

风云三号 E 星中分辨率光谱成像仪-微光型

L1 产品使用说明

(V3.2)

国家卫星气象中心

2021 年 06 月

文档编写：徐寒列

文档校对：王玲、漆成莉

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
V0.1	2016-09	初始版本	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
V1.0	2017-03	修订版本	徐娜	基于上一版，补充反射波段定标计算和反射率转换
V2.0	2019-02	修订版本	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”
V2.1	2019-07	修订版本	徐娜	补充文档修改记录和引用方式。
V3.0	2021-04	修订版本	徐寒列	参考“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”格式内容编写“风云三号（03 批）气象卫星地面应用系统工程 E 星中分辨率光谱成像仪数据使用指南”
V3.1	2021-05	修订版本	徐寒列	根据新模板修订，增加 L1 产品处理介绍和数据服务内容。
V3.2	2021-06	修订版本	徐寒列	增加批准、审批

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.....	5
3. L1 产品处理简介	7
4. 数据简介.....	8
4.1 L1 数据产品文件	8
4.2 数据维数介绍.....	9
4.3 数据集介绍.....	10
5. 仪器光谱与光谱参数.....	15
5.1 通道光谱响应函数文件.....	15
5.2 光谱参数信息.....	15
6. 物理量转换说明.....	16
6.1 太阳反射波段辐亮度转换计算.....	16
6.2 红外发射波段亮温转换计算.....	16
7. 数据服务.....	17

1. 引言

1.1 文档概述

风云三号 E 星为 03 批卫星系列中的第一颗星，为晨昏轨道太阳同步轨道卫星。风云三号晨昏卫星以数值天气预报为主要应用目标，对天气会商、热带气旋和其他极端气象灾害预警、气候监测、空气质量监测、太阳和空间天气观测具有独特优势。

风云三号 E 星中分辨率光谱成像仪（微光型）（以下简称 MERSI-LL）设置有 1 个微光通道和 6 个中/长波红外波段，其中 2 个红外分裂窗通道空间分辨率为 250 米，其余通道为 1000 米。通过对微光和红外波段多光谱连续综合观测，实现云、水汽、陆地表面特性等大气、陆地、海洋参量的高精度定量反演，提高我国在天气预报、气候变化研究和地球环境监测的能力。MERSI-LL 微光通道和红外通道设计以星上定标作为业务定标手段，具备全口径全光路可见光和红外通道的星上定标功能，且可为月球定标提供完整月球全圆盘观测功能，中分辨率光谱成像仪（微光型）所有通道获取昼夜全球观测数据。

本文档主要为 FY-3E/MERSI-LL 仪器地面处理生成的 L1 数据的用户使用指南文档，主要描述一级产品数据集内容和数据使用方法、光谱参数及相关物理量转换方法。

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 星中分辨率光谱成像仪 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 MERSI-LL 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）中分辨率光谱成像仪（微光型）型正样设计报告，中国科学院上海技术物理研究所，2020.03。

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

中分辨率光谱成像仪微光型 (MERSI-LL) 是搭载于晨昏轨道卫星 FY-3E 上的重要光学仪器, 通过对微光和红外波段多光谱连续综合观测, 实现云、水汽、陆表等地气特征参量的高精度定量反演。MERSI-LL 具备晨昏轨道上的微光和红外探测能力, 共设置 7 个通道, 其中包括 1 个微光通道, 6 个热红外通道, 其中两个红外分裂窗通道空间分辨率为 250m, 其余通道空间分辨率为 1000m。MERSI-LL 的红外通道继承了 MERSI-II 的红外通道设置, 太阳反射波段将原有的可见光、近红外通道替换为一个 400nm 带宽的微光通道, 可以实现晨昏线附近大动态跨度的可见光反射辐射以及热红外辐射测量。两个红外吸收通道, 可实现对水汽吸收以及云参数的定量遥感; 4.05 微米中红外通道具有高动态, 可实现对火等高亮度目标的监测; 250 米红外窗区通道, 能够实现对夜间目标的清晰成像; 微光通道为 400nm 的宽波段通道, 通过 3 档增益设置实现晨昏线附近大动态范围的观测。

表 1 FY-3E/MERSI-LL 技术指标

序号	参数	指标
1	探测通道	采用微光探测通道代替原可见光、近红外探测通道
2		取消原有 3 个短波红外探测通道, 新增 1.24 微米试验通道
3	长波红外通道探测灵敏度	0.3@10.8 μm 、12 μm
4	定标精度	红外通道 0.4K/0.2K(期望) 微光通道: 夜晚 50%/10%, 白天 10%/5%
5	量化等级	12 比特
6	扫描范围	(-54.7° ~+50°) \pm 0.1°
7	扫描器转速	40 转/分

8	每条扫描线采样点	1536 (~1000 米) , 6144 (~250 米)
9	扫描稳定度	扫描周期的稳定度小于 0.25 个像元时间 (1KM)
10	通道 MTF	250m 通道 MTF>0.3
11	通道配准	通道间配准精度<0.25 像元
12	仪器寿命	连续运行 8 年以上

表 2 FY-3E/MERSI-LL 通道光谱特征参数

通道编号	中心波长 (μm)	最大辐射值 L_{max}/T_{max} W/m ² /sr	最小辐射值 L_{min}/T_{min} W/m ² /sr	典型辐射值 L_{typ}/T_{typ} W/m ² /sr	灵敏度 SNR/ NEΔT @ L_{typ}/T_{typ}	测量精度 (%/T) 最低要求 /期望指标
1	0.70	90	3e-5	4e-5(晚上)	7	50%/10%
				50 (白天)	200	10%/5%
2	3.8	350K	186K	300K	0.25K	0.4K/0.2K
3	4.05	380K	185K	300/380K	0.25K	0.4K/0.2K
4	7.2	270K	186K	270K	0.30K	0.4K/0.2K
5	8.55	330K	185K	270K	0.25K	0.4K/0.2K
6	10.8	345K	185K	300K	0.30K	0.4K/0.2K
7	12.0	345K	185K	300K	0.30K	0.4K/0.2K

卫星在寿命期间，中分辨率成像光谱仪（微光型）连续工作。中分扫描镜转速为 40 转/分，扫描角为 $-54.7^{\circ} \sim +50^{\circ}$ ，卫星在 836km 高度飞行，中分可以在星下点两侧、宽度约为 2500Km 的条幅内获得 7 个通道大气数据，提供给用户反演和使用。

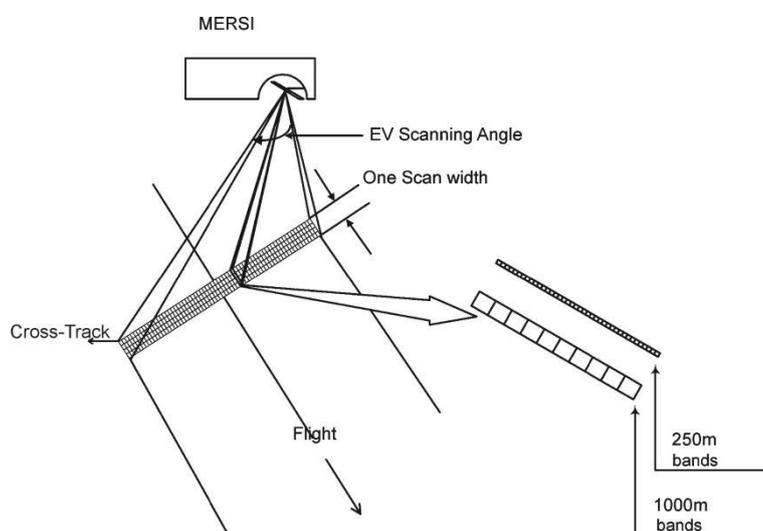


图 1 MERSI 扫描地球场景示意图

3、L1 产品处理简介

MERSI-LL 定标处理在读入 L1A 数据和定位处理结束后，基于外部输入参数确定运行模式，对文件名称等初始化，读取数据然后进行定标处理（包括平滑处理、定标系数计算、探元归一化），多线程定标处理，输出定标结果并释放资源，完成定标功能。

L1A 数据文件包含整轨的 MERSI 数据，以 HDF 格式保存，该文件是一个中间数据文件，主要为后端的其它数据预处理功能模块提供输入。

定位处理功能模块计算每个 1km 像元的经纬度和四个观测几何角度，它主要由公共地理定位处理分系统完成，MERSI 数据预处理分系统提供每个像元的观测时间码和扫描角，该定位功能模块生成一个定位数据和相关辅助数据文件（HDF）。

由于 MERSI 是采用多探元并扫方式，每个通道以 10 探元或 40 探元同时扫

描，探元间辐射响应不完全一致，进而引起原始遥感图像存在条纹和条带现象，在进一步辐射定标处理前应进行通道内不同探元的辐射响应归一化。

数据质量检验处理模块主要对定标所需所有涉及星上观测变量的质量进行分析，包括太阳、月亮污染检测等，并给出质量标识。质量分析结果输出作为定标模块是否降级定标处理的参考依据。同时定标处理模块的定标信息会返回给质量检验模块，以此计算红外波段业务定标不确定性指数。

定标处理功能模块读入 L1A 数据、定位处理结果以及质量检验结果后，利用定标算法生成两个地球观测数据文件，每个地球观测数据文件按不同空间分辨率通道放置，一个存放 250m 分辨率通道数据，一个存放 1km 分辨率通道数据，其中 1km 分辨率通道数据文件中同时存放 250m 分辨率通道的降低到 1km 分辨率数据，这需要空间合成匹配处理，由 250m 通道匹配处理功能模块来完成。每种分辨率的地球观测数据文件还配备一个相应分辨率的地理定位文件。定标处理功能模块包括热红外通道定标和太阳反射通道定标两个子功能模块，前一个功能模块负责定标处理通道 2-7，后一个功能模块负责处理其它太阳反射通道。针对红外通道，根据读入的质量检验信息，对污染区域定标采取降级处理方式，并给出标识。连同定标系数返回给质量检验模块。定标处理功能模块同时还输出一个 OBC 文件，内容包括星上定标器和相关设备（黑体、可见光定标器和冷空间）的所有监测和观测数据，包括反映仪器状态的全部工程参数数据，文件以 HDF 保存，该文件主要提供给离线定标分析处理使用。定标处理功能模块还需要为替代定标（辐射校正场定标、交叉定标等）方法提供定标系数更新入口，用于星上定标出现故障或存在偏差时的补充。

4.数据简介

4.1L1 数据产品文件

MERSI 预处理结束后共输出 4 个 L1 数据产品文件，文件命名分别为“FY3E_MERSI_GRAN_L1_YYYYMMDD_HHmm_1000M_Vn.HDF ”，
“FY3E_MERSI_GRAN_L1_YYYYMMDD_HHmm_0250M_Vn.HDF”

“FY3E_MERSI_GRAN_L1_YYYYMMDD_HHmm_GEO1K_Vn.HDF”

“FY3E_MERSI_GRAN_L1_YYYYMMDD_HHmm_GEOQK_Vn.HDF”

“L1”字段表示该数据集为预处理输出的 L1 级数据，“1000M”和“0250M”分别表示空间分辨率为 1km 和空间分辨率为 250m 通道的辐射定标数据，“GEO1K”和“GEOQK”分别表示空间分辨率为 1km 和空间分辨率为 250m 通道的定位信息数据。文件以 5 分钟块进行切块，产品文件信息如下表 3 所示。

表 3 FY-3E_MERSI-LL L1 数据产品

序号	产品名称	产品格式	周期	产品描述	关键词
1	FY3E_MERSI_GRAN_L1_YYYYMMDD_HHmm_1000M_Vn.HDF	HDF	5 分钟	MERSI-LL 1KM 分辨率观测数据文件	1000M
2	FY3E_MERSI_GRAN_L1_YYYYMMDD_HHmm_0250M_Vn.HDF	HDF	5 分钟	MERSI-LL 250M 分辨率观测数据文件	0250M
3	FY3E_MERSI_GRAN_L1_YYYYMMDD_HHmm_GEO1K_Vn.HDF	HDF	5 分钟	MERSI-LL 1KM 分辨率定位数据文件	GEO1K
4	FY3E_MERSI_GRAN_L1_YYYYMMDD_HHmm_GEOQK_Vn.HDF	HDF	5 分钟	MERSI-LL 250M 分辨率定位数据文件	GEOQK

4.2 数据维数介绍

MERSI-LL 对地观测数据为多维数组，其维数说明和数值如下表 4 所示。

表 4FY-3E/MERSI-LL L1 数据维数说明

名称	数值	说明
Scan_Frame_number	200	每个 5 分钟数据块的扫描帧数
Scan_Line_number (1KM)	2000	每个 5 分钟数据块的扫描行数
Scan_Line_number (250M)	8000	每个 5 分钟数据块的扫描行数
Pixels_per_Scan	1536	对地观测每行像元数

(1KM)		
Pixels_per_Scan (250M)	6144	对地观测每行像元数

4.3 数据集介绍

表 5-表 8 分别为 FY-3E/MERSI-LL 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 5 FY-3E 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.1 KM_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
	SDS2	EV_1KM_Emissive	1KM Emissive Bands Earth View Science Data	地球观测 1km 热红外通道
	SDS3	EV_1KM_LL	1km Low Light Bands Earth View Science Data	地球观测 1km 微光通道
Calibration Fields	SDS4	Frame_Count	Frame Count	扫描帧计数
	SDS5	Kmirror_Side	Kmirror Side (0 or 1 side) Flag	K 镜镜面标识
	SDS6	EV_start_time	Earth View Start Time Since J2000.0	EV 起始时间
	SDS7	SV_DN_average_Emissive	Emissive BandsSpace View DN average	红外通道标准探元的冷空 DN 平均值
	SDS8	LL_Gain_Stage_Table	Low light Band Gain stage table	微光通道增益阶段选择表

	SDS9	IR_Cal_Coeff	Emissive Bands calibration Coefficients	红外通道定标系数
	SDS10	LL_Cal_Coeff	Low Light Bands calibration Coefficients	微光通道定标系数
	SDS11	Effect_Center_WaveLength	Effect Center WaveLength	等效中心波长
	SDS12	Solar_Irradiance	Solar Irradiance	太阳反射通道太阳辐射
GEO Fields	SDS13	Latitude	Latitude for Every five Pixels	每隔 5 像元纬度
	SDS14	Longitude	Longitude for Every five Pixels	每隔 5 像元经度
QA Fields	SDS15	QA_Frame_Flag	Quality Assurance_Flag for Each Frame	扫描帧预处理质量标识

表 6 FY-3E 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 of each pixel based on WGS-84 Earth ellipsoid and topography with Digital Elevation Model	逐像元纬度
	SDS2	Longitude	Longitude of each pixel based on WGS-84 Earth	逐像元经度

			ellipsoid and topography with Digital Elevation Model	
	SDS3	Altitude	Altitude of each pixel with terrain correction	逐像元地形校正后的大地高度
	SDS4	SensorAzimuth	SensorAzimuth	仪器方位角
	SDS5	SensorZenith	SensorZenith	仪器天顶角
	SDS6	SolarAzimuth	SolarAzimuth	太阳方位角
	SDS7	SolarZenith	Solar Zenith	太阳天顶角
	SDS8	MoonAzimuth	Moon Azimuth	月亮方位角
	SDS9	MoonZenith	Moon Zenith	月亮天顶角
	SDS10	LandSeaMask	LandSeaMask	海陆掩码
	SDS11	LandCover	LandCover	陆地覆盖类型
Timedata Fields	SDS12	Day_Count	Day Count of Observation Time since 12:00:00 on Jan 1, 2000 in 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
	SDS13	Millisecond_Count	Millisecond Count of Observation Time from 12:00 am of Each Day in UTC	观测时间的天内毫秒计数, 自世界时每天的中午 12:00 开始计数
	SDS14	DayNightFlag	DayNightFlag	白天/夜晚模式标志

表 7 FY-3E 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_Emissive_b6	250m Earth View Data for Emissive Band 6	地球观测 250m 热红外通道 6
	SDS2	EV_250_Emissive_b7	250m Earth View Data for Emissive Band 7	地球观测 250m 热红外通道 7
Calibration Field	SDS3	Frame_Count	Frame Count	扫描帧计数
	SDS4	EV_start_time	Earth View Start Time Since J2000.0	EV 起始时间
	SDS5	Kmirror_Side	Kmirror Side (0 or 1 side) Flag	K 镜镜面标识
	SDS6	SV_DN_average	Space View DN average	冷空计数值平均值
	SDS7	IR_Cal_Coeff	Calibration coefficients for Emissive Band	热红外通道定标系数
	SDS8	Effect_Center_Wavelength	Effect Center Wavelength	等效中心波长
GEO Fields	SDS9	Latitude	Latitude for Every twenty Pixels	每隔 20 像元纬度
	SDS10	Longitude	Longitude for Every twenty Pixels	每隔 20 像元经度
QA Field	SDS11	QA_Frame_Flag	Quality Assurance_Flag for Each Frame	扫描帧预处理质量标识

表 8 FY-3E 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	科学数据集名		科学数据集英文描述	科学数据集中文描述
Geolocation Fields	SDS1	Latitude	Latitude of each pixel in Earth Topography based on WGS84 and Digital Elevation Model	逐像元纬度
	SDS2	Longitude	Longitude of each pixel in Earth Topography based on WGS84 and Digital Elevation Model	逐像元经度
	SDS3	Altitude	Altitude of each pixel with terrain correction	逐像元地形校正后的大地高度
	SDS4	SensorAzimuth	SensorAzimuth	仪器方位角
	SDS5	SensorZenith	SensorZenith	仪器天顶角
	SDS6	SolarAzimuth	SolarAzimuth	太阳方位角
	SDS7	SolarZenith	Solar Zenith	太阳天顶角
Timedata Fields	SDS8	Day_Count	Day Count of Observation Time since 12:00:00 on Jan 1, 2000 in 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
	SDS9	Millisecond_Count	Millisecond Count of Observation Time from 12:00 am of Each Day in UTC	观测时间的天内毫秒计数, 自世界时每天的中午 12:00 开始计数
	SDS10	DayNightFlag	DayNightFlag	白天/夜晚模式标志

5. 仪器光谱与光谱参数

5.1 通道光谱响应函数文件

文件名：

FY3E_MERSI_SRF_CHnn_Pub.txt 通道编号 nn=01,02,03,04,05,06,07

文件内容：

列 1：波长 (nm)；列 2：归一化光谱响应

注：FY-3E_MERSI-LL 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 9 FY-3E_MERSI-LL 个通道基准探元

通道 1	8
通道 2	2
通道 3	5
通道 4	6
通道 5	3
通道 6	23
通道 7	12

5.2 光谱参数信息

Band	Required_Mid_wn (cm ⁻¹)	MERSI_Equiv Mid_wn (cm ⁻¹)	T_type (K)	R_type mW/(m ² .cm ⁻¹ .sr)	TbbCorr_Coeff	
					A	B
2	2631.579	2623.369	300	0.7445	1.00090	-0.5091

3	2469.136	2466.214	300	1.3053	1.00058	-0.3144
4	1388.889	1384.461	270	19.8076	1.00118	-0.3956
5	1169.591	1164.837	270	37.9157	1.00027	-0.0782
6	925.926	926.606	300	112.6060	1.00121	-0.2810
7	833.333	837.013	300	128.5190	1.00113	-0.2286

表 10 红外通道等效中心波数、典型黑体辐亮度以及通道亮温修正系数

6. 物理量转换说明

以下以 1KM L1 文件为例，说明物理量计算和转换方法，250m L1 文件方法相同。

6.1 太阳反射波段辐亮度转换计算

数据集 EV_1KM_LL 为 1km 存储为经过探元归一化和增益归一化后的码值（DN 值），通过如下公式进行定标计算，获得通道辐亮度，

$$dn = DN * Slope + Intercept$$

$$L = Cal_1 * dn + Cal_0$$

其中，Cal_0 和 Cal_1 分别为数据集 LL_Cal_Coeff 中的定标系数，分别对应第 1 列和第 2 列，Slope 和 Intercept 分别为 EV_1KM_LL 中的属性。

6.2 红外发射波段亮温转换计算

(1) 红外通道辐亮度转换说明

数据集 EV_1KM_Emissive 和 EV_250_Aggr.1KM_Emissive 分别为 1km 发射通道（CH2~5）和 250m 发射通道（CH6~7）融合成 1km 空间分辨率的放大后辐亮度值 RAD0，通过如下公式进行定标计算，获得辐亮度 RAD，单位 mW/(m².cm-1.sr)。

$$RAD=RAD0*Slope+Intercept$$

Slope 和 Intercept 分别为 EV_1KM_Emissive 和 EV_250_Aggr.1KM_Emissive 中的属性。

*红外通道不需要使用定标系数进行辐射定标计算。

(2) 红外通道亮温转换

1) FY3E/MERSI L1 数据中红外通道科学数据集均存储的为红外辐亮度, 单位 $mW/(m^2 \cdot cm^{-1} \cdot sr)$ 。将它转换成黑体亮温按如下两步进行,

2)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 Te ,

$$Te = Plank^{-1} (radiance, MERSI_EquivMid_wn)$$

3) 再利用通道亮温修正系数 ($TbbCorr_Coeff$, 如上表所示), 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, $TbbCorr_Coeff$ 。

7. 数据服务

MERSI-LL 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/>

此外, 后端用户应用中可能用到的光谱响应函数、灵敏度、定标精度等文件, 以及 L1 产品读取代码 (C++, python), 将随产品使用指南一起提供。

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：徐寒列

电话：010-68406763

邮箱：xuhanlie@cma.gov.cn