

快报

$\psi(2S)$ 强衰变中的一个新的反常现象*

BES 合作组¹⁾

1994-07-26 收稿

摘 要

利用在北京正负电子对撞机 (BEPC) 上北京谱仪 (BES) 最近采集的 127 万个 $\psi(2S)$ 事例, 测量了新的强子衰变道 $\psi(2S) \rightarrow \omega\pi^+\pi^-$, $b_1^+\pi^-$ 和 $\omega f_2(1270)$ 的分支比, 发现 $\psi(2S) \rightarrow b_1^+\pi^-$ 满足理论预言的“14% 规则”, 而 $\psi(2S) \rightarrow \omega f_2(1270)$ 相对于 J/ψ 明显抑制, 从而首次从实验上观察到粲素衰变为非矢量-赝标量末态出现破坏上述规则的反常行为。

关键词 $\psi(2S)$ 强衰变, 分支比, 反常压制。

本文报道应用北京谱仪^[1]研究 $\psi(2S)$ 强子衰变的一个最新观察结果, 当在北京正负电子对撞机上寻找 $\psi(2S)$ 新的二介子衰变过程时, 发现 $\psi(2S) \rightarrow \omega f_2(1270)$ 道并不满足微扰量子色动力学理论预期的“14% 规则”^[2], 即

$$\frac{BR(\psi(2S) \rightarrow \text{hadron})}{BR(J/\psi \rightarrow \text{hadron})} = \frac{BR(\psi(2S) \rightarrow \text{ggg})}{BR(J/\psi \rightarrow \text{ggg})} = \frac{\Gamma(\psi(2S) \rightarrow e^+e^-)\Gamma(J/\psi)}{\Gamma(J/\psi \rightarrow e^+e^-)\Gamma(\psi')} \\ = 0.14 \pm 0.02,$$

而相对于 J/ψ 的分支比表现为显著压制。这一发现突破了粲偶素物理研究中长期形成的一个公认图象, 即仅有矢量-赝标量末态才出现破坏上述规则的反常行为^[3]。

分析基于北京谱仪 1993 年 12 月至 1994 年 1 月采集的 1.27×10^6 个 $\psi(2S)$ 事例样本。挑选 $\psi(2S) \rightarrow 2(\pi^+\pi^-\pi^0)$ 末态的事例以进行衰变模式分支比的测量。

从图 1(a) 给出的 $\pi^+\pi^-\pi^0$ 不变质量谱中看到了清楚的 ω 信号。用 Breit-Wigner 函数与线性本底拟合得到 23 个事例。由 1 万个事例样本所作的 Monte Carlo 研究如图 1(b) 所示, 定出探测效率为 5.6%。因此得到 $\psi(2S) \rightarrow \omega\pi^+\pi^-$ 的分支比为

$$BR(2S \rightarrow \omega\pi^+\pi^-) = (3.6 \pm 0.8 \pm 0.8) \times 10^{-4}.$$

利用 $700\text{MeV}/c^2 < M_{\pi^+\pi^-\pi^0} < 850\text{MeV}/c^2$ 来选取 ω 。从图 2(a) 给出的 $\omega\pi^\pm$ 不变质量谱中观察到了明显的 b_1^+ 信号。用 Breit-Wigner 函数与线性本底拟合得到 17 个事例。由 1 万个事例样本所作的 Monte Carlo 研究如图 2(b) 所示, 定出探测效率为 5.0%。因此得到 $\psi(2S) \rightarrow b_1^+\pi^-$ 的分支比为

* 国家自然科学基金资助。

1) 联系地址: 中国科学院高能物理研究所, 北京 100039。

$$BR(\phi(2S) \rightarrow b_1^\pm \pi^\mp) = (3.0 \pm 0.7 \pm 0.7) \times 10^{-4}.$$

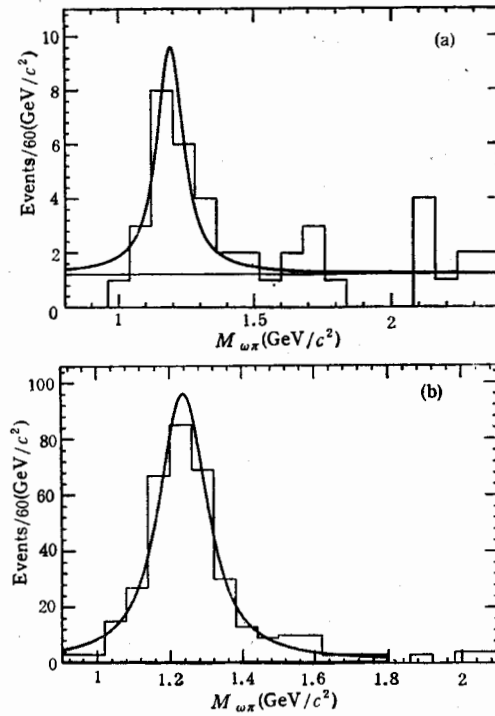


图1 $\phi(2S) \rightarrow \omega \pi^+ \pi^-$ 不变质量谱的拟合
(a) 实验数据, (b) Monte Carlo 数据

根据图 1(a) 所示的 ω 信号作其反冲质量谱, 如图 3(a) 所示, 从中观察不到 $f_2(1270)$ 峰的明显迹象。固定 $f_2(1270)$ 的质量和宽度, 用 Breit-Wigner 函数与线性本底拟合得到 2 个事例。由 1 万个事例样本所作的 Monte Carlo 研究如图 3(b) 所示, 定出探测效率为 7.6%。通过对 2 个事例在 90% 的置信度上确定的分支比上限为

$$BR(\phi(2S) \rightarrow \omega f_2(1270)) < 9.2 \times 10^{-5} \quad (CL = 90\%).$$

表 1 北京谱仪的 $\phi(2S)$ 测量结果与 J/ψ 对应衰变道的比较

f	$BR(\phi(2S) \rightarrow f)$ BES DATA	$BR(J/\psi \rightarrow f)$ PDG DATA	$B(2S)/B(J/\psi)$
$\omega \pi^+ \pi^-$	$(3.6 \pm 0.8 \pm 0.8) \times 10^{-4}$	$(7.2 \pm 1.0) \times 10^{-3}$	5%
$b_1^\pm \pi^\mp$	$(3.0 \pm 0.7 \pm 0.7) \times 10^{-4}$	$(3.0 \pm 0.5) \times 10^{-3}$	10%
$\omega f_2(1270)$	$< 9.2 \times 10^{-5} \quad (CL = 90\%)$	$(4.3 \pm 0.6) \times 10^{-3}$	$< 2.1\% \quad (CL = 90\%)$

注: $B(\phi(2S))$ —— $\phi(2S)$ 衰变分支比; $B(J/\psi)$ —— J/ψ 衰变分支比。

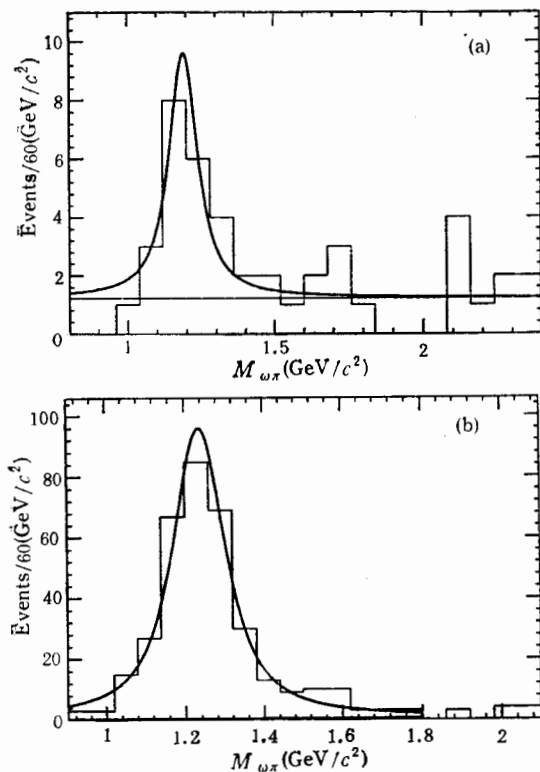


图 2 $\psi(2S) \rightarrow b\bar{b}\pi^{\pm}\pi^{\mp}$ 不变质量谱的拟合
(a) 实验数据; (b) Monte Carlo 数据

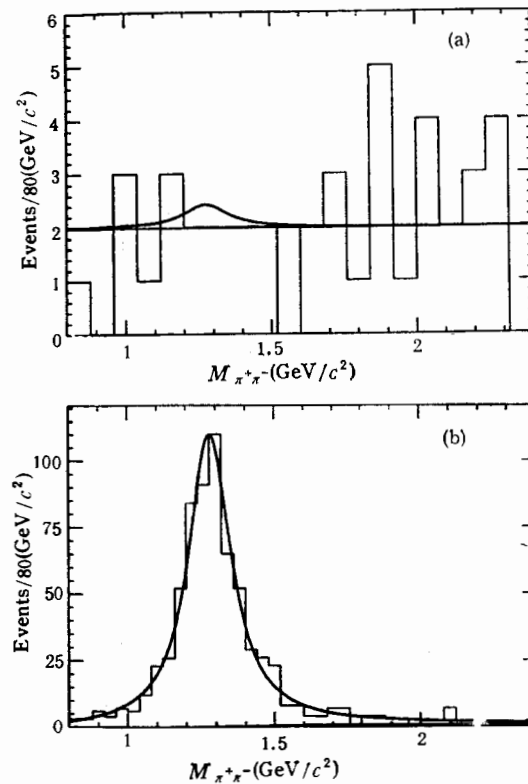


图 3 $\psi(2S) \rightarrow \omega f_2(1270)$ 不变质量谱的拟合
(a) 实验数据; (b) Monte Carlo 数据

表 1 给出了北京谱仪的 $\psi(2S)$ 测量结果和 1992 年粒子性质表^[4]上的 J/ψ 衰变到相应二介子道的分支比,并给出了两者间的比值。由表 1 可见:

- (1) $\psi(2S) \rightarrow b\bar{b}\pi^{\pm}\pi^{\mp}$ 衰变道具有符合理论预言的分支比,很好地服从“14%规则”;
- (2) $\psi(2S) \rightarrow \omega f_2(1270)$ 衰变道是明显压制的,其分支比上限与对应的 J/ψ 分支比之比小于 0.02,严重地偏离了“14%规则”。

同时,正如 J/ψ 三道分支比之间的关系所清楚表明了的那样, $\omega\pi^+\pi^-$ 道主要来自 $\omega f_2(1270)$ ($f_2(1270)$ 衰变成 $\pi^+\pi^-$) 和 $b\bar{b}\pi^{\pm}\pi^{\mp}$ ($b\bar{b}$ 衰变成 $\omega\pi^{\pm}$) 两道的贡献。而这种关系表现在 $\psi(2S)$ 数据中, $b\bar{b}\pi^{\pm}\pi^{\mp}$ 道具有与 $\omega\pi^+\pi^-$ 道十分接近的分支比,这对于直接测定的 $\omega f_2(1270)$ 道分支比上限结果是一个很好的验证。 $\psi(2S) \rightarrow \omega f_2(1270)$ 衰变道的压制现象同时导致了 $\omega\pi^+\pi^-$ 道的分支比比值对于“14%规则”的显著偏离(见表 1)。

值得指出的是, ω 和 $f_2(1270)$ 是一对矢量和张量介子,因此北京谱仪首先从实验上观察到了粲素强衰变中非矢量-赝标量二介子道压制的第一个明显例证。这个发现打破了一直被人们公认的只有 $\psi(2S)$ 的矢量-赝标量模式衰变才出现压制的图象,指出在粲素强衰变中存在着更加基本的复杂性质,从而在实验上和理论上提出了新的研究课题。

感谢方守贤教授、王书鸿教授、于鸿璇教授、丁大钊教授等国家实验室有关人员为数
据获取的支持。感谢何泽慧先生、何祚庥先生、北京大学赵光达教授、清华大学邝宇平教
授以及所科技委对本文发表的关心和支持。在数据获取和处理过程中得到了 BEPC 和计
算中心工作人员的帮助,在此一并致谢。

参 考 文 献

- [1] 北京谱仪合作组,丁慧良等,高能物理与核物理,16(1992)769.
- [2] M. E. B. Franklin et al., Phys. Rev. Letter, 51(1983) 963.
- [3] W. Toki, 1989 International Symposium on Heavy Quark Physics, Cornell University, Ithaca,
NY, June 13—17, 1989.
- [4] Particle Data Group, K. Hikasa et al., Phys. Rev., D45(1992).

New Suppression Mode of the $\psi(2S)$ Hadronic Decay

BES Collaboration¹⁾

Received 26 July 1994

Abstract

The hadronic decays $\psi(2S) \rightarrow \omega\pi^+\pi^-$, $b_1^*\pi^\mp$ and $\omega f_2(1270)$ have been studied in a sample of 1.27 million produced $\psi(2S)$'s. Measurements of their branching fractions are presented. While $\psi(2S) \rightarrow b_1^*\pi^\mp$ obeys the "14% rule" predicted by theory, $\psi(2S) \rightarrow \omega f_2(1270)$ is suppressed comparing with the corresponding J/ψ decay. As a vector-tensor pair combination, the ωf_2 mode is the first example of a non-vector-pseudoscalar decay of charmonium which violates the above mentioned rule.

Key words $\psi(2S)$ hadronic decay, branching fraction, abnormal suppression.

1) Address: Institute of High Energy Physics, Academia Sinica, Beijing 100039.