



中国气象局
China Meteorological Administration



国家卫星气象中心
National Satellite Meteorological Centre

FY-3E/MWHS-II 仪器与L1产品介绍

郭杨

国家卫星气象中心

2022-1-7 中国 北京



目录

仪器简介

01

仪器性能及数据质量

02

L1产品及使用指南

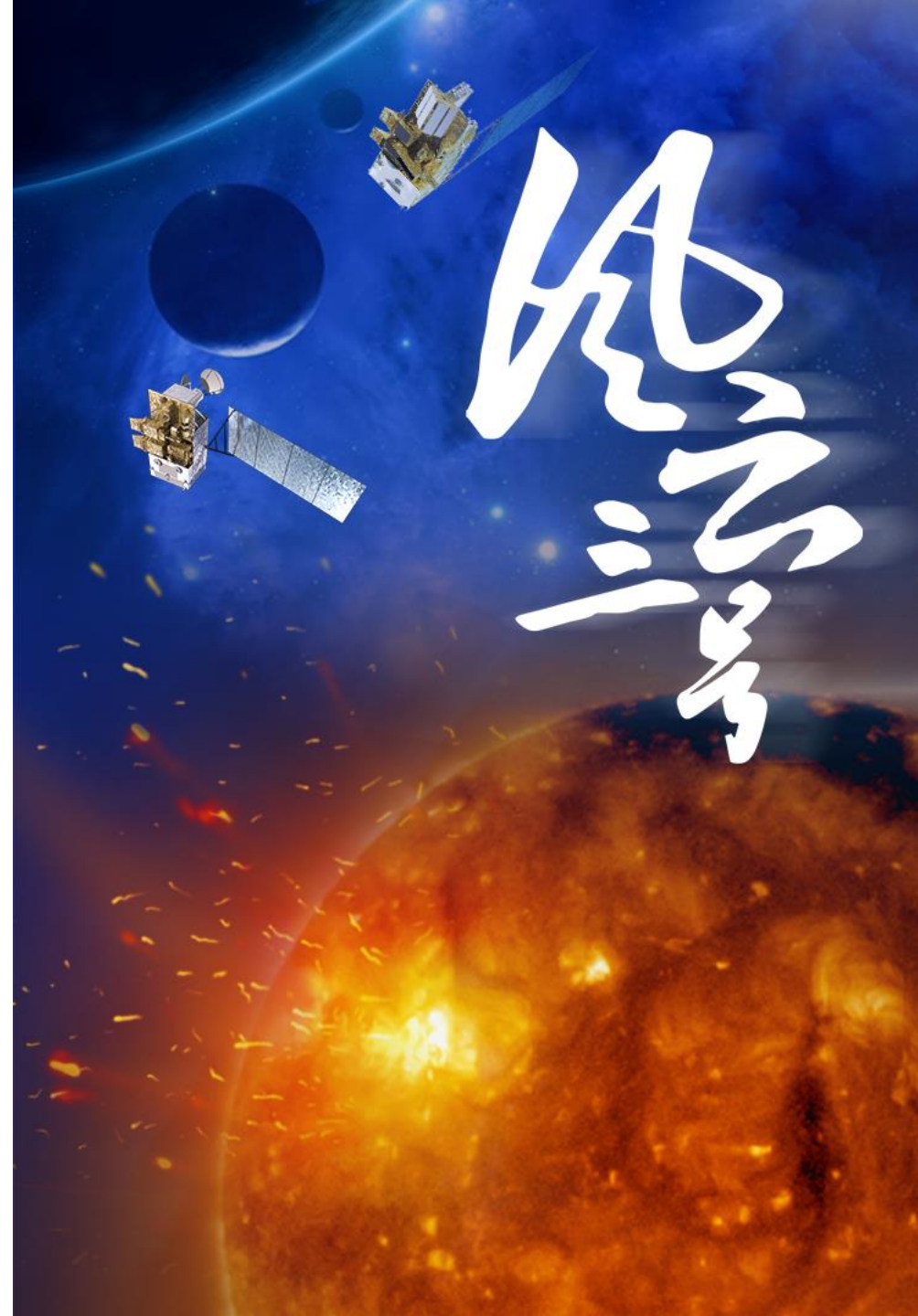
03

仪器典型产品与应用潜力

04

PART 01

仪器简介



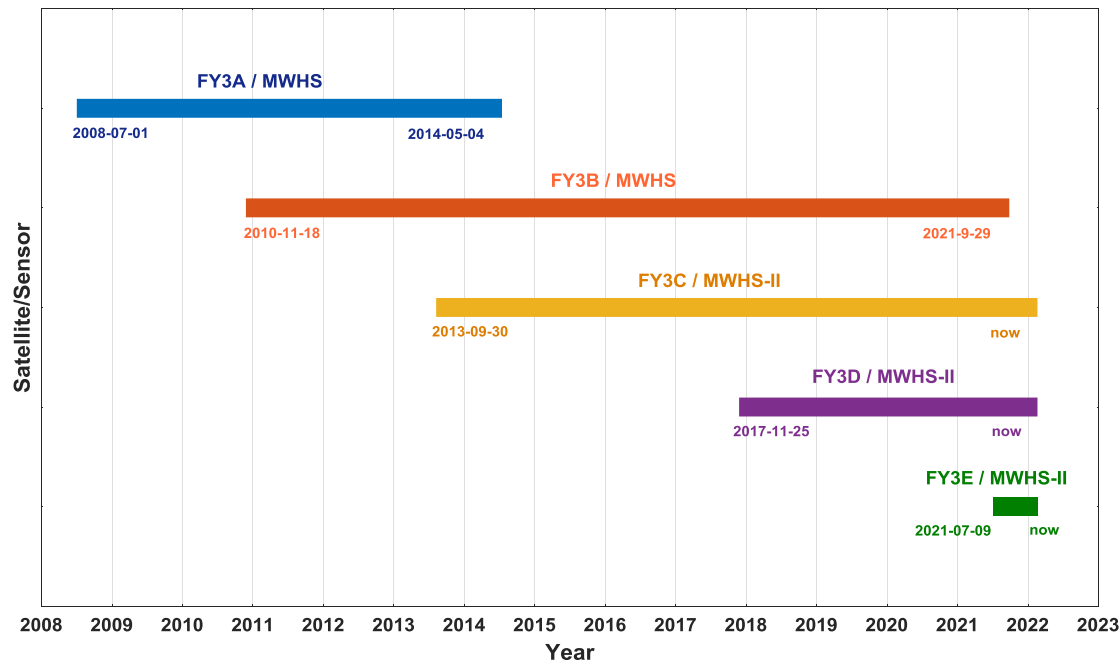
一、FY-3E MMHS-II仪器简介

- ◆ 风云三号微波湿度计可获取全天候的全球大气湿度和温度的垂直分布状况，为数值天气预报提供及时准确的大气湿度和温度初始场信息，提升对台风、暴雨灾害性天气的预警能力。2008、2010、2013、2017年分别搭载于FY-3A/B/C/D星发射，其探测资料已经在欧洲中心，英国气象局和数值预报中心业务同化。FY-3（03）批微波湿度计II型具有四个探测频段，十五个探测通道，继承02批次微波湿度计体制并提高了系统整体性能指标，窗区探测频率从150GHz更改为166GHz。

2021.7.9 FY-3E MWHS-II 开机



FY-3E微波湿度计-II型实物图



风云三号微波湿度计时间覆盖

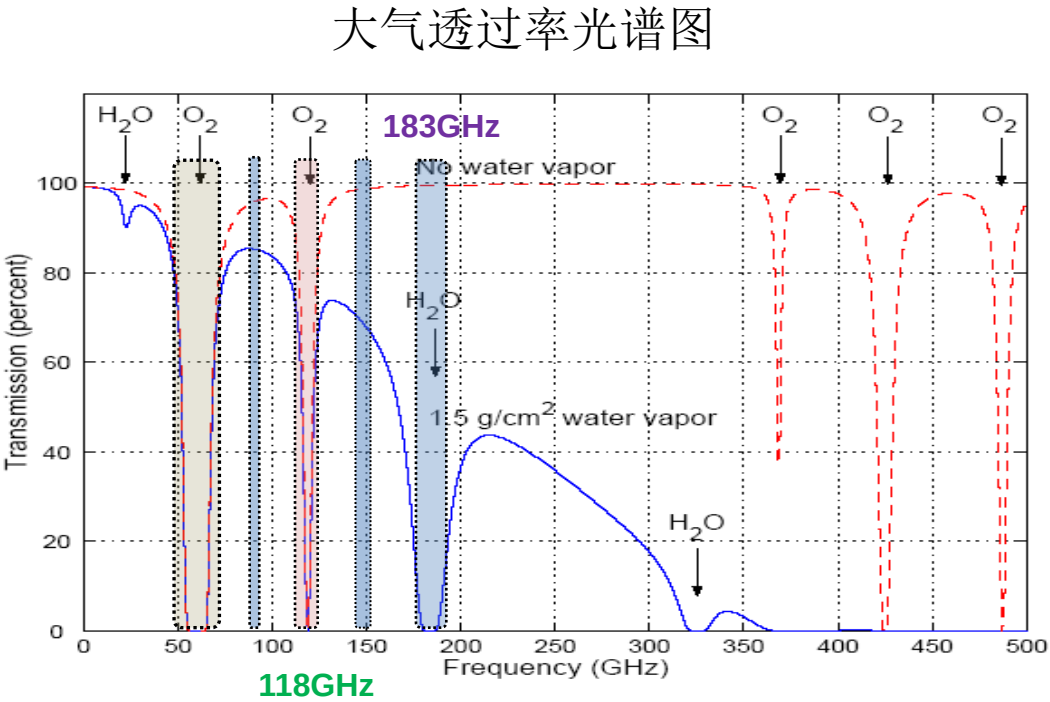
用途：数值天气预报，再分析，大气温湿度廓线反演，降水判识，降水反演等。

应用领域：气象，气候，水利，科研院所相关基础性研究等。



FY-3E MMHS-II同类载荷

中心频率 (GHz)	MWHS-II	MWHS	ATMS	MHS
89.0	1		88.2	89
118.75±0.08	2			
118.75±0.2	3			
118.75±0.3	4			
118.75±0.8	5			
118.75±1.1	6			
118.75±2.5	7			
118.75±3.0	8			
118.75±5.0	9			
166.0	10	150H/150V	165.5	157
183.31±1	11	3	22	3
183.31±1.8	12		21	
183.31±3	13	4	20	4
183.31±4.5	14		19	
183.31±7	15	5	18	5



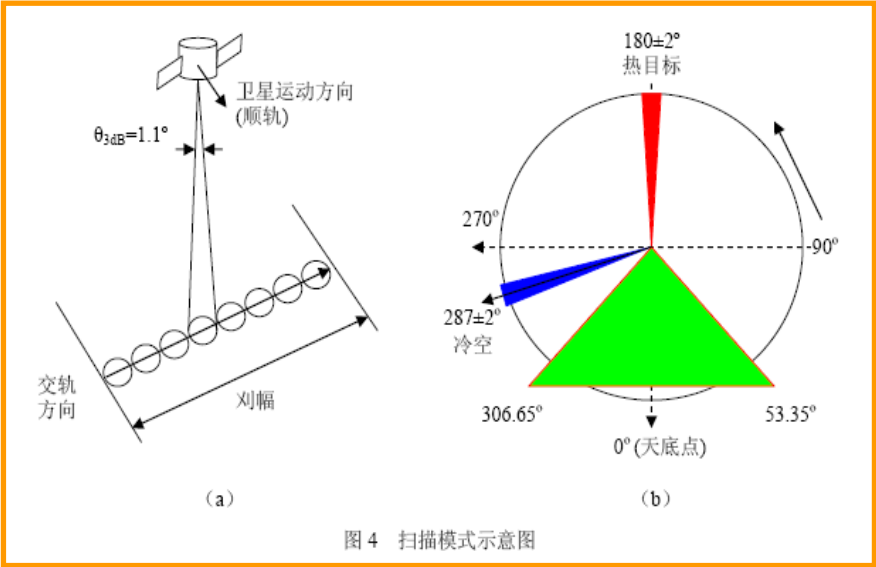
118GHz通道是国际上业务卫星首次使用的大气探测通道！

FY-3E MMHS-II性能指标-观测几何

FY-3E微波湿度计-II型观测指标

参数	FY3D指标	FY3E指标
对地扫描张角	$\pm (53.35 \pm 0.1)^\circ$	$\pm (53.35 \pm 0.1)^\circ$
扫描成像点数	98个点/每条扫描线	98个点/每条扫描线
在轨定标	周期性两点定标	周期性两点定标
扫描周期	2667ms	周期: 8/3s; 对地观测: 1.71s; 热源观测: 0.1s; 冷空观测: 0.1s
扫描时序精度		1.763ms
两副天线间配准精度	0.1° (方位、俯仰)	0.1° (方位、俯仰)
天线指向精度	$\pm 0.10^\circ$	$\pm 0.08^\circ$
量化等级	14比特	14比特
光轴星下点指向偏差		$< \pm 0.20^\circ$

- 扫描方式：
跨轨扫描：垂直于飞行轨迹；
- 扫描模式：
 - 1) 360° 变速连续扫描（默认）；
 - 2) 匀速扫描：根据控制指令执行；
 - 3) 固定角度观测：根据控制指令执行。



FY-3E MMHS-II性能指标-通道性能

FY-3E微波湿度计-II型通道配置及性能指标

通道号	中心频率(GHz)	带宽 (MHz)	频率稳定度 (MHz)		动态范围(K)	灵敏度 (K)		定标精度 ^[注1] (K)		3DB波束宽度	主波束效率
			02批	E星		02批	E星	02批	E星		
1	89.0	1500	50	50	3—340	1.0	0.4	1.3	1.0/0.8	2.0°	>92%
2	118.75±0.08	20	30	20	3—340	3.6	2.2	2.0	2.4/2.2	2.0°	>92%
3	118.75±0.2	100	30	20	3—340	2.0	1.0	2.0	1.2/1.0	2.0°	>92%
4	118.75±0.3	165	30	20	3—340	1.6	0.8	2.0	1.2/1.0	2.0°	>92%
5	118.75±0.8	200	30	20	3—340	1.6	0.8	2.0	1.2/1.0	2.0°	>92%
6	118.75±1.1	200	30	20	3—340	1.6	0.8	2.0	1.0/0.8	2.0°	>92%
7	118.75±2.5	200	30	20	3—340	1.6	0.8	2.0	1.0/0.8	2.0°	>92%
8	118.75±3.0	1000	30	20	3—340	1.0	0.5	2.0	1.0/0.8	2.0°	>92%
9	118.75±5.0	2000	30	20	3—340	1.0	0.5	2.0	1.0/0.8	2.0°	>92%
10	166.0	1500	50	50	3—340	1.0	0.4	1.3	1.0/0.8	1.1°	>95%
11	183.31±1	500	30	30	3—340	1.0	0.6	1.3	1.0/0.8	1.1°	>95%
12	183.31±1.8	700	30	30	3—340	1.0	0.6	1.3	1.0/0.8	1.1°	>95%
13	183.31±3	1000	30	30	3—340	1.0	0.5	1.3	1.0/0.8	1.1°	>95%
14	183.31±4.5	2000	30	30	3—340	1.0	0.5	1.3	1.0/0.8	1.1°	>95%
15	183.31±7	2000	30	30	3—340	1.0	0.5	1.3	1.0/0.8	1.1°	>95%

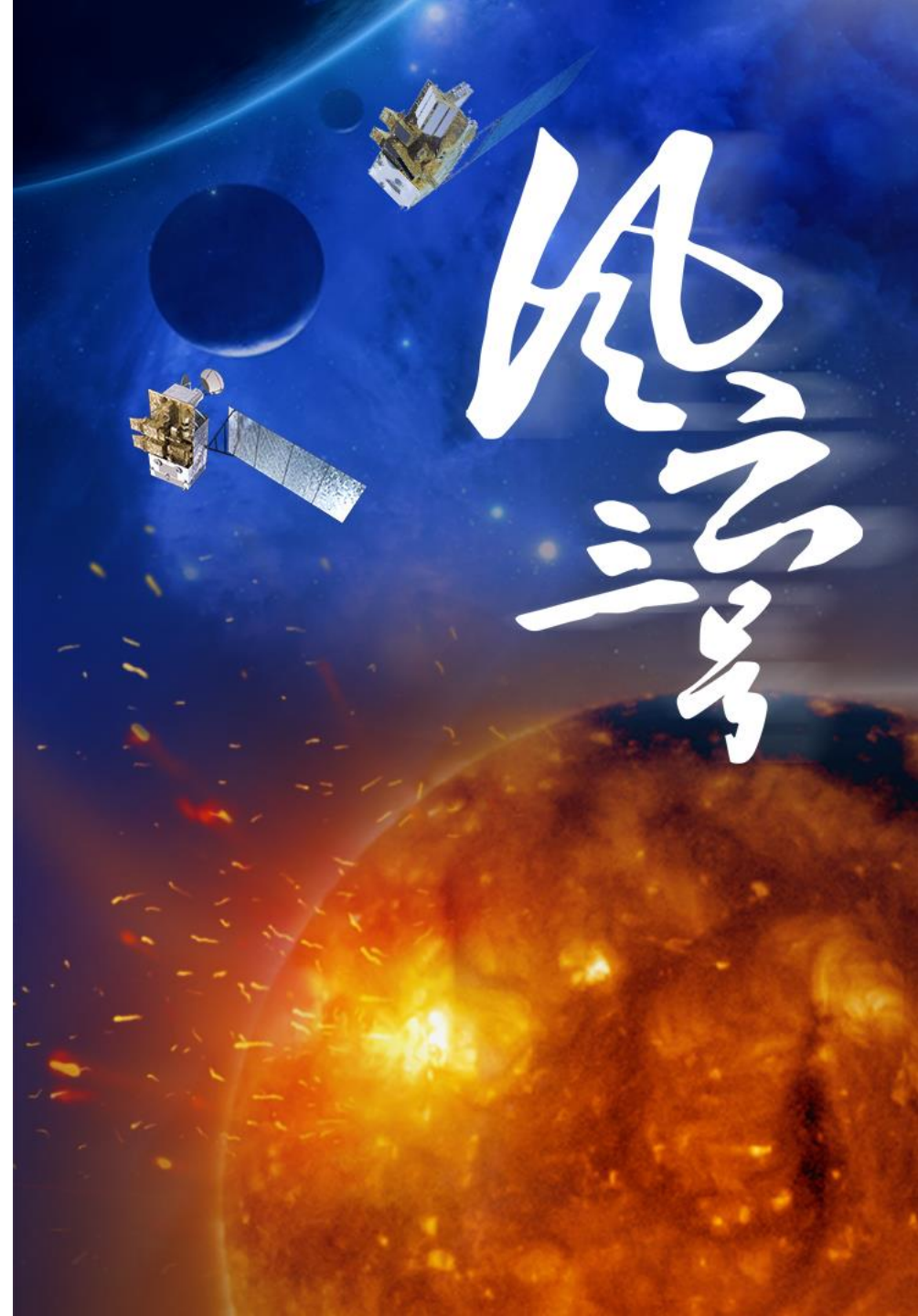
[注1]: 最低要求/期望

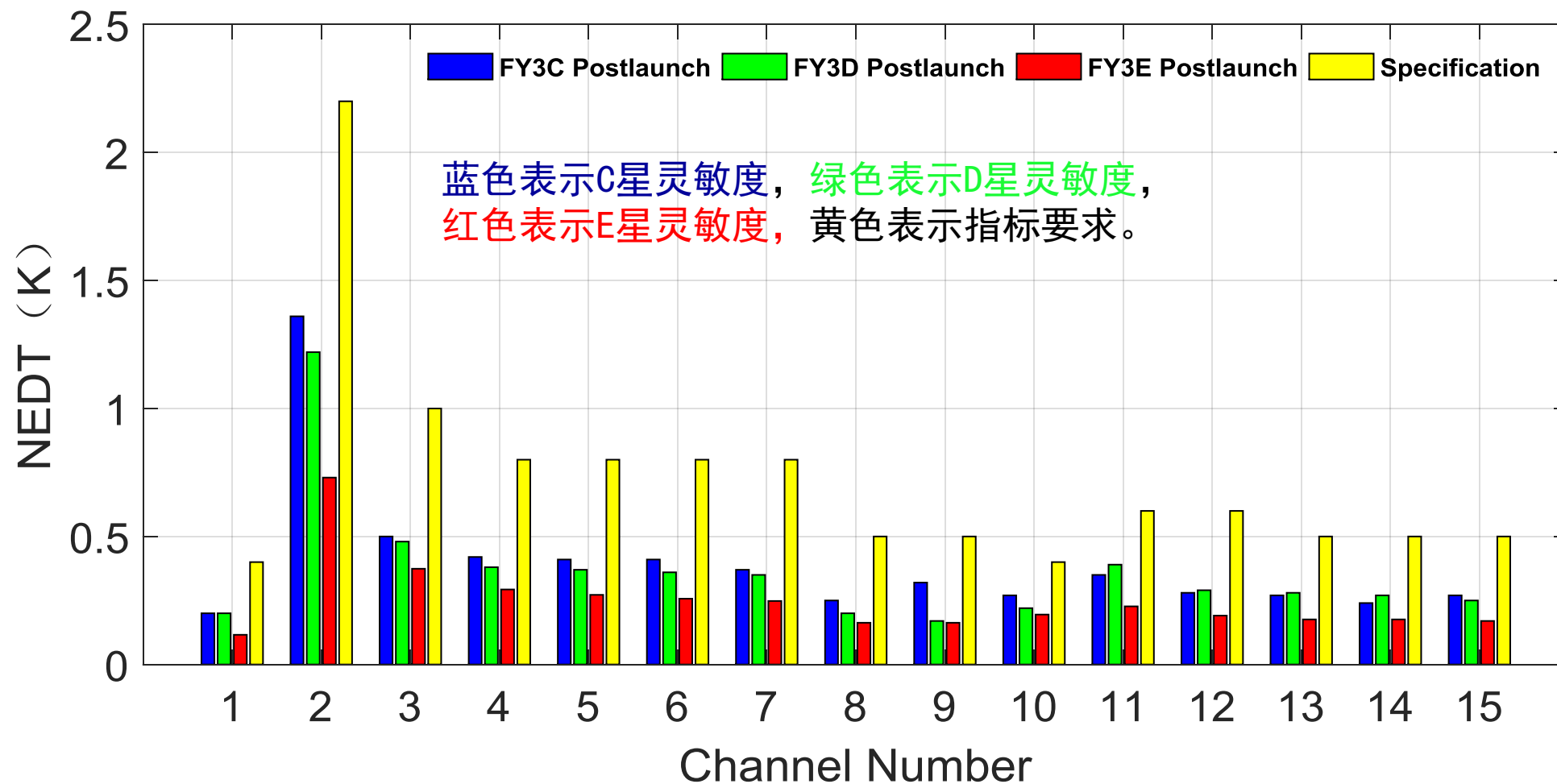


PART 02

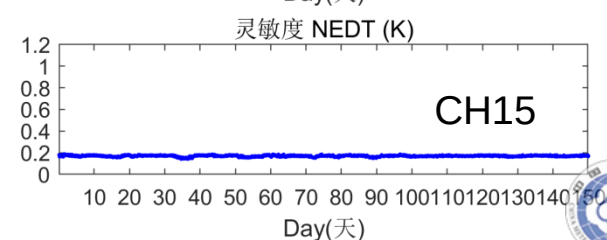
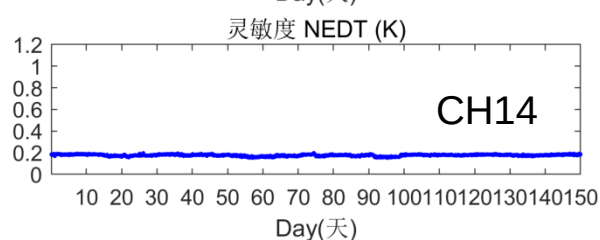
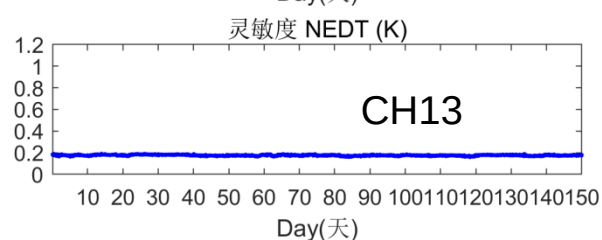
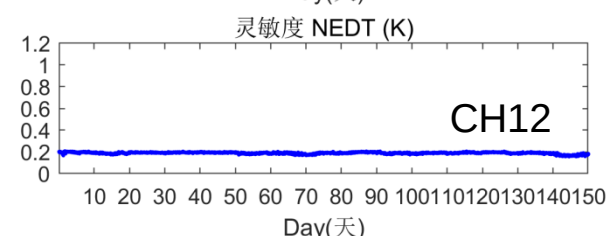
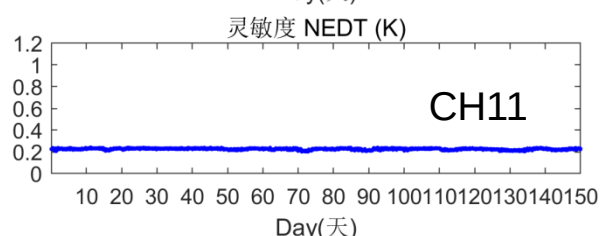
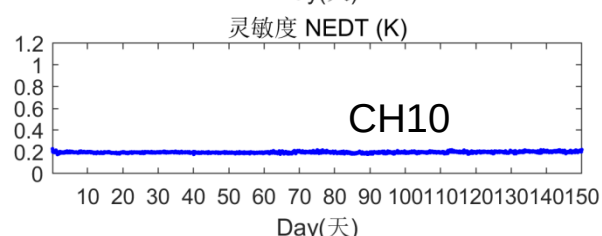
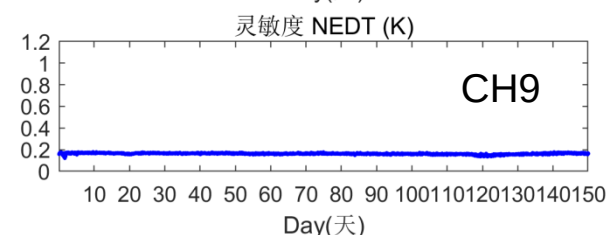
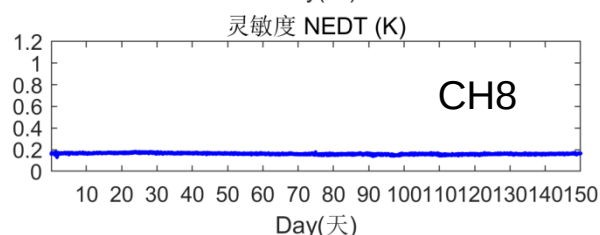
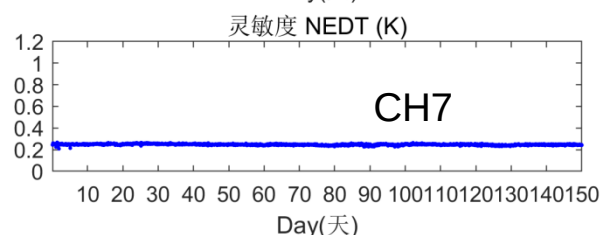
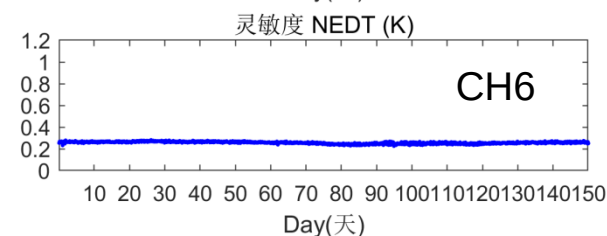
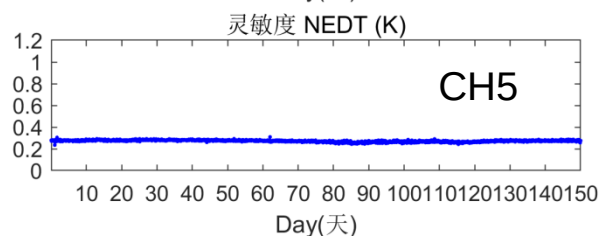
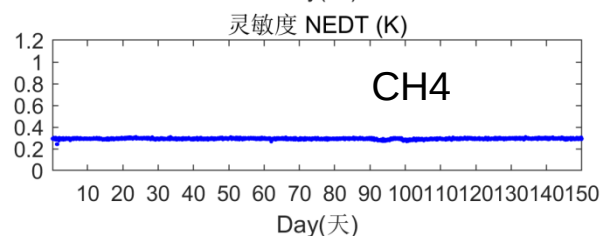
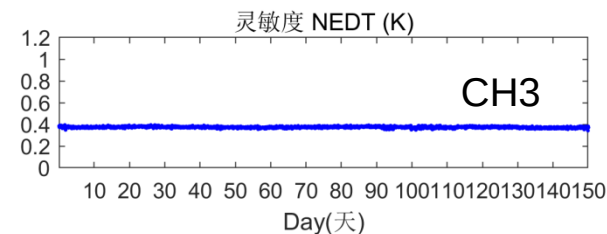
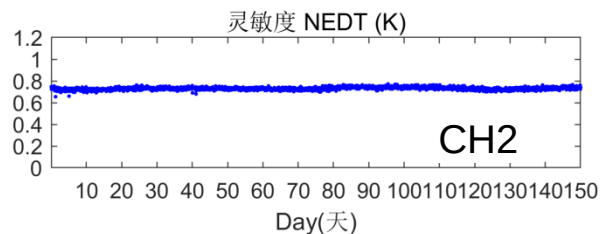
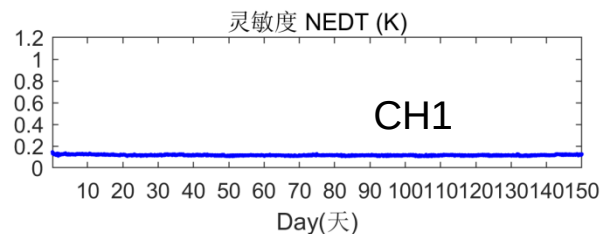
仪器性能及数据质量

- 灵敏度
- 定标精度





FY-3E MMHS-II在轨性能-灵敏度长期趋势 (五个月)



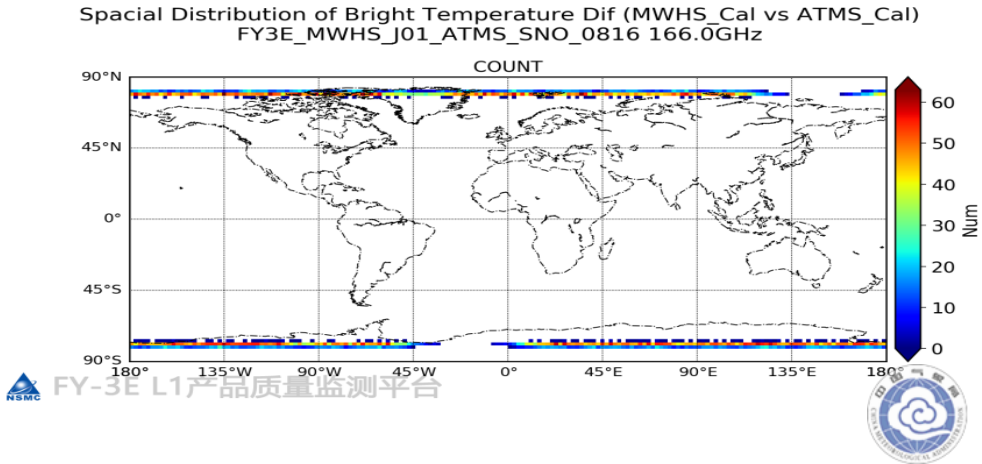
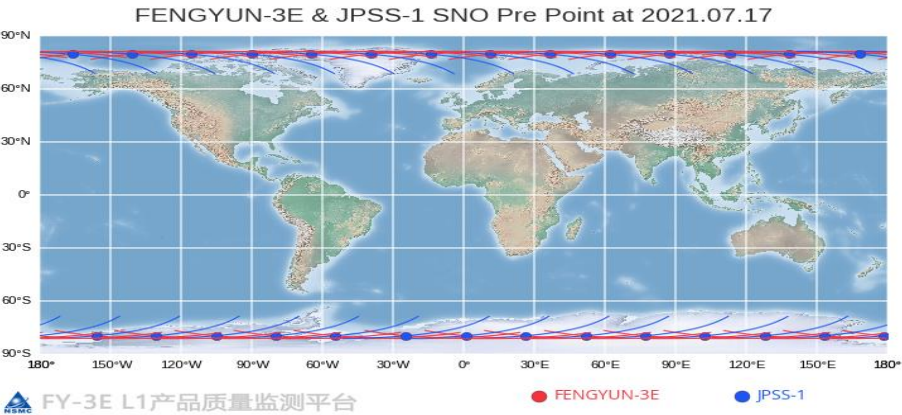
FY-3E MMHS-II在轨性能-定标精度 (SNO)

以JPSS1-ATMS为参考载荷，基于SNO(simultaneous nadir overpass)技术，选取FY3E和JPSS1轨道相交时对应通道的观测亮温进行比对分析。

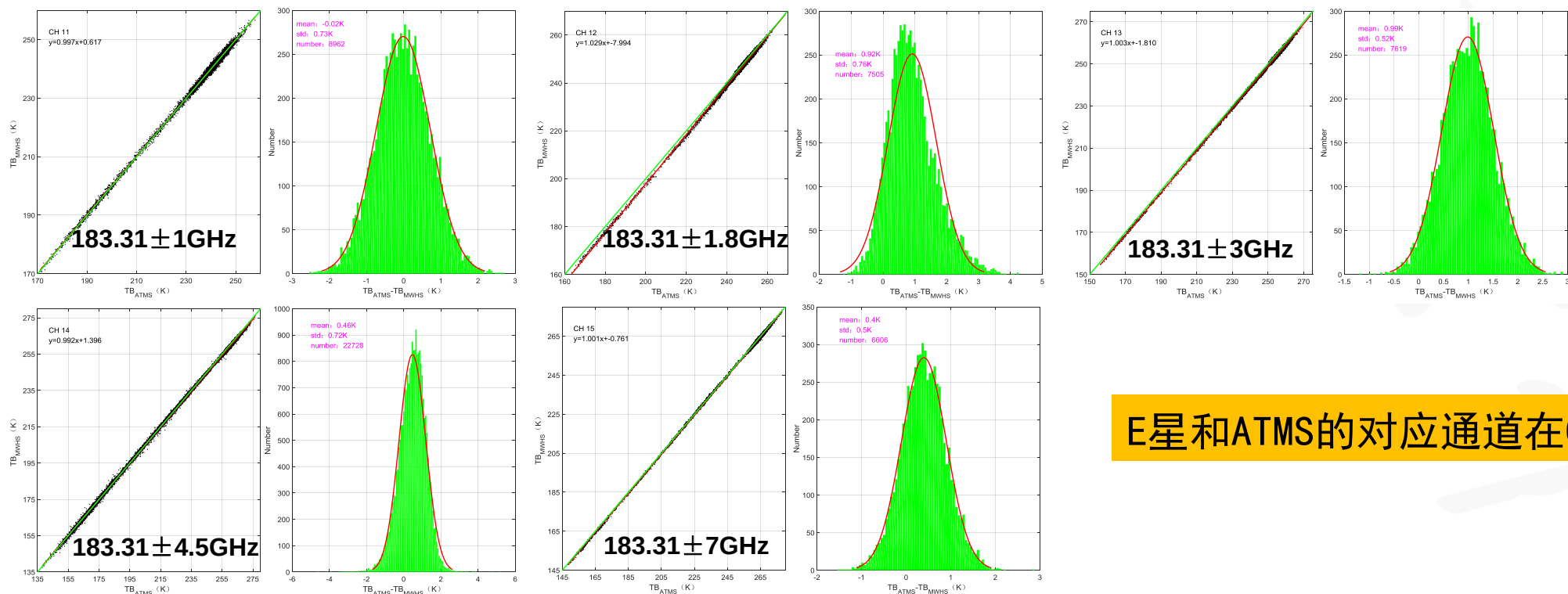
观测亮温时空匹配及均匀性检验的条件为：观测时间差异小于15分钟，观测角度在星下点附近差异小于5°，观测象元中心距离小于3km，观测象元周围3×3象元内的亮温标准差小于1K。

数据：2021-7-10到2021-8-30

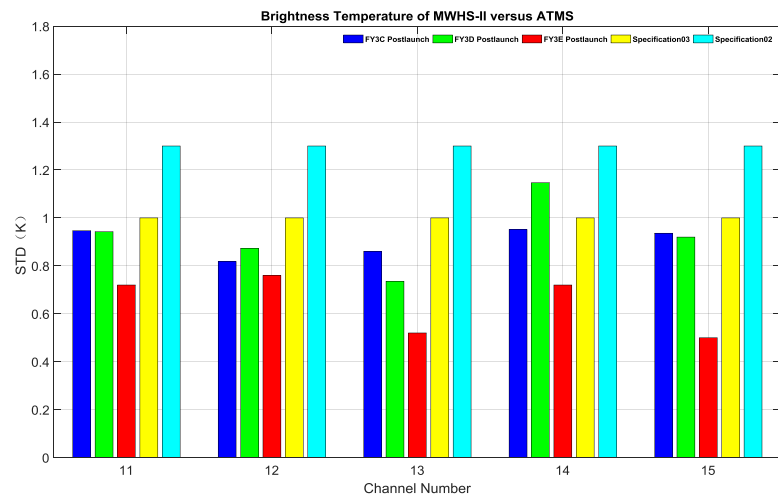
中心频率 (GHz)	MWHS-II通道号	ATMS通道号
183.31±1	11	22
183.31±1.8	12	21
183.31±3	13	20
183.31±4.5	14	19
183.31±7	15	18



FY-3E MMHS-II在轨性能-统计结果 (SNO)



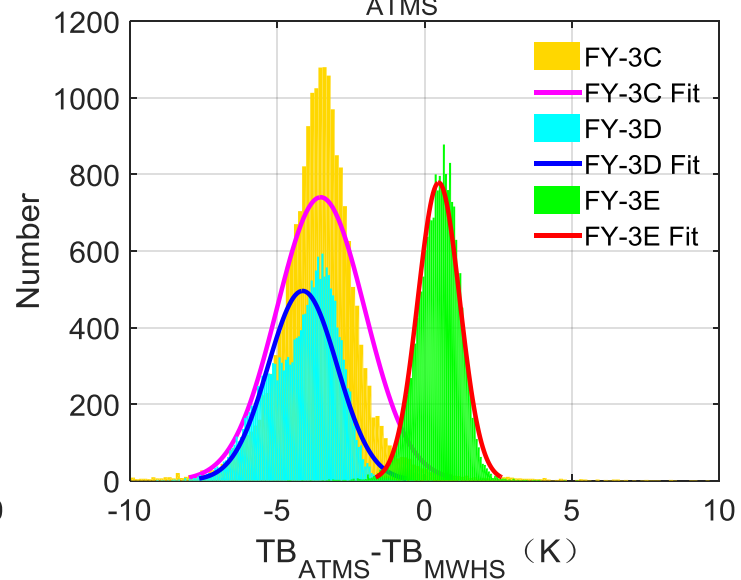
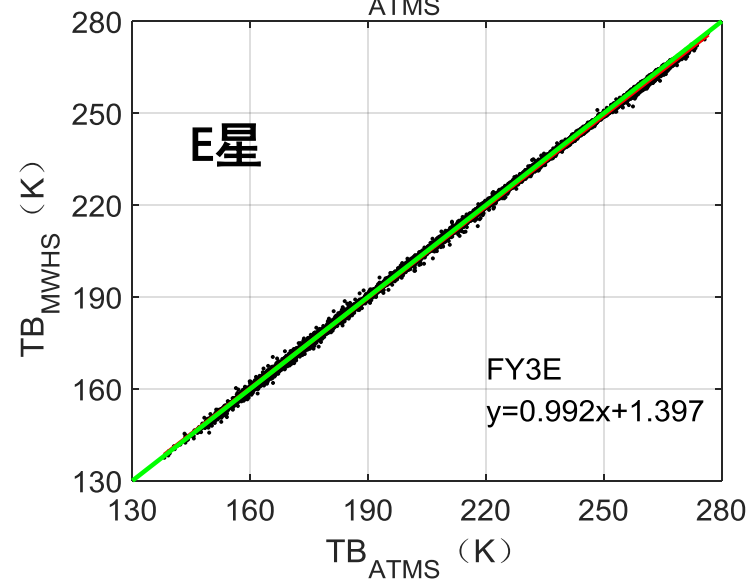
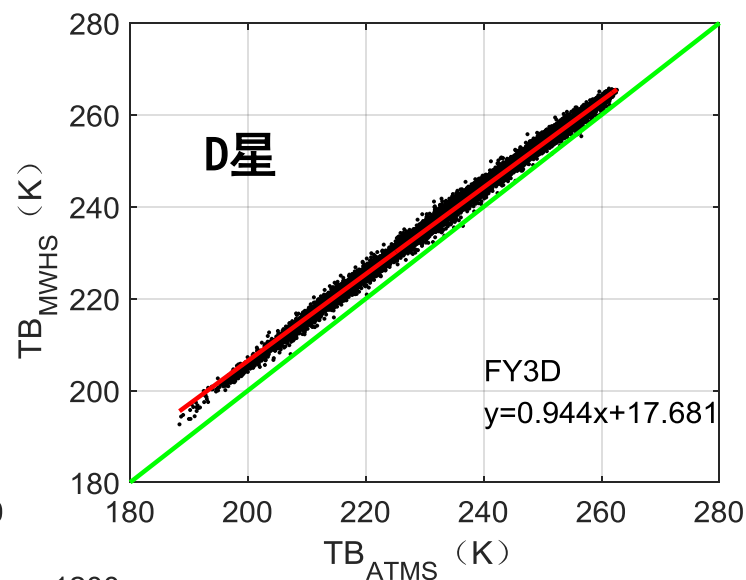
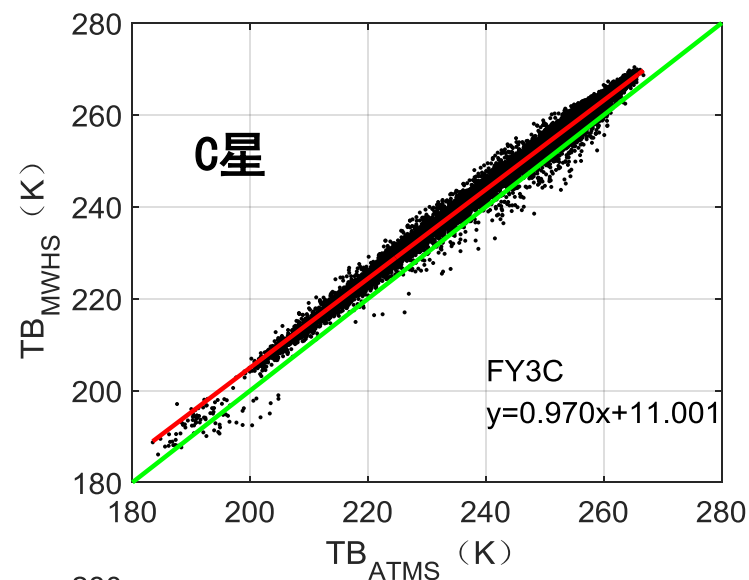
E星和ATMS的对应通道在0.8K以内!



蓝色表示C星,
绿色表示D星,
红色表示E星,
黄色表示03批指标要求,
蓝绿色表示02批指标要求。
E星SNO的std满足指标要求。



FY-3E MMHS-II在轨性能-通道14多星比较 (SNO)



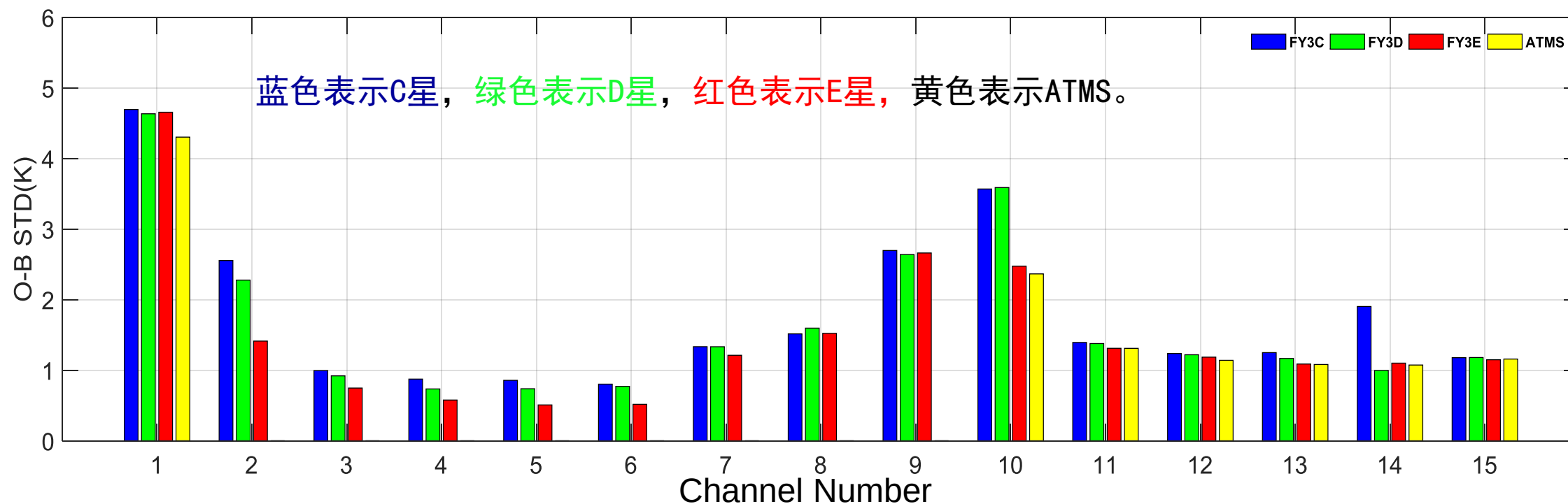
通道14

FY-302: -3.58K/-4.13K

FY-3E: 0.46K

FY-3E MMHS-II在轨性能-多星比较 (O-B)

E星O-B结果和ATMS水平相当!

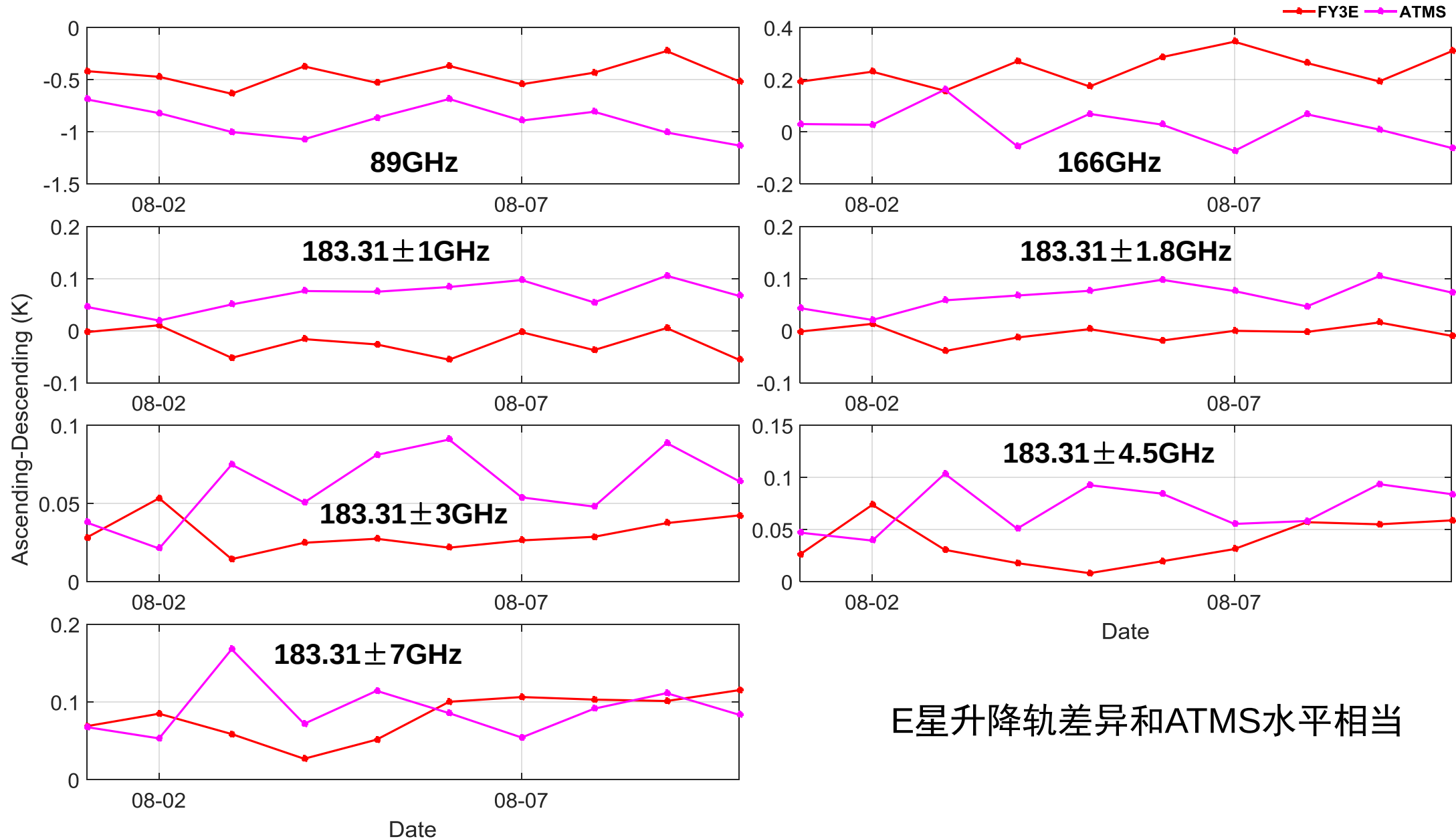


辐射传输模式: RTTOV 12.3 输入数据: ERA5三小时 仪器: FY-3C/D/E MWHS-II和 ATMS

统计条件: 晴空、海洋和南北纬45°

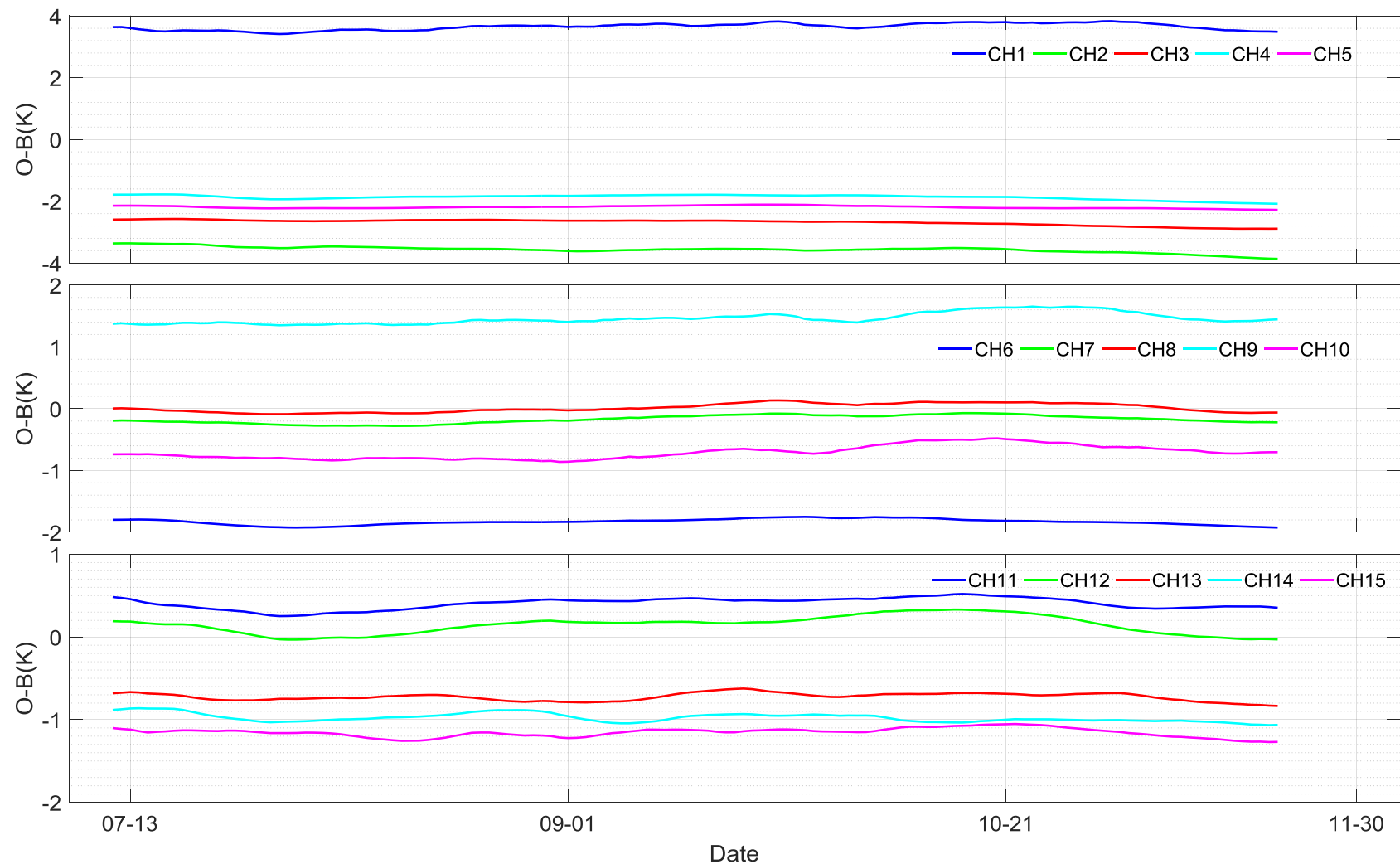


FY-3E MMHS-II在轨性能-MWHS-II 和ATMS升降轨偏差十天序列 (O-B)



E星升降轨差异和ATMS水平相当

FY-3E MMHS-II在轨性能-定标精度稳定性



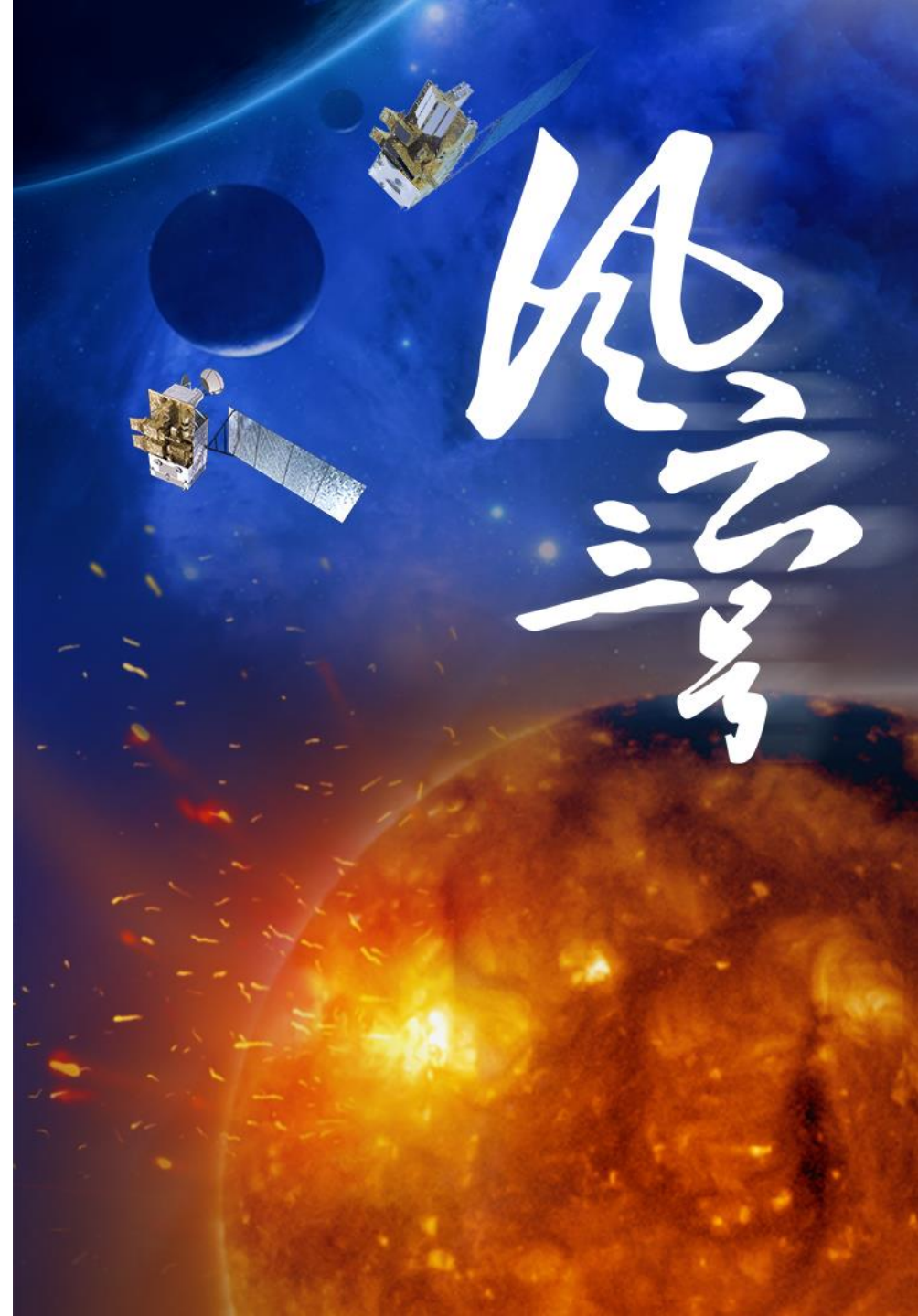
O-B长期趋势

通道	指标 (K)	稳定性 (K)	符合情况
1	0.3/0.15	0.11	符合
2	0.3/0.15	0.11	符合
3	0.3/0.15	0.09	符合
4	0.3/0.15	0.08	符合
5	0.3/0.15	0.04	符合
6	0.3/0.15	0.05	符合
7	0.3/0.15	0.06	符合
8	0.3/0.15	0.07	符合
9	0.3/0.15	0.09	符合
10	0.3/0.15	0.11	符合
11	0.3/0.15	0.07	符合
12	0.3/0.15	0.11	符合
13	0.3/0.15	0.05	符合
14	0.3/0.15	0.05	符合
15	0.3/0.15	0.05	符合



PART 03

L1产品及使用指南



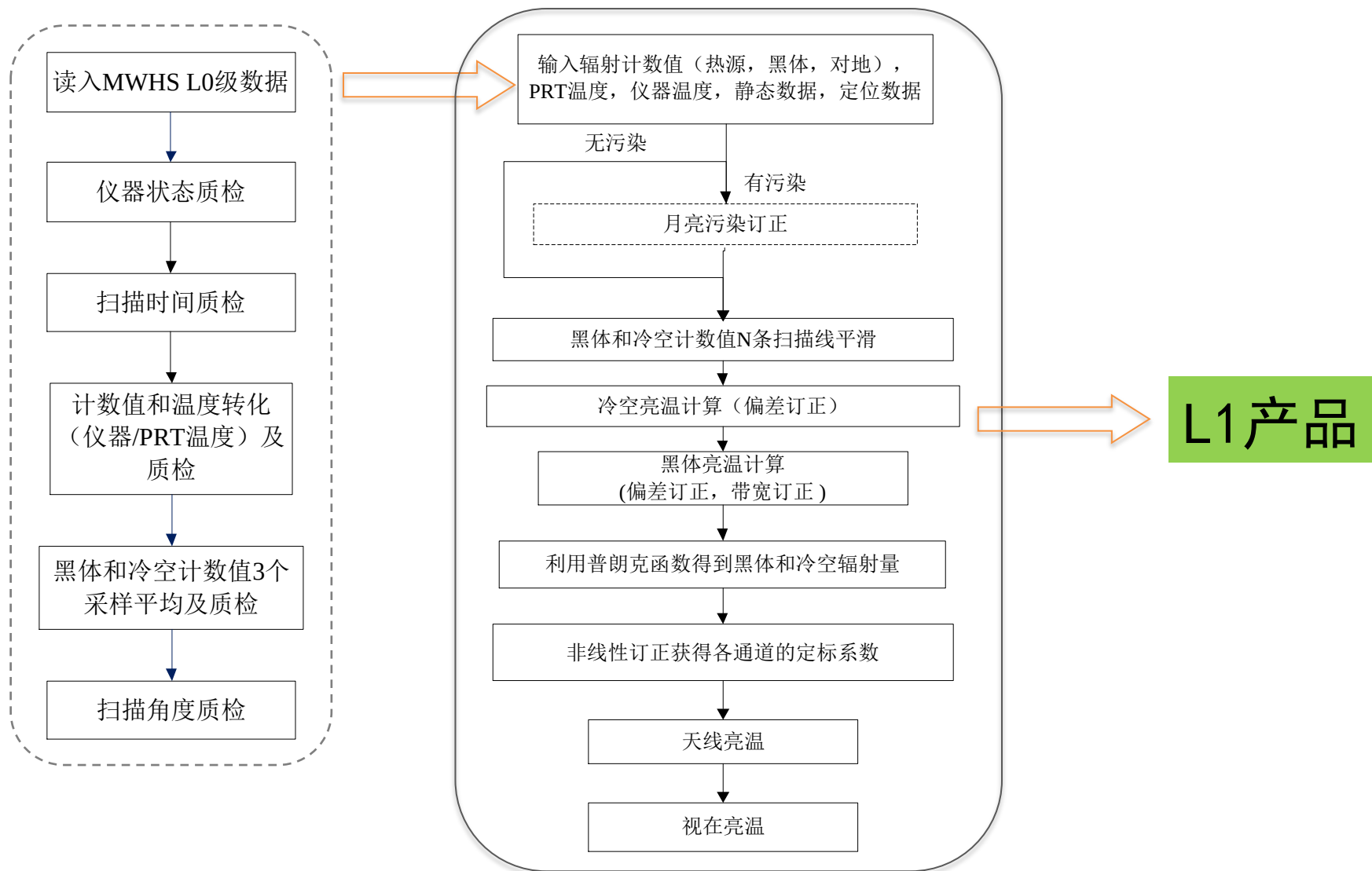
FY-3E MMHS-II L1产品及使用指南-L1产品生成

MWHS-II L1文件名:

“FY3E_MWHS-_ORBT_L1_YYYYMMDD_hhmm_015KM_Vn.HDF”

FY3D_MWHSX_GBAL_L1_YYYYMMDD_hhmm_015KM_MS.HDF

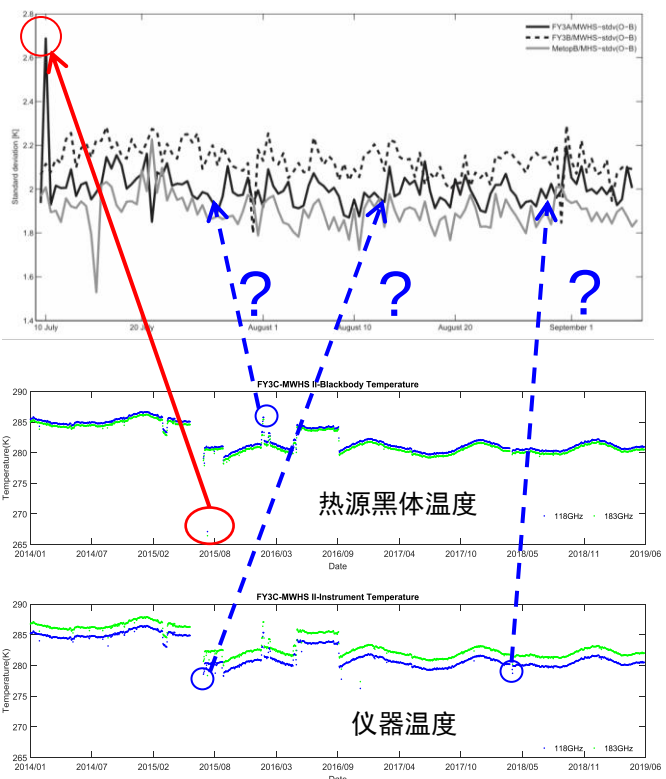
微波湿度计定标流程



FY-3E MMHS-II L1产品及使用指南-L1产品质量控制

结合仪器辐射观测结果和工作状态，建立误差传递物理模型，实现质量控制。

问题提出



黑体和仪器温度长期趋势

大的跳跃与红圈相对应，但蓝圈微小的异常则被淹没在仪器噪声之中。

误差传递物理模型

定标方程

$$R = a_0 + a_1 * C + a_2 * C^2$$

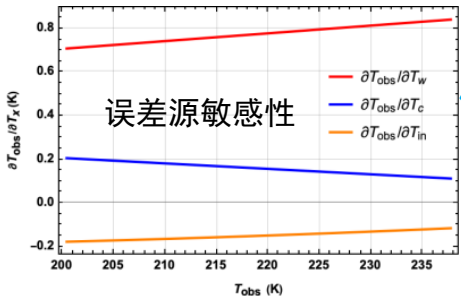
$$a_0 = R_w - \frac{C_w}{g} + \frac{u C_w C_c}{g^2}$$

$$a_1 = \frac{1}{g} - \frac{u(C_w + C_c)}{g^2}$$

$$a_2 = \frac{u}{g^2}$$

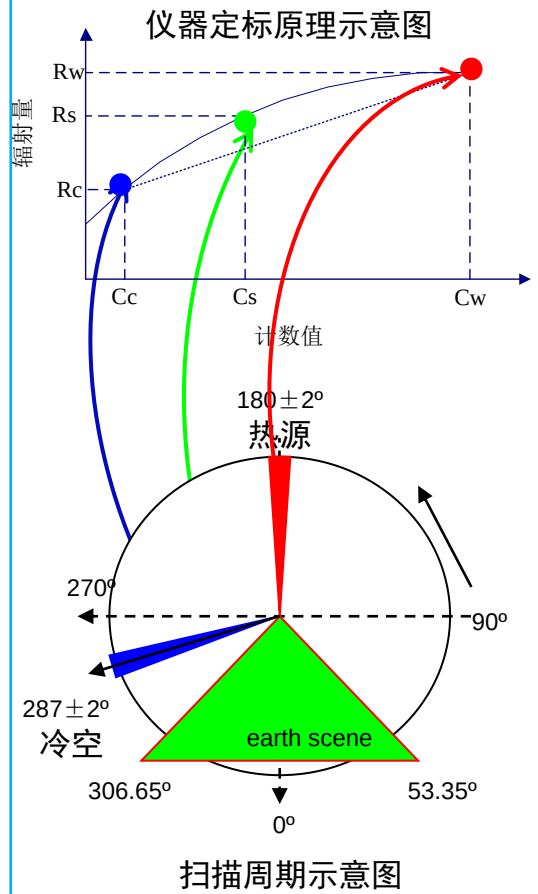
$$g = \frac{C_w - C_c}{R_w - R_c}$$

$$q = \frac{u(C_s - C_w)(C_s - C_c)}{g^2} = R_s - R_m$$

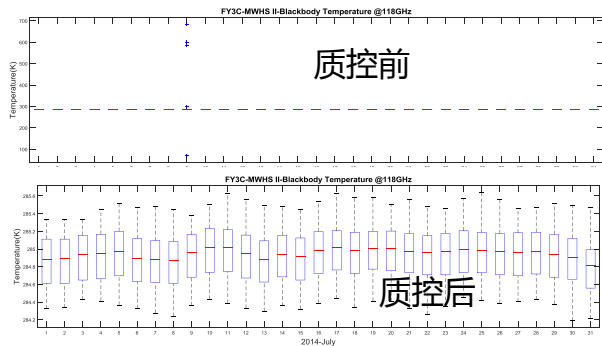


$\frac{\partial T_{obs}}{\partial T_w}$ $\frac{\partial T_{obs}}{\partial T_c}$ $\frac{\partial T_{obs}}{\partial T_{in}}$

定标原理与观测机理



质量逐级解析综合加权评分



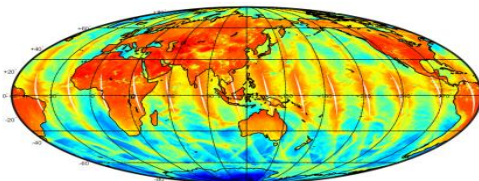
编号	质控参数 qc (i)	质控权重 (%) W(i)	物理含义	数据质量评分 QC_Score
1	黑体温度	15	定标基准点温度	QC_Score=100- qc(i)*W(i)
2	仪器温度	5	影响非线性订正	
3	黑体计数值	15	定标基准点电压	
4	冷空计数值	15	定标基准点电压	
5	扫描周期	50	跳线或丢线	

生成L1质量评分数据集！

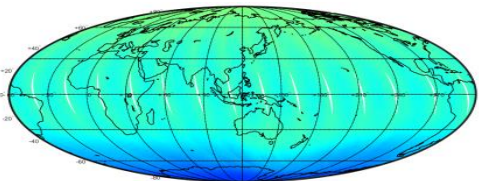
FY-3E MMHS-II L1产品-全球亮温图

FY-3E MMHS-II型十五个通道全球亮温图像（升轨）

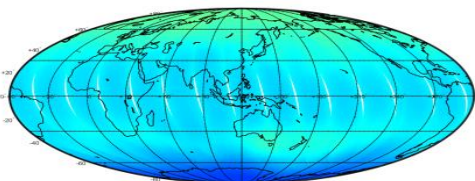
通道1



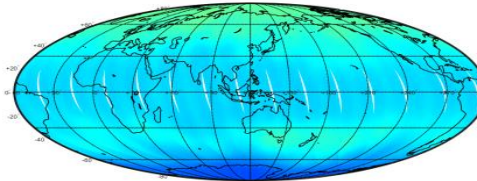
通道2



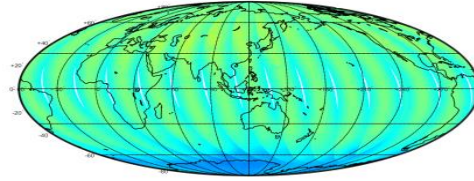
通道3



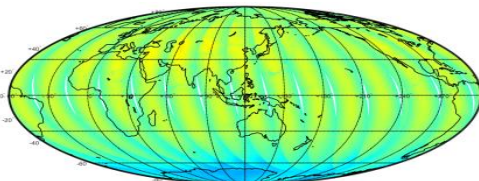
通道4



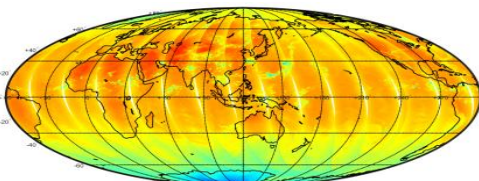
通道5



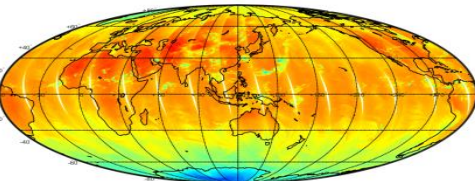
通道6



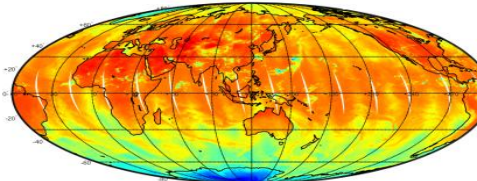
通道7



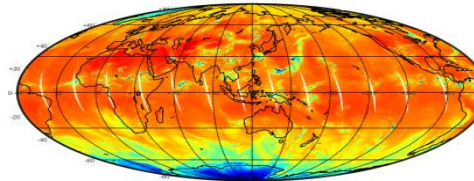
通道8



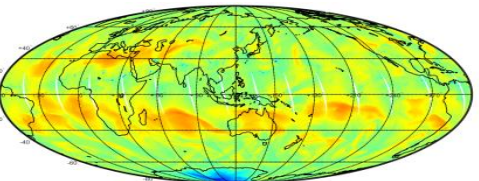
通道9



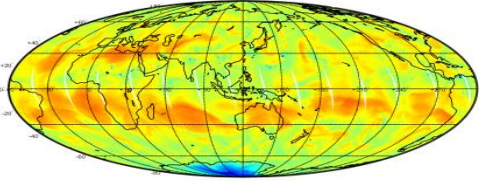
通道10



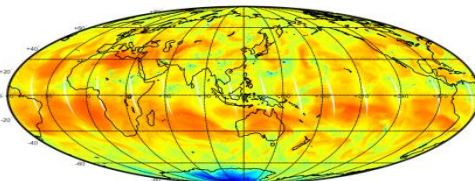
通道11



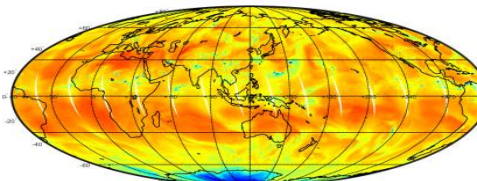
通道12



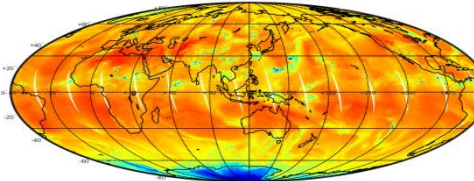
通道13



通道14

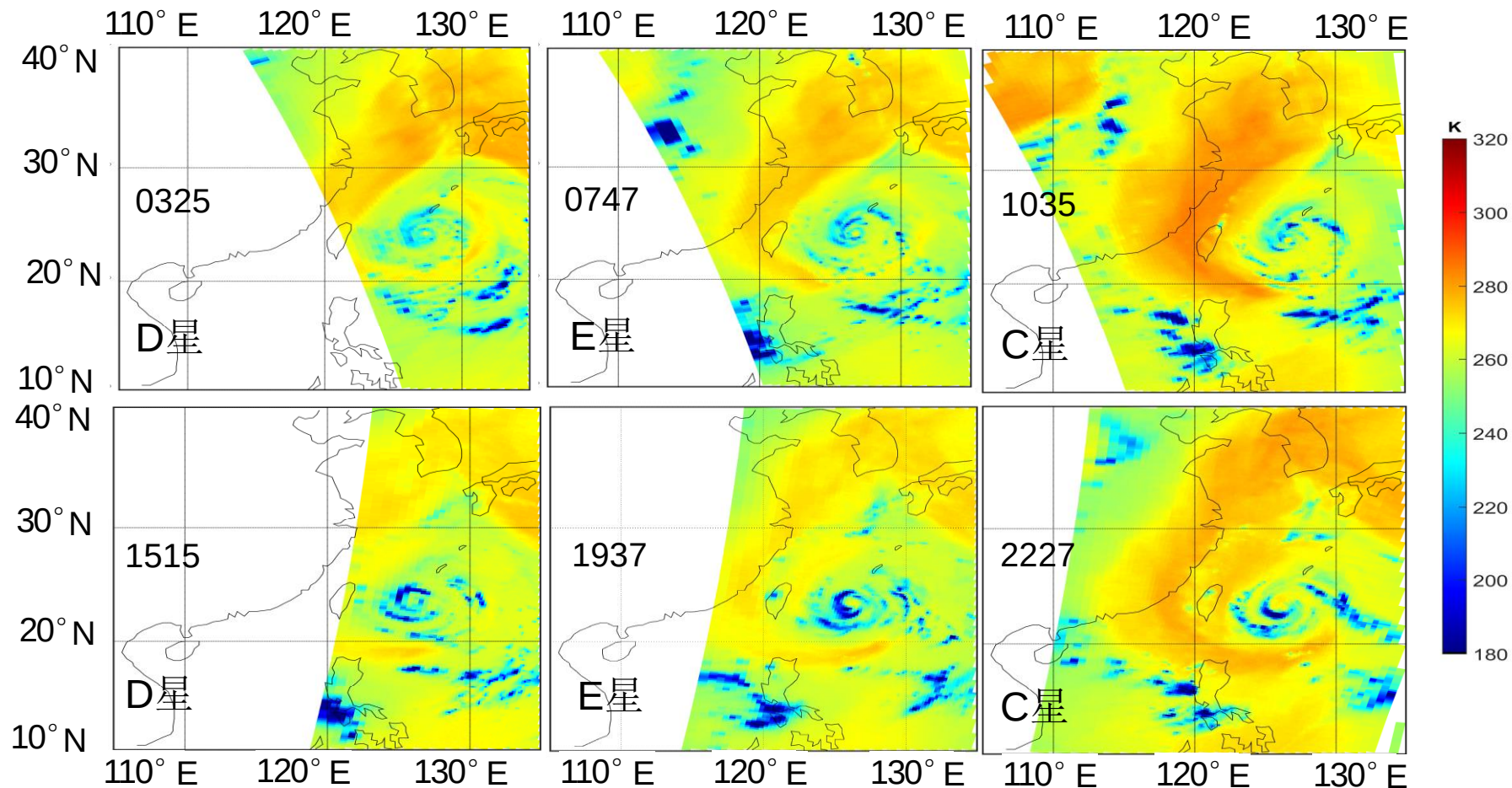


通道15



微波湿度计三星组网观测-上午星，下午星和黎明星

微波湿度计三星组网观测台风烟花（2021-7-21）



FY-3E MMHS-II L1产品及使用指南-L1产品数据格式

2.2 全局文件属性

表4. FY-3E 微波湿度计-II 型 L1 数据全局文件属性定义

编号	描述	属性名称	数据类型	数量	值
1	卫星名称	Satellite Name	8-bit signed char	不定长	FY-3E
2	仪器名称	Sensor Name	8-bit signed char	不定长	MicroWave Humidity Sounder-II
3	传感器代码	Sensor Identification Code	8-bit signed char	不定长	16
4	数据集名称	Dataset Name	8-bit signed char	不定长	MWHS-II L1 Data
5	文件名称	File Name	8-bit signed char	不定长	FY3E_MWHS- ORBT_ L1_YYYYMMDD_HH mm_015KM_MS.HDF
6	文件别名	File Alias Name	8-bit signed char	不定长	MWHS-II_L1
7	产品生成地	Responser	8-bit signed char	不定长	NSMC
8	处理软件版本号	Version Of Software	8-bit signed char	不定长	V 1.0
9	处理软件更新日期	Software Revision Date	8-bit signed char	不定长	YYYY-MM-DD
10	定标参数版本号	Version Of Calibration Parameter	8-bit signed char	不定长	V1.0
11	定标参数更新日期	Calibration Revision Date	8-bit signed char	不定长	YYYY-MM-DD
12	数据观测开始日期(包括年月日)	Observing Beginning Date	8-bit signed char	不定长	YYYY-MM-DD
13	数据观测开始时间(包括时分秒毫秒)	Observing Beginning Time	8-bit signed char	不定长	Hh:mm:ss.sss
14	数据观测结束日期(包括年月日)	Observing Ending Date	8-bit signed char	不定长	YYYY-MM-DD
15	数据观测结束时间(包括时分秒毫秒)	Observing Ending Time	8-bit signed char	不定长	Hh:mm:ss.sss

2.3 私有文件属性

表5. FY-3E 微波湿度计-II 型 L1 数据私有文件属性定义

描述	属性名称	数据类型	数量	值
时序出错扫描线数	Count_TimeSeqErr_sclines	32-bit signed Integer	1	
定标失败扫描线数	Count_CaliErr_sclines	32-bit signed Integer	1	
定位失败扫描线数	Count_GeoErr_sclines	32-bit signed Integer	1	
每行像元个数	Pixels per Scan	16-bit unsigned Integer	1	98
空观测数据受到污染的扫描线数	Count_Sclines_SP_View_Lunar_Contaminated	16-bit signed Integer	1	
通道中心频率	Chs_Center_Frequency	8-bit signed char	15	89.0GHz, 118.75±0.08GHz, 118.75±0.2GHz, 118.75±0.3GHz, 118.75±0.8GHz, 118.75±1.1GHz, 118.75±2.5GHz, 118.75±3.0GHz, 118.75±5.0GHz, 166.0GHz, 183.31±1.0GHz, 183.31±1.8GHz, 183.31±3.0GHz, 183.31±4.5GHz,183.31±7.0 GHz



FY-3E MMHS-II L1产品及使用指南-L1产品数据格式

科学数据集				
分组名称	科学数据集名		科学数据集英文描述	科学数据集中文描述
Geolocation Fields	SDS1	Latitude	Latitude in WGS84	纬度
	SDS2	Longitude	Longitude in WGS84	经度
	SDS3	SolarAzimuth	Solar Azimuth	太阳方位角
	SDS4	SolarZenith	Solar Zenith	太阳天顶角
	SDS5	SensorAzimuth	Sensor Azimuth	仪器方位角
	SDS6	SensorZenith	Sensor Zenith	仪器天顶角
	SDS7	Scnlin_daycnt	Scan Line Time (day count)	扫描线对地观测起始时刻天计数
	SDS8	Scnlin_mscnt	Scan Line Time (milliseconds count)	扫描线对地观测起始时刻毫秒计数
	SDS9	Altitude	Altitude of each pixel on Earth topography with terrain correction	逐像元地形校正后的大地高度
	SDS10	LandSeaMask	Land Sea Mask	海陆掩码
	SDS11	LandCover	Land Cover	陆地覆盖类型
Data Fields	SDS12	Earth_Obs_BT	Earth Observation Brightness Temperature	对地观测亮温
QA Fields	SDS13	QA_Scan_Flag	QA Flag for Scanline	扫描线预处理质量标识
	SDS14	QA_Ch_Flag	QA Flag for Channel Data Integrity	通道数据完整性质量标识
	SDS15	QA_Score	Earth Observation Brightness Temperature Quality Score	观测亮温质量评分



FY-3E MMHS-II L1产品及使用指南-L1产品数据格式

MWHS-II L1关键数据集:

SDS12.	SDS 名称	数据量(字节)
	Earth_Obs_BT 观测亮温	$15 \times \text{nscans} \times 98 \times 4$
	units	"K"
	Intercept	0.0
	Slope	1.0
	FillValue	-9999.9

SDS10.	SDS 名称	数据量(字节)
	LandSeaMask 海陆掩码	$\text{nscans} \times 98 \times 1$
注释: 1=陆地, 2=陆地水, 3=海, 5=分界线。		
	units	"none"
	Intercept	0.0
	Slope	1.0
	FillValue	255

SDS15.	SDS 名称	数据量(字节)
	QA_Score 观测亮温质量评分	$15 \times \text{nscans} \times 98 \times 1$
	SDS属性名	值
	units	"none"
	Intercept	0.0
	Slope	1.0
	FillValue	255

SDS1.	SDS 名称	数据量(字节)
	Latitude 纬度	$\text{nscans} \times 98 \times 4$
	units	"degree"
	Intercept	0.0
	Slope	1.0
	FillValue	-9999.9

SDS2.	SDS 名称	数据量(字节)
	Longitude 经度	$\text{nscans} \times 98 \times 4$
	units	"degree"
	Intercept	0.0
	Slope	1.0
	FillValue	-9999.9

SDS6.	SDS 名称	数据量(字节)
	SensorZenith 仪器天顶角	$\text{nscans} \times 98 \times 2$
	units	"degree"
	Intercept	0.0
	Slope	0.01
	FillValue	-32768

SDS8.	SDS 名称	数据量(字节)
	Scnlin_mscnt 对地观测起始时刻毫秒计数	$\text{nscans} \times 4$
	SDS属性名	值
	units	"milliseconds"
	Intercept	0.0
	Slope	0.1
	FillValue	4294967295

产品名称: FY-3E微波湿度计-II型L1数据		
栏目	值	备注
卫星名	FY3E	
仪器名称	MWHS-II	
数据区域类型	ORBT	
数据级别	L1	
分辨率	30KM和15KM	89GHz和118GHz星下点像元分辨率30km, 166GHz和183GHz星下点像元分辨率为15km。
数据格式名称	HDF	
更新频率	14	
更新频率单位	Day	
分块方式	整圈	
单个文件数据量	24	约24MB/个 $\times$ 15个/天=360MB/天
数据量单位	MB	

名称	数值	说明
nscans	在轨实测	扫描线数
nchannels	15	通道数
npixels	98	一条扫描线上扫描点数



风云三号 E 星微波湿度计-II 型

L1 产品使用说明

(V2.0)

国家卫星气象中心

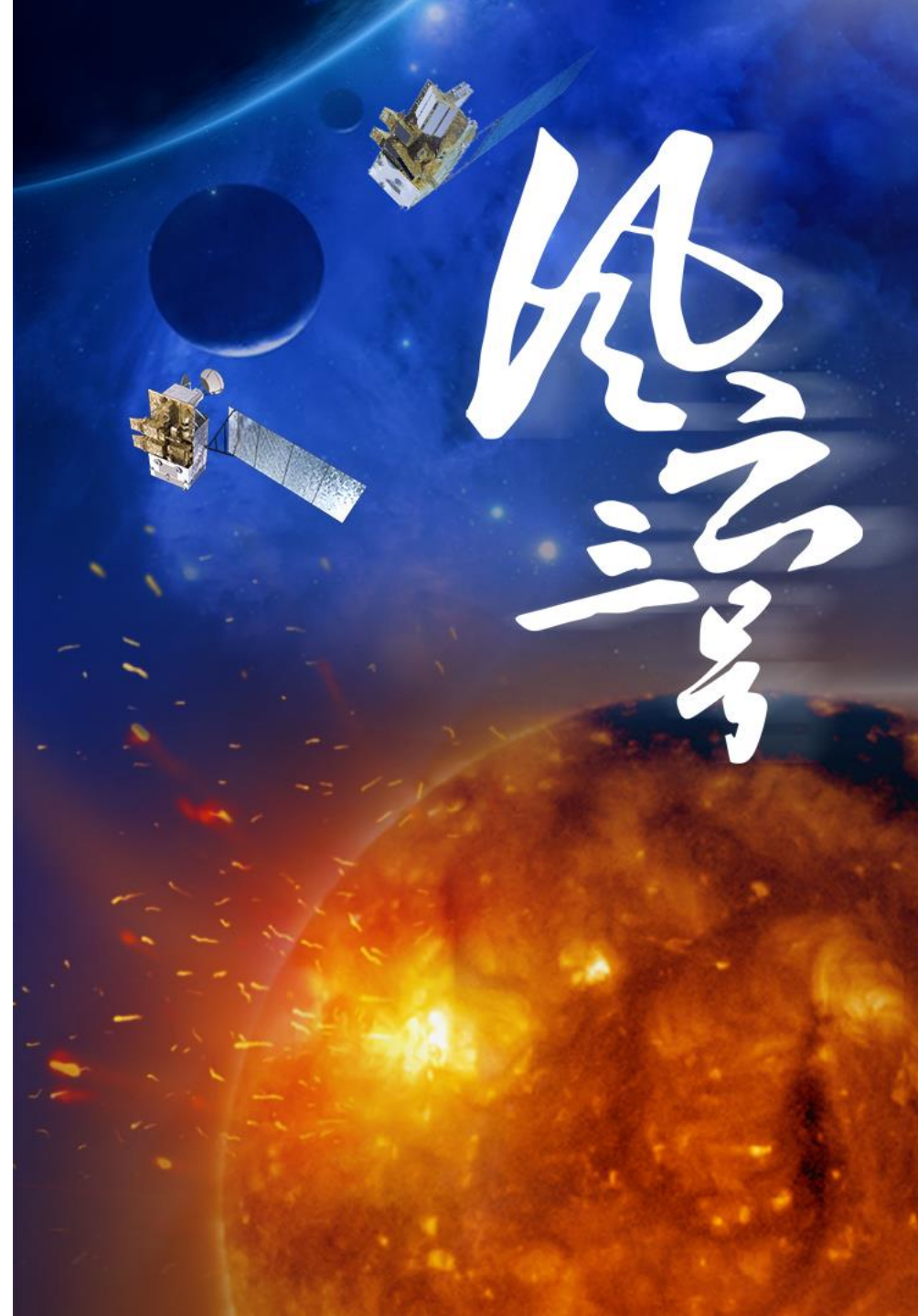
2021 年 05 月

目 录

1. 引言.....	4
1.1 文档概述.....	4
1.2 依据文件.....	4
2. 仪器介绍.....	4
3. L1 产品处理简介	6
3.1 概述.....	6
3.2 产品处理.....	6
4. 数据简介.....	7
4.1 文件基本信息.....	7
4.2 核心科学数据集.....	9
4.2.1 亮温数据集.....	9
4.2.2 地理定位数据集.....	9
4.2.3 L1 产品质量码数据集	11
5. 数据服务.....	12

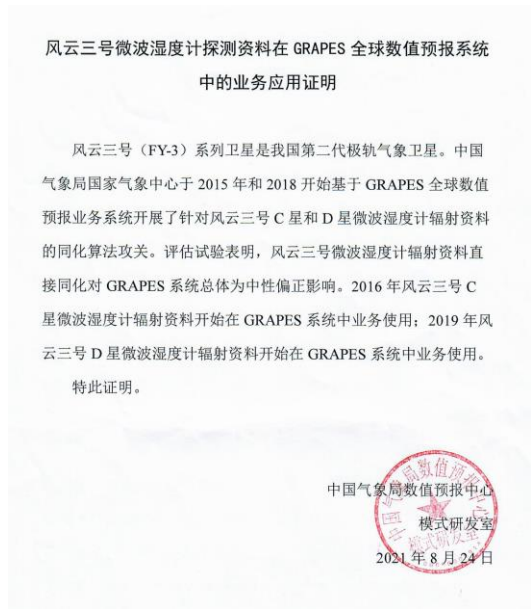
PART 04

仪器典型产品及应用潜力

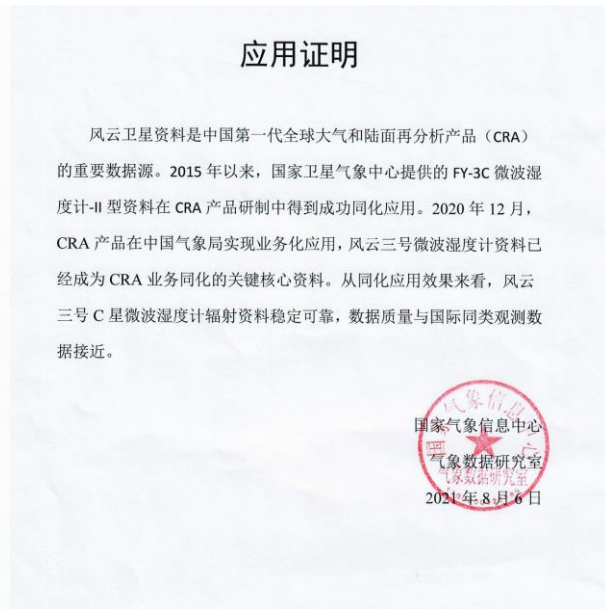


FY-3 MMHS-II典型产品及应用潜力-数值预报及再分析

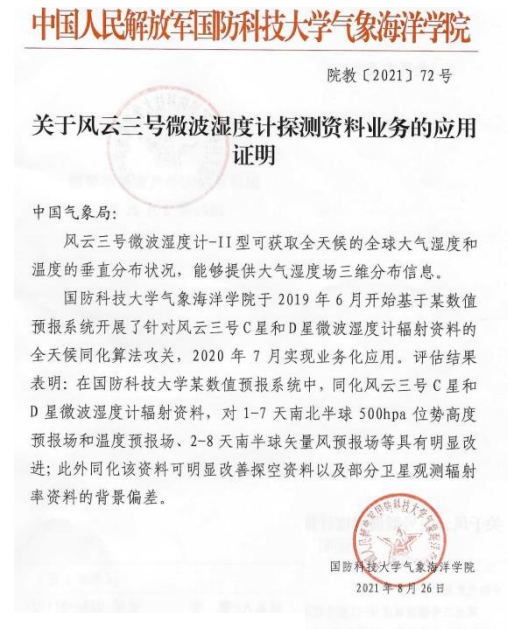
MWHS-II资料在数值预报中心的业务同化



MWHS-II资料在信息中心的业务同化



MWHS-II资料在国防科大的业务同化



微波湿度计数据在国内外各大数值预报中心业务同化！
在中国第一代全球大气和陆面再分析系统中业务同化！

ECMWF 欧洲数值预报中心关于MWHS-II业务同化的通知信

We are pleased to let you know that we plan to activate FY-3C MWHS-2 in the ECMWF operations on Monday 4 April next week. We will activate

We are very pleased with the results of assimilation trials for MWHS-2 which showed positive benefits from using the instrument, particularly for short-range humidity and vector wind forecasts. Heather Lawrence who took the lead on this work is currently preparing a paper and a technical memo on these results (and she will send them to you for comments when ready). MWHS-2 will be the second Chinese instrument which is actively assimilated at ECMWF, following on from the assimilation of FY-3B MWHS. We are very happy about these additions which are building on

我们非常高兴的通知你们：欧洲数值预报中心ECMWF计划2016年4月4日业务同化FY-3C MWHS-2资料。我们很高兴地看到同化FY-3C MWHS-2资料对我们系统的预报有正效果，尤其是对短期湿度场和风场的预报。

UKMO 英国气象局关于MWHS-II业务同化的通知信

We now have FY-3C MWHS-2 in our operational model (starting 15th March 2016) and have tested FY-3B MWHS-1 in preparation for our next upgrade in the Autumn.

This is a big step forward for us, and we hope these will be the first of many FY-3 instruments to be used in our system. Over the next 6 months we will focus on MWRI data, in both global and UK models.

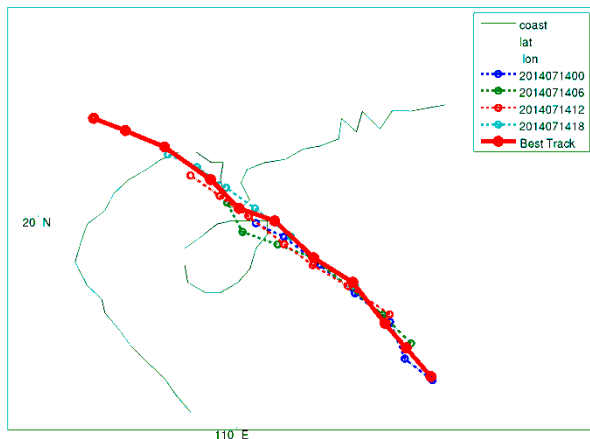
我们英国气象局从2016年3月15日正式业务同化FY-3C MWHS-2资料。这是我们合作成效的一个重要进步节点，在风云三号卫星众多大气探测器中，MWHS-2成为第一个在我们系统中业务同化应用的仪器。



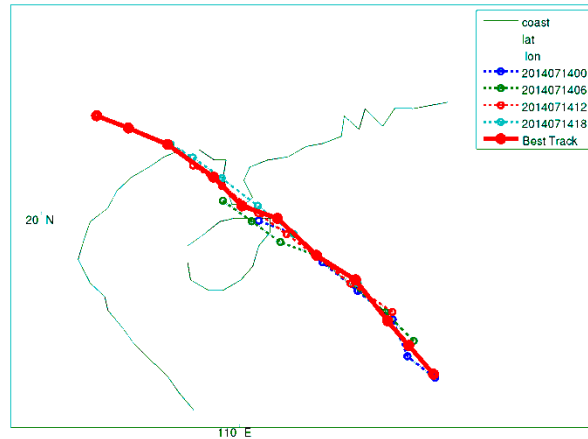
FY-3 MMHS典型产品及应用潜力-台风路径预报（国家卫星气象中心 郭杨）

台风路径预报结果比较

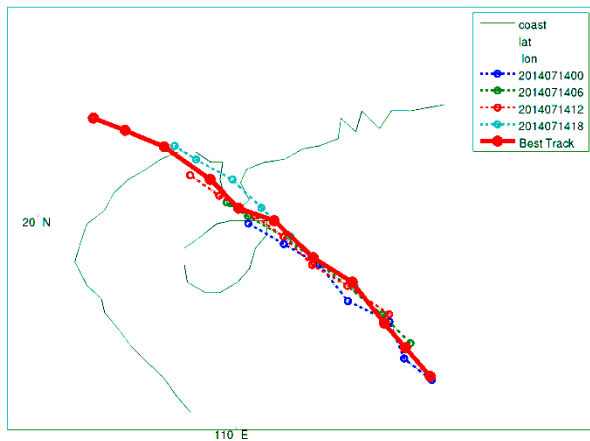
控制试验



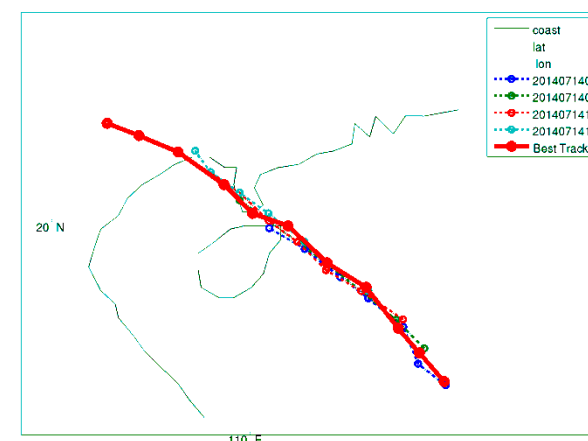
同化MHS



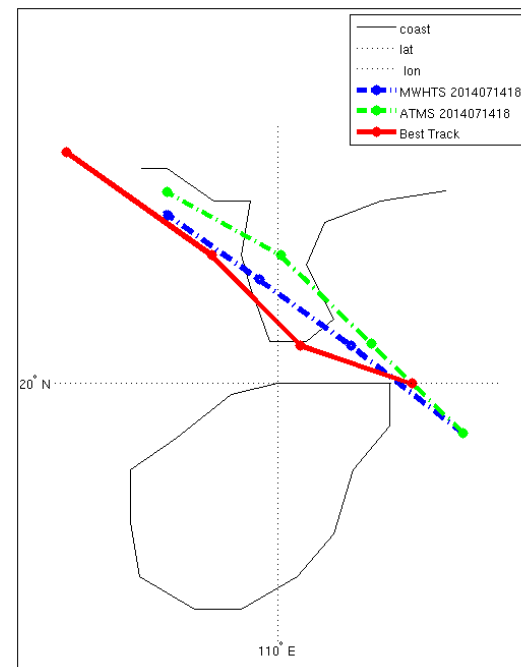
同化ATMS



同化MWHS (II)

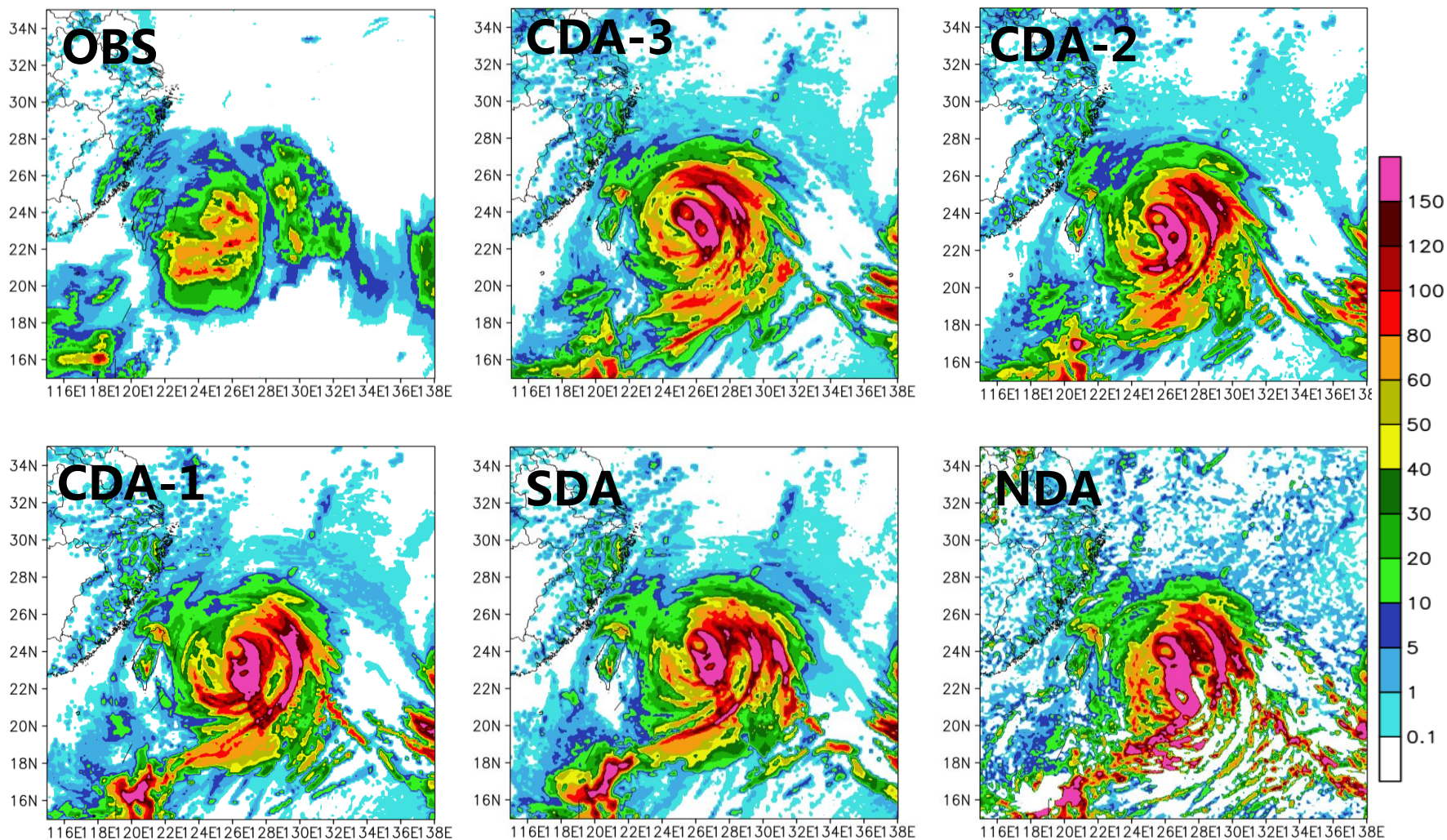


同化MWHS-II 资料和ATMS资料对台风预报的影响



— 真实路径
— 同化MWHS
— 同化ATMS

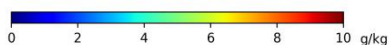
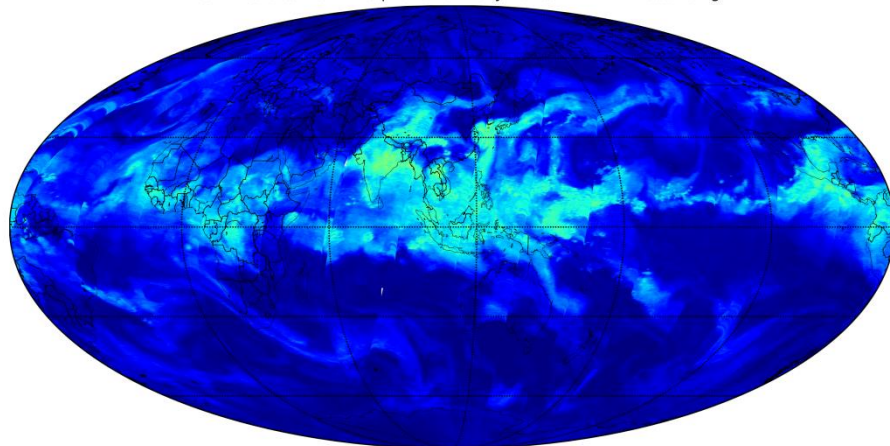
2019080812时十二小时累计降水分布



FY-3E MMHS-II典型产品及应用潜力-温湿度廓线（国家卫星气象中心业务产品 白文广）

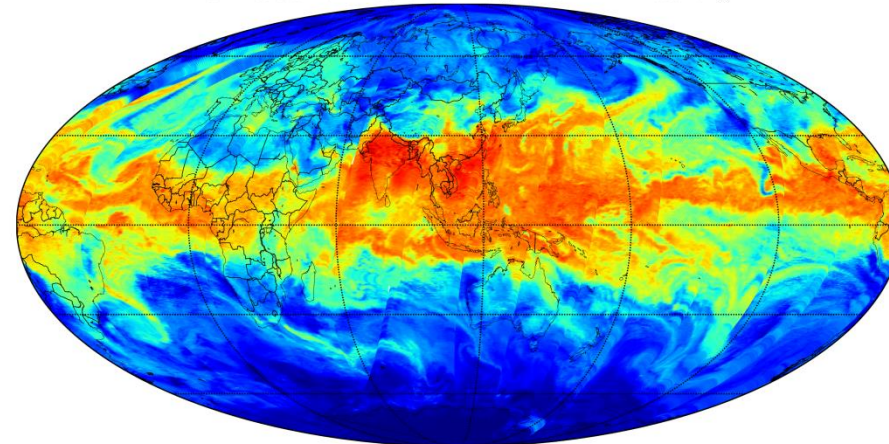
500hPa水汽

FY3E VASS 500hPa Atmospheric Humidity 2020912 14KM Descending



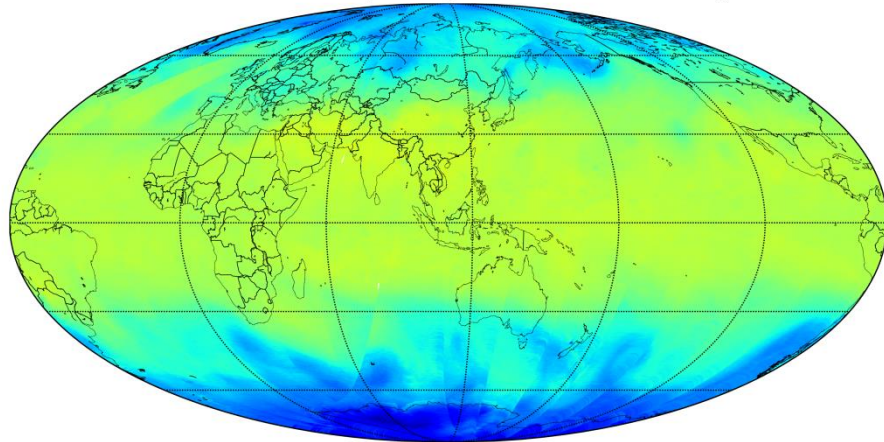
850hPa水汽

FY3E VASS 850hPa Atmospheric Humidity 2020912 14KM Descending



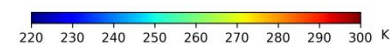
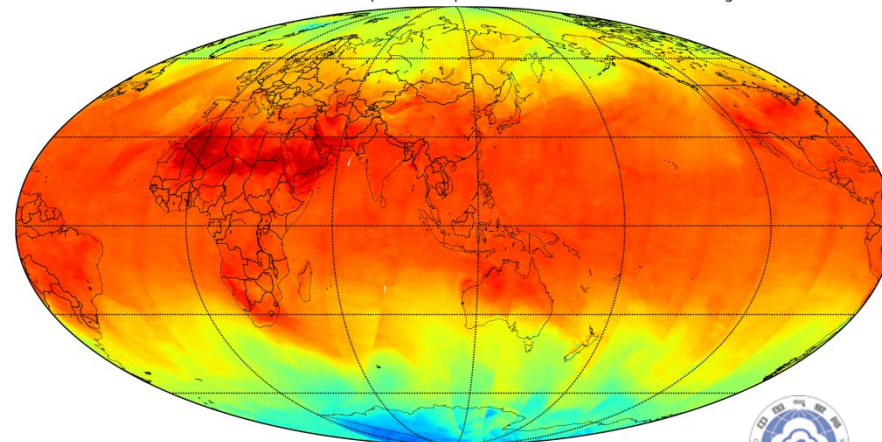
500hPa温度

FY3E VASS 500hPa Atmospheric Temperature 2020912 14KM Descending

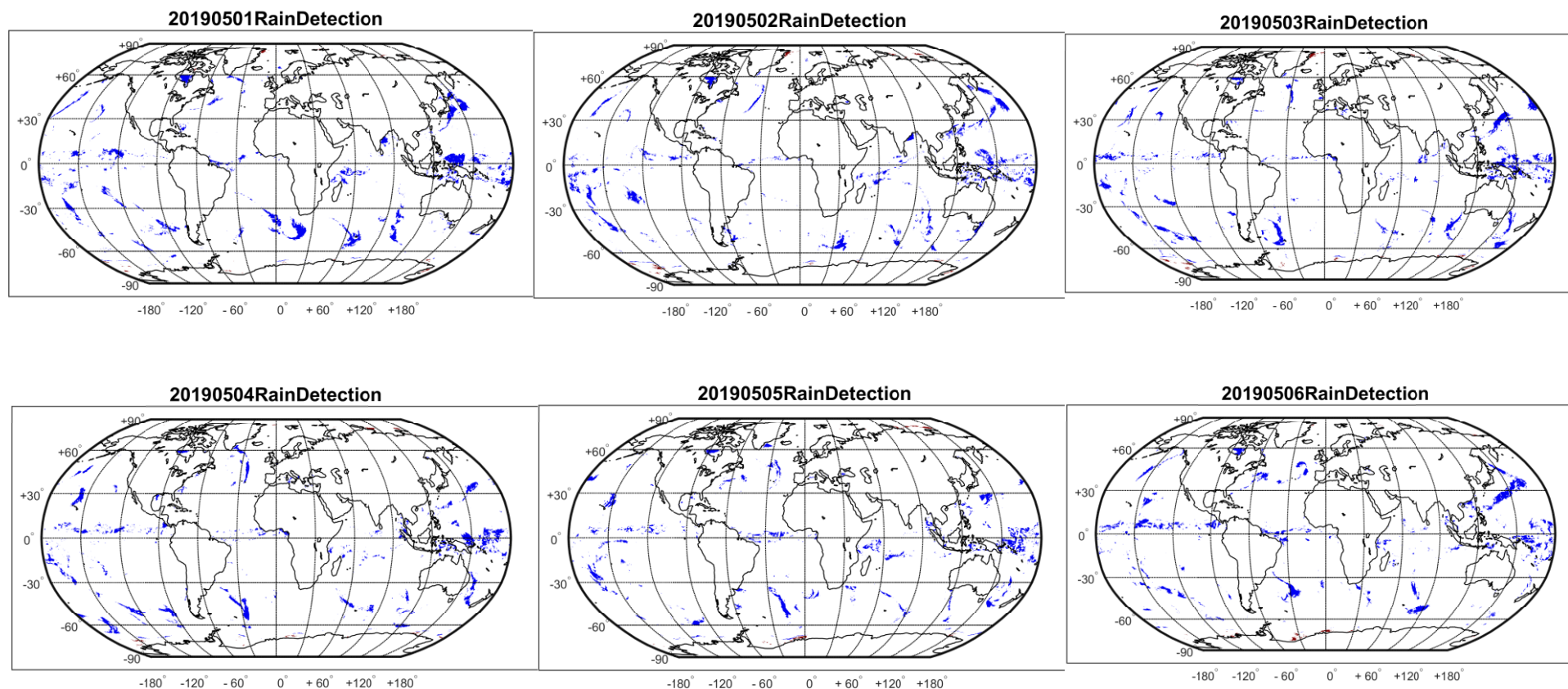


850hPa温度

FY3E VASS 850hPa Atmospheric Temperature 2020912 14KM Descending



FY-3 MMHS-II典型产品及应用潜力-降水检测（国家卫星气象中心业务产品 郭杨）



蓝色：洋面有降水

红色：海冰面有降水

FY-3 MMHS-II典型产品及应用潜力-降水反演 (中科院国家空间科学中心 何杰颖)

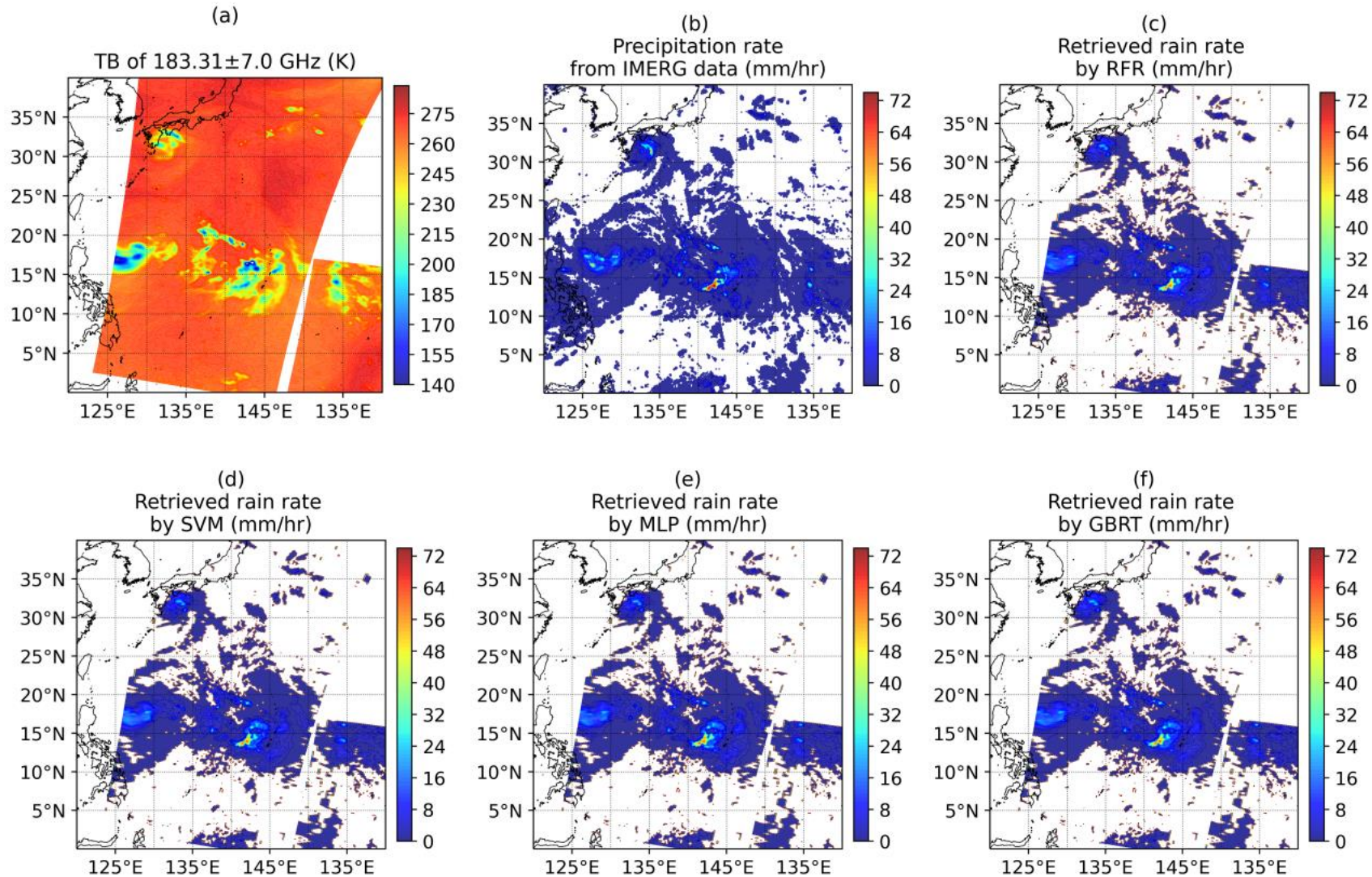
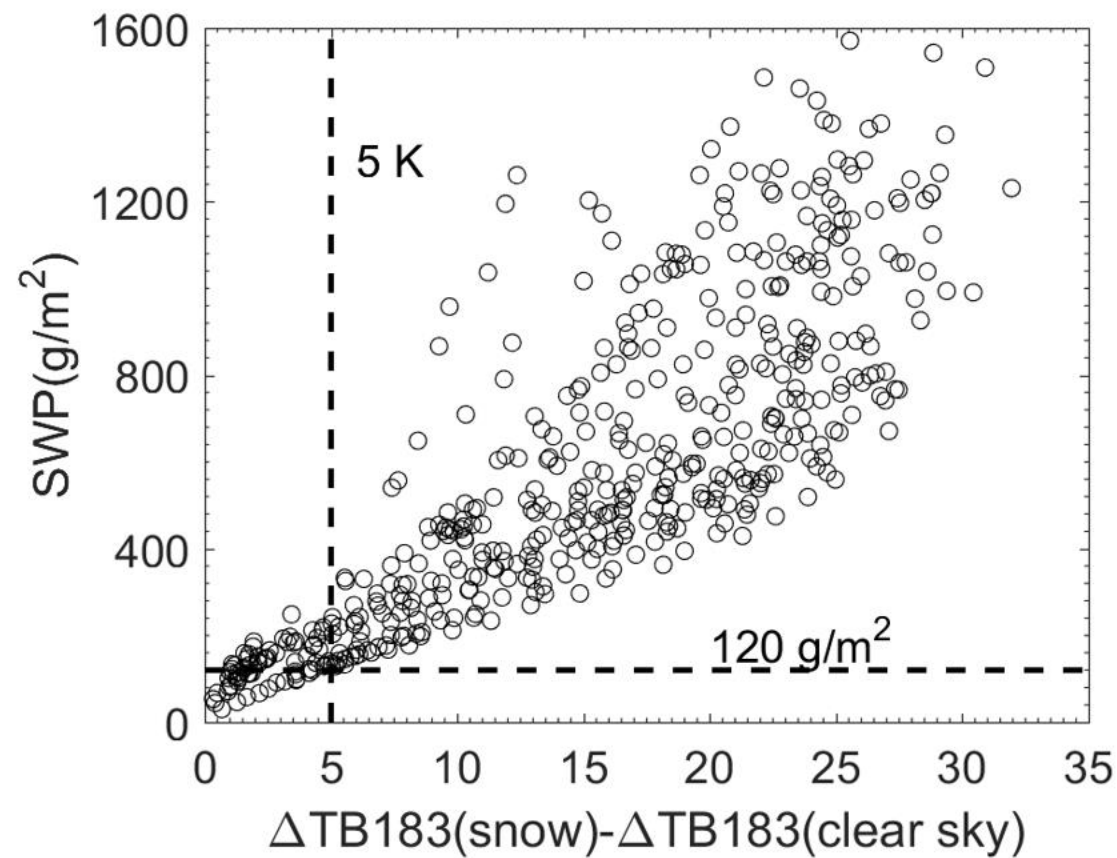
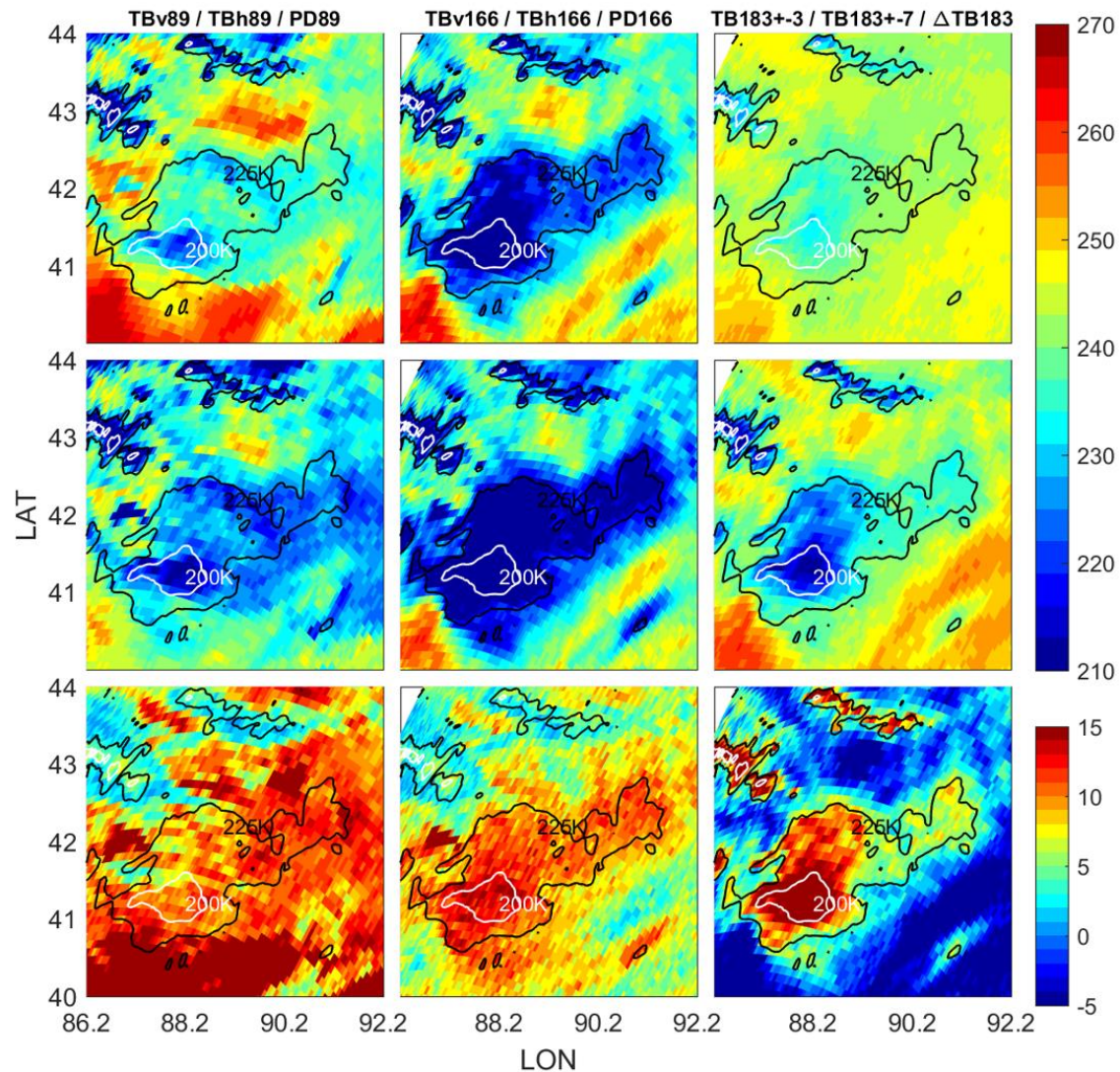


Fig. 5. Spatial maps of MWHTS observations (a), IMERG data (b) and retrieval results using RFR (c), SVM (d), MLP (e), GBRT (f) models from 13:30 to 14:30 UTC on August 05, 2019 over Northwest Pacific region.

FY-3 MMHS-II典型产品及应用潜力-降雪反演 (中山大学 谢鑫新)



1. **FY-3E MWHS-II自2021.7-2021.12完成了在轨测试，仪器状态稳定；**
2. **各项性能指标符合任务书要求，灵敏度和定标精度较前有较大提升；**
3. **微波湿度计资料已在国内外各大数值预报中心业务同化；**
4. **FY-3E MWHS-II可继续用于数值天气预报，再分析，大气温湿度廓线反演，降水判识，降水反演等；**
5. **数据可提供试用。**

欢迎使用FY-3E MWHS-II数据！

联系方式：郭杨
guoyang@cma.gov.cn