

2024 年度考核报告

探测器一组

李一鸣

特聘青年研究员

2024 年 11 月 20 日

内容

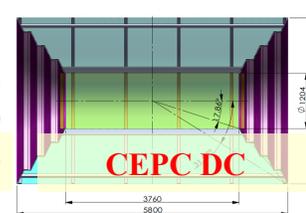
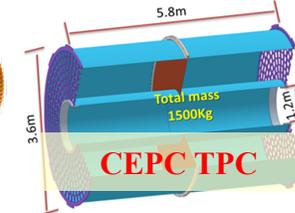
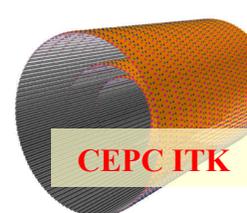
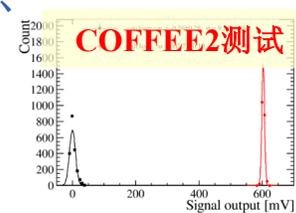
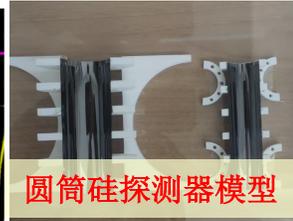
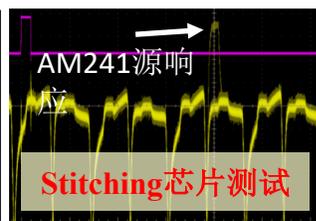
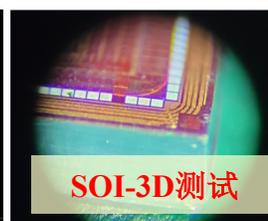
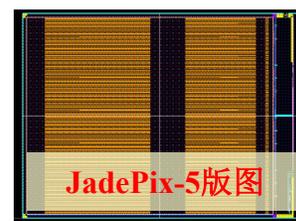
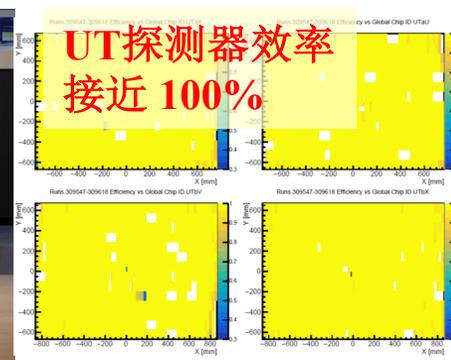
- ▣ 行政组管理（探一组副组长）
 - 全组任务完成情况
 - 组内工作安排、学术发展、学术交流、经费、人才培养与引进情况等
- ▣ 本人本年度科研任务完成情况
 - 研究任务完成情况（详述）
 - 本人研究成果（论文、专利、创新性技术发展、获奖等）与经费情况
 - 公共服务（值班、研究生考核和面试、年报撰写、文章审稿等等）
 - 其它贡献
- ▣ 存在问题
- ▣ 下年度工作计划

探一组主要任务

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	

探一组任务完成情况

- 保障大科学装置项目顺利实施
 - BESIII 稳定运行圆满完成本轮取数计划
 - 完成BESIII内漂移室升级和CGEM安装
 - JUNO 20" PMT将在12月1日完成安装
- 参与国际合作实验做出卓越贡献
 - AMS L0 8m²模块组装完成，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
 - LHCb UT顺利运行，达到设计指标
 - ATLAS ITk已经通过全部探测器模块生产步骤考核
- 推进探测器技术攻关、支撑CEPC预研
 - 硅探测器：在CIS工艺CMOS、stitching、高压CMOS、LGAD预研上均有重要进展，支撑CEPC ITK/OTK预研
 - 气体探测器：在CEPC TPC和DC预研有重要进展



探一组学术发展、学术交流、经费、人才培养与引进情况等

■ 获奖情况

- AMS L0硅探测器升级研发团队获“创新文化建设先进集体”称号

■ 学术交流

- 探一组职工学生积极参加国内外会议（报告>50次）
- 组织多次学术活动（AMS会议），多名专家来访作报告（Ulrik Egede, Monica Pepe, Maxim Titov, …）

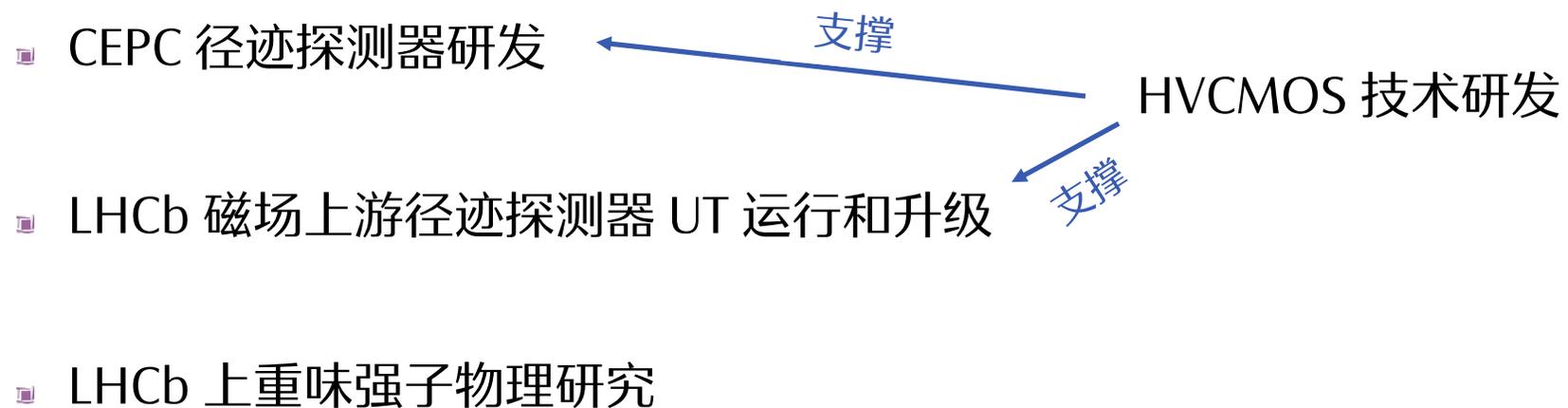
■ 经费申请

- 依托大科学项目（MOST3 CEPC预研，河南省科学院经费，ATLAS/LHCb国际合作基金等）
- 鼓励职工、博士后申请自由竞争项目（NSFC多项申请，博士后基金，所创新，谢家麟基金）

■ 人才培养与引进

- 徐子骏、樊云云获院百人择优支持；张希媛入选院青促会成员
- 引进青年人才：张慧（百人B类，德国卡尔斯鲁厄大学，芯片设计,拟2025入职），金梁程龙
- 培养博士后：董胜（出站留所），董若石（中德联合博士后，出站比亚迪就职）
- 探一组盛书琪等研究生获所长表彰奖学金

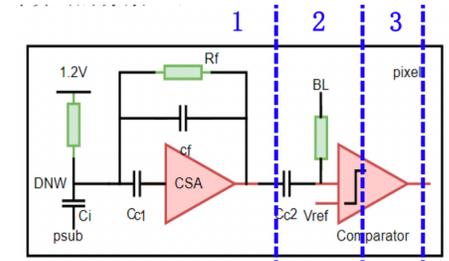
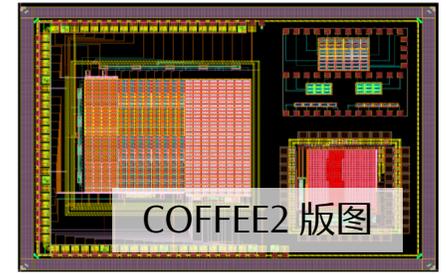
本人研究任务



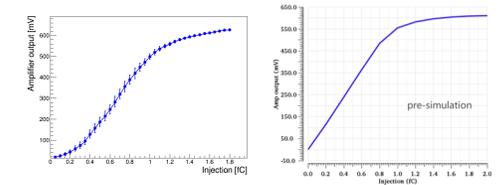
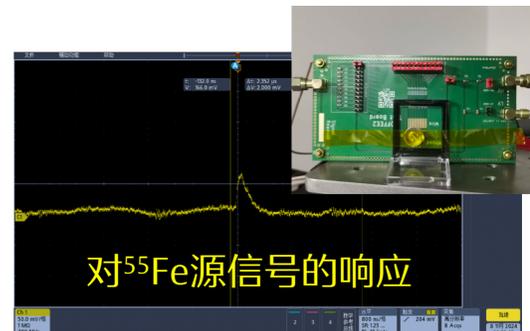
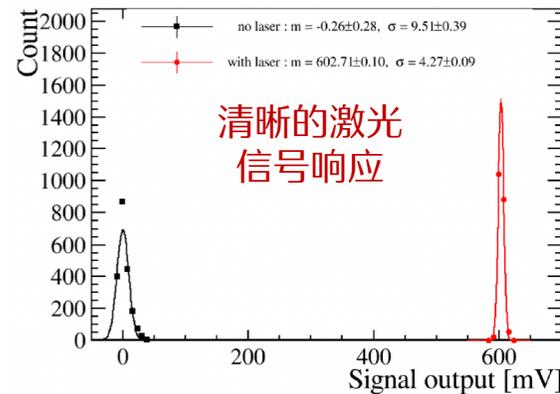
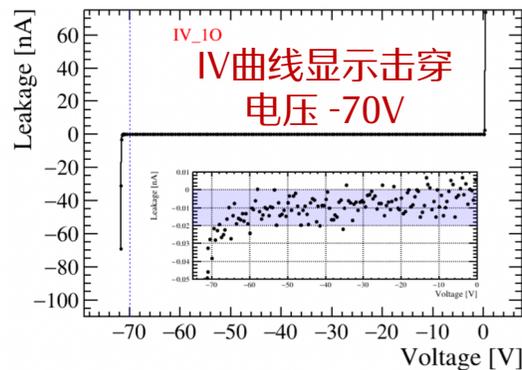
基于国产先进工艺的 HVCMOS 技术研发取得重要进展

首个基于国产先进55nm制程的高压CMOS原理验证芯片取得良好测试结果，验证工艺可行性

- 击穿电压 -70V，单像素电容30-40fF
- 观测到激光和X射线、alpha源的信号响应
- 像素内放大器、比较器电路工作正常
- $10^{14}n_{eq}/cm^2$ 辐照后暗电流从~0.01nA增长到~1nA



像素内电路设计

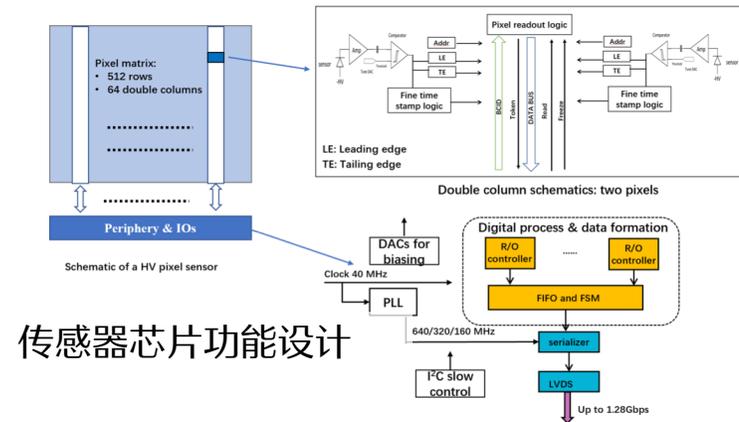


放大器线性响应符合预期

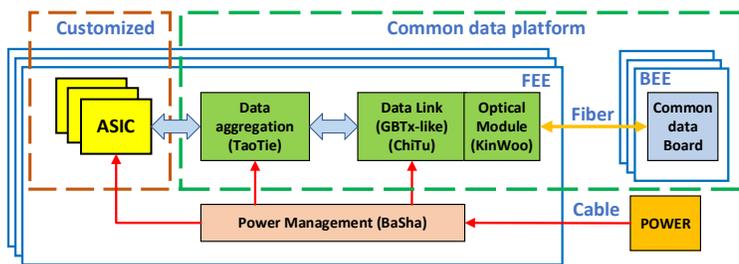
NIM A 1069 (2024) 169905

基于HVCMOS技术的CEPC内层径迹探测器方案

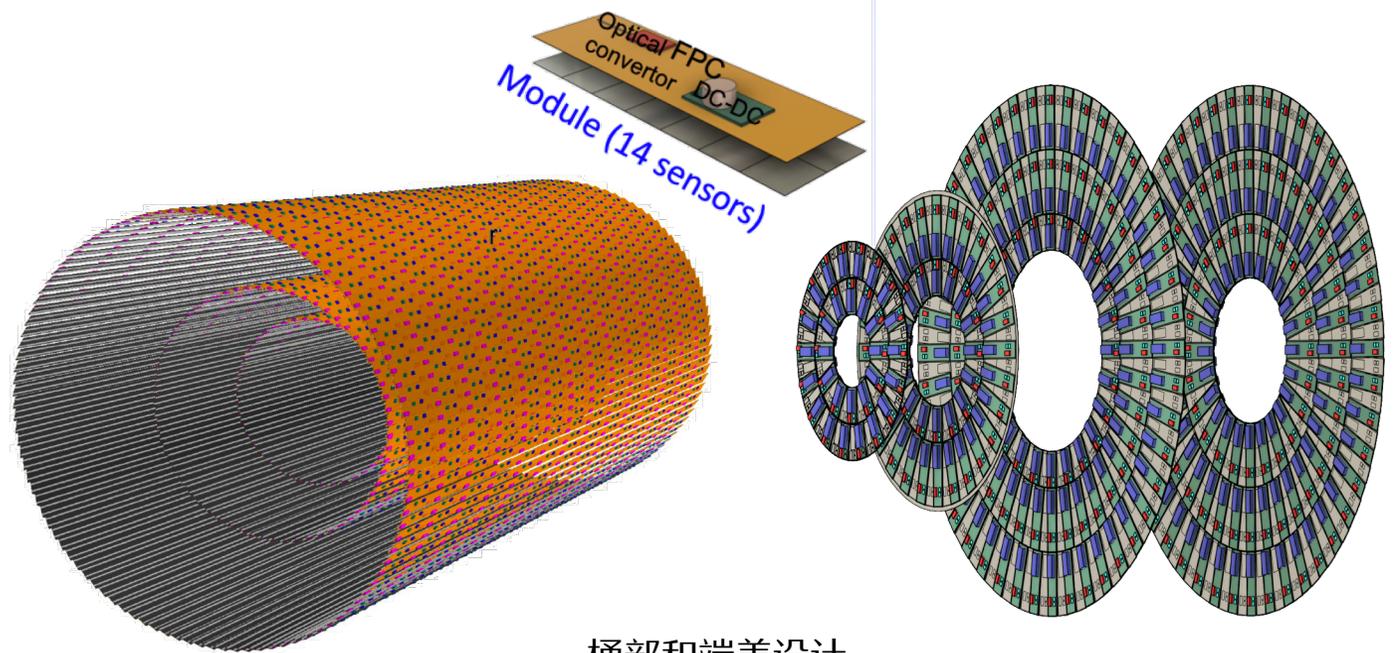
- 在芯片研发基础上，提出基于HVCMOS技术的CEPC内层径迹探测器方案，被Ref-TDR选为基准
 - 目标实现10微米空间分辨、3-5ns时间分辨、200mW/cm²功耗的高精度、低物质质量探测器
 - 负责撰写RefTDR相关章节



传感器芯片功能设计



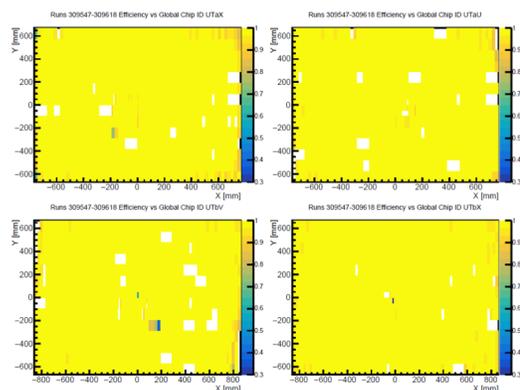
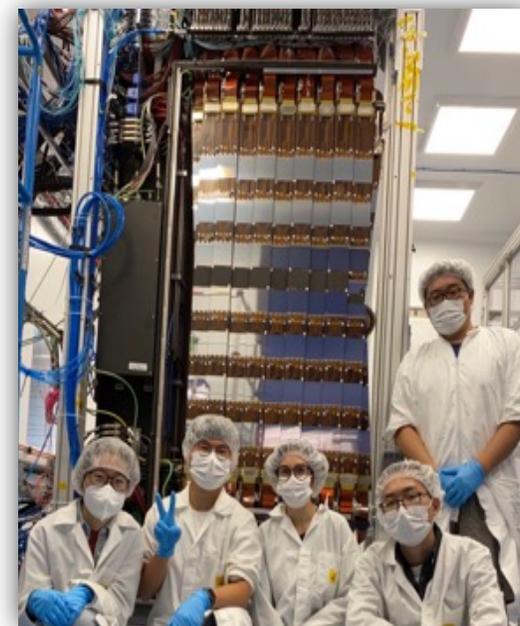
读出电子学



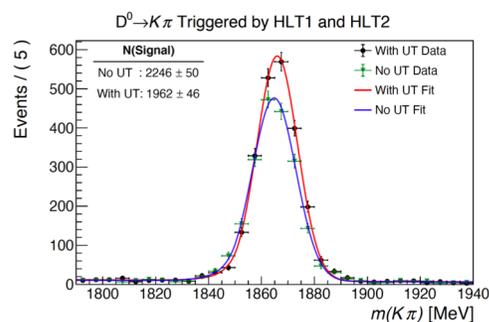
桶部和端盖设计

LHCb磁场上游径迹探测器UT运行和升级

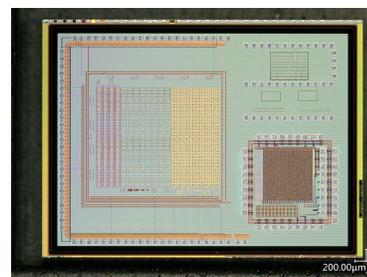
- 指导团队成员在UT安装运行中发挥骨干作用
- UT作为LHCb一期升级最晚安装的探测器，已在 $\mu = 5.3$ 事例堆积条件下参与物理取数，达到设计指标
- 基于HVCMOS技术提出二期升级方案，领导研发
 - 本人任UT升级WP2（芯片研发和测试）召集人
 - 高压CMOS芯片预研取得良好结果
 - 基于模拟对升级后UT性能开展研究，为探测器研发提供指导，负责 Scoping Document 相关章节撰写



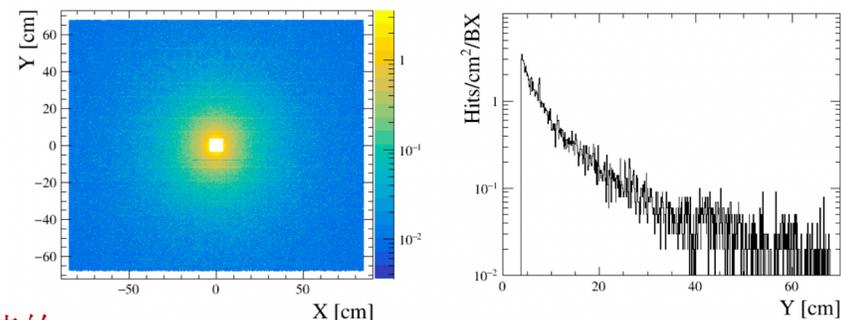
四层探测器运行效率均接近 100%



UT 对长径迹末态信号效率有显著提升



首款基于55nm高压CMOS工艺的原理验证芯片: COFFEE2



UT 击中率模拟为探测器设计设定关键参数

LHCb重味强子物理研究

■ $B^0 \rightarrow \Lambda_c^+ \bar{\Lambda}_c^- K_S^0$ 衰变研究

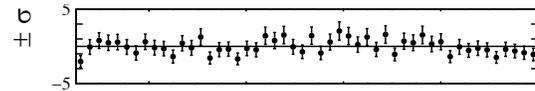
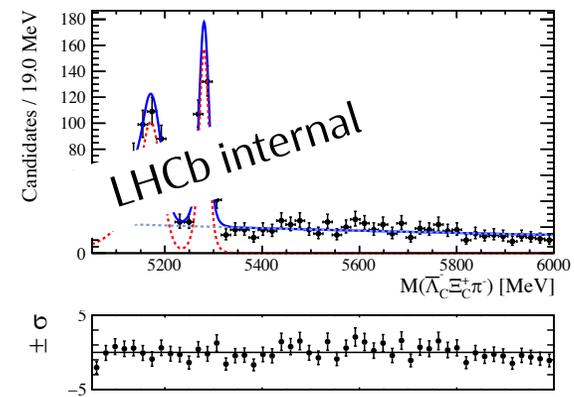
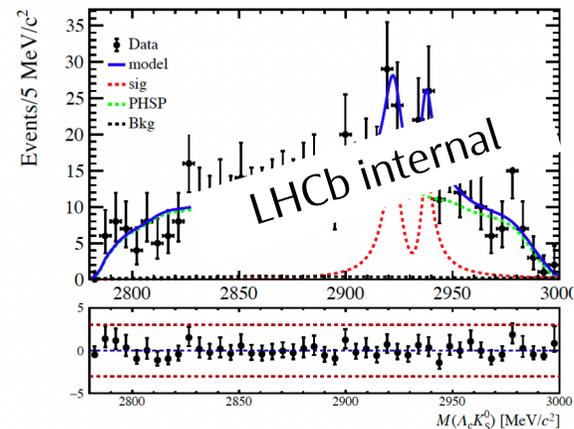
- 专门撰写离线选择条件（stripping line）大幅提高事例选择效率
- 在 $\Lambda_c^+ K_S^0$ 系统中观察到共振态迹象，文章在合作组审核
- 指导学生盛书琪在离线选择上做出大量工作，任合作组Stripping Coordinator

■ $B^- \rightarrow \Xi_c^+ \bar{\Lambda}_c^- \pi^+$ 衰变寻找

- 首次观测到该衰变末态，并观测到其中多个共振结构
- 文章在合作组审核

■ 质子质子对撞中B和D介子关联产生

- 已完成 B^+ 和中性D介子产生截面测量， B^+ 和带电D介子产生截面正在进行系统误差分析
- 该研究获面上基金支持



研究成果：基于国产先进制程的 HVCMOS 技术发展

- HVCMOS 国际现有研发多基于180nm或130nm，首个55nm先进制程尝试
- 有力支撑了CEPC、LHCb升级相关研发
- 感谢所创新项目支持，后续争取其他研发经费有进展
- 在欧洲探测器研发计划DRD3中提出WP project，获得良好反响
- 形成技术团队
 - 所内：探一组（王建春，周扬，徐子骏，王聪聪等）、电子学（陆卫国，赵梅）、高能量（袁煦昊，陈缮真）等多个行政组协作
 - 国内其他单位：西工大、浙江大学、大连民族大学、山东大学、南京大学
 - 国外合作：德国KIT，英国Lancaster/Edinburgh/Bristol，意大利INFN-Milan

研究成果：论文发表

本年度发表论文2篇

题目	期刊	备注
LHCb探测器及升级计划	科学通报2024, 69(31): 4529–4539	通讯作者, 特邀 综述
Feasibility study of CMOS sensors in 55 nm process for tracking	NIM A 1069 (2024) 169905	通讯作者



研究成果：经费情况

- 新增所创新项目
- 牵头申请NSFC-CERN重点项目，已答辩

项目名称	项目来源	总经费(万元)	本人负责(万元)	本人角色	起止时间
LHCb磁场上游径迹探测器传感器芯片研究	自然科学基金 面向全球的科学研究 基金项目NSFC-CERN	300	200	主持（已答辩）	2025-2028
半导体径迹探测器-ITK 像素探测器	河南科学院		1000	参与	2024-2027
基于先进制程高压CMOS的径迹探测器技术研究	高能所	150	150	主持	2024-2026
LHCb上B介子和D介子联合产生研究及双重味共振态寻找	自然科学基金 面上项目	60	60	负责	2022 – 2025
LHCb升级中径迹探测器和数据获取系统的研究	自然科学基金 国际合作与交流NSFC- CERN项目	548	236	参与，负责子 课题	2020 – 2024
第14批千人计划青年项目	中组部	300	300	负责	2018 – 2021
百人计划C类	中科院	240	240	负责	2018 – 2021
硅径迹探测器和Belle-II粒子物理研究	高能所	50	50	负责	2017 – 2021

研究成果：会议报告

■ 会议报告 9 次，讲座 3 次（河南大学/国科大/南山清北暑期学校），指导学生和博士后报告 10 次

报告名称	会议	时间	国际/国内	类型
CEPC Inner Silicon Tracker towards Ref-TDR	CEPC workshop	10.23-10.27	国际	分会报告
面向高性能径迹探测器的高压CMOS研发	中国物理学会高能物理分会第十四届全国粒子物理学术会议	08.13-08.18	国内	分会报告
Development of CMOS-based tracker for CEPC	ICHEP	07.18-07.24	国际	分会报告
Development of Upstream Tracker using MAPS for LHCb Upgrade II	ICHEP	07.18-07.24	国际	海报
Development of MAPS using 55nm HVCMOS process for future tracking detectors	STCF workshop	07.07-07.11	国内	分会报告
CEPC Vertex Detector and Silicon Tracker	Workshop on Advanced Detectors and Technologies (CHIP)	06.17-06.19	国际	大会报告
探索基本粒子奥秘，以大科学装置推动科技自立自强	第二届中国科技青年论坛“世界科技前沿”专题论坛	07.09-07.10	国内	大会报告
LHCb实验升级计划及进展	第六届重味物理与量子色动力学研讨会 (HFQCD)	04.19-04.23	国内	大会报告
Development of HVCMOS in 55 nm Process for Tracking	IAS Program on High Energy Physics (HEP 2024)	01.15-01.26	国际	分会报告

服务和学术团体任职

- LHCb 合作组
 - Deputy chair of **Speakers Bureau** (2023.10-2025.09) 负责LHCb会议报告组织分配和演讲
 - **Membership Committee** member (2025.1-) 通常为各地区资深专家
- **ACFA-HEP** (亚洲未来加速器委员会高能物理小组) 成员和学术秘书
- 参与科协、共青团中央、央视网组织的**青年科技论坛**，通过3000余人初选进入最终12人总论坛
- 评审和审稿
 - 晨光杯初评
 - Science Bulletin, NIM A 审稿
 - 国科大、北大、河南大学论文评审
- 其他
 - 中心学术小组学术秘书
 - 计算中心计算和用户平台LHCb联络人
 - CLHCP组委会LHCb代表



存在问题

- 探一组组织和发展
 - 专门组会交流较少，应适当加强
 - 组内实验空间、办公室资源等紧张，限制发展
- 重味物理分析进展较慢，应尽快推动文章在组内评审发表

下年度工作计划

▣ CEPC探测器研发:

- 完成Ref-TDR撰写, 推动HVCMOS完整阵列读出功能的原理验证芯片流片和测试, 优化设计方案

▣ LHCb上游径迹探测器:

- 参与UT运行和性能研究, 推动UT升级方案优化、芯片预研

▣ 推动LHCb物理分析, 开始加入Run3运行数据研究性能, 提高新物理现象发现能力