

# $\psi(2S)$ 的 $\tau$ 轻子对衰变研究\*

BES 合作组

白景芝 陈光培 陈宏芳<sup>①</sup> 陈少敏 陈申见 陈雅青 陈宇 陈元柏 程宝森  
崔化传 崔象宗 丁慧良 杜志珍 范晓聆 方建 高翠山 高美丽 高树琦  
高文绣 顾建辉 顾树棣 顾维新 顾以藩 过雅南 韩纓 韩世温 何炬  
何瑁<sup>②</sup> 何可人 胡贵云 胡涛 胡晓庆 黄德强 黄因智 姜春华 金艳  
康书辉 赖元芬 郎鹏飞 兰慧彬 李芳 李金 李群<sup>②</sup> 李佩琴 李如柏  
李蔚 李卫东 李卫国 李新华 李小南 林树子 刘怀民 刘琦 刘荣光  
刘延 刘经华 刘振安 吕军光 马爱民 马恩成 马基茂 毛慧顺 毛泽普  
孟祥承 倪蕙苓 聂晶 漆纳丁 阙友昆 荣刚 邵毓莺 沈定力 沈红  
沈肖雁 盛华义 宋晓非 史焕章 孙舫 孙汉生 谈益平 童国良 唐素秋  
王临洲 王曼 王灵淑 王佩良 王平 王少敏 王泰杰 王锋 王运永  
吴济民 席德明 夏小米 谢佩佩 许榕生 徐芷青 徐德之 薛生田 颜浩  
严武光 杨长友 杨春敏 杨华 杨蔚 叶铭汉 叶诗章 喻纯旭 于传松  
郁忠强 苑长征 张炳云 张长春 张达华 张会领 张建 张家文 张少强  
张良生 张羽 张月元 庄保安 赵棣新 赵萌 赵京伟 赵平德 赵维仁  
郑建平 郑林生 郑志鹏 周光谱 周化十 周莉 周月华 周小帆 朱启明  
祝玉灿 朱永生

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

①(中国科学技术大学近代物理系 合肥 230026)

②(山东大学物理系 济南 250100)

1994-12-27 收稿

## 摘 要

首次分析了  $\psi(2S) \rightarrow \tau^+\tau^-$  衰变道, 给出其分支比测量结果. 分析基于北京正负电子对撞机 (BEPC) 上北京谱仪 (BES) 所获取的  $1.27 \times 10^6$  事例, 得到分支比值为  $(3.54 \pm 0.61 \pm 0.63) \times 10^{-3}$ . 此值与粒子表给出的  $\psi(2S)$  其它轻子道分支比比较, 符合  $e-\mu-\tau$  普适性假设. 利用这些数据, 还计算得到  $\psi(2S)$  衰变的总宽度  $\Gamma_{\text{tot}} = 251 \pm 37 \text{keV}$ .

**关键词**  $\psi(2S)$ ,  $\tau$  轻子对, 衰变分支比.

\* 国家自然科学基金资助.

## 1 引言

迄今为止,有关轻子的实验数据与  $e-\mu-\tau$  普适性假设一致,即  $\tau$  轻子是一个序贯轻子,其行为与其它两个带电轻子  $e$  和  $\mu$  相似。在  $c\bar{c}$  系统中,  $\phi(2S)$  同时具有  $e^+e^-$ ,  $\mu^+\mu^-$  和  $\tau^+\tau^-$  三个轻子衰变道,因而提供了在这个系统中对于三代轻子进行比较的独特机会。

理论计算表明,  $\phi(2S)$  三个轻子衰变道的分支比  $B_{ee}$ 、 $B_{\mu\mu}$ 、 $B_{\tau\tau}$  之间有如下关系:

$$\begin{aligned} \frac{B_{\tau\tau}}{\left(1 + \frac{2m_\tau^2}{M^2}\right)\left(1 - \frac{4m_\tau^2}{M^2}\right)^{1/2}} &= \frac{B_{\mu\mu}}{\left(1 + \frac{2m_\mu^2}{M^2}\right)\left(1 - \frac{4m_\mu^2}{M^2}\right)^{1/2}} \\ &= \frac{B_{ee}}{\left(1 + \frac{2m_e^2}{M^2}\right)\left(1 - \frac{4m_e^2}{M^2}\right)^{1/2}}, \end{aligned} \quad (1)$$

式中  $m_e, m_\mu, m_\tau$  和  $M$  分别为  $e, \mu, \tau$  和  $\phi(2S)$  的质量。故有

$$\frac{B_{\tau\tau}}{0.3885} \approx B_{\mu\mu} \approx B_{ee}. \quad (2)$$

早在 70 年代间对  $e^+e^-$  和  $\mu^+\mu^-$  道就已经进行了测量<sup>[1]</sup>,而  $\tau^+\tau^-$  衰变的分支比却从未被测过。基于 BES 采集的  $\phi(2S)$  事例,我们分析了  $\phi(2S) \rightarrow \tau^+\tau^-$  衰变道,并首次给出了它的衰变分支比。

## 2 实验方法

1993 年 12 月至 1994 年 1 月期间,在 BEPC 上利用北京谱仪<sup>[2]</sup>获取了积分亮度约为  $2.2\text{pb}^{-1}$  的  $\phi(2S)$  数据。平均质心能量为  $3686.36 \pm 0.29\text{MeV}$ , 能散度为  $1.4 \pm 0.1\text{MeV}$ 。

关于北京谱仪的详细情况已有专文介绍<sup>[2]</sup>,这里不再赘述。

实际测量到的  $\tau^+\tau^-$  事例包括三部分,它们是  $\phi(2S)$  的  $\tau^+\tau^-$  衰变,即  $e^+e^- \rightarrow \phi(2S) \rightarrow \tau^+\tau^-$ ; QED 过程产生的  $\tau$  对  $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-$ ; 以及二者间的干涉部分。三部分中除第一部分外都应作为本底事例处理。分支比  $B_{\tau\tau}$  可表示为

$$B_{\tau\tau} = \frac{N_{\tau\tau} - \sigma_{\text{QED}} \cdot L}{N_{\phi(2S)}}, \quad (3)$$

式中  $N_{\tau\tau}$  为记录到的  $\tau^+\tau^-$  事例数;  $\sigma_{\text{QED}}$  是 QED 和干涉部分的  $\tau^+\tau^-$  事例产生截面之和;  $L$  是积分亮度;  $N_{\phi(2S)}$  是  $\phi(2S)$  的总数。下面分别叙述这些量的确定方法。

### 2.1 $N_{\tau\tau}$ 的测量

$\tau^+\tau^-$  事例采用六种拓扑进行识别,即寻找终态相应为  $e\mu, e\pi, e\rho, \mu\rho, ee$  和  $\mu\pi$  的事例信号。

#### 2.1.1 事例选择和本底的扣除

$e\mu$ ,  $e\pi$ ,  $\mu\pi$  和  $ee$  事例选择条件如下:

事例中包含两个带电径迹, 且它们的总电荷为零; 非共线角  $\theta_{\text{acol}}$  满足条件  $10^\circ < \theta_{\text{acol}} < 176^\circ$ ; 无孤立光子, 孤立光子条件为能量  $\geq 40\text{MeV}$ , 与带电径迹之间的夹角  $> 14^\circ$ ; 每个径迹在对撞点处的坐标要求:  $|x| < 1.5\text{cm}$ ,  $|y| < 1.5\text{cm}$  和  $|z| < 15\text{cm}$ ; 动量范围, 对电子要求  $250\text{MeV}/c < p_e < p_{\text{max}}$ , 对  $\pi$  要求  $p_{\text{low}} < p_\pi < p_{\text{hi}}$ ,  $p_{\text{low}}$  和  $p_{\text{hi}}$  分别对应于与  $\tau$  运动方向相反和相同的末态粒子的动量<sup>[2]</sup>; 对每个事例的总横动量 (PTPM) 有一定要求, 例如对  $e\mu$  事例要求  $PTPM \geq 0.01\text{GeV}/c$  等等, 总横动量的定义是  $PTPM = \sqrt{(p_{x1} + p_{x2})^2 + (p_{y1} + p_{y2})^2} / (E_{\text{cm}} - |\mathbf{P}_1| - |\mathbf{P}_2|)$ , 式中  $E_{\text{cm}}$  为质心能量,  $\mathbf{P}_1(p_{x1}, p_{y1}, p_{z1})$  和  $\mathbf{P}_2(p_{x2}, p_{y2}, p_{z2})$  分别为两个带电粒子的动量; 对电子的识别利用飞行时间计数器 (TOF)、 $dE/dx$  和在桶部簇射计数器 (BSC) 中能量沉积的大小, 对  $\pi$  则利用 TOF 信息和 BSC 中能量沉积, 并要求无  $\mu$  计数器信息, 对  $\mu$  子则一般要求  $\mu$  计数器有两层着火, 且每层中有两个管有信号, 或者一层内有两个管着火并伴有 BSC 中沉积能量  $< 450\text{MeV}$ ; 对  $ee$  事例附加了不变质量选择条件以便排斥  $J/\psi$  本底。

对  $e\rho$  和  $\mu\rho$  事例, 除上述某些条件要求外, 还有如下选择条件:

要求有两个孤立光子, 其不变质量在  $\pi^0$  质量附近, 即  $90\text{MeV}/c^2 \leq M_{\gamma\gamma} \leq 220\text{MeV}/c^2$ ; 一个带电  $\pi$  和两个光子不变质量满足  $M_\rho$  选择条件, 即  $500\text{MeV}/c^2 \leq M_{\pi\gamma\gamma} \leq 1100\text{MeV}/c^2$ ;  $\mu$  和  $\rho$  间非共线角  $\theta_{\text{acol}}$  及非共面角  $\theta_{\text{acop}}$  要求满足  $5^\circ \leq \theta_{\text{acol}} \leq 175^\circ$ ,  $10^\circ \leq \theta_{\text{acop}} \leq 178^\circ$  和  $\theta_{\text{acol}} + \theta_{\text{acop}} > 50^\circ$ 。

利用上述选择条件进行了本底检验。对  $5 \times 10^6 J/\psi$  事例样本, 由于误判而得到的  $e\mu, e\pi, e\rho$  和  $\mu\rho$  本底计数分别为 5, 8, 3 和 1; 而对  $1 \times 10^6 J/\psi$  事例, 测得  $ee$  和  $\mu\pi$  计数分别为 0 和 1。它们相应于本底率  $< 10^{-3}$ 。双光子过程的 Monte-Carlo 研究表明, 它对本底无影响。

### 2.1.2 $\tau^+\tau^-$ 事例数的计算

利用上述观察到的六种  $\tau^+\tau^-$  衰变道中每道的计数, 可以按下面公式计算出产生的  $\tau^+\tau^-$  事例数。

$$N_{\tau\tau} = \frac{n}{B \cdot \varepsilon_d \cdot \varepsilon_f \cdot \varepsilon_t}, \quad (4)$$

式中  $n$  为观测到的  $e\mu, e\pi, \mu\pi, ee, e\rho$  或  $\mu\rho$  事例数;  $B$  为相应分支比;  $\varepsilon_f$  为对应于以上各种事例的过滤效率;  $\varepsilon_t$  为触发效率;  $\varepsilon_d$  为探测效率。

实际上, 确定探测效率  $\varepsilon_d$  时利用了 BES 业已采集的质心能量为  $4.03\text{GeV}$  处的数据。在这个能量上对应于上述每种  $\tau^+\tau^-$  衰变道的探测效率可表为

$$\varepsilon'_d = \frac{n'}{B \cdot \sigma'_{\text{QED}} \cdot L'}, \quad (5)$$

其中  $n'$  为观测到的对应上述衰变道的事例数;  $B$  为相应分支比;  $L'$  为所用数据样本的积分亮度 (由大角度 Bhabha 事例测量得到);  $\sigma'_{\text{QED}}$  为理论计算的在  $4.03\text{GeV}$  处 QED 过程的  $\tau$  对产生截面。通过 Monte-Carlo 模拟研究, 可以计算出在  $\psi(2S)$  能量处的  $\varepsilon_d$  和在  $4.03\text{GeV}$  能量处的  $\varepsilon'_d$  之间的比值, 即  $\lambda = \varepsilon_d/\varepsilon'_d$ 。这样, 式(4)可改写成

$$N_{\tau\tau} = \frac{n \cdot \sigma'_{\text{QED}} \cdot L'}{n' \cdot \lambda \cdot \epsilon_f \cdot \epsilon_t} \quad (6)$$

对 Bhabha 事例、 $\mu^+\mu^-$  事例和二叉强子事例, 实验分析给出触发效率  $\epsilon_t$  分别为 99.9%、99.0% 和 99.1%, 最大误差为 1%。故对上述  $\tau^+\tau^-$  衰变事例采用了  $\epsilon_t = (99 \pm 1)\%$ 。

过滤效率  $\epsilon_f$  定义为  $\epsilon_f = N_G/(N_G + N_B)$ , 其中  $N_G$  是通过过滤程序初步确定的好事例数,  $N_B$  为通过过滤鉴别并剔除的坏事例数<sup>[3]</sup>。大约  $1.4 \times 10^5$  原始数据样本通过过滤而测量了 Bhabha、 $\mu^+\mu^-$  和二叉强子事例的过滤效率, 从而推算出对  $e\mu$  事例  $\epsilon_f = (99.7 \pm 0.11)\%$ , 对  $ee$  事例  $\epsilon_f = (99.95 \pm 0.11)\%$ , 而对  $e\pi, \mu\pi, e\rho$  和  $\mu\rho$  事例, 则有  $\epsilon_f = (98.5 \pm 0.20)\%$ 。

表 1 列出了式(6)中各量的测量值以及由此确定的各道  $N_{\tau\tau}$  值。

表 1 公式(6)中各量的测量或计算值(其中  $N_{\tau\tau}$  包括统计误差和系统误差)

衰变方式	$n$	$n'$	$\lambda$	$\sigma'_{\text{QED}}$ (nb)	$L'$ (nb <sup>-1</sup> )	$\epsilon_f$ (%)	$\epsilon_t$ (%)	$N_{\tau\tau}$
$e\mu$	84	96	1.055	3.27	3274	99.7	99.0	$8994 \pm 1344 \pm 458$
$e\pi$	54	70	0.895	3.27	3274	98.5	99.0	$9459 \pm 1713 \pm 482$
$e\rho$	38	40	1.106	3.27	3274	98.5	99.0	$9430 \pm 2136 \pm 481$
$\mu\rho$	30	26	1.074	3.27	3274	98.5	99.0	$10570 \pm 2753 \pm 539$
$ee$	40	51	0.894	3.27	3274	99.9	99.0	$9406 \pm 1986 \pm 480$
$\mu\pi$	39	39	1.005	3.27	3274	98.5	99.0	$10925 \pm 2475 \pm 557$

对表中六个  $N_{\tau\tau}$  加权平均后得到  $\phi(2S)$  衰变产生的  $\tau^+\tau^-$  事例数为

$$N_{\tau\tau} = 9524 \pm 776 \pm 498,$$

其中第一项误差为统计误差, 第二项误差为系统误差(计及  $\epsilon_t, \epsilon_f$  和  $L'$ (~5%) 各部分的不确定性)。

## 2.2 本底 $\tau^+\tau^-$ 事件的产生截面 $\sigma_{\text{Q+I}}$ 的计算

该截面由理论计算给出<sup>[4]</sup>。 $\tau^+\tau^-$  事例产生总截面, 在采用结构函数方法并考虑到初末态辐射修正、真空极化和库仑修正进行计算后, 得到如下表达式:

$$\begin{aligned} \sigma(s) &= \int dx_1 \int dx_2 D_{e^-}(x_1, s) D_{e^+}(x_2, s) \sigma_A(x_1 \cdot x_2 \cdot s) \\ &= \int_0^{1-\frac{4m^2}{s}} dx \cdot F(x, s) \cdot \sigma_A(s(1-x)), \end{aligned}$$

式中  $D_e(x, s)$  为  $e^+$  或  $e^-$  的分布函数;  $F(x, s)$  为辐射因子;  $s$  为  $e^+e^-$  质心能量平方。积分变量之间关系为  $x_1 \cdot x_2 = 1-x$ , 且  $\sigma_A(s) = \sigma_0(s) \cdot F_C \cdot F_{\text{fv}}$ , 其中  $\sigma_0$  为裸截面;  $F_C$  为库仑修正因子;  $F_{\text{fv}}$  是包括末态辐射和真空极化效应的修正因子。最后考虑到质心能量分散, 则总的  $\tau^+\tau^-$  产生截面公式为

$$\sigma(W) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \Delta} \int_0^\infty dW' e^{-\frac{(W-W')^2}{2\Delta^2}} \cdot \sigma(W'),$$

这里  $W = s$ , 计算中取实验数据束流能散  $\Delta = 1.4\text{MeV}$ ,  $\psi(2S)$  质量  $M = 3686\text{MeV}/c^2$  和衰变宽度  $\Gamma = 278\text{keV}$ . 各项部分截面以及总截面的计算值相对于能量的分布如图 1 所示.

结合实验数据, 当平均质心能量为  $E_{\text{cm}} = 3686.36\text{MeV}$  时, 可以得到

$$\sigma_{Q+1} = 2.1538 + 0.0834 = 2.237\text{nb}.$$

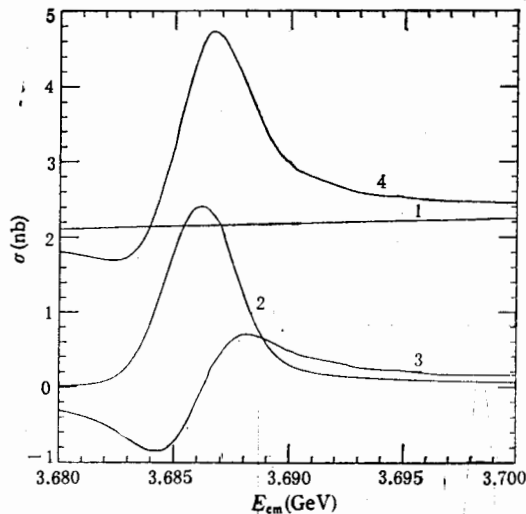


图 1  $\tau^+\tau^-$  产生截面( $\sigma$ )随质心能量( $E_{\text{cm}}$ )的分布

1 QED 过程; 2  $\psi(2S)$  共振产生;  
3 干涉项; 4 总截面.

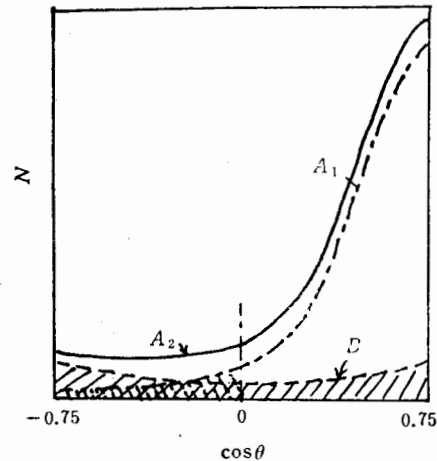


图 2  $e^+$  或  $e^-$  沿  $\cos(\theta)$  分布示意图

实线下面积  $A_1 + A_2$  为测得的总事例数; 点划线下为 QED 过程产生; 阴影区(B)为  $\psi(2S)$  和  $J/\psi$  共振产生.

### 2.3 积分亮度 $L$

积分亮度采用大角度 Bhabha 事例进行测量. 事例选取的角度范围为  $e^+e^-$  径迹相对于束流方向的夹角  $\theta$  在  $|\cos\theta| = 0.75$  之间. 如图 2 所示,  $e^+e^-$  事例中包括 QED 过程,  $\psi(2S)$  共振衰变以及二者间的干涉效应, 此外还有  $J/\psi \rightarrow e^+e^-$ , 它们由过程  $\psi(2S) \rightarrow \text{Neutral} + J/\psi$  产生. 除 QED 过程外, 其他皆属本底事例, 必需除去.

基于  $\psi(2S)$  和  $J/\psi$  衰变产生的事例的  $\cos\theta$  分布具有相对于零点左右对称的性质, 故可通过对  $e^+$  或  $e^-$  的  $\cos\theta$  分布图作适当处理而将这些本底减去. 分析给出<sup>[5]</sup>

$$L = \frac{A_1 - A_2}{\sigma \cdot \varepsilon_d \cdot (1 - 2a) \cdot \varepsilon_f \cdot \varepsilon_t} \left( \frac{E}{E_{\text{cm}}} \right)^2,$$

式中  $A_1$  和  $A_2$  分别为分布图中零点左右两部分总面积(事例数);  $a$  为 Bhabha 电子在分布中左右两部分数目比,  $\varepsilon_d$  为对辐射 Bhabha 电子的探测效率, 它们由 Monte-Carlo 计算给出; 在  $|\cos\theta| < 0.9$  范围内辐射 Bhabha 事例的产生截面  $\sigma = 295.81 \pm 0.47\text{nb}$ ; 经事例选取后计算出  $\varepsilon_d = 23.73\%$ ;  $\varepsilon_t = 0.999 \pm 0.001$ ;  $\varepsilon_f = 0.9995 \pm 0.0003$ ;  $E$  为各次测量的能量;  $(E/E_{\text{cm}})^2$  近似等于 1.

理论计算表明, 干涉效应的  $e^+e^-$  产生截面只有  $-0.24\text{nb}$ , 占 QED 产生截面的

0.08%, 可不必作修正。用大角度 Bhabha 事例测得的积分亮度为  $L = (2246 \pm 5 \pm 46)$  nb<sup>-1</sup>。

#### 2.4 $\phi(2S)$ 总数 $N_{\phi(2S)}$ 的确定

$N_{\phi(2S)}$  是利用  $\phi(2S) \rightarrow \pi^+\pi^-J/\psi$  单举产生过程测得的<sup>[6]</sup>。 $\phi(2S)$  事例数可表示为

$$N_{\phi(2S)} = \frac{n_{J/\psi} / \epsilon_{J/\psi}}{B(\phi(2S) \rightarrow \pi^+\pi^-J/\psi)},$$

其中衰变分支比  $B(\phi(2S) \rightarrow \pi^+\pi^-J/\psi)$  由粒子表给出<sup>[7]</sup>； $n_{J/\psi}$  为观测到的  $J/\psi$  事例数，通过对  $\pi^+\pi^-$  的反冲质量(如图 3)作拟合而得到； $\epsilon_{J/\psi}$  为对  $J/\psi$  事例的探测效率，它的测量考虑到了  $J/\psi$  衰变末态中带电粒子多重数分布以及各叉事例间由于径迹丢失造成的混淆。利用 Monte-Carlo 计算得到  $\epsilon_{J/\psi} = (52.5 \pm 0.2)\%$ ，而观测到的  $n_{J/\psi} = (216.0 \pm 0.7) \times 10^3$ ，于是  $\phi(2S)$  总数为  $N_{\phi(2S)} = (1271 \pm 4 \pm 111) \times 10^3$ 。

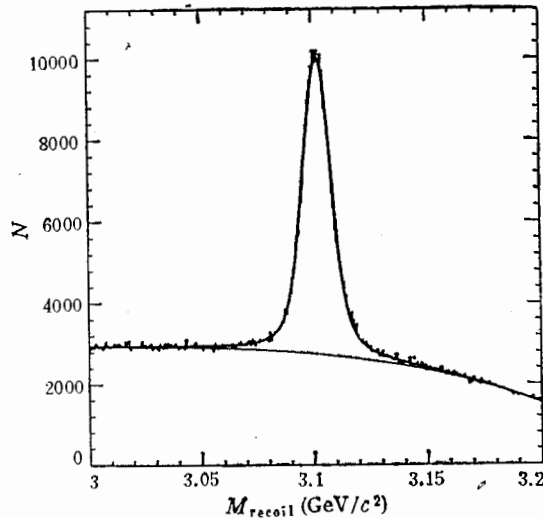


图 3 从  $\phi(2S) \rightarrow \pi^+\pi^-J/\psi$  衰变测得的  $\pi^+\pi^-$  反冲质量谱

### 3 结果与讨论

将第 2 节中测得的各项和理论计算截面代入公式(3), 得到  $\phi(2S) \rightarrow \tau^+\tau^-$  分支比为

$$B_{\tau\tau} = (3.54 \pm 0.61 \pm 0.63) \times 10^{-3}.$$

$B_{\tau\tau}$  的测量误差主要来源于这样几方面, 即测得的  $\tau^+\tau^-$  事例数的统计涨落和事例选择的系统误差; 积分亮度测量误差, 这一误差主要决定于 Bhabha 事例选择和事例产生截面的计算;  $\phi(2S)$  总数确定的误差, 以  $\phi(2S) \rightarrow \pi^+\pi^-J/\psi$  分支比引入的误差为主; 以及束流能量变化和质心能量分散带来的系统误差, 它用最大偏差表示。

各部分误差(相对值)以及  $B_{\tau\tau}$  的相对误差列于表 2 中。

表 2

误差来源	$\frac{\sigma_{N_{\tau\tau}}}{L \cdot \sigma_{Q+1}} / (N_{\tau\tau} - L)$	$\frac{\sigma_{\sigma_L}}{(N_{\tau\tau} - L) \cdot \sigma_{Q+1}}$	$\frac{\sigma_{N_{\psi(2S)}}}{N_{\psi(2S)}}$	能量及能散度	$\frac{\sigma_{B_{\tau\tau}}}{B_{\tau\tau}}$
统计误差	17.2%	0.25%	0.32%	—	17.29%
系统误差	10.8%	2.3%	8.7%	11.0%	17.9%

我们测得的  $B_{\tau\tau}$  值与粒子表给出的  $\psi(2S) \rightarrow e^+e^-$  和  $\psi(2S) \rightarrow \mu^+\mu^-$  道的分支比数据<sup>[7]</sup>在实验误差范围内符合  $e-\mu-\tau$  普适性预期的关系(式 2)。假定  $e-\mu-\tau$  普适性的存在,可以从这三种轻子衰变分支比得到  $\psi(2S)$  平均轻子衰变分支比  $B_{ll} = (8.52 \pm 0.94) \times 10^{-3}$ 。利用此值并采用粒子表给出的  $\psi(2S)$  轻子衰变宽度  $\Gamma_{ee} = \Gamma_{\mu\mu} = 2.14 \pm 0.21$  keV<sup>[6]</sup>, 可以计算  $\psi(2S)$  的总衰变宽度为  $\Gamma_{tot} = \Gamma_{ee}/B_{ll} = 251 \pm 37$  keV, 它与粒子表给出的数值<sup>[7]</sup>在误差范围内是一致的。

感谢金炳年和周广静同志在计算中给予的帮助。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大力配合和协助,在此深表谢意。

## 参 考 文 献

- [1] Feldman et al., *Phys. Lett.*, **33C** (1977) 285;  
Hilger et al., *Phys. Rev. Lett.*, **35** (1975) 625.
- [2] 丁慧良等, 高能物理与核物理, **16**(1992)769;  
J. Z. Bai et al., *Phys. Rev. Lett.*, **69** (1992) 3021;  
J. Z. Bai et al., *Nucl. Instr. & Method*, **A344** (1994) 319—334.
- [3] 许榕生等, 高能物理与核物理, **15**(1991)447.
- [4] 吴济民, 赵培英, 高能物理与核物理, **17**(1993)379;  
吴济民, 在  $\psi(3686)$  共振态附近  $e^+e^- \rightarrow \tau^+\tau^-$  的截面行为, BES 合作组杭州年会报告, 1994 年 7 月.
- [5] 崔象宗,  $\psi'$  数据的大角度亮度, BES 内部报告, 1994 年 4 月.
- [6] 苑长征, 由  $\psi(2S) \rightarrow \pi^+\pi^- J/\psi$  衰变测量  $J/\psi$  轻子道衰变分支比, 中国科学院高能所, 硕士论文, 1994 年.
- [7] Particle Data Group, Lowell S. Brown et al., *Phys. Rev.*, **D50,3**(1994).

## Study of $\psi(2S)$ Decay to $\tau$ Lepton Pairs

BES Collaboration

Received 27 December 1994

### Abstract

The decay  $\psi(2S) \rightarrow \tau^+\tau^-$  has been studied by using the 1.27 million  $\psi(2S)$  events produced from the BES experiment at the BEPC collider. The  $\tau^+\tau^-$  decay branching ratio is for the first time measured to be  $(3.54 \pm 0.61 \pm 0.63) \times 10^{-3}$ , which is consistent with the prediction of the hypothesis of  $e-\mu-\tau$  universality. Combining this value with the previous leptonic data of  $\psi(2S)$ , the total width of the  $\psi(2S)$  is found to be  $251 \pm 37 \text{keV}$ .

**Key words**  $\psi(2S)$ ,  $\tau$ -lepton pairs, branching fraction.