

文章编号: 2096-1618(2017)04-0445-08

2010年秋季热带低压引发海南省特大暴雨特征分析

曹永兴¹, 蔡宏珂², 薛志航¹

(1. 国网四川省电力公司电力科学研究院, 四川 成都 610041; 2. 成都信息工程大学大气科学学院 高原大气与环境四川省重点实验室, 四川 成都 610225)

摘要:为了对2010年秋季一次热带低压引发海南省特大暴雨特征进行深入分析,利用台风信息资料、海南省降水资料和ECMWF的ERA-interim资料,借助力和热力条件诊断方法对此次特大暴雨过程的影响机理进行分析研究。结果表明:2010年10月5-9日海南省出现了连续的强降水过程,5日、6日海南省东部和8日海南省东北部均出现了250 mm以上的特大暴雨。此次连续强降水过程中,热带低压东侧的偏南气流持续将南海水汽卷入海南省,对流层低层积聚了大量不稳定能量,600 hPa以下大气均处于强烈的对流不稳定条件下,对流层中层干冷,低层暖湿,加之高空急流的辐散作用,为暴雨的发生发展维持提供有力动力条件。5日强烈上升运动突破了600 hPa以上的对流稳定层,激发大量不稳定能量的释放,形成了特大暴雨,6日之后水汽输送和上升运动均有所减弱,暴雨强度随之减弱,8日由于热带低压西侧的反气旋发展,并在高空急流逐渐向南入侵的配合下,高层冷空气向低层传输注入低层暖湿气流之中,是8日海南省东北部的特大暴雨形成的主要原因。热带低压西侧的反气旋增强发展东移,阻碍了热带低压向西北方向移动进而发生偏转折向东移,反气旋西侧高压坝的存在给热带低压东移横穿海南省提供了动力条件。

关键词:气候学;气候变化;海南省;暴雨;热带低压

中图分类号:P458.1+21.1

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2017.04.016

0 引言

海南省地处南海之北,中国最南端,属热带季风海洋性气候,四面环海,水汽含量十分充沛。特殊的地理位置和地形特征决定了该地区暴雨频发,秋季东部地区处于迎风坡,空气上升运动强烈,秋季暴雨是典型的灾害性天气之一。秋季暴雨频发常给海南带来严重的洪涝灾害,造成巨大的损失,引起了社会各界的关注。

海南处在西北太平洋台风的西移路径上,素有“台风走廊”之称,根据杨仁勇等^[1]的研究,影响海南的热带气旋平均每年有6~7个,其中2~6个热带气旋登陆海南,除强风直接致灾外,台风所产生的暴雨洪涝是海南的主要自然灾害,吴胜安等^[2]的研究表明,热带气旋降水平均占海南年总降水量的30%。段丽等^[3]和蔡夏影等^[4]的研究表明,海南暴雨受台风登陆影响非常突出,台风中尺度强对流系统往往是造成台风特大暴雨的主要因素,充沛的水汽,低层强烈的旋转辐合,较强的垂直上升运动暴雨发生的有利条件。徐红等^[5]和杨仁勇等^[6]利用数值模式对台风过程进行模拟实验,有利于更加充分认识台风造成暴雨的影响

机理。赵付竹等^[7]通过对“纳沙”、“尼格”台风对比分析时指出,台风登陆后,由于副高形态及其演变的不同,使得两个台风路径变化不同登陆;许向春等^[8]研究指出,海南台风降水受登陆台风前强对流、螺旋雨带以及眼区附近的云墙等多个系统共同影响;刘少军等^[9]利用1953-2005年登陆海南岛的台风(不包括其他热带气旋)的降水资料,建立了台风过程中年平均降水量与地形因子的关系模型,估算了海南岛台风过程中降水量的分布,分析了地形对其的影响,为后期台风灾害过程中降水的地形影响分析提供参考。此外,吴春娃等^[10]和周海霞等^[11]的研究表明海南暴雨的水汽条件主要受低空急流影响,张蓝蓝^[12]和吴春娃等^[10]的研究表明,海南岛暴雨增多与热带辐合带活动也密切相关,并且由张春花^[13]和简茂球等^[14]的研究可看出,中纬度的冷空气与低纬度在南海上活动的低压之间的相互作用,是秋季产生非台暴雨的非常重要的环流形势。邢彩盈等^[15]分析认为,在秋季暴雨偏多年,海南附近盛行偏东风;热带西太平洋-南海气压偏低,热带系统趋于活跃,且该区为东南风异常,带来充沛水汽。冯文等^[16]研究发现,强劲的低空急流是秋汛期特大暴雨的天气学特征中最显著的强信号,急流的存在为暴雨过程提供了充沛的水汽输入和辐合抬升条件,是触发秋汛期极端降水的关键原因。

收稿日期:2016-12-19

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41405031、41475037);公益性行业(气象)科研专项资助项目(GYHY201506013)

海南岛降水具有明显的季节变化,一年中秋季的9-10月降水变化最大,这两个月降水的年际方差占全年降水总方差的47.1%^[17]。秋季是夏季风向冬季风转变的过渡季节,冷空气活动逐渐增强,副高南退,其脊线逐渐向南移至华南沿海至南海北部一带,副高南侧热带辐合带仍较为活跃,中高纬度冷空气能够与热带系统相互作用产生海南秋季暴雨。由此可见,引发海南秋季暴雨的平均气候特点主要表现在热带系统(热带低压、热带辐合带、西太平洋副热带高压等)与冷空气的相互作用,同时低空急流(偏东急流、东南急流和西南急流)是暴雨的主要水汽输送通道。

2010年10月初的一次热带低压引发海南省暴雨持续时间长,影响范围广,受灾程度大,突破1951年有气象记录以来最长连续大暴雨日数。据资料统计,截至10月9日下午17时,海南省因持续暴雨袭击造成全省16个市县受灾,182个乡镇被淹,250.44万人受灾,农作物受损面积达138.87千公顷,全省因灾紧急转移33.68万人,给农民的生产生活和区域经济发展造成了不可估量的巨大损失。热带气旋影响海南暴雨每年均有发生,但影响过程累计降水量历史罕见,受灾程度范围广、灾情重,并且此次仅为热带低压登陆影响,相对台风而言系统较弱,产生的持续特大暴雨应更需倍加重视。因此,很有必要对其移动路径、环流背景和水汽输送等情况进行系统深入的诊断分析,从而对此类热带气旋登陆影响暴雨过程有更深入的认识,为暴雨的预报预测提供一定的理论参考依据。

利用中国台风网提供的台风的路径信息(<http://www.typhoon.gov.cn/>)、海南省18个国家气象站的逐日降水资料和欧洲中期天气预报中心(ECMWF)提供的逐6h的ERA-interim高分辨率资料(分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$),对2010年10月初的一次热带低压引起海南省特大暴雨过程的影响机理进行诊断分析。文中在没有特殊说明情况下,某 n 日降水量即为 $n-1$ 日20时至 n 日20时的24h累计降水量。

1 热带低压移动登陆路径及降水分布特征

2010年10月4日晚热带低压在海南省南部南海海域生成,继而沿海南省的西南部向西北方向移动,于6日14时忽然发生偏转,折向东并于7日凌晨在海南的东方市南部登陆,沿着黎母岭和五指山之间由西向东穿越整个海南省向东移动,到达琼海市又折向北移动,于10日凌晨从海南省东北部移出,10日14时停

止编报。从移动路径来看,该热带低压影响海南省时间长,范围广(波及全海南省),如图1所示。但从此热带气旋的强度来看,仅达到热带低压级别,中心气压强度约为1004 hPa,在移动过程中气压变化很小,中心风速也在12 m/s左右。

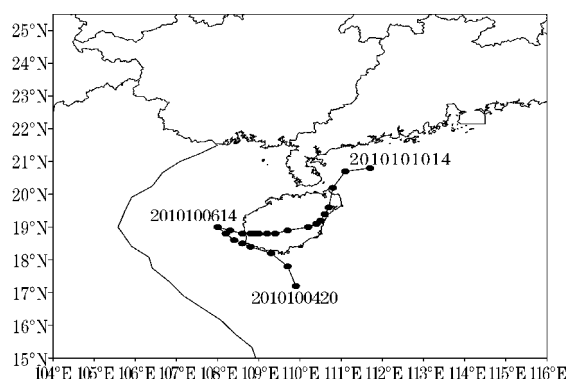


图1 台风路径和登陆、转折和结束时间点

从此次热带低压影响海南省的降水情况来看,整个海南省强降水持续时间长,强度大,范围广,如图2所示。2010年10月5-9日海南省出现了连续的强降水过程,其中,5日暴雨基本覆盖整个海南省,6-7日暴雨主要集中在海南省东部,西部也有部分区域发生暴雨,8-9日暴雨主要集中在海南省的东北部,其他地区降水明显减弱,强降水的区域变化主要由于热带低压登陆后在向东移动过程中,位于热带低压东部的低层辐合上升区也随之东移。此外,在5日、6日海南省东部和8日海南省东北部均出现了250 mm以上的特大暴雨,5日的琼海市附近暴雨中心超过500 mm,8日的文昌市附近暴雨中心也达到了400 mm。从5-9日累计降水量来看,海南省累计降水量由西向东呈现明显增多趋势,全省几乎均在200 mm以上,在东部的文昌市和琼海市超过了1000 mm以上,为历史同期最多,并接近该区域的年降雨量,此次强降水过程突破1951年有气象记录以来最长连续大暴雨日数。

2 大尺度环流背景

此次登陆海南省的热带气旋强度虽然较弱(热带低压级别),但给整个海南省造成的强降水历史罕见。究其原因,有两个方面的问题需要分析讨论。一是热带低压在海南省南部海域生成后西北移过程中,为什么在6日午后(14时左右)发生偏转,折向东移并横穿海南省?二是热带低压为什么能够对海南省产生如此大的连续的强降水过程,尤其是在8日海南省东北部(文昌市附近)又出现了特大暴雨的原因?

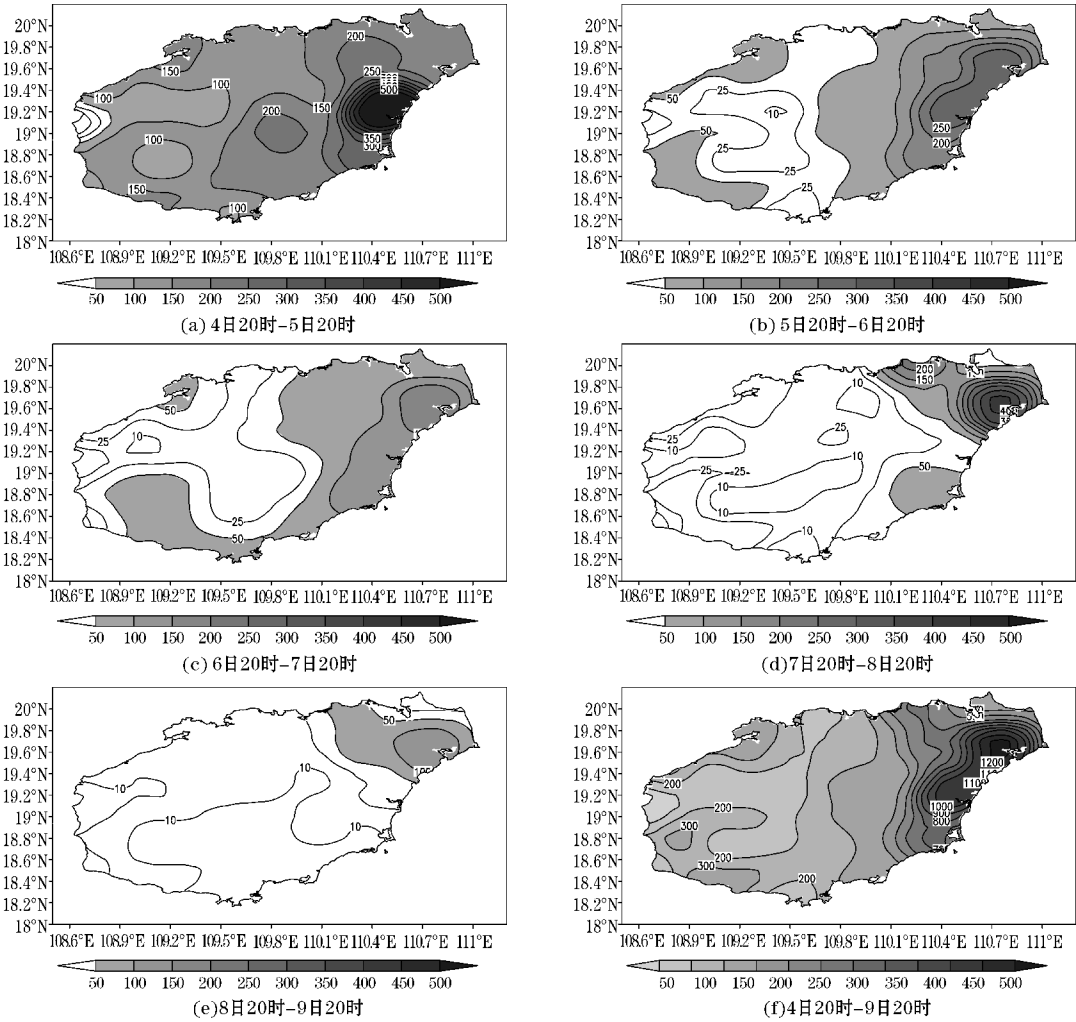


图 2 2010 年 10 月 4-9 日累计降水量 (阴影区为降水大于等于 50 mm 的区域)

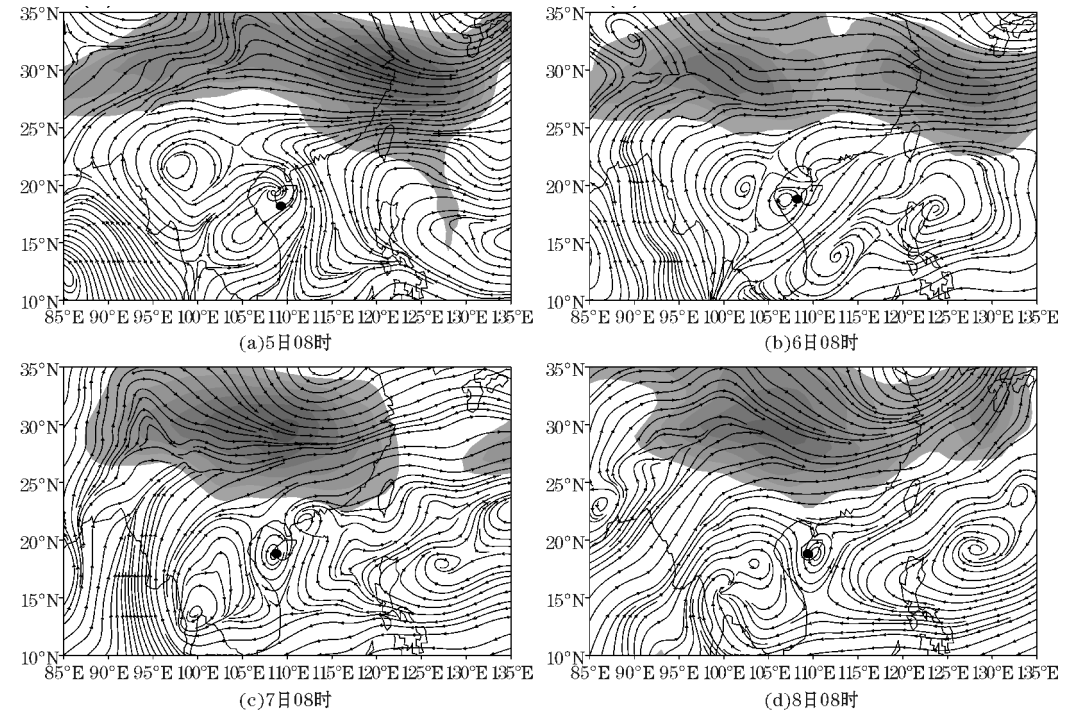


图 3 10 月 5 日 08 时至 8 日 08 时 500 hPa 流场和 200 hPa 高室急流分布 (阴影)

大尺度环流背景与热带低压的强度、移动变化均有着密切联系,有利的环流系统和热带低压配合更有利于暴雨的发生发展。图3给出了10月5日08时至8日08时500 hPa流场和200 hPa高空急流分布,可以看出,5-8日08时200 hPa上均有明显的高空西风急流,一方面通过抽吸作用引导低层暖湿空气向高层输送,另一方面引导中高纬度冷空气向南输送并在热带低压的配合下形成强降水。从500 hPa流场分布来看,热带低压东侧为副高,热带低压在副高西侧的偏南气流配合下更有利于携带水汽向海南省输送;同时可以看到,5日08时在热带低压西北侧存在一个明显的反气旋环流,随着孟加拉湾及其北部气流方向的转变,即5日08时主要为东南气流,6-7日主要为偏南气流,8日主要为偏西南气流,该反气旋西侧形成了强大的高压坝形势,而反气旋在5日08时至6日08时移动非常迅速,反气旋的增强发展东移阻碍了热带低压向西北方向移动从而发生偏转折向东移,高压坝的存在给热带低压东移横穿海南省提供了动力条件。

3 水汽条件分析

充沛的水汽是形成暴雨的必要条件,水汽通量能够很好地描述水汽的源地、输送方向、大小情况,被广泛应用于强降水的研究中。刘舸等^[18]的研究表明,登陆热带气旋的暴雨强度往往与其水汽供应密切相关,不同的水汽来源会造成登陆热带气旋差异明显。暴雨的产生往往伴有海洋上的水汽通道与热带气旋相连接,从而形成水汽不断源源输送。图4给出了10月5

日08时至8日08时对流层低层850 hPa水汽通量的变化情况,可以看到,海南省之所以能够产生连续的暴雨过程,是由于在热带低压登陆海南前期就有非常充沛的水汽输送,热带低压东侧的偏南气流持续将南海水汽卷入海南省,海南省处于热带低压的东北侧,热带低压的倒槽形势使得低层水汽辐合上升,同时热带低压处于副高西侧,沿着副高西南侧的东南气流又将西太平洋水汽向海南省东部输送,与西南暖湿气流叠加汇合,叠加位置位于海南省东部,与暴雨位置较为吻合。随着热带低压登陆东移,水汽输送逐渐减弱,7日之后主要以热带低压携带水汽输送为主。

前文分析可知,10月5日海南全省降水量几乎都达到了暴雨以上,尤其在海南东部的琼海市局地达到了500 mm以上。由5日08时的整层水汽通量散度分布可以看出(图5a),受热带低压影响,整个海南及其附近为明显负的水汽通量散度分布,水汽通量散度的辐合中心位于热带低压北侧,即位于海南省的东北部,辐合中心强度超过了 $-12\times10^{-7}\text{ g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$,附近海域水汽不断向该地区聚集,致使形成非常强的暴雨过程;由4日20时至9日08时平均的水汽通量散度分析可知(图5b),虽然水汽通量散度的辐合中心在海南的西北部,但整个海南仍为明显负的水汽通量散度,强度超过了 $-3\times10^{-7}\text{ g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$,在热带低压登陆影响海南的整个过程中,水汽不断向海南省输送、聚集,致使连续暴雨发生。由4日20时至9日08时平均的大气可降水量分布可以看出(图6),海南省可大气降水量均在60 mm以上,海南省的东北部甚至达到65 mm以上。

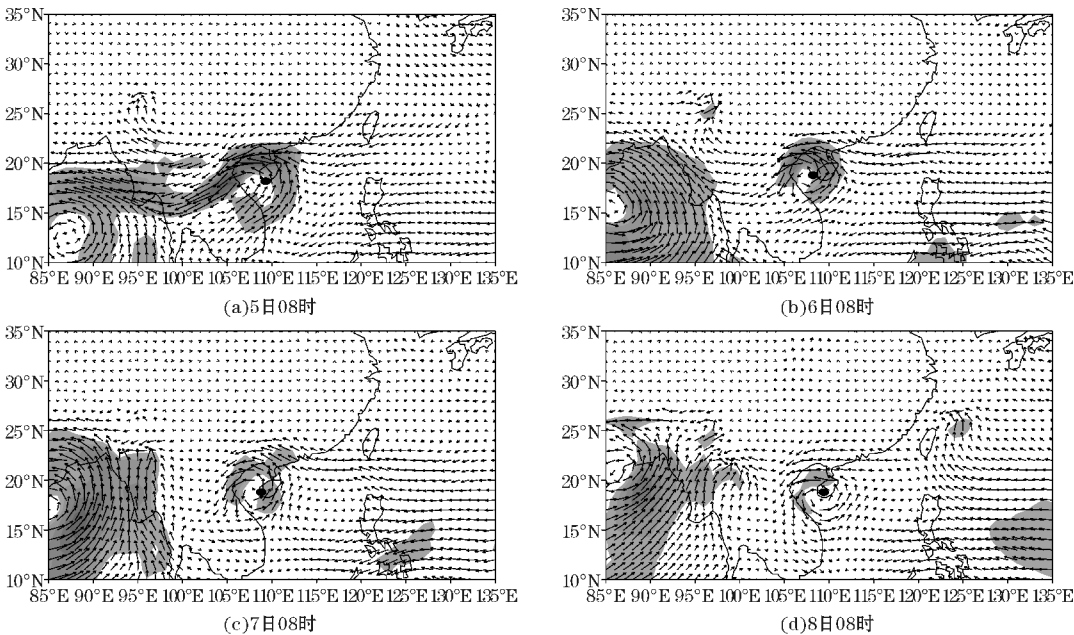
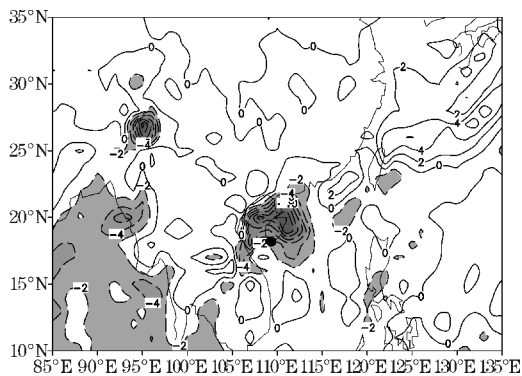
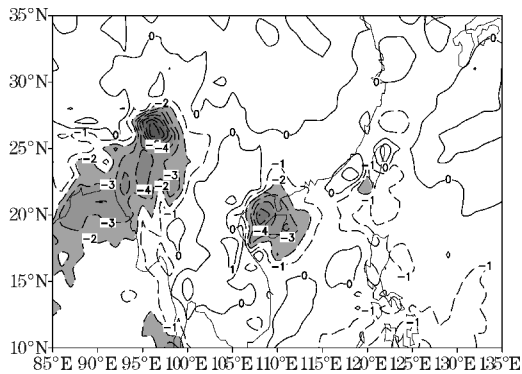


图4 10月5日08时至8日08时850 hPa水汽通量



(a) 5日08时



(b) 4日20时~9日08时

图5 水汽通量散度

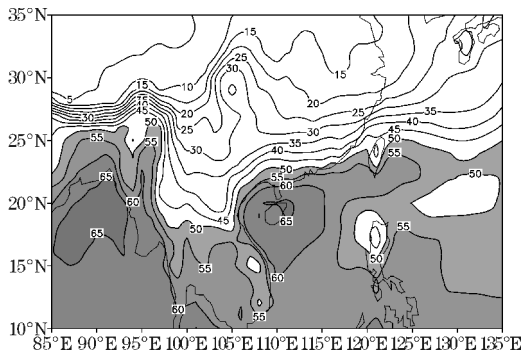
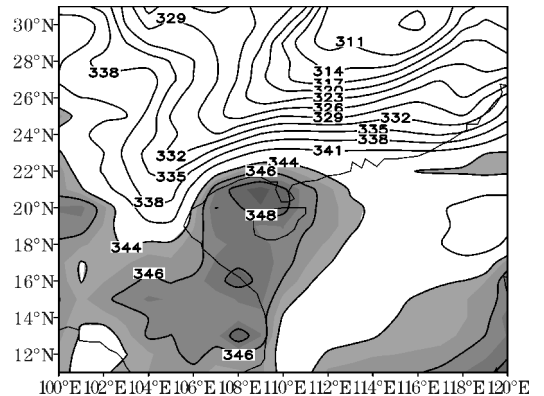
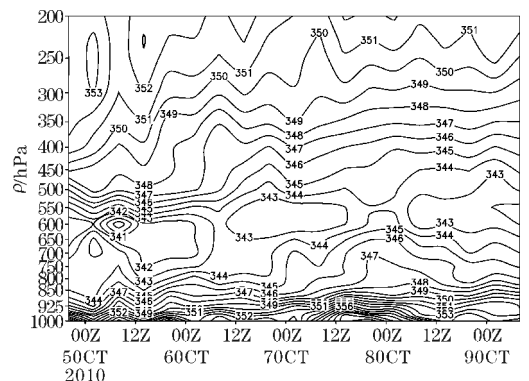


图6 4日20时至9日08时时间平均大气可降水量(单位:mm)

热带低压影响海南省东部暴雨期间,对流层低层和高层均有强的不稳定能量,根据对流性稳定度判定($\frac{\partial \theta_{se}}{\partial z} < 0$ 时,大气对流性不稳定),在对流层中层的600 hPa以下,大气均处于对流不稳定之中,对流层中层干冷,低层暖湿,海南省东部暴雨区集聚了充足的不稳定能量,为暴雨的发生发展维持提供有力条件;同时 θ_{se} 在对流层中层的低值中心值有所增大,且高度有所上升(6日往后更为明显),反映低层湿层增厚且有抬升运动,强对流减弱。



(a) 4日20时至9日08时850 hPa的平均 θ_{se} 水平分布



(b) 海南省东部区域平均 θ_{se} 垂直分布

图7 平均 θ_{se} 分布

4 动力条件分析

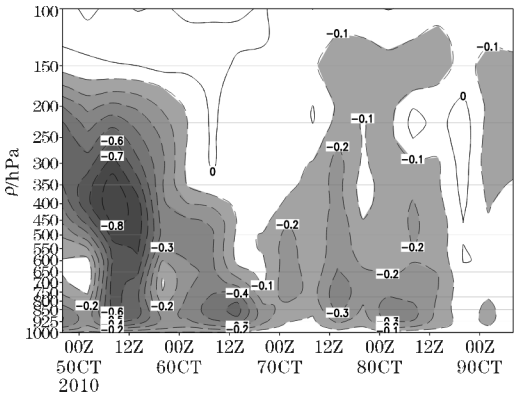
假相当位温 θ_{se} 水平分布反映大气中能量分布,垂直分布反映大气对流性稳定度。由4日20时至9日08时850 hPa的平均假相当位温水平分布可以看到(图7a),海南省低层有较高的不稳定能量, θ_{se} 的值超过了346 K,一般情况下 θ_{se} 值超过320 K,大气就处于非常强的对流不稳定;由于5~9日强降水主要集中在海南省东部,非常有必要有针对性地对东部的强降水进行更为深入的探讨研究,从海南省东部假相当位温垂直分布时间变化可以看到(图7b), θ_{se} 值由近地面层到对流层高层200 hPa呈现先减小后增大的趋势,低值中心大约位于对流层中层的600 hPa高度附近,说明在

潘婧茹等^[19]的研究表明,垂直运动不仅可以促使水汽在水平方向聚、散,同时也可将低层的水汽输送到高层,凝结释放潜热,有利于降水的发生,垂直运动直接决定强降水的强度和持续时间。由4日20时至9日08时海南省东部垂直速度垂直分布分析可知(图8a),在整个热带低压影响阶段,对流层均有明显的上升运动,尤其5日02时~18时上升运动非常强烈,上升运动高达200 hPa以上,对流层中层400 hPa高度附近最大速度均达到了 $-0.8 \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$,上升运动突破了600 hPa以上的对流稳定层,把低层的暖湿空气输送到高层,激发大量不稳定能量的释放,从而造成了5日海南省东部的特大暴雨(图2b),5日20时之后上升运动强度迅速减弱,上升高度明显降低,7日12时至8日12上升运动又增强,

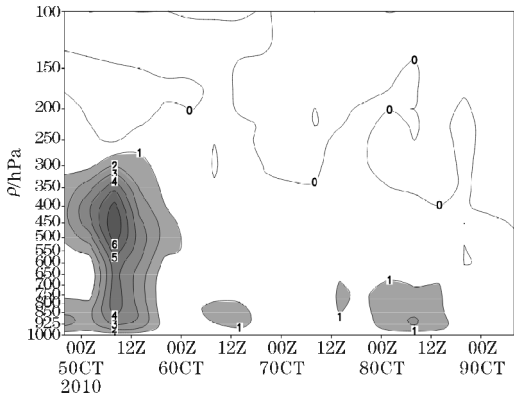
主要表现的上升高度上,而上升运动强度仍较弱,在对流层低层(850 hPa)出现负的垂直速度中心,位于 8 日前后,中心数值仅为 $-0.3\text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

螺旋度是表针流体旋转与沿旋转方向运动特性的物理量,螺旋度的大小,反映了旋转与沿旋转轴方向运动的强弱程度。周泓等^[20]的研究表明,水汽螺旋度随时间变化的两个影响因子“螺旋度通量散度”和“湿螺旋度散度”对强降水的落区和强度有很好的指示作用;潘婧茹等^[19]表示,高低空急流耦合作用和强垂直螺旋度柱是“海葵”台风影响江苏的两段大暴雨过程的动力抬升机制。由 4 日 20 时至 9 日 08 时海南省东部垂直螺旋度垂直分布分析可知(图 8b),垂直螺旋度的高值区与垂直速度上升运动中心位置一致,5 日 02–18 时在 300 hPa 以下形成了深厚的螺旋度柱,500~400 hPa 为强的正螺旋度中心,中心值达到 $6\times 10^{-5}\text{ Pa}\cdot\text{s}^{-2}$,反映出此时热带低压系统较为深厚,海南省不稳定能量持续积聚,处于高温高湿条件下,由于深厚的热带低压登陆影响,产生强烈的辐合上升运动,加之高空急流的辐散作用,使得低层高温高湿气流持续向高层输送,形成特大暴雨;6 日之后在 8 日 00 时至 12 时之间对流层低层(700 hPa 以下)附近也存在一个个弱的正螺旋度中心。

分析可以发现,虽然在 8 日垂直上升运动和垂直螺旋度均较 5 日的特大暴雨时期明显减弱,但从假相当位温垂直分布分析可知,大气仍处于高温高湿和强烈的对流不稳定条件之下, θ_{se} 850 hPa 在 349 K 左右,且 θ_{se} 850~ θ_{se} 600 hPa 超过了 6 K,同时图 3 反映出随着热带低压西侧的反气旋发展,孟加拉湾的西南气流不断携带水汽向海南省附近输送,一方面与热带低压携带的水汽叠加,另一方面阻碍热带低压东北侧由于气旋旋转作用导致的水汽向西北方向流失,并且 5 日 08 时至 8 日 08 时 200 hPa 高空急流呈逐渐向南入侵,高层冷空气向低层传输注入暖湿气流之中,从而造成了 8 日海南省东北部(文昌市附近)的特大暴雨。



(a) 垂直速度



(b) 垂直螺旋度

图 8 4 日 20 时至 9 日 08 时海南东部垂直速度和垂直螺旋度垂直分布

5 结论和讨论

利用台风的路径信息资料、海南省 18 个国家气象站降水资料和 ECMWF 的 ERA-interim 资料,首先分析了热带低压移动登陆对海南省强降水的影响情况,其次通过环流背景、水汽条件和动力条件对热带低压引发海南省特大暴雨过程的影响机理进行了系统的诊断分析。得到以下主要结论:

(1) 受热带低压移动登陆影响,2010 年 10 月 5–9 日海南省出现了连续的强降水过程,过程累计降水由西向东呈现明显增多趋势,全省几乎均在 200 mm 以上,在东部的文昌市和琼海市超过了 1000 mm 以上。其中,5 日、6 日海南省东部和 8 日海南省东北部均出现了 250 mm 以上的特大暴雨。

(2) 5 日 08 时在热带低压西北侧存在一个明显的反气旋环流,6 日 08 时随着孟加拉湾及其北部气流方向的转变,该反气旋西侧形成了强大的高压坝形势,反气旋增强发展东移阻碍了热带低压向西北方向移动从而发生偏转,高压坝的存在给热带低压东移横穿海南省提供了动力条件。

(3) 由于热带低压登陆后横穿整个海南省,低压东侧的偏南气流持续将南海水汽卷入海南省,海南省处于热带低压的东北侧,低压倒槽形势使得低层水汽辐合,垂直速度和垂直螺旋度均显示在 5 日 02 时至 18 时有强烈的辐合上升运动,加之 200 hPa 高空急流的辐散作用,为低层高温高湿气流持续向高层输送提供动力条件。大气可降水量和水汽通量散度也说明了海南省上空有大量水汽辐合。

(4) 此次连续强降水过程,海南省有较高的不稳定能量条件, θ_{se} 值由近地面层到对流层高层 200 hPa 呈现先减小后增大的趋势,低值中心大约位于对流层中

层的600 hPa高度附近,说明在对流层中层的600 hPa以下,大气均处于对流不稳定之中,对流层中层干冷,低层暖湿,暴雨区集聚了充足的不稳定能量,为暴雨的发生发展维持提供有力条件。5日海南省东部的特大暴雨期间,强烈上升运动突破了600 hPa以上的对流稳定层,激发大量不稳定能量的释放。

(5)8日垂直上升运动和垂直螺旋度均较5日的特大暴雨时期明显减弱,但从假相当位温垂直分布分析可知,大气仍处于高温高湿和强烈的对流不稳定条件之下,同时随着热带低压西侧的反气旋发展,孟加拉湾的西南气流不断携带水汽向海南省附近输送,一方面与热带低压携带的水汽叠加,另一方面阻碍热带低压东北侧由于气旋旋转作用导致的水汽向西北方向流失,并且5日08时至8日08时200 hPa高空急流逐渐向南入侵,高层冷空气向低层传输注入低层暖湿气流之中,从而造成了8日海南省东北部的特大暴雨。

针对2010年秋季一次热带低压引发海南特大暴雨过程进行系统深入分析,揭示了此次热带低压路径偏转原因,以及从影响机制方面讨论了形成持续性暴雨的环流系统、水汽条件及动力条件,对海南省暴雨的预报能够提供较好的指示作用,由于篇幅有限,关于此次热带低压数值模拟方面工作将在以后进行汇报讨论。

致谢:感谢成都信息工程学院科研基金项目(KYTZ01504、J201519)对本文的资助

参考文献:

- [1] 杨仁勇, 闵锦忠, 冯文. 海南地形对南海西行台风降水影响的数值试验[J]. 热带气象学报, 2013, 29((3)): 474-480.
- [2] 吴胜安, 郭冬艳, 杨金虎. 海南热带气旋降水的气候特征[J]. 气象科学, 2007, 27(3): 307-311.
- [3] 段丽, 陈联寿. 热带风暴“菲特”(0114)特大暴雨的诊断研究[J]. 大气科学, 2005, 29(3): 343-353.
- [4] 蔡夏影, 吴坤悌, 杜建华, 等. 0810海南特大暴雨的云结构及成因分析[J]. 气象研究与应用, 2010, 31(2): 18-21.
- [5] 徐红, 程攀, 王瑞丽. 台风“海燕”过境海南岛数值模拟及暴雨成因诊断[J]. 干旱气象, 2016, 34(3): 503-521.
- [6] 杨仁勇, 闵锦忠, 郑艳. 强台风“纳沙”引发的特大暴雨过程数值试验[J]. 高原气象, 2014, 33(3): 753-761.
- [7] 赵付竹, 王凡, 郑艳. “纳沙”、“尼格”强度和结构差异对海南暴雨分布的影响[J]. 广东气象, 2013, 35((2)): 14-20.
- [8] 许向春, 郑艳, 刘丽君. 登陆海南台风季风特征的对比分析[J]. 广西气象, 2004, 25(3): 14-17.
- [9] 刘少军, 张京红, 何政伟, 等. 地形因子对海南台风降水分布影响的估算[J]. 自然灾害学报, 2011, 20(2): 196-199.
- [10] 吴春娃, 赵付竹, 王凡. 2002年海南一次非热带气旋暴雨成因分析[J]. 陕西气象, 2011(2): 1-4.
- [11] 周海霞, 冯文, 陈少健, 等. 2010年10月海南一次持续性暴雨的特点和成因分析[J]. 热带农业科学, 2011, 31(9): 40-47.
- [12] 张蓝蓝. 海南岛5月暴雨的异常与马来半岛的夏季风[J]. 中山大学学报, 1993(1): 67-74.
- [13] 张春花. 海南岛中低纬冷暖系统相互作用下的非台暴雨分析[J]. 广西气象, 2003, 24(4): 19-21.
- [14] 简茂球, 张春花. 准双周振荡对2010年10月海南持续性暴雨的影响[J]. 热带气象学报, 2013, 29(3): 364-373.
- [15] 邢彩盈, 柯宗建, 吴胜安, 等. 海南秋季暴雨日数异常的环流特征及预测模型构建[J]. 暴雨灾害, 2016, 35(3): 203-209.
- [16] 冯文, 周玲丽, 肖潺, 等. 海南岛秋汛期降水的时空分布特点及其环流特征分析[J]. 热带气象学报, 2016, 32(4): 533-545.
- [17] 李勇, 陆日宇, 何金海. 海南岛秋季降水异常对应的热带大尺度环流和海温[J]. 大气科学, 2006, 30(5): 1034-1042.
- [18] 刘舸, 张庆云, 孙淑. 2016年夏季西太平洋热带气旋活动的初步研究[J]. 气候与环境研究, 2007, 12(6): 738-750.
- [19] 潘婧茹, 张雪蓉, 马明明, 等. 2012年“海葵”台风影响江苏的两段大暴雨特征分析[J]. 气象科学, 2016, 36(1): 102-111.
- [20] 周泓, 金少华, 尤红. 台风“灿都”造成云南强降水过程的水汽螺旋度诊断分析[J]. 气象科学, 2012, 32(3): 339-346.

Characteristics Analysis on Super Rainstorm Caused by Tropical Depression in Hainan Province during the Autumn of 2010

CAO Yong-xing¹, CAI Hong-ke², XUE Zhi-hang¹

(1. State Grid Sichuan Electric Power Research Institute, Chengdu 610041, China; 2. Plateau Atmosphere and Environment Key Laboratory of Sichuan Province, School of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: In order to deeply analyze the characteristics of a super rainstorm process triggered by the tropical depression system in Hainan Province during the autumn of 2010, based on the typhoon information, precipitation data of Hainan province and ECMWF data of ERA-interim, the influence mechanism of the super rainstorm process was systematically analyzed, such as the dynamic and thermal diagnosis methods. The results show that, from October 5th to 9th in 2010, Hainan province experienced a continuous heavy rainfall process. There were super rainstorms that the precipitation was more than 250 mm in October 5th and 6th in the eastern of Hainan and on October 8th in the northeast of Hainan. During the continuous heavy rainfall process, the south side of the tropical depression continued to the South China Sea water vapor involved in Hainan province. A large number of unstable energy accumulated in the lower troposphere, the atmosphere below 600 hPa is under strong convective instability. The middle troposphere dry, low layer warm and wet, and the upper jet divergence effect, that provides a powerful dynamic condition for the development and maintenance of rainstorm. On October 5th, the strong upward movement broke through more than 600 hPa convective stable layer, stimulated the release of a large number of unstable energy, forming heavy rain. After October 6th, both water vapor transport and ascending motion weakened, and rainstorm intensity weakened. Since October 8th on the west side of the tropical depression anti cyclone development, and in cooperation with the upper jet gradually to the south of invasion, the high-level cold air to the low layer transmission layer of warm air in low injection, that is the main reason for the formation of torrential rain in Northeast of Hainan province on October 8th. The anticyclone on the west side of the tropical depression enhanced and moved eastward, hindered the tropical depression to move northwest and then turned to move to the east. The existence of the high pressure dam on the west side of the anticyclone provided dynamic conditions to the tropical depression eastward across in Hainan province.

Keywords: climatology; climate change; Hainan province; rainstorm; tropical depression