

周连童. 2009. 比较 NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料与观测资料计算得到的感热资料的差异 [J]. 气候与环境研究, 14 (1): 9-20.
Zhou Liantong. 2009. A comparison of NCEP/NCAR, ERA-40 reanalysis and observational data of sensible heat in Northwest China [J].
Climatic and Environmental Research (in Chinese), 14 (1): 9-20.

比较 NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料与 观测资料计算得到的感热资料的差异

周连童

中国科学院大气物理研究所季风系统研究中心, 北京 100190

摘要 利用 1951~2000 年我国西北干旱、半干旱区地温、气温和表面风场逐日 4 个时次 (北京时间 2、8、14 和 20 时) 的台站观测资料, 以及 NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料, 计算并比较了在我国西北地区春夏季感热输送的差异。分析结果表明: NCEP/NCAR 和 ERA-40 的感热输送再分析资料都能显示出我国西北地区是欧亚大陆上的感热中心之一。从年代际时间尺度上, ERA-40 再分析资料的感热资料更接近于实际台站观测资料计算得到的感热资料。

关键词 NCEP/NCAR 再分析资料 ERA-40 再分析资料 感热

文章编号 1006-9585 (2009) 01-0009-12 **中图分类号** P468 **文献标识码** A

A Comparison of NCEP/NCAR, ERA-40 Reanalysis and Observational Data of Sensible Heat in Northwest China

ZHOU Liantong

Center for Monsoon System Research, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190

Abstract The sensible heat in Northwest China are compared by using NCEP/NCAR, ERA-40 reanalysis and observational data during 1958-2000. The analyzed results show that the one of most center for sensible heat is in Northwest China by NCEP/NCAR, ERA-40 reanalysis data. The ERA-40 reanalysis data is more close to observational data in interdecadal time scale than that of NCEP/NCAR reanalysis data.

Key words NCEP/NCAR reanalysis data, ERA-40 reanalysis data, sensible heat

1 引言

我国西北地区包括内蒙古西部以及甘肃、宁夏、青海和新疆等省和自治区, 位于 35°N 以北,

107°E 以西, 属于干旱、半干旱气候区, 大部分区域的年降水量不足 200 mm, 有的地方甚至不足 50 mm。在春夏季, 我国西北和中亚由于缺乏水汽, 天空经常少云, 因而受到强的太阳直接辐射, 地面温度很高, 又由于该处大片陆地沙漠或戈

收稿日期 2008-01-25 收到, 2008-09-18 收到修定稿

资助项目 国家自然科学基金资助项目 40730952、国家重点基础研究发展计划项目 2009CB421405、中国科学院知识创新工程重要方向项目 KZCX2-YW-220 和中国科学院大气物理研究所青年人才领域前沿项目 IAP07414

作者简介 周连童, 男, 1974 年出生, 博士, 助理研究员, 主要从事陆气相互作用研究。E-mail: zlt@mail.iap.ac.cn

壁,对太阳辐射有很强的吸收能力,因此,有的地方中午地面温度可达到 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。布和朝鲁等(2002)利用 NCEP/NCAR 再分析资料研究了夏季欧亚大陆的陆面感热通量分布,指出夏季我国干旱、半干旱区在整个欧亚大陆上是陆面感热通量最强的区域之一,而潜热通量最弱。张强等(2003)根据《国家基础研究发展规划》首批启动项目“我国重大气候灾害的形成机理与预测理论研究”,进行了 4 年多“我国西北典型干旱区陆气相互作用观测试验”的观测,其结果为:夏季敦煌戈壁区,中午的太阳辐射强度经常达到 $1\ 000\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$,最大可达 $1\ 038.1\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$;白天地表净辐射可达 $600\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$;感热通量也经常达到近 $400\ \text{W}\cdot\text{m}^{-2}$,为潜热的 50 倍。这些都表明在我国西北干旱区热量输送通量主要是感热。上述研究说明了我国西北地区成为整个欧亚大陆上陆面感热最强的地方,可称为欧亚大陆上的“热垫”。

很多学者在全球气候变化的研究中取得了成果,但对于干旱、半干旱地区特别是欧亚大陆干旱、半干旱区(Pilifosova et al., 1997; Lioubimtseva et al., 2005)的气候变化关注较少。在 2005 年的 IPCC 报告中很少有关于欧亚大陆干旱、半干旱区气候变化对全球变化潜在响应的讨论(IPCC, 2005)。近几年对于我国西北干旱、半干旱区陆面过程的研究取得了一些进展,布和朝鲁等(2002)利用 NCEP/NCAR 再分析资料研究了夏季欧亚大陆的陆面感热通量分布,指出夏季我国干旱、半干旱区在整个欧亚大陆上是陆面感热通量最强的区域之一。范丽军等(2004)通过分析敦煌观测试验资料,指出西北干旱区的地面感热主要取决于气温差。Wei et al. (2002)、周连童等(2006)分析得出西北地区春季地温差自 20 世纪 70 年代后期开始增强。周连童等(2008)利用观测资料进一步计算并分析了由于西北地区春季陆面感热异常自 70 年代后期开始增强,从而影响了局地及周边地区的环流异常和降水异常。但是,由于受台站观测资料的限制,所研究的区域仅限在中国西北干旱、半干旱区的小尺度范围。因此,有必要利用再分析资料分析包括我国西北、中亚地区和蒙古国在内的整个欧亚大陆的大尺度范围内干旱、半干旱区的陆面感热变化特征及其对气候变化的影响。

目前应用比较广泛的为 NCAR/NCEP (Kalnay et al., 1996; Kistler et al., 2001) 和 ERA-40 (Gibson et al., 1997; Uppala, 2002) 再分析资料。对于这两套资料的比较近几年也有一些研究(Newman et al., 2000; Josey, 2001; Inoue et al., 2004; 黄刚, 2006),特别是 Inoue et al. (2004) 指出, NCEP/NCAR 再分析资料的蒙古国及周边地区海平面气压(SLP)在 1977 年前后年代际变化有夸大的现象, ERA-40 再分析资料和观测的结果比较接近。黄刚(2006)利用实际探空资料比较了 NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料在 $1\ 000\ \text{hPa}$ 以上的位势高度和温度的差异, ERA-40 再分析资料在东亚地区对流层低层的位势高度和温度要好于 NCEP/NCAR 再分析资料的结果。70 年代以后, NCEP/NCAR 再分析资料对于内蒙古和华北地区对流层上层的位势高度和温度的描述要好于 ERA-40 再分析资料。因此,这两套再分析资料各有优缺点。Josey (2001) 利用海上浮标感测资料比较 NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料的表面热通量的差异,结果表明,相比于 NCEP/NCAR 再分析资料, ERA-40 再分析资料的热通量更接近于实际观测的结果。鉴于这两种再分析资料存在着明显的差异,有必要比较它们陆面感热输送的差异。因此,本文将利用观测资料计算得到的感热通量与 NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料的感热通量资料进行对比,得出更接近于观测资料的再分析资料,从而为今后分析欧亚大陆大尺度干旱、半干旱区感热输送的变化特征打基础。

本研究所用的 NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料的感热资料分别从 <ftp://ftp.cdc.noaa.gov> 和 <http://data.ecmwf.int> 下载得到。其时间长度分别为 1949~2003 年和 1958~2002 年,选取的 38 个台站观测资料的时间长度为 1956~2000 年。为了便于比较,本文将它们的时间长度统一为 1958~2000 年。

2 NCEP/NCAR、ERA-40 再分析资料和观测资料计算得到的感热资料的差别

本文利用中国西北干旱、半干旱区 38 个台站

的地温、气温和地面附近风场等要素的观测资料来计算感热输送值。

地表感热输送计算可采用下列总体输送公式:

$$S=c_p \rho C_h V(T_s-T_a), \quad (1)$$

其中: S 为地表感热, c_p 是空气的定压比热常数, ρ 是地面空气密度, C_h 是地面湍流热量交换系数, V 是地面 10 m 风场矢量, T_a 是地面 2 m 气温, T_s 是地面 0 cm 土壤温度。对于本文的感热计算:

$$c_p=1\ 004.67\ \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1},$$

$$\rho=1.2928\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3},$$

$$C_h=(2.10 \pm 0.92) \times 10^{-3}.$$

根据敦煌戈壁地区计算得到 C_h (张强等, 2001), 此种计算假定 38 个气象站下垫面为类似敦煌戈壁, 采用戈壁下垫面的感热交换系数, 由此计算的感热也只能作为参考值。 T_a 、 T_s 和 V 利用 38 个台站的逐日 4 个时次(北京时间 2、8、14 和 20 时)观测资料。通过公式 (1) 计算得到西北地区感热输送的逐日 4 个时次的数值, 再平均得到月平均感热输送资料。

2.1 气候平均值的差异

首先比较春季(3~5月)感热输送气候平均值的差异。图 1a~c 分别表示利用 NCEP/NCAR、ERA-40 再分析资料和观测资料计算得到的春季感热输送在欧亚大陆的气候平均值(1961~1990 年平均)。NCEP/NCAR 的春季感热输送分布如图 1a 所示, 我国河套地区、华北地区以及中亚与西亚地区分布出现很强的感热中心, 感热输送数值达到 $100\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上。利用 ERA-40 再分析资料得到的欧亚大陆的春季感热输送分布如图 1b 所示, 我国西部和华北地区以及内蒙古出现很强的感热输送中心, 且在河套以西地区的感热输送数值达到 $120\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上。西亚中亚地区也出现很强的感热中心。由观测资料计算得到春季感热输送分布如图 1c 所示, 感热输送数值在 $60 \sim 70\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 左右, 在我国新疆中部最大值达到 $100\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上, 这是由于该站点(达坂城)的风速过大, 感热输送系数可能与一般情况不同, 或者不适合用总体输送法计算。而且, 风速过大也可能是由于观测误差造成的, 因而导致该站点的感热数值比较大, 其可信度不高。

下面比较夏季(6~8月)感热输送的气候平均值在欧亚大陆上的差异。图 2a~c 分别表示利

用 NCEP/NCAR、ERA-40 再分析资料和观测资料计算得到的夏季感热输送在欧亚大陆的气候平均值(1961~1990 年平均)。NCEP/NCAR 的夏季感热输送分布如图 2a 所示, 我国西北地区、蒙古国以及中亚地区都出现很强的感热输送中心, 最大感热输送数值达到 $120\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上。利用 ERA-40 再分析资料得到的欧亚大陆的夏季感热输送分布如图 2b 所示, 我国西北地区、蒙古国以及中亚地区也都出现很强的感热输送中心, 这与图 2a 基本相似, 只是 ERA-40 资料在我国西北地区的感热输送数值更大一些, 最大感热输送数值达到 $140\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上。由观测资料计算得到夏季感热输送分布如图 2c 所示, 感热输送数值比春季的略大, 在我国新疆中部最大值达到 $120\ \text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上, 类似于图 1c, 这也是由于该站点(达坂城)的风速过大, 其较大的感热数值的可信度不高。

综上所述, 从气候平均值来看, NCAR/NCEP 和 ERA-40 再分析资料的春夏季感热输送数值的量级基本一致。但是 ERA-40 再分析资料的春夏季感热输送数值比 NCEP/NCAR 的数值偏大一些。ERA-40 再分析资料可以在我国西北干旱区显示出很强的春季感热输送中心。在夏季, NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料的感热都可以在我国西北、蒙古国和中亚地区显示出很强的感热输送中心, 且他们的分布非常相似。由于欧亚大陆上的强大感热输送, 因此我国西北地区可称为欧亚大陆上的“热垫”。

2.2 年代际变化的差别

我国西北地区感热输送在 1977 年前后有明显的跃变(周连童等, 2008), 图 3a~3c 分别给出了由 NCAR/NCEP、ERA-40 再分析资料和观测资料计算得到的春季感热输送距平在欧亚大陆上 1977~2000 年平均与 1966~1976 年平均之差的分布, 由图 3a~3c 均可以看到我国西北大部分地区的春季感热输送为正距平。因此, NCEP/NCAR、ERA-40 再分析资料和观测资料计算的春季感热输送在我国西北地区都表现出在 1977 年之后明显增强。

下面分析各个资料夏季感热输送的年代际变化差别。图 4a~c 分别表示 NCAR/NCEP、ERA-40 再分析资料和观测资料计算得到的夏季感热输送距平在欧亚大陆上 1977~2000 年平均与 1966~

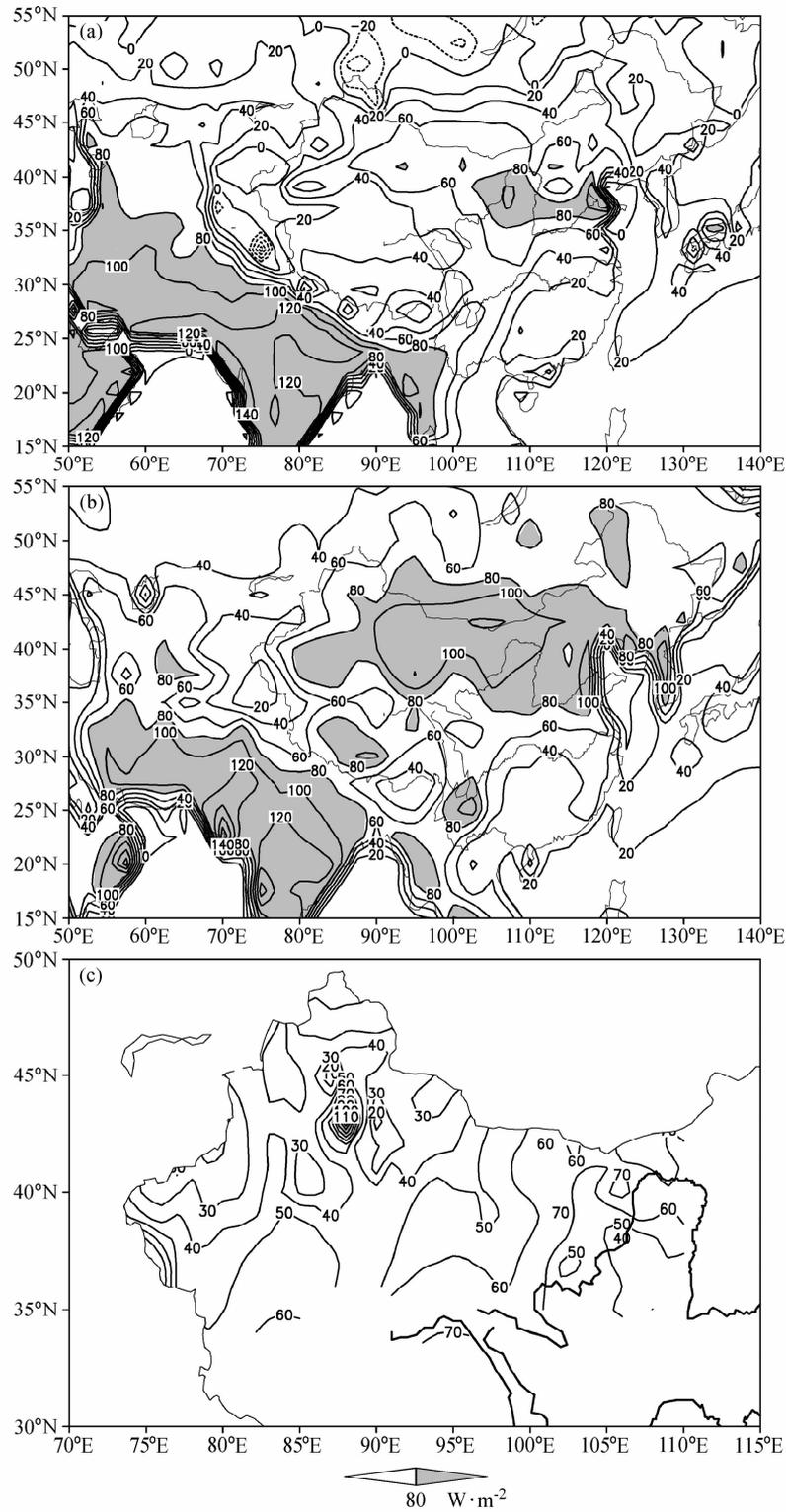


图1 利用 (a) NCEP/NCAR、(b) ERA-40 再分析资料和 (c) 观测资料计算得到的春季 (3~5 月) 感热输送在西北地区的气候平均值。取 1961~1990 年平均值作为气候值

Fig. 1 The climatological normal of spring sensible heat by NCEP/NCAR (a), ERA-40 (b) reanalysis data and observational data (c) in Northwest China. The climatological monthly mean is based on the period 1961—1990

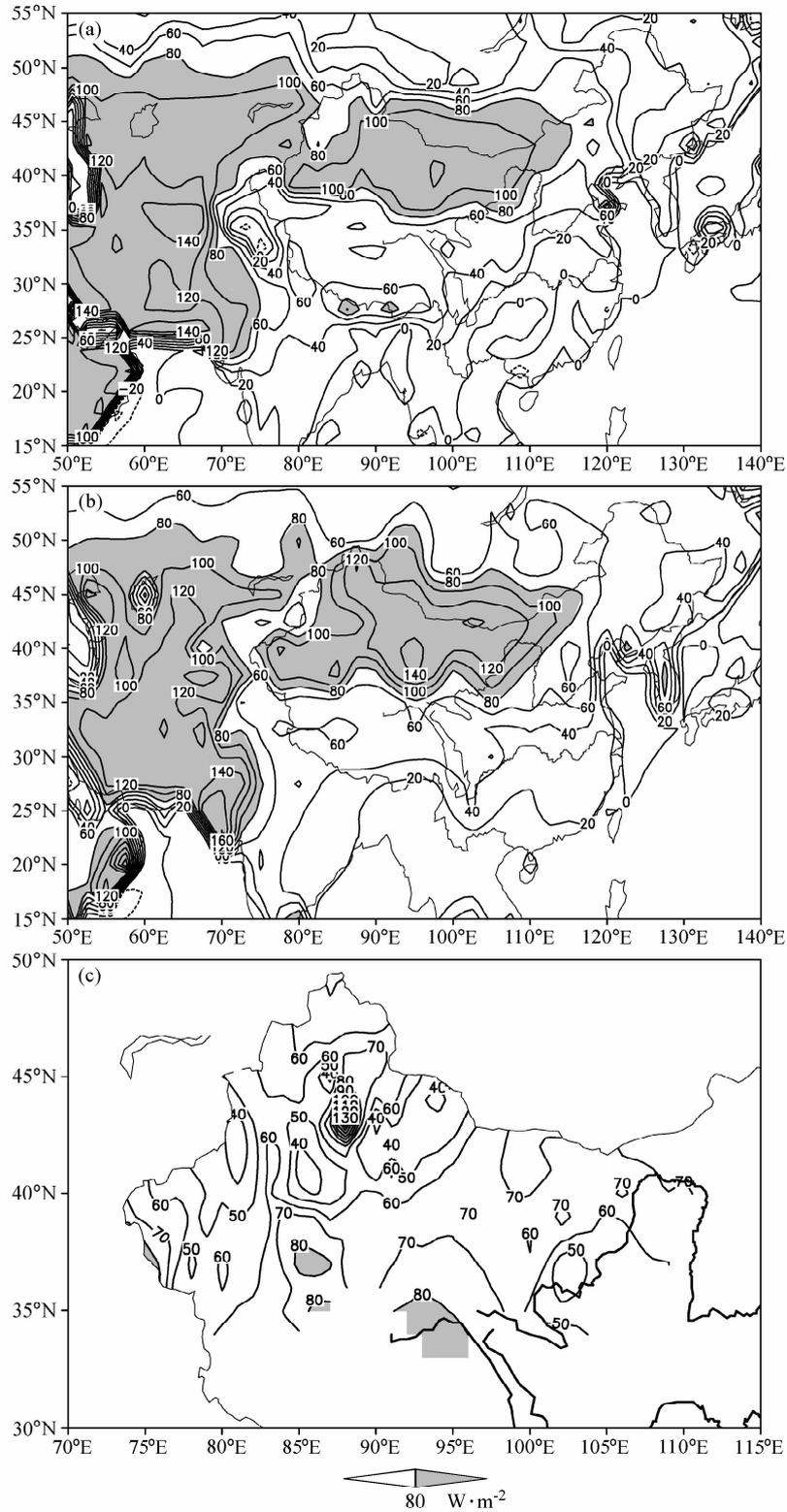


图2 同图1, 但为夏季

Fig. 2 Same as in Fig. 1, but for summer

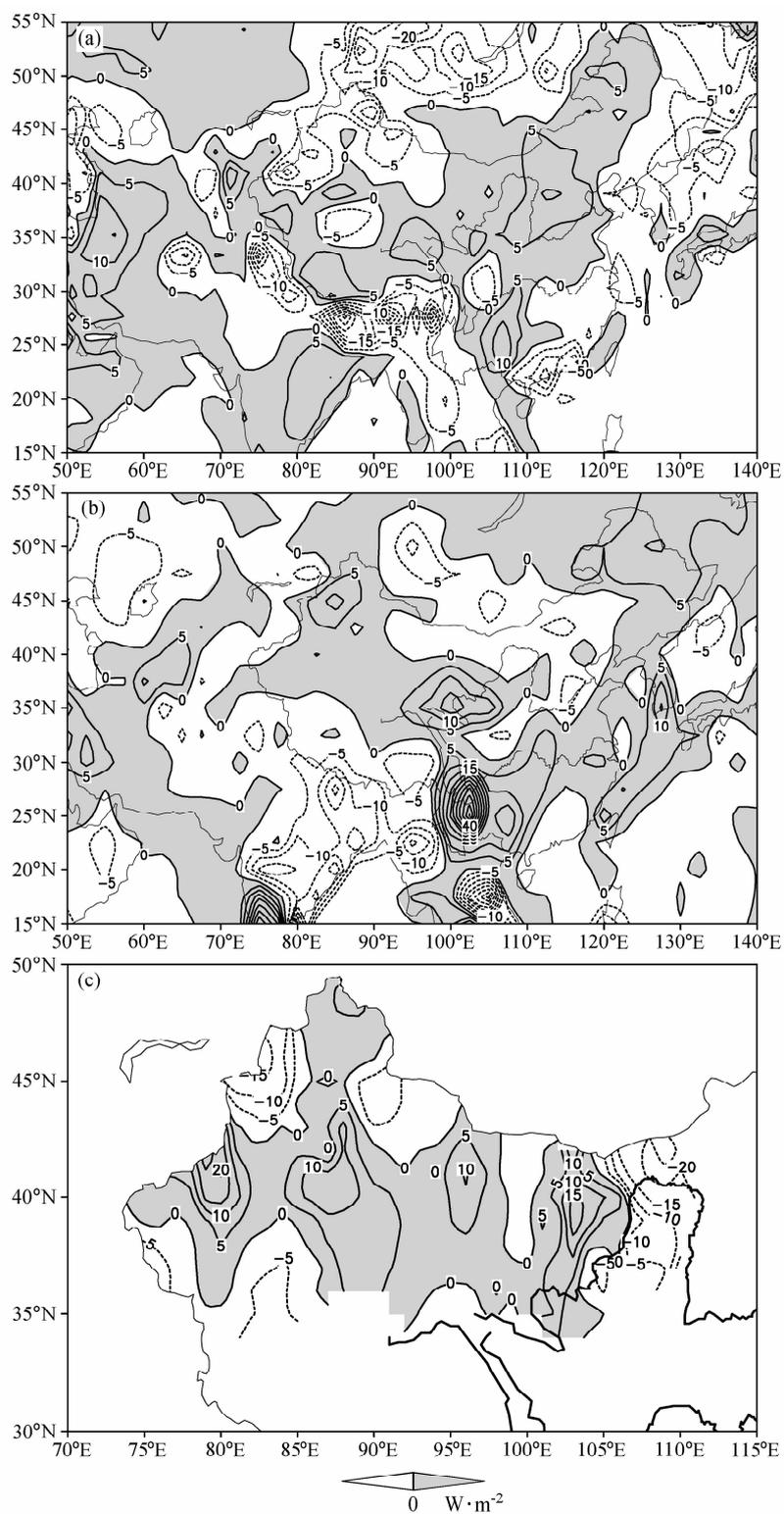


图3 利用 (a) NCAR/NCEP、(b) ERA-40 再分析资料和 (c) 观测资料计算得到春季 (3~5 月) 感热输送距平西北地区 1977~2000 年平均与 1966~1976 年平均之差的分布。取 1961~1990 年平均值作为气候值

Fig. 3 The difference between 1977—2000 and 1966—1976 of spring sensible heat by NCEP/NCAR (a), ERA-40 (b) reanalysis data and observational data (c) in Northwest China. The climatological monthly mean is based on the period 1961—1990

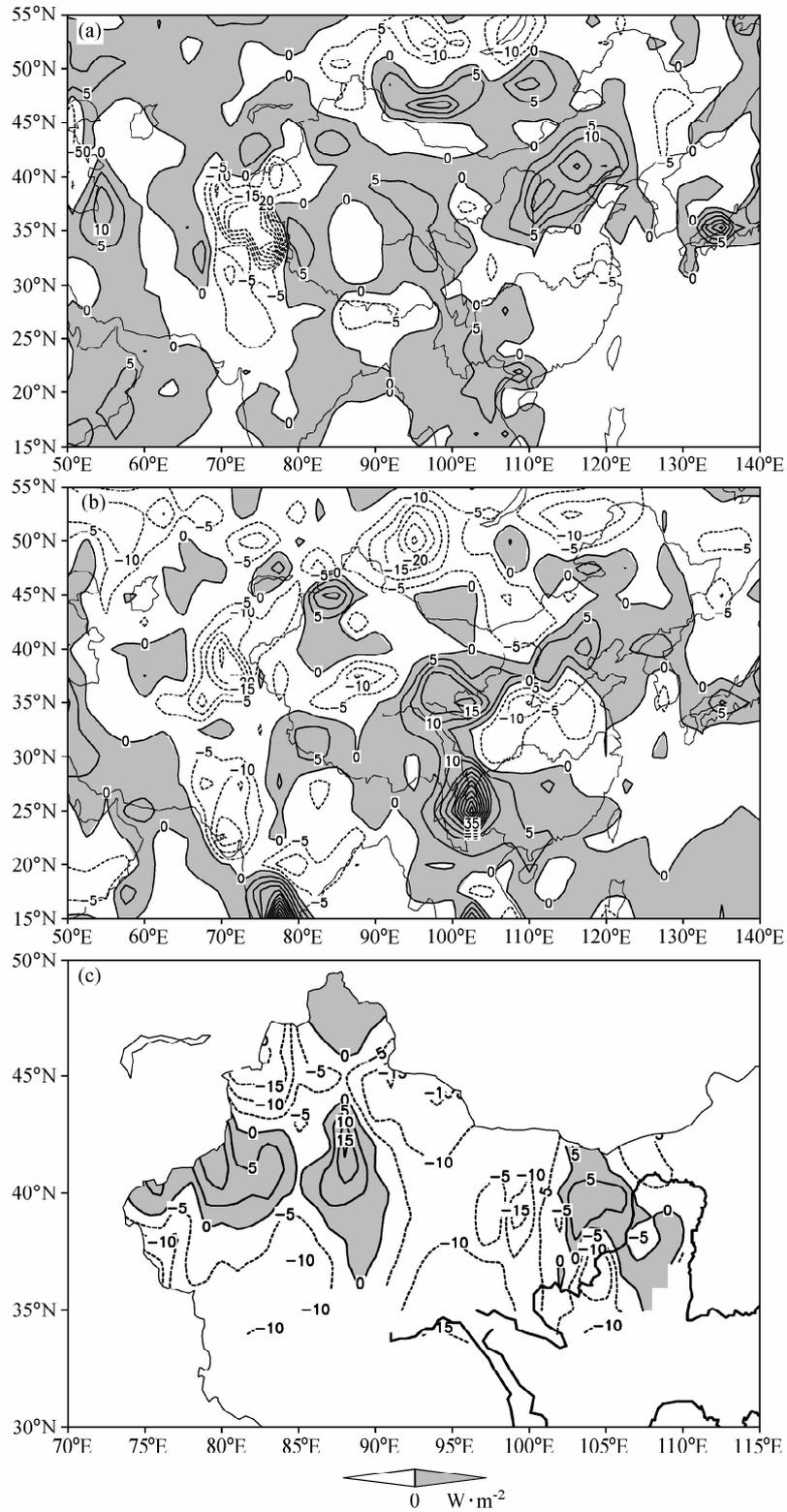


图 4 同图 3, 但为夏季

Fig. 4 Same as in Fig. 3, but for summer

1976年平均之差的分布。由图4a可以看到我国西北大部分地区的春季感热输送为正距平,而图4b和4c则为负距平。因此,NCEP/NCAR再分析资料的感热输送在1977年之后明显增强。但是,ERA-40再分析资料和观测资料计算的夏季感热输送在我国西北地区都表现为1977年之后明显减弱。

综上所述,在年代际时间尺度上,NCEP/NCAR、ERA-40再分析资料的春季感热和观测资料计算得到的春季感热的变化基本一致,为1977年之后在我国西北大部分地区明显增强。但是在夏季,ERA-40再分析资料和观测资料计算得到的感热输送在1977年之后明显减弱,而NCEP/NCAR再分析资料的感热输送在1977年之后仍然增强。因此,ERA-40再分析资料在年代际时间尺度上更接近于观测资料。

2.3 年际变化的差别

将NCEP/NCAR和ERA-40再分析资料在我

国西北地区(35~45°N, 77.5~105°E)做区域平均,对观测资料得到的感热资料做38个台站平均,从而得到西北地区感热输送的逐年变化曲线(图5)。图5a表示NCEP/NCAR、ERA-40再分析资料和观测资料计算得到的春季感热输送的逐年变化曲线,可以看到3条曲线的变化趋势基本一致,从20世纪70年代中期开始有明显增强的趋势。而且从表1可以看到,NCEP/NCAR、ERA-40再分析资料和观测资料计算得到的西北地区区域平均春季感热输送有很强的正相关关系。

图5b表示NCEP/NCAR、ERA-40再分析资料和观测资料计算得到的夏季感热输送的逐年变化曲线,可以看到3条曲线的变化不一致,它们之间的相关系数很小(见表1)。但是,从80年代开始,ERA-40再分析资料的夏季感热输送变化与由观测资料计算的夏季感热输送的趋势基本相同,感热输送都明显减弱了。

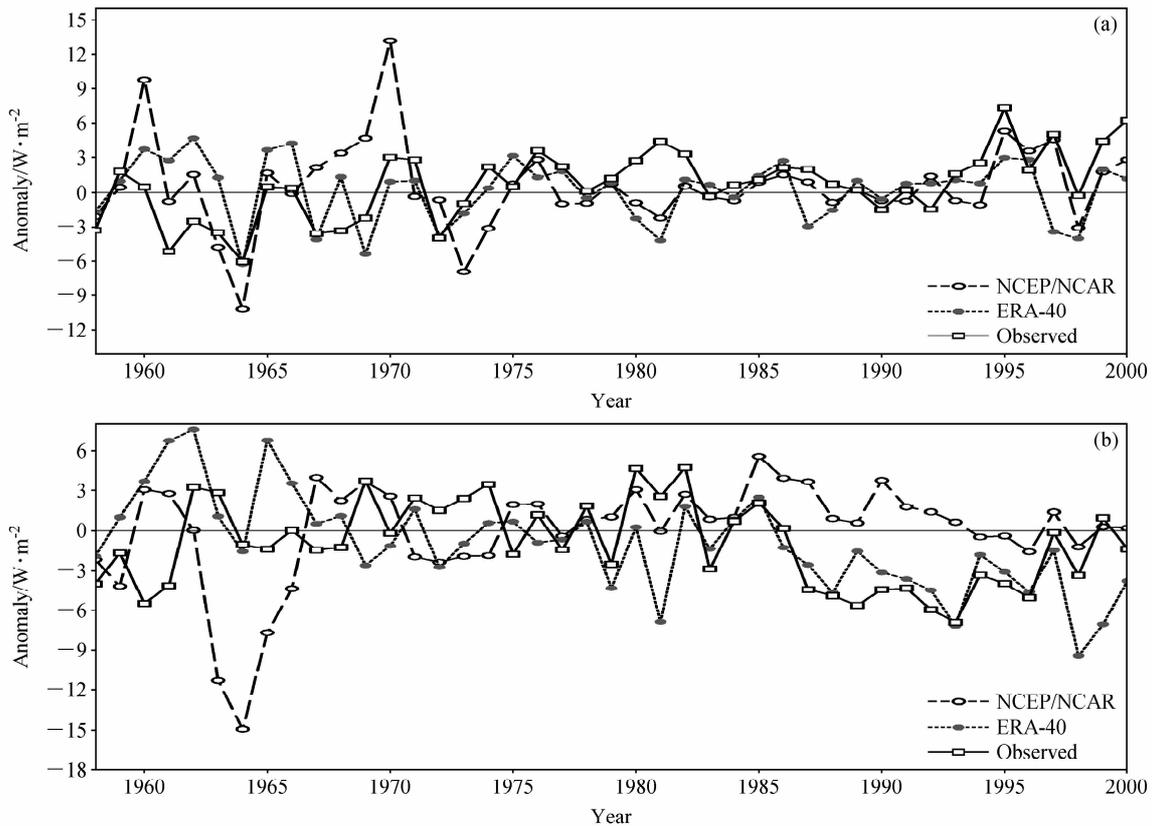


图5 NCEP/NCAR、ERA-40再分析资料和观测资料计算得到的(a)春季和(b)夏季感热输送距平。取1961~1990年平均值作为气候值

Fig. 5 The (a) spring and (b) summer sensible heat by NCEP/NCAR, ERA-40 reanalysis data and observational data. The climatological monthly mean is based on the period 1961—1990

表 1 观测资料计算得到的区域平均感热数据与 NCEP/NCAR、ERA-40 再分析资料的相关系数

Table 1 The correlation coefficient between NCEP/NCAR, ERA-40 reanalysis data and observational data

季节	相关系数	再分析资料
春季	0.400	NCEP/NCAR
	0.480	ERA-40
夏季	-0.079	NCEP/NCAR
	0.014	ERA-40

综上所述, NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料西北地区区域平均的春季感热与由观测资料计算得到的春季感热输送变化基本一致, ERA-40 的相关系数略大于 NCEP/NCAR。但是, NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料在西北地区区域平均的夏季感热和由实测资料所计算得到的感热输送有一定的差别, 虽然它们之间的相关系数并不显著, 但是从 80 年代开始, ERA-40 的变化趋势更接近于观测资料。

2.4 代表站的差别

为了进一步比较 NCEP/NCAR、ERA-40 再分析资料中有关感热输送与观测资料计算的感热输送的差别, 本文利用敦煌台站的地表气温、气温和表面风场以及公式 (1) 计算了春、夏季感热输送距平的年际变化特征。敦煌位于 (40.09°N, 94.41°E), 再分析资料取此点的数值作为敦煌站的感热输送数据。

图 6a 为 NCEP/NCAR、ERA-40 再分析资料和观测资料计算得到的敦煌站春季感热输送的逐年变化曲线, 可以看到 3 条曲线的变化趋势不一致。从表 2 的相关系数就可以看到他们的相关性很低, 但是, ERA-40 再分析资料的变化趋势和由观测资料计算得到敦煌站春季感热基本相同。NCEP/NCAR 再分析资料的春季感热输送却和观测资料计算的敦煌站春季感热趋势相反。

图 6b 为 NCEP/NCAR、ERA-40 再分析资料和观测资料计算得到的敦煌站夏季感热输送的逐年变化曲线, 可以看到 3 条曲线的变化趋势也不

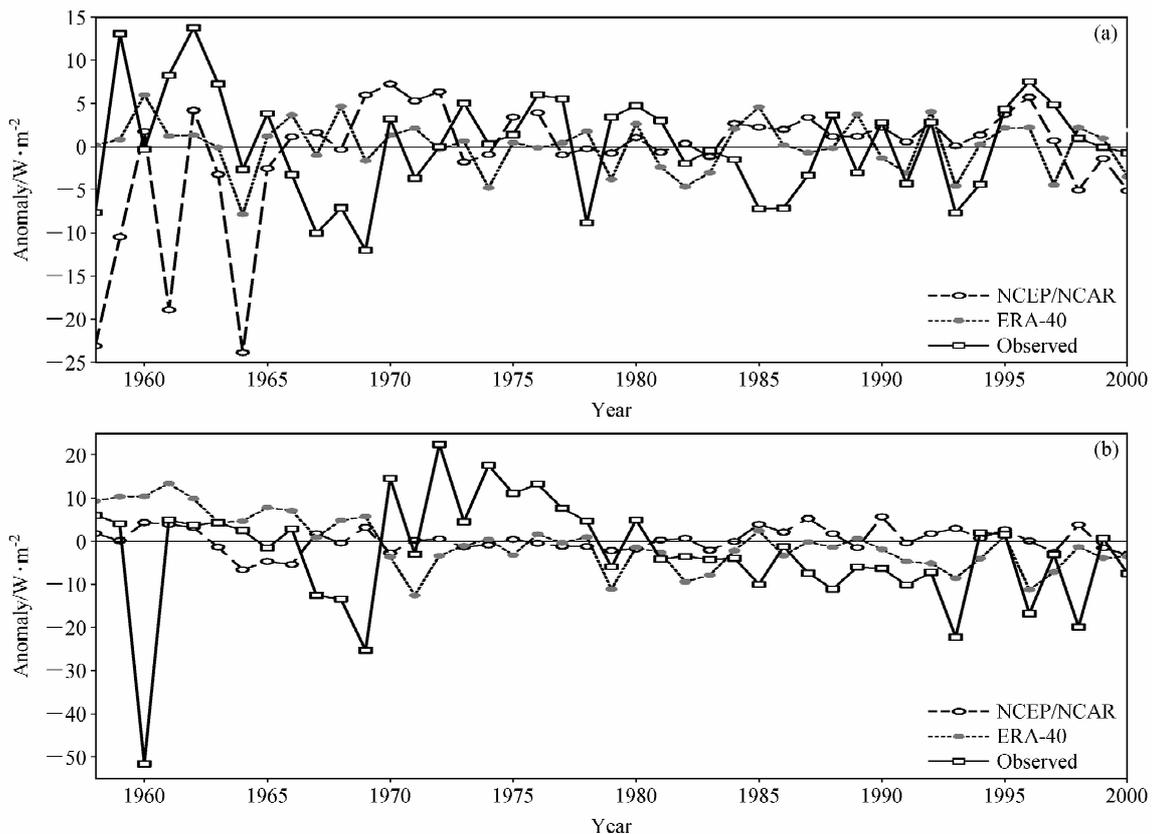


图 6 同图 5, 但为敦煌站

Fig. 6 Same as in Fig. 5, but for Dunhuang station

一致。从表 2 的相关系数可以看到, 敦煌站夏季的观测资料计算的感热与 NCEP/NCAR 再分析资料的感热有显著的负相关, 而与 ERA-40 再分析资料的夏季感热输送有不显著正相关, 特别是 20 世纪中后期开始, 它们的变化趋势一致, 春季感热明显减弱了。

综上所述, 再分析资料的敦煌站春夏季感热输送和观测资料计算的感热输送的相关都不好, 但是从 20 世纪 70 年代中后期开始, ERA-40 再分析资料的敦煌夏季感热输送更接近于观测资料。

为了进一步了解再分析资料 and 用台站资料计算的感热通量的可靠性, 本文将再分析资料与敦煌野外科学试验直接观测的感热通量结果进行短时间的比较 (表 3)。直接观测的感热资料是从 2000 年 5 月 25 日~6 月 17 日和 2004 年 6 月 4 日~7 月 1 日每隔 30 min 的加强观测感热数值。本研究把这些每日的数值做月平均, 因为每个月都不足 30 日, 所以仅仅作为月平均参考值。ERA-40 再分析资料和观测台站计算得到的感热资料在 2004 年没有数值。通过比较可见, ERA-40 再分析资料的感热数值最大; 2004 年 7 月直接观测的感热仅一天, 所以数值比月平均大很多; 观测台站计算得到的感热数值和直接观测的感热数值比较接近; 再分析资料的数值都偏大。

表 2 同表 1, 但为敦煌站
Table 2 Same as in Table 1, but for Dunhuang station

季节	相关系数	再分析资料
春季	-0.046	NCEP/NCAR
	0.069	ERA-40
夏季	-0.410	NCEP/NCAR
	0.017	ERA-40

表 3 敦煌站再分析资料和台站观测资料计算得到的感热与野外科学试验直接观测的感热比较

Table 3 Sensible heat by NCEP/NCAR and ERA-40 reanalysis data, calculated by observational data and direct observational data in Dunhuang station

时间	直接观测	NCEP/NCAR	ERA-40	台站资料计算
2000 年 5 月	85.760	183.170	147.499	55.590
2000 年 6 月	88.990	108.963	144.442	92.450
2004 年 6 月	110.272	118.877		
2004 年 7 月	183.170	110.032		

3 比较结果的讨论

第 2 节分别从气候平均值、年际、年代际和代表台站等方面详细分析并比较了 NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料与观测资料的感热通量在我国西北地区的差异。再分析资料和观测资料在年代际时间尺度上存在着明显的差别, 并且春季和夏季的感热输送也存在着显著的差别, 这是值得进一步讨论的问题, 为此, 本节将讨论西北地区感热输送在春季和夏季产生差异和 NCEP/NCAR 与 ERA-40 再分析资料存在差别的原因。

从公式 (1) 可知, 假定感热输送系数不变的情况下, 感热的变化主要由地气温差和表面风速决定。周连童等 (2006) 已经分析了我国西北地区春夏季地气温差的年代际变化, 指出, 无论春夏季西北地区地气温差均有明显的年代际变化, 1977 年之后春夏季地气温差有明显增强。但是春夏季的表面风速却都明显降低了 (图略), 因此, 春季感热增大可能是由于地气温差增强所致, 夏季感热减弱可能是由于地面风速减弱所致。而且, 周连童等 (2003) 的研究表明, 西北地区夏季降水从 20 世纪 70 年代后期明显增多, 以致造成夏季潜热增大 (图略), 因而这也可能造成夏季感热减弱。

对于 NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料的某些差异, 本文引言中已经作了阐述。由于 NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料的感热数据均是利用模式输出的结果, 因此与模式误差有一定的关系, Inoue et al. (2004) 以及黄刚 (2006) 对海平面气压、位势高度和温度的比较结果就可能是由于模式误差造成的。Yang et al. (2002) 指出 NCEP/NCAR 再分析资料的海平面气压在年代际时间尺度上存在很大的系统误差。并且 Inoue et al. (2004) 以及黄刚 (2006) 的比较结果的差异都出现在欧亚大陆上, 本研究所比较的区域也在欧亚大陆上, 因此可以推断, NCEP/NCAR 再分析资料出现误差的资料之间也互相影响。所以说, NCEP/NCAR 再分析资料欧亚大陆上的陆面感热输送也将可能存在着系统误差。另有可能是由于陆面模式的陆面参数不合理, Trenberth (2004) 分析指出 NCEP/NCAR 模式中的某些参数不合

理, 比如采用了固定的温室气体混合率, 没有考虑气溶胶和不完整的云盖, 这些都可能造成陆面数据的很大误差。Josey (2001) 指出由于模式低估了短波辐射和高估了潜热损失, 以致造成 NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料在表面热通量上的差异, 同时也会造成模式输出感热数据的误差。并且, Simmons et al. (2004) 分析指出, ERA-40 再分析资料中使用了大量的表面观测资料, 特别是表面温度资料是利用表面观测资料和模式预测结果相结合, 通过最佳插值法得到的表面气温再分析资料。因此, ERA-40 再分析资料的表面场资料更接近于观测资料。

综上所述, 由于系统误差和模式中陆面过程参数化方案的差异以及利用观测资料的差异, 都可能导致 NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料产生数据的差异。并且在陆面资料中, ERA-40 再分析资料比较接近观测资料。

4 结论和展望

本文利用 1951~2000 年我国西北干旱、半干旱区地温、气温和表面风场逐日 2、8、14 和 20 时的台站观测资料, 以及 NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料, 计算并比较了我国西北地区春夏季感热输送的差异。分析结果如下:

NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料的感热输送都能显示出我国西北地区是欧亚大陆上的感热中心之一。因此, 可成为欧亚大陆上的“热垫”。

在年代际时间尺度上, NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料的春季感热和观测资料计算得到的春季感热变化基本一致, 都是从 1977 年之后在我国西北大部分地区明显增强。但是在夏季, ERA-40 再分析资料和观测资料计算得到的感热输送在 1977 年之后明显减弱, 而 NCEP/NCAR 再分析资料的感热输送在 1977 年之后仍然增强。因此, ERA-40 再分析资料在年代际时间尺度上更接近于观测资料。

从年际变化上比较, NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料的西北地区区域平均的春季感热与观测资料计算得到的春季感热输送变化基本一致, ERA-40 的相关系数略大于 NCEP/NCAR 的。但是, NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料的西北

地区区域平均夏季感热和由实测资料所计算得到的感热输送有一定差别, 虽然它们之间的相关系数并不显著, 但是从 20 世纪 80 年代开始, ERA-40 的变化趋势更接近于观测资料。

从敦煌站比较, 再分析资料的春夏季感热输送和由观测资料计算的感热输送相关都不好, 但是从 20 世纪 70 年代中后期开始, ERA-40 再分析资料的敦煌夏季感热输送更接近于观测资料。

由于系统误差和模式中陆面过程参数化方案差异以及利用观测资料上的差异, 这些都可能导致 NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料所产生的数据的差异。并且在陆面资料中, ERA-40 再分析资料比较接近观测资料。

通过本文的比较可以得出结论: ERA-40 再分析资料的感热资料在年代际时间尺度上更接近于观测资料的感热的变化趋势, 并且, 欧亚大陆上具有强大的感热输送, 其年代际变化势必会引起局地周围大气环流的变化。因此, 在下一步工作中, 将利用 ERA-40 再分析感热资料分析欧亚大陆感热异常及其对东亚大气环流的影响, 特别是对我国气候的影响。

参考文献 (References)

- 布和朝鲁, 纪立人, 崔茂常. 2002. 夏季我国干旱, 半干旱区陆面过程能量平衡及其局地大气环流 [J]. 气候与环境研究, 7 (1): 61-73. Bueh Cholaw, Ji Liren, Cui Maochang. 2002. Energy balance of land surface process in the arid and semi-arid regions of China and its relation to the regional atmospheric circulation in summer [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 7 (1): 61-73.
- 范丽军, 韦志刚, 董文杰. 2004. 西北干旱区地气温差的时空特征分析 [J]. 高原气象, 23 (3): 360-367. Fan Lijun, Wei Zhigang, Dong Wenjie. 2004. The characteristic of temporal and spatial distribution of the differences between ground and air temperature in the arid region of Northwest China [J]. Plateau Meteorology (in Chinese), 23 (3): 360-367.
- Gibson J K, Kallberg P, Uppala S, et al. 1997. ERA description, ECMWF reanalysis project report series1, ECMWF [J]. Reading, 66pp.
- 黄刚. 2006. NCEP/NCAR 和 ERA-40 再分析资料以及探空观测资料分析中国被反地区年代际气候变化 [J]. 气候与环境研究, 11 (3): 310-320. Huang Gang. 2006. The assessment and difference of the interdecadal variations of climate change in Northern part of China with the NCEP/NCAR and ERA-40 rean-

- alysis data [J]. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 11 (3): 310 - 320.
- Inoue T, Matsumoto J. 2004. A comparison of summer sea level pressure over East Eurasia between NCEP/NCAR reanalysis and ERA-40 for the period 1960 - 99 [J]. *J. Meteor. Soc. Japan*, 82: 951 - 958.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. Special Report on climate change in the past/Government Review. 2005, <http://www.ipcc.ch/>
- Josey S A. 2001. A comparison of ECMWF, NCEP/NCAR and SOC surface heat fluxes with moored buoy measurements in the subduction region of the Northeast Atlantic [J]. *J. Climate*, 14: 1780 - 1789.
- Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project [J]. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77: 437 - 471.
- Kistler R, Kalnay E, Collins W, et al. 2001. The NCEP/NCAR 50-year reanalysis: Monthly means CD-ROM and documentation [J]. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 82: 247 - 262.
- Lioubimtseva E, Cole R, Adams J M, et al. 2005. Impacts of climate and land-cover changes in arid lands of Central Asia [J]. *Journal of Arid Environments*, 62: 285 - 308.
- Newman M, Sardeshmukh P D, Bergman J W. 2000. An assessment of the NCEP, NASA, and ECMWF reanalysis over the tropical west Pacific warm pool [J]. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 81: 41 - 48.
- Pilifosova O V, Eserkepova I B, Dolgih S A. 1997. Regional climate change scenarios under global warming in Kazakhstan [J]. *Climatic Change*, 36: 23 - 40.
- Simmons A J, Jones P D, Bechtold V C, et al. 2004. Comparison of trends and low-frequency variability in CRU, ERA-40, and NCEP/NCAR analyses of surface air temperature [J]. *J. Geophys. Res.*, 109: D24115, doi: 1029/2004JD005306.
- Trenberth K E. 2004. Rural land-use change and climate [J]. *Nature*, 427: 213 - 214.
- Uppala S. 2002. ECMWF reanalysis, 1957-2001, ERA-40 [J]. ERA-40 Project Report Series, 3: 1 - 10.
- Wei Zhigang, Fan Lijun, Huang Ronghui, et al. 2002. The correlation analysis between the spring ($T_s - T_a$) in the arid region in Northwest China and Chinese summer rainfall. International Workshop on the Air-Land Interaction in Arid and Semi-Arid Areas and Its Impact on Climate (IWALI), Dunhuang-City, Gansu Province, China, 17 - 21 August, 2002, 182 - 185.
- 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.
- 张强, 卫国安, 黄荣辉. 2001. 荒漠戈壁动量和感热总体输送系数 [J]. *中国科学 (D辑)*, 31 (9): 783 - 792. Zhang Qiang, Wei Guo'an, Huang Ronghui. 2001. Momentum and bulk sensible heat transfer coefficient over Gobi in Northwest China [J]. *Science in China (Ser. D) (in Chinese)*, 31 (9): 783 - 792.
- 张强, 卫国安, 黄荣辉. 2003. 西北干旱区敦煌戈壁区局地陆面过程野外试验研究 [C] // 吴国雄, 孙菽芬, 陈文等编. 我国重大气候灾害的形成机理和预测理论研究论文集 (三), 青藏高原与西北干旱区对气候灾害的影响. 北京: 气象出版社, 157 - 177.
- Zhang Qiang, Wei Guoan, Huang Ronghui. 2003. The field experiment on local surface process of Dunhuang in arid region [C] // Wu Guoxiong, Sun Shufen, Chen Wen et al., Eds. Collected papers of the project "Research on the Formation Mechanism and Prediction Theory of Severe Climatic Disasters in China" III, Influence of Tibet and arid region on climatic disasters (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 157 - 177.
- 周连童, 黄荣辉. 2003. 关于中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*, 8 (3): 274 - 290. Zhou Liantong, Huang Ronghui. 2003. Research on the characteristics of interdecadal variability of summer climate in China and its possible cause [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 8 (3): 274 - 290.
- 周连童, 黄荣辉. 2006. 中国西北干旱、半干旱区春季地气温差的年代际变化特征及其对华北夏季降水年代际变化的影响 [J]. *气候与环境研究*, 11 (1): 1 - 13. Zhou Liantong, Huang Ronghui. 2006. Characteristics of interdecadal variability of the difference between surface temperature and surface air-temperature ($T_s - T_a$) in spring in arid and semi-Arid region of Northwest China and Its impact on summer precipitation in North China [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 11 (1): 1 - 13.
- 周连童, 黄荣辉. 2008. 中国西北干旱、半干旱区感热的年代际变化特征及其与中国夏季降水的关系 [J]. *大气科学*, 32 (6): 1276 - 1288. Zhou Liantong, Huang Ronghui. 2008. Interdecadal variability of sensible heat in arid and semi-Arid region of Northwest China and its relation to summer precipitation in China [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 32 (6): 1276 - 1288.