

川西高原 2023 年 5 月暴雨过程分析

银措杰¹ 李颖¹ 甘宏芳²

1 阿坝州气象局 2 四川省阿坝州金川县气象局

DOI:10.12238/as.v8i6.3105

[摘要] 利用ERA5再分析资料、常规高空及地面资料、多普勒雷达资料,对2023年5月20–21日阿坝州区域性暴雨过程进行分析。结果表明:在模式雨量预报中,各家模式都预报了此次暴雨过程,暴雨落区预报欧洲中心和CMA-GFS预报较好,形势预报欧洲中心预报较好。

[关键词] 川西高原; 区域暴雨; 回波特征; 云图特征

中图分类号: S717.19+5 文献标识码: A

Analysis of heavy rainfall process in western Sichuan Plateau in May 2023

Cuojie Yin¹ Ying Li¹ Hongfang Gan²

1 Meteorological Service of Aba Tibetan and Qiang Autonomous Prefecture

2 Jinchuan County Meteorological Bureau, Aba Prefecture, Sichuan Province

[Abstract] Based on ERA5 reanalysis data, conventional upper-air and ground data, and Doppler radar data, the regional rainstorm process in Aba Prefecture was analyzed, and the results showed that in the model rainfall forecast, all models predicted the rainstorm process, and the European Center for Rainfall Forecasting and CMA-GFS forecasted better, and the European Center for Situation Forecasting had better forecasts.

[Key words] western Sichuan Plateau; regional rainstorm; echo characteristics; cloud chart characteristics

引言

阿坝州位于青藏高原东南缘,是低海拔区向青藏高原过渡地段,地势由西北向东南倾斜,气候复杂,降雨分布极为不均,地质结构差异较大,在主汛期土壤已达到饱和情况下,5月出现区域性暴雨,极易引发山洪、泥石流、滑坡等灾害,对人民的生命财产安全是一个严重威胁,本文通过对“5.20”区域性暴雨过程进行天气形势、物理量、雷达资料分析,更加深入认识秋季阿坝州暴雨特征,为今后暴雨预报预测提供经验总结。

1 雨情分析

2023年5月20日20时~22日08时,我州大部出现中雨到大雨天气,若尔盖县、马尔康市、黑水县、松潘县、小金县、金川县、汶川县、理县、茂县、阿坝县、壤塘县部分乡镇出现暴雨。降水情况为:共出现50.0~99.9mm有3站,25.0~49.9mm有141站,15.0~24.9mm有107站,最大累积雨量出现在红原县刷经寺壤口(45.9mm)。这次过程降水持续时间长,20日和21日夜间在北部和南部分别出现明显降雨,过程最大降水出现在理县古尔沟温泉小镇53.1mm。

2 环流特征和物理条件

2.1 大尺度环流特征。5月20日08时500hPa上,中高纬为一脊一槽型,在乌山有一高脊,在青海北部有一低涡,青海到西藏东部和甘孜州受涡前低槽影响,我州为槽前西南气流影响,青藏高

原大部为负变高和正变温,格尔木有-7hPa的变高中心,都兰为+4.4℃变温中心,在新疆若羌有-5.9℃变温中心。高原湿度条件较好,有2-3g/kg比湿,有从孟加拉湾北上到西藏东部和川西高原输送的水汽通道^[1]。

20日20时,在500hPa低槽东移到青海东部,阿坝州位于该低槽系统南部,青海到川西高原为负变高,西宁为-6.7hPa变高中心,青海中部为负变温,格尔木为-7.5℃的变温中心,阿坝州水汽通道继续维持,整体比湿维持在3-4g/kg。200hPa为一高脊,高空辐散明显,中高层水汽在阿坝州北部到青海东部较好,达255K亮温。同时600hPa有低涡东南移影响若尔盖。此次过程系统较明显,高空配合有负变温和负变高,水汽通道和水汽条件较好。

21日20时500hPa上,青海为西北气流,四川为西南气流,在川西高原存在南北气流辐合,并且在川西高原北部为负变温,甘肃合作有-3.8℃的变温中心,阿坝州水汽通道继续维持,比湿维持在3-4g/kg。200hPa维持一高脊,高空辐散明显,中高层水汽在阿坝州北部到青海东部较好,达255K亮温。600hPa在阿坝州南部维持一辐合。此次过程系统较明显,高空配合有负变温和负变高,水汽通道和水汽条件较好。

2023年5月21日20时500hPa风场(黑色风杆,单位m/s)、温度场(红色虚线,单位℃)和位势高度场(蓝色实线,单位:dagpm)空间分布。

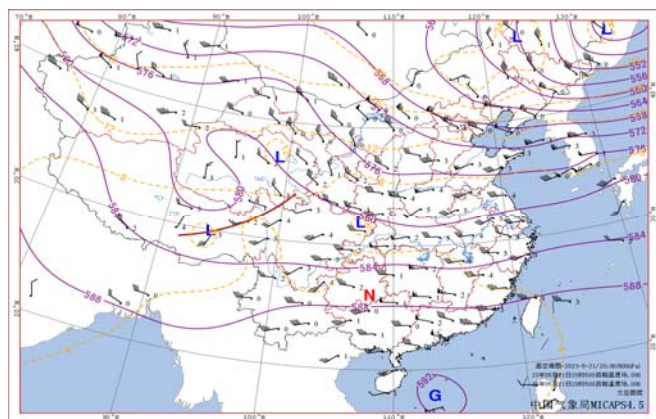


图1 2023年5月21日20时高空图

从600hPa风场特征看,在5月20日23时到21日02时,有低涡位于青海南部,阿坝州受低涡前部西南气流控制,低涡向东南方向移动,05到08时,低涡移到若尔盖南部并减弱维持,到11时已减弱为波动。在21日17-23时,在阿坝州南部一直维持南北辐合带,在22日05时小金北部形成一低涡,到08时转变为短波槽逐渐东移^[2]。

2.2探空资料。在20日20时红原站在440hPa水汽条件较好,在500hPa为西南气流,风速达15m/s,CAPE值达454.2,温江站整层水汽和能量条件较好,CAPE值达808.7。到21日20时,红原站和温江站中低层水汽条件较好,并且在温江站750hPa有垂直风切变。

2.3地面图分析。20日20时地面图上,甘孜州有一低压控制,外蒙古有一1027.5hPa的高压,有冷空气经过扩散南下,锋区位于甘肃中部,最大24小时降温位于青海西宁16℃。到21日08时甘肃南部到阿坝州北部出现降温,大部地区降温幅度在4-10℃。到21日20时冷高压南下到宁夏,在甘肃南部到阿坝州形成一锋区,阿坝州出现2-3℃降温,冷空气抬升作用对降雨有增幅作用。

2.4物理量分析。从600hPa看,孟加拉湾水汽经西藏东部和云南北部,北上到阿坝州,20日20时在青海东部水汽辐合,水汽通量散度为-150,到21日02时,其辐合中心东南移到若尔盖北部,水汽通量散度为-210,到05时,水汽辐合中心继续东移,但强度逐渐减弱,水汽通量散度为-150^[3]。

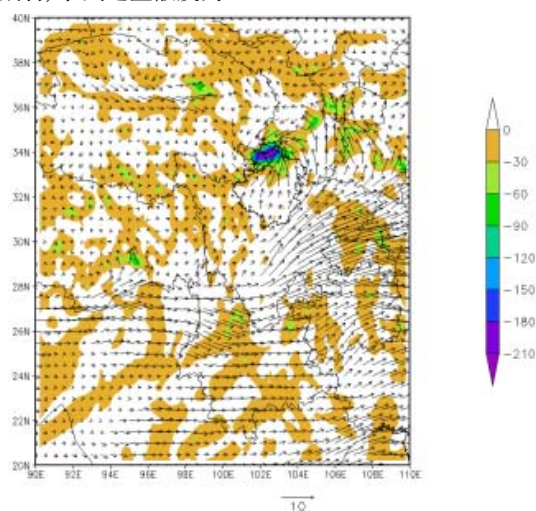
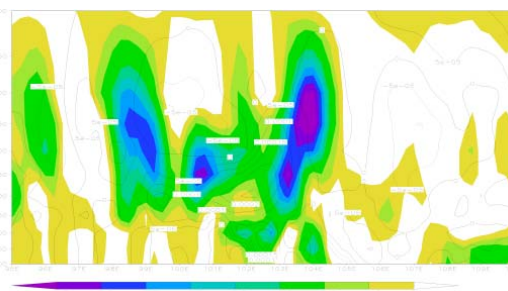


图2 2023年5月21日02时600hPa水汽通量

21日02时600hPa水汽通量(矢量,单位: $g \cdot (cm \cdot hPa \cdot s)^{-1}$)和水汽通量散度(实线,单位: $g \cdot cm^{-2} \cdot hPa^{-1} \cdot s^{-1}$)叠加图到21日17时开始到22日05时,在我州中部、南部出现水汽辐合,水汽通量散度为-20~-90,较20日晚上辐合强度弱,但持续时间较长。

做若尔盖北部垂直速度和涡度纬向剖面,20日20时,在若尔盖西部101°E有垂直上升运动中心,并配合有正涡度,随着低值系统东移,到21日02-05时,在若尔盖北部持续有垂直上升运动,伸展高度到250hPa,垂直速度达-0.4~-0.9 $pa \cdot s^{-1}$,涡度从700~450hPa有6~10 $10^{-5} s^{-1}$ 正涡度^[4]。

图3 2023年5月21日02时涡度(实线,单位: $10^{-5} s^{-1}$)和垂直速度(色斑图,单位: $pa \cdot s^{-1}$)沿33.25°N经向剖面图

21日02时涡度(实线,单位: $10^{-5} s^{-1}$)和垂直速度(色斑图,单位: $pa \cdot s^{-1}$)沿33.25°N经向剖面图

做理县南部垂直速度和涡度纬向剖面,21日17时开始到22日02时,从850到550hPa持续有垂直上升运动,垂直速度为-0.2 $pa \cdot s^{-1}$,相配合在相应高度上有正涡度,为3~5 10^{-4} 。

做20日和21日晚上做若尔盖北部和理县南部假相当位温纬向剖面图,从20日20时-21日05时若尔盖北部从700hPa-500hPa维持336-340,能量条件较好,并且在700-600hPa之间随高度增加而减小,存在对流性不稳定;21日20-05时,理县南部假相当位温为334-344,能量条件好,在其东部持续有一等值线密集区,说明850到700hPa有锋区存在,对降雨区有持续影响^[5]。

3 数值预报分析

3.1降水落区预报。20日20时到21日20时,在若尔盖北部和小金县东部出现暴雨;20日20时到21日20时预报,除CMA-TYM、CMA-MESO和GREMAN模式在若尔盖预报了暴雨外,其余模式预报若尔盖为大雨,NCEP和GREMAN模式对小金北部附近预报了暴雨,有一定指示作用,但落区偏东。

21日08时到22日08时,除若尔盖县、红原县、九寨沟县和马尔康市外,阿坝州其余各县均出现暴雨天气过程;对各模式降水进行检验,各家模式对暴雨过程都有指示作用,GFS、TYM、MESO预报偏北,欧洲中心预报与落区基本一致,但中部到西北部大雨,个别暴雨估计不足,可以结合GFS,预报效果较好。

3.2风场预报。20日20时形势,在青海东南部有一西风槽,各家预报基本一致,到21日08时,低槽位于若尔盖中部,甘孜州北部到阿坝州西部为西北气流,风速为4-8m/s,欧洲中心预报较好。

21日20时形势预报,各家都预报了南北气流辐合,但对西南风速辐合预报,欧洲中心预报较好,到22日08时,南北气流辐合减弱,在阿坝州南部有一弱波动,除GFS外,其余模式都进行了预报。

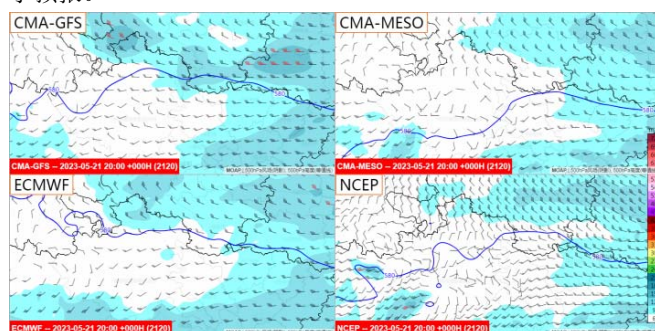


图4 2023年5月21日20时500hPa各家模式

4 云图分析

从云图上看,在5月20日16时,甘孜州到阿坝州中部、北部有中低云发展,并逐渐向东北方向移动,18时在阿坝有云团发展并向若尔盖逐渐移动,到20时若尔盖上空云团云顶温度为224k并发展东北移,到21日0时,仍有明显低云在若尔盖维持,若尔盖降水从21时到21日0时累积降水量最大,随后在1时,阿坝县有对流云团继续发展东北移,在04-06时持续影响若尔盖,导致出现持续降雨。07时随着云系移出,若尔盖降雨区域结束。到21日15时,阿坝州的中部和南部有带状对流云生成发展,开始有分散降水出现,此后在20时、22时在小金和金川不断有对流云生成发展向东北移动,云顶亮温达228k,累积降水较大,到22日04时,全州仍有分散中低云产生降水,随着中底云东移过程中减弱,在10时降水趋于结束^[6]。

5 雷达分析

从雷达回波看,在5月20日15:12、16:46、18:19和21日1:03在阿坝分别有44-53dbz对流云团发展并东北移,导致20时和21日04时若尔盖地区受对流云持续影响,组合反射率为40DBZ,伴随的小时降雨量不大,但持续时间较长,回波持续到06时后逐渐减弱,降雨也随之减弱。从若尔盖剖面图看,雷达回波强度整体较弱,最大为28DBZ,生长高度为2km。

21日14:25,在州南部到西北部有分散对流云发展,强度为44DBz,19:57-0:40,在小金和金川不断有对流云生成发展,影响西北部到南部地区,随后出现分散降雨,在19:57-0:40和1:58-9:10,不断有对流云在金川和小金一带生成发展,回波强度为33-36DBZ,向东北方向移动,造成持续降雨。做22时54分剖面图看,理县到汶川一线回波高度为6km,从地面到3.5km有回波强度达34DBZ,降雨强度不大。

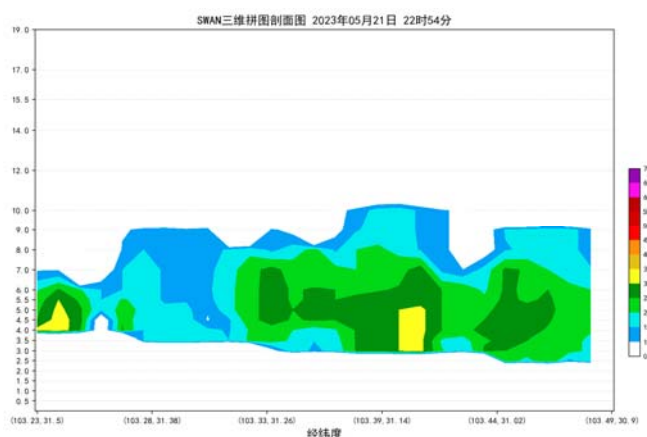


图5 SWAN三维拼图剖面图

6 小结

此次过程前期能量条件较好,在500hPa有高原低槽影响,20-21日600hPa上低涡和切变影响明显,700hPa主要为一偏东气流,地面冷空气从21日开始影响,对南部降雨有增幅作用,累积雨量达到暴雨标准。在模式雨量预报中,各家模式都预报了此次暴雨过程,暴雨订正和预警发布中,气象台着重参考了欧洲中心和CMA-GFS预报,对暴雨落区进行了订正,在形势预报中欧洲中心预报较好。

参考文献

- [1]李倩,薛永康,孔祥慧,等.青藏高原异常暖春导致中国2024年6月强降雨[J].Science Bulletin科学通报(英文版),2025,70(10):1596-1600.
- [2]王钦,曾波,董元昌.青藏高原东缘边坡地区暖季降水的精细化特征分析[J].气象科学,2025,45(01):57-67.
- [3]王春学,邓彪,周斌.CLDAS降水资料在四川气候评价业务的应用分析[J].高原山地气象研究,2025,45(01):131-139.
- [4]陈贝,黄楚惠,高文良.四川盆地西部2020年8月14-18日致洪强降水过程的地形影响分析[J].高原山地气象研究,2024,44(04):41-53.
- [5]崔强,向福均,蒋印祺,等.四川地区一次特大暴雨天气过程分析[J].沙漠与绿洲气象,2023,17(1):90-95.
- [6]赵玉春,许小峰,崔春光.川西高原东坡地形对流暴雨的研究[J].气候与环境研究,2012,17(05):607-616.

作者简介:

银措杰(1985--),女,蒙古族,青海省海北州海晏县人,大学本科(工学学士),高级工程师,从事研究方向:公共气象服务类。