

风云三号（03 批）气象卫星地面应用系统工程  
G 星微波成像仪降水型

L1 产品使用说明  
(V1.0)

编写：孙逢林、武胜利

校对：尹红刚、郭杨

审核：商建

批准：谷松岩

国家卫星气象中心

2023 年 10 月

## 文档修改记录

版本号	日期	修改者	修 改 描 述
V1.0.1	2022 年 9 月 7 日	孙逢林	按照统一模板撰写初稿
V1.1	2023 年 9 月 8 日	武胜利	修改部分内容

# 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 .....	1
3	L1 产品处理简介 .....	3
4	数据简介 .....	4
4.1	L1 数据产品文件 .....	4
4.2	数据维数介绍 .....	4
4.3	数据集介绍 .....	5
5	仪器频率响应函数 .....	10
6	物理量转换说明 .....	23
7	数据服务 .....	24

# 1 引言

## 1.1 文档概述

微波成像仪-降水型是风云三号气象卫星上的主要遥感仪器之一，它通过对地球表面 10.65GHz-183GHz 单极化或双极化被动微波辐射能量的观测，获取陆表和海表降水、大气可降水、云水、大气路径液水厚度、路径冰水厚度、融化层高度和厚度、海面风场、土壤水分、海冰、海表温度、积雪等相关信息。

本文档为 FY-3G/MWRI-RM 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 FY-3G 微波成像仪降水型，国家卫星气象中心，2022.06。
- 2) 风云三号 G 星 MWRI-RM 仪器定标算法理论文档（ATBD），国家卫星气象中心，2022.05。
- 3) FY-3（06/07）星正样微波成像仪真空定标总结报告，上海航天电子技术研究所，2022.06。
- 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

微波成像仪-降水型（MWRI-RM）搭载于降水星 FY-3G 上，主要用途为收集全球的陆海表微波辐射，为全球降水测量服务。仪器在轨持续业务化工作。MWRI-RM 采用圆锥扫描体制，观测几何见图 1。MWRI-RM 除冷空反射面与热源固定外，主反射面与馈源等均沿着仪器的中轴匀速旋转。MWRI-RM 共 8 个馈源，分布在两排。第一排由通道 10GHz、18.7GHz、23.8GHz、36GHz 以及 89GHz 构成，需要说明的是 18.7 与 23.8GHz 共用一个馈源；第二排由通道 54GHz、118GHz、166GHz 以及 183GHz 构成。不同排的馈源由于观测几何存在角度上的差异，因此数据集也分为了 S1 与 S2。MWRI-RM 共 17 个频点，26 个通道（有些频点为双极化）。具体通道信息见**错误!未找到引用源。**与**错误!未找到引用源。**。

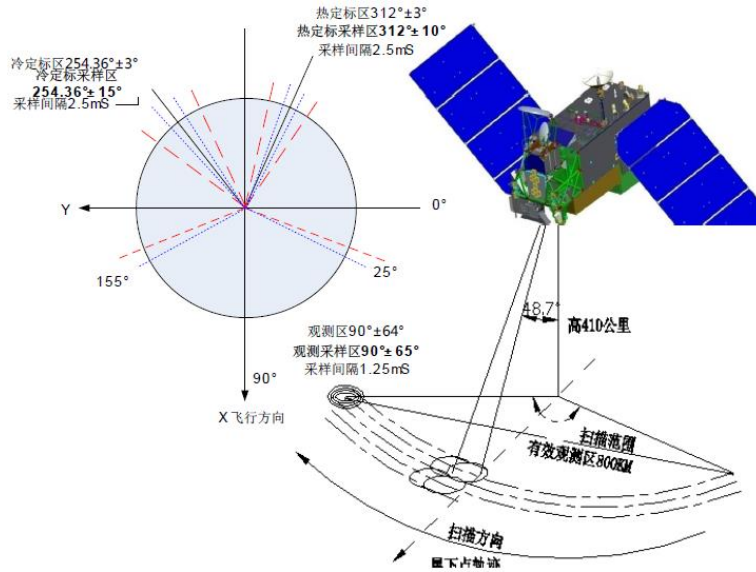


图 1.MWRI-RM 观测几何示意图

表 1.MWRI-RM 主要参数

作用	多任务微波成像仪, 主要的功能测量降水
通道描述	17频点/ 26 通道
扫描方式	圆锥扫描
扫描周期	周期: 1.7s、1.8s、2.0s三种模式。
地面入射角	天底角窗区通道 $48.7^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$ /探测通道 $46.4^{\circ} \pm 0.5^{\circ}$ ; 地面入射角: 窗区通道 $53^{\circ} \pm 1^{\circ}$ , 探测通道 $50^{\circ} \pm 1^{\circ}$

表 2.MWRI-RM 的通道信息

序号	中心频率 (G Hz)	极化	带宽 (M Hz)	频率稳定度 (MHZ)	瞬时视场 (km×km)	主要应用
1	10.65	V, H	180	10	21×35	洋面强降水, 陆表产品
2	18.7	V, H	200	10	14×23	洋面降水, 陆表产品
3	23.8	V, H	400	15	13×21	洋面水汽总量
4	36.5	V, H	900	20	9×15	降水, 陆表产品
5	50.30	V, H	400	25	7×11	降水、毛毛雨、降雪、融化层高度和厚度
6	52.61	V, H	400	25	7×11	

7	53.24	V, H	400	25	7×11	
8	53.75	V, H	400	25	7×11	
9	89.0	V, H	3000	25	5×8	洋面和陆地区域降水、降雪， 陆表产品
10	118.7503±3.2	V	2x500	25	4×7	降水、弱降水、降雪、融化层 高度和厚度
11	118.7503±2.1	V	2x400	25	4×7	
12	118.7503±1.4	V	2x400	25	4×7	
13	118.7503±1.2	V	2x400	25	4×7	
14	165.5±0.75	V	2x1350	30	4×6	陆地降水、降雪
15	183.31±2.0	V	2x1500	30	4×7	降雪，云冰
16	183.31±3.4	V	2x1500	30	4×7	
17	183.31±7	V	2x2000	30	4×7	

表 3. FY-3G/MWRI-RM 技术指标

序号	中心频率 (GHz)	灵敏度 @2.7K NEDT(K)	灵敏度 @298K NEDT	定标精 度 (K)
1	10.65	0.071	0.282	0.8
2	18.7	0.196	0.436	0.8
3	23.8	0.195	0.413	0.8
4	36.5	0.132	0.327	0.8
5	50.30	0.32	0.527	0.8
6	52.61	0.33	0.575	0.8
7	53.24	0.35	0.562	0.8
8	53.75	0.327	0.594	0.8
9	89.0	0.178	0.34	0.9
10	118.7503±3.2	0.427	0.689	1.2
11	118.7503±2.1	0.426	0.709	1.2
12	118.7503±1.4	0.408	0.726	1.2
13	118.7503±1.2	0.423	0.707	1.2
14	165.5±0.75	0.384	0.565	1.2
15	183.31±2.0	0.3898	0.589	1.2
16	183.31±3.4	0.410	0.601	1.2
17	183.31±7	0.361	0.513	1.2

### 3 L1 产品处理简介

#### 3.1 概述

MWRI-RM 型数据预处理部件读取汇集生成的 L0 文件，其中质检对 L0 级产品进行

数据解包、质量控制等；质检过后定位开始计算对地和对冷空时每个观测像元的地理位置、相应的太阳/卫星天顶角和方位角、仪器坐标系下的月亮矢量等地理信息；随后定标处理启动，根据各通道 AGC 状况得到相应的非线性订正系数，基于黑体和冷空观测，通过冷热源修正计算得到定标系数，利用定标系数和交叉极化系数订正最终获取观测亮温，最终生成 L1 数据产品。

## 3.2 产品处理

**MWRI-RM 数据预处理质检处理：**获取 MWRI-RM L0 原始数据和辅助数据，对源包数据中的遥测数据及遥感数据进行质量检验；判断仪器状态是否正常；针对定位子系统和定标子系统所需的基础数据进行质量检验和判识，为后续的定位和定标计算提供基础数据。

**MWRI-RM 数据预处理定位处理：**获取 L1A 文件、平台遥测数据、轨道根数、定位静态数据等，计算每个观测像元的地理位置、相应的太阳/卫星天顶角和方位角、仪器坐标系下的月亮矢量，以及质量标识等，输出定位相关数据集。

**MWRI-RM 数据预处理定标处理：**在轨实时计算定标线性系数，配合非线性等其他定标参数，对地观测数据辐射定标及质量标识；对地遥感观测数据进行定标处理，完成对地观测目标亮温计算，生成 L1 产品中通道亮温等科学数据集。

## 4 数据简介

### 4.1 L1 数据产品文件

MWRI-RM L1 产品单个文件为半轨数据，每天生成 32 个文件。MWRI-RM L1 产品以 HDF5 文件格式存储，文件命名为：

FY3G\_MWRI\_ORBA/D\_L1\_YYYYMMDD\_HHmm\_7000M\_Vn.HDF

其中，FY3G 代表卫星名称，MWRI-代表仪器名称，ORBA/D 代表数据区域类型（A 代表升轨，D 代表降轨），L1 代表数据级别，YYYYMMDD 为观测起始日期，HHmm 为观测起始时间，7000M 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。

表 4. FY-3G/MWRI-RM L1 数据产品

产品名称	产品格式	周期	产品描述	关键词
------	------	----	------	-----

产品名称	产品格式	周期	产品描述	关键词
MWRI-RM L1产品	HDF5	约 47 分钟	FY3G 微波成像仪-降水型一级产品	时间、地理定位、辐射定标、质量标识

## 4.2 数据维数介绍

表 5 FY-3G/微波成像仪降水型 L1 数据维数说明

名称	数值	说明
Nscans	1648	扫描线的条数
Npoints	492	每条扫描线采样点数
Nchannels	26	仪器通道数

## 4.3 数据集介绍

表 6 FY-3G/微波成像仪降水型的 L1 数据科学数据集

全局文件属性					
私有文件属性					
科学数据集					
分组名称		科学数据集		科学数据集名(英文)	科学数据集中文描述
S1	Geolocation	SDS 1	Latitude	Latitude	纬度
		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
	Data	SDS7	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
		SDS 12	Scan_Mscnt	Scan Line Time (milliseconds count)	扫描线毫秒计数
		SDS 13	SatFlag	Identification flag of satellite turning (forward / backward) and rolling maneuvers	<p>卫星调头（正飞/倒飞）与滚动机动的标识：卫星正飞：0 卫星正飞下自主偏航机动中：1 卫星正飞下滚动机动中：2 卫星正飞下俯仰机动中：3 卫星正飞下偏航 90°机动中：4 卫星正飞下机动返回中：5 卫星正飞下自主轨控中：6 卫星正飞下滚动机动到位：7 卫星正飞下俯仰机动到位：8 卫星正飞下偏航 90°机动到位：9 卫星正飞下未知机动状态：10 卫星倒飞：20 卫星倒飞下自主偏航机动中：21 卫星倒飞下滚动机动中：22 卫星倒飞下俯仰机动中：23 卫星倒飞下偏航 90°机动中：24 卫星倒飞下机动返回中：25 卫星倒飞下自主轨控中：26 卫星倒飞下滚动机动到位：27 卫星倒飞下俯仰机动到位：28</p>

					卫星倒飞下偏航 90°机动到位：29 卫星倒飞下未知机动状态：30
	<b>QA</b>	SDS 14	RFI_Flag	Radio Frequency Interference Flag	射频干扰标志符
		SDS 15	QA_Scan_Flag	QA Flag for Scanline	扫描线预处理质量标识
		SDS 16	QA_Ch_Flag	QA Flag for Channel Data Integrity	通道数据完整性质量标识
<b>S2</b>	<b>Geolocation</b>	SDS 1	Latitude	Latitude	纬度
		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
	<b>Data</b>	SDS 7	EARTH_OBSERVE_BT_50_to_183GHz	50-183GHz Earth Observation Brightness Temperature	50-183GHz V 和 H 极化对地观测亮温数据
		SDS 8	LandCover	Land Cover	166GHz 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
		SDS 12	Scan_Mscnt	Scan Line Time (milliseconds count)	扫描线毫秒计数
	<b>QA</b>	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	

## 4.3.1 对地观测数据集

### 4.3.1.1 辐射数据集

S1 数据集的 EARTH\_OBSERVE\_BT\_10\_to\_89GHz 为 10-89GHz 垂直与水平极化对地观测亮温数据。

S2 数据集的 EARTH\_OBSERVE\_BT\_50\_to\_183GHz 为 50-183GHz 垂直与水平极化对地观测亮温数据

## 4.3.2 地理定位数据集

地理定位数据提供每个微波成像仪观测像元的位置信息，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。

### 4.3.2.1 观测目标的地理位置

(Longitude, Latitude) 分别表示了每个微波成像仪观测像元的大地经度与大地纬度，二者共同描述了每个微波成像仪观测像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  $Nscans * Npoints$ ， $Nscans$  为扫描线数， $Npoints$  为每条扫描线的扫描点数。Latitude 的有效范围为  $(-90^\circ, 90^\circ)$ ，Longitude 的有效范围为  $(-180^\circ, 180^\circ)$ 。S1 与 S2 数据集都设置了经度与纬度数据集。

### 4.3.2.2 仪器天顶角和方位角

仪器天顶角数据集名称为 Sensor\_Zenith，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  $0-90^\circ$ 。仪器方位角数据集名称为 Sensor\_Azimuth，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  $0-360^\circ$ 。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  $Nscans * Npoints$ 。S1 与 S2 数据集都设置了仪器天顶角与方位角数据集。

### 4.3.2.3 太阳天顶角和方位角

太阳天顶角数据集名称为 Solar\_Zenith，定义为地球表面观测目标与太阳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°。太阳方位角数据集名称为 Solar\_Azimuth，定义为太阳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 Nscans\*Npoints。S1 与 S2 数据集都设置了太阳天顶角与方位角数据集。

### 4.3.2.4 陆表覆盖类型

陆表覆盖类型数据集名称为 LandCover，有效值范围为 0-17。S1 中 89GHz 频点分辨率水平的 IGBP 陆表覆盖分类。S2 中 166GHz 频点分辨率水平的 IGBP 陆表覆盖分类。0 表示该网格内地表类型全部为水体，1 表示该网格内地表类型全部为 Evergreen Needleleaf Forest，2 该网格内地表类型全部为 Evergreen Broadleaf Forest，3 该网格内地表类型全部为 Deciduous Needleleaf Forest，4 该网格内地表类型全部为 Deciduous Broadleaf Forest，5 该网格内地表类型全部为 Mixed Forests，6 该网格内地表类型全部为 Closed Shrublands，7 该网格内地表类型全部为 Open Shrublands，8 该网格内地表类型全部为 Woody Savannas，9 该网格内地表类型全部为 Savannas，10 该网格内地表类型全部为 Grasslands，11 该网格内地表类型全部为 Permanent Wetlands，12 该网格内地表类型全部为 Croplands，13 该网格内地表类型全部为 Urban and Built-Up，14 该网格内地表类型全部为 Cropland/Natural Vegetation Mosaic，15 该网格内地表类型全部为 Snow and Ice；16 该网格内地表类型全部为 Barren or Sparsely Vegetated，17 该网格内地表类型全部为 IGBP Water Bodies。数据集为二维数组，维数为 Nscans \*npoints。

### 4.3.2.5 地表高程

地表高程类型数据集名称为 DEM，有效值范围为 0-10000m。S1 与 S2 都设置了 DEM。

## 4.3.3 L1 产品质量码

S1 窗区通道 L1 产品质量码包含 3 个数据集，分别为射频干扰标识符、扫描线预处理质量标识以及通道数据完整性质量标识。S2 吸收通道 L1 产品质量码包含 2 个数据集，

分别为扫描线预处理质量标识以及通道数据完整性质量标识。

### 4.3.3.1 射频干扰标识数据

S1 窗区通道数据射频干扰标识数据集名称为 RFI 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  $Nscans * npoints$ 。S2 没有设置射频干扰标识数据集。

### 4.3.3.2 扫描线预处理质量标识

扫描线预处理质量标识数据集名称为 QA\_Scan\_Flag，维数为  $Nscans * 1$ 。扫描线质量标识设计为 8 位码 ABCDEFGH。A 说明扫描线总体预处理质量。A=0=成功完成预处理(定标定位均成功)；A=1 未能成功完成预处理。BC 说明扫描线定标质量。00：定标成功，01：0%-10%观测点定标失败，10：10%-50%观测点定标失败，11：50%-100%观测点定标失败，DE 说明冷空观测数据污染情况。00：无污染，10：有冷空观测点受到太阳污染，01：有冷空观测点受到月亮污染，F 说明扫描线定位质量。（定位信息增加），0：定位成功，1：定位失败，GH 空闲。S1 与 S2 数据格式一致。

### 4.3.3.3 通道数据完整性质量标识

通道数据完整性质量标识数据集名称为 QA\_Ch\_Flag，维数为  $Nscans * 1$ 。S1 通道数据完整性质量标识数据为 16 位数标识。0bit 位表示所有通道数据完整为 0，其他为 1；1Bit 位-10Bit 位分别表示 S1 中 10.8GHz-89GHz 通道数据完整性标识符，完整为 0，不完整为 1。其他位空置。

S2 通道数据完整性质量标识数据为 16 位数标识。0bit 位表示所有通道数据完整为 0，其他为 1；1Bit 位-16Bit 位分别表示 S2 中 50GHz-183GHz 通道数据完整性标识符，完整为 0，不完整为 1。

## 5 仪器频率响应函数

微波成像仪降水型的频响函数的文件格式为“.xlsx”。单边带：频率(HZ)、幅值(dBm) 双边带：频率(HZ)、镜像频率(HZ)、幅值(dBm)。

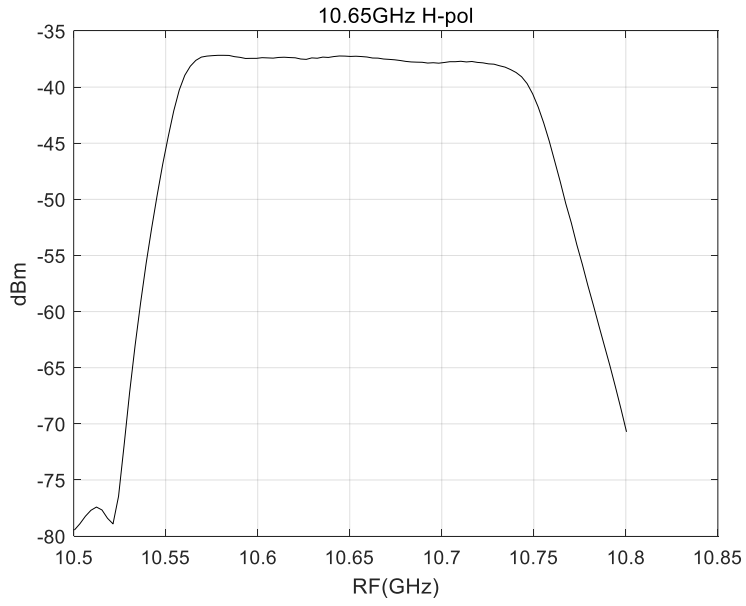


图 2.10.65GHz H 极化频响

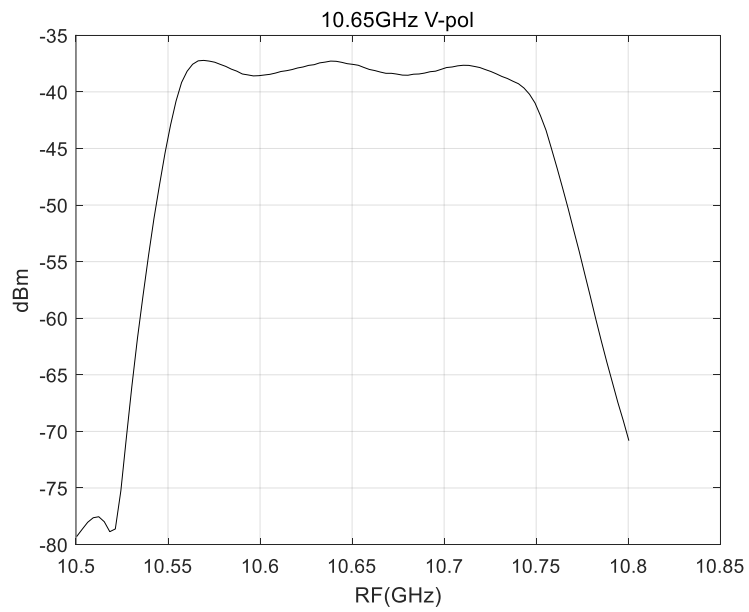


图 3.10.65GHz V 极化频响

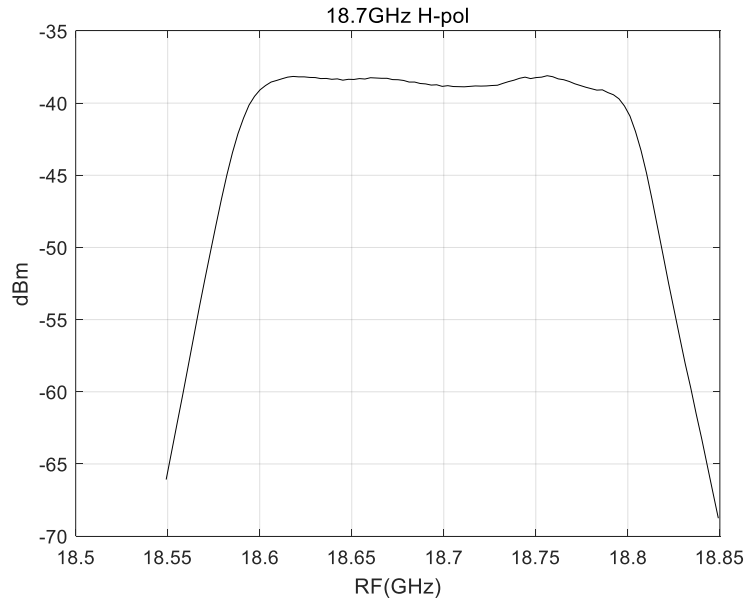


图 4.18.7GHz H 极化频响

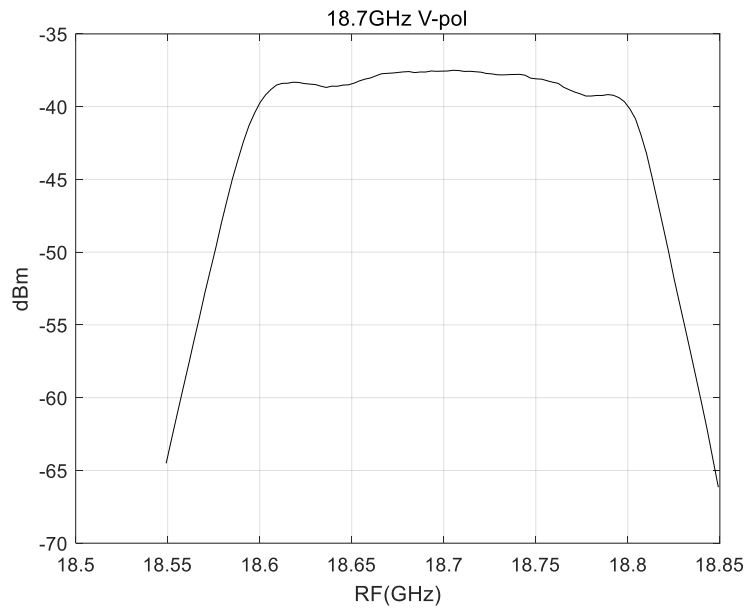


图 5.18.7GHz V 极化频响

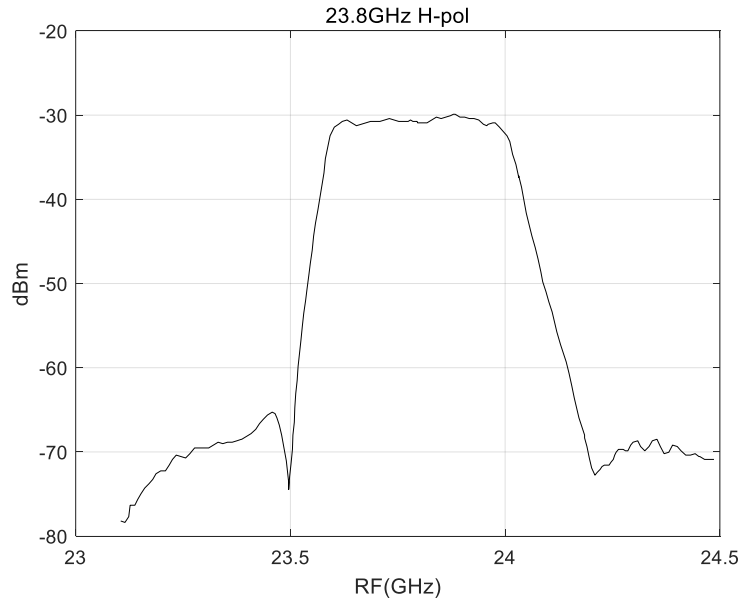


图 6. 23.8GHz H 极化频响

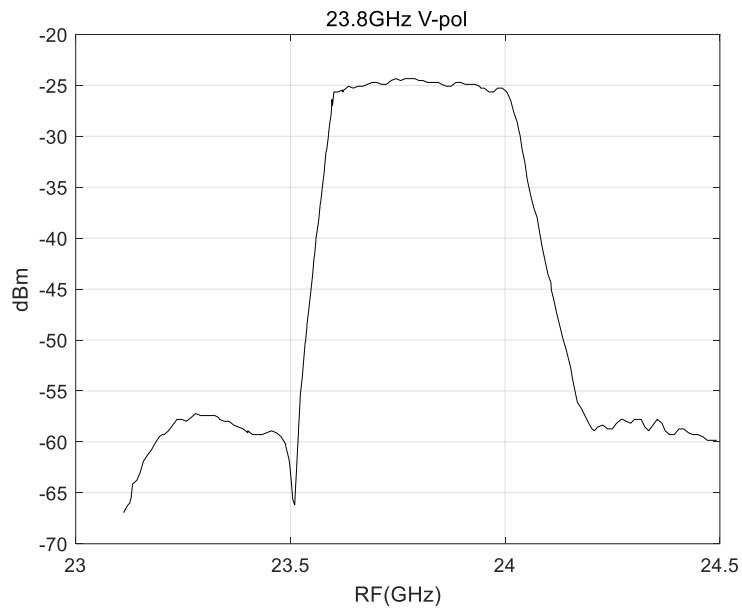


图 7. 23.8GHz V 极化频响



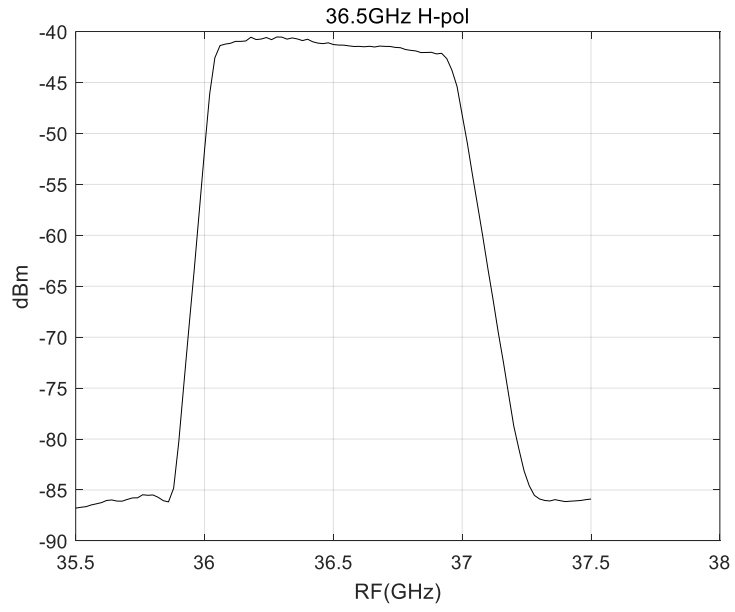


图 8. 36.5GHz H 极化频响

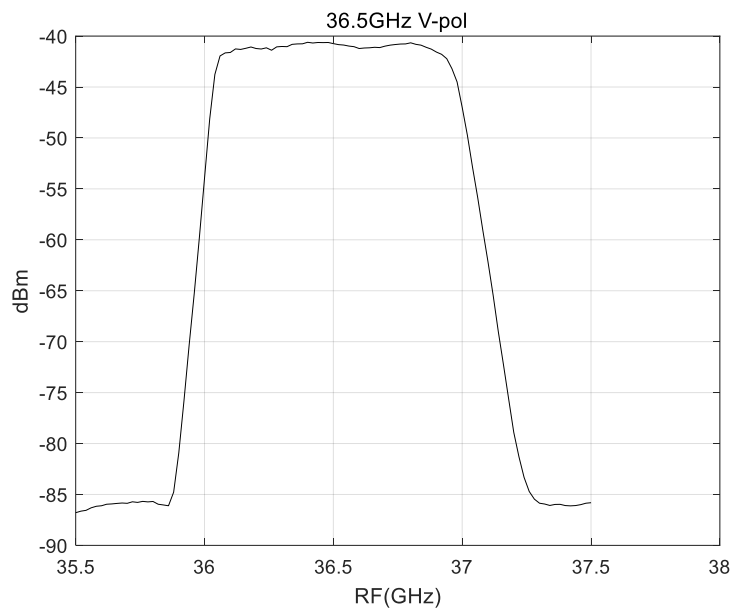


图 9. 36.5GHz V 极化频响

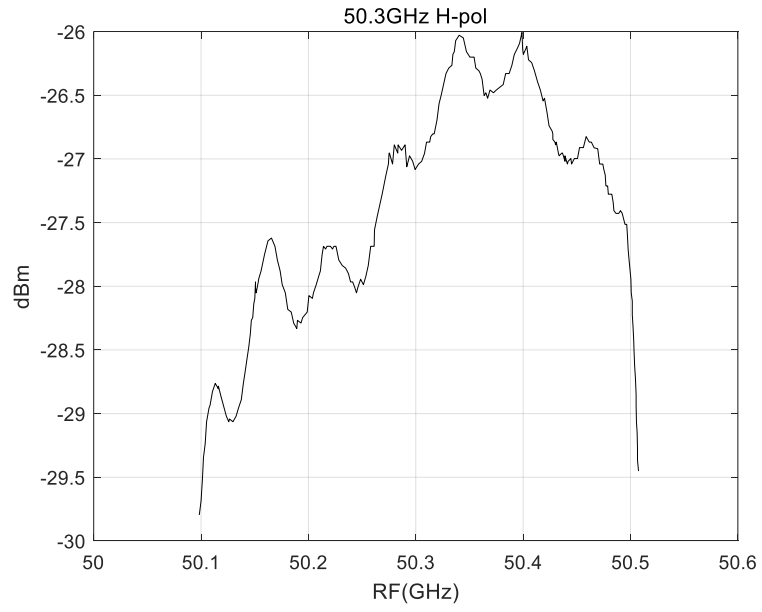


图 10. 50.3GHz H 极化频响

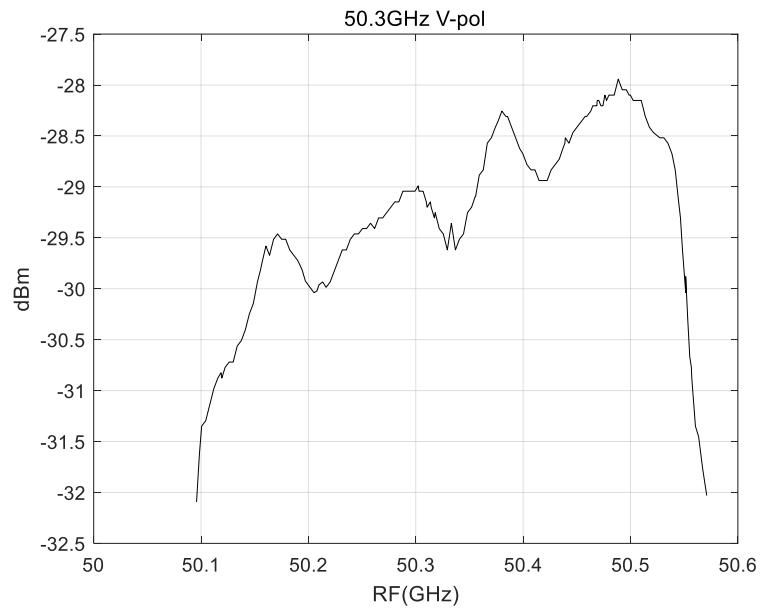


图 11. 50.3GHz V 极化频响

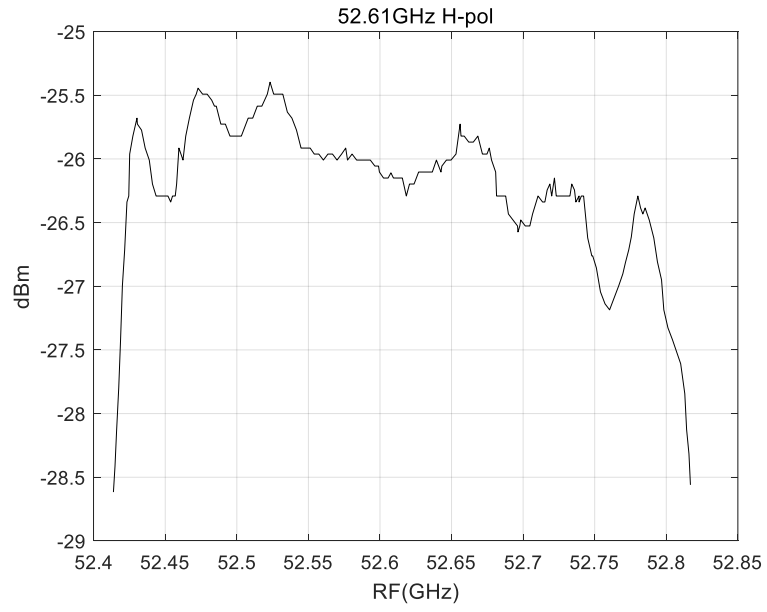


图 12. 52.61GHz H 极化频响

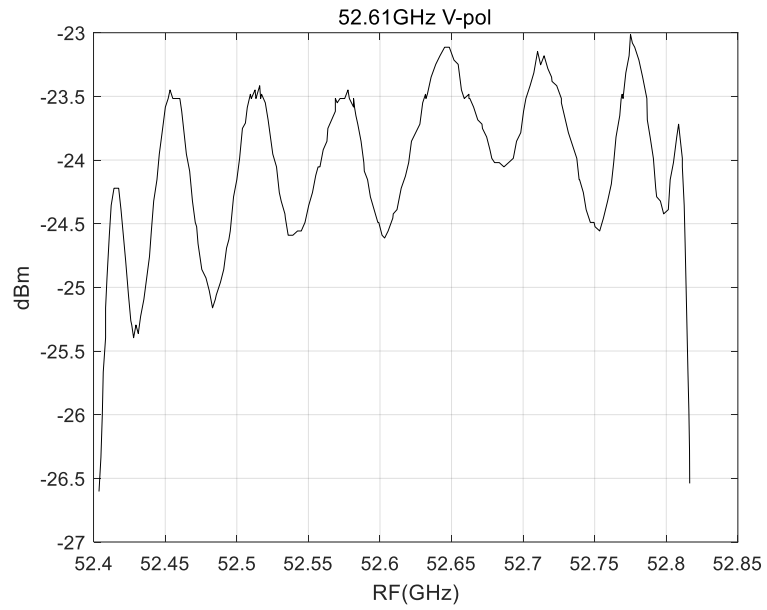


图 13. 52.61GHz V 极化频响

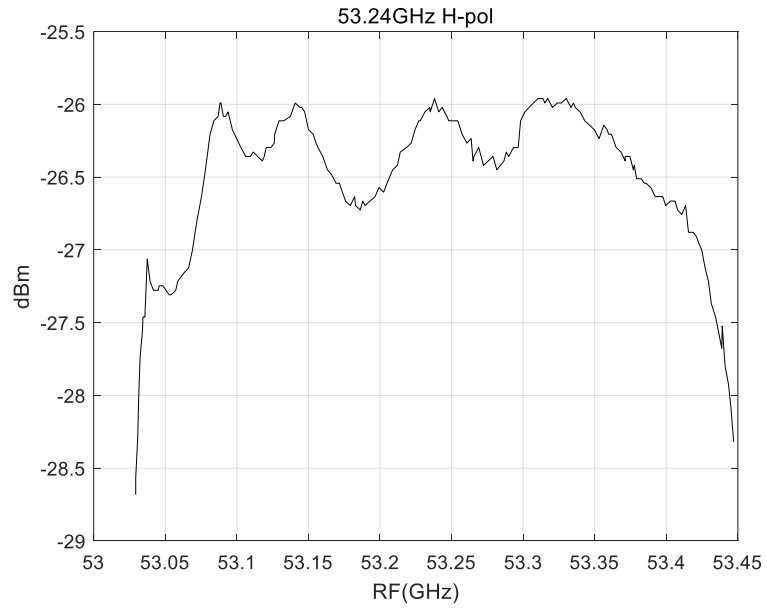


图 14. 53.24GHz H 极化频响

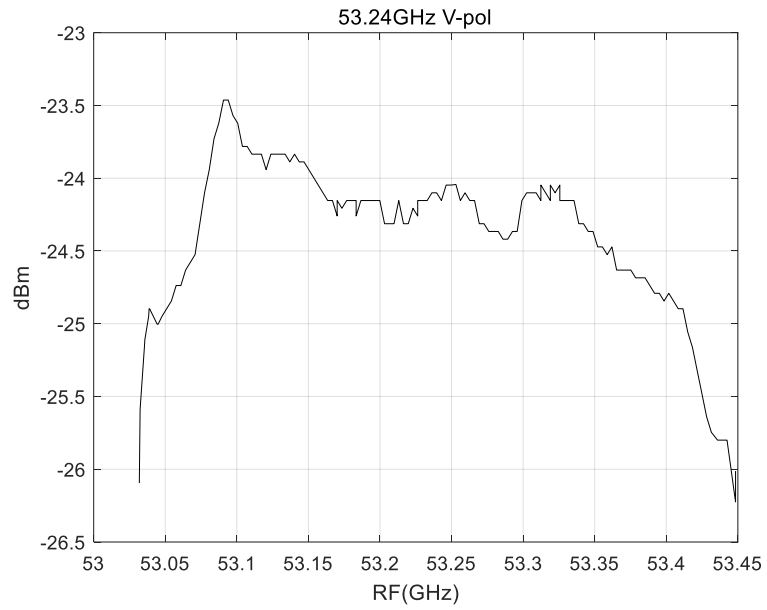


图 15. 53.24GHz V 极化频响

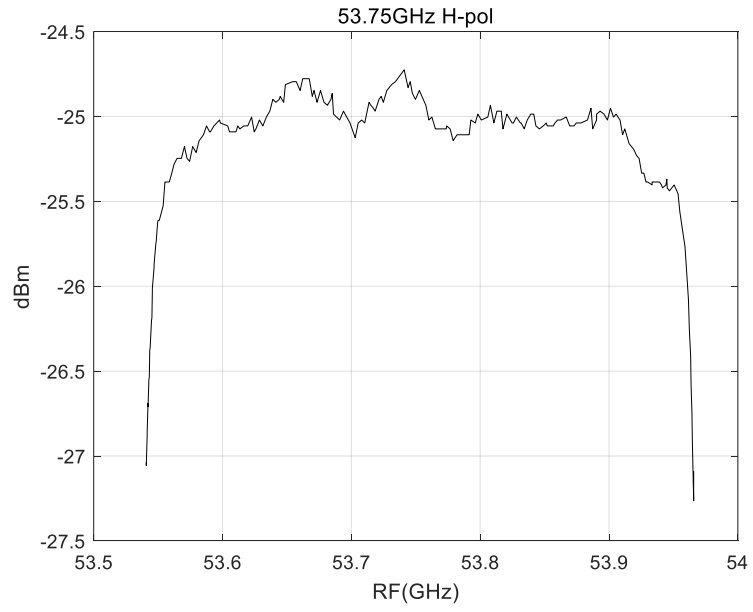


图 16. 53.75GHz H 极化频响

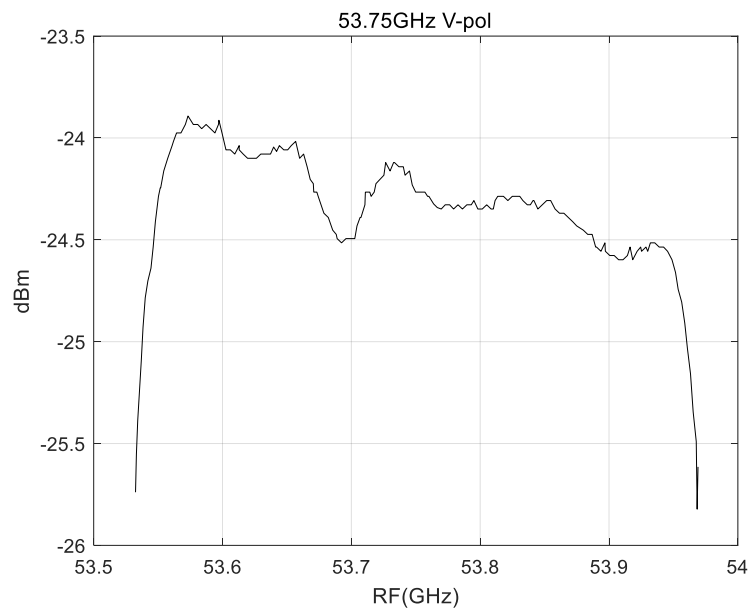


图 17. 53.75GHz V 极化频响

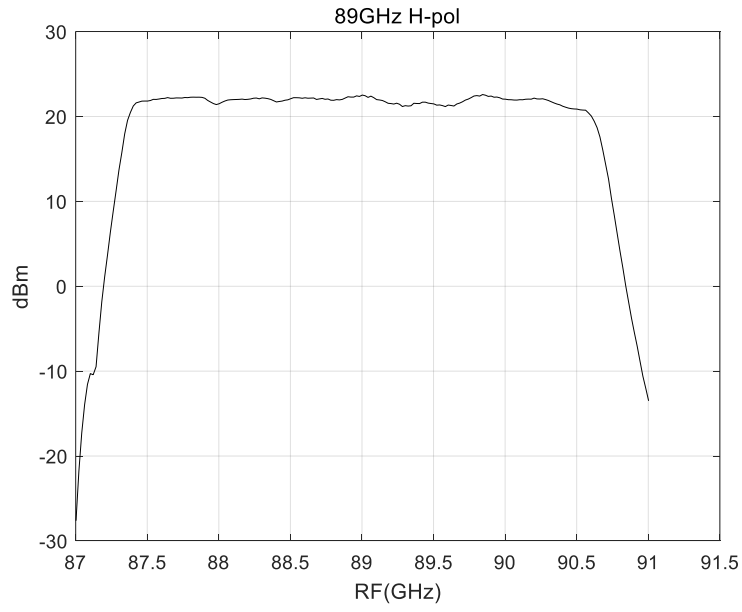


图 18. 89GHz H 极化频响

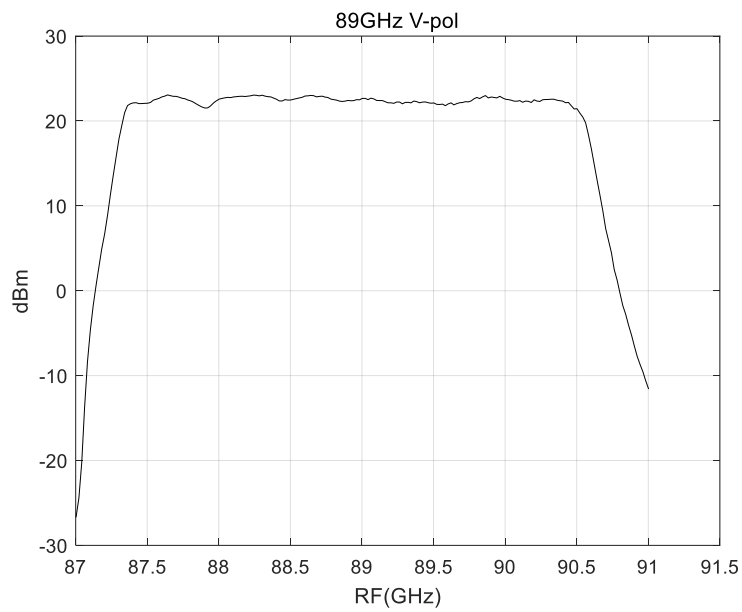


图 19. 89GHz V 极化频响

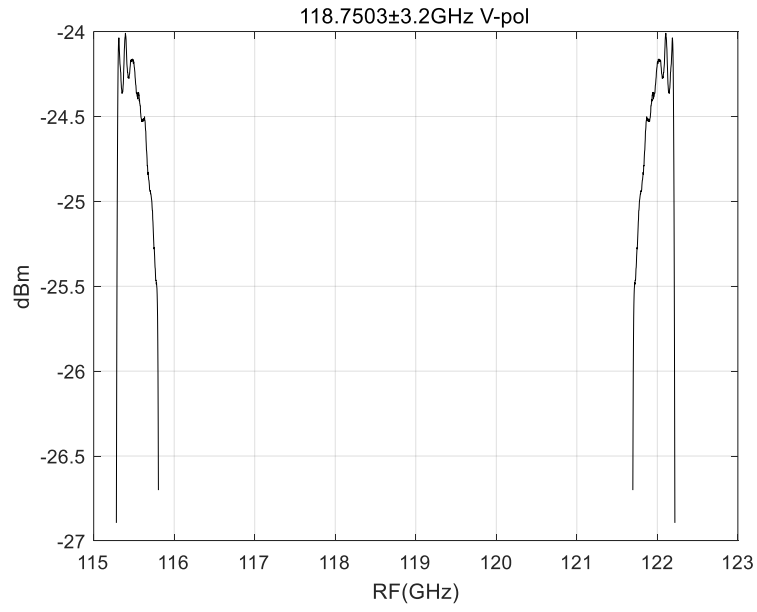


图 20. 118.75±3.2GHz V 极化频响

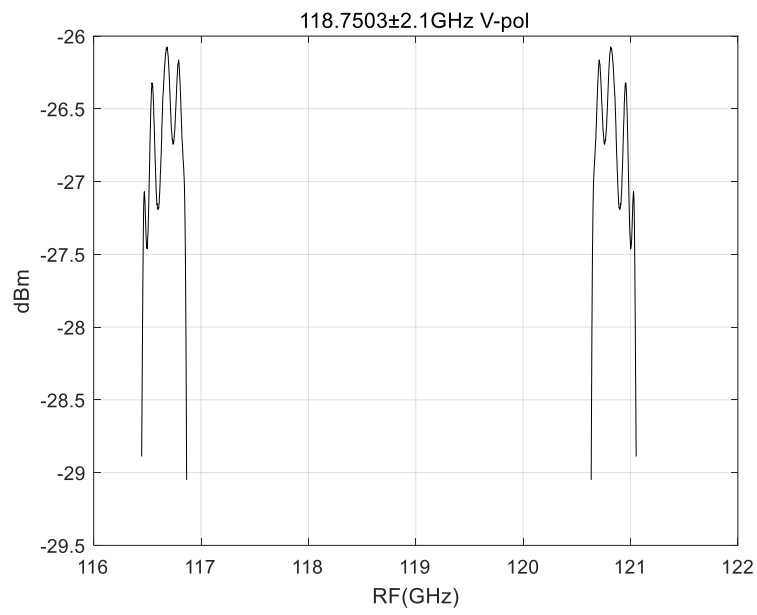


图 21. 118.75±2.1GHz V 极化频响

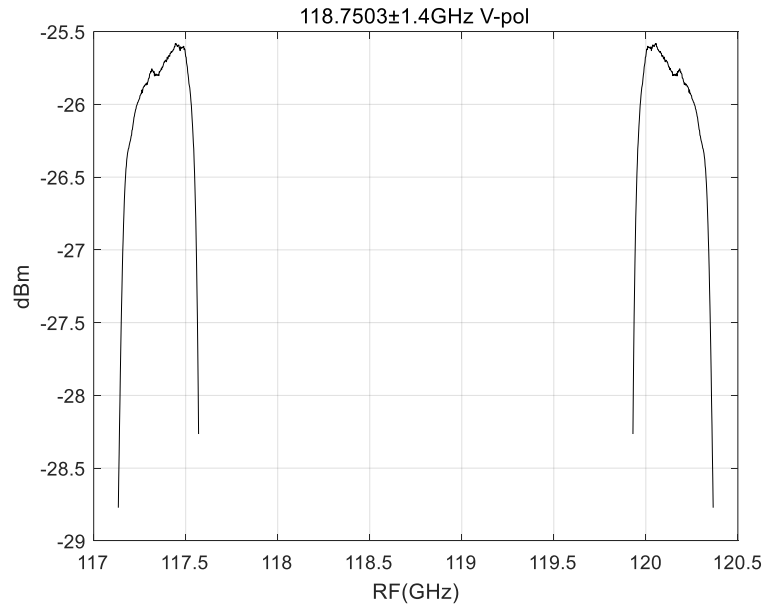


图 22. 118.75±1.4GHz V 极化频响

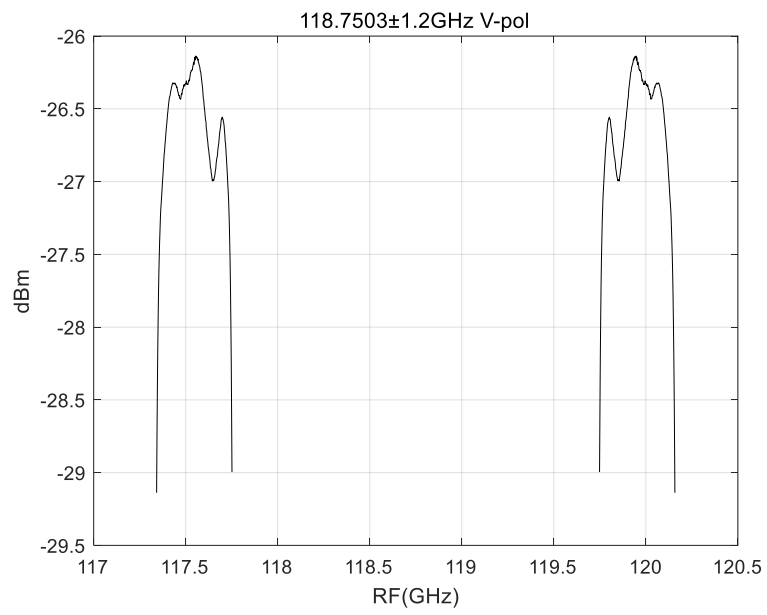


图 23. 118.75±1.2GHz V 极化频响



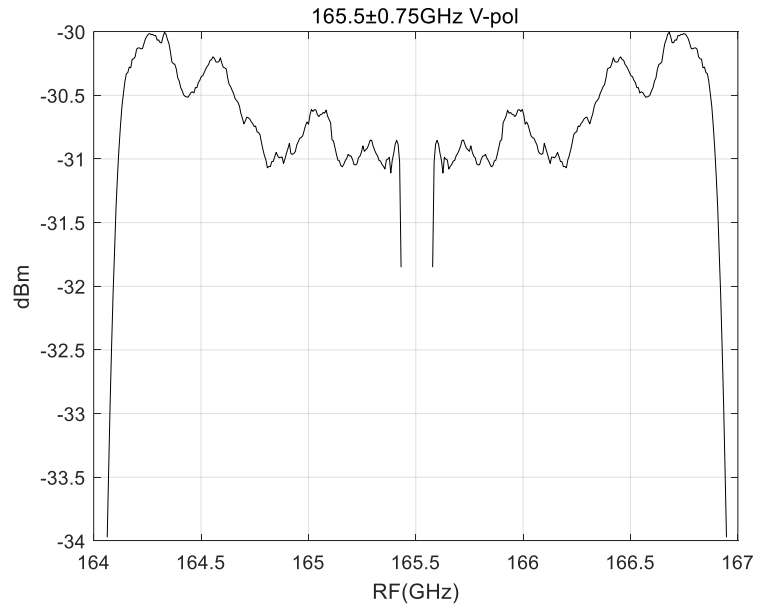


图 24. 165.5±0.75GHz V 极化频响

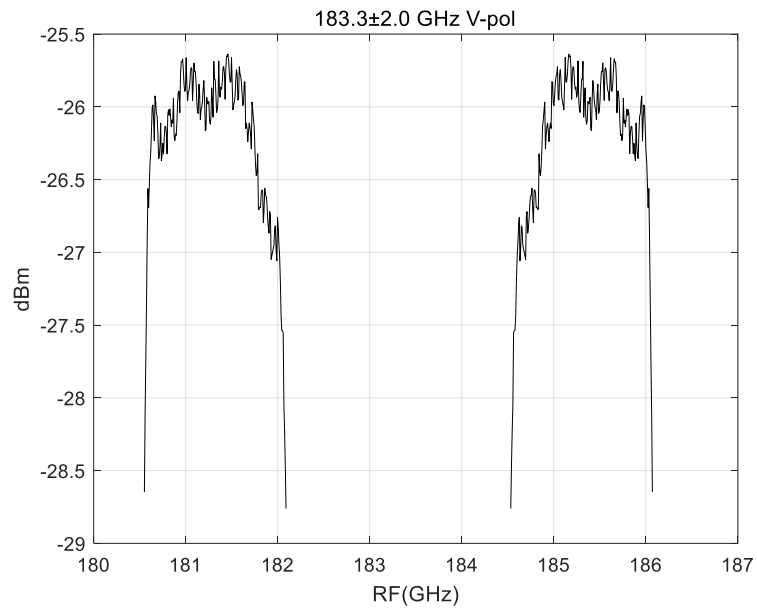


图 25. 183.31±2.0GHz V 极化频响

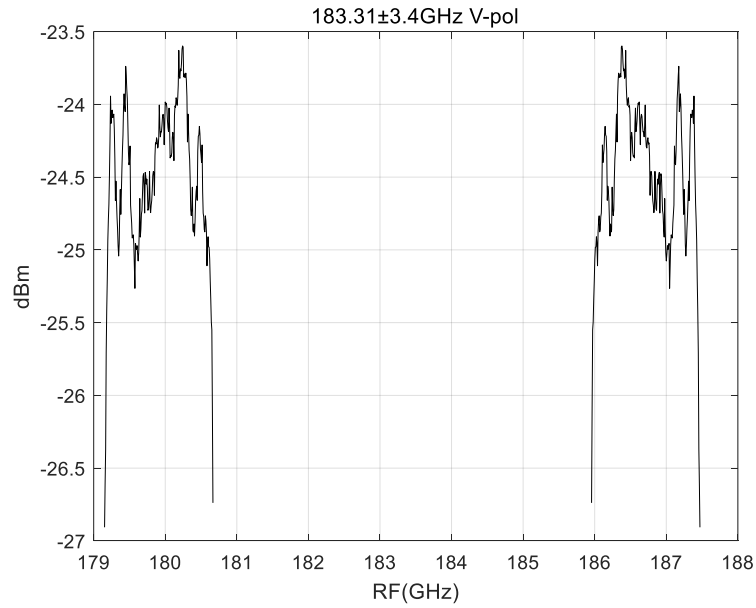


图 26. 183.31±3.4GHz V 极化频响

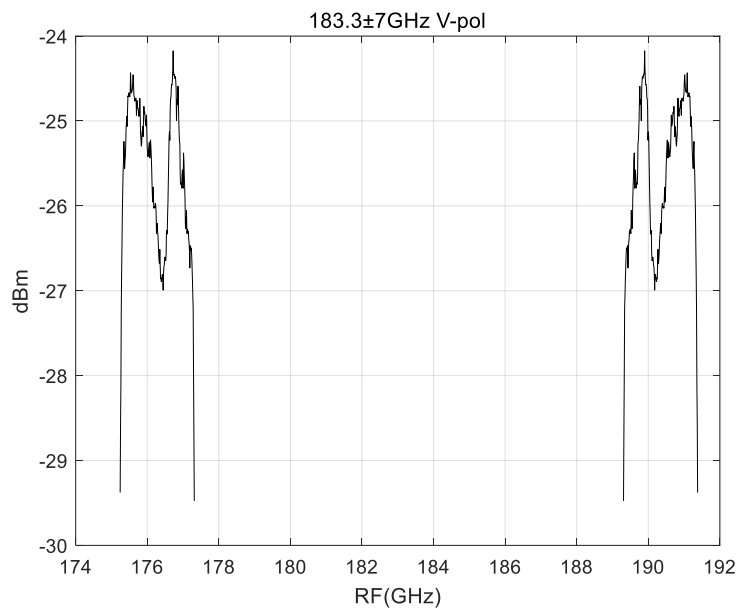


图 27. 183.31±7GHz V 极化频响

## 6 物理量转换说明

S1 数据集的 EARTH\_OBSERVE\_BT\_10\_to\_89GHz 为 10-89GHz 垂直与水平极化对地观测亮温数据，存储为 DN 值，通过如下公式进行定标计算，获得通道亮温，

$$T_{BB} = Slope * DN + Intercept$$

式中，*Slope* 和 *Intercept* 分别为数据的斜率与截距，EARTH\_OBSERVE\_BT\_10\_to\_89GHz 中的属性。

S2 数据集的 EARTH\_OBSERVE\_BT\_50\_to\_183GHz 为 50-183GHz 垂直与水平极化对地观测亮温数据，存储为 DN 值，通过如下公式进行定标计算，获得通道亮温，

$$T_{BB} = Slope * DN + Intercept$$

式中，*Slope* 和 *Intercept* 分别为数据的斜率与截距，EARTH\_OBSERVE\_BT\_50\_to\_183GHz 中的属性。

## 7 数据服务

MWRI-RM 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/>

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：武胜利

电话：010-68400025

邮箱：wusl@cma.gov.cn