第 11 卷 第 4 期　　高 能 物 理 与 核 物 理　　Vol. 11, No. 4
1987 年 7 月　　HIGH ENERGY PHYSICS AND NUCLEAR PHYSICS　　July, 1987

重子结构的 Skyrme 模型研究

曾信川　　胡诗可
（四　川　大　学）

摘　　要

本文将 Skyrme 模型推广到 $SU(4) \times SU(4)$ 手征不变的情形. 利用赝标介子的 PCAC 公式的味对称质量破缺,对 $SU(4)$ 味对称群 20 维表示 20_M 中的重子质量分裂进行了计算，和现有的实验数据在一定程度上符合. 文中并对所得结果进行了讨论.

一、引　　言

重子结构一直是研究强子结构的一个重要方面. 和介子相比，由于重子的相对稳定性,它对自然界的物质结构具有更为基本的重要意义. 但在夸克模型中,重子却比介子具有更为复杂的结构. 近年来,由于强作用规范理论的发展,使得建立重子的动力学模型开始成为可能. 早在六十年代，Skyrme[1] 就提出了将重子看作非线性 σ 模型的孤子的重子模型.由于 QCD 的发展，'tHooft 和 Witten[2] 指出,在大 N_c、低能极限下,由 QCD 可以得出描述介子间相互作用的有效拉氏量，在这个场论中，重子将以孤子的形式出现. 由于 Skyrme 模型的性质和 QCD 在大 N_c、低能极限下的性质相近,这个模型开始引起人们的注意. 一些作者对 Skyrme 模型进行了探讨，并应用它来研究重子在低能情形下的一些性质. Adkins 等人[3]应用 $SU(2) \times SU(2)$ 的 Skyrme 模型讨论了核子的静态性质，以后又进一步考虑 π 介子质量对核子性质的影响. Carlson[4] 则在考虑振动效应的情形下，对核子的静态性质进行了讨论. Guadagnini[5] 和 Sriram 等人[6] 将 $SU(2) \times SU(2)$ 的 Skyrme 模型推广到 $SU(3) \times SU(3)$ 的情形，进一步考虑了 Wess-Zumino 项[7]对重子波函数所加的限制. 他们在 Skyrme 模型的基础上，应用赝标介子 PCAC 公式的味对称质量破缺和夸克模型的质量破缺，计算了 $SU(3)$ 味对称群重子的 $\frac{1}{2}^+$ 八重态和 $\frac{3}{2}^+$ 十重态的质量分裂,和实验符合较好.

从 1974 年发现由粲夸克与其反粒子构成的 J/ψ 粒子以来，实验上已陆续发现了一些带粲数的介子和重子[8]. 将 Skyrme 模型推广到 $SU(4) \times SU(4)$ 的情形. 就可以讨论包含粲重子在内的重子的静态性质,并对尚未发现的粲重子的性质作出一些预言.

本文 1986 年 6 月 19 日收到.

二、Skyrme 模型及其对 $SU(4)\times SU(4)$ 的推广

对于 $SU(2)\times SU(2)$ 手征群的情形，Skyrme 模型的拉氏量密度为

$$\mathscr{L}=\frac{1}{16}F_\pi^2\mathrm{Tr}(\partial_\mu U\partial_\mu U^+)+\frac{1}{32e^2}\mathrm{Tr}[(\partial_\mu U)U^+,(\partial_\nu U)U^+]^2, \tag{1.1}$$

其中 U 为 $SU(2)$ 矩阵，F_π 为 π 介子衰变常数，e 为无量纲参量。引入第二项是为了保证模型中孤子解的稳定性。

Skyrme 假设及其相应的边界条件为：

$$U_0(\boldsymbol{x})=\exp[iF(r)\boldsymbol{\tau}\cdot\boldsymbol{n}]\quad\begin{pmatrix}r=0 & \text{时} & F(r)=\pi\\ r\to\infty & \text{时} & F(r)\to 0\end{pmatrix} \tag{1.2}$$

Adkins 等[3] 利用此模型，并通过 $U(x)=A(t)U_0(\boldsymbol{x})A(t)^{-1}$ 引入集体坐标 $A(t)\in SU(2)$．得到了重子质量谱和磁矩的有关公式．

将此模型从 $SU(2)\times SU(2)$ 推广到 $SU(4)\times SU(4)$ 我们采用与 Guadagnini 由 $SU(2)\times SU(2)$ 推广到 $SU(3)\times SU(3)$ 类似的方法[5]。把孤子解的形式表为：

$$U_0(\boldsymbol{x})=\begin{pmatrix}\exp[iF(r)\boldsymbol{\tau}\cdot\boldsymbol{n}] & & \begin{matrix}0 & 0\\ 0 & 0\end{matrix}\\ \begin{matrix}0 & & 0\end{matrix} & & \begin{matrix}1 & 0\end{matrix}\\ \begin{matrix}0 & & 0\end{matrix} & & \begin{matrix}0 & 1\end{matrix}\end{pmatrix} \tag{1.3}$$

引入集体坐标 $A(t)$ 则有：

$$U(x)=A(t)U_0(\boldsymbol{x})A(t)^{-1},\quad A(t)\in SU(4) \tag{1.4}$$

此时重子的波函数由 $\psi(A)$ 描述。在 $SU(3)\times SU(3)$ 情形[5] 和 $SU(4)\times SU(4)$ 情形下，作用量增加了 Wess-Zumino 项[7]：

$$I=\int d^4x\left\{\frac{1}{16}F_\pi^2\mathrm{Tr}(\partial_\mu U\partial_\mu U^+)+\frac{1}{32e^2}\mathrm{Tr}[(\partial_\mu U)U^+,(\partial_\nu U)U^+]^2\right\}+N_c\Gamma. \tag{1.5}$$

其中 Γ 为 Wess-Zumino 项[7]。它的引入可以对波函数 $\psi(A)$ 的形式加上一定的限制．取 $N_c=3$，并利用 $\pi_2(SU(3)/U(1))=Z$，Guadagnini[5] 讨论了 Γ 对于 $\psi(A)$ 所加的限制，得出了 $\frac{1}{2}^+$ 八重态和 $\frac{3}{2}^+$ 十重态重子波函数。由于 $\pi_2(SU(4)/U(1))=Z$，在 $SU(4)\times SU(4)$ 情形下，Γ 对于 $\psi(A)$ 的限制可完全参照 Guadagnini[5] 的讨论，得到完全类似的结果，从而得到 20_M 的重子波函数。下面列出几个 20_M 维表示中重子波函数：

重子态 S_z 波函数 C $SU(3)$表示 Y I I_3 $SU(4)$ 表示 C $SU(3)$表示 Y I I_3

$$\left|p,\frac{1}{2}\right\rangle\to\psi(A)=\left\langle 0\{8\}\quad 1\quad\frac{1}{2}\quad\frac{1}{2}\left|D^{(20)}(A)\right|0\quad\{8\}\quad 1\quad\frac{1}{2}\quad-\frac{1}{2}\right\rangle$$

$$\left|\Sigma^+,\frac{1}{2}\right\rangle\to\psi(A)=\left\langle 0\{8\}\quad 0\quad 1\quad 1\left|D^{(20)}(A)\right|0\quad\{8\}\quad 1\quad\frac{1}{2}\quad-\frac{1}{2}\right\rangle$$

$$\left|\Lambda_c^+,\frac{1}{2}\right\rangle\to\psi(A)=\left\langle 1\{\bar{3}\}\quad 0\quad 0\quad 0\left|D^{(20)}(A)\right|0\quad\{8\}\quad 1\quad\frac{1}{2}\quad-\frac{1}{2}\right\rangle$$

$$\left|\Xi_{cc}^{++}, \frac{1}{2}\right\rangle \to \phi(A) = \left\langle 2\{3\}-1\ \frac{1}{2}\ \frac{1}{2} \right| D^{(20)}(A) \left| 0 \quad \{8\} \quad 1\ \frac{1}{2}\ -\frac{1}{2}\right\rangle$$

三、$SU(4)$ 味对称群 20_M 表示中重子质量谱的计算

赝标介子的 PCAC 质量公式的味对称质量破缺为[5]：

$$\begin{cases} \mathscr{L}_M = -\Delta \mathrm{Tr}[UM + M^+U^+], \\ 2\Delta = \langle \bar{u}u\rangle = \langle \bar{d}d\rangle = \langle \bar{s}s\rangle = \langle \bar{c}c\rangle = \langle \bar{\phi}_i\phi_i\rangle < 0, \\ M = M^+ = \dfrac{1}{4}(m_u + m_d + m_s + m_c)\lambda_0 + \dfrac{1}{2}(m_u - m_d)\lambda_3 \\ \qquad + \dfrac{1}{\sqrt{3}}\left(\dfrac{m_u + m_d}{2} - m_s\right)\lambda_8 + \dfrac{\sqrt{6}}{4}\left[\dfrac{1}{3}(m_u + m_d + m_s) - m_c\right]\lambda_{15}. \end{cases} \tag{2.1}$$

(2.1)式中 $\mathrm{Tr}[\lambda_0(U + U^+)] = \mathrm{Tr}(U_0 + U_0^+)$ 与 $A(t)$ 无关，故这项对每个重子求平均值时为常数。这样得到了考虑破缺的质量公式：

$$\begin{cases} H = H_0 + \Delta H^{(3)} + \Delta H^{(8)} + \Delta H^{(15)}, \\ \Delta H^{(3)} = \Delta \cdot \dfrac{m_u - m_d}{2}\displaystyle\int d^3x \mathrm{Tr}[\lambda_3(U + U^+)], \\ \Delta H^{(8)} = \dfrac{1}{\sqrt{3}}\Delta\left(\dfrac{m_u + m_d}{2} - m_s\right)\displaystyle\int d^3x \mathrm{Tr}[\lambda_8(U + U^+)], \\ \Delta H^{(15)} = \dfrac{\sqrt{6}}{4}\Delta\left[\dfrac{1}{3}(m_u + m_d + m_s) - m_c\right]\displaystyle\int d^3x \mathrm{Tr}[\lambda_{15}(U + U^+)], \end{cases} \tag{2.2}$$

其中 $\Delta H^{(3)}$、$\Delta H^{(8)}$ 和 $\Delta H^{(15)}$ 分别为 Skyrme 模型中由 I_3、Y 和 C 改变引起的质量分裂。根据(1.3)式和下列关系式[6]：

$$A^{-1}\lambda_\gamma A = \lambda_\beta D_{\beta\gamma}^{(15)}(A^{-1}) \quad D_{\beta\gamma}^{(15)}(A^{-1}) = D_{\gamma\beta}^{*(15)}(A) \tag{2.3}$$

可以得出：

$$\begin{aligned} \Delta H^{(3)} &= -\frac{8\pi}{\sqrt{6}}\Delta(m_u - m_d)\int_0^\infty r^2(1 - \cos F(r))dr[D_{3,15}^{*(15)}(A) + \sqrt{2}D_{3,8}^{*(15)}(A)] \\ &= GD_{3,15}^{*(15)}(A) + HD_{3,8}^{*(15)}(A), \\ \Delta H^{(8)} &= -\frac{16\pi}{3\sqrt{2}}\Delta\left(\frac{m_u + m_d}{2} - m_s\right)\int_0^\infty r^2(1 - \cos F(r))dr[D_{8,15}^{*(15)}(A) \\ &\quad + \sqrt{2}D_{8,8}^{*(15)}(A)] = ED_{8,15}^{*(15)}(A) + FD_{8,8}^{*(15)}(A), \\ \Delta H^{(15)} &= -4\pi\Delta\left[\frac{1}{3}(m_u + m_d + m_s) - m_c\right]\int_0^\infty r^2(1 - \cos F(r))dr[D_{15,15}^{*(15)}(A) \\ &\quad + \sqrt{2}D_{15,8}^{*(15)}(A)] = AD_{15,15}^{*(15)}(A) + BD_{15,8}^{*(15)}(A). \end{aligned} \tag{2.4}$$

这样，20_M 中重子 $|B\alpha\beta)$ 在 $\Delta H^{(3)}$、$\Delta H^{(8)}$、$\Delta H^{(15)}$ 中的平均值为：

$$\begin{aligned} (B,\alpha\beta|\Delta H^{(3)}|B\alpha\beta) &= G\int d\mu(A)D_{\alpha\beta}^{*(20)}(A)D_{3,15}^{*(15)}(A)D_{\alpha\beta}^{(20)}(A) \\ &\quad + H\int d\mu(A)D_{\alpha\beta}^{*(20)}(A)D_{3,8}^{*(15)}(A)D_{\alpha\beta}^{(20)}(A) \end{aligned}$$

$$
\begin{aligned}
(B\alpha\beta|\Delta H^{(8)}|B\alpha\beta) = E\int d\mu(A)D_{\alpha\beta}^{*(20)}(A)D_{8,15}^{*(15)}(A)D_{\alpha\beta}^{(20)}(A) \\
+ F\int d\mu(A)D_{\alpha\beta}^{*(20)}(A)D_{8,8}^{*(15)}(A)D_{\alpha\beta}^{(20)}(A) \\
(B\alpha\beta|\Delta H^{(15)}|B\alpha\beta) = A\int d\mu(A)D_{\alpha\beta}^{*(20)}(A)D_{15,15}^{*(15)}(A)D_{\alpha\beta}^{(20)}(A) \\
+ B\int d\mu(A)D_{\alpha\beta}^{*(20)}(A)D_{15,8}^{*(15)}(A)D_{\alpha\beta}^{(20)}(A)
\end{aligned}
\tag{2.5}
$$

利用 $SU(4)$ 的 C-G 系数展开式和 $D_{\alpha\beta}^{(11)}(A)$ 的正交归一性:

$$
\begin{aligned}
D_{\alpha\beta}^{*(20)}(A)D_{ij}^{*(15)}(A) = \begin{pmatrix} 20 & 15 & 20_1 \\ \alpha & i & \alpha' \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 20 & 15 & 20_1 \\ \beta & j & \beta' \end{pmatrix}D_{\alpha'\beta'}^{*(20)}(A) \\
+ \begin{pmatrix} 20 & 15 & 20_2 \\ \alpha & i & \alpha \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 20 & 15 & 20_2 \\ \beta & j & \beta' \end{pmatrix}D_{\alpha'\beta'}^{*(20)}(A) \\
\int d\mu(A)D_{\alpha'\beta'}^{(20)*}(A)D_{\alpha\beta}^{(20)}(A) = \delta_{\alpha\alpha'}\delta_{\beta\beta'}.
\end{aligned}
\tag{2.6}
$$

得到下列关系式:

$$
\begin{aligned}
&\int d\mu(A)D_{\alpha\beta}^{(20)*}(A)D_{ij}^{*(15)}(A)D_{\alpha\beta}^{(20)}(A) \\
&= \begin{pmatrix} 20 & 15 & 20_1 \\ \alpha & i & \alpha \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 20 & 15 & 20_1 \\ \beta & j & \beta \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 20 & 15 & 20_2 \\ \alpha & i & \alpha \end{pmatrix}\begin{pmatrix} 20 & 15 & 20_2 \\ \beta & j & \beta \end{pmatrix}
\end{aligned}
\tag{2.7}
$$

利用 Baird 和 Biedenharn[9] 对于重子和介子位相选取的约定以及 Rabl 等[10]的 $SU(4)$C-G 系数表中的 $SU(3)$ 和 $SU(2)$ 单态因子，并利用上节得到的 20_M 中 20 个重子的波函数 $|B\alpha\beta)$ 以及公式 (2.5)、(2.7)，分别计算出 $(B\alpha\beta|\Delta H^{(15)}|B\alpha\beta)$ $(B\alpha\beta|\Delta H^{(8)}|B\alpha\beta)$、$(B\alpha\beta|\Delta H^{(3)}|B\alpha\beta)$.

从而得到(2.2)中不考虑 $\Delta H^{(3)}$、只考虑 $H_0, \Delta H^{(8)}, \Delta H^{(15)}$ 的质量公式:

$$
\begin{gathered}
M_N = M_{20} + \frac{\sqrt{2}}{8}B + \frac{\sqrt{2}}{4}E; \quad M_\Lambda = M_{20} + \frac{\sqrt{2}}{8}B + \frac{\sqrt{2}}{16}E; \\
M_\Sigma = M_{20} + \frac{\sqrt{2}}{8}B - \frac{\sqrt{2}}{16}E; \\
M_\Xi = M_{20} + \frac{\sqrt{2}}{8}B - \frac{3\sqrt{2}}{16}E; \quad M_{\Lambda_c} = M_{20} + \frac{3\sqrt{2}}{16}E; \\
M_{\Xi_c A} = M_{20} - \frac{3\sqrt{2}}{32}E; \\
M_{\Xi_c} = M_{20} - \frac{\sqrt{2}}{12}B - \frac{7\sqrt{2}}{144}E; \quad M_{\Xi_c} = M_{20} - \frac{\sqrt{2}}{12}B + \frac{7\sqrt{2}}{288}E; \\
M_{\Omega_c} = M_{20} - \frac{2\sqrt{2}}{12}B - \frac{5\sqrt{2}}{72}E; \\
M_{\Xi_{cc}} = M_{20} - \frac{\sqrt{2}}{6}B + \frac{5\sqrt{2}}{48}E; \quad M_{\Omega_{cc}} = M_{20} - \frac{\sqrt{2}}{6}B - \frac{5\sqrt{2}}{24}E.
\end{gathered}
\tag{2.8}
$$

其中 $M_{20}=(B\alpha\beta|H_0|B\alpha\beta)$ 为 20_M 表示的中心质量．(2.8)式中包含 M_{20}、B、E 等 3 个参量．

由 I_3 改变引起的电磁质量分裂 $(B\alpha\beta|\Delta H^{(3)}|B\alpha\beta)$ 为：

$$(\rho|\Delta H^{(3)}|\mathrm{p})=\frac{1}{8\sqrt{3}}H;\ (\mathrm{n}|\Delta H^{(3)}|\mathrm{n})=-\frac{1}{8\sqrt{3}}H;$$

$$(\Sigma^+|\Delta H^{(3)}|\Sigma^+)=\frac{7}{16\sqrt{3}}H=-(\Sigma^-|\Delta H^{(3)}|\Sigma^-);\ (\Sigma^0|\Delta H^{(3)}|\Sigma^0)=0;$$

$$(\Xi^0|\Delta H^{(3)}|\Xi^0)=\frac{5}{16\sqrt{3}}H=-(\Xi^-|\Delta H^{(3)}|\Xi^-);$$

$$(\Xi_c^{A0}|\Delta H^{(3)}|\Xi_c^{A0})=\frac{9}{32\sqrt{3}}H=-(\Xi_c^{A+}|\Delta H^{(3)}|\Xi_c^{A+});$$

$$(\Sigma_c^{++}|\Delta H^{(3)}|\Sigma_c^{++})=\frac{7}{16\sqrt{3}}H=-(\Sigma_c^0|\Delta H^{(3)}|\Sigma_c^0);\ (\Sigma_c^+|\Delta H^{(3)}|\Sigma_c^+)=0;$$

$$(\Xi_c^+|\Delta H^{(3)}|\Xi_c^+)=\frac{7}{32\sqrt{3}}=-(\Xi_c^0|\Delta H^{(3)}|\Xi_c^0);$$

$$(\Xi_{cc}^{++}|\Delta H^{(3)}|\Xi_{cc}^{++})=-\frac{5}{16\sqrt{3}}H=-(\Xi_{cc}^+|\Delta H^{(3)}|\Xi_{cc}^+). \tag{2.9}$$

(2.9)式中含一个参量 H．

由公式(24)和文献[11]可以得到参量 B、E、H 的表达式：

$$B=-\frac{\sqrt{2}}{2}\pi F_\pi^2\left[m_D^2-\frac{1}{3}(2m_k^2+m_\pi^2)\right]\int_0^\infty r^2(1-\cos F(r))dr$$

$$E=-\frac{2\pi F_\pi^2}{3\sqrt{2}}(m_k^2-m_\pi^2)\int_0^\infty r^2(1-\cos F(r))dr$$

$$H=-\frac{\pi F_\pi^2}{\sqrt{3}}(m_{k^0}^2-m_{k^+}^2)\int_0^\infty r^2(1-\cos F(r))dr \tag{2.10}$$

由文献[3]可知：

$$\int_0^\infty(1-\cos F(r))r^2dr=\frac{49\mathrm{Mev}}{\pi m_\pi^2F_\pi^2} \tag{2.11}$$

将 m_D、m_k、m_π 和 F_π 的实验数据以及(2.11)式代入(2.10)式得到：

$$B=-6104.6\mathrm{MeV};E=-274.36\mathrm{MeV};\ H=-5.72\mathrm{MeV}. \tag{2.12}$$

为了确定参量 M_{21}，首先注意到在 20_M 表示中包含粲数 $c=0,1,2$ 的重子．由于重子的粲数与所含的粲夸克数目相等，而粲夸克的质量远大于 u、d、s 夸克的质量．因此粲数相同的重子的平均质量将随粲数 C 线性增长．这个规则从 15 维表示的 0^- 介子的质量谱实验数据得到支持(对介子而言，由于粲夸克和反粲夸克的质量相等，粲数相同的介子平均质量将随粲数绝对值线性增长)．根据这个规则和已知的重子 (N.Λ.Σ.Ξ) 和粲重子 (Λ_c、Σ_c、Ξ_c^A) 的质量实验数据，用加权平均方法求得：

$$M_{20}=2085.8\ \mathrm{MeV} \tag{2.13}$$

由(2.8)、(2.9)、(2.12)和(2.13)可以得到 20_M 中考虑了 C 和 Y 改变效应的重子质量(表 1)和由 I_3 改变引起的电磁分裂(表 2)

表 1

	计算值 (MeV)	实验值 (MeV)		计算值 (MeV)	实验值 (MeV)
M_N	909.6	938.9	M_{Σ_c}	2824.5	2450
M_Λ	982.4	1115.6	M_{Ξ_c}	2796.2	
M_Σ	1030.9	1193.1	M_{Ω_c}	2832.5	
M_Ξ	1079.4	1318.1	$M_{\Xi_{cc}}$	3484.2	
M_{Λ_c}	2013.0	2282.2	$M_{\Omega_{cc}}$	3605.5	
$M_{\Xi_c^A}$	2122.2	2460			

表 2

	计算值 (MeV)	实验值 (MeV)		计算值 (MeV)	实验值 (MeV)
$M_n - M_p$	0.82	1.29	$M_{\Sigma_c^0} - M_{\Sigma_c^+}$	1.44	
$M_{\Sigma^-} - M_{\Sigma^0}$	1.44	4.88	$M_{\Sigma_c^+} - M_{\Sigma_c^{++}}$	1.44	
$M_{\Sigma^0} - M_{\Sigma^+}$	1.44	3.10	$M_{\Xi_c^0} - M_{\Xi_c^+}$	1.44	
$M_{\Xi^-} - M_{\Xi^0}$	2.06	6.33	$M_{\Xi_{cc}^+} - M_{\Xi_{cc}^{++}}$	−1.66	
$M_{\Xi_c^{0A}} - M_{\Xi_c^{+A}}$	−1.86				

从表 1 可以看出，计算值和现有实验数据在一定程度上符合. 表 2 的计算值和实验数据相比,符号和量级符合,数值偏小. 对于 20_s 表示的重子态,由 $C.Y.I_3$ 改变引起的质量分裂可以采取类似的方法进行计算. 但除需上述参量 $B.E.H$ 外，还需引入 20_s 表示的重子平均质量 M_{20}，来代替 M_{20}. 目前实验上只观测到 20_s 表示中 $c=0$ 的重子. 如进一步观测到 20_s 中 $c \neq 0$ 的重子,就可用此模型算出 20_s 的重子质量谱.

为了对 Skyrme 模型作出进一步的估计，我们用 20_M 中某些重子质量的实验值作为输入,计算介子和粲介子的质量. 由公式(2.8)得到:

$$E = -\frac{8}{\sqrt{2}}(M_\Sigma - M_\Lambda);\ B = \frac{8}{\sqrt{2}}\left(M_N - M_{20} - \frac{\sqrt{2}}{4}E\right) \tag{2.14}$$

由 M_N、M_Λ 和 M_Σ 的实验值及 M_{20} 的值作为输入求出 E、B. 然后利用(2.10)得到:

$$m_K = 4.36\, m_\pi \qquad (\text{实验值为}\ m_K = 3.59\, m_\pi)$$
$$m_D = 13.07\, m_\pi \qquad (\text{实验值为}\ m_D = 13.52\, m_\pi)$$

理论值与实验值比较符合.

四、讨　论

上述的计算结果可以看出,将 Skyrme 模型推广到 $SU(4) \times SU(4)$. 利用赝标介子的 PCAC 质量公式的味对称质量破缺，对 20_M 表示中重子质量的计算是可以在一定程度

上与实验值符合的．与文献[5]的 $SU(3)\times SU(3)$ Skyrme 模型的计算相比，我们未引入夸克修正项，因此只用了 4 个参量，这样就可以直接看出计算结果对于 Skyrme 模型的依赖关系，从而对 Skyrme 模型与实验的符合程度做出准确判断． 本文的计算结果与实验的符合程度不如文献[5]的符合程度好是可以理解的． 因为 $m_c \gg m_u \cdot m_d \cdot m_s$、所以 $SU(4)\times SU(4)$ 手征不变的近似与 $SU(3)\times SU(3)$ 手征不变近似相比质量破缺更大，是一个略差的近似． 目前已有人开始利用 $SU(4)\times SU(4)$ Skyrme 模型讨论带粲数的高自旋重子共振态的性质[12]．看来对此问题进行定量上很精确的计算是比较困难的，本文的讨论是对这方面问题的一个探索和尝试，对于将 Skyrme 模型的拉氏量看作大 N_c、低能极限下 QCD 有效拉氏量这一猜测，提供了一个有意义的根据．

参　考　文　献

[1] T. H. R. Skyrme, *Proc. Roy. Soc.*, **A260** (1961), 127.
[2] G't Hooft, *Nucl. Phys.*, **B72**(1974), 461; **B75**(1974), 461.
E. Witten, *Nucl. Phys.*, **B160** (1979), 57
[3] G. S. Adkins, C. R. Nappi and E. Witten, *Nucl. Phys.*, **B228** (1983), 552;
G. S. Adkins and C. R. Nappi, *Nucl. Phys.*, **B233** (1984), 109.
[4] J. W. Carlson, Reprinted, UCB-PTB-84/26 (Oct. 1984).
[5] E. Guadagnini, *Nucl. Phys.*, **B236** (1984), 35.
[6] M. S. Sriram, H. S. Mani and R. Ramachandran, *Phys. Rev.*, **D30**(1984), 1141.
[7] J. Wess and B. Zumino, *Phys. Lett.*, **37B** (1971), 95.
E. Witten, *Nucl. Phys.*, **B223** (1983), 422.
[8] J. J. Aubert et al., *Phys. Rev. Lett.*, **33**(1974), 1404.
J. E. Augustin et al., *Phys. Rev. Lett.*, **33** (1974), 1406.
[9] G. E. Baird and L. C. Biedenharn, *J. Math. Phys.*, **5**(1964), 1723.
[10] Verenika Rabl et al., *J. Math. Phys.* **16**(1975), 2494.
[11] P. Di. Vecchia, F. Nicodemi, R. Pettorino and G. Venezino, *Nucl. Phys.*, **B181**(1981), 318.
[12] Faheem Hussain and M. S. Sriram, *Phys. Rev. Lett.*, **55** (1985), 1169.

THE STUDY OF BARYON STRUCTURE IN THE SKYRME MODEL

ZENG XIN-CHUAN　　HU SHI-KE
(*Sichuan University*)

ABSTRACT

We generalize the Skyrme model to $SU(4)\times SU(4)$ chiral invariant case. With the flavor symmetry brea king terms of PCAC formula of pseudo scalar meson, we evaluate the mass splitting of the baryons in the representation 20_M of the flavor symmetry group $SU(4)$. The theoretical results agree with the experimental values to a certain extent. We also discuss the results obtained.