
风云三号（02 批）气象卫星地面应用系统工程

D 星微波成像仪

数据使用指南

(V1.0)

编写： 武胜利

校对： _____

审核： _____

会签： _____

批准： _____

国家卫星气象中心

2019 年 2 月

文档修改记录

版本号	日期	修改者	修 改 描 述
V1.0	2019-02-22	武胜利	创建数据使用指南初始版本。

1 引言

风云三号气象卫星 (FY-3) 是我国自行研制的第二代极轨气象卫星, 其有效载荷覆盖了紫外、可见光、红外、微波等频段, 其目标是实现全球全天候、多光谱、三维定量探测, 为中期数值天气预报提供卫星观测数据, 以及云和降水参数的探测, 监视大范围的自然灾害和生态环境变化。

微波成像仪 (Microwave Radiation Imager, MWRI) 是风云三号 D 星的主要有效载荷之一。微波成像仪具有 10.65GHz、18.7GHz、23.8GHz、36.5GHz、89GHz 等 5 个频率的对地观测能力, 每个频率拥有垂直 (V) 和水平 (H) 等两种极化形式, 共计 10 个通道。微波成像仪各通道的对地观测空间分辨率有所不同, 依频率变化, 分布 10Km-70Km 之间。通过微波成像仪的对地观测, 可以不受云盖、夜晚的影响, 全天时、全天候获取地表、海表、大气的微波辐射特征, 为数值天气预报提供输入数据。微波成像仪的观测数据可以用于土壤水分、积雪深度、洋面风速、极地海冰、海表温度、大气可降水、陆表温度等各类陆表、海表、大气参数的反演获取, 提高我国在天气预报、气候变化、农业、交通、航运等领域的观测能力。

本文档的主要内容包括风云三号 D 星微波成像仪 L1 数据的使用方法、仪器通道特征、物理量转换方法等。

2 仪器和通道性能介绍

星载被动微波辐射计可分为成像仪以及探测仪两种, 成像仪多为圆锥扫描, 实时定标, 探测仪多为跨轨扫描, 实时定标。星载被动微波成像类仪器最早搭载于 1972 年的 Nimbus-5, 称为 Electrically Scanning Microwave Radiometer (ESMR), 该传感器于 1972 年至 1977 年之间进行对地观测, 仅具有 1 个通道 (19GHz), 1 种极化方式 (H 极化), 虽然 ESMR 探测能力有限, 但是 ESMR 的研发与在轨运行大大推动了星载被动微波辐射计的发展, 实际上, 到目前为止, 大部分在轨的星载被动微波辐射成像仪仍然采用 ESMR 所开创的圆锥扫描实时定标模式。ESMR 之后, 美国发射了 Scanning Multichannel Microwave Radiometer (SMMR), 它运行于 1978 年至 1987 年。相比于 ESMR, SMMR 的探测能力有了大幅度提升, 它具有 5 个频点, 10 个通道, 提供 6.6GHz-37GHz 的对地观测亮温数据。SMMR 的多频点观测方式一直保留至今, 在 SSM/I、SSMIS、AMSR-E、AMSR2、WindSat、MWRI 等各种在轨运行的被动微波辐射计上都能找到类似的设计。

微波成像仪的扫描形式与 SSMIS、AMSR2、GMI 等目前在轨运行的圆锥扫描微波成像类仪器基本类似，但定标方式存在较大差异。微波成像仪采用了一种“端到端”的“全光路”定标形式，冷定标、热定标、对地观测等三个部分的辐射能量均通过主天线反射进入馈源接收机，而其他在轨运行的微波成像类仪器在热定标方面则采用馈源直接观测热源的形式，两种定标方式各有优势。

微波成像仪在 10.65-89GHz 频段内设置 5 个频点，每个频点包括垂直和水平两种极化方式。89GHz 通道对降水散射信号非常敏感，主要用于获取地面降水信息；23.8GHz 为水汽吸收通道，与其他频点观测亮温配合能够反演得到全球大气和降水信息；18.7GHz 和 36.5GHz 通道针对冰雪微波辐射特性设置，利用这两个频点接收的微波辐射亮温能够定量获取地表雪盖、雪深和雪水当量信息；同时 36.5GHz 还能够用于全球陆表温度的反演；低频 10.65GHz 通道具有穿透云雨大气的的能力，并且对地表粗糙度和介电常数比较敏感，主要用于全天候获取全球海冰、海表温度、风速、土壤水分含量等地球物理参数。

微波成像仪实物图见图 2-1。



图 2-1 微波成像仪实物照片

FY-3D 微波成像仪对地扫描几何示意图见图 2-2。

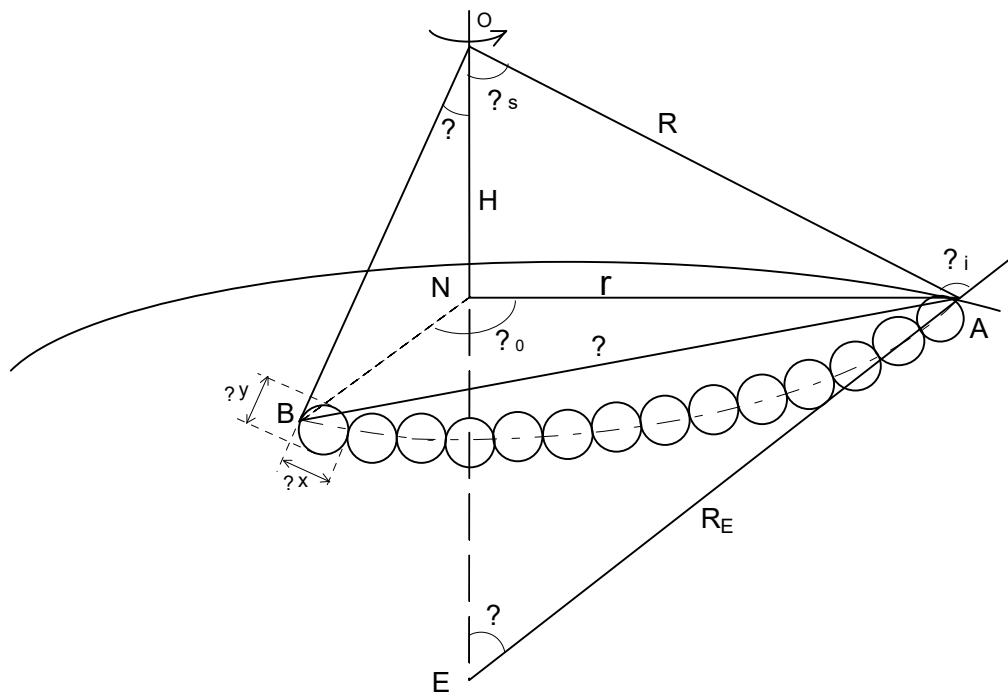


图 2-2 FY-3D 微波成像仪对地扫描几何示意图

上图可见，微波成像仪对地进行圆锥扫描，其中对地扫描点数根据扫描周期模式不同而有所不同，微波成像仪拥有过 1.7 秒、1.8 秒、2.0 秒等三种扫描模式，其中，默认工作状态的扫描周期为 1.8 秒，每扫描线上有 266 个扫描点。

FY-3D 微波成像仪定标、对地扫描方位示意图见图 2-3。

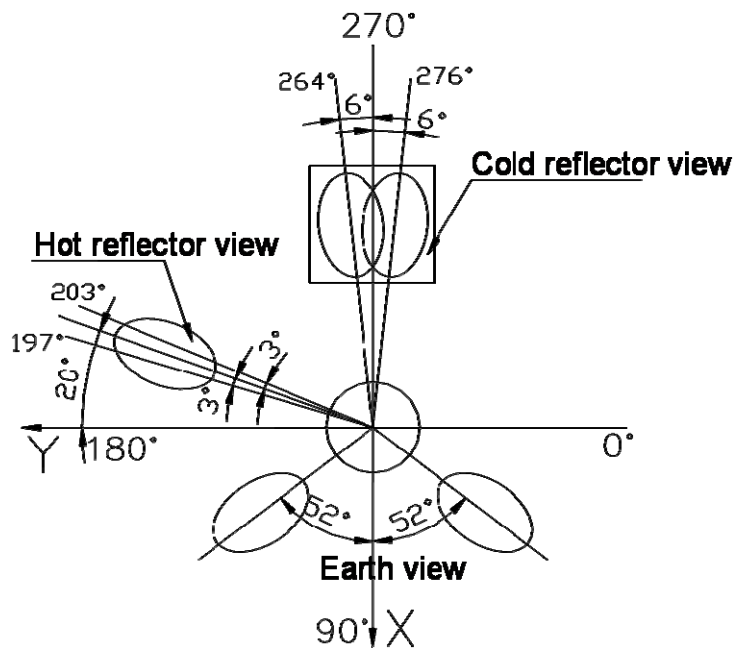


图 2-3 FY-3D 微波成像仪定标、对地扫描方位示意图

由图 2-3 可见，FY-3D 微波成像仪在每个扫描周期内，分别对地、对热源、对冷空进行三次观测，其中，对地观测在+X 方向，即卫星飞行方向，对热源观测在+Y 方向，对冷空观测在-X 方向。

FY-3D 微波成像仪馈源排列示意图见图 2-4。

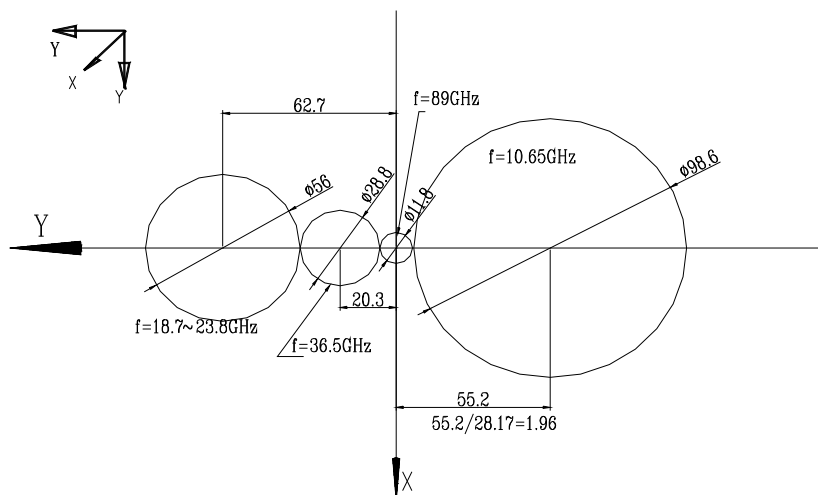


图 2-4 FY-3D 微波成像仪馈源排列示意图

由图 2-4 可见，FY-3D 微波成像仪拥有 4 个馈源，其中，10.65GHz、36.5GHz 和 89GHz 为独立馈源，18.7GHz 及 23.8GHz 共用馈源，排列顺序为：10.65GHz、89GHz、36.5GHz、18.7/23.8GHz。按照上述顺序，地表辐射能量、热源辐射能量、冷空能量依次进入馈源。

FY-3D 微波成像仪地面足迹示意图见图 2-5。

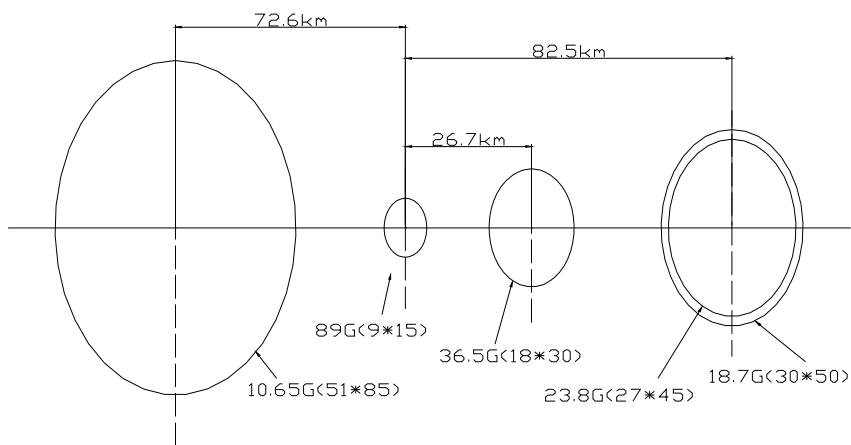


图 2-5 FY-3D 微波成像仪地面足迹示意图

由图 2-5 可见，FY-3D 微波成像仪由于使用同一个主天线进行对地倾斜观测，因此地面足迹为大小不同的椭圆，10.65GHz 地面足迹大小为 51Km×85Km，18.7GHz 地面足迹大小为 30Km×50Km，23.8GHz 地面足迹大小为 30Km×50Km，36.5GHz 地面足迹大小为 18Km×30Km，89GHz 地面足迹大小为 9Km×15Km。

微波成像仪性能参数设计指标见表 2-1 和表 2-2。

表 2-1 微波成像仪技术参数

参数	指标
采样点数	240
量化等级	12 比特
通道间配准	波束指向误差<0.1°
幅宽 (Km)	1400
天线视角 (°)	45±0.1
扫描周期 (s)	1.8±0.1
扫描周期误差 (ms)	0.34ms (相邻扫描线) 1ms (连续 30 分钟内)

表 2-2 微波成像仪通道参数指标

通道序号	中心频率	带宽 (MHz)	灵敏度	动态范围 (K) (0-10V)	主波数效率	地面分辨率
1	10.65V	180±10%	0.5K	3-340	≥90%	51km×85km
2	10.65H	180±10%	0.5K	3-340	≥90%	51km×85km

						m
3	18.7V	$200 \pm 10\%$	0.5K	3-340	$\geq 90\%$	$30\text{km} \times 50\text{k}$ m
4	18.7H	$200 \pm 10\%$	0.5K	3-340	$\geq 90\%$	$30\text{km} \times 50\text{k}$ m
5	23.8V	$400 \pm 10\%$	0.5K	3-340	$\geq 90\%$	$27\text{km} \times 45\text{k}$ m
6	23.8H	$400 \pm 10\%$	0.5K	3-340	$\geq 90\%$	$27\text{km} \times 45\text{k}$ m
7	36.5V	$900 \pm 10\%$	0.5K	3-340	$\geq 90\%$	$18\text{km} \times 30\text{k}$ m
8	36.5H	$900 \pm 10\%$	0.5K	3-340	$\geq 90\%$	$18\text{km} \times 30\text{k}$ m
9	89V	双边带 $2300 \times 2 \pm 10\%$	0.8K	3-340	$\geq 90\%$	$9\text{km} \times 15\text{km}$
10	89H	双边带 $2300 \times 2 \pm 10\%$	0.8K	3-340	$\geq 90\%$	$9\text{km} \times 15\text{km}$

3 L1 数据产品文件和数据集介绍

3.1 L1 数据产品文件

FY-3D 微波成像仪数据产品文件汇总见表 3-1。

表 3-1 FY-3D 微波成像仪数据产品文件汇总

序号	产品名称	产品格式	周期	产品描述	关键词
1	FY3D_MWRIA_GBAL_L1_YYYYM MDD_HHmm_010KM_MS.HDF	HDF	54 分钟	升轨亮温轨道数据	A
2	FY3D_MWRID_GBAL_L1_YYYYM MDD_HHmm_010KM_MS.HDF	HDF	54 分钟	降轨亮温轨道数据	D

3.2 数据集介绍

表 3-2 为风云三号 D 星 MWRI 科学数据集信息。

表 3-2 FY-3D 微波成像仪 L1 数据科学数据集

科学数据集			
分组名称	科学数据集	科学数据集名(英文)	科学数据集中文描述

Geolocation Fields	SDS 1	Latitude	纬度	Latitude
	SDS 2	Longitude	Longitude	经度
	SDS 3	Sensor_Zenith	Earth Observation Sensor Zenith Angle	卫星对地观测天顶角
	SDS 4	Sensor_Azimuth	Earth Observation Sensor Azimuth Angle	卫星对地观测方位角
	SDS 5	Solar_Zenith	Earth Observation Solar Zenith Angle	太阳天顶角
	SDS 6	Solar_Azimuth	Earth Observation Solar Azimuth Angle	太阳方位角
Calibration Fields	SDS 7	EARTH_OBSERVE_BT_10_to_89GHz	10-89GHz Earth Observation Brightness Temperature	10-89GHz V 和 H 极化对地观测亮温数据
	SDS 8	LandCover	Land Cover	89GHz 频点分辨率水平的 IGBP 陆表覆盖分类
	SDS 9	LandSeaMask	Land Sea Mask	海陆掩码
	SDS 10	DEM	Digital Elevation Model	地表高程
	SDS 11	Scan_Daycnt	Scan Line Time (day count)	扫描线日计数
QA Fields	SDS 12	Scan_Mscnt	Scan Line Time (milliseconds count)	扫描线毫秒计数
	SDS 13	QA_Scan_Flag	QA Flag for Scanline	扫描线预处理质量标识
	SDS 14	QA_Ch_Flag	QA Flag for Channel Data Integrity	通道数据完整性质量标识

4 微波成像仪频率响应说明

4.1 带宽测试结果

FY-3D 微波成像仪带宽测试结果见表 4-1

表 4-1 FY-3D 微波成像仪带宽测试结果

通道	带宽设计值	D 星带宽
10.65V	180±10%	178.8
10.65H	180±10%	180.8
18.7V	200±10%	197.9
18.7H	200±10%	198.8
23.8V	400±10%	388.8
23.8H	400±10%	402
36.5V	900±10%	873
36.5H	900±10%	873
89V	2300±10%	2×2330
89H	2300±10%	2×2344

4.2 频率测试结果

FY-3D 频率测试结果见表 4-2

表 4-1 FY-3D 微波成像仪频率测试结果

频率	本振频率设计值	D 星本振频率
10.65	10.45±0.01	10.4482438
18.7	19.3±0.01	19.297447
23.8	23.1±0.01	23.0979401
36.5	35.05±0.01	35.0512857
89	89±0.02	88.999806

5 核心科学数据集说明

5.1 亮温数据集

微波成像仪定标采用两点定标、非线性订正以及天线订正等技术，其中非线性定标系数、天线订正系数、冷热源相关参数通过地面测试获取，在轨道定标算法在此不展开描述。

L1 数据中，亮温数据集为 SDS7 EARTH_OBSERVE_BT_10_to_89GHz，其中存储了每条轨道定标后的各个通道亮温数据，为了节约存储空间，进行了格式转换。

通过下式可计算得到亮温结果，单位为 K。

$$T_b = DN \times 0.01 + 327.68$$

其中：

T_b 为亮度温度，DN 为 SDS7 中所存数值。

亮温数据集大小为[nscans,npoints,10]，是一个三维数组，其中，nscans 为该条轨道扫描线数,npoints 为每条扫描线的扫描点数，10 对应 10 个通道，顺序为 10V\10H\18V\18H\23V\23H\36V\36H\89V\89H。

5.2 经纬度数据集

SDS1 和 SDS2 分别为纬度和经度数据集，大小均为[nscans,npoints]，其中，nscans 为该条轨道扫描线数,npoints 为每条扫描线的扫描点数。