

## 快报

# 奇偶波干涉对核子关联的影响

鲍诚光 李先卉  
(中山大学, 广州) (北京大学)

### 摘 要

以 $^{18}\text{O}$ 的一对壳外核子为事例, 研究了奇偶波之间的干涉对于壳外核子对的空间关联的影响。

核子配对现象是核结构中的重要现象, 对这一现象的深入研究是必要的。本文的目的是从更直观的角度去研究一对壳外核子间的关联。为此我们选用 $^{18}\text{O}$ 作为研究对象。

这一系统的波函数可分为 $P$ 空间和 $Q$ 空间两部分:

$$\varphi = \varphi_P + \varphi_Q \quad (1)$$

在 $\varphi_P$ 中两个壳外价核子局限在 $S$ - $D$ 壳内, 其余核子均冻结在核心内。  $Q$ 空间包括所有其他激发方式。由于 $\varphi_Q$ 中包括着激发能量较高的成份, 予期较不重要, 因而我们先假设核子间的关联主要由 $\varphi_P$ 来决定。  $\varphi_P$ 满足定义在 $P$ 空间的薛定谔方程:

$$(H_0 + V_{\text{eff}})\varphi_P = E\varphi_P \quad (2)$$

其中 $V_{\text{eff}}$ 原则上可根据等效相互作用理论<sup>[1]</sup>求得, 但实际上从未得到严格的表达式。为了求得 $\varphi_P$ , 需要知道 $V_{\text{eff}}$ 。一般常用的 $V_{\text{eff}}$ 有来源于 Hamada-Johnson 力的 KUO 力<sup>[2]</sup>和来源于 Reid 软心力的 Vary-Yang(VY) 力<sup>[3]</sup>。

令一对价核子的波函数为

$$\varphi_P = \sum_{\alpha} C_{\alpha}(a_{\alpha}^{\dagger} a_{\alpha}^{\dagger})_0 | \rangle \quad (3)$$

其中 $\alpha$ 为描写单粒子态的量子数。根据 KUO 力和 VY 力计算的 $0^{\dagger}_1$ 态(基态)波函数由表 1 给出。在表中我们同时给出了由唯象相互作用 Chung-Wildenthal(CW) 力及由下面(4)式给出的一个简化的模型(CS)所给出的波函数:

表 1

$\alpha$	$C_{\alpha}$			
	KUO	VY	CW	CS
$D_{5/2}$	.914	.897	.866	.909
$S_{1/2}$	.294	.324	.411	.362
$D_{3/2}$	.280	.301	.283	.206

$$C_a^{[CS]} = (-)^{l_a} \frac{\sqrt{2j_a + 1}}{E_0 - 2\varepsilon_a} \quad (4)$$

其中  $E_0$  取  $-3.9$  (单位 MeV, 下同),  $\varepsilon_a$  为  $\alpha$  态的零级能. (4) 式给出的波函数是适合短程力发挥作用的结 构, 能更有效地把一对核子束缚在一起. 从表 1 可以看出这几种波函数定性上彼此相近. 计算表明, 它们也给出核子行为在定性上的一致, 因此下面我们将仅给出 KUO 力的计算结果.

为了便于研究关联, 我们把坐标系由两核子矢径  $\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2$  变换成  $\mathbf{R}$  与  $\mathbf{S}$ . 其中  $\mathbf{R}$  表示三个尤拉角, 描写由  $\mathbf{r}_1$  和  $\mathbf{r}_2$  组成的三角形的取向;  $\mathbf{S}$  表示三个描写变形的内部自由度  $\xi, \alpha$  和  $\theta_{12}$ :  $\xi \equiv \sqrt{r_1^2 + r_2^2}$ ,  $\tan\alpha \equiv r_1/r_2$ ,  $\theta_{12}$  为  $\mathbf{r}_1$  与  $\mathbf{r}_2$  的夹角. 两组坐标之间有关系式

$$1 = \int |\varphi_0|^2 d\mathbf{r}_1 d\mathbf{r}_2 = \int |\varphi_p|^2 |J| d\mathbf{R} d\mathbf{S} \quad (5)$$

成立, 其中  $|J|$  是来自变量替换的函数行列式,  $d\mathbf{S} = d\xi d\alpha d\theta_{12}$  是无穷小形变.

定义  $\rho_s = |\varphi_p|^2 \cdot |J|$  为形状密度. 它是价核子系统处于特定方位和特定形状下的几率密度. 由于几何结构取决于该系统所具有的最可几的形状, 而内部运动表现为形状的变化, 因而以后我们将通过  $\rho_s$  来萃取关于关联和内部结构, 内部运动的知识.

由于  $O^+$  态是各向同性的, 与取向无关, 故  $\rho_s$  只是  $r_1, r_2$  和  $\theta_{12}$  的函数而与  $\mathbf{R}$  无关. 利用求得的波函数, 我们首先计算出单体密度, 并由此得知  $^{18}\text{O}$  基态的单个价核子距原子核中心的最可几距离是  $3.30\text{fm}$ . 据此我们先把  $\mathbf{r}_1$  固定在  $z$  轴  $3.30\text{fm}$  处 (其位置在图 1 中用“ $\times$ ”号标出). 这时由 KUO 力算出的  $\rho_s$  作为  $\mathbf{r}_2$  的函数在图 1(a) 中给出, 并与纯 ( $d_{5/2} d_{5/2}$ ) 及纯 ( $s_{1/2} s_{1/2}$ ). 组态的情况 (分别在图 1(b) 及 1(c) 中给出) 作了比较.

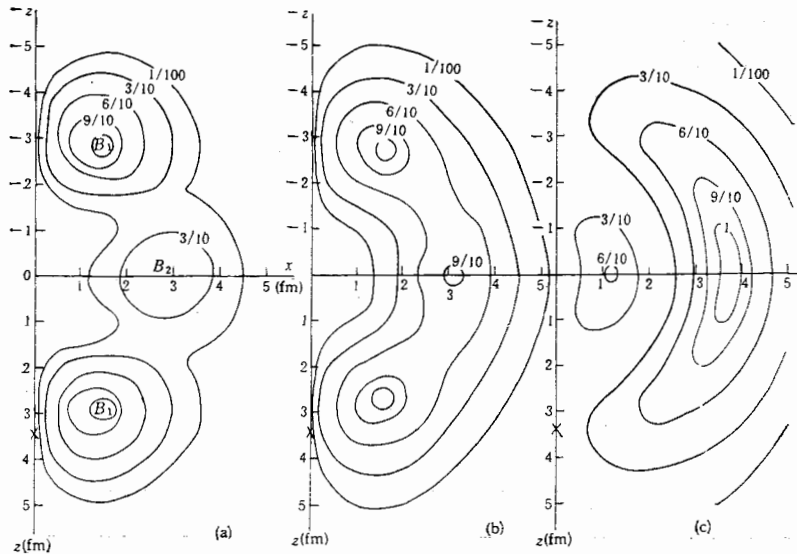


图 1  $+z$  轴取垂直向下的方向. 由于  $\rho_s$  是围绕  $z$  轴对称的,  $z$  轴 (图中的横坐标) 可任意取

我们发现图 1(a) 中存在三个峰, 通过与图 1(b) 及 1(c) 对照不难看出, 这三个峰分别以  $s$  波和  $d$  波为背景, 这说明壳结构对于对关联有重要影响.

表 2

$\alpha$	$D_{5/2}$	$S_{1/2}$	$D_{3/2}$	$F_{7/2}$	$P_{3/2}$	$P_{1/2}$	$F_{5/2}$
$\varepsilon_\alpha$	0.	0.88	5.08	15.0	17.1	18.6	20.1
$C_\alpha^{[c, z]}$	.896	.356	.202	-.119	-.075	-.049	-.079

同时我们发现,图 1(a) 是以  $x$  轴为反射对称的. 这种对称性不是由于物理上的要求而来. 它是由于我们所选择的  $P$  空间仅包括  $L$  为偶数的波 ( $S$ - $D$  波) 而不包括  $L$  为奇数的波,因而没有奇偶波干涉造成的.

为了研究奇  $L$  波的效应,我们把  $P$ - $F$  壳也包括到所考虑的  $P$  空间中. 零级能  $\varepsilon_\alpha$  由表 2 给出. 波函数的系数  $C_\alpha$  由公式(4)算出,亦在表 2 中给出. 计算所得的  $0_1^+$  态的  $\rho_1$  由图 2 给出.

我们发现,虽然图 2 的结果中仍有三峰结构,但已不再以  $x$  轴为对称. 其中  $B_1$  峰比其他两峰高得多,一对核子基本上是互相靠近的,表明它们之间存在强的空间关联. 由  $B_1$  给出的最可几位置是:  $r_1 = r_2 = 3.30\text{fm}$ ,  $\theta_{12} = 28.9^\circ$  (相当于两核子保持  $1.67\text{fm}$  的距离). 在这个例子中,  $P$ - $F$  壳的成份仅占波函数的 2.85%,但对于对关联已产生了明显的影响.

以上研究表明,奇偶波的干涉对于价核子的对关联起着重要的作用,即使奇波的成份在波函数中只占很少的比例,也会产生明显的影响. 如果我们所选择的  $P$  空间只包括偶(或奇)波,将不能正确地描述核子的空间关联. 由于所有同时涉及两个(或多个)核子的物理过程(比如双电荷交换过程),对于核子的空间关联是很敏感的,这时纯偶(奇)分波的  $P$  空间是不够的而必须把奇(偶)分波包括进来.

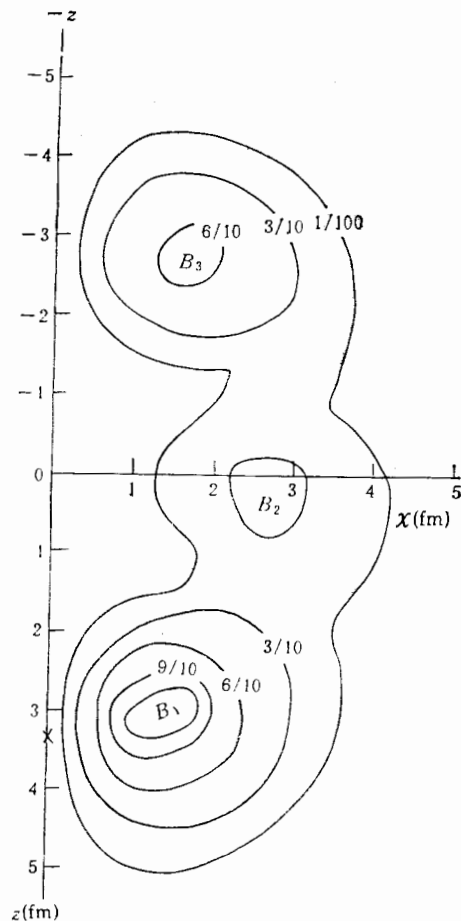


图 2

## 参 考 文 献

- [1] B. H. Brandow, *Rev. Mod. Phys.*, **39** (1967)771.  
K. A. Brueckner, *Phys. Rev.*, **97**(1955)1353.  
M. W. Kirson, "The Structure of Nuclei", IAEA, Vienna, 1972, p.257.
- [2] T. T. S. Kuo, *Nucl. Phys.*, **A103**(1967)71.  
T. T. S. Kuo and G.E.Brown, *Nucl. Phys.*, **A114**(1968)241.

[3] J. P. Vary and S.N. Yang, *Phys. Rev.*, **C15**(1977)1545.

## INFLUENCE OF THE INTERFERENCE OF ODD AND EVEN WAVES ON SPATIAL CORRELATION OF NUCLEON PAIR

BAO CHENGGUANG

(*Zhongshan University, Guangzhou*)

LI XIANHUI

(*Peking University, Beijing*)

### ABSTRACT

The effect of the interference of odd and even waves on the spatial correlation of a pair of valent nucleons has been investigated.