

西太平洋地区信风的振动及其与 北太平洋热带环流的关系

杨 义 碧

(中国科学院大气物理研究所)

一、前 言

近年来,发现热带和付热带地区的风场存在一种周期约为15天的振动^[1-3]。这种风场的振动,反映了热带大型流场存在周期约为15天的变动,研究这种振动的变化机制对热带大型环流的中期演变预告是很有帮助的。

在这方面,Krishnamurti等^[4]分析了季风盛行期中季风强度,稳定度,高空东风急流强度,索马里低空急流强度,南半球马斯克林反气旋强度的15天周期振动之间的位相关系,提出一种云—辐射反馈机制来予以解释。他们认为这种振动首先是由印度地区层结稳定度启动的,然后影响季风强度,高空东风急流强度,然后才是南半球系统起变化。这种机制是否适用于其他地区,尚需进一步研究。

我们对1976年7—8月间在西太平洋地区的东南信风进行了分析,发现信风也存在周期约为15天的振动。200mb上高空东风气流中北风分量也有15天的准周期振动,其位相与信风振动几乎一致,这表明赤道经圈环流的强弱也存在周期约为15天的振动。在此过程中,北半球西太平洋热带地区850mb上西南风也表现加大,许多例子表明,澳大利亚中部地区地面气压也几乎同时加大。这种过程看来同Fujita^[5]提出的在热带东太平洋上准正压过程是不完全一致的。

二、东南信风中的振动*

图1是沿150°E附近几个测站850mb上南北风分量时间剖面图。为了突出强东南信风,我们只画了分量为8米/秒以上的等值线。我们发现,在赤道附近,7月11—14日(中心为13日),7月31—8月4日(中心为8月2日),8月12—17日(中心为15日),9月3—7日(中心为5日)存在4次强信风爆发。平均周期为14—15天。这4次南半球东南信风的爆发均对应于北半球热带地区一次台风的发生。例如,7月11—14日爆发则对应于7609号台风的发生(11日编号),7月31—8月4日爆发则对应于7613号台风的发生(8月4日编号),8月12—17日爆发则对应于7615号台风的发生(19日编号)。9月

1978年11月20日收到修改稿

* 何诗秀同样发现这一时期该地区信风的准15天脉动。

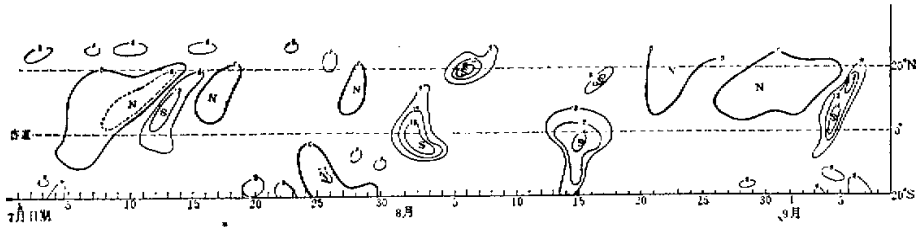


图1 1976年7—8月沿150°E 850 mb 上南北风分量时间剖面图

4—7日爆发对应于7617号台风(9月4日编号)。由上可见,有些个例是北半球发展在先(如9月4日例子),并不均是南半球发展在先。

为了表明这种南半球信风的振动与北半球热带气流和南半球澳大利亚地区冷高活动的关系,我们作了图2。图中曲线S为南半球94085站(Raboul) 850 mb 上风的南北向分量5天滑动平均值,曲线N为北半球91408, 91413, 91334, 91348, 91356五个站 850 mb 平均风的東西向分量的五天滑动平均值,曲线P为130°E, 25°S; 135°E, 20°S, 25°S, 30°S; 140°E 25°S五个点平均的海平面气压五天滑动平均值。其值读自澳大利亚气象局出版的 Daily Weather Maps。我们看到94085站的南北风曲线在7月1日至9月15日

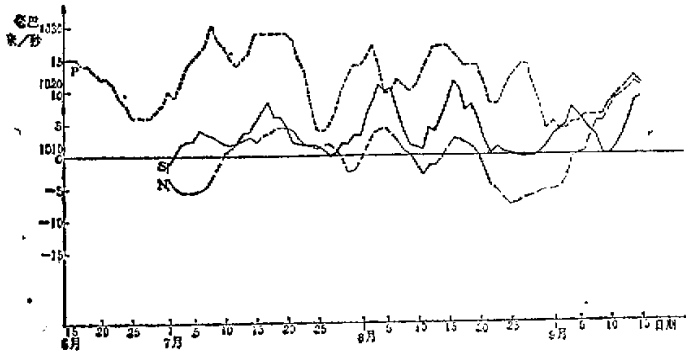


图2 1976年7—8月5天滑动平均值时间曲线

间有5次振动,其峰值日期分别为7月6、17日,8月4、16日,9月4、15日,比图1的各中心落后1—2日,这是由于图2曲线取了5天滑动平均之故。图2中7月6日的峰值在图1中由于小于8米/秒,所以没有画出来。我们看到,澳大利亚地区气压曲线也有与信风曲线一一对应的振动,除了7月6日及8月27日气压振动与信风振动没有对应外,在7—8月间,其余的振动,气压曲线峰值均比信风曲线峰值早2天左右。但是,9月初信风振动却无气压振动相对应。我们查阅了每天地面图,气压曲线上每次峰值均反映澳大利亚地区的一次冷高压爆发。我们再比较图2中N曲线与S曲线,也可发现,除7月6日S曲线峰值外,北半球西太平洋热带的纬向风曲线也存在振动,并且其振动与南半球信风区中94085站曲线(除9月4日振动外)均是一一对应的。北半球的峰值日期分别为7月19日,8月5日、16日,9月15日。前二个振动是北半球落后,而后二次几乎同时发生。再把北半球纬向风曲线与南半球气压曲线相比,可以看到,7月中旬,8月上旬和中旬的几

次振动是完全对应的。这一些事实表明, 南半球冷高爆发, 150°E 附近东南信风突然加强以及北半球西太平洋热带 850mb 上纬向风的加强是相互连系的。

以上是南半球信风和北半球纬向风的连系。南半球信风和北半球信风之间有无连系? 为此我们取了 1976 年 7—8 月间同步卫星推算的低层风, 把每天出现在 $0-10^{\circ}\text{S}$, $160-170^{\circ}\text{W}$ 和 $10-20^{\circ}\text{N}$, $160-170^{\circ}\text{W}$ 二区域内的所有卫星风依其风速(不计风向)作平均值, 再取三天滑动平均, 作成图 3。图中二条曲线分别代表南半球东南信风和北半球东北信风的变化。我们看到, 南半球 $160-170^{\circ}\text{W}$ 的信风也存在准周期的振动, 峰值出现

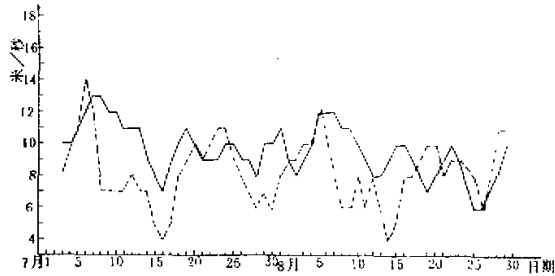


图3 1976年7—8月中太平洋地区低空卫星云风标量三天滑动平均时间剖面曲线。实线为北半球 $0-20^{\circ}\text{N}$, $160-170^{\circ}\text{W}$ 区域的, 虚线为南半球 $0-10^{\circ}\text{S}$, $160-170^{\circ}\text{W}$ 区域的。

在 7 月 6、23 日, 8 月 5、19 日。与图 1 中 150°E 的峰比, $160-170^{\circ}\text{W}$ 的提前 1—6 天。由此来看, 150°E 上信风爆发并不是上游信风加强的结果, 实际上, 有些例子是澳大利亚冷高爆发的结果, 有些则起源于北半球风系的变化。图上也可看到, 北半球信风也存在振动, 短周期振动较多, 但大的振动趋势与南半球的非常符合。如 7 月 6 日、7 月 20 日、8 月 5 日及 8 月底的几次振动是比较一致的, 特别是 7 月 5 日的振动趋势南半球和北半球十分一致。由于卫星推算的风速是比较粗糙的, 用这种资料来讨论变动的迟早关系是十分困难的, 但至少可以说, 南半球信风和北半球信风之间存在着位相比较一致的振动。

我们看到, 澳高爆发到北半球低空纬向风加强位相差不大。这就不能由澳高爆发的冷空气直接越过赤道而直接影响北半球热带环流来解释, 因为空气质量移速不可能有这么快。唯一的解释是存在一种南北半球间能量频散过程。亦即, 南北半球相互作用并不一定要由质量交换过程来控制, 而可能由某种能量频散过程来控制, 这种机制是需要进一步研究的。

三、信风上空越赤道气流的振动

上一节我们提出了一些事实, 说明南半球信风及北半球西太平洋热带低空纬向风和中太平洋东北信风之间均存在 15 天左右的振动, 并且南北半球风系的振动是彼此相关的。在西太平洋地区, 夏季赤道附近 200mb 上基本是东风气流。其中, 北半球为赤道附近反气旋带南侧的东风, 而南半球则常为中太平洋南半球高空反气旋带西侧的东风, 这二支东风组成了赤道附近高空东风。陈隆勋、罗绍华^[6]指出: 在北半球强热带辐合带时期, 低

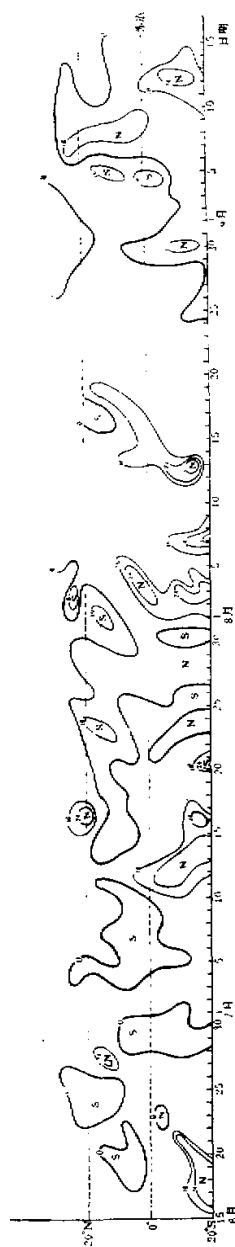


图4 1976年6月15日—9月15日沿150°E 200mb 上风的南北分量时间剖面图。

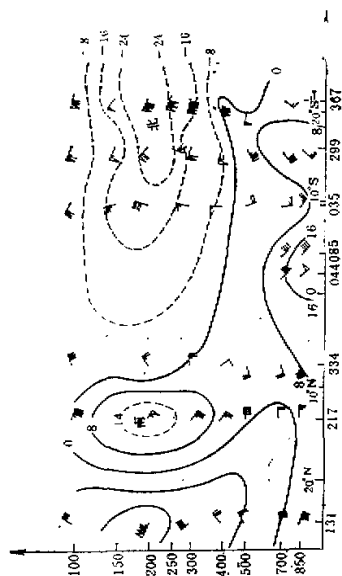


图5 1979年8月2日08时沿150°E的风剖面图。等值线为南北风分量。

空自南半球向北半球的越赤道气流强盛,而高空则自北半球向南半球的越赤道气流强盛,由此组成了一个强盛的赤道经圈环流.在弱辐合带时期高低空越赤道气流减弱,这种赤道经圈环流也减弱.若这个结论是正确的话,则上节所讨论的低空信风振动,必然有高空东风的振动相配合.为此,我们仍沿 150°E (如图 1)作了 200mb 上风的南北分量时间剖面图(图 4),为了突出强风区,我们只画了南北风分量大于 16 米/秒的等值线.我们看到,7 月 10—15 日(峰值约出现在 13 日),8 月 1—4 日(峰值在 3 日),8 月 12—17 日(峰值在 13 日),9 月 6—9 日(峰值约为 8 日)出现了几次强的北风加强,平均周期约为 15 天.若与图 1 中信风振动相比较,可以发现低空的每一次信风振动都伴有一次高空北风振动,无一例外,就其振动出现的时间先后来看,高低空几乎是同时的,只有 8 月初、9 月初的二次振动似乎低空比高空早 1 天左右.另外,就 7 月和 8 月的几次高空北风振动来看,均是南半球先开始北风加大而后北半球开始加大,而 9 月初的振动却相反,北半球北风先开始加大,之后南半球才开始加大.因此,我们初步可以认为,低空信风的南风分量和高空东风的北风分量均存在上下位相几乎一致的、周期为 15 天的振动.这种低空向北、高空向南的振动反映了赤道经圈环流也有周期为 15 天左右的振动,这种振动大多数是由南半球先出现的.

四、个例分析

为了更细致的了解这种西太平洋地区信风中振动的过程,我们对四个个例作了分析.从上二节的讨论中看出,7 月中旬个例是澳高先爆发,然后信风爆发,之后北半球纬向风加大,高空则与低空同时,并且南半球先加强.8 月初个例表明低空信风加强早于高空一天,8 月中旬个例高低空几乎一致.9 月初个例则北半球高空变化早于南半球高空.这里为了节约篇幅,我们只选取 8 月初的个例来讨论这种南半球信风加强与北半球热带环流的关系.

图 5 是 8 月 2 日 08 北京时沿 150°E 的风剖面图.图中只画了南北分量的等值线.在 1 日(图略).南半球赤道附近的 850mb 上风速均小于 5 米/秒.2 日则风速突然增大,94085 站 850mb 上风向为 155° ,风速 19 米/秒,相邻的 94044 站为 150° ,19 米/秒,可见记录是比较可靠的.从高空而言,1—2 日风速未有增大,反而是减小, 10°S 附近的 94035 站 1 日的 200mb 风向为 10° ,风速 17 米/秒,而 2 日仍为 10° ,17 米/秒.在北半球,赤道附近 2 日低空为西南风,高空为弱南风.到 3 日 08 北京时(图略)南半球低空风速略有减弱,94085 站 850mb 上风向为 180° ,风速为 17 米/秒.而北半球低空西南风有增强趋势,91334 站 850mb 风速由 2 日 17 米/秒增加为 23 米/秒.与此同时,南半球高空风偏北分量有明显增加, 20°S 附近偏北分量达 42 米/秒(2 日为 25 米/秒).94035 站偏北分量由 18 米/秒增为 25 米/秒,赤道附近的 94085 站偏北分量达 19 米/秒.北半球高空偏北分量也同时增大,91334 站的 200mb 上由偏南分量 10 米/秒变为偏北分量 13 米/秒.这表明随着 1—2 日赤道附近信风突然增强,2—3 日北半球低空风也立即增加,并且南北半球的高空偏北风也突然加大.在这个变化过程中,南半球赤道附近的信风突然加大是一个关键.

自 8 月 1 日起,澳大利亚地区有一次强冷空气伴随冷高而向北爆发.1 日 08 点冷高

中心位于 30°S 、 125°E ，中心强度 1028 mb，2 日中心移到 27°S 、 132°E ，强度 1028 mb。在 1 日时，地面上越赤道的信风气流已经加强。图 6 是 1 日 08 北京时地面流线图，由该图可见，该日在 150°E — 160°E 之间已存在一支越赤道的强风带，94085 站地面风速已达 14 米/秒。随着冷高向北爆发，2 日 850 mb 上在 145°E — 155°E 间开始出现强信风带，由流线图（图 7）来看，显然是冷高前缘的信风。这支强信风越过赤道后即转向为西南气流，该日在关岛西南已发展一个热带低压，这个低压一日已出现在地面图上（图 6），但该日 850 mb 上

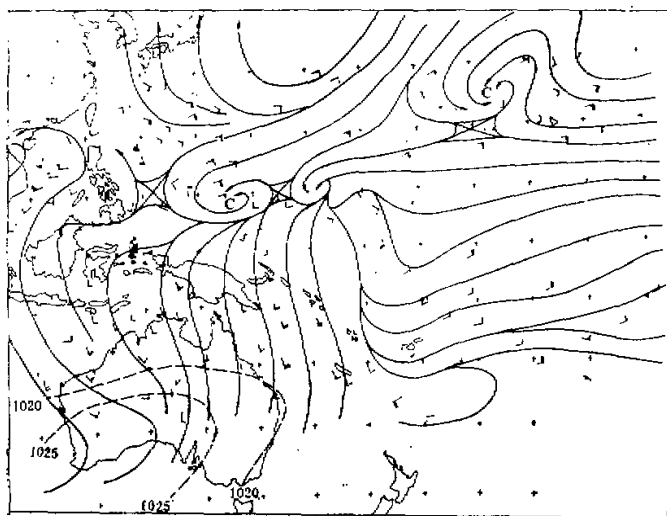


图 6 1976 年 6 月 1 日 08 时地面流线图，图中虚线为等压线。

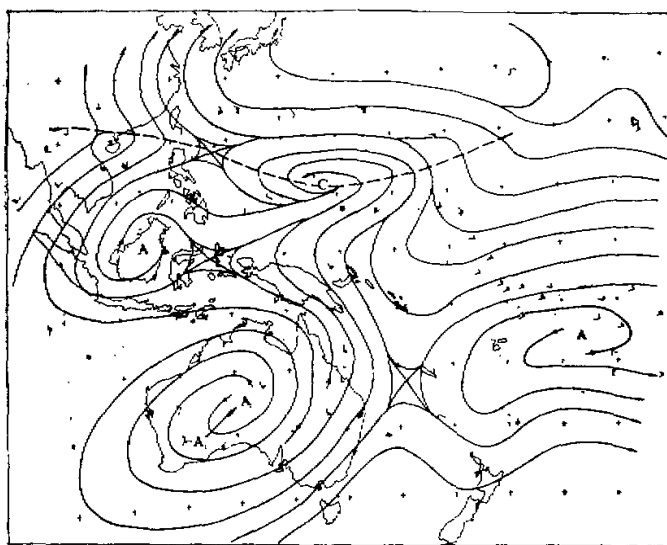


图 7 1976 年 8 月 2 日 08 时 850 mb 流线图，图中 A_1 为 8 月 1 日 08 时反气旋中心所在位置。

尚未能定出流场中心,到2日850mb上环流才明显起来(图7)。3日,这支越赤道的强信风带仍然存在,但位置略有西移,越赤道后仍转向为西南风而卷入热带低压,此时热带低压已移到关岛以北附近,到4日,该低压发展为台风强度。这个台风的南侧气流主要是由 145°E 以东越赤道的强信风转向而成的。我们从已有的记录可以看到,并不能如 Fujita^[9]在东太平洋地区那样分析出赤道反气旋。从日常的天气图来看, Fujita 所提的模式在 180°E 以西地区是极少出现的。Eujita 所依据的是由涡度守恒而使越赤道气流转向成为反气旋,基本上是一个正压过程。从我们的分析来看,低空信风加大,高空自北向南的越赤道气流随之加大,主要是一个赤道经圈环流加强,这一点可由8月3日200mb图(图8)得到说明。我们看到,8月1—3日,赤道附近中太平洋上空始终维持一个反气旋,中心

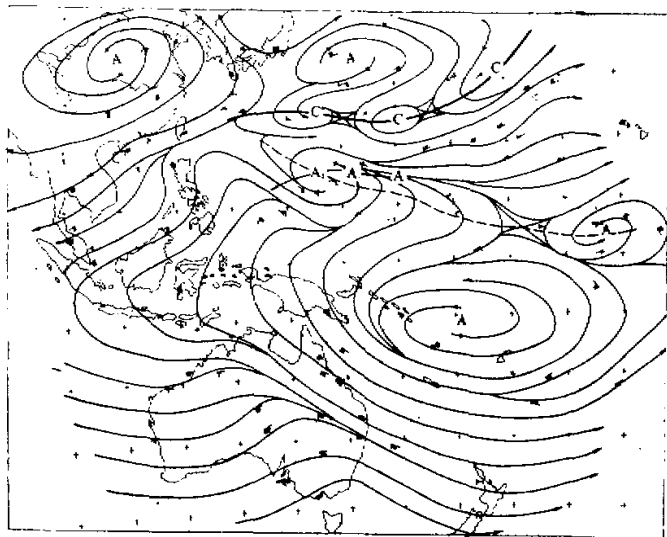


图8 1976年8月3日08时200mb流线图,

图中 A_1 、 A_2 、 A_3 分别表示8月1—3日反气旋中心所处的位置。

位置少变。低空信风区刚好位于此反气旋西侧的偏北气流区。在北半球, 15°N 附近1—4日有一高空反气旋有规律地自东向西移动,3日刚好位于低空热带气旋上空,这可能是4日热带低压加强发展成台风的原因之一。这个反气旋南侧向南辐散气流与南半球反气旋西侧偏北风分量即越赤道气流是不大的,如91334站、91348站。到3日则偏北风势力加强。从这个过程看,200mb上环流形势变化不大,只是在这个转为稳定的形势上由于低空信风越赤道气流加大,而迅速使高空方向相反的越赤道气流加强,而不改变环流形势。

五、结语和讨论

从以上分析,我们得到以下几点结论:

1. 150°E 附近南半球赤道附近东南信风存在准周期脉冲式加强,其周期大致为15

天左右。

2. 澳大利亚冷高爆发, 北半球西太平洋 850mb 上纬向风也存在周期约为 15 天的振动, 看来南半球信风的振动大多数是与上两者有关的。并且, 大多数是澳高爆发在先, 但也有个别北半球变化在先的个例。

3. 从卫星推算的风来看, 东太平洋信风无论在南半球的东南信风或是北半球的东北信风均存在周期约 15 天的振动(北半球的较不明显), 二者振动位相几乎是一致的。

4. 西太平洋赤道附近 200mb 上空的高空东风气流中, 其自北向南的越赤道气流也存在 15 天左右的周期性振动, 从其与低空信风气流周期性振动位相比, 大部分是完全一致的, 有一些则比高空早一天左右。这组成了低空向北高空向南的赤道经圈环流周期性的加强和减弱, 其周期大约为 15 天。

热带地区 15 天周期的振动有过不少的理论分析, 但有一些理论工作表明, 浅水凯尔文波有 15 天左右的周期, 但是我们知道, 凯尔文波特征是风的纬向分量振动, 南北分量并不振动。而我们所分析的是低空偏南风和高空偏北风的振动, 看来不能用凯尔文波来作解释。我们认为: 这种 15 天周期的振动是大气固有的振动, 在热带地区则主要表现为赤道经圈环流(即季风环流圈)的准周期振动。Krishnamurti^[4]等分析印度季风准 15 天周期振动后认为可以用云—辐射反馈机制来解释。西太平洋地区低空信风的偏南分量和高空东风的偏北分量几乎是同时加强的, 亦即赤道经圈环流的上下二支几乎是同时加强的, 这就不能用上述的云—辐射反馈机制来解释。以下, 我们提出一种可能的机制。

从图 1, 4, 6—8 中可以看到, 在低空信风加强期, 30°S — 10°N 范围内低空一致盛行南风, 而高空盛行北风。这表明, 在信风加强期, 30°S — 10°N 范围内为一个赤道经圈环流所占, 在北端为北半球热带辐合带的上升气流区, 而南端则为澳大利亚冷高的下沉气流区。而赤道经圈环流准周期振动的启动主要由南端冷高的爆发和北端辐合带的振动来决定。

(1) 南半球启动。澳大利亚冷高爆发, 低空东南信风及高空东北风同时加大, 即赤道环流圈加强, 引起北半球热带辐合带加强。辐合带加强后, 便诱导台风发生并加强, 台风把辐合带积蓄的能量组织起来集中于几个台风中, 当台风离开辐合带后把辐合带能量输送到中高纬, 这时辐合带减弱, 上升区减弱, 赤道环流圈也减弱, 直至下一次南半球启动。从 1976 年的几个例子看, 这种过程可能是南北半球相互作用的一种机制。

(2) 北半球启动机制: 上面, 我们得到北半球东北信风亦存在准 15 天周期振动, 可以认为副热带高压亦存在准 15 天周期振动。当副高偏北和加强时, 东北信风加强, 热带辐合带会引起加强, 使赤道环流圈加强, 会引起环流圈南端下沉区加强, 诱使澳大利亚高压爆发, 当冷高爆发能量频散后, 赤道环流圈又趋减弱。

从以上分析来看, 西太平洋地区热带环流准 15 天周期振动的形成机制是十分复杂的, 上述机制是否成立尚需要从个例分析着手来予以论证。由于准 15 天周期代表一种中期的环流演变趋势, 我们可以利用来作为中期环流趋势预告的依据, 所以对这种振动的形成机制需要进一步加以研究。目前的困难主要是资料稀少, 预期全球大气试验期间将会得到某种程度的克服。

本文在工作过程中得到陈隆勋同志帮助和鼓励特此致谢。

参 考 文 献

- [1] 北京大学地球物理系热带天气研究组和国家海洋局水文气象预报总台, 南亚扰动功率谱的初步分析, 热带天气会议论文集, 科学出版社, 1974.
- [2] 孙淑清, 盛夏亚洲上空副热带高压活动的波谱分析, 大气物理研究所集刊第8号, 科学出版社, 68—76, 1979.
- [3] 中国科学院大气物理研究所热带气象研究组, 南半球气流对南海和北太平洋西部地区热带环流的影响, 大气科学, 第二期 1976.
- [4] Krishnamurti T. N. and Bhalme. H. N., Oscillations of a monsoon system, part I: observational aspects. *J. Atmos. Sci.* **33** 1937—1954, 1976.
- [5] Fujita, T. T., Watanabe, K., and Izawa, T., Formation and structure of equatorial anticyclones caused by large-scale cross-equatorial flows determined by ATS-1 Photographs. *J APP Met.* **8** 649—667, 1969.
- [6] 陈隆勋和罗绍华, 西太平洋地区强和弱热带辐合带时期低纬大气环流的分析, 大气物理研究所集刊第8号, 科学出版社, 77—85, 1979.

THE OSCILLATION OF TRADE WIND OVER THE WESTERN PACIFIC IN SUMMER, 1976 AND ITS RELATION TO THE GENERAL CIRCULATION OF THE ATMOSPHERE IN THE TROPICS

Yang Yi-bi

(*Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica*)

Abstract

In this paper, the oscillation of the south-eastern trade wind over south-western Pacific in summer, 1976 has been studied. It is shown that (1) there is an oscillation in the trade over this region, and its period is about 15 days; (2) There is also an oscillation with the same period in meridional component of the upper easterlies on the 200mb surface which is in phase with that of the trade; (3) This kind of oscillation can also exist in the occurrence of outbreak of cold wave in Australia and in the zonal velocity component on the 850mb level over the north-western Pacific, which can be closely connected with the oscillated trade in the southern Hemisphere.

Based on some case studies, it has been pointed out that a process mentioned above can be regarded as the oscillation of meridional circulation (monsoon cell) in the equatorial region. This is natural oscillation of the atmosphere. It is shown that the quasi-periodic oscillation of meridional cell in the equatorial region may depend on the outbreak of cold wave in the southern Hemisphere and the oscillation of ITCZ over north-western Pacific. The outbreak of the cold wave in Australia are earlier than the oscillation of the ITCZ in most cases, but there are also a few exceptions. This process may be explained with the mechanics of the energy dispersion. However, it is necessary to study it in detail.