

风云三号（02批）气象卫星地面应用系统工程

D星中分辨率光谱成像仪

数据使用指南

(V2.1)

编写：徐娜

校对：

审核：

会签：

批准：

国家卫星气象中心

2019年07月

文档修改记录

版本号	日期	修改者	修 改 描 述
V2.1	2019-07	徐娜	补充文档修改记录和引用方式。
V 2.0	2019-02	徐娜	整体完善文档，重点补充仪器以及数据格式简要说明，文件名改为“风云三号（02批）气象卫星地面应用系统工程 D 星中分辨率光谱成像仪数据使用指南”
V 1.0	2017-03	徐娜	基于上一版，补充反射波段定标计算和反射率转换
V 0.1	2016-09	徐娜	创建文档，文件名“FY-3D MERSI II 通道光谱响应函数及通道中心波长使用指南”，包括基本光谱信息和转换参数

文档引用方式：

徐娜, 吴荣华, 胡秀清, 2019. 风云三号（02批）气象卫星地面应用系统工程 D 星中分辨率光谱成像仪数据使用指南. 国家卫星气象中心.

<http://satellite.nsmc.org.cn/PortalSite/StaticContent/DocumentDownload.aspx?TypeID=2>

1 引言

风云三号 (FY-3) 气象卫星是我国第二代极轨气象卫星, 目标是实现对全球大气和地球物理要素的全天候、多光谱、三维观测, 主要向中期数值天气预报提供卫星观测数据, 监测生态环境和大范围自然灾害; 同时为全球环境变化、全球气候变化研究以及海洋、农业、林业、航空和军事等部门提供卫星气象信息。

中分辨率光谱成像仪 II 型 (MERSI-II) 是风云三号 D 星的主要载荷之一, 共配备 25 个通道, 包括 16 个可见光-近红外通道、3 个短波红外通道和 6 个中长波红外通道; 25 个通道中, 250 米地面分辨率通道 6 个, 1000 米地面分辨率通道 19 个。MERSI-II 主要任务是动态监测地球海洋、陆地、大气等环境要素, 特别是云特性、气溶胶、陆地表面特性、海洋表面特性、低层水汽等重要大气和环境参数的监测。MERSI-II 的在轨运行可以提高我国在天气预报、气候变化研究和地球环境监测等方面的卫星遥感观测能力。

本文档主要介绍风云三号 D 星 MERSI-II 的 L1 级数据使用方法、光谱参数及相关物理量转换方法。

2 仪器和通道性能介绍

MERSI 由中国科学院上海技术物理研究所 (SITP) 研制。搭载于前 3 颗 FY-3 系列卫星上的第一代 MERSI 传感器, 共有 20 个通道, 其中 19 个为太阳反射通道 ($0.4\sim 2.1\mu\text{m}$) 和 1 个红外发射通道 ($10\sim 12.5\mu\text{m}$)。搭载于 FY-3D 的 MERSI-II 型在对地成像观测几何上与第一代 MERSI 相同。MERSI 用 45° 扫描镜并在消旋 K 镜协同下观测地球, 每次扫描提供约 2900 km (跨轨) $\times 10\text{ km}$ (沿轨, 星下点) 刈幅带, 结合卫星绕地球运行, 实现对全球表面的每日覆盖。它采用多探元 (10 或 40 个) 并扫, 其星下点地面瞬时视场为 250 m 或 1000 m 。它有 5 个通道星下分辨率为 250 m , 其余 15 个通道空间分辨率为 1000 m 。FY-3D MERSI-II 型有 6 个通道星下点分辨率为 250 m , 其余 19 各通道为 1000 m 。图

2-1 为中分辨率光谱成像仪实物图片。



图 2-1 中分辨率光谱成像仪实物图片

中分辨率光谱成像仪-II 型(MERSI-II)性能参数设计指标见表 2-1 和表 2-2。

表 2-1 中分辨率光谱成像仪-II 型参数

参 数	指 标
对地扫描张角	± 55.1 度 ± 0.1 度
量化等级	12 比特
扫描器转速	40 转/分
扫描抖动	小于 0.5 IFOV (1 公里)
每条扫描线采样点数	2048(~1000 米), 8192(~250 米)
扫描镜指向精度	星下点 1.2 毫弧度
通道信号衰减	<15%/4 年
通道波长定位精度	中心波长偏差优于光谱带宽的 10%,带外响应小于 3%
通道间像元配准	<0.3 个像元
饱和恢复	≤ 6 个像元(1000 米), ≤ 24 个像元(250 米)
MTF	≥ 0.3 (1000 米), ≥ 0.27 (250 米)
黑体温度梯度测量精度	测量精度<0.1K, 黑体温度不均匀性<0.5K
定标精度	可见光和近红外通道: 5%(反射率),星上定标器实现可见光星上定标(相对和绝对辐射)。 红外通道(星上黑体): 0.5k(270k), 分裂窗通道定标误差一致性<0.5K
均匀性	同一通道不同探元响应的不均匀性 $\leq 5\%$

表 2-2 中分辨率光谱成像仪通道主要用途和性能要求

主要用途	通道编号	中心波长 (μm)	光谱带宽 (nm)	空间分辨率 (m)	典型辐射值 L_{typ}/T_{typ} $W/m^2-μm-sr$	信噪比或噪声等效温差 SNR NEAT(K)	动态范围 (最大反射率ρ、最大温度 K)
陆地、云边界和特征遥感	1	0.470	50	250	35.3	100	90%
	2	0.550	50	250	29.0	100	90%
	3	0.650	50	250	22	100	90%
	4	0.865	50	250	25	100	90%
	5	1.38	20/30	1000	6	60/100	90%
	6	1.64	50	1000	7.3	200	90%
	7	2.13	50	1000	1.2	100	90%
海洋水色、浮游生物、生物地球化学遥感	8	0.412	20	1000	44.9	300	30%
	9	0.443	20	1000	41.9	300	30%
	10	0.490	20	1000	32.1	300	30%
	11	0.555	20	1000	36.8	500	30%
	12	0.670	20	1000	27.8	500	30%
	13	0.709	20	1000	19.2	500	30%
	14	0.746	20	1000	24	500	30%
	15	0.865	20	1000	17.8	500	30%
大气水汽	16	0.905	20	1000	22.2	200	100%
	17	0.936	20	1000	20	100	100%
	18	0.940	50	1000	15.0	200	100%
卷云	19	1.03	20	1000	5.4	100	100%
陆、水云温度	20	3.8	180	1000	300K	0.25K	200-350K
	21	4.050	155	1000	300K	0.25K	200-380K
大气水汽	22	7.2	500	1000	270K	0.30K	180-280K
	23	8.550	300	1000	270K	0.25K	180-300K
陆、水云温度	24	10.8	1000	250	300K	0.4K	180-330K
	25	12.0	1000	250	300K	0.4K	180-330K

3 L1 数据产品文件和数据集介绍

3.1 L1 数据产品文件

MERSI II L1 数据产品文件种类汇总 (表 3-1)

序号	产品名称	产品格式	周期	产品描述	关键词
1.	FY3D_MERSI_GBAL_L1_YYYYMM DD_HHmm_1000M_MS.HDF	HDF	5 分钟	MERSI II 1KM 分辨率观测数据文件	1000M
2.	FY3D_MERSI_GBAL_L1_YYYYMM DD_HHmm_GEO1K_MS.HDF	HDF	5 分钟	MERSI II 1KM 分辨率	GEO1K

序号	产品名称	产品格式	周期	产品描述	关键词
				率定位文件	
3.	FY3D_MERSI_GBAL_L1_YYYYMM DD_HHmm_0250M_MS.HDF	HDF	5 分钟	MERSI II 250M 分辨率 观测数据文件	0250M
4.	FY3D_MERSI_GBAL_L1_YYYYMM DD_HHmm_GEOQK_MS.HDF	HDF	5 分钟	MERSI II 250M 分辨率 观测数据文件	GEOQK

3.2 数据集介绍

表 3-2~表 3-5 分别介绍了 FY-3D MERSI II 1km 观测和定位文件以及 250m 观测和定位文件的科学数据集信息。

表 3-2 FY-3D 中分辨率光谱成像仪 L1 数据(1KM) 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
Data Fields	SDS1	EV_250_Aggr.1KM_RefSB	250m Reflective Bands Earth View Science Data Aggregated to 1 km	地球观测 250m 反射通道融合到 1km
	SDS2	EV_250_Aggr.1KM_Emissive	250m Emissive Bands Earth View Science Data Aggregated to 1 km	地球观测 250m 热红外通道融合到 1km
	SDS3	EV_1KM_RefSB	1km Reflective Bands Earth View Science Data	地球观测 1km 反射通道
	SDS4	EV_1KM_Emissive	1KM Emissive Bands Earth View Science Data	地球观测 1km 热红外通道
Calibration Fields	SDS5	Frame_Count	Frame Count	扫描帧计数
	SDS6	Kmirror_Side	Kmirror Side (0 or 1 side) Flag	K 镜镜面标识
	SDS7	BB_DN_average	BlackBody Scanning DN average	黑体计数值平均值
	SDS8	SV_DN_average	Space View DN average	冷空计数值平均值
	SDS9	VOC_DN_average	VOC View DN average	星上定标器计数值平均值
	SDS10	IR_Cal_Coeff	Emissive Bands	红外通道定标系数

			calibration Coefficients	
	SDS11	VIS_Cal_Coeff	Reflective Solar Bands Calibration Coefficients	可见光通道定标系数
Geolocation Fields	SDS12	Latitude	Latitude for Every five Pixels	每隔 5 像元纬度
	SDS13	Longitude	Longitude for Every five Pixels	每隔 5 像元经度
QA Fields	SDS14	QA_Frame_Flag	Quality Assurance_Flag for Each Frame	扫描帧预处理质量标识

表 3-3 FY-3D 中分辨率光谱成像仪 L1 数据(1KM GEO) 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	逐像元纬度
	SDS2	Longitude	Longitude	逐像元经度
	SDS3	SensorAzimuth	Sensor Azimuth	仪器方位角
	SDS4	SensorZenith	Sensor Zenith	仪器天顶角
	SDS5	SolarAzimuth	Solar Azimuth	太阳方位角
	SDS6	SolarZenith	Solar Zenith	太阳天顶角
	SDS7	LandSeaMask	Land Sea Mask	海陆掩码
	SDS8	DEM	Digital Elevation Model	数字地表高程
	SDS9	LandCover	Land Cover	陆地覆盖类型
Timedata Fields	SDS10	Day_Count	Day Count	天计数
	SDS11	Millisecond_Count	Millisecond Count	天毫秒级计数
	SDS12	DayNightFlag	DayNightFlag	白天/夜晚模式标志

表 3-4 FY-3D 中分辨率光谱成像仪 L1 数据(250M) 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
Data Field	SDS1	EV_250_RefSB_b1	250m Earth View Data for Reflective Solar Bands 1	地球观测 250m 太阳反射通道 1
	SDS2	EV_250_RefSB_b2	250m Earth View Data for Reflective Solar Bands 2	地球观测 250m 太阳反射通道 2
	SDS3	EV_250_RefSB_b3	250m Earth View Data for Reflective Solar	地球观测 250m 太阳反射通道 3

			Bands 3	
	SDS4	EV_250_RefSB_b4	250m Earth View Data for Reflective Solar Bands 4	地球观测 250m 太阳反射通道 4
	SDS5	EV_250_Emissive_b24	250m Earth View Data for Emissive Band 24	地球观测 250m 热红外通道 24
	SDS6	EV_250_Emissive_b25	250m Earth View Data for Emissive Band 25	地球观测 250m 热红外通道 25
Calibration Field	SDS7	Frame_Count	Frame Count	扫描帧计数
	SDS8	EV_start_time	Earth View Start Time Since J2000.0	EV 起始时间
	SDS9	Kmirror_Side	Kmirror Side (0 or 1 side) Flag	K 镜面标识
	SDS10	BB_DN_average	BlackBody Scanning DN average	黑体计数值平均值
	SDS11	SV_DN_average	Space View DN average	冷空计数值平均值
	SDS12	IR_Cal_Coeff	Emissive Bands calibration Coefficients	红外通道定标系数
	SDS13	VIS_Cal_Ceff	Reflective Solar Bands Calibration Coefficients	可见光通道定标系数
Geolocation Fields	SDS14	Latitude	Latitude for Every twenty Pixels	每隔 20 像元纬度
	SDS15	Longitude	Longitude for Every twenty Pixels	每隔 20 像元经度
QA Field	SDS16	QA_Frame_Flag	Quality Assurance_Flag for Each Frame	扫描帧预处理质量标识

表 3-5 FY-3D 中分辨率光谱成像仪 L1 数据(250M GEO) 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	Latitude	Latitude	逐像元纬度
	SDS2	Longitude	Longitude	逐像元经度

4 仪器光谱响应文件和光谱参数说明

4.1 通道光谱响应函数文件

文件名:

FY3D_MERSI_SRF_CHnn_Pub.txt 通道编号 nn=01,02...,25

文件内容:

列 1: 波长 (nm) ; 列 2: 归一化光谱响应

注: FY-3D_MERSI 虽然是多探元器件, 但是预处理时已经做了归一化处理, 因此此光谱响应数据均为标准探元的光谱响应值。以下涉及到的所有通道相关参数均为标准探元的结果。

各通道标准探元如下表所示 (表 4-1) :

通道 1	12	通道 2	9	通道 3	26	通道 4	10	通道 24	26
通道 25	35	通道 19	6	通道 6	4	通道 7	5	通道 20	10
通道 21	6	通道 22	10	通道 23	3	通道 8	5	通道 9	3
通道 10	7	通道 11	5	通道 12	9	通道 13	3	通道 14	7
通道 15	1	通道 16	6	通道 17	6	通道 18	5	通道 5	8

4.2 FY-3D_MERSI 太阳反射通道(CH1~CH19)等效中心波长和大气外界太阳常数 (表 4-2)

Band	Required_Mid_wl (nm)	MERSI_EquivMid_wl (nm)	E0 (W/m ² / μ m)
1	470	471.2421	2017.963
2	550	554.7564	1828.387
3	650	653.6244	1554.807
4	865	868.6814	952.4935
5	1380	1381.393	363.0785
6	1640	1645.078	232.4188
7	2130	2125.485	97.018
8	412	411.298	1700.734
9	443	444.2375	1903.334
10	490	490.9529	1968.184
11	555	556.0221	1830.053
12	670	670.3168	1504.914
13	709	709.4759	1399.233

14	746	746.5137	1277.788
15	865	865.6848	955.2415
16	905	905.8314	884.8099
17	936	936.957	828.4215
18	940	940.8464	820.4936
19	1030	1030.085	680.8728

注：太阳常数采用 CEOS/WGCV 推荐的 Thuillier(2002)太阳光谱数据

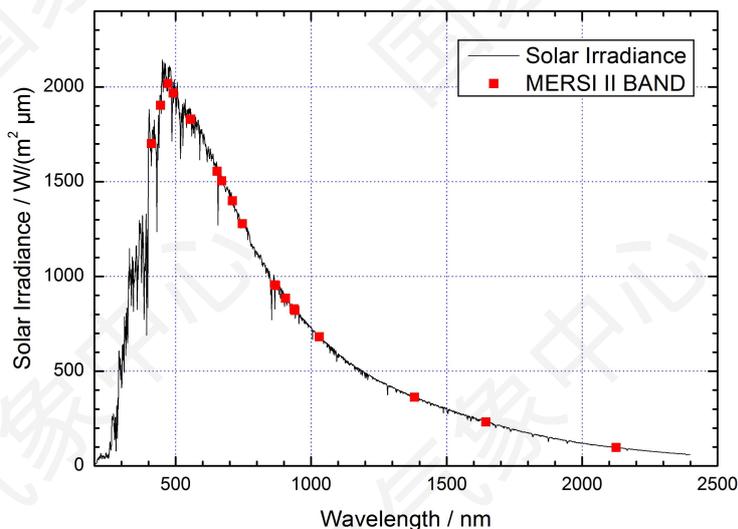


图 4-1 太阳光谱辐射与 MERSI II 通道太阳辐射对比

4.3 FY-3D_MERSI 热发射通道 (CH20~CH25) 的等效中心波数、典型温度黑体辐亮度以及通道亮温修正系数 (表 4-3)

Band	Required_Mid_wn (cm ⁻¹)	MERSI_EquivMid_wn (cm ⁻¹)	T_type (K)	R_type mW/(m ² .cm ⁻¹ .sr)	TbbCorr_Coeff	
					A	B
20	2631.579	2634.359	300	0.7130	1.00103	-0.4759
21	2469.136	2471.654	300	1.2818	1.00085	-0.3139
22	1388.889	1382.621	270	19.8410	1.00125	-0.2662
23	1169.591	1168.182	270	37.6244	1.00030	-0.0513
24	925.926	933.364	300	110.8226	1.00133	-0.0734
25	833.333	836.941	300	127.9002	1.00065	0.0875

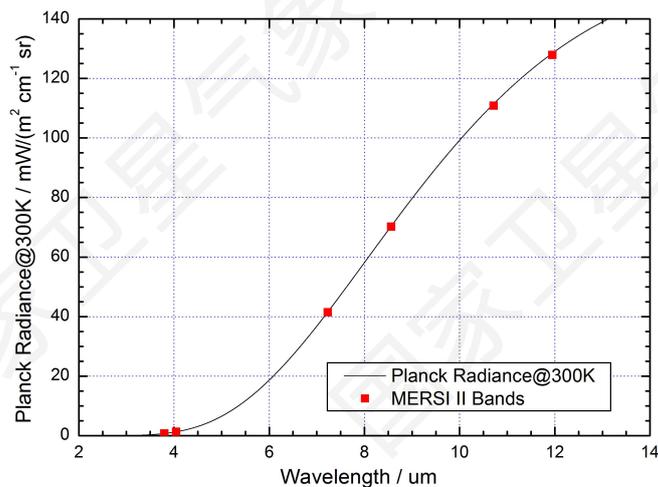


图 4-2 黑体辐射与 MERSI II 通道黑体辐射对比 (300K)

5 定标计算

下面以 1km L1 文件为例，说明定标计算方法，250m L1 文件方法相同。

1) 太阳反射波段 CH1~19

数据集 EV_1KM_RefSB 和 EV_250_Aggr.1KM_RefSB 分别为 1km 反射通道 (CH5~19) 和 250m 反射通道 (CH1~4) 的归一化的 DN 值，通过如下公式进行定标计算，获得反射率 Ref，

$$dn = DN * Slope + Intercept$$

$$Ref = Cal_2 * dn^2 + Cal_1 * dn + Cal_0$$

其中，Cal_0、Cal_1、Cal_2 分别为数据集 VIS_Cal_Coeff 中相应通道的定标系数 (分别对应第 1,2,3 列)，Slope 和 Intercept 为数据集 EV_1KM_RefSB 和 EV_250_Aggr.1KM_RefSB 属性。

2) 热发射波段 CH20~25

数据集 EV_1KM_Emissive 和 EV_250_Aggr.1KM_Emissive 分别为 1km 发射通道 (CH20~23) 和 250m 发射通道 (CH24~25) 的放大后辐亮度值 RAD0，

通过如下公式进行定标计算，获得辐亮度 RAD，单位 $\text{mW}/(\text{m}^2 \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{sr})$ 。

$$\text{RAD} = \text{RAD0} * \text{Slope} + \text{Intercept}$$

* 红外不需要使用定标系数进行辐射定标计算

6 相关物理量转换说明

6.1 可见光定标反射率与入瞳辐亮度和表观反射率转换

$$\text{MERSI 定标后反射率 } Ref = \pi * L_{toa} / E_0$$

$$\text{辐亮度 } L_{toa} = Ref * E_0 / \pi$$

$$\text{表观反射率 } \rho_{toa} = \pi \cdot L_{toa} / \left(\frac{\mu \cdot E_0}{D_{ES}^2} \right) = D_{ES}^2 * Ref / \mu$$

其中， E_0 取自本文档中表 4-1，或者 L1 数据集中属性 '*Solar_Irradiance*'，

D_{ES} 取自 L1 数据集中属性 '*EarthSun Distance Ratio*' 。

6.2 红外辐射与亮温转换

根据定标计算说明（第 5 部分）将红外通道科学数据集转换为辐亮度，单位 $\text{mW}/(\text{m}^2 \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{sr})$ 。将它转换成黑体亮温按如下两步进行，

1) 先基于等效中心波数 *MERSI_EquivMid_wn* 以及通道辐亮度，通过 Plank 逆变换计算得到等效黑体亮温 T_e ，

$$T_e = \text{Plank}^{-1}(\text{radiance}, \text{MERSI_EquivMid_wn})$$

其中，*MERSI_EquivMid_wn* 获取自本文档表 4-3，单位 cm^{-1} ，也可以根据为 L1 文件里面的属性变量 *Effect_Center_WaveLength*（单位 μm ）对应通道值转换，

MERSI_EquivMid_wn=10000./Effect_Center_WaveLength

2) 再利用通道亮温修正系数 (TbbCorr_Coeff) , 将 Te 转换为通道黑体亮温 Tbb, 用如下公式进行转换:

$$Tbb = A * Te + B$$

其中, A 和 B 分别为 L1 文件里面的属性变量 TBB_Trans_Coefficient_A 和 TBB_Trans_Coefficient_B, 或者获取自本文档表 4-3, TbbCorr_Coeff。

备注: 亮温转换涉及到的参数生命期内通常不会改变, 可以固定使用表 3 所列数值, 也可以从 L1 属性文件里获取。在读取和使用属性文件时, 建议先检查存储内容是否正确。