

川西高原南侧对流云团影响丽江市暴雨天气的研究分析

李淑华^{1*}, 秦香婷^{2#}, 雷富川¹, 和丽云¹, 钱宝敏¹, 毛焕兰¹, 肖金宜³

¹丽江市气象局大业务平台, 云南 丽江

²玉龙县气象局, 云南 丽江

³贡山县气象局, 云南 怒江

收稿日期: 2023年8月22日; 录用日期: 2023年9月20日; 发布日期: 2023年9月26日

摘要

每年的主汛期, 常常会在川西高原西南侧理塘到稻城一带形成中尺度对流云团, 特别是在傍晚到夜间, 有时候会从永宁附近分裂西南移动影响丽江区域产生强对流等大雨或暴雨灾害性天气, 有时候却又从宁蒗东边木里及盐源一带擦边而过, 对丽江根本没有影响。针对这一现象, 从天气系统、冷空气、地形等各原因分析形成原理, 何种情况对丽江区域有影响, 何种时候又对丽江区域没有影响, 有针对性的进行监测预报、预警, 并建立灾害监测预报预警指标, 对此类天气现象有理可寻。

关键词

川西高原对流云团, 云南丽江市暴雨, 天气系统

Research and Analysis of Convective Clouds on the South Side of the West Sichuan Plateau Affecting the Rainstorm Weather in Lijiang City

Shuhua Li^{1*}, Xiangting Qin^{2#}, Fuchuan Lei¹, liyun He¹, Baomin Qian¹, Huanlan Mao¹, Jinyi Xiao³

¹Lijiang Meteorological Bureau Large Business Platform, Lijiang Yunnan

²Yulong County Meteorological Bureau, Lijiang Yunnan

³Gongshan County Meteorological Bureau, Nujiang Yunnan

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 李淑华, 秦香婷, 雷富川, 和丽云, 钱宝敏, 毛焕兰, 肖金宜. 川西高原南侧对流云团影响丽江市暴雨天气的研究分析[J]. 气候变化研究快报, 2023, 12(5): 1030-1039. DOI: 10.12677/ccrl.2023.125107

Abstract

During the main flood season every year, mesoscale convective clouds are often formed from Litang to Daocheng on the southwest side of the western Sichuan Plateau, especially from evening to night. Sometimes it split from the southwest of Yongning and affect the Lijiang area to produce heavy rain or heavy rainstorms, and disaster weather from the east of Ninglang, Muli and Yanyuan passed by and had no impact on Lijiang at all. In view of this phenomenon, from the analysis of the formation principle of weather system, cold air, terrain and other reasons, what kind of situation has an impact on the Lijiang region, and when it does not affect the Lijiang region, carry out targeted monitoring and forecasting, early warning, and establish disaster monitoring and forecasting and early warning indicators, which is reasonable for such weather phenomena.

Keywords

Convective Clouds on the West Sichuan Plateau, Rainstorms in Lijiang, Yunnan, Weather System

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

云南省丽江市位于滇西北，地处青藏高原东南缘，以高原山地为主，地形西北高东南低，地势起伏，海拔悬殊极大，地形地貌错综复杂。丽江受高原低值系统、切变线、辐合区、西南涡等天气系统的影响，加之地形的抬升作用，容易出现局地强降水、大风、冰雹等强对流天气[1][2]，并容易引发局地洪涝灾害、滑坡泥石流等，这些灾害影响大、危害重，往往给人民生命财产安全带来严重的威胁。每年的主汛期，常常会在川西高原西南侧理塘到稻城一带形成中尺度对流云团，特别是在傍晚到夜间，有时候会从永宁附近分裂西南移动影响丽江区域产生强对流等大雨或暴雨灾害性天气，有时候却又从宁蒗东边木里及盐源一带擦边而过，对丽江根本没有影响。针对这一现象，从天气系统、冷空气、地形等各原因分析形成原理，何种情况对丽江区域有影响，何种时候又对丽江区域没有影响，有针对性的进行监测预报、预警，并建立灾害监测预报预警指标，对此类天气现象有理可寻。

2. 资料与方法

2.1. 资料

本次研究通过对最近5年(2018年~2022年)的5至10月的天气背景、卫星云图、区域站资料进行整理，结合暴雨预警检验分析，总结归纳出产生此类暴雨气象灾害的天气系统、暴雨气象灾害路径规律、及暴雨气象灾害监测预报预警指标[3]，为我市开展此类暴雨气象灾害监测预报预警气象服务提供决策依据。

2.2. 方法

根据天气学原理和方法，采用统计分析方法，利用近5年Micaps资料、丽江市自动站短时强降水的资料，分析川西高原西南侧对流云团影响丽江市的强降水的时空分布特征及主要影响系统。

3. 分布特征

统计我市区域自动站近 5 年中的 5~10 月(24 小时间隔 20~20 时)大雨降水量(一个县 5 站以上或者 2 个县 2 个站 ≥ 25 毫米大雨以上)次数得出(后面不再赘述), 每年汛期 5~10 月出现大雨以上的次数在 50 到 75 个之间, 其中川西高原有中尺度对流云团发展影响我市出现(≥ 25 毫米大雨以上)降水的概率为 80%~95%之间, 影响我市出现(≥ 25 毫米大雨以上, 至少一站 50 毫米暴雨)的降水概率为 30%~70%之间, 不符合此类课题研究范围(川西高原没有明显中尺度对流云团)的降水概率为 6%~18%之间, 低于 20%。说明汛期 5~10 月我市的暴雨预报中川西高原的中尺度对流云团发展是个关键性指标(见表 1)。

Table 1. Frequency and affected frequency of heavy rain or above from May to October 2018 to 2022 (probability)

表 1. 2018~2022 年 5~10 月大雨以上降水次数及受影响次数(概率)

次数(次)	年份(年)	2018	2019	2020	2021	2022
总降水		74	54	65	71	67
有云无降水		19	16	11	17	20
有云有降水		61 (82%)	47 (87%)	61 (94%)	60 (85%)	59 (88%)
明显降水(%) (1 站 ≥ 50 mm)		40 (66%)	20 (43%)	21 (34%)	26 (43%)	31 (53%)
不符合条件(%)		13 (18%)	7 (13%)	4 (6%)	11 (15%)	8 (12%)

从月份上统计主要集中在 6~9 月份, 其中 8 月最多, 其次 6 和 7 月, 9 月最少(见表 2)。

Table 2. Statistical table of precipitation above heavy rain in each month from May to October 2018 to 2022

表 2. 2018~2022 年 5~10 月各月受影响出现大雨以上降水统计表

年份	月份	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
2018 年		0	6	9	19	6	0
2019 年		0	4	6	8	2	0
2020 年		0	5	4	11	1	0
2021 年		0	8	0	15	3	0
2022 年		0	9	7	9	6	0

通过分析符合条件的 Micaps 资料中的卫星红外云图和高空 500 hPa 和 700 hPa 以及地面的主要影响天气系统, 归纳总结出影响我市出现强降水的 500 hPa 和 700 hPa 的主要天气系统分别各有 4 类, 并分门别类的总结各个系统的影响大小。

4. 影响系统

4.1. 500 hPa 主要影响天气系统

中高纬度大部分为两槽一脊型, 一槽一脊和三槽两脊占少数。500 hPa 天气形势中副高或者高压的位置、强弱, 高空波动槽是主要因素[4], 天气系统主要总结归纳为以下 4 种:

- 1) 副高较强, 控制我省大部, 或者存在青藏高压或滇缅高压, 丽江市高空站为高压脊前西北气流(有时存在高原小波动, 为槽后脊前的西北气流), 或者高压边缘西北气流;
- 2) 副高较强, 丽江市高空站为青藏高压(副高)南侧偏东气流或者东南气流, 有时副高南侧有热低压登陆;
- 3) 高原上有小波动槽, 丽江市高空站为高原槽前(槽尾)偏西气流, 未来副高西伸加强;

4) 高原上有小波动槽, 或者川西有弱小低涡, 丽江市高空站为槽前西南气流。

4.2. 700 hPa 主要影响天气系统

700 hPa 中北高南低形势、切变线、低涡是关键性因素, 天气系统主要总结归纳为以下 4 种:

- 1) 北高南低或者南北高度持平, 巴塘、丽江、西昌之间有小低涡, 或者丽江、昆明、巴塘、西昌、成都、宜宾之间存在有准东西向、西北 - 东南向切变;
- 2) 南高北低, 川中成都、西昌到滇西北之间有准东西向或者西北 - 东南向切变;
- 3) 丽江、西昌、巴塘、成都为一致副高外围西南气流, 无切变;
- 4) 台风或热低压外围偏东气流, 无切变。

4.3. 500 hPa 和 700 hPa 系统组合

500 hPa 和 700 hPa 中各 4 种天气形势组合时, 统计分析结果得出有 9 种组合产生了降水, 具体组合降水概率见表 3。其中 I、II、III、IV、V 型有利于丽江市出现暴雨以上强降水天气, 而第 IX 型, 即 2+4 组合和 3+3 组合没有出现强降水天气, 以大雨天气为主, 同时没有 1+4、3+4、4+4 组合。

Table 3. Statistical table of 500 hPa and 700 hPa combined precipitation from 2018 to 2022

表 3. 2018~2022 年 500 hPa 和 700 hPa 各型组合降水统计表

量级 类型	I 型 (1+1)	II 型 (1+2)	III 型 (4+1)	IV 型 (3+1)	V 型 (4+3)	VI 型 (1+3)	VII 型 (2+1)	VIII 型 (2+1, 2+3, 3+2, 4+2)	IX 型 (2+4, 3+3)
影响大	36%	11.4%	6.6%	4.9%	3.3%	1.6%	1.6%	1.6%	0
影响小	8.2%	1.6%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	1.6%	0	1.6%

I 型: 500 hPa 和 700 hPa 均为第一种天气形势时, 即 500 hPa 副高较强, 控制我省大部, 或者存在青藏高压及滇缅高压, 丽江市高空站为高压脊前西北气流(有时存在高原小波动, 为槽后脊前的西北气流), 或者高压边缘西北气流; 700 hPa 北高南低形势明显或者南北高度持平, 巴塘、丽江、西昌之间有小低涡, 或者丽江、昆明、巴塘、西昌、成都、宜宾之间存在有准东西向、西北 - 东南向切变(见图 1)。丽江市出现暴雨以上天气过程的概率最大, 占总次数的 36%; 比如 2020 年 7 月 1 日、8 月 13 日, 2021 年 6 月 21 日, 2022 年 8 月 31 日等的强降水天气过程都是此类形势造成的。

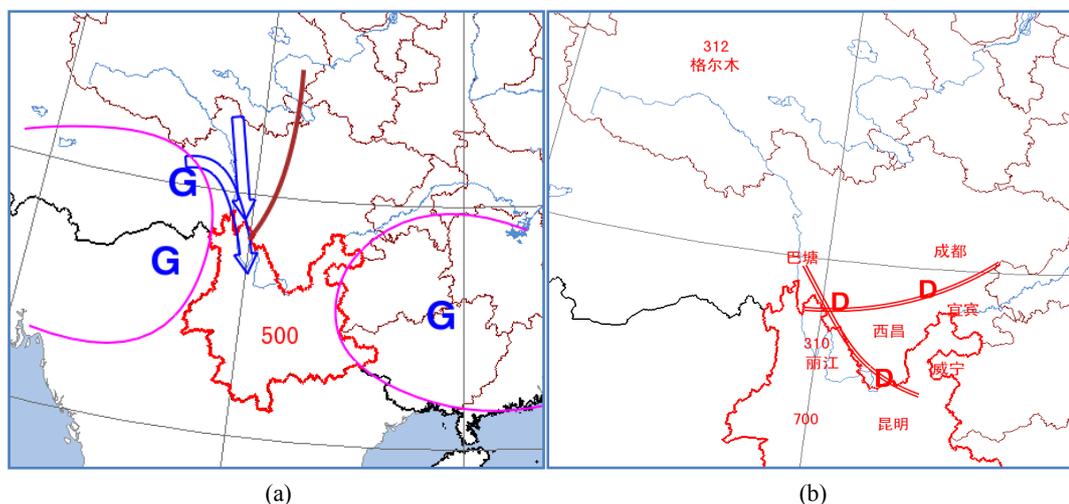


Figure 1. Type I combination (a) 500 hPa Type 1, (b) 700 hPa Type 1

图 1. 第 I 型组合 (a) 500 hPa 第一种、(b) 700 hPa 第一种

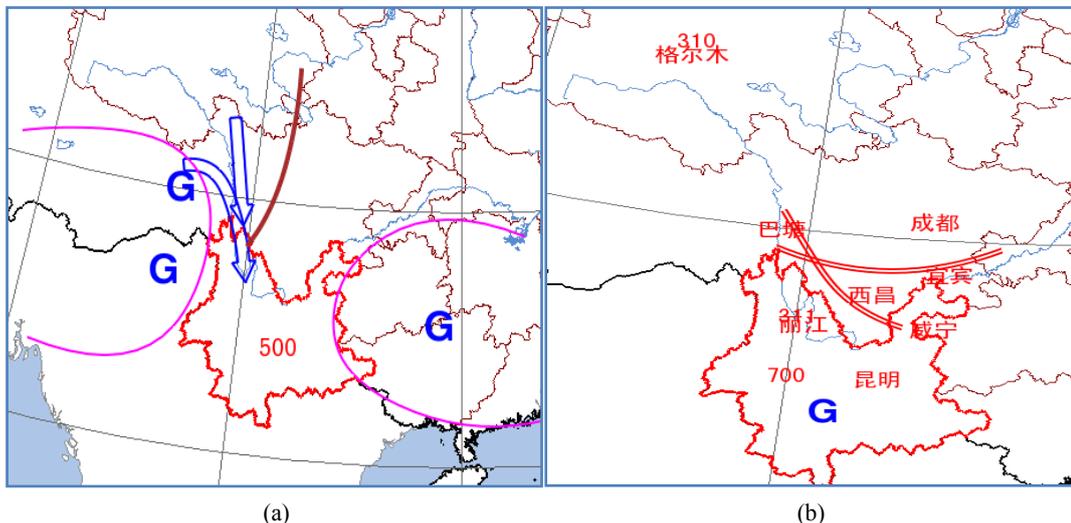


Figure 2. Type II combination (a) 500 hPa Type 1, (b) 700 hPa Type 2
图 2. 第 II 型组合(a) 500 hPa 第一种、(b) 700 hPa 第二种

II 型：500 hPa 为第一种天气形势，700 hPa 为第二种天气形势时，即 500 hPa 副高较强，控制我省大部，或者存在青藏高原及滇缅高压，丽江市高空站为高压脊前西北气流(有时存在高原小波动，为槽后脊前的西北气流)，或者高压边缘西北气流；700 hPa 上南高北低，川中成都、西昌到滇西北之间有准东西向或者西北 - 东南向切变(见 图 2)；丽江市出现暴雨以上天气过程的概率占总次数的 11.4%；比如 2020 年 6 月 24 日、8 月 10 日、9 月 4 日；2021 年 6 月 26 日，2022 年 7 月 27 日的强降水天气过程。

III 型：500 hPa 为第四种天气形势，700 hPa 为第一种天气形势时，即 500 hPa 高原上有小波动槽，或者川西有弱小低涡，丽江市高空站为槽前西南气流，700 hPa 北高南低形势明显或者南北高度持平，巴塘、丽江、西昌之间有小低涡，或者丽江、昆明、巴塘、西昌、成都、宜宾之间存在有准东西向、西北 - 东南向切变(见 图 3)；丽江市出现暴雨以上天气过程的概率占总次数的 6.6%。

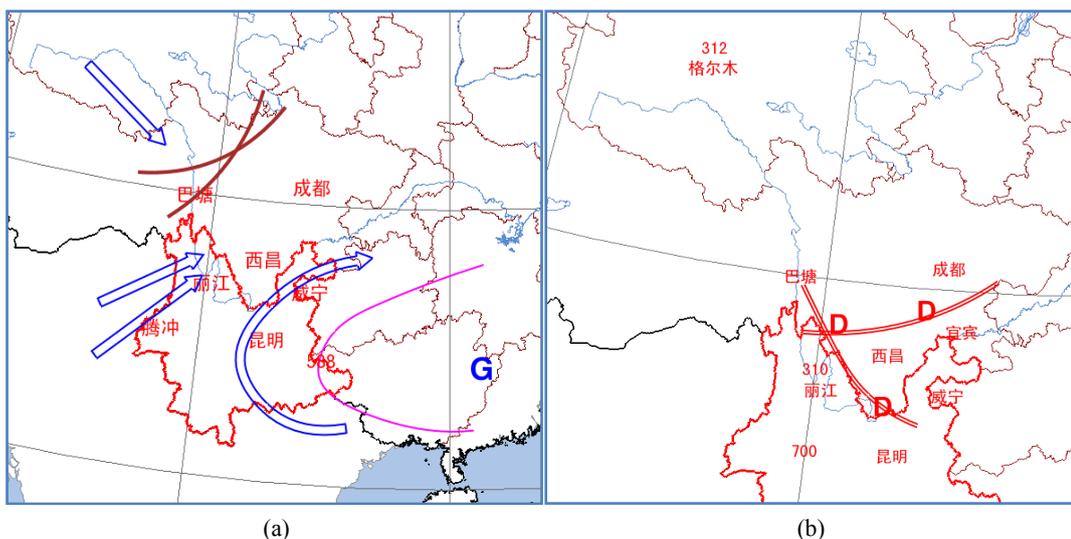


Figure 3. Type III combination (a) 500 hPa Type 4, (b) 700 hPa Type 1
图 3. 第 III 型组合(a) 500 hPa 第四种、(b) 700 hPa 第一种

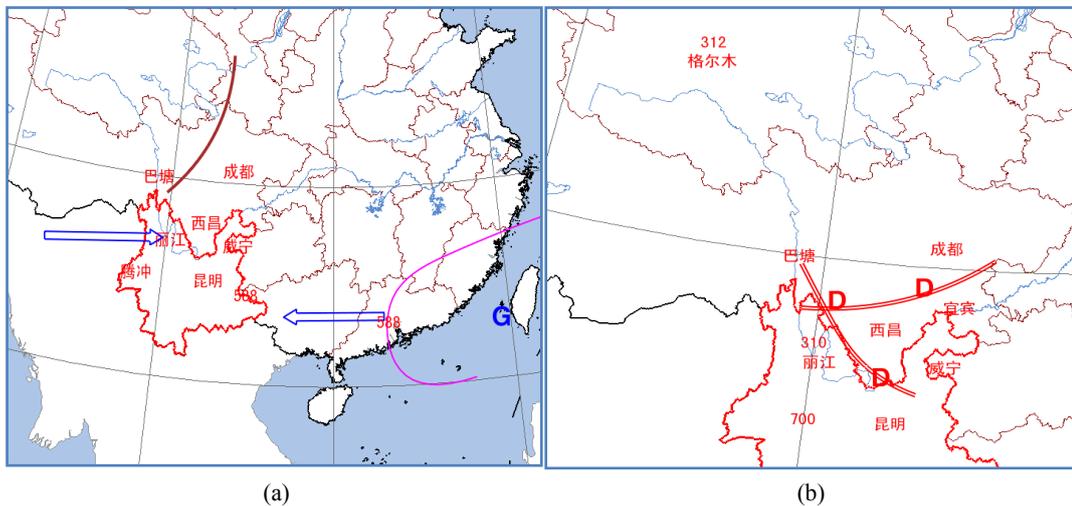


Figure 4. Type IV combination (a) 500 hPa Type 3, 700 hPa Type 1
图 4. 第 IV 型组合(a) 500 hPa 第三种、(b) 700 hPa 第一种

IV 型：500 hPa 为第三种天气形势，700 hPa 为第一种天气形势时，即 500 hPa 高原上有小波动槽，丽江市高空站为高原槽前(槽尾)偏西气流，未来副高西伸加强，700 hPa 北高南低形势明显或者南北高度持平，巴塘、丽江、西昌之间有小低涡，或者丽江、昆明、巴塘、西昌、成都、宜宾之间存在有准东西向、西北 - 东南向切变(见图 4)；丽江市出现暴雨以上天气过程的概率占总次数的 4.9%。

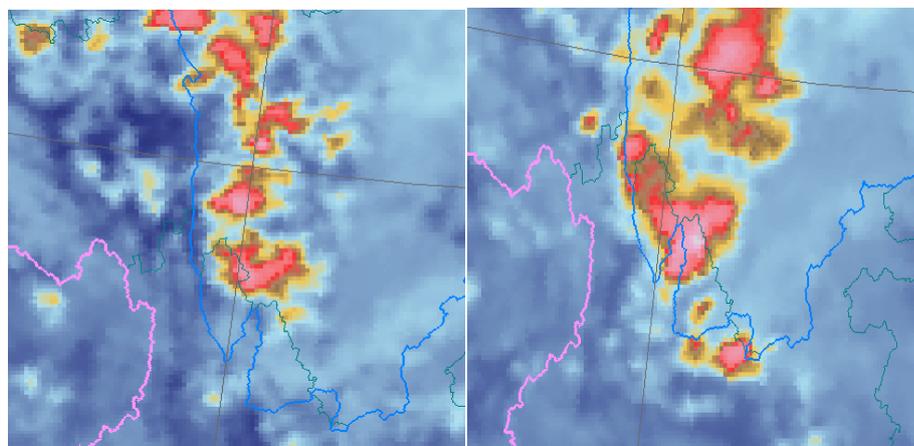
4.4. 地面气压场

从符合条件的所有个例中的地面气压场中分析，我市出现暴雨时丽江市东部或北部气压梯度密集，东部数值大于丽江附近数值，说明高原上和东部有冷空气侵入我市。当然个别情况是受西南和偏东暖湿气流影响。

5. 个例分析

5.1. 2021 年 6 月 22 日丽江市特大暴雨过程(I 型：1 + 1)

2021 年 6 月 21 日 20 时到 22 日 20 时，丽江市区域自动站降水统计显示，出现 1 站特大暴雨(玉龙县拉市乡雨量站 218.2 mm)，100 mm 以上大暴雨 4 站，50 mm 以上暴雨 26 站，25 mm 以上大雨 47 站。



(a) 2021 年 6 月 21 日 16 时

(b) 2021 年 6 月 21 日 20 时

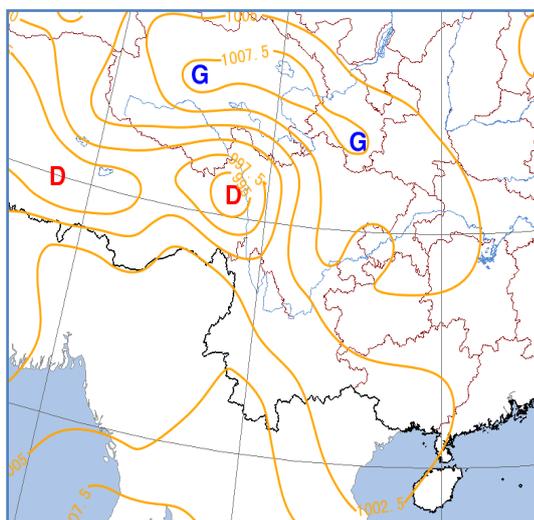


Figure 7. Surface pressure field at 8:00 on June 21, 2021
图 7. 2021 年 6 月 21 日 08 时地面气压场

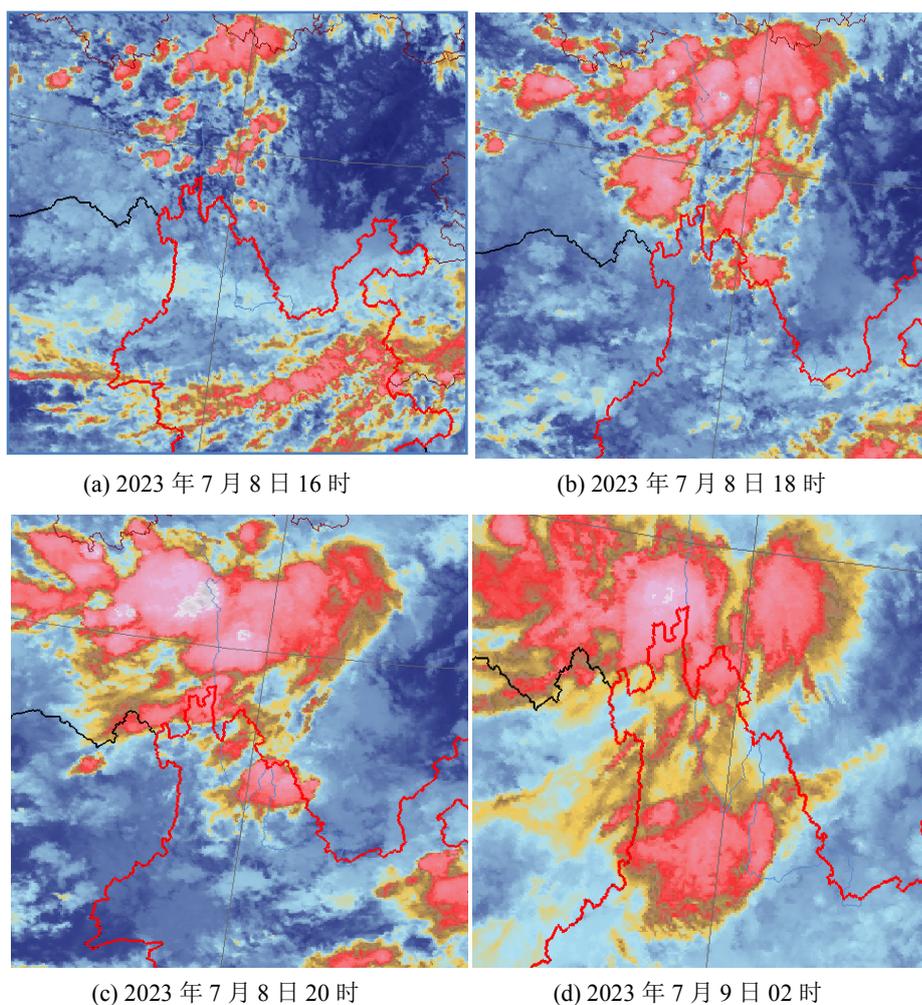


Figure 8. Infrared cloud image from 16:00 July 8 to 02:00 July 9, 2023
图 8. 2023 年 7 月 8 日 16 时到 2023 年 7 月 9 日 02 时红外云图

5.2. 2023 年 7 月 9 日丽江市大暴雨过程(II 型: 1 + 2)

2023 年 7 月 8 日 20 时到 9 日 20 时, 丽江市区域自动站降水统计显示, 出现 100 mm 以上大暴雨 1 站(宁蒗县蝉战河乡雨量站 115.6 mm), 50 mm 以上暴雨 7 站, 25 mm 以上大雨 39 站。

调取红外云图发现 2023 年 7 月 8 日 15:00 我市北部巴塘及以北的川西高原上源源不断的有对流云团发展, 18:00 南下加强, 19:30 开始影响我市北部宁蒗县中东部和玉龙县东北部一带, 8 日 22:00 至 00:00 发展最强盛, 以后开始逐渐西南移并减弱(见图 8)。

分析 2023 年 7 月 8 日 08 时 500 hPa 和 700 hPa 高空形势图发现: 500 hPa 为第一种天气形势, 700 hPa 为第二种天气形势时, 即 500 hPa 副高较强, 控制我省大部, 丽江市高空站为滇缅高压脊前西北气流; 700 hPa 上南高北低, 川中成都、西昌到滇西北之间有准东西向或者西北 - 东南向切变(见图 9)。云图刚好在高压边缘和切变附近生成位于我市正北方, 受高空偏北气流引导南下, 发展壮大持续影响我市。

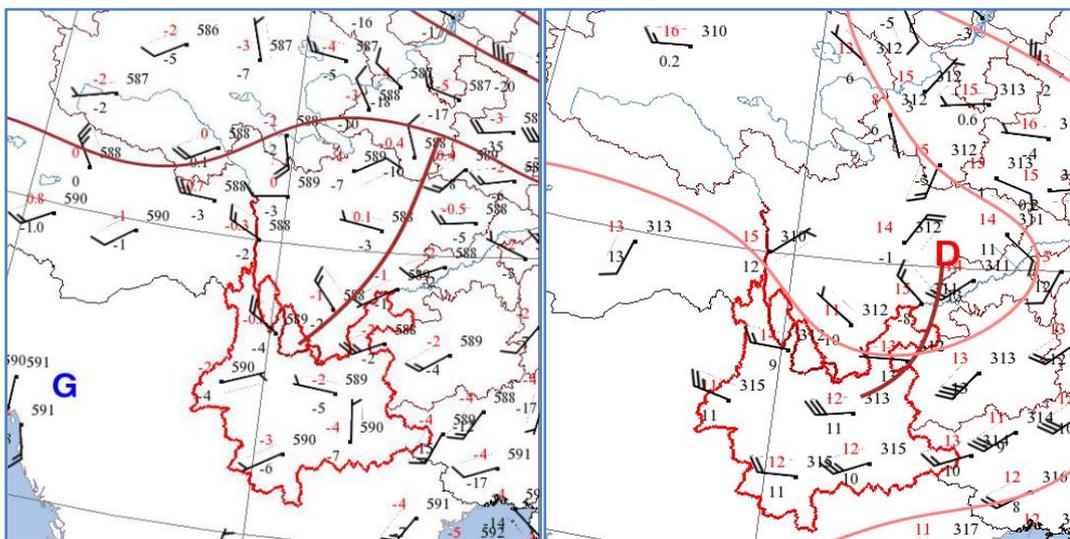


Figure 9. (a) 500 hPa, (b) 700 hPa at 08:00 July 8, 2023
图 9. 2023 年 7 月 8 日 08 时(a) 500 hPa、(b) 700 hPa

6. 结论

通过对 1998~2022 年丽江近 5 年来强降水天气资料的分析研究, 可得出如下结论:

- 1) 川西高原有中尺度对流云团发展影响我市出现(≥ 25 毫米以上)降水的概率为 80%~95%之间, 影响我市出现(至少一站 ≥ 50 毫米)的降水概率为 30%~70%之间。
- 2) 从月份上统计主要集中在 6~9 月份, 其中 8 月最多, 其次 6 和 7 月, 9 月最少。
- 3) 影响我市出现强降水的 500 hPa 和 700 hPa 的主要天气系统分析归纳出 4 类。
- 4) 500 hPa 和 700 hPa 中各 4 种天气形势组合时, 统计分析结果得出有 9 种组合产生了强降水, 其中 I、II、III、IV、V 型有利于我市出现暴雨以上强降水天气。
- 5) 从符合条件的所有个例中的地面气压场中分析得出, 我市出现暴雨时高原上和东部有冷空气侵入我市。

综上所述, 每年汛期从川西高原西侧或西南侧理塘到稻城一带下午到傍晚形成的中尺度对流云团[6]对我市造成的降水影响, 大部分都是由于 500 hPa 和 700 hPa 上有上述的天气系统, 当地面有冷空气时, 由于我市西北高东南低的地形特点, 加剧了垂直上升运动, 降水就会更加明显。有时候川西高原西侧或

西南侧理塘到稻城一带下午到傍晚即便形成了一定的中尺度对流云团,但是 500 hPa 和 700 hPa 上没有上述对应组合的天气系统,地面也没有冷空气配合时对我市是不会造成影响的。

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.
- [2] 和卫东, 吉平, 杨有仁. 丽江市强对流天气发生的大尺度背景条件和指标[J]. 云南气象, 2015(4): 3-13.
- [3] 和卫东, 解明恩. 一次低纬高原地区局地暴雨的诊断分析[J]. 云南气象, 2004(3): 17-21.
- [4] 黄慧君, 钟爱华, 陈红玉. 云南大理州“2011.7.14”强降水过程的诊断分析[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2013(S1): 253-260.
- [5] 吴芳芳, 俞小鼎, 张志刚, 等. 苏北地区超级单体风暴环境条件与雷达回波特征[J]. 气象学报, 2013, 71(2): 209-227.
- [6] 杨友萍, 李忠华, 沈茜, 等. 鲁甸震区“2014.8.18”区域性大暴雨过程的中尺度特征分析[J]. 云南气象, 2015(2): 18-23.