

源于澳洲过赤道气流与中国季风 环流和降水

王继志

(中央气象台)

李麦村

(大气物理研究所)

提 要

本文通过多年平均风场和卫星云图等资料的分析揭示了一支源于澳洲的过赤道气流的存在。本文定义这支源自南半球并伸入中国内陆的气流为澳洲过赤道气流和中国低空急流。

本文指出,这支气流处在南亚经向季风环流的低层,是南亚季风的重要组成部份,是动量和水汽输送的重要通道。它对我国夏季季风降水的影响更为直接。过去人们研究了东非过赤道气流及延伸的西南季风和西太平洋上东南季风及其对我国的影响。本文指出的中间这支气流对我国夏季季风降雨作用明显。

本文认为,这支气流的揭示将有助于深入讨论和改变对东亚季风和赤道一带大气环流结构的看法。

一、引 言

季风问题是一个古老而十分重要的问题。早在十七世纪初,季风的海陆说就已经问世。其后,随着生产的需要和资料的增加,人们观察季风现象的眼界逐渐开扩。本世纪初, G. Simpson^[1] 提出了南半球东南信风过赤道(由于柯氏力作用)转为西南季风,说明印度的西南季风是从南半球吹来的。这种论断曾受到不少责难。例如,有人计算进入印度洋西部的水份远比赤道以南多,就此对上述观点提出挑战,指出从湿度场看不足以说明它们在气流结构上有渊源关系。后来在东非阿拉伯海沿岸地区发现了索马里低空急流^[2], 印度西南季风源于南半球过赤道气流才逐渐被更多的气象学家们承认^[3]。

近年来,人们已愈来愈注意到,季风现象不是一个局地现象。P. J. Webster 指出^[4], 季风是一种与全球性能量循环与变化有关的行星尺度的现象。叶笃正、高由禧等指出^[5,6], 夏半年东亚地区的季风不仅与太平洋中部的环流存在着相关,而且还与南半球之间存在着径向季风环流。由此可见,大气的运行不是以人为划定的赤道为界的。

我们知道,季风环流不过是大气环流的一个组成部分,它具有明显的特殊性,即对海陆分布十分敏感,而南北半球海陆的不对称分布及海陆面积的明显差异不能不成为南北半球间季风环流兴起的重要原因^[7]。

五十年代初,印度的西南季风讨论得十分热烈,西南季风爆发与南支西风急流北推与我国和日本梅雨开始等的研究充分开展,取得许多重要成果^[8,9]。然而,天气实践与研究表明,季风在中国的情形与印度大不相同。章淹等的研究指出^[10],江淮梅雨与印度西南季风和日本的梅雨的开始日期也多是先后不同,相差较大。单纯用西南季风解释中国夏季季风降雨的复杂情况是十分困难的。大家知道,在我国,夏季降水情形十分复杂但季节性明显。平均看来,一条准东西向雨带4、5月份在华南,6至7月初在江淮,成为著名的中国梅雨,7至8月移至华北。不同年份,不同区域雨带的来去也差异甚大。显然,这与控制东亚地区的大型环流——季风环流是有直接关系的。对怎样理解中国季风降雨的特点,怎样理解我国华南前汛期暴雨往往要先于印度西南季风的爆发,都需要对东亚季风气流的组成进行认真的分析。以往对 100°E 以东的南中国海面及其以南海区流场的讨论较少,而该地区流场对我国内陆有直接影响。本文通过平均流场及若干实例的分析来讨论源于澳洲过赤道气流的存在,并讨论它演变为中国低空急流对我国季风降雨的贡献。

二、源自澳洲的过赤道气流与中国低空急流

早在60年代初,陶诗言指出,北半球东亚经向环流盛行时,南半球的中纬度经向环流

较强,并且在赤道附近南半球空气向北输送机会很大。这种强南风分速与澳洲强冷空气活动有关^[11]。

为考察澳洲到我国南中国海一带过赤道气流的存在,我们在我国南海北部 20°N 附近选取几个站的7月份多年平均资料¹⁾,制作了平均高空风剖面图(图1)。资料选取平均盛行风向为 $170^{\circ}-189^{\circ}$ 的风资料绘制。由图可见,在南海北部的我国广东沿海,平均存在一支低空风速大值区,强度为8米/秒,高度在1000到3000公尺。我们还作了沿 20°N $100^{\circ}-130^{\circ}\text{E}$ 范围7月份多年平均高空风剖面图(图略),资料取自²⁾,计算了(包括 $170^{\circ}-180^{\circ}$ 以外)各种可能风向的风速,求平均风速矢量。结果最大风速仍在 $110^{\circ}-115^{\circ}\text{E}$,最大平均风速值为6.5米/秒,比东西两侧平均风速大1—2米/秒。最大风速轴的高度比图1稍有降低。这表明,从多年平均情况看,非南风频率是很低的,最大风速轴的

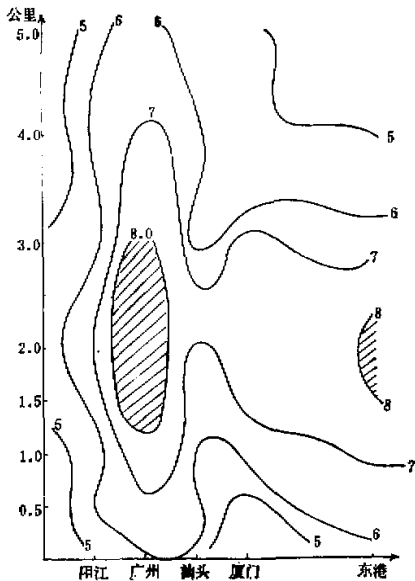


图1 7月 20°N (绝对)经向风平均分布

降低表明,这个南风最大风速轴线就是我国预报员熟悉的低空急流。

1) 据《中国高空气候资料》中央气象局,1978年北京出版。

2) 据《中国高空气候图集》中央气象局研究所,1972年北京出版。

图2是南中国海及以南海面7月份850mb多年平均盛行风向及部分最大风速分布。在夏季,在低空存在一支源自澳洲的过赤道气流,这支气流在我国南海北部一带与低空西南风急流相接,最大风速达30米/秒以上。与图1中给出的低空急流位置是一致的。

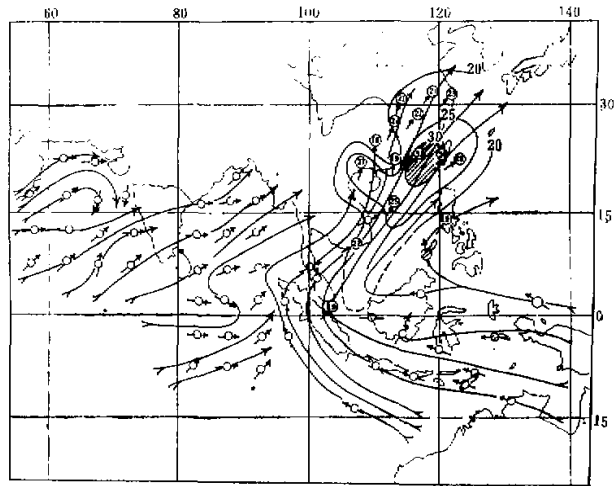


图2 7月多年平均850mb 最大风向频率与最大风速分布(等风速线米/秒),
小圈内数值代表最大风向频率的风速值;未注数值的,
则代表仅有风向而缺风速资料

这支低空急流是参与我国夏季季风雨的重要气流。其性质、特征和成因与印度洋上发现的过赤道气流有不少相似之处,都是赤道气流向中纬地区推进的表现形式,其共同特点是:

1. 两支气流都是源自赤道。索马里低空急流南端源出于马斯克林高压(15°S),中国低空急流源出于澳大利亚高压(30°—10°S)。

2. 索马里低空急流是东非山脉与阿拉伯海(相差300米)之间的一支低空急流^[12],中国低空急流是青藏高原与其东南部相对低地平原(相差至少3000米)之间的低空急流。

两支急流成因上也有共同之处。都与地形、低纬的环流特征及南半球(冬半年)冷空气南下过程中动能释放有关。像北半球冷空气可以爆发到南纬与赤道附近一样,南半球冬半年强斜压发展造成的冷空气爆发是形成过赤道气流的重要动能来源。当南半球冷空气向赤道一带爆发后,在赤道以北地区遇到的环境流场是东北信风,通常,北半球盛夏东北信风强度达12—16米/秒,与过赤道气流势力相当。因此,只有在地形对经向风有利的条件下才利于出现东风转南风的突破性变化。在北半球低纬度地区,恰好在几个经向地形伸向大洋地区可使东北信风出现间断或减弱,并且对流层中层副热带高压相应地发生间断、形成几个闭合单体。在亚洲及其以南地区,东风减弱的地区一个在印度洋西部的东非索马里沿岸,一个在印度洋太平洋毗邻地区的中南半岛到南中国海一带。前者与后者各自形成一支低空急流。

P. J. Webster 等指出^[4],与人们过去习惯看法相反,赤道地区可以有多通道 (porous) 向中纬地区输送扰动,它们以低空急流形式出现。我们推论,过赤道气流不仅在东半球有,西半球 (如美洲洛杉矶东部) 也可能存在。索马里低空急流与中国低空急流并非仅是仅有的。

三、中国低空急流与中国季风雨

我们定义与过赤道气流相连通的我国东部 (110°E 附近) 的最大风速区为中国低空急流,以此与索马里急流区别。它与我国季风降水关系密切。如前所述,作为我国大尺度季风降水,如华南“前汛期”暴雨、江南梅雨等同属中国季风降雨内容,是季风雨不同时段南北推移的产物。它们受大尺度季风环流控制。参与中国夏季风降水的天气系统如西南涡、中层气旋、冷涡、副热带气旋以及包括台风等,是大尺度季风环流中的扰动。控制大尺度季风环流的主要气流,在对流层低层不仅仅有西南季风、东南季风,还有重要的一支,即本文所给出的来自澳洲的过赤道气流及与其连接的中国低空急流。这三支气流的相互作用及其对季风的影响我们将另文加以讨论。

1. 过赤道气流与华南前汛期暴雨

目前,已有大量工作论证了华南暴雨与低空急流有密切关系。李麦村^[5]、李玉兰、方宗义^[6]等工作指出,华南前汛期暴雨与一支通过中南半岛的低空西南风急流有关。朱翠娟等^[7]还指出,来自南海的季风云团的向北输送对华南暴雨起重要作用。但他们常常注意到季风云团来自西南季风的部分^[8]。实际上,分析还可以发现,大部分季风云团往往

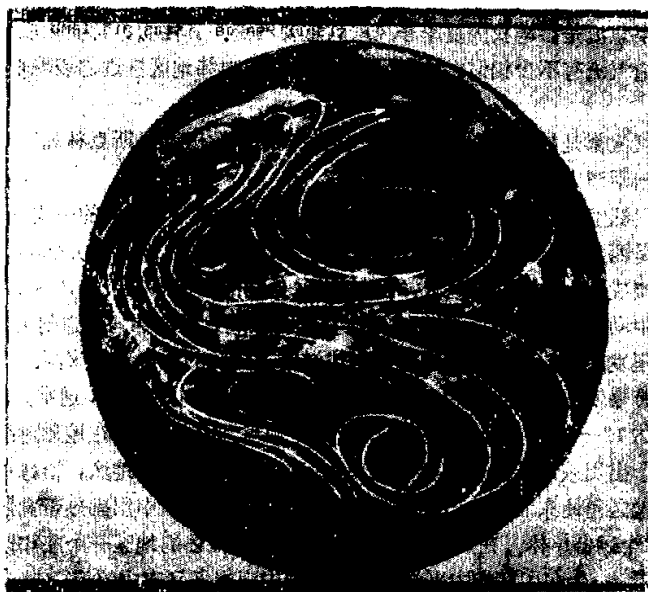


图3 1980年4月11日21时静止卫星云图

是经中南半岛向南延伸与源自澳洲的气流联系在一起的，这在赤道静止卫星云图上反映十分清楚，现举例如下。

1980年4月12—14日华南出现一次大暴雨过程。长江以南到华南普遍出现大雨到暴雨。其中江南南部到华南出现大暴雨。大范围降雨50至100毫米，粤北的局部出现200至250毫米降雨，日雨量在100毫米以上（图略）。我们分析了北半球西风带系统对这次降雨的贡献，发现，4月中旬虽然有一次较强冷空气活动，但直到4月12日，冷空气前锋尚未越过河套地区。黄河以南仍为暖低或倒槽控制。此时，华南（日雨量在100毫米以上）暴雨已经大范围发展。从静止卫星云图照片上可清楚地看到如下事实：从高纬南下的冷锋云系12日8时仅到达河套地区，而与华南暴雨相联系的热带对流云系组成的云涌却源远流长，源自澳洲（图3）。

图4是4月12日热带地区850mb流线分析。由图可见，一支源自澳洲的过赤道气流伸向我国华南。在华南一带形成18米/秒的低空急流。应当指出的是，在图4中印度洋孟加拉湾一带缺少测风纪录，这给判定华南低空急流是否仅仅与澳洲过赤道气流相连接带来一定困难。但从静止卫星云图（图3）可以看到，与低空大风走向一致的积云线（或云街）系源自澳洲。孟加拉湾一带是晴空区，没有与低空急流相配合的云系。这进一步证实了图4中低纬地区流线的分析。我们还作了从万象、曼谷到新加坡一线的850mb风的时间剖面（图略），发现，4月5—11日，东北风有一次明显减弱、破坏过程，随之而来的是11—13日，强劲的过赤道气流（南风）出现。说明过赤道气流是在破坏东北信风情况下间

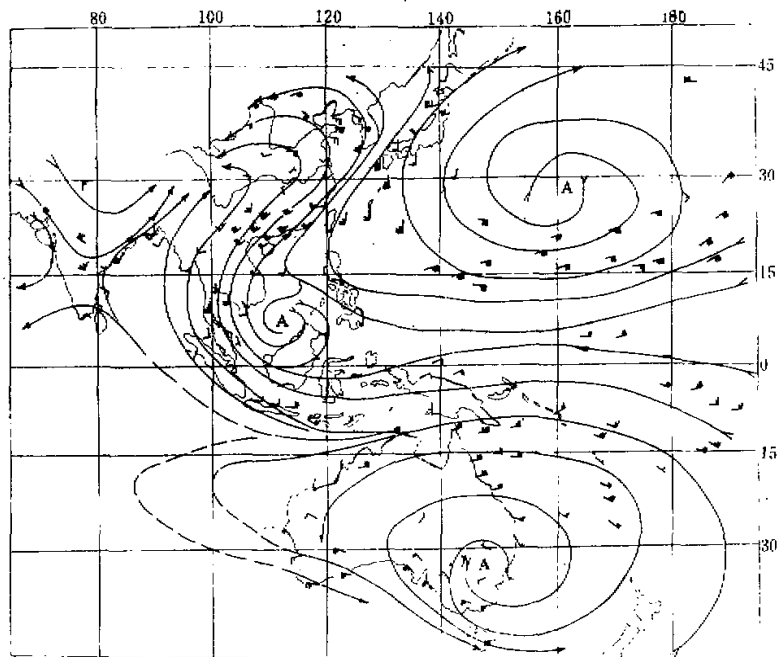


图4 1980年4月12日00时850mb流场

断出现的。

为了考察这支气流的湿度特征,我们绘制了该地区的湿度场。图5为地面温度露点差图。由图可见,高温区从澳洲北部新几内亚岛、印度尼西亚群岛经中南半岛一直伸向我国江南,与图4中从澳洲反气旋流出的一支最大风速轴(见图5中双线箭头)一致。澳洲大陆为干区(云图为晴空区),位于冷锋后部。由图5可见,这支过赤道气流与其下游的低空急流在流场和湿度场上一脉相通,是一支重要的水汽通道。从图5及图3还可以看到,澳洲北部的高温区实际是赤道辐合带。从澳洲反气旋流出的气流先流经赤道辐合带南侧,然后在中南半岛一带穿越赤道转向东北方向。因此,这支来自赤道辐合带南侧的气流水汽含量高,对中国夏季季风降水提供水汽来源作用甚大。

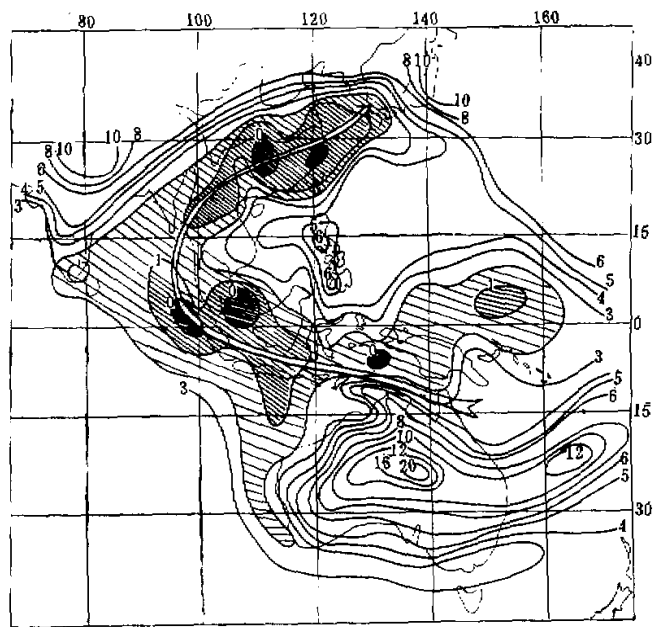


图5 1980年4月12日00时地面温度($T-T_d$)场

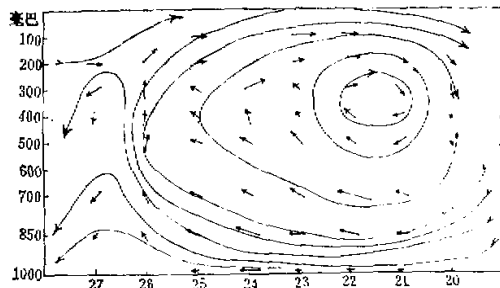


图6 1974年6月25日08时沿114°E的环流图

李麦村在研究低空急流与华南前汛期暴雨的关系中发现^[13], 沿与暴雨相伴随的低空急流方向所作的经向剖面上存在一个反环流。低空南风急流处在这个反环流的底部。它一边北上, 一边爬升(图6)。它实际上是经圈季风环流。过赤道气流和中国低空急流正是这支经向季风环流的低空部分。因此, 华南前汛期暴雨是中国夏季风降水的组成部分。

2. 过赤道气流与江淮梅雨

近年来, 随着观测技术的发展和观测事实的不断增加, 人们对梅雨本质的认识也在不断深入。大量天气事实表明, 江淮梅雨雨带的出现, 不过是华南雨带的季节性北抬。人们有理由认为, 既然华南前汛期暴雨与过赤道气流关系密切, 梅雨也同样会受到这支气流的影响^[14]。分析南半球冷空气活动可以提前预示北半球副高及雨带位移趋势, 给梅雨雨带位置的预告提供线索。

为考察澳洲冷空气爆发, 过赤道气流对我国梅雨的影响, 我们对 1971—1973 年梅雨开始前副高的活动及澳洲冷空气活动作了分析。使用的是澳大利亚发布的每日 500mb、地面图等资料。结果发现, 在梅雨开始时, 副高的一次较大幅度北进, 澳洲总有一次较强冷空气活动。为节省篇幅, 现给出 1971 年的例子。

1971 年 6 月 10 日南半球 500mb 形势是, 在 140°E 附近, 即澳大利亚东海岸有一澳洲东部大槽。与北半球冬季形势一样是一次冷空气向北爆发的过程(图略)。

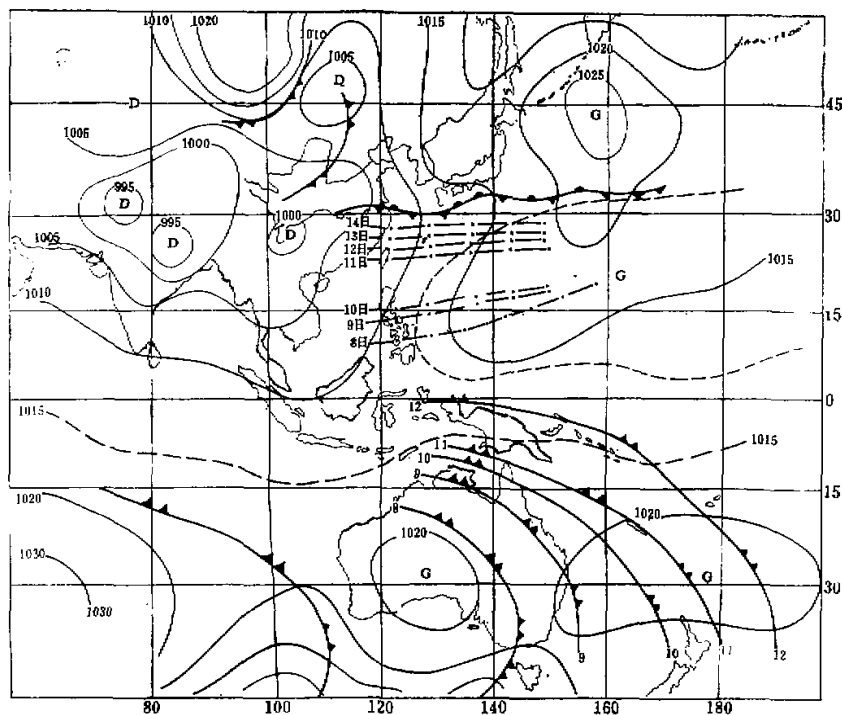


图7 1971年6月8—14日综合动态图与8日08时地面形势图

图7是与500mb形势相配合的地面冷空气活动的综合动态图。由图可见,8至12日,地面冷锋从澳洲大陆向东北方向移动,12日,冷空气前锋移近赤道附近,逐渐逼近500mb北半球副高的南部边缘。图中还给出了副高脊线动态。可以看到,副高北跳发生在11日前后,以后位置稳定在 25° — 29° N附近,梅雨是从10日开始的。由此可见,梅雨开始、副高北跳与澳洲冷空气爆发后过赤道气流北上有关。

我们还应用近年来取得的较多的热带风场资料和地球静止卫星资料分析了梅雨期间过赤道气流的特征。发现整个梅雨期间,这支气流十分活跃,它从澳洲北部以强劲的东偏南风流出,风速一般有12—15米/秒。经印度尼西亚群岛到中南半岛一带折向东北,沿西太平洋副高的西北侧流向江淮流域。过赤道气流与云带走向一致,并流向江淮地区与梅雨云带合并。有时,也有从孟加拉湾地区移来的云系与之合并。现举例说明如下。

1979年夏季梅雨典型,主要梅雨期6月19日始,7月4日止。分析每日赤道静止卫星资料看到,一条准东西向雨带东起日本西至青藏高原稳定少动。并入梅雨云带的有来自南北两个半球的云系。北半球云系多来自高原北侧河西走廊一带,部分云系取河套一带偏北路径移来。这些云系与北半球西风带中扰动(槽)对应。来自南半球的云系由热带积云群组成,与850mb上分析的源自澳洲的过赤道气流以及中国低空急流走向一致。南半球云系在亮度和范围上都比北半球云系强大。

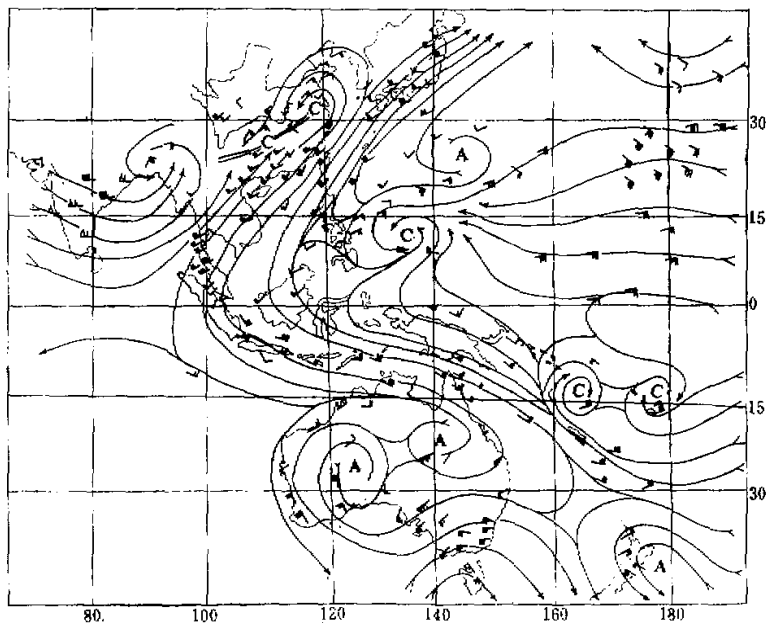


图8 1979年6月28日08时850mb流场

图8是1979年6月28日08时的850mb热带流线分析。由图可见,澳洲高压流出的东南气流有12—16米/秒,这支气流宽度约有1千公里,过赤道后转为西南风,此时风速加大到18米/秒,沿西太平洋副热带高压西北侧进入我国高原东南侧构成中国低空急流。

与这支气流水汽输送、动量输送及西风带中弱冷空气活动有关, 6月28日前后江淮梅雨中暴雨带加强, 稳定在长沙、南昌、衡县一带, 日雨量达80至100毫米。

丁一汇、尹树新等^[17-19]的研究指出, 梅雨期间存在一个经向反环流圈。如上所述, 低空急流位于这个反环流底部, 它是与哈得莱环流相反的夏季风经圈环流。

显然, 从图8可见, 从澳洲反气旋流出的过赤道气流与中国低空急流连接紧密, 风速大, 对中国夏季风降水的贡献更为直接。有时有来自孟加拉湾的西南气流并入, 因此不排除西南季风作用的可能, 但青藏高原对这支气流的正面阻挡作用也不能低估。两支季风气流对我国夏季季风降雨的作用我们将另文加以讨论。

根据上述对华南前汛期暴雨和梅雨大尺度气流的分析可知, 支配中国季风降雨的气流结构十分复杂, 澳洲冷空气爆发及由此推动的过赤道气流和中国低空急流在我国季风降雨中起重要作用。

四、几点结论

根据本文的分析, 可初步形成以下几点结论:

1. 华南前汛期暴雨、江淮梅雨等是中国夏季风降雨的组成部分。同是大型夏季风环流的产物。它们的季节性推移和演变受东亚季风环流的制约。

2. 本文给出的若干事实指出, 东亚季风环流结构十分复杂, 低空季风环流应包括三支主要气流, 即不仅存在过去人们已知的西南季风和西太平洋上的东南季风, 还有本文给出的作为中间的一支, 即澳洲过赤道气流。指出这支气流源于澳洲高压, 流经赤道辐合带南侧, 在印度尼西亚群岛到中南半岛一带折向东北, 进入我国华南。

3. 在我国夏季降水中起作用的所谓低空急流, 实际上是与澳洲过赤道气流一脉相通的。并指出, 源于澳洲的过赤道气流并在西太平洋副高西北侧与中国低空急流相连接。这支气流作为南支季风对中国夏季风雨的作用更为直接, 它控制了我国夏季季风雨的基本趋势, 是一支重要的动量和水汽输送通道。

4. 从东非过赤道气流和索马里低空急流到澳洲过赤道气流和中国低空急流的发现, 我们将进一步改变对赤道一带大气环流的想法。南北半球间气流的多通道穿透现象正是行星尺度季风环流待研究的课题。

参 考 文 献

- [1] Simpson, G., The Southwest monsoon, *Q.J.R. Met. Soc.*, 47, 151—172, 1921.
- [2] Findlater, J., A major low level air current over the Indian Ocean during the northern summer, *Q.J.R. Met. Soc.*, 95, 362—380, 1969.
- [3] Rao, Y. P., Southwest monsoon, India Met. Department, 52—61, 1976.
- [4] Webster, P. J., and Others, Mechanisms Effecting the state, Evolution and Transition of the Planetary scale monsoon, Monsoon dynamic, Birkhäuser, 1463—1492, 1978.
- [5] 叶笃正、杨广基、王兴东, 东亚和太平洋上空平均垂直环流(一)夏季, 大气科学, Vol. 3, No. 1, 1—11, 1979.
- [6] 高由禧, 有关季风的一些问题(待发表).
- [7] 郭其蕴、叶维明, 南北半球大气环流与东亚季风, 气象学报, Vol. 37, No. 1, 87—95, 1979.
- [8] 陶诗言、陈隆勋, 夏季亚洲大陆上空大气环流的结构, 气象学报, Vol. 28, No. 3, 234—247, 1957.
- [9] 叶笃正、陶诗言、李麦村, 在六月和十月大气环流的突变现象, 气象学报, Vol. 29, No. 4, 250—261, 1958.

- [10] 章施等, 初夏太平洋副热带高压活动与梅雨和海温关系的初步探讨, 技术交流文集, 长江流域规划办公室, 164—177, 1975.
- [11] 陶诗言, 徐淑英, 郭其德, 夏季东亚热带和副热带地区经向和纬向环流型的特征, 气象学报, Vol. 32, No. 2, 1962.
- [12] Findlater, J., Observational Aspects of the low-level Cross-equatorial Jet stream of the western Indian Ocean, *Monsoon Dynamics*, Birkhäuser, 1251—1262, 1978.
- [13] 李麦村, 华南前汛期特大暴雨与低空急流的非地转关系(即将发表).
- [14] 方宗义, 李玉兰等, 一次华南前汛期暴雨过程的综合分析, 1977年华南前汛期暴雨研究报告选编, 105—116, 广东省热带海洋气象研究所, 1978.
- [15] 朱翠娟, 1977年5月27日—6月1日广东海, 陆丰特大暴雨分析(同上), 52—60.
- [16] 王继志, 梅雨研究的进展, 气象, No. 5, 19—21, 1977.
- [17] 丁一汇等, 1973年我国梅雨时期的环流结构, 夏季梅雨降水的形成和预报, 科学出版社, 23—32, 1979.
- [18] 尹树新等, 季风爆发与梅雨期雨量的关系及其预报, 南京气象学院学报, No. 2, 1979.
- [19] 李麦村等, 季风动力学的进展(未发表).

CROSS-EQUATOR FLOW FROM AUSTRALIA AND MONSOON OVER CHINA

Wang Ji-zhi

(Central Meteorological Observatory)

Li Mai-cun

(Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica)

Abstract

In this paper, we have analysed the wind data and synoptic circulation pattern over West Pacific and Southeast Asia. It is shown that there is a cross-equator jet flow from Australia which prevails the East China and determines the precipitation in China. This flow is defined as cross-equator flow from Australia and low level jet over China.

It has very important effect on the summer precipitation over China. The effects on precipitation in China of Southwest monsoon coming from India and southwest monsoon coming from West Pacific have been analysed by some authors. In this paper it is pointed out that the cross-equator flow which lies between these two flows mentioned above and comes from Australia of South Hemisphere effects the summer monsoon rainfall over China.

It is noticed that exploration of this flow will help to research in a deep going way on structure of summer monsoon over East Asia and help to change our ideas about this subject.