



## 第五届全国中尺度气象学论坛

# 台风“利奇马” 双眼墙降水微物理特征研究

报告人：鲍旭炜<sup>1</sup>

主要合作者：吴立广<sup>2</sup> 张帅<sup>1</sup> 林立旻<sup>1</sup> 邓琳<sup>1</sup> 袁慧珍<sup>3</sup> 梁艳<sup>3</sup>

1. 中国气象局上海台风研究所； 2. 复旦大学大气与海洋科学系； 3. 温州市气象局

宁夏银川

2023年8月10日



# 台风“利奇马”双眼墙降水微物理特征研究

## 目 录

01

研究背景

02

科学问题

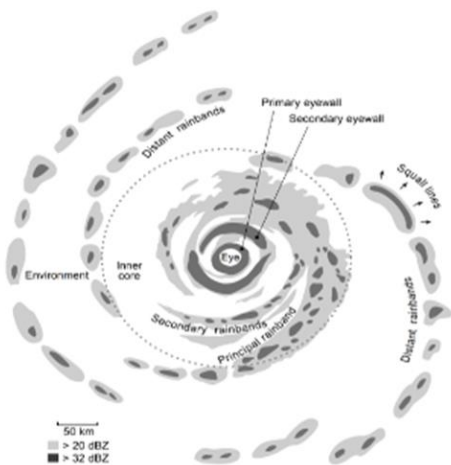
03

结果分析

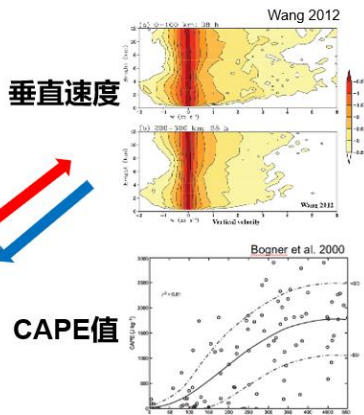
04

主要结论

# 1. 研究背景

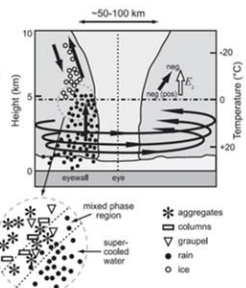


Houze, 2010

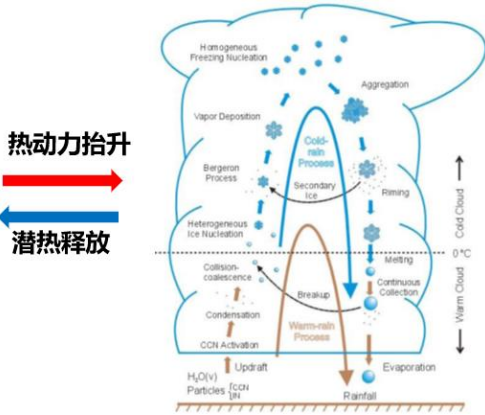


垂直速度

CAPE值

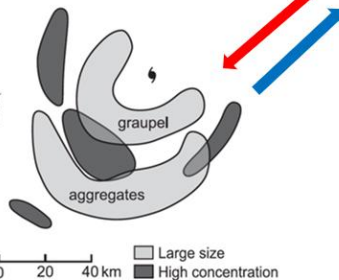


Black and Hallett (1999)

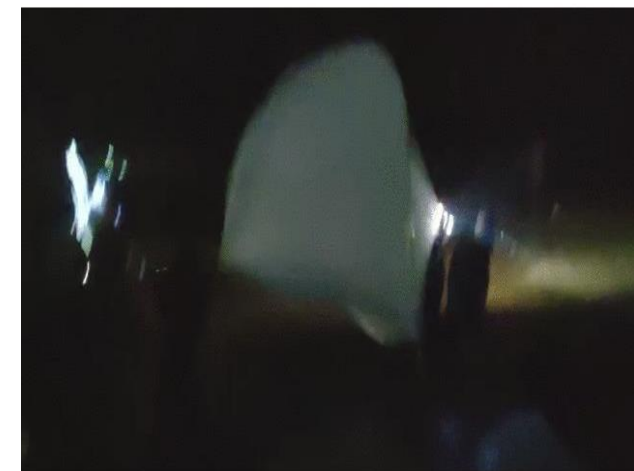


热动力抬升

潜热释放

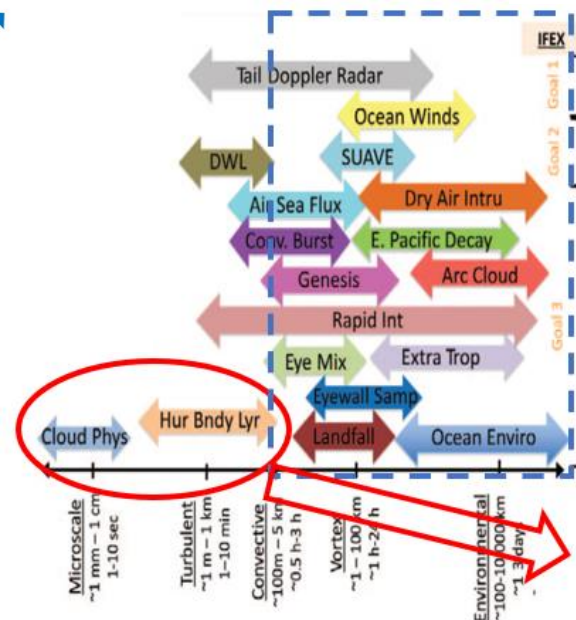


Houze et al. (1992)



台风“利奇马”观测现场

台风降雨是台风热/动力过程与微物理过程之间相互作用的产物

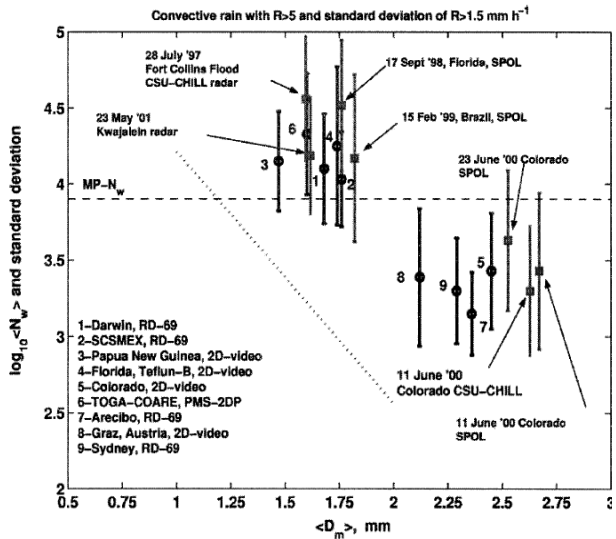


HRD Intensity Forecasting Experiment (IFEX; Rogers et al, 2006, 2013)

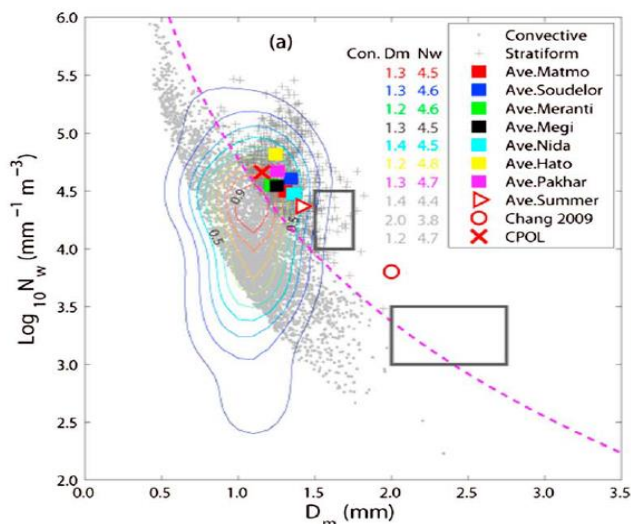
台风所野外观测两大重点研究方向 (风雨)

1. 台风边界层
2. 降水微物理特征 (风的影响)

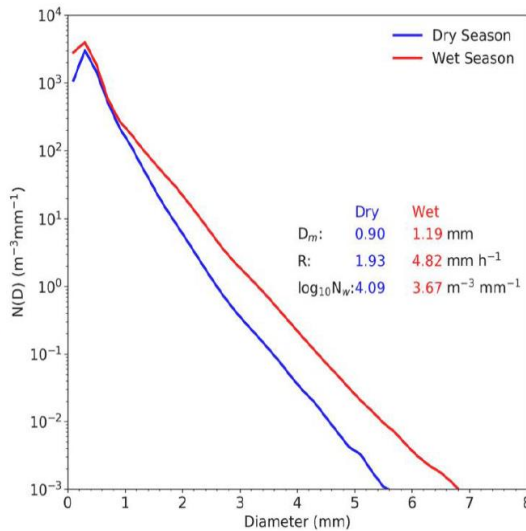
## 2. 科学问题



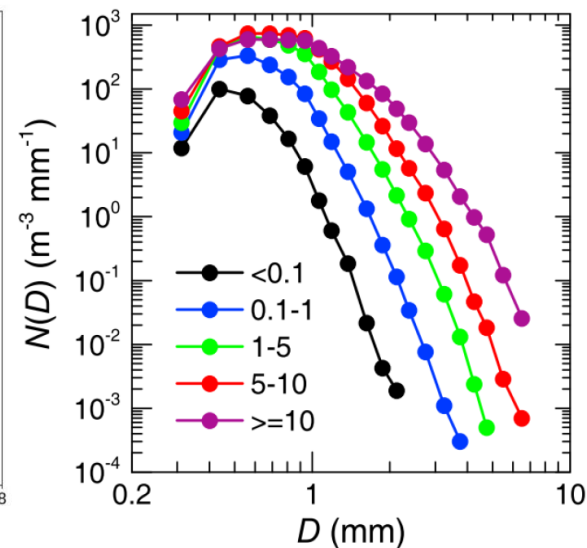
海洋性与大陆性降水对比  
Bringi et al. 2003



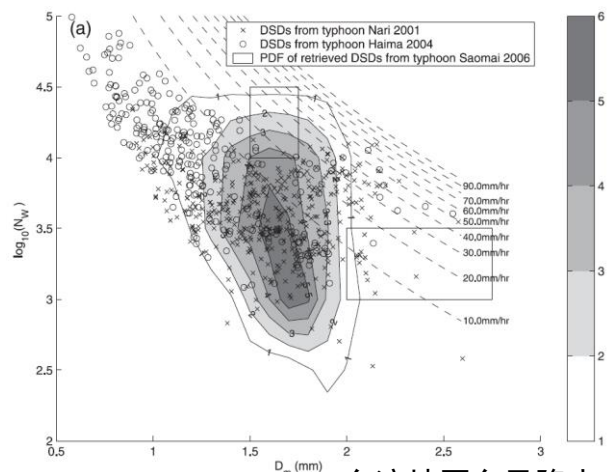
大陆9个台风降水  
Wen et al. 2018



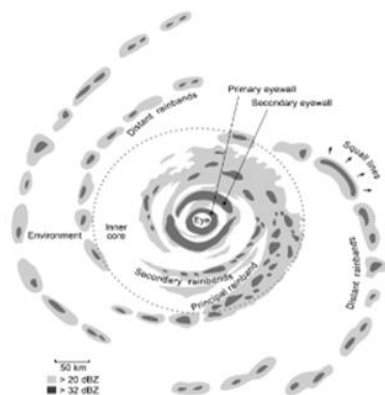
华南汛期和非汛期降水对比  
Lai et al. 2021



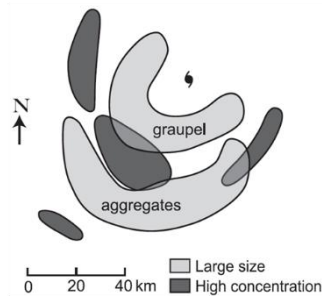
青藏高原降水  
Chen et al. 2017



台湾地区台风降水  
Chang et al. 2009



Houze, 2010

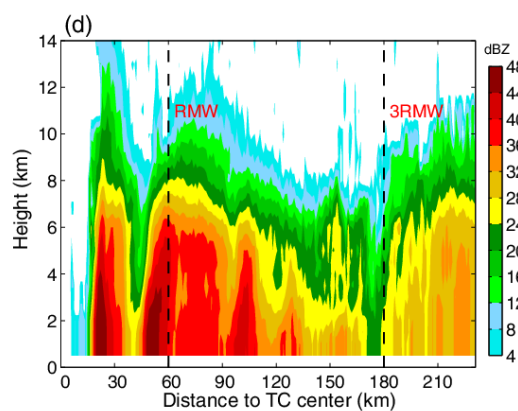
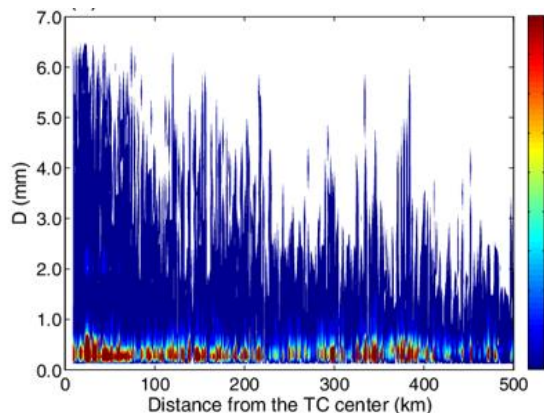
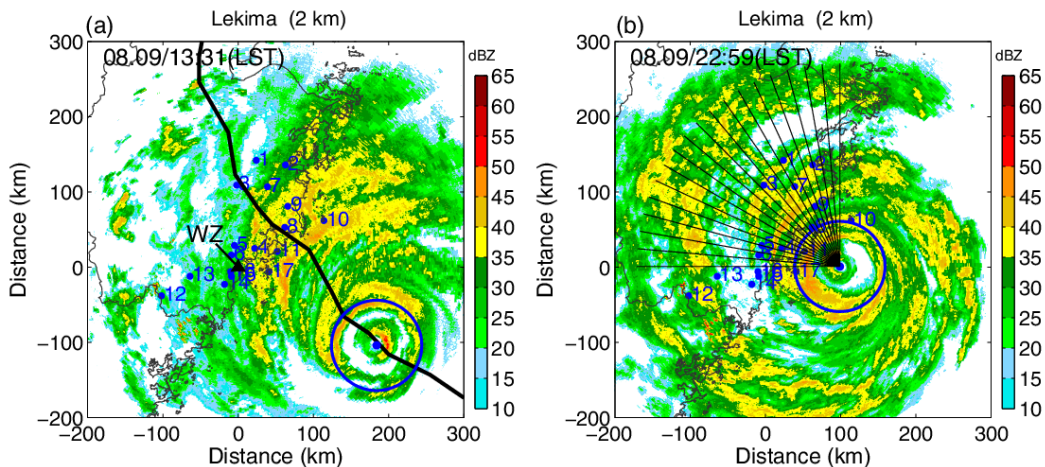


Houze et al. (1992)

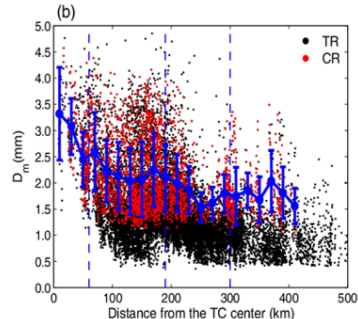
**科学问题：**  
气候平均态雨滴谱特征是否会掩盖  
台风个体内部的差异？



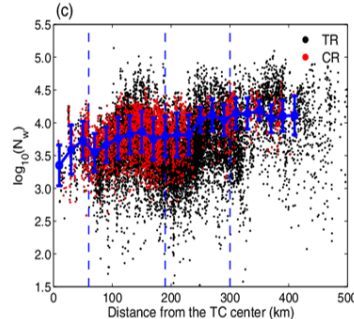
## 2. 科学问题



发现越靠近台风中心  
降水粒子越大，浓度越低



纵坐标: 平均直径  $D_m$   
横坐标: 离台风中心距离



纵坐标: 平均浓度  $N_w$   
横坐标: 离台风中心距离



台风中心

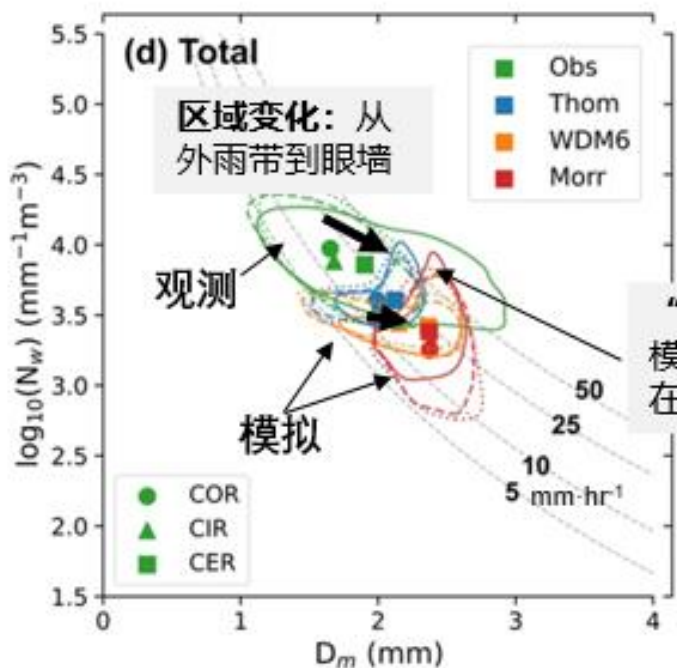
半径R

1个西瓜 < 100个桃子 > 1000粒芝麻  
眼墙降水率 < 内雨带降水率 > 外雨带降水率

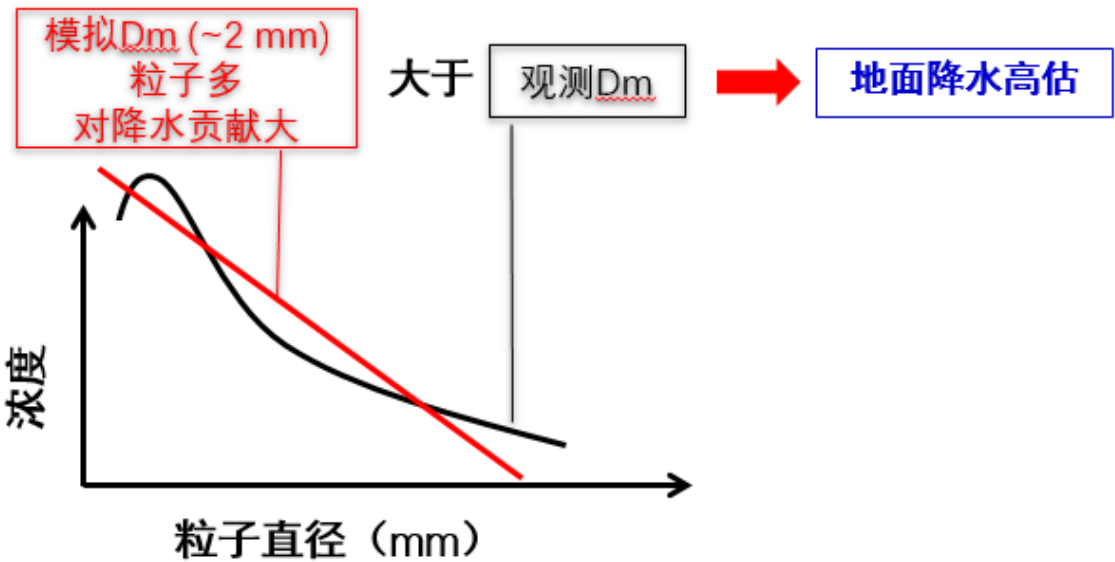
为弥补单站点观测的局限性，建立多站点观测网实现针对登陆台风的面观测；  
首次利用地面17个雨滴谱资料，首次获取台风“利奇马”内核区（眼墙区）完整的雨滴谱特征。

## 2. 科学问题

台风“利奇马”地面雨滴谱观测和模拟的对流性降水 $D_m - N_w$ 联合概率分布



“尖端”：  
模拟 $D_m$ 集中在  
2 mm附近



评估结论:

0.3-1.5 mm 小粒子浓度低估

1.5-3.0 mm 中粒子浓度高估

>3.0 mm 大粒子浓度低估

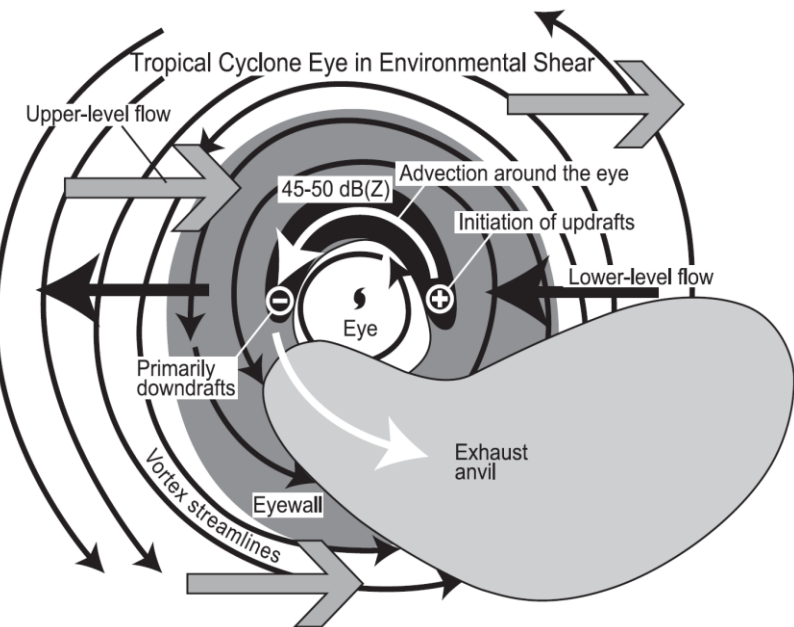
最终地面降水高估

科学问题:

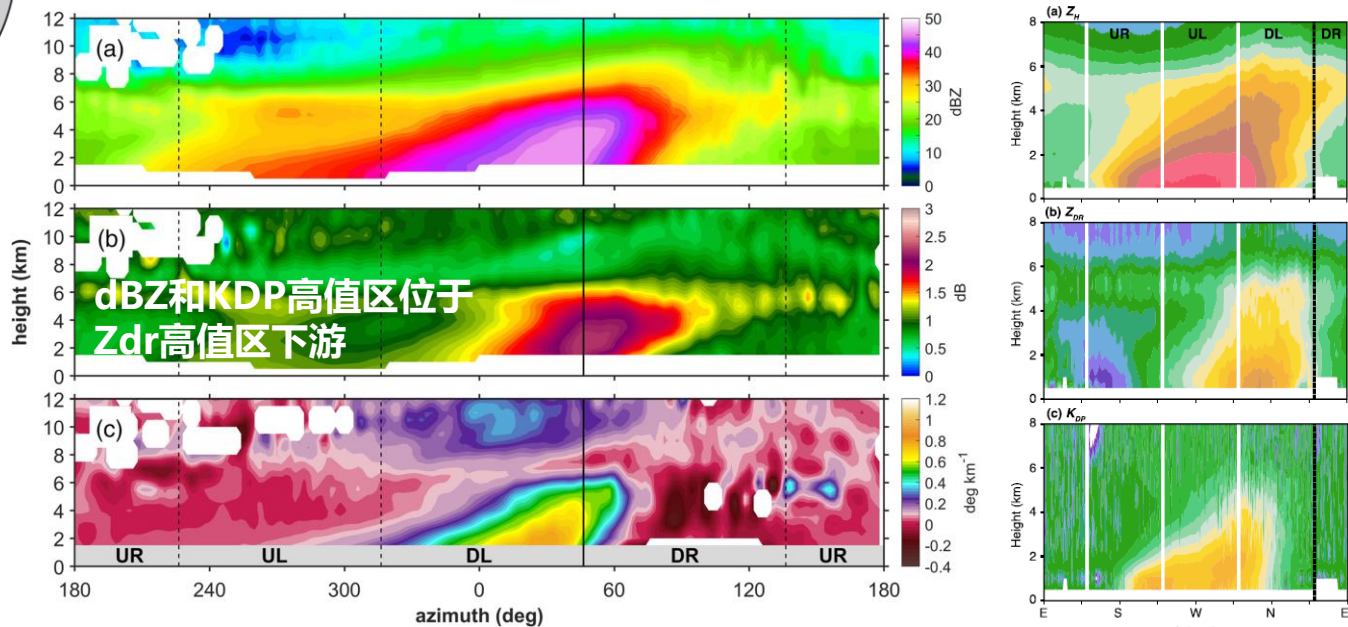
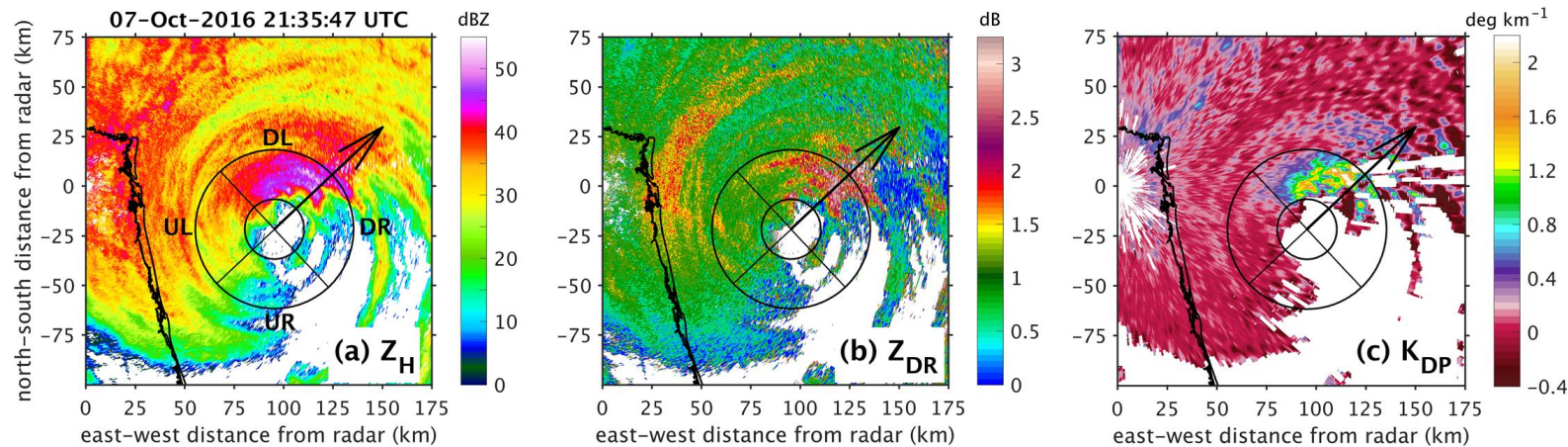
因为数值模式低估了大粒子浓度，所以需要搞清大粒子形成机制，而眼墙是大粒子聚集区，可以探究眼墙内的大粒子怎么生成（眼墙微物理过程）？



## 2. 科学问题



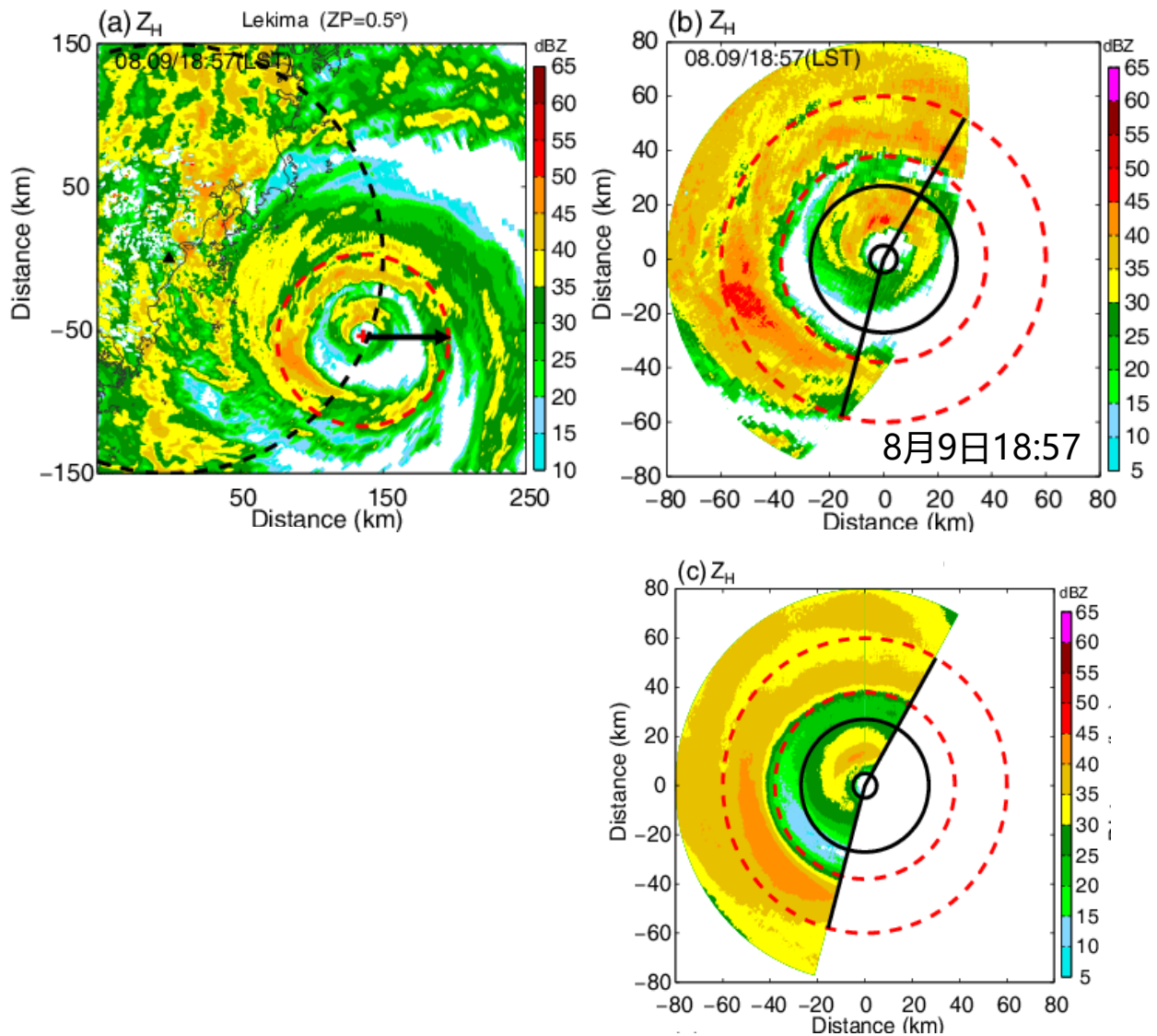
Houze 2010



Size Sorting Process

Laurenci&Didlake等 2020; Feng&Bell 2019

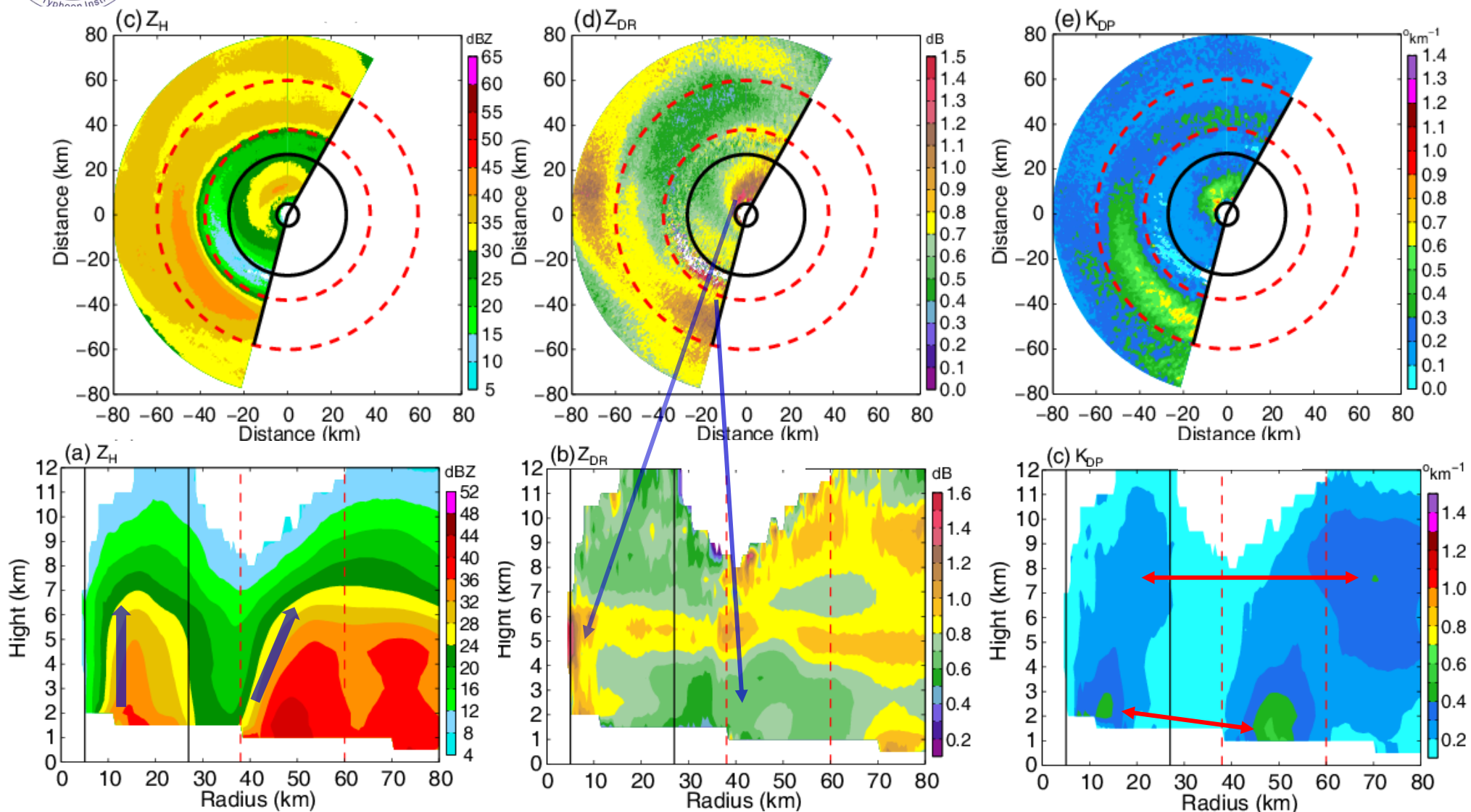
### 3. 分析结果



为了能探测到台风“利奇马”完整双眼结构并尽可能获取台风低层的雷达信号，资料选取时间：  
 起始，台风中心进入雷达150公里  
 结束，距离台风60km圈靠近海岸



### 3. 分析结果



内眼墙：  
粒径大，浓度低

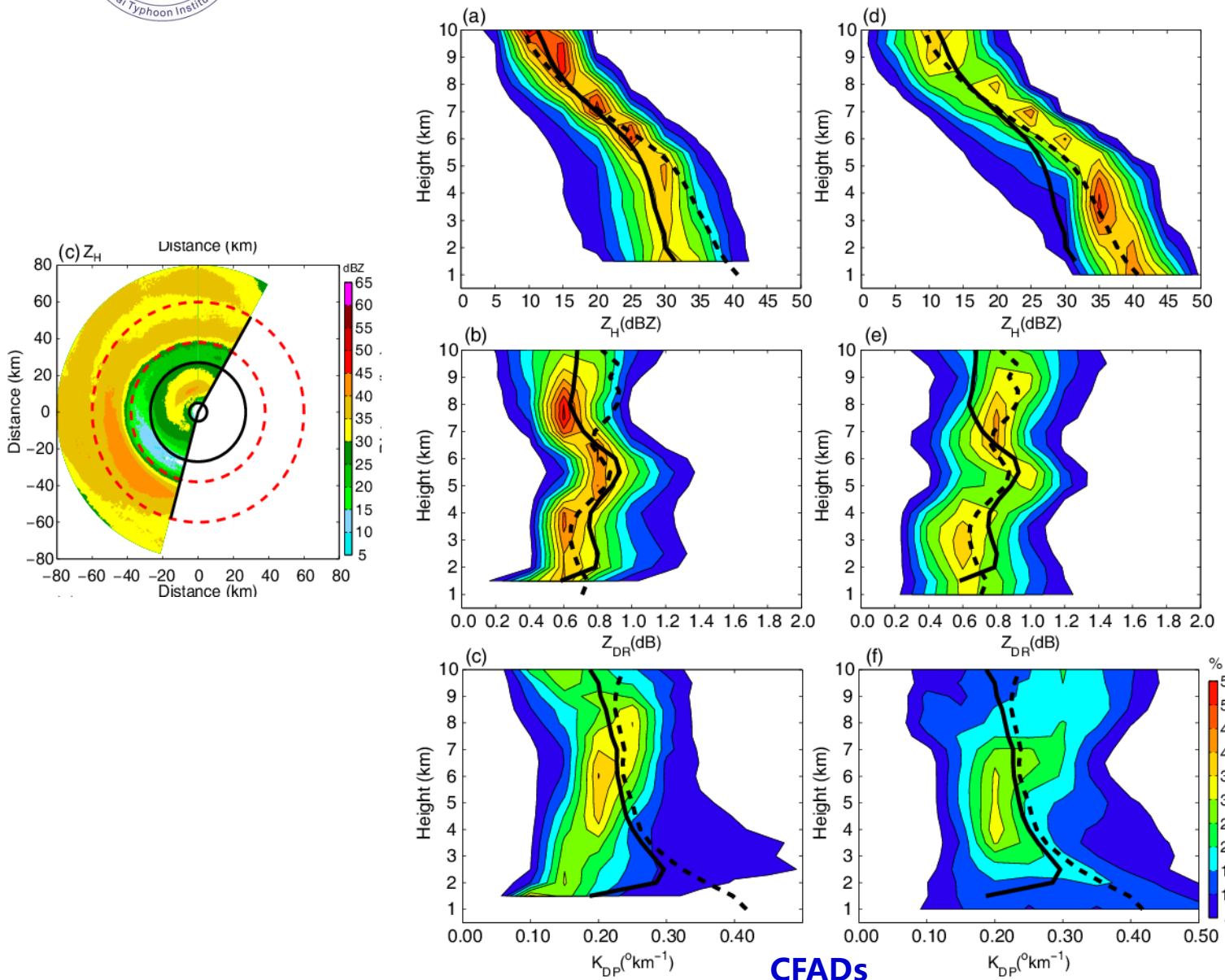
外眼墙：  
粒径小，浓度高

垂直 VS 倾斜

Zdr column: 有 VS 无

粒子浓度对比

### 3. 分析結果



外眼墙对比内眼墙  
**dBZ: 高值多, 平均值大**  
 **$Z_{dr}$ : 冰云大, 暖云小**  
 **$K_{DP}$ : 始终大**



**内眼墙 (实线):**  
**粒径大, 浓度低**

**外眼墙 (虚线):**  
**粒径小, 浓度高**

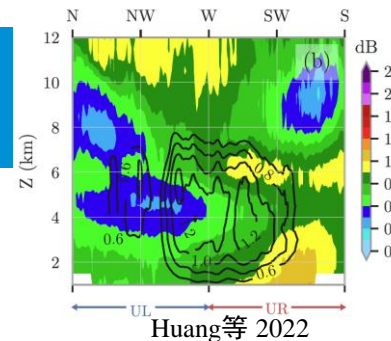
# 3. 分析结果

## Typical size sorting

高值dBZ起始自中层，  
逆时针方向向下倾斜

Zdr column出现，同  
时中层和低层向下游传

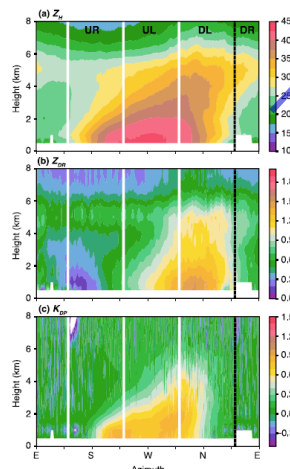
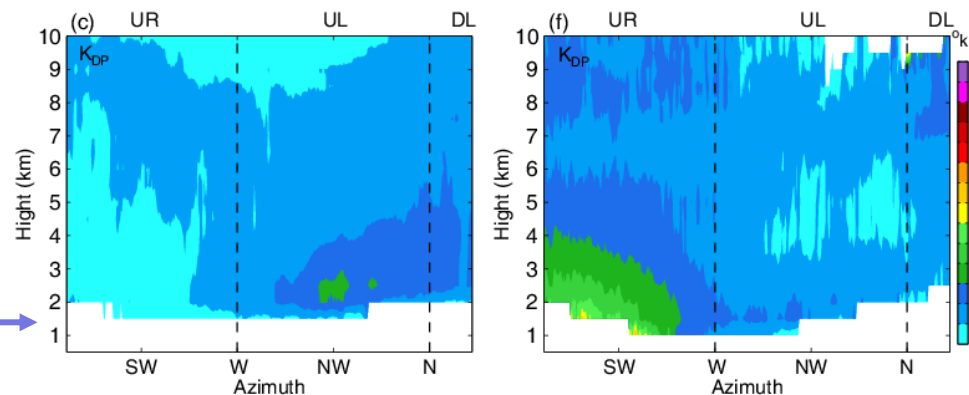
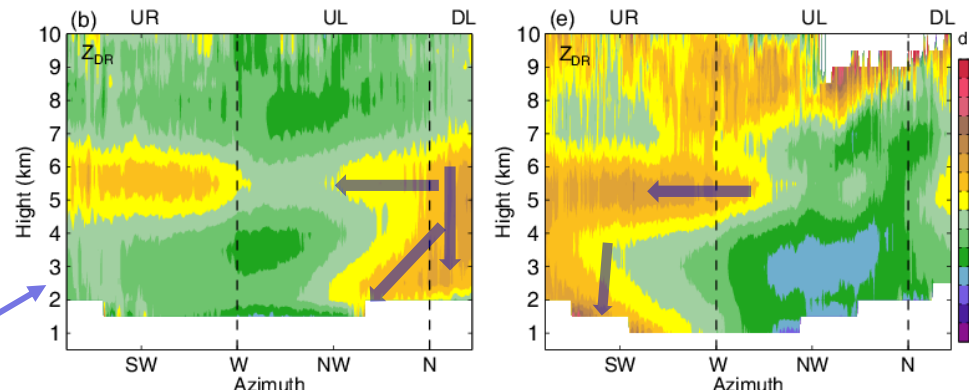
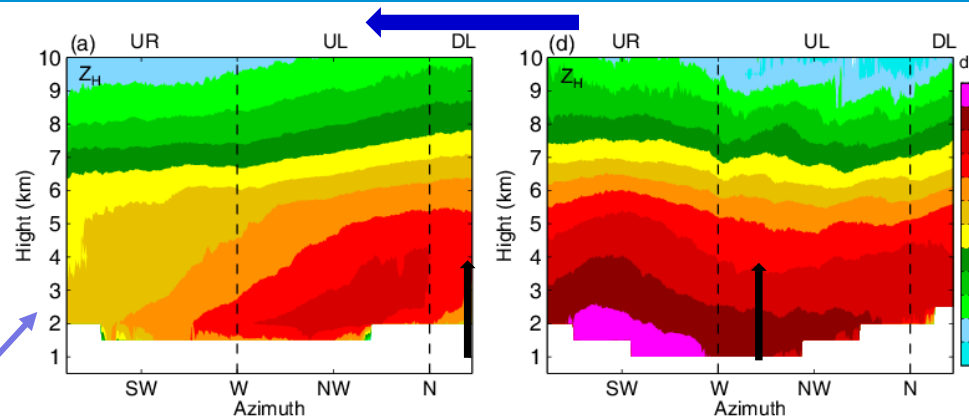
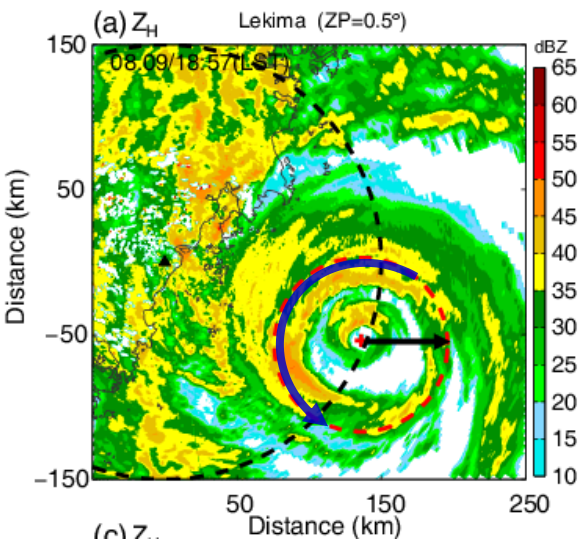
$K_{DP}$ 向下游传并增大



Size sorting特征未出现，  
dBZ随高度降低显著增加（  
暖雨过程明显）

由于外眼墙切向风更强，且  
上升运动更倾斜，导致Zdr  
column未出现，而是直接  
中层就开始向下游传并掉  
落，同时与低层暖雨过程  
相结合。

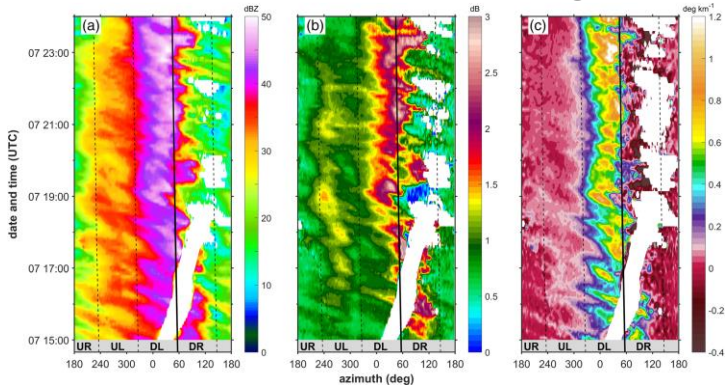
$K_{DP}$ 增大与暖雨过程匹配





# 3. 分析结果

## Typical size sorting



Laurenci&Didlake等 2020

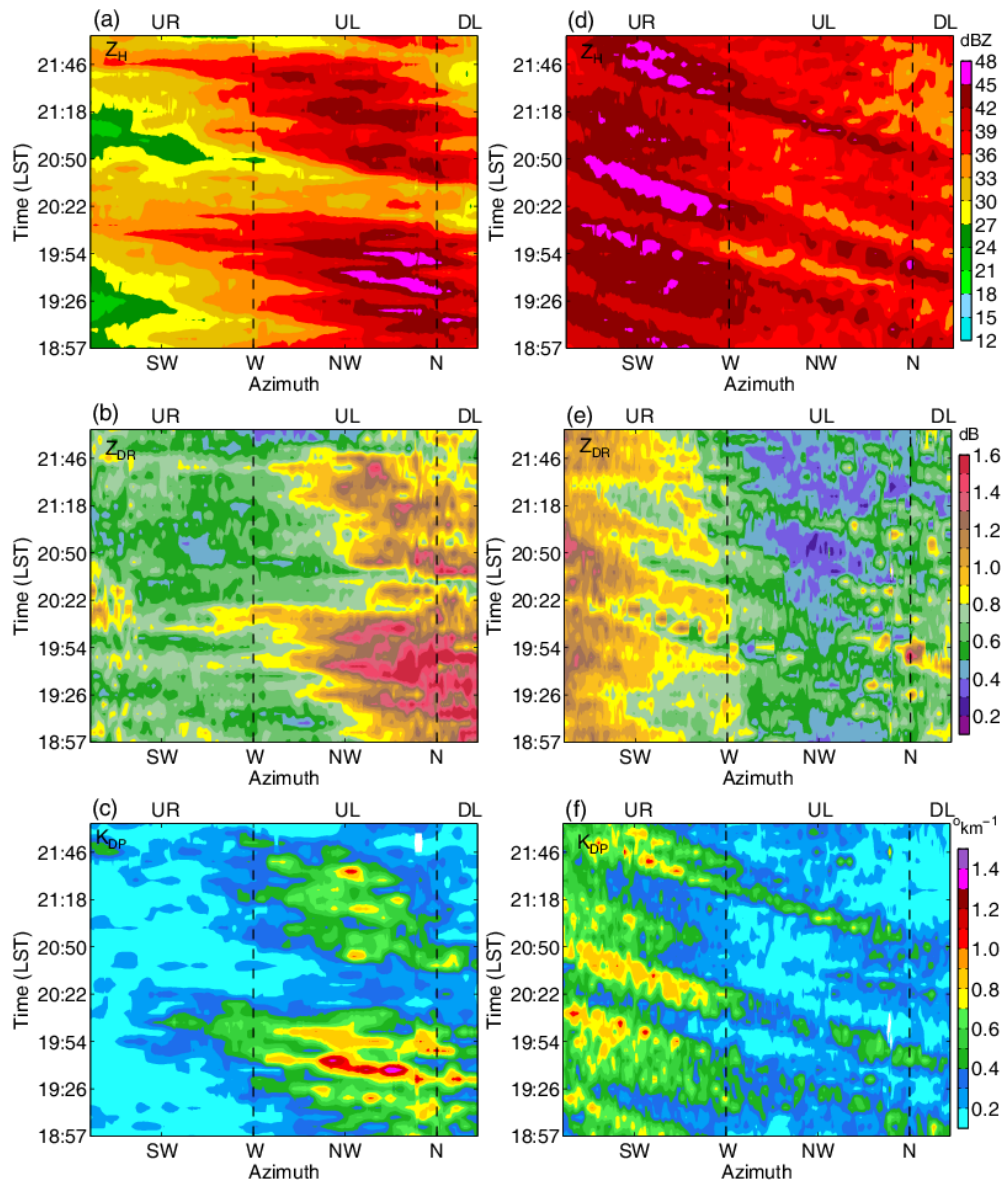
**dBZ和KDP高值区位于  
Zdr高值区下游**

**大粒子形成机制差异:**

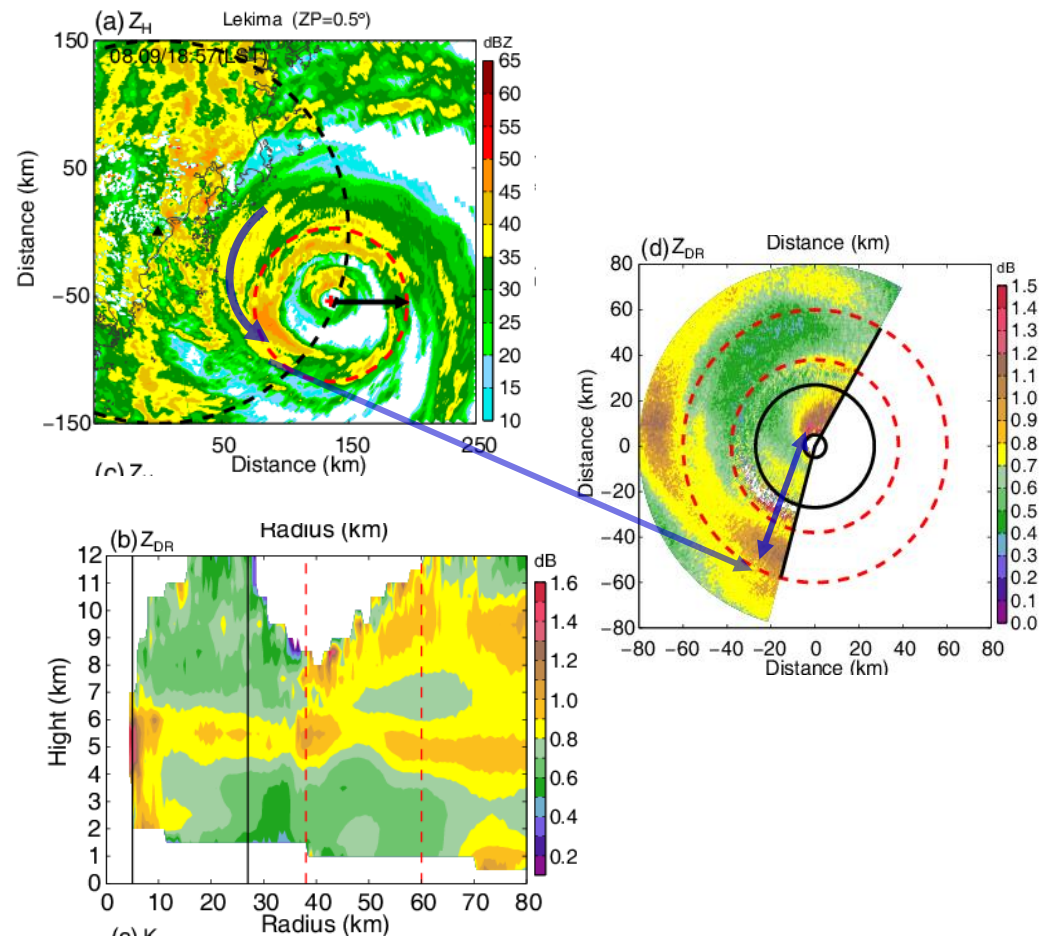
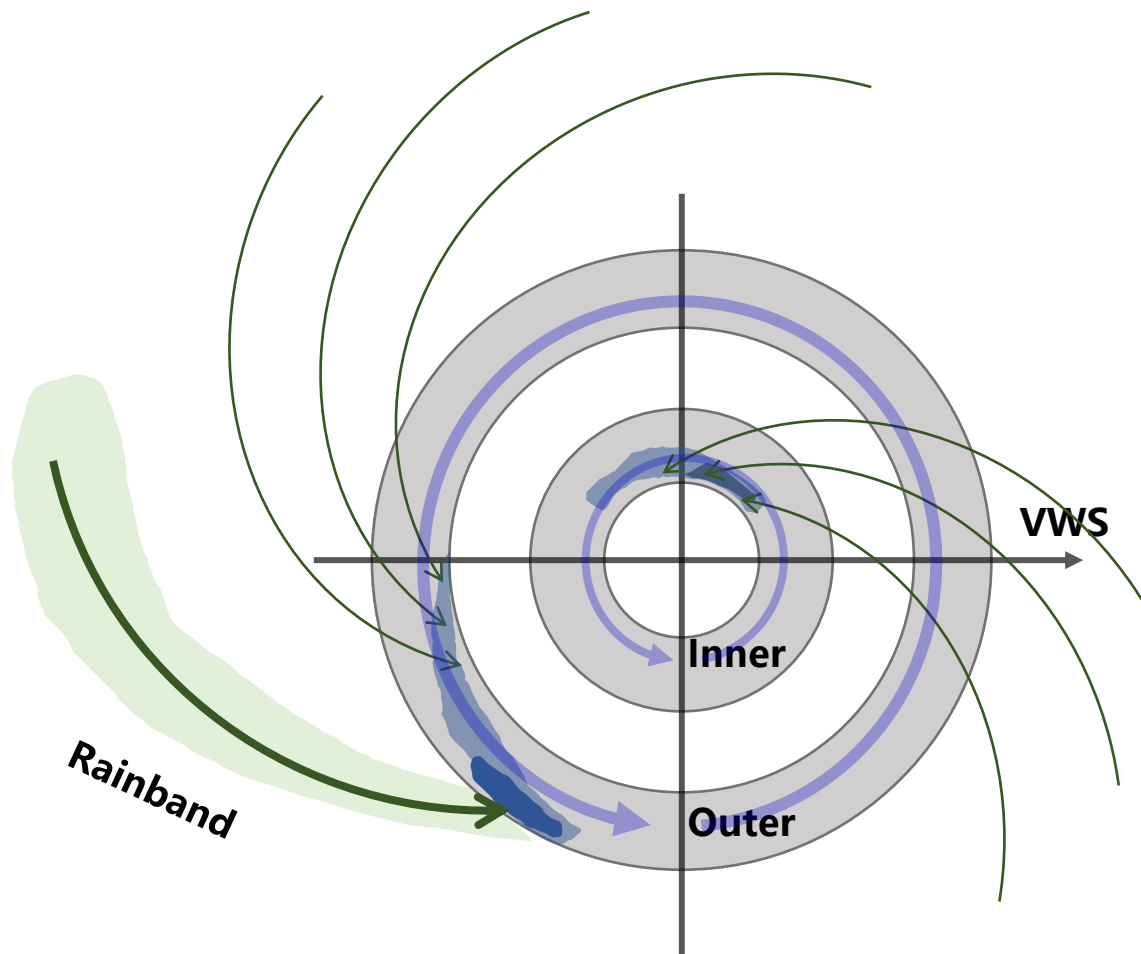
**内眼墙由冰相过程主导**

**外眼墙由暖云过程主导**

因此, 若如地面观测所示模式模拟的 $D_m$ 偏大, 那么, 就需要搞清楚修改冰相还是暖云? 这是两个截然不同的改进方向



**相反:  
Zdr高值区位于dBZ和  
KDP高值区下游**





## 主要结论

本研究利用温州市气象局的双偏振多普勒雷达观测，揭示了“利奇马”台风（2019）双眼墙的降水微物理特征差异，并讨论了造成内外眼墙降水微物理差异的可能原因。

1. 受垂直风切、海陆等因素影响，内眼墙对流主要集中在风切左侧（**Left-of-shear quadrants**）；而外眼墙对流更靠下游，集中在逆风切区（**Upshear quadrants**）。
2. 内眼墙：在紧挨眼壁内侧存在差分反射率大值柱（**Zdr column**），高度可向上延伸至 7 km，代表由（融化层以上）冰相过程产生的大冰粒子可直接融化成为大雨滴，最终掉落至地面；沿台风气旋性或逆时针环流方向（**Cyclonical direction**）呈现经典粒子分筛特征（**Typical size sorting**），即**Zdr**大值区位于水平反射率**Zh**和差分相移率**Kdp**大值区的上游（**Upwind**），代表大粒子因质量大，下落速度快而可直接掉落至地面，而小粒子会被台风气旋性气流裹挟并飘向下游，粒子越小飘的越远。
3. 外眼墙：大值的**Zdr**基本都在融化层以上，且主要分布在外眼墙的上边缘，没有形成 **Zdr column**；虽然没有**Zdr column**，但在融化层以下，**Zdr**、**Zh**和**Kdp**都随着高度的降低而快速增加，意味着暖云微物理增长过程显著；沿台风气旋性环流方向，**Zdr**大值区与**Zh**、**Kdp**大值区并没有明显的位相偏差，甚至**Zdr**最大值区略微处在**Zh**、**Kdp**大值区的下游（**Downwind**），即没有出现粒子分筛特征，这表示外眼墙对流中的大粒子主要是通过暖云的碰并增长过程产生，而不是直接由大的冰粒子融化形成。



# 谢谢！ 敬请批评指正！

1. Bao, X., Zhang, S., & Liang, Y. (2022). Microphysical differences in the concentric eyewalls of Typhoon Lekima (2019). *Geophysical Research Letters*, 49, e2022GL100579. <https://doi.org/10.1029/2022GL100579>
2. Lin L., H. Yuan, X. Bao, W. Chen, S. Zhang and F. Xu, 2022, Evaluation of the raindrop size distribution representation of microphysics schemes in typhoon lekima using disdrometer network observations, *Atmospheric Research*, 278, 106346,ISSN 0169-8095, <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2022.106346>.
3. Bao, X., Wu, L., Zhang, S., Yuan, H., & Wang, H. (2020). A Comparison of Convective Raindrop Size Distributions in the Eyewall and Spiral Rainbands of Typhoon Lekima (2019). *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL090729. <https://doi.org/10.1029/2020GL090729>