$D^{0,+} \to \phi$X 分支比的测量*

北京谱仪合作组中方成员

摘要

利用北京谱仪（BES）在北京正负电子对撞机（BEPC）上收集的、质心能量为4.03GeV的数据，基于5个非轻子衰变模式共积累了10100 ± 162对D介子单标记样本。从这些样本中共找到11.9 ± 4.2个$D^{+(0)} \to \phi$X事例，其中X可以是任何粒子。测定单举ϕ介子衰变分支比为$B(D^0 \to \phi\mathrm{X}) = (1.38 \pm 1.16 \pm 0.23)\%$，$B(D^+ \to \phi\mathrm{X}) = (1.59 \pm 3.25 \pm 0.21)\%$；对于$(76 \pm 2)\%D^0$ 和$(24 \pm 1)\%D^+$的混合样本，测定其单举ϕ介子衰变的分支比为$B(D \to \phi\mathrm{X}) = (1.44 \pm 0.50 \pm 0.11)\%$。

关键词: 北京谱仪, 北京正负电子对撞机, D介子, ϕ介子, 单标记, 单举衰变, 分支比

1 引言

自从粲夸克c和底夸克b被发现[1]以来, 重味物理研究已取得了很大进展。实验上遍举衰变分支比的测量精度越来越高。但是, 单举衰变的实验结果并不多[2][3]。单举ϕ介子衰变分支比的测定值提供了D介子遍举衰变末态含有ϕ介子分支比之和的饱和值。通过比较单举ϕ和末态含有ϕ的遍举衰变分支比之和的值, 可以得到某些可能的衰变过程对衰变宽度贡献大小的实验信息。其对比结果也可以指导实验上寻找末态含有ϕ介子的遍举衰变过程。通过比较D^0, D^+ 和D_S^+ (如不特别声明, 本文中各种粒子均包括其电荷共轭。) 单举衰变分支比, 也有益于加深理解粲介子弱衰变机制。

在B介子衰变研究中, 有时需要用粲介子单举衰变分支比作为输入, 来做精确的蒙特卡罗模拟和删除粲介子背景。例如, 在研究B介子的企鹅衰变($b \to sg$)[3]实验中, 需要用$D \to \phi X$单举衰变分支比来删除粲介子的背景[4]; 在$B_S^0\overline{B_S^0}$振荡实验中, 通常要用$\phi l (l = e, \mu)$事例标记B_S^0[5], 此时也要用$D \to \phi X$单举衰变分支比来删除粲介子背景。$D \to \phi$X 衰变分支比不但对加深理解粲介子的衰变机制有重要意义, 同时对高精度的B介子物理实验(如BaBar, Bell 和LHC...)也具有重要的意义。

*国家自然科学基金"九五"资助重大项目(19991480,19825116), 中国科学院"九五"重大及特别支持项目(KT95T-03)

1992-1994年间北京谱仪[6]在北京正负电子对撞机[7] e^+e^-对撞的质心系能量$\sqrt{s}=4.03$GeV处采集了22.3pb^{-1}积分亮度的数据。利用这些数据测定了$D^0\to\phi$X, $D^+\to\phi$X及$D\to\phi$X 单举衰变的分支比。

2 方法

在$\sqrt{s}=4.03GeV$处，粲介子D^0和D^+主要通过以下模式

$$\begin{aligned} e^+e^-\to\ & D^+D^-, D^0\overline{D}^0, \\ & D^+D^{*-}, D^{*+}D^-, D^0\overline{D^{*0}}, \overline{D}^0D^{*0}, \\ & D^{*+}D^{*-}, D^{*0}\overline{D^{*0}}, \end{aligned}$$

再经D^*的级联衰变产生。因为D^{*-}既可以衰变到$\pi^-\overline{D}^0$也可以衰变到$\pi^0(\gamma)D^-$，因此, 单标记D介子(在成对产生的$D\overline{D}$介子中, 能通过不变质量方法完整重建的D介子称为单标记D介子。) 反冲侧的$\overline{D}$介子既可能是中性的, 也可能是带电的。对于特定标记的D介子，我们无法知道其反冲侧是$\overline{D^0}$还是D^-, 导致无法用传统的双标记方法[8] 测量D介子的单举和遍举衰变分支比。为了解决这一困难, 我们发展了一套"联合D^0和D^+双标记方法" [9] 来测定D^0和D^+介子单举和遍举衰变分支比。

2.1 联合D^0和D^+双标记方法

为了测量D^0和D^+介子的单举P粒子衰变的分支比，我们可以在单标记D^0和D^+的反冲侧测定P粒子的数目，分别记为$\mathrm{N}^{\mathrm{PX}}_{\mathrm{D}^0_{\mathrm{tag}}}$和$\mathrm{N}^{\mathrm{PX}}_{\mathrm{D}^+_{\mathrm{tag}}}$。它们与单标记$D^0$反冲侧的$D^-$和$\overline{D}^0$的数目(记为$N^{D^-}_{D^0_{tag}}$和$N^{\overline{D}^0}_{D^0_{tag}}$)，及单标记$D^+$反冲侧的$D^-$和$\overline{D}^0$的数目(记为$N^{D^-}_{D^+_{tag}}$和$N^{\overline{D}^0}_{D^+_{tag}}$)的关系为

$$\mathrm{N}^{PX}_{\mathrm{D}^0_{\mathrm{tag}}}=\epsilon_1\mathrm{N}^{\mathrm{D}^-}_{\mathrm{D}^0_{\mathrm{tag}}}B(\mathrm{D}^-\to PX)+\epsilon_2\mathrm{N}^{\overline{\mathrm{D}^0}}_{\mathrm{D}^0_{\mathrm{tag}}}\mathrm{B}(\overline{\mathrm{D}^0}\to\mathrm{PX}), \tag{1}$$

$$\mathrm{N}^{PX}_{\mathrm{D}^+_{\mathrm{tag}}}=\epsilon_1\mathrm{N}^{\mathrm{D}^-}_{\mathrm{D}^+_{\mathrm{tag}}}B(\mathrm{D}^-\to PX)+\epsilon_2\mathrm{N}^{\overline{\mathrm{D}^0}}_{\mathrm{D}^+_{\mathrm{tag}}}\mathrm{B}(\overline{\mathrm{D}^0}\to\mathrm{PX}), \tag{2}$$

其中ϵ_1和ϵ_2是$\mathrm{D}^-\to PX$和$\overline{\mathrm{D}^0}\to PX$过程中探测粒子P的效率，$B(D^-\to PX)$和$B(\overline{D}^0\to PX)$是分支比。蒙特卡罗研究表明，$\epsilon_1$和$\epsilon_2$在3%的范围内是一致的，因此可以近似地取$\epsilon\simeq\epsilon_1\simeq\epsilon_2$，而$\epsilon_1$和$\epsilon_2$的差别对计算分支比的影响可以作为系统误差来考虑。

记单标记D^0和D^+介子总数分别为$\mathrm{N}_{\mathrm{D}^0_{\mathrm{tag}}}$和$\mathrm{N}_{\mathrm{D}^+_{\mathrm{tag}}}$, η和β分别是D^-和$\overline{D}^0$ 在单标记D^0和D^+的反冲侧出现的概率, 则反冲侧的$\overline{D}^0$和D^-介子总数可以通过以下公式得到:

$$\mathrm{N}^{\overline{\mathrm{D^0}}}_{\mathrm{D^0_{tag}}} = (1-\eta)\mathrm{N}_{\mathrm{D^0_{tag}}}, \qquad \mathrm{N}^{\overline{\mathrm{D^0}}}_{\mathrm{D^+_{tag}}} = \beta\mathrm{N}_{\mathrm{D^+_{tag}}}, \tag{3}$$

$$\mathrm{N}^{\mathrm{D^-}}_{\mathrm{D^0_{tag}}} = \eta\mathrm{N}_{\mathrm{D^0_{tag}}}, \qquad \mathrm{N}^{\mathrm{D^-}}_{\mathrm{D^+_{tag}}} = (1-\beta)\mathrm{N}_{\mathrm{D^+_{tag}}}. \tag{4}$$

由以上方程联立，可以得到D^0和D^+介子单举衰变到P粒子的分支比:

$$B(D^0 \to P\mathrm{X}) = \frac{1}{\epsilon(1-\beta-\eta)}((1-\beta)\frac{\mathrm{N}^{\mathrm{PX}}_{\mathrm{D^0_{tag}}}}{\mathrm{N}_{\mathrm{D^0_{tag}}}} - \eta\frac{\mathrm{N}^{\mathrm{PX}}_{\mathrm{D^+_{tag}}}}{\mathrm{N}_{\mathrm{D^+_{tag}}}}), \tag{5}$$

$$B(D^+ \to P\mathrm{X}) = \frac{1}{\epsilon(1-\beta-\eta)}((1-\eta)\frac{\mathrm{N}^{\mathrm{PX}}_{\mathrm{D^+_{tag}}}}{\mathrm{N}_{\mathrm{D^+_{tag}}}} - \beta\frac{\mathrm{N}^{\mathrm{PX}}_{\mathrm{D^0_{tag}}}}{\mathrm{N}_{\mathrm{D^0_{tag}}}}). \tag{6}$$

利用从相同数据样本测得的DD^*和D^*D^*的产生截面[10] 及D^{*+}衰变的分支比[3]，可以得到$\eta = 0.1768 \pm 0.0175$和$\beta = 0.5460 \pm 0.0622$ 单标记D介子反冲侧的$\overline{D^0}$和D^-的事例数分别为

$$\mathrm{N}^{\overline{\mathrm{D^0}}}_{\mathrm{D_{tag}}} = (1-\eta)\mathrm{N}_{\mathrm{D^0_{tag}}} + \beta\mathrm{N}_{\mathrm{D^+_{tag}}}, \tag{7}$$

$$\mathrm{N}^{\mathrm{D^-}}_{\mathrm{D_{tag}}} = \eta\mathrm{N}_{\mathrm{D^0_{tag}}} + (1-\beta)\mathrm{N}_{\mathrm{D^+_{tag}}}. \tag{8}$$

2.2 蒙特卡罗模拟

在蒙特卡罗模拟中，我们可以产生$e^+e^- \to D^*\overline{D}$和$e^+e^- \to D^*\overline{D^*}$ 的物理过程，通过中间态$D^*\overline{D}$和$D^*\overline{D^*}$，D 介子对的各种组合$D^0\overline{D}^0$、$D^+\overline{D}^0$和D^+D^-都可以产生。$D^0 \to K^-\pi^+, K^-\pi^+\pi^+\pi^-, \overline{K^0}\pi^+\pi^-$和$D^+ \to K^-\pi^+\pi^+, \overline{K^0}\pi^+$ 这5个衰变模式是我们重建D介子的5个单标记道。根据$\overline{D}^0$或D^-衰变到$\phi K, \phi\pi, \phi\pi\pi$和$\phi e^-\nu_e$可以测定在单标记$D$介子的反冲侧探测到单举$\phi$介子的效率。产生这些物理事例后，它们先经过BES探测器模拟程序处理，再用BES离线重建程序重建，即得到蒙特卡罗模拟数据样本。这些样本可以被用来指导如何确定事例选择条件及测定单举ϕ介子的探测效率。

3 单标记D介子样本的筛选与分析

3.1 π^+和K^+径迹筛选

要求带电径迹必须有好的螺旋度拟合优度, 即要求按自由度归一化的单径迹拟合的χ^2值小于9。径迹的极角θ满足$|cos(\theta)| < 0.8$, 事例顶点要求落在e^+e^-对撞区域内。

利用dE/dx 和TOF信息，计算每条带电径迹作为$\pi(K)$介子的置信水平，并要求它大于1%。对于K介子的候选径迹，还要求归一化的似然比大于50%。每个事例中至少要有通过以上判选的两条带电径迹。

3.2 单标记D介子事例分析

对于通过$\pi(K)$鉴别的径迹，按照$D^0 \to K^-\pi^+, K^-\pi^+\pi^+\pi^-, \overline{K^0}\pi^+\pi^-$ 和$D^+ \to K^-\pi^+\pi^+, \overline{K^0}\pi^+$ 五种模式计算$mKn\pi(m = 0, 1, n = 1, 2, 3, 4)$组合的不变质量。

对在末态中含有$\overline{K^0}$的标记道, 根据该衰变模式的拓扑形态和$\pi^+\pi^-$的不变质量, 可以选出该模式的单标记D介子样本。在末态粒子不变质量组合中, 如果某种组合中$\pi^+\pi^-$产生点的顶点位置在xy平面的投影$l_{xy} > 0.4$cm, 这对$\pi^+\pi^-$在其产生点的Z向坐标分量差的绝对值小于4cm, 并且, $\pi^+\pi^-$的不变质量与K^0介子的质量差小于23MeV, 那么就认为这对$\pi^+\pi^-$来源于$\overline{K^0}$介子。

图1(a)–(e)分别给出了对应上述5种模式的$mKn\pi(m = 1, n = 1, 2, 3, 4)$ 组合的动量谱，这些组合对应的不变质量与D^0和D^+介子质量的差在D^0和D^+介子重建质量分辨的5.0倍标准偏差范围内一致。图中最低端的动量峰来源于$D^*\overline{D^*}$模式产生的D介子，中间的峰来源于$D^*\overline{D}$模式产生的D介子，最高端的峰对应直接产生的$D\overline{D}$中的D介子。

为了降低单标记D介子的组合背景，要求每一种组合的动量在$\pm 2.5\sigma_P$范围内(σ_P是按高斯分布拟合动量谱得到的标准偏差) 与其应有的最可几值一致。在只考虑来源于$e^+e^- \to D^*\overline{D}, D^*\overline{D^*}$ 的D介子的情况下，图2(a)-(e)分别绘出了对应上述5种模式的$mKn\pi(m = 1, n = 1, 2, 3, 4)$ 组合的不变质量。在图2(a) 和2(e) 中, 1.62 GeV/c^2处峰内的事例分别对应$D^0 \to K^-\pi^+\pi^0$ 和$D^+ \to \overline{K^0}\pi^+\pi^0$ 衰变。由于组合不变质量时丢掉了π^0, 使得其不变质量在1.62GeV/c^2 处形成峰。用高斯函数加三次多项式背景对不变质量谱做最大似然拟合，得到如表1所示拟合的D介子的质量和事例数。事例数中第一项误差是统计误差, 第二项是系统误差, 系统误差主要来自质量谱拟合区间及背景多项式的选取对拟合事例数的影响。总的单标记D介子事例数为$11436 \pm 182 \pm 68$。由于粒子误判引起的$K-\pi$交换及随机组合，某些D事例在信号区内出现不只1次而形成重复计数。根据D介子边带区(见4.2)内的重复计数率可以计算出峰内事例数中的重复计数。扣除重复计数的事例组合后, 得到单标记D^0和D^+净事例数为$10100 \pm 162 \pm 59$。

根据公式(7)和(8)计算得到在单标记D介子的反冲侧, 中性及带电D介子的总数分别为$N^{\overline{D^0}}_{D_{tag}} = 7629 \pm 240$ 和$N^{D^-}_{D_{tag}} = 2471 \pm 209$。其中误差包含单标记事例数的统计误差和系统误差, 及η和β的不确定性对反冲侧中性及带电D介子事例数的影响。反冲侧D^0和D^+的事例可以被用于研究和测定其它遍举衰变分支比。

1: 单标记D^0和D^+介子质量谱的拟合结果。

衰变模式	拟合质量 MeV/c^2	拟合事例数	净事例数
$D^0 \to K^-\pi^+$	1862.5 ± 0.6	$5040 \pm 113 \pm 53$	$4324 \pm 97 \pm 45$
$D^0 \to K^-\pi^-\pi^+\pi^+$	1862.5 ± 0.6	$3041 \pm 98 \pm 32$	$2559 \pm 82 \pm 27$
$D^0 \to \overline{K^0}\pi^+\pi^-$	1863.1 ± 1.9	$760 \pm 58 \pm 8$	$745 \pm 57 \pm 8$
三道叠加		$8841 \pm 160 \pm 62$	$7628 \pm 139 \pm 53$
$D^+ \to K^-\pi^+\pi^+$	1868.7 ± 0.7	$2375 \pm 82 \pm 25$	$2256 \pm 78 \pm 24$
$D^+ \to \overline{K^0}\pi^+$	1871.7 ± 2.0	$220 \pm 28 \pm 10$	$216 \pm 27 \pm 10$
二道叠加		$2595 \pm 87 \pm 27$	$2472 \pm 83 \pm 26$
D^0和D^+总数		$11436 \pm 182 \pm 68$	$10100 \pm 162 \pm 59$

4 $D \to \phi X$ 事例的重建

4.1 $\phi \to K^+K^-$事例的重建

在分析中, 仅选用了$\phi \to K^+K^-$衰变模式来重建ϕ介子。图3 绘出了同一数据样本中K^+K^-介子对的不变质量的分布。利用高斯函数加三次多项式背景来拟合此分布，得到拟合的ϕ介子质量为$M_\phi = 1.0194 \pm 0.0002\mathrm{GeV}/c^2$。由此测定对应$2.5\sigma$的$\phi$介子质量区域为[1.00-1.04]$\mathrm{GeV}/c^2$，如图3中箭头所示。

4.2 单举$D \to \phi X$

图4(a)和图4(b)分别标绘出$mKn\pi$组合的不变质量位于$\pm 2.5\sigma_{m_D}$的D介子质量窗内的D^0和D^+单标记的反冲侧，K^+K^-组合的不变质量的分布。取ϕ介子质量信号区为[1.00–1.04]GeV/c^2，背景区为[0.984–1.000] 和[1.040–1.150] GeV/c^2。$mKn\pi$组合质量在[1.7–2.1]GeV/c^2之内, 并且在$\pm 3\sigma_{m_D}$之外的区域被定为D信号质量的边带背景区。

用一个描述质量分辨的高斯函数和一个描述ϕ介子共振的Breit-Wigner函数的卷积, 加一个描述背景分布的二次多项式去拟合图4(a)K^+K^-不变质量分布, 得到9.7 ± 3.8个ϕ事例。根据$mKn\pi$组合的不变质量落入D^0边带区内事例的$mKn\pi$反冲侧的K^+K^-不变质量分布, 估算出在9.7 ± 3.8个ϕ事例中有0.8 ± 0.4个ϕ来自于连续的强子背景。减掉连续强子背景的ϕ事例数后, 得到在D^0单标记的反冲侧观测到的ϕ事例数为$\mathrm{N}^{\phi\mathrm{X}}_{\mathrm{D}^0_{\mathrm{tag}}} = 8.9 \pm 3.8$。

图4(b)ϕ信号区内共有4个事例, ϕ边带区内共有3个事例。减掉ϕ边带区背景后,

得到3.0 ± 2.1个ϕ事例。利用D^+单标记质量分布的边带区内的事例, 估算出有0.0 ± 0.2个ϕ来自于连续的强子背景。减掉连续强子背景的ϕ事例数后, 得到在D^+单标记的反冲侧观测到的ϕ事例数为$\mathrm{N}^{\phi\mathrm{X}}_{\mathrm{D}^+_{\mathrm{tag}}} = 3.0 \pm 2.1$。

若不区分中性和带电D介子的衰变模式, 共观测到11.9 ± 4.2个$D \to \phi$X事例。

5 结果与讨论

蒙特卡罗研究表明, 双标记的分析程序对单举ϕ介子的探测效率为$\epsilon_{D\to\phi X} = 0.084 \pm 0.006$, 此效率中的误差考虑了$\phi \to K^+K^-$的分支比的不确定性和3%的$\epsilon_{D^0\to\phi X}$与$\epsilon_{D^+\to\phi X}$的不一致性。将在$\pm 2.5\sigma_{m_D}$内的$D^0$和$D^+$单标记样本数、双标记样本数($\mathrm{N}^{\phi\mathrm{X}}_{\mathrm{D}^0_{\mathrm{tag}}}$, $\mathrm{N}^{\phi\mathrm{X}}_{\mathrm{D}^+_{\mathrm{tag}}}$) 和效率$\epsilon_{D\to\phi X}$ 代入公式(5)和(6)中, 得到D^0和D^+介子单举衰变到ϕ介子的分支比分别为:

$$B(D^0 \to \phi X) = (1.38 \pm 1.16 \pm 0.23)\%,$$

$$B(D^+ \to \phi X) = (1.59 \pm 3.25 \pm 0.21)\%.$$

$D \to \phi X$ 衰变的分支比可以按以下公式测定

$$B(D \to \phi X) = \frac{N^{D\to\phi X}_{rec}}{N_{D_{tag}} \times \epsilon_{D\to\phi X}}, \tag{9}$$

其中$N^{D\to\phi X}_{rec}$是在单标记$\overline{D}$反冲侧的D衰变到ϕX的事例数; $N_{D_{tag}}$是单标记D^0和D^+在其质量分布$\pm 2.5\sigma_{m_D}$内的事例总数。由这些数据得到$(74 \pm 2)\%$ D^0和$(24 \pm 1)\%$ D^+混合样本的单举ϕ介子衰变的分支比为

$$B(D \to \phi X) = (1.43 \pm 0.50 \pm 0.11)\%.$$

这三个分支比结果中第一项误差是统计误差, 第二项是系统误差。系统误差主要来源于单标记D介子数的统计涨落, 背景函数和拟合区间选取对单标记D介子数目的影响, η, β 及$\epsilon_{D\to\phi X}$的不确定性对分支比的影响。

表2列出了1998年国际粒子数据表(PDG98)[3]中给出的末态中含有ϕ介子的所有D^0 和D^+ 的遍举衰变分支比。对于D^+和D^0, 它们的和分别为$(2.92 \pm 1.00)\%$和$(0.97 \pm 0.14)\%$。该结果与我们所测得的单举ϕ衰变的分支比结果在误差范围内一致。

与目前已知的末态中含有ϕ介子的遍举衰变模式分支比对比, BES的实验结果说明, 已知的末态中含有ϕ介子的遍举衰变模式分支比的总和基本上已经达到饱和。其它一些末态中含有ϕ介子的可能的衰变模式的分支比都很小。

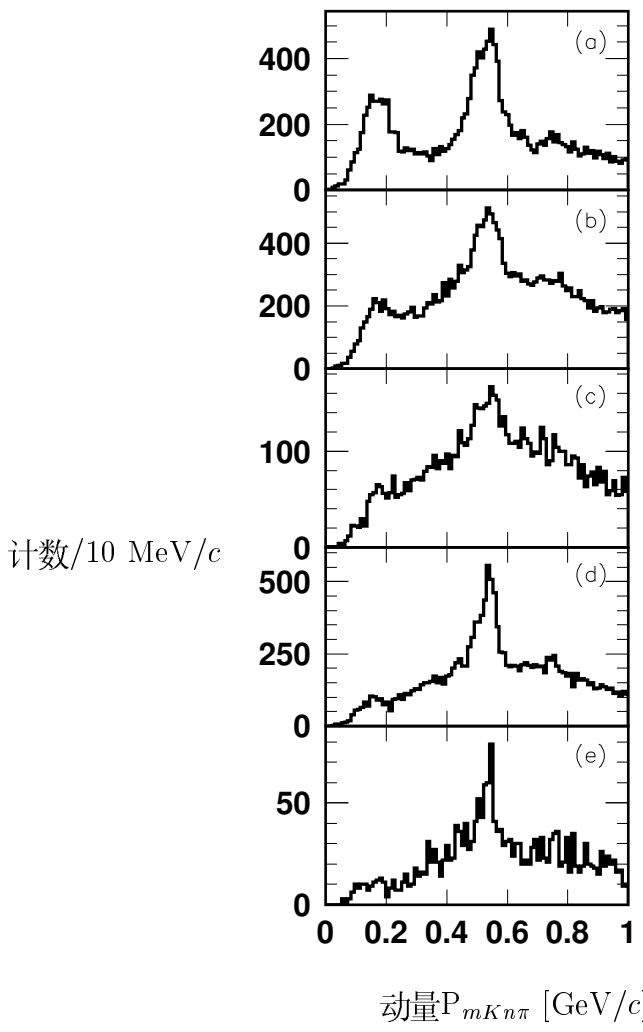

图1. $mKn\pi$ $(m = 0, 1; n = 1, 2, 3, 4)$ 组合的动量分布, 其中(a), (b), (c), (d)和(e)分别为 $K^-\pi^+, K^-\pi^+\pi^+\pi^-, \overline{K^0}\pi^+\pi^-, K^-\pi^+\pi^+$和$\overline{K^0}\pi^+$ 组合的动量分布。

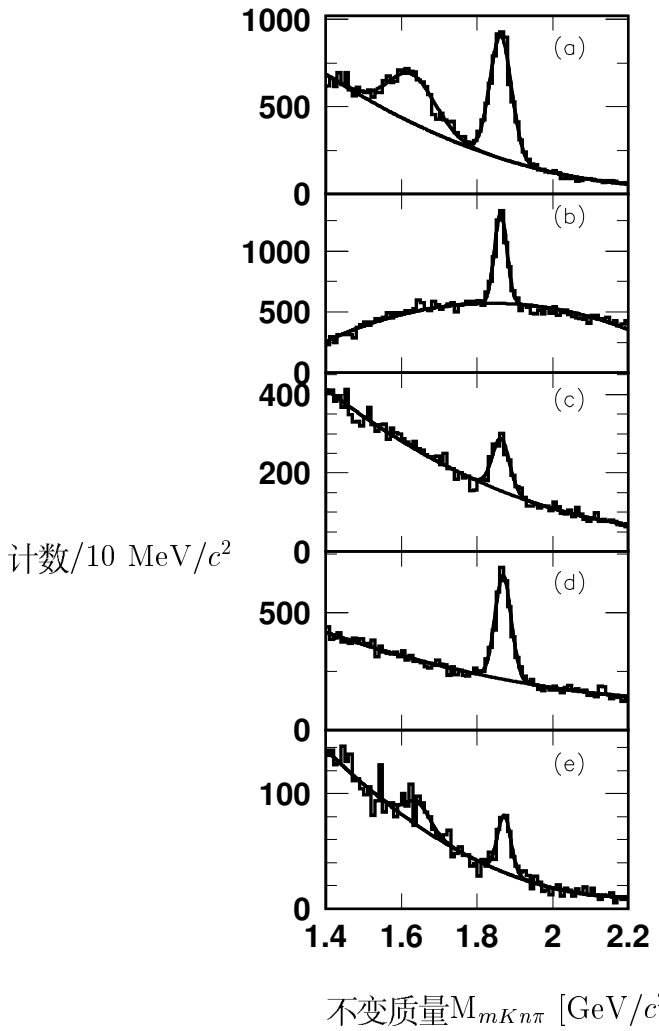

图2. $mKn\pi$ $(m = 0, 1; n = 1, 2, 3, 4)$组合的不变质量分布, 其中(a), (b), (c), (d)和(e)分别为 $K^-\pi^+, K^-\pi^+\pi^+\pi^-, \overline{K^0}\pi^+\pi^-, K^-\pi^+\pi^+$和$\overline{K^0}\pi^+$ 组合的不变质量分布。

2: 其它实验组测定的$D^{+,0}$末态中含有ϕ介子的遍举衰变分支比, 其中上限对应90%的置信度。

D介子	衰变模式	分支比 %	分支比和 %
D^0	$\phi\pi^+$	0.61 ± 0.06	2.92 ± 1.00
	$\phi\pi^+\pi^0$	2.3 ± 1.0	
	ϕK^+	$0.013^{+0.022}_{-0.019}$	
	$\phi e^+\nu$	< 2.09	< 6.01
	$\phi\mu^+\nu$	< 3.72	
	$\phi\pi^+\pi^+\pi^-$	< 0.2	
D^+	$\phi\bar{K}^0$	0.86 ± 0.10	0.97 ± 0.14
	$\phi\pi^+\pi^-$	0.108 ± 0.029	
	$\phi\pi^0$	< 0.14	
	$\phi\eta$	< 0.28	< 0.63
	$\phi\omega$	< 0.21	

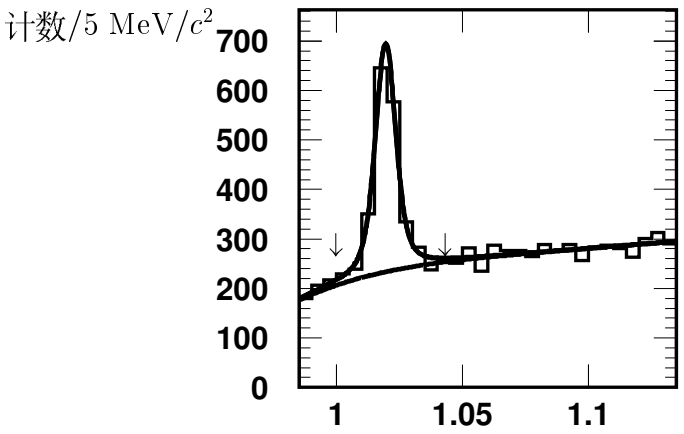

图3. 单举K^+K^-组合的不变质量分布。

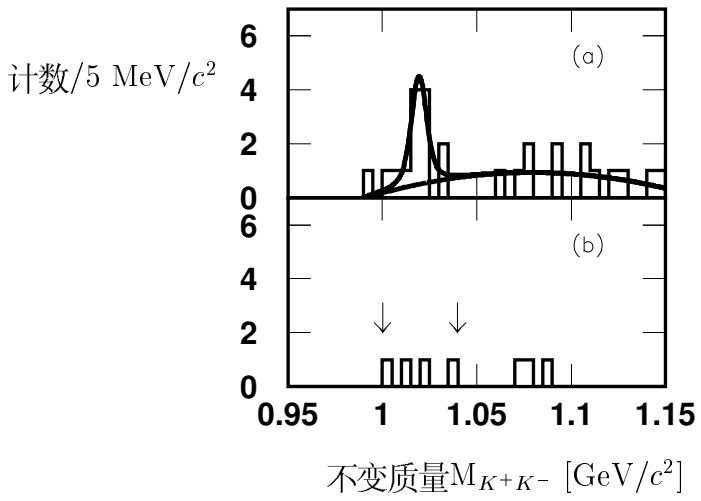

图4. 单标记D^0(图(a))和单标记D^+(图(b))介子反冲侧K^+K^- 的不变质量分布。

[1] MARK II Collab., G. Goldhaber *et al.*, Phys. Rev. Lett. **37** (1976) 301, and CLEO Collab., S. Behrends *et al.*, Phys. Rev. Lett. **50** (1983) 365.

[2] See for Example: P. R. Burchat, in *Proceedings of the 5th International Symposium on Heavy Flavour Physics*, Montreal, Canada, 1993, edited by D. I. Britton, D. B. MacFarlane and P. M. Patel, p. 39.

[3] Particle Data Group, C. Caso *et al.*, Eur. Phys. J. **C3** (1998) 1.

[4] Personal comunication with an American Physicsts, 1997 ... ..

[5] DELPHI Collab., P. Abreu *et al.* , Zeit. Phys. **C61** (1994) 1.
OPAL Collab., A. Akers *et al.*, "An investigation of B_s oscillation using B_s enhanced samples", Contributed paper to International Europhysics Conference on High Energy Physics EPS0276, July 1995, Brussels.

[6] J. Z. Bai *et al.*, Nucl. Instr. and Methods **A344**, 319 (1994).

[7] M. H. Ye and Z. P. Zheng, in *Proceedings of the XIVth International Symposium on Lepton and Photon Interactions* Stanford, California, 1989, edited by M. Riordan (World Scientific, Singapore, 1990), p. 122.

[8] MARK III Collab., R.M. Baltrusaitis *et al.*, Phys. Rev. Lett. **54** (1995) 1976.

[9] G. Rong, "Some Ideas and a Method to Measure Inclusive Particle 'P' Decay Branching Fractions of D^+ and D^0 Mesons with BES Data Taken at $\sqrt{s} = 4.03$ GeV", Internal MEMO, November, 1995

[10] H.W. Zhao W.G. Yang, H.S. Mao, "Mesurement of the $D^*(2010)$ Branching Fractions and D Meson Prduction Cross-section in e^+e^- Annihilation at $\mathrm{E_{c.m.}} = 4.03$ GeV", The 5th BES Annual Meeting, June 1996, Zhangjiajie, Hunan