

J/ψ 衰变中的 $\Lambda\bar{\Lambda}$, $\Lambda\bar{\Lambda}\gamma$ 和 $\Lambda\bar{\Lambda}\pi^0$ 产生*

BES 合作组

白景芝	卞建国	柴正维	陈光培	陈宏芳 ¹	陈江川
陈少敏	陈雅清	陈宇	陈元柏	程宝森	崔象宗
丁慧良	杜志珍	范晓舲	方建	高翠山	高美丽
高树琦	顾建辉	顾树棣	顾维新	顾以藩	过雅南
韩世温	韩纓	何景棠	何炬	何瑁 ²	胡贵云
胡敬亮	胡琼辉	胡涛	胡晓庆	黄秀萍	黄因智
姜春华	金山	金艳	康书辉	柯尊建	赖元芬
兰慧彬	郎鹏飞	李金	李佩琴	李群	李如柏
李蔚	李卫东	李卫国	李新华	李小南	林树子
刘怀民	刘靖	刘经华	刘琦	刘荣光	刘延
刘振安	吕峰	吕军光	鲁建业	罗栓群	罗勇
马爱民	马恩成	马基茂	毛慧顺	毛泽普	孟祥承
倪蕙苓	聂晶	漆纳丁	邱进发	屈云河	阙友昆
荣刚	邵毓莺	沈本蔚	沈定力	沈红	沈肖雁
盛华义	史焕章	宋晓非	孙舫	孙汉生	孙式军
谈益平	唐素秋	童国梁	王锋	王菊芳	王灵淑
王临洲	王曼	王萌	王佩良	王平	王少敏
王泰杰	王运永	魏诚林	吴义根	席德明	夏小米
谢佩佩	熊伟军	许国发	许榕生	徐芷菁	薛生田
颜洁	严武光	杨长友	杨春敏	杨杰	杨晓峰

1997-04-16收稿

*国家自然科学基金资助;中国科学院重大基础研究项目

叶铭汉	叶诗章	叶树伟 ¹	易凯	于传松	喻纯旭
余志堂	郁忠强	苑长征	张炳云	张长春	张达华
张德红	张会领	张建	张家文	张霖	张良生
张勤俭	张少强	张学尧 ²	张羽	张月元	赵棣新
赵海文	赵京伟	赵萌	赵维仁	赵文衡	郑建平
郑林生	郑志鹏	周光谱	周化十	周莉	周月华
朱启明	祝玉灿	朱永生	庄保安		

(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)

摘要 利用北京正负电子对撞机(BEPC)上的北京谱仪(BES)收集的 7.8×10^6 个 J/ψ 事例, 测量得到 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}, \Lambda\bar{\Lambda}\gamma$ 和 $\Lambda\bar{\Lambda}\pi^0$ 三个衰变道的分支比分别为 $Br(J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}) = (1.08 \pm 0.06 \pm 0.24) \times 10^{-3}$, $Br(J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\gamma) < 1.6 \times 10^{-4}$ (90% CL), 和 $Br(J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\pi^0) = (2.3 \pm 0.7 \pm 0.8) \times 10^{-4}$; 第一个衰变道的角分布为 $\frac{dN}{d\cos\theta} = N_0(1 + \alpha\cos^2\theta)$, $\alpha = 0.52 \pm 0.33 \pm 0.13$.

关键词 北京谱仪 J/ψ 粒子 Λ 粒子 角分布 分支比

1 引言

测量 J/ψ 衰变为 $\Lambda\bar{\Lambda}, \Lambda\bar{\Lambda}\gamma$ 和 $\Lambda\bar{\Lambda}\pi^0$ 末态的分支比和 $\Lambda\bar{\Lambda}$ 的角分布对于了解微扰 QCD 理论和 $SU(3)$ 对称性有重要意义. 在理论上, e^+e^- 湮没产生的重子对的角分布具有一般形式 $\frac{dN}{d\cos\theta_B} \propto 1 + \alpha\cos^2\theta_B$, $\alpha = \frac{m_V^2 - 4x^2m_B^2}{m_V^2 + 4x^2m_B^2}$, 这里 θ_B 是重子的方向与正电子束流的夹角, m_V

是总的质心系能量, m_B 是重子的质量, $x = \left| \frac{G_E^B}{G_M^B} \right|$, G_E^B 和 G_M^B 分别是重子的电形状因子和磁

形状因子. 对于过程 $e^+e^- \rightarrow J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$, 不同的微扰 QCD 处理模式给出的 α 值在 0.32 和 1.0 之间^[1,2,3]. 实验上的测量可对此进行检验. J/ψ 是 $SU(3)$ 单态, J/ψ 到 $\Lambda\bar{\Lambda}\gamma$ 的衰变是 $SU(3)$ 对称性所允许的, J/ψ 到 $\Lambda\bar{\Lambda}\pi^0$ 的衰变是同位旋禁戒的, 实验上的测量有助于人们了解 $SU(2)$ 对称性的破坏.

先前对 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}, \Lambda\bar{\Lambda}\gamma$ 和 $\Lambda\bar{\Lambda}\pi^0$ 三个重子道进行分析的工作有: Mark I^[4] 测量了第一个衰变道的分支比, Mark II^[5] 测量了第一个衰变道的角分布和分支比, DM2^[6,7] 测量了第一个

衰变道的角分布和三个衰变道的分支比. 现在人们知道, 后两个衰变道的分支比为 10^{-4} 数量级, 要对它们进行测量, 就必须有和 DM2 的 J/ψ 事例数可比的统计量. 北京正负电子对撞机 (BEPC) 上的北京谱仪 (BES)^[8] 自 1990 年开始, 搜集的 J/ψ 事例总数已接近 DM2 的事例总数. 本文报道利用北京谱仪收集的 J/ψ 事例, 对第一个衰变道的角分布和三个衰变道分支比的测量结果.

表 1 给出了上述实验中有关探测器性能和收集的 J/ψ 事例总数的比较.

表 1 有关探测器性能和收集的 J/ψ 事例总数比较

探测器	性能		TOF 时间分辨	BSC $\Delta E/E$	$N_{J/\psi}$
	立体角	MDC σ_p/p			
Mark I	65%	$1.3\% \times p$	350 ps		1.5×10^5
Mark II	85%	$1.5\% \times \sqrt{1+p^2}$	300 ps	$12\% / \sqrt{E}$	1.32×10^6
DM2	87%	$2.5\% \times \sqrt{1+p^2}$	310 ps	35%	8.6×10^6
BES	83%	$1.7\% \times \sqrt{1+p^2}$	330 ps	$22\% / \sqrt{E}$	7.8×10^6

注: p 和 E 的单位均为 GeV.

2 $\Lambda\bar{\Lambda}$ 选择

因为所研究的三个末态都包含 $\Lambda\bar{\Lambda}$, 所以用一组判据选择 $\Lambda\bar{\Lambda}$, 其判据如下:

首先要求主漂移室探测到四根带电径迹, 每根带电径迹在谱仪中有好的螺旋线拟合质量, 且每根径迹与 z 轴的夹角满足 $|\cos\theta_{ch}| \leq 0.85$. 其次从四叉事例中选出事例 $J/\psi \rightarrow p\pi^-\bar{p}\pi^+ + X$, 这里 X 指任意中性粒子和未探测到的带电粒子, 用离期待值小于三倍标准偏差的 TOF 信息或 dE/dx 信息识别带电粒子 π^\pm , p 和 \bar{p} , 即

$$\frac{|t_{\text{meas}} - t_{\text{exp}}(i)|}{\sigma_i} \leq 3, \quad i = \pi^\pm, p, \bar{p},$$

或

$$\frac{\left| \left(\frac{dE}{dx} \right)_{\text{meas}} - \left(\frac{dE}{dx} \right)_{\text{exp}}(i) \right|}{\sigma_{dE/dx}} \leq 3,$$

$$i = \pi^\pm, p, \bar{p},$$

式中 $t_{\text{exp}}(i)$ 表示 TOF 系统对于粒子 i 根据其飞行轨迹计算的飞行时间 (称为期待值), t_{meas} 是实际测量到的飞行时间, σ_i 是 TOF 系统的时间分辨. dE/dx 是带电粒子在主漂移室通过单位路径的电离能损, 式中的符号和下标有类似的含义.

图 1 显示了 $M_{p\pi^-}$ 和 $M_{\bar{p}\pi^+}$ 不变质量谱,

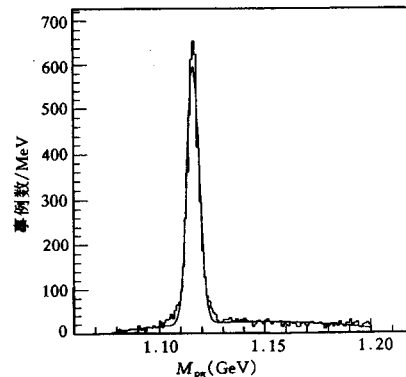


图 1 $p\pi^-$ 和 $\bar{p}\pi^+$ 不变质量

将它拟合成高斯分布加二次多项式, 得高斯分布的标准偏差为 2.9MeV . 为了选择 $\Lambda(\bar{\Lambda})$, 要求 $M_{p\pi}$ 不变质量位于 $1116 \pm 9\text{MeV}$ 范围内.

因为在 $p\pi$ 不变质量谱中 $\Lambda(\bar{\Lambda})$ 信号十分清晰, 本底很小, 在将 $\Lambda(\bar{\Lambda})$ 和相空间事例分离时, 只用了一个质量判选条件.

3 末态事例选择

在对 $\Lambda(\bar{\Lambda})$ 进行判选后得到事例 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda} + X$, 这里 X 指任意中性粒子和未探测到的带电粒子. 图 2 显示了该类事例的 $\Lambda\bar{\Lambda}$ 能量分布, 再从该类事例中选择事例 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$, $\Lambda\bar{\Lambda}\gamma$ 和 $\Lambda\bar{\Lambda}\pi^0$.

3.1 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$

图 2 显示在 J/ψ 质量处有一峰, 这对应于事例 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$, 在 2.9GeV 处有一隆起, 这对应于事例 $J/\psi \rightarrow \Sigma^0\bar{\Sigma}^0$, 因此后一类事例可能构成前一类事例的本底. 为了压低这类本底, 要求 $3.0 \leq E_{\Lambda\bar{\Lambda}} \leq 3.2\text{GeV}$ 和丢失总动量 $p_{\text{miss}} < 100\text{MeV}$ (参见图 2), 这里丢失总动量定义为所有带电粒子动量的矢量和,

$$p_{\text{miss}} = \sqrt{(\sum_i p_{x_i})^2 + (\sum_i p_{y_i})^2 + (\sum_i p_{z_i})^2}, \quad i = \pi^\pm, p, \bar{p}.$$

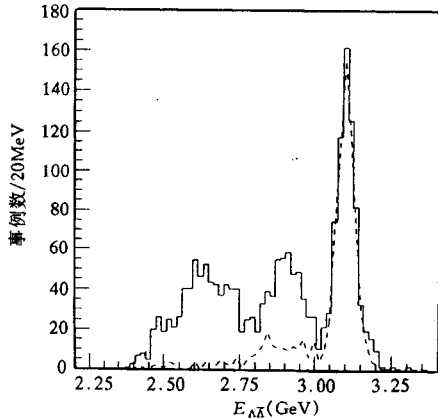


图 2 $\Lambda\bar{\Lambda}$ 能量分布

实线直方图表示 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda} + X$ 的 $\Lambda\bar{\Lambda}$ 能量分布, 当要求丢失总动量小于 100MeV 时, $\Lambda\bar{\Lambda}$ 能量分布如虚线直方图所示.

通过以上判选条件后, 得到 631 个事例. Monte Carlo 模拟显示来自相空间事例 $J/\psi \rightarrow p\pi^-\bar{p}\pi^+$ 的污染可以忽略, 来自事例 $J/\psi \rightarrow \Sigma^0\bar{\Sigma}^0$ 的污染是 6.4%.

利用 Monte Carlo 事例产生子产生 2×10^4 个 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda} \rightarrow p\pi^-\bar{p}\pi^+$ 事例, 经过 BES 探测器模拟程序后得到模拟事例的数据, 再经过重建和事例判选, 可研究事例 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda} \rightarrow p\pi^-\bar{p}\pi^+$ 的探测效率与 $\Lambda(\bar{\Lambda})$ 方向的关系. 上述 Monte Carlo 模拟表明, 对于 $\Lambda\bar{\Lambda}$ 末态, BES 的探测效率在 $|\cos\theta| > 0.7$ 区域有明显的下降, 这里 θ 是 Λ 的方向与 e^+ 束流的夹角. 设在 $|\cos\theta| \leq 0.7$ 的范围内, 以 $\Delta\cos\theta = 0.1$ 的宽度为间隔, 从 Monte Carlo 模拟得到的探测效率为 $\epsilon(\theta_i)$, 并令 $\epsilon(\theta) = \bar{\epsilon}\epsilon_p$, 其中 $\bar{\epsilon} = \sum_{i=1}^n \epsilon(\theta_i) / n = 0.266 \times 0.41$ 为平均探测效率, 0.41 是 $\Lambda\bar{\Lambda}$ 衰变到 $p\pi^-\bar{p}\pi^+$ 的分支比, $n = 14$ 为 $\Delta\cos\theta$ 间隔数. 将选出的事例数在每个 $\Delta\cos\theta = 0.1$ 的间隔内按 ϵ_p 作效率修正. 修正后的 Λ 角分布如图 3 所示, 将它用理论分布

$$\frac{dN}{d\cos\theta} = N_0(1 + \alpha\cos^2\theta)$$

拟合,得

$$N_0 = (39.0 \pm 2.6 \pm 2.0) / 0.1 ,$$

$$\alpha = 0.52 \pm 0.33 \pm 0.13 ,$$

这里 0.1 是 $\Delta\cos\theta$ 的间隔, 2.6 和 0.33 是拟合误差, 系统误差 2.0 和 0.13 来源于选择条件的变化导致的不定性, 其中 $p\pi$ 不变质量 $M_{p\pi}$ 的变化导致的不定性占 4.3% 和 10.7%, 带电粒子与 z 轴的夹角 $\cos\theta_{ch}$ 的变化导致的不定性占 0.5% 和 6.1%, $\Lambda\bar{\Lambda}$ 能量 $E_{\Lambda\bar{\Lambda}}$ 的变化导致的不定性占 1.8% 和 9.6%, 丢失总动量 p_{miss} 的变化导致的不定性占 2.6% 和 18.8%.

使用 N_0 和 α 的值, 可算得效率 ϵ_i 修正后的事例数

$$N = \int_{-1}^1 N_0(1 + \alpha\cos^2\theta) d\cos\theta = 916,$$

使用公式

$$Br(J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}) = \frac{N}{\epsilon N_{J/\psi}} ,$$

$$N_{J/\psi} = 7.8 \times 10^6 \times (1 \pm 20.0\%) ,$$

可算得分支比为

$Br(J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}) = (1.08 \pm 0.06 \pm 0.24) \times 10^{-3}$, 分支比的系统误差除包括探测效率修正后的事例数 N 的系统误差 (占 5.6%) 和 J/ψ 事例总数 $N_{J/\psi}$ 的系统误差 (占 20.0%) 外, 还包括了本底事例 $J/\psi \rightarrow \Sigma^0 \bar{\Sigma}^0$ 的污染 (占 6.4%).

不同的理论处理模式给出的 α 预期值为 1.0^[1], 0.32^[2] 和 0.51^[3]. Mark II, DM2 和 BES 的测量值列于表 2, 其中 BES 的 α 测量值的误差主要来源于统计误差.

表2 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$ 的角分布

1 + $\alpha\cos^2\theta$ 中 α 的测量值	
探测器	测量值
Mark II	0.72 ± 0.36
DM2	0.62 ± 0.22
BES	0.52 ± 0.35

3.2 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\gamma$

这一末态包括了 $SU(2)$ 禁戒的衰变道 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Sigma}^0$ 的贡献.

要求桶部簇射计数器确定的 γ 个数 $N_\gamma \geq 1$, 对 γ 在簇射计数器中的能量沉积和 γ 与带电径迹的夹角不加限制. 将事例作四动量约束下的 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\gamma$ 运动学拟合 (4C-Fit). 如 $N_\gamma \geq 2$, 取最小 $\chi^2_{\Lambda\bar{\Lambda}\gamma}$ 值对应的 γ 为真实光子, 并且要求该事例不符合事例 $\Lambda\bar{\Lambda}\pi^0$ 的判选条件 (参见 3.3 节). 取 $\chi^2_{\Lambda\bar{\Lambda}\gamma} \leq 31$. 图 4 显示了满足 4C-Fit 事例的 $\Lambda\bar{\Lambda}$ 不变质量谱. J/ψ 质量处的事例来自于衰变道 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$ 加一个假光子. 2.9 GeV 处隆起是衰变道 $J/\psi \rightarrow \Sigma^0 \bar{\Sigma}^0$ 的贡献, 其中来自于 Σ^0 或 $\bar{\Sigma}^0$ 的一个光子未被探测到.

Monte Carlo 模拟显示事例. $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\gamma$ 的 $\Lambda\bar{\Lambda}$ 不变质量的分布范围是 $2.2 < M_{\Lambda\bar{\Lambda}} <$

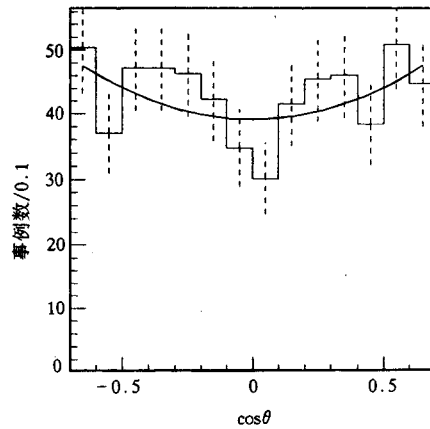


图3 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda} \rightarrow p\pi^- \bar{p}\pi^+$ 事例中的 Δ 角分布直方图为实验数据, 虚线表示统计误差, 曲线为用理论分布 $1 + \alpha\cos^2\theta$ 拟合实验数据的结果.

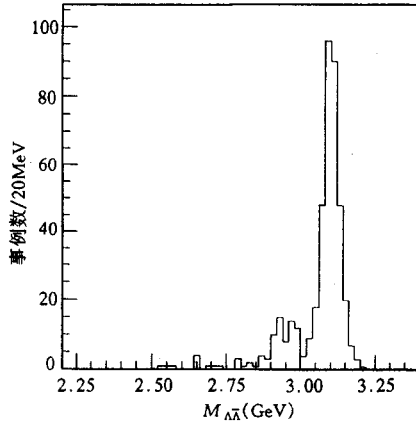


图 4 满足 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\gamma$ 4C 拟合事例的 $\Lambda\bar{\Lambda}$ 不变质量

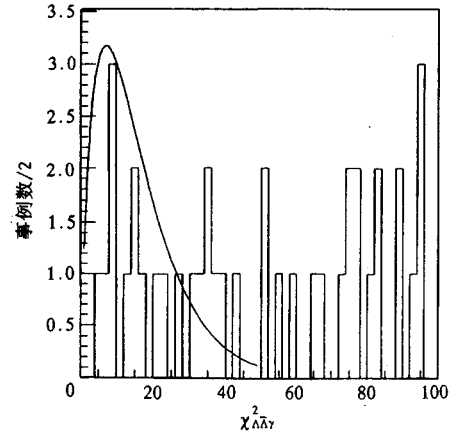


图 5 $2.2 < M_{\Lambda\bar{\Lambda}} < 2.8 \text{ MeV}$ 事例的 $\chi_{\Lambda\bar{\Lambda}\gamma}^2$ 分布
曲线表示 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\gamma$ 4C 拟合的 $\chi_{\Lambda\bar{\Lambda}\gamma}^2$ 预期分布。

3.1 GeV. 为了去掉来自衰变道 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$ 和 $\Sigma^0 \bar{\Sigma}^0$ 的本底事例, 要求 $2.2 < M_{\Lambda\bar{\Lambda}} < 2.8 \text{ GeV}$, 得 13 个事例. 图 5 显示了 $2.2 < M_{\Lambda\bar{\Lambda}} < 2.8 \text{ GeV}$ 事例的 $\chi_{\Lambda\bar{\Lambda}\gamma}^2$ 分布. 图中曲线为 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\gamma$ 4C-Fit 的 $\chi_{\Lambda\bar{\Lambda}\gamma}^2$ 预期分布. 显然, 我们的判选条件 $\chi_{\Lambda\bar{\Lambda}\gamma}^2 \leq 31$ 可保留大部分的 $\Lambda\bar{\Lambda}\gamma$ 事例, 并去除相当一部分的本底. 10^4 个 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\gamma \rightarrow p\pi^-\bar{p}\pi^+\gamma$ Monte Carlo 事例通过事例判选条件后得 378 个事例, 由此得探测效率 $\epsilon = 3.78\% \times 0.41$. Monte Carlo 模拟显示衰变道 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\pi^0$ 的贡献是 7 个事例, 还有可能的污染来自于本底事例 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda} + X$, 这里 X 指未探测到的带电粒子加一个或几个光子.

使用公式 $Br(J/\psi \rightarrow X) = \frac{N(X)}{\epsilon N_{J/\psi}}$, 得分支比的上限为

$$Br(J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\gamma) < 1.6 \times 10^{-4}, \quad (90\% \text{ CL}).$$

3.3 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\pi^0$

这一末态包括了 $SU(2)$ 和 $SU(3)$ 禁戒的衰变道 $J/\psi \rightarrow \Sigma^0(1385)\bar{\Lambda}$ 的贡献.

要求桶部簇射计数器确定的 γ 个数 $N_\gamma \geq 2$, γ 的能量沉积大于 60 MeV. 要求 γ 与 p, π^\pm 的夹角大于 15° , 以去除这些带电粒子可能在探测器中辐射出的光子. 为了避免误用反质子 在探测器物质中湮没产生的中性径迹, 要求 γ 与 \bar{p} 的夹角大于 25° . 对事例做四动量约束下的 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\gamma\gamma$ 运动学拟合 (4C-Fit). 如果 $N_\gamma \geq 3$, 最小 $\chi_{\Lambda\bar{\Lambda}\gamma\gamma}^2$ 值所对应的一对光子被认为是由 π^0 衰变产生的. 要求 $\chi_{\Lambda\bar{\Lambda}\gamma\gamma}^2 \leq 25$. 为了去除从衰变道 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\gamma$ 来的本底, 要求 $\chi_{\Lambda\bar{\Lambda}\gamma\gamma}^2 < \chi_{\Lambda\bar{\Lambda}\gamma}^2$ 和 $\chi_{\Lambda\bar{\Lambda}\gamma}^2 > 8$.

Monte Carlo 模拟显示事例 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\pi^0$ 的能量分布范围是 $2.2 < E_{\Lambda\bar{\Lambda}} < 3.0 \text{ GeV}$. 为了去除从衰变道 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$ 和 $\Sigma^0 \bar{\Sigma}^0$ 来的本底事例, 要求 $2.2 < E_{\Lambda\bar{\Lambda}} < 2.8 \text{ GeV}$ (参见图 2). 为了选出 π^0 , 要求经过运动学拟合的两光子不变质量满足 $|M_{\gamma\gamma} - 0.135| \leq 0.045 \text{ GeV}$ (参见图 6).

通过以上判选条件后得 11 个事例. 2×10^4 个 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\pi^0 \rightarrow p\pi^-\bar{p}\pi^+\gamma\gamma$ Monte Carlo 事例通过同样的判选条件后得 299 个事例, 由此求出探测效率 $\epsilon = 1.50\% \times 0.41$. 最后得到分支比为

$Br(J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\pi^0) = (2.3 \pm 0.7 \pm 0.8) \times 10^{-4}$. 系统误差来源于 J/ψ 事例总数 $N_{J/\psi}$ 的系统误差 (占 20.0%) 和选择条件范围的变化导致的不定性, 其中 $p\pi$ 不变质量 $M_{p\pi}$ 的变化导致的不定性占 18.6%, 带电粒子和 z 轴的夹角 $\cos\theta_{ch}$ 的变化导致的不定性占 3.6%, γ 能量 E_γ 的变化导致的不定性占 10.7%, γ 和带电粒子的夹角变化导致的不定性占 13.0%, 运动学拟合 $\chi^2_{\Lambda\bar{\Lambda}\gamma}$ 的变化导致的不定性占 10.6%, $\gamma\gamma$ 不变质量 $M_{\gamma\gamma}$ 的变化导致的不定性占 9.8%.

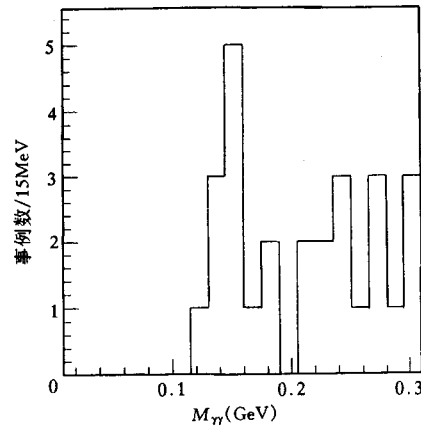


图6 两光子不变质量

4 结论

利用北京正负电子对撞机 (BEPC) 上的北京谱仪 (BES) 收集的 7.8×10^6 个 J/ψ 事例, 测量到的 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$, $\Lambda\bar{\Lambda}\gamma$ 和 $\Lambda\bar{\Lambda}\pi^0$ 三个衰变道的分支比列于表 3, $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$ 的角分布列于表 2, 这些表中也列出了 Mark I, Mark II, DM2 的相应测量值以作比较. 本工作测到的事例的统计性比 Mark I 和 Mark II 的好, 比 DM2 的差, 但事例信号较之其它实验要干净得多, 本底较小 (例参见图 1).

本文测得的所有道的分支比的系统误差主要来源于 J/ψ 事例总数的系统误差.

表3 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$, $\Lambda\bar{\Lambda}\gamma$ 和 $\Lambda\bar{\Lambda}\pi^0$ 三个衰变道的分支比 ($\times 10^{-3}$)

探测器	衰变道	$J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$		$J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\gamma$		$J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\pi^0$	
		事例数	分支比	事例数	分支比	事例数	分支比
Mark I		43	$1.1 \pm 0.2 \pm 0.2$				
Mark II		365	$1.58 \pm 0.08 \pm 0.19$				
DM2		1847*	$1.38 \pm 0.05 \pm 0.20$	27	< 0.13	19	$0.22 \pm 0.05 \pm 0.05$
BES		631	$1.08 \pm 0.06 \pm 0.24$	13	< 1.6	11	$0.23 \pm 0.07 \pm 0.08$

* 包括 770 个三叉事例.

从表 2 和表 3 可以看出本工作测得的角分布和分支比与 DM2 的测量值在误差范围内一致. 角分布与文献 [3] 的理论预言比较接近. 衰变道 $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\pi^0$ 的分支比具有 10^{-4} 量级, 这是因为在此衰变过程中存在电磁相互作用, 以及 u, d 夸克存在质量差, 故 $SU(2)$ 对称性是破缺的. 该分支比的数值提供了一个衡量这种对称性破缺程度的标度.

参 考 文 献

- [1] Brodsky S L, Lepage G P. Phys. Rev., 1981, D24:2848
- [2] Claudson M, Glashow S L, Wise M B. Phys. Rev., 1982, D25:1345
- [3] Carimalo C. Int. J. Mod. Phys., 1987, A2:249
- [4] Peruzzi I et al. Phys. Rev., 1978, D17:2901
- [5] Eaton M W et al. Phys. Rev., 1984, D29:804
- [6] Pallin D et al. Nucl. Phys., 1987, B292:653

- [7] Henrard P et al. Nucl. Phys., 1987, B292:670
 [8] Bai J Z et al. Nucl. Inst. Meth., 1994, A344:319

$\bar{\Lambda}\bar{\Lambda}$, $\bar{\Lambda}\bar{\Lambda}\gamma$ and $\bar{\Lambda}\bar{\Lambda}\pi^0$ Productions in J/ψ Decay

BES Collaboration

Bai Jingzhi Bian Jianguo Chai Zhengwei Chen Guangpei Chen Hongfang¹
 Chen Jiangchuan Chen Shaomin Chen Yaqing Chen Yu Chen Yuanbo
 Cheng Baosen Cui Xiangzong Ding Huiliang Du Zhizhen Fan Xiaoling
 Fang Jian Gao Cuishan Gao Meili Gao Shuqi Gu Jianhui Gu Shudi
 Gu Weixin Gu Yifan Guo Yanan Han Shiweng Han Ying He Jingtang
 He Ju He Mao² Hu Guiyun Hu Jingliang Hu Qionghui Hu Tao
 Hu Xiaoqing Huang Xiuping Huang Yinzhi Jiang Chunhua Jin Shan
 Jin Yan Kang Shuhui Ke Zunjian Lai Yuanfen Lan Huibin
 Lang Pengfei Li Jin Li Peiqin Li Qun Li Rubo Li Wei
 Li Weidong Li Weiguo Li Xinhua Li Xiaonan Lin Shuzi Liu Huaimin
 Liu Jing¹ Liu Jinghua Liu Qi Liu Rongguang Liu Yan Liu Zhen'an
 Lü Fong Lü Janguang Lu Jianye Luo Shuanqun Luo Yong
 Ma Aimin Ma Encheng Ma Jimao Mao Huishun Mao Zepu
 Meng Xiangcheng Ni Huiling Nie Jing Qi Nading Qiu Jinfa Qu Yunhe
 Que Youkun Rong Gang Shao Yuying Shen Benwei Shen Dingli
 Shen Hong Shen Xiaoyan Sheng Huayi Shi Huanzhang Song Xiaofei
 Sun Fang Sun Hansheng Sun Shijun Tan Yiping Tang Suqiu
 Tong Guoliang Wang Feng Wang Jufang Wang Lingshu Wang Linzhou
 Wang Man Wang Meng Wang Peiliang Wang Ping Wang Shaomin
 Wang Taijie Wang Yunyong Wei Chenglin Wu Yigen Xi Deming
 Xia Xiaomi Xie Peipei Xiong Weijun Xu Guofa Xu Rongsheng
 Xu Zhijing Xue Shengtian Yan Jie Yan Wuguang Yang Changyou
 Yang Chunmin Yang Jie Yang Xiaofeng Ye Minghan Ye Shizhang
 Ye Shuwei¹ Yi Kai Yu Chuansong Yu Chunxu Yu Zhitang
 Yu Zhongqiang Yuan Changzheng Zhang Binyun Zhang Changchun
 Zhang Dahua Zhang Dehong Zhang Huiling Zhang Jan Zhang Jiawen
 Zhang Lin Zhang Liangsheng Zhang Qinjian Zhang Shaoqiang
 Zhang Xueyao² Zhang Yu Zhang Yueyuan Zhao Dixin Zhao Haiwen
 Zhao Jingwei Zhao Meng Zhao Weiren Zhao Wenheng Zheng Jianping
 Zheng Linsheng Zheng Zhipeng Zhou Guangpu Zhou Huashi Zhou Li

Zhou Yuehua Zhu Qiming Zhu Yucan Zhu Yongsheng Zhuang Baoan

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

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

2 (*Department of Physics, Shandong University, Jinan 250100*)

Abstract The channels of J/ψ decay into $\Lambda\bar{\Lambda}$, $\Lambda\bar{\Lambda}\gamma$ and $\Lambda\bar{\Lambda}\pi^0$ are analyzed with 7.8×10^6 J/ψ events collected by BES detector at BEPC Collider. The branching ratios for three channels and the angular distribution for the first channel are measured. The branching ratios are $Br(J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}) = (1.08 \pm 0.06 \pm 0.24) \times 10^{-3}$, $Br(J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\gamma) < 1.6 \times 10^{-4}$ (90% CL) and $Br(J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}\pi^0) = (2.3 \pm 0.7 \pm 0.8) \times 10^{-4}$ respectively. The angular distribution for $J/\psi \rightarrow \Lambda\bar{\Lambda}$ is $\frac{dN}{d\cos\theta} = N_0 (1 + \alpha\cos^2\theta)$, $\alpha = 0.52 \pm 0.33 \pm 0.13$.

Key words Beijing Spectrometer, J/ψ particle, Λ particle, angular distribution, branching ratio