

基于 $SU(3)$ 对称性的 27 重态研究^{*}

周启华 马伯强¹⁾

(北京大学物理学院 北京 100871)

摘要 奇特重子属于味 $SU(3)$ 的高维表示, 可以通过研究与其属于同一多重态的非奇特伴子来了解其性质. 本文研究了 PDG 粒子数据表中可能的 27 重态. 通过经典 $SU(3)$ 方法所采用的质量拟合和两体强衰变部分宽度的计算预言出具有不同宇称的两套 27 重态. 质量谱的拟合预言了新的非奇特态 $\Lambda(1780)$, 其他非奇特伴子都能在 PDG 中找到候选者; 衰变宽度的计算结果表明存在近似味 $SU(3)$ 对称性. 进一步分析和对比其他理论模型的研究结果可以支持 27 重态指定的合理性.

关键词 $SU(3)$ 对称性 重子谱 奇特态 强衰变

1 引言

Gell-Mann 和 Ne'eman 所提出的 $SU(3)$ 分类计划已被证明是强子谱研究领域中最显著的成就之一. 利用 $SU(3)$ 对称性, 可以把实验上已知的具有相同自旋宇称的强相互作用粒子按 $SU(3)$ 群的各种不可约表示归类到相应的多重态, 如我们所熟知的 $J^P = 1/2^+$ 的八重态和 $J^P = 3/2^+$ 的十重态. 在某个多重态的完整图像中暂时找不到候选者的粒子则成为理论的预言, 期待以后的实验能够发现. 最显著的佐证就是基态十重态的最后一个成员 $\Omega(1672)$, 它的自旋和宇称没有通过实验测量就已被 $SU(3)$ 的预言给出. $SU(3)$ 同时也允许存在更高的多重态如 $\bar{10}$, 27, 35 等等. 这些多重态必然包含所谓的奇特态粒子, 即在夸克模型中不能用三夸克组态来描述其量子数的粒子, 加上早期的实验很难发现它们的存在, 因此高重态的分类计划很少受到关注. 理论上, Gell-Mann 在他那篇著名的关于夸克模型的论文^[1]中已经提到了多夸克态存在的可能性. 而从强相互作用的基本理论—量子色动力学(QCD)出发, 也不能排除这种可能性. 手征孤立子模型(χ SM)^[2]积极推动了对反十重态的深入研究, 并预言了一个奇异数为一的 Z 粒子, 其量子数不能用三夸克组态来解释. 2003 年, LEPs 实验小组宣布

发现 Θ^+ 粒子^[3], 这个粒子的最小夸克组态为 $uudds$ ^[4], 基本上可认为是前面预言的反十重态的 Z 粒子, 由此推动了一系列研究奇特态粒子的热潮. 更高的多重态如 27 则很早就原子核物理的研究中受到了关注. 文献[5]最早通过对非束缚共振态的实验数据分析, 发现了存在双重子味 $SU(3)$ 27 重态的证据. χ SM 则预言了一个同位旋三重态的 Θ 重子^[6-8], 质量在 1.6GeV 左右, 宽度大约为 80MeV. 夸克模型也预言了 $I(J^P) = 1(3/2^-)$ 的 Θ 粒子, 质量为 1.4—1.6GeV^[9, 10]. 近来 RHIC-STAR 的实验数据分析^[11] 则指出可能存在一个质量大约为 1528MeV 的 Θ^{++} . 这些预言的 Θ 重子应属于 $SU(3)$ 的 27 重态, 可以通过建立完整的 27 重态图像来了解其性质.

迄今为止在已发表的有关奇特态的诸多研究论文中, 绝大多数是基于动力学的模型方法, 为此常常需要引入一些假设和可调参数. 强相互作用的 $SU(3)$ 对称性作为一种普适的与模型无关的方法, 不用引入这些假设和参数也能做出关于重子静态属性的很好的预言. 这是 $SU(3)$ 最大的优点所在, 在一定程度上符合所谓的奥卡姆剃刀法则 (Accam's razor principle), 也即是说如果能在不引入附加假设的情况下可以解决问题的话, 那么最好不要引入这些假设, 否则带来的问题可能会比它所解决的问题更多. 当然, 在需要了解重

2006 - 04 - 13 收稿

* 国家自然科学基金(10421503,10575003,10528510)资助

1) E-mail: mabq@phy.pku.edu.cn

子内部结构的详细信息如形状因子之类时, 动力学的方法就不可或缺了.

本文旨在基于味 $SU(3)$ 对称性, 通过拟合质量谱和计算衰变宽度来检验 PDG^[12] 粒子数据表中可能的 27 重态的候选者. 在夸克模型中, 这些候选粒子通常被归到 $SU(6)$ 的轨道激发的 56 重态. 然而在文献 [7] 中利用 χ SM 也得到了相当好的结果并且不用引入对轨道激发的分析. 这意味可以尝试更一般的模型无关的 $SU(3)$ 对称性分析, 以此来检验 $SU(3)$ 这种在强子谱的研究中已经取得巨大成功^[13, 14] 的方法是否在探寻奇特态新粒子的研究中仍能扮演重要角色. Guzey 和 Polyakov 利用 $SU(3)$ 对称性对 PDG 中可能的八重态和十重态作了总结^[15], 可以看做是对 $SU(3)$ 方法的肯定和文献 [14] 工作的更新. 本文将重点考察可能的自旋为 $3/2$ 的 27 重态, 下面将首先拟合出合理的质量谱以尽量找到最多的候选粒子, 然后再计算候选粒子的宽度对比 PDG 数据进行分析, 最后把分析结果和采用动力学模型所获得的结果进行比较.

2 质量谱

为了得到 27 重态重子的质量, 我们有著名的盖尔曼-大久保(GMO)质量公式

$$M = M_0 + \alpha Y + \beta D_3^2, \quad (1)$$

上式中 M_0 是和给定多重态的表示无关的一个质量参数. 对于给定的 $SU(3)$ 不可约表示 (p, q) , $D_3^2 = I(I+1) - Y^2/4 - C/6$, $C = 2(p+q) + 2(p^2 + pq + q^2)/3$. α 和 β 是两个参数, 和所属的表示有关. 对 27 重态而言这里的 (p, q) 为 $(2, 2)$. 图 1 是 27 重态的权图和其所包含的重子的相应标记. 利用 GMO 公式我们可以得到图中标示的这些重子的质量:

$$\begin{aligned} \Theta_1 &= M_0 + 2\alpha - \frac{5}{3}\beta, & \Delta_{27} &= M_0 + \alpha + \frac{5}{6}\beta, \\ N_{27} &= M_0 + \alpha - \frac{13}{6}\beta, & \Sigma_{27} &= M_0 - \frac{2}{3}\beta, \\ \Lambda_{27} &= M_0 - \frac{8}{3}\beta, & \Xi_{27} &= M_0 - \alpha - \frac{13}{6}\beta, \\ \Sigma_{27,2} &= M_0 + \frac{10}{3}\beta, & \Xi_{27,3/2} &= M_0 - \alpha + \frac{5}{6}\beta, \\ \Omega_{27,1} &= M_0 - 2\alpha - \frac{5}{3}\beta. \end{aligned} \quad (2)$$

从上式可以看出这些质量之间存在着一定的关系, 比如和八重态类似的 GMO 关系

$$2N_{27} + \Xi_{27} = 3\Lambda_{27} + \Sigma_{27}, \quad (3)$$

以及 5 个独立的等质量差关系

$$\begin{aligned} \Theta_1 - \Delta_{27} &= \Delta_{27} - \Sigma_{27,2}, \\ \Sigma_{27,2} - \Xi_{27,3/2} &= \Xi_{27,3/2} - \Omega_{27,1}, \\ \Theta_1 - N_{27} &= N_{27} - \Lambda_{27}, \\ \Lambda_{27} - \Xi_{27} &= \Xi_{27} - \Omega_{27,1}, \\ N_{27} - \Xi_{27} &= \Delta_{27} - \Xi_{27,3/2}. \end{aligned} \quad (4)$$

为了决定质量谱, 需要知道其中 3 个粒子的质量并且要求这 3 个质量不满足关系式 (4), 否则定不出 3 个独立参数 M_0 , α 和 β . 表 1 列出了 PDG 中所有可能为 27 重态成员的候选粒子.

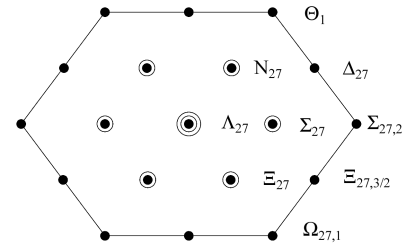


图 1 27 重态的权图和重子标记

表 1 27 重态的重子候选者

J^P	成员	PDG 粒子数据表中可能的候选粒子
$3/2^+$	Δ	$\Delta(1600), \Delta(1920)$
	N	$N(1720), N(1900)$
	Σ	$\Sigma(1840), \Sigma(2080)$
	Λ	$\Lambda(1890)$
$3/2^-$	Δ	$\Delta(1700), \Delta(1940)$
	N	$N(1520), N(1700), N(2080)$
	Σ	$\Sigma(1580), \Sigma(1670), \Sigma(1940)$
	Λ	$\Lambda(1520), \Lambda(1690), \Lambda(2325)$
	Ξ	$\Xi(1820)$
未知	Σ	$\Sigma(1480), \Sigma(1560), \Sigma(1690), \Sigma(2250)$
	Λ	$\Lambda(2000)$
	Ξ	$\Xi(1620), \Xi(1690), \Xi(1950), \Xi(2030), \Xi(2120), \Xi(2250), \Xi(2370), \Xi(2500)$

27 重态可能有两种不同的宇称, 对于自旋宇称为 $J^P = 3/2^+$ 的情况, 从 PDG 的数据中选择下面 3 个信度较高的粒子作为候选: $\Delta(1600)$, $N(1720)$ 和 $\Lambda(1890)$. 而对于自旋宇称为 $J^P = 3/2^-$ 的情况, 选择的 3 个候选粒子则是 $\Delta(1940)$, $N(1720)$ 和 $\Sigma(1940)$. 同时也考虑了其他的候选方案, 但这些方案在 PDG 中找不到更多合适的候选者, 我们认为前面两套候选方案比较起来是最优的. 这两套方案的质量拟合结果如表 1 所示. 现在有了两套 27 重态的重子: 对于自旋宇称为 $J^P = 3/2^+$ 的那套, 所有的非奇特态成员都有它们的候选粒子; 对于自旋宇称为 $J^P = 3/2^-$ 的那套, 我们

预言了一个新的粒子 Λ_{27} , 它的质量为 1780MeV. 这两套方案中所有的奇特态目前都没有候选者.

3 衰变宽度

下面, 将计算 27 重态成员的两体部分衰变宽度来检验前面指定的两套 27 重态是否具有近似味 $SU(3)$ 对称性. 主要计算的是 27 重态衰变到重子八重态和赝标介子八重态的衰变宽度. $SU(3)$ 不变的 27 重态重子衰变到八重态重子和赝标八重态介子的 27-8-8 拉氏量可以通过构造 $SU(3)$ 的单态来得到, 形式如下

$$L = g_{27} \bar{T}_{ij}^{kl} B_k^i M_l^j + \text{H.c.}, \quad (5)$$

上式中 T_{ij}^{kl} 为 27 重态重子的不可约张量表示, B_k^i 和 M_l^j 则分别表示重子八重态和赝标介子八重态. 按照物理态的各项写出的完整的表达式可参见文献 [16]. 对于具体的自旋为 3/2 的 27 重态的某个重子 B' 衰变成一个自旋为 1/2 的八重态的重子 B 和赝标介子 M 的过程:

$$B' \rightarrow B + M, \quad (6)$$

将在 Rarita-Schwinger 形式的框架里面进行计算. 在此框架中, 按照 B' 的宇称分别为正、负的情形, 宇称守恒的相互作用拉氏量可以写做^[17, 18]:

$$\begin{aligned} L_+ &= \frac{g_{B'BM}}{m_\pi} \bar{\psi} \Psi^\mu \partial_\mu \phi + \text{H.c.}, \\ L_- &= i \frac{g_{B'BM}}{m_\pi} \bar{\psi} \gamma_5 \Psi^\mu \partial_\mu \phi + \text{H.c.}, \end{aligned} \quad (7)$$

表 2 27 重态重子的质量和宽度(单位: MeV)

	候选者	PDG 宽度	衰变道	分支比	$\Gamma_i(\text{exp})$	$\Gamma_i(\text{th})$	$\Gamma_i(\text{th})[g_{27}^2]$
$J^P = 3/2^+$							
$\Delta_{27}(1600)$	$\Delta(1600)$	250—450	$N\pi$	10%—25%	25—112.5	129	7158.6
$N_{27}(1720)$	$N(1720)$	100—200	$N\pi$	10%—20%	10—40	10(输入)	555
			$N\eta$	$(4.0 \pm 1.0)\%$	3—10	30.9	1714.2
			ΛK	1%—15%	1—30	10.5	583.4
			ΣK			0.2	10.2
			ΞK				
$\Sigma_{27}(1810)$	$\Sigma(1840)$	120 ± 10	$N\bar{K}$	0.37 ± 0.13	26.4—65	46.5	3580.8
$\Lambda_{27}(1890)$	$\Lambda(1890)$	60—200	$N\bar{K}$	20%—35%	12—70	14	776.4
			$\Sigma\pi$	3%—10%	1.8—20	2.3	127.6
$\Xi_{27}(2020)$	$\Xi(2030)$	20_{-5}^{+15}	$\Lambda\bar{K}$	$\sim 20\%$	3—7	85.9	4769.6
			$\Sigma\bar{K}$	$\sim 80\%$	12—28	7.3	405.8
$\Theta_1(1550)$?	?	NK	?	?	33.2	1840.2
$\Sigma_{27,2}(1650)$?	?	$\Sigma\pi$?	?	164.4	9124.2
$\Xi_{27,3/2}(1900)$?	?	$\Xi\pi$?	?	125.8	6982.4
			$\Sigma\bar{K}$?	?	3.4	190.1
$\Omega_{27,1}(2150)$?	?	$\Xi\bar{K}$?	?	232.9	12923.6
$J^P = 3/2^-$							
$\Delta_{27}(1940)$	$\Delta(1940)$	460 ± 320	$N\pi$	0.18 ± 0.12	8.4—234	136.9	2310.4
			ΣK			9.7	163.4
$N_{27}(1700)$	$N(1700)$	50—150	$N\pi$	5%—15%	2.5—22.5	2.5(输入)	42.2
			$N\eta$	$(0.0 \pm 1.0)\%$	0—1.5	3.7	62.6
			ΛK	<3%	<4.5	0.3	5.4
			ΣK			0.0002	0.004
$\Sigma_{27}(1940)$	$\Sigma(1940)$	150—300	$N\bar{K}$	<20%	<60	20.5	345.2
$\Lambda_{27}(1780)$?	?	$N\bar{K}$?	?	0.3	33.4
			$\Sigma\pi$?	?	0.18	3
$\Xi_{27}(1940)$	$\Xi(1950)$	60 ± 20	$\Lambda\bar{K}$	观察到		9.9	167.6
			$\Sigma\bar{K}$	可能观察到		0.5	9
			$\Xi\pi$	观察到		0.9	15.4
$\Theta_1(1620)$?	?	NK	?	?	48.9	824.6
$\Sigma_{27,2}(2260)$?	?	$\Sigma\pi$?	?	400	6751.8
$\Xi_{27,3/2}(2180)$?	?	$\Xi\pi$?	?	63.8	1177
			$\Sigma\bar{K}$?	?	56.4	951.2
$\Omega_{27,1}(2100)$?	?	$\Xi\bar{K}$?	?	19	320

这里 ψ 为自旋 1/2 的费米场, Ψ^μ 为自旋 3/2 的费米场, ϕ 则为赝标介子场. 耦合常数 $g_{B'BM}$ 和式 (5) 中的统一耦合常数 g_{27} 有关, 也即是和 27-8-8 的 $SU(3)$ CG 系数有关. 引入因子 $1/m_\pi$ 是为了使 $g_{B'BM}$ 不带量纲. 由此, 可以得到衰变宽度公式

$$\Gamma_+(B' \rightarrow BM) = \frac{g_{B'BM}^2}{12\pi m_\pi^2} p^3 \frac{[(m_{B'} + m_B)^2 - m^2]}{m_{B'}^2}, \quad (8)$$

$$\Gamma_-(B' \rightarrow BM) = \frac{g_{B'BM}^2}{3\pi m_\pi^2} p^5 \frac{1}{[(m_{B'} + m_B)^2 - m^2]},$$

上式中 p 为末态赝标介子在质量中心系中的动量, 设 27 重态重子质量为 $m_{B'}$, 八重态重子质量为 m_B , 赝标介子质量为 m , p 可以表示为

$$p = \frac{\sqrt{[(m_{B'} + m_B)^2 - m^2][(m_{B'} - m_B)^2 - m^2]}}{2m_{B'}}. \quad (9)$$

代入相应的数值进行计算, 可以得到用统一耦合常数 g_{27}^2 表达的结果, 如表 2 所示. 为了检验 $SU(3)$ 对称性是否存在, 需要计算表 2 中任意两个部分衰变宽度的比值, 然后和实验数据给出的比值来进行比较. 这里选择 $\Gamma(N_{27} \rightarrow N\pi)$ 的最小实验值作为输入来做检验, 当然也可以选择其他数据作为输入, 只需做类似的计算即可. 这里没有对各种不同的输入做最佳拟合, 其原因是为了和后面将要讨论的经过最佳拟合的八重态做比较. 如果在输入值不做最佳拟合的情况下, 计算结果仍旧可以表明 $SU(3)$ 对称性的存在, 说明所指定的 27 重态更为合理. 文献 [14,15] 给出了对数据做最佳

拟合的 χ^2 最小化统计分析方法, 也就是对统一耦合常数进行最佳调整以便让计算结果尽可能在实验数据允许的范围之内. 这里由于 27 重态的奇特粒子目前都没有候选者, 因此没有采用这种方法. 后面八重态的计算则采用了更为实际的不等式逼近方法.

4 讨论和分析

由于 27 重态和八重态之间存在着相似的 GMO 关系(由式 (3) 可见), N_{27} , Σ_{27} , Λ_{27} 和 Ξ_{27} 也可能组成一个八重态, 需要计算是否有这种可能性. 和前面的计算过程类似, 首先建立 $SU(3)$ 不变的 8-8-8 相互作用拉氏量. 由于八重态存在有两种可能的耦合, 反对称的 f -type 和对称的 d -type 相互作用, 也就是作为标量的拉氏量有两种不同的张量收缩方式, 拉氏量被写为

$$L = g_8(d+f)\bar{P}_i^l B_k^i M_l^k + g_8(d-f)\bar{P}_i^l B_l^i M_k^i + \text{H.c.}, \quad (10)$$

式中 \bar{P}_i^l 表示由 N_{27} , Σ_{27} , Λ_{27} 和 Ξ_{27} 所组成的八重态. B_k^i 和 M_l^k 分别表示已知的重子八重态和赝标介子八重态. 经过和前面类似的计算, 可以得到用耦合常数 g_8 和 f, d 来表示的衰变宽度结果, 如表 3 所示, 同时也列出了经过最佳拟合的结果. 这里采用的拟合方式不同于 χ^2 分析方法, 两两计算各衰变道的比值, 然后根据实验数据范围定出 f/d 的取值范围, 综合考虑这些 f/d 的取值就得到了最佳的拟合结果.

表 3 八重态重子的宽度(单位: MeV)

候选者	PDG 宽度	衰变道	分支比	$\Gamma_i(\text{exp})$	$\Gamma_i(\text{th})$	$\Gamma_i(\text{th})[g_8^2]$	
$J^P = 3/2^+$							
$N_{27}(1720)$	N(1720)	100—200	$N\pi$	10%—20%	10—40	27.4	$4162.6(d+f)^2$
			$N\eta$	$(4.0 \pm 1.0)\%$	3—10	1.8	$158.8(d-3f)^2$
			ΛK	1%—15%	1—30	1.7	$54(d+3f)^2$
			ΣK			0.01	$76.6(d-f)^2$
$\Sigma_{27}(1810)$	$\Sigma(1840)$	120 ± 10	$N\bar{K}$	0.37 ± 0.13	26.4—65	0.4	$3226(d-f)^2$
$\Lambda_{27}(1890)$	$\Lambda(1890)$	60—200	$N\bar{K}$	20%—35%	12—70	13.2	$431.4(d+3f)^2$
			$\Sigma\pi$	3%—10%	1.8—20	3	$2552d^2$
$\Xi_{27}(2020)$	$\Xi(2030)$	20_{-5}^{+15}	$\Lambda\bar{K}$	$\sim 20\%$	3—7	5(输入)	$441.4(d-3f)^2$
			$\Sigma\bar{K}$	$\sim 80\%$	12—28	20(输入)	$3043.6(d+f)^2$
$J^P = 3/2^-$							
$N_{27}(1700)$	N(1700)	50—150	$N\pi$	5%—15%	2.5—22.5	10(输入)	$316.6(d+f)^2$
			$N\eta$	$(0.0 \pm 1.0)\%$	0—1.5	1(输入)	$5.8(d-3f)^2$
			ΛK	$< 3\%$	< 4.5	0.1	$0.6(d+3f)^2$
			ΣK			0.001	$0.04(d-f)^2$
$\Sigma_{27}(1940)$	$\Sigma(1940)$	150—300	$N\bar{K}$	$< 20\%$	< 60	6.1	$431.6(d-f)^2$
$\Lambda_{27}(1780)$?	?	$N\bar{K}$?	?	4	$18(d+3f)^2$
			$\Sigma\pi$?	?	0.1	$60d^2$
$\Xi_{27}(1940)$	$\Xi(1950)$	60 ± 20	$\Lambda\bar{K}$	观察到		2.7	$15.6(d-3f)^2$
			$\Sigma\bar{K}$	可能观察到		15.2	$67.6(d+f)^2$
			$\Xi\pi$	观察到		1.6	$115.6(d-f)^2$

与前面未经最佳拟合的 27 重态的结果相比, 八重态的图像看起来能够拟合出特定粒子的各个部分衰变宽度之间的相对比值大小. 例如, 依实验数据, $\Gamma(N_{27} \rightarrow N\pi)$ 应该比 $\Gamma(N_{27} \rightarrow N\eta)$ 要宽, 27 重态的图像给出的则是相反的结果, χ^2_{SM} ^[7] 给出的也是相反的结果. 但是, 从表 3 可以看出, 八重态的图像给出的某些衰变道被压得过低, 拟合的结果不能给出一个合适的 f/d 比以符合所有的实验数据. 尽管如此, 理论上也很难完全排除掉这个八重态存在的可能性, 需要更多的实验数据来对此作出检验, 尤其是对 $J^P = 3/2^-$ 的那套多重态. 二者综合来看, 27 重态的图像更有吸引力, 因为它能把 $\Delta(1600)$, $\Delta(1940)$ 分别和各自所属的 $J^P = 3/2^+$, $J^P = 3/2^-$ 的其他 27 重态的成员联系起来, 尤其是那些位于 27 重态权图中心的可能组成八重态的那些成员. 所以它比八重态的图像能提供更多的信息, 不光是容纳了奇特态的粒子, 还能把 Δ 粒子和八重态粒子联系起来.

理论上, Θ^{++} 也能被放进更高的多重态如 35 重态^[8]. 然而, 从 $SU(3)$ 群的角度来看, 35 重态的重子衰变到八重态的重子和赝标介子的过程是被禁戒的, 因为 35 不在两个八重态的直乘表示的分解当中 ($8 \otimes 8 = 1 \oplus 8^S \oplus 8^A \oplus 10 \oplus \bar{10} \oplus 27$). 要想这个过程能够发生, 除非它和其他允许有这种衰变道的态之间存在混合. 实际上, 从粒子表来看, 几乎所有可能

的候选粒子都有这种衰变道, 并且这种衰变道还占有不小的分支比, 即使引入混合, 也很难对此作出合理的解释. 因此就 $SU(3)$ 来看, 高于 27 的多重态目前不可能找到候选者. 对于文献 [9—11] 提及的 Θ^{++} , 27 重态是能够容纳它的首选.

5 总结

本文利用味 $SU(3)$ 对称性检验了粒子数据表中可能存在的自旋为 $3/2$ 的 27 重态. 通过计算其候选成员粒子的部分衰变宽度, 可以看到近似的味 $SU(3)$ 对称性, 但仍然期待更多更精确的实验数据来进一步检验这些结果. 对于 $J^P = 3/2^-$ 的 27 重态, 本文预言了一个新的暂时缺失的 $\Lambda(1780)$, 这在 27 重态或是八重态的指定里都允许它的存在. 同时本文给出非奇特态成员 $\Xi(1950)$ 的自旋宇称为 $J^P = 3/2^-$, 和手征孤立子模型预言的宇称正好相反. 在这两套宇称不同的 27 重态里面, 奇特态成员都有着相对较大的宽度, 这使得它们目前很难被实验观测到. 必须提及的是, 由于窄宽度的 $\Theta(1540)$ 的负面实验报道甚多, 有关奇特态的研究陷入了低潮, 但没有理由相信这方面的研究会就此止步, 尤其是在 QCD 从原理上并没有对此作出限制的背景下. 本文取得的结果是模型无关的, 结合动力学方法进行分析将有助于更深入地研究和理解新重子谱.

参考文献(References)

- Gell-Mann M. Phys. Lett., 1964, **B8**: 214
- Manohar A V. Nucl. Phys., 1984, **B248**: 19; Chemtob M. Nucl. Phys., 1985, **B256**: 600; Walliser H. Nucl. Phys., 1992, **A548**: 649; YAN M L, MENG X H. Commun. Theor. Phys., 1995, **24**: 435; Diakonov D, Petrov V, Polyakov M. Z. Phys., 1997, **A359**: 305
- LEPS, Nakano T et al. Phys. Rev. Lett., 2003, **91**: 012002
- GAO H, MA B Q. Mod. Phys. Lett., 1999, **A14**: 2313
- XIE S Q, ZHANG Q R. HEP & NP, 1982, **6**(6): 732—736(in Chinese); XIE S Q, ZHANG Q R. Phys. Lett., 1984, **B143**: 441; XIE S Q. J. Phys., 1989, **G15**: 287 (谢淑琴, 张启仁. 高能物理与核物理, 1982, **6**(6): 732—736)
- Borisyyuk D, Faber M, Kobushkin A. hep-ph/0307370
- WU B, MA B Q. Phys. Rev., 2004, **D69**: 077501
- WU B, MA B Q. Phys. Rev., 2004, **B586**: 62
- Kanada-En'yo Y, Morimatsu O, Nishikawa T. Phys. Rev., 2005, **C71**: 045202
- Nishikawa T, Kanada-En'yo Y, Morimatsu O et al. Phys. Rev., 2005, **D71**: 076004
- HUANG H Z. Int. J. Mod. Phys., 2006, **A21**: 855
- Particle Data Group(Eidelman S et al). Phys. Lett., 2004, **B592**: 1
- de Swart J J. Rev. Mod. Phys., 1963, **35**: 916
- Samlos N P, Goldberg M, Meadows B T. Rev. Mod. Phys., 1974, **46**: 1
- Guzey V, Polyakov M V. hep-ph/0512355
- Oh Y, Kim H. Phys. Rev., 2004, **D70**: 094022
- Rushbrooke J G. Phys. Rev., 1966, **143**: 1345
- Carruthers P. Phys. Rev., 1966, **152**: 1345

Research of $SU(3)$ 27-plet^{*}

ZHOU Qi-Hua MA Bo-Qiang¹⁾

(School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract Exotics belong to high multiplet of $SU(3)$, so one can understand them by researching their non-exotic partners in the same multiplet. Here the possible 27-plet from flavor $SU(3)$ symmetry are investigated. By fitting the mass spectrum and calculating the two-body partial hadronic decay widths of members, two set of 27-plet baryons with different parities are found. For the mass spectrum, all non-exotic members have their candidates in PDG except for a new $\Lambda(1780)$. For the decay widths, the computing results show the approximate flavor $SU(3)$ symmetry. The further analyzing and comparing with the results from other theoretical models can support the rationality of the 27-plet assignment.

Key words $SU(3)$ symmetry, baryon spectroscopy, exotics, hadronic decay

Received 13 April 2006

^{*} Supported by National Natural Science Foundation of China (10421503, 10575003, 10528510)

¹⁾ E-mail: mabq@phy.pku.edu.cn