

一次近海台风的移动、发展和结构的分析*

阮均石**

提 要

本文对国际台风业务试验(TOPEX)期间的8211(Cecil)台风的近海右折北上、强烈发展及其结构作了综合分析指出,这次台风的近海右折北上与来自南半球经非洲沿岸的越赤道气流的加强和维持有密切关系;台风的近海强烈发展与台风所处的有利环境流场有关。在涡度平衡中,散合项及积云对流作用很重要,涡度的垂直输送作用也不容忽视;在台风近海发展期间其温度结构并不对称,涡度从低层向高层加强和发展,涡度和垂直速度分布大体呈对称状态。

8211(Cecil)台风是1981—1983年国际台风业务试验(TOPEX)期间出现的一次近海右折摆动北上,路径疑难而又在近海强烈发展的台风个例,也是TOPEX指挥中心确定的试验对象之一^[1]。

8211台风于8月1日在关岛附近洋面作为热带低压生成后向偏西方向移动,8月6日已移到菲律宾东北,距我国台湾东南大约400km的洋面上,6—7日其移速明显减慢,7日20时以后开始转向北移,其转向角度与前24小时移向几乎成直角,以后一直在我国近海大约123—124°E之间摆动北上,14日02时在山东半岛附近转向东北并在朝鲜半岛登陆(图1a)。8211台风在1—6日之间一直维持为热带低压,7日20时中心气压迅速降为937hPa,近中心最大风速达45m/s,8日14时更降为917hPa,近中心最大风速达60m/s以

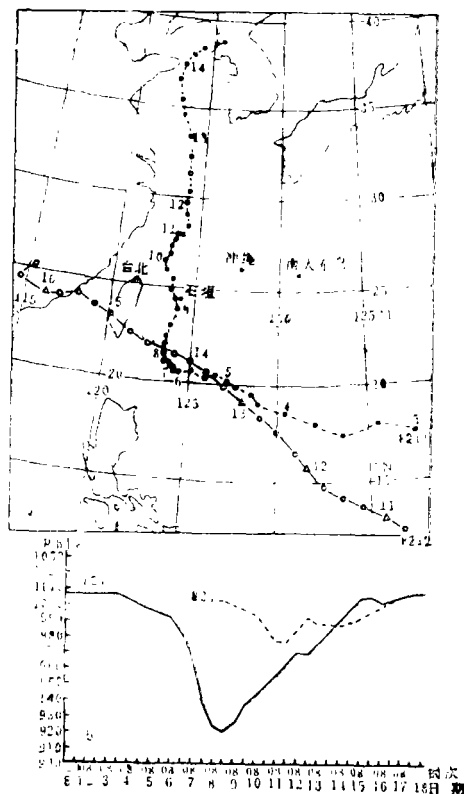


图1 8211、8212台风路径及强度变化
a.台风路径 b.台风强度变化

1989年2月20日收到,12月18日收到修改稿

* 国家气象局台风科学基金资助项目 **1988届毕业生吴光英参加部分计算工作

上, 9 日以后台风中心气压逐渐回升(图1b), 为了对比, 图1中还给出了8212台风的路径和强度变化, 它在8月14日也移经我国台湾东南洋面, 但没有右折北上而西移登陆且强度也无大的加强。据研究从1949—1981年在 120°E — 125°E 、 20° — 25°N 区域内还没有出现过象8211台风这样突然加强的台风^[2]。8211台风在近海如此迅速强烈发展, 移向右折后又长期在近海摆动北上, 对我国沿海各省、市威胁很大, 十分令人关注。

本文应用欧洲中期天气预报中心(ECMWF)发布的每日850、200hPa风场及 2.5×2.5 纬距的格点资料试图从低纬度环流特点对其近海右折北上以及应用涡度方程对其强烈发展、结构特征作一初步分析以期对预报提供有益的参考依据。

一、低纬度环流与8211台风的近海右折北上

8月7日当8211台风移到我国台湾东南大约400km洋面并停滞少动时500hPa高度场形势特点是西北太平洋副热带高压的主体在洋面上且位置偏东, 588线在 135°E 以东, 从朝鲜和日本南部伸到长江口以东海面为另一环588线包围的副高单体, 日本东北部为低涡, 控制台风移动的天气系统不明显(图2), 在台风北侧从冲绳到台北一带均为偏东风。当时一些客观预报方法都预报此台风将继续西移, 但台风却在7日20时以后转向北上, 以后又预报它将在华东沿海西折登陆, 但台风一直摆动北上, 造成预报的频频失误。对于这次台风路径预报的失误, 朱永提等^[3]认为是由于数值预报未能报出日本地区的低涡维持及海上副高的动向; 唐新章等^[2]则强调了贝湖至河套地区大低压环流向东北旋转收缩对海上副高的影响及台风内力的作用并作了计算。无疑, 这些都是影响这次台风移动值得重视的因素。但已有不少研究指出, 一些台风在低纬地区出现右折、北翘等异常路径往往与低纬度环流有密切的关系^[4, 5]。因此, 我们应用ECMWF等有关资料试图从低纬度环流特征分析这次台风近海右折北上的原因。

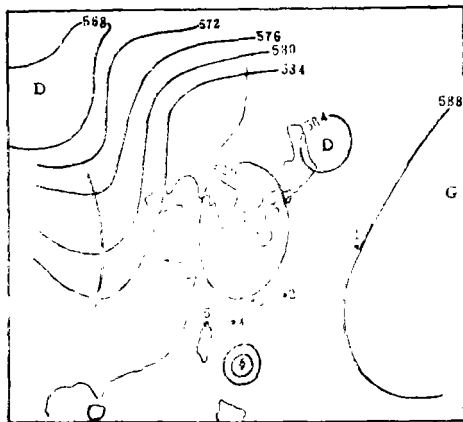


图2 1982年8月7日08时500hPa高度场
(图中 1.小笠原群岛, 2.南大东岛,
3.冲绳, 4.石垣岛, 5.台北)

考察ECMWF发布的每日850hPa风场图发现, 从8月4日开始来自印度洋马斯克林群岛一带的偏东气流不断增强并在索马里沿岸越过赤道转成偏西风经印度、中南半岛到达南海及华南一带, 此时8211台风作为热带低压位于菲律宾以东洋面并有单独的环流, 在这股越赤道气流中出现了 $>10\text{m/s}$ 的大风区, 位于索马里沿岸(图略)。到8月6日澳大利亚东北部的偏东风也有所加强并向西在大约 90°E — 110°E 附近越过赤道转成偏西风且与上述那股越赤道气流合并, 在中南半岛出现了 $>15\text{m/s}$ 的偏西大风区。此时8211台风已移到菲律宾东北洋面并受到这股越赤道气流控制, 台风环流与之合并, 值得注意的

是这股越赤道气流在我国沿海转成了偏南气流北上直达朝鲜半岛(图3a), 8月7日20时在8211台风中心的东侧出现了 $>10\text{m/s}$ 的偏南大风, 有利于引导台风的转向北上, 而此时在索马里沿岸又出现 $>15\text{m/s}$ 的偏西大风区(图略), 这种大风区在这股越赤道气流中似乎是不断出现和东传的。8月8日在8211台风东侧的偏南风增到 $>15\text{m/s}$, 这天南半球从澳大利亚到马斯克林群岛一带的偏东气流在非洲沿岸越过赤道后转成偏西风传到我国台湾东南洋面并在此转成偏南风经我国沿岸直达朝鲜半岛(图3b), 8211台风就处于这股偏南气流中, 这一状况大体维持到8月12日(图略)。与此成鲜明对比的是8212台风于8月

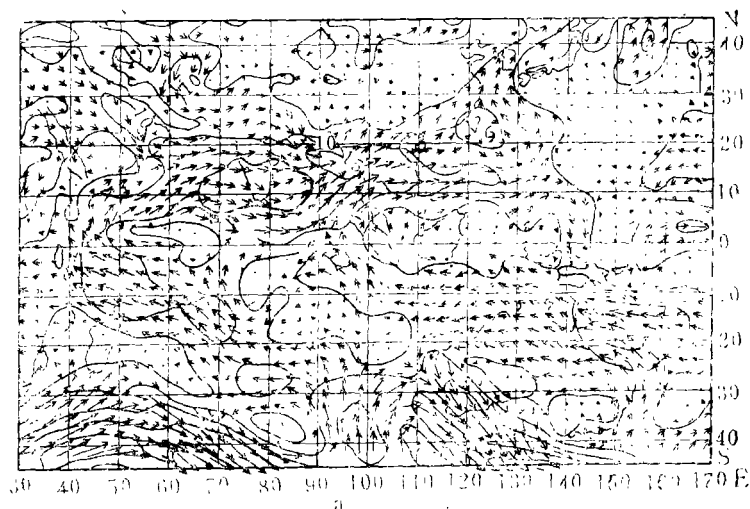
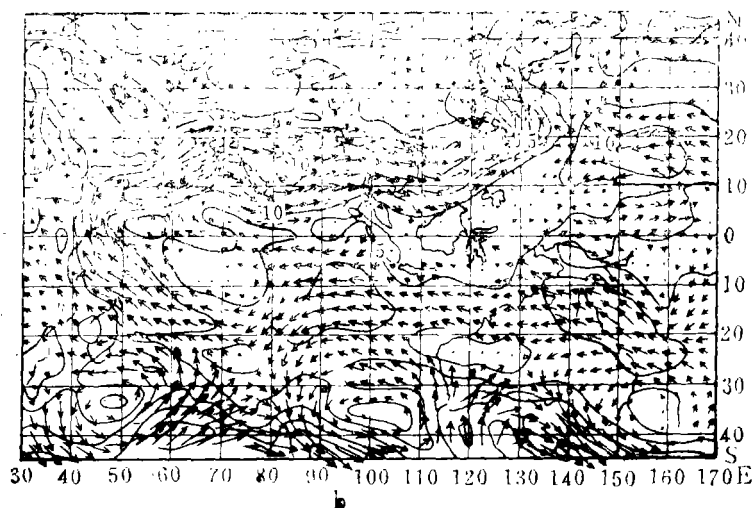


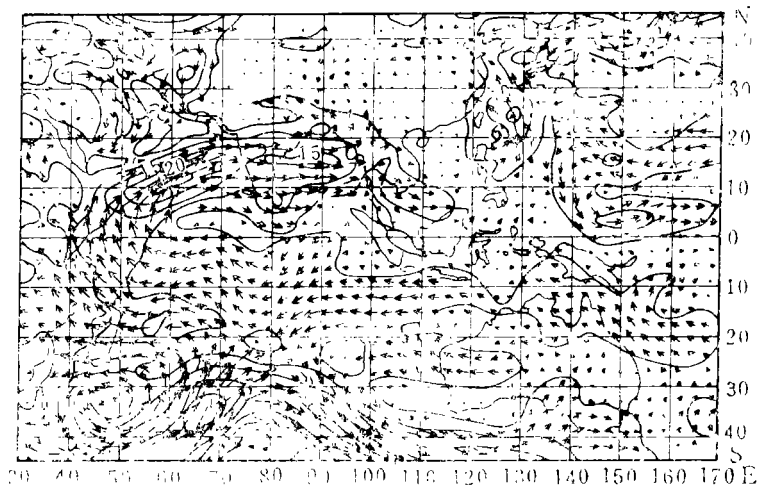
图3 ECMWF的850hPa风场图

3a. 1982年8月6日20时



3b. 1982年8月8日20时

14日也移到台湾东南洋面, 此时来自南半球的越赤道气流几乎只东移到 100°E 一带即转向北上, 从中南半岛到台湾一带出现了“中断”现象, 它主要受西太平洋副高的偏东风影响, 在台风中心东北侧出现了 $>10\text{m/s}$ 的偏东风, 引导8212台风西移(图3c), 包



3c. 1982年8月14日20时

澄澜等^[5]研究指出, 在低层流场上(850hPa)台风外围西侧(一般在中南半岛及菲律宾一带)出现 12m/s 以上的西-西南风就会引起台风的东折北翘。并利用成熟台风中心的移动方程计算表明当有赤道西风($12\text{—}24\text{m/s}$)爆发后20—30小时, 台风就会东折北翘。这里的“赤道西风”实际上就是来自南半球的越赤道偏西风气流, 从日常天气图上看主要反映在中南半岛及菲律宾一带的偏西风。从本文的图3看就可以清楚的看到8月6日在中南半岛一带这股越赤道气流中已出现了 $>15\text{m/s}$ 的偏西大风区。按上述计算结果, 我们在8月6日20时就可以大体推断8211台风在未来30小时内将会右折北移。由图3反映的天气学事实看, 8211台风的近海北移及海上副热带高压主体不能西伸似都与这股越赤道气流的东传增强并在我国沿海北上维持有密切的关系。

为了深入了解越赤道气流对8211台风移动的影响, 应用ECMWF的格点风资料从1000hPa到200hPa各层分析 u 、 v , 发现在我国沿海一带南风从低层大体均达到300hPa高度(图略), 说明这股越赤道气流不仅在850hPa上较强且伸展到对流层中层以上, 这对于台风移动的引导是十分有利的。本文取我国沿海地区即 $110\text{—}130^{\circ}\text{E}$, $10\text{—}30^{\circ}\text{N}$ 范围从

850到200hPa作 u 、 v 合成图即 $\overline{u} = \sum_{850}^{200} u$, $\overline{v} = \sum_{850}^{200} v$ 发现8211台风处于南风区, 最

大南风区常出现在台风右侧, 图4是8月8日20时的 $\overline{v}$ 情况。此外, 我们还考察了台风

附近的冲绳、南大东岛两站(见图1中的位置)实测风, 此两站均位于8211台风北移过程中的右侧, 发现从8月6日08时起它们850、500hPa的风均转为偏南风并在台风北移中

维持在12m/s以上,其中冲绳站在9日08时以后850、500hPa南风分别达20m/s、16m/s以上。以上事实进一步表明这股来自南半球的越赤道西风气流在我国沿海转成偏南风后不仅强度较强且伸展到对流层中层以上,8211台风的移动必然受其影响。

为定量预报台风的移动,本文试

直接应用 $\bar{u}$ 、 $\bar{v}$ 图,在此图上取16个

格点风值(格距为2.5纬距)且台风中心大体位于此16个格点中心,并求出

空间平均风值 $\hat{U} = \frac{16}{\sum_1^{16} u}$, $\hat{V} = \frac{16}{\sum_1^{16} v}$ 作

为台风的引导速度,此引导速度大体反映了台风中心及附近整层气流速度的平均状况,其预报结果与实况对比列于表1。

表1 应用 $\hat{U}$ 、 $\hat{V}$ 作8211台风移

动预报与实况的误差

起报 时间	24小时误差 方向角($\Delta\alpha$)	移动距离 (ΔS , km)
8月7日20时	-30°	78
8月8日20时	-10°	10
8月9日20时	+10°	193
8月10日20时	-40°	110
8月11日20时	-15°	95
平均	21° (52.9°)	97.2 (102.5)

(注: $\Delta\alpha$ 负值为左偏, 正值为右偏; 括号中为文献[3]数值预报结果的误差平均值)

曾指出, 目前用于西北太平洋地区台风路径客观预报方法基本分为动力学方法和统计学方法两大类, 而动力学方法由于受洋面资料稀少和对低纬度大气动力学认识的不足之局限, 对于25°N以南的台风预报尚不能起到业务上参考和指导作用, 关键在于对副高的预报能力。对于统计预报来说虽然有些预报结果具有业务上参考和指导意义, 但其技巧水平也只不过达到了气候持续性方法的水平, 有的甚至更低^[1], 众所周知, 统计预报往往建立在大量历史样本的基础上, 对象8211这类小概率的疑难路径台风常是无能为力的。

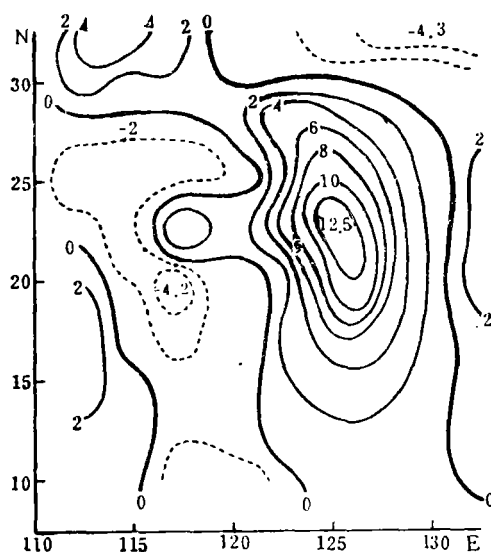


图4 1682年8月8日20时 $\bar{v}$ 图(单位: m/s)

由表1可以看出,应用多层合成的 $\hat{U}$ 、 $\hat{V}$ 作台风24小

时预报对8月7日20时右折北上仍有较大偏差,此外在8月10日台风北移过程中的向右摆动,预报也有较大的误差。但从其方向和距离误差的平均值看,比文献[3]的数值预报结果有所改进。

上海台风研究所在这次台风业务试验的技术评价中

从上面揭露的天气学事实看,如果我们能充分利用低纬度资料并结合其它资料(如卫星云图、天气图等)进行综合分析弄清形成疑难台风路径的天气学原因并建立合理而又简便的预报方法也许会有助于提高对某些疑难路径的预报能力。

二、8211台风近海迅速加强的分析

对于台风的发生发展其环境条件是十分重要的。对8211台风近海迅速强烈发展我们主要从环境场和用温度方程对发展的动力因子作一诊断分析。

(一)8211台风于8月7日移到我国台湾东南洋面时,正处于低层辐合、高层辐散的有利于台风发展的环境流场中。从850hPa风场图上看,8月7日起台风处于来自南半球的越赤道偏西气流中的同时,西北太平洋副高南侧的偏东气流稍有加强与越赤道气流交汇,到8月8日,这两股气流在台湾东南部的交汇更显得明显(图3b),杨大升等^[6]曾指出,8211台风所以能迅速发展是和它处于西南季风、东北和东南信风三股气流的汇合区这一有利的环境流场有关,这里的西南季风及东南信风就是本文指出的越赤道偏西气流及西太平洋副高南侧的东南气流。与此同时,在200hPa流场图上可以看到8211台风正处于青藏高压反气旋环流的东南侧,其偏北气流有利于台风高层的辐散,这种高层有利的环境场曾由Chen和Gray^[7]归纳成六种典型的型式,8211台风在8月7日20时的200hPa流场就类似于文献[7]中的I₃型,即台风的西北侧为反气旋环流,其偏东北气流有利于台风高层的辐散而在台风的东北部则为对流层上层槽(TUTT)内有一系列低涡(图5a)。为了定量了解8211台风中心区域上、下层散度的变化,我们计算了台风中心

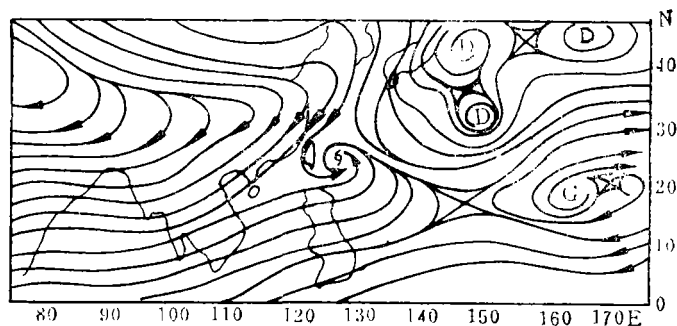


图5 a. 1982年8月7日20时200hPa流场图

迅速发展加强的。

(二)台风正处于纬向风垂直切变小的区域,热带扰动发展潜力指标FN较大。我们应用分解后的u值格点资料,在以台风中心为中心东西、南北10个纬距范围内作了

$\frac{\partial u}{\partial p} \approx u_{850} - u_{200}$ 。发现8211台风从8月6日开始就处于 $\frac{\partial u}{\partial p} \approx 0$ 等值线之下,这显然

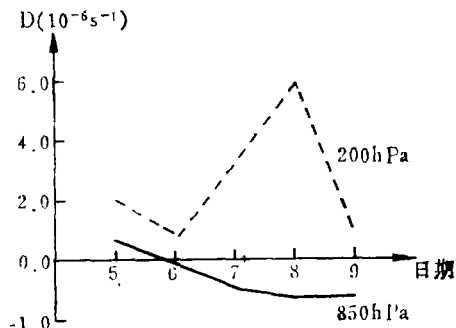
有利于热带低压中心附近潜热能量的集中促使台风暖心结构的维持并使台风迅速发展。

与此明显对比的是8212台风在8月13—14日一直处于 $u_{850} - u_{200}$ 差值大于 20m/s 的等值线之下。另外,对于8211台风来讲,在 $u_{850} - u_{200}$ 的零等值线北侧有一负值中心达 -12m/s ,而其南侧有 $>20\text{m/s}$ 的正值中心,使

得在台风中心附近有较大的 $\frac{\partial u}{\partial p}$ 梯度即

$\frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial u}{\partial p} \right)$ 较大(图略)。由于 $\frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial u}{\partial p} \right) =$

$\frac{\partial}{\partial p} \left(\frac{\partial u}{\partial y} \right)$, 若设 $\frac{\partial v}{\partial x} = 0$ 则相对涡度值可



5b. 8211台风中心区涡度变化(单位: 10^{-6}s^{-1})

近似的用 $\frac{\partial u}{\partial y}$ 表之。那么,上式表明具有大的 $\frac{\partial u}{\partial p}$ 南北梯度也等于有大的相对涡度的垂直梯度。有的研究者用它作为热带扰动发展潜力指标^[8,9]。我们采用 $\text{FN} = \zeta_{850} - \zeta_{200}$ 表示热带扰动发展潜力指标^[9],并应用格点风资料计算850、200hPa的相对涡度值。为了对比,同时计算了8212台风移近我国台湾东南洋面时的FN值(8212台风此时没有发展,见图1b),计算结果列于表2。

表2 8211、8212台风 0° 、 5° 、 10° 处的FN值

台风	日期	0° 处	5° 处	10° 处
8211	1982.8.5.20h	4.10	2.70	0.84
8212	1982.8.14.20h	1.00	1.05	0.15

(注: 0° 、 5° 、 10° 处分别表示在台风中心及距离台风中心5、10个纬距处。FN的单位为850和200hPa之间相对涡度差值,单位: $\times 10^{-5}\text{s}^{-1}$)

涡度方程作诊断分析并发现在各个层次上涡度方程各项对涡度发展有不同的贡献及其它一些有意义的特征^[10,11]。

准拉格朗日系统的涡度方程为

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = -(\vec{v} - \vec{c}) \cdot \nabla \zeta - (f + \zeta) \nabla \cdot \vec{v} - \omega \frac{\partial \zeta}{\partial p} - \beta v + \left(\frac{\partial \omega}{\partial y} \frac{\partial u}{\partial p} - \frac{\partial \omega}{\partial x} \frac{\partial v}{\partial p} \right) + z$$

式中 ζ 为p坐标系中的相对涡度垂直分量,z为余项,其余均为常用符号。上式中左端为相对涡度的局地变化,在对流层中、下层我们可将台风看作为一近似圆形的正涡度区。那么,此涡度的局地变化可以大体表征台风中心强度的变化。右端各项依次为相对涡度平流项、散度项、涡度的垂直输送项、地转涡度平流项、扭曲项,余项z是方程左端和右端各项不平衡时出现的差值,它大体包含计算误差的影响及有摩擦在内的网格尺度系统及

表2清楚的表明,8211台风在强烈发展前48小时的FN值明显的比不发展的8212台风的FN值至少大两倍以上,这一结果与张婉佩^[9]应用合成分析所得结论是一致的,这有助于提前两天判断台风强度的变化。

(三)应用拉格朗日系统中的涡度方程对台风强烈发展期作诊断分析。为了更深入的了解台风发展过程中各种动力学特征,许多研究者常应用涡

次网格尺度系统间的相互作用^[10]。

计算范围取以台风地面中心位置为中心的正方形区域 10×10 格点(格距为 2.5 个纬距), 垂直方向取 1000、850、700、500、300、200、100hPa 的资料, 计算了 8 月 7 日 20 时及 8 日 20 时的涡度方程各项并求取计算范围的区域平均值列于表 3。

表 3 1982 年 8 月 7 日 20 时及 8 日 20 时涡度方程各项计算结果(单位: 10^{-10}s^{-2})

各 项 名 称	850hPa	700hPa	500hPa	300hPa	200hPa
$-(\vec{v} - c) \cdot \nabla \xi$	0.4 (2.0)	-1.2 (-2.4)	-4.4 (1.2)	2.4 (2.4)	-3.4 (-5.0)
$-(f + \xi) \nabla \cdot \vec{v}$	2.0 (2.4)	1.6 (1.8)	0.4 (1.2)	-0.8 (-0.4)	-3.2 (-2.2)
$-\beta v$	2.0 (2.6)	1.2 (1.8)	0.8 (0)	-0.4 (-1.6)	1.8 (0.4)
$-\omega \frac{\partial \xi}{\partial p}$	0.13 (0.97)	0.47 (-0.63)	0.65 (0.12)	0.15 (0.71)	0.50 (0.68)
$\frac{\partial \omega}{\partial y} \frac{\partial u}{\partial p} - \frac{\partial \omega}{\partial x} \frac{\partial v}{\partial y}$	0.02 (0.03)	-0.01 (-0.01)	0.02 (0.02)	0.01 (0.02)	0.01 (0.02)
Σ	4.55 (8.00)	2.06 (0.93)	-2.53 (2.54)	1.36 (1.19)	-4.25 (-6.10)
$\frac{\partial \xi}{\partial t}$	1.85 (1.97)	1.16 (2.28)	-1.16 (1.98)	-0.06 (1.22)	1.65 (1.85)
$z \left(\frac{\partial \xi}{\partial t} - \Sigma \right)$	-2.70 (-6.03)	-0.90 (1.35)	1.37 (-0.56)	-1.42 (0.03)	5.90 (7.95)

(括号中为 8 日 20 时的值)

由表 3 可以看到以下几点: (1) $\frac{\partial \xi}{\partial t}$ 反映了此台风在 8 月 7 日的加强主要集中在 700hPa 以下而到 8 日则从低层到高层普遍增强达到全盛阶段; (2) 涡度方程右端的相对涡度平流、散度项及地转涡度平流项这三项的量级大都大于其它各项, 对台风的发展起着重要作用, 涡度的垂直输送项量级比前三项小一级但比扭曲项大一个量级, 似不容忽视; (3) 各项在各个层次上的贡献是有差异的, 例如散合项 7 日和 8 日在 500hPa 以下对涡度发展的贡献为正的, 但在 300—200hPa 以上此项贡献为负, 这些特点似应与环流背景结合考虑为宜。下面对部分项的情况略作分析:

涡度平流项: 反映了台风与周围系统的涡度交换, 从计算结果看, 此项除 7 日 850hPa 上量级较小外, 其余各次量级均较大, 说明周围系统对台风强度变化的影响颇为重要, 不过这两天除低层 850hPa 及 300hPa 为正贡献外, 其余均为负贡献。这一结果表明在这两天台风增强过程中, 涡度平流项作用不是主要的, 这点与杨大升等^[6]用位涡方程诊断结果是相近的。

散度项: 反映了计算范围内空气的辐合、辐散对台风强度变化的影响。从表 3 看,

这两天500hPa以下为正贡献,300hPa以上为负贡献,这与台风在加强过程中低层辐合、高层辐散的特征是一致的,也进一步说明这次台风近海强烈发展是与它处于低层辐合、高层辐散的有利环境有密切关系。

地转涡度平流项:反映了经向风对地转涡度的输送,由于这次台风在我国近海期间一直处于越赤道气流中,偏南风较大,所以此项在700hPa以下为较大的正贡献。

涡度的垂直输送项:反映了由于垂直运动造成的涡度垂直输送,由于台风内主要为上升运动,所以对中、高层都有不小的正贡献,故在考虑台风强度变化时不容忽视。

余项:从表3结果看,涡度方程中各大尺度项间有较大的不平衡,因此余项较大,对此人们用积云对流作用对涡度的制造和输送来解释,此项正值表示了网格尺度运动通过积云对流得到涡度;负值则意味着积云对流活动使网格尺度运动失去涡度^[10]。从表3看8月7日在700hPa以下为负值而在500hPa及200hPa为正值且在200hPa上达到很大的正值,8日的结果稍复杂些,但总的趋势在700hPa以下仍为负值而在200hPa上达到极大的正值。这一结果应当说是合理的,从天气学意义看也是很清楚的,即积云对流活动使低层失去涡度而使高层得到涡度,它主要通过垂直上升运动使低层由辐合所制造的涡度向上输送从而使低层涡度减小高层涡度增加。由此,我们也可以看出,散合项使低层涡度增加,高层涡度减小,使上、下层涡度差加大;但积云对流作用则与此相反,起了缓和、低层之间涡度差异的作用,这对于考虑台风涡度平衡的作用是有意义的。

三、8211台风发展期间的结构特征

我们沿每次台风前进方向作垂直剖面图,分析8211台风发展期间的温度、涡度及垂直速度分布特征。发现这次台风温度场在发展期间并不对称,从7—9日在前进方向的700hPa以下出现负温度距平,700hPa以上均为正温度距平,特别在300hPa以上为正温度距平中心(图略),上述特点似反映了这次台风发展过程中潜热能的加热作用主要出现在对流层中、上层。这可能与台风区附近存在广阔的西南季风云系有关(GMS-2云图略,可参阅[2])。

涡度场的分布反映了这次台风的加强是从低层向高层扩展的特点。图6是8月7日20时的涡度垂直剖面图,可见500hPa以下在台风中心东侧为柱状正涡度区,西侧为负涡度区,而300hPa以上台风中心上空为负涡度区,这一特征与前述台风处于低层辐合,高层辐散的环境流场相一致的,有利于台风的发展。到9日此正涡度区向上扩展直到200hPa成为一个柱状正涡度区,而高层的负涡度明显减弱和消失(图略)。8211台风在8月8日的垂直运动分布则基本呈对称状,图7反映出在台风中心区500—850hPa为一下沉运动区($\omega > 0$),而在300hPa以上则为上升运动区($\omega < 0$)。这大体符合台风发展

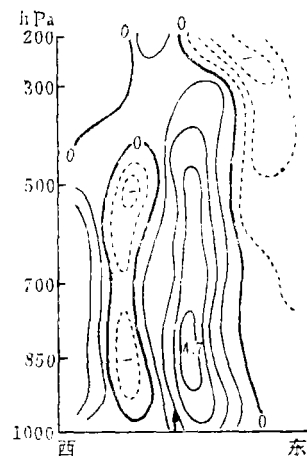


图6 1982年8月7日20时涡度分布
(单位: 10^{-5} s^{-1})

阶段台风眼区的垂直运动分布特征, 在台风中心以外则主要是上升运动($\omega < 0$)。但到 8 月 9 日台风中心区已全为上升运动所控制, 这说明在台风发展阶段总体看台风区内主要为上升运动, 台风中心的下沉运动持续时间较短。

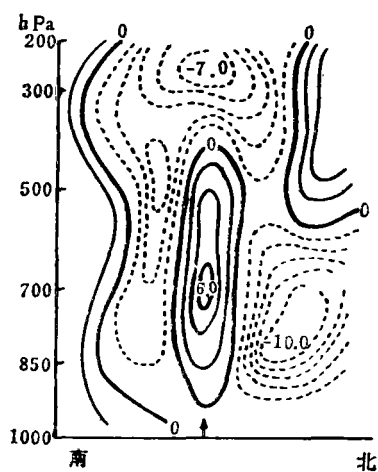


图 7 1982 年 8 月 8 日 20 时台风中心区 ω 垂直剖面图 (单位: $10^{-4} \text{hPa s}^{-1}$)

风中心出现了下沉运动。

四、结 语

从 8211 台风近海右折摆动北上时期的低纬度环流特点看, 这一路径特点与来自南半球的越赤道气流的加强, 走向有密切关系。因此, 对于在 25°N 以南台风的移向若充分注意低纬度环流特征, 弄清异常路径的成因会有利于提高这类台风的预报能力; 8211 台风的近海强烈发展与其所处的有利环境有关, 诊断分析表明大气散度、地转涡度平流、积云对流的作用十分重要。此台风发展期间, 暖心结构主要出现在 300hPa 以上, 台风中心的正涡度区从低层向高层扩展并呈柱状对称。在强烈发展期间台

参 考 文 献

- [1] 上海台风研究所, 台风业务试验的技术评价, 台风业务试验研究文集, 4—16, 气象出版社, 1986。
- [2] 唐新章、丁金才, 1982 年 Cecil (8211) 台风加强和路径的分析, 气象科学, 1983, 2, 33—40。
- [3] 朱永提、丁荣富, 8211 台风路径数值预报的初步剖析, 气象科学技术集刊 (5), 142—152, 气象出版社, 1985。
- [4] 李曾中, 7798 号台风及其路径预报的一些情况, 气象科学技术集刊 (1), 59—64, 气象出版社, 1981。
- [5] 包澄澜等, 低纬度台风东折、北翘路径的探讨, 台风会议文集 (1985), 107—115, 气象出版社, 1987。
- [6] 杨大升等, 8211 (Cecil) 台风的发展和结构分析, 台风业务试验研究文集, 75—87, 气象出版社, 1986。
- [7] Russell L. Elsberry, A global view of Tropical Cyclones, Office of Naval Research Marine Meteorology program, 78—81, 1985。
- [8] Hebert, J. L., Observational analysis of the differences between developing and non-developing Tropical disturbances, 11th Technical Conference on Hurricanes and Tropical meteorology of the American Meteorological society, 260—267, 1977。
- [9] 张婉佩, 西北太平洋、南海热带扰动发展与不发展的对比分析, 台风会议文集 (1978), 240—245, 上海科学技术出版社, 1981。
- [10] 王作述、赵平, 一个南海台风登陆的结构变化和涡度平衡, 同 [5], 177—187。
- [11] Yoshio Kurihara, Robert E. Tulcay, 热带风暴发生的数值试验, 台风译文集 (三), 165—188, 海洋出版社, 1983。

AN ANALYSIS OF THE MOVEMENT, GROWTH AND STRUCTURE OF AN OFF-SHORE TYPHOON

Ruan Junshi

ABSTRACT

A comprehensive analysis is made of the off-shore right-turning and north-moving, violent growth and structure of typhoon 8211 (Cecil) during the International Typhoon Operational Experiment (TOPEX). It is noted that the right-turning and northward movement of the typhoon is closely related to the intensification and maintenance of the cross-equatorial flow which set out in the southern hemisphere and moved along the African coast, and its off-shore violent growth has much to do with the favorable environmental flow field. The divergence or convergence term and cumulative convection play an important role in the vortex equilibrium and the vertical vortex transport should not be overlooked. The temperature structure is not in symmetry during the off-shore development. The vortex develops and intensifies from the lower to higher level, and the vortex and the vertical velocity distribution are roughly in symmetry.