

·成果简介·

# 正负电子对撞中的 $\tau$ 轻子和粲物理研究

朱永生

(中国科学院高能物理研究所, 北京 100039)

[关键词]  $\tau$ -粲物理, 北京正负电子对撞机, 北京谱仪

中国科学院高能物理研究所郑志鹏教授和李金教授主持的国家自然科学基金重大项目“ $\tau$ 轻子和粲物理研究”, 经4年的工作后于1996年6月结题。以中国科学院院士何祚庥教授为组长的专家组在验收意见中作了如下评价: “本项目所研究的粲物理和 $\tau$ 物理是当前粒子物理研究的一个重要领域”, “在北京正负电子对撞机和北京谱仪上展开了有关 $J/\psi$ 物理、 $\psi'$ 物理、 $\tau$ 物理、D物理和 $D_s$ 物理的研究取得了若干国际领先的重要成果…”, 受到国际高能物理界的好评与重视, 在国际高能物理会议和国际轻子光子会议上被多次引用, 部分结果已被国际权威的粒子数据表所采用”, “以北京正负电子对撞机为基地的中国国内的高能加速器实验物理取得了重要进展, 并在国际高能物理界开始占有一席之地。”

北京正负电子对撞机(BEPC)和北京谱仪(BES)的建成和实验运行, 是中国国内高能加速器实验物理的开端。在BEPC能区(质心系能量3—5.6 GeV)进行 $\tau$ 轻子和粲物理研究, 对于国际高能物理界非常关注的一些重要物理问题能给予确切的答案或提供重要的实验证据。例如, 描述基本粒子运动规律及其相互作用的基本理论框架——标准模型中, 描述电磁作用和弱作用的理论相当完善, 解释了迄今为止的所有实验事实而无一例外。但在1990年前后,  $\tau$ 轻子寿命、衰变分支比和质量的测定值似乎没有遵从它所要求的轻子普适性原理, 成为标准模型的一大疑点。而在 $\tau$ 质量测量方面, BES有其独特的优势, 若能测出更精确的 $\tau$ 质量值, 对澄清此疑点会有举足轻重的贡献。标准模型描述强作用的理论称为量子色动力学(QCD), 对它的了解远比电弱理论要差, 目前只对高能大动量转移( $Q^2 > 100 \text{ GeV}^2$ )的情形利用微扰QCD可对实验作出较为可信的理论预期, 而对现实世界所处的低动量转移情形适用的非微扰理论(NPQCD)尚没有很好地建立起来。而且, 作为QCD理论正确性的直接证据之一——胶子球的存在, 实验尚没有确证。BEPC能区内 $e^+e^-$ 对撞实验正是研究NPQCD和寻找胶子球的最好实验场所, 成为人类加深对强作用本质了解的一个无法替代的重要领域。本项目取得的主要学术成果如下:

## 1 $\tau$ 物理研究

BES测定了目前世界上最精确的 $\tau$ 轻子质量值

国家自然科学基金重大项目, 批准号 19290400.

本文于 1998 年 1 月 15 日收到.

$$m_{\tau} = 1776.96_{-0.21-0.17}^{+0.18+0.25} \text{ MeV}$$

这一最新结果修正了1992年世界平均值  $m_{\tau} = 1784.1_{-3.6}^{+2.7} \text{ MeV}$  约7 MeV的中心值偏差, 精度提高了约10倍, 推动了高能物理界对  $\tau$  轻子寿命和衰变分支比的进一步实验测定, 以很高的精度支持了轻子普适性原理, 从而解决了标准模型的一大疑点。这一成果被评价为近年来高能物理界最重要的成果之一。

测量了  $\tau$  中微子质量上限  $m_{\nu\tau} < 28.2 \text{ MeV}$  和螺旋度  $h_{\nu\tau} = 1.41 \pm 0.78 \pm 0.30$ , 是本能区的最好实验结果。

## 2 J/ψ 物理研究

BES 报道的 J/ψ 粒子的衰变总宽度  $\Gamma$ , 衰变为轻子对宽度  $\Gamma_e, \Gamma_{\mu}$ , 和衰变为强子末态宽度  $\Gamma_h$ , 是目前国际上最精确的测定值。

BES 对于胶子球的寻找给以特别的重视。对自旋宇称  $2^{++}$  张量胶子球候选者  $\xi(2230)$  是否存在, 国际上有争议。BES 的实验研究证实了它的存在。尤其是, BES 对  $\xi(2230)$  衰变为  $\pi^+\pi^-$ ,  $\pi^0\pi^0$  和  $p\bar{p}$  末态的首次实验观测, 揭示了它具有味对称性、窄的衰变宽度和在 J/ψ 辐射衰变中有高的产生率等性质, 合  $\xi(2230)$  成为胶子球最有希望的候选者之一。对粒子  $\theta_1(1710)$  的实验研究发现, 它包含 1696 MeV 处的  $2^{++}$  成分和 1781 MeV 处的  $0^{++}$  成分, 且后者呈现出胶子球具有的某些特性。对  $0^{-+}$  胶子球候选者  $\omega/\eta(1440)$  的研究表明, J/ψ 衰变的  $K\bar{K}\pi$  末态中  $\eta(1440)$  质量区附近有复杂结构, 包含 3 种成分。BES 的这些实验发现, 引起了国际高能物理界的普遍关注和热烈讨论, 推动了国际上对胶子球的理论和实验研究, 成为一大热点。

## 3 ψ(2S) 物理研究

BES 合作组获取了迄今世界上最大的  $\psi(2S)$  事例样本  $3.7 \times 10^6$ , 开展了  $\psi(2S)$  衰变的系统的研究。首次测量了 15 个衰变道的分支比, 更新了《粒子物理手册》中另外 10 个衰变道分支比测定值, 在更高的实验精度上验证了  $\psi(2S)$  的矢量-赝标量介子末态  $\rho\pi$  和  $K^*\bar{K}$  的衰变分支比的反常压低现象, 首次发现  $\psi(2S)$  的矢量——张量介子末态  $\omega f_2, \rho a_2, K^{*0}\bar{K}_2^{*0}$  的衰变分支比的反常压低。这些反常压低现象无法用微扰 QCD 的基本定理——强子螺旋度守恒定理和已知的可能压低机制给予解释, 从而对现有的 QCD 理论提出了挑战。BES 实验组还对  $\psi(2S)$  衰变形成的粲偶素  $3P_J$  态  $\chi_{c0}$  的总宽度和  $\chi_{c0}, \chi_{c1}, \chi_{c2}$  的某些衰变分支比测定了新的更精确的数据。

## 4 D<sub>s</sub> 物理研究

首次在 4.03 GeV 处测量了模型无关的  $D_s$  到  $\phi\pi$  末态的绝对分支比, 测量了  $D_s$  衰变常数  $f_{D_s}$ 。由于  $f_{D_s}$  的数值对于  $D_s$  和 B 物理的研究均有重要意义,  $D_s$  衰变分支比大部分是相对于  $D_s \rightarrow \phi\pi$  测量的; 而 BES 对  $f_{D_s}$  和  $D_s \rightarrow \phi\pi$  分支比都是世界上首次绝对测量。在 4.03 GeV 处研究  $D_s$  衰变有好的事例信噪比, 故 BES 的结果引起了国际高能界的重视。

$\tau$  轻子和粲物理的研究, 是一个典型的高能实验物理大科学的研究项目, 它基于北京正

负电子对撞机和北京谱仪及其附属系统的长期稳定运行。该项研究涉及高能加速器、粒子探测器、粒子物理实验和理论、核电子学、计算机技术和网络通讯、计算物理、数据分析等广泛的学科领域。通过本项目的实施，建立了一支中国高能实验物理队伍、积累了各方面的经验，培养了一批高能实验物理及相关领域的年轻人才。仅高能物理实验本身而言，4年共培养中国博士生15名、硕士生21名，美国博士生8名。BES  $\tau$  轻子和粲物理研究的成就引起了国内外高能物理界的普遍重视和关注，导致了与国内外理论界和实验界的密切合作。到1996年，BES合作组发展成为由中国的7个和美国的10个研究所、大学组成的国际合作组。正如评审专家组“验收意见”所指出的，本项目“在培养高能物理实验人才方面，在促进中美高能物理合作研究及扩大中外学术交流方面发挥了积极作用。”

本项目中的子课题“北京谱仪—— $\tau$ 轻子质量的精确测量”获得了1995年国家自然科学奖二等奖，1994年中国科学院自然科学奖一等奖和1993年吴有训物理奖；子课题“ $D_s$ 物理的研究”被评为1997年中国科学院自然科学奖一等奖。

## THE INVESTIGATION ON TAU-CHARM PHYSICS IN $e^+e^-$ COLLIDER

Zhu Yongsheng

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

**Key words** Tau-Charm physics, Beijing Electron-Positron Collider (BEPC), Beijing Spectrometer (BES)

·成果简介·

## 大型锻件锻造理论与工艺研究成果

刘助柏

(燕山大学机械工程学院, 秦皇岛 066004)

[关键词] 平板镦粗, 平砧拔长, 新锻造工艺, 控制锻造

现行的锻造工艺理论存在着某些不足甚至错误, 例如: (1) 认为普通平板间镦粗的变形体内总处于三向压缩应力状态, 这与我们所做的试验结果不符; (2) 对平砧拔长与 FM (Free from Mannesmann effect) 锻造法, 只有一个工艺参数来控制轴向应力, 而忽略了横向应

国家自然科学基金重点项目, 批准号 59235100.

本文于 1997 年 8 月 4 日收到.