

Pb 核性质和残余相互作用*

顾金南

(中国科学院近代物理研究所 兰州 730000)

1993-10-15 收稿

摘 要

在壳模型的框架中,用 MSDI 和 K-H 相互作用作为中子空穴间的残余相互作用. 计算和讨论了 Pb($A = 204, 205, 206$) 的结构性质;对 MSDI 和 K-H 相互作用的结果作了较全面的比较,比较结果表明,MSDI 也是一种很好的残余相互作用,可以很好地应用于描述铅区核的性质. 另外,还讨论了直接从实验值来检验和判定两体矩阵元的方法.

关键词 壳模型,表面 δ 相互作用 (SDI), 两体矩阵元 (TBME), 双幻核.

1 引 言

Pb 同位素核是 $Z = 82$ 的单幻数核,实验或理论核物理学家都对这些核很感兴趣^[1,2].最近,我国又合成了新核素 ^{202}Pt 和 ^{208}Hg ^[3]. 这两个核都有很长的寿命, ^{202}Pt 的寿命比 ^{200}Pt 的还长, ^{208}Hg 的寿命比 ^{206}Hg 的还长,为什么? 这也促使我们系统地研究这些核的性质. 本文首先对 ^{204}Pb 、 ^{205}Pb 、 ^{206}Pb 进行研究,其它将另文发表.

^{208}Pb 是最重的一个稳定的双幻核. 与轻核相比较,可以认为 ^{208}Pb 是一个很好的双幻核芯 (core), 预期壳模型理论^[4]描述铅区核的性质是特别合适的. 但是残余相互作用却不太清楚. 本文下一节简单介绍壳模型和两种残余相互作用: K-H 相互作用^[5]和 MSDI^[6]. 第3节是对 Pb($A = 204, 205, 206$) 核的计算结果,与实验值相比较,以判定两种相互作用之优劣. 对于2个中子空穴 ^{206}Pb 这样的核,可以直接从实验的能级能量来确定 TBME 的值. 进而可判定理论上算出的部分的 TBME 的好坏. 最后一节为小结.

2 残余相互作用

在壳模型^[4]的框架中,其 Schrödinger 方程为

$$H\psi = E\psi, \quad (1)$$

* 中国科学院“八五”重大课题基金和所长基金资助.

$$H = \sum_{k=1}^A [T(k) + U(k)] + \left[\sum_{kl} W(kl) - \sum_{k=1}^A U(k) \right] \\ = H_0 + H_1. \quad (2)$$

Hamiltonian 可以分为两部分, H_0 决定单粒子运动, $U(k)$ 就是所谓的平均场; H_1 为核子-核子或价核子-价核子之间的残余相互作用。

在二次量子化表象中, Hamiltonian 变为如下形式

$$H = H_{\text{core}} + \sum_i \epsilon_i a_i^\dagger a_i + \sum_{\substack{i,j,k,l \\ i \geq j=1}} V_{ijkl} a_i^\dagger a_j^\dagger a_l a_k, \quad (3)$$

在我们所讨论的情况下, H_{core} 就是 ^{208}Pb . 第二项中 ϵ_i 是单粒子能量 (SPE), 这里是 82—126 大壳, SPE 都是实验定出的 SPE. V_{ijkl} 表示矩阵元, 如用表面 δ 相互作用 (SDI), 其矩阵元的表示式如 (5) 式所示. SDI 是一种简单而又极其有用的残余相互作用. 其表示式^[6]为

$$V^{\text{SDI}}(1,2) = -4\pi A_T \delta(\mathbf{r}(1) - \mathbf{r}(2)) \delta(\mathbf{r}(1) - R_0), \quad (4)$$

$\mathbf{r}(1)$ 和 $\mathbf{r}(2)$ 是相互作用粒子的位置矢量, R_0 是核半径. 在单粒子壳模型中, 为简化起见, 用 j_i 标记完备量子数 n_i, l_i, j_i, α_i . 可以推导出两体矩阵元 (TBME)^[6].

$$\langle j_a j_b | V^{\text{SDI}}(1,2) | j_c j_d \rangle_{JT} = (-)^{n_a + n_b + n_c + n_d} \frac{A_T}{2(2J+1)} \\ \times \sqrt{\frac{(2j_a+1)(2j_b+1)(2j_c+1)(2j_d+1)}{(1+\delta_{ab})(1+\delta_{cd})}} \\ \times \left\{ (-)^{j_b + i_d + l_b + l_d} \left\langle j_b - \frac{1}{2} j_a \frac{1}{2} \middle| J0 \right\rangle \left\langle j_d - \frac{1}{2} j_c \frac{1}{2} \middle| J0 \right\rangle \right. \\ \times \left[1 - (-)^{l_a + l_b + J + T} \right] - \left\langle j_b \frac{1}{2} j_a \frac{1}{2} \middle| J1 \right\rangle \\ \left. \times \left\langle j_d \frac{1}{2} j_c \frac{1}{2} \middle| J1 \right\rangle [1 + (-)^T] \right\}, \quad (5)$$

这里

$$A_T = A_T C(R_0). \quad (6)$$

$C(R_0)$ 是径向矩阵元部分. 从上式(5)可见, 对 $T=1$ 的 2 个中子空穴情况,

$$\langle j_a j_b | V^{\text{SDI}}(1,2) | j_c j_d \rangle_{JT} = \begin{cases} 0, & l_a + l_b + J = \text{odd} \\ \text{不为 0.} & l_a + l_b + J = \text{even.} \end{cases} \quad (7)$$

对于前一种情况, 就导致 $3^+, 5^+ \dots$ 和 $6^-, 4^- \dots$ 等态的单态, 即单一组态. 因为非对角的 TBME 为零, 所以完全没有混合. 但从轻核看来, 为了符合实验的结合能值, 必须再引进参数.

$$V^{\text{MSDI}}(1,2) = V^{\text{SDI}}(1,2) + B'(\boldsymbol{\tau}(1) \cdot \boldsymbol{\tau}(2)) + D', \quad (8)$$

显然

$$\langle \boldsymbol{\tau}(1) \cdot \boldsymbol{\tau}(2) \rangle = 2T(T+1) - 3. \quad (9)$$

于是, 我们引进参数 B_T ,

$$B_T = \begin{cases} -3B' + D', & T = 0 \\ B' + D', & T = 1 \end{cases} \quad (10)$$

因为这里是两个中子空穴的 TBME, 只是两个参数: A_1 和 B_1 . 从(8)式可见, 修正的表面 δ 相互作用中的 B', D' 项都是对角项中的常数项. 文献[6]中已经表明, 如果不顾及结合能, 这个参数可以为零, 只要适当的调节 SPE. 我们这里用的实验上的 SPE, 所以 B_1 值取 0.109.

另一种相互作用: K-H(Kuo-Herling) 相互作用^[5], 是从自由核子-核子势出发, 用反演矩阵技术推导出来的“现实”的相互作用, 这里作为有效的残余相互作用而用于描述铅区核的性质. 其两体矩阵元

$$\text{TBME} = \text{bareME} + 1p\text{-}1h \text{ core polarization} + \dots, \quad (11)$$

第二项以后的项略去, 即可获得很好的结果, 而这中间并不包含可调参数. 后面的计算, 在第二项前乘以 0.70 因子^[7], 这样计算结果最好.

3 计算结果和分析比较

本文计算所用的程序是大基 (large-basis) 壳模型程序 OXBASH^[4]. SPE 为实验值, 见表 3. 用 MSDI 和 K-H 两种残余相互作用计算了 Pb 同位素核 ($A = 204, 205, 206$) 的结构性质, 包括低位能级, 约化跃迁几率 $B(M1), B(E2)$ 和 $B(G-T)$ 等.

首先, 讨论基态结合能 B , 计算结果和实验值列于表 1. 可以看到, MSDI 的结果符合实验值, 而 K-H 相互作用的结果偏离稍大. 调节 MSDI 中的 B_1 , 可以获得满意的结果. B_1 的最佳值为 0.109, 下面从 $1^+, 3^+\dots$ 和 $4^-, 6^-\dots$ 态定出的 B_1 是与此相一致的. K-H 相互作用的结果偏离实验值稍大, 文献[7]中已经作了讨论. 如引进成对因子 n , 令 $\Delta B = B^{th} - B^{exp}$, 有 $\Delta B/n = 0.141(^{204}\text{Pb}), 0.143(^{205}\text{Pb}), 0.12(^{206}\text{Pb})$. 平均值为 0.134, 比文献[7]中的结果稍大. 所以 $\Delta B/n$ 对不同核大致为常数.

表 1 Pb 同位素基态结合能

	^{204}Pb	^{205}Pb	^{206}Pb	^{207}Pb
MSDI	28.945	22.241	14.140	7.380
H-K	28.080	21.765	13.986	7.380
exp ^[8]	28.926	22.194	14.106	7.367

对于低位态的结果, 逐个核进行讨论. 对于 ^{206}Pb ^[9], 表 2 中列出了部分低位态的理论的能级能量. 其 $J^\pi = 0^+, 2^+, 4^+\dots$ 态, 两种相互作用的计算结果都与实验值同样好地符合. 表 2 中列出的 $4^+, 4^+$ 态, 尚需考虑, 可能为 $3.483\text{MeV}(4^+)\dots$. 这要由进一步的实验来判别. 而其 $J^\pi = 1^+, 3^+\dots$ 和 $4^-, 6^-\dots$ 态, 如前所述, MSDI 的非对角项为零, 因而

$$\begin{cases} E(J_i) = \sum \epsilon_j(i) + V_{j_1 j_2, j_1 j_2}(i), & (12) \\ V_{j_1 j_2, j_1 j_2} = 0.109. & (13) \end{cases}$$

这里的对角 TBME 值也就是 B_1 值, 与 j_1, j_2 无关. 可以看到, 在非对角项为零的情况

表 2 ^{206}Pb 部分低位能级的比较

J^π	exp	MSDI	H-K	注 (exp)
2 ⁺	0.803	0.801	0.812	
	1.466	1.505	1.441	
	1.784	1.794	1.783	
	2.147	2.143	2.159	
	2.423	2.451	2.409	
4 ⁺	1.684	1.705	1.714	
	1.997	1.996	1.973	
	2.928	2.882	2.929	
	3.453	3.496	3.542	3.483(4 ⁺)
	3.636	3.782	3.771	3.778, 3.795(?)
	3.963	3.972	3.986	
1 ⁺	1.703	1.619	1.703	
	2.196	2.189	2.235	
	(2.235)			(1 ⁺)(2,3,4 ⁺)
3 ⁺	1.340	1.299	1.332	
	2.196	2.189	2.196	(3 ⁺)
	3.120	3.069	3.103	
	3.989	3.959	3.982	(3 ⁺)
5 ⁻	2.782	2.797	2.777	
	3.016	3.044	3.023	
	4.530	4.540	4.541	
6 ⁻	2.384	2.359	2.384	
	2.939	2.929	2.941	
	3.225	3.249	3.227	6 ⁻ , 7 ⁻
7 ⁻	2.200	2.178	2.198	
	2.864	2.841	2.868	

下, 1⁺, 3⁺... 和 6⁻... 态的符合仍是很好的, 与实验值的差小于 100keV。不过, H-K 相互作用的结果更好, 可以说与实验值完全符合。至于 1₂⁺ 态, 实验上有 2 条 2.196MeV (1⁺, 2, 3, 4⁺) 和 2.235MeV ($J^\pi = ?$)。我们估计: 2.235MeV 正是 1₂⁺ 态, 2.196MeV 为 3₂⁺ 态, 如果有电磁跃迁的实验值, 立即可以判别。从波函数来看, 虽然 MSDI 的非对角项为零, 但两种相互作用计算所得的本征矢几乎是一样的。例如前面所说的 3₂⁺ 态 H-K 相互作用的结果为 99.95% |(p_{1/2}⁻ ⊗ f_{7/2}⁻), 3⁺), 其它组态只占 0.05%; 例如 3.225MeV 的 6⁻ 态, |(p_{5/2}⁻ ⊗ i_{13/2}⁻), 6⁻) 组态为 99.58%。可以推论, 两种相互作用所计算的波函数的一致, 必然导致其约化跃迁几率 $B(M1), B(E2)$... 等相同或相近。

如上所述, 对于 MSDI, 非对角项的 TBME 为零((12)式), 就导致同一 J^π 态之间完全没有混合, 也导致相同粒子态(而 J 不同)完全简并。如表 2 的 2.189MeV 态为 |(p_{3/2}⁻ ⊗ f_{5/2}⁻), J^π), $J^\pi = 1^+, 3^+$ 两个态是简并的。如是 K-H 相互作用, 简并消除了, 2.189MeV 成为 2.196MeV (3⁺) 和 2.235MeV (1⁺) 两个态。这样, 也更符合实验值了。

反过来, 可以由 $J^\pi = 1^+, 3^+$... 和 4⁻, 6⁻... 这些态的实验值 $E(J_i)$ 来确定对角的两

表3 ^{205}Pb 的 $J^\pi = \frac{5}{2}^-$ 的前面5个态的比较

[NO]	H-K %	MSDI %	1, 2, 3, 4, 5, 6
态 2	0.811MeV	0.71MeV	
[1]	3.83	4.81	0, 0, 1, 0, 0, 2,
[1]	0.06	0.02	0, 0, 0, 1, 0, 2,
[3]	0.05	0.01	1, 0, 1, 1, 0, 0,
[1]	0.75	0.73	2, 0, 1, 0, 0, 0,
[3]	1.58	1.30	0, 1, 1, 1, 0, 0,
[1]	1.85	1.24	0, 2, 1, 0, 0, 0,
[1]	0.23	0.80	1, 0, 2, 0, 0, 0,
[1]	1.13	1.74	0, 0, 0, 0, 1, 2,
[3]	0.71	1.55	1, 0, 1, 0, 1, 0,
[1]	0.29	0.10	0, 1, 2, 0, 0, 0,
[3]	1.48	0.47	0, 1, 1, 0, 1, 0,
[3]	1.39	1.80	0, 1, 0, 1, 1, 0,
[1]	0.16	0.19	2, 0, 0, 0, 1, 0,
[1]	1.07	1.00	0, 0, 2, 1, 0, 0,
[3]	19.85	15.35	0, 0, 1, 1, 1, 0,
[1]	0.32	0.33	0, 2, 0, 0, 1, 0,
[1]	0.14	0.05	0, 1, 0, 2, 0, 0,
[1]	2.03	3.93	0, 0, 1, 2, 0, 0,
[1]	38.66	39.17	0, 0, 2, 0, 1, 0,
[1]	21.83	21.04	0, 0, 3, 0, 0, 0,
[1]	2.45	3.33	0, 0, 1, 0, 2, 0,
[1]	0.07	1.00	0, 0, 0, 2, 1, 0,
态 5	1.610MeV	1.594MeV	
[1]	0.59	0.64	0, 0, 1, 0, 0, 2,
[1]	0.10	0.12	0, 0, 0, 1, 0, 2,
[3]	0.06	0.54	0, 1, 1, 1, 0, 0,
[1]	0.14	0.12	0, 2, 1, 0, 0, 0,
[1]	0.15	0.49	1, 0, 2, 0, 0, 0,
[1]	0.79	0.09	0, 0, 0, 0, 1, 2,
[3]	0.07	0.01	1, 0, 1, 0, 1, 0,
[1]	0.12	0.03	0, 1, 2, 0, 0, 0,
[3]	0.73	0.15	0, 1, 1, 0, 1, 0,
[3]	0.37	0.06	0, 1, 0, 1, 1, 0,
[1]	10.64	7.94	0, 0, 2, 1, 0, 0,
[3]	40.39	61.65	0, 0, 1, 1, 1, 0,
[1]	0.08	0.01	0, 2, 0, 0, 1, 0,
[1]	0.08	0.18	0, 1, 0, 2, 0, 0,
[1]	2.93	1.37	0, 0, 1, 2, 0, 0,
[1]	14.33	21.04	0, 0, 2, 0, 1, 0,
[1]	1.32	0.11	0, 0, 3, 0, 0, 0,
[1]	0.98	0.57	0, 0, 1, 0, 2, 0,
[1]	25.54	4.64	0, 0, 0, 2, 1, 0,

续表 3

态	E (能级能量)	每一个 j 能级上的平均粒子数					
		SPO: $N1h_{3/2}$	$N2f_{7/2}$	$N2f_{5/2}$	$N3p_{3/2}$	$N3p_{1/2}$	$N1i_{13/2}$
		SPE: 10.850	9.720	7.950	8.270	7.380	9.010
1 H-K	0.000	0.031	0.071	1.181	0.279	1.318	0.119
2	0.811	0.029	0.093	1.806	0.285	0.687	0.101
3	1.135	0.014	0.052	0.836	1.200	0.857	0.040
4	1.291	0.022	0.063	1.935	0.093	0.762	0.124
5	1.610	0.005	0.023	1.008	1.092	0.843	0.030
1 MSDI	0.000	0.041	0.064	1.224	0.144	1.342	0.185
2	0.710	0.043	0.069	1.780	0.294	0.683	0.131
3	1.064	0.036	0.055	0.770	1.265	0.791	0.082
4	1.254	0.019	0.034	1.777	0.257	0.817	0.096
5	1.594	0.008	0.013	1.246	0.828	0.888	0.017

(1) 第 1 列为不配对的核子数 [NO], 第 2,3 列为 K-H 和 MSDI 下该组态的占据几率(%), 第 4 列 1,2,3,4,5,6 代表单粒子轨道(表下部第二项, SPO) 表下部第三项为所选的 SPE 值.

(2) 本表为节省篇幅起见,把占据几率小于 0.05 的数据都去掉了.

体矩阵元,或判别这些 TBME 正确与否,进而确定 B_1 和 SPE. 这对 MSDI 可以这样做,对 K-H 相互作用也可以近似地这样做,因为由 K-H 相互作用所算出的非对角的 TBME 很小,所导致的混合也很小的缘故.

关于 $^{205}\text{Pb}^{(9)}$, 两种相互作用的理论计算结果都符合现有的实验值. 这里不想作全面的分析,只是对 $J^\pi = 5/2^-$ 的态讨论一下. 表 3 列出了 $J^\pi = \frac{5^-}{2}$ 的前面五个态的能级

和该能级中每条 j 轨道上的平均粒子数. 可以看到,态 5 差别大些,所以在表 3 中又列出了两种相互作用所计算出的波函数,即态 2 和态 5 的波函数,以之比较,态 2 基本相近,态 5 的波函数差别大些. 因而可以说,离基态稍远的某些激发态,虽然能级能量的理论值相近,但其波函数差别较大,将导致电磁跃迁等不同,这需要实验上给出这些态的电磁跃迁数据,才能作进一步的比较.

关于 $^{204}\text{Pb}^{(9)}$, 图 1 列出了 $J^\pi = 0^+, 2^+, 7^-, 9^-$ 态的 $E(J_i) < 4\text{MeV}$ 的能级. C 表示实验值, B 表示 MSDI, A 表示 K-H 相互作用的计算结果. 这里特别列出 $7^-, 9^-$ 态是因为 9_1^- 态是同质异能态, A 组数据是正确的,但 B 组数据 $E(7_1^-) = 2.269\text{MeV}$, 低于 $E(9_1^-) = 2.272\text{MeV}$, 在 MSDI 中 9_1^- 不是同质异能态了. 这极其灵敏地反映了这两种残余相互作用之结果的差异.

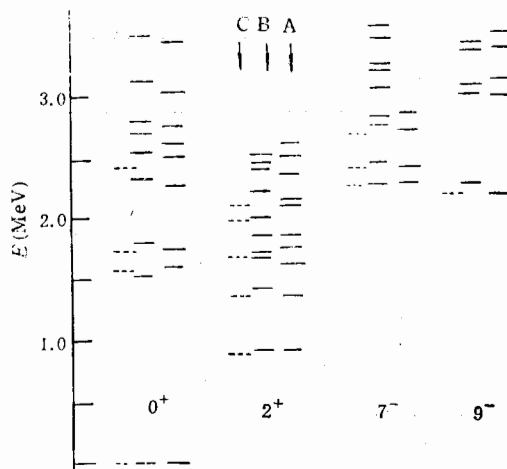
图 1 ^{204}Pb 的 $J^\pi = 0^+, 2^+, 7^-, 9^-$ 态

表4 ^{204}Pb 的 $J^\pi = 7^-$ 的2个态的比较

[NO]	MSDI %	K-H %	1, 2, 3, 4, 5, 6
态3	2.750MeV	2.709MeV	
[2]	4.59	0.23	0, 0, 0, 1, 0, 3,
[2]	9.51	2.64	0, 0, 2, 1, 0, 1,
[4]	1.57	21.18	0, 0, 1, 1, 1, 1,
[2]	0.95	2.64	0, 0, 1, 2, 0, 1,
[2]	15.07	46.87	0, 0, 2, 0, 1, 1,
[2]	4.17	9.34	0, 0, 3, 0, 0, 1,
[2]	0.35	3.88	0, 0, 0, 2, 1, 1,
[2]	4.09	0.26	0, 0, 1, 0, 2, 1,
[2]	49.92	2.37	0, 0, 0, 1, 2, 1,
[2]	2.20	0.54	0, 0, 0, 3, 0, 1,
态4	2.834MeV	2.856MeV	
[4]	2.16	0.29	0, 1, 1, 1, 0, 1,
[2]	0.39	1.18	2, 0, 0, 1, 0, 1,
[2]	1.35	0.09	0, 0, 1, 0, 0, 3,
[2]	1.16	0.01	1, 0, 2, 0, 0, 1,
[2]	0.55	2.72	0, 2, 0, 1, 0, 1,
[2]	1.61	4.15	0, 0, 0, 1, 0, 3,
[2]	9.47	16.10	0, 0, 2, 1, 0, 1,
[4]	25.23	9.92	0, 0, 1, 1, 1, 1,
[2]	2.11	1.27	0, 0, 1, 2, 0, 1,
[2]	30.80	2.24	0, 0, 2, 0, 1, 1,
[2]	8.37	0.25	0, 0, 3, 0, 0, 1,
[2]	3.55	3.08	0, 0, 0, 2, 1, 1,
[2]	8.32	49.30	0, 0, 0, 1, 2, 1,
[2]	0.08	5.74	0, 0, 0, 3, 0, 1,

态	E (能级能量)	每一个 j 能级上的平均粒子数					
		SPO: $N1h_{9/2}$	$N2f_{7/2}$	$N2f_{5/2}$	$N3p_{3/2}$	$N3p_{1/2}$	$N1i_{13/2}$
		SPE: 10.850	9.720	7.950	8.270	7.380	9.010
MSDI							
3	2.750	0.037	0.062	0.718	0.788	1.278	1.117
4	2.834	0.037	0.064	1.427	0.604	0.794	1.074
K-H							
3	2.709	0.022	0.076	1.590	0.453	0.811	1.048
4	2.856	0.029	0.086	0.514	1.103	1.180	1.089

(1) 同于表3.

(2) 本表中把 MSDI 和 K-H 两者的占据几率都 ≤ 1 的删去了.

从图上可见, B、A组数据都符合实验值 C. 但比起 ^{206}Pb 和 ^{205}Pb 来, “符合”没有那么好. 某些能级的 $E(J)$ 值相近, 但波函数却差别甚大. 在 $J^\pi = 0^+, 2^+, 7^-, 9^-$ 的前5个态中, 这样的态有 $0_2^+, 7_3^-, 7_4^-$ 3个态. 表4列出了 $7_3^-, 7_4^-$ 的结果.

4 讨论和小结

(1) 两种相互作用的结果都能很好地符合实验低位能级, K-H 相互作用的结果更好一些。但随着中子空穴数的增加,“符合”就变差了。其相应能级的波函数,对于 ^{206}Pb 的 $J^\pi = 1^+, 3^+\cdots$ 和 $4^-6^-\cdots$ 态,可以说是一样的,或基本相同的;对于 ^{205}Pb 的某些态,如 $J^\pi = \frac{5^-}{2}$ 的态 5,差别较大;而对于 ^{204}Pb 的某些态(见表 4),则两者的波函数差别甚大。

但这些态尚无电磁跃迁方面的实验数据,难以作进一步的比较。对于电磁跃迁,计算了基态附近的 $B(M1), B(E2)$ 等,由于这些态的波函数是相近的,所计算的电磁矩和约化跃迁几率也相近。

由于“符合”很好,从理论上可以给出较精确的能级位置,及其 J^π 值,而这些能级实验上还没有测定或测定了还没有 J^π 值。反过来,从已知能级可以判定 MSDI 中的参数和所选用的 SPE 值。

(2) 在大基壳模型的框架中,分析和比较了用 OXBASH 程序计算的两种残余相互作用的结果。“结果”都好,但有所差异。因为这两种残余相互作用来源不同,所得到的 TBME 不同,当然,“结果”就有所差异。对于前二者,“来源”和 TBME 之异同,限于篇幅,另文讨论。令人惊奇的是,MSDI 是一种简单的唯象残余相互作用,只用 2 个可调参数,可以有如此好的结果。

(3) 这种大基壳模型计算无疑有很多优点,但它受组态空间维数不能太大的限制。所以当中子空穴数增加时,计算就难以进行,计算 ^{203}Pb 就要 cpu 时间很长,计算 ^{202}Pb 就不可能了,因为 $J^\pi = 0^+$ 态的矩阵维数是 2411, 2^+ 态的矩阵维数就是 6539。要计算这类核,必须采用某种近似。同样,要考虑粒子空穴 (p-h) 激发,在计算上也是很困难的。特别是象 ^{204}Pb 这样的核,要考虑 p-h 激发是不可能的,除非采用某些近似。在本文所研究的这几个核中,预期 $E(J) < 2\text{MeV}$ 的态, p-h 激发的影响不会大,加上考虑 p-h 激发的困难,本文没有考虑 p-h 激发的影响问题。

参 考 文 献

- [1] N.A.F.M. Poppelier, P.W.M. Glaudemans, *Z. Phys., A: Atomic Nuclei*, **329**(1985)275; E.K. Warburton, B.A. Brown, *Phys. Rev.*, **C43**(1991)602.
- [2] E.K. Warburton, *Phys. Rev. Lett.*, **66**(1991)1823; P. Grabmayr, et al., *J. Phys., G: Nucl. Part. Phys.*, **18**(1992)1753.
- [3] Zhang Li, Yuan Shuanggui, et al., *Nucl. Phys.*, **A553**(1993)489c; A. Shi, et al., *Z. Phys., A Hadrons and Nucl.*, **16**(1992)767.
- [4] B.A. Brown, et al., MSUCL-715(1990).
- [5] T.T.S. Kuo, G.H. Herling, U.S. Naval Research Laboratory Report No 2258, 1971 (unpublished); T.T. S. Kuo, G.E. Brown, *Nucl. Phys.*, **85**(1966)40.
- [6] P.J. Brussaard, P.W.M. Glaudemans, Shell model application in nuclear spectroscopy, Amsterdam: North-Holland 1977.
- [7] J.B. McGrory, T.T.S. Kuo, *Nucl. Phys.*, **A247**(1975)283.
- [8] A.H. Wapstra, G. Audi, *Nucl. Phys.*, **A432**(1983)55.
- [9] M.R. Schmorak, *Nuclear Data Sheets*, **50**(1987)719; *Nuclear Data Sheets*, **45**(1985)145; R.G. Helmer, M.A. Lee, *Nuclear Data Sheets*, **61**(1990)93.

Structure of Pb Isotopes and Residual Interaction

Gu Jinnan

(*Institute of Modern Physics, The Chinese Academy of Sciences Lanzhou 730000*)

Received 15 October 1993

Abstract

In the framework of shell model the structure properties of Pb nuclei ($A = 204, 205, 206$) are calculated and studied using MSDI and Kuo-Herling interaction as a residual interaction between the neutron holes. Overall comparison of the calculation results for MSDI and Kuo-Herling interaction shows that MSDI works well too in describing the properties of nuclei in Pb region. In addition the method for judging the TBME from experimental data is also discussed.

Key words shell model, surface delta interaction, two body matrix element, doubly magic nuclei.