

风云三号 E 星空间环境监测器-II 型

L1 产品使用说明

(V1.1)

国家卫星气象中心

2021 年 06 月

文档编写：黄聪

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 | 2021.05.25 | 初始版本 | 黄聪 | 根据新模板撰写 |
| V1.1 | 2021.06.28 | 初始版本 | 黄聪 | 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 |
| 3.1 概述..... | 7 |
| 3.2 产品处理..... | 8 |
| 4. 数据简介..... | 8 |
| 4.1 文件基本信息..... | 8 |
| 4.2 核心科学数据集..... | 9 |
| 4.2.1 粒子探测数据..... | 9 |
| 4.2.2 效应探测数据集..... | 9 |
| 4.2.3 磁场探测数据集..... | 10 |
| 4.2.4 地理定位数据集..... | 10 |
| 4.2.5 L1 产品质量码数据集 | 10 |
| 5. 数据服务..... | 10 |

1. 引言

1.1 文档概述

风云三号极轨气象卫星-E星（FY-3E）装载的空间环境监测器（Space Environment Monitor，简称 SEM）由中高能粒子（离子和电子）探测器、磁场探测器、辐射剂量探测器和表面电位探测器组成。它主要用于探测卫星轨道上中高能粒子分布、结构和动态特征，磁场矢量的变化，实时监测辐射带演化趋势，预测辐射环境扰动事件和辐射效应，不仅保障卫星的辐射安全，还可为其它近地卫星的保障提供参考；探测地球背景磁场，为地磁场模式提供基础探测数据；探测真实空间环境下卫星关键部位的辐射剂量变化，提供卫星健康状况的重要指标，为近地卫星的抗辐射设计提供依据；监测卫星表面异常带电信息，有助于掌握低轨卫星表面充电效应的发生规律及其与空间天气状态的关联特性，并能结合空间天气态势，预警极轨气象卫星和其它近地卫星的等离子体充电危险，保障卫星的安全。

本文档主要为 FY-3E/SEM-II 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 星空间环境监测器 L1 数据产品特性卡，国家卫星气象中心，2021.01。
- 2) 风云三号 E 星空间环境监测器定标/定位/L1 处理算法理论文档(ATBD)，国家卫星气象中心，2020.12。
- 3) FY-3（05 星）空间环境监测器正样设计报告，中国科学院国家空间科学中心，2020.07。
- 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

FY-3E/SEM-II 包含的单机有高能粒子探测器、中能质子探测器、中能电子探测器、磁场探测器、辐射剂量探测器、差异电位探测器、绝对电位探测器（静电分析仪）。可以实现对卫星轨道高度处的中-高能带电粒子的多方向探测，磁场矢量的测量、卫星在轨器件辐射剂量的累积情况以及卫星周围等离子体的能谱和卫星表面电位变化的测量。

- **SEM 粒子探测器**（包括中能质子/电子、高能粒子探测器）采用望远镜探测技术，由多片半导体探测器组成望远镜，每个进入观测视场范围内的粒子都会在望远镜内产生信号，不同能量、不同种类的粒子在望远镜中的信号有差别，通过对信号差异的鉴别来区分粒子的能量和种类，将每个粒子的信息都记录下来，从而实现对空间粒子环境的探测。SEM 粒子探测数据可以应用于内辐射带（南大西洋异常区）监测、极区粒子沉降事件预警及辐射带建模等多个领域，为空间天气监测与预警业务及载人航天任务提供服务产品。粒子探测数据的算法是将 SEM LO 数据的遥测值转换成计数值再根据仪器的几何因子和能道修正系数计算出最终的各能道粒子流量。
- **SEM 辐射剂量探测器**通过记录传感器内的 PMOS 管在受辐照后表面电势的变化来测量累积辐射剂量。SEM 的辐射剂量数据可以为卫星的抗辐照设计提供数据支持和参考。辐射剂量数据主要通过发射前地面试验确定辐射剂量的遥测值计算辐射剂量值的换算公式与系数，再通过发射后在轨期间的辐射剂量仪的工作参数修正公式中的仪器本底，得到正确的辐射剂量值。
- **SEM 表面电位探测器**包括差异电位探测器和绝对电位探测器（静电分析仪）。SEM 的差异电位探测器是通过利用一个高阻抗输入的电压测量电路监测由光学石英玻璃和镀银电极组成的等效电容的电压值，从而实现卫星表面电位的测量；绝对电位探测器（静电分析仪）则是通过测量卫星周围等离子体的能谱来计算卫星的绝对电位。表面电位数据可以为卫星提供空间充电情况，为卫星的故障分析提供参考数据，表面电位数据的反演主要通过发射前地面定标试验确定电位测量仪器的各项因子和拟合曲线，得到计算卫星表面电位的换算公式与系数。
- **SEM 磁场探测器**包括两个磁通门探测器和四个巨磁阻探测器，成一定梯度

位置放置在卫星桁架上。磁通门探测器是通过高导磁磁芯在变化磁场饱和激励下，磁感应强度与磁场强度非线性关系来测量磁场；巨磁阻探测器则是通过镍铁合金磁膜的电阻性随磁场变化而变化的特性来测量磁场。磁场探测器通过发射前地面定标试验确定探测器的零点、正交性和温漂曲线。在轨期间，要通过已建立的卫星磁源模型通过梯度法去除卫星剩磁的影响，得到真实的地球磁场的变化。

表 2-1 高能粒子探测指标及要求

| 参数 | 指标 |
|--------|--------------------------------|
| 探测范围 | 质子: 3~300 MeV |
| | 电子: 0.15~5.7 MeV |
| 采样率 | 0.5 Hz |
| 探测灵敏度 | 5% ($\Delta N/N$) |
| 几何观测指标 | 正交三方向 (分别为+X 或-X、朝天向和垂直轨道面方向)。 |
| 定标精度 | 在轨定标精度 25% (最低) |
| | 在轨定标精度 10% (期望) |

表 2-2 中能质子探测指标及要求

| 参数 | 指标 |
|--------|--------------------------------|
| 能量范围 | 30 keV~5 MeV |
| 采样率 | 0.5 Hz |
| 探测灵敏度 | 5% ($\Delta N/N$) |
| 几何观测指标 | 正交三方向 (分别为+X 或-X、朝天向和垂直轨道面方向)。 |
| 能量分辨率 | 优于 20% |
| 定标精度 | 在轨定标精度 25% (最低) |

表 2-3 中能电子探测指标及要求

| 指标名称 | 指标 |
|--------|---------------------|
| 电子能量范围 | 30~400keV |
| 能量分辨率 | 10% |
| 采样率 | 0.5 Hz |
| 灵敏度 | 5% ($\Delta N/N$) |
| 定标精度 | 在轨定标精度 25% (最低) |

| | |
|--------|----------------|
| | 地面定标精度 10%（期望） |
| 探测几何要求 | 三个正交方向测量 |

表 2-4 辐射剂量探测指标及要求

| 参数 | 指标 |
|--------|--|
| 量程范围 | 大量程： $3 \times 10^4 \text{rad(Si)}$ ；高精度： $5 \times 10^3 \text{rad(Si)}$ |
| 灵敏度 | 大量程优于 15 rad(Si)；高精度优于 2 rad(Si) |
| 地面定标精度 | 优于 10% |

表 2-5 表面电位探测指标及要求

| 参数 | 指标 |
|------|--------------|
| 量程范围 | -3000V~+300V |
| 采样率 | 0.5 Hz |
| 灵敏度 | 15 V |
| 定标精度 | 20% |

表 2-6 磁场探测指标及要求

| 项目 | 指标 |
|--------|------------------|
| 测量范围 | -65000~+65000 nT |
| 方向 | 正交三方向 |
| 灵敏度 | 0.1 nT |
| 相对定标精度 | 0.1 nT |
| 绝对定标精度 | 1 nT |

3. L1 产品处理简介

3.1 概述

SEM L1 产品是基于 L0 原始数据以及预处理静态参数，经过解包、地理/地磁定位、质量检查、各单机预处理计算等处理过程之后生成的空间环境各参数的物理量数据。

3.2 产品处理

SEM L1 产品处理过程的解包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，读取字节比特压缩码。最终把所有仪器输出遥测及科学数据信息进行完整提取和解译；仪器预处理计算是通过各单机的预处理算法将探测器的计数转换为物理量，同时生成过程数据；基于解包后的时间码、卫星姿态、GPS 信息可以进行定位处理，得到仪器的地理经纬度信息，探测方向以及计算得到的地磁经纬度和磁壳 L 值等信息；质量检查主要是根据单圈轨道数据包内数据的缺失情况生成相对应的数据质量码；匹配好定位信息和质量码后，生成 SEM 的 L1 数据产品。

4. 数据简介

根据不同的空间参数的应用需要，目前 SEM 预处理将 SEM L1 产品拆分各个单机的 L1 产品，包括：高能粒子、中能质子、中能电子、表面电位、相对电位、辐射剂量和磁场等 L1 数据产品。

FY-3E/SEM-II 的 L1 产品文件主要包含时间码、定位结果（地理经纬度、地磁经纬度、磁壳 L 值、高度等信息）、科学数据、以及质量标识等信息。

4.1 文件基本信息

SEM L1 产品单个文件为 102 分钟的轨道数据文件，每天生成 14~15 个文件。SEM L1 产品以 HDF5 文件格式存储，文件命名形如：

FY3E_SEM--_ORBT_L1_YYYYMMDD_HHmm_XXXXX_Vn.HDF

其中，FY3E 代表卫星名称，SEM 代表仪器名称，ORBT 代表轨道数据，L1 代表数据级别，YYYYMMDD 为观测起始日期，HHmm 为观测起始时间，XXXXX 代表按探测要素划分的数据类别（目前包括：HEP--（高能粒子），MEP--（中能质子），MEE--（中能电子），RDP--（辐射剂量），RSP--（相对电位），SPP--（表面电位），HMF--（高速磁场），LMF--（低速磁场）等），Vn 为数据版本信息，n 用 0-9 数字标识版本号。

因 SEM 单机产品较多，其 L1 产品的核心数据集结构和维数说明具体细节请参见 FY-3E 空间环境监测器的数据特性卡。

4.2 核心科学数据集

4.2.1 粒子探测数据

高能粒子 L1 产品包含 3 方向(X/Y/Z)的 6 能道质子数据(P1:3~5 MeV, P2:5~10 MeV, P3:10~26 MeV, P4:26~40 MeV, P5:40~100 MeV, P6:100~300 MeV)和 5 能道电子数据 (E1:0.15-0.35MeV, E2:0.35-0.65MeV, E3:0.65-1.20MeV, E4:1.2-2.0MeV, E5:2.0-5.7MeV); 中能质子 L1 产品包含 18 个方向 (S1~S18) 的 12 个能道质子数据 (30-48keV, 48-80 keV, 80-120keV, 120-170keV, 170-240keV, 240-350keV, 350-500keV, 500-800keV, 800-1500keV, 1500-3000keV, 3000-5000keV); 中能电子 L1 产品包含两台单机 (P1, P2) 各 9 方向 (D1-D9) 的 8 能道电子数据 (30-40keV, 40-60keV, 60-90keV, 90-130keV, 130-190keV, 190-280keV, 280-410keV, 410-600keV)。

4.2.2 效应探测数据集

- 辐射剂量

辐射剂量探测器共有 3 台单机各 2 通道: MR1、MR2、MR3 为探测器的大量程通道探测; HR1、HR2、HR3 为探测器的高精度通道探测。

- 电位

表面电位 L1 产品主要包含离子 (I) 和电子 (E) 的 8 方向 (D1~D8) 的探测俯仰角 (A)、探测能道 (E) 和微分通量数据 (F) 数据 (如: ID1A 为离子方向 1 的俯仰角信息, ID1E 为离子方向 1 的能道信息, ID1F 为离子方向 1 的微分通量信息, 以此类推); 相对电位 L1 产品包含两台单机 (DP1, DP2) 的相对电位探测数据。

4.2.3 磁场探测数据集

磁场 L1 产品包含三方向 (BX, BY, BZ) 磁场矢量的探测数据。

4.2.4 地理定位数据集

定位结果包括时间信息、地理经纬度、地磁经纬度和磁壳-L 值等。

4.2.4.1 地理经纬度

经纬度数据集名称分别为 GLONG、GLAT，单位为度，每个探测点有一个经纬度数据。

4.2.4.2 地磁经纬度和磁壳-L 值

地磁经纬度和磁壳-L 值是由地理经纬度进行地磁坐标系转换和计算得来的。即探测点的地理经纬度在地球磁场坐标系下所对应的地磁经纬度，数据集名称为 MLONG、MLAT。磁壳-L 值数据集名称为 L-Value，它的意义为通过探测点的地磁磁力线在和地球赤道面的交点距离地心的距离，以地球半径为单位。

4.2.5 L1 产品质量码数据集

SEM L1 产品质量标识码由单圈轨道数据包内数据的缺失情况生成。目前，质量标识码共分 6 级—0 级：本圈数据无缺失；1 级：本圈数据缺失 20% 以内；2 级：本圈数据缺失 20%-40%；3 级：本圈数据缺失 40%-60%；4 级：本圈数据缺失 60%-80%；5 级：本圈数据缺失 80% 以上。

5. 数据服务

SEM 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：黄聪

电话：010-68400961

邮箱：huangc@cma.gov.cn