

BESIII 主漂移室径迹的外推和径迹匹配*

王亮亮^{1,1)} 苑长征¹ 马秋梅¹ 马想¹ 王大勇¹ 邓子艳¹ 尤郑昀² 毛泽普¹
文硕频¹ 孙永昭¹ 刘怀民¹ 刘春秀¹ 李卫东¹ 伍灵慧¹ 张长春¹ 邱进发¹
何康林¹ 何苗¹ 张学尧³ 张瑶³ 季晓斌¹ 郑直¹ 冒亚军² 俞国威¹
袁野¹ 蒋林立⁴ 谢宇广¹ 臧石磊¹

1 (中国科学院高能物理研究所 北京 100049)

2 (北京大学物理学院技术物理系 北京 100871)

3 (山东大学 济南 250100)

4 (中国科学技术大学 合肥 230026)

摘要 BESIII 主漂移室重建径迹的外推算法采用面向对象的设计方法, 利用 GEANT4 部分代码开发实现, 它提供主漂移室带电径迹外推到外部其他子探测器上的预期径迹信息. 该算法的外推过程考虑了带电径迹在磁场中的偏转以及与探测器物质相互作用造成的电离能损, 并为径迹参数计算考虑了库仑多次散射效应影响在内的参数误差矩阵. 经检查, 主漂移室径迹的外推结果和完全模拟结果一致, 并且径迹外推的结果能够成功用于各个子探测器测量径迹间的匹配, 这些工作为分析实验数据作了必要的准备, 能够满足 BESIII 实验的使用要求.

关键词 径迹外推 GEANT4 多次散射 径迹匹配

1 引言

BESIII²⁾ (北京谱仪3) 是为配合高亮度、多束团对撞机 BEPC II 而采用现代探测技术建造的高精度通用探测器. 为了适应 BESIII 数据处理的要求, 在借鉴 BES II^[1] 以及国际上一些其他高能物理实验的离线软件成果的基础上, BESIII 的离线软件系统 (BOSS) 进行了重新的设计和开发. BESIII 离线软件系统是以 Gaudi^[2] 为底层框架而进一步开发的软件平台. BESIII 的数据处理和物理分析, 即事例模拟、事例重建、离线刻度、物理分析等工作都将在这个统一软件平台下进行.

BESIII 主要子探测器包括主漂移室 (MDC)、飞行时间探测器 (TOF)、电磁量能器 (EMC)、 μ 子鉴别器 (MUC) 等. 径迹外推的任务是根据主漂移室重建出的径迹参数及误差矩阵, 计算该径迹在 MDC 以外

各子探测器上预期的位置、动量、及相应的误差矩阵等信息. 径迹外推的结果将用于 TOF, EMC 和 MUC 的事例重建等工作中, 例如它们将会用于 TOF 闪烁体中光传输时间的计算、飞行时间信息的匹配、粒子到达 TOF 预期飞行路径的提供、量能器信息的匹配、量能器位置信息的刻度、 μ 子鉴别器寻迹 (重建) 的种子 (seed) 等方面. 下面, 将详细介绍 BESIII 主漂移室径迹外推的原理、算法实现, 外推结果与完全模拟结果的比较, 外推结果在径迹匹配中的使用, 以及在以上工作基础上进行的模拟数据分析的例子.

2 主漂移室径迹的外推

带电粒子在探测器的磁场中会发生偏转, 并与探测器物质发生如下主要相互作用: 电离能损, 多次库仑散射; 轻子会有韧致辐射, 其中电子会在电磁量能

2006 - 04 - 18 收稿

* 国家自然科学基金(10491303)和中国科学院百人计划(U-25)资助

1) E-mail: llwang@mail.ihep.ac.cn

2) BESIII 设计报告, 高能物理研究所内部资料, 2004.

器中产生电磁簇射; 强子会在量能器中产生强子簇射, 其中反质子还会在探测器中湮没; 另外粒子自身也可能衰变. 在这些过程中, 韧致辐射、电磁簇射、强子簇射、湮没、衰变, 都不是在整个探测器中发生的连续过程, 其作用结果亦具有很大的不确定性, 所以在带电径迹外推中这些过程将不予考虑. 磁场偏转改变径迹预期穿过探测器的位置、方向, 电离能损会使粒子动量变小导致粒子在磁场中的偏转程度也发生变化, 这两个过程需要在径迹预期位置、动量方向的确定过程中加以考虑. 多次库仑散射效应相对径迹前进方向是柱对称的, 在散射效应不太大时(实际上在径迹动量较小时, 这个前提不能很好地满足), 只改变实际径迹位置分布、动量大小和方向分布的宽度, 而不会改变径迹位置、动量大小和方向的预期值, 所以多次散射效应将只需在径迹参数的误差矩阵中考虑.

2.1 主漂移室径迹外推算法的实现

在考虑带电粒子的磁场偏转、电离能损的情况下较精确的计算径迹预期参数的一个常用方法是小步长外推. 该方法把径迹近似为螺旋线, 在每个小步长结束时从粒子动量中减去该步长的电离能损, 然后再进行下一个小步外推, 直到推至要求的位置. GEANT4^[3] 作为高能物理实验的模拟工具软件, 能够精确描述探测器的结构、物质和磁场, 并以小步长传输粒子的方法来精确模拟粒子与探测器的各种相互作用, 所以利用 GEANT4 的部分代码来实现较高精度的径迹外推是一个不错的方案.

作为 BOSS 中的算法模块 (Algorithm), 径迹外推程序 TrkExtAlg 的主体可分为算法初始化部分、事例循环部分和算法结束部分. 其中, 事例循环部分对于每个事例都会被执行一次.

在算法的初始化部分, 首先会利用 GEANT4 提供的功能构建与 BESIII 模拟完全一致的 BESIII 探测器以及磁场分布. 这是探测器和磁场在计算机上最精确的描述, 也是保证径迹外推的精度和真实度的基础. 然后, 创建粒子类型. BESIII 实验主要的带电末态为 e^\pm , π^\pm , K^\pm , p , \bar{p} . 接着, 为每个粒子类型创建带电径迹参数外推需要考虑的两个物理过程. 其中, 传输过程使用 GEANT4 定义的物理过程类 G4Transportation, 它负责描述粒子在探测器中的传输, 包括了磁场的偏转效应. 电离是一个有涨落的过程, GEANT4 定义的电离过程已经考虑了涨落, 但是在外推过程里想得到的都是预期信息, 不希望电离能损大小有涨落, 所以修改了 GEANT4 描述电

子、 μ 子、强子电离过程的程序类, 去除了电离能损的涨落效应. 修改后的类被命名为 ExteIonisation, ExtMuIonisation, ExthIonisation, 用于创建外推粒子的电离过程.

图 1 描述了径迹外推程序事例循环部分的基本流程. 在事例循环部分, 对于每一个事例, 径迹外推程序先从 BOSS 提供的瞬态数据缓存 (TDS) 中取出主漂移室重建软件输出的一根径迹的螺旋线参数, 经过转换计算得到外推径迹的初始位置和动量, 由此创建一个待外推的径迹对象, 创建径迹时需要指定径迹的粒子类型, 算法里默认的粒子类型为 π 介子. 一个 GEANT4 定义的 G4TrackingManager 类的对象会被创建, 它负责完成待外推的径迹对象的跟踪. 这里的跟踪的含义是指, 考虑磁场偏转和预期电离能损两个物理过程, 将粒子往前一步一步地推进, 直至粒子动量为 0 或者粒子离开了 BESIII 探测器. 在每步结束时, 除了计算更新径迹参数的误差矩阵 (见下小节详述) 外, 还会检查径迹当前的位置信息: 如果粒子刚好到达外部子探测器灵敏单元的表面, 相应的径迹参数 (即位置、动量) 及误差矩阵会被记录下来. 类似地, 一个事例中所有主漂移室重建出的径迹都要进行这样的径迹外推, 当所有径迹外推完成之后, 该事例的所有径迹的外推结果将被存入 TDS, 供其他数据处理程序使用.

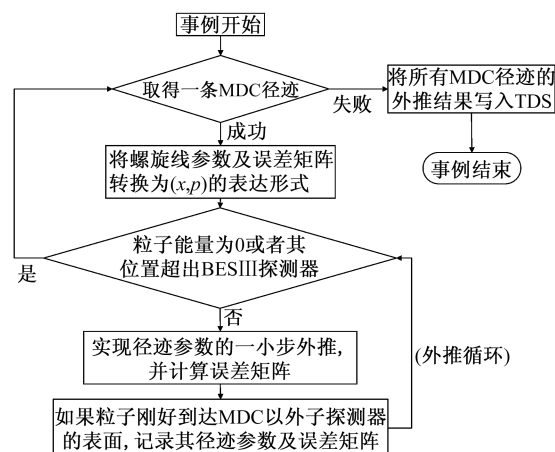


图 1 TrkExtAlg 程序包事例循环部分的流程图

在程序结束部分, 主要完成内存释放等工作, 此处不再赘述.

2.2 外推径迹参数的误差矩阵的计算

我们知道, 主漂移室的重建径迹的参数是有误差的, 在外推中这些误差将会被传递和放大, 多次散射效应也是径迹参数不确定性的一个主要来源. 幸运的是, 通过小步长反复迭代来计算径迹外推误差的公式

已经有人提供^[4], 下面具体说明 BESIII 带电径迹外推程序中误差矩阵的计算:

首先, 由于在外推过程中, 使用的径迹参数形式为 (x, y, z, p_x, p_y, p_z) , 所以在取得主漂移室的重建径迹的螺旋线参数后, 需要转换计算外推径迹的初始位置和动量. 同时, 对应的外推径迹初始位置动量参数的误差矩阵由 MDC 重建径迹的螺旋线参数误差矩阵计算得到, 这是外推径迹的初始误差矩阵. 在每一小步外推结束时, 误差矩阵都会更新, 误差矩阵的计算如下

$$E' = J \cdot E \cdot J^T + E_m, \quad (1)$$

$$\text{其中, } E = \begin{pmatrix} \varepsilon_{xx} & \varepsilon_{xy} & \varepsilon_{xz} & \varepsilon_{xp_x} & \varepsilon_{xp_y} & \varepsilon_{xp_z} \\ \varepsilon_{yx} & \varepsilon_{yy} & \varepsilon_{yz} & \varepsilon_{yp_x} & \varepsilon_{yp_y} & \varepsilon_{yp_z} \\ \varepsilon_{zx} & \varepsilon_{zy} & \varepsilon_{zz} & \varepsilon_{zp_x} & \varepsilon_{zp_y} & \varepsilon_{zp_z} \\ \varepsilon_{p_x x} & \varepsilon_{p_x y} & \varepsilon_{p_x z} & \varepsilon_{p_x p_x} & \varepsilon_{p_x p_y} & \varepsilon_{p_x p_z} \\ \varepsilon_{p_y x} & \varepsilon_{p_y y} & \varepsilon_{p_y z} & \varepsilon_{p_y p_x} & \varepsilon_{p_y p_y} & \varepsilon_{p_y p_z} \\ \varepsilon_{p_z x} & \varepsilon_{p_z y} & \varepsilon_{p_z z} & \varepsilon_{p_z p_x} & \varepsilon_{p_z p_y} & \varepsilon_{p_z p_z} \end{pmatrix},$$

$$E' = \begin{pmatrix} \varepsilon'_{xx} & \varepsilon'_{xy} & \cdots \\ \varepsilon'_{yx} & \varepsilon'_{yy} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \ddots \end{pmatrix} \text{ 分别是外推当前步开始时和结} \\ \text{束时的误差矩阵, } J = \begin{pmatrix} \frac{\partial x'}{\partial x} & \frac{\partial x'}{\partial y} & \cdots \\ \frac{\partial y'}{\partial x} & \frac{\partial y'}{\partial y} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \ddots \end{pmatrix} \text{ 是对应于外}$$

推的当前一小步传输的雅可比行列式, E_m 是多次散射效应的修正项.

雅可比行列式 J 的计算, 可由以下传输关系求得

$$x' = x + \Delta s \frac{p_x}{|\mathbf{p}|}, \quad (2)$$

$$y' = y + \Delta s \frac{p_y}{|\mathbf{p}|}, \quad (3)$$

$$z' = z + \Delta s \frac{p_z}{|\mathbf{p}|}, \quad (4)$$

$$p'_x = p_x(1 - \delta) + \frac{e}{|e|} \frac{\Delta s}{\alpha \cdot |B|} \frac{p_y \cdot B_z - p_z \cdot B_y}{|\mathbf{p}|}, \quad (5)$$

$$p'_y = p_y(1 - \delta) + \frac{e}{|e|} \frac{\Delta s}{\alpha \cdot |B|} \frac{p_z \cdot B_x - p_x \cdot B_z}{|\mathbf{p}|}, \quad (6)$$

$$p'_z = p_z(1 - \delta) + \frac{e}{|e|} \frac{\Delta s}{\alpha \cdot |B|} \frac{p_x \cdot B_y - p_y \cdot B_x}{|\mathbf{p}|}. \quad (7)$$

这里, $\delta (= \Delta p/p)$ 是由于粒子在物质中的电离能损造成的动量损失因子, e 是粒子的电荷数, B 代表磁场, $\alpha = 1/(c|B|)$ 是与磁场有关的参量, Δs 是步长. (计算出的 J 的表达式此处省略.)

由于多次散射相对于径迹方向是柱对称的, 可以先在径迹坐标系中计算多次散射效应项矩阵形式 E'_m , 径迹坐标系可以由以下单位矢量来定义:

e'_x : 垂直于径迹的某个方向

e'_y : $e'_z \times e'_x$

e'_z : 径迹前进方向

接着, 定义坐标系:

$$X = (e_x, e_y, e_z), \quad (8)$$

$$X' = (e'_x, e'_y, e'_z), \quad (9)$$

X 表示实验室坐标系, X' 表示径迹坐标系, 从 X 系转换到 X' 系的变换矩阵 R 为

$$R = X'^T \cdot X. \quad (10)$$

在 X' 坐标系中, 多次散射效应 E'_m 的矩阵形式为

$$E'_m = \begin{pmatrix} E'_{11} & E'_{12} \\ E'_{12} & E'_{22} \end{pmatrix}, \quad (11)$$

其中 $E'_{11}, E'_{12}, E'_{22}$ 都是 3×3 的矩阵

$$E'_{11} = \begin{pmatrix} m_{11} & 0 & 0 \\ 0 & m_{11} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad (12)$$

$$E'_{12} = \begin{pmatrix} m_{12} & 0 & 0 \\ 0 & m_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad (13)$$

$$E'_{22} = \begin{pmatrix} m_{22} & 0 & 0 \\ 0 & m_{22} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad (14)$$

$$m_{11} = \frac{1}{3} \theta_0^2 (\Delta t)^2, \quad (15)$$

$$m_{12} = \frac{1}{2} \theta_0^2 \Delta t \cdot |\mathbf{p}|, \quad (16)$$

$$m_{22} = \theta_0^2 |\mathbf{p}|, \quad (17)$$

其中 Δt 是物质的厚度, 在实际应用中就用步长 Δs 近似, 粒子经过薄物质层后散射效应可用高斯分布形式近似描述, θ_0 是描述该分布的一个角度参数, 表达式近似为

$$\theta_0 = \frac{14.1}{\beta p} \sqrt{\frac{\Delta t}{X_0}}, \quad (p \text{ 单位: MeV}/c), \quad (18)$$

X_0 是当前物质的单位辐射长度, 在外推程序中, 每进入新的物质层, 都会通过 GEANT4 构建的探测器物质

对象取得该参数. 在得到 E'_m 后, 再作一次坐标系变换, 即可得到实验室系的误差矩阵:

$$E_m = \begin{pmatrix} R^T & 0 \\ 0 & R^T \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E'_{11} & E'_{12} \\ E'_{12} & E'_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R & 0 \\ 0 & R \end{pmatrix}, \quad (19)$$

其最终结果与 e'_x 的选取无关.

2.3 带电径迹的外推结果与模拟结果的比较

径迹外推结果的准确性可以通过径迹外推的结果与同样初始径迹参数的完全模拟结果的比较进行检验. 这里的模拟结果来自新开发的 BESIII 探测器完全模拟程序包 BOOST^[5] (BESIII Object Oriented Simulation Tool).

作为例子, 图 2 表示了 π^- 粒子在对应于桶部 TOF(BTOF)、桶部量能器(BEMC)、超导螺旋管磁体(COIL)、桶部MUC(BMUC)的4个半径处, 大量模拟的统计结果与外推结果比较. 这里 π^- 粒子的参数为: 动量 600MeV/c, 出射位置为 BESIII 中心, 出射方向为极角 90° 、方位角 0° . 图 2 的横轴表示径迹位置矢量极坐标形式的半径分量, 纵轴表示极坐标的方位角分量. 为了说明整体的位置符合的情况, 又利用相空间产生子, 产生末态粒子动量分别为 400MeV/c, 900MeV/c, 1500MeV/c 的 $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$ 事例, 并模拟这些事例的末态在探测器中的行为. 图 3 展示了对于模拟中末态 π^\pm 未衰变的事例, 模拟程序记录的粒子击中 EMC 的位置矢量与外推给出的相应位置矢量之间的夹角分布 (在球坐标的两个角分量方向: 极角 θ 方向和方位角 φ 方向上两个位置矢量之间的夹角).

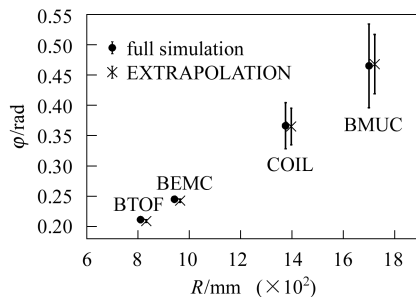


图 2 对于动量 600MeV/c, 出射于 BESIII 中心, 方向极角 90° 、方位角 0° 的 π^- 粒子, 大量模拟结果的平均位置及分辨与径迹外推结果的比较¹⁾

从以上图都可以看出径迹位置二者符合得很好, 其中, 图 2 中显示的外推估算的位置误差在超导磁体和 μ 子鉴别器处相对于模拟的统计结果偏小约 20%. 总的来说, 外推的径迹参数和模拟结果符合得不错, 外推的误差主要用作参考, 这样的差别可以接受.

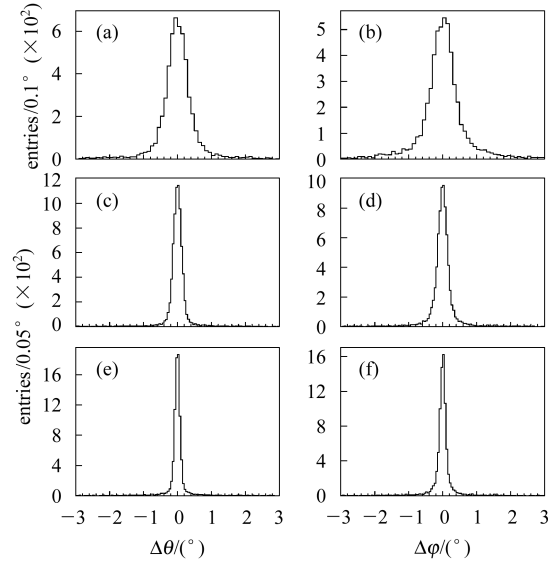


图 3 对于 $e^+e^- \rightarrow \pi^+\pi^-$ 事例, 在末态 π^\pm 动量分别为 400MeV/c, 900MeV/c, 1500MeV/c 且未衰变的情况下, 模拟程序记录的粒子击中 EMC 的位置矢量与外推给出的击中位置矢量之间在极角、方位角方向的夹角分布 (单位: $^\circ$)

(a) 表示 π^\pm 动量 400MeV/c 时极角方向的夹角分布; (b) 表示 π^\pm 动量 400MeV/c 时方位角方向上的夹角分布; (c), (d) 和 (e), (f) 分别是表示 π^\pm 动量 900MeV/c 和 1500MeV/c 时相应的夹角分布.

3 带电径迹的信息匹配

带电径迹外推结果的一个重要应用是 BESIII 各子探测器中的各种径迹信息的相互匹配, 即确定一个事例中每根主漂移室重建径迹在外部各个子探测器中对应的重建信息. 首先介绍带电径迹的信息匹配算法 DstEventAssemblyAlg 输出的数据内容: 对于一个事例, 有描述这个事例总体信息, 包括总的径迹数、带电径迹数、长寿命中间态的个数 (如 Λ , K_S 等)、 π^0 的个数等等; 该事例所有径迹对象的集合, 每根径迹对象包括该径迹的所有重建信息, 包括 MDC 径迹参数信息、 dE/dx 信息、径迹外推信息、TOF 信息、EMC 信息、MUC 信息, 如果某些子探测器信息由于某些原因没有重建信息或有信息但没匹配上, 相应部分就为空. 然后, 简述一下带电径迹的信息匹配算法: 对于每一个 MDC 重建出的带电径迹, 都会被赋予一个在单个事例内唯一的径迹号, dE/dx 信息、径迹外推信息由于在重建时用到了 MDC 的径迹信息, 都会记录下相应径迹号, TOF 信息、MUC 信息在重建时首先要用到径迹外推信息, 所以也间接得到径迹

1) 为了更清楚地显示结果, 径迹外推结果的数据点在 R 方向被人为的移动了 22mm, 以便与模拟数据点错开.

号. 所以, 这些径迹信息都可以通过相同的径迹号得到匹配(换句话说, 这些径迹信息已经在重建中作了匹配). 那么, 径迹匹配算法 DstEventAssemblyAlg 主要需要实现量能器信息的匹配: 在径迹外推信息中有径迹穿入量能器表面的信息时, 首先寻找出簇射位置矢量与该径迹的外推位置矢量夹角最小的一个簇射, 如果该簇射的位置落在一定匹配窗口范围内, 那么这个簇射被认为属于这条带电径迹.

图 4 显示了目前径迹匹配算法中匹配窗口大小. BESIII 实验的带电末态粒子中, π^\pm 占绝大部分比例, 所以这里使用了 $J/\psi \rightarrow 2(\pi^+\pi^-)$ 末态为 π^\pm 的样本, 该过程末态 π^\pm 的动量分布范围比较宽. 图 4 的横轴表示量能器上的外推位置矢量与最近的簇射的位置矢量之间在方位角 φ 方向的夹角, 纵轴表示极角 θ 方向的夹角. 由此, 可以初步选定匹配窗口为 φ 方向 $-15^\circ-15^\circ$, θ 方向 $-10^\circ-10^\circ$.

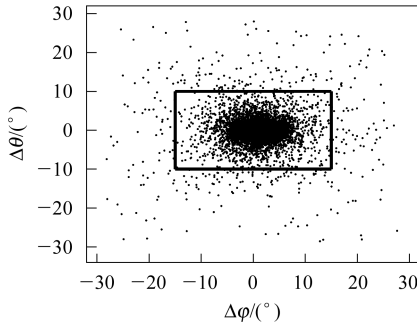


图 4 外推位置矢量与重建的簇射位置矢量之间差别的二维分布
横轴表示方位角方向的差别, 纵轴表示极角方向的差别, 方框表示初步选定的匹配窗口.

图 5 表示用上述匹配窗口的量能器信息的匹配效率随主漂移室径迹动量变化的情况, 这里匹配效率定义为有匹配簇射信息的带电径迹数除以能外推至 EMC 的带电径迹数. 其中, 图 5(a) 表示电子样本的匹配效率, 对于这种比较简单的情形, 各个动量段的径迹的匹配效率都接近 100%, 说明径迹外推的结果比较可靠. 由于实验末态 π^\pm 的比例很大, 为了更具整体代表性, 又采用了单举 J/ψ 衰变本来检查径迹的匹配效率. 从图 5(b) 可以看出, 对于单举 J/ψ 衰变样本, 在低动量时匹配效率相对偏低, 当动量高于 $0.4\text{GeV}/c$ 时匹配效率开始大于 90%, 当动量在 $0.8\text{GeV}/c$ 以上时匹配效率接近 100%. 这是因为单举 J/ψ 衰变样本的末态粒子多为强子, 与量能器作用比电子复杂, 对于低动量粒子来说, 除了主漂移室重建径迹的径迹参数的相对误差较大外, 这些粒子(如 π^\pm, K^\pm) 在低动量飞行到 EMC 的过程中还有较大概率衰变. 为了适应低动

量段带电径迹的匹配, 还需要作更进一步更仔细的专门研究, 本文不对此问题作更深入的讨论.

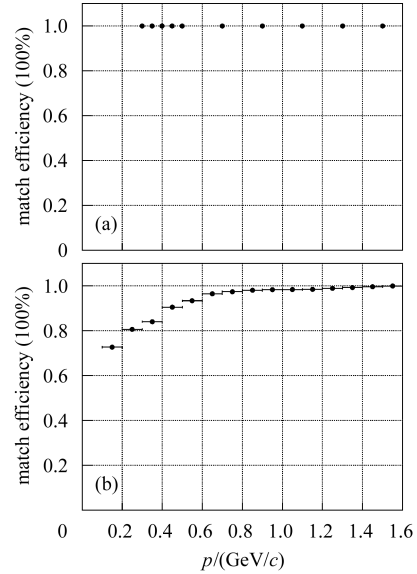


图 5 匹配效率随动量的变化
(a) 为电子的 MC 样本; (b) 为单举 J/ψ 衰变的 MC 样本.

4 $J/\psi \rightarrow \rho\pi$ 模拟数据的分析

BESIII 的实验数据处理流程依次为采集、刻度、重建、物理分析. 其中径迹匹配是重建工作中的一个必不可少的环节. 为了检验匹配工作在物理分析中应用的正确性, 对经过径迹匹配后的 $J/\psi \rightarrow \rho\pi$ 模拟数据进行了分析. 这个物理过程的末态 $\rho\pi$ 包括 $\rho^\pm\pi^\mp$ 和 $\rho^0\pi^0$, 其中 $\rho^\pm \rightarrow \pi^\pm\pi^0$, $\rho^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$, 而 $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$, 所以该物理过程的最终末态都是 $\pi^+\pi^-\gamma\gamma$.

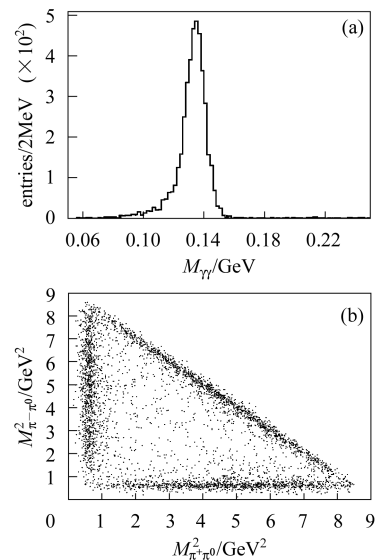


图 6 $J/\psi \rightarrow \rho\pi$ 模拟数据分析的基本结果
(a) 两个光子的不变质量分布; (b) Dalitz 图.

4.1 挑选条件

由于这里产生的模拟数据是纯的 $J/\psi \rightarrow \rho\pi$ 的事例, 没有其他衰变道的污染, 所以挑选条件比较简单: 首先要求有两条好的带电径迹, 且电荷相反, 分别作为 $\pi^+\pi^-$ 的候选者; 然后要求至少有两个中性径迹, 这里要求中性径迹在量能器中的能量沉积大于 40MeV , 与最近的带电径迹在极角、方位角方向的夹角都大于 20° ; 最后, 对所有中性径迹作循环, 挑选能和两条带电径迹组合得到最优的运动学拟合结果的两条中性径迹作为 π^0 末态两个光子的候选者。

4.2 分析结果

在该分析中, 挑选出的好事例里, 主漂移室带电径迹与量能器簇射之间的匹配效率为 97.7% 。图 6 展

示了该分析的一些基本物理结果: (a) 表示事例中两个光子的不变质量分布, 从中可以看到清晰的 π^0 峰, 宽度大约 7MeV ; (b) 为 3π 的 Dalitz 图, 可以看到清晰的 ρ^\pm 和 ρ^0 的信号: 横向的带子是 ρ^- 信号, 纵向的带子是 ρ^+ 的信号, 斜向的带子是 ρ^0 的信号。从该分析结果可以看出, 径迹外推和径迹匹配的结果经数据分析能得到合理的结果。

5 结论

BESIII 带电径迹的外推以及信息匹配程序已经完成, 正处于使用、维护和改进过程中。从径迹外推结果与模拟结果的比较以及径迹信息匹配的现状及应用可以看出, 主漂移室径迹的外推算法提供了比较精确的径迹参数及误差, 能够满足 BESIII 的使用要求。

参考文献(References)

- 1 BAI J Z et al(BES Collab). Nucl. Instrum. Methods, 2001, **A458**: 627
- 2 Cattaneo M et al. Gaudi Developer's Guide. December 20, 2001
- 3 Agostinelli S et al(Geant4 Collab). Nucl. Instrum. Methods, 2003, **A506**: 250
- 4 Teramoto Y. Nucl. Instrum. Methods, 2000, **A449**: 344—355
- 5 DENG Zi-Yan et al. HEP & NP, 2006, **30**(5): 371—377 (in Chinese)
(邓子艳等. 高能物理与核物理, 2006, **30**(5): 371—377)

BESIII Track Extrapolation and Matching*

WANG Liang-Liang^{1,1)} YUAN Chang-Zheng¹ MA Qiu-Mei¹ MA Xiang¹ WANG Da-Yong¹
DENG Zi-Yan¹ YOU Zheng-Yun² MAO Ze-Pu¹ WEN Shuo-Pin¹ SUN Yong-Zhao¹
LIU Huai-Min¹ LIU Chun-Xiu¹ LI Wei-Dong¹ WU Ling-Hui¹ ZHANG Chang-Chun¹
QIU Jin-Fa¹ HE Kang-Lin¹ HE Miao¹ ZHANG Xue-Yao³ ZHANG Yao³ JI Xiao-Bin¹
ZHENG Zhi¹ MAO Ya-Jun² YU Guo-Wei¹ YUAN Ye¹ JIANG Lin-Li⁴
XIE Yu-Guang¹ ZANG Shi-Lei¹

1 (Institute of High Energy Physics, CAS, Beijing 100049, China)

2 (Peking University, Beijing 100871, China)

3 (Shandong University, Jinan 250100, China)

4 (University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract A GEANT4 based, Object-Oriented package, TrkExtAlg, is developed for extrapolating the BESIII MDC track into outer sub-detectors. The magnetic deflection and ionization loss of the particle in the BESIII detector is considered, the algorithm supplies the position and the momentum of the track in all the outer sub-detectors, as well as the error matrix at any given hit point with the multiple scattering effect taken into account. Through comparing the results of track extrapolation with the results of a full simulation and checking the results and application of track matching with hits in outer sub-detectors, TrkExtAlg is proved to be reliable.

Key words track extrapolation, GEANT4, multiple scattering, track matching

Received 18 April 2006

* Supported by National Natural Science Foundation of China (10491303) and 100 Talents Programme of CAS (U-25)

1) E-mail: llwang@mail.ihep.ac.cn