

$N\bar{\Omega}$ 束缚态问题的研究

余友文, 张宗焯

(中国科学院高能物理研究所, 北京 100039)

摘要: 从夸克-反夸克通过介子场耦合的模型出发研究了 $(N\bar{\Omega})_{LST}$ 是否存在束缚态的问题. 计算表明当考虑了 $u\bar{s}(d\bar{s})$ 湮灭 K^* 为介子的机制后, $(N\bar{\Omega})_{LST}$ 是有可能形成结合能较大的束缚态.

关键词: 夸克模型; 重子-反重子系统; $SU(3)$ 手征场

中图分类号: O572.33 **文献标识码:** A

1 引言

重子-反重子 ($B\bar{B}$) 体系是研究 QCD 非微扰效应和短程相互作用机制的重要场所. 对 $N\bar{N}$ 体系的研究已有几十年的历史, 在 $N\bar{N}$ 散射和 $N\bar{N}$ 湮灭为 2 个和 3 个介子方面已有很多实验和理论的研究工作. 理论上根据强子层次的核力介子交换理论推测 $N\bar{N}$ 有可能存在结合能较大的束缚态, 但在实验上至今尚无确论. 究其原因是在当 $N\bar{N}$ 靠近时有很强的湮灭效应, 这个效应给研究是否存在束缚态带来了很大困难. 但是自 20 世纪 80 年代以来从强子的夸克结构出发来研究 $N\bar{N}$ 湮灭为 2 个和 3 个介子的过程做了大量的研究, 取得了一些很有意义的结果, 这对其它 $B\bar{B}$ 的研究有启发. 在他们的研究中指出有类 $N\bar{N}$ 湮灭到介子的机制: 一是夸克和反夸克对湮灭为真空, 并从真空产生正反夸克对引起 $N\bar{N}$ 湮灭为介子的机制; 二是有胶子作用线参与的湮灭为介子的机制; 三是由 N 和 \bar{N} 的正反夸克重排引起湮灭为介子的机制, 理论对 $N\bar{N}$ 湮灭为介子的实验数据得到了较好的描述, 并指出 3 类机制中第一类机制是 $N\bar{N}$ 湮灭为介子的主要机制. 由于 $N\bar{N}$ 的强湮灭及湮灭机制的复杂性, 所以在理论上很难对 $N\bar{N}$ 束缚态问题给出可信的预言. 我们认为若选择一些独具特点的其它 $B\bar{B}$ 系统来研究, 有利于澄清各种机制的作用和是否存在束缚态的问题. $N\bar{\Omega}$ 体系就是一个很有特色的例子. N 由 3 个 u, d 夸克组成, $\bar{\Omega}$ 由 3 个 \bar{s} 夸克组成, $u\bar{s}$ 和 $d\bar{s}$ 不存在湮灭到真空和从真空中产生 $u\bar{s}$ (或 $d\bar{s}$) 正反夸克对的过程.

$N\bar{N}$ 湮灭中最重要的真空湮灭在 $N\bar{\Omega}$ 中不存在. 同时 $u\bar{s}$ 和 $d\bar{s}$ 也不可能湮灭到胶子, 它只能通过重排湮灭到带有奇异数的介子, 这给考查湮灭中的重排机制提供了一个绝对好的场所. 由于 $N\bar{\Omega}$ 的湮灭中只有在 $N\bar{N}$ 湮灭中次要的重排机制, 因此很可能 $N\bar{\Omega}$ 的湮灭宽度会较小, 有利于测量 $N\bar{\Omega}$ 的束缚态. 同时还可以看到 $N\bar{\Omega}$ 中夸克-反夸克相互作用也很有特色, 它们之间没有单胶子交换而可以通过交换某些介子场发生相互作用, 所以这也是研究手征场耦合的好地方. 本文的目的就是从手征 $SU(3)$ 组分夸克模型来探讨是否有可能存在 $N\bar{\Omega}$ 的束缚态.

2 $(N\bar{\Omega})_{LST}$ 结合能的计算结果和讨论

N 和 $\bar{\Omega}$ 之间的夸克和反夸克的作用势有两类: 一类是两集团之间夸克和反夸克通过场直接相互作用的势称其为直接势, 另一类是夸克和反夸克湮灭为奇异介子后又产生正反夸克对时所产生的相互作用势称其为湮灭势. 文献[1]中, 我们在手征 $SU(3)$ 夸克模型的框架下用处理两个集团的共振群方法求解了总哈密顿量的动力学解. 计算结果表明, 在只考虑标量和赝标场的手征 $SU(3)$ 夸克模型基础上再加入 $SU(3)$ 矢量场 K^* 介子提供的湮灭位后 $(N\bar{\Omega})_{02\frac{1}{2}}$ 态的结合能为 230 MeV, $(N\bar{\Omega})_{01\frac{1}{2}}$ 的结合能为 16 MeV, 而不考虑湮灭势只考虑直接势的计算结果为 $(N\bar{\Omega})_{02\frac{1}{2}}$ 和 $(N\bar{\Omega})_{01\frac{1}{2}}$, 两个态的结合能只有 11 MeV, 这说明了湮灭机制提供了夸克与反夸

克间一个强的吸引势。

由于模型中还存在某些近似, 如何准确确定夸克模型中的耦合常数尚待研究, 理论结果只能是定性的。但是这个计算中可以看到一些值得深入研究的课题: (1) $(N\bar{\Omega})_{02\frac{1}{2}}$ 是否是一个具有较大结合能的束缚态? 将 $N\bar{\Omega}$ 与 $N\bar{N}$ 相比较, 在 $N\bar{N}$ 中最重要真空湮灭及湮灭为胶子的过程在 $N\bar{\Omega}$ 中均不存在, 而只有次要的湮灭为介子的过程存在, 若有束缚态的话, 有可能其寿命较长有利于在实验上去观察。在 $N\bar{\Omega}$ 湮灭到奇异介子道中来测量时, 有可能

具有较窄的宽度。(2) 将 $N\bar{\Omega}$ 与 $\Omega\Omega$ 系统相比较虽然它们都可能是深束缚的束缚态, 缺点是 $N\bar{\Omega}$ 有衰变到介子的强作用过程, 因此其寿命较短, 但是 N 在重离子碰撞中的产生数比 Ω 中的大得多, 同时探测器本身就是一个核子靶, 因此 $N\bar{\Omega}$ 结合的几率将会比 $\Omega\Omega_{0+}$ 大得多。(3) $(N\bar{\Omega})$ 有 3 个奇异介子的湮灭过程, 但也可能有一个奇异介子和一个四夸克团 ($qq\bar{q}\bar{q}$) 的湮灭过程, 在实验上若能观察到从一个源来的这类湮灭过程将是很有意义的。 $N\bar{\Omega}$ 有可能是不同于 $(\Omega\Omega)_{0+}$ 态的另一类多夸克的研究场所。

参 考 文 献:

- [1]. 余友文, 张宗焯, 李强兵. 高能物理与核物理, 2002, 26(10): 1 401.

A Study of $N\bar{\Omega}$ Bound State

YU You-wen, ZHANG Zong-ye

(Institute of High Energy Physics, Chinese Academic of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: The structures of $(N\bar{\Omega})_{LS}$ systems are studied in the $SU(3)$ quark model, in which the coupling between quark-antiquark and the meson fields are included. A resonating group method (RGM) calculation shows that $(N\bar{\Omega})_{02\frac{1}{2}}$ could be a bound state with considerably large binding energy, when the mechanism of $u\bar{s}(d\bar{s})$ annihilation to K^* is considered.

Key words: quark model; baryon-antibaryon system; $SU(3)$ chiral field