

强弱南海夏季风年水汽输送路径特征分析

何跃^{1,2} 管兆勇¹ 林永辉²

摘要

提出了一种量化水汽输送路径的方法,基于 NCEP/NCAR 再分析资料研究了南海强、弱夏季风年水汽输送路径的特征.结果表明:南海强夏季风年水汽输送路径偏东偏南;弱夏季风年水汽输送路径偏西偏北,且弱夏季风年水汽输送路径呈抛物线型.南海夏季风活动和夏季风槽的异常必然引起水汽输送的异常,而南海地区水汽输送强度与前期黑潮区域海温异常存在密切联系.

关键词

南海夏季风;水汽通量;输送路径

中图分类号 P434.5

文献标志码 A

0 引言

Introduction

由于中国地处复杂多变的东亚季风区,当夏季风到来时,季风气流将大量的水汽带入东亚大陆地区,为东亚季风区降水提供了必要的水汽条件,每年的旱涝灾害很大程度上就取决于季风气流所带水汽的多少及其地理分布.因此,在关于中国夏季降水异常的研究中,水汽的来源、输送及变异特征始终是个非常重要的研究课题,研究水汽输送及变异特征有助于理解中国旱涝灾害的形成机理.

早在 20 世纪 80 年代初,沈如桂等^[1]、陈世训等^[2]、金祖辉^[3]就分别研究了我国长江中下游、华南及南海等地区夏季降水的水汽来源问题,指出我国 105°~110°E 以东地区夏季降水的水汽来源于外界输入,主要来自于孟加拉湾、南海和西太平洋地区.樊增全^[4]计算了 1980—1987 年华北地区上空水汽输送特征,发现了华北地区的水汽输送方向、季节变化、垂直结构和水汽源地等方面都反映了东亚季风环流的特点.黄荣辉等^[5]利用 ECMWF 1980—1989 年每日各层资料分析了东亚季风区夏季风的水汽输送特征,并与印度季风区夏季水汽输送进行了比较,结果表明东亚季风区夏季水汽输送经向输送要大于纬向输送,而印度季风区夏季水汽输送以纬向输送为主.Zhang^[6]认为孟加拉湾水汽输送和西太平洋的水汽输送强度是反的,孟加拉湾水汽输送强时,西太平洋的水汽输送强度弱,长江中下游的降水少;反之亦然.

在降水异常典型年份水汽输送的个例诊断研究方面,高国栋等^[7]在计算了长江流域典型旱(1985)涝(1980)年大气水汽输送特征后指出,当西北、西南和东南三支气流携带的水汽交汇于长江流域且整个水汽输送场稳定持久时,在水汽辐合带附近导致大量降水,最后形成洪涝;反之形成干旱.马岚等^[8]利用探空资料计算了 1997 与 1998 年长江上游水汽输送特征,对比分析了该地区 1997 与 1998 年水汽输送与大气环流形势的关系,其结果表明由于特殊的大气环流背景,导致了长江上游地区这两年来水汽输送主要方向差异很大.王宝鉴等^[9]则给出了强弱夏季风年西南水汽通量输送带和西风水汽通量输送带特征,并指出弱夏季风年西南水汽通量偏弱.

但注意到,对于水汽输送路径问题,到目前为止,众多学者给出的影响中国地区的水汽输送路径范围都很大,水汽输送路径并未具

收稿日期 2009-04-28

资助项目 国家 973 计划(2006CB403604)

作者简介

何跃,男,硕士. heyue19820920@sina.com

管兆勇,男,教授,博士生导师,研究方向为天气动力学. guanzy@nuist.edu.cn

1 南京信息工程大学 大气科学学院,南京,210044

2 中国气象科学研究院 灾害天气国家重点实验室,北京,100081

体量化,这无疑影响了对水汽输送问题的进一步研究. 本文试图提出一种量化水汽输送路径的方法,并将该方法应用于南海强弱夏季风年该区的水汽输送路径问题的研究上.

1 资料与方法

Data and methods

影响我国夏季降水的水汽主要来源于孟加拉湾、南海和西太平洋地区. 为简单起见,本文以来源于南海地区的水汽输送通道为研究对象,选取(15 ~ 32.5°N, 107.5 ~ 122.5°E)为所研究的水汽输送路径区域. 将水汽输送路径定义为与水汽通量矢量方向相一致的水汽输送通量中心轴联线. 这样,只要将水汽输送通量中心轴联线确定下来,就可以用这条轴联线近似地地表征水汽的输送路径.

本文所用资料为 1948—2006 年 NCEP/NCAR 全球 2.5° × 2.5° 逐日风场和水汽场资料,共计 8 层,分别为 1 000, 925, 850, 700, 600, 500, 400, 300 hPa. 分析方法如下:

1) 水汽输送通量的计算. 单位气柱整层大气水汽输送通量矢量 \mathbf{Q} 可以分解成纬向水汽通量 \mathbf{Q}_λ 和经向水汽通量 \mathbf{Q}_φ .

$$\mathbf{Q}_\lambda = \frac{1}{g} \int_{p_1}^{p_s} uq dp, \quad (1)$$

$$\mathbf{Q}_\varphi = \frac{1}{g} \int_{p_1}^{p_s} vq dp. \quad (2)$$

式中: \mathbf{u} 、 \mathbf{v} 为该单位气柱内各层大气的风速矢量; q 是各层大气的比湿; p_s 、 p_1 分别为大气柱下界气压(即地面气压)和上界气压(取 300 hPa); g 是重力加速度;水汽通量单位为 $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$. 利用上述公式计算出整层大气夏季(6、7、8 三个月)的水汽通量平均值.

2) 从 15°N 开始,将计算区域内每隔 2.5° 纬距的水汽通量最大值联接起来形成一条轴线,这样的轴线一般有凹凸点,路径多曲折,还不能代表水汽输送路径.

3) 将这条轴线叠加到水汽输送通量分布图上,对于那些与水汽输送通量矢量方向不一致的连接线,利用线性插值公式:

$$x = \frac{f(x_1)}{f(x_1) + f(x_2)} x_1 + \frac{f(x_2)}{f(x_1) + f(x_2)} x_2. \quad (3)$$

计算得出合适的替代点. 其中: x_1 表示一个连接点; x_2 表示与 x_1 邻近的连接点; $f(x_1)$ 、 $f(x_2)$ 为 x_1 及 x_2 点上的水汽通量值. 然后,用 x 取代 x_1 ,最后得出

与水汽输送通量矢量方向比较一致的轴线,本文就用这条轴线代表水汽输送路径.

2 南海强弱夏季风年水汽输送路径特点

Characteristics of water vapor transporting path in strong and weak SCS summer monsoon years

在南海夏季风研究方面,我国科学家做了大量的工作^[10-22],但鉴于南海季风的复杂性,对其理解各有不同,或偏重于风,或偏重于雨. 因此,出现了多种南海夏季风指数的定义公式. 本文选取大部分学者认同的年份即 1988、1995、1998 年为弱南海夏季风年,1985、1994、1997 年为强南海夏季风年^[10-22]来诊断分析南海夏季不同特征年份水汽通量输送的特征.

依据前面提出的方法,首先选一强夏季风年(1985 年)和一弱夏季风年(1998 年)来考察它们的水汽输送路径. 强夏季风年,季节平均的水汽通量分布显示水汽从印度洋沿纬圈向东输送水汽到南海地区,然后从南海地区沿西南东北向向东亚输送水汽,水汽输送的大值轴线即本文所指的水汽输送路径向东偏离了东亚大陆(图 1a). 弱夏季风年,南海地区季节平均的水汽通量沿东南西北方向经中国大陆转向西南东北方向输送,水汽输送主体经过华南和长江中下游地区,文中所描述的水汽输送路径基本反应了这一特征(图 1b).

强夏季风年,南海向北的水汽输送路径明显地偏东偏南(图 2 实线),且强夏季风年最大偏东水汽路径与弱夏季风年最大偏西水汽路径相差大约 8-10 个经度(图 2). 在弱夏季风年,从南海向北输送的水汽路径均呈抛物线型;水汽先从南海沿东南西北向输送,然后再折向沿西南东北向输送,最后到达长江流域;与强夏季风年相比较,水汽输送路径明显地偏西偏北(图 2 虚线).

3 水汽通道异常的影响因子分析

Analysis of influence factors leading to anomaly of water vapor transporting tracks

3.1 南海季风槽

亚洲夏季风槽包括两大重要组成部分,即南海季风槽和印度季风槽,两个季风槽同属于热带季风系统,南海夏季风槽主要是有来自孟加拉湾的暖湿西南气流与西太平洋的副热带高压南部的偏东气流辐合形成的.

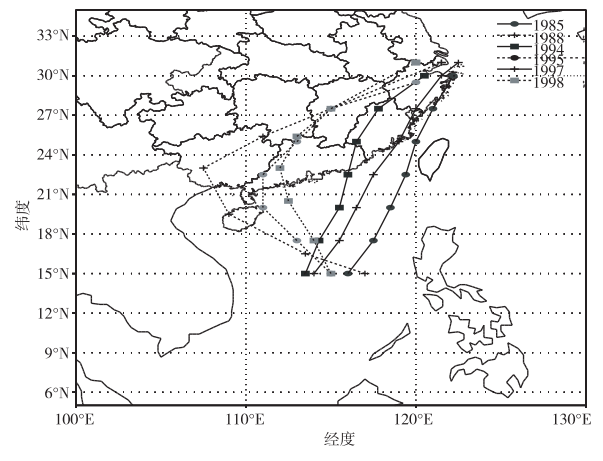
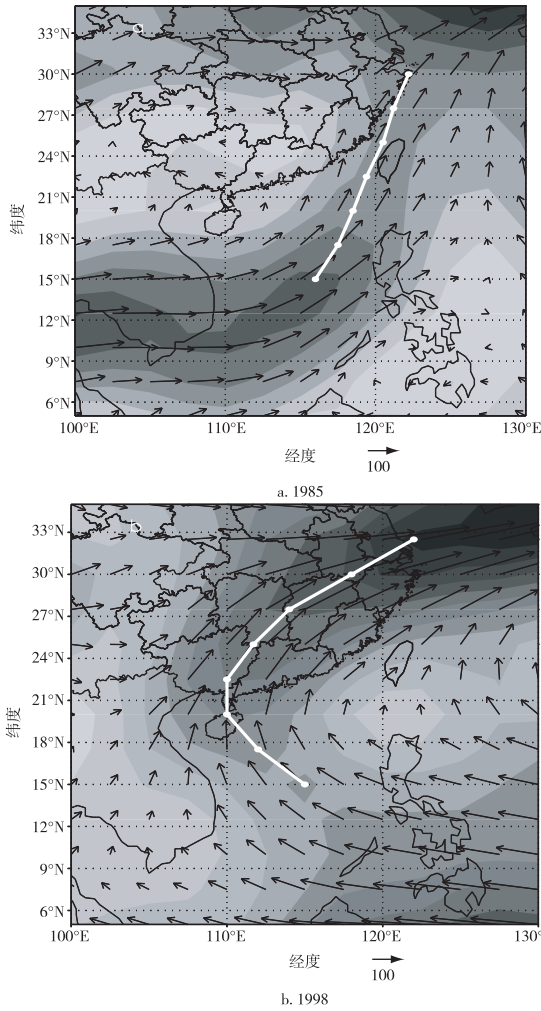


图2 南海强弱夏季风年南海水汽输送路径分布
Fig. 2 Distribution of the water vapor transporting tracks in weak and strong SCS monsoon years. Solid curves are for strong SCS monsoon years while dashed ones for weak SCS monsoon years

大,表示该年南海夏季风槽比较强,反之亦然.南海水汽通量强度的计算则参考文献[10].

南海夏季风槽的异常必然会引起南海水汽通量的异常,由图3可以看出,南海季风槽强度和g水汽通量基本上是反向关系.南海季风槽越强,夏季风槽位置略偏北^[24],水汽通量弱;季风槽越弱,夏季风槽位置偏南,水汽通量强.

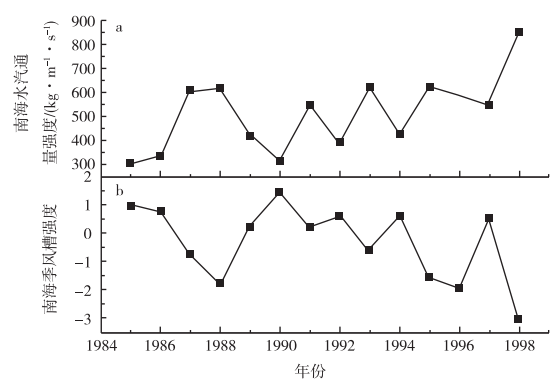


图3 区域(107.5~112.5°E,19~24°N)平均的南海水汽通量强度(a,单位:kg·m⁻¹·s⁻¹)和南海夏季风槽强度(b,标准化)年际变化
Fig. 3 Time series of the intensity of SCS water vapor transport as averaged over the area(107.5~112.5°E, 19~24°N) (a,unit:kg·m⁻¹·s⁻¹) and the normalized time series of the intensity of the SCS monsoon trough (b)

图1 夏季整层水汽通量分布及水汽路径 (阴影代表水汽通量值,单位:kg·m⁻¹·s⁻¹;箭头代表水汽通量矢量;曲线代表水汽路径)
Fig. 1 Water vapor fluxes as displayed with vectors represented by arrows and their values in shaded contours (unit:kg·m⁻¹·s⁻¹) during boreal summer (Curves in white represent the track of water vapor transport, which is the conjunction line of the axis of maximum values of water vapor transport)

关于南海季风槽的研究开始于20世纪70年代,研究涉及到季风槽的结构和活动.但由于资料的短缺,对季风槽的强、弱变化及其影响方面的研究在国内外很少涉及到.李崇银等^[23-24]在对南海季风槽的结构特征有较全面认识的基础上,根据南海季风槽低层结构准正压的特征,以夏季(6—8月)南海区域(10~20°N,105~120°E)对流层低层(1000 hPa、850 hPa、700 hPa)平均的相对涡度作为衡量该年南海夏季风槽强、弱的指数.季风槽指数

3.2 南海强、弱夏季风年我国雨带分布类型与南海水汽通量强度的关系

文献[2]根据我国东部大范围多雨区分布特征,将夏季(6—8月)雨带类型划分为3类。I类:主要多雨区位于黄河流域及其以北地区,江淮流域大范围少雨,华南一带也往往为相对多雨区。II类:主要多雨区位于黄河至长江之间,黄河以北和长江以南的大部分地区以少雨为主。III类:主要多雨区在长江流域及其以南地区。

文献[14]的统计结果可以得出以下结论,强南海夏季风年和偏强年,我国夏季雨带分布以I类为主,即我国主要雨带分布在北方。而弱南海夏季风年和偏弱年,我国夏季雨带主要以III类为主,主要雨带分布在长江流域及其以南地区。南海夏季风正常年,雨带分布主要以II类为主。

文献[24]将东亚热带季风槽(ITCZ)区($10 \sim 20^\circ\text{N}$, $100 \sim 150^\circ\text{E}$)与东亚副热带地区($25 \sim 35^\circ\text{N}$, $100 \sim 150^\circ\text{E}$)6—8月平均的850 hPa纬向分量 u 的距平差定义为南海夏季风强度指数,计算出1985—1998年的季风指数 I_s 。从该指数的定义区域上可以看出, I_s 实质上表示了东亚热带季风与东亚副热带季风的差值,即该指数越大表示南海夏季风越强,反之,越小则表示南海夏季风越弱。

为了探讨南海夏季风强度的年际变异及其与中国夏季降水的关系,我们分别给出了南海夏季风指数与南海水汽通量强度的时间序列。

由图4可以看出,强南海夏季风年,南海季风槽偏强,水汽通量偏弱,雨带分布以I类为主,即我国

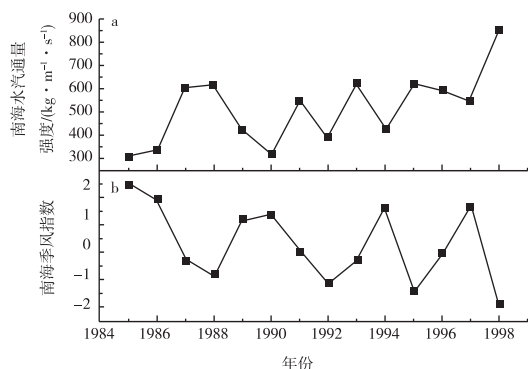


图4 南海水汽通量强度(a,单位: $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)和南海夏季风强度指数(b)的年际变化

Fig. 4 Time series of the intensity of SCS water vapor transport (a, unit: $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$) and the normalized time series of the intensity of the SCS (b) monsoon.

主要雨带分布在北方;弱南海夏季风年反之,我国夏季雨带主要分布在长江中下游。

3.3 海温

中国处于东亚季风区,面向太平洋,毗邻印度洋,太平洋和印度洋的海表热容量及海温异常等因素对中国气候异常有重要的影响. Lau等^[25]、Wang等^[26]发现 ENSO 事件的发生对东亚夏季环流有2~3季的延迟效应,即东亚副热带地区强(弱)的夏季风在 Nino3 区海温异常超过 1.5°C (低于 -0.7°C)的2~3季后发生,前期秋季 Nino3 区的 SSTA 与长江流域夏季降水关系特别明显. 陈烈庭^[27]、陶诗言^[28]关于海温异常对气候的影响的研究已有不少,但海温异常对南海水汽输送的影响尚没有进行系统的研究. 考虑到海温的“记忆”能力,也就是海温慢变过程和影响的持续性,本文应用了20 a的资料,对两者进行了后验相关分析,其相关已经达到95%的置信水平. 冬春季(1—3月)黑潮区海温异常与后期南海地区水汽输送强度关系密切. 冬春季海温偏强,有利于后期南海水汽输送强度也增强;黑潮区海温偏低,则情况相反。

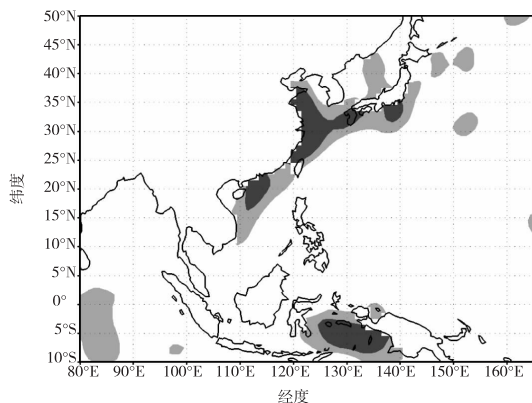


图5 冬春季黑潮区 SST 与南海水汽通量强度相关(阴影区通过 0.05 显著性水平检验)

Fig. 5 Correlations of the Jan-Feb-Mar mean sea surface temperature anomalies with the time series of water vapor transport averaged over ($107.5 \sim 112.5^\circ\text{E}$, $19 \sim 24^\circ\text{N}$) in the following summer (Jun-Jul-Aug mean). (Contours shaded denote values with significance above 0.05)

4 结论和讨论

Conclusion and discussion

本文提出了一种量化水汽输送路径的方法,并用该方法研究了南海强弱夏季风年南海地区水汽输

送路径的特征. 研究结果表明南海强夏季风年水汽输送路径偏东偏南; 弱夏季风年水汽输送路径偏西偏北, 且水汽输送路径呈抛物线型. 本文的方法是对水汽输送路径的一种近似, 利用这种方法可以清晰直观地讨论强弱夏季风年水汽输送路径的不同特征.

南海夏季风的活动和夏季风槽的异常必然引起南海水汽输送的异常, 这种异常对中国夏季降水将产生明显的影响, 强夏季风年, 南海季风槽偏强, 水汽通量偏弱, 雨带分布以 I 类为主, 即我国主要雨带分布在北方; 弱南海夏季风年反之, 我国夏季雨带主要分布在长江中下游.

南海地区水汽输送强度与前期冬春季节黑潮海区的海温异常存在显著的正相关. 这种相关关系可被用来预测南海地区夏季水汽输送的强弱, 并进而为预测中国东部降水异常提供线索.

致谢:文中所用大气资料取自 NCEP 网站, 文中诸图均用 GrADS 绘图软件绘制.

参考文献

References

- [1] 沈如桂, 黄更生. 1980 年夏季热带季风环流与我国南方降水水汽输送关系 [C] // 全国热带夏季风学术会议文集, 昆明, 1981:116-128
SHEN Rugui, HUANG Gengsheng. Correlations of tropical monsoon circulation in the summer of 1980 with precipitation vapor transport in South China [C] // Collected Works of National Academic Conference on Tropical Summer Monsoon, Kunming, 1981: 116-128
- [2] 陈世训, 高绍风. 5—6 月我国南方降水的水汽来源及其异常 [C] // 全国热带夏季风学术会议文集, 昆明, 1982:97-100
CHEN Shixun, GAO Shaofeng. The source of the precipitation vapor in South China and its anomaly in May and June [C] // Collected Works of National Academic Conference on Tropical Summer Monsoon, Kunming, 1982:97-100
- [3] 金祖辉. 1979 夏季南海地区水汽收支 [C] // 全国热带夏季风学术会议文集, 昆明, 1981:152-164
JIN Zuhui. The gain and loss of water vapor in SCS in the summer of 1979 [C] // Collected Works of National Academic Conference on Tropical Summer Monsoon, Kunming, 1981:152-164
- [4] 樊增全. 1980—1987 年华北地区上空水汽输送特征 [J]. 大气科学, 1992, 16(5):548-555
FAN Zengquan. Characteristics of water vapor transport over North China in 1980—1987 [J]. Atmospheric Sciences, 1992, 16(5): 548-555
- [5] 黄荣辉, 张振洲, 黄刚, 等. 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 [J]. 大气科学, 1998, 22(4): 460-469
HUANG Ronghui, ZHANG Zhenzhou, HUANG Gang, et al. Characteristics of water vapor transport in East Asia monsoon areas and their differences from those in South Asia monsoon areas in summer [J]. Atmospheric Sciences, 1998, 22(4):460-469

- [6] Zhang Renhe. Relations of water vapor transport from Indian Monsoon with that over East Asia and summer rainfall in China [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2001, 18(5):1005-1017
- [7] 高国栋, 翟盘茂. 淮河流域大气水汽输送特征及其对旱涝形成的影响 [C] // 淮河流域能量与水循环研究 (一), 1999: 75-81
GAO Guodong, ZHAI Panmao. Characteristics of water vapor transport in the Huai River valley and their effect on the formation of drought and flood [C] // Study on Energy and Water Circulation of the Huai River Valley (I). 1999:75-81
- [8] 马岚, 许熙. 1997、1998 年长江上游地区水汽输送及其径流量之间的关系对比分析 [J]. 应用气象学报, 2000, 11(4): 491-497
MA Lan, XU Xi. Contrast and analysis of the correlation between water vapor transport and its runoff in the upper reaches of the Yangtze River in 1997 and 1998 [J]. Applied Meteorological Journal, 2000, 11(4):491-497
- [9] 王宝鉴, 黄玉霞, 何金海, 等. 东亚夏季风期间水汽输送与西北干旱的关系 [J]. 高原气象, 2004, 23(6):912-918
WANG Baojian, HUANG Yuxia, HE Jinhai, et al. Correlations between water vapor transport and the drought in Northwestern China in the period of summer monsoon in East Asia [J]. Plateau Meteorology, 2004, 23(6):912-918
- [10] 田红, 郭品文, 陆维松. 夏季水汽输送特征及其与中国降水异常的关系 [J]. 南京气象学院报, 2002, 25(4):496-502
TIAN Hong, GUO Pinwen, LU Weisong. Characteristics of water vapor transport in summer and its correlation with anomaly of precipitation in China [J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology, 2002, 25(4):496-502
- [11] 任宏利, 张培群, 李维京. 中国西北东部地区春季降水及其水汽输送特征 [J]. 气象学报, 2004, 62(3):365-374
REN Hongli, ZHANG Peiqun, LI Weijing. Precipitation in spring in the east of Northwestern China and characteristics of its water vapor transport [J]. Meteorological Journal, 2004, 62(3):365-374
- [12] 李崇银, 张利平. 南海夏季风活动及其影响 [J]. 大气科学, 1999, 23(2):257-266
LI Chongyin, ZHANG Liping. Movement of SCS summer monsoon and its effects [J]. Atmospheric Sciences, 1999, 23(2):257-266
- [13] 周长艳, 李跃清, 李薇. 东亚地区秋季水汽输送特征及水汽源地分析 [J]. 热带气象学报, 2006, 22(4):380-385
ZHOU Changyan, LI Yueqing, LI Wei, et al. Characteristics of water vapor transport in autumn in East Asia and analysis of the vapor source [J]. Journal of Tropical Meteorology, 2006, 22(4): 380-385
- [14] 王亚非, 张雁, 陈菊英. 一个能反映梅雨现象的东亚夏季风指数 [J]. 气候与环境研究, 2001, 6(2):146-152
WANG Yafei, ZHANG Yan, CHEN Juying. An index of summer monsoon in East Asia that can reflect the phenomenon of plum rains [J]. Study on Climate and Environment, 2001, 6(2): 146-152
- [15] 乔云亭, 陈烈庭, 张庆云. 东亚季风指数的定义及其与中国气候的关系 [J]. 大气科学, 2002, 26(1):69-82
QIAO Yunting, CHEN ting, ZHANG Qingyun. The definition of East Asia monsoon index and its correlation with climate of China [J]. Atmospheric Sciences, 2002, 26(1):69-82
- [16] 周兵, 何金海, 吴国雄, 等. 东亚副热带季风特征及其指数的建立 [J]. 大气科学, 2003, 27(1):125-135
ZHOU Bing, HE Jinhai, WU Guoxiong, et al. Characteristics of the subtropical monsoon in East Asia and establishment of its indexes [J]. Atmospheric Sciences, 2003, 27(1):125-135
- [17] 祝成文, 何金海, 吴国雄. 东亚季风指数及其与大尺度热力环流年际关系 [J]. 气象学报, 2004, 58(4):391-402
ZHU Chengwen, HE Jinhai, WU Guoxiong. Indexes of East Asia

- monsoon and its correlation with the large-scale thermodynamic circulation on a yearly basis[J]. *Meteorological Journal*, 2004, 58(4): 391-402
- [18] 黄荣辉, 李崇银, 王绍武. 我国旱涝重大气候及形成机理[M]. 北京: 气象出版社, 2003
HUANG Ronghui, LI Chongyin, WANG Shaowu. The major climatic phenomena including drought and flood in China and mechanisms of their formation[M]. Beijing: Meteorology Press, 2003
- [19] 胡豪然, 钱维宏. 东亚夏季风北边缘的确认[J]. 自然科学进展, 2007, 17(1): 57-65
HU Haoran, QIAN Weihong. Affirmation of the northern margin of the East Asia summer monsoon[J]. *Advances of Natural Sciences*, 2007, 17(1): 57-65
- [20] 施宁, 施丹平, 严明良. 夏季越赤道气流对南海季风及华东旱涝的影响[J]. 热带气象学报, 2001, 17(4): 405-414
SHI Ning, SHI Danping, YAN Mingliang. Effects of summer cross-equator air current on SCS monsoon as well as drought and flood in East China[J]. *Journal of Tropical Meteorology*, 2001, 17(4): 405-414
- [21] 柳艳菊, 丁一汇, 宋艳玲. 1998年夏季风暴发前后南海地区的水汽输送和水汽收支[J]. 热带气象学报, 2005, 21(1): 55-62
LIU Yanju, DING Yihui, SONG Yanling. The transport and gain-and-loss of water vapor in SCS around the breakout of summer monsoon in 1998[J]. *Journal of Tropical Meteorology*, 2005, 21(1): 55-62
- [22] 陈隆勋, 朱乾根, 罗会邦, 等. 东亚季风[M]. 北京: 气象出版社, 1991
CHEN Longxun, ZHU Qiangen, LUO Huibang, et al. Monsoon in East Asia[M]. Beijing: Meteorology Press, 1991
- [23] 潘静, 李崇银. 夏季南海季风槽与印度季风槽的气候特征之比较[J]. 大气科学, 2006, 30(5): 377-390
PAN Jing, LI Chongyin. Comparison of climatic characteristics between summer monsoon trough in SCS and that in India[J]. *Atmospheric Sciences*, 2006, 30(5): 377-390
- [24] 李崇银, 潘静. 南海夏季风槽的年际变化和影响研究[J]. 大气科学, 2007, 31(6): 1049-1058
LI Chongyin, PAN Jing. Study on yearly changes of the summer monsoons trough in SCS and its effect[J]. *Atmospheric Sciences*, 2007, 31(6): 1049-1058
- [25] Lau K-M, Yang S. The Asian monsoon and predictability of the tropical ocean - atmosphere system[J]. *Quart J Roy Meter Soc*, 1996, 122: 945-957
- [26] Wang Y, Wang Bin. Impact of preceding El Nifio on the East Asian summer atmosphere circulation[J]. *Meteor Soc Japan*, 2001, 79: 575-588
- [27] 陈烈庭. 东太平洋赤道地区海水温度异常对热带大气环流及中国汛期降水的影响[J]. 大气科学, 1977, 1(1): 11-12
CHEN Lieting. The effects of sea water temperature anomaly in equatorial areas of the East Pacific on the tropical air circulation and precipitation in China's flood season[J]. *Atmospheric Sciences*, 1977, 1(1): 11-12
- [28] 陶诗言, 朱文妹, 赵卫. 论梅雨的年际变异[J]. 大气科学, 1988, 12(特刊): 13-21
TAO Shiyan, ZHU Wenmei, ZHAO Wei. On yearly variation of the plum rains[J]. *Atmospheric Sciences*, 1988, 12(Special Issue): 13-21

Characteristics of the water vapor transporting path in strong and weak SCS summer monsoon years

HE Yue^{1,2} GUAN Zhaoyong¹ LIN Yonghui²

1 School of Atmospheric Sciences, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

2 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081

Abstract A method of quantifying the path of water vapor transport is put forward in this paper, and characteristics of water vapor transport over South China Sea (SCS) in strong and weak summer monsoon years are investigated based on the method and NCEP/NCAR reanalysis data. The results show that the paths of water vapor transport in strong summer monsoon years are located more southeastward than normal, whereas the paths of water vapor transport in weak summer monsoon years, which display a para-curve, are located more northwestward than normal. The anomalous SCS monsoon along with its summer monsoon trough leads to the anomalous water vapor transport of SCS monsoon. Tracks along which the water vapor is transported shift largely in zonal direction between strong and weak SCS monsoon years, which induces anomalous summer precipitation in China. The intensity of vapor transport is found to be significantly related to the sea surface temperature variations in tropical Indian Ocean and Krushio region.

Key words SCS summer monsoon; water-vapor flux; vapor transporting track