快报

$J/\psi\to\omega f_2(1270)$ 衰变过程极化结构的研究*

郁宏 沈齐兴
(中国科学院高能物理研究所，北京 100039)

摘要

本文用推广的矩分析法研究了过程 $J/\psi\to\omega f_2(1270)$, $f_2(1270)\to\pi\pi$ 的极化结构，给出了用矩关系式表示的过程的四个螺旋度振幅之比。

在文献[1]中，我们给出了 J/ψ 强子衰变过程的角分布的螺旋度形式。文献[2]用这个公式研究了过程 $J/\psi\to\omega f_2(1270)$, $f_2(1270)\to\pi^+\pi^-$。分析了 BES 第一批300万 J/ψ 事例，在国际上首次给出了四个螺旋度振幅之比

$$x = 0.99\pm0.29,\quad y = -0.24\pm0.17,$$
$$z = 0.90\pm0.57,\quad z' = 0.56\pm0.22. \tag{1}$$

与 J/ψ 辐射衰变的情况[3]类似，这些量对于研究过程的强作用动力学机制以及了解共振态 $f_2(1270)$ 的性质是很有用的。文献[2]还分别以99%和97%的可信度排除了 $f_2(1270)$ 为 0^{++} 和 4^{++} 的可能性，确认它是一个 2^{++} 粒子。于是 $e^+e^-\to J/\psi\to\omega+f_2(1270)$, $f_2(1270)\to\pi\pi$ 整个过程的角分布公式为

$$W(\theta_V,\theta,\phi)\sim\sum_{\lambda_V,\lambda_X,\lambda'_X} I_{\lambda_J,\lambda'_J} A_{\lambda_V,\lambda_X} A_{\lambda_V\lambda'_X} D^{1*}_{\lambda_J,\lambda_V-\lambda_X}(0,\theta_V,0)$$
$$D^{1}_{\lambda'_J,\lambda_V-\lambda'_X}(0,\theta_V,0)\,D^{2*}_{\lambda_X,0}(\phi,\theta,0)D^{2}_{\lambda'_X,0}(\phi,\theta,0) \tag{2}$$

其中，λ_V, λ_X 和 λ_J 分别是矢量介子 ω, $f_2(1270)$ 和 J/ψ 粒子的螺旋度；A_{λ_V,λ_X} 是过程 $J/\psi\to\omega f_2(1270)$ 的螺旋度振幅。$I_{\lambda_J,\lambda'_J}=2p^2\delta_{\lambda_J,\lambda'_J}\delta_{\lambda_J,\pm1}$, p 为 e^+, e^- 质心系中电子或正电子的动量的绝对值。在 J/ψ 静止系，我们取 e^+ 束流的方向为 z 轴，ω 介子在 x-z 平面内 $(\phi_V=0)$。(θ,ϕ) 描写 $f_2(1270)$ 静止系中某一个 π 介子的动量方向。这里我们取 $f_2(1270)$ 的螺旋度坐标系(即 z 轴为 J/ψ 静止系中 $f_2(1270)$ 的运动方向)。

定义过程的矩如下:

$$M(jLM)=\int W(\theta_V,\theta,\phi)\,D^{j}_{0,-M}(0,\theta_V,0)\,D^{L}_{M,0}(\phi,\theta,0)\sin\theta_V d\theta_V d\Omega \tag{3}$$

我们可以得到如下10个独立的矩

本文1992年2月10日收到.
* 国家自然科学基金资助.

$$M(000) \sim 8p^2 \left[A_{1,0}^2 + A_{1,1}^2 + A_{1,2}^2 + \frac{1}{2} A_{0,0}^2 + A_{0,1}^2\right],$$

$$M(200) \sim \frac{4}{5} p^2 [A_{1,0}^2 - 2A_{1,1}^2 + A_{1,2}^2 - A_{0,0}^2 + A_{0,1}^2],$$

$$M(020) \sim \frac{8}{7} p^2 [2A_{1,0}^2 + A_{1,1}^2 - 2A_{1,2}^2 + A_{0,0}^2 + A_{0,1}^2],$$

$$M(220) \sim \frac{8}{35} p^2 \left[A_{1,0}^2 - A_{1,1}^2 - A_{1,2}^2 - A_{0,0}^2 + \frac{1}{2} A_{0,1}^2\right],$$

$$M(221) \sim \frac{4}{35} p^2 [\sqrt{3} A_{1,0} A_{1,1} - 3\sqrt{2} A_{1,1} A_{1,2} - \sqrt{3} A_{0,0} A_{0,1}],$$

$$M(222) \sim -\frac{4}{35} p^2 [2\sqrt{6} A_{1,0} A_{1,2} + 3A_{0,1}^2],$$

$$M(040) \sim \frac{8}{21} p^2 [6A_{1,0}^2 - 4A_{1,1}^2 + A_{1,2}^2 + 3A_{0,0}^2 - 4A_{0,1}^2],$$

$$M(240) \sim \frac{4}{105} p^2 [6A_{1,0}^2 + 8A_{1,1}^2 + A_{1,2}^2 - 6A_{0,0}^2 - 4A_{0,1}^2],$$

$$M(241) \sim \frac{4\sqrt{5}}{105} p^2 [3\sqrt{2} A_{1,0} A_{1,1} + \sqrt{3} A_{1,1} A_{1,2} - 3\sqrt{2} A_{0,0} A_{0,1}],$$

$$M(242) \sim \frac{4\sqrt{5}}{105} p^2 [3\sqrt{2} A_{1,0} A_{1,2} - 2\sqrt{3} A_{0,1}^2]. \tag{4}$$

这里,我们用到了宇称守恒和时间反演不变条件.

定义螺旋度振幅比:

$$x = \frac{A_{1,1}}{A_{1,0}},\ y = \frac{A_{1,2}}{A_{1,0}},\ z = \frac{A_{0,0}}{A_{1,0}},\ z' = \frac{A_{0,1}}{A_{1,0}}. \tag{5}$$

式(4)除以 $8p^2A_{1,0}^2$,则 10 个独立的矩可表为:

$$M(000) \sim 1 + x^2 + y^2 + \frac{1}{2} z^2 + z'^2,$$

$$M(200) \sim \frac{1}{10} (1 - 2x^2 + y^2 - z^2 + z'^2),$$

$$M(020) \sim \frac{2}{7} \left(1 + \frac{1}{2} x^2 - y^2 + \frac{1}{2} z^2 + \frac{1}{2} z'^2\right),$$

$$M(220) \sim \frac{1}{35} \left(1 - x^2 - y^2 - z^2 + \frac{1}{2} z'^2\right),$$

$$M(221) \sim \frac{1}{70} (\sqrt{3} x - 3\sqrt{2} xy - \sqrt{3} zz'),$$

$$M(222) \sim -\frac{1}{70} (2\sqrt{6} y + 3z'^2),$$

$$M(040) \sim \frac{1}{21} (6 - 4x^2 + y^2 + 3z^2 - 4z'^2),$$

$$M(240) \sim \frac{1}{210} (6 + 8x^2 + y^2 - 6z^2 - 4z'^2),$$

$$M(241)\sim\frac{\sqrt{5}}{210}(3\sqrt{2}\,x+\sqrt{3}\,xy-3\sqrt{2}\,zz'),$$

$$M(242)\sim\frac{\sqrt{5}}{210}(3\sqrt{2}\,y-2\sqrt{3}\,z'^2). \tag{6}$$

由(6)式,我们可以得到如下关系式:

$$\begin{aligned}
x^2&=[2M(000)-20M(200)-7M(020)+70M(220)]/(A/2),\\
y&=[9\sqrt{10}M(242)-10\sqrt{6}\,M(222)]/(A/2),\\
xy&=[\sqrt{15}M(241)-5\sqrt{2}\,M(221)]/(A/12),\\
z^2&=[14M(020)-140M(220)-2M(000)+20M(200)]/(A/2),\\
z'^2&=-[5M(222)+2\sqrt{15}M(242)]/(A/12),\\
x-zz'&=[5\sqrt{3}\,M(221)+9\sqrt{10}M(241)]/(A/4).
\end{aligned}\tag{7}$$

其中

$$\begin{aligned}A=2M(000)+7M(020)+10M(200)+35M(220)\\+45M(222)+18\sqrt{15}M(242).\end{aligned}\tag{8}$$

$f_2(1270)$ 作为单个共振峰,对数据作拟合,其中只包含 5 个独立的螺旋度振幅作为参数,现在我们有10个独立的矩,所以作数据分析已足够了. 用矩分析法,特别是借助于(7)式表示的 6 个矩的关系式, 会比从单一的角分布拟合出四个螺旋度振幅比更为准确. 当然,如果 900 万乃至以后 2000 万 J/ψ 事例都用上, 我们相信将会给出更精确的极化参数,这将很有利于对各种理论模型的检验.

以上方法也适用于任何 $J/\psi\to V+X$, $X\to P_1P_2$ 过程, 如 $J/\psi\to\phi+f_2'(1525)$, $f_2'(1525)\to K\bar{K}$ 的研究.

参　考　文　献

[1] 郁宏,沈齐兴,高能物理与核物理, **14**(1990), 504.
[2] 祝玉灿等,"J/ψ 强子衰变中 $f_2(1270)$ 的实验研究",高能物理与核物理,待发表.
[3] M. Krammer, *Phys. Lett.*, **74B** (1978), 361.
B.A.Li and Q.X. Shen, *Phys. Lett.*, **126B** (1983), 125.
Qi-xing Shen and Hong Yu, *Phys. Rev.*, **40**(1989), 1517.
郁宏,沈齐兴和王旭,高能物理与核物理,**13**(1989),996.

Study of the Polarization of $J/\psi \rightarrow \omega f_2(1270)$ Decay Process

YU HONG SHEN QIXING

(*Institute of High Energy Physics, Academia Sinica, Beijing* 100039)

ABSTRACT

In this paper we investigate the polarization structure of the process $J/\psi \rightarrow \omega f_2(1270)$ and f_2 $(1270) \rightarrow \pi\pi$ by using the generalized moment analysis method and give some relations of moments to represent four helicity amplitude ratios of the process.