

考核报告

伍灵慧

实验中心软件组

2024年11月

岗位职责

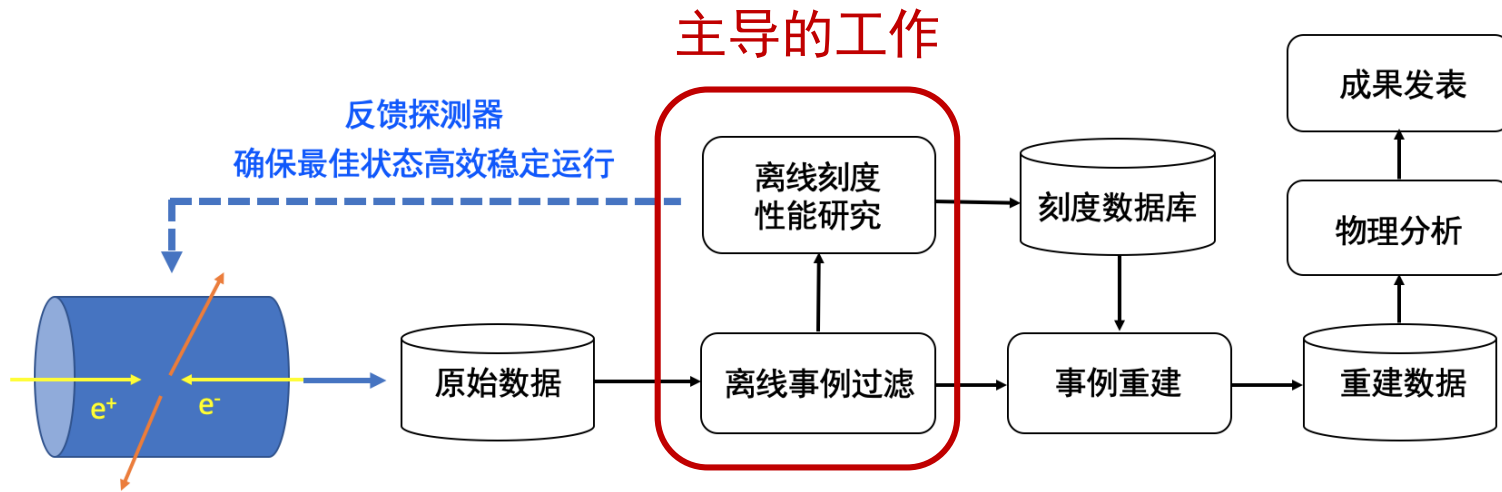
BESIII（承担MDC运行取数和内室升级中的关键软件任务）

- 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

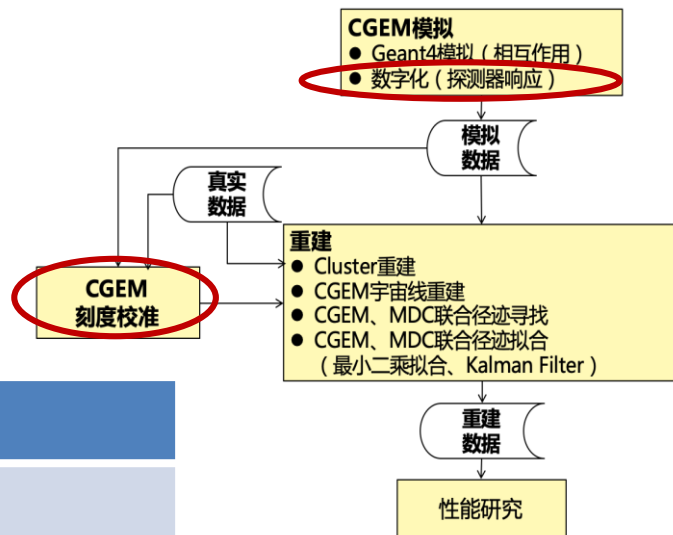
BESIII 离线数据处理



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

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

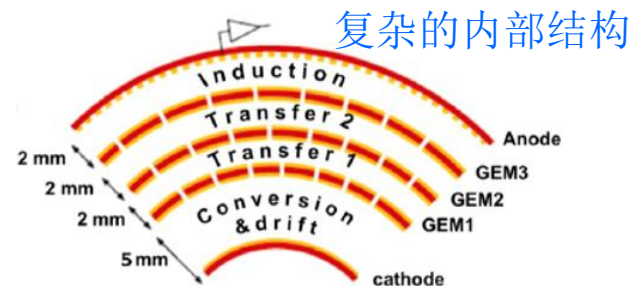
高精度软件校准
是实现高分辨的必要手段

研究难点

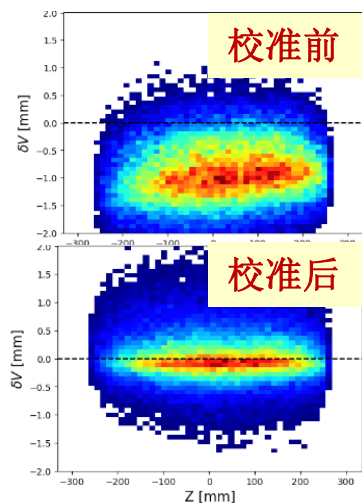
- CGEM结构复杂，无法提供内部结构测量数据
- 可能存在形变等复杂情况，极大增加校准难度
- 与洛伦兹角、磁场等效应相互关联影响

进展

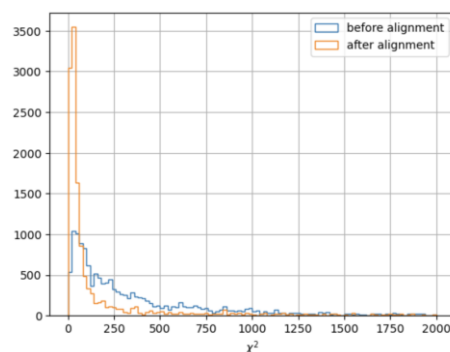
- 完成CGEM的宇宙线数据校准→残差及 χ^2 分布显著改善
- 数据分析显示可能存在圆桶变形，研究中
- CGEM+DC校准准备中



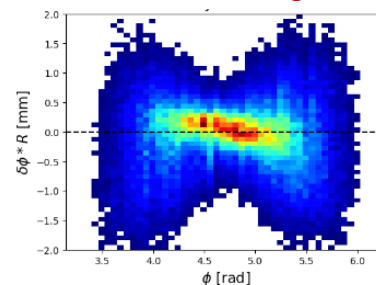
校准后残差分布显著改善



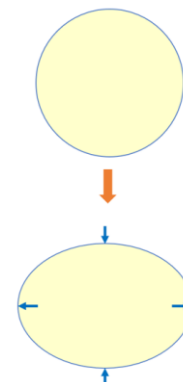
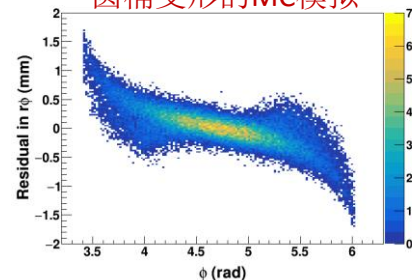
校准后径迹 χ^2 分布改善



数据残余的misalignment

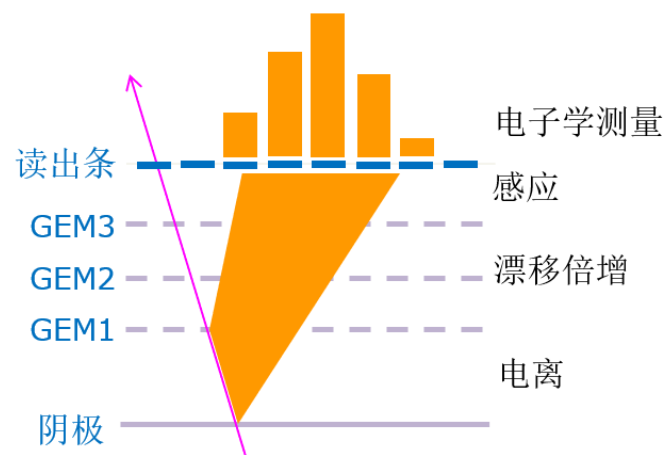


圆桶变形的MC模拟



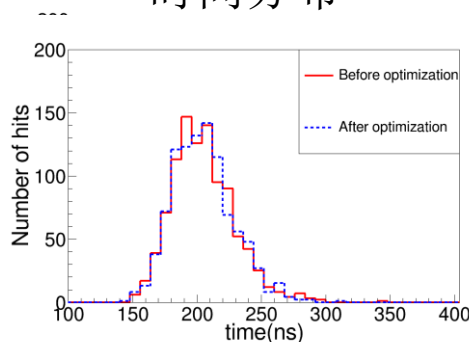
CGEM数字化软件提速

- 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%**

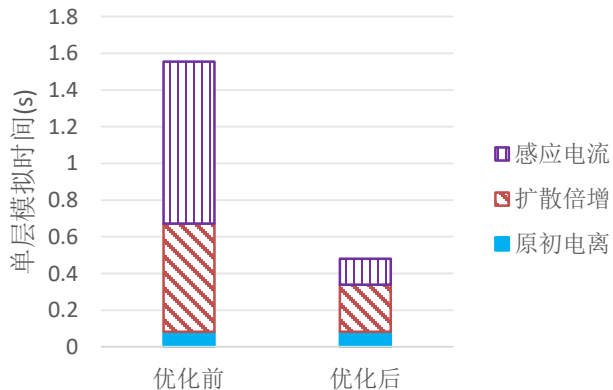
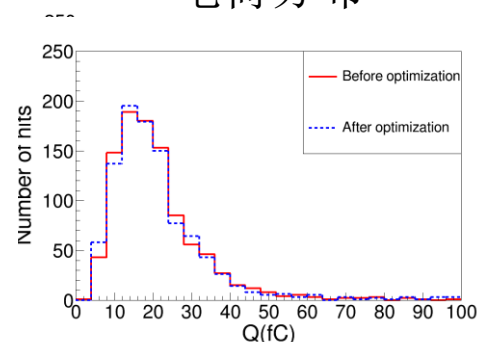


优化前后性能基本一致

时间分布



电荷分布

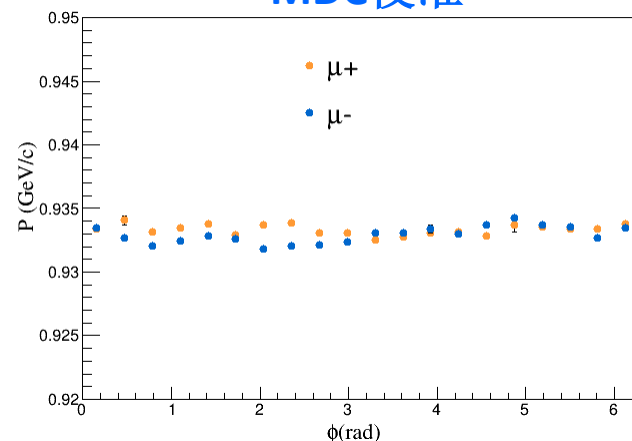


MDC数据刻度校准及性能研究

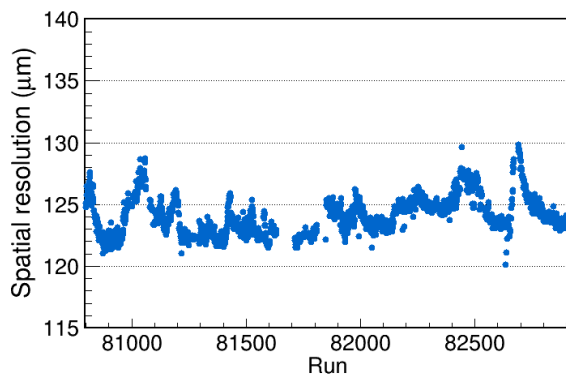
妙晗

- 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

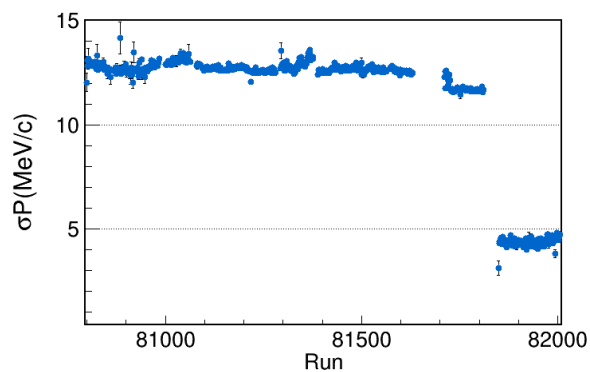
MDC校准



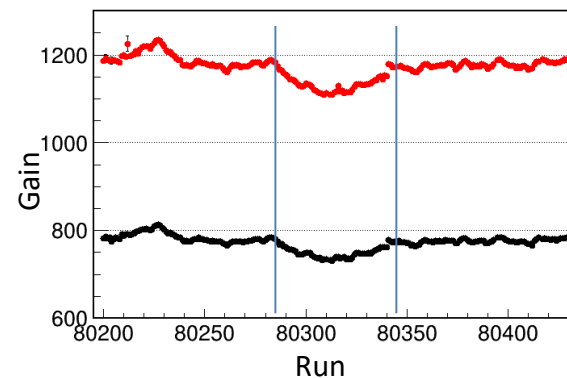
空间分辨



动量分辨



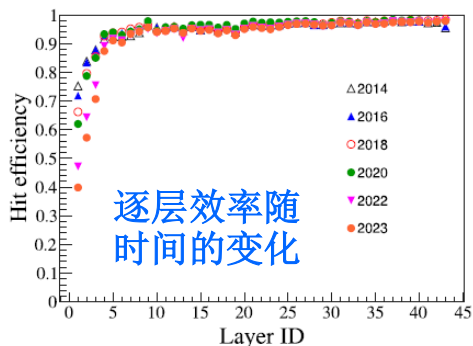
及时反馈气体异常



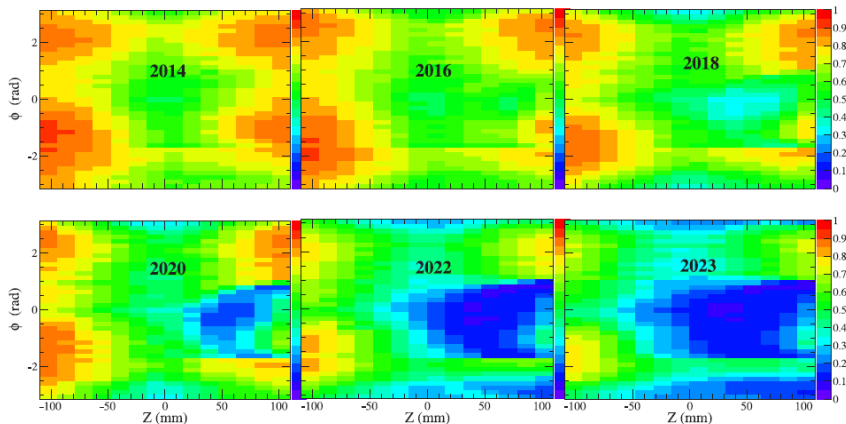
MDC老化研究及高压异常数据过滤

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

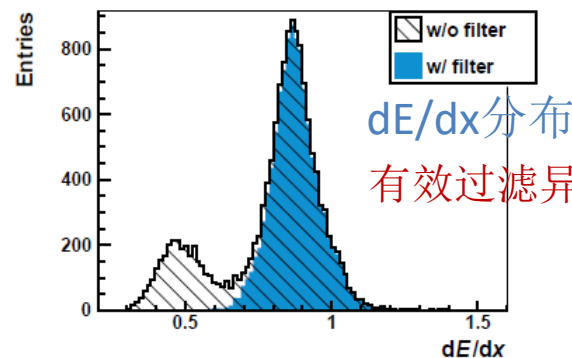
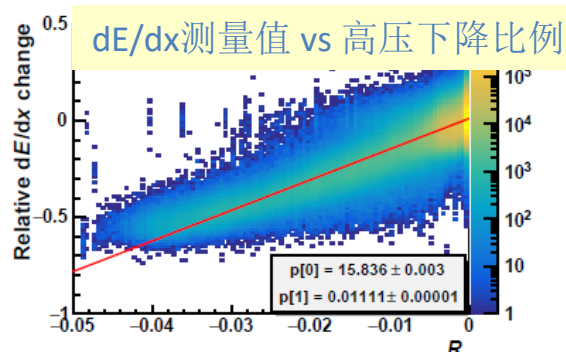


文章: NIM-A 1063 (2024) 169276

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

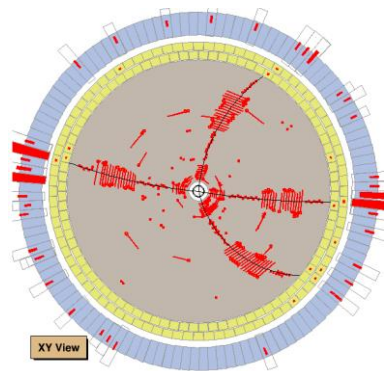
张泽恒、马秋梅、荣少石、宋海林等

BESIII离线事例过滤

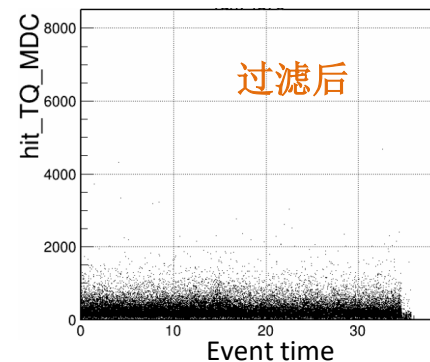
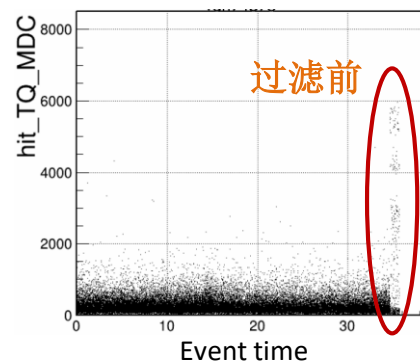
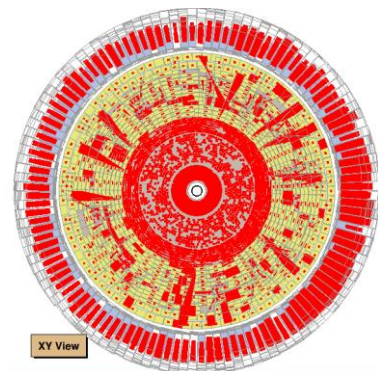
- 束流状态不好会造成高本底，严重影响数据质量
- 完成2023-2024年度离线过滤，为BESIII物理研究提供高质量输入数据

离线过滤有效去除高本底事例

正常事例



高本底事例

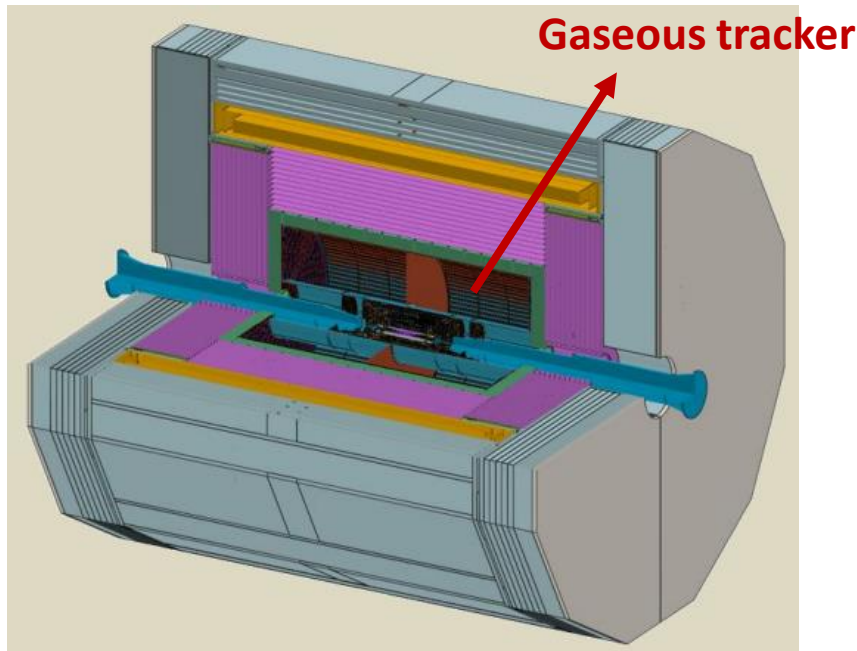


石勤强、刘良辰、宋海林、张豪等

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



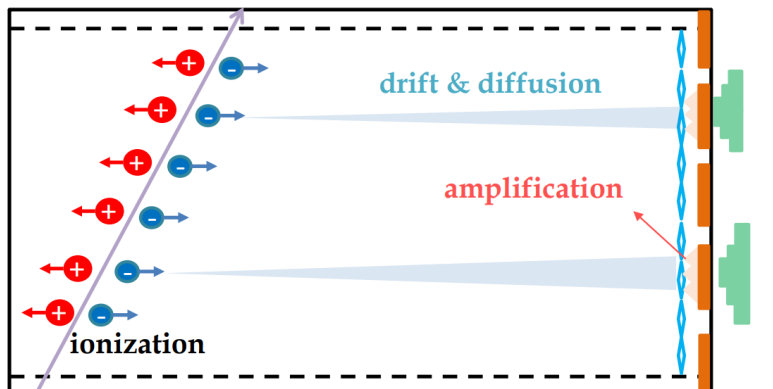
Chapter 6 Gaseous Tracker

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

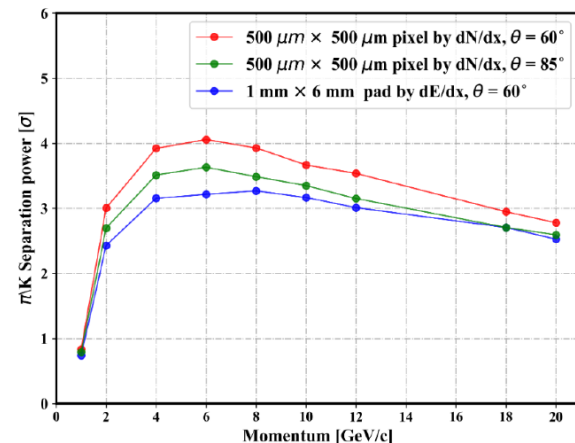
TPC模拟研究

- 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

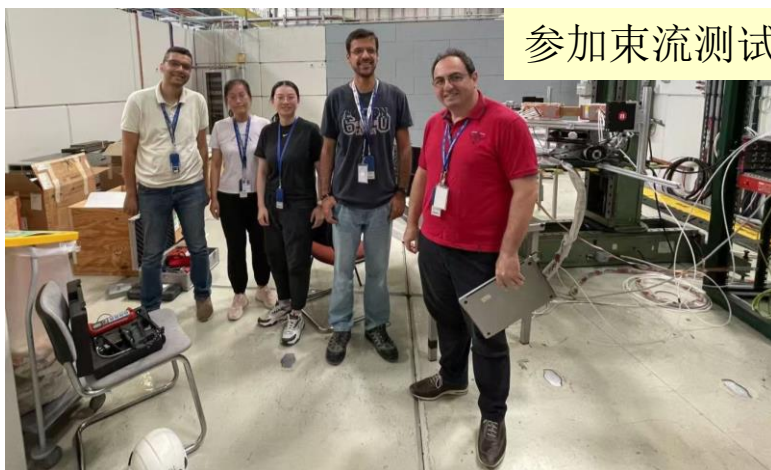
挑战：高性能电子学研发、**高性能波形寻峰算法**开发

参与工作

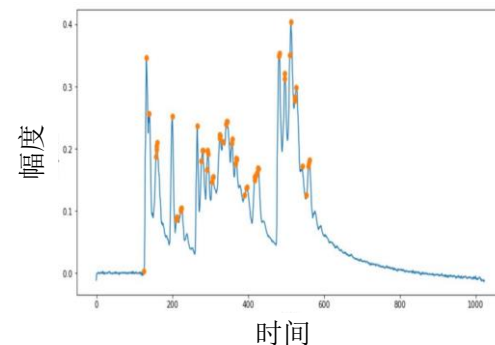
- 协调软件研究与数据分析（与赵光）
- 参与INFN合作，参加束流测试取数，加强国际合作
- 参加DRD1国际交流
- 推动及协调国内高校合作

进展良好

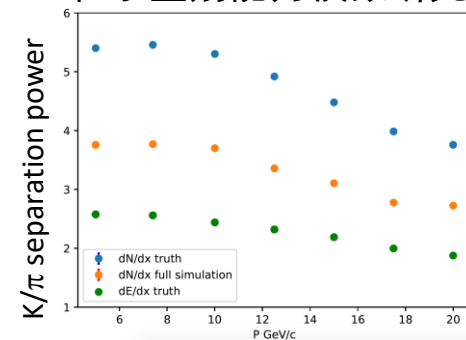
- 完成初步软件开发及模拟研究
- 测试数据分析的国际合作进行中



波形寻峰关键技术（赵光）



粒子鉴别能力模拟研究

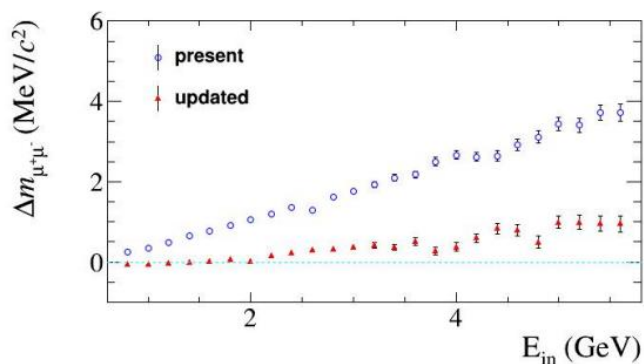


赵光、董明义、田喆飞、刘帅毅等

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 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!