

# BES III 上的 $\eta_c$ 物理\*

张志清<sup>1;1)</sup> 房双世<sup>2,4</sup> 魏代会<sup>3</sup> 祝玉灿<sup>4</sup> 鲁公儒<sup>1</sup>

1 (河南师范大学 新乡 453002)

2 (中国高等科学技术中心 北京 100080)

3 (广西师范大学 桂林 541004)

4 (中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

**摘要** 介绍了当前对  $\eta_c$  衰变的研究状况,即理论上还不能很好的描述  $\eta_c$  的衰变机制,实验上也需更大的样本对  $\eta_c$  衰变进行深入的研究.基于在 BES III 上预期一年所能获取的  $J/\psi$  和  $\psi'$  事例数,集中讨论了在 BES III 上可进行的  $\eta_c$  物理的研究.主要包括  $\eta_c$  衰变到不同末态分支比的测量,新衰变模式的寻找,质量和宽度的精确测量以及稀有衰变的寻找,并对  $\eta_c'$  衰变的研究也做了简单讨论.

**关键词** BES III 探测器  $\eta_c$  衰变 分支比 CP 破坏

## 1 引言

$\eta_c$  是粲偶素家族的基态,  $J^{PC} = 0^{-+}$ . 它是从  $J/\psi$  和  $\psi'$  的单举光子谱(见图 1)<sup>[1]</sup> 和它们的强衰变<sup>[2]</sup> 中 被发现的. 目前尽管有许多实验组<sup>[3-11]</sup> 对  $\eta_c$  的衰变做了大量的研究,但是只有十几个  $\eta_c$  衰变模式被观察到. 另外,粒子表<sup>[12]</sup> 上给出的  $\eta_c$  的质量和宽度的误差仍然比较大. 而其质量和宽度的精确测量对理论计算是非常重要的. 例如,计算非相对论势模型中的自旋与自旋相互作用强度时,需要知道精确的  $J/\psi$  和  $\eta_c$  的质量之差.

由于  $\eta_c$  不能通过  $e^+e^-$  湮没直接产生,北京谱仪上  $\eta_c$  的研究依赖于  $J/\psi$  和  $\psi'$  事例样本. 目前, BES II<sup>[13]</sup> 已经取得了世界上最大的  $J/\psi$  和  $\psi'$  事例样本,分别为  $5.8 \times 10^7$ <sup>[14]</sup> 和  $1.4 \times 10^7$ . 尽管如此,当考虑到探测效率后,仍然很难对分支比为  $10^{-4}$  量级的  $\eta_c$  新的衰变模式进行寻找和研究. 为了得到高精度的物理结果,不但需要提高数据的统计量,而且需要性能优良的探测器来减小系统误差. BES III<sup>[15]</sup> 就是为了满足以上的要求而建造的新型探测器,与 BES II

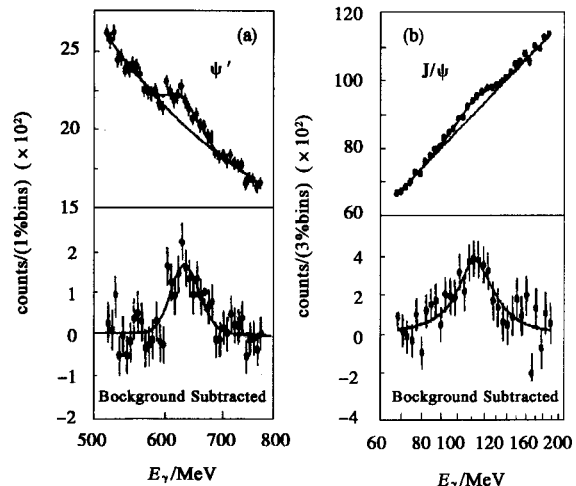


图 1  $\psi'$ (a)和  $J/\psi$ (b)衰变中单举光子谱的  $\eta_c$  信号  
在(a),(b)中,上图是未去本底的情况,下图是去掉本底的情况.

相比, BES III 具有良好的光子能量分辨,良好的带电粒子鉴别能力,能够准确测量低动量区带电粒子的四动量. 另外 BEPC II<sup>[16]</sup> 又能提供世界上在  $\tau$ -charm 物理能区所设计的最高亮度. 由此预期一年内所能采集的  $J/\psi$  和  $\psi'$  事例样本如表 1 所示. 根据  $J/\psi \rightarrow \gamma\eta_c$  的分支比  $(1.3 \pm 0.4)\%$ <sup>[12]</sup> 和  $\psi' \rightarrow \gamma\eta_c$  的分支比

2003-12-19 收稿

\* 国家自然科学基金(19991482)资助

1) E-mail: zhangzq@mail.ihp.ac.cn

$(0.28 \pm 0.06)\%$  [12], 从所收集的  $J/\psi$  和  $\psi'$  样本中可以分别选出  $1.3 \times 10^8$  和  $2.8 \times 10^6$  个  $\eta_c$  事例. 如此大的  $\eta_c$  样本为我们系统研究  $\eta_c$  的衰变提供了有利的实验条件.

表 1 预期一年时间内积累的  $J/\psi$  和  $\psi'$  事例数

样本	峰值亮度/ ( $10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	产生截面/nb	事例数/y
$J/\psi$	0.6	$\sim 3400$	$1 \times 10^{10}$
$\psi'$	1.0	$\sim 640$	$3 \times 10^9$

## 2 $\eta_c$ 衰变的研究

$\eta_c$  主要是通过湮没到两个胶子(根据色  $SU(3)$  和  $C$  宇称守恒理论,湮没到一个胶子或者一个虚光子是被禁戒的)衰变到强子末态. 通过系统研究  $\eta_c$  介子的衰变,可以获得更多的关于胶子动力学的知识.

自从 1980 年发现  $\eta_c$  以来,许多合作组给出了对于  $\eta_c$  衰变的分析结果. 表 2 列出了已经被观察到的  $\eta_c$  衰变模式以及它们相应的分支比 [12], 所有的分支比总和还不足 30%. 由此可知还有许多的  $\eta_c$  衰变模式没有被观测到,这有待于利用更大的  $\eta_c$  样本去寻找和研究.

表 2  $\eta_c$  衰变到不同末态的分支比

衰变模式	分支比(%)
$\eta' \pi\pi$	$4.1 \pm 1.7$
$\rho\rho$	$2.6 \pm 0.9$
$K^*(892)^0 K^- \pi^+ + \text{c.c.}$	$2.0 \pm 0.7$
$K^*(892) \bar{K}^*(892)$	$0.85 \pm 0.31$
$\phi\phi$	$0.71 \pm 0.28$
$K\bar{K}\pi$	$5.5 \pm 1.7$
$\eta\pi\pi$	$4.9 \pm 1.8$
$\pi^+ \pi^- K^+ K^-$	$2.0^{+0.7}_{-0.6}$
$K^+ K^- K^+ K^-$	$2.1 \pm 1.2$
$\pi^+ \pi^- \pi^+ \pi^-$	$1.2 \pm 0.4$
$p\bar{p}$	$0.12 \pm 0.04$
$\gamma\gamma$	$0.030 \pm 0.012$

### 2.1 $\eta_c$ 衰变到介子末态

$\eta_c$  主要衰变到介子末态,理论上尤其关心  $\eta_c$  衰变到矢量介子对的研究. 图 2 给出了  $\eta_c \rightarrow VV$  ( $V$  表示矢量介子)相关的 3 种不同的衰变机制. 如果能精确测量出所有衰变到矢量介子对的分支比,就可以知道 3 种机制的相对贡献大小,对了解  $\eta_c$  衰变中

$SU(3)$  破坏有重要的意义 [17].

在微扰 QCD 框架下,根据螺旋度守恒,  $\eta_c$  衰变到矢量介子对是禁戒的 [18]. 但是,实验上已经观测到  $\eta_c \rightarrow \rho\rho$  和  $\eta_c \rightarrow \phi\phi$  两种衰变模式,它们的分支比见表 2. 对于  $\eta_c \rightarrow \omega\omega$ , 因为末态有 4 个带电的  $\pi$  介子和 4 个光子,探测效率较低,还没有观测到  $\eta_c$  衰变到  $\omega\omega$  的信号,仅仅给出  $\eta_c \rightarrow \omega\omega$  分支比上限. 在 BES III 上,从一年所采集的  $J/\psi$  数据中就可以挑选出大量的  $\eta_c$  样本,可以对  $\eta_c$  衰变到矢量介子对的分支比进行精确测量,这有助于了解  $\eta_c$  的衰变机制和检验有关  $\eta_c$  衰变的理论模型.

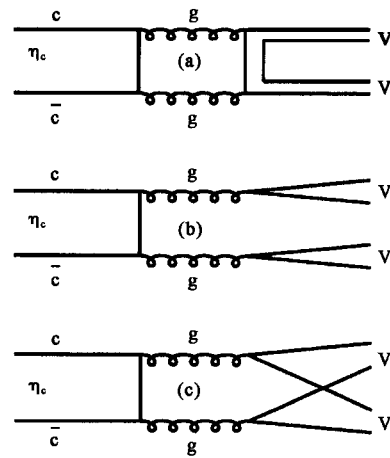


图 2  $\eta_c \rightarrow VV$  的 3 种衰变机制

### 2.2 $\eta_c$ 衰变到重子对

理论和实验上对  $\eta_c$  衰变到重子对末态的研究都还很成熟,理论上研究较多的也只有  $\eta_c \rightarrow p\bar{p}$ . 在微扰 QCD 理论下,考虑到角动量、宇称守恒以及胶子-夸克耦合的螺旋度守恒,  $\eta_c$  衰变到  $p\bar{p}$  严格禁戒的(夸克质量为零情况下) [19], 而实验上却得到了  $(1.2 \pm 0.4) \times 10^{-3}$  [12] 的相对较大的分支比. 即使考虑到夸克质量修正,得到的  $\eta_c \rightarrow p\bar{p}$  的分支比见表 3 [20] (其中 NR, as, CZ, COZ, KS, GS 分别代表不同的波函数形式), 理论预言的结果和实验值仍然相差甚远. 为了解释这种反常现象,有的物理学家 [21] 认为  $\eta_c$  不是一个纯的  $c\bar{c}$  偶素,还含有较大的胶子成份.

表 3 根据不同的波函数计算得到的分宽度值,而实验值为  $(19.2 \pm 6.4) \times 10^3 \text{ eV}$

波函数形式	NR	as	CZ	COZ	KS	GS
$\Gamma/\text{eV}$	0	$(4 \pm 2) \times 10^{-4}$	$1.8 \pm 1.0$	$1.0 \pm 0.5$	$0.4 \pm 0.2$	$14.0 \pm 7.0$



目前,粒子表上仅列出了包含强子共振态的一些衰变道的上限<sup>[12]</sup>,但是在  $\eta_c$  衰变中没有观察到强子共振态(除了  $\phi, \omega, \eta', K^* (892)$  和  $\rho$  外). 如果在  $\eta_c$  衰变中能观察到它们,并对它们进行系统研究,这有助于我们更好的理解轻强子谱. 在这里给出一个简单的例子来估计寻找  $\eta_c$  新的衰变模式的可能性. 假设  $\eta_c$  衰变到某一多叉事例末态的分支比的量级是  $10^{-4}$ ,探测效率为 1%,根据 BES III 上预期一年内所获取的来自于  $J/\psi$  衰变的  $1.3 \times 10^8$  个  $\eta_c$  事例,可以观测到 130 个事例,从不变质量谱中将可以看到很清楚的  $\eta_c$  信号. 从上面的讨论可知,在拥有  $1 \times 10^{10}$   $J/\psi$  样本的情况下,绝大多数的  $\eta_c$  的新衰变模式都可以观测到.

### 3 质量和宽度的精确测量

对于  $\eta_c$  的质量和宽度,很多实验组都给出了他们的测量结果<sup>[2,4-6,10,25]</sup>. 目前,  $\eta_c$  质量和宽度的世界平均值分别为  $2979.7 \pm 1.5 \text{ MeV}$  和  $16.0^{+3.6}_{-3.2} \text{ MeV}$ <sup>[12]</sup>. 与粒子表<sup>[12]</sup> 上的  $J/\psi$  质量  $3096.87 \pm 0.04 \text{ MeV}$  和宽度  $87 \pm 5 \text{ keV}$  相比,  $\eta_c$  的质量和宽度测量值的误差非常大. 各个实验组所测量的  $\eta_c$  质量和宽度值及其它们的误差如图 4 和图 5 所示. 从两个图中可以看到,各个实验组所测量的实验结果之间还有很大的差别. 尤其是  $\eta_c$  的宽度,世界平均值与理论预言差别也较大. NLO (Next-to-Leading Order) 微扰 QCD<sup>[26]</sup> 计算得到的  $\eta_c$  宽度为  $(28 \pm 6) \text{ MeV}$ , QCD 势模型<sup>[27]</sup> 预言  $\eta_c$  的宽度约为  $23 \text{ MeV}$ . 由于目前  $\eta_c$  宽度测量的误差较大,还不能与理论计算结果进行很好的比较.

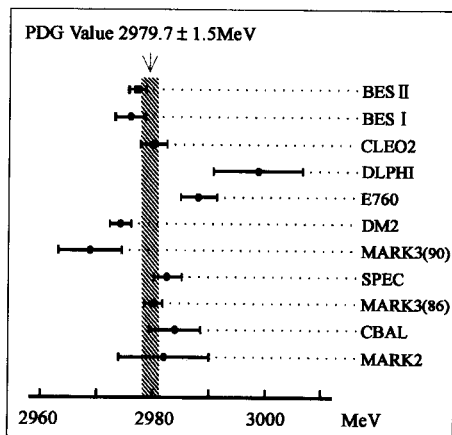


图 4  $\eta_c$  质量测量值<sup>[10]</sup>

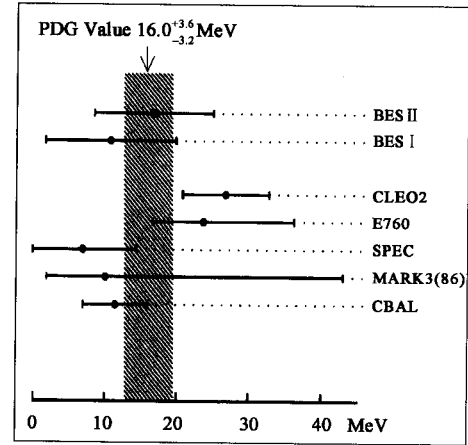


图 5  $\eta_c$  宽度测量值<sup>[10]</sup>

BES II 发表的最新测量结果是  $m_{\eta_c} = (2977.5 \pm 1.0 \pm 1.2) \text{ MeV}$  和  $\Gamma_{\eta_c} = (17.0 \pm 3.7 \pm 7.4) \text{ MeV}$ . 尽管  $\eta_c$  质量的误差减小了,但是宽度的误差(包括统计误差和系统误差)仍然比较大. 其中系统误差主要的来自于本底的不确定性,即涉及到本底的形状,拟合的范围以及对来自于本底的  $J/\psi$  信号是否参与拟合等方面. 以  $J/\psi \rightarrow \gamma \eta_c$  ( $\eta_c \rightarrow K^+ K^- K^+ K^-$ )<sup>[10]</sup> 为例,这是文献[10]中用来确定  $\eta_c$  的质量和宽度的衰变模式之一. 图 6 给出了  $\phi$  的不变质量谱,从中可以看到清楚的  $\eta_c$  信号,但是由于统计涨落比较大,很难确定合适的本底形状. 另外,最近 BARBAR<sup>[28]</sup> 报道的最新实验测量结果是  $m_{\eta_c} = (2982.5 \pm 1.1 \pm 0.9) \text{ MeV}$  和  $\Gamma_{\eta_c} = (34.3 \pm 2.3 \pm 0.9) \text{ MeV}$ ,显然与 BES 的测量结果是不一致的. 在 BES III 上,根据  $J/\psi \rightarrow \gamma \eta_c$  和  $\eta_c \rightarrow \phi$  的联合分支比  $(3.3 \pm 0.6 \pm 0.6) \times 10^{-5}$ <sup>[11]</sup> 以及预期一年内采集的  $1 \times 10^{10}$   $J/\psi$  事例,假设此衰变过程的探测效率为 8%,就可以在这一衰

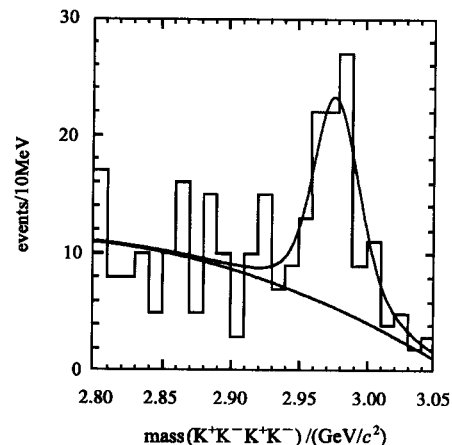


图 6  $\phi$  的不变质量谱

变中得到 2 万多  $\eta_c$  信号. 此时统计误差就基本上可以忽略, 而且统计涨落比较小, 由本底不确定性所造成的系统误差也会明显的减小. 所以在 BES III 上, 利用更大的  $\eta_c$  样本, 并联合更多的  $\eta_c$  衰变模式, 将对  $\eta_c$  宽度和质量进行精确测量.

### 4 寻找 C, P 和 CP 破坏

在相对论场论中, C(电荷共轭)、P(空间反演)和 T(时间反演)三者联合变换下 CPT 具有不变性. 到目前为止, CERN<sup>[29]</sup> 和 Fermilab<sup>[30]</sup> 的实验结果显示没有观测到 CPT 破坏效应. 尽管 1957 年在弱相互作用中发现了宇称不守恒现象, 但在此后的几年里, 理论上一直认为 CP 仍然具有较好的守恒性. 然而, 在 1964 年, 从  $K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$  衰变中观察到了 CP 破坏, 破坏程度约为千分之二<sup>[31]</sup>. 因为正确的理解这种稀有现象有可能得到超出标准模型以外的新物理, 所以理论和实验两方面针对这种稀有物理现象做了大量的工作. 目前, 除了在  $K_L^0$  衰变发现 CP 破坏外, 在 B 衰变<sup>[32,33]</sup> 中也同样地看到了 CP 破坏现象. 但是, 在其它的普通介子衰变中还没有观测到 CP 破坏现象.

利用 BES III 上获取的  $J/\psi$  和  $\psi'$  事例, 可以得到大统计量的  $\eta_c$  样本, 因此可以通过  $\eta_c$  衰变来研究 C, P 或 CP 破坏. 表 6 列出了  $\eta_c$  衰变中的 C, P 或 CP 受到破坏的各种衰变模式. 以  $\eta_c \rightarrow \pi^+ \pi^-$  为例, 假设  $B(\eta_c \rightarrow \pi^+ \pi^-) \sim 10^{-5}$ , 按  $10^{10}$  个  $J/\psi$  事例计算, 大约能观测到上百个  $\eta_c$  信号. 相信在 BES III 上将能得到很好的关于 C, P 或 CP 破坏的物理结果.

表 6  $\eta_c$  衰变模式中的 C, P 或 CP 破坏

衰变模式	破坏项	衰变模式	破坏项
$\eta_c \rightarrow \pi^+ \pi^-$	P, CP	$\eta_c \rightarrow \pi^0 \mu^+ \mu^-$	C
$\eta_c \rightarrow \pi^0 \pi^0$	P, CP	$\eta_c \rightarrow \eta e^+ e^-$	C
$\eta_c \rightarrow K^+ K^-$	P, CP	$\eta_c \rightarrow \eta \mu^+ \mu^-$	C
$\eta_c \rightarrow K^0 \bar{K}^0$	P, CP	$\eta_c \rightarrow \eta' e^+ e^-$	C
$\eta_c \rightarrow \gamma \gamma \gamma$	C	$\eta_c \rightarrow \eta' \mu^+ \mu^-$	C
$\eta_c \rightarrow \pi^0 e^+ e^-$	C		

### 5 $\eta_c$ 衰变的研究

粲偶素态的性质与 QCD 动力学的基本原理符合得较好<sup>[34,35]</sup>, 但是仍然存在很多的不确定性问题. 而且我们对粲偶素的了解仅仅局限于对其自旋单态性质的研究上.  $\eta_c'$  是  $\eta_c$  的径向激发态, 重夸克势模

型理论预言  $\eta_c'$  处于  $D\bar{D}$  阈值以下<sup>[36]</sup>.  $\eta_c'$  及其衰变模式的寻找和确定会给我们带来更多的关于粲偶素谱的知识. 众所周知, 实验上已经给出  $\Delta M = M_{\psi'} - M_{\eta_c} = (117 \pm 2) \text{MeV}$  的超精细结构. 如果测量出  $\Delta M = M_{\psi(2S)} - M_{\eta_c'}$  将会对理解禁闭区内自旋与自旋相互作用提供非常重要的信息.

理论上根据  $q\bar{q}$  势模型预言出  $M_{\eta_c'} = (3615 \pm 10) \text{MeV}$ <sup>[37]</sup>, 以及双光子分宽度比  $\Gamma_{\gamma\gamma}(\eta_c')/\Gamma_{\gamma\gamma}(\eta_c) \sim (0.75 \pm 0.02)$ <sup>[38]</sup>. 迄今为止, 已经有多个实验组观测到了  $\eta_c'$ . 表 7 列出了从不同过程中观测到  $\eta_c'$  的质量和置信度 (Crystal Ball 和 BARBAR 实验组除外). 以 CLEO II 和 CLEO III 为例,  $K_S^0 K^\mp \pi^\pm$  的不变质量谱如图 7 所示, 可以看到两个清楚的共振态, 其中第一个为  $\eta_c$ , 第二个就是所寻找的  $\eta_c'$ .

表 7 各个实验组发现的  $\eta_c'$  的质量和置信度

实验组	衰变道	质量/MeV	置信度
Crystal Ball <sup>[39]</sup>	$\psi' \rightarrow \gamma \eta_c'$	$3592 \pm 5$	—
BELLE <sup>[40]</sup>	$B \rightarrow K(K_S^0 K^\mp \pi^\pm)$	$3654 \pm 6 \pm 8$	$6\sigma$
BELLE <sup>[41]</sup>	$e^+ e^- \rightarrow J/\psi \eta_c'(\gamma)$	$3622 \pm 12$	$3.4\sigma$
BARBAR <sup>[28]</sup>	$\gamma\gamma \rightarrow K_S^0 K^\mp \pi^\pm$	$3633 \pm 5 \pm 1.8$	—
CLEO II <sup>[42]</sup>	$\gamma\gamma \rightarrow K_S^0 K^\mp \pi^\pm$	$3642.7 \pm 4.0$	$4\sigma$
CLEO III <sup>[42]</sup>	$\gamma\gamma \rightarrow K_S^0 K^\mp \pi^\pm$	$3642.5 \pm 3.4$	$5.7\sigma$

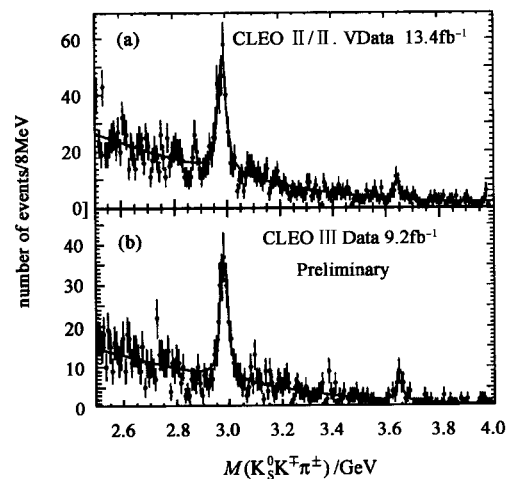


图 7  $K_S^0 K^\mp \pi^\pm$  的不变质量谱

(a)和(b)分别对应于 CLEO II 和 CLEO III 的数据情况.

以上各个实验组的分析结果表明, 粲偶素家族的另一成员  $\eta_c'$  已经被发现, 但是  $\eta_c'$  的衰变还有待于更深入的研究.  $\eta_c'$  比  $\psi'$  的质量低 50MeV 左右, 可以利用  $\psi'$  的单举光子谱精确测量  $\eta_c'$  的质量和宽度, 同时可以研究和寻找  $\eta_c'$  的其它衰变模式. BES III 采用的 CsI

晶体量能器,具有好的信噪比,而且光子能量和位置分辨都很好,这为研究  $\eta_c'$  的衰变创造了优越的实验条件. 根据文献[39]的实验结果,如果  $\psi' \rightarrow \gamma\eta_c'$  的分支比为  $2 \times 10^{-3}$ ,那么从一年内所采集的  $\psi'$  样本中可以挑选出  $6 \times 10^6$  个  $\eta_c'$  事例. 假设  $\eta_c'$  的某一衰变模式的分支比和探测效率都为 1%,则可以从不连续质量谱中得到约 600 个  $\eta_c'$  信号. 由此可以寻找更多的衰变模式,并与  $\eta_c$  衰变相比较,研究它们的衰变中是否同样存在类似于  $J/\psi$  和  $\psi'$  衰变中的“ $\rho\pi$  puzzle”,这将有助于我们更好的了解解偶素的衰变机制.

## 6 总结

本文介绍了当前国际上对  $\eta_c$  衰变的研究. 实

验上对  $\eta_c$  衰变的研究还不充分,而理论上对  $\eta_c$  的性质和衰变机制的研究还不成熟,远不能对  $\eta_c$  的衰变进行很好的描述. 受  $\eta_c$  样本和探测器性能的影响,实验上对  $\eta_c$  的研究既不充分,测量结果的实验误差也较大. 同时,对目前  $\eta_c'$  的寻找和研究状况也做了介绍.

根据 BES III 上预期一年内所能收集的  $J/\psi$  和  $\psi'$  事例样本,本文对今后  $\eta_c$  物理的开展做了详细的讨论. 并集中阐述了  $\eta_c$  衰变,新衰变模式的寻找,质量和宽度的精确测量以及稀有衰变的寻找等几个方面的情况. 另外对 BES III 上开展  $\eta_c'$  衰变的研究做了讨论. 期望在 BES III 上将会在这一个重要的领域中展示出更好的  $\eta_c$  物理结果,并在国际上显示出更强的竞争能力.

## 参考文献 (References)

- 1 Partridge P et al. Phys. Rev. Lett., 1980, **45**:1150
- 2 Himel T et al. Phys. Rev. Lett., 1980, **45**:1146
- 3 Bisello D et al. Phys. Lett., 1986, **179B**:294; Bisello D et al. Phys. Lett., 1987, **192B**:239
- 4 Baltrusaitis R M et al. Phys. Rev., 1986, **D33**:629
- 5 BAI Z et al. Phys. Rev. Lett., 1990, **65**:1309
- 6 Bisello D et al. Nucl. Phys., 1991, **B350**:1
- 7 Partridge R et al. Phys. Rev. Lett., 1980, **45**:1150
- 8 Baglin C et al. Phys. Lett., 1989, **B231**:557
- 9 Albrecht H et al. Phys. Lett., 1994, **B338**:390
- 10 BAI J Z et al. Phys. Lett., 2003, **B555**:174
- 11 BAI J Z et al. hep-ex/0308073 (submitted to Phys. Lett. B)
- 12 Particle Data Group. Phys. Rev., 2002, **D66**:010001
- 13 BAI J Z et al. Nucl. Instrum. Meth., 2001, **A458**:627
- 14 FANG Shuang-Shi et al. HEP & NP, 2003, **27**(4):277 (in Chinese) (房双世等. 高能物理与核物理, 2003, **27**(4):277)
- 15 Proceedings of International workshop on BES III Detector. IHEP, Beijing, October 13—15, 2001. The BES III Detector (draft), BES Internal Report
- 16 ZHANG Chuang. BEPC II Overview. Talk Given on BES-III Workshop. Oct. 13—15, 2001, Beijing
- 17 Haber H E, Perrier J. Phys. Rev., 1985, **D32**:2961
- 18 Brodsky S J, Lepage G P. Phys. Rev., 1981, **D24**:2848; Chernyak V L, Zhitnitsky A R. Phys. Rep., 1984, **112**:173
- 19 Anselmino M, Caruso F, Murgia F. Phys. Rev., 1990, **D42**:3218
- 20 Anselmino M, Cancelliere R, Murgia F. Phys. Rev., 1992, **D46**:5049
- 21 Anselmino M, Caruso F, Forte S. Phys. Rev., 1991, **D44**:1438
- 22 Anselmino M et al. Phys. Rev., 1988, **D38**:3516
- 23 Ackleh E S, Barnes T. Phys. Rev., 1992, **D45**:232; Ahmady M R, Mendel R R. Phys. Rev., 1995, **D51**:141; Münz C R. Nucl. Phys., 1996, **A609**:364; HUANG H W et al. Phys. Rev., 1997, **D56**:368
- 24 Quigg C, Rosner J L. Phys. Rev., 1977, **D16**:1497
- 25 Gaiser J et al. Phys. Rev., 1986, **D34**:711; Berger C et al. Phys. Lett., 1987, **B167**:191; Armstrong T A et al. Phys. Rev., 1995, **D52**:4839; Abreu P et al. Phys. Lett., 1998, **B441**:479; BAI J Z et al. Phys. Rev., 1999, **D60**:072001; Brandenburg G et al. Phys. Rev. Lett., 2000, **85**:3095; BAI J Z et al. Phys. Rev., 2000, **D62**:072001
- 26 Kwong W et al. Phys. Rev., 1988, **D37**:3210
- 27 Gupta S N, Johnson J M, Repko W W. Phys. Rev., 1996, **D54**:2075
- 28 Aubert B et al. hep-ex/0311038
- 29 Carosi R et al. Phys. Lett., 2003, **B561**:49
- 30 Karlsson M et al. Phys. Rev. Lett., 1990, **64**:2976; Gibbons L K et al. Phys. Rev. Lett., 1993, **70**:1203
- 31 Christenson J H et al. Phys. Rev. Lett., 1964, **13**:138
- 32 Babar Collaboration. Phys. Rev. Lett., 2002, **89**:201802
- 33 Belle Collaboration. Phys. Rev., 2002, **D66**:071102
- 34 Kwong W, Rosner J L, Quigg C. Ann. Rev. Nucl. Sci., 1987, **37**:325; Gilman F J. An Introduction to Charm and Heavy Quark Physics, in: HUANG Tao (Ed.), Proceedings of the CCAST (World Laboratory) Symposium/Workshop-Charm Physics, Beijing, 1987, 1—88
- 35 Seth K K. High Resolution Charmonium Spectroscopy By Antiproton-Fermilab E760 and Beyond, In: F. Gross (Ed.), Proceedings of AIP Conference-Few-Body Problems in Physics, Williamsburg. VA. May 1994, 248—274
- 36 Eichten E, Feinberg F. Phys. Rev., 1981, **D23**:2724; Buchmuller W, Tye S H H. Phys. Rev., 1981, **D24**:132; Godfrey S, Isgur N. Phys. Rev., 1985, **D32**:189; Ebert D, Faustov R N, Galkin V O. Phys. Rev., 2000, **D62**:034014
- 37 Eichten E J, Quigg C. Phys. Rev., 1994, **D49**:5845
- 38 Barnes T, Browder T E, Tuan S F. Phys. Lett., 1996, **B385**:391
- 39 Edwards C et al. Phys. Rev. Lett., 1982, **48**:70
- 40 Belle Collaboration. Phys. Rev. Lett., 2002, **89**:102001

## $\eta_c$ Physics at BES III \*

ZHANG Zhi-Qing<sup>1,1)</sup> FANG Shuang-Shi<sup>2,4</sup> WEI Dai-Hui<sup>3</sup> ZHU Yu-Can<sup>2</sup> LU Gong-Ru<sup>1</sup>

1 (Henan Normal University, Xinxiang 453002, China)

2 (China Center of Advanced Science and Technology, Beijing 100080, China)

3 (Guangxi Normal University, Guilin 541004, China)

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

**Abstract** An introduction for  $\eta_c$  physics research is presented in this paper, which shows that the mechanism of  $\eta_c$  decays can't be well described by current theoretical models and detailed experimental measurements need to be done with larger  $\eta_c$  sample. Based on the expected  $J/\psi$  and  $\psi'$  events taken with the planned BES III detector in one year, the  $\eta_c$  physics researches are discussed extensively, including the measurements of branching fractions of different final states, the search for new decay modes, precision measurements of mass and width, and the search for rare decays. At last, the study of  $\eta_c'$  decays is also discussed briefly.

**Key words** BES III detector,  $\eta_c$  decays, branching fraction, CP violation

---

Received 19 December 2003

\* Supported by National Natural Science Foundation of China (19991482)

1) E-mail: zhangzq@mail.ihep.ac.cn