



风云四号卫星闪电成像仪



黄富祥

国家卫星气象中心



2016年11月



提 纲

- 一. 卫星闪电成像仪发展概况
- 二. 闪电成像仪基本结构和原理
- 三. FY-4 闪电成像仪 LIM 基本特点
- 四. FY-4 LIM 资料处理特点
- 五. 结束语

一、卫星闪电成像仪发展概况

◆ 从卫星上开展空间闪电探测，与地基观测相比，有着十分突出的优势：

——不受下垫面条件制约；

——能进行总闪电、高效率探测；

——覆盖范围广大；

——时效性高

.....

卫星闪电探测的发展简史

◆ 美国从1960年代开始开展卫星闪电成像仪的理论和实践探讨，先后试验了多种类型的闪电观测仪器，最后确立光学闪电成像技术。

◆ 直到1980年代，NASA利用U-2飞机获得了闪电的特征光谱，才确立光学成像和CCD面阵成像的技术路线，以及更细致的技术细节，并研制出样机。

卫星闪电成像仪星载试验

- ◆ **第一个**发射上天的闪电成像仪是美国OTD(Optical Transient Detector) 于1995年4月由MicroLab-1号卫星携带上天，工作到2000年。
- ◆ 此后，进一步完善的LIS(Lightning Imaging Sensor)于1997年11月由TRMM卫星携带上天，在轨工作了十几年。

静止卫星闪电成像仪的优势

◆ OTD 和 LIS 的成功星载标志着光学成像技术的成功，也为地球静止卫星闪电成像仪发展作好技术上的准备。

◆ 与极轨卫星相比，静止卫星闪电成像仪优势明显，被认为是闪电探测的**最有效手段**：

——**实时观测能力**；

——**连续不间断观测能力**；

——**覆盖范围更大**。

全球静止卫星闪电成像仪发展

- ◆ 发展静止卫星闪电成像仪，实现对强对流天气系统的实时连续监测，需求推动发展。
- ◆ 1980年美国NASA就提出发展静止卫星闪电成像仪的设想，实现的路线是：先低轨道，再静止轨道。此后，中国和欧盟也先后提出发展静止卫星闪电成像仪的计划。

FY-4闪电成像仪将成为全球第一批静止卫星闪电成像仪

- ◆ 美国NASA最早计划GOES-R GLM在2000年前后发射上天，但是该发射计划一再推迟。欧盟计划MTP LI在2020年前后发射。
- ◆ 中国FY-4 LIM将在2016年12月发射上天，将成为**全球第一批发射上天**的静止卫星闪电成像仪。

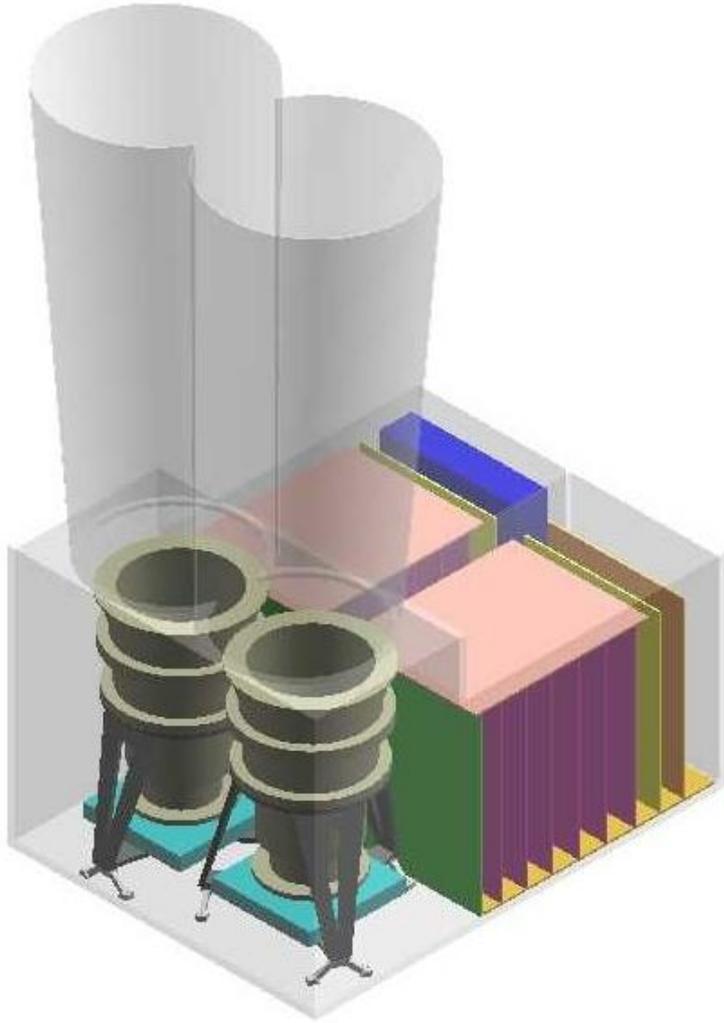
地球静止轨道卫星闪电成像仪

国家	名称	平台	时间
美国	GLM (Geostationary Lightning Mapper)	GOES-R	2016.11
中国	LIM (Lightning Imaging Mapper)	FY-4	2016.12
欧洲	LI (Lightning Imager)	MTG	2020?

二、闪电成像仪基本结构和原理

- ◆ 利用闪电特征光谱和光学成像技术，获取闪电信号；
- ◆ 利用CCD面阵实现区域同步观测；
- ◆ 利用背景减光、阈值设置和改变，提取闪电信号，并减小数据率，使闪电探测成为可能。
- ◆ 通过地面资料处理，生成闪电成像产品。

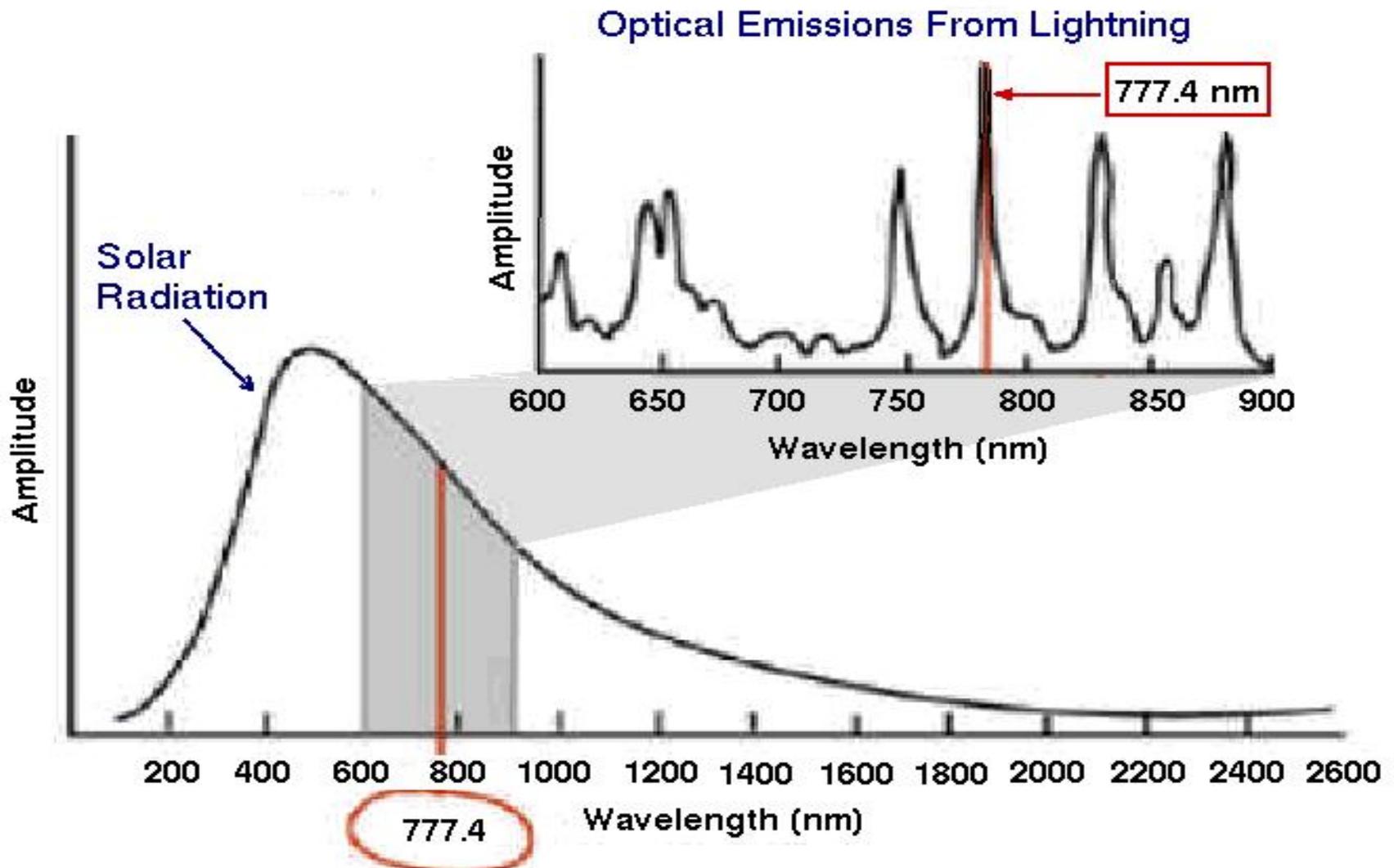
卫星闪电成像仪基本结构



主要组成部分：

- 光学系统
- CCD面阵
- RTEP
- 格式编排器
- 温控、电源等

闪电辐射特征光谱和太阳光谱



利用四种技术提高闪电信号强度

◆ 为了提高闪电信号强度，实现闪电成像探测，卫星闪电成像仪综合采用四种技术：

——空间滤波技术

——光谱滤波技术

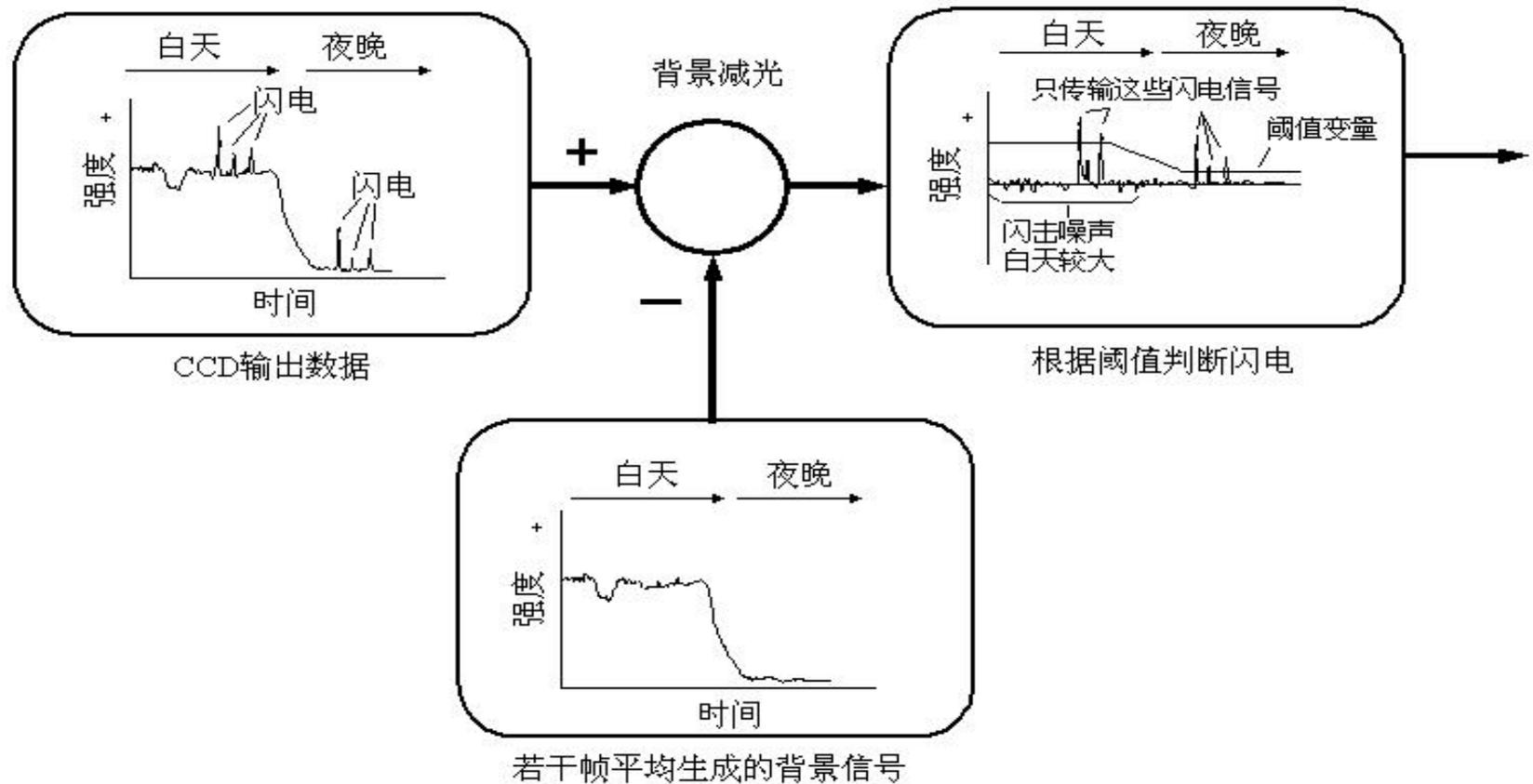
——时间滤波技术

——背景减光技术

实时时间处理器RTEP

◆ 实时事件处理器RTEP (Real Time Event Processor) 承担卫星闪电成像仪星上背景估计、阈值设置、背景减光和信号提取等功能，是闪电成像仪成败的**核心技术**。

背景减光示意图



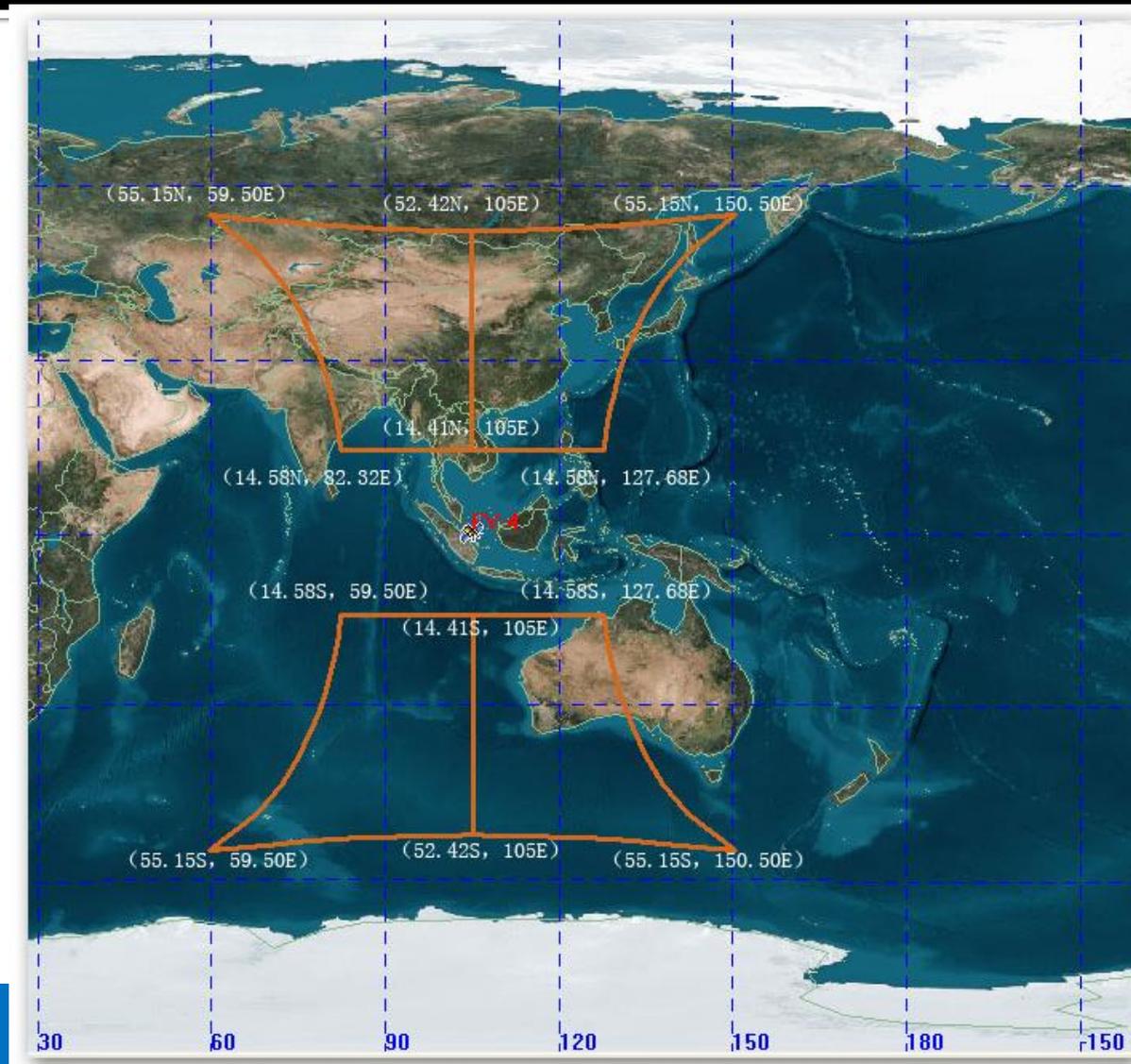
三、FY-4闪电成像仪LIM基本特征

◆FY-4 LIM的基本使命：对中国陆地及海洋大部分区域及邻近地区总闪电进行实时、连续成像观测，实现对强对流系统的实时监测和预警，满足强天气监测、航空航天、军事气象、民用设施等安全应用保障，满足相关科学研究应用需要。

FY-4 LIM主要技术指标

空间分辨率	7.8km (中心像元)
CCD面阵	2 300 400 (可能调整)
中心波长	777.4nm
带宽	1nm
探测效率	90%
虚警率	<10%
帧时	2ms
量化等级	12bit
数传码速率	20Mb/s
测量精度	定位1像元, 强度10%

FY-4 LIM覆盖范围及星上掉头



四、FY-4 LIM资料预处理特点

◆ FY-4 LIM的数据处理，除了RTEP星上处理外，地面预处理也有着与其它载荷完全不同的特点：

——数据类型多；

——不同数据有不同的生产者和消费者；

——RTEP工作状态实时监测和评估；

——必要时上注修改星上RTEP算法。

数据预处理系统功能

◆ 数据预处理系统基本任务：

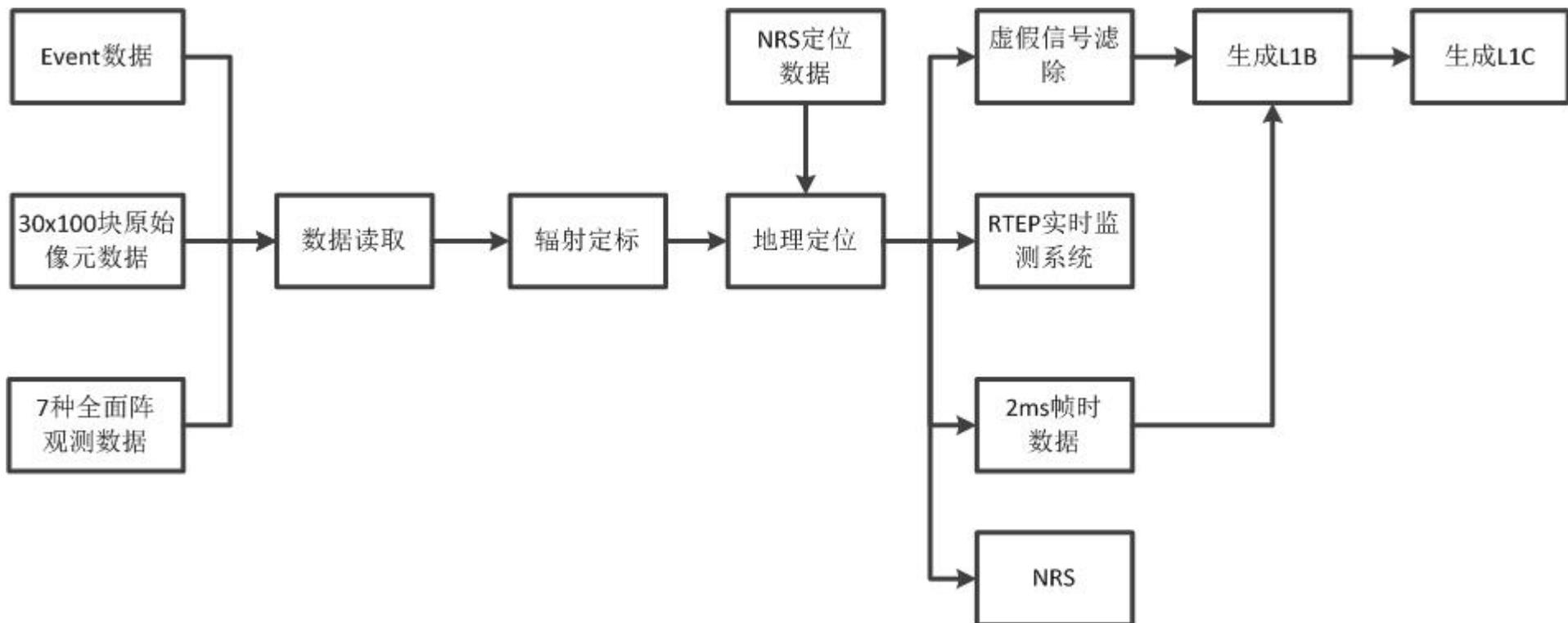
——利用L0级闪电观测数据，生成L1B数据提供给PGS；

——利用L0级七种全面阵数据，生成全区域成像，提供给NRS和PGS；

——读取NRS每5秒更新一次的CCD面阵定位数据，提取并赋值定位信息；

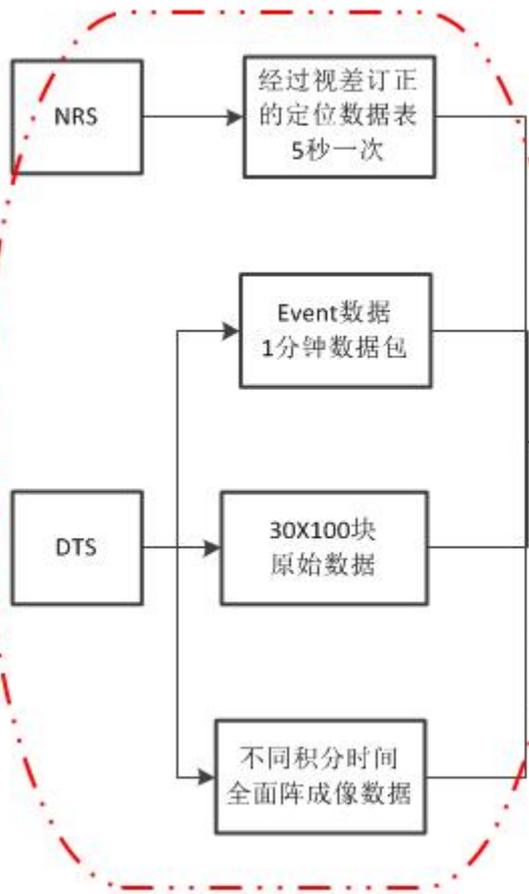
——利用L1B Event数据生成1分钟L1C闪电快视图。

数据预处理系统基本流程

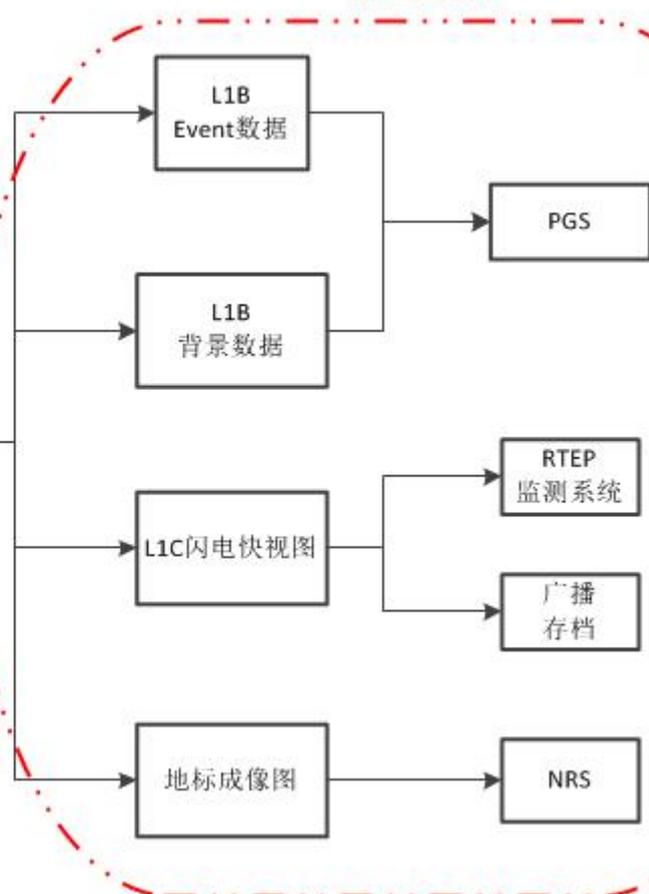


预处理系统输入和输出数据

输入数据



输出数据



RTEP实时监测系统

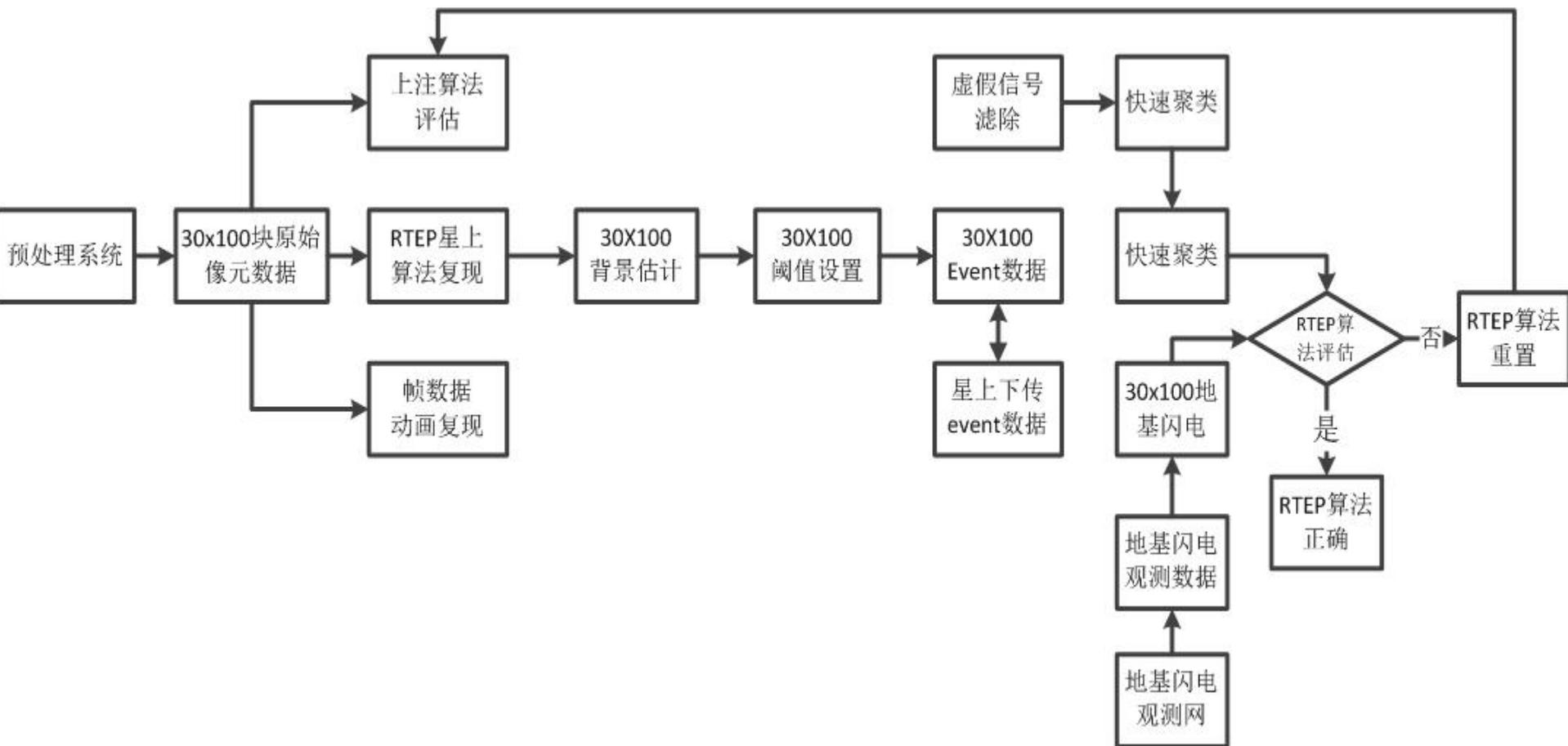
◆ RTEP实时监测系统基本任务:

——利用30X100区域块原始像元数据，通过星-地数据对比等方法，实时监测和评估星上RTEP算法的正确性。

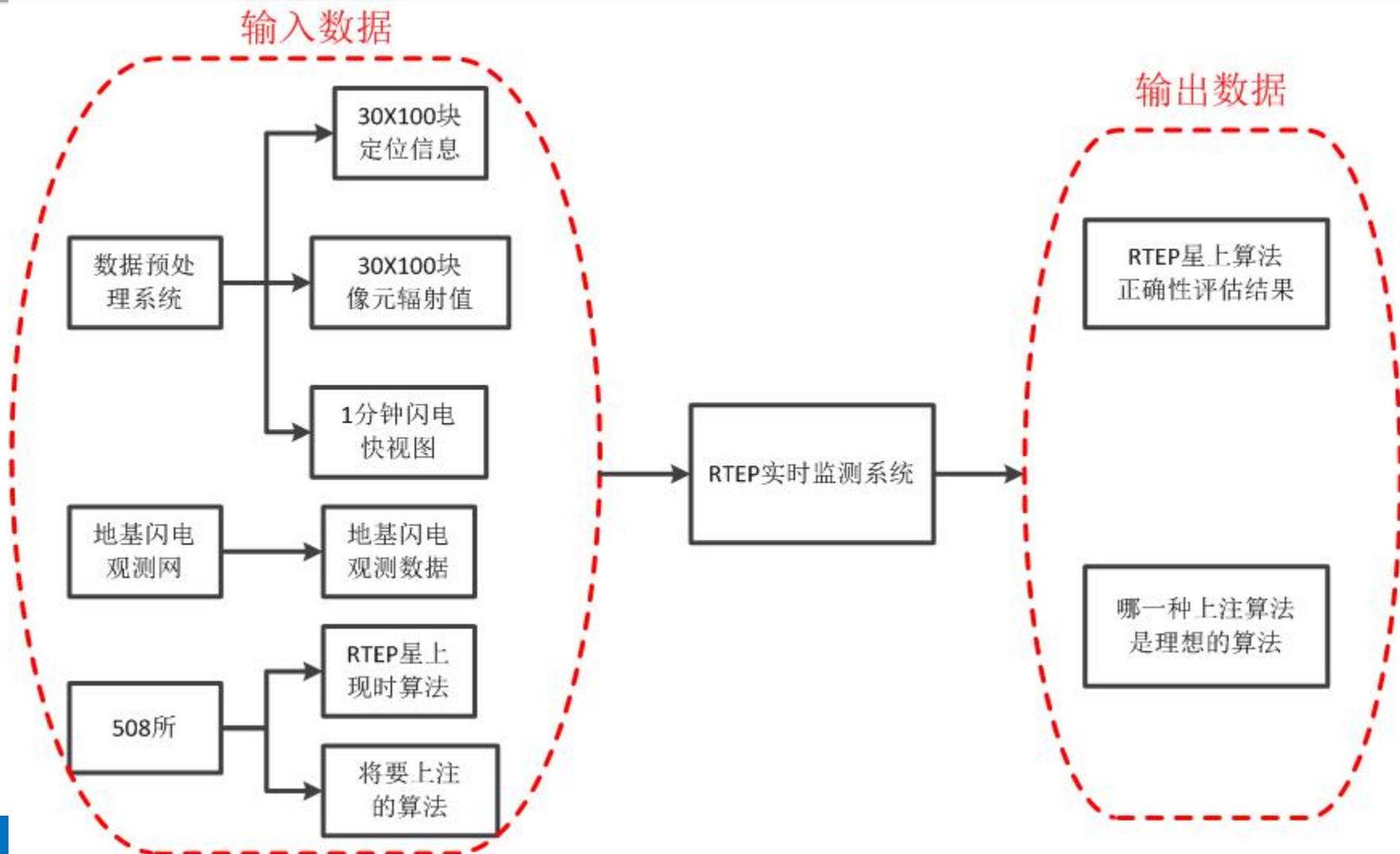
——利用RTEP算法预先演算，对将要上传算法进行预演，确保上传算法的正确性和有效性；

——对原始像元数据、背景估计、阈值设置、闪电信号提取等功能直观演示。

RTEP实时监测系统数据处理流程



RTEP实时监测系统输入和输出数据



五、结束语

◆(1)风云四号卫星闪电成像仪，是**全球第一个（批）静止卫星闪电成像仪**，对于全球卫星闪电探测技术发展的意义重大。必须强调指出的是：FY-4 LIM在仪器研制、资料处理、产品应用等多个方面面临巨大挑战。

◆(2)FY-4 LIM在地面资料处理方面有许多独到的设计，尤其是RTEP在轨监测和必要时上注修改星上算法。这些设计将经受发射后的实践检验，如果成功，将是我国对卫星闪电探测技术的重大发展，拥有**完全自主知识产权**。

◆(3)实时性和高时效是静止卫星闪电成像仪最突出的优势，产品生成和应用必须充分体现这个优势，实现对强对流天气系统的实时监测、跟踪和预警预报。应用价值有赖于国内各种层级的实际应用来实现。

◆ (4)风云四号卫星闪电成像产品设计
特别考虑在预处理系统生成1分钟闪电快视图产品，目的在于提高产生生成效率，体现高时效性的特征。此外还设计有一般意义的闪电聚类产品。这些产品的应用状况，欢迎各级用户
在应用实践中及时反馈。

谢谢关注！

欢迎各位批评指正和讨论!

