

# 绩效考核报告

(2023.12 - 2024.11)

章红宇

触发与数据获取组

2024.11.21

# 主要内容

- 一. 岗位职责及任务完成情况
- 二. 经费情况
- 三. 论文发表
- 四. 学术发展规划与学术交流
- 五. 公共服务
- 六. 下年度工作计划

# 岗位职责

## 科研工作

1. 高能环形正负电子对撞机关键技术研发和验证  
课题二“硅径迹探测器关键技术验证”  
科技部国家重点研发计划项目
2. 高精度SOI像素顶点探测器研究  
国家自然科学基金重点项目
3. 基于FPGA的RDMA高性能数据传输研究  
CEPC预研
4. 基于原初电离计数方法（ $dN/dx$ ）的漂移室数据获取软件研制  
所创新课题

## 工程工作

CSNS-II高能质子实验终端数据获取系统  
CSNS-II工程项目

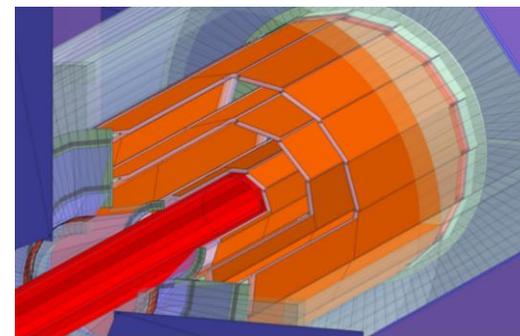
## 其他工作

# 科研工作（一）

## 高能环形正负电子对撞机关键技术研发和验证

### 课题二：硅径迹探测器关键技术验证

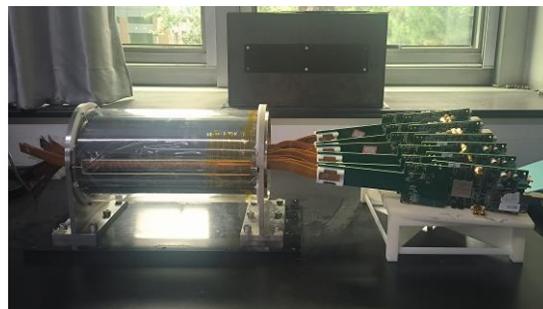
- 科技部国家重点研发计划项目
- 数据获取子课题负责人
- 负责完成**硅像素顶点探测器原型机数据获取软件**的设计与研制
- 望远镜系统和原型机两次束流实验2023年完成（本次不报告）



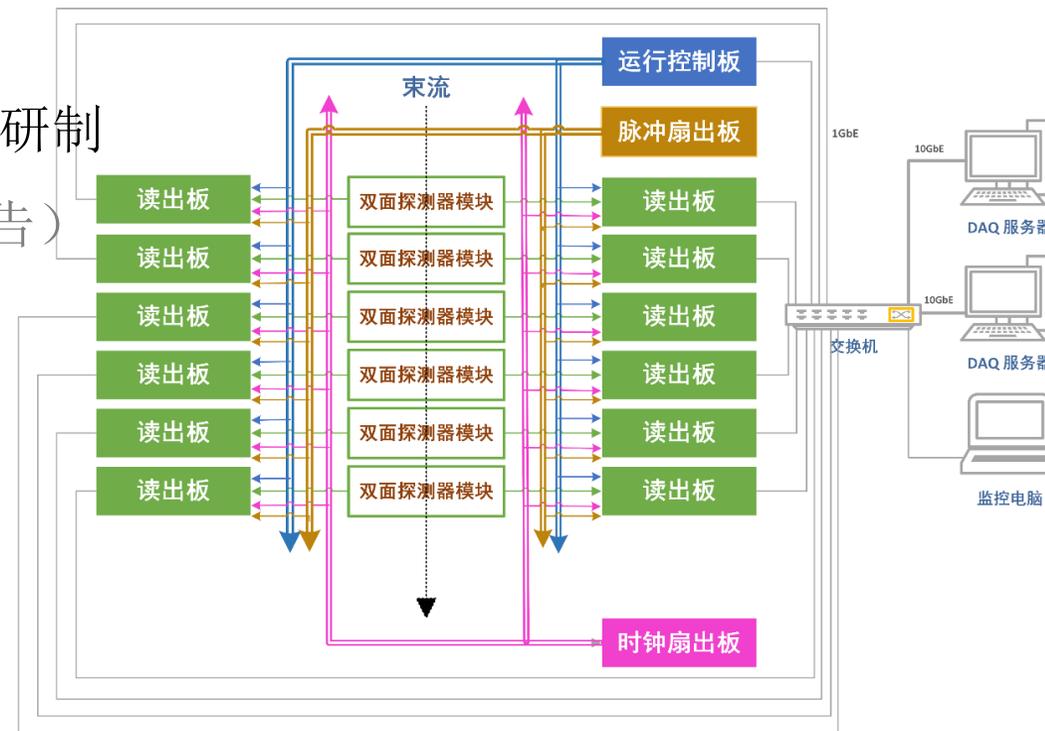
CMOS imaging sensor-Taichu-3



6-layer Telescope



Full size vertex detector Prototype



- Taichu-3芯片像素数量：512(row) \* 1024(column)
- 每个Double-sided Ladder装配20个传感器芯片（sensor）
- 3层Ladder排布成圆筒形，形成6层的顶点探测器

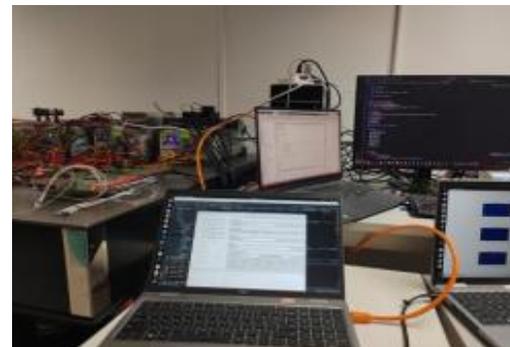
- 电子学读出板（FPGA板）：12件
- 时钟扇出板：1件
- 运行控制板：1件
- 脉冲扇出板：1件

# 科研工作（一）

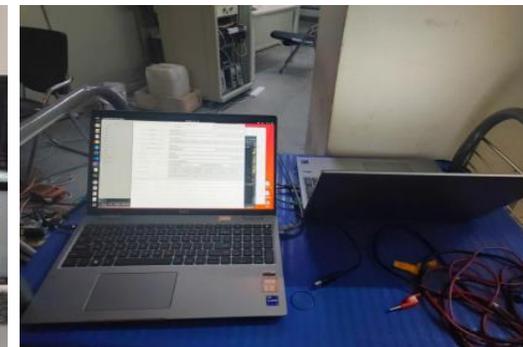
## 高能环形正负电子对撞机关键技术研发和验证

### 课题二：硅径迹探测器关键技术验证

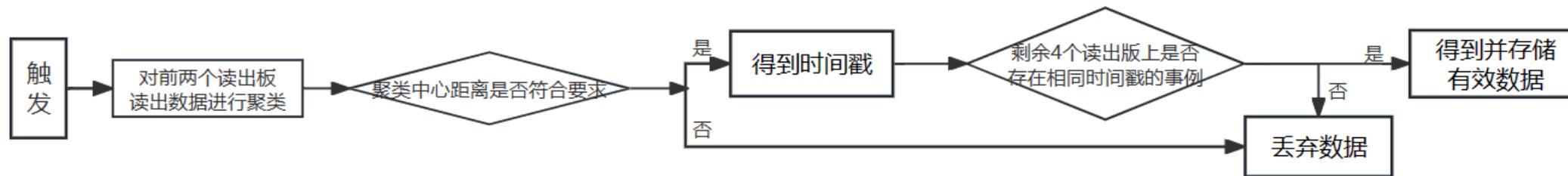
- 2024年完成两次辐照后芯片的性能测试，项目顺利结题
- 升级DAQ，进行电子学触发功能验证
  - 电子学系统增加数据触发板
  - FPGA中增加触发算法，用于降低光子信号本底
  - **DAQ新增功能：**
    - 增加触发板的数据读出与在线处理功能
    - 显示触发板Hitmap，方便与触发前Hitmap进行比对
    - 在DAQ软件中加入软件触发功能，同步验证电子学硬件触发算法的效率和准确性



激光测试中的DAQ系统



同步辐射实验中的DAQ系统



触发算法原理

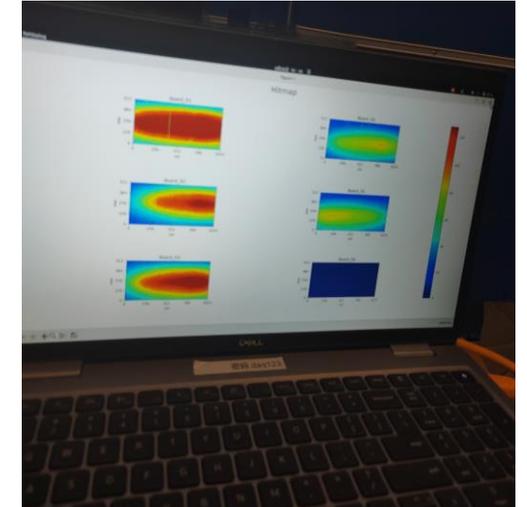
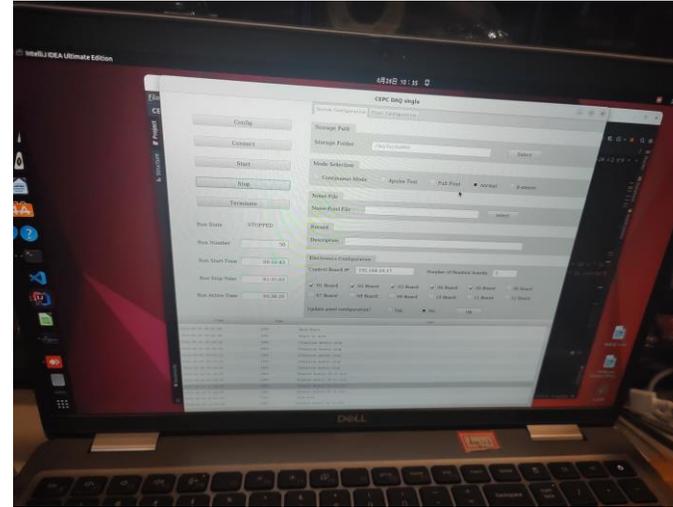
# 科研工作（一）

## 高能环形正负电子对撞机关键技术研发和验证

### 课题二：硅径迹探测器关键技术验证

#### ■ 斜入射性能研究实验

- 两次同步辐射实验
- 2024. 5. 31-6. 7, 6. 12 - 7. 11
- 共进行约120次取数，每次取数时长为2-3小时，取数过程中在Online Hitmap中观察到粒子斜入射产生的椭圆形光斑



同步辐射实验中的DAQ系统

#### 硅像素顶点探测器数据获取系统：

- IEEE RealTime 2024 oral 报告
- Data Acquisition System for CEPC Vertex Detector Prototype, **IEEE Transactions on Nuclear Science**, doi: 10.1109/TNS.2024.3487991.

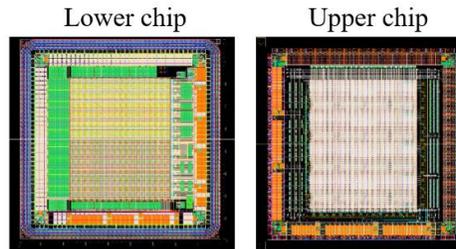
# 科研工作（二）

## 高精度SOI像素顶点探测器研究

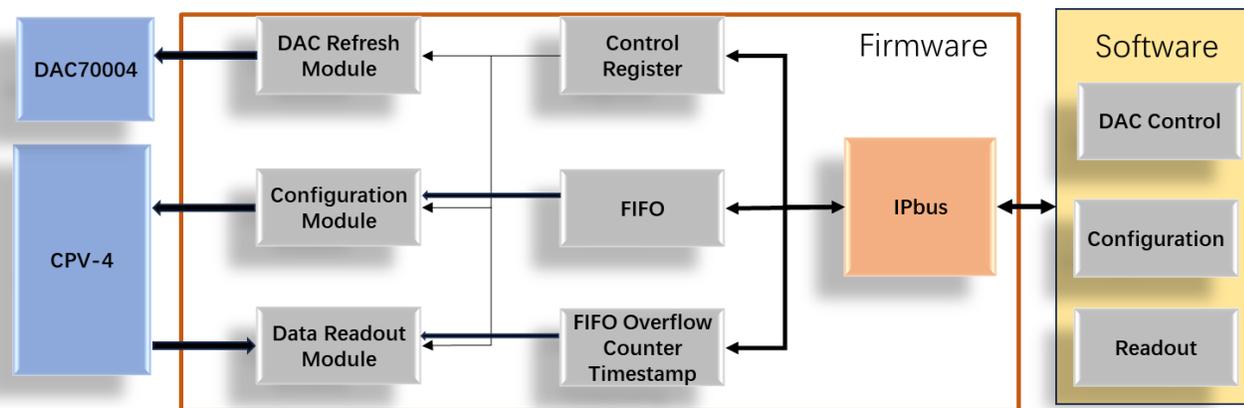
- 国家自然科学基金重点项目
- 数据获取软件子课题负责人
- 根据3D-SOI芯片研制需求，完成数据获取软件研制，并进行了读出性能优化
- 针对CPV-4芯片特点开发相应测试验证系统
  - 数字芯片，模拟芯片，3D芯片
- 完成CPV-4上层数字芯片仿真器开发
  - 可替代数字芯片响应测试系统，接收配置信息，产生击中数据

- IEEE Real Time 2024 oral 报告
- An FPGA-Based Emulator and Test System for the 3D-SOI chip CPV-4. **IEEE Transactions on Nuclear Science**, doi 10.1109/TNS.2024.3471831

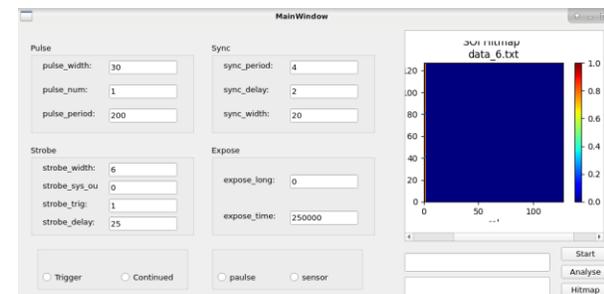
- SOI单片集成式芯片：CPV-4芯片128(row) \* 128(col)
- 基于微球（micro-bump）工艺的SOI-3D技术



（欧阳群、卢云鹏、周扬）



数据获取系统整体框架



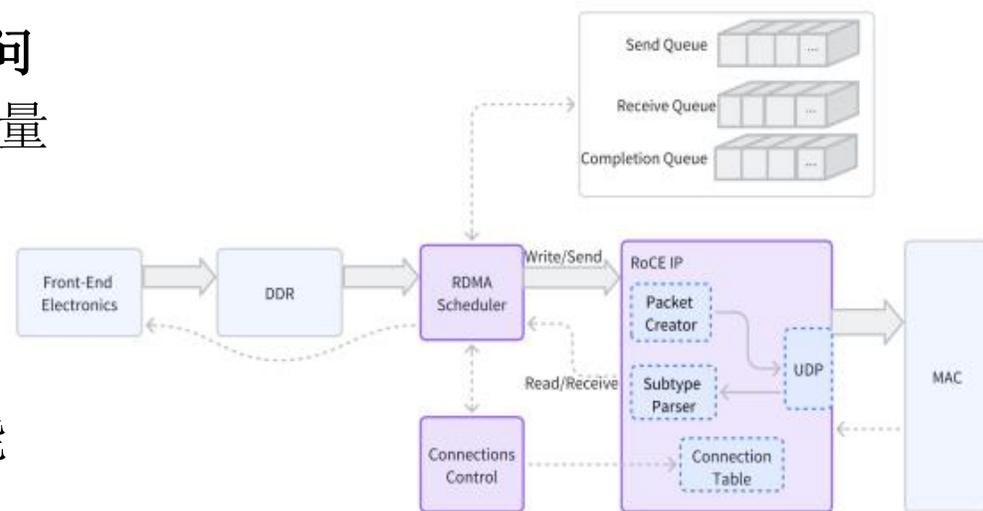
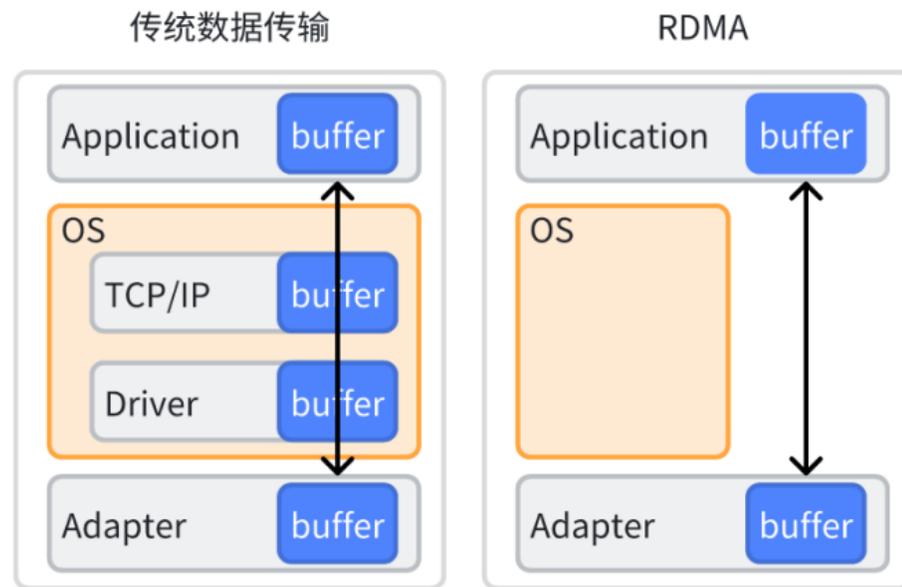
数据获取软件界面

# 科研课题（三）： CEPC预研 - 基于FPGA的RDMA高性能数据传输研究

课题来源：河南省科学院高能物理中心

面向未来实验的高性能数据传输技术研发

- 满足CEPC各探测器电子学到数据获取系统的高带宽、低延迟数据读出需求
  - 传统数据传输协议（TCP/IP）
    - 与网络 I/O 相关的CPU处理开销大，限制了数据传输带宽（I/O 瓶颈）
  - **RDMA（Remote Direct Memory Access）远程直接内存访问**
    - 直接访问计算机内存，无需 CPU 参与，低延迟、高吞吐量
    - 针对 I/O 瓶颈问题的一种解决方案
- 调研了ATLAS、ESRF在100Gbps链路上的应用情况和性能
- 基于开源项目生成了RoCE v2 IP核
- 购买了vcu118开发板，正在搭建测试平台，准备进行初步性能测试

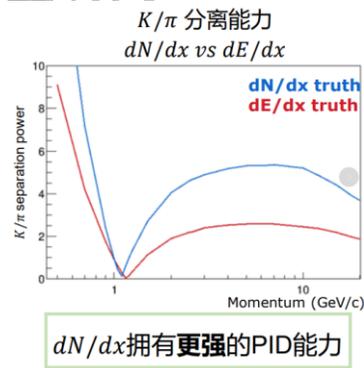
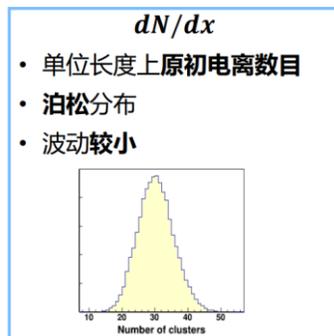
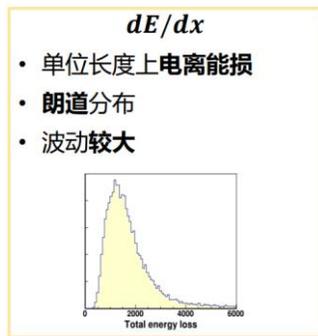


# 科研课题（四）： 基于原初电离计数方法（ $dN/dx$ ）的漂移室数据获取软件研制

课题来源：所创新课题“基于原初电离计数方法进行粒子鉴别的研究”（2022-2024）

负责数据获取软件研制

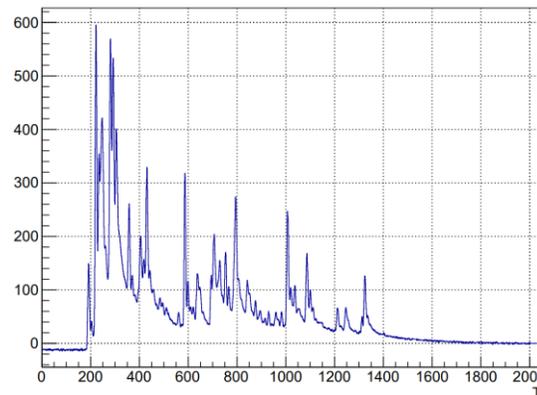
- 探测器：120通道漂移室模型（董明义）



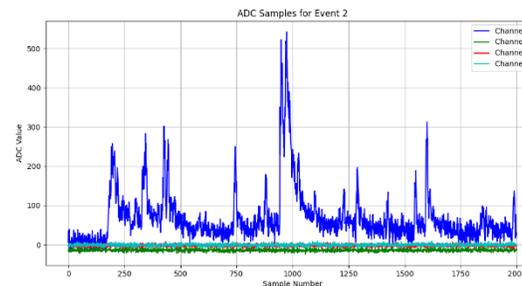
$dE/dx$  vs.  $dN/dx$

- 电子学：自研（赵豫斌、刘洪斌）

- 1.3 GSPS ADC
- 多通道高速数据采集系统
  - 读出板 ×12
  - 运行控制板
  - 信号扇出板



1 GSPS采样波形



1.3 GSPS采样波形

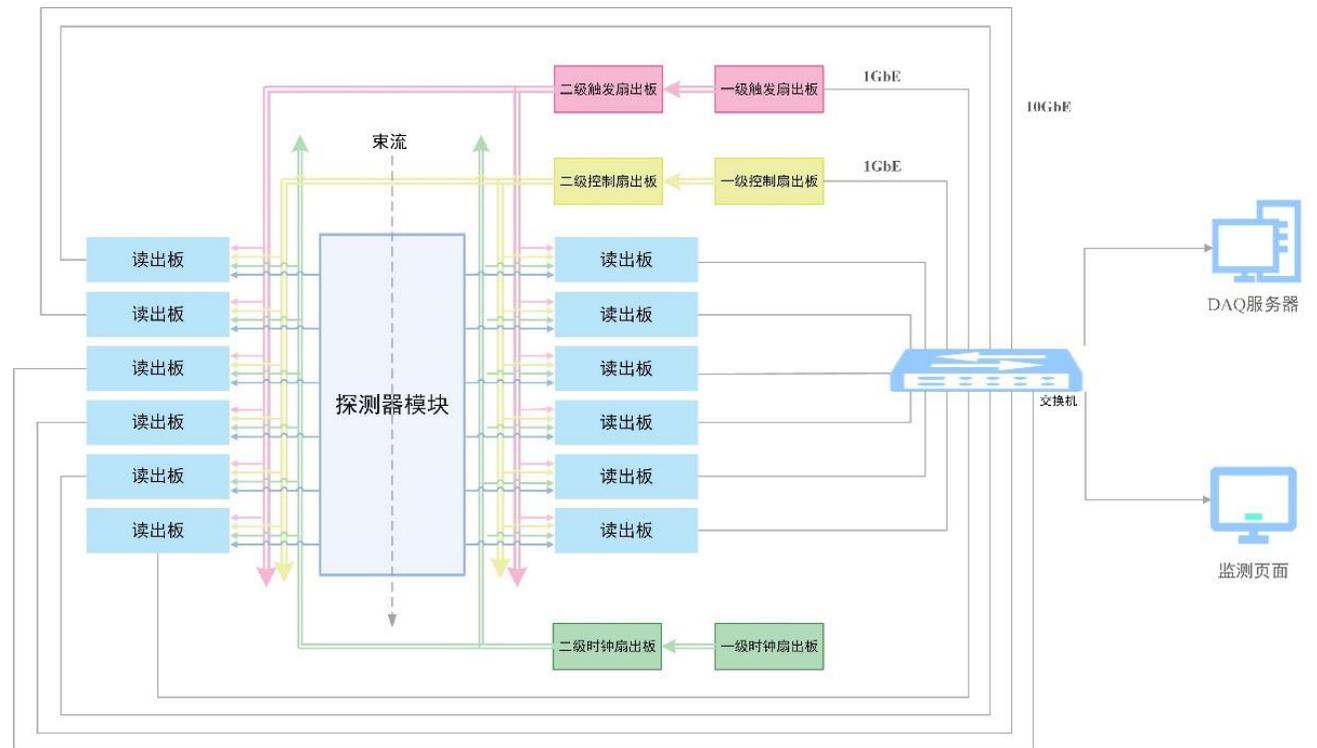
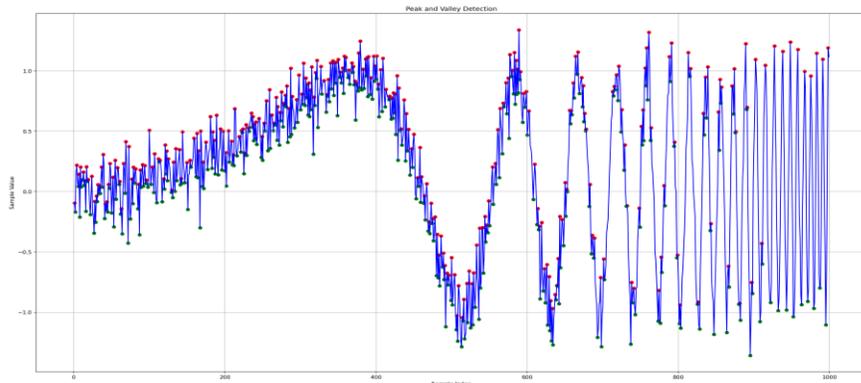


高速数据采集硬件

# 科研课题（四）： 基于原初电离计数方法 (dN/dx) 的漂移室数据获取软件研制

## ● 数据获取：

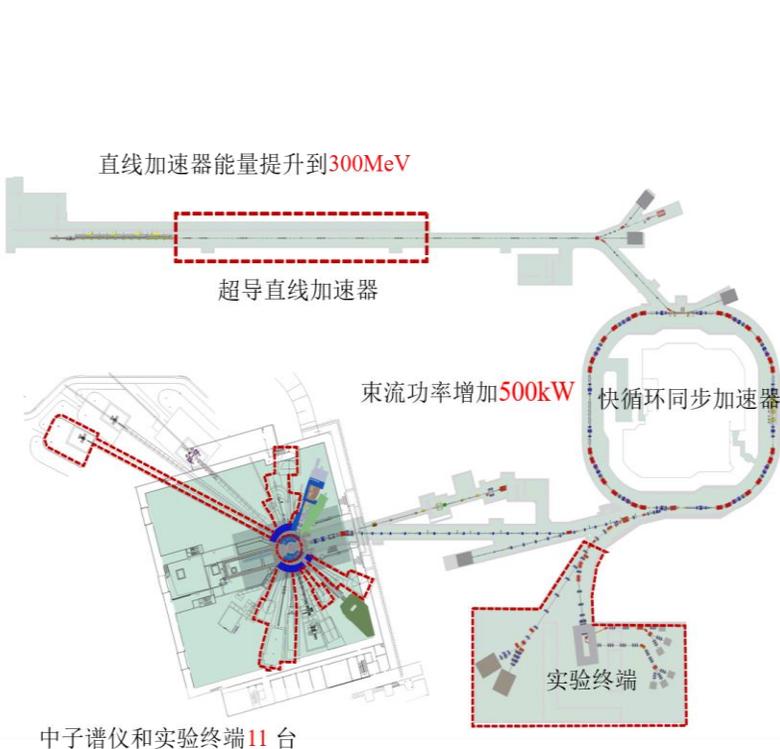
- 需要读出全通道波形采样数据（波形采样点1024），进行在线数据检查及波形寻峰处理
- 初步完成数据获取软件
- 进行了多种寻峰算法的调研与对比验证（3种传统算法，2种机器学习算法）
  - 导数寻峰算法
  - 小波变换寻峰算法
  - 对称零面积变换寻峰算法
  - 长短期时间记忆网络（LSTM）
  - 迁移学习
- 等待与探测器电子学联调



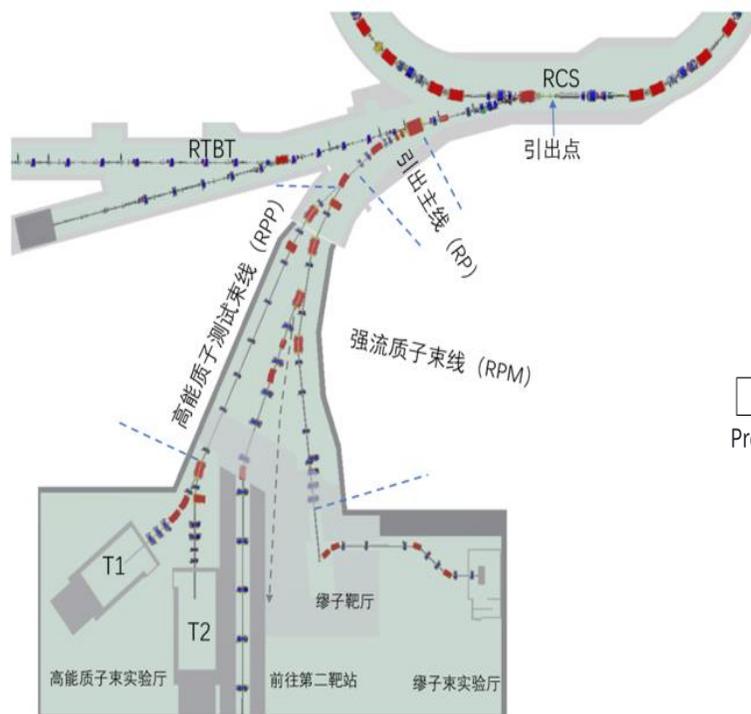
# 工程工作

## CSNS-II 高能质子实验终端 (HPES) 数据获取系统

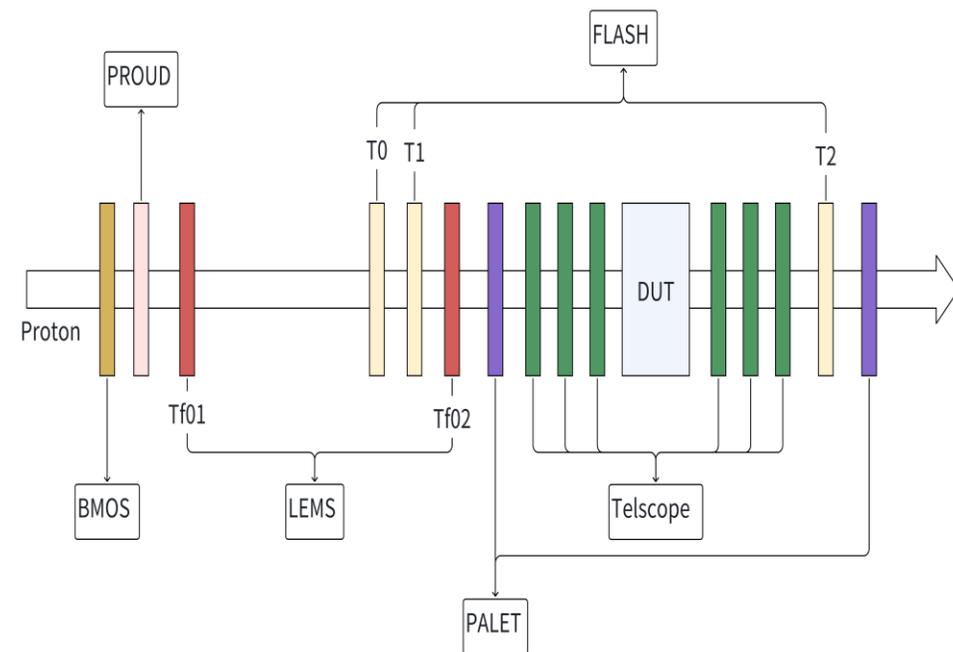
- 数据获取系统负责人
- 完成用户探测器及实验终端探测器的数据采集、在线处理和数据存储
- 根据需要进行数据整合、离线数据处理



散裂二期升级计划图



高能质子实验区规划图



高能质子实验终端测量系统示意图

# 工程工作（一）

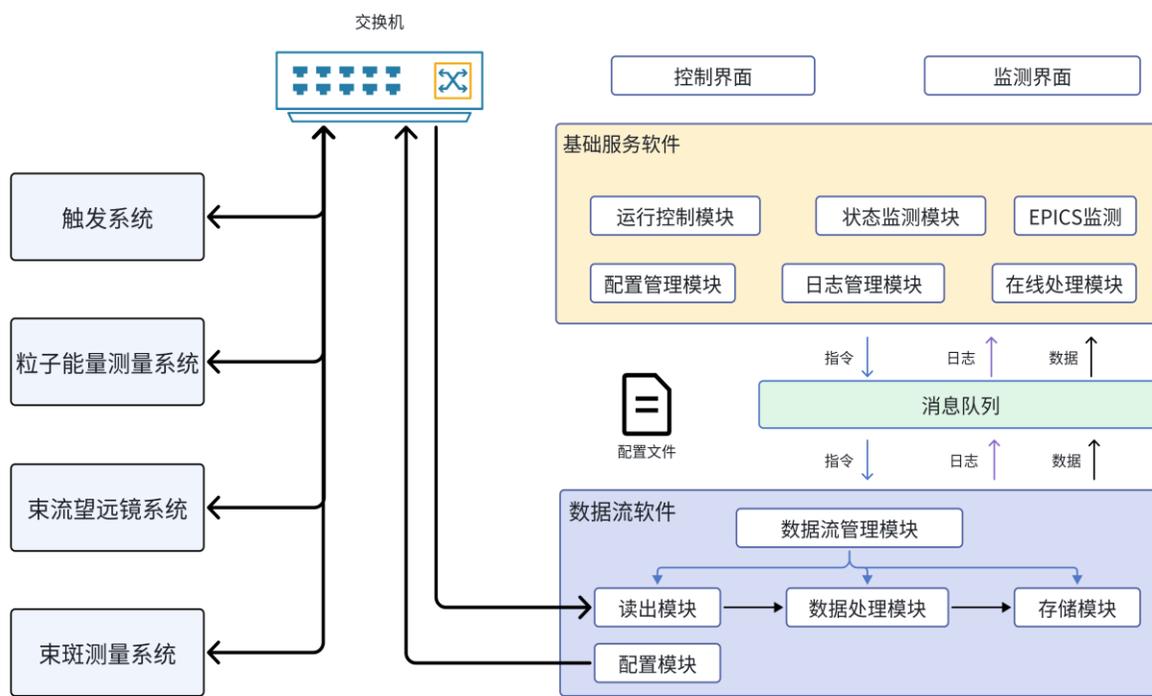
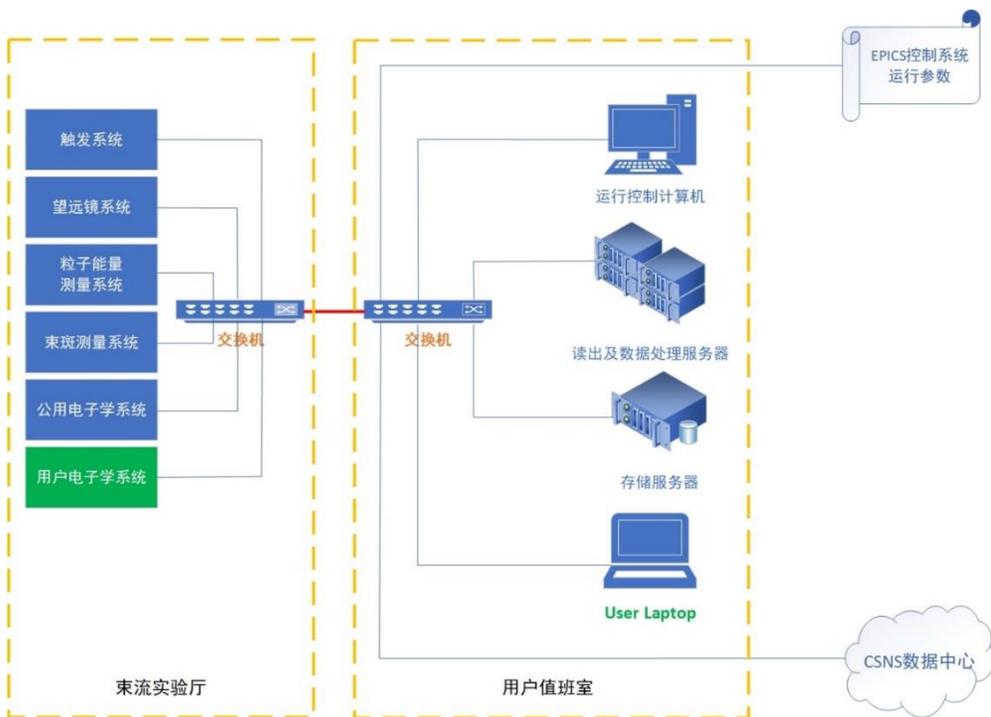
## CSNS-II 高能质子实验终端（HPES）数据获取系统

编号	探测器系统	探测器	电子学	读出数据类型	DAQ控制	DAQ读出	读出接口类型	读出通道数
1	触发系统	塑闪+PMT	1GHz FADC波形采样 /中科采象6.4GSPS PXI采集卡 触发逻辑单元（TLU）	采样波形 TLU数据	是	是	千兆网络	4(max)
2	束流望远镜系统	硅像素探测器芯片（Mimosa28）	高能所自研 击中信息（零压缩）	像素击中信息	是	是	千兆网口 （SiTCP）	6
3	能量测量系统	LGAD	中科采象6.4GSPS PXI采集卡 PXI机箱控制器	采样波形	是	是	千兆网口	4*2
4	束斑测量系统	Micromegas	科大白光MTPC电子学	采样波形	是	是	千兆网口TCP （570Mbps）	1or2（单套） 2or4（两套）
5	流强测量系统	塑闪+PMT	DT5751		否	否	接加速器控制系统	1
6	流强监测系统	SiC	CAEN采样电子学		否	否	接加速器控制系统	1
7	用户探测器		白光共用电子学		?	?	千兆网口	
8	用户探测器	优先考虑硅像素 探测器和量能器	未知（兼容自研TLU）		?	?		

# 工程工作

## CSNS-II 高能质子实验终端 (HPES) 数据获取系统

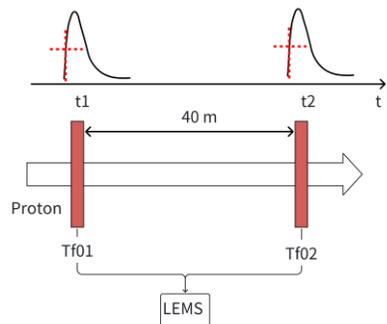
- 完成数据获取系统物理评审报告的撰写，提交设备清单和经费预算，已获批准
- 完成数据获取软件框架
- 初步完成束流望远镜系统和束流能量测量系统的DAQ的开发和联调测试
- 实现DAQ与散裂加速器控制系统接口（与CSNS加速器控制组合作）



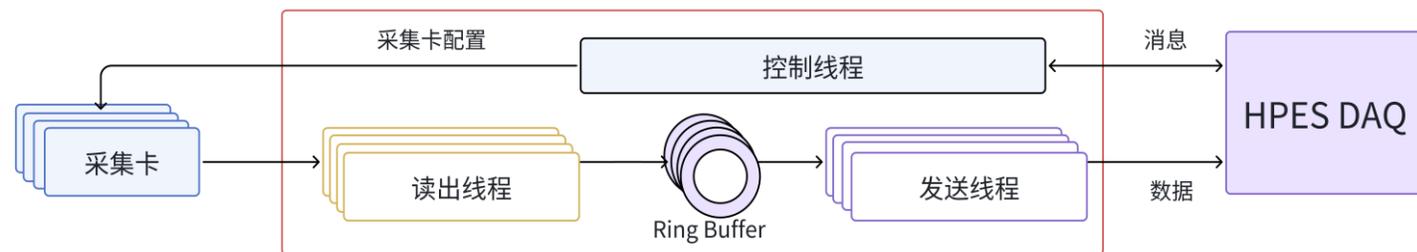
HPES DAQ整体结构

# CSNS-II HPES DAQ 框架 - 粒子能量测量系统 (LEMS) 接入

束流能量测量系统：探测器采用LGAD，电子学使用中科采象6.4GSPS采集卡+PXIe机箱控制器  
数据获取：HPES DAQ框架+机箱控制器读出程序+电子学配置模块+数据处理模块



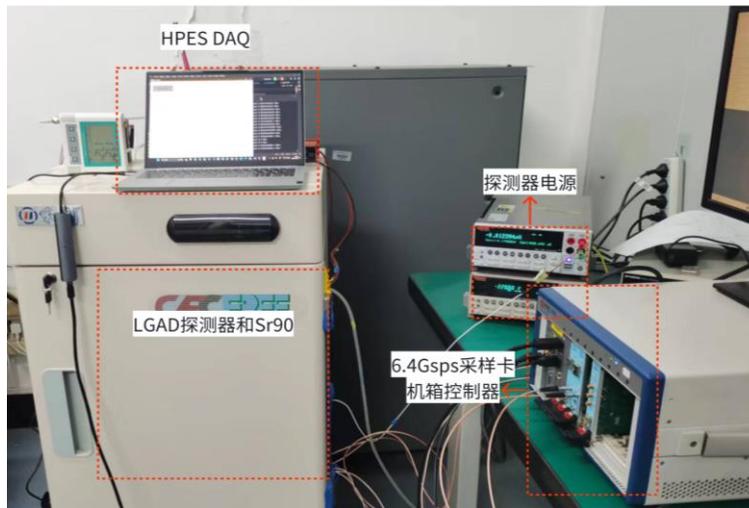
LGAD探测器示意图



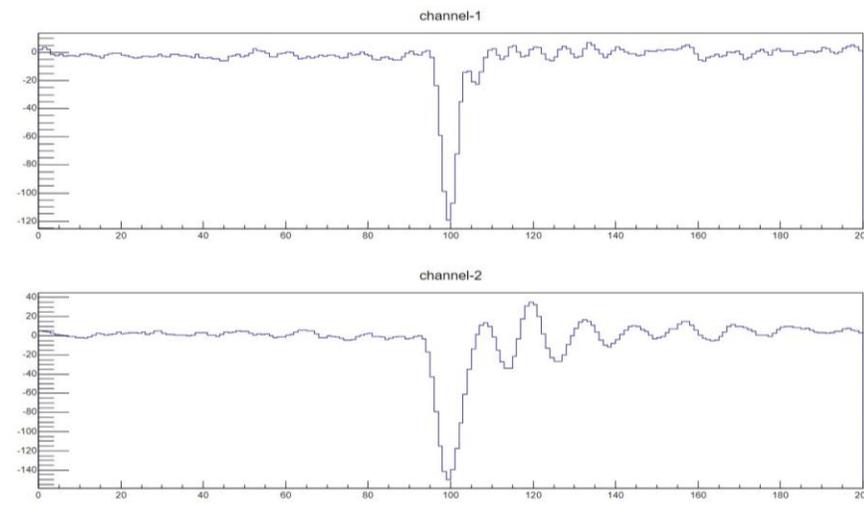
机箱控制器读出及控制程序



电子学与DAQ实验室联调测试

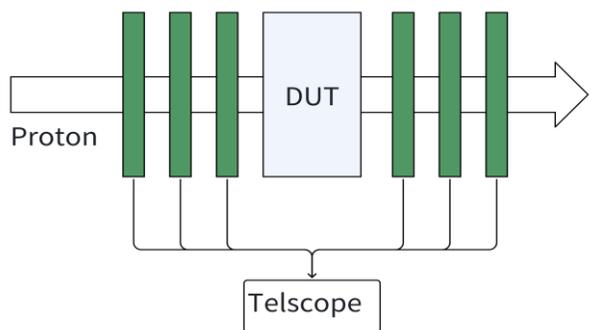


LGAD探测器电子学DAQ放射源测试



LGAD探测器真实信号波形重建

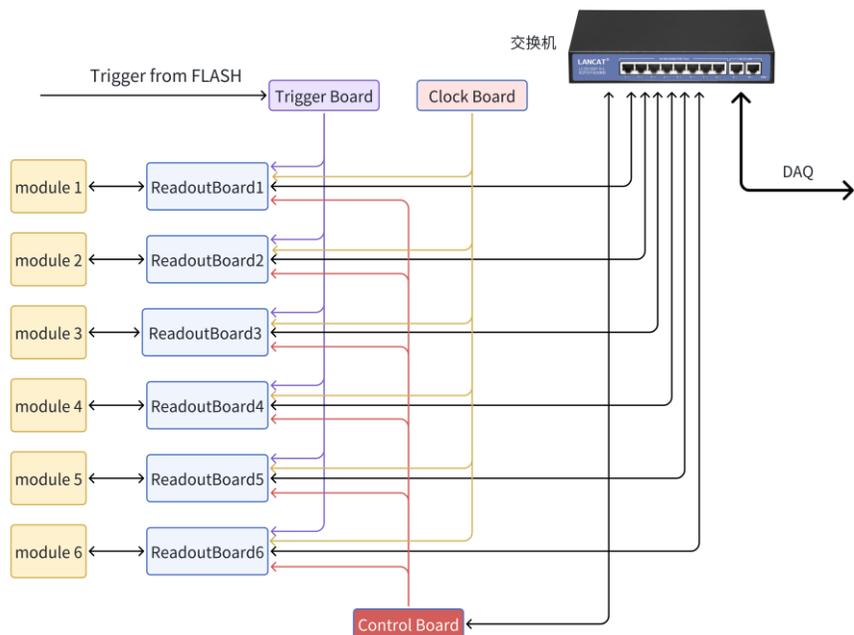
# CSNS-II HPES DAQ 框架 - 束流望远镜系统 (Telescope) 接入



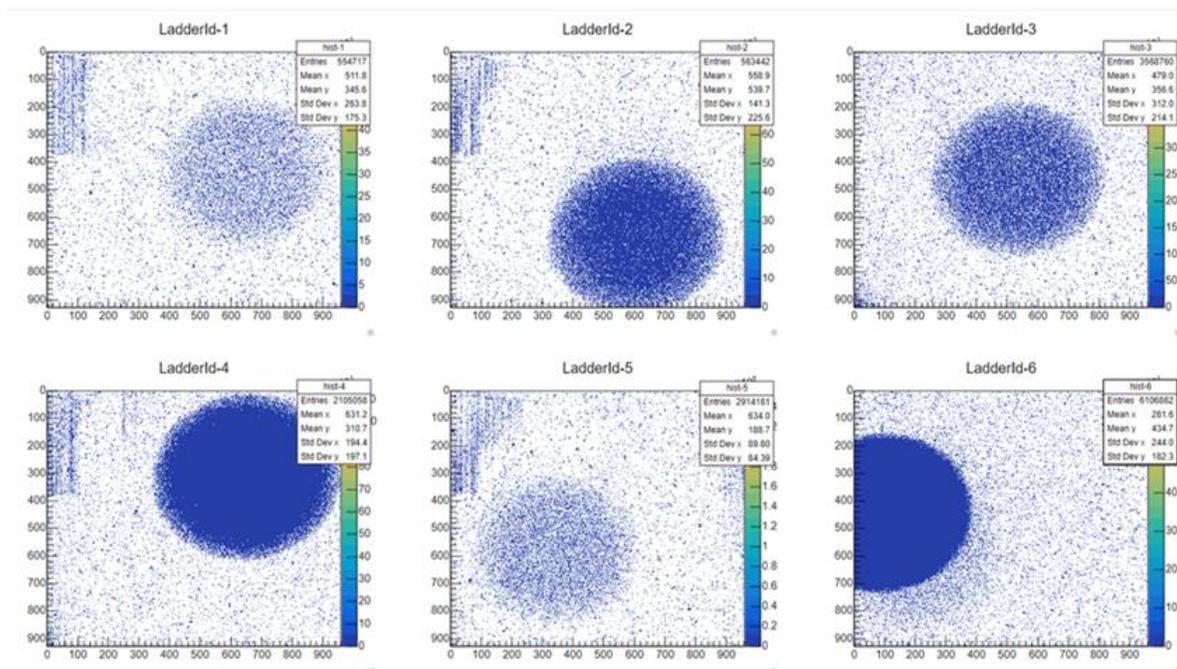
望远镜系统示意图

## 束流望远镜系统:

- 探测器: MAPS芯片 (Mimosa28), 6层
- 电子学: 自研 (读出电子学板+控制板+信号扇出板)
- 数据获取: HPES DAQ框架+电子学配置模块+数据处理模块



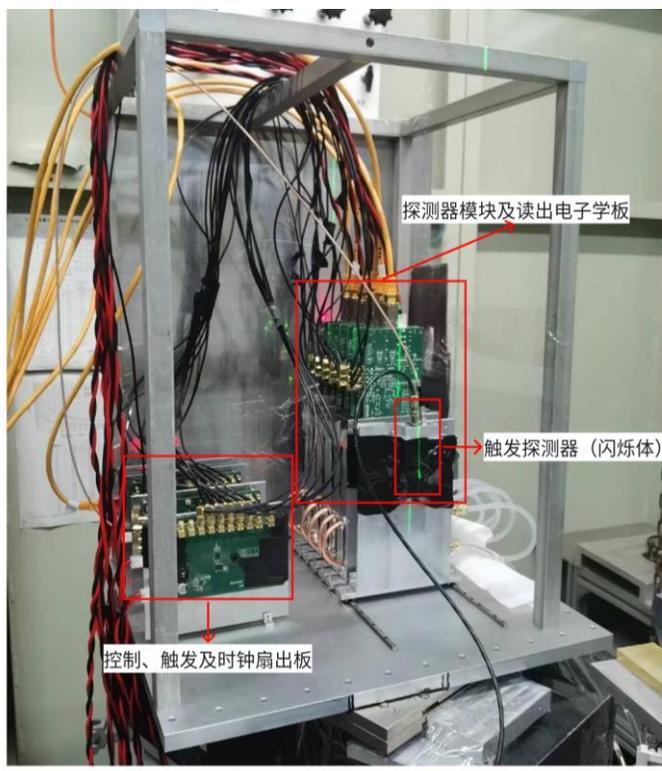
读出电子学系统示意图



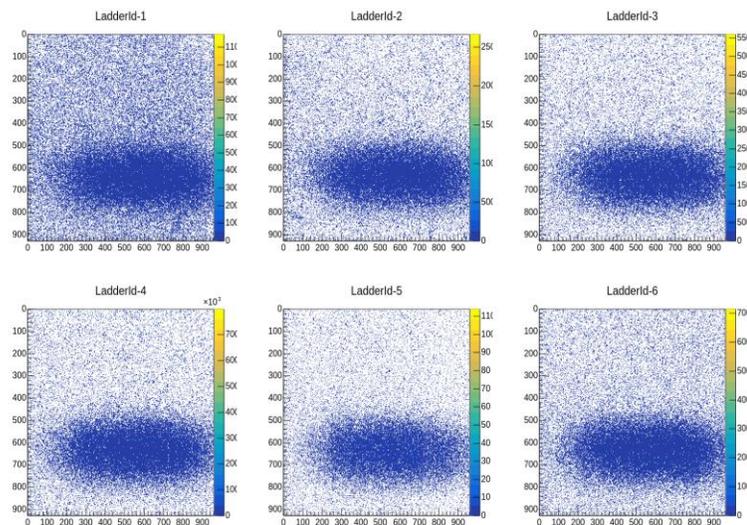
探测器+电子学+DAQ实验室放射源 ( $^{55}\text{Fe}$ ) 实验

# CSNS-II HPES DAQ 框架 - 束流望远镜系统 (Telescope) 接入

- 测试目的：测试HPES DAQ中在实际束流下运行情况，帮助探测器验证性能指标
- 测试环境：北京同步辐射4W1A实验站，1.3GeV电子束流



BSRF电子束实验探测器搭建



实验过程中HitMap绘制情况

- 实验进行约**10天**，共取数**1.8TB**，期间HPES DAQ运行平稳。
- HPES DAQ可以**快速发现实验中存在的问题**，可以在第一时间解决，节省总的实验时间。。

## 其他工作

- HEPS: 金刚石探测器**XBPM** 数据获取软件的研制
  - 指导多学科学生刘墨楠完成
  - 完成软件开发, 与探测器、电子学联调
  - 完成硕士论文并答辩
- BSRF: QXAFS 数据获取软件在**中能快速扫描吸收谱**中的应用
  - 指导多学科学生夏英浩完成
  - 进行了同步辐射专用光、兼用光实验
- 跟踪CEPC refTDR阶段各探测器电子学设计方案, 撰写**TDAQ**中**Detector Readout**部分

# 项目与经费

- 国家自然科学基金重点项目（2020-2024）
  - 高精度SOI像素顶点探测器研究（总经费330万元，子课题负责人）
- 散裂二期工程项目（2024-2029）
  - 高能质子实验终端（总经费794.7万元，子课题负责人）
- CEPC探测器设计与预研（2024-2027）
  - TDAQ（400万，DAQ核心成员）
- 参与MOST4重点研发项目申请（提交）
- 参与多学科中心重点研发项目申请（提交）
  - 2025国家重点研发计划项目-大装置前沿研究专项-“基于X射线-原子核系统的量子调控研究”  
课题三“原子核共振散射探测谱仪及算法研发”

## 文章发表 (通讯作者 3篇, 合作作者5篇)

1. Chang Xu, [Hongyu Zhang\\*](#), Jia Zhou, Yiming Chen, Ziyue Yan, Zhijun Liang, Tianya Wu, Jun Hu, Wei Wei, and Ying Zhang. Data Acquisition System for CEPC Vertex Detector Prototype, **IEEE Transactions on Nuclear Science**, doi: 10.1109/TNS.2024.3487991.
2. Chang Xu, Jia Zhou, [Hongyu Zhang\\*](#), Weida Zheng, Yang Zhou, Sheng Dong, Jing Dong, Yunpeng Lu, and Qun Ouyang\* . An FPGA-Based Emulator and Test System for the 3D-SOI chip CPV-4. **IEEE Transactions on Nuclear Science**, doi 10.1109/TNS.2024.3471831
3. 陈一鸣, 周佳, 徐畅, [章红宇\\*](#), 朱科军, 严子越, 吴天涯, 梁志均, 胡俊, 魏微, 张颖. 基于JavaFx的硅像素顶点探测器原型机数据获取软件的研制. **核电子学与探测技术**, 2024, 44(3):404-414. doi:10.3969/j.issn.0258-0934.2024.03.003.
4. Shuqi Li, Tianya Wu, Xinhui Huang, Jia Zhou, et al. Test of a baseline vertex detector prototype for CEPC. **IEEE Transactions on Nuclear Science**, doi: 10.1109/TNS.2024.3395022
5. Yang Zhou, Yunpeng Lu\*, Jia Zhou, [Hongyu Zhang](#), Jing Dong, Weida Zheng , Chang Xu, Mingyi Dong, Qun Ouyang\*, 3D-integrated pixel circuit for a low power and small pitch SOI sensor. 2024 **JINST** 19 C02046. doi: 10.1088/1748-0221/19/02/C02046
6. 郑炜达, 周扬, 卢云鹏\*, 徐畅, 周佳, [章红宇](#), 董静, 董明义, 欧阳群\*. 3D-SOI像素芯片逻辑层的设计与实现. **核电子学与探测技术**, 2024, v.44; No.306(05):791-798
7. Hangxu Li, Yangfan Zhou, Peng Liu, Zongxin Yang, Yiming Chen, [Hongyu Zhang](#), A single photon resolution integrating chip for silicon microstrip sensors (SSDROC) in High Energy Photon Source, **Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A** (2024), doi: <https://doi.org/10.1016/j.nima.2024.169822>.
8. Sheng Dong, Zhiliang Chen, Jia Zhou, Xingye Zhai, Anqi Wang, Yunxiang Wang, Hulin Wang, Lailin Xu, Jing Dong, Yang Zhou, Yunpeng Lu, Mingyi Dong, [Hongyu Zhang](#), Qun Ouyang, Performance study of the JadePix-3 telescope from a beam test, **Nuclear Inst. and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment**, Volume 1065, 2024, 169551, <https://doi.org/10.1016/j.nima.2024.169551>.

# 学术发展规划

- 面向未来高能物理实验开展高带宽数据读出技术研究
- CSNS-II 高能质子实验终端数据获取系统研制

# 学术交流

## • 国际会议

- 24<sup>th</sup> IEEE Real Time Conference, Quy Nhon, Vietnam (2024.4)
  - **Oral presentation:** Data Acquisition System for CEPC Vertex Detector Prototype
  - **Oral presentation:** An FPGA-Based Emulator and Test System for the 3D-SOI chip CPV-4

## • 国内会议

- 第四届先进光源中子源科学数据与软件研讨会（2024.5）
- 国科大核学院中子教研室教学研讨会（2025.8）
- CEPC Workshop（2024.10）-分会主持

## • 例会

- TDAQ组会
- 课题例会：CSNS-II - 高能质子实验终端，SOI，CEPC Vertex Detector，HEPS – APD，BSRF - QXAFS
- CEPC ref-TDAQ

## ■ 研究生培养

- 指导硕士生 3名（陈一鸣、徐畅、纪梦阳，陈一鸣2024年6月毕业，徐畅转博）
- 辅助指导多学科中心硕士生 1名（刘墨楠, 2024年6月毕业留所）

## ■ 公共服务

- 国科大授课 – 研究生专业普及课“先进电子学和数据获取”，负责数据获取部分
- 实验物理中心学术小组成员（研发指南、项目推荐、人员推荐等）
- 实验物理中心研究生管理小组成员
- DAQ-触发-电子学研究生季度考评
- 学位论文评审、答辩

## ■ 获奖情况

- 获中国科学院大学2023年学院级“研究生优秀课程”



# 下年度工作计划

- 完成CEPC ref-TDR Trigger and Data Acquisition中Detector Readout撰写
- CSNS-II高能质子实验终端数据获取系统研制
  - 完善数据获取软件框架，集成触发系统和束斑测量系统并测试
  - 完成2025年规划中的质子束流实验
- 基于FPGA的RDMA高带宽数据读出
  - 完成RDMA数据传输协议的FPGA实现，完成服务器端软件工具开发
  - 测试并优化RDMA数据传输性能
- 基于原初电离计数方法（ $dN/dx$ ）的漂移室数据获取软件研制
  - 与探测器、电子学联调
  - 完成束流实验

The End

感谢各位评委！