

# 考核报告

伍灵慧

实验中心软件组

2024年11月

# 岗位职责

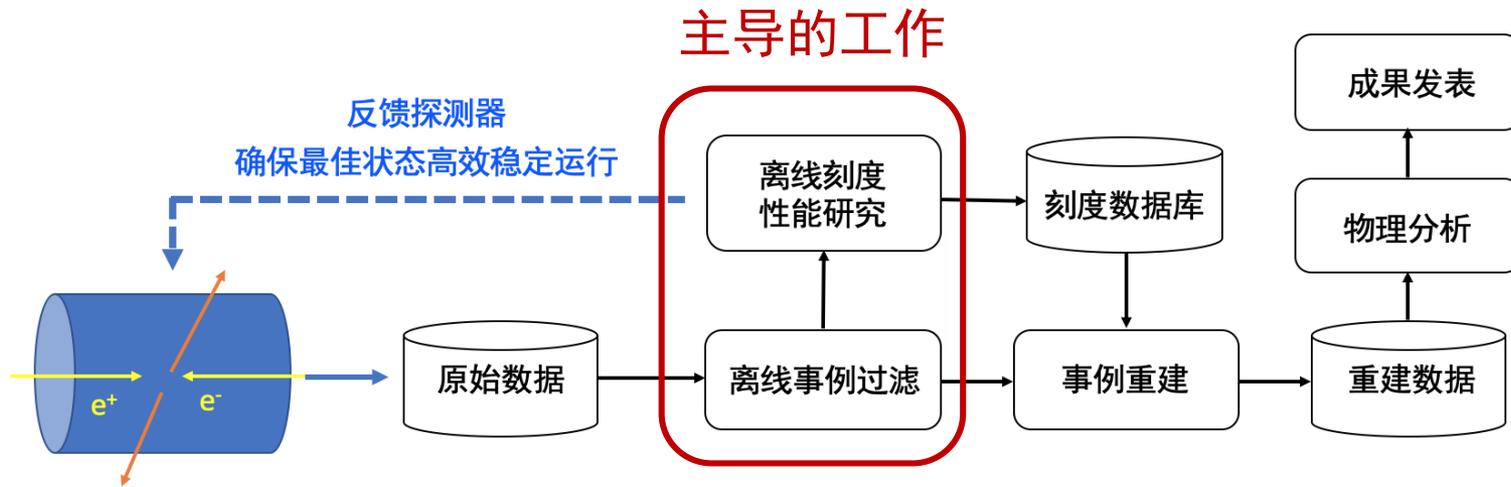
## BESIII（承担MDC运行取数和内室升级中的关键软件任务）

- 内径迹室升级相关研究
- MDC数据刻度、性能及数据质量研究、工作参数优化
- 离线事例过滤，为物理研究提供高质量输入数据

## CEPC

- 气体探测器PID研究及其Ref-TDR撰写

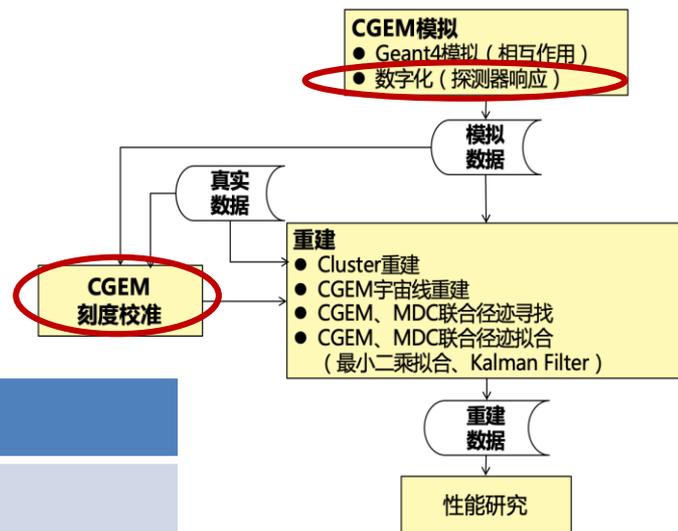
# BESIII 离线数据处理



开展的工作	目标
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ CGEM内径迹室软件开发</li><li>✓ MDC高精度校准、刻度</li><li>✓ 离线事例过滤</li><li>✓ MDC性能研究</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ 高精度带电径迹探测</li><li>➤ 高质量数据</li><li>➤ 径迹室稳定运行</li></ul>

# CGEM探测器软件研究

- CGEM内径迹是**中意合作、欧盟支持**的重要国际合作项目
- **承担的核心软件研究任务**
  - 离线校准
  - 数字化算法（探测器响应的模拟）
  - 软件发布与管理
- **参与3轮CGEM review 并作报告**
  - Digitization and tuning of the CGEM-IT
  - CGEM-IT track-based offline alignment



**难度大、时间紧**（2025年2月取数）

## 探测器特点

- 结构复杂、层数少
- 机械测量受限
- 信号产生过程复杂
- 物质量大、死区多、信噪比不足、通道多(IDC的20倍)

## 软件研究挑战

- 高精度刻度校准
- 快速精细模拟
- 高效率重建
- 误组合及噪声的精确识别

王亮亮、郭爱强、  
张泽恒、胡一鸣 等

# CGEM探测器校准

- 探测器结构复杂
- 建造安装机械精度~1mm，严重影响重建精度

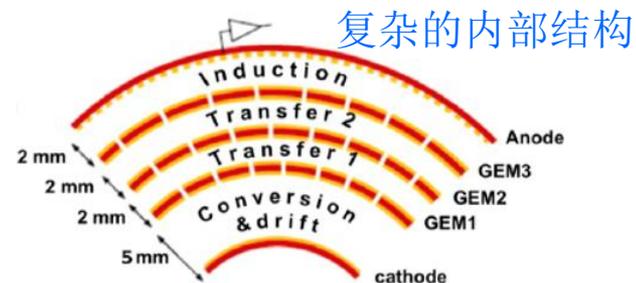
高精度软件校准  
是实现高分辨的必要手段

## 研究难点

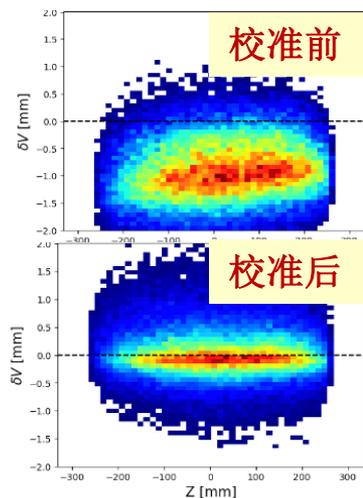
- CGEM结构复杂，无法提供内部结构测量数据
- 可能存在形变等复杂情况，极大增加校准难度
- 与洛伦兹角、磁场等效应相互关联影响

## 进展

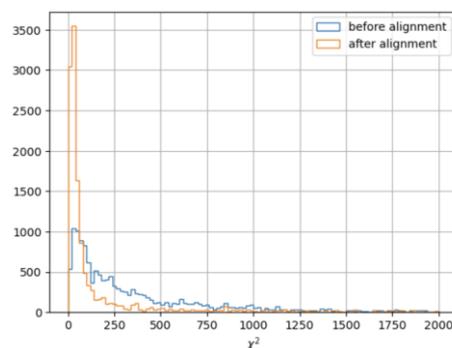
- 完成CGEM的宇宙线数据校准→残差及 $\chi^2$ 分布显著改善
- 数据分析显示可能存在圆桶变形，研究中
- CGEM+DC校准准备中



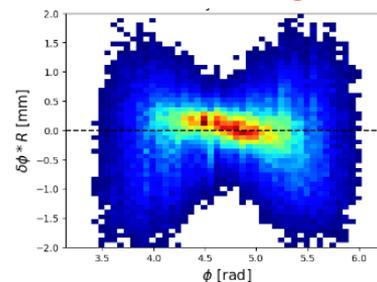
校准后残差分布显著改善



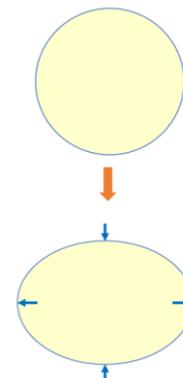
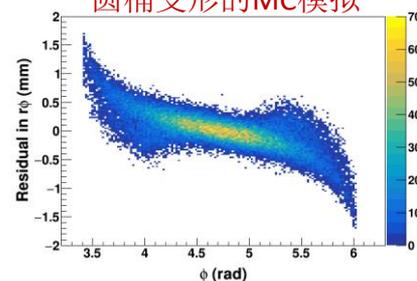
校准后径迹 $\chi^2$ 分布改善



数据残余的misalignment

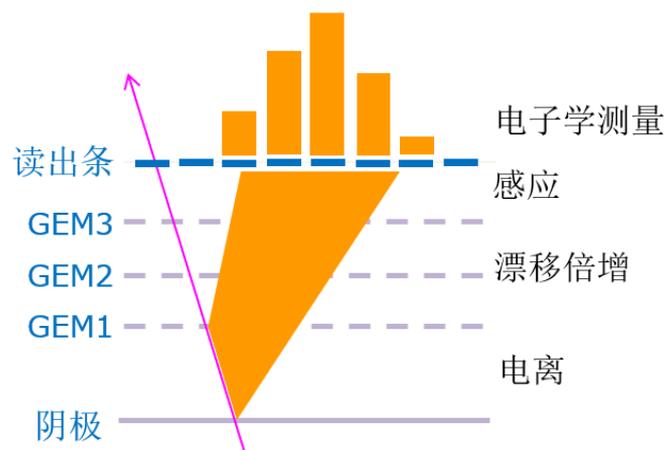


圆桶变形的MC模拟



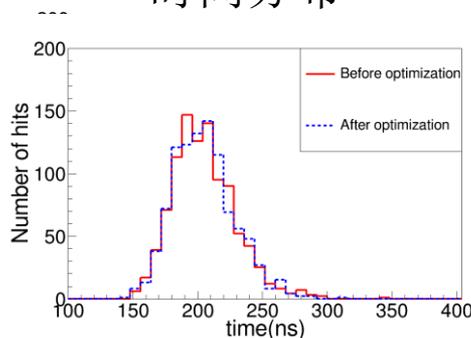
# CGEM数字化软件提速

- CGEM探测器信号产生过程极其复杂、倍增电子数量多( $\sim 10^6$ ), 导致数字化软件耗时太长
- **数字化算法优化提速**  $\rightarrow$  确保未来海量数据下探测器模拟顺利进行
  - ✓ 漂移倍增过程优化
  - ✓ 感应电流及电子学读出模块优化
- **优化后运行时间减少70%**

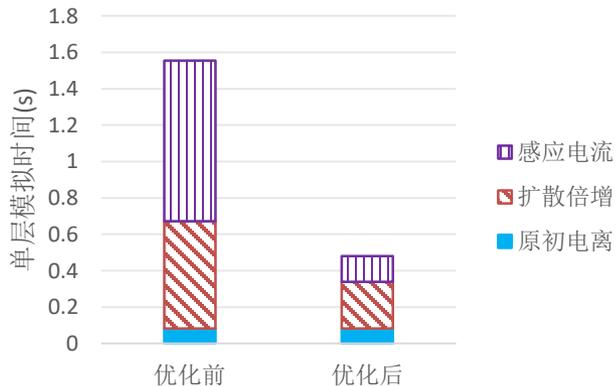
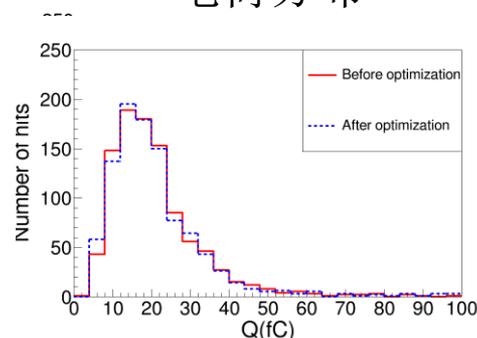


优化前后性能基本一致

时间分布



电荷分布

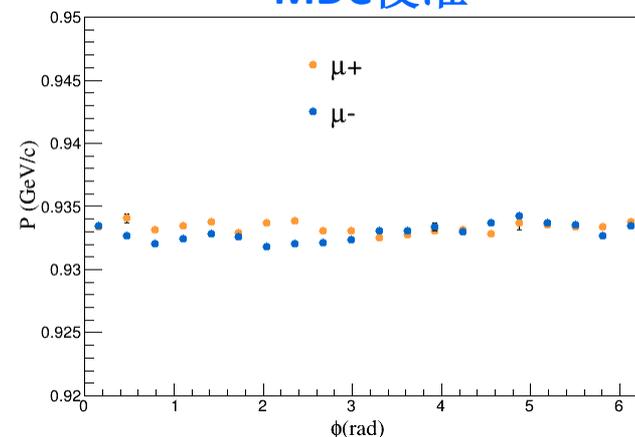


# MDC数据刻度校准及性能研究

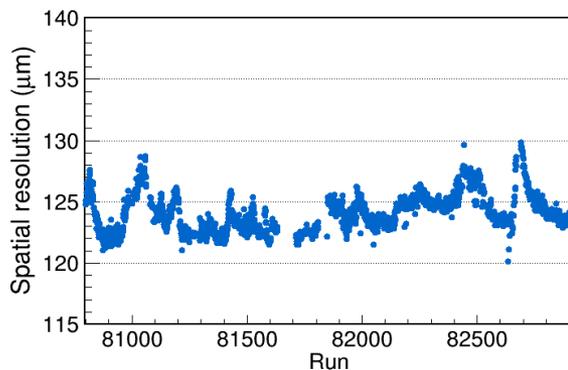
妙晗

- 完成2023-2024年度数据的刻度和位置校准，分辨达到设计要求
- Run by run数据质量检查及性能研究，及时发现并反馈问题，确保MDC稳定运行

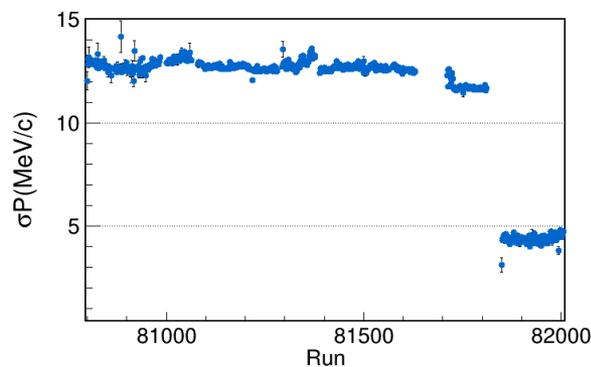
### MDC校准



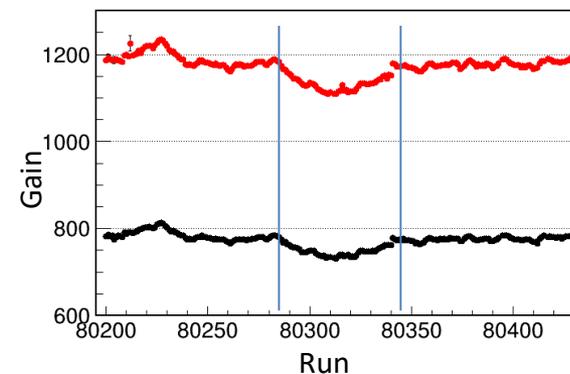
### 空间分辨



### 动量分辨



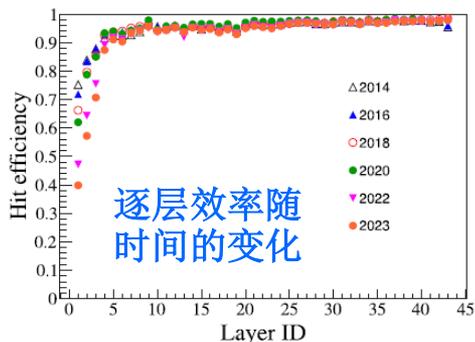
### 及时反馈气体异常



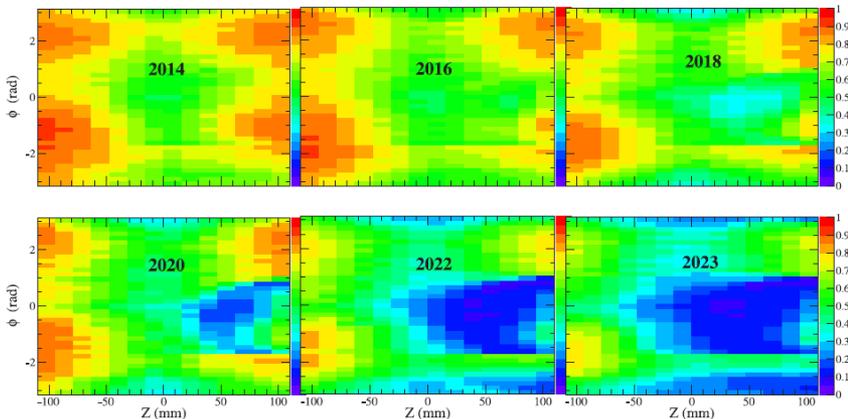
# MDC老化研究及高压异常数据过滤

## 老化研究

- 组织MDC老化研究，分析击中效率的空间差异以及随时间的变化规律



效率随空间、时间的变化

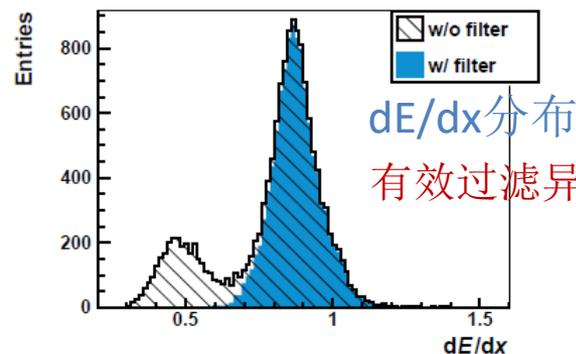
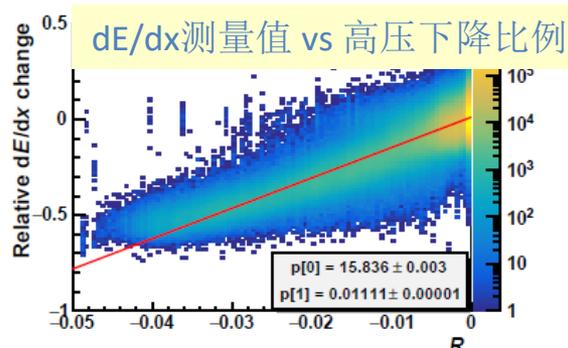


文章: NIM-A 1063 (2024) 169276

吕翌丰、郭爱强等

## 高压异常数据过滤

- 高压异常导致dE/dx异常，影响PID
- 建立有效过滤方法，去除异常事例
- 完成本轮数据过滤，保证数据质量



- 在ACAT2024做了报告
- 文章: JINST 19 (2024) 06, P06042

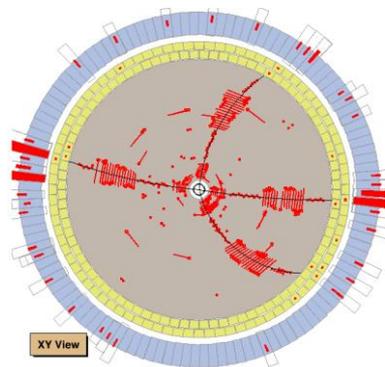
张泽恒、马秋梅、荣少石、宋海林等

# BESIII离线事例过滤

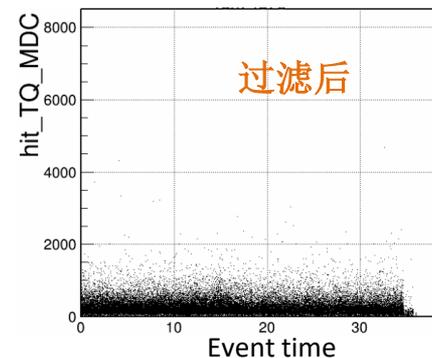
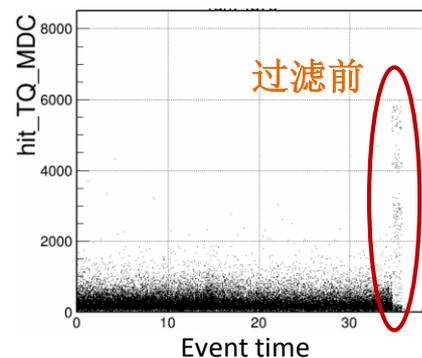
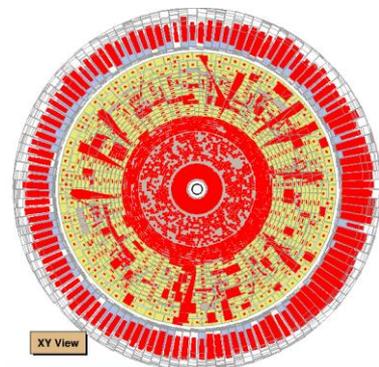
- 束流状态不好会造成高本底，严重影响数据质量
- 完成2023-2024年度离线过滤，为BESIII物理研究提供高质量输入数据

## 离线过滤有效去除高本底事例

正常事例



高本底事例

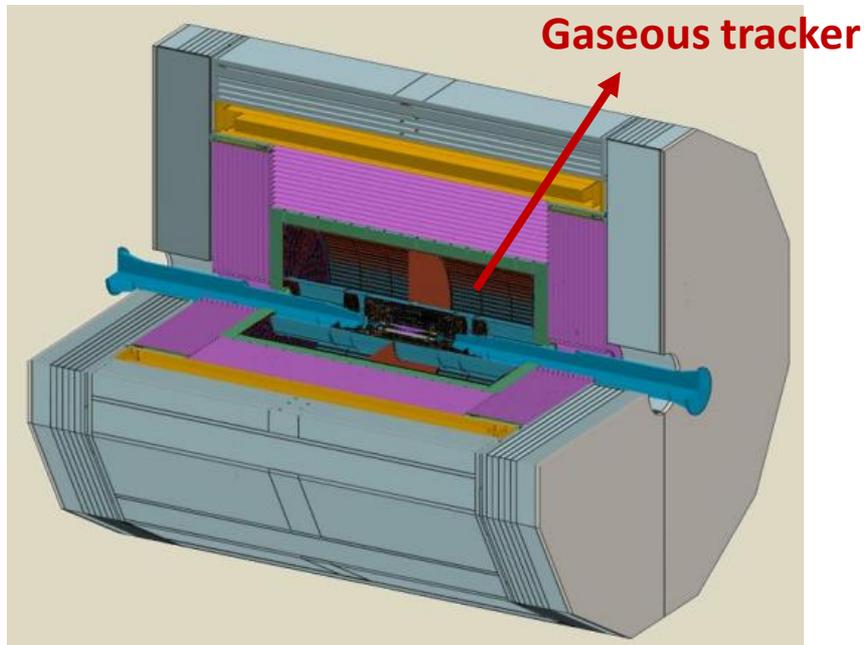


石勤强、刘良辰、宋海林、张豪等

# CEPC气体探测器Ref-TDR相关工作

- 与祁辉荣共同协调Gaseous Tracker相关工作
- 参与国际评审
- 撰写Ref-TDR

- **任务重**：新技术，开发新软件，需要大量时间、人力
- **时间紧**：2025年6月完成



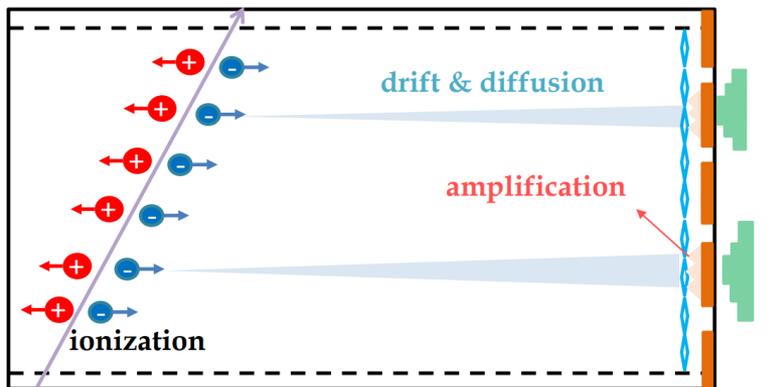
## Chapter 6 Gaseous Tracker

6.1	Physics requirements . . . . .
6.2	Gaseous tracker system overview . . . . .
6.2.1	Technology comparison . . . . .
6.2.2	Baseline gaseous tracker . . . . .
6.2.3	R&D efforts and results . . . . .
6.3	Pixelated readout Time Projection Chamber . . . . .
6.3.1	Time Projection Chamber detector . . . . .
6.3.2	Pixelated readout electronics . . . . .
6.3.3	Design of mechanical and cooling . . . . .
6.3.4	Commissioning and validation of prototype . . . . .
6.3.5	Challenges and critical R&D . . . . .
6.3.6	Costs . . . . .
6.4	Performance . . . . .
6.4.1	Overview of the simulation framework . . . . .
6.4.2	Tracking performance . . . . .
6.4.3	Particle identification . . . . .
6.4.4	Improvement using the machine learning algorithm . . . . .
6.4.5	Beam background source and estimation . . . . .
6.4.6	Alternative the drift chamber . . . . .
6.5	Prospects and outlook . . . . .

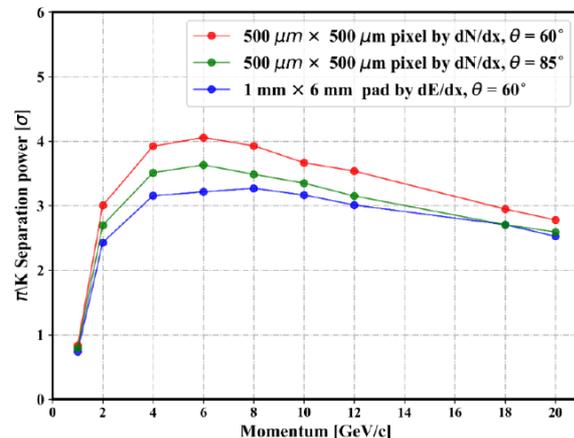
# TPC模拟研究

- CEPC采用TPC为气体探测器baseline技术方案
- **新技术**: pixel读出→提高PID性能
- **挑战**
  - 重建软件开发
  - 优化探测器设计, 解决高本底、长漂移距离等因素带来的问题
- **参与的工作**
  - 指导学生完成初步的模拟软件
  - 协调软件工作及性能研究(与赵光)
- **进展**: 完成初步性能研究、撰写TDR

赵光  
常悦  
张锦闲  
张晨光  
祁辉荣



Pixelated readout



# 漂移室PID研究

**新技术：**采用电离计数技术，能显著提高粒子鉴别能力

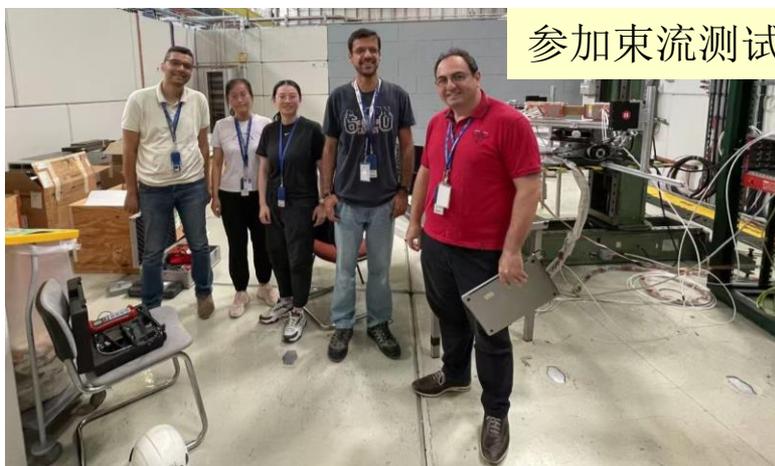
**挑战：**高性能电子学研发、**高性能波形寻峰算法**开发

## 参与工作

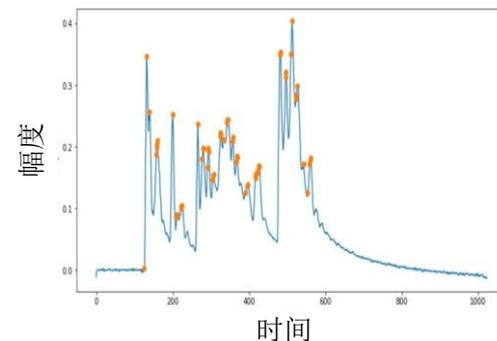
- 协调软件研究与数据分析（与赵光）
- 参与INFN合作，参加束流测试取数，加强国际合作
- 参加DRD1国际交流
- 推动及协调国内高校合作

## 进展良好

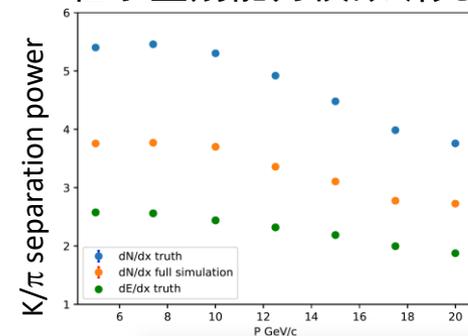
- 完成初步软件开发及模拟研究
- 测试数据分析的国际合作进行中



波形寻峰关键技术（赵光）



粒子鉴别能力模拟研究

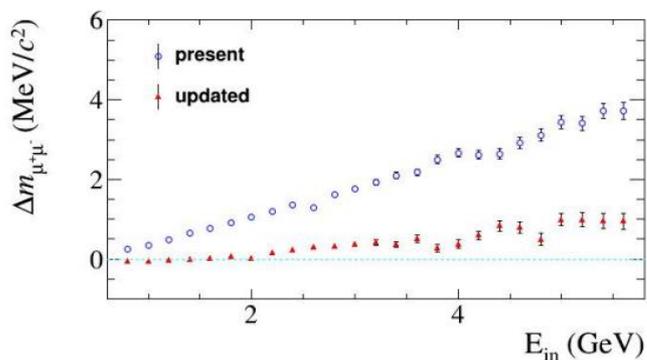


赵光、董明义、田喆飞、刘帅毅等

# 其他工作

- 指导学生解决BESIII模拟中重建动量偏移问题
- 参与CEPC量能器重建软件研究
- 大面积超薄CMOS传感器关键技术 in 寻迹中的模拟研究
- 参与BESIII系统误差讨论例会
- 参与MDC内室升级中内层电缆拆除
- 参与 $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^- @ 3.686 \text{ GeV}$ 束流极化测量

## 解决BESIII模拟中重建动量偏移问题



## 参与MDC电缆拆除



# 研究成果与经费

- 发表文章

- Y.F. Lyu, **L.H. Wu\***, et al., Hit efficiency study of the BESIII drift chamber, NIM-A 1063 (2024) 169276
- Ze-Heng Zhang, Qiu-Mei Ma, **Ling-Hui Wu\***, et al., Offline filter of data with abnormal high voltage at BESIII drift chamber, JINST 19 (2024) 06, P06042
- M.Y. Dong, **L.H. Wu**, et al., Aging phenomenon in BESIII drift chamber, NIM-A 1066, (2024) 169582
- Guang Zhao, **Linghui Wu**, et al. Peak finding algorithm for cluster counting with domain adaptation, Computer Physics Communications, Volume 300, July 2024, 109208
- Zhefei Tian, Guang Zhao, **Linghui Wu**, et al., Cluster Counting Algorithm for the CEPC Drift Chamber using LSTM and DGCNN, Nuclear Science and Techniques, 已接收

- 修改中的文章

- CGEM探测器数字化算法速度优化
- Optimization of charge threshold for BESIII drift chamber

- 在研项目

- 高亮度下径迹探测器性能研究和优化，面上项目，负责人
- 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，大科学装置联合重点项目，骨干成员
- 奇特强子态及强子谱学研究，科技部重点研发，骨干成员（结题）
- 基于原初电离计方法进行粒子鉴别的研究，所创新，骨干成员

# 学术交流、公共服务及学术发展规划

## ➤ 学术交流

- Offline filter of data with abnormal high voltage at BESIII drift chamber, ACAT2024, 2024年3月
- Software alignment for the BESIII drift chamber, 粒子物理实验径迹重建研讨会, 2024年5月
- BESIII数据的刻度与重建, 第八届R值与QCD强子结构研讨会, 2024年7月
- CGEM-IT Simulation, 粒子物理实验计算软件与技术研讨会, 2024年6月
- BESIII合作组会、物理软件研讨会 (多次指导学生完成MDC、离线事例过滤相关报告)
- 2024 European Edition of the International Workshop on the Circular Electron-Positron Collider
- BESIII离线刻度与重建, 北京谱仪十一科学研讨会, 2024年10月
- BESIII实验中的径迹探测, 武汉大学, 2024年5月
- BESIII径迹探测, 南开大学, 2024年1月

## ➤ 会议组织

- 参与组织 粒子物理实验径迹重建研讨会, 郑州大学, 2024年6月

## ➤ 公共服务

- 实验物理中心新生培训 -- BESIII离线软件
- 软件组研究生考核

## ➤ 学术发展规划

- 升级后的BESIII径迹探测器性能提升, 以及与物理组深入交流
- 未来正负电子对撞机实验中探测器新技术研究、软件开发及国际合作

# 学生指导

## 协助指导学生

- 所内：

- 张泽恒：BESIII MDC高压异常离线过滤、CGEM校准
- 张洋：CEPC电磁量能器重建研究，获2024所长优秀奖
- 妙晗：BESIII MDC校准、CGEM校准研究
- 廖一朴：BESIII MDC模拟中动量偏移研究

- 合作单位：

- 肖光延，南京大学，BESIII MDC Q阈优化、内径迹室升级软件研究
- 李亚轩，南开大学，内径迹室升级软件开发
- 吕翌丰，南开大学，MDC老化研究（今年毕业）
- 田喆飞，武汉大学，cluster counting 寻峰算法研究（今年毕业）
- 胡一鸣，南京大学，CGEM数字化软件加速

- 科创计划

- 四川大学：赵世荣，吴诗雯（已完成）
- 吉林大学：高旭，李晴（已完成）

积极争取合作单位支持，以解决人力问题

# 存在问题

- 任务重，时间紧，人力少
- 解决方案：积极宣传，争取合作单位支持

# 下年度工作计划

- **BESIII**

- 升级后的CGEM、MDC软件优化、刻度校准和性能提升

- **CEPC**

- 气体探测器粒子鉴别技术研究和TDR撰写
- 量能器重建软件改进

谢谢!