

从CLEO-c的 $e^+e^- \rightarrow VP$ 实验数据
看 $\psi(3770)$ 的VP衰变

—到底遍举的 $\psi(3770)$ 到non- $D\bar{D}$ 在哪里？

张 达 华

2010年高能物理学会第八届全国会员代表大会暨学术年会
2010年4月16-21日，南昌大学，江西省南昌市

主要内容

- **Motivation**
- 基本原理
- 振幅分析
- 总结和讨论

Motivation

■ 目前，对 $\psi(3770)$ 比较流行的解释是，它是以D波为主混有S波成分的粲偶素态。传统的势模型理论预期它衰变到非DD末态的分之比不超过1%。
[E. Eichten, PRL34(1975)369, PRD201(1980)203]

■ 在假定3.73-3.89 GeV能区只有一个 $\psi(3770)$ 的条件下，BES-II用几种不同的方法测定了 $\psi(3770) \rightarrow \text{non-DD}$ 的衰变分支比

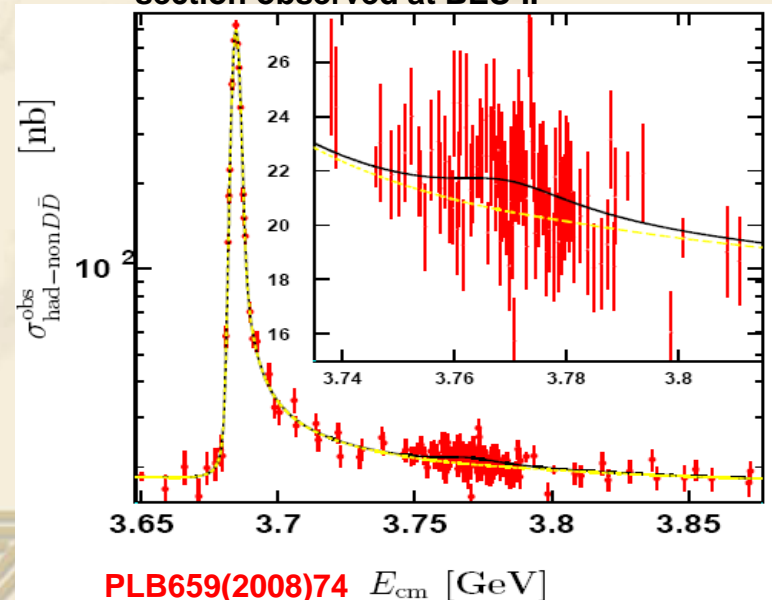
$$B[\psi(3770) \rightarrow \text{non-DD}] = (14.7 \pm 3.2)\%$$

PLB641(2006)145,
PRL97(2006)121801,
PRD76(2007)22002,
PLB659(2008)74

■ 这意味着：

- $\psi(3770)$ 自身可能有较大非DD分支比
- 或者，在3.73—3.89 GeV能区存在未知的结构或动力学因素，影响着 $\psi(3770)$ 的衰变，使其有较大的表现非DD分支比。
- 为更好地理解 $\psi(3770)$ 自身特性，我从 $\psi(3770) \rightarrow VP$ 道入手进行了一些研究。

Enhancement of non-DD cross section observed at BES-II



VP道包括: $\rho\pi, \omega\eta, \omega\eta', \phi\eta, \phi\eta'$

$\omega\pi^0, \rho\eta, \rho\eta', \phi\pi^0$

$K^{*0}\bar{K}^0, K^{*+}K^-$

(1) $e^+e^- \xrightarrow{\text{continuum}} VP$

(2) $e^+e^- \xrightarrow{1^{--} \text{ resonance}} \gamma^* \longrightarrow VP$

(3) $e^+e^- \xrightarrow{1^{--} \text{ resonance}} VP \quad \text{strong decay}$

与 J/ψ 测量不同，由于 $\psi(3770)$ 的轻子宽度极小，过程(2)可以忽略。更重要的是， $\psi(3770)$ 总宽度几百倍于 J/ψ ，过程(3)会跌落至与过程(1)可比的水平。

为了研究共振态 $\rightarrow VP$ ，至少需要在两个能量点处同时测量的 $e^+e^-\rightarrow VP$ 的观测截面：一个在共振峰上，一个在远离共振峰的连续电磁产生区。

此类测量方法的描述已被写入 BES-III物理 的黄皮书中（已正式发表）。BES-II实验在六年前也曾有过相关的结果报道，但由于统计量小，没有发表。

2006年，CLEO-c发表了在质心能量为3.773 GeV和3.671 GeV处的 $e^+e^-\rightarrow VP$ 的大统计量的截面测量结果。

这个表列出了CLEO-c测得的 $e^+e^- \rightarrow VP$ 截面，详见PRD73(2006)122002

Channel	$N_{sw}^{3.67}$	$N_{sb}^{3.67}$	$N_{sw}^{3.77}$	$N_{sb}^{3.77}$	ϵ	S^I	S^{II}	$\sigma^{3.67 \text{ GeV}}$ [pb]	$\sigma^{3.77 \text{ GeV}}$ [pb]	$\sigma_{\psi(3770)}^I$ [pb]	$\sigma_{\psi(3770)}^{II}$ [pb]
$\pi^+ \pi^- \pi^0$	74	6.8	576	72.3	29.0	-2.7		$13.1_{-1.7}^{+1.9} \pm 2.1$	$7.4 \pm 0.4 \pm 1.2$	<0.04	
$\rho \pi$	43	5.4	314	44.8	26.3	-2.2	-1.7	$8.0_{-1.4}^{+1.7} \pm 0.9$	$4.4 \pm 0.3 \pm 0.5$	<0.04	<0.04
$\rho^0 \pi^0$	21	3.4	130	33.0	32.5	-2.2	-2.1	$3.1_{-0.8}^{+1.0} \pm 0.4$	$1.3 \pm 0.2 \pm 0.2$	<0.03	<0.03
$\rho^+ \pi^-$	22	2.0	184	11.8	23.1	-0.9	-0.5	$4.8_{-1.2}^{+1.5} \pm 0.5$	$3.2 \pm 0.3 \pm 0.3$	<0.05	<0.05
$\omega \pi^0$	54	6.2	696	39.2	19.0	0.9	-0.2	$15.2_{-2.4}^{+2.8} \pm 1.5$	$14.6 \pm 0.6 \pm 1.5$	<4.5	<0.06
$\phi \pi^0$	1	1.6	2	4.0	16.5	0.0	-0.0	<2.2	<0.2	<0.2	<0.2
$\rho \eta$	36	3.1	508	31.0	19.6	1.1	0.7	$10.0_{-1.9}^{+2.2} \pm 1.0$	$10.3 \pm 0.5 \pm 1.0$	<4.0	<1.3
$\omega \eta$	4	0.0	15	6.0	9.9	-1.7	-2.9	$2.3_{-1.0}^{+1.8} \pm 0.5$	$0.4 \pm 0.2 \pm 0.1$	<0.1	<0.1
$\phi \eta$	5	1.0	132	15.9	11.0	2.5	≥ 5	$2.1_{-1.2}^{+1.9} \pm 0.2$	$4.5 \pm 0.5 \pm 0.5$	<4.5	<3.3
$\rho \eta'$	1	0.0	27	0.9	2.9	1.0	-1.3	$2.1_{-1.6}^{+4.7} \pm 0.2$	$3.8_{-0.8}^{+0.9} \pm 0.4$	<4.7	<0.4
$\omega \eta'$	0	0.0	2	0.0	1.5	≥ 5	0.0	<17.1	$0.6_{-0.3}^{+0.8} \pm 0.6$	<3.0	<1.9
$\phi \eta'$	0	0.0	9	2.0	1.2	2.4	1.2	<12.6	$2.5_{-1.1}^{+1.5} \pm 0.4$	<5.2	<3.8
$K^{*0} \bar{K}^0$	38	0.4	501	18.1	8.8	1.1	≥ 5	$23.5_{-3.9}^{+4.6} \pm 3.1$	$23.5 \pm 1.1 \pm 3.1$	<9.0	<20.8
$K^{*+} K^-$	4	1.0	36	32.4	16.0	-1.4	-4.1	$1.0_{-0.7}^{+1.1} \pm 0.5$	<0.6	<0.1	<0.1
$b_1 \pi$	20	4.5	268	100.3	11.3	-0.1		$7.9_{-2.5}^{+3.1} \pm 1.8$	$6.3 \pm 0.7 \pm 1.5$	<0.1	
$b_1^0 \pi^0$	5	3.0	49	82.5	4.2	-1.2		<17.1	<2.5	<0.4	
$b_1^+ \pi^-$	15	1.5	219	17.8	18.4	1.0		$4.2_{-1.2}^{+1.6} \pm 0.6$	$4.7 \pm 0.4 \pm 0.6$	<2.7	

对比这些截面，我们注意到，有些道在**3.773 GeV**处的截面比**3.671 GeV**处明显偏低，而有些道则明显偏高。

Channel	$\sigma^{3.671\text{GeV}}$ [pb]	$\sigma^{3.773\text{GeV}}$ [pb]	$\sigma^{3.773} - f_{\text{co}}\sigma^{3.671}$ [pb]
$\pi^+\pi^-\pi^0$	$13.1^{+1.9}_{-1.7} \pm 2.1$	$7.4 \pm 0.4 \pm 2.1$	$-5.0^{+1.8}_{-1.7}$
$\rho\pi$	$8.0^{+1.7}_{-1.4} \pm 0.9$	$4.4 \pm 0.3 \pm 0.5$	$-3.2^{+1.6}_{-1.4}$
$\rho^0\pi^0$	$3.1^{+1.0}_{-0.8} \pm 0.4$	$1.3 \pm 0.2 \pm 0.2$	$-1.6^{+1.0}_{-1.8}$
$\rho^+\pi^-$	$4.8^{+1.5}_{-1.2} \pm 0.5$	$3.2 \pm 0.3 \pm 0.2$	$-1.3^{+1.5}_{-1.2}$
$\omega\eta$	$2.3^{+1.8}_{-1.0} \pm 0.5$	$0.4 \pm 0.2 \pm 0.1$	$-1.8^{+1.7}_{-1.0}$
$\phi\eta$	$2.1^{+1.9}_{-1.2} \pm 0.2$	$4.5 \pm 0.5 \pm 0.5$	$+2.5^{+1.8}_{-1.2}$
$K^{*0}\bar{K}^0$	$23.5^{+4.6}_{-3.9} \pm 3.1$	$23.5 \pm 1.1 \pm 3.1$	$+1.3^{+4.5}_{-3.9}$
$K^{*+}K^-$	$1.0^{+1.1}_{-0.7} \pm 0.5$	< 0.6	$+0.0$

这么多净截面为负值的道，恰恰表明很可能存在某种动力学机制，它影响**VP**道的产生，使得**VP**道的表观截面有的为正、有的为负。而**CLEO**仅给出了净截面为正值的 **$\phi\eta$** 道的衰变分支比。

但是，对 **$\psi(3770)$** 这种宽共振态，仅用净截面测量衰变分支比是十分危险的。

关键是如何正确进行分析？

从直观来说，如果 $\psi(3770)$ 存在VP衰变，那么在3.773 GeV处的 $e^+e^- \rightarrow$ 某VP道的截面应该比3.671 GeV处的大。

但CLEO-c在3.773 GeV处测得的 $e^+e^- \rightarrow \rho\pi$ 截面却比3.671 GeV处的小很多

$$\sigma_{\rho\pi}^{3.773 \text{ GeV}} = 4.4 \text{ pb} < \sigma_{\rho\pi}^{3.671 \text{ GeV}} = 8.0 \text{ pb}$$

而 $e^+e^- \rightarrow K^{*0}\bar{K}^0 + \text{c.c.}$ 截面在3.773和3.671 GeV处却相等

$$\sigma_{K^{*0}\bar{K}^0 + \text{c.c.}}^{3.773 \text{ GeV}} = \sigma_{K^{*0}\bar{K}^0 + \text{c.c.}}^{3.671 \text{ GeV}} = 23.5 \text{ pb}$$

这能不能说E-M占主导贡献???

如果**E-M**相互作用是主要的，那么 $\omega\pi^0$ ， $\rho\pi$ ， $K^{*0}\bar{K}^0+c.c.$ ， $K^{*+}K^-+c.c.$ 等**VP**道的截面之比应为

$$\sigma_{\omega\pi^0} : \sigma_{\rho\pi} : \sigma_{K^{*0}\bar{K}^0+c.c.} = 9 : 3 : 4 \dots$$

$$\sigma_{K^{*0}\bar{K}^0+c.c.} : \sigma_{K^{*+}K^-+c.c.} = 4 : 1$$

.....

而**CLEO-c**的实验观测值却是

$$\sigma_{\omega\pi^0} : \sigma_{\rho\pi} : \sigma_{K^{*0}\bar{K}^0+c.c.} = 14.6 : 4.4 : 23.5 \dots$$

$$R_K = \sigma_{K^{*0}\bar{K}^0+c.c.} : \sigma_{K^{*+}K^-+c.c.} > 23.5 : 1$$

.....

如此大的差异很不正常，表明只能存在不可忽略的重要因素

比如，引入**E-M**相互作用中的同位旋标量和同位旋矢量干涉的贡献，立即大大改善了比值 **$R_K = 20 : 0.14$** ，拟合 χ^2 从**312**降到**7.03**。

本工作的处理原则

1. 在处理这种遍举轻强子末态时，必须计入强衰变振幅和连续产生振幅之间的干涉效应。
2. 为了避开CLEO-c在此可能出现的偏差，我们从观测事例数 $N_{\text{obs}}^{\text{ch}}$ 开始分析。

公 式

SU(3) symmetry based model

$$L_{\text{int}} = \text{Tr}[VHP + C^\psi C^{\nu} C^P \cdot PHV]$$

$$H = G + E$$

其中,

$$G = g_1 G_1 + g_m G_8 + \dots$$

$$E = e_1 \times (I_3 + Y/2) \quad \longrightarrow \quad E = e_1 \times I_3 + e_0 \times \tilde{Y}/2$$

$$\tilde{Y} = Y \cdot \begin{pmatrix} 1 & & \\ & 1 & \\ & & 1 - s_e \end{pmatrix} \quad Y = \begin{pmatrix} 1/3 & & \\ & 1/3 & \\ & & -2/3 \end{pmatrix} \quad I_3 = \begin{pmatrix} 1/2 & & \\ & -1/2 & \\ & & 0 \end{pmatrix}$$

I_3 : 同位旋第三分量; Y : 超荷。

P和**V**可以写成如下形式:

$$\mathbf{P} = \begin{pmatrix} \frac{\pi^0}{\sqrt{2}} + \frac{\eta}{\sqrt{6}} + \frac{\eta'}{\sqrt{3}} & \pi^+ & K^+ \\ \pi^- & -\frac{\pi^0}{\sqrt{2}} + \frac{\eta}{\sqrt{6}} + \frac{\eta'}{\sqrt{3}} & K^0 \\ K^- & \bar{K}^0 & -\frac{2\eta}{\sqrt{6}} + \frac{\eta'}{\sqrt{3}} \end{pmatrix} = \mathbf{P}_1 + \mathbf{P}_8$$

$$\mathbf{V} = \begin{pmatrix} \frac{\rho^0}{\sqrt{2}} + \frac{\omega}{\sqrt{2}} & \rho^+ & K^{*+} \\ \rho^- & -\frac{\rho^0}{\sqrt{2}} + \frac{\omega}{\sqrt{2}} & K^{*0} \\ K^{*-} & \bar{K}^{*0} & \phi \end{pmatrix} = \mathbf{V}_1 + \mathbf{V}_8$$

使用这些信息, 我们就可以得到**VP**道的振幅

它可以写成共振和电磁两部分： $M^{\text{ch}} = M^{\text{ch}}_{\text{res}} + M^{\text{ch}}_{\text{E-M}}$

Channel(ch)	$M^{\text{ch}}_{\text{res},3770}$	$M^{\text{ch}}_{\text{ctm},3770}$
$\rho^0\pi^0, \rho^\pm\pi^\mp$	\mathbf{g}	\mathbf{e}_0
$\omega\eta$	$\mathbf{g}X_\eta + \sqrt{2}r\mathbf{g}[\sqrt{2}X_\eta + (1 - s_P)Y_\eta]$	\mathbf{e}_0X_η
$\phi\eta$	$\mathbf{g}_sY_\eta + r\mathbf{g}(1 - s_V)[\sqrt{2}X_\eta + (1 - s_P)Y_\eta]$	$-2\mathbf{e}_0(1 - s_e)Y_\eta$
$\omega\eta'$	$\mathbf{g}X_{\eta'} + \sqrt{2}r\mathbf{g}[\sqrt{2}X_{\eta'} + (1 - s_P)Y_{\eta'}]$	$\mathbf{e}_0X_{\eta'}$
$\phi\eta'$	$\mathbf{g}_sY_{\eta'} + r\mathbf{g}(1 - s_V)[\sqrt{2}X_{\eta'} + (1 - s_P)Y_{\eta'}]$	$-2\mathbf{e}_0(1 - s_e)Y_{\eta'}$
$\omega\pi^0$	0	$3\mathbf{e}_1$
$\phi\pi^0$	0	0
$\rho^0\eta$	0	$3\mathbf{e}_1X_\eta$
$\rho^0\eta'$	0	$3\mathbf{e}_1Y_\eta$
$K^{*0}\bar{K}^0 + c.c.$	$\mathbf{g}_K = (\mathbf{g} + \mathbf{g}_s)/2$	$-\mathbf{e}_s - 3/2\mathbf{e}_1$
$K^{*\pm}K^\mp$	$\mathbf{g}_K = (\mathbf{g} + \mathbf{g}_s)/2$	$-\mathbf{e}_s + 3/2\mathbf{e}_1$

动力学参量： $\mathbf{g}, \mathbf{g}_s, \mathbf{e}_0, \mathbf{e}_1, r, s_e, s_V, s_e$ 由SU(3)不变性的几何关系对比实验数据定出。

振幅分析

➤ 用上述振幅，就可以预期数据中各VP道的期望事例数：

$$N_{\text{exp},\sqrt{s}}^{\text{ch}} = L_{\sqrt{s}} \left| V_{\sqrt{s}}^3 \left[\sqrt{\varepsilon_{\text{res}}^{\text{ch}} \eta_{\text{res}}^{\text{ch}}} M_{\text{res}}^{\text{ch}} + \sqrt{\varepsilon_{E-M}^{\text{ch}} \eta_{E-M}^{\text{ch}}} M_{E-M}^{\text{ch}} \right] \right|^2$$

这里，‘ch’表示 $\rho^0 \pi^0$, $\rho^+ \pi^-$, $K^{*0} \bar{K}^0$, $K^{*+} K$ 各VP道

➤ 用期望事例数 $N_{\text{exp}}^{\text{ch}}$ 和观测事例数 $N_{\text{obs}}^{\text{ch}}$ 构造似然函数：

$$P_{\text{prob}} = \prod_{\text{ch},\sqrt{s}}^{2N_{\text{ch}}} P_{\text{ch}}(N_{\text{obs},\sqrt{s}}^{\text{ch}}, N_{\text{exp},\sqrt{s}}^{\text{ch}})$$

➤ 将CLEO-c的各VP道观测事例数输入，做最大似然拟合，即可以解出各参数：

$$g, g_s, \theta_{\text{eg}}, e_0, e_1, \delta_1, s_e, r, s_v, s_p, \theta_p$$

其中:

$$P_{\text{ch}}(n, \mu) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{(n-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) & \text{大 } n, \text{ Gaussian} \\ \frac{\mu^n}{n!} e^{-\mu} & \text{小 } n, \text{ Poisson} \end{cases}$$

$$\ln P(n, \mu) = \chi^2 + \text{常数}$$

$$\text{Gaussian: } \chi^2 = -2\ln P_{\text{prob}} - \ln(2\pi\sigma^2) = \frac{(n-\mu)^2}{\sigma^2}$$

$$\text{Poisson: } \chi^2 = -2\ln P_{\text{prob}} - \ln(2\pi\mu) = n \ln(\mu/n) - \mu + n$$

由此检验到底是不是 $E-M(\mathbf{e}_0, \mathbf{e}_1) \gg$ 强衰变(g)?

由最大似然拟合，即可得到最优化的各个参数 (分四种情况处理)

	Solution 1 the channels without isovector E-M component	Solution 2 all channels $K^* \bar{K}$ excluded	Solution 3 the channels with isovector E-M component	Solution 4 all channels
$ \mathbf{g} $	$2.64^{+0.41}_{-0.54}$	$2.68^{+0.37}_{-0.39}$	$(2.68^{+0.37}_{-0.39})$	$2.43^{+0.31}_{-0.29}$
\mathbf{g}_s	$1.23^{+0.67}_{-0.74}$	$1.17^{+0.71}_{-0.78}$	$(-1.32^{+0.77}_{-0.69})$	$-1.23^{+0.52}_{-0.49}$
\mathbf{g}_K			$0.68^{+0.38}_{-0.35}$	
s_g	$(0.27^{+0.14}_{-0.13})$	$(0.28^{+0.15}_{-0.19})$		(0.75 ± 0.42)
$\cos\theta_0$	$-0.91^{+0.12}_{-0.13}$	-0.92 ± 0.07	-0.095 ± 0.547	$-0.86^{+0.06}_{-0.04}$
$ \mathbf{e}_0 $	$1.49^{+0.12}_{-0.13}$	$1.49^{+0.12}_{-0.13}$	$(1.49^{+0.12}_{-0.13})$	$1.44^{+0.13}_{-0.14}$
s_e	$0.25^{+0.19}_{-0.22}$	$0.20^{+0.20}_{-0.23}$	$(-0.53^{+0.43}_{-0.36})$	$-0.29^{+0.13}_{-0.14}$
$ \mathbf{e}_s $			$1.54^{+0.53}_{-0.64}$	
$ \mathbf{e}_1 $		1.22 ± 0.02	$1.221^{+0.017}_{-0.016}$	1.22 ± 0.02
δ_1			$(-21.8^{+18.5}_{-7.9})^\circ$	$(7.62^{+8.88}_{-6.02})^\circ$
θ_P	$(-18.7^{+5.8}_{-4.7})^\circ$	$(-22.5^{+1.9}_{-2.0})^\circ$	$(-23.3 \pm 2.2)^\circ$	$(-24.1^{+2.1}_{-2.3})^\circ$
r	-0.24 ± 0.06	-0.26 ± 0.06		$-0.32^{+0.09}_{-0.08}$
s_V	0.0(fixed)	0.0(fixed)		$-0.42^{+0.36}_{-0.59}$
s_P	0.0(fixed)	0.0(fixed)		0.45 ± 0.70
χ^2/n_{dof}	4.63/5=0.93	8.29/10=0.83	3.07/4=0.77	13.2/11=1.20

用这些参数计算，即可以得到各过程截面及分支比

		Solution 1 the channels without isovector E-M component	Solution 2 all channels $K^* \bar{K}$ excluded	Solution 3 the channels with isovector E-M component	Solution 4 all channels	CLEO-c
$\rho\pi$	σ_{3670} (pb)	$6.86^{+1.14}_{-1.12}$	$6.89^{+1.61}_{-1.60}$		$6.43^{+1.53}_{-1.35}$	$8.0^{+1.7}_{-1.4} \pm 0.9$
	σ_T (pb)	$5.35^{+1.45}_{-1.58}$	$5.45^{+3.52}_{-2.27}$		$5.08^{+3.57}_{-1.26}$	$4.4 \pm 0.3 \pm 0.5$
	σ_R (pb)	$18.24^{+6.11}_{-6.70}$	18.90 ± 4.96		$15.50^{+5.04}_{-2.96}$	< 0.04
	Br 10^{-3}	$1.83^{+0.61}_{-0.67}$	1.89 ± 0.19		$1.55^{+0.50}_{-0.30}$	< 0.004
$K^{*0} K^0 + c.c.$	σ_T (pb)			18.9 ± 4.9	19.44 ± 3.61	$23.3 \pm 1.1 \pm 3.1$
	σ_R (pb)			$0.73^{+1.06}_{-0.55}$	$0.57^{+0.56}_{-0.29}$	< 20.8
	Br 10^{-4}			$0.73^{+1.06}_{-0.55}$	$0.57^{+0.56}_{-0.29}$	< 20.8
$K^{*\pm} K^\pm$	σ_T (pb)			< 2.50	< 0.77	< 0.6
	σ_R (pb)			$0.73^{+1.06}_{-0.55}$	$0.57^{+0.56}_{-0.29}$	< 0.1
	Br 10^{-4}			$0.73^{+1.06}_{-0.55}$	$0.57^{+0.56}_{-0.29}$	< 0.1
$\omega\pi^0$	σ_T (pb)		11.80 ± 0.40	11.70 ± 0.32	$11.67^{+0.36}_{-0.38}$	$14.6 \pm 0.6 \pm 1.5$
	σ_R (pb)		0.0	0.0	0.0	< 0.06
	Br 10^{-4}		0.0	0.0	0.0	< 0.06
$\rho^0\eta$	σ_T (pb)		8.00 ± 0.43	8.00 ± 0.43	8.10 ± 0.44	$10.3 \pm 0.5 \pm 1.0$
	σ_R (pb)		0.0	0.0	0.0	< 1.3
	Br 10^{-4}		0.0	0.0	0.0	< 1.3
$\rho^0\eta'$	σ_T (pb)		2.55 ± 0.32	2.55 ± 0.32	2.43 ± 0.32	$3.8^{+0.9}_{-0.8} \pm 0.6$
	σ_R (pb)		0.0	0.0	0.0	< 0.4
	Br 10^{-4}		0.0	0.0	0.0	< 0.4
$\omega\eta$	σ_T (pb)	$0.45^{+1.07}_{-0.23}$	$0.38^{+0.39}_{-0.22}$		$0.32^{+0.42}_{-0.10}$	$0.4 \pm 0.2 \pm 0.1$
	σ_R (pb)	$2.19^{+1.13}_{-0.74}$	$2.16^{+1.00}_{-0.44}$		$0.92^{+0.92}_{-0.77}$	< 0.1
	Br 10^{-4}	2.19	$2.16^{+1.00}_{-0.44}$		$0.92^{+0.92}_{-0.77}$	< 0.1
$\omega\eta'$	σ_T (pb)	$0.44^{+0.46}_{-0.26}$	$0.57^{+0.60}_{-0.39}$		$0.44^{+1.84}_{-0.41}$	$0.6^{+0.8}_{-0.3} \pm 0.6$
	σ_R (pb)	< 0.33	< 0.255		< 0.47	< 1.9
	Br 10^{-4}	< 0.33	< 0.255		< 0.47	< 1.9
$\phi\eta$	σ_T (pb)	$3.99^{+2.75}_{-1.27}$	$3.91^{+2.60}_{-1.09}$		$3.70^{+2.78}_{-1.02}$	$4.5 \pm 0.5 \pm 0.5$
	σ_R (pb)	$0.84^{+0.79}_{-0.58}$	$0.86^{+0.84}_{-0.64}$		< 1.45	2.4 ± 0.6
	Br 10^{-4}	$0.84^{+0.79}_{-0.58}$	$0.86^{+0.84}_{-0.64}$		< 1.45	3.1 ± 0.7
$\phi\eta'$	σ_T (pb)	$1.95^{+4.49}_{-2.83}$	< 5.3		$1.69^{+1.37}_{-0.51}$	$2.5^{+1.5}_{-1.1} \pm 0.4$
	σ_R (pb)	< 0.52	< 0.85		$3.46^{+4.90}_{-1.76}$	< 3.8
	Br 10^{-4}	< 0.52	< 0.85		$3.46^{+4.90}_{-1.76}$	< 3.8
All "ch" summed	σ_{3670}^{all} (pb)				62.3 ± 6.9	$64.2^{+15.8}_{-6.8}$
	$\sigma_{T,3770}^{all}$ (pb)				$52.9^{+6.3}_{-4.1}$	$64.6^{+4.5}_{-4.3}$

所有这些解的统计显著性都在 5σ 以上

由上述分析得到

$$B[\psi(3770) \rightarrow \rho\pi] = (0.183_{-0.067}^{+0.061})\%$$

➤ 如果认为 $\psi(3770)$ 轻强子衰变是经过三胶子湮灭产生的，并 $\Gamma[\psi(3770) \rightarrow \rho\pi]/\Gamma[\psi(3770) \rightarrow LH]$ 与 J/ψ 衰变有大致相同的比值，那么就可以得到 $\psi(3770)$ 衰变到轻强子的分支比为

$$B[\psi(3770) \rightarrow LH] = (10.8_{-3.9}^{+3.6})\%$$

➤ 加上 $\psi(3770)$ 强跃迁和电磁跃迁共计约**2%**的衰变分支比，就可以得到 $\psi(3770)$ 到非**DD**衰变的总分支比为

$$B[\psi(3770) \rightarrow non - D\bar{D}] = (12.8_{-3.9}^{+3.6})\%$$

这与 **BES-II** 测得的分支比 **$B[\psi(3770) \rightarrow non-DD] = (14.7 \pm 3.2)\%$** 一致

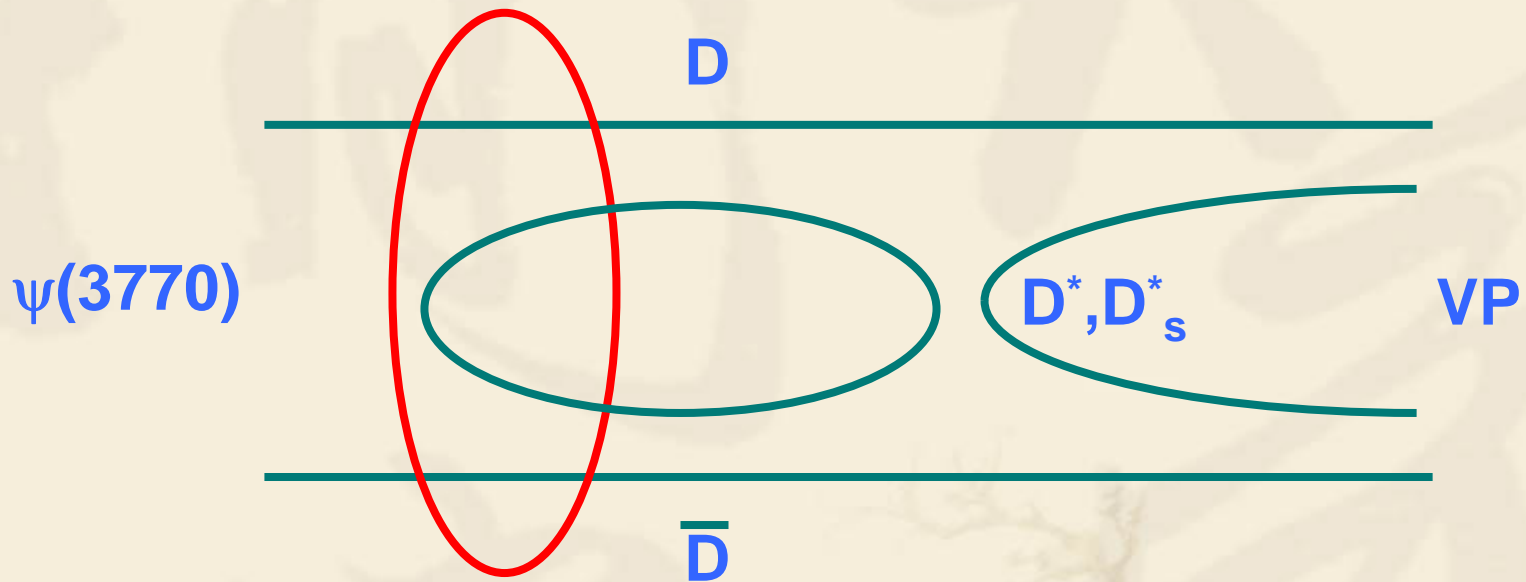
总结与讨论

- 由于引入强衰变和电磁产生振幅的干涉效应,一个出乎预料的大的 $\rho\pi$ 衰变截面、分支比和分宽度被预言出来,显示OZI规则的巨大破坏。这个结果会帮助我们理解遍举 $\psi(3770)$ 非 $D\bar{D}$ 衰变失踪的疑难, 或对 J/ψ 和 $\psi(3686)$ VP衰变中的 $\rho\pi$ 疑难给出新的解释。
- 我们测量了 $\psi(3770)\rightarrow$ 重要轻强子道VP的衰变分支比。测量 $\psi(3770)\rightarrow$ 轻强子衰变分支比不能看净截面, 必须靠正确的分析方法, 诸如振幅分析方法或能量扫描方法等。



THANKS !





OZI allowed