

文章编号: 2096-1618(2023)02-0166-08

# 一次高原低涡过程云微物理特征模拟研究

路增鑫, 范广洲

(成都信息工程大学大气科学学院/高原大气与环境四川省重点实验室/气候与环境变化联合实验室, 四川成都 610225)

**摘要:**为探究高原低涡降水的云微物理机制,利用中尺度数值模式WRFV4.3(选取Lin微物理方案),针对2018年8月10-13日青藏高原一次高原低涡降水过程进行模拟,分析了此次高原低涡过程的云微物理特征。结果表明:模式能够很好地模拟出本次高原低涡发生发展过程,也能模拟出降水的量级和范围。同时各粒子的时空分布说明冰相粒子的分布范围比云水粒子广,同时其分布高度也远高于云水粒子,其中冰相粒子大值区主要分布在500~250 hPa,而云水粒子大多位于500 hPa以下。基于各粒子的源汇项特征,发现位于高层的霰粒子碰并雪粒子降落至低层融化成雨水并与云水碰并是这次高原低涡降水的主要因素,其次凝华、贝吉隆过程和碰并冰相粒子生长的主要过程,同时在整个高原低涡东移过程中,冰相粒子对其降水产生起到了非常重要的作用,而霰的融化在其中占比最大,雪的融化对降水的贡献比较小。

**关键词:**大气物理学与大气环境;云物理学;青藏高原;高原低涡;数值模拟

**中图分类号:**P426.5<sup>+</sup>1

**文献标志码:**A

**doi:**10.16836/j.cnki.jcuit.2023.02.007

## 0 引言

青藏高原(下称高原)平均海拔超过4000 m<sup>[1]</sup>,总体地势呈西高东低的特点,高原特殊的地气相互作用过程对大气水循环云微物理过程有极大的影响<sup>[2]</sup>。

高原低涡(下称高原涡)作为高原上主要的降水系统之一,其水平尺度约500 km,垂直厚度2~3 km<sup>[3-4]</sup>,是一个浅薄系统。云微物理过程对高原涡的产生和维持起着十分重要的作用,少数移出高原的高原涡会给下游地区带来暴雨甚至洪涝灾害<sup>[5-6]</sup>。

随着观测手段的发展,许多学者对高原涡云微物理特征进行了大量研究。Zhao等<sup>[7]</sup>利用飞机观测表明,高原中部(那曲地区)低层过冷水与高层霰粒子十分有利于降水的形成。李筱杨等<sup>[8-9]</sup>利用雷达资料对那曲地区的一次高原涡云-降水结构进行分析,发现低涡的对流云阶段和混合云阶段雷达回波结构和降水特征存在明显不同。Zhao等<sup>[10]</sup>利用地基云雷达观测,反演了青藏高原那曲地区高冰云的微物理性质,结果表明,最大出现频率的云冰有效半径和冰水含量分别为36 μm和0.001 g·m<sup>-3</sup>。Jankov等<sup>[11]</sup>发现不同的微物理方案可能导致对流降水的强度和分布有很大的差异,Orr等<sup>[12]</sup>对高原大地形天气模拟发现在山地地形微物理方案差异尤为明显。Maussion等<sup>[13]</sup>表明,微物

理参数化方案在青藏高原对流降水区具有较高的敏感性,而在平流占主导地位的青藏高原大部分地区具有较低的敏感性,表明微物理过程尤其是源于青藏高原的微物理过程起着关键作用。宋雯雯等<sup>[14]</sup>利用中尺度模式MM5说明高原低涡有类似于热带气旋的涡眼(空心)结构,并且有暖心存在。郁淑华等<sup>[15-16]</sup>通过对低涡个例的数值模拟,认为高原西南水汽对低涡生成十分重要,高原南支气流对低涡移动速度和持续时间十分重要。Gao等<sup>[17-18]</sup>研究了暖雨微物理过程的作用,认为云中过冷雨滴的异质冻结过程有利于形成霰胚。赵平等<sup>[19]</sup>研究认为发生在高原主体的局地变化导致了对流云活动的发展,阴蜀城等<sup>[20]</sup>对那曲地区一次对流云降水微物理过程进行模拟,发现冰相粒子在高原降水过程中十分重要。

2018年8月10-13日在高原发生了一次明显的低涡降水过程,本文利用WRF非静力中尺度数值模式对这次降水天气过程进行数值模拟,通过卫星资料评估模拟效果,分析此次高原低涡过程云微物理结构特征,以期对高原低涡大气水循环形成的微物理机制有进一步的了解。同时,通过对本次降水天气过程深入细致地分析,有助于建立高原低涡水汽—云水—降水的大气水循环物理模型,进一步加深对高原低涡大气水循环的认识。

## 1 模式实验设计

采用中尺度模式WRF(V4.3)对2018年8月10-13日青藏高原的一次高原低涡降水过程进行模拟。模

收稿日期:2022-02-28

基金项目:国家自然科学基金资助项目(42075019,42075081);国家重点研发计划资助项目(2018YFC1505702);第二次青藏高原综合科学考察研究资助项目(2019QZKK0102)

通信作者:范广洲.E-mail:fgz@cuit.edu.cn

式积分时段为 8 月 10 日 00:00–13 日 00:00,以 NCEP-FNL 的再分析资料作为背景场,采用两层嵌套方式(图 1),嵌套的中心位于(35.25 °N,89.484 °E),地图投影采用兰伯特投影,实验设计见表 1,模式结果分析基于积分区域(d02)覆盖本次高原涡过程。

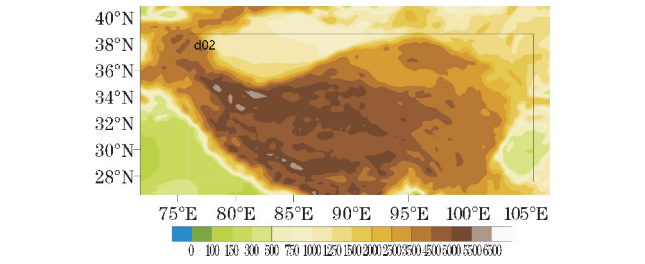


图 1 WRF 模拟区域

2 模拟结果分析

2.1 天气过程介绍

2018 年 8 月 10 日 06:00,有低压系统在高原中西部生成,逐渐形成高原涡并向东移动,其间导致高原地区发生降水,13 日 00:00 低涡缓慢移出高原。基于 500 hPa 位涡和风场的分布(图 2),本文将此次高原涡

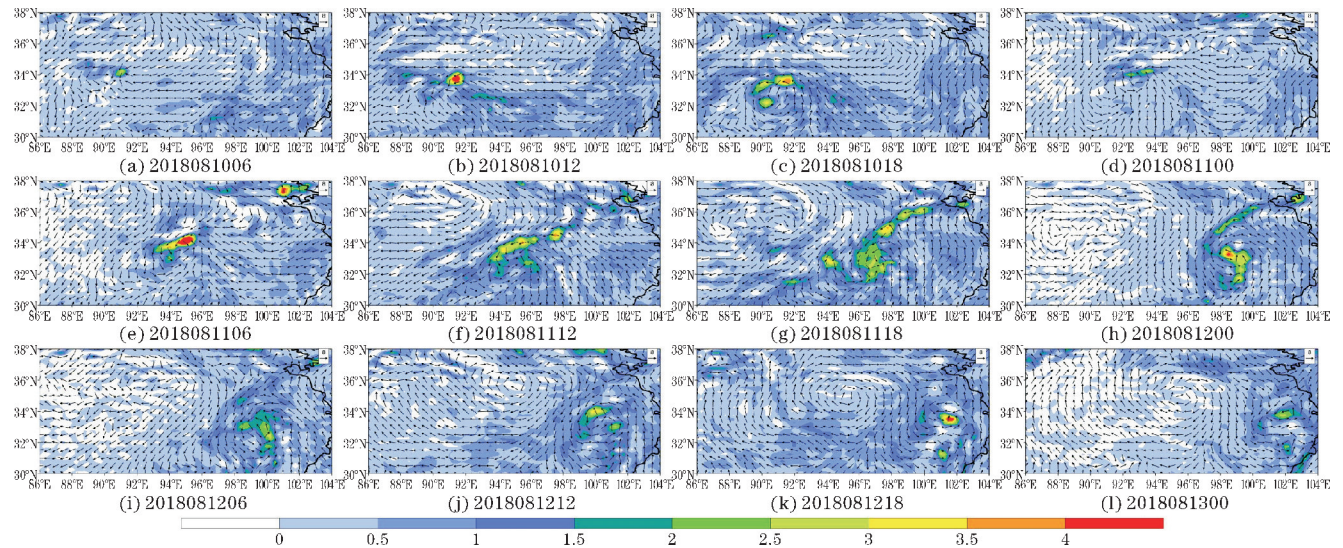


图 2 2018 年 8 月 10 日 06:00–13 日 00:00 500hPa 风场(m/s)和位涡场分布(PVU)

2.2 模式模拟检验

选用 FNL 再分析资料与 WRF 模拟的高原涡移动路径进行对比(图 3)。基于对比结果可以说明该实验能很好地模拟出此次高原涡的移动轨迹,大体移动趋势基本一致,存在一些偏差。江吉喜等<sup>[21]</sup>指出,云顶亮温(TBB)场的有云区水汽充沛无云区较为干燥,云顶温度越低对流活动越强。本文采用风云二号 FY-2F 的 TBB 资料(图 4)去评估 WRF 模式对云顶温度模拟的能力(图 5),可以清晰地看出模式能够模拟出高原

表 1 WRF 两层嵌套实验设计

参数	外层嵌套(d01)	内层嵌套(d02)
模拟时间(UTC)	10 日 00:00–13 日 00:00	10 日 00:00–13 日 00:00
格点数	143×67	596×256
时间步长	150 s	30 s
空间分辨率	25 km	5 km
地形分辨率	10′	2′
垂直层数	36	36
短波辐射方案	Dudhia 方案	Dudhia 方案
长波辐射方案	RRTM 方案	RRTM 方案
积云对流方案	K-F 方案	K-F 方案
边界层方案	YSU 方案	YSU 方案
陆面过程方案	Noah 方案	Noah 方案
云微物理方案	Lin 方案	Lin 方案

过程划分为 3 个阶段:低涡生成阶段(2018 年 8 月 10 日 06:00–18:00),在高原34 °N,89 °E附近有气旋性环流出现,高原涡生成;低涡东移阶段(2018 年 8 月 10 日 18:00–12 日 06:00),气旋性范围扩大,强度增强,外围有螺旋云带,并向东移;低涡消散阶段(2018 年 8 月 12 日 06:00–13 日 00:00),高原涡移动到100 °E以东附近开始减弱,移动缓慢,且 TBB 上也显示对流云团开始消散。

涡成熟阶段的螺旋云带和涡眼结构,但模拟的云带移动速度更快,总云量更少。总体来说,模式能较好地模拟此次高原涡的移动路径和发生发展情况。

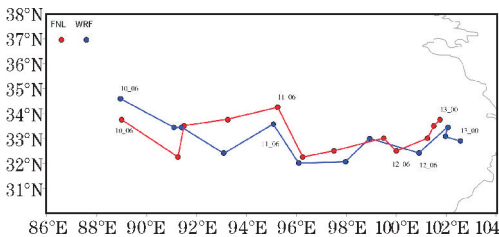


图 3 2018 年 8 月 10 日 06:00–13 日 00:00 高原低涡移动路径



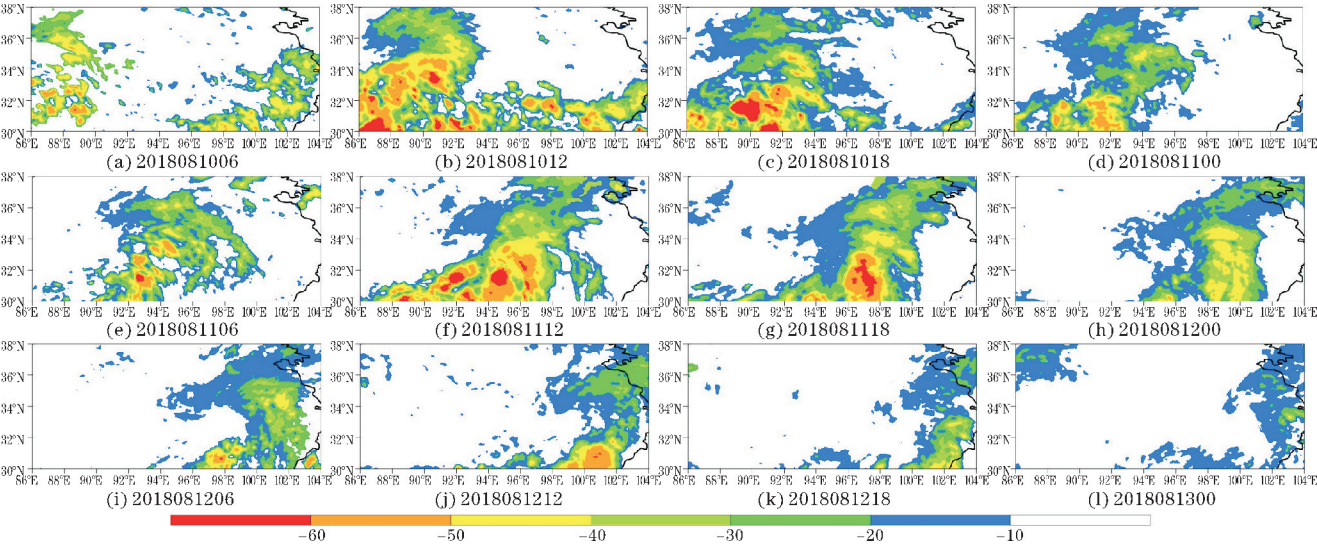


图4 2018年8月10日06:00-13日00:00 FY-2F云顶亮温TBB分布

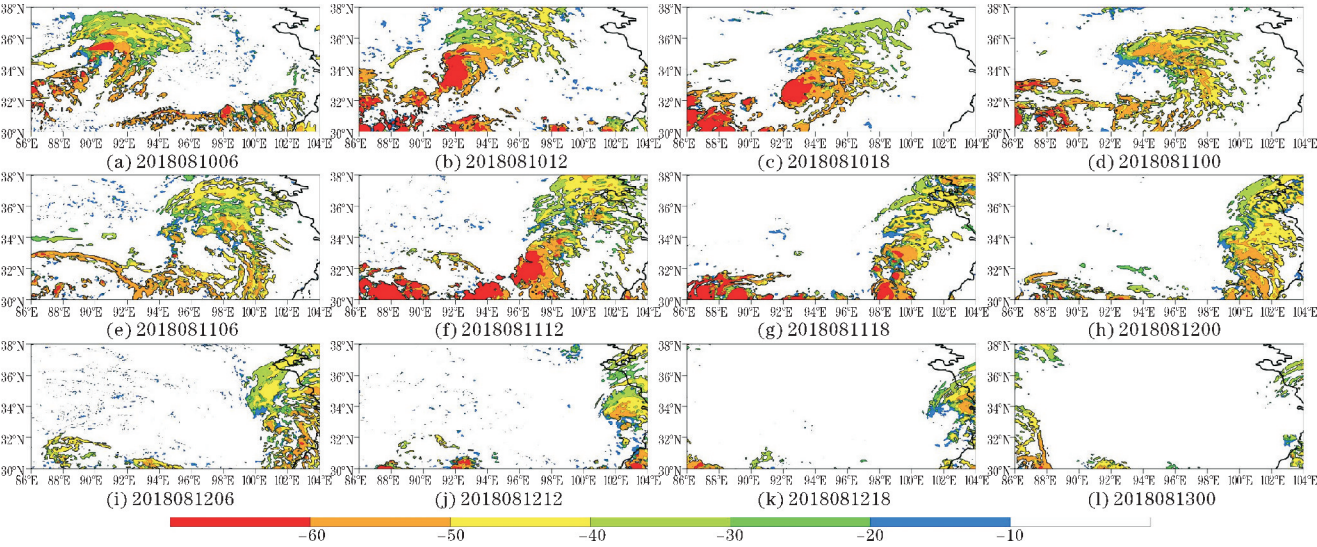


图5 2018年8月10日06:00-13日00:00 WRF模拟云顶温度CTT分布

从2018年8月10日06:00-13日00:00 CMORPH融合产品和WRF模拟的累计降水(图6)中发现,降水沿34°N分布与低涡移动路径相符合。降水量级

主要集中在50~70 mm。从模拟结果来看,受边界效应影响,部分降水区域与实况存在偏离,但大部分降水大值中心和降水量级都比较接近。

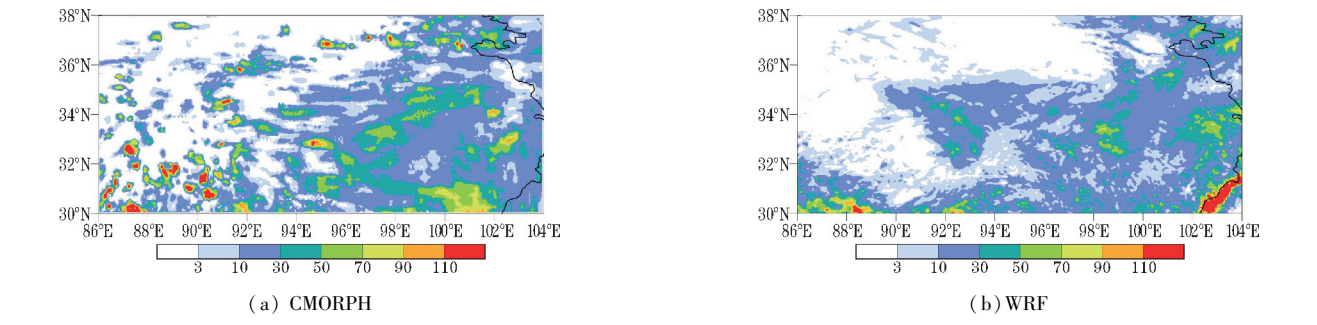


图6 CMORPH融合产品和WRF d02区域模拟的累计降水

综上所述,WRF模式在高原涡移动路径、高原涡发生发展情况、累计降水等方面都能较好地模拟出此次高原涡过程。因此接下来将利用WRF模式输出结果对此次高原涡东移过程中的微物理过程进行研究。

3 各种相态粒子的时空分布

根据图7可以看出,本次高原涡东移过程共有4

次降水极大值。基于各种相态粒子低涡中心  $1^\circ \times 1^\circ$  区域平均的质量浓度的时间-高度分布(图8),发现此次过程冰相粒子分布较高,冰粒子位于最高层,分布在 350 ~ 180 hPa,大值中心在 250 hPa 左右;雪粒子分布贯穿整层,大值中心在 300 ~ 200 hPa;霰粒子在中低层,大值中心在 500 ~ 400 hPa;云粒子出现在中低层;而雨粒子则基本处于底层,即 500 hPa 以下。从质量密度的极值来看,雨粒子的质量密度最大,最大值超过  $0.08 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;其次是霰粒子,其质量密度的极值为  $0.035 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;冰粒子和雪粒子的质量密度的极值较为接近,极大值约为  $0.015 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

从时间分布来看,高原涡生成阶段涡心附近冰相粒子(冰、雪、霰)的质量密度比较高,且大值中心集中在 10 日 12:00–18:00。高原涡东移阶段,冰相粒子极大值中心分别出现在 11 日 12:00 和 20:00 附近,说明中

午和傍晚有利于低涡产生降水极值。而在高原涡消散阶段,冰粒子与雪粒子质量密度都有不同程度的减弱;此时霰粒子、雨粒子和云粒子出现大值中心,且霰粒子和雨粒子大值中心出现在 12 日 06:00–18:00,而此时正好有降水极值出现在该时间段;云粒子则是 12 日 18:00 之后。

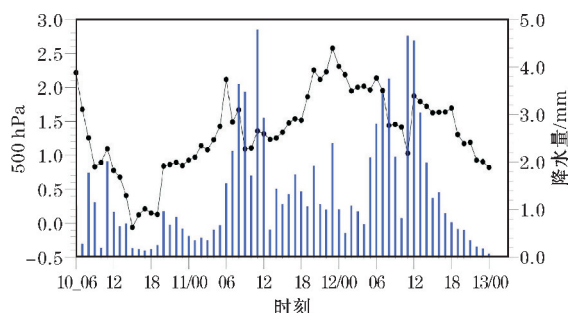


图7 10 日 06:00–13 日 00:00 逐小时低涡中心强度(折线图), 涡心( $1^\circ \times 1^\circ$ )区域平均降水量(柱状图)

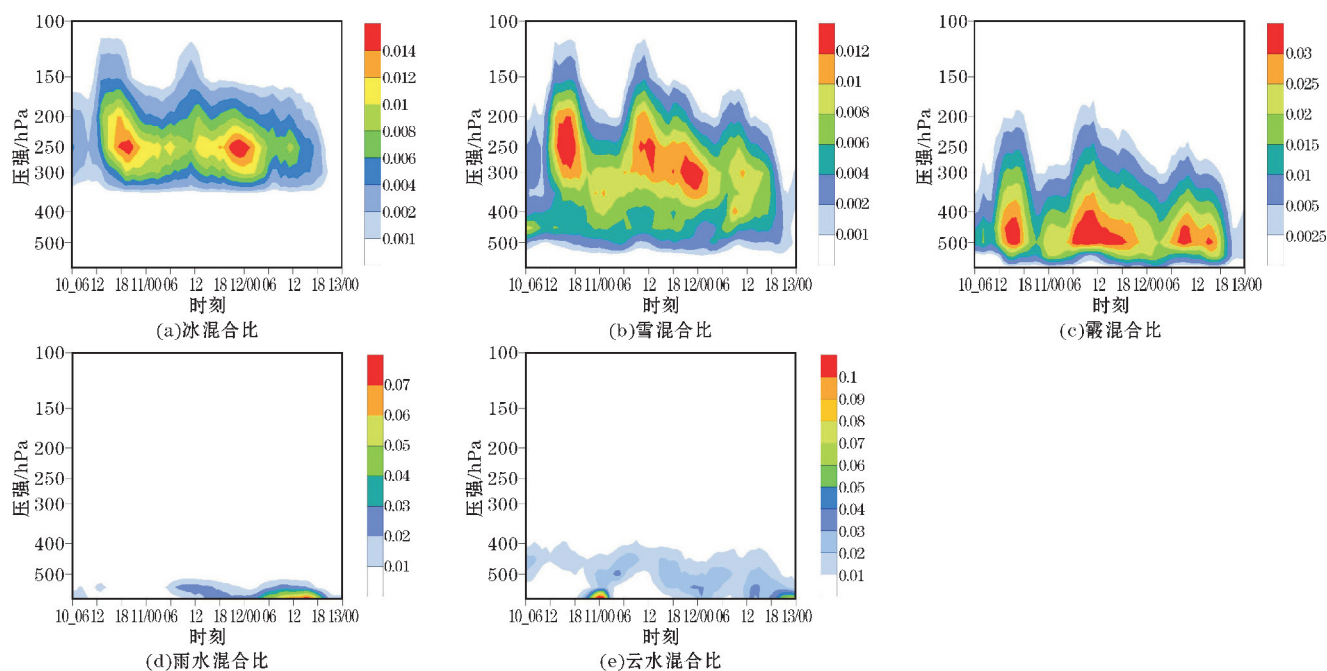


图8 10 日 06:00–13 日 00:00 涡心区域各粒子时间-高度分布图

## 4 云微物理结构源项分析

在 WRF 模式 Lin 云微物理方案<sup>[22]</sup>中给出了水成物粒子的源汇项,本文采用唐洁等<sup>[23]</sup>选取的雨水源项、雪水源项、霰粒子初生源项和霰粒子增长源项共 4 种源项进行分析,见表 2。

为更好地阐释高原涡东移过程的云微物理量转换,本文研究了模式中粒子源汇项的转化率。图 9 给出了高原涡主要降水过程涡心区域雨水源项、雪源项、霰初生源项和霰增长源项转化率时间平均的垂直分布。基于雨水源项转化率的垂直分布(图 9a),发现霰

粒子的融化(Mgr)是导致降水的主要原因,其最大值出现的层次在 550 hPa,达  $0.5 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,而雨水碰并云水(Cer)过程是次要因素,最大值在  $0.017 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  左右。从分布高度来看,霰粒子的融化过程在低层,同时霰粒子的融化导致雨水增长,于是产生雨水碰并云水,进一步使雨水增多。从雪水源项的转化率(图 9b)得出雪水源项在不同高度上表现出明显的差异,冰晶的贝基隆过程转化为雪(Bis)分布范围广,分布在 550 ~ 150 hPa,大值中心出现在 300 hPa,最大转化率达到  $0.067 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。雪的淞附增长(Ccs)虽然分布范围也大,但是大值却不及冰晶的贝基隆过程,其大值中心出现在 450 hPa,最大转化



率达到 $0.011 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。另外雪的凝华增长(Svs)、雪碰并冰晶(Cis)、冰晶向雪的自动转化(Ais)过程主要集中在高层,极大值都出现在250 hPa,分别为 $0.003 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $0.008 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $0.006 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

表2 粒子源汇项转化过程

粒子源项	变量名	物理意义
雨水源项	Acr	云雨的自动转化
	Cer	雨水碰并云水
	Mgr	霰粒子的融化
	Msr	雪的融化
雪水源项	Ais	冰晶向雪的自动转化
	Cis	雪碰并冰晶
	Bis	冰晶的贝基隆过程转化为雪
	Ccs	雪的淞附增长
	Svs	雪的凝华增长
霰粒子初生源项	Frg	过冷雨水的冻结
	Csr	过冷雨水碰并雪转化
	Cri	冰晶碰冻过冷雨水转化
	Asg	雪向霰的自动转化
霰粒子增长源项	Svg	霰的凝华增长
	Csg	霰碰并雪
	Cig	霰碰并冰晶
	Crg	霰碰并过冷雨水
	Ccg	霰的淞附增长

依据唐洁等<sup>[23]</sup>的研究,本文将霰粒子的源项分为霰粒子的初生源项和霰粒子的增长源项两种类型。从霰粒子的初生源项(图9c)发现,过冷雨水碰并雪转化为霰(Csr)过程是霰粒子初生的主要过程,其最大值出现在550 hPa,最大转化率为 $9.9 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,冰晶碰冻过冷雨水转化(Cri)过程为次要过程,其最大值出现在450 hPa,为 $4.7 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。雪向霰的自动转化(Asg)过程以及过冷雨水的冻结(Frg)过程对霰粒子的初期形成贡献较小。从霰粒子的增长源项(图9d)发现,霰增长的微物理过程主要由3种过程组成:(1)霰碰并过冷雨水(Crg)为主要来源,最大值出现在550 hPa,将近 $0.16 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ; (2)霰碰并雪(Csg)过程次之,最大值出现在350 hPa,为 $0.08 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右; (3)霰的淞附增长(Ccg)过程稍小,最大值出现在450 hPa,为 $0.06 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。霰的凝华增长(Svg)和霰碰并冰晶(Cig)过程提供的贡献较少。

基于上述分析可得,云水的增长是导致此次过程降水的重要因素,而冰晶的贝基隆过程是雪粒子增长的主要过程,过冷雨水碰并雪和冰晶碰冻过冷雨水过程是霰粒子初生的主要过程,霰碰并过冷雨水和雪以及霰的淞附过程是霰粒子主要增长过程。霰粒子融化成雨与云水的碰并过程提升了云雨转化率形成降水。

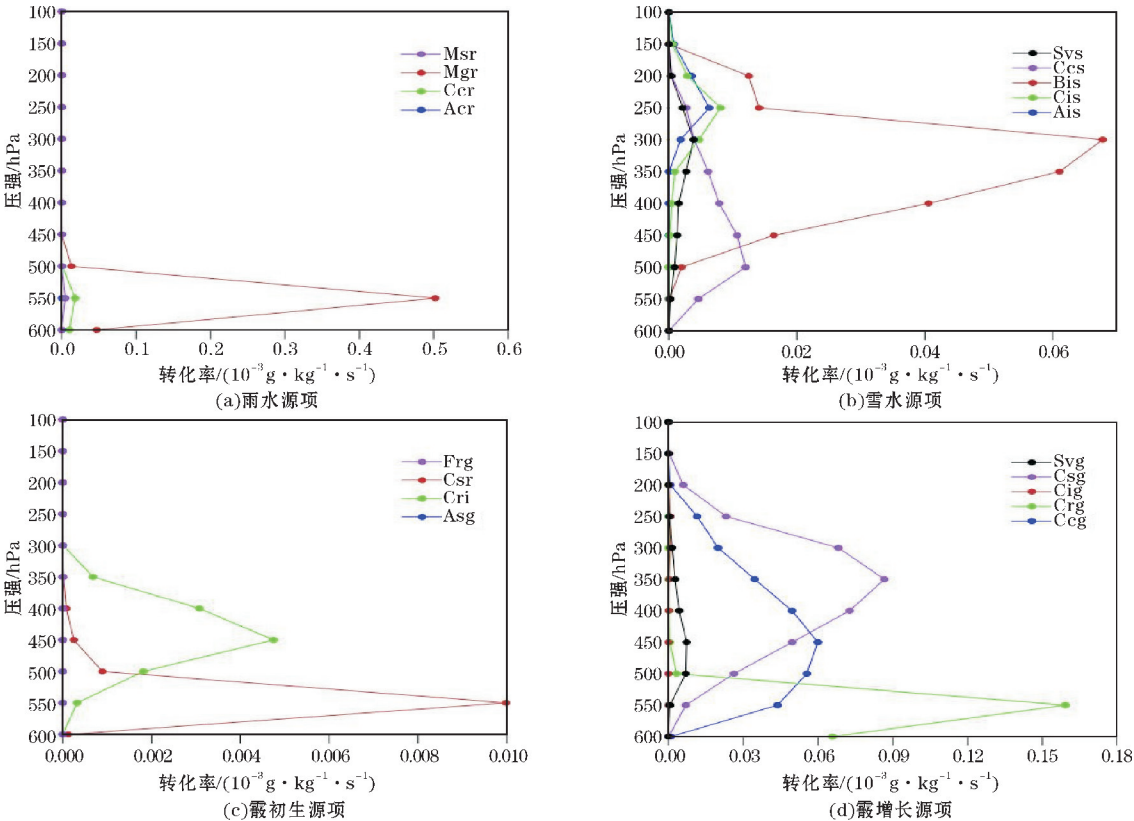


图9 11日01:00–12日23:00 涡心区域-时间平均雨水源项、雪水源项、霰初生源项和霰增长源项转化率的垂直分布

## 5 主要云微物理过程演变特征

通过 WRF 模拟区域中主要云微物理过程随时间的演变特征(图 10)可以看出,云中的冰粒子主要通过贝基隆过程转化为雪粒子,且在该转化过程中,其极大值与降水极值出现的时间点较为接近。相对而言,雪的凝华增长(Svs)和霰的凝华增长(Svg)过程就比较弱。冰晶聚集成雪(Ais)最为明显,云雨的自动转化(Acr)占次要过程且集中在高原涡生成过程,雪聚集成霰(Asg)并不明显。图 10(c)展示了此次高原涡过

程碰并、碰并增长的主要微物理过程,发现霰碰并过冷雨水(Crg)过程极大值集中在 11 日 06:00–12:00 和 12 日 06:00–12:00,霰的淞附增长(Ccg)与霰碰并过冷雨水过程演变趋势接近,但不同的是在 12 日 00:00 前霰的淞附增长过程有很多极大值出现,霰碰并雪(Csg)过程与霰的淞附增长过程演变趋势很接近,雨水碰并云水(Cer)过程和过冷雨水碰并雪转化为霰过程并不明显。通过图 10(d)发现,冰相粒子中霰粒子的融化是最主要的,而雪粒子融化形成雨水(Msr)几乎没有。

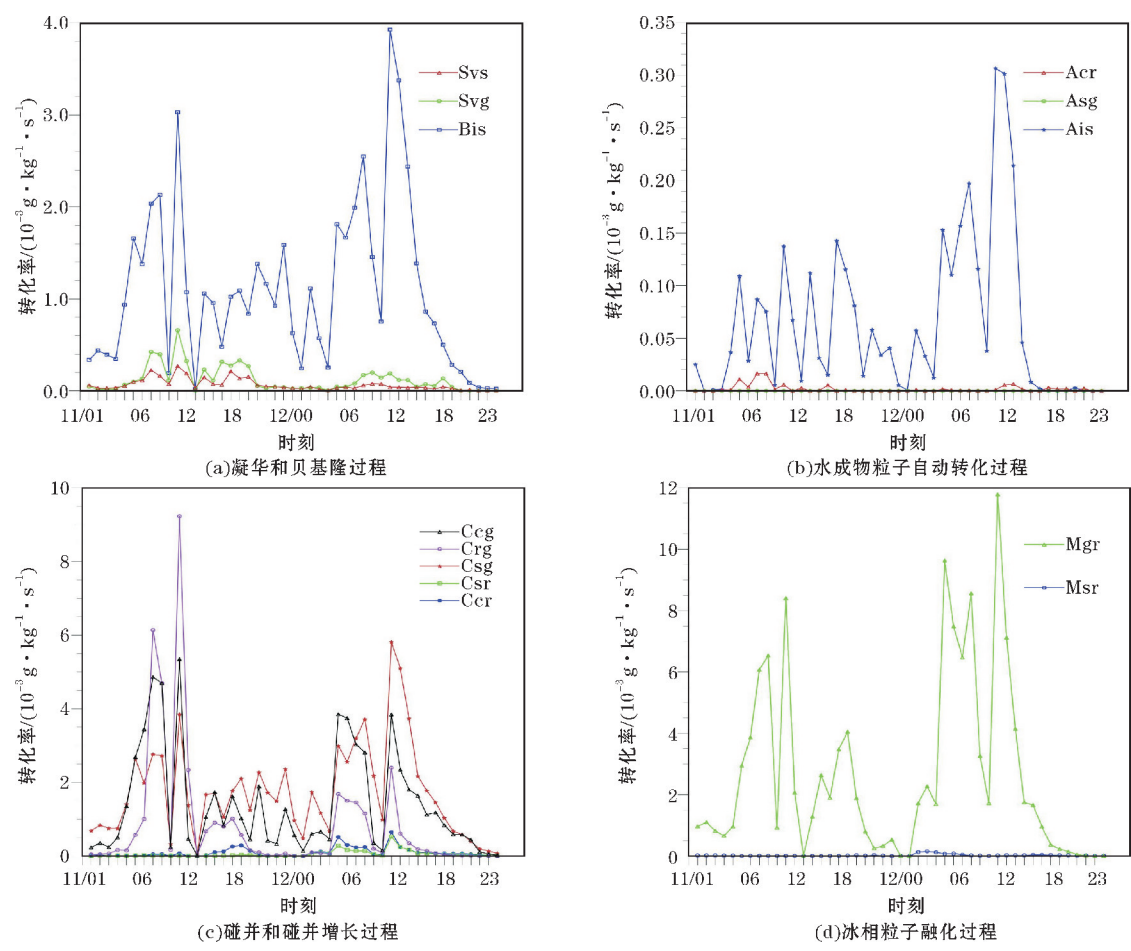


图 10 11 日 01:00–13 日 00:00 d02 区域主要云微物理过程随时间的演变特征

总的来说,基于此次高原涡东移微物理过程随时间的演变特征,得出水汽先在前期转化为冰相粒子(冰粒子、雪粒子及霰粒子);其次由于冰相粒子的增多,冰相粒子通过贝杰隆过程、碰并、碰连、聚集等方式转化为霰粒子,由于霰粒子增长导致下沉运动,当霰粒子降落到0℃层左右,通过融化下降形成雨。整个过程可以看到,冰相粒子在高原涡东移过程产生的降水中具有非常重要的作用,尤其霰粒子是该次过程产生降水的主要来源。

## 6 结论与讨论

利用中尺度区域数值模拟 WRF 模式对 2018 年 8 月 10 日 06:00–13 日 00:00 高原涡东移过程的降水进行了数值模拟,分析了高原涡降水及其云微物理过程,主要结论如下:

(1) 通过 FNL 再分析资料和 FY-2F 红外云图验证 WRF 模式对于此次青藏高原上的一次高原涡东移过



程有较好的模拟能力,很好地模拟出高原涡移动路径、高原涡发生发展情况、以及累计降水落区降水中心和降水量级。

(2)此次过程冰相粒子分布较高,冰粒子位于最高层,大值中心在250 hPa左右;雪粒子分布贯穿整层,大值中心在300~200 hPa;霰粒子在中低层,大值中心在500~400 hPa;云粒子出现在中低层;而雨粒子则基本处于底层,即500 hPa以下。同时高原涡生成阶段涡心附近冰相粒子的质量密度比较高;在高原涡东移阶段,冰相粒子极值中心时间段与降水极值吻合,说明冰相粒子是该降水过程的主要来源;而在高原涡消散阶段,霰粒子、雨粒子和云粒子则是该时段降水过程的主要来源。

(3)基于对云微物理过程的雨水源项、雪水源项、霰源项研究,此次过程中位于高层的霰粒子碰并雪粒子降落至低层融化成雨水并与云水碰并是降水的主要来源,其次凝华、贝基隆过程和碰并是冰相粒子生长的主要过程。同时在整个高原涡东移过程中,冰相粒子对其降水产生起到了非常重要的作用,而霰的融化在其中占比最大,雪的融化对降水的贡献比较小。

## 参考文献:

- [1] 李军. 基于GIS的气候要素空间分布研究和中國植被净第一性生产力的计算[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.
- [2] 马耀明, 姚檀栋, 胡泽勇. 青藏高原能量与水循环国际合作研究的进展与展望[J]. 地球科学进展, 2009, 24(11): 110-114.
- [3] 林志强, 周振波, 假拉. 高原低涡客观识别方法及其初步应用[J]. 高原气象, 2013, 32(6): 1580-1588.
- [4] 林志强. 1979-2013年ERA-Interim资料的青藏高原低涡活动特征分析[J]. 气象学报, 2015, 73(5): 125-139.
- [5] 徐祥德, 赵天良, 施晓晖. 青藏高原大气水分循环特征[J]. 气象学报, 2014, 72(6): 1079-1095.
- [6] 田珊儒, 段安民, 王子谦. 地面加热与高原低涡和对流系统相互作用的一次个例研究[J]. 大气科学, 2015, 39(1): 128-139.
- [7] Zhao P, Xu XD, Chen F, et al. , The Third Atmospheric Scientific Experiment for Understanding the Earth-Atmosphere Coupled System over the Tibetan Plateau and Its Effects[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2018, 76(6).
- [8] 李筱杨, 郑佳锋, 朱克云, 等. 基于雷达资料的一

- 次高原涡天气云降水宏微观特征研究[J]. 气象, 2019, 45(10): 1415-1425.
- [9] 李筱杨. 青藏高原典型云降水过程的垂直结构和宏微观特征研究[D], 成都: 成都信息工程大学, 2019.
- [10] Zhao C, Liu L, Wang Q, et al. Toward understanding the properties of high ice clouds at the Naqu site on the Tibetan Plateau using ground-based active remote sensing measurements obtained during a short period in July 2014[J]. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2016, 55(11): 2493-2507.
- [11] Jankov I, Bao J W, Neiman P J, et al. Evaluation and comparison of microphysical algorithms in ARW-WRF model simulations of atmospheric river events affecting the California coast[J]. Journal of Hydrometeorology, 2009, 10(4): 847-870.
- [12] Orr A, Listowski C, Couttet M, et al. Sensitivity of simulated summer monsoonal precipitation in Lantang Valley, Himalaya, to cloud microphysics schemes in WRF[J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2017, 122(12): 6298-6318.
- [13] Maussion F, Scherer D, Finkelburg R, et al. WRF simulation of a precipitation event over the Tibetan Plateau, China-an assessment using remote sensing and ground observations[J]. Hydrology and Earth System Sciences, 2011, 15(6): 1795-1817.
- [14] 宋雯雯, 李国平. 一次高原低涡过程的数值模拟与结构特征分析[J]. 高原气象, 2011, 30(2): 267-276.
- [15] 郁淑华, 高文良. 高原低涡移出高原的观测事实分析[J]. 气象学报, 2006(3): 392-399.
- [16] 郁淑华. 夏季青藏高原低涡研究进展述评[J]. 暴雨灾害, 2008, 27(4): 367-372.
- [17] Gao W, Liu L, Li J, et al. , The Microphysical Properties of Convective Precipitation Over the Tibetan Plateau by a Subkilometer Resolution Cloud-Resolving Simulation [J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2018, 123(6): 3212-3227.
- [18] Gao W, Sui C H, Fan J, et al. A study of cloud microphysics and precipitation over the Tibetan Plateau by radar observations and cloud-resolving model simulations [J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2016, 121(22): 13735-

- 13752.
- [19] 赵平,李跃清,郭学良,等. 青藏高原地气耦合系统及其天气气候效应:第三次青藏高原大气科学试验[J]. 气象学报,2018,76(6):833–860.
- [20] 阴蜀城,李茂善,刘啸然,等. 2014年8月7日那曲地区对流云降水及其云微物理过程的数值模拟[J]. 高原气象,2020,39(1):48–57.
- [21] 江吉喜,范梅珠. 夏季青藏高原上的对流云和中尺度对流系统[J]. 大气科学,2002,26(2):263–270.
- [22] Lin, Yuh-Lang. BULK PARAMETERIZATION OF THE SNOW FIELD IN A CLOUD MODEL[J]. Journal of Applied Meteorology & Climatology, 1983,22(6):1065–1092.
- [23] 唐洁,郭学良,常祎. 青藏高原那曲地区夏季一次对流云降水过程的云微物理及区域水分收支特征[J]. 大气科学,2018,42(6):1327–1343.

## Simulation of Cloud Microphysical Characteristics during a Plateau Vortex Process

LU Zengxin, FAN Guangzhou

(College of Atmospheric Sciences/Plateau Atmosphere and Environment Key Laboratory of Sichuan Province/Joint Laboratory of Climate and Environment Change, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

**Abstract:** In order to explore the cloud microphysical mechanism of plateau vortex precipitation, the mesoscale numerical model WRFV4.3 (Lin microphysics scheme was selected) was used to simulate a plateau vortex precipitation process over the Tibetan Plateau from August 10 to 13, 2018, and the cloud microphysical characteristics of this plateau vortex process were analyzed. The results show that the model can well simulate the occurrence and development process of the plateau vortex, as well as the magnitude and range of precipitation. At the same time, the spatial and temporal distribution of each particle indicates that the distribution range of ice particles is wider than that of cloud water particles, and its distribution height is much higher than that of cloud water particles. The large value area of ice particles is mainly distributed in 500–250 hPa, while cloud water particles are mostly located below 500 hPa. Based on the characteristics of the source and sink terms of each particle, this paper found that located at the top of graupel particles touch and particles down to lower melt into the rain and snow and rapid touch and is the main factor of the plateau vortex rainfall, followed by sublimation, Bergeron process and touch and ice phase particles growth is the main process, at the same time in the process of the whole plateau vortex eastward, ice phase particles on the precipitation played a very important role. The melting of graupel accounts for the largest proportion among them, and the melting of snow contributes less to precipitation.

**Keywords:** atmospheric physics and environment; cloud physics; Tibetan Plateau; plateau vortex; the numerical simulation