

文章编号: 2096-1618(2016)04-0425-08

贵州近10年短时强降水统计分析

周明飞¹, 熊伟², 杜小玲¹

(1. 贵州省气象台, 贵州 贵阳 550002; 2. 贵州省气象信息中心, 贵州 贵阳 550002)

摘要:为研究贵州近10年短时强降水的时空分布特征、物理量场特征及对流云团的生消发展。采用实况地面和高空观测资料、风云气象卫星资料,对贵州近10年短时强降水进行统计分析,结果显示贵州短时强降水呈现出南多北少空间分布特征。对物理量场分析发现,850 hPa平均比湿超过14 g/kg,700 hPa平均比湿超过10 g/kg,比湿量级与贵州出现暴雨天气量级一致,在短时强降水发生前均具有一定的对流有效位能(CAPE),CAPE最小值与最大值差异较大。同时结合天气形势与地理特征研究了2004~2014年贵州出现的128次短时强降水个例的对流云团特征,将短时强降水对流云团分为北部型、南部型、中部型、西部型以及东部型,其中各出现次数分别为15、43、32、17、21,所占比例分别为11.7%、33.6%、25%、13.3%、16.4%,结果表明南部型最多,影响范围较大,影响时间最长;北部型与西部型较少,多在邻近省份发展再影响贵州,范围小、时间短;东部型与中部型强度较弱,消散快。

关键词:气象学;中小尺度天气;短时强降水;时空分布;对流云团

中图分类号:P468.0⁺24

文献标志码:A

0 引言

暴雨是贵州省重要的灾害性天气之一,常带来严重的人员伤亡和财产损失,而绝大多数的暴雨过程中都含有短时强降水过程。短时强降水是在极短的时间内产生极大的降水量,其造成的灾害通常更甚于暴雨。短时强降水天气过程具有:中小尺度、突发性、难以预测、灾害性大等特点。基于上述原因,在中短期时效内对其预报预测较困难。因此亟待开展对短时强降水天气的分析研究,提升预报员对短时强降水天气的认识,逐步提高预报准确率。

在前期,已有 Hosking、Klaassen 等^[1-2]多位国外气象学者对短时强降水的研究。近些年国内对短时强降水的研究也开始增多。郝莹等^[3]利用安徽省1995~2010年逐小时降水量资料,统计了不同强度的短时强降水的时空分布特征,并分析典型短时强降水过程的环境背景场特征,建立了短时强降水的3种概念模型,总结出有利于其发生的大尺度影响系统。通过分析物理量得知,短时强降水发生时大气水汽充沛、湿层深厚,厚的暖云层保证了云粒子在降水系统的下沉气流里较少的被蒸发,而中等强度的对流有效位能和高的KI指数值有利于高降水效率的产生。短时强降水的雷达反射率因子有“低质心结构”和“高质心结构”两种结构特征。陈炯等^[4]从气候角度统计分析了中国暖季不同量级短时强降水时空分布,并得出短时强降

水和中尺度对流系统的频率特征。多位气象工作者^[5-12]也针对各个区域的不同形势以及不同角度研究了短时强降水天气的特征。彭芳等^[13]曾利用贵州区域84站1991~2009年汛期(4~9月)逐小时降水量,分别定义各站点的小时降水量的强降水阈值,分析出贵州各区域阈值分布分布的高低。同时统计出各区域出现高阈值的频数和时段分布。此分析根据不同地域的气候特征给出不同的短时强降水标准,具有地域特征,但各地采用不同标准,在实际业务中采用具有一定难度。

文中采用中国气象局统一标准,定义短时强降水:小时降雨量大于等于20 mm。利用贵州全省84县站2004~2014年近10年逐小时降水量,分析贵州全省短时强降水的时空分布、环境物理量特征以及对流云团的发展生消特征。

1 资料来源

采用贵州全省84县站2004~2014年经审核认定逐小时雨强资料、实况地面观测资料、高空观测资料,风云气象卫星资料。

2 短时强降水时空分布特征

2.1 空间分布特征

统计分析贵州近10年短时强降水的时空分布特征(图1),统计近10年每站共出现短时强降水次数,

结果显示贵州短时强降水(小时降雨量 ≥ 20 mm)呈现出现南多北少特征,中部以南区域每县出现次数均超过 50 次,最多区域位于贵州的安顺市附近,出现次数最多的两站是镇宁和望谟站,均为 91 次。北部地区除东北部两站以外,其余均少于 50 次。最少区域位于贵州西北部毕节市,其中出现次数最少的为黔西站 25 次。小时降水量 ≥ 50 mm的短时强降水的空间分布

(图略)与小时降水量 ≥ 20 mm相一致,也是南多北少,最多站次为望谟站 11 次,北部部分县站没有出现过。小时最大雨强的空间分布特征呈现出分散性,全省各地均有较强的最大小时降水量出现,最大的两站分别为三都站的135.2 mm(出现时间为 2006 年 6 月 26 日 04 时)和石阡站的101.1 mm(出现时间为 2014 年 6 月 4 日 03 时)。

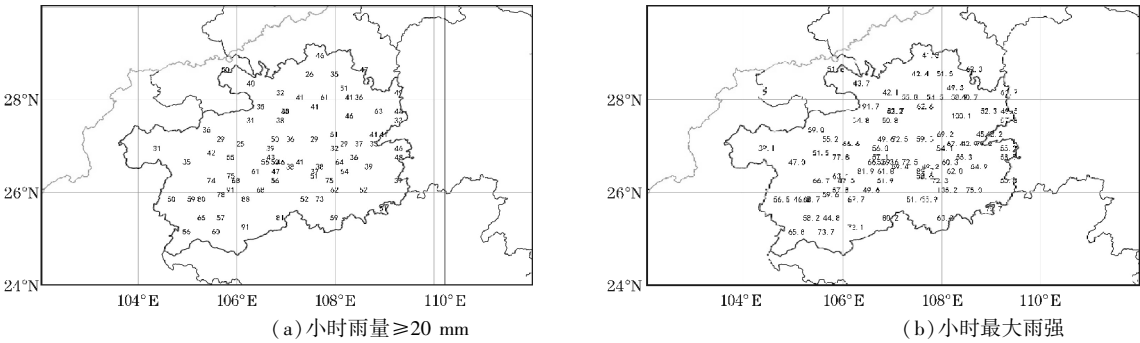


图 1 贵州各县短时强降水空间分布

2.2 时间分布特征

从时间分布特征来看(图 2),年际变化显示近 10 年在 2005 ~ 2008 年是短时强降水的多发年份,每年全省共出现短时强降水总站次超过 400 次,2009 ~ 2013 年短时强降水出现站次较少,每年全省总站次均低于 400 次。2014 年短时强降水出现次数陡然增加,全年总站次达到 569 次,为近 10 年最多,最少为 2004 年仅 206 次。从短时强降水出现的月份分析来看,全年 4 ~ 9 月是短时强降水的高发期,这与贵州的汛期时间相符合,其中近 10 年 6 月份全省出现短时强降水总站次达到 1114 次,占总出现站次的 26.5 % ;其次分别是 7

月份 894 次,占 21.3 % ;5 月份 782 次,占 18.6 % ;8 月份 674 次,占 16 % 。其中 12 月和 1 月均没有出现过短时强降水天气。从一天内出现短时强降水的时刻分布来看,短时强降水多出现在傍晚和夜间,其中 22 时至次日 07 时为短时强降水的高发时段,近 10 年每小时出现的总站次均 ≥ 200 次,10 时至 15 时为短时强降水少发时段,每小时出现总站次均 < 100 次。全天中夜间 02 时为短时强降水最高发时段,达 306 次,占总站次的 7.3 % ;最少为中午 12 时,仅出现 50 次,占总站次的 1.2 % 。这种时间分布特征与贵州容易出现的夜雨天气现象相符合。

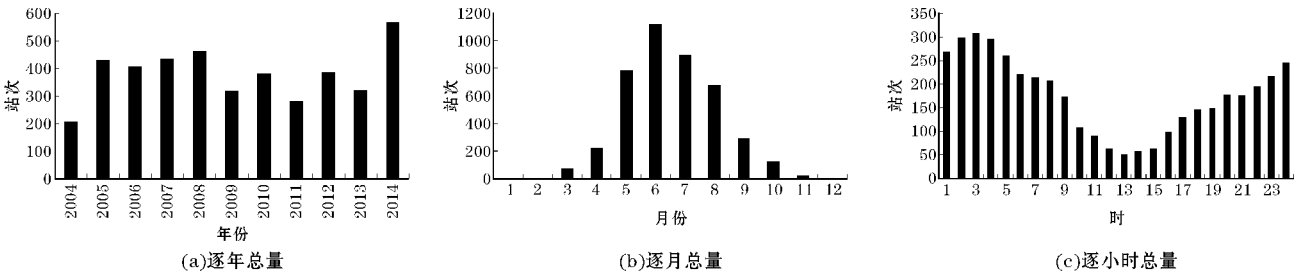


图 2 贵州短时强降水时间分布

3 物理量场特征分析

针对出现明显短时强降水天气的环境场做研究,故定义同一天出现 10 站次以上短时强降水天气为一次区域性短时强降水天气过程。近 10 年共选取出 128 次短时强降水天气个例,个例主要出现在 5 ~ 9

月。所用资料为贵阳探空站实况观测资料,原因有:经对比再分析资料发现,在西南地区再分析资料与实况观测资料具有一定误差,故采用实况观测资料,确保准确性;贵州仅有两探空站,因西部的威宁站海拔太高,不具代表性。

强对流天气出现的 3 要素为:水汽条件;不稳定层结条件;抬升力条件。在这里,水汽和不稳定层结这两

个条件可以认为是发生对流性天气的内因,而抬升条件则是外因^[14]。故在此主要挑选比湿、对流有效位能 CAPE、K 指数 3 个参数对环境场进行分析。

3.1 比湿场

分析 5~10 月短时将降水个例平均比湿显示(图 3a):850 hPa 平均比湿超过 14 g/kg,700 hPa 平均比湿超过 10 g/kg,此比湿量级与贵州出现暴雨天气量级一致,其中 7 月比湿值达最大,5 月、9~10 月比湿值最小。这符合 7 月南亚夏季风以及东亚夏季风对贵州的水汽输送最强。值得一提的是虽然 7 月贵州的水汽输送最强,但出现短时强降水个例最多的却是 6 月,即短时强降水不仅与水汽条件有较强相关,还与强对流天气的其他要素有关。

3.2 对流有效位能 CAPE

短时强降水是对流性天气的一种重要类型,热力不稳定是影响风暴强度和类型的 3 个主要因子之一,因为它正比于抬升空气的有效位能。用来衡量热力不稳定的最佳参量是对流有效位能(CAPE)。对流有效位能(CAPE)是气块在给定环境中绝热上升时的正浮力所产生的能量的垂直积分,是风暴潜在强度的一个重要指标^[15]。短时强降水发生前的 CAPE 最小与最大值统计显示(图 3b):短时强降水发生前均具有一定

对流不稳定能量,但最大值与最小值差异较大,最小值为 214 J/kg,最大值为 2934.3 J/kg,逐月个例中出现的 CAPE 最大值均超过 2000 J/kg。6 月的 CAPE 平均值与最大值均明显高于其他月,正是贵州强对流最活跃期。这显示了 6 月冷暖空气在贵州交汇频繁,高空槽活动较多,使得不稳定能量得以发展,有利强对流天气发生。

3.3 K 指数

K 指数的定义为

$$K=(T_{850}-T_{500})+Td_{850}-T_{700}-Td_{700}$$

K 指数计算式中第一项表示温度直减率,第二项表示低层水汽条件,第三项表示中层饱和程度,所以 K 指数能够反映大气的层结稳定情况,K 指数越大,层结越不稳定,但不能明显表示出整个大气的层结不稳定程度。对暴雨和短时强降水具有较好的应用价值。

从图 3(c)可以看出,短时强降水天气发生前 K 指数分析显示,最小 K 指数为 35℃,最大 K 指数为 46℃。分段统计短时强降水个例显示 K 指数位于 38℃~40℃的个例最多,占总天气个例的 37%,其次是 K 指数位于 41℃~43℃的个例,占比 31%,说明在短时强降水发生前 K 指数大多位于 38℃~43℃,即高的 K 指数对应高概率的短时强降水天气可能性,可以用其作为短时强降水天气出现的重要指标。

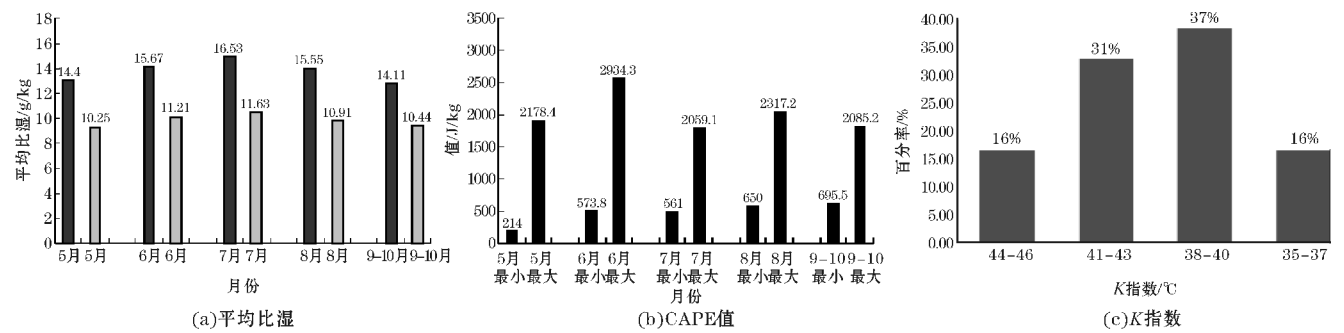


图3 贵州短时强降水个例平均比湿、CAPE、K 指数

4 短时强降水对流云团的生消发展分析

对流云团的生消发展是短时临近预报中重要的预报研究内容,不同的地理区域、环流形势、地形特征都使得各地的对流云团的发生发展和移动各不相同。贵州地处云贵高原,位于青藏高原东南侧,由于气流经过高原产生绕流以及从高原下坡,此两者作用使得在四川到贵州西北部一带通常有气旋性涡旋的生成,因此经常有对流云团在贵州西北部生成。贵州纬度较低,

在夏季风较强时,经云南向贵州的西部午后到夜间常有对流云团的生成。因此贵州西北部和西部地区通常是对流云团的产生地。还有一类对流云团通常是在四川东部至重庆的低涡切变形势下生成,在南下过程中影响贵州。贵州横向地势为东部低西部高,纵向地势显示为中部高,南北低,西北部是贵州海拔最高的位置。这种地形形势下对流云团在贵州境内,当引导气流较弱时对流云团移动缓慢,原地发展至结束,引导气流较强时主要向东、向南、向东南方向移动。

结合贵州地形和对流云团影响停滞时间,将贵州短

时强降水对流云团分为北部型、南部型、中部型、西部型以及东部型。由于目前资料尺度较大,局地的短时强降水天气系统尺度较小,无法准确描述和研究,故研究选取贵州境内每日出现短时强降水站次 10 站次以上为一次天气个例(当某一站多次出现短时强降水时不重复计算),针对天气尺度的系统进行研究。总计 2004 ~ 2014 年贵州出现短时强降水个例 128 次(图 4),其中东部型共出现 21 次,占总个例的 16.4 %。南部型共出现 43 次,占总个例的 33.6 %。中部型共出现 32 次,占总个例的 25 %。北部型共出现 15 次,占总个例的 11.7 %。西部型共出现 17 次,占总个例的 13.3 %。中部型、南部型、东部型多是由贵州西部或西南部对流云团发展加强造成的,东部型与中部型通常强度较弱,影响范围较小,减弱较快;南部型个例最多,与统计显示的贵州南部短时强降水多相一致,南部型造成的短时强降水范围较大,影响停滞时间最长。北部型多是由四川东部至重庆的对流云团移入影响造成,影响贵州范围较小,多是对流云团结束减弱期影响。西部型为从云南东部移入的对流云团或本地生成发展所致,影响范围较小,生命期较短。值得关注的是在贵州西南部和南部发展的对流云团较容易形成 MCC。

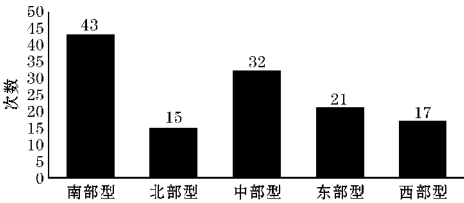


图 4 各类型分布图

4.1 东部型

东部型主要影响区域为:贵州省遵义市东部、铜仁市、黔东南州。云团主要生成区域:重庆南部、贵州西北部。云团消失减弱区域:湖南西部、广西东北部。云团特征:(1)贵州西北部生成的对流云团东南移过程中发展影响贵州东部,时间短,影响范围小。(2)重庆南部生成对流云团东南移影响贵州东北部、若偏南分量较大,将进一步影响贵州东南部转换为南部型。

典型个例为 2013 年 5 月 25 日 20 时 ~ 26 日 20 时(图 5),在贵州东部出现 25 个站次的短时强降水,最大小时雨强为 26 日 04 时锦屏站的 52 mm。25 日下午 14 时左右对流云团开始在贵州西北部生成发展并逐步向东南方向移动;20 ~ 22 时,在贵州中部呈东北西南向,此后进一步向东移动,在贵州东部影响时间较长,最终 26 日 09 时左右移出贵州。

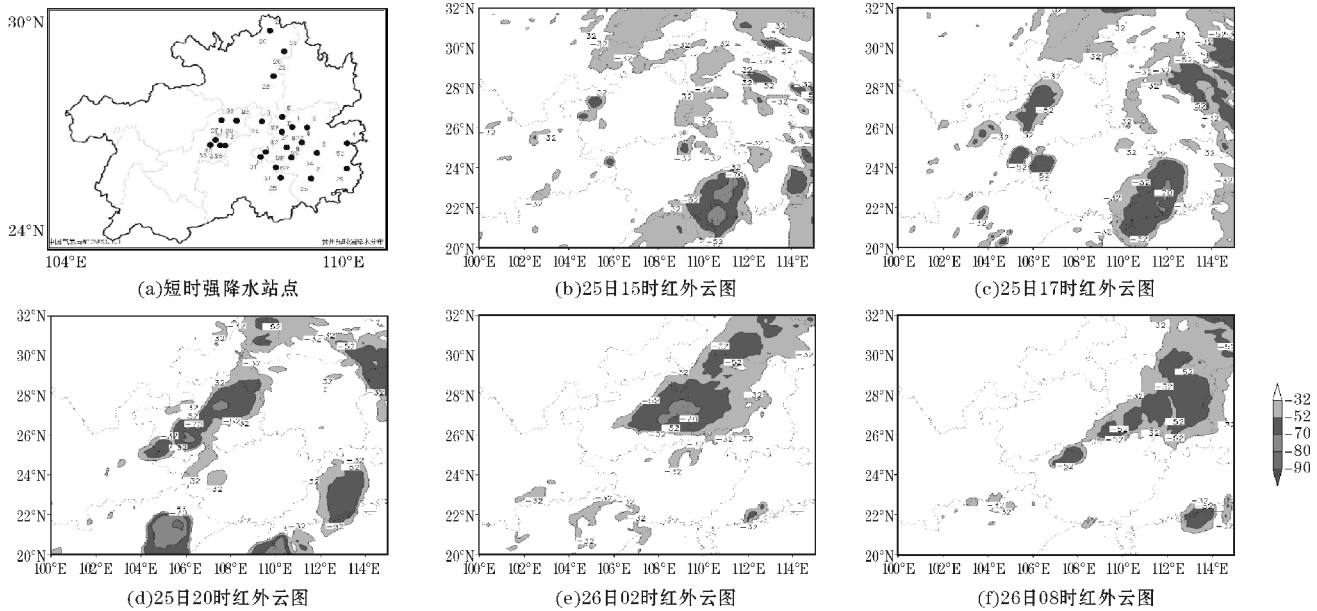


图 5 2013 年 5 月 25 日 20 时 ~ 26 日 20 时短时强降水站点及风云卫星红外云图

4.2 南部型

南部型影响区域:贵州黔西南州东部、黔东南州、黔南州。云团主要生成区域:四川省东南部与贵州西北部、重庆南部。云团消失减弱区域:广西北部。云团特征:与系统性降雨密切,通常对流云团发展旺盛,持

续时间长,影响站次较多。
典型个例为 2014 年 6 月 19 日 20 时 ~ 20 日 20 时(图 6),在贵州南部出现 18 个站次的短时强降水,最大小时雨强为 20 日 00 时三都站的 79.8 mm。19 日下午 12 时左右贵州西北部开始出现线状对流云团,此后对流云团逐步发展并快速南压,19 日夜间对流云团在

贵州南部稳定维持并强烈发展,形成 MCC 云团,在此期间在贵州南部形成大范围短时强降水天气。对流云团于 20 日上午减弱向南进入广西。

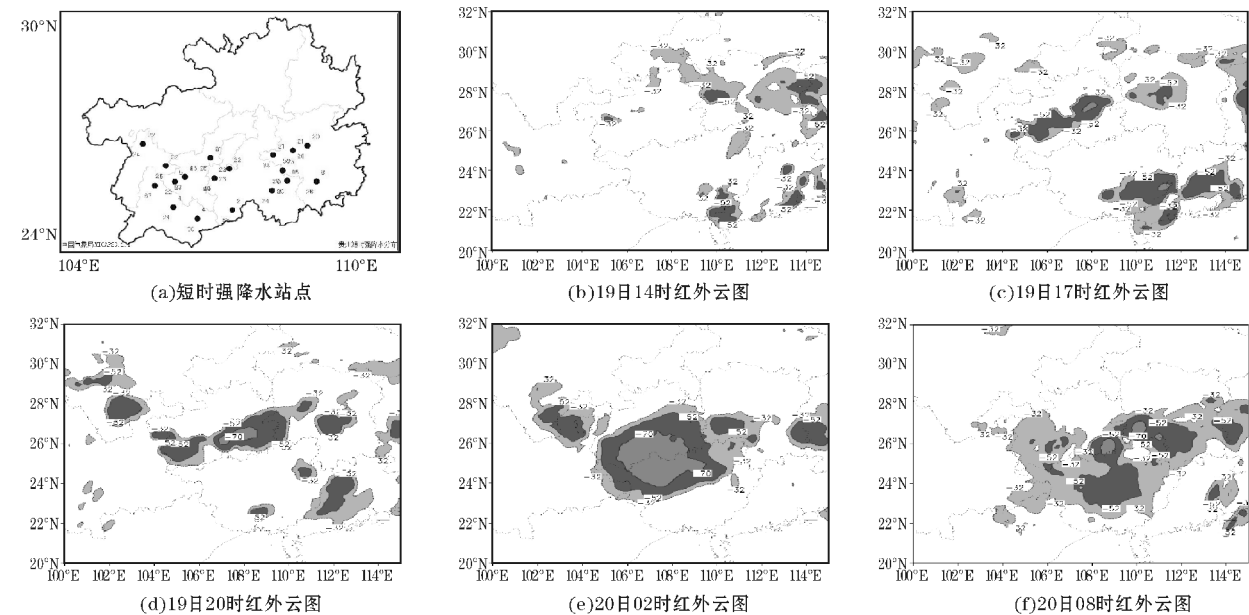


图 6 2014 年 6 月 19 日 20 时~20 日 20 时短时强降水站点及风云卫星红外云图

4.3 中部型

中部型影响区域:贵州安顺市、贵阳市、黔东南州北部、黔南州北部。云团主要生成区域:四川省东南部、重庆南部、云南东南部。云团消失减弱区域:贵州南部。云团特征:对流云团范围较小,强度较弱,多由局地小尺度对流系统发展而成、影响范围小、消散快。

典型个例为 2014 年 9 月 4 日 20 时~5 日 20 时(图 7),在贵州中部出现 11 个站次的短时强降水,最大小时雨强为 4 日 23 时贵定站的 73 mm。4 日下午对流云团在云南东部发展,面积较小,4 日夜缓慢向东发展呈线状影响贵州中部,此后快速减弱向南进入广西。此次强降水对流云团面积较小,生命史较短,减弱迅速。

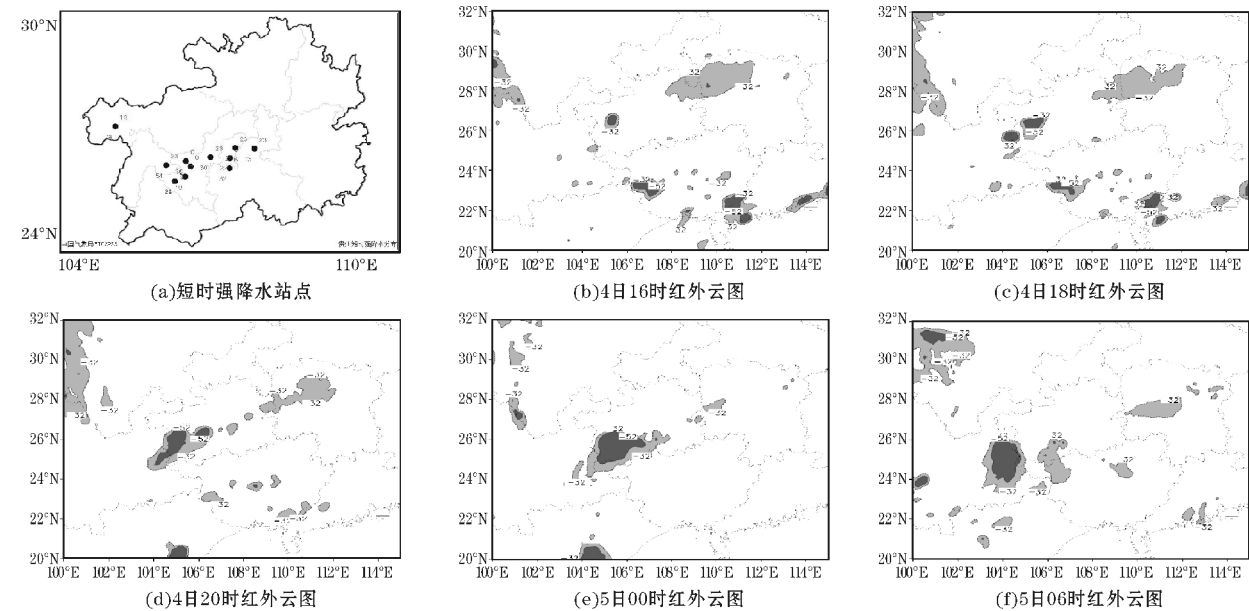


图 7 2014 年 9 月 4 日 20 时~5 日 20 时短时强降水站点及风云卫星红外云图

4.4 北部型

北部型影响区域:贵州北部毕节市、遵义市、铜仁

市。云团主要生成区域:重庆市南部、四川省东南部。云团消失区域:贵州中部。云团特征:与影响重庆、四川南部的强对流云团联系密切,通常是在上述地区生

成,对流云团南部影响贵州北部,随后减弱或东移。

典型个例为2012年7月11日20时~12日20时(图8),在贵州北部出现12个站次的短时强降水,最大小时雨强为12日01时务川站的41 mm。7月11日下午在四川东南部与重庆各有对流云团发展,11日17

时左右开始进入贵州,并逐步发展连接在一起,此后在贵州北部维持少动,强烈发展形成中 β 尺度MCS系统,造成贵州北部的短时强降水天气过程。12日早间,MCS系统减弱逐步南下。

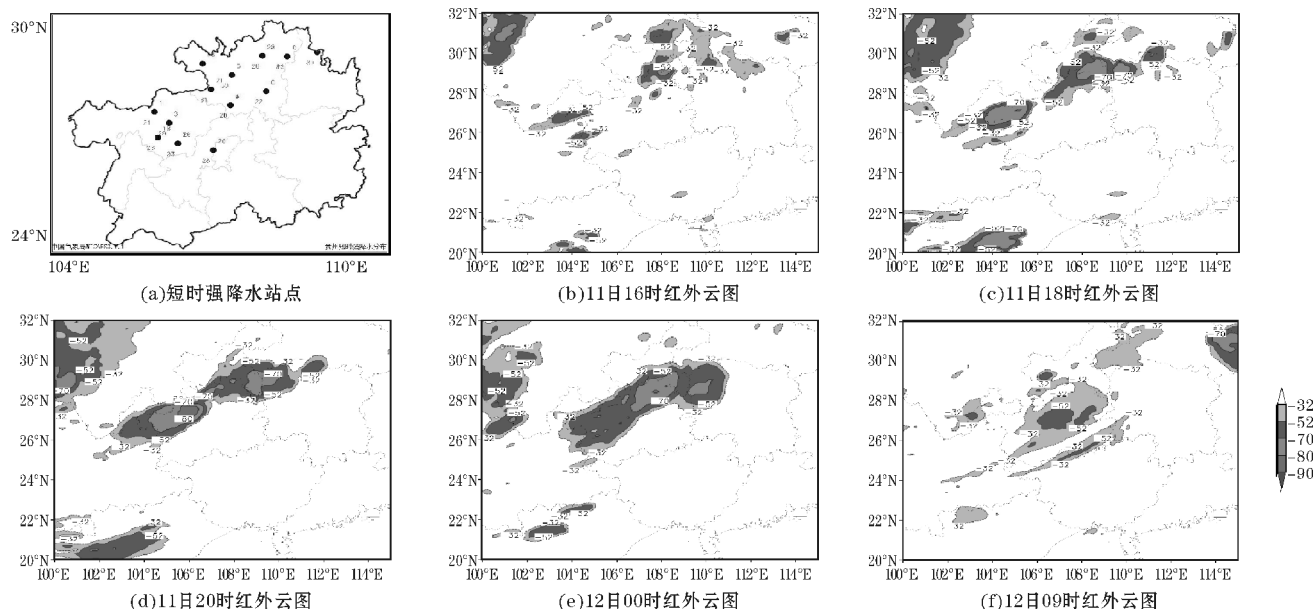


图8 2012年7月11日20时~12日20时短时强降水站点及风云卫星红外云图

4.5 西部型

西部型影响区域:贵州毕节市、六盘水市、安顺市、黔西南州。云团生成区域:四川省东南部、云南东部、云南东南部。云团消失减弱区域:贵州南部。云团特征:西北部生成的对流云团,前期较稳定少动,通常局地生成,原地不断发展影响贵州西部;云南东部与东南部生成的对流云团与季风槽前不稳定对流云团发展相联系,向东北方向发展,影响贵州西部。

典型个例为2012年5月21日20时~22日20时(图9),在贵州西部出现14个站次的短时强降水,最大小时雨强为22日02时关岭站的43 mm。21日午后,在云南东部和贵州西部逐步有小尺度对流云系发展,对流云系稳定少动并不断发展,在21日夜间23时左右开始形成MCC系统,MCC系统在22日03时达到最强,在贵州西部地区出现短时强降水过程。22日06时左右,MCC系统开始减弱,逐步向南移出贵州。

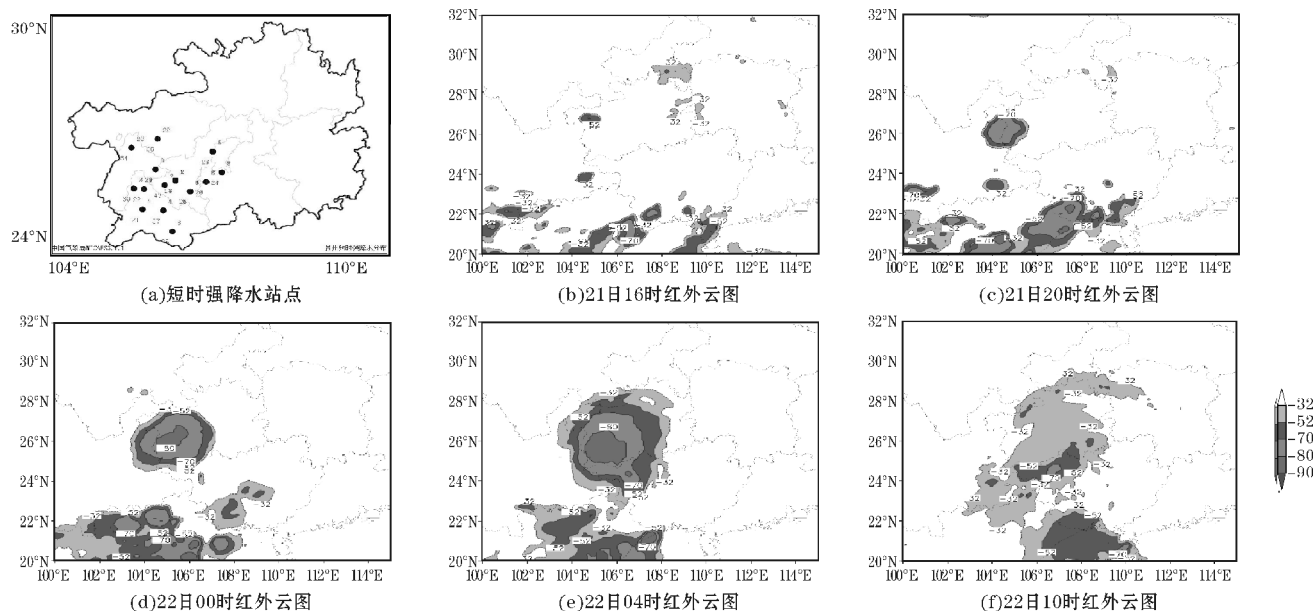


图9 2012年5月21日20时~22日20时短时强降水站点及风云卫星红外云图

5 结论

(1) 通过对贵州近10年短时强降水统计分析得出,贵州短时强降水呈现出现南多北少空间分布特征,小时最大雨强呈分散式。小时强降水主要出现在5~9月,与贵州汛期时间一致。强降水时段主要出现在22时至次日07时,具有明显的夜雨特征。

(2) 通过对短时强降水个例的环境场分析发现,850 hPa平均比湿超过14 g/kg,700 hPa平均比湿超过10 g/kg,比湿量级与贵州出现暴雨天气量级一致,7月是水汽条件最好月份。在短时强降水发生前均出现一定量级的对流有效位能(CAPE),受观测点少,观测时间间隔长等因素的影响,CAPE值差异较大;总体而言其中6月是CAPE值最大月份。 K 指数分析显示,短时强降水个例中 K 指数大多位于 $38^{\circ}\text{C}\sim 43^{\circ}\text{C}$,即高的 K 指数对短时强降水有较好的指示意义。

(3) 根据贵州所受天气形势背景与天气系统影响,云团的生消发展以及贵州地形与不同地区特有的差异,将造成贵州短时强降水的对流云团分为5类,分别是分为北部型、南部型、中部型、西部型以及东部型。其中南部型个例最多,这与贵州南部强降水出现最多相符。总体而言,影响贵州的短时强水云团新生点多在四川东南部、重庆南部、云南东部以及贵州西北部,云团一般向东向南发展移动。影响贵州西部的对流云团与云南发展的对流云团以及季风槽联系密切,大多局地性强,向东南方向移动较少;北部型的对流云团多是四川东南部和重庆南部对流云团发展影响,进入贵州后减弱较快;中部型与东部型强度较弱,消散较快;南部型多与大尺度降水天气系统联系密切,跟随降水系统从西北方向移来的云团在此地水汽以及不稳定能量更有利的环境下得到进一步发展,容易形成MCC,较长时间停留形成大范围的短时强降水。

(4) 通过上述分析初步得出近10年贵州短时强降水的统计特征,但对短时强降水的天气过程以及中尺度特性欠缺分析,作者将会在以后的研究过程中做进一步深入的分析。

参考文献:

- [1] Hosking J G, Stow C D. Ground-based, high-resolution measurements of the spatial and temporal distribution of rain fall[J]. J Applied Meteor.
- [2] Klaassen W. Determination of rain intensity from Doppler spectra of vertically scanning radar[J]. J Atmos Ocea Tech. 1989,6(4):552-562.
- [3] 郝莹,姚叶青,郑媛媛,等. 短时强降水的多尺度分析及临近预警[J]. 气象,2012,38(8):903-912.
- [4] 陈炯,郑永光,张小玲,等. 中国暖季短时强降水分布和日变化特征及其与中尺度对流系统日变化分析[J]. 气象学报,2013,71(3):367-382.
- [5] Zhang H, Zhai P M. Temporal and spatial characteristics of extreme hourly precipitation over Eastern China in the warm season[J]. Adv Atmos Sci. 2011,25(5):1177-1183.
- [6] Zhou T J, Yu R C, Chen H M, et al. Summer precipitation frequency, intensity, and diurnal cycle over China: A comparison of satellite data with rain gauge observations[J]. J Climate. 2008,21(16):3997-4010.
- [7] 杨森,周晓珊,高杰. 辽宁省夏季降水的日变化特征[J]. 气象,2011,37(8):943-949.
- [8] 乔林,陈涛,路秀娟. 黔西南一次中尺度暴雨的数值模拟研究[J]. 大气科学,2009,33(3):537-550.
- [9] 韩宁,苗春生. 近6年陕甘宁三省5-9月短时强降水统计特征[J]. 应用气象学报,2012,23(6):691-701.
- [10] 仇娟娟,何立富. 苏沪浙地区短时强降水与冰雹天气分布及物理量特征对比分析[J]. 气象,2013,39(5):577-584.
- [11] 吴涛,万玉发,王珊珊. 多雷达反演参量联合的短时强降水识别方法研究[J]. 高原气象,2012,31(5):1393-1406.
- [12] 尹承美,梁永礼,冉桂平,等. 济南市短时强降水特征分析[J]. 气象科学,2010,30(2):262-267.
- [13] 彭芳,吴古会,杜小玲. 贵州省汛期短时强降水时空分布特征[J]. 气象,2012,38(3):307-313.
- [14] 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,2007:426-427.
- [15] 余小鼎,姚秀萍,熊廷南,等. 多普勒天气雷达原理与业务应用[M]. 北京:气象出版社,2006:92-93.

Statistical Analysis of Severe Short Time Precipitation in Guizhou for the Latest 10 Years

ZHOU Ming-fei¹, XIONG Wei², DU Xiao-ling¹

(1. Guizhou Meteorological Observatory, Guiyang 550002, China; 2. Guizhou Provincial Meteorological Information Center, Guiyang 550002, China)

Abstract: In order to study the spatial and temporal distribution characteristics, physical characteristics and field development and extinction of convective clouds of Guizhou 10 years of heavy rainfall. Use surface and upper air observations, FY meteorological satellite data to conduct statistical analysis, which shows that heavy rainfall in Guizhou Southern Northern. Analysis of physical fields find that, 850hPa average specific humidity of more than 14 g/kg, 700hPa average specific humidity of more than 10 g/kg. The humidity level is consistent with heavy rain middleweight appear Guizhou, before the occurrence of heavy rainfall have certain convective available potential energy (CAPE), CAPE minimum and maximum values are quite different. Combined with weather conditions and geographical characteristics, 128 times short-term heavy rainfall convective heavy rainfall convective clouds into northern type and southern type, type central, western type and the eastern type, where occurrence were 15, 43, 32, 17, 21, the proportion was 11.7%, 33.6%, 25%, 13.3%, 16.4%. Results show that the most southern type, the more scope large, affecting the longest; the northern and western model type less, and more develop the neighboring provinces of Guizhou small-scale short time; the eastern and central type intensity is weak, dissipated quickly.

Key words: meteorology; mesoscale weather; heavy rainfall; spatial and temporal distribution; convective clouds