

张玲, 黄奕武. 2013. 超强台风梅花和超强台风洛克预报偏差的天气学分析. 气象, 39(7): 842-847.

超强台风梅花和超强台风洛克预报偏差 的天气学分析^{*}

张 玲 黄奕武

国家气象中心, 北京 100081

提 要: 文章分析了 2011 年 1109 号超强台风梅花的路径和强度预报偏差及预报难点和 1115 号超强台风洛克在日本南部强度加强的原因, 得出了一些实用的预报着眼点, 具体为: 对于呈东西排列的两个台风, 两者之间的西太平洋副热带高压和赤道高压的南北向打通是西台风偏北分量将加大的明显信号, 另外在业务中还应关注台风西侧大陆高压和东南侧赤道高压的演变情况; 在台风强度预报方面, 一方面当台风西北侧有高空槽或冷涡靠近, 且对流层高层槽前伴有大于 $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的西南风急流时是台风强度加强的重要条件, 另一方面, 在不具备有利于台风增强的天气形势下, 热带洋面的热力状况对台风强度的影响和海洋对台风活动的反馈均不容忽视。

关键词: 台风, 路径, 强度, 预报

中图分类号: P458

文献标志码: A

doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2013.07.005

Synoptic Analysis on Forecast Error of Super Typhoon Muifa and Severe Typhoon Roke

ZHANG Ling HUANG Yiwu

National Meteorological Centre, Beijing 100081

Abstract: The track and intensity forecast errors of super Typhoon Muifa (No. 1109) and the rapid intensification of severe typhoon Roke (No. 1115) over south of Japan are analyzed in this paper and some practical forecasting points are obtained. The results show that the combination of NW Pacific Ocean subtropical high and equatorial high located between the two typhoons which row from east to west is an obvious signal for the typhoon in the west to move northward. The high over China mainland at the west of the typhoon and the equatorial high located southeastward of the typhoon should also be focused on in the forecasting process. In terms of the typhoon intensity forecast, upper level trough to its northwest approaching typhoon with southwesterly jet which is at the speed of more than $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ is a favorable condition for the intensifying process. In addition, in the synoptic situation unfavorable for the intensification of typhoon, the mutual effect between thermal status of tropical ocean and the typhoon is another key point in the operational intensity forecasting.

Key words: typhoon, track, intensity, forecasting

* 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2009CB421503)资助

2012 年 4 月 6 日收稿; 2012 年 12 月 12 日收修定稿

第一作者: 张玲, 主要从事业务台风预报和相关研究. Email: zhangling@cma.gov.cn

引言

近年来随着数值预报技术的不断发展,全球各台风业务预报中心的台风路径综合预报水平不断提高,特别是近10年来平均路径预报误差呈现较明显的减小趋势,但许映龙等(2010)指出仍存在某些疑难台风的数值预报和综合预报的路径预报误差均明显偏大的情况,如2008年的6号强台风风神、2010年的13号超强台风鲇鱼等,所以总体来讲台风路径预报水平在提高,但还不能完全解决一些复杂台风的路径预报问题。相对于台风路径预报的进展而言,在台风强度预报方面,不管是数值预报技术还是动力统计的客观预报方法均没有明显进步,定性的分析和预报员的主观经验在台风强度业务预报中仍发挥着重要作用,台风强度业务预报水平不高,特别是对台风强度迅速变化的预报能力更为有限。2011年中央气象台对1109号超强台风梅花的路径和强度预报都出现了较大的偏差,在“梅花”沿我国东部海区北上过程中预报路径始终偏在实况路径的西侧,预报和服务效果不好;1115号超强台风洛克于日本登陆前在日本以南洋面迅速加强也是业务预报中没有预计到的,为了分析上述预报偏差出现的原因,避免今后类似预报偏差的出现,针对“梅花”和“洛克”做深入的技术分析,找出相关问题的预报难点和预报着眼点非常必要。本文的分析主要立足于台风业务中能得到的各种资料(包括实况观测资料、卫星资料和数值预报资料),结合NCEP再分析资料,通过天气学分析和诊断分析,充分挖掘在现有资料和模式水平条件下提高上述台风预报准确率的可能性。

1 超强台风梅花疑难路径成因分析

中央气象台对2011年9号超强台风梅花的路径预报出现了较大的预报偏差,特别是在其沿我国东部海区北上过程中预报路径始终位于实况路径的西侧(图1),曾经预报三次登陆,但一次都没登陆,预报服务效果很不好。从8月3日20时的500 hPa流场(图2)可以看出,9号台风梅花和10号台风苗柏同处于一条东西向的热带辐合带上,“梅花”东北侧为西太平洋副热带高压(以下简称副高),同时在“梅花”西北侧有高空槽东移,槽后还紧随着一个较

强的高压脊。当时的业务预报考虑在这种形势下2—4日“梅花”在其北侧西太平洋副高的引导下向偏西方向移动,随着高空槽的东移,“梅花”北侧的西太平洋副高东退,“梅花”移动的偏西分量将减小,而偏北分量将有所加大,但考虑到当“梅花”西北侧的槽移过“梅花”中心所在的经度后,其后的高压脊与西太平洋副高将同位相叠加,可能在“梅花”东北侧形成西北—东南向的高压坝,在该高压坝西侧的东南气流的引导下“梅花”的移动仍将有一定的偏西分量,加之山东半岛向东突出的地形特点,所以“梅花”

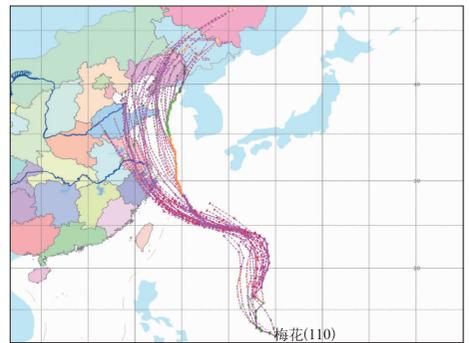


图1 中央气象台2011年9号台风梅花的实况路径和预报路径对比

(实线为实况路径,虚线为不同时刻的预报路径)

Fig. 1 The contrast of the No. 1109 typhoon “Mufia” observed track and forecast track by Central Meteorological Office (CMO)

(The solid line is observed track, the dashed lines are the forecast tracks based on different initial times)

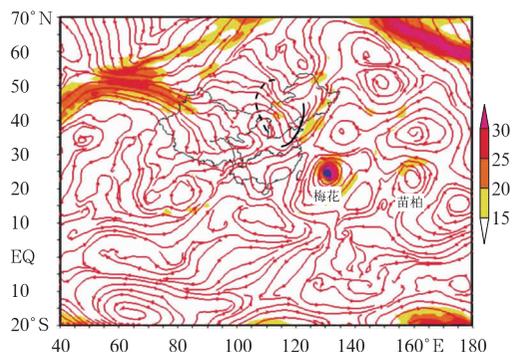


图2 2011年8月3日20时500 hPa流场

(红色为流线,填色为等风速区,黑实线为高空槽线,黑虚线为高空脊线)

Fig. 2 The 500 hPa stream chart at 20:00 BT 3 August 2011

(The red solid lines are stream lines, the filled area is isotach, the black solid line is trough line and the black dashed line is ridge line)

在我国东部沿海登陆的可能性较大。

事后分析发现当时的天气分析做得还不够细致,从而出现了较大的预报偏差,首先,2—4日“梅花”西移的速度在每小时 10 km 左右,明显偏慢,这表明其引导气流偏弱,除了其北侧的西太平洋副高、东南侧的赤道高压及西北侧的高压脊外,在“梅花”正西方还有一个大陆高压稳定维持,“梅花”处于这 4 个高压的包围中,并且这 4 个高压的水平尺度都不大,与“梅花”的尺度相当,这 4 个高压的存在都会对“梅花”的移动产生影响,导致引导系统非常复杂,除了西太平洋副高和西北侧的高压脊外,当时在业务预报中对大陆高压和赤道高压对“梅花”路径的作用分析不够。其次,对稳定维持的大陆高压对“梅花”路径的可能影响估计不足,8月 2—5日在“梅花”正西方的我国江南东部到华南东部的对流层中层有大陆高压稳定维持,在其西行的过程中,随着其与大陆高压距离的接近,两者之间的气压梯度力逐渐加大,“梅花”西行的阻力越来越大,这可能是其西

行移速偏慢的部分原因。对这方面考虑不足就导致对西行速度预计得偏快,而西行速度的快慢与“梅花”是否登陆有很大相关,因为在同样的时间内,能够到达的位置越偏西,距离我国海岸线越近,即便后期有偏北分量加大的阶段,登陆我国的可能性也越大;再次,对西太平洋副高与赤道高压打通的影响估计不足,只考虑了西太平洋副高受西风带东移槽的影响东退,而未估计到其在“梅花”和“苗柏”之间南落与赤道高压打通。应用 NCEP 再分析资料对“梅花”过程进行环流分析发现,如图 2 所示,9号台风梅花和 10号台风苗柏同处于一条东西向的热带辐合带上,由于两者相距较远,约 2800 km 左右,这条热带辐合带上两个热带气旋的联系实际上比较薄弱,在这种情况下,西太平洋高压在东退的同时容易从这条热带辐合带的薄弱区向南扩展,而导致西太平洋副高和赤道高压在“梅花”东侧呈南北向打通,在南北向高压西侧的偏南气流引导下将导致“梅花”偏北分量的明显增加,这个偏北分量比当时业务预

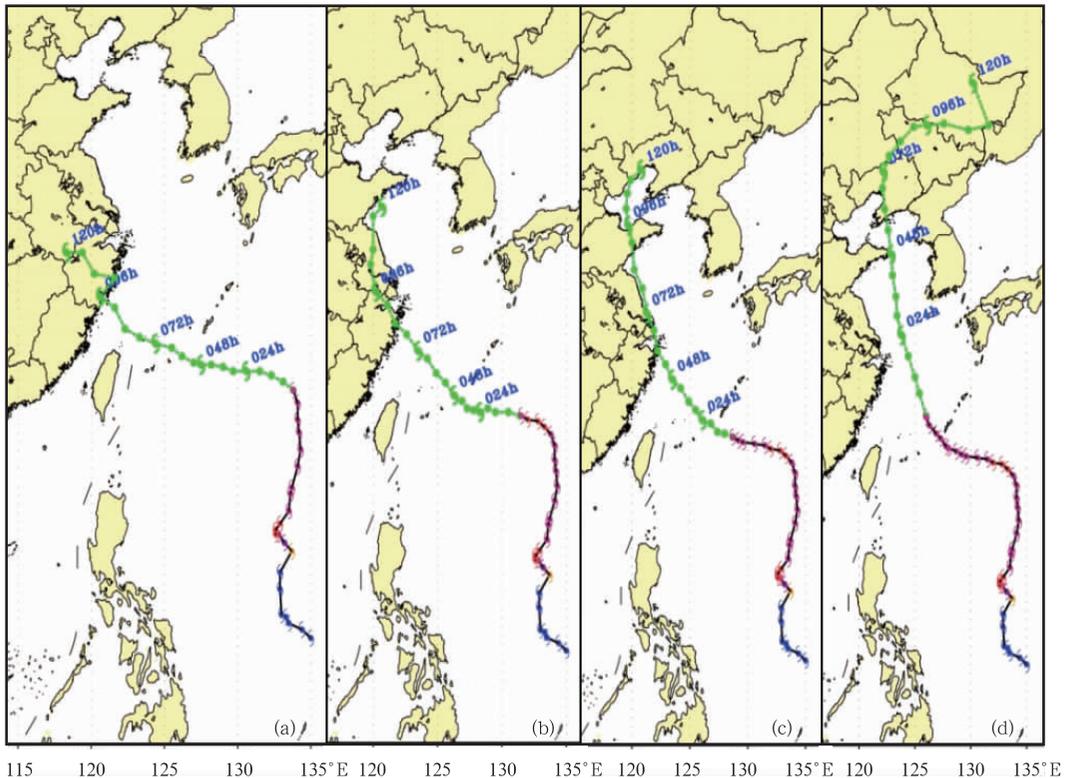


图 3 国家气象中心台风集成预报系统对“梅花”的预报

(a)8月 2 日 20 时, (b)3 日 20 时, (c)4 日 20 时, (d)6 日 08 时

Fig. 3 The track forecast of No. 1109 typhoon “Muifa” by Typhoon Integrated Forecast System of NMC [(a), (b), (c), (d) are the different initial time respectively, i. e. (a) 20:00 BT 2 August, (b) 20:00 BT 3 August, (c) 20:00 BT 4 August, (d) 08:00 BT 6 August]

计的偏北分量更明显且出现得也早,而移动的偏北分量越大,登陆我国的可能性越小。也就是说,对于呈东西排列的两个台风,西太平洋副高在两者之间的南北向打通是西台风的引导系统发生改变,偏北分量将加大的明显信号。这个结论与许映龙(2011)对1013号超强台风鲑鱼南海北翘的机制分析非常吻合。最后,在预报服务策略方面不够灵活,建议以后根据预报不确定性的灵活地调整登陆信息发布的时间。“梅花”期间,多个台风数值预报模式出现频繁的预报调整,以国家气象中心台风集成预报系统为例(图3),从2日20时至6日08时台风路径逐渐向东调整,相应的登陆地段从浙江南部调整到山东半岛东部;2—4日集合预报结果显示预报发散度很大(图略),这些都说明预报的不确定性较大,在这种情况下从预报服务效果考虑,建议适当推迟登陆预报信息的发布,以免造成负面的影响。

预报着眼点为:对于呈东西排列的两个台风,西太平洋副高在两者之间的南北向打通使西台风的引导系统发生改变和偏北分量将加大的明显信号,需特别关注西太平洋副高在两个相距较远的台风之间南落,与西台风东南侧赤道高压合并导致的南北向打通;另外除了关注台风北侧西太平洋副高和西风带槽脊的演变外,在业务中还应关注台风西侧大陆

高压和赤道高压的演变情况,台风西侧稳定维持的大陆高压对台风西行是不利的。

2 “梅花”强度预报偏差分析

中央气象台对2011年9号超强台风梅花的强度预报也出现了较大的偏差,特别是在日本冲绳群岛东南海域和冲绳岛附近海域阶段,业务预报在西行阶段强度维持强台风强度,且预计在冲绳岛附近海域可能还将有所加强,实况是强度不仅没有加强,反而有所减弱,云图结构上表现在西偏北行的过程中台风个头越变越大,结构从密实到松散,预报服务效果不好。

从目前的分析来看,不存在对台风强度发展不利的大尺度动力因素,在西行阶段出现上述偏差的部分原因是在业务预报中对“梅花”前进方向的海温状况和冲绳群岛附近的黑潮暖流有利于台风强度加强的因素关注过多,而对台风途经海域的海温变化对台风强度的不利影响考虑不够。通过对海温变化的分析来看(图4),3—5日“梅花”在冲绳以东海域西偏北行过程中台风前进方向的右侧一直有大片的低于 26°C 的冷水区伴随,8月5日该冷水区面积最大,达 $600\text{ km}\times 800\text{ km}$,这是台风的大风导致海洋

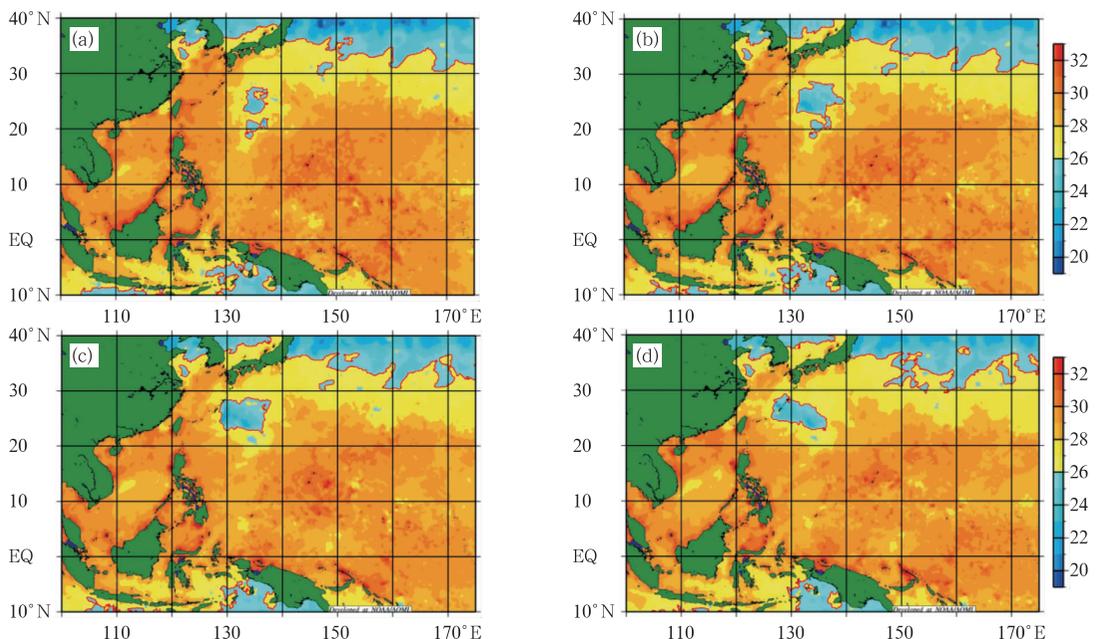


图4 “梅花”过程中海表温度(单位: $^{\circ}\text{C}$)

(a)8月3日, (b)8月4日, (c)8月5日, (d)8月6日

Fig. 4 The SST distribution during the process of typhoon “Muifa” (unit: $^{\circ}\text{C}$)

(a) 3 August, (b) 4 August, (c) 5 August, and (d) 6 August

低层的冷水上翻造成的。反过来海表温度的变化也会对台风强度产生影响,台风附近大片低于 26°C 的海温区的出现对台风强度的发展是不利的,同时“梅花”西行移速偏慢,导致其长时间处于低海温区,这也是台风强度发展的不利因素之一。尽管目前海温反演产品的绝对数值可能存在一定的误差,但是同一种海温产品的变化趋势还是有指示意义的。值得注意的是“梅花”中心附近冷水的出现还与7月下旬经过同一片海域的1106号台风马鞍有关,7月20日前后“马鞍”经过日本以南海域,导致上述海域出现了大片冷水区,海温场上表现为南北向的冷温度槽(图略)。由于海洋的热容量很大,海温恢复到原来的温度需要较长的时间,可能要数周的时间,在日本以南海面温度还未恢复到正常的情况下“梅花”经过上述海域,使得“梅花”下云的海洋热力条件不好。从上述的分析来看,“梅花”中心右侧出现的大片冷水域是其强度不增反降的重要原因之一。在以前的台风强度预报业务中,预报员往往对台风前进方向的海温状况比较关注,而对台风途经海域附近海温的变化关注很少,这可能是台风强度预报误差的部分原因。

在不存在影响台风强度的明显动力因素情况下预报着眼点为:台风活动对热带洋面温度的影响和海洋对台风活动的反馈均不容忽视,在台风的强度预报中除了需关注台风前进方向的海洋状况外,台风中心附近(特别是移动方向右侧)的海洋减温情况也特别值得考虑。

3 台风洛克强度加强原因分析

陈联寿等(2012)认为台风强度预报的难点问题主要是强度的突然变化过程,包括迅速增强和迅速减弱。2011年1115号台风洛克就是一个快速增强台风。1115号强热带风暴洛克于2011年9月19日晚上在日本以南海面快速加强,强度三级跳,先后于19日晚上、20日凌晨和20日下午加强为台风、强台风和超强台风。受“洛克”和冷空气的共同影响,日本列岛及琉球群岛大部出现了7~9级大风,其中北海道、静冈县、东京都、神奈川县、长崎县、青森县、岩手县、鹿儿岛县、冲绳县等地的部分地区出现了10级以上大风,风力较大的地点有北海道日高 $46.1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、静冈县御前崎 $45.1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、东京都八王子 $43.1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、东京都大岛 $42.1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,均

为14级。中央气象台对于“洛克”在日本以南海面的快速加强存在明显低估的偏差。

分析上述低估的可能原因时发现,“洛克”快速加强期间对流层高层200 hPa刚好有高空槽移过“洛克”北部,陈联寿(1979)指出西风带高空槽对热带气旋的发展作用是显著的,热带气旋在槽前正涡度平流所产生的辐散场作用下得到迅速发展。当中高纬度盛行经向环流时,西风带高空槽强烈发展,可向南伸展到较低纬度,并能影响台风的发展。罗格B.威尔顿等(1994)将对水汽通道的卫星遥感图像的分析应用在天气分析中,水汽图像上可以看见

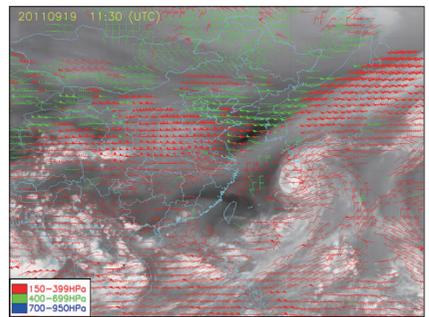


图5 2011年9月19日19时30分水汽图像和卫星导风叠加图

Fig. 5 The synthetic graph of water vapor image and cloud derived wind at different levels at 19:30 BT

19 September 2011

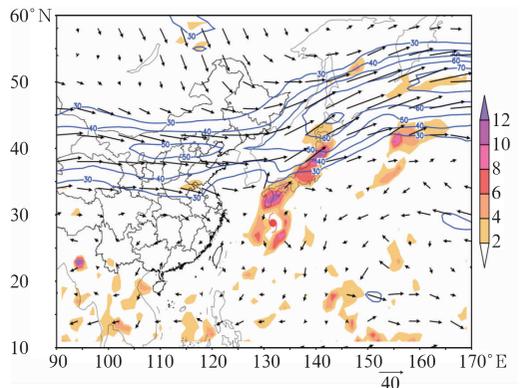


图6 2011年9月20日08时200 hPa散度场(填色区为散度场,单位: 10^{-5} s^{-1} ,等值线为等风速线,箭头为风矢)

Fig. 6 The synthetic graph of 200 hPa divergence and wind field at 08:00 BT

20 September 2011

(The filled area is divergence, unit: 10^{-5} s^{-1} ; the contour is isotachs; arrows are wind vectors)

可见光和红外图像上不易看出的特征(系统),比起高度场来,水汽图像与风场的对应关系更好。在水汽图像中“边界”有非常重要的物理意义,特别是高空槽前的边界对于天气状况及其随时间变化的预报工作很重要。在 $6.7 \mu\text{m}$ 水汽图上灰度较暗区域往往与对流层中高层相对较干的空气有关。暗区东侧的边界往往与高空急流相对应。9月18日晚上在水汽图像上青海北部有明显暗区(图略),随后该暗区快速东移,19日19时30分该暗区移至韩国到黄海中部一带(图5),暗区前沿为平行急流边界,对应一支高空西南风急流轴。19日20时的200 hPa探空资料(图略)显示,日本海上空存在 $50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右的高空急流,“洛克”高层的向极地的流出通道刚好并入到这支高空急流中。19日20时“洛克”明显加强,出现清晰的眼区。从20日08时200 hPa散度场的分布(图6)来看,“洛克”正好处于高空槽前急流轴入口区右侧的高层辐散区内,辐散高达 $12 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,高层辐散的增强是“洛克”强度迅速增强的主要原因。这种形势稳定维持了两天时间,导致“洛克”能在较高的纬度维持较高的强度,给日本带来严重的影响。与“洛克”类似,在1117号台风纳沙靠近粤西并登陆的过程中,强度减弱得较慢,给西南旱区带来了一次较强的降水过程。从水汽图像上在台风北侧也能看见一条西南—东北向的暗带(图略),暗带前沿也有与大于 $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的西南风急流轴对应的平行急流边界。由此可见,当台风北侧的对流层高层有高空槽东移,槽前有大于 $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的高空急流,并且在水汽图像上台风北侧有暗带和平行急流边界配合出现是有利台风强度增强的典型天气形势。

值得注意的是1115号超强台风洛克9月19日在日本南部加强时下垫面海温条件并不好,也有大片的冷海温区(图略),这说明在这个例子里有利于台风加强的天气动力条件对台风强度的加强效应要显著于不利的台风下垫面海温条件对台风强度发展的影响。

预报着眼点为:当台风北侧的对流层高层有西风槽东移,槽前有大于 $40 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的高空急流,且台风北侧水汽图像上有暗区和平行急流边界配合出现是有利台风强度增强的典型天气形势。台风的对流

层高层向极地方向外流通道的建立和高层辐散的加强时台风强度加强的重要原因之一。

4 主要结论

经对1109号超强台风梅花的疑难路径和强度以及1115号超强台风洛克强度预报误差原因进行了天气学分析,得到以下几点主要结论:

(1) 对于呈东西排列的两个台风,西太平洋副高在两者之间的南北向打通使西台风的引导系统发生改变,是偏北分量将加大的明显信号,需特别关注西太平洋副高在两个相距较远的台风之间南落,与西台风东南侧赤道高压合并导致的高压系统的南北向打通。

(2) 除了关注西太平洋副高对台风路径的影响外,台风附近的赤道高压和大陆高压对台风路径的影响也不容忽视。

(3) 当台风北侧的对流层高层有西风槽东移,且台风北侧水汽图像上有暗区和平行急流边界配合出现是有利台风强度增强的典型天气形势。台风的对流层高层向极地方向外流通道的建立和高层辐散的加强是台风强度加强的主要原因。

(4) 在不存在影响台风强度的明显的大尺度动力条件情况下,台风活动对热带洋面温度的影响和海洋对台风活动的反馈均不容忽视,在台风的强度预报中除了需关注台风前进方向的海洋状况外,台风中心附近(特别是移动方向右侧)的海洋减温情况也特别值得考虑。

参考文献

- 陈联寿,丁一汇. 1979. 西北太平洋台风概论. 北京:科学出版社,405-410.
- 陈联寿,端义宏,宋丽莉,等. 2012. 台风预报及其灾害. 北京:气象出版社,163-167.
- 罗格 B. 威尔顿,苏珊 J. 哈墨斯. 1994. 水汽图像在天气分析和天气预报中的解译与应用. 北京:气象出版社,59-87.
- 许映龙. 2011. 1109号超强台风鲑鱼路径北翘预报分析. 气象, 37(7):821-826.
- 许映龙,张玲,高控柱,等. 2010. 我国台风预报业务的现状及思考. 气象, 36(7):43-49.