

夏利,夏菲,蹇冬梅. 四川东北部“9·20”暴雨落区预报误差分析及思考[J]. 陕西气象,2019(4):26-32.

文章编号:1006-4354(2019)04-0026-07

四川东北部“9·20”暴雨落区预报误差分析及思考

夏利,夏菲,蹇冬梅

(达州市气象台,四川达州 635000)

摘要:利用常规气象资料、卫星云图及雷达资料、自动气象站资料及 NCEP $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 逐 6 h 再分析资料,对 2018 年 9 月 19—20 日四川盆地东北部一次暴雨落区预报误差进行分析。结果表明:副高快速东退南压,配合低层强北风,加快了低层切变线和急流东退南压;西南气流偏西分量增强,偏南分量减弱,加快降水系统的东移,使得降水系统主要停滞在四川东北部的广安及达州中南部区域,造成该区产生暴雨和大暴雨。数值预报场上副高、切变线和急流东退南压速度均明显慢于实况,导致此次过程暴雨预报落区较实况误差较大。由卫星云图、地面流场和露点锋区分析可以看出,通过暖湿气流中具备抬升作用的位置可以判断 1~3 h 内云团的演变趋势,确定强降水落区,为短临预报提供较好参考。通过多普勒雷达垂直风廓线产品(VWP)分析 700 hPa 附近引导气流的转换来判断系统移动的速度和移出的时间。数值预报具有自身的误差和不稳定性,在实际业务中应以数值预报为基础,综合分析多种观测资料订正数值预报才能提高暴雨落区预报准确率。

关键词:暴雨落区;数值模式预报;卫星云图;雷达

中图分类号:P456.7

文献标识码:A

四川盆地东北部地形复杂,是暴雨的多发区,特别是夏季暴雨频发,且强度大、时间集中、突发性和局地性强,直接利用数值预报进行降水落区预报往往会有较大的偏差;因此开展暴雨落区预报研究和对数值预报的检验工作成为实际预报业务中的重点和难点。目前一些气象工作者在暴雨落区预报和数值预报的检验方面开展了一些研究工作。康岚等^[1]对两次持续性暴雨过程落区预报

进行了探讨;孙兴池等^[2]对低涡和副热带高压共同影响下的暴雨落区进行了分析;陆忠艳等^[3]分析了辽宁一次暴雨过程及暴雨落区预报失误原因;侯柯然等^[4]对榆林 2017 年 7 月 26 日区域性大暴雨进行了数值预报降水检验和误差分析;张宏芳等^[5]对 EC 和 JMA 模式降水预报进行了对比分析,提到 EC 对暴雨的降水预报相对平稳,优于 JMA 模式;庞翻等^[6]分析了 T639 数值产品对

收稿日期:2018-11-20

作者简介:夏利(1985—),女,四川邻水人,学士,工程师,从事短期天气预报研究。

- [7] 蒋竹将,马振峰,刘佳,等. 一种改进的华西秋雨指数及其气候特征[J]. 大气科学,2014,38(1):32-44.
- [8] 王春学,马振峰,张顺谦,等. 华西秋雨逐日监测指数的建立及其分析[J]. 气象,2014,40(8):957-964.
- [9] 鲍媛媛,阿布力米提,李峰,等. 2001 年华西秋雨时空分布特点及其成因分析[J]. 应用气象学报,2003,14(2):215-222.

- [10] 方建刚,白爱娟,陶建玲,等. 2003 年陕西秋季连阴雨降水特点及环流条件分析[J]. 应用气象学报,2005,16(4):509-517.
- [11] 柳艳菊,孙冷,孙丞虎,等. 2011 年秋季华西秋雨异常及成因分析[J]. 气象,2012,38(4):456-463.
- [12] 韩洁,李建芳. 2011 年陕西省强秋淋天气分析[J]. 陕西气象,2012(6):5-9.
- [13] 中国气象局预报与网络司. 华西秋雨监测业务规定(试行)[A]. 2015-01-13.

宝鸡暴雨的预报检验;何光碧等^[7]对 GRAPES_MESO 模式一次降水过程的预报做了误差分析;屠妮妮等^[8]分析了 SWCWARMS 模式对西南区域预报能力的检验。四川地区对上述方面的研究相比暴雨其他方面的研究明显不足,有必要进行更多的总结和进一步的研究。2018年9月19—20日四川盆地东北部的一次暴雨(简称“9·20”暴雨)落区预报与实况出现了较大偏差,本文对此次暴雨落区预报误差成因及短临订正方法进行了探讨,并对数值模式预报进行了检验,以期对四川暴雨落区预报提供一些参考依据和思路。

1 降水预报及实况

2018年9月19日15时四川省气象台发布暴雨蓝色预警,预计19日20时至20日20时,达州、广安2市及巴中、南充、遂宁3市的中东部有暴雨(60~80 mm),其中达州、南充、巴中3市局部地方有大暴雨(110~130 mm),大暴雨预报落区主要在南充东北部—巴中东南部—达州中部偏西,呈西南—东北向分布。达州、南充、遂宁、广安及巴中市气象台先后均发布了暴雨蓝色预警,预报结论及落区与四川省气象台基本一致。24 h降水实况上述5市共192站(含区域自动站)累计降雨量超过50 mm,其中29站超过100 mm,降雨量最大的达州大竹莲印站为162.5 mm。过程期间广安、达州中南部及南充东南部大部地方出现雷电、并伴有短时强降水,最大小时雨强达州大竹团坝达80.3 mm/h(20日04时)。暴雨落区主要位于达州中南部和广安中北部,大暴雨落区主要

位于达州东南部,而其他3市仅局地或个别地方出现暴雨。由此可见,此次暴雨过程无论是范围还是落区预报均与实况偏差较大,特别是大暴雨中心预报比实况明显偏西偏北。此次过程四川盆地东北部降水梯度大,局地性强,属对流性降水,强降水时段主要集中在20日02—06时。

2 高空环流形势分析

19日08时500 hPa天气图上,欧亚中低纬地区呈东高西低型,贝加尔湖附近为一深厚低槽,槽底分裂的短波槽位于甘肃南部到阿坝。伴随台风“山竹”的减弱,副热带高压迅速加强西进,呈东西带状分布,四川盆地完全处于副高控制中,天空状况转好,有利于升温,特别是盆地东北部升温更加明显。700 hPa上,河套地区至甘肃南部存在明显切变,切变北侧偏北风速较小为4~6 m/s,其南侧威宁—宜宾—沙坪坝—达州—安康为强盛的西南急流控制,风速达14~18 m/s,有利于水汽和不稳定能量向该区输送。850 hPa上,四川盆地北部存在切变线,东部有偏南急流,达州处于急流出口区。19日20时,500 hPa上巴湖低槽快速东移,携带槽后冷平流南下,低槽底部仍分裂短波槽位于川西高原北部,副高588 dagpm线明显东退南压,达州南部及广安处于副高边缘。700 hPa上切变线已快速南压至四川盆地东部至西南部一线(图1a),武都、汉中及其附近风向已由西南风转为偏北风,风速达6~14 m/s,并伴有1~2℃负变温,携带冷平流南下。由于切变后部北风较强,加快了切变线东移南压速度,西南急流

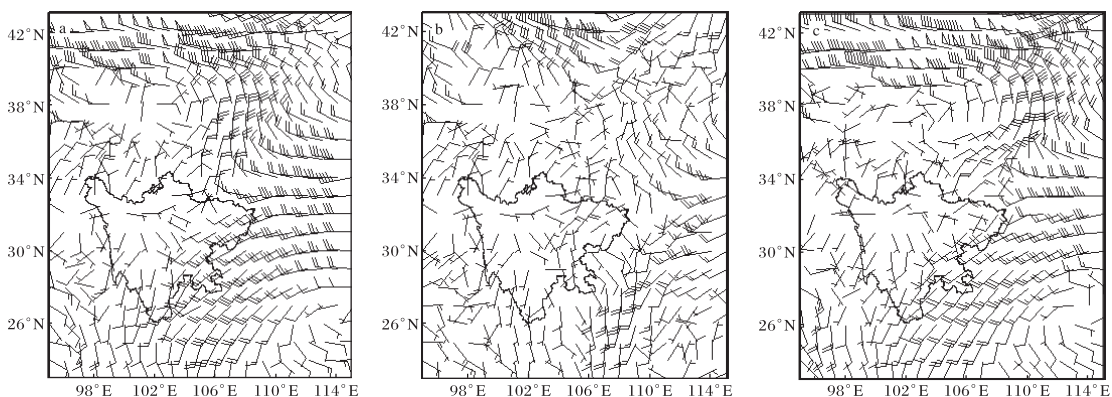


图1 2018年9月NCEP再分析资料风场

(a 700 hPa 19日20时;b 850 hPa 19日20时;c 700 hPa 20日02时)

也随之东移南压,从而导致强降雨落区位于达州中南部及广安一带。850 hPa 上,偏南急流已消失,四川盆地南部有低涡(图 1b),陕西全部转为偏北风,不利于巴中及达州北部降水。20 日 02 时,588 dagpm 线基本稳定,略有东退,仍然位于达州南部及广安一带;700 hPa 上切变线完全压至四川盆地东部(图 1c),西南急流也随之东移,且南风分量减小,偏西分量增大;850 hPa 上的低涡北移至广安一带,其后部北风较强。700~850 hPa 的配置均对达州中南部与广安交汇处一带强降雨有利,不利于其它地方强降雨发生,与降水实况吻合。20 日 08 时 500 hPa 上 588 dagpm 线进一步东退南压至四川盆地南部到重庆南部;700 hPa 上西南急流减弱为西南气流,且达川已转为偏北风,不利于达州地区强降雨的持续,达州北部有弱辐合存在,弱降水持续。

综上所述可知,副高快速东退南压,配合低层强北风,加快了低层切变线和急流东退南压;西南气流偏西分量增强,偏南分量减弱,加快降水系统的东移,使得降水系统主要停滞在四川东北部的广安及达州中南部区域,造成暴雨和大暴雨。

3 数值模式预报检验

3.1 高度场及风场检验

在实际业务中,由于欧洲中心高分辨率数值预报(以下简称“ECthin”)具有较高的时空分辨率,且 ECthin 模式预报风场较其他模式风场具有更高的可用性和稳定性,成为很多预报业务人员的重要参考。下面主要以 ECthin 模式预报风场来分析本次过程失误的原因。

对 18 日 20 时 ECthin 起报的 24~48 h 内 500 hPa 高度场和风场以及 700~850 hPa 的风场进行检验分析。19 日 20 时,500 hPa 上副高脊线北侧位于南充—遂宁—资阳一线,比同时刻副高实际位置偏西,风场与实况较一致。700 hPa 上切变线位于汉中到四川盆地西北部,比实况明显偏西;切变南侧从云南至四川达州一带为一致的西南急流,其北侧北风较实况偏小 2~4 m/s,预示切变线东移南压和急流东退速度将比实况慢。850 hPa 上南部低涡位置,预报与实况基本一致;但预报场上安康的风仍以偏南风为主,实况则已

转为偏北风。20 日 02 时,预报场上 700 hPa 切变线仍维持在四川盆地西北部;850 hPa 低涡中心与实况较吻合,但强度偏大。20 日 08 时,预报场上 500 hPa 副高东移南压至广安南部到重庆中部,但实况副高东退南压更加明显,退至盆地南部到重庆南部;同时预报场上南充有低涡生成,实况则并无低涡。700 hPa 预报场上,切变线在东移南压过程中加强发展成低涡,中心位于南充。巴中、南充中东部、广安、达州中南部,西南急流维持且风速增大,低涡右侧西南风速达 20 m/s;且预报该低涡将继续向东北方向移出。但实况显示,西南急流已消失,显著西南气流东移,达州已转为偏北风,仅北部存在弱低涡。850 hPa 预报场上,盆地南部低涡明显加强并北移至南充,低涡右侧伴有南风急流,位于广安、达州中南部、南充东部。预报场上低涡将向东北方向移入达州中北部,低涡后有强北风侵入,最大风速达 22 m/s,预示低涡在移动中将继续发展。实况则为低涡位置偏南,且强度明显偏弱,偏北风与偏南风速仅为 2~4 m/s。

通过 ECthin 分析,预报场上副高、切变线和急流东退南压速度均明显慢于实况,导致此次过程暴雨预报落区与实况误差较大。根据预报场上系统的发展演变,高低层存在深厚低涡位于南充,动力条件极好;且低涡右侧西南或南风急流向盆地东北部输送水汽,水汽条件好。配合低涡的移动路径,考虑四川盆地东北部大部地方将有一次大到暴雨,局地大暴雨的过程;同时根据低涡的发展演变、移动路径及维持时间确定大暴雨落区主要位于南充、巴中和达州三市的交汇处并呈东北—西南向带状分布。因此,从副高和风场的预报场演变来看,无法将暴雨及大暴雨落区和范围向降水实况区域进行有效订正。

3.2 模式降水预报和实况的对比

由于暴雨落区预报是预报中的难点,各种数值预报均具有自身的误差和不稳定性,需要综合多家数值模式才能更好地确定暴雨落区。为了对实际业务有参考价值,使用模式为四川实际业务常用模式,分别为欧洲中心高分辨率数值预报(ECthin)、日本气象厅数值模式(JMA)、西南区域

数值模式(SWCWARMS)及全球中尺度模式(GRAPES_MESO)。

将四川降水实况与四家模式 18 日 20 时和 19 日 08 时分别起报的 19 日 20 时—20 日 20 时的降水预报进行对比(图 2, 见第 31 页, 图 2a 为降水实况)。18 日 20 时起报的 48 h 降水, Ecthin(图 2b)和 SWCWARMs(图 2c)对此次过程的量级整体把握较好, 但是落区较实况明显偏西偏北; 在暴雨和大暴雨集中区(达州东南部及广安) Ecthin 降雨量级最大仅预报出中到大雨, SWCWARMs 则主要预报为小到中雨, 局地大雨。GRAPES_MESO 和 JMA 预报的降水量级略微偏小(图 2d、图 2e), 但落区依旧偏西偏北。19 日 08 时起报的 36 h 降水, Ecthin(图 2f)和 SWCWARMs(图 2g)均将暴雨区范围调小并略向东调整, 但预报落区仍主要集中在巴中和南充两市的东部及达州中北部; Ecthin 将大暴雨区范围明显调小, SWCWARMs 量级维持, 但大暴雨区主要报在达州中部。GRAPES_MESO(图 2h)将降水量级调小至大雨, 较实况偏小 1~2 个量级, 且强降水落区仍偏北; JMA 将暴雨落区范围调小, 但落区仍明显偏西偏北(图 2i)。综上所述, 并结合前面形势场分析, 此次过程量级相对容易把握, 但是落区订正难度很大, 从而导致此次暴雨落区预报与实况偏差较大。

4 物理量场分析

4.1 对流参数

K 指数、沙氏指数、对流有效位能 CAPE 及 $\theta_{se(500-850)}$ (500 hPa 和 850 hPa 假相当位温差)能较好地代表环境场的水汽、能量和不稳定条件。K 指数越大、沙氏指数及 $\theta_{se(500-850)}$ 值越小、CAPE 值越大代表水汽越丰富、能量越高、对流越不稳定, 越有利于出现强对流天气。9 月 6—18 日四川盆地东北部大部时段以阴雨天气为主, 11 日开始, 大部地方气温持续在 25 °C 以下, 不利于强对流或暴雨天气发生。19 日 08 时达州探空图上显示, 湿层非常深厚, 高度达 300 hPa。从各对流参数(表 1)来看, 大气层结均处于稳定状态; 但白天四川盆地受副高控制有利于升温, 特别是盆地东北部偏东南方向至重庆地区气温迅速上升, 大部

地区温度升至 30 °C 以上, 有利于不稳定能量迅速积累, 为暴雨的发生提供良好的能量条件。19 日 20 时, K 指数从 08 时的 34 °C 跃升至 42 °C, 沙氏指数由 2.63 °C 降至 -2.18 °C, CAPE 更是由 20.6 J/kg 迅速累计至 2 156.8 J/kg, $\theta_{se(500-850)}$ 也转为 -7.7 °C, 大气层结变得明显不稳定。探空曲线呈上干下湿状态, 湿层依然深厚, 高度达 500 hPa, 水汽和能量条件均有利于暴雨和雷暴、短时强降水等强对流天气发生。本次过程最强降雨时段集中在 02—06 时, 有超过 20 站降雨强度持续超过 20 mm/h, 其中 04 时、05 时小时雨强超过 20 mm/h 的达 54 站和 61 站, 均出现在达州中南部和广安交汇处。04 时的降雨强度最大, 有 11 站达 50 mm/h, 均位于达州大竹县。随着强降水的发生, 不稳定能量得以释放, 20 日 08 时, 大气层结转为稳定, 降水强度明显减小, 转为稳定性降水。

表 1 2018-09-19—20 对流条件参数

时间	K 指数/°C	沙氏指数/°C	CAPE/(J/kg)	$\theta_{se(500-850)}$ /°C
19 日 08 时	34	2.63	20.6	1.4
19 日 20 时	42	-2.18	2 156.0	-7.7
20 日 08 时	31	4.97	138.7	10.2

4.2 水汽条件和动力条件

19 日 20 时 850 hPa 的水汽通量散度中心位于重庆西南部。20 日 02 时, 该中心移至达州和广安交汇处(图 3a, 见第 31 页), 中心强度达 $-60 \times 10^{-5} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$, 其对应处强降水开始。08 时水汽通量散度中心沿达州东部移出四川, 强降水结束。从达州的涡度剖面图(图 3b, 见第 31 页)可知, 20 日 02—08 时, 500 hPa 以下为正涡度, 以上为负涡度, “抽吸作用”明显。综合以上分析可知, 能量、水汽和动力条件均对强降水落区和时段有较好的指示意义。

5 卫星云图分析

强降水落区及其移动路径常常与对流云团的生消演变及移动路径密切相关。借助卫星云图监视中、小尺度对流系统的发展演变, 从而进行短时临近预报及订正。为便于分析, 所用底图为云南、

贵州、四川及重庆的行政地图拼图。结合地面流场和露点场,判断云团的演变趋势(图4,见第32页)。过程开始前,19日20时四川盆地东北部无对流云团生成;21:40遂宁、资阳及重庆西部均有初生对流云团A、B、C生成发展并向东北方向移动;23时三个对流云团明显增强,范围扩大,A、B位于遂宁,C移入广安、重庆交界处(图4a),达州北部有对流云团D生成。泸州一带存在地面辐合线,A、B、C云团均位于辐合线北侧偏北气流中。A、B云团位于露点锋区东侧水汽丰富的区域,考虑到地面辐合线对暖湿空气的抬升作用,判断两云团将合并且迅速发展;而C云团离露点锋区远,其在东移过程中将逐渐减弱;D云团则刚好处于地面辐散气流中将减弱。20日02时,C、D云团东移且趋于消散,而A、B云团合并加强形成MCS(图4b),覆盖南充东部、达州中南部及广安地区。MCS仍然位于地面辐合线北侧和露点锋区附近,继续东移发展,03—05时发展最为旺盛,对应最强降水阶段,连续2h雨强超过20mm/h的站点数分别达40站和46站。03:40对流云团发展最为旺盛,其中心刚好位于大竹和渠县交界处,此时对应区降雨强度最大,03—04时有10站小时雨强达50mm/h。05时,MCS主要覆盖达州、广安及重庆中北部(图4c),仍处于露点锋东侧的辐合气流中,有利于该区强降水的产生,但MCS东部已有辐散气流,预示MCS在东移过程中将逐渐减弱。08时,云团已有所减弱并明显东移到达州东部边缘至重庆(图4d),其后部的露点锋区已明显减弱,达州强降水结束。

综上所述,结合卫星云图、地面流场和露点锋区,重点分析暖湿气流中具备抬升作用的位置,可以判断1~3h内云团的演变趋势,确定强降水落区,为短临预报提供较好参考。

6 雷达资料分析

通过对达州和南充的多普雷达垂直风廓线产品(VWP)分析强降水落区偏东的原因(图5,见第32页)。从南充多普雷达垂直风廓线来看,20日00—02时700hPa附近基本以西南风为主(图5a),2km高度以下以北风为主,低层有冷空气入

侵。02时700hPa附近(3km左右)南风分量明显减弱,以偏西风为主,预示降水系统将东移,不利于四川盆地东北部偏西地区降水的持续。达州多普雷达垂直风廓线上,20日凌晨02时开始,低层700hPa附近主要以西南风为主(图5b),以下以偏南风为主,有利于水汽和不稳定能量向该地输送,西南风或偏南风气流一直持续到06:30(图5c),与强降水集中时段吻合。之后700hPa附近转为偏西风,南风分量明显减小,预示降水系统将东移。

综合以上分析可知,强降水落区主要位于盆地东北部偏东南位置,是由于南充700hPa附近引导气流西南风持续时间较短,02时转为偏西风,导致降水系统快速东移,而达州700hPa附近引导气流西南风持续时间相对较长,风场转换较慢。因此可以通过多普雷达垂直风廓线产品(VWP)分析700hPa附近引导气流的转换来判断系统移动的速度和移出的时间。

7 结论

(1)副高快速东退南压,配合低层强北风,加快了低层切变线和急流东退南压;西南气流偏西分量增强,偏南分量减弱,加快降水系统的东移,使得降水系统主要停滞在四川东北部的广安及达州中南部区域,造成该区产生暴雨和大暴雨。

(2)数值预报场上副高、切变线和急流东退南压速度均明显慢于实况,导致此次过程暴雨预报落区较实况误差较大。

(3)结合卫星云图、地面流场和露点锋区,重点分析暖湿气流中具备抬升作用的位置,可以判断1~3h内云团的演变趋势,确定强降水落区,为短临预报提供较好参考。

(4)可通过多普雷达垂直风廓线产品(VWP)分析700hPa附近引导气流的转换来判断系统移动的速度和移出时间。

(5)数值预报具有自身的误差和不稳定性,在实际业务中应以数值预报为基础,综合分析多种观测资料订正数值预报才能提高暴雨落区预报准确率。

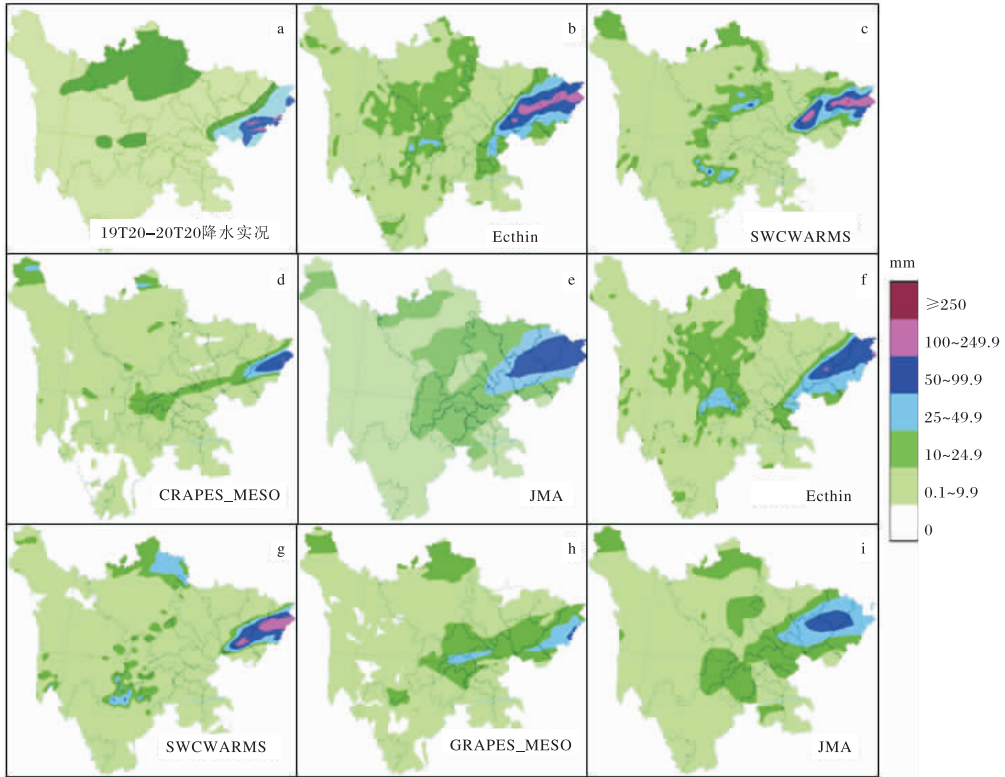


图2 2018-09-19T20—20T20 四川降水实况(a)、2018-09-18T20 起报的四川 48 h 降水量和 2019-09-19T08 起报的四川 36 h 降水量(文见第 28 页 3.2)

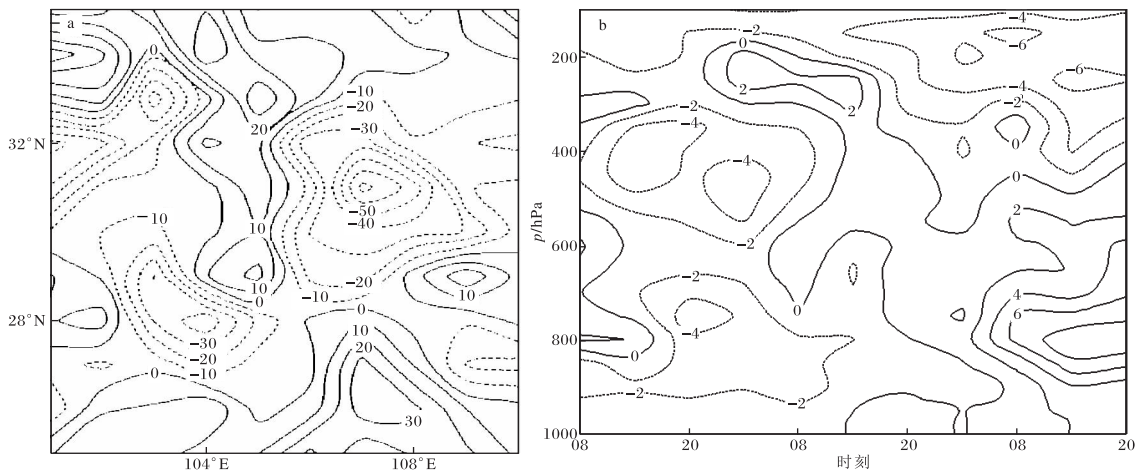


图3 850 hPa 水汽通量散度分布图(a 2018-09-20T02;单位为 $10^{-5} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)和涡度沿 107.5°E , 31.2°N 中心时间剖面图(b 2018-09-18T08—20T20;单位为 10^{-5} s^{-1})(文见第 29 页 4.2)

参考文献:

[1] 康岚,郝丽萍,蒲吉光,等. 对两次持续性暴雨过程落区预报的探讨[J]. 高原气象,2016,35(6):1540-1550.
 [2] 孙兴池,郭俊建,王业宏,等. 低涡和副热带高压共

同影响下的暴雨落区分析[J]. 气象,2015,41(4): 401-408.
 [3] 陆忠艳,吴晓锋,李萍,等. 辽宁一次暴雨过程及暴雨落区预报失误原因分析[J]. 气象与环境学报, 2014,30(6):31-36.

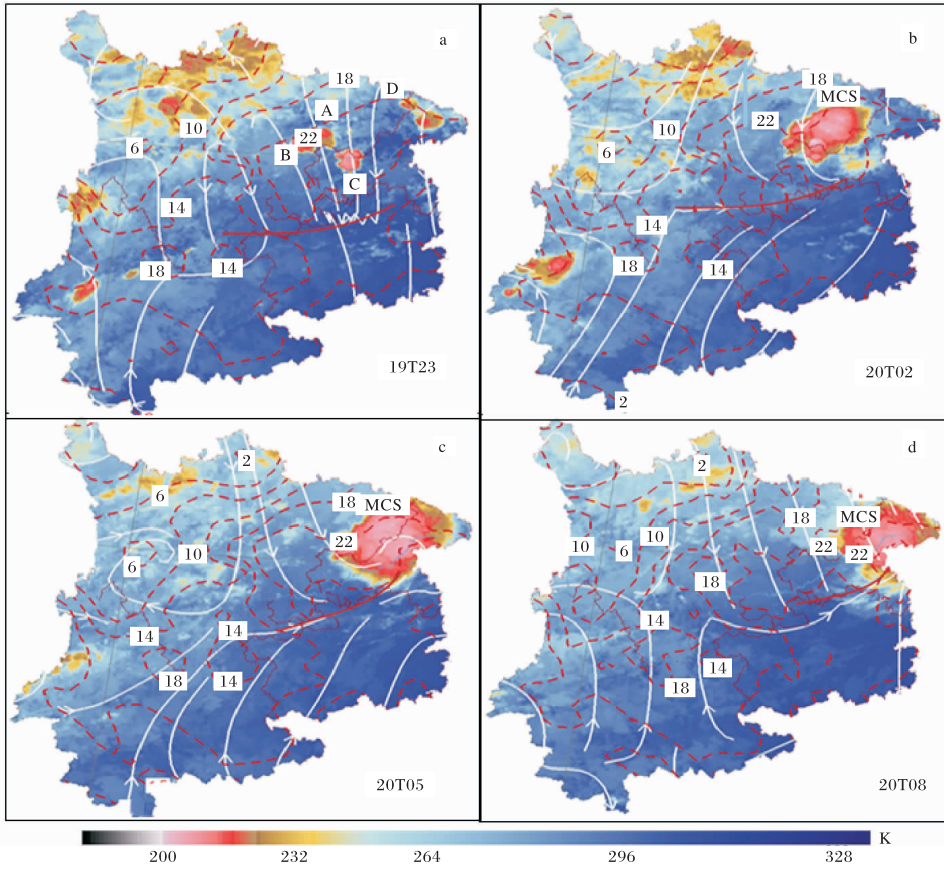


图4 2018-09-19—20 葵花8 卫星云顶亮温(填色;A、B、C、D为对流云团)、地面流场(白色箭头线)、地面辐合线(红色标记线)和露点场(红色虚线,单位为℃)叠加图(文见第29页5)

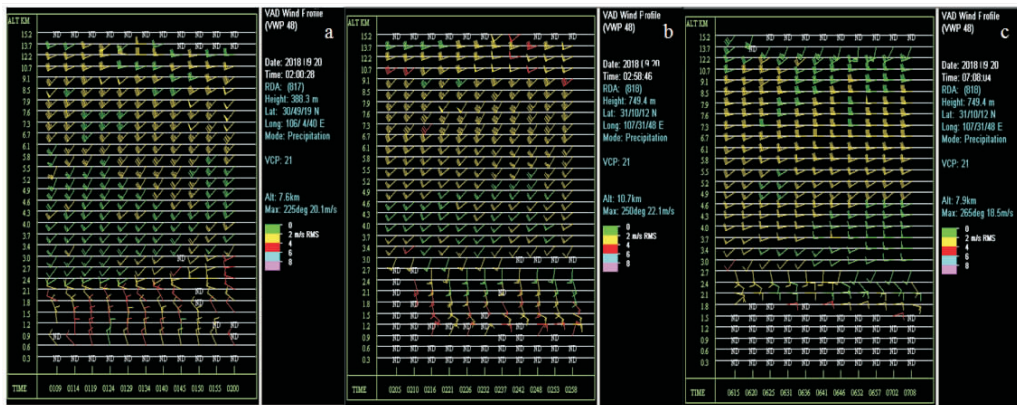


图5 2018-09-20 多普雷达垂直风廓线产品(VWP) (a 南充雷达;b-c 达州雷达;文见第30页6)

[4] 侯柯然,侯庆国,艾锐,等. 榆林2017年7月26日区域性大暴雨数值预报降水检验和误差分析[J]. 陕西气象,2018(6):17-22.

[5] 张宏芳,潘留杰,杨新. ECMWF、日本高分辨率模式降水预报能力的对比分析[J]. 气象,2014,40(4):424-432.

[6] 庞翻,蔡英. T639 数值产品对宝鸡暴雨的预报效果

检验[J]. 陕西气象,2014(3):8-11.

[7] 何光碧,肖玉华,屠妮妮,等. GRAPES_MESO 模式对一次强降水过程的预报及误差分析[J]. 高原山地气象,2012,32(1):8-17.

[8] 屠妮妮,何光碧,衡志炜,等. SWCWARMS 模式对西南区域预报能力的检验[J]. 高原山地气象,2017,37(3):21-30.