

LEP 实验结果对大统一前子模型的限制*

鲍淑清 薛晓舟

(河南师大物理系, 新乡 453002)

摘 要

本文讨论了 LEP 关于轻中微子个数 N_ν 的实验结果对大统一前子模型的限制。由于 LEP 的精确实验结果有力支持了 $N_\nu = 3$, 可能的大统一前子模型为禁闭弱作用大统一前子模型。因此弱作用是禁闭的, 它是前子之间超色作用的剩余效应。本文还讨论了若允许重中微子存在时, 对大统一前子模型的限制。

一、引 言

标准模型非常完美地描述了现有的几种相互作用, 它包括量子色动力学和弱电统一理论。迄今为止实验上没有发现任何偏离标准模型的现象。但是标准模型中还存在两个问题有待实验去进一步检验, 这就是顶夸克和 Higgs 粒子是否存在。目前实验上还没有发现它们的存在, 仅给出了它们的质量限。对顶夸克至今未露面, 人们猜想在顶夸克之外是否存在更多的夸克; 是否代结构开始变化和是否存在新的结构层次等问题。而由于未发现 Higgs 粒子, 人们则对 Higgs 机制产生了疑问。此外标准模型中还存在 19 个自由参数无法解释, 再加上三代夸克和轻子的重复出现, 以及夸克和轻子的质量问题, 这就产生了标准模型之外的新物理之一: 夸克和轻子的前子模型。将前子间长程的超色作用与其余相互作用在前子层次上重新统一, 总称为大统一前子模型。一种观点认为夸克和轻子是复合的, 而规范玻色子则是基本的, 即认为超色作用、色作用和弱电作用均为基本的, 这就是一般所称大统一前子模型; 另一种观点认为夸克和轻子、以及 W^\pm 和 Z^0 都是复合的, 即弱作用为超色作用的剩余效应, 基本的作用是超色作用、色作用和电磁作用, 此即禁闭弱作用大统一前子模型。由于实验上至今未有任何迹象表明存在新的结构层次, 研究前子理论具有很大困难。人们只能猜测前子理论中的动力学理论, 如手征性要求和互补原理。CERN 1989 年下半年安装完毕的正负电子对撞机 LEP, 1989 年 8 月中旬开始运行之后, 几个实验组相继给出了一些令人激动的实验结果。尤其是关于轻中微子个数 N_ν 的实验结果有力地证实了标准模型, 同时也对大统一前子模型加了一定的限制。本文我们试图分析 LEP 关于 N_ν 的实验结果对大统一前子模型的限制。我们将在第二部分给出 LEP 各实验组对 N_ν 测量的结果; 第三部分简述大统一前子模型现状; 第四部分将分析 LEP 实验结果对大统一前子模型的限制。最后是结束语。

本文 1990 年 9 月 10 日收到。

* 本文是国家自然科学基金资助项目。

二、LEP 的实验结果

夸克和轻子的代数对检验标准模型是非常重要的。众所周知，夸克和轻子中存在三代夸克和轻子，如表 1 所示。

表 1 标准模型中的夸克和轻子^[1]

符 号	第 一 代				第 二 代				第 三 代			
	u	d	c	ν_e	c	s	μ	ν_μ	t	b	τ	ν_τ
电荷(质子单位)	2/3	-1/3	-1	0	2/3	-1/3	-1	0	2/3	-1/3	-1	0
质量(质子单位)	~1/3	~1/3	~1/2000	0?	~1.5	~1/2	1/9	0?	>83	5	2	0?

从表 1 可以看出，三代夸克和轻子的性质是非常相似的，第二代和第三代可以看作是第一代的复制品。于是人们猜想可能存在第四代、第五代…夸克和轻子。但是夸克和轻子代数究竟是多少，以前人们从理论上和实验上作了种种猜测。

1989 年 8 月西欧中心 (CERN) 的 LEP 运行以来，各实验组：ALEPH, L3, DELPHI 和 OPAL 通过对 Z^0 宽度的测量，相继给出了实验关于轻中微子个数 N_ν 的值^[2]。

Z^0 宽度如下表示^[3]

$$\Gamma_Z = \Gamma_{had} + \Gamma_{ee} + \Gamma_{\mu\mu} + \Gamma_{\tau\tau} + \Gamma_{inv}, \quad (1)$$

其中 $\Gamma_{ee} + \Gamma_{\mu\mu} + \Gamma_{\tau\tau} = 3\Gamma_{ll}$, $\Gamma_{inv} \rightarrow N_\nu \Gamma_{\nu\nu}$. Γ_{had} , Γ_{ll} 和 $\Gamma_{\nu\nu}$ 分别表示末态为强子、轻子和中微子时的宽度， N_ν 是轻中微子个数。表 2 列出了 LEP 的四个实验组和 SLAC 的 MARK II 关于 N_ν 的实验结果^[4]。

表 2 关于 N_ν 的实验结果

实 验 组	Γ_Z (GeV)	Γ_{ll} (MeV)	N_ν
ALEPH	2.561 ± 0.47	85.6 ± 1.9	2.98 ± 0.14
DELPHI	2.511 ± 0.065	83.6 ± 2.8	3.05 ± 0.28 (3.12 ± 0.24)
L3	2.539 ± 0.054	82.8 ± 2.4	3.23 ± 0.29
OPAL	2.526 ± 0.047	81.9 ± 2.0	2.73 ± 0.26
MARK II	$2.42^{+0.45}_{-0.35}$		2.8 ± 0.6
平 均	2.534 ± 0.027	83.6 ± 1.1	3.02 ± 0.12

最近 ALEPH 和 L3 对 N_ν 均作了精确测量，给出如下结果：

ALEPH^[5]:

$$\Gamma_Z = 2.541 \pm 0.056 \text{ (GeV)}$$

$$\Gamma_{had} = 1804 \pm 44 \text{ (MeV)}$$

$$\Gamma_{e^+e^-} = 82.1 \pm 3.4 \text{ (MeV)}$$

$$\Gamma_{\mu^+\mu^-} = 87.9 \pm 6.0 \text{ (MeV)}$$

$$\begin{aligned}
 & \Gamma_{\tau^+\tau^-} = 86.1 \pm 5.6 \text{ (MeV)} \\
 & N_\nu = 3.01 \pm 0.15 \text{ (exp)} \pm 0.05 \text{ (theo)} \\
 \text{L3}^{[6]}: & \Gamma_z = 2.539 \pm 0.054 \text{ (GeV)} \\
 & \Gamma_{inv} = 0.548 \pm 0.029 \text{ (GeV)} \\
 & N_\nu = 3.29 \pm 0.17.
 \end{aligned} \tag{2}$$

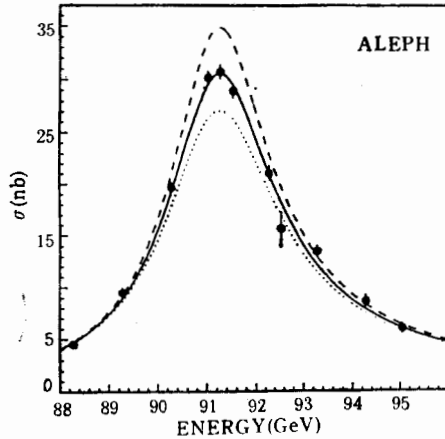


图 1 LEP 实验结果与标准模型结果对照
 $N_\nu = 2$ ---; $N_\nu = 3$ —; $N_\nu = 4$...

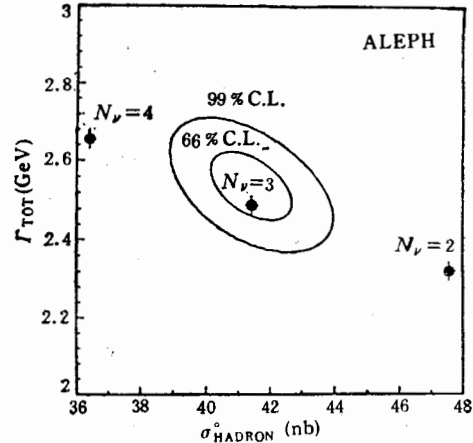


图 2 LEP 实验结果与标准模型结果对照

如上就是 LEP 关于轻中微子个数 N_ν 的实验结果。由图 1 和图 2^[9] 可以看出, 实验结果排除了 $N_\nu = 4$ 和 $N_\nu = 2$ 的可能性, 并使人们相信 $N_\nu = 3$, 即存在 3 个具有轻中微子的夸克和轻子代。

三、大统一前子模型现状分析

众所周知, 大统一理论非常漂亮地将电弱、色相互作用统一在一个较大的规范群 [如 $SU(5)$ 等] 中, 并令人满意地解释了电荷量子化和弱混合角 θ_w 等问题。但是大统一理论中还存在许多问题, 特别是代问题, 即代问题在大统一理论中是无法解决的。

为了解决这些问题, 途径之一就是研究夸克和轻子的前子模型, 即视夸克和轻子为前子的复合粒子。新的结构层次的出现, 产生了新的相互作用——超色相互作用。大统一的思想需要将超色相互作用与其余相互作用在前子层次上重新统一, 此即大统一前子理论。实际上, 由于大统一理论的前述优点, 而且前子模型可望从深一层次去解决夸克、轻子层次上无法解决的问题, 如减少自由参数, 解决代问题等, 因此, 将大统一理论和前子模型两者的优点取而用之, 自然会想到将它们结合起来的理论——大统一前子理论。

另外前子模型中存在对带超色荷的前子 [$SU_c(3) \times SU(2) \times U(1)$] 内容的不自然解释(在前子模型中, 前子的 [$SU_c(3) \times SU(2) \times U(1)$] 内容是手放的), 而且一般前子模型中存在由于规范大统一群而产生的禁闭标度远大于大统一标度等问题, 而这些问

题在大统一前子模型中是不存在的。

综上所述,大统一理论中无法解决的代问题可以在大统一前子理论中得以解决;前子模型中存在的前子内容的不自然解释和禁闭标度远大于大统一标度等问题在大统一前子模型中并不存在,因此大统一前子模型结合上述俩模型的优点,克服了上述俩模型的缺点,可望成为标准模型之外有希望的新物理。

但是大统一前子模型自身也存在问题,如旁观费米子的处理,经济性问题等等。另外由于缺乏实验,理论进展是非常困难的。目前的许多理论,如手征性要求和互补原理,人们只能去猜测。

下面讨论以 $SU_{HC}(M)$ 表示超色规范对称群,大统一群 $SU(N)$ 的情况。在大统一前子模型中 $SU(N)$ 必须满足

$$SU(N) \supset SU_{HC}(M) \times SU_c(3) \times SU(2) \times U(1). \quad (3)$$

在禁闭弱作用大统一前子模型中,大统一群 $SU(N)$ 为

$$SU(N) \supset SU_{HC}(M) \times SU_c(3) \times U_m(1). \quad (4)$$

在超色能标 Λ_{HC} , 有

$$\alpha_{HC}(\Lambda_{HC}) > \alpha_c(\Lambda_{HC}), \quad (5)$$

其中 $\alpha_i = g_i^2/4\pi$, g_i ($i = HC, C$ 和 G , 分别代表超色、色和大统一) 则为群 $SU_i(n)$ (超色群 $SU_{HC}(M)$, 色群 $SU_c(3)$ 和大统一群 $SU(N)$) 的跑动耦合常数。

由重正化群方程,在单圈图近似下,在能区 $\Lambda_{HC} \sim \Lambda_U$, 有

$$\begin{aligned} 1/\alpha_{HC}(\Lambda_{HC}) &= 1/\alpha_G - (b_{HC}/2\pi) \ln(\Lambda_U/\Lambda_{HC}), \\ 1/\alpha_c(\Lambda_{HC}) &= 1/\alpha_G - (b_c/2\pi) \ln(\Lambda_U/\Lambda_{HC}), \end{aligned} \quad (6)$$

其中 $\alpha_G = \alpha_{HC}(\Lambda_U) = \alpha_c(\Lambda_U)$, b_{HC} 和 b_c 如下

$$\begin{aligned} b_{HC} &= \frac{1}{3} \left[11M - \sum_{HC} n_R C(R) \right], \\ b_c &= \frac{1}{3} \left[33 - \sum_C n_R C(R) \right]. \end{aligned} \quad (7)$$

其中 n_R 为表示 R 的个数, $C(R)$ 是相应于表示 R 的 Cassimir 不变量,

$$\delta_{ij} C(R) = \sum_a \sum_k \lambda_a(R)_i \lambda_a(R)_k j, \quad (8)$$

其中 $\lambda_a(R)$ 为 $SU(n)$ 群的生成元, i, j, k 的取值范围为 $1, \dots, D(R)$ (表示 R 的维数)。

由(6)式,(5)变为

$$b_{HC} > b_c. \quad (9)$$

因此若满足(9)式,则条件(5)式就可以自然得到满足。由单群 G 的表示分解知识可知,一般情况下, $\sum_{HC} n_R C(R) = \sum_C n_R C(R)$, 再由(7)式中 b_{HC} 和 b_c 的表达式可以看出,超色群 $SU_{HC}(M)$ 中 M 的取值对(9)式是否能满足关系重大。若 $M > 3$, 则显然可知 $b_{HC} > b_c$, (5)式自然满足;若 $M \leq 3$, 则(9)式很难满足。

下面我们作具体讨论。

1. $M \geq 4$

若 $M \geq 4$, (9) 式自然得到满足. 由 (3) 式可知 $M \geq 4$ 对应于大统一前子模型 $SU(N)$, $N \geq 9$. 即大统一群为 $SU(9)$, $SU(10)$, \dots . 我们已经在以前的文章中详细地讨论了这些模型, 得到了一些有意义的结果. 但这些模型特点不同:

i) $SU(9)$ 大统一前子模型^[7]: 前子表示为 $5\bar{3} + \mathbb{1}$, 在大统一标度

$$SU(9) \xrightarrow{A_U} SU_{HC}(4) \times SU_c(3) \times SU(2) \times U(1). \quad (10)$$

模型结果得到四代夸克和轻子, $\Lambda_{HC} \sim 10^5 \text{ TeV}$.

此模型的特点是, 前子表示是最简单的. 不足之处是, 对超色力不是手征的, 不满足手征性要求, 也不满足互补原理.

ii) 满足互补原理的 $SU(9)$ 大统一前子模型^[8]: 前子表示为 $4\mathbb{1} + \bar{3} + \mathbb{1}$, 在大统一标度 A_U , $SU(9) \xrightarrow{A_U} SU_{HC}(4) \times SU_c(3) \times SU(2) \times U(1)$. 模型结果得到了四代夸克和轻子, 此外还有一些例外粒子, $\Lambda_{HC} \sim 108 \text{ TeV}$.

此模型的特点是: 满足互补原理. 不足之处是: 对超色力不是手征的, 不满足手征性要求.

iii) $SU(10)$ 手征大统一前子模型^[9]: 前子表示为 $6\bar{3} + \mathbb{1}$. 在大统一标度 A_U ,

$$SU(10) \xrightarrow{A_U} SU_{HC}(5) \times SU_c(3) \times SU(2) \times U(1). \quad (11)$$

结果得到夸克和轻子的代数 $g_N = 5$, 没有例外粒子. $\Lambda_{HC} \sim 10^5 \text{ TeV}$.

此模型的特点是: 前子表示是最简单的, 并对超色力满足手征性要求. 但此模型不满足互补原理.

iv) 满足互补原理的 $SU(10)$ 手征大统一前子模型^[10]: 前子表示为 $14\mathbb{1} + 2\bar{3} + \mathbb{1}$. 在大统一标度 A_U , $SU(10) \xrightarrow{A_U} SU_{HC}(5) \times SU_c(3) \times SU(2) \times U(1)$. 结果为, 夸克和轻子代数 $g_N = 5$, 还有一些例外粒子.

此模型的特点是: 满足手征性要求和互补原理. 缺点是: 前子表示似太复杂.

v) $SU(N)$ 大统一前子模型^[11]: 前子表示为 $(N-4)\bar{3} + \mathbb{1}$. 在大统一标度 A_U ,

$$SU(N) \xrightarrow{A_U} SU_{HC}(N-5) \times SU_c(3) \times SU(2) \times U(1). \quad (12)$$

注意这里 $N \geq 9$. 结果得到夸克和轻子代数 $g_N = N - 5$.

此模型特点是选取了最简单的前子表示. 但没有考虑手征性要求和互补原理.

vi) $SU(N)$ 大统一前子模型中的手征性要求和互补原理分析^[12]: 结果表明满足手征性要求的大统一群 $SU(N)$, $N \geq 10$; 满足互补原理并可以描述至少三代夸克和轻子的最简单的前子表示为 $n_3\mathbb{1} + n_7\bar{3} + n_3\mathbb{1}$, n_3 , n_7 和 n_3 可由反常相消条件确定. 这样的 $SU(N)$ 模型给出夸克和轻子的代数

$$g_N = (N-5) \cdot \min(n_3, n_7). \quad (13)$$

2. $M \leq 3$

若 $M \leq 3$, 由前分析可知, 一般情况下 $\sum_{HC} n_R C(R) = \sum_C n_R C(R)$, 所以(9)式很

难得到满足。

解决的办法是,一般采用两步破缺的方案或采用质量劈裂机制来造成 HC 和 C 的不对称,以满足(9)式。

张新民等在文 [13] 中指出,如果大统一能标 Λ_U 和超色能标 Λ_{HC} 分别为: $10^{14} \leq \Lambda_U \leq 10^{19}$ (GeV), $300 \leq \Lambda_{HC} \leq 10^3$ (GeV), 则禁闭弱作用大统一前子模型中的超色规范群为 $SU_{HC}(M)$, $M \leq 3$ 。现有的禁闭弱作用大统一前子模型有:

i) $SU_{HC}(3)$ 作超色群, $SU(7)$ 禁闭弱作用大统一前子模型^[14]: 前子表示为 $3\bar{\square} + \square$, 采用两步破缺机制,

$$\begin{aligned} SU(7) &\xrightarrow{M} SU_c(3) \times SU(4) \times U(1) \\ &\xrightarrow{M'} SU_{HC}(3) \times SU_c(3) \times U(1) \times U'(1), \end{aligned} \quad (14)$$

以满足(9)式。结果得到夸克和轻子的代数 $g_N = 3$ 。

ii) $SU_{HC}(2)$ 作超色群, 超对称 $SU(5)$ 禁闭弱作用大统一前子模型^[15]: 为满足(9)式采用质量劈裂机制。为了引进基本的轻标量子, 模型中应用了超对称。描述三代夸克和轻子的前子内容为 $(\square, \bar{\square})_i$, $i = 1, 2, 3$ 。此外还有其它粒子。

但是如果不考虑超对称, 若以 $SU_{HC}(2)$ 和 $SU_{HC}(3)$ 作超色群, 不满足手征性要求。唯一的选择是选取半单群 $[SU(3) \times SU(2)]_{HC}$ 作超色群, 以满足手征性要求。

iii) 半单群 $[SU(3) \times SU(2)]_{HC}$ 作超色群, $SU(8)$ 禁闭弱作用大统一前子模型^[16]: 前子表示为 $4\bar{\square} + \square$, 破缺方法为

$$\begin{aligned} SU(8) &\xrightarrow{A_3} SU(5) \times SU_c(3) \times U(1) \\ &\xrightarrow{A_U} [SU(3) \times SU(2)]_{HC} \times SU_c(3) \times U(1) \times U'(1). \end{aligned} \quad (15)$$

但这个两步破缺没有造成 HC 和 C 的不对称, 为满足(9)式, 仍需采用质量劈裂机制。此模型描述了三代夸克和轻子。但模型中存在一些问题, 有待进一步讨论。

对以上所述大统一前子模型现状, 我们列于表 3。表中 * 表示 $SU(N)$ 模型的手征性视具体模型而定。✓表示满足, ×表示不满足。对禁闭弱作用大统一前子模型仅考虑了手征性要求。

表 3 大统一前子模型现状

	大统一群	前子表示	超色群	经济性	手征性	互补原理	代数 g_N
大统一前子模型	$SU(9)$	$5\bar{\square} + \square$	$SU_{HC}(4)$	✓	×	×	4
	$SU(9)$	$4\square + \bar{\square} + \square$	$SU_{HC}(4)$	×	×	✓	4
	$SU(10)$	$6\bar{\square} + \square$	$SU_{HC}(5)$	✓	✓	×	5
	$SU(10)$	$14\square + 2\bar{\square} + \square$	$SU_{HC}(5)$	×	✓	✓	5
	$SU(N)$	$(N-4)\bar{\square} + \square$	$SU_{HC}(N-5)$	✓	*	×	$N-5$
	$SU(N)$	$n_1\square + n_2\bar{\square} + n_3\square$	$SU_{HC}(N-5)$	×	*	✓	$(N-5) \cdot \min(n_1, n_2)$
禁闭弱作用大统一前子模型	$SUSY SU(5)$	$(\square, \bar{\square})_i \text{ etc.}$	$SU_{HC}(2)$		×		3
	$SU(7)$	$3\bar{\square} + \square$	$SU_{HC}(3)$		×		3
	$SU(8)$	$4\bar{\square} + \square$	$[SU(3) \times SU(2)]_{HC}$		✓		3

四、LEP 实验结果对大统一前子模型的限制

1. $N_g = 3$

表 2、图 1 和图 2 的 LEP 实验结果使我们确信 $N_g = 3$ 。这就表明具有轻中微子的夸克和轻子代数 $g_N = 3$ 。这个实验结果对大统一前子模型作了很强的限制。

由表 3 可以看出,大统一群 $SU(N)$ 可以描述的夸克和轻子代数 $g_N = N - 5$ (注意到 $\min(n_3, n_7) \geq 1$)。所以 $g_N = 3$ 的实验结果要求 $N \leq 8$, 由此可知超色群 $SU_{HC}(M)$, $M \leq 3$ 。另外从表 3 也可以看出禁闭弱作用大统一前子模型均描述三代夸克和轻子。因此可能的大统一前子模型是禁闭弱作用大统一前子模型,弱作用是禁闭的,它是前子间超色作用的剩余效应。

实际上这样的图景是很吸引人的。这样描述自然界的基本角色:超色作用、色作用和电磁作用均是长程力,与其对应的规范理论均是不破缺的,对应的规范玻色子(超胶子(?),胶子和光子)均是基本的。而短程的弱作用是前子之间长程的超色作用的剩余效应,这类类似于短程的强作用是夸克之间长程的色作用的剩余效应;与弱作用和强作用对应的规范理论均是破缺的,对应的规范玻色子(π 介子等, W^\pm 和 Z^0) 均是复合的;破缺的理论是不完美的。

如果我们认为对超色力为手征的这一条件正确的话,一个可行的禁闭弱作用大统一前子模型是 $SU(8)^{[16]}$ 。此模型刚好给出三代夸克和轻子,与 LEP 实验结果符合。

2. 若允许重中微子存在

由表 2 和文献 [5], [6] 均可以看出,轻中微子个数 N_ν 的值不是整数,多余的中微子个数 $\delta N_\nu (N_\nu = 3 + \delta N_\nu)$ 可以写作^[17]

$$\delta N_\nu = \frac{\Gamma_{\text{tot}}^{\text{exp}} - \Gamma_{\text{tot}}^{\text{SM}}}{\Gamma_{\nu\nu}^{\text{SM}}}, \quad (16)$$

这个 δN_ν 意味着与标准模型的偏离。因此一些文献讨论了第四代重中微子的存在^[17]。他们认为如果具有狄拉克质量和 Majorana 质量的 $SU(2)$ 单态重中微子存在的话,与轻中微子的混合可以导致对中微子计算公式(1)的偏离。并指出如果例外的中微子非常重,那么现有的实验结果并不排除第四代的存在。

最近 ALEPH 实验组报道了他们从 Z^0 衰变寻找新粒子:重夸克 (t 和 b'), 重荷电轻子 (L^\pm), 不稳定的重中性轻子(或中微子) (L^0), 以及稳定的重中性轻子 (ν_L) 的实验结果^[18]。他们没有发现这样的事例,但给出了这些新的重粒子的质量限: $m_t > 45.8$ GeV, $m_{b'} > 46.0$ GeV, $m_{\nu_L} > 42.7$ GeV, $m_{L^0} > 45.7$ GeV, $m_{L^\pm} > 42.7$ GeV。

这样,如果第四代存在的话,那么可能的大统一前子模型就可以为 $SU(9)^{[7,8]}$ 。如果我们认为互补原理正确的话,文献[8]中的 $SU(9)$ 模型是合适的。但是 $SU(9)$ 模型不是手征的。

$SU(10)$ 模型^[10]是既满足手征性要求又满足互补原理的,但这需允许两代重中微子的存在。

同时我们也应想到,具有重中微子的代中,夸克和轻子质量 $m_{q,l}$ 与超色标度 Λ_{HC} 相比可能不再有自然性问题,这样 't Hooft 方程和互补原理等等都必须重新考虑。所以包括这些重中微子代的大统一前子模型可能要对轻代和重代进行不同处理,也许需要新的动力学机制。这有待人们作进一步考虑。

五、结 束 语

我们用 LEP 的实验结果限制了可能的大统一前子模型。由于精确的 LEP 实验结果支持 $N_c = 3$ 的标准模型结果,可能的模型是禁闭弱作用大统一前子模型;弱作用是禁闭的,它是夸克和轻子的组分粒子-前子之间超色作用的剩余效应;与弱作用对应的规范玻色子 W^\pm 和 Z^0 均是前子的复合体,而与不破缺规范理论 QCD 和 QED 对应的规范介子-胶子和光子则是基本的。可能的禁闭弱作用大统一前子模型是描述三代夸克和轻子的 $SU(8)$ 模型,这里我们假设模型必须满足手征性要求,因此选择半单群作超色规范群。

另外实验结果不排除有重中微子代的存在,这样可能的大统一前子模型是 $SU(9)$ 和 $SU(10)$ 。 $SU(9)$ 模型不满足手征性要求,而 $SU(10)$ 模型同时满足手征性要求和互补原理。另外由于重中微子代可能不存在自然性问题,新的动力学机制是必须的,这有待将来的深入研究。

参 考 文 献

- [1] J. L. Rosner, Preprint EFL 90-01.
- [2] L3 Collab., B. Adeva et al., *Phys. Lett.*, **B231** (1989), 509;
OPAL Collab., M. Z. Akrawy et al., *Phys. Lett.*, **B231** (1989), 530;
DEL PHI Collab., P. Aarnio et al., *Phys. Lett.*, **B231** (1989), 539;
ALEPH Collab., D. Decamp et al., *Phys. Lett.*, **B231** (1989), 519.
- [3] J. Steinberger, Tev Physics Symposium/Workshop, CCAST-WL, May 28-June 8, Beijing, China.
- [4] P. Langacker, Tev Physics Symposium/Workshop, CCAST-WL, May 28-June 8, Beijing, China.
- [5] ALEPH Collab., D. Decamp et al., *Phys. Lett.*, **B235** (1990), 399.
- [6] L3 Collab., B. Adeva et al., *Phys. Lett.*, **B237** (1990), 136.
- [7] D. Gonzales, *Phys. Lett.*, **B129** (1983), 213;
张新民,薛晓舟,高能物理与核物理, **Vol. 10** (1986), 271.
- [8] 鲍淑清,薛晓舟,高能物理与核物理, **Vol. 12** (1988), 324.
- [9] 鲍淑清,薛晓舟,物理学报, **Vol. 37** (1988), 347.
- [10] 鲍淑清,薛晓舟, $SU(N)$ 大统一前子模型中的手征性分析,高能物理与核物理,待发.
- [11] Bao Shuqing et al., Preprint HNU-90-03. Will be submitted.
- [12] 鲍淑清,高能物理与核物理, **Vol. 13** (1989), 393.
- [13] 张新民,高能物理与核物理, **Vol. 10** (1986), 186.
- [14] A. Davidson et al., *Phys. Lett.*, **B123** (1983), 299.
- [15] J. Maalampi et al., *Phys. Lett.*, **B165** (1985), 85.
- [16] Bao Shuqing et al., Preprint HNU-90-02. Will be submitted.
- [17] Li Xueqian et al., Preprint AS-ITP-90-02.
- [18] ALEPH Collab., D. Decamp et al., *Phys. Lett.*, **B236** (1990), 511.

Constraints to Grand Unified Preon Models from Recent LEP data

Bao Shuqing Xue Xiaozhou

(*Physics Department, Henan Normal University, Xinxiang 453002*)

Abstract

Constraints to grand unified preon models from recent LEP data on light neutrino species N_ν are analyzed. Because the precise experimental result prefers $N_\nu = 3$, the possible grand unified preon models are grand unified preon models with confining weak interaction. So the weak interaction is confining and is the residual effect of the hypercolor interaction between preons. The constraints to grand unified preon models from the very heavy neutrinos being allowed is also discussed.