

# 最轻的中性 TC 介子 $P^0$ 和 $\mu^+ \mu^-$ 对撞机

岳崇兴<sup>1)</sup> 鲁公儒 李建涛

(河南师范大学物理与信息工程学院 新乡 453002)

**摘要** 在顶色辅助的多标度人工色(TOPCMTTC)模型框架下,讨论了最轻的中性 TC 介子  $P^0$  在  $\mu^+ \mu^-$  对撞机(FMC)上的  $s$  道共振产生. 计算结果表明:其有效产生截面非常大,至少比标准模型中的 Higgs 粒子  $h^0$  的产生截面大一个量级. 因此, FMC 可以用来探测 TC 介子的存在进而检验人工色理论.

**关键词** 顶色辅助的多标度人工色理论 最轻的中性 TC 介子  $P^0$  有效产生截面  $\mu^+ \mu^-$  对撞机

## 1 引言

电弱对称性(EWS)破缺及费米子质量的起源至今仍是困扰粒子物理学界的两大难题. 标准模型(SM)通过引入一个基本的 Higgs 标量场给出了费米子和弱规范玻色子的质量,然而,它不能解释质量产生的根本原因,并且 Higgs 标量场部分导致了平庸性和不自然性问题. 这些问题说明标准模型只是更基本理论的一种低能有效理论. 为解决上述问题,人们提出了一些超出标准模型的理论(统称新物理),其中一种是不引入基本的 Higgs 标量场,由新的强相互作用动力学的破缺电弱规范对称性,即为 Technicolor(TC)理论<sup>[1]</sup>. 为了解决传统 TC 理论的缺点,人们提出了顶色辅助的 TC(TC2)理论<sup>[2]</sup>.

TC2 理论预言了一定数量的赝标哥尔斯通玻色子(PGBs),包括 TC 部分的 TC 介子和 Topcolor 部分的三个 top-pions,这些新粒子都与动力学对称性破缺机制有直接的关系,因此在高能对撞机上研究这些新粒子的可能物理迹象是非常有意义的<sup>[3-5]</sup>. 在这些新粒子中,色单态的中性 TC 介子(包括同位旋单态粒子  $P^0'$  和同位旋三重态粒子  $P^0$ )是最轻的粒子. 本文,考虑了在质心能量  $\sqrt{s} = 100-500\text{GeV}$  的  $\mu^+ \mu^-$  对撞机(FMC)上,中性粒子  $P^0$  通过  $s$  道的产生.

最近,粒子物理学界对筹建  $\mu^+ \mu^-$  对撞机的可能性颇感兴趣. 人们认为 FMC 可以达到和  $e^+ e^-$  对撞机相同的积分亮度和质心能量,只要探测器的性能得到良好的改善,由  $\mu$  子衰变所造成的额外背景可以被很好地压低<sup>[6]</sup>. 因此,在相同的能量标度,凡是在  $e^+ e^-$

2001-04-22 收稿

\* 国家自然科学基金(19905004),河南省杰出青年基金(9911)和河南省教育厅资助

1) E-mail: cxyue@public.xxptt.ha.cn

对撞机上可探测到的物理信息,在 FMC 上同样可以探测到. 另外,标准模型中的 Higgs 粒子  $h^0$  与  $\mu^+ \mu^-$  的耦合为  $m_\mu/v$  ( $v = 246\text{GeV}$ ), 在 FMC 上,  $h^0$  通过  $s$  道的产生截面是在  $e^+ e^-$  对撞机上的  $(m_\mu/m_e)^2 = 10^4$  倍. 所以, FMC 通过  $s$  道的  $h^0$  产生 ( $\mu^+ \mu^- \rightarrow h^0$ ) 更易探测  $h^0$  的物理特性.<sup>[6]</sup>

类似于标准模型中的 Higgs 粒子  $h^0$ , 中性 TC 介子  $P^0$  和  $P^0$  与  $\mu^+ \mu^-$  的耦合亦正比于  $m_\mu$ , 然而该耦合被因子  $v/F_1$  加强, 其中  $F_1$  是 TC 介子的衰变常数. 故 FMC 亦可用来探测中性 TC 介子.<sup>[7]</sup> 同位旋单态的中性 TC 介子  $P^0$  可以与由  $ABJ$  反常产生的胶子对发生耦合<sup>[8]</sup>, 故  $P^0$  的衰变宽度比  $P^0$  的衰变宽度大. 因此, 本文仅讨论中性 TC 介子  $P^0$  在 FMC 上的  $s$  道共振产生.

第二部分, 讨论了中性色单态 TC 介子  $P^0$  的各种可能的衰变道, 并在顶色辅助的多标度 TC 模型<sup>[9]</sup> 框架下, 计算了  $P^0$  各衰变道的分支比及总衰变宽度. 为了估计  $P^0$  的产生事例数, 在第三部分我们讨论了在 FMC 上  $P^0$  的共振产生, 并且计算了  $s$  道有效的共振产生截面  $\sigma_{P^0}(\mu^+ \mu^- \rightarrow P^0 \rightarrow X)$  ( $X = bb, cc, \tau^+ \tau^-$ ). 我们的结论在第四部分给出.

## 2 $P^0$ 的总衰变宽度及各衰变道的分支比

在 TC2 理论中,  $P^0$  的产生截面依赖于模型的自由参数, 我们将以顶色辅助的多标度 TC (TOPCMT) 模型为例来进行具体计算.

TOPCMT 模型将多标度走动 TC 模型<sup>[10]</sup> 与 Topcolor 相互作用相结合, 并且在 1TeV 能标处 Topcolor 相互作用只与第三代夸克发生耦合. 在此模型中, ETC 相互作用产生第一代, 第二代费米子和第三代轻子的质量, 顶夸克的质量主要由 Topcolor 相互作用产生, 电弱对称性破缺主要由 TC 相互作用产生. TOPCMT 模型预言了一些 PGBs, 包括 TC 部分的 TC 介子和 Topcolor 部分的 3 个 top-pions, 其衰变常数分别为  $F_T = 40\text{GeV}$  和  $F_1 = 50\text{GeV}$ <sup>[9]</sup>. 最轻的 TC 介子  $P^0$  的质量大约为 100GeV. 在以下的计算中, 假定  $P^0$  的质量  $M_{P^0}$  的取值范围为 50—150GeV.

在相关的能量标度, TC 介子可以用定域场来描述. TC2 理论中, TC 介子和费米子的耦合主要由 ETC 相互作用产生, 因此该耦合依赖于模型的输入参数. 人们一般认为 TC 介子与费米子的耦合正比于  $m'_f/F$ , 其中  $m'_f$  是 ETC 相互作用产生的费米子质量. 对于轻子和轻的夸克,  $m'_f = m_f$ , 但是对底夸克,  $m'_b = m_b - \frac{m_s}{m_c} \epsilon m_1$ <sup>[11]</sup>. 在计算过程中, 取  $m'_b \simeq 3.5\text{GeV}$ , 此时  $\epsilon = 0.05$ . TC 介子与费米子对的耦合可写为<sup>[8]</sup>

$$\frac{c_f m'_f}{\sqrt{2} F_T} P^0 (\bar{f} \gamma^5 f) \quad (1)$$

其中  $c_f$  是量级为 1 的耦合常数<sup>[12]</sup>, 其具体数值与模型有关, 为了讨论问题方便, 在以下的估计中取  $c_f = 1$ .

TC 介子还可以通过三角反常与电弱规范玻色子对发生耦合, 该有效耦合的一般表达式为<sup>[4,8]</sup>

$$\frac{1}{1 + \delta_{B_1 B_2}} \left( \frac{\alpha N_{TC} A_{PB_1 B_2}}{\pi F_T \sqrt{n/2}} \right) P \epsilon_{\mu\nu\rho} (\partial^\mu B_1^\nu) (\partial^\lambda B_2^\rho), \quad (2)$$

其中  $P, B_1^\nu$  和  $B_2^\rho$  分别是 TC 介子, 规范玻色子  $B_1$  和  $B_2$  的场,  $N_{TC} = 6$  为 TC 色数. 若  $B_1$  和  $B_2$  是电弱规范玻色子,  $\alpha = \frac{e^2}{4\pi}$ , 若  $B_1$  和  $B_2$  是 QCD 胶子, 则  $\alpha$  等于强耦合常数  $\alpha_s$ .  $n$  为手征味对称群的维数, 在 TOPCMTC 模型中,  $n = 8$ . 与  $P^0$  有关的因子  $A_{PB_1 B_2}$  可以写为<sup>[8]</sup>

$$A_{P^0 u} = 3\sqrt{6}, A_{P^0 \gamma\gamma} = -3\sqrt{6}, A_{P^0 z\gamma} = -3\sqrt{6} \frac{1 - 4S_w^2}{4S_w C_w}. \quad (3)$$

其中  $S_w = \sin\theta_w, C_w = \cos\theta_w, \theta_w$  是 Weinberg 角.

为研究  $P^0$  在 FMC 上的产生, 首先来考虑  $P^0$  可能的衰变道. 作为 TOPCMTC 模型中最轻的粒子,  $P^0$  可以衰变到电弱规范玻色子对和费米子对.

若假设中性 TC 介子  $P^0$  的质量大约为 100GeV, 则

$$\Gamma_{P^0} = \Gamma(P^0 \rightarrow f\bar{f}) + \Gamma(P^0 \rightarrow \gamma\gamma), \quad (4)$$

其中  $f = b, c, \tau, \mu$ .

由方程(1)和方程(2)可以得到

$$\Gamma(P^0 \rightarrow f\bar{f}) = \frac{N_f}{16\pi F_T^2} M_P m_f'^2, \quad (5)$$

对于轻子,  $N_f = 1$ , 对于夸克,  $N_f = 3$ .

$$\Gamma(P^0 \rightarrow \gamma\gamma) = \frac{3\alpha_c^2}{2\pi^3} \left( \frac{N_{TC}}{4} \right)^2 \frac{M_P^3}{F_T^2}, \quad (6)$$

利用上述公式, 可以估计  $P^0$  的各个衰变道的分支比. 图 1 给出了各分支比随  $P^0$  的质量  $M_P$  的变化曲线. 从图 1 可以看出, 在所有可能的衰变道中  $P^0 \rightarrow b\bar{b}$  道的分支比最大. 当  $M_P$  从 50GeV 增加至 150GeV 时,  $P^0 \rightarrow b\bar{b}$  道的分支比从 78.8% 变化至 68.9%. 当  $P^0$  的质量取较大的值时, 反常衰变道  $P^0 \rightarrow \gamma\gamma$  的分支比也相当可观, 如当  $M_P = 150\text{GeV}$  时,  $Br(P^0 \rightarrow \gamma\gamma) \simeq 14.2\%$ .

中性 TC 介子  $P^0$  的总衰变宽度与 FMC 中  $P^0$  的可能物理迹象有非常密切的关系, 因此

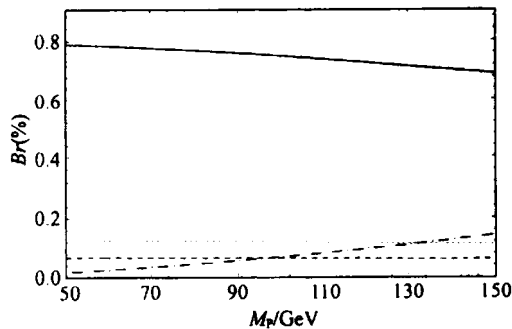


图 1  $P^0$  各衰变道的分支比随  $P^0$  的质量  $M_P$  的变化曲线

—  $b\bar{b}$ , .....  $c\bar{c}$ , - - -  $\tau\tau$ , - · - ·  $\gamma\gamma$ .

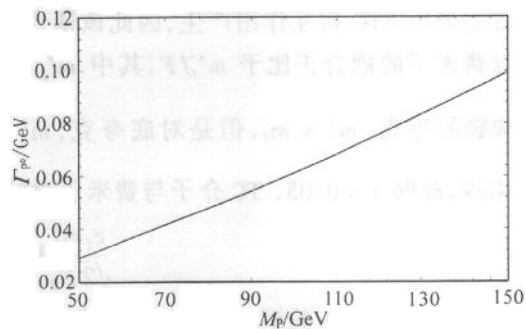


图 2 总宽度  $\Gamma_{P^0}$  随  $P^0$  的质量  $M_P$  的变化曲线

在图 2 中我们画出了总宽度  $\Gamma_{P^0}$  随  $P^0$  的质量  $M_p$  的变化曲线. 由图 2 可以看出, 当  $M_p$  从 50GeV 增加至 150GeV 时,  $\Gamma_{P^0}$  相应地从 29MeV 增大至 99MeV, 即  $\Gamma_{P^0}$  为几十个 MeV 量级. 因此, 与标准模型中的 Higgs 粒子  $h^0$  类似, TC 介子  $P^0$  在 FMC 上的  $s$  道共振产生截面很大. 然而标准模型中的 Higgs 粒子  $h^0$  的总宽度比  $P^0$  的大, 当  $M_p = M_h$  时,  $\Gamma_{h^0}/\Gamma_{P^0} \approx 19$ , 这将大大提高  $P^0$  在 FMC 上通过  $s$  道的共振产生截面. 下面, 我们计算中性 TC 介子  $P^0$  在 FMC 上通过  $s$  道的共振产生截面.

### 3 中性 TC 介子 $P^0$ 通过 $s$ 道的共振产生

宽度  $\Gamma(P^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-)$  决定着  $P^0$  在 FMC 上产生几率的大小, 但其产生几率并不依赖于 TOPCMTC 模型中的参数  $N_{TC}$ , 这是 FMC 比其它任何对撞机都占优势的独特之处. 比如, 无论是在 Tevatron 上, LHC 上还是在  $\gamma\gamma$  对撞机上,  $P^0$  的产生几率与  $P^0$  和胶子对或光子对的耦合强度的平方成正比, 而  $P^0$  与胶子对或光子对的耦合均与  $N_{TC}^2$  成正比. 因此, 尽管在 LHC 或  $\gamma\gamma$  对撞机上可能会在一定的质量范围内发现中性 TC 介子  $P^0$  (此时  $N_{TC} = 1$ ), 但是可能只有在 FMC 上才能对  $P^0$  进行精确测量, 况且  $P^0$  是 TC2 理论中最轻的粒子, 很可能只有在 FMC 上才能会被探测到. 另外,  $P^0$  与普通费米子的耦合和标准模型中 Higgs 粒子  $h^0$  与普通费米子的耦合之间存在很大的差异, 在 FMC 上通过测量  $s$  道的  $\Gamma_{P^0}$  和  $\Gamma(P^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-)$ , 可以非常容易地将  $P^0$  和  $h^0$  区分开来. 因此, FMC 可作为区分  $P^0$  和  $h^0$  的有效工具.

$P^0$  是 TOPCMTC 模型中最轻的粒子, 其质量在 50—150GeV 之间. 在此质量范围内, 通过直接的  $s$  道产生过程  $\mu^+ \mu^- \rightarrow P^0$ , 在 FMC 上可以很好的探测  $P^0$ . 这是因为: (1)  $P^0$  与  $\mu^+ \mu^-$  之间存在相当大的耦合, 且该耦合与  $N_{TC}$  无关; (2) FMC 可以在质心能量  $\sqrt{s}$  中存在一非常窄的高斯分布  $\sigma_G$ , 而这些在获得大的产生截面中起关键性的作用.

事实上, 文献[6]指出只要 FMC 调到合适的亮度, 束流能量分辨率可以达到  $R = 0.003\%$ .  $\sigma_G$  可以表示为如下形式:

$$\sigma_G = (7\text{MeV}) \left( \frac{R}{0.01\%} \right) \left( \frac{\sqrt{s}}{100\text{GeV}} \right), \quad (7)$$

由前一部分的讨论可知,  $\sigma_G$  比中性 TC 介子  $P^0$  的总宽度  $\Gamma_{P^0}$  小很多. 因此在计算中我们忽略了  $\sigma_G$  对  $P^0$  的  $s$  道共振产生截面的影响.  $P^0$  有效的  $s$  道共振产生截面可写为<sup>[6]</sup>

$$\sigma_{P^0}(\mu^+ \mu^- \rightarrow P^0 \rightarrow X) \approx \frac{4\pi\Gamma_{P^0}^2}{(s - M_p^2)^2 + M_p^2\Gamma_{P^0}^2} \cdot Br(P^0 \rightarrow \mu^+ \mu^-) Br(P^0 \rightarrow X). \quad (8)$$

其中  $Br(P^0 \rightarrow X)$  是末态  $X$  ( $X = b\bar{b}, c\bar{c}, \tau^+ \tau^-$ ) 的分支比.

图 3 给出了当  $\sqrt{s} = M_p$  时,  $P^0$  的  $s$  道共振产生截面  $\sigma_{P^0}$  随  $M_p$  的变化曲线, 其中已对所有的衰变道  $X$  ( $X = b\bar{b}, c\bar{c}, \tau^+ \tau^-$ ) 求和. 图 4 给出了当  $M_p = 110\text{GeV}$  时,  $P^0$  的有效产生截面  $\sigma_{P^0}$  随质心能量  $\sqrt{s}$  的变化曲线. 与图 3 一样, 我们将所有的末态 ( $b\bar{b}, c\bar{c}, \tau^+ \tau^-$ ) 求和. 从图 3 和图 4 可以看出:

(a) 当  $M_p = \sqrt{s}$  时出现中性 TC 介子  $P^0$  的共振峰;

- (b)  $P^0$  的  $s$  道共振产生截面  $\sigma_{P^0}$  随着  $M_p$  的增加而减小;
- (c) 当  $50\text{GeV} \leq M_p \leq 150\text{GeV}$  时,  $P^0$  的共振产生截面  $\overline{\sigma_{P^0}}$  大于  $30\text{pb}$ .

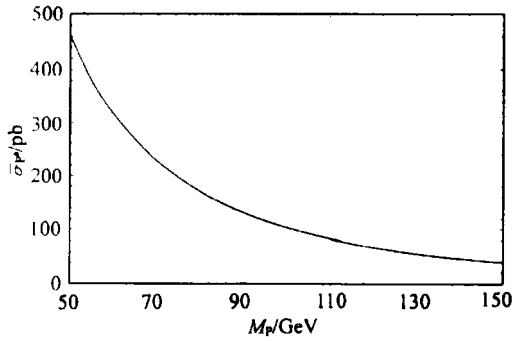


图 3 当  $\sqrt{s} = M_p$  时,  $P^0$  的  $s$  道共振产生截面  $\overline{\sigma_{P^0}}$  随  $M_p$  的变化曲线

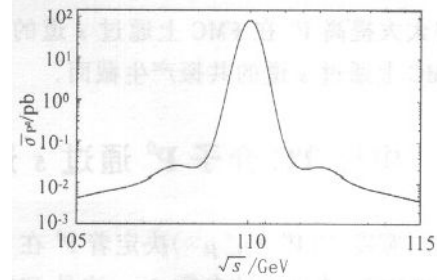


图 4 当  $M_p = 110\text{GeV}$  时,  $P^0$  的有效产生截面  $\sigma_{P^0}$  随质心能量  $\sqrt{s}$  的变化曲线

显然,  $P^0$  的产生截面  $\sigma_{P^0}$  比标准模型中的 Higgs 粒子  $h^0$  的产生截面大,  $P^0$  的共振宽度可以很容易地从  $h^0$  的共振宽度中被辨认出来. 因此, FMC 实验可以对  $P^0$  进行精确测量.

$P^0$  的主要衰变模是  $b\bar{b}, c\bar{c}, \tau^+ \tau^-$ . 对于这些末态, 背景主要来自于标准模型中树图的  $\gamma/Z$  交换,  $P^0$  的  $s$  道共振产生过程  $\mu^+ \mu^- \rightarrow P^0 \rightarrow f\bar{f}$  受  $P^0$  与费米子对耦合强度的控制, 该耦合强度与费米子的质量成正比且在相空间中是各向同性的. 标准模型的背景产生过程  $\mu^+ \mu^- \rightarrow \gamma, Z \rightarrow f\bar{f}$  具有明显的前后不对称性和左右不对称性. 信号和背景的这种差异使我们可以非常容易地在 FMC 实验中观测到  $P^0$ , 这种可能性在文献[1,13]中已经得到很详细的讨论. 对于这些末态, 选择合适的截断, 并假定信号与背景之间的分辨率为  $\epsilon' = 0.5$ , 可以计算信号的产生截面  $\epsilon' \sigma_{P^0} Br(P^0 \rightarrow X)$  ( $X = b\bar{b}, c\bar{c}, \tau^+ \tau^-$ ). 图 5 给出了质心能量  $\sqrt{s}$  取值为  $100\text{GeV} \leq \sqrt{s} \leq 120\text{GeV}$ ,  $M_p = 110\text{GeV}$  时的计算结果.

FMC 的质心能量  $\sqrt{s}$  的取值范围为  $100-500\text{GeV}$ , 亮度为  $2 \times 10^{33} \text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ , 其积分亮度可期望达到  $L = 20 \text{fb}^{-1} / \text{yr}$ . 因此, 当  $\sqrt{s} = M_p \approx 110\text{GeV}$  时, FMC 实验每年可产生成千上万个

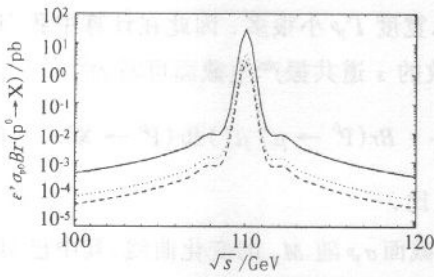


图 5 当  $M_p = 110\text{GeV}$  时信号的产生截面  $\epsilon' \sigma_{P^0} Br(P^0 \rightarrow X)$  ( $X = b\bar{b}, c\bar{c}, \tau^+ \tau^-$ ) 随质心能量  $\sqrt{s}$  的变化曲线  
—— $b\bar{b}$ , ..... $c\bar{c}$ , - - -  $\tau^+ \tau^-$ .

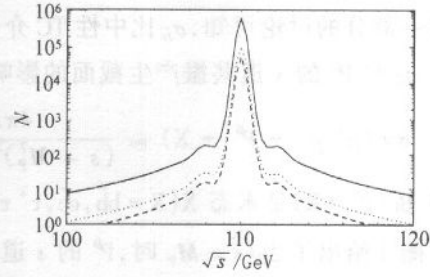


图 6 当  $M_p = 110\text{GeV}$  时,  $P^0$  的产生事例数随质心能量  $\sqrt{s}$  的变化曲线  
—— $b\bar{b}$ , ..... $c\bar{c}$ , - - -  $\tau^+ \tau^-$ .

$P^0$  事例。例如,当  $M_p = 110\text{GeV}$ ,  $\sqrt{s} = 112\text{GeV}$  时,每年在 FMC 可产生 175 个  $P^0$  事例。图 6 给出了当  $M_p = 110\text{GeV}$  时,  $P^0$  的产生事例数随质心能量  $\sqrt{s}$  的变化曲线。

从上述的讨论我们可以看出,中性 TC 介子  $P^0$  的  $s$  道产生截面比标准模型中的 Higgs 粒子  $h^0$  的大得多,每年在 FMC 实验中可以产生大量的  $P^0$  事例数,这使精确测量  $P^0$  的耦合强度或质量成为可能。因此, FMC 可作为研究动力学电弱对称性破缺机制的重要工具。

## 4 结论

中性色单态,同位旋三重态的 TC 介子  $P^0$  是 TC2 理论中最轻的粒子,它可以很容易地在 FMC 实验中通过  $s$  道共振产生。在本文中,我们讨论了  $P^0$  所有可能的衰变道并且在 TOPCMC 模型框架下计算了各衰变道的分支比。利用上述结果,计算了  $P^0$  有效的  $s$  道共振产生截面  $\bar{\sigma}_{P^0}(\mu^+\mu^- \rightarrow P^0 \rightarrow X)$  ( $X = bb, cc, \tau^+\tau^-$ ), 且估计了每年在 FMC 实验中可探测到的  $P^0$  事例数。结果表明:  $P^0$  的共振产生截面  $\bar{\sigma}_{P^0}$  非常大,至少比标准模型中的 Higgs 粒子  $h^0$  的共振产生截面大一个量级。在 FMC 实验中可以非常容易地区分  $P^0$  和  $h^0$ 。因此,未来的 FMC 实验可用来探测中性 TC 介子  $P^0$  进而检验 TC 理论。

## 参考文献 (References)

- Weinberg S. Phys. Rev., 1979, **D19**:1277; Susskind L. Phys. Rev., 1979, **D20**: :2619
- Hill C. T. Phys. Lett., 1995, **B345**:483; Lane K, Eichten E. Phys. Lett., 1995, **B352**:382; Lane K. Phys. Lett., 1998, **B433**:96
- Eichten E, Hinchliffe I, Lane K. Rev. Mod. Phys., 1984, **56**:579; Phys. Rev., 1986, **D34**:1547; Casalbuoni R, Chiappetta P, Curtis S D. Z. Phys., 1995, **165**:327; Chivukula R S, Rosenfeld R, Simmons E H. hep-ph/9503202; Lane K. hep-ph/9605257
- Iubiz V, Santorelli P. Nucl. Phys., 1996, **B460**:3; Casalbuoni R, Deandrea A, Curtis S D. Nucl. Phys., 1999, **B555**:3
- YUE Chong-Xing, ZHOU Hong-Yi, KUANG Yu-Ping. Phys. Rev., 1997, **D55**:5541; YUE Chong-Xing, LU Gong-Ru. Commun. Theor. Phys., 1999, **32**:145
- Barger V, Berger M S, Gunion J F. Phys. Rep., 1997, **286**:1; Phys. Rev. Lett., 1995, **75**:1462
- Eichten E, Lane K, Womersley J. Phys. Rev. Lett., 1998, **80**:5489; Lane K. Technicolor Signatures at the High Energy Muon Collider, hep-ph/9912526
- Dimopoulos S, Raby S, Kane G L. Nucl. Phys., 1981, **B182**:77; Randall L, Simmons E H. Nucl. Phys., 1992, **B380**:3
- Lane K. Phys. Lett., 1995, **B357**:624
- Eichten K, Lane K. Phys. Lett., 1989, **B222**:129; Lane K, Ramana M V. Phys. Rev., 1991, **D44**:2678
- YUE C X, KUANG Y P, LU G R. J. Phys., 1997, **G23**:163
- Elis J, Gaillard M K, Nanopoulos D V. Nucl. Phys., 1981, **B182**:529
- Kamal B, Marciano W J, Parsa Z. hep-ph/9712270; Barger V, HAN T, ZHOU C G. hep-ph/0002042

## Lightest Neutral Technipion $P^0$ and the First Muon Collider\*

YUE Chong-Xing<sup>1)</sup> LU Gong-Ru LI Jian-Tao

(College of Physics and Information Engineering, Henan Normal University, Xixiang 453002, China)

**Abstract** In the framework of the topcolor-assisted multiscale technicolor (TOPCMTC) models, we discuss the s-channel resonance production of the lightest neutral technipion  $P^0$  at the First Muon Collider (FMC). Our calculation results show that the effective cross section is quite large and at least larger than that of the standard model Higgs boson  $h^0$  by one order of magnitude. Thus, the FMC provides an opportunity for detecting the technipions and testing technicolor theory.

**Key words** topcolor assisted multiscale technicolor model, the lightest neutral technipion  $P^0$ , effective cross section, first muon collider

---

Received 22 April 2001

\* Supported by National Natural Science Foundation of China(19905004), Excellent Youth Foundation of Henan Scientific Committee(9911) and Foundation of Henan Educational Committee

1) E-mail: cxyue@public.xxptt.ha.cn