

李海花,张云惠,赵玲,等.基于微波资料的乌鲁木齐春季两次强降水相态对比分析[J].沙漠与绿洲气象,2021,15(6):54-61.

doi: 10.12057/j.issn.1002-0799.2021.06.008

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



基于微波资料的乌鲁木齐春季两次强降水相态对比分析

李海花¹,张云惠¹,赵玲²,芒苏尔·艾热提¹,安大维¹

(1.新疆气象台,新疆 乌鲁木齐 830002;2.中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所,新疆 乌鲁木齐 830002)

摘要:利用常规观测、自动站逐小时观测及微波辐射计等资料,对比分析2018年3月17—18日和4月11—12日(简称“03·18”过程和“04·11”过程)乌鲁木齐两次强降雨雪天气成因。结果表明:两次过程均发生在两脊一槽的环流背景下,中亚低槽东移影响北疆,乌鲁木齐附近中高层槽前西南气流、低层西北气流及风切变是强降水维持的环流配置,且“04·11”过程中亚低槽及高低空风场强度均较“03·18”过程明显偏强,其强弱可作为降水量级的重要参考。乌鲁木齐微波辐射资料分析表明,两个过程均在1.2~1.5 km温度变化趋势一致,均为雨转雨夹雪温度比雨夹雪转雪略高,但0~1.2 km,“03·18”过程雨转雨夹雪温度比雨夹雪转雪低,“04·11”过程则相反;地面气温-0.4~0.5℃、1.5 km温度-2.5~-3.0℃,可作为雨雪相态转换的参考指标。3 km以下水汽密度和液态水含量值纯雪最大,雨夹雪转雪次之,雨转雨夹雪最小;4 km以下湿度均>80%,且“04·11”过程的高湿区和伸展高度均较“03·18”过程明显偏大偏高;两次过程强降雪时水汽密度最大达10.6~12 g·m⁻³、液态水含量最大达0.4~0.8 g·m⁻³。

关键词:降水相态;微波辐射计资料;乌鲁木齐

中图分类号:P414.5

文献标识码:A

文章编号:1002-0799(2021)06-0054-08

我国北方春季冷空气活动频繁,开春后气温回升不稳定,降水常以雨、雨夹雪、雪等多种相态存在,且大范围的雨雪转换及局地强降雪,对作物的播种出苗、林果开花坐果、牧业转场及产羔育幼等都会造成严重影响。近年来许多学者利用常规地面、探空等资料,对不同区域降水的相态变化进行了相关研究,漆梁波等^[1]对东部地区不同降水相态对应的温度和厚度进行统计分析,得出一组温度和厚度因子的识别判据。冬季华北地区降水相态的预报方法及识别

判据研究表明^[2-5],雨雪转换关系密切的6种物理量(T_{850} 、 T_{925} 、 T_{1000} 、 $H_{1000-700}$ 、 $H_{1000-850}$ 和地面(2 m气温及相对湿度的结合量)),将925 hPa以下各层与气温结合起来判别相态,925 hPa温度 ≤ -2 ℃可以作为固态降水(雪)的预报判据;平均气温类别的因子对降水相态的区分效果要好于其他类别的因子。许美玲等^[6]分析昆明冬季降水相态识别判据,选定700 hPa温度、500~700 hPa的位势厚度、地面日最低气温的组合作为组合判据。王洪霞等^[7]分析2011年3月31日—4月2日山西雨转雪过程,指出850 hPa温度 ≤ 4 ℃是山西北部和中南部海拔>1 000 m站点降水相态发生转变的临界值。

新疆学者对降水相态也开展了一些研究,张俊兰等^[8]分析2014年4月13—15日北疆降水相态转换判识和成因,表明中低层温度变化是预报北疆春季降水相态转换的关键因子和指标。祝小梅等^[9]统

收稿日期:2021-03-02;修回日期:2021-08-05

基金项目:国家重点研发计划重点专项(2019YFC1510501、2018YFC1507103);国家自然科学基金(41965002)

作者简介:李海花(1976—),女,高级工程师,主要从事天气预报及相关研究。E-mail:lhahatqj@163.com

通信作者:张云惠(1968—),女,正高级工程师,主要从事新疆暴雨(雪)天气及中亚低涡研究。E-mail:715208285@qq.com

计分析 2005—2014 年新疆北部降水相态识别判据指出,乌鲁木齐 T_{850} 、 T_{700} 分别为 -1.75 、 -9.3 $^{\circ}\text{C}$,可作为雨雪分界, T_{500} 对乌鲁木齐降水相态的指示意义不大。近年来有些专家利用微波辐射计资料分析降水、冰雹及大雾等天气表明^[10-15],当液态水含量开始增加时,发生降水的可能性增大;降水和强对流过程中, <6 km 的相对湿度提前增大(湿度增大的提前时间在降水中较长,在强对流中较短), <3.5 km 液态水含量增加,尤其在 2.25~3.25 km 有明显增加;大雾伴随 3~3.5 km 以下相对湿度增大和 <1.5 km 液态水含量激增,大雾发生时水汽密度和湿度均有爆发性增加的现象。降雹前后大气液态水含量呈快速增长的趋势。但微波辐射计资料分析新疆降水相态的研究较少,为此,本文在常规资料分析基础上,利用乌鲁木齐微波辐射计资料,重点对比分析 2018 年 3 月 17—18 日和 4 月 11—12 日(分别简称“03·18”过程和“04·11”过程)乌鲁木齐市春季两场强雨雪过程相关要素特点,以期对春季强雨雪天气有进一步认识,也为相态转换预报提供参考。

1 资料与方法

本文所用资料包括常规观测、自动站逐小时观测及微波辐射计资料。乌鲁木齐微波辐射计为美国 Radiometric Corporation 公司生产的 MP-3 000 A 型微波辐射计,是目前国际上较先进的多通道微波辐射计,该型号的微波辐射计具有 51~59 GHz 和 22~30 GHz 二重波段,共计 35 个通道,可用于大气温度、相对湿度、水汽和液态水含量的探测,探测高度从地面至 10 km 高空,廓线 0~500 m 高度上每 50 m 输出一组数据,500~2 000 m 高度上每 100 m 输出一组数据,2 000~10 000 m 每 250 m 输出一组数据,共 58 个反演层的温度、相对湿度、水汽密度、液态水含量及可降水量,时间间隔 1 min^[16]。

乌鲁木齐气象观测站点与乌鲁木齐微波辐射计观测点直线距离 1.5 km,为了验证微波辐射计资料在这两场天气中的可靠性,选取 2018 年 3 月 18 日 08:00(北京时,下同)和 4 月 11 日 20:00 的探空观测温度和微波辐射计对应时段的资料进行对比检验(表 1),表明微波辐射计资料的温度结果与实况较吻合,可用于新疆雨雪天气的相关研究。

2 强雨雪实况及环流背景

2.1 强雨雪实况

“03·18”过程,3 月 16 日 17:00—18 日 20:00,

表 1 2018 年 3 月 18 日 08 时和 4 月 11 日 20 时乌鲁木齐站探空实况温度与对应微波辐射计温度对比

2018 年 3 月 18 日 08 时 探空实况		2018 年 3 月 18 日 08 时 微波辐射计		2018 年 4 月 11 日 20 时 探空实况		2018 年 4 月 11 日 20 时 微波辐射计	
高度 /m	温度 / $^{\circ}\text{C}$	高度 /m	温度 / $^{\circ}\text{C}$	高度 /m	温度 / $^{\circ}\text{C}$	高度 /m	温度 / $^{\circ}\text{C}$
1 530	-3	1 500	-3.1	1 560	-4	1 500	-5
3 040	-11	3 000	-12.4	3 070	-11	3 000	-10.9
5 550	-27	5 550	-28.5	5 580	-25	5 750	-25.1
7 120	-40	7 000	-39.6	7 170	-36	7 250	-35.4
9 020	-54	9 000	-55.5	9 130	-47	9 000	-48.0

受中亚低涡东移南下影响,北疆大部出现明显雨转雪(图 1a),其中乌鲁木齐及其周边大雨转大到暴雪。乌鲁木齐市累计降水量 16.6 mm(历年 3 月中旬降水量仅为 8.3 mm),其中降雪量达 11.8 mm,新增最大积雪深度 9 cm。相态转换时间:3 月 17 日 18:18—18 日 00:00 降雨,18 日 01:00—06:00 无降水,07:00—08:00 降雨,08:00—09:33 雨夹雪,09:34—17:00 降雪,最大雪强 $2.5\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$,出现在 18 日 10:00—11:00(图 1b)。

“04·11”过程,4 月 10 日 20:00—12 日 08:00,受西西伯利亚低槽影响,北疆大部出现雨或雨夹雪转雪,其中沿天山一带的部分区域出现大雨或雪,乌鲁木齐市及其周边局地暴雨或雪(图 1c)。乌鲁木齐市累计降水量 24.1 mm(历年 4 月中旬降水量仅 11.6 mm),其中降雪量达 19.9 mm。相态转换时间为 4 月 11 日 10:42—13:38 降雨,13:38—14:30 雨夹雪,14:30—20:00 降雪,其中最大雪强 $4.4\text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$,出现在 11 日 14:00—15:00(图 1d)。

两次降水过程的共性是乌鲁木齐市及其周边雨雪转换明显,乌鲁木齐市降雪持续时间 >6 h,且降雪量明显大于降雨量。不同的是“04·11”过程的累计降雪量和小时雪强均明显大于“03·18”过程。

2.2 环流背景

“03·18”过程,过程前期(14—15 日),欧亚范围内 500 hPa 中高纬为两脊一槽经向环流,威海至巴尔喀什湖为中亚低涡,新疆受高压脊控制,升温迅速。16—17 日 20 时(图 2a)环流调整为两支锋区并呈反位向叠加形势,西伯利亚为宽广的高压脊,中亚低涡不断加深东移至巴尔喀什湖附近,北疆受低涡前西南气流影响,乌鲁木齐附近的西南风速增大至 $14\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。18 日 20 时中亚低涡减弱成槽东移至乌鲁木齐以东,降雪结束^[17]。

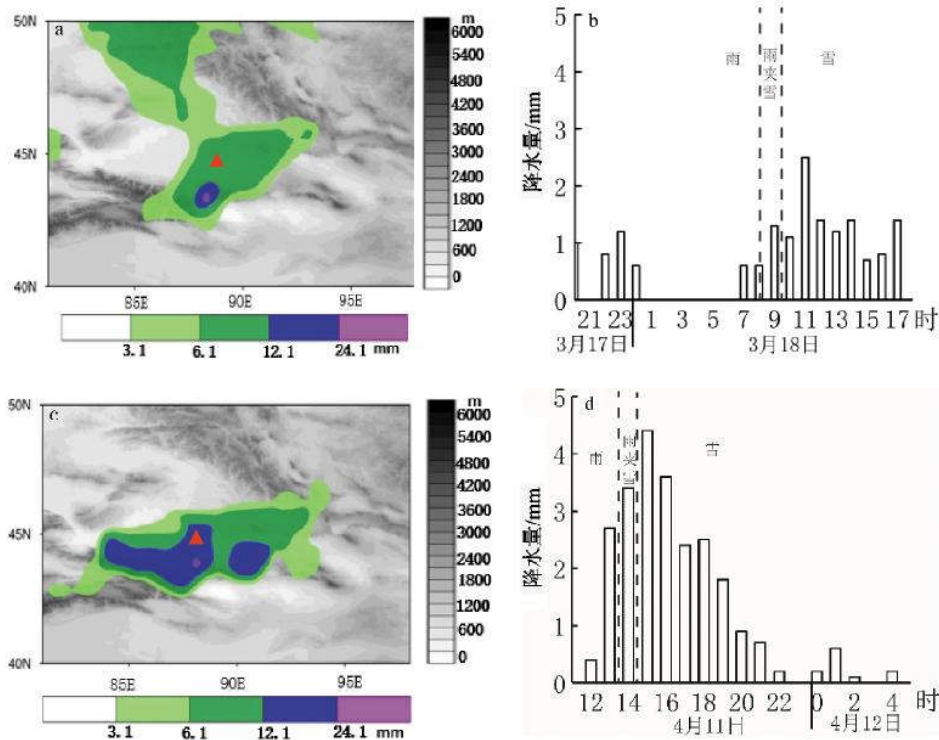


图1 北疆过程降水量和乌鲁木齐站逐时降水量

(a,b为3月17日20时—18日17时,c,d为4月11日11时—12日08时;单位:mm,▲为乌鲁木齐市)

“04·11”过程,过程前期(9—10日),欧亚范围500 hPa 为两脊一槽经向环流,东欧高压为高压脊,西西伯利亚至中亚为低槽区,新疆受浅高压脊控制。随着新地岛冷空气快速南下,东欧高压脊向南衰退,推动西西伯利亚低槽东移,锋区加强,受下游贝加尔湖高压脊阻挡,西西伯利亚至中亚低槽向南加深。11日08时(图2b),中亚低槽的进入开始影响北疆大部,乌鲁木齐处于槽前强西南急流上,最大风速达 $34\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。冷暖交汇剧烈^[7]。11日20时西西伯利亚低槽东移至新疆东部,乌鲁木齐降水趋于结束。

2.3 乌鲁木齐单站要素变化

2.3.1 探空风场、温度变化

分析乌鲁木齐单站探空风场、温度的时间剖面可知,“03·18”过程(图3a),17日20时500 hPa 由偏西风转为西南风,且500 hPa 以上均为一致的西南风,风速随高度增大,700~850 hPa 有明显的东南风与西北风的辐合及切变,有利于强上升运动和正涡度的发展;850 hPa 温度为 $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$,900 hPa 附近温度为 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$,此时气温较高,降水主要是雨。18日08时500 hPa 以上西南风继续增大,而700~850 hPa 为一致的偏北风,风速为 $4\sim 10\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;850 hPa 温度降至 $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$,900 hPa 附近温度为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$,有利于雨转雨

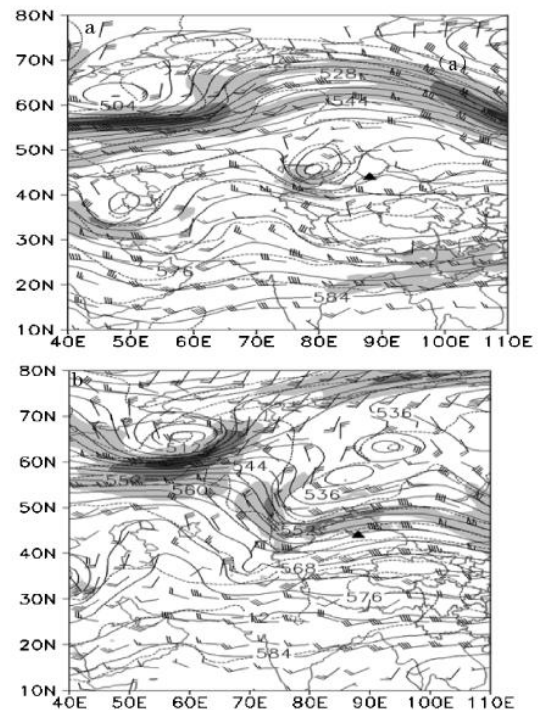


图2 500 hPa 位势高度场(等值线,单位:dagpm)与风场(风向杆,阴影区风速 $\geq 20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)

(▲为乌鲁木齐 (a)2018年3月17日20时,(b)2018年4月11日08时)

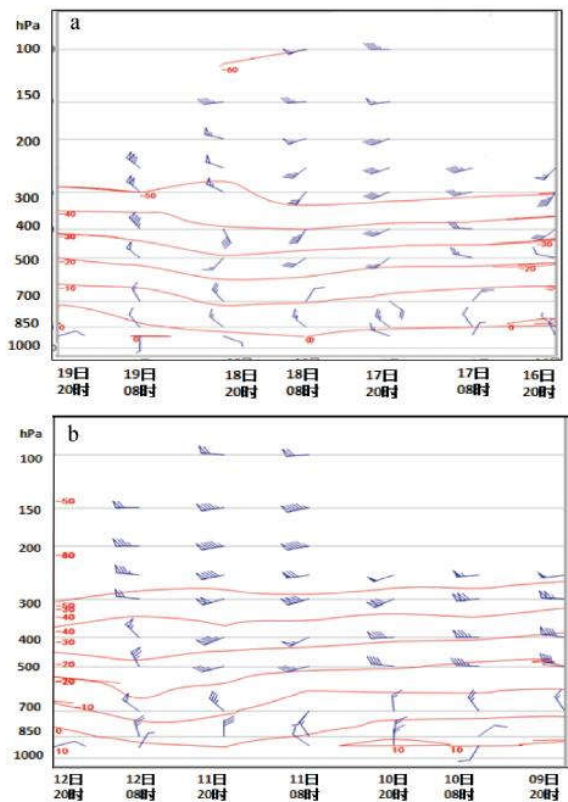


图3 乌鲁木齐站探空风、温度(实线,单位:℃)
(a、b为“03·18”过程,b为“04·11”过程)

夹雪或雪。

“04·11”过程(图3b),11日08时500 hPa以上均为一致西南风且风速随高度逐渐增强,近地层有风向扰动,850 hPa温度为1℃,900 hPa附近温度为7℃,此时近地层气温较高,有利于降雨。11日20时500 hPa以上仍维持一致较强西南风,700 hPa以下为偏北风,风速增大达 $12\sim 14\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,850 hPa气温降至-4℃,900 hPa附近温度为0℃,有利于降雪的持续和维持。12日08时整层转为偏西(西北)风,降水结束。

2.3.2 地面气温变化

乌鲁木齐站逐小时地面气温变化可以看到,“03·18”过程(图4a),3月17日最高气温为7.1℃,17日18:00气温为5.1℃,出现降雨,17日19:00—18日00:00气温、最高及最低气温在1.7~5.1℃,此时段温度均较高,降雨持续。18日08:00—09:00气温下降到0.1℃并维持,最低气温为0℃,出现雨夹雪;10:00气温和最低气温为-0.4℃,出现降雪,11:00—16:00气温在-0.6~-1.0℃,最高气温在-0.1~-0.9℃,最低气温为-0.7~-1.1℃,此时段气温均 $<0\text{℃}$,降雪持续;17:00气温、最高气温略升至

0.2~0.3℃,最低气温为-0.1℃,降雪减弱。

“04·11”过程(图4b),4月11日08:00—11:00气温均在6℃左右,12:00气温及最低气温为4.7℃,出现降雨;13:00气温为3.5℃,14:00气温和最低气温降为1.7℃,出现雨夹雪,15:00气温和最低气温为0.5℃,出现降雪,15:00—20:00气温和最低气温在0.3~0.5℃、最高气温在0.4~1.7℃,降雪持续。

上述分析表明,地面气温雨转雨夹雪在0.1~1.7℃,雨夹雪转雪在-0.4~0.5℃。

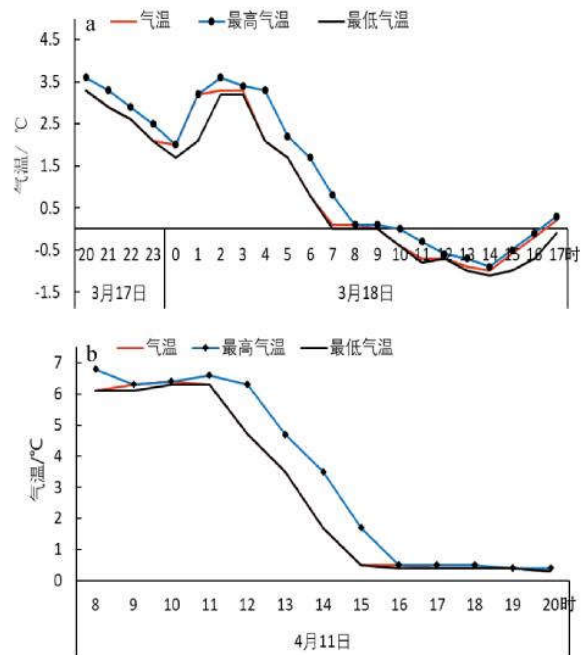


图4 “03·18”过程(a)、“04·11”过程(b)
乌鲁木齐地面气温变化

3 乌鲁木齐微波辐射计温湿特征分析

3.1 温度层结变化

基于微波辐射计资料,对应地面、探空实况,分析雨雪转换温度变化情况。

“03·18”过程,3月17日18:18开始降雨,微波辐射计资料0 m温度为3.1℃,与地面气温3.6℃相近;雨夹雪时,1.5 km的温度-3.1℃与对应高度探空的-3℃吻合,0 m温度为-0.7℃、地面气温为-1.3℃;降雪时,0 m温度-1℃与地面气温-1.3℃一致。

“04·11”过程,4月11日10:42降雨,雨夹雪时,1.5 km温度-2.5℃,0 m温度6.1℃与地面气温6.3℃较吻合;降雪时,1.5 km温度-3℃,0 m温度0.5℃与地面气温0.8℃接近。因此,可以把1.5 km温度-2.5~-3.0℃作为雨夹雪的参考指标之一。

由地面~1.5 km温度变化可知,两次过程在

1.2~1.5 km 温度变化趋势是一致的,即雨转雨夹雪温度比雨夹雪转雪略高,“03·18”过程温度为-2.2~-5.3℃,“04·11”过程温度为-4.5~1.3℃;0~1.2 km,“03·18”过程温度为-2.2~4.4℃,但雨转雨夹雪温度比雨夹雪转雪低;“04·11”过程温度为0.1~7.4℃,较“03·18”过程明显偏高,且雨转雨夹雪温度比雨夹雪转雪高,这与降水相态类型发生改变所产生的潜热吸收、释放有密切关系^[18-19],并对降水的增幅有正反馈作用。

3.2 水汽密度

分析<3 km 的水汽密度即绝对湿度,表示水汽的绝对含量。“03·18”过程水汽密度值,降雨时为2.6~6.0 g·m⁻³;雨夹雪时为2.0~8.6 g·m⁻³,比降雨时略有增大;降雪时维持在2.3~10.6 g·m⁻³(图5a)。从相态转换可以看出(图5c),水汽密度值雨转雨夹雪为1~4.5 g·m⁻³,大值区<32 km;雨夹雪转雪为4.7~8.3 g·m⁻³,大值区在2~3 km为5.5~8.3 g·m⁻³,均高于雨转雨夹雪,这也是降雪量明显大于雨和雨夹雪的主要原因。

“04·11”过程水汽密度值,降雨时为1.9~9.0 g·m⁻³;雨夹雪时略增加为4.8~10.8 g·m⁻³;降雪时为4.0~12.0 g·m⁻³,较雨夹雪时略有增加,但高度上升至4 km(图5b)。而从相态转换可知(图5d),0~3 km

水汽密度值雨转雨夹雪要高于“03·18”过程,为3.4~7.3 g·m⁻³,高值区维持在0~3 km,雨夹雪转雪为4.5~11 g·m⁻³,大值区<3 km,均高于雨转雨夹雪,这与降雪量明显大于降雨和雨夹雪相对应。

2个过程水汽密度值降雪时均高于雨和雨夹雪,且均在2.25 km处最大;相态转换中,雨夹雪转雪均大于雨转雨夹雪,且“04·11”过程雨转雨夹雪、雨夹雪转雪的水汽密度值均大于“03·18”过程。

3.3 液态水含量

图6是两次过程微波辐射计资料的液态水含量变化情况,液态水含量值均<3 km。“03·18”过程,液态水含量值降雨时为0.01~0.35 g·m⁻³,因刚开始降雨,大气中的水汽刚开始凝结成云,致使含水量不大;雨夹雪时为0.001~0.28 g·m⁻³,较降雨时略有减小,主要是地面气温下降,大气中的水汽不断凝结并降落,水汽为酝酿的过程;降雪时为0.02~0.4 g·m⁻³,说明随着地面气温持续下降,系统稳定发展使得液态水含量值比雨和雨夹雪大。相态转换中,<1.5 km的液态水含量值雨转雨夹雪为0.14~0.27 g·m⁻³,1~3 km为0.01~0.19 g·m⁻³;雨夹雪转雪为0.03~0.23 g·m⁻³。

“04·11”过程,由于本次天气系统较强,大气中的水汽已开始凝结成云,液态水含量值降雨时<3 km为0.01~0.43 g·m⁻³,要明显高于“03·18”过

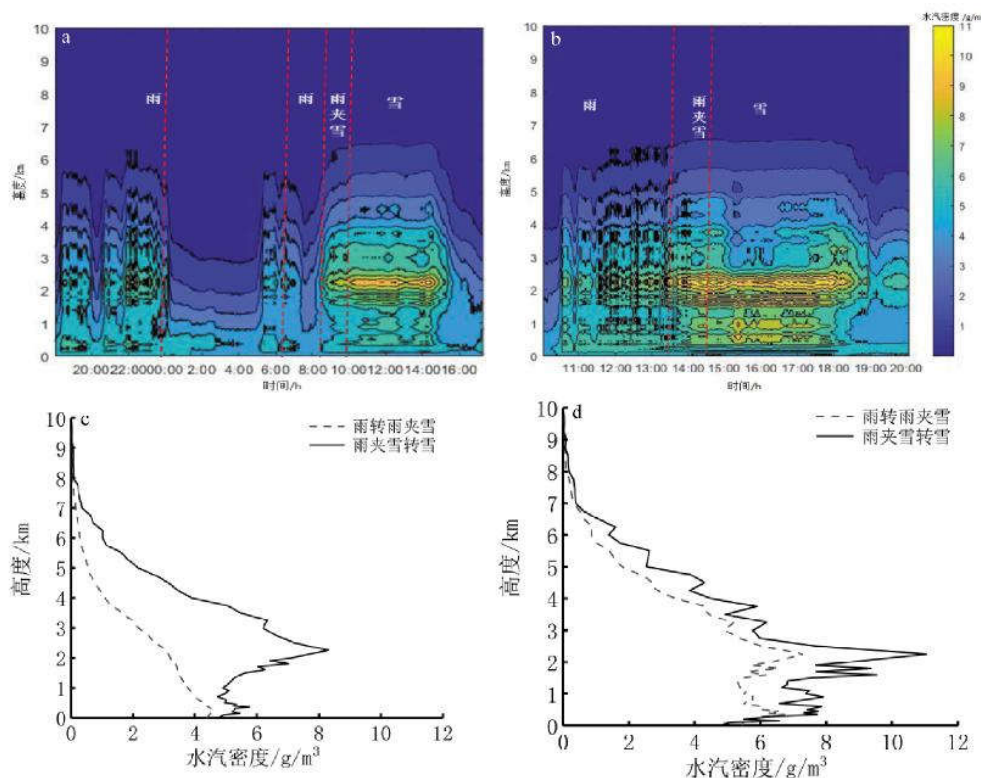


图5 “03·18”过程(a,c)和“04·11”过程(b,d)3种相态水汽密度变化和相态转换

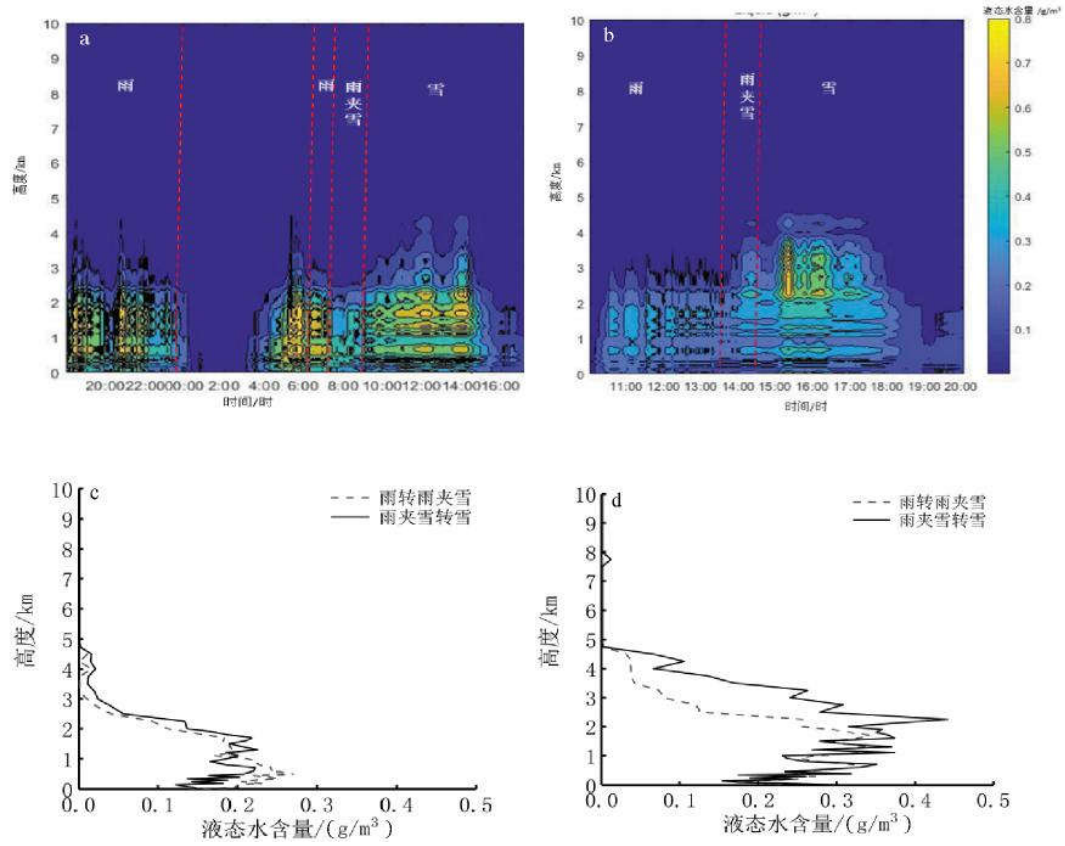


图6 “03·18”过程(a,c)和“04·11”过程(b,d)3种相态液态水含量和相态转换

程;雨夹雪时为 $0.04 \sim 0.45 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$, 比降雨时略有增加;降雪时为 $0.05 \sim 0.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$, 均比雨和雨夹雪及“03·18”过程明显偏大。相态转换中,雨转雨夹雪和雨夹雪转雪的液态水含量 $<1.5 \text{ km}$ 为 $0.15 \sim 0.37 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$; $1 \sim 3 \text{ km}$ 雨夹雪转雪为 $0.17 \sim 0.44 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$,雨转雨夹雪为 $0.08 \sim 0.32 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$,前者大于后者,这也是降雪强的主要原因之一。

因此,2个过程中3种相态液态水含量值均在 $1 \sim 3 \text{ km}$ 且雨夹雪转雪较雨转雨夹雪大,相态转换中,雨夹雪转雪值均大于雨转雨夹雪,且“04·11”过程液态水含量均高于“03·18”过程,这也是“04·11”过程的降水量明显大于“03·18”过程的主要原因之一。

3.4 相对湿度

“03·18”过程(图7a),相对湿度在降雨时高度 $<4 \text{ km}$ 均 $>80 \%$, $>90 \%$ 高湿区在 $1 \sim 3 \text{ km}$;雨夹雪时高湿区扩大, $1.5 \sim 3 \text{ km}$ 湿度为 100% 达到饱和,高度 $<5.5 \text{ km}$ 湿度均 $>80 \%$;降雪时高湿区继续扩大, $1.2 \sim 4.5 \text{ km}$ 湿度维持饱和和 100% ,高度 $<5.75 \text{ km}$ 湿度均 $>80 \%$ 。相对湿度雨转雨夹雪和雨夹雪转雪 $<4 \text{ km}$ 表现较一致,均 $>80 \%$, $>4 \text{ km}$ 两者表现

不同,雨转雨夹雪较干,雨夹雪转雪高湿区维持高度更高。

“04·11”过程,相对湿度在降雨时高度 $<4.75 \text{ km}$ 均 $>80 \%$, $>90 \%$ 的高湿区在 $1.1 \sim 4.75 \text{ km}$;雨夹雪时高湿区继续扩大, $1.2 \sim 4.75 \text{ km}$ 湿度维持在 100% ,高度 $<5.25 \text{ km}$ 均 $>80 \%$;降雪时高度 $<6 \text{ km}$ 均 $>80 \%$, $1.2 \sim 4.75 \text{ km}$ 湿度达 100% 维持饱和。雨转雨夹雪和雨夹雪转雪的湿区变化不大,高度 $<5 \text{ km}$ 的高湿区均 $>80 \%$,特别是在 $1.5 \sim 5 \text{ km}$ 湿度达 100% 维持饱和。

3种相态2个过程低层相对湿度均较大,高度 $<4 \text{ km}$ 湿度均 $>80 \%$,”04·11”过程达 100% 的饱和湿区较“03·18”过程的高度更高,持续时间更长。因此,饱和湿区长时间维持是产生大降水的必要条件之一。

4 结论

(1)两次强降雨雪过程 500 hPa 均为两脊一槽的经向环流:里海至咸海的高压脊发展,使得中亚低槽(涡)东移影响北疆。不同的是“04·11”过程乌鲁木齐上空 500 hPa 低槽前西南气流、低空西北气流、锋区

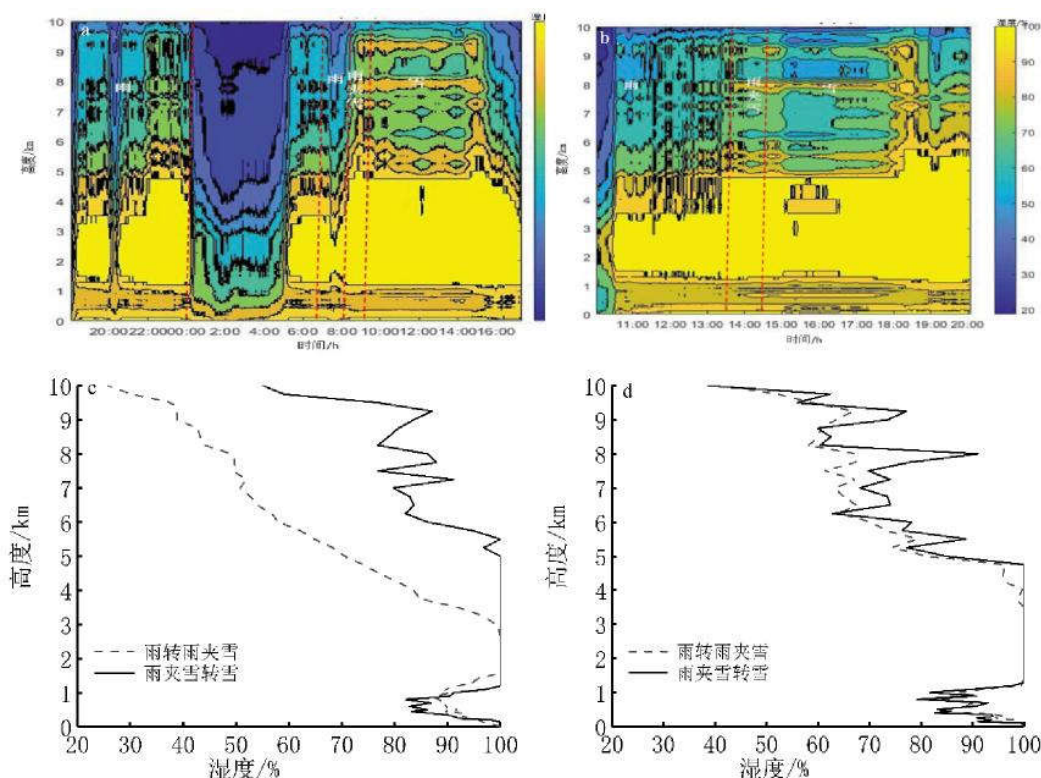


图7 “03·18”过程(a,c)和“04·11”过程(b,d)3种相态相对湿度和相态转换

均较“03·18”过程偏强。

(2)两次过程乌鲁木齐均在1.2~1.5 km温度变化趋势一致,即雨转雨夹雪温度比雨夹雪转雪略高,地面气温雨转雨夹雪为0.1~1.7℃,雨夹雪转雪为-0.4~0.5℃;0~1.2 km,“03·18”过程雨转雨夹雪温度比雨夹雪转雪低,而“04·11”过程则相反。因此,地面气温为-0.4~0.5℃、1.5 km温度为-2.5~-3.0℃可作为雨雪转换的参考指标。

(3)微波辐射资料分析表明,两次过程水汽密度值和液态水含量降雪时均高于雨和雨夹雪,且高度<3 km均是雪最大,其水汽密度值为2.3~12 g·m⁻³、液态水含量为0.02~0.8 g·m⁻³。相态转换中,两次过程雨夹雪转雪水汽密度、液态水含量值分别为4.5~11 g·m⁻³和0.03~0.44 g·m⁻³,均大于雨转雨夹雪。强降雪时“03·18”过程水汽密度最大达10.6 g·m⁻³,液态水含量达0.4 g·m⁻³;“04·11”过程水汽密度最大达12.0 g·m⁻³,液态水含量达0.8 g·m⁻³。两次过程相对湿度均>80%,但“04·11”过程高湿区伸展高度更高,说明湿层越厚越利于降水维持,造成降水强度强。

本文针对乌鲁木齐市两次春季强降水相态进行了对比分析,利用微波辐射计资料,分析两次过程春季强雨雪过程在水汽、相态的一些共性 & 差异特征,

后期还需要根据多个个例分析,继续挖掘出分钟级微波辐射计的优势,总结相态转换时量化指标,以期对短时临近预报有很好的指导意义。

参考文献:

- [1] 漆梁波,张瑛.中国东部地区冬季降水相态的识别判据研究[J].气象,2012,38(1):96-102.
- [2] 张琳娜,郭锐,曾剑,等.北京地区冬季降水相态的识别判据研究[J].高原气象,2013,32(6):1780-1786.
- [3] 杨成芳,姜鹏,张少林,等.山东冬半年降水相态的温度特征统计分析[J].气象,2013,39(3):355-361.
- [4] 隋玉秀,杨景泰,王健,等.大连地区冬季降水相态的预报方法初探[J].气象,2015,41(4):464-473.
- [5] 许爱华,乔林,詹丰兴,等.2005年3月一次寒潮天气过程的诊断分析[J].气象,2006,32(3):49-55.
- [6] 许美玲,梁红丽,金少华,等.昆明冬季降水相态识别判据研究[J].气象,2015,41(4):474-479.
- [7] 王洪霞,苗爱梅,董春卿,等.山西一次春季降水过程相态变化的成因分析[J].高原气象,2013,32(6):1787-1794.
- [8] 张俊兰,万瑜,闵月.乌鲁木齐“2015.12.11”极端暴雪天气的综合分析[J].沙漠与绿洲气象,2017,11(1):1-10.
- [9] 祝小梅,白婷,齐元元.新疆北部降水相态的识别判据研究[J].沙漠与绿洲气象,2019,13(1):7-12.
- [10] 王健,吕新生,赵克明,等.地基微波辐射计对乌鲁木齐市暴雨天气过程的观测分析[J].沙漠与绿洲气象,2012,6(3):45-49.

- [11] 韩珏靖,张飞,张臻,等.MP-3000A 型地基微波辐射计的资料质量评估和探测特征分析[J].气象,2015,41(2): 226-233.
- [12] 汪小康,徐桂荣,院琨.不同强度降水发生前微波辐射计反演参数的差异分析[J].暴雨灾害,2016,35(3):227-233.
- [13] 黄治勇,徐桂荣,王晓芳,等.基于地基微波辐射计资料对咸宁两次冰雹天气的观测分析[J].气象,2014,40(2): 216-222.
- [14] 王丽娟,王俊超,何明琼,等.基于微波辐射资料的一次高速公路段强浓雾过程监测分析[J].暴雨灾害,2018,37(4):330-336.
- [15] 赵金霞,范苏丹,朱晓晶.微波辐射计资料在大雾预报预警中的应用[J].沙漠与绿洲气象,2015,9(3):31-35.
- [16] 杨莲梅,李霞,赵玲,等.MP-3000A 型地基微波辐射计探测性能及其在乌鲁木齐降水天气中的初步应用[J].干旱气象,2013,31(3):570-578.
- [17] 李海花,张云惠,张萌,等.2018 年春季中天山北坡两场强降雪分析[J].沙漠与绿洲气象,2020,14(3):28-35.
- [18] 徐辉,宗志平.一次降水相态转换过程中温度垂直结构特征分析[J].高原气象,2014,33(5):1272-1280.
- [19] 王清平,谭艳梅,陈春艳,等.乌鲁木齐机场一次寒潮多相态降水过程分析 [J]. 气象与环境科学,2018,41(3): 107-114.

Comparative Analysis of Two Heavy Precipitation Phases in Spring in Urumqi Based on Microwave Radiation Data

LI Haihua¹, ZHANG Yunhui¹, ZHAO Ling², Mangsuer Aireti¹, AN Dawei¹

(1.Xinjiang Meteorological Observatory, Urumqi 830002,China;

2. Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002 ,China)

Abstract Based on data of conventional observations, hourly observation of automatic station and microwave radiometer, we analyzed the causes of two heavy rain and snow processes in Urumqi on March 17-18 and April 11-12, 2018 (referred to as “03·18” process and “04·11” process). According to the results, the two processes occurred under the circulation background of the two ridges and one trough. The central Asian trough moved eastwards and affected northern Xinjiang. The circulation configurations maintained by heavy precipitation were the southwest airflow, low-level northwest flow, and wind shear in the middle and high-rise troughs near Urumqi. The analysis of microwave radiation data in Urumqi showed that the temperature change trend of both processes was the same at 1.2-1.5 km, and the temperature of the rain turned to sleet was slightly higher than that of sleet turned to snow. However, during the “03·18” process, the temperature of rain to sleet was lower than that of sleet to snow, while the process of “04·11” is opposite. The surface temperature of -0.4 - 0.5 °C and -2.5 - 3.0 °C at 1.5 km were used as a reference indicator for sleet. The values of water vapor density and liquid water content below 3km are the highest in pure snow, the second in the transition from sleet to snow, and the smallest in the transition from rain to sleet. The humidity below 4 km was greater than 80%, and the value of the “04·11” process is obviously higher than that of the “03·18” process. The water vapor density and liquid water content reached the maximum 10.6 - 12 g·m⁻³ and 0.4 - 0.8 g·m⁻³ during the two heavy snowfall processes,respectively.

Key words precipitation phase; data on microwave radiometer; Urumqi