

文章编号: 2096-1618(2019)05-0552-08

台风“威马逊”和“海鸥”与大尺度环流相互作用对云南暴雨落区的影响

杨素雨¹, 张秀年¹, 邹阳², 何钰¹

(1. 云南省气象台, 云南 昆明 650034; 2. 昆明市气象局, 云南 昆明 650500)

摘要:为揭示西行台风低压与大尺度环流相互作用对云南暴雨落区的影响,采用天气学分析、诊断分析方法,对2014年两次西行台风“威马逊”(1409号)和“海鸥”(1415号)与大尺度环流场的相互作用做对比分析。研究表明:“威马逊”过程期间,副高中心偏西偏北,强度偏强,且稳定少动,使台风低压移动缓慢;西南季风低空急流北界位于20°N,呈东西带状分布,其出口区左侧动力辐合作用及长时间维持,为台风低压补充大量能量和水汽,是使台风低压在陆上维持和再次增强导致暴雨落区位于滇中及以南的重要原因。而“海鸥”过程期间,副高588线西端呈南北向分布,其偏南低空急流左侧动力辐合作用及低层冷空气入侵台风低压东北侧倒槽,斜压有效位能转换为动能,是暴雨落区位于滇中及以东的重要原因。此外,两次过程的暴雨落区位于850 hPa水汽通量大值中心的下游强水汽辐合区附近。

关键词:气象学;天气预报;台风低压;低空急流;暴雨落区;大尺度环流

中图分类号:P458.1⁺24

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcui.2019.05.017

0 引言

台风登陆涉及海陆气相互作用的复杂物理过程,是台风生命史的重要转折点,同时是台风灾害集中发生的时段,而台风登陆造成的灾害往往是台风引发的暴雨造成的^[1]。云南地处低纬高原,地形、地质条件较为复杂,暴雨极易引发山洪、山体滑坡、泥石流或水库崩塌等自然灾害,因此复杂地形下台风暴雨的研究是云南灾害性天气预报的重点和难点之一。影响云南的台风主要有孟加拉湾风暴和西太平洋西行台风(简称西行台风)减弱的低压,其中,平均每年有2~3个西行台风登陆后减弱的低压(TC)影响云南。在一定的环流背景下,TC有时持久不消,造成云南持续异常大到暴雨天气^[2-4],给人民生命及财产安全带来严重威胁。因此,正确预报台风暴雨的落区、强度具有重要的现实意义。

多年来,云南气象工作者对台风暴雨的成因、低压维持原因以及影响关键区等方面作了很多工作^[5-8]。尽管目前台风暴雨研究取得一定进展,然而,对台风低压影响下的暴雨强度、落区预报仍然十分困难,这是因为台风暴雨预报不仅涉及台风本身的环流降水(路径、强度、移速和本身结构),还要考虑台风低压与环

境系统相互作用的影响,如台风低压与急流相互作用后,暴雨究竟落在(低压倒槽)哪个方位,冷空气入侵作用是使台风低压减弱还是降水增幅。一旦判断错误,常造成暴雨落区及强度预报的失败。东部沿海观测事实和研究均表明^[9],除台风本身因子外,台风与环境场的相互作用对暴雨影响很大。影响云南的西行台风虽然一般都减弱为热带气旋(TC),但一个弱残涡,往往造成比强台风影响还大的特大暴雨。而在什么样的环境条件下,低压环流是减弱还是再次发展是预报员判断是否产生持续强降水的重要依据。又因诸多数值模式预报对热带系统造成低纬高原的强降水过程预报偏差较大,为提前做出预报决策服务,大尺度环流场的分析成为预报台风低压暴雨落区的重要依据。因此,研究西行台风低压与大尺度大气环流场的相互作用,对揭示台风低压造成云南暴雨的强度和落区有重要意义。

为此,应用常规观测资料、自动站加密降水观测资料及欧洲中心分析场资料(经纬格距为0.25°×0.25°),从副热带高压、低空急流、西南季风及冷空气等大尺度系统与西行台风低压的相互作用方面,对1409号超强台风“威马逊”和1415号台风“海鸥”造成云南持续强降雨的暴雨落区做了对比分析,并结合水汽通量、水汽通量散度及垂直速度等物理量对暴雨落区做进一步诊断分析,试图探索在云南西行台风低压暴雨落区的预报着眼点,为今后预报类似过程提供参考。

收稿日期:2018-07-10

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41565002);云南省气象局重点资助项目(TQ201701);国家重点研发计划资助项目(2018YFC1507603);云南省科技厅资助项目(2018BC007,2016RA096)。

1 台风路径及降水实况

1.1 台风路径及强度变化特征

1409 号超强台风“威马逊”于 2014 年 7 月 12 日在美国关岛以西约 210 km 的西北太平洋上生成,先后在海南文昌市、广东徐闻县、广西防城港 3 次登陆,登陆之前最强为超强台风级别,20 日 05 时中心位于云南西畴县境内,并减弱为热带低压,最大风力为 7 级(16 m/s),中心附近最低气压为 998 hPa。之后低压(简称为 TC)在云南境内向西偏北方向移动(图 1 细实线),11 时中心气压值升高到 1001 hPa,14 时低压中心气压再次下降到 999 hPa,说明低压再次加强,直到 21 日 20 时低压西北进到云南西部的德宏州,低压环流才消失,而在孟加拉湾(以下简称为孟湾)北部形成一低槽,其对云南的影响减弱。

1415 号台风“海鸥”于 2014 年 9 月 12 日在菲律宾以东附近海面上生成,先后在菲律宾吕宋岛、海南文昌市、广东徐闻县、越南北部 4 次登陆,登陆之前最强为台风级别。17 日 14 时中心位于云南金平县境内,并减弱为热带低压,最大风力有 7 级(16 m/s),中心附近最低气压为 998 hPa。低压沿云南南部边缘西行,20 时中心气压逐渐升高到 1001 hPa,18 日 08 时低压移到云南南部普洱市西南部,中心位于缅甸(图 1 粗实线),低压中心值升高到 1006 hPa,19 日 08 时低压环流减弱消失。

可见,云南是台风“威马逊”和“海鸥”影响中国的

最后一站,“威马逊”低压进入云南境内以后向西偏北方向移动,到云南西南部再次加强。而“海鸥”低压到达云南境内后,位置较“威马逊”偏南,且在西进过程中,低压没有再度加强,而是逐渐减弱消失。

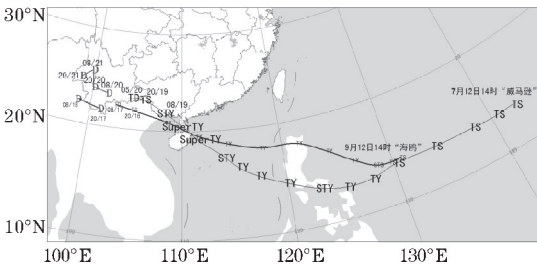


图 1 台风 1409“威马逊”(细实线)和 1415“海鸥”(粗实线)移动路径(图中 08/19 表示 19 日 08 时,其余同理)

1.2 过程实况及特点

“威马逊”和“海鸥”虽然生成源地不同,但都属于登陆中国华南地区的西行台风,且登陆路径相似,然而,路径相似、强度相似的登陆台风造成的降水差异可能很大^[2,10]。

表 1 和图 2 给出了台风“威马逊”和“海鸥”减弱后的低压(以下简称台风低压)造成云南持续大到暴雨的实况对比(以下简称为“威马逊”过程和“海鸥”过程)。两者的共同之处:(1)属于西行台风影响,且台风低压进入影响云南的关键区^[4](20°N 以北、105°E 以西的区域);(2)影响范围广,持续时间长(2 天以上),过程累计雨量大;(3)过程开始后以稳定性降水为主,降水均匀,小时雨强不强,但局地伴有短时强降水、雷暴、大风等强对流天气。

表 1 西行台风低压影响云南强降雨实况对比

台风	过程时段	24 h 最强降水时段	强降水站数	过程最大降水量/mm	影响范围	小时最大雨强/(mm/h)	灾害性大风/(m/h)	降水性质
威马逊	2014 年 7 月 19 日 14 时–23 日 08 时 (90 h)	2014 年 7 月 20 日 08 时–21 日 08 时	特大暴雨 47 站, 大暴雨 652 站, 暴雨 739 站	临沧市新芽镇 400.5	滇中及以南地区	临沧市石灰窑乡 65.7	3 站, 最大风力 21	大尺度稳定性降水为主, 局地伴有雷电、大风和短时强降水
海鸥	2014 年 9 月 16 日 20 时–19 日 08 时 (60 h)	2014 年 9 月 17 日 08 时–18 日 08 时	特大暴雨 5 站, 大暴雨 325 站, 暴雨 714 站	文山州八宝乡 349.8	滇中及以东以南地区	普洱市公信乡 81.6	4 站, 最大风力 19	大尺度稳定性降水为主, 局地伴有雷电、大风和短时强降水

两者的不同之处:(1)强降雨落区不用。“威马逊”强降水区位于滇中及以南,强降雨范围更大,“海鸥”强降水区位于滇中及以东以南。(2)持续时间不同。“威马逊”过程持续影响 90 h(7 月 19 日 14 时–23 日 08 时),最强时段为 20 日 08 时–21 日 08 时,共造成 3 次大雨过程,2 次暴雨过程(业务标准,下同),持

续影响时间更长。“海鸥”过程持续影响 60 h(9 月 16 日 20 时–19 日 08 时),最强时段为 17 日 08 时–18 日 08 时,共造成 2 次大雨过程,2 次暴雨过程。(3)过程累计雨量不同。云南 2692 个乡镇自动站中,“威马逊”过程≥100 mm 降水有 699 站,最大出现在滇西南临沧市的新芽镇,为 400.5 mm,过程累计雨量更大。

“海鸥”过程 ≥ 100 mm降水有 330 站,最大出现在滇东南文山州八宝乡,为349.8 mm。(4)影响时间不同,降温幅度不同。“威马逊”过程为 7 月中下旬,过程降温不明显,“海鸥”过程为 9 月中旬,过程降温明显。

分析表明,西行台风“威马逊”和“海鸥”都造成了 2014 年云南入汛以来强的降水过程,其中“威马逊”是 1956 年以来影响云南最强的西行台风,具有影响范围广,持续时间长,过程累计雨量大的特点。

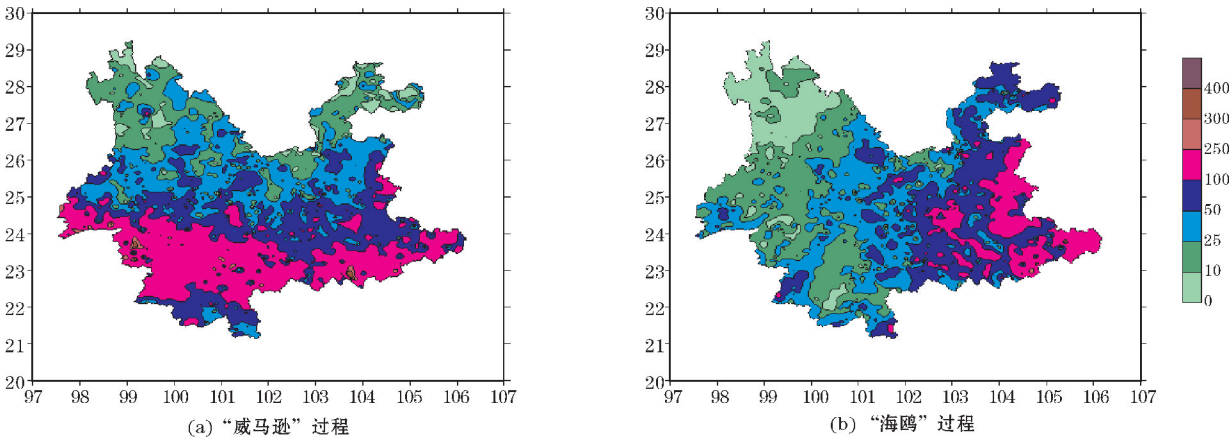


图 2 西行台风低压影响过程累计雨量分布图

2 大尺度环流特征

台风减弱的低压在大尺度环流场中是不断移动变化的,不同台风低压其大气环流背景场各不相同,即使同一台风,在不同时刻不同地点,其周围系统也可能完全有差异^[9]。因此,不同台风低压与大尺度相互作用后导致的暴雨、大暴雨落区往往差异较大。

2.1 副热带高压的作用

由图 3(a)可以看出,“威马逊”过程时,西太平洋副热带高压(简称副高)异常强大,中心位于33 °N附近,位置偏西偏北,控制中国中东部大部地区,588 线西南部呈西北-东南向,有利于引导台风低压向西偏北方向移动。副高的强大稳定,一方面利于台风低压与副高西南侧保持一定的气压梯度力,为台风低压环流维持提供一定动力条件,此气压梯度力和台风低压内力共同作用使得低压向西偏北方向前进;另一方面,副高外围东南气流为12 m/s(图 3c),利于持续向台风低压提供水汽,导致低压附近连续降水,有利于确定强降雨雨带大致位于低压东侧的偏南气流下游地区。

“海鸥”过程与“威马逊”过程相比,首先,副高 588 线不断西进(图 3b),决定了台风低压环流的移动速度较快,影响云南降雨的时间相对短。其次,副高主体相对偏南,中心位于27 °N附近,且副高在西伸过程中 588 线西端始终呈南北向分布,副高外围偏南气流达18 m/s(图 3d),利于向低压东侧补充水汽,从而大致决定强降水雨带为南北向分布。

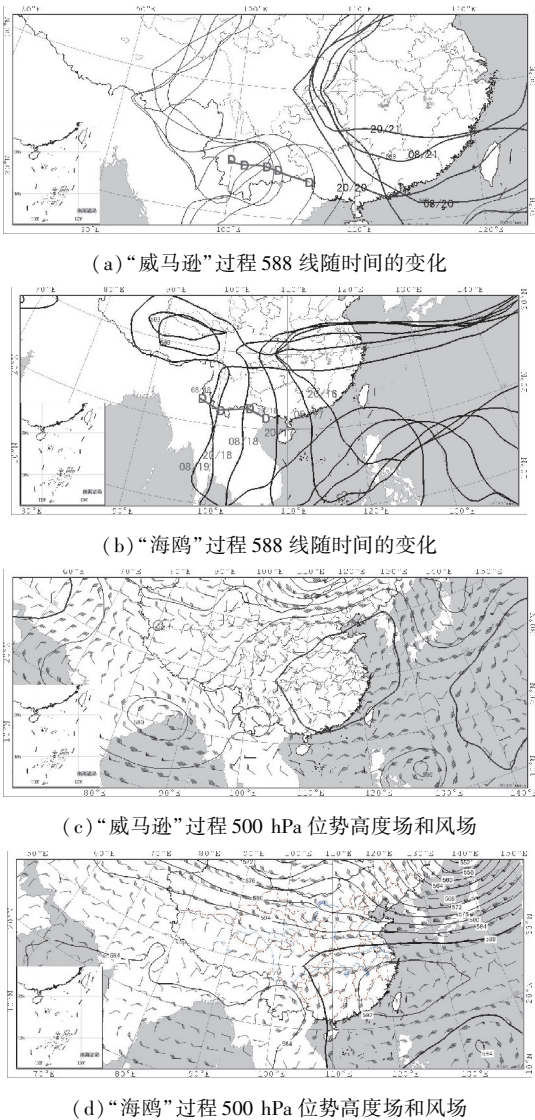


图 3 台风低压影响云南时 500 hPa 位势高度场和风场特征

分析表明,副高的中心位置、东西摆动位置及588线的走向都与雨带的分布及暴雨的强度、落区有一定关系。然而,分析中发现,“威马逊”过程副高既然稳定少动,为什么低压环流在西北移过程中还再度加强,并造成云南西南部的暴雨过程?“海鸥”过程中,副高西端呈南北向分布,为什么低压进入云南金平县境内后没有在副高外围偏南急流引导下向偏北方向移动,而是向西行,低压环流经过滇西南,又为什么没有造成滇西南的暴雨过程?为什么同样是西行台风,云南东北部降水强度差异那么大?针对这些问题,以下将做进一步分析。

2.2 低空急流和季风的作用

以前的研究发现,台风登陆后,来自洋面的水汽和能量被陆地切断,若还能与维持水汽和能量输送的低空急流相联系,则登陆减弱后的台风低压在陆上的强度和暴雨的维持十分有利^[11-14]。急流的位置及与季风共同作用的位置、时间同样对暴雨的落区有一定的

指示性^[15]。以下从低压与低空急流和季风的相互作用角度进一步分析。

图4为“威马逊”过程和“海鸥”过程的700 hPa风场及水汽通量。“威马逊”过程(图4a-c)突出的特点是:孟湾地区不但有热带低压活动,而且10°N~20°N之间从孟湾到云南西南部一直存在东西带状的急流带,7月20日20时低压中心明显加强北上,其南侧的偏西急流由20 m/s加强到26 m/s,此时台风低压环流移到云南西南部,出现再次加强,其南侧逐渐卷入西南季风,水汽得到补充,水汽通量大值区由云南东南部(最大值中心为24 g·cm⁻¹·hPa⁻¹·s⁻¹)移到西南部(最大值中心为17 g·cm⁻¹·hPa⁻¹·s⁻¹),此时台风低压降水的主要水汽来源由东南急流输送转为是西南季风。21日08时强水汽通量仍来自孟湾西南季风的输送,水汽通量大值中心为23 g·cm⁻¹·hPa⁻¹·s⁻¹,较20日20时水汽输送有明显增强,对应未来6 h内滇西南的大到暴雨天气。

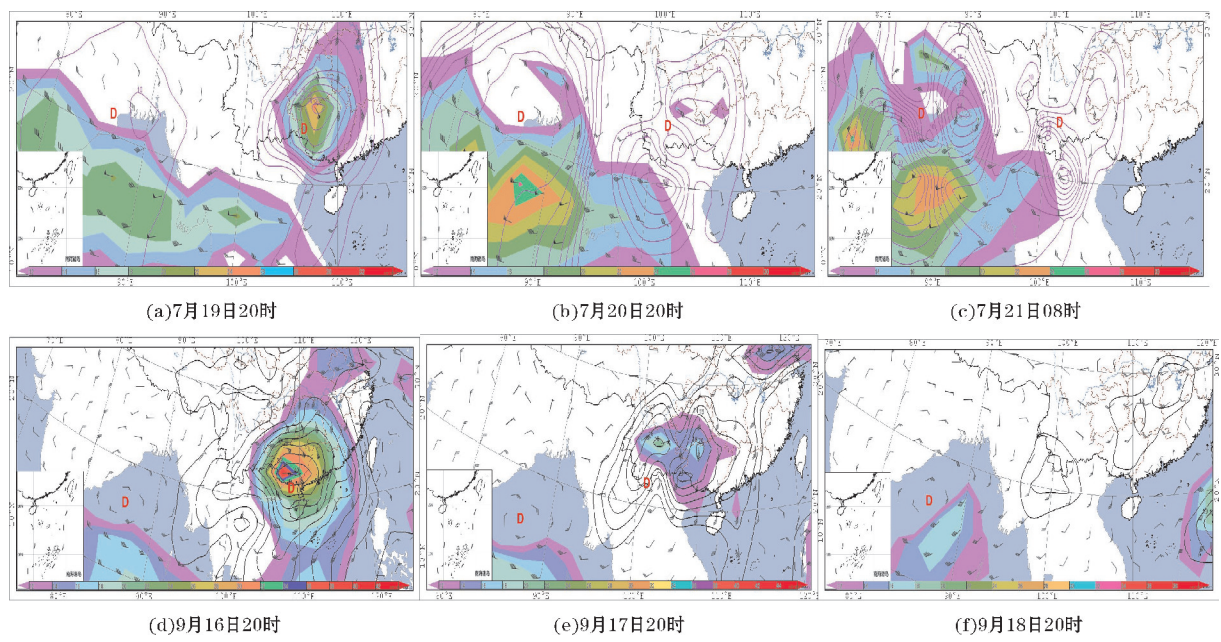


图4 台风低压影响云南时的700 hPa风场和水汽通量过程。(阴影区为风速≥12m/s的大风速区;等值线为≥8的水汽通量值)

“海鸥”过程(图4d-f)突出的特点是:低压刚靠近云南境内时(16日20时)其中心附近风力达40m/s,东侧偏南急流和北侧偏东急流较“威马逊”过程强度高、范围广。同时低压附近伴有中心强度达40 g·cm⁻¹·hPa⁻¹·s⁻¹的水汽通量大值区,水汽输送主要来自低压本身及副高低空偏南急流。此时对应云南中东部6 h暴雨雨带呈南北向,正好位于低空偏东急流的左侧(图5c)。17日20时,副高进一步西伸,台风低压强度明显减弱,低压附近的最大水汽通量中心减弱为

20 g·cm⁻¹·hPa⁻¹·s⁻¹。此时,在孟湾北部15°N~20°N没有强西南低空急流维持,风速仅为4 m/s左右,西南季风卷入较弱,水汽和能量补充不足,从而导致台风低压在西移中降水强度逐渐减弱。18日20时,台风低压环流已经减弱为一倒槽,水汽通量进一步减弱。

可见,“威马逊”过程中,10°N~20°N从孟加拉湾到云南西南部一直存在东西带状分布的急流带(风速≥14m/s),使得源源不断的有水汽和能量输送到台风低压,是“威马逊”台风低压在云南再次加强及造成

云南南部持续性强降水的重要原因。另外,低空急流左侧具有气旋性涡度,口区的正涡度平流,是台风低压维持及增强导致降水增幅的动力原因。而“海鸥”过程中,台风低压东侧偏南急流及副高外围偏南低空急流共同作用为初期强降水提供了较强的水汽输送和能量,暴雨主要位于低空偏南急流的左侧,雨带呈南北向分布。低压西移后,孟湾地区无西南季风急流卷入是低压西移过程中无强降水的主要原因,这也是雨带位置与“威马逊”过程不同的重要原因。

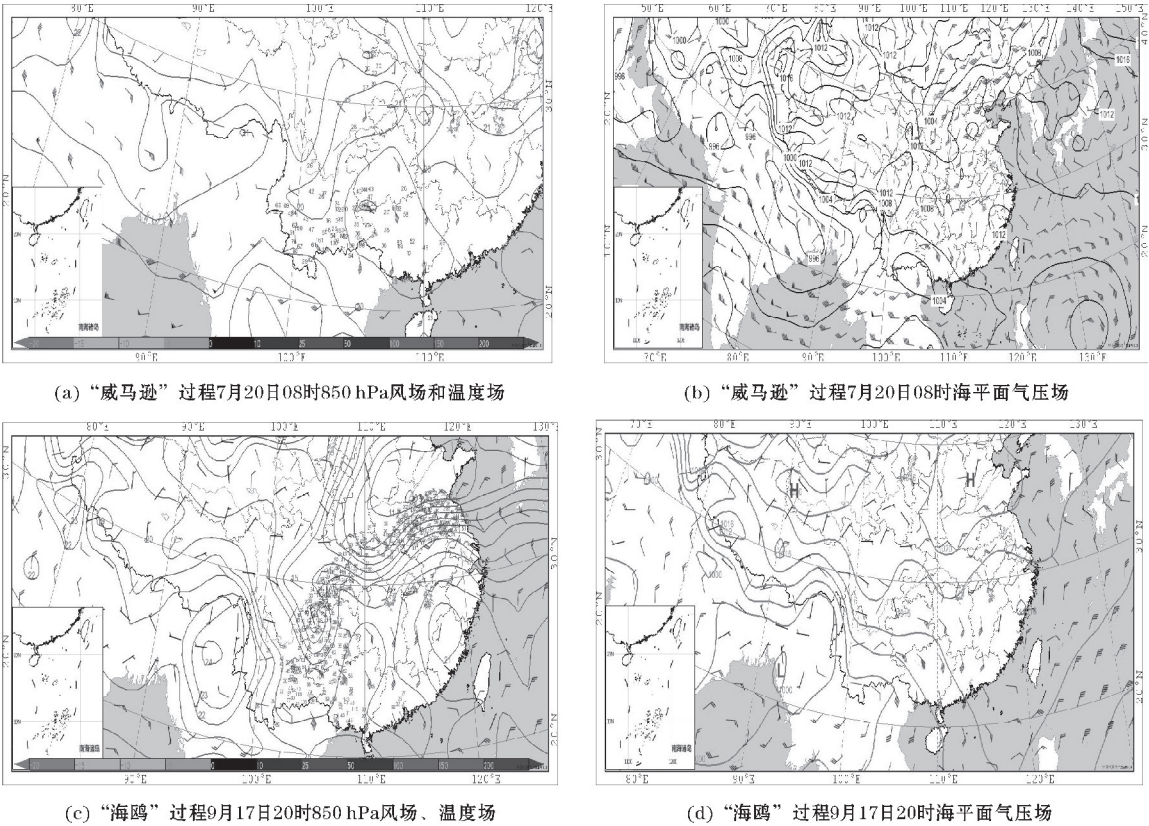


图5 台风低压影响时850 hPa 风场、温度场(等值线)及海平面气压(等值线)分布(云南区域内小点表示24 h 降水≥25 mm 的站点)

因为云南平均海拔在2000 m左右,850 hPa从四川盆地南下的东北风往往引导冷空气南下影响云南,而850 hPa冷中心前沿的等温线密集区能代表锋区的位置。结合图3(c)和图5(a)和5(b)可以看出,“威马逊”过程时,500 hPa上副高中心偏北,584 线北伸到河套附近,且为偏南气流,说明高层引导气流不利于冷空气向南入侵。850 hPa上从低纬20 °N到中高纬40 °N都为一致的偏南暖湿气流(图5a),云南中部以北为暖温度脊,北部河套东部有24 °C的暖中心。中国东部大陆地区没有冷锋南下(图5b)。可见,过程期间低层到高层都没有冷空气入侵台风低压外围,上节分析指出“威马逊”过程的水汽输送大值区主体偏南,急流带偏南,因此,台风低压北侧倒槽区以小雨天气为主。

“海鸥”过程时,9月17日20时500 hPa上,副高

2.3 冷空气作用

很多研究和预报业务实践表明^[13,16],登陆台风与中纬度系统的相互作用主要表现为台风与冷空气的相互作用。一定冷空气侵入台风倒槽或外围,使台风从中纬度获得斜压能量,加剧动力和热力不稳定,使冷空气影响的地区降水量明显增大。以下将从冷空气与台风低压相互作用与暴雨落区的关系做进一步分析。

中心相对偏南,584 线位于河套以南,河套附近为弱高压脊,脊前负涡度平流利于地面冷高压的加强(图3d)。850 hPa温度场上河套东部有-10 °C的冷中心,其东南部冷舌已压到云南东北部,河套东部存在中心强度为1021.5 hPa的冷高压(图5d),高压前沿冷锋位于云南东北部到长江中下游地区,低层冷空气在850 hPa东北气流引导下经湖南、四川进入云南,入侵台风低压东北部倒槽。低层冷平流的这种减压作用使斜压位能释放转为动能,加之地形抬升作用,东部降水明显增幅,因此暴雨雨带呈南北向分布。

2.4 暴雨落区诊断分析

影响台风暴雨落区的因素很多,水汽输送是影响登陆台风维持和强降水的重要条件,前面的分析表明,

台风低压的水汽和能量补充主要来自洋面,因此以下主要采用850 hPa的水汽通量和水汽通量散度对两次过程的暴雨落区做诊断分析。

由图 6(a)可以看出,7 月 19 日 20 时“威马逊”台风低压中心还未进入云南境内时,降水主要沿低压倒槽分布,≥10 mm降水范围不大,靠近低压中心降水较强。低压中心进入云南后,强降水主要集中在850 hPa水汽通量散度中心附近偏向水汽输送来向一侧(水汽通量大值区下游),低压倒槽附近也会有分散的强降水。如:7 月 20 日 08 时,水汽辐合中心位于越南北部和云南南部,中心最大值为 $-40\times10^{-6}\text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}$

$\cdot\text{s}^{-1}$,未来6 h≥50 mm降水出现在此中心附近,同时位于孟湾和广西西部两个大的水汽通量之间(偏南风的下游风速辐合区)。

分析“海鸥”过程(图 6e-g),发现其强降水落区与“威马逊”过程有相似的物理量配置。如 9 月 17 日 08 时,强降水雨带正好沿低压倒槽呈南北向分布,最强降水中心位于强水汽辐合中心(中心最大值为 $-50\times10^{-6}\text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)附近,对应于广西附近强水汽通量中心的下游偏南气流辐合区。17 日 20 时和 18 日 08 时强降水落区同样符合以上的物理量配置。

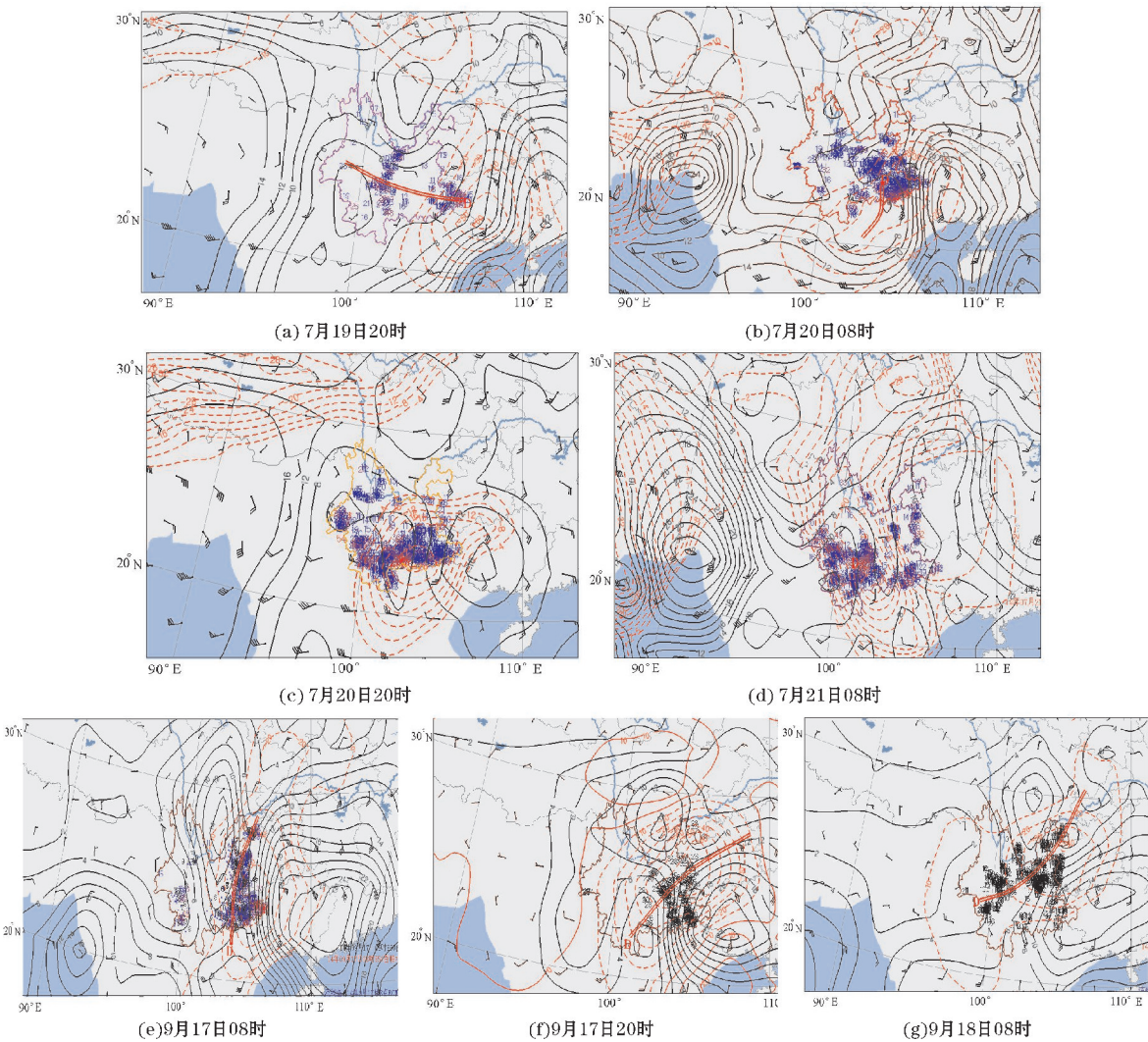


图 6 各影响时段 850 hPa 水汽通量散度(虚线)、水汽通量(实线)、6 h 降水(≥10 mm 站点填值)及 850 hPa 风场

另外,对比发现,“威马逊”过程中水汽通量辐合中心位置偏南,水汽通量大值中心逐渐由云南东南部移到西南部,这与其东西向暴雨雨带分布对应。而“海鸥”过程水汽通量辐合区呈南北向,中心位置较偏北偏东,水汽通量大值中心维持在云南东南部,同样与暴雨雨带对应较好。

3 结束语

从副热带高压、低空急流、西南季风及冷空气等天气尺度系统与台风低压的相互作用及水汽输送和辐

合、垂直速度等物理量诊断方面,对1409号超强台风“威马逊”和1415号台风“海鸥”造成云南暴雨天气过程做对比分析,得到如下结论:

(1)西行台风“威马逊”和“海鸥”都造成2014年云南入汛以来较强降水过程,其中“威马逊”是建国以来影响云南最强的西行台风,具有影响范围广,持续时间长,过程累计雨量大的特点。

(2)“威马逊”过程,副高中心位于 33°N 附近,位置偏西偏北,异常强大,一方面利于台风低压与副高西南侧保持一定的气压梯度力,为台风低压环流维持提供动力条件,气压梯度力和台风低压内力共同作用使得低压向西偏北方向前进;另一方面,副高外围东南气流($\geq 12\text{ m/s}$),持续向台风低压提供水汽,强降雨雨带正好位于低压东侧的偏南气流下游。“海鸥”过程,副高主体偏南,中心位于 27°N 附近,588线不断西进,且西端始终呈南北向分布,决定了暴雨带呈南北向。

(3)低空急流和西南季风强弱差异,是两次台风低压暴雨落区差异的主要原因之一。“威马逊”过程, $10^{\circ}\text{N}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 从孟湾到云南西南部存在东西带状急流带(风速 $\geq 14\text{ m/s}$),是“威马逊”台风低压在云南再次加强,并造成南部持续强降水的重要原因。而“海鸥”过程,低压东侧偏南急流及副高外围偏南急流共同作用为初期强降水提供了较强的水汽输送和能量,暴雨主要位于低空急流的左侧,雨带呈南北向分布。低压西移后,孟湾地区无西南季风急流卷入是低压快速减弱且无强降水的主要原因,这也是雨带位置与“威马逊”过程不同的重要原因之一。

(4)暴雨落区与有无冷空气入侵低压倒槽、冷空气和低压倒槽相互作用的位置有密切关系。“威马逊”过程,低层到高层都没有冷空气入侵台风低压外围,台风低压北侧倒槽区为小雨天气。而“海鸥”过程,低层有冷空气入侵台风低压东北部倒槽,减压作用使斜压位能释放,台风低压获得继续维持的斜压动能的同时,云南东北部地区的降水也明显增幅,暴雨带呈南北向分布。

(5)物理量诊断都表明,两次过程的暴雨落区沿700 hPa低空急流左侧分布,位于850 hPa强水汽通量中心的下游区,即850 hPa水汽通量辐合中心附近。另外,沿台风低压倒槽也有强降水分布。

影响台风暴雨落区的因子除大尺度环流外还有很多,例如地形作用、下垫面的温湿情况、台风降水过程中的中小尺度系统等都会影响台风降水的强度和分布。文中只侧重讨论大尺度环流场的作用,试图从中寻找预报着眼点。所以,台风暴雨相当复杂,有待做大

量研究工作。

参考文献:

- [1] 程正泉,陈联寿,徐祥德,等.近10年中国台风暴雨研究进展[J].气象,2008,31(12):3-7.
- [2] 郭荣芬,肖子牛,陈小华,等.两次西行热带气旋影响云南降水对比分析[J].应用气象学报,2010,21(3):317-328.
- [3] 郭荣芬,肖子牛,李英.西行热带气旋影响云南降水的统计特征[J].热带气象学报,2010,26(6):680-686.
- [4] 许美玲,段旭,杞明辉,等.云南省天气预报员手册[M].北京:气象出版社,2011:72-84.
- [5] 尤红,周泓,李艳平,等.0906号台风“莫拉菲”大范围暴雨过程诊断分析[J],暴雨灾害,2011,30(1):1-6.
- [6] 鲁亚斌,普贵明,解明恩,等.0604号强热带风暴碧利斯对云南的影响及维持机制[J],气象,2007,33(11):49-57.
- [7] 郭荣芬,肖子牛,鲁亚斌.登陆热带气旋引发云南强降水的环境场特征[J],气象,2013,39(4):418-426.
- [8] 郭荣芬,鲁亚斌,李燕,等.“伊布都”台风影响云南的暴雨过程分析[J],高原气象,2005,24(5):784-791.
- [9] 程正泉.登陆台风与环境因子相互作用对暴雨的影响研究综述[J].广东气象,2008,30(5).
- [10] 程正泉,陈联寿,李英.登陆台风降水的大尺度环流诊断分析[J].气象学报,2009,67(5).
- [11] 李英,陈联寿,王继志.登陆热带气旋长久维持与迅速消亡的大尺度环流特征[J],气象学报,2004,62(2):167-179.
- [12] 程正泉.登陆热带气旋特大暴雨机制研究[D].北京:中国气象科学研究院,2008:27-44.
- [13] 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,2002:310-313.
- [14] 王钦.台风“鲸鱼”对四川暴雨的远距离影响[J].成都信息工程大学学报,2017(4):433-439.
- [15] 程正泉,陈联寿,李英.登陆热带气旋与夏季风相互作用对暴雨的影响[J].应用气象学报,2012,23(6):660-671.
- [16] 陈联寿,罗哲贤,李英.登陆热带气旋研究的进展[J].气象学报,2004,62(5):546-547.

[17] 凌婷, 谌芸, 肖天贵. 台风“天鹅”远距离暴雨的水汽条件分析[J]. 成都信息工程大学学报, 2016(5):519-522.

Impact of the Interaction of Typhoon Rammasun and Typhoon Kalmaegi and Large-scale Circulation on Rainstorm Area in Yunnan

YANG Suyu¹, ZHANG Xiunian¹, ZOU Yang², HE Yu¹

(1. Yunnan Meteorological Observatory, Kunming 650034, China; 2. Kunming Meteorological Observatory, Kunming 650500, China)

Abstract: Abstract: In order to reveal the influence of the interaction between the westerly typhoon low pressure and the large-scale circulation on the rainstorm area in Yunnan, using the methods of synoptic analysis and diagnostic analysis, the interaction between two westbound typhoons (Rammasun No. 1409, Kalmaegi No. 1415) and large-scale circulation in 2014 was compared and analyzed. The results showed that during the period of Rammasun’s influence on Yunnan, the cause of the slow movement of typhoon was the center extends westward and partial north, the stronger strength and the stable position of the Subtropical High. The northern boundary of the southwest monsoon low-level jet lied at 20 degrees N, and was east-west zonal distribution. Typhoon low pressure could be maintained and renewed on land because of the dynamic convergence and the continuous transmission of water vapor and energy on the left side of the southwest low-level jet exit. The above analyses were important reasons for the east-west distribution of rainbelt in the middle and south of Yunnan. However, as the influence of Kalmaegi in Yunnan, the west end of the 588 line of the Subtropical High showed a north-south distribution pattern and the middle east of Yunnan was located on the left of the southward low jet. In addition, the low-level cold air invaded the northeast side of the typhoon low pressure inverted trough, leading to the conversion of baroclinic effective potential energy into kinetic energy. The above analyses were important reasons for the east-west distribution of rainbelt in the central and east of Yunnan. Finally, the rainstorm falling areas of the two process were distributed along the downstream area of the 850 hPa water vapor flux center, and were located near the 850 hPa strong water convergence center.

Keywords: meteorology; weather forecasting; typhoon low pressure; low-level jet; rainstorm area; large-scale circulation