

· 成果介绍 ·

# 粲物理与 $\tau$ 轻子物理研究

李 金

(中国科学院高能物理研究所, 北京 100039) ·

【关键词】 粲物理,  $\tau$  轻子, 胶子球,  $e^+e^-$  电子对撞

粲物理和  $\tau$  轻子物理是粒子物理的一个重要分支, 对其深入系统的研究, 将可能解决或澄清粒子物理中一些未解决的问题, 检验并发展标准模型理论, 为深化人类对微观世界的认识做出贡献。由于我国首次建造的北京正负电子对撞机 (BEPC) 恰好工作在粲物理和  $\tau$  轻子物理能区, 使我国高能物理界在这一领域的研究方面具有独特的优势: 由于工作在一系列共振区和产生域区, 具有系统误差小、本底小和测量精度高的优点, 且 BEPC 的亮度亦为美国同类对撞机 (SPEAR) 的四倍, 从而使得我们在这一领域的深入系统的研究成为可能。迄今, 我们已经取得了一系列令人瞩目的国际上承认的结果, 其中最主要的有:

(1)  $\tau$  轻子质量的精确测量。到目前为止, 最精确的  $\tau$  轻子质量的测量是在 BEPC 上取得的:

$$M_\tau = 1776.96 \pm_{-0.19}^{+0.18} \pm_{-0.16}^{+0.20}$$

这一最新结果引起国际高能物理界的极大兴趣。首先, 新的  $\tau$  轻子质量的观测值比原来的世界平均值低 7.2 MeV, 而且精度更高。由于  $\tau$  轻子质量是一个基本常数, 精确的测定, 将会更准确地检验标准模型所预言的关于  $\tau$  轻子的一些其他性质, 比如, 将更进一步解决轻子的普适性和  $\tau$  轻子的寿命, 及  $\tau$  轻子衰变到  $\tau$  中微子的分支比的矛盾; 用新的  $\tau$  轻子质量, 将使轻子的普适性的准确度从原来的 2.4 倍统计偏差降到约 1 倍统计偏差; 新的  $\tau$  轻子质量将使  $\tau$  中微子质量的上限下降;  $\tau$  的寿命会移动 0.4%, 即  $1.2 \times 10^{-15}$  s。

这一成果的问世, 使中国的高能物理在国际高能物理界占有一席之地。

(2)  $\xi$  (2330) 新粒子的确认。我们不但重复了 MARK III 的结果, 即在  $J/\psi$  的辐射衰变  $J/\psi \rightarrow \gamma \xi$ ,  $\xi \rightarrow K^+ K^-$ ,  $K_S^0 \bar{K}_S^0$  中亦发现了  $\xi$  的存在, 其质量、宽度和分支比与 MARK III 的结果一致。而且发现了  $\xi$  的一些新衰变道, 即  $J/\psi \rightarrow \gamma \xi$ ,  $\xi \rightarrow \pi^+ \pi^-$  和  $\xi \rightarrow p\bar{p}$ 。新衰变道的质量、宽度和分支比如下:

(a)  $J/\psi \rightarrow \gamma \xi$ ,  $\xi \rightarrow \pi^+ \pi^-$

$$M_\xi = (2335 \pm 4 \pm 6) \text{ MeV}$$

$$\Gamma_\xi = (15_{-9}^{+12} \pm 9) \text{ MeV}$$

$$\text{Br}(J/\psi \rightarrow \gamma \xi), \text{Br}(\xi \rightarrow \pi^+ \pi^-) = (5.6_{-1.8}^{+1.8} \pm 1.4) \times 10^{-5}$$

本文于 1995 年 4 月 6 日收到。

(b)  $J/\psi \rightarrow \gamma \xi, \xi \rightarrow p\bar{p}$

$$M_{\xi} = (2335 \pm 4 \pm 5) \text{MeV}, \Gamma_{\xi} = (15^{+12}_{-9} \pm 9) \text{MeV}$$

$$\text{Br}(J/\psi \rightarrow \gamma \xi), \text{Br}(\xi \rightarrow p\bar{p}) = (2.7^{+1.1}_{-0.9} \pm 1.0) \times 10^{-5}$$

从这些结果,我们首先澄清了长期存在的关于  $\xi$  (2230) 粒子的争论(美国的 MARK II 和法国的 DM2 组);其次,可看出  $\xi$  (2230) 可能不是一个  $q\bar{q}$  介子态,而极可能是一个胶子球。这样,我国将可能是最先找到胶子球的实验组,从而为标准模型的正确性提供又一个强有力的证据。

(3)  $f_0$  (975) 和  $\theta$  (1720) 粒子的研究。对于  $f_0$  (975),理论家做了很多工作试图弄清  $f_0$  介子,我们从  $J/\psi$  的衰变  $J/\psi \rightarrow \varphi \pi^+ \pi^-$  和  $J/\psi \rightarrow \omega \pi^+ \pi^-$  得到反冲  $\varphi$  和  $\omega$  的  $f_0$  的质量和宽度不相同:反冲  $\varphi$  的  $M_{f_0} = (969 \pm 4) \text{MeV}, \Gamma_{f_0} = (43 \pm 8) \text{MeV}$ ;反冲  $\omega$  的  $M_{f_0} = (985 \pm 9) \text{MeV}, \Gamma_{f_0} = (11 \pm 6) \text{MeV}$ 。因此原来认为的  $f_0$  很可能是两个不同的共振态。对于  $\theta$  (1720),研究了如下衰变道  $J/\psi \rightarrow \gamma K^+ K^-, \gamma K_S^0 K_S^0, \gamma \pi^+ \pi^-,$  和  $J/\psi \rightarrow \varphi K^+ K^-, \omega K^+ K^-, \omega \pi^+ \pi^-$ ;用螺旋度振幅和矩分析方法研究了  $\theta$  (1720) 的自旋宇称。结果表明,在低质量区域  $J^{PC} = 2^{+1}$  为主,而在高质量区则是  $J^{PC} = 0^{++}$  为主。这样将人们对胶球的一个重要候选者  $\theta$  (1720) 的研究向前推进一步。

(4) 通过测量  $J/\psi$  共振域附近的  $e^+e^- \rightarrow h's, e^+e^-$  和  $\mu^+\mu^-$  的衰变模式,而测得  $J/\psi$  的共振参数  $\Gamma = (84.4 \pm 8.9) \text{keV}, \Gamma_h = (74.1 \pm 8.1) \text{keV}, \Gamma_{\%e} = (5.14 \pm 0.39) \text{keV}, \Gamma_{\mu} = (5.13 \pm 0.52) \text{keV}, \Gamma_h/\Gamma = 0.878 \pm 0.005$ , 这些量的测量误差是目前世界上最小的。

(5) 首次测量了衰变  $\psi' \rightarrow \tau^+ \tau^-$  的分支比  $\text{Br}(\psi' \rightarrow \tau^+ \tau^-) = (3.54 \pm 0.61 \pm 0.63) 10^{-3}$ 。利用以前测得的  $\text{Br}(\psi' \rightarrow e^+ e^-)$  和  $\text{Br}(\psi' \rightarrow \mu^+ \mu^-)$  值,假定轻子的普适性,可得  $\psi'$  的半宽度  $\Gamma_{\text{tot}} = \Gamma_{11}/B_{11} = (251 \pm 37) \text{keV}$ 。不但证实了  $\psi' \rightarrow \rho \pi$  的压低现象:  $\text{Br}(\psi' \rightarrow \rho \pi) < 2 \times 10^{-5}$  (90% CL), 而且发现了一个  $\psi'$  的新的压低模式:  $\text{Br}(\psi' \rightarrow \omega f_2(1270)) < 1.1 \times 10^{-4}$  (90% CL)。

由于  $\psi' \rightarrow \omega f_2(1270)$  中的末态是矢量介子和张量介子的组合,因此打破了长期形成的  $\psi'$  衰变的压低模式仅限于矢量——赝标量,和仅限于介子末态图像,从而为理论上理解  $\psi'$  强衰变的压低现象提供了新的线索。现正进行  $\psi'$  强衰变反常现象的深入研究,尝试寻找  $\eta'$  和矢量胶球。

(6) 首次绝对地测量  $D_s \rightarrow \varphi \pi$  的分支比  $\text{Br}(D_s \rightarrow \varphi \pi^+) = (3.9^{+5.1}_{-1.9} \pm 1.1^{+1.8}_{-1.1})\%$  和  $D_s$  介子的衰变常数  $f_{D_s} = (4.3^{+1.5}_{-1.3} \pm 0.4) \times 10^2 \text{MeV}$ , 从而加深我们对粒子  $D_s$  的性质的了解。

## STUDY ON $\tau$ LEPTON AND CHARM PHYSICS

Li Jin

(Institute of High Energy Physics, CAS, Beijing 100039)

**Key words** charm physics,  $\tau$  lepton, glueball,  $e^+e^-$  colliding