

海洋半热带气旋生成机制的个例分析

闫丽凤 唐功瑞

(山东省烟台市气象局, 264001)

提 要

作者对1982年8月25日发生于黄海南部的一次特殊风暴过程进行了较深入的分析。这是一次直接生成于较高纬度洋面风雨都颇为严重的海洋半热带气旋。对流层高层辐散、正涡度平流输送及低空东南急流是系统得以生成发展的机制,对流释放的凝结潜热对其进一步发展加强有重要贡献。

关键词: 海洋半热带气旋 结构 生成机制

前 言

半热带气旋是热带气旋北上转变为温带气旋过程中所经历的一种过渡状态^[1-3]。目前,对半热带气旋的研究分析工作做得较少。本文以1982年8月25日的海洋半热带气旋为例,对它的发生、发展、结构及其天气进行了比较深入系统的分析。

1 概况

1982年8月25日,在黄海南部突然发生、发展了一个中间尺度、生命史只有36小时的海洋半热带气旋。形成后近中心风速增大,以每小时约30km的速度向西北偏北方向移动,25日12—13时在文登市慈家登陆,以每小时约14km的速度缓慢向西北方向移动,19时移至烟台,而后转向东北重新入海,26日08时在黄海北部偶囚,27日08时消失于丹东附近(图略),造成山东半岛10级以上大风和特大暴雨过程。

2 环流背景

海洋半热带气旋形成前,对流层中层西太平洋副热带高压位置偏北偏东,脊线稳定在 34°N ,西脊点位于 130°E 。西风带移动性高

压位于蒙古东部到我国东北一带,并向偏东方向移动,24日20时与西太平洋副热带高压在日本海叠加,轴线转为西北—东南向,形成东阻型。长江以南的华东地区在大陆副高控制之下,黄海、东海海面处于两高之间强辐合区内。对流层低层700、850hPa上沿长江下游为一切变线,并伸向对马海峡。西太平洋热带辐合带位于 20°N ,其上有两个热带气旋活动:8214号热带风暴和8213号台风,后者向偏北方向移动。在这种特殊的环流背景下,最有利于中低纬系统的相互作用,海洋半热带气旋就是在这种相互作用的过程中产生的。

3 海洋半热带气旋的形成、发展过程

通过22日08时—26日08时850hPa每12小时流场分析和卫星云图分析,可以清楚的看到海洋半热带气旋的形成、发展过程(图1)。

长江下游的切变线,对应云图上为一条近东西向的切变云带(图1a)。随着西太平洋副热带高压东阻型的形成,8213号台风北上,其右侧为宽而深厚的强低空东南急流。与

此同时对流层高层 300hPa 上,高空槽东移加深发展,到 24 日 20 时,深厚的高空槽移至 115°E,槽前自山东西部到朝鲜半岛北部有一支较强的西南风急流,急流中心位于平壤附近,急流轴距黄海南部 3.5 个纬距。处于高空急流右后侧的黄海南部由于高空强烈的辐散作用(辐散中心值达 $20.7 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$)以及低空东南急流的动力作用和暖平流输送,使得位于黄海南部的切变线上气旋性涡度显著增强,其上有扰动发展,在 24 日 14 时云图上,扰动附近云区呈涡旋状(图 1b)。

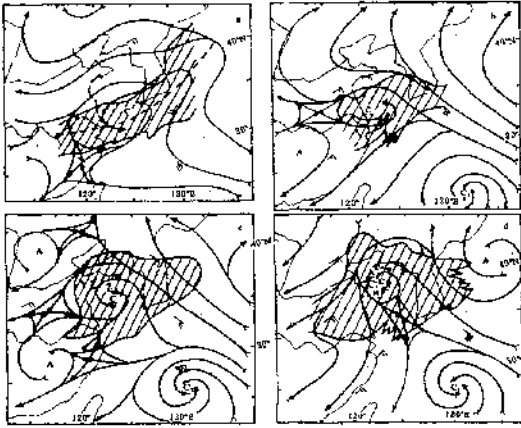


图 1 850hPa 流场和云图分析
 a. 23 日 20 时流场,14 时 15 分流场
 b. 24 日 20 时流场,14 时 03 分云图
 c. 25 日 08 时流场、云图
 d. 25 日 20 时流场,13 时 51 分云图

扰动生成后,仅限于对流层低层,并向西北偏北方向移动。与此同时 300hPa 上高空急流轴、急流中心位置不变,但强度进一步增强,加之 500hPa 原位于华北平原的低涡不断东移,扰动上空有较强的正涡度平流输送和高空辐散,扰动得以发展。25 日 08 时在 35.4°N,123°E 附近生成海洋半热带气旋。此时,800hPa 上其中心正涡度值较 24 日 20 时增加了 2 倍。云图上,气旋的北侧和东侧有尺

度约 10km 的对流云团发展(图 1c)。

在半热带气旋向西北方向移动过程中,山东半岛南部于 25 日凌晨开始出现降水,降水强度逐渐增强,降水中心亦随着向西北方向移动。25 日 08 时以后,随着 500hPa 低涡东移,降水强度显著增强,从 10 时到 19 时连续 9 小时,每小时降水中心降雨量均在 20mm 以上,其中,10 时、12 时、14 时、16 时及 17 时一小时降水中心雨量则超过 40mm。由于水汽凝结释放大量潜热,使低层降压,气旋加强,反过来又使低层水汽不断向上输送,供给积云。二者相辅相成,也就是 CISK 机制的作用。分析水汽通量辐合情况可见,对流层低层 1000—700hPa 上半热带气旋中心附近有水汽通量辐合,25 日 20 时 1000hPa 上水汽通量辐合最强,中心值为 $-6.8 \times 10^{-7} \text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。结果从 25 日 13 时到 19 时半热带气旋登陆山东半岛的 7 个小时内,其中心海平面气压值由最初的 1000.6hPa 降至 997.6hPa,加深了 3 个 hPa,到 25 日 20 时半热带气旋发展到最强盛时期(图 1d),垂直方向也伸展到了 300hPa 高度,其 800hPa 上气旋中心涡度值高达 $107.8 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ 。此时,潜热能则是半热带气旋发展和维持的主要能源。

由此可见,该半热带气旋是在适宜的环流背景下,由于高空辐散加强、低空东南急流加强北上及对流层中层低涡东移的作用,使得长江下游切变线的中段即黄海南部有扰动发展而生成的。在半热带气旋生成后到强降水发生前后,对流层中层低涡东移所带来的较强的正涡度平流输送对半热带气旋的发展起了重要的作用。伴随着降水强度的不断增强,释放的大量潜热又是气旋得以进一步发展的主要能源。显然,这次半热带气旋是高低

空、中低纬系统相互作用的产物。

4 半热带气旋的结构

此例半热带气旋是在特殊的环流背景下,在黄海南部突然生成发展的。显然,与热带气旋生成的地理位置不同,与锋区相联系的温带气旋的生成发展过程^[4]也不相同。它没有冷暖锋结构,其移动路径和一般的温带气旋也不同,不是向东或东北方向移动,而是

折向西北方向移动。我们对其结构做了进一步的分析。

4.1 锋区结构及温度场特征

根据系统的生成发展过程,我们将25日08时、25日20时、26日08时分别定为半热带气旋生成期、成熟期和锢囚期三个阶段。图2为各阶段通过系统中心附近的垂直剖面图。

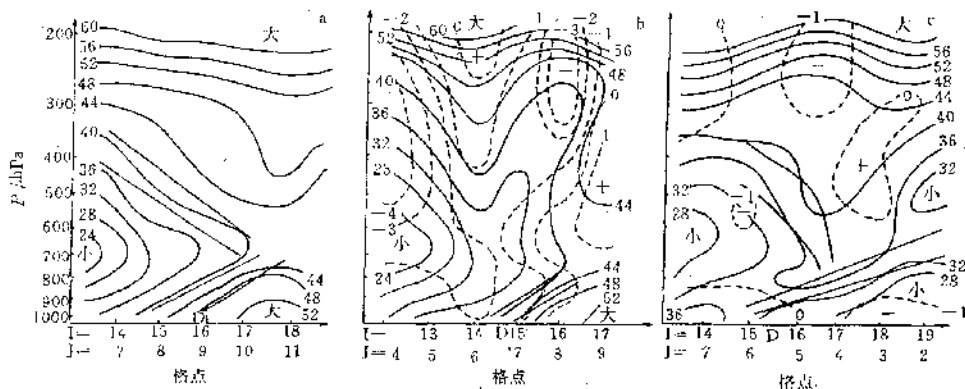


图2 系统中心D附近锋区垂直剖面图

a. 25日08时 b. 25日20时 c. 26日08时

细实线:等 θ_{se} 线/K 虚线:剖面上温度距平/ $^{\circ}$ C 粗线:锋区

半热带气旋生成期,垂直方向上仅限于对流层低层,中心无明显冷暖心结构。剖面图上表现为两层锋区结构:750hPa以下,中心附近等 θ_{se} 线(图中数字应加300K)密集, $\frac{\partial \theta_{se}}{\partial x} < 0$,锋区向高温、高湿区侧倾斜,为湿斜压锋区。750hPa以上锋区向干冷区侧(西侧)倾斜,为斜压锋区,与高空冷涡相对应。说明

此时的半热带气旋为一浅薄系统,仅限于对流层低层,尚未发展到高层(图2a)。

随着半热带气旋的加深向高层发展,对流加强,凝结潜热大量释放,结果对流层中高层升温明显,25日20时,整个对流层300hPa以下均为暖心结构,300hPa上12小时中心温度升高了4 $^{\circ}$ C,而且此时系统的中心位置上下近于垂直(附表)。

附表 海洋半热带气旋的垂直结构

层次	25日20时中心位置及强度			冷暖心结构及其中心温度		
	纬度	经度	强度	25日08时	25日20时	26日08时
地面	37.8	121.5	<992	不明显	半冷半暖	半冷半暖
850	38.0	122.0	141	不明显	暖心(16 $^{\circ}$ C)	冷心(15 $^{\circ}$ C)
700	37.5	122.0	305	冷心(6 $^{\circ}$ C)	暖心(8 $^{\circ}$ C)	冷心(6 $^{\circ}$ C)
500	38.0	122.0	576	冷心(-10 $^{\circ}$ C)	暖心(-6 $^{\circ}$ C)	冷心(-10 $^{\circ}$ C)
300	37.2	122.0	957	冷心(-34 $^{\circ}$ C)	暖心(-30 $^{\circ}$ C)	不明显

剖面图上则表现为从地面到 800hPa 的对流层低层仍表现为湿斜压锋区特征,中高层初期的斜压锋区消失,从 800—600hPa,中心上空等 θ_{se} 线近于垂直, θ_{se} 垂直变化很小 (1K/100hPa),而 600hPa 以上的对流层中高层,则呈现一个漏斗状的 θ_{se} 及温度距平高值区分布特征(图 2b)。可见,此时对流层中高层表现为暖心、无锋区结构,中心区附近有一漏斗状的 θ_{se} 高值区、系统中心近于垂直的特征,即热带气旋的特征较为明显,而非温带气旋。但其暖心结构又不完全同于热带气旋式的,热带气旋的暖心结构是在对流层中层有一暖心核。在对流层低层却又不同于热带气旋,具有明显的湿斜压锋区结构。

此时半热带气旋中心附近对流层低层温度水平梯度较小,一般 $0.5^{\circ}\text{C}/100\text{km}$ 左右,而对流层高层温度水平梯度则较大,最大温度水平梯度出现在半热带气旋中心的右侧,300hPa 上达 $3.9^{\circ}\text{C}/100\text{km}$,200hPa 上达 $4.7^{\circ}\text{C}/100\text{km}$ 。

到 26 日 08 时,半热带气旋的性质又发生了根本的变化,整个对流层内均为冷心结构,且中心区均为温度负距平高值区,锋区均向干冷区侧倾斜,呈锢囚气旋锋区特征(图 2c),这与此时卫星云图上锢囚气旋云系分布特征相吻合。

4.2 风垂直分布

热带气旋暖心结构的形成要求风垂直切变要小^[5],就这个半热带气旋来看风的垂直切变与上所述差别较大。半热带气旋形成前一天及形成后,中心不是位于 $U_{200}-U_{900}$ 零切变附近,而是位于纬向切变最大梯度的南侧,位于 $V_{200}-V_{900}$ 零切变上。形成区附近纬向风切变值均为正值,等值线呈东西向分布, $13\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 等值线穿过半热带气旋中心。说明风

速垂直切变较大,高层通风较好,不利于半热带气旋暖心结构的维持。到 26 日 08 时此半热带气旋即变性为锋区显著的锢囚气旋。

一般热带气旋的强风带集中出现在对流层下部,而温带气旋则在对流层上部 200—300hPa 附近^[6]。而此半热带气旋则兼而有之,强风带几乎出现在整个对流层,最大风速中心有两个,分别位于 300hPa 附近和 850hPa 附近。

4.3 地西要素场特征

图 3 是半热带气旋中心经过文登市慈家时的地面要素温度 T 、气压 P 、相对湿度 q 、风向、风速时间剖面图。

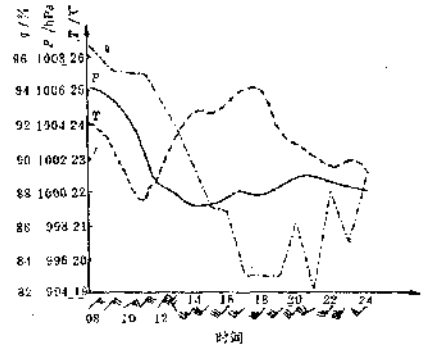


图 3 文登市慈家盐场 25 日地面要素时间剖面图

半热带气旋从测站经过,或从其它测站附近经过,都呈现出半热带气旋经过前 1 小时左右风速显著减小,之后 1—2 小时又显著增强的特征,只是半热带气旋中心经过时风力虽显著减小,但并未出现十分平静的现象,风速在 $4-10\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 之间;且中心经过前后,温度反而更高些,呈暖性特征;气压 p 分布呈漏斗状,但经过前,气压下降较快为 $2\text{ hPa}\cdot\text{h}^{-1}$ 。因此,从地面要素场分布特征可知,半热带气旋在经过山东半岛(13—19 时)过程中,热带气旋的特征较为明显。

4.4 垂直运动、散度及涡度场等特征

半热带气旋生成期,中心附近整个对流

层内均为上升运动,最大上升运动中心位于半热带气旋西北侧 500hPa 上(中心值 $-40.1 \times 10^{-4} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$)与西风带的冷涡相对应,而低层上升运动则较弱,900—700hPa 仅为 $-3.8 \times 10^{-4} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ — $-8.1 \times 10^{-4} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

半热带气旋成熟期最大上升运动不是位于对流层高层,而是在中低层 800—600hPa, 700hPa 上升运动最强达 $-52.8 \times 10^{-4} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$,且最大上升运动不是始终在半热带气旋中心,而是在其东南部约 70km 处上空。说明尽管对流作用对高层提供了上升垂直运动,但由于低层斜压动力效应的影响,最大 ω 仍在对流层中低层,对流层低层随时间气旋性涡度最大值却在低压中心,800hPa 上中心涡度值最大,高达 $107.8 \times 10^{-6} \text{s}^{-1}$ 。

通过对 ω 方程 4 个强迫函数在半热带气旋不同阶段中的贡献分析,发现生成期潜热项的作用几乎为 0,而对流层中高层温度平流项的作用较大。相反,成熟期潜热项对上升运动的贡献最大,400—800hPa 此项的贡献

占 $\sum_{i=1}^4 \omega_i$ 的 83% 以上,因而此时凝结潜热释放成为半热带气旋的主要能量来源。

在半热带气旋成熟期散度场上,中心附近对流层低层 900—800hPa 上不但没有深厚的辐合,却是一个弱的辐散层,因而存在一个低的(750hPa)无辐散层,这也是这个气旋的一个重要特征。

致谢:本文在写作过程中,钮学新、张善君、朱官忠、于仁成、蔡则鹏、宋同文等高工给予了指导和帮助,在此表示衷心的感谢。

参考文献

- 1 蒋尚城等. 登陆北上减弱的台风所导致的暴雨——半热带气旋暴雨. 气象学报, 1981, 39(1).
- 2 曹钢锋, 朱官忠, 朱君蓉. 登陆北上热带气旋倒槽造成的北方特大暴雨. 大气科学研究与应用, 1992(3).
- 3 林楠, 蒋尚城. 8509 号台风与辽宁特大暴雨的卫星云图分析. 海洋气象文集, 北京: 气象出版社, 1987.
- 4 曹钢锋等. 《山东天气分析与预报》. 北京: 气象出版社.
- 5 王志烈, 费亮. 台风预报手册. 北京: 气象出版社.
- 6 王志烈. 我国近海两次特殊风暴的分析. 中国航海杂志编辑部编, 1980(1).

An Inquiry into the Mechanism Responsible for an Ocean Semi-Tropical Cyclone

Yan Lifeng Tang Gongrui

(Yantai Meteorological Office, Shandong Province 264001)

Abstract

An analysis is made for a special storm occurred on Aug. 25, 1982 in the southern part of the Yellow Sea. It is an oceanic semi-tropical cyclone, directly occurred on the surface of higher latitude ocean and accompanied with strong wind and heavy rain. The upper air divergence of troposphere, positive vorticity advection and lowlevel southeast jet make the mechanism responsible for the system's occurrence and development and the latent heat of condensation released from the convection contributes greatly to a further development and strengthening of it.

Key Word: ocean semi-tropical cyclone structure genesis mechanism