

2024年职工考核

王亮亮

2024-11-22

提纲

- 岗位职责
- 本年度工作情况
 - ◆ 研究任务
 - ◆ 研究成果与经费
 - ◆ 学术交流
 - ◆ 公共服务
- 存在问题
- 下年度工作计划

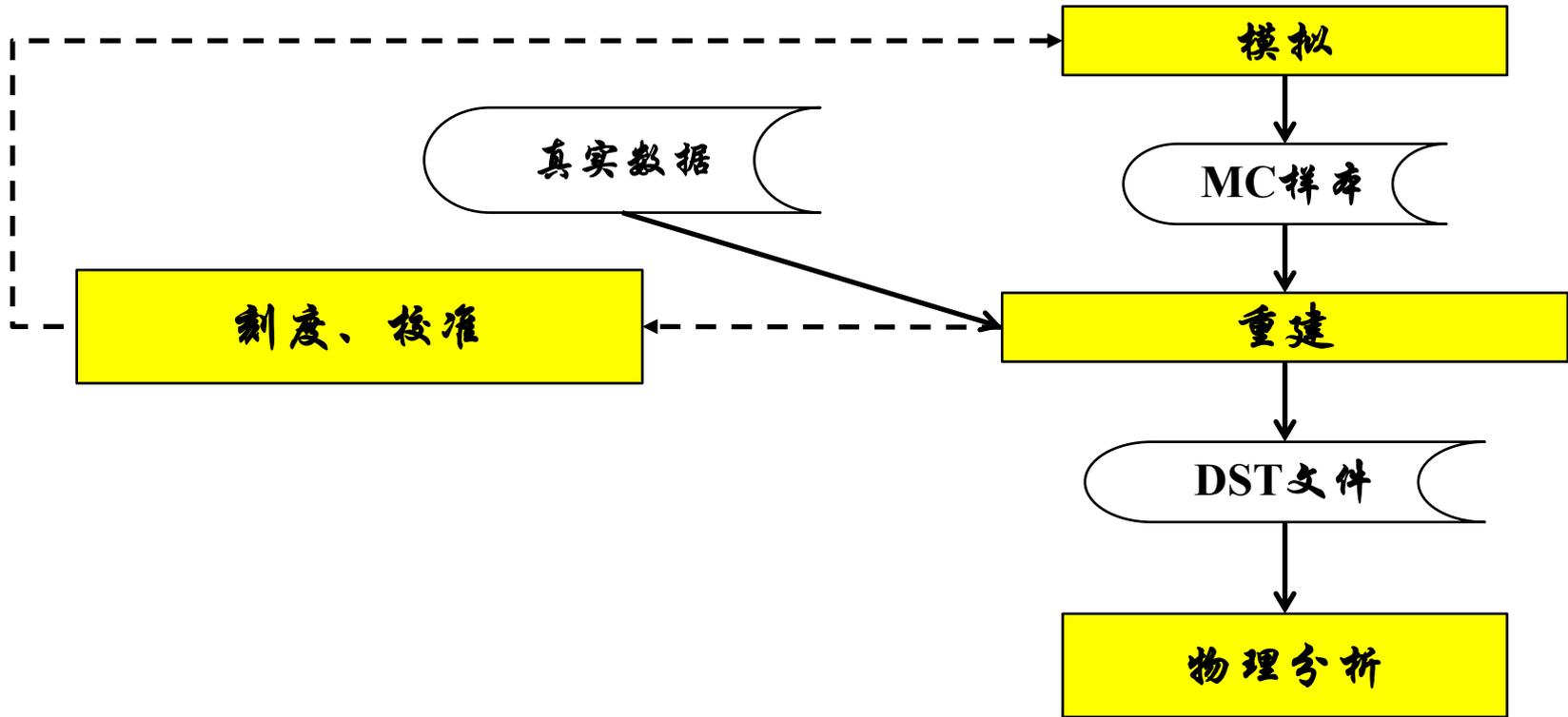
岗位职责

➤ 离线软件研发

◆ BESIII-CGEM 离线软件系统

(整体负责、组织协调、方案设计、直接贡献)

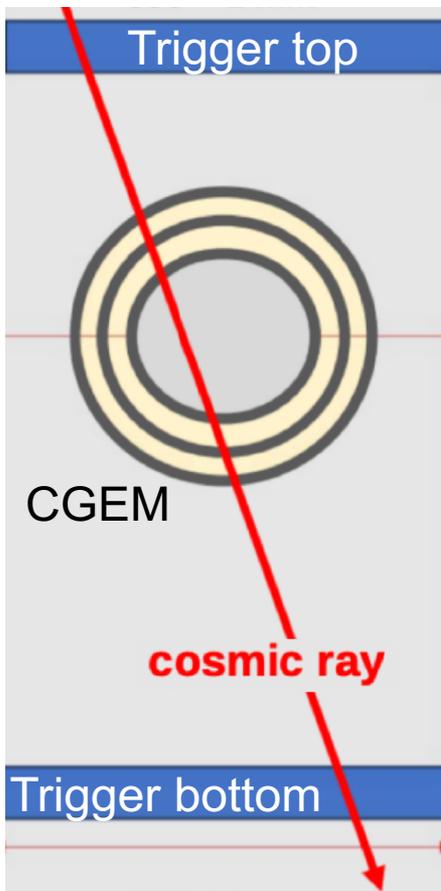
CGEM离线软件系统整体状态



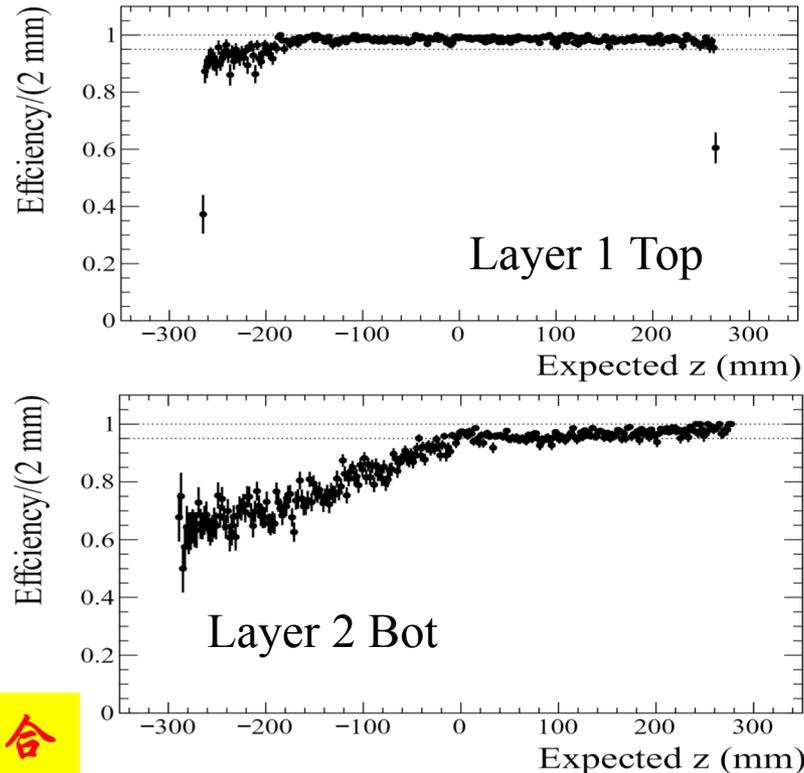
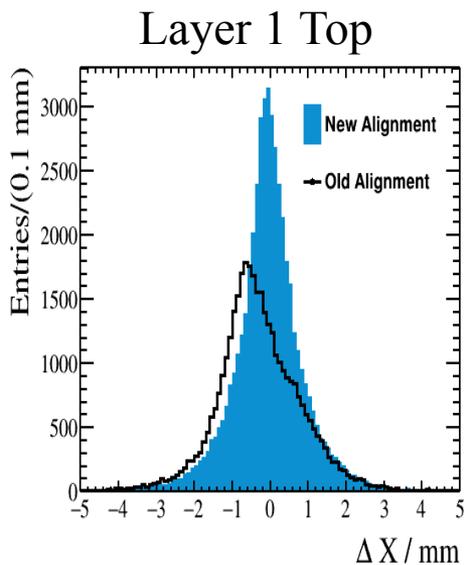
- ✓ CGEM离线软件都已完成主要开发与大量测试
- ✓ 已于2024年初通过CGEM软件与CGEM整体项目的国际评审
- BESIII合作组已经决定安装CGEM，目前在安装尾声阶段
- CGEM离线软件目前在改进、完善、调试、优化阶段

(下面介绍各方面我完成或深度参与的具体进展)

三层CGEM的宇宙线数据分析



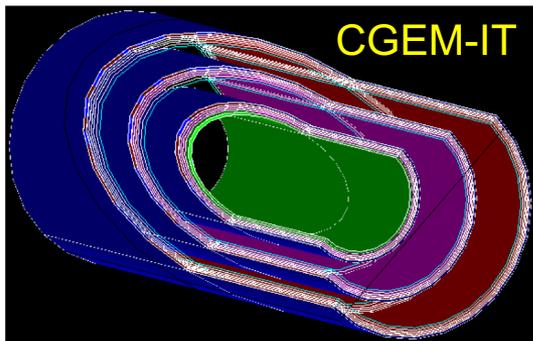
- ✓ 指导学生完成三层CGEM的宇宙线重建算法的开发
- ✓ 分析不同时期宇宙线数据
- ✓ 交叉检查意大利分析结果，指出意方代码bug



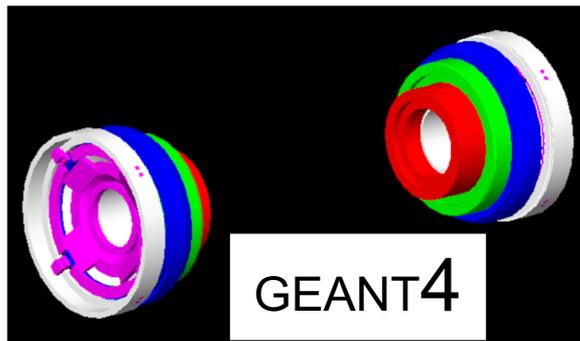
长期跟踪CGEM硬件真实状态，为BESIII合作组提供及时重要准确可靠的参考结果

CGEM模拟：探测器几何物质

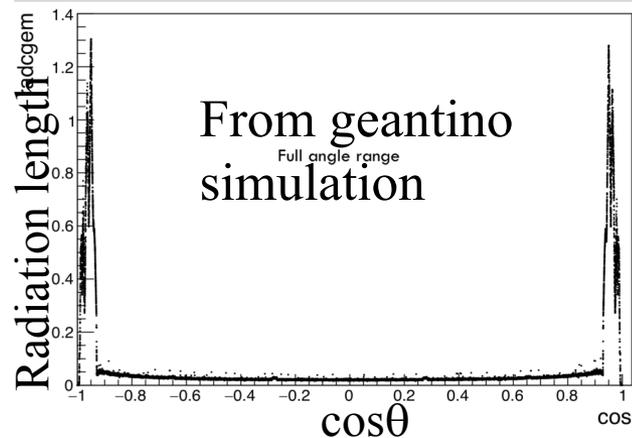
➤ CGEM灵敏部分



➤ CGEM附属结构

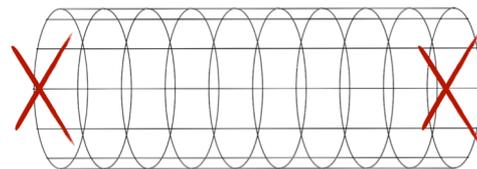


➤ 物质质量随极角的变化



➤ 外漂移室 (ODC) 的内桶

➤ 描述精细：读出条、GEM膜上的小孔、**格栅**



➤ CGEM几何管理服务软件包

统一模拟、重建、刻度、校准中几何的管理与计算

✓ **近期进展**：增加了格栅支撑、传输线缆的模拟，按照最终设计更新全部几何尺寸、读出条个数、位置，组织检查物质质量影响

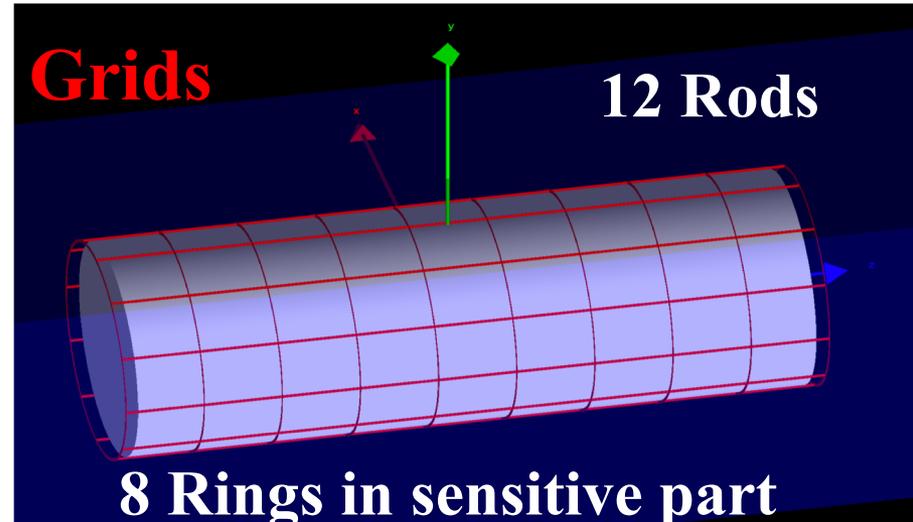
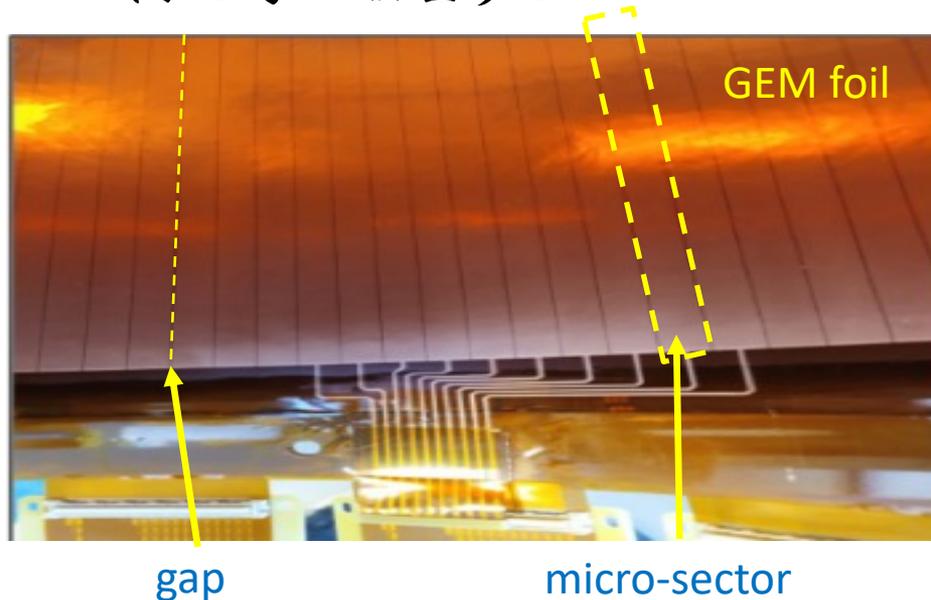
CGEM几何物质完整精确模拟和几何管理均已全部完成

CGEM模拟：完整数字化的 精细模型与调试

- 利用Heed模拟原初电离
- 基于Garfield++模拟获得电子倍增、扩散的抽样模型，感应电流谱
- 利用电子学简化响应模型，卷积感应电流，获得电子学信号波形，模拟电荷、时间测量
- 利用2层CGEM宇宙线数据初步调试了数字化模型参数

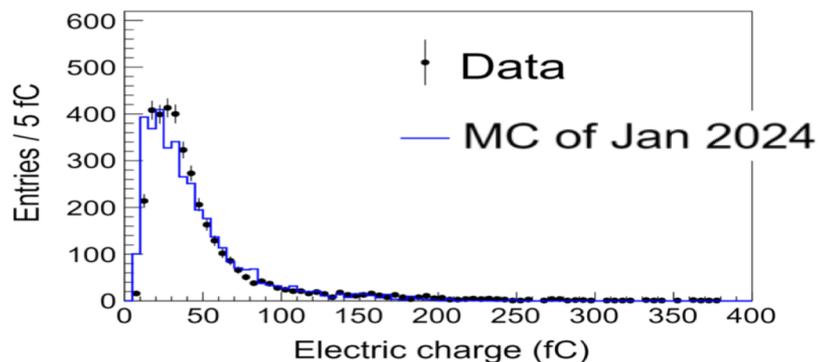
最新进展：

- ✓ 利用3层CGEM宇宙线数据调试数字化模型
- ✓ 精细模拟GEM膜micro-sector效应
- ✓ 精细模拟CGEM第3层格点支撑结构效应 (grids)

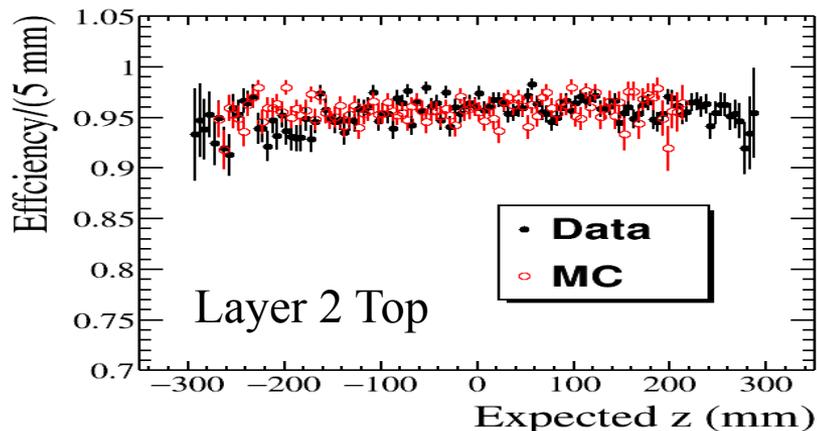
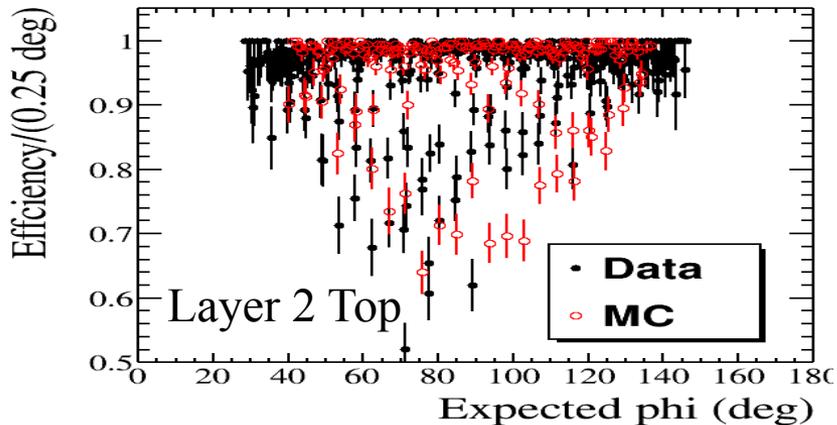
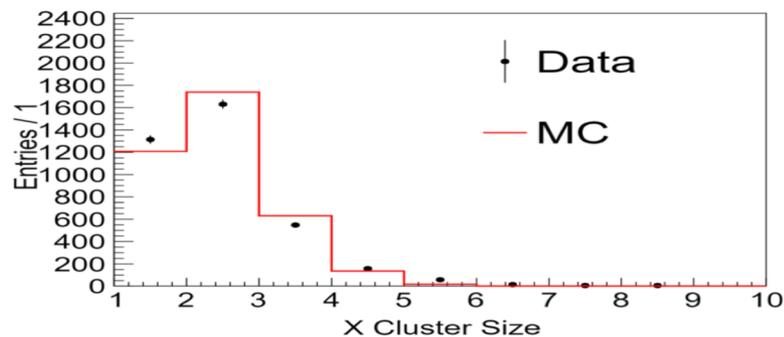


CGEM模拟：完整数字化的 精细模型与调试

Layer3 Top, Jan 2024

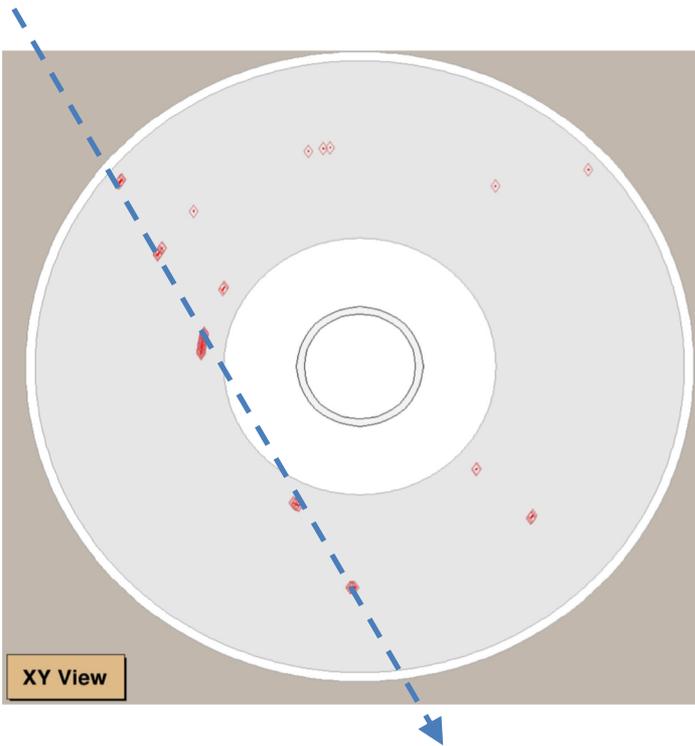
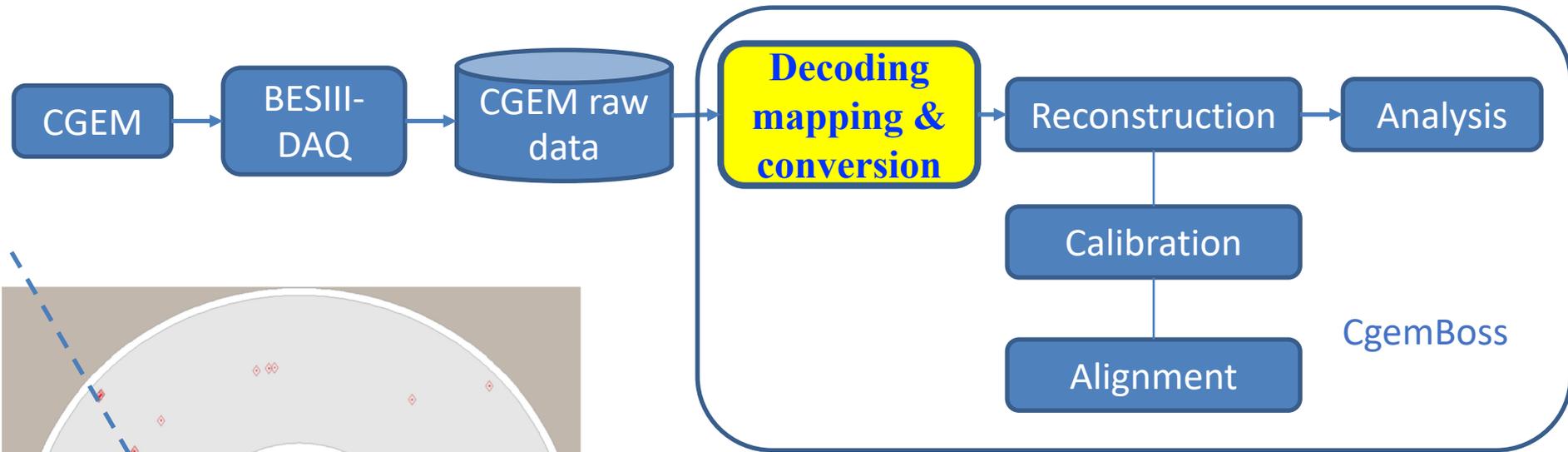


Layer3 Top, Jan 2024



指导学生精细模拟了micro-sector、grids效应，利用3层宇宙线重新调试了数字化模型的其他模拟参数，实现了数据模拟良好一致性

CGEM原始数据解码、映射、转换



- 二进制文件解码、硬件编号到离线逻辑编号的mapping、电子学数字读出信号到物理测量值的转换

✓ 已完成软件包的开发 (指导学生)
✓ 宇宙线事例显示: 功能正常、解析正确

联合CGEM+ODC的径迹重建

- 径迹寻找
 - ✓ 整体方法：Hough transform
 - 局域方法：track following, Cellular Automata
- 径迹拟合
 - ✓ 整体最小二乘拟合拟合
 - ✓ Kalman Filter递归径迹拟合
- 近期主要进展：
 - Hough transform方法的优化
 - 物理道分析（直接参与+组织）
 - 参与组织束流本底的仿真
 - 完成CGEM 噪声hit模拟、对物理道分析的影响
 - 局部寻迹方法CA的开发研究

Hough Transform 方法的优化

近十项优化

- Circle fit
 - Least-Square \rightarrow Taubin (an algebraic fitting) + Least-Square
 - The best circle fitting result kept
- Only filling stereo MDC hits into $\tan\lambda$ - d_z space if adjacent axial hits exist
- Binning of $\tan\lambda$ - d_z space: $1000*1000 \rightarrow 500*400$ (for low p_T)
- Loosen stereo-hits selection: cut*5 if $|\cos\theta|>0.8$ (for large polar angle)
- Remove associated V-hits in subsequent V-hits association
- Implement a **s-z fit** \Rightarrow increase the robustness of (d_z , $\tan\lambda$) result
- 1D-cluster acceptable in track finding and track fitting (instead of 2D-cluster only): many modifications done, to be finished soon
- At most one cluster per layer in track fitting \Rightarrow better separate clusters from nearby tracks and better estimate track parameter in this case

Hough Transform (HT) 方法的优化

$J/\psi \rightarrow p\bar{p}$

Francesca De Mori

Good charged tracks ($|\Delta r| < 1.0\text{cm}$, $|\Delta z| < 10\text{cm}$, $|\cos\theta| < 0.93$)

Cut flow	MDC	CGEM+ODC (last review)	CGEM+ODC (new)
Two good tracks	84.7%	84.0%	83.9%
Back to back	81.8%	81.1%	81.2%
$E/p < 0.5$ for proton	81.8%	81.1%	81.1%
$ \Delta p < 3\sigma$	78.0%	72.1%	75.7%
PID	76.8%	71.1%	74.6%

✓ Comparable track efficiency kept

✓ Significant improvement in final selection!

$\psi(3686) \rightarrow \pi^+\pi^- J/\psi \rightarrow \pi^+\pi^-\mu^+\mu^-$

Event selection

- Four good charged tracks ($|\Delta r| < 1.0\text{cm}$, $|\Delta z| < 10\text{cm}$, $|\cos\theta| < 0.93$), total charge = 0
- Separate muon and pion by momentum ($p < 0.8 \text{ GeV}/c$: $\pi^{+/-}$, $p > 0.8 \text{ GeV}/c$: $\mu^{+/-}$)
- Four-Constraint kinematic fit (four-momentum conservation)

Cut flow	MDC	CGEM+ODC (last review)	CGEM+ODC (new)
4 good tracks, $Q_{\text{total}}=0$	64.2%	59.9%	64.2%
$\pi^+\pi^-\mu^+\mu^-$ assignment with p	63.7%	58.0%	63.6%
$\chi^2_{4C} < 200$	56.7%	49.0%	55.1%

✓ Comparable good track efficiency

✓ Very close final efficiency after kinematic fit

✓ Significant improvement

$e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^- \psi(3686) [\rightarrow \pi^+\pi^- J/\psi [\rightarrow \mu^+\mu^-]] @ 4.612 \text{ GeV}$

Liangliang Wang

Good charged tracks ($|\Delta r| < 1.0\text{cm}$, $|\Delta z| < 10\text{cm}$, $|\cos\theta| < 0.93$)

Cut flow	MDC	CGEM+ODC (previous version)	CGEM+ODC (new)
≥ 6 good tracks	64.2%	65.9%	68.6%
$= 6$ good tracks, $Q_{\text{total}}=0$, kinetic PID ($4\pi\mu^+\mu^-$)	47.6%	44.8%	50.3%
$\psi(3686)$, J/ψ mass window, 4C kinematic fit successful	41.7%	37.6%	42.0%
$\chi^2_{4C} < 100$	39.5%	35.5%	39.0%

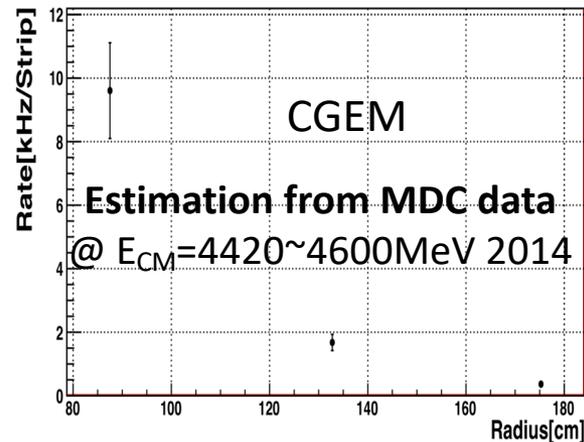
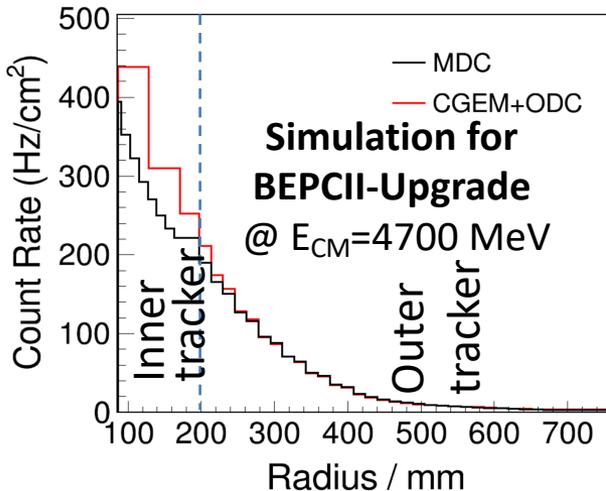
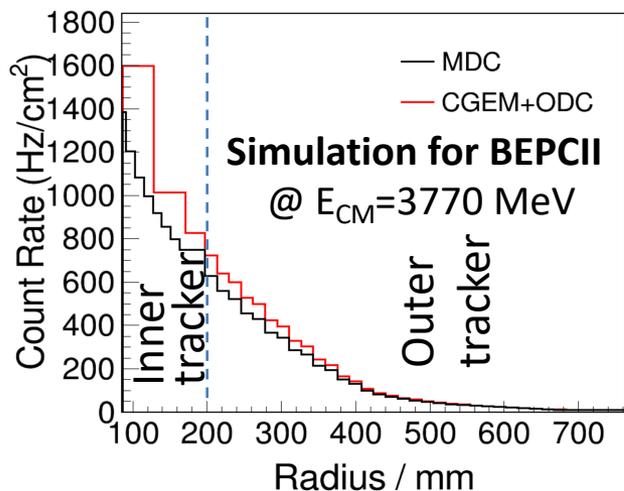
- CGEM物质质量增加了2倍（相较于MDC内室）、总测量点减少，要处理两种类型探测器的击中

=>CGEM+ODC的寻迹更加困难

- ✓ 从2叉事例到6叉事例，到更复杂的事例，最终挑选效率在HT优化后都得到显著提升，接近MDC的结果

束流本底的模拟与对物理分析的影响

- ✓ 参与组织BEPCLII-upgrade的束流本底的仿真 (Touschek effect 为主)
- ✓ 结合其他工作, 目前有3种CGEM的噪声估计结果



- ✓ 产生CGEM噪声击中混入物理事例, 研究对物理分析的影响

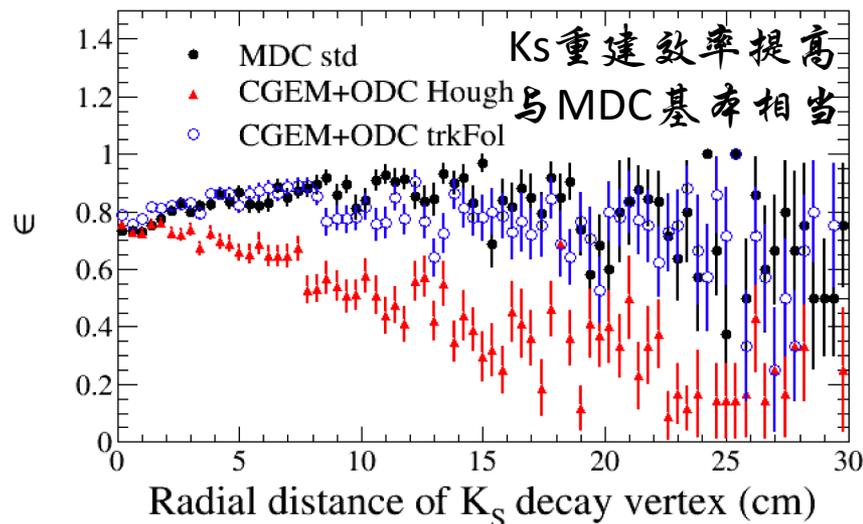
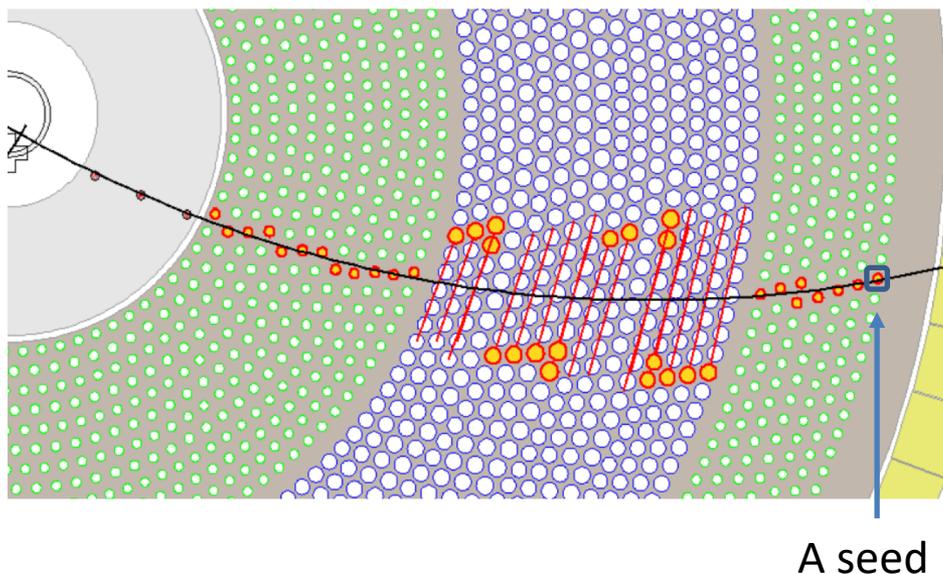


Cut flow	无本底	本底I	本底II	本底III
4 good tracks, $Q_{total}=0$	64.2%	62.4%	63.3%	63.1%
$\pi^+\pi^-\mu^+\mu^-$ assignment with p	63.6%	61.8%	62.7%	62.5%
$\chi^2_{4C} < 200$	55.1%	53.8%	54.7%	54.3%

以目前束流本底的估计以及模拟结果看, 对事例选择效率影响不大

局域方法 Track following

- Hough transform 假设了径迹来自原点（对撞顶点），对于次级顶点径迹的寻找效率有限制
- Track following 简单从种子击中开始，利用相邻关系寻找击中，形成可能的径迹路径，最后匹配CGEM-cluster，完成径迹寻找



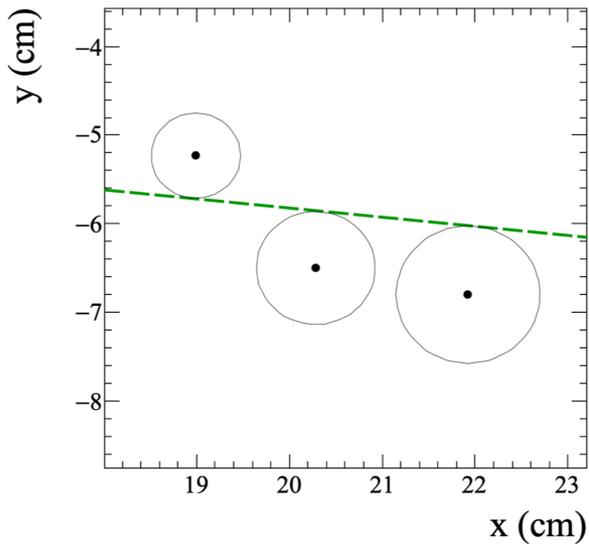
track following 方法的开发已完成，测试结果确认了局部方法对次级顶点径迹的寻找效率较Hough有显著提高

基于元胞自动机(Cellular Automata)的径迹寻找

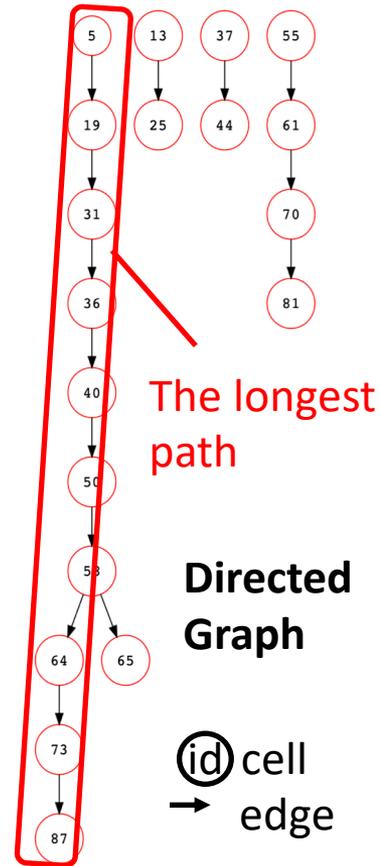
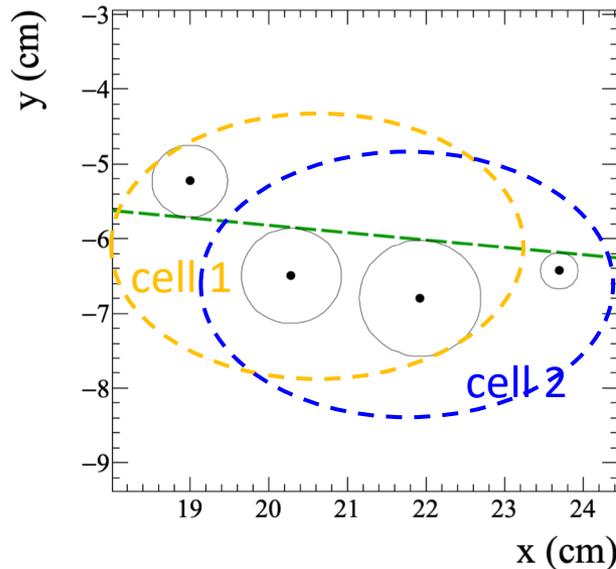
- 局域方法
- 为了更好的适应实际寻迹要求 (更好的区分不同径迹的击中和本底击中), 增加了更多的局域约束

- 径迹寻找=>有向图上的最长路径的寻找

“Cell”: triple adjacent DC hits passing a linear fit



“Edge”: connection of two adjacent cells



图论的概念和运用

The longest path

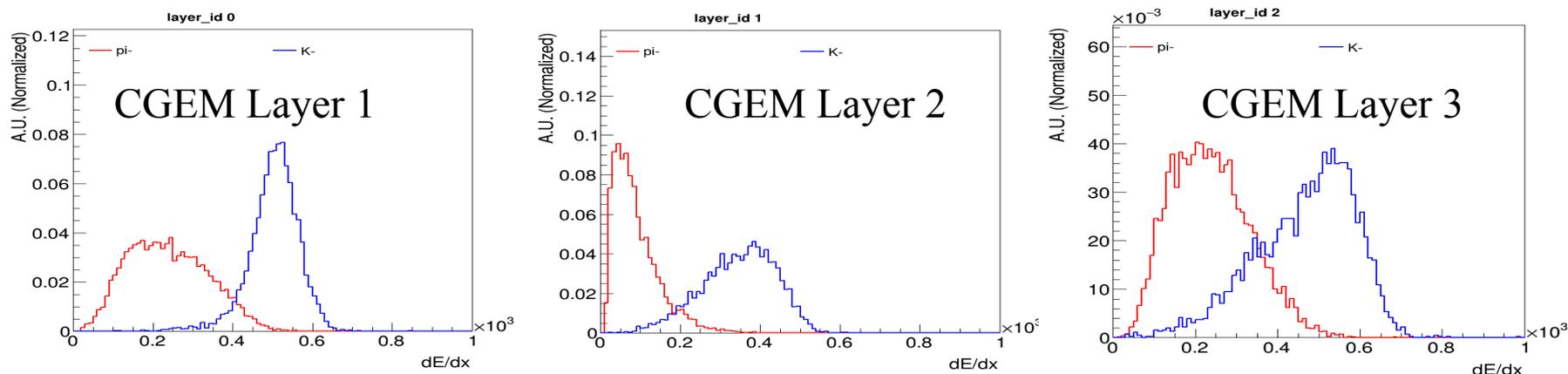
Directed Graph

(id) cell
→ edge

目前已经完成初步开发, 可实现径迹段的寻找, 正在研究开发径迹段拟合以及连接算法

参与并推动CGEM-dE/dx在粒子鉴别中的运用

- MDC内室替换为CGEM后，原MDC-dE/dx测量点变少，对低动量粒子鉴别效率有影响
- ✓ 基于宇宙线调试的CGEM数字化模型产生单粒子样本，初步重建CGEM-dE/dx分布
方文兴、王亮亮等



- ✓ 模拟显示CGEM-dE/dx有粒子鉴别能力
- ✓ 设计CGEM+MDC的刻度流程
- 推动CGEM升级后dE/dx刻度 (CGEM+MDC, MC, 数据)

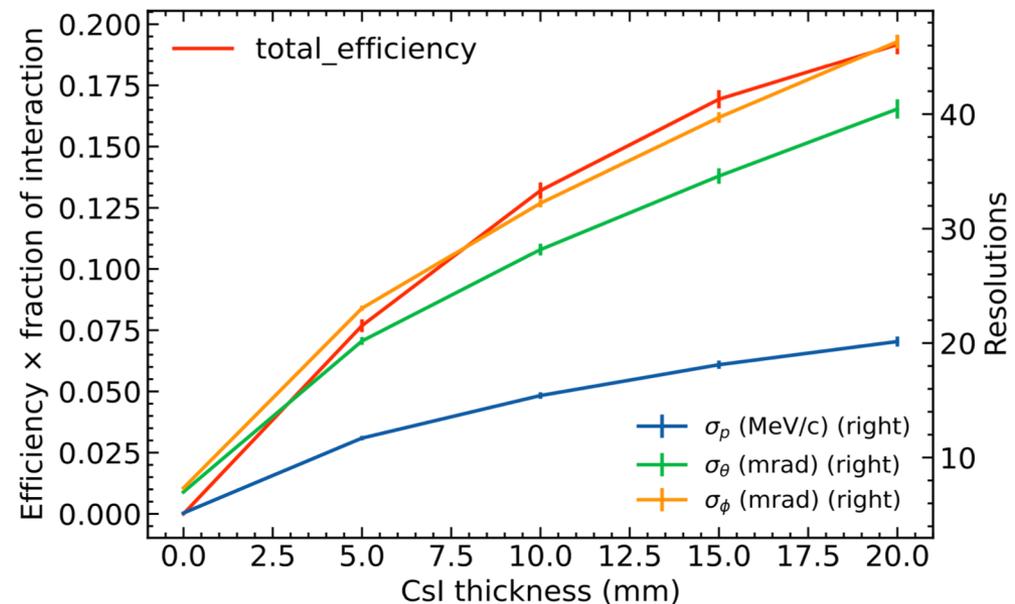
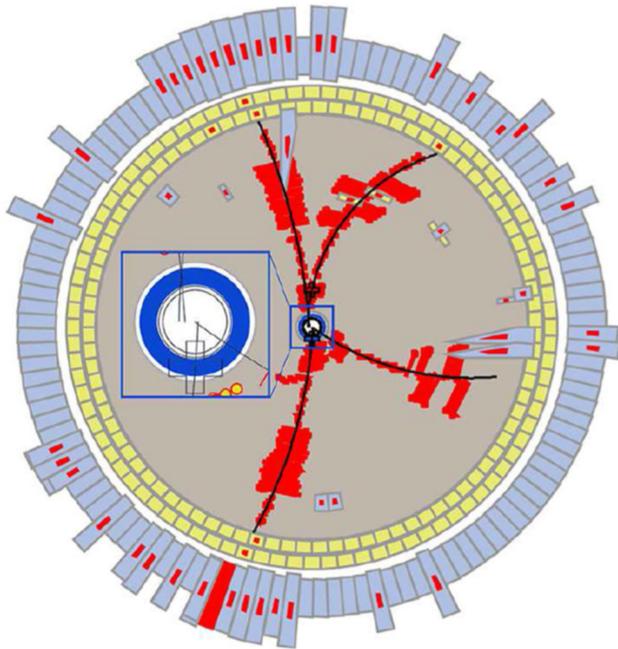
CgemBoss665i的发布、测试、运用

- 大量的基础工作：数据模型、转换、写出、读入、crash排查、版本管理、编译、发布
- CgemBoss665i包含完整的CGEM几何物质、数字化模型、重建、刻度、校准
- CGEM软件各项工作的基础

更新及时，系统稳定，软件性能符合预期

J/ ψ 工厂上反中子与CsI相互作用 实验方案的模拟研究

- 利用 $J/\psi \rightarrow p\pi^-n\bar{b}$ 过程提供、通过部分重建标定大统计量、大动量的反中子源 ($<500 \text{ MeV}/c \rightarrow 1174 \text{ MeV}/c$)
- 束流管外安装CsI晶体靶
- 研究反中子与CsI的相互作用，改进基于CsI的电磁量能器的模拟
- 以 BESIII 实验为例，模拟研究该方案的概念、可行性、靶体厚度



发表论文

1. An approach to study interactions of antineutrons with CsI at a J/psi factory, *S. Yuan, L. Wang, W. Li*, **Radiation Detection Technology and Methods** 8, 1405–1412 (2024)
2. Aging phenomenon in BESIII drift chamber, *M.Y. Dong, L.H. Wu, L.L. Wang, Z.H. Qin, Q. Ouyang, Y.B. Chen, S.S. Sun*, **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A** 1066 (2024) 169582
3. Offline filter of data with abnormal high voltage at BESIII drift chamber, *Ze-Heng Zhang, Qiu-Mei Ma, Ling-Hui Wu, Liang-Liang Wang* et al, 2024 **J. Inst.** 19 P06042
4. Hit efficiency study of the BESIII drift chamber, *Y.F. Lyu, L.H. Wu, A.Q. Guo, M.Y. Dong, L.L. Wang* et al, **Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A** 1066 (2024) 169582

经费情况

状态	角色	项目类型	项目名称	期限	经费 (万)
在研	主持	面上基金	联合多类型探测器的径迹重建与性能优化	2023~ 2026	55

学术交流

- Tau物理国际研讨会国际顾问委员会成员
- 2024年粒子物理实验径迹重建研讨会 (Workshop of Tracking in Particle Physics Experiments) :
会议组委会成员、口头报告
- BESIII合作组会议、workshop, 软件组日常会议 (参加并口头报告)
- 组织CGEM软件的周例会
- CGEM 研讨会
- CGEM离线软件工作协调人
- 作为主要报告人, 通过CGEM离线软件的review和CGEM项目review

研究生培养与公共服务

➤ 研究生培养 (协助指导)

- ◆ 孙文玉 (联合培养博士) : $ee \rightarrow D_s^* D_s^*$ 玻恩截面 (已于今年夏天毕业)
- ◆ 张泽恒 (硕博连读) : CGEM 数字化优化、CGEM+ODC 校准
- ◆ 王新南 (博士) : CGEM 数字化模型研究与调试

➤ 公共服务

- BESIII 物理分析 review
- BESIII 离线软件维护

存在问题

- CGEM硬件设计冗余不足、配置复杂、实际性能欠佳、信息共享不足
- CGEM软件（模拟、重建、刻度、校准）是BESIII离线软件中最复杂最困难的工程任务，但缺少（长期稳定的）研究生

下年度工作计划

- CGEM+ODC径迹重建算法的完善与优化
- 继续推动CGEM时间精细刻度算法的研究、CGEM+ODC整体校准软件、dEdx等方面研究
- CGEMBOSS和标准BOSS的合并
- CGEM软件的部署与优化
- 基于BESIII真实数据的软件调试、研究