

BES上重子激发态的研究

魏代会

中科院高能所J/ ψ 组

2006年10月29日



主要内容

- 1 前言
- 2 $J/\psi \rightarrow p\pi^-\bar{n} + c.c$ 衰变道的研究
- 3 $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 衰变道的研究
- 4 $\psi' \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 衰变道的研究
- 5 总结与展望



主要内容

1 前言

- 重子激发态研究的意义
- N^* 共振态的状况
- BES上重子激发态研究的优势

2 $J/\psi \rightarrow p\pi^-\bar{n} + c.c$ 衰变道的研究

- $J/\psi \rightarrow p\pi^-\bar{n} + c.c$ 事例选择
- $p\pi^-$ 和 $\bar{p}\pi^+$ 的不变质量谱
- $p\pi^- + \bar{p}\pi^+$ 不变质量谱及拟合结果

3 $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 衰变道的研究

- $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 事例选择
- $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 本底研究
- $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 分支比的测量
- $J/\psi \rightarrow pK^-\bar{\Lambda} + c.c$ 衰变道
- $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 事例检查
- $n\bar{\Lambda} + c.c$ 和 $K_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 不变质量谱

4 $\psi' \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 衰变道的研究

- $\psi' \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 分支比测量

5 总结与展望



重子激发态研究的意义

- 在粒子表中仍然有许多重子衰变道的分支比没有测量或误差很大。
- 有些重子激发态的质量、宽度、分支比甚至量子数等参数存在很大的不确定性，一些共振态是否确实存在尚待更准确的数据来确定。
- “丢失”重子共振态的寻找，寻找理论模型预言的新的激发态，现在基本确认的重子共振态和各种理论模型预言还相差很多，反过来还可以检验各种理论模型的正确性。
- 是否还存在其它的三夸克以外的态？夸克-胶子态($qqqg$)？或者重子和介子的“分子态”($qqq\bar{q}q$)？对于了解重子的内部夸克-胶子结构和在强子谱和强子结构中胶子和介子所起的作用都有重要意义。

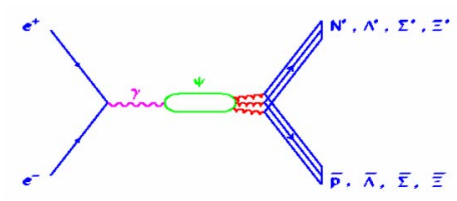


N^* 共振态的状况

共振态 $L_{2I,2S}(J)$	宽度(MeV)	宇称	确认程度	$Br(N^* \rightarrow \pi N)(\%)$	$Br(N^* \rightarrow K\Lambda)(\%)$
$P_{11}(1440)$	350	+	****	60-70	-
$D_{13}(1520)$	120	-	****	50-60	-
$S_{11}(1535)$	150	-	****	35-55	-
$S_{11}(1650)$	150	-	****	55-90	3-11
$D_{15}(1675)$	150	-	****	40-50	< 1
$F_{15}(1680)$	130	+	****	60-70	?
$D_{13}(1700)$	100	-	***	5-15	< 3
$P_{11}(1710)$	100	+	***	10-20	5-25
$P_{13}(1720)$	150	+	****	10-20	1-15
$P_{13}(1900)$	500	+	**	26	-
$F_{17}(1990)$	200-500	+	**	6	?
$F_{15}(2000)$	100-500	+	**	4-8	?
$D_{13}(2080)$	200-500	-	**	6-23	?
$S_{11}(2090)$	100-400	-	*	9-18	?
$P_{11}(2100)$	100-300	+	*	10-15	-
$G_{17}(2190)$	450	-	****	10-20	?
$D_{15}(2200)$	100-400	-	**	7-10	?
$H_{19}(2220)$	400	+	****	10-20	?
$G_{19}(2250)$	400	-	****	5-15	?
$I_{1,11}(2600)$	650	-	***	5-10	-
$K_{1,13}(2700)$	300-1000	+	**	4-7	?



BES上重子激发态研究的优势



- 由于同位旋守恒， $J/\psi \rightarrow N\bar{N}\pi$ 和 $N\bar{N}\pi\pi$ 中的 πN 和 $\pi\pi N$ 系统是纯的同位旋为 $1/2$ 的状态。
- 有些丢失的激发态到 πN 和 γN 道的耦合很弱，在以往的散射实验中不能丰富产生，但是我们可以通过诸如 $K\Lambda$ ， ηN 和 ωN 等系统来研究。
- e^+e^- 湮灭产生 J/ψ 的截面要比 e^+e^- 直接反应的截面大两个数量级， J/ψ 重子衰变道的分支比都比较大。
- 通过 J/ψ 衰变不但可以研究 N^* ，还可以对 Λ^* 、 Σ^* 以及 Ξ^* 等重子激发态进行研究。
- $J/\psi \rightarrow N\bar{N}^*$ 或 $\bar{N}N^*$ 的过程给我们提供了研究重子共振态内部夸克-胶子结构的新途径。



主要内容

1 前言

- 重子激发态研究的意义
- N^* 共振态的状况
- BES上重子激发态研究的优势

2 $J/\psi \rightarrow p\pi^-\bar{n} + c.c.$ 衰变道的研究

- $J/\psi \rightarrow p\pi^-\bar{n} + c.c.$ 事例选择
- $p\pi^-$ 和 $\bar{p}\pi^+$ 的不变质量谱
- $p\pi^- + \bar{p}\pi^+$ 不变质量谱及拟合结果

3 $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c.$ 衰变道的研究

- $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c.$ 事例选择
- $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c.$ 本底研究
- $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c.$ 分支比的测量
- $J/\psi \rightarrow pK^-\bar{\Lambda} + c.c.$ 衰变道
- $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c.$ 事例检查
- $n\bar{\Lambda} + c.c.$ 和 $K_S^0\bar{\Lambda} + c.c.$ 不变质量谱

4 $\psi' \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c.$ 衰变道的研究

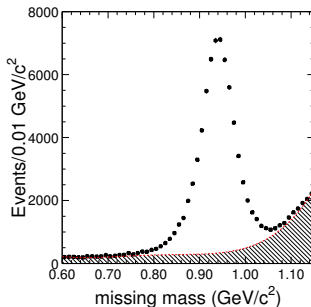
- $\psi' \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c.$ 分支比测量

5 总结与展望



J/ψ → pπ⁻ \bar{n} + c.c 事例选择

- ① 两条好的带电径迹.
- ② 总电荷为零.
- ③ 立体角: $|\cos\theta| < 0.8$.
- ④ 粒子鉴别: TOF + DE/dx.
- ⑤ $M_{p\pi} > 1.15 \text{ GeV}/c^2$.
- ⑥ $0.88 < M_{\text{miss}} < 1.0 \text{ GeV}/c^2$.

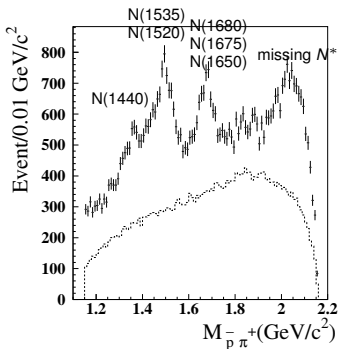
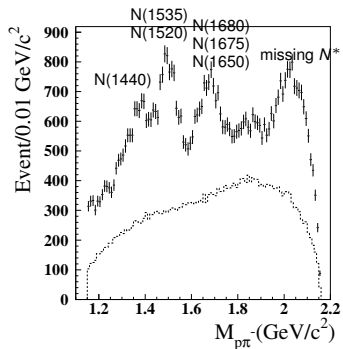


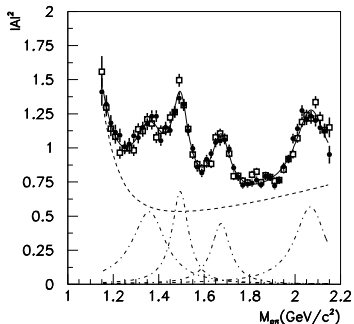
$$Br(J/\psi \rightarrow p\pi^-\bar{n}) = (2.23 \pm 0.02 \pm 0.21) \times 10^{-3}$$

$$Br(J/\psi \rightarrow \bar{p}\pi^+n) = (2.47 \pm 0.02 \pm 0.24) \times 10^{-3}$$



$\rho\pi^-$ 和 $\bar{\rho}\pi^+$ 的不变质量谱



ρπ⁻+π⁺ 不变质量谱及拟合结果

$$|A|^2 = |C_0 + C'_0 \cdot s_{\pi p}| + \sum_{i=1}^5 \frac{|C_i|}{(s_{\pi p} - M_i^2)^2 + M_i^2 \Gamma_i^2}$$

Mass (MeV/c ²)	1358±6±16	1495±2±3	1674±3±4	2068±3 ⁺¹⁵ ₋₄₀
Width (MeV/c ²)	179±26±50	87±7±10	100±9±15	165±14±40

发表在P.R.L.97,062001(2006)



$J/\psi \rightarrow p\bar{n}\pi^- + c.c$ 分析小结

- 精确测量了 $J/\psi \rightarrow p\bar{n}\pi^- + c.c$ 衰变道的分支比。
- 首次从 $p\pi$ 不变质量谱上直接观测到 $N^*(1440)$ 信号。
- 在 $p\pi$ 不变质量谱高于 $2\text{GeV}/c^2$ 附近发现了长期寻找的“丢失”重子态 $N^*(2065)$ ，质量 $m=2068 \pm 3_{-40}^{+15}\text{MeV}/c^2$ ，宽度 $\Gamma=165 \pm 14 \pm 40\text{MeV}/c^2$ ，自旋宇称倾向于为 $\frac{3}{2}^+$ 或 $\frac{1}{2}^+$ 。



主要内容

1 前言

- 重子激发态研究的意义
- N^* 共振态的状况
- BES上重子激发态研究的优势

2 $J/\psi \rightarrow p\pi^-\bar{n} + c.c.$ 衰变道的研究

- $J/\psi \rightarrow p\pi^-\bar{n} + c.c.$ 事例选择
- $p\pi^-$ 和 $\bar{p}\pi^+$ 的不变质量谱
- $p\pi^- + \bar{p}\pi^+$ 不变质量谱及拟合结果

3 $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c.$ 衰变道的研究

- $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c.$ 事例选择
- $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c.$ 本底研究
- $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c.$ 分支比的测量
- $J/\psi \rightarrow pK^-\bar{\Lambda} + c.c.$ 衰变道
- $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c.$ 事例检查
- $n\bar{\Lambda} + c.c.$ 和 $K_S^0\bar{\Lambda} + c.c.$ 不变质量谱

4 $\psi' \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c.$ 衰变道的研究

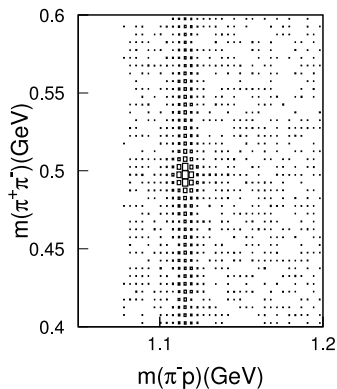
- $\psi' \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c.$ 分支比测量

5 总结与展望



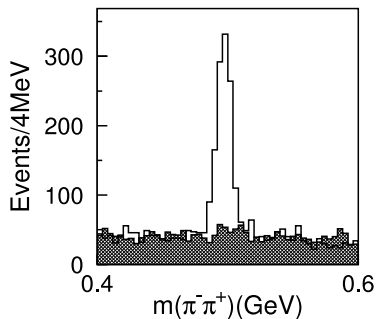
J/ψ → nK_s⁰Λ̄ + c.c 事例选择

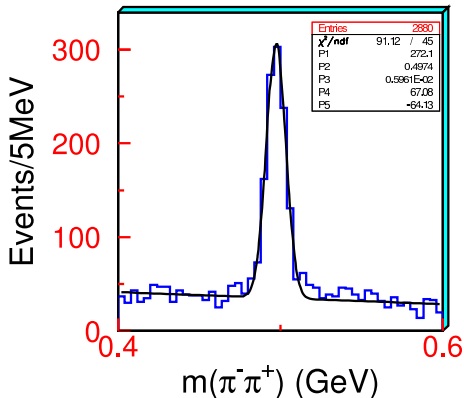
- ① 四条好的带电径迹，有一条被鉴别为p或p̄。
- ② 总电荷为零。
- ③ 立体角：|cos θ| < 0.8。
- ④ 粒子鉴别：TOF + DE/dx。
- ⑤ 衰变长度：L_{xy}(Λ̄) > 5mm。
- ⑥ |M_{pπ} - 1.115| < 12MeV/c²。
- ⑦ χ²_{n p̄ π⁺ π⁻ π⁺} < 5。



$J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 本底研究

衰变道	$nK_S^0\bar{\Sigma}^0$	$\bar{\Lambda}\Sigma^-\pi^+$	$\bar{\Lambda}\Sigma^+\pi^-$	$pK_S^0\bar{\Sigma}^-$	$\Sigma^+\bar{\Sigma}^-(1385)$	$\Sigma^-\bar{\Sigma}^+(1385)$
$B(10^{-4})$	2.2	10.6	10.6	3.6	3.1	3.1
MC.样本	50000	50000	50000	50000	50000	50000
事例初选	1981	1044	857	987	953	1142
$Lxy(\Lambda) > 5mm$	1840	937	775	406	857	1018
$ M_{p\pi} - 1.115 < 0.012$	1814	908	757	99	845	1001
$\chi^2 < 5$	376	827	680	85	753	925
选择效率	0.75%	1.66%	1.36%	0.17%	1.51%	1.85%
归一化	42 ± 8	630 ± 71	1060 ± 120	12 ± 3	148 ± 24	374 ± 35



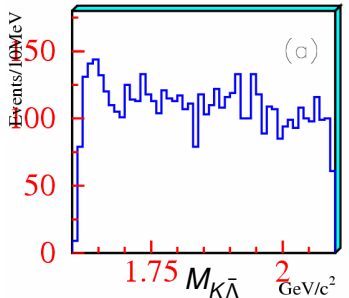
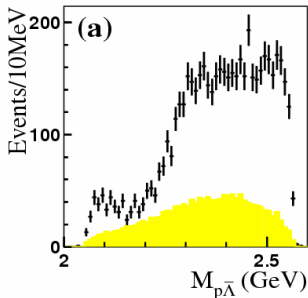
$J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 分支比的测量

$$Br(J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c) = (6.39 \pm 0.20 \pm 0.98) \times 10^{-4}$$

$$Br(J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda}) = (3.10 \pm 0.14 \pm 0.56) \times 10^{-4}$$

$$Br(J/\psi \rightarrow \bar{n}K_S^0\bar{\Lambda}) = (3.39 \pm 0.15 \pm 0.46) \times 10^{-4}$$



$J/\psi \rightarrow pK^- \bar{\Lambda} + c.c$ 衰变道

$$m = 2075 \pm 12(\text{stat.}) \pm 5(\text{syst.}) \text{MeV}/c^2$$

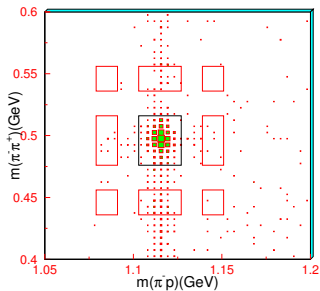
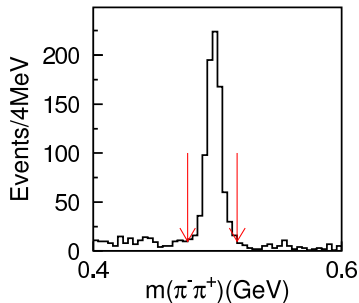
$$\Gamma = 90 \pm 35(\text{stat.}) \pm 9(\text{syst.}) \text{MeV}/c^2$$

发表在P.R.L.93,112002(2004)

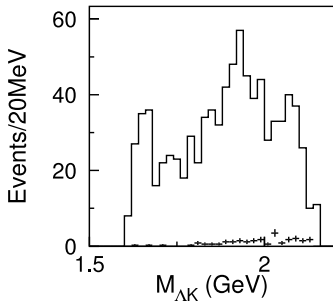
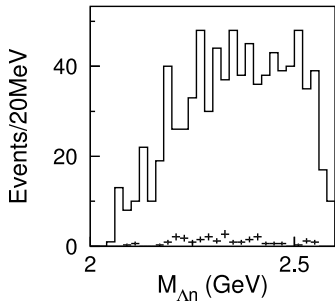


$J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 事例检查

- $L_{xy}(K_S^0) > 0.005m$
- $|M_{\pi^+\pi^-} - 0.498| < 20\text{MeV}/c^2$



$n\bar{\Lambda} + c.c$ 和 $K_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 不变质量谱



$n\bar{\Lambda}$ 不变质量谱上近阈增长结构分支比的上限为:

$$Br(J/\psi \rightarrow K_S^0 X(2075)) \cdot Br(X(2075) \rightarrow n\bar{\Lambda}) < 4.75 \times 10^{-5} \text{ (90\% C.L.)}$$

$J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 分析小结

- 首次测量了 J/ψ 衰变到 $nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 的分支比。
- 在 $K_S^0\bar{\Lambda}$ 不变质量谱阈附近发现明显的增长结构，与 $J/\psi \rightarrow pK^-\bar{\Lambda}$ 衰变道中的 $K^-\bar{\Lambda}$ 不变质量谱看到的近阈增长相似。
- 在 $n\bar{\Lambda}$ 不变质量谱近阈附近没有观察到明显的 $X(2075)$ 信号，这里仅仅给出了分支比的上限。



主要内容

1 前言

- 重子激发态研究的意义
- N^* 共振态的状况
- BES上重子激发态研究的优势

2 $J/\psi \rightarrow p\pi^- \bar{n} + c.c.$ 衰变道的研究

- $J/\psi \rightarrow p\pi^- \bar{n} + c.c.$ 事例选择
- $p\pi^-$ 和 $\bar{p}\pi^+$ 的不变质量谱
- $p\pi^- + \bar{p}\pi^+$ 不变质量谱及拟合结果

3 $J/\psi \rightarrow nK_S^0 \bar{\Lambda} + c.c.$ 衰变道的研究

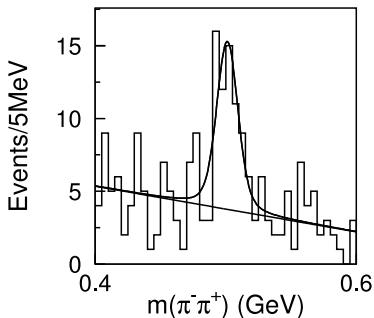
- $J/\psi \rightarrow nK_S^0 \bar{\Lambda} + c.c.$ 事例选择
- $J/\psi \rightarrow nK_S^0 \bar{\Lambda} + c.c.$ 本底研究
- $J/\psi \rightarrow nK_S^0 \bar{\Lambda} + c.c.$ 分支比的测量
- $J/\psi \rightarrow pK^- \bar{\Lambda} + c.c.$ 衰变道
- $J/\psi \rightarrow nK_S^0 \bar{\Lambda} + c.c.$ 事例检查
- $n\bar{\Lambda} + c.c.$ 和 $K_S^0 \bar{\Lambda} + c.c.$ 不变质量谱

4 $\psi' \rightarrow nK_S^0 \bar{\Lambda} + c.c.$ 衰变道的研究

- $\psi' \rightarrow nK_S^0 \bar{\Lambda} + c.c.$ 分支比测量

5 总结与展望



$\psi' \rightarrow nK_S^0 \bar{\Lambda} + c.c$ 衰变道分支比测量

$$Br(\psi' \rightarrow nK_S^0 \bar{\Lambda} + c.c) = (7.90 \pm 1.82 \pm 1.31) \times 10^{-5}$$

$$Q_h = \frac{Br(\psi' \rightarrow nK_S^0 \bar{\Lambda} + c.c)}{Br(J/\psi \rightarrow nK_S^0 \bar{\Lambda} + c.c)} = (12.4 \pm 3.85)\%$$



主要内容

1 前言

- 重子激发态研究的意义
- N^* 共振态的状况
- BES上重子激发态研究的优势

2 $J/\psi \rightarrow p\pi^-\bar{n} + c.c$ 衰变道的研究

- $J/\psi \rightarrow p\pi^-\bar{n} + c.c$ 事例选择
- $p\pi^-$ 和 $\bar{p}\pi^+$ 的不变质量谱
- $p\pi^- + \bar{p}\pi^+$ 不变质量谱及拟合结果

3 $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 衰变道的研究

- $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 事例选择
- $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 本底研究
- $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 分支比的测量
- $J/\psi \rightarrow pK^-\bar{\Lambda} + c.c$ 衰变道
- $J/\psi \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 事例检查
- $n\bar{\Lambda} + c.c$ 和 $K_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 不变质量谱

4 $\psi' \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 衰变道的研究

- $\psi' \rightarrow nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 分支比测量

5 总结与展望



总结与展望

- 在 $J/\psi \rightarrow p\pi^-\bar{n} + c.c$ 衰变中，首次在 $p\pi$ 不变质量谱上直接观测到 $N^*(1440)$ 信号，并且在高于 $2\text{GeV}/c^2$ 附近发现了长期寻找的“丢失”重子态 $N^*(2065)$ 。
- 利用 BESII 上获取的 58M J/ψ 和 14 M ψ' 数据，首次测量了 J/ψ 和 ψ' 衰变到 $nK_S^0\bar{\Lambda} + c.c$ 的分支比。另外在 $n\bar{\Lambda}$ 不变质量谱近阈附近没有观测明显 $X(2075)$ 信号，给出了上限。
- $J/\psi \rightarrow pK^-\bar{\Lambda}, p\bar{p}\pi^0, p\bar{p}\eta$ 和 $p\bar{p}\omega$ 等衰变道的分波分析正在进行中，相信很快就有一系列新的结果，进一步丰富和发展重子谱。
- 2008年 BESIII 的建成，高统计量、高质量的数据样本会使我们更有机会发现新的重子激发态，发展完善重子谱。



Thank you!

