0577-6619/2009/67(4)-0561-68 *Acta Meteorologica Sinica* 气象学报

东亚地区水汽输送强、弱年水汽输送的异同*

张雪梅[1,2] 江志红[2] 刘晓东[3] 兰博文[1]
ZHANG Xuemei[1,2] JIANG Zhihong[2] LIU Xiaodong[3] LAN Bowen[1]

1. 黑龙江省哈尔滨市气象局，哈尔滨，150080
2. 南京信息工程大学，气象灾害省部共建教育部重点实验室，南京，210044
3. 江西省气象局，南昌，330046
1. *Harbin Meteorlogical Bureau*, *Harbin* 150080, *China*
2. *Key Laboratory of Meteorological Disaster of Ministry of Education*, *Nanjing University of Information Science & Technology*, *Nanjing* 210044, *China*
3. *Jiangxi Meteorlogical Bureau*, *Nanchang* 330046, *China*

2007-05-30 收稿，2007-12-26 改回.

Zhang Xuemei, Jiang Zhihong, Liu Xiaodong, Lan Bowen. 2009. Comparison of Atmospheric Moisture Transport between Strong and Weak transport Years over East Asia. *Acta Meteorologica Sinica*, 67(4):561－568

Abstract By use of the NCEP/NCAR daily mean reanalysis data from 1950 to 2002, vertically integrated moisture fluxes (VIMFs) were calculated over East Asia, and a strong/weak moisture transport year (SMTY/WMTY) was defined according the coefficient of the first EEOF eigenvector of pentad mean VIMFs of the summer half-year (April－September) for the period 1950－2002. Similarities and differences of pentad mean VIMFs between SMTYs and WMTYs are studied through examination of the spatial distributions of mean moisture transport, seasonal advance of southerly wind moisture transport (SMT), and the intensity and evolution of the southeast wind moisture transport (SEMT) south of the Northwest Pacific subtropical high. The results show that: 1) In SMTYs, the northward transport of VIMFs across the Equator from the Southern Hemisphere to the Northern Hemisphere, and the northeastward transport of VIMFs over the Arab Sea and the Bay of Bengal are significntly large, the westerly wind moisture transport belt in the mid-latitudes (40°－45°N) over East Asia is remarkable, and changes in moisture transport in the summer half-year are relatively small. However, in WMTYs, the opposite is true. Furthermore, there is a large VIMF belt over the Yunnan-Guizhou Plateau, the mid-reach of the Yangtze River, North China, and the southern part of Northeast China in SMTYs, but in WMTYs, there is only a small VIMFs belt over southern China, the east coast region, and the southern part of Northeast China. 2) The SMT in East Asia (100°－130°E) starts earlier in SMTYs, it reaches a higher latitude and prevails for a longer period of time, and retreats southwards at a later date in comparison with that in WMTYs. 3) The onset of SEMT at 160°E in SMTYs is earlier, the SEMT lasts longer, and reaches its western limit (95°E) later relative to the transport in WMTYs; and the SEMT west of 95°E in the south of Himalaya Mountains associated with the Indian monsoon trough has a longer duration and a larger influencing region in SMTYs than in WMTYs.

Key words East Asia, atmospheric moisture transport, pentad, characteristic contour

摘　要　利用1950—2002年NCAR/NCEP再分析逐日平均资料，计算全球格点整层水汽输送通量，分析东亚地区水汽输送强、弱年候平均水汽输送的异同点。水汽输送强、弱年都存在一条行星尺度水汽输送带，但是又有显著的差异：(1) 南半球越赤道、阿拉伯海、孟加拉湾的水汽输出量不同。(2) 副热带高压外围水汽的强度和影响范围不同。(3) 中纬度向内蒙古中部和东北地区输送水汽的偏西风水汽输送带在水汽输送强年明显、弱年不明显。(4) 在水汽输送强年中国云贵高原—长江中

* 资助项目：国家自然科学基金项目(40375032)和江苏省高校自然科学重大基础研究项目(07KJA17020)。
作者简介：张雪梅，主要从事短期气候预测与研究工作。E-mail: linxiaoyv@163.com

游—华北—东北南部有一条明显的水汽输送大值带，中国中、东部均有水汽输送，只是中国东南部和长江中下游地区水汽输送相对较少；在水汽输送弱年仅中国南方、东部沿海和东北地区南部有弱的水汽输送。(5) 水汽输送强年的变化较为平缓，而水汽输送弱年则比较迅速。东亚地区偏南风水汽输送在水汽输送强、弱年的相同特征是：特征线南撤的速度非常快，在 20°—30°N 附近有东南风水汽输送加入，并取代西南风水汽输送；不同之处是，水汽输送强年建立的时间早、能够到达更北的纬度、强盛期长、撤退的时间迟。副热带高压南侧东南风水汽输送在水汽输送强、弱年的共同点是，西界均为 95°E，由建立到强盛的速度都非常快，在强盛期突然就东撤到 130°E 以东的区域；不同点是，在 160°E 处东南风水汽输送建立的时间不同，强盛期不同，到达西界的时间不同，印度季风槽在 95°E 以西形成的东南风水汽输送持续时间和影响范围不同，西扩和东撤的速度不同。

关键词 东亚，水汽输送，候，特征线

中图法分类号 P426 P434^{+}.5

1 引 言

东亚地区受亚洲季风的影响，水汽输送及其辐合的变化直接影响到旱涝的发生。因此对该区域水汽输送的研究不仅有利于揭示大气环流系统和天气系统的基本特征，同时对研究气候异常、防灾减灾意义重大。

关于亚洲季风区水汽输送特征和收支状况，已有不少气象工作者作了大量的研究，得出许多有意义的结论。吴国雄(1990)利用 1979 年 9 月至 1984 年 8 月欧洲预报中心每日 4 次 13 层分析资料绘制了与水汽输送有关的各种物理量的高度剖面图，研究了不同尺度的大气运动对水汽输送和收支的贡献，发现热带行星波把水汽从热带输向副热带。黄荣辉等(1998)利用 ECMWF 欧洲中心 1980—1989 年逐日资料从 1000 hPa 开始积分得到的垂直积分的水汽输送通量资料讨论了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，指出东亚季风区的水汽输送以经向输送为主，其水汽的辐合主要是由季风气流引起的水汽平流所造成的。伊兰等(1997)利用 ECMWF 欧洲中心 1979—1989 年的逐日资料从地表面开始进行整层积分得到的垂直积分的水汽输送通量资料，分析了定常波和瞬变波在亚洲季风区大气水分循环中的作用，指出夏季定常涡动输送的经向分量是水汽从热带输送到副热带的主要机制，而瞬变涡动输送的经向分量则是把水汽从副热带输送到中高纬的主要机制，由于季风经圈环流的存在，使得亚洲季风区的热带地区成为重要的水汽源区，而其副热带和中纬度地区是水汽汇区 。田红等(2002)利用1958—1998年NCAR/NCEP再分析逐日资料从地表面积分而得到的整层水汽输送通量绘制了冬、夏季平均及年平均的纬(经)向水汽通量的经(纬)向剖面图，发现全球纬向水汽输送在南北半球中高纬度由西向东，在低纬由东向西，分别与中纬度西风带和热带东风带一致，经向输送在夏季由南半球向北半球输送，冬季则相反。

水汽输送特别是整层垂直积分的水汽输送的辐合辐散直接与降水有关，季风携带的水汽对于季风区域中水分平衡起着重要作用(高由禧等，1959；徐淑英，1958；谢义炳等，1959)，事实上，水汽输送季节转换的关键时段、关键区域和关键征兆对于跨季度预报是至关重要，它们在水汽输送强、弱年的特点有显著差异，水汽输送的年际、年代际变化与中国东部旱涝变化特征密切相关。查阅大量资料发现，采用从地表面开始垂直积分的长时段的水汽输送资料来讨论东亚季风区(包括北半球中高纬地区)水汽输送强、弱年候平均水汽输送异同点的研究还很少有过。本文将使用 1950—2002 年整层垂直积分的水汽通量资料，使用 EEOF 方法分解逐年逐候水汽输送通量，找出东亚地区水汽输送强、弱年候平均水汽输送的相同之处和差异。

2 资 料

1950—2002 年 NCAR/NCEP 再分析逐日平均资料，包括高空水平纬向风 u、经向风 v、比湿 q，地表面气压 p_s。其中 u、v 场在垂直方向有 17 层(1000、925、850、700、600、500、400、300、250、200、150、100、70、50、30、20、10 hPa)，单位为 m/s；q 场在垂直方向有8层(1000—300 hPa)，单位为kg/kg；p_s的单位为Pa；各资料场的水平精度均为2.5°×

2.5°经纬度。

2.1 资料处理方法

在 p 坐标系中,单位时间通过垂直于风向的、底为单位长度、高为整层大气柱的单位面积上的总水汽通量 Q(垂直积分的水汽通量)包括

纬向水汽输送通量

$$Q_\lambda = \langle qu \rangle = -\frac{1}{g}\int_{p_s}^{p_t} qu\,\mathrm{d}p \tag{1}$$

经向水汽输送通量

$$Q_\varphi = \langle qv \rangle = -\frac{1}{g}\int_{p_s}^{p_t} qv\,\mathrm{d}p \tag{2}$$

$$Q = Q_\lambda + Q_\varphi \tag{3}$$

式中 p_s 为地表面气压,p_t 取 300 hPa,g 为重力加速度(周长艳,2004;朱乾根等,1981)。

为得到东亚地区水汽输送推进过程的时空变化特征,对(15°S—50°N、40°—160°E)范围内 1950—2002 年的经向、纬向水汽通量原始场进行扩展自然正交展开,再将第19—54候进行扩展自然正交展开。

由 EEOF 分解 1950—2002 年第 19—54 候逐候整层垂直积分水汽输送通量原始场的第 1 特征向量图(图略)可以看出,各候第1特征向量空间分布代表了多年平均状况,其方差贡献为 64.2%,因此,文中着重根据 EEOF 分解原始场第 1 特征向量时间系数(图 1)来进行讨论。

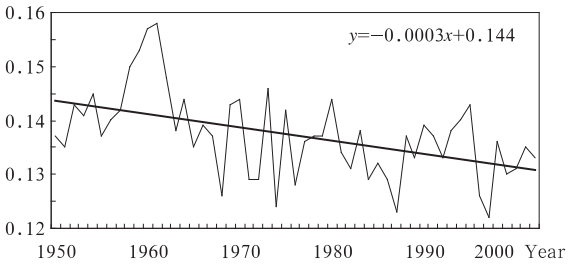


图 1 EEOF 分解 1950—2002 年第 19—54 候逐候整层垂直积分水汽输送通量原始场第 1 特征向量时间系数

Fig. 1 Time coefficients of the first characteristic vector of the EEOF of the column integrated water vapor flux transport from 19 to 54 pentad during 1950 to 2002

3 水汽输送强、弱年的确定

计算 EEOF 分解第 1 特征向量时间系数的标准差,选取时间系数≥1.3 倍标准差的 5 个年份(1958、1959、1960、1961、1962 年)进行时间系数大值年合成,时间系数≤−1.3 倍标准差的 5 个年份(1968、1974、1987、1996、1997 年)进行时间系数小值年合成,再对大值年合成场、小值年合成场、多年平均逐候水汽输送场进行 EEOF 分解,得到第 1 特征向量图(图 2)。对比图 2a、2b 和 2c,很容易地看出,大值年南半球越赤道、阿拉伯海、孟加拉湾的水汽输送多于多年平均,水汽输送带中心强度大、向中国南海和中国东部的水汽输送偏强,小值年则相反,水汽输送较少、中心强度小、向南海的水汽输送偏弱;副高外围水汽输送的强度在大值年偏强、影响范围大,小值年则比多年平均水汽输送的强度弱、影响范围小;在水汽输送大值年,中纬度(40°—45°N)的偏西风水汽输送带十分明显,在水汽输送小值年这条水汽输送带不明显;在水汽输送大值年,中国中、东部水汽输送的北边界、西边界比多年平均偏北、偏西,并且中国东部水汽输送的强度偏强,在水汽输送小值年,中国中、东部水汽输送的范围小于多年平均情况。这些对比可以说明,水汽输送时间系数大值年是水汽输送较强的年份,而小值年是水汽输送较弱的年份。因而可以按照 EEOF 分解时间系数标准差来划分水汽输送的强、弱年。

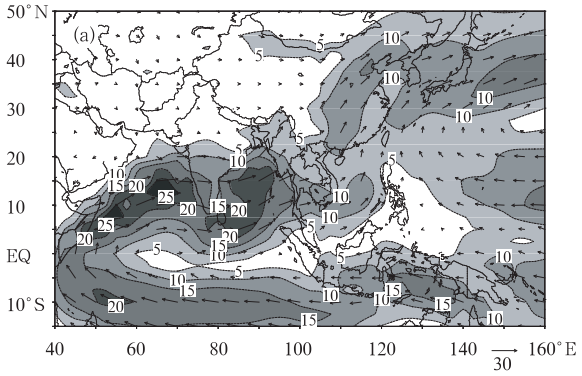
规定 EEOF 分解原始场第 1 特征向量时间系数≥0.5 倍标准差的年份为水汽输送强年,时间系数≤−0.5 倍标准差的年份为水汽输送弱年,时间系数在±0.5 倍标准差以内的年份为水汽输送正常年。表 1 列出了按照上述标准划分的 1950—2002 年水汽输送强、弱、正常年。

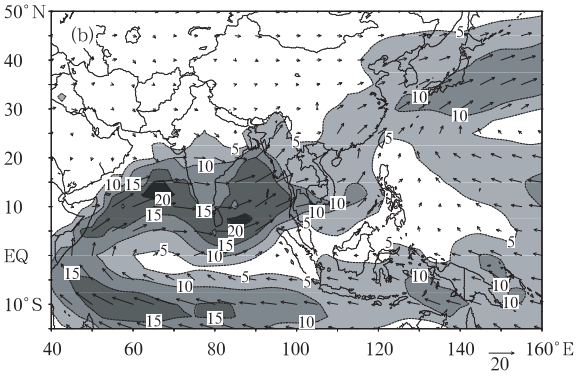
4 强、弱年水汽输送过程对比

4.1 强、弱年水汽输送的 EEOF 分析对比

分别对逐候水汽输送强、弱年的合成场进行 EEOF 分解,第 1 特征向量的方差贡献分别为 79.0%、74.2%。

从逐候水汽输送强、弱年合成场的平均状况(图 2)可以看出,两个场都存在一条行星尺度水汽输送带,但是又有显著的差异:(1)南半球越赤道、阿拉伯海、孟加拉湾的水汽输出量不同。水汽输送强年水汽输送带中心强度大、弱年则小。(2)副热带高压外





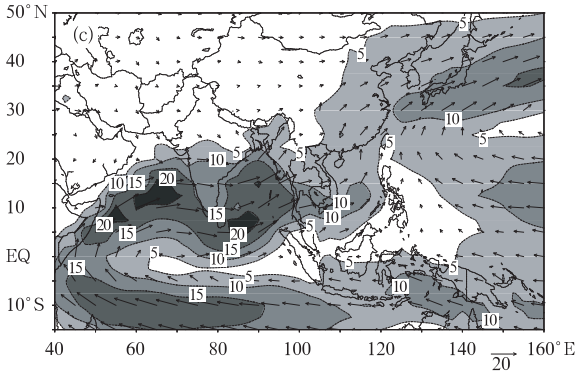


图 2 EEOF 分解第 19—54 候水汽输送强年(a)、弱年(b)、多年平均(c)第 1 特征向量分布

Fig. 2 The first EEOF characteristic vector in SMTYs (a), WMTYs (b), and the multi-year mean (c) from 19 to 54 pentad

表 1 水汽输送强、弱、正常年

Table 1 The strong, weak and normal water vapor transportation years

强年	弱年	正常年
1952	1968	1950
1954	1971	1951
1957	1972	1953
1958	1974	1955
1959	1976	1956
1960	1982	1963
1961	1984	1965
1962	1985	1966
1964	1986	1967
1969	1987	1977
1970	1989	1978
1973	1992	1979
1975	1996	1981
1980	1997	1983
1995	1999	1988
	2000	1990
	2002	1991
		1993
		1994
		1998
		2001

围水汽的强度和影响范围不同。在水汽输送强年，副热带高压外围水汽输送较强，其东南风水汽输送西界在 120°E 附近，北界越过 50°N；而在水汽输送弱年水汽输送较弱，西界还未能到达 130°E，北界在 40°N附近。(3)在水汽输送强年，中纬度(40°—45°N)有一条明显的偏西风水汽输送带，向内蒙古中部和东北地区输送水汽；在水汽输送弱年这条水汽输送带不明显。(4)在水汽输送强年，中国云贵高原—长江中游—华北—东北南部有一条明显的水汽输送大值带，中国中、东部均有水汽输送，只是中国东南部和长江中下游地区水汽输送相对较少；但是在水汽输送弱年，仅中国南方、东部沿海和东北地区南部有弱的水汽输送。

由第 1 特征向量时间系数(图 3)可以清晰地看见，在水汽输送强年(实线)，4 月第 3 候水汽输送明显增大，之后稳步加强，到 6 月第 6 候达到极大值，然后缓慢减弱；水汽输送弱年(虚线)时间演变曲线波动很大，4 月第 6 候至 5 月第 1 候水汽输送剧烈增加，此后又迅速减少，5 月第 3 候达到低值点，5 月第 4 候至 6 月第 4 候水汽输送又剧烈增加，于 7 月第 1—3 候水汽输送达到盛期，8 月第 5 候开始快速减少。水汽输送强年水汽输送的变化较为和缓，而水汽输送弱年不管是水汽输送由弱到强还是由强到弱的变化都比较迅速；水汽输送强、弱年水汽输送强盛期的区别不是很显著。

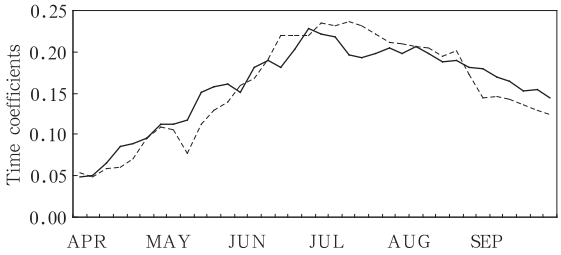


图 3 EEOF 分解第 19—54 候水汽输送强年(实线)、弱年(虚线)第 1 特征向量时间系数

Fig. 3 Time coefficients of the first EEOF characteristic vector in SMTYs (solid line) and WMTYs (dotted line) from 19 to 54 pentad

4.2 强、弱年偏南风水汽输送逐候演变的对比

为了揭示偏南风水汽输送在水汽输送强、弱年北进与南撤特征的异同点,制作东亚地区 105°E(取 100°—110°E 平均)、115°E(取 110°—120°E 平均)、125°E(取 120°—130°E 平均)附近水汽输送强、弱年水汽输送通量时间-纬度剖面(图 4)。

以图 4 中连续的 0.3 kg/(m·s)和 1 kg/(m·s)经向水汽输送线作为偏南风水汽输送特征线,很明显,中南半岛—长江中上游地区—西北地区—内蒙古西部—蒙古国中部—贝加尔湖范围内水汽输送不管是在强年还是弱年,都与多年平均(图略)状况类似,在 20°—25°N 附近一直有偏南风水汽输送,只是冬季很弱。水汽输送强年第 12—24 候(2 月第 6 候—4 月第 6 候)特征线在 30°N 附近;第 24 候(4 月第 6 候)15°—25°N 的西南风水汽输送加强,30°N 附近的西南风水汽输送也略有加强,特征线开始逐渐向北移动;第 33—36 候(6 月第 3—6 候)西南风水汽输送再次加强,特征线北扩至 37°N 附近;第 38—46 候(7 月第 2 候—8 月第 4 候)西南风水汽输送极其旺盛,特征线北界稳定在 38°N 附近,并偶尔再向北扩展至50°N;第 46 候(8 月第 4 候)开始,20°—25°N 附近有东南风水汽输送加入;第 52 候(9 月第 4 候)时西南风水汽输送首先在 25°N 以南的中低纬度消失,为偏东风水汽输送所取代,25°—37°N 还维持有西南风水汽输送;此后特征线北界缓慢南移,到第 65 候(11 月第 5 候)西南风水汽输送才变得极弱。水汽输送弱年特征线只是在第 38 候(7 月第 2 候)才有明显北进的迹象,到达 37°N,但第 43 候(8 月第 1 候)就快速南撤了;第 44 候(8 月第 2 候)20°—30°N 附近有东南风水汽输送加入;第 48 候(8 月第 6 候)中低纬度的西南风水汽输送消失;此后西南风水汽输送变得很不稳定。水汽输送强年偏南风水汽输送的特征比多年平均状况变得明显,而水汽输送弱年偏南风水汽输送没有明显的北进、加强、南撤过程。

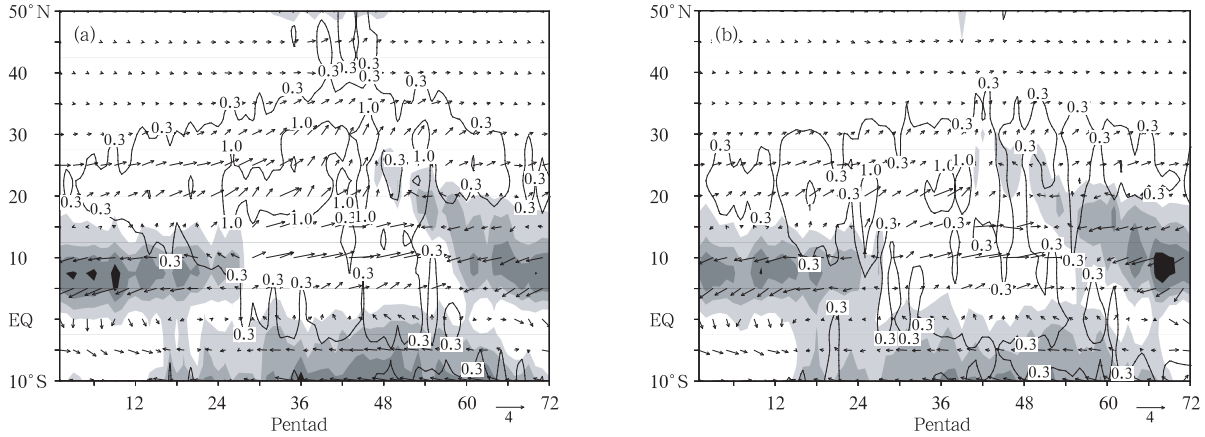


图 4 105°E(100°—110°E 平均)逐候水汽输送强年(a)、弱年(b)水汽输送通量(单位:kg/(m·s))时间-纬度剖面(阴影区为$\langle qu \rangle \leqslant 0$ 的区域)

Fig. 4 Time-latitude cross sections of water vapor fluxtransport (unit: kg/(m·s)) along 105°E (100°—110°E mean) for SMTYs (a) and WMTYs (b) (shaded areas: $\langle qu \rangle \leqslant 0$)

对比图 5a 和 5b,南海—江南地区—长江中下游地区—黄淮地区—华北地区—内蒙古中东部—蒙古国东部范围内水汽输送在水汽输送强、弱年有显著差别:(1)偏南风水汽输送建立时间不同。水汽输

送强年1月底在22°—30°N附近形成偏南风水汽输送;水汽输送弱年3月初才建立,但是所跨的纬度较宽,18°—31°N均处于偏南风水汽输送中。(2)特征线北进速度不同。水汽输送强年5月底偏南风水汽输送就北伸到了50°N附近;而水汽输送弱年7月下旬才到达45°N。(3)能够到达的北界不同。水汽输送强年偏南风水汽输送能够到达50°N以北;水汽输送弱年仅能到45°N附近。(4)强盛期不同。水汽输送强年,4月底偏南风水汽输送开始明显加强,6月中旬再次加强,进入强盛阶段,并维持到8月底;水汽输送弱年偏南风水汽输送7月初才开始加强,并很快进入强盛期,但仅维持到8月中旬就快速减弱了。(5)特征线南撤时间不同。水汽输送强年偏南风水汽输送持续到10月初首先在30°N以南的中低纬度消失,中纬度剩余的西南风水汽输送到10月末才快速减弱,此特征与多年平均状况不一致(图略);水汽输送弱年到8月底偏南风水汽输送就快速撤到15°N以南。

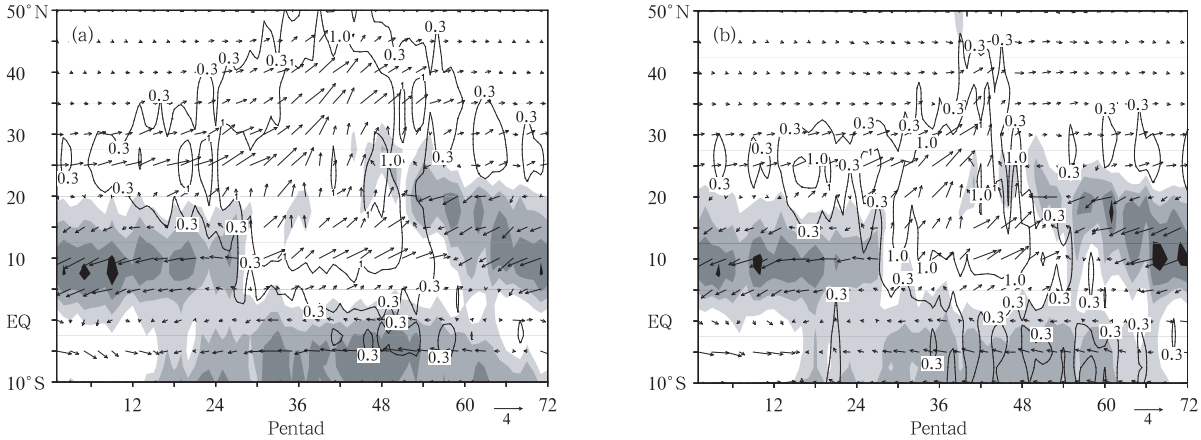


图5 115°E(110°—120°E平均)逐候水汽输送强年(a)、弱年(b)水汽输送通量(单位:kg/(m·s))时间-纬度剖面(阴影区为$\langle qu \rangle \leqslant 0$的区域)

Fig. 5 As in Fig. 4, but along 115°E(110°—120°E mean)

由图6可以看到,菲律宾—中国东南沿海—西太平洋—朝鲜半岛—东北地区水汽输送在强年和弱年的特征差别很大。在水汽输送强年,连续的西南风水汽输送于第18候(3月第6候)在20°—38°N建立;第22候(4月第4候)开始,低纬度地区出现了东南风水汽输送;第30候(5月第6候)特征线突然北扩,6—9月一直维持在50°N以北的中高纬度地区;第32候(6月第2候)开始,东南风水汽输送北移;第41候(7月第5候)东南风水汽输送到达其最北端32°N附近,并维持到第52候(9月第4候);第53候(9月第5候)时,偏南风水汽输送与东南风水汽输送一齐消失。在水汽输送弱年偏南风水汽输送的强度远不如强年,第24候(4月第6候)才形成连续的西南风水汽输送;第28候(5月第4候)15°N以南出现东南风水汽输送;第39候(7月第3候)西南风水汽输送与东南风水汽输送同时快速北扩;第41候(7月第5候)西南风水汽输送到达50°N附近的北界,东南风水汽输送北抬到28°N附近;第42候(7月第6候)西南风水汽输送撤到45°N附近,并维持到第48候(8月第6候),此时东南风水汽输送伸至33°N;第49候(9月第1候)时,偏南风水汽输送突然撤到13°N以南。水汽输送强年偏南风水汽输送的强盛期明显比弱年持续的时间短,而且特征线北界的位置也偏北。

总体来讲,东亚地区(100°—130°E)偏南风水汽输送在水汽输送强年建立的时间早、能够到达更高的纬度、强盛期长、撤退的时间迟。

水汽输送强、弱年偏南风水汽输送特征也有相同之处:(1)特征线南撤的速度都非常快;(2)在20°—30°N附近有东南风水汽输送加入,并取代西南风水汽输送。

4.3 强、弱年副热带高压南侧水汽输送的对比

为了描述副热带高压外围东南风水汽输送西扩与东撤特征在水汽输送强、弱年的异同点,取

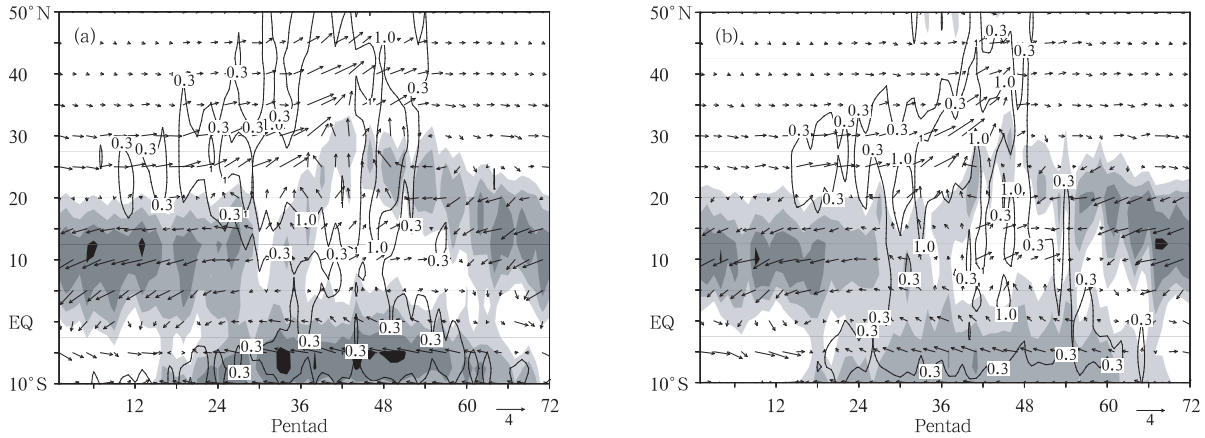


图 6 125°E(120°—130°E 平均)逐候水汽输送强年(a)、弱年(b)水汽输送通量(单位:kg/(m·s))时间-纬度剖面(阴影区为$\langle qu\rangle \leqslant 0$ 的区域)

Fig. 6 As in Fig. 4, but along 125°E (120°—130°E mean)

22.5°—27.5°N 的平均值作为 25°N 附近的状况,制作时间-经度剖面(图 7),并以图中 95°E 以东的零值线为东南风水汽输送(图中零值线所围的阴影区)的特征线。可以看出,东南风水汽输送在水汽输送强、弱年有较明显的差别:(1)在 160°E 处东南风水汽输送建立的时间不同。水汽输送强年第 19 候(4 月第 1 候)形成了向西北的水汽输送;水汽输送弱年第 23 候(4 月第 5 候)才建立东南风水汽输送带。(2)强盛期不同。水汽输送强年第 38—54 候(7 月第 2 候—9 月第 6 候)东南风水汽输送西扩至 115°E 以西,处于强盛的阶段;水汽输送弱年东南风水汽输送西扩至 115°E 以西的强盛期仅为第 40—50 候(7 月第 4 候—9 月第 2 候)。(4)到达西界的时间不同。水汽输送强年在第 50 候(9 月第 2 候)水汽输送到达西界 95°E;水汽输送弱年要偏早一些,在第 46 候(8 月第 4 候)东南风水汽输送就已经西伸至 95°E。(4)印度季风槽在 95°E 以西形成的东南风水汽输送持续时间和影响范围不同。水汽输送强年由第 36 候(6 月第 6 候)可以持续到第 59 候(10 月第 5 候),向西可以影响到 60°E 附近;水汽输送弱年第 40—52 候(7 月第 4 候—9 月第 4 候)有较连续的东南风水汽输送出现,并且向西仅可以伸到 78°E 附近。水汽输送弱年东南风水汽输送带建立的时间偏晚,但是西扩至西界的时间却偏早,这说明其西扩的速度偏快,由东撤时间的对比又可以看出,其撤退的速度也很快。

由图 7 还可以看到,两个来自低纬的偏南风水汽输送大值通道:85°—95°E附近的孟加拉湾北部

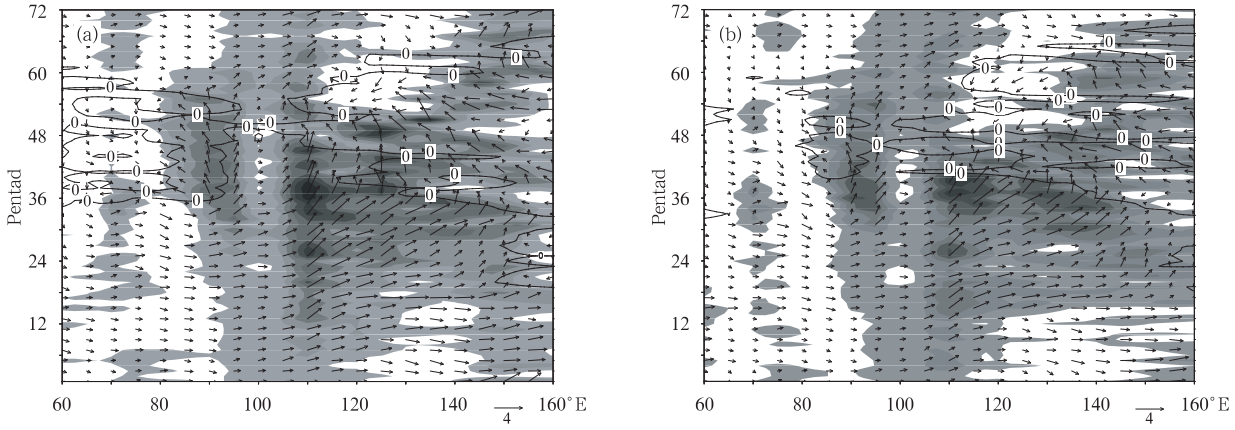


图 7 25°N(22.5°—27.5°N 平均)逐候水汽输送强年(a)、弱年(b)水汽输送通量(单位:kg/(m·s))时间-经度剖面(阴影区为$\langle qv\rangle \geqslant 0$ 的区域)

Fig. 7 As in Fig. 4, but for time-longitude cross-sections along 25°N (22.5°—27.5°N mean)

对青藏高原和西南地区较大的水汽输送,105°—140°E 附近南海、印度洋和副高水汽输送共同影响的南海地区,在水汽输送强年水汽输送大值时段持续时间长,水汽输送弱年水汽输送大值时段维持时间短。

水汽输送强、弱年副高南侧东南风水汽输送特征也有共同点:(1)西界相同,均可以到达 95°E;(2)由建立到强盛的速度都非常快;(3)在强盛期突然就东撤到 130°E 以东的区域。

6 结 论

(1) 水汽输送强、弱年都存在一条行星尺度水汽输送带,但是又有显著的差异:①南半球越赤道、阿拉伯海、孟加拉湾的水汽输出量不同;②副热带高压外围水汽的强度和影响范围不同;③中纬度(40°—45°N)向内蒙古中部和东北地区输送水汽的偏西风水汽输送带,在水汽输送强年明显,弱年不明显;④在水汽输送强年,中国云贵高原—长江中游—华北—东北南部有一条明显的水汽输送大值带,中国中、东部均有水汽输送,只是中国东南部和长江中下游地区水汽输送相对较少,在水汽输送弱年,仅中国南方、东部沿海和东北地区南部有弱的水汽输送。另外,水汽输送强年水汽输送的变化较为和缓,而水汽输送弱年则比较迅速。

(2) 东亚地区(100°—130°E)偏南风水汽输送在水汽输送强、弱年的相同特征是:特征线南撤的速度非常快;在 20°—30°N 附近有东南风水汽输送加入,并取代西南风水汽输送。不同之处是:水汽输送强年建立的时间早、能够到达更高的纬度、强盛期长、撤退的时间迟。

(3) 副热带高压南侧东南风水汽输送在水汽输送强、弱年的共同点是:西界相同,均可以到达 95°E;由建立到强盛的速度都非常快;在强盛期突然就东撤到 130°E 以东的区域。不同点是:在 160°E 处东南风水汽输送建立的时间不同;强盛期不同;到达西界的时间不同;印度季风槽在 95°E 以西形成的东南风水汽输送持续时间和影响范围不同;西扩和东撤的速度不同。

References

Gao Youxi, Xu Shuying. 1959. Study on the climate of the East-Asian monsoonal regions. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 30(3): 258-262

Huang Ronghui, Zhang Zhenzhou, Huang Gang, et al. 1998. Characteristics of the water vapor transport in East Asian monsoon region and its difference from that in South Asian monsoon region in summer. Scientia Atmospherica Sinica (in Chinese), 22(4):460-469

Tian Hong, Guo Pinwen, Lu Weisong. 2002. Features of water vapor transfer by summer monsoon and their relations to rainfall anomalies over China. J Nanjing Institute of Meteorology (in Chinese), 25(4):496-502

Wu Guoxiong. 1990. Transports and budgets of atmospheric water vapor and their impacts on subtropical drought. Scientia Atmospherica Sinica (in Chinese), 14(1):53-63

Xie Yibing, Dai Wujie. 1959. Certain computational result s of water vapour transport over Eastern China for a selected synoptic case. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 30(2):171-185

Xu Shuying. 1958. Water vapor transport and balance over China. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 29(1):33-43

Yi Lan, Tao Shiyan. 1997. Role of the standing and the transient eddies in atmospheric water cycle in the Asian monsoon region. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 55(5):532-544

Zhou Changyan. 2004. Climatological Characteristics of Water Vapor Transport over Asian-Australian Monsoon Region [D]. Nanjing: Nanjing Meteorological Institute

Zhu Qiangen, Lin Jinrui, Shou Shaowen. 1981. Theory and Method of Weather Forecast (in Chinese), Beijing: China Meteor Press, 499-500

附中文参考文献

高由禧,徐淑英. 1959. 关于东亚季风区域的气候的研究. 气象学报, 30(3):258-262

黄荣辉,张振洲,黄刚等. 1998. 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. 大气科学, 22(4):460-469

田红,郭品文,陆维松. 2002. 夏季水汽输送特征及其与中国降水异常的关系. 南京气象学院学报, 25(4):496-502

吴国雄. 1990. 大气水汽的输送和收支及其对副热带干旱的影响. 大气科学, 14(1):53-63

谢义炳,戴武杰. 1959. 中国东部地区夏季水汽输送个例计算. 气象学报, 30(2):171-185

徐淑英. 1958. 我国水汽输送和平衡. 气象学报, 29(1):33-43

伊兰,陶诗言. 1997. 定常波和瞬变波在亚洲季风区大气水循环中的作用. 气象学报, 55(5):532-544

周长艳. 2004. 亚澳季风区水汽输送的气候特征[D]. 南京:南京气象学院

朱乾根,林锦瑞,寿绍文. 1981. 天气学原理和方法. 北京:气象出版社, 499-500