

风云三号 F 星全球导航卫星掩星探测仪-II 型

L1 产品使用说明

(V1.0)

国家卫星气象中心

2023 年 05 月

文档编写：杨光林、鲁文强

文档校对：武胜利

文档审核：孙凌

文档批准：胡秀清

文档修订记录

版本号	日期	修订内容	修订人	注 记
V1.0	2023.05	初始版本	杨光林、鲁文强	

目 录

1. 引言.....	1
1.1 文档概述.....	1
1.2 依据文件.....	1
2. 仪器介绍.....	2
3. L1 产品处理简介	2
3.1 概述	2
3.2 产品处理.....	2
4. 数据简介.....	3
4.1 文件基本信息.....	3
4.2 核心科学数据集.....	4
4.2.1 附加相位数据集.....	4
4.2.2 GNSS 反射数据集.....	5
4.2.3 L1 产品质量码	6
5. 数据服务.....	7

1. 引言

1.1 文档概述

GNOS-II 仪器是我国极轨气象卫星系统 FY-3 系列中的有效载荷之一，是 FY-3E 卫星上的全球导航卫星掩星探测仪 GNOS 的延续，FY-3F 星上搭载的 GNOS-II（全球导航卫星掩星探测仪）是 03 批有效载荷之一，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、土壤湿度，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。

本文档主要为 FY-3F/GNOS-II 仪器地面处理生成的 L1 数据的用户指南文档，主要描述一级产品数据集。

1.2 依据文件

本文档的主要依据文件如下：

- 1) 风云三号（03 批）气象卫星地面应用系统工程 F 星全球导航卫星掩星探测仪 -II 型 L1 数据产品特性卡（大气附加相位/外部星历），国家卫星气象中心，2024.04。
- 2) 风云三号（03 批）气象卫星地面应用系统工程 F 星全球导航卫星掩星探测仪 -II 型 L1 数据产品特性卡（大气附加相位/自主星历），国家卫星气象中心，2024.04。
- 3) 风云三号（03 批）气象卫星地面应用系统工程 F 星全球导航卫星掩星探测仪 -II 型 L1 数据产品特性卡（大气附加相位/最终星历），国家卫星气象中心，2024.04。
- 4) 风云三号（03 批）气象卫星地面应用系统工程 F 星全球导航卫星掩星探测仪 -II 型 L1 数据产品特性卡（电离层附加相位/外部星历），国家卫星气象中心，2024.04。
- 5) 风云三号（03 批）气象卫星地面应用系统工程 F 星全球导航卫星掩星探测仪 -II 型 L1 数据产品特性卡（电离层附加相位/自主星历），国家卫星气象中心，2024.04。

- 6) 风云三号(03批)气象卫星地面应用系统工程 F 星全球导航卫星掩星探测仪-II 型 L1 数据产品特性卡(电离层附加相位/最终星历), 国家卫星气象中心, 2024.04。
- 7) 风云三号(03批)气象卫星地面应用系统工程 F 星全球导航卫星掩星探测仪-II 型 L1 数据产品特性卡(GNSS 反射), 国家卫星气象中心, 2024.04。
- 8) 风云三号 F 星 GNOS-II 仪器 GNSS 反射 L1 处理算法理论文档(ATBD), 国家卫星气象中心, 2022.08。
- 9) 风云三号 F 星 GNOS-II 仪器掩星 L1 处理算法理论文档(ATBD), 国家卫星气象中心, 2022.08。
- 10) FY-3 (06) 星全球导航卫星掩星探测仪(GNOS) II 型正样设计报告, 中国科学院国家空间科学中心, 2020.08。
- 11) 风云三号 03 批气象卫星使用要求, 中国气象局, 2015.07。

2. 仪器介绍

FY-3F 星 GNOS-II 型具备掩星探测和反射探测两种功能。

GNOS-II 型接收发生掩星的 GNSS 卫星无线电信号, 由于传播介质的垂直折射指数发生变化, 导航卫星信号穿过地球大气和电离层时, 电波路径将会出现弯曲。根据测量得到的电波相位和卫星星历数据, 可以计算出大气折射率和电离层折射率, 推导出大气密度、压力、温度和电离层电子密度剖面。

GNOS-II 型探测仪反射探测功能采用的是 GNSS-R (Global Navigation Satellite Systems Reflectometry) 遥感技术, 该技术利用左旋圆极化天线接收 GNSS 卫星在地球表面的反射信号, 并与本地生成的伪随机码进行相关运算, 输出时延-多普勒相关功率波形(Delay-Doppler Mapping, DDM)。由于地表或海面的粗糙度或介电常数不同, 反射信号的波形和强度也会发生相应的变化。在海面上, 在风生海浪的作用下, 海面风场会使海面变得粗糙; 在陆地上, 地表的介电常数与土壤湿度密切相关。因此, 通过对反射信号进行分析和处理, 可以得到海面风速和陆表土壤湿度信息。

GNOS-II 的技术指标如表 1 所示。

表 1 FY-3F/GNOS-II 技术指标

参数	指标
工作频率	GPS L1 (1575.42 MHz), GPS L2 (1227.6 MHz); BDS B1 (1561.098 MHz), BDS B3 (1268.52 MHz)
接收机通道数	GPS : 8(定位), 8(掩星); BDS: 8(定位), 8(掩星)
采样率	1 ~ 100 Hz
晶振稳定度	1e-11 (100s)
伪距测量精度	GPS≤30cm(RMS); BDS≤50cm(RMS)
载波相位测量精度	GPS≤2 mm (RMS); BDS≤2 mm (RMS)
天线数量	1 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
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°
多路径抑制	定位天线采用扼流圈天线形式
掩星事件数量	单颗 LEO 卫星 GPS 大气掩星事件≥500/天
信号跟踪	伪随机码速率不大于 2Mcps 的频段, 采用开环跟踪方式下观测
	对下降掩星采用开环跟踪后, 同时对同一信号进行闭环跟踪
测量视场范围	中性大气测量垂直视场覆盖范围: 地面~80km
	电离层测量垂直视场覆盖范围: 80km~卫星轨道高度
反射探测频率	GPS L1, BDS B1, GAL E1
反射天线增益	≥12dBi
反射通道数	≥8 个 (GPS&BDS&GAL)
码分辨率	GPS≤1/4 码片; BDS/GAL≤1/2 码片

3. L1 产品处理简介

3.1 概述

GNOS-II L1 产品是基于 L0 原始数据以及预处理静态参数，经过解码、质量检查、精密定轨、附加相位计算、反射信息计算等处理过程之后生成的附加相位和 GNSS 反射数据，并提供给用户进行同化、反演等应用。

3.2 产品处理

掩星数据解码与质量检查：获取 GNOS-II 低速包 L0 数据文件和 GNOS-II 工程参数表等，根据源包数据文件中约定的数据格式进行解包，根据 GNOS 工程参数表进行物理量转换。对 GNOS 定位、掩星和反射观测数据的合理性进行校验，输出包含数据丢失率、误码率、掩星实际观测与预测一致性和数据质量标识的 L1A 文件。

反射数据解码与质量检查：获取 GNOS-II 低速包和高速包两种 L0 数据文件，根据源包数据文件中约定的数据格式进行解包，时空匹配等。

精密定轨：获取 GNSS 精密轨道和精密钟差等外部辅助数据文件，对 GNOS 定位包数据进行周跳探测及粗差探测等预处理，把载波相位和伪距观测值修正各种误差项后形成观测方程，并联合动力学模型和经验力模型，使用最小二乘原则，对精密轨道参数和 GNOS 钟差参数等未知数进行最优估计，通过解算得到的残差进行进一步的粗差探测，对解算模块不断迭代，最终得到风云三号卫星的精密轨道和 GNOS 的接收机钟差等精密定轨产品。

附加相位计算：利用 GNSS 精密星历产品、LEO 精密定轨产品文件和 GNOS-II 掩星包文件，对 GNSS-LEO 掩星观测链上的载波相位去除 GNSS 和 LEO 卫星运动多普勒影响、钟误差影响、相对论效应影响、电离层延迟影响，从而提取出掩星大气附加相位参量；对 GNSS-LEO 掩星观测链上的载波相位去除 GNSS 和 LEO 卫星运动多普勒影响、钟误差影响、相对论效应影响、大气延迟影响，从而提取出电离层附加相位参量。把提取出的大气附加相位参量和电离层附加相位参量连同信号信噪比等信息写入 netCDF 格式的标准文件中。

反射信息计算:从反射数据包读取 DDM 相关功率波形及 GNSS 卫星和 LEO 卫星的位置、速度、GNSS 卫星的 PRN 等辅助信息;对提取到的 DDM 波形进行去噪预处理,并计算镜面反射点的平均相关功率值;利用从反射数据包提取到的辅助信息计算相关功率值的归一化因子,从而去除不同 GNSS 卫星高度角、GNSS 卫星 EIPR、GNSS 卫星与 LEO 卫星几何路径因子、大气吸收等对相关功率的影响,最终计算得到海面归一化散射系数和陆表反射率等用于海面及陆地参数反演的遥感参量信息。

4. 数据简介

根据资料同化、大气/电离层反演等不同应用需要,目前 GNOS-II 预处理可以生成大气附加相位、电离层附加相位和 GNSS 反射共三种一级产品。

4.1 文件基本信息

GNOS-II L1 大气附加相位产品以 NC 格式存储,文件命名为三种形式:

FY3F_GNOSO_ORBT_L1_YYYYMMDD_HHmm_AE*##_Vn.NC

FY3F_GNOSO_ORBT_L1_YYYYMMDD_HHmm_AN*##_Vn.NC

FY3F_GNOSO_ORBT_L1_YYYYMMDD_HHmm_AP*##_Vn.NC

其中, FY3F 代表卫星名称, GNOSO 代表仪器名称, ORBT 代表数据区域类型, L1 代表数据级别, YYYYMMDD 为观测起始日期, HHmm 为观测起始时间, 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, *取值为 E 表示 Galileo 星座, ##为发生掩星的导航卫星号), Vn 为数据版本信息, n 用 0-9 数字标识版本号。

GNOS-II L1 电离层附加相位产品以 NC 格式存储,文件命名为三种形式:

FY3F_GNOSO_ORBT_L1_YYYYMMDD_HHmm_IE*##_Vn.NC

FY3F_GNOSO_ORBT_L1_YYYYMMDD_HHmm_IN*##_Vn.NC

FY3F_GNOSO_ORBT_L1_YYYYMMDD_HHmm_IP*##_Vn.NC

其中，FY3F 代表卫星名称，GNOSO 代表仪器名称，ORBT 代表数据区域类型，L1 代表数据级别，YYYYMMDD 为观测起始日期，HHmm 为观测起始时间，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，*取值为 E 表示 Galileo 星座，##_为发生掩星的导航卫星号），Vn 为数据版本信息，n 用 0-9 数字标识版本号。

GNOS-II L1GNSS 反射产品以 HDF5 格式存储，文件命名为：

FY3F_GNOSR_ORBT_L1_YYYYMMDD_HHmm_RFL*##_Vn.HDF

其中，FY3F 代表卫星名称，GNOSR 代表仪器名称，ORBT 代表数据区域类型，L1 代表数据级别，YYYYMMDD 为观测起始日期，HHmm 为观测起始时间，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，##_为通道号，Vn 为数据版本信息，n 用 0-9 数字标识版本号。

GNOS-II 输入输出文件很多数据集为多维数组，其维数说明和数值如表 2 所示。

表 2 FY-3F GNOS-II L1 数据维数说明

名称	数值	说明
nsamples		GNSS 掩星持续时间计数
nscans		GNSS 反射持续时间计数

4.2 核心科学数据集

4.2.1 附加相位数据集

4.2.1.1 大气附加相位

大气附加相位包括 L1 通道附加相位、L2 通道附加相位、L2P 通道附加相位、

L2C 通道附加相位、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。

4.2.1.2 电离层附加相位

电离层附加相位包括 L1 通道附加相位、L2 通道附加相位，数据集名称分别为 exL1、exL2，其单位为 m，维数为 nsamples。

4.2.1.3 GNSS 位置速度

GNSS 位置速度包括 GNSS X 坐标、GNSS Y 坐标、GNSS Z 坐标、GNSS X 速度、GNSS Y 速度、GNSS Z 速度，数据集名称分别为 xGnss、yGnss、zGnss、xdGnss、ydGnss、zdGnss，其中位置单位为 km，速度单位为 km/s，维数为 nsamples。

4.2.1.4 LEO 位置速度

LEO 位置速度包括 LEO X 坐标、LEO Y 坐标、LEO Z 坐标、LEO X 速度、LEO Y 速度、LEO Z 速度，数据集名称分别为 xLeo、yLeo、zLeo、xdLeo、ydLeo、zdLeo，其中位置单位为 km，速度单位为 km/s，维数为 nsamples。

4.2.1.5 信噪比

信噪比数据包括 L1 通道 CA 码信噪比、L1 通道 P 码信噪比、L2 通道 C 码信噪比、L2 通道 P 码信噪比，数据集名称分别为 caL1Snr、pL1Snr、cL2Snr、pL2Snr，其单位为 V/V，维数为 nsamples。

4.2.2 GNSS 反射数据集

4.2.2.1 DDM 波形

DDM 波形数据包括 DDM 伪距参考值、DDM 多普勒参考值、DDM 波形数

据、DDM 噪底数据源、DDM 噪底原始采样值、DDM 噪底 M 值、DDM 峰值原始采样值、DDM 镜面反射点原始采样值、DDM 峰值信噪比、DDM 镜面反射点信噪比、DDM 有效散射面积、DDM 波形前沿斜率、DDM 波形前沿二阶导数、DDM 质量标识符、镜面反射点归一化双基雷达散射截面、DDM 镜面反射点的行位置、DDM 镜面反射点的列位置、DDM 镜面反射点的时延、DDM 镜面反射点的多普勒、DDM 峰值点的行位置、DDM 峰值点的列位置、DDM 峰值点的时延、DDM 峰值点的多普勒、DDM 波形镜面反射点判断可靠性的标识符。对应的数据集名称分别为 Ddm_range_refer、Ddm_doppler_refer、Ddm_raw_data、Ddm_noise_source、Ddm_noise_raw、Ddm_noise_m、Ddm_peak_raw、Ddm_sp_raw、Ddm_peak_snr、Ddm_sp_snr、Ddm_effective_area、Ddm_sp_les、Ddm_sp_dles、Ddm_quality_flag、Ddm_sp_nbrcs、Ddm_sp_row、Ddm_sp_column、Ddm_sp_delay、Ddm_sp_dopp 、 Ddm_peak_row 、 Ddm_peak_column 、 Ddm_peak_delay 、 Ddm_peak_doppler、Sp_delay_doppler_flag。

4.2.2.2 镜面反射点

镜面反射点数据包括镜面反射点的纬度、镜面反射点的经度、镜面反射点的高度，对应的数据集名称分别为 Sp_lat、Sp_lon、Sp_alt。

4.2.3 L1 产品质量码

4.2.3.1 大气附加相位产品质量码

大气附加相位产品质量码的私有属性名称为 exL1QC 和 exL2QC。
大气 L1 附加相位质量码 exL1QC 根据附加相位的最低切点高度(leastThpL1)来赋值。具体如表 3 所示。

表 3 大气 L1 附加相位产品质量码描述

取值	含义
0	leastThpL1>10km
50	0km<leastThpL1≤10km

70	$-50\text{km} < \text{leastThpL1} \leq 0\text{km}$
80	$-100\text{km} < \text{leastThpL1} \leq -50\text{km}$
100	$\text{leastThpL1} \leq -100\text{km}$

大气 L2 附加相位质量码 exL2QC 根据附加相位的最低切点高度(leastThpL2)来赋值。具体如表 4 所示。

表 4 大气 L2 附加相位产品质量码描述

取值	含义
0	$\text{leastThpL2} > 30\text{km}$
20	$20\text{km} < \text{leastThpL2} \leq 30\text{km}$
60	$0\text{km} < \text{leastThpL2} \leq 20\text{km}$
100	$\text{leastThpL2} \leq 0\text{km}$

4.2.3.2 GNSS 反射产品质量码

GNSS 反射产品质量码的名称为 Ddm_quality_flag，其取值和含义如表 5 所示。

表 5 GNSS 反射产品质量码描述

取值	含义
0	DDM 无质量问题
>0	DDM 存在质量问题

5. 数据服务

GNOS-II L1 数据可从风云卫星遥感数据服务网获取：

<http://satellite.nsmc.org.cn/>

数据特性卡和 ATBD 文档在如下地址获取：

<http://data.nsmc.org.cn>，文档栏目

HDF 格式的 L1 数据产品查看可以采用 HDFView 软件，官网下载地址：

<https://www.hdfgroup.org/downloads/hdfview/>

若用户在 L1 产品使用过程中有任何问题需要咨询，可联系 L1 产品负责人：

姓名：杨光林

电话：010-68406934

邮箱：yglyang@cma.cn