只是距平符号相反,并与E型过程的海温距平场(图略)相似。

这个分析结果与孙淑清^[18]给出的对应华北丰水期和枯水期的夏季海温平均距平分布特征是一致的。

此外,以往的研究表明,太平洋年代际振荡(Pacific Decadal Oscillation, PDO)与东亚大气环流及中国气候的年代际变化关系密切^[19],PDO在1976年前后发生了冷暖位相的转换,而PDO暖位相期,夏季华北地区降水异常偏少、长江中下游则偏多,也暗示着太平洋海温变化可能与流型指数在1980年前后的变化之间存在联系,其影响规律及物理机制有待今后的工作进一步考察。

以上分析表明夏季欧亚中高纬持续流型、我国华北、华南及江淮流域降水与海表温度场的年代际变化可能有十分密切的关系。

6 流型指数与NAO指数年代际变化的关系

Ogi等^[20]指出,NAO信号能被雪盖、海冰、海表温度等记忆,从而影响到夏季大气环流。尽管NAO是北大西洋地区海平面气压的南北向“跷跷板”现象,但有研究表明,500 hPa位势高度场同样存在这种变化^[21]。一系列研究表明,无论是NAO指数的振幅还是位相都表现出明显的年代际变化特征,在20世纪70年代末80年代初发生了转折^[13,15,21],那么,持续流型与NAO之间是否存在一定联系?为了了解这个问题,我们首先考察冬季(DJFM)NAO指数与持续流型之间的关系。

图8是流型指数与前期冬季NAO指数的曲线图(经过三点平滑),可以看出,在1980年以前流型指数与前期冬季NAO指数关系比较好,而在1980年以后则未表现出明显的关系。

以1959—2000年为时间序列考察二者的相关性,前期NAO指数与夏季流型指数的年际相关系数为0.193,与6月流型指数的相关系数为0.270,经显著性检验后者达到了90%的置信水平,可见至少6月份的持续流型与前期冬季NAO存在关联,为显著的正相关关系。

将流型指数和NAO指数分别作11 a、21 a滑动平均后再求相关,相关系数分别为:11 a滑动平均后:0.723(与夏季流型指数),0.884(与6月流型指数);21 a滑动平均后:0.828(与夏季流型指数),0.955(与6月流型指数)。均远远超过了99%的置信水平,说明冬季NAO变化与后期夏季欧亚中高纬持续异常在年代际尺度上关系更为密切。

由于冬季NAO信号可能被海温所储存从而影响到夏季大气环流,而NAO指数与流型指数之间又存在相当好的正相关关系,我们合成了冬季NAO指数高值和低值对应年的春季SST距平(见图9),选取NAO指数高、低值的标准为绝对值大于1.672(该值是1959—2000年冬季NAO指数绝对值的42 a平均值)。

与E、C型过程前期(春季)SST距平合成图(图略)相比,NAO高指数对应的SST距平(见图9a)与

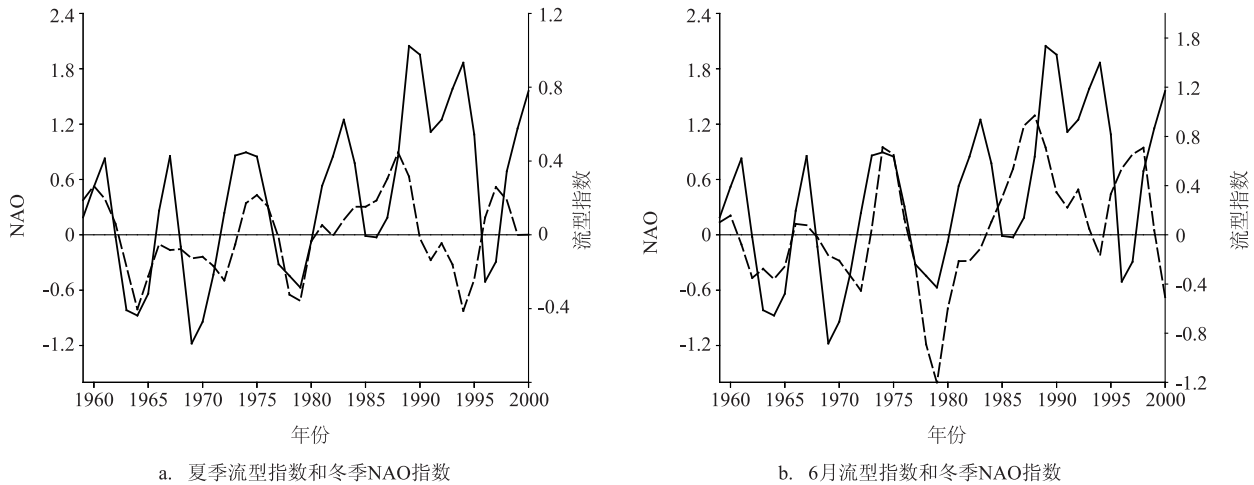


图8 流型指数与前期冬季(DJFM平均)NAO指数3点平滑曲线
(实线为NAO,虚线为流型指数)

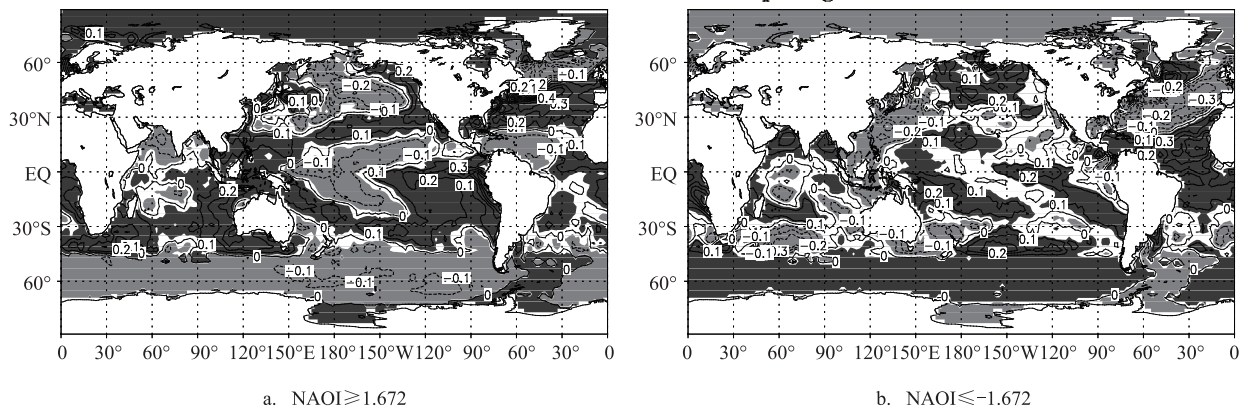


图9 冬季NAO高、低指数对应的后期(春季)海温距平成图(单位:℃)

(阴影区为通过90%置信水平的显著性区域,深(浅)色为正(负)距平)

E型过程对应的SST距平分布非常相似,太平洋到大西洋上,由赤道往北有3条正负相间的倾斜距平带,说明冬季NAO变化很可能通过海温的“记忆”功能影响了夏季欧亚中高纬持续异常。

不过,这种带状分布形势在NAO低指数对应的SST距平成场(见图9b)上并不明显,这种不同是否意味着前期冬季NAO变化对欧亚中高纬持续正异常由春入夏的演变更具有指示意义?这需要后面更深入的工作进行考察。

上述分析表明,E、C过程前期冬季NAO与E、C过程存在着联系,前冬NAO指数的年际变化趋势与流型指数相似,且总的年际相关很好,而年代际尺度上的关系更为密切。因此考察了流型指数与

NAO指数年代际变化之间的关系。

将1959—2000年流型指数夏季、6月均值和前期冬季(DJFM)NAO指数分别做11 a和21 a滑动平均(见图10和图11),图中横坐标代表滑动窗口的中项,比如图10中1964指示着1959—1969年,1965指示着1960—1970年,图11中1969指示着1959—1979年,以此类推。

显然,它们的十年或年代际变化是十分清楚的,不管是夏季还是6月的流型指数均值与冬季NAO指数的年代际变化位相都较一致,而且趋势也都是由负指数向正指数发展,虽然流型指数11 a滑动平均的结果(见图10虚线)在20世纪80年代后期出现下滑趋势,但在更长时间尺度上(21 a滑动平均)(见图

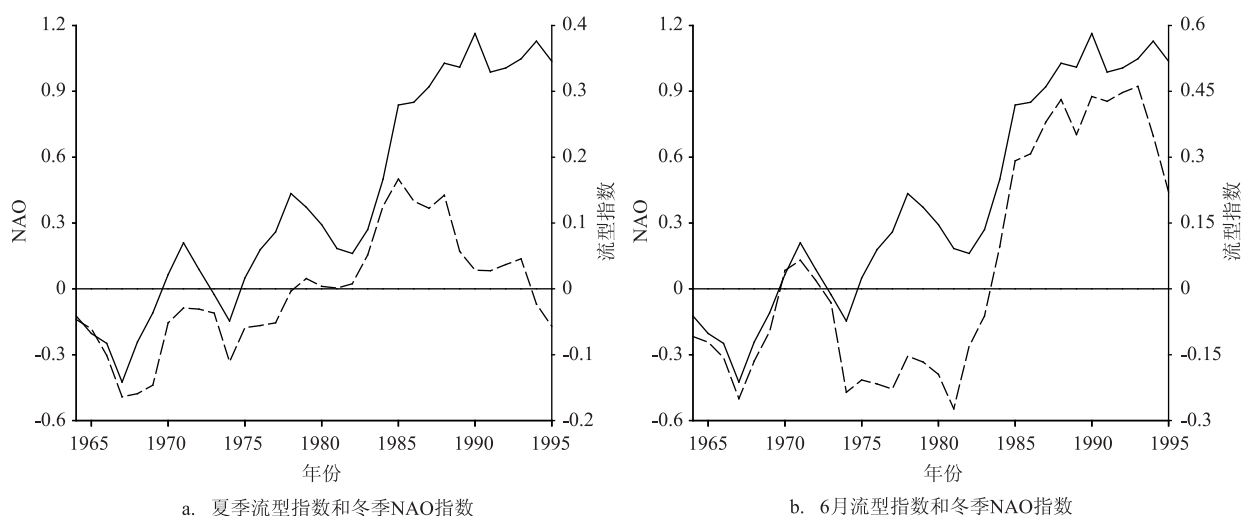


图10 流型指数与前期冬季(DJFM平均)NAO指数11 a滑动平均曲线
(实线为NAO,虚线为流型指数)

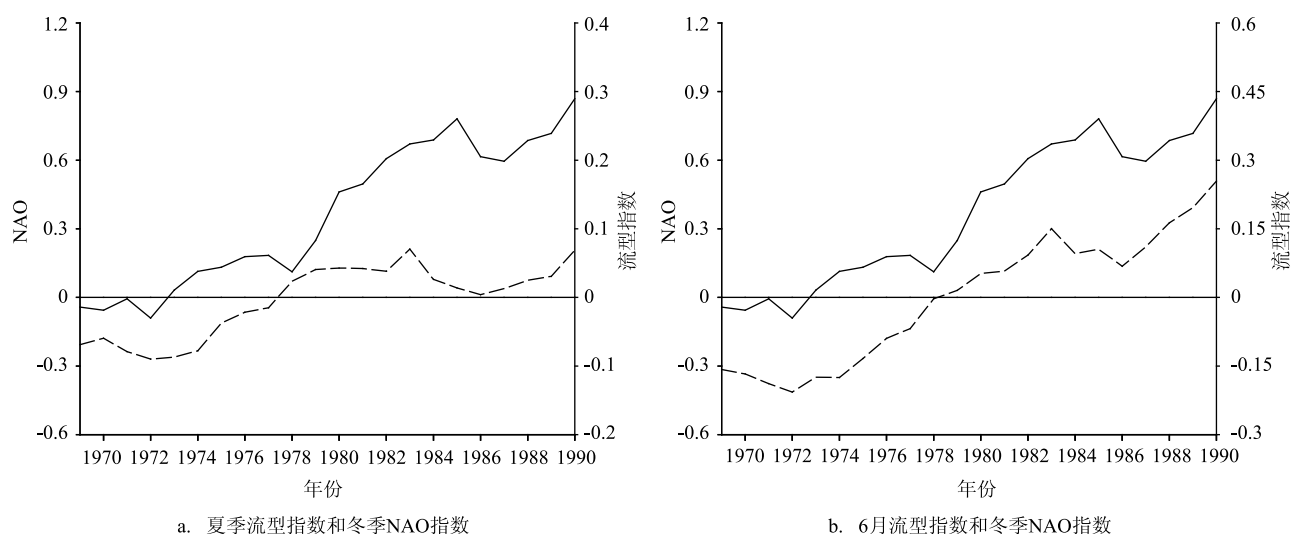


图11 流型指数与前期冬季(DJFM平均)NAO指数21 a滑动平均曲线
(实线为NAO,虚线为流型指数)

11)二者均具有由负指数转变为正指数的年代际变化特征,可以说二者的年代际变化是十分相似的。

将图10、图11中各个小图里的两条曲线求相关,所得相关系数分别为:0.723(见图10a)、0.884(见图10b)、0.828(见图11a)、0.955(见图11b),均远远超过了1%的显著性水平,表明夏季欧亚中高纬持续流型指数与前期冬季NAO指数在年代际尺度上关系甚为密切。

为了进一步探讨这种关系,图12给出了夏季和6月流型指数均值和前期冬季NAO指数的滑动相

关图。滑动窗口为21 a,时间段为1959—1979年到1980—2000年。图中横坐标指示滑动窗口的时间中项(与滑动平均的横坐标意义相同)。

由图12可见,两个指数之间在年际尺度上基本上为正相关关系(时间序列长度为21 a),1980年之前两者的正相关关系比较稳定,基本围绕在90%置信水平临界值附近波动,随后夏季流型指数与NAO指数的相关性逐渐减弱,1984—1989年间相关系数接近零值,几乎线性独立,到1990年转变为较明显的负相关。而6月流型指数与NAO指数的相关性

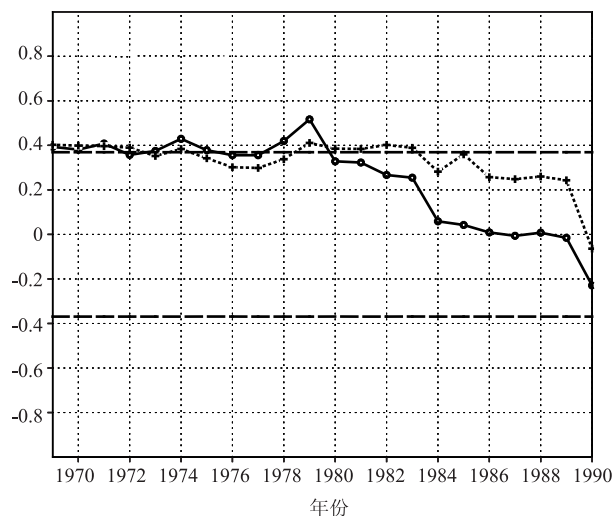


图 12 流型指数与前期冬季(DJFM 平均)NAO 指数 21 a 滑动相关曲线

(实线:夏季流型指数与冬季NAOI;点线:6月流型指数与冬季NAOI;虚线:置信水平为90%的临界值)

较好,1985年之前相关系数大体上维持在90%置信度水平临界值附近,之后也开始出现下滑,但下滑幅度较弱,仍然有较明显的正相关关系,也是到了1990年出现负相关。

图 12 的滑动相关曲线表明,在流型指数和 NAO 指数均值由负位相转向正位相过程中,两者之间的关系也发生了变化,负指数居多时,两者为正相关且相关较好,当正指数偏多时,两者正相关关系减弱或者转为负相关。

7 结论与讨论

本文主要利用流型指数分析了夏季欧亚中高纬持续异常的年代际变化特征,并初步探讨了流型指数年代际变化与我国夏季降水、海表温度距平场、北大西洋涛动等年代际变化之间的联系。结果表明:

(1)夏季欧亚中高纬流型指数 I 有明显的年代际变化,1980 年前后流型指数均值发生了年代际突变,前期为负值,后期为正值;持续流型也以 1980 年为突变点存在着年代际突变,20 世纪 60、70 年代 C 型过程出现频数较高,80 年代 E 型过程出现频数增高而 C 型过程未出现,90 年代两类过程频数相当。即 1980 年前后有明显的差异。从分月情况看,6 月

跟整个夏季的情况最为相似,8 月则不同;

(2)夏季欧亚中高纬流型指数的年代际变化特征与我国降水的年代际变化趋势有一定的关系。总的来说,负指数偏多的 60、70 年代华北、华南降水偏多,而正指数占优势的 80 年代华北、华南降水则明显偏少;江淮流域的情况则相反;

(3)6 月海表温度距平的年代际变化与夏季欧亚中高纬持续环流的年代际变化具有一致性,SSTA 在 1980 年前后也有明显变化,且 1961—1980 年(1981—2000 年)的海表温度距平合成与 C(E)型个例合成基本一致,印证了 SSTA 与夏季欧亚中高纬持续环流的关联;

(4)考察前期(冬季)NAO 指数,发现其年际变化趋势与流型指数相似,且年际相关很好,而年代际尺度上的关系更为密切。流型指数与前期冬季 NAO 指数的年代际变化在位相和趋势上都表现出一致性,两者在年代际尺度上存在密切的正相关关系;而它们的年际相关也存在着年代际变化,随着流型指数值由 80 年代前的负值居多转为 80 年代后的正值居多,两者的相关关系也由显著正相关逐渐减弱。

综上所述,流型指数不仅在季内有指示作用,也可用于年代际分析。夏季欧亚中高纬典型持续流型有明显的年代际变化,这种年代际变化不是孤立现象,跟全球气候变化有一致性。其影响因子也有相应的年代际变化,且年代际变化突变点前后两段时期的合成图与相应 C、E 型过程的合成图有一致性,印证了下垫面强迫、大气环流遥相关等在夏季欧亚中高纬持续环流的形成和维持中的作用。

NAO 高指数与 E 型过程对应的 SST 距平的相似性暗示着冬季 NAO 变化很可能通过海温的“记忆”功能影响了夏季欧亚中高纬环流持续异常;另外,杨修群等^[23]的研究表明,前冬 NAO 与格陵兰海冰变化也存在显著联系,若 NAO 减弱,将使得东北风有所加强,导致春季格陵兰海冰面积向南扩展,反之,NAO 正位相时,格陵兰海冰面积持续减小,而我们考察 E、C 型过程前春北极海冰面积时也发现,E 型过程(对应前冬 NAO 正位相)格陵兰海冰面积减小。数值模拟也发现,春季北大西洋海温异常对夏季欧亚中高纬环流异常有很大影响。前冬 NAO

与春季海温、海冰及夏季E、C型过程之间的这些联系为我们提供“前期NAO影响海温、海冰→春季海温、海冰储存前冬NAO变化信号→春季海温、海冰作用于春、夏中高纬环流”的思路来认识前冬NAO和夏季欧亚中高纬环流持续异常的相关性。这有待于进一步的数值试验加以验证。

我们定义的C型持续环流自1981到1992年未出现一次,存在明显的年代际变化特征。这个现象不是孤立的,以前不少研究都已指出类似的现象,例如东亚夏季风强度^[3,23]、北大西洋涛动^[24]、华北降水^[17-18]、太平洋海温^[1,4-5]等等,都在上世纪80年代出现明显的变化。它们相互印证全球大气环流自1980年发生的年代际变化。众所周知,中高纬度环流的变化更具有混沌性质,但却同样显示了清楚的年代际变化,这是很有意思的。它和其它环流要素变化之间的联系及其发生的共同原因值得深入研究。

参考文献:

- [1] 林学椿. 1998: 70年代末、80年代初气候跃变及其影响[M]//. 见: 王明星主编. 东亚季风和中国暴雨. 北京: 气象出版社, 1998: 240-249.
- [2] 李峰, 何金海. 2000: 北太平洋海温异常与东亚夏季风相互作用的年代际变化[J]. 热带气象学报, 2000, 16(3): 260-271.
- [3] 李峰, 何金海. 2001a: 东亚夏季风与北太平洋SSTA关系的年代际变化特征及其机制研究[J]. 南京气象学院学报, 2001a, 24(2): 199-206.
- [4] 李峰, 何金海. 2001b: 太平洋区域海温跃变及其与东亚夏季风的关系[J]. 气象科学, 2001b, 21(1): 28-35.
- [5] 钟姗姗, 何金海, 刘宣飞. 2002: 太平洋次表层海温年代际变率及其突变特征[J]. 南京气象学院学报, 2002, 25(5): 595-602.
- [6] 周连童, 黄荣辉. 2003: 关于我国夏季气候年代际变化特征及其可能成因的研究[J]. 气候与环境研究, 2003, 8(3): 274-290.
- [7] 杨修群, 郭燕娟, 徐桂玉, 等. 2002: 年际和年代际气候变化的全球时空特征比较[J]. 南京大学学报(自然科学版), 2002, 38(3): 308-317.
- [8] 陈汉耀. 1957: 1954年长江淮河流域洪水时期的环流特征[J]. 气象学报, 1957, 28(1): 1-12.
- [9] 丁一汇. 1993: 1991年江淮流域持续性特大暴雨研究[M]. 北京: 气象出版社, 1993.
- [10] 陶诗言, 张庆云, 张顺利. 1998: 1998年长江流域洪涝灾害的气候背景和大尺度环流条件[J]. 气候与环境研究, 1998, 3(4): 290-299.
- [11] Ogi, M., Y. Tachibana Y, K. Yamazaki K. 2004: The Connectivity of the Winter North Atlantic Oscillation (NAO) and the Summer Okhotsk High[J]. Journal of the Meteorological Society of Japan. Met. Soc. Japan, 2004, 82(3): 905-913.
- [12] Wallace, J. M., C. Smith C, C. S. Bretherton C S., 1992: Singular Value Decomposition of Wintertime Sea Surface Temperature and 500-mb Height Anomalies[J]. Journal of ClimateJ. Climate, 1992, 5(6): 561-576.
- [13] Hurrell, J. W. 1995: Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation[J]. Science, 1995, 269(5224): 676-679.
- [14] 潘婕, 王盘兴, 纪立人. 2004: 夏季欧亚中高纬持续流型特征 I: 流型指数与持续流型[J]. 气象科学, 2004, 24(2): 127-136.
- [15] Jones, P. D., T. Jonsson T, D. Wheeler D., 1997: Extension to the North Atlantic Oscillation Using Early Instrumental Pressure Observations f-rom Gibraltar and South-West Iceland[J]. International. Journal of. Climatology., 1997, 17(13): 1433-1450.
- [16] 魏凤英. 1999: 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999: 63-65.
- [17] 陆日宇. 1999: 华北夏季不同月份降水的年代际变化[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 509-519.
- [18] 孙淑清. 1999: 近五十年来华北地区旱涝特征与全球变化的研究及对未来趋势的探讨[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 541-551.
- [19] 朱益民, 杨修群. 2003: 太平洋年代际振荡与中国气候变率的联系[J]. 气象学报, 2003, 61(6): 641-654.
- [20] Ogi, M., Tachibana Y, K. Yamazaki K., 2003: Impact of the Wintertime North Atlantic Oscillation (NAO) on the Summertime Atmospheric Circulation[J]. Geophysical Research Letters Geophys. Res. Lett., 2003, 30(13):, 1701, doi: 10.1029/2003GL018545.
- [21] Wallace, J. M., D. S. Gutzler D S., 1981: Teleconnections in the Geopotential Height Field During the Northern Hemisphere Winter[J]. Monthly Weather ReviewMon. Wea. Rev., 1981, 109(4): 784-812.
- [22] 杨修群, 谢倩, 黄士松. 1995: 夏季赤道中东太平洋海温和北极海冰异常对大气环流影响的数值模拟[J]. 海洋学报, 1995, 17(1): 241-3125.
- [23] 陈月娟, 简俊, 周任君. 2002: ENSO循环各阶段东亚夏季风特征的诊断研究[J]. 高原气象, 2002, 21(5): 441-446.
- [24] 邓自旺, 施能, 王永波. 2001: 南方涛动(SO)与北大西洋涛动(NAO)百年变化特征的正交小波分析[J]. 热带气象学报, 2001, 17(1): 57-64.

Interdecadal variation of the persistent anomalous circulation over Eurasian mid-high latitude in summer

PAN Jie¹, JI Li-ren²

(1. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081;

2. Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Abstract: The interdecadal variation of the persistent general circulation pattern index over Eurasian mid-high latitude in summer (hereinafter referred to as CP-index) is investigated to reflect the interdecadal variation, and try to reveal the relation of the interdecadal variation of the persistent general circulation over Eurasian mid-high latitude in summer to the rainfall in China, global sea surface temperature and North Atlantic Oscillation (NAO). The main conclusions are as follows: (1) From 1959 to 2000, the summertime circulation over Eurasian mid-high latitude experience obvious interdecadal variation, while the index value a shift of the average index around 1980. (2) The trend of interdecadal variation of the CP-index is consistent with that of the rainfall in China, global sea surface temperature anomaly. (3) The NAO index (in winter) and the CP-index (in summer) show a similar trend for interannual and interdecadal variation. Highly statistic significant positive correlativity exists between the two index under interdecadal time-scale. (4) The sea surface temperature in spring corresponding to NAO high-value index is similar to that corresponding to general circulation pattern E, which verifying the underlying surface forcing play main role in the formation and persistence of persistent general circulation pattern over Eurasian mid-high latitude in summertime.

Key words: Eurasian mid-high latitude in summer; persistent anomaly; decadal variation; rainfall; sea surface temperature; NAO