

风云三号 E 星微波湿度计-II 型

L1 产品使用说明

(V2.2)

国家卫星气象中心

2022 年 04 月

文档编写：郭杨

文档校对：窦芳丽、武胜利

文档审核：孙凌、胡秀清、陆其峰

文档批准：张鹏

文档修订记录

版本号	日期	修订内容	修订人	注 记
V1.0	2021.03.23	初始版本	郭杨	
V2.0	2021.05.21	修订版本	郭杨	根据模板修订
V2.1	2021.06.28	修订版本	郭杨	增加批准、审批
V2.2	2022.04.07	修订版本	郭杨	L1 数据切圈为升降轨

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	9
4.2.1 亮温数据集	9
4.2.2 地理定位数据集	9
4.2.3 L1 产品质量码数据集	11
5. 数据服务	12

1. 引言

1.1 文档概述

风云三号微波湿度计可获取全天候的全球大气湿度和温度的垂直分布状况，为数值天气预报提供及时准确的大气湿度和温度初始场信息，提升对台风、暴雨灾害性天气的预警能力。2008、2010、2013、2017 年分别搭载于 FY-3A/B/C/D 星发射，其探测资料已经在欧洲中心，英国气象局和数值预报中心业务同化。FY-3E 微波湿度计-II 型具有四个探测频段，十五个探测通道，继承 02 批次微波湿度计体制并提高了系统整体性能指标，窗区探测频率从 150GHz 更改为 166GHz。

本文档为 FY-3E/MWHS-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，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 星微波湿度计-II 型 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 MWHS-II 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）微波湿度计-II 型正样设计报告，中国科学院国家空间科学中心，2016.11。
- 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

风云三号 E 星微波湿度计 II 型（MWHS II）是十五个通道的全功率型微波辐射计，仪器的技术体制与 MWHS 相同。MWHS II 有两副偏置抛物面天线，其中通道 1-通道 9 共用一副天线，通道 10-通道 15 共用一副。两副天线由扫描机构

驱动，在每个扫描周期内以跨轨扫描方式将地气系统的微波辐射反射到圆锥形波纹喇叭馈源，实现对地球目标的观测。仪器各通道观测值的微波辐射是由准光学系统分频得到，以电压计数值形式表示。在同一扫描周期内，仪器内部热源黑体作为高温定标源，宇宙背景作为稳定冷定标参考源，通过两点定标的方式可实现 MWHS II 在轨定标，完成大气温、湿度垂直分布的定量遥感。仪器扫描时有三种扫描模式：变速扫描、匀速扫描和定点观测，在轨观测时使用变速扫描模式来进行。FY-3E MWHS II 的主要技术指标要求列于表 2.1，通道性能列于表 2.2。

表 2.1 FY-3E/MWHS-II 技术指标

序号	参数	指标
1.	对地扫描张角	$\pm (53.35 \pm 0.1)^\circ$
2.	扫描成像点数	98 个点/每条扫描线
3.	在轨定标	周期性两点定标
4.	扫描周期	周期：8/3s；对地观测：1.71s； 热源观测：0.1s；冷空观测：0.1s
5.	扫描时序精度	1.763ms
6.	两副天线间配准精度	0.1° （方位、俯仰）
7.	天线指向精度	$\pm 0.08^\circ$
8.	量化等级	14 比特
9.	光轴星下点指向偏差	$< \pm 0.20^\circ$

表 2.2 FY-3E/ MWHS II 通道特性指标要求

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1}](K)	3dB 波束 宽度[^{注2}]	主波束 效率	交叉极 化电平
1	89.0	QH	1500	50	3—340	≤ 0.4	$\leq 1.0/0.8$	$2.0^\circ \pm 0.2^\circ$	>92%	$\leq -17.5\text{dB}$
2	118.75 ± 0.08	QV	20	20	3—340	≤ 2.2	$\leq 2.4/2.2$	$2.0^\circ \pm 0.2^\circ$	>92%	--
3	118.75 ± 0.2	QV	100	20	3—340	≤ 1.0	$\leq 1.2/1.0$	$2.0^\circ \pm 0.2^\circ$	>92%	--
4	118.75 ± 0.3	QV	165	20	3—340	≤ 0.8	$\leq 1.2/1.0$	$2.0^\circ \pm 0.2^\circ$	>92%	--

5	118.75±0.8	QV	200	20	3—340	≤0.8	≤1.2/1.0	2.0°±0.2°	>92%	--
6	118.75±1.1	QV	200	20	3—340	≤0.8	≤1.0/0.8	2.0°±0.2°	>92%	--
7	118.75±2.5	QV	200	20	3—340	≤0.8	≤1.0/0.8	2.0°±0.2°	>92%	--
8	118.75±3.0	QV	1000	20	3—340	≤0.5	≤1.0/0.8	2.0°±0.2°	>92%	--
9	118.75±5.0	QV	2000	20	3—340	≤0.5	≤1.0/0.8	2.0°±0.2°	>92%	--
10	166.0	QH	1500	50	3—340	≤0.4	≤1.0/0.8	1.1°±0.11°	>95%	≤-17.5dB
11	183.31±1	QV	500	30	3—340	≤0.6	≤1.0/0.8	1.1°±0.11°	>95%	--
12	183.31±1.8	QV	700	30	3—340	≤0.6	≤1.0/0.8	1.1°±0.11°	>95%	--
13	183.31±3	QV	1000	30	3—340	≤0.5	≤1.0/0.8	1.1°±0.11°	>95%	--
14	183.31±4.5	QV	2000	30	3—340	≤0.5	≤1.0/0.8	1.1°±0.11°	>95%	--
15	183.31±7	QV	2000	30	3—340	≤0.5	≤1.0/0.8	1.1°±0.11°	>95%	--

[注 1]: 期望 /最低要求。

[注 2]: 3dB 波束宽度偏差为±10%。

3. L1 产品处理简介

3.1 概述

MWHS-II L1 产品是基于 L0 原始数据以及预处理静态参数，经过解码与质量检查、地理定位、辐射定标等处理过程之后生成的观测亮温数据，并提供给用户进行同化、反演等应用。

3.2 产品处理

MWHS-II L1 产品处理过程的解包是按照仪器输出数据格式对 L0 原始数据文件进行数据读取、变量拆分，和物理变量转化，然后把所有仪器输出遥测及遥感数据信息进行完整提取和解译。最后根据设置的阈值对解包得到的仪器遥测数据进行质量检查并给出质量标识，同时输出 L1A 数据文件。

基于解包后的时间码、卫星姿态、GPS 信息可以进行定位处理，得到每个探元的地理经纬度信息，以及太阳天顶角、卫星天顶角等角度信息。

辐射定标是 L1 产品处理的核心内容，是仪器的原始遥感计数值到微波辐射物理量的转化。该过程根据质量检验功能生成的定标基础数据，结合预处理辅助数据中的线性订正参数计算定标系数，包括线性定标系数和非线性订正量，对地遥感数据定标处理，根据定标系数将对地遥感数据换算成亮温，并进行天线订正，最后完成辐射定标质量的标识，同时对定标相关数据进行质量标识处理。

基于定标结果及处理过程标识，输出 L1 产品文件。

4. 数据简介

FY-3E/MWHS-II 的 L1 产品文件主要包含时间码、地理定位结果（经纬度、陆海标识、卫星天顶角、卫星方位角、太阳天顶角、太阳方位角）、观测亮温、以及质量标识等信息。

4.1 文件基本信息

MWHS-II L1 产品分升轨和降轨两个文件，单个文件为轨道数据（约 51 分钟），每天生成 28-30 个文件。MWHS-II L1 产品以 HDF5 文件格式存储，文件命名为：

FY3E_MWHS-ORBx_L1_YYYYMMDD_hhmm_015KM_Vn.HDF

其中，FY3E 代表卫星名称；MWHS 代表仪器名称；ORBx 代表数据区域类型，x 为升轨（A）和降轨（D）数据；L1 代表数据级别；YYYYMMDD 为观测起始日期；HHmm 为观测起始时间；015KM 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。

MWHS-II L1 产品的核心数据集结构如表 4.1 所示。

表 4.1 FY-3E/MWHS-II 的核心科学数据集

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	SDS 1.	Scnlin_daycnt	Day Count of Observation Time from 12:00 am, 2000.1.1, UTC	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
	SDS 2.	Scnlin_mscnt	Millisecond Count of Observation Time from 12:00 am of Each Day in UTC	观测时间毫秒计数，自世界时每天的中午 12:00 开始计数
	SDS 3.	Latitude	Latitude of FOV on WGS84	FOV 的 WGS84 大地纬度
	SDS 4.	Longitude	Longitude of FOV on WGS84	FOV 的 WGS84 大地经度
	SDS 5.	Altitude	Altitude of FOV on Earth Topography based on Digital Elevation Model	FOV 的经地形校正后的大地高度，地球模型由 DEM 确定
	SDS 6.	SolarAzimuth	Solar Azimuth Angle	太阳方位角
	SDS 7.	SolarZenith	Solar Zenith Angle	太阳天顶角
	SDS 8.	SensorAzimuth	Sensor Azimuth Angle	仪器方位角
	SDS 9.	SensorZenith	Sensor Zenith Angle	仪器天顶角
	SDS 10.	LandSeaMask	Land Sea Mask	海陆掩码
	SDS 11.	LandCover	Land Cover	地表覆盖类型
Data	SDS 12.	Earth_Obs_BT	Earth Observation Brightness	对地观测亮温
QA	SDS 13.	QA_Scan_Flag	QA Flag for Scanline	扫描线预处理质量标识
	SDS 14.	QA_Score	Earth Observation Brightness Temperature Quality Score	观测亮温质量评分

MWHS-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 4.2 所示。

表 4.2 FY-3E/MWHS-II L1 数据维数说明

名称	数值	说明
nscans	在轨实测	扫描线数
nchannels	15	通道数
npixels	98	一条扫描线上扫描点数

4.2 核心科学数据集

4.2.1 亮温数据集

基于辐射产品进行遥感开发应用的用户主要使用观测亮温数据，以及数据质量标识、地理定位、时间等辅助信息，本使用指南仅针对 L1 亮温产品文件进行说明。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，其存储格式是[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。

4.2.2 地理定位数据集

地理定位数据提供每个观测像元的瞬时观测时刻及空间位置信息，主要包括大地经度、大地纬度、大地高度及附属的太阳及卫星天顶角/方位角等几何信息。

4.2.2.1 观测目标的地理位置数据

(Longitude, Latitude, Altitude) 分别表示了每个 FOV 的大地经度、大地纬度与大地高度，三者共同描述了每个观测像元所对应的观测目标的唯一位置，即 WGS-84 坐标系下的三维位置坐标。其中经度、纬度的单位：度；高度单位：米。数据集维数为 nscans*98, nscans 一轨数据扫描行数，98 为对地扫描的象元数目。

4.2.2.2 观测时刻

观测时刻，由天计数和毫秒计数两个数据集共同表示。天计数数据集名称为 Scnlin_daycnt，以 2000 年 1 月 1 日 12 时（世界时）为起始计数时刻，天计数为相对于该起始时刻的累加天数；毫秒计数数据集名称为 Scnlin_mscent，代表每一天中的毫秒计数，以每天 12 时为毫秒计数的起始时刻，有效范围 0~86400000。Scnlin_daycnt 和 Scnlin_mscent 两个数据集维数均 nscans，nscans 一轨数据扫描行

数。

4.2.2.3 仪器天顶角和方位角

仪器天顶角数据集名称为 `SensorZenith` 描述每个观测像元的观测目标与仪器的连线,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° - 180° 观;
01 为天顶方向。仪器方位角数据集名称为 `SensorAzimuth`, 定义的是每个观测像元的观测目标与仪器的连线在当地水平面的投影,与当地正北方向之间的夹角,单位为度,有效值范围为 0° 的观测目标与; 0° 的为正北方向, 90° 为正东方向。为节省存储空间,这两个数据集在放大 100 倍后,存储整数数值。因此数值的放缩尺度因子均为 0.01, 需要在使用时,乘以 0.01。数据集维度均为 `nscans*98`, 与经纬度维数一致。

4.2.2.4 太阳天顶角和方位角

太阳天顶角数据集名称为 `SolarZenith` 描述每个观测像元的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° - 180° 观;
01 为天顶方向。太阳方位角数据集名称为 `SolarAzimuth`, 定义的是每个观测像元的观测目标与太阳的连线在当地水平面的投影,与当地正北方向之间的夹角,单位为度,有效值范围为 0° 定义的是每个; 0° 定为正北方向, 90° 为正东方向。为节省存储空间,这两个数据集在放大 100 倍后,存储整数数值。因此数值的放缩尺度因子均为 0.01, 需要在使用时,乘以 0.01。数据集维度均为 `nscans*98`, 与经纬度维数一致。

4.2.2.5 海陆标识及地表覆盖类型

海陆标识数据集名称为 `LandSeaMask`, 数据类型为单字节整型变量,有效值范围为 1 到 5。1 表示陆地, 2 表示陆地水, 3 为海洋, 5 为分界线。

地表覆盖类型数据集名称为 `LandCover`, 数据类型为单字节整型变量,有效值范围为 0 到 17, 其地表覆盖类型说明如下表 4.3 所示。

这两个数据集维数均为 `nscans*98`, 与经纬度维数一致。

表 4.3 地表覆盖类型对应说明

地表覆盖类型值	地表覆盖类型
0	Water
1	Evergreen Needleleaf Forest
2	Evergreen Broadleaf Forest
3	Deciduous Needleleaf Forest
4	Deciduous Broadleaf Forest
5	Mixed Forests
6	Closed Shrublands
7	Open Shrublands
8	Woody Savannas
9	Savannas
10	Grasslands
11	Permanent Wetlands
12	Croplands
13	Urban and Built-Up
14	Cropland/Natural Vegetation Mosaic
15	Snow and Ice
16	Barren or Sparsely Vegetated
17	IGBP Water Bodies
254	Unclassified
255	Fill Value

4.2.3 L1 产品质量码数据集

L1 产品质量码包含两个数据集，分别为扫描线预处理质量标识以及质量评分。

4.2.3.1 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，设计为 5 位码 ABCDE。其中 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。B 说明扫描线定标质量：B 取 0、1、2：B=0=所有通道成功完成定标；B=1=部分通道定标失败；B=2=所有通道定标失败。

C 说明冷空观测数据污染情况：C=0=没有污染；C=1=受到污染。DE 说明扫描线定位质量：DE=00=定位成功，GPS 定位处理；DE=01=定位成功，IOE 定位处理；DE=02=定位成功，TLE 定位处理。DE=11=时间码错误导致定位失败；DE=12=三种定位技术均定位失败；DE=13=其他因素导致定位失败。

4.2.3.2 质量评分

质量评分数据集名称为 QA_Score，维数为 $15 \times \text{nscans} \times 98$ ，每条扫描线上每个通道每个象元上均有一个质量评分，评分码为 0 代表不可用数据，评分码为 100 代表满足质量要求数据。

5. 数据服务

MWHS-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

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：郭杨

电话：010-58993708

邮箱：guoyang@cma.gov.cn