

OLR低频振荡与西太平洋台风活动的探讨

谢安 叶谦*

(北京大学地球物理系)

提 要

本文分析了卫星接收到的地球向外长波辐射 (OLR, Outgoing Longwave Radiation) 资料, 发现40天左右低频振荡在西太平洋地区非常活跃。这种低频波似与台风的生成有密切关系。1979年6—9月台风的生成, 在空间分布上有明显的集中性, 在时间分布上也清楚地集中在三个阶段。这正好与OLR低频振荡的对流位相很一致。看来使用OLR资料比使用常规天气资料能够更好地描述西太平洋 ITCZ 的活动情况。本文所得到的初步结果可能有助于台风生成的中期预报。

一、引言

早在60年代初期, 谢义炳等^[1]在分析低纬 (15°N 附近) 一些测站的风场资料时就指出, 夏季低纬西风存在1—1.5月的周期变化, 当西风增强时, 西太平洋的ITCZ位置偏东, 是台风频繁生成的时期。Maddend 和 Julian^{[2][3]}根据低纬地区近10年的地面和高空观测资料, 证实了从印度洋到太平洋的广大低纬地区, 地面气压和纬向风存在40天左右低频振荡。这种周期的振荡所对应的空间尺度是纬向波数为1的波动。它们沿赤道向东传播。在这以后, 低频波的研究为不少国内外气象工作者所重视^[4], 特别是它们与南北半球夏季风的关系以及它们在大气环流中的重要作用等方面。北京大学地球物理系热带组和国家海洋局预报总台^[5]在分析夏季热带低层环流和它的中期变化时指出, 低层大气环流的演变以及台风的生成都具有阶段性, 并且有准周期性的中期变化, 这种周期约为3—7周。

上述研究所使用的资料都是常规的观测资料。在低纬地区的广阔洋面上, 常规资料比较稀少, 而且分布很不均匀。因此, 所得

到的研究结果还有待于进一步检验和深化。例如, 对于西太平洋上ITCZ的活动, 只根据为数很少的测风资料, 恐怕难以确切地描述ITCZ的位置和强度的变化。70年代气象卫星的运用, 大大推动了热带气象的研究工作。从卫星观测得到的OLR资料, 不仅作为辐射平衡的一个分量, 而且也用于大气环流和低纬系统的研究。OLR值主要决定于云顶及下垫面的温度。由于热带地区温度的时空变化较小, 因此它主要取决于云的状况。不少研究表明, 可以从热带地区的OLR值中得到云、降水和上升运动等有用的信息。云雨区对应着OLR的低值, 而晴空或下沉气流区则对应OLR高值。

最近, Murakami等^[6]利用OLR资料, 研究了低频振荡与季节变化及瞬变扰动的相互关系, 他们指出, 在南北半球的夏季风区, 季风的爆发和撤退都和低频波的活动有密切的关系。而且, 包括天气尺度扰动在内的瞬变扰动与低频波之间也有明显的非线性相互作用。

本文拟应用OLR资料定量地描述北半

* 赵晓涛、吴杰参加了部分工作

球夏季低纬度的低频波活动特征,着重考察低频波与西太平洋台风发生的关系,探讨台风生成中期预报的可能性。

二、资料和计算方法

本文所用的资料是1975—1977年和1979—1983年共8年的逐日平均OLR资料。分辨率是 2.5° 经度和 2.5° 纬度,资料覆盖范围是 45°S — 45°N 之间整个中低纬度带。此资料源自美国NOAA,其处理方法、辐射仪特性以及卫星系统的轨道参数等方面的详细情况,可以参阅NOAA的专门技术报告,如文献〔7〕。本文用到的台风资料来自国家气象局出版的台风年鉴。

为了分离逐日OLR资料中所包含的各种周期的波动,应用了谐波分析方法及谐波合成方法〔6〕。我们将每年逐日的OLR分成以下四个部分,即年平均值和三种频带的波动。

$$\text{OLR}(t) = \overline{\text{OLR}} + y(t) + L(t) + T(t)$$

式中 $\overline{\text{OLR}}$ 是各年OLR的平均值; $y(t)$ 是前三波的合成(周期为4月—1年),代表季节变化; $L(t)$ 是4—15波的合成,它的基本部分是周期为30—60天的低频振荡(6—12波); $T(t)$ 称为瞬变扰动(周期小于24天的波动)。很显然, $T(t)$ 包括了天气尺度的扰动,台风也属于这一类扰动。

为了研究低频波的特性,本文还应用了M. Murakami〔8〕所设计的带通滤波器,从 $\widehat{\text{OLR}}$ 序列中分离出30—60天的低频振荡。这种滤波器的响应函数在30天和60天时都是0.5,而在43天时则接近于1。在本文中用OLR表示经过滤波的值。

三、结果分析

图1是上述8年中4—10月低频波的平均

均标准差,表示8年夏季平均的低频振荡的振幅。此图显示了全球OLR低频波的分布特征。很清楚,它是一种赤道模式。在 20°N 以北和 20°S 以南,低频振荡的振幅很小,而且在东半球比较明显。这和季节波 $y(t)$ (图略)有显著差别。 $y(t)$ 表示行星尺度的季风特征,最强的中心位于赤道两侧的副热带(15°)大陆地区。其中以南亚—印度尼西亚和澳大利亚北部这对中心最强。就北半球夏季而言,低频振荡在两个地区比较活跃。一是赤道东印度洋,包括孟加拉湾和南亚地区。这个中心比较稳定,冬夏变化不大。另一个活跃地区位于西太平洋,中心位于菲律宾以东的洋面上,到了冬季这个中心南移至赤道,有时移到南半球。在这两个活跃地区之间的加里曼丹岛及其附近海面,是低频波相对不活跃的地区。究竟是什么原因造成这种分布,有待于进一步研究。地形影响也许是因素之一。

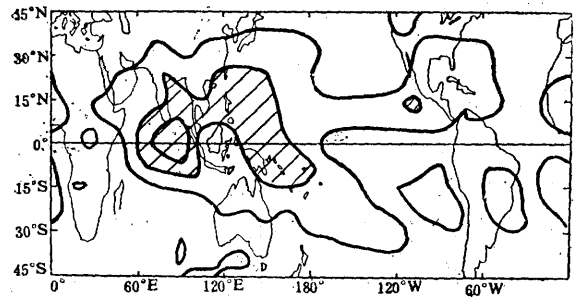


图1 夏半年(4—10月) $\widehat{\text{OLR}}$ (30—60天)的8年平均标准差

等值线间隔为 $5\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$,阴影区表示大于 $15\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 的区域

低频振荡有很明显的季节变化,即在不同季节,低频波强度有很大差异。图2是我国南海和菲律宾以东地区(10 — 20°N , 110 — 130°E)区域平均的 $L^2(t)$ 和 $T^2(t)$ 8年平均(粗线)和标准差。该图表明,夏季这一地区的低频振荡最为活跃,而1—4月却很

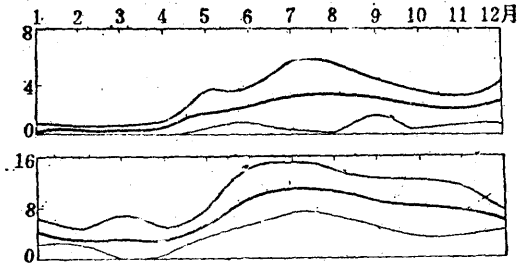


图2 $L^2(t)$ (上图) 和 $T^2(t)$ (下图)
8年平均值 M (粗线) 和标准差 σ
细线分别是 $M+\sigma$ 和 $M-\sigma$ (单位: $W^2 \cdot m^{-4}$)

不明显。瞬变扰动的振幅也同样存在类似的季节变化,以6、7、8三个月最强。这一统计结果说明,低频振荡与瞬变扰动之间存在着某些内在联系。图2的标准差 σ 反映 $L(t)$ 与 $T(t)$ 振幅的年际变化。可以看出这一地区低频振荡与瞬变扰动有较大的年际变化。特别是在夏季,这种变化尤为显著。

2. 1979年的台风活动和低频波的关系

就西太平洋地区来说,1979年是夏季低频波比较活跃的一年。图3是1979年4—10月 \overline{OLR} (30—60天)的标准差分布。从南亚到西太平洋,在 $10-15^\circ N$ 之间有一条振幅大值带。从图3还看出,夏季西太平洋副高主体范围内,30—60天的周期振荡强度很小,但在副高南—西南—西北部有一条半月形的高值带包围着副高的西半部。这可能意味着,在副高西半部周围活动的天气系统有较明显的低频振荡。这可能与台风的生成、

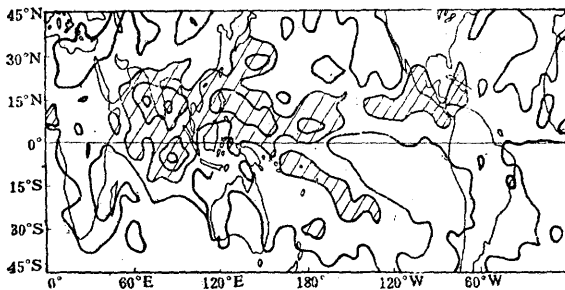


图3 1979年4—10月 \overline{OLR} (30—60天)的标准差等值线间隔为 $5 W \cdot m^{-2}$, 阴影表示大于 $10 W \cdot m^{-2}$ 的区域

西行或转向有着某种关系。

为了探讨低频波与台风的关系,我们首先给出1979年西太平洋台风的生成情况。根据多年(1949—1978年)的资料统计,西太平洋台风(不包括南海台风)主要出现在6—9月,占全年出现总数的61%。1979年有72%的西太平洋台风和热低压(共17个)出现在6—9月(图4)。另有两个未影响我国的台风生成于图4范围之外(分别生成于 $32^\circ N$ 、 $143^\circ E$ 和 $14^\circ N$ 、 $169^\circ E$)。在这段时间里登陆我国或影响我国近海的台风(共10个,占总数的59%)大部分都生成于 $10-20^\circ N$ 、 $130-150^\circ E$ 这个区域内。我们还统计了1980年的资料,也有类似情况。这说明影响我国的台风比较集中地出现在一个区域。进一步检验这个统计结果,将有助于台风生成的预报。

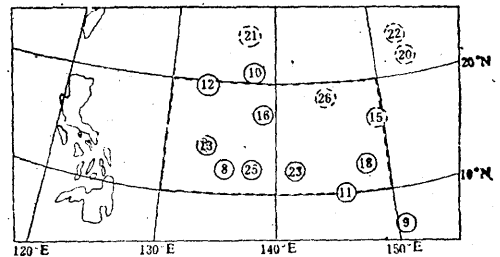


图4 1979年6—9月西太平洋生成的台风和低压分布图

实(虚)线圈表示影响(未影响)我国的台风,号码为1979年台风编号

台风生成区域有一定的集中性,而在出现时间方面有阶段性。这种阶段性恰好和这个区域的 \overline{OLR} 低频振荡的规律是一致的。图5是1979年6—9月 \overline{OLR} (30—60天)沿 $15^\circ N$ 的时间剖面图。可以清楚地看出,西太平洋地区在6—9月期间有三次低频振荡活动。它的对流活跃期(即 \overline{OLR} 负距平)分别出现在6月下旬—7月初,7月底—8月中和9月中—10月初。其中以8月上旬的

负值最大。低频波的周期大概为 43 天。图 5 上还标出了这段期间在 10—20°N 之间活动的台风路径。西太平洋台风的出现也集中在这三个时段，分别在 7 月初，8 月上半月和 9 月后半月。说明台风都出现在 OLR 低频波对位相（活跃期），当低频波强时，台风出现的次数也多。这表明台风这种天气尺度扰动与 OLR 低频振荡之间存在着非线性的相互作用。当 30—60 天周期振荡处于湿位相（负值）时，大尺度对流活动活跃。这种大尺度环流形势可能是台风生成和发展的有利环境场。因此是多台风生成阶段。可以预料，每个台风或热带低压的强对流活动，促使潮湿空气上升凝结，所释放的潜热对于维持和加强尺度较大、振荡周期较长的低频波是有

利的。这种相互作用的物理过程还需要进一步研究。从图 5 还可以看出低频波在这一地区的传播方向基本上是自东向西的，即与西太平洋台风的初期移动方向相同。一些作者（如 Murakami 等^[9]）的工作，认为低频波在赤道附近都是向东传播的，它的性质类似于赤道自由凯尔文波。在本文所讨论的西太平洋副热带地区，根据低频波向西移动的现象，说明 OLR 低频振荡具有 Rossby 波的某些特性。可见，在不同纬度上低频波有不同的物理本质。在 15°N 附近这一地区，向西移动的低频波可能与高层东风上的扰动有着某些联系。

为了进一步研究低频波与瞬变波（包括台风）的定量关系，我们在台风生成的关键区域内选取一个有代表意义的格点（15°N、140°E）。按谐波分析方法，计算出 OLR 的 $L(t)$ 和 $T^2(t)$ 。图 6 给出这一格点 1979 年全年的 $L(t)$ 和 $T^2(t)$ 。从图中可以看出，低频波的季节特征是明显的。它在前半年的振幅较小，而到了夏季则明显增强。给出 $T^2(t)$ 是为了表示瞬变波的振幅变化情况。图 6 最明显的特征是当低频波是负位相时， $T^2(t)$ 的值较大。这种负相关形势贯穿全年。可见，图 6 中的 $T^2(t)$ 与图 5 中的台风有很密切的关系。台风的生成和发展，与瞬变波

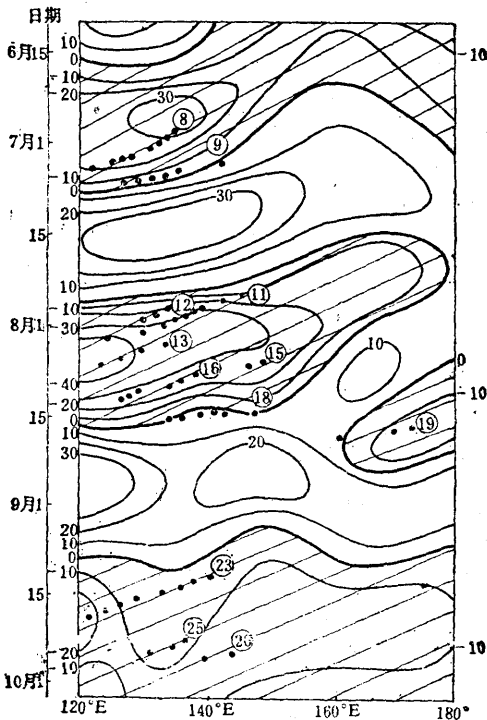


图 5 1979 年 6—9 月沿 15°N OLR (30—60 天) (单位: $W \cdot m^{-2}$) 时间剖面与 10—20°N 之间的台风活动
小圆圈内的数字为台风编号 (同图 4),
小黑点表示台风路径

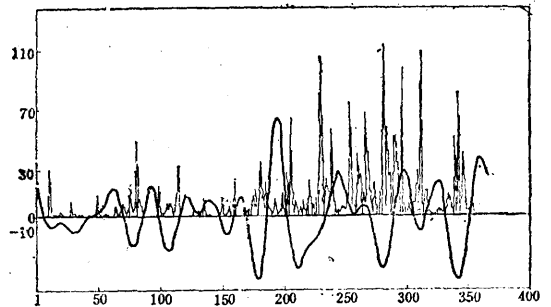


图 6 格点 (15°N, 140°E) 1979 年 $L(t)$ (粗实线) 和 $T^2(t)$ (细实线)*
横坐标是时间 (儒略日)

的增强有相同的趋势。它们都出现在低频波的对流活跃期。 $L(t)$ 与 $T^2(t)$ 的相关达到 -0.33 。在 $(10-20^{\circ}\text{N}, 130-150^{\circ}\text{E})$ 这一区域中,有些格点的相关达到 -0.7 。该区域的平均相关水平为 -0.4 。

3. 西太平洋 ITCZ 的低频振荡

最后,我们来讨论西太平洋 ITCZ 的低频变化。之所以重视 ITCZ 的活动,是因为 ITCZ 是热带和副热带地区的重要天气系统,而且大部分西太平洋台风和热带低压都生成于 ITCZ 上,掌握 ITCZ 的活动规律将有助于台风的生成和发展的预报。但是,在低纬广阔洋面上,只依靠为数不多的常规测风资料是无法较准确地确定 ITCZ 的位置和强度变化的。OLR 资料有可能弥补这一不足。某一时刻的 OLR 分布图,实际上就是一张数值化了的卫星云图。但是,在一张未经任何处理的 OLR 图上,存在各种尺度的天气系统,是比较杂乱的。从统计结果知道,在西太平洋地区,OLR 低频振荡不仅在空间分布方面是全球比较显著的地区之一(图 1),而且它是原有 OLR 序列中的主要成分。表 1 给出了指定格点 $(15^{\circ}\text{N}, 140^{\circ}\text{E})$ 的方差比。可见,在夏季的 6—9 月,30—60 天周期的低频振荡是原有 OLR 序列的主要部分。因此,经过滤波处理的 OLR (30—60 天),不仅去掉了季节变化部分和一些较小尺度的扰动,使 OLR 场不致于过于零乱,而且仍然能反映这一地区的总体变化。

表 1 指定格点 $(15^{\circ}\text{N}, 140^{\circ}\text{E})$ 低频波与原有序列之方差比 (1979 年)

时 段	1—12月	3—10月	6—9月
比例%	63	65	69

图 7 给出了 1979 年 7 月中旬至 8 月上旬的 OLR 分布图,限于篇幅,这里只给出

间隔为 10 天的三张图。分别表示西太平洋 ITCZ 消失、初生和最盛期的概况。图 7 的上图,从孟加拉湾经南海直到菲律宾以东的广大低纬地区是 OLR 的高值区。表示这里的天气形势是以下沉气流为主,因此是台风活动的间歇期。到了 7 月下旬(中图),OLR 高值区仍在南亚维持,但强度减弱。这时低纬西太平洋地区转变为上升对流运动区,是 ITCZ 的初生阶段,开始有热带低压出现。此后 ITCZ 加强并西伸。到了 8 月初(下图)是对流阶段的最盛时期,不断有台风在该区生成。我们比较了相应时刻的历史天气图,发现在孟加拉湾—中南半岛—南海—菲律宾地区,天气图上根据低层风场所定的 ITCZ 与 OLR 低值带(负距平),在位置上是比较一致的。但是从天气图上的辐合线却无法看出 ITCZ 的辐合强度(事实上,辐合线上的辐合强度差别很大)。而 OLR 图清楚地反映出低值带上一些强的对流区域(与低层的强

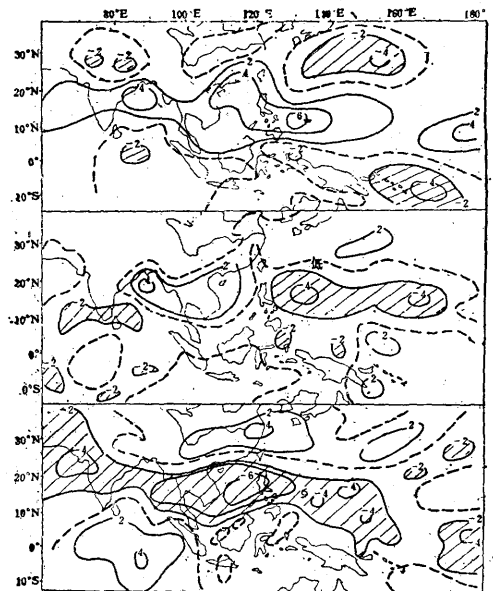


图 7 1979 年 7 月 14 日(上)、7 月 24 日(中)和 8 月 3 日(下)的 OLR (30—60 天) 分布图
单位: $10\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$, 阴影区是小于 $-20\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ 的区域

辐合区对应)。由于菲律宾以东的洋面上, 常规观测资料比较少, 因此, 从 OLR 图上能获得更多关于 ITCZ 的信息。

四、结 论

1. OLR 的低频振荡只在东半球的低纬地区比较明显。在北半球夏季, 它分别在赤道东印度洋和西太平洋有大的振幅。

2. OLR 的低频波和瞬变扰动之间, 有明显的非线性相互作用。在低频波的对流位相, 瞬变扰动很活跃。西太平洋台风都是生成在 OLR 低频振荡的对流位相。而且台风的生成在时间和空间分布方面都有一定的集中性, 这些结果将有助于台风生成的中期预报。

3. 西太平洋的 ITCZ 有清楚的低频(周期为 30—60 天)特征。菲律宾以东的洋面上, 常规观测资料比较稀少, 从 OLR 分布图上能获得较多关于 ITCZ 的信息。

参考文献

[1] 谢义炳等, 东南亚基本气流与台风发生的一些事实的统计与分析, 气象学报, 33, 第 2 期, 206—217, 1963。

[2] Madden, R. A., and P. R. Julian, Detection of a 40—50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. *J. Atmos. Sci.*, 28, 702—708, 1971.

[3] Madden, R. A., and P. R. Julian, Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40—50 day period. *J. Atmos. Sci.*, 29, 1109—1123, 1972.

[4] 谢安, 关于大气环流低频振荡的研究, 气象, 1987 年, 第 7 期。

[5] 北大地球物理系热带组、国家海洋局预报总台, 夏季热带低层环流及其中期变化的初步分析, 热带天气会议文集, 科学出版社, 1976。

[6] Murakami, T., Long-Xun Chen and An Xie, Relationship among seasonal cycles, low-frequency oscillations, and transient disturbances as revealed from OLR data. *Mon. Wea. Rev.*, 114, 1456—1465, 1986.

[7] Gruber, A., Irwin Ruff and Charles Earnest, Determination of the planetary radiation budget from TIROS-N Satellites. NOAA Technical Rpt. NESDIS 3, U. S. Dept. of Commerce, NOAA/NESDIS, Washington, D. C., 12pp. (NTIS PB84 100916), 1983.

[8] Murakami, M., Large-scale aspects of deep convective activity over the GATE area. *Mon. Wea. Rev.*, 107, 994—1013, 1979.

[9] Murakami, T., Long-Xun Chen, An Xie and M. I. Shrestha, Eastward propagation of 30—60 day perturbations as revealed from OLR data. *J. Atmos. Sci.*, 43, 961—971, 1986.

Relationship between OLR low-frequency oscillation and the formation of typhoon over the Western Pacific

Xie An Ye Qian

(Department of Geophysics, Beijing University)

Abstract

The OLR data were applied in this study to detect the low-frequency mode which are pronounced in the equatorial Indian Ocean and the Western Pacific. 40 day OLR oscillations are closely related to the formation of typhoon. There are some cluster characteristics of the typhoon formation not only in spacial but also in temporal distribution. The period when the typhoon frequently occurred was consistent with convective phase of low-frequency mode. This result will be useful to the midium range forecast of the typhoon formation.