

风云三号（02 批）气象卫星地面应用系统工程

D 星微波湿度计 II 型

数据使用指南

（V1.0）

编写： 郭 杨

校对：

审核：

会签：

批准：

国家卫星气象中心

2019 年 02 月

文档修改记录

版本号	日期	修改者	修 改 描 述
V1.0	2019.2	郭杨	创建初始版本

1 引言

风云三号气象卫星是我国第二代极轨系列气象卫星，其中 A 星和 B 星在轨业务运行后，已经获取了丰富的地球大气探测数据，被广泛应用于国内外天气、气候、环境和灾害监测中。风云三号卫星上装载的三个大气垂直探测仪器（微波湿度计 MWHS、微波温度计 MWTS 和红外分光计 IRAS）和一个微波成像仪 MWRI 是数值天气预报同化直接关注的仪器。

利用被动微波遥感器探测大气湿度的垂直分布始于 1987 年。美国发射的军事气象卫星(DMSP)上装载了特种微波大气垂直探测仪（SSM/T），其中用于大气湿度探测的 SSM/T-2 频率为 91.5GHz、150GHz 和 183.31GHz。183.31GHz 包括三个探测通道，频率分别为 $183.31 \pm 1\text{GHz}$ 、 $183.31 \pm 3\text{GHz}$ 和 $183.31 \pm 7\text{GHz}$ 。DMSP 搭载的 SSM/T 科学数据的应用，使得气象卫星微波遥感仪器有了长足的进步，并在军事气象保障、天气预报、强对流监测和洪涝灾害监测等方面发挥了很大的作用。此后，美国发射的 NOAA 系列气象卫星都装载了用于大气湿度垂直探测的先进微波探测单元（AMSU-B），频率为 89GHz、150GHz 和 183.31GHz(三通道)。从 2005 年 5 月发射的 NOAA-18(NOAA-NN') 开始，先进微波探测单元（AMSU-B）被微波湿度探测仪（MHS）代替。

风云三号卫星微波湿度计用于全天时、全天候地观测全球大气湿度的垂直分布、水汽含量和降雨量等空间气象资料，在大气探测中具有重要作用。MWHS II 和 MWHS I 型相比，在性能和功能上有很大提高，在原来的 150GHz 和 183.31GHz 基础上，增加了 89GHz 和 118.75GHz 探测频点。其中 118.75GHz 是世界首次在极轨气象卫星上使用，包含了 118.75GHz 附近的 8 个氧气吸收通道，用来获取大气不同高度的温度分布数据。150GHz 由双极化更改为垂直极化，183.31GHz 为中心的探测通道由原来 3 个增加为 5 个探测通道，工作在水汽吸收频段，用来获取大气层不同高度的湿度分布的数据。此外，150GHz 和 89GHz 还用来探测云中含水量和强降雨、卷云等大气参数。

本文档主要介绍风云三号 D 星 MWHS II 的基本探测原理，L1 级数据使用方法和仪器辐射特性。

2 仪器和通道性能介绍

MWHS 是由中国科学院国家空间科学中心研制。风云三号卫星微波湿度计 MWHS-I 型搭建者：郭杨 办公室：513 房间 电话：010-68409407 电邮：guovang@cma.gov.cn

载于 FY3A 和 FY3B 上，共有 5 个通道。其探测频率为 150GHz 和 183.31GHz，其中 150GHz 为双极化（水平极化和垂直极化）设计；183.31GHz 包括三个通道，频率分别为 $183.31 \pm 1\text{GHz}$ 、 $183.31 \pm 3\text{GHz}$ 和 $183.31 \pm 7\text{GHz}$ 。MWHS 资料已经用于反演大气水汽，估计降水，预报台风路径和 ECMWF 的同化系统等。FY-3C 已经于 2013 年 9 月 23 日发射成功，其上装载的 MWHSII 是超外差式接收机的全功率型微波辐射计，其技术体制和 FY-3A/B 星微波湿度计（MWHS）相同，作为 MWHS 的升级，MWHS II 在探测通道上增加了位于氧气吸收线 118GHz 附近的 8 个探测通道用于大气温度的垂直探测；在 183GHz 水汽吸收线附近新增了两个探测通道用以获得更加精细的大气水汽垂直分布信息；在 89GHz 和 150GHz 的大气窗区也设置有两个探测通道可用于进行降水判识。

作为继承类仪器，FY-3D 星微波湿度计 II 型于 2017 年 11 月 25 日开机工作，其通道设置及主要性能参数与 FY-3C MWHS II 相同。其中通道 1-9 的星下点分辨率约为 25km，通道 10-11 的星下点分辨率约为 15km。仪器实物图片如图 2-1 所示，扫描示意图如 2-2 所示，刈幅像元如图 2-3 所示。仪器参数指标和通道主要参数指标分别见表 2-1 和 2-2。



图 2-1 微波湿度计 II 型实物图片

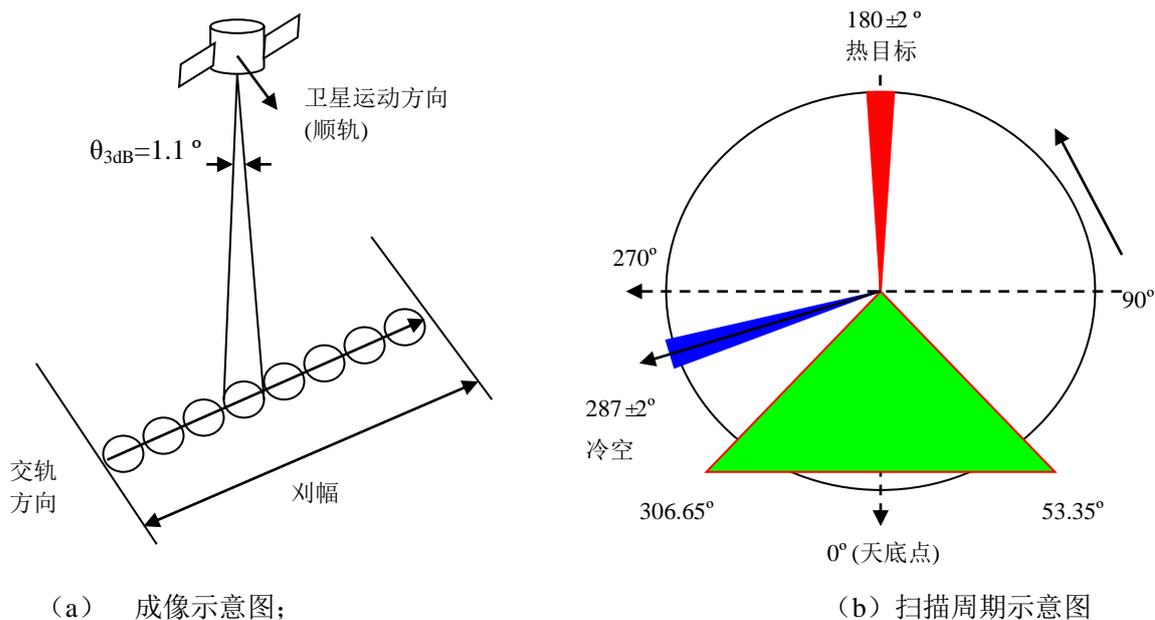


图 2-2 扫描模式示意图

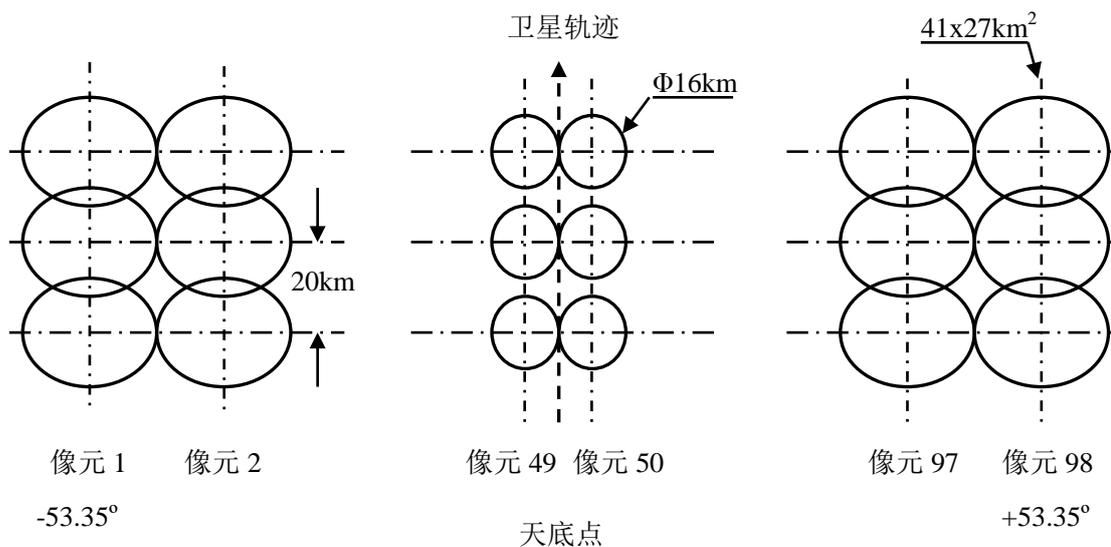


图 2-3 刈幅像元示意图

表 2-1 仪器主要参数指标

参 数	指 标
对地扫描张角	$\pm 53.35^\circ$
扫描成像点数	98 个点/每条扫描线
在轨定标	周期性两点定标
扫描周期	2667ms
两副天线间配准精度	0.1° (方位、俯仰)

天线指向精度	$\pm 0.10^\circ$
--------	------------------

表 2-2 仪器主要应用目的和通道特性参数

序号	中心频率 (GHz)	极化	带宽 (MHz)	频率稳定度 (MHz)	动态范围 (K)	灵敏度 (K)	定标精度 ^[注] (K)	主波束宽度	主波束效率	交叉极化电平	主要应用目的
1	89.0	V	1500	50	3—340	1.0	1.3	2.0°	>92%	$\leq -17.5\text{dB}$	背景微波辐射探测、降水检测。
2	118.75±0.08	H	20	30	3—340	3.6	2.0	2.0°	>92%	--	大气温度和降水参数垂直结构探测。
3	118.75±0.2	H	100	30	3—340	2.0	2.0	2.0°	>92%	--	
4	118.75±0.3	H	165	30	3—340	1.6	2.0	2.0°	>92%	--	
5	118.75±0.8	H	200	30	3—340	1.6	2.0	2.0°	>92%	--	
6	118.75±1.1	H	200	30	3—340	1.6	2.0	2.0°	>92%	--	
7	118.75±2.5	H	200	30	3—340	1.6	2.0	2.0°	>92%	--	
8	118.75±3.0	H	1000	30	3—340	1.0	2.0	2.0°	>92%	--	
9	118.75±5.0	H	2000	30	3—340	1.0	2.0	2.0°	>92%	--	
10	150.0	V	1500	50	3—340	1.0	1.3	1.1°	>95%	$\leq -17.5\text{dB}$	背景微波辐射探测、降水检测。
11	183.31±1	H	500	30	3—340	1.0	1.3	1.1°	>95%	--	大气湿度垂直结构探测。
12	183.31±1.8	H	700	30	3—340	1.0	1.3	1.1°	>95%	--	
13	183.31±3	H	1000	30	3—340	1.0	1.3	1.1°	>95%	--	
14	183.31±4.5	H	2000	30	3—340	1.0	1.3	1.1°	>95%	--	
15	183.31±7	H	2000	30	3—340	1.0	1.3	1.1°	>95%	--	

3 微波辐射计探测大气湿度的基本原理

星载微波辐射计在对地观测时，穿透地球大气测量来自地球的特定频率的微波辐射。由于大气中的湿气（冰、云、雨、雪等）对来自地球表面的微波辐射具有衰减作用，因此作为探测大气湿度的微波辐射计，不同通道的观测数据包含了地球大气层不同高度的湿度信息，从微波湿度计的亮度温度中不仅可以反演得到大气湿度的垂直分布，也可以得到地球表面的温度信息。

大气微波传输的不透明度谱如图 3-1 所示，图中显示了氧和水汽的大气不透明度。在 0~280GHz 频率范围内，分别有两条氧气吸收线和两条水汽吸收线，氧气吸收线可用于大气温度廓线测量，而水汽吸收线可用于大气湿度廓线测量。其中第一条水汽吸收线中心位于 22.235 GHz，第二条位于 183.31 GHz。在这两条水汽吸收线之间，水汽的连续能谱随频率升高吸收缓慢增加。第一条水汽吸收线对于进行廓线测量而言衰减太低，而且其部分透明性被用于获取水汽总量。为了在不同高度上获取对湿度的最大敏感度，在 183.31GHz 吸收线内选择不同的频率进行探测。SSMT-2 和 AMSU-B 在 183.31GHz 吸收

创建者：郭杨 办公室：513 房间 电话：010-68409407 电邮：guovang@cma.gov.cn

线上有 3 个通道 (± 1 , ± 3 和 ± 7 GHz), 而且有 150GHz 和 89 GHz 两个窗区通道, 窗区通道可以给出地球表面和较低大气的信息。

风云三号卫星微波湿度计基于相同的探测原理。通道频率在图 1 中标出。

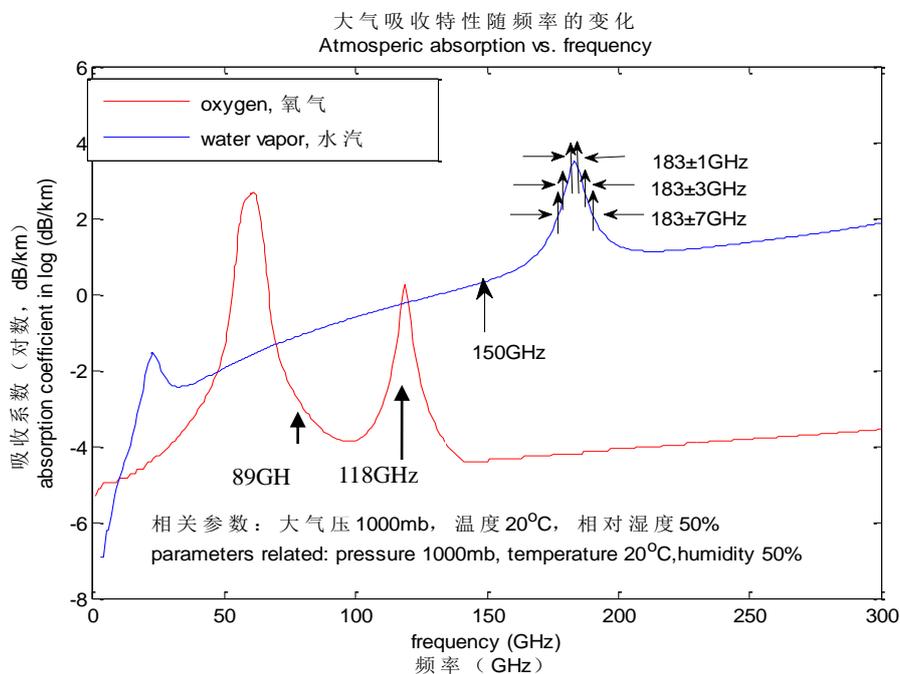


图 3-1 大气的透明度谱

4 L1 数据产品文件和数据集介绍

4.1 L1 数据产品文件

表 4-1 MWHS II 型 L1 数据产品文件种类汇总

序号	产品名称	产品格式	周期	产品描述	关键词
1	FY3D_MWHSX_GBAL_L1_YYYYMMDD_ HHmm_015KM_MS.HDF	HDF	一轨约 102 分钟	MWHS II 型 L1 数据	15km

4.2 数据集介绍

L1 级数据中的科学数据集信息由表 4-2 列出。

表 4-2 FY-3D 微波湿度计 II 型 L1 数据 科学数据集

科学数据集				
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
Geolocation Fields	SDS1	Latitude	Latitude in WGS84	纬度
	SDS2	Longitude	Longitude in WGS84	经度
	SDS3	SolarAzimuth	Solar Azimuth	太阳方位角
	SDS4	SolarZenith	Solar Zenith	太阳天顶角
	SDS5	SensorAzimuth	Sensor Azimuth	仪器方位角
	SDS6	SensorZenith	Sensor Zenith	仪器天顶角
	SDS7	Scnlin_daycnt	Scan Line Time (day count)	扫描线对地观测起始时刻天计数
	SDS8	Scnlin_mscent	Scan Line Time (milliseconds count)	扫描线对地观测起始时刻毫秒计数
	SDS9	Pixel_View_Angle	Pixel View Angle	对地观测起始终止角
	SDS10	DEM	Digital Elevation Model	数字地表高程
	SDS11	LandSeaMask	Land Sea Mask	海陆掩码
	SDS12	LandCover	Land Cover	陆地覆盖类型
Data Fields	SDS13	Earth_Obs_BT	Earth Observation Brightness Temperature	对地观测亮温
QA Fields	SDS14	QA_Scan_Flag	QA Flag for Scanline	扫描线预处理质量标识
	SDS15	QA_Ch_Flag	QA Flag for Channel Data Integrity	通道数据完整性质量标识
	SDS16	QA_Score	Earth Observation Brightness Temperature Quality Score	观测亮温质量评分

5 数据集关键参数说明

5.1 对地观测亮温

L1 数据中的科学数据集“Earth_Obs_BT”存储了经过定标后的 MWHS II 的对地观测亮温，单位为 K。该科学数据集是 MWHS II 数据应用的关键参数。该三维数据集的存储格式是[nchannel×nscans×npixel]，记录仪器十五个通道在每条扫描线上 98 个观测象元的亮温，亮温有效范围为 90.0~340.0K。

5.2 海陆标识

L1 数据中的科学数据集“LandSeaMask”存储了 MWHS II 观测象元内的海陆标识。该二维数据集的存储格式是[nscans×npixel]，记录仪器在每条扫描线上 98 个观测象元上的海陆标识情况，数据集中 1 表示陆地，2 表示陆地水，3 表示海，5 表示分界线。

5.3 数据质量标识说明

L1 数据中存储了描述 MWHS II 定标亮温质量的科学数据集。

1) “QA_Score”

该三维数据集的存储格式是[nchannel×nscans×npixel]，用百分制的评分形式描述了 MWHS II 十五个通道在每条扫描线上 98 个观测象元的定标亮温质量。满分为 100 分，根据参与定标的原始计数值和表征仪器性能的关键参数质量情况综合得到观测亮温质量评分。数据使用过程中，可以根据具体需求灵活设定阈值，剔除质量差的亮温数据。

2) “QA_Scan_Flag”

该一维数据集的存储格式是[nscans]，描述了 MWHS II 每条扫描线在预处理过程是否存在定标，定位和冷空污染问题，参数具体说明见数据卡。数据使用过程中，可基于该数据集，剔除质量差的亮温数据。

3) “QA_Ch_Flag”

该一维数据集的存储格式是[nscans]，描述了 MWHS II 每条扫描线在预处理过程原始观测计数值在十五个通道中是否完整。数据使用过程中，可基于该数据集，掌握各通道数据完整情况。

5.4 维数说明

L1 数据中表征维数大小的参数说明见表 5-1 所列。

表 5-1 FY-3D 微波湿度计 II 型 L1 数据中表征维数的参数说明

参数名称	说明
npixel	98 个扫描成像点数

nscans	每轨扫描线条数
nchannel	15 个通道