

# 用推广的矩分析方法确定 $J/\psi \rightarrow X + f_0(980)$ 中玻色共振态 X 的自旋-宇称\*

沈齐兴 郁宏

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

1995-01-03 收稿

## 摘 要

用推广的矩分析方法讨论了过程  $J/\psi \rightarrow X + f_0(980)$ ,  $X \rightarrow K^+K^-$ ,  $f_0(980) \rightarrow \pi^+\pi^-$ . 利用得到的矩表达式, 可以确定玻色共振态 X 的自旋-宇称.

**关键词** 矩分析, 玻色共振态, 自旋-宇称.

BES 在对  $J/\psi$  的四叉衰变过程

$$e^+ + e^- \rightarrow J/\psi \rightarrow \begin{matrix} X & + & f_0(980), \\ \downarrow & & \downarrow \\ K^+K^- & & \pi^+\pi^- \end{matrix} \quad (1)$$

的分析中, 发现伴随  $f_0(980)$  产生的共振态, 除  $\phi$  介子外, 在 1573MeV 和 1850MeV 处可能还各有一共振峰<sup>[1]</sup>. 为了确定这些共振态的自旋-宇称, 文献[2]给出了过程(1)的角分布螺旋度形式, 利用相应于不同自旋共振态归一化投影角分布的差别, 可以确定这些共振态的自旋-宇称是  $1^{--}$  还是  $3^{--}$ , 并指出,  $X(1573)$  是一个可能的共振态.

由于矩分析方法在处理低统计过程时的优越性, 本文用矩分析方法对过程(1)进行讨论, 得到的一些矩的关系式, 使我们很容易将  $1^{--}$  和  $3^{--}$  共振态区分开.

选取  $e^+e^-$  质心系, 并令  $e^+$  方向为  $z$  轴,  $X$  运动方向在  $x-z$  平面中: 在这样的实验室坐标系中, 过程(1)的角分布为:

$$W(\theta_x, \theta_1, \varphi_1) \propto \sum_{\lambda_j, \lambda_x, \lambda_X} A_{\lambda_x, 0} A_{\lambda_X, 0}^* D_{\lambda_j, \lambda_x}^{J, \lambda_X} (0, \theta_x, 0) D_{\lambda_j, \lambda_X}^{J, \lambda_X} (0, \theta_x, 0) D_{\lambda_x, 0}^{J, \lambda_X} (\varphi_1, \theta_1, -\varphi_1) D_{\lambda_X, 0}^{J, \lambda_X} (\varphi_1, \theta_1, -\varphi_1), \quad (2)$$

其中  $J$  是玻色共振态 X 的自旋;  $\lambda_j, \lambda_x$  分别是  $J/\psi$  和 X 粒子的螺旋度;  $A_{\lambda_x, 0}$  是过程  $J/\psi \rightarrow X + f_0(980)$  的螺旋度振幅;  $\theta_x$  是 X 和  $e^+$  的夹角,  $\theta_1, \varphi_1$  是 X 静止系中 K 介子的极角和方位角, 相应的  $z_1$  轴为  $J/\psi$  静止系中 X 的动量方向.

\* 国家自然科学基金和中国科学院理论物理特别支持费资助.

定义矩:

$$M(jlm) = \int \sin\theta_x d\theta_x \sin\theta_1 d\theta_1 d\varphi_1 D_{0,m}^j(0, \theta_x, 0) D_{m,0}^l(\varphi_1, \theta_1, -\varphi_1) W(\theta_x, \theta_1, \varphi_1). \quad (3)$$

在文献[2]中已指出, 对于过程(1), 玻色共振态 X 的自旋-宇称只能是  $J^{PC} = (2n+1)^{-}$ . 利用(2)和(3)式, 对  $1^{-}$  的 X, 可得如下六个矩:

$$\begin{aligned} M(000) &= 2|A_{0,0}|^2 + 4|A_{1,0}|^2 \\ M(020) &= \frac{4}{5}(|A_{0,0}|^2 - |A_{1,0}|^2) \\ M(200) &= \frac{2}{5}(-|A_{0,0}|^2 + |A_{1,0}|^2) \\ M(220) &= -\frac{2}{25}(2|A_{0,0}|^2 + |A_{1,0}|^2) \\ M(221) &= -\frac{6}{25} \operatorname{Re}(A_{0,0} A_{1,0}^*) \\ M(222) &= -\frac{6}{25} |A_{1,0}|^2. \end{aligned} \quad (4)$$

对于  $3^{-}$  的 X, 有如下十个非零矩:

$$\begin{aligned} M(000) &= 2|A_{0,0}|^2 + 4|A_{1,0}|^2 \\ M(020) &= \frac{4}{15}(2|A_{0,0}|^2 + 3|A_{1,0}|^2) \\ M(200) &= \frac{2}{5}(-|A_{0,0}|^2 + |A_{1,0}|^2) \\ M(220) &= \frac{2}{75}(-4|A_{0,0}|^2 + 3|A_{1,0}|^2) \\ M(221) &= -\frac{2}{25} \sqrt{\frac{2}{3}} \operatorname{Re}(A_{0,0} A_{1,0}^*) \\ M(222) &= -\frac{4}{25} |A_{1,0}|^2 \\ M(040) &= \frac{4}{33}(3|A_{0,0}|^2 + |A_{1,0}|^2) \\ M(240) &= \frac{2}{165}(-6|A_{0,0}|^2 + |A_{1,0}|^2) \\ M(241) &= -\frac{2\sqrt{5}}{55} \operatorname{Re}(A_{0,0} A_{1,0}^*) \\ M(242) &= -\frac{4\sqrt{15}}{165} |A_{1,0}|^2. \end{aligned} \quad (5)$$

从(4)、(5)两式看到, 对于  $1^{-}$  的 X, 所有  $l=4$  的矩都为零. 而对于  $3^{-}$  态, 存在非零的  $l=4$  的矩. 因此, 实验上可以通过测量  $l=4$  的矩, 来确定共振态 X 的自旋-宇称是  $1^{-}$  还是  $3^{-}$ . 另外, 由(4)、(5)两式还可以得到  $l < 4$  的矩之间的如下关系式:

$$\frac{5M(020) + 25M(220)}{M(222)} = \begin{cases} 25 & \text{对 } 1^{-} \text{ 态} \\ -\frac{75}{2} & \text{对 } 3^{-} \text{ 态} \end{cases} \quad (6)$$

通过对(6)式左边那些矩的测量, 也可以确定玻色共振态 X 的自旋-宇称.

定义螺旋度振幅比

$$\xi = \frac{A_{0,0}}{A_{1,0}}. \quad (7)$$

对  $1^{--}$  态和  $3^{--}$  态都有

$$\xi^2 = \frac{10M(220) - M(020)}{10M(222)}, \quad (8)$$

从而可以通过测量矩而直接得到螺旋度振幅比  $\xi$  的值.

### 参 考 文 献

- [1] 祝玉灿, 高能物理研究所内部报告.  
[2] 郁宏、沈齐兴, 高能物理与核物理, 18 (1994) 1143.

## Determining the Spin-Parity of the Boson Resonance X in the Process $J/\psi \rightarrow X + f_0(980)$ by Using the Generalized Moment Analysis Method

Shen Qixing Yu Hong

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

Received 3 January 1995

### Abstract

The processes  $J/\psi \rightarrow X + f_0(980)$ ,  $X \rightarrow K^+ + K^-$ ,  $f_0(980) \rightarrow \pi^+ + \pi^-$  are discussed using the generalized moment analysis method. It is suggested that in terms of the obtained moment expressions the spin-parity of the boson resonance X can be determined by further measurements.

**Key words** moment analysis, boson resonance, spin-parity.