

## $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma V(\rho, \phi)$ 衰变的实验研究\*

BES 合作组

白景芝	班勇 <sup>5</sup>	卞建国	陈爱东	陈光培	陈宏芳 <sup>1</sup>
陈和生	陈江川	陈鑫东	陈元柏	程宝森	初元萍
崔象宗	丁慧良	戴又善 <sup>3</sup>	董燎原 <sup>7</sup>	杜志珍	高翠山
高树琦	顾树棣	过雅南	郭子金	韩世温	韩缨
何景棠	何炬	何康林	何瑁 <sup>2</sup>	贺翔	衡月昆
洪涛	胡贵云	胡海明	胡敬亮	胡琼辉	胡涛
黄光顺 <sup>7</sup>	黄秀萍	黄因智	姜春华	金艳	巨新
柯尊建	赖元芬	郎鹏飞	李灿国	李德	李海波 <sup>7</sup>
李家才	李金	李佩琴	李秋菊	李仁英	李蔚
李卫国	李小南	李新华	李学潜 <sup>8</sup>	李忠朝	刘斌
刘峰 <sup>6</sup>	刘怀民	刘靖	刘觉平 <sup>10</sup>	刘荣光	刘延
刘锺秀	柳峰	鲁公儒 <sup>9</sup>	吕峰	吕军光	吕志坚
罗小兰	马恩成	马基茂	毛慧顺	毛泽普	孟祥承
莫晓虎	聂晶	聂振东	漆纳丁	祁向荣 <sup>5</sup>	钱诚德 <sup>4</sup>
邱进发	阙友昆	荣刚	邵毓莺	沈本蔚	沈定力
沈红	沈肖雁	盛华义	石峰	史焕章	宋晓非
孙汉生	孙良峰	孙永昭	唐素秋	童国梁	王近球
王君	王岚	王临洲	王灵淑	王佩良	王平
王少敏	王运永	王至勇	魏诚林	吴宁	吴义根
席德明	夏小米	谢小希	谢跃红	许国发	薛生田
严武光	杨长友	杨春敏	杨贵安	杨宏勋	杨晓峰
叶铭汉 <sup>7</sup>	叶树伟 <sup>1</sup>	叶云秀 <sup>1</sup>	于传松	喻纯旭	俞国威

2000-03-28 收稿

\* 国家自然科学基金资助(19991480, 19825116, 19605007)和中国科学院重大及特别支持项目(KJ95T-03)

郁忠强	袁 野	张炳云	张长春	张 纯	张达华
张会领	张 建	张家文	张良生	张 雷	张 琳
张勤俭	张少强	张学尧 <sup>2</sup>	张月元	张子平 <sup>1</sup>	章红宇
章 平	赵棣新	赵海文	赵家伟 <sup>1</sup>	赵京伟	赵 萌
赵平平	赵维仁	赵豫斌	赵政国	郑建平	郑林生
郑志鹏	周宝庆	周高明	周 莉	朱科军	朱启明
朱永生	朱自安	祝玉灿	庄保安	邹冰松	

(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 430070)

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)

**摘要** 利用北京谱仪(BES)收集的  $7.8 \times 10^6 J/\psi$  事例,对  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma V(\rho, \phi)$  衰变道中的  $\eta(1430)$  共振态进行了分析. 从  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\rho$  衰变模式得到其质量及衰变宽度分别为  $1431 \pm 17\text{MeV}$  和  $88 \pm 28\text{MeV}$ , 衰变分支比  $Br(J/\psi \rightarrow \gamma\eta(1430)) Br(\eta(1430) \rightarrow \gamma\rho) = (1.1 \pm 0.5 \pm 0.3) \times 10^{-4}$ ; 而从  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\phi$  衰变模式得到其质量及衰变宽度分别为  $1424 \pm 15\text{MeV}$  和  $73 \pm 58\text{MeV}$ , 衰变分支比  $Br(J/\psi \rightarrow \gamma\eta(1430)) Br(\eta(1430) \rightarrow \gamma\phi) = (2.0 \pm 1.0 \pm 0.6) \times 10^{-4}$ .

**关键词**  $J/\psi$  共振态 介子 胶子球

## 1 引言

$\iota(1440)$  一直是一热门的研究课题,人们试图用各种模型去解释  $\iota(1440)$  的一些特性. 在这些模型中,一般认为  $\iota(1440)$  是胶子球,径向激发的  $(q\bar{q})$  态或者混杂态. 而有关  $\iota(1440)$  的结构也存在着不少争议,有人认为它很可能是两个态的叠加,其一质量大约在  $1410\text{MeV}$  附近,它既能衰变到  $K\bar{K}\pi$ , 又能衰变到  $\eta\pi\pi$ , 另一态质量大约在  $1470\text{MeV}$  附近,它只能衰变到  $K\bar{K}\pi$ , 如若这样,第二个态( $1470\text{MeV}$ )很可能就是普通介子  $2^1 S_0$  九重态中  $s\bar{s}$  成员<sup>[1]</sup>, 而第一个态( $1410\text{MeV}$ )到底是普通介子,胶子球还是混杂态,还有待于进一步

研究.

Crystal-Ball<sup>[2]</sup>, MARK3<sup>[3]</sup> 以及 DM2<sup>[4]</sup> 都对  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\rho(\rho \rightarrow \pi^+\pi^-)$  过程中  $X(1440) \rightarrow \gamma\rho$  的辐射衰变进行过研究, 这 3 个实验组的结果列于表 1 中. 由  $X(1440) \rightarrow \gamma\rho$  衰变的角分布可以把  $X(1440)$  解释为  $0^-$  态, 但不能排除  $1^+$  的可能性<sup>[3,4]</sup>. 本文利用 BES 收集到的  $7.8 \times 10^6 J/\psi$  事例对  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\rho$  和  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\phi$  两衰变道进行了较为详细的分析研究.

表 1  $X(1440) \rightarrow \gamma\rho$  的实验测量

质量 (MeV)	宽度 (MeV)	$Br(J/\psi \rightarrow \gamma X) Br(X \rightarrow \gamma\rho) (\times 10^{-4})$	实验组
$1390 \pm 25$	$185^{+110}_{-90}$	$1.9 \pm 0.5 \pm 0.4$	Cry-Ball
$1432 \pm 8$	$90 \pm 26$	$0.64 \pm 0.12 \pm 0.07$	MARK3
$1401 \pm 18$	$174 \pm 44$	$0.9 \pm 0.2 \pm 0.14$	DM2

## 2 事例筛选

BES 的结构及各子探测器的性能指标已经在文献[5]中进行了详细的描述, 这里不再赘述.

本文主要分析衰变道  $J/\psi \rightarrow \gamma X (X \rightarrow \gamma V)$ , 其中  $V$  包括下面两个衰变过程:

$$\begin{aligned} \rho &\rightarrow \pi^+ \pi^-, \\ \phi &\rightarrow K^+ K^- \end{aligned}$$

末态有两根带电径迹. 因而, 首先主漂移室(MDC)应探测到两根带电径迹, 并且它们的总电荷为零; 而且每根带电径迹有好的螺旋线(helix)拟合和好的误差矩阵.

由于北京谱仪中的簇射计数器(SC)对光子的能量分辨率较差 ( $\Delta E/E \sim 21\%/\sqrt{E}$ ), 所以本衰变道中光子的选择非常重要. 为了排除电子学噪声, 光子在簇射计数器中的能量沉积应大于 70MeV; 而为了排除高能带电粒子的辐射光子, 光子与带电粒子之间夹角的余弦应小于 0.98. 所有满足这些条件的光子我们都认为它们是“好”光子, 以便留做下面的进一步选择, 而这些“好”光子中具有最大能量的光子总是被选作为  $J/\psi$  的辐射光子 (即第一个光子).

下面分两部分按照两个不同的衰变过程对所要求的事例进行筛选.

### 2.1 $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\rho(\rho \rightarrow \pi^+\pi^-)$ 的事例筛选

为了避免带电径迹的  $\pi/K$  误判, 应至少有一条带电径迹的 TOF $\pi$  权重大于 TOFK 权重. 经 MC 模拟, 一些主要的多光子本底的  $p_{\text{miss}}$  ( $p_{\text{miss}}$  定义为所有带电粒子的动量之和) 大都集中在 1.4GeV/c 附近, 因而选择  $p_{\text{miss}} \leq 1.25/\text{GeV}/c$  以便更有效的排除多光子本底. 从上面挑选出的光子中, 任选一个光子与最大能量的光子组合再与两带电粒子 ( $\pi^+\pi^-$ ) 一起作四动量约束下的运动学拟合 (4C-FIT), 取最小  $\chi^2$  ( $\chi^2_{\text{min}}$ ) 的两个光子作为真实光子, 并要求  $\chi^2_{\text{min}} \leq 6$ . 这样, 满足上面选择条件的事例中较低能量的光子就是  $X$  的辐射光子 (即第二个光子).

为了进一步压低本底的影响, 将上面得到的事例强行对如下的末态:  $2\gamma K^+ K^-$ ,  $\pi^0 \pi^+ \pi^-$ ,  $\eta \pi^+ \pi^-$ ,  $3\gamma \pi^+ \pi^-$  和  $\gamma \pi^+ \pi^-$  进行运动学 4C-FIT, 如果其中之一的  $\chi^2 < \chi^2_{\text{min}}$ , 那么

此事例就会被当做本底去掉. 另一个对多光子本底很有效的选择条件是除了上面挑选出的两个真正好光子外, 事例中剩余“好”光子的能量之和应不大于 130MeV.

经过上面的筛选, 便得到图 1 所示的  $\pi^+ \pi^-$  不变质量谱. 取  $|m_{\pi^+ \pi^-} - m_\rho| \leq 0.14 \text{GeV}/c^2$  作为  $\rho$  信号, 并与较低能量的光子组合成图 2 所示的  $\gamma\rho$  不变质量谱, 其中光滑曲线是 Breit-Wigner(BW)拟合的结果, 表 2 列出了 BW 拟合所得到的共振参数.

探测效率是由蒙特卡洛对  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\rho$  衰变道的模拟得到的, 大约是 4.8%. 表 2 中分支比的系统误差(25%)主要考虑了下面几部分的贡献: 事例筛选条件带来的误差; BW 拟合时, 使用不同本底形状可能造成的误差; 在进行探测效率模拟时, 由于蒙特卡洛的某种不定性带来的误差; 以及  $J/\psi$  总数的误差.

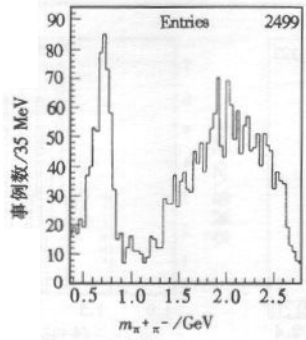


图 1  $\pi^+ \pi^-$  不变质量谱

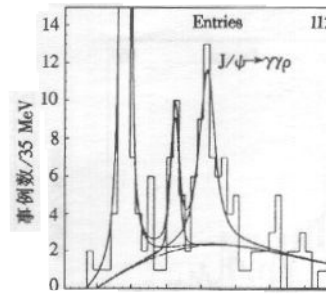


图 2  $\gamma\rho$  不变质量谱  
光滑曲线是 BW 的拟合曲线.

表 2  $J/\psi \rightarrow \gamma X(X \rightarrow \gamma\rho)$  的共振参数

质量(MeV)	宽度(MeV)	$Br(J/\psi \rightarrow \gamma X) Br(X \rightarrow \gamma\rho) (\times 10^{-4})$	事例数	显著性
$961 \pm 1$	$11 \pm 3$	$7.7 \pm 0.3 \pm 1.9$	$290 \pm 11$	$30.7\sigma$
$1245 \pm 11$	$20 \pm 16$	$0.4 \pm 0.1 \pm 0.1$	$13 \pm 12$	$3.0\sigma$
$1431 \pm 17$	$88 \pm 28$	$1.1 \pm 0.5 \pm 0.3$	$40 \pm 17$	$4.4\sigma$

## 2.2 $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\phi(\phi \rightarrow K^+ K^-)$ 的事例筛选

为了避免带电径迹的  $\pi/K$  误判, 应至少有一条带电径迹的 TOFK 权重大于  $\text{TOF}\pi$  权重. 经 MC 模拟, 一些主要的多光子本底的  $p_{\text{miss}}$  大都集中在  $1.4 \text{GeV}/c$  附近, 因而选择  $p_{\text{miss}} \leq 1.25 \text{GeV}/c$  以便更有效的排除多光子本底. 从上面挑选出的光子中, 任选一个光子与最大能量的光子组合再与两带电粒子( $K^+ K^-$ )一起作四动量约束的运动学拟合(4C-FIT), 取最小  $\chi^2$  ( $\chi_{\text{min}}^2$ ) 的两个光子作为真实光子, 并要求  $\chi_{\text{min}}^2 \leq 25$ . 满足上面选择条件的事例中较低能量的光子就是 X 的辐射光子(即第二个光子).

为了排除可能的多光子本底对分析结果的影响, 强行对下列末态:  $2\gamma\pi^+ \pi^-$ ,  $\gamma K^+ K^-$ , 和  $3\gamma K^+ K^-$  做运动学的 4C-FIT, 如果它们其中之一的  $\chi^2 < \chi_{\text{min}}^2$ , 就认为此事例为本底事例而把它去除. 为了扣除可能的  $J/\psi \rightarrow \pi^0 K^+ K^-$  及  $J/\psi \rightarrow \eta K^+ K^-$  本底的影响, 选择  $M_{\gamma\gamma} \geq 0.6 \text{GeV}/c^2$ .

经上面的筛选,便得到图 3 所示的  $K^+ K^-$  不变质量谱. 取  $|m_{K^+ K^-} - m_\phi| \leq 0.02 \text{ GeV}/c^2$  作为  $\phi$  信号, 并与较低能量的光子组合得到图 4 所示的  $\gamma\phi$  不变质量谱, 对其进行 BW 拟合, 便得到如表 3 所示的共振参数. 图 5 是  $\phi_{\text{side-band}}$  的  $\gamma K^+ K^-$  不变质量谱, 可以清楚的看出在  $1430 \text{ MeV}$  附近没有明显的共振结构.

探测效率是由蒙特卡洛对  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\phi$  衰变道的模拟得到的, 大约是  $6.2\%$ . 表 3 中分支比的系统误差 ( $28\%$ ) 与表 2 所考虑的基本相同.

表 3  $J/\psi \rightarrow \gamma X (X \rightarrow \gamma\phi)$  的共振参数

质量 (MeV)	宽度 (MeV)	$Br(J/\psi \rightarrow \gamma X) Br(X \rightarrow \gamma\phi) (\times 10^{-4})$	事例数	显著性
$1424 \pm 15$	$73 \pm 58$	$2.0 \pm 1.0 \pm 0.6$	$47 \pm 23$	$4.6\sigma$

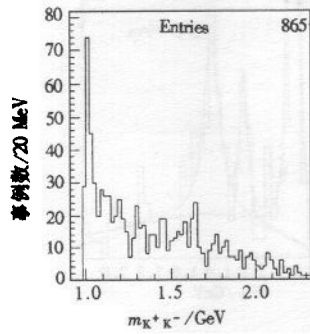


图 3  $K^+ K^-$  不变质量谱

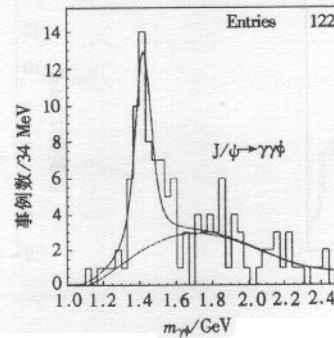


图 4  $\gamma\phi$  不变质量谱  
光滑曲线是 BW 的拟合曲线.

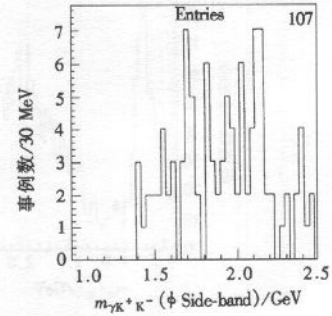


图 5  $\phi_{\text{side-band}}$  的  $\gamma K^+ K^-$  不变质量谱

### 2.3 $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma V$ 道的本底分析

$J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\rho$  衰变道的一个最大本底道是  $J/\psi \rightarrow \rho\pi$ , 这可以通过  $p_{\text{miss}} < 1.25 \text{ GeV}/c$ , 及  $m_{\gamma\gamma} > 0.6 \text{ GeV}/c^2$  两选择条件把其排除掉. 由于我们得到的  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\rho$  衰变道的结果与 MARK3 的结果基本一致, 而且与粒子表中的结果也基本符合, 因而对此衰变道的本底就不作进一步讨论.

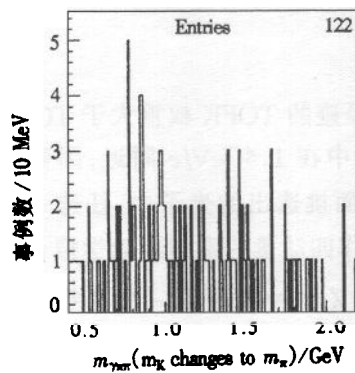


图 6 将筛选出的  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\phi$  事例中的 K 质量换成  $\pi$  质量后的  $\gamma\pi\pi$  不变质量谱

对于  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\phi$  衰变道来说, 其主要本底是  $J/\psi \rightarrow K^+ K^-$ ,  $J/\psi \rightarrow \rho\pi$ ,  $J/\psi \rightarrow \gamma\pi \rightarrow \gamma K^+ K^- \pi^0$ ,  $J/\psi \rightarrow \phi\eta$  及  $J/\psi \rightarrow \phi\eta'(958)$  等, 这些本底基本上可以通过  $p_{\text{miss}} < 1.25 \text{ GeV}/c$  和  $m_{\gamma\gamma} > 0.6 \text{ GeV}/c^2$  两选择条件把其排除. 但是由于探测器对高动量 ( $\geq 600 \text{ MeV}/c^2$ ) 的  $\pi/K$  分辨不太好, 部分  $J/\psi \rightarrow \gamma\eta'(958)$  事例可能最终会满足我们的筛选条件而混入好事例中, 为了检验此本底道的混入情况, 将上面筛选出的  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\phi$  事例中的 K 质量换成  $\pi$  质量后, 做  $\gamma\pi\pi$  不变质量谱 (图 6), 从图 6 可以看出在  $\eta'(958)$  附近似乎有一小

峰. 这可能是因为  $\eta'(958)$  衰变道中的  $\pi$  质量与  $\phi$  衰变道中的  $K$  质量相近, 导致在  $\gamma\pi\pi$  不变质量谱中出现了类似  $\eta'(958)$  的共振结构. 为了进一步验证, 可以在  $\gamma\pi\pi$  不变质量谱中引入  $\eta'(958)$  的共振模型进行拟合, 观察拟合效果. 此外, 还可以考虑其他可能的本底道, 如  $J/\psi \rightarrow \gamma\omega$  等, 进行全面的本底分析.

的凸起,这就表明在筛选的  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\phi$  事例中不排除有  $J/\psi \rightarrow \gamma\eta'(958)$  混入的可能性,但混入的比例最多不会超过 10%,我们已将此放入系统误差之中. 表 4 列出了对各主要本底衰变道的检查结果.

从表 4 可以看出,经过事例筛选后,最终能进入  $\eta(1430)$  信号范围之内  $3\sigma$  (240MeV) 的事例总数为  $(17 + 0.7 + 2.7 + 0.1 \sim 21)$ . 而另一方面从图 4 不难估算出在  $\eta(1430)$  信号峰下的总事例数(包括  $\eta(1430)$  共振态和本底)约 72 个,按此计算本底约占总事例数的 29%,这并不影响  $\eta(1430)$  信号的存在,而且表 3 中衰变分支比的两项误差也已考虑了由本底带来的误差.

表 4 蒙特卡洛(MC)模拟各主要本底衰变道对  $\eta(1430)$  的影响

$J/\psi$ 衰变模式	MC 产生事例数	进入 $\eta(1430)3\sigma$ 范围事例数	归一化后事例数
$K^+ K^-$	39000	0	0
$\phi\eta$	50700	0	0
$\gamma\pi$	70980	170	17
$\rho\pi$	99840	0	0
$KK\pi^0$	47580	0	0
$\gamma f_2'(1525)$	4364	0	0
$\gamma\eta'(958)$	241780	0	0
$\gamma\gamma\pi\pi$	50000	0	0
$\phi\eta'(958)$	25740	7	0.7
$\phi_0(980)$	24960	27	2.7
$\phi f_2'(1525)$	62400	1	0.1

### 3 结果与讨论

首先讨论从  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\rho$  衰变道得到的结果,它与 MARK3 对此衰变道的分析结果基本一致. 表 2 中质量为 961MeV 的共振态可以解释为粒子表中的  $\eta'(958)$ ,对图 1 中  $\rho$  共振态拟合,在此质量区间的  $\pi^+ \pi^-$  质量谱内,  $R = (\rho \text{ 事例数}) / (\rho \text{ 事例数} + \text{非 } \rho \text{ 事例数})$  是  $0.69 \pm 0.06$ ,因而我们的分支比  $(7.7/R \times 10^{-4})$  与 1998 年粒子表给出的数据  $(Br(J/\psi \rightarrow \gamma\eta'(958), \eta' \rightarrow \gamma\rho) = (13.0 \pm 1.1) \times 10^{-4})$  是相容的. 表 2 中质量为 1245MeV 的态,由于统计量不足不能对其进行详细的分析,MARK3 在对  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\rho$  的分析中也得到此共振态,他们将其解释为  $f_1(1285)$  信号,但不能排除其是  $\eta(1295)$  的可能性<sup>[3]</sup>. 表 2 中质量为 1431MeV 的态将在下面做详细的讨论.

现在分别讨论从  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\rho$  及  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\phi$  两衰变道得到的 X(1430)共振态,其测量参数列于表 5 中.

表 5 BES 实验从  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma V$  衰变道得到的  $\eta(1430)$

衰变模式	质量(MeV)	宽度(MeV)	$Br(J/\psi \rightarrow \gamma X) Br(X \rightarrow \gamma V) (\times 10^{-4})$	显著性
$X \rightarrow \gamma\rho$	$1431 \pm 17$	$88 \pm 28$	$1.1 \pm 0.5 \pm 0.3$	$4.4\sigma$
$X \rightarrow \gamma\phi$	$1424 \pm 15$	$73 \pm 58$	$2.0 \pm 1.0 \pm 0.6$	$4.6\sigma$

BES 和 MARK3 从  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\rho$  道观测到的 1430MeV 附近的共振态有几乎相同的质量

和宽度,可以认为是同一个态. MARK3 的分析中认为此共振态很可能是  $J^P = 0^-$  的  $\eta(1430)$ ,但不能排除它是  $J^P = 1^+$  的  $f_1(1420)$  的可能性. 如果我们认同 MARK3 的这一结论,只要排除它是  $f_1(1420)$  的可能性,基本上就可以肯定它的自旋宇称是  $J^P = 0^-$  WA102 合作组最近给出如下的结果<sup>[6]</sup>:

$$\frac{f_1(1420) \rightarrow \rho^0 \gamma}{f_1(1420) \rightarrow K \bar{K} \pi} < 0.02 (95\% \text{ C. L. } ),$$

而 1998 年粒子表给出有关分支比的世界平均值

$$Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_1(1420), f_1(1420) \rightarrow K \bar{K} \pi) = (8.3 \pm 1.5) \times 10^{-4}.$$

结合上面两个结果,得到如下的结论:

$$Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_1(1420), f_1(1420) \rightarrow \gamma \rho) < 1.7 \times 10^{-5}.$$

然而我们从  $J/\psi \rightarrow \gamma \gamma \rho$  获得的 X(1430) 的分支比是此上限的 10 倍,这就是说从  $J/\psi \rightarrow \gamma \gamma \rho$  得到的 X(1430) 是  $J^P = 1^+$  的  $f_1(1420)$  的可能性不大,而它应该是  $J^P = 0^-$  的  $\eta(1430)$ .

另一方面,WA102 合作组同时给出<sup>[6]</sup>:

$$\frac{f_1(1420) \rightarrow \phi \gamma}{f_1(1420) \rightarrow K \bar{K} \pi} = 0.003 \pm 0.001 \pm 0.001.$$

利用上面提到的粒子表给出的分支比值,最终得到

$$Br(J/\psi \rightarrow \gamma f_1(1420), f_1(1420) \rightarrow \gamma \phi) = (0.249 \pm 0.068 \pm 0.099) \times 10^{-5}$$

此数值比我们从  $J/\psi \rightarrow \gamma \gamma \phi$  获得的 X(1430) 的分支比小两个数量级. 因而,此 X(1430) 信号应主要源于  $\eta(1430)$ ,而不是  $f_1(1420)$ .

综上所述,我们分别从  $J/\psi \rightarrow \gamma \gamma \rho$  及  $J/\psi \rightarrow \gamma \gamma \phi$  两衰变道得到的 X(1430) 应主要是  $\eta(1430)$ . 考虑到纯  $(u\bar{u} + d\bar{d})$  介子主要衰变到  $\gamma \rho$  而非  $\gamma \phi$ ; 纯  $ss$  介子主要衰变到  $\gamma \phi$  而非  $\gamma \rho$ ; 而胶子球既可以与  $ss$ ,也可以与  $(u\bar{u} + d\bar{d})$  混合,因而 X(1430) 既可以衰变到  $\gamma \phi$ ,也可以衰变到  $\gamma \rho$  这样一个实验结果支持它含有胶子成分这一推测.

感谢 BEPC 及中国科学院高能物理研究所计算中心工作人员的合作. 作者对 D. V. Bugg, 郁宏, W. Toki 等教授及 J. D. Richman 博士的有益讨论和合理建议,在此一并致谢.

### 参考文献 (References)

- 1 PDG. Eur. Phys. J., 1998, **C3**:396; Rath M G et al. Phys. Rev., 1989, **D40**:693; Bertin A et al. Phys. Lett., 1995, **B361**:187
- 2 Edwards C. Ph D Thesis, Cal. Tech. Preprint CALT-68-1165, 1985, 3; Coffman D et al. Phys. Rev., 1990, **D41**:1410; Richman J D. PhD Thesis, Caltech Preprint CALT-68-1231, 1985
- 4 Augustin J E et al. Orsay Preprint LAL/85-27, 1985
- 5 BAI J Z et al. Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., 1994, **A344**:319; BAI J Z et al. Phys. Rev. Lett., 1992, **69**:3021; DING HuiLiang et al. HEP & NP (in Chinese), 1992, **16**:769 (丁慧良等. 高能物理与核物理, 1992, **16**:769)
- 6 Barberis D et al. Phys. Lett., 1998, **B440**:225

## Study of Decay $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma V(\rho, \phi)$ \*

BES Collaboration

BAI JingZhi BAN Yong<sup>5</sup> BIAN JianGuo CHEN AiDong CHEN GuangPei CHEN HongFang<sup>1</sup> CHEN HeSheng CHEN JiangChuan CHEN XinDong CHEN YuanBo CHENG BaoSen CHU YuanPing CUI XiangZong DING HuiLiang DAI YouShan<sup>3</sup> DONG LiaoYuan<sup>7</sup> DU ZhiZhen GAO CuiShan GAO ShuQi GU ShuDi GUO Ya.Nan GUO ZiJin HAN ShiWen HAN Ying HE JingTang HE Ju HE KangLin HE Mao<sup>2</sup> HE Xiang HENG YueKun HONG Tao HU GuiYun HU HaiMing HU JingLiang HU QiongHui HU Tao HUANG GuangShun<sup>7</sup> HUANG XiuPing HUANG YinZhi JIANG ChunHua JIN Yan JU Xin KE ZunJian LAI YuanFen LANG PengFei LI CanGuo LI De LI HaiBo<sup>7</sup> LI JiaCai LI Jin LI PeiQin LI QiuJu LI RenYing LI Wei LI WeiGuo LI XiaoNan LI XinHua LI XueQian<sup>8</sup> LI ZhongChao LIU Bin LIU Feng<sup>6</sup> LIU HuaiMin LIU Jing LIU JuePing<sup>10</sup> LIU RongGuang LIU Yan LIU ZhongXiu LIU Feng LU GongRu<sup>9</sup> LÜ Feng LÜ JunGuang LÜ ZhiJian LUO XiaoLan MA EnCheng MA JiMao MAO HuiShun MAO ZePu MENG XiangCheng MO XiaoHu NIE Jing NIE ZhenDong QI NaDing QI XiangRong<sup>5</sup> QIAN ChengDe<sup>4</sup> QIU JinFa QUE YouKun RONG Gang SHAO YuYing SHEN BenWei SHEN DingLi SHEN Hong SHEN XiaoYan SHENG HuaYi SHI Feng SHI HuanZhang SONG XiaoFei SUN HanSheng SUN LiangFeng SUN YongZhao TANG SuQiu TONG GuoLiang WANG JinZhu WANG Jun WANG Lan WANG LinZhou WANG LinShu WANG PeiLiang WANG Ping WANG ShaoMin WANG YunYong WANG ZhiYong WEI ChengLin WU Ning Wu YiGen XI DeMing XIA XiaoMi XIE XiaoXi XIE YueHong XU GuoFa XUE ShengTian YANWuGuang YANG ChangYou YANG ChunMin YANG GuiAn YANG HongXun YANG XiaoFeng YE MingHan<sup>7</sup> YE ShuWei<sup>1</sup> YE YunXiu<sup>1</sup> YU ChuanSong YU ChunXu YUGuoWei YU ZhongQiang YUAN Ye ZHANG BingYun ZHANG ChangChun ZHANG Chun ZHANG DaHua ZHANG HuiLing ZHANG Jian ZHANG JiaWen ZHANG LiangSheng ZHANG Lei ZHANG Lin ZHANG QinJian ZHANG ShaoQiang ZHANGXueYao<sup>2</sup> ZHANG YueYuan ZHANG ZiPing<sup>1</sup> ZHANG HongYu ZHANG Ping ZHAO DiXin ZHAO HaiWen ZHAO JiaWei<sup>1</sup> ZHAO JingWei ZHAO Meng

Received 28 March 2000

\* Supported by NSFC (19991480, 19825116, 19605007) and Major Subject of The Chinese Academy of Sciences (KJ95T-03)



ZHAO PingPing ZHAO WeiRen ZHAO YuBin ZHAO ZhengGuo ZHENG JianPing  
 ZHENGLinSheng ZHENG ZhiPeng ZHOU BaoQing ZHOU GaoMing ZHOU Li ZHU  
 KeJun ZHU QiMing ZHU YongSheng ZHU ZiAn ZHU YuCan ZHUANG BaoAn  
 ZOU BingSong

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

1(*Department of Modern Physics, Science 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, Hanzhou 310028, China*)

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

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

6(*Institute of Particle Physics, Huazhong Normal University, Wuhan 430079, China*)

7(*China Center of Advanced Science and Technology, Beijing 100087, China*)

8(*Department of Physics, Nankai University, Tianjin 300071, China*)

9(*Department of Physics and Information Engineering, He'nan Normal University, Xinxiang 453002, China*)

10(*Department of Physics and Electronic Information, Wuhan University, Wuhan 430072, China*)

**Abstract** Based on  $7.8 \times 10^6$   $J/\psi$  events collected by BES experiment,  $J/\psi$  radiative decay  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma V(\rho, \phi)$  have been studied. The  $\eta(1430)$  resonance has been observed in these two channels respectively. Its mass, width and branching ratio are  $1431 \pm 17\text{MeV}$ ,  $88 \pm 28\text{MeV}$ , and  $Br(J/\psi \rightarrow \gamma\eta(1430)) Br(\eta(1430) \rightarrow \gamma\rho) = (1.1 \pm 0.5 \pm 0.3) \times 10^{-4}$  from  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\rho$  mode,  $1424 \pm 15\text{MeV}$ ,  $73 \pm 58\text{MeV}$ , and  $Br(J/\psi \rightarrow \gamma\eta(1430)) Br(\eta(1430) \rightarrow \gamma\phi) = (2.0 \pm 1.0 \pm 0.6) \times 10^{-4}$  from  $J/\psi \rightarrow \gamma\gamma\phi$  mode.

**Key words**  $J/\psi$ , resonance, meson, glueball