

黄思先,王保,翟红楠.2019年5月湖北东部一次大暴雨过程诊断分析[J].沙漠与绿洲气象,2021,15(3):38-45.

doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2021.03.005

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



2019年5月湖北东部一次大暴雨过程诊断分析

黄思先¹,王保¹,翟红楠²

(1.鄂州市气象局,湖北 鄂州 436000;2.武汉市气象局,湖北 武汉 430040)

摘要:利用 NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 格距逐 6 h 再分析资料、FY-2F 逐时云顶亮温(TBB)资料、国家气象站常规探空和地面气象观测资料、湖北省区域气象自动站资料,对 2019 年 5 月 25 日湖北省东部一次大暴雨过程进行诊断分析。结果表明:500 hPa 中高纬低槽不断分裂南下,盆地低槽稳定维持,中低层低涡扰动,切变线和低空急流维持,是本次大暴雨的有利天气背景;有西南向的水汽输送通道并在暴雨区强烈辐合,水汽辐合中心位于 900~950 hPa,500 hPa 以下整层温度露点差都在 4°C 以下;暴雨区在 150 hPa 以下为正平均涡度;400 hPa 以上为正平均散度,其下为负平均散度,最强降水时段高层辐散低层辐合的配置明显向对流层下层压缩,高层负涡度低层正涡度的配置催生了高层辐散低层辐合的散度配置,有利于垂直上升运动加强;暴雨区上升运动从 1 000 hPa 延伸到 200 hPa,整层以上升运动为主,在最强降水时段上升运动中心明显下移;有明显的上冷下暖层结结构,形成低层暖平流高层冷平流的温度平流配置,有利于产生对流不稳定;降水云顶亮温 $\text{TBB} \leq -50^\circ\text{C}$ 区域与降水区对应,近似圆形的中尺度对流系统对湖北东部强降水十分有利。

关键词:大暴雨;水汽条件;平均涡度;平均散度;云顶亮温

中图分类号:P458.121.1

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2021)03-0038-08

湖北东部地区江河网密布,地理特征复杂,暴雨天气对农业生产、城市交通以及人民生命财产安全造成极大的危害^[1-2]。暴雨作为一种重要的天气过程,一直是国内外研究的重点,对暴雨形成机理到监测预测等的理论和方法进行研究,得到了许多有价值的成果^[3-20]。黄荣辉等^[20]对长江流域洪涝灾害和持续性暴雨发生特征和成因进行了研究,发现 1977 年之后长江持续性暴雨增多,且持续性暴雨都发生在“鞍”型环流场下。王新敏等^[21]研究指出,500 hPa 正涡度平流是西南涡生成、发展的重要因素,涡度场与垂直速度同相对应强降水旺盛期,强上升运动区和

暴雨区吻合较好。苏爱芳等^[22]研究指出,对流性暴雨易产生在中尺度对流系统(MCS)发生发展期,其落区位于 MCS 云顶亮温低值中心附近及后侧梯度大值区。顾佳佳等^[23]研究指出强降水主要由低涡云系中不断生成发展的中尺度对流云团造成,其落区与云顶亮温(TBB)梯度大值区对应且靠近其低值中心。胡容等^[24]研究指出水汽螺旋度高值区和水汽散度通量低值区都与强降水区域有较好的对应关系,且有较好的时间相关性,对强降水落区和降水系统的移动发展有一定的指示意义。尹洁等^[25]指出强盛水汽及辐合上升运动、低层西南风急流加强、中层弱冷空气活动、对流不稳定层结加剧、地面辐合线维持少动等多种因素的共同叠加作用导致了这次持续性暴雨的发生和维持。廖移山等^[26]对襄樊特大暴雨的诊断分析认为,高空急流及其右侧辐散区的维持有利于低层的上升运动和暴雨的持续。马月枝等^[27]研究指出特大暴雨区在强降水开始前和持续期间其上空始终保持深厚湿层,强降水时段特大暴雨区存在

收稿日期:2019-07-31;修回日期:2020-01-25

基金项目:鄂州市气象局项目“鄂州市梅雨期连续大暴雨极端天气成因分析(I期)(EZ201706)”

作者简介:黄思先(1987—),男,工程师,主要从事中短期天气预报及服务。E-mail:642126802@qq.com

通信作者:王保(1989—),女,工程师,主要从事中短期天气预报及服务。E-mail:1011897778@qq.com

超低空急流。

在全球气候变暖的背景下,湖北东部地区极端暴雨事件时有发生。目前有关暴雨形成机理的研究较多,但单独针对湖北东部地区的研究还比较少,而且在实际的预报服务中针对湖北东部地区的暴雨落区和雨量预报的依据还存在不足。因此本文对2019年5月25日发生在湖北东部的一次大暴雨天气过程的环流背景、水汽条件、动力条件、不稳定条件以及云图特征等进行诊断分析研究,拟揭示此次暴雨发生的原因和特征,以期为湖北东部地区暴雨过程的研究和预报提供参考。

1 资料说明及降水实况

1.1 资料说明

本文采用资料有:NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 格距 fnl(Final Operational Global Analysis)逐6h再分析资料、国家卫星气象中心提供的FY-2F逐时云顶亮温(TBB)资料、国家气象站常规探空和地面气象观测资料、湖北省区域气象自动站资料,文中各物理量场由NCEP再分析资料提取或计算得到。

1.2 降水实况

2019年5月25日08时—26日08时,湖北东部出现一次大暴雨天气过程(图1a)。本次大暴雨过程主要有4个强降水时段,第一个时段为25日15—18时,强降水主要位于湖北东部的中部一线;第二个时段为25日20—23时,强降水主要位于湖北东部西侧;第三个时段为26日00—02时,强降水主要位于湖北东部北侧和南侧;第四个时段为26日03—06时,强降水主要位于湖北东部南侧咸宁市。国家气象站过程累积降水量 >100 mm的有21站, >150 mm的有6站;过程最大累积降水量为209.3 mm,出现在仙桃,逐小时雨量分布见图1b,超过20 mm的小时雨量达到4个时次;区域自动气象站过程累积降水量 >100 mm的有464站, >150 mm

的有116站,过程最大累积降水量为275.7 mm,出现在潜江渔洋镇。国家气象站最大雨强为60.3 mm/h,区域自动气象站最大雨强为81.2 mm/h,都于25日22时分别出现在监利县和潜江市渔洋镇。大暴雨期间区域自动气象站小时雨强 ≥ 20 mm/h有37站,其中26日00时最多,达到102站,其次是25日16时,为53站。本次大暴雨天气过程具有持续时间长、影响范围广、雨量强度大的特点。受强降水影响,湖北东部部分县市出现严重城市内涝,部分地区出现交通瘫痪、电力中断、房屋倒塌等灾情,部分农田出现渍涝。

2 环流背景及影响系统

2019年5月24日20时500 hPa高度场上,亚欧中高纬为两槽两脊的环流形势,高压脊位于乌拉尔山和东亚东岸,两槽分别位于欧洲西岸和贝加尔湖附近。中纬度在华北—四川盆地附近为低槽。25日08时,贝加尔湖南部低槽不断加深,东部脊维持稳定,华北低槽略有东移,盆地低槽维持稳定。25日20时,中高纬贝加尔湖低槽东移至蒙古以东,其南部不断有小槽分裂南下控制华北地区,盆地低槽维持稳定略有东移,东部脊略有东移。26日08时,中高纬系统位置基本维持稳定,但贝加尔湖以东低槽南部逐渐加深并东移,盆地槽东移至湖北东部,之后随着中纬度低槽进一步东移,降水结束。分析25日02时—26日08时700 hPa和850 hPa流场(图2),700 hPa上有西南低涡从四川盆地移出,低涡中心于25日20时—26日02时在湖北中西部稳定维持,湖北东部位于低涡东南部,受西南风控制,风速 >12 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,此后随着低涡向东北方向移动移出湖北,湖北东部逐渐由西南风转为西北风;25日20时之前850 hPa受稳定西南急流控制,急流位于湖南东部,急流核风速达到 16 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上,湖北东部位于急流出口区前部,有强烈的风速辐合,到26日02时

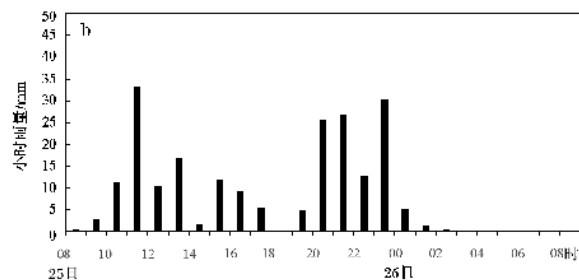
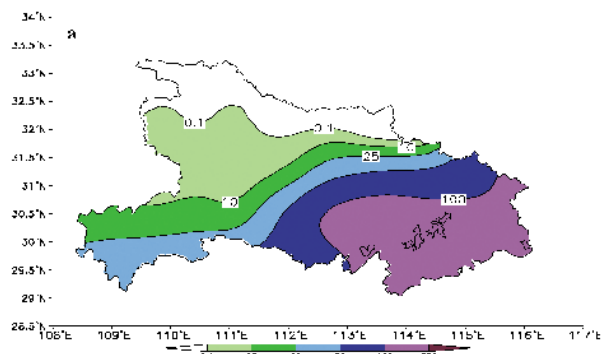


图1 5月25日08时—26日08时湖北省国家气象站降水分布(a)和仙桃气象站小时雨量分布(b)

湖北中北部出现低涡,此时湖北东部受低涡东南侧西南急流控制,风速辐合明显,随着低涡逐渐东移,湖北东部转受西北气流控制。500 hPa 低槽、700 hPa 和 850 hPa 西南低涡及西南急流是造成此次大暴雨的天气尺度影响系统,受下游高压脊的阻挡作用,中低层低涡和急流长时间影响湖北东部,造成强降水维持较长时间。

3 暴雨过程诊断分析

3.1 水汽条件

大暴雨的产生需要大量的水汽输送及辐合,并且要有较小的温度露点差。对 850 hPa 水汽通量、水汽通量散度和温度露点差诊断计算表明,25 日 08 时(图 3a),湖北东部及以南地区存在一支西南向的水汽输送通道,在湖北东部水汽通量值达到 $20 \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$,并且存在水汽通量散度值 $< -6 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 的水汽辐合中心,湖北东部温度露点差 $< 4^\circ\text{C}$,部分地区甚至 $< 2^\circ\text{C}$,表明此时空气处于饱和状态。14 时,湖北东部水汽通量输送、水汽辐合以及 $< 4^\circ\text{C}$ 的温度露点差仍然维持。到 20 时,湖

北东部水汽通量输送和水汽辐合明显减弱,但湖北东部中南部地区温度露点差进一步减小到 2°C 左右,此条件为后续强降水提供了有利条件。26 日 02 时(图 3b),湖北东部西南向水汽通量又增大到 $20 \text{ g} \cdot (\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 左右,存在一个 $< -7 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$ 的水汽辐合中心, $< 4^\circ\text{C}$ 的温度露点差区域仍在湖北东部维持,并且 $< 2^\circ\text{C}$ 的区域移到中北部。此后随着时间推移湖北东部水汽通量输送和水汽辐合逐渐减小,湖北东部温度露点差也逐渐增大到 8°C 以上。

分析水汽通量散度和温度露点差沿 30°N 纬向垂直剖面可知,25 日 08 时(图 3c),在湖北东部 650 hPa 以下存在水汽辐合区,湖北东部的西侧辐合中心位于 950 hPa 以下,其中心值为 $-6 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$,其东侧辐合中心位于 900 hPa 附近,中心值为 $-8 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot (\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})^{-1}$,900 hPa 以上和 950 hPa 以下温度露点差都 $< 4^\circ\text{C}$,其中 700 hPa 以上温度露点差 $< 1^\circ\text{C}$,空气趋于饱和。14 时,湖北东部水汽辐合和低温度露点差条件维持,在其西侧 975 hPa 附近又有一个辐合中心生成,其东侧辐合中

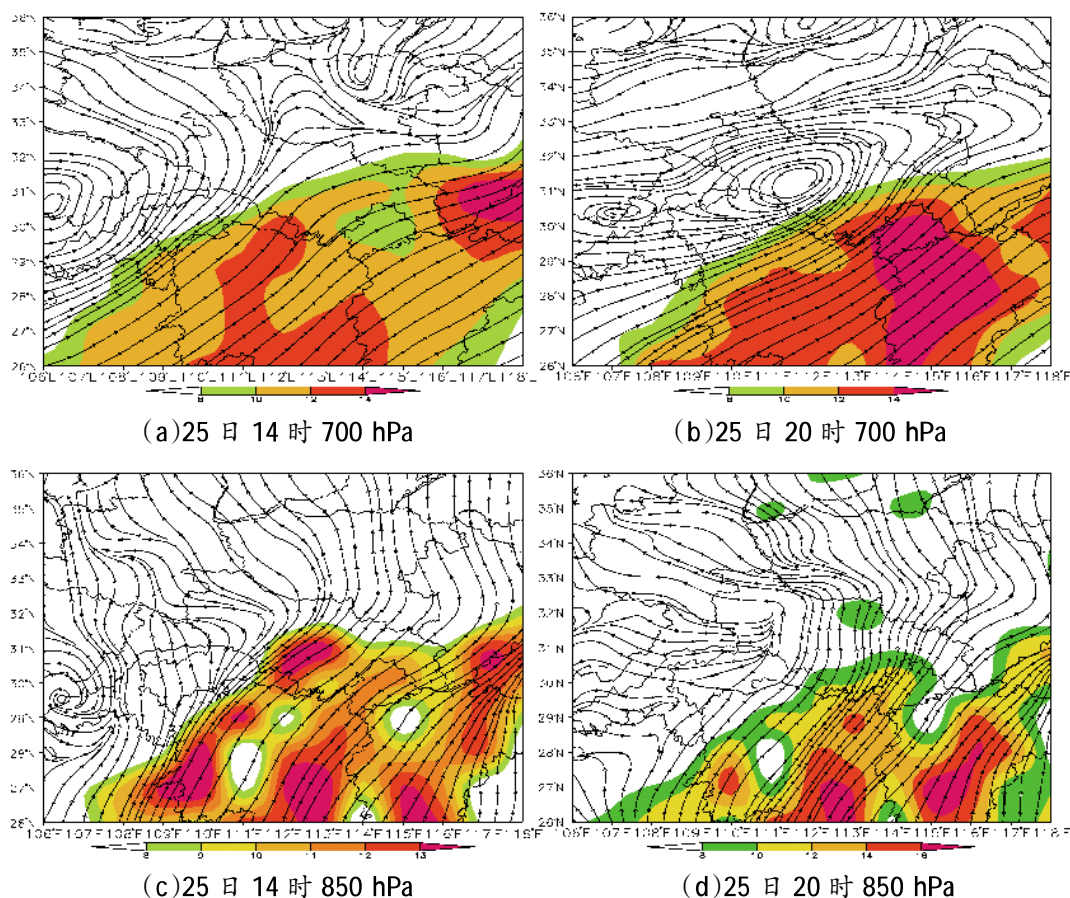


图 2 5 月 25 日 14 时和 20 时 700 hPa(a,b), 850 hPa(c,d)

流场(流线)和风速场(阴影,单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

心略有下移。20时,湖北东部东西两侧水汽辐合中心略有外移,整个东部上空水汽辐合明显减小,但低温度露点差仍然维持。26日02时(图3d),湖北东部水汽辐合明显加强,850 hPa以下水汽通量散度 $<-5\times 10^{-5} \text{ g}\cdot(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$,并且在湖北东部的西侧975 hPa、中部900~1 000 hPa和东侧900 hPa处存在中心值 $<-7\times 10^{-5} \text{ g}\cdot(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$ 的水汽辐合中心,500 hPa以下整层温度露点差都 $<3^\circ\text{C}$,仅900 hPa附近温度露点差相对较高。此后随着时间推移,湖北东部500 hPa以下水汽辐合明显减弱,850 hPa以上温度露点差逐渐增大,由对流层中下层整层饱和变为仅下层饱和。

3.2 动力条件

高低层大气涡度、散度以及垂直速度的合理配置能给大暴雨产生和发展提供有利的条件。对25日08时—26日14时 $112^\circ\sim 116^\circ\text{E}$ 、 $29^\circ\sim 31^\circ\text{N}$ 区域平均涡度、平均散度和平均垂直速度进行分析(图4a, 4b),高层负的平均涡度在25日20时之前维持在300 hPa以上,其下为弱的负平均涡度,从25日14时开始随着高空槽和西南涡东移,中层400 hPa及以下正平均涡度逐渐向下层发展并且强度不断增

大,这种低层正涡度、高层负涡度的配置有利于触发较强的上升运动,对降水的产生和发展有着重要的作用。随着高低层转为一致的较强正的平均涡度,表明此时高空槽、低空低涡逐渐位相重合,有利于降水的维持,到26日08时,整层平均涡度迅速减小,此时高中低层系统移出湖北东部。对于平均散度而言,26日08时之前其在400 hPa以上维持长时间的正散度,正中心位于200 hPa附近,400 hPa以下维持负散度,26日02时之前中心位于600 hPa附近,26日20时之后低层平均散度负值区明显下移,中心位于800~900 hPa,高层辐散低层辐合的配置明显向对流层下层压缩,这种对流层非常明显的高层辐散低层辐合配置也进一步触发上升运动,有利于对流不稳定导致强降水发生和维持。对于平均垂直速度,其在26日02时之前在400~500 hPa之间一直维持上升运动中心,在02时上升运动中心有明显下移,中心下移到700 hPa。高层负涡度、低层正涡度的配置催生了高层辐散低层辐合的散度配置,同时高层辐散低层辐合又反过来促进了高层负涡度低层正涡度配置的维持,通过暴雨区上下层涡度和散度的配置,其低层涡度逐渐增加,辐合加强,有利于垂直上

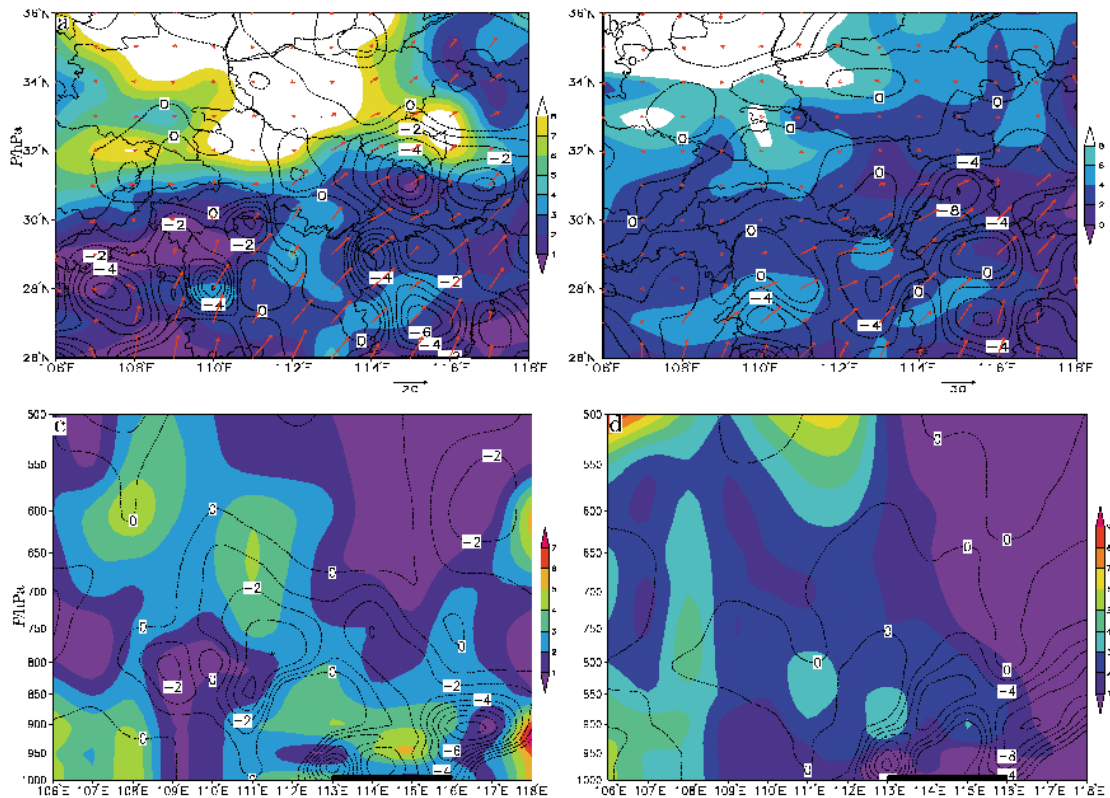


图3 5月25日08时(a、c)和26日02时(b、d)水汽通量场(矢量,单位: $\text{g}\cdot(\text{cm}\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$)、水汽通量散度场(单位: $10^{-5} \text{ g}\cdot(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$)以及温度露点差(阴影,单位: $^\circ\text{C}$)
(a、b为850 hPa;c、d为沿 30°N 垂直剖面;图中黑条线处为湖北东部所在位置)

升运动加强,触发了暴雨区整个对流层较强的上升运动,上升运动又有利于将低层的水汽和热量向高层输送,促进对流运动的增强。

25日08时(图4c)沿114°E垂直经向环流剖面在湖北东部以南有偏南风输送,湖北东部上空200 hPa以下为强烈的上升运动,14时湖北东部上空的偏南风和上升运动维持,20时600 hPa以下以偏南风为主,上升运动明显减弱,600 hPa以上上升运动维持,26日02时(图4d)湖北东部上升运动从1000 hPa延伸到200 hPa,整层以上升运动为主,之后湖北东部对流层上升运动逐渐减弱,转为一致的偏北气流。

3.3 不稳定条件

假相当位温可用来表征大气的热力性质,温度平流能直接引起大气热力结构的变化,两者的配置可以产生大暴雨所需的不稳定条件。对大范围较强降水发生前25日08和20时假相当位温和温度平流垂直分布进行分析,08时(图5a)湖北东部上空假相当位温在450~850 hPa处存在<342 K的冷区,850 hPa以下存在>345 K的暖区,形成明显的上冷下暖层结构;湖北东部上空在600~900 hPa存在中心值 $>8 \times 10^{-5} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$ 的暖平流,中心位于700 hPa附近,与低层西南暖湿气流输送相对应,600 hPa以

上存在中心值 $<-2 \times 10^{-5} \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$ 的冷平流,中心位于550 hPa,形成低层暖平流高层冷平流的温度平流配置。20时(图5b)湖北东部上空假相当位温在550~850 hPa处存在<340 K的冷区,850 hPa以下存在>344 K的暖区,对流层中低层上冷下暖层结构明显;湖北东部上空在550~900 hPa基本为一致的弱暖平流,550 hPa以上为冷平流,也形成了低层暖平流高层冷平流的温度平流配置。在大范围较强降水发生前的温度和温度平流配置有利于在湖北东部产生对流不稳定。

5月25日20时,湖北东部地区武汉站K指数为37.1℃,A指数为19.4℃。自由对流高度位于975.5 hPa,有利于抬升运动的发展,整个对流层湿度很大,700 hPa以下风随高度顺转,表明低层有暖平流。上述探空条件表明在大暴雨发生时,整个大气层有很强的不稳定能量,为产生强对流天气提供了有利条件。

4 云图特征分析

TBB是监测大气对流活动的有效手段,通常TBB越低则对流活动越旺盛,也就能产生较强的降水^[28]。分析大范围暴雨天气过程中尺度云顶亮温

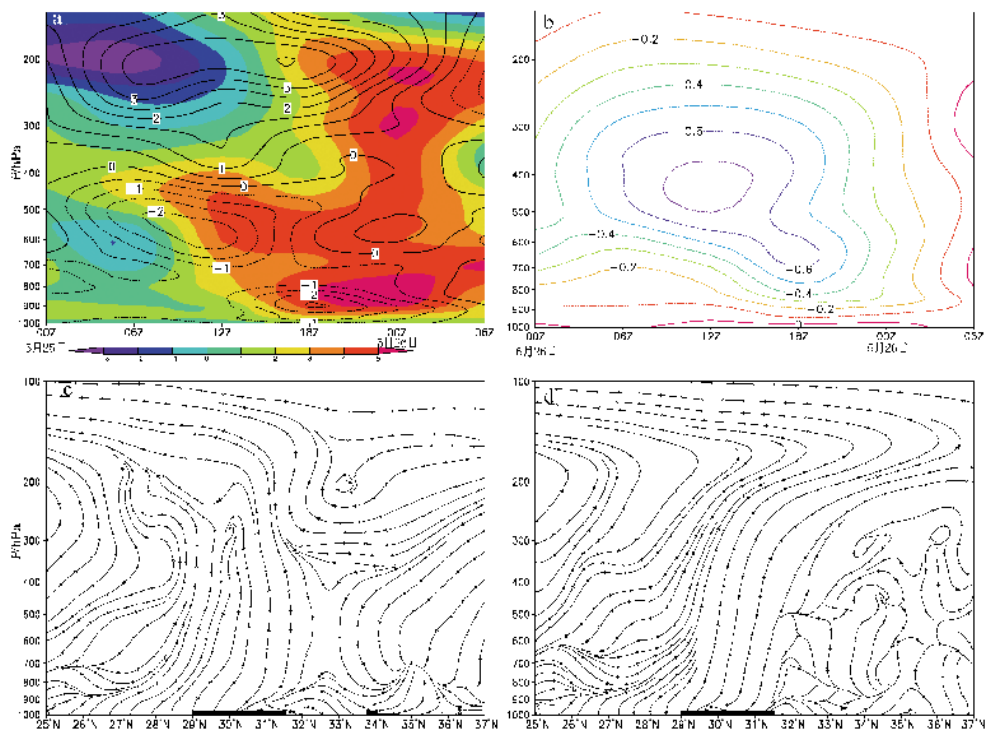


图4 5月25日08时—26日14时112°~116°E、29°~31°N区域平均涡度(阴影,单位: 10^{-5} s^{-1})、平均散度(线条,单位: 10^{-5} s^{-1})(a)及垂直速度(单位: $\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)(b)分布和25日08时(c)、26日02时(d)沿114°E垂直经向环流(流线,垂直方向速度 $\times (-30)$)剖面(图c、d中黑条线处为湖北东部所在位置)

TBB 与降水对应关系 (图 6),25 日 08 时在湖北中南部江汉平原有两个分离的对流云团生成, 对应 $TBB \leq -60^{\circ}\text{C}$ 。10 时随着对流云团逐渐合并东移, TBB 维持 -60°C 以下, 合并后的对流云团在直至 15 时一直影响湖北东部, 其中心 TBB 维持在 -60°C 以下, 该对流云团控制时段也为湖北东部降水较强时段。此后随着对流云团逐渐东移减弱, 湖北东部大范围降水略有减弱。到 18 时, 在湖北中南部又有一个 $TBB \leq -60^{\circ}\text{C}$ 的中尺度对流云团生成, 在其不断东

移过程中对流云团面积迅速扩大, 在 21 时之前呈带状结构稳定影响湖北东部地区。22 时带状对流系统分裂为东西两部分, 23 时东部对流单体逐渐消亡, 西部单体逐渐发展为近似圆形的中尺度对流系统。至 26 日 02 时大范围 $TBB \leq -50^{\circ}\text{C}$ 密实对流云团移出湖北东部, 该中尺度对流系统在湖北东部自西南向东北缓慢移动, 影响湖北东部达 4 h 之久, 该时段内湖北东部小时雨强 $>20\text{ mm}$ 的区域站数量为此次大暴雨过程峰值, 其中 26 日 00 时 $TBB \leq -60^{\circ}\text{C}$ 区域基

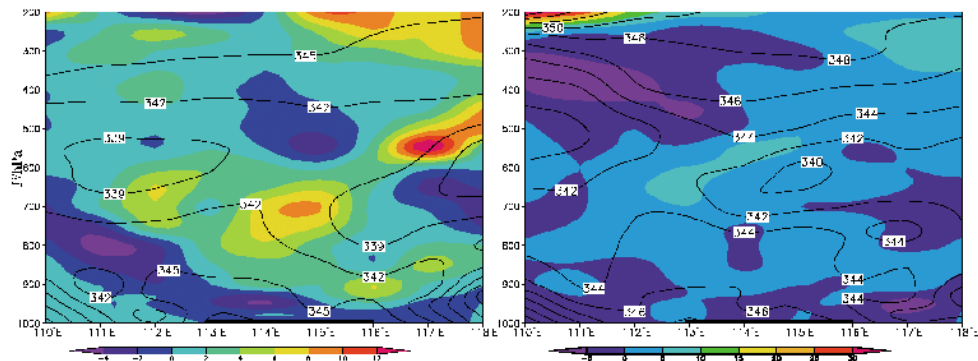


图 5 5 月 25 日 08 时(a)和 20 时(b)沿 30°N 假相当位温(线条,单位:K)和温度平流(阴影,单位: $10^{-5}\text{ K}\cdot\text{s}^{-1}$)垂直剖面
(图中黑条线处为湖北东部所在位置)

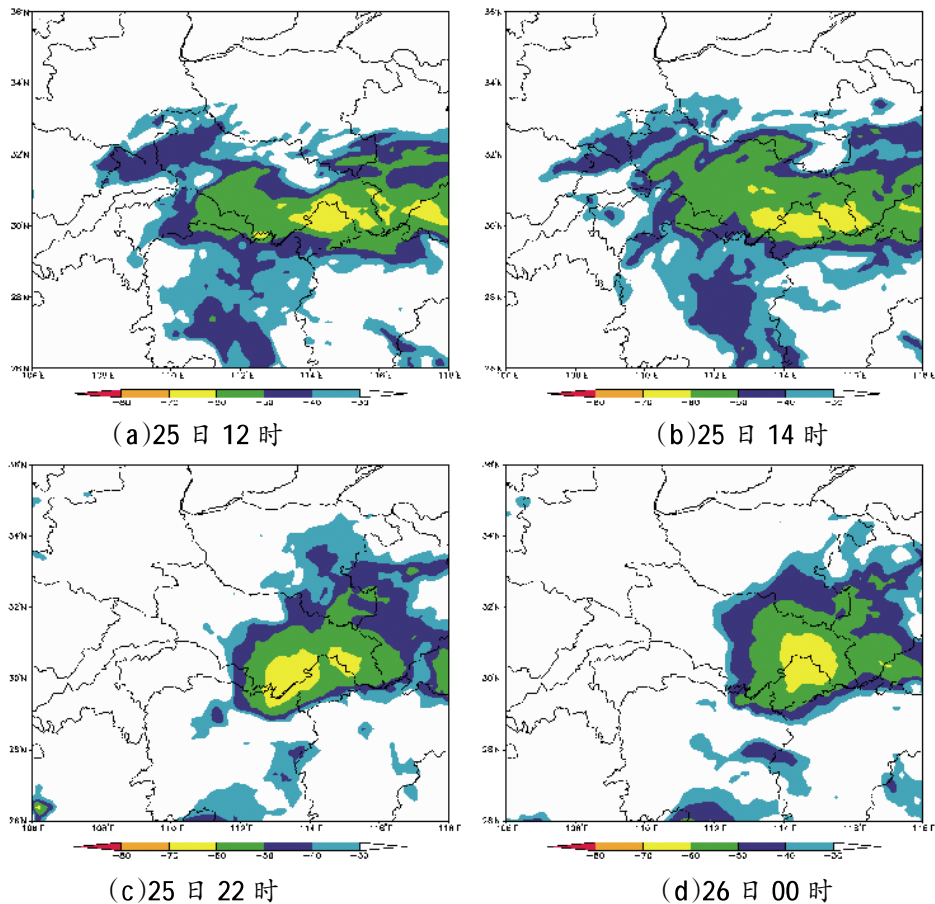


图 6 5 月 25 日 08 时—26 日 00 时 FY-2F 云顶亮温 TBB(阴影,单位: $^{\circ}\text{C}$)

本全部位于湖北东部,该时次雨强为此次大暴雨过程最强,有超过100个区域站小时雨强 $>20\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 。此后湖北东部 $\text{TBB}\leq-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 区域逐渐分散,降水相对减弱,到08时之后随着云系逐渐东移,湖北强降水结束。

5 结论与讨论

本文利用多源资料,从降水特征、天气背景,降水发生发展时水汽、动力、不稳定条件以及中尺度特征等方面对2019年5月25—26日发生在湖北东部的一次大暴雨天气过程进行了诊断分析,得出如下结论:

(1)本次大暴雨天气过程具有持续时间长、雨量强度大、影响范围广的特点,大暴雨发生在500 hPa中高纬有低槽不断分裂南下,盆地低槽稳定维持的有利环境条件下,在中低层有西南低涡、切变线和低空急流维持,大暴雨发生在低涡东南部和急流出口区前部。

(2)湖北东部及以南地区存在一支西南向的水汽输送通道,在暴雨区有强烈的水汽辐合中心,650 hPa以下存在一致的水汽辐合区,辐合中心位于900~950 hPa,500 hPa以下整层温度露点差都 $<4\text{ }^{\circ}\text{C}$,850 hPa以下水汽通量散度都 $>-5\times 10^{-5}\text{ g}\cdot(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})^{-1}$ 。

(3)暴雨区平均涡度在150 hPa以下均为正值,平均散度在400 hPa以上维持正值,其下平均散度维持负值,最强降水时段低层平均散度负值区明显下移,高层负涡度低层正涡度的配置催生了高层辐散低层辐合的散度配置,低层涡度逐渐增加,辐合加强,有利于垂直上升运动加强,触发了暴雨区整个对流层较强的上升运动,对降水的产生和发展有着重要的作用。

(4)暴雨区上空有明显的上冷下暖结构,低层有暖平流,600 hPa以上有冷平流,形成低层暖平流、高层冷平流的温度平流配置,温度和温度平流配置有利于在湖北东部产生对流不稳定。暴雨区上空大气层有很强的不稳定能量,为产生强对流天气提供了有利条件。降水云顶亮温 $\text{TBB}\leq-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 区域与降水区对应,近似圆形的中尺度对流系统对湖北东部强降水十分有利,当 $\text{TBB}\leq-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,湖北东部出现大范围强降水。

湖北东部地区强降水重点关注500 hPa东部沿海是否有高压脊存在;700 hPa西南涡环流从四川盆地移出后是否在湖北中部地区稳定维持,低涡环

流中心是否在湖北中北部延伸到低层850 hPa;湖北东部地区除了有水汽辐合中心是否有水汽通道维持,负散度和上升运动区是否有下移趋势; $\text{TBB}\leq-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的中尺度对流云团东移过程中是否能发展为近似圆形。除重点关注暴雨的有利大尺度天气形势、影响系统以及水汽条件、动力条件和中尺度对流系统的移动特点外,还应结合湖北东部地区雷达回波和地形特点等进行综合分析,才能提高对湖北东部地区的暴雨落区和雨量预报的把握能力。另外文中所提出的结论仅由单个个例研究得出,要找出有关湖北东部地区大暴雨的普遍规律还有待对大量个例开展进一步验证。

参考文献:

- [1] 陈文海,柳艳香,马柱国.中国1951—1997年气候变化趋势的季节特征[J].高原气象,2002,21(3):251-257.
- [2] 王建生.湖北省一次区域性暴雨过程的综合分析[J].暴雨灾害,2008,27(2):154-159.
- [3] 倪允琪,周秀骥.长江中下游梅雨锋暴雨形成机理以及监测与预测理论和方法[J].气象学报,2004,62(5):647-662.
- [4] 尹东屏,胡洛林,曾明剑,等.梅汛期中的暴雨和大暴雨环流特征及物理量诊断分析[J].气象科学,2007,27(1):42-48.
- [5] 周秀骥,薛纪善,陶祖钰.华南暴雨科学实验研究[M].北京:气象出版社,2003:9-10.
- [6] 石燕,冯晋勤,魏鸣.一次强降雨过程的简化伴随模式风场反演[J].南京气象学院学报,2006,29(4):533-539.
- [7] 张京英,陈金敏,刘英杰,等.大暴雨过程中短时强降水机制分析.气象科学[J],2010,30(3):407-413.
- [8] 倪允琪,周秀骥.我国长江中下游梅雨锋暴雨研究的进展[J].气象,2005,31(1):9-12.
- [9] 朱禾,邓北胜,吴洪.湿位涡守恒条件下西南涡的发展[J].气象学报,2002,60(3):343-351.
- [10] 姜勇强,张维桓,周祖刚.2000年7月西南低涡暴雨的分析和数值模拟[J].高原气象,2004,23(1):55-61.
- [11] 王中,白莹莹,杜钦,等.一次无地面冷空气触发的西南涡特大暴雨分析[J].气象,2008,34(12):63-71.
- [12] 陈栋,李跃清,黄荣辉.在“鞍”型大尺度环流背景下西南低涡发展的物理过程及其对川东暴雨发生的作用[J].大气科学,2007,31(2):185-201.
- [13] 董光英,梁涛,汪高明,等.一次西南涡东移诱发的罕见暴雨诊断分析[J].暴雨灾害,2009,28(3):229-234.
- [14] 慕建利,王建捷,李泽椿.2005年6月华南特大连续性暴雨的环境条件和中尺度扰动分析[J].气象学报,2008,66(3):437-451.
- [15] 史小康,李耀东,高守亭,等.一次江淮暴雨的数值模拟及暴雨落区的诊断分析[J].气象科学,2007,27(1):26-34.

- [16] 孙军, 谌芸, 杨舒楠, 等. 北京 721 特大暴雨极端性分析及思考 (二): 极端性降水成因初探及思考 [J]. 气象, 2012, 38(10): 1267-1277.
- [17] 徐珺, 杨舒楠, 孙军, 等. 北方一次暖区大暴雨强降水成因探讨[J]. 气象, 2014, 40(12): 1455-1463.
- [18] 吴翠红, 龙利民. 湖北省中尺度暴雨天气分析图集[M]. 北京: 气象出版社, 2007: 103-207.
- [19] 曲良璐, 张莉, 谭甜甜, 等. 阿克苏地区初秋一次暴雨过程诊断分析[J]. 沙漠与绿洲气象, 2017, 11(2): 60-65.
- [20] 黄荣辉, 陈栋, 刘永. 中国长江流域洪涝灾害和持续性暴雨的发生特征及成因 [J]. 成都信息工程学院学报, 2012, 27(1): 1-19.
- [21] 王新敏, 张霞, 孙景兰, 等. 2008 年 7 月黄淮暴雨过程中西南涡结构特征分析[J]. 暴雨灾害, 2015, 34(1): 54-63.
- [22] 苏爱芳, 孙景兰, 谷秀杰, 等. 河南省对流性暴雨云系特征与概念模型[J]. 应用气象学报, 2013, 24(2): 219-229.
- [23] 顾佳佳, 武威. 2016 年“7.9”豫北特大暴雨过程的中尺度特征分析[J]. 暴雨灾害, 2017, 36(5): 440-452.
- [24] 胡容, 史小康, 李耀东. 重庆一次暴雨过程的诊断分析[J]. 气象与环境科学, 2016, 39(1): 66-73.
- [25] 尹洁, 郑婧, 张瑛, 等. 一次梅雨锋特大暴雨过程分析及数值模拟[J]. 气象, 2011, 37(7): 827-837.
- [26] 廖移山, 冯新, 石燕, 等. 2008 年“7.22”襄樊特大暴雨的天气学机理分析及地形的影响 [J]. 气象学报, 2011, 69(6): 945-955.
- [27] 马月枝, 张霞, 胡燕平. 2016 年 7 月 9 日新乡暖区特大暴雨成因分析[J]. 暴雨灾害, 2017, 36(6): 557-565.
- [28] 何斌, 何锋, 范晓红, 等. 一次长江中下游梅雨锋暴雨过程的诊断分析[J]. 高原气象, 2013, 32(4): 1074-1083.

Diagnostic Analysis of a Heavy Rainstorm Process in Eastern Hubei Province in May 2019

HUANG Sixian¹, WANG Bao¹, ZHAI Hongnan²

(1. Ezhou Meteorological Bureau, Ezhou 436000, China;

2. Wuhan Meteorological Bureau, Wuhan 430040, China)

Abstract Based on the data of NCEP $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 6 hours of reanalysis, hourly FY-2F cloud top brightness temperature (TBB), radiosonde, and ground automatic meteorological observation, the process of a heavy rainstorm in eastern Hubei province from May 25th to 26th, 2019 is diagnosed and analyzed. It shows that, the low trough split southward at mid-high latitude of 500 hPa, the basin low trough maintained stability with the low-level vortex disturbing, while the shear line and the low level jet maintained stably, which was the advantageous synoptic background to this rainstorm. The water vapor transport channels in the southwest direction appeared, then maintained and converged strongly in the rainstorm area, the water vapor convergence center was located near 900—950 hPa. The whole layer temperature dew point difference below 500 hPa was -4°C , and there was a relative dry air layer near 950 hPa. The mean vorticity was positive below 150 hPa at the rainstorm area. The mean divergence was positive above 400 hPa and was negative below. In the period of maximum precipitation, the configuration of upper divergence and lower convergence obviously compressed to the lower troposphere, and the configuration of upper negative vorticity and lower positive vorticity promoted the upper divergence and lower convergence, which was conducive to the strengthening of vertical upward movement. The upward movement in the rainstorm area extended from 1 000 hPa to 200 hPa. The whole layer was dominated by upward movement, and the center of upward movement was obviously downward in the period of the heaviest precipitation. There was an obvious structure of upper cold and lower warm stratification, which formed the temperature advection configuration of the lower warm advection and the upper cold advection. The precipitation cloud top brightness black body temperature (TBB) less than or equal to -50°C corresponded to the precipitation area. The mesoscale convective system approximately circular was very favorable for heavy precipitation in eastern Hubei.

Key words heavy rain; water vapor condition; average vorticity; average divergence; cloud top brightness temperature