

风云三号 E 星电离层光度计-多角度型

L1 产品使用说明

(V2.1)

国家卫星气象中心

2021 年 06 月

文档编写：毛田

文档校对：李嘉巍

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	2021.3.25	初始版本	毛田	
V2.0	2021.05.30	修订版本	毛田	根据新模板修订
V2.1	2021.06.28	修订版本	毛田	增加批准、审批

目录

1. 引言.....	3
1.1 文档概述.....	3
1.2 依据文件.....	4
2.仪器介绍.....	4
3. L1 产品处理简介	7
3.1 概述.....	7
3.2 产品处理.....	7
4. 数据简介.....	8
4.1 氧原子数据集.....	8
4.2 氮分子数据集.....	9
5. 灵敏度.....	9
6.L1 产品质量码	11
6.1 数据质量标记.....	11
6.2 质量控制标识.....	12
6. 数据服务.....	13

1. 引言

1.1 文档概述

电离层光度计-多角度型 (Tri-IPM) 是一种具有三个探头的高灵敏度气辉强度探测仪，是 FY-3(03 批)晨昏星上的光学遥感探测仪器。该仪器通过探测 OI 135.6nm 和 N₂ LBH 的气辉辐射强度，实现日夜交界面上气辉变化的监测分别对

日边、夜边和曙暮时段的电离层进行探测，有望获得电离层在晨昏时刻的变化情况，对于补充电离层全天候的变化过程是非常有用的。

本文档主要为 FY-3E/Tri-IPM 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 星多角度电离层光度计 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 Tri-IPM 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）多角度电离层光度计正样设计报告，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

Tri-IPM 探测头部安装在卫星平台对地面上，要求在 X 方向 3.5° 视场范围内视场无遮挡，Y 方向视场三个探头与星下点夹角分别为 30°，0° 和 -30°。

由于太阳入射方向与赤道面夹角一年内随季节有 $\pm 23.5^\circ$ 的周期性变化，而轨道面与赤道面夹角为 98° 固定不变，因此晨昏面与轨道面在一年内不是始终近似平行的，所以探测器视场的地面覆盖区域可能有以下三种情况。

（1）卫星经过北极附近时视场的地面覆盖区域均为白天，经过南极附近时视场的地面覆盖区域均为夜晚，经过赤道附近时视场的地面覆盖区域半黑半白，如图 1 所示。时间约为每年 4 月中旬至 9 月上旬。

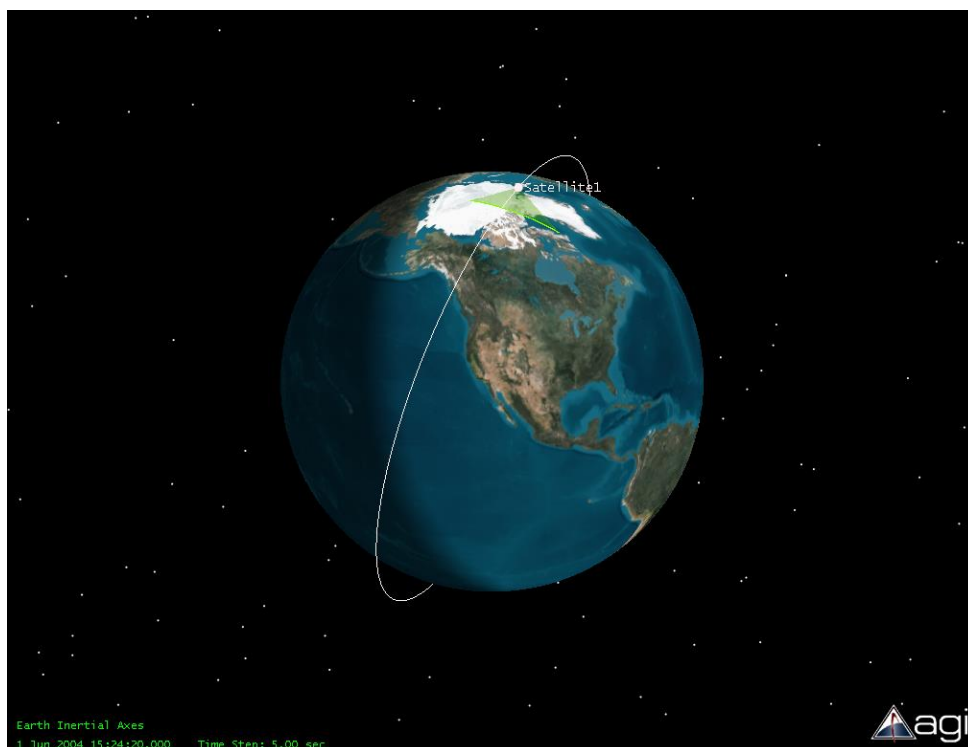


图 1 4-9 月份太阳光照和观测情况

(2) 卫星整个轨道运行时间内视场的地面覆盖区域半黑半白，如图 2 所示。时间约为每年 1 月下旬至 4 月中旬与 9 月上旬至 11 月下旬。

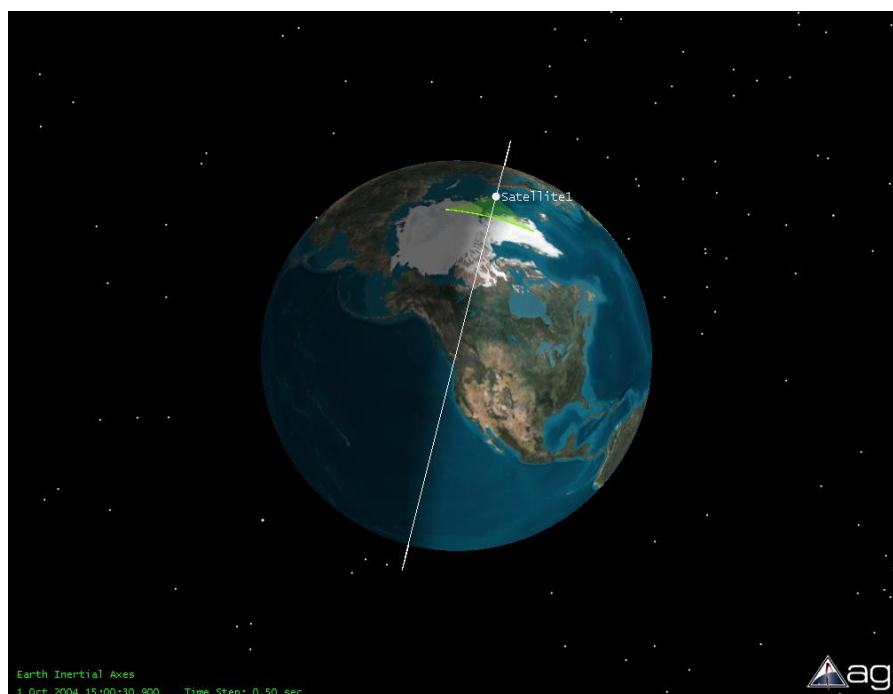


图 2 1-4 月和 9-11 月份太阳光照和观测情况

(3) 卫星经过北极附近时视场的地面覆盖区域均为夜晚，经过南极附近时视场的地面覆盖区域均为白天，经过赤道附近时视场的地面覆盖区域半黑半白，如图

3 所示。时间约为每年 11 月下旬至次年 1 月下旬。

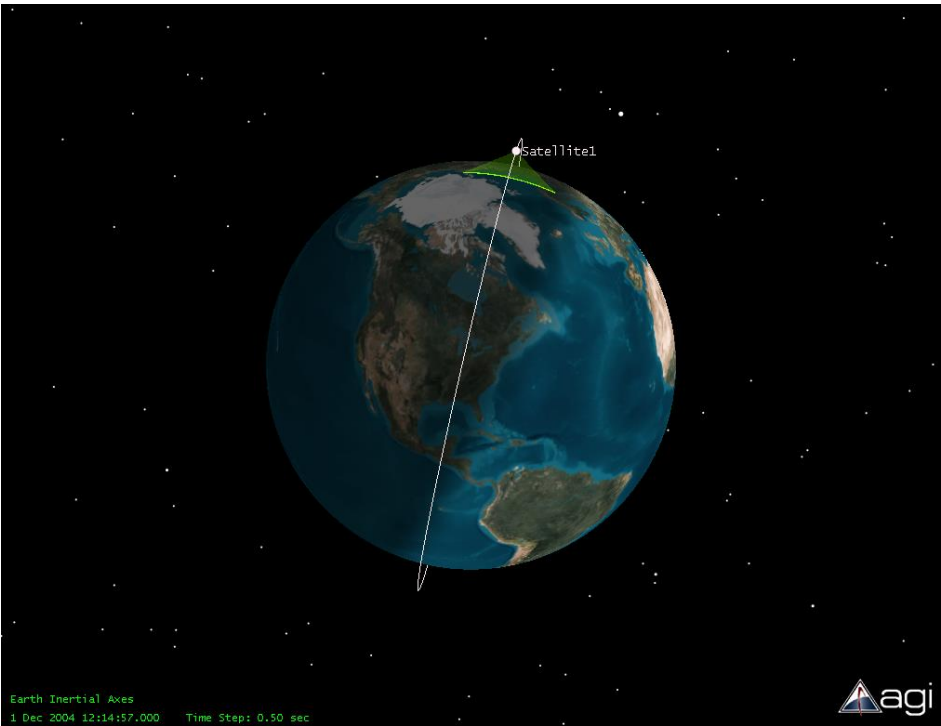


图 3 11 月-1 月份太阳光照和观测情况

Tri-IPM 星下点及两侧的各探头在全年的探测中将覆盖日、夜、晨昏三种不同的光照条件，每个探头都具备夜间、白天和晨昏探测的功能。

表 1 Tri-IPM 通道配置要求

参数	指标
探测目标	电离层电子含量
探测方式	对地(三个探头在卫星 YZ 平面上分别指向 $Z=0^\circ$ 、 -30° 、 30° 方向)
单视场	$\sim 3.5^\circ$ （沿轨） $\times 1.6^\circ$ （跨轨）
测量波段	135.6nm 和 N_2 LBH 带（白天模式） 135.6nm 和 N_2 LBH 带（日夜交界模式） 135.6nm（夜间模式）
灵敏度	白天模式（ $\geq 1 \text{ counts/s/Rayleigh}$ ） 日夜交界模式（ $\geq 1 \text{ counts/s/Rayleigh}$ ） 夜间模式（ $\geq 150 \text{ counts/s/Rayleigh@135.6nm}$ ）
瞬时空间分辨率	电离层高度（300km）： $\sim 30 \text{ km@星下点}$

时间分辨率	优于 2s（白天模式） 优于 10s（日夜交界模式） 优于 10s（夜间模式）
辐射定标精度	15%（最低要求），10%（期望值）

3. L1 产品处理简介

3.1 概述

Tri-IPM L1 产品是基于 L0 原始数据以及预处理静态参数，经过解码、地理定位、质量检查、辐射定标等处理过程之后生成的辐射强度数据，并提供给用户进行同化、反演等应用。

3.2 产品处理

Tri-IPM L1 产品处理过程的解码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，温度修正、非线性度矫正和物理变量转化。最终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，同时输出 L1A 数据文件。

将获取 Tri-IPM L0 产品和 Tri-IPM 工程参数表等，根据源包数据文件中约定的数据格式进行解包，根据 Tri-IPM 工程参数表进行物理量转换。对时间码和 GPS 数据的合理性进行校验。

地理定位获取 L1A 文件、平台遥测数据、轨道根数、定位静态数据等，完成观测资料每个观测像元的地理定位（经纬度），太阳/仪器天顶角和方位角、仪器坐标系下的太阳天顶角和方位角等派生参数的计算，并逐像元给出定位质量标识，输出定位相关文件。将过程中重要日志信息实时返回 IOCS。

辐射定标获取 L1A 产品、定标静态数据等；利用定标参数表计算每个观测像元 135.6nm/LBH 辐射强度，并进行质量标识；将观测辐射值，以及定标质量标识输出到定标相关文件。将重要日志信息实时返回 IOCS。

L1 产品生成，汇总数据解码与质量检查、地理定位、辐射定标过程输出的

质量码，生成综合质量标识码、生成标准格式的 Tri-IPML1 产品和 OBC 产品。

4. 数据简介

根据光谱的特性，Tri-IPM 分为白天，夜间和晨昏三种工作模式；白天和晨昏模式下可以观测 OI135.6nm 和 N₂ LBH 带，白天和晨昏的积分时间不同，具体的积分时间见 L1 观测文件；夜间观测模式只能观测 OI 135.6nm 气辉。

FY-3E/Tri-IPM 的 L1 产品文件主要包含时间码、地理定位结果（经纬度、太阳天顶角、太阳方位角）、辐射定标数据以及质量标识等信息。

4.1 氧原子数据集

基于辐射产品进行遥感开发应用的用户主要使用辐射数据，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 辐射产品文件进行说明。辐射产品数据集分为氧原子观测数据集（OI）和 LBH 带观测数据集（LBH）。数据集中 A、B、C 分别指代包括 A，B，C 三个探测头，探头方向分别是指向天底方向，跨轨方向偏离星下点 30° 靠近冷空方向，跨轨方向偏离星下点 30° 靠近太阳方向。DY、TW、NT 指的是白天、晨昏和夜间三个观测模式。

Tri-IPM 定标处理后 OI 数据，其典型的输出包括天计数，毫秒计数，纬度，经度，太阳天顶角和方位角（夜间模式无），气辉辐射强度，质量控制标志（详见表 2），这个典型输出按照探头和模式进行组合，共有 66 个科学数据集。

表 2 FY-3E/Tri-IPM L1 数据填充值说明科学数据集

序号	科学数据集	中文描述
1.	X_OI_MD_Day_Count	X 探头氧原子 MD 气辉观测时间天计数
2.	X_OI_MD_ms_count	X 探头氧原子 MD 气辉观测时间毫秒计数
3.	X_OI_MD_Longitude	X 探头氧原子 MD 气辉观测的经度(距地面 350Km)
4.	X_OI_MD_Latitude	X 探头氧原子 MD 气辉观测的纬度(距地面 350Km)
5.	X_OI_MD_Solar_Zen	X 探头 OI 太阳天顶角(距地面 350Km)
6.	X_OI_MD_Solar_Azi	X 探头 OI 太阳方位角(距地面 350Km)
7.	X_OI_MD_Radiance	X 探头氧原子 MD 气辉辐射强度
8.	X_OI_MD_Quality_control_id	X 探头氧原子 MD 气辉观测的质量控制标志

其中，X 为探头，其值可为 A、B、C；MD 为模式，其值可为 DY，TW 和 NT。需要说明的是夜间观测模式中没有太阳天顶角和方位角数据，即无

X_OI_NT_Solar_Zen 和 X_OI_NT_Solar_Azi。时间包括天计数和毫秒计数两个数据集，天计数数据集名称为 X_OI_MD_Day_Count，FY-3 系列卫星数据时间都是以 2000 年 1 月 1 日 12 时（世界时）为起始时间，天计数为相对于该起始时间的累加天数，毫秒计数数据集名称为 X_OI_MD_ms_count 是指一天中的毫秒计数，以 12 时清零。

4.2 氮分子数据集

Tri-IPM 定标处理后 LBH 数据，其典型的输出包括天计数，毫秒计数，纬度，经度，太阳天顶角和方位角，气辉辐射强度，质量控制标志（详见表 3），LBH 只有白天和晨昏模式可以观测，这个典型输出按照探头和模式进行组合，共有 48 个科学数据集。

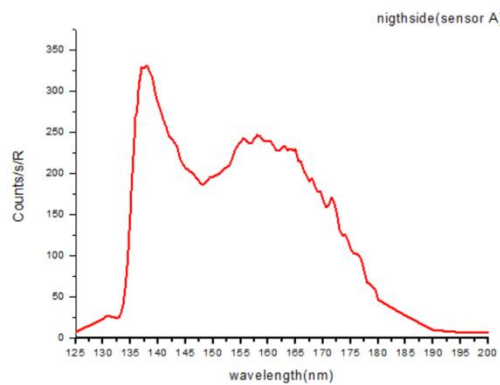
表 3 FY-3E/Tri-IPM L1 数据填充值说明科学数据集

序号	科学数据集	中文描述
1.	X_LBH_MD_Day_Count	X 探头氮分子 MD 气辉观测时间天计数
2.	X_LBH_MD_ms_count	X 探头氮分子 MD 气辉观测时间毫秒计数
3.	X_LBH_MD_Longitude	X 探头氮分子 MD 气辉观测的经度(距地面 110Km)
4.	X_LBH_MD_Latitude	X 探头氮分子 MD 气辉观测的纬度(距地面 110Km)
5.	X_LBH_MD_Solar_Zen	X 探头 LBH 太阳天顶角(距地面 110Km)
6.	X_LBH_MD_Solar_Azi	X 探头 LBH 太阳方位角(距地面 110Km)
7.	X_LBH_MD_Radiance	X 探头氮分子 MD 气辉辐射强度
8.	X_LBH_MD_Quality_control_id	X 探头氮分子 MD 气辉观测的质量控制标志

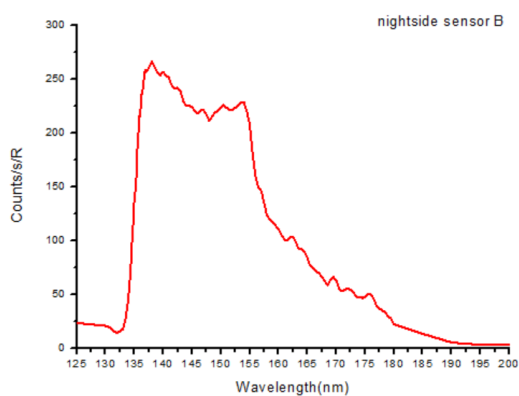
其中，X 为探头，其值可为 A、B、C；MD 为模式，其值可为 DY 和 TW。需要说明的是同上时间都是以 2000 年 1 月 1 日 12 时（世界时）为起始时间。

5. 灵敏度

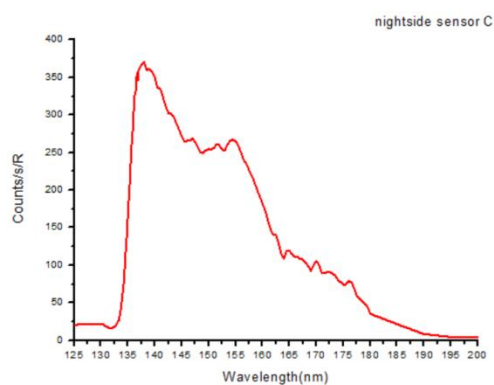
FY-3E/Tri-IPM 白天和夜间的光谱响应情况下图 4-6 所示：



a 探头 A 夜间灵敏度

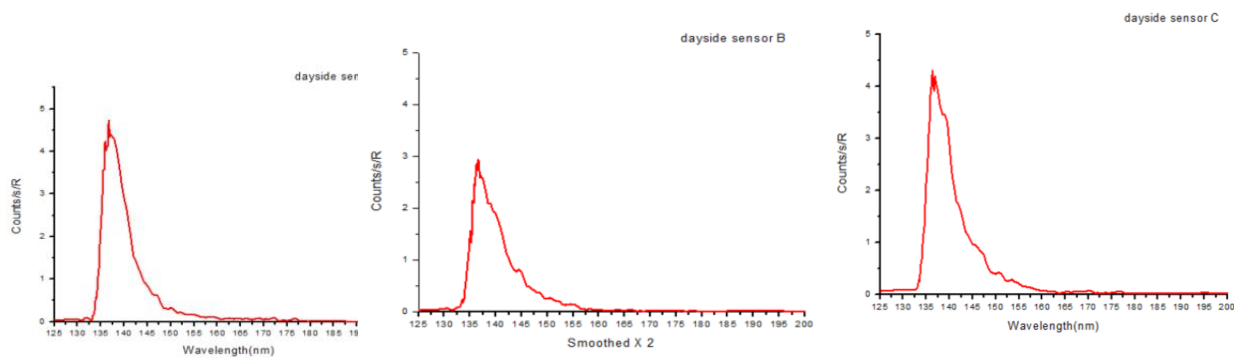


b 探头 B 夜间灵敏度



c 探头 C 夜间灵敏度

图 4 FY-3E/Tri-IPM 夜间灵敏度测量结果

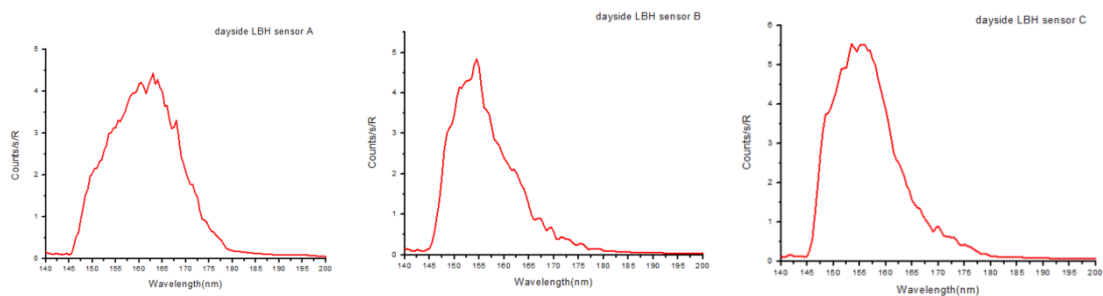


a 探头 A

b 探头 B

c 探头 C

图 5 FY-3E/Tri-IPM 白天(晨昏)135.6nm 波段灵敏度测量结果



a 探头 A b 探头 B c 探头 C

图 6 FY-3E/Tri-IPM 白天(晨昏)LBH 带灵敏度测量结果

根据上述结果 FY-3E/Tri-IPM 3 个探头夜间和白天的灵敏度分别如下表所示：

表 3 FY-3E/Tri-IPM 各探头夜间灵敏度

通道	夜间灵敏度（@135.6nm）(counts/s/R)
A 探头探测通道	227.03
B 探头探测通道	193.13
C 探头探测通道	242.083
A 探头定标通道	214.67

表 4 FY-3E/Tri-IPM 各探头白天（晨昏）通道 135.6nm 测试结果

通道	白天灵敏度 （@135.6nm） (counts/s/R)	带宽（@135.6nm） （FWHM）	白天灵敏度 （@LBH） (counts/s/R)	带宽（@LBH） （FWHM）
A 探头 探测通道	3.48	5.4nm	3.17	20nm
B 探头 探测通道	2.29	6nm	2.33	12nm
C 探头 探测通道	3.21	6nm	3.20	14nm

6.L1 产品质量码

L1 产品质量码包含两个数据集，分别为全局属性中的数据质量标记和科学数据集中的质量控制标识。

6.1 数据质量标记

全局属性中的数据质量标记表示整轨数据的完整性，总共分为 6 级，值为 0-5，0 级质量最好。其具体计算如下：

- （1）根据质检后写入的 Count_TimeSeqErr（坏时间码数）+Count_Missing_scnlines（丢线数），除以总线数，计算坏线比例 L；

- (2) 根据实际定标处理后的坏定标处理线数，除以总线数，计算定标失败比例 C ；
- (3) 计算 L 和 C 的最大值 $X = \text{MAX}(L, C)$ ；
- (4) 如果 X 等于 0，质量码标记为 0；
- (5) 如果 $0 < X \leq 0.1$ 质量码标记为 1；
- (6) 如果 $0.1 < X \leq 0.8$ ，则判断两种情况：
- 如果 $0.1 < L \leq 0.8$ 并且 $0.1 < C \leq 0.8$ 时，质量码标记为 3，否则质量码标记为 2；
- (7) 如果 $X > 0.8$ ，则判断两种情况：
- 如果 $L > 0.8$ 并且 $C > 0.8$ 时，质量码标记为 5，否则质量码标记为 4。

6.2 质量控制标识

质量控制标识表示每次观测的观测质量，其科学数据集为 $X_OI_MD_Quality_control_id$ 和 $X_LBH_MD_Quality_control_id$ ，根据探头和模式的组合共有 15 种。质量控制标志设计为 16 位，每一位 0 或者 1 表示质量好与坏。其中，

第 0 位标识定标是否成功，0 表示定标成功，1 表示定标失败；

第 1 位标识定位是否成功，0 表示定位成功，1 表示定位失败；

第 2 位标识光电倍增管高压是否在正常范围，0 表示在正常范围，1 表示不在正常范围；

第 3 位标识滤光片温度是否在正常范围，0 表示在正常范围，1 表示不在正常范围；

第 4 位标识电机状态是否正常，0 表示正常，1 表示故障；

第 5 位标识观测模式是否与观测通道匹配，0 表示匹配，1 表示不匹配；

第 6 位标识观测通道积分时间是否正确，0 表示正确，1 表示不正确；

第 7 位标识观测时间码是否正确，0 表示正确，1 表示不正确；

第 8 位标识+5V 是否在正常范围，0 表示在正常范围，1 表示不在正常范围；

第 9 位标识+12V 是否在正常范围，0 表示在正常范围，1 表示不在正常范围；

第 10 位标识+15V 是否在正常范围，0 表示在正常范围，1 表示不在正常范围；

第 11 位标识电控箱温度是否在正常范围，0 表示在正常范围，1 表示不在正常范围；

第 12 位标识有无有效数据，0 表示有，1 表示无数据

第 13 位标识光子计数时间与积分时间的差值是否在正常范围，0 表示在正常范围，1 表示不在正常范围；

第 14~15 位预留，将来增加质量控制标志使用,默认填“0”。

6. 数据服务

Tri-IPM 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：毛田

电话：010-58995342

邮箱：maotian@cma.gov.cn