文章编号: 2096-1618(2016)05-0519-04

台风“天鹅”远距离暴雨的水汽条件分析

凌 婷[1], 谌 芸[2], 肖天贵[1]
(1. 成都信息工程大学大气科学学院,四川 成都 610225;2. 国家气象中心,北京,100081)

摘要:为了研究远距离台风降水的水汽特征,利用 NCEP/NCAR(1 °×1 °)再分析资料和常规高空、地面观测资料等对 2015 年第 15 号台风“天鹅”(Goni)的水汽分布特征和变化特征进行了分析,该台风在北上过程中对中国长三角中部地区的降水产生影响,是一次典型的远距离台风降水。分析结果表明:(1)本次降水是在高空急流轴入口右侧的槽前发生的,台风东侧强的气流将水汽输送至500 hPa高空槽前,暖湿气流与槽后南下的干冷空气相遇形成降水。(2)暴雨主要由短时强降水构成,强降水时段最大降水中心位于5840 gpm等高线上。(3)整层水汽含量峰值出现在强降水时段之前,台风中心强度的变化影响着降水区整层水汽含量的变化,且中心气压越低,可降水量值越高,暴雨区降水强度越大。(4)强降水之前湿层较厚,比湿和辐合增强,水汽通量散度负值中心与上升运动中心基本吻合,有利于水汽的辐合上升,对降水的维持和增幅都起到了积极的影响。

关 键 词:气象学;天气分析;台风;远距离台风暴雨;水汽条件
中图分类号:P458.1^{+}24 **文献标志码**:A

0 引言

近年来,台风降水一直是众多专家学者关注的重点。尤其是远距离台风降水[1-4],此类降水发生在台风范围之外,且与台风存在着内在的物理联系[1],在有利的环流背景下远距离台风的降水量往往不小于台风环流主体所经地区的雨量。但是由于此类暴雨距离影响系统较远,所以在预报中较难把握。充足的水汽是暴雨发生的三大必要条件之一[5],其对降水的量级及落区都有较大的影响,因而研究远距离台风的水汽分布及输送就显得十分必要。今年第 15 号台风“天鹅”(Goni)就是一次典型的远距离台风,其在北上过程中对中国长三角地区的降水产生影响。利用 NCEP/NCAR 每6 h一次的 1°×1°再分析资料和常规高空、地面观测资料等对这次远距离台风暴雨过程进行分析,研究其水汽分布及输送特征,以期对此类暴雨的预报提供一定的参考。

1 暴雨过程概况

8 月 21 日 11 时“天鹅”(Goni)从菲律宾北部进入中国 24 小时警戒线,向偏北方向移动(图 1)。23 日 18 时至 24 日 23 时中心强度在935 hPa以下,为超强台风,其东侧外围螺旋雨带对中国“长三角”地区的降水产生影响,上海以及江苏东南部出现大到暴雨,局部地区出现大暴雨和特大暴雨。本次降水共有 4 个基准站过程雨量大于200 mm,10 个站超过100 mm。从 23 日 08 时至 25 日 08 时降水量的分布(图 2)可见,最大降水中心出现在江苏省如东市,过程雨量为246.7 mm,其中 24 日 08 时 6h 累计降水达148 mm,从单站的小时雨量来看(图 3),暴雨由短时强降水构成,且强降水主要发生在 24 日。

从环流形势场来看,降水落区处于500 hPa高空槽前,槽后有冷空气自贝加尔湖南下,随着降水的临近(图 3),浅槽逐渐加深,台风沿着5840 gpm气流线向偏北方向移动,推测副高边缘的引导气流及其与西风槽的配置关系对台风的移动路径有着一定影响。台风东侧暖湿气流被输送至槽前,与槽后的干冷空气相遇,引发暴雨天气。强降水阶段(24 日 08 时,图略)降水中心正好位于5840 gpm气流线上。200 hPa存在高空急流,降水落区处于急流轴入口右侧的槽前,此配置有利于降水发生[6]。

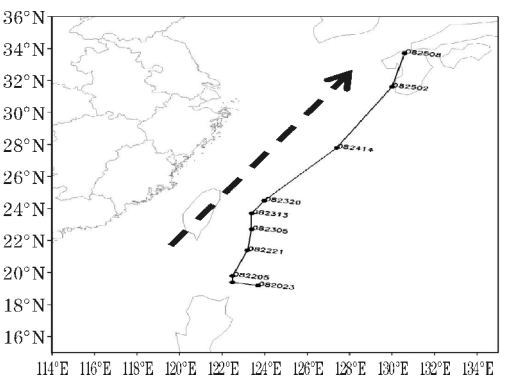

图 1 “天鹅”8 月 20 日 23 时至 25 日 08 时移动路径(虚线箭头为台风移动方向)

收稿日期:2016-01-05
基金项目:国家自然科学基金面上资助项目(41175048);公益性行业(气象)科研专项资助项目(GYHY201206004、GYHY201406001)

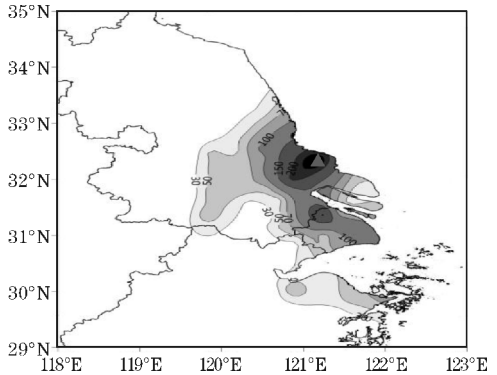

图 2　8 月 23 日 09 时至 25 日 08 时降水量分布(▲ 为如东市)

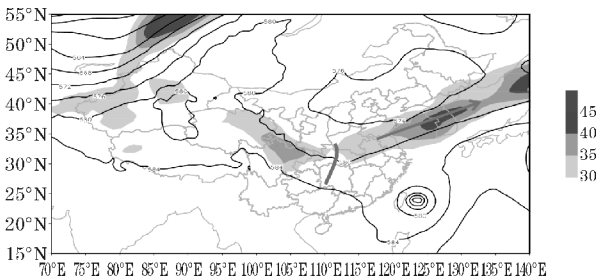

图 3　8 月 23 日 14 时 500 hPa 高度场和 200 hPa 高空急流轴

2　水汽条件分析

2.1　水汽分布特征

整层水汽含量是暴雨过程的重要组成部分,利用从地面到300 hPa各高度上的温度和相对湿度分别计算各高度上的比湿,从而积分求得大气的整层水汽含量。就如东市单站看,23 时 20 时之前,台风主体环流水汽含量较高(图 4),08 时和 14 时中心最大值都在 80 mm以上,而长三角地区处在台风外围螺旋云带的覆盖下(图 5),且受其外围水汽活动影响,可降水量超过60 mm。随着“天鹅”沿5840 gpm气流向偏北方向移动,23 日 20 时开始其中心气压值迅速减小,如东市上空整层可降水量达到峰值(图4)。24 日 02 时至 08 时中心气压稳定在930 hPa以下,整层水汽含量达到最大,为92.6 mm,对应如东市强降水开始(图 6)。对比过程雨量(图 2)可以发现,水汽含量高值区与降水落区有着很好的对应关系。此后台风继续北上,其外围云带也随之移动,暴雨区水汽含量随之减小,降水也逐渐停止。由此可见,台风中心强度的变化与降水区整层水汽含量密切相关,且中心气压越低,可降水量值越高,暴雨区降水强度越大。值得注意的是,降水落区的整层水汽含量峰值出现时刻与强降水时段并不吻合,而是具有一定的提前性,所以推测强降水开始之前,整层水汽含量有一个累积的过程。

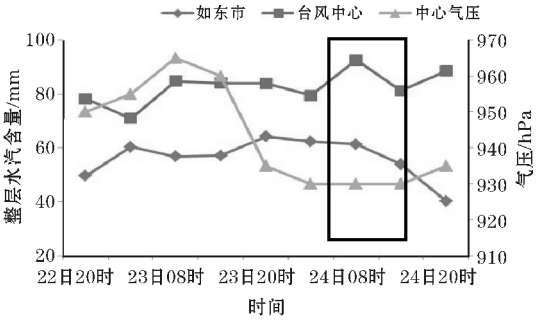

图 4　如东市、台风中心整层水汽含量和台风中心气压(黑框为强降水时段)

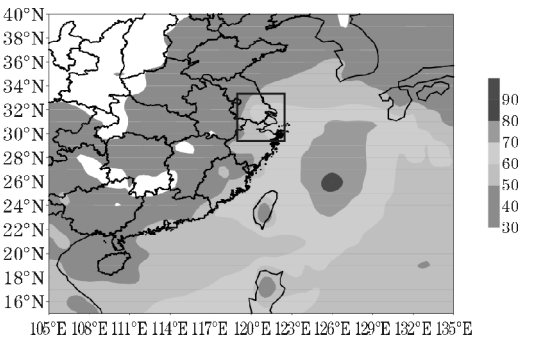

图 5　24 日 08 时整层水汽含量(≥30 mm)

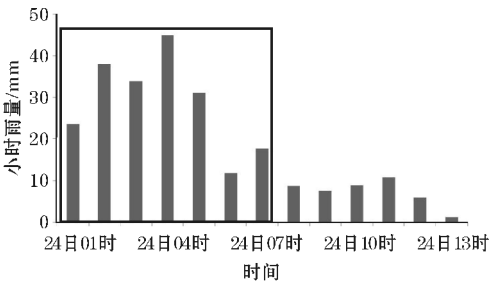

图 6　如东市 24 日 01 ~ 13 时逐小时雨量

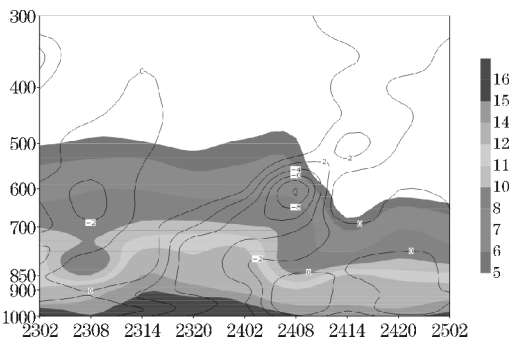

图 7　如东市 23 日比湿和散度随时间变化的垂直分布图

因为整层可降水量只是一个笼统的水汽含量分布,并不能细节地反映水汽的空间分布和演变特征。从如东市上空比湿和散度的时间变化可见(图 7),强降水发生之前(23 日 20 时),600 hPa以下均处于比湿大于8 g/kg的环境下,且湿层较厚,为强降水的发生创造良好的水汽条件。随着强降水的临近,低层比湿逐渐增大,14 ~ 20 时近地层中心数值大于16 g/kg。与此同时,低层辐合也在增强,24 日 08 时辐合中心出现最

大值,为-10×10^{-5} s^{-1},对应湿层厚度最大。值得注意的是,辐合的增强出现在比湿增强之后,说明水汽的输送与交换对辐合有一定的影响,同时辐合的增强对水汽的输送和交换也有着反馈作用,这与张雅斌等[7]得出的结论一致。24 日 08 时以后低层比湿和湿层厚度减小,强降水结束。

2.2　水汽变化特征

从前面分析可知,在整个降水过程中,暴雨区一直处于可降水量大值区的覆盖下,这种较高的水汽含量的稳定维持,必然离不开源源不断的水汽输送,且降水量总是要大于整层水汽含量,所以对流层低层持续的水汽输送是本次暴雨形成和发展的必要条件,即暴雨的发生与水汽和流场有着密切的联系。

水汽通量是衡量水汽通过能力的物理量,表征单位时间内流经与气流垂直的单位面积的水汽质量,当 900 ~800 hPa上的水汽通量大于11 $g\cdot cm^{-1}\cdot hPa^{-1}\cdot s^{-1}$时容易出现暴雨[8]。分析925 hPa的水汽通量场可以发现,本次暴雨的主要水汽来源为南海,台风外围东侧的气旋性气流将水汽输送至长三角地区,且降水区低层存在一个弱的气旋性环流,有利于水汽在此辐合。整个降水过程中,长三角地区始终处在水汽通量大于 10 $g\cdot cm^{-1}\cdot hPa^{-1}\cdot s^{-1}$的环境下,这为整层水汽含量的稳定维持提供了可能。台风的移动对水汽通道的方向有一定的影响[9],在强降水阶段(图 8),随着“天鹅”的北上,水汽的输送通道也在向北延伸,降水区水汽通量增强,达20 $g\cdot cm^{-1}\cdot hPa^{-1}\cdot s^{-1}$。台风东侧强的气旋性环流将水汽送至500 hPa高空槽前,暖湿气流与槽后南下的干冷空气相遇,对暴雨的触发和维持都起到了积极的作用,丛春华等[10]也曾研究指出有无热带气旋远距离暴雨的关键在于其东侧环流能否将水汽输送至中纬度槽前,可见水汽输送能力在暴雨的发生过程中扮演着至关重要的角色。

暴雨的发生除了取决于水汽输送能力的强弱,更重要的取决于水汽的集中能力,即水汽通量散度[11]。它是单位时间、单位体积内汇合进来或辐散出去的水汽质量[12]。强降水之前,850 hPa降水区水汽通量散度为负值,但其负值中心与垂直速度的负值中心并不重合,且中心强度不是很大,即水汽的辐合能力并不显著,气流上升运动不明显,整层水汽含量稳定维持。至强降水阶段(图 9),降水区气流为强上升运动,中心上升速度达1.5 Pa/s,此时水汽通量散度负值中心与上升运动中心基本吻合,有利于水汽辐合上升,对降水的维持和增幅有着重要影响。

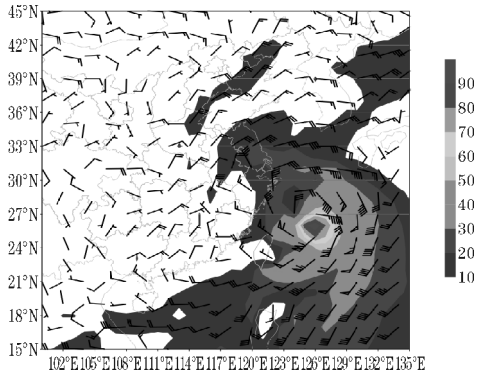

图 8　24 日 08 时 925 hPa 水汽通量和风场

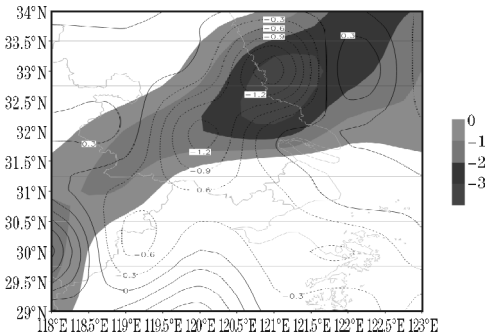

图 9　24 日 02 时 850 hPa 水汽通量散度和垂直速度

3　结论

通过对本次远距离台风暴雨的水汽条件分析,得出以下结论:

(1)本次暴雨过程的主要影响系统是高空槽和远距离台风“天鹅”,暴雨的主要由短时强降水构成。降水落区处于200 hPa高空急流轴入口右侧的500 hPa槽前,台风东侧强的气旋性环流将水汽送至高空槽前,暖湿气流与槽后南下的干冷空气相遇形成降水,强降水阶段降水中心位于5840 gpm气流线上。

(2)整层水汽含量是暴雨稳定维持的重要条件,降水前整层水汽含量有一个累积的过程,所以降水落区的整层水汽含量峰值出现时刻较强降水时段具有一定的提前性。远距离台风的活动对暴雨区的水汽含量和降水强度有着重要影响,本次过程中,“天鹅”中心气压越低,暴雨区整层水汽含量值越高,降水强度越大。

(3)强降水前湿层较厚,比湿和辐合增强,为暴雨的形成提供有利的水汽条件。整个降水过程中,长三角中部地区水汽通过能力较强,为整层水汽含量高值的稳定维持提供了可能。水汽通量散度负值中心与上升运动中心基本吻合,有利于水汽的辐合上升,对降水的维持和增幅都起到了积极的影响。

参考文献：

[1] 陈联寿. 登陆热带气旋暴雨的研究和预报[C]. 第十四届全国热带气旋科学讨论会论文摘要集,2007:3-7.

[2] 陈联寿. 热带气旋研究和业务预报技术的发展[J]. 应用气象学报,2006,17(6):673-681.

[3] 周军,陈瑞芬,李文源. 登陆台风远距离暴雨的观测研究和预报[J]. 南京气象学院学报..1995,8(3):376-382.

[4] 丛春华,陈联寿,雷小途等. 台风远距离暴雨的研究进展[J]. 热带气象学报. 2011,27(2):264-270.

[5] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 天气学原理和方法[M]. 北京:气象出版社,2007:322-323.

[6] 陶诗言. 中国之暴雨[M]. 北京:科学出版社,1980:1-225.

[7] 张雅斌,伍麦凤,侯建忠,等. 陕西4次台风远距离暴雨过程的水汽条件对比[J]. 暴雨灾害,2014,32(5):788-797.

[8] 洪展. 一次台风过程的水汽特征分析[J]. 气象研究与应用,2014,35(4):16-18.

[9] 伍麦凤,肖湘卉,曹玲玲,等. 两次台风远距离暴雨过程的对比分析[J]. 暴雨灾害,2013,32(1):32-37.

[10] 丛春华,陈联寿,雷小途,等. 热带气旋远距离暴雨的研究[J]. 气象学报,2012,70(4):717-727.

[11] 孙兴池,王西磊,周雪松. 纬向切变线暴雨落区的精细化分析[J]. 气象,2012,38(7):779-785.

[12] 赵桂香,李新生. 晋中2002年9月11日暴雨的诊断分析[J]. 气象,2002,29(8):35-38.

[13] 孙兴池. 陈金敏. 刁秀广. 一次远距离台风暴雨过程分析[J]. 气象,2009,35(5):34-41.

[14] 单磊. 谭桂容. 姚叶青. 一次台风远距离暴雨水汽条件及输送过程研究[J]. 热带气象学报,2014,30(2):353-360.

[15] 杨晓霞,陈联寿,刘诗军,等. 山东省远距离热带气旋暴雨研究[J]. 气象学报,2008,66(2):236-250.

Analysis on Water Vapor of Far Distance Typhoon ‘Goni’

LING Ting[1], CHEN Yun[2], XIAO Tian-gui[1]

(1. College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. The National Meteorological Center, Beijing 100081, China)

Abstract: To the haracteristics of water vapor in a far distance typhoon rainfall, NCEP/NCAR (1 °×1 °) reanalysis data and conventional observational data are used to investigate the distribution and variation of water vapor in No. 15 Typhoon ‘Goni’ in 2015. It impacts on the precipitation in the middle of China´s Yangtze River Delta during its moving north, and it is a typical fardistance typhoon rainfall. In this paper, The results show that the precipitation occurs in the front of the trough, which is on the right side of the entrance to the upper jet axis. The airflow on the east side of the typhoon makes water vapor transport to the front of trough at the 500 hPa, and warm and wet airflow meets the cold and dry down from south of the back trough, which plays a positive role in maintaining the heavy rains. The heavy rainfall is mainly made up by severe short-range precipitation, and the maximum center of heavy rainfall locates on the isoline of 5840gpm. The peak value of moisture content of the whole layer appears before the severe short-range precipitation. The changes of intensity in the typhoon’s center the moisture content of the whole layer in the precipitation zone. What’s more, the lower central pressure, the higher PW and the greater intensity of precipitation in rainfall areas. Wet layer is thick, and specific humidity and convergence become str before heavy rain. The negative center of vapor flux divergence substantially coincides with ascending motion’s center, which is beneficial to water vapor convergence. And it s a positive impact on the maintenance and increase of precipitation.

Key words: meteorology; weather analysis; typhoon; heavy rainfall of far distance typhoon; water vapor