静止卫星云图与极轨卫星测雨雷达结合 分析中尺度暴雨结构变化

傅云飞

中国科学技术大学

Zhang AQ and Fu YF, 2018: Life Cycle Effects on the Vertical Structure of Precipitation in East China Measured by Himawari-8 and GPM DPR, Mon. Wea. Rew., 146, 2183-2199

fyf@ustc.edu.cn

2020-5

✓ 极轨卫星与静止卫星观测特点
 ✓ 葵花-8光谱仪与GPM测雨雷达

静止卫星仪器探测特点:时间分辨率高、光谱探测
极轨卫星仪器探测特点:瞬时、多仪器、范围有限



静止卫星观测空间范围大



静止卫星观测时间分辨率高





■ 追踪天气过程演变■ 临近危险天气监测

葵花-8静止卫星



Himawari-8 静止气象卫星示意图

- 2015年7月运行
- 140.7E赤道上空
- 16个通道(0.47~13.3µm)
- 十分钟时间分辨率
- 空间分辨率: 0.5km、1km、2km

通道号	波长(um)	分辨率 (km)	存储信息		
3	0.64	0.5	反射率		
1;2;4	0.46; 0.51; 0.86	1	反射率		
5;6	1.6; 2.3	2	反射率		
7-16	3.9; 6.2; 7.0; 7.3; 8.6; 9.6; 10.4; 11.2; 12.3; 13.3	2	亮温		

利用葵花-8光谱热红外亮温的空间变化了解系统发展



2016年6月30日葵花8的10.4µm通道亮温变化

- 云团顶部低亮温
- 呈反气旋运动
- 中心东北向移动
- 移动中减弱但冷区
 面积增大
- 新的冷中心生产

125E

利用反演的LWP空间变化了解系统发展



- 云团云水分布不均
- 东移过程云水增多
- 出现带状或块状高
 云水小尺度系统



利用可见光近红外反演的lwp分布随时间变化

极轨卫星轨道高度低、搭载仪器多



- 大气参数(气溶胶、云、降水、温湿等)
- 地表参数(洋面和陆面的温度、风速、植被、冰雪、水色等)

极轨卫星瞬时观测





PR探测的1998.7.20武汉中尺度暴雨





利用PR和VIRS联合探测强对流系统的结构



GPM卫星



DPR双频测量降水示意及性能



(Miura et al. 2013)

■ KaPR探测弱降雨和降雪■ KuPR探测强降雨

- 垂直降水结构示意图
- KuPR和KaPR探测的雷

达反射率随高度的差异

GPM DPR数据





■ 最小回波阈值 KaHS 10.2 dBZ KaMS 16.7 dBZ KuNS 14.5 dBZ

- ■研究区域:中国东部(20-40N, 105-125E)
- ■研究时间: 2016年夏季风期 (5-8月)
- ■中尺度雨团:基于连续的 DPR_NS降水像素进行了识别, 同一雨团所处降水阶段相同

☆ 双频雷达反演的雨滴粒子谱(DSD)

GPM DPR的模型:

N(D) =
$$N_0 \exp\left(-\frac{3.67}{D_0}D\right)$$
 $D_0 = \frac{3.67 + \mu}{\Lambda}$

- D:有效粒子半径
- N(D):单位体积的粒子数量(粒子谱)
- N₀、Λ和μ分别是浓度、斜率和形状参数(即扁的还是圆的)
- ◆ 给定DSD,可反演计算雷达反射率因子Z、降水率R、液态柱水 含量、雨滴总浓度等(Wen et al., 2016)
- ◆ 双频反射率因子差(Dual-Frequency Difference,简称DFD)和 双频比(Dual-frequency Ratio,简称Z_{DR})

$$DFD = Z_{Ku} - Z_{Ka}$$
 $Z_{DR} = 10\log_{10}\left(\frac{Z_{Ku}}{Z_{Ka}}\right)$



四个降水个例的地表降水强度分布

张奡祺,傅云飞. 2018. 大气科学,42(1)



KaHS的降水强度小于 Ku的降水强度,探测 到较多的弱降水。

KaMS波段对10mm/h 以上降水不敏感,且 对极弱降水也不敏感。

Ku单频反演产品中的 强降水明显多。

DPR降水产品与Ku类 似,但比Ku探测的降 水小



KaHS回波顶最高

KaMS回波顶最低

✓ 中尺度系统发展阶段的研究

Contributions of Cumulus Cloud Life-Cycle Effects to the Large-Scale Heat and Moisture Budget Equations

Han-Ru Cho

Department of Physics, University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada (Manuscript received 23 March 1976, in revised form 17 September 1976)

1977: 积云生命期对大尺度热能和水汽输送的影响(理论研究)

Life Cycle of Numerically Simulated Shallow Cumulus Clouds. Part II: Mixing Dynamics

MING ZHAO* AND PHILIP H. AUSTIN

Atmospheric Science Programme, Department of Earth and Ocean Sciences, University of British Columbia, Vancouver, British Columbia, Canada

(Manuscript received 2 June 2003, in final form 1 September 2004)

2005: 浅薄积云生命期的云热动力结构和内能及其与环境大气的混合动力学(数值模拟研究)

云生命史过程云的变化特征

Q. J. R. Meteorol. Soc. (2001), 127, pp. 377-406

Life cycle of Sahelian mesoscale convective cloud systems

By VINCENT MATHON* and HENRI LAURENT Institut de Recherche pour le Développement, France

(Received 11 October 1999; revised 18 July 2000)

- 8年夏季Sahelian地区MCSs
- MeteoSat 0.5hR 5kmR





中尺度对流系统平均半径和经向速度(Mathon and Laurent, 2001)

云生命史过程降水的变化特征



- The MeghaTropiques mission
- TRMM, TMI
- IR, six geostationary satellites: MTSAT-1, GOES-10/11/12, MSG-2 and METEOSAT-7,

Composite life cycle of tropical mesoscale convective systems from geostationary and low Earth orbit satellite observations: method and sampling considerations

Thomas Fiolleau^a and Rémy Roca^b* ^aLaboratoire de Météorologie Dynamique, IPSL/CNRS, Paris, France ^bLaboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales, Toulouse, France

*Correspondence to: R. Roca, LEGOS/OMP, 14 avenue Edouard Belin, 31014 Toulouse, France. E-mail: roca@legos.obs-mip.fr



2009年夏季陆面(实线)和洋面(虚线)

云生命史过程云的变化特征

On clocks and clouds

M. K. Witte¹, P. Y. Chuang¹, and G. Feingold²

¹Earth and Planetary Sciences, University of California Santa Cruz, Santa Cruz, CA, USA ²Earth System Research Laboratory, Chemical Sciences Division, NOAA, Boulder, CO, USA

Correspondence to: M. K. Witte (mkwitte@ucsc.edu)

Received: 17 July 2013 – Published in Atmos. Chem. Phys. Discuss.: 6 September 2013 Revised: 21 February 2014 – Accepted: 31 May 2014 – Published: 3 July 2014

- The Barbados Oceanographic and Meteorological Experiment (BOMEX)
- Rain In Cumulus over the Ocean (RICO)
- 0.3 1.00large eddy simulations Trade wind cumulus cloud 02 0.95 Normalized total water r_t^* volume-averaged total 0.1 0.9 water mixing ratio r. $\overline{\Delta \theta_V}$ (K) Dissipation 0.0 0.85 Cloud average r 0.80 0.2 Average r.* at z*=0.50 r, is a useful cloud clock Average r,* at z*=0.7 Cloud average $\Delta \theta$. for the 12 clouds studied 0.75 0.0 02 04 06 0.8 Normalized cloud age t/τ

中尺度对流系统标准化的水汽混合比特征

云生命史

IEEE TRANSACTIONS ON GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING

An Algorithm for the Detection and Tracking of Tropical Mesoscale Convective Systems Using Infrared Images From Geostationary Satellite

a single threshold of 235



卫星红外信号给出的MCS发展阶段(Fiolleau and Roca, 2013)

✓ 中国东部暴雨系统演变过程的垂直结构特点

云图识别降水阶段+雷达给出降水结构

Life Cycle Effects on the Vertical Structure of Precipitation in East China Measured by *Himawari-8* and GPM DPR

AOQI ZHANG AND YUNFEI FU

School of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei, China

(Manuscript received 8 March 2018, in final form 10 May 2018)

Mon. Wea. Rev., 2018, 146:2183-2199

云生命阶段定义:

- 查看每个降水雨团(>100个像素)
- 根据Hi-8前后4h的亮温变化

0 0.4 0.8 1.5 3

 人工识别降水阶段(发展/成熟/ 消散)



5

10 20(mm/



GPM DPR探测的2016年6月13日降水(系统初期)



◆ 各阶段无明显的地理位置分布差异

中尺度系统各阶段雨团物理参数和几何的统计特点

	De	eveloping stage	Mature stage	Dissipating stage
Number of precipitating systems	雨团数量	80	106	94
Area of precipitating system (km ²)	雨团面积	12 188.4	17 987.3	21 057.9
Near-surface rain rate $(mm h^{-1})$	平均隆水率	3.23	4.16	2.85
Proportion of stratiform precipitation (%)	1 - 31 + 24 - 1	70.95	72.23	82.86
Near-surface rain rate of stratiform precipitation $(mm h^{-1})$		1.9	2.24	1.95
Proportion of convective precipitation (%)	对流比例	26.2	21.46	14.45
Near-surface rain rate of convective precipitation $(mm h^{-1})$		7.15	11.72	8.46



DPR近地表降水强度、降水剖面、CFAD









总地表降水率(a)、层云类型地表降水率(b)、对流类型地表降水率(c)的PDF

- > 成熟阶段降水率最大,发展阶段其次,消散阶段最小
- 对流降水率的PDF分布呈现双峰,分别出现在1 mm/h 和10 mm/h附近,指示 着浅薄对流和深厚对流



雷达回波的CFAD(Ku回波)

▶ 回波顶高度: 成熟>发展>消散

- > 层云降水的CFAD在5km高度附 近有明显亮带,对流降水CFAD 则没有
- > 对流降水双CFAD中心,分别出现在18dBZ和38dBZ附近,分别指示着浅薄对流与深厚对流



平均降水率廓线

▶ 成熟阶段的降水率最大,发展阶段其次,消散阶段最小
 ▶ 相对于发展阶段,消散阶段的降水更集中于0℃层以下



- 发展阶段:浓度低、 粒子大(尤其是在0 度层以上)
- 成熟阶段:粒子浓度 最大,0度层以下粒 子半径最大
- 消散阶段:降水粒子 浓度大,但粒子小;

总降水、对流降水、层云降水的平均DSD廓线



- ✓ 成熟期的IWP和
 LWP最大
- ✓ 対流云的LWP存在
 双峰=> 浅薄和强
 対流
- ✓ 发展期与消散期 相差不大

总降水、层云降水、对流降水的LWP和IWP概率密度分布

三个阶段降水云的概念模型



成熟阶段:降水回波顶最高;降水率最大;降水粒子半径大、数密度最高
 消散阶段:回波顶最低;对流比例最小;雨团面积最大;降水粒子半径最小、数密度低

内容回顾

- 一、极轨卫星与静止卫星观测优劣
- 二、葵花-8光谱仪与GPM测雨雷达
- 三、中尺度系统发展阶段
- 四、研究结果
- 五、结论

中国在轨的8颗风云气象卫星 静止卫星5颗、极轨卫星3颗



多谢聆听

敬请批评指正