

许映龙. 超强台风鲑鱼路径北翘预报分析[J]. 气象, 2011, 37(7): 821-826.

超强台风鲑鱼路径北翘预报分析^{*}

许映龙

国家气象中心, 北京 100081

提 要: 利用常规气象观测资料、实时业务数值预报模式、欧洲中期天气预报中心(ECMWF)ERA Interim 全球再分析资料($1.5^{\circ} \times 1.5^{\circ}$)以及 NCEP 全球再分析资料($1^{\circ} \times 1^{\circ}$),对 1013 号超强台风鲑鱼移入南海后路径突然北翘的原因进行了初步分析,并对业务数值预报模式及中日美三家综合业务预报的台风路径预报进行了检验。结果发现:南半球越赤道气流向北涌进致使赤道缓冲带北进与“鲑鱼”东侧的副热带高压脊合并是“鲑鱼”在南海路径发生突然北翘的主要原因;当业务数值预报模式出现较大分歧时,台风路径多模式集成预报或超级集合预报是解决数值预报较大分歧的有效途径,为此有必要加强台风路径多模式集成预报或超级集合预报综合应用平台的研发,并在此基础上进一步完善现有台风业务预报流程。

关键词: 台风鲑鱼, 路径北翘, 预报分析

Forecast Analysis on the Abrupt Northward Recurvature of Super Typhoon Megi (1013)

XU Yinglong

National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: By using conventional meteorological observations, real time operational numerical forecast models, ECMWF ERA Interim global reanalysis data ($1.5^{\circ} \times 1.5^{\circ}$) and NCEP global reanalysis data ($1^{\circ} \times 1^{\circ}$), a preliminary analysis is made about the reason that Super Typhoon Megi (1013) abruptly northward recurvated after it moved into the South China Sea. And three subjective forecasts of CMA, JMA and JTWC and some operational numerical model forecasts for Megi's abruptly northward recurvature are verified and estimated. The results show that the main reason that Megi's abruptly northward recurvature in the South China Sea is the mergence of the equatorial buffer zone and the subtropical high ridge located at the east side of Megi while the Southern Hemispheric cross-equatorial flow northward poured. The analysis also shows that the multi-model consensus forecast or the super ensemble prediction of tropical cyclone track is an effective way to solve their uncertainty when operational numerical forecast models show large differences for the track of a tropical cyclone. Therefore it is necessary to strengthen the development of integrated application platform about multi-model consensus forecast or super-ensemble forecast for tropical cyclone track. Then it is essential to further improve the existing operational tropical cyclone forecast work flows on the basis of the platform development.

Key words: Super Typhoon Megi, abrupt northward recurvature, forecast analysis

* 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2009CB421504)资助

2011 年 1 月 9 日收稿; 2011 年 5 月 17 日收修定稿

作者: 许映龙, 主要从事热带气旋监测及预报技术研究. Email: xuyil@cma.gov.cn

引言

近 20 年来,虽然随着数值预报模式、综合探测体系的不断进步和完善以及集合预报、台风路径袭击概率预报在台风业务预报中的应用,我国台风业务预报取得了长足的进步,尤其是台风路径业务预报水平进展显著^[1-4],但对于台风异常路径(如南海台风北翘、台风移入近海后的路径急变、路径回旋等突变路径)和台风登陆后陆上路径的业务预报仍然面临诸多挑战,预报的偏差往往造成预报服务的被动,如 2010 年 1013 号超强台风鲑鱼西行进入南海后的路径北翘。

西太平洋台风西行进入南海以后,其路径有两种趋势:一是继续稳定西行,登陆我国广东西部、海南或越南,二是移向突变,路径发生北翘,登陆粤闽沿海或转向东北方向移动。一般认为南海路径北翘与台风移入季风汇合线、东风波重位、南支槽东移、华南高压减弱以及赤道高压加强和副热带高压南落等因素相联系^[5],张胜军等、段朝霞等^[6-7]则指出非对称结构对南海台风路径北翘也有着显著的影响。南海台风路径北翘虽然是小概率事件,但在春末、盛夏和秋冬均可能出现,台风北翘以后,不仅登陆地点改变,而且登陆时间大为缩短,给预报服务带来的不确定性增大,因此南海台风北翘一直是业务预报的难点和关键问题。

1013 号超强台风鲑鱼(Megi)作为 2010 年全球海域最强的热带气旋,其峰值的中心附近最大风力达 17 级以上($72 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$),中心最低气压为 895 hPa。该台风于 2010 年 10 月 23 日 12 时 55 分在福建省漳浦县沿海登陆,登陆时中心附近最大风力有 12 级($35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$),中心最低气压为 970 hPa,成为 1949 年以来登陆福建最晚的一个台风,其最显著的特点是以西偏南路径移入南海后,突然以近 90° 直角在南海北翘,路径的这一突变,预报难度大,给当时业务预报和服务带来挑战,在各家数值预报分歧较大的情况下,中央气象台对“鲑鱼”路径北翘的预报存在一定的偏差和滞后现象,主要表现为前期预报“鲑鱼”将西行登陆琼东至粤西一带沿海,而路径发生北翘后仍预报“鲑鱼”将登陆粤东沿海,正是这种预报偏差和滞后造成当时业务预警服务的被动。因此有必要针对“鲑鱼”业务预报中存在的问题和路径北翘的原因进行分析总结,为今后类似台风的路径业务预报提供参考。

1 “鲑鱼”北翘预报偏差的原因

在冬半年,影响西北太平洋和南海台风路径的环流系统与夏半年有很大差别,在实际天气过程中反映出来的这种差别最明显的有两点^[5]:第一是高原南侧南支波动的影响,这在夏季一般是不用考虑的,这种影响可以概括为屏蔽作用和诱发作用:屏蔽作用是指南支槽的存在和稳定维持可以阻挡东亚大槽冷空气的南侵,并有使它向东移去的作用,这种情况下有利于台风西行;诱发作用是指南支槽东移和东亚极槽叠加,诱导极槽的冷空气向南爆发,台风将北上或转向。第二是冬半年引导层明显降低,台风路径的低层引导是秋冬季节最为显著的季节特征之一,这是因为冬半年极锋锋区可以从低层侵入到中层副热带高压南侧的东风带中,这在夏季是不可能的。

在“鲑鱼”活动前期,高原南侧没有南支波动活动,但西风带有冷空气东移南下,随着冷空气南下,“鲑鱼”北侧的副热带高压减弱东退(图 1),但 700 和 850 hPa 的中低层“鲑鱼”北侧仍为偏东气流控制(图略)。于是在冷空气南压和中低层偏东气流的引导作用下,“鲑鱼”以西偏南路径移动,并登陆吕宋岛,而后继续以西偏南路径穿过吕宋岛移入南海。正是由于考虑到“鲑鱼”北侧地面有冷锋稳定维持,700 和 850 hPa 的中低层为偏东气流控制,而从欧洲中心和日本 16 日 20 时 120 小时的预报看,副热带高压也呈现持续东退的趋势,但两家模式均预报“鲑鱼”进入南海后仍西移(图略),因此在当时的业务预报中,考虑“鲑鱼”进入南海后以低层引导为主,将持续西行。

2 “鲑鱼”路径北翘的可能成因

越赤道气流作为南、北半球物质、能量交换的主要通道,其强弱对台风的发生发展及移动路径有着重要的影响。过去的研究^[8-14]主要关注越赤道气流对台风发生发展的影响,而较少关注越赤道气流对台风移动路径的影响,在业务预报中尤其容易忽视越赤道气流北上所致赤道缓冲带北进与副热带高压合并对台风移动路径的重要影响,因而在很多时候造成业务预报的失败。

在“鲑鱼”活动期间,除了北半球西风带有冷空气东移南下外,南半球冷空气也一直处于活跃状态,

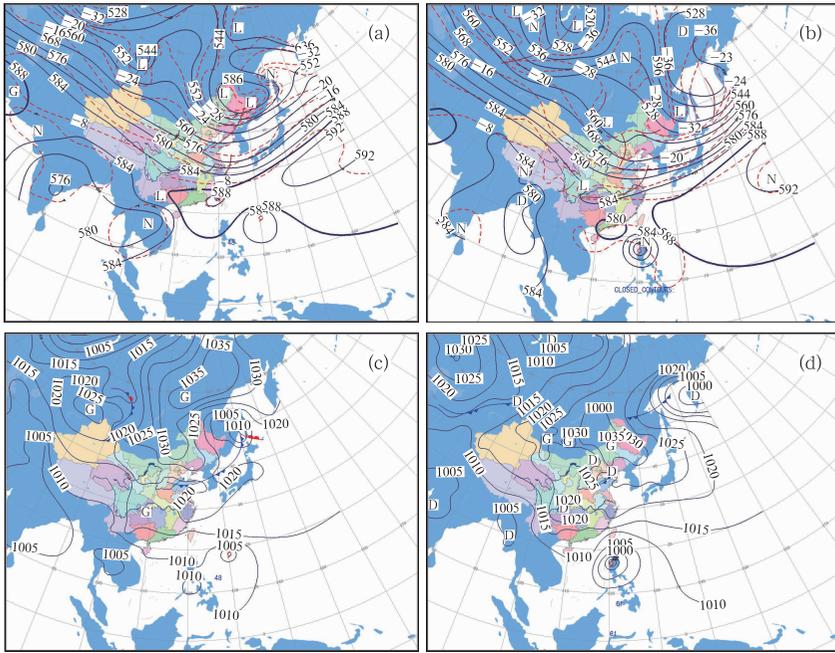


图 1 500 hPa 高空观测(a,b)及地面分析(c,d)图

(a),(c) 2010 年 10 月 16 日 20 时; (b),(d) 2010 年 10 月 18 日 20 时

Fig. 1 The analysis charts of 500 hPa (a,b) and surface (c,d) observations

(a),(c) 20:00 BT 16 October 2010; (b),(d) 20:00 BT 18 October 2010

澳大利亚东部局部地区还经历了历史上最冷的 10 月。10 月 16 日以后,澳大利亚高压在东移过程中发展,与此同时马斯克林高压也得到经向发展,致使南半球冷空气再次向北爆发,一支越赤道气流由索马里经中南半岛到达菲律宾吕宋岛以东及南海东部海域,而另一支越赤道气流则经加里曼岛到达吕宋岛以东,两支越赤道气流在“鲑鱼”东侧汇合(图 2a~2c),于是“鲑鱼”东侧的偏南气流加强,同时越赤道气流的向北涌进致使赤道缓冲带东段也随之北进,19 日 20 时向北涌进的赤道缓冲带与“鲑鱼”东侧的副热带高压脊合并(图 2d),“鲑鱼”于是在偏南气流的引导下路径发生北翘。

从“鲑鱼”活动期间的 850 hPa 平均流场与历史同期的 850 hPa 气候平均流场的对比看(图 3),常年历史同期,热带辐合带位于 10°N 附近,越赤道气流主要经印度尼西亚到达南海和吕宋岛以东海域,并不存在一支由索马里经孟加拉湾、中南半岛到达南海和吕宋岛以东海域的越赤道气流,而“鲑鱼”活动期间热带辐合带则位于 20°N 附近,且马斯克林高压较常年平均状态经向度大,正是由于马斯克林高压的异常导致一支由索马里经孟加拉湾、中南半岛到达南海和吕宋岛以东海域的越赤道气流产生,从而使得“鲑鱼”在进入南海海面后路径突然发生北翘。

而从欧洲中期天气预报中心(ECMWF)和日本

气象厅(JMA)实时全球业务数值预报模式来看,JMA 对“鲑鱼”路径北翘的预报较 ECMWF 为好,其原因可以从两家模式在“鲑鱼”路径北翘前后的 500 hPa 高度分析和预报场中看出一些端倪(图略),ECMWF 和 JMA 对中高纬度的天气系统的分析和预报基本一致,但对热带系统的分析和预报则存在较大差异,JMA 分析和预报场中可以看到赤道缓冲带北上所致赤道高压与副热带高压的合并过程,而在 ECMWF 分析和预报场中,则看不到赤道高压,当然也就没有赤道高压与副热带高压的合并。由此可见 JMA 对热带系统的分析与实况较为一致,因此其对“鲑鱼”路径北翘的预报也较 ECMWF 要好很多。

此外,“鲑鱼”进入南海后处于东西两环高压之间的鞍型场的弱环境引导气流场中,也是其路径停滞北翘的因素之一。

3 路径预报检验

从中日美针对“鲑鱼”的综合预报路径误差对比看(图 4a),中央气象台 24、48、72、96 和 120 小时路径综合预报的平均距离误差分别为 98、194、292、420 和 516 km,均较美国和日本的综合预报误差偏大,误差偏大的原因主要体现在对“鲑鱼”北翘的预

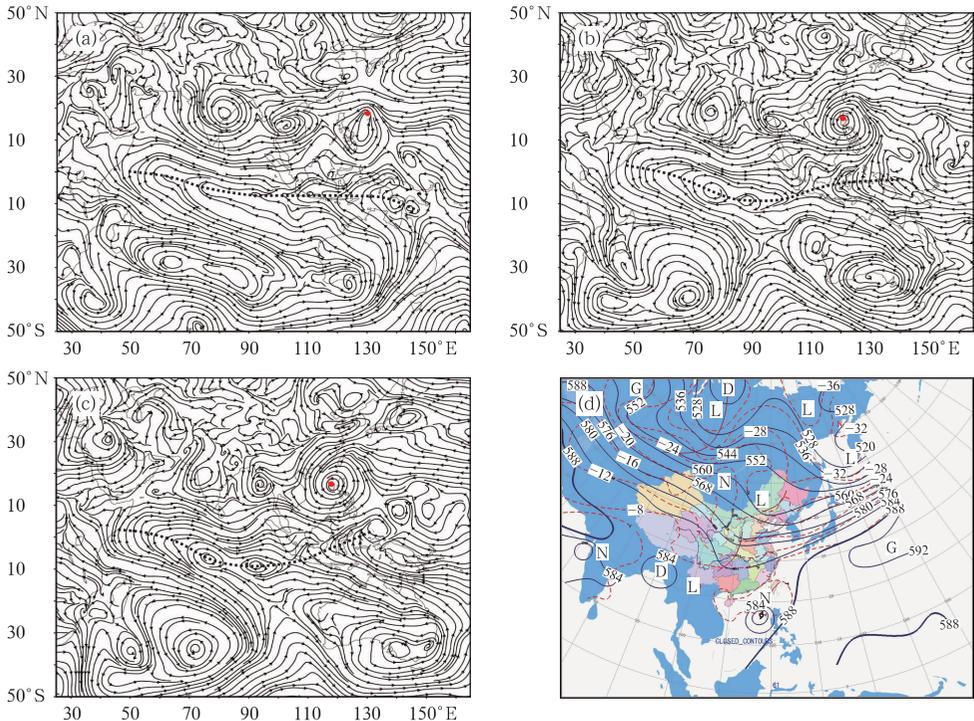


图 2 ECMWF 850 hPa 流线分析(a,b,c)和 500 hPa 高空观测分析(d)

(a) 2010 年 16 日 20 时; (b) 2010 年 18 日 20 时; (c), (d) 2010 年 19 日 20 时
粗点线为赤道缓冲带的位置

Fig. 2 The analysis of ECMWF 850 hPa streamline at 20:00 BT October 16 (a),
20:00 BT October 18 (b) and 20:00 BT October 19 (c), and 500 hPa observations
at 20:00 BT October 19 2010 (d)

The thick dotted line is the location of the equatorial buffer zone

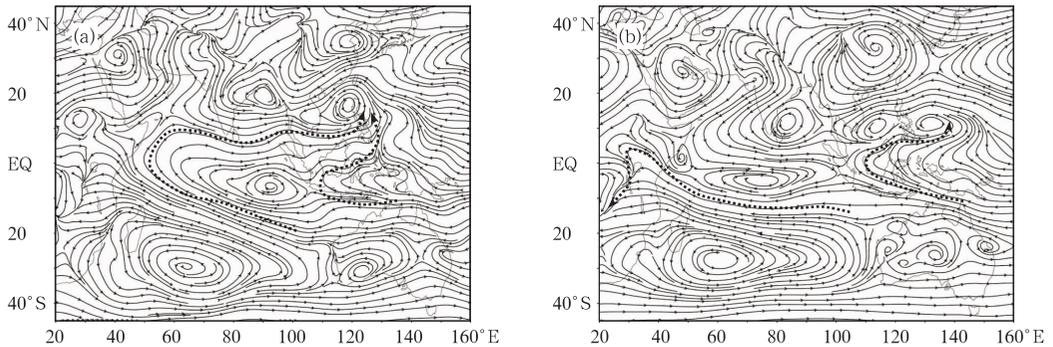


图 3 “鲑鱼”活动期间(2010 年 10 月 13—23 日)的 850 hPa 平均流场(a)
和历史同期的 850 hPa 气候平均流场(b)

粗点箭线为越赤道气流方向

Fig. 3 The analysis of 850 hPa mean streamline from 20:00 BT 13 October to 20:00 BT
23 October 2010 (a) and 850 hPa climate mean streamline during historical same period (b)

The thick dotted arrow line is the direction of cross-equatorial flow

报存在一定的偏差和滞后现象,具体而言中央气象台对“鲑鱼”路径东调的速度相对较慢。

从各家业务数值预报的表现来看(图 4b),日本全球模式和日本集合预报对“鲑鱼”的预报整体表现最好,而上述两个模式和国家气象中心 T639 模式前期对“鲑鱼”进入南海后的路径北翘具有一定的预报能力;欧洲中心全球模式则在 24 和 48 小时的短

时效预报也具有一定的优势,长时效的 72~120 小时的预报较差,尤其是前期没有报出“鲑鱼”路径北翘的趋势。

值得一提的是于 2010 年 7 月业务试运行的国家气象中心 2010 年天气预报业务建设试点项目“国家气象中心多模式集成预报系统”对“鲑鱼”路径预报误差最小(除 120 小时),该系统 24、48、72、96 和

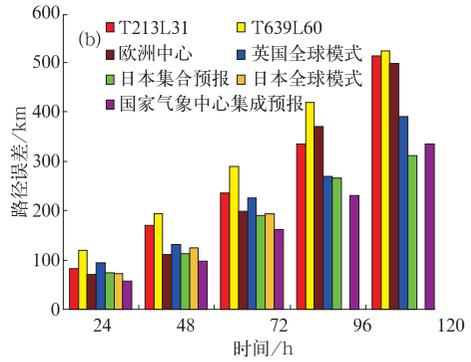
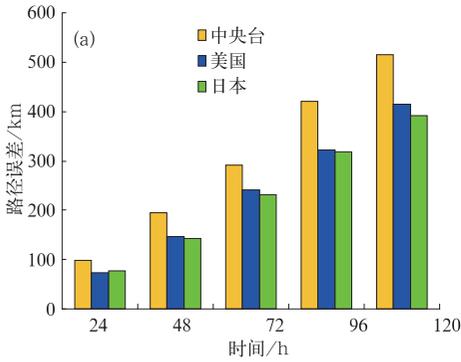


图 4 “鲑鱼”中日美综合预报路径误差比较(a)和“鲑鱼”各家模式预报路径误差比较(b)
Fig. 4 Comparisons of CMA, JMA and JTWC subjective track prediction errors (a) and some objective track prediction errors (b) of Super Typhoon Megi (1013)

120 小时路径预报误差分别为 57、98、161、231 和 335 km,该系统基于最优线性无偏估计(BLUE)理论和 T213-Atovs、T639、ECMWF、JMA 全球模式和集合预报以及英国气象局(UKMO)全球模式等 6 家模式,根据台风实时路径预报误差和历史路径预报误差确定实时动态集成权重系数进行动态集成,图 5 为该系针对“鲑鱼”的集成预报路径和实况路径,可以看到虽然“鲑鱼”位于吕宋岛以东洋面时多模式集成预报显示“鲑鱼”将西行,但多模式集成预报对“鲑鱼”后期路径北折仍具有较好的预报能力。

另外,国家气象中心另一项 2010 年天气预报业务建设试点项目“国家气象中心台风路径超级集合预报系统”对“鲑鱼”路径北翘的预报也具有较好的预报能力(图 6),可以看到虽然“鲑鱼”进入南海后的路径预报发散度较大,但超级集合平均的结果仍能较好地预报出“鲑鱼”进入南海后路径北折的趋势。该系统是基于 TIGGE(THORPEX Interactive Grand Global Ensemble)资料集中的台风路径集合预报数据而建立的以 CMA、ECMWF、CMC、NCEP(美国国家环境预报中心)、JMA、KMA(韩国气象厅)和 UKMO 等 7 家预报中心的集合预报(共 159 个成员)的超级集合预报系统,2010 年 7 月已开始业务试运行。TIGGE 资料的获取存在时间滞后现象,滞后时间一般在 24 小时左右,但从 2010 年全年所有台风的超级集合预报结果来看,其 24、48、72、96 和 120 小时平均路径集合预报误差分别为 76、132、194、167 和 139 km,明显好于中日美综合预报和其他单个模式预报,由此也可以看出 TIGGE 资料获取时间的滞后对预报效果的影响不大。

而从 ECMWF 的台风路径集合和袭击概率预报(图 7 和图 8)来看,虽然 ECMWF 前期预报“鲑

鱼”将靠近琼东或登陆粤西,但可以看出“鲑鱼”进入南海以后其路径集合预报的发散度较大,且仍有不

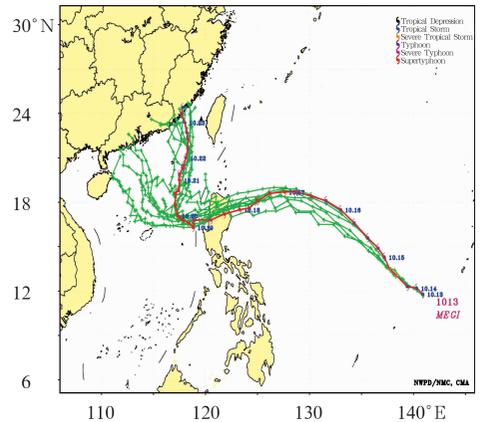


图 5 “鲑鱼”集成预报路径(绿色)和实况路径(红色)

Fig. 5 The consensus prediction (green) and real-time (red) track of Super Typhoon Megi (1013)

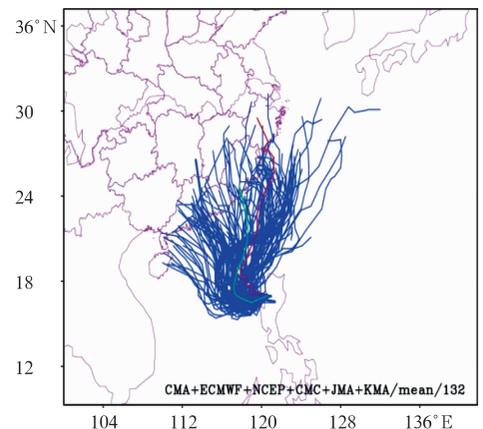


图 6 “鲑鱼”120 小时多中心超级集合预报(2010 年 10 月 18 日 20 时起报)

Fig. 6 The 120 h ensemble track prediction Super Typhoon Megi (initiated at 20:00 BT 18 October 2010)

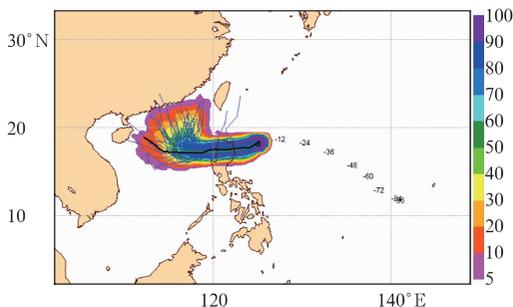


图7 ECMWF 路径集合和袭击概率预报
(2010年10月17日20时起报)

Fig. 7 The ECMWF ensemble track and strike probability predictions (initiated at 20:00 BT 17 October 2010)

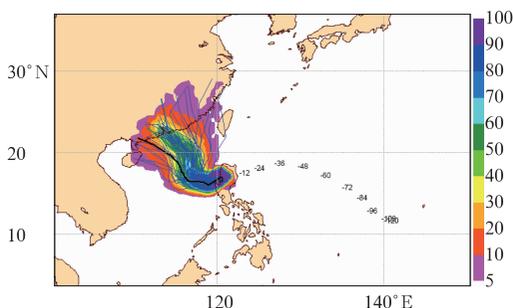


图8 ECMWF 路径集合和袭击概率预报
(2010年10月18日20时起报)

Fig. 8 The ECMWF ensemble track and strike probability predictions (initiated at 20:00 BT 18 October 2010)

少集合成员的路径预报显示出北翘的趋势。

由上述的预报检验分析可以看出,当业务数值预报出现较大分歧时,台风路径的集合预报、多模式集成预报或超级集合预报是解决数值预报较大分歧的有效途径,因此有必要加强台风路径多模式集成预报或超级集合预报综合应用平台的研发,并在此基础上进一步完善现有台风业务预报流程。

4 结论与建议

(1) 南半球越赤道气流向北涌进致使赤道缓冲带北进与“鲑鱼”东侧的副热带高压脊合并是“鲑鱼”在南海路径发生突然北翘的主要原因,而在业务预报中没有注意或考虑南半球越赤道气流的北涌是造成对“鲑鱼”路径北翘预报出现偏差的主要因素。

(2) “鲑鱼”作为典型的秋季台风,其路径预报具有较大的难度。一方面秋季台风的预报不同于夏季台风的预报,与夏季相比,其移动路径受相对较弱的副热带高压、较强的西风带系统和大陆高压的影响,导致其引导气流不易把握;另一方面,由于热带地

区资料的稀缺,常常使南半球越赤道气流向北涌进所导致的赤道缓冲带北上与副热带高压脊的合并现象不易在常规天气图分析中得到表现,因此业务预报中必须重视其他非常规气象观测资料的分析与应用。

(3) 由于现有台风业务的预报能力建设尚未能真正解决长效台风路径预报的不确定性问题,因此当预报时效与服务时效出现矛盾时,如何根据路径预报的不确定性来审慎把握发布台风路径预报的时机,以提高台风预警的有效性,仍值得深入探讨和重视。

(4) 对于预报时效较长的台风路径业务预报,特别是当业务数值预报模式出现较大分歧时,多模式集成预报或超级集合预报是解决数值预报较大分歧的有效途径。

(5) 现有台风业务预报的流程尚有待进一步优化,从美国联合台风警报中心、日本气象厅及世界其他台风预报中心的业务实践看,建立基于多模式集成预报或超级集合预报等客观预报方法为基础的台风业务预报流程将是未来台风业务的当务之急,也是提高台风业务预报准确率的有效途径之一。

参考文献

- [1] 许映龙,张玲,高栓柱. 我国台风预报业务的现状及思考[J]. 气象,2010,36(7):43-49.
- [2] 涂小萍,许映龙. 基于ECMWF海平面气压场的热带气旋路径预报效果检验[J]. 气象,2010,36(3):107-111.
- [3] 高栓柱,张守峰,钱传海,等. 基于位置误差的分布制作热带气旋路径袭击概率预报[J]. 气象,2009,35(9):38-43.
- [4] 刘家峻,张立凤,关吉平,等. 集合预报产品在台风麦莎预报中的应用[J]. 气象,2010,36(5):21-31.
- [5] 陈联寿,丁一汇. 西太平洋台风概论[M]. 北京:科学出版社,1979.
- [6] 张胜军,陈联寿,徐祥德. Helen台风(9505)异常路径的诊断分析与数值模拟[J]. 大气科学,2005,29(6):937-946.
- [7] 段朝霞,苏百兴. 0601强台风“珍珠”北翘路径分析[J]. 广东气象,2007,29(2):42-43.
- [8] 王继志, P. W. 莱夫特维奇. 夏季110°E附近的低空越赤道气流与西北太平洋台风活动[J]. 大气科学,1984,8(4):443-449.
- [9] 李曾中. 越赤道气流与中国天气关系的初步统计分析[J]. 气象,1986,12(4):10-14.
- [10] 肖文俊. 1982年低空越赤道气流通道与台风发生的初步分析[J]. 海洋学报,1987,9(1):115-120.
- [11] 卢春成. 夏季南半球越赤道气流与东南亚地区产生多台风的关系[J]. 气象科技,1987,12(2):44-50.
- [12] 黄江玲. 越赤道气流对台风、热带低压天气系统的影响[J]. 集美大学学报,1997,2(2):34-38.
- [13] 林良勋,梁巧倩,黄忠. 华南近海急剧加强热带气旋及其环流综合分析[J]. 气象,2006,32(2):14-18.
- [14] 黄勇,李崇银,王颖. 2006年西北太平洋热带气旋生成频数和源地异常的成因分析[J]. 热带气象学报,2008,24(6):590-598.