

9414号热带气旋(DOUG)非对称 结构和对降水影响的分析*

—金才 姚祖庆 唐新章

(上海中心气象台, 上海, 200030) (上海市气象局, 上海, 200030)

摘 要

DOUG 热带气旋在靠近华东沿海大陆北上过程中, 气旋西侧的降水强度显著减弱, 主要是 DOUG 气旋的完全非对称结构造成的。本文从大尺度天气系统配置、卫星云图和中尺度数值模式计算结果分析了 DOUG 气旋内区和外区非对称结构的成因和演变。

外区的非对称结构主要由环境场的大尺度天气系统的东高西低气压场配置造成的。气旋近中心中- β 尺度的辐散下沉系统的发展是造成内区非对称结构的主要原因。二者的形成是相互独立的, 但内区非对称结构的发展会促使外区非对称结构的加强。前者向后者逼近并结合造成了 DOUG 的完全非对称结构。

关键词: 热带气旋, 非对称结构, 大尺度系统配置, 中- β 辐散下沉系统。

1 引 言

9414号热带气旋(DOUG)(以下简称 DOUG)在8月8日08时穿过台湾岛北部后就保持一条沿海岸线平行的路径北上。气旋中心离海岸在150km 之内, 尤其在8日20时至9日14时, 距海岸仅70km 左右。一般这样的气旋路径都会造成沿海地区200mm 以上的暴雨^[1]。但是这次 DOUG 在最靠近大陆一段时期内, 沿海地区过程雨量(8日14时至9日20时每6h 的雨量累加), 除一个站达51mm 外, 其余都没有超过50mm, 不少台站不足20mm, 致使沿海气象台站的预报失误。因此, 有必要对 DOUG 在这段时期降水强度减弱的成因进行分析, 为改进今后的预报提供依据。

本文首先通过卫星云图分析, 揭示了 DOUG 非对称结构造成气旋西侧降水强度减弱的事实, 随后分气旋的内区和外区(以距气旋中心2个纬距内外划分热带气旋环流的内区和外区), 分别阐述了 DOUG 非对称结构的成因, 最后得出可供预报参考的几条结论。

2 气旋非对称结构对降水的影响

从卫星云图, 可以清楚地看到 DOUG 在靠近华东沿海北上时期降水强度减弱的主要原因是 DOUG 非对称结构造成的。7日20时, DOUG 云系还是呈对称状。8日08时穿过台

* 初稿时间: 1995年8月16日; 修改稿时间: 1995年12月1日。

资助课题: “八五”国家攻关课题(85—906—07—10)。

湾岛北部后,首先表现为 DOUG 外区的云系不对称。东部象限云系发展旺盛,云顶平均亮温在 -50 以下,最低达 -69 。而西部象限云系零散,云顶亮温大多维持在 -5 以上,表明云系发展明显弱于东半象限。从8日14时开始,DOUG 内区的云系结构也开始呈非对称。接着内区非对称结构和外区非对称结构逐渐衔接,形成了 DOUG 完全不对称结构的特点^[2]。正如图3e 所示,基本以气旋路径为分界线,DOUG 的东象限云系发展活跃,而西象限基本为少云区。这种不对称结构一直延续到10日02时。云图动画显示,在这段时期内,东北象限的浓白云团沿螺旋线逆时针移入西半象限后,云系就很快减弱、消散。因此大陆沿海地区的降水也明显减弱。虽然海上没有降水记录,但是根据“云图亮核分析预报暴雨法”的判断,DOUG 东象限的降水强度要比西象限强2—3倍。对照9219号和9417号两个热带气旋,它们的云系一直呈对称结构。当它们移到台湾海峡区域内,在沿海地区造成两个暴雨中心。一个暴雨中心位于浙江中北部沿海地区,主要由气旋的外区云系造成的;另一个在福建南部,主要由近中心的内区云系造成的(图略)。

正如刘式适等指出的,热带气旋的内外区的物理量的尺度、结构和天气都有很大的不同,因此,可将热带气旋分为内区和外区两部分分别讨论^[3]。DOUG 的内区和外区非对称结构也分别由不同尺度的天气系统的演变造成的。

3 大尺度天气系统配置与 DOUG 外区非对称结构的关系

从7日08时至9日08日,850hPa 图上 110°E 以东的天气形势稳定少变。 25°N 以南为赤道辐合带, $25^{\circ}\text{—}35^{\circ}\text{N}$ 之间为东高西低形势配置:DOUG 西侧大陆上为热低压控制,东侧洋面上为副热带高压控制,如图1所示。8日02时以前,DOUG 位于 25°N 以南的赤道辐合带内,沿西北方向移动,台风环流呈对称型,台风眼位于云系的几何中心。08时后,DOUG 移到 25°N 以北后,开始进入上述的东高西低的环境气压场中,折向偏北方向移动。这时 DOUG 东半象限的气压梯度明显大于西半象限,致使风速分布也呈东强西弱。850hPa 图上距 DOUG 中心500km 范围内的风合成图(8日08时至9日20时)表明,东侧的风速一般比西侧的风速

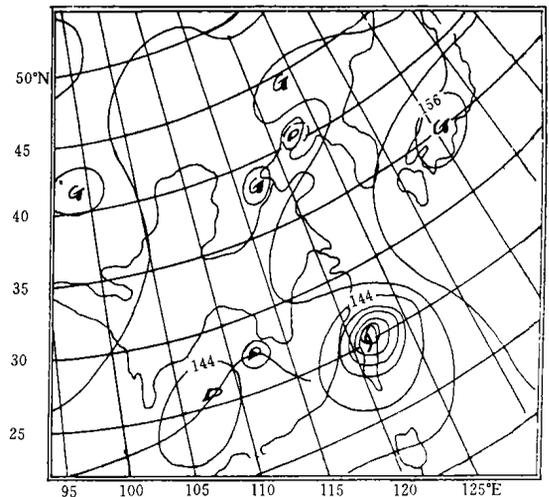


图1 1994年8月8日08时850hPa 高度分析场
(单位: dagpm)

大4—10m/s,而且离中心越远,风速差也越大。MM4的计算分析表明,风速分布的这种不对称导致低层散度分布不对称,最终使 DOUG 外区的垂直上升区主要集中在东侧,而气旋西侧沿海地区垂直运动很弱(见图2)。因此,东侧强烈发展的云系移到西侧就消散。对照9219号热带气旋,其路径基本与 DOUG 相似,但9219号热带气旋的云系一直保持对称结

构。其主要原因是大尺度天气系统配置相对于气旋中心是对称的。东侧是副热带高压, 西侧大陆上也是一环副热带高压。气旋在这两个高压之间向北移动(图略)。因此, 热带气旋环境气压场的配置对热带气旋外区云系的结构对称与否有密切的关系。

类似的例子如8013号、8211号、9507号等热带气旋的外区不对称结构和7909号、9503号等热带气旋外区对称结构对比分析说明上述分析的结果具有一定的普遍性, 可以作为预报热带气旋风雨分布的依据之一。但是, 大尺度气压场的分布状况并不是决定热带气旋外区结构对称性的唯一条件, 环境热力场、下垫面的分布状况有时对热带气旋外区对称性结构起一定作用, 本文对此不作详细讨论。

4 中尺度辐散下沉系统的发展与DOUG内区非对称结构的关系

8日08时, 红外云图上显示DOUG中心附近的浓白云团的云顶亮温达 -58.9 , 但在距中心北北东方向的150km处有一块显著暖区(以下称A区), -18.2 等温线范围在 $26.5-27.0^{\circ}\text{N}$, $121.5-122.9^{\circ}\text{E}$ 之间, 南北宽50km, 东西长150km。核心亮温达 -3.7 (见图3a)。MM4计算结果表明A区恰好位于8月8日08时200hPa的辐合中心处(图

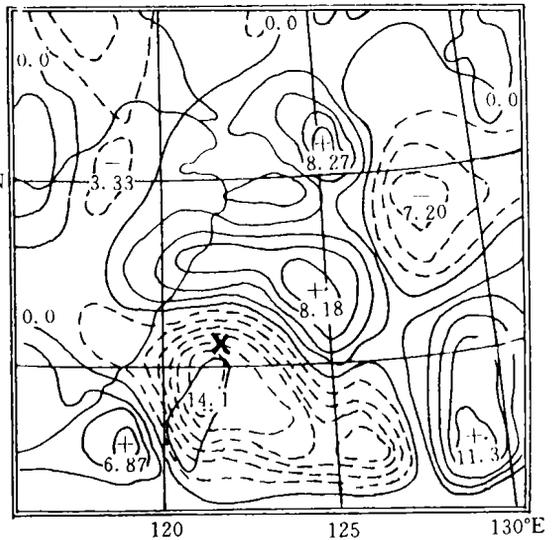
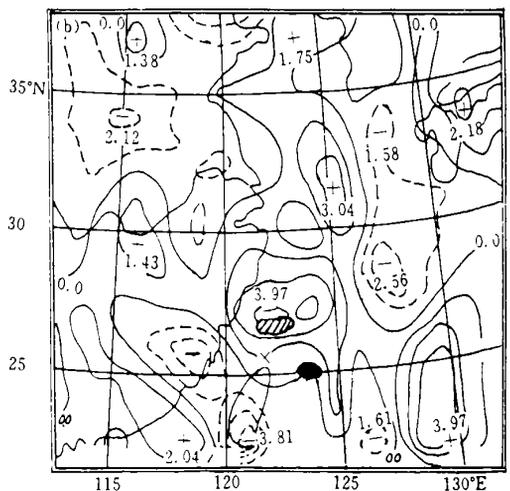


图2 1994年8月8日08时500hPa垂直速度场(10^{-3}hPa s^{-1}) (“+”为下沉中心,“-”为上升中心,“x”表示台风位置)



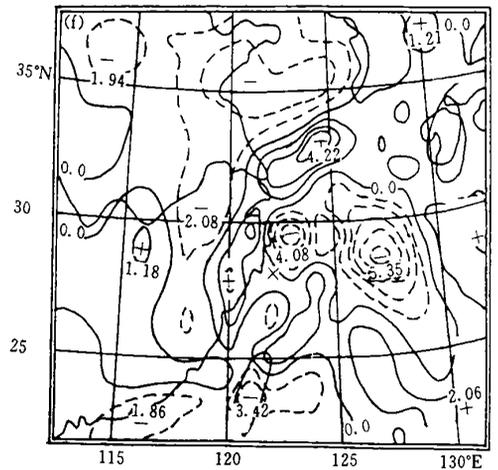
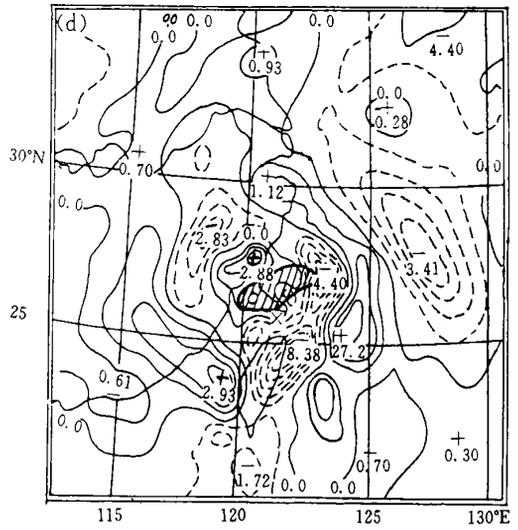


图3 热带气旋 DOUG 内非对称结构演变和相应的700hPa 散度场变化 ($10^{-5} s^{-1}$)

(a. 8日08时红外云图; b. 8日08时散度场; c. 8日14时红外云图;

d. 8日14时散度场; e. 9日02时红外云图; f. 9日02时散度场。

照片上的“+”号和图上的“x”分别表示台风中心, 照片上的点线为台风路径)

略)和700hPa的中尺度辐散中心处(见图3b),图3b中,斜线区对应图3a中A区的云顶亮温大于 -18.2 的区域,阴影区对应图3a中B区的云顶亮温大于 -35 的区域,说明A区是一个深厚的中- β 尺度的下沉系统。同时,在DOUG中心东方的100km处还有一个次暖区,云顶亮温 -35 的等亮温线位于 $24.8-25.4^{\circ}N, 123.0-124.0^{\circ}E$ 之间(以下称为B区),尺度大小约50km,它对应于700hPa中尺度辐散区的南缘,属于尺度较小的中- β 辐散下沉系统。象B区这种中- β 对流系统在热带气旋内一般生命史较短。但是3h后,B区下沉系统随气流逆时针旋转移到A区南缘时,A区和B区融为一体,并迅速加强、扩大。这时气旋中心也北移到A区边缘,内区云系结构开始出现不对称。13时,A区的 -18.2 等亮

温线西移并扩大到 $25.8\text{--}27.4\text{ N}$, $120.2\text{--}122.7\text{ E}$ 范围, 面积比08时扩大了二倍, 尤其内核亮温上升到 16.5 的高温, 其面积达 2500 km^2 (图3c), 图3c 中气旋中心北侧暗色调区为A区和B区合并的下沉区。恰好位于MM4计算的8日14时700hPa的一个中尺度辐散区中心附近(见图3d中的斜线区)。这时气旋中心已进入A区的南部, 气旋内区可以被通过气旋中心的平行于海岸线的一条直线一分为二。西北象限为暗色调晴空区, 东南象限被浓白云团复盖。DOUG内区非对称结构完全形成。但是, 正如图3d所揭示的那样, 虽然西侧大陆上的辐合弱于气旋东侧的辐合, 这时DOUG内区中 $-\beta$ 尺度的辐散下沉系统仍是一个被气旋外区的辐合上升区包围的独立系统。反映在云图上, A区和大陆上的晴空区之间被一条云带隔开, 内区非对称结构和外区非对称结构是相互独立的。以后, 随DOUG的北移, A区也向西北方向移动, 对外区西侧云系起了减弱作用, 从而促使了外区非对称结构的发展。9日02时, 内区的尺度辐散系统与外区的辐散区合并(图3e), 内区非对称结构和外区非对称结构结合, 形成了DOUG的完全不对称结构。东半象限云系发展活跃, 范围大; 西半象限云系明显减弱, 范围也小。对应于图3f, 当时700hPa上气旋中心西侧是一条完整的南北走向的带状辐散下沉区, 而气旋东侧是一大片强辐合上升区。9日08时, 在中心东北方又生成一个中 $-\beta$ 尺度的辐散下沉的晴空区, 重复8月8日以后的过程, 使气旋非对称结构一直持续到10日02时。

5 结 论

通过对DOUG热带气旋非对称结构的成因和演变的讨论, 可以得到如下几点结论:

(1) 结构对称的热带气旋在进入台湾海峡后, 它的外区环流和内区环流一般会在浙江和福建沿海地区造成暴雨。9414号热带气旋是一个完全不对称的热带气旋, 因此在路径西侧的大陆沿海地区降水强度明显减弱。

(2) DOUG热带气旋环境场中大尺度天气系统的东高西低的气压场配置是造成气旋外区环流非对称结构的主要原因。气压梯度的不对称造成风场的不对称, 从而造成东侧的辐合上升运动强于西侧的辐合上升, 致使东侧云系发展活跃, 移到西侧就减弱、消散。

(3) 气旋近中心深厚的中 $-\beta$ 尺度辐散下沉系统的发展和加强是造成气旋内区非对称结构的主要原因。这种中 $-\beta$ 尺度辐散下沉系统可以从红外卫星云图上监视到, 并可从MM4计算结果中诊断出。

(4) 内区和外区非对称结构的形成是可以相互独立的。因此形成的时间可以有先后。但内区非对称结构的发展和加强能促使外区非对称结构的发展。二者结合造成了DOUG的完全不对称。

参考文献

- [1] 王志烈, 费亮. 台风预报手册. 北京: 气象出版社, 1987. 78—79.
- [2] 陈联寿, 丁一汇. 西北太平洋台风概论. 北京: 气象出版社, 1979. 5.
- [3] 刘式适, 刘式达. 热带气旋的内外区结构. 热带气象学报, 1994, 10(3): 194.

THE ANALYSIS OF THE ASYMMETRIC STRUCTURE OF TROPICAL CYCLONE DOUG AND ITS INFLU- ENCE ON PRECIPITATION

Ding Jincai Yao Zuqing

(*Shanghai Meteorological Center, Shanghai, 200030*)

Tang Xinzhang

(*Shanghai Meteorological Bureau, Shanghai, 200030*)

Abstract

The significantly weakened precipitation in the western quadrant of tropical cyclone DOUG during its moving along the coast of East China was mainly due to its entirely asymmetric structure. This paper analyses the cause and evolution of the inner and outer asymmetric structures.

The outer asymmetry was caused by the distribution of large scale synoptic systems with high pressure in east and low pressure in west to the cyclone. The inner asymmetry was due to the developing of a middle β -scale divergence and subsidence system. The two asymmetries formed independently, while the development and movement of the inner asymmetry stimulated the further development of the outer asymmetry. And the inner asymmetry's approaching to the outer asymmetry and meeting with it caused the entirely asymmetric structure of the whole cyclone.

Key words: Tropical cyclone, Asymmetric structure, Distribution of large scale systems, Middle β -scale divergence system.