

卫星云分类产品在低纬高原强雷暴过程中的闪电特征分析*

陈小华¹, 张腾飞¹, 尹丽云¹, 杨柯²

(1. 云南省气象台, 云南 昆明 650034; 2. 安宁市气象局, 云南 安宁 650300)

摘要:利用卫星云分类产品资料和云南省地闪资料,对云南省4次强雷暴过程进行分析,得出:对于闪电产生时,积雨云生成0~1 h,开始有闪电活动;对于强闪电时段,积雨云也是发展阶段,积雨云面积不断增加,形状为椭圆形或带状,而且闪电均发生在积雨云移动发展方向的边缘区域;对于闪电减弱阶段,积雨云也逐渐减弱,面积不断减小,在闪电结束时,积雨云的面积发生剧减或者积雨云面积剧减且积雨云发生断裂.同时强闪电活动与积雨云的发展移动有一定的对应关系,主要是闪电的移动、发展与积雨云的移动发展基本保持一致,这样可以用云分类资料来判别闪电的发展减弱,进行闪电监测及预警.通过强雷暴个例分析,把云分类产品也加入到闪电分析资料中,拓宽闪电预警的资料使用,同时也是云分类产品资料在低纬高原的适用研究.

关键词:云分类;积雨云;闪电;云南

中图分类号:P 427.3 **文献标志码:**A **文章编号:**0258-7971(2014)02-0205-09

闪电是易造成人畜伤亡和建筑物损坏的气象灾害,云南省在2008年、2009年就造成400人死亡.张腾飞^[1]、尹丽云^[2]对低纬高原的闪电特征做了深入研究,云南省闪电主要分布区域位于滇南地区,峰值主要在13时至22时,闪电产生时大气上层为干冷、低层暖湿.闪电是积雨云中、云间或云地之间产生的放电现象,在积雨云中电荷的产生和分离发生在-5~-40℃高度为界的区域中,负电荷集中在-10~-20℃高度之间,正电荷在其上数千米处,要产生强起电或闪电,云的厚度至少必须为3 km或者4 km^[3].卫星云分类产品主要对高云部分进行分类,可以准确地分出积雨云、密卷云、卷层云、高层云或雨层云等类别^[4].以前关于闪电的研究,使用的卫星资料主要是云顶亮温资料,在低纬高原利用卫星云分类产品来进行闪电研究还较少,由于云分类数据为多个卫星通道云图资料的综合产品,表示出的信息远大于单个通道的资料,云南地处低纬高原,为闪电高发区,开展非常规气象资料在闪电监测及预警中的运用研究具有一定的意义.

1 资料

卫星云分类产品数据为卫星业务产品,由国家卫星气象中心罗敬宁、刘健、师春香开发.在卫星云分类产品数据中,有0、1、11、12、13、14、15、21数据类型,分别代表的是晴空海面、晴空陆地、混合像元、高层云或雨层云、卷层云、密卷云、积雨云、层积云或高积云8种云型,其中混合像元是不同相态云的混合.FY2C、FY2E云分类产品范围为50°N~50°S,55°~155°E,FY2D云分类产品范围为60°N~60°S,27°~147°E,分辨率是0.1°×0.1°,资料生成原理参照《风云二号卫星业务产品与卫星数据格式实用手册》^[4].地闪资料由云南闪电监测定位系统提供,该系统由22个DATA型闪电定位仪和1个中心数据处理站组成,覆盖云南全省,系统可提供每个闪电信息包括闪电发生的时间、位置、强度、极性等,该系统的定位精度和探测效率理论计算值分别约为500 m和95%,地闪资料未进行效率订正.

* 收稿日期:2013-02-28

基金项目:国家自然科学基金(41265001);电网雷电预警技术研究及雷电预警系统开发(K-YN2013-186);中国气象局公益性行业专项项目(GYHY201106005);云南省气象局预报员专项(YB201302).

作者简介:陈小华(1981-),男,云南人,工程师,主要从事卫星、雷达资料在天气预报中的应用研究. E-mail:chenxh724@sina.com.

2 过程介绍

云南省闪电集中发生在4—9月,除了滇东北、滇西北外,其它地区都是闪电高发区域,滇西南为闪电高值区,滇东南为次高值区,滇西北为闪电低值区,滇东北为次低值区^[2].为便于分析出产生闪电时的云产品分类特征,选取了在云南省产生闪电次数多且产生区域相对集中的4次强雷暴过程进行分析,分别是2008年6月8日、2008年8月7日、2009年7月20日及2010年6月25日.4次强雷暴过程产生的闪电次数较多,2008年6月8日、8月7日、2009年7月20日从00:00到23:59分别发生闪电18 014次、30 885次、25 756次,2010

年6月25日00时至26日04时发生闪电10 693次.这4次雷暴过程中闪电产生区域相对集中(如图1),2008年6月8日闪电主要发生在丽江、昆明、曲靖南部、红河北部以及文山地区,存在2个大值中心,一个位于丽江东部,另外一个位于昆明东部、曲靖南部、红河北部以及文山北部地区,大值中心闪电日产生次数达200次左右,中心面积为2 000 km²;8月7日闪电主要发生在丽江、楚雄、临沧、普洱北部地区,闪电产生区域呈东北西南向带状分布;2009年7月20日,闪电主要发生在丽江南部、大理、保山、普洱北部、红河地区,大值中心位于红河地区,闪电日产生次数也是200次左右,闪电产生区域呈西北东南向分布;2010年6月25日,

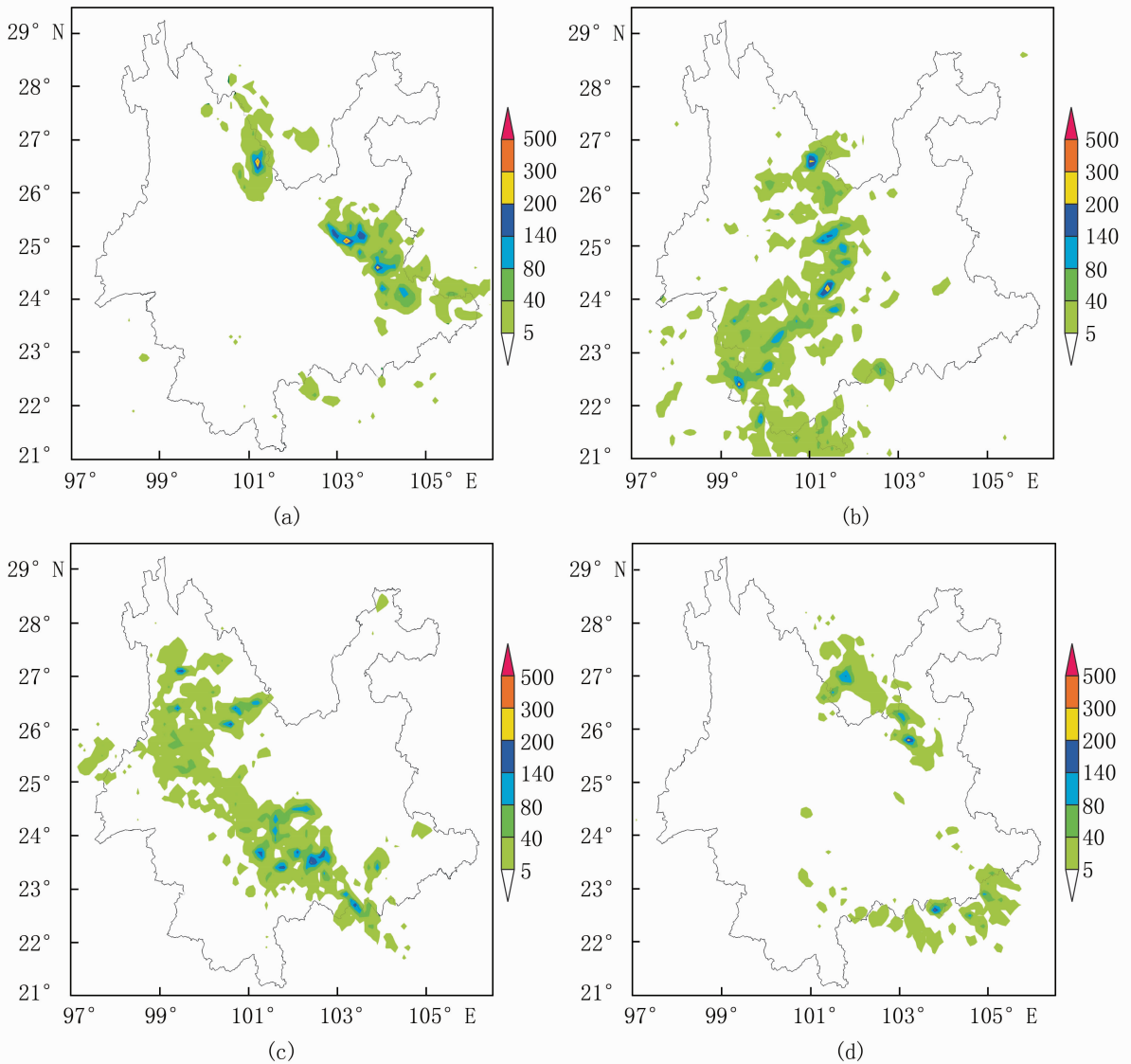


图1 2008年6月8日(a)、2008年8月7日(b)、2009年7月20日(c)以及2010年6月25日(d)云南省闪电密度图
Fig. 1 The lightning density distribution about on June 8, 2008 (a), August 7, 2008 (b), July 20, 2009 (c), June 25, 2010 (d)

闪电主要发生在曲靖地区. 从这4次雷暴过程逐小时闪电次数时间演变图来看(图2), 8月7日和7月20日存在两峰一谷的变化趋势, 8月7日从00时至04时为第1个峰, 17时至23时为第2个峰, 7月20日从03时到06时为第1个峰, 12时到17时为第2个峰. 6月8日和6月25日为一峰变化趋势, 6月8日闪电从14时一直持续到6月9日02时, 强闪电时段是从18时到23时; 6月25日闪电从15时开始, 一直持续到26日04时, 强闪电时段是在20—23时. 这4次雷暴过程均满足云南闪电峰值发生在13时到22时, 对这4个强雷暴过程进行云分类数据特征分析.

3 环流背景

分析4次强雷暴过程的影响系统, 有2次主要影响系统为切变线, 分别是2008年6月8日和2010年6月25日, 另外2次为热带低压系统西移影响, 分别是2008年8月7日和2009年7月20日. 2008年6月8日在高层上有低槽东移, 从青藏高原到云南为槽后的西北气流影响, 云南除了滇西北外, 其它地区24h变温都是负变温区, 在低层上有切变线南移影响云南省, 08时切变线位于成都至西昌地区, 到了20时就南移到了贵阳、昆明、丽江地区. 2010年6月25日, 高层上有低槽东移, 从青藏高原东南部到云南省为槽后西北气流, 云南省除滇西南外其它地区24h变温为负变温区, 低层上影响系统也为切变线, 08时从四川南部、昆明东部到贵州有一条偏西风和东南风之间的切变线, 到

20时, 由于南北位势高度持平导致切变线位置没有明显移动. 2008年8月7日, 第9号热带风暴“北冕”于8月6日傍晚在广东省阳西县溪头镇沿海登陆, “北冕”在穿过雷州半岛后, 7日凌晨进入北部湾海面, 14:50在广西东兴市江平镇再次登陆, 登陆时为热带风暴强度, 云南省为其外围东风气流控制, 且在700 hPa上从广西、贵州到云南存在明显的低空急流. 2009年7月20日, 2009年第6号热带风暴“莫拉菲”于19日00:50在广东深圳市大鹏半岛(南澳镇)沿海地区登陆, 20日08时莫拉菲登陆后减弱为热带低压逐渐向西移至云南文山地区, 到了20时在700 hPa上在腾冲至蒙自地区形成低压切变线.

4次强雷暴过程, 在产生闪电区域对流有效位能(CAPE)值高于200 J/kg, 大气处于不稳定状态, CAPA值计算是从自由对流高度起到平衡高度为止, 计算绝热抬升得到的温度阈线与实际环境温度阈线围成的面积, 该面积代表不稳定能量的大小, 面积越大越有利于对流性天气发生^[5]. 2008年6月8日08时昆明站的CAPE值为540.1 J/kg, 到20时增加到699.5 J/kg; 2008年8月7日08时普洱、腾冲站的CAPE值分别为292.9、543.4 J/kg, 到20时丽江、普洱、腾冲站的CAPE值分别为385、521.4、692.1 J/kg, 08时滇西及滇西南为能量不稳定区域, 到了20时, 整个滇西地区都为能量不稳定区域; 2009年7月20日, 08时蒙自、普洱、腾冲站的CAPE值分别为648.2、895.6、597.3 J/kg, 到20时蒙自、普洱、腾冲站的CAPE值分别为79.2、

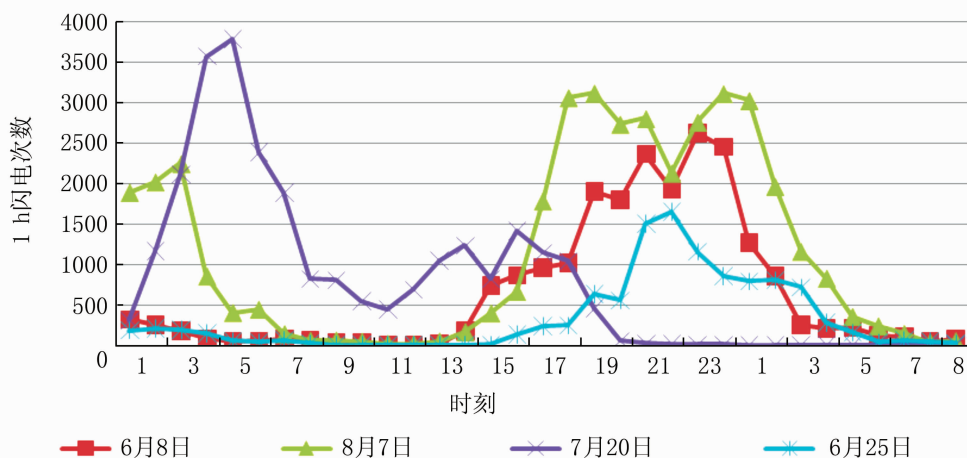


图2 4次闪电过程逐小时闪电次数变化图(00时到次日08时)

Fig. 2 The number of hourly lightning changes in four times lightning process (00 Am to the next day 8 Am)

486.6、965.3 J/kg,08时滇南及滇西地区大气处于不稳定状态,到了20时南部的大气趋于稳定,而西部仍处于不稳定状态;2010年6月25日,昆明站08时的CAPE值为637.8 J/kg,表明大气处于不稳定状态。

4 云分类及闪电特征分析

强雷暴过程需要有强烈的上升运动,这主要依靠系统性抬升,在云南省强雷暴过程中,影响系统主要是切变线和热带低压,根据影响系统把4个强雷暴个例分为切变线影响型和热带低压影响型。

4.1 切变线影响型 2008年6月8日强雷暴过程中,分析8日13时至9日04时的云分类图中积雨云不同阶段的特征(图略),对于积雨云形成初期,13时在文山与广西交界处的云型为混合像元,到14时转为块状积雨云,面积在5 000 km²左右;曲靖南部在14时为混合像元,到15时转为块状积雨云,面积为1 500 km²;17时曲靖北部出现混合像元,到18时出现积雨云,但像元数较少,到19时出现了大面积的带状积雨云,面积在6 000 km²左右;18时在昆明东部出现混合像元,到19时转为块状的积雨云,面积在4 000 km²左右;丽江东部至西昌地区在15时混合像元,呈东西向带状分布,到16时转为带状的积雨云,面积为10 000 km²。对于积雨云发展期,位于丽江东部的积雨云,18时积雨云形状变为块状,面积增加到27 000 km²,在积雨云的南侧边缘,有多种云型存在,如混合像元、雨层云、密卷云,到21时积雨云面积增加到36 000 km²,此时积雨云形状呈圆形,边缘的云型较单一,以密卷云为主;20时,位于昆明东部、曲靖地区、文山地区的2块积雨云合并,呈西北-东南向带状分布,面积为34 000 km²,在积雨云的西侧边缘云型都为混合像元,到21时、22时,积雨云面积持续增加,且边缘存在多种云型,到23时,积雨云面积增加到最大,达60 000 km²,积雨云边缘云型为卷层云,整个积雨云发展阶段,积雨云形状都为带状分布。对于积雨云减弱期,丽江东部的积雨云,从22时开始,积雨云的面积逐渐缩小,到23时积雨云面积仅为5 000 km²,且边缘云型仅为卷层云,到9日00时,积雨云面积减小到600 km²,到01时,该区域积雨云消失;位于曲靖、文山地区的积雨云,到9日00时,积雨云发生断裂,分为南北2块,且面积

减小,积雨云边缘云型仍为单一的一种云型,01时到03时,该区域积雨云面积不断减小,03时积雨云面积为40 000 km²,到04时,积雨云断裂成4块,每块面积在2 000 km²左右,到05时积雨云消失。

表1 2个雷暴个例中不同阶段的积雨云面积变化(单位:km²)

Tab. 1 The different stages of cumulonimbus area change about two thunderstorms (unit: km²)

雷暴个例	雷暴产生区域	雷暴发生时	雷暴最强时	雷暴结束时
20080608	曲靖	1 500	60 000	3 000
	丽江	10 000	36 000	600
20100625	曲靖	15 000	50 000	3 000

图3(a)(b)是2008年6月8日18时、20时云分类数据与闪电数据叠加图(其它时次图略),图3、图4中云分类数据是整点数据,闪电数据是云分类整点后1h的闪电累加数,云分类数据中1为晴空陆地(白色),11为混合像元(灰色),12为高层云或雨层云(浅绿色),13为卷层云(绿色),14为密卷云(黄色),15为积雨云(桔红色),21为层积云或高积云(浅蓝色)。分析积雨云与闪电活动特征,对于闪电产生时,闪电开始产生时与积雨云开始形成相对应,如丽江地区的闪电在14—15时开始,在15时该区域对应出现积雨云,还有曲靖地区,14—15时闪电开始,此区域也开始出现积雨云。对于闪电发展时,与积雨云发展期相对应,丽江地区、文山地区的强闪电是从18时开始,如图3(a),存在2个闪电中心,一个位于丽江东部,小时闪电数达200次,另一个位于文山东部,小时闪电数为80次。在闪电发展期,积雨云面积逐渐增加,且2个中心的闪电均发生在积雨云的边缘地区,如丽江地区的闪电持续到22时,该区域的积雨云面积不断增大,闪电均发生在积雨云的南侧,曲靖地区、文山地区的闪电,在积雨云合并发展时,闪电活动较强,且闪电产生在积雨云边缘地区。对于闪电减弱消失阶段,丽江和曲靖2个区域的闪电随着积雨云的面积减小,小时闪电数也随着减小,另外对于闪电结束时,丽江地区的闪电到23时,小时最大产生闪电数仅为5次,此时的积雨云面积为5 000

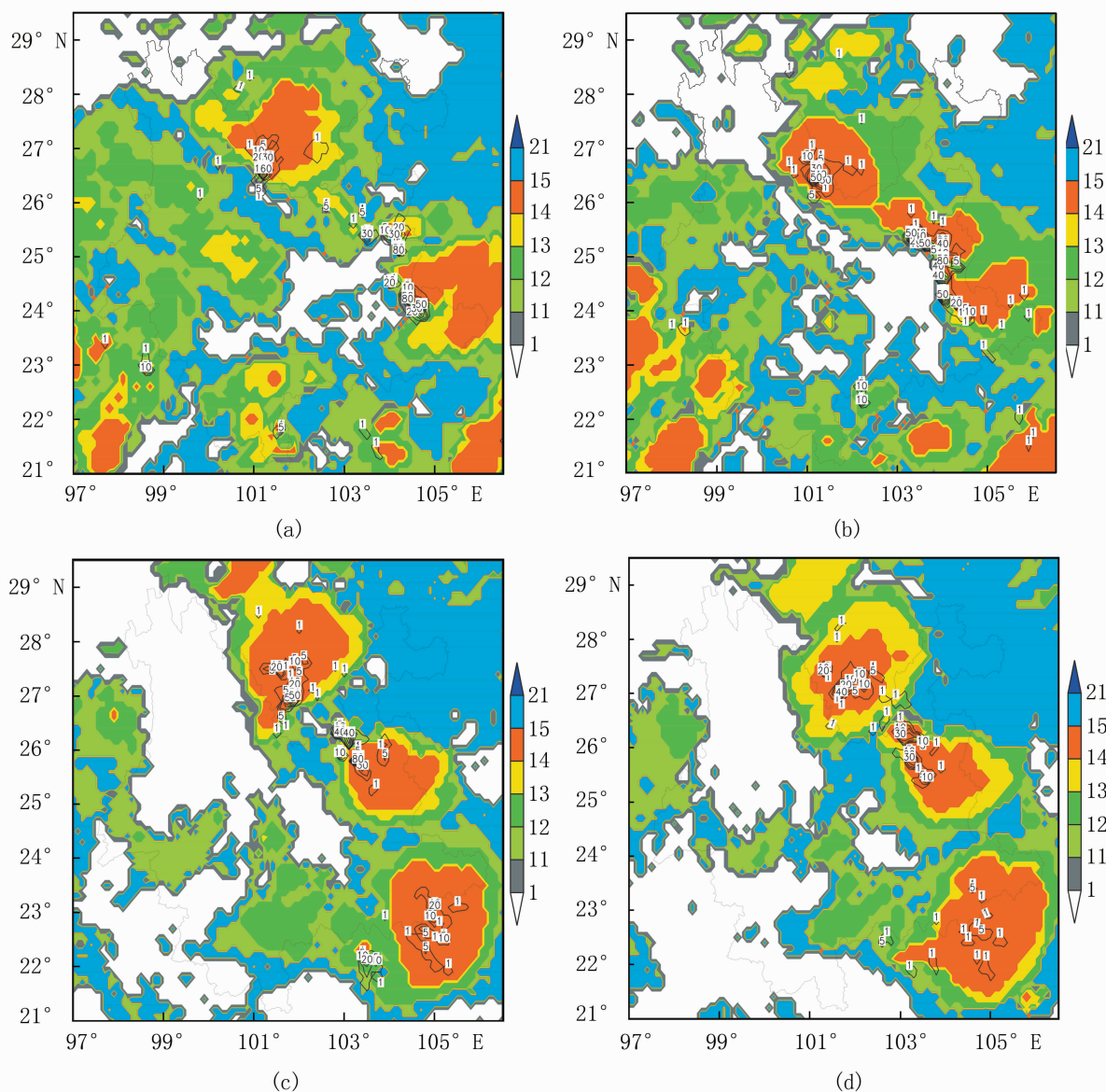


图3 2008年6月8日18时(a)、20时(b),2010年6月25日21时(c)、22时(d)云分类和闪电叠加图

Fig. 3 The cloud classification and 1 hour lightning at 18:00 (a), 20:00 (b), on June 8, 2008 and 21:00 (c), 22:00 (d) on June 25, 2010

km²,到了9日00时,减小了只有600 km²,随着积雨云面积快速减小,闪电活动消失.另外曲靖地区的闪电在9日03时小数闪电数为6次,到了04时积雨云面积由03时的40 000 km²减小到了不到3 000 km²,且积雨云断裂成了4块,此时积雨云消失.

对2010年6月25日雷暴过程,分析25日19时至26日04时的云分类图中积雨云不同阶段的特征(图略),对于积雨云形成初期,19时,在曲靖北部出现了混合像元,到20时有积雨云出现,积雨

云面积达15 000 km²,在积雨云的北侧边缘存在多种云型,有混合像元、密卷云、雨层云;对于积雨云发展期,从20时到21时,积雨云面积逐渐增大,且在积雨云的北侧边缘存在多种云型,到22时,在曲靖北部有新的积雨云生成,另外从四川西昌地区有积雨云向东南方向移动,到23时,3块积雨云合并,呈西北-东南向带状分布,面积达50 000 km²,此时积雨云边缘云型仅为密卷云;对于积雨云减弱期,从26日00时开始,积雨云的面积开始减小,到01时积雨云面积为40 000 km²,02时为30 000

km²,到03时,积雨云断裂成南北2块,且面积仅有3 000 km²,积雨云在05时消失.

图3(c)(d)给出了6月25日21时、22时的闪电与云分类叠加图(其它时次图略).分析积雨云与闪电活动特征,对于闪电活动开始期,闪电产生与积雨云产生相对应,曲靖地区的积雨云在20时生成,19:00—19:59在曲靖北部有闪电活动;对于闪电发展期,与积雨云的发展期相对应,20:00—20:59,曲靖地区的闪电活动加强,1 h最大闪电数达50次,21:00—21:59,曲靖的闪电继续加强,1 h最大闪电数达80次,强闪电活动持续到23时,云分类图上,从21时开始,曲靖地区的积雨云面积逐渐增加,且22时在曲靖北部有新的积雨云生成,与南部的积雨云合并,到23时又与西昌地区向南移动的积雨云合并,从图3(c)(d)可以看出,闪电产生在积雨云边缘,积雨云合并时、面积增大时闪电活动较强;对于闪电减弱期,与积雨云减弱一致,从26日00时开始,闪电活动逐渐减弱,到03时结束,曲靖地区的积雨云面积从00时后开始减小,且积雨云边缘的云型都为密卷云,到02时,积雨云面积减小到了30 000 km²,到03时减小到只有3 000 km²,此时闪电活动结束,积雨云到05时消失.

4.2 热带低压影响型 2008年8月7日雷暴过程中,分析闪电发生阶段的云分类图(图略),在积雨云生成期,17时在楚雄南部有混合像元,到18时在混合像元转为块状积雨云,面积在4 000 km²左右,在积雨云南侧边缘存在混合像元;对于积雨云发展期,19时积雨云向南扩展,呈椭圆形,面积比18时增加了1倍,在南侧边缘仍存在混合像元,到20时积雨云面积继续增加,且向南发展到了普洱地区,在南侧边缘仍存在混合像元,到21时积雨云继续向南发展,但断裂成南北2块,南部积雨云的南侧边缘为混合像元,到22时,2块积雨云有合并,面积增加到了30 000 km²,到23时,北部的积雨云面积减弱,南部的积雨云向南向西发展,在积雨云的西侧存在混合像元,积雨云形状为椭圆形,到8日00时,积雨云向西发展,面积明显增加,形状呈圆形,边缘云型仅为卷层云;对于积雨云减弱阶段,从01时开始,积雨云快速向西移动,到05时移出云南省,在积雨云西移过程中,积雨云面积逐渐减小,在积雨云边缘为单一的密卷云,到07时,积雨云断裂成3块,每块面积在3 000 km²左右.

图4(a)(b)分别是8月7日19时、20时云分

表2 2个雷暴个例中不同阶段的积雨云面积变化(单位:km²)

Tab.2 The cumulonimbus area change about two thunderstorms in different stages(unit: km²)

雷暴个例	雷暴发生 时	雷暴最强 时	雷暴结束 时
20080807	4 000	30 000	3 000
20090720	50 000	180 000	3 000

类与闪电叠加图(其它时次图略).分析闪电与云分类特征,在闪电开始阶段,在16:00—16:59,玉溪西部的1 h闪电数最大为110次,在16时云分类图上,在闪电产生区域为混合云型,17时转为积雨云;在闪电发展阶段,强闪电时段是18时到8日00时,在这期间,积雨云不断发展向南向西移动,闪电主要产生在积雨云移动发展方向的边缘区域,如图4(a),19:00—19:59,闪电中心分为2个,一个位于楚雄南部,一个位于普洱北部,在19时云分类图上,积雨云区域呈椭圆形,闪电出现在积雨云的南北两侧,到了20:00—20:59(如图4(b)),闪电仍为南北2个中心,位置略往南移,在20时的云分类图上,北部的闪电中心位于积雨云内,而南部的闪电在积雨云的南部边缘区域,到了21:00—21:59,闪电继续向南移,闪电区合并呈南部带状分布,在21时的云分类图上,积雨云断裂成南北2个中心,闪电出现在北部积雨云的南侧,南部积雨云的西侧和南部地区,到了22:00—22:59,闪电继续向南移,北部的闪电减弱,南部的闪电明显加强,在22时的云分类图上,积雨云也向南移动,且面积扩大,到了23:00—23:59,闪电南移到了云南边缘地区,在23时云分类图上,北部的积雨云消失,南部的积雨云向南移,闪电出现在积雨云的南侧;在闪电减弱阶段,云南境内的闪电在08日01时后逐渐减弱,在07时结束,在云分类图上,积雨云快速西移,在08日04时移出云南省,到07时,积雨云断裂成3块,且面积剧减.

分析2009年7月20日雷暴过程中的云分类图(图略),对于积雨云形成初期,19日18时积雨云主体位于广西,边缘移至文山南部边缘地区,形状呈带状分布,面积在50 000 km²左右,从19时开始到20日01时,积雨云不断向西移动,云团打开,主体位于越南,云南南部为分散的积雨云,积雨云

面积不是很大;对于积雨云发展期,到02时,云南南部区域的积雨云与越南境内的连在一起,形成块状的积雨云,积雨云面积在90 000 km²左右,积雨云北侧存在混合像元,从03时到05时,积雨云向北发展,到05时发展到大理南部,面积逐渐增加,发展中积雨云形状少变,且在北部存在混合像元,到06时积雨云面积发展到最大,达180 000 km²,积雨云边缘的云型仅为卷层云;对于积雨云减弱阶段,从07时开始,积雨云不断向西向北移,面积逐渐减小,呈南北带状分布,到10时断裂成4块,到

12时南部的3块积雨云消失,而北部的积雨云继续向北发展,形状呈椭圆形,到17时移出云南境内,积雨云面积减小到了3 000 km²,呈带状分布,18时移出云南省的积雨云消失。

图4(c)(d)给出了7月20日13时、14时的闪电与云分类叠加图(其它时次图略)。分析闪电与云分类特征,在闪电开始阶段,在01:00—01:59,由于低压云系移入云南,在云系的西侧的红河地区有闪电活动,闪电分布呈南北向分布,在

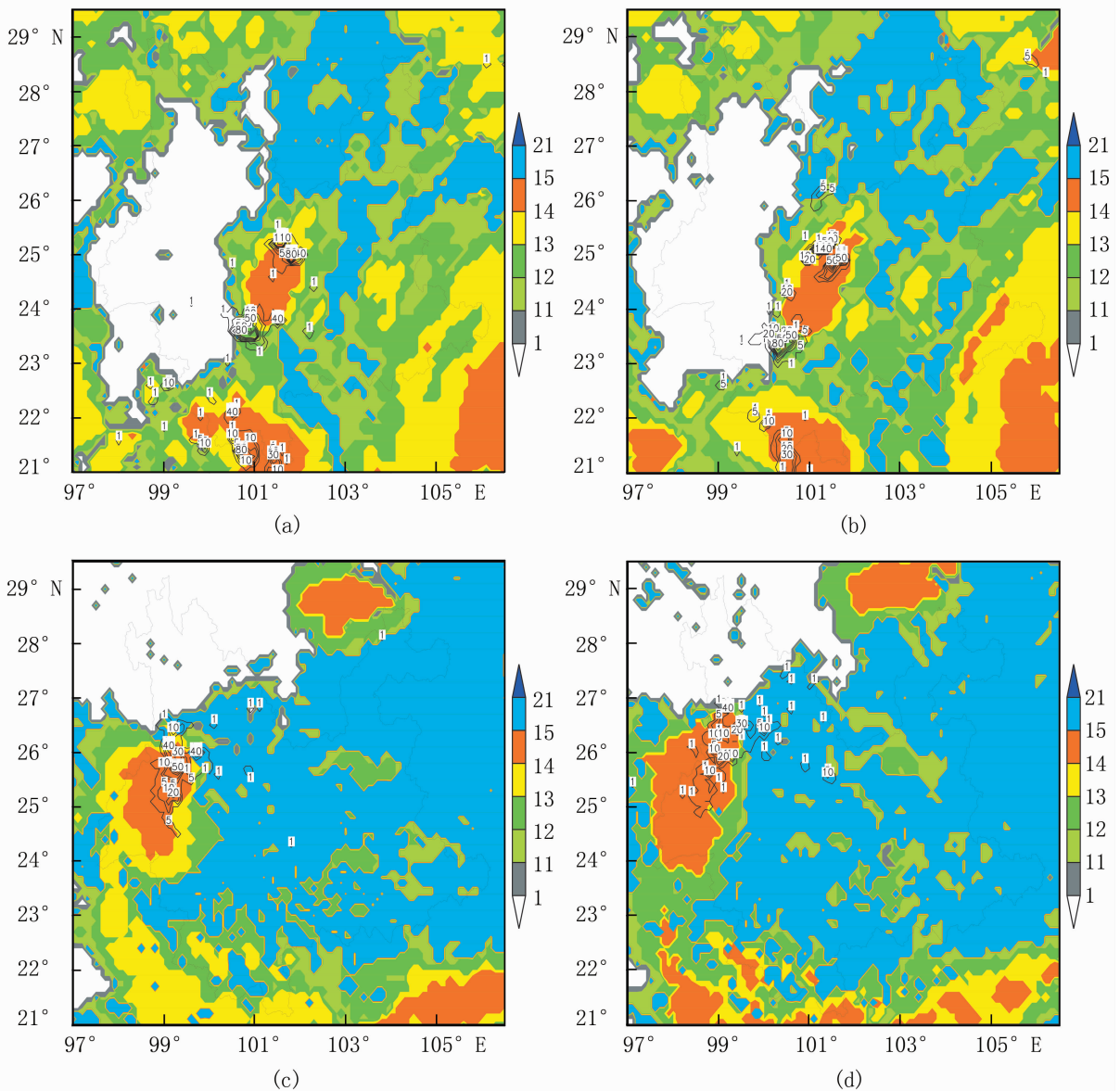


图4 2008年8月7日19时(a)、20时(b)2009年7月20日13时(c)、14时(d)云分类与小时闪电数叠加图

Fig.4 Cloud classification and 1 hour lightning at 19:00(a),20:00(b) on August 7,2008 and 13:00(c),14:00(d) on July 20,2009

01 时的云分类图上,出现闪电的区域为积雨云,且在越南到云南南部边缘有积雨云发展;对于闪电发展阶段,到了 02:00—02:59,闪电分布区域没有明显变化,但是小时闪电数明显增加,1 h 最大闪电数达 140 次,在 02 时云分类图上,闪电出现在积雨云北部边缘区域,到了 03:00—03:59,小时闪电数较 02 时有所增加,位置略往西移,在 03 时云分类图上,积雨云呈南北分布,闪电出现在积雨云北部区域,到了 04:00—04:59,闪电区继续往西移,小时闪电数也继续增加,闪电仍为南北向分布,在 04 时云分类图上,积雨云也向西移动,且面积继续扩大,闪电出现在积雨云的北部边缘区域,从 05 时到 07 时,闪电和积雨云均向西移动,闪电均发生在积雨边缘区域;对于闪电减弱阶段,07 时后,由于低压转为切变线系统,滇西南的对流减弱,闪电逐渐减弱,一直到了 13:00—13:59,由于低压转为切变线,在滇西地区云系发展,在保山、大理西部、怒江南部有闪电产生,闪电产生在积雨云北部边缘区域,到了 14:00—14:59,闪电向西北方向移动,在 14 时的云分类图上,积雨云也向西北方向移动,闪电产生在积雨云北部边缘区域,到 17 时,对流云团移出云南省,在云分类图上为闪电产生在积雨云边缘区域,到 18 时,移出云南境内的积雨云消失,积雨云附近区域没有闪电活动。

5 结 论

对 2008—2010 年的 4 个强雷暴过程进行了逐小时闪电与云分类数据分析,在闪电产生、发展、减弱过程中,在云分类图上表现出一定的特征。

(1) 4 个强雷暴个例中都有明显的抬升天气系统,2008 年 6 月 8 日和 2010 年 6 月 25 日为切变线,2008 年 8 月 7 日和 2009 年 7 月 20 日为台风登陆后减弱为低压西移。4 个个例中产生闪电区域的 CAPE 值都大于 200 J/kg,产生闪电区域的大气处于不稳定状态。

(2) 4 个强雷暴个例中,对于闪电产生时,积雨云生成 0~1 h,在积雨云边缘区域有闪电活动;对于强闪电时段,积雨云也是发展阶段,积雨云面积不断增加,形状椭圆形或带状,而且闪电均发生在积雨云移动发展方向的边缘区域;对于闪电减弱阶段,积雨云也逐渐减弱,面积不断减小,在闪电结束时,积雨云的面积发生剧减或积雨云面积剧减且积雨云发生断裂。

(3) 在 4 个强雷暴个例分析中,采用的云分类资料比闪电资料提前 0~1 h,由于闪电活动与积雨云的发展移动有一定的对应关系,主要是闪电的移动、发展与积雨云的移动发展基本保持一致,这样可以用云分类资料来判别闪电的发展减弱,进行闪电监测及预警。

参考文献:

- [1] 张腾飞,邓勇,谢屹然,等.“20060717”低纬高原强雷暴天气过程分析[J]. 云南大学学报:自然科学版, 2008,30(2):166-174.
ZHANG T F, DEN Y, XIE Y, et al. Analysis of “20060717” strong thunderstorm process over lower latitude plateau of China[J]. Journal of Yunnan University: Natural Sciences Edition, 2008, 30(2):166-174.
- [2] 尹丽云,许迎杰,张腾飞,等. 云南雷暴的时空分布特征分析[J]. 灾害学, 2007, 22(2):87-92.
YIN L Y, XIE Y J, ZHANG T F, et al. A study on characteristics of Spatio-Temporal distribution of thunderstorm in Yunnan[J]. Journal of Catastrophology, 2007, 22(2):87-92.
- [3] 陈渭民. 闪电学原理[M]. 北京:气象出版社, 2006: 380-381.
CHEN W M. The theory of Lighting[M]. Beijing: Meteorological Press, 2006:380-381.
- [4] 许健民,张王建,杨军,等. 风云二号卫星业务产品与卫星数据格式实用手册[M]. 北京:气象出版社, 2008:51-54.
XU J M, ZHANG W J, YANG J, et al. The products of FY2 satellite and application manual of Satellite data [M]. Beijing: Meteorological Press, 2008:51-54.
- [5] 寿绍文. 中尺度气象学[M]. 北京:气象出版社, 2009:226-229.
SHOU S W. Mesoscale meteorology[M]. Beijing: Meteorological Press, 2009:226-229.
- [6] 陈小华,张腾飞,尹丽云. 低纬高原雷电过程中 FY-2 云顶温度和水汽云图定量特征分析[J]. 云南大学学报:自然科学版, 2013, 35(S1):209-218.
CHEN X H, ZHANG T F, YIN L Y. Using FY-2E cloud top temperature and vapor cloud to analysis the features about lighting at low latitude plateau[J]. Journal of Yunnan University: Natural Sciences Edition, 2013, 35(S1):209-218.
- [7] 尹丽云,刘磊,张腾飞,等. 云南西南部一次中尺度对流系统的地闪演变特征[J]. 云南大学学报:自然科学版, 2013, 35(4):495-506.

- YIN L Y, LIU L, ZHANG T F, ZHANG J, et al. Feature analysis of cloud - to - ground lighting variation for a mesoscale convective system in South - west of Yunnan [J]. *Journal of Yunnan University: Natural Sciences Edition*, 2013, 35(4): 495-506.
- [8] QIE X S, YAN M H, GUO C M, et al. Lighting data and study of thunderstorm nowcasting [J]. *ACTA Meteor Sin*, 1993, 7: 244-256.
- [9] 冯桂力, 王俊, 牟容, 等. 一次中尺度雷暴大风过程的闪电特征分析[J]. *气象*, 2010, 36(4): 68-74.
- FENG G L, WANG J, MU R, et al. Characteristics of lightning activity in a thunderstorm with damaging straight line wind [J]. *Meteorological Monthly*, 2010, 36(4): 68-74.
- [10] 王惠, 邓勇, 尹丽云, 等. 云南省闪电灾害易损性分析及区划[J]. *气象*, 2007, 33(12): 83-87.
- WANG H, DENG Y, YIN L Y, et al. Vulnerability analysis and zoning of lightning disaster in Yunnan province [J]. *Meteorological Monthly*, 2007, 33(12): 83-87.

The feature analysis of lighting process at low latitude plateau using cloud classification products

CHEN Xiao-hua¹, ZHANG Teng-fei¹, YIN Li-yun¹, YANG Ke²

(1. Yunnan Province Meteorology Observatory, Kunming 650034, China;

2. Anning Meteorological Observatory, Yunnan Province, Anning 650300, China)

Abstract: By applying the lightning data and cloud classification data, the features of lightning process at low latitude plateau is analyzed. The research shows that for the lightning generation period, it undergoes 0—1 hour cumulonimbus generation in the lightning activity area, and at lightning development of stage, the cumulonimbus is also in the development stage, the cumulonimbus shape is nearly elliptical or ribbon. Lightning are the edge of the area in the direction of the cumulonimbus mobile development, for the lightning weakened stage, the cumulonimbus area gradually decreases. A certain correlation between strong lightning activity and cumulonimbus development has been explored, so that we can use the cloud classification data to distinguish the development of lightning. By the thunder example analysis, cloud classification products is joined to the lightning analysis data, the data application for lightning warning is broadened, which is application research of classification product in low latitude plateau as well.

Key words: cloud classification; cumulonimbus; lightning; Yunnan