



“第五届全国中尺度气象学论坛”

中国西天山两次短时强降水过程雨滴谱观测特征研究

杨莲梅 杨涛 刘凡 李建刚 江雨霏 刘晶 陈平

中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所

yanglm@idm.cn

2023.8.10 中国 银川

汇报提纲

一、研究背景与资料

二、短时强降水过程环流背景和中尺度对流系统特征

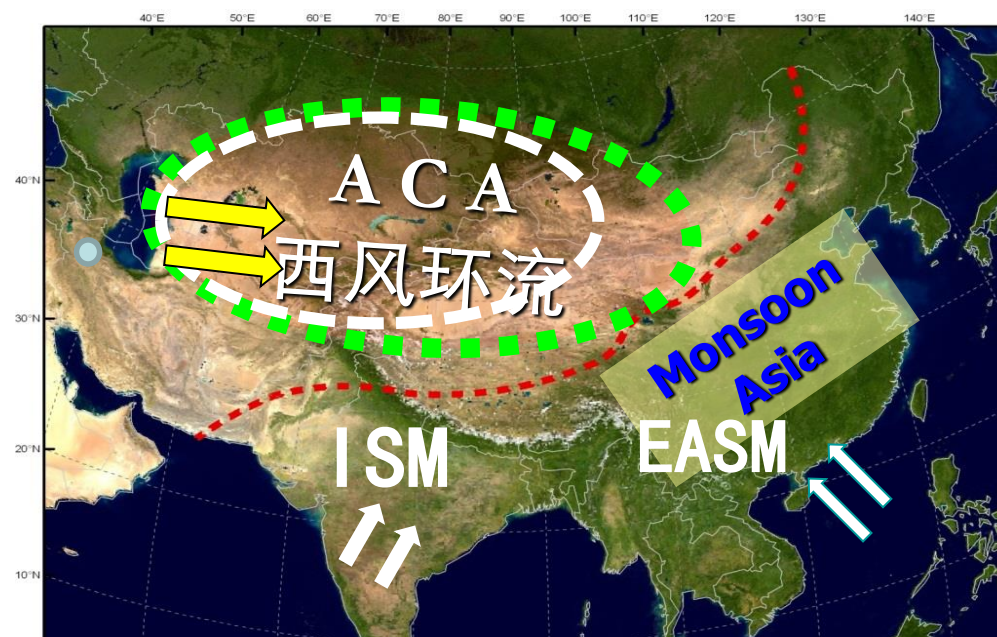
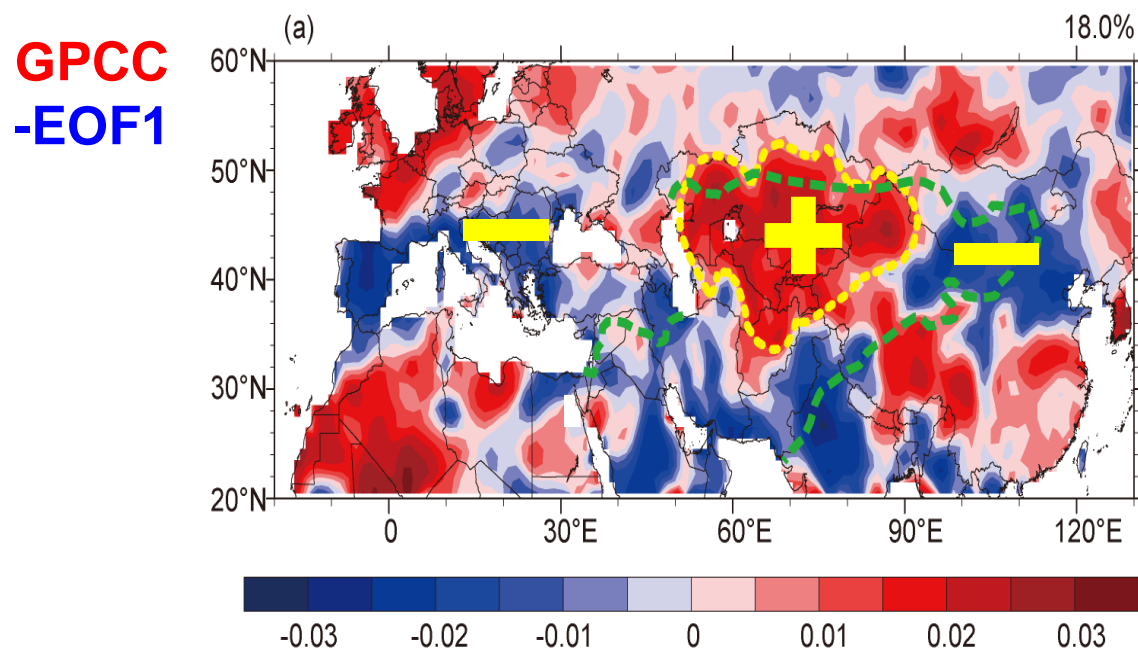
三、短时强降水过程雨滴谱观测特征

四、西天山对流性降水定量降水估测

五、小结

一、研究背景与资料

“西风模态”核心区 → 中亚五国+新疆，降水与其他区域有显著差别，冬春季降水多和夏季降水多两类。

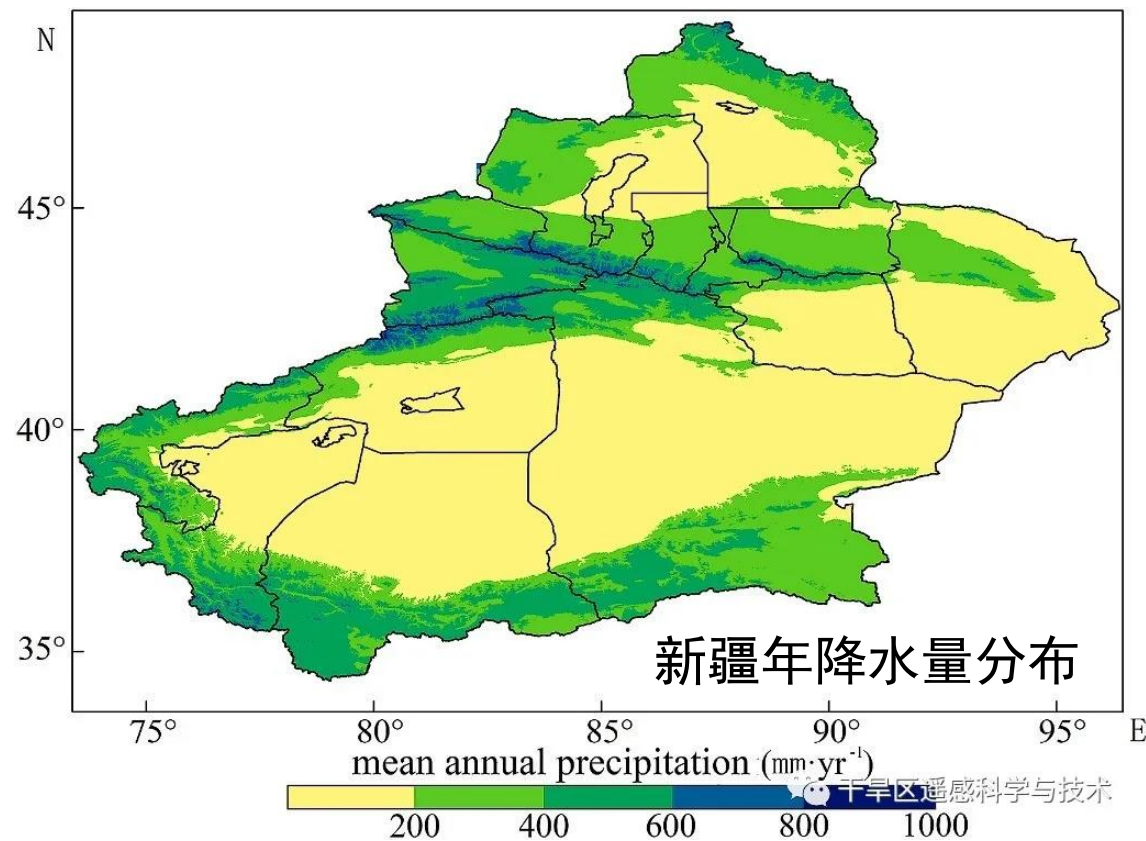


Monsoon Asia 夏季多雨
ACA: 山区多降水, 冬、夏降水多

Huang et al., 2015, SCES

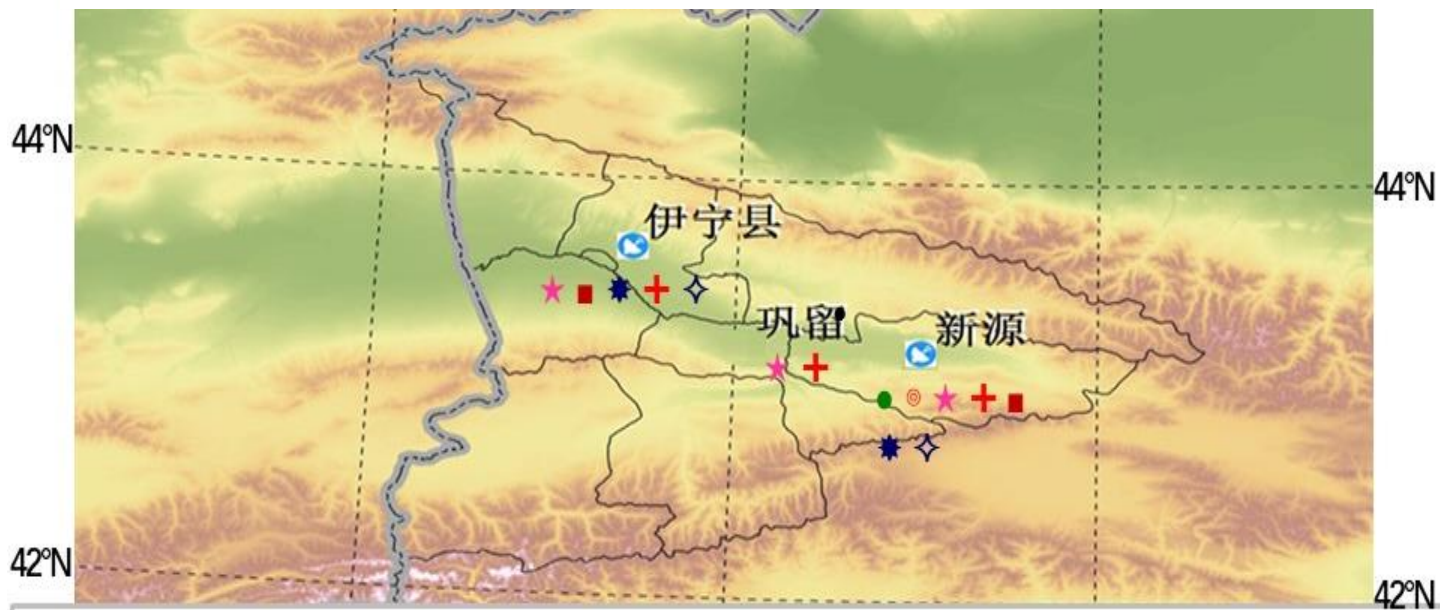
一、研究背景与资料

- **天山和帕米尔高原是中亚降水量最多区域，年降水量为300—1200 mm；天山是中亚“水塔”。**
- **新疆水资源70%来自于天山，强降水占天山年降水量42%，天山强降水对中亚水资源有重要影响。**



80°E 82°E 84°E

西天山云降水物理观测试验基地—伊宁、新源（相距200 km）



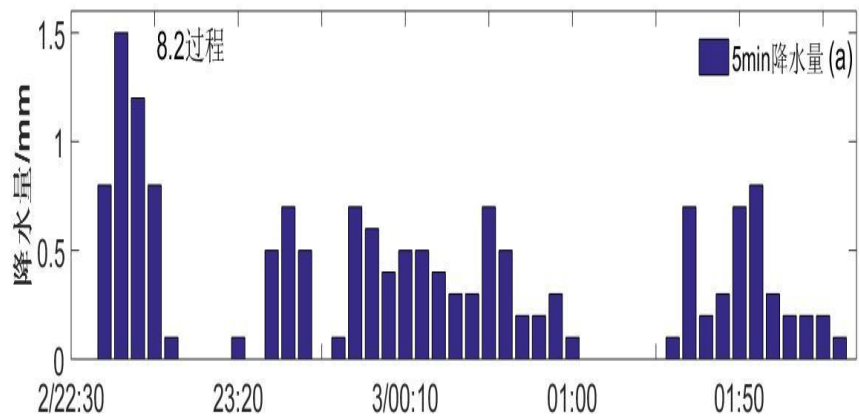
- 双偏振雷达
- 风廓线雷达
- 云雷达
- 微雨雷达
- 微波辐射计
- 激光雨滴谱仪
- 激光云高仪
- 二维视频雨滴谱仪

新源观测试验基地



站点	设备名称	时空分辨率	其他参数
新源县站	C 波段双偏振雷达 (CINRAD/CC—D)	时间分辨率: 6 min; 分辨率: 反射率因子0.5 dBZ 速度: 0.2 m s^{-1} ; 谱宽: 0.2 m s^{-1}	探测距离: 强度: $\geq 400 \text{ km}$; 速度: $\geq 150 \text{ km}$; 谱宽: $\geq 150 \text{ km}$; 双偏振: $\geq 150 \text{ km}$;
	双波段云雷达 (WR-KaKu, 北京无线电测量研究所/中国)	时间分辨率: 1 min; 空间分辨率: 回波强度: $\leq 0.2 \text{ dBZ}$; 方位: $\leq 0.5^\circ$; 俯仰: $\leq 0.5^\circ$; 径向速度: $\leq 0.1 \text{ m s}^{-1}$; 速度谱宽: $\leq 0.1 \text{ m s}^{-1}$;	探测高度范围: 120 m~20 km;
	边界层风廓线雷达 (CFL-16A, 北京无线电测量研究所/中国)	高度分辨率: 低模式 $\leq 60 \text{ m}$ (或者50m); 高模式 $\leq 120 \text{ m}$ (或者100m); 时间分辨率: 五波束 $\leq 6 \text{ min}$ (夏季); 三波束 $\leq 6 \text{ min}$ (冬季);	测风最小探测高度: 60 m; 测风最大探测高度: $\geq 3 \text{ km}$; 水平风速: $0\sim 60 \text{ m s}^{-1}$; 风向: $0\sim 360^\circ$;
	微雨雷达 (MRR-2, METEK/德国)	光谱采样速率: 10 s; 垂直分辨率: 150 m (冬季), 200 m (夏季);	测量高度范围: 30~6000 mm; 高度取样数: 30层; 雨滴谱粒径范围: 0.109~6 mm;
	二维视频雨滴谱仪 (2DVD, JOANNEUM RESEARCH/奥地利)	水平分辨率: $\leq 0.2 \text{ mm}$; 垂直分辨率: $\leq 0.2 \text{ mm}$ ($< 10 \text{ m s}^{-1}$); 最小测量时间间隔: $\leq 15 \text{ s}$;	测量粒径范围: $\geq 8 \text{ mm}$ (液态); 可分辨通道数: ≥ 100 通道; 降水测量精度 $\pm 10\%$;
	地基微波辐射计 (MP-3000, Radiometrics/美国)	时间分辨率: 3 min; 垂直分辨率: 0~500 m, 50m; 500~2 km: 100 m; 2~10 km: 250 m;	通道数: 共35通道; 探测高度: 10 km;
	激光云高仪 (TR-SkyVUE PRO)	时间分辨率: 1 min;	穿透云层: 5层;
	激光雨滴谱仪 (Parsivel2, OTT / 德国)	时间分辨率: 1 min; 空间分辨率: 0.2 mm;	粒径: 0.2~25 mm; 速度: $0.2\sim 20 \text{ m s}^{-1}$;
	GPS/met水汽探测仪	时间分辨率: 30 min;	整层;

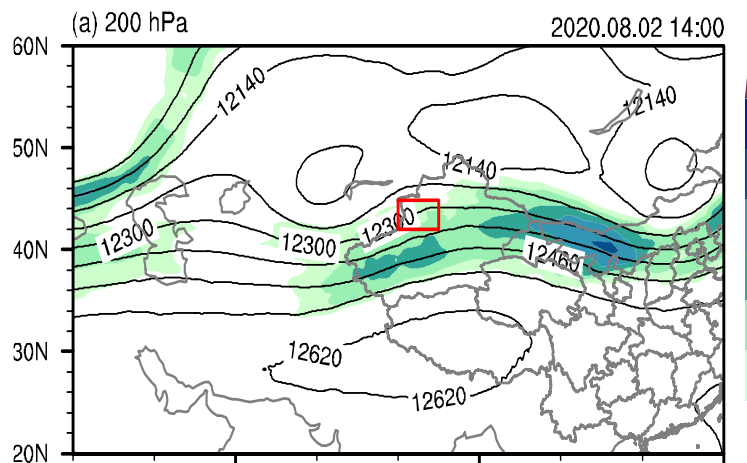
二、短时强降水过程环流背景和中尺度对流系统特征



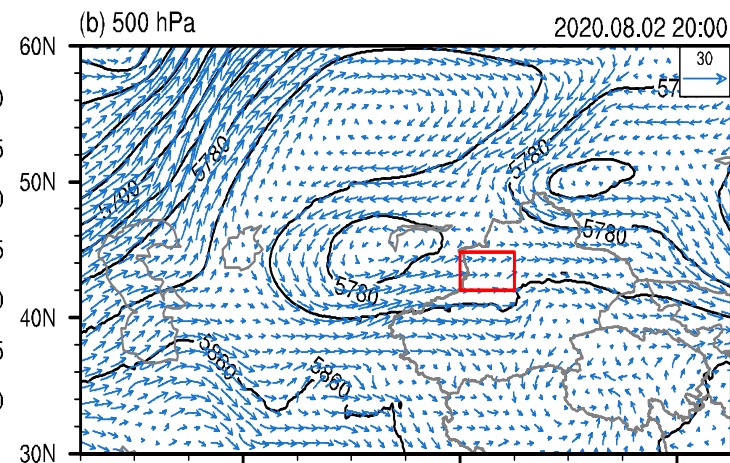
新源站2020年8月2日22:30~3日

02:30逐5 min降水量 (单位: mm)

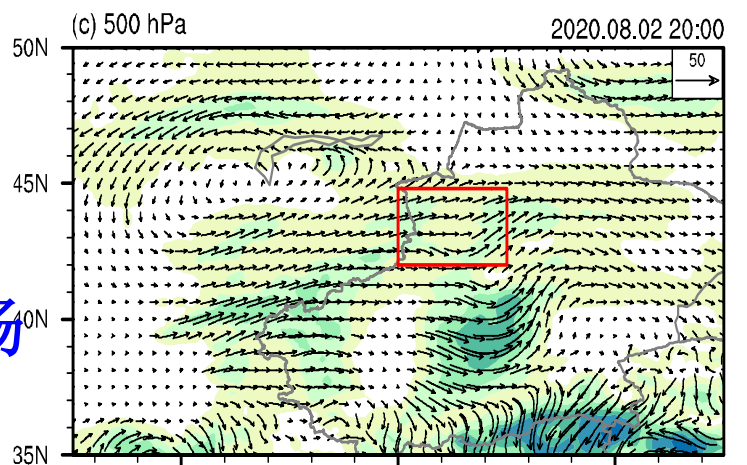
8月2日环流场



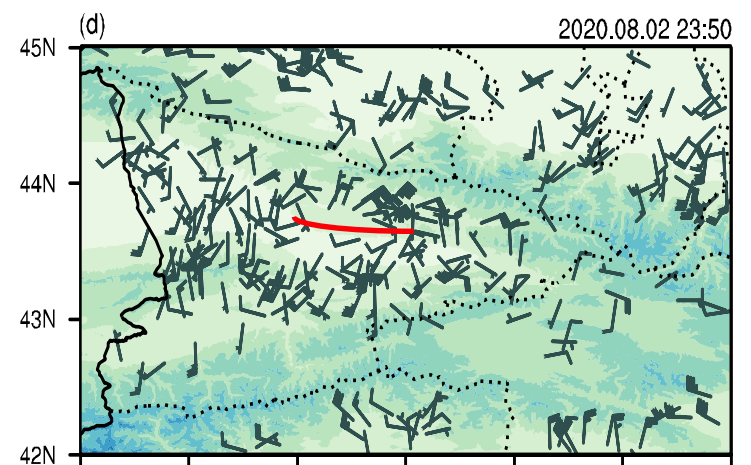
100 hPa高度和风场



500 hPa高度和风场

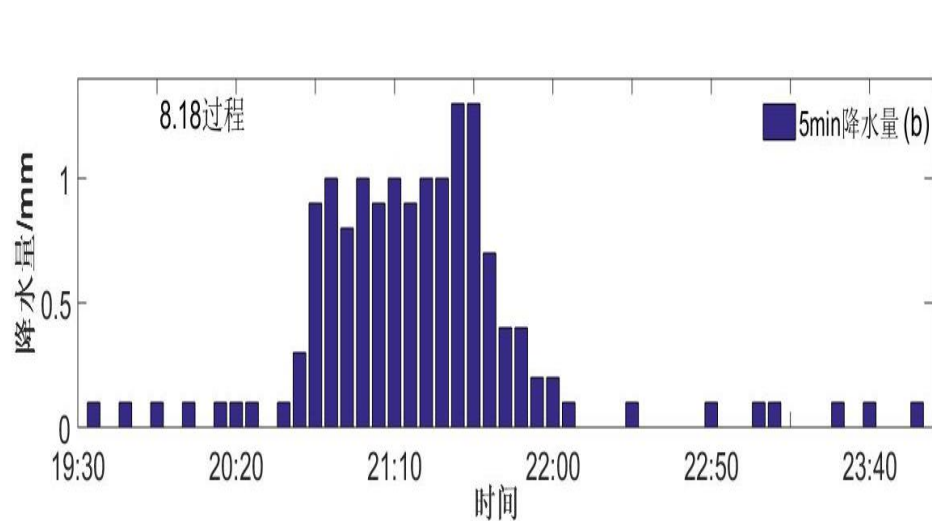


500 hPa水汽通量场



地面风场

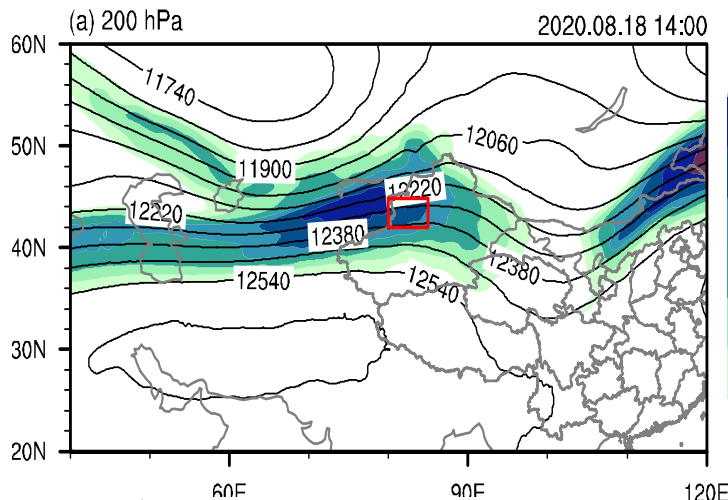
二、短时强降水过程环流背景和中尺度对流系统特征



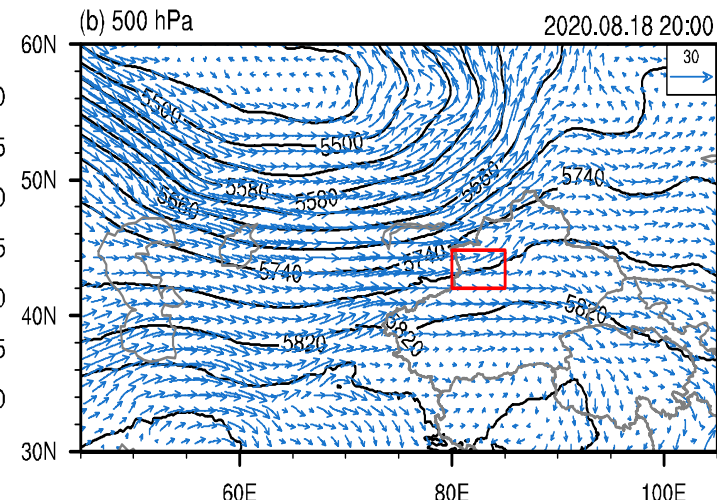
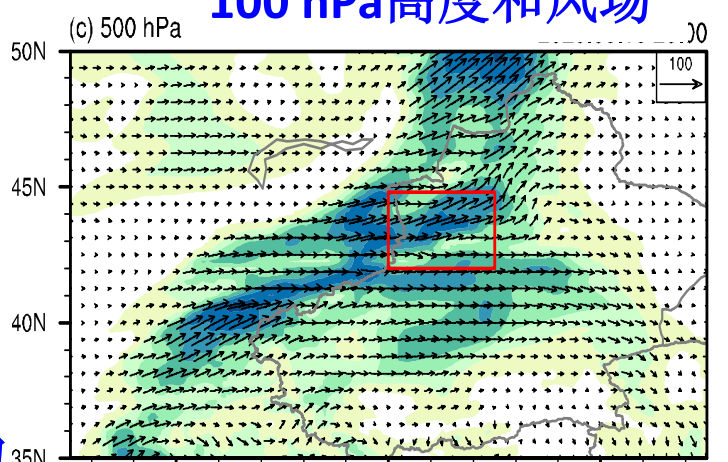
新疆站2020年8月18日19:30~24:00逐

5 min降水量 (单位: mm)

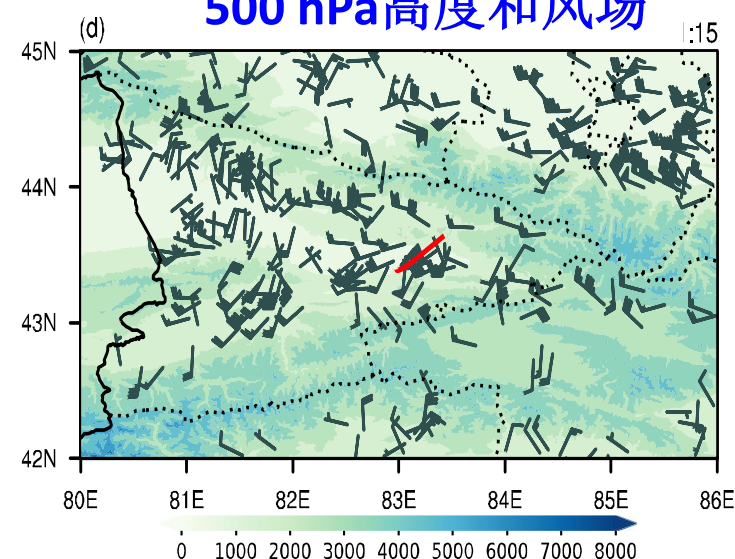
8月18日环流场

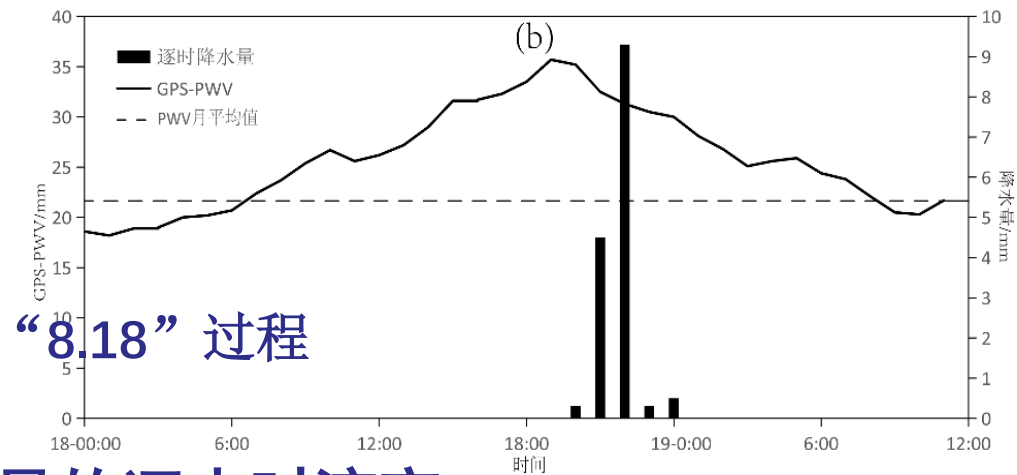
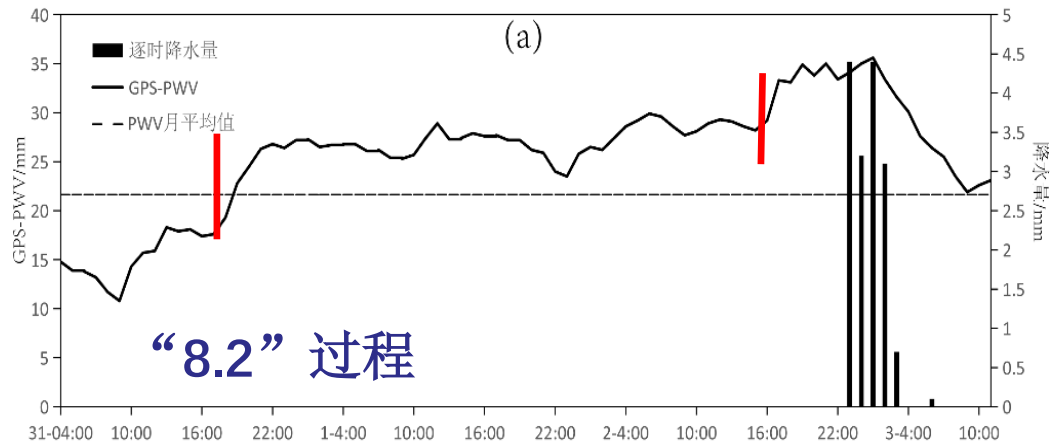


(b) 1 100 hPa高度和风场

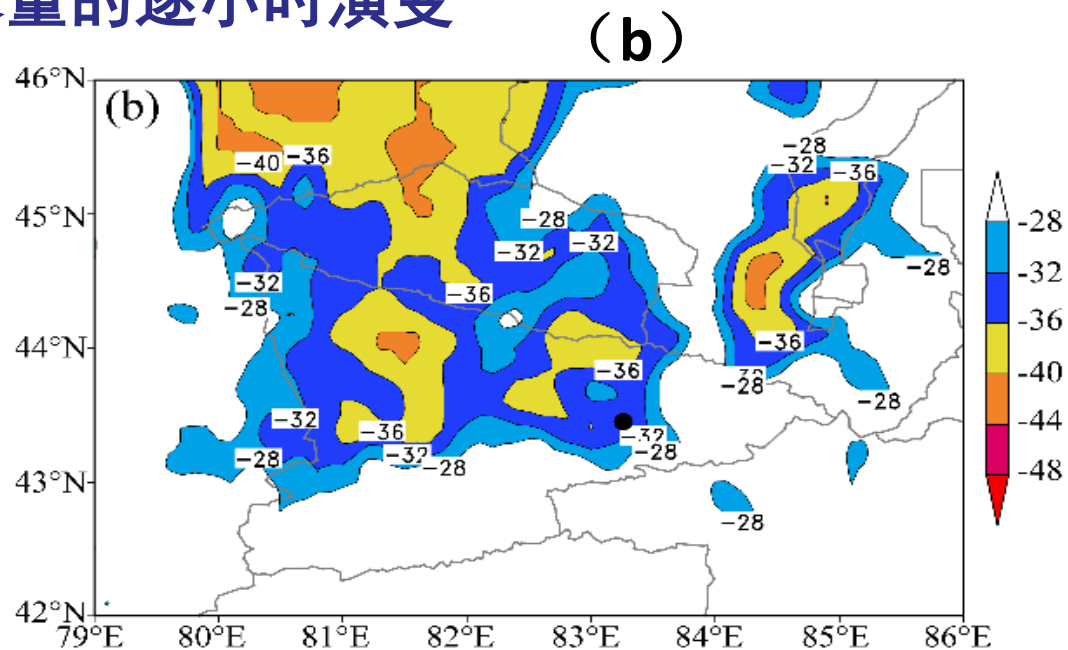
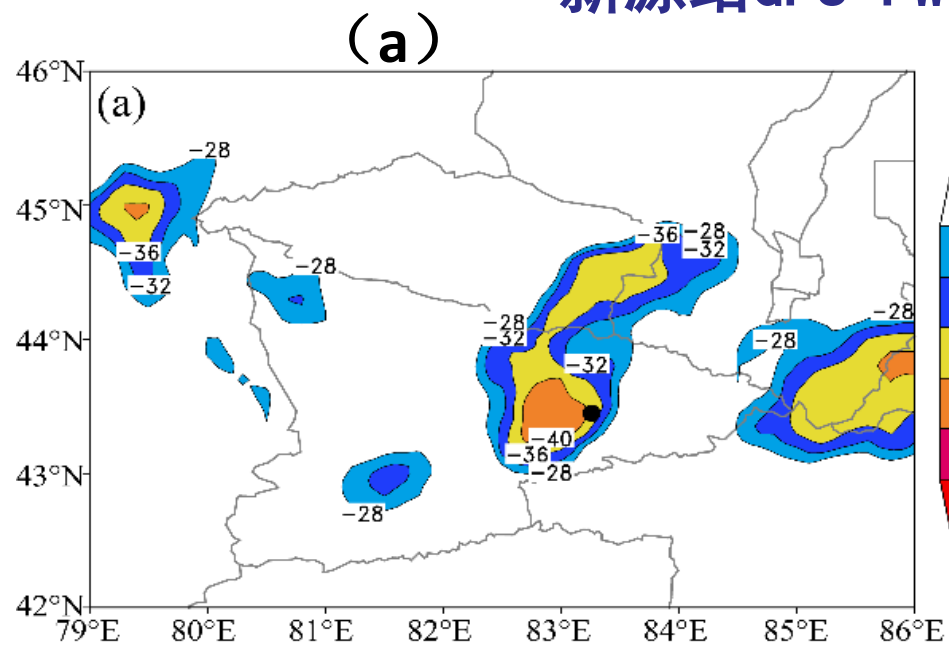


500 hPa高度和风场



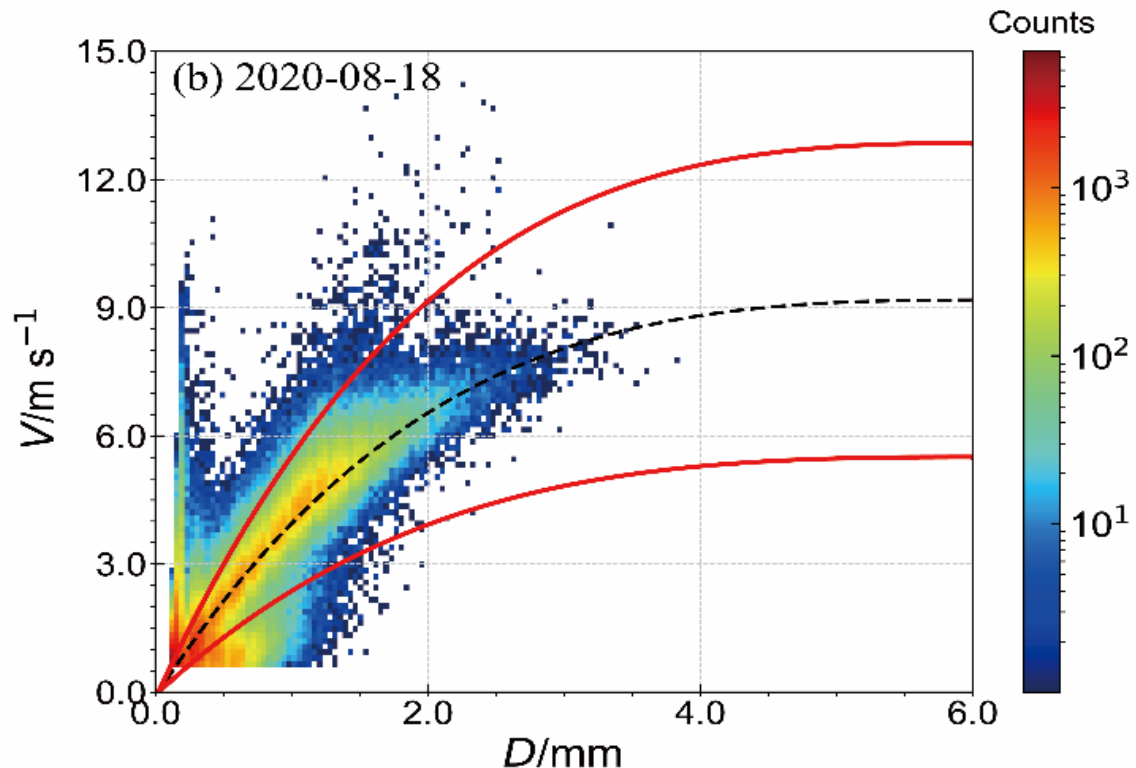
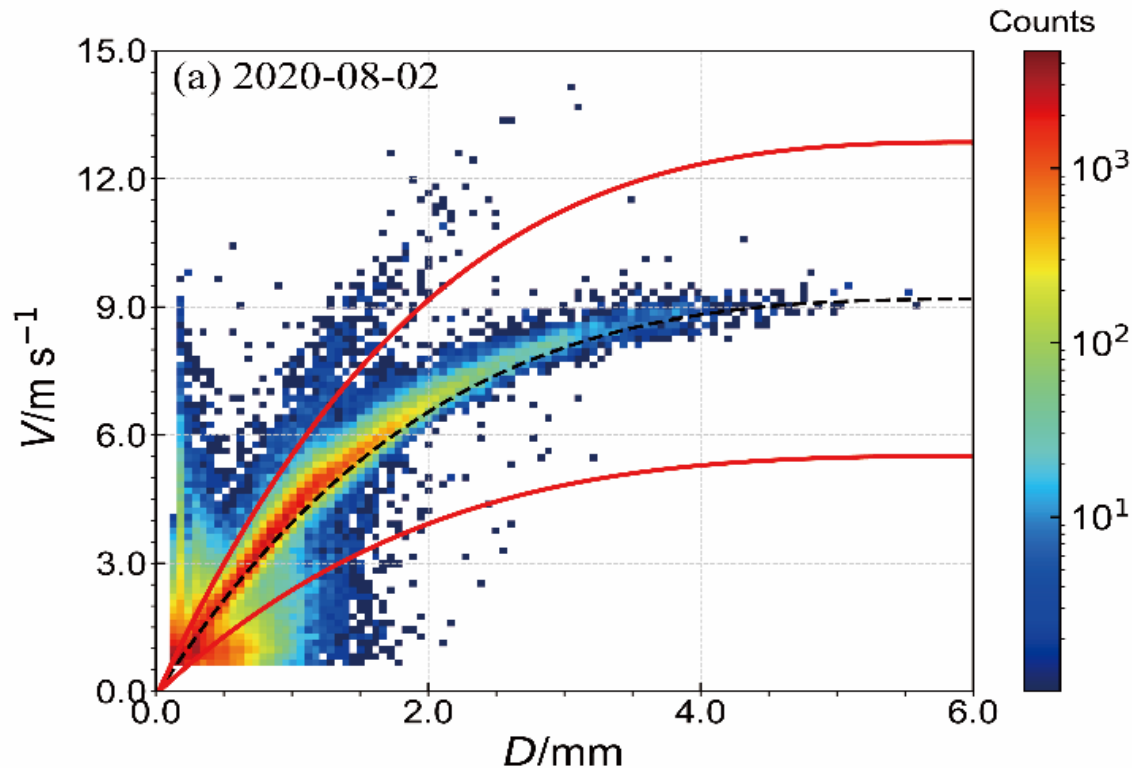


新疆站GPS-PWV与降水量的逐小时演变



FY-2H卫星观测TBB (单位: $^{\circ}\text{C}$) (a) 8月3日00:00 (b) 8月18日 21:30 (“•”为新疆站)

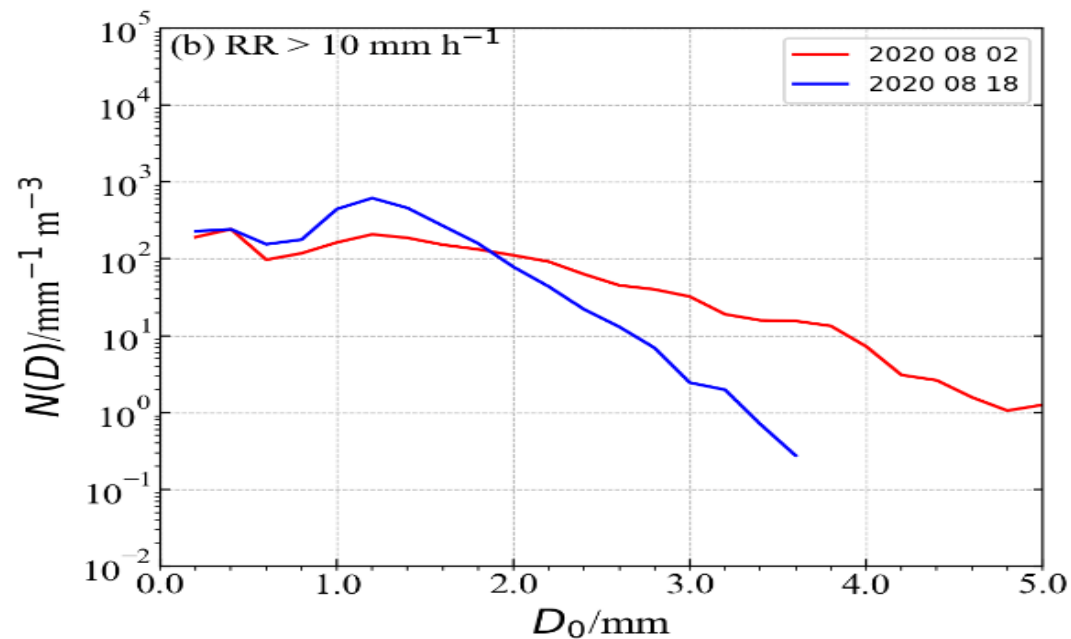
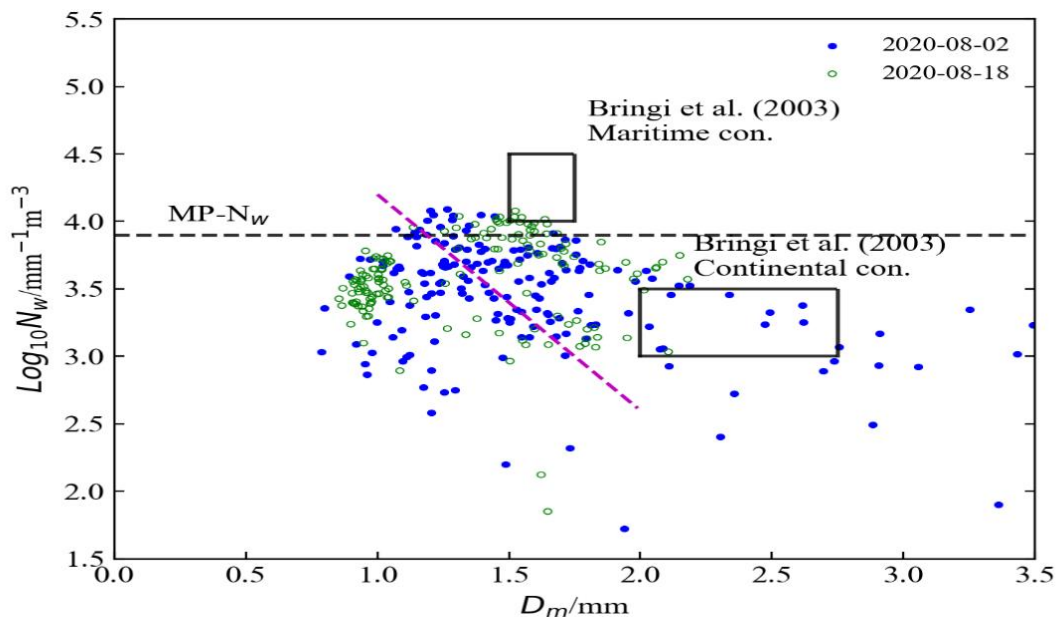
三、短时强降水过程雨滴谱观测特征



2DVD观测的V-D关系，红色实线为2DVD数据质控线，黑色虚线为Brands雨滴下落末速度经验公式。

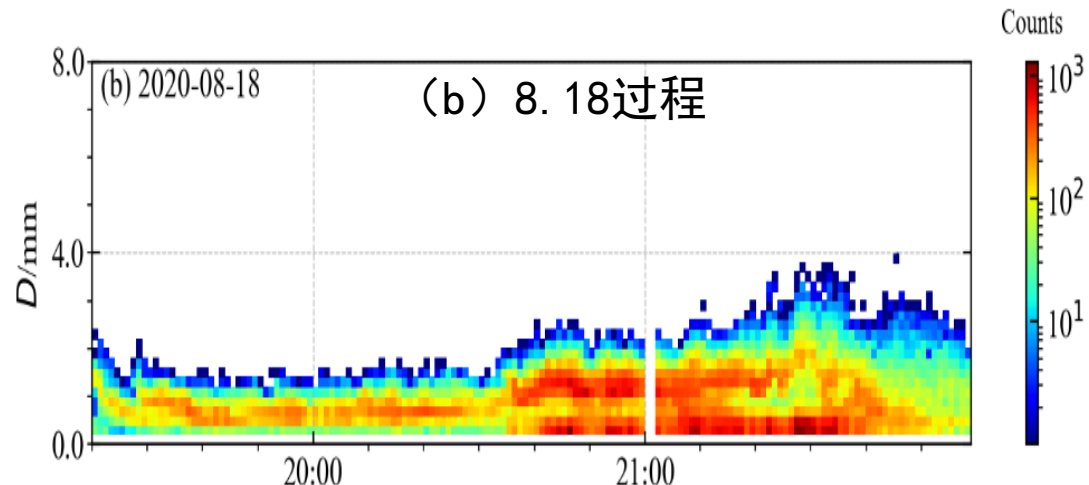
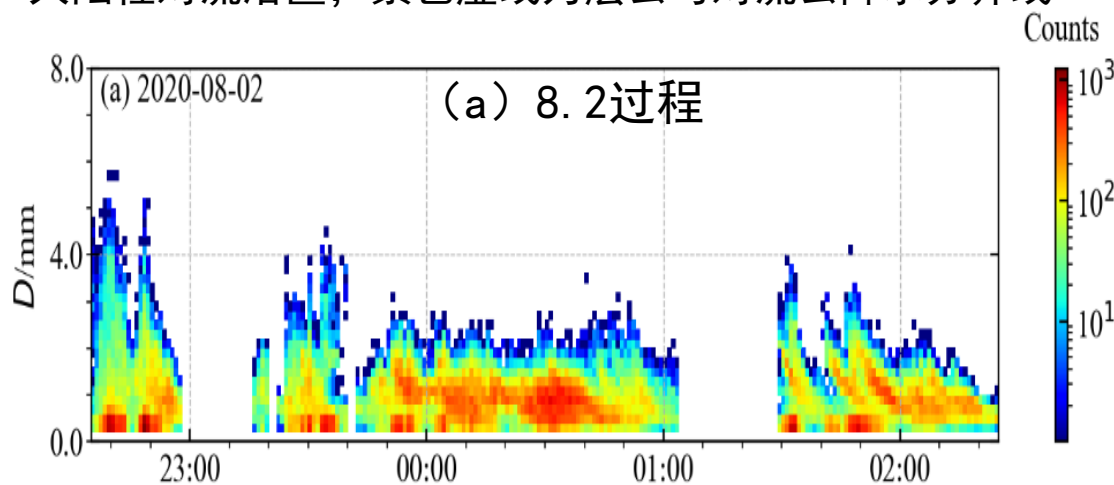
8. 2. 雨滴V集中， $D_m < 2.0$ mm粒子频数高， > 2.0 mm粒子频数远高于8. 18过程，最大 D_m 接近6 mm。

8. 18雨滴V分散， $D_m < 2.0$ mm以下粒子频数远少于8. 2过程，最大 D_m 不超过4 mm。



8. 2过程（蓝色实心圆）和8. 18过程（绿色空心圆） $\log_{10}N_w-D_m$ 分布。黑色框为Bringi (2003)定义的海洋性和大陆性对流落区，紫色虚线为层云与对流云降水分界线

2DVD观测8. 2和8. 18过程雨强 $>10 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 不同直径粒子浓度分布



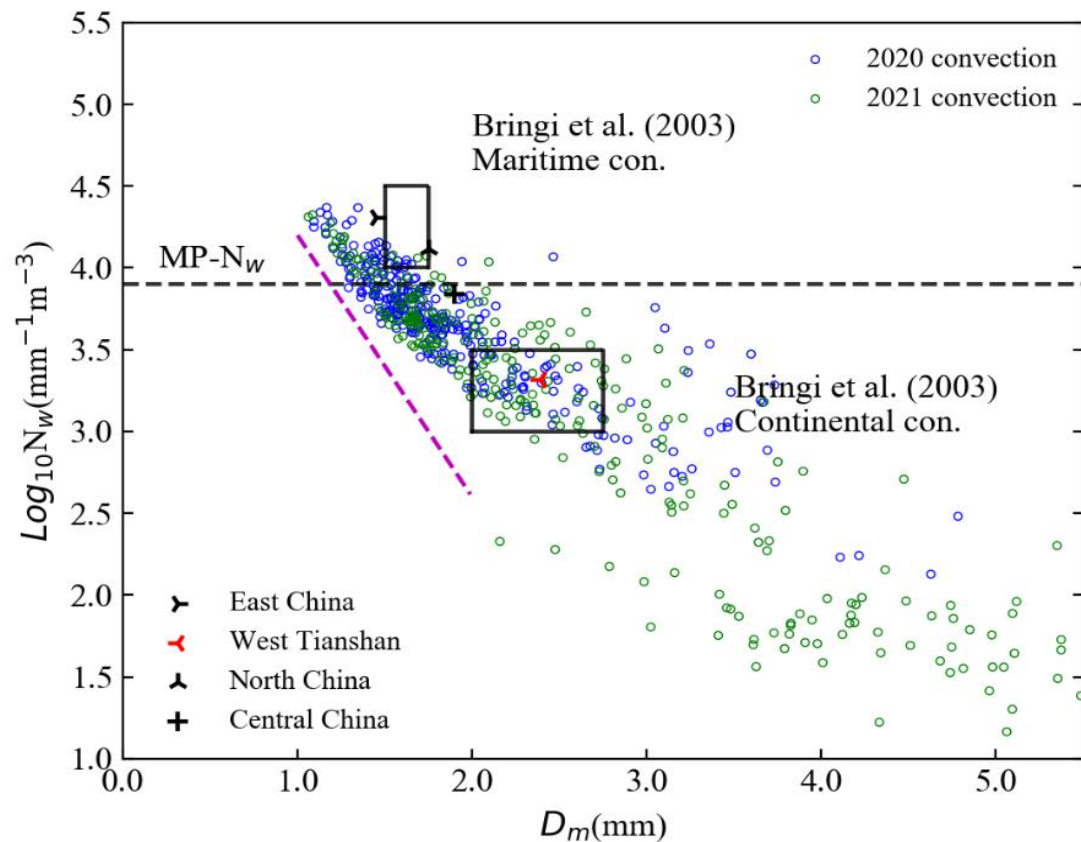
2DVD观测不同直径粒子频数随时间演变

8. 2过程与8. 18过程不同直径的粒子对降水量的贡献 (%) 及频数占比 (%)

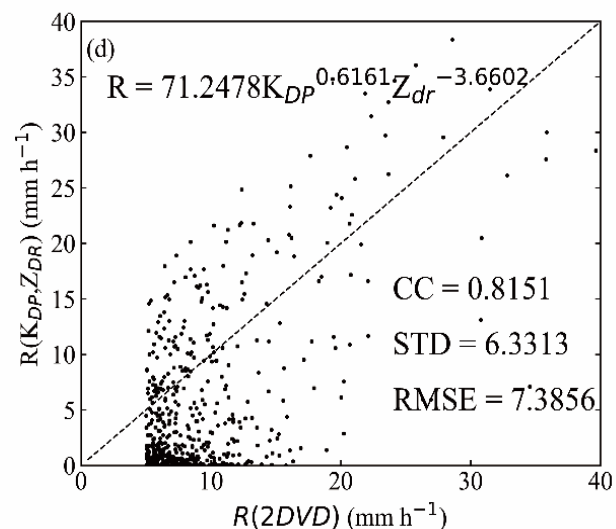
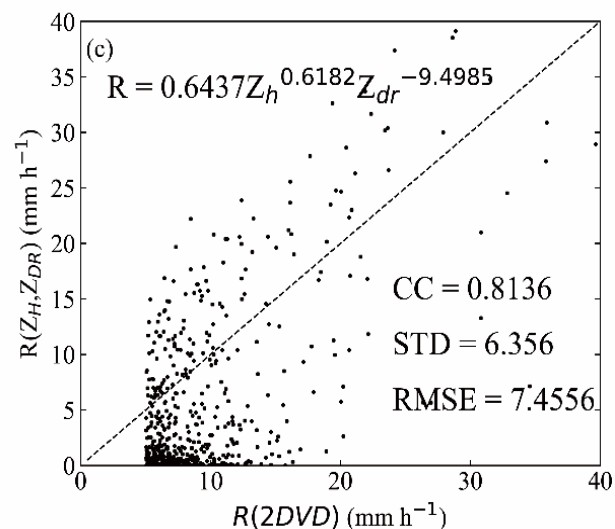
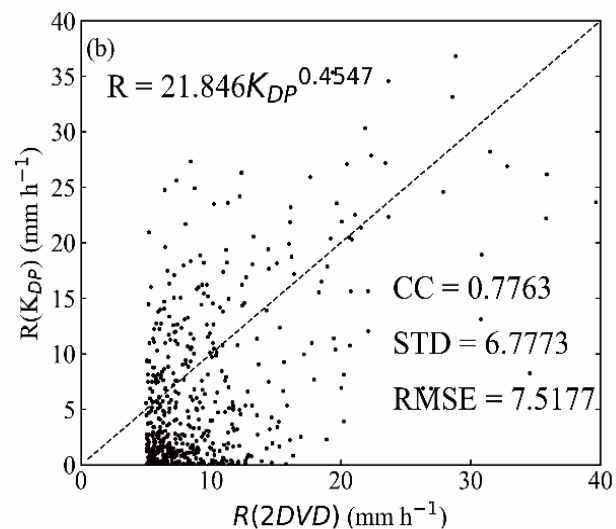
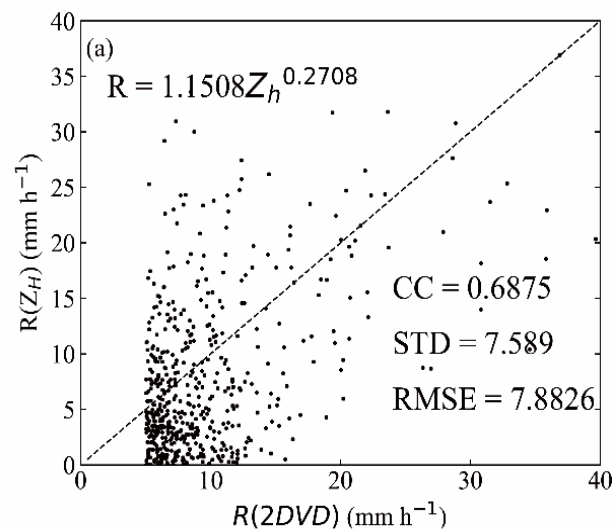
D_m (mm)		< 1	1~2	2~3	3~4	4~5	> 5
降水量 贡献 (%)	8. 2过程	14. 08%	52. 67%	19. 71%	10. 52%	2. 61%	0. 41%
	8. 18过程	14. 35%	71. 99%	12. 83%	0. 84%	—	—
频数占比 (%)	8. 2过程	70. 1%	27. 54%	1. 97%	0. 35%	0. 041%	0. 004%
	8. 18过程	67. 87%	30. 97%	1. 13%	0. 026%	—	—

8. 2过程与8. 18过程>10mm · h⁻¹雨强时段微物理量的平均和最大偏振量

R /(mm · h ⁻¹)		D_m / (mm)	Z_H / (dBZ)	Z_{DR} / (dB)	K_{DP} / (deg · km ⁻¹)	
平均	8. 2过程	16. 67	2. 62	34. 52	1. 16	0. 4
	8. 18过程	13. 12	1. 86	19. 13	1. 04	0. 03
最大	8. 2过程	31. 51	3. 65	47. 58	1. 38	1. 43
	8. 18过程	20. 23	2. 18	37. 0	1. 11	0. 23



2020年(蓝色空心圆)、2021年(绿色空心圆)对流降水 $\log_{10}N_w-D_m$ 分布。两个黑色框为Bringi et al. (2003) 定义的海域性和大陆性对流落区。品红色虚线为Bringi et al. (2003) 层云与对流云降水分界线。黑色标记为对流降水平均值。



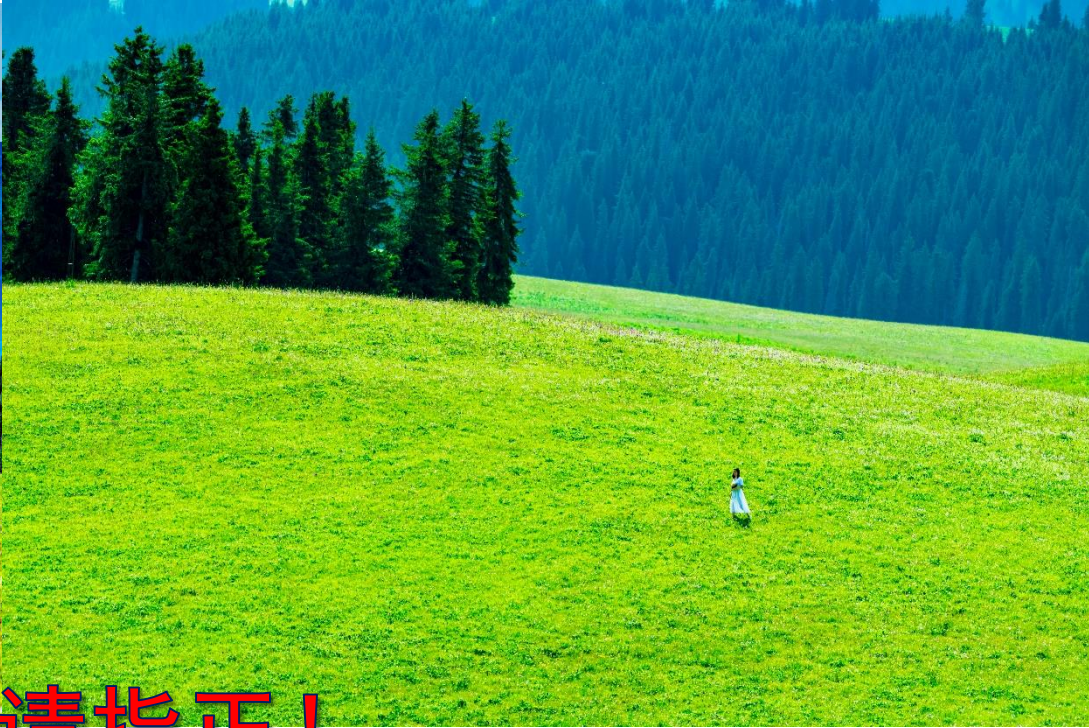
2DVD观测的分钟雨强与估算降水量，CC表示相关系数，STD表示方差，RMSE均方差误差。(a) $R(Z_H)$ 关系 (b) $R(K_{DP})$ 关系 (c) $R(Z_H, Z_{DR})$ 关系 (d) $R(K_{DP}, Z_{DR})$ 关系

五、小结

(1) 两次短时强降水过程均是在有利的中亚低涡背景下产生的，8·2过程由低涡前部西风气流中孤立 β 尺度MCS造成，降水阶段性强，主要分为四个阶段，前两个阶段分别约为15~20 min，后两个阶段分别约为1 h左右，水汽源自低涡本身，水汽输送和辐合相对弱，8·18过程持续100 min阶段性强，由层云中生成 β 尺度MCS造成，水汽不仅来自于低涡而且还有新疆以外充沛水汽输送。

(2) 两次短时降水天气表现出明显的微物理特征差异。两次过程 $D_m < 2$ mm的粒子占比均约在97%左右，即降水过程小粒子占绝大多数。8.2过程 $D_m < 2$ mm粒子对降水量贡献达66.75%， > 2 mm粒子对降水量贡献达33.25%，出现 > 4 mm粒子，对流降水雨滴谱分散；而8.18过程 $D_m < 2$ mm粒子对降水量贡献达86.34%， D_m 为1~2 mm的粒子对降水量的贡献为主达71.99%，且无 > 4 mm粒子，对流降水雨滴谱相对集中且 $D_m < 2$ mm粒子浓度远低于8.2过程，对流降水大部分粒子浓度大体相当，但粒径偏小， Z_H 、 K_{DP} 、 Z_{DR} 平均值和最大值均较8.2过程明显偏小。

(3) 与季风区降水比西天山地区对流性降水粒子平均直径偏大但浓度偏低， D_m 平均值为2.39 mm， $\log_{10} N_w$ 平均值为 $3.32 \text{ mm}^{-1} \cdot \text{m}^{-3}$ ，落在大陆性对流降水区，雨强约为 $10 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ ，平均 Z_H 为36 dBZ， Z_{DR} 和 K_{DP} 比季风区对流降水明显偏小，加入偏振量的 $R(Z_H, Z_{DR})$ 、 $R(K_{DP}, Z_{DR})$ 关系拟合效果明显好于 $R(Z_H)$ 、 $R(K_{DP})$ 关系。



谢谢！敬请指正！

