

2017年昆明一次大暴雨过程的中尺度分析

鲁亚斌, 李华宏, 闵颖, 王志云 (云南省气象台, 云南昆明 650034)

摘要 利用常规观测资料与卫星、雷达等非常规观测资料, 综合分析了2017年7月20日昆明主城区大暴雨过程的天气成因及中尺度对流系统特征。结果表明, 500 hPa 两高辐合区是此次暴雨过程的天气尺度影响系统; 高能高湿的对流不稳定层结、适宜的垂直风切变是强对流天气形成的有利条件; 在 Q 矢量散度辐合区内 β 中尺度对流系统(MCS)发生发展, 短时强降水主要出现在 MCS 移动方前沿对流活跃的 TBB 等值线密集区, 雨强变化与 TBB 等值线梯度变化密切相关; 多普勒雷达显示, 逆风区是强对流暴雨产生的直接影响系统, 回波强度在 35~45 dBz, 最强达 49 dBz, 回波顶高超过 10 km 的区域对应着强烈雷暴, 逆风区与短时强降水、雷暴天气有很好的对应关系。

关键词 强对流暴雨; 天气成因; 中尺度分析; 昆明

中图分类号 S161.6 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)15-0145-06

Mesoscale Analysis of a Heavy Rainstorm in Kunming in 2017

LU Ya-bin, LI Hua-hong, MIN Ying et al (Yunnan Meteorological Observatory, Kunming, Yunnan 650034)

Abstract Using conventional observation data and unconventional observational data such as satellites and radars, the weather causes of the heavy rainstorm process in the main city of Kunming on July 20, 2017 were analyzed and the features of the mesoscale convective system were comprehensively analyzed. The results showed that the 500 hPa two high convergence area was the weather scale effect system during the heavy rainstorm process; Convective instability stratification with high energy and high humidity, and suitable vertical wind shear were favorable conditions for the formation of strong convective weather. The mesoscale convective system (MCS) developed in the region of vector divergence convergence. The short-term heavy precipitation mainly occurred in the convective active TBB isoline dense area at the front of the MCS mobile, and the change of rainfall intensity was closely related to the gradient change of TBB isoline. Doppler radar showed that the upwind region was a direct impact system for strong convective rainstorms; the echo intensity was 35 - 45 dBz, and the strongest was 49 dBz; the area where the echo top height exceeds 10 km corresponded to a strong thunderstorm. There was a good correspondence between short-term heavy precipitation and thunderstorm weather.

Key words Strong convective rainstorm; Weather origin; Mesoscale analysis; Kunming

强对流天气伴随雷暴、对流性大风、短时强降水、冰雹、龙卷等剧烈天气现象, 其中短时强降水引发的暴雨是造成洪涝和滑坡、泥石流等地质灾害的重要气象诱因, 强对流天气的预报预警一直以来都是天气预报业务的重点和难点。引发强对流的影响天气系统较为复杂, 许美玲等^[1]和张腾飞等^[2]指出地面冷锋与 700 hPa 切变线共同作用是云南暴雨过程和强对流天气的重要类型, 以往的研究揭示了冷锋切变的大尺度环流及水汽输送和中尺度特征^[3-8]。据统计, 造成云南短时强降水的天气类型中, 冷锋切变型占绝大多数, 其次是 500 hPa 两高辐合型, 然而对两高辐合型暴雨中强对流和短时强降水的中尺度特征研究较少。2017年7月20日云南受两高辐合区影响, 出现一次大雨、局部暴雨过程, 其中昆明主城区出现强对流天气, 剧烈的雷暴伴随短时强降水, 短时强降水迅速造成城市内涝, 城郊发生多处滑坡、塌方地质灾害及农田被淹, 损失严重。笔者应用常规观测资料、FY-2E 卫星观测资料及昆明 CINRAD-CC 雷达回波资料和闪电定位仪数据, 综合分析两高辐合型强对流天气的中尺度特征, 为该类型灾害性天气的气象服务提供参考。

1 强降水过程概况

2017年7月19日20:00—20日20:00, 国家观测站出现1站大暴雨、3站暴雨、18站大雨, 达到全省性大雨强降水过程业务标准; 全省乡镇自动气象观测站出现9站大暴雨、46

站暴雨、105站大雨, 强降水时段主要集中在19日20:00—20日08:00(图1a)。在强降水过程背景下, 19日20:00—20日08:00昆明主城区普降大到暴雨、局地大暴雨, 并伴有强烈雷电(图1b)和短时强降水天气(表1), 统计昆明主城区91个自动站日雨量显示, 大暴雨有9站, 最大日雨量为东华站的154.7 mm, 暴雨有31站, 大雨有27站, 中雨有18站, 最大小时雨强79.9 mm, 出现于20日00:00—01:00的官渡区太和街道自动站, 刷新昆明小时雨量61.4 mm的历史极值记录。

此次昆明主城区暴雨过程历时短, 降雨强度大, 伴随剧烈雷暴天气, 负地闪密集区与暴雨区对应较好, 这种特征与张义军等^[9]和周筠君等^[10]研究指出的强烈的地闪活动与对流性强降水有很好的对应关系的结论相符合, 强对流天气突出是这次暴雨过程的显著特征。

表1 昆明主城区大暴雨代表站逐时雨量

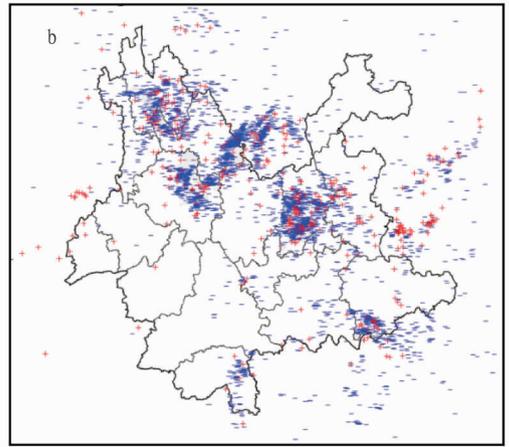
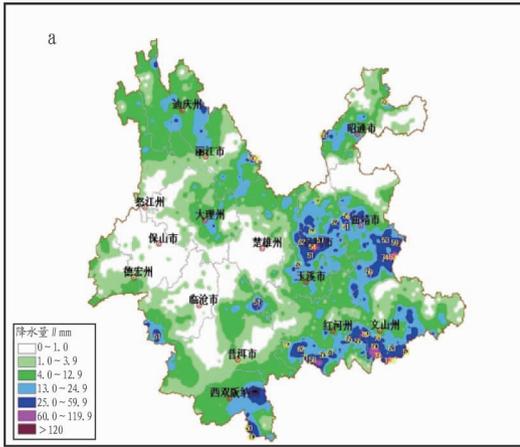
Table 1 The hourly precipitation of representative stations in central Kunming mm/h

时间 Time	太和 Taihe	东华 Donghua
19日20:00	0.4	0.5
19日21:00	0.2	0
19日22:00	0	0.1
19日23:00	7.3	46.1
20日00:00	79.9	77.0
20日01:00	36.1	29.0
20日02:00	1.3	1.7
20日03:00	0.2	0.2
20日04:00	0.1	0.1
20日05:00	0	0
20日06:00	0	0
20日07:00	0	0

基金项目 国家自然科学基金项目(41565004); 云南省科技惠民专项(2016RA096)。

作者简介 鲁亚斌(1965—), 男, 云南昆明人, 高级工程师, 从事天气预报及强对流天气研究。

收稿日期 2018-03-11



注:蓝色表示负地闪,红色表示正地闪

Note: Blue represents negative flash, red represents positive flash

图1 2017年7月19日20:00—20日08:00云南乡镇站雨量(a)和地闪(b)分布

Fig.1 Distribution of precipitation(a) and ground flash(b) in Yunnan town stations from 08:00 July 19 to 20:00 July 19, 2017

2 强对流发展的环境条件

2017年7月19日20:00 500 hPa 形势图上(图2),青藏高原为588 dagpm 的高压环流,江南、华南及南海北部为西太平洋副热带高压控制,云南处于青藏高原与副高之间的辐

合区内,这是有利于云南强降水发展的两高辐合区形势,昆明正好处于青藏高原前沿的偏北气流和副高外围的偏南气流构成的辐合区内。

3 物理量诊断分析

3.1 水汽条件 7月孟加拉湾季风低压已稳定建立,进入季风活跃期,持续出现强盛的季风云系,云南中低空水汽十分充沛,7月19日20:00,700 hPa 虽然没有出现低空急流,但比湿达10~12 g/kg,昆明为11 g/kg,云南整层可降水量达25~50 mm,昆明整层可降水量达35 mm(图3a),已经具备强降水的必要水汽条件。在云南高原地区,对流层700 hPa 水汽辐合在降水机制上起着重要作用,水汽通量散度分析发现,到19日20:00暴雨发展前,滇西北、滇中及滇西南都处于水汽辐合区中,昆明水汽通量散度达 $-0.05 \times 10^{-5} \text{ g}/(\text{hPa} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s})$ (图3b),充沛的水汽和水汽辐合为暴雨发生发展提供了必要条件。

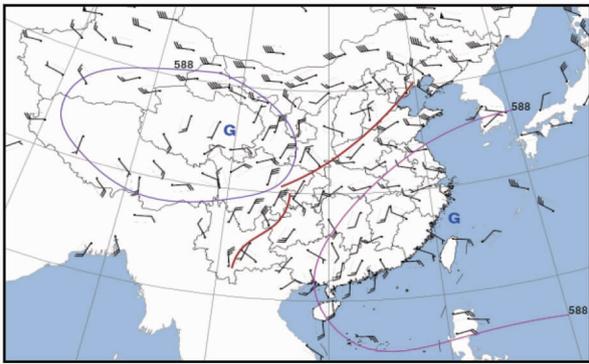


图2 2017年7月19日20:00 500 hPa 天气形势

Fig.2 Weather situation on 500 hPa at 20:00 July 19 in 2017

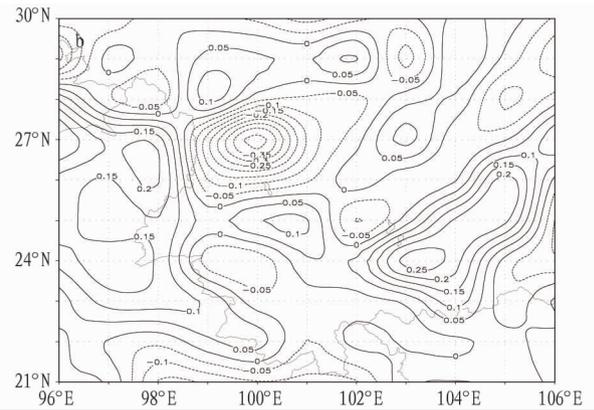
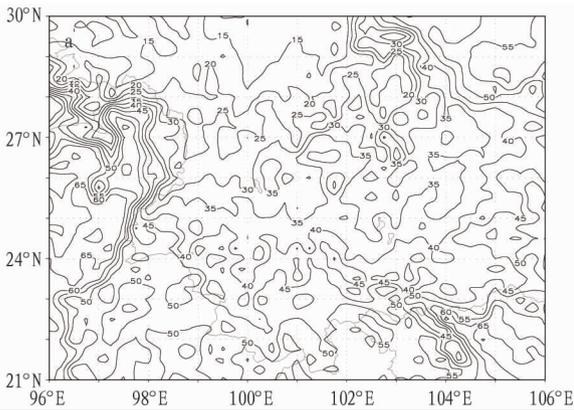


图3 2017年7月19日20:00 整层可降水量(a,mm)和700 hPa 水汽通量散度[b, $10^{-5} \text{ g}/(\text{hPa} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s})$]

Fig.3 Whole atmospheric precipitable water(a,mm)and water vapor flux divergence on 700 hPa [b, $10^{-5} \text{ g}/(\text{hPa} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s})$] at 20:00 July 19 in 2017

3.2 上升运动 分析湿Q 矢量散度看出,到19日20:00 700 hPa 湿Q 矢量散度场出现负值辐合区,滇中暴雨区湿Q

矢量散度中心值达 $-1.5 \times 10^{-16} \text{ hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$ (图4),Q 矢量散度激发次级环流,辐合区对应次级环流的上升气流区,可见

滇中的昆明处于较强的气流上升区,强烈的上升运动为对流的发生发展提供了有利的动力条件,极有利于触发中尺度对流系统 MCS 发生发展^[11-14]。

从散度场分析也看出,云南大部低层 850 hPa 为辐合区,而高层 200 hPa 为辐散区,高低层散度差为正值区,昆明处于中心区附近,散度差达 $25 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ (图 5),存在低层辐合、高层辐散的抽吸结构,有利于对流系统发展增强。

3.3 能量及大气稳定度条件 分析 K 指数演变发现,在此次强降水前的 19 日 08:00,云南 K 指数高达 $38 \sim 40 \text{ }^\circ\text{C}$,昆明 K 指数为 $39 \text{ }^\circ\text{C}$,已达到成片雷雨指标 (K 指数 $> 35 \text{ }^\circ\text{C}$),

20:00 达最强,昆明 K 指数高达 $40 \text{ }^\circ\text{C}$ (图 6a)。分析昆明探空站 T - lnP 图 (图 6b) 发现,在暴雨全面发展前,昆明探空站已转为对流性不稳定层结,CAPE 值达 918 J/kg ,且 $\theta_{s500} - \theta_{s850}$ 为 $-5 \text{ }^\circ\text{C}$,已形成对流不稳定;风矢图上,地面为静风,700 ~ 500 hPa 是西南风,地面到 500 hPa 为暖湿层,400 hPa 为偏北风,表明有干冷平流入侵,中低层湿而高层干冷,400 ~ 250 hPa 风向顺转为西北风,风向垂直切变明显,这种配置结构十分有利于强对流发展加强,这是这次强对流暴雨伴随强烈雷暴的最重要原因。

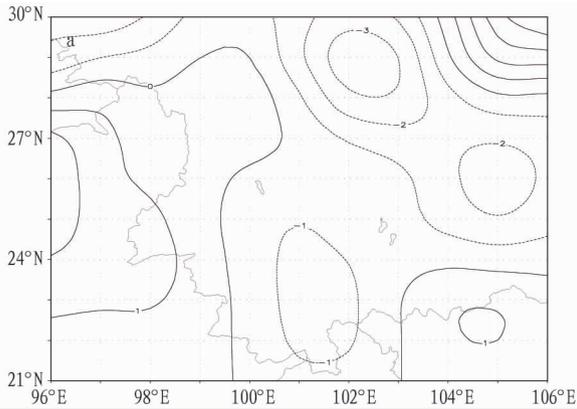


图 4 2017 年 7 月 19 日 20:00 700 hPa 湿 Q 矢量散度分布 (单位: $\times 10^{-16} \text{ hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-3}$)

Fig. 4 Wet Q vector divergence distribution at 700 hPa at 20:00 on July 19, 2017

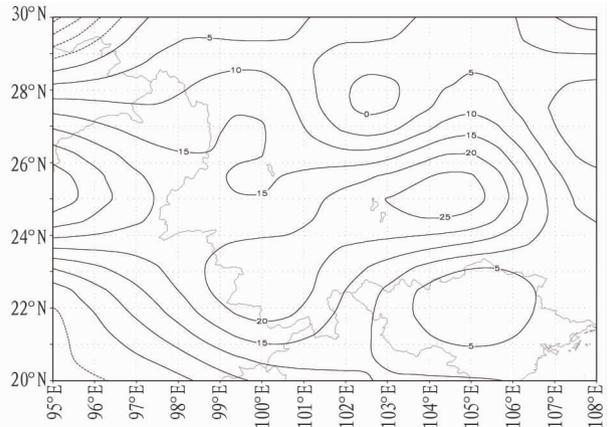


图 5 2017 年 7 月 19 日 20:00 200 ~ 850 hPa 散度差值分布 (单位: $\times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$)

Fig. 5 Distribution of divergence difference between 200hPa and 850 hPa on July 19, 2017 at 20:00

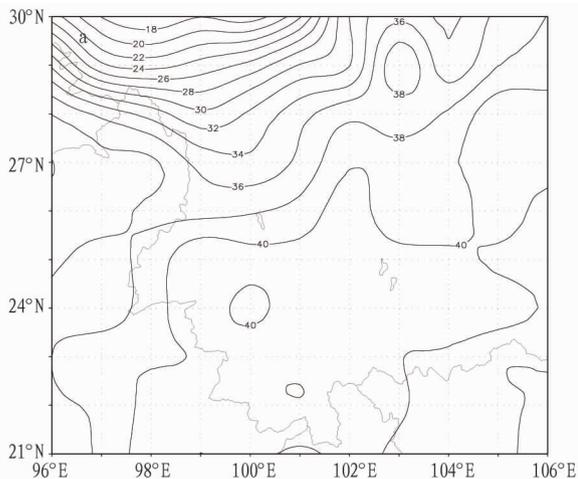
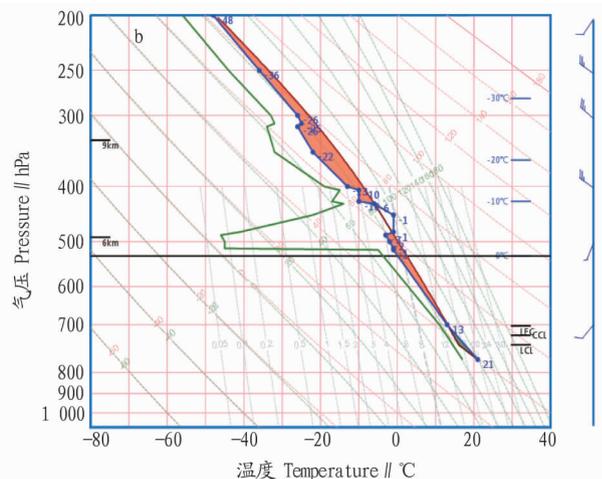


图 6 2017 年 7 月 19 日 20:00 K 指数分布 (a, $^\circ\text{C}$) 和昆明探空站 T - lnP (b)

Fig. 6 Distribution of K index (a, $^\circ\text{C}$) and T - lnP in Kunming (b) at 20:00 on July 19, 2017



4 地面辐合线

孙继松等^[15]分析指出地面辐合线是触发对流的重要因素,地面辐合线的运动与雷暴移动方向一致;诸多研究发现地面辐合线在中尺度对流系统的触发和维持方面起着重要作用^[16-18]。为此通过跟踪地面自动站风场变化来进一步认识地面辐合线对中尺度对流系统的触发作用。7 月 19 日 14:00—20:00 云南处于两高辐合区内,与辐合区对应着一条东北—西南向云带,存在对流活动,午后到傍晚先后出现雷雨天气,但雨量不大,到 20:00 雷雨天气明显减弱,相应昆明

主城区的强对流天气转为暂停阶段,但是从 20:00 开始,在昆明北部的东川到禄劝出现一条中尺度地面辐合线,这一中尺度地面辐合线触发新的对流系统发生,在其附近及后部有对流云团生成,21:00—23:00 地面辐合线逐步南压 (图 7a ~ b),此阶段对流云团明显发展加强南压,地面辐合线 19 日 23:00 后南移至昆明主城区北段,随之降雨明显加大,20 日 00:00—01:00 昆明地面辐合线后方东北风加大,地面辐合线从昆明主城区北段南移至南市区 (图 7c ~ d),此阶段地面辐合线达最强,也是降水最强时段;20 日 02:00 后地面辐合线

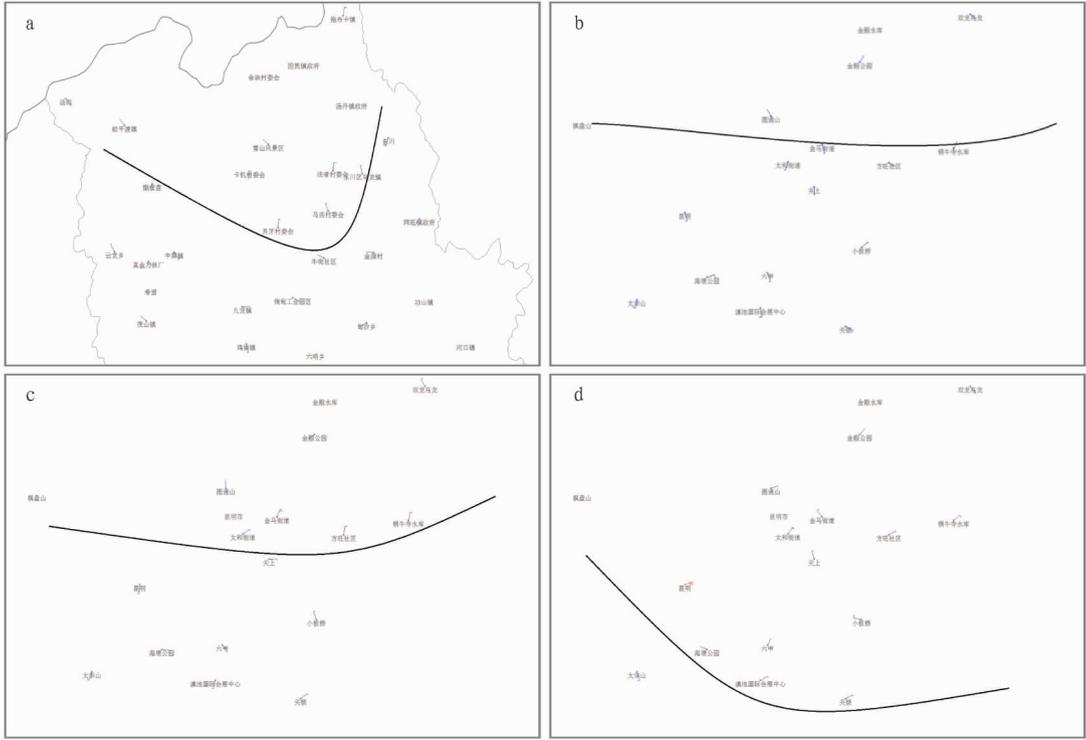
减弱,强对流系统随之减弱,短时强降水随即停止。可见,地面辐合线是触发对流系统生成的重要因素,同时地面辐合线维持并加强了对流系统,造成短时强降水天气。

5 卫星云图中尺度特征

在有利的天气环境条件下,强对流暴雨天气是中尺度天气系统造成的。为此通过云图跟踪中尺度对流系统,参照杨舒楠等^[19]的分析方法,定义云顶辐射亮温(TBB) ≤ -32 °C为冷

云罩,TBB ≤ -52 °C为冷云区,应用FY-2E卫星逐时红外云图及反演的TBB资料,认识这次暴雨天气的中尺度对流系统。

19日下午,随着两高辐合区东南移动,在辐合区内有一条东北—西南向云带,与辐合区走向一致,内有多个对流单体,相应出现了雷雨天气,但午后到傍晚这一时段降水还不强。20:00后由于受地面辐合线触发,在昆明北部出现一个对流云团,到22:00云团发展迅速(图8a),TBB下降,对流云

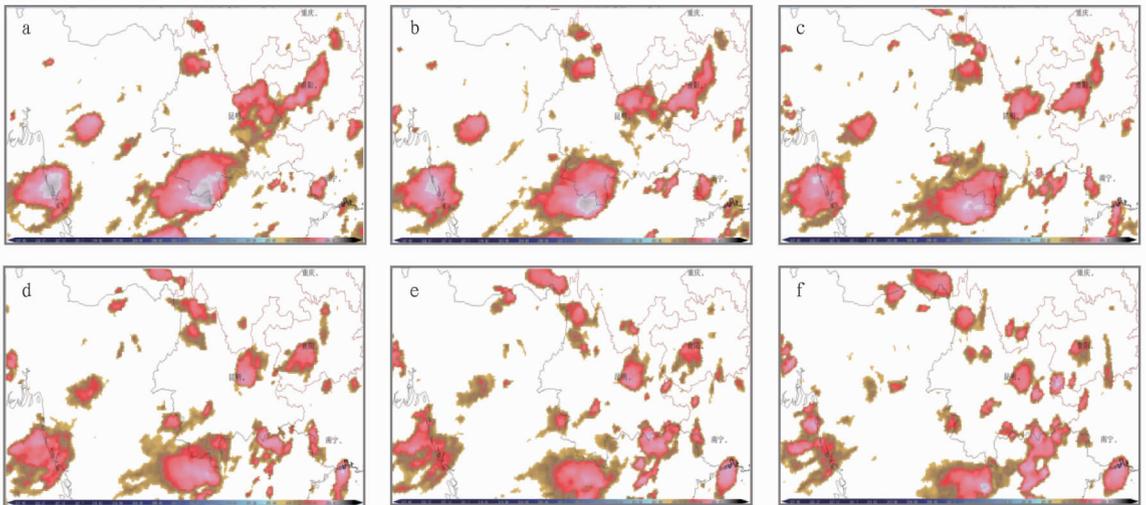


注:a.19日20:00;b.19日23:00;c.20日00:00;d.20日01:00。图中实线为地面辐合线

Note:a.20:00 on July 19;b.23:00 on July 19;c.00:00 on July 20;d.01:00 on July 20. Solid line represents surface convergence line

图7 2017年7月19—20日昆明主城区部分自动站地面实测风场

Fig.7 Wind of automatic observatory in central Kunming during July 19—20,2017



注:a.19日22:00;b.19日23:00;c.20日00:00;d.20日01:00;e.20日02:00;f.20日03:00

Note:a.22:00 on July 19;b.23:00 on July 19;c.00:00 on July 20;d.01:00 on July 20;e.02:00 on July 20;f.03:00 on July 20

图8 2017年7月19—20日FY-2E红外云图TBB ≤ -32 °C云区

Fig.8 TBB ≤ -32 °C cloud area in FY-2E infrared cloud map during July 19—20,2017

团发展成 $M_{\beta}CS$, $TBB \leq -32^{\circ}C$ 的冷云罩面积约 $1.8 \times 10^4 km^2$, 并与辐合区云带的冷云罩趋于合并连成一片, $TBB \leq -52^{\circ}C$ 的冷云区面积约 $1.3 \times 10^4 km^2$, 云团最低云顶亮温为 $-64^{\circ}C$, 并且逐步向南移动发展; 到 23:00, $TBB \leq -52^{\circ}C$ 的冷云区面积进一步增大, 对流云团 TBB 最低下降至 $-67^{\circ}C$ (图 8b), 此时段在昆明北部的 $M_{\beta}CS$ 南移方向的前沿 TBB 等值线密集区梯度最大处产生了短时强降水, 如 23:00 昆明主城区的东华街道办事处自动站小时雨量为 46.1 mm; 20 日 00:00 (图 8c, 9a), 中尺度对流系统随之南移并发展到最强, TBB 进一步下降至 $-71^{\circ}C$, $TBB \leq -52^{\circ}C$ 的冷云区覆盖了昆明主城区, 冷云区前沿的 TBB 密集区南移扫过主城区, $M_{\beta}CS$ 对流云团边缘整齐呈椭圆状; 到 01:00 (图 8d, 9b), $M_{\beta}CS$ 稍有减弱, 最低 TBB 升高至 $-68^{\circ}C$ 。20 日 00:00—01:00, 冷云区面积增大, TBB 梯度加大, $M_{\beta}CS$ 发展

到成熟阶段并维持了 2 h, 此期间强降水全面发展, 强降水面积增大, 出现连续 2 h 的短时强降水, 其中太和街道办事处和东华街道办事处 20 日 00:00 小时雨量分别为 79.9 和 77.0 mm, 对照此阶段雨量分析看出, $M_{\beta}CS$ 的 $TBB \leq -52^{\circ}C$ 的冷云区范围与暴雨区对应较好。02:00 和 03:00 (图 8e、f), 地面辐合线减弱, $M_{\beta}CS$ 的 TBB 升高至 $-62^{\circ}C$, 昆明主城区 TBB 密集区梯度减小变成均匀区, 降雨减弱。

综上所述, 两高辐合型背景下, 地面辐合线触发 $M_{\beta}CS$ 发生发展, $M_{\beta}CS$ 的 $TBB \leq -52^{\circ}C$ 的冷云区范围与暴雨对应较好。强对流暴雨易发生在 TBB 等值线密集区梯度最大处, 对流云团最低云顶亮温愈靠近云团边缘, TBB 等值线梯度愈大, 其移动发展方向前沿的区域与短时强降水对应较好, 雨强变化与 TBB 等值线梯度变化密切相关。

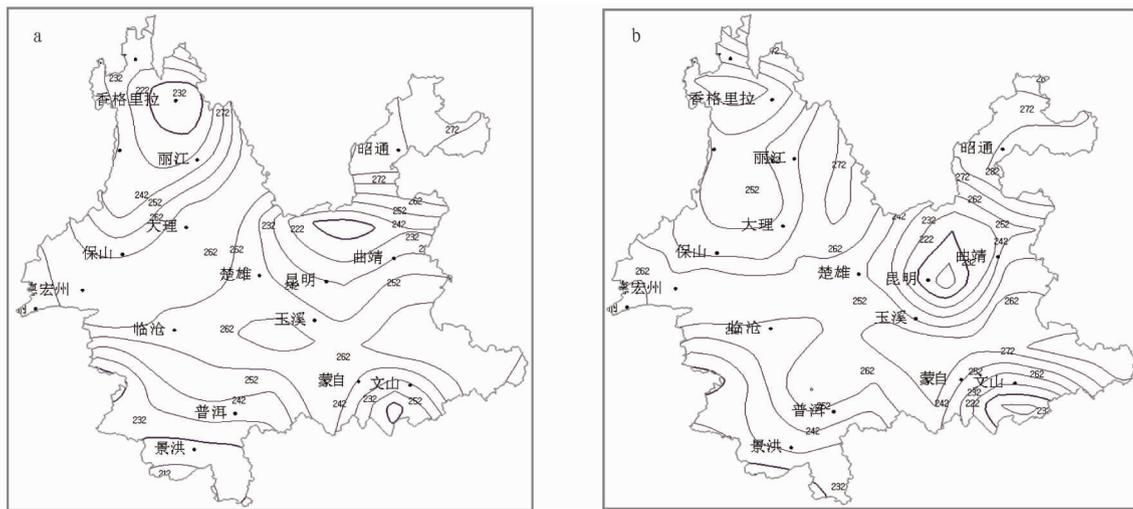


图 9 2017 年 7 月 20 日 00:00 (a) 和 01:00 (b) TBB 分布

Fig. 9 Distribution of TBB at 00:00 (a) and 01:00 (b) on July 20, 2017

6 多普勒雷达回波特征

跟踪昆明多普勒雷达回波发现, 7 月 19 日 20:04 在昆明北部出现分散的对流单体 (图 10a), 21:09 对流单体聚合成块状 (图 10b), 以 30 km/h 的速度向南移动发展; 22:57 对流回波持续发展加强, 最终被组织成带状多单体群 (图 10c), 前缘移入昆明主城区。20 日 00:00 后, 昆明市区受此东西向带状对流降水回波影响, 降水迅速发展增强, 00:00—01:00 为降水最强时段, 回波维持在 35 ~ 45 dBz, 最强回波 49 dBz (图 10d), 强回波多集中在 3 ~ 4 km 高度 (图 11), 回波结构质心低, 降水效率高, 这是此次暴雨过程以短时强降水为主的重要原因; 另外, 强回波顶高普遍在 10 ~ 12 km, 因而出现强雷暴, 速度图上中尺度辐合系统主要是昆明市区有逆风区活动 (图 12)。02:00 后, 逆风区减弱消散, 昆明主城区回波强度减弱为 35 dBz 以下, 降水明显减弱。

分析发现, 这次中尺度强对流系统相对单一, 主要是逆风区活动造成的强降水, 回波强度在 35 ~ 45 dBz, 最强 49 dBz, 回波顶高超过 10 km, 强回波区域质心低, 与短时强

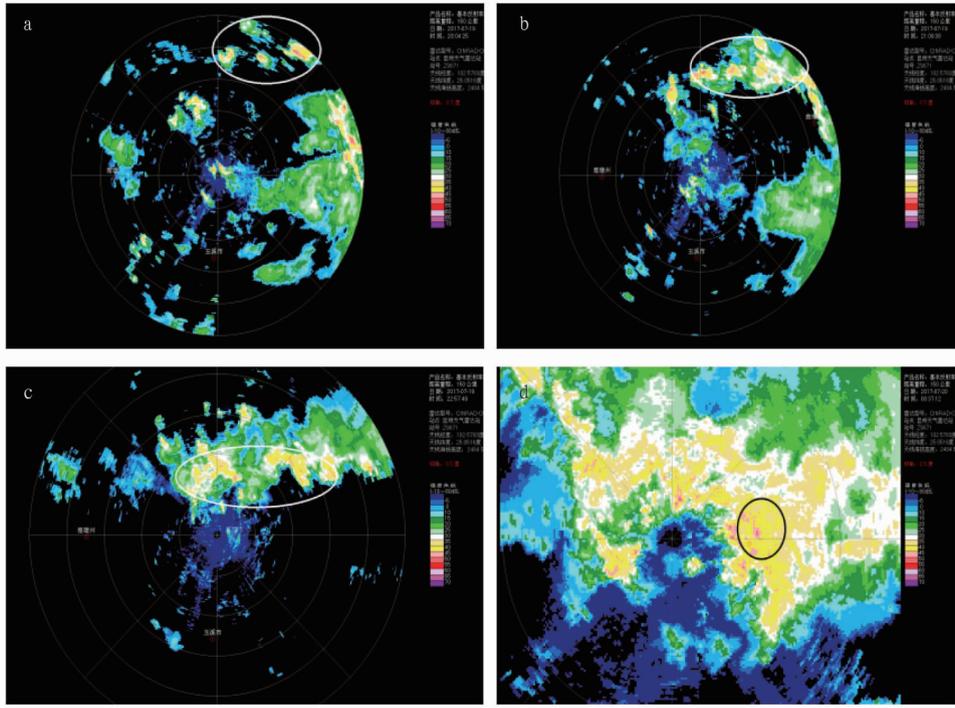
降水相对应。

7 结论

(1) 500 hPa 两高辐合区形势下, 强的高能高湿环境及有利的垂直风切变配置促成强烈的对流不稳定层结, 地面辐合线触发不稳定能量释放形成强降水, 水汽通量散度和湿 Q 矢量散度辐合区与暴雨区对应较好。没有低空急流参与, 虽然降水强度大但持续时间较短。

(2) 卫星云图上昆明北部南移的 $M_{\beta}CS$ 造成强降水天气, $M_{\beta}CS$ 的 $TBB \leq -52^{\circ}C$ 的冷云区范围与暴雨对应较好。短时强降水易发生在 $M_{\beta}CS$ 移动方前沿的对流活跃的 TBB 等值线密集区, 其移动发展方向前沿的区域与短时强降水区域对应较好, 雨强变化与 TBB 等值线梯度变化密切相关。

(3) 多普勒雷达速度图上, 活跃的逆风区是暴雨产生的直接影响系统, 回波强度普遍在 35 ~ 45 dBz, 回波顶高超过 10 km, 强回波集中在中低层, 逆风区对应短时强降水和雷暴天气。



注: a. 19日20:04; b. 19日21:09; c. 19日22:57; d. 20日00:37。图a、b、c中白色圈为昆明北部范围,图d中黑色圈为昆明主城区

Note: a. 20:04 on July 19; b. 21:09 on July 19; c. 22:57 on July 19; d. 00:37 on July 20. The white circles in Figures a, b and c are in the northern part of Kunming, the black circle in Figure d is the main cities of Kunming

图10 2017年7月19—20日昆明雷达反射率因子(单位: dBz)

Fig. 10 Radar reflectivity factor in Kunming during July 19 - 20, 2017

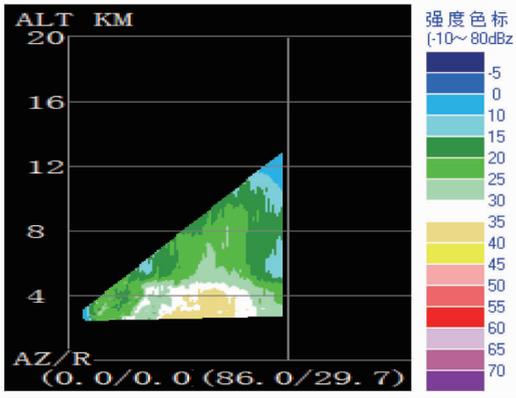
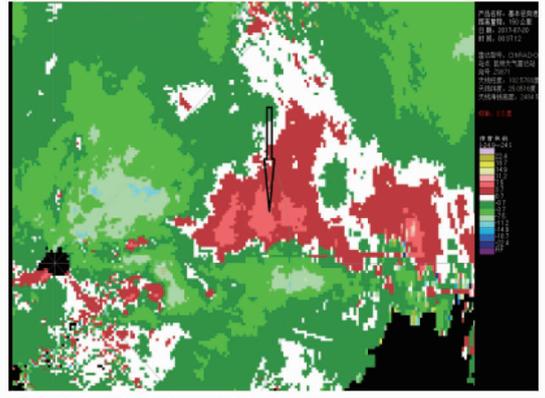


图11 2017年7月20日00:37过昆明主城区RHI剖面

Fig. 11 RHI profile of downtown Kunming at 00:37 on July 20, 2017



注: 黑色箭头所指为主城区内的逆风区

Note: The black arrow is the upwind area in the main urban area

图12 2017年7月20日00:37径向速度(单位: m/s)

Fig. 12 Radial speed at 00:37 on July 20, 2017

参考文献

[1] 许美玲,段旭,杞明辉,等. 云南省天气预报员手册[M]. 北京:气象出版社,2011:102-109.
 [2] 张腾飞,尹丽云,张杰,等. 低纬高原地区雷电监测预警方法研究与应用[M]. 北京:气象出版社,2013:43-51.
 [3] 何华,孙绩华. 云南冷锋切变暴雨过程的环流及水汽输送特征[J]. 气象,2003,29(4):48-52.
 [4] 张秀年,段旭. 云南冷锋切变型暴雨的中尺度特征分析[J]. 南京气象学院学报,2006,29(1):114-121.
 [5] 鲁亚斌,郭荣芬,张腾飞,等. 一次滇中暴雨中尺度对流系统特征分析[J]. 气象科学,2005,25(4):376-384.
 [6] 鲁亚斌,张腾飞,徐八林,等. 一次孟加拉湾风暴和冷空气影响下滇西大暴雨中尺度分析[J]. 应用气象学报,2006,17(2):201-206.
 [7] 尹丽云,普贵明,张腾飞,等. 滇东一次局地特大暴雨的中尺度特征和地闪特征分析[J]. 云南大学学报(自然科学版),2012,34(4):425-

431.
 [8] 周泓,杨若文,钟爱华,等. 云南省一次切变冷锋型暴雨过程的中尺度对流系统分析[J]. 气象,2015,41(8):953-963.
 [9] 张义军,华贵义,言穆弘,等. 对流和层状云系电活动、对流及降水特性的相关分析[J]. 高原气象,1995,14(4):396-405.
 [10] 周筠君,鄯秀书,张义军,等. 地闪与对流性天气系统中降水关系的分析[J]. 气象学报,1999,57(1):103-111.
 [11] 姚秀萍,于玉斌. 非地转湿 Q 矢量及其在华北特大台风暴雨中的应用[J]. 气象学报,2000,58(4):436-446.
 [12] 李英,张腾飞,郭荣芬. 云南一次持续性暴雨过程的非地转湿 Q 矢量分析[J]. 南京气象学院学报,2002,25(2):259-264.
 [13] 岳彩军,寿亦萱,姚秀萍,等. 中国 Q 矢量分析方法的应用与研究[J]. 高原气象,2005,24(3):450-455.
 [14] 鲁亚斌,普贵明,赵宇坤,等. “2006.10”云南严重秋季连阴雨水汽输送特征及湿 Q 矢量分析[J]. 气象科学,2009,29(1):64-70.

表9 西洋参氨基酸口服液加标试验结果

Table 9 Test results of American ginseng amino acid oral liquid

样品中的含量 Content in the sample//mg	加入量 Addition amount//mg	测得量 Measured quantity//mg	回收率 Recovery rate//%	平均回收率 Average recovery rate//%	RSD//%
0.080 3	0.040	0.121 0	101.8	98.9	2.83
0.080 3	0.040	0.118 0	94.3		
0.080 3	0.080	0.161 0	100.9		
0.080 3	0.080	0.158 0	97.1		
0.080 3	0.160	0.239 0	99.2		
0.080 3	0.160	0.241 0	100.4		

表10 灵芝蛹虫草茯苓酸枣仁颗粒加标试验结果

Table 10 Test results of Ganoderma lucidum Cordyceps wolfberry suanzaoren particles

样品中的含量 Content in the sample//mg	加入量 Addition amount//mg	测得量 Measured quantity//mg	回收率 Recovery rate//%	平均回收率 Average recovery rate//%	RSD//%
0.024 5	0.025	0.050 2	102.8	98.6	2.89
0.024 5	0.025	0.048 1	94.4		
0.024 5	0.050	0.073 5	98.0		
0.024 5	0.050	0.073 2	97.4		
0.024 5	0.100	0.125 0	100.5		
0.024 5	0.100	0.123 0	98.5		

3 讨论

3.1 标准曲线的选择 在现有的2003年版《保健食品检验与评价技术规范》中,标准点仅测一个点,用的单点外标法,对于含量不一的样品,其吸光度差异较大,对结果影响较大。该试验采用标准曲线法,吸光度在0.020~0.250 mg/mL均能准确定量。

3.2 温度和真空度的选择 在现有的2003年版《保健食品检验与评价技术规范》和部分企业标准及现有的文献中,将洗脱液收集于蒸发皿中,置于60℃水浴挥干,这个过程时间太长,常需要4~5 h才能挥干,费时费力。该试验考察了60℃,真空度为150、100、50 mbar,发现真空150 mbar保持10 min,50 mbar保持30 min最省时省力,又不会引起暴沸导致损失,因此为了提高效率,故采用水浴60℃,真空150 mbar保持10 min,50 mbar保持30 min,浓缩至干。

3.3 测定时间的选择 由于该试验为显色反应,显色后随着时间的推移,吸光度变化很大,考察了标准溶液显色24 h后,吸光度将会从0.720 0降至0.361 2,因此应严格控制测定时间,样品显色后从60℃水浴上取出,立即冰浴2 min,精密加入5 mL冰乙酸,摇匀后保证显色完全,进行测定。该试验考察了5、10、20、30、45、60、90 min的吸光度,发现要30 min内完成测定,吸光度RSD小于3%,才能保证数据的准确性,减少误差。

3.4 前处理方法的调整 该试验用到的保健品包括片剂、胶囊、口服液、糖浆、酒类、粉剂、颗粒剂等,由于样品的状态和总皂苷含量不同,因此前处理方法稍有适当的调整。称量样和稀释倍数调整后,应使显色后测定的量在曲线范围内,

保证结果的准确性。

4 结论

该试验以香草醛-高氯酸为显色剂,采用标准曲线外标法测定,结果发现,标准曲线法测定的线性范围为0.020~0.250 mg/mL,决定系数 $R^2=0.998 9$,在不同的保健食品中平均加标回收率均在95.8%~104.2%, $RSD \leq 3.0$ ($n=6$),表明该方法简便快捷、准确、灵敏度高、重复性好,达到检验分析的要求,具有实用推广价值。

参考文献

- [1] 李向阳,屠万倩. HPLC测定活力源片中人参皂苷 Re 、 Rg_1 及五味子醇甲的含量[J]. 中成药,2006,3(28):346-350.
- [2] 李净,祁星星,吕洁,等. 超高压液相测定技术在人参皂苷含量测定中的应用[J]. 河南科技,2012(8):79.
- [3] 汪静静,闫述模,杨滨. 近红外光谱技术对人参药材人参皂苷含量测定及产地识别的研究[J]. 光谱学与光谱分析,2015,35(7):1885-1888.
- [4] 王紫燕,李春沁,董佳悦,等. 补肾活血方中人参总皂苷含量测定[J]. 中药与临床,2016,7(2):39-41.
- [5] 王磊,孙德水,郑东梅. 人参糖果中人参总皂苷含量的测定[J]. 人参研究,2013,25(4):28-30.
- [6] 田健,朱凯. 紫外可见分光光度法测定人参中总皂苷的含量[J]. 吉林中医药,2016,36(8):832-834.
- [7] 徐媛,白少伟,庞文生,等. 保健酒中总皂苷含量测定方法研究[J]. 中国民族民间医药,2014(6):30.
- [8] 中华人民共和国卫生部. 保健食品检验与评价技术规范[S]. 中华人民共和国卫生部,2003:306-307.
- [9] 桂双英,周亚球. 比色法测定人参中人参总皂苷的含量[J]. 安徽中医学院学报,2003,22(4):51-52.
- [10] 杜月,陈新梅. 比色法测定人参皂苷含量的方法探讨[J]. 化工时刊,2016,30(9):25-26.
- [11] 王玉,陈洁,黄慧琼. 比色法测定保健食品中的总皂苷[J]. 海峡药学,2013,25(8):90-92.
- [12] 张崇禧,郑友兰,张春红,等. 大树树脂吸附人参总皂苷工艺及再生使用研究[J]. 中国药学杂志,2003,38(9):661-664.

(上接第150页)

- [15] 孙继松,陶祖钰. 强对流天气分析与预报中的若干基本问题[J]. 气象,2012,38(2):164-173.
- [16] 徐璐,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.
- [17] 孙建华,李娟,沈新勇,等. 2013年7月四川盆地一次特大暴雨的中尺度系统演变特征[J]. 气象,2015,41(5):533-543.
- [18] 孔凡超,赵庆海,李江波. 2013年7月冀中特大暴雨的中尺度系统特征和环境条件分析[J]. 气象,2016,42(5):578-588.
- [19] 杨舒楠,路屹雄,于超. 一次梅雨锋暴雨的中尺度对流系统及低层风场影响分析[J]. 气象,2017,43(1):21-33.