



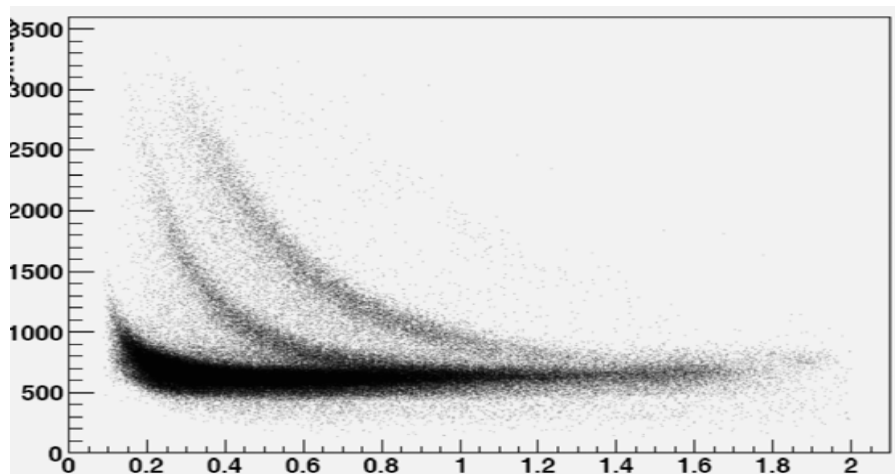
中国科学院高能物理研究所  
Institute of High Energy Physics  
Chinese Academy of Sciences

# BESIII 主漂移室 $dE/dx$ 模拟

刘怀民

(liuhm@ihep.ac.cn)

粒子物理实验计算软件与技术研讨会  
山东大学（威海），2013/7/4



# 内容:

- 目的与目标
- 数据  $dE/dx$  处理过程  
刻度与重建, 粒子鉴别
- 当前  $dE/dx$  模拟过程  
基于数据的击中级抽样
- 今后  $dE/dx$  模拟设想  
基于数据的径迹级抽样

# 目的

- **dE/dx** 和 **TOF** 是目前**BESIII**强子鉴别的主要信息
- 模拟与数据的差别是系统误差的主要来源，关乎所有的物理分析结果
- 目前对单个带电径迹，**PID**引起的系统误差：  
~1% (dE/dx+ TOF), 1-2% ( $p > 1\text{GeV}$ )  
1 – 2% (dE/dx), ~ 3% ( $p > 1\text{ GeV}$ )  
1 – 2% (TOF), ~ 3% ( $p > 1\text{ GeV}$ )  
(~ 0.5 % MDC tracking)
- 模拟与数据的一致性解决问题的关键

# 目标

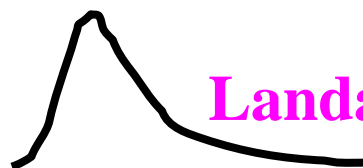
- 对单个带电径迹，PID引起的系统误差：
  - < 1% ( $dE/dx + \text{TOF}$ ),  $\sim 1\%$  ( $p > 1\text{GeV}$ )
  - $\sim 1\%$  ( $dE/dx$ ),  $\sim 2\%$  ( $p > 1\text{ GeV}$ )
  - $\sim 1\%$  ( $\text{TOF}$ ),  $\sim 2\%$  ( $p > 1\text{ GeV}$ )
- BESIII 合作组专门成立了PID工作组

# 数据 $dE/dx$ 重建过程

$$(dE/dx)_i = Q_i / L_i$$

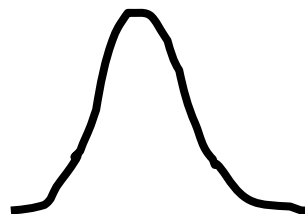
hit level

刻度修正



Landau/Mytlan 分布

截断/平均



Gauss 分布

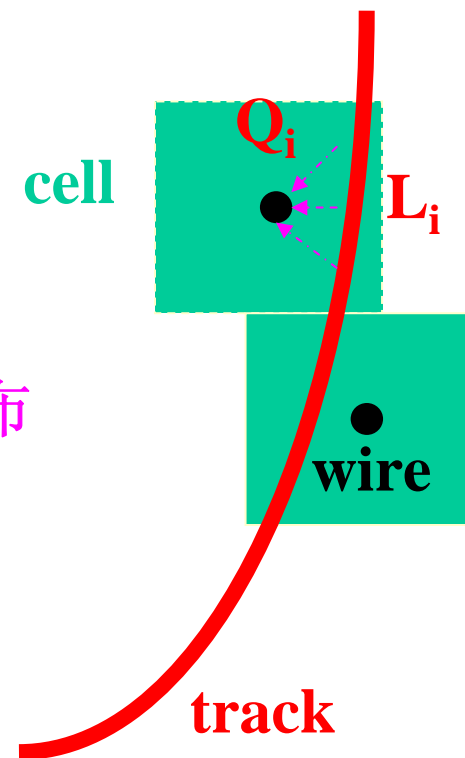
cell

$Q_i$

$L_i$

wire

track



track level

# dE/dx 粒子鉴别

$$\chi_{dE/dx}(i) = \frac{dE/dx_{measured} - dE/dx_{expected}(i)}{\sigma_{dE/dx}(i)} \quad \mathbf{i = e / \mu / \pi / K / p}$$

$$\frac{dE}{dx}(y) = \frac{p_1(\sqrt{y^2 + 1})^{p_4}}{y^{p_4}} \left\{ p_2 - \ln \left[ p_3 + \left( \frac{1}{y} \right)^{p_5} \right] \right\} - p_1 \quad \mathbf{y = \beta \gamma}$$

实际能损曲线由实验数据拟合给出  
不同于一般的**Bethe-Bloch** 曲线

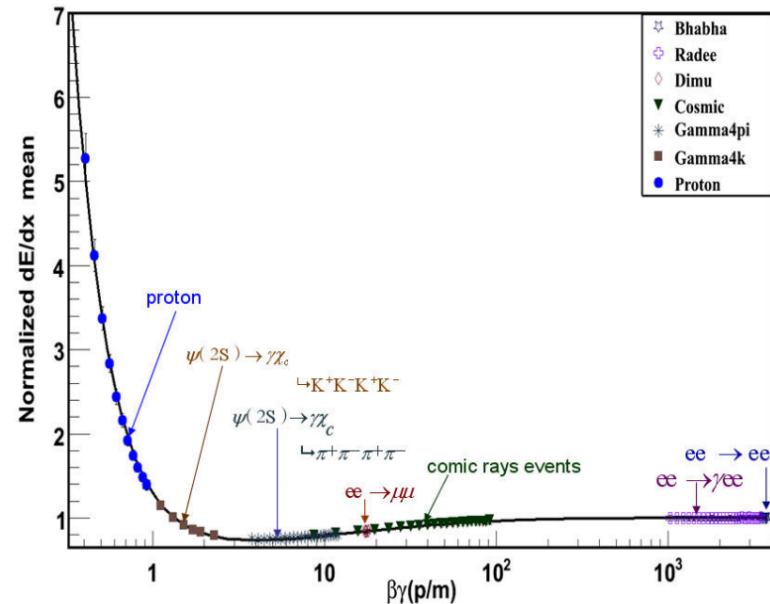
$$\sigma_{dE/dx} = f(\beta\gamma) \cdot g(\sin \theta) \cdot h(nhit)$$

实际能损涨落由实验数据刻度给出  
假定与速度、角度、击中数相关

如果刻度修正完美，数据样本纯净  
 $\chi_{dE/dx}$  应该服从正态标准分布

$$p(\chi_i) = \frac{1}{\sqrt{2}} e^{-\frac{1}{2}\chi^2} \quad Prob_i(\chi^2) = \int_{\chi^2}^{\infty} p d\chi^2$$

dE/dx vs  $\beta\gamma$  curve



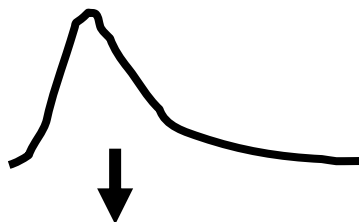
# MDC $dE/dx$ 模拟过程

1. 粒子穿过单元的速度、角度、种类由G4给出

hit level

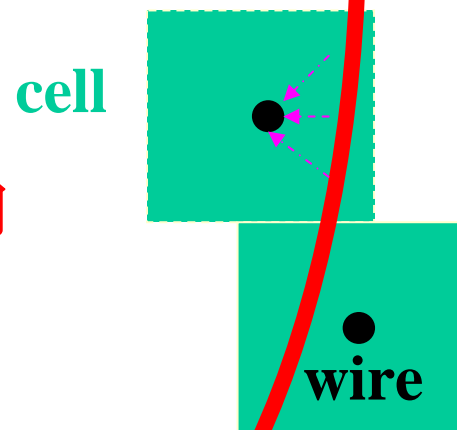


2. 由数据刻度后的 $dE/dx$ 按照速度、角度分bin保存直方图



3. 击中单元的 $dE/dx$ 由直方图直接抽样

track level



模拟数据重建时只做截断、平均，不再做刻度修正

# 问题 (MC)

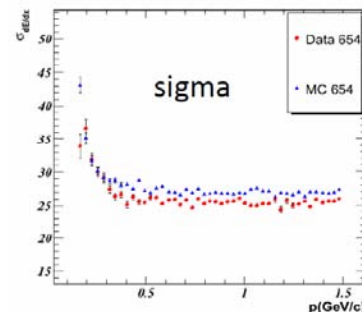
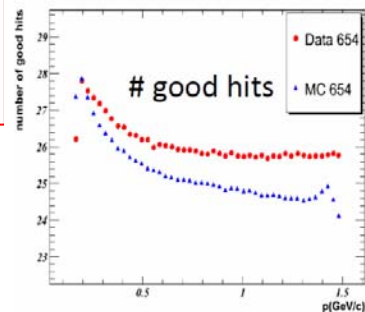
$$\chi_{dE/dx}(i) = \frac{dE/dx_{measured} - dE/dx_{expected}(i)}{\sigma_{dE/dx}(i)}$$

$i = e / \mu / \pi / K/p$

模拟能损曲线（期望值）与实际能损曲线一样

模拟击中数与实验有差别！  
需要产生模拟数据重新刻度涨落曲线

$$\sigma_{dE/dx} = f(\beta\gamma).g(\sin\theta).h(nhit)$$



模拟与必须使用与数据不同的涨落曲线，  
 $\chi_{dE/dx}$  才能服从标准正态分布！



## 下一步dE/dx模拟设想

$$\chi_{dE/dx}(i) = \frac{dE/dx_{measured} - dE/dx_{expected}(i)}{\sigma_{dE/dx}(i)}$$

$$dE/dx_{expected} = dE/dx_{expected}(\beta\gamma)$$

$$\sigma_{dE/dx} = f(\beta\gamma).g(\sin\theta).h(nhit)$$

原则上，已知能损曲线和涨落曲线，模拟可由高斯分布抽样获取径迹的dE/dx，如此获取的dE/dx不需要再重建！

重建时可利用该径迹的dE/dx计算其它粒子的  $\chi_{dE/dx}$

上述径迹级的dE/dx抽样不能在重建时实现  
因为径迹重建后不能确定粒子种类

# 下一步dE/dx模拟设想

目前，我们正试图解决模拟与数据击中数的差异问题

一旦模拟与数据击中数一致，  
模拟时将使用数据的能损曲线和涨落曲线  
直接抽样获取径迹的dE/dx

有理由相信，该方案将大大简化现有模拟的复杂性，  
改进数据与模拟的一致性，值得尝试

# 其他问题

- $dE/dx$  能损曲线的局部跳跃（数据）
- 正负电荷  $dE/dx$  差异（数据）
- ...

# 小结

- 目前MDC  $dE/dx$  模拟与数据的一致性亟需提高
- 提出了一个径迹级别的 $dE/dx$  模拟方案，需要进一步研究，实现

**Not the end**

欢迎参加**BESIII**基础软件工作  
谢谢!