

夏季西太平洋越赤道气流的谱分析

陈于湘

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

本文用波谱分析方法,对1976年6月15日至9月12日赤道上 105°E 、 120°E 和 150°E 附近850毫巴的经向风分量作了分析。将这三处经向风功率谱与同一时期澳大利亚地面气压的功率谱进行比较,我们发现: 105°E 、 150°E 的功率谱和澳大利亚地面气压的功率谱都有明显的15天周期,而 120°E 的功率谱则没有。

我们还计算了赤道上这三个经度的南风分量。风速最大的是 150°E ,其次在 105°E 、 120°E 的风速比前二处小1—2米/秒。

由此我们认为:夏季来自澳大利亚的气流有两个通道,一个在 105°E (新加坡)附近,另一个在 150°E (俾斯麦群岛)附近。

早在六十年代,陶诗言等^[1]就研究过夏季 100° — 180°E 范围内南北半球热带环流的相互作用。他们指出:澳洲的寒潮爆发后,使得在澳洲附近的经向环流发展,冷空气向北输送,这股气流越过赤道便成一般所称的西南季风。从 100° — 180°E 范围内南北半球接近赤道(5个纬度范围内)850毫巴上南北风分量的时间剖面图上,可以看到风速最大的是94085站,它的南风分量达16米/秒。这就是说,气流主要集中在这里越过赤道。

同Findlater (1969 a, b, 1971)^[2]研究过的印度洋上的索马里急流类似,在西太平洋地区,同样存在越赤道的低空急流。它发源于澳大利亚,先呈西南向流向赤道,越过赤道后,转向为西南风,成为西太平洋地区热带环流的重要组成部分。

1976年,我所热带气象组研究了这些越赤道气流的通道^[3]。他们认为,来自澳大利亚东北部的气流,主要在加里曼丹到苏拉威西越过赤道。

本文对澳大利亚来的冷空气越过赤道的通道进行了进一步的研究。用谱分析方法,分析了1976年6月15日—9月12日每天的记录,得到的越赤道气流通道有两个,一个在 105°E 附近,另一个在 150°E 附近。后者与陶诗言的结果一致。我们的分析还说明,这两个经度上的越赤道气流,确实与澳大利亚寒潮爆发有密切关系。

一、资料与计算公式

时间序列功率谱分析的原理,国内外均有过许多介绍。对气象要素时间序列的协方差或后延相关做富氏变换,便得到功率谱。这里我们只给出计算公式。

所取资料时段为1976年6月15日至9月12日每天一次观测值,组成90个样本数

序列。象这样的样本序列共有四个:

1) 澳大利亚中部五个固定点的地面气压平均值。这五个点是: $20^{\circ}\text{S}, 130^{\circ}\text{E}; 20^{\circ}\text{S}, 140^{\circ}\text{E}; 30^{\circ}\text{S}, 130^{\circ}\text{E}; 30^{\circ}\text{S}, 140^{\circ}\text{E}; 25^{\circ}\text{S}, 135^{\circ}\text{E}$ 。这个气压平均值反映了澳大利亚中部的寒潮活动。资料取自澳大利亚出版的“Daily Weather Maps”。

2) 加里曼丹—苏拉威西三个站850毫巴上经向风分量的和。此三站为96441, 96491, 97072。

3) 新加坡附近三个站850毫巴上经向风速的和。站号为48647, 48694, 96237。它们都在 105°E 附近。

4) 俾斯麦群岛附近的两个站94044, 94085 850毫巴上经向风速之和。它们在 150°E 附近。

赤道附近的经向风, 表示越过赤道气流的强度和方向, 南风为正, 北风为负。以上三处风的资料取自中央气象台发布的08点850毫巴观测值, 基本上是连续的, 其中有个别一至二天缺测, 则根据850mb流线图内插而得。

设所取资料为 x_{ij} , i 为序列的序数, j 为观测值的序号。对资料进行标准化处理, 处理后的序列为

$$X_{ij} = \frac{X_{ij} - E_i}{D_i} \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, n = 4, \\ j = 1, 2, \dots, N = 90. \end{matrix}$$

式中 E_i 为第 i 个序列的数学期望, D_i 为第 i 个序列的方差。序列的自相关函数由下式给出:

$$R_i(k) = \frac{1}{N-k} \sum_{j=k+1}^N X_{i,j} X_{i,j-k},$$

其中 k 为相关系数的后延时间, $k = 0, 1, 2, \dots, M$ 。 M 是最大后延值, 我们取 $M=30$ 。功率谱由下式给出:

$$SP_i(\omega) = \frac{4\Delta t}{\delta_\omega} \sum_{k=0}^M R_i(k) \cos \frac{\omega \pi k}{M},$$

δ_ω 为后延宽度因子, $\delta_\omega = \begin{cases} 2 & \text{当 } \omega = 0 \\ 1 & \text{当 } \omega \neq 0 \end{cases}$, ω 为谱序, $\omega = 0, 1, 2, \dots, M$ 。它与频率 f

之间的关系为 $\Delta f = \frac{\omega}{2M\Delta t}$, Δt 是时间间隔, 在我们的资料里取 $\Delta t = 1$ 。

A, B 两个序列的互相关函数为

$$R_{AB}(k) = \frac{1}{N-K} \sum_{j=k+1}^N X_j^{(A)} X_{j-k}^{(B)},$$

j, k 的含义如前所述。两个不同时间序列的互相关函数的富氏展开就是交叉谱 $G_{AB}(f)$, 用复数形式表示则为:

$$G_{AB}(f) = CS_{AB}(f) - iQS_{AB}(f)$$

$$CS_{AB}(f) = \frac{4\Delta t}{\delta_\omega} \sum_{k=0}^M R_{AB}^{(C)}(k) \cos \frac{\omega \pi k}{M},$$

$$QS_{AB}(f) = \frac{4\Delta f}{\delta_{\omega}} \sum_{k=0}^M R_{AB}^{(S)}(k) \sin \frac{\omega \pi k}{M}.$$

式中 $R_{AB}^{(S)}(k) = \frac{1}{2} [R_{AB}(k) + R_{BA}(k)]$ 是偶数化的互相关函数, $R_{AB}^{(A)}(k) = \frac{1}{2} [R_{BA}(k) - R_{AB}(k)]$ 是奇数化的互相关函数。

交叉谱的相角差 $\theta_{AB}(f)$ 用下式求出

$$\theta_{AB}(f_{\omega}) = \frac{180}{\pi} \arctan \frac{QS_{AB}(f_{\omega})}{CS_{AB}(f_{\omega})}$$

由 $QS_{AB}(f_{\omega})$ 和 $CS_{AB}(f_{\omega})$ 的符号确定相角所在的象限, 然后再算出实际相角 $\phi_{AB}(f_{\omega})$ 。

我们的计算过程中, 对原始记录没有作滤波处理, 所以求得的功率谱包括了一至六十天的全部波动的谱值。但在功率谱图中, 没有画出周期小于三天的高频谱值。另外, 我们用频率的对数做横坐标, 用功率谱与频率的乘积做纵坐标。

二、计算结果与分析

用一节的公式对前述四个要素进行计算。我们只给出每个要素的功率谱。

图 1. 是澳大利亚地面气压五点平均值的功率谱。我们看到低频部分有三个强谱峰值。周期分别为 7.5 天, 12—15 天, 30 天。我们感兴趣的是 12—15 天的周期。

图 2. 是加里曼丹—苏拉威西三个站 850 毫巴上经向风分量之和的功率谱分布。我们注意到它的低频部分没有强谱峰值。不仅如此, 在周期为 15 天处是个谷点。这说明在该

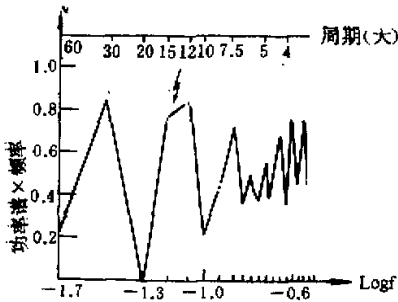


图 1. 澳大利亚地面气压五点平均值的功率谱

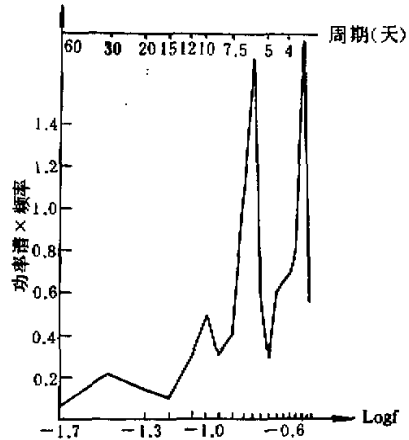


图 2. 加里曼丹—苏拉威西三个站 850mb 上的经向风分量之和的功率谱

地区, 赤道上空的南北风没有 15 天的周期变化。谱的最大峰值在高频, 一个在 6 天周期处, 另一个峰值在 3.8 天周期。我们在观测值中也发现它的风向变化比较零乱。另一个鲜明的特征是它同澳大利亚高压的功率谱没有共同的周期。这就意味着此处的南北风分量变化与澳大利亚寒潮爆发没有什么联系, 这里气流的加强和减弱受其他的因素(我们暂时还不了解的因素)所制约。

图 3. 是新加坡附近的经向风速之和的功率谱。相当突出的是 5 天和 15 天周期。这

个 5 天周期与 Yanai 等^[4]做的太平洋上夏季马绍尔群岛的 4—5 天波动相同。Yanai 认为, 这种对流层低层的波动可能是平流层同类波动的反映。15 天周期的波动更是气象工作者经常注意到的。无论在中纬度, 还是在低纬度, 都发现有这种波动。在热带, Wallace^[5]曾分析过 1963 年 7—12 月太平洋上特鲁克岛的探空资料, 他指出可能存在 10—15 天周期。从地面到 500 毫巴位相几乎相同地向东传播。他认为这也可能是平流层同类波动的反映。

图 4. 是俾斯麦群岛附近两个站的经向风之和的功率谱, 它有明显的 15 天, 10 天和 3.8 天的周期。

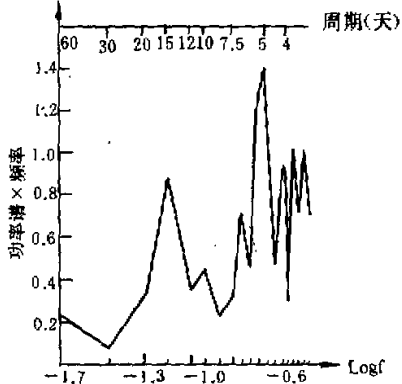


图 3. 新加坡三个站 850mb 上经向风之和的功率谱

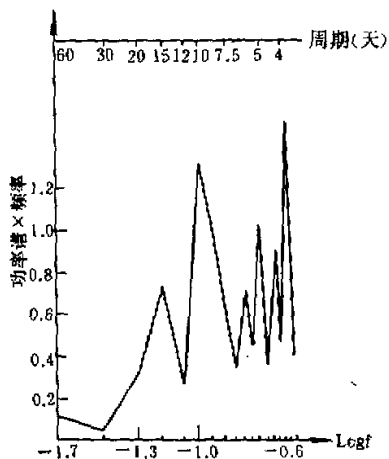


图 4. 俾斯麦群岛两个站 850mb 上经向风之和的功率谱

从上述计算结果, 我们发现: 新加坡和俾斯麦群岛附近的越赤道气流均有 15 天周期的强谱峰, 与澳大利亚高压的 12—15 天周期强谱峰是一致的。而加里曼丹—苏拉威西的经向风则没有这个周期, 它的 15 天周期处谱值正好是一个谷点。

由于功率谱是揭示某个物理系统内部联系的工具, 它受该物理系统中基本变数的直接影响。所以, 如果两个序列有相同周期的强谱峰值, 说明这两个序列有某种必然联系。反之则没有这种联系。新加坡和俾斯麦群岛上空的越赤道气流与澳大利亚高压有相同的 15 天周期, 证明它们是属于同一个物理系统。在天气学上的解释是: 澳大利亚寒潮爆发后, 其冷空气向北方输送, 这些气流将分别在两处通过赤道, 一处在新加坡附近, 另一处在俾斯麦群岛附近。加里曼丹—苏拉威西的经向风与澳大利亚高压没有相同的周期, 说明

二者没有必然联系, 这里的经向风受其他因素控制。换句话说, 南半球澳大利亚寒潮爆发后的冷空气不在加里曼丹—苏拉威西越过赤道。

为了比较这两支越赤道气流的强弱, 我们还统计了它们的月平均风速, 列于表 1。

表 1. 赤道上空 850mb 的 V 风速

时间 \ 地点	新 加 坡	俾 斯 麦 群 岛
7 月	2.4 米/秒	6.0 米/秒
8 月	2.8 米/秒	7.9 米/秒

我们看到,在 1976 年俾斯麦群岛附近的越赤道气流比新加坡的要强得多。这个结果与陶诗言等^[4]所作的 1958 年 7 月分的情况相似。当然,并非每年如此。

利用两个序列的交叉谱,对 15 天周期我们计算了位相差。澳大利亚高压与新加坡经向风的位相差为 60° , 相当于 2.5 天, 即 60 个小时; 澳大利亚高压与俾斯麦群岛经向风的位相差为 15.4° 相当于 0.62 天, 大约 15 个小时。这就是说,当澳大利亚的 15 天周期爆发后,冷空气向北输送, 15 个小时之后, 俾斯麦群岛附近的赤道上空 850mb 的南风达到一个极大值; 60 小时后, 新加坡附近的赤道上空 850mb 的南风达到一个极大值。上述现象的揭露,给台风预报提供了一个依据。我们知道,西太平洋的台风往往发生在热带风场上的交汇点。俾斯麦群岛的越赤道气流与副高南部的东风气流形成了这种交汇点。从而构成了台风发生的初始流场条件。当我们看到澳大利亚有 15 天周期的寒潮爆发时,则可考虑未来一两天内,西太平洋可能发生台风。

新加坡这支越赤道气流与副高南部东风气流汇合的纬度要比 150°E 处高一些, 汇合的机会也少,它常常穿过菲律宾南部,到达西太平洋,成为西南季风。

三、结 语

通过前面的计算和分析,我们得到两点认识:

1. 夏季,西太平洋地区的越赤道气流来自南半球澳大利亚附近。这个统计方法得出的结论与陶诗言等^[4]用天气学方法得出的结论是一致的。他们认为,南半球的寒潮暴发,使得澳洲的经向环流发展,冷空气向北方输送,这股气流越过赤道后便成一般所称的西南季风。

2. 气流越过赤道时有固定的通道。一个在新加坡附近,另一个在俾斯麦群岛(即 150°E) 附近。如图 5 所示。

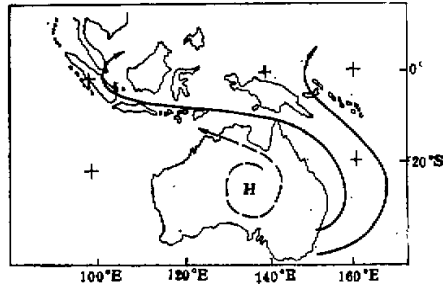


图 5. 西太平洋地区越赤道气流的通道示意图

以上结论是 850mb 上的分析。在地面,由于摩擦作用,其强度要弱些。位置也许会稍稍偏东。

本工作最初阶段,曾得到陈隆勋同志的指点。沈如金、黄荣辉同志对此工作结果曾提出过宝贵意见,在此一并致谢。特别要感谢陶诗言先生,他给予了热情的支持和鼓励,并对初稿提出了重要的修改意见。

参 考 文 献

- [1] 陶诗言, 徐叔英, 郭其蕴: 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, 第32卷, 第二期, 1962.
- [2] Findlater, J., A major Low-Level air Current near the Western Indian Ocean during the northern Summer. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.* **95**, 362—380, 1969a.
 ———, Interhemispheric transport of air in the lower troposphere over the western Indian Ocean. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **95**, 400—403, 1969b.
 ———, Mean monthly air flow at low level over the western Indian Ocean. *Geophys. Mem.*, No. 115, HMSO, London, 1971.
- [3] 中国科学院大气物理研究所热带气象组: 南半球气流对南海和北太平洋西部地区热带环流的影响. 《热带天气会议论文集》, 1976.
- [4] Yanai, M. and Murakami, M., A further Study of tropical wave disturbances by the use of spectrum. analysis, *J. Met., Soc. Japan*, **48**, 185—197, 1970.
- [5] Wallace, J. M., Some recent developments in the study of tropical wave disturbances. *Bull. Amer. Met. Soc.*, **50**, 792—799, 1969.

THE SPECTRAL ANALYSIS OF THE LOW-LEVEL CROSS-EQUATOR AIR FLOW OVER THE WESTERN PACIFIC DURING THE NORTHERN SUMMER

Chen Yu-xiang

(Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica)

Abstract

The meridional components of 850 mb wind over the equator at 105°E, 120°E and 150°E from June 15 to September 12, 1976 is analysed by the use of the spectral method. By comparing the power spectra of the meridional wind components at these locations with that of the surface pressure in Australia, we find that all the power spectra show 15 day cycle, except that at 120°E.

The south wind components cross the equator at these three longitude are also calculated. The strongest wind is at 150°E, the weaker one is at 105°E, and the weakest wind, which is smaller than the other two by 1-2 m/s, is at 120°E.

Thus, it is concluded that there are two main low-level cross-equator air flows from Australia during the northern summer. They located at 105°E (Singapore) and 150°E (Bismarck Archipelago), respectively.