

风云三号 E 星风场测量雷达

L1 产品使用说明

(V1.4)

国家卫星气象中心

2023 年 04 月

文档编写：商建

文档校对：尹红刚、武胜利

文档审核：孙凌

文档批准：陆其峰

两总审批：胡秀清、张鹏

文档修订记录

版本号	日期	修订内容	修订人	注记
V1.0	2021.04.06	初始版本	商建	按照统一模板撰写初稿
V1.1	2021.05.25	修订版本	商建	根据新模板修订
V1.2	2021.06.28	修订版本	商建	增加批准、审批
V1.3	2022.01.24	修订版本	商建	根据新版数据特性卡进行内容修订
V1.4	2023.04.27	修订版本	商建、袁梅	根据新版数据特性卡修订 Quality Flag 说明

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.....	10
4.2.1 辐射数据集.....	10
4.2.2 地理定位数据集.....	12
4.2.3 L1 产品质量码	13
5. 数据服务.....	13

1.引言

1.1 文档概述

FY-3E 风场测量雷达(WindRAD)的主要工作目标是对全球海面风场矢量(包括风速和风向)进行全天候、全天时、高精度、高分辨率测量。风场测量雷达通过对海面后向散射系数的测量,间接完成对海面风场的测量功能,为同化应用研究和天气预报提供重要数据。此外风场测量雷达也可对海冰、土壤湿度等地物特性进行测量。

本文档为 FY-3E/WindRAD 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,以辅助数据用户应用。

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 E 星风场测量雷达 L1 数据产品特性卡,国家卫星气象中心,2021.01。
- 2) 风云三号 E 星 WindRAD 仪器定标 L1 处理算法理论文档(ATBD),国家卫星气象中心,2021.01。
- 3) FY-3(05星)风场测量雷达正样设计报告,航天五院西安分院,2019.03。
- 4) 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

WindRAD 采用扇形波束圆锥扫描体制,观测几何见图 1。雷达采用 C 和 Ku 双波段同时工作,每个波段包含水平和垂直两种极化测量方式,同频段的两种极化测量分时间间隔进行,不同频段之间的测量相互独立。包含天线的探测头部 360°无间断旋转。

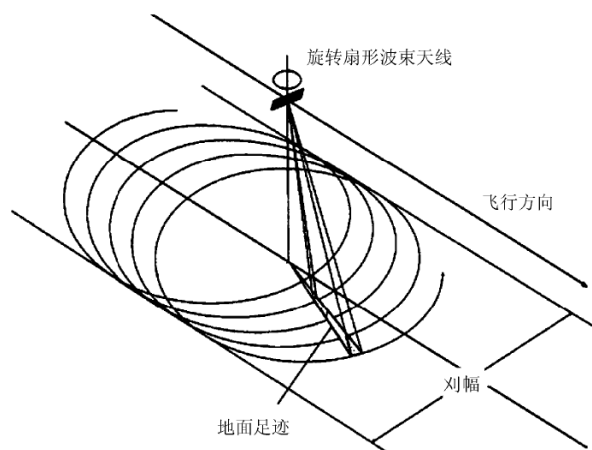


图 1 WindRAD 观测几何示意图

WindRAD 的主要性能指标见表 1、表 2 和表 3。

表 1 WindRAD 频谱指标

参数	指标	
工作中心频率	5.4 GHz (C 波段)	13.256 GHz (Ku 波段)
极化方式	VV、HH	VV、HH

表 2 WindRAD 观测几何指标

参数	指标	
	C 波段	Ku 波段
空间分辨率 (方位×距离)	25 ×0.5km	10 ×0.5km
观测刈幅	> 1200km	
扫描方式	360°圆锥扫描	

表 3 WindRAD 辐射指标

参数	指标	
	C 波段	Ku 波段
最小可检测风速	3 m/s(-26.2dB)	3 m/s(-30.8dB)
辐射分辨率 ^{【注 1】}	0.5dB (刈幅远端, 风速≥5 m/s ^{【注 2】}) 1.0dB (刈幅远端, 风速=3 m/s)	

辐射精度（天线增益精度、内定标精度，峰峰值）	$\leq 0.6\text{dB}$
------------------------	---------------------

【注 1】：空间分辨率为 25km×25km。

【注 2】：风速 5m/s 时对应的海面归一化后向散射截面分别为-24.2dB（C 波段）和-25.5dB（Ku 波段）。

3.L1 产品处理简介

3.1 概述

WindRAD 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、拆并分流、地理定位、外定标、辐射定标、后向散射系数计算、重采样等处理过程之后生成的后向散射系统数据，并提供给用户进行反演和后续同化等应用。

3.2 产品处理

WindRAD 预处理算法包括实时链路和离线链路两个部分。实时链路处理流程为：

（1）L1A 处理：完成风场测量雷达预处理辅助数据和 L0 产品等的数据汇集，对输入数据进行质量检验并输出质量检验数据集，完成输入数据的拆并和分配形成不同数据流。

（2）L1B 处理：分离地表观测和内定标观测数据，替代质量差的地表观测数据，计算星地斜距，完成处理准备。利用观测时刻的卫星位置、姿态及仪器扫描参数，根据地表样本采样点的星地斜距，确定遥感数据中每个采样点的地理定位信息（经纬度、当地天顶角、当地方位角等）。利用内定标工作数据，完成辐射定标及质量标识。利用辐射定标结果，校正信号通道和噪声通道数据，计算系统噪声功率能量，计算回波的相对功率，对处理过程进行质量判断和标识。

（3）L1C 处理：根据回波功率完成地面归一化反射截面的计算，生成不同

空间采样间隔的网格，对原始后向散射进行重采样和统计平均。

离线（外定标）链路处理流程为：

- （1）定标器信号处理
- （2）在轨天线方向图计算
- （3）绝对定标系数计算

4.数据简介

FY-3E/WindRAD 的 L1 产品文件主要包含时间码、地理定位结果（经纬度、卫星天顶角、卫星方位角等）、辐射定标数据（后向散射系数）以及质量标识等信息。

4.1 文件基本信息

WindRAD L1 产品单个文件为半轨数据，每天生成 28 个文件。WindRAD L1 产品以 HDF5 文件格式存储，文件命名为（以 C 波段升轨数据为例）：

FY3E_WRADC_ORBA_L1_YYYYMMDD_HHmm_010KM_Vn.HDF

其中，FY3E 代表卫星名称，WRADC 代表仪器名称（含波段），ORBA 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，010KM 代表空间分辨率，Vn 为数据版本信息，n 用 0-9 数字标识版本号。

WindRAD L1 产品的核心数据集结构如表 4 所示。

表 4 FY-3E/WindRAD 的核心科学数据集

全局文件属性						
私有文件属性						
科学数据集						
分组名称	分组名称	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
10km	Geolocation	GridInfo	SDS1	Latitude	Latitude in WGS84	10km 分辨率纬度
			SDS2	Longitude	Longitude in WGS84	10km 分辨率经度

			SDS3	SeaPercentage	Proportion of sea	10km 分辨率海洋占比
			SDS4	Day_Count	Day Count of Observation Time since 12:00:00 on Jan 1, 2000 in UTC of the nadir in each line	10km 分辨率每行星下点的观测时间天计数，自世界时 2000 年 1 月 1 日中午 12:00 开始计数
			SDS5	Millisecond_Count	0.1 Millisecond Count of Observation Time from 12:00 am of Each Day in UTC of the nadir in each line	10km 分辨率每行星下点的观测时间的天内 0.1 毫秒计数，自世界时每天的中午 12:00 开始计数
		HH	SDS6	SensorAzimuth	Sensor Azimuth	10km 分辨率 HH 极化每个视数的仪器方位角
			SDS7	SensorZenith	Sensor Zenith	10km 分辨率 HH 极化每个视数的仪器天顶角
		VV	SDS8	SensorAzimuth	Sensor Azimuth	10km 分辨率 VV 极化每个视数的仪器方位角
			SDS9	SensorZenith	Sensor Zenith	10km 分辨率 VV 极化每个视数的仪器天顶角
	Data	HH	SDS10	Sigma0	Backscatter coefficient	10km 分辨率 HH 极化每个视数的后向散射系数
			SDS11	Kpc	Standard deviation of the backscatter coefficient	10km 分辨率 HH 极化每个视数的后向散射系数标准偏差
			SDS12	Num_Views	Number of views in each WVC	10km 分辨率 HH 极化每个风矢量单元的视数
		VV	SDS13	Sigma0	Backscatter coefficient	10km 分辨率 VV 极化每个视数的后向散射系数
			SDS14	Kpc	Standard deviation of the backscatter coefficient	10km 分辨率 VV 极化每个视数的后向散射系数标准偏差
			SDS15	Num_Views	Number of views in each WVC	10km 分辨率 VV 极化每个风矢量单元的视数

	QA	HH	SDS16	QualityFlag	Quality Flag for each view	10km 分辨率 HH 极化 每个视数的数据质量 标识
		VV	SDS17	QualityFlag	Quality Flag for each view	10km 分辨率 VV 极化 每个视数的数据质量 标识
20km	Geolocation	GridInfo	SDS18	Latitude	Latitude in WGS84	20km 分辨率纬度
			SDS19	Longitude	Longitude in WGS84	20km 分辨率经度
			SDS20	SeaPercentage	Proportion of sea	20km 分辨率海洋占比
			SDS21	Day_Count	Day Count of Observation Time since 12:00:00 on Jan 1, 2000 in UTC of the nadirnadir in each line	20km 分辨率每行星下 点的观测时间天计数， 自世界时 2000 年 1 月 1 日中午 12:00 开始计数
			SDS22	Millisecond_Count	0.1 Millisecond Count of Observation Time from 12:00 am of Each Day in UTC of the nadirnadir in each line	20km 分辨率每行星下 点的观测时间的天内 0.1 毫秒计数，自世界 时每天的中午 12:00 开 始计数
		HH	SDS23	SensorAzimuth		
					Sensor Azimuth	20km 分辨率 HH 极化 每个视数的仪器方位 角
		VV	SDS24	SensorZenith	Sensor Zenith	20km 分辨率 HH 极化 每个视数的仪器天顶 角
						20km 分辨率 VV 极化 每个视数的仪器方位 角
		VV	SDS25	SensorAzimuth	Sensor Azimuth	20km 分辨率 VV 极化 每个视数的仪器方位 角
			SDS26	SensorZenith	Sensor Zenith	20km 分辨率 VV 极化 每个视数的仪器天顶 角
	Data	HH	SDS27	Sigma0	Backscatter coefficient	20km 分辨率 HH 极化 每个视数的后向散射 系数
			SDS28	Kpc	Standard deviation of the backscatter coefficient	20km 分辨率 HH 极化 每个视数的后向散射 系数标准偏差
			SDS29	Num_Views	Number of views in each WVC	20km 分辨率 HH 极化 每个风矢量单元的视 数

		VV	SDS30	Sigma0	Backscatter coefficient	20km 分辨率 VV 极化 每个视数的后向散射 系数
			SDS31	Kpc	Standard deviation of the backscatter coefficient	20km 分辨率 VV 极化 每个视数的后向散射 系数标准偏差
			SDS32	Num_Views	Number of views in each WVC	20km 分辨率 VV 极化 每个风矢量单元的视 数
	QA	HH	SDS33	QualityFlag	Quality Flag for each view	20km 分辨率 HH 极化 每个视数的数据质量 标识
		VV	SDS34	QualityFlag	Quality Flag for each view	20km 分辨率 VV 极化 每个视数的数据质量 标识

WindRAD 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 5 所示。

表 5 FY-3E/WindRADL1 数据维数说明

名称	数值	说明
nscan	2201/1101	重采样行数。10km 分辨率为 2201，20km 分辨率为 1101。
ncross	140/70	重采样列数。10km 分辨率为 140，20km 分辨率为 70。
nview_max	30	最大视数

4.2 核心科学数据集

4.2.1 辐射数据集

4.2.1.1 后向散射系数

WindRAD 定标处理输出的最重要数据集为后向散射系数数据集，共有 4 个数据集，分别为 10km 和 20km 网格分辨率下 HH 极化和 VV 极化对应的每个视数的后向散射系数，即 10km/Data/HH/Sigma0、10km/Data/VV/Sigma0、

20km/Data/HH/Sigma0、20km/Data/VV/Sigma0。后向散射系数数据集的单位为 dB，每个数据集的维数均为 2201*140*30 或 1101*70*30，其中 2201/1101 为半轨数据的扫描行数（分别对应于 20km/10km 网格分辨率），140/70 为交轨方向的网格数目（分别对应于 20km/10km 网格分辨率），30 为每个风矢量单元中的最大视数。

4.2.1.2 后向散射系数标准偏差

WindRAD 定标处理输出的数据集 Kpc 为后向散射系数标准偏差，共有 4 个数据集，分别为 10km 和 20km 网格分辨率下 HH 极化和 VV 极化对应的每个视数的后向散射系数标准偏差，即 10km/Data/HH/Kpc、10km/Data/VV/Kpc、20km/Data/HH/Kpc、20km/Data/VV/Kpc。每个数据集的维数均为 2201*140*30 或 1101*70*30，其中 2201/1101 为半轨数据的扫描行数（分别对应于 20km/10km 网格分辨率），140/70 为交轨方向的网格数目（分别对应于 20km/10km 网格分辨率），30 为每个风矢量单元中的最大视数。

4.2.1.3 视数

每个风矢量单元的视数数据集，名称为 Num_Views。该数据集共有 4 个，分别为 10km 和 20km 网格分辨率下 HH 极化和 VV 极化对应的每个风矢量单元的视数，即 10km/Data/HH/Num_Views、10km/Data/VV/Num_Views、20km/Data/HH/Num_Views、20km/Data/VV/Num_Views。每个数据集的维数均为 2201*140 或 1101*70，其中 2201/1101 为半轨数据的扫描行数（分别对应于 20km/10km 网格分辨率），140/70 为交轨方向的网格数目（分别对应于 20km/10km 网格分辨率）。

4.2.1.4 扫描时间

扫描时间包括 8 个数据集，分别为 10km 和 20km 网格分辨率下 HH 极化和 VV 极化对应的每行第一个风矢量单元的天计数和天内毫秒级计数，即 10km/Geolocation/GridInfo/Day_Count、

10km/Geolocation/GridInfo/Millisecond_Count 、
20km/Geolocation/GridInfo/Day_Count 、
20km/Geolocation/GridInfo/Millisecond_Count。Day_Count 为天计数数据集，以 2000 年 1 月 1 日 12 时（世界时）为起始时间，天计数为相对于该起始时间的累加天数；Millisecond_Count 为天内毫秒级计数数据集，为一天中的毫秒计数，12 时清零。Day_Count 和 Millisecond_Count 两个数据集维数均为 2201 或 1101，其中 2201/1101 为半轨数据的扫描行数（分别对应于 20km/10km 网格分辨率）。

4.2.2 地理定位数据集

地理定位数据提供每个风矢量单元或每个视数的位置信息，主要包括大地经度、大地纬度及附属的卫星天顶角/方位角等几何信息。

4.2.2.1 观测目标的地理位置

(Longitude, Latitude)分别表示了每个风矢量单元的大地经度与大地纬度，二者共同描述了每个风矢量单元所对应的观测目标的唯一位置，即 WGS-84 坐标系下的位置坐标。经度与纬度的单位为度。数据集均为二维数组，维数为 2201*140 或 1101*70，其中 2201/1101 为半轨数据的扫描行数（分别对应于 20km/10km 网格分辨率），140/70 为交轨方向的网格数目（分别对应于 20km/10km 网格分辨率）。

4.2.2.2 仪器天顶角和方位角

仪器天顶角数据集名称为 SensorZenith，定义为地球表面观测目标与卫星的连线与观测目标当地天顶方向的夹角，单位为度，有效值范围为 0-90°。仪器方位角数据集名称为 SensorAzimuth，定义为卫星在地平面投影地点与观测目标的连线与参考方向（正北）之间的夹角，单位为度，有效值范围为 0-360°。这两个数据集数值的尺度因子均为 0.01，需要在应用之前进行尺度转换。维数均为 2201*140*30 或 1101*70*30，其中 2201/1101 为半轨数据的扫描行数（分别对应于 20km/10km 网格分辨率），140/70 为交轨方向的网格数目（分别对应于

20km/10km 网格分辨率), 30 为每个风矢量单元中的最大视数。

4.2.2.3 海洋占比

陆海标识数据集名称为 SeaPercentage, 有效值范围为 0-1。0 表示该网格内地表类型全部为陆地, 1 表示该网格内地表类型全部为海洋。数据集为二维数组, 维数为 2201*140 或 1101*70, 其中 2201/1101 为半轨数据的扫描行数 (分别对应于 20km/10km 网格分辨率), 140/70 为交轨方向的网格数目 (分别对应于 20km/10km 网格分辨率)。

4.2.3 L1 产品质量码

L1 产品质量码包含 4 个数据集, 分别为 10km 和 20km 网格分辨率下 HH 极化和 VV 极化对应的风矢量单元数据质量标识, 数据集名称为 Quality_Flag, 其中, Bit0-1 为独立采样数(Num)标志, 0: Num>800; 1: Num>400; 2: 其他。Bit2-3 为信噪比(SNR)标志, 0: SNR>0 并且 Sigma0>0; 1: SNR<=0 并且 Sigma0>0; 2: 其他。Bit4-5 为 K 标志, 0: 0<K<0.25; 1: 当 Sigma0(dB)>-28dB 时, 0.25<K<0.5, 当 Sigma0(dB)<-28dB 时, 0.25<K<2; 2: 其他。Bit6-7 为 Sigma0 可用标志, 0: Num 标志、SNR 标志和 K 标志均为 0; 2: Num 标志、SNR 标志和 K 标志均为 2; 1: 其他。Bit8-9 为 Sigma0 正负数标志, 0: 正; 1: 0; 2: 负。用户使用时请重点关注 Bit6-7 与 Bit8-9。

Quality_Flag 每条扫描线上每个网格均有一个质量标识。数据集维数为 2201*140 或 1101*70, 其中 2201/1101 为半轨数据的扫描行数 (分别对应于 20km/10km 网格分辨率), 140/70 为交轨方向的网格数目 (分别对应于 20km/10km 网格分辨率)。

5. 数据服务

WindRAD 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

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/>

此外, 后端用户应用中可能用到的定标精度等文件, 以及 L1 产品读取代码 (C++, python), 将随产品使用指南一起提供。

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: 商建

电话: 010-58993729

邮箱: shangjian@cma.gov.cn