

罗森波, 罗秋红, 舒锋敏, 等. 台风风神海上石油平台预报服务探讨[J]. 气象, 2011, 37(6): 742-748.

台风风神海上石油平台预报服务探讨^{*}

罗森波 罗秋红 舒锋敏 林永堂

广州中心气象台, 广州 510080

提 要: 总结了在对台风风神数值预报失效, 预报路径偏东的情况下, 预报人员抓住天气形势的细微变化对路径及时修正, 并紧密结合用户需求, 以“全程跟进, 及时沟通, 急用户之所急”的高度责任心和服务态度, 使海上石油平台 1500 人安全撤离, 避免了人员伤亡和重大经济损失的服务过程。经研究发现: (1) “风神”偏西侧的强对流发展、地面负变压中心、中层正涡度中心、高层正散度中心的存在, 以及云图北侧带状黑体区的形成均有利于“风神”西折; (2) 在 500 hPa 图上, “风神”前期西南部有一低压环流中心, 后期东北侧高压坝形成, 造成“风神”两次北翘。

关键词: 台风, 路径, 预报服务, 数值预报

Discussion on the Forecasting Services of Oil Platform During Typhoon Fengshen

LUO Senbo LUO Qiuhong SHU Fengmin LIN Yongtang

Guangzhou Central Meteorological Observatory, Guangzhou 510080

Abstract: The service processes of typhoon Fengshen are summarized when the performance of numerical weather prediction is disabled and the typhoon forecasting track is deviated to easterly. At that time, prompt revisions are made to typhoon forecasting track based on the nice changes of weather conditions. During the services, 1500 people working on maritime oil platforms are evacuated safely. Therefore, casualty and economic loss are avoided because of our high responsibility and good professional ethics. The results show that: (1) typhoon Fengshen turns westwards because of strong convection on the west side of Fengshen, negative pressure variety at the ground level, plus vorticity center at the middle-level, and plus divergence at the high-level. At the same time, the belt-shaped blackbody area on the north side of “Fengshen” on cloud chart is also favourable to its turning westwards. (2) At 500 hPa, twice turnings northwards are caused by the low pressure circulation centre on the southwest side of typhoon and the high pressure belt on the northeast side successively.

Key words: typhoon, track, forecasting services, numerical weather prediction

引 言

台风预报准确与否, 以及服务是否到位, 对南海海上石油平台的正常生产和人员安全事关重大。国内对海上石油平台气象服务的总结研究很少, 如林

镇国等^[1]分析了弱气压场中南海东北部海浪预报失败的事实和原因。一般情况下, 当数值预报结果好时, 服务效果都比较理想; 而最大的难点是当数值预报偏差大时, 如何采用适当的服务技巧和预报修正技术, 使得服务效果达到最佳, 这正是本文要探讨的问题。台风风神预报服务过程在这方面提供了很好

^{*} 水利部珠江水利委员会水文局“珠江流域各水水面雨量体积降水量预报方法研究”课题和广东省科技计划项目(2009A030302012)共同资助

2010 年 2 月 11 日收稿; 2010 年 8 月 9 日收修定稿

第一作者: 罗森波, 主要研究方向为应用气象. Email: luosenbo@21cn.com

的分析素材。

台风风神是历史上前期数值预报失效,但广州中心气象台在海上石油平台预报服务上却取得圆满成功的一个典范。尽管在当时服务决策及在预报路径修正方面,很难找到非常充分的技术依据。然而,我们在台风风神影响因素比较复杂,预报难度较大的情况下,凭借多年来海洋预报服务经验,从复杂的天气形势中找到了一定的技术依据;同时,结合多年积累的服务技巧,为中海石油东部公司安全撤离提供了良好的预报服务,避免了一次可能出现的严重的平台人员伤亡及设备严重损坏事件。因此,我们认为从预报服务技巧的角度,探讨当数值预报失效的情况下,专业气象预报服务决策如何进行修正,如何利用服务技巧去弥补数值预报的不足,从而达到服务效果最佳的目的,是一项值得总结和非常有意义的工作。

1 资料说明

本文使用的资料为:2008年6月22日的流场、气压场、纬向风和涡度、散度等物理量场源于NCEP/NCAR逐日再分析资料,分辨率是 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$,覆盖区域为: $10^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{N}$ 、 $100^{\circ} \sim 130^{\circ} \text{E}$;台风期间的台风资料、天气图、数值预报产品由国家气象中心气象信息综合分析处理系统(Meteorological Information Comprehensive Analysis and Processing System, MICAPS)实时提供;云图资料由国家卫星中心实时提供。

2 台风风神的演变及数值预报情况

2008年6月19日上午8时(北京时,下同)位于菲律宾东部洋面的热带低压发展成0806号热带风暴,命名为“风神”。20日凌晨2时加强为强热带风暴,上午8时加强为台风,穿越菲律宾群岛后进入南海中部海面;23日中午11时减弱为强热带风暴,继续向西北方向移动;25日早晨减弱为热带风暴,于5时30分在深圳葵涌沿海地区登陆,登陆时中心附近最大风力9级。从“风神”路径图(图1)可见,“风神”总体较稳定地向西北西方向移动;21日转向北北西方向移动,穿越菲律宾群岛之后,于22日17时又突然折向西移(西折点为 15.8°N 、 120.2°E)进入南海中部海面;当西行到 118°E 附近时,转向西北

方向移动;24日00时再次折向北北西方向(北翘点为 18.2°N 、 115.9°E)移动,于24日正面袭击了位于珠江口外海面的中海石油东部分公司作业区各平台。

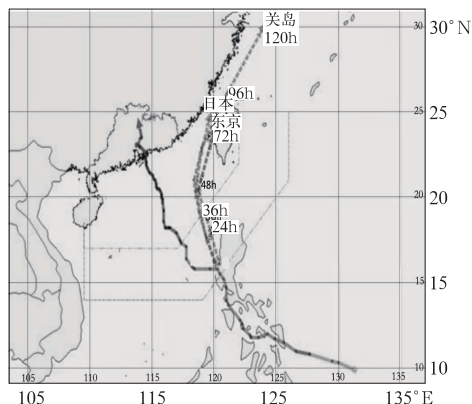


图1 0806号台风风神路径图

(左边路径)和各家数值预报

路径图(6月22日08时)

Fig. 1 Path (left) of typhoon Fengshen

and its numerical forecasting tracks

at 08:00 BT 22 June 2008

“风神”预报过程中,各主流数值预报产品大多预报“风神”将右偏北上呈“抛物线”偏北路径,比实际路径明显偏东。具体为:20日08时,大多数数值预报产品预报72小时“风神”不进南海;21日08时,则预报进南海, 118°E 以东偏北到东北方向抛物线转出;22日08时,主流数值预报产品几乎一致预报“风神”向台湾海峡北上;23日08时,仍预报“风神”从东沙岛以东抛物线北上;24日08时,大多数数值预报产品仍预报“风神”在粤东登陆或穿越台湾海峡北上。总之,这次数值预报存在问题主要有两点:一是路径预报结果出现一致性、系统性误差,这可能是由于初始场微小的不确定性到一定时间成为明显的不确定性,同一个初始场的偏差会导致各种模式台风预报同样的失误^[2];其二是未能准确预报出西折、北翘两次台风路径出现异常突变,其原因在4.1节中详细论述。目前路径预报主要依靠数值预报,但是它存在误差。目前国家气象中心、上海和广州区域气象中心投入业务的台风数值模式,其平均误差24小时小于200 km,48小时小于400 km。即使是欧美日等发达国家的台风预报水平也存在上百千米的误差^[3]。台风预报是跟踪预报,可利用数值预报中环流形势的总体预报和其他资料(如云图、物理量场等)

对台风路径数值预报的误差进行适当订正。如果再结合分析用户的需求和使用后的反馈信息,并提供点对点贴心预报服务,服务效果会更好。

3 中海石油平台对台风预报服务的需求

海上石油平台的撤离,与陆地上的防台撤离有很大差别。首先是运力小。物资供应船一次只能坐 30~50 人,且一个来回要 30 多小时,风浪大还不能使用;直升飞机一次只能载 13 人,最大的也只能载 19 人,一个来回要 3 个多小时。其次是运输工具少。海上只有船和直升飞机两种运输工具,而且都受天气条件影响很大,一般是台风离平台 250 km 范围或平台出现 50 n mile · h⁻¹ (1 n mile · h⁻¹ = 1.852 km · h⁻¹) 的大风就无法撤离了。第三是撤离前的准备工作时间长。在现有条件下,从平台设备固定到关井,一般需要 24 小时左右,最快也要 12 小时。第四是撤离时间长。一般需要 3 天左右的时间才能将平台上所有人员撤离完,并将钻井关闭和固定有关设备。因此,用户要求我们至少提前 3 天提供较为准确的台风预报信息,才能满足平台人员安全撤离的需要。第五是一次错误的预报就可能造成巨大的经济损失,据最近 JHN 石油公司提供的反馈信息,如因台风等灾害性天气原因而停产一天,损失就过亿元(RMB),直升飞机来回一趟撤走平台上的工

作人员就要耗资 40 万元费用^[1]。

4 专业气象预报订正和服务技巧

4.1 台风风神路径预报修正的主要技术依据

4.1.1 副高和 500 hPa 流场的演变

近年来气象学家对台风路径的研究取得了一定成果^[4-7],台风的移动除主要受引导气流控制外,还受其他一些偶然因素的影响,引导气流的强弱与副高的位置和强弱密切相关。Nikaidon^[8]认为热带西太平洋的降水对副高的增强有重要作用,而热带气旋伴随着强烈的降水,其活动应该对副高的变异起到重要作用^[9],所以“风神”的路径和副高的一周左右(6 月 19—25 日)的短周期的活动、形态的配置关系及 500 hPa 流场变化是本文研究的重点之一。

从 6 月 19 日 08 时至 22 日 08 时,控制华南附近的副高经历了逐渐减弱到趋于消失的过程,起初副高中心位于东海,主体呈东北—西南走向,西脊点较西,维持在 110°E 附近,广东省处于副高西北侧的西南风中,随后副高面积逐渐减小,南缘从 15°N 退到 20°N 附近;22 日 08—20 时,华南还存在小高压中心;22 日 20 时至 24 日 20 时,台风登陆前华南受槽前高压脊控制;25 日起,西太平洋副高再次发展西伸,到 27 日西脊点又达 110°E(见图 2)。在天气形势快速调整或台风路径出现异常时,数值预报结

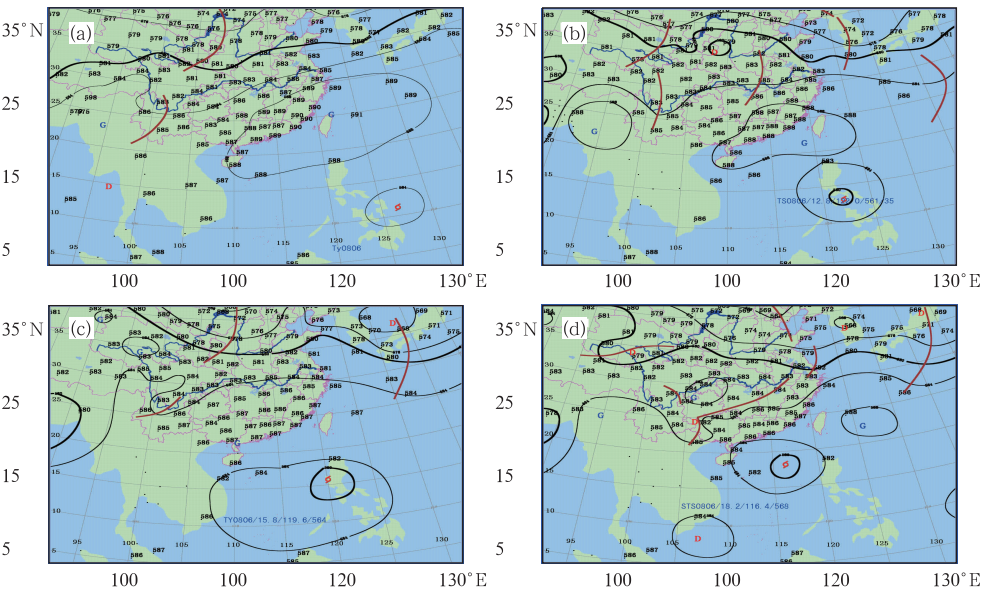


图 2 2008 年 6 月 20 日 20 时(a), 6 月 21 日 20 时(b), 6 月 22 日 20 时(c), 6 月 23 日 20 时(d)500 hPa 形势的演变
Fig. 2 The 500 hPa height fields at (a) 20:00 BT 20 June, (b) 20:00 BT 21 June, (c) 20:00 BT 22 June, and (d) 20:00 BT 23 June 2008

果的偏差较大^[2],这次副高在短时间内完成了强盛—减弱—再强盛的过程,变化快速,数值预报的准确度应引起警惕。还有在 22 日 17 时,台风路径开始了西折,研究表明:台风北上西折的情况发生在副高加强(夏季),台风西折的情况大多发生在副高正从减弱转为加强,或处于加强过程的初期阶段^[10]。而这次副高主体虽然东退,但其在南海北部一带还维持一定的强度,这在 4.1.2 节云图分析得到一些依据,此情形对台风的西折起到一定作用。

分析 21—22 日的 500 hPa 流场变化(图 3)发现,在台风风神中心的南南东方向,存在一支大于 $20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西南急流,而且这支急流从 21 日 14 时至 22 日 08 时逐渐向北推进,它对“风神”的向北移动起到了引导的作用。21 日 14 时,台风也移到了

副高中心的西南侧,在副高西南边缘的东南气流和这支急流的共同引导下,21 日起,“风神”开始转向西北—北北西方向移动,穿越菲律宾群岛。虽然,副热带高压在低槽和台风共同削弱的作用下逐渐减弱,但按常理“风神”应继续向偏西北方向移动。然而,“风神”并没有这样移动。22 日,“风神”突然西折并进入南海中部海面。究其原因,我们认为下列因素可能在短时间内起了主要作用:从图 3 可见,台风风神北侧有一支大于 $16\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的偏东气流不断向西延伸,到 22 日 08 时已扩展到 113°E 附近(见图 3d 台风偏北面的阴影部分)。这支偏东气流的建立和发展,对台风继续北上具有抑制作用,使得“风神”转向偏西移动。

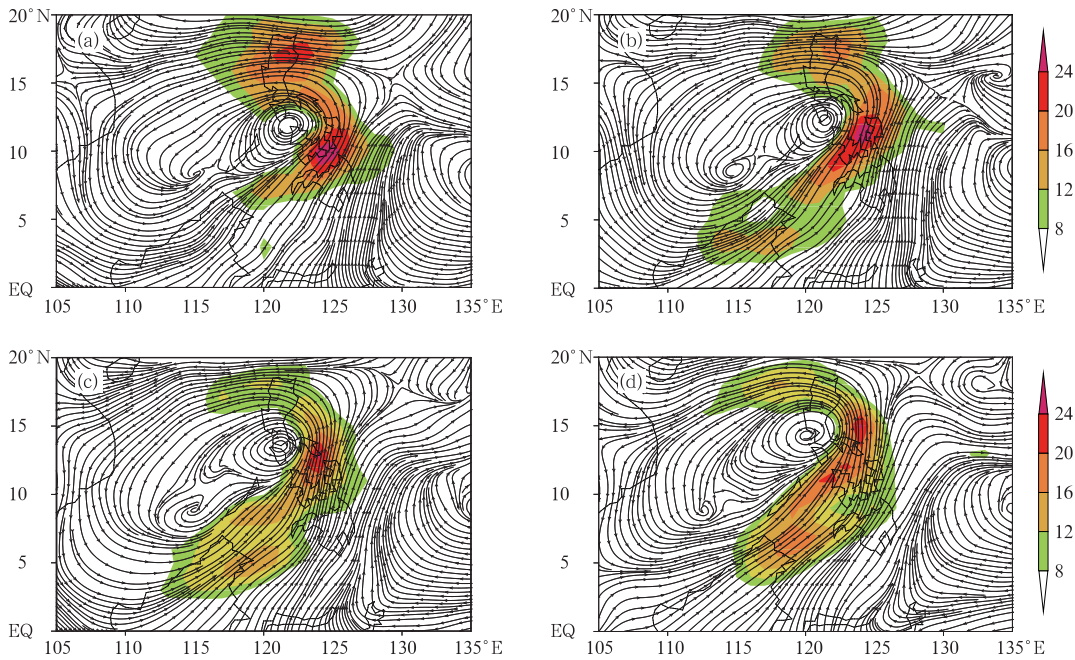


图 3 2008 年 6 月 21 日 14 时(a),21 日 20 时(b),22 日 00 时(c),
22 日 08 时(d), 500 hPa 流场的演变(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

Fig. 3 The 500 hPa stream fields at (a) 14:00 BT 21 June, (b) 20:00 BT 21 June,
(c) 00:00 BT 22 June, and (d) 08:00 BT 22 June 2008 (unit: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

4.1.2 卫星云图分析

在弱引导场中,热带气旋的内部结构是影响其运动的重要因子,陈联寿曾提出台风的非对称结构能够影响台风移动的重要观点^[11],从 22 日台风风神的云图分析,逗点状云系明显(图 4a、4b),这种情形多预示着未来台风有向偏西移动的趋势。如 22 日 16:30 的卫星云图(图 4b),“风神”的云系结构极

不对称,主要云系在中心的西侧和南侧,台风中心没有明显的台风眼,当时台风的位置在 15.8°N 、 120.2°E 附近,偏于密蔽云区的东侧,密蔽云区的长轴方向为东—西向,而密蔽云区主要在台风的西侧,未来台风便向这个方向移动^[10]。陈联寿等^[12]的研究表明,热带气旋内部中尺度强对流系统的生成和发展就是热带气旋热力非对称结构的一种表现。在

22 日 16:30 的“风神”云图上(图 4b)可见,在台风中心的西侧有强对流云团不断发展,说明台风中心西侧存在着明显的不稳定区。研究表明,热带气旋有向其内部对流不稳定区运动的趋势^[10],即“风神”短期内将有向西移动的动力条件;与此同时,在云图上显示(图 4),在南海北部到北部湾,有一条明显的带状黑体,它对应着这一带存在较强的下沉气流晴空

区,台风中心距晴空区的西脊点超过 12~15 个经度以上,这种环境云场有利于台风西行^[10],不利于台风的继续北上。在对应时次的 500 hPa 图上(图略),可见一个东西向的高压区,与卫星云图形成的黑体区相配。我们认为,正是上述因素,抑制了台风风神的继续北上,从而出现了路径突然西折的现象。

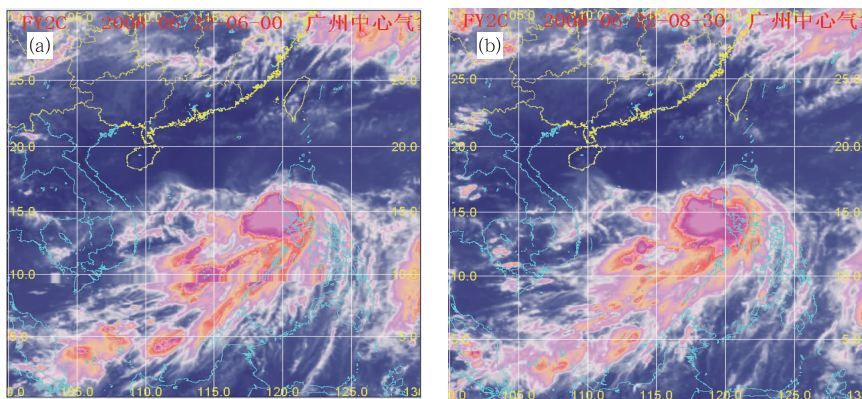


图 4 2008 年 6 月 22 日 14:00(a)和 16:30(b)红外云图

Fig. 4 Infrared cloud images at (a) 14:00 BT 22 June, and (b) 16:30 BT 22 June 2008

4.1.3 台风西折点附近物理量诊断分析

针对这次“风神”路径的关键变化点 22 日 17:00 (西折点为 15.8°N、120.2°E),对台风西折前、西折时的情况进行物理量诊断,分析各物理量前后两个时次(相差 6 h)差值场中心与台风未来移动趋势的关系。图 5 为 22 日 14:00 至 22 日 20:00(选这段时间是由于 17:00 无资料)地面 6 h 变压场、500 hPa 6 h 涡度变量场、500 hPa 6 h 纬向风分量变量场、200 hPa 6 h 散度变量场,具体分析如下。

地面 6 h 变压场:地面变压场以及台风附近的 Δp_6 对台风短期路径预报有一定的指示意义。分析 22 日 20:00 地面前 6 h 变压场(图 5a)的分布发现,在台风中心西侧存在负变压中心,中心强度大于 90 Pa,该负变压区的出现有利于台风向偏西移动。分析台风附近的变压分布还发现,而东侧为正变压区,变压梯度方向与未来台风移向一致。

500 hPa 6 h 相对涡度变量场:台风是一个巨大的涡旋,涡度变量的正中心一般与台风中心相吻合,且十分清楚,而变涡的诊断场可以显示出台风中心附近水平流场的环流特征的变化,由图 5b 可见,未来台风移动方向的前侧有较集中的正变涡中心,中

心值达 $3.0 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,且正变涡中心与西折点的连线与未来台风移向基本吻合。

500 hPa 6 h 纬向风变量场:虽然 22 日副高减弱明显,但从 500 hPa 6 h 纬向风分量变量场可知(图 5c),在台风中心 15.8°N、120.2°E 偏北侧出现纬向风分量的负值中心,中心值达 $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,可见台风是在偏东风的引导之下,有利台风西折。

200 hPa 6 h 散度变量场:高空流出气流辐散有利于台风维持,台风中心附近正散度区的位置对台风未来的移向有密切联系。从 200 hPa 6 h 散度变量场(图 5d)可见,正散度变量区出现在台风中心偏西方向,高空散度变量值中心为 $1.5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,对台风西折有利。

4.2 服务技巧探讨

4.2.1 前期服务技巧

19—21 日早上,数值预报产品大多预报台风风神在菲律宾以东或菲律宾岛上北上转向。这在过渡季节的台风预报中如此高度的一致,引起我们的警觉,特别是 19—20 日,台风路径稳定地向西北西移动,所处纬度低,只有 10°N 左右。为预防万一,我们

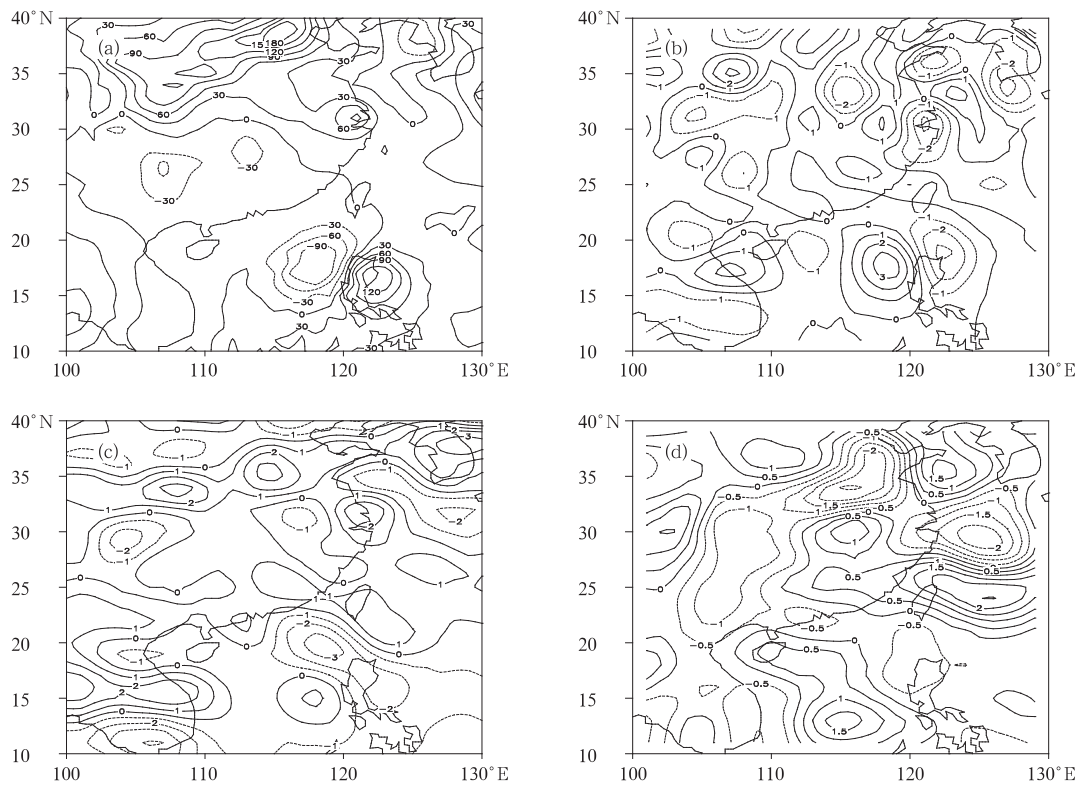


图 5 2008 年 6 月 22 日 14:00—20:00 地面 6 h 变压场(a, 单位:Pa),500 hPa 6 h 涡度变量场 (b, 单位: 10^{-5} s^{-1}),500 hPa 6 h 纬向风分量变量场(c, 单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), 200 hPa 6 h 散度变量场(d, 单位: $1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$)

Fig. 5 Various 6 h variable fields during 14:00—20:00 BT 22 June 2008 for (a) surface allobaric field (unit:Pa), (b) 500 hPa vorticity (unit: 10^{-5} s^{-1}), (c) 500 hPa zonal wind component (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), and (d) 200 hPa divergence (unit: 10^{-5} s^{-1})

向用户建议:将非主要生产人员先撤离一部分,以减轻出现紧急情况时的撤离压力。用户采纳了我们的建议,从 20 日起,就有计划地开始撤离。

4.2.2 关键时刻的服务技巧

21—22 日,当台风风神移到菲律宾中部期间,大多数值预报产品均预报“风神”台风进入南海后,在平台作业区(118°E)以东抛物线北上。按此路径,平台作业区属于一般性影响,不需关井停产和全面撤离。22 日,当台风移到菲律宾的马尼拉附近时,离平台只有 850 km,中海石油深圳分公司还有 475 人在海上平台作业,这是保持生产的最少工作人数,如果全部撤离需要 25 个班次的直升飞机。情况万分危急,用户极度紧张,因为 22 日如不作出最后决策,就来不及撤离了。然而,此时大多数值预报产品的结论仍是一般影响。22 日晚上,我们再次认真分析了天气形势的演变和台风路径的趋势,认为台风正面袭击平台作业区的因素在增加(见本文 4.1 节的分析),并及时地将这一情况通报给用户,并建议

用户尽快做好全面撤离的准备工作,引起石油公司领导的高度重视。同时,为慎重起见,我们约定 23 日凌晨再给他们最终结论。

23 日凌晨,“风神”果然不断向平台靠近,台风中心离平台作业区只有 500 多千米,已接近台风警戒区域。此时,尽管大多数值预报产品仍然预报台风将在东沙岛以东转向。然而,“风神”的实际路径完全证实我们 22 日的判断是正确的。于是,广州中心气象台在 23 日凌晨 5—6 时连续两次电话告诉用户:台风将在 24 日正面袭击平台作业区,建议尽早安排全部撤离。深圳分公司再一次采纳了我们的建议,23 日早上安排全部 7 架飞机出动,终于在当日 21 时前将保持生产的 475 人全部安全撤离到陆地上。

“风神”台风预报服务的成功,使我们得到如下启示:

(1) 在台风预报服务的过程中,要始终密切关注台风的移动变化和天气形势的演变,及时向用户

通报台风路径和强度变化的“蛛丝马迹”,及时调整预报思路和服务策略。

(2) 台风预报服务工作,要“想用户之所想,急用户之所急”,要全面了解用户需求,并及时掌握用户动态,才能给用户提出有建设性的意见和建议。

5 小 结

(1) 台风风神路径预报修正的主要依据:

① 从副高和 500 hPa 流场的演变发现,副高主体虽然东退,但其在南海北部一带还维持一定的强度,台风中心的南南东方向,存在一支大于 $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的西南急流,并逐渐向北推进,有利台风西北移;台风北侧存在一支大于 $16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的偏东气流不断向西延伸,有利台风西折。

② “风神”的云系结构极不对称,22 日在台风中心的偏西侧有强对流云团不断发展,台风有向西不稳定区移动的趋势;南海北部到北部湾的晴空黑体区阻止台风继续北移。

③ 分析地面气压、500 hPa 涡度和纬向风场、200 hPa 散度等物理量在台风西折前后两个时次(相差 6 h)差值场中心与台风未来移动趋势的关系发现均有利台风西折。

(2) 通过这次服务过程取得的经验是:在对台风的服务过程中,不能仅仅依靠数值预报结果,要全面、综合地分析各种资料,抓住每一个可能的疑点,充分考虑用户的需求,以达到最佳的服务效果。

参考文献

- [1] 林镇国,林良根,林永堂. 弱气压场中南海东北部海浪预报失败典型个案[J]. 海洋预报,2006,23(4):104-108.
- [2] 庄千宝,叶子祥,周功铤,等. 从 2005 年台风数值预报误差探讨决策预报中的几个问题[J]. 气象,2006,32(12):16-22.
- [3] 庄千宝,叶子祥,陈宣森. 从 2005 年台风路径数值预报结果的统计、评估来探讨台风决策预报的可预报时间[G]. // 中国气象局预测减灾司. 天气预报技术文集(2006). 北京:气象出版社,2006:32-36.
- [4] 高拴柱,孟智勇,杨贵名. 台风麦莎渤海转向的可预报性研究[J]. 气象,2009,35(2):8-14.
- [5] 应明,余晖,梁旭东,等. 2007 年西太平洋热带气旋活动综述[J]. 气象,2009,35(2):94-100.
- [6] 杨昌贤,陈红,郭东艳,等. 强台风黑格比的路径和降水诊断分析[J]. 气象,2009,35(2):76-88.
- [7] 吴乃庚,林良勋,李天然,等. 环境流场和“派比安”结构变化对其异常北抬路径影响的诊断分析[J]. 气象,2007,33(11):10-16.
- [8] Nikaidon Y. The PJ like north south oscillations found in 4-month integrations of the global spectral model T42[J]. J Meteor Soc Japan,1989, 67:587-604.
- [9] Rodgers E B, Baik J J, Pierce H F. The environmental influence on tropical cyclone precipitation[J]. J Applied Meteorology, 1994, 33(5):573-593.
- [10] 王志烈,费亮. 台风预报手册[M]. 北京:气象出版社,1987:158-163,213-222.
- [11] 陈联寿. 非对称结构对热带气旋运动的作用[C]. 第十届全国热带气旋科学讨论会论文集,1996:1-3.
- [12] 陈联寿,徐祥德,罗哲贤,等. 热带气旋动力学引论[M]. 北京:气象出版社,2002:317.