

“晨光杯”青年优秀论文 终评答辩

答辩人：于丹



中国科学院高能物理研究所
Institute of High Energy Physics
Chinese Academy of Sciences



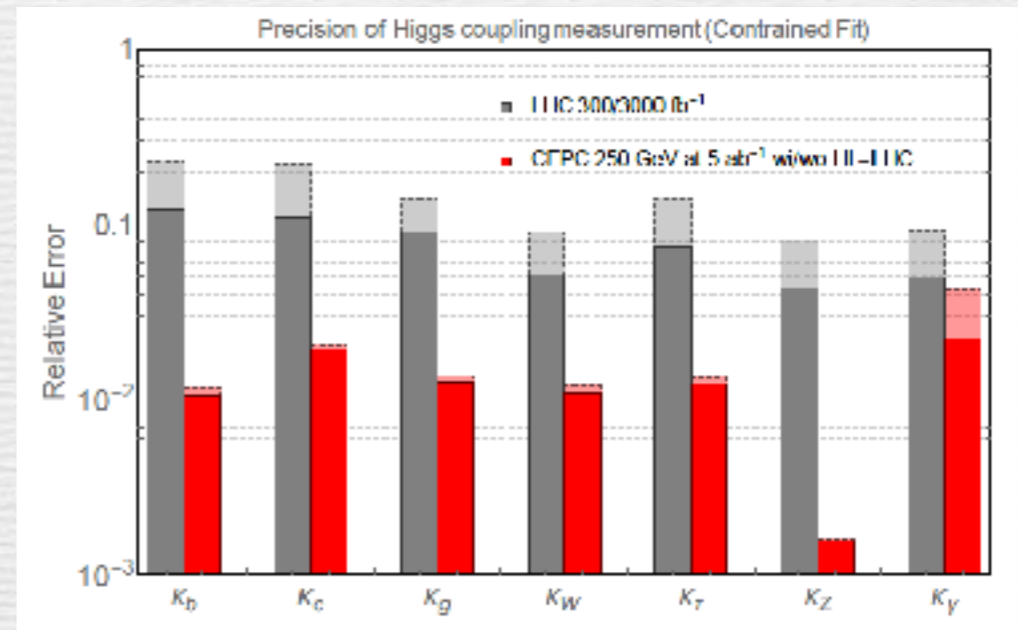
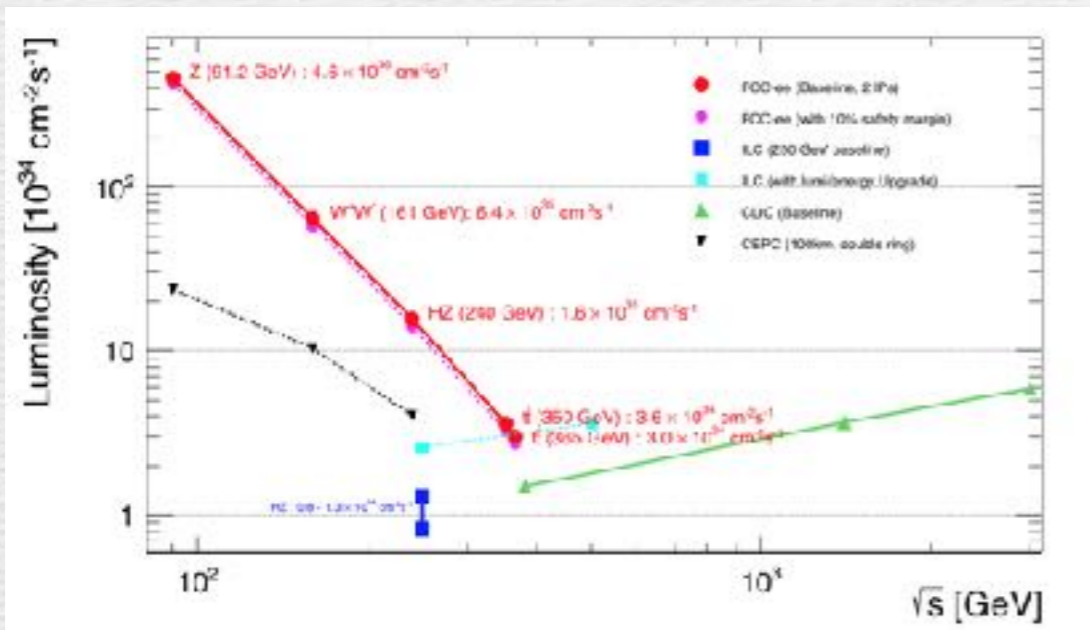
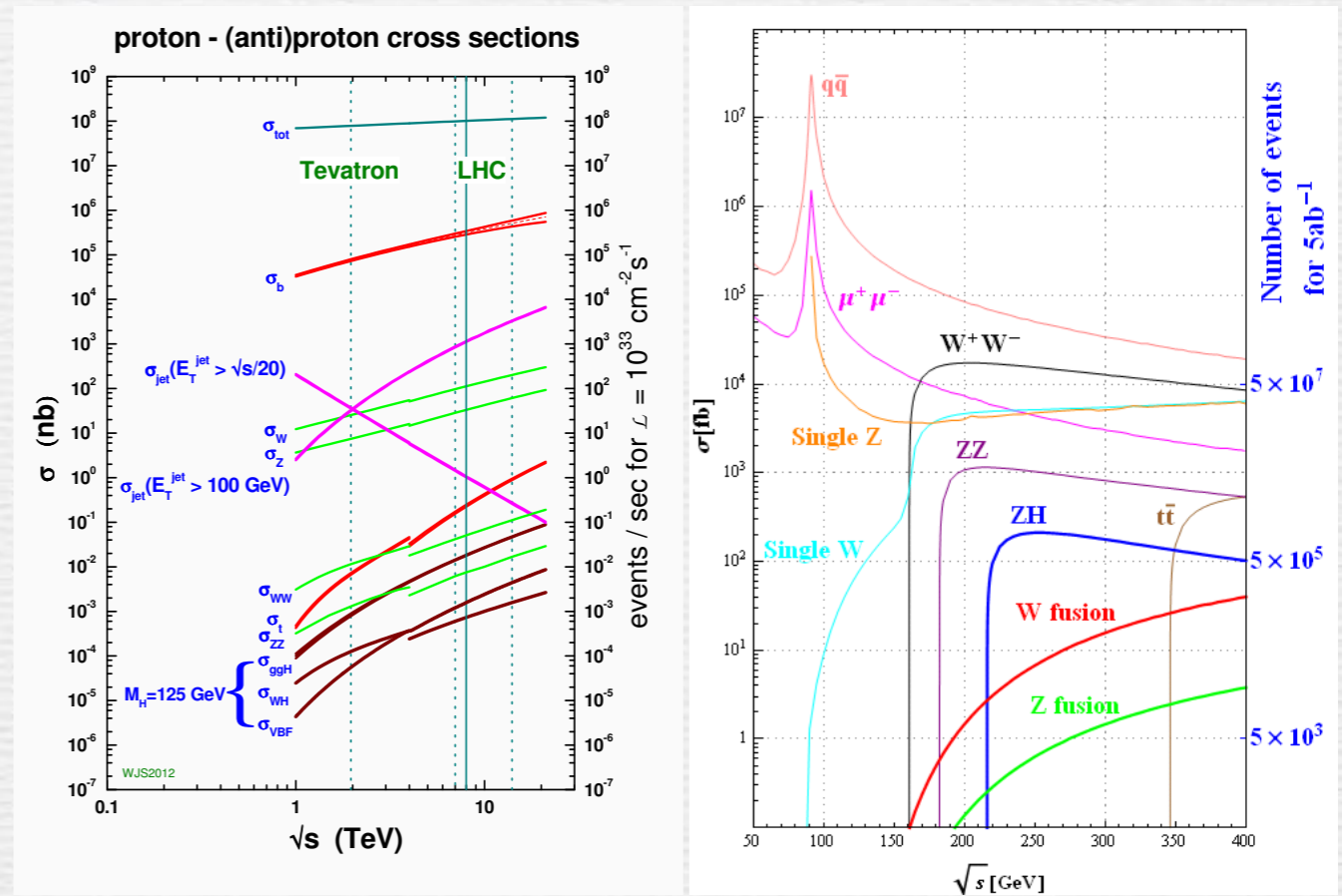
论文简介

- 论文题目: Lepton identification at particle flow oriented detector for the future e^+e^- Higgs factories
- 作者: Dan Yu, Manqi Ruan, Vincent Boudry, Henri Videau
- Eur. Phys. J. C (2017) 77:591
- DOI 10.1140/epjc/s10052-017-5146-5



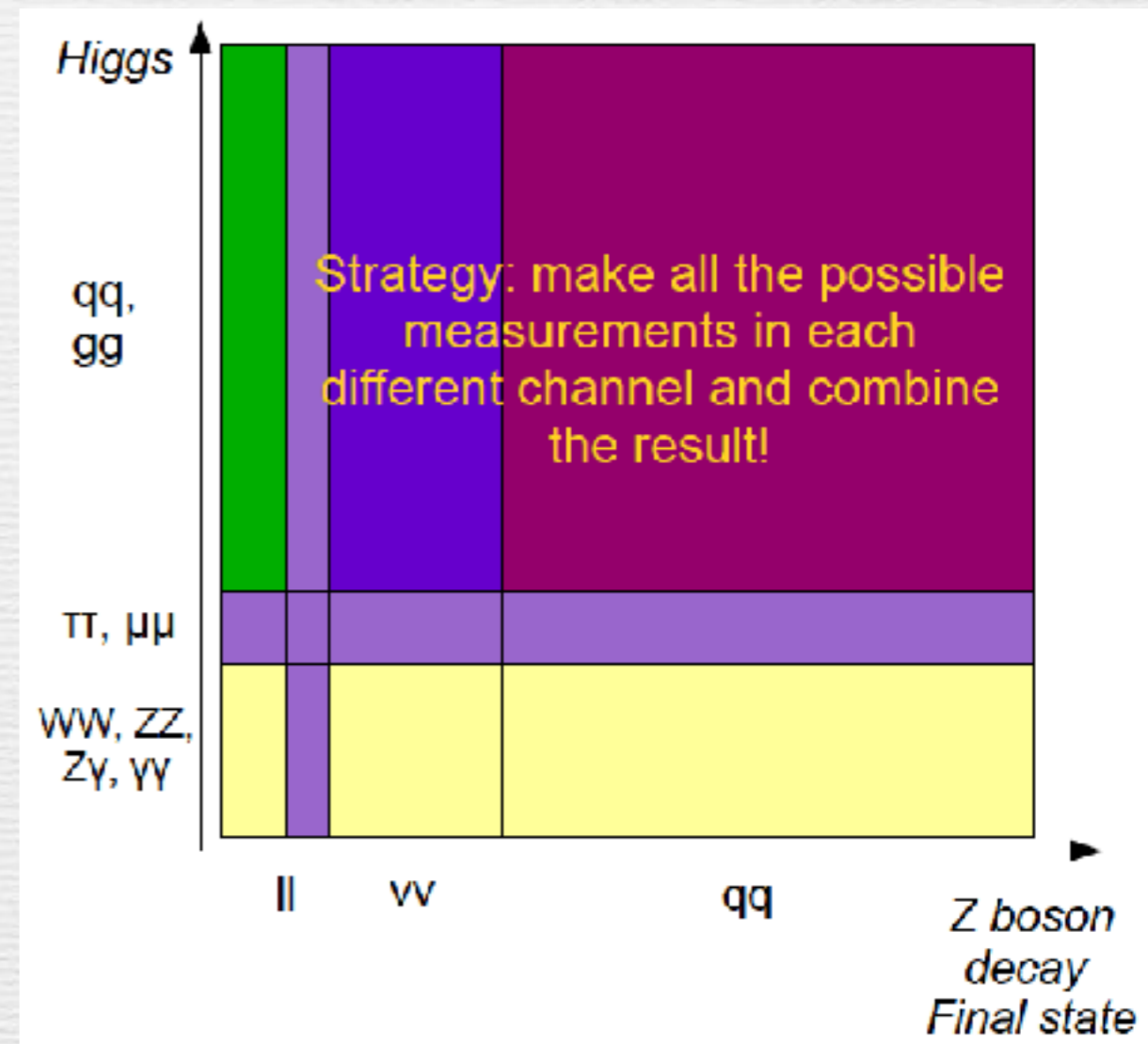
CEPC

- 正负电子对撞机：在Higgs的精确测量中优势明显
 - 本底干净
 - 初始状态可知
 - 可直接测量
- 环形正负电子对撞机：亮度高



粒子流算法 (Arbor)

- 目标：重建所有末态粒子
- 轻子，光子，K介子，tau粒子，喷注等



轻子鉴别的重要性

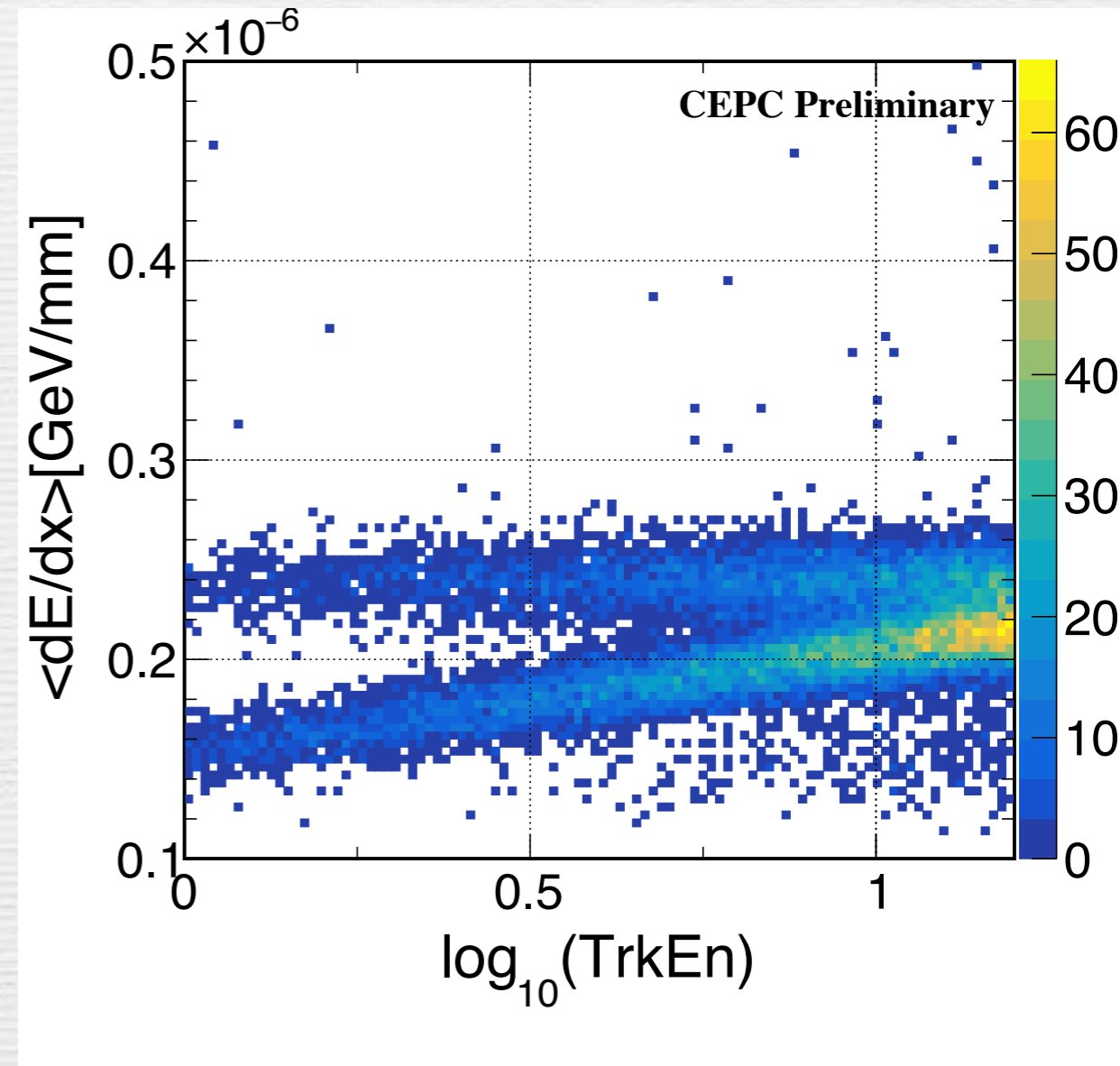
- 对于Higgs的精确测量至关重要
 - 喷注鉴别
 - Higgs衰变末态甄别
 - Higgs与轻子共同产生的物理事件
- 探测器信号触发

LICH

- 正负电子Higgs工厂中的轻子鉴别软件包：LICH (Lepton Identification for Calorimeter with High granularity)
 - 提取有关重建粒子的24个变量作为输入信息
 - 工具：多变量分析
 - 训练样本：1 GeV ~ 120 GeV 的单粒子 (e^- , μ^- , π^+)
 - 根据输出的likelihood作为判定依据
- 性能最优(在目前所有正负电子Higgs工厂研究中)
 - 对于2GeV以上的轻 鉴别效率达到99.5%以上，误判率 $<1\%$ (较ALEPH好3 倍, CLIC好接近一个量级)
 - CEPCSOFT、ILCSOFT官方软件

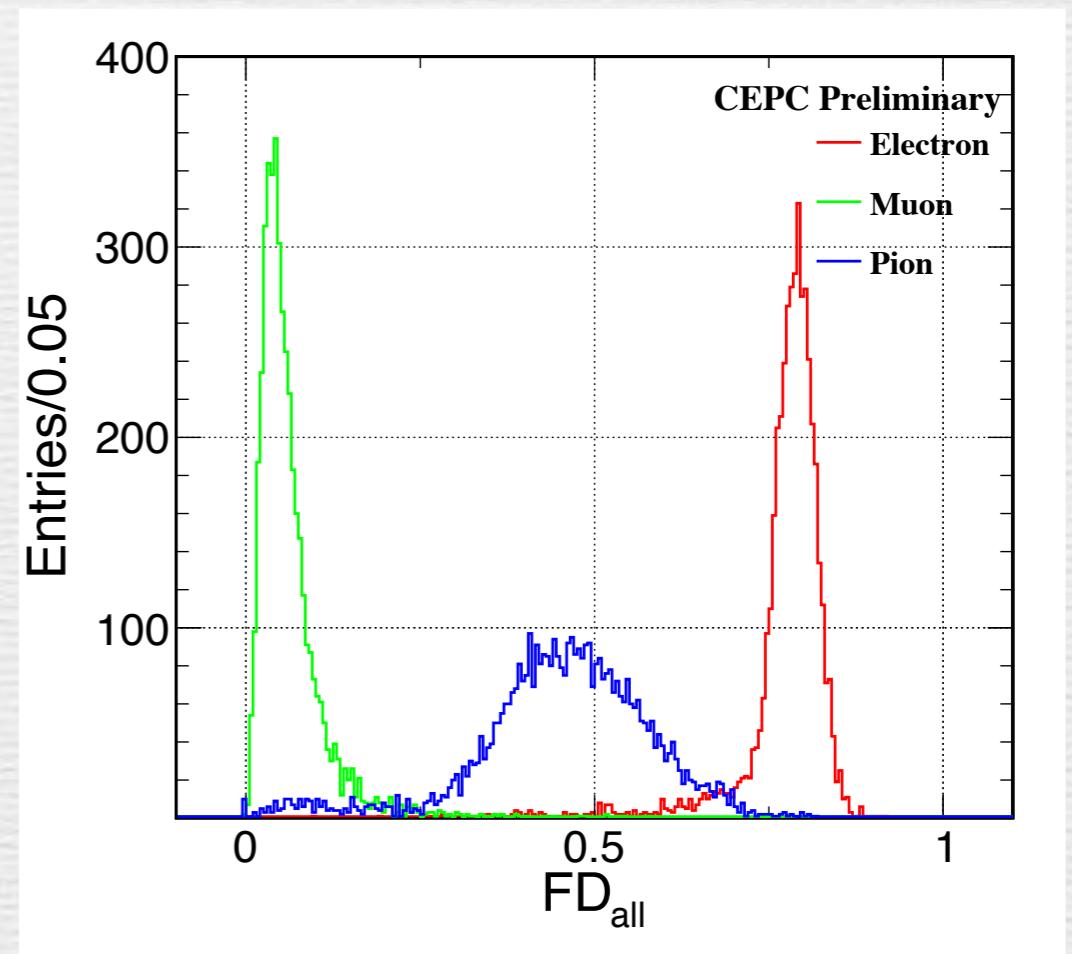
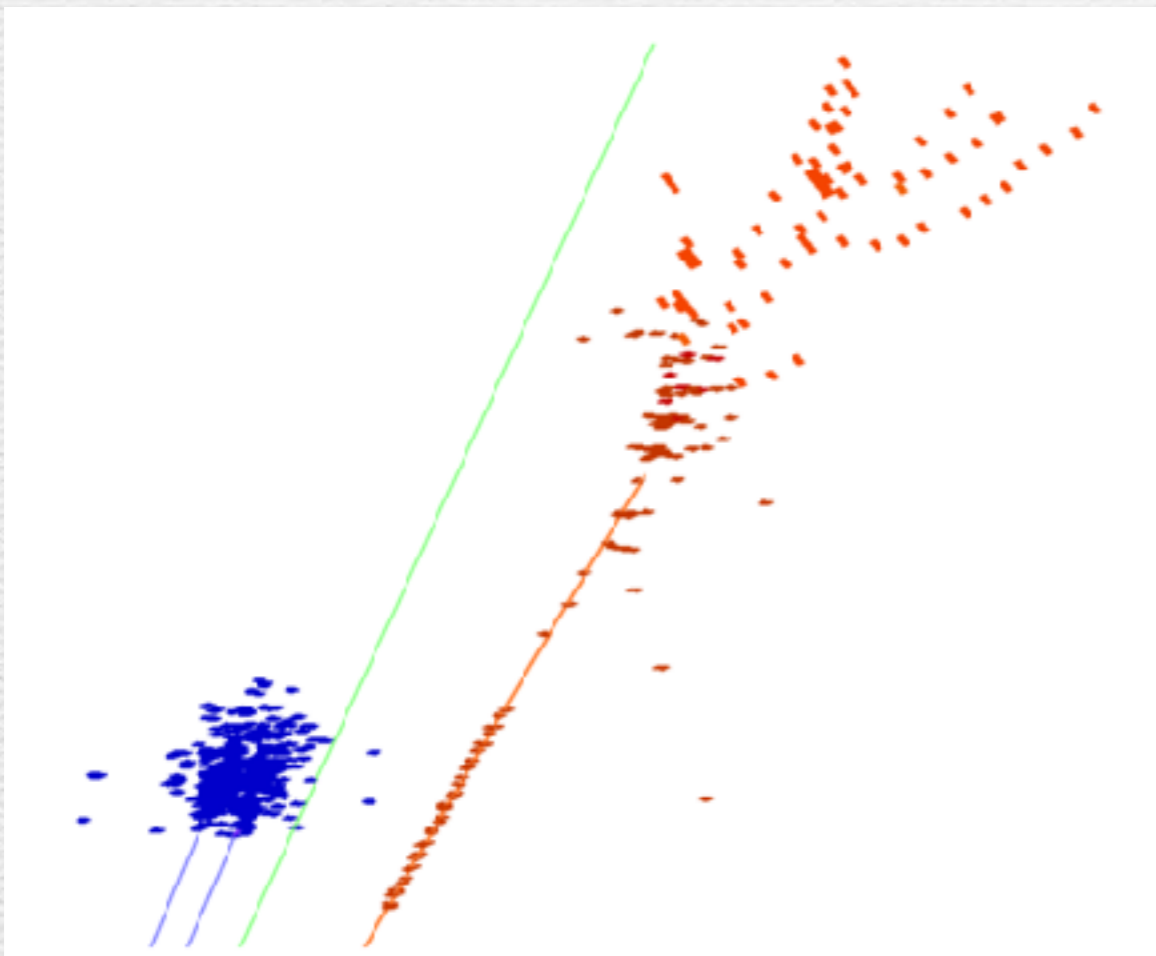
主要应用变量-dE/dx

- 在TPC中的每一条径迹，其单位深度损失的能量符合Landau分布
- 不同能量的 e^- , μ^- , π^+ 径迹对应的dE/dx平均值如图



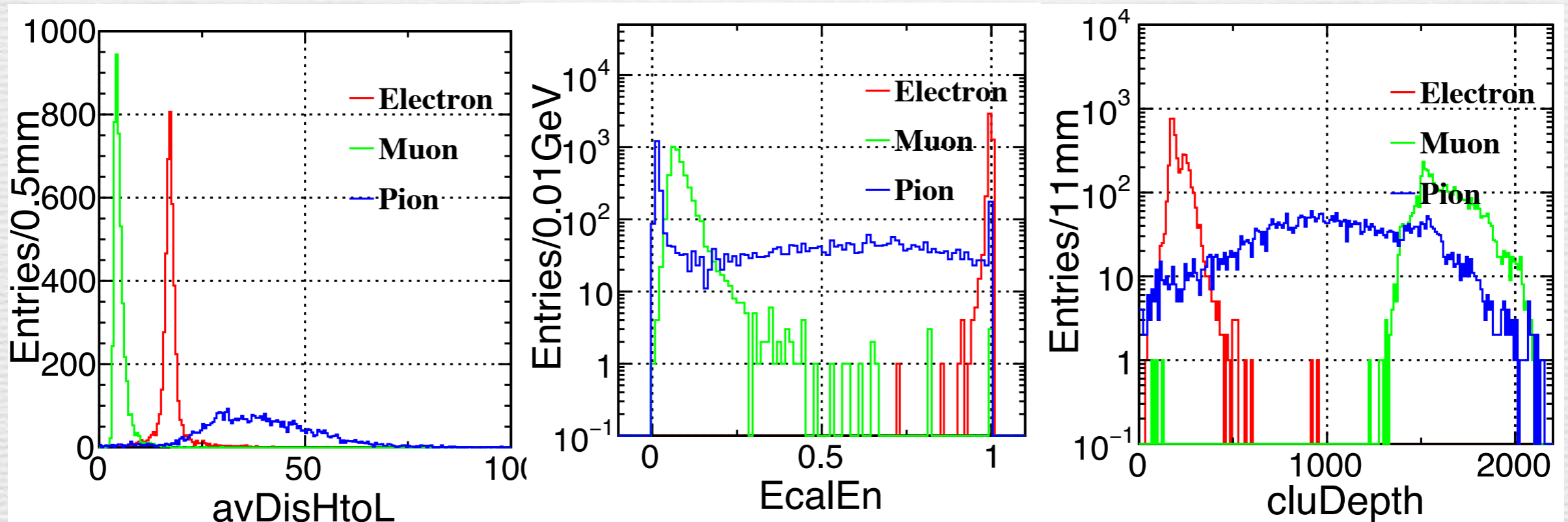
主要应用变量-FD

- 分形维数：描述量能器中的簇射的空间分布（紧密程度）



主要应用变量-其他

- 能量分布
- 量能器中击中点数目
- 击中点与中心（螺旋线）距离
- 深度
-



鉴别效率

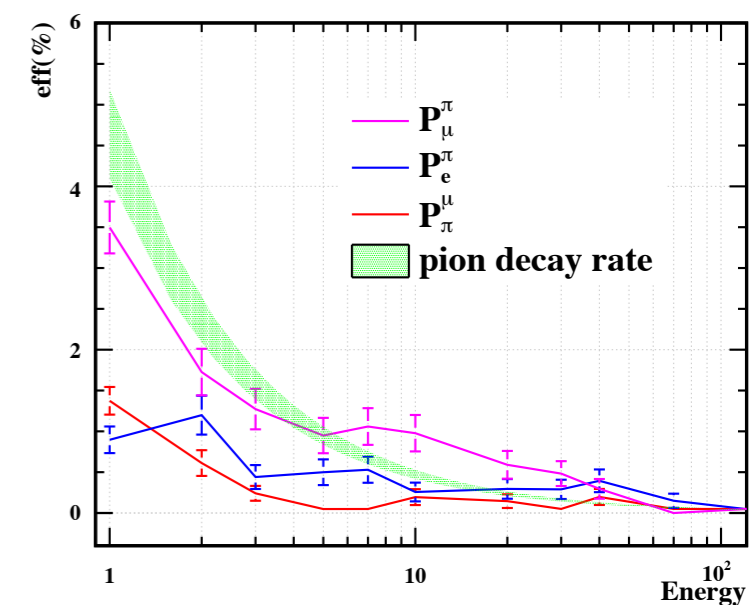
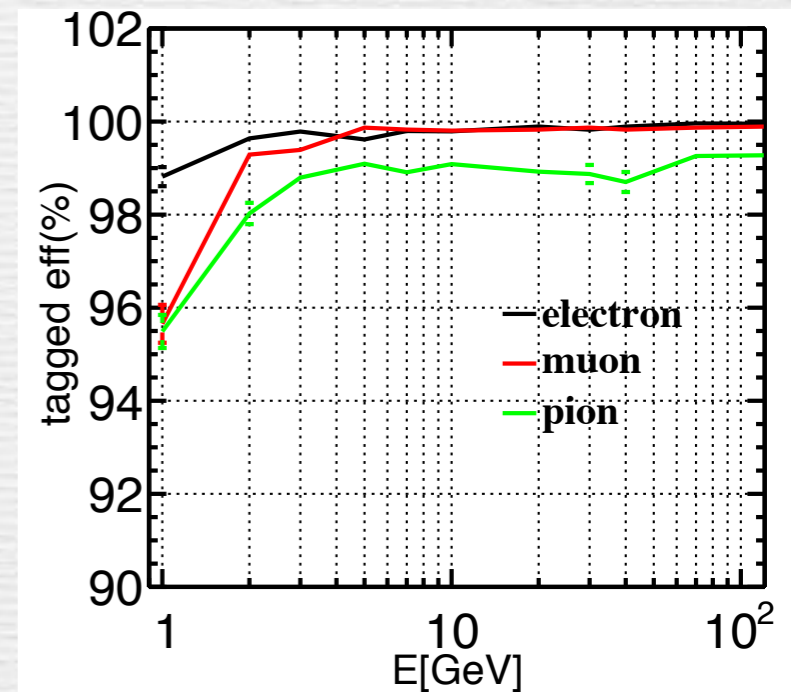
- 单粒子性能接近物理极限：误判由不可约本底导致
(如Pion衰变)

40GeV 单粒子效率与误判率 (LICH)

Type	$e^- like$	$\mu^- like$	$\pi^+ like$
e^-	99.71 ± 0.08	< 0.07	0.21 ± 0.07
μ^-	< 0.07	99.87 ± 0.08	0.05 ± 0.05
π^+	0.14 ± 0.05	0.35 ± 0.08	99.26 ± 0.12

2GeV以上轻子效率与误判率 (ALEPH Eur.Phys.J.C20:401-430,2001)

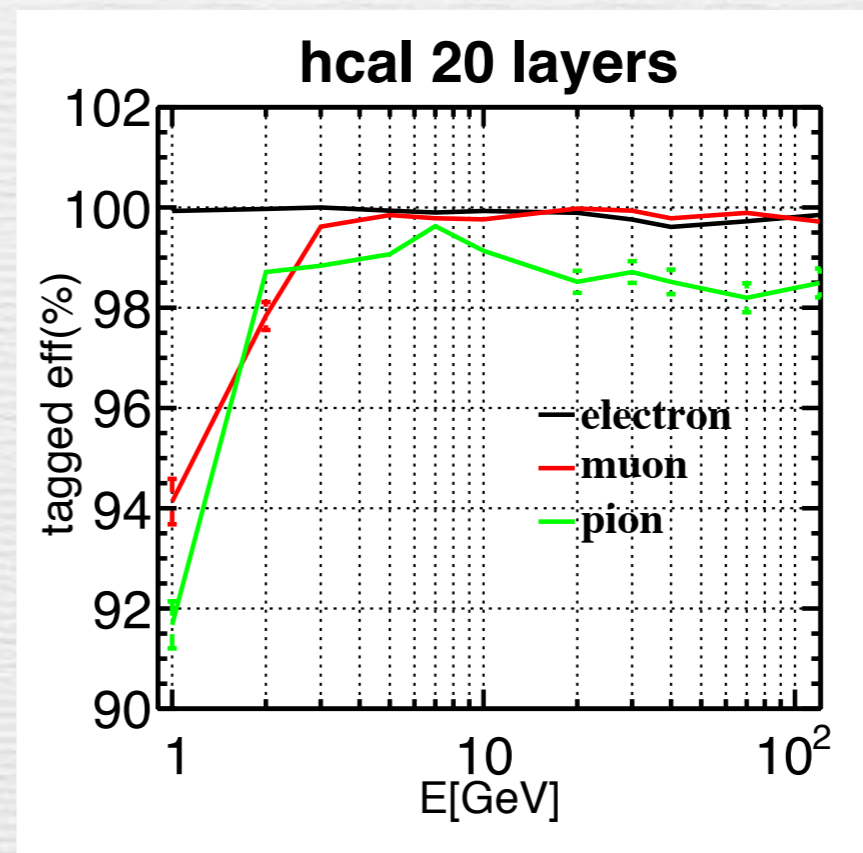
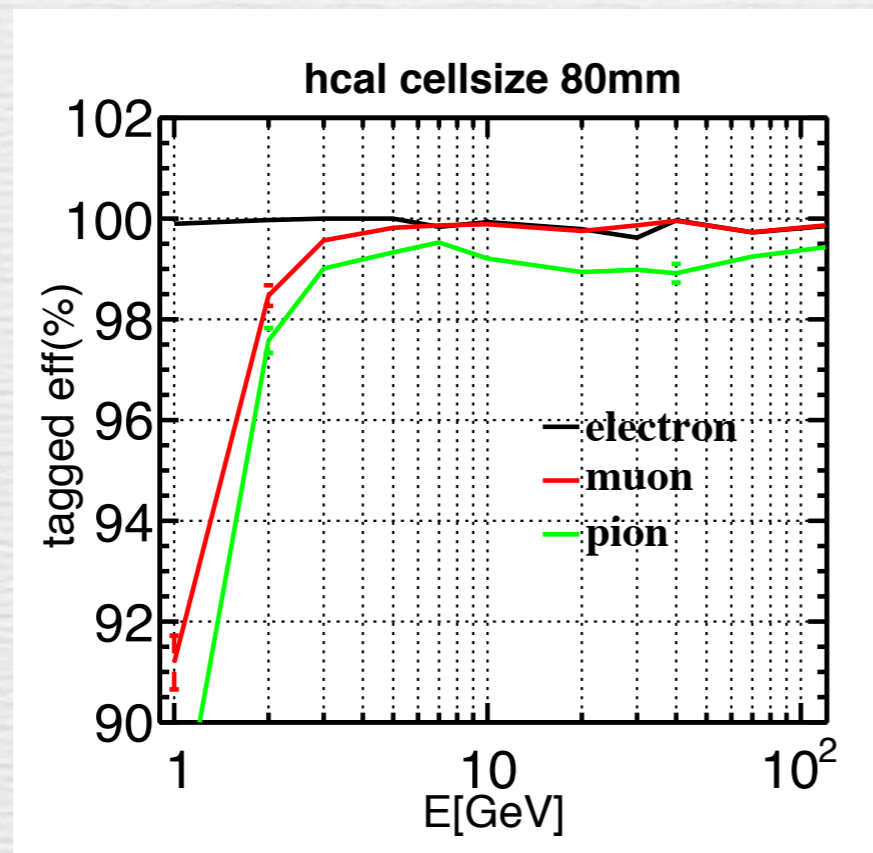
Type	$e^- like$	$\mu^- like$	$\pi^+ like$	undefined
e^-	99.57 ± 0.07	< 0.01	0.32 ± 0.0	0.09 ± 0.04
μ^-	< 0.01	99.11 ± 0.08	0.88 ± 0.08	0.01 ± 0.01
π^+	0.71 ± 0.04	0.72 ± 0.04	98.45 ± 0.06	0.12 ± 0.03



量能器优化

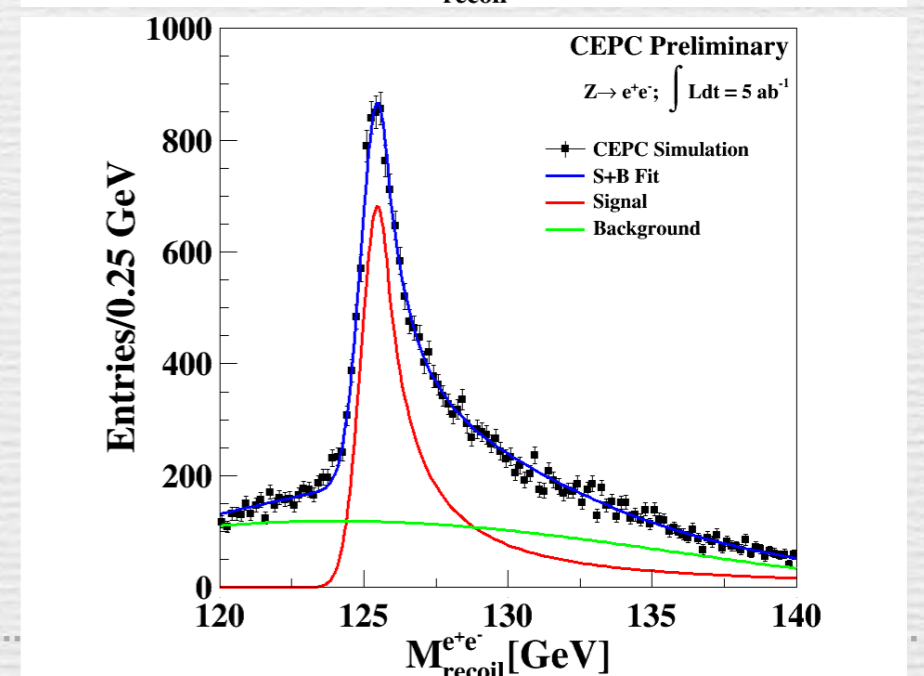
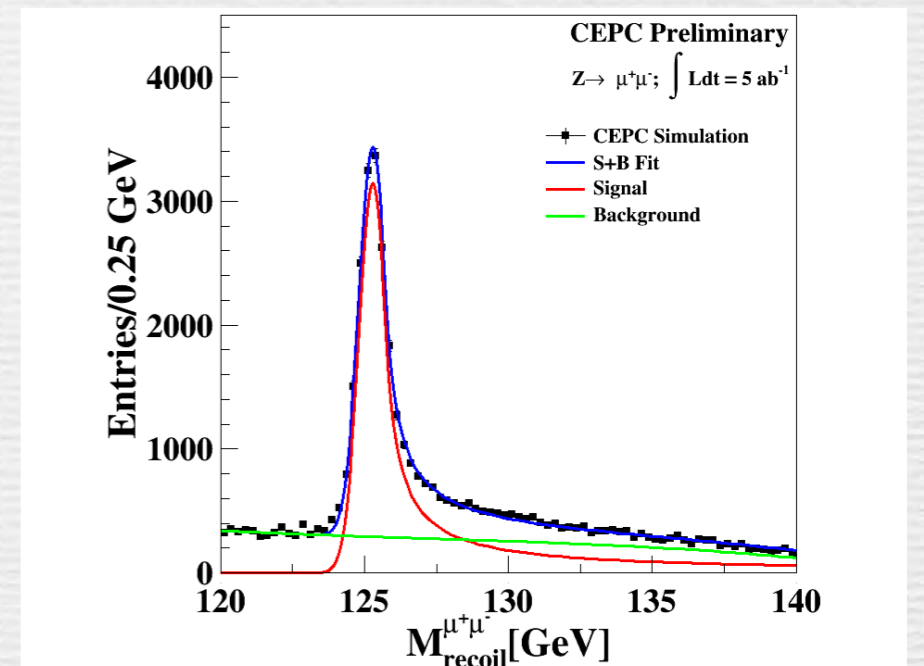
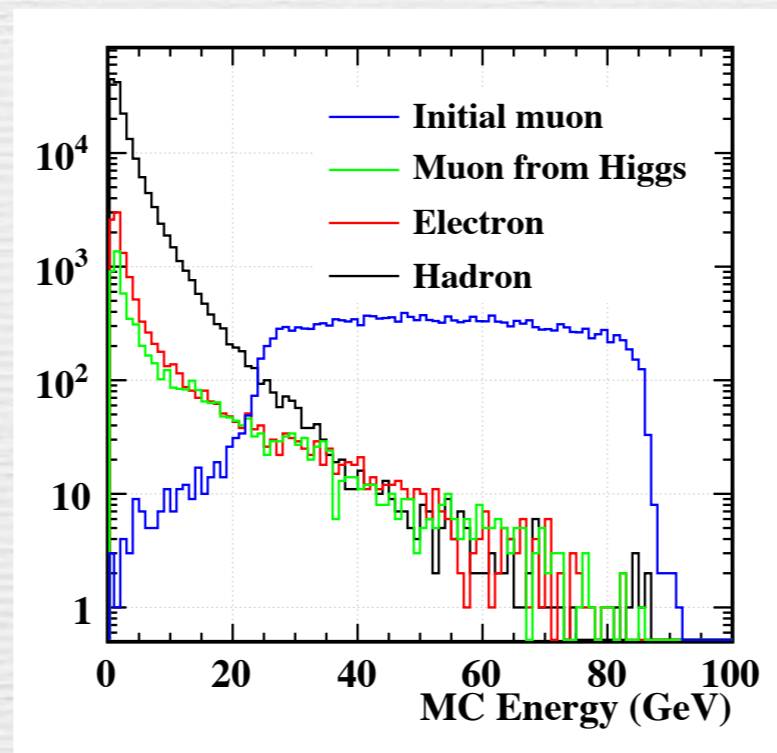
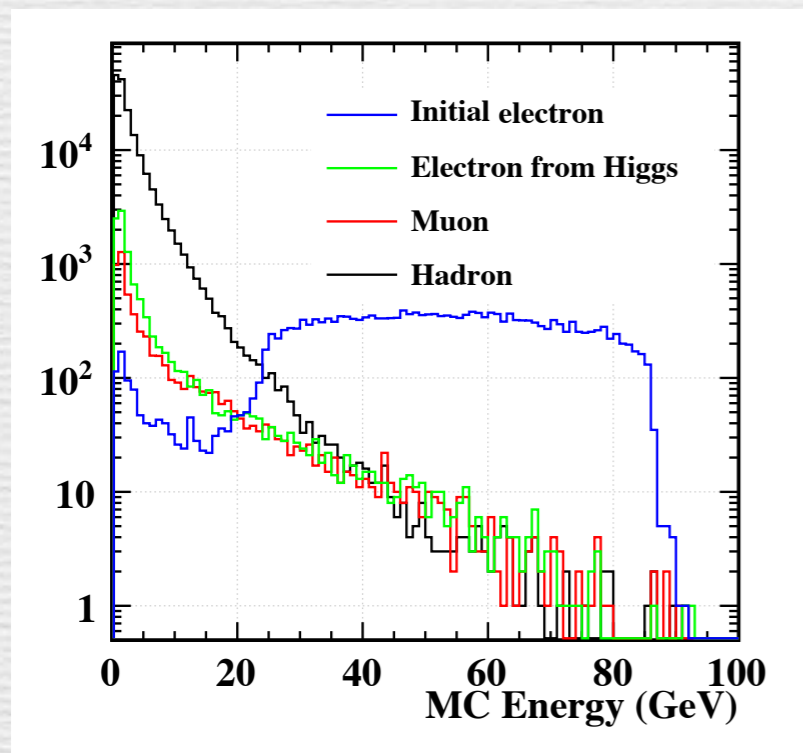
- 在不同探测器模型中测试

- ECAL: 层数 (20, 26, 30) ; 晶片大小 ($5\times 5\text{mm}^2$, $10\times 10\text{mm}^2$, $20\times 20\text{mm}^2$, $40\times 40\text{mm}^2$)
- HCAL: 层数 (20, 30, 40, 48) ; 晶片大小 ($10\times 10\text{mm}^2$, $20\times 20\text{mm}^2$, $40\times 40\text{mm}^2$, $80\times 80\text{mm}^2$)

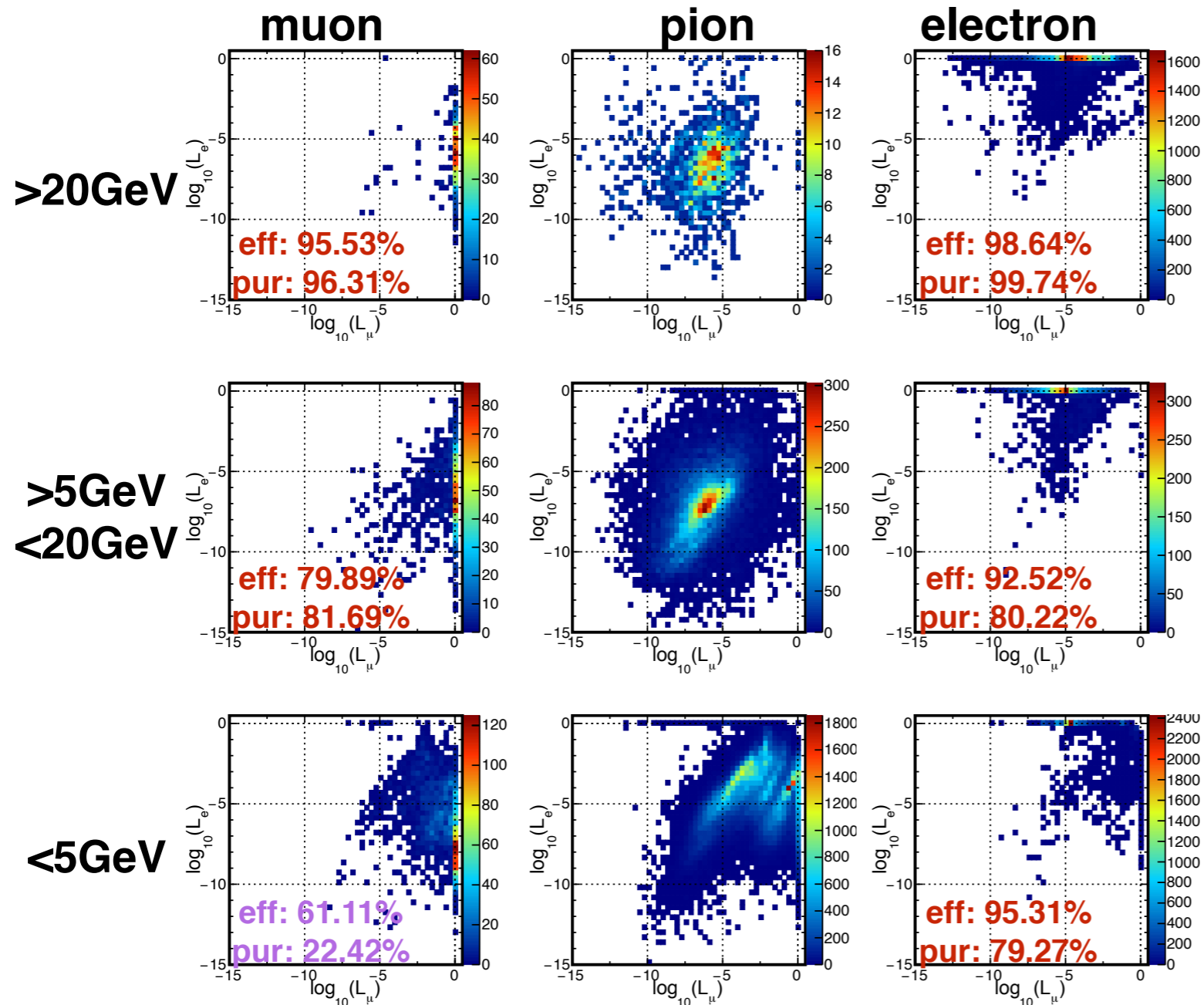


应用-IIH

- IIH物理事件中反冲质量可以提供Higgs的精确测量
- IIH中高能轻子大部分为孤立轻子



鉴别效率与能量区间



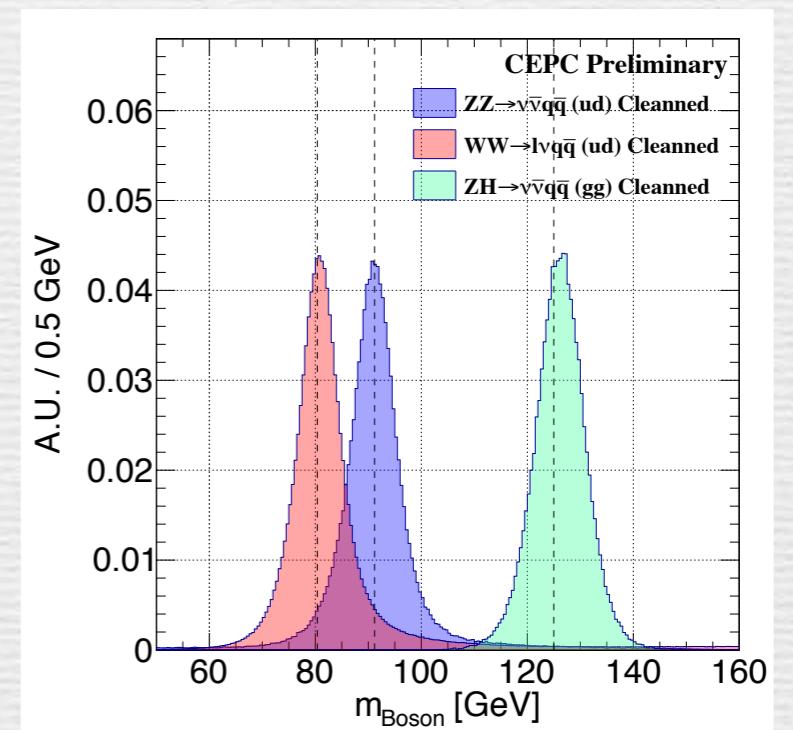
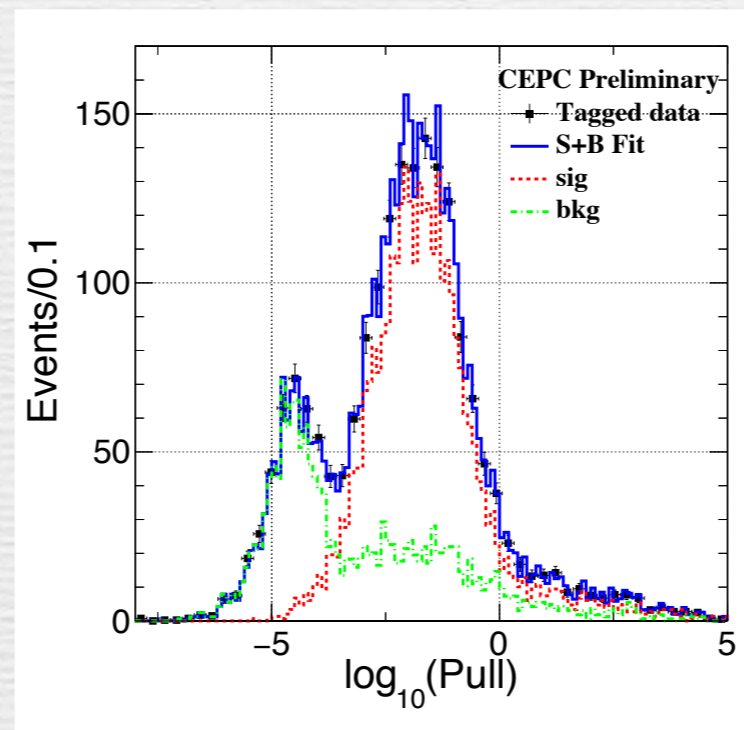
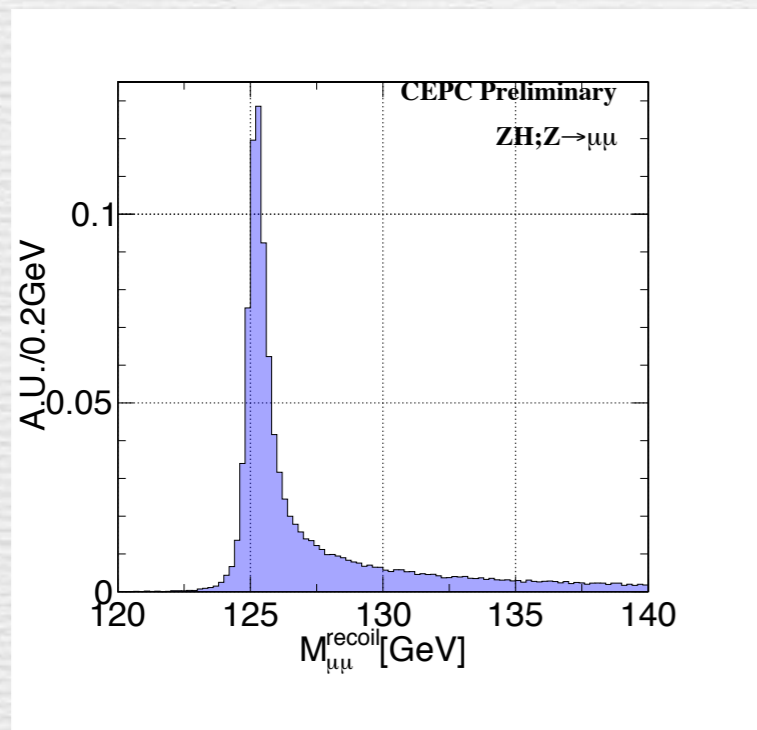
- eeH事例
- 可对不同能量区间应用不同鉴别条件
- 事例鉴别效率: 97.06%

应用

- CEPC核心软件之一，被应用于探测器性能分析、探测器优化、以及CEPC CDR中各个物理分析
- 被ILC吸收为官方软件

arXiv:1806.04879

arXiv:1806.04992



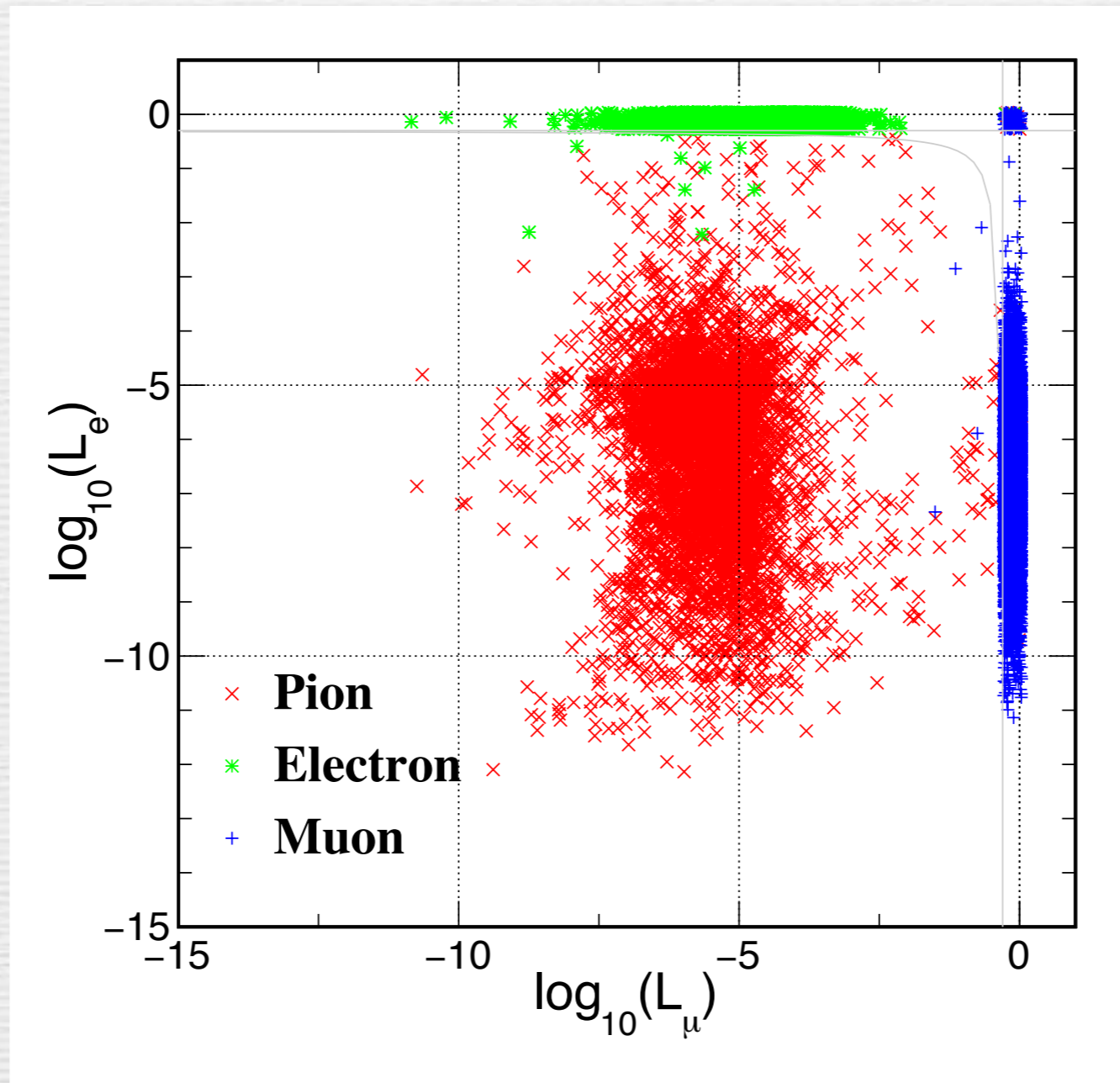
结论分析

- 与其他轻子算法相比效果显著提高（比Aleph中误判率改善三倍）
- 物理事件中性能同单粒子级别性能吻合：
 - $eeH/\mu\mu H$ 中一对轻子探测效率:97% / 98%
 - 误判(<1%) / 探测器接受度(<1%) / 粒子重叠(<1%)
- 应用：CEPC CDR中各个分析
- 可做进一步展开
 - 中性粒子鉴别
 - K介子鉴别

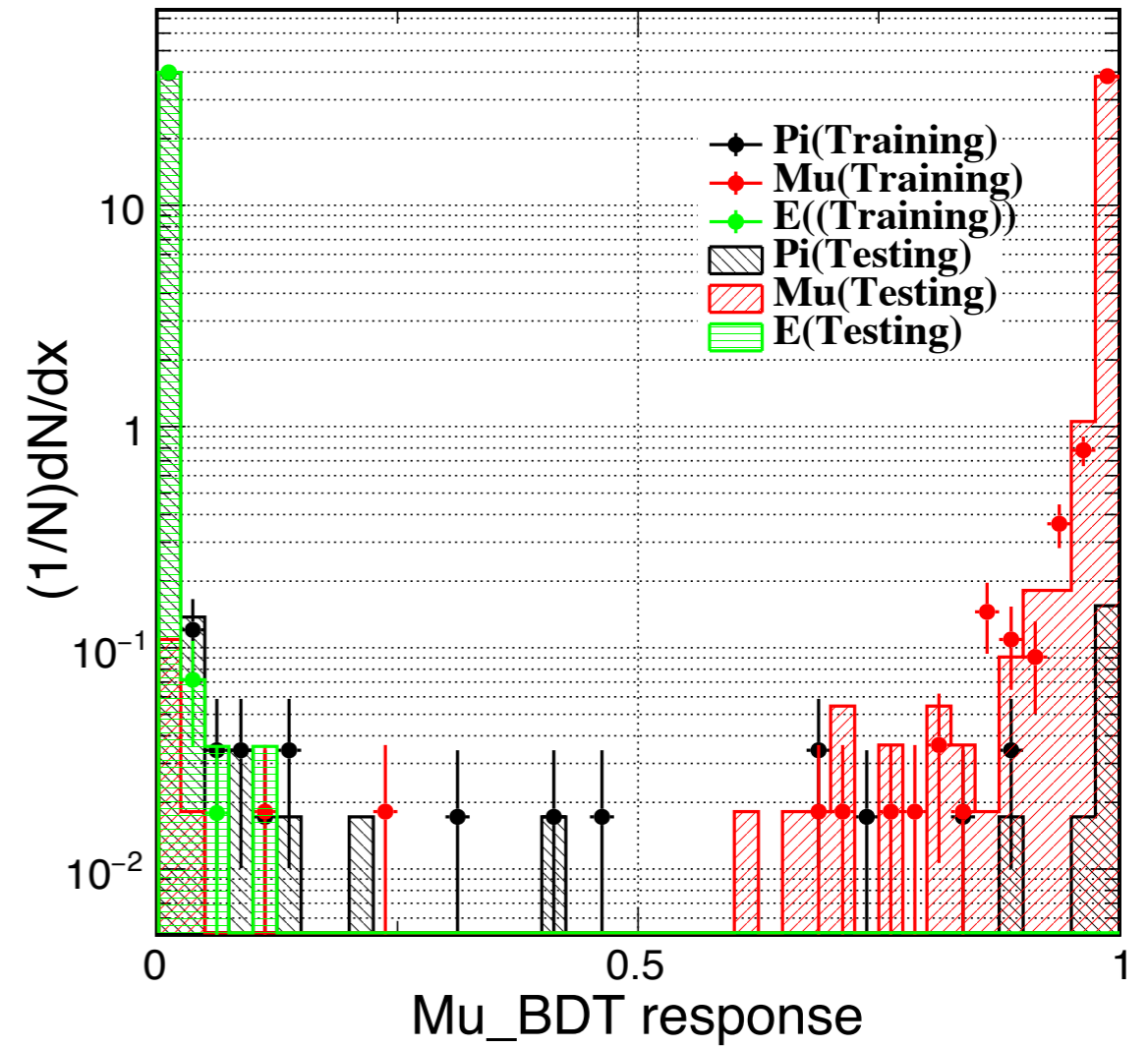
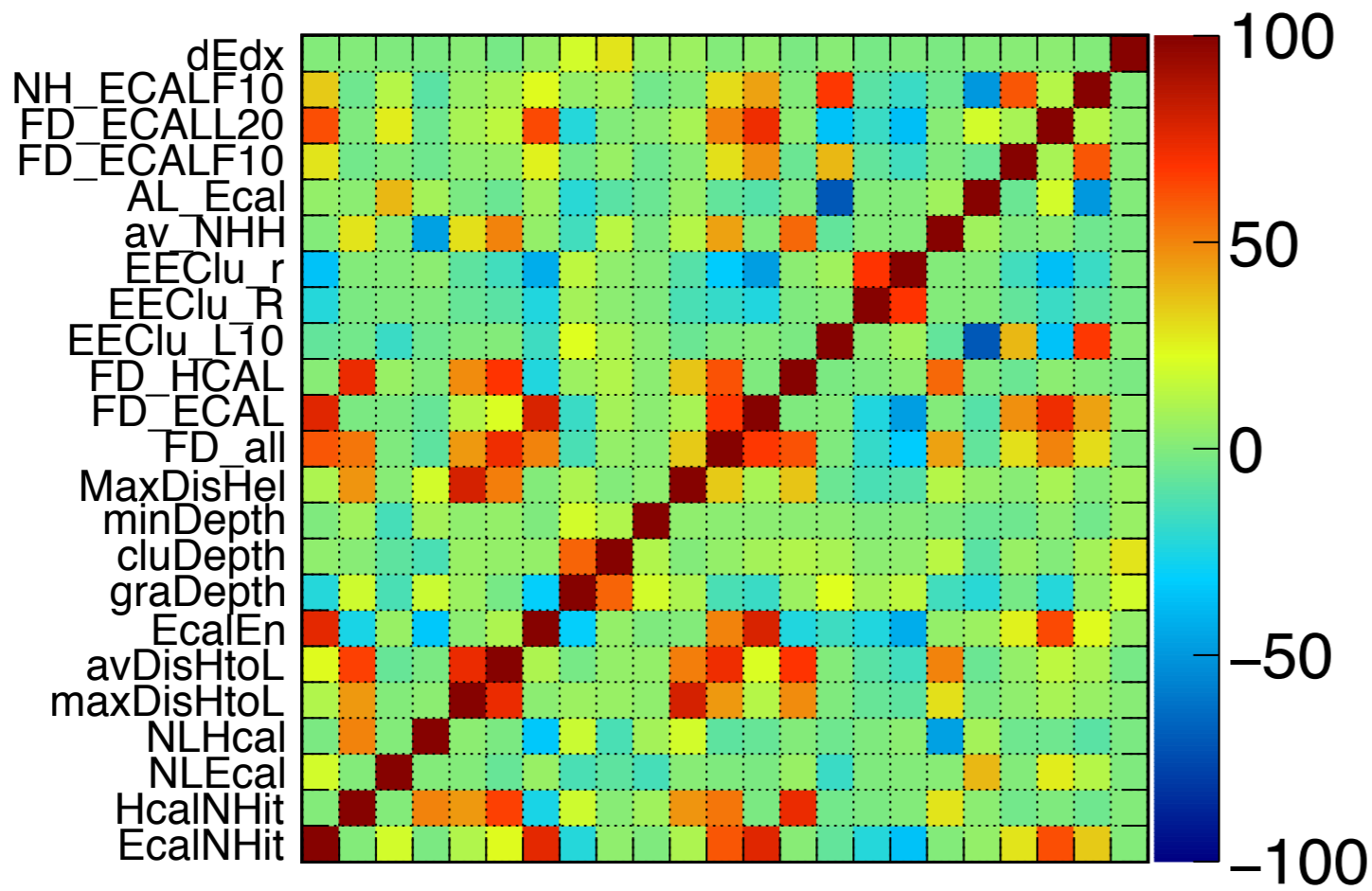
谢谢！

Backup

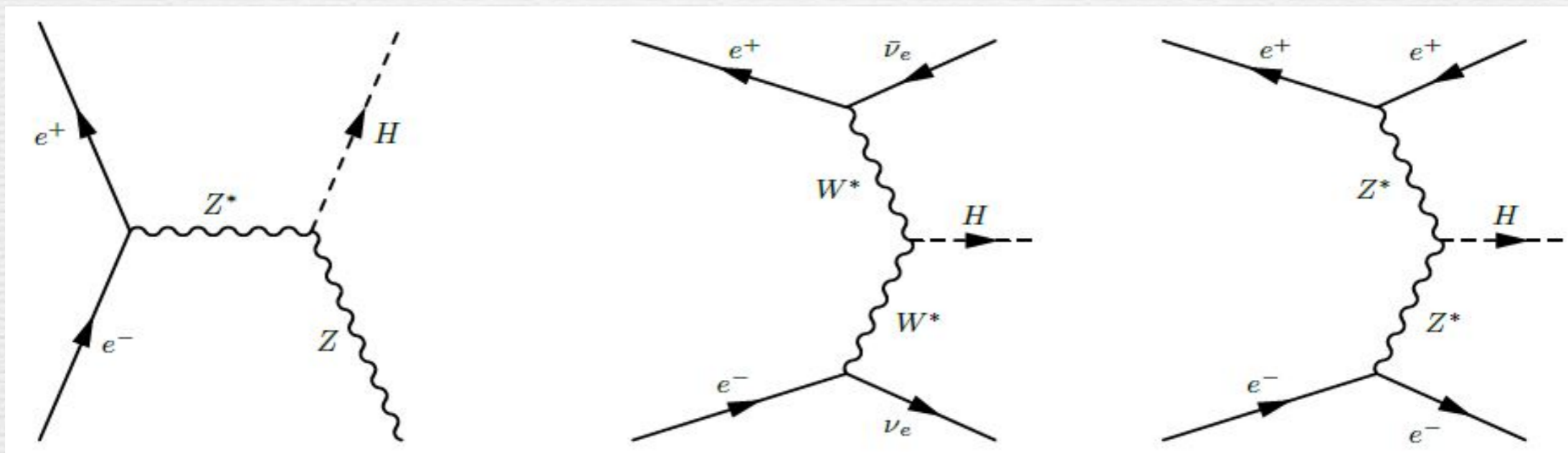
TMVA



TMVA

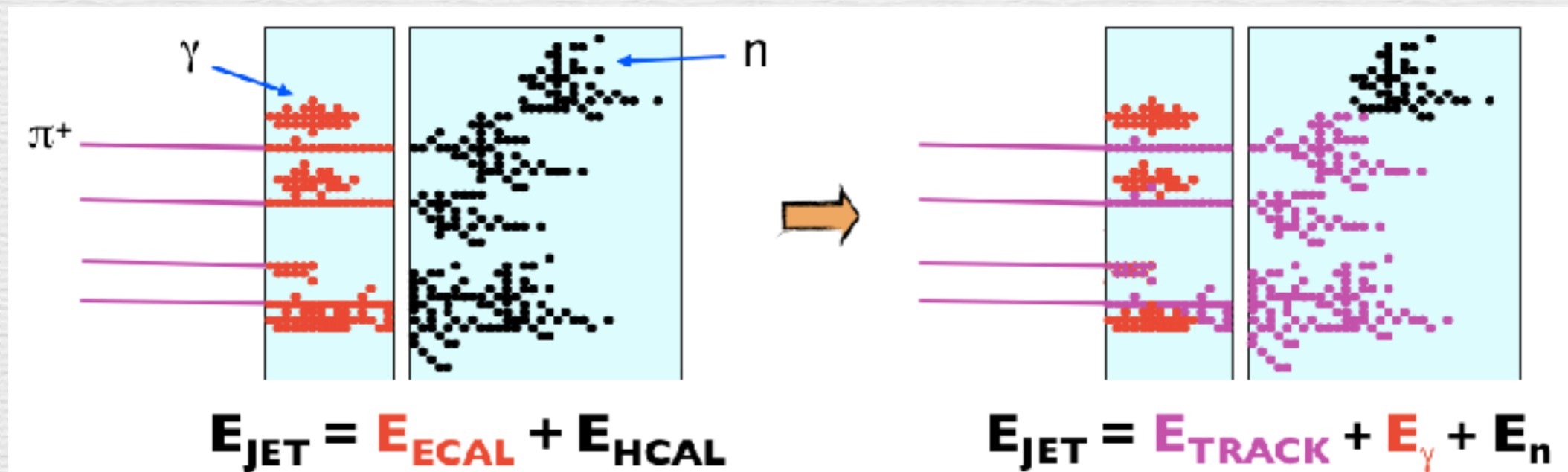
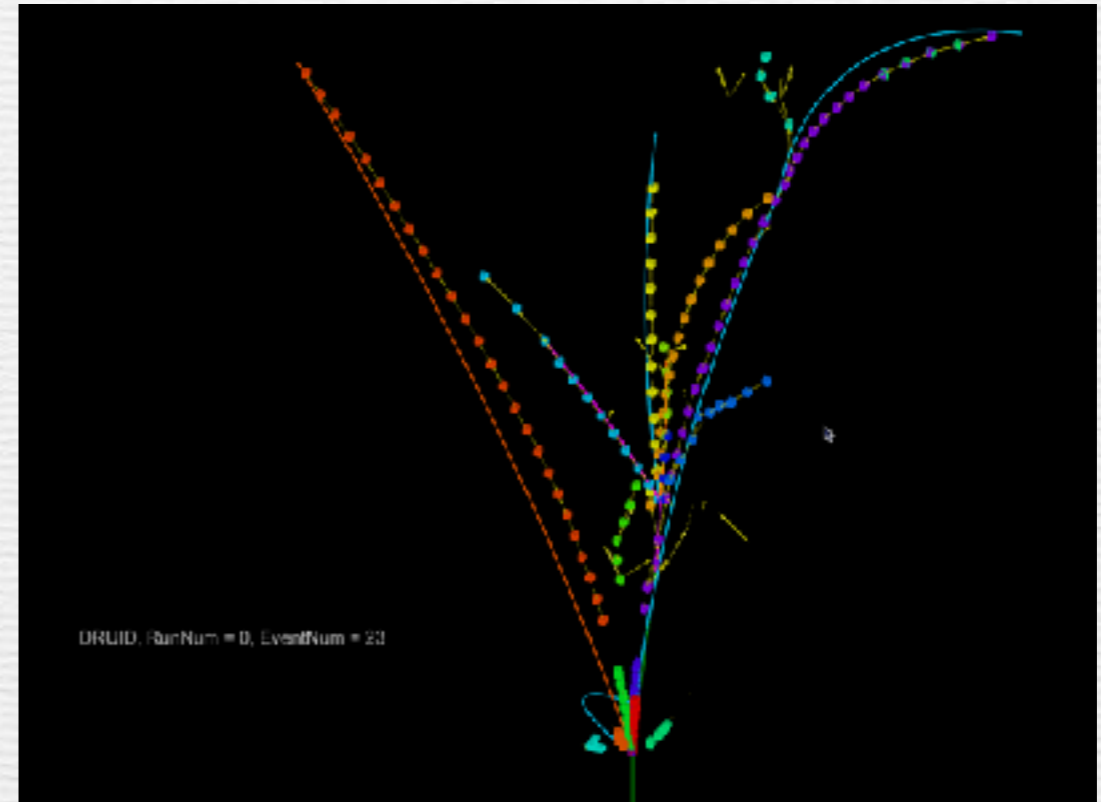


CEPC-250GeV



ArborPFA

- Jet: 60% charged + 30% photon + 10% neutral



CLIC-PID

