

高粒度读出型时间投影室 TPC 探测模拟优化研究进展

Wednesday, 17 July 2024 08:30 (20 minutes)

近年来,高能物理领域对味物理和 Higgs 物理探测需求不断提高,并且高能正负电子对撞机加速器对撞亮度设计也不断提高。CEPC 作为高亮度 Higgs 粒子和 Z 粒子工厂,在 Z 峰值的对撞亮度已达到 $10^{36} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ 。时间投影室是 CEPC TDR 中主径迹探测器的重要选型,具有低物质、低占空比、三维高精度长径迹重建和良好粒子鉴别能力,相对于传统大尺寸 Pad 型读出采用毫米级设计(如: $1 \text{mm} \times 6 \text{mm}$),新发展的高粒度像素型时间投影室技术(Pixel TPC)是目前国际合作组 ECFA 和 LCTPC 重要技术研发方向。为满足在高亮度运行时具备高空间分辨率和出色的粒子鉴别(PID)能力,利用 Cluster Counting 分析技术,可以实现对粒子鉴别的有效提升。为满足物理需求,TPC 端盖读出通道数和总功耗等技术参数,本课题组完成模拟优化像素尺寸,并解决了其关键技术问题。

针对该研究热点,通过模拟和实验研究,主要解决以下两个问题:一是像素型读出技术的粒子分辨能力及 Cluster Counting 数据分析验证,二是保证物理目标前提下,优化设计像素单元读出尺寸。报告将首先介绍自行开发的基于 Garfield++ 和 Geant4 搭建的 CEPC Pixel TPC 模拟软件框架。该框架分为数字化和数据重建两个部分,数字化部分对主要的电离、漂移、扩散和读出放大等过程进行了参数化;数据重建部分包括事例查找、径迹重建,并利用簇团计数实现探测器性能的优化。通过探测效率的模拟研究分析了簇团计数的优势。结论给出:径迹重建结果模拟结果以及不同像素单元的 PID 性能。研究结果显示 $\sim 500 \mu\text{m}$ 高颗粒度读出单元下在性能及造价方面的明显优势。该研究已作为 CEPC TDR 技术设计报告中基准探测器的选择和重要参考,并开展进一步的束流实验及数据分析工作。

Primary authors: YU, Chunxu (Nankai University); ZHAO, Guang (高能所); QI, Huirong (Institute of High Energy Physics, CAS); Ms 常, 悦 (南开大学); LI, Gang (高能所); ZHANG, Jian (IHEP); WANG, Jianchun (IHEP); WU, Linghui (IHEP); RUAN, Manqi (IHEP); SHE, Xin (IHEP,CAS); CHEN, Yuanbo (IHEP)

Presenter: Ms 常, 悦 (南开大学)

Session Classification: 第十二届全国先进气体探测器研讨会 (CAGD5)

Track Classification: 气体探测器