

梁军,张胜军,黄艇,等. 2015. 辽东半岛“达维”(1210)台风暴雨的诊断分析. 气象,41(3):364-371.

辽东半岛“达维”(1210)台风暴雨的诊断分析^{* 1}

梁 军¹ 张胜军² 黄 艇¹ 张彩凤¹ 李 燕¹

1 大连市气象台,大连 116001
2 中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室,北京 100081

提 要: 利用热带气旋年鉴、FY-2E 卫星的云顶亮温(TBB)、大连地区逐时自动气象站降雨量资料、常规观测资料和 NCEP/NCAR 再分析资料,对北上引发辽东半岛强降水过程的 1210 号台风达维(Damrey)和 1209 号台风苏拉(Saola)的环流背景和中尺度特征进行分析。结果表明:(1)副热带高压位置偏北且稳定为此次降水提供了有利的大尺度背景,双台风与副热带高压之间所形成的东南风低空急流为辽东半岛强降水提供了水汽和能量供应。台风“达维”东部和副热带高压西侧低空急流带上由 β 或 γ 中尺度雨团发展的中尺度对流复合体(MCC)是造成降水的直接系统。(2)“达维”与其南部台风苏拉环流的长时间相连,一方面有利于“达维”获得源源不断的水汽供应,加强其中尺度对流系统,另一方面有利于水汽在辽东半岛地区形成水汽辐合,使暴雨持续产生。(3)“达维”影响辽东半岛期间,其东北部的冷空气逆时针卷入,在半岛南部出现局地垂直次级环流,触发对流不稳定,有利于中尺度暴雨云团的发展。

关键词: 辽东半岛, 双台风, 暴雨

中图分类号: P458 **文献标志码:** A **doi:** 10. 7519/j. issn. 1000-0526. 2015. 03. 012

Diagnostic Analyses of Typhoon Torrential Rain over Liaodong Peninsula

LIANG Jun¹ ZHANG Shengjun² HUANG Ting¹ ZHANG Caifeng¹ LI Yan¹

1 Dalian Meteorological Observatory of Liaoning, Dalian 116001
2 State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081

Abstract: Using the Tropical Cyclone Yearbook,two-dimensional Fengyun (FY-2E) $0.1^{\circ}\times0.1^{\circ}$ cloud top brightness temperature data, hourly rainfall observations from nearly 100 automatic weather stations (AWS), conventional observation data and the NCEP/NCAR reanalysis data, large-scale circulation characteristics and mesoscale circulations were analyzed for typhoons of 1209 (Saola) and 1210 (Damrey). The results show that: (1) Northerly and stable position of subtropical high pressure (STP) provides favorable large-scale circulations. The direct raining system is the mesoscale convective complex (MCC), which is generated by the development of meso- β or meso- γ rain clusters located in the east of typhoon and the west of STP. (2) Link of the area of Liaodong Peninsula with the channel of moisture transported by lower level jets and the formation of moisture convergence are responsible for the occurrence of heavy precipitation in the area. Standing link of water vapor transport belts for typhoons of Damrey and Saola is favorable for genesis and development of convective complex in typhoon rain belts, beneficial to the genesis of severe rainfall. (3) Near the center of Damrey, the coupling dynamical structure of positive vorticity and the negative divergence form, which causes strong upward motion in the lower troposphere, and has the convergent water vapor at the lower level lifted to the middle level, good for genesis and development of MCS. Moving northeastward along the periphery of STP, MCS rapidly develops and results in heavy precipitation.

^{*} 国家自然科学基金项目(40975032 和 41175063)、中国气象局预报员专项(CMAYBY2014-013)和大连市科技计划项目(2013E15SF132)共同资助
2013 年 11 月 27 日收稿; 2015 年 1 月 28 日收修定稿
第一作者:梁军,主要从事短期天气预报和研究工作. Email:qinldj@163. com

The heavy rainfalls are located at lower-level jet belts of the east of Damrey and the west of STP. (4)The local vertical circulations in the south of Liaodong Peninsula are helpful for the formation and development of mesoscale convective cloud clusters.

Key words: Liaodong Peninsula, binary typhoons, torrential rainfall

引 言

1971—2011 年辽东半岛全区性大暴雨多是由北上热带气旋与西风带冷空气相互作用变性所引发的(梁军等,2005)。北上变性台风由于冷空气的侵入有的能从中纬度斜压锋区中获取斜压能量变性加强,引发暴雨;有的逐渐填塞,降水不明显(李英等,2004;任丽等,2013;曹晓岗等,2012)。但减弱的台风若能从另一个台风持续获得暖湿能量输送,则衰减速度缓慢,加之弱冷空气作用,同样能引发暴雨(钮学新等,2005;梁军等,2008;杨晓霞等,2008;杜惠良等,2011;周福等,2014)。如登陆北上减弱为热带低压的 8108 号与 8107 号台风及冷空气相互作用,导致辽东半岛地区特大暴雨天气,过程最大雨量 644 mm,日最大雨量为 576 mm(普兰店西韭),小时最大雨量达 116.5 mm,雨强之大为历史上罕见。9415 号台风北上期间,与减弱为低压的 9414 号台风相互作用也引发了辽东半岛地区的大暴雨,台风所经地区和沿海伴有 12 级的强风。2012 年北上双台风相互影响的现象频发,1210 号台风达维和 1215 台风布拉万北上期间分别与 1209 号台风苏拉和 1214 号台风天秤相互作用,引发山东、华北和东北地区强降水(陈国民等,2013;赵晓琳,2012;周宁芳,

2012)。冷空气通常触发北上台风中尺度对流云团的生成和发展,是这类台风暴雨的主要产生系统(朱佩君等,2002;李英等,2005;杨引明等,2011)。北上台风降水受副热带高压、西风带冷槽等多个系统影响,一直是预报业务中的难点,而多个台风相互作用更加大了其预报难度。

虽然北上热带气旋(TC)的分析和研究已取得一些有意义的成果(丁治英等,2001;陈联寿等,2004;程正泉等,2009),但对北上的台风尤其是双台风影响辽东半岛的分析还不多。本文利用热带气旋年鉴、FY-2E 卫星的 TBB 资料、大连地区逐时自动气象站降雨量资料、常规观测资料和 NCEP 全球再分析资料,对 1210 号台风达维(Damrey)北上期间与 1209 号台风苏拉(Saola)相互作用引发辽东半岛的强降水过程进行分析,以期对此类北上双台风影响的预报提供参考。

1 台风概况和特点

台风达维于 2012 年 7 月 28 日生成于西太平洋,在向西北偏西方向移动的过程中加强为台风。8 月 2 日 21 时(北京时,下同)后在连云港东南部的响水县登陆(图 1a),强度仍为台风(近中心最大风力 $35\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$),登陆后近 3h 强度减弱为强热带风暴,

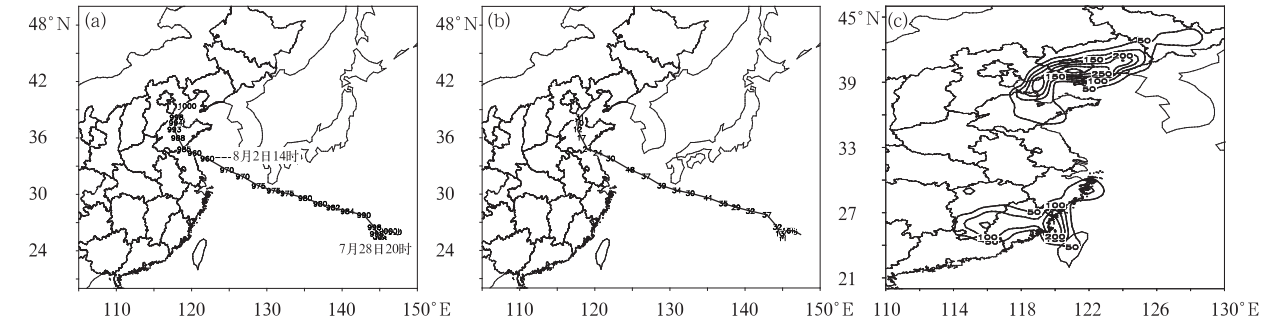


图 1 台风达维的最低海平面气压(a)(单位:hPa,数字为 2012 年 7 月 28 日 20 时至 8 月 4 日 08 时每 6 h 一次的台风中心海平面气压)和移速(b,单位:km·h⁻¹)及 8 月 2 日 20 时至 4 日 20 时实况降水量(c,单位:mm)

Fig.1 Minimum sea level pressure with 6 h interval of Damrey (a, unit:hPa) and its moving speed (b, unit:km·h⁻¹) as well as the rainfall from 20:00 BT 2 to 20:00 BT 4 August 2012(c, unit: mm)

并继续向西北偏西方向移动,经江苏东北部进入山东,在山东北部逐渐转向偏北方向移动,移速变化不大(图 1b),强度减弱为热带风暴。4 日 02 时风暴中心在黄河入海口附近移出山东进入渤海,移速增大 2 倍,快速向东北方向移动,08 时再次减弱为热带低压(图 1a),在渤海北部逐渐消失。台风达维生命史为 7 d,比一般台风多近 2 d(邹树峰等,1997)。

受台风达维的影响,8 月 3—4 日河北东部、辽宁和吉林普降暴雨,最大降水量出现在辽东半岛(图 1c)。半岛南部大连地区的 126 个自动气象监测站中,100 个自动站达暴雨以上量级,73 个自动站雨量超过 100 mm,19 个自动站雨量超过 200 mm,最大雨量出现在大连东北部庄河市的天门山,为 390 mm。台风影响期间雨大风小,湿台风特征明显。

2 天气尺度系统分析

2.1 环流背景分析

2 日 08 时(图略),副热带高压(以下简称副高)主体稳定在日本海附近,极地冷空气向南扩散至巴尔克什湖,我国东部上空为宽广的浅槽区,1210 号

台风“达维”位于副高西侧距离长江口近 300 km 的东北偏东的洋面上,1209 号台风苏拉则位于“达维”西南偏南约 990 km 的台湾东部洋面上。“达维”和“苏拉”两个台风的移动路径并没有表现出明显的藤原效应,分别由基本气流引导向西北偏西和西北方向移动。2 日 20 时到 3 日 08 时(图 2a),1211 号台风海葵(Haikui)在副高南侧菲律宾以东洋面生成并向西北偏西方向移动,副高持续向西北扩展,“达维”沿引导气流继续西北移(刘学刚等,2011)。3 日 20 时(图 2b),西风槽东移至华北中东部,与“达维”相距不足 5 个经度,引导气流由副高西南部的东南风转为副高西北侧和高空槽前的西南风,“达维”北上至黄河入海口附近转向东北移入渤海,此间对辽东半岛产生影响。

在对流层中高层,200 hPa 西风槽前存在一支高空急流(HLJ)。台风达维西北移动与中纬度高空槽靠近,但与 HLJ 急流轴仍有一定距离,位于其东北方向槽前。台风登陆(2 日 21 时)后至再次入海(4 日 02 时)前,台风中心 200 hPa 附近的辐散中心值由 $8.0 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 降至一半以下(图略),高层辐散抽吸作用减弱,台风强度逐渐减弱。

但在对流层低层850hPa上,“达维”与日本海附

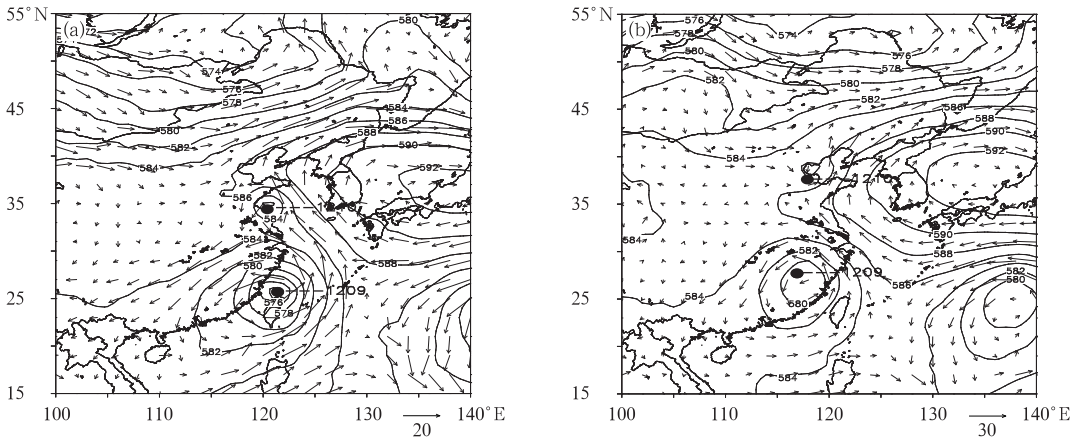


图 2 2012 年 8 月 2 日 20 时(a)和 3 日 20 时(b)500 hPa 等压面位势高度场
(实线,单位:dagpm)和风矢量场
(实心圆点为台风位置)

Fig. 2 500 hPa height (solid lines, unit: dagpm) and wind vector fields at 20:00 BT 2 (a)
and 20:00 BT 3 (b) August 2012
(Dots indicate TC centers)

近的副高及台风苏拉之间所形成的东南风低空急流,将我国东部洋面水汽向北输送(图 3)。这一水汽通道向北到达辽东半岛,并形成水汽辐合。强降雨

水期间,中心值超过 $15 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ 的水汽通量带和低于 $-28 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ 的辐合中心(图3虚线)维持在半岛地区近24h,为辽东半

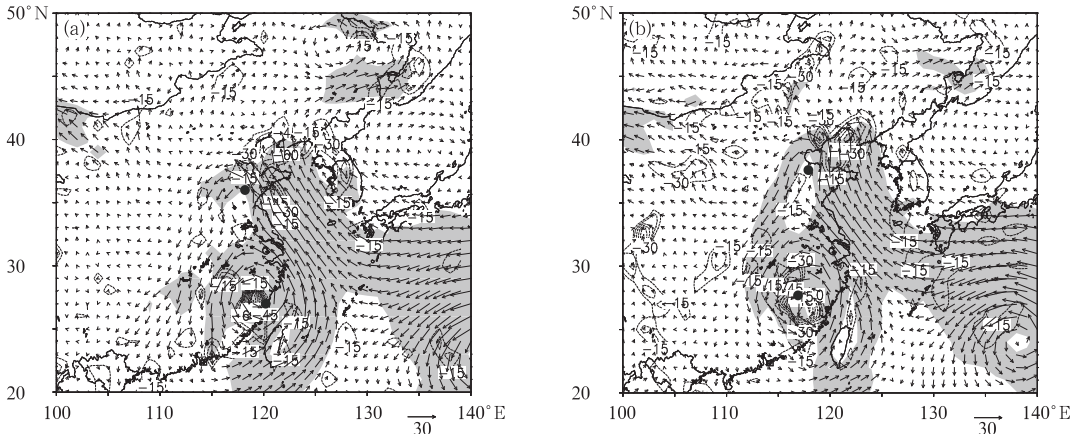


图 3 2012 年 8 月 3 日 08 时(a)和 3 日 20 时(b)850 hPa 风矢量(阴影为水平全风速不小于 $8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的风速区)和水汽通量散度(等值线,单位: $\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$)

Fig. 3 850 hPa wind vector (shaded areas indicate wind speed $\geq 8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) and moisture flux divergence (contour, unit: $\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$) at 08:00 BT (a) and 20:00 BT (b) 3 August 2012

岛强降水提供了水汽和能量补充。

而 2 日 20 时至 4 日 08 时,“达维”与“苏拉”南北两个台风环流连通,这对形成水汽输送通道、在辽东半岛地区产生水汽辐合、导致强降水有积极作用。

2.2 物理量诊断分析

2.2.1 动力条件

低层辐合、高层辐散的动力结构有利于北上台风强度的维持,是台风暴雨形成和加强的重要条件。3 日 08 时(图 4a),“达维” $20\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ 的正涡度区由 600 hPa 向上伸展至 500 hPa,辐合层也由 900 hPa 以下伸展至 650 hPa,上升运动区由不连续形成整层的垂直上升,且向上伸展至 400 hPa 附近,上升运动区北部大连地区(图 4b 中横线区域)750 hPa 以下的垂直闭合环流系统也伸展至 500 hPa 以上,辽东半岛南部的降水明显增强,3 日 02—08 时最大降水量为 90~100 mm。3 日 14 时,台风中心对应的高层辐散由 $2.0\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ 增至 $8.0\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ 以上,700 hPa 以下的正涡度中心和负散度中心重合(图 4c),上升运动整层抬升至 150 hPa(图 4d),虽然台风中心海平面气压 6 h 升高了 5 hPa,但中低空的气旋性环流仍维持。辽东半岛南部地区(图 4d 中横线区域)的上升运动明显加强,整层抬升至 400 hPa,中层的垂直闭合环流系统维持,3 日 08—14 时最大降水量近 200 mm。此间,虽然“达维”的正涡度中心由 $24\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ 降至 $16\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$,辐合中心随高度转向东北方向倾斜(图 4c),但此时“苏拉”

中心(距达维南部约 10 个纬度)高层辐散由 $6.0\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ 增至 $8.0\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ 以上,同时,其北侧与“达维”南部低层的辐合区连通,这使“达维”南部的上升运动明显加强,3 日 20 时,正涡度中心由 $16\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ 升至 $20\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ 。在“达维”中心北侧 850 hPa 以下的低层约 1 个纬度(山东西北部黄河入海口地区)和 5 个纬度(辽东半岛西北部地区)有两个垂直闭合环流系统。辽东半岛西北部继续出现暴雨(基准站最大降水量超过 120 mm)。4 日 02 时(图略),“达维”的高空辐散迅速减弱, $20\times 10^{-5}\text{ s}^{-1}$ 的正涡度中心高度由 600 hPa 降至 850 hPa 以下,台风中心北侧已为下沉气流,辽东半岛的强降水逐渐停止。

可见,台风苏拉的存在有利于台风达维强度的维持及其雨带中 MCS 的生成、发展加强,有利于辽东半岛强降水的长久维持。

2.2.2 热力条件

3 日 02 时(图略),“苏拉”和“达维”之间为水汽大值区,“苏拉”中心附近 850 hPa 以下的低层 $\partial\theta_e/\partial p>0$,为明显的对流不稳定区,“达维”的则不明显。3 日 08 时(图 5a),“达维”南侧的水汽大值区维持,北侧大连地区(图 5a 中横线区域)由于上升运动的加强,出现了一个比湿高值区,950 hPa 以下高温高湿区内为明显的对流不稳定区,“达维”东北部低层的冷空气已逆时针卷入台风西侧,台风东部的对流单体由山东半岛北上靠近辽东半岛南部地区时,对流单体合并,云体的面积和强度迅速增大,2 h 后

发展为 MCC,受其影响大连北部地区 3 日 08—10 时小时降水量多在 20~40 mm。随着“达维”的北移,台风东侧的暖空气与自东北向西南方向低层楔入的冷空气相互作用,不稳定区由边界层伸展至 700 hPa(图 5b 中横线区域),渤海至辽东半岛地区上空的能量锋区加强。同时,由于西进的副高温度和湿度相对于“苏拉”偏冷偏干,“苏拉”东北部(距“达维”中心南侧 4 个纬度)对流不稳定区由 900 hPa 以下抬升至 850 hPa 以上,“达维”的水汽输送加强,“达维”东部对流单体由于其西侧冷空气的侵入和“苏拉”暖湿能量的输送,北上期间云体发展加强形成 MCC,而 1211 号台风海葵的生成和西行,促使副高稳定西进,MCC 维持在渤海,受其影响山东

西北部地区 3 日 14—20 时出现大暴雨。3 日 20 时至 4 日 08 时前(图略),“苏拉”减弱为热带低压后停编,“达维”南侧的水汽抬升和对流运动减弱,“达维”中心已为稳定层结,北侧的对流不稳定区移至辽宁北部和吉林南部地区,强水汽辐合区在华北东部和辽东半岛西北部,强降水的分布与水汽辐合区一致。4 日 08 时(图略),“达维”南部的水汽输送带断裂,其强度减弱为热带低压后停编,台风北侧的对流不稳定区降至边界层以下,降水强度明显减弱。

物理量的分析可以看出,“达维”中低层正涡度中心和负散度中心的耦合使强辐合维持,形成深厚的湿层和中低层的对流不稳定,有利于强降水的形成。“苏拉”的水汽输送带与“达维”长时间相连,有

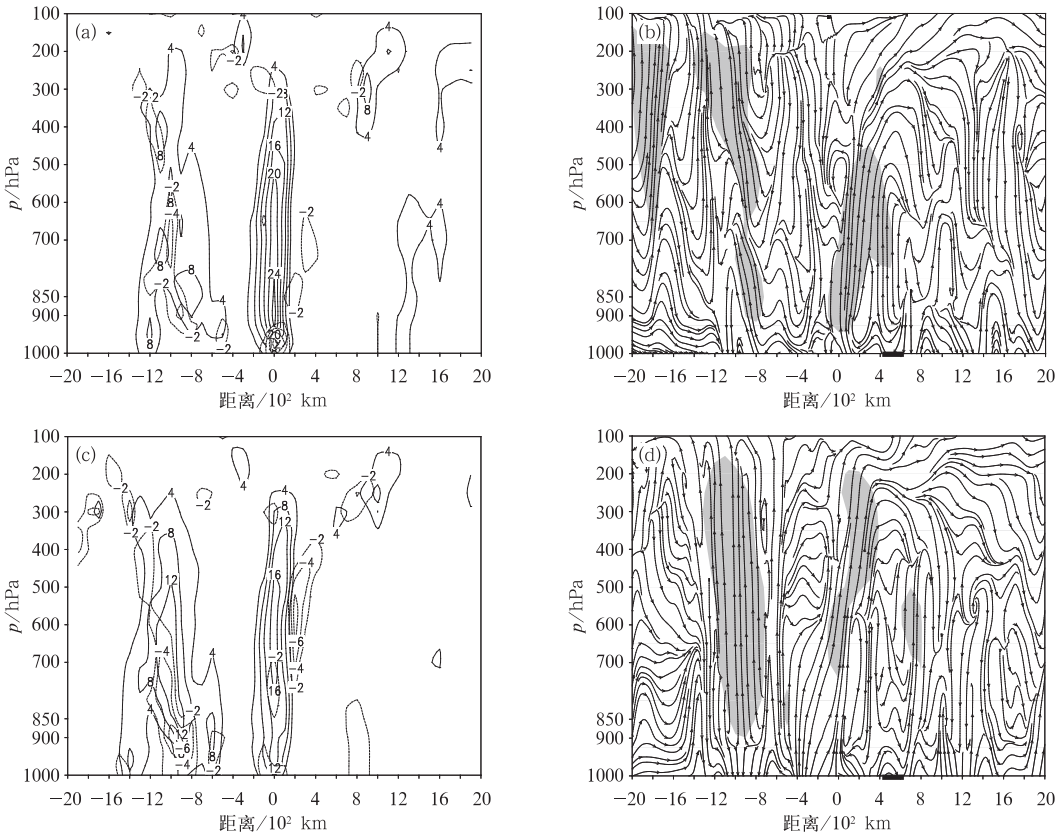


图 4 2012 年 8 月 3 日 08 时(a,b)和 14 时(c,d)通过“达维”中心的正涡度(a,c,实线;单位: 10^{-5} s^{-1})、散度(虚线,单位: 10^{-5} s^{-1})的垂直剖面及合成的垂直流场(b,d,用经向风 v 与 $-100 \times \omega$)和垂直速度(阴影 $\leq -0.1 \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的垂直速度区,单位: $\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)

(图中横坐标表示距台风中心的距离,单位: 10^2 km ; 0 点为台风中心,向北为正,向南为负;粗线段为辽东半岛暴雨区)

Fig. 4 Meridional profiles of positive vorticity (a, c, solid lines, unit: 10^{-5} s^{-1}) and divergence (dashed lines, unit: 10^{-5} s^{-1}), streamline of horizontal wind with vertical velocity [b,d, $v \times (-100 \times \omega)$] and vertical velocity (shaded areas indicate $\omega \leq -0.1 \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$, unit: $\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$) across the center of Damrey at 08:00 (a, b) and 14:00 (c, d) BT 3 August 2012
(Abscissa is distance from typhoon center indicated by 0, negative value is southward, and positive is northward, bold lines indicate rainstorm area over Liaodong peninsula)

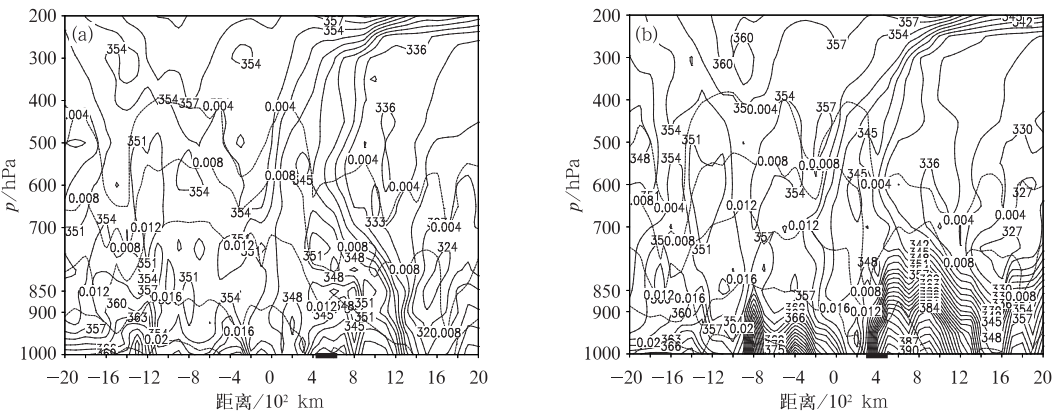


图 5 2012 年 8 月 3 日 08 时(a)和 14 时(b)通过“达维”中心的相当位温(实线,单位:K)和比湿(虚线,单位: $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)经向垂直剖面
(图中横坐标和粗线段的意义同图 4)

Fig. 5 Meridional profiles of equivalent potential temperature (solid lines, unit: K) and specific humidity (dashed lines, unit: $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) across the center of Damrey at 08:00 (a) and 14:00 (b) on 3 August 2012
(Abscissa and bold lines present the same as Fig. 4)

利于“达维”强度的维持,“达维”的水汽输送及低层冷空气的逆时针侵入,加强了辽东半岛地区水汽抬升和对流不稳定的发展,诱发辽东半岛强降水的形成和维持。

3 中尺度分析

暴雨是一种中尺度现象,它的形成与中尺度对流系统的发展加强密切相关。因此,在研究暴雨过程时,不仅要分析其形成的环境场,更要关注强降水期间的中尺度对流系统。此次强降水期间,降水云团的水平范围最大约为 300 km,生命史不足 6 h,属于中尺度云团。

采用 Shuman-Shapiro 九点滤波算子(平滑系数取 0.5),对常规物理量场进行平滑,提取中尺度场,以此来研究暴雨过程的中尺度系统特征。

由云顶亮温的分布可以看出,3 日 02 时开始(图略)，“达维”东北部一个中尺度对流云团经黄海北部海域西北移,04 时发展最强,受其影响,大连东部长海地区小时降水量近 40 mm。3 日 04 时开始,低层逆时针卷入的冷空气激发台风北侧的中尺度对流云团快速加强,几十千米的对流单体合并为近 300 km 的 MCC,MCC 沿副高外围向偏北方向移动(图 6a~6c 方框内),3 日 07—10 时大连北部地区出现短时暴雨。3 日 14 时开始,“达维”眼区北侧在

黄海入海口附近的对流云团与其南部“苏拉”北侧的螺旋雨带和副高外围的对流云带相连通,“达维”北侧 MCC 的云顶亮温由 -50°C 降至 -60°C 以下,云体面积增大,云团沿副高外围自黄河入海口附近沿渤海向东北偏北方向移动,强降水出现在台风东北部的环渤海地区(图 6d~6f 方框内)。3 日 20 时后,“达维”与“苏拉”的暖湿输送带断裂,副高的暖湿输送带仍与“达维”相连,MCC 北上期间云体内 -50°C 以下的云顶亮温维持至 4 日 02 时。4 日 02 时后,副高西进与江淮地区的大陆高压合并形成纬向高压带,切断了“达维”与副高的水汽输送带,“达维”东北象限的中尺度对流云团东北移动期间分裂,云体内的云顶亮温由 -50°C 以下升至 -40°C ,强降水分布在副高北部冷暖空气交界的华北东北部、辽宁中部地区,辽东半岛的强降水结束。

分析中尺度流场可以看出,3 日 02 时(图略)，“达维”北部的华北中北部和辽东半岛地区已为反气旋式环流,表明低层冷空气已自台风东北部向西南偏西方向扩散。副高西北侧的黄海北部海域分别有两个气旋性涡旋生成。3 日 08 时副高西进(图 7a 中阴影为不低于 588 dagpm 的高度区),副高西侧与“达维”东部的气旋性辐合加强,黄海北部的两个气旋式涡旋西北移的过程中与东北地区回流的弱冷空气相互作用,在辽东半岛的东北部和南部地区形成两个气旋性涡旋中心(图 7a 中粗实线区域),强降

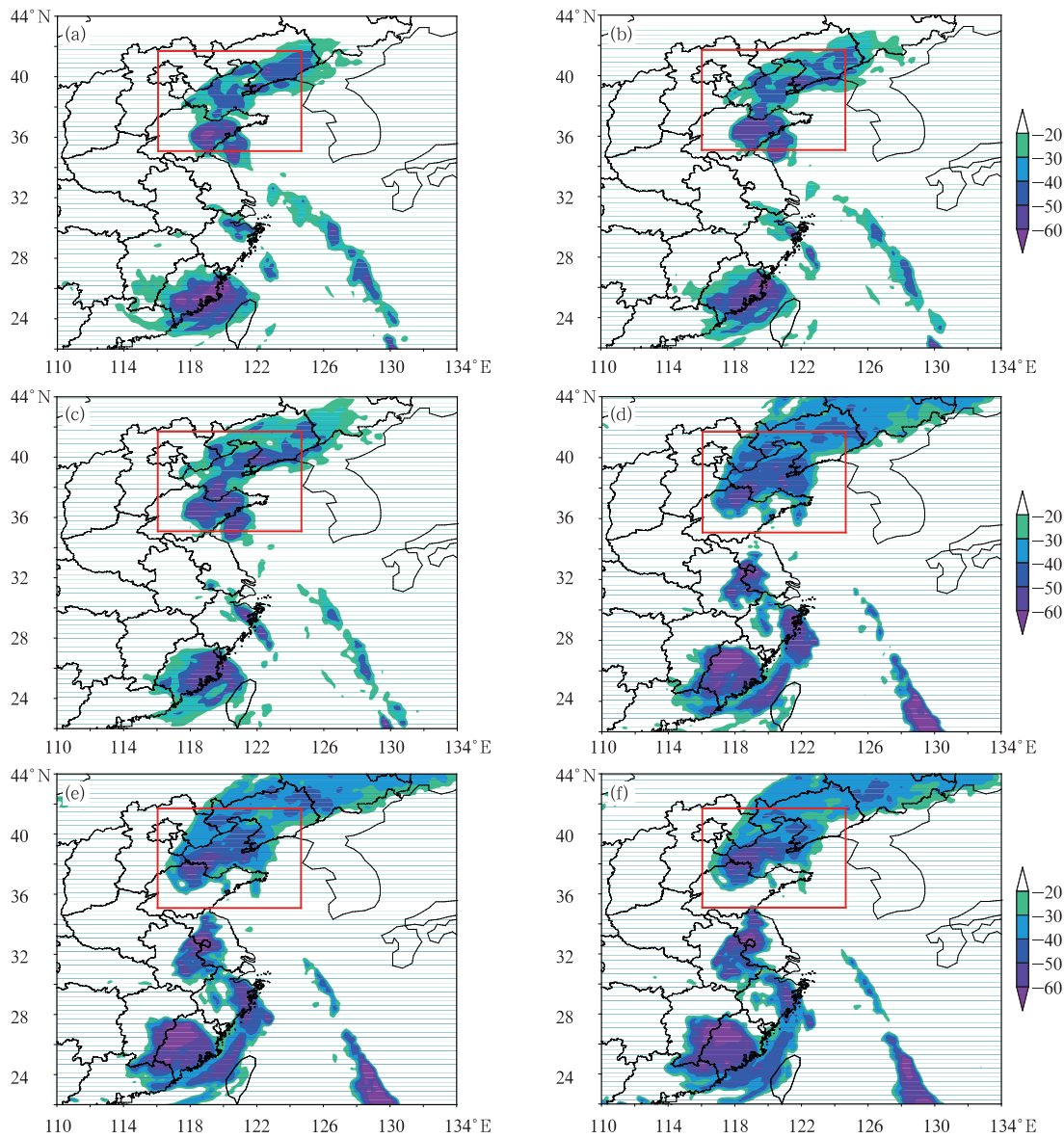


图 6 2012 年 8 月 3 日 07—09 时(a~c)和 14—16 时(d~f)TBB 的演变图(单位: °C)
Fig. 6 The evolution of Damrey's TBB from 07:00 to 09:00 BT (a~c)
and from 14:00 to 16:00(d~f) BT 3 August 2012 (unit: °C)

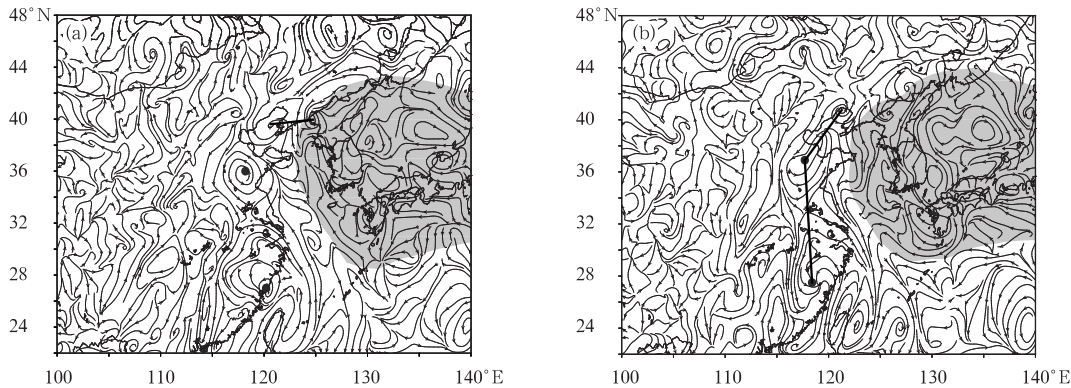


图 7 2012 年 8 月 3 日 08 时(a)和 14 时(b)850 hPa 中尺度流场
(阴影为不低于 588 dagpm 的高度区, 原点为对应时刻台风位置)
Fig. 7 850 hPa mesoscale wind field (shaded areas indicate height ≥ 588 dagpm
at 500 hPa) at 08:00 (a) and 14:00 (b) BT 3 August 2012

水出现在两个涡旋中心连线的南部地区。3日14时(图7b),副高继续西进,其西侧与“达维”东部和“苏拉”东北部的气旋性辐合加强,“达维”南部和“苏拉”北部的反气旋式环流消失,两个台风之间的气旋式辐合带打通(图7b中粗实线区域),“达维”西北象限仍有反气旋环流维持,“达维”的中尺度气旋性涡旋系统北上过程中发展加强,降水强度和强降水范围增加,强降水出现在“达维”东部和副高西侧的低空急流带上。4日02时(图略),华北东北部仍有回流的弱冷空气补充,有利于“达维”中尺度气旋性涡旋系统的维持,强降水仍持续在低空急流前方急流达到极值的区域。3日20时至4日02时,“苏拉”已减弱为低压,两个台风之间的辐合带出现断裂,3日20时后的降水主要是弱冷空气、副高和“达维”相互作用的结果。4日02—08时(图略),由于海葵的西北移,副高再次西进北抬,“达维”东部加强的暖湿空气与其西侧冷空气的相互作用促使“达维”中尺度气旋性涡旋系统长时间维持。4日08时后(图略),“达维”减弱为低压,其降水强度和强降水范围明显减小,“达维”引发的强降水结束。

4 结论与讨论

北上双台风相互影响引发辽东半岛强降水过程的环流背景和中尺度特征分析表明,相对稳定的大气的环流形势和弱冷空气的侵入有利于中小尺度系统的形成和发展,北部影响台风的持续性暴雨是其与南部另一台风、副高输送的暖湿能量及弱冷空气多系统、多尺度相互作用的结果。今后,在类似的北上双台风暴雨预报中,侧重点在于:

(1)副高位置偏北且稳定少动,经向环流有利于台风的北抬。

(2)双台风与副高之间所形成的东南风低空急流为辽东半岛强降水提供了水汽和能量。影响台风达维与另一台风苏拉的水汽输送带长时间相连,有利于其强度的维持和降水的持续发生。

(3)“达维”中低层正涡度中心和强辐合中心重合,形成深厚的湿层。低层冷空气的侵入加强了辽东半岛水汽的向上抬升和对流不稳定的发展,诱发辽东半岛强降水的形成和维持。

(4)“达维”东部和副高西侧的低空急流带上中尺

度对流云团的发展是辽东半岛暴雨的直接影响系统。

预报中发现,此类台风影响的大尺度环境场借助于数值预报产品可以得到基本准确的预报,但暴雨强度预报偏弱。对中尺度对流系统生成、发展及其与环境的配置还需进一步探讨。

参考文献

- 曹晓岗,王慧,漆梁波.2012.台风珍珠和鲇鱼北折路径对比分析.气象,38(7):841-847.
- 陈国民,余晖,曹庆.2013.2012年西北太平洋热带气旋预报精度评定.气象,39(10):1350-1358.
- 陈联寿,罗哲贤,李英.2004.登陆热带气旋研究的进展.气象学报,62(5):541-549.
- 程正泉,陈联寿,李英.2009.登陆台风降水的大尺度环流诊断分析.气象学报,67(5):840-850.
- 丁治英,张兴强,何金海,等.2001.非纬向高空急流与远距离台风中尺度暴雨的研究.热带气象学报,17(2):144-154.
- 杜惠良,黄新晴,冯晓伟,等.2011.弱冷空气与台风残留低压相互作用对一次大暴雨过程的影响.气象,37(7):847-856.
- 李英,陈联寿,雷小途.2005. Winnie(1997)和 Bilis(2000)变性过程的湿位涡分析.热带气象学报,21(2):142-152.
- 李英,陈联寿,王继志.2004.登陆热带气旋长久维持与迅速消亡的大尺度环流特征.气象学报,60(2):167-179.
- 梁军,陈联寿.2005.影响辽东半岛热带气旋运动、强度和影响的特征.热带气象学报,21(4):410-419.
- 梁军,陈联寿,张胜军,等.2008.冷空气影响辽东半岛热带气旋降水的数值试验.大气科学,32(5):1107-1118.
- 刘学刚,李庆宝,张金艳,等.2011.近年来引发青岛暴雨的台风特征分析.气象,37(9):1091-1099.
- 钮学新,杜惠良,刘建勇.2005.0216号台风降水及其影响降水机制的数值模拟实验.气象学报,63(1):57-68.
- 任丽,王承伟,桂桂华,等.2013.台风布拉万(1215)深入内陆所致的大暴雨成因分析.气象,39(12):1561-1569.
- 杨晓霞,陈联寿,刘诗军,等.2008.山东省远距离热带气旋暴雨研究.气象学报,66(2):236-250.
- 杨引明,朱雪松,陶祖钰.2011.上海特大暴雨热带低压结构的数值模拟及其加强机制的分析.高原气象,30(2):416-427.
- 赵晓琳.2012.2012年6—8月 T639、ECMWF及日本模式中期预报性能检验.气象,38(11):1423-1428.
- 周福,钱燕珍,朱宪春,等.2014.“菲特”减弱时浙江大暴雨过程成因分析.气象,40(8):930-939.
- 周宁芳.2012.2012年7月大气环流和天气分析.气象,38(10):1307-1312.
- 朱佩君,陈敏,陶祖钰,等.2002.登陆台风 Winnie(1997)的数值模拟研究Ⅱ:结构演变特征分析.气象学报,60(5):560-567.
- 邹树峰,顾润源,朱官忠,等.1997.影响我国北方热带气旋的若干统计特征.气象,23(7):42-45.