

# $J/\psi \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$ 分支比的测定\*

BES 合作组

白景芝 陈江又 戴郭何 柯胡柯 李刘刘 罗聂荣 石唐王 吴阎杨 袁张张 赵钟朱  
景江又 戴郭何 柯胡柯 李刘刘 罗聂荣 石唐王 吴阎杨 袁张张 赵钟朱  
芝川善<sup>3</sup> 子瑁<sup>2</sup> 涛尊佩斌延小晶刚峰素萌宁沐晓野家子平平初安  
董过贺黄赖李刘刘 马聂邵 史童王席鄢叶曾张章赵周祝  
勇鑫燎雅翔秀元秋峰<sup>6</sup> 钟恩振毓焕国佩德文铭<sup>7</sup> 云良红维宝玉  
东原南<sup>7</sup> 萍芬菊<sup>6</sup> 秀成东莺章梁良明标<sup>7</sup> 生宇仁庆灿  
班陈董过贺黄赖李刘刘 马聂邵 史童王席鄢叶曾张章赵周祝  
卞建元 陈杜志 韩衡黄李李 刘柳马漆沈宋王王夏严叶张张章赵周庄  
国柏珍温昆顺<sup>7</sup> 英民<sup>12</sup> 才丁蔚非珠<sup>1</sup> 米光伟<sup>1</sup> 云炳琳平斌明安  
常程富 韩洪黄李李 刘鲁马祁沈孙王王谢杨叶张张勤赵周  
劲宝洪 缨涛因海蔚靖公基向定汉君少小长云长勤棣政莉冰  
帆森玉 智波<sup>7</sup> 儒茂荣力生<sup>9</sup> 敏希友秀春俭新国  
陈迟符何胡季李李 刘吕毛钱沈孙王王许杨于张张赵郑朱  
爱少力 景贵晓会卫觉峰 泽诚红良岚运国春传达少海建科  
东鹏平棠云斌<sup>2</sup> 红国平<sup>10</sup> 普德<sup>4</sup> 永发敏松华强文平军  
陈初高何胡姜李李 刘吕孟邱沈孙王王徐杨喻张张赵郑朱  
宏元翠炬海春家小荣军祥进肖永灵至晔贵纯会学家林启  
芳萍山<sup>1</sup> 明华才男光光承发雁昭淑勇 安旭领尧<sup>2</sup> 伟<sup>1</sup> 生明  
生宗棣林辉 潜容坚虎昆义 林田勋威 元伟鹏生  
和象树康琼艳 李学金 李天志 晓友华 晓曼 诚生 洪国建 月京志永  
陈崔顾何胡金李李 刘吕莫阙盛唐王魏薛杨俞张张赵郑朱

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

1 (中国科学技术大学近代物理系 合肥 230026)

2 (山东大学物理系 济南 250100)

3 (浙江大学物理系 杭州 310028)

4 (上海交通大学应用物理系 上海 200030)

5 (北京大学技术物理系 北京 100871)

6 (华中师范大学粒子物理研究所 武汉 430079)

2001-05-28 收稿

\* 国家自然科学基金(19991480), 中国科学院重大及特别支持项目(KJ95T-03)资助

- 7 (中国高等科学技术中心 北京 100080)  
 8 (南开大学物理学院 天津 300071)  
 9 (河南师范大学物理与信息工程学院 新乡 453002)  
 10 (武汉大学物理与电子信息学院 武汉 430072)  
 11 (湖南大学应用物理系 长沙 410082)  
 12 (辽宁大学物理系 沈阳 110036)

**摘要** 用 BES I 的  $7.8 \times 10^6 J/\psi$  数据更为精确地测定了  $J/\psi \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$  和  $J/\psi \rightarrow \omega 2(\pi^+ \pi^-)$  的分支比 ( $Br(J/\psi \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)) = (2.52 \pm 0.06 \pm 0.43)\%$ ,  $Br(J/\psi \rightarrow \omega 2(\pi^+ \pi^-)) = (1.31 \pm 0.09 \pm 0.21)\%$ ). 同时对  $4\pi$  不变质量谱和  $\omega\pi\pi$  不变质量谱进行研究分析, 试图观察是否存在有兴趣的信号.

**关键词**  $J/\psi$  衰变 分支比 不变质量

## 1 引言

PDG 中  $J/\psi \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$  和  $J/\psi \rightarrow \omega 2(\pi^+ \pi^-)$  的分支比是 MARK I 与 MARK II 的结果<sup>[1]</sup>. 由于用于测量分支比的  $J/\psi$  事例数很少, 所得到的结果误差较大. 我们将利用 BES I<sup>[2]</sup> 的  $7.8 \times 10^6 J/\psi$  数据<sup>[3]</sup> 更为精确地进行这两个衰变道分支比的测量.

QCD 理论预言了奇特态的存在. 与普通介子相比它们具有不同的量子数, 例如  $0^{-+}$ ,  $0^{+-}$ ,  $1^{-+}$ ,  $2^{+-}$ ,  $3^{-+}$  等. 由此可以根据量子数很容易地与普通介子区别开来. 特别是对于同位旋为 1 的奇特态, 它不可能是胶子球, 而只能是混杂态或多夸克态. 一些理论模型对奇特态的质量作了预言(表 1).  $1^{-+}$  奇特态的质量可能在 1.9GeV 附近. 一些有关的实验工作也取得了初步的结果(表 2).

表 1  $1^{-+}$  奇特态质量的理论预言

理论模型	$m/\text{GeV}$	理论模型	$m/\text{GeV}$
口袋模型 <sup>[4]</sup>	1.3—1.8	Close 流管模型 <sup>[7]</sup>	1.8—1.9
格点规范 <sup>[5]</sup>	1.9—2.1	QCD 求和规则 <sup>[8]</sup>	2.1—2.5
流管模型 <sup>[6]</sup>	1.8—2.0		

表 2  $1^{-+}$  奇特态寻找的实验结果

合作组	$m/\text{MeV}$	$\Gamma/\text{MeV}$	$ch$	出版时间
GAMS <sup>[9]</sup>	$1406 \pm 20$	$180 \pm 30$	$\pi^- p \rightarrow \pi^0 \eta p$	1988, P. L.
VES <sup>[10]</sup>	$1620 \pm 20$	$240 \pm 50$	$\pi^- N \rightarrow \eta(\eta') \pi^- N$	1993, P. L.
KEK <sup>[11]</sup>	$1323.1 \pm 4.6$	$143.2 \pm 12.5$	$\pi^- p \rightarrow \eta \pi^- p$	1993, P. L.
BNL E818 <sup>[12]</sup>	1900—2000		$\pi^- p \rightarrow f_1(1285) \pi^- p$	1994, P. L.
BNL E852 <sup>[13]</sup>	$1370 \pm 16_{-30}^{+50}$	$385 \pm 40_{-105}^{+65}$	$\pi^- p \rightarrow \eta \pi^- p$	1997, P. R. L.
BNL E852 <sup>[14]</sup>	$1593 \pm 8$	$168 \pm 20$	$\pi^- N \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^- N$	1998, P. R. L.
C. B. <sup>[15]</sup>	$1400 \pm 20 \pm 20$	$310 \pm 50_{-30}^{+50}$	$\bar{p} n \rightarrow \pi^- \pi^0 \eta$	1998, P. L.

流管模型预言的量子数为  $1^{-+}$  的基态如  $\hat{\omega}(1900)$  和  $\hat{\rho}(1900)$ , 它们的主要衰变模式是  $\hat{\omega}(1900) \rightarrow \pi a_1(1260)$  和  $\hat{\rho}(1900) \rightarrow \pi b_1(1235)$ . 所以我们试图在  $7\pi$  末态的事例中找出含有  $\hat{\omega}(1900)$  和  $\hat{\rho}(1900)$  的衰变过程:  $J/\psi \rightarrow \omega \hat{\omega}(1900) \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$  和  $J/\psi \rightarrow \hat{\rho} \hat{\rho}(1900) \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$ .

## 2 事例的初步选择

为了初步选择  $\pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$  事例, 要求每一事例有 6 个好的带电径迹和至少两个好光子. 对于一个好的带电径迹, 它必须满足下列条件: 1) 单径迹拟合  $mfit = 2$  或  $mfit = -19$ ; 2) 径迹源自对撞点, 顶点限制在  $R_{xy} < 2\text{cm}$ ,  $|z| < 20\text{cm}$  范围内; 3)  $x$ - $y$  平面动量分量  $p_{xy} > 60\text{MeV}$ , 轴向动量分量与总动量之比  $|p_z/p| < 0.8$ .

好光子的条件: 1) 击中桶部计数器 (BSC), 且沉积能量  $E_{sc} > 50\text{MeV}$ ; 2) 至少击中 BSC 两层, 且第一击中层号小于 5; 3) 在 BSC 里的对击中数  $N_{\text{paired-hits}} \geq 3$ ; 4) 光子与最近带电径迹的夹角  $\theta_{\text{neu, chrg}} > 23^\circ$ ; 5) 光子击中 BSC 方向与簇射发展方向限制在  $30^\circ$  以内.

对于每一个好事例, 要求总电荷数为零且至少两条带电径迹被飞行时间计数器 (TOF) 判定为  $\pi$ . 经过 4C 拟合后, 要求作为  $\gamma\gamma 3(\pi^+ \pi^-)$  事例的拟合  $\chi^2$  最小且小于 40:  $\chi^2_{\gamma\gamma 3(\pi^+ \pi^-)} < \chi^2_{\text{others}}$ ,  $\chi^2_{\gamma\gamma 3(\pi^+ \pi^-)} < 40$ .

## 3 本底研究

$J/\psi$  衰变到  $\pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$  有很大的分支比 ( $(2.9 \pm 0.6)\%$ , PDG 值). 它有很大一部分来自  $J/\psi \rightarrow \omega 2(\pi^+ \pi^-)$  ( $(8.5 \pm 3.4) \times 10^{-3}$ ) 衰变道. 还有如下几个衰变到  $7\pi$  末态的已知衰变道, 但分支比较小,

- 1)  $J/\psi \rightarrow \rho a_2(1320) \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$ ,  $Br = 2.57 \times 10^{-4}$ ;
- 2)  $J/\psi \rightarrow \phi 2(\pi^+ \pi^-) \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$ ,  $Br = 2.48 \times 10^{-4}$ ;
- 3)  $J/\psi \rightarrow \omega f_1(1710) \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$ ,  $Br = 1.75 \times 10^{-4}$ .

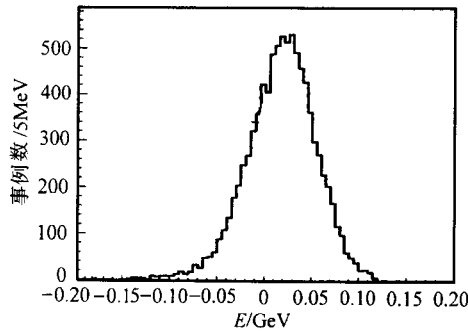


图 1  $J/\psi$  质量与假设为  $J/\psi \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$  事例时计算出的单个事例总能量的差

根据 PDG, 有 4 个可能的本底道:

- 1)  $J/\psi \rightarrow \omega K^{\pm} K_s^0 \pi^{\mp} \rightarrow \pi^0 \pi^{\mp} K^{\pm} 2(\pi^+ \pi^-)$ ,  $Br = 1.83 \times 10^{-3}$ ;
- 2)  $J/\psi \rightarrow \pi^0 4(\pi^+ \pi^-)$ ,  $Br = (9.0 \pm 3.0) \times 10^{-3}$ ;
- 3)  $J/\psi \rightarrow 3(\pi^+ \pi^-)$ ,  $Br = (4.0 \pm 2.0) \times 10^{-3}$ ;
- 4)  $J/\psi \rightarrow 2(\pi^+ \pi^-) K^+ K^-$ ,  $Br = (3.1 \pm 1.3) \times 10^{-3}$ .

通过 MC 模拟发现, 能够通过事例选择的本底事例很少 (表 3).

$$\text{cut1: } -50\text{MeV} < M_{J/\psi} - E_{\text{tot}} < 90\text{MeV} \text{ (图 1)}.$$

$E_{\text{tot}}$  是假设为  $\pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$  末态时计算出的单个事例的总能量.

cut2:  $\chi^2 < 15$ .

cut3:  $|\Delta m_{\pi^0}| < 40\text{MeV}$  and  $|\Delta m_{\omega}| < 40\text{MeV}$ . ( $\Delta m_{\pi^0} = m_{\pi^0} - m_{\gamma\gamma}$ ).

cut4:  $|\Delta m_{\kappa^0}| > 10\text{MeV}$ .

cut5:  $m_{p-\beta} < 400\text{MeV}$ .  $m_{p-\beta}$  是根据动量和飞行时间计算出来的径迹质量.

表 3 所选事例中可能通过选择条件的本底事例数

选择条件	初选	cut 1	cut 2	cut 3	cut 4	cut 5
$\omega K^+ K_s^0 \pi^+$	21	7	5	4	1	0
$3(\pi^+ \pi^-)$	0	0	0	0	0	0
$\pi^0 4(\pi^+ \pi^-)$	1	0	0	0	0	0
$2(\pi^+ \pi^-) K^+ K^-$	1	1	1	0	0	0

## 4 分支比

PDG 中  $J/\psi \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$  和  $J/\psi \rightarrow \omega 2(\pi^+ \pi^-)$  的分支比取自 MARK I 与 MARK II 的结果. MARK I 用来计算分支比的  $J/\psi$  事例总数不到 20 万<sup>[1]</sup>. 而 BES I 有  $7.8 \times 10^6$   $J/\psi$  事例, 所以 BES I 的结果将更精确. 在事例初选的基础上, 要求: 1)  $\chi^2 < 15$ ; 2)  $-50\text{MeV} < M_{J/\psi} - E_{\text{tot}} < 90\text{MeV}$ , 经过 B-W 拟合以后得到了  $3290 \pm 43$  个  $\pi^0$  事例(图 2(a)), 其中包括  $1275 \pm 86$  个含有  $\omega$  的事例(图 2(b)). 通过 MC 模拟产生了 40 万  $J/\psi \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$  事例和 50 万  $J/\psi \rightarrow \omega 2(\pi^+ \pi^-)$  事例, 得到两个衰变道的事例选择效率. 根据公式

$$Br = \frac{(N_{\text{data}} - N_{\text{bg}})/\epsilon}{N_{J/\psi}}$$

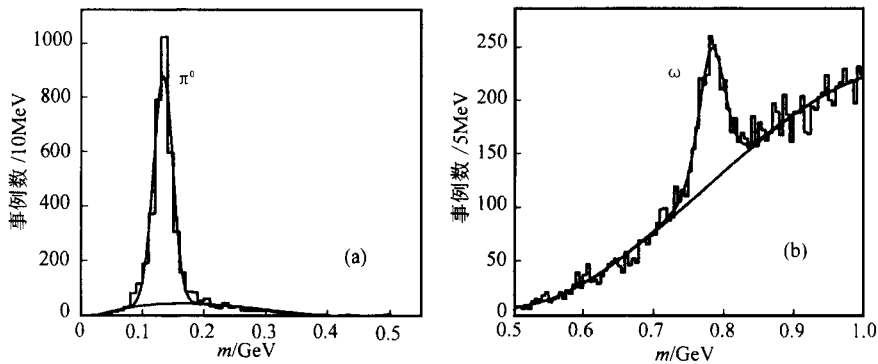


图 2 分别在  $\gamma\gamma$ (a) 和  $\pi^+ \pi^- \pi^0$ (b) 的不变质量谱上进行 B-W 拟合, 计算出含  $\pi^0$  和  $\omega$  事例的比例

分别代入两衰变道的相应数据, 可以计算出两衰变道的分支比. 其中  $N_{\text{data}}$  是从试验数据选择出的事例数,  $N_{\text{bg}}$  是通过事例选择程序的本底事例数. 由本底研究的结果可知  $N_{\text{bg}} \approx 0$ ;  $\epsilon$  是事例选择效率;  $N_{J/\psi}$  是 BES I 的  $J/\psi$  事例总数,  $N_{J/\psi} \approx 7.8 \times 10^6$ . 误差分为统计

误差和系统误差. 系统误差来自  $J/\psi$  总数的误差(15%)和事例选择条件造成的事例选择效率的误差( $J/\psi \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$ :8.4%;  $J/\psi \rightarrow \omega 2(\pi^+ \pi^-)$ :4.6%). 结果如表 4.

表 4 由 BES I 数据得到的  $J/\psi \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$ ,  $J/\psi \rightarrow \omega 2(\pi^+ \pi^-)$  的分支比

衰变模式	$N_{\text{data}}$	$N_{\text{MC}}$	$N_{\text{MC evts}}$	$\epsilon$	$Br$
$J/\psi \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$	$3290 \pm 43$	$0.4 \times 10^6$	$7737 \pm 62$	1.712 %	$(2.52 \pm 0.06 \pm 0.43)\%$
$J/\psi \rightarrow \omega 2(\pi^+ \pi^-)$	$1275 \pm 86$	$0.5 \times 10^6$	$6890 \pm 124$	1.378 %	$(1.31 \pm 0.09 \pm 0.21)\%$

$N_{\text{MC}}$  是 MC 模拟产生的事例数,  $N_{\text{MC evts}}$  是从模拟数据选择出的事例数, 表中误差第一项为统计误差, 第二项为系统误差.

## 5 共振态

在  $\pi^+ \pi^- \pi^0$  (图 3(a)) 和  $\pi^+ \pi^-$  (图 3(b)) 的不变质量谱中分别观察到了  $\omega$  和  $\rho$  的信号. 图 3(c) 是  $\rho\pi$  的不变质量谱, 有  $a_1(1260)$  的信号. 由于在  $7\pi$  末态中, 含有  $a_1(1260)$  中间态的衰变道的分支比很小, 并且  $a_1(1260)$  的宽度太大, 所以  $a_1(1260)$  的信号并不突出. 在图 3(d)  $\omega\pi$  的不变质量谱中有  $b_1(1235)$  的贡献. 图 4 是标定  $\omega$  后反冲  $\omega$  的  $4\pi$  不变质量谱, 可以看到在 1.74 GeV 处有加强. 在  $7\pi$  末态中,  $f_1(1710)$  的主要衰变模式是  $f_1(1710) \rightarrow \rho\rho \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$ , 而根据流管模型的预言,  $\hat{\omega}$  的主要衰变模式为  $\hat{\omega} \rightarrow \pi a_1(1260) \rightarrow \pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$ . 图 4(b) 表示  $4\pi$  的不变质量和  $3\pi$  的不变质量之间的关系. 横轴表示  $3\pi$  的不变质量, 纵轴表示  $4\pi$  的不变质量. 可以看到, 在对应于  $m(4\pi) \approx 1.74 \text{ GeV}$  和  $m(3\pi) \approx 1.2 - 1.3 \text{ GeV}$  处

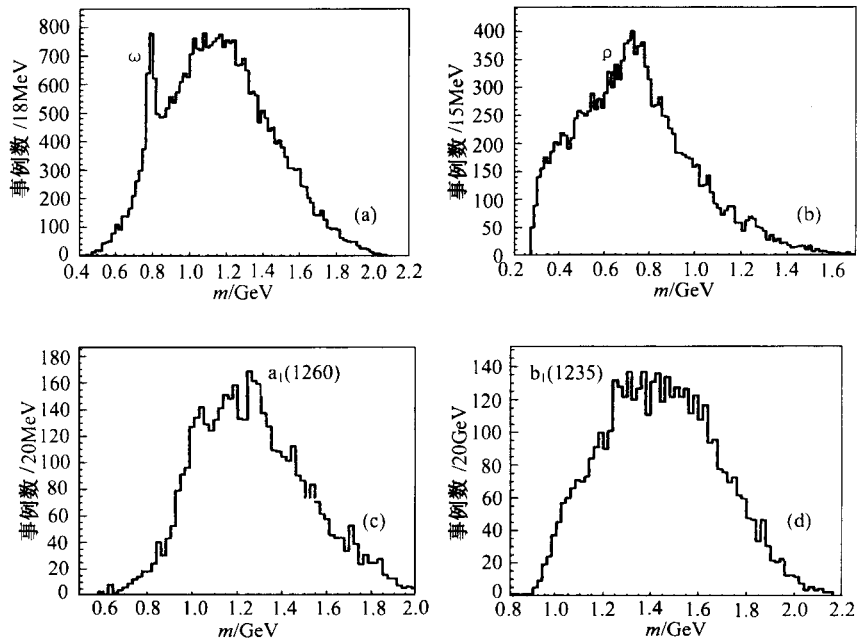


图 3 (a)  $\pi^+ \pi^- \pi^0$ , (b)  $\pi^+ \pi^-$ , (c)  $\rho\pi$ , (d)  $\omega\pi$  的不变质量谱

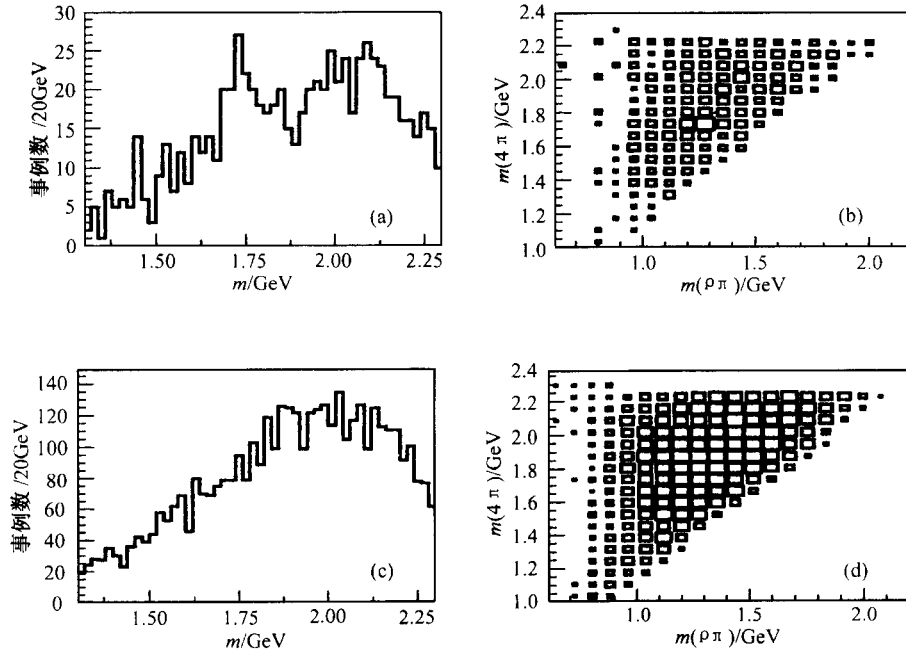


图 4 在反冲  $\omega$  的  $4\pi$  不变质量谱上的 1.74GeV 处有加强

(a)  $4\pi$  的不变质量; (b)  $4\pi$  不变质量和  $3\pi$  不变质量的关系; (c), (d) MC 的结果.

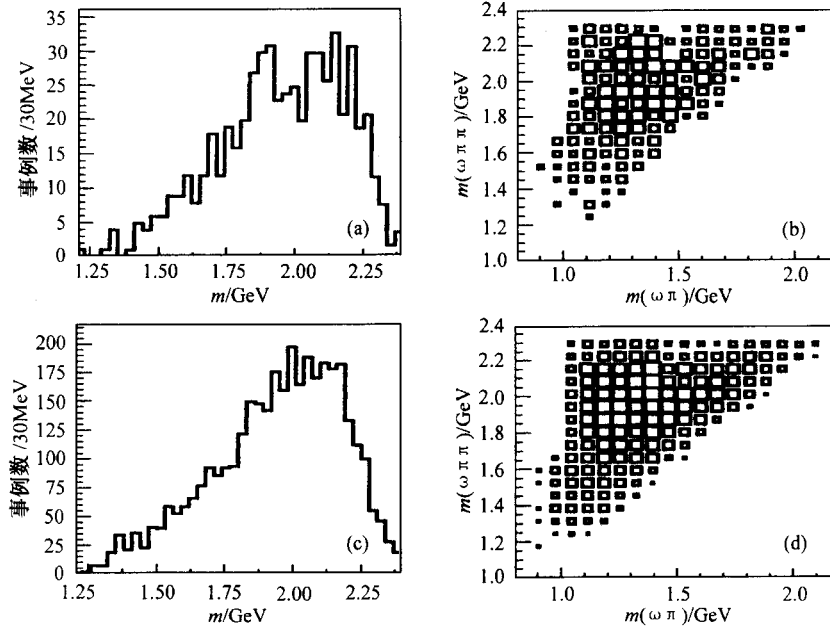


图 5 在反冲  $\rho$  的  $\omega\pi\pi$  不变质量谱上的 1.9GeV 处有加强

(a)  $\omega\pi\pi$  的不变质量; (b)  $\omega\pi\pi$  不变质量和  $\omega\pi$  不变质量的关系; (c), (d) MC 的结果.

有加强. 在  $\omega\pi\pi$  的不变质量谱中, 大约 1.9GeV 处, 也有加强(图 5). 图 5(b) 表示  $\omega\pi\pi$  的

变质量和  $\omega\pi$  的不变质量之间的关系. 在对应于  $m(\omega\pi\pi) \approx 1.9\text{GeV}$  和  $m(\omega\pi) \approx 1.2-1.3\text{GeV}$  处也有加强. 根据 PDG, 在  $1.7-2.0\text{GeV}$  质量范围内并没有衰变到  $\omega\pi\pi$  的共振态. 至于这两处加强是不是对应新的共振态, 还是来自于本底或误组合, 仍需仔细地研究.

表 5 BES I 的实验结果与 PDG 值的对比

衰变模式	BES I		PDG(MARK I)	
	$N_{\text{evts}}$	$Br$	$N_{\text{evts}}$	$Br$
$J/\psi \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$	$3290 \pm 43$	$(2.52 \pm 0.06 \pm 0.43)\%$	$181 \pm 26$	$(2.9 \pm 0.6)\%$
$J/\psi \rightarrow \omega 2(\pi^+ \pi^-)$	$1275 \pm 86$	$(1.31 \pm 0.09 \pm 0.21)\%$	$140 \pm 30$	$(0.85 \pm 0.34)\%$

## 6 小结

在 BES I  $7.8 \times 10^6$   $J/\psi$  事例的基础上测定了  $J/\psi \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$  和  $J/\psi \rightarrow \omega 2(\pi^+ \pi^-)$  两衰变道的分支比. 得到了更为精确的结果.

在  $7\pi$  末态中, 除了  $J/\psi \rightarrow \omega f_1(1710)$  和  $J/\psi \rightarrow \rho a_2(1320)$  的较小贡献外, 大部分都来自于未知衰变道, 需要作进一步的研究. 在  $4\pi$  不变质量谱和  $\omega\pi\pi$  不变质量谱中还分别观察到信号存在的迹象. 究竟它们是可能的共振态, 还是来自于本底或误组合, 进一步的研究正在进行中.

感谢 BEPC 工作人员的工作和高能所计算中心的帮助.

## 参考文献 (References)

- 1 Vannucci F et al. Phys. Rev., 1977, **D15**:1814; Franklin M E B et al. Phys. Rev. Lett., 1983, **51**:963; Jean-Marie B et al. Phys. Rev. Lett., 1976, **36**:291
- 2 BAI J Z et al. Nucl. Instr. Meth. 1994, **A344**:319—314
- 3 BAI J Z et al (BES Collab.). High Energy Phys. and Nucl. Phys., 1995, **19**:125
- 4 Barnes T et al. Nucl. Phys., 1983, **B224**:241
- 5 Lacock P et al. Phys. Rev., 1996, **D54**:6997; Berhard C et al. Nucl. Phys. (Proc. Suppl.), 1997, **B53**:228
- 6 Isgur N, Paton J. Phys. Rev., 1985, **D31**:2910
- 7 Barnes T et al. Phys. Rev., 1995, **D52**:5242
- 8 Claude Bernard et al. Phys. Rev., 1997, **D56**:7039
- 9 Alde D et al. Phys. Lett., 1988, **B205**:397
- 10 Beladidze G M et al. Phys. Lett., 1993, **B313**:276
- 11 Aoyagi H et al. Phys. Lett., 1993, **B314**:246
- 12 Lee J H et al. Phys. Lett., 1994, **B323**:227
- 13 Thompson D R et al (E852 Collab.). Phys. Rev. Lett., 1997, **79**:1630
- 14 Adams G S et al (E852 Collab.). Phys. Rev. Lett., 1998, **81**:5760
- 15 Abele A et al (Crystal Barrel Collab.). Phys. Lett., 1998, **B423**:175

## Branching Ratios of $J/\psi \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$ \*

BES Collaboration

BAI Jing-Zhi BAN Yong<sup>5</sup> BIAN Jian-Guo CHANG Jin-Fan CHEN Ai-Dong CHEN Hong-Fang<sup>1</sup> CHEN He-Sheng CHEN Jiang-Chuan CHEN Xin-Dong CHEN Yuan-Bo CHENG Bao-Sen CHI Shao-Peng CHU Yuan-Ping CUI Xiang-Zong DAI You-Shan<sup>3</sup> DONG Liao-Yuan<sup>7</sup> DU Zhi-Zhen FU Hong-Yu FU Li-Ping<sup>11</sup> GAO Cui-Shan GU Shu-Di GUO Zi-Jin GUO Ya-Nan HAN Shi-Wen HAN Ying HE Jing-Tang HE Ju HE Kang-Lin HE Mao<sup>2</sup> HE Xiang HENG Yue-Kun HONG Tao HU Gui-Yun HU Hai-Ming HU Qiong-Hui HU Tao HUANG Xiu-Ping HUANG Guang-Shun<sup>7</sup> HUANG Yin-Zhi JI Xiao-Bin<sup>2</sup> JIANG Chun-Hua JIN Yan KE Zun-Jian LAI Yuan-Fen LI De LI Hai-Bo<sup>7</sup> LI Hui-Hong<sup>6</sup> LI Jia-Cai LI Jin LI Pei-Qin LI Qiu-Ju LI Ren-Ying LI Wei LI Wei-Guo LI Xiao-Nan LI Xue-Qian<sup>8</sup> LIU Bin LIU Feng<sup>6</sup> LIU Huai-Min LIU Jing LIU Jue-Ping<sup>10</sup> LIU Rong-Guang LIU Tian-Rong LIU Yan LIU Zhong-Xiu LIU Feng LU Gong-Ru<sup>9</sup> LÜ Feng LÜ Jun-Guang LÜ Zhi-Jian LUO Xiao-Lan MA En-Cheng MA Feng-Cai<sup>12</sup> MA Ji-Mao MAO Ze-Pu MENG Xiang-Cheng MO Xiao-Hu NIE Jing NIE Zhen-Dong QI Na-Ding QI Xiang-Rong<sup>5</sup> QIAN Chen-De<sup>4</sup> QIU Jin-Fa QUE You-Kun RONG Gang SHAO Yu-Ying SHEN Ben-Wei SHEN Ding-Li SHEN Hong SHEN Xiao-Yan SHENG Hua-Yi SHI Feng SHI Huan-Zhang SONG Xiao-Fei SUN Han-Sheng SUN Liang-Feng SUN Yong-Zhao TANG Xiao TANG Su-Qiu TONG Guo-Liang WANG Jin-Zhu WANG Jun WANG Lan WANG Ling-Shu WANG Man WANG Meng WANG Pei-Liang WANG Ping WANG Shao-Min WANG Yun-Yong WANG Zhi-Yong WEI Cheng-Lin WU Ning XI De-Ming XIA Xiao-Mi XIE Xiao-Xi XU Guo-Fa XU Ye XUE Sheng-Tian YAN Mu-Lin<sup>1</sup> YAN Wen-Biao YAN Wu-Guang YANG Chang-You YANG Chun-Min YANG Gui-An YANG Hong-Xun YANG Xiao-Feng YE Ming-Han<sup>7</sup> YE Shu-Wei<sup>1</sup> YE Yun-Xiu<sup>1</sup> YU Chuan-Song YU Chun-Xu YU Guo-Wei YUAN Ye ZENG Yun<sup>11</sup> ZHANG Bing-Yun ZHANG Chang-Chun ZHANG Da-Hua ZHANG Hui-Ling ZHANG Jian ZHANG Jia-Wen ZHANG Liang-Sheng ZHANG Lin ZHANG Qin-Jian ZHANG Shao-Qiang ZHANG Xue-Yao<sup>2</sup> ZHANG Yue-Yuan ZHANG Zi-Ping<sup>1</sup> ZHANG Hong-Yu ZHANG Ping ZHAO Di-Xin ZHAO Hai-Wen ZHAO Jia-Wei<sup>1</sup> ZHAO Jing-Wei ZHAO Ping-Ping ZHAO Wei-Ren ZHAO Yu-Bin ZHAO Zheng-Guo ZHENG Jian-Ping ZHENG Lin-Sheng ZHENG Zhi-Peng ZHONG Xue-Chu ZHOU Bao-Qing ZHOU Gao-Ming ZHOU Li ZHU Ke-Jun ZHU Qi-Ming ZHU Yong-Sheng ZHU Zi-An ZHU Yu-Can ZHUANG Bao-An ZOU Bing-Song

Received 28 May 2001

\* Supported by NSFC(19991480), CAS(KJ95T-03)



(Institute of High Energy Physics, CAS, Beijing 100039, China)

1(Department of Modern Physics, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

2(Department of Physics, Shandong University, Ji'nan 250100, China)

3(Department of Physics, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China)

4(Department of Applied Physics, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

5(Department of Technical Physics, Peking University, Beijing 100871, China)

6(Institute of Particle Physics, Hua Zhong Normal University, Wuhan 430079, China)

7(China Center for Advanced Science and Technology (CCAST), Beijing 100080, China)

8(College of Physics, Nankai University, Tianjin 300071, China)

9(College of Physics and Information Engineering, Henan Normal University, Xinxiang 453002, China)

10(College of Physics and Electronic Information Science, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

11(Department of Applied Physics, Hunan University, Changsha 410082, China)

12(Department of Physics, Liaoning University, Shenyang 110036, China)

**Abstract** The decay mode of  $J/\psi \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$  was studied very little before. There are no informations except branching ratios for this channel in PDG book which based on less than  $0.2 \times 10^6$   $J/\psi$  events of MARK I. Now, BES I has a data sample of  $7.8 \times 10^6$   $J/\psi$  events, we can make more accurate results than MARK I. Total of  $3290 \pm 43$   $J/\psi \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$  events including  $1275 \pm 86$   $J/\psi \rightarrow \omega 2(\pi^+ \pi^-)$  events are selected.  $J/\psi \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)$  and  $J/\psi \rightarrow \omega 2(\pi^+ \pi^-)$  events have been generated with MC simulation for calculating events selection efficiency. BES I result is:  $Br(J/\psi \rightarrow \pi^0 3(\pi^+ \pi^-)) = (2.52 \pm 0.06 \pm 0.43)\%$  and  $Br(J/\psi \rightarrow \omega 2(\pi^+ \pi^-)) = (1.31 \pm 0.09 \pm 0.21)\%$ . Meanwhile, we studied the invariant mass of  $4\pi$  and  $\omega\pi\pi$  to find interesting signals. It seems that there is a peak at about 1.74GeV in the invariant mass spectrum of  $4\pi$ , and a enhancement was also found at about 1.9GeV in the invariant mass spectrum of  $\omega\pi\pi$ . It is not clear whether they are from resonances or background. Therefore, more work in detail is still going on.

**Key words**  $J/\psi$  decay, branching ratio, invariant mass