

# 2024 年度考核

胡俊

实验物理中心电子学组

2024年11月21日

# 岗位职责

- **工程任务：江门中微子实验（40%）**
  - 负责江门安装现场的电子学自测
  - 负责LPMT, SPMT和Osiris系统电子学GCU固件的开发
- **研究任务：CEPC预研任务（50%）**
  - Ref-TDR电子学部分编写
  - 电子学无线传输备用方案研究（所创新课题, MOST3任务, 河南经费探测器部分）：
    - 毫米波技术研究
    - 无线光传输技术研究
    - 加速器同步定时系统无线传输研究（河南经费加速器部分）
  - 低压电源分配方案研究（国重实验室，河南经费探测器部分）
  - 通用后端电子学预研
- **参与的其他项目系统级软硬件设计及调试（10%）**
  - SDD, 紫外光电子谱分析仪研制与应用, BESIII升级,

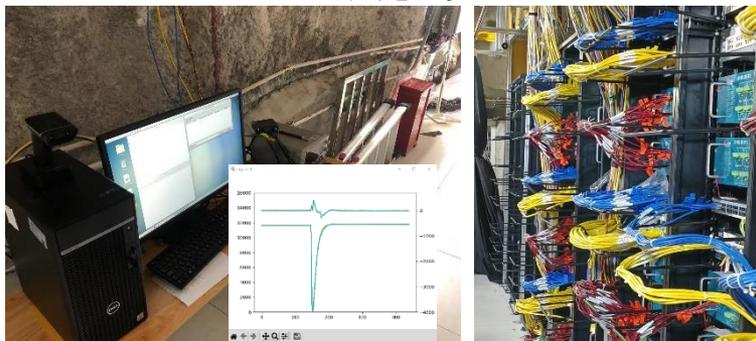
# 江门中微子实验

## 负责江门安装现场的电子学电测

- 电子学在安装过程中需要3处电测试：SAB质量检测、地下连接电测、网架最终自测，各环节均测试通过确保最终安装的电子学盒质量可靠。
- 考虑到尽可能减小人员在网架活动影响电子学盒性能，利用午餐时间完成网架最终自测。
- 已完成  $5857(\text{CD})+730(\text{VETO})=6587$  个(99%)电子学盒的自测。(总数  $5878+803=6681$ )

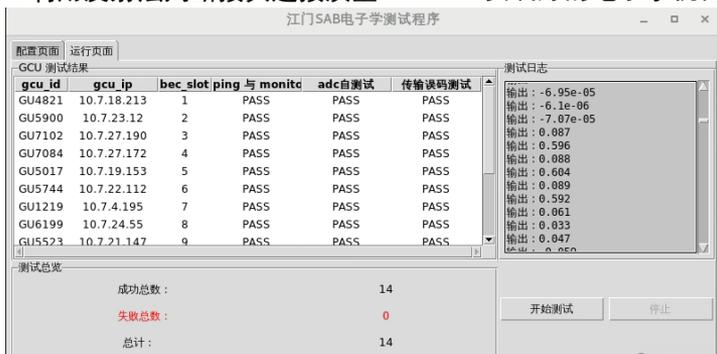
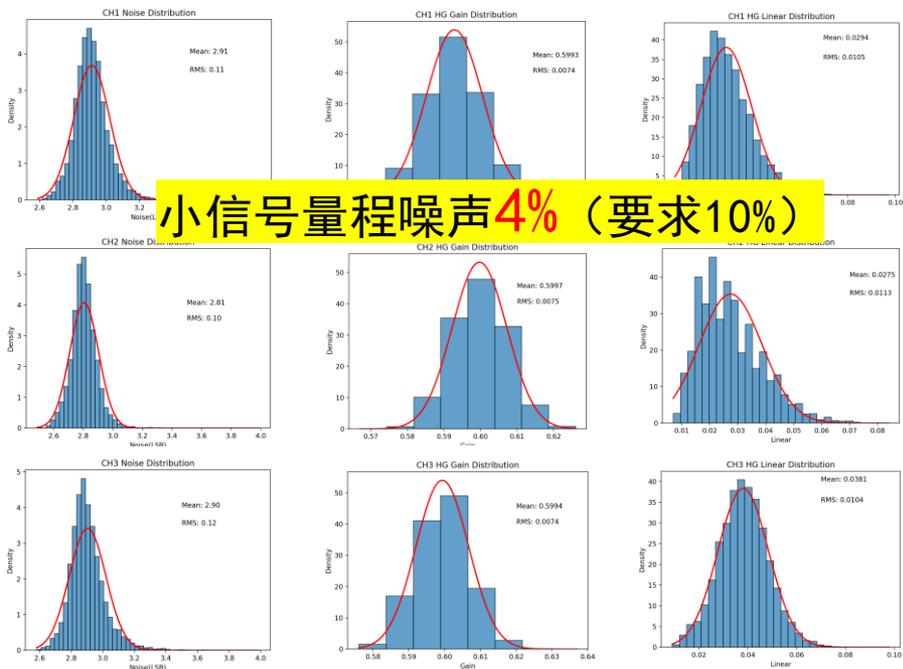


SAB测试电子学盒



利用反射法判断接头连接质量

安装好的电子学机柜



批量测试程序

# 江门中微子实验

- 负责LPMT, SPMT, Osiris系统电子学中GCU固件的开发, 也是本人现阶段主要工作(独立完成)。

- 关键难点:

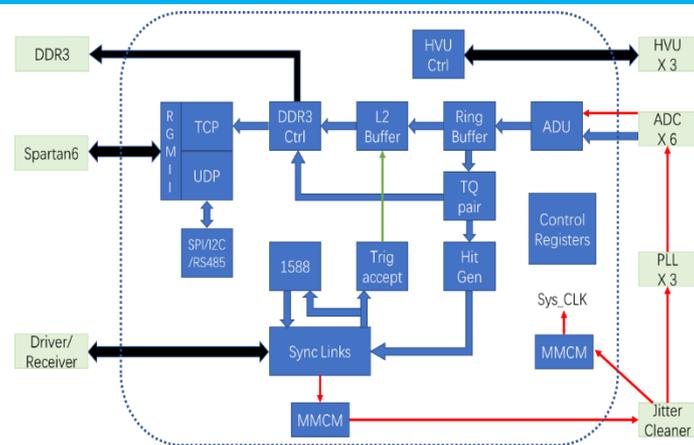
- FPGA作为整个系统的逻辑控制核心器件, 功能最复杂, 开发难度大。
- 其设计与其他各系统均有密切关系, 需要深入沟通。
- 目前处于安装和调试的双重任务下, 时间紧任务重。

- LPMT固件开发工作已经完成了95%

- 通过系统联调, 发现并解决了存在的问题, 如时钟同步, 高压保护, 数据传输, DDR管理逻辑等。
- 成功参加并完成了所有LPMT的关灯测试, 运行稳定。
- 与物理组讨论, 理解物理需求, 进一步改进算法功能。

- SPMT固件开发工作已经完成了90%

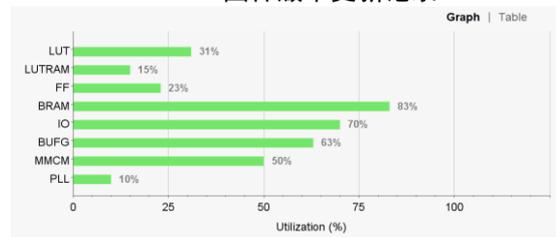
- 完成了所有基本功能的开发并完成了测试。
- 成功完成了数次SPMT的关灯测试。
- 正在进一步长期测试中。



LPMT GCU最终固件设计框图

Version Code	Major modification	Used in
23030721	Add TQ pair and DDR function	April 2023 light-off test
23052222	Registers readback function	Regular light-on lunch time test
23081323	Power up flow improvement, HVU protection after UPS used DDR axi4 interface added.	Sep. 2023 light-off test
24041924	Protocol of BEC-GCU changed, TCP/IP core bug fixed	May 2024 Light-off test
24072125	Range auto selection, DDR used	Aug 2024 Light-off test
24092425	fix some bugs	Sep 2024 Light-off test

固件版本更新记录



FPGA资源占用情况

# CEPC预研任务

- **参与CEPC Ref-TDR电子学部分编写** (主要人员: 魏微、叶竞波、胡俊、严雄波等)
  - 负责无线传输备份方案、通用接口中电源, 时钟系统以及后端电子学共4小节内容
  - 协助提供顶点探测器ladder方案
  - 协助计算电子学间需求

## Chapter 1 Electronics System (Wei Wei, Jingbo Ye)

1.1	Introduction (Wei Wei)	.....
1.2	Detector requirements (Wei Wei)	.....
1.3	Sub-detector Front-end Electronics Design (Yan Xiongbo, Chang Jinfan, Li Huaishen, etc)	.....
1.4	Global architecture (Wei Wei)	.....
1.4.1	Consideration on readout strategy (Wei Wei)	.....
1.4.2	Baseline architecture for the Electronics-TDAQ system (Wei Wei)	.....
1.5	Common Electronics interface	.....
1.5.1	Data interface (Di Guo, Xiaoting Li, Jingbo Ye)	.....
1.5.2	Power module (Jun Hu, Jia Wang, Jingbo Ye)	.....
1.6	Alternative scheme based on Wireless communication (Jun Hu)	.....
1.7	Clocking systems (Jun Hu)	.....
1.8	Power system (Jun Hu)	.....
1.9	Backend Electronics (Jun Hu)	.....
1.10	Consideration on Electronics Crates & Cabling (Wei Wei, Zheng Wang)	.....
1.11	Previous R&D on Electronics System for Large Particle Physics Experiments (Wei Wei)	.....
1.12	Summary (Wei Wei)	.....
	References	.....

探测器	光纤最高数据率 (Gbps)	每模块光纤数量	光纤数量	后增板数量	数据机箱数	模块最大功耗 (w)	总功耗 (kW)	电源通道数	电源机箱数
VTX	8	1*2	88	6	1	25	0.45	66	2
TPC	0.1	1	496	32	4	42	20	496	6
ITK-Barrel	0.96	1	2204	139	14	11.2	31.59	2204	29
ITK-EndCap	2.2	1	1696	106	12	7.4	11.1	192	2
OTK-Barrel	1.4	1	540	34	4	56.3	251.1	3780	79
OTK-EndCap	0.7	1	720	45	6	58.9	35.6	720	16
ECAL-Barrel	4.8	2	960	60	6	30	17.5	480	5
ECAL-EndCap	?	2	520	34	4	30	9.5	260	4
HCAL-Barrel	?	1	5536	346	36	9	66.1	5536	58
HCAL-EndCap	?	1	1536	96	10	21.9	41.3	1536	16
Muon-Barrel	?	1	192	12	2	2.54	0.49	192	2
Muon-EndCap	?	1	128	8	2	3.84	0.38	128	4
总计			14616	918	101		485.11	15590	223

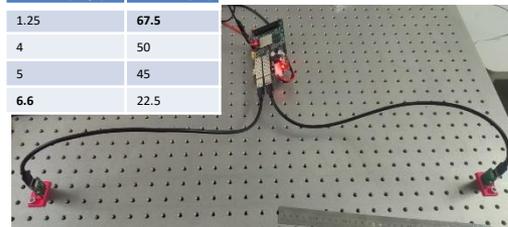
TDR文档结构

电子学间电缆机箱计算

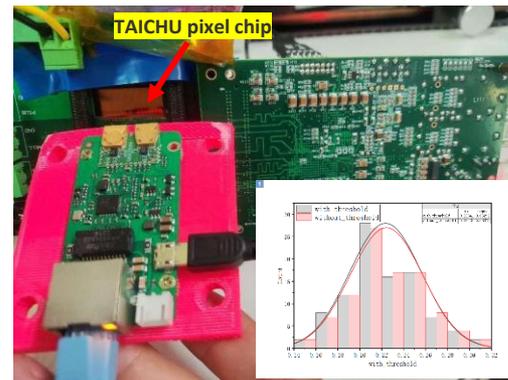
# 电子学无线传输备用方案研究

- **毫米波技术研究**
- 主要人员：胡俊，江晓山，宋崇耀
- 完成探测器应用可行性研究，**基本解决了毫米波技术在探测器应用中的关键问题**
  - 传输距离，穿透性
  - 与探测器干扰
  - 通道间串扰
- 与公司合作共同研发**远距离毫米波传输模块**，实现天线尺寸及物质量的显著减小，极大拓展信号传输距离。

Line rate (Gbps)	Distance (cm)
1.25	67.5
4	50
5	45
6.6	22.5



传输距离及天线测试



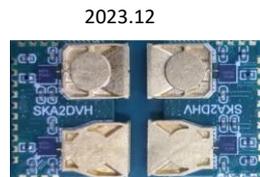
与TAICHU3像素芯片干扰测试



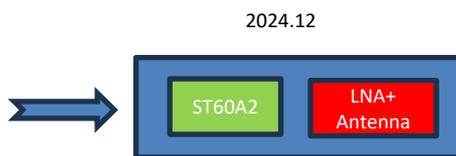
通道间干扰测试



远距离毫米波传输模块

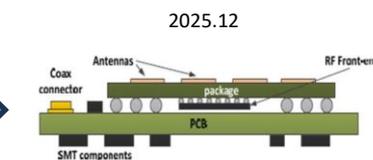


- **Step 0:** Full commercial module
- Basic performance test

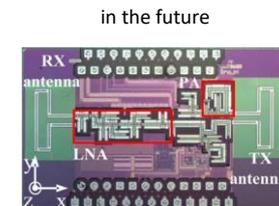


- **Step 1:** Design a small PCB module with ST60A2, LNA and custom antenna.
- Higher bandwidth test
- Evaluate the interference with detector and each other

研发技术路线



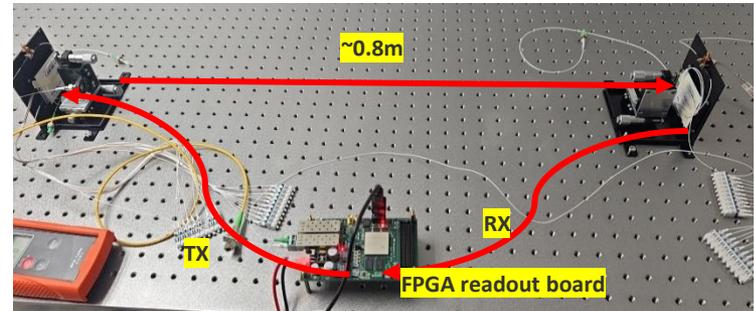
- **Step 2:** Integrate the Antenna and available mm wave RF chips (45G/60G/77G) into the package (AIP)
  - mature technological
  - Radiation hard test



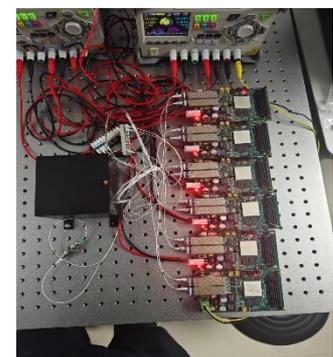
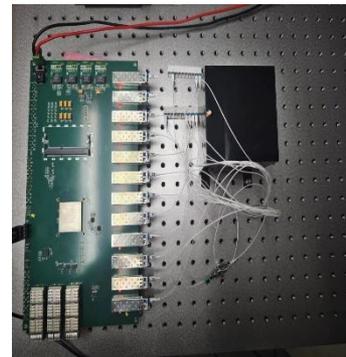
- **Step 3:** Custom radiation RF front-end + custom Antenna On one Chip (AOC)
  - Final solution of minimum material budget.
  - The most challenging, significant R&D costs

# 电子学无线传输备用方案研究

- 无线光传输技术研究
- 主要人员：胡俊，严子越，周星，王仰夫
- 完成了短距离无线光传输的系统搭建及误码率测试
  - 与现有的读出原型系统接口兼容 (SFP+)
  - 测试结果：单无线光路支持12通道并发10Gbps回环测试，误码率 $< 1.0 \times 10^{-14}$  @ 10Gbps PRBS32
  - 最远传输距离1.7m。



单通道回环测试

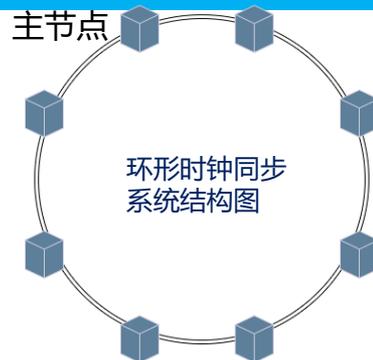


多通道收发测试

WADAPT General Meeting	
星期一 2024年9月16日 14:00 → 16:30	Europe/Zurich
Zoom only	
zoom WADAPT meeting	
14:00 → 14:10	Introduction/News 发言人 Elizabeth Locci (Sangreng-Wenju National University (SR))
14:10 → 14:30	Contribution of CEA-Leti to DRD7 发言人 cedric dehos
14:30 → 14:50	Contribution of UU to DRD7 发言人 博士 Dragos Dancila WP13 ADAAnnova
14:50 → 15:10	Contribution of TAU to DRD7 发言人 Yan Benhammi (Tilburg University (TU))
15:10 → 15:30	Wireless studies in China 发言人 Jun Hu Wireless studies in...
15:30 → 15:50	Wireless studies in Netherlands 发言人 Menggang Wu (Huzhou University and Nankai (NK)) drd7.1c WADAPT R...
15:50 → 16:20	Discussion

无线传输相关工作得到了ECFA DRD7.1.c (advanced high density data transmission) 工作组的认可，受邀做了报告，高能所团队作为观察者加入了DRD7合作组

# 加速器同步定时系统无线传输方案研究



- **课题目标：**通过无线传输的方式实现100km范围内加速器中各节点高精度时钟全局控制，减少昂贵的抗辐照光缆的安装铺设。
- **主要人员：**胡俊，江晓山，周星，加速器中心（金大鹏）等
- 本人负责双周例会召集，理解加速器需求，提出方案，参与具体设计。

## ■ 远距离激光无线传输系统研制

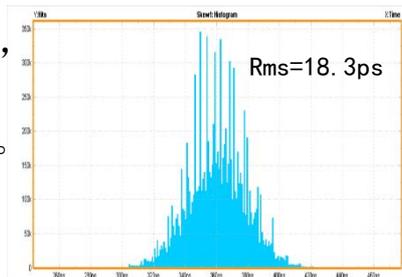
- 1公里远距离激光无线传输系统目前已经搭建完毕。
- 成功进行数据传输测试，误码率小于 $1E-13$ 。
- 完成了点对点时钟传输及同步测试，同步精度20ps。



1公里远距离激光无线传输测试

## ■ 时钟同步方案研究

- 基于纯FPGA硬件版本
  - 完成了多级级联时钟同步固件设计，
  - 成功实现时钟的传输及时钟同步，
  - 同步精度20ps，时钟周期抖动10ps。
- 新版时钟同步专用硬件
  - 输出时钟周期抖动实测为2ps，
  - 时钟同步精度正在测试中。
- 时钟同步技术也将应用到探测器电子学时钟系统中



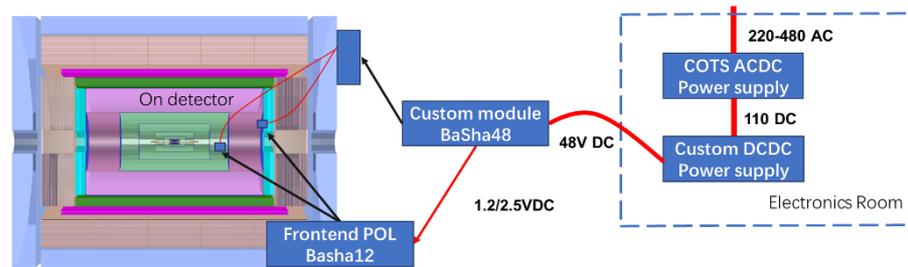
时钟同步精度结果



高精度时钟同步节点  
(独立设计)

# 电子学通用——电源系统

- 主要人员：高能所团队（胡俊，叶竞波，宋崇耀，王轲），西工大团队，电源厂商
- 本人负责双周例会召集，理解各子系统电源需求，提出指标要求。
- 商用器件的抗辐照研究
  - 筛选出几款TID>5Mrad的商用电源器件
- DC-DC模块的研制
  - 控制器ASIC：西工大团队
  - 模块整体及测试：高能所团队
  - 目前ASIC设计中，计划明年4月流片，年底拿到可用的dcdc模块进行测试



CPEC电源系统初步方案



筛选出待用的抗辐照商用电源器件

指标	额定值	实际范围
输入电压	48V	36V-48V
输出电压	1.2V	1.2V、2.5V
输出电流	10A	
输出纹波	5mVpp	
效率	85%	80%-85%-80%（轻载-额定-重载）
尺寸	50mmX20mmX6.7mm	包括散热和屏蔽

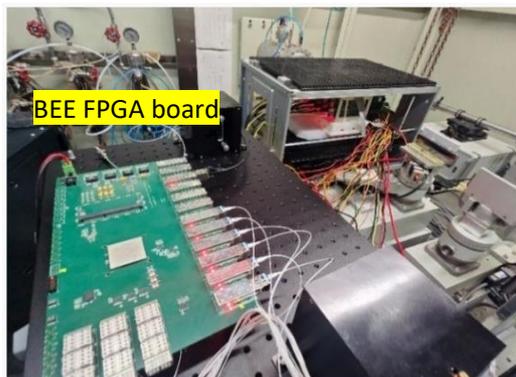
DCDC模块指标要求

# 电子学通用——通用后端板

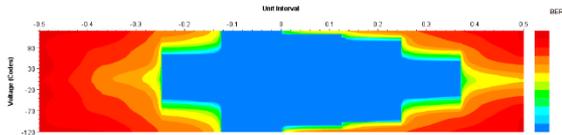


通用后端板原型

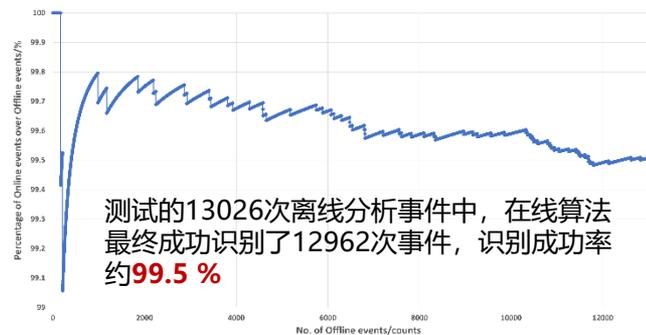
- 主要人员：胡俊，江晓山，严子越，
- 指导学生完成了通用后端板的硬件设计，算法研究，系统测试
  - 原型硬件数据吞吐量达到了120Gbps
  - 在FPGA中实现了机器学习算法用于事例识别，径迹重建和数据压缩



通用后端板系统验证



回环测试10 Gbps眼图



回环测试中，误码率均达到BER -15@10Gbps

# 参与的其他项目系统级软硬件设计及调试

## ■ SDD读出（刘鹏老师项目）：

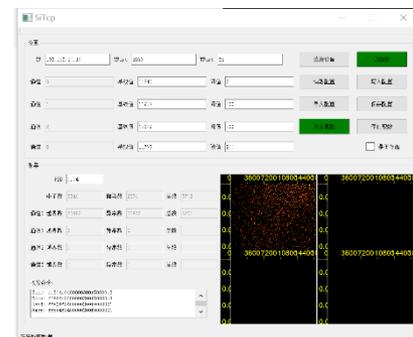
- 交付高压电源控制板20套
- 交付机箱及电源16套
- 等待项目整体验收



机箱电源及高压插件（独立设计）

## ■ 超高能量分辨率及多模辐射探测器研制及应用验证（孙希磊）

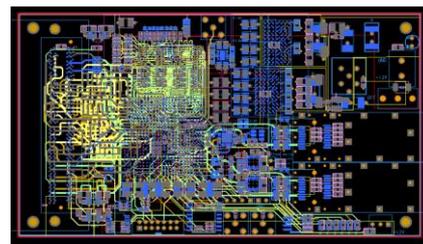
- 提供FADC数采板，配合修改硬件
- 提供读出软件及共同调试



FADC数采板（基于江门FADC）及读出软件（独立设计）

## ■ BES升级数据传输子板（江晓山）

- 30块子板已设计完成，正在生产中



BES升级数据传输子板（独立设计）

# 本人研究成果与经费情况

## ■ 发表文章：主要参与文章5篇

文章题目	刊物	本人贡献
Development of Silicon Drift Detectors for Synchrotron Radiation Sources	NIMA	主要参与
Beam test of a 180 nm CMOS Pixel Sensor for the CEPC vertex detector	NIMA	主要参与
Beam Test of a Baseline Vertex Detector Prototype for CEPC	IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE,	主要参与
Reliability studies of the custom-designed front-end and ADC chips used for JUNO large photomultipliers electronics	RDTM	主要参与
The JUNO High Voltage Control System	IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE,	主要参与

# 本人研究成果与经费情况

## ■ 基金申请

- 新申请国重实验室课题：20万元

项目内容	类型	项目经费	起止时间
基于无线传输通信技术的数据读出系统研究	所创新项目课题负责人	120万	2023-2025
MOST3课题二-无线通信相关	科技部重点研发子课题参与	200万	2024-2028
河南资金支持		探测器500万+ 加速器200万	2024-2027

# 学术交流

- 参加JUNO2次合作组会，均做进度及评审报告。
- 参加CPEC workshop 2024 @马赛，@杭州，分别做报告一次。
- CEPC Day，报告两次
- WADAPT General Meeting, <https://indico.cern.ch/event/1333605/> 远程报告一次
- 第三届地下和空间粒子物理与宇宙物理前沿问题研讨会（COUSP2024）@西昌，作报告一次

# 公共服务

- 参加RDTM文章审稿2次, IEEE Transactions on Nuclear Science审稿1次。
- 参加高能所夏令营答疑。
- 指导2名博士 (严子越, 周星) , 1名硕士 (宋崇耀) 的科研工作

# 存在问题

- 招收学生严重不够，在CEPC预研任务展开后情况更严重。
- 文章专利不够，参与项目较杂，时间精力有限。

# 下年度工作计划

- **工作重点：** JUNO安装即将完成，马上进入更紧张的系统联调阶段，力求保障早日正常取数。
- **预研任务：**
  - 实现毫米波单芯片的研制，
  - 完成加速器定时系统关键技术研究，
  - CEPC电源DC-DC模块的研制。

**谢谢各位老师评委!**