

学士学位论文中期汇报

环形正负电子对撞机探测器准直的研究

赵明锐

指导老师：高原宁

联合指导老师：杨振伟，阮曼奇（高能所）

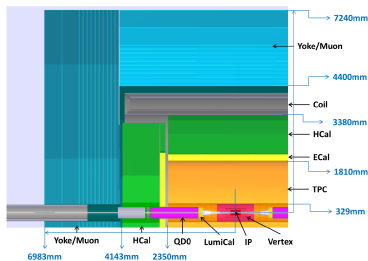
时间：04/13/17

清华大学工程物理系



1. 研究背景及简介
2. 探测器错位对物理信号的影响
3. 空间电荷分布产生的击中点错位
4. 总结：完成情况与计划

CEPC 及其概念探测器



CEPC 概念探测器 [CEPC pre-CDR]

主要物理目标：希格斯玻色子的精确测量

CEPC 上的关键物理过程及关键探测器

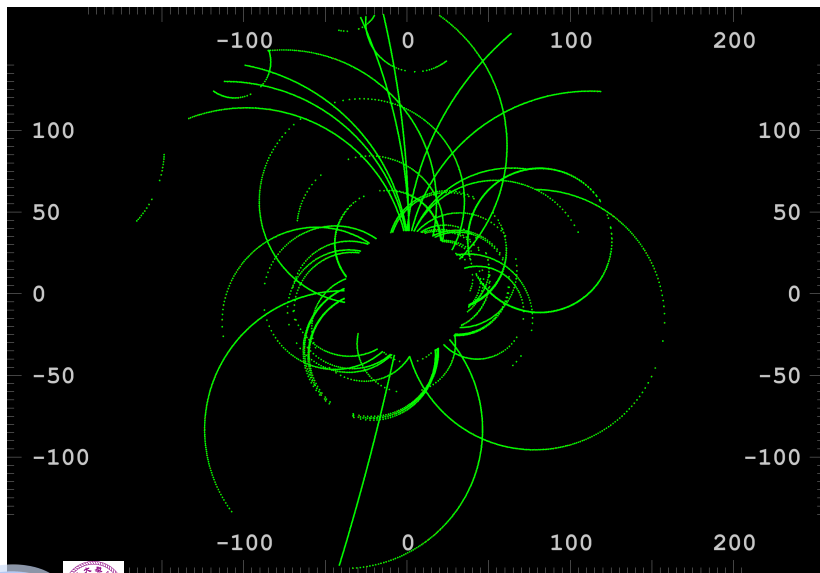
物理过程	测量量	关键探测器	性能
$ZH \rightarrow l^+ l^- X$	希格斯质量, 截面	径迹探测器	$\Delta p_T \sim 2 \times 10^{-5} \oplus 1 \times 10^{-3} / p_T \sin \theta$
$H \rightarrow \mu^+ \mu^-$	$\mathcal{B}(H \rightarrow \mu^+ \mu^-)$		
$H \rightarrow b\bar{b}, c\bar{c}, gg$	$\mathcal{B}(H \rightarrow b\bar{b}, c\bar{c}, gg)$	顶点探测器	$\sigma_{r\phi} \sim 5 \oplus 10 / (p \sin^{3/2} \theta) \mu\text{m}$

- 探测器安装过程中实际位置与预期值存在机械偏差
 - TPC 位置分辨率: $\sim 100\ \mu\text{m}$, 顶点探测器 $\sim 3\ \mu\text{m}$ [CEPC pre-CDR]
 - 机械误差: $\sim 100\ \mu\text{m}$
- 空间电荷产生的磁场畸变导致的击中点位置错位
- 探测器中粒子漂移速度等与测量值存在偏差
- 温度, 压力等方面存在影响

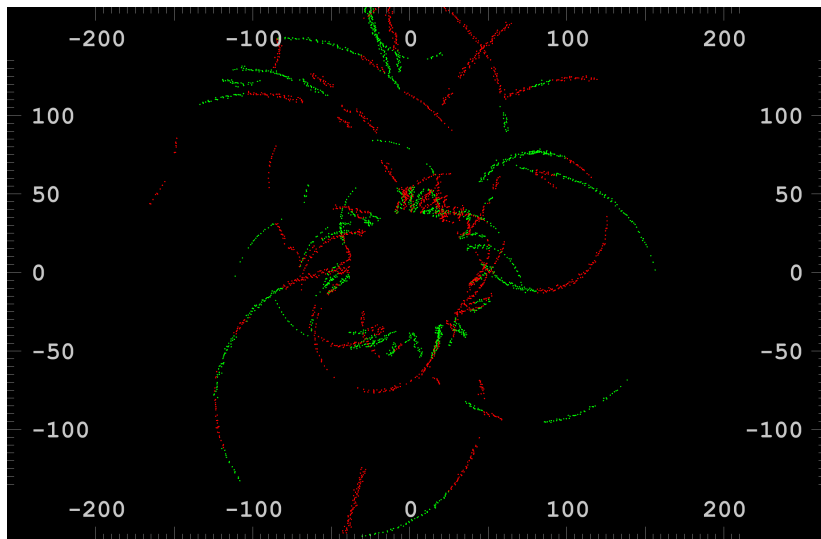
探测器错位模拟与径迹重建

- 对GEANT4 中的 TPC 几何设置进行研究
- 得到完全模拟样本
- 在电子学化时根据 TPC 模块进行人为错位
- 径迹重建
- 对模拟粒子与重建径迹进行匹配，用以评估错位的影响

径迹重建

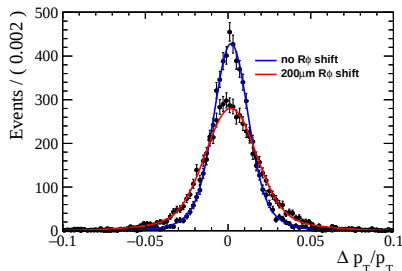


探测器错位后的径迹重建



探测器错位后的径迹重建（示意）

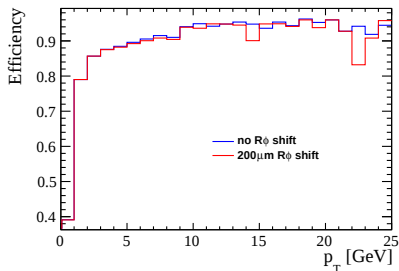
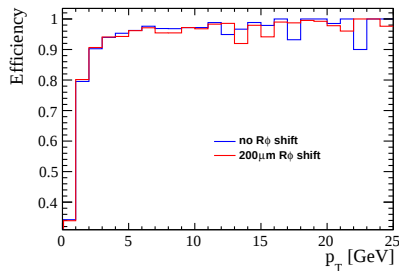
探测器错位对粒子动量分辨率的影响



错位后 μ 子 TPC 径迹横动量分辨率变化

- No misalignment: $\sigma = 0.008$
- 200 μm misalignment: $\sigma = 0.017$
- 探测器错位对径迹动量分辨率有明显的影响

探测器错位对粒子重建效率的影响

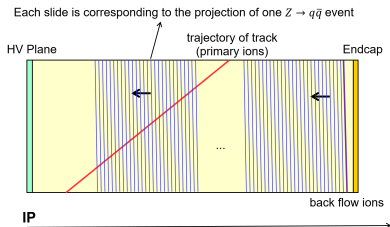


错位前后 μ 子和 π 介子重建效率随横动量的变化

- 探测器错位对径迹重建效率影响很小
- 需要对更多的粒子进行研究

离子回流导致电场畸变

○ 放大器离子回流形成空间电荷和空间电场



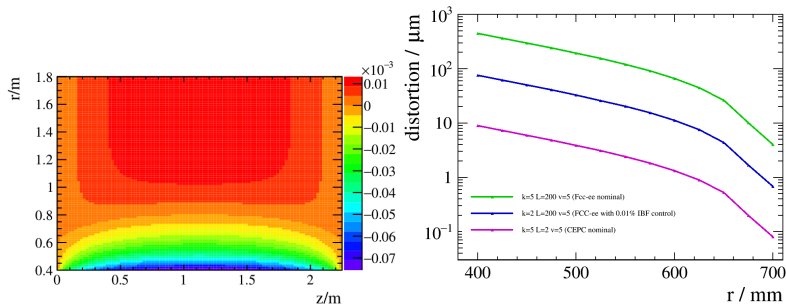
放大器离子回流形成空间电荷

○ $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$ 效应

$$\Delta(R\phi) = \frac{\omega\tau}{1+(\omega\tau)^2} \times \frac{E_x}{E_z} \Delta z$$

○ $\omega \equiv eB/m$, τ : 电子平均自由时间

击中点错位计算



左图为计算得到的空间电场分布，右图为计算得到的不同条件下击中点错位随径向位置的变化

- 格林函数积分求得径向电场
- 计算得到不同径向位置错位量
- 在 CEPC 配置的条件下错位很小
- 将利用 TPC 原型机，将计算结果与实验做对比 (optional)

总结：完成情况与计划

○ 完成情况

- 研究了探测器错位对径迹横动量分辨率、重建效率等的影响。
- 研究了空间电荷分布产生的击中点偏移及其准直

○ 计划

- 对准直算法进行设计（3-5 周）
- 补充探测器其他方向错位和错位对粒子不变质量分辨率等的影响（需要大量的 CPU 时间，不需要太多精力）
- 毕业论文的撰写（进行中）



Thanks