

北京谱仪上的 e/π 分辨与相对似然法

叶树伟 陈宏芳 伍 健 张子平 牛红权 许 彤

(中国科学技术大学近代物理系 合肥 230026)

童国梁 吕 峰 李 勇 曾吉阳

吴义根 易 凯 陈向阳

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

许明康

(杭州大学物理系 杭州 310028)

1994-11-28 收稿

摘 要

本文在总结北京谱仪(BES)粒子鉴别方法的基础上,提出了相对似然法.这种方法能充分地综合利用 BES 给出的信息量,与用简单选择条件组合的方法相比,比较明显地提高了粒子鉴别效率,同时降低了误判率.利用这种方法进行 τ 物理方面的一些研究,取得了较好的效果.

关键词 粒子鉴别方法, 相对似然法, 效率, 似然值, 简单选择条件方法.

1 引 言

随着北京谱仪上物理分析工作不断地深入,对粒子鉴别方法的要求也越来越高.最初在 BES 上的 τ 轻子质量测量^[1]中,粒子鉴别主要是通过许多选择条件(以下简称 CUT)的组合来实现的.那时在 τ 产生阈附近截面很低,产生的 τ 事例不多,还有可能通过不断地调整这些 CUT 来选择 τ 事例,同时尽可能地抑制本底.现在随着 BEPC 上质心系能量提高而带来的 $\sigma(ee \rightarrow \tau\tau)$ 的增加,产生的 τ 事例剧增,以及本底来源的增加和趋于复杂,对识别粒子提出更高的要求.另一方面,为了得到更好更精确的物理结果,必须改善粒子鉴别方法.为此,提出了相对似然法.

2 相对似然法

相对似然法的基本思想是,根据探测器获得的信息,计算对应不同粒子的似然值,通过比较它们的似然值来鉴别粒子.下面以分辨 e/π 为例做具体说明.

假设有一组探测器, 各自独立地测得粒子的信息, 探测器 i 测 X_i 量. 对于电子和 π 粒子, X_i 的分布分别为 $f_e(X_i)$ 和 $f_\pi(X_i)$, 如图 1 所示, 这里 $f_e(X_i)$ 和 $f_\pi(X_i)$ 都已归一化.

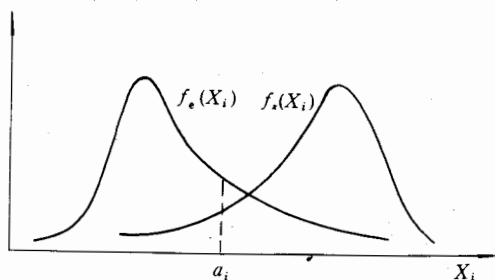


图 1

设 X_i 的测量值为 a_i , 定义

$$WT_i(e) \equiv \frac{f_e(a_i)}{f_e(a_i) + f_\pi(a_i)} \times 2.0;$$

$$WT_i(\pi) \equiv \frac{f_\pi(a_i)}{f_e(a_i) + f_\pi(a_i)} \times 2.0 = 2.0 - WT_i(e).$$

考虑一组共有 n 个探测器独立测得的 n 个变量 X_i , $i=1, 2, \dots, n$, 又定义

$$WTT(e) \equiv \frac{\prod_{i=1}^n WT_i(e)}{\prod_{i=1}^n WT_i(e) + \prod_{i=1}^n WT_i(\pi)} \times 2.0;$$

$$WTT(\pi) \equiv \frac{\prod_{i=1}^n WT_i(\pi)}{\prod_{i=1}^n WT_i(e) + \prod_{i=1}^n WT_i(\pi)} \times 2.0 = 2.0 - WTT(e),$$

那么, 根据 $WTT(e)$ 、 $WTT(\pi)$ 的大小就可分辨 e 和 π . $WTT(e)$ 越接近 2.0, 它越可能是电子; 相反, $WTT(e)$ 越接近 0 (即 $WTT(\pi)$ 越接近 2.0), 则越可能是 π 粒子. 具体的识别标准可以根据具体物理分析的需要而定.

3 北京谱仪上的 e/π 分辨

3.1 用于 e/π 分辨的信息量

考虑到 BES 探测器的结构及特点, 选用主漂移室(MDC)测量的 dE/dx 、飞行时间计数器(TOF)测量的时间信号、桶部簇射计数器(BSC)测量的击中数及脉冲高度来分辨 e/π . 各自的信息量为:

$X_1 = PHMP$, dE/dx 的脉冲高度;

$X_2 = TOF$, 飞行时间;

$X_3 = BSID$, BSC 中每层击中数及脉冲高度的组合量.

$BSID$ 定义为:

$$BSID = C_1 + C_2\sqrt{p} + C_3p + C_4|\cos\theta| + C_5|\cos\theta|^2 \\ + \sum_{i=1}^6 [A_1(i) + A_2(i)p + A_3(i)|\cos\theta|] Hit(i) \\ + \sum_{i=1}^6 [B_1(i) + B_2(i)p + B_3(i)|\cos\theta|] See(i),$$

这里 $Hit(i)$ 是 BSC 每层的击中数; $See(i)$ 为每层的脉冲高度; C_{1-5} 、 A_{1-3} 、 B_{1-3} 为参数, 这些参数的设定是使 e 、 π 的 $BSID$ 量相差尽可能的大; p 为粒子的动量; θ 为粒子动量与 z 轴之间的夹角.

将以上 X_1 、 X_2 、 X_3 用于相对似然法, 得到 $WT_i(e)$ 及 $WTT(e)$ 的分布见图2, 图3.

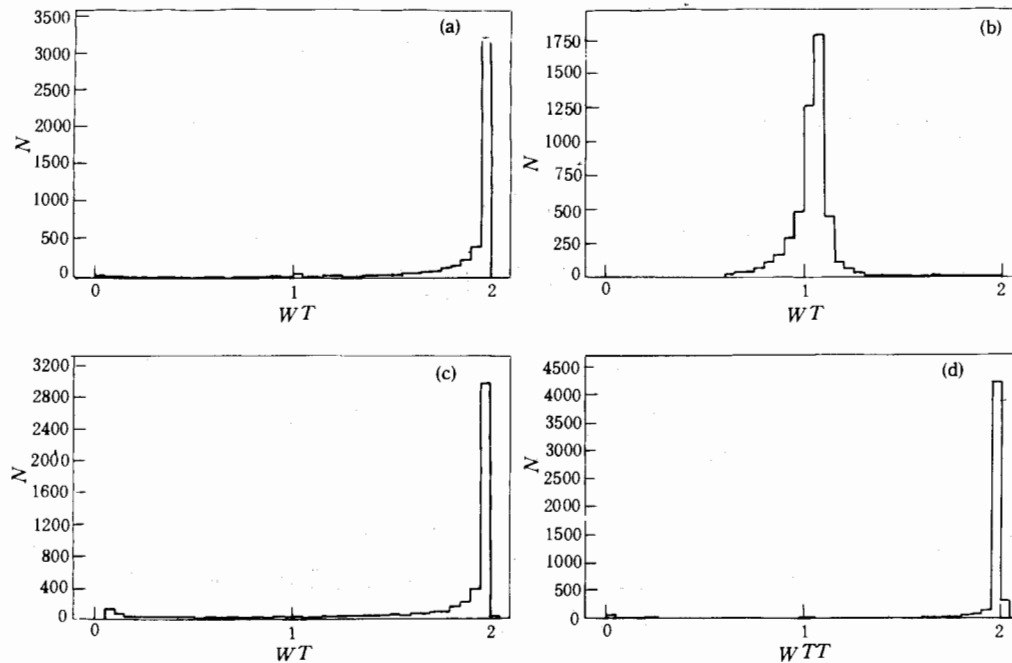


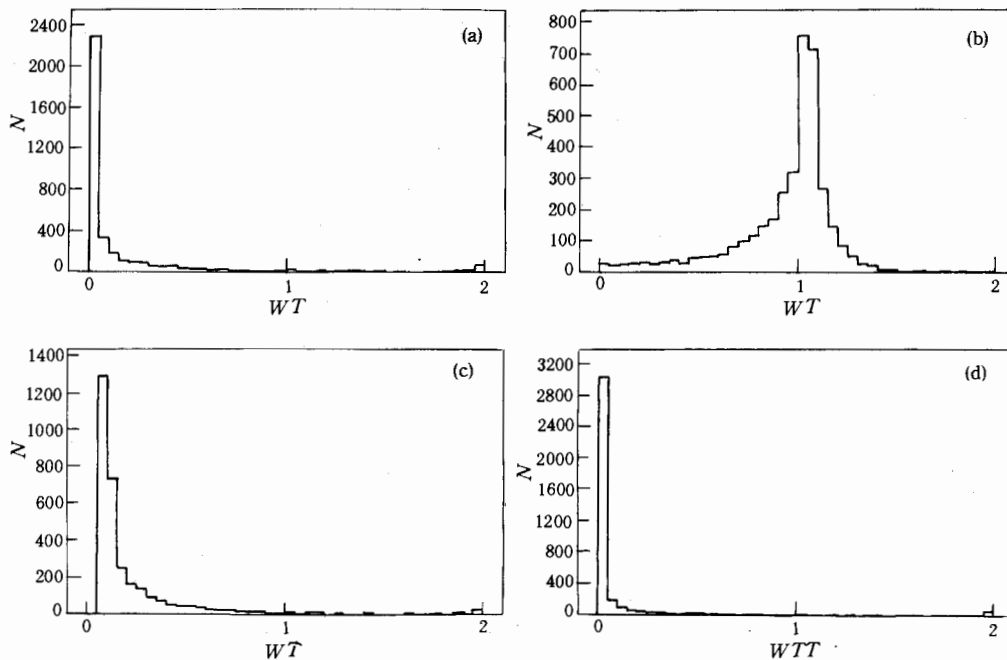
图2 电子的 WT 值分布

(a) 相应于 dE/dx 的 WT 分布; (b) 相应于 TOF 的 WT 分布;

(c) 相应于 BSC 的 WT 分布; (d) 总 WTT 分布.

3.2 与简单 CUT 法的比较

根据以上 $WTT(e)$ 和 $WTT(\pi)$, 识别电子和 π 粒子的条件设定为:

图 3 π 粒子的 WT 值分布

(a) 相应于 dE/dx 的 WT 分布; (b) 相应于 TOF 的 WT 分布;
 (c) 相应于 BSC 的 WT 分布; (d) 总 WTT 分布.

电子: $WTT(e) > 1.9$, $mulay \leq 0$;

π 粒子: $WTT(\pi) > 1.8$, $mulay \leq 0$.

这里 $mulay$ 为粒子在 μ 子探测器中的击中数.

为了评估相对似然法, 把它与常用的简单 CUT 法作比较. 所谓简单 CUT 法, 又称 0/1 法, 是将一些 CUT 进行“与”和“或”的组合构成一组条件, 满足一组条件的粒子被判为一种粒子, 而满足另外一组条件的被判为另一种粒子. 这种方法比较简单, 省机时和直观, 一般用于两类粒子的边界比较清楚, 而且信息量不很多的情况.

简单 CUT 方法 e 、 π 的识别条件^[2] 为:

电子: $\beta > 0.9$, $mulay \leq 0$, 并对不同动量段要求满足

$0.25 < p < 0.30 \text{ GeV}/c$, 则 $ESC/p > 0.7$;

$0.30 < p < 0.35 \text{ GeV}/c$, 则 $ESC/p > 0.7$, 且 $SHID > -3$;

$0.35 < p < 0.60 \text{ GeV}/c$, 则 $XSE > 0$ 或 $|XSP| > 2.5|XSE|$, 且 $SHID > -2$;

$0.60 < p < 0.70 \text{ GeV}/c$, 则 $XSE > 0$ 或 $|XSP| > 2.5|XSE|$, 且 $SHID > -1$;

$p > 0.70 \text{ GeV}/c$, 则 $ESC > 0.5$ 且 $SHID > \geq -1$ 或 $ESC > 0.6$ 且 $SHID > \geq -3$.

π 粒子:

$0.85 < \beta < 1.5$, $ESC < 400 \text{ MeV}$;

$|XSE| > 2.5|XSP|$, $SHID < -1$;

$mulay \leq 0$.

这里 $\beta = v/c$; ESC 为在 BSC 中的沉积能量; $SHID = Hit(1) + Hit(2) + Hit(3) + Hit(4) + Hit(5) - 12$, 是 BSC 中击中数的一种组合; XSE 和 XSP 分别是 dE/dx 脉冲高度测量值与相应于 e 、 π 粒子期待值之间的差值除以测量误差.

以上两种方法得到的 e 、 π 识别效率及互混率, 见图 4. 从图中可以很明显地看到, 相对似然法的识别率要比简单 CUT 法高许多, 而且误判率一般要低得多. 图中 $\epsilon_{(\pi \rightarrow \pi)}$ 较 $\epsilon_{(e \rightarrow e)}$ 低不少的一个原因是 π 粒子有较大比率(约 10%)会有 *mulay*.

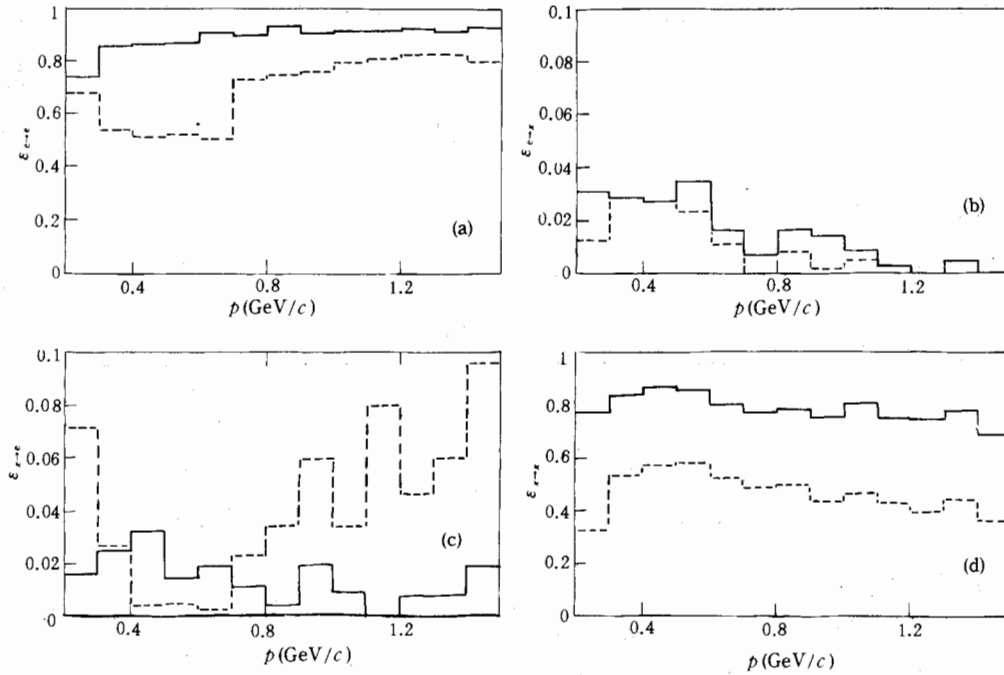


图 4 相对似然法与简单 CUT 法的比较 ($|\cos \theta| < 0.7$)

(a) 电子到电子的效率分布; (b) 电子到 π 粒子的误判率分布; (c) π 粒子到电子的误判率分布; (d) π 粒子到 π 粒子的效率分布.

—— 相对似然法; - - - - 简单 CUT 法.

3.3 相对似然法的应用

在 τ 物理的许多工作中, 已经尝试使用相对似然法, 并取得较好的结果. 用以检验轻子普适性及作用顶点结构而测量米歇尔参数 $\rho_{\tau \rightarrow e}$ 中, 用以上方法选择 $\tau\tau \rightarrow e\mu(\nu)$, $e\rho(\nu)$ 等事例并得到较好的结果^[3]. 还有测量 $Br(\tau \rightarrow \rho\nu)$ ^[4], $Br(\tau \rightarrow a_1\nu)$ ^[5], 以及其它相关的一些研究工作中, 都使用过这种粒子鉴别方法.

4 结 论

从相对似然法的思想和效果来看, 这种方法比较充分地利用尽可能多的探测器信息, 能比较有效地鉴别粒子. 同时更准确地反映了探测器测量值的几率, 能适用于信息量分

布不限于高斯分布的一般情况。

但是, 这种方法只能处理许多信息量相互独立的情况, 若它们有比较复杂的关联关系, 则这种方法不能正确地表示这种关联。另外, 这种方法中的分布函数有赖于样本的选择。

作者感谢中科院高能所陈少敏博士提供的 π 样本, 以及 BES 合作组美方成员 Prof. Joe Izen 纠正这种方法的名称, 使之更具科学性。

参 考 文 献

- [1] BES Collaboration, *Phys. Rev. Lett.*, **69** (1992) 3021.
- [2] 曾吉阳等, BES 上 m_τ 测量中非 $e\mu$ 道的选择, 1st BES Annual Meeting, 承德, 1992 年 6 月.
- [3] 叶树伟, BEPC/BES 上米歇尔参数 $\rho_{\tau \rightarrow e}$ 的测量, 中国科大硕士论文, 1994 年 6 月.
- [4] 吕峰等, BES 上 $\tau^+ \rightarrow \rho^+ \nu_\tau$ 分支比的测量, 3rd BES Annual Meeting, 杭州, 1994 年 7 月.
- [5] 李勇等, BES 上 $\tau^+ \rightarrow A_1^+(\pi^+ \pi^- \pi^+) \nu_\tau$ 分支比研究, 3rd BES Annual Meeting, 杭州, 1994 年 7 月.

Relative Likelihood Method and e/π Separation at BES

Ye Shuwei Chen Hongfang Wu Jian Zhang Ziping
Niu Hongquan Xu Tong

(Department of Modern Physics, University of Science and Technology of China, Hefei 230027)

Tong Guoliang Lü Feng Li Yong Zeng Jiyang Wu Yigen
Yi Kai Chen Xiangyang

(Institute of High Energy Physics, The Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

Xu Mingkang

(Department of Physics, Hangzhou University, Hangzhou 310028)

Received 28 November 1994

Abstract

On the basis of particle identification methods at BES, this paper proposes a so-called relative likelihood method. The method makes the most use of the information provided by the BES, and apparently improves the particle identification efficiency with lower misidentification compared with the simple cut method. With this method, several studies in τ physics were done and good results have been obtained.

Key words particle identification, relative likelihood method, efficiency, likelihood value, simple cut method.