

风云三号（03 批）气象卫星地面应用系统工程
G 星 MWRI-RM

海面温度产品使用说明
(V0.0.0)

编写：张淼
校对：吴琼
会签：寿亦萱
审核：陈林
批准：谷松岩

国家卫星气象中心

2023 年 10 月

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 | 2 |
| 2.3 | 产品科学数据集 | 2 |
| 3 | 产品算法原理和处理流程 | 3 |
| 3.1 | 算法基本原理 | 3 |
| 3.2 | 处理流程 | 4 |
| 4 | 产品示例 | 7 |
| 5 | 产品精度 | 9 |
| 5.1 | 产品检验评估方法和数据 | 9 |
| 5.2 | 产品检验评估结果 | 10 |
| 6 | 产品使用说明 | 10 |
| 6.1 | 产品使用说明 | 10 |
| 6.2 | 应用限制条件 | 12 |
| 6.3 | 建议引用文献 | 12 |
| 7 | 产品制作及技术支持 | 12 |
| 7.1 | 产品技术责任人 | 12 |
| 7.2 | 文档引用方式和建议引用文献 | 13 |

1 产品定义

微波海面温度产品 (Sea Surface Temperature, SST) 是利用微波成像仪的探测结果反演得到的全球晴空或者有云情况下的海面温度 (降水情况除外)。该产品利用 MWRI-RM 十个通道中对 SST 有较高敏感性的几个通道组合反演而来。

表 1-1 海面温度产品列表

| 序号 | 产品名称 | 业务/试验 |
|----|----------|-------|
| 1 | 海面温度轨道产品 | 业务 |
| 2 | 海面温度日产品 | 业务 |
| 3 | 海面温度旬产品 | 业务 |
| 4 | 海面温度月产品 | 业务 |

2 产品规格和格式

2.1 产品规格

MWRI-RM 海面温度产品包括以下几种：

- a. MWRI-RM 海面温度轨道产品：区分升轨和降轨存放。
- b. MWRI-RM 海面温度日产品：利用轨道海面温度产品，根据最新数据覆盖旧数据的策略，生成 25km 分辨率的海面温度日产品；
- c. MWRI-RM 海面温度旬产品：根据一定的求平均策略，利用海面温度日产品合成海面温度旬产品；
- d. MWRI-RM 海面温度月产品：根据一定的求平均策略，利用海面温度日产品合成海面温度月产品。

表 2-1 海面温度产品规格列表

| 产品名称 | 投影方式 | 覆盖范围 | 空间分辨率 | 更新频次 |
|----------|------|------|---------|------|
| 海面温度轨道产品 | — | 轨道 | 21×35km | 每轨 |
| 海面温度日产品 | 等经纬度 | 全球 | 25km | 每日 |
| 海面温度旬产品 | 等经纬度 | 全球 | 25km | 每旬 |
| 海面温度月产品 | 等经纬度 | 全球 | 25km | 每月 |

2.2 产品文件

表 2-2 海面温度产品数据文件列表

| 序号 | 文件名称 | 格式 | 周期 | 产品描述 | 关键词 |
|----|------------------------------------------------------------|-----|----|------------------|-----|
| 1 | FY3G_MWRI-ORBA_L2_SST_MLT_NUL_YYYYMMDD_HHMM_025KM_M_V0.HDF | HDF | 轨道 | MWRI-RM 海面温度升轨产品 | 升轨 |
| 2 | FY3G_MWRI-ORBD_L2_SST_MLT_NUL_YYYYMMDD_HHMM_025KM_M_V0.HDF | HDF | 轨道 | MWRI-RM 海面温度降轨产品 | 降轨 |
| 3 | FY3G_MWRI-GBAL_L2_SST_MLT_GLL_YYYYMMDD_POAD_025KM_V0.HDF | HDF | 日 | MWRI-RM 海面温度日产品 | 日 |
| 4 | FY3G_MWRI-GBAL_L3_SST_MLT_GLL_YYYYMMDD_POTD_025KM_V0.HDF | HDF | 旬 | MWRI-RM 海面温度旬产品 | 旬 |
| 5 | FY3G_MWRI-GBAL_L3_SST_MLT_GLL_YYYYMMDD_POAM_025KM_V0.HDF | HDF | 月 | MWRI-RM 海面温度月产品 | 月 |

2.3 产品科学数据集

表 2-3 海面温度轨道产品科学数据集

| 科学数据集 | | | |
|-------|--------------|-----------------------------|----------|
| 序号 | 数据名 | 数据英文描述 | 数据中文描述 |
| 1 | Longitude | Longitude | 经度 |
| 2 | Latitude | Latitude | 纬度 |
| 3 | ScanTime | ScanTime | 扫描线时间 |
| 4 | SST_ORBIT | SST_ORBIT | 海表温度 |
| 5 | Data Quality | Data Quality | 数据质量标识 |
| 6 | CGT | Coefficient Generation Time | 系数文件生产日期 |

表 2-4 海面温度日产品科学数据集

| 科学数据集 | | | |
|-------|------------------------|------------------------|----------|
| 序号 | 数据名 | 数据英文描述 | 数据中文描述 |
| 1 | SST_Ascending | SST_Ascending | 升轨海表温度 |
| 2 | SST_Descending | SST_Descending | 降轨海表温度 |
| 3 | Data Quality Ascending | Data Quality Ascending | 升轨数据质量标识 |

| | | | |
|---|-------------------------|-------------------------|----------|
| 4 | Data Quality Descending | Data Quality Descending | 降轨数据质量标识 |
| 5 | Time_Ascending | Time_Ascending | 升轨时间 |
| 6 | Time_Descending | Time_Descending | 降轨时间 |

表 2-5 海面温度旬产品科学数据集

| 科学数据集 | | | |
|-------|-------------------------|-------------------------|------------|
| 序号 | 数据名 | 数据英文描述 | 数据中文描述 |
| 1 | SST_Mean_Ascending | SST_Mean_Ascending | 升轨海面温度旬平均值 |
| 2 | SST_Mean_Descending | SST_Mean_Descending | 降轨海面温度旬平均值 |
| 3 | Data Quality Ascending | Data Quality Ascending | 升轨数据质量标识 |
| 4 | Data Quality Descending | Data Quality Descending | 降轨数据质量标识 |

表 2-6 海面温度月产品科学数据集

| 科学数据集 | | | |
|-------|-------------------------|-------------------------|------------|
| 序号 | 数据名 | 数据英文描述 | 数据中文描述 |
| 1 | SST_Mean_Ascending | SST_Mean_Ascending | 升轨海面温度月平均值 |
| 2 | SST_Mean_Descending | SST_Mean_Descending | 降轨海面温度月平均值 |
| 3 | Data Quality Ascending | Data Quality Ascending | 升轨数据质量标识 |
| 4 | Data Quality Descending | Data Quality Descending | 降轨数据质量标识 |

3 产品算法原理和流程

3.1 算法基本原理

尽管红外（IR）监测 SST 具有较高的分辨率，但其反演精度却受太阳辐射日变化、水汽及气溶胶等条件的影响，且当有云时无法反演，而被动微波遥感方法虽然受较低分辨率和海表粗糙度变化的影响，但可实现全天候观测，特别是 MWRI-RM 拥有 10.65GHz 低频通道，此通道对 SST 比较敏感，同时对大气参数并不敏感，这为我们反演 SST 提供了可能。尽管对于低频亮温，大气参数的贡献率不大，却不能忽略，故单一的低频通道并不能完成对 SST 的反演，需采用多通道组合的方式来消除其他环境参数对 SST 反演的影响。FY-3G MWRI-RM SST 的估算采用统计算法，该方法的表达式简单，计算简便，相较于其他表达式复杂，计算量大的算法更加适合业务应用。回归模型采用 Wentz 和 Meissner（2007）的形式：

$$SST = a_0 + \sum_{i=1}^8 a_i t_i + b_i t_i^2$$

$$t_i = T_{Bi} - 150$$

对于 10.65、18.7、36.5GHz 通道

$$t_i = -\ln(290 - T_{Bi})$$

对于 23.8GHz 通道

式中，TB 是对应频率和极化状态下 MWRI-RM 测量的亮温，a、b 是回归系数。

FY-3G MWRI-RM SST 产品质量标识如下：1，观测值无效像元；2，降水像元；3，海冰像元；4，估算值超限像元，即估算值不在 271.15—308.15 范围内的像元；50，|估算海温-前两日 OSTIA 海温|<1.5K 的像元；51，1.5K≤|估算海温-前两日 OSTIA 海温|≤2.5K 的像元；52，|估算海温-前两日 OSTIA 海温|>2.5K 的像元；6，陆地像元。

利用海面温度轨道产品，根据最新数据覆盖旧数据的策略，生成 25km 分辨率的海面温度日产品。利用海面温度日产品合成海面温度旬、月产品。合成时如果格点内质量码个数最多的为 50，则 50 的海温进行平均，并赋值质量码为 50；如果格点内质量码个数最多的为 51，则 50 和 51 的海温进行平均，并赋值质量码为 51；如果格点内质量码个数最多的为 52，则 50、51 和 52 的海温进行平均，并赋值质量码为 52。

3.2 处理流程

3.2.1 输入文件

表 3-1 海面温度产品输入文件列表

| 序号 | 名称 | 文件格式 | 周期 | 数据来源 | 描述 |
|----|---------------|--------|-----|---------|---------------|
| 1. | 微波成像仪 L1 轨道产品 | HDF | 轨道 | 微波成像仪数据 | 微波成像仪 L1 轨道数据 |
| 2. | 海冰数据 | HDF | | | |
| 3. | 浮标资料 | netCDF | 不定期 | 辅助数据 | 提供浮标资料 |
| 4. | ostia 日海温数据 | netCDF | 日 | 辅助数据 | 提供日海温资料 |

3.2.2 输出文件

表 3-2 海面温度产品输出文件列表

责任人：张淼

联系电话：010-68407027

邮箱：zhangmiao@cma.gov.cn

页码：

| 序号 | 产品名称 | 产品格式 | 周期 | 产品去向 | 产品描述 |
|----|------------------|------|----|------|-----------------|
| 1. | MWRI-RM 海面温度轨道产品 | HDF | 每轨 | 存档系统 | 全球范围海面温度轨道产品 |
| 2. | MWRI-RM 海面温度日产品 | HDF | 每日 | 存档系统 | 等经纬度投影全球海面温度日产品 |
| 3. | MWRI-RM 海面温度旬产品 | HDF | 每旬 | 存档系统 | 等经纬度投影全球海面温度旬产品 |
| 4. | MWRI-RM 海面温度月产品 | HDF | 每月 | 存档系统 | 等经纬度投影全球海面温度月产品 |

3.2.3 处理流程

海面温度产品处理软件处理流程如下图所示。

(1) 首先输入微波成像仪 L1 级轨道产品，海陆边界数据，海冰数据，降水检测数据，将陆地，海岸，海冰，海表降水区域去除；

(2) 取时间分辨率 0.2 小时，空间分辨率 0.2° ，获取以浮标数据起始时间为起点 65 天的卫星亮温与浮标匹配数据。FY-3G 平台大约每 40 天进行一次掉头操作，以补偿太阳位置的变化，并防止航天器面向太阳的一侧过热，因此根据仪器飞行方向为 +X 和 -X 对匹配数据进行区分，将入射角分为小于 52.9° 、 $52.9^{\circ} \sim 53.0^{\circ}$ 、 $53.0^{\circ} \sim 53.1^{\circ}$ 、 $53.1^{\circ} \sim 53.2^{\circ}$ 、 $53.2^{\circ} \sim 53.3^{\circ}$ 和大于 53.3° 并分升轨和降轨分别计算每日不同入射角不同飞行方向时的回归系数。。

(3) 对掩码处理后的微波成像仪亮温数据(即去除陆地，海岸，海冰，海表降水区域后的亮温数据)，应用统计方法进行海表温度反演，得到海面温度轨道产品；

(4) 用前两日的 ostia 日海温数据对反演的海面温度轨道产品进行质量控制，得到质量码；

(5) 将海面温度轨道产品投影到 $0.25^{\circ} * 0.25^{\circ}$ 的等经纬度格点上，获得海面温度日产品，在日产品的基础上生成旬月产品。

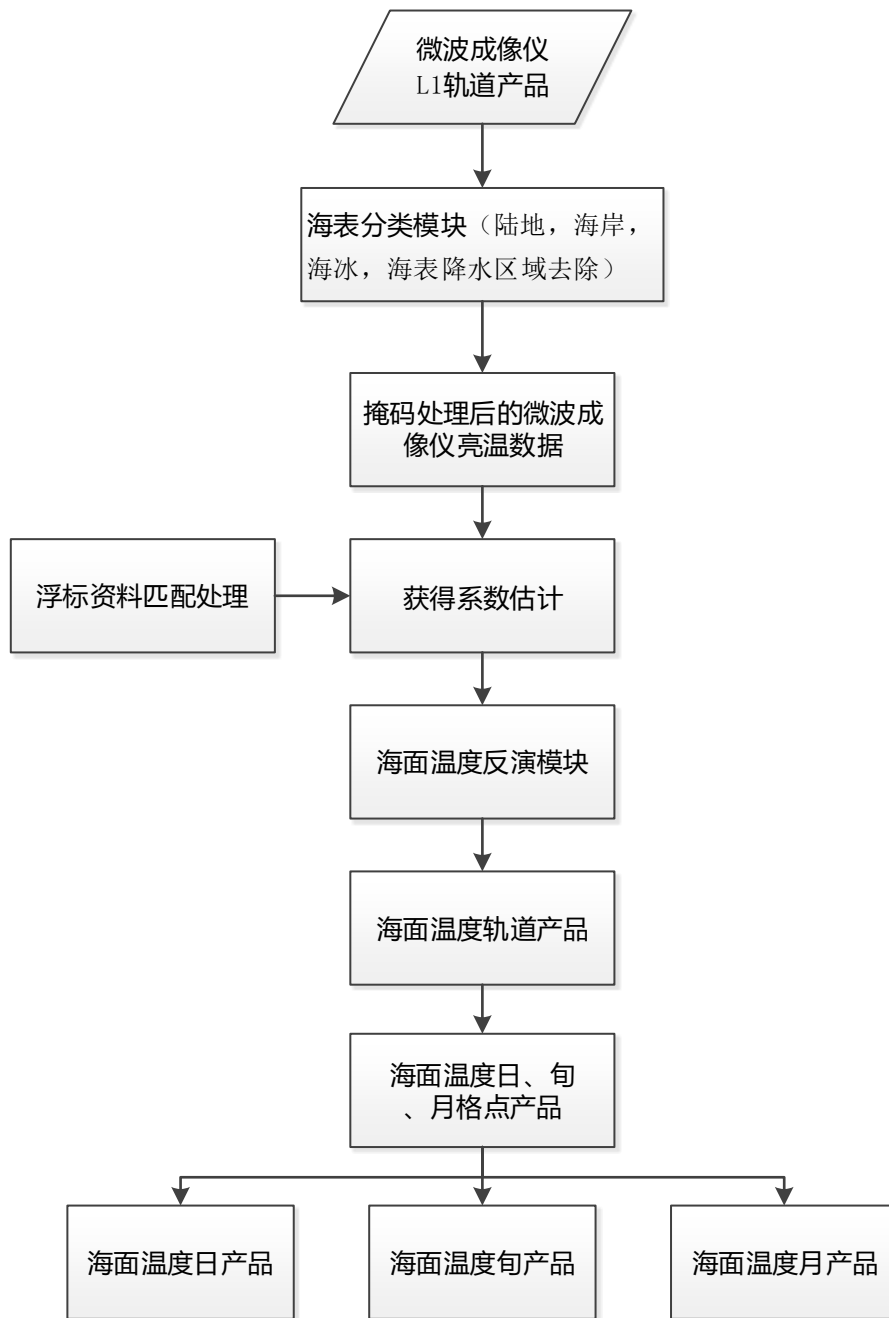


图 3-1 海面温度产品处理软件流程图

4 产品示例

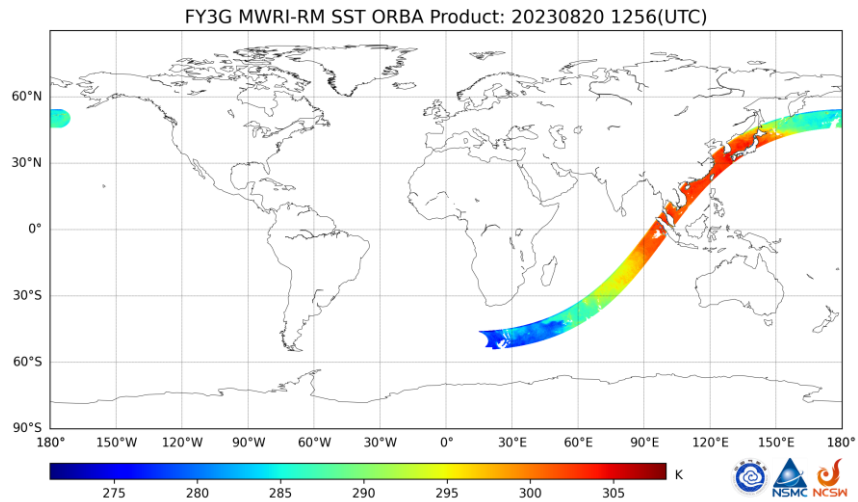


图 4-1 海面温度升轨产品快视图

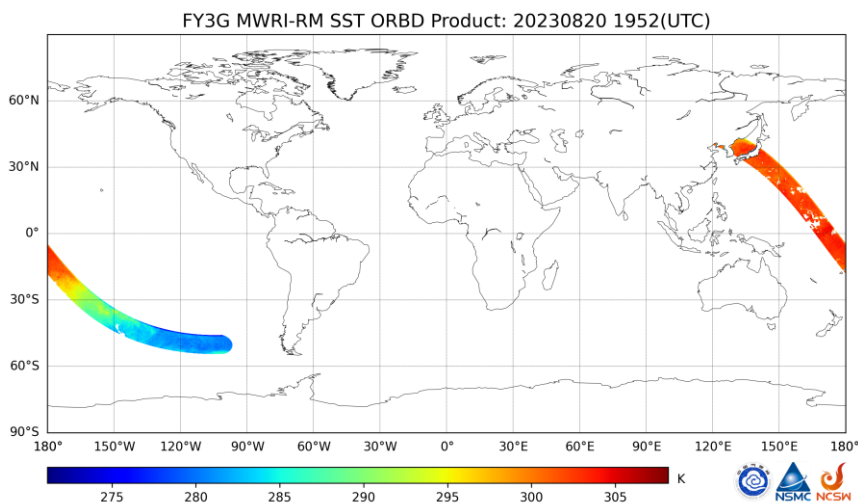


图 4-2 海面温度降轨产品快视图

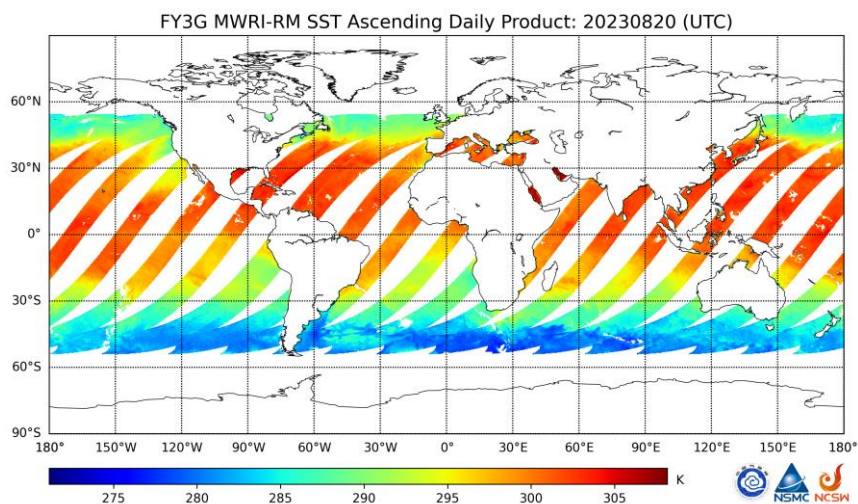


图 4-3 海面温度升轨日产品快视图

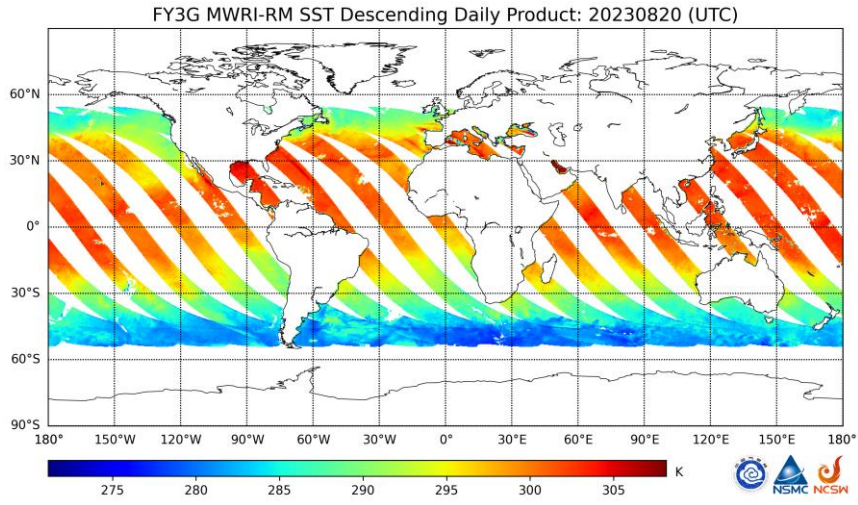


图 4-4 海面温度降轨日产品快视图

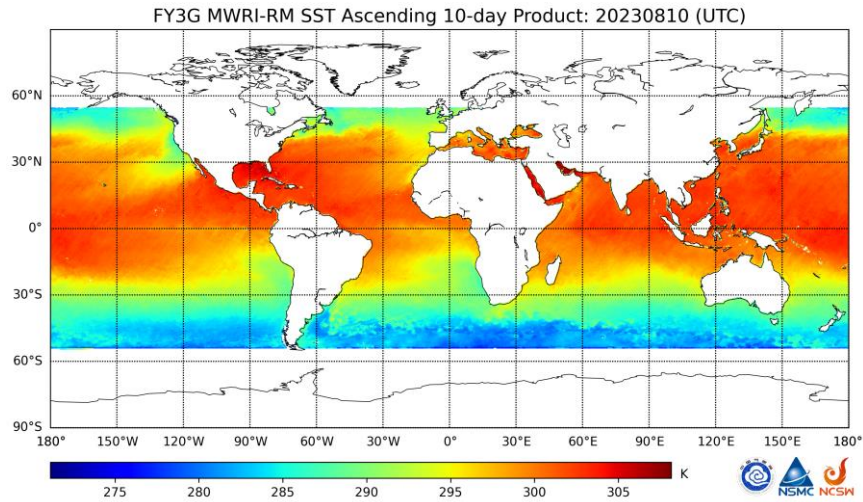


图 4-5 海面温度升轨旬产品快视图

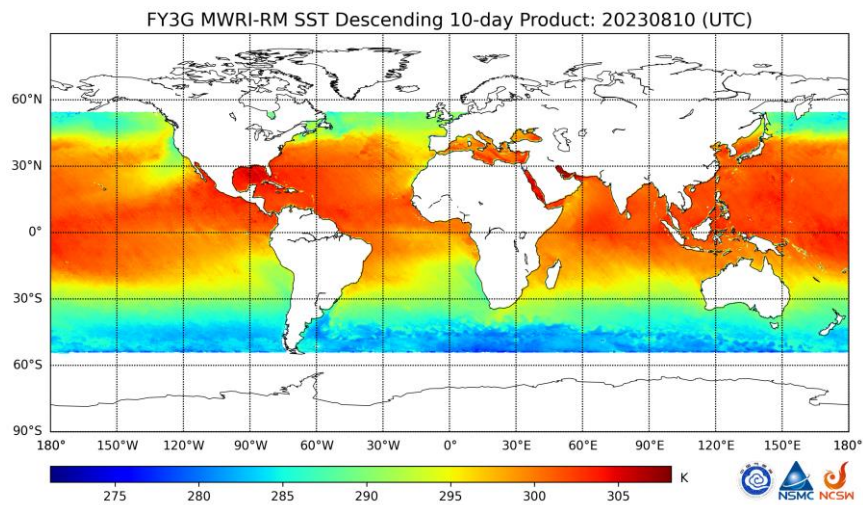


图 4-6 海面温度降轨旬产品快视图

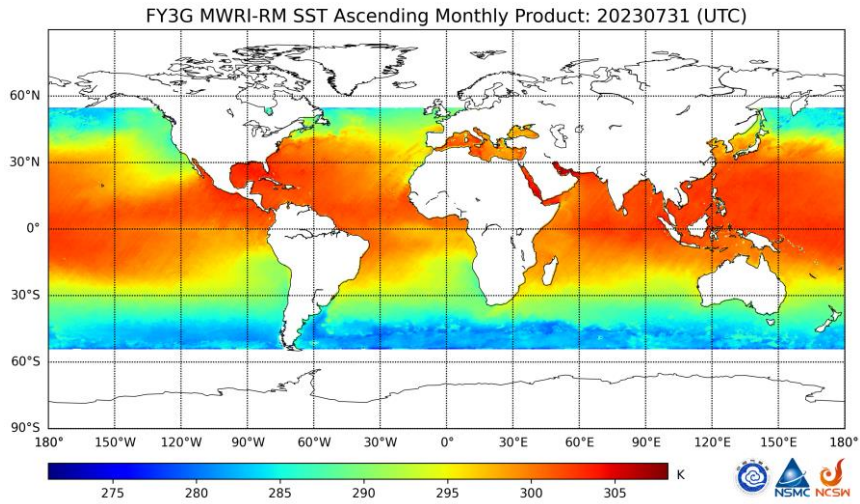


图 4-7 海面温度升轨月产品快视图

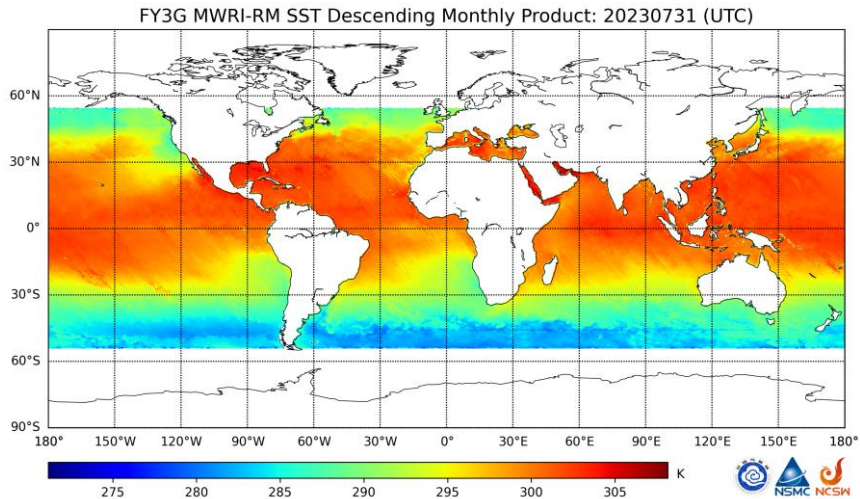


图 4-8 海面温度降轨月产品快视图

5 产品精度

5.1 产品检验评估方法和数据

FY3G MWRI-RM SST轨道产品质量检验采用现场海温检验方法，从 NESDIS/STAR 的FTP 服务器（<ftp://www.star.nesdis.noaa.gov/pub/sod/sst/iquam/>）下载带有质量控制信息的浮标资料，该数据集为HDF4格式，选取高精度的浮标海温作为检验源数据。通过时间匹配（12分钟）和空间匹配（ 0.2° ），进行误差统计。FY3G MWRI-RM SST日产品选择OSTIA（operational sea surface temperature and sea ice analysis）分析场SST进行质量检

验，将MWRI-RM格点内的OSTIA SST进行平均后再相减进行误差统计。

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（轨道、日、侯、旬、月） | 空间分辨率 | 设计指标 | 实测精度 |
|-------------------|-------|----------------|--------------------------|------|------|
| FY3G MWRI-RM 海面温度 | 业务 | 轨道、日、旬、月 | 21×35KM/25 KM/25 KM/25KM | 2.5K | 2.2K |

6 产品使用说明

6.1 产品使用说明

MWRI-RM 海面温度产品以 HDF5 格式存储，主要物理参数特性如下表所示，参数的物理数值通过如下公式转换而来：

$$\text{Par} = \text{Slope} \times \text{Data} + \text{Intercept} \quad (\text{公式 6-1})$$

其中，Par 为参数的物理数值，Data 为产品 HDF 文件中记录该参数的数据，Slope 为缩放比例，Intercept 为偏移量。

表 6-1 MWRI-RM 轨道海面温度产品的主要参数

| SDS名称 | SDS中文名称 | 单位 | 数据有效范围 | 数据填充值 | 缩放比例Slope | 偏移量Intercept |
|-----------|---------|----------------------------------------|--------------|-------|-----------|--------------|
| Longitude | 经度 | Degree | -180.0 180.0 | 999.9 | 1 | 0 |
| Latitude | 纬度 | Degree | -90.0, 90.0 | 999.9 | 1 | 0 |
| ScanTime | 扫描线时间 | Year, month, day, hour, minute, second | 1600,1800 | -999 | 1 | 0 |

| SDS名称 | SDS中文名称 | 单位 | 数据有效范围 | 数据填充值 | 缩放比例Slope | 偏移量Intercept |
|--------------|----------|------|--------------|-------|-----------|--------------|
| SST_ORBIT | 海表温度 | K | 27115, 30815 | -9999 | 0.01 | 0 |
| Data Quality | 数据质量标识 | none | 1,52 | -9999 | 1 | 0 |
| CGT | 系数文件生产日期 | none | none | none | 1 | 0 |

表 6-2 MWRI-RM 日海面温度产品的主要参数

| SDS名称 | SDS中文名称 | 单位 | 数据有效范围 | 数据填充值 | 缩放比例Slope | 偏移量Intercept |
|-------------------------|----------|-----------------------------------|--------------|-------|-----------|--------------|
| SST_Ascending | 升轨海表温度 | K | 27115, 30815 | -9999 | 0.01 | 0 |
| SST_Descending | 降轨海表温度 | K | 27115, 30815 | -9999 | 0.01 | 0 |
| Data Quality Ascending | 升轨数据质量标识 | none | 1,52 | -9999 | 1 | 0 |
| Data Quality Descending | 降轨数据质量标识 | none | 1,52 | -9999 | 1 | 0 |
| Time_Ascending | 升轨时间 | Year,month,day,hour,minute,second | 0,9999 | -9999 | 1 | 0 |
| Time_Descending | 降轨时间 | Year,month,day,hour,minute,second | 0,9999 | -9999 | 1 | 0 |

表 6-3 MWRI-RM 旬海面温度产品的主要参数

| SDS名称 | SDS中文名称 | 单位 | 数据有效范围 | 数据填充值 | 缩放比例Slope | 偏移量Intercept |
|-------------------------|------------|------|--------------|-------|-----------|--------------|
| SST_Mean_Ascending | 升轨海表温度旬平均值 | K | 27115, 30815 | -9999 | 0.01 | 0 |
| SST_Mean_Descending | 降轨海表温度旬平均值 | K | 27115, 30815 | -9999 | 0.01 | 0 |
| Data Quality Ascending | 升轨数据质量标识 | none | 1,52 | -9999 | 1 | 0 |
| Data Quality Descending | 降轨数据质量标识 | none | 1,52 | -9999 | 1 | 0 |

表 6-4 MWRI-RM 月海面温度产品的主要参数

| SDS名称 | SDS中文名称 | 单位 | 数据有效范围 | 数据填充值 | 缩放比例Slope | 偏移量Intercept |
|-------|---------|----|--------|-------|-----------|--------------|
|-------|---------|----|--------|-------|-----------|--------------|

| SDS名称 | SDS中文名称 | 单位 | 数据有效范围 | 数据填充值 | 缩放比例Slope | 偏移量Intercept |
|-------------------------|------------|------|--------------|-------|-----------|--------------|
| SST_Mean_Ascending | 升轨海表温度月平均值 | K | 27115, 30815 | -9999 | 0.01 | 0 |
| SST_Mean_Descending | 降轨海表温度月平均值 | K | 27115, 30815 | -9999 | 0.01 | 0 |
| Data Quality Ascending | 升轨数据质量标识 | none | 1,52 | -9999 | 1 | 0 |
| Data Quality Descending | 降轨数据质量标识 | none | 1,52 | -9999 | 1 | 0 |

6.2 应用限制条件

假定FY3G MWRI-RM探测性能满足海温反演精度需求。但是在观测条件受限时，海温产品的精度将有所降低。

- 1) 仪器性能降级（定标、稳定性、通道间配准、定位）；
- 2) 高SST海区的海表水汽多，弱降水经常无法被检测出，导致反演结果的偏差；
- 3) 高风速时（>10m/s）微波信号响应的复杂性易造成SST反演的误差；
- 4) 近海岸水体；
- 5) 海冰检测及降水检测误差导致的SST反演结果的偏差。

6.3 建议引用文献

张淼，王素娟，覃丹宇，等.FY-3C微波成像仪海面温度产品算法及精度检验.遥感学报, 2018, 22（5）： 713-722.

7 产品制作及技术支持

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 | 角色 |
|----|----|----------|--------------|----------------------|----|
| 1 | 张淼 | 国家卫星气象中心 | 010-68407027 | zhangmiao@cma.gov.cn | |
| 2 | | | | | |

责任人：张淼

联系电话：010-68407027

邮箱：zhangmiao@cma.gov.cn

页码：

7.2 文档引用方式和建议引用文献

文档引用方式:

张淼, 2023. 风云三号 G 星 MWRI-RM 海面温度产品使用说明文档. 国家卫星气象中心.