

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

降水检测产品使用说明

（V1.0.0）

编写：_____李小青_____

校对：_____

审核：_____

会签：_____

批准：_____

国家卫星气象中心

2022 年 2 月

文档修订记录

版本号	日期	修订内容	修订人	注 记
V1.0.0	2022-02-01	新建。	李小青	

目 录

1	产品定义	1
2	产品规格和格式	1
2.1	产品规格	1
2.2	产品文件	1
2.3	产品科学数据集	2
2.4	私有文件属性参数	2
3	产品算法原理和处理流程	2
3.1	算法基本原理	2
3.2	处理流程	4
4	产品示例	5
4.1	轨道产品示例	5
5	产品精度	7
5.1	产品检验评估方法和数据	7
5.2	产品检验评估结果	8
6	产品使用说明	8
6.1	产品使用说明	8
6.2	应用限制条件	9
6.3	主要参考文献	9
7	产品技术支持	9
7.1	产品技术责任人	9
7.2	文档引用方式和建议引用文献	10

1 产品定义

降水检测是利用微波资料进行温湿度廓线反演，降水反演和数值天气预报同化应用所不可或缺的一个环节。以卫星资料同化为例，微波通道的设置一般都是在吸收通道，以获得大气吸收发射的信息，微波资料应用于数值天气预报系统时，由于云和降水粒子的存在，使得卫星观测和辐射传输模拟产生偏差，因此需要剔除受降水散射污染的像元，保证微波资料的晴空同化应用。另一方面，被剔除的大量受云和降水影响的卫星资料往往包含有大量与天气系统发生发展密切相关的大气信息，科学家也致力于研究对这部分资料的同化应用。对微波观测象元的降水判识，将确定是采用晴空辐射资料同化还是云雨区廓线资料同化，并进而判断是否同化云参数的重要标志，是云雨大气微波资料同化的关键之一。

FY-3E MWHS II 降水检测产品是轨道产品，根据 MWHS II 观测像元给出全球散射指数（单位为 K）和降水检测结果，供大气参数综合探测产品、大气可降水反演、MWTS 降水检测以及 MWHS L1C 等分系统使用；产品保持 MWHS II 原始分辨率，星下点水平分辨率为 15km。

2 产品规格和格式

2.1 产品规格

表 2-2- 1 FY-3E MWHS II 降水检测产品规格列表

产品名称	投影方式	覆盖范围	空间分辨率	产品精度	更新频次
MWHS II 降水检测 产品	——	轨道	15KM（星下 点）	90%	每条轨道

2.2 产品文件

表 2- 2- 2 FY-3E MWHS II 降水检测产品数据文件列表

序号	文件名称	格式	周期	产品描述	关键词
1	FY3E_MWHS- _ORBA_L2_RDT_MLT_NUL_ YYYYMMDD_HHMM__015KM_V0.HDF	HDF	轨道	降轨降水检测	降水检测

序号	文件名称	格式	周期	产品描述	关键词
2	FY3E_MWHS- _ORBD_L2_RDT_MLT_NUL_YYYYMMDD_HHMM_015KM_V0.HDF	HDF	轨道	降轨降水检测	降水检测

2.3 产品科学数据集

表 2- 3 FY-3E MWHS11 型降水检测产品科学数据集

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
	SDS1	Scnlin_daycnt	Scnlin_daycnt	扫描线对地观测起始时刻天计数
	SDS2	Scnlin_mscnt	Scnlin_mscnt	扫描线对地观测起始时刻毫秒计数
	SDS3	Latitude	Latitude	纬度
	SDS4	Longitude	Longitude	经度
	SDS5	FlagRDT	Flag of rain detection	降水检测标识
	SDS6	ScatteringIndex	Scattering Index	散射指数
	SDS7	SIC	Pole sea ice concentration	极区海冰覆盖度
	SDS8	FlagQA	Quality flag	质量码
	SDS9	SensorZenith	Sensor Zenith	仪器天顶角
	SDS10	Altitude	Altitude of each pixel on Earth topography with terrain correction	逐像元地形校正后的大地高度
	SDS11	LandSeaMask	Land Sea Mask	海陆掩码
	SDS12	Earth_Obs_BT	Earth Observation Brightness Temperature	对地观测亮温

2.4 私有文件属性参数

表 2- 4 FY-3E MWHS11 型降水检测产品私有属性参数

描述	属性名称	数据类型	数量	值含义

3 产品算法原理和流程

3.1 算法基本原理

从空间对地遥感的角度看，微波辐射传输主要包括三个过程：首先是下垫面的微波发射（包括反射），其次是各种气体对微波辐射的吸收与发射，最后是云雨粒子对微波的吸收和散射。大气中的一些气体对微波辐射有较强的吸收，其中

以氧气和水汽的吸收最为严重。大气频谱如图 3-1 所示。FY-3E MWHS II 的通道 1 和通道 10 分别位于 89GHz 和 150.0GHz 的窗区，尽管在窗区，水汽的影响仍然存在，即便是在晴空的情况下，水汽的影响也比氧气的影响要强很多。在 150GHz，水汽的影响更为严重。

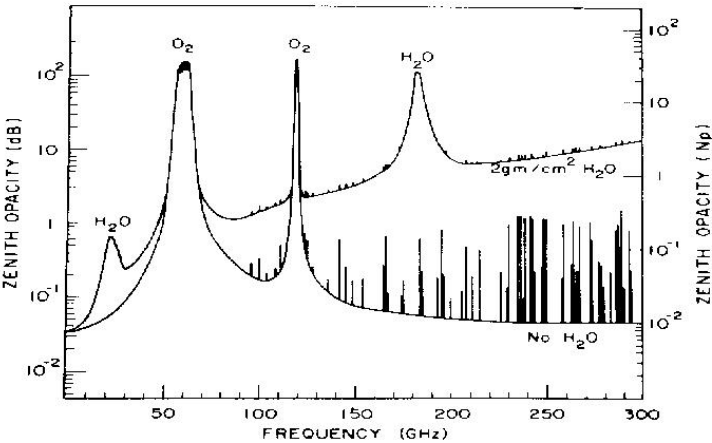


图 3-1 氧气和水汽对在不同频率点的透明度

从本质上看，微波与云雨粒子的相互作用完全不同于其与氧气、水汽等气体的相互作用。水成物对微波既有吸收又有散射，这种吸收和散射与粒子的尺度、形状、介电常数等“宏观”物理参数有关。当粒子尺度远大于波长时，粒子与电磁波的相互作用以散射为主，反之则以吸收为主。Mie 理论提供了球形粒子与电磁波相互作用的经典描述。

由于海面的微波发射率较低（0.4~0.6），因此，在云中液水含量很低时（近乎无云），微波亮温就很低。随着云层液水含量的增大，云滴的发射作用逐渐显现，亮温迅速升高。产生降水的云通常比不产生降水的云包含有更多的直径较大的液态水凝物，所以会发射更强的微波辐射。随着雨强的增加，微波辐射亮温值开始阶段上升，达到饱和亮温以后再缓慢下降。下降是由于液态水凝物和冰晶对微波辐射的散射所造成。饱和之后的下降段称为散射段。在微波谱区，有降水产生的体积散射是最为显著的降水信息。云和降水粒子对微波的散射强度随频率增加而增强。因此，对 89GHz 与 150GHz 而言，150GHz 受到的散射衰减更大，其微波辐射亮温更低。利用这两个窗区通道的观测亮温差表示云和降水粒子对微波辐射的散射大小。具体计算公式为：

$$SI = (TB_1 - TB_{10}) - (a + b \theta)$$

其中 TB_1 和 TB_{10} 分别表示 FY-3E MWHS II 通道 1 和通道 10 的观测亮温, θ 为扫描视场的局地天顶角, a 和 b 为常数。公式右侧第二项为通道观测亮温对角度依赖的修正项, 该项与水汽路径, 大气温度, 仪器扫描特性等密切相关。无雨时, 假设 SI 为 0, 即可回归得到该修正项。

FY-3E MWHS II 降水检测算法首先根据像元地理标识, 对所有像元填充降水检测和质量码; 对观测数据进行质量控制, 之后根据海陆掩码进行下垫面分类(陆地、水体和海冰), 分别计算不同下垫面的散射指数 SI, 然后把微波成像仪的海冰日产品匹配到微波湿度计观测像元, 根据 SI 计算结果, 高于设定的降水阈值则认为有降水。

3.2 处理流程

MWHS II 降水检测产品处理流程如图 3-1 所示。具体处理过程如下:

- 1) 读取 FY-3E MWHS II L1 级数据;
- 2) 对 L1 级数据进行质量检验, 把定位错误以及观测亮温无效的像元标记为无效像元, 根据无效原因赋予不同的质量码, 填充降水检测标记和散射指数;
- 3) 根据 L1 级数据中的地理标识数据, 匹配相邻日期的 FY3D 微波成像仪海冰日产品, 获取 MWHS II 视场内的海冰信息;
- 4) 提取海陆信息, 分别计算散射指数 SI;
- 5) 根据海冰覆盖度将海洋分类为水体和海冰;
- 6) 根据不同下垫面的降水阈值, 分别对陆地、水体和海冰进行降水判识, 得到降水标记 (-1 为无效像元; 0 为水面无雨; 1 为水面有雨; 5 为海冰无雨; 9 为海冰有雨; 10 为陆地无雨; 11 为陆地有雨);
- 7) 生成含散射指数、降水检测、质量码、海冰覆盖度、像元观测经纬度、扫描时间、海陆掩码、海拔高度、各通道亮温和扫描天顶角的 FY-3E MWHS II 降水检测产品。

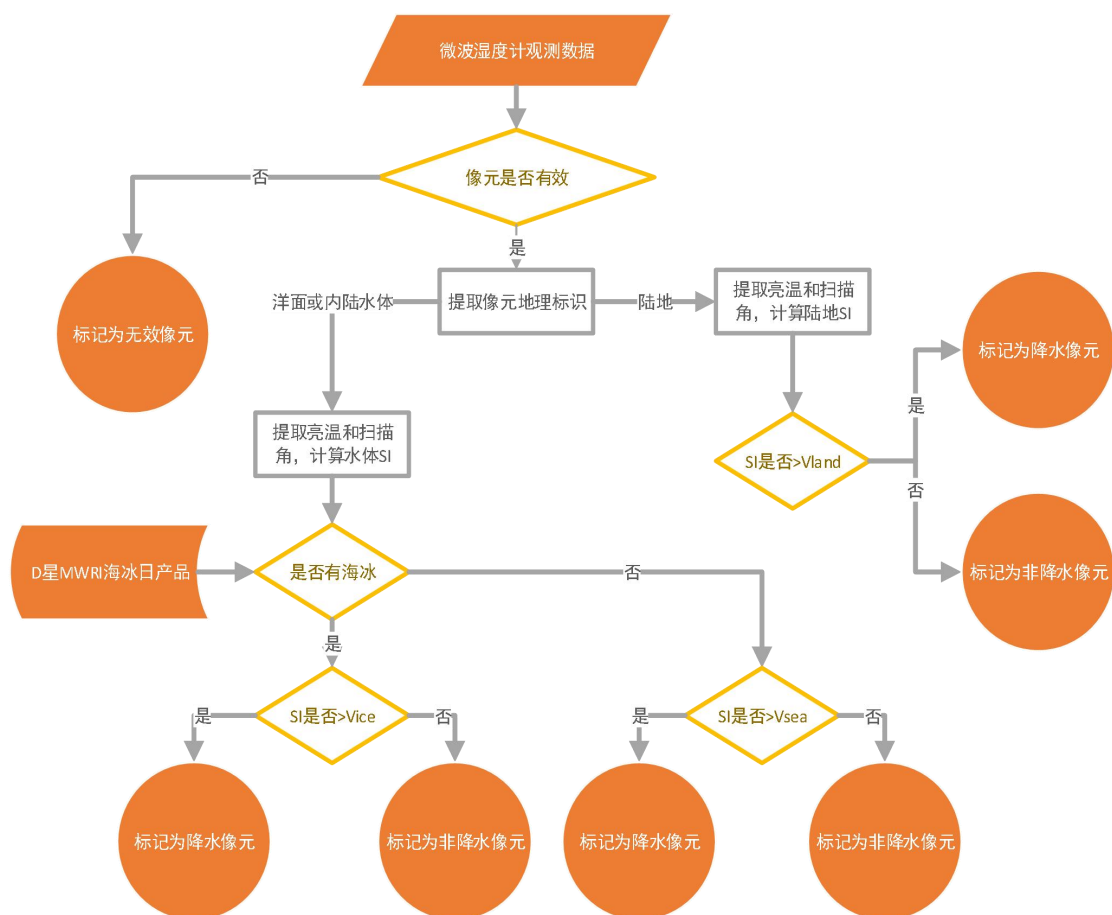


图 3- 1 FY-3E MWHS II 降水检测产品处理流程图

4 产品示例

4.1 轨道产品示例

根据卫星轨道的运行情况，MWHS II 降水检测产品分为升轨产品和降轨产品，其中升轨产品过赤道的当地标准时间约为 17:30，降轨产品过赤道的当地标准时间约为 5:30（Zhang 等，2022）。图 4-1 和图 4- 2 分别为 FY-3E MWHS II 降水检轨道产品示例图和轨道产品日拼图示例，降轨和升轨图像分别展示全球晨昏时刻的降水检测结果。

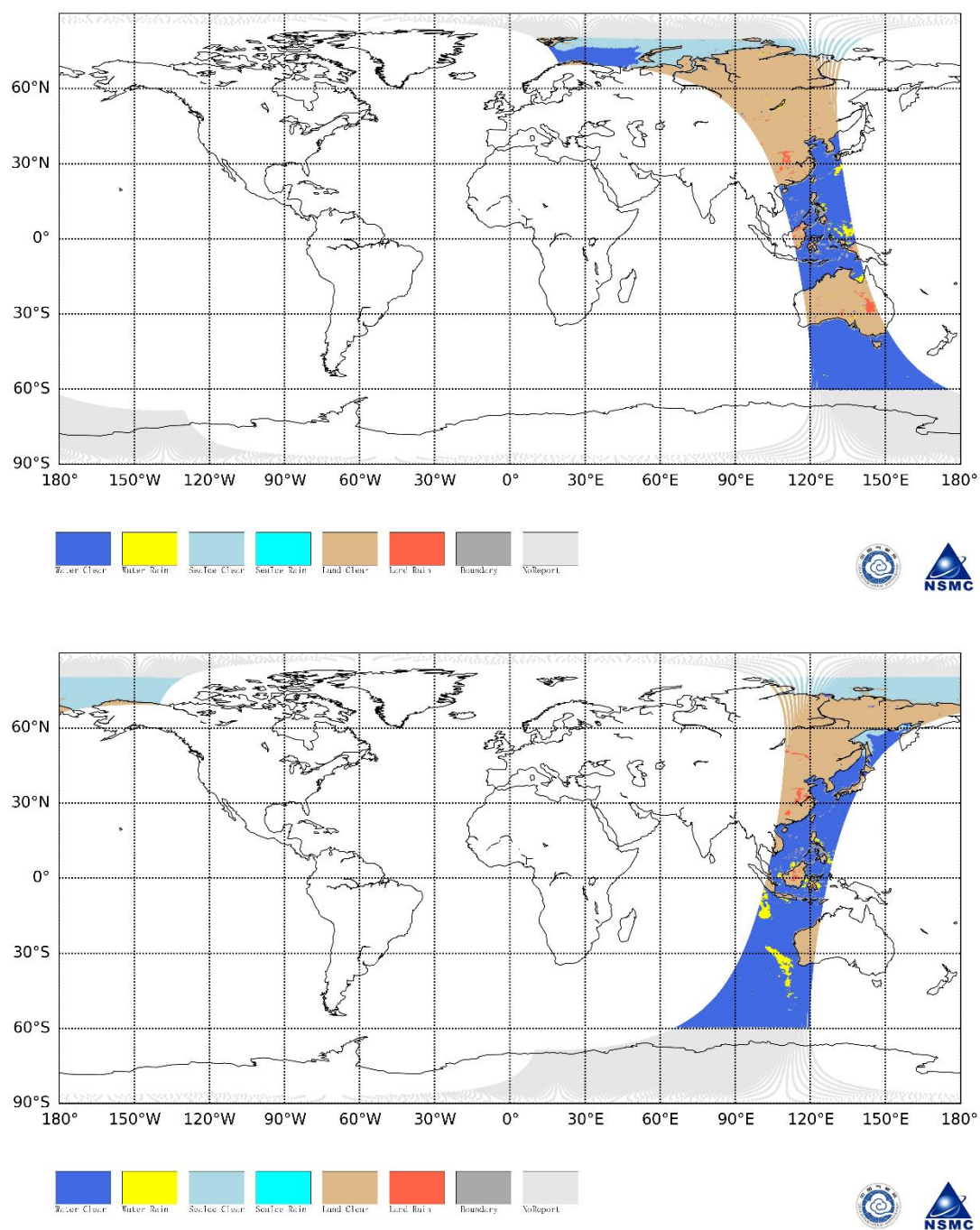


图 4-1 FY-3E MWHS II 降水检测产品轨道产品图像示例（上图：升轨，下图：降轨）

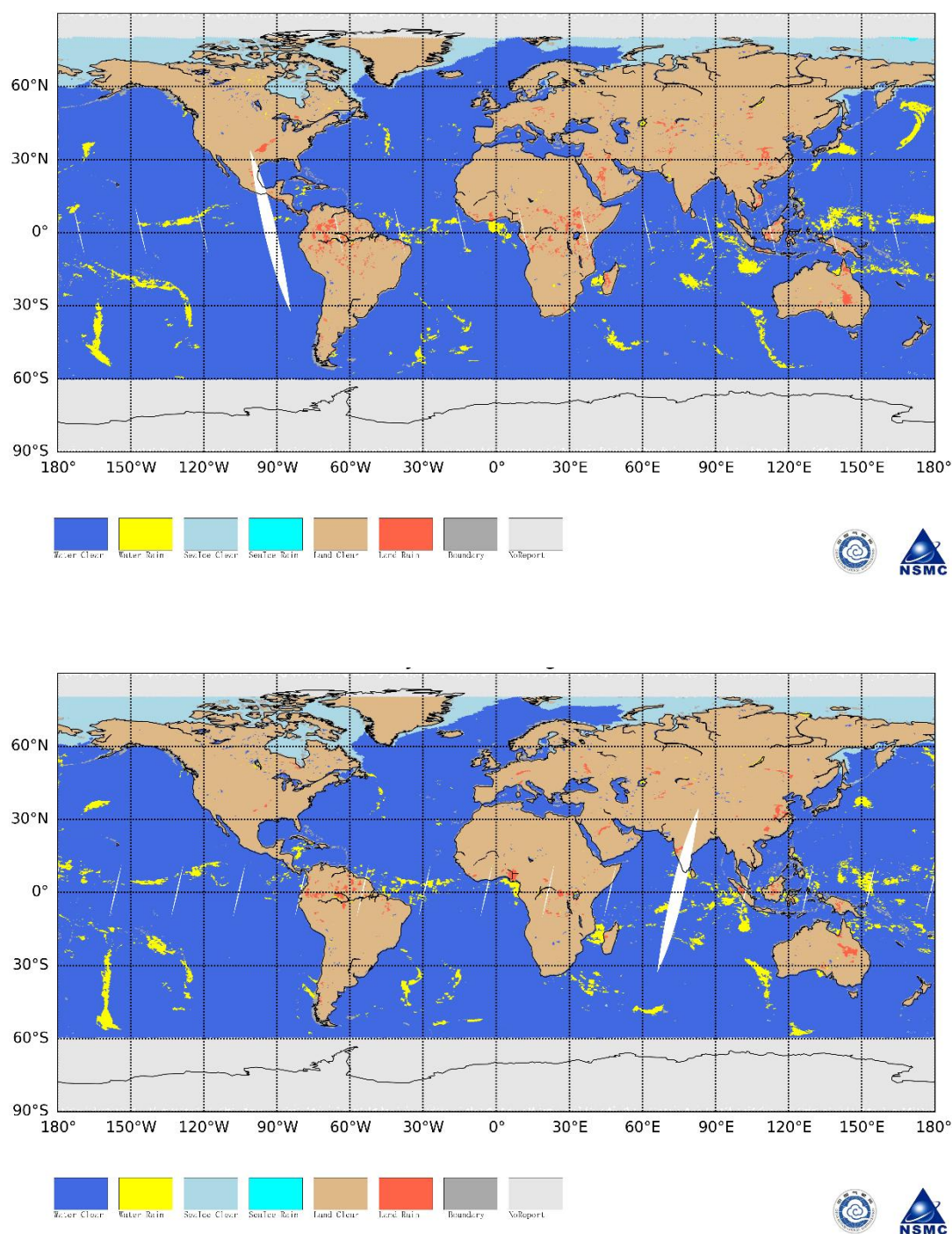


图 4- 2 FY-3E MWHS II 降水检测产品轨道产品日拼图示例（上图：升轨，下图：降轨）

5 产品精度

5.1 产品检验评估方法和数据

FY-3E MWHS II 降水检测产品的检验源数据采用了目前国际上最先进的卫星

降水产品（GPM 卫星 DPR 降水产品，其数据类型为 HDF5），该产品目前为众多的被动微波降水产品提供先验降水数据或者检验依据。

采用和 DPR 的降水标识数据交叉比对的方法对 FY3E MWHS II 降水检测产品精度进行检验。由于轨道产品匹配数据较少，因此以月为周期进行比对，比对时间段为 2021 年 9 月 1 日-2021 年 9 月 30 日。根据两个仪器的观测时间，观测像元经纬度和扫描角度生成 FY-3E RDT-DPR 匹配数据集。匹配过程中，时间阈值为 10 分钟，空间匹配考虑 MWHS II 像元中心 15 公里范围内的最近邻 DPR 像元。根据 FY3E RDT-DPR 的匹配数据集计算检验指标。

5.2 产品检验评估结果

表 5-1 产品质量评估总结表

产品名称	业务/试验	周期（月）	空间分辨率	设计指标	实测精度
FY-3E MWHS II 降水检测产品	业务	月	15km（星下点）	90%	98%

6 产品使用说明

6.1 产品使用说明

FY-3E MWHS II 降水检测产品的主要输出参数为 FlagRDT，表示降水检测标识，有效标识数字区间为[0 11]，表 6-1 为标识说明。此外，FlagQA 给出了 FlagRDT 的质量标记，见表 6-2。

表 6-1 FY-3E MWHS II 降水检测产品 FlagRDT 赋值说明

序号	FlagRDT	说明
1	0	洋面无雨
2	1	洋面有雨
3	5	海冰无雨
4	9	海冰有雨
5	10	陆地无雨
6	11	陆地有雨
7	-1	无效
8	127	填充值

表 6-2 FY-3E MWHS II 降水检测产品 FlagQA 赋值说明

序号	FlagRDT	说明
----	---------	----

1	0	结果良好
2	1	陆地降水检测
3	2	内陆水体降水检测
4	5	边界
5	9	其它下垫面类型
6	11	89GHz 数据缺失
7	12	89GHz 数据无效
8	13	166GHz 数据缺失
9	14	166GHz 数据无效
10	15	卫星天顶角异常
11	16	海冰数据无效

6.2 应用限制条件

- 1) 产品适用范围：[60°S 80°N]，南北两极附近未做降水检测，其填充值为 127；
- 2) 产品为降雨检测，不适用于固态降水检测。

6.3 主要参考文献

- 1) 李小青, 2022. 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 型降水检测 (RDT) 轨道 (15KM) 产品数据特性卡. 国家卫星气象中心.
- 2) 李小青, 2022. 风云三号 E 星 MWHSII 降水检测产品算法原理文档 (ATBD). 国家卫星气象中心.
- 3) Zhang, P., X. Q. Hu, Q. F. Lu, A. J. Zhu, M. Y. Lin, L. Sun, L. Chen, and N. Xu, 2022: FY-3E: The first operational meteorological satellite mission in an early morning orbit. Adv. Atmos. Sci., 39(1), 1–8, <https://doi.org/10.1007/s00376-021-1304-7>.

7 产品技术支持

7.1 产品技术责任人

表 7- 1 产品技术责任人列表

序号	姓名	单位	联系电话	电子邮箱
1.	李小青	国家卫星气象中心	010-68409318	lixq@cma.gov.cn
2.	苏豆豆	华云星地通	010-68400244	1902926027@qq.com

7.2 文档引用方式和建议引用文献

李小青，2022. 风云三号 E 星 MWHSII 降水检测产品使用说明文档. 国家卫星气象中心.