

夏季月份赤道西风的变动及其与低纬环流的关系*

喻世华 洪天宝 刘智远

(空军气象学院)

提 要

本文利用1979年5—8月的FGGE网格点资料,设计了一个判别指数 $|v/u|$,用来确定赤道西风的存在及其演变特征。分析表明,赤道西风是印度洋低纬地区的一支重要的基本气流。文中分析了这支基本气流的三维结构,并粗略地论述了它与该地区环流的关系。

一、引 言

早在六十年代初期,谢义炳等^[1]就提出了把赤道西风作为低纬环流中的一支基本气流。但他们仅着重于讨论赤道西风对辐合带上生成台风的影响。近年来,人们很注意来自南半球的越赤道气流对南亚天气的影响,并提出了有多条越赤道气流通道^[2]。因而,赤道西风能否作为印度洋低纬环流中的一支基本气流存在,还有待研究。

本文试图对赤道西风的性质及其与低纬环流的关系作些探讨。

二、判别指数

天气实践表明,在印度洋的赤道附近的大气低层,一年四季都存在一支恒定的偏西气流,它的西风分量大,南北分量小,这支偏西气流我们称它为赤道西风,为了确定其性质,特提出如下判别指数:

当 $|v/u|_{u>0} < 0.6$ 时,为赤道西风;

$|v/u|_{u<0} < 0.6$ 时,为偏东信风。

其中 u 和 v 分别为东、西风分量和南、北风分量的候平均值,该指数意即将赤道附近风向出现在 $240^\circ-300^\circ$ 之间的盛行偏西气流定义为赤道西风。同样,为了便于赤道西风和偏东信风比较,将风向出现在 $60^\circ-120^\circ$ 之间的偏东气流,定义为偏东信风。而 $|v/u| \geq 0.6$ 的情况,为经向分量较大的偏北或偏南气流,它们在一定程度上反映了越赤道气流的活动。

用上述判别指数,图1给出了 $20^\circ\text{N}-20^\circ\text{S}$, $40^\circ-180^\circ\text{E}$ 范围内1979年5月第四

* 本文于1983年7月27日收到,1985年1月16日收到修改稿。

候 1000 hPa 的候平均指数分布。从图上看, $15^{\circ}\text{N}-5^{\circ}\text{S}, 60^{\circ}-115^{\circ}\text{E}$ 范围内是赤道西风的的活动区域; 130°E 以东的西太平洋地区为偏东信风盛行区; 赤道西风的南侧为南半球的东南信风, 北侧盛行偏北风; 60°E 以西的西印度洋地区和 $110^{\circ}-130^{\circ}\text{E}$ 之间的南海到西太平洋地区则是偏南分量较大的越赤道气流区, 尤以 60°E 以西的西印度洋地区越赤道气流最为明显, 这时, 南半球的越赤道气流已开始活跃^[3]。

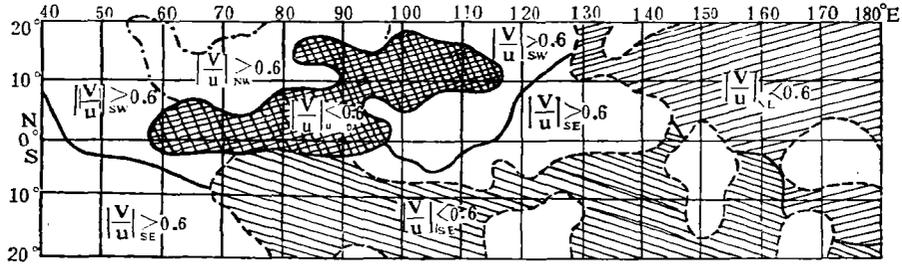


图 1 1979 年 5 月第四候 1000 hPa 的候平均指数分布
(方格区为赤道西风, 斜线区为偏东信风, 其它空白区是经向风分量为主的区域)

三、赤道西风的特性

图 2 给出 1979 年 5—8 月 1000 hPa 上各候判别指数的候平均值沿 5°N 的时间演

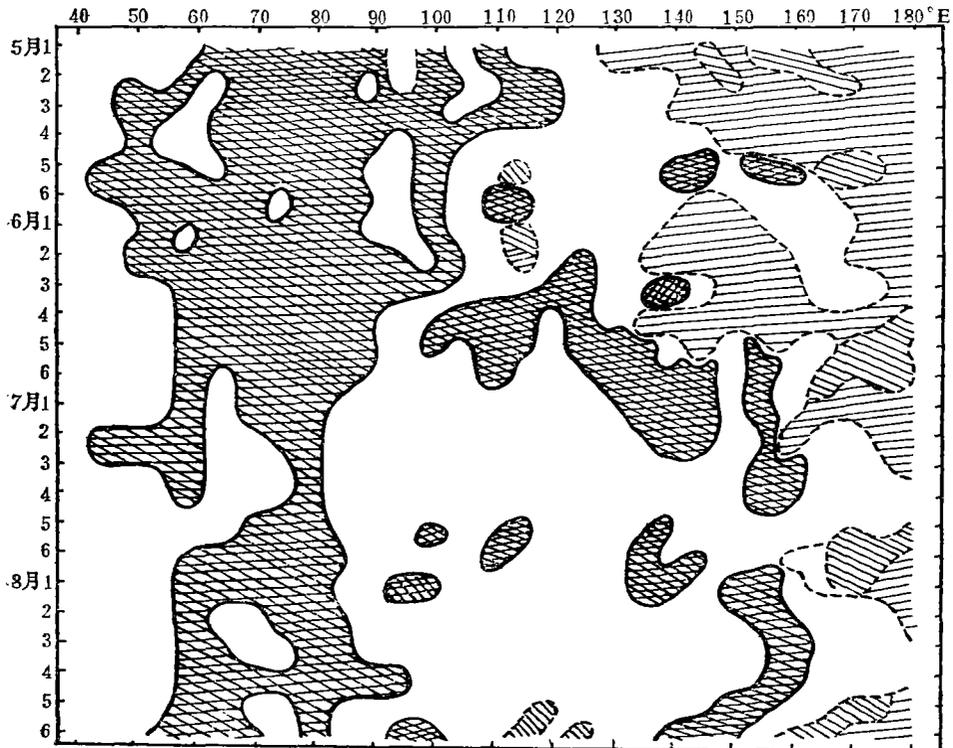


图 2 1979 年 5—8 月 1000 hPa $|v/u|$ 值沿 5°N 的时间剖面
(说明同图 1)

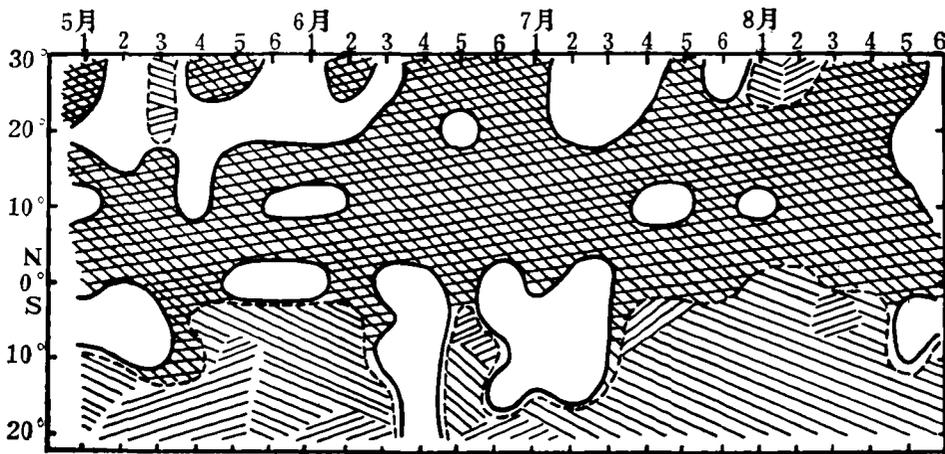


图3 1979年5—8月1000 hPa $|v/u|$ 值沿 80°E 的时间剖面
(说明同图1)

变。从图上看,整个夏季月份,在 5°N 的 $130^{\circ}\text{—}180^{\circ}\text{E}$ 之间是偏东信风。而在 $50^{\circ}\text{—}100^{\circ}\text{E}$ 之间,则存在恒定的赤道西风,它所在的经度范围各候略有差异,5—6月较宽,东西范围可达55个经度,7—8月份较窄,仅30个经度左右,这时,正是越赤道气流最活跃的时期。

图3表明在6月第3候以前(季风爆发前), $15^{\circ}\text{N—}5^{\circ}\text{S}$ 为赤道西风区,南北宽度约20个纬度,6月第3候以后,由于南亚西南季风的建立,西南季风和赤道西风难于区别开来,致使 $20^{\circ}\text{N—}5^{\circ}\text{S}$ 的低纬地区几乎都为赤道西风所控制。

由上讨论,可知赤道西风具有如下两点明显的特性:

1. 地理位置比较固定

夏季月份,赤道西风的西边界约在 $50^{\circ}\text{—}60^{\circ}\text{E}$,而它的东边界约在 $90^{\circ}\text{—}110^{\circ}\text{E}$,因而东西长约30—50个经度;南界在 5°S ,北界可及 $15^{\circ}\text{—}20^{\circ}\text{N}$,南北宽度为20—25个纬度左右。总的来讲,赤道西风的地理位置比较固定,变动不大。

2. 时间上持续出现

各月赤道西风的范围尽管有些变化,但在时间演变上是稳定持续出现的。考查冬季各月平均天气图资料^[4],发现赤道西风比夏季各月更为明显,并有向东扩展的趋势,从西印度洋到 140°E 以西的西太平洋的赤道附近,为持续的赤道西风所控制。由此可见,赤道西风是常年存在的一种基本风系。

印度洋低纬地区赤道西风的存,和这一地区大气冷热源分布造成的热力差异有极为密切的关系。研究工作^[5,6]表明,夏季月份东印度洋到西太平洋是大气的热源区,而西印度洋是大气冷源区,这种冷热源分布在该地区造成的纬向热力差异,可以形成相应的热力直接环流,即在印度洋的低纬地区上空,形成东西向的反Walker环流,高层偏东风,低层偏西风。而且这种冷热源的分布随季节有一定的南北摆动,它总是偏向夏半球的那一侧。相应地赤道西风也有偏向夏半球那一侧的现象。

四、赤道西风的结构

1. 涡度和散度的垂直分布

图 4 给出了 5 月第一候沿 80°E ζ 和 D 的垂直分布。从图看出, $5^{\circ}\text{N}-2.5^{\circ}\text{S}$ 的 400 hPa 以下为辐散区, 这里正是赤道西风所在的位置; 以上则是辐合区。在赤道西风南侧, 5°S 附近的 700 hPa 以下为辐合区; 在其北侧, $5^{\circ}-10^{\circ}\text{N}$ 的 300 hPa 以下为较深厚的辐合区, 它们分别对应于赤道西风两侧的两条辐合带。涡度场的分布与散度场分布大体相配, 赤道西风北侧的辐合区对应为正涡度区, 赤道西风南侧的辐合区则对应为南半球的负涡度区(即气旋性涡度区), 其上空对应为强的正涡度区(即反气旋性涡度区)。

综合涡度场和散度场的分布可知, 在赤道西风区, 对应的是弱的气旋性涡度辐散区, 其南、北两侧对应有一气旋性涡度辐合区, 只是南侧的较薄、较弱, 北侧的较深厚、较强。

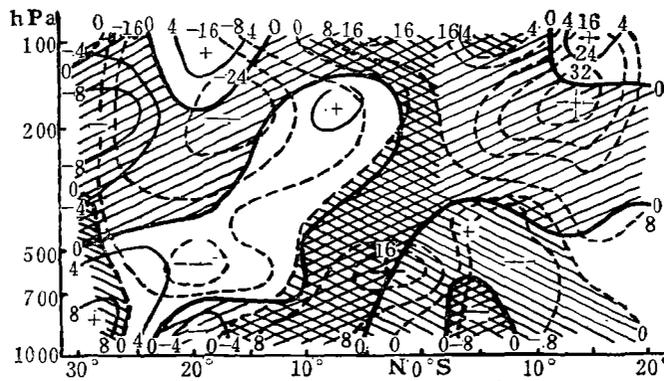


图 4 1979 年 5 月第一候 ζ 、 D 沿 80°E 经向剖面
(图中断线为 ζ (单位: 10^{-6}S^{-1})、实线为 D (单位: 10^{-6}S^{-1})

2. 垂直环流

图 5 是与图 4 相对应的垂直环流。从图上看到, 对流层下部赤道两侧的 2.5 纬度以内的赤道西风区内为南风下沉运动, 该区的对流层上部则主要为北风下沉运动。而在赤道

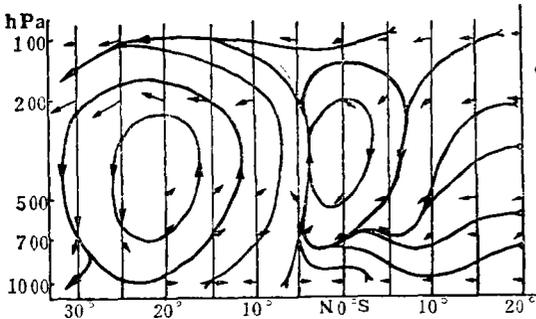


图 5a 1979 年 5 月第一候沿 80°E 经向垂直环流(垂直速度放大 200 倍)

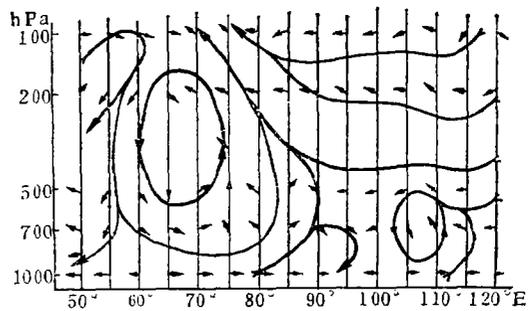


图 5b 1979 年 5 月第一候沿 5°N 纬向垂直环流

两侧纬度 5° 处,即赤道西风区的两侧为上升运动,其北侧上升运动深厚,南侧上升运动仅限于 700 hPa 以下,700 hPa 以上为下沉运动,这反映了赤道西风南北两侧各有一辐合带。北侧的辐合带较深厚,其上升支到高空 200 hPa 左右分为南北两支。向北的组成了北半球 Hadley 环流的上升支,这支 Hadley 环流在 25°N 附近转为下沉;向南的组成了南半球的 Hadley 环流,它是在 5°S 附近的辐合带上空下沉,并和来自南半球高空的偏南下沉气流相汇合,在该地区构成较强的下沉支,它反映了南半球高空强反气旋辐散下沉气流的作用使得赤道西风顺侧的辐合带浅薄,得不到发展。

图 5. 给出了沿 5°N 的纬向垂直环流。在 $60^{\circ}-90^{\circ}\text{E}$ 之间赤道西风的范围内,东侧上升,西侧下沉,对流层低层为西风,高层为东风,构成一东西向的纬向环流圈,这和文献^[7,8]的结果一致。

五、赤道西风与印度洋低纬地区环流的关系

赤道西风是印度洋低纬地区常年存在的一支基本气流,它与该地区环流有密切的关系。

1. 赤道西风与双辐合带

过渡季节在印度洋的赤道两侧各存在一条辐合带,即双辐合带^[9],双辐合带是常年存在还是过渡月份的现象?人们看法不一。Sadler 等人^[10]认为该地区在夏半球始终存在一条辐合带,而在赤道附近由于越赤道气流受地转偏向力的作用,则还存在一条缓冲带(也叫转换带),我们从分析 5—8 月份的逐候资料看,如图 6 所示,除北半球低纬地区存在一条明显的热带辐合带(有时表现为辐合渐近线或季风槽)外,在南半球的赤道附近还有一条强度较弱的辐合带。如前所述,它们各自对应有气旋性涡度和辐合上升运动。两者在卫星云图上则各自对应有一条东西向的多云带(图略)。位于南半球的辐合带,在南半球气流没有越过赤道之前就已转为气旋性环流,显然它不是由于越赤道气流受地转偏

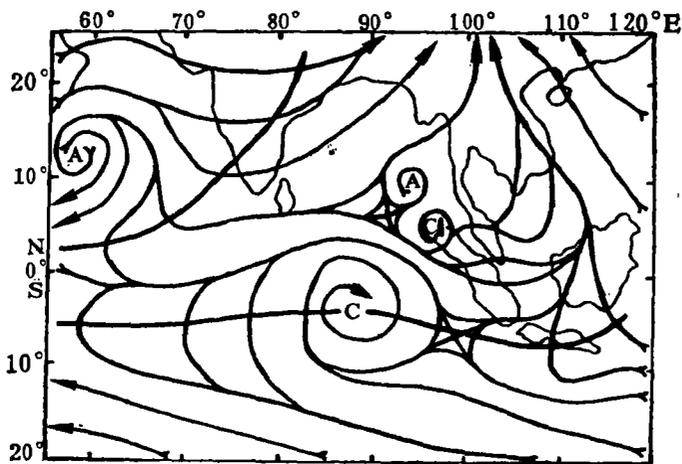


图 6 1979 年 5 月第一候 1000 hPa 合成风平均流场

向力作用转向的结果。因而我们将它称为辐合带比称之为赤道缓冲带或者转换带更为恰当。事实上,赤道附近地转偏向力接近于零,它对气流的偏转作用甚至是可以忽略不计的。如果说有赤道转换带,它也只能出现在赤道西风的东、西两侧越赤道气流明显的地方。

2. 赤道西风与赤道经圈环流

Asnani^[11]曾经根据卫星资料,发现在赤道两侧各有一条多云带,而在赤道上空则是少云区,从而推论存在赤道经向环流圈。图 5.用实际资料计算得到的赤道附近的经向环流,和上述推论得到的赤道经圈环流非常一致。如图所示,夏半球(5°N 附近)的辐合带内的上升支即为这一半球的 Hadley 环流的上升支,另一半球(5°S 附近)对应的上升支较弱。而在靠近赤道附近的赤道西风带上空则是来自夏半球的下沉运动区,这里正是少云区域。从而,用实际资料证明了在印度洋的低纬地区赤道经圈环流是可能存在的。

3. 赤道西风与越赤道气流

越赤道气流的通道,近年来一致公认的有 60°E 以西的西印度洋地区^[3],这里是著名的索马里急流活动的区域。再者, $105^{\circ}-150^{\circ}\text{E}$ 源自澳大利亚冷高压的东南信风也日益为人们所承认^[12-14]。最近也有人^[2]提出从印度洋到西太平洋地区存在有 3—5 条的多条越赤道气流通道。然而,除了上述两条比较公认的越赤道气流通道以外,是否还存在多条通道呢? 从我们所分析的 5—8 月逐候的测风资料来看,在 $60^{\circ}-110^{\circ}\text{E}$ 的赤道附近是恒定的赤道西风,偏南风分量小,又有双辐合带的持续存在,这些都不利于越赤道气流在该地区的活动。查阅夏季月份逐日天气图资料,发现局部地区偶尔也有从南半球越过赤道进入北半球的气流,但过赤道后未达到 5°N 就又转为偏西风,很难冲过西风带而形成大规模的越赤道气流通道。

六、结 论

赤道西风是印度洋赤道附近 500 hPa 以下的一支常定的偏西气流,它的南、北两侧各

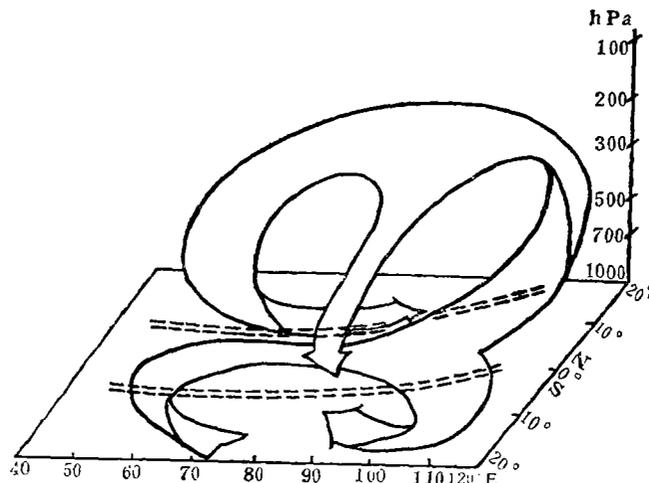


图 7 三维空间气流示意图

有一条辐合带,夏半球一侧的辐合带深厚而强,冬半球一侧的辐合带浅薄而弱。

如图 7 所示,赤道西风附近的三维空间环流主要由两部份组成。一部分气流是来自南半球的东南信风,在 70°E 以西地区向西北西方向缓慢上升,到赤道附近的 700 hPa 以下逐渐转为西南西风即赤道西风,它在向东运行的过程中仍保持缓慢上升,到 70° — 90°E 之间逐渐转为缓慢下沉,在 90° — 110°E 地区又转为东北风下沉回到南半球,然后加入到东南信风气流之中。

另一部份气流,靠近夏半球赤道一侧的赤道西风在向东北东运行过程中,上升到 90°E 以东的 300 hPa 上空以后,转向西北西方向,运行到热带辐合带以北,在 200 hPa 附近又分为两支气流:一支转为东北东气流下沉,到 70°E 以西的 500 hPa 以下又转为西北西气流下沉,和赤道西风之间构成夏半球一侧的辐合带,这支环流圈即北半球的 Hadley 环流圈,是一支准纬向的环流圈;另一支气流,在 200 hPa 高空分支以后,转为北北东气流下沉到赤道南侧的热带辐合带上空,这支气流是南半球 Hadley 环流的组成部分,是一支准经向环流圈。

参 考 文 献

- [1] 谢义炳等,东亚基本气流与台风发生的一些事实的统计分析,气象学报,2,206—217,1963。
- [2] 汤明敏、黄土松等,1979 年中国东部夏季风的进退,全国热带季风学术会议文集,15—28,1981。
- [3] Krishnamurti, T.N., and H.N. Bhelme, Oscillations of a monsoon system, part 1: Observational aspects, *J. Atmos. Sci.*, **33**, 1937—1954, 1976。
- [4] 中央气象局气象台,亚洲及太平洋热带地区的对流层平均环流图,1976。
- [5] Kubota, I., Seasonal variation of energy sources in the earth surface layer and in the atmosphere over the Northern Hemisphere, *J. of the Met. Soc. of Japan*, **48** 30—46, 1970。
- [6] 高由禧等,南北半球季风——南北半球大气相互作用的一个重要机制,高原气象,1,1—12,1982。
- [7] 叶笃正等,东亚和太平洋上空平均垂直环流(一)夏季,大气科学,1,1—13,1979。
- [8] Krishnamurti, T.N., Tropical east-west circulation during northern winter, *J. Appl. Met.*, **30**, 780—787, 1973。
- [9] Sadler, J.C., and, B.E., Harris, The mean tropospheric circulation and cloudiness over Asia and neighbouring areas, AD-715912。
- [10] Atkinson, G.D., and J.C. Sadler, Mean cloudiness and gradient-level wind charts over the tropics, AWS Technical Report 215, Vol. I (Text), vol II (charts), Aug. 1970。
- [11] Asnani, G. C., The equatorial cell in the general circulation, *J. Atmos. Sci.*, **25**, 133—134, 1968。
- [12] 王继志等,源于澳洲过赤道气流与中国季风环流与降水,大气科学,1,1—9,1982。
- [13] 王作述等,南海至西太平洋一带夏季低空越赤道气流和季风的初步研究,气象学报,4,67—77,1979。
- [14] 陈于湘,夏季西太平洋越赤道气流的谱分析,大气科学,4,363—368,1980。

**THE VARIATION OF THE EQUATORIAL WESTERLIES
AND ITS RELATION WITH THE LARGE-SCALE
CIRCULATION IN THE LOW LATITUDE IN SUMMER**

Yu Shihua Hong Tianbao Liu Zhiyuan

(Institute of Meteorology, P.L.A. Air Force)

Abstract

In this paper, we designed a critical index $|v/u|$ to determine the exists and the evolutional characteristics of the equatorial westerlies by using the FGGE data from May to August of 1979. The structures of the equatorial westerlies and its relationship with the large-scale circulation in the low latitudes is discussed in details. It shows that these equatorial westerlies are an important basic current in the low latitudes in Indian Ocean. Finally, the schematic picture of the three-dimensional circulation structure of these equatorial westerlies is given.