

文章编号:1673-8411 (2018) 02-0014-06

2017年广西一次特大暴雨天气过程环境条件演变特征分析

黄远盼¹, 廖铭燕¹, 陈华忠²

(1.贺州市气象局, 广西 贺州 5428002; 2.玉环市气象局, 浙江 玉环 317600)

摘要:利用常规观测资料及自动站降雨观测资料,对2017年7月1日至2日出现在广西的区域性特大暴雨天气过程的环境条件演变特征进行分析,结果表明:西太平洋副热带高压和高层南压高压稳定维持为本次强降雨过程提供了稳定的环流背景,南压高压东北部辐散气流和高空急流为暴雨提供了良好的高空辐散条件,高空槽、西南风急流、低空切变线是本次降雨过程的低层辐合上升条件;边界层辐合作用对中尺度暴雨云团具有重要的触发作用,强降雨云团主要是在辐合线附近发展起来的;强烈的中低层水汽辐合上升,深厚的不稳定层结,为本次暴雨天气提供了良好的水汽和能量条件。

关键词:特大暴雨;环流背景;边界层触发;环境条件演变

中图分类号:P458.1*21.1

文献标识码:A

Analysis on evolution characteristics of environmental conditions during a severe rainstorm in Guangxi in 2017

Huang Yuanpan¹, Liao Mingyan¹, Chen Huazhong²

(1.Hezhou Meteorological Bureau, Hezhou Guangxi 5428002;

2. Yuhuan Meteorological Bureau, Yuhuan Zhejiang 317600)

Abstract: By using conventional observation data and automatic station rainfall observation data, the evolution characteristics of environmental conditions of the regional heavy rainstorm weather process in Guangxi in from July 1 to 2, 2017 were analyzed. The results showed that the maintaining Western Pacific Subtropical High and South Asia High provided a stable circulation background for the heavy rainfall process; the divergent airflow and high jet stream in the northeast of the South Asia High provided good divergence conditions for the rainstorm; the upper level trough, the southwest jet stream, and the low altitude shear line were the low-level convergence ascending conditions of the rainfall process. The convergence of the boundary layer had an important triggering effect on the mesoscale storm cloud and the strong rainfall cloud mainly developed near the convergence line. Thus, the strong water vapor convergence of the middle and low layer and the thick unstable stratification provided favorable water vapor and energy conditions for this rainstorm weather.

Keywords: torrential rain; circulation background; boundary layer triggering; evolution of environmental conditions

1 引言

广西是暴雨灾害多发地区,每年都有暴雨天气过程造成江河水位上涨、山洪暴发、山体滑坡坍塌等次生灾害,对人民群众的生命财产、社会经济生产及生态环境保护造成严重影响。广西地处华南沿海地

区,是南海水汽向我国东部地区输送的重要通道,受南亚夏季风加强的影响,广西暴雨天气主要出现在汛期(4-9月份),其中特大暴雨天气过程出现的高峰月份为6、7月份,峰值出现在7月^[1]。2017年7月1日至2日广西出现一次严重致灾特大暴雨天气过程,50%的县(区)出现暴雨到特大暴雨,暴雨以上强

收稿日期:2018-01-16

基金项目:贺州市科技局项目(贺科攻1707038)。

作者简介:黄远盼(1985-),广西宾阳人,工程师,主要从事天气预报预警服务及管理工作。

降雨站数为 1971 年以来同期最多。林市永福县罗锦镇 13 小时雨量达 610mm, 突破了 1951 年广西有气象记录以来的最大降雨极值。

关于特大暴雨天气过程国内气象工作者做了较多的研究。湛芸^[2]等对 2012 年 7 月 21 日大暴雨过程进行全面分析发现, 高层辐散、中低层低涡切变和地面辐合线的高低空系统耦合是本次极端降水过程的背景, 来自副热带地区暖湿空气的持续输送, 加上干空气的侵入, 激发多个中小尺度对流组织发展, 产生大暴雨天气。湛伟^[3]等利用 GFS 在分析资料对鄂东北一次特大暴雨过程中的两个中尺度对流系统进行分析发现, 梅雨锋切变的作用及夜间低空急流的发展是中尺度对流系统建立的有力条件, 深厚的“冷池”会触发更加强烈的中尺度对流。刘国忠^[4]等分析了广西一次极端特大暴雨天气过程发现, 南亚高压及西南季风活跃是环流背景, 中低层辐合触发强的不稳定能量爆发。此外, 还有大量气象科技人员对广西特大暴雨天气过程进行分析, 获得了许多重要的研究成果^[5-15]。利用常规观测资料及自动站降雨观测资料, 分析 2017 年 7 月 1 日至 2 日广西出现的一次特大暴雨天气过程的环境条件演变特征, 寻找

本次极端性降水的预报着眼点, 为今后做好强降雨雨预报提供参考。

2 降雨概况

2017 年 7 月 1 日到 2 日, 广西出现了一次大范围的暴雨天气过程, 50% 的县(区) 出现暴雨到特大暴雨, 暴雨以上强降雨站数为 1971 年以来同期最多, 降雨分布如图 1 所示, 根据全区 90 个基本气象站监测显示, 7 月 1 日 08 时至 3 日 08 时, 有 2 站降雨量超过 250mm, 最大为桂林市永福县 315.9mm, 有 19 站降雨量超过 100mm, 31 站降雨量超过 50mm。同时还有 4 个乡镇过程雨量超过 600mm, 其中桂林市永福县罗锦镇 13 小时雨量达 610mm (图 2), 突破了 1951 年广西有气象记录以来的最大降雨极值。本次区域性特大暴雨天气过程与 6 月下旬广西强降雨天气过程落区重叠, 造成桂林、柳州、河池、贺州等地江河水位上涨, 桂北江河全面超警, 湘江支流万乡河出现建站以来最大洪水, 超 50 年一遇; 湘江、古宜河均出现建站以来第二大洪水, 超 20 年一遇。暴雨天气造成了严重的洪涝灾害及地质灾害, 直接经济损失超 3 亿元, 社会影响严重。

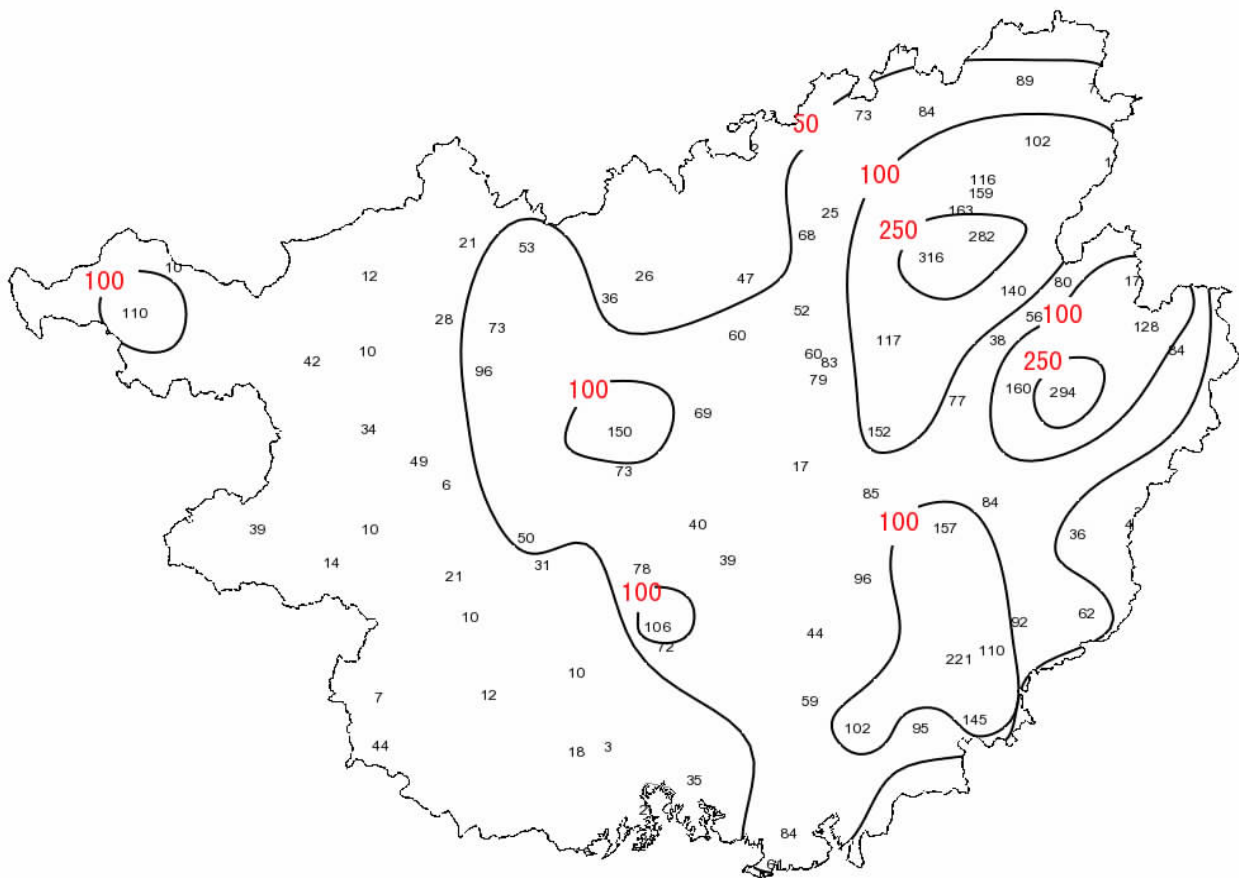


图 1 2017 年 7 月 1 日 08 时至 7 月 3 日 08 时基本气象站累计降雨分布图

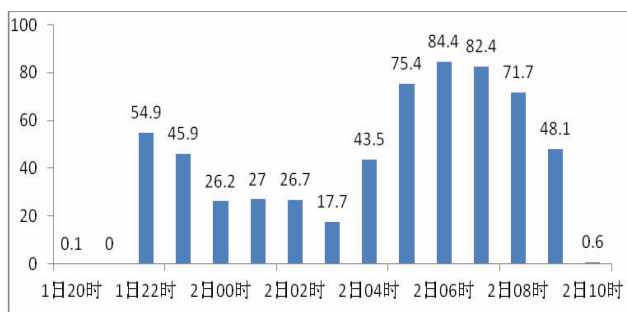


图2 2017年7月1日20时至7月2日10时桂林市永福县罗锦镇逐小时雨量(单位:mm)

3 环流背景分析演变特征分析

产生暴雨天气的直接系统是中小尺度系统,然而大尺度系统却是暴雨天气出现的基本条件,它提供了形成暴雨所需要的水汽、不稳定能量等基本条件,同时还制约了中小尺度系统的活动^[16]。

2017年6月30日20时,500hPa为两槽一脊的环流形势(图3),乌拉尔山和我国东北地区为低槽控制,贝加尔湖地区为高压脊控制,7月1-2日乌拉尔山低槽向东移动速度比东部低槽和高压脊移动速度快,造成高压脊前西北气流逐渐转为偏北气流,引导北方冷空气渗透南下影响广西。500hPa中低纬

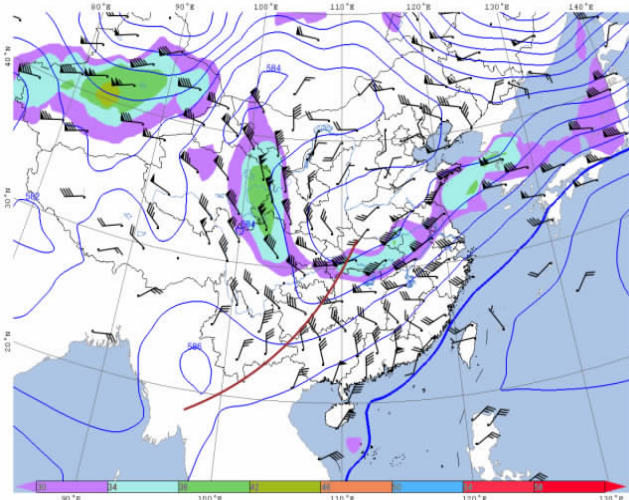


图3 2017年6月30日20时500hPa高度场和200hPa风场

7月2日08时,受副热带高压稳定维持的影响,高空槽东移缓慢,中低层切变线南移到桂中,切变线南侧西南风急流稳定维持,强辐合区位于广西中东部地区,造成强降雨落区南移。7月2日20时,500hPa副高开始减弱,高空槽东移,广西高层转为槽后偏北气流影响,700-850hPa低空切变线快速北抬,西南风急流减弱,风速下降到 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以下,广

地区西太平洋副热带高压(以下简称副高)呈东北西南走向,高原东部高空槽东移,呈东北西南走向从湖北西部向云南东南部伸展,25°N槽线在105°E附近,高空槽前和副高西北部的西南气流共同作用,为广西上空输送充沛的水汽和不稳定能量,并造成辐合上升运动。200hPa高空南压高压主体位于青藏高原上空,广西处于南压高压东北部高空西风辐散区,同时在湖南北部到朝鲜半岛之间有一支高空西风急流建立,广西处于急流入口去右侧辐散区。7月1-2日200hPa南压高压和高空急流位置稳定维持,为暴雨的产生提供了良好的高空辐散条件。

7月1日08时,500hPa高空槽向东移动缓慢,槽线逐渐转为南北向,中低层700-850hPa西南气流加大,低空西南风急流建立;850hPa低空切变线逐渐南下,桂西北地区受西段切变线和西南急流共同影响,出现了明显强降雨天气;7月1日20时(图4),高空槽位置稳定位置,槽前西南急流加强,700-850hPa西南风急流风速加大,急流范围也进一步加强,梧州站850hPa风速达到了 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,850hPa切变线进一步南下,位于广西北部附近,低空切变线、低空急流在广西东北部产生了强烈辐合上升运动,造成了1日夜间桂东北地区的极端性特大暴雨天气。

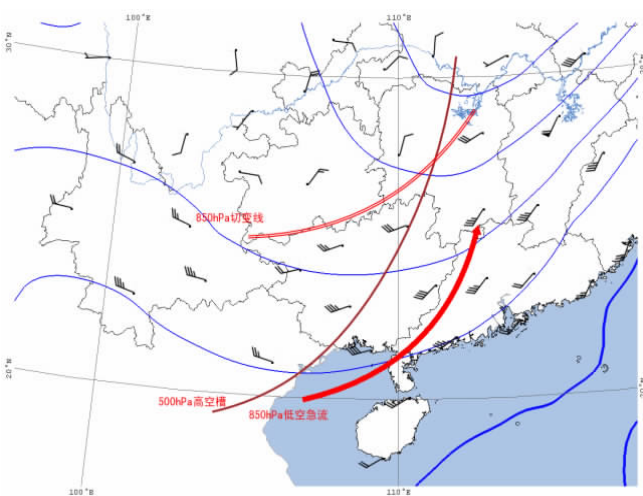


图4 2017年7月1日20时500hPa高度场和850hPa风场

西上空的降雨云团也逐渐减弱。

500hPa副高、200hPa南亚高压维持为本次大范围暴雨天气提供了稳定的大气环流背景,南压高压东北部辐散气流和高空急流为暴雨提供了良好的高空辐散条件。高空槽受副高阻挡东移缓慢,中低层西南风急流建立,切变线逐渐南下,强盛的西南风辐合为本次暴雨天气过程的低空动力上升条件。高空辐

散和低空强烈的辐合作用相互配合, 形成了相互促进的动力垂直环流系统。

4 边界层触发条件分析

中尺度系统的触发机制通常是边界层辐合系统, 在边界层辐合线附近的辐合上升运动通常容易诱发较强的中尺度对流性降水^[17-18]。在本次区域性的特大暴雨过程中, 7月2日5-8时永福县罗锦镇连续4小时逐小时雨强超过70mm, 说明本次过程对流特别明显。以下从925hPa和地面风场分析本次强降雨过程的对流触发条件演变特征。

7月1日08时, 925hPa超低空切变线南下, 切变线位于桂北地区。广西上空偏南风明显加大, 从6

月30日的 $6-8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 加大到 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 超低空急流建立, 不仅为边界层送了充足的水汽, 同时在桂北形成了强烈的中尺度辐合; 地面在桂北地区有静止锋稳定维持, 在桂林、柳州河池北部地区有渗透南下的冷空气与东南气流交汇, 形成地面辐合线, 触发了1日白天桂北地区的中尺度降雨云团。7月1日20时地面辐合线南下断裂成东西两端, 东段位于桂林市中南部(图5), 925hPa切线进一步南下, 切变线南侧的风速减弱到 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 并在桂东北地区形成强烈的风向风速辐合(图6), 1月23时开始在辐合线附近有强烈的对流云团发展, 造成1日夜間到2日桂东北地区的特大暴雨天气。



图5 2017年7月1日20时地面风场



图6 2017年7月1日20时925hPa风场

7月2日08时, 925hPa超低空急流再度建立, 在桂东形成了强烈的风向风速辐合, 地面辐合线南下到桂中, 2日白天在辐合线附近触发了强烈的中尺度降雨云团, 同时由于925hPa急流辐合作用维持到2日夜間, 造成2日白天到夜间桂中到桂东地区的大面积强降雨天气。

综合以上分析可以知道, 925hPa超低空急流为边界层输送了充沛的水汽, 同时强降雨云团主要是在925hPa风向风速的辐合区和地面辐合线附近发展起来的, 说明边界层的辐合作用对中尺度暴雨云团的触发具有重要作用。

5 水汽条件演变特征分析

水汽是成云致雨的重要条件, 而充足的水汽供应是暴雨出现的三个基本条件之一。分析本次特大暴雨天气过程的比湿条件可以发现, 7月1日到2日, 广西上空925hPa比湿均大于 $18\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上,

850hPa比湿均维持在 $15\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上, 700hPa比湿在 $11\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上, 其中在特大暴雨出现前的1日20时, 桂东北850hPa出现了大于 $16\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的水汽大值中心, 与强降雨中心相对应。分析水汽通量场可以发现, 从南海经广西东北部到江西省西部有水汽通量大值区, 其中桂东北上空850hPa水汽通量在 $16\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}$ 以上, 说明在暴雨出现前低层水汽通道建立, 从南海向暴雨区输送充足的水汽; 1日08时, 广西上空水汽通量值明显增大, 在桂林市南部的永福县850hPa出现 $24\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}$ 的水汽通量大值中心(如图7所示), 说明随着中低层急流的建立, 水汽输送获得明显加强, 不但补充了降雨损失的水汽, 还为1日夜間出现的特大暴雨存储了大量水汽; 随着降雨的持续, 切变线的南下, 水汽通量大值区逐渐向东移动, 到了2日08时移到了广东省上空, 说明2日白天开始水汽输送条件逐渐减弱, 降雨在2日夜間停止。从850hPa水汽通量散度场可以发现, 6

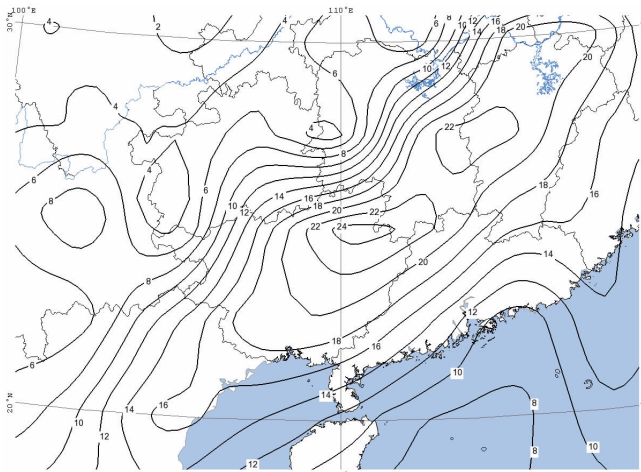


图7 2017年7月1日08时850hPa水汽通量场

月30日20时广西上空中低层700–925hPa除了桂北地区有弱的水汽辐合外,大部分地区为水汽辐散区;7月1日08时,广西中部到北部地区700–925hPa转为水汽通量散度负大值区,对应了强降雨天气的开始,最强水汽辐合出现在850hPa,水汽通量散度大值中心达到了 $-35\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}$ 以上(图8),1日20时,广西上空中低层水汽通量散度场持续为辐合区,在桂林市永福县境内出现了 $-20\text{g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}$ 以上的大值中心,与强降雨中心位置向对应。2日08时,广西上空中低层水汽辐合大值区向南下,大值中心位于广西中部到东部地区,与2日白天的强降雨落区向对应。

综合以上分析可以发现,在整个强降雨过程中,广西上空水汽主要来自南海水汽的输送,西南低空急流带来充足的水汽。本次强降雨中低层水汽辐合强烈,水汽通量散度场大值中心与强降雨实况雨量中心位置非常吻合。

6 热力条件演变特征分析

通过常探空资料和常规观测资料,分析本次过程强降雨过程的热力环境条件演变特征。表一是桂林探空站暖云厚度、CAPE值和K指数的演变结果。暖云厚度是用抬升凝结高度到0℃层高度之间的厚度来估算,暖云厚度越高越有利于高降水效率的出现。从表一我们可以发现,1日08–20时桂林上空暖云厚度均维持在4400米以上,其中在特大暴雨出现前的1日20时,暖云厚度达到了4848米,其中抬升凝结高度只有982米,对流有效位能CAPE值突增到1343.8J/kg,K指数也突然增加到36℃;2日08时,桂林市特大暴雨趋于结束时,CAPE值急剧减小

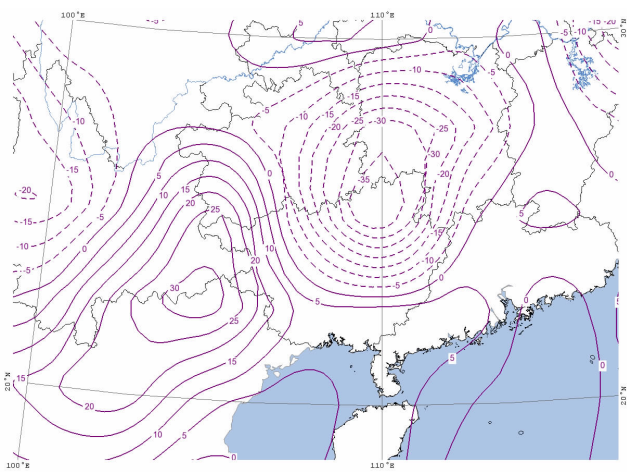


图8 2017年7月1日08时850hPa水汽通量散度场

到75.2J/kg,暖云厚度减小到1742.9米,抬升凝结高度上升到3500米,说明不稳定能量得到释放之后,暖云厚度变小,但是K指数还维持在38℃,说明广西上空还处于大气层结不稳定状态,2日白天强降雨天气持续。

表1 2017年7月1日至7月2日桂林探空站暖云厚度、K指数、CAPE值演变

	暖云厚度 (m)	K指数(℃)	CAPE值 (J/kg)
1日08时	4428.8	29	620.3
1日20时	4848	36	1343.8
2日08时	1742.9	38	75.2
2日20时	4418.5	36	351.3

沿着110°E作广西上空南北向的垂直剖面图可以发现,在1日08时随着高度增加有向北倾斜的 θ_{se} 大值区,并在500hPa附近出现能量锋,850hPa与500hPa假相当位温差($\theta_{se850-500}$)大于零,而925hPa与700hPa假相当位温差($\theta_{se925-700}$)小于零,说明暴雨刚开始时大气热力不稳定层结主要位于低层;1日20时北部假相当位温整体有明显上升的过程,从850hPa假相当位温从71℃上升到81℃,而850hPa与500hPa假相当位温差($\theta_{se850-500}$)为6℃,说明不稳定能量增强,下层暖湿、上层干冷的不稳定层结厚度增大;2日08时,广西上空假相当维持有所下降,但是850hPa假相当位温还是维持在80℃左右,中东部50hPa与500hPa假相当位温差($\theta_{se850-500}$)为5℃,不稳定层结继续维持。2日20时,850hPa与500hPa假相当位温差($\theta_{se850-500}$)为3℃,不稳定层结厚度明显减弱,降雨趋于结束。

综合以上分析可以发现,大气热力不稳定环境

条件在强降雨出现之前有明显的增强, 对流有效位能急剧增大, 抬升凝结高度明显下降。在热力不稳定能量获得释放之后, 热力不稳定环境条件又逐渐趋于稳定状态。

7 小结

(1) 本次强降雨过程的环流背景是 500hPa 副高、高层南压高压稳定维持, 南压高压东北部辐散气流和高空急流为暴雨提供了良好的高空辐散条件。高空槽受副高阻挡东移缓慢, 中低层西南风急流建立, 切变线逐渐南下, 强盛的西南风辐合为本次暴雨天气过程的低空动力上升条件。高空辐散和低空强烈的辐合作用相互配合, 形成了相互促进的动力垂直环流系统。

(2) 边界层辐合作用对中尺度暴雨云团具有重要的触发作用, 同时 925hPa 超低空急流为边界层输送了充沛的水汽, 强降雨云团主要是在 925hPa 风向风速的辐合区和地面辐合线附近发展起来的。

(3) 本次强降雨过程的水汽主要来自中低空西南风急流把南海水汽向广西上空输送, 并在低层产生强烈的水汽辐合上升, 产生暴雨天气。水汽通量散度场大值中心与强降雨实况雨量中心位置非常吻合, 说明中低层特别是 850hPa 水汽通量散度大值中心对预报强降雨落区具有非常好的指示意义。

(4) 对流有效位能、K 指数及假相当位温等大气热力环境条件在强降雨出现前有突然增加的过程, 在热力不稳定能量释放之后又有下降的过程。850hPa 与 500hPa 假相当位温差能够较好的指示大气不稳定层结的厚度, 强降雨天气的出现要求低层到高层为深厚的不稳定层结。

参考文献:

- [1] 黄明策. 广西暴雨时空分布特征[J]. 广西气象, 2006, 27(3): 9-13.
- [2] 湛芸, 孙军, 徐珺, 等. 北京 721 特大暴雨极端性分析及

思考(一)观测分析及思考[J]. 气象, 2012, 38(10): 1255-1266.

- [3] 湛伟, 岳阳, 刘佩廷, 等. 鄂东北一次特大暴雨过程的两个中尺度对流系统分析[J]. 暴雨灾害, 2017, 36(4): 357-364.
- [4] 刘国忠, 韦春霞, 班荣贵, 等. 广西区域极端特大暴雨成因个例分析[J]. 气象科技, 2013, 41(5): 895-905.
- [5] 黄增俊, 黄芳, 黎惠金, 等. 广西一次强降雨 TBB 场特征分析[J]. 气象科技, 2013, 41(5): 906-914.
- [6] 卢小丹, 王黎娟, 刘国忠, 等. 两个不同季节台风引发广西特大暴雨的水汽和螺旋度对比分析[J]. 热带气象学报, 2017, 33(3): 375-385.
- [7] 李昀英, 曹芳, 孙莹, 等. 广西特大暴雨过程中两类中尺度系统的模式预报能力研究[J]. 热带气象学报, 2013, 29(1): 161-168.
- [8] 陈涛, 张芳华, 端义宏, 等. 广西“6.12”特大暴雨中西南涡与中尺度对流系统发展的相互关系研究[J]. 气象学报, 2011, 69(3): 472-485.
- [9] 刘国忠, 赖珍权, 钟祥平, 等. “15.7”广西超长持续性暴雨过程多尺度特征分析[J]. 热带气象学报, 2017, 33(3): 357-367.
- [10] 支树林, 包慧濛, 张弛. 一次夜间发展起来的大暴雨的中尺度对流条件及特征分析[J]. 暴雨灾害, 2017, 36(1): 42-52.
- [11] 段玮, 肖子牛, 周泓. 一次典型川滇切变线暴雨过程的诊断分析[J]. 暴雨灾害, 2017, 36(3): 200-206.
- [12] 杨群, 陈关清, 茅海祥, 等. 2014 年 7 月贵州铜仁一次持续性暴雨过程物理机制分析[J]. 暴雨灾害, 2016, 35(3): 261-270.
- [13] 刘晓梅, 陈见, 高安宁, 等. 2013 年 7 月广西一次罕见季风槽暴雨分析[J]. 气象研究与应用, 2015, 36(2): 54-58.
- [14] 李婷, 梁玉春, 李新华, 等. 1319 号台风“天兔”造成广西特大暴雨成因分析[J]. 气象研究与应用, 2015, 36(S12): 49-50.
- [15] 李菁, 黄明策, 姚才, 等. 引起广西西风系统特大暴雨的低空急流分析[J]. 广西气象, 2005, 26(1): 1-4.
- [16] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理与方法[M], 北京: 气象出版社, 2000: 380-382.