



中国气象局



风云三号降水卫星在轨表现 和科学应用初探

张鹏, 谷松岩, 陈林, 商建, 林曼筠, 朱爱军, 武胜利, 尹红刚,
任素玲等

国家卫星气象中心



国家卫星气象中心
(空间天气监测预警中心)

2023.08, 宁夏银川

第五届全国中尺度气象论坛

目录

风云三号

降水星

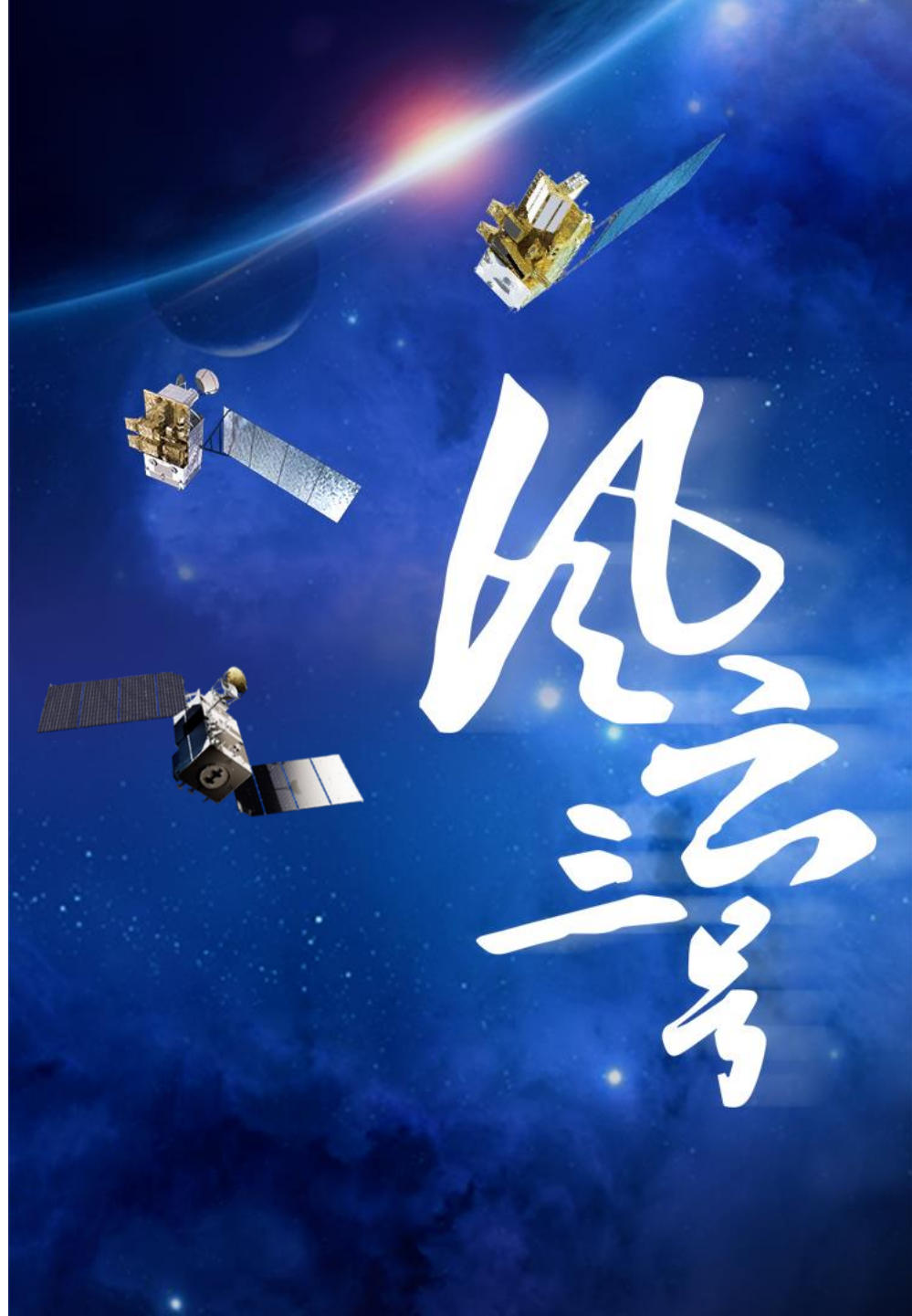
FY-3

CONTENTS

- 01 风云三号系列气象卫星概况
- 02 风云三号降水星研制历程
- 03 风云三号降水星载荷配置及在轨表现
- 04 风云三号降水星科学应用初探

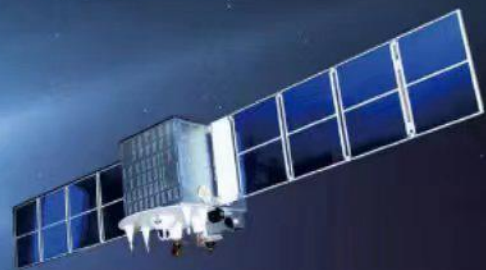
PART 01

风云三号系列气象卫星概况



风云图谱

自从1988年开始，已成功发射
2代4型21颗风云气象卫星
目前在轨运行9颗



第一代极轨气象卫星
风云一号系列



风云一号A星
1988.09.07发射



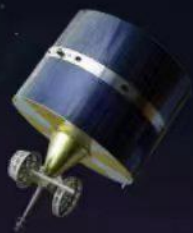
风云一号B星
1990.09.03发射



风云一号C星
1999.05.10发射



风云一号D星
2002.05.15发射



第一代静止气象卫星
风云二号系列



风云二号A星
1997.06.10发射



风云二号B星
2000.06.25发射



风云二号C星
2004.10.19发射



风云二号D星
2006.12.08发射



风云二号E星
2008.12.13发射



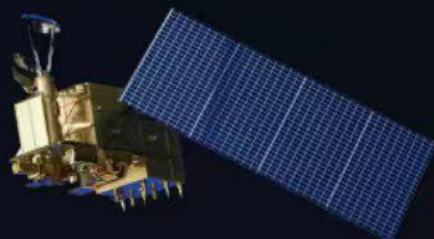
风云二号F星
2012.01.13发射



风云二号G星
2014.12.13发射



风云二号H星
2018.06.05发射



第二代极轨气象卫星
风云三号系列



风云三号A星
2008.05.27发射



风云三号B星
2010.11.05发射



风云三号C星
2013.09.23发射



风云三号D星
2017.11.15发射



风云三号E星
2021.07.05发射



风云三号F星
2023.08.03发射



风云三号G星
2023.04.16发射



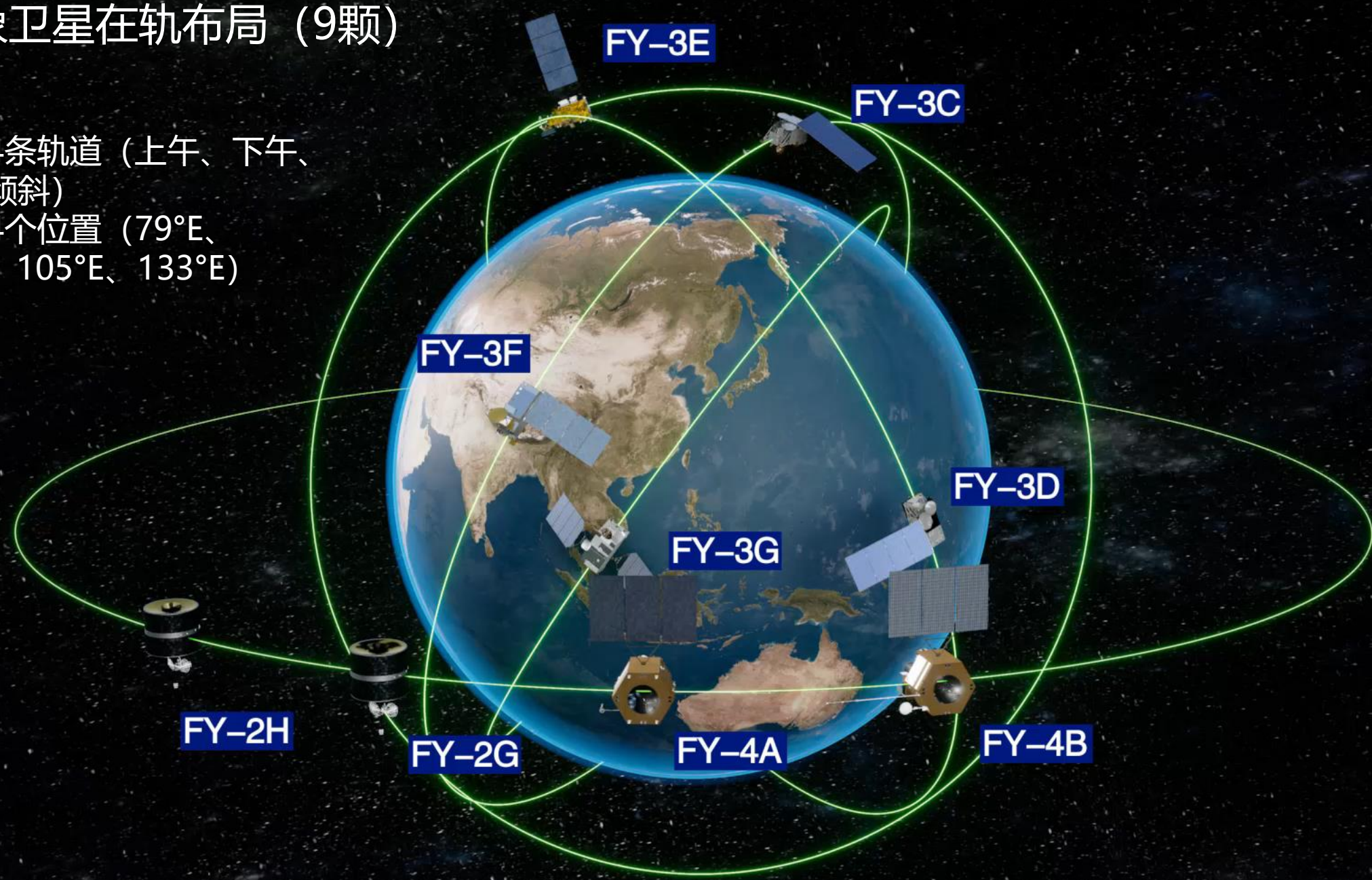
风云四号A星
2016.12.11发射



风云四号B星
2021.06.03发射

风云气象卫星在轨布局 (9颗)

极轨: 4条轨道 (上午、下午、晨昏、倾斜)
静止: 4个位置 (79°E、99.5°E、105°E、133°E)

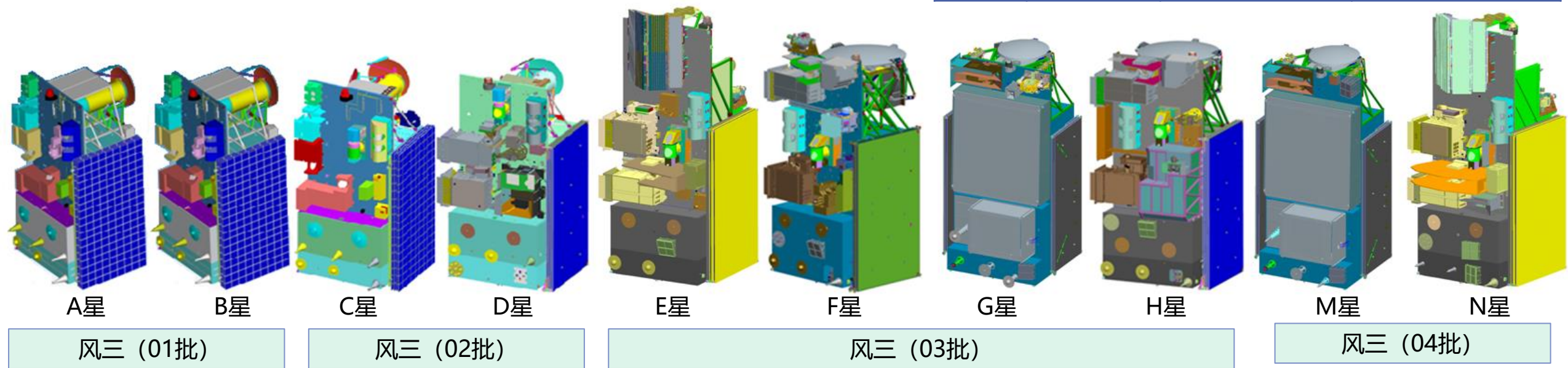


风云三号是实现全球、全天候、高光谱、三维、定量遥感的我国第二代低轨气象卫星系列



- 风三 (01批) 卫星FY-3A/3B :
上午/下午试验星座, 实现了极轨气象卫星的**跨代发展**。
- 风三 (02批) 卫星FY-3C/3D :
上午/下午业务星座, 全面提升了仪器探测性能, **实现中、美、欧三足鼎立**。
- 风三 (03批) 卫星FY-3 (05、06、07、08) (黎明星, 上午星, 降水星, 下午星):
黎明/上午/下午/降水业务星座, **新增全球首颗晨昏轨道黎明星和我国首颗低倾角轨道降水星, 填补观测空白**。
- 风三 (04批) 卫星FY-3 (09、10) :
黎明/降水业务星, **业务接续、兼顾下一代气象卫星技术验证**。

卫星	发射日期	运行状态	在轨寿命
FY-3A	2008.5.27	2018年3月退役	>10年
FY-3B	2010.11.5	2021年12月退役	>10年
FY-3C	2013.9.23	超期服役	10年
FY-3D	2017.11.15	超期服役	5年
FY-3E	2021.7.5	业务运行	22个月
FY-3G	2023.4.16	在轨测试	1个月



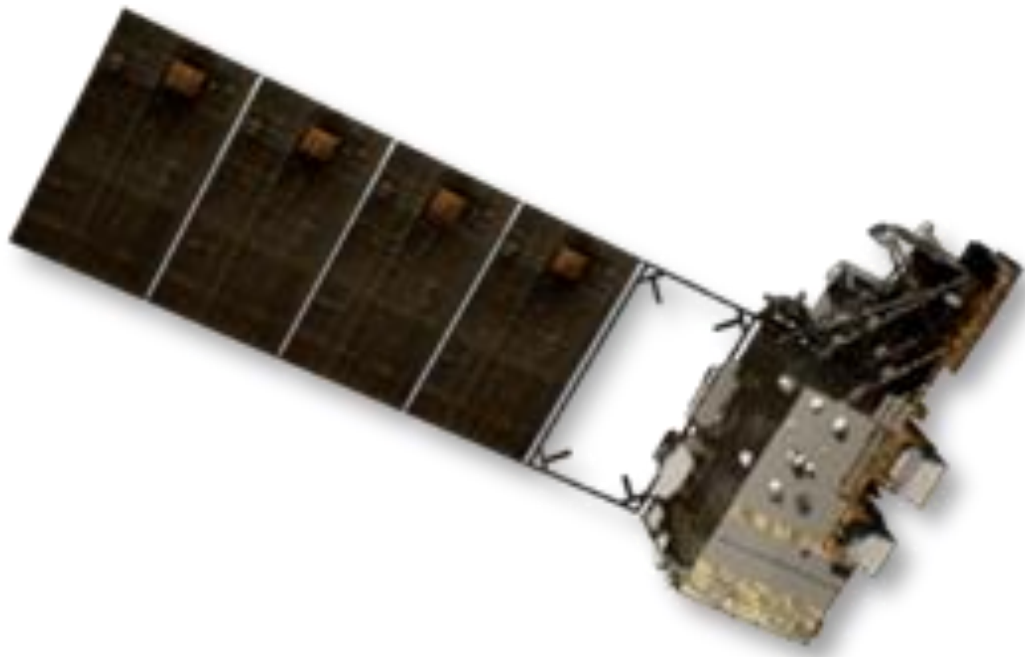
风云三号载荷总揽

- 遥感仪器动态配置 (96台)
- 性能指标不断提高

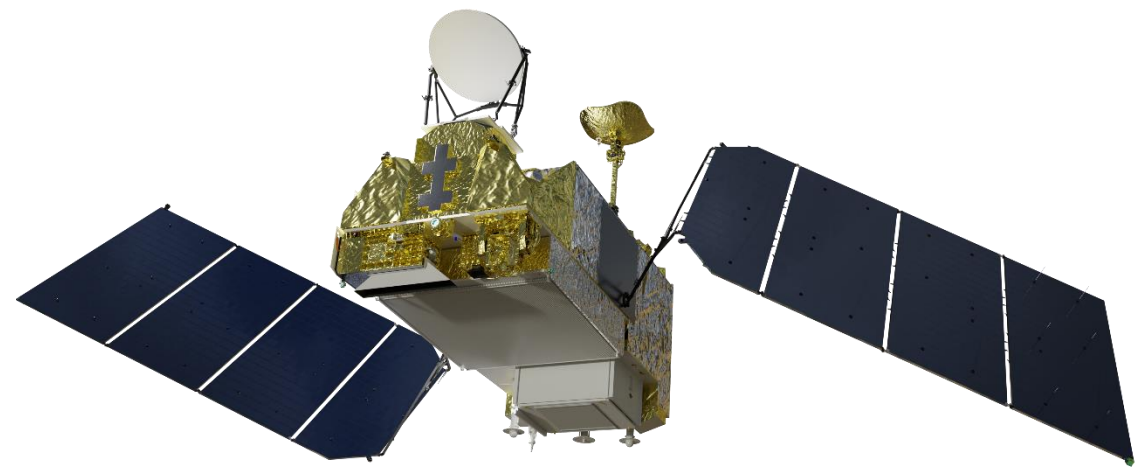
批次	卫星	轨道	发射时间	载荷配置
01批	FY-3A星 (01星)	上午轨道	2008.5.27	MERSI, VIRR, IRAS, MWTS, MWHS, MWRI, SBUS, TOU, ERM, SIM, SEM
	FY-3B星 (02星)	下午轨道	2010	MERSI, VIRR, IRAS, MWTS, MWHS, MWRI, SBUS, TOU, ERM, SIM, SEM
02批	FY-3C星 (03星)	上午轨道	2013	MERSI, VIRR, IRAS, MWTS-II, MWHS-II, MWRI, SBUS, TOU, ERM, SIM, SEM, GNOS
	FY-3D星 (04星)	下午轨道	2017	MERSI-II, HIRAS, MWTS-II, MWHS-II, MWRI, GAS, WAI, IPM, SEM, GNOS
03批	FY-3E星 (05星)	晨昏轨道	2021	MERSI-LL, HIRAS-II, MWTS-III, MWHS-II, WindRAD, X-EUV, Tri-IPM, SEM, SIM-II, SSIM, GNOS-R
	FY-3F星 (06星)	上午轨道	2023	MERSI-II, HIRAS-II, MWTS-III, MWHS-II, MWRI-II, OMS-Nadir, OMS-Limb, ERM-II, SIM-II, GNOS-R
	FY-3G星 (07星) 降水星	非太阳同步 倾斜轨道	2023	PMR, MWRI-RM, MERSI-RM, GNOS-R, PMAR, HAOC
	FY-3H星 (08星)	下午轨道	2024	MERSI-II, HIRAS-II, MWTS-III, MWHS-II, MWRI-II, GAS-II, WAI, IPM, GNOS-R
04批	FY-3M星 (09星)	非太阳同步 倾斜轨道	2027	PMR, MWRI-RM, MERSI-RM, GNOS-R, 中性大气密度探测仪
	FY-3N星 (10星)	晨昏轨道	2028	MERSI-LL, HIRAS-II, MWTS-III, MWHS-II, WindRAD, X-EUV, Tri-IPM, SEM, SIM-II, SSIM, GNOS-R

风云三号03批星座观测体系

风云三号降水星成功发射后，使我国成为**全球唯一**同时运行黎明、上午、下午、倾斜**四条**近地轨道气象卫星的国家，将进一步发挥低轨气象卫星完备观测网的整体优势，向世界贡献“**中国智慧**”和“**中国方案**”。



风三黎明星在轨飞行图

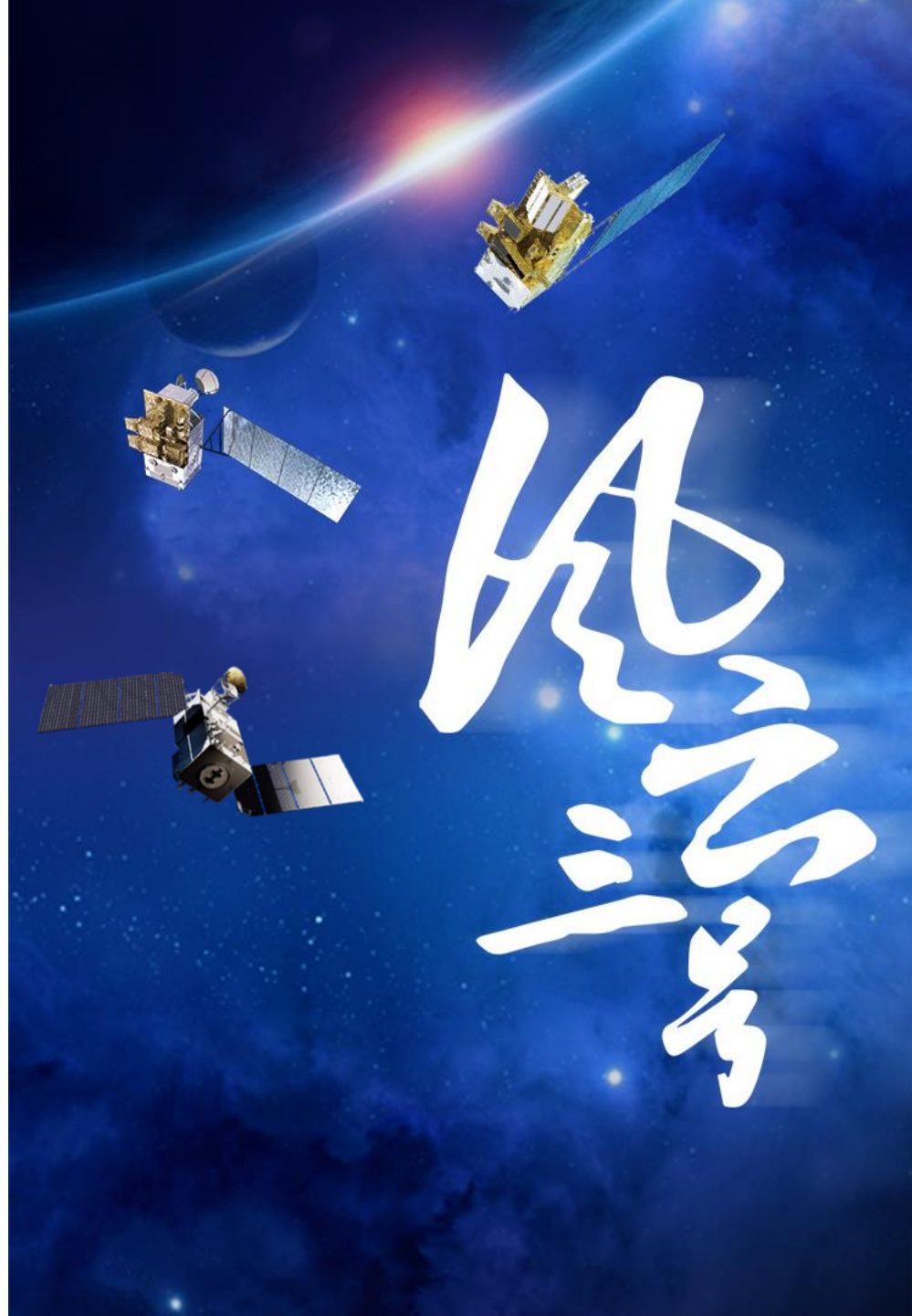


风三降水星在轨飞行图

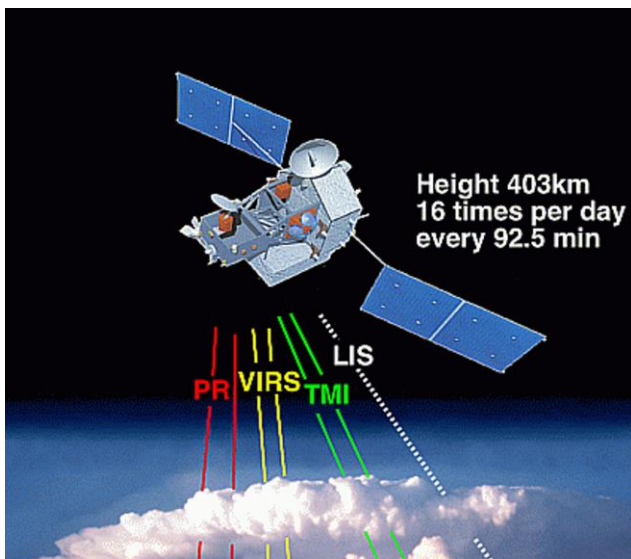
Zhang, P., et al., 2022: Adv. Atmos. Sci., <https://doi.org/10.1007/s00376-0211304-7>

PART 02

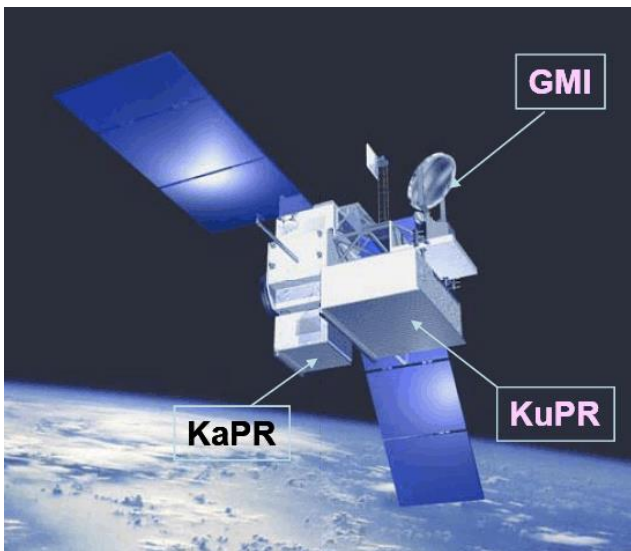
风云三号降水星研制历程



星载主动降水测量的历史

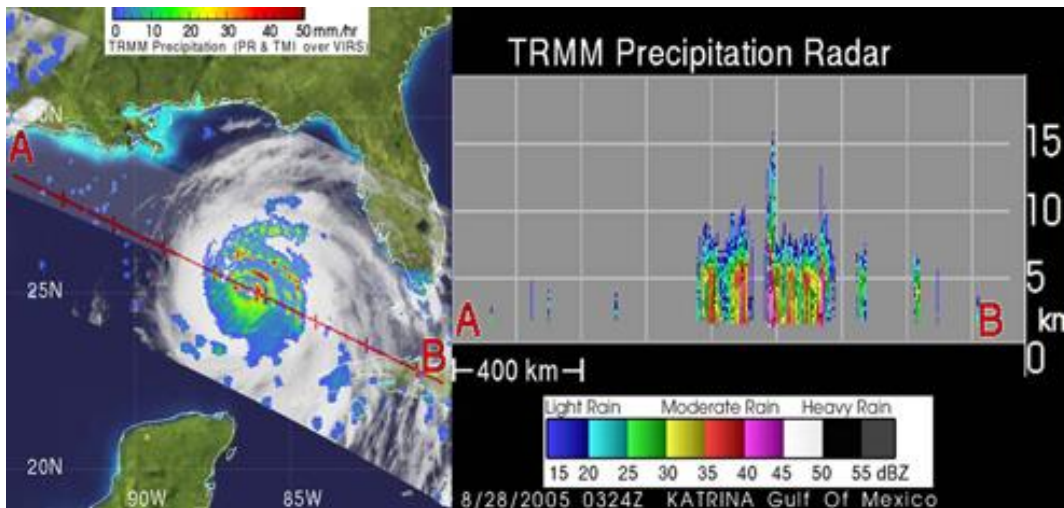


TRMM
1997-2015
设计寿命3年
实际工作超17年

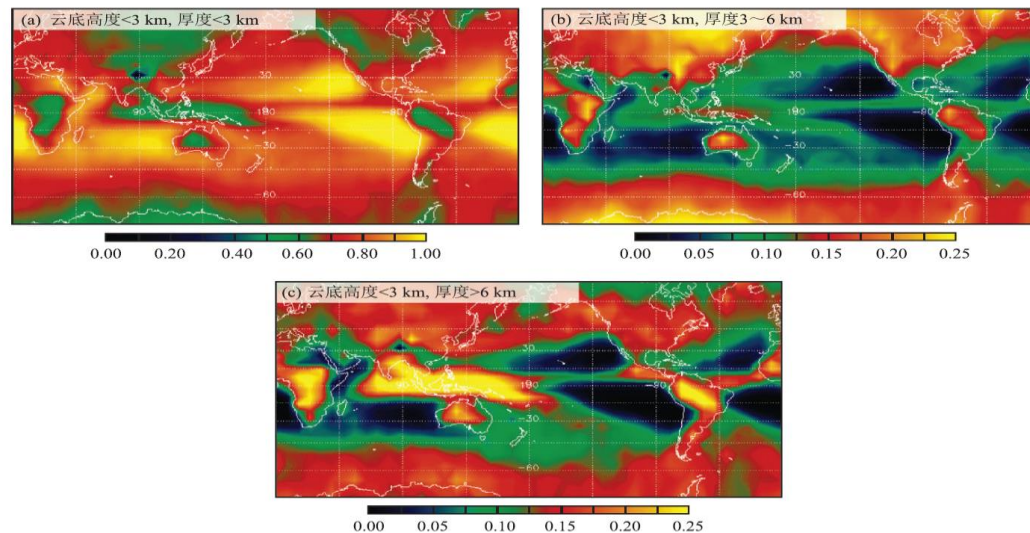


GPM
2013-

1. 极端天气事件的降水机理研究



2. 云与降水的气候特征研究



2006年



“十一五”民用航天中，降水星背景预研项目“星载降水测量Ka和Ku频段雷达”立项，**标志着降水星正式进入预研攻关阶段。**

2010年



背景型号预研项目：降水测量雷达工程样机，在江苏盐城开展了机载校飞试验，取得圆满成功，**标志着降水测量雷达原理走通，具备转入工程立项阶段的条件。**

2014年4月25日



“风云三号降水测量卫星使用要求”通过了中国气象局的正式评审。**标志着降水星的研制指标的确立。**

2018年11月29日



发改委正式批复风云三号（03）批可研。**标志着降水星正式转入工程研制阶段。**

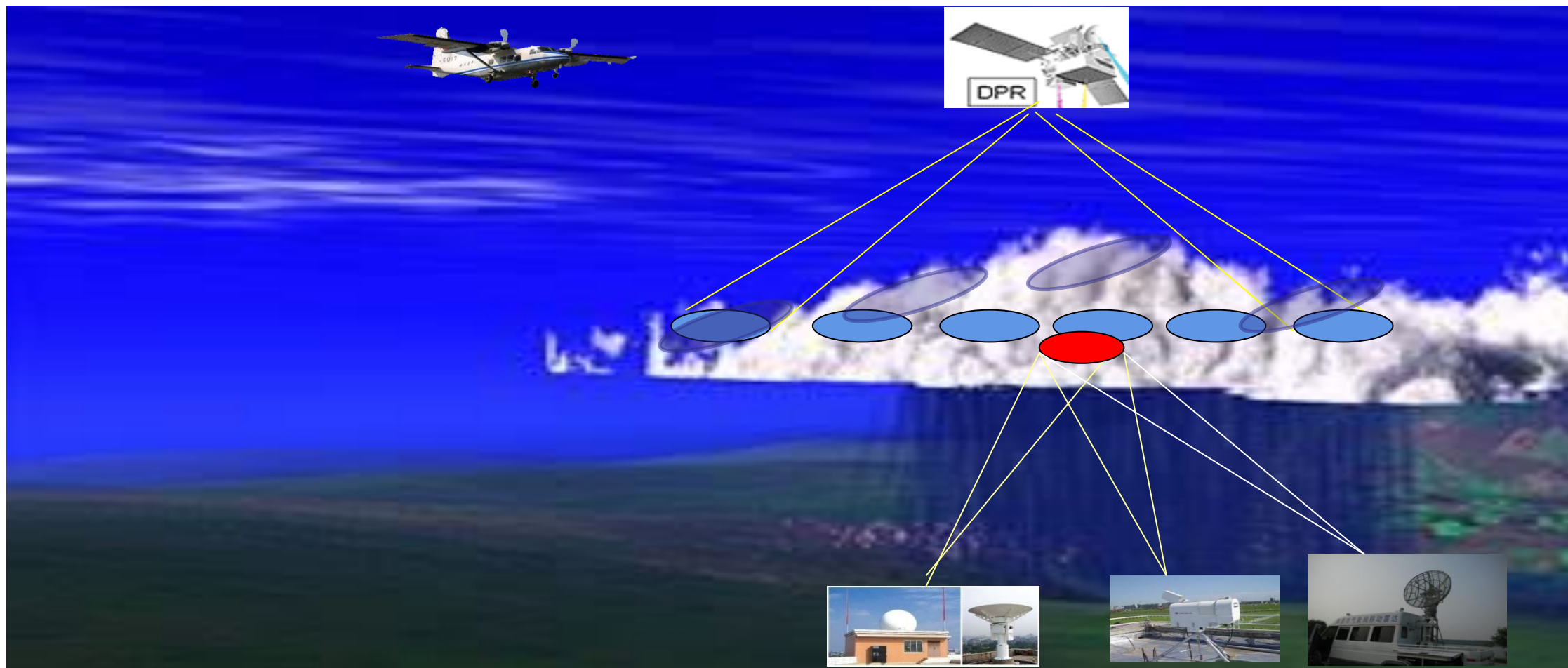
2022年11月



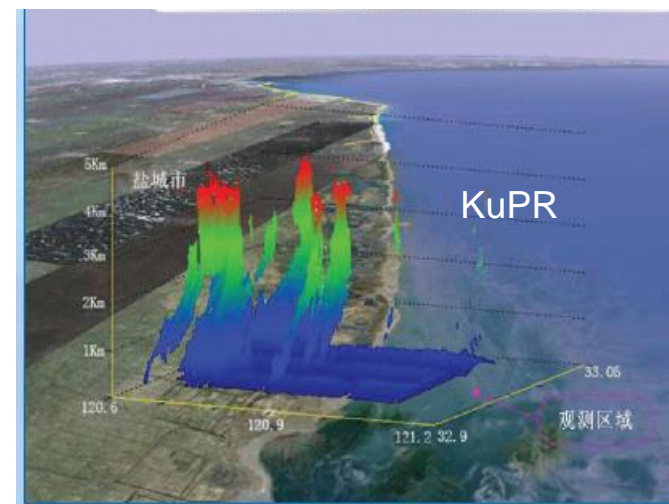
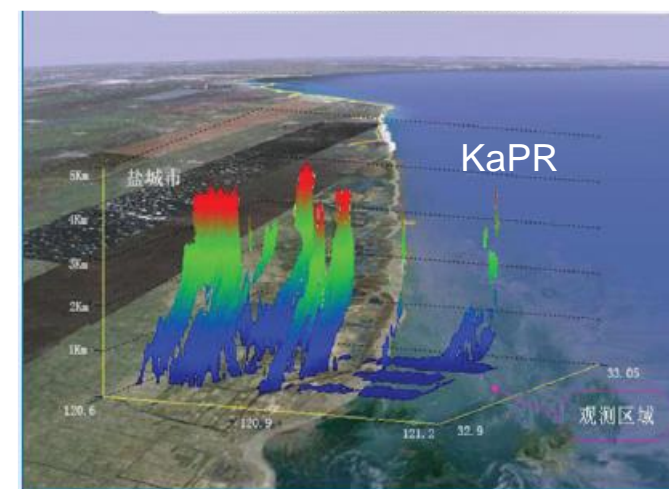
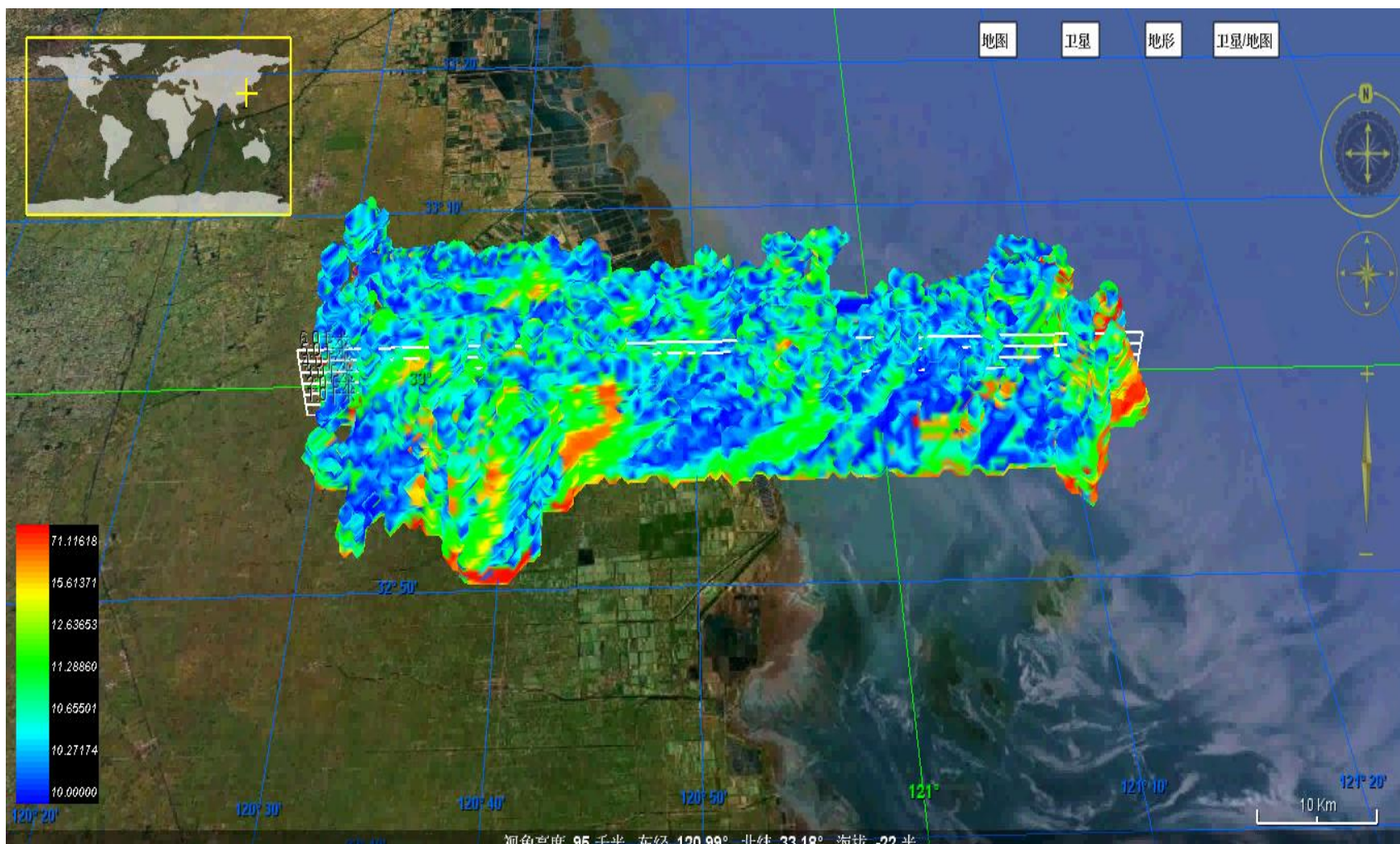
风三降水星卫星完成全部研制流程，卫星出厂。

机载验证试验

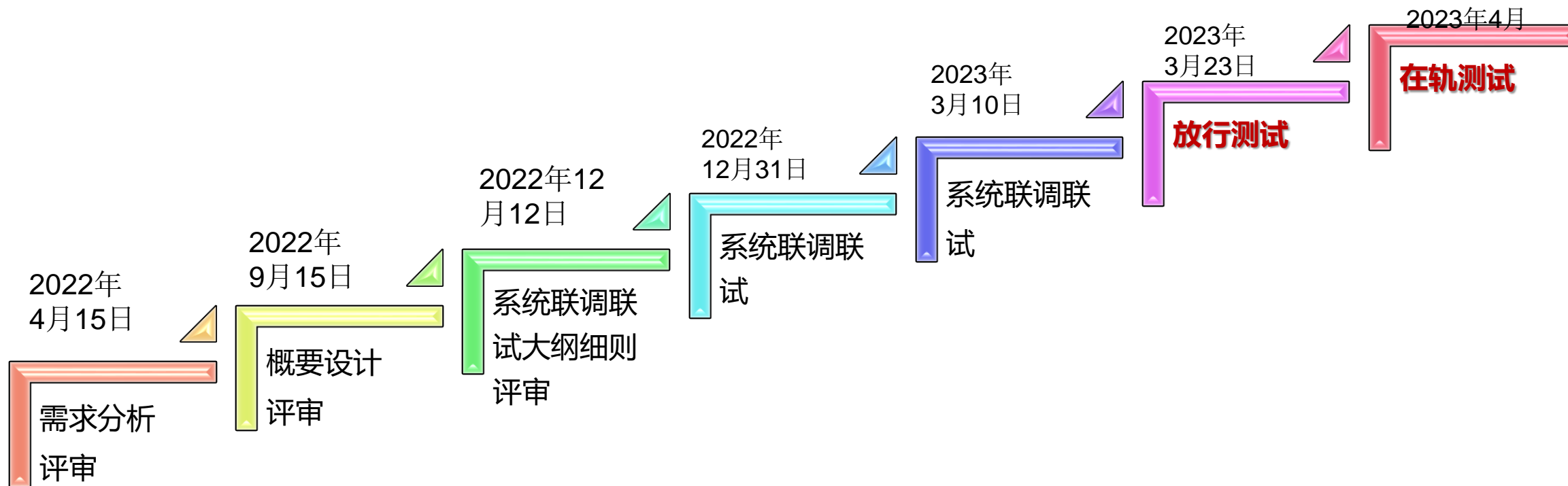
为验证降水雷达的探测有效性，2010年先后在天津、盐城开展了**两次**机载验证试验，验证了星载降水雷达的探测原理有效性，为后续转入型号工程立项阶段奠定了基础。



机载试验结果验证了降水雷达在陆面及海洋能够成功获取降水的三维结构

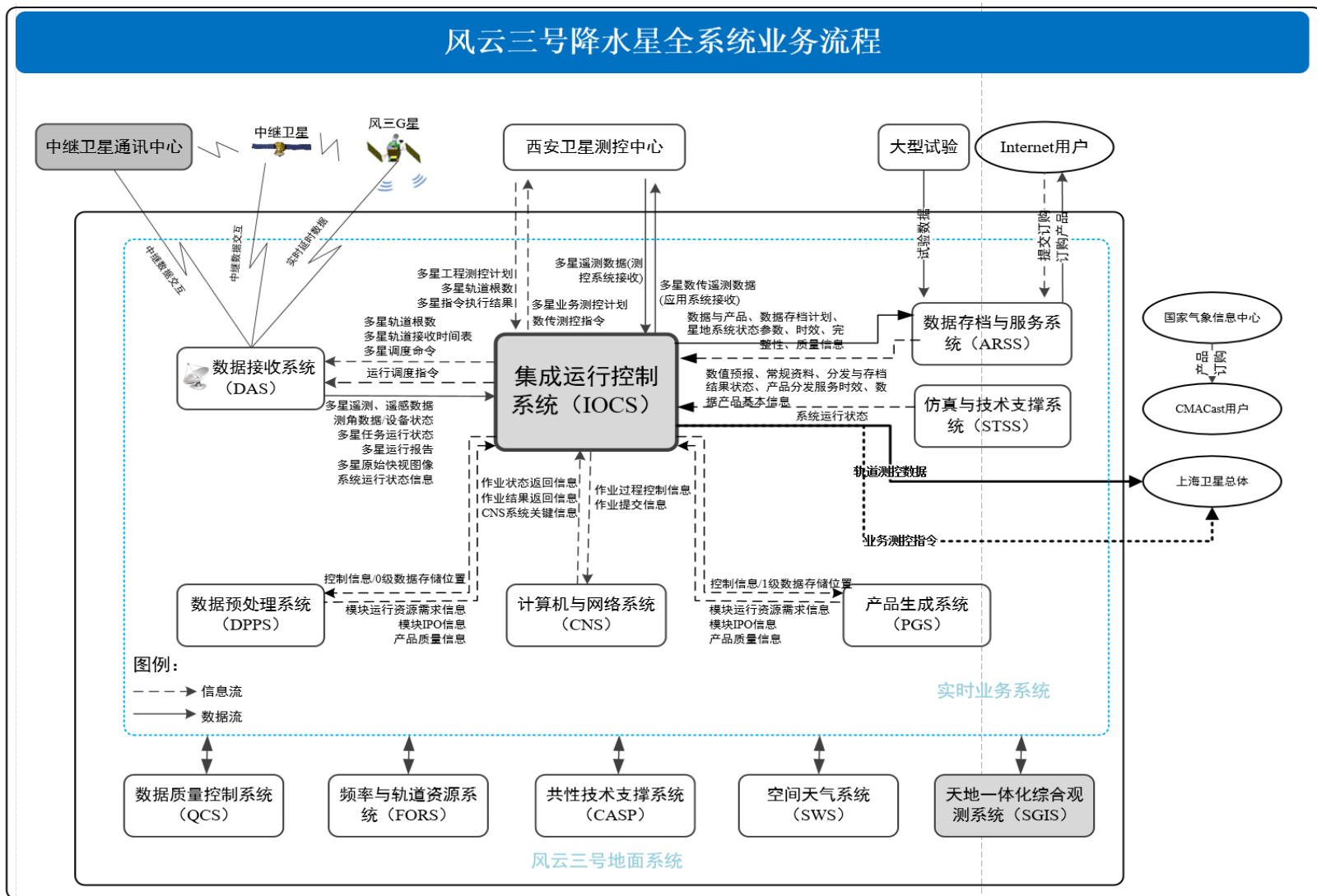
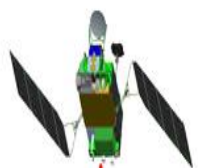


地面系统研制主要结点



地面系统特点

- 首次利用中继传输
- 复杂的卫星姿态控制
- 空天地一体的检验验证

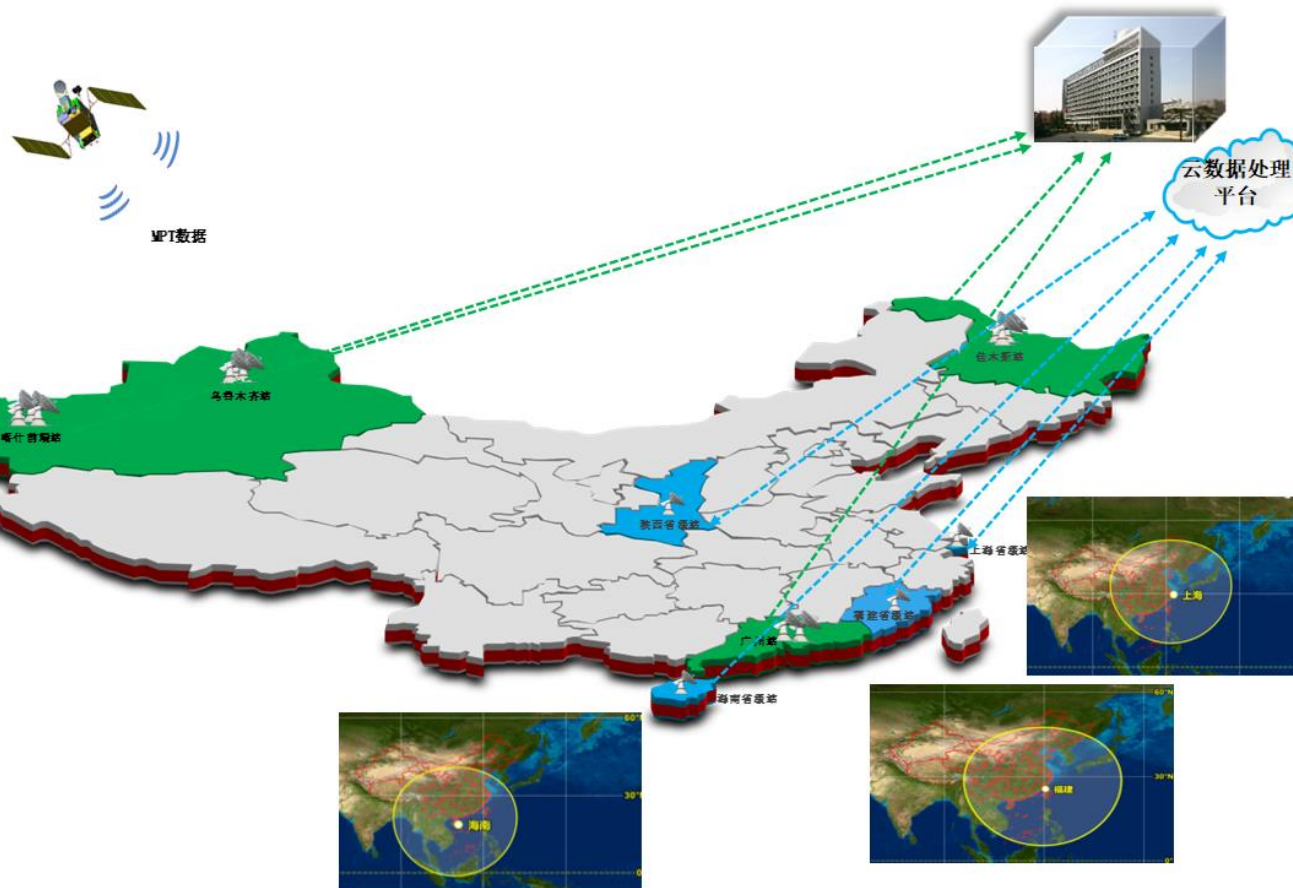


地面接收站网布局

利用省级直收站接收降水星数据，提高数据获取时效，形成4（国家级）+4（省级）的接收站网布局



对海南省临高站进行了验证测试，测试结果验证了省级直收站接收降水星数据的可行性



01 左旋信号接收功能测试正常,无干扰



02 解调器性能测试正常 (信号源)



03 进机软件落盘测试正常



04 FTP分发上云功能测试正常



05 G星轨道模拟测试正常

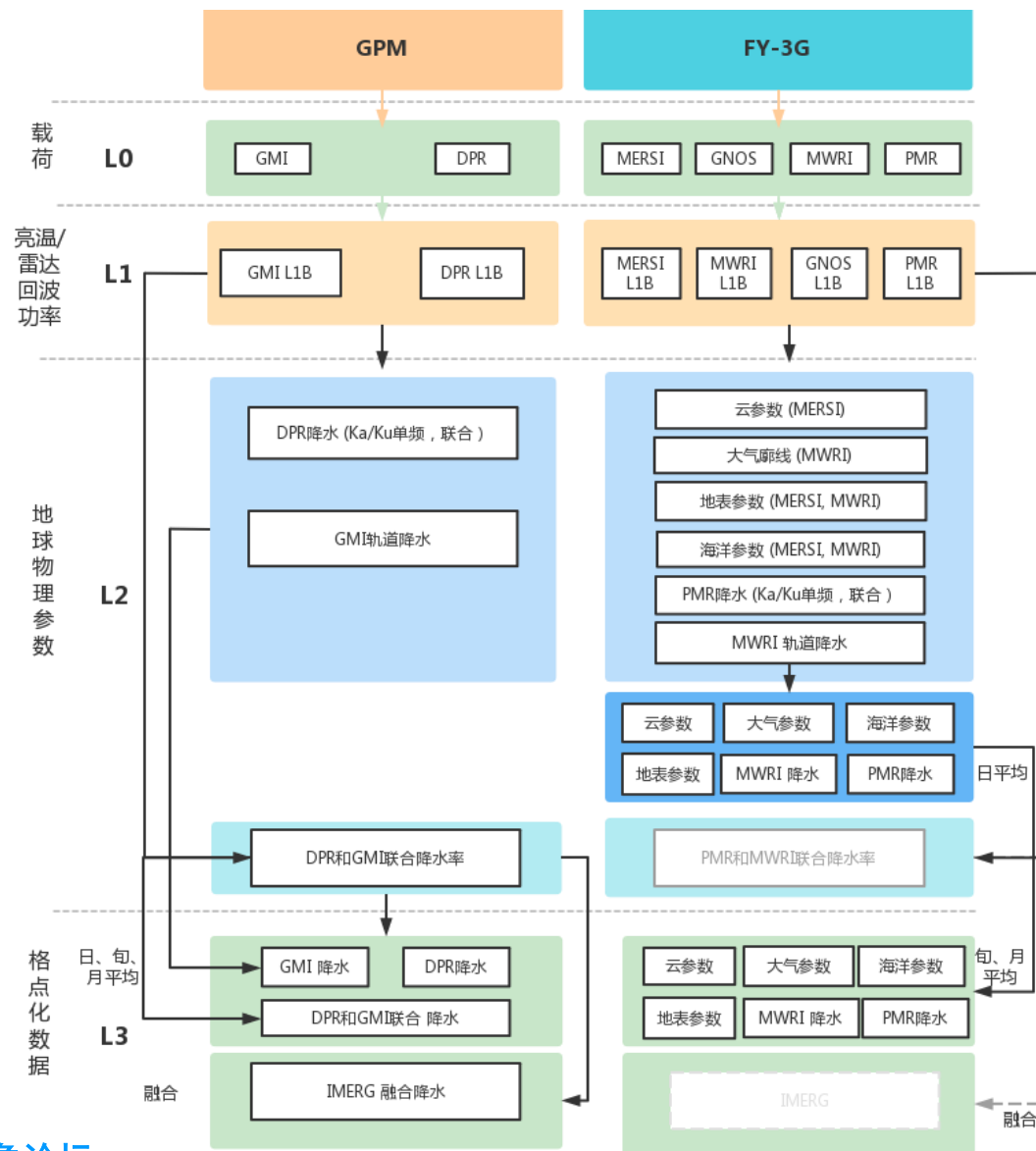
主要定量产品



FY-3G降水星产品体系 4类24种34个产品

产品类型	产品名	仪器名
云辐射类	云检测	MERSI-RM
	云量	MERSI-RM
	云相态和云类型	MERSI-RM
	云顶性质 (温度、高度、压强)	MERSI-RM
海、陆表类	陆表温度	MERSI-RM, MWRI-RM
	雪深/雪水当量	MWRI-RM
	土壤水分	MWRI-RM
	土壤冻融	MWRI-RM
	比辐射率	MWRI-RM
	海表温度	MERSI-RM, MWRI-RM
	海面风速	MWRI-RM, GNOS-II
大气参数	大气可降水	MERSI-RM, MWRI-RM
	降水(地面降水, 降水率)	MWRI-RM, PMR
	云水含量	MWRI-RM
	大气温度廓线	MWRI-RM
	掩星大气 (大气弯度角、大气折射率、大气密度、大气湿度廓线)	GNOS-II
	亮带	PMR
	降水类型	PMR
	降水相态	PMR
	等效雷达反射率因子廓线	PMR
	三维雨滴谱参数廓线	PMR
三维降水率廓线	PMR	
潜热	PMR	
空间天气类	电子密度廓线	GNOS-II

与GPM产品体系的比较



- FY-3G PMR、MWRI-RM、MERSI-RM仿真数据生产
- PMR、MWRI-RM、MERSI-RM仪器参数与快速辐射传输计算的系数



仿真数据使用说明文档

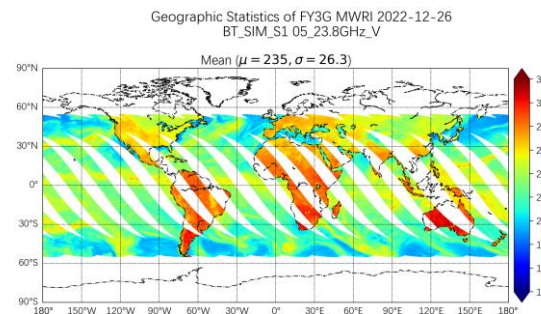
风云三号 G 星微波成像仪-降水型

L1 模拟数据使用说明
(V1.0)

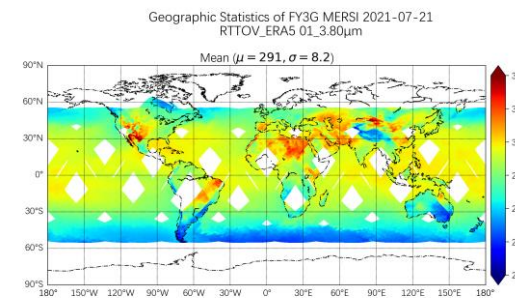
风云三号 G 星降水测量雷达

L1 模拟数据使用说明
(V1.0)

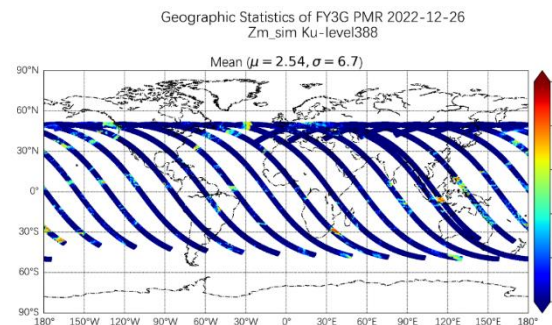
MWRI-RM 仿真L1级数据



MERSI-RM仿真L1级数据



PMR 仿真L1级数据

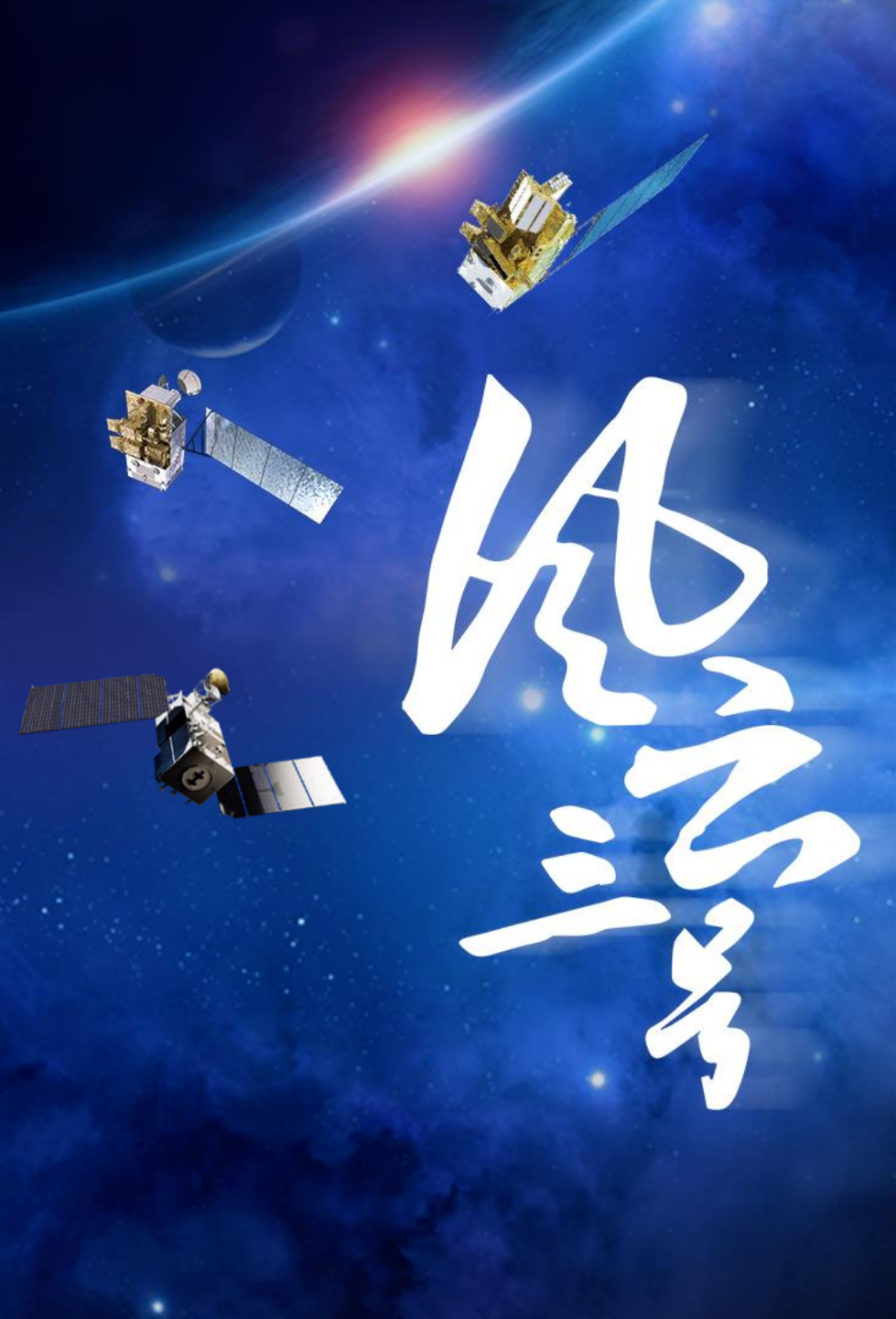


辐射传输模式配置

RTTOV 版本	13.1
RTTOV 系数版本	V7
地表发射率方案	Fastem 6
红外地表发射率数据	UWirbfemis_COEF_V2.1_0.1deg_2017xx_mask.H5
微波陆地地表发射率方案	TELSEM2
散射方案	RTTOV-SCATT 考虑云水、云冰、雪、雨四种水凝物

PART 03

风云三号降水星 载荷配置及在轨表现



风云三号G卫星 (FY-3G降水卫星)

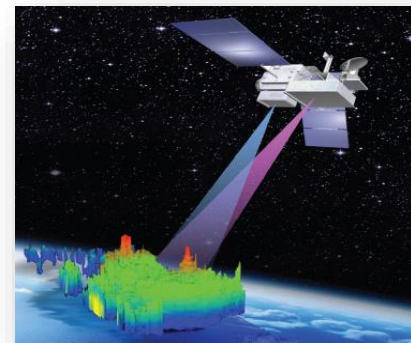
2023年4月16日上午，风云三号低倾角轨道降水测量FY-3G卫星由长征四号乙遥五十一运载火箭，在酒泉卫星发射中心成功发射

特点

- FY-20卫星，我国成功发射的第二十颗气象卫星
- 我国首颗、全球第三颗主动降水测量卫星
- 我国成为全球唯一同时业务运行晨昏、上午、下午和倾斜四条近地轨道民用气象卫星的国家

科学目标

- 获取全球中低维度地区降水三维结构信息，实现降水的高精度立体遥感探测
- 深入了解降水系统的瞬时结构和全球分布特征，有效填补我国对海上台风和山区地形遮挡区域降水的观测盲区
- 服务天气预报、地球能量和水循环研究



载荷配置和探测目标

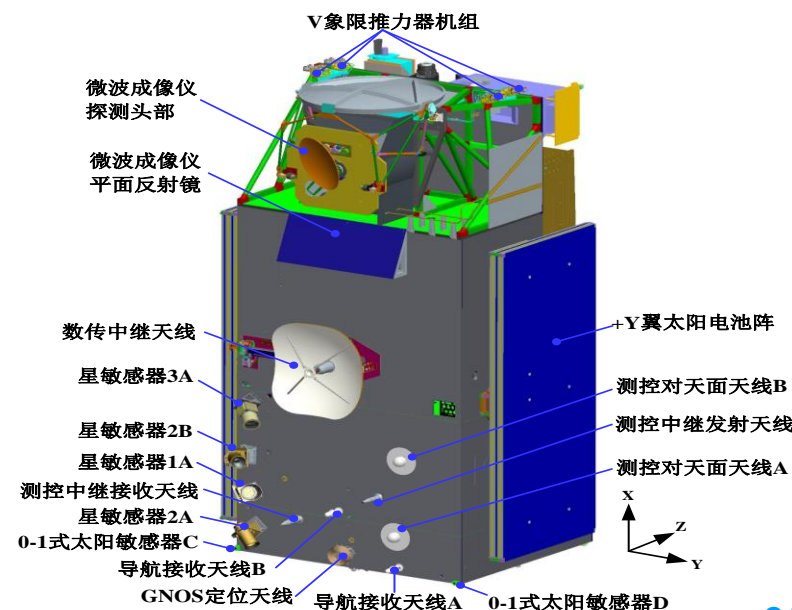
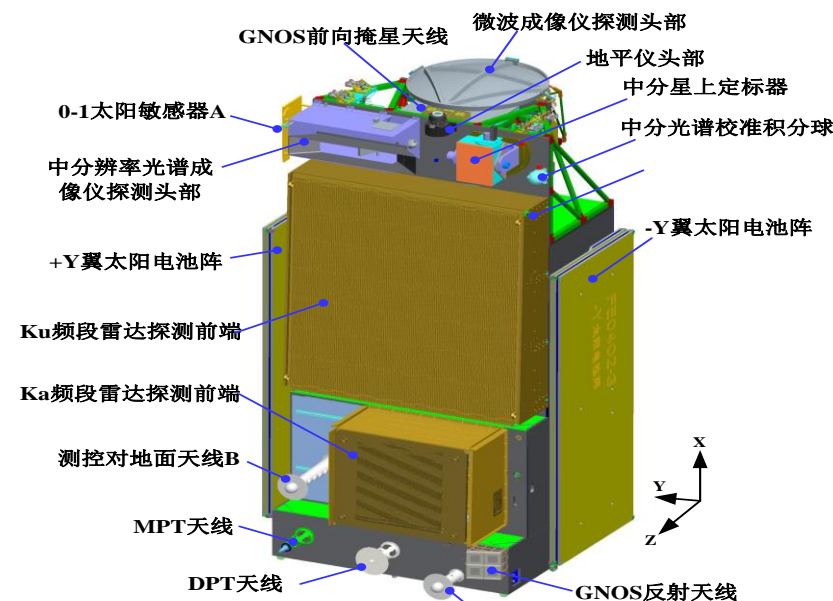
□ 业务载荷

□ 科学试验载荷



仪器	仪器英文	通道数	观测幅宽 (km)
降水测量雷达	PMR	2	300
微波成像仪-降水型	MWRI-RM	26	800
中分辨率光谱成像仪-降水型	MERSI-RM	8	1000
全球导航卫星掩星探测仪	GNOS-R	4	--
高精度定标器	HAOC	440/220	50
短波红外偏振多角度成像仪	PMAR	12	700

- ✓ 主动降水测量雷达高精度测量三维降水的立体信息
- ✓ 被动微波成像仪测量大范围降水空间分布特征
- ✓ 光学中分辨率光谱成像仪是连接静止卫星高频次降水估计的桥梁
- ✓ 全球导航卫星掩星探测仪获取大气参数及洋面动力参数
- ✓ 短波红外多角度成像仪获取云微物理参数
- ✓ 高精度定标器提升光学载荷在轨辐射定标和交叉传递的精度



FY-3G vs. TRMM, GPM仪器配置比较



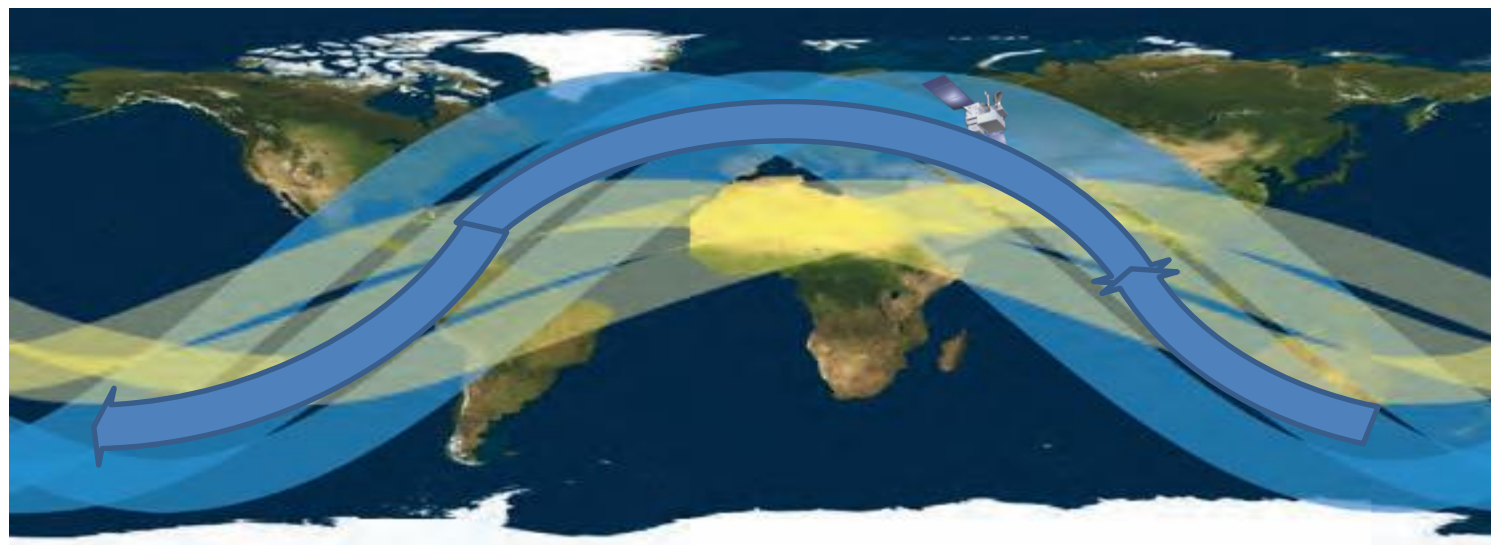
FY-3G仪器配置较GPM更为丰富:

- 采用**主动雷达+被动微波成像仪**, 探测降水和大气参数, 提高降水预报的准确性;
- **光学成像仪**辅助判断降水云的存在, 可改进微波降水的反演;
- **掩星探测仪**为数值天气预报和气候监测提供高精度、高垂直分辨率的对流层、平流层大气温湿廓线;
- 搭载两个试验仪器: **短波红外偏振多角度成像仪**可提供更丰富的云信息, **高精度定标器**开展在轨太阳交叉定标技术验证试验。

遥感仪器	TRMM	GPM	FY-3G
降水雷达(Ku)	<i>PR</i>	<i>DPR(Ku)</i>	<i>PMR(Ku)</i>
降水雷达(Ka)		<i>DPR (Ka)</i>	<i>PMR(Ka)</i>
微波成像仪	<i>TMI</i>	<i>GMI</i>	<i>MWRI-RM</i>
光学成像仪	<i>VIRS</i>		<i>MERSI-RM</i>
掩星探测仪			<i>GNOS-II</i>
云与地球辐射能量系统	<i>CERES</i>		
闪电成像仪	<i>LIS</i>		
试验仪器			<i>PMAI</i> <i>HAOC</i>

FY-3G vs. TRMM, GPM轨道高度及其倾角比较

	TRMM	GPM	FY-3G
轨道高度(km)	350→402.5	407	407
轨道倾角(°)	35	65	50
寿命	17.5years (1997.11.27~2015.4.9)	3years(design)	6years(design)

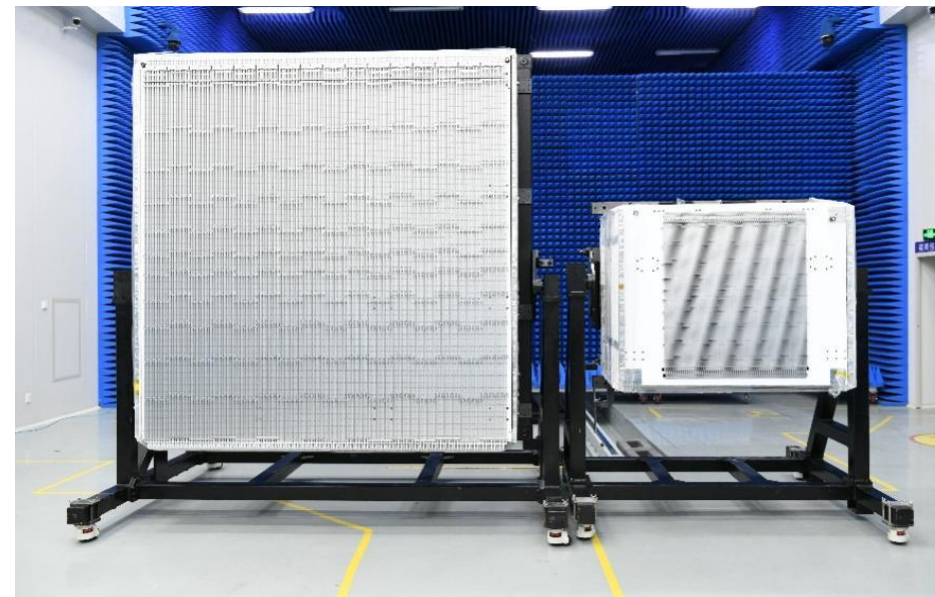


FY-3G/降水测量雷达 (PMR)

提供台风、暴雨、暴雪等降水的三维结构，反演得到精确的降水强度和降水类型等信息，提高天基降水测量能力，提高降水等气象预报预测准确率。

PMR频谱指标

参数	指标	
工作中心频率	13.35±0.01 GHz (Ku)	35.55±0.01 GHz (Ka)
极化方式	HH	HH



PMR观测几何指标

参数	指标	
	Ku波段	Ka波段
空间分辨率 (方位×距离)	5 × 0.25km	5 × 0.25km
观测刈幅	> 300km	
扫描方式	跨轨扫描	

PMR辐射指标

参数	指标	
	Ku波段	Ka波段
天线峰值旁瓣	≤ -30dB	
最小可检测降水强度	0.5 mm/h (18dBZ)	0.2 mm/h (12dBZ)
测量动态范围	≥ 70 dB	
辐射精度	≤ ±1 dB (3σ)	

主动降水雷达性能参数比较

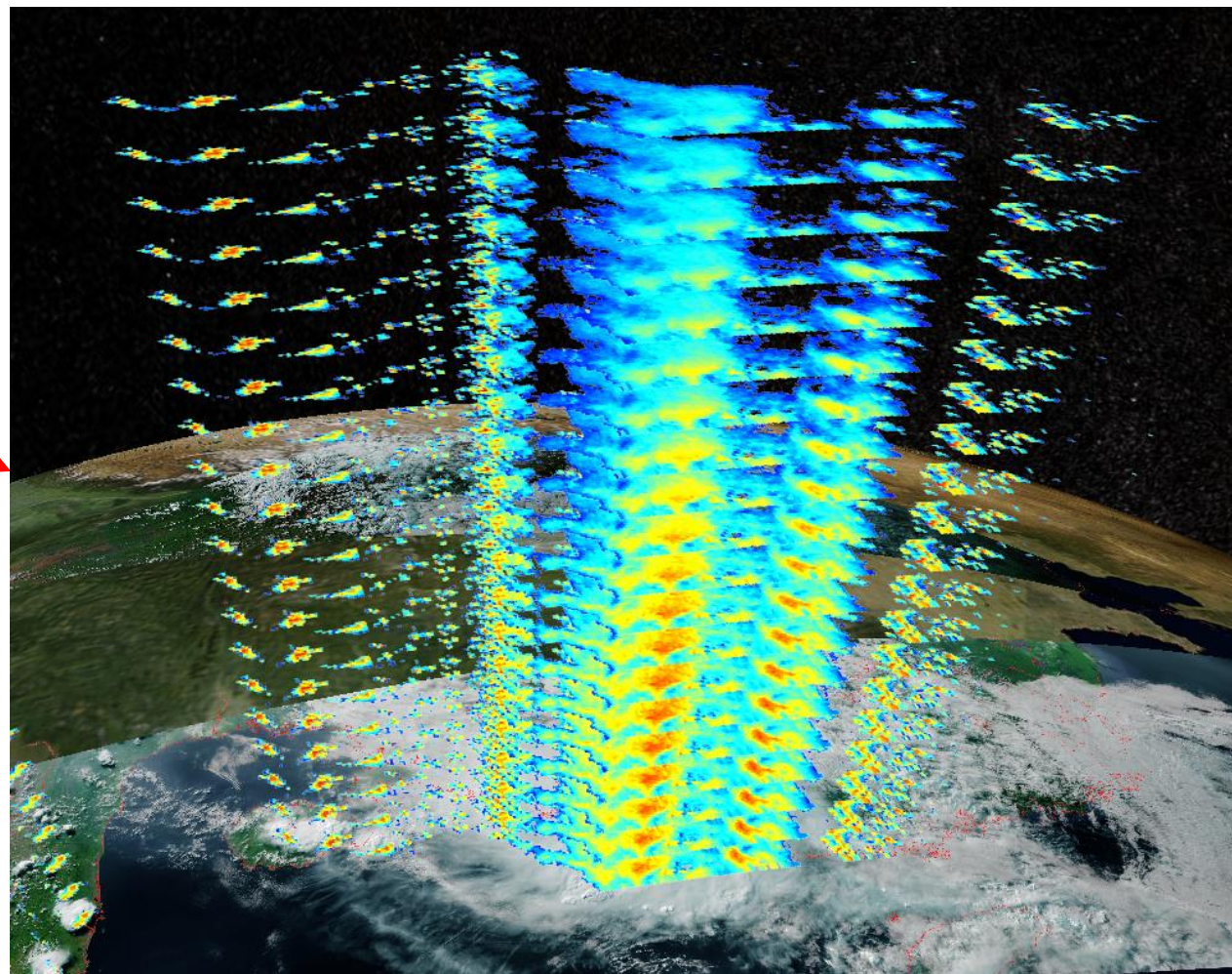
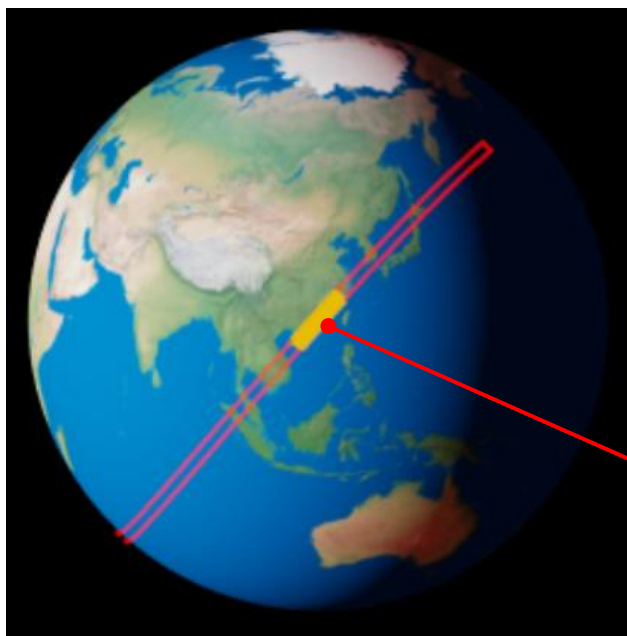


总体而言，能力相当于国际第二代降水雷达DPR，某些特性略优于DPR

- PMR的幅宽大于PR和DPR，可以覆盖更多的降水事件。
- PMR的天线峰值旁瓣电平低于DPR和PR，有利于抑制地杂波的影响，降低测量误差。

参数	FY-3G/PMR	TRMM/PR	GPM/DPR
工作频段	双频 (Ku, Ka)	单频 (Ku)	双频 (Ku, Ka)
幅宽 (km)	>300	245	245 (Ku) 120 (Ka)
水平分辨率 (km) (星下点)	5	5	5
距离分辨率 (m)	250	250	250 (Ku) 250/500 (Ka)
观测范围 (km)	18~ -5 ASL	15~ -5 ASL	18~ -5ASL (Ku) 18~ -3ASL (Ka)
最小可检测降雨率 (mm/h)	0.5 (Ku) 0.2 (Ka)	0.7	0.5 (Ku) 0.2 (Ka)
动态范围 (dB)	≥70	≥70	≥70
测量精度 (dB)	≤±1	≤±1	≤±1
波束匹配精度 (°)	≤0.1	/	≤0.14
天线峰值旁瓣 (dB)	≤ 30	≤ 25	≤ 25

我国首台星载降水测量雷达 Ku+Ka双频观测台风、暴雨、暴雪等大气降水三维结构

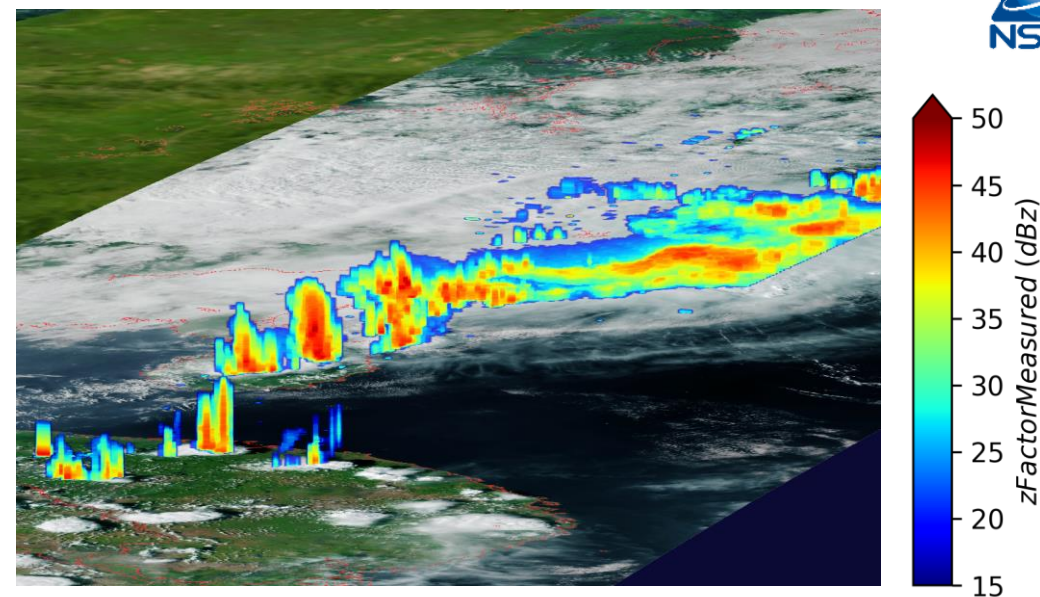
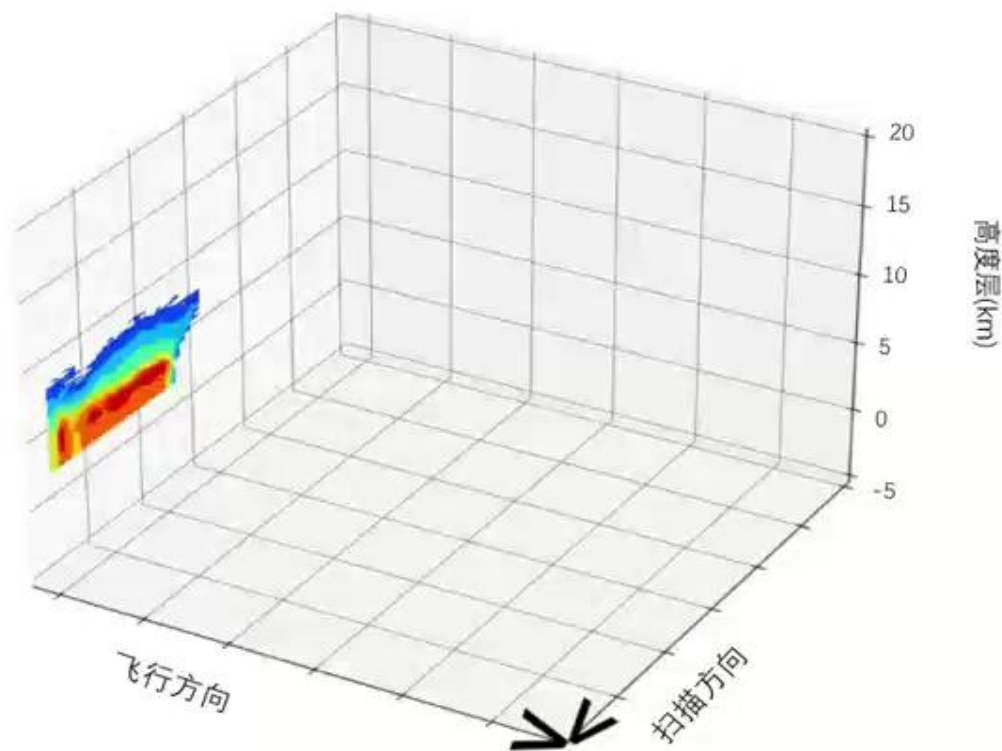


**降水测量雷达捕捉降雨区三维立体信息，
揭示雨区内部结构**

2023年5月7日16:35海南与广东阳江附近降雨
(高度400层/间隔50米; 图为10层示例)

沿飞行方向降雨回波切片图

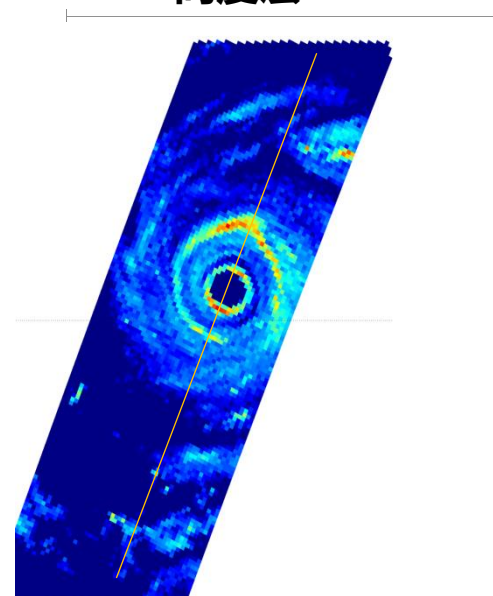
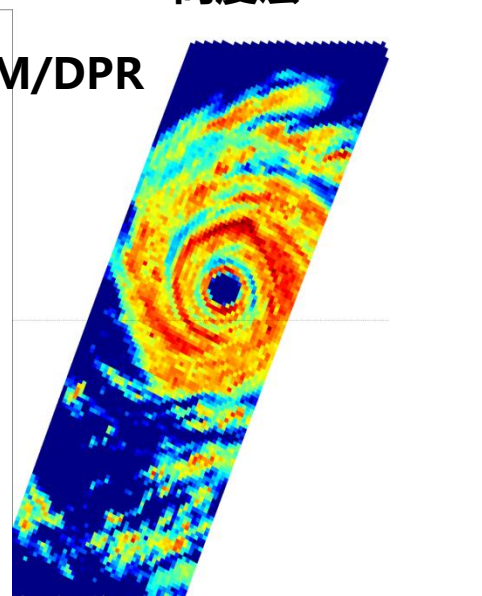
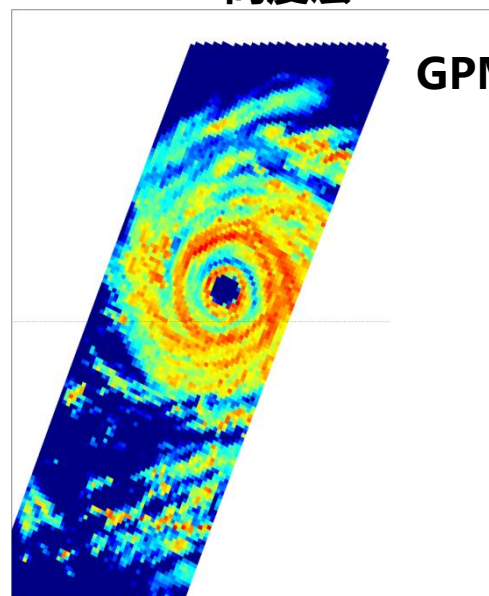
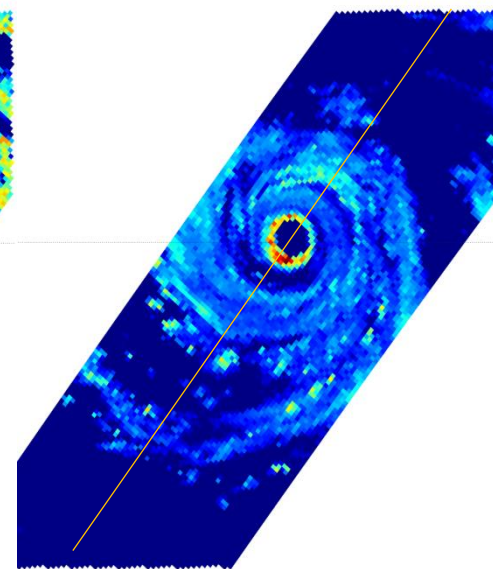
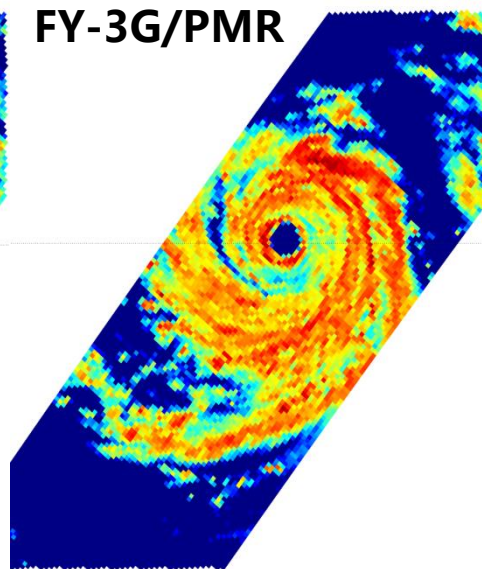
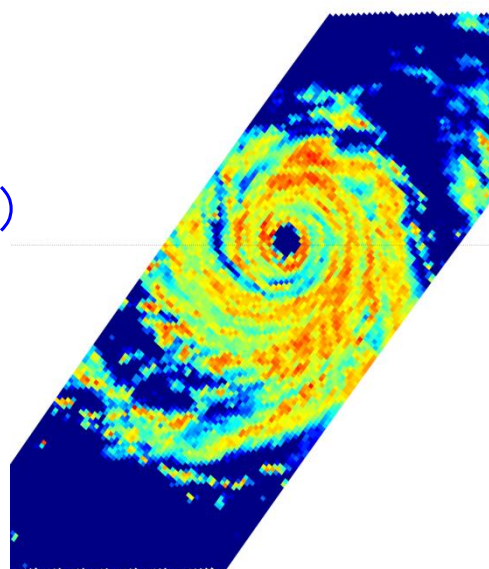
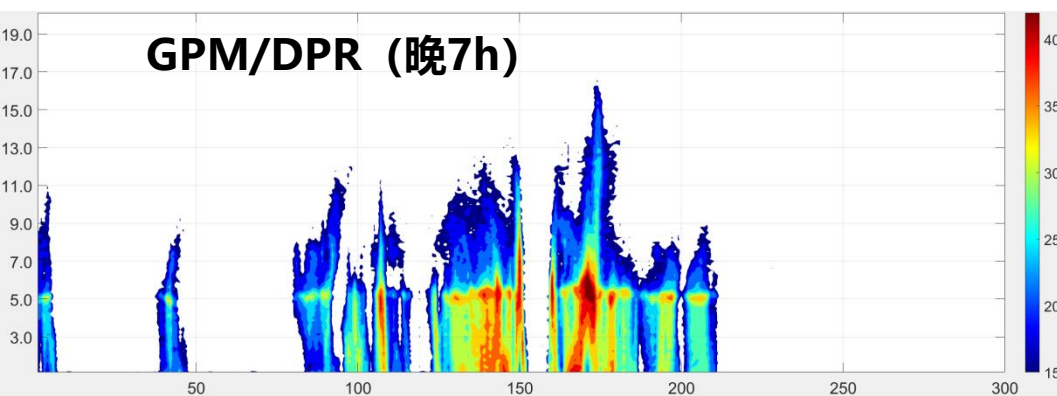
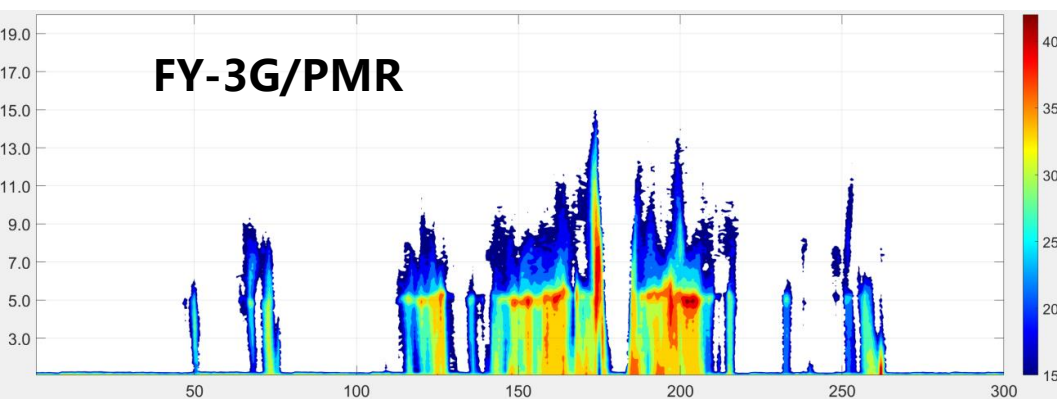
FY3G_PMR_Ku_2023-05-07T08:06:00Z
line:2598-2657 echoindex:0-58 heightindex:150-300



多视角展示降雨区三维立体结构

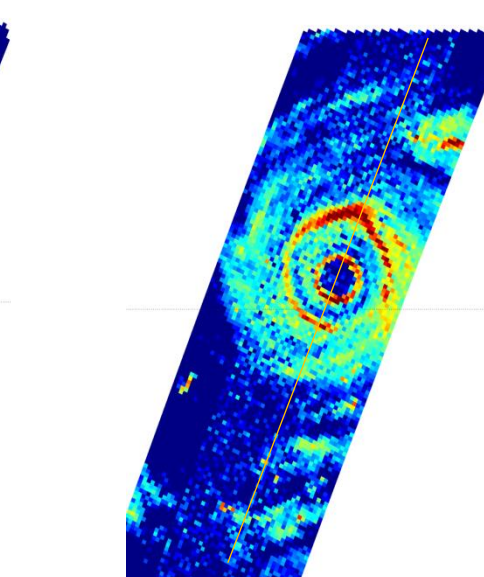
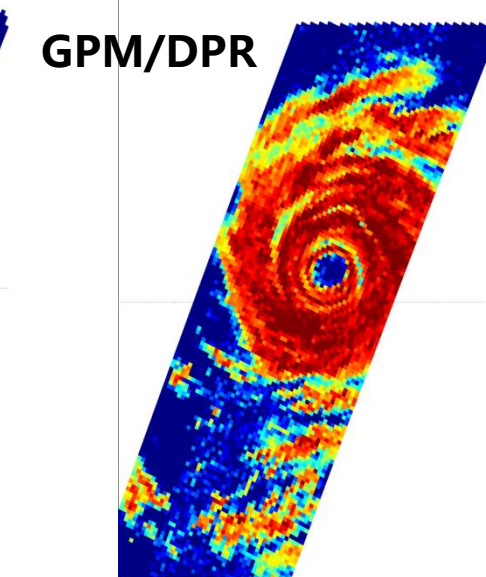
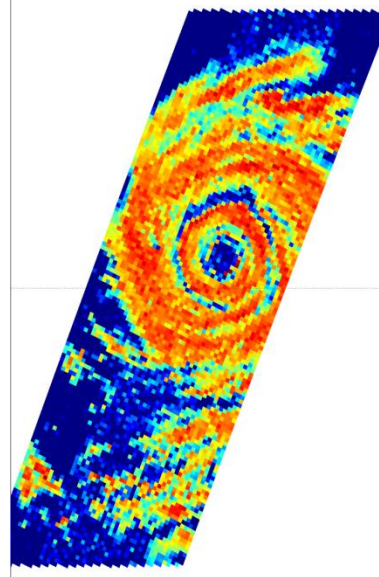
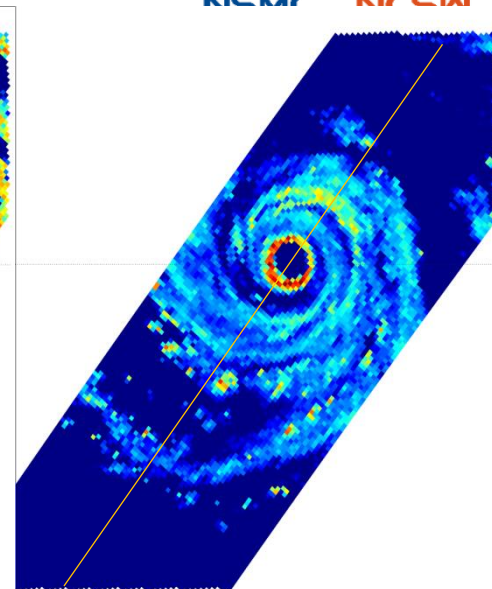
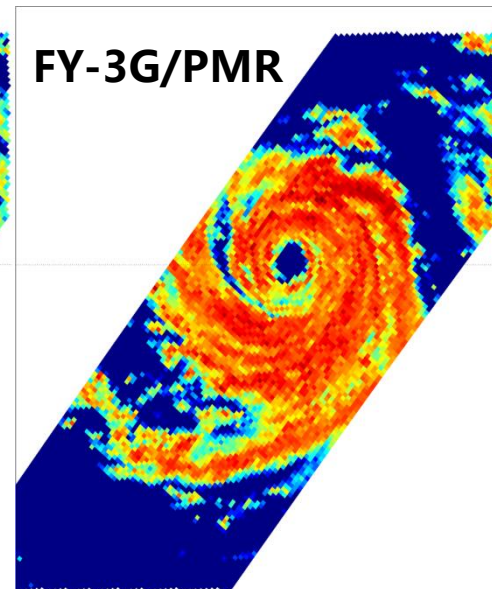
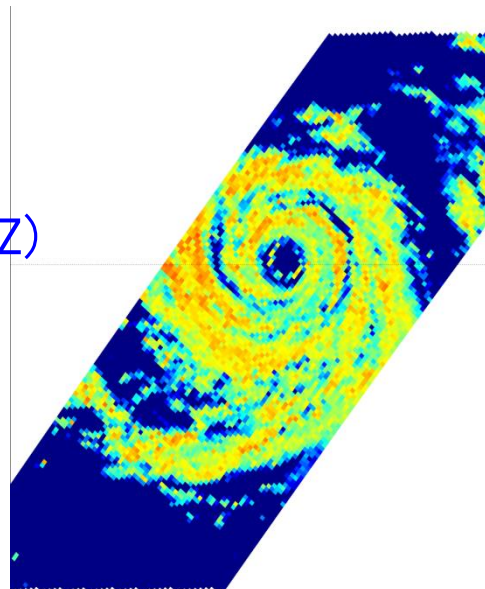
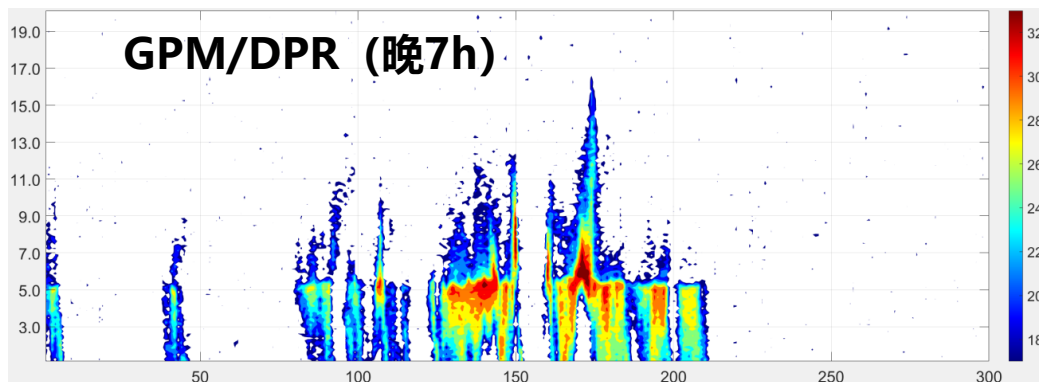
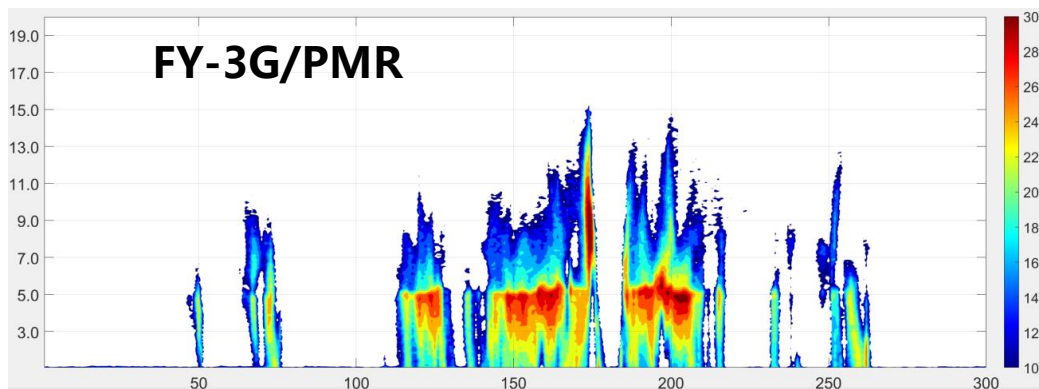
Ku频段与国外星载雷达比较 (2023.05.25玛娃台风)

- 结构与数值均较为接近
- 灵敏度相近(15dBZ, 优于设计指标18dBZ)
- 幅宽更大(303km vs. 245km)



Ka频段与国外星载雷达比较 (2023.05.25玛娃台风)

- 结构与数值均较为接近
- 灵敏度更高(10dBZ, 优于设计指标12dBZ)
- 幅宽更大(303km vs. 245km)

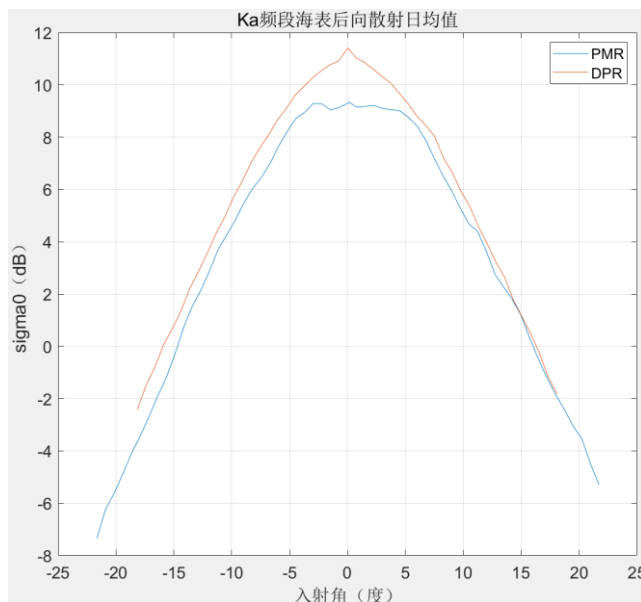
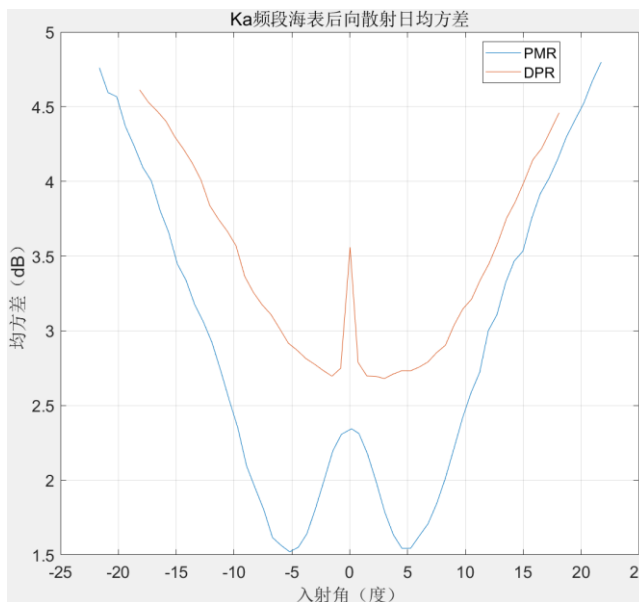
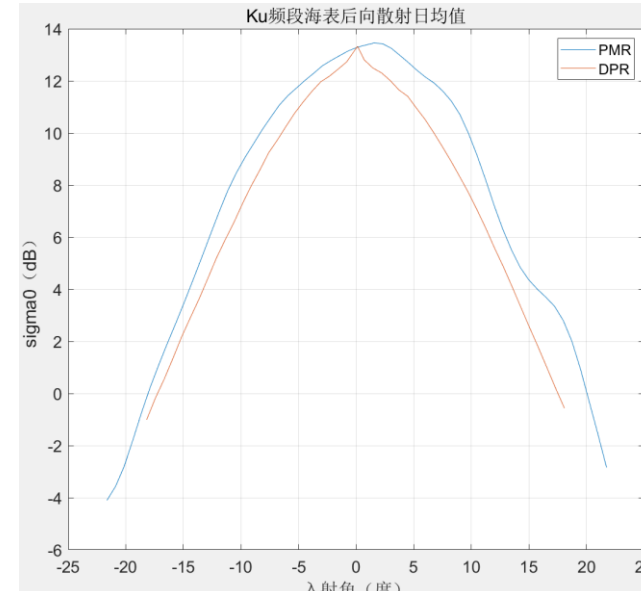
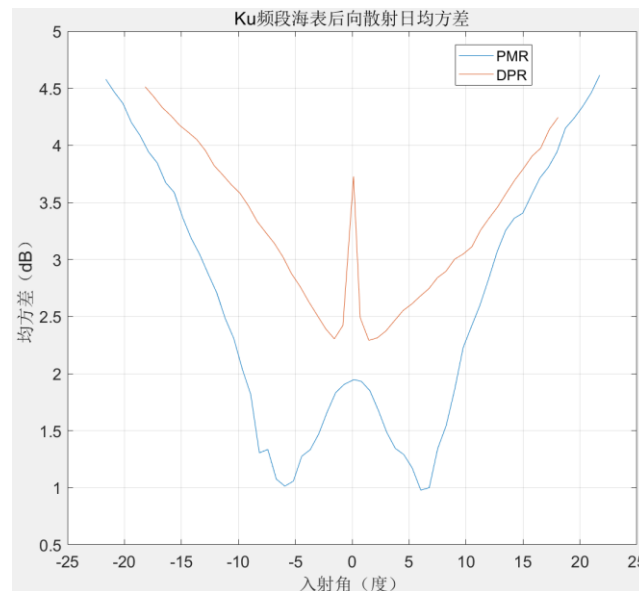


我国星载降水测量雷达与国外星载雷达比较



海表后向散射截面 (2023.07.01)

- Ku、Ka波段日内变化均略小于国外星载雷达
- 雷达测量数据稳定性好，相比国外星载雷达存在固定偏差

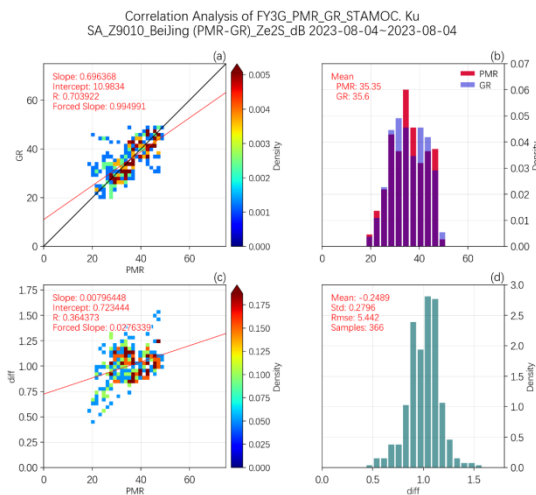


我国星载降水测量雷达与国内地基天气雷达比较

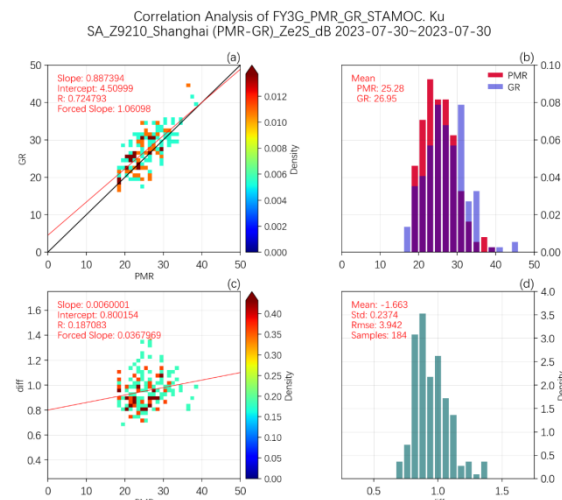


- 初步开展了星地一致性比对，完成时空匹配、数据质控、衰减订正、频率修正等，相关系数介于0.60-0.82之间

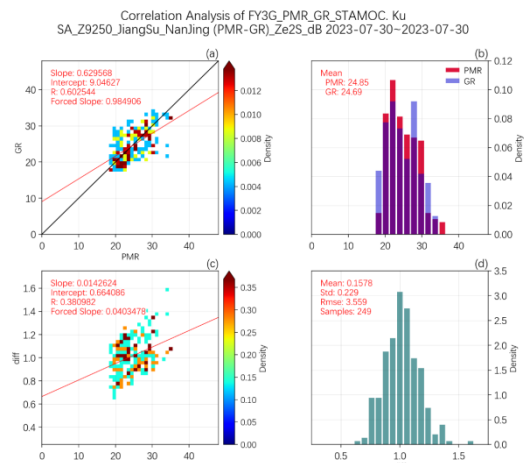
北京站
0.70



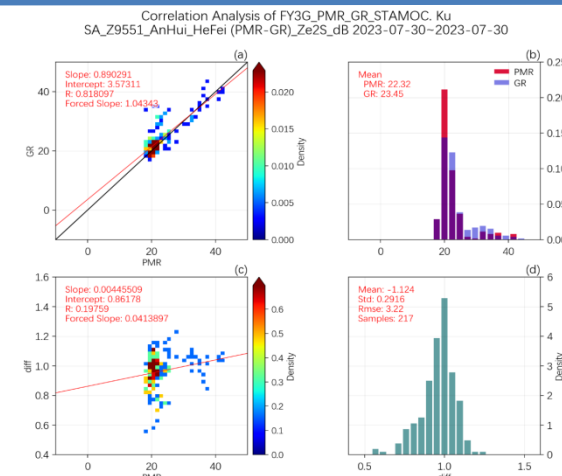
上海站
0.72



南京站
0.60

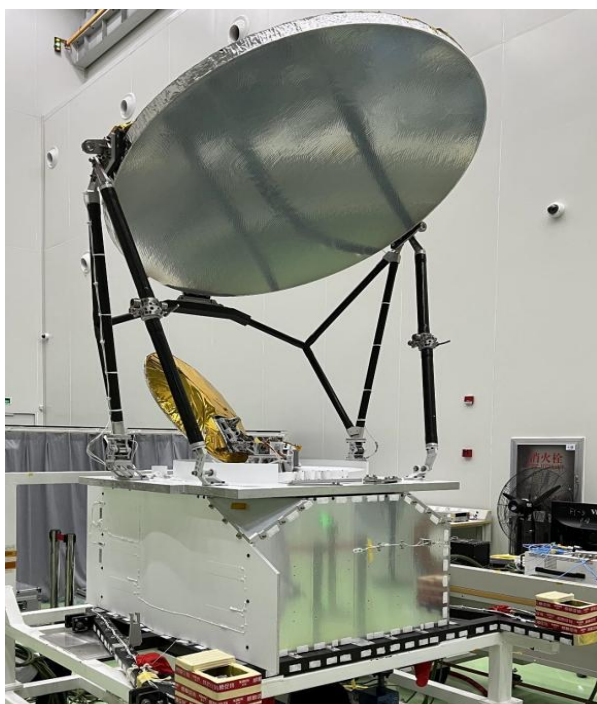


合肥站
0.82



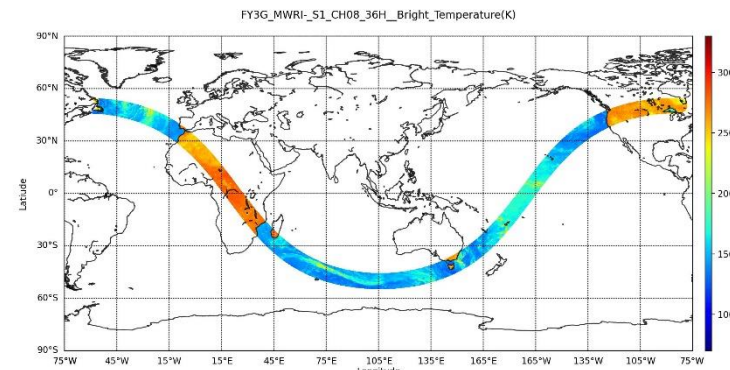
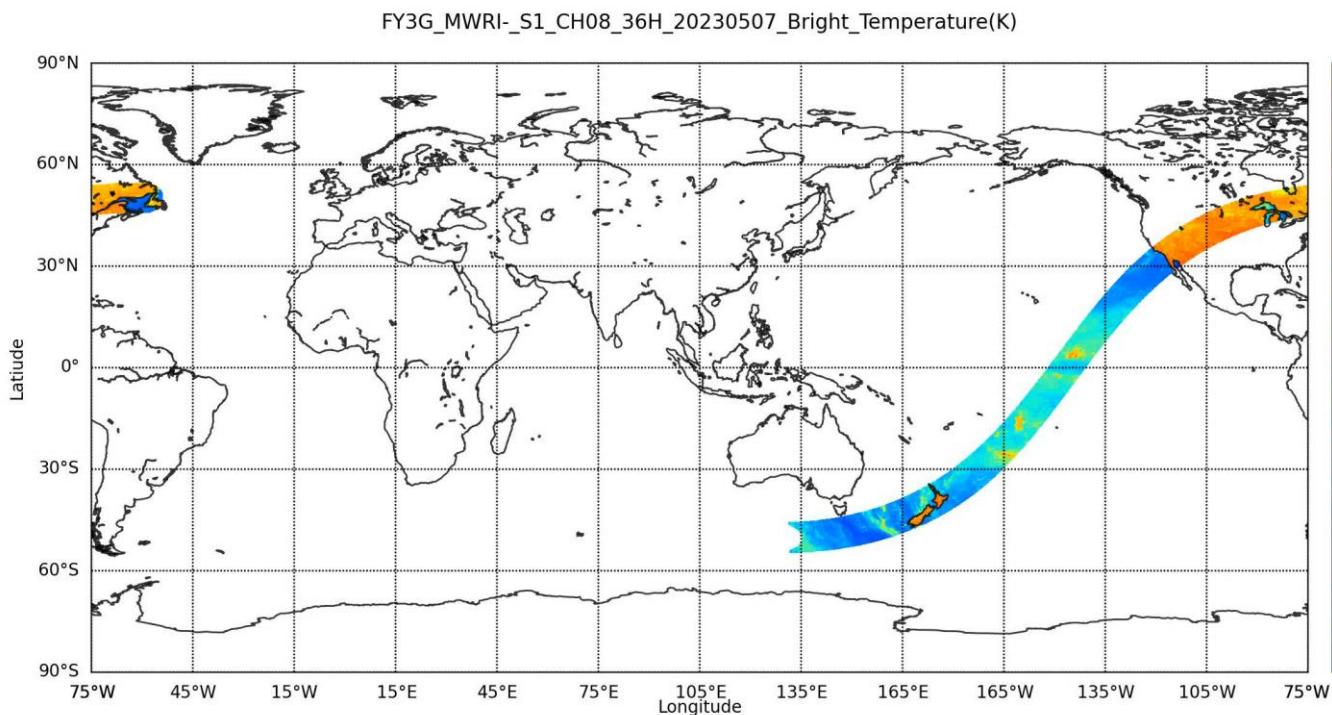
FY-3G/微波成像仪-降水型 (MWRI-RM)

- 通过采集地球表面的微波辐射，开展全球中低纬降水、云水、可降水与陆海表参数测量。
- 实现了微波成像与探测的一体化设计，在风云三号02批微波成像仪的基础上增加了温度探测通道、弱降水探测通道及湿度探测通道，提高降水、大气温湿廓线探测能力和性能指标。

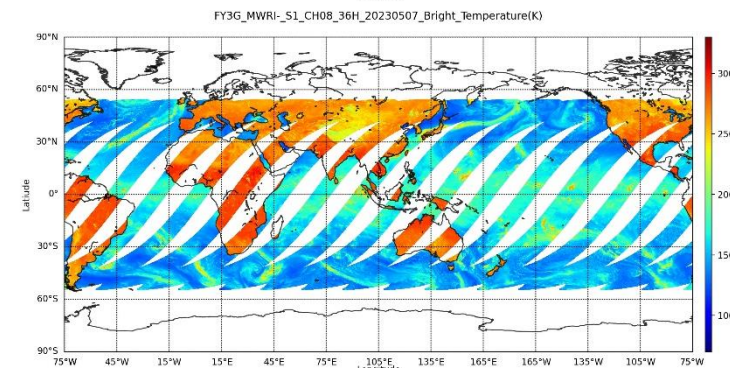


中心频率 (GHz)	极化	灵敏度 (K)	测量精度 最低/期望 (K)	主要应用
10.65	V, H	0.5	0.8/0.8	洋面强降水, 陆表产品
18.7	V, H	0.5	0.8/0.8	洋面降水, 陆表产品
23.8	V, H	0.5	0.8/0.8	洋面水汽总量
36.5	V, H	0.5	0.8/0.8	降水, 陆表产品
50.30	V, H	0.5	0.8/0.8	降水、毛毛雨、降雪、融化层高度和厚度
52.61	V, H	0.5	0.8/0.8	
53.24	V, H	0.5	0.8/0.8	
53.75	V, H	0.5	0.8/0.8	
89.0	V, H	0.5	0.9/0.8	降水、降雪, 陆表产品
118.7503 ± 3.2	V	0.8	1.2/0.8	降水、弱降水、降雪、融化层高度和厚度
118.7503 ± 2.1	V	0.8	1.2/0.8	
118.7503 ± 1.4	V	0.8	1.2/0.8	
118.7503 ± 1.2	V	0.8	1.2/0.8	
165.5 ± 0.75	V	0.8	1.2/0.8	陆地降水、降雪
183.31 ± 2.0	V	0.8	1.2/0.8	降雪, 云冰
183.31 ± 3.4	V	0.8	1.2/0.8	
183.31 ± 7	V	0.8	1.2/0.8	

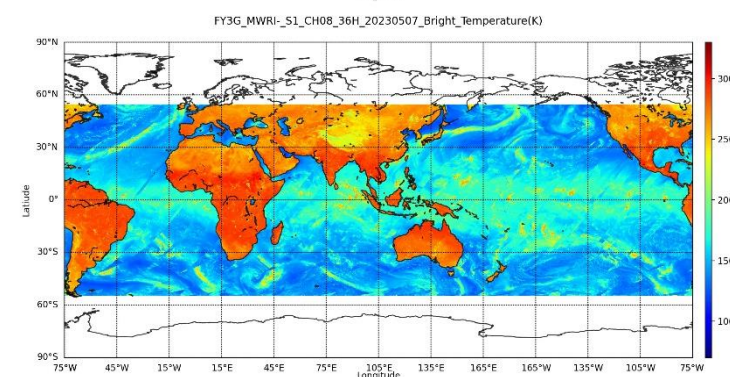
➤ **微波成像仪 (降水型) 首次实现窗区+探测通道一体化设计**, 通道数达到26个, 增强对降水、大气温湿廓线的探测能力。



一轨



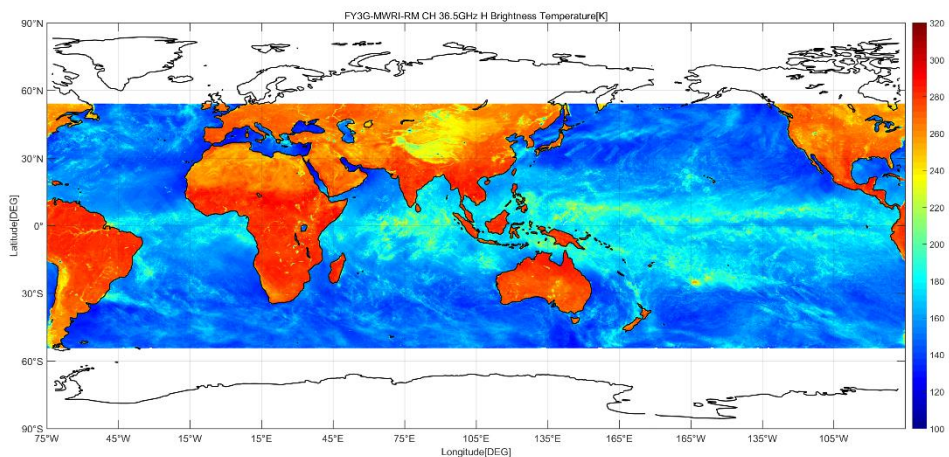
一天



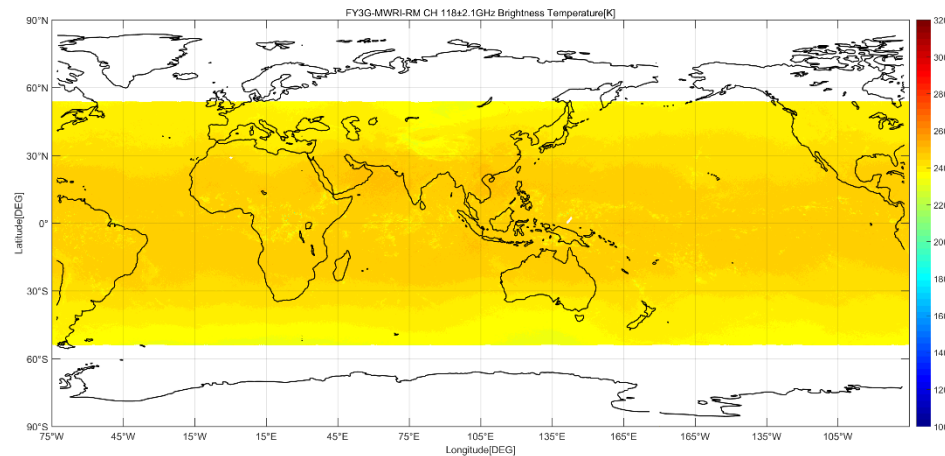
一周

微波成像仪 (降水型) 2023.5.2-5.5全球中低纬地区亮温拼图

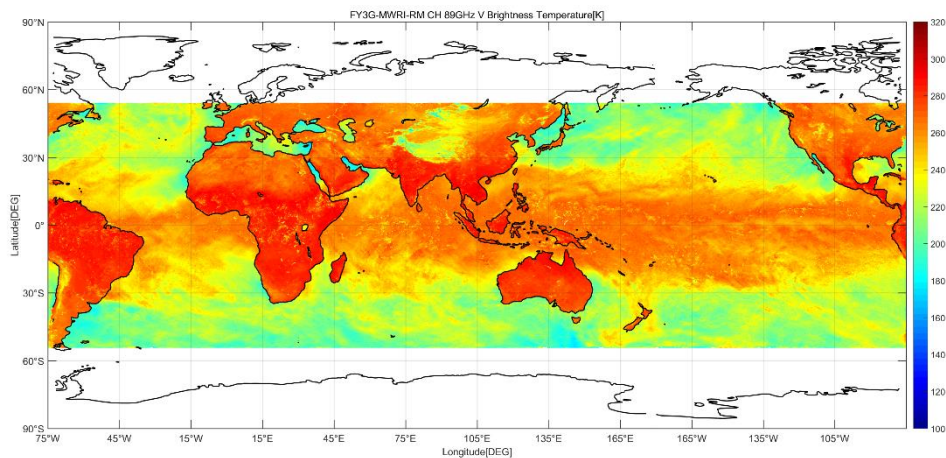
36.5GHz窗区通道, 揭示降水及陆表信息



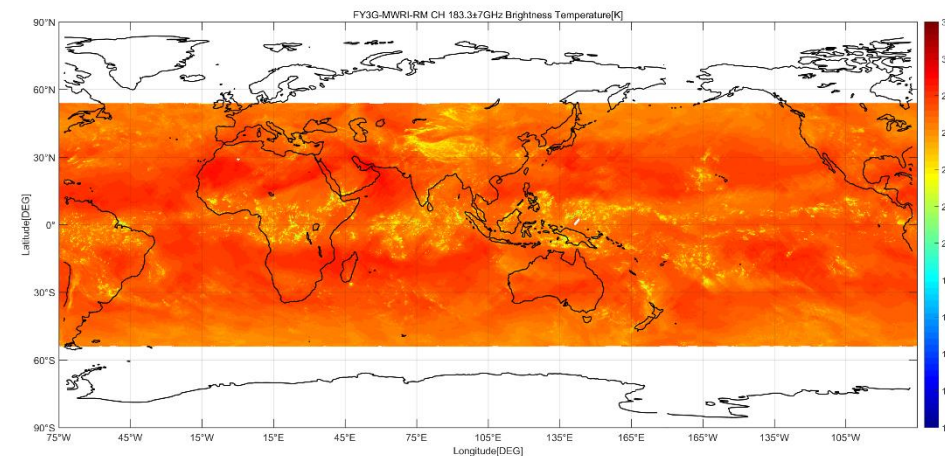
118GHz氧气吸收通道, 反演弱降水、降雪、融化层高度和厚度



89GHz窗区通道, 反演洋面和陆地区域降水、降雪, 陆表产品



183GHz水汽吸收通道, 反演水汽、降雪、冰云



FY-3G/中分辨率光谱成像仪-降水型 (MERSI-RM)

- 在中分辨率光谱成像仪-II型基础上进行通道精简，保留了主要用于探测云和降水的通道，配合主动雷达和微波成像仪实现云和降水精确观测。
- 联系低轨道卫星微波降水测量结果与静止轨道卫星红外降水估计结果的桥梁。



通道	中心波长(mm)	空间分辨率(m)	测量精度 (%/T) 最低要求/期望指标	主要用途
1	0.650	500	5%/3%	植被, 真彩色 (红)
2	0.865	500	5%/3%	植被, 陆地、云边界和特征遥感
3	0.940	500	5%/3%	大气水汽
4	1.38	500	5%/3%	卷云
5	1.64	500	5%/3%	冰雪
6	3.8	500	0.4K/0.2K	LST,SST,云参数
7	10.8	500	0.4K/0.2K	LST,SST,云参数
8	12.0	500	0.4K/0.2K	LST,SST,云参数

➤
分



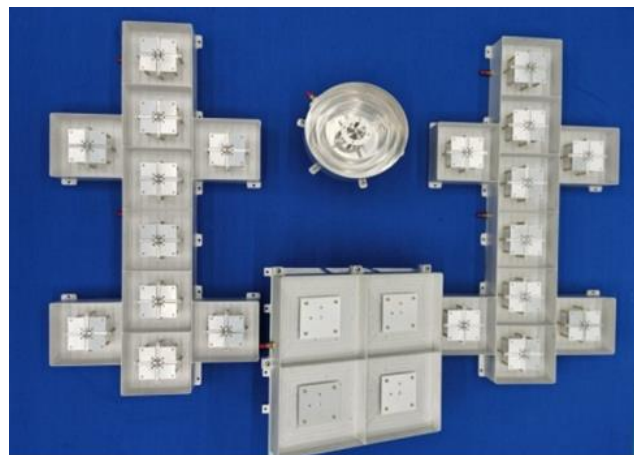
新生对流

对流

间

义 (降水型) 获
地区可见光伪彩
图
(8:35 UTC)

FY-3G/全球导航卫星掩星探测仪-Ⅱ型(GNOS-II)



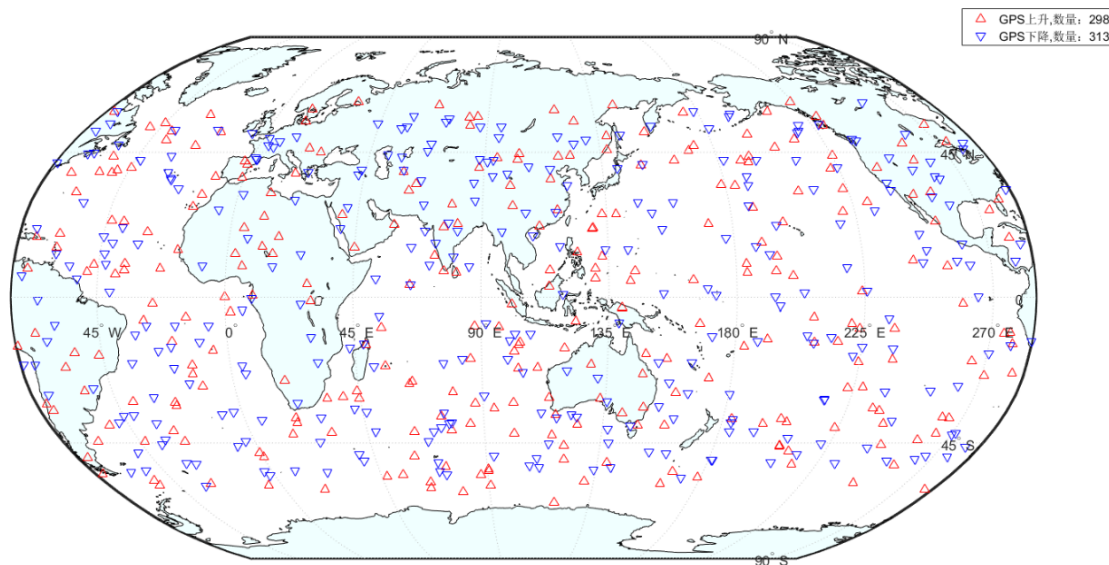
- 继承FY-3E掩星和反射信号一体化探测，提供在轨实时滤波精密定轨结果，在400多公里轨道高度上，有望实现基于精密定轨的轨道大气密度反演和更高精度的GNSS-R海面风场及土壤湿度等产品的反演。

参数	指标要求	参数	指标要求
工作频率	GPS L1; GPS L2, BDS B1; BDS B3	天线增益	定位天线轴向增益≥4dBi; 掩星天线 ≥10dBi
接收机通道数	GPS: 12(定位), 11(掩星); BDS: 12(定位), 11(掩星)	天线波束宽度	大气掩星天线方位面10dBi波束宽度 ≥±40°
采样率	1 ~ 100 Hz	掩星事件数量	单颗LEO卫星GPS大气掩星事件≥500/天
伪距测量精度	GPS≤30cm(RMS); BDS≤50cm(RMS)	测量视场范围	中性大气测量垂直视场覆盖范围: 地面 ~80km
实时定位精度	≤10m (RMS)		电离层测量垂直视场覆盖范围: 80km~ 卫星轨道高度
实时测速精度	≤0.1m/s(RMS)	反射探测频率	GPS L1, BDS B1
载波相位测量精度	GPS≤2 mm (RMS); BDS≤2 mm (RMS)	反射天线增益	≥12dBi
天线数量	2付(定位), 1付(反射), 2付(大气掩星), 2付(电离层掩星)	反射通道数	≥8个 (GPS&BDS)
天线相位中心稳定度	≤2 mm		

注: 红色字体为相比于02批的新增或改进指标

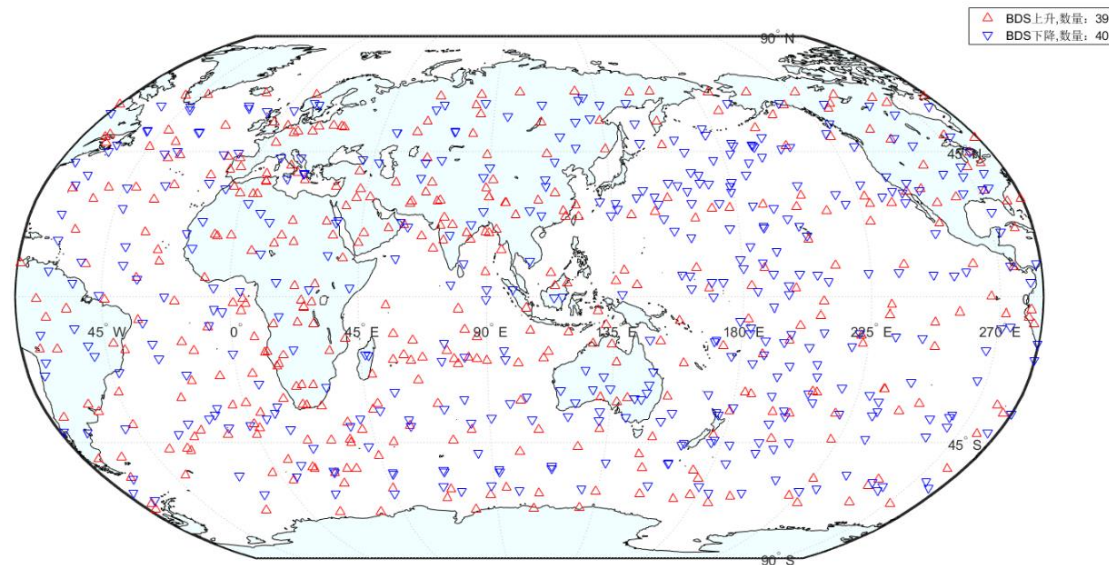
GPS掩星分布图

FY3G/GNOS GPS掩星分布图
2023年04月21日



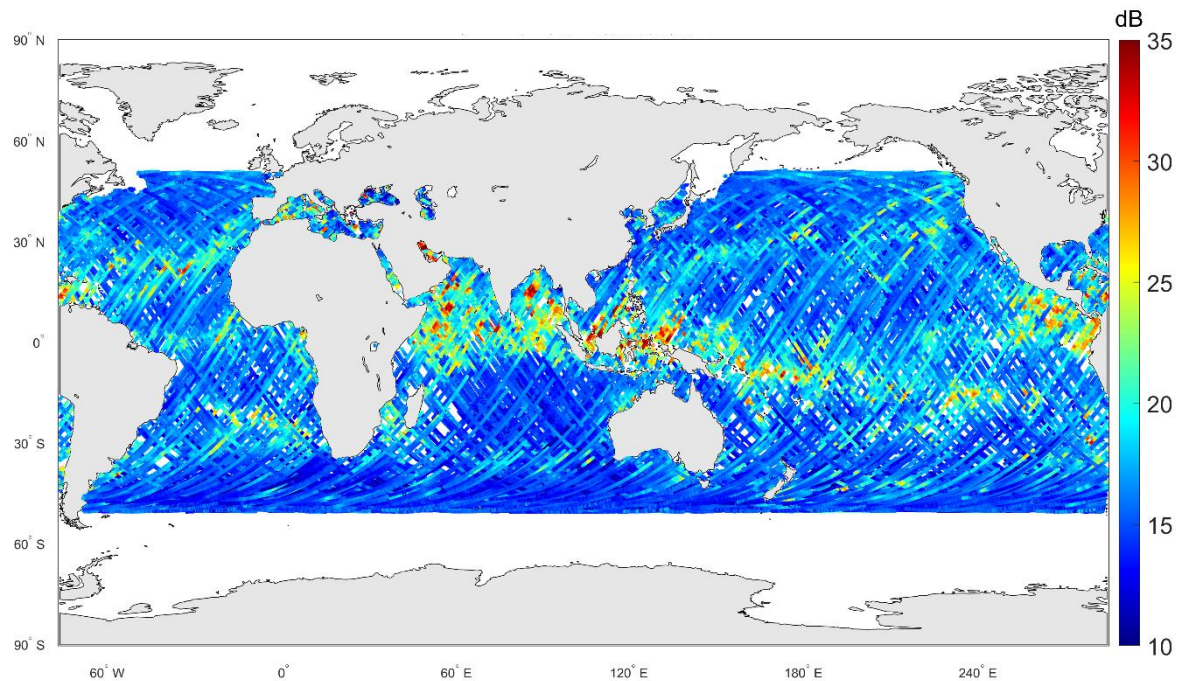
BDS掩星分布图

FY3G/GNOS BDS掩星分布图
2023年04月21日

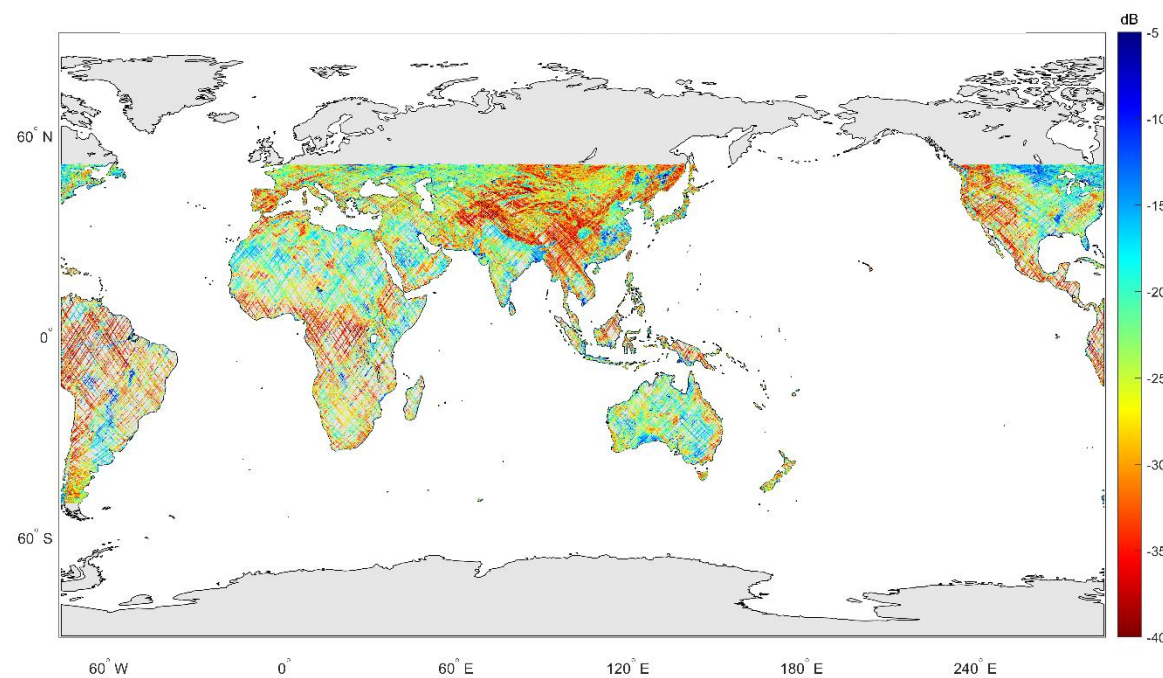


- GNOS-II可接收BDS和GPS两个导航系统的掩星信号，每个导航系统每天可观测大气掩星事件数大于500条，全球分布均匀，为数值天气预报和气候监测提供高精度高垂直分辨率的对流层平流层大气弯曲角、大气折射率、大气温度、大气湿度廓线。

L波段海表后向散射截面 (20230419-0426)

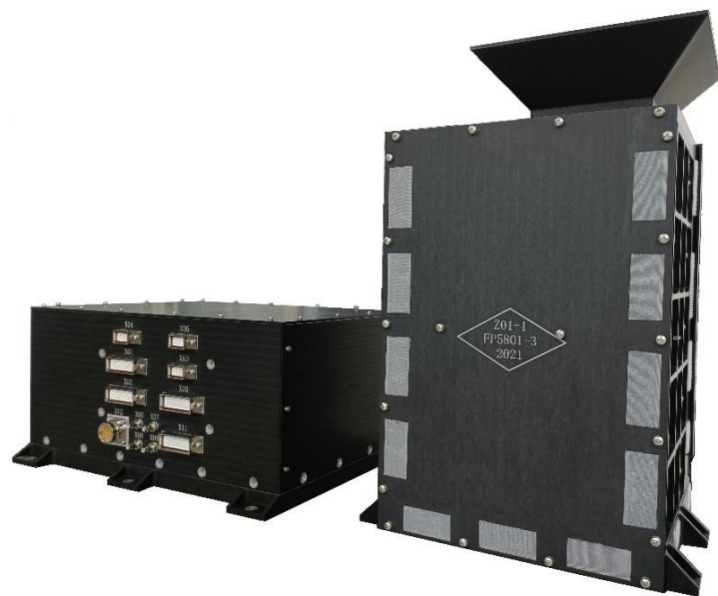


L波段陆表反射率 (20230419-0501)



➤ GNOS-II的海面归一化雷达散射截面和陆表反射率，可提供台风等极端天气海面风速产品及高空间分辨率的土壤湿度产品。

FY-3G/短波红外偏振多角度成像仪 (PMAI)



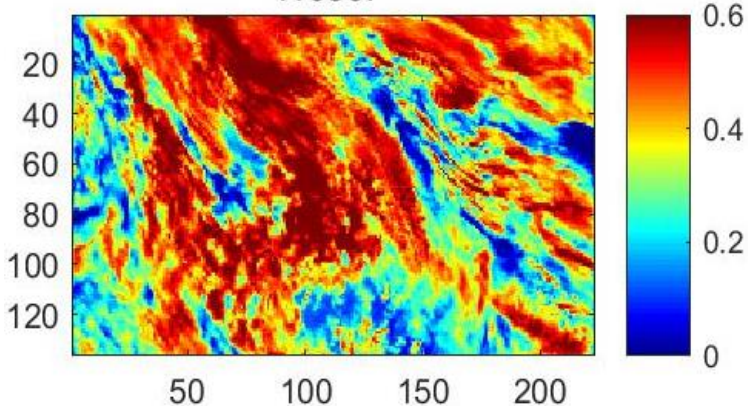
参数	指标
光谱范围	1030 nm, 1370 nm, 1640 nm
偏振测量能力	Stokes参量(I\Q\U)
地面幅宽	700km
星下点分辨率	3km
多角度次数	14
灵敏度 (信噪比)	≥ 600 @ 太阳常数
辐射定标精度	5%
偏振探测精度	0.02 (@P=1)

- 风云卫星系列首台多角度偏振遥感仪器，国内首次具备短波红外波段的偏振多角度卫星观测能力。
- 探索为实现云、气溶胶和地表等相关参数的高精度定量化反演提供最丰富的观测信息，致力于提高在天气预报、气候变化和地球环境监测领域的的能力。

短波红外偏振多角度成像仪获得的**偏振**信息可以呈现独特的“**云虹**”特征，可用于识别水云，反演云滴有效半径

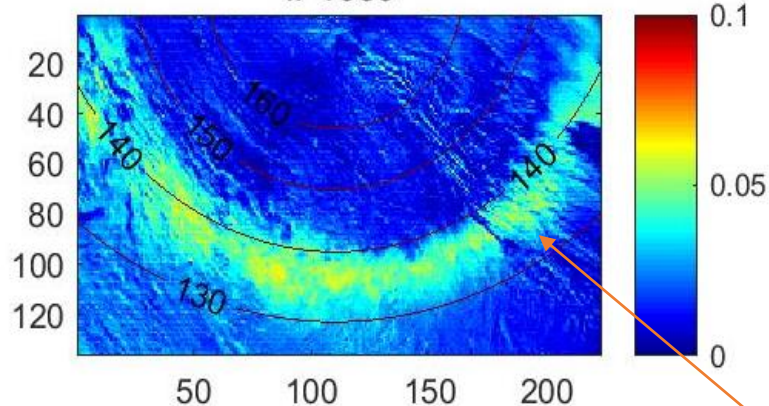
总反射率

I1030P

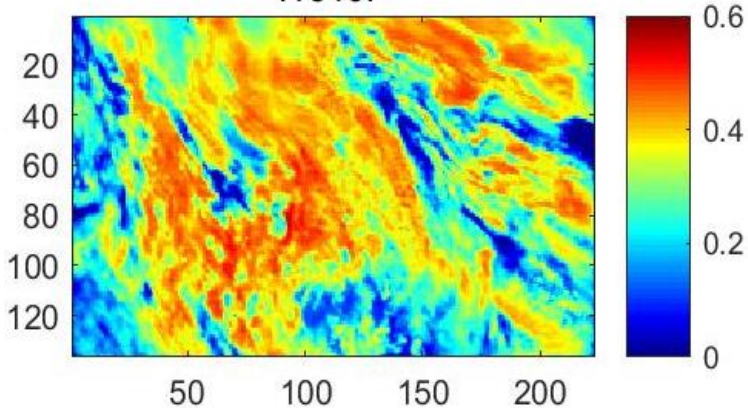


偏振反射率

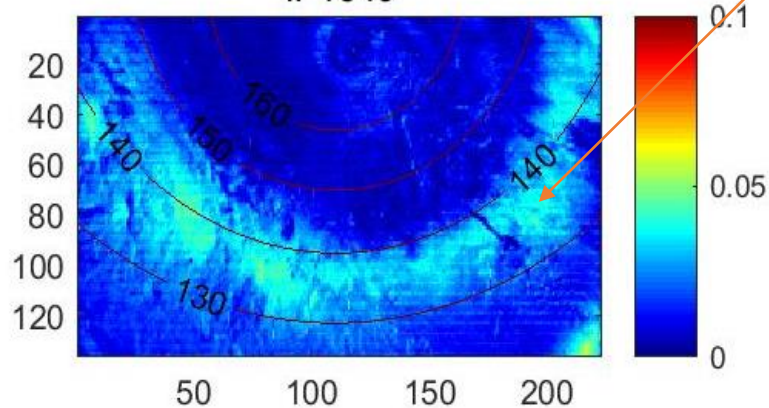
IP1030



I1640P

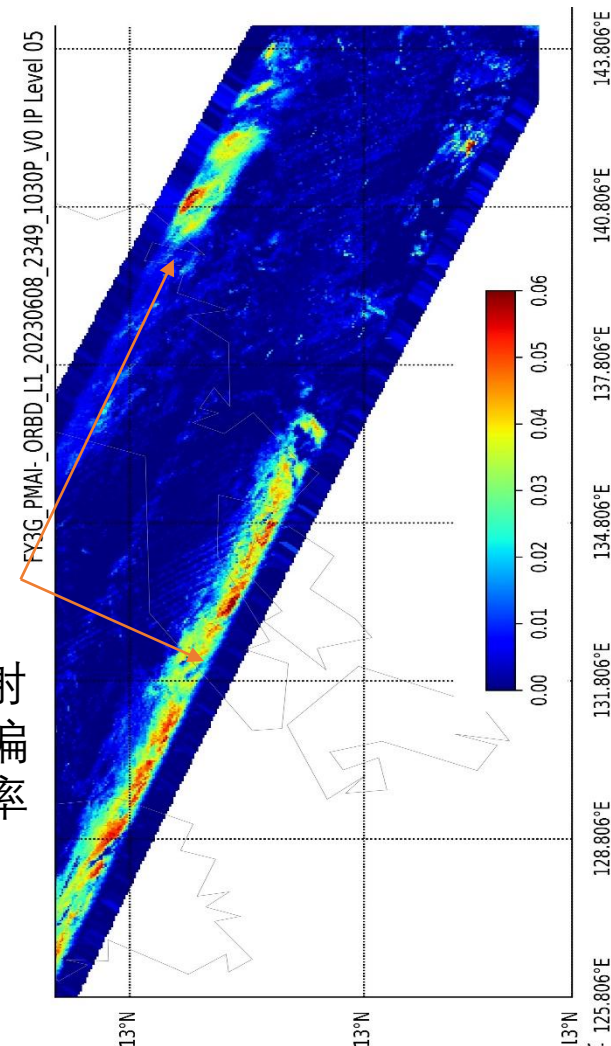


IP1640



云虹

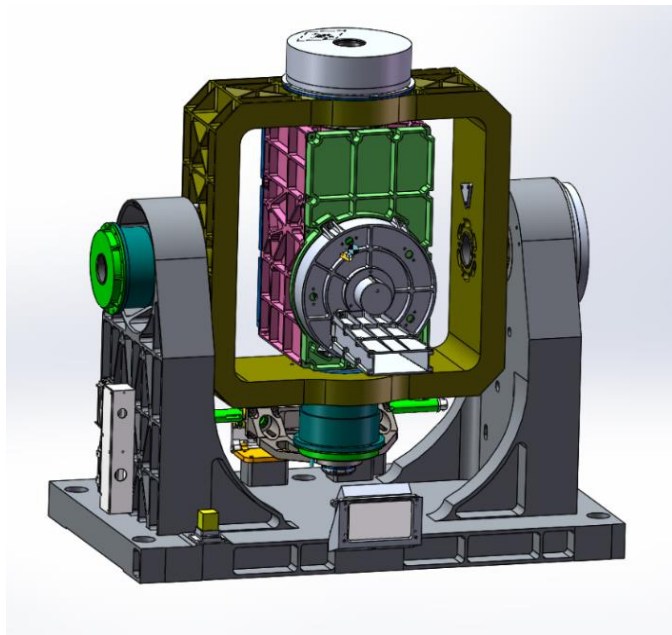
140°散射角下，偏振反射率的高值



帧数据（图像横纵坐标表示探测器的行列号，色标为归一化辐亮度）

重采样数据（具备地理坐标）

FY-3G/高精度定标器 (HAOC)

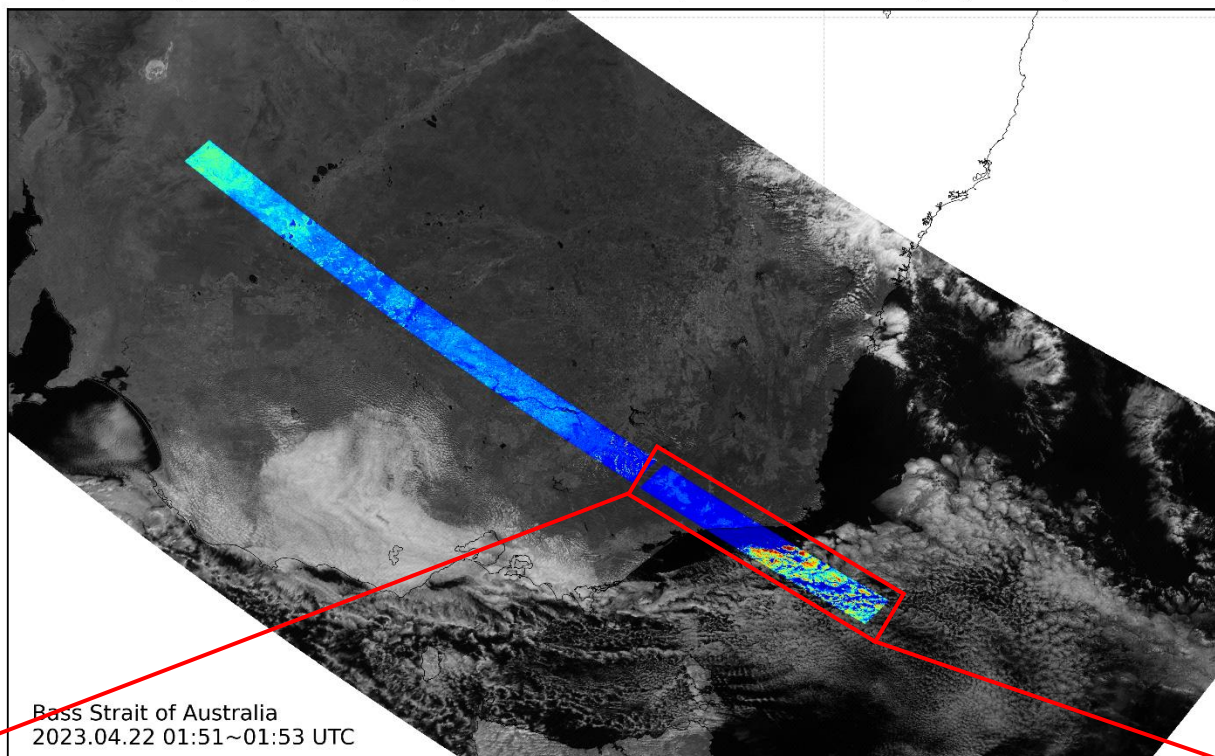


参数	指标
空间分辨率	<250m
光谱采样	4nm
光谱范围	0.4 ~1.06 μm
地面幅宽	50km
辐射定标精度	2%
光谱定标精度	2nm

- 首次开展在轨太阳交叉定标技术验证试验，演示将地球辐射信号与太阳相联系的国际单位制标准溯源链路，以及将高精度辐射定标结果传递给同平台或其他卫星可见/近红外遥感仪器的辐射传递链路。

FY-3G/HAOC hyperspectral image (700nm) superimposed on the image (865nm) of MERIS-RM

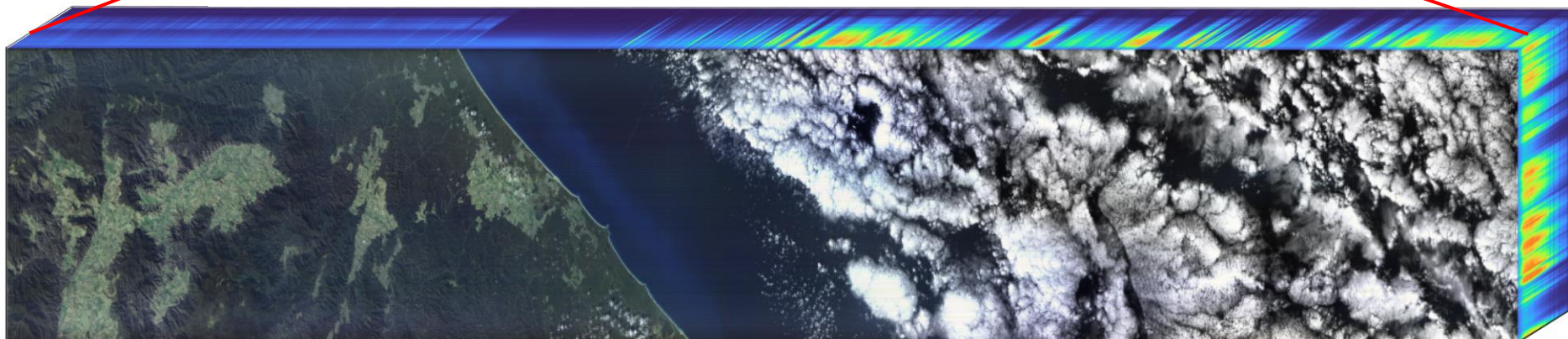
30°S



150°E

FY-3G/HAOC

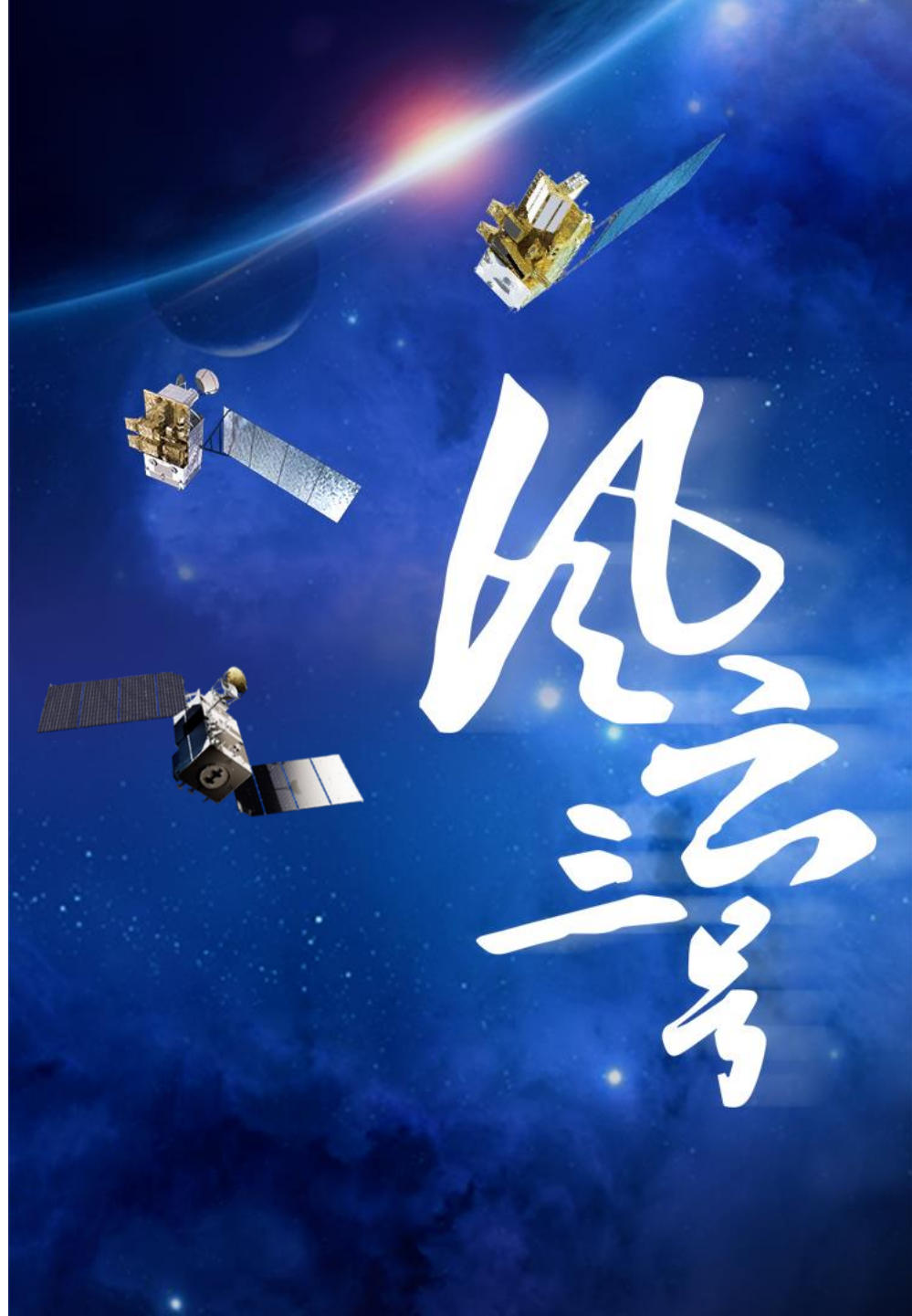
- 2023年4月22日，高精度定标器飞过澳大利亚巴斯海峡（Bass Strait），获得首批**可见/近红外高光谱图像立方体**。
- 采用与太阳交叉定标技术获得高精度地球反射率数据，为其它可见/近红外仪器提供空间辐射定标基准的能力。



1. 2023年4月发布降水星应用先行数据（L1仿真数据、光谱响应函数等）。
2. 在轨测试3个月后发布L1试用数据，开展应用试验。
3. 在轨测试6个月正式发布L1数据。
4. 在轨测试期间，分批次逐步发布L2产品，1年之内业务产品全部上线。

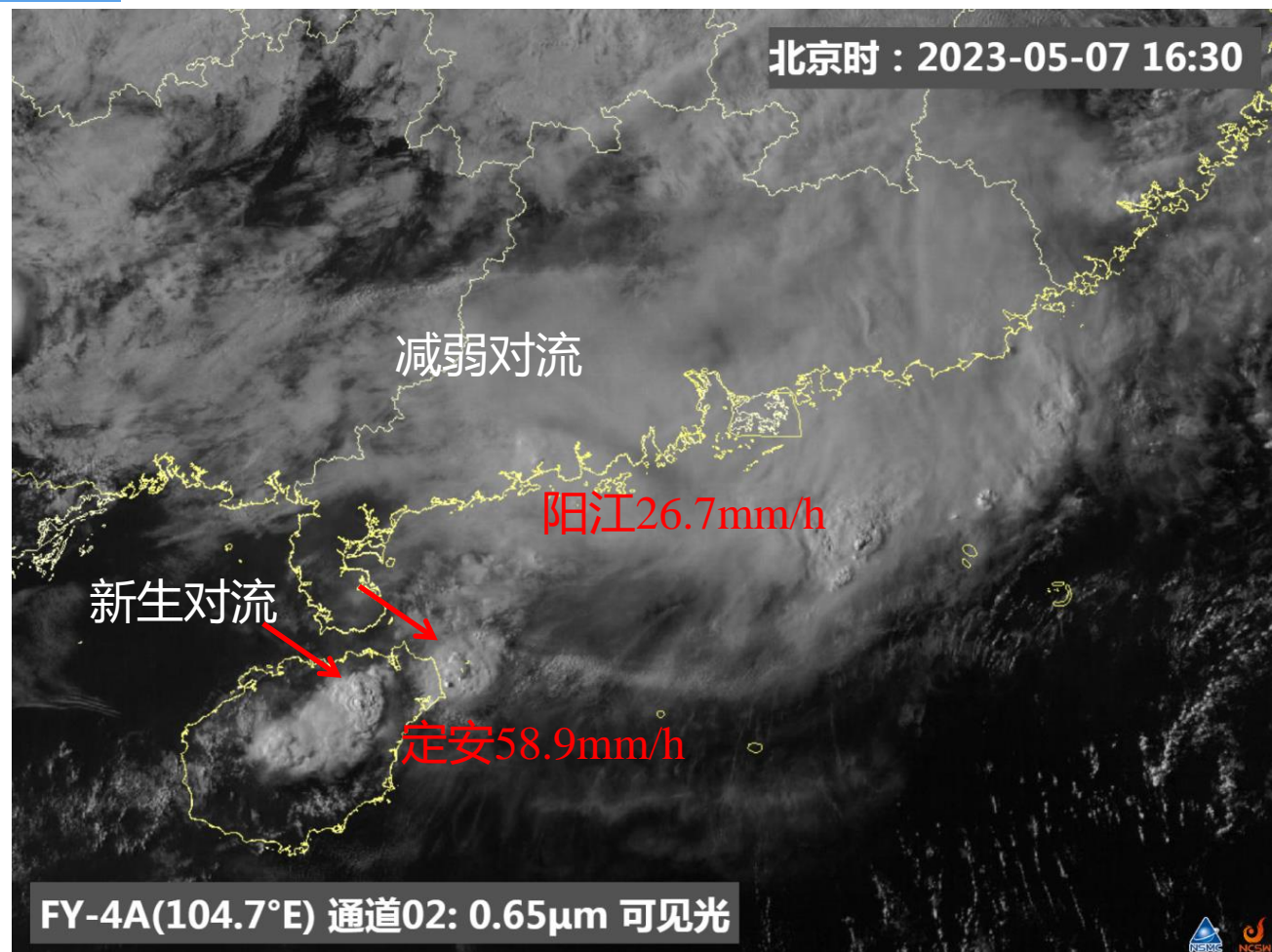
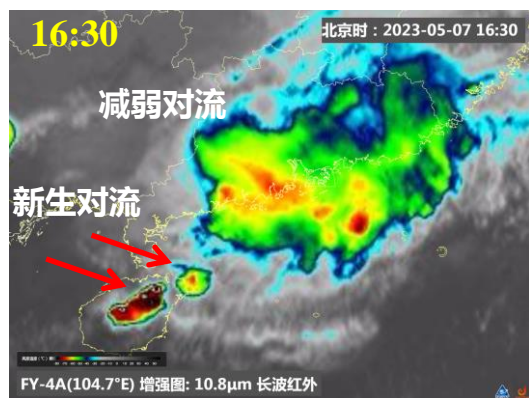
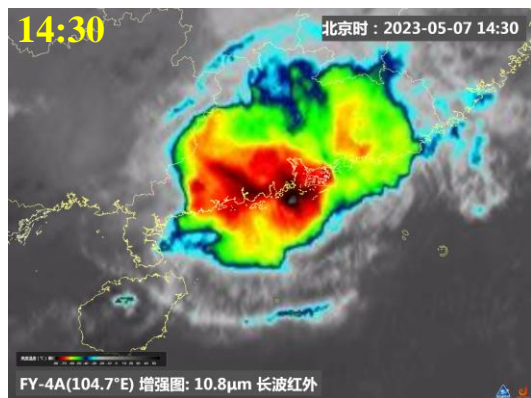
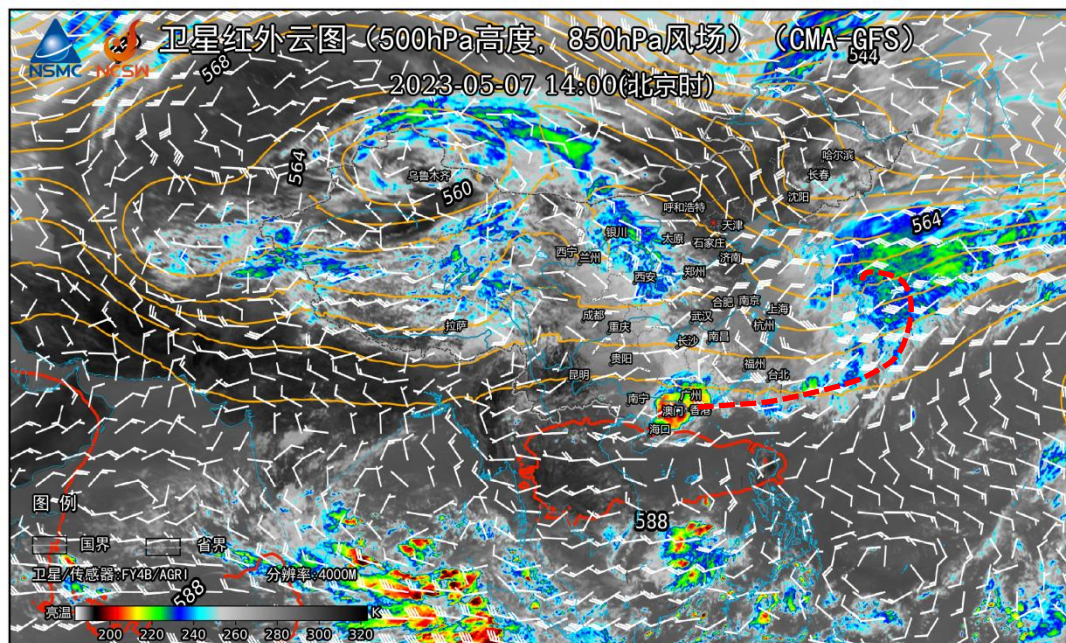
PART 04

风云三号降水星科学应用 初探



2023年5月7日华南强对流降水个例

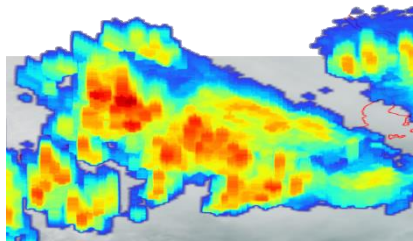
2023年5月7日14时FY-4A红外云图、500hPa高度场、850hPa风场



受东移入海锋面气旋云系尾部低层切变线影响，5月7日白天华南出现强对流云系，下午广东的强对流逐渐东移减弱，位于其西南侧的海南北部触发新生对流，16-17时广东南部最大1小时降水量为26.7mm，海南北部为58.9mm。

2023年5月7日华南强对流降水个例

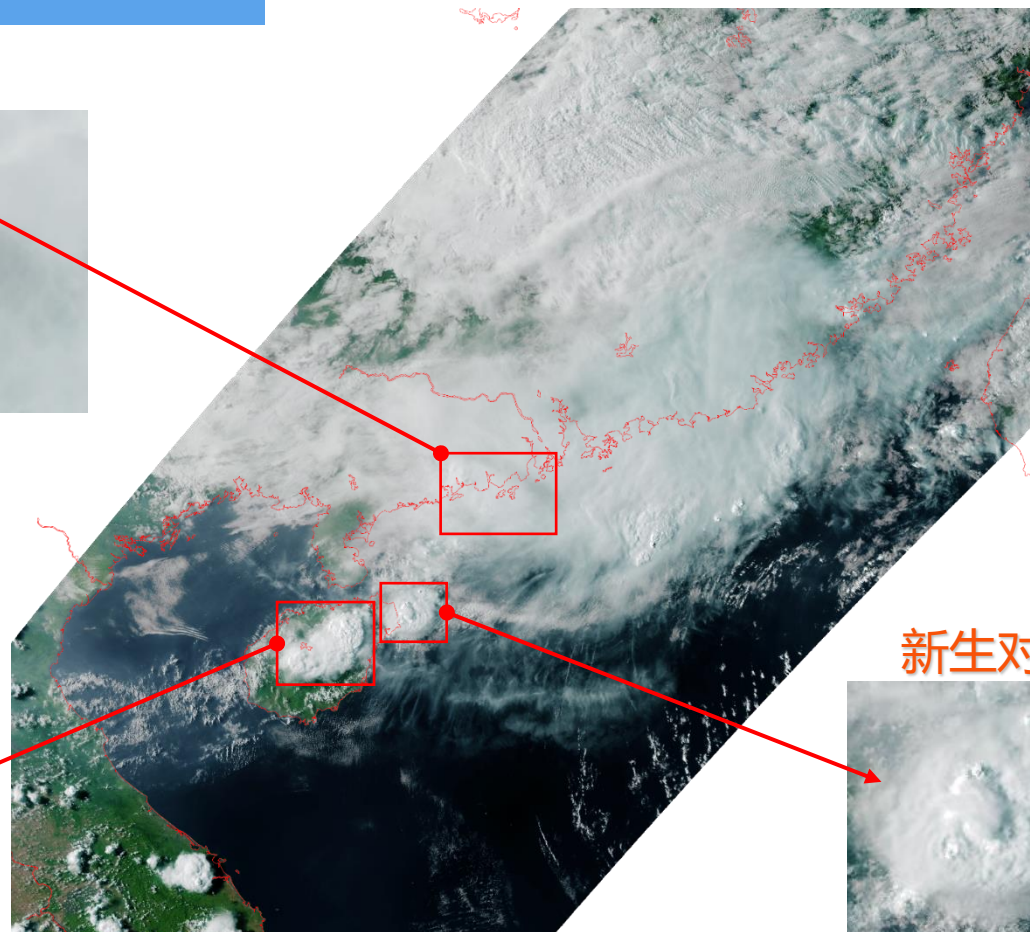
层云与弱对流



雷达图像



光学图像

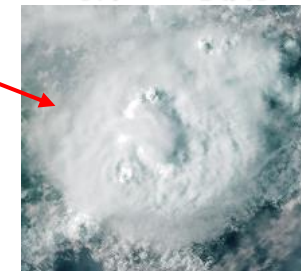


新生对流

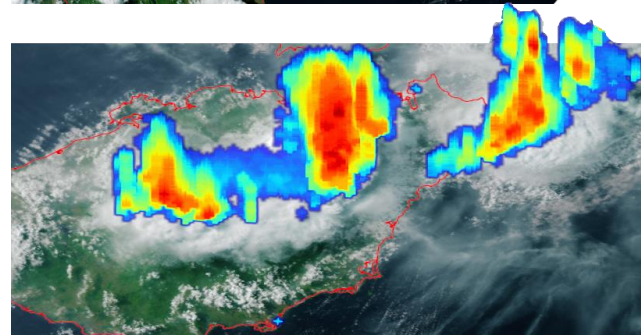


光学图像

新生对流



光学图像

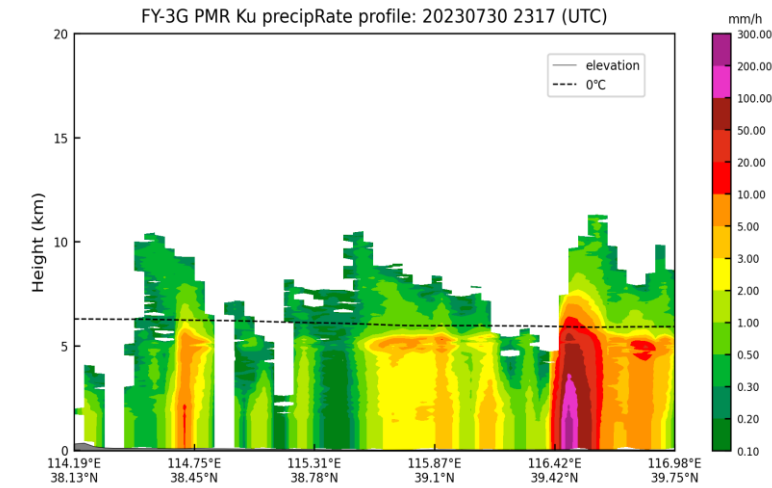
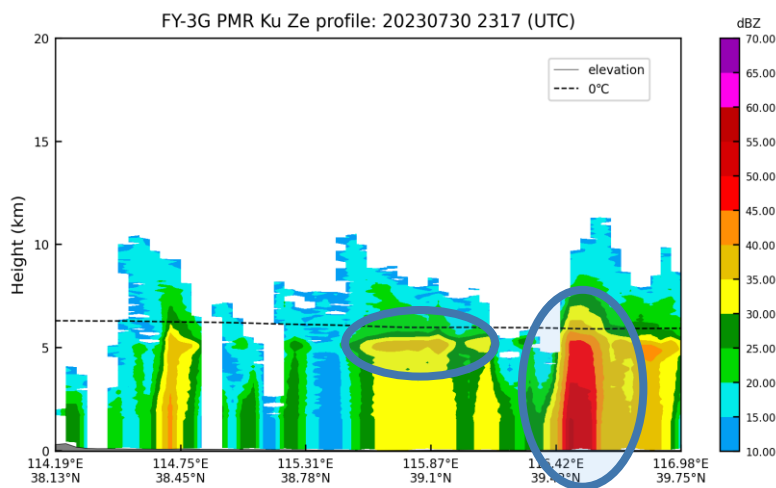
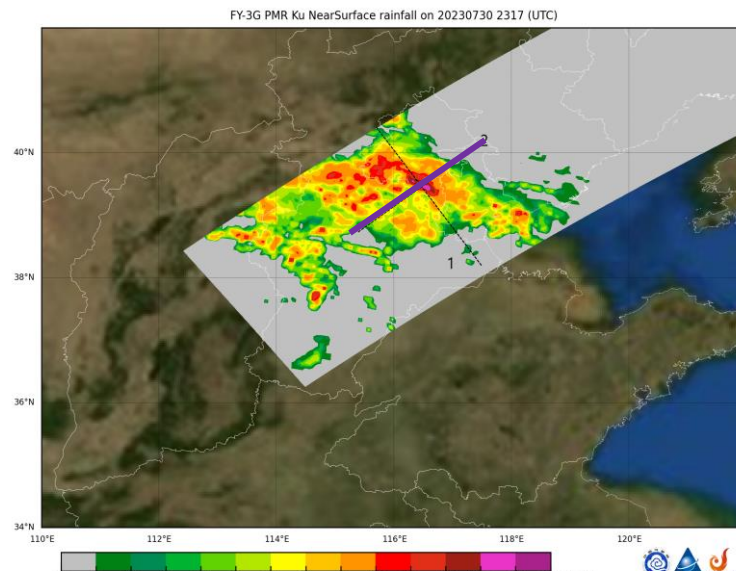


雷达图像

7.29-8.1京津冀等地极端强降雨过程

三维降水结构分析

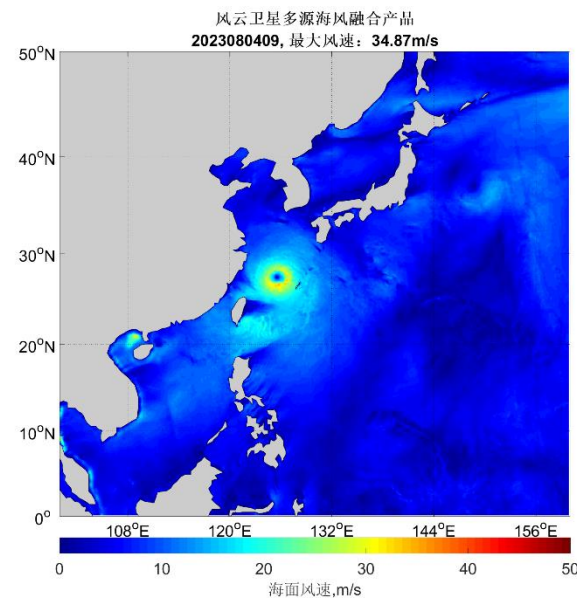
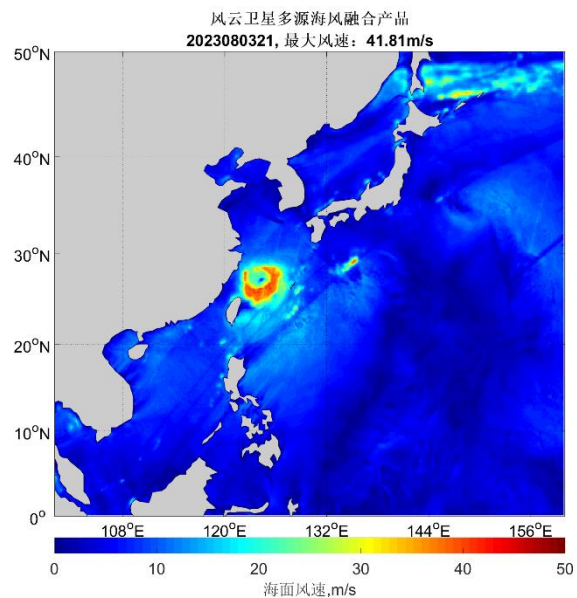
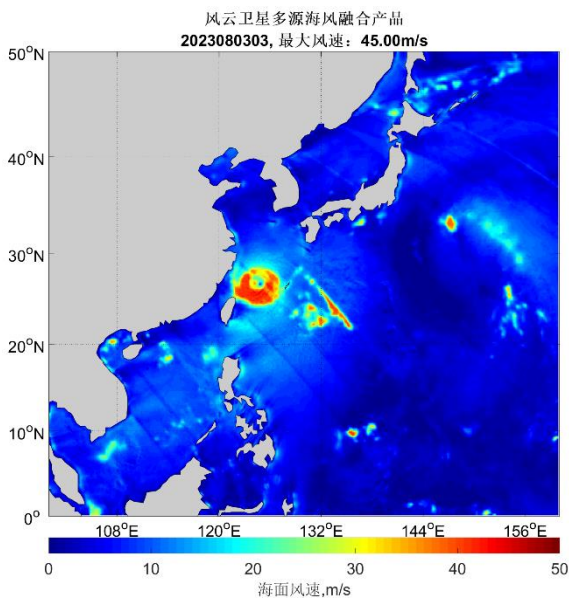
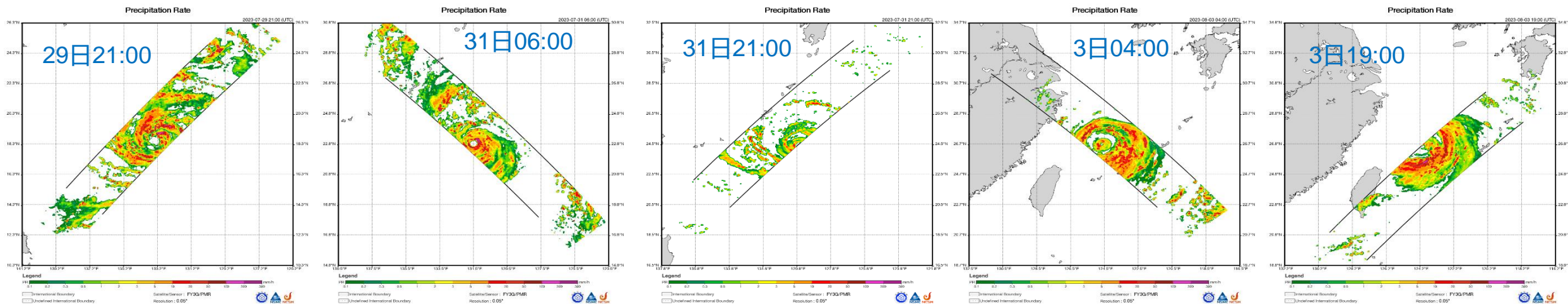
- 大部分层状云降雨，少部分对流性降雨（FY-3G 7.31 7:17时）
- 降水中心位于北京通州至河北廊坊，瞬时雨强最大达100mm/h以上。过强降水中心的垂直剖面可见，强降雨中心回波强度大，最大达到55-60dBZ，回波呈单柱状特征，结构密实，降水核心3km以下，降水效率高。
- 周围降水较弱的雨带上空回波相对较弱，平均约30-40dBZ，在5-6km高度附近可见有明显的亮带特征，这些地区降水主要为稳定的层云降水



7.16 4号台风泰利动画



FY-3G/PMR监测台风“卡努”降水结构演变



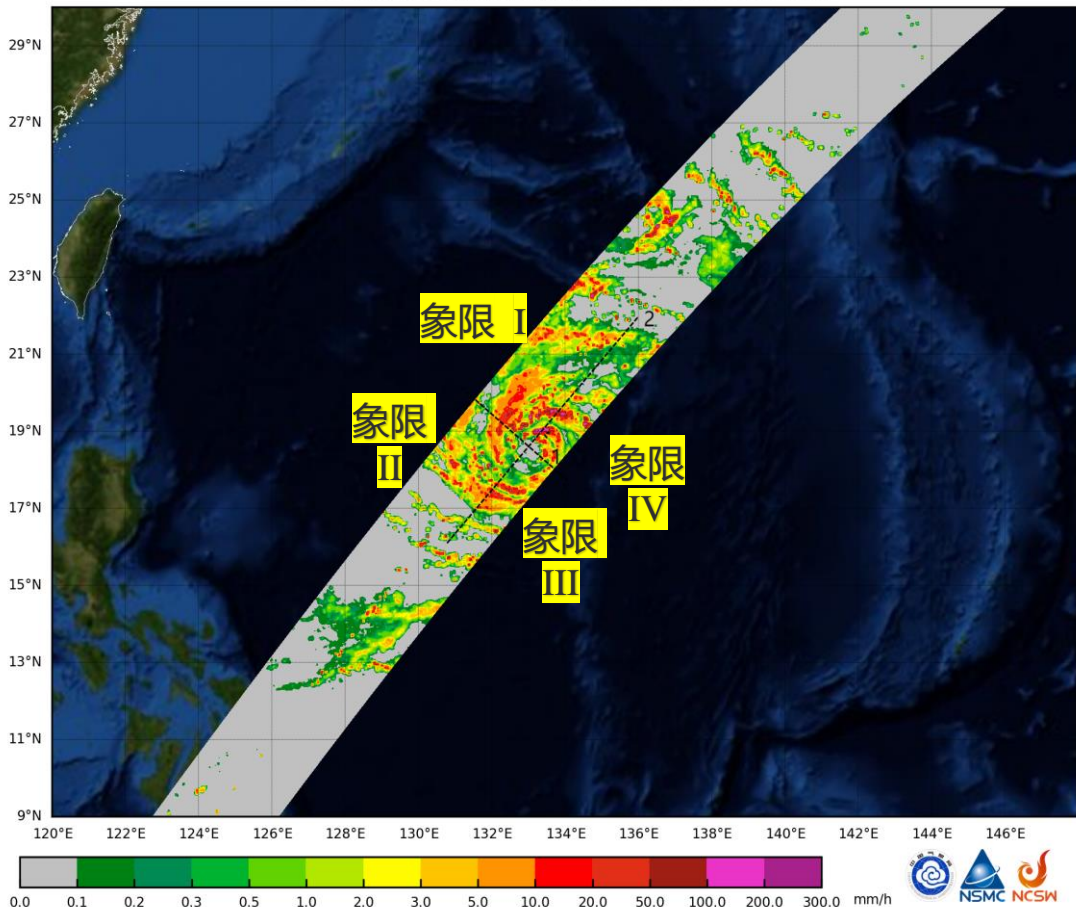
8月3日-4日强度减弱

FY3降水星监测2023年6号台风“卡努”（7月30日）

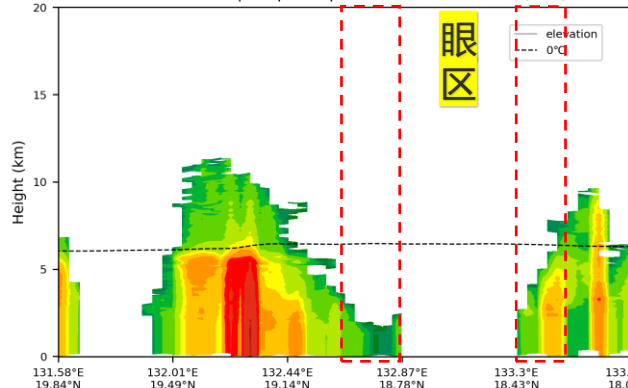


FY-3G 于30日 04: 27（北京时）监测到的强热带风暴“卡努”降水结构。由图可见，此时卡努降水结构表现出显著的非对称结构，贴近副高一侧的对流旺盛，雨强最大位于象限I和IV，最大雨强超过100mm/h，雨顶高度超过10km，该处降水粒子浓度高，粒径大，降水效率高。

FY-3G PMR Ku NearSurface rainfall on 20230729 2027 (UTC)

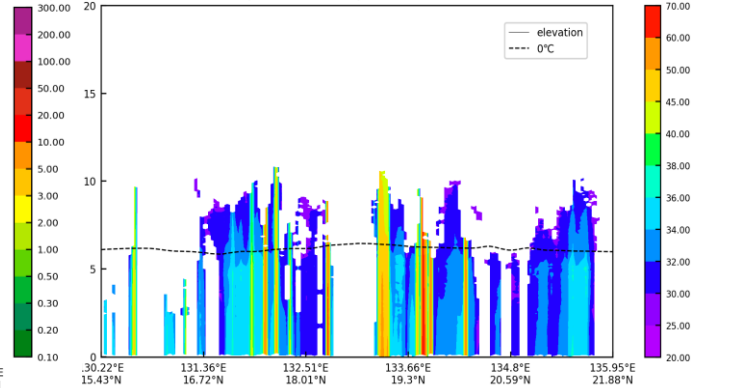


FY-3G PMR Ku precipRate profile: 20230729 2027 (UTC)



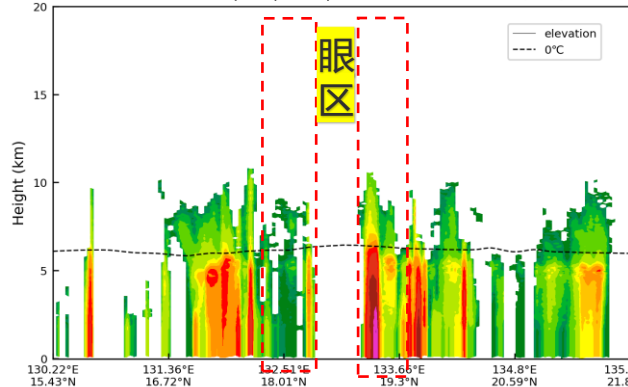
西北

FY-3G PMR Ku paramDSD Nw profile: 20230729 2027 (UTC)



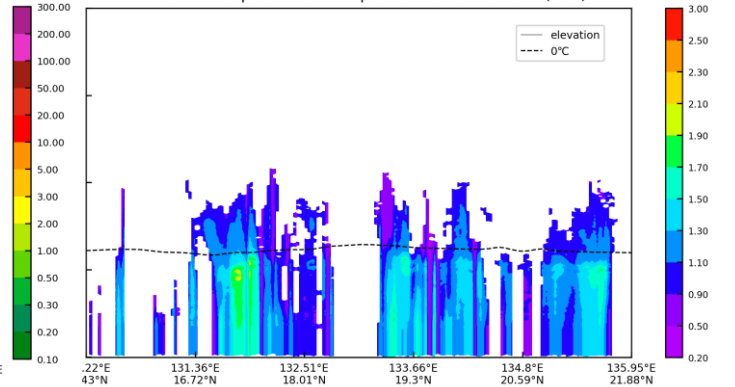
东北

FY-3G PMR Ku precipRate profile: 20230729 2027 (UTC)



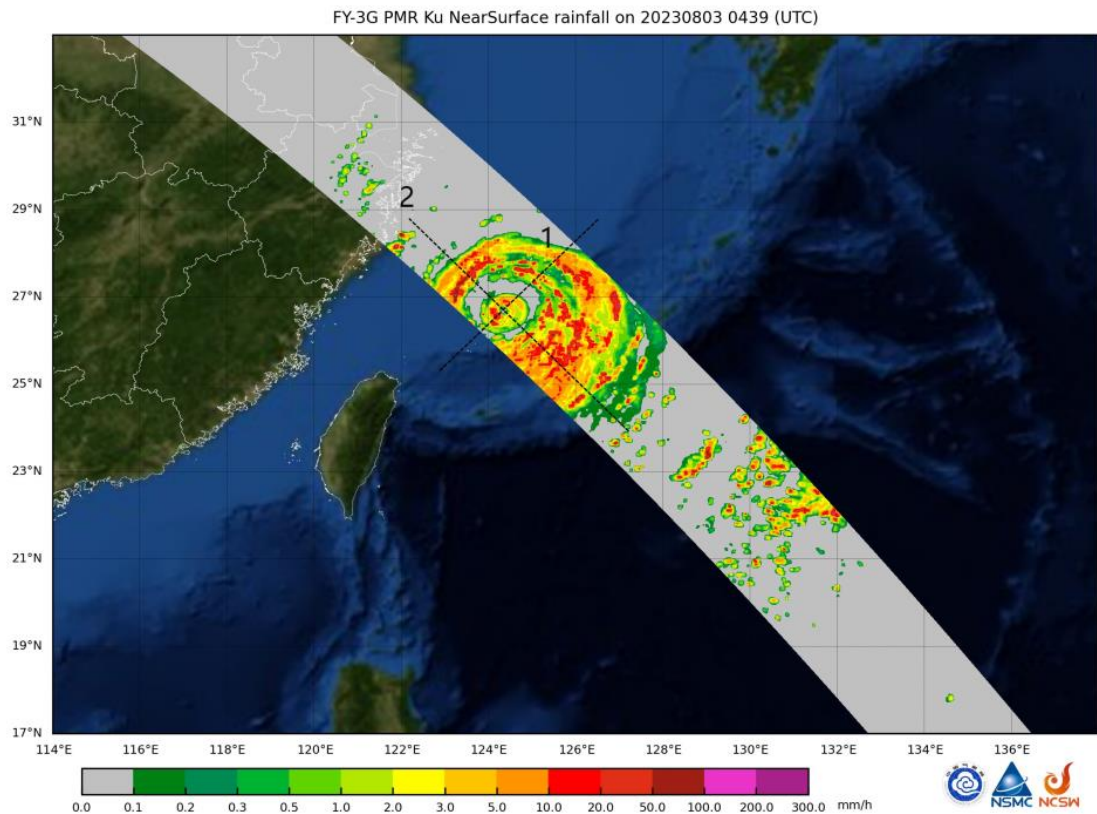
西南

FY-3G PMR Ku paramDSD Dm profile: 20230729 2027 (UTC)

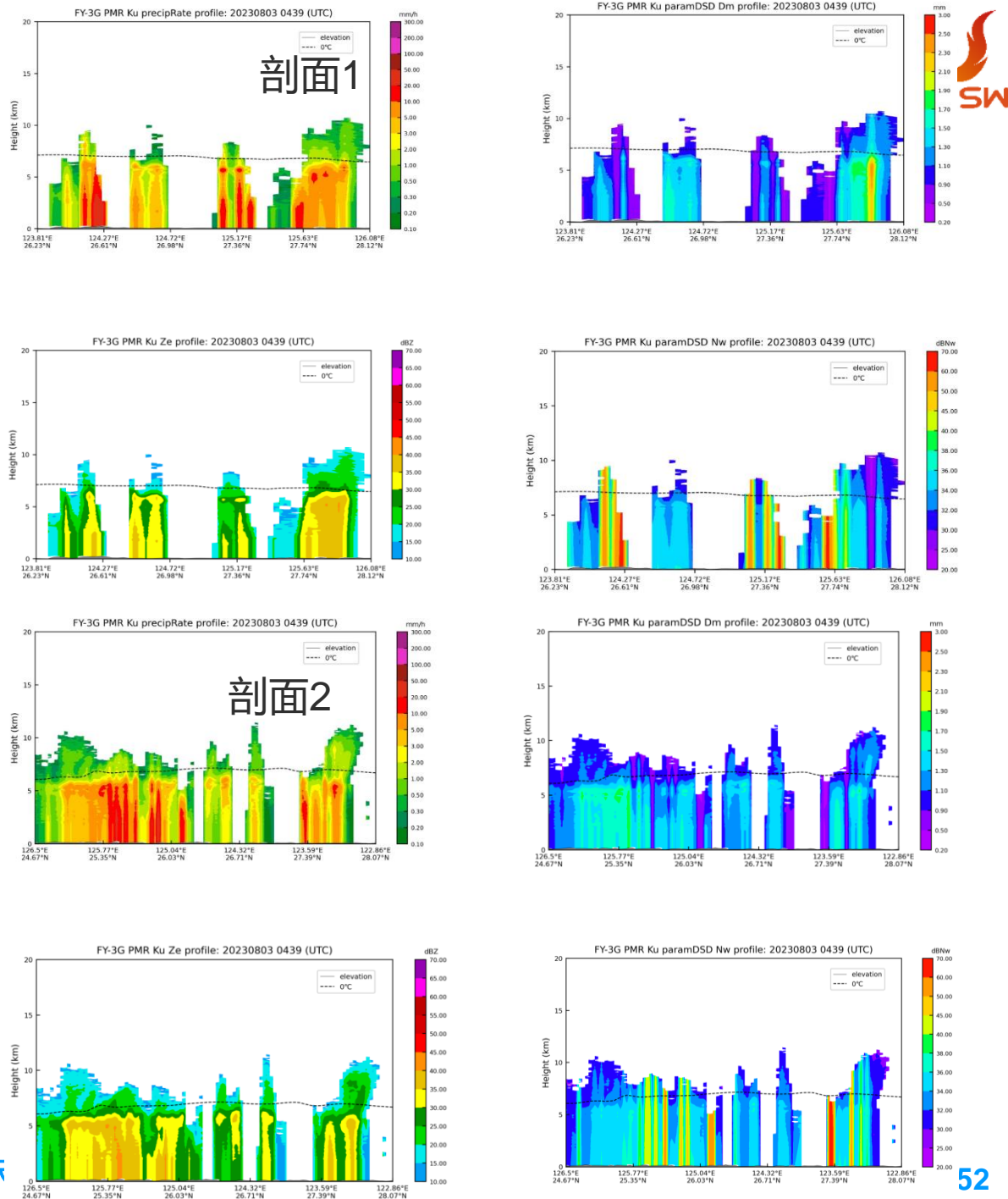


东南

8月3日的“卡努”



8月3日卡努出现双眼墙，相比于7月30日，台风“卡努”雷达回波强度小于40dBZ，最大雨强20-50mm/h，降水呈现减弱的趋势。但是降水粒子数浓度较大，表明台风降水此刻主要由大量的小雨滴组成。





降水与云：云型与降水、云微物理与云降水物理（云到降水）

降水与台风：台风降水强度，台风降水与结构，台风降水与动力

降水与强对流：雷暴-闪电与小时极端降水（雷暴云微物理），冰雹识别，对流触发

降水与能量-水循环：降水潜热释放，对流与潜在对流区的能量交换与演变

降水与气候：降水云系的气候形态，季风区降水与对流系统日变化、云-气溶胶-辐射-降水

反演算法与检验验证：遥感仪器定标、参数反演算法、地基检验验证，星地雷达校准

新技术应用：机器学习，卫星数据同化，多源资料融合

在轨测试期间数据申请与获取方法



风云三号G星在轨测试资料

<http://satellite.nsmc.org.cn/FY3G/html/IOTDATASET.html>

国家卫星气象中心 风云三号 G 星在轨测试科学测试数据服务管理办法 (试行)

第一章 总则

第一条 (目的和依据) 为促进风云三号 G 星在轨测试期间科学研究和数据应用测试,规范风云三号 G 星在轨测试数据的申请使用和安全管理,依据《风云气象卫星数据管理办法(试行)》(气发〔2018〕50号)、《气象数据共享服务与安全管理办法(试行)》(气发〔2022〕59号)、《国家民用卫星遥感数据管理暂行办法》(科工一司〔2018〕1866号)等,结合本单位实际,制定本办法。

第二条 (数据范围) 本办法适用于风云三号 G 星在轨测试期间地面系统为科学测试应用准备的 1 级数据及其衍生的 2、3 级产品测试数据(以下简称:科学测试数据)的数据服务。

第三条 (职责) 本办法由业务管理处归口管理并解释;地面系统两总负责科学测试数据应用技术方案审核;在轨测试期间数据的服务工作由卫星数据与资源室(大气遥感卫星数据中心)承办。

第二章 申请条件

第四条 (用户范围) 在轨测试科学测试数据集仅对向国家卫星气象中心提交《科学测试数据应用技术方案》并获得审核通过的科学家提供。

附件 2

风云三号 G 星在轨测试科学测试数据集使用申请表

申请编号: _____		申请时间: _____ 年 月 日		
申请人基本信息	姓名	_____	单位	_____
	电话	_____	部门	_____
交付方式	网络下载 (FTP)			
申请内容	仪器名称	_____		
	数据级别	_____		
数据用途	_____			
申请人填写	用户保证	我承诺: 1. 仅将数据用于当次申请表中声明的“数据用途”,未经在轨测试领导小组授权不得将数据直接或间接向外分发; 2. 不得复制或转让数据以及由这些数据经单位换算、介质转换或量度变换后形成的新数据,不用于经营性活动;不得以任何形式复制或保存这些数据; 3. 不向国外提供、或者在与国外有关机构和个人的合作中提供数据,严禁资料流失,以保障国家安全和利益; 4. 充分理解数据作为测试数据用于应用服务的潜在风险,该数据仅用于系统测试和科学试验使用; 5. 对该数据集试验使用中发现的问题,及时书面通知数据提供方,未经国家卫星气象中心书面确认,不向外公布或发表对于上述数据的分析结论。 如有违反上述任何规定的行为,一切后果由我负责。		
	申请人签字:	_____		
单位意见	用户单位意见	_____		
	单位负责人签字:	_____	加盖单位公章	_____
		_____ 年 月 日		

国家卫星气象中心(国家空间天气监测预警中心)制

感谢聆听!

