

# OLR与南海热带气旋发展的关系\*

罗秋红 李天然 何夏江

(广州中心气象台, 广州 510080)

## 摘 要

利用 OLR 资料,对近十多年(1990~2000年)的南海热带气旋的发生、发展与 OLR 之间的关系进行了分析研究。研究表明:南海热带低压能否发展加强成热带风暴与南海区及其附近 OLR 值的变化有较好的对应关系;OLR 低值中心存在于辐合带中热带低压易发展;在双台风状态下,两个低值中心的强弱情况和距离决定热带低压能否发展。通过定义一个南海热带低压的发展指数 IOD(Index of Development)来定量描述 OLR 等值线的梯度变化和南海热带低压发展的关系;当南海热带低压的发展指数  $IOD \geq 9$  时,热带低压易发展成为热带风暴。

关键词: OLR 南海热带气旋 发展指数

## 引 言

向外长波辐射(OLR)具有全球性、连续性、均匀及水平分辨率高等特点,弥补了低纬热带海洋气象观测资料不足的缺点。过去对 OLR 资料在天气分析预报中的应用曾有不少研究<sup>[1-2]</sup>。谢安等<sup>[3]</sup>利用 OLR 资料研究了 OLR 低频振荡与西太平洋台风发生的关系。蒋尚城等<sup>[4]</sup>利用 OLR 资料,对热带气旋在华南地区的登陆和活动进行了中长期天气预报方面分析研究。对于 OLR 在短期天气预报方面应用,尤其是 OLR 与南海热带气旋发展的关系研究较少。本文选取 20 世纪 90 年代以来,美国气候诊断中心提供的 OLR 图形资料,选取区域为:  $0^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{N}$ ,  $90^{\circ} \sim 135^{\circ} \text{E}$ , 分辨率  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ , 选取 1990~2000 年南海热带低压从起报到生成热带风暴(不能生成热带风暴的只选取热带低压)过程各时次所对应的 OLR 图,并与其对应天气图进行对比分析,研究了 OLR 与南海热带低压是否发展成热带风暴的关系。文中热带低压简称 TD,热带风暴简称 TS,强热带风暴简称 STS,台风简称 TY。

## 1 OLR 高、低值中心(区)与其对应的副热带高压、南海热带低压的相应关系

在热带低纬地区,OLR 资料能够清楚地反映出大规模的上升和下沉运动,副热带高压(简称副高)是一个大规模的下沉区,其控制的区域晴空少云,在这种天气系统下卫星测

\* 本文得到中国气象局“南海海洋天气预报技术研究”课题资助。

2002-08-14 收到,2003-07-09 收到修改稿。

得的 OLR 值主要取决于下垫面温度,所以副高对应一个 OLR 的高值中心区域;而热带低压或辐合带一般情况是较大规模的上升运动区,在这个区域对流云发展较深厚,这种天气系统下卫星测得的 OLR 值主要取决于云顶温度,所以热带低压或辐合带往往对应一个 OLR 的低值中心区域。

### 1.1 副高的 OLR 高值中心及其变化对 TD 发展的意义

热带低压的发展与副高的强度和位置关系密切。采用 OLR 的特征线( $250 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  线)作为副高范围<sup>[5]</sup>,并用 OLR 最大值区轴线表示副高脊,即 OLR 图上有相应的高值中心与副高对应,这样,可以利用高值中心附近等值线的疏密变化来考察副高的变化,从而了解热带低压的发展情况,如 9913 号 STS,当其东南部和南部两环 OLR 值为  $250 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  的等值线连接后加强,中心值由  $280 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  加大到  $295 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ,TD 也随之发展为 TS(图略)。

副高 OLR 高值中心与低值中心的位置相对变化,对于研究 TD 的发展变化有一定的指示意义。当高值中心位于低值中心的偏北部,高压是西伸的副高;当高值中心位于低值中心的偏南部,高压是副高南落西伸部分;当高值中心位于低值中心的偏东部,高压是副高主体。少数情况下,在南海低压的西边,也会有副高断裂后形成的闭合的高压单体,以上四种高值中心和低值中心的配置单独或同时出现,均对 TD 的发展有利。这四种情况也可以从天气形势得到解释:当副高在 TD 的偏北部,副高南侧的偏东风或东南风、位于 TD 偏南部的南落西伸副高,其北侧的西南风或偏西风、当副高主体位于 TD 的东侧时,其偏西侧的偏南风、当闭合高压单体位于 TD 的西侧时,其偏东侧的偏北风,这些风均对 TD 气旋性气流的发展有利。高压的下沉辐散气流加快了 TD 气流的辐合,而且副高越是强盛,对 TD 的发展越是有利。

如果低值中心附近没有高值区,或者即使有高值区但高值区内等值线稀疏,在这种情况下 TD 难以发展成 TS。如图 1, TD 生成时间是 1994 年 7 月 19 日 00:00 (UTC,下同)(中心位置  $20.6^\circ \text{N}$ ,  $107.8^\circ \text{E}$ ),在 TD 低值中心周边没有高值中心区,TD 最终没有发展成 TS。

### 1.2 TD 的低值中心及其变化对 TD 发展的意义

在 OLR 图上,TD 的对流云发展深厚区域对应着 OLR 的低值中心区域。普查多个例,TD 的中心区域等值线梯度越大且继续加大,TD 将随之发展成 TS。9813 号热带风暴,在 1998 年 11 月 18 日 00:00 TD 生成(中心位置  $9.6^\circ \text{N}$ ,  $115.0^\circ \text{E}$ ),11 月 19 日 12:00 加强成为 TS(中心位置  $12.2^\circ \text{N}$ ,  $110.2^\circ \text{E}$ )。图 2 所示,是 9813 号热带风暴从 TD 生成到

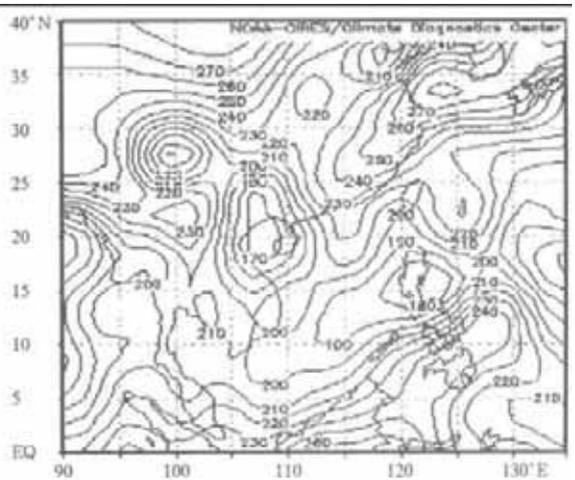


图 1 TD(1994 年 7 月 19 日 00:00) 的 OLR( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ) 场

加强成为 TS 的 OLR 演变过程示意图。可以看到,在 TD 生成到发展成 TS 时,OLR 中心区域等值线有一个逐渐变稠密的 OLR 的过程,即等值线的梯度不断加大,且大梯度值的区域范围扩大。反之,如果在 TD 的低值中心附近等值线较稀疏,梯度小,TD 将难以发展。

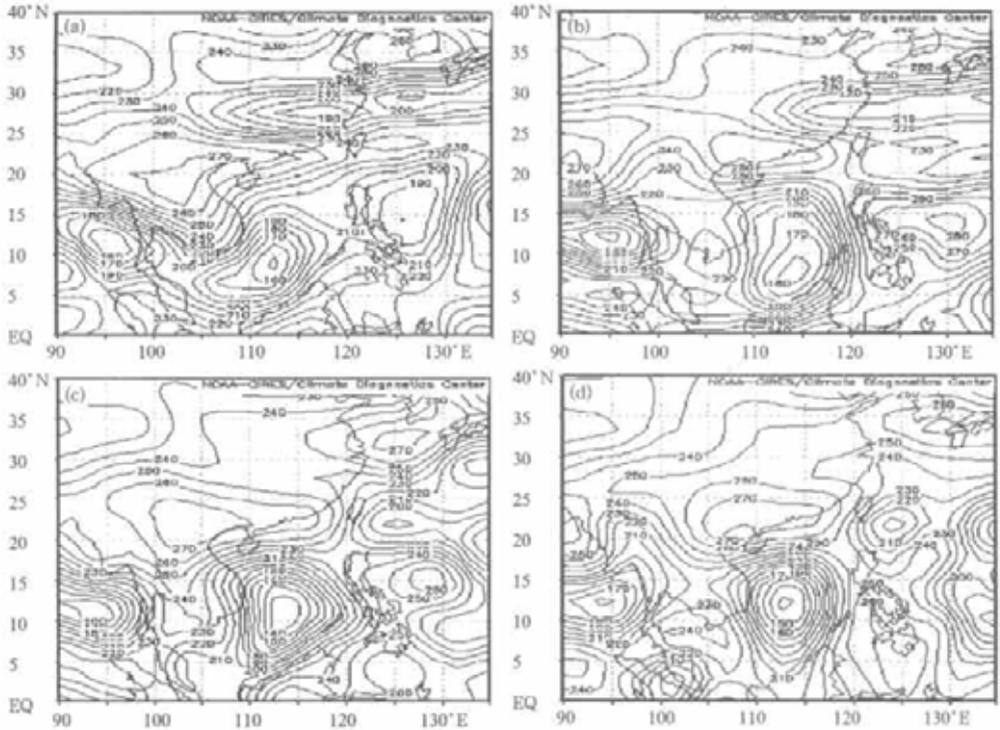


图 2 9813 号 TS 生成加强过程中 OLR 的演变  
 (a)11 月 18 日 00:00, (b)11 月 18 日 12:00,  
 (c)11 月 19 日 00:00, (d)11 月 19 日 12:00

## 2 OLR 等值线梯度变化和南海热带低压发展的关系

文中用单位经距的 OLR 值( $\Delta R / \Delta x$ ,单位: $W \cdot m^{-2} \cdot (^{\circ})^{-1}$ )来表征 OLR 等值线的纬向梯度,用单位纬距的 OLR 值( $\Delta R / \Delta y$ ,单位: $W \cdot m^{-2} \cdot (^{\circ})^{-1}$ )来表征 OLR 等值线的经向梯度。在南海热带低压发展的过程中,有的纬向梯度变化明显,有的经向梯度变化更加明显。为了更好的描述 OLR 的变化和南海热带低压发展的关系,定义一个南海热带低压的发展指数(Index of Development,简称 IOD),用  $I$  来表示,描述 OLR 等值线的梯度变化和南海热带低压发展的关系:

$$I = [(\Delta R / \Delta x)^2 + (\Delta R / \Delta y)^2]^{1/2}$$

发展指数 IOD 能够清晰的描述强 OLR 低值区沿轴线方向的梯度变化,也叫轴向梯度。

研究了 20 个南海热带低压发展成为热带风暴的个例和 10 个南海热带低压不发展的个例。本文从中选取了 3 个发展的个例(9807 TY,9813 TS,9905 TS)和 2 个不发展的个

例(1996年8月12日18:00生成的TD,1998年8月5日18:00生成的TD),来对比研究OLR等值线的梯度变化和南海热带低压发展的关系。

表1~3是两个南海热带低压发展的个例。可以看到:(1)在热带低压发展成为热带风暴过程中,OLR等值线的梯度变化可以很好的反映热带低压的发展状况;(2)OLR的纬向梯度、经向梯度和轴向梯度在热带低压的发展过程中并不是一个连续加强的过程,中间也会伴随有减小再重新加大的过程;(3)在热带低压发展成为热带风暴的过程中,9807号TY在发展为热带风暴的前6h,9813号TS在发展前12h,IOD的值有一个“突变”,在此之前IOD值变化相对较为平缓;对于9905号TS,IOD值的“突变”并不明显,是一个持续发展变化的过程。

在调查的20个南海热带低压发展的个例中,有15个个例在发展前的6或12h,IOD值有明显的“突变”;5个个例的IOD值没有明显的“突变”,IOD变化相对平缓。对于所选取的3个个例,9807TY,9813TS和9905TS从低压生成到发展成为热带风暴的时间间隔分别是18h,36h和72h。对于这类发展速度快慢不一的热带低压,其IOD值的变化分别有何种特征,IOD值的“突变”与热带低压的发展速度有何种关系,有待于以后更进一步的分析研究。

表1 9807号TY低值中心OLR等值线梯度的变化(1998年9月)

	17日06:00	17日12:00	17日18:00	18日00:00
$\Delta R / \Delta x$	2.0	8.0	10.0	5.5
$\Delta R / \Delta y$	2.9	5.0	7.5	7.8
$I$	3.5	9.4	12.5	9.5

表2 9813号TS低值中心OLR等值线梯度的变化(1998年11月)

	18日 00:00	18日 06:00	18日 12:00	18日 18:00	19日 00:00	19日 06:00	19日 12:00
$\Delta R / \Delta x$	5.0	6.7	6.7	6.7	10.0	7.5	13.3
$\Delta R / \Delta y$	6.0	6.7	5.0	1.0	6.7	6.7	8.3
$I$	7.8	9.5	8.4	6.8	12.0	10.1	15.7

表3 9905号TS低值中心OLR等值线梯度的变化(1999年7月)

	23日 12:00	23日 18:00	24日 00:00	24日 06:00	24日 12:00	24日 18:00	25日 00:00	25日 06:00	25日 12:00	25日 18:00	26日 00:00	26日 06:00	26日 12:00
$\Delta R / \Delta x$	3.0	3.6	3.8	4.0	4.0	4.0	3.5	4.0	5.8	6.0	5.8	6.5	5.0
$\Delta R / \Delta y$	6.0	7.5	6.4	7.8	7.0	7.5	7.0	7.0	7.5	7.8	8.0	8.0	9.0
$I$	6.7	8.3	7.4	8.8	8.1	8.5	7.8	8.1	9.5	9.8	9.9	10.3	10.3

表4 1998年8月5日18:00生成的TD低值中心OLR等值线梯度的变化

	5日 18:00	6日 00:00	6日 06:00	6日 12:00	6日 18:00	7日 00:00
$\Delta R / \Delta x$	2.0	2.2	2.5	3.0	1.2	1.2
$\Delta R / \Delta y$	4.0	3.3	2.8	3.0	4.0	3.3
$I$	4.5	4.0	3.8	4.2	4.2	3.5

表 4 是南海热带低压不发展的个例。可以看出,对于不发展的南海热带低压,其 IOD 值的变化总体是减弱的。在调查的 10 个南海热带低压不发展的个例中,均符合这个规律。

对比调查的 20 个发展的热带低压和 10 个不发展的热带低压 IOD 值的变化,IOD 指数可以较好的反映热带低压的发展。当 IOD 值  $\geq 9$ ,热带低压最终可以发展成为热带风暴,调查的 20 个发展的热带低压均符合这种情况。对于 10 个不发展的热带低压,只有一个低压(1999 年 6 月 2 日 18:00 生成的热带低压)的 IOD 值最大为 8.2,其它的热带低压在整个的过程中 IOD 值均小于这个值。当然,对于将 IOD 值为 9 来作为南海热带低压最终发展与否的临界判据是否有一定的普适意义,有待于通过更多的个例来分析研究。

### 3 低值中心特征与 TD、TS 的关系

#### 3.1 低值中心的曲率、形状及边界的变化预测 TD 能否发展成 TS

在选取的 20 个 TD 发展成 TS 的个例中,可以看出,虽然 TD 对应的低值中心不一定存在对称性,但大部分都呈块状,多数边界不规则,边界曲率较大,当低值中心的范围扩大,边界变得规则,结构更紧凑,低值区范围变化大小不一,低值中心与所处的低值区之间的界线逐渐变得明显,这时候,TD 也随之发展成 TS。

低值中心成窄长带状,曲率很小时,TD 难以发展成 TS。在选取的 10 个 TD 不发展成 TS 的个例中,可以看出,TD 对应的低值中心都是呈窄长带状,其长与宽的比例超过 3:1,曲率小,TD 难以发展成 TS。

#### 3.2 低值中心存在于宽广的低值区内 TD 的发展与低值区强度、位置和变化的关系

##### 3.2.1 低值中心处于辐合带中

大部分可以发展的 TD 都存在于东—西向(东可到西太平洋,西可到孟加拉湾)或东北—西南向(东北可到东海,西南可到南海南部)的宽广辐合带中。辐合带的发展为辐合带上 TD 的发展提供了充足的水汽、能量。如 9618 号 STS(图略),在低值中心发展的初期,辐合带的低值区范围扩大,梯度加大,这个阶段辐合带为 TD 不断输送水汽、能量。当低值区范围缩小,梯度减小,辐合带也随之减弱,能量集中到 TD 中,TD 发展成 TS。当孟加拉湾低压或孟加拉湾低槽对应的低值区的等值线梯度值继续减少或由高值区取代,TS 将继续加强。

##### 3.2.2 双台风状态下

双台风状态下,南海 TD 对应的低值中心如果与 TS 对应的低值中心无论从中心等值线梯度、曲率大小、范围都相差悬殊,且距离小于 3 个经纬距,此 TD 只能作为一个副中心,一般是难以发展的。

如果强度相差不大,加上两中心的距离超过 3 个经纬距且距离快速加大,或由于 TS 的东移,TS 的低值中心的位置由高值中心(通常是副高)取代,TD 将快速加强为 TS(图 3a,TD 中心位置  $17.3^{\circ}\text{N},119.2^{\circ}\text{E}$ ,生成时间 1998 年 9 月 17 日 06:00。图 3b,TS 中心位置  $16.4^{\circ}\text{N},118.6^{\circ}\text{E}$ ,生成时间 1998 年 9 月 18 日 00:00)。

在双台风状态下,两个低值中心的强弱情况和距离决定 TD 能否发展。对照天气图

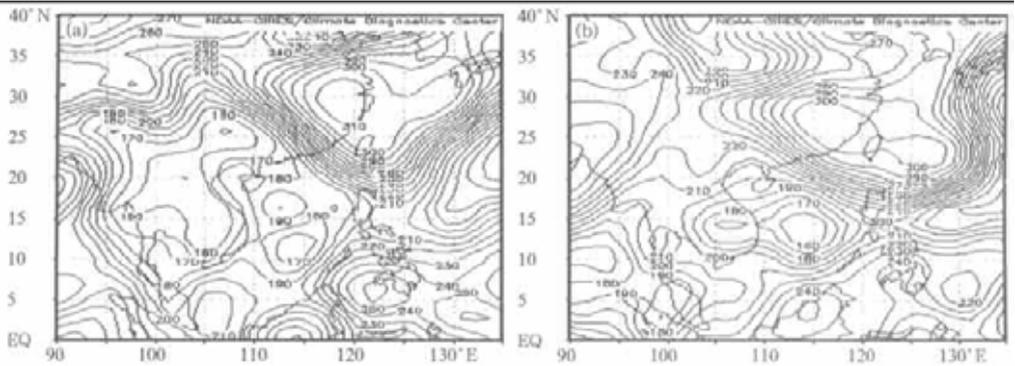


图3 双台风状态下9807号的OLR演变  
(a) 9月17日06:00, (b) 9月18日00:00

可看到,一方面是由于TS的东移,使得TD得到的能量更集中,体现在西南气流的输送集中到TD中去,另一方面西伸副高西南侧的东南风对TD的气旋性旋转也有较大的贡献。

#### 4 结 语

(1) OLR高值、低值中心与副高和TD存在相应关系,研究高值和低值中心的变化(用等值线梯度的变化衡量)和配置对研究TD的发展有利。

(2) 低值中心的曲率大,呈块状,边界渐变光滑的TD易发展;低值中心曲率小,呈窄长带状的TD难以发展;低值中心附近存在高值中心,TD才能发展;低值中心在辐合带中,TD易发展。

(3) 双台风状态下,若两低值中心强度相差悬殊,距离小于3个经纬距的TD难以发展;若两低值中心强度相差不大时,中心距离超过3个经纬距,TD易发展。

(4) 对于OLR等值线的梯度变化和南海热带低压发展的关系,认为当南海热带低压的发展指数 $IOD \geq 9$ 时,热带低压最终可以发展成为热带风暴;否则不发展。

对2001年7个在南海生成的TD进行验证,有4个由TD发展成TS,3个不能发展。经过对其OLR资料图的分析,除一个由于资料有出入外,其余都符合本文观点。

由于暂时未能获取OLR的格点资料,无法作定量分析。待取得格点资料以后,经过大量个例的统计,将会得到一个关于南海热带气旋是否发展的更加准确的判据。

#### 参 考 文 献

- 1 蒋尚城,朱亚芬. OLR的应用和图集. 北京:北京大学出版社,1990.1~25.
- 2 蒋尚城. OLR资料应用于热带大气环流系统的分析. 气象,1993,19(11):50~53.
- 3 谢安,叶谦. OLR低频振荡与西太平洋台风的发生. 应用气象学报,1994,5(2):143~149.
- 4 段丽,蒋尚城. 盛夏OLR月距平对TC登陆和影响华南的预报研究. 热带气象学报,2001,17(3):258~264.
- 5 董超华,章国才,邢福源,等. 气象卫星业务产品释用手册. 北京:气象出版社,1999.9~12.

## RELATIONSHIP OF OLR AND DEVELOPMENT OF TROPICAL CYCLONE OVER SOUTH CHINA SEA

Luo Qihong Li Tianran He Xiajiang

(Guangzhou Central Meteorological Observatory, Guangzhou 510080)

### Abstract

The relationship of OLR and the development of tropical cyclones over the South China Sea is studied by using the OLR data (1990 ~ 2000). The results show that there is a good relationship between the development of South China Sea tropical depression and the OLR variation over the South China Sea. Tropical depression would easily develop into tropical storm when OLR low center embedded in ITCZ. Under the state of binary typhoons, the development of South China Sea tropical depression depended on the strength and distances of two OLR low centers. IOD (Index of development) was defined to describe the relationship between the variation of OLR and the development of South China Sea tropical depression quantitatively. Tropical depression would easily develop into tropical storm when  $IOD \geq 9$ .

**Key words:** OLR South China Sea tropical depression Index of development