



中国气象局
China Meteorological Administration



国家卫星气象中心
National Satellite Meteorological Centre

FY-3E/GNOS-II仪器 及数据介绍

杨光林
国家卫星气象中心

2022.01.07 中国·北京



目录

风云三号

极轨卫星

FY-3

CONTENTS

仪器概况

01

仪器性能

02

产品及格式

03

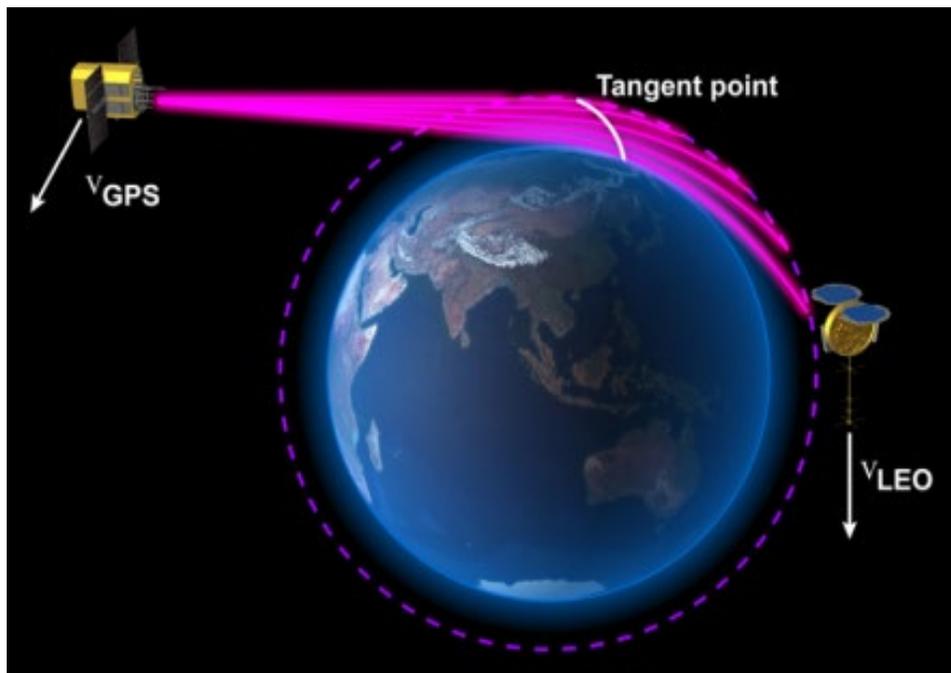
小结

04

一、仪器概况

全球导航卫星掩星探测仪-Ⅱ型(GNSS Radio Occultation Sounder-II, GNOS-II)

主要任务是进行全球导航卫星掩星探测和海洋反射探测，提供大气层和电离层参数廓线、海面风速，为数值天气预报、气候变化及空间天气提供高质量的数据集。

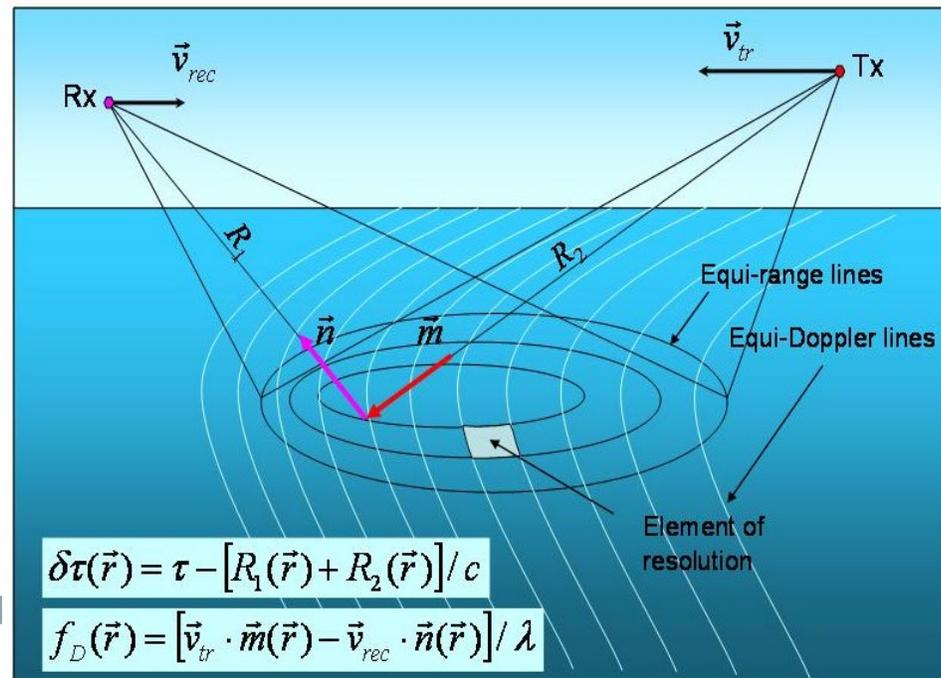


掩星探测示意图

中性大气
参数廓线

电离层电
子密度廓
线

海面风速
(新增)



海反探测示意图

二、仪器性能

仪器主要技术指标

参数	指标要求
工作频率	GPS: L1, L2 BDS: B1, B3
接收机通道数	GPS: 12(定位), 11(掩星) BDS: 12(定位), 14(掩星)
采样率	1 ~ 100 Hz
伪距测量精度	GPS ≤ 30cm(RMS) BDS ≤ 50cm(RMS)
实时定位精度	≤ 10m (RMS)
实时测速精度	≤ 0.1m/s(RMS)
载波相位测量精度	GPS ≤ 2 mm (RMS) BDS ≤ 2 mm (RMS)
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)
天线相位中心稳定度	≤ 2 mm

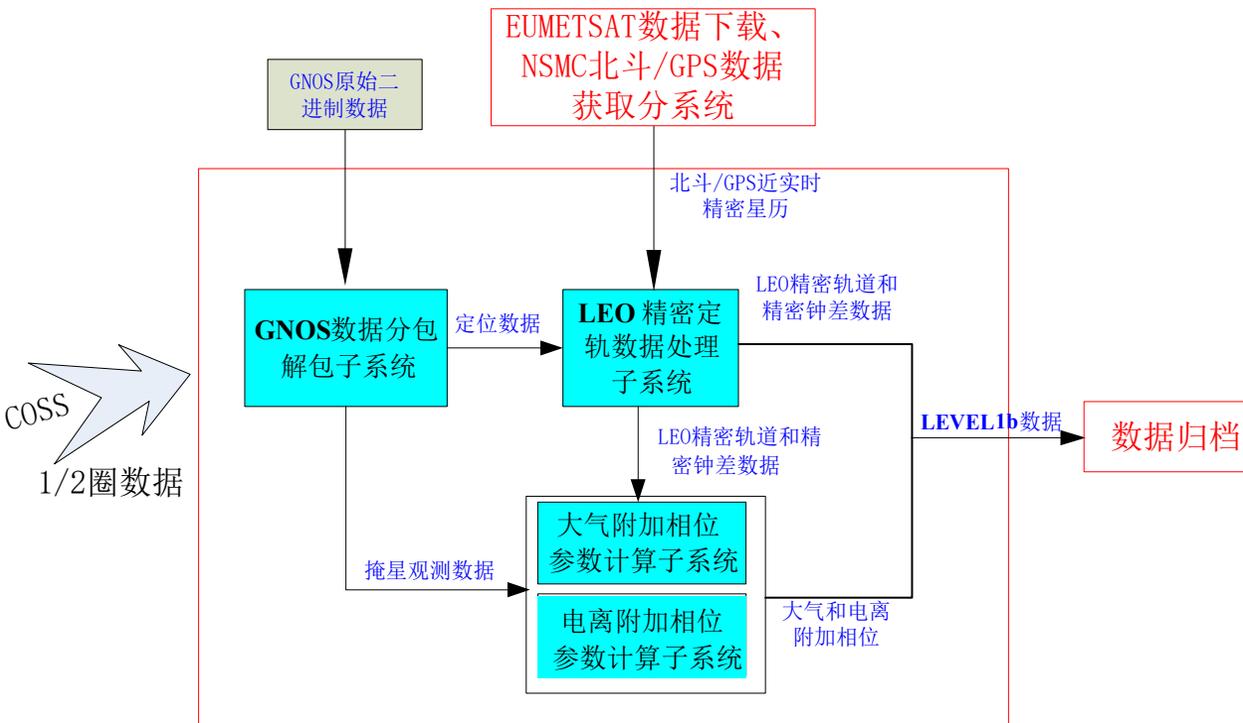
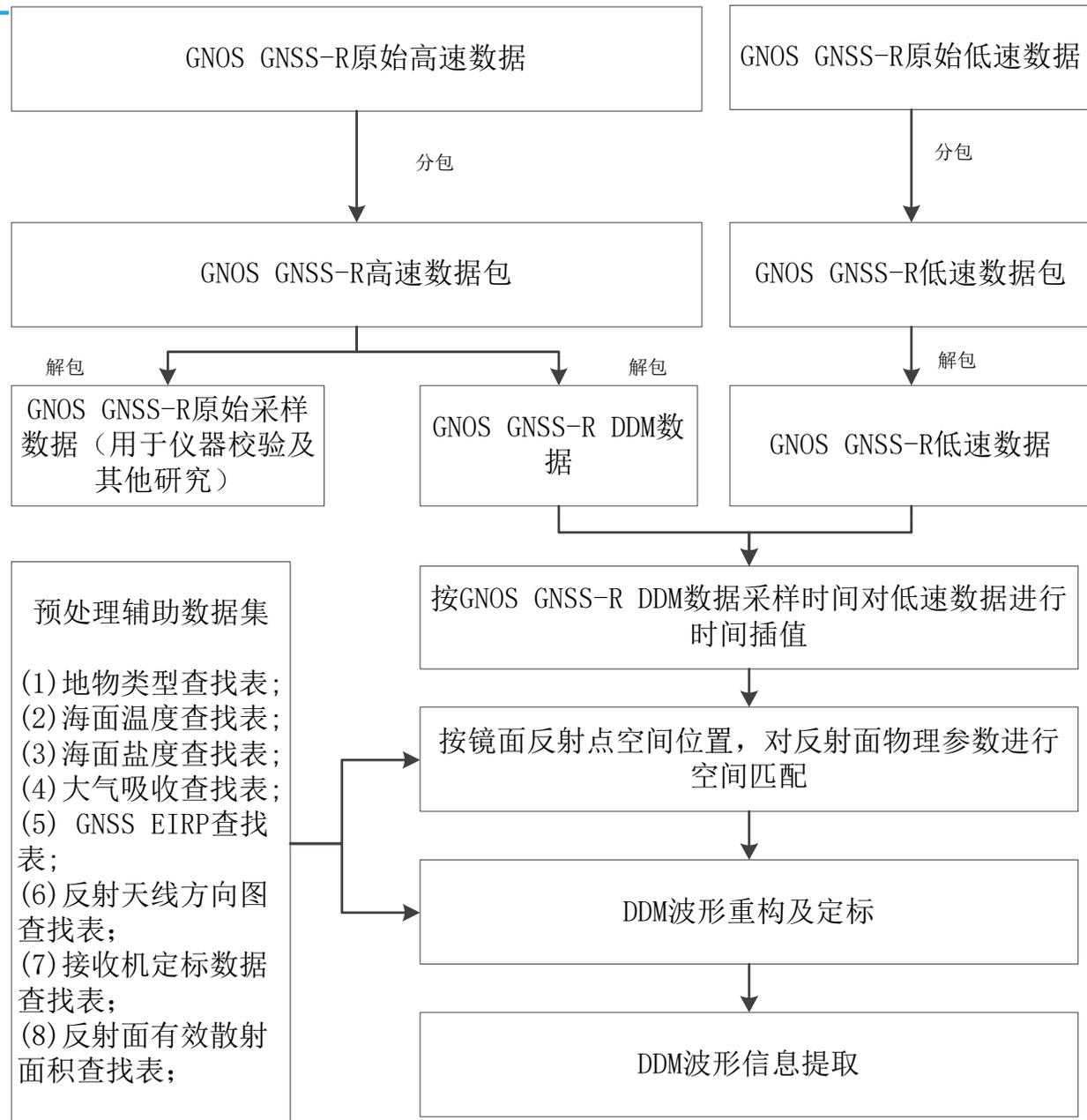
参数	指标要求
天线增益	定位天线轴向增益 ≥ 4dBi; 掩星天线 ≥ 10dBi
天线波束宽度	大气掩星天线方位面 10dBi 波束宽度 ≥ ±40°
掩星事件数量	单颗LEO卫星GPS大气掩星事件 ≥ 500/天
测量视场范围	中性大气测量垂直视场覆盖范围: 地面 ~ 100 km
	电离层测量垂直视场覆盖范围: 12 km ~ 卫星轨道高度
反射探测频率	GPS L1, BDS B1
反射天线增益	≥ 12dBi
反射通道数	≥ 8个 (GPS&BDS)

注: 红色字体为FY-3E新增或改进指标



三、产品示例及数据格式——处理流程

GNOS反射数据预处理流程

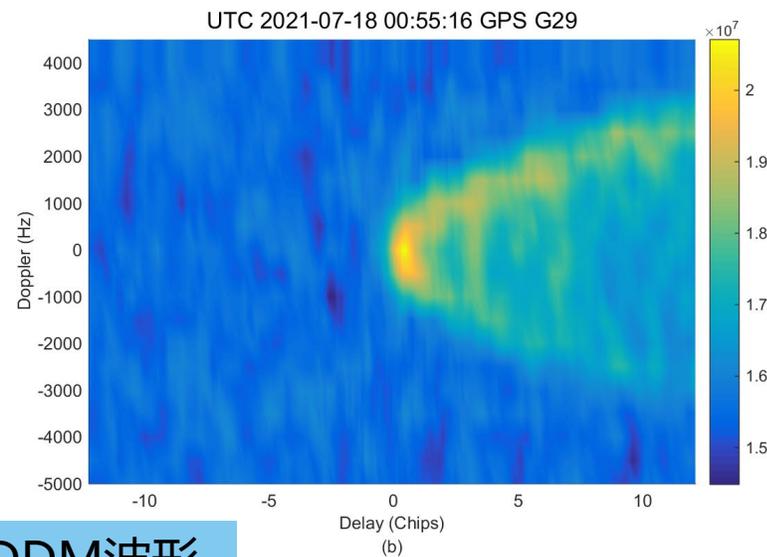
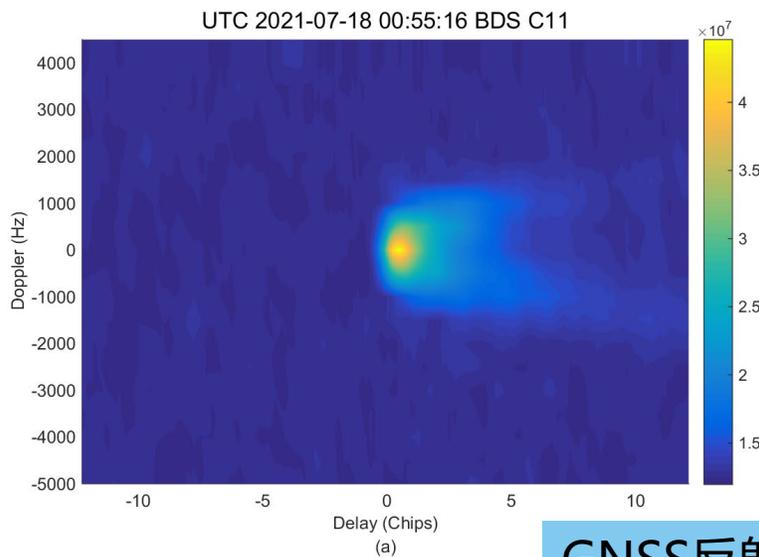
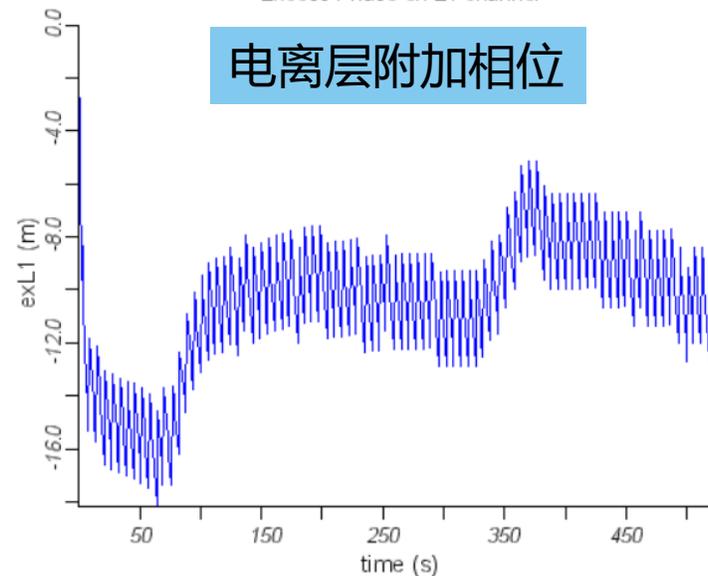
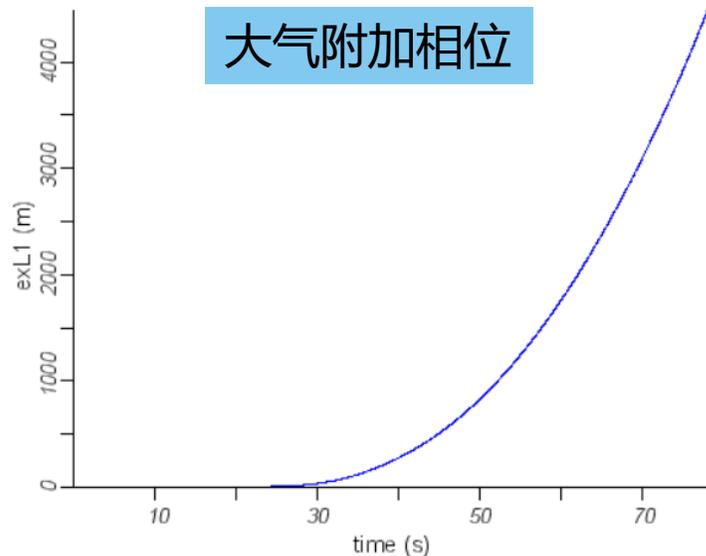


GNOS掩星数据预处理流程 (实时)



三、产品示例及数据格式——L1产品

FY3E_GNOSO_ORBT_L1_20210918_0032_ANG22_V0.NC FY3E_GNOSO_ORBT_L1_20210721_0314_IEG21_V0.NC
Excess Phase on L1 channel Excess Phase on L1 channel

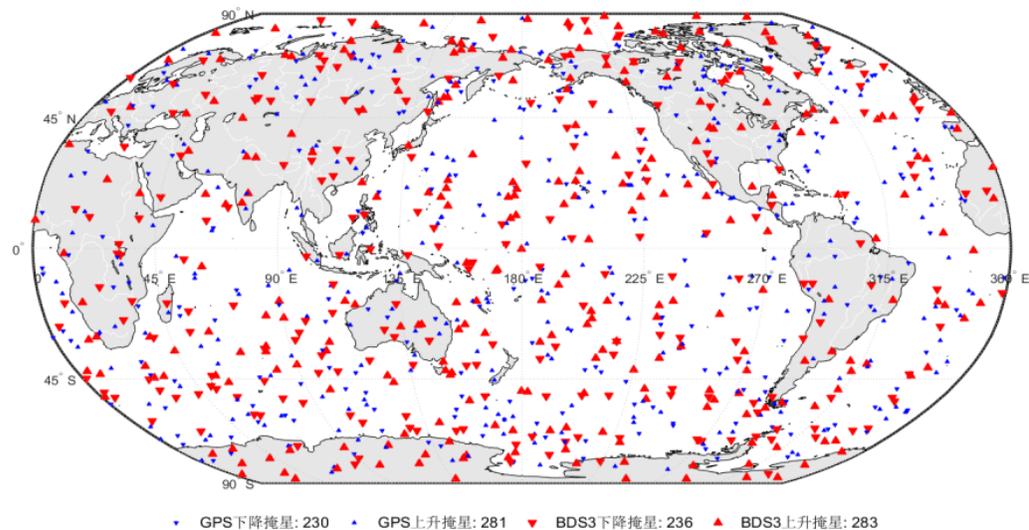


GNSS反射DDM波形

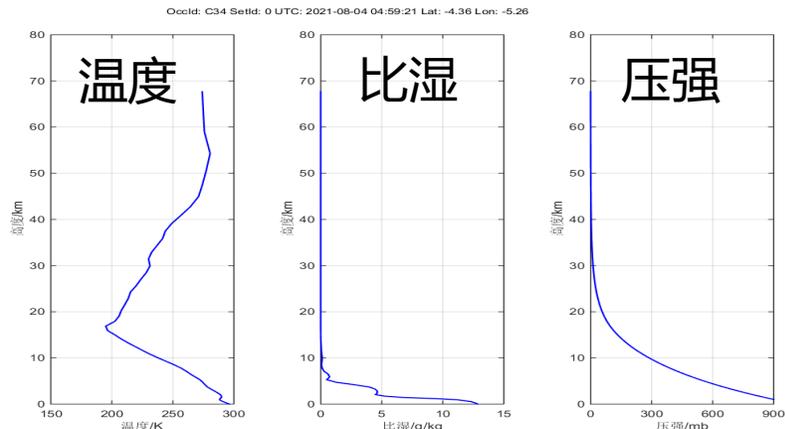


三、产品示例及数据格式——L2产品

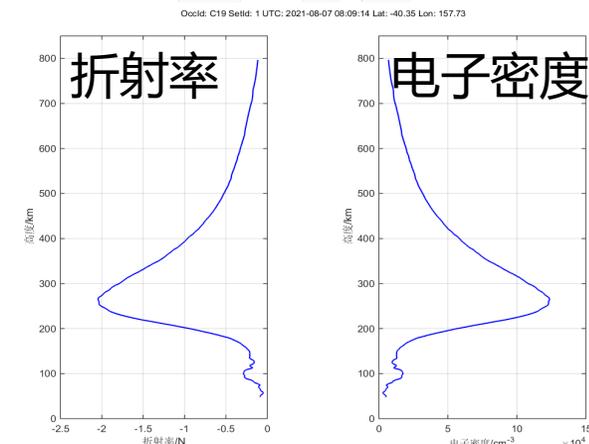
GNOS-II电离层掩星事件全球分布图



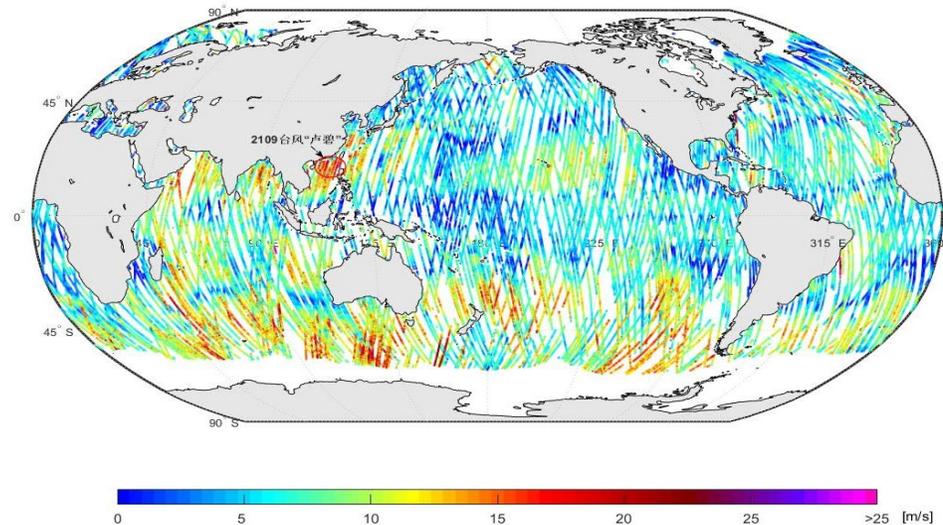
大气廓线



电离层廓线



FY3E GNOS II 海面风速观测结果 (BDS & GPS)
UTC: 20210802T003355 - 20210807T004245

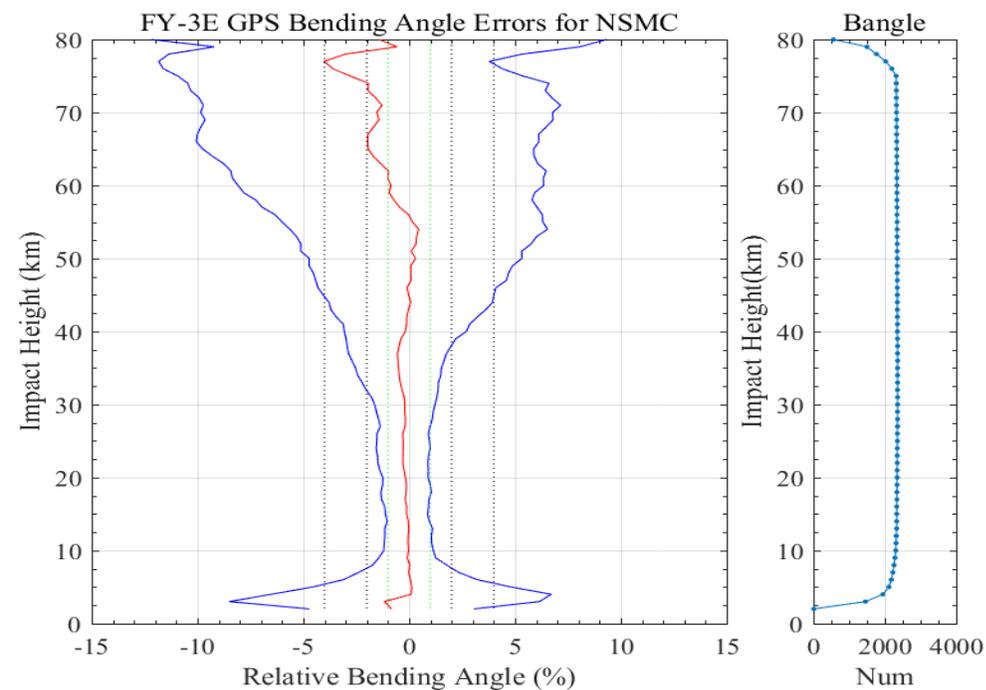
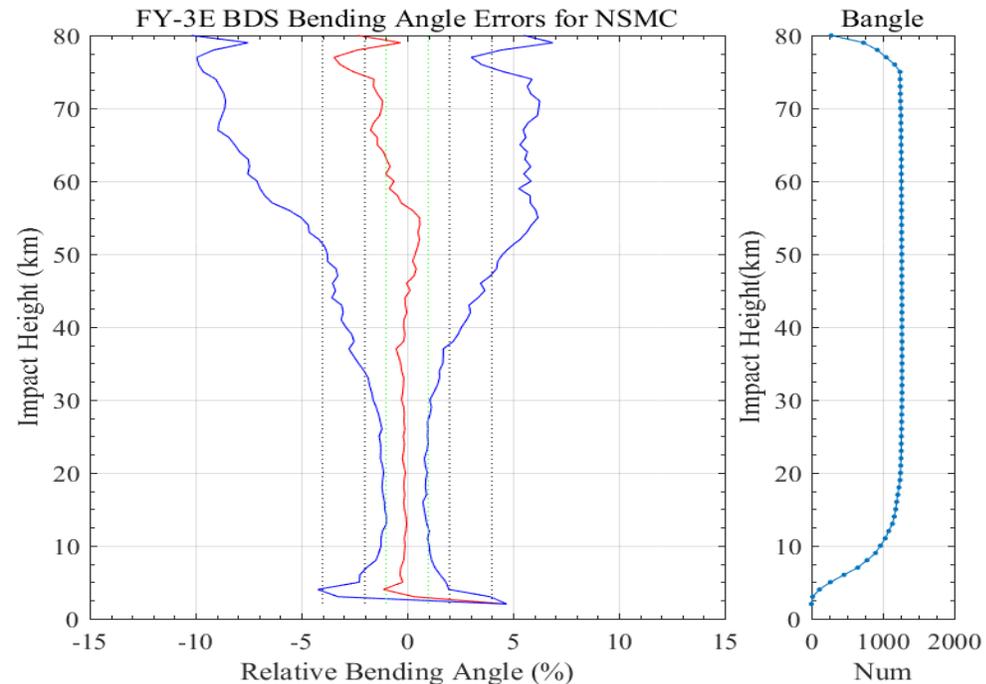
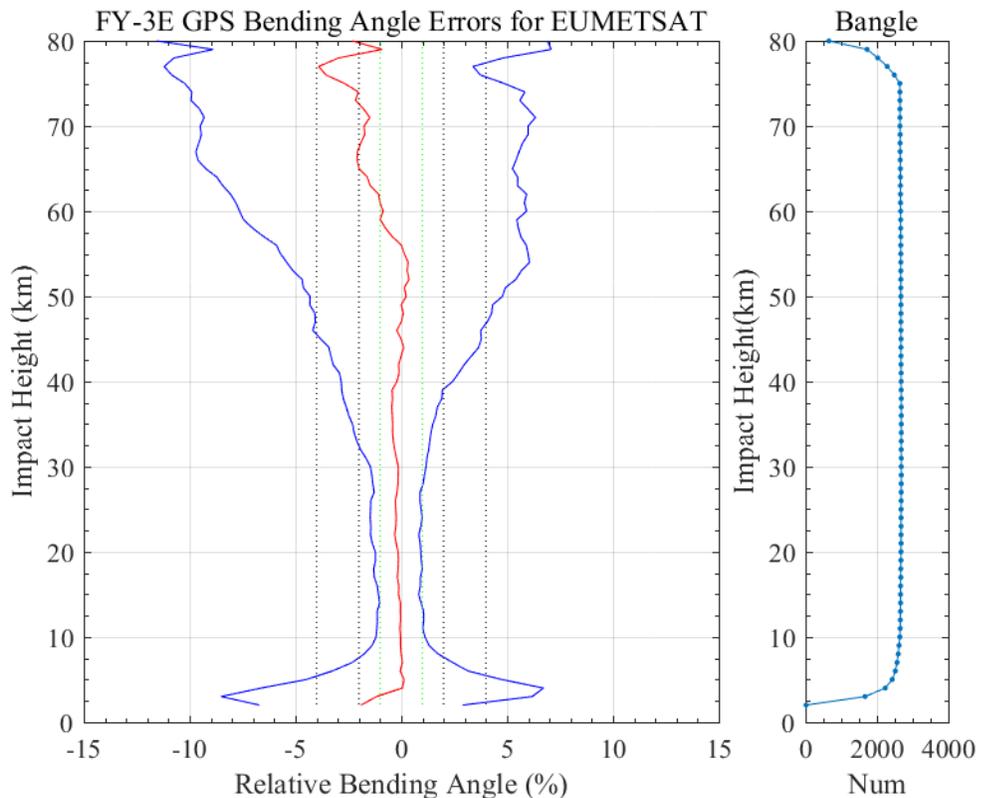


GNOS-II在接收GPS和北斗2信号基础上，首次接收北斗3号导航信号，FY-3E总掩星数量为FY-3D的2倍以上。

每天可观测500次以上GPS大气掩星事件、500次以上BDS大气掩星事件，每天可为数值天气预报业务提供约1000条大气参数廓线，为空间天气业务提供1000条以上电离层参数廓线。

三、产品示例及数据格式——L2产品精度

大气掩星弯曲角精度



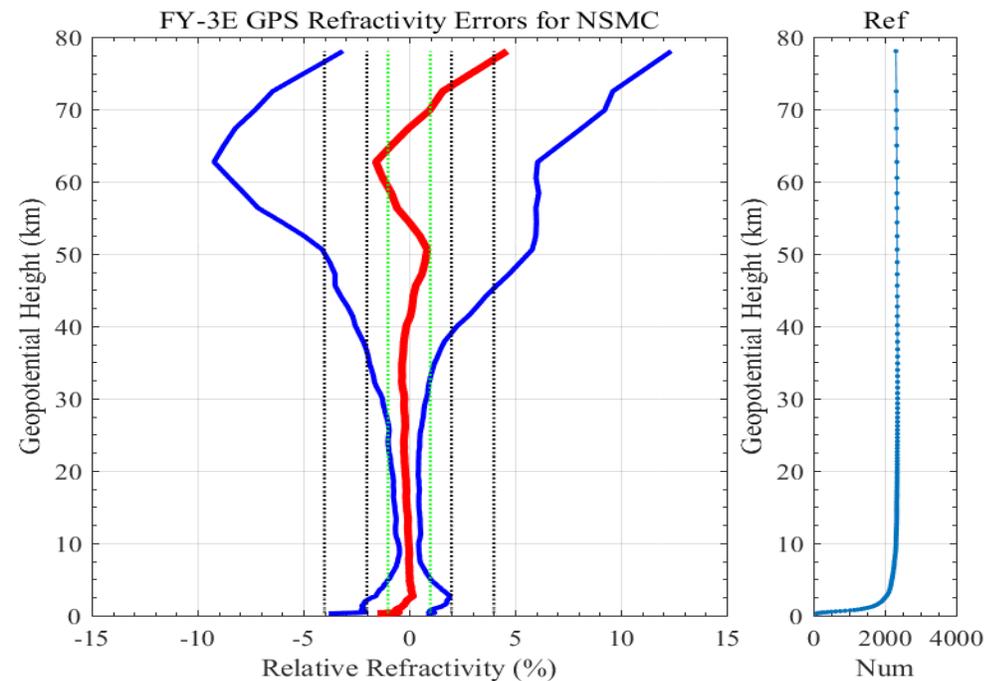
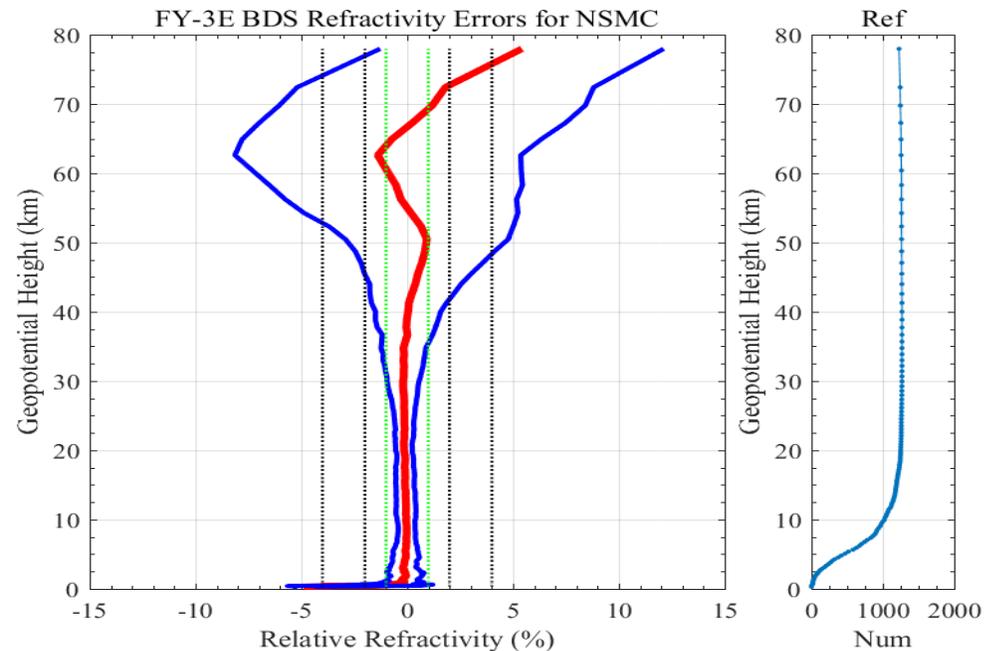
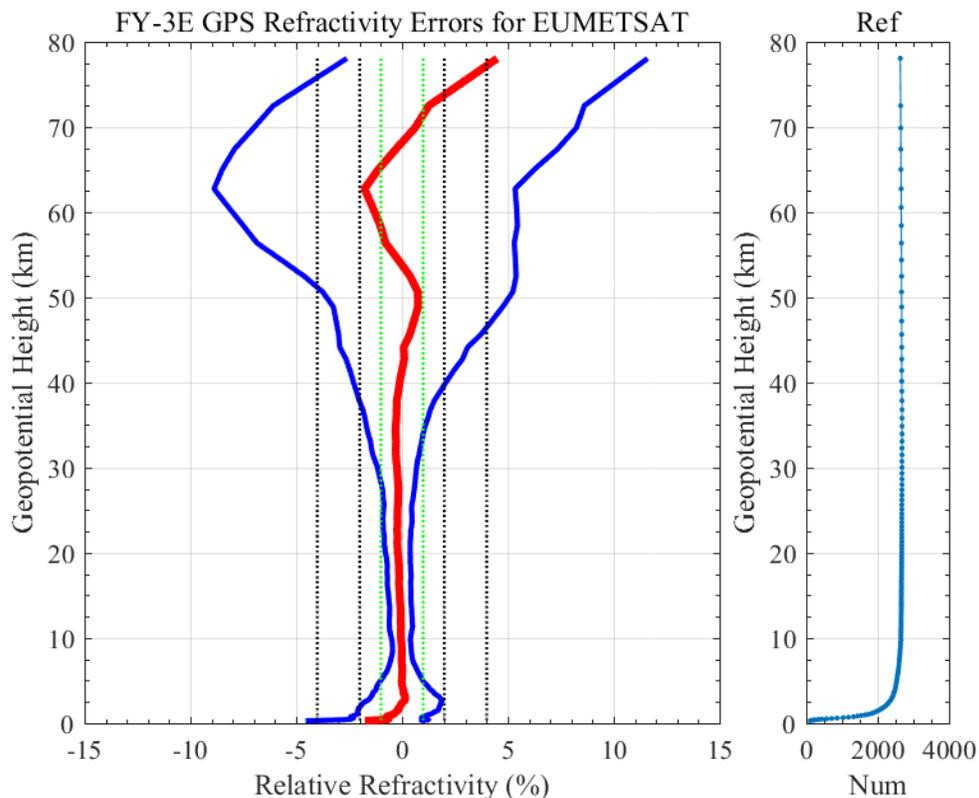
数据时间：7月20-26日

对比数据：137层ECMWF再分析场数据

评估结果：标准偏差小于 2% (10~35km)

三、产品示例及数据格式——L2产品精度

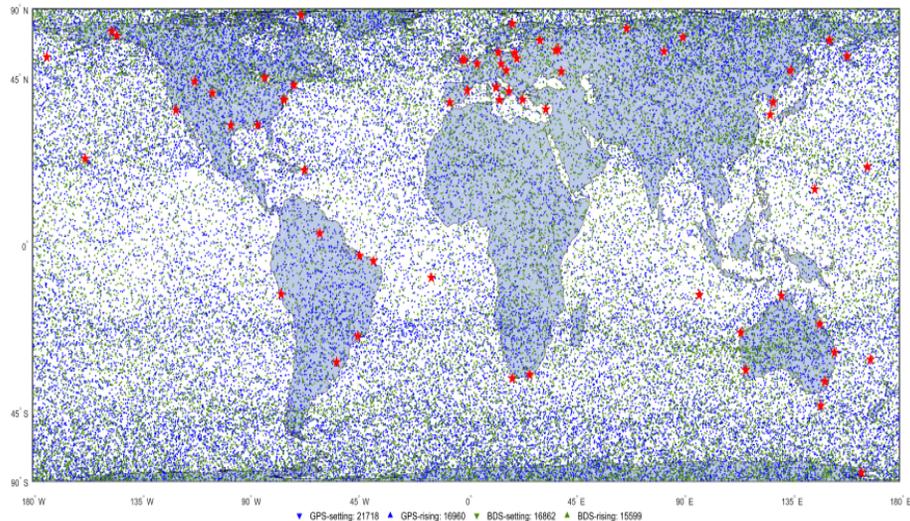
大气折射率精度



数据时间：7月20-26日
对比数据：137层ECMWF再分析场数据
评估结果：标准偏差小于 2 % (5~35km)

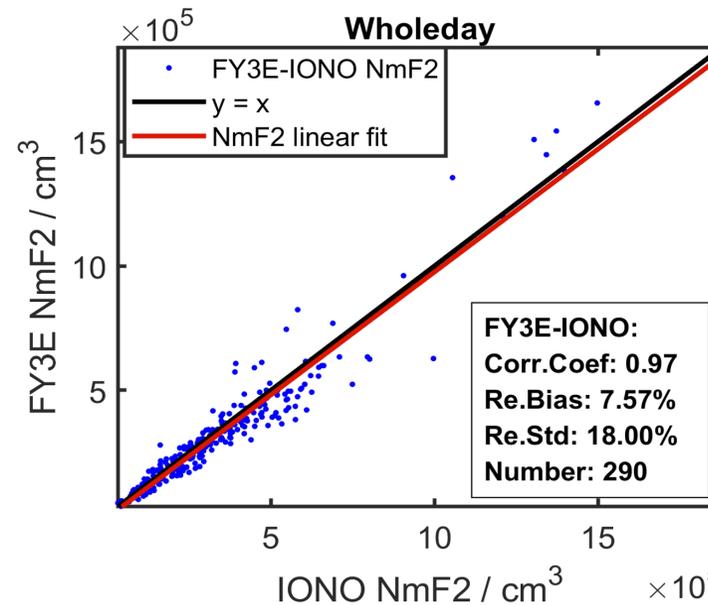
三、产品示例及数据格式——L2产品精度

电子密度精度

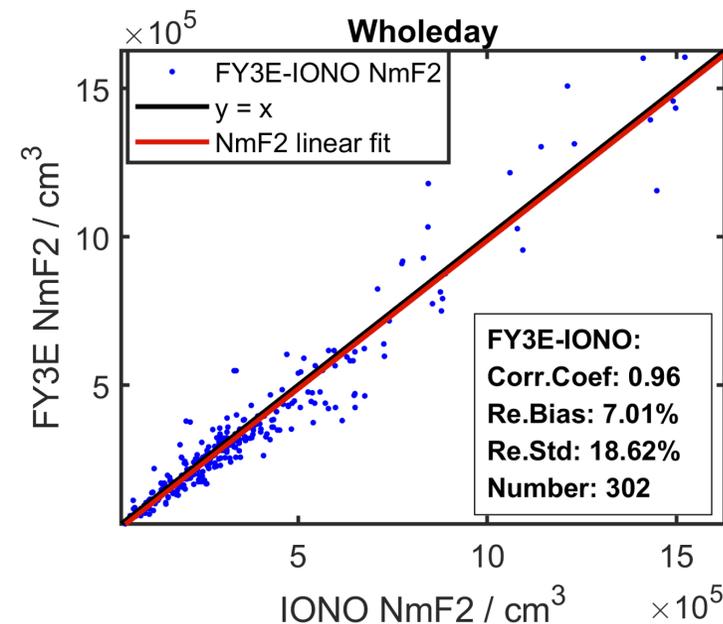


2021.08.01-2021.10.08期间的38678条GPS EDP文件、32461条BDS EDP文件与全球分布的67个UML垂测仪台站对比

FY3E BDS NmF2 vs. Ionosonde NmF2



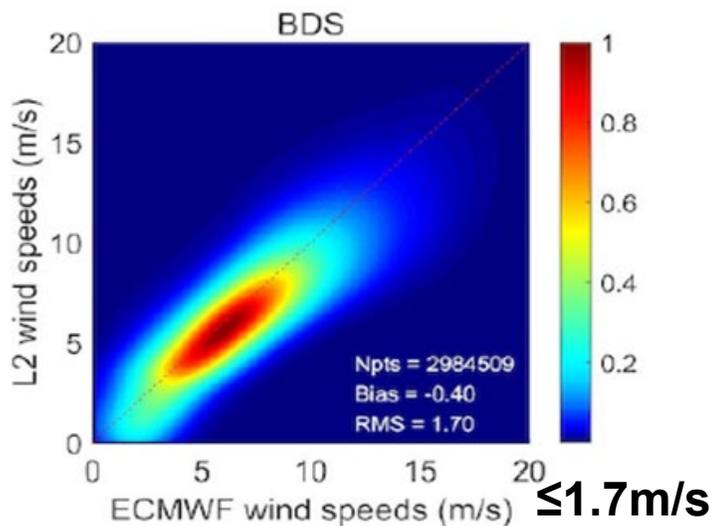
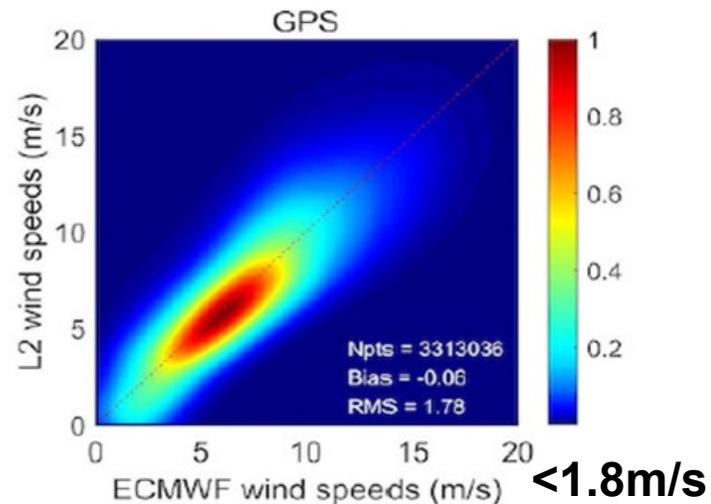
FY3E GPS NmF2 vs. Ionosonde NmF2



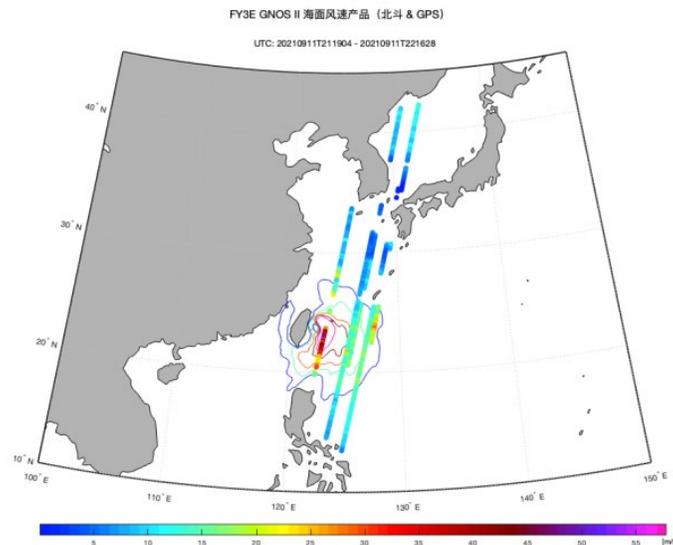
三、产品示例及数据格式——L2产品精度

海面风速精度

中低风速校验 (vs. ECMWF再分析模式)

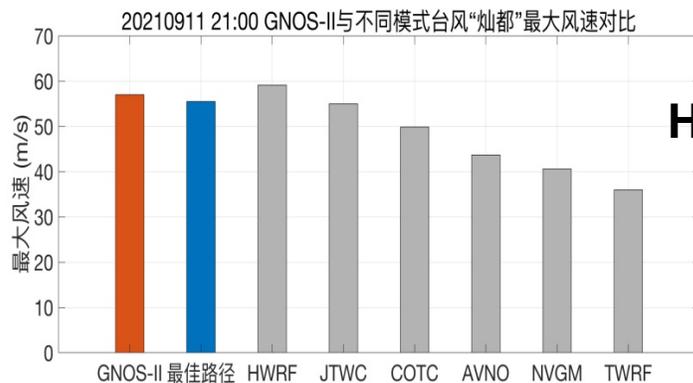


高风速校验



台风观测案例
“灿都”

GNOS-II
(最大风速**55.2m/s**)



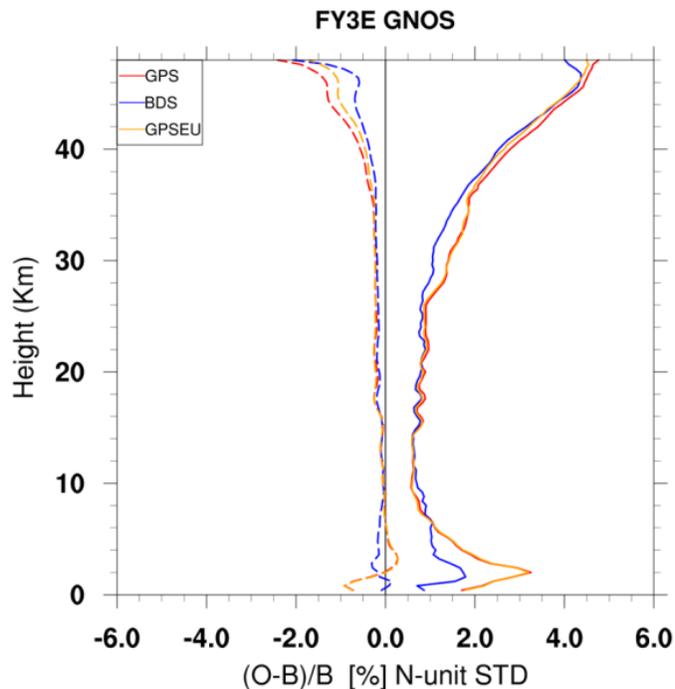
HWRF最大风速59.1m/s

最优风速55.5m/s

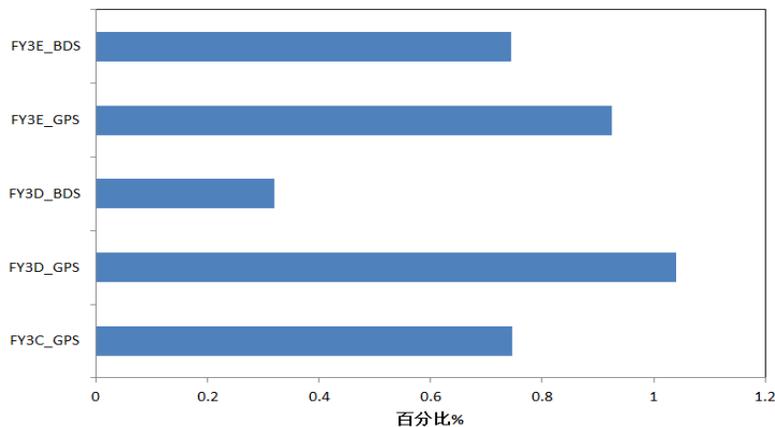


FY-3E的GNOS掩星数据的初步评估

掩星折射率与ERA5计算的折射率的归一化
平均偏差和标准差



FSOI_FY各掩星数据对24hr预报误差减小的相对贡献率



预报综合评分卡

Score Card for FY3E against Ctrl

Domain	Parameter	Level	Anomaly Correlation		RMS Error	
NH	HGT	850				
		500				
		250				
	TEMP	850				
		500				
		250				
	UWND	850				
		500				
		250				
VWND	850					
	500					
	250					
SH	HGT	850				
		500				
		250				
	TEMP	850				
		500				
		250				
	UWND	850				
		500				
		250				
VWND	850					
	500					
	250					
EASI	HGT	850				
		500				
		250				
	TEMP	850				
		500				
		250				
	UWND	850				
		500				
		250				
VWND	850					
	500					
	250					
TRO	HGT	850				
		500				
		250				
	TEMP	850				
		500				
		250				
	UWND	850				
		500				
		250				
VWND	850					
	500					
	250					

红色: 正效果
灰色: 中性
绿色: 负效果
三角: 正(负)效果的大小
红三角越多, 正效果越显著; 绿三角越多, 负效果越显著。

▲: Far better ▲: Better ■: Better but not significant ■: Equality
▼: Far worse ▼: Worse ■: Worse but not significant

试验内容: 有无FY-3E掩星数据的分析预报影响试验

试验版本: CMA_GFS业务升级回算试验版本

试验时段: 2021年9月1日-10月7日

初步结论:

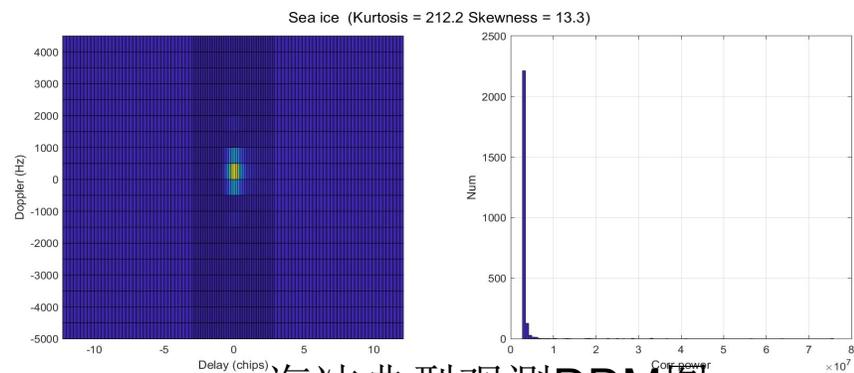
- 分析和预报效果中性至正贡献, FY-3E的GPS和BDS对24小时预报误差减小的贡献率分别为**0.92%**和**0.74%**。

来自: 地球系统数值预报中心 刘艳

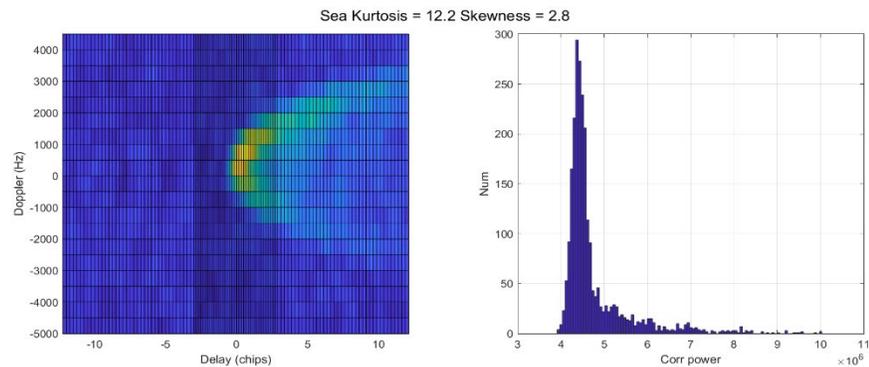
三、产品示例及数据格式——其他应用

海冰覆盖产品

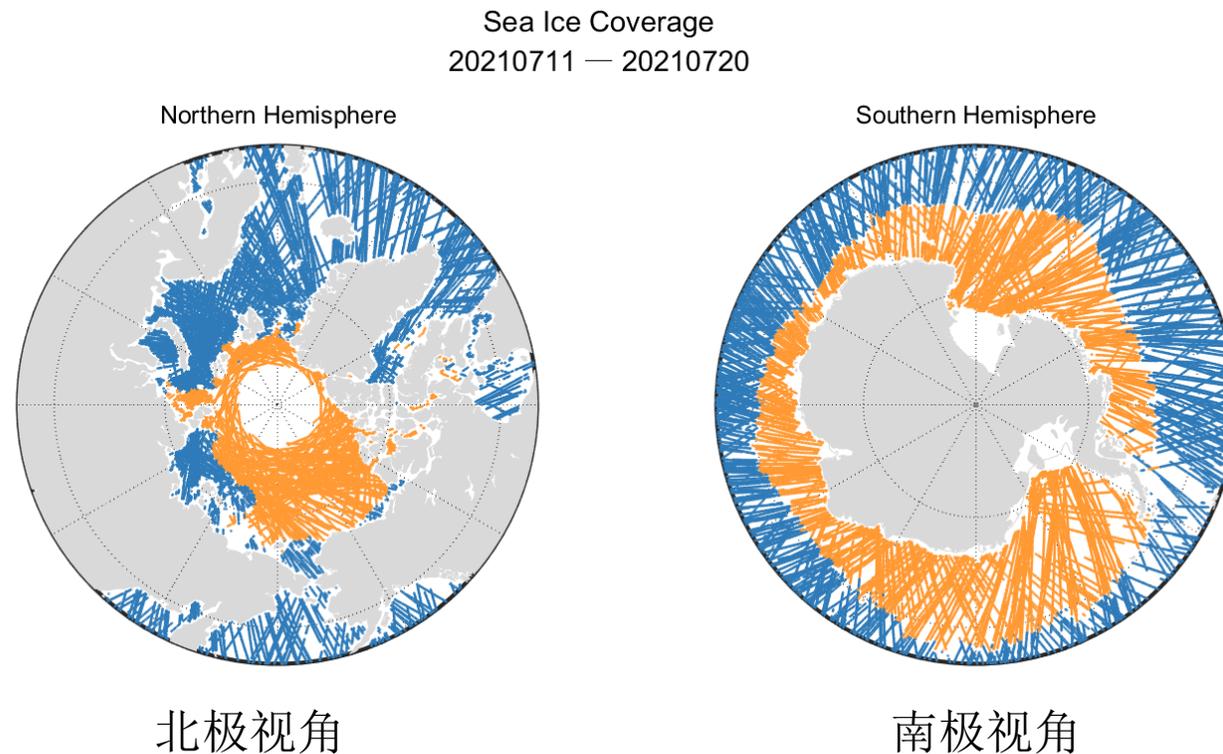
FY-3E GNOS II 在1°分辨率条件下, 实现90%覆盖需要6天, 在36km、25km、12.5km分辨率下实现90%覆盖分别需要14天、21天、45天。与EUMETSAT OSI SAF海冰数据产品对比, 准确率98.87%。



海冰典型观测DDM图

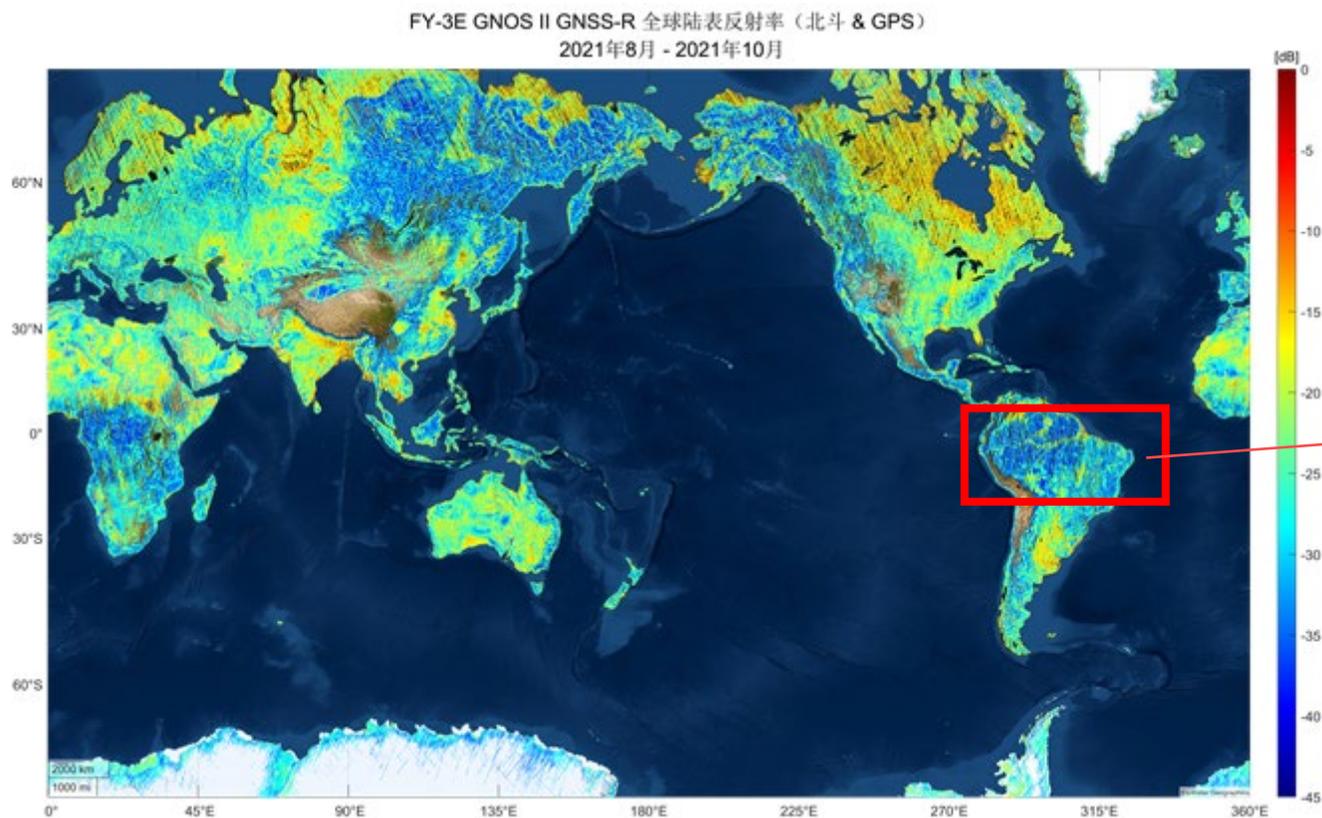


海水典型观测DDM图

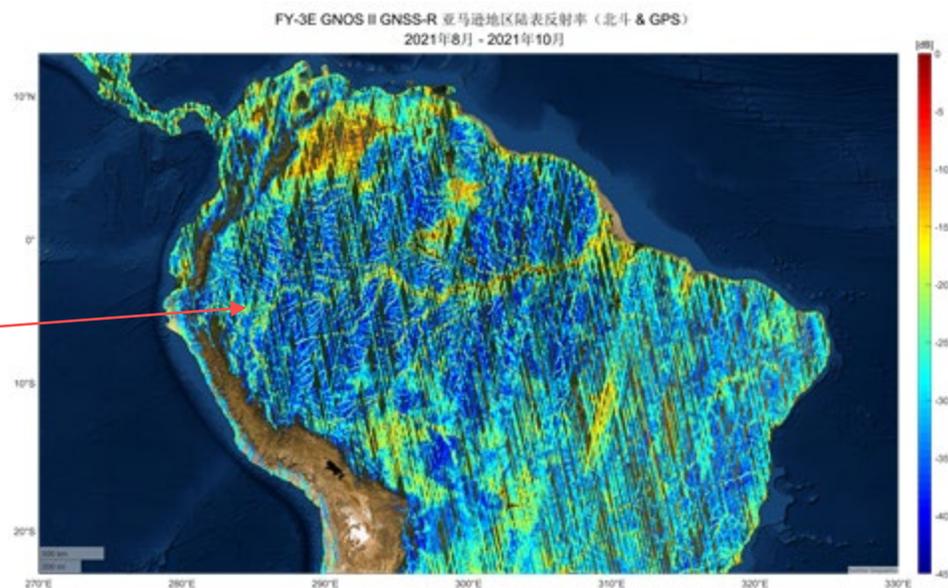


三、产品示例及数据格式——其他应用

全球GNSS信号反射率全球初步结果（可进一步反演土壤湿度）



全球反射率



亚马逊流域反射率

三、产品示例及数据格式——L1格式

大气附加相位产品以NC格式存储，文件命名为三种形式：

- FY3E_GNOSO_ORBT_L1_YYYYMMDD_HHmm_AE*##_Vn.NC
- FY3E_GNOSO_ORBT_L1_YYYYMMDD_HHmm_AN*##_Vn.NC
- FY3E_GNOSO_ORBT_L1_YYYYMMDD_HHmm_AP*##_Vn.NC

其中：

- AE/AN/AP代表三种星历处理生成的大气附加相位产品名称
 - AE：外部星历处理生成的大气附加相位
 - AN：自主星历处理生成的大气附加相位
 - AP：最终星历处理生成的大气附加相位
- *##_表示发生掩星的导航星座及卫星号（*取值为G表示GPS星座，*取值为C表示北斗星座，##_为发生掩星的导航卫星号。

气象



三、产品示例及数据格式——L1格式

电离层附加相位产品以NC格式存储，文件命名为三种形式：

- FY3E_GNOSO_ORBT_L1_YYYYMMDD_HHmm_IE*##_Vn.NC
- FY3E_GNOSO_ORBT_L1_YYYYMMDD_HHmm_IN*##_Vn.NC
- FY3E_GNOSO_ORBT_L1_YYYYMMDD_HHmm_IP*##_Vn.NC

其中：

- IE/IN/IP代表三种星历处理生成的电离层附加相位产品名称
 - IE：外部星历处理生成的电离层附加相位
 - IN：自主星历处理生成的电离层附加相位
 - IP：最终星历处理生成的电离层附加相位
- *##_表示发生掩星的导航星座及卫星号（*取值为G表示GPS星座，*取值为C表示北斗星座，##_为发生掩星的导航卫星号。

风学



三、产品示例及数据格式——L1格式

GNSS反射产品以HDF5格式存储，文件命名为：

- FY3E_GNOSR_ORBT_L1_YYYYMMDD_HHmm_RFL*#_Vn.HDF

其中：

- RFL代表产品名称为GNSS反射产品
- *表示发生反射的导航星座名称，*取值为G时表示为GPS星座，*取值为C时表示为北斗星座，*取值为E时表示为Galileo星座
- #为接收机反射通道号



三、产品示例及数据格式

核心科学数据集

大气附加相位

- L1附加相位、L2附加相位、L2P附加相位、L2C附加相位、C1C2组合附加相位、C1P2组合附加相位和经过电离层修正之后的附加相位。
- 数据集名称分别为exL1、exL2、exL2P、exL2C、exLC_C1C2、exLC_C1P2、exLC。
- 其单位为m，维数为nsamples。

电离层附加相位

- L1附加相位、L2附加相位。
- 数据集名称分别为exL1、exL2。
- 单位为m，维数为nsamples。

DDM波形数据

- DDM伪距参考值、多普勒参考值、噪底数据来源、原始采样值、噪底M值、有效散射面积、波形前沿斜率、波形前沿二阶导数；
- DDM镜面反射点位置、时延、多普勒、原始采样值、信噪比、归一化双基雷达散射截面；
- DDM峰值点位置、时延、多普勒、原始采样值、信噪比。

大气L1附加相位产品质量码

取值	含义
0	leastThpL1>10km
50	0km<leastThpL1≤10km
70	-50km<leastThpL1≤0km
80	-100km<leastThpL1≤-50km
100	leastThpL1≤-100km

大气L2附加相位产品质量码

取值	含义
0	leastThpL2>30km
20	20km< leastThpL2≤30km
60	0km< leastThpL2≤20km
100	leastThpL2≤0km



四、小结

- ✓ 北斗掩星探测进入业务化运行，实现我国掩星探测技术和掩星数据的自主可控和国产替代，拓展了北斗系统在气象领域的应用。
- ✓ 较之D星，掩星通道数量增加，带来大气和电离层垂直廓线数量增加、密度提高、覆盖性增强，有利于在数值天气预报中发挥更为重要的作用。
- ✓ 首次在风云卫星上搭载GNSS反射信号接收机，接收和处理海面反射的信号，反演海表风速。在观测稀少的海洋区域，可以提供更多的天气监测预警信息。
- ✓ 在国际上首次实现GNSS掩星和GNSS反射一体化遥感探测，可以实现电离层、大气、海面的综合立体监测。
- ✓ 大气折射率廓线、电子密度廓线、海面风速等产品精度与国际同类产品精度相当，首次实现北斗3大气掩星资料在国产数值天气预报模式中的应用（试验）。



欢迎使用 GNOS-II数据!

联系人：杨光林 yglyang@cma.cn