

# BESIII数据质量监控

季晓斌, 高能所

2024.7.20, 哈尔滨

第八届BESIII R值与QCD强子结构研讨会

# 主要内容

- › BESIII在线数据质量监测系统简介
- › 在线亮度测量
- › 在线能量测量
- › 在线对撞点测量
- › 离线亮度及亮度曲线参数计算
- › 总结

# BESIII数据质量监控系统简介

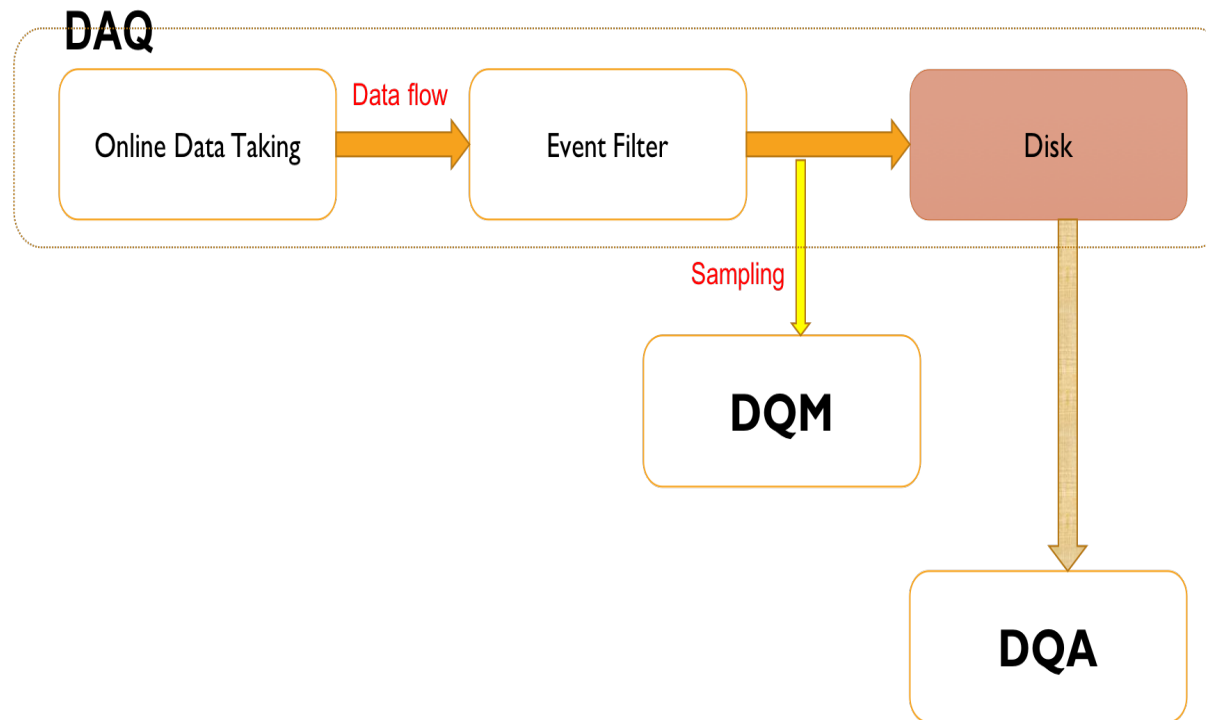
- › 高质量的数据是物理结果的保证，在线数据质量监控系统是保证高效率 and 高质量取数的重要手段
- › DAQ提供对探测器硬件、电子学等基本的监控，快速发现故障
- › Event Filter（事例过滤）对获取的数据进行在线分类，通过亮度、截面等测量监控数据
- › DQM在取数的过程中实时重建数据，调用离线数据重建方法完全重建事例，并利用重建的数据监测数据质量
  - 监控内容包括反映各个子探测器的主要性能的直方图、重建的单事例显示、对撞点位置、质心系能量等等
  - 提供实时单事例显示、直方图显示和历史数据查询等功能

# BESIII离线数据质量检查

› 在数据重建时运行的完整数据检查

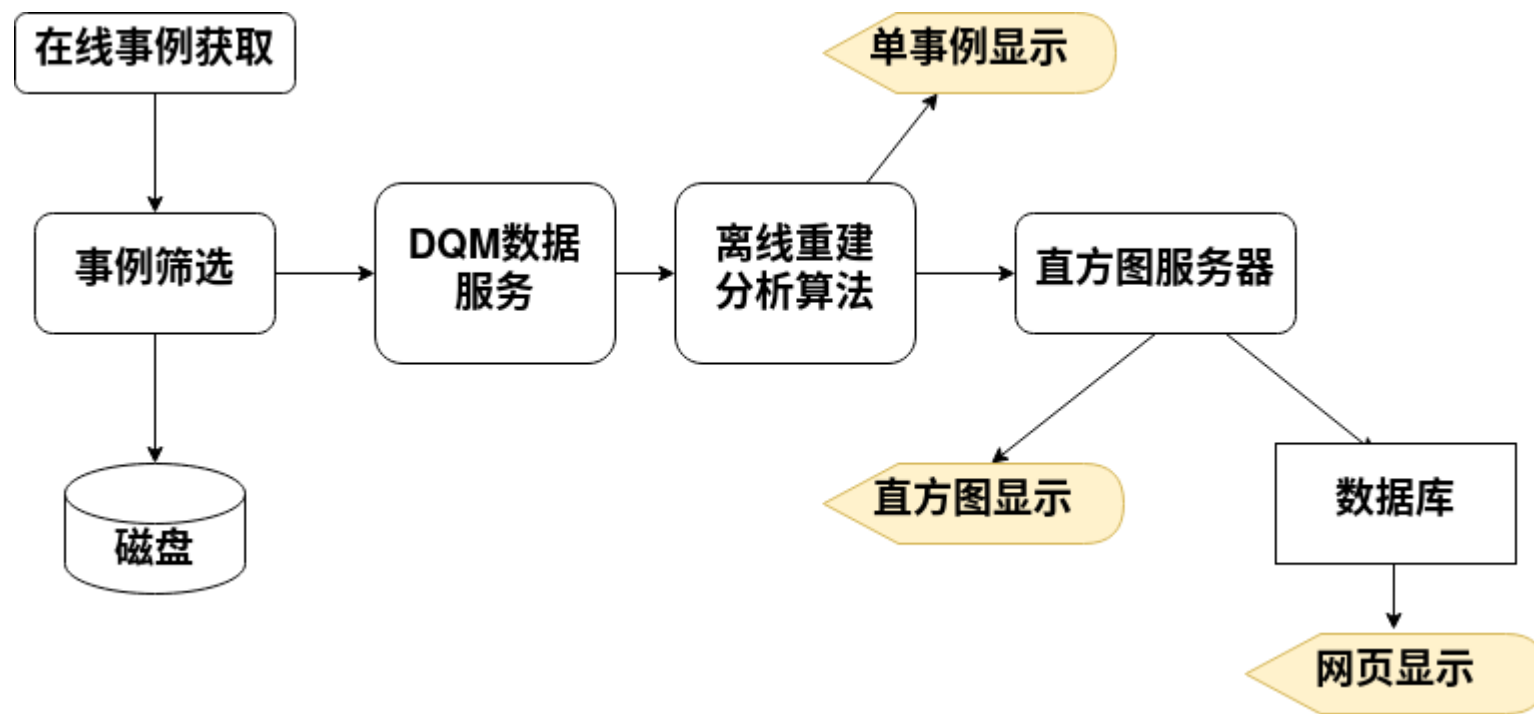
› 常规任务

- 计算每个run的亮度
- 计算亮度曲线参数
- 确定run平均顶点

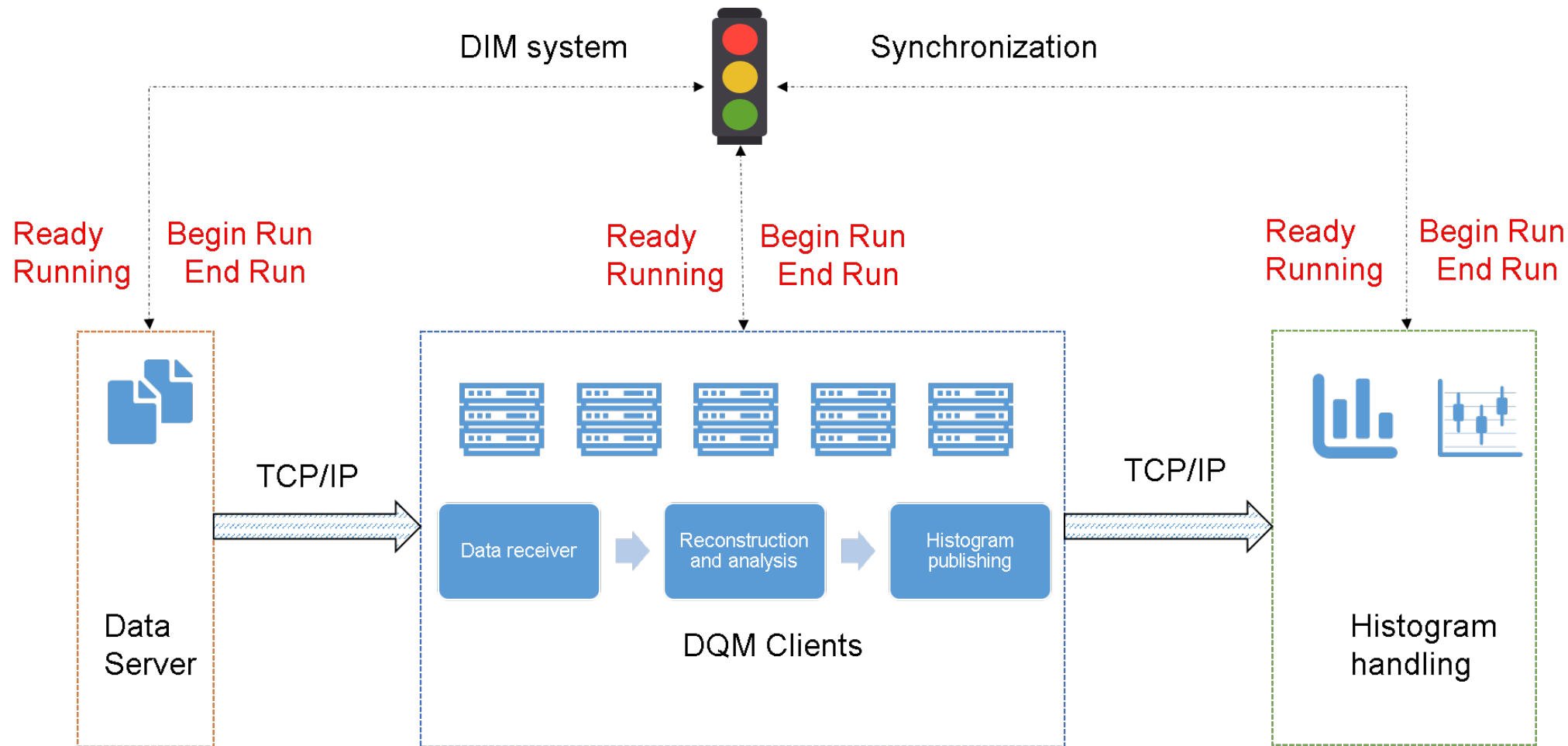


# DQM的流程及特点

- › 自动运行
- › 取样重建
- › 实时
- › 各部分相对独立，通过TCP/IP协议传输数据
- › 通过分布式信息管理系统（DIM）协调各部分之间的运行
- › 易于扩充

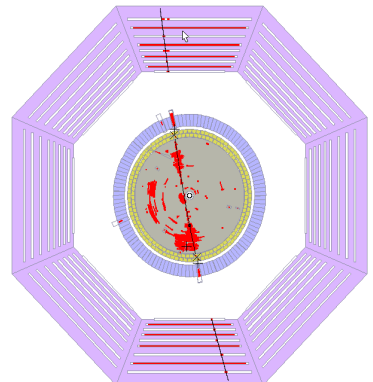


# DQM总体结构

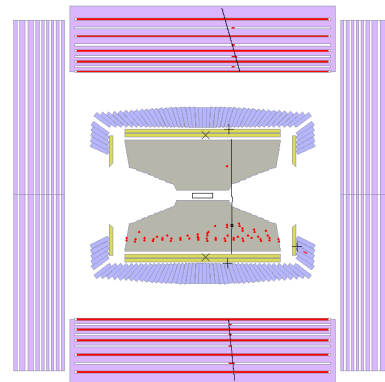


# DQM结果显示

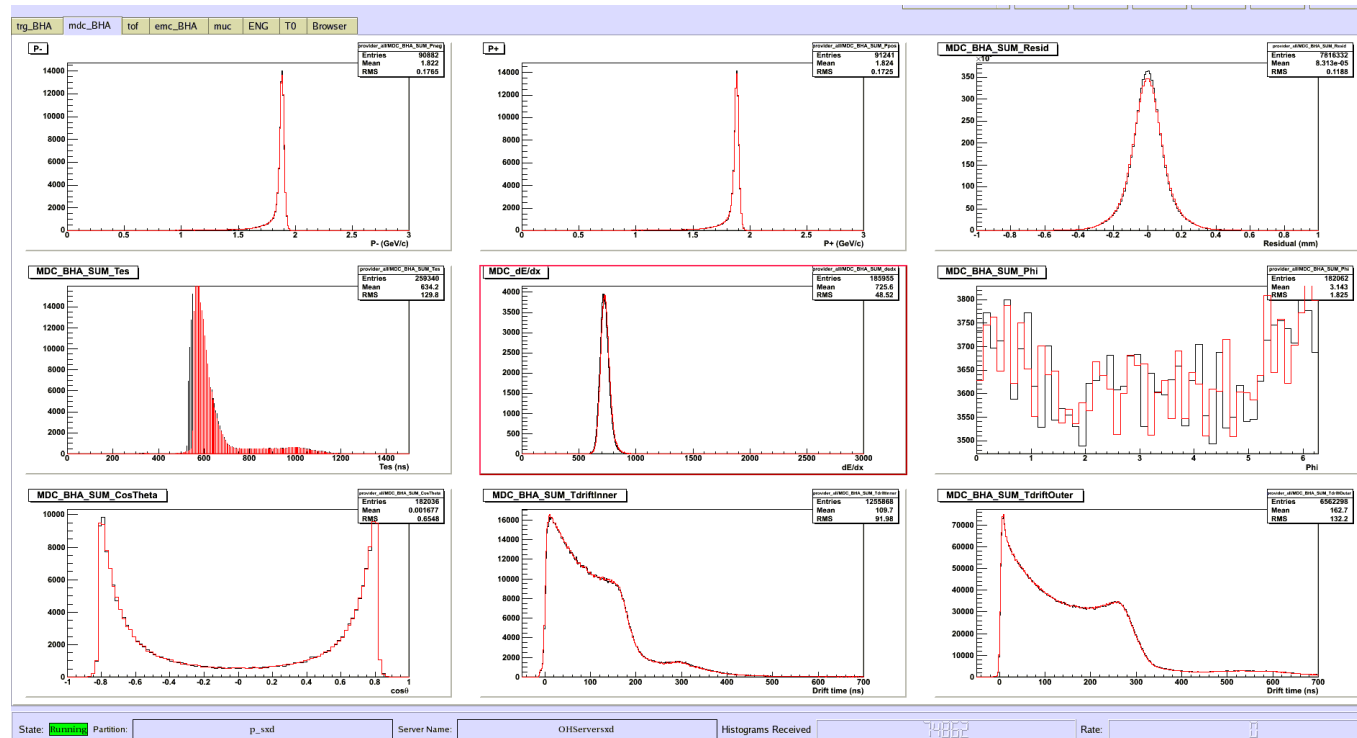
Run 73642    Event 3719738    *BesOis*  
 date: 2022-06-07    time: 17:04:54    **DQM**



XY View



ZR View



DQM DATABASE WEB PAGE FOR OFFLINE  
[Table Define](#) | [Table List](#) | [Graph](#) | [online monitor](#) | [Energy Monitor](#) | [MDC gain Monitor](#)

DQM Database System  
[Graph](#)  
[Table List](#)  
[Table Define](#)

table info list:

runID	Lumdigam	total_event	Ndigam	Nhad_bha	E_cms	E_cms_mu	start_time	end_time
73641	153949.72	1156760818	746	0.082	3.7728	3.7727	2022-06-07 14:57:34	2022-06-07 16:04:23
73640	134602.51	1156933059	680	0.082	3.7729	3.7736	2022-06-07 13:47:16	2022-06-07 14:55:00

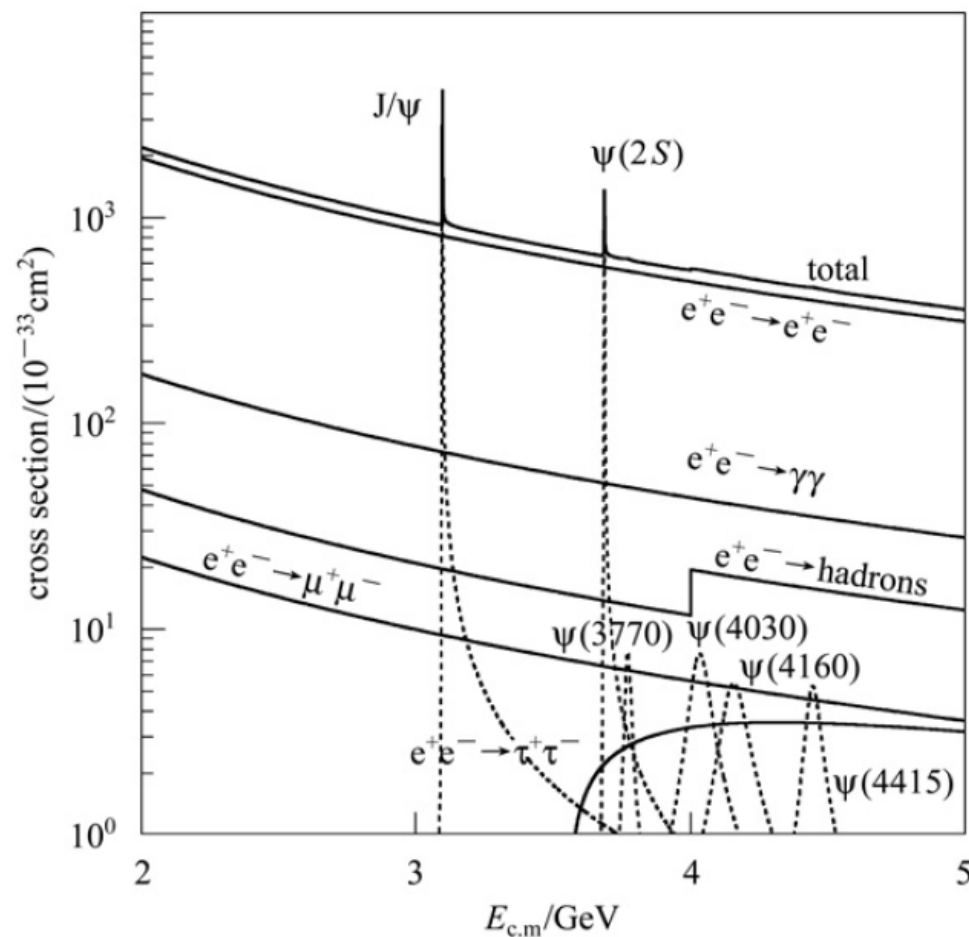
## 在线亮度测量 (Event Filter)

- › 在对撞机中，亮度 $\mathcal{L}$ 指的是单位时间内通过单位面积的对撞事例数
  - 宏观地表征加速器在单位时间内产生物理反应事例数多少的能力
  - 与束流强度和束流在对撞点的横截面有关
- › 亮度与对撞产生的事例率 $n$ 的关系
  - $n = \mathcal{L} \cdot \sigma$
  - 产生截面 $\sigma$ 微观地表示一次对撞产生物理反应的几率
- › 对于探测到的事例总数 $N$ ，引入积分亮度的概念 $L = \int \mathcal{L} dt$ 
  - $N = \int \mathcal{L} \sigma \epsilon dt = L \sigma \epsilon$
  - 亮度的测量围绕 $N$ 、 $\sigma$ 、 $\epsilon$ 展开



# 亮度测量选用的物理过程

- › 考虑到可靠性和统计量，一般采用截面较大的QED过程。
- › QED过程的理论计算精度取决于高阶费曼图的计算
  - 确定设定能量点的截面：1%精度
  - 任意能量点的截面通过线性插值得到
- › 利用蒙特卡罗模拟确定效率



# 积分亮度和事例选择

› 采用的物理过程:  $e^+e^- \rightarrow (\gamma)e^+e^-$ ,  $e^+e^- \rightarrow \gamma\gamma$

› 积分亮度的计算:  $L = \frac{N_{EMC}}{\varepsilon_{ee}\sigma_{ee} + \varepsilon_{\gamma\gamma}\sigma_{\gamma\gamma}}$

› 利用EMC选择事例

› 事例选择条件

-  $E_{EMC} > 0.75E_{CMS}$

- 快速重建至少两团簇射

›  $E_1 > 0.75E_b$

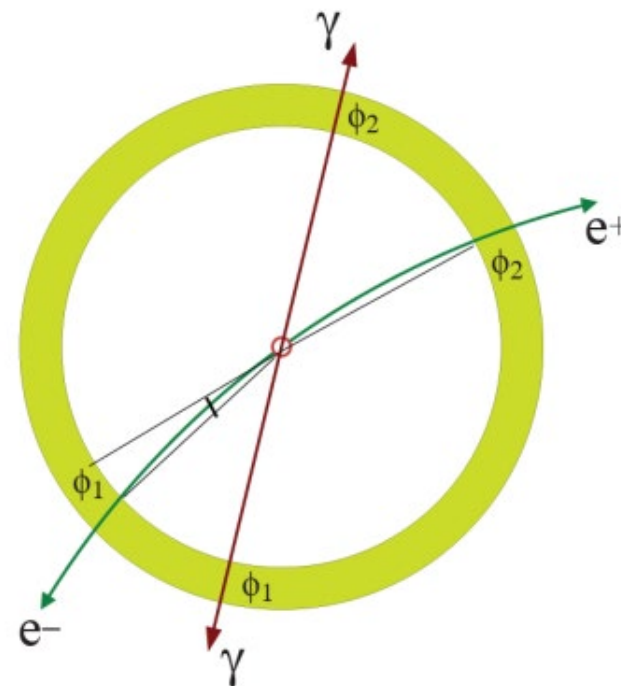
›  $E_2 > 0.45E_b$

› 非共面角  $\text{acop} < 20^\circ$

-  $\cos(\text{acop}) = -\cos\phi_1\cos\phi_2 - \sin\phi_1\sin\phi_2$

›  $|\cos\theta_{i=1,2}| > 0.84$  &&  $\cos\theta_1\cos\theta_2 < 0$

$$E_{SUM} = \sum_i c_i ADC_i, \quad (c_i ADC_i > 10 \text{ MeV})$$



# 瞬时亮度

› 以单位时间上的积分亮度近似估计瞬时亮度

- 假定亮度随时间满足指数衰减

$$f(t) = f(0) e^{-ct}$$

- 在线亮度测量的期望值

$$f = \frac{1}{\Delta t} \int_{t_1}^{t_1+\Delta t} f(0) e^{-ct} dt = f(0) \frac{e^{-ct_1} - e^{-c(t_1+\Delta t)}}{c\Delta t}$$

- 与 $[t_1, t_1+\Delta t]$ 这段时间内瞬时亮度的最大偏离为

$$f(0) [(c\Delta t - 1) e^{-ct_1} + e^{-c(t_1+\Delta t)}] / (c\Delta t)$$

$$\left[ 1 - \frac{1 - \exp(-\Delta t / \tau)}{\Delta t / \tau} \right] \times 100\%$$

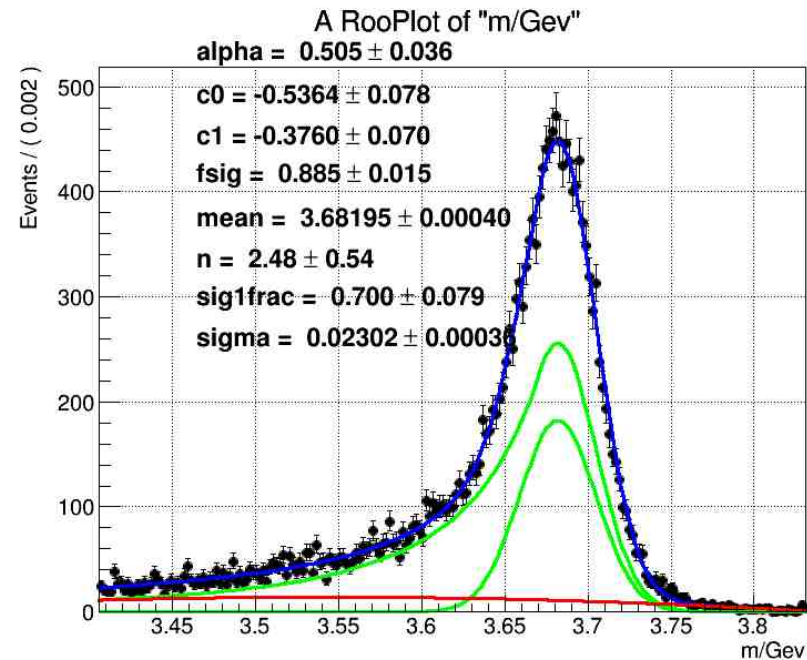
<1%



e+ life: 1.5h~2h  
e- life: >2h  
Lum. Life: >0.85h

# 在线能量测量

- › 取数过程中，保持能量稳定十分重要
- › DQM系统利用Bhabha事例，实时监控每个run的质心系能量
- › 事例选择
  - 两条带相反电荷的好的带电径迹
    - ›  $V_r < 1 \text{ cm}$ ,  $|V_z| < 10 \text{ cm}$ ,  $|\cos\theta| < 0.83$
  - EMC沉积能量  $E_{1,2} > 0.65 E_b$
  - $\Delta\theta \leq 6^\circ$ ,  $\Delta\phi \leq 6^\circ$
- › 根据MC估计，本底小于0.01%

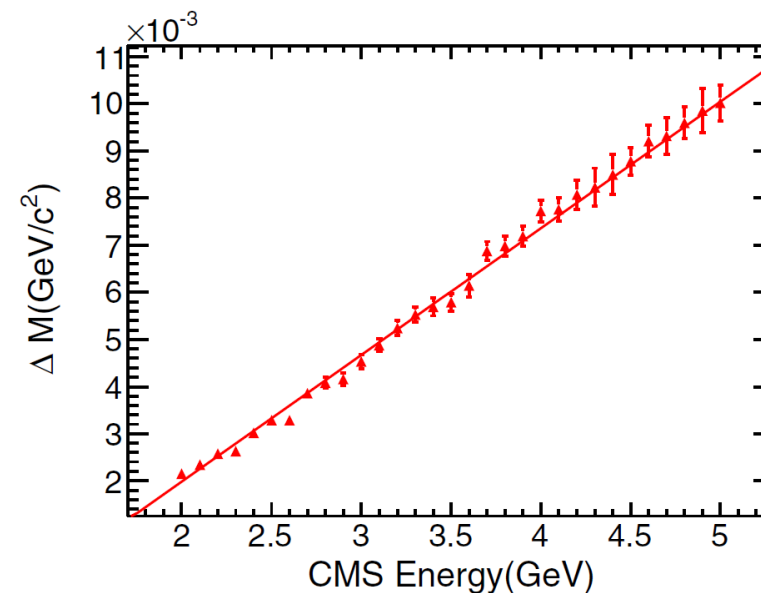


# 在线能量测量--修正 (I)

› 辐射修正:

利用Babayaga 3.5产生的MC估计修正值的大小

$$\Delta M_{rad} = (2.689 * M_{ee} - 3.394) \times 10^{-3} \text{ (GeV)}$$



**Fig. 5** Difference of the mean value of  $M(e^+e^-)$  in MC sample with radiation effect turning on and off versus CMS energy for Bhabha events. Red solid line is the fit result.  $\Delta M_{Rad} = (2.689 \pm 0.037) * 10^{-3} E_{cms}/\text{GeV} - (3.394 \pm 0.102)$

## 在线能量测量--修正 (II)

› 动量修正：主要修正由于重建算法造成的重建动量和真实动量的差异

- 利用  $e^+e^- \rightarrow \gamma_{ISR}J/\psi, J/\psi \rightarrow \mu\mu$  过程
- 从MC中得到不同能量下重建质心系能量和产生能量的差异，得到差值和能量的依赖关系
- 通过比较真实数据中  $J/\psi$  不变质量和PDG的差别得到数据中额外的修正量

$$- \Delta M_{corr} = \left( (M_{ee} - M_{J/\psi}) * 0.544 + \Delta M_{J/\psi} \right) \times 10^{-3}$$

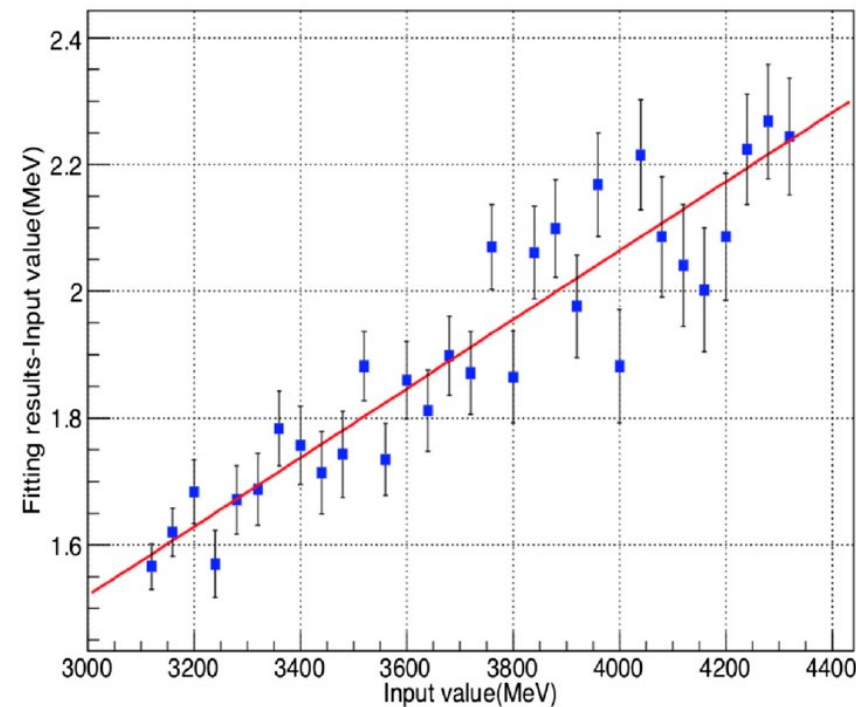
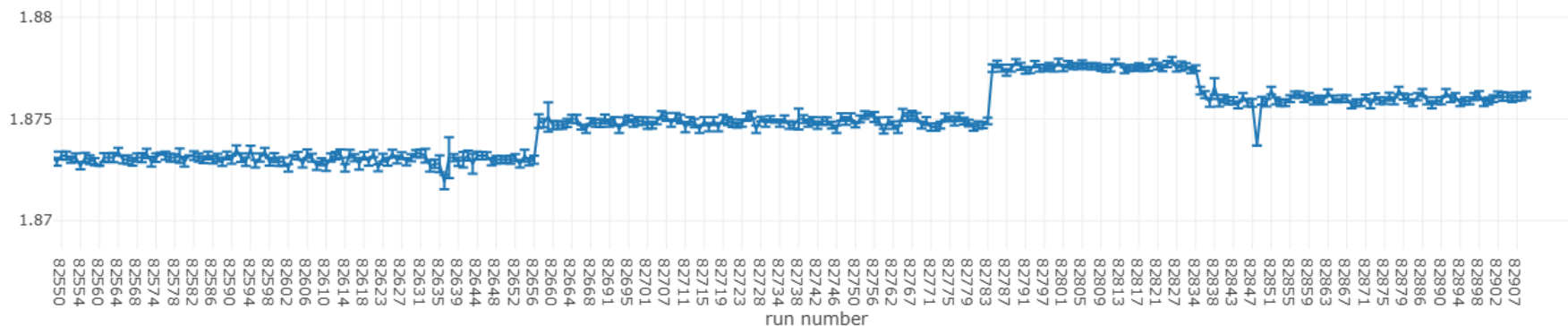


Fig. 6 The distribution of the difference of the output energy and input energy (MC) of the dimu process; red solid line is the average value

# 在线能量测量—修正 (III)

- › 修正后的质心系能量:  $E_{cms} = M_{ee} + \Delta M_{rad} - \Delta M_{corr}$
- › 额外修正: 如果有其它更精确的测量结果 (例如束流能量测量系统BMMS或者离线测量结果), 和本测量的差异  $M_{bias}$  作为额外的修正
- › 最终的能量:  $E_{cms} = M_{ee} + \Delta M_{rad} - \Delta M_{corr} + M_{bias}$



# 在线能量测量—说明

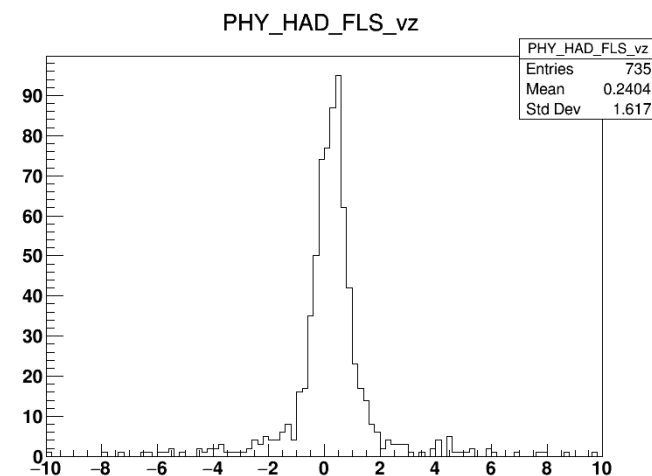
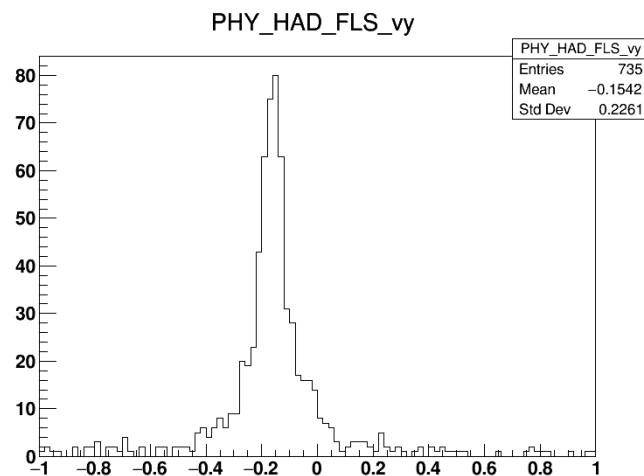
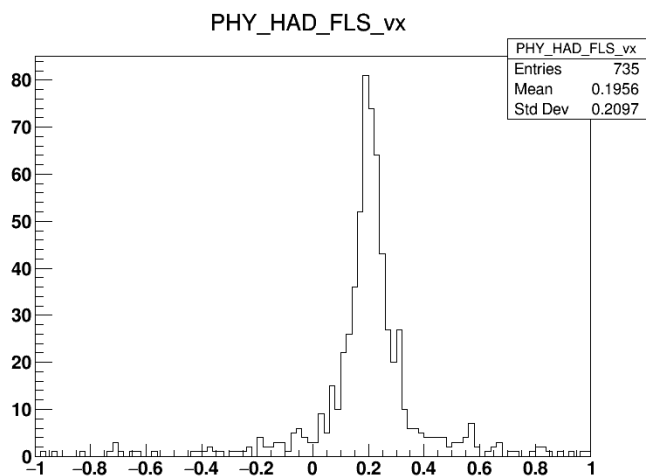
$$E_{cms} = M_{ee} + \Delta M_{rad} - \Delta M_{corr} + M_{bias}$$

- › 除了 $M_{ee}$ 是测量（拟合）值外，其它各项都是根据能量确定的预设值
- › 辐射修正项 $\Delta M_{rad}$ 根据MC得到，比较准确
- › 在线系统中使用的刻度常数是旧的刻度常数，所以动量测量不如离线刻度后精确，但一般偏差不大。特别是短期内一般不会有大的变化
- › 动量修正项 $\Delta M_{corr}$ 是在离线下得到的，不能保证和在线一致。以后新的BOSS版本将考虑去掉此项
- ›  $M_{bias}$ 项不是总能得到
- › 综合以上因素，动量的绝对测量值不一定准确，但相对测量值较准



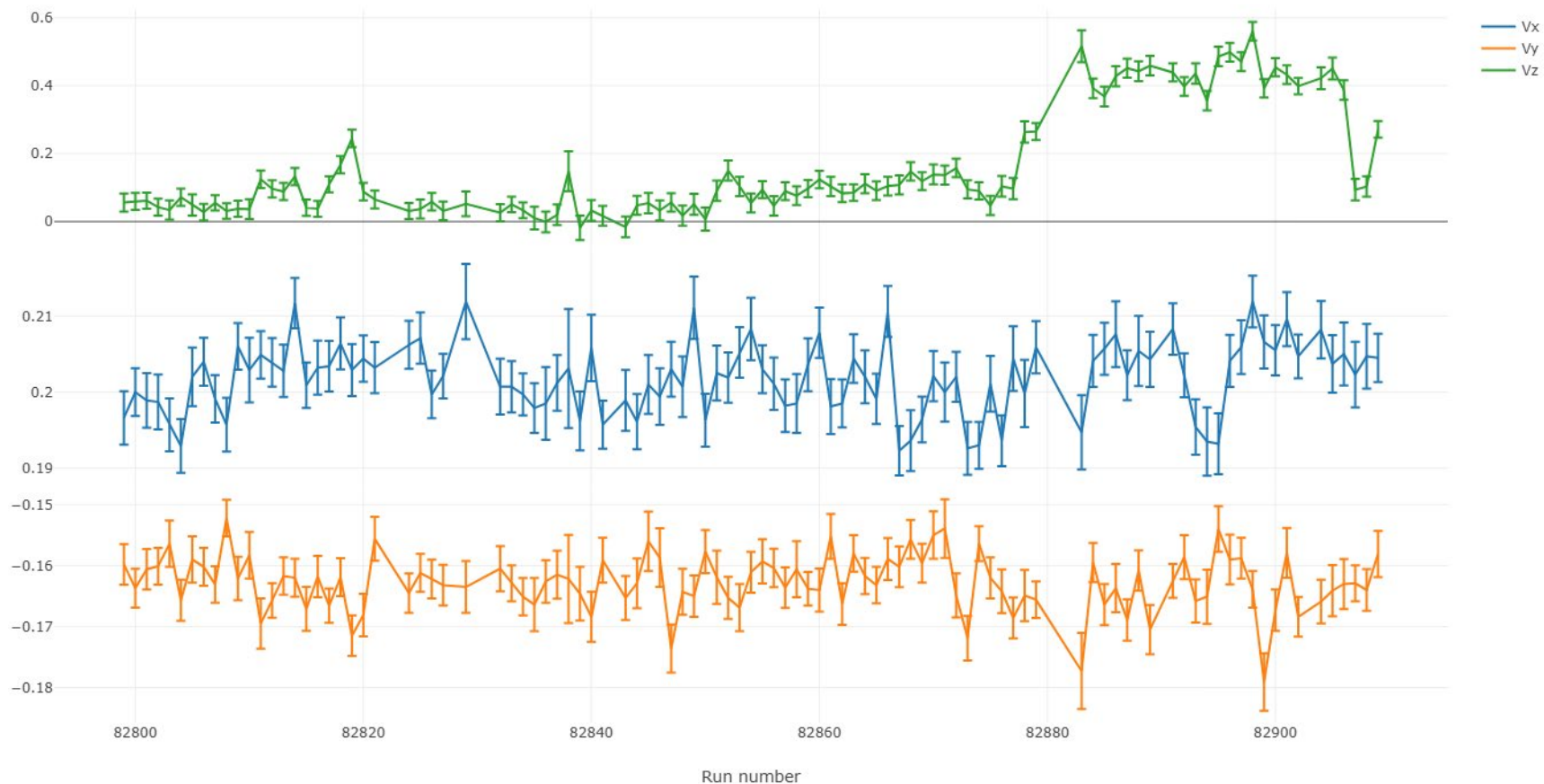
# 在线对撞点测量

- › 直接从数据中测量对撞的三维顶点位置，为对撞调束提供参考
- › 利用大于等于三条带电径迹的强子事例计算每个事例的顶点
- › 顶点的拟合采用快速顶点拟合算法
- › 拟合每个run顶点分布的直方图得到run平均顶点



# 在线对撞点测量

BESIII vertex monitoring

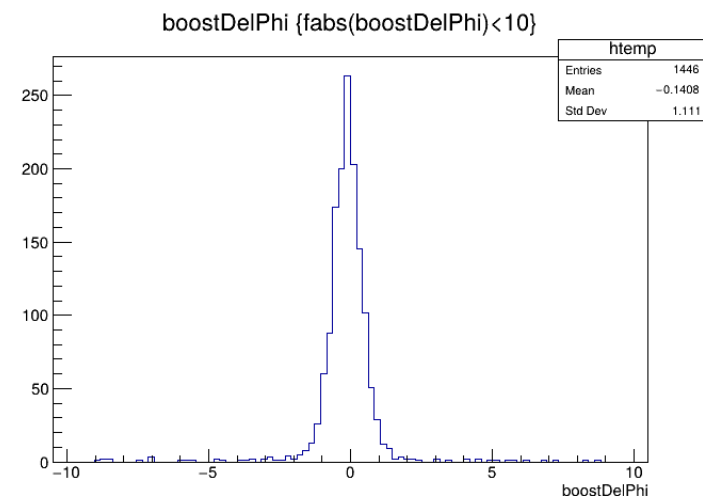


# 离线亮度计算

- › 在MC产生时，如果产生的时一个run区间的事例，需要根据每个run的亮度确定每个run产生的事例数
- › 使用两光子事例计算每个run的亮度
- › 事例选择
  - 至少两条中性径迹满足  $E > 0.6 \text{ GeV}$ ,  $|\cos\theta| < 0.83$
  - 次大能量的光子处于设定能量窗内
  - $\Delta\phi < 2.5$ 为信号区间, (2.5, 5.0)为本底区间
- › 能量窗的范围、截面、效率根据不同的能量区间取不同的参数

$$L = \frac{N}{\epsilon_{\gamma\gamma}\sigma_{\gamma\gamma}}$$

- › 绝对的亮度值不够精确，但run之间的相对亮度值较可靠

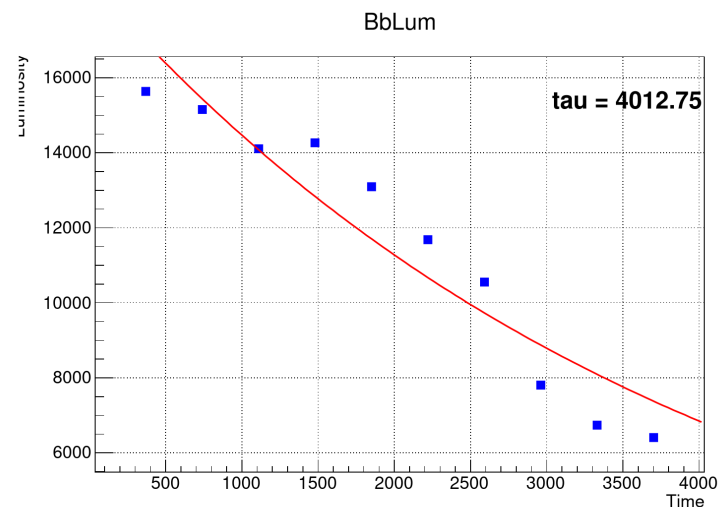
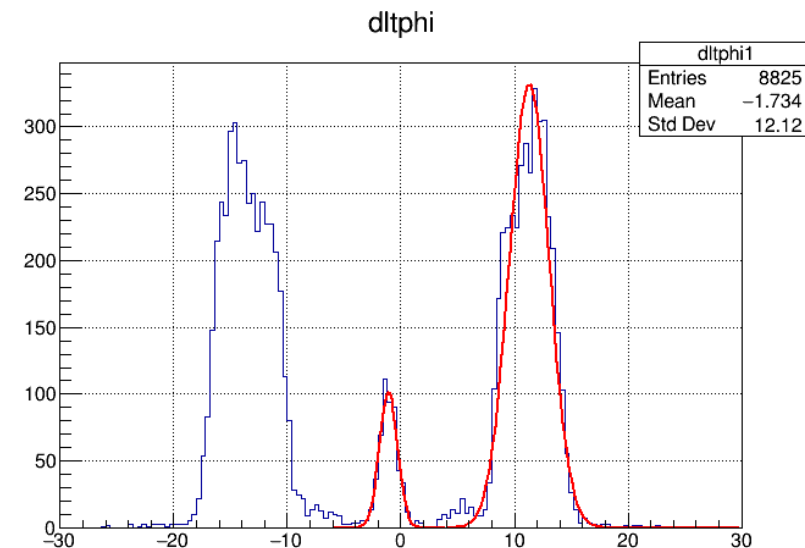


# 离线亮度曲线计算

- › 为了模拟真实数据，在重建的时候将会混入随机触发数据作为本底
- › 两种混本底时的抽样方式：均匀抽样和指数抽样
- › 在衰变取数模式下，亮度随时间下降。因此混本底时考虑亮度变化能更好地模拟数据变化
- › 理论上，亮度随时间按指数衰减，因此只要知道指数函数的衰变参数即可
- › 通过桶部Bhabha事例数随时间的分布确定参数
- › 事例选择：选择Bhabha和两光子事例
  - $0.417 < E_i/E_{\text{cms}} < 0.491$
  - $|\cos\theta_i| < 0.8$
  - $E_{\text{tot}} < E_{\text{cms}} + 0.5$  (in GeV)

# 离线亮度曲线计算

- › 将所有选出事例的 $\Delta\phi$ 分布填入直方图
- › 拟合中间峰确定峰值偏移量
- › 拟合两侧峰确定中心值和分辨
- › 将一个run的时间等分为10段, 计算每一时间段的Bhabha事例数填图
- › 拟合事例数-时间二维图得到参数



# 总结

- › BESIII的在线数据质量监控系统调用离线重建和分析算法，利用重建后的数据实时监控数据质量
- › 介绍了BESIII在线亮度测量、在线能量测量和对撞点测量的方法；离线亮度及亮度曲线参数的计算方法
- › 欢迎大家积极参与数据质量检查工作，提出改进意见

# 谢谢！