中国科学院高能物理研究所
Institute of High Energy Physics
Chinese Academy of Sciences
国家高能物理科学数据中心
National HEP Data Center
高能所計算中心
IHEP Computing Center

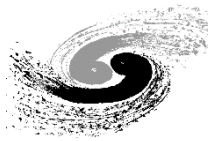
第二十届全国科学计算与信息化会议

基于Daisy的天文卫星科学数据处理软件框架

王爽(wangshuang@ihep.ac.cn)，张红梅，胡誉 等

中国科学院高能物理研究所

2023年7月12日 西宁

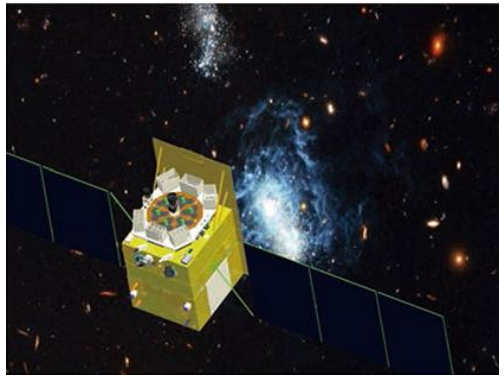


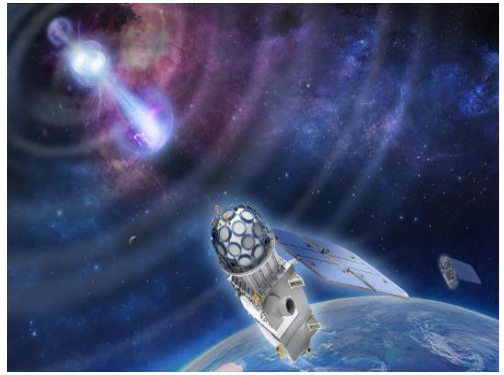
目录

背景

卫星数据海量性

- 计算机技术、通信技术、卫星导航技术等迅速发展
- 卫星种类数量增多、探测器精度越来越高
- 天文卫星：观测和研究宇宙中高能天体和高能宇宙现象
- 数据量达到TB级甚至PB级

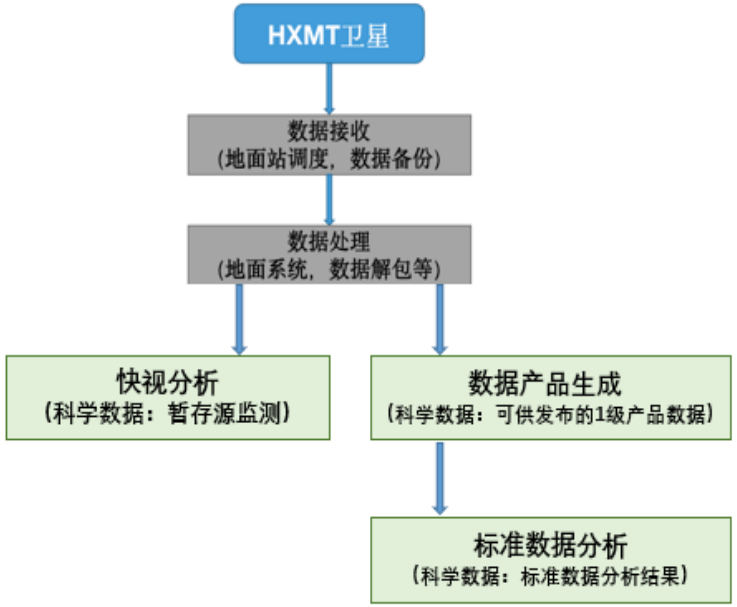

HXMT


GECAM


eXTP

卫星数据处理

- 数据处理过程具有复杂性和专业性，数据处理步骤具有一定重复性
- 数据处理需求多样性
- 传统人工处理方式缺点
  - 耗费人力和时间成本
  - 降低数据处理效率



HXMT卫星数据处理流程

亟需实现天文卫星数据处理流程的标准化和自动化

目录

数据处理软件框架介绍

- 基本概念

流水线思维理念

- 软件为流水线，数据为产品
- 问题分解：模块化设计和开发，便于各成员间的分工和合作
- 有机整体：通过框架实现不同模块的组合或替换，保证前后步骤的正确衔接

团队协作形式研发

- 开发人员实现较复杂、底层的功能，科学家不关注软件技术细节
- 一定周期内，保持稳定的软件接口、统一的开发规范，便于软件的发展和维护

核心功能

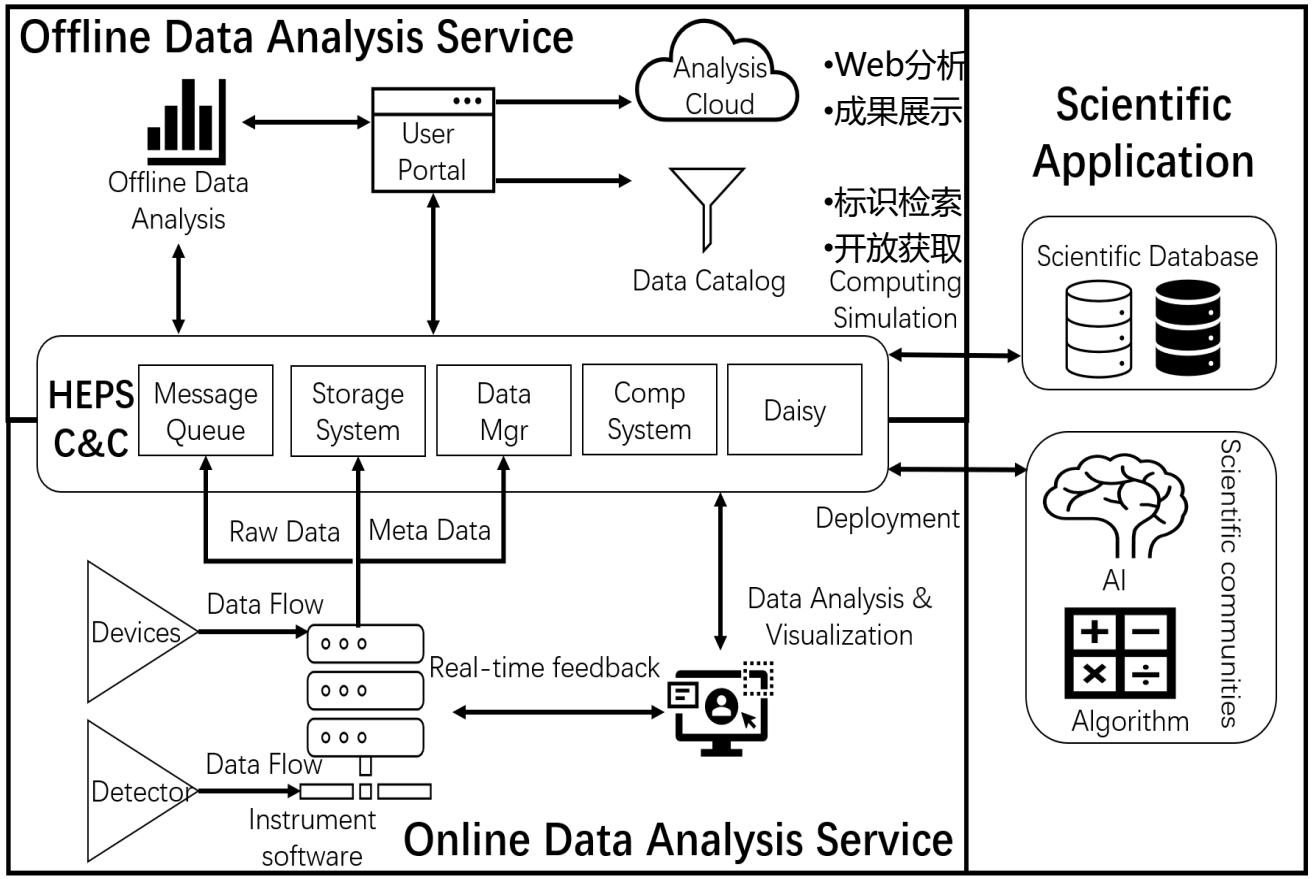
- 数据管理
  - 数据格式及存取方法定义
  - 内存数据管理
- 任务执行的流程控制（工作流）
  - 算法加载
  - 模块执行顺序
- 公共服务功能模块
  - 支撑框架中任务执行的公共服务
  - 基础库
- 用户接口
  - 命令行
  - UI接口

软件框架决定着整个软件系统的实现、使用方式、性能和可靠性等

数据处理软件框架介绍

- Daisy框架

目的：形成一个通用的、具有良好扩展性的**基础软件架构**，集成多种方法学算法和工具，屏蔽计算架构的复杂性和计算资源的多样性，为上层应用软件和用户提供统一的调用接口，并在此基础上开发数据可视化和分析桌面等通用组件。

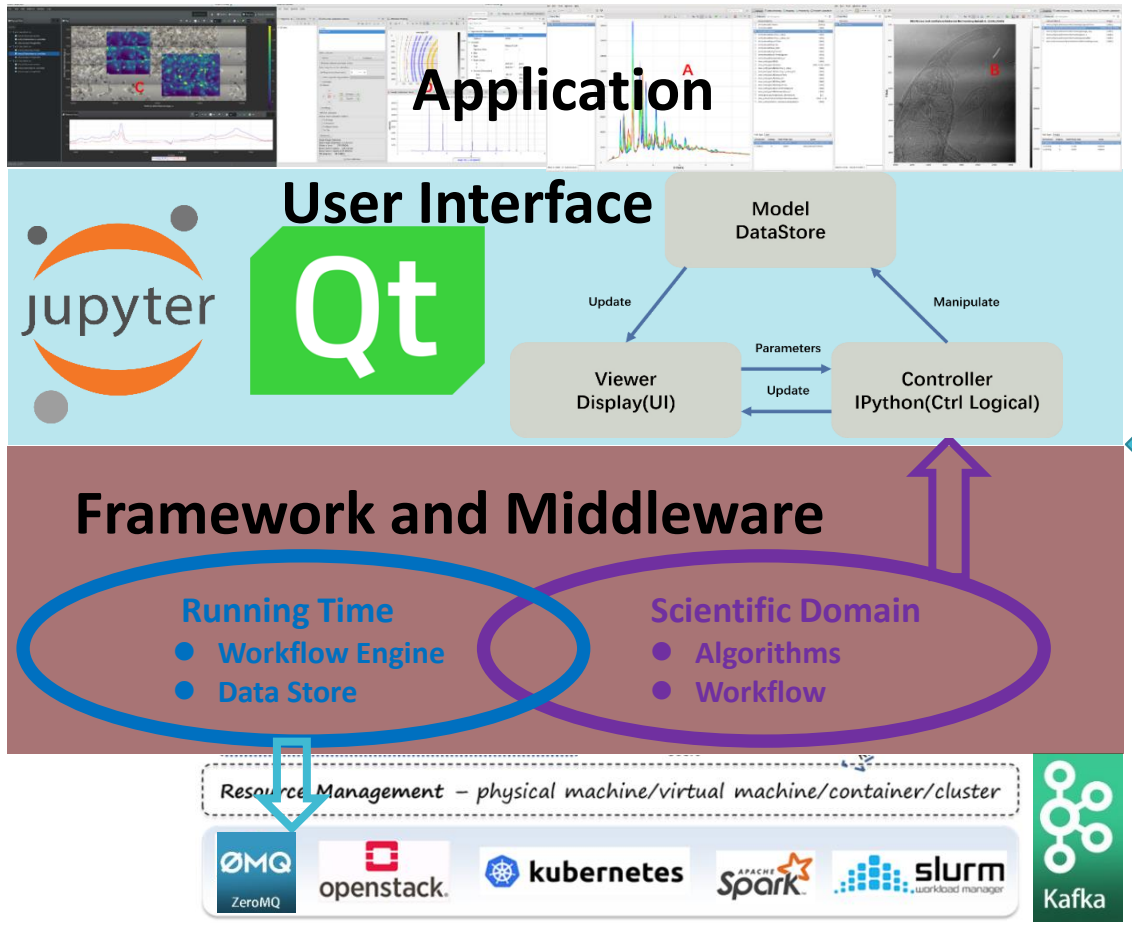


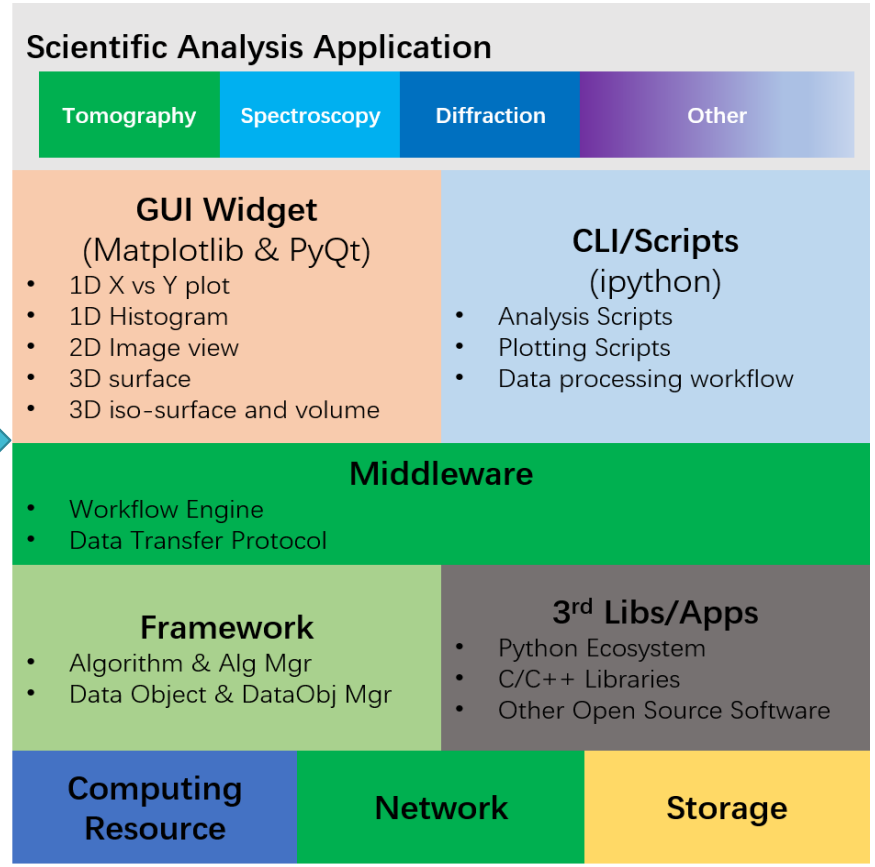
- 在线数据处理和分析
  - 数据产品生成
  - 文件/流 (全部/部分)
- 离线和远程数据分析
  - 规约，重建，建模和模拟
  - 庞大的数据容量 (数据托管， 算力)
- 计算基础设施
  - HPC 集群 (Spark/Slurm)
  - 单个工作站 (虚拟机)
  - 接入方式: JupyterHub (notebook app)
  - 远程桌面 (traditional app)，……
- 软件部署和容器化
  - 容器封装软件环境
  - 方便移植、复用软件环境，复现分析结果

数据处理软件框架介绍

- Daisy框架整体架构

从下向上分为四层，分别是基础设施层，领域层，用户界面层和应用层



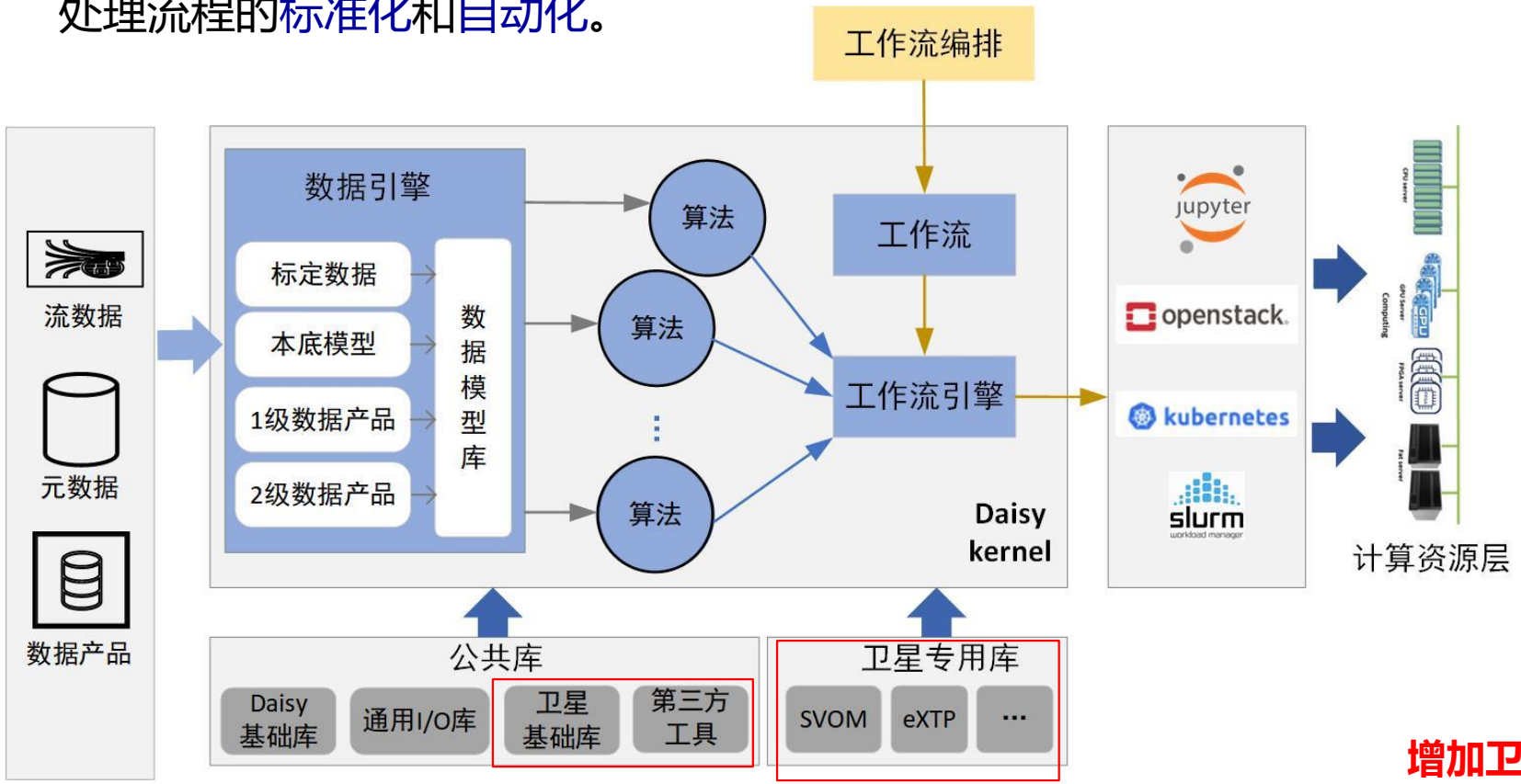


对科学家隐藏内部细节，使其专注于数据处理业务过程，并通过简单的接口降低使用难度

数据处理软件框架介绍

- 逻辑结构

结合天文卫星特点，同时借鉴Heasoft设计理念，在Daisy软件框架上进行扩展和衍生，以实现卫星科学数据处理流程的标准化和自动化。



核心模块：

- **数据模型库：**管理框架中的数据对象，使数据对象能被工作流中的算法调用。
- **算法：**框架中的最小单元，即具体的数据处理模块。
- **工作流：**一系列调用算法的序列。
- **工作流引擎：**管理工作流执行过程中的运行环境，是算法、工作流、底层计算资源的桥梁。

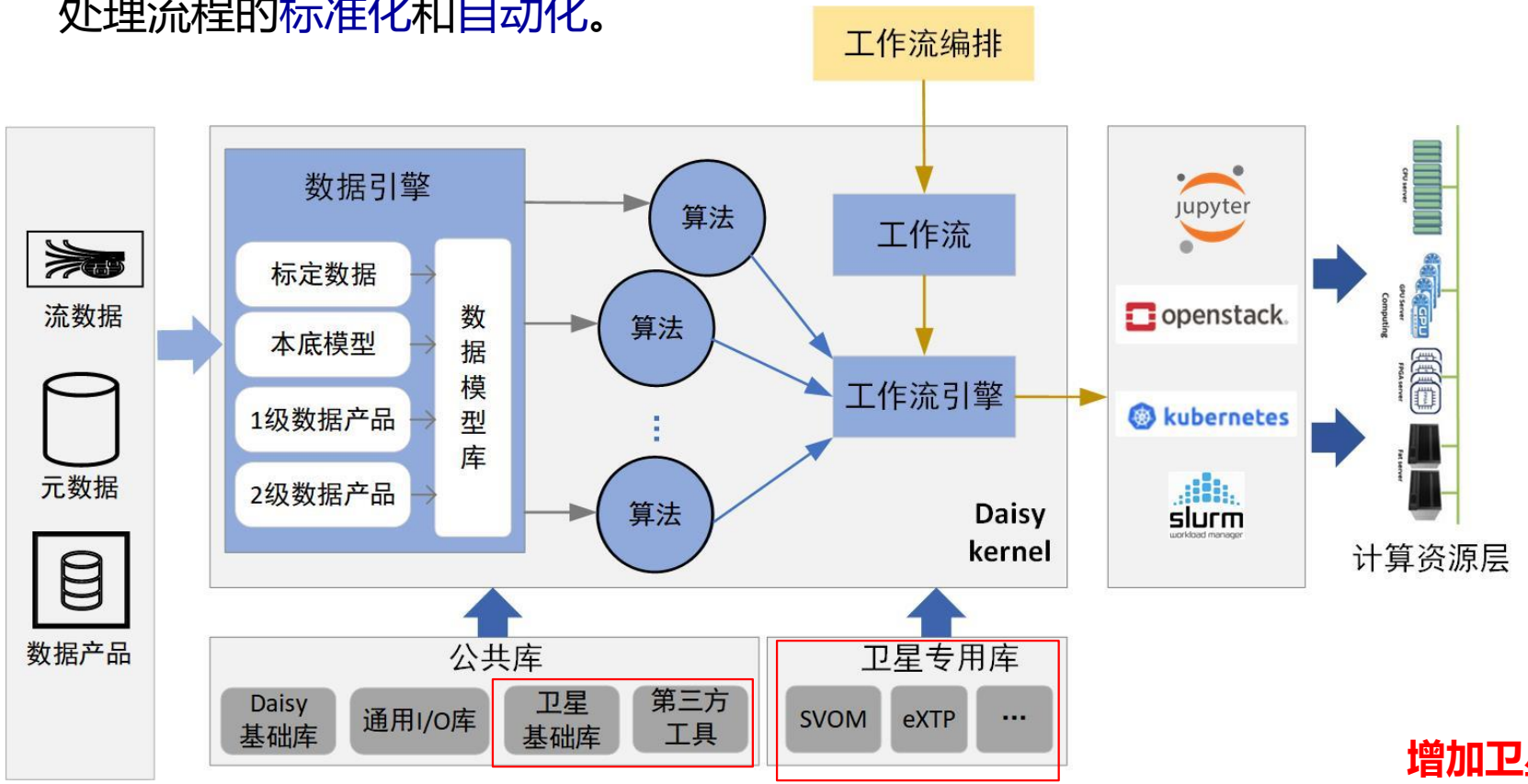
增加卫星基础库、卫星专用库和第三方工具

研发工作流调度系统

数据处理软件框架介绍

- 逻辑结构

结合天文卫星特点，同时借鉴Heasoft设计理念，在Daisy软件框架上进行扩展和衍生，以实现卫星科学数据处理流程的标准化和自动化。



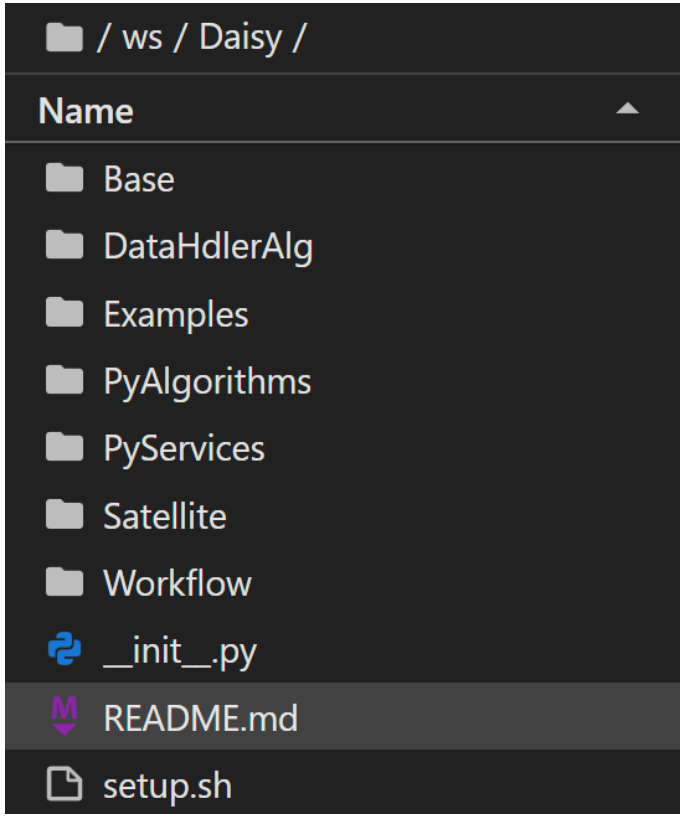
- 控制逻辑和执行逻辑分离
- 执行模块和数据模型分离
- 外部代码可以被集成进入执行逻辑

增加卫星基础库、卫星专用库和第三方工具

研发工作流调度系统

数据处理软件框架介绍

- 代码结构

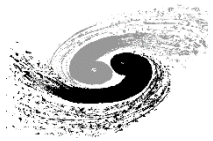


代码组织结构

文件目录：

- **Base**：Daisy框架的核心基类，包括datastore, algorithm, workflow, workflow engine以及service等
- **DataHdlerAlg**：不同数据类型的I/O实现，如FITS, HDF5
- **PyAlgorithms**：数据处理算法，如光变曲线、计数谱。
- **Satellite**：卫星库，包括基础库和专用库
- **Workflow**：工作流，数据处理流程的完整实现
- **PyServices**：外部公共服务，如条件数据库查询等
- **Examples**：用户的开发示例

集成到框架中的算法，须实现initialize()、execute() 和 finalize() 三个方法，对应算法初始化、算法执行和算法销毁三个阶段。



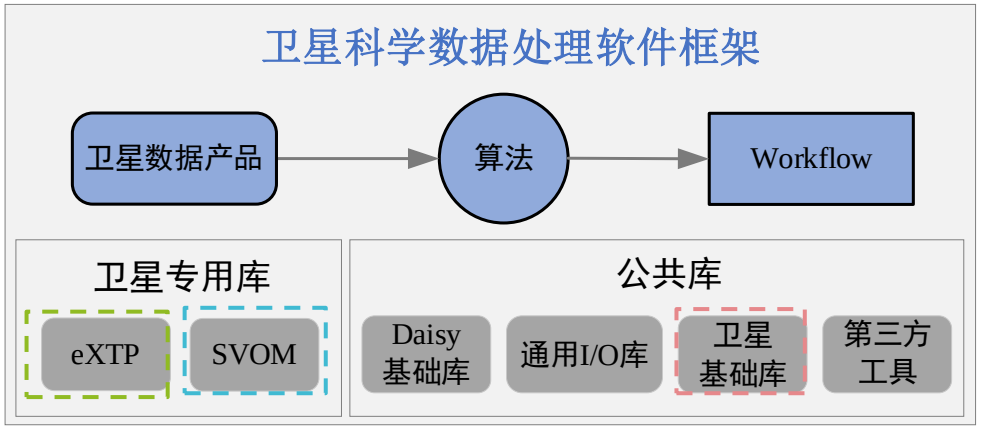
目录

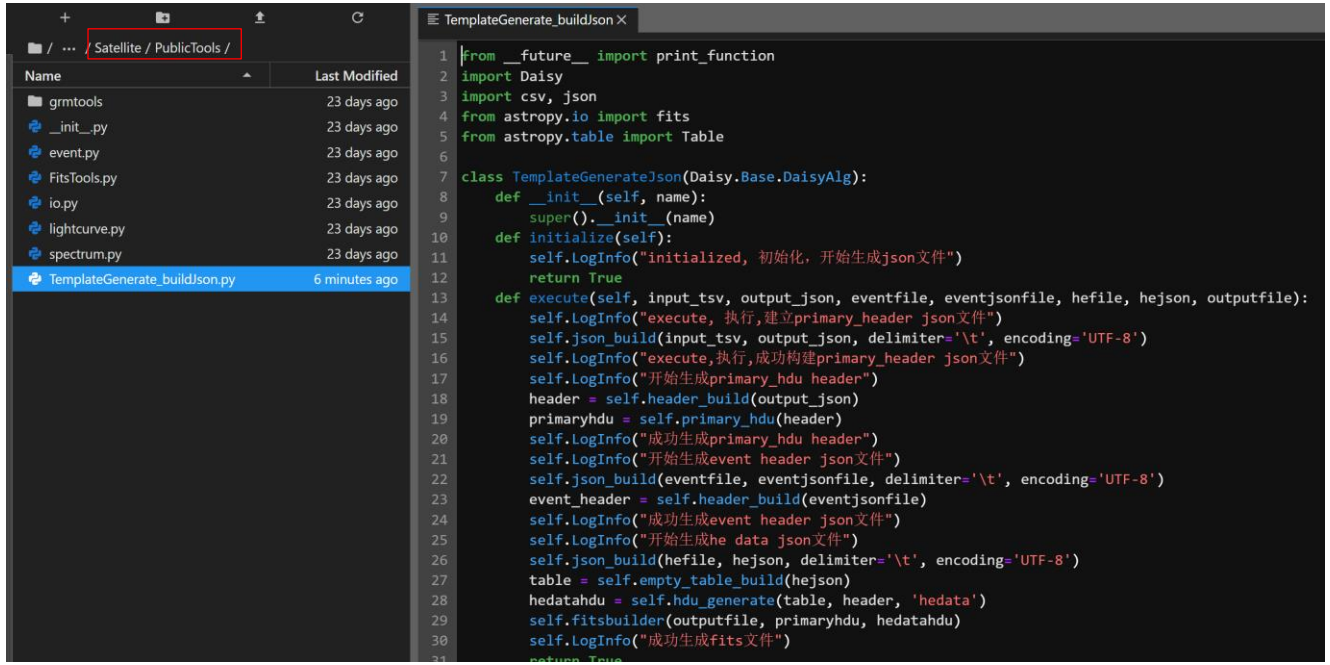
进展情况

- 代码集成

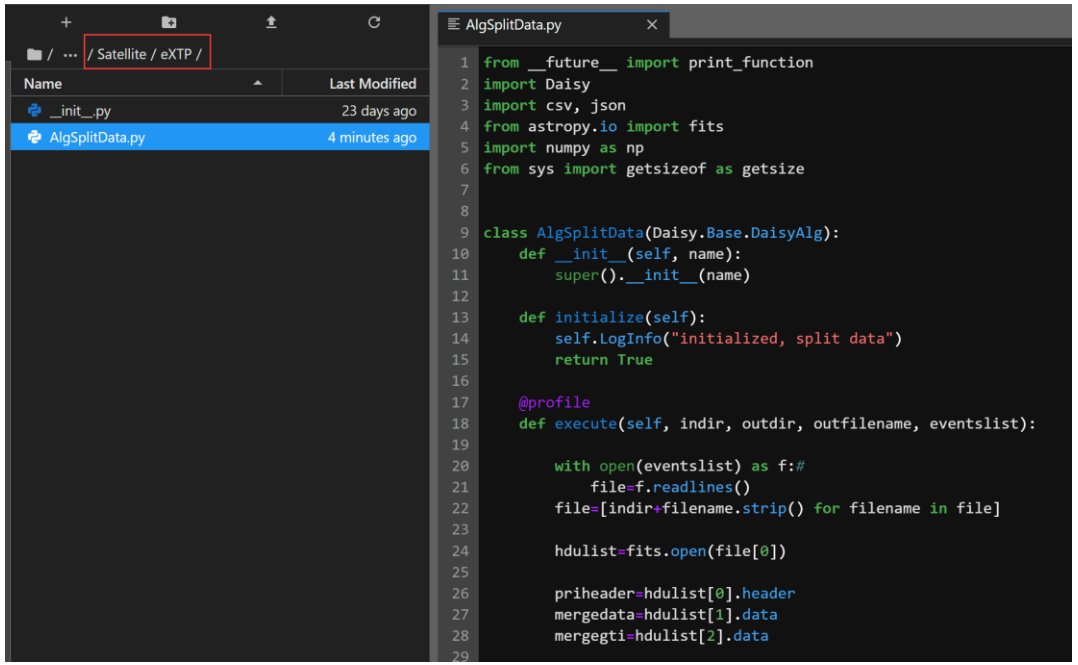
集成两个卫星数据处理算法

- 数据模板生成工具（tsv-json-fits） → 卫星基础库
- SVOM（光变曲线CLC、计数谱CSP） → 卫星专用库 SVOM
- eXTP（数据切割算法） → 卫星专用库 eXTP





数据模板生成工具



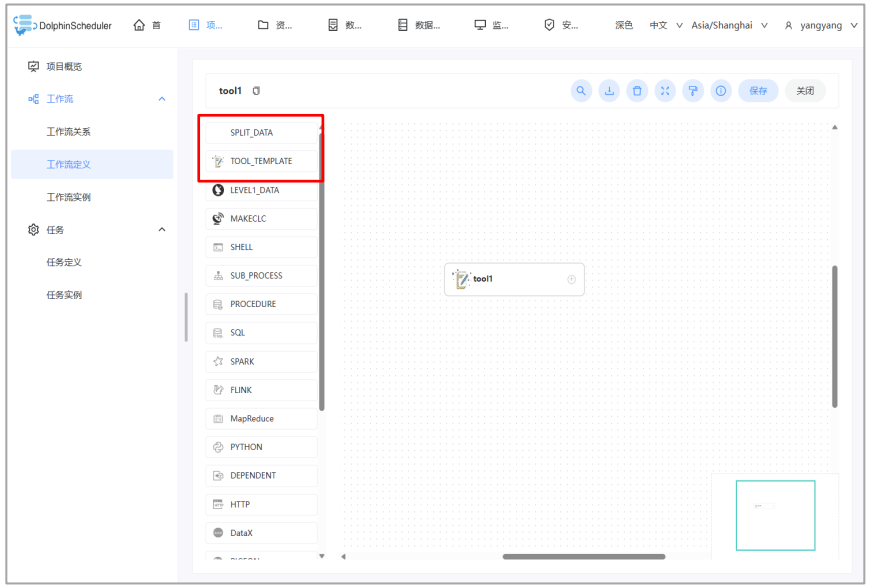
数据分割算法

进展情况

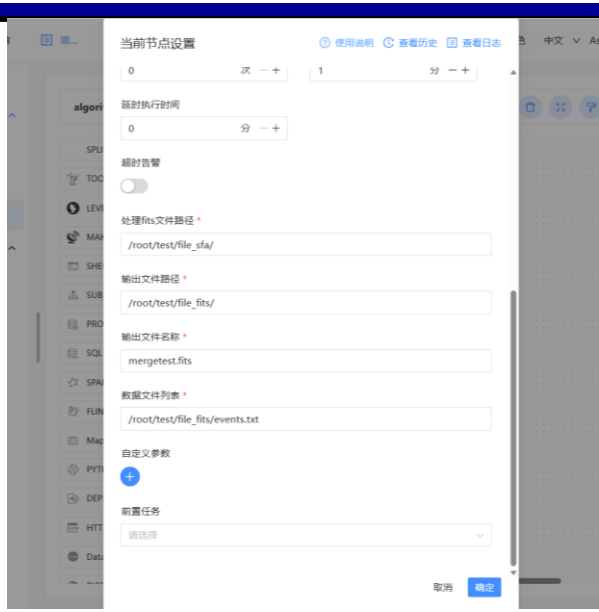
- Workflow

工作流开发

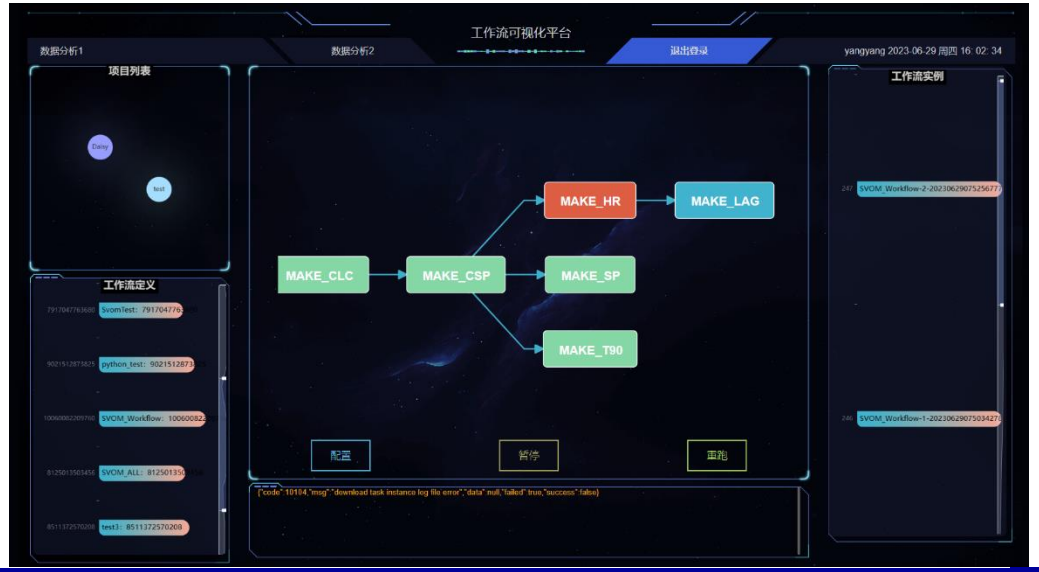
- 基于Dolphinscheduler研发
- 完成组件在工作流平台上的注册
  - 算法库：数据分割算法
  - 工具库：数据模板生成工具
- 通过拖拽任务组件，实现用户对卫星数据处理流程的编排和定义
- 通过监控系统，实现用户对卫星数据处理流程的监控
  - 查看任务执行状态：成功、失败、未执行
  - 查看日志



用户自定义数据处理流程



用户配置页面 - 数据分割算法



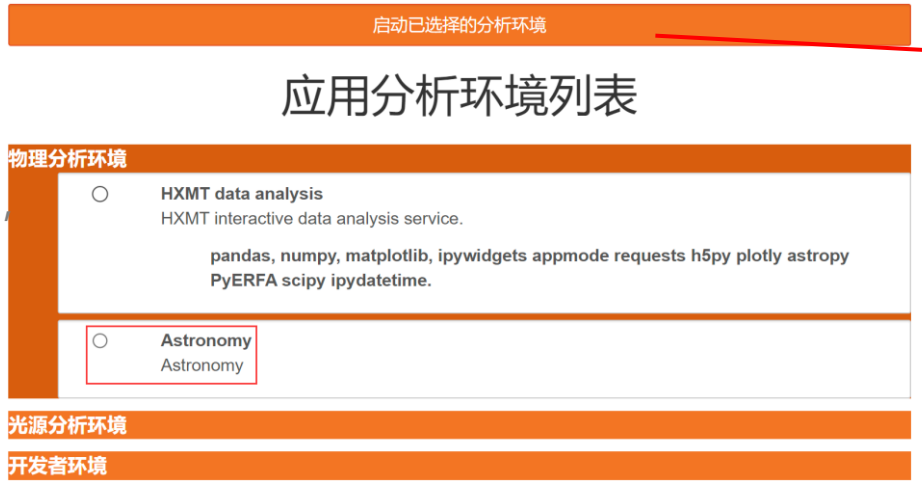
工作流调度系统监控页面

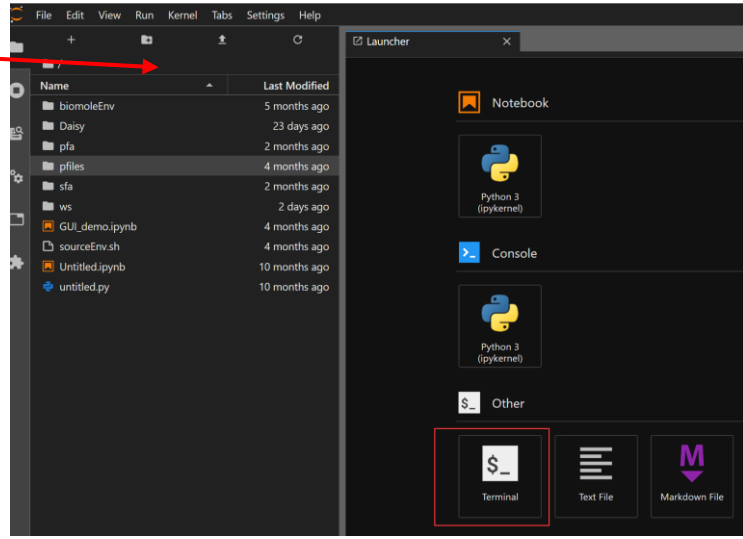
进展情况

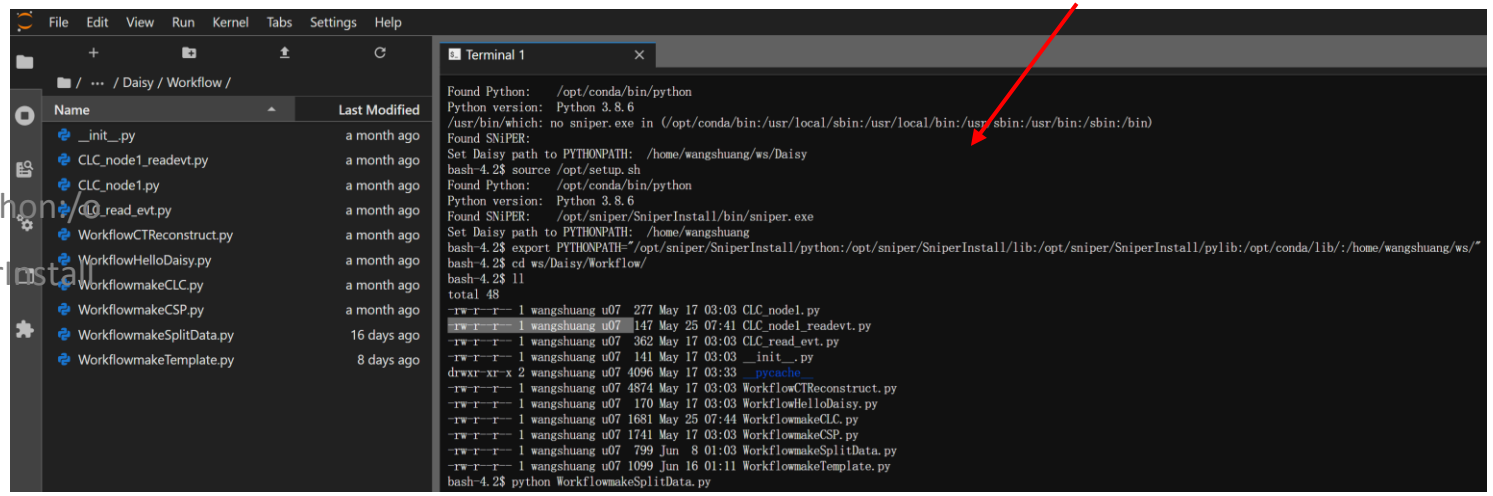
- 用户启动方式

命令行/终端terminal

- 登录 https://sdcscompute.ihep.ac.cn ，jupyterhub为用户分配容器和资源
  - ✓ 统一认证账号密码
  - ✓ 选择Astronomy环境启动
- 配置环境
  - ✓ source Daisy/setup.sh
  - ✓ source /opt/setup.sh
  - ✓ export PYTHONPATH="/opt/sniper/SniperInstall/python:/opt/sniper/SniperInstall/lib:/opt/sniper/SniperInstall/pylib:/opt/conda/lib/"



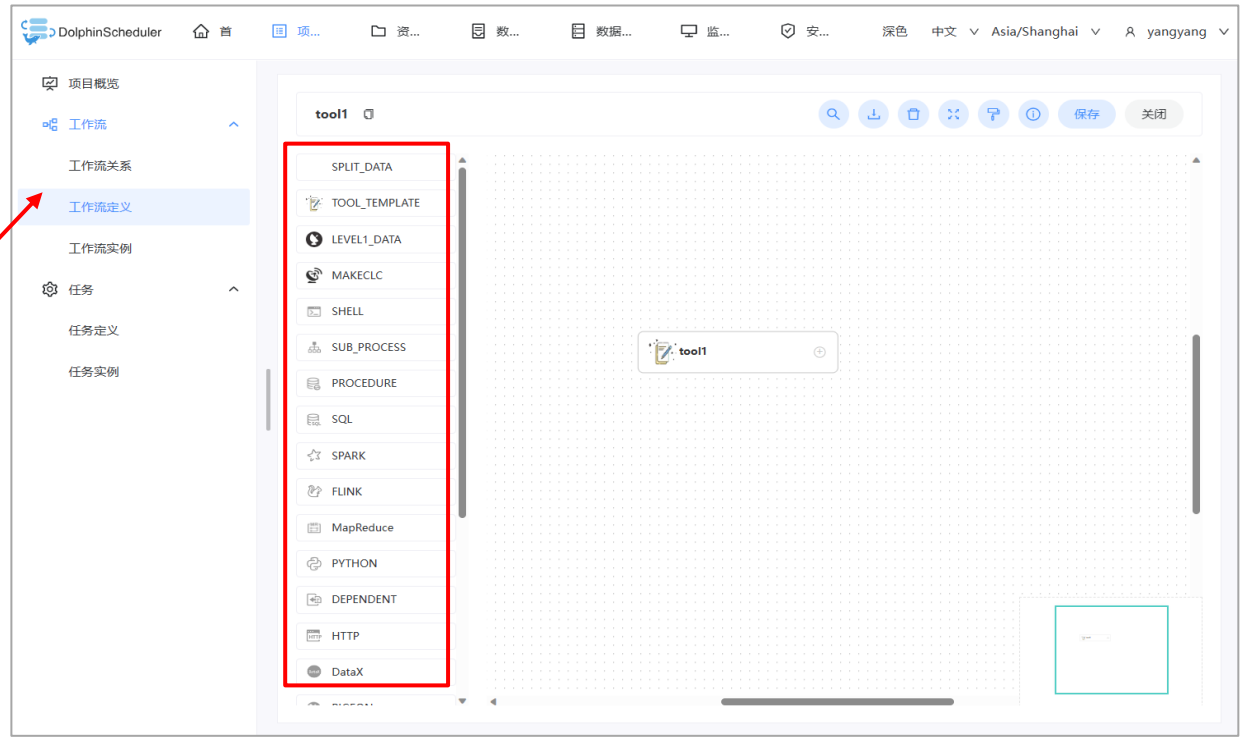




- 用户启动方式

工作流平台

- 管理员admin新建用户，并设置权限
  - ✓ 创建项目
  - ✓ 创建工作流
  - ✓ 编辑工作流



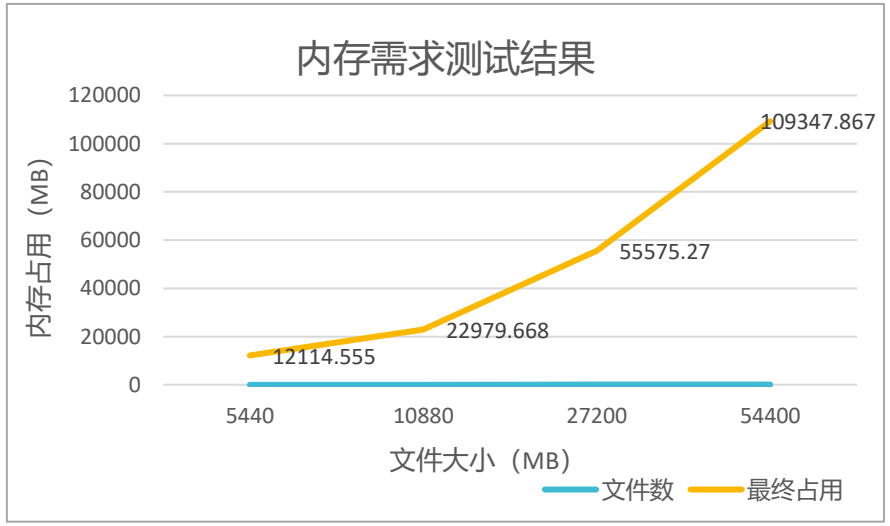
进展情况

- 内存需求测试

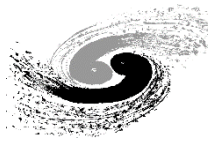
数据分割算法

- 能谱测量X射线聚焦望远镜阵列 (Spectroscopic Focusing Array, SFA)
  每个文件~544MB
- 增加数据排序
  - ✓ TIME：接收光子时间
  - ✓ gti：符合观测条件的观测时间

```
def execute(self, indir, outdir, outfilename, eventslist):
    with open(eventslist) as f:#
        file=f.readlines()
    file=[indir+filename.strip() for filename in file]
    hdulist=fits.open(file[0])
    priheader=hdulist[0].header
    mergedata=hdulist[1].data
    mergegti=hdulist[2].data
    dataheader=hdulist[1].header
    gtiheader=hdulist[2].header
    for i in range(1, len(file)):
        hdulist=fits.open(file[i])
        data=hdulist[1].data
        gti=hdulist[2].data
        mergedata=np.append(mergedata,data)
        mergegti=np.append(mergegti,gti)
    exposure=0
    for i in range(len(mergegti)):
        exposure=exposure+(mergegti[i][1]-mergegti[i][0])
    mergedata=np.sort(mergedata,order='TIME')
    mergegti=np.sort(mergegti,order='START')
    dataheader['EXPOSURE']=exposure
    priheader['EXPOSURE']=exposure
    prihdu=fits.PrimaryHDU(header=priheader)
    datahdu = fits.BinTableHDU.from_columns(mergedata,header=dataheader)
    gtihdu=fits.BinTableHDU.from_columns(mergegti,header=gtiheader)
    allhdulist=fits.HDUList([prihdu,datahdu,gtihdu])
    allhdulist.writeto(outdir+outfilename,overwrite=True)
    return True
```



文件数	10	20	50	100
内存/文件	2.23	2.11	2.04	2.01



目录

总结

- 该框架在天文卫星数据处理应用场景中是可行的
- 初步完成多个卫星数据处理算法和工具集成
  - 数据处理算法：
    - ✓ svom：光变曲线产品CLC、计数谱产品CSP
    - ✓ eXTP：sfa数据分割算法
  - 工具：
    - ✓ FITS文件读取和保存
    - ✓ eXTP ： FITS模板生成
- 下一步，将继续集成eXTP卫星数据处理算法（光变曲线和能谱），并进行全流程测试

谢谢！