

Technicolor 模型下 QCD 对衰变

$B \rightarrow X\tau\nu_\tau$ 的修正 *

鲁公儒 熊兆华 曹义刚 王学雷

(河南师范大学物理系 新乡 453002)

1996-08-05收稿

摘 要

在一代 Technicolor 模型下对内含的半 τ 轻子 B 衰变的 $O(\alpha_s)$ 阶修正进行了计算. 将理论的预言与最近的实验结果比较, 得到了荷电的色单态和色八重态赝标量粒子质量的下限: $m_p > 43\text{GeV}$, $m_{p_8} > 77\text{GeV}$.

关键词 电弱相互作用, 半 τ 轻子 B 衰变, Technicolor 模型.

1 引 言

在标准模型 (SM) 下电弱相互作用 B 介子衰变到带有 τ 轻子的终态构成了整个半轻子 B 衰变的一个很有意义的部分. 这些衰变很有趣, 因为它们能够确定那些衰变到很轻的轻子终态衰变不能确定的形式因子, 它们的影响达到 m_1^2 阶^[1]. 另一方面有关轻的夸克和轻子的资料一直与标准的荷电流的矢量-轴矢量 (V-A) 耦合有很大的差异. 例如, ALEPH^[2] 和 L3^[3] 最近给出 $B \rightarrow X\tau\nu$ 衰变的分支率 $BR(B \rightarrow X\tau\nu) = 2.69 \pm 0.44\%$, 而标准模型给出的预言为 $BR^{\text{SM}}(B \rightarrow X\tau\nu) = 2.3 \pm 0.025\%$ ^[4]. 象这样实验测量值与标准模型预言差别的存在, 为超出标准模型的新物理提供了可能.

半轻子 B 衰变分支率的计算仅考虑任意的 b 和 c 夸克的质量和无质量的轻子已经达 $O(\alpha_s)$ 阶^[5]. 在标准模型和双 Higgs 二重态 (2HDM) 下 $b \rightarrow c\tau\nu_\tau$ 衰变的辐射修正也已经完成^[4,6,7]. 使用重夸克有效理论 (HQET)^[8], 文献 [4, 7, 9] 给出了标准模型和双 Higgs 二重态模型下的约束态 $O(1/m_c^2)$ 修正. 但是这些相关的工作没有在 Technicolor 模型 (TM)^[10] 下完成.

在 TC 理论中不存在基本的 Higgs 标量粒子, Higgs 机制被 TC 费米子凝聚所代替. 在非最小的 TM 中一代 TC 模型 (OGTM)^[11] 是最简单的, 也是研究得最多的模型. 许多相关的工作已经完成, 因此人们能利用这些已有的结果对这个模型进行更深的研究. 实验资

* 国家自然科学基金资助.

料似乎不大喜欢一代 TC 模型因为模型给出大和正的 S 参数^[12], 但是一个普通适用的资料给出了标准的 S 参数的变化范围: $S \sim -0.93 \pm 1.7$ ^[13]. 这个事实表明: 如果考虑轻的 TC 费米子和轻的赝标量粒子 (PGB) 的影响, 那么 S 参数对一代 TC 模型的约束变得很弱^[14].

本文将在一代 TC 模型下计算 $B \rightarrow X\tau\nu$ 的衰变率, 并且通过比较理论计算与最近的实验测量对单色态和色八重态的赝哥尔斯通粒子的质量进行限制. 在第二部分, 将在一代 TC 模型的框架内完成对 $B \rightarrow X\tau\nu$ 衰变的 $O(\alpha_s)$ 阶修正. 数字结果将在第三部分给出, 讨论和结论包括在第四部分.

2 $B \rightarrow X\tau\nu$ 的 QCD 修正

文献 [15] 指出, $n(n=3, 4)$ 体相空间能够分解成 $n-1$ 体和 2 体相空间的乘积. 使用这个方法研究 $B \rightarrow X\tau\nu$ 衰变. 在一代 TC 模型下, $B \rightarrow X\tau\nu$ 衰变的 QCD 修正能够通过已知的 $t \rightarrow bW^+$ 和 $t \rightarrow bP^+(P_8^+)$ 衰变的 QCD 修正得到. 这里 P^+ 和 P_8^+ 分别代表色单态和色八重态的赝哥尔斯通粒子.

$$dPS(B \rightarrow X\tau\nu) \sim \int dq^2 dPS(b \rightarrow XU^*) dPS(U^* \rightarrow \tau\nu), \quad (1)$$

其中 U 可以是 W^+ , P^+ 和 P_8^+ , X 是 c 或 $c +$ 胶子, $q = q_\tau + q_\nu$ 是轻子对动量, dPS 是相空间微分元.

文献 [6] 提到在标准模型中, 衰变率可以分解为两项: 第一项对应于横向 W 交换 ($\sim \mathcal{F}_{\alpha\beta}^1$ 见方程 (2)), 另一项等价于一个标量粒子交换 ($\sim \mathcal{F}_{\alpha\beta}^0$, 见方程 (2)).

$$\int dPS(W \rightarrow \tau\nu) \mathcal{L}_{\alpha\beta} \sim \frac{3}{2} \frac{\rho_\tau}{\rho_q} \left(1 - \frac{\rho_\tau}{\rho_q}\right)^2 \mathcal{F}_{\alpha\beta}^0 + \left(1 + \frac{\rho_\tau}{2\rho_q}\right) \left(1 - \frac{\rho_\tau}{\rho_q}\right)^2 \mathcal{F}_{\alpha\beta}^1, \quad (2)$$

这里 \mathcal{L} 为轻子张量, 并且

$$\mathcal{F}_{\alpha\beta}^0 = q_\alpha q_\beta, \quad \mathcal{F}_{\alpha\beta}^1 = q_\alpha q_\beta - q^2 g_{\alpha\beta}, \quad \rho_i = \left(\frac{m_i}{m_b}\right)^2, \quad \rho_q = \frac{q^2}{m_b^2}. \quad (3)$$

将文献 [6, 7] 中的方法进行推广, 在朗道规范下可以容易地把这种方法扩展到 TC 模型. 对 $B \rightarrow X\tau\nu$ 衰变, 有四个图分别对应于 W 交换, 哥尔斯通粒子 (GB) 交换和赝哥尔斯通粒子 (P_8^+ , P^+) 交换. 衰变振幅能写成如下形式:

$$M = M_W + M_G + M_{P^+} + M_{P_8^+}. \quad (4)$$

对 $\tau\nu$ 相空间积分后, 相干项的轻子张量 \mathcal{L}_μ , 只与轻子对的动量 q_μ 成正比. 将 \mathcal{L}_μ 与朗道规范下的 W 传播子 $T_{\mu\nu}$ ($\sim \mathcal{F}_{\mu\nu}^1$), 可以得到 $\mathcal{L}^\mu T_{\mu\nu} \propto q^\mu (g_{\mu\nu} - q_\mu q_\nu) = 0$. 另外, 考虑到方程 (7) 中的盖尔曼矩阵是无迹的, 得到

$$|M|^2 = |M_W|^2 + |M_G + M_{P^+}|^2 + |M_{P_8^+}|^2. \quad (5)$$

从方程 (5) 可以得到 $B \rightarrow X\tau\nu$ 的衰变率:

$$\Gamma(B \rightarrow X\tau\nu) = \int_{\rho_c}^{(1-\sqrt{\rho_c})^2} \frac{d\Gamma}{d\rho_q} d\rho_q$$

$$\frac{d\Gamma}{d\rho_q} = \mathcal{H}^{\alpha\beta}(b \rightarrow cW^*) T_{\alpha\mu} T_{\beta\nu} \mathcal{L}^{\mu\nu}(W^* \rightarrow \tau\bar{\nu}) + \mathcal{H}(b \rightarrow cS^*) \mathcal{L}(S^* \rightarrow \tau\bar{\nu}) \quad (6)$$

\mathcal{H} 依赖于夸克和胶子场, S 代表有效的标量粒子, 它能对哥尔斯通粒子和带电的赝哥尔斯通粒子有贡献. 带电的赝哥尔斯通粒子, 标量粒子和夸克相互作用的拉格朗日为^[16]:

$$L = \frac{1}{2F_\pi} \left\{ \left(\sqrt{\frac{2}{3}} P^+ + 2\lambda^\alpha P_8^+ + \sqrt{\frac{1}{2}} G^+ \right) \bar{U} [M_U K (1 - \gamma_5) - K M_D (1 + \gamma_5)] D + \text{h.c.} \right\}, \quad (7)$$

这里 U, D 是夸克场, P^+, P_8^+, G^+ 分别代表色单态和色八重态的赝哥尔斯通粒子场和标量场. M_U, M_D 是对角化的夸克质量矩阵, K 为 CKM 矩阵, λ^α 为 QCD 盖尔曼矩阵, $F_\pi = (8G_F / \sqrt{2})^{-\frac{1}{2}} = 123\text{GeV}$ 是 TC 介子衰变常数. F_π 这样取能够正确地给出规范粒子 Z 和 W^\pm 的质量^[17]. 所以, S 和夸克耦合为:

$$\frac{im_b V_{cb}}{2F_\pi} (a + b\gamma_5), \quad (8)$$

$$\begin{aligned} a &= a_G + a_{P^+} + a_{P_8^+} \\ &= - \left(\sqrt{\frac{1}{2}} + \sqrt{\frac{2}{3}} + 2\lambda^\alpha \right) (1 - \sqrt{\rho_c}), \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} b &= b_G + b_{P^+} + b_{P_8^+} \\ &= - \left(\sqrt{\frac{1}{2}} + \sqrt{\frac{2}{3}} + 2\lambda^\alpha \right) (1 - \sqrt{\rho_c}). \end{aligned}$$

把 GB 和 PGB 传播子 (对 GB 为 $-\frac{1}{q^2}$, 利用近似 $q^2 \ll m_p^2$, 对 PGB 有因子 $\frac{1}{m_p^2}$) 直接吸收到 S 与轻子的有效耦合的定义中来是方便的. 将方程 (7) 中的 U, D, M_U 和 M_D 用对应的轻子量去代换, 并且令 $K = 1$, 可以得到 S 与轻子的有效耦合形式:

$$\frac{i}{2F_\pi m_b} (a^1 + b^1 \gamma_5), \quad (10)$$

$$\begin{aligned} a^1 &= a_G^1 + a_P^1 + a_{P_8^+}^1 \\ &= \sqrt{\frac{1}{2}} \frac{\sqrt{\rho_c}}{\rho_q} - \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{\sqrt{\rho_c}}{\rho_{P^+}} - 2\lambda^\alpha \frac{\sqrt{\rho_c}}{\rho_{P_8^+}}, \end{aligned} \quad (11)$$

$$b^1 = b_G^1 + b_P^1 + b_{P_8^+}^1 = a^1.$$

对轻子的两体相空间积分得到 \mathcal{L} ,

$$\begin{aligned} \mathcal{L} &= \mathcal{L}^{\text{CP}^+} + \mathcal{L}^{P_8^+} \\ &\sim \left(1 - \frac{\rho_c}{\rho_q} \right)^2 \frac{\rho_c}{\rho_q} \left[\left(\sqrt{\frac{1}{2}} - \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{\rho_q}{\rho_{P^+}} \right)^2 + 12 \frac{\rho_q^2}{\rho_{P_8^+}^2} \right], \end{aligned} \quad (12)$$

第一项来自于 GB 和带电的色单态的 PGB 的贡献. 当考虑带电的色八重态的贡献时, 会

出现第二项. 定义 $\Gamma_{abc} \equiv \Gamma(a \rightarrow bc)$ 并且

$$\begin{aligned}
 f_0 &= \frac{1}{2} (1 - \rho_q + \rho_c), \\
 f_1 &= \sqrt{f_0^2 - \rho_c}, \\
 f_{\pm} &= f_0 \pm f_1, \\
 c_1 &= (a_G + a_{P^+})^2 + (b_G + b_{P^+})^2 = 2 \left(\frac{7}{6} + \frac{2}{\sqrt{3}} \right) (1 + \rho_c), \\
 c_2 &= \sqrt{\rho_c} [(a_G + a_{P^+})^2 - (b_G + b_{P^+})^2] = -4 \left(\frac{7}{6} + \frac{2}{\sqrt{3}} \right) \rho_c, \\
 c_3 &= (a_G + a_{P^+})(b_G + b_{P^+}) = \left(\frac{7}{6} + \frac{2}{\sqrt{3}} \right) (1 - \rho_c) \\
 \bar{c}_1 &= a_{P^+}^2 + b_{P^+}^2 = 24(1 + \rho_c), \\
 \bar{c}_2 &= \sqrt{\rho_c} [a_{P^+}^2 - b_{P^+}^2] = -48\rho_c, \\
 \bar{c}_3 &= a_{P^+} + b_{P^+} = 12(1 - \rho_c),
 \end{aligned} \tag{13}$$

Γ_{bcS} 和 Γ_{tbH} ^[18, 19] 有相同的表达形式. 这里, 利用文献 [18] 给出的结果, 它为:

$$\begin{aligned}
 \Gamma_{bcS} &= \Gamma_{bcS}(\rho_q, \rho_c; c_1, c_2, c_3) + \Gamma_{bcS}(\rho_q, \rho_c; \bar{c}_1, \bar{c}_2, \bar{c}_3) \\
 &= \Gamma_{bcS}^0 + \alpha_s \Gamma_{bcS}^1,
 \end{aligned} \tag{14}$$

这里 Γ^0 代表树图水平下的衰变率, Γ^1 表示对应的 $O(\alpha_s)$ 修正.

$$\Gamma_{bcS}(\rho_q, \rho_c; c_1^*, c_2^*, c_3^*) = \frac{m_b^3 |V_{bc}|^2}{16F_\pi^2 \pi} \left(\mathcal{F}_0^S + \frac{2\alpha_s}{3\pi} \mathcal{F}_1^S \right), \tag{15}$$

$$\mathcal{F}_0^S = f_1(c_1^* f_0 + c_2^*),$$

$$\begin{aligned}
 \mathcal{F}_1^S &= l_1 \left\{ f_0 \left[Li_2(f_+) - Li_2(f_-) - 2Li_2\left(\frac{2f_1}{f_+}\right) + \frac{1}{2} \ln\left(\frac{f_+}{f_-}\right) \ln\left(\frac{4f_1^2 \sqrt{\rho_q}}{f_+^2}\right) \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. - \frac{1}{4} \ln\left(\frac{1-f_-}{1-f_+}\right) \ln \rho_c \right] - f_1 \ln\left(\frac{4f_1^2}{\sqrt{\rho_q}}\right) \right\} + l_2 \ln\left(\frac{1-f_-}{1+f_+}\right) \\
 &\quad + l_3 \ln\left(\frac{f_+}{f_-}\right) + l_4 f_1 \ln \rho_c + l_5 f_1,
 \end{aligned} \tag{16}$$

$$l_1 = 4c_1^* f_0 + c_2^*,$$

$$l_2 = (1 - \rho_c)(c_1^* f_0 + c_2^*),$$

$$\begin{aligned}
 l_3 &= [c_1^*(1 + \rho_c) / 2 + c_2^*] \frac{(1 - \rho_c)^2}{2\rho_q} - c_1^*(1 + 4\rho_c + 5\rho_c^2 + 4\rho_q - 3\rho_q^2) / 8 \\
 &\quad - c_2^*(1 + 3\rho_c) / 2,
 \end{aligned} \tag{17}$$

$$l_4 = 2(c_1^* f_0 + c_2^*) \left(1 + \frac{1-f_0}{\rho_q} \right) - 3f_0 c_3^*,$$

$$l_5 = 9c_1^* f_0 / 2 + 6c_2^*.$$

让有效标量粒子离壳并且对其动量积分, 可以通过 S 得到它对 $B \rightarrow X\tau\bar{\nu}$ 衰变的贡献:

$$\Gamma_S(B \rightarrow X\tau\bar{\nu}) = \frac{m_b^2}{16F_\pi^2\pi^2} \int_{\rho_c}^{(1-\sqrt{\rho_c})^2} [\Gamma_{bcS}(\rho_q, \rho_c; c_1, c_2, c_3) \mathcal{F}^{GP+}(\rho_q) d\rho_q + \Gamma_{bcS}(\rho_q, \rho_c; \bar{c}_1, \bar{c}_2, \bar{c}_3) \mathcal{F}^{P^*}(\rho_q) d\rho_q]. \quad (18)$$

从方程(18)并且考虑到 Γ_{bcS} 和 $c_1, c_2, c_3; \bar{c}_1, \bar{c}_2, \bar{c}_3$ 的线性关系, 得到 PGB 的贡献和相干项的贡献为:

$$\begin{aligned} \Gamma_P(B \rightarrow X\tau\bar{\nu}) &= \Gamma_{P^+}(B \rightarrow X\tau\bar{\nu}) + \Gamma_{P^*}(B \rightarrow X\tau\bar{\nu}) \\ &= \frac{m_b^2}{16F_\pi^2\pi^2} \left[\left(\frac{2}{3} \right)^2 \frac{1}{\rho_{P^+}} + 12^2 \frac{1}{\rho_{P^*}^2} \right] \int_{\rho_c}^{(1-\sqrt{\rho_c})^2} \Gamma_{bcS}[\rho_q, \rho_c; \\ &\quad 2(1+\rho_c), -4\rho_c, 1-\rho_c] \left(1 - \frac{\rho_\tau}{\rho_q} \right)^2 \rho_\tau \rho_q d\rho_q. \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \Gamma_I(B \rightarrow X\tau\bar{\nu}) &= -\frac{m_b^2}{12F_\pi^2\pi^2} \int_{\rho_c}^{(1-\sqrt{\rho_c})^2} \Gamma_{bcS}[\rho_q, \rho_c; 2(1+\rho_c), -4\rho_c, 1-\rho_c] \\ &\quad \left(1 - \frac{\rho_\tau}{\rho_q} \right)^2 \frac{\rho_\tau}{\rho_{P^+}} d\rho_q. \end{aligned} \quad (20)$$

W 作为中间态时的 $B \rightarrow X\tau\nu$ 的衰变率在文献 [4, 6] 中给出, 它有形式:

$$\begin{aligned} \Gamma_W(B \rightarrow X\tau\bar{\nu}) &= \Gamma_W^0 + \alpha_s \Gamma_W^1 \\ &= -\frac{G_F^2 m_b^5 |V_{cb}|^2}{48\pi^3} \int_{\rho_c}^{(1-\sqrt{\rho_c})^2} \left(1 - \frac{\rho_\tau}{\rho_q} \right)^2 \left(1 + \frac{\rho_\tau}{2\rho_q} \right) \left[\mathcal{F}_0^W + \frac{2\alpha_s}{3\pi} \mathcal{F}_1^W \right] d\rho_q, \end{aligned} \quad (21)$$

并且 $\mathcal{F}_0^W = f_1[(1-\rho_c)^2 + \rho_q(1+\rho_c) - 2\rho_q^2]$, \mathcal{F}_1^W 和方程(15)中 \mathcal{F}_1^S 有同样的形式, 但是方程(17)中的系数被换成

$$\begin{aligned} \bar{l}_1 &= 4[(1-\rho_c)^2 + \rho_q(1+\rho_c) - 2\rho_q^2], \\ \bar{l}_2 &= (1-\rho_c)[(1-\rho_c)^2 + \rho_q(1+\rho_c) - 4\rho_q^2], \\ \bar{l}_3 &= [3-\rho_c + 11\rho_c^2 - \rho_c^3 + 6\rho_q(1-2\rho_c) - \rho_q^2(21+5\rho_c) + 2\rho_q(6\rho_q^2 + \rho_c^2)] / 4, \\ \bar{l}_4 &= 3[1-4\rho_c + 3\rho_c^2 + \rho_q(3+\rho_c) - 4\rho_q^2] / 2, \\ \bar{l}_5 &= [5-22\rho_c + 5\rho_c^2 + 9\rho_q(1+\rho_c) - 6\rho_q^2] / 2. \end{aligned} \quad (22)$$

3 理论计算结果

原则上说, 方程 (6), (18), (21) 可以表达为对数的形式, 但结果是烦而长的. 从实用的观点出发, 这儿我们只给出理论计算结果. 为了检查我们的结果 (方程 (6)), 取 $m_p, m_p \rightarrow \infty$, 发现此时带电的 PGB 的贡献 (方程 (19)) 和相互作用项 (方程 (20)) 都是可以忽略不计的, 我们的结果又回到了文献 [5] 中的标准模型的结果. 这和退耦理论是一致的. 但是内含的衰变率是受 b 夸克质量的不确定性和约束态修正影响的. 为了部分的解决这个问题, 文献 [20] 指出: 利用重夸克有效理论, 采用固定 $m_b - m_c$ 和把约束态的影响与一些常数联系起来的方法进行补偿. 对“旁观”模型 $O(1/m_c^2)$ 修正可以通过下面重夸克理论的质量关系获得:

$$m_b - m_c = [(3m_b^* + m_b) - (3m_D^* + m_D)] / 4 + \dots \quad (23)$$

方程 (23) 使我们能取 $m_b = 4.5 - 5.0 \text{ GeV}$, 并且固定 $m_b - m_c = 3.4 \text{ GeV}$. 下面是一些计算结果:

$$\begin{aligned} \Gamma_W(B \rightarrow X\tau\bar{\nu}) &= \Gamma_W^0(B \rightarrow X\tau\bar{\nu})[1 + (-0.4719 \pm 0.0265)\alpha_s], \\ \Gamma_I(B \rightarrow X\tau\bar{\nu}) &= \Gamma_I^0(B \rightarrow X\tau\bar{\nu})[1 + (-0.3914 \pm 0.0225)\alpha_s], \\ \Gamma_P(B \rightarrow X\tau\bar{\nu}) &= \Gamma_P^0(B \rightarrow X\tau\bar{\nu})[1 + (0.3369 \pm 0.0295)\alpha_s], \\ \Gamma_c(B \rightarrow X\tau\bar{\nu}) &= \Gamma_c^0(B \rightarrow X\tau\bar{\nu})[1 + (-0.5445 \pm 0.0236)\alpha_s], \\ \Gamma_{SM}(b \rightarrow X\tau\bar{\nu}) &= \Gamma_{SM}^0(b \rightarrow X\tau\bar{\nu})[1 + (-0.4511 \pm 0.0164)\alpha_s]. \end{aligned} \quad (24)$$

这里 Γ_c 为 $B \rightarrow Xc\bar{\nu}$ 的衰变率. 现在我们来观察上述结果随 α_s 的变化情况. 一般地, 定义 $R = BR(b \rightarrow X\tau\nu) / BR(B \rightarrow Xc\nu)$, 它导出下面的结果:

$$\begin{aligned} R_{SM} &= R_{SM}^0[1 + (0.0934 \pm 0.0074)\alpha_s], \\ B_I &= B_I^0[1 + (0.1531 \pm 0.00110)\alpha_s], \\ B_P &= B_P^0[1 + (0.2076 \mp 0.0059)\alpha_s]. \end{aligned} \quad (25)$$

很显然 $O(\alpha_s)$ 阶修正在 R 中实际上被消去了. 从方程 (25) 我们得出结论: 计算中的主要不确定因素来自于未知的 $O(\alpha_s^2)$ 阶修正. 这是因为方程 (25) 中的 R 对确定的选择 α_s 的值很不敏感. 以后的计算用 $\alpha_s(m_b) \approx 0.22$ 对应于 $\alpha_s(m_Z) = 0.115$.

将第一部分提到的实验结果 $BR(B \rightarrow X\tau\nu)$ 以及 $B \rightarrow Xl\nu (l = e, \mu)$ 的实验值 $BR(B \rightarrow Xl\nu) = 10.43 \pm 0.24\%$ [21] 联系起来, 并同我们的理论计算相比较, 得到了带电的色单态和色八重态 PGB 的质量的下限:

$$m_p > 43 \text{ GeV}, \quad m_{p_8} > 77 \text{ GeV}, \quad (26)$$

这个结果与文献 [22] 中给出对色单态的 PGB 质量约束: $m_p > 41.7 \text{ GeV}$ 相一致. 对色八重态 PGB 的质量, 我们的限制比来自于 $b \rightarrow s\gamma$ [23] 给出的约束弱些. 文献 [23] 给出 $m_{p_8} > 400 \text{ GeV}$.

4 讨论和结论

在一代 TC 模型的框架下计算了 $B \rightarrow X\tau\nu$ 的 QCD 辐射修正. 采用朗道规范, 把最低阶和相应的 QCD 修正与对应的衰变到虚的 W, 荷电的色单态和色八重态的 PGB 随后对 $\tau\nu$ 系统的动量积分联系起来. 也给出了 PGB 交换和相干项的贡献. 在多数情况下, PGB 的虚效应是在一圈水平上表现出来的, 它不能被理论中别的新粒子的贡献部分取消. 在本文 PGB 对 $B \rightarrow X\tau\nu$ 衰变的影响发生在树图水平, 因此, 它不能被理论中别的新粒子的贡献相抵消. 比较 $B \rightarrow X\tau\nu$ 和 $B \rightarrow Xl\nu$ 的实验资料 and 我们的理论预言, 给出了带电的 PGB 质量的下限: $m_p > 43\text{GeV}$, $m_p > 77\text{GeV}$.

参 考 文 献

- [1] P. Heilger, L. M. Sehgal, *Phys. Lett.*, **B229**(1989)409.
- [2] D. Buskulic *et al.* (ALEPH Collaboration), *Phys. Lett.*, **B343**(1995)444.
- [3] M. Acciarri *et al.* (L3 Collaboration), *Phys. Lett.*, **B332**(1994)201.
- [4] A. F. Falk, Z. Ligeti, M. Neubert *et al.*, *Phys. Lett.*, **B326**(1994)145.
- [5] N. Cabibbo, L. Maiani, *Phys. Lett.*, **B79**(1978)109; M. Jezabek, J. H. Kühn. *Nucl. Phys.*, **B314**(1989)1; Y. Nir, *Phys. Lett.*, **B221**(1989)184.
- [6] A. Czarnecki, M. Jezabek, J. H. Kühn, *Phys. Lett.*, **B346**(1995)335.
- [7] Y. Grossman, H. E. Haber, Y. Nir, *Phys. Lett.*, **B357**(1995)630.
- [8] M. Neubert, *Phys. Rep.*, **245**(1994)396.
- [9] L. Koyrakh, *Phys. Rev.*, **D49**(1994)3379.
- [10] S. Weinberg, *Phys. Rev.*, **D13**(1976)974; *Phys. Rev.*, **D19**(1979)1277; L. Susskind, *Phys. Rev.*, **D20**(1979)2619.
- [11] E. Farhi, L. Susskind, *Phys. Rep.*, **74**(1981)277; S. Dimopoulos, *Nucl. Phys.*, **B168**(1980)69.
- [12] M. E. Peskin, T. Takeuchi, *Phys. Rev. Lett.*, **65**(1990)964; *Phys. Rev.*, **D43**(1990)381.
- [13] C. P. Burgess, S. Goldfry, M. König, *et al.*, *Phys. Lett.*, **B326**(1994)276.
- [14] N. Evans, *Phys. Rev.*, **D49**(1994)4785.
- [15] E. Byckling, K. Kajantie, Particle Kinematics (Wiley, New York, 1973).
- [16] J. Ellis, J. K. Gaillard, D. V. Nanopoulos *et al.*, *Nucl. Phys.*, **B182**(1981)529; S. Dimopoulos, J. Ellis, *Nucl. Phys.*, **B182**(1981)505; Z. J. Xiao, L. D. Wan, J. M. Yang *et al.*, *Phys. Rev.*, **D49**(1994)5949.
- [17] E. Eichten, I. Hinchliffe, K. Lane *et al.*, *Phys. Rev.*, **D34**(1986)1547; *Rev. Mod. Phys.*, **56**(1984)579; S. F. King, *Rep. Prog. Phys.*, **58**(1995)263.
- [18] A. Czarnecki, S. Davidson, *Phys. Rev.*, **D48**(1993)4183.
- [19] C. S. Li, Y. S. Wei *et al.*, *Phys. Lett.*, **B285**(1992)137.
- [20] M. B. Voloshin, M. A. Shifman, *Sov. J. Nucl. Phys.*, **47**(1988)511.
- [21] L. Montanet *et al.* (Particle Data Group), *Phys. Rev.*, **D50**(1994)1173.
- [22] ALEPH Collaboration, D. Decamp *et al.*, *Phys. Rep.*, **216**(1992)253.
- [23] C. D. Lü, Z. J. Xiao, *Phys. Rev.*, **D53**(1996)2529.

QCD Correction to Decay $B \rightarrow X\tau\nu_\tau$ in the Technicolor Model

Lu Gongru Xiong Zhaohua Cao Yigang Wang Xuelei

(Physics Department of Henan Normal University, Xinxiang 453002)

Received 5 August 1996

Abstract

The $O(\alpha_s)$ corrections to the inclusive semi-tauonic B decay are calculated in one-generation-technicolor model. Comparing the theoretical prediction with the recent experimental results, we present lower constraint on masses of the charged color-singlet and color-octet pseudo Goldstone bosons, $m_p > 43\text{GeV}$, $m_{p_8} > 77\text{GeV}$.

Key words electro-weak interaction, semitauonic B decays, Technicolor model.