

# 北京谱仪在北京正负电子对撞机上的进展

BES 合作组 (祝玉灿执笔)

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

**摘要** 本文简要介绍北京谱仪在北京正负电子对撞机上的进展, 概述了北京正负电子对撞机和北京谱仪的性能, 北京谱仪在  $J/\psi$  物理方面获取的初步结果及在  $\tau$  质量测量方面的阶段状况.

**关键词** 正负电子对撞机, 谱仪,  $J/\psi$  物理,  $\tau$  质量.

## 1 简介

北京谱仪是北京正负电子对撞机上的大型通用谱仪, 它包括中心漂移室、主漂移室、飞行时间计数器(桶部和端盖)、簇射计数器(桶部和端盖)、 $\mu$  鉴别器、磁铁系统、触发判选系统、亮度监测器、在线获取系统、电子学系统和离线分析处理系统.

北京正负电子对撞机的基本性能如下:

峰值亮度( $J/\psi$ 能量)	$2 \times 10^{30}$	( $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
束流平均寿命	8	(h)
束流平均注入时间	40	(min)
束流能量散度( $\sigma_E/\sqrt{2}$ )	0.65~0.85	(MeV)
束流长度	6~7	(cm)

北京谱仪主要组成部分的性能如下:

### (1) 主漂移室

空间分辨	200~250	( $\mu\text{m}$ )
动量分辨( $\sigma_p/P$ )	$2.1\% \sqrt{1+P^2}$	(相对于双 $\mu$ 事例的径迹)
角分辨 $\sigma_\theta$	8.3	(mrad)
$\sigma_\phi$	3.7	(mrad)
最小电离能量分辨	10%	

### (2) 飞行时间计数器

时间分辨 $\sigma_T$	330	(ps)
		(相对于巴巴事例的径迹)

### (3) 簇射计数器

能量分辨(桶部) $\sigma_E/E$	$22\%/\sqrt{E}$	(GeV)
Z 向位置分辨(桶部) $\sigma_E$	4	(cm)
能量分辨(端盖) $\sigma_E/E$	$22\%/\sqrt{E}$	(GeV)

### (4) $\mu$ 鉴别器

效率	~95%	
角分辨 $\sigma_{r\phi}$	3	(cm)
Z 向位置分辨 $\sigma_Z$	5	(cm)

北京谱仪于 1989 年 5 月 15 日得到了大角度的巴巴事例, 6 月 22 日首次观察到  $J/\psi \rightarrow$  强子的多径迹事例, 对  $J/\psi$  共振峰曲线进行了扫描, 1989 年 9 月开始探测器的 Debug 和刻度工作. 1990 年元月至 6 月获得  $3 \times 10^6 J/\psi$  事例, 1990 年 11 月至 1991 年元月获得  $3 \times 10^6 J/\psi$  事例, 1991 年 4 月至 5 月获得  $3 \times 10^6 J/\psi$  事例, 至今共获取约  $9 \times 10^6 J/\psi$  事例和  $4 \times 10^5 \psi'$  事例.

计算机中心拥有一台 VAX780、一台 VAX785、一台 VAX6330、一台 VAX8550 和五台工作站, 基于计算机的能力仅完成了  $6 \times 10^6 J/\psi$  的重建和刻度, 形成 DST 文件供物理分析. 另外, 中美计算机数字通信网络连接计划将由 CNPAC(速率仅为 4.8kbps) 改为通过 SKYnet 方式连接, 其传输速率提高到约 64kbps.

## 2 $J/\psi$ 物理的初步结果

### 2.1 $J/\psi$ 共振峰参数的确定

从 3.080GeV 到 3.120GeV 的能区进行扫描, 按一定的筛选条件对  $J/\psi$  衰变到强子和巴巴事例进行选择, 其接受度按 Lund SF 模型进行计算, 其截面公式考虑到辐射修正和能散度效应, 较精确地反映了共振峰形状, 仅利用强子道的衰变截面进行拟合,

就可给出  $\Gamma_{ee}$  和  $\Gamma_h$  数值.与国外各实验室获取的结果进行对比见下表.

实验室	$\Gamma_{ee}(\text{keV})$	$\Gamma_h(\text{keV})$	$\Gamma_{\text{tot}}(\text{keV})$
Spear MKI (1975)	$4.8 \pm 0.6$	$59 \pm 14$	$69 \pm 15$
ADoNe $\gamma\gamma$ (1975)	$4.6 \pm 0.8$	$59 \pm 24$	$68 \pm 26$
ADoNe Mea (1975)	$4.6 \pm 1.0$	$50 \pm 25$	$68 \pm 27$
BEPC BES (1990)	$5.0 \pm 0.4$	$61.4 \pm 6.9$	$71.4 \pm 6.9$

### 2.2 部分衰变道的分支比的确定

在经过  $J/\psi$  总数的确定、蒙德卡罗模拟和部分衰变道事例筛选条件的研究工作者, 给出下面衰变道的分支比的初步结果:

$$B_\gamma(J/\psi \rightarrow \rho\pi) = 0.0155 \pm 0.0030$$

$$(0.0128 \pm 0.0010, \text{PDB})$$

$$B_\gamma(J/\psi \rightarrow \phi\eta) = (0.81 \pm 0.11) \times 10^{-3}$$

$$\phi \rightarrow K^+K^-, \eta \rightarrow \gamma\gamma$$

$$[(0.714 \pm 0.003) \times 10^{-3}, \text{PDB}]$$

$$B_\gamma[J/\psi \rightarrow \omega f_2(1270)] = (3.7 \pm 0.3 \pm 0.9) \times 10^{-3}$$

$$\omega \rightarrow \pi^+\pi^-\pi^0, f_2(1270) \rightarrow \pi^+\pi^-$$

$$[(4.15 \pm 0.51) \times 10^{-3}, \text{PDB}]$$

$$B_\gamma[J/\psi \rightarrow \gamma f_2(1270)] = (1.23 \pm 0.06 \pm 0.23) \times 10^{-3}$$

$$f_2(1270) \rightarrow \pi^+\pi^- [(1.38 \pm 0.14) \times 10^{-3}, \text{PDB}]$$

### 2.3 自旋宇称的分析

通过强子衰变道和辐射衰变道测定了  $f_2(1270)$  的自旋宇称和螺旋度振幅比的特性, 基于螺旋度框架下的角分布公式, 利用最大似然函数法对强子衰变过程和辐射衰变过程中产生的  $f_2(1270)$  的角分布分别进行了拟合, 得出  $f_2(1270)$  的  $J^{PC}$  为  $2^{++}$  (见图 1).

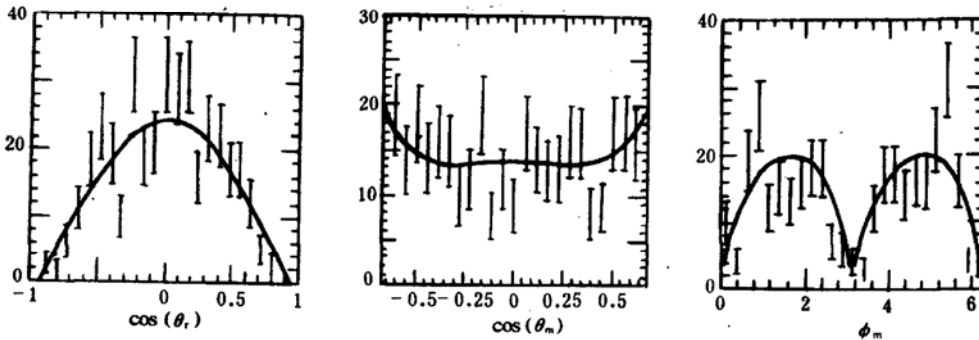


图 1  $J/\psi \rightarrow \omega f_2(1270)$  的角分布

辐射衰变过程中的螺旋度振幅比为

$$X = 0.83 \pm 0.05, \quad Y = -0.03 \pm 0.05$$

强子衰变过程中的螺旋度振幅比, 首次给出:

$$X = 0.99 \pm 0.29, \quad Y = -0.24 \pm 0.17$$

$$Z_1 = 0.90 \pm 0.57, \quad Z_2 = 0.56 \pm 0.22$$

在实验上测定过程的螺旋度振幅比对研究过程的动力学因素、共振态  $f_2(1270)$  的极化结构和有关模型假设都是十分有意义的.

### 2.4 其它感兴趣的共振态的观察

在  $J/\psi$  衰变产物中, 已经发现了一系列的共振态, 其中最有吸引力的是胶子球态

的候选者, 它的寻找和确认将是对 QCD 理论的直接验证. 在胶子球质量的理论计算中, 利用一些模型假设计算两个胶子合成胶子球的大致质量范围为  $(1 \sim 2.5) \text{ GeV}$ , 这正是 BEPC 提供的能区. 目前, 大家所关注的胶子球态如  $I(1440)$ 、 $\theta(1720)$  和  $\zeta(2230)$  等, 由于产生这些胶子球态的过程的分支比较小, 且它们的附近呈现出较复杂的结构, 最终对这些态的确认和性质的研究都需要较大的统计量和比较好的分析方法. 目前 BES 上也只能给出初步的有关这些共振态的信号. 其结果分别如图 2、图 3 和图 4 所示. 北京谱

仪完成了中性触发, 也观察到纯中性衰变道, 如图 5 所示.

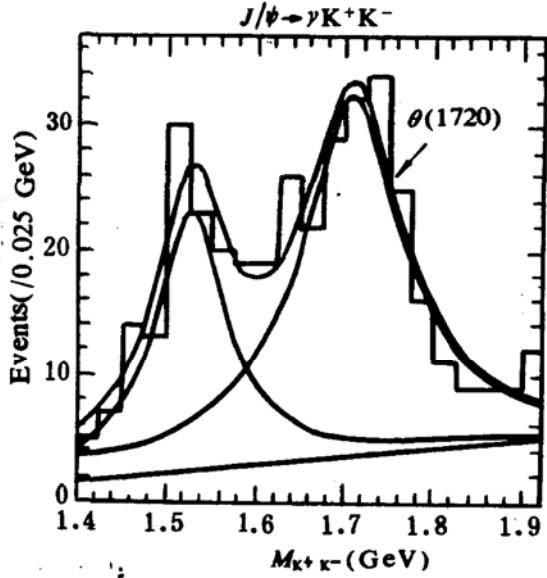


图 2  $J/\psi \rightarrow \gamma \theta(1720)$  的不变质量谱

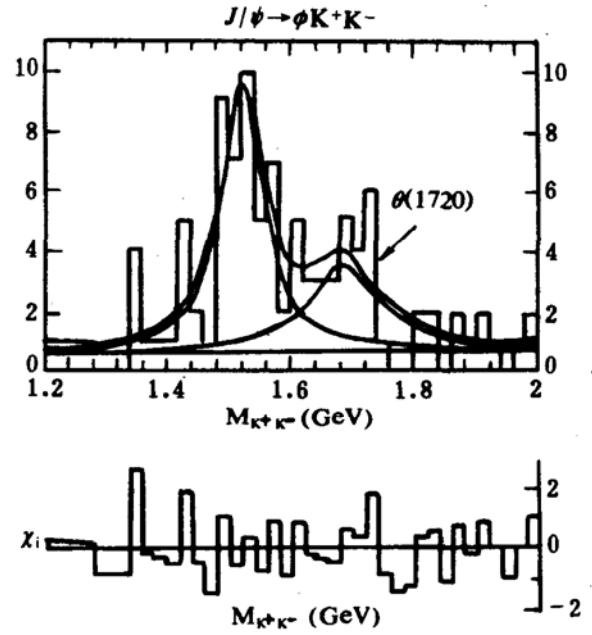


图 3  $J/\psi \rightarrow \phi \theta(1720)$  的不变质量谱

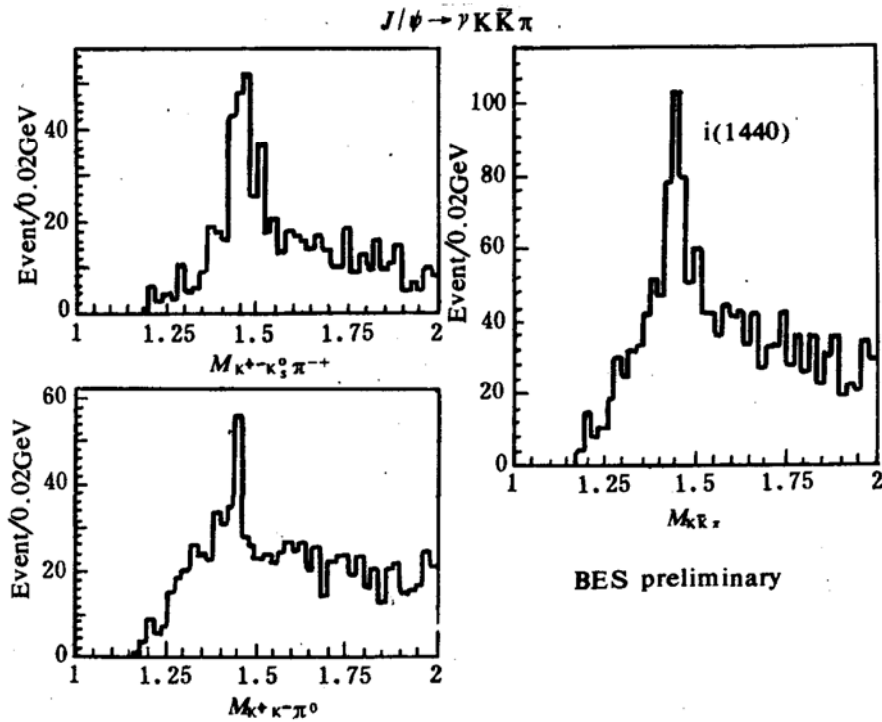


图 4  $J/\psi \rightarrow \gamma \lambda(1440)$  不变质量谱

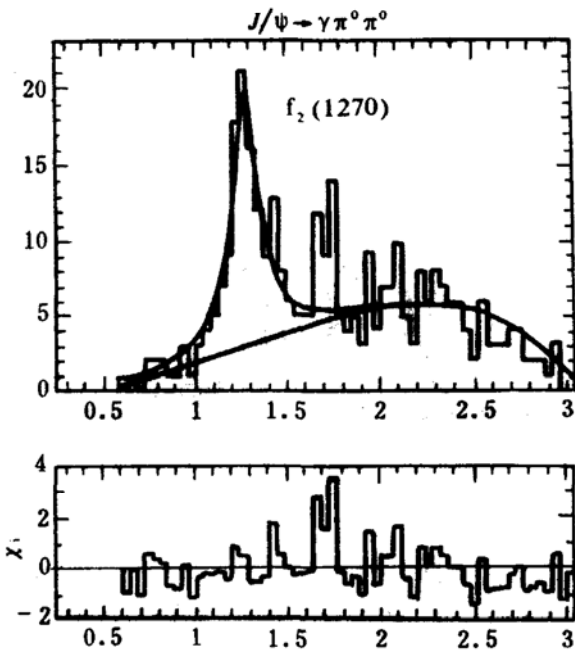


图 5  $J/\psi \rightarrow \gamma f_2(1270)$  或  $\gamma \pi^0 \pi^0$  不变质量谱

### 3 $\tau$ 质量的测定

#### 3.1 为什么测量 $\tau$ 质量？

$$\frac{G_\tau}{G_\mu} = \frac{\tau_\mu}{\tau_\tau} \left( \frac{m_\mu}{m_\tau} \right)^5 \cdot B_\gamma(\tau \rightarrow e\bar{\nu}_\nu / \tau)$$

在实验上已经比较精确的测定了  $\tau_\mu$ ,  $\tau_\tau$ ,  $m_\mu$  和  $B_\gamma(\tau \rightarrow e\bar{\nu}_\nu)$ . 如果将 1978 年由

Delco 实验组给出的  $m_\tau = 1784.1^{+2.7}_{-3.6}$  MeV 带进去便可计算出  $G_\tau / G_\mu = 0.94$ , 这个值稍偏离标准模型给出  $G_\tau / G_\mu = 1$  的数值, 自然怀疑 Delco 给出的  $m_\tau$  是否准确? 有必要在 BEPC 能区内重新精确测定  $m_\tau$ .

#### 3.2 如何测定 $m_\tau$ ?

国外各实验组用外推法测定  $m_\tau$ , BES 合作组计划采用最大似然函数法寻找  $\tau$  质量的阈值, 物别是近阈区域的截面行为.

$$\text{似然函数 } L = \prod_{i=1}^N \frac{\mu^{n_i}}{n_i!} e^{-\mu_i} \quad (1)$$

$$\mu_i = \int \sigma L T \epsilon e^{-(E-E_i)^2 / 2(\Delta E)^2} dE \quad (2)$$

其中:  $\sigma$  为产生  $\tau$  的截面(它为  $m_\tau$  的函数, 而  $m_\tau$  为拟合参数),  $E_i$  为对撞质心系能量,  $L$  为在某一个能量点上取数的积分亮度,  $\Delta E$  为对撞机 BEPC 的能量散度,  $T$  为在某一个能量点上取数的时间,  $\epsilon$  为与分支比和探测效率有关的因子,  $n_i$  为在某一个能量点上获取  $\tau^\pm \rightarrow e^\pm \bar{\nu}_\nu$  和  $\tau^\pm \rightarrow \mu^\pm \bar{\nu}_\nu$  的事例数,  $N$  为实验安排的能量点的个数

#### 3.3 $\tau$ 质量测量的状况

到目前为止, 共测量了十个能量点, 其能量范围从(1784~1772)MeV, 总的积分亮度约  $4000\text{nb}^{-1}$ , 计划将积分亮度增加到  $5000\text{nb}^{-1}$ , 再增加几个高能量点上的取数, 可望测量精度达到  $\pm 1\text{MeV}$  以内.

## Progress of BES at BEPC

BES group (written by Zhu Yucan)

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica, Beijing 100039)

**Abstract** The progress of Beijing Electron Spectrometer (BES) at the Beijing Electron-Positron Collider (BEPC) are introduced here briefly. The major performance of the BEPC and BES, the preliminary results on  $J/\psi$  physics and the status of  $\tau$  mass measurement are described.

**Key Words** electron-positron collider, spectrometer,  $J/\psi$  physics,  $\tau$  mass.