

用 $I(I+1)$ 展开式分析超形变带*

周先荣 徐辅新

(安徽大学物理系 合肥 230039)

摘要 用 Bohr-Mottelson $I(I+1)$ 展开四参数转动谱公式系统分析了 $A \sim 190$ 、 150 区的超形变转动带。结果表明:四参数 ABCD 公式能够相当好地描述上述两个区的超形变带,若干核第二类转动惯量 $J^{(2)}$ 的理论计算值与实验提取值符合较好; $A \sim 190$ 区超形变带的四参数数值关系并不支持 Harris 公式及 ab 公式的理论预期值,但相对而言,ab 公式的理论预期值与实验提取值更为接近。

关键词 $I(I+1)$ 展开 超形变带 自旋指定 第二类转动惯量

1 引言

超形变带是近年来核结构领域最热门的前沿课题之一。迄今为止,在 $A \sim 80$ 、 130 、 150 以及 190 等质量区,已经观测到 200 多条超形变带。绝大多数自旋值尚未从实验上观测出。因此,从理论上探讨超形变带的自旋指定问题,对进一步了解超形变带的性质是很有意义的。目前,已经提出各种自旋指定方案^[1-6]。这些方案的共同之处是都建立在正常形变带能谱相应公式的基础上,并且都具有跃迁能量对自旋值的敏感性^[7]。

根据对称性(轴对称)分析,Bohr-Mottelson 指出^[8],当 I 不太大时,转动能可以展开为 $I(I+1)$ 的幂级数,对 $K=0$ 的带

$$E(I) = AI(I+1) + B[I(I+1)]^2 + C[I(I+1)]^3 + D[I(I+1)]^4 + \dots, \quad (1)$$

若 $K \neq 0$,只需将上式中的 $I(I+1)$ 用 $I(I+1) - K^2$ 代替即可,系统分析表明^[9],上述公式能够相当好地描述正常变形核的大量转动谱($K=1/2$ 带除外),而且收敛性也很令人满意,Becker 等用三参数 ABC 公式研究超形变带,结果表明,其收敛性有待于进一步改进^[1]。

Harris 提出用 ω^2 展开代替 $I(I+1)$ 展开^[10]

$$E(\omega) = \alpha\omega^2 + \beta\omega^4 + \gamma\omega^6 + \delta\omega^8 \quad (2)$$

其中, ω 为绕 X 轴转动的角频率,则

1998-07-20收稿

* 安徽省自然科学基金和省教委基金资助项目

$$\hbar\omega = \frac{dE}{dI_x}, \quad I_x = \sqrt{(I + 1/2)^2 - K^2}$$

Bohr 与 Mottelson 曾指出^[8], Harris 两参数公式

$$E(\omega) = \alpha\omega^2 + \beta\omega^4 \quad (3)$$

就能很满意地描述正常形变核的转动谱, 如果 Harris 两参数公式成立, 则由 (1) 式和 (3) 式, 可得出下列关系式^[8]

$$C/A = 4(B/A)^2, \quad (D/A) = 24(B/A)^3$$

或 $C/4(B^2/A) = 1, \quad D/24(B^3/A^2) = 1.$ (4)
即 (1) 式中的展开系数只有两个是独立的. 70 年代的实验数据分析好象支持上述关系.

1984 年, 吴崇试和曾谨言根据 Bohr 哈密顿量, 假设原子核的非轴对称度不大, 提出了一个封闭的两参数公式 (*ab* 公式)^[11]

$$E(I) = a[\sqrt{1 + bI(I+1)} - 1], \quad (5)$$

系统分析表明, 公式 (5) 可以相当好地描述稀土区和铜系区等正常形变核的大量转动谱. 1989 年, 我们将 (5) 式按 $I(I+1)$ 展开, 很容易得到^[9]

$$C/4(B^2/A) = 1/2, \quad D/24(B^3/A^2) = 5/24, \quad (6)$$

从而四参数 A, B, C 和 D 之间的关系为^[9]

$$C/4(B^2/A) - D/24(B^3/A^2) = 7/24, \quad (7)$$

稀土区和铜系区的大量转动谱数据分析都支持 (6) 式和 (7) 式的关系^[9].

文献 [12] 中, 胡佐贤和曾谨言在假定自旋 I 已知的基础上, 采用三参数 $I(I+1)$ 展开式去拟合 $A \sim 190$ 区的超形变带, 得出最佳参数 A, B 和 C 的值, 然后提取比值

$$R_1 = AC/4B^2. \quad (8)$$

系统分析表明, 对 190 区的超形变带, R_1 值接近于 *ab* 公式预期值 ($R_1 = 1/2$), 而系统偏离 Harris 公式的预期值 ($R_1 = 1$)^[12].

本文用 $I(I+1)$ 展开的四参数公式分析超形变带, 对 $A \sim 190, 150$ 区的超形变带进行了自旋指定, 并按照文献 [9] 的方法, 计算了 A, B, C 和 D 之间的数值关系. 最后对 $A \sim 190$ 和 150 区超形变核的 $J^{(2)}$ 进行了分析.

2 计算方法

目前, 实验上观测到的超形变转动带只是 γ 射线的能量 E_γ , 将 (1) 式应用于超形变带

$$E_\gamma(I) = E(I) - E(I-2) = \\ A[I(I+1) - (I-2)(I-1)] + B[I^2(I+1)^2 - (I-2)^2(I-1)^2] +$$

$$C[I^3(I+1)^3 - (I-2)^3(I-1)^3] + D[I^4(I+1)^4 - (I-2)^4(I-1)^4]. \quad (9)$$

利用(9)式,可以非常方便地用线性最小二乘法对超形变带进行自旋指定.

对 $A \sim 190$ 区的超形变带进行自旋指定的同时,计算出了 A, B, C 和 D 的值,根据已得到的(7)式,系统分析了四参数关系.

由(1)式,很容易得到 $J^{(2)}$ 随 I 变化的函数关系式

$$\begin{aligned} \frac{1}{J^{(2)}(I)} &= \frac{d^2 E}{dI_x^2} / \hbar^2 = \\ &= \frac{1}{\hbar^2} \{2A + 2B[I^2 + 4I(I+1) + (I+1)^2] + \\ &+ 2C[3I(I+1)^3 + 9I^2(I+1)^2 + 3I^3(I+1)] + \\ &+ 4D[3I^2(I+1)^4 + 8I^3(I+1)^3 + 3I^4(I+1)^2]\}, \end{aligned} \quad (10)$$

$J^{(2)}$ 也可以从实验测得的 γ 射线能量 E_γ 来提取

$$J^{(2)}(I) = 4\hbar^2 / \Delta E_\gamma(I) = 4\hbar^2 / [E_\gamma(I+2) - E_\gamma(I)], \quad (11)$$

从而可以对比分析分别由(10)式和(11)式提取的第二类转动惯量 $J^{(2)}$.

3 结果与分析

3.1 自旋指定

根据(9)式,用线性最小二乘法对 $A \sim 190, 150$ 区的超形变带进行了自旋指定,部分结果列于表 1、表 2 和表 3 中,其中相对误差 σ 定义为

$$\sigma = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{E_\gamma^{\text{cal}}(I_i) - E_\gamma^{\text{exp}}(I_i)}{E_\gamma^{\text{exp}}(I_i)} \right|^2 \right]^{1/2}, \quad (12)$$

系统分析表明,四参数 ABCD 公式能够相当好地描述 $A \sim 190$ 区的超形变带,而且收敛性也相当令人满意,对 150 区的超形变带,虽然用四参数公式拟合 γ 谱的结果比较好,但是除少数几个超形变带外,大部分收敛性较差.这可能是由于其自旋比较大 ($I > 22$)^[13], γ 射线能量 E_γ 对自旋值敏感性较差.

3.2 四参数关系

在进行自旋指定的同时,系统计算了 $A \sim 190$ 区超形变带的四参数 A, B, C 和 D 的值,然后提取比值

$$R_3 = AC/4B^2 - A^2D/24B^3, \quad (13)$$

所得结果见图 1,胡佐贤和曾谨言指出^[2] $R_1 = AC/4B^2$ 接近于 ab 公式的预期值 ($R_1 = 1/2$),而系统偏离 Harris 公式的预期值 ($R_1 = 1$). 本文的系统分析发现,对于 $R_2 = A^2D/24B^3$, Harris 公式的预期值 ($R_2 = 1$) 与实验提取值存在较大的系统偏差,从而导致了四参数关系

表1 ^{194}Hg 和 ^{192}Tl 的 γ 射线能量 E_γ 的实验值(Exp.)与计算值(Cal.)

$^{194}\text{Hg}(2)$			$^{192}\text{Tl}(A)$		$^{194}\text{Hg}(3)$			$^{192}\text{Tl}(D)$	
自旋 I	$E_\gamma (I+2 \rightarrow I)$		$E_\gamma (I+2 \rightarrow I)$		自旋 I	$E_\gamma (I+2 \rightarrow I)$		$E_\gamma (I+2 \rightarrow I)$	
指定值	Exp. ^[14]	Cal.	Exp. ^[15]	Cal.	指定值	Exp. ^[14]	Cal.	Exp. ^[15]	Cal.
10	200.79(6)	200.91			11			213.4(3)	213.8
12	242.25(6)	242.29			13	262.27(6)	261.96	253.7(2)	253.7
14	283.14(6)	283.17			15	302.68(6)	302.46	293.3(2)	293.2
16	323.45(6)	323.47	283.0(2)	283.1	17	342.50(6)	342.37	332.2(2)	332.3
18	363.12(6)	363.12	320.8(2)	321.0	19	381.68(6)	381.61	371.0(2)	370.9
20	402.05(6)	402.07	359.0(2)	359.2	21	420.08(6)	420.14	409.3(2)	409.0
22	440.31(6)	440.26	397.8(2)	397.8	23	457.79(6)	457.92	446.4(2)	446.4
24	477.68(6)	477.65	437.1(2)	436.7	25	494.77(6)	494.91	483.6(2)	483.4
26	514.23(6)	514.22	476.1(2)	475.8	27	531.01(6)	531.10	519.9(2)	519.8
28	549.93(6)	549.94	515.2(2)	515.1	29	566.26(6)	566.46	555.4(2)	555.6
30	584.82(6)	584.81	554.4(2)	554.3	31	600.92(6)	601.01	591.2(3)	590.9
32	618.96(6)	618.83	593.0(2)	593.4	33	634.60(11)	634.76	625.2(3)	625.6
34	652.03(6)	652.04	632.0(3)	632.2	35	667.84(7)	667.75	659.7(3)	659.9
36	684.57(7)	684.46	670.4(4)	670.4	37	700.11(6)	700.03	693.8(4)	693.7
38	716.20(6)	716.17	707.9(8)	707.7	39	731.70(17)	731.66	727.3(8)	727.2
40	746.89(19)	747.21			41	762.77(6)	762.73		
42	777.73(6)	777.70			43	793.51(6)	793.34		
44	807.76(8)	807.74			45	823.65(13)	823.63		
46	837.48(7)	837.47			47	853.85(12)	853.73		
48	867.08(24)	867.04			49	883.60(22)	883.82		
	$A=5.331$		$A=4.485$			$A=5.312$		$A=5.130$	
	$B=-2.437$		$B=1.859$			$B=-2.378$		$B=-1.822$	
	$C=2.173$		$C=-4.875$			$C=2.182$		$C=2.004$	
	$D=-4.806$		$D=-58.423$			$D=11.24$		$D=-47.510$	
	$\sigma=0.0002$		$\sigma=0.0005$			$\sigma=0.0004$		$\sigma=0.0006$	

注: B($\times 10^{-4}$), C($\times 10^{-8}$), D($\times 10^{-16}$)

$R_3 = AC/4B^2 - A^2D/24B^3$ 与 Harris 公式的预期值($R_3 = 0$)发生了系统的偏离. 这说明 Harris 公式应用于超形变带存在一定的局限性. ab 公式的预期值($R_2 = 5/24$)与实验提取值虽然也有系统偏差,但两者比较接近,因此 ab 公式的预期值($R_3 = 7/24 \approx 0.29$)也相对接近实验提取值,从图 1 中可以很清楚地看到这一点.

3.3 第二类转动惯量 $J^{(2)}$

图 2 和图 3 中给出了根据 $A=150$ 区 ^{150}Tb , ^{152}Dy 和 $A=190$ 区 ^{193}Pb , ^{194}Hg , ^{195}Hg $J^{(2)}$ 的理论计算值和实验提取值画出的曲线,从图中可以看出,这两种方法得到的 $J^{(2)}$ 值非常接近. 这也从另一方面说明了 $I(I+1)$ 展开四参数公式能够比较好地描述 $A=190$ 区和 150 区的超形变带.

表2 ^{193}Pb 和 ^{195}Hg 的 γ 射线能量 E_γ 的实验值(Exp.)与计算值(Cal.)

$^{193}\text{Pb}(3)$			$^{195}\text{Hg}(a)$		$^{193}\text{Pb}(4)$			$^{195}\text{Hg}(b)$	
自旋I 指定值	$E_\gamma (I+2 \rightarrow I)$		$E_\gamma (I+2 \rightarrow I)$		自旋I 指定值	$E_\gamma (I+2 \rightarrow I)$		$E_\gamma (I+2 \rightarrow I)$	
	Exp. ^[16]	Cal.	Exp. ^[17]	Cal.		Exp. ^[16]	Cal.	Exp. ^[17]	Cal.
25/2	250.6(5)	250.7			27/2	273.0(7)	273.0	273.9(2)	273.9
29/2	291.5(3)	291.5	(294)	293.9	31/2	313.7(6)	313.3	314.2(1)	314.1
33/2	332.0(3)	331.9	333.9(1)	333.8	35/2	352.9(3)	352.9	353.5(1)	353.6
37/2	371.8(3)	371.9	372.8(3)	372.8	39/2	391.6(5)	391.8	392.2(1)	392.2
41/2	411.2(4)	411.3	411.2(3)	411.0	43/2	429.8(4)	429.9	429.9(1)	430.0
45/2	450.4(4)	450.2	448.4(1)	448.3	47/2	466.9(4)	467.3	466.9(1)	466.8
49/2	488.8(4)	488.6	484.7(1)	484.6	51/2	503.7(5)	503.9	502.8(1)	502.6
53/2	526.5(5)	526.4	519.8(1)	520.0	55/2	539.9(6)	539.7	537.6(1)	537.5
57/2	563.1(5)	563.6	554.0(1)	554.4	59/2	575.0(5)	574.7	571.3(1)	571.4
61/2	600.1(5)	600.3	587.5(2)	587.8	63/2	609.1(5)	609.2	604.2(1)	604.4
65/2	636.6(6)	636.5	620.3(3)	620.4	67/2	643.0(6)	643.0	636.2(4)	636.5
69/2	672.7(6)	672.2	652.2(3)	652.1	71/2	676.4(6)	676.3	668.1(2)	667.8
73/2	707.3(6)	707.5	683.2(2)	683.1	75/2	709.3(6)	709.4	698.1(2)	698.3
77/2			714.2(3)	713.5	79/5			728.3(2)	728.2
81/2			743.2(8)	743.4	83/2			757.8(2)	757.7
85/2			772.8(4)	772.9	87/2			787.2(3)	786.9
89/2			802.2(9)	802.3	91/2			815.8(9)	815.9
					95/2			845.0(9)	845.1
	$A=5.273$		$A=5.364$			$A=5.340$		$A=5.366$	
	$B=-1.758$		$B=-3.023$			$B=-2.753$		$B=-3.006$	
	$C=1.911$		$C=3.244$			$C=3.684$		$C=3.124$	
	$D=1.956$		$D=19.962$			$D=45.990$		$D=7.741$	
	$\sigma=0.0004$		$\sigma=0.0004$			$\sigma=0.0005$		$\sigma=0.0003$	

注: $B(\times 10^{-4})$, $C(\times 10^{-8})$, $D(\times 10^{-16})$

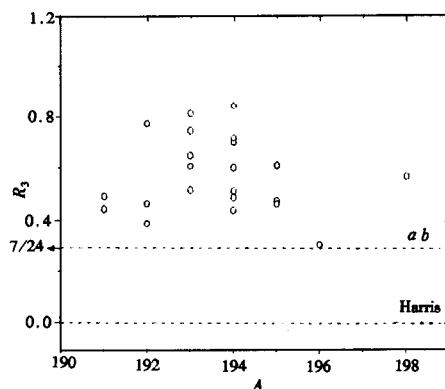
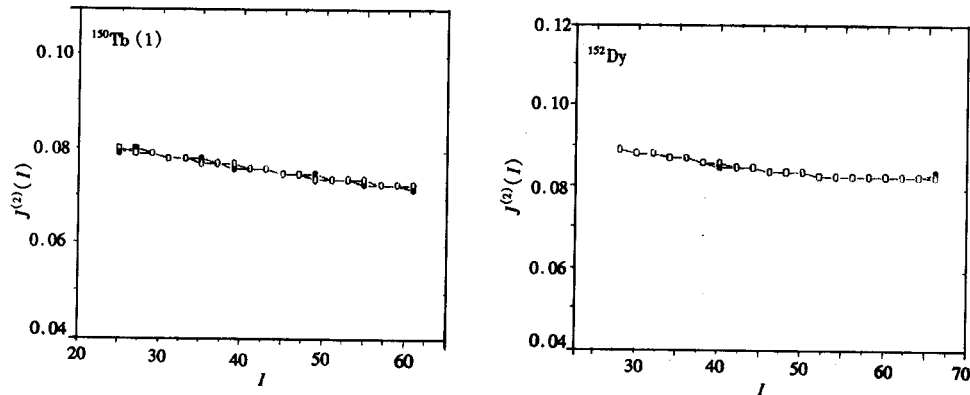


图1 A—190区超形变转动带的 R_3 比值 $R_3 = \frac{AC}{4B^2} - \frac{A^2D}{24B^3}$, A, B, C和D是 $I(I+1)$ 展开的系数

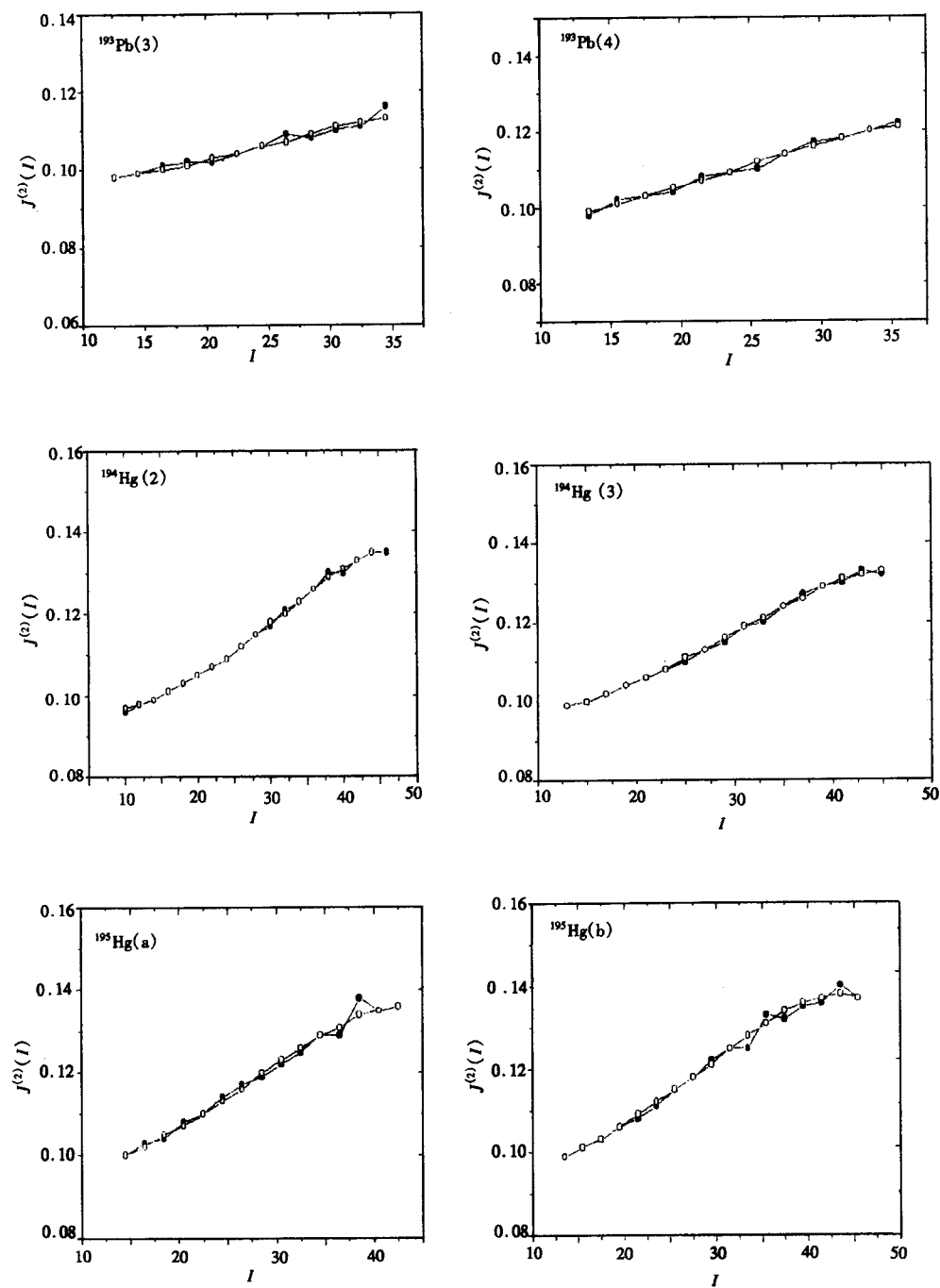
按Harris公式, $R_3=0$; 按ab公式 $R_3=7/24$.

表3 ^{152}Dy , ^{154}Dy 和 ^{150}Tb 的 γ 射线能量 E_γ 的实验值(Exp.)与计算值(Cal.)

自旋I 指定值	^{152}Dy		^{154}Dy		自旋I 指定值	$^{150}\text{Tb}(1)$		$^{150}\text{Tb}(2)$	
	$E_\gamma(I+2 \rightarrow I)$ Exp. ^[18]	Cal.	Exp. ^[18]	Cal.		$E_\gamma(I+2 \rightarrow I)$ Exp. ^[19]	Cal.	Exp. ^[19]	Cal.
28	602.4(1)	602.0			25	596.8(2)	597.2	662.5(2)	662.2
30	647.5(1)	647.1			27	647.4(1)	647.3	716.1(2)	716.1
32	692.7(1)	692.5	701.7(10)	701.9	29	697.7(1)	697.6	769.7(3)	769.9
34	738.1(1)	738.1	749.0(3)	747.9	31	748.2(1)	748.3	823.5(3)	823.6
36	784.0(1)	784.1	794.4(2)	794.2	33	799.2(1)	799.3	877.3(3)	877.3
38	829.9(1)	830.3	840.6(2)	840.7	35	850.5(1)	850.6	930.5(2)	930.8
40	876.4(1)	876.7	887.4(2)	887.4	37	902.1(1)	902.3	983.7(2)	984.2
42	923.2(1)	923.4	933.5(2)	934.3	39	954.1(1)	954.2	1037.9(2)	1037.4
44	970.2(1)	970.4	981.1(1)	981.3	41	1006.9(1)	1006.5	1090.8(3)	1090.4
46	1017.4(1)	1017.6	1028.2(2)	1028.6	43	1059.6(1)	1059.1	1143.1(3)	1143.2
48	1064.9(1)	1065.0	1075.8(2)	1076.0	45	1112.4(1)	1112.0	1196.1(3)	1195.8
50	1112.7(1)	1112.6	1123.8(2)	1123.5	47	1165.5(1)	1165.2	1247.6(4)	1248.0
52	1160.5(1)	1160.4	1171.1(2)	1171.2	49	1218.8(1)	1218.7	1299.7(4)	1230.0
54	1208.6(1)	1208.4	1218.7(2)	1218.9	51	1272.3(1)	1272.5	1351.4(6)	1351.5
56	1256.6(1)	1256.5	1266.7(2)	1266.6	53	1326.4(2)	1326.5	1403.3(8)	1402.6
58	1304.8(1)	1304.7	1315.1(2)	1314.4	55	1380.3(2)	1380.7	1453.0(11)	1453.3
60	1352.9(1)	1352.9	1361.9(3)	1362.1	57	1434.9(2)	1435.1		
62	1401.3(1)	1401.2	1410.2(5)	1409.7	59	1489.4(3)	1489.6		
64	1449.6(2)	1449.5	1457.5(6)	1457.2	61	1544.1(7)	1544.3		
66	1497.8(3)	1497.7	1503.7(7)	1504.4	63	1599.6(10)	1599.0		
68	1545.6(5)	1545.8							
	$A=5.389$		$A=5.474$			$A=6.014$		$A=6.762$	
	$B=0.586$		$B=0.537$			$B=0.692$		$B=-0.014$	
	$C=-0.318$		$C=-0.350$			$C=-0.346$		$C=-0.329$	
	$D=0.958$		$D=1.588$			$D=-2.140$		$D=0.823$	
	$\sigma=0.0003$		$\sigma=0.0005$			$\sigma=0.0003$		$\sigma=0.0003$	

注: $B(\times 10^{-4})$, $C(\times 10^{-8})$, $D(\times 10^{-16})$ 图2 $A=150$ 区的 ^{150}Tb , ^{152}Dy 的第二类转动惯量 $J^{(2)}$ 随角动量 I 的变化

—●—exp; —○—cal.

图3 A—190区的 ^{193}Pb , ^{194}Hg , ^{195}Hg 的第二类转动惯量 $J^{(2)}$ 随角动量 I 的变化

—●—exp —○—cal.

4 结论

利用 Bohr-Mottelson 的四参数转动谱公式,通过拟合实验上观测的 γ 射线跃迁能量 E_γ ,系统分析了 $A=190$ 和 150 区的超形变带,进行了自旋指定,进而系统计算了 190 区超形变带的四参数数值关系,给出了 $J^{(2)}$ 随 I 变化的函数关系式,从计算和分析的结果可得出以下结论:

(1) 四参数 ABCD 公式能够相当好地描述 190 区的超形变带,而且收敛性也非常令人满意. 对 150 区的超形变带,虽然用四参数公式拟合 γ 谱的结果比较好,但收敛性较差.

(2) 通过自旋指定,进而系统计算出的 190 区超形变带四参数数值关系 $R_3 = AC/4B^2 - A^2D/24B^3$,与 Harris 公式和 ab 公式的理论预期值都存在系统偏离,但相对而言 ab 公式对 R_3 的理论预期值与实验提取值更为接近. 这说明 Harris 公式和 ab 公式应用于超形变带都存在不同程度的局限性.

(3) 四参数公式给出的 $J^{(2)}$ 值,与从实验上观测的 E_γ 所提取的 $J^{(2)}$ 值非常接近. 这也从另一方面说明了 $I(I+1)$ 展开四参数公式能够比较好地描述 $A=190$ 区和 150 区的超形变带.

参 考 文 献

- 1 Becker J A, Henry E A, Kuhnert A et al. Phys. Rev., 1992, C46:889
- 2 Draper J.E, Stephens F S, Deleplanque M A et al. Phys. Rev., 1990, C42:R1791
- 3 Zeng J Y, Meng J, Wu C S et al. Phys. Rev., 1991, C44:R1745
- 4 Wu C S, Zeng J Y, Xing Z et al. Phys. Rev., 1992, C45:261
- 5 Xu F R, Zheng C K. High Energy Phys. and Nucl. Phys. (in Chinese), 1996, 20:554
(许甫荣,郑春开,高能物理与核物理,1996,20:554)
- 6 Liu Yu-xin, Song Jian-gang, Sun Hong-zhou et al. Phys. Rev., 1997, C56:1370
- 7 Wu C S. High Energy Phys. and Nucl. Phys. (in Chinese), 1998, 22:48; 1998, 22:71
(吴崇试. 高能物理与核物理, 1998, 22:48; 1998, 22:71)
- 8 Bohr A, Mottelson B R. Nuclear Structure, Vol II, New York, 1975
- 9 Xu F X, Wu C S, Zeng J Y. Phys. Rev., 1989, C40:2337
- 10 Harris S M. Phys. Rev. Lett., 1964, 13:663; Harris S M. Phys. Rev., 1965, 138:B509
- 11 Wu C S, Zeng J Y. High Energy Phys. and Nucl. Phys. (in Chinese), 1984, 8:219; 1984, 8:445; 1985, 9:77; 1985, 9:214
(吴崇试,曾谨言. 高能物理与核物理,1984,8:219; 1984, 8:445; 1985, 9:77; 1985, 9:214)
- 12 Hu Z X, Zeng J Y. High Energy Phys. and Nucl. Phys. (in Chinese), 1998, 5:446
(胡佐贤,曾谨言. 高能物理与核物理, 1998, 5:446)
- 13 Zeng J Y. High Energy Phys. and Nucl. Phys. (in Chinese), 1993, 17:78
(曾谨言,高能物理与核物理, 1993, 17:78)
- 14 Krü cken et al. Phys. Rev., 1996, C54:2109
- 15 Fisher S M et al. Phys. Rev., 1996, C53:2126
- 16 Hackman G et al. Phys. Rev., 1997, C55:148

- 17 Ducroux L, Astier A, Duffait R et al. Phys. Rev., 1996, C53:2701
18 Han X L, Wu C L. At. Data Nucl. Data Tables, 1996, 63:117
19 Fallon P, Beausang C W, Aszlaros S et al. Phys. Rev., 1995, C52:93

Analysis on Superdeformed Bands by Using $I(I+1)$ Expansion *

Zhou Xianrong Xu Fuxin

(Department of Physics, Anhui University, Hefei 230039)

Abstract The superdeformed bands in the $A=190$ and 150 regions are systematically analyzed using four-parameter rotational spectra formula of Bohr-Mottelson's $I(I+1)$ expansion. The result shows that the superdeformed bands in the $A=190$ and 150 regions can be described very well with four-parameter ABCD-formula. The theoretical values of $J^{(2)}$ of most of nuclei accord with the experimental extracted values. The four-parameter value relation doesn't support the theoretical expected values of ab and Harris formula, but comparatively the theoretical expected value of ab formula agrees with the experimental extracted values better than that of Harris formula.

Key words $I(I+1)$ expansion, superdeformed band, spin assignment, $J^{(2)}$

Received 20 July 1998

* Project supported by Natural Science Foundation of Anhui Province and Provincial Education Committee Foundation