

2024年度考核报告

董明义
探测器一组

2024. 11. 20

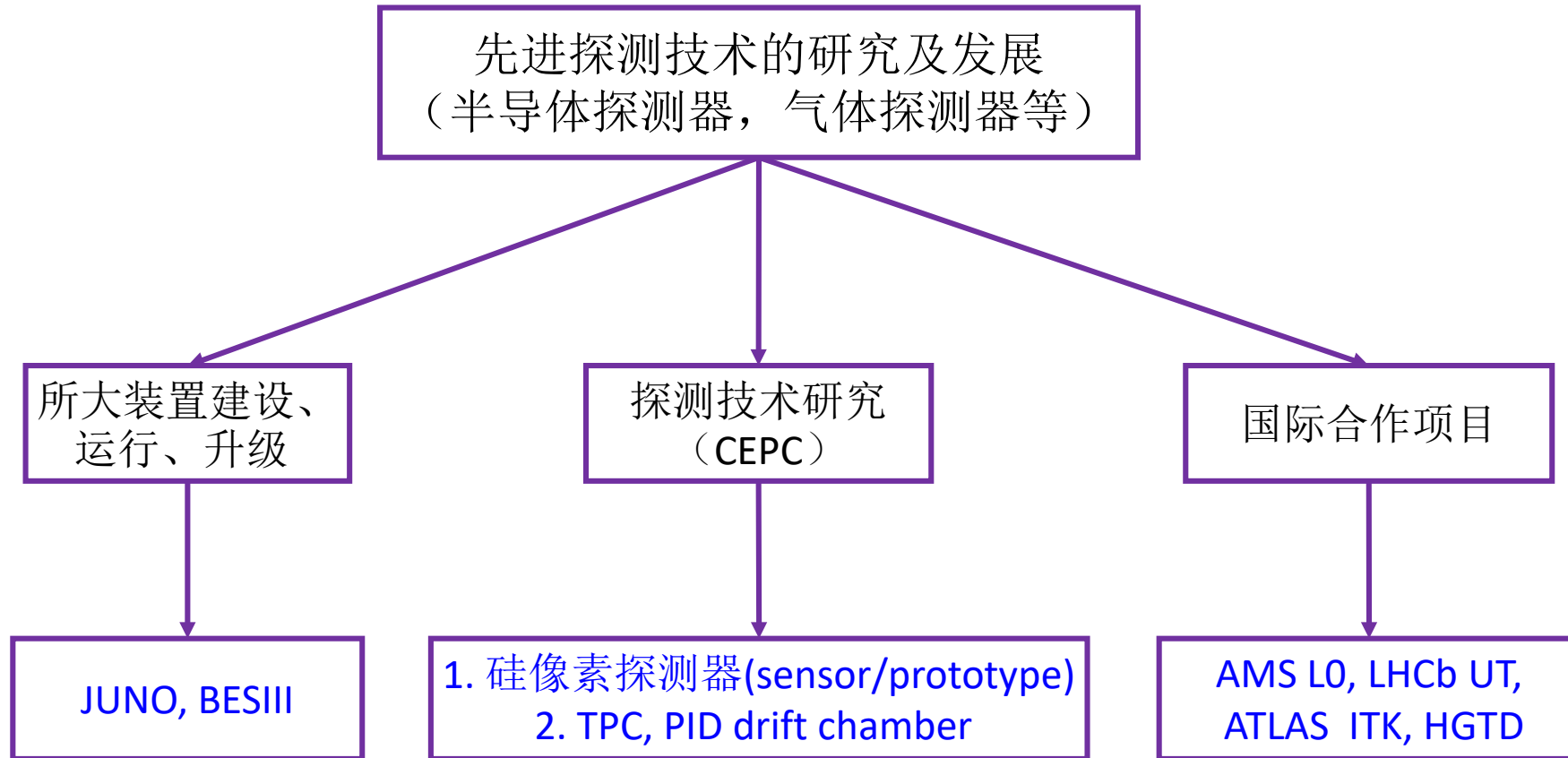
报告内容

- 行政组管理
- 本人年度科研任务完成情况
- 下年度工作计划

行政组管理_组内承担工作

□ 承担主要任务

- JUNO建设、BESIII运行及升级、CEPC探测器设计研究、国际合作（LHC实验，AMS）等



人员及工作安排

- 组内人员：职工19人、博士后7人、研究生26人
- 工作安排：以项目管理及关键探测技术攻关为主。团结协作，按计划推进，完成年度计划任务

承担主要任务		探一组主要参与人员
BESIII	BESIII运行	董明义
	MDC内室upgrade	董明义、欧阳群、金梁程龙、董静
	Muon运行	祁辉荣、张建、张家文
JUNO	20" PMT测试、防护与安装	秦中华、张家文、谢万
国际合作	AMS	王建春、董明义、董静、徐子骏、张希媛、王聪聪、金梁程龙
	LHCb	王建春、李一鸣、徐子骏
	ATLAS ITK	史欣、徐子骏、刘佩莲、张希媛、王聪聪
	ATLAS HGTD	樊云云
CEPC探测器研究	总体	王建春
	硅探测器	欧阳群、卢云鹏、周扬、董明义、李一鸣、樊云云、徐子骏、董静、王建春
	TPC / PID drifter chamber	祁辉荣、董明义、董静、张建
散裂质子束线探测器	束流望远镜，流强测量系统	董明义、王建春、史欣
其它研究	

BESIII探测器稳定运行及内室升级

BEPCII连续7年获院重大科技基础设施运行一等奖

□ Deputy run coordinator (董明义)

- BESIII稳定运行, 故障处理, 值班培训, 值班协调等
- 参加BEPCII运行例会, 报告BESIII运行情况, 协调相关实验测试
- 组织周运行会、BESIII探测器升级改造讨论会

□ BEIII EB member (董明义)

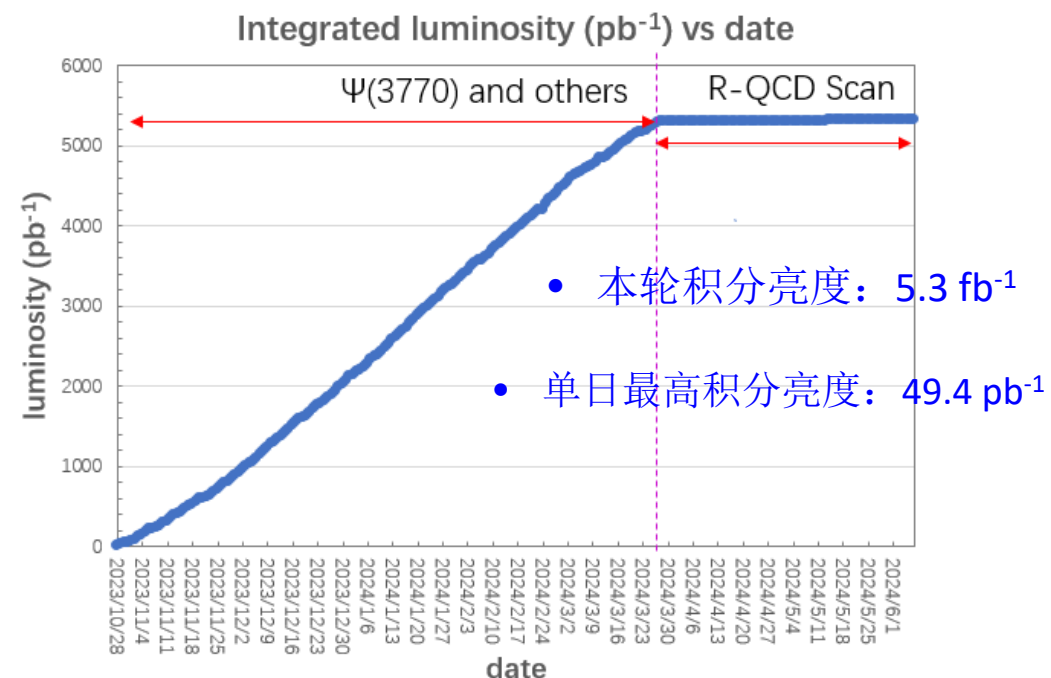
- 报告运行及取数情况, 参加探测器及取数计划等相关讨论

□ 漂移室老化研究 (董明义)

- 给出增益变化及老化速度, 为内室升级提供依据

□ CGEM内径迹室进展 (董静、欧阳群、董明义、意大利group)

- 完成Layer1~3的组装, 进行宇宙线测试
- 完成CGEM测试、性能及安装等评审

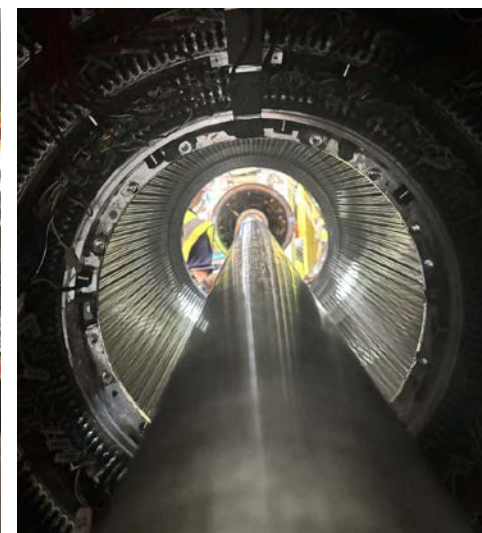
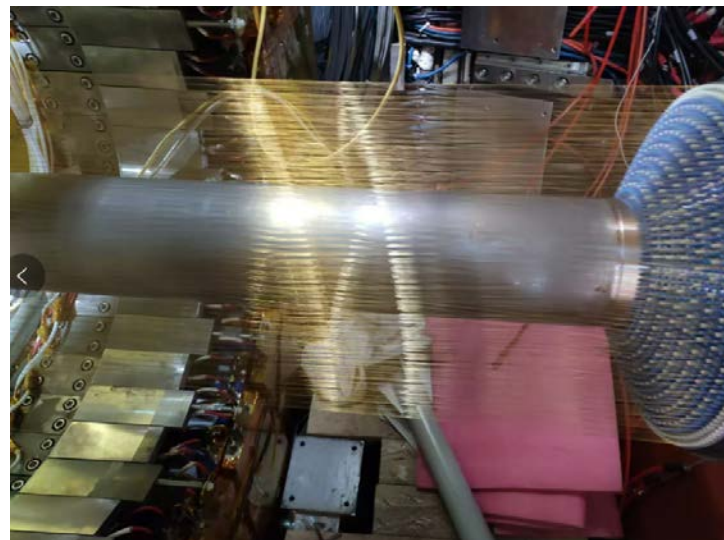


宇宙线测试



BESIII漂移室内室升级

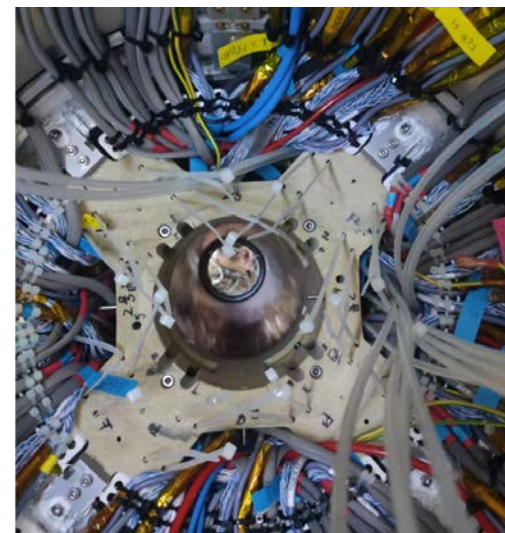
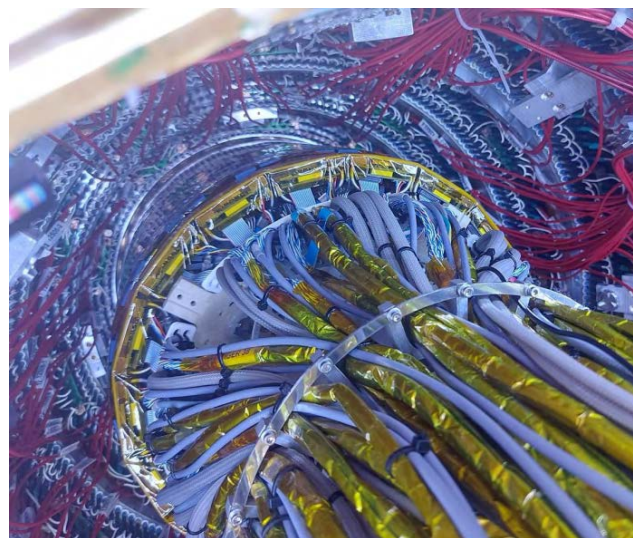
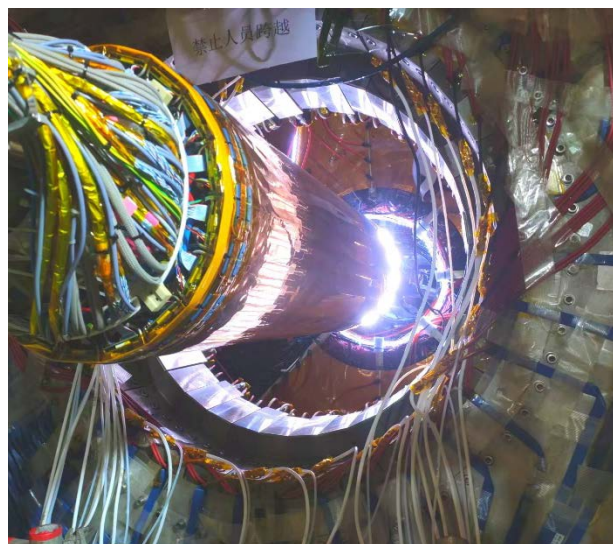
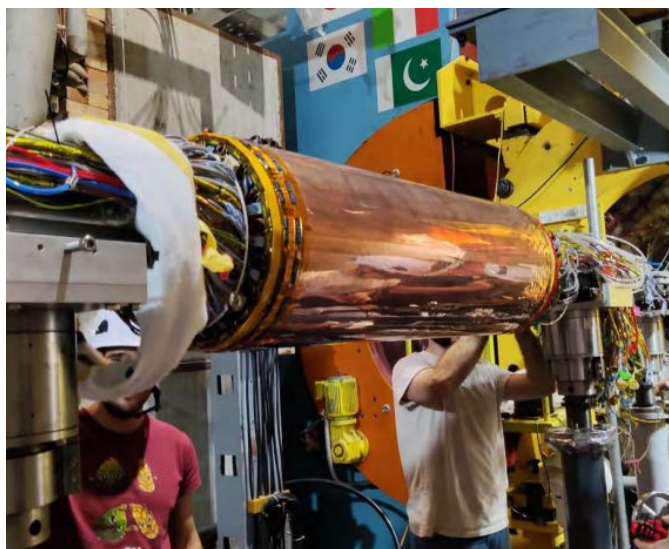
- 主持并协调完成漂移室内室的升级工作（董明义、欧阳群、金梁程龙、董静、荆小平、付金煜、马骁妍、孙芸华等）
 - MDC内室和外室公用同一个腔室，在端板处紧密配合以及加胶密封，内室的拆卸风险极大，而且非常复杂；时间紧，任务重
 - 为确保内室顺利拆除并且不影响外室，设计了多种拆卸方案，经过充分的实验，确定了最可靠、时间成本最低的方案以及可能出现问题的预案，并通过了专家评审
 - 完成内室的安全拆除，以及外室相关的恢复工作
 - 完成碳纤维内筒的安装，以及外室的密封和测试
 - 宇宙线测试结果表明外室可以在正常高压下稳定工作



BESIII漂移室内室升级

□ CGEM的安装

- 组织周运行会，与意方充分交流与合作，协调完成CGEM内径迹室的安装
- 为CGEM的安装提供所需的条件，协调并解决CGEM安装中出现的各种问题
- CGEM电缆是MDC内室的4倍，且电缆直径更大，安装空间非常紧张。通过合理规划，解决电缆布线空间及电缆长度不足的问题
- 细化工作流程，协调两个系统的顺利对接及联合测试
- 经过测试，CGEM可以在正常高压下工作。标志着BESIII内径迹室升级的成功



JUNO 20" PMT集成与安装

□ JUNO 20" PMT集成（秦中华、谢万等）

- 完成所有PMT保护罩及模块的生产
- 完成所有PMT和保护罩的组装
- 所有PMT从中山运到江门现场

□ JUNO 20" PMT现场安装（秦中华、谢万、张家文等）

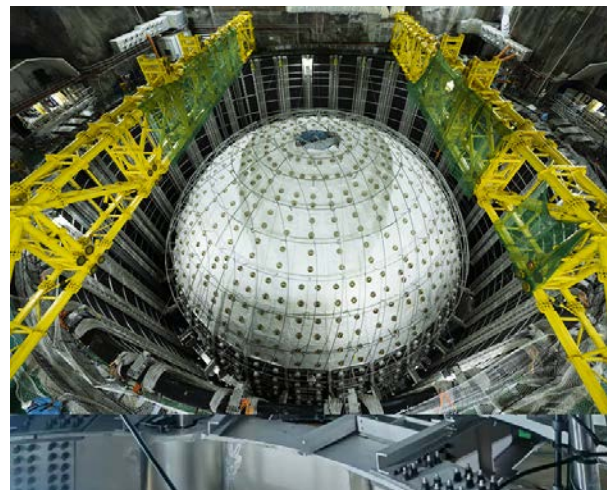
- 所有PMT在江门现场完成安装前测试
- PMT安装已完成19920支（99.5%）
- 除南北两极外，所有20英寸光电倍增管完成安装，剩余PMT安装在12月1日前完成



光电倍增管与保护罩集成



光电倍增管模块安装



JUNO探测器



JUNO探测器局部

硅探测器研制国际合作

ATLAS 硅径迹探测器 (ITK) 升级 (史欣、徐子骏、刘佩莲、张希媛等)

- 高能所站点已通过全部 (29) 探测器模块生产步骤考核
- 开展读出电子学芯片和传感器的抗辐照性能研究
- 开展硅内径迹探测器系统安装及联调测试

ATLAS 高颗粒度高时间分辨探测器 (HGTD) (樊云云、高能量组)

- 高能所主导探测器单元模块生产 (3000个模块, 占34%, 最大生产站点)
- 完成模块生产站点评估, 开始模块预生产

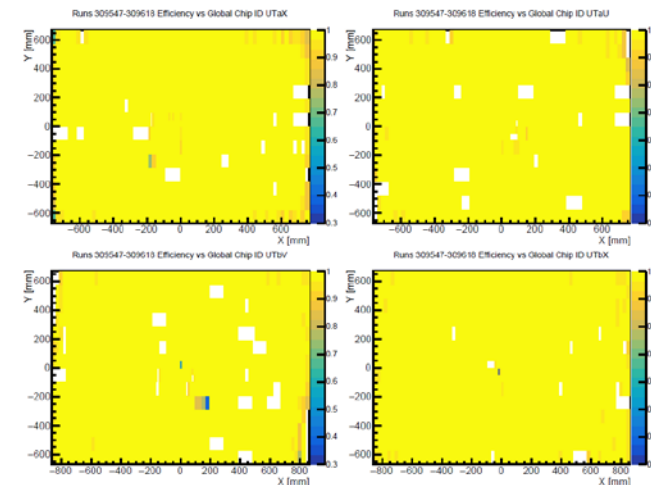
LHCb 上游径迹探测器 (UT) (王建春、李一鸣、徐子骏, 袁煦昊等)

- UT已在 $\mu = 5.3$ 事例堆积条件下参与物理取数, 达到设计指标
- 领导研发基于HVCMOS技术提出二期升级方案

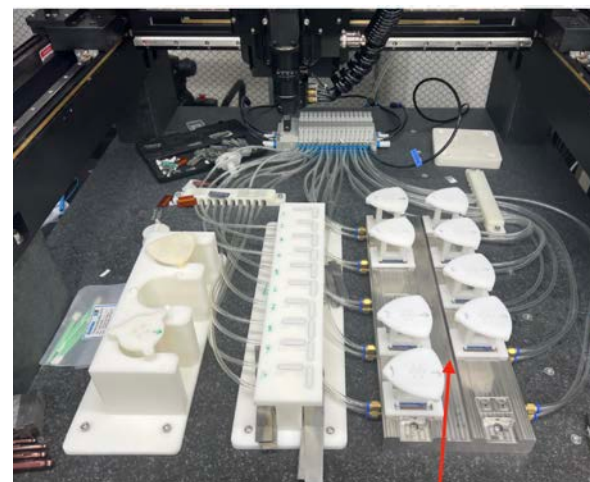
ITK模块预生产



LHCb UT探测器效率接近100%



HGTD模块组装平台



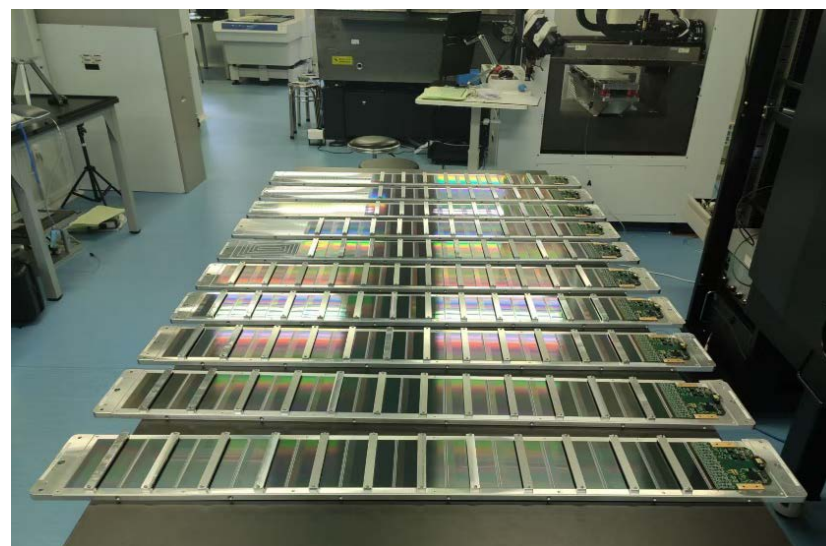
HGTD模块



硅探测器研制国际合作（AMS L0 tracker upgrade）

（王建春、董明义、董静、袁煦昊、徐子骏、王峰、张希媛、王聪聪、金梁程龙等）

- ▣ 国内第一次主导完成应用于国际重要合作实验的大型半导体探测器
 - 所有sensor和模块的设计和研制、束流测试研究、前端电子学优化等
- ▣ 高效率、高质量完成所有模块（>80个，约8m²）的生产
 - 实现超长ladder（1m）上超高的贴片精度（3.4 μ m），超远此前国际同类探测器10-20微米的精度
- ▣ 培养和锻炼出一支高素质、高效率的硅探测器研究队伍



CEPC硅探测器关键技术研究

CEPC内径迹探测器 (李一鸣、周扬、徐子骏、王建春)

- 首个基于国产55nm的高压CMOS原理验证芯片 (COFFEE2)取得良好测试结果, 验证工艺可行性
- 开展CEPC内径迹探测器研究, 具有高空间和时间分辨、低物质质量优点

CEPC外径迹探测器和飞行时间探测器 (樊云云等)

- 完成基于AC-LGAD的ToF & OTK 芯片设计
- 时间分辨 50 ps, $\sigma_{\phi}=10 \mu\text{m}$, $\sigma_z=10 \text{mm}$

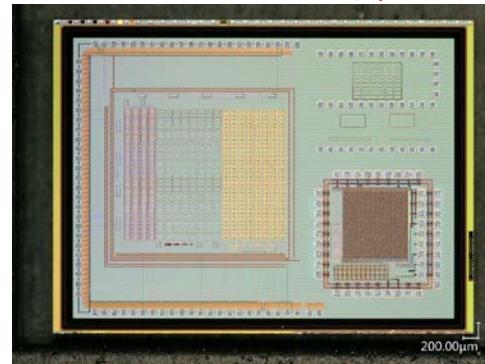
JadePix-5芯片研发 (欧阳群、卢云鹏、周扬、董静)

- 提高读出速度到 μs 量级
- 解决大面积芯片设计中电源分配和长线驱动问题, 开展阵列外围电路的低功率优化设计

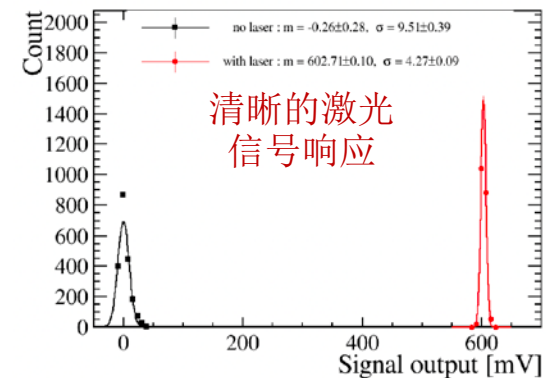
硅像素探测器前沿技术研究 (欧阳群、卢云鹏、周扬、董明义、董静)

- 优化SOI-3D芯片CPV-4的垂直集成封装工艺
- 首次完成基于stitching技术的晶圆级CMOS像素芯片流片、测试, 以及圆筒硅探测器模型研发

COFFEE2芯片



COFFEE2芯片测试

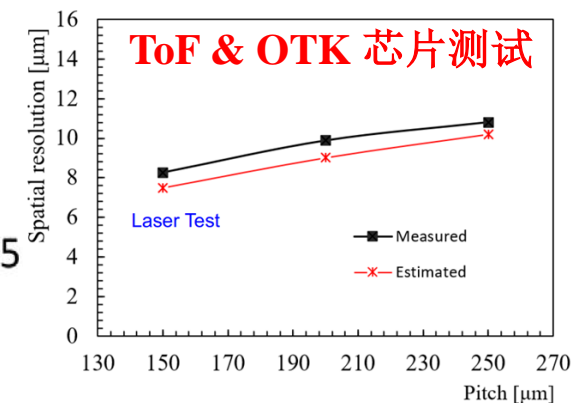


ToF & OTK 芯片

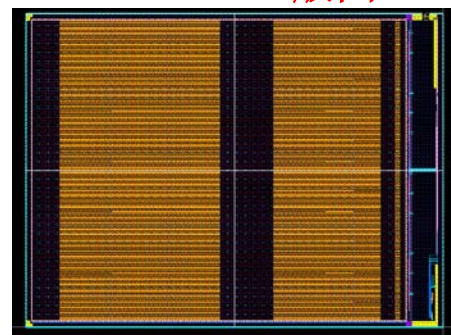
7.40 mm (strip length: 5.65 mm)



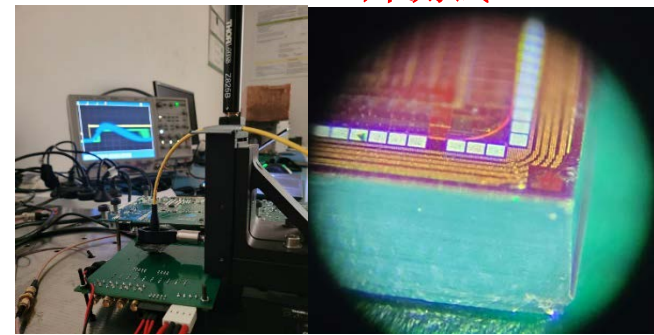
ToF & OTK 芯片测试



JadePix-5版图



SOI-3D芯片测试



CEPC TPC及PID漂移室关键技术研究

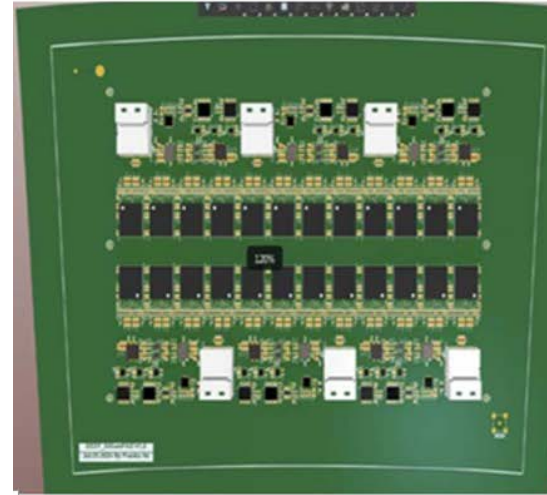
CEPC TPC探测技术研究（祁辉荣、张建等）

- 开展了像素型读出时间投影室研究
- 初步完成探测器结构设计及计算
- 完成像素读出TPC电子学第二板ASIC芯片和读出板的研制，并计划进行束流测试

基于原初电离计数方法（ dN/dx ）进行粒子鉴别的漂移室研究（董明义、董静、伍灵慧、赵光、钱小辉、赵豫斌等）

- 完成了探测器的参数设计优化；探测器性能全模拟研究表明：**1.2m径迹下20 GeV/c K/pi 分辨能力约 3.2σ**
- 完成高速读出电子学研制及测试，具备高带宽、低噪声，验证了技术可行性
- 参加意大利prototype束流测试及数据分析

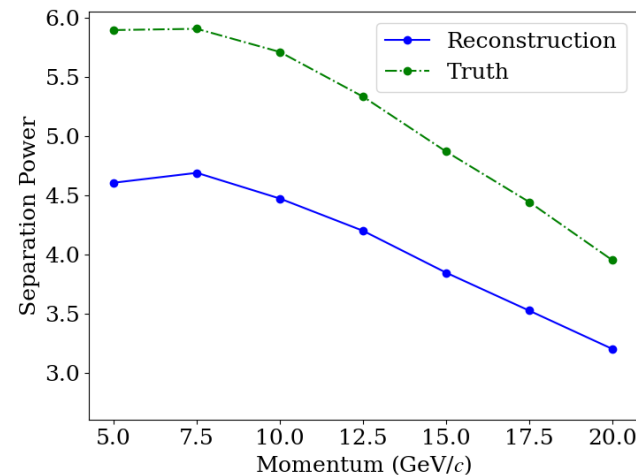
TPC像素读出ASIC



TPC像素读出ASIC测试



dN/dx 漂移室粒子鉴别能力 VS 动量



dN/dx 读出电子学



学术规划、学术交流、发表论文

□ 学术发展规划

- 确保工程项目按计划完成：JUNO实验建设，完成PMT现场安装；BESIII的升级改造及未来10年的稳定运行，完成漂移室内室的升级
- CEPC关键探测技术及探测器TDR，达到国际先进水平：硅像素探测器研发、TPC研究、粒子鉴别漂移室研究
- 完成AMS L0硅径迹探测器升级、LHC phase II探测器升级等国际合作研究项目，提升技术实力及国际影响力

□ 学术交流

- 组织组内人员积极参加合作组交流以及探测器国际专题会议，国际国内报告 (>50)

□ 发表论文

- 发表期刊论文 (>30)

经费情况

□ 在研课题

- >20项（科技部重点研发计划、基金委、科学院人才项目等），总经费 >7000 万；

□ 积极组织课题申请

- **MOST3**重点研发计划（获批），**ATLAS**重点研发计划（获批），**MOST4**重点研发计划（已提交），所创新、自然科学基金等均有获批

项目名称	项目类别	经费总额 (万元)	起止时间
高能量加速器关键技术研究	国家重点研发计划	1800	2023.12-2028.11
阿尔法磁谱仪探测器升级和物理分析	国家重点研发计划	2000	2022.12-2027.11
BESIII漂移室电子学系统升级	院重大科技基础设施维改项目	890	2023.1-2025.12
高精度SOI像素顶点探测器研究	基金委重点项目	330	2020.1-2024.12
ATLAS Phase2 Upgrade (ATLAS ITK、ATLAS HGTD、LHCb Tracker子课题)	基金委重大国际合作项目	1800	2020.1-2024.12
NICA关键技术合作研究	国家重点研发计划	300	2020.6-2024.6
基于大面积超薄CMOS像素传感器的BESIII内径迹室关键技术研究	联合基金重点项目	300	2021.1-2024.12
基于原初电离计数方法进行粒子鉴别的研究	所创新项目	150	2022.1-2024.12

人才培养与引进

□ 人才引进

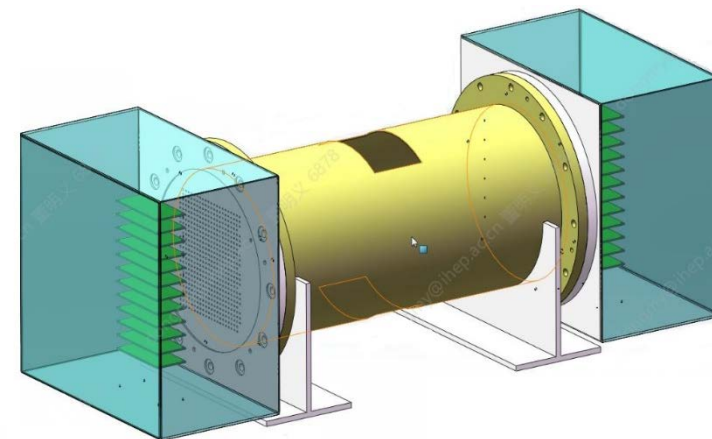
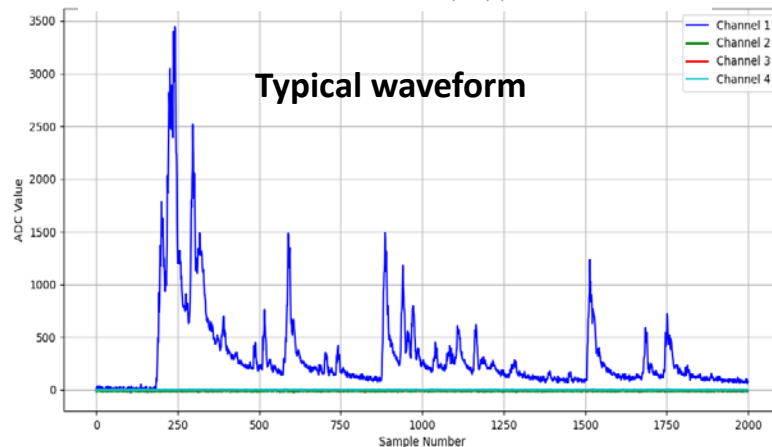
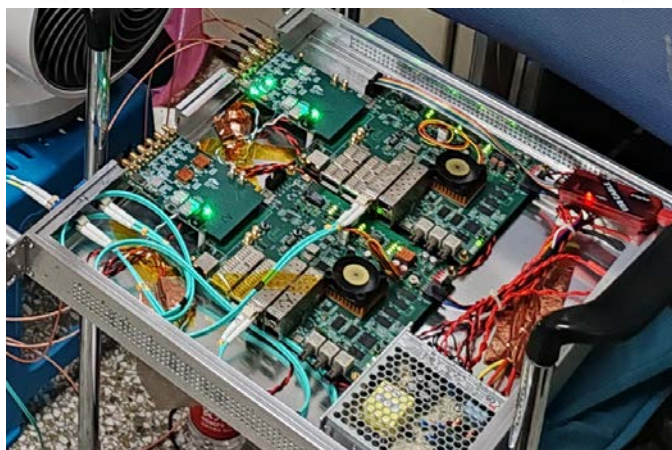
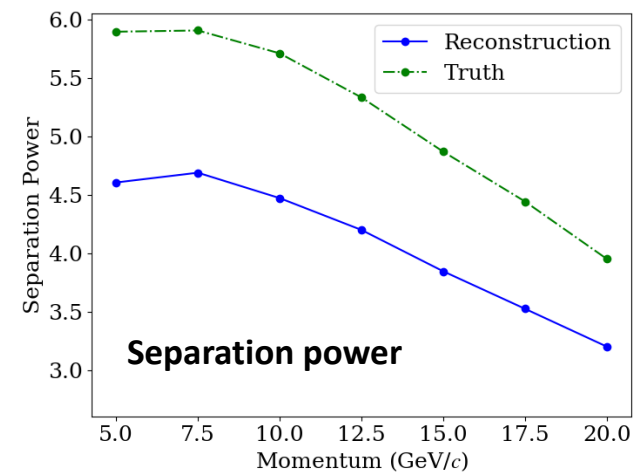
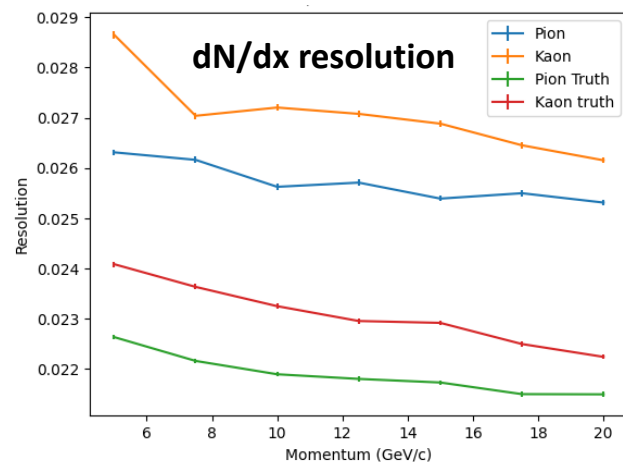
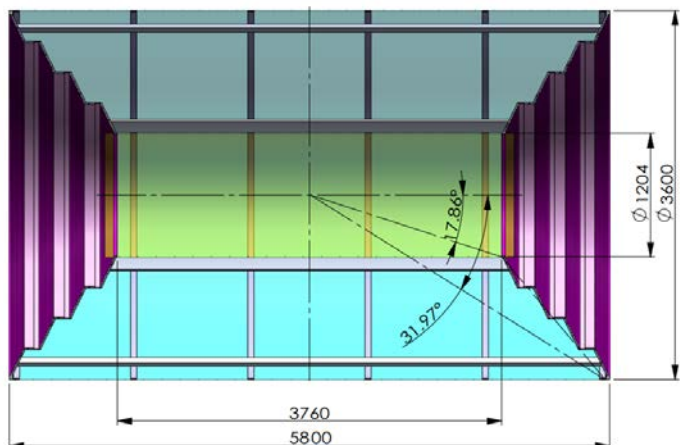
- 张慧（德国KIT），沟通并完成相关引进材料

□ 人才培养

- 徐子骏、樊云云获院人才择优支持
- 张希媛，具体工作指导，项目申请把关，获得自然科学基金青年项目支持，入选院青促会成员（材料上报院里，已公示）
- 金梁程龙，培养指导，毕业留所，在相关项目和工程中发挥作用
- 董胜，博后出战留所，加入TDAQ组

本人研究任务_CEPC PID 漂移室研究

- 原初电离计数方法具有突破性提高粒子鉴别性能的潜力 (董明义、伍灵慧、赵光、董静、钱小辉、赵豫斌等)
- 完成了探测器的参数设计优化, 探测器性能全模拟研究表明: **1.2m径迹下20 GeV/c K/pi 分辨能力约 3.2σ**
- 完成高速读出电子学研制, 探测器模型联合测试, 具备高带宽、低噪声, 验证了技术可行性
- 模型建造及性能验证



大面积超薄CMOS传感器关键技术

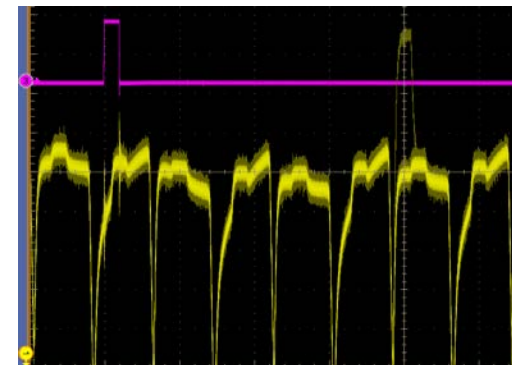
联合基金重点项目，与山东大学合作研究
(董明义、周扬、伍灵慧、金梁程龙等)

研究目标

- 面向芯片拼接技术的大面积CMOS像素芯片设计
- 基于晶圆级超薄像素芯片的探测器模型研制及性能测试，可以降低物质量至 $0.1\% X_0$



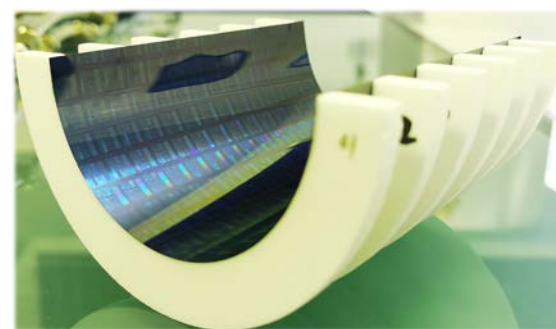
芯片+前单板



测试信号

研究进展

- 完成stitching大面积芯片 ($11\text{cm} \times 11\text{cm}$) 设计及流片、打线，以及初步测试
- 完成了芯片减薄、圆筒型探测器模型的工艺探索，半径小至 12mm ，物质量低至 $0.07\% X_0$
- 完成卷曲芯片的性能测试和束流实验，验证了卷曲不影响芯片性能

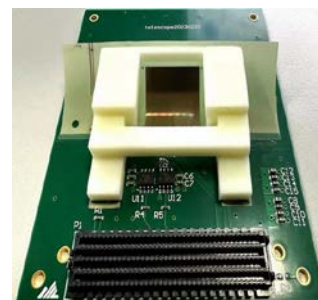


卷曲模型

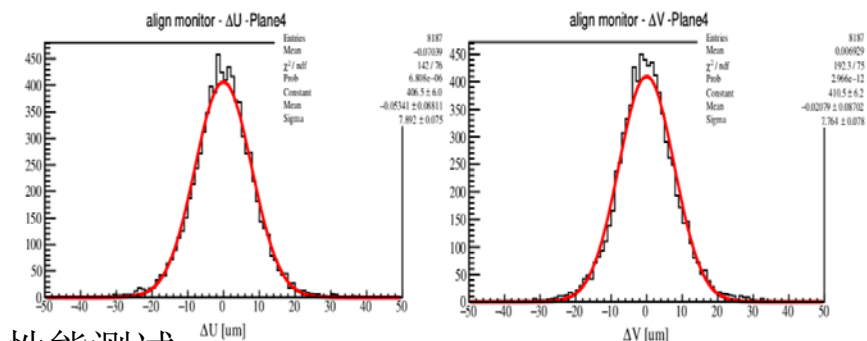


R=12mm

Stitching方案已成为CEPC顶点探测器的baseline方案



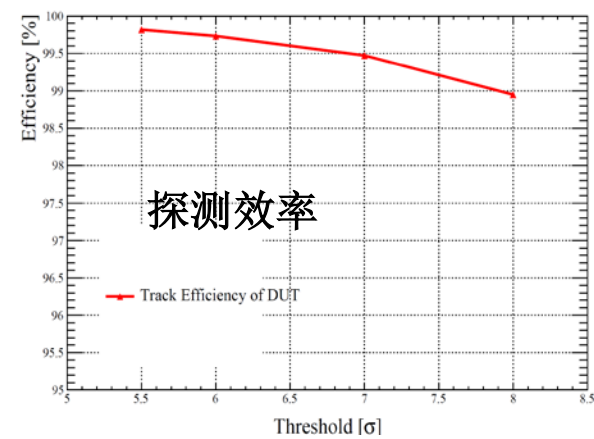
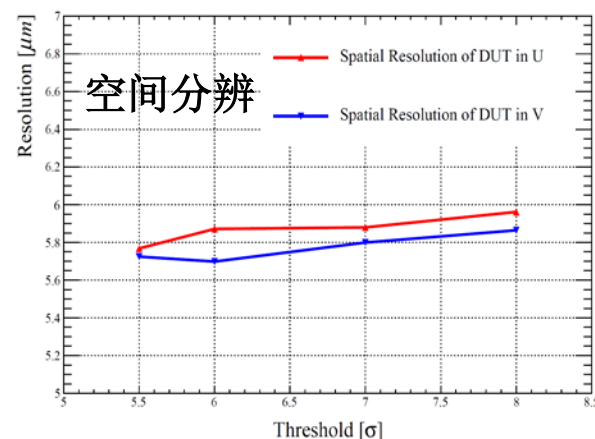
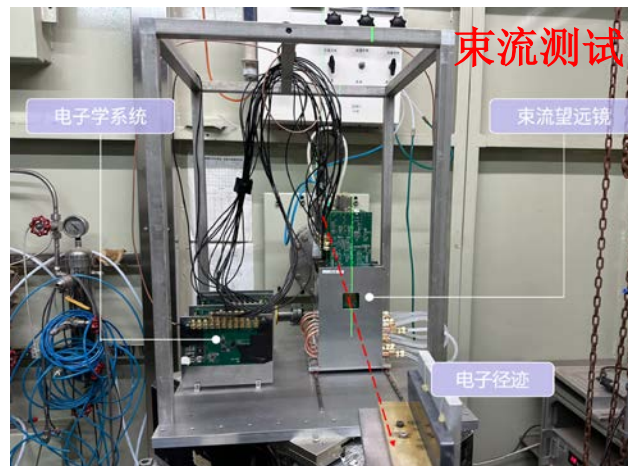
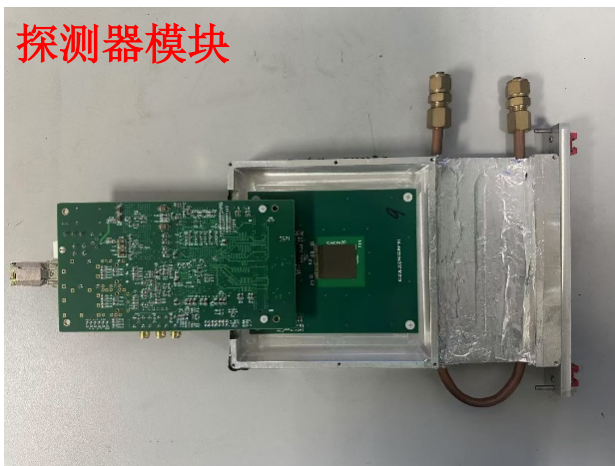
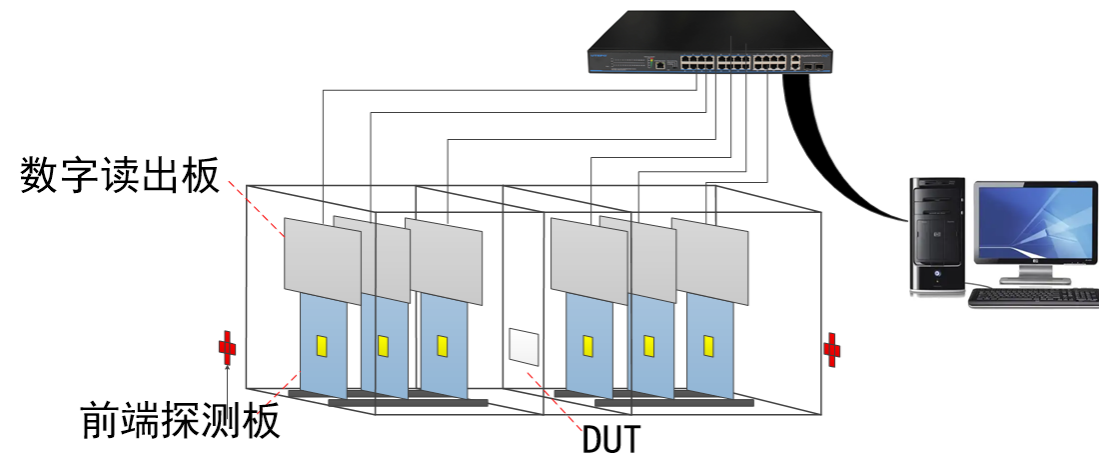
卷曲芯片及性能测试



质子束线束流望远镜

散裂将建造质子束线（1.6GeV），束流望远镜是束线上最具代表性的测试系统，满足芯片高空间分辨率的测试需求

- 完成束流望远镜系统的设计和模拟研究
- 完成探测模块的研制
 - 物质质量：0.088% X0（50 μm Si + 100 μm 遮光薄膜）
- 搭建6层望远镜测试系统，进行了1.3GeV电子束流测试
 - 阈值为5.5 σ 时，DUT空间分辨率约5.7 μm ，望远镜分辨率约2.7 μm
 - 探测效率好于 99.5%
 - 优于设计目标



本人研究成果与经费情况

□ 文章（一作或通讯作者5篇，合作作者9篇）

1. Lan-Kun Li, Ming-Yi Dong et al., Effect of multiple coulomb scattering on the beam tests of silicon pixel detectors, [NST](#), 2024, 35: 83
2. Liangchenglong Jin, Mingyi Dong et al., Design of a wafer-scale ultra-thin silicon pixel detector prototype. [RDTM](#), 2024, 8: 1472-1479
3. M.Y. Dong, L.H. Wu et al., Aging phenomenon in BESIII drift chamber, [NIMA](#), 2024, 1066: 169582
4. L.K. Li, M.Y. Dong et al., Study of double-sided silicon pixel ladders with low material budget, [NIMA](#), 2024, 1069: 169846
5. Wenyu Pan, Mingyi Dong et al., Drift chamber with cluster counting technique for CEPC, [PoS](#), 2024, Accepted

6. Y.F. Lyu, L.H. Wu, A.Q. Guo, M.Y. Dong et al., Hit efficiency study of the BESIII drift chamber, [NIMA](#), 2024, 1063: 169276
7. Sheng Dong et al., Performance study of the JadePix-3 telescope from a beam test, [NIMA](#), 2024, 1065: 169551
8. Shuqi Li, Tianya Wu et al., Beam Test of a Baseline Vertex Detector Prototype for CEPC, [IEEE TRANSACTIONS ON NUCLEAR SCIENCE](#), 2024, 71: 1319-1323
9. Shuqi Li, Tianya Wu, Beam test of a monolithic active pixel sensor for the CEPC vertex detector, [NIMA](#), 2024, 1059: 168945
10. Tianya Wu, Shuqi Li et al., Beam test of a 180nm CMOS Pixel Sensor for the CEPC vertex detector, [NIMA](#), 2024, 1069: 169925
11. Y. Zhou et al., 3D-integrated pixel circuit for a low power and small pitch SOI sensor, [JINST](#), 2024, 19:C02046
12. Ze-Heng Zhang et al., Offline filter of data with abnormal high voltage at BESIII drift chamber, [JINST](#), 2024, 19: P06042
13. Guang Zhao, Linghui Wu et al., Peak finding algorithm for cluster counting with domain adaptation, [Computer Physics Communications](#), 300 (2024) 109208
14. Zhefei Tian et al., Cluster Counting Algorithm for Drift Chamber using LSTM and DGCNN, [NST](#), accepted

本人研究成果与经费情况

□ 经费（新增2个，并参与MOST4申请）

项目名称	项目类别	本人角色	经费总额 (万元)	起止时间
高粒子鉴别性能的漂移室关键技术研究	基金委面上项目	主持	53	2025.1- 2028.12
高能量加速器关键技术研究	国家重点研发计划	课题联系人/课题 骨干	1800	2023.12- 2028.11
基于原初电离计数方法进行粒子鉴别的研究	所创新项目	主持	150	2022.1- 2024.12
基于大面积超薄CMOS像素传感器的BESIII 内径迹室关键技术研究	联合基金重点项目	子课题负责人	300	2021.1- 2024.12
高精度SOI像素顶点探测器研究	基金委重点项目	子课题负责人	330	2020.1- 2024.12
阿尔法磁谱仪探测器升级和物理分析	国家重点研发计划	课题骨干	2000	2022.12- 2027.11
BESIII漂移室电子学系统升级	院重大科技基础设施 维改项目	课题骨干	890	2023.1- 2025.12

学术交流、研究生培养

□ 国内外学术活动（会议报告，或Session Convener）

- 第二十二届全国核电子学与核探测技术学术年会暨第十二届全国先进气体探测器研讨会,下一代高能物理实验中的大型气体径迹探测器与气体探测器发展前沿 (大会特邀报告)
- IAS Program on High Energy Physics (HEP 2024), Status and plan for CEPC drift chamber
- 42nd International Conference on High Energy Physics (ICHEP2024), Drift chamber with cluster counting technique for CEPC
- The 2024 international workshop on the high energy Circular Electron Positron Collider, Status of drift chamber for CEPC
- 2024 European Edition of the International Workshop on the Circular Electron-Positron Collider, R&D Progress of Drift Chamber for CEPC
- BESIII Collaboration Meeting in Winter 2023, BESIII status and data taking
- BESIII Physics and Software Workshop in Spring 2024, Status of BESIII and data taking
- BESIII Collaboration Meeting in Summer 2024, Status of BESIII and data taking
- BESIII Physics and Software Workshop in Autumn of 2024, Extraction of inner drift chamber
- 13th International "Hiroshima" Symposium on the Development and Application of Semiconductor Tracking Detectors (HSTD13), Study of double-sided silicon pixel ladders with low material budget
- NED&CAGD2024, 散裂中子源质子束流望远镜系统的研制
- NED&CAGD2024, 大面积超薄硅像素探测器原型机的研究

- 组织BESIII探测器、BESIII内室升级例会等相关讨论等

□ 研究生培养

- 一名博士后：李岚坤，五名硕士生：潘温宇、喻英豪、金梁程龙（毕业）、李亚轩（联培）、黄菲（联培）

公共服务

- 研究生管理小组成员，硬件组研究生考核召集人，参加研究生入学培训等
- 中心学术委员会成员，参加学术讨论等
- 组织组内工作的年度总结及报告，撰写重点实验室年报
- 科普宣传：接待多次BESIII及重点实验室参观，组织高能所科学开放日谱仪讲解
- 自然科学基金评审：青年、面上项目等
- 论文审稿 (RDTM, NIMA等)

下年度工作计划

- JUNO实验PMT安装
- 内室调试以及BESIII探测器稳定运行，完成下年度取数任务
- 继续进行CEPC探测器关键技术研究：CEPC硅探测器研究，PID探测技术研究，Pixel TPC研究
- 确保国际合作项目按计划进行：AMS L0, ATLAS ITK, LHCb UT
- 散裂质子束线探测器研制

谢 谢！