

# ALICE 实验中光子谱仪的触发选判机制的模拟研究<sup>\*</sup>

王亚平<sup>1)</sup> 蔡勖<sup>2)</sup>

(华中师范大学粒子物理研究所 武汉 430079)

**摘要** 对 ALICE 实验光子谱仪的触发选判机制进行了模拟研究, 内容包括: 1) 对光子谱仪的能量重建性能进行了研究, 通过计算机模拟检验光子谱仪探测器对大横动量范围的入射粒子的能量重建性能; 2) 对光子谱仪探测器的事件触发效率进行了研究, 通过计算机模拟分析触发阈值的选取并计算触发效率; 3) 对光子谱仪探测器的事件触发频率进行了研究, 通过计算机模拟对 p-p 和 Pb-Pb 两种碰撞模式下的触发频率分别进行了估算和讨论.

**关键词** 触发选判 能量重建 触发效率 触发频率

## 1 引言

量子色动力学(QCD)的格点理论预言, 当温度或能量密度超过某临界值时, 核物质会经历从强子相到夸克物质相的相变并形成夸克胶子等离子体(QGP)态物质. QCD相变和QGP形成的理论预言促进了超高能重离子碰撞实验的开展<sup>[1]</sup>. 超高能(或超相对论性)重离子碰撞主要指的是束流能量大于每核子10GeV的固定靶实验或者核子-核子质心系能量大于几个GeV的重核对撞实验<sup>[2]</sup>.

欧洲核子研究中心(CERN)正在建设的大型强子对撞机(LHC)实验计划于2008年实现束流对撞, 开始采集数据和物理分析. LHC运行时, 在大型重离子对撞机(ALICE)探测装置所在区, 碰撞质心系能量为 $\sqrt{s}=14\text{TeV}$ 的质子流和 $\sqrt{s_{NN}}=5.5\text{TeV}$ 的铅束流, 亮度分别为 $5 \times 10^{30}$ 和 $5 \times 10^{26}\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , 其束流能量是美国布鲁克海文国家实验室(BNL)的相对论性重离子对撞机(RHIC)实验的约30倍<sup>[3]</sup>. ALICE/光子谱仪(PHOS)探测器测量光子信号, 用来获取高能重离子碰撞初始相时的温度和研究退禁闭信号的喷注淬火现象, 其触发选判系统为ALICE触发系统提供L0和L1触发信号. L0为ALICE触发系统提供质子-质子碰撞中无偏差事件的触发, 而L1为ALICE触发系统提

供铅-铅碰撞中大横动量的光子事件的触发.

PHOS的触发选判系统必须适应高事件率、多束团和短周期的束流结构要求. LHC运行时, PHOS探测器开始探测并鉴别光子, 其触发选判系统以什么样的机制工作, 运行时的参数如何选取等都是在LHC/ALICE运行前急需解决的问题. 为此, 本文基于GEANT3软件<sup>[4]</sup>的探测器模拟和高能重离子碰撞事件模拟环境AliROOT<sup>[5]</sup>, 对PHOS的触发选判机制进行了具体的研究, 主要包括三个方面: 1) PHOS探测器的能量重建性能; 2) PHOS探测器的事件触发效率; 3) PHOS探测器的事件触发频率.

## 2 ALICE 实验 PHOS 触发选判机制概述

### 2.1 PHOS 触发选判系统的目标

PHOS探测器是采用钨酸铅( $\text{PbWO}_4$ )晶体阵列组成的全灵敏型电磁量能器(EMC), 由5个EMC模块组成, 每个EMC覆盖着 $20^\circ$ 的方位角 $\varphi$ . 每个EMC的晶体阵列按 $\theta \times \varphi = 56 \times 64$ 排列, 共3584块, 即整个PHOS由17920块钨酸铅晶体构成.

PHOS触发选判系统的设计必须满足以下条件<sup>[6]</sup>:

2005 - 10 - 09 收稿

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金(70571027)和国家教育部科学项目基金资助

1) E-mail: wangyp@iopp.cnu.edu.cn

2) E-mail: xcai@mail.cnu.edu.cn

(1) 高鉴别能力, 能够有效鉴别光子和带电的粒子、中子、反中子; (2) 高能量分辨率和位置分辨率, 同时在双光子不变质量谱上具有高质量分辨率; (3) 具有测量低横动量的中性介子和收集稀少的大横动量粒子的几何接受度.

## 2.2 PHOS触发选判机制的实现

在电子学组装和实现方式上, PHOS的每个EMC模块分成 $8(2 \times 4)$ 个触发区域单元(Trigger Region Unit, 简称TRU), 每个TRU由448( $28 \times 16$ )个晶体组成, 其中每8个晶体组成一个晶体条单元. 因此, 每个TRU是由56( $28 \times 2$ )个晶体条单元组成. 4个晶体条单元共用一个前端电子学(Front-end Electronics, 简称FEE)板, 产生32路信号. 因此, 一个PHOS模块共需要112个FEE集成板.

ALICE实验运行时, 允许PHOS产生L0触发信号的等待时间只有800ns, 产生L1触发信号的等待时间只有6200ns<sup>[7]</sup>. PHOS中, 每个TRU均采用移动窗算法产生触发信号L0或L1, 大幅度的缩短PHOS产生触发信号的时间.

在移动窗算法中, 采用 $2 \times 2$ 个晶体作为一个元胞格(Cell), 然后再以 $2 \times 2$ 个元胞格所对应的大小作为一个移动窗, 即一个移动窗对应于16个晶体. 移动窗算法以元胞格为步进单位在整个TRU区域上、下、左、右移动, 若移动窗16个晶体中沉积的能量之和大于设定的触发阈值, 就会触发一次事件, 称之为移动窗算法.

采用移动窗算法扫描完一个TRU需要移动91次. PHOS/FEE板中处理单元采用移动窗算法同时扫描8个TRU单元, 从而并行地完成对整个PHOS模块的触发选判.

## 3 ALICE/PHOS触发选判机制的研究

### 3.1 PHOS的能量重建性能

PHOS能量重建性能的好坏在一定程度上决定了PHOS的粒子鉴别性能. 理想情况下, 重建的粒子能量与该粒子的入射能量呈现良好的线性关系.

采用AliROOT中的固定枪事件产生器, 依据PHOS的几何参数设定好事件产生器的参数, 事件数为 $1 \times 10^3$ , 对编号为8988(第3个PHOS/EMC中央处)的晶体中心入射电子. 由于发生电磁簇射, 该晶体附近的晶体也会被照亮. 因此, 我们同时采集两组数据: 一组为单元格(以编号为8988的晶体为中心的

$3 \times 3=9$ 个晶体)中所有被照亮的晶体的重建能量之和; 另一组数据为第3个PHOS/EMC模块中所有被照亮的晶体的重建能量之和.

事件产生后, 对入射粒子的能量进行重建, 并用高斯分布拟合. 本模拟取该高斯分布的平均值 $\mu$ 作为入射粒子的能量 $E$ 的重建值. 当入射电子的横动量为 $6\text{GeV}/c$ 时, 其重建的能量 $E$ 分布如图1所示.

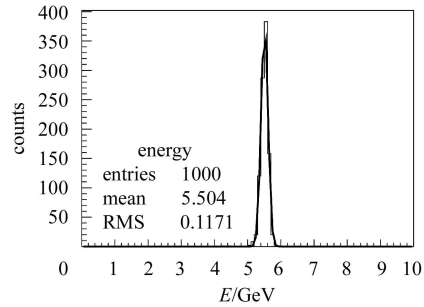


图1 入射电子横动量为 $6\text{GeV}/c$ 时的重建 $E$ 分布

图1中横坐标为能量 $E$ , 纵坐标为事件计数, 实线为高斯分布拟合线. 本节所提到的两组数据均满足高斯分布, 两组数据此时的能量分辨率 $\sigma_E/E$ 分别为1.89%和1.75%, 满足PHOS探测器要求的高能量分辨率.

经过重建和高斯拟合, 得出在低横动量( $0.4-10\text{GeV}/c$ )和高横动量范围( $10-100\text{GeV}/c$ )里PHOS对电子的重建能量符合PHOS的能量分辨率分布.

PHOS对低横动量范围和高横动量范围里的入射电子的能量重建分布如图2所示.

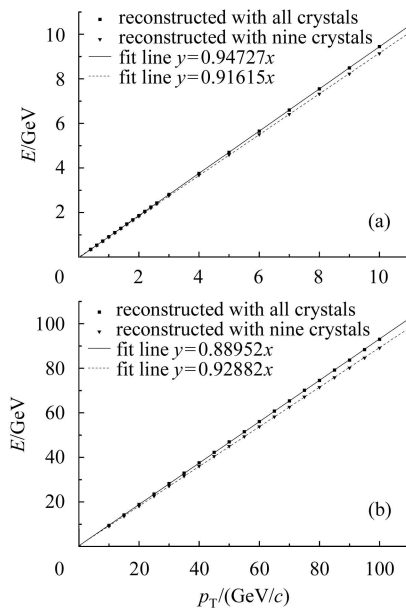


图2 低横动量(a)和高横动量(b)范围时的重建 $E$ 分布

图2中横坐标为入射的 $p_T$ 值, 纵坐标为重建的能量值 $E$ . 方格点表示的是PHOS模块中所有被照亮的

晶体的重建能量之和, 倒三角形表示的是单元格中被照亮的晶体的重建能量之和. 其中的实线和虚线分别为这两种情况下的线性拟合, 重建能量  $E$  与入射电子的横动量  $p_T$  满足线性关系:

$$E = k \times p_T. \quad (1)$$

经过拟合得出低横动量区第一种情况的拟合线斜率  $k = 0.94727 \pm 0.00055$ , 后一种情况的拟合线斜率  $k = 0.91615 \pm 0.00095$ . 高横动量区两种情况下拟合线的斜率  $k$  分别为  $0.92882 \pm 0.00106$  和  $0.88952 \pm 0.00111$ .

PHOS对入射电子能量的重建值与该入射电子的横动量成线性正比关系. 在低横动量区, 线性度达94.727%; 在高横动量区, 线性度达92.882%. 通过对图2数据的进一步分析, 虽然移动窗范围里的沉积能量与在PHOS中总的沉积能量比值呈双指数衰减趋势, 但入射粒子有至少95.91%的能量损失都沉积在以入射点晶体为中心的单元格 ( $3 \times 3 = 9$  个晶体)中, 可保证不小于95.91%的能量沉积在移动窗范围内, 保证了PHOS产生触发信号的可靠性. 因此, 在PHOS实验中采用移动窗算法是可行的.

### 3.2 PHOS的事件触发效率

ALICE/PHOS中, 采用移动窗算法既保证事件触发效率, 同时缩短了PHOS产生触发信号的时间. FEE的采样频率与LHC的时钟周期同步<sup>[7]</sup>, 即FEE每25ns就采用移动窗算法对PHOS的每个TRU区域进行并行扫描, 当移动窗范围中被照亮的晶体中沉积的能量之和超过预设的触发阈值时, PHOS触发选判系统就做出一个事件触发.

由于各TRU单元是相互独立的触发事件, 入射到TRU边界处的粒子事件就容易被漏触发, 所以TRU间的边界会降低PHOS的事件触发效率. 为了研究TRU边界对PHOS触发效率的影响, 本模拟特对以下两种情况的触发效率进行了计算机模拟: 1) 采用移动窗算法对整个PHOS模块扫描时的触发效率, 不考虑TRU间的边界影响; 2) 采用移动窗算法以TRU为单元扫描时的触发效率, 考虑TRU间的边界影响.

#### 3.2.1 触发阈值的选取

触发阈值选取得是否合理, 对PHOS的触发效率的高低有着直接的联系. 触发阈值选得过高, 就会导致事件触发效率偏低, 不利于PHOS的触发选判; 触发阈值选得偏低, 背景的影响增大, 产生触发信号的几率增大.

采用AliROOT中的移动枪事件产生器, 依据PHOS的几何参数设定事件产生器的参数, 事件数为  $1 \times 10^4$ , 每次事件移动枪事件产生器对着EMC模块中央  $1 \text{cm}^2$  方形区域以随机的角度发射光子.

事件产生后, 对入射的光子事件进行能量重建. 对某一特定  $p_T$ , 对应的重建能量谱采用高斯分布拟合, 设高斯分布的均值为  $\mu$ , 均方差为  $\sigma$ .

经比较, 本模拟取  $(\mu - 3\sigma)$  作为该  $p_T$  值对应的触发阈值. 根据正态分布的特点, 选取  $3\sigma$  宽度可以保证99.74%的事件的重建能量均高于这个阈值, 以保证阈值不至于取得过高而降低了触发效率.

入射光子在不同  $p_T$  的情况下对应的阈值分布如图3所示, 横坐标表示入射的  $p_T$  值, 纵坐标表示对应的阈值  $(\mu - 3\sigma)$ . 倒三角形代表各个  $p_T$  对应的阈值, 实线是对阈值的直线拟合.

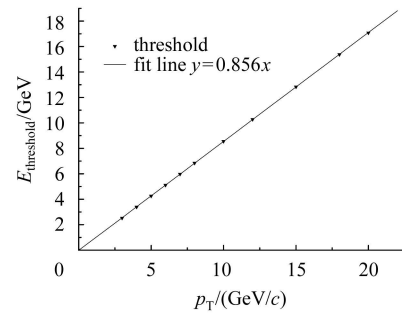


图3 触发阈值的分布

从图3可见: 1) 触发阈值  $E_{\text{threshold}}$  与光子的入射横动量  $p_T$  满足线性关系, 分布方程同方程(1), 此时的斜率  $k = 0.85600 \pm 0.00088$ ; 2) 同时也验证了PHOS对入射光子同样有良好的能量重建性能, 对入射光子的重建能量与该光子的入射能量满足线性关系.

#### 3.2.2 触发效率的计算

触发效率  $R_{\text{eff}}$  定义如下:

$$R_{\text{eff}} = \frac{N_{\text{trigger}}}{N_{\text{detect}}}. \quad (2)$$

方程(2)中  $N_{\text{trigger}}$  表示能使PHOS触发系统产生触发信号的总事件数,  $N_{\text{detect}}$  表示入射到PHOS探测器的总事件数.

本模拟中, 仍然采用AliROOT移动枪事件产生器, 但对整个PHOS模块扫描光子事件, 每个  $p_T$  值均产生  $1 \times 10^5$  个事件. 采用移动窗算法对两种情况下的触发效率均做了模拟, 分布如图4所示.

图4中横坐标为入射粒子的  $p_T$ , 纵坐标表示各个  $p_T$  对应的触发效率  $R_{\text{eff}}$ . 方格点表示考虑TRU单元间的边界影响时的触发效率, 倒三角形点表示不考虑

TRU 单元间的边界影响时的触发效率, 两种情况下触发效率分布满足方程:

$$R_{\text{eff}} = A_0 + A_1 e^{-\frac{p_T}{A_2}}. \quad (3)$$

方程(3)中  $A_0$ ,  $A_1$  和  $A_2$  为拟合参数. 图4中实线和虚线是分别对这两组数据的一次指数衰减分布拟合, 方格点的3个拟合参数分别为  $A_0=0.76968 \pm 0.0014$ ,  $A_1=0.11561 \pm 0.00216$  和  $A_2=6.63358 \pm 0.33605 \text{ GeV}/c$ , 倒三角形的3个拟合参数分别为  $A_0=0.80389 \pm 0.00224$ ,  $A_1=0.10549 \pm 0.0023$  和  $A_2=7.60066 \pm 0.58455 \text{ GeV}/c$ .

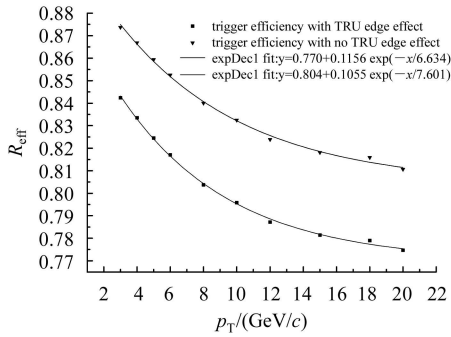


图4 PHOS 的事件触发效率分布图

由图4可得, 在考虑TRU边界影响的情况下, PHOS在各个  $p_T$  值的事件触发效率平均整体下降了约3.4%. 同时也从分布看出PHOS的触发效率随着入射粒子的横动量的增大而成指数衰减, 这主要由于随着入射粒子  $p_T$  的增大, 该粒子入射到PHOS时照亮的晶体区域会增大, 从而: (1) 导致移动窗范围里的沉积能量与在PHOS中总的沉积能量之比值呈双指数衰减趋势, 因此使PHOS的触发效率有衰减的趋势; (2) 单根晶体中沉积的能量会增加, 但其在PHOS中总的沉积能量中的比重会随  $p_T$  的增大而下降, 因此PHOS边界对触发效率的影响会随  $p_T$  的增大而加大.

尽管采用TRU的FEE设计使触发效率有所降低, 但不影响PHOS的样本统计和触发选判. 同时采用TRU设计方案可以大大缩短PHOS产生触发信号所需的时间, 以满足ALICE触发系统的需求.

### 3.3 PHOS 的事件触发频率

考虑到ALICE各子探测器的特点和需求, LHC实验计划在一年的运行时间里, 花  $10^7$ s 用于质子-质子碰撞, 而花  $10^6$ s 用于重离子-重离子碰撞实验<sup>[8]</sup>. 对于这两种碰撞模式, 运行时间和相互作用率都是确定的, 碰撞事件数也随之确定. ALICE实验碰撞过程中产生非常大的粒子多重数, 事件频率很高, 总事件数据量很大. 若将每次事件均存储到数据获取系

统, 这对实验设备是个很大的技术挑战. 同时, 对于实验数据分析而言, 只需要足够的事件样本信号. 因此ALICE的子探测器必须选取合适的事件触发频率以获取足够的事件样本数.

对于ALICE/PHOS探测器来说, 需选取合适的事件触发频率触发事件和存储事件. 同时, 若PHOS在满足数据分析工作需求的情况下对直接光子  $\gamma_{\text{direct}}$ ,  $\pi^0$  和  $\eta$  事件的触发频率较低时, 则PHOS探测器自身可以为PHOS/FEE提供触发信号, 而不需要来自ALICE触发系统提供的L0和L1触发.

LHC在2008年运行时, ALICE实验可能只安装1个或3个PHOS模块. 对于PHOS而言, 为了得到足够的统计量, 我们就得在实验运行前分析ALICE在安装1个、3个和5个PHOS模块情况下的p-p, Pb-Pb两种碰撞模式的事件触发频率.

本文中只考虑PHOS几何接受度范围内的粒子事件, 事件产生后得出在1个、3个和5个PHOS模块情况下直接光子  $\gamma_{\text{direct}}$ ,  $\pi^0$  和  $\eta$  事件的归一化  $p_T$  谱, 并用Power Law分布拟合.

该Power Law拟合方程满足

$$\frac{1}{2\pi p_T N_{\text{ev}}} \frac{dN}{dp_T} = A \left(1 + \frac{p_T}{p_0}\right)^{-n}. \quad (4)$$

方程(4)左边为粒子的归一化  $p_T$  分布, 右边为Power Law拟合表达式. 拟合表达式中有3个参数  $A$ ,  $p_0$  和  $n$  通过数据拟合求得,  $p_T$  为粒子的横动量. 由方程(4)可得, 一次碰撞过程PHOS在  $[p_T, p_T + \Delta p_T]$  区间能测量到的  $\gamma_{\text{direct}}$ ,  $\pi^0$  和  $\eta$  的粒子数  $N_{\text{par}}$  可以近似表示为

$$N_{\text{par}} = A \left(1 + \frac{p_T}{p_0}\right)^{-n} \times 2\pi p_T \Delta p_T. \quad (5)$$

方程(5)中,  $p_T$  为粒子的横动量,  $\Delta p_T$  为粒子的归一化  $p_T$  谱的直方图  $p_T$  区间的大小, 本模拟中p-p碰撞事件设定的  $\Delta p_T$  为  $0.5 \text{ GeV}/c$ , Pb-Pb碰撞事件设定的  $\Delta p_T$  为  $1 \text{ GeV}/c$ .

设定PHOS实验的统计误差最大允许10%, 则在每个  $p_T$  处的粒子样本数  $N_{\text{sample}}$  达到100个即可满足数据分析工作, 同时还得考虑PHOS的事件触发效率  $R_{\text{eff}}$  的影响. 因此, 在满足该实验数据分析工作需求(即  $N_{\text{sample}}=100$ ) 的碰撞事件数  $N_{\text{event}}$  满足

$$N_{\text{event}} = \frac{N_{\text{sample}}}{N_{\text{par}} \times R_{\text{eff}}}. \quad (6)$$

依据本文3.2.2节触发效率拟合方程(3)及其拟合参数, 计算出PHOS在10, 20, 30, 40和  $50 \text{ GeV}/c$  处的

触发效率  $R_{\text{eff}}$  分别为 79.56%, 77.57%, 77.13%, 77.03% 和 77.01%.

因此, PHOS 的事件触发频率  $R_{\text{trig}}$  定义如下:

$$R_{\text{trig}} = \frac{N_{\text{event}}}{t}. \quad (7)$$

方程 (7) 中,  $t$  表示 LHC 运行期间两种碰撞模式各自的运行总时间. 触发频率  $R_{\text{trig}}$  应不大于相互作用率  $R_{\text{min-bias}} = L \times \sigma_{\text{total}}$  [8], 其中  $L$  为亮度,  $\sigma_{\text{total}}$  为无偏差碰撞事件的总横截面.

由方程 (4) 对  $\gamma_{\text{direct}}$ ,  $\pi^0$  和  $\eta$  事件的归一化  $p_T$  谱拟合出来的参数通过方程 (5), (6) 和 (7) 计算出 PHOS 的事件触发频率.

### 3.3.1 p-p 碰撞的事件触发频率

ALICE 实验将使用碰撞质心系能量  $\sqrt{s}=14\text{TeV}$  的质子流. 在该碰撞模式下, ALICE 提供给束流的亮度  $L$  可以达到  $5 \times 10^{30} \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  [9], 该模式下无偏差事件的总横截面  $\sigma_{\text{total}}=101.5 \text{mb}$ . p-p 碰撞事件产生器采用 Pythia6.2, 本模拟中打开多次散射过程, 调用部分子分布方程 CETQ5L, 并选择模型 4, Pythia 的参数设定参考文献 [4, 10].

利用 Pythia 事件产生器模拟  $6 \times 10^6$  次 p-p 碰撞. PHOS 的触发选判系统产生的 L0 触发是对该碰撞模式下无偏差碰撞中光子事件的触发, 因此本模拟对无偏差碰撞中的光子事件进行统计分析.

p-p 碰撞模式下 PHOS 触发频率分布如图 5 所示.

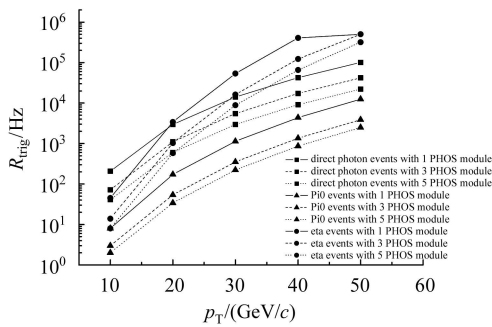


图 5  $\sqrt{s}=14\text{TeV}$  下 p-p 碰撞模式下 PHOS 的事件触发频率分布

### 3.3.2 Pb-Pb 碰撞的事件触发频率

ALICE 实验将使用碰撞质心系能量  $\sqrt{s_{\text{NN}}}=5.5\text{TeV}$  的重离子铅束流. LHC 提供 Pb-Pb 碰撞的最大亮度  $L_{\text{max}}$  达  $10^{27} \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  [7], Pb-Pb 碰撞的总横截面  $\sigma_{\text{total}}=7.73 \text{b}$ , 依据方程  $R_{\text{min-bias}}=L \times \sigma_{\text{total}}$ , 则每秒钟约有 8000 次无偏差碰撞.

Pb-Pb 碰撞的事件产生器采用 HIJING1.36, 该事件产生器可模拟高能重离子碰撞事件. 本文采用 HI-

JING 事件产生器模拟  $\sqrt{s_{\text{NN}}}=5.5\text{TeV}$  下 Pb-Pb 碰撞的无偏差事件, 产生  $3 \times 10^5$  次碰撞. 本模拟打开喷注淬火 (Jet Quenching) 和屏蔽效应, 并且关掉  $\pi^0$  介子和重粒子衰变过程, 碰撞参数 (Impact parameters) 范围设定为 (0,3) fm.

PHOS 触发选判系统产生的 L1 触发信号是对于 Pb-Pb 无偏差碰撞中大横动量光子事件的触发, 本模拟考虑无偏差碰撞产生的且在 PHOS 探测器几何接受度范围内的直接光子  $\gamma_{\text{direct}}$ ,  $\pi^0$  和  $\eta$  事件. 铅-铅碰撞模式下 PHOS 在 1 个、3 个和 5 个 PHOS 模块这 3 种情况下的事件触发频率的计算方法同上.

Pb-Pb 碰撞模式下 PHOS 触发频率分布如图 6 所示.

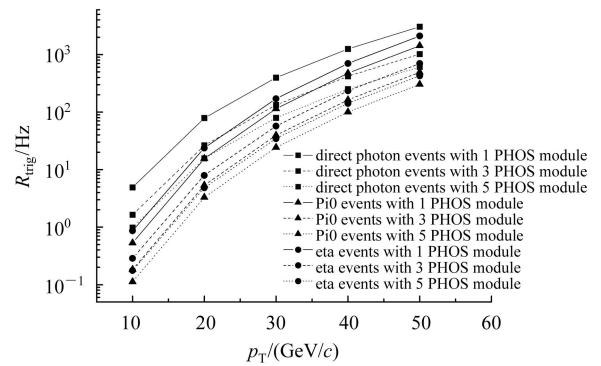


图 6  $\sqrt{s}=5.5\text{TeV}$  下 Pb-Pb 碰撞模式下 PHOS 的事件触发频率分布

根据实验模拟结果得出: (1) 质子-质子无偏差碰撞模式下, PHOS 的事件触发频率总体较高; 铅-铅无偏差碰撞模式下, PHOS 的事件触发频率总体较低. (2) 两种碰撞模式下, PHOS 对于大横动量直接光子事件的触发频率相对于  $\pi^0$  和  $\eta$  事件要高. (3) 铅-铅无偏差碰撞模式下, PHOS 对直接光子事件的最高触发频率约为 2000 Hz. 因此, 该碰撞模式下, 可以考虑由 PHOS 自身对大横动量光子事件提供触发信号 L1. (4) 质子-质子无偏差碰撞模式下, 低横动量的光子事件可以考虑由 PHOS 自身提供触发 L0, 而对于大横动量光子事件则需要由 ALICE 触发系统提供 L0 触发. (5) 在质子和铅-铅碰撞模式下, 对于只安装 1 个、3 个或 5 个 PHOS 模块这 3 种情况下的事件触发频率之间呈现简单倍数关系.

## 4 总结

本文从三个方面对 PHOS 的触发选判机制进行了研究, 并对计算机模拟结果进行了分析和讨论.

1) 对 PHOS 的能量重建性能进行了研究, 通过实验模拟作出了 PHOS 对低横动量范围 (0.4—10 GeV/c) 和高横动量范围 (10—100 GeV/c) 里的入射电子的能量重建分布图, 并讨论了 PHOS 对光子的能量重建性能. 得出入射粒子的重建能量分辨率满足 PHOS 高能量分辨率的要求; PHOS 对低横动量范围和高横动量范围里的入射粒子 (电子和光子) 的重建能量与该粒子的入射能量呈现良好的线性关系. 本文的模拟结果与 PHOS 的束流实验结果是一致的, 这能很好验证本文模拟结果的可靠性.

2) 基于 PHOS 探测器前端电子学的设计, 考虑到 TRU 边界的影响, 本文对 PHOS 的事件触发效率进行了研究. 通过实验模拟得出: 入射粒子  $p_T$  值与触发阈值呈现良好的线性关系; 计算出了考虑 TRU 间边界影

响和不考虑 TRU 间边界影响的情况下 PHOS 的事件触发效率, 发现在这两种情况下 PHOS 的事件触发效率随入射粒子的  $p_T$  的增大成指数衰减, 且 TRU 边界影响会使触发效率整体下降约 3.4%.

3) 考虑到 ALICE 实验在两种不同的碰撞模式下运行, 且碰撞过程产生的粒子密度非常大, PHOS 探测器必须选择适当的事件触发频率以满足实验的需求. 在质子-质子、铅-铅两种碰撞模式下, 本文通过对实验模拟分别估算了只安装 1 个、3 个和 5 个 PHOS 模块时应该采用的事件触发频率.

作者感谢殷中宝副教授的指导和帮助, 感谢周代翠教授以及 CERN/ALICE 实验组提供的帮助.

## 参考文献(References)

- 1 Hans Specht. Nucl. Phys., 2002, **A698**: 341—359C
- 2 CAI Xu, ZHOU Dai-Mei. HEP & NP, 2002, **26**(9): 971—990 (in Chinese)  
(蔡勛, 周代梅. 高能物理与核物理, 2002, **26**(9): 971—990)
- 3 ALICE Collaboration. ALICE Technical Proposal. CERN/LHCC/95-71
- 4 CERN Program Library. Geant Detector Description Tool, Version 3.21. W5103 CERN, 1994
- 5 ALICE Collaboration. <http://aliweb.cern.ch/offline>
- 6 ALICE Collaboration. ALICE Physics Performance Report (Vol II). CERN/LHCC/2005-0NN
- 7 Hans Muller et al. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 2004, **A518**: 525—528
- 8 ALICE Collaboration. ALICE Physics Performance Report (Vol I). CERN/LHCC/2003-049
- 9 Loizides A. <http://xxx.lanl.gov/nucl-ex/0501017> v1
- 10 Moraes M. Minimum Bias Interactions and the Underlying Event. ATLAS-UK Physics Meeting, 2002

# Simulation Studies on the Trigger Decision Criterion of Photon Spectrometer in ALICE Experiment \*

WANG Ya-Ping<sup>1)</sup> CAI Xu<sup>2)</sup>

(Institute of Particle Physics, CCNU, Wuhan 430079, China)

**Abstract** This paper studies deeply trigger decision criterion of the PHOS in ALICE experiment by simulation, including three parts: 1) the energy reconstruction performance of PHOS is tested; 2) the selection of trigger threshold is analyzed and the trigger efficiency is calculated; 3) the trigger rate of PHOS is evaluated and its selection is discussed for the different collision mode.

**Key words** trigger decision, energy reconstruction, trigger efficiency, trigger rate

Received 9 October 2005

\*Supported by National Natural Science Foundation of China (70571027) and Science Foundation of Ministry of Education of China

1) E-mail: wangyp@iopp.cnu.edu.cn

2) E-mail: xcai@mail.cnu.edu.cn