

## Hg 和 Pb 超变形带的精确计算\*

雷奕安 曾谨言

(北京大学物理系, 北京 100871)

### 摘 要

利用从 Bohr 哈密顿量导出的转动谱 *abc* 公式  $E(I) = a[1 + cL(I+1)] [\sqrt{1 + bI(I+1)} - 1]$ , 分析了已观测到的 Hg 和 Pb 同位素的超变形核转动带. 计算结果与观测结果惊人地符合. 几乎全部计算值与观测值的偏差  $|\delta| \leq 0.5 \text{keV}$ . 对于这些超变形带中目前尚未测出的一些跃迁能量也进行了计算, 可作为探测它们的有价值的参考.

自从实验上在  $^{152}\text{Dy}$  发现第一例超变形(SD)转动带<sup>[1]</sup>以来, 短短几年中已在质量数  $A \sim 190, 150, 130$  等区域中发现了 50 多条 SD 转动带. SD 带呈现出来的极漂亮的规律性, 令人为之惊叹. 由于从 SD 带到已知角动量的正常形变的能级之间的确切联系目前尚未搞清楚, 因此 SD 带的角动量目前还不能确切测定.

角动量  $I$  是表征能级的一个很根本的量. 特别是, 如不知道  $I$ , 转动带的运动学转动惯量  $J^{(1)}$  就无法提取. 通常,  $J^{(1)}$  根据带内  $E_{2\gamma}$  跃迁能量  $E_{\gamma}$  和能级角动量如下提取

$$J^{(1)}(I-1) = \hbar \frac{2I-1}{E_{\gamma}(I \rightarrow I-2)}. \quad (1)$$

因此, SD 带的实验分析中, 通常只给出动力学转动惯量  $J^{(2)}$ , 它不直接依赖于角动量, 通常按下式近似提取,

$$J^{(2)}(I) = \frac{4\hbar^2}{\Delta E_{\gamma}} \equiv \frac{4\hbar^2}{E_{\gamma}(I+2 \rightarrow I) - E_{\gamma}(I \rightarrow I-2)}. \quad (2)$$

Becker 等<sup>[2]</sup>利用转动惯量按  $\omega^2$  展开的 Harris 3 参数公式( $\omega$  是转动角频率)

$$J^{(2)} = 2\alpha + 4\beta\omega^2 + 6\gamma\omega^4 \quad (3)$$

去拟合 SD 带的  $J^{(2)}$  数据, 然后对  $\omega$  积分以求出能级角动量. 但此作法受到一些人的批评<sup>[3]</sup>. 在实用上, 由于  $\Delta E_{\gamma}$  的相对误差较大, 用此方法定出的角动量的不确定度较大, 特别是观测到的 SD 带的最低能级的角动量  $I_0$  较大的情况.

文献<sup>[4]</sup>从 Bohr 哈密顿量出发, 对于轴对称度不大的稳定变形核导出了如下转动谱公式(简称 *ab* 公式)

$$E(I) = a[\sqrt{1 + bI(I+1)} - 1]. \quad (4)$$

对于正常形变核的转动带, 在已观测到的很广的角动量范围内(可高达  $30\hbar$ ), *ab* 公式

本文 1992 年 1 月 17 日收到.

\* 国家自然科学基金和高等学校博士学科点专项科研基金资助.

与观测结果符合的程度,远优于迄今已提出的其它二参数转动谱公式<sup>[5-7]</sup>. 文献[5]还考虑了 Bohr 哈密顿量的势能的高幂( $\beta^4$ )项修正, 导出了一个更为改进的公式(简称 *abc* 公式)

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

鉴于 *ab* 公式对于描述正常形变核转动带取得了很好的结果, 邢正等<sup>[8]</sup>提出可以利用 *ab* 公式来确定 SD 带的角动量. 文献[9,10]中给出了利用 *ab* 公式有效地确定 SD 带自旋的方法. 计算表明, 只要指定的角动量正确, 按照 *ab* 公式, 用最小二乘法, 就可以非常精确地计算出 SD 带的能级(偏差一般小于 1keV), 而当角动量偏离正确值(即使只有  $\pm h$ ), 则  $E_r$  的计算值与观测值的偏离就会急剧增大. 在此方法中, 拟合的是  $E_r$ (而不是  $\Delta E_r$ ), 实验误差很小, 因此, 利用此法可以相当确切地定出 SD 带的角动量. 特别是, 已观测到的 <sup>152</sup>Dy 的 SD 带最低能级角动量, 按此法定出为  $I_0 = 25$ <sup>[9]</sup>, 而不是原来指定的  $I_0 = 22$ <sup>[1]</sup>. 两者相差 3, 而且奇偶性也不同, 因而有关的许多重要性质( $J^{(1)}$ 与  $J^{(2)}$ 的相对大小及变化规律等)都不相同.

值得提出, 由于 *ab* 公式与绝大多数已测出的 SD 带实验数据符合程度非常高, 如果出现计算与观测有严重偏离的情况, 可以想到, 有下列两种可能: (1)SD 带出现了带交叉, (2)实验数据不够精确. 表 1 给出一个有趣的例子, 即 <sup>196</sup>Pb 的 SD 带. 文献[10]曾经根据 1990 年的数据<sup>[11]</sup>进行分析, 结果表明, 观测到的  $E_r(20 \rightarrow 18) = 426\text{keV}$  和  $E_r(24 \rightarrow 22) = 506\text{keV}$ , 明显低于计算值 2-3keV(见表 1). 在其它 SD 带的分析中未出现过类似的情

表 1(能量单位: keV)

<i>I</i>	$E_{\text{exp}}^{[11]}$	$E_{\text{cal}}$	$\delta^*$	$E_{\text{exp}}^{[12]}$	$E_{\text{cal}}$	$\delta$
36		719.2			721.0	
34		686.9			688.3	
32		653.3			654.5	
30	620.0	618.7	-1.3	619.6(4)	619.5	-0.1
28	584.0	582.8	-1.2	583.4(6)	583.5	0.1
26	546.0	545.9	-0.1	546.3(5)	546.3	0.0
24	506.0	507.9	1.9	508.4(5)	508.1	-0.3
22	469.0	468.8	-0.2	468.7(4)	468.8	0.1
20	426.0	428.6	2.6	428.5(4)	428.6	0.1
18	388.0	387.6	-0.4	387.3(2)	387.5	0.2
16	346.0	345.6	-0.4	345.5(2)	345.4	-0.1
14	303.0	302.8	-0.2	302.8(2)	302.6	-0.2
12	259.0	259.3	0.3	259.0(2)	259.1	0.1
10	216.0	215.2	-0.8	215.0(4)	215.0	0.0
8		170.5			170.3	
6		125.4			125.2	
4		80.0			79.8	
2		34.3			34.3	
$\chi \times 10^3$		2.677			0.340	
$a \times 10^4 \dagger$		5.246			5.431	
$b \times 10^4$		2.180			2.103	

\*  $\delta = E_{\text{cal}} - E_{\text{exp}}$  † 单位: keV

况,我们对此百思不得其解.值得庆幸的是文献[12]给出了一组精确度更高的新数据(给出了测量误差), $E_{\gamma}(20 \rightarrow 18) = 428.5(4)\text{keV}$ ,  $E_{\gamma}(24 \rightarrow 22) = 508.4(5)\text{keV}$ ,与计算结果非常接近(见表1).对这组新数据的分析表明,全部  $E_{\gamma}$  的计算值在实验误差范围内与观测值相符.

表2(能量单位:keV)

I	$^{192}\text{Hg}$			$^{194}\text{Hg}(1)$		
	$E_{\gamma\text{exp}}^{[13]}$	$E_{\gamma\text{cal}}^*$	$E_{\gamma\text{cal}}^{\dagger}$	$E_{\gamma\text{exp}}^{[14]}$	$E_{\gamma\text{cal}}^*$	$E_{\gamma\text{cal}}^{\dagger}$
52						923.3
50						896.2
48			884.4			868.8
46			854.4	841.0	834.1	841.0
44			824.2	812.9	808.8	812.8
42	793.4	785.8	793.8	783.9	782.4	784.0
40	762.8	758.8	763.1	754.6	754.9	754.7
38	732.1	730.5	732.0	725.4	726.3	724.8
36	700.6	701.1	700.4	693.8	696.5	694.1
34	668.6	670.4	668.3	662.4	665.6	662.7
32	635.8	638.5	635.5	630.5	633.5	630.5
30	602.3	605.4	602.0	597.3	600.2	597.4
28	567.9	571.0	567.7	563.6	565.8	563.4
26	532.4	535.5	532.5	528.3	530.2	528.3
24	496.3	498.8	496.4	492.3	493.5	492.3
22	459.1	460.9	459.2	455.2	455.8	455.2
20	420.8	421.9	421.0	417.1	417.0	417.0
18	381.6	381.8	381.8	377.8	377.2	377.8
16	341.1	340.8	341.4	337.7	336.5	337.6
14	299.9	298.9	300.0	296.2	295.0	296.4
12	257.7	256.1	257.6	254.3	252.7	254.3
10	214.6	212.7	214.3		209.7	211.3
8		168.6	170.2		166.2	167.7
6		124.0	125.4		122.3	123.5
4		79.1	80.0		78.0	78.8
2		33.9	34.4		33.5	33.8
$\chi \times 10^3$		4.944	0.540		4.022	0.343
$a \times 10^{-4}$		4.5429	1.8169		4.8002	2.31619
$b \times 10^4$		2.4916	5.5701		2.3238	4.39642
$c \times 10^5$			3.6861			2.3640

\*  $ab$  公式计算值      †  $abc$  公式计算值

对于 Hg 和 Pb 同位素中已观测到的 SD 带,用  $ab$  公式去拟合的结果表明<sup>[10]</sup>,有一部分 SD 带的结果特别好(例如 $^{191}\text{Hg}(2)$ ,  $^{191}\text{Hg}(3)$ ),计算值与观测值的方均根偏差  $\chi \leq 0.5 \times 10^{-3}$ . 另一部分 SD 带(例如 $^{193}\text{Hg}(2)$ ,  $^{193}\text{Hg}(3)$ ,  $^{194}\text{Hg}(2)$ ,  $^{194}\text{Hg}(3)$ 等)的结果也较好,  $\chi \sim 10^{-3}$ . 但对于少数 SD 带(例如 $^{192}\text{Hg}$ ,  $^{194}\text{Hg}(1)$ ),  $\chi \sim 5 \times 10^{-3}$ ,看来不能令人满意,但计

算值与观测值的偏差似有某种规律. 为改善计算结果, 本文采用 *abc* 公式(5)对<sup>192</sup>Hg 和<sup>194</sup>Hg(1)重新进行了计算, 结果有很大改进, 使  $\chi$  减小了一个数量级, 见表 2. 可以看出, 几乎全部  $E_\gamma$  的计算值与观测值的偏离,  $|\delta| \leq 0.3 \text{keV}$ , 即完全在实验误差范围内. 因此有理由相信, 在已观测到的转动能级之上或下的能极之间的  $\gamma$  跃迁能量  $E_\gamma$  的计算值也是可以相信的, 因此可作为实验工作者探测它们的一个很有用的参考. 这些计算值也列于表 2 中.

根据 *abc* 公式(5), 对已经观测到的 Hg 和 Pb 的其它 SD 带的分析结果, 列于表 3—6 中, 分别讨论如下:

表 3 (能量单位: keV)

<sup>194</sup> Hg(2)				<sup>194</sup> Hg(3)			
I	$E_{\gamma\text{exp}}^{[15]}$	$E_{\gamma\text{cal}}^*$	$\delta$	I	$E_{\gamma\text{exp}}^{[15]}$	$E_{\gamma\text{cal}}^*$	$\delta$
3		53.2		2		32.0	
5		95.7		4		74.7	
7		137.9		6		117.2	
9		179.8		8		159.4	
11		221.3		10	201.3	201.3	0.0
13	262.3	262.3	0.0	12	242.7	242.7	0.0
15	302.5	302.8	0.3	14	283.3	283.5	0.2
17	342.8	342.6	-0.2	16	323.8	323.8	0.0
19	382.1	381.8	-0.3	18	363.7	363.4	-0.3
21	420.4	420.3	-0.1	20	402.1	402.3	0.2
23	458.3	458.1	-0.2	22	440.7	440.5	-0.2
25	494.6	495.0	0.4	24	477.7	477.9	0.2
27	531.6	531.2	-0.4	26	514.3	514.4	0.1
29	566.4	566.6	0.2	28	550.3	550.2	-0.1
31	600.9	601.2	0.3	30	585.2	585.1	-0.1
33	635.1	635.0	-0.1	32	619.3	619.1	-0.2
35	668.0	668.1	0.1	34	652.2	652.4	0.2
37	700.4	700.4	0.0	36	684.5	684.9	0.4
39	732.2	731.9	-0.3	38	716.7	716.5	-0.2
41	762.7	762.8	0.1	40	747.6	747.4	-0.2
43	(793)	793.0	0.0	42	777.7	777.6	-0.1
45		822.6		44	(807)	807.1	0.1
47		851.7		46		835.9	
49		880.1		48		864.1	
51				50		891.8	
$\chi \times 10^3$		0.479				0.390	
$a \times 10^{-4}$		4.126				4.238	
$b \times 10^4$		2.581				2.522	
$c \times 10^5$		1.610				1.391	

(1)<sup>194</sup>Hg(2)和<sup>194</sup>Hg(3)

这两个SD带的signature分别为 $\alpha=1$ 和0. 对于如此众多的 $E_\gamma$ 数据,在如此广的角动量范围( $I\sim 10-44$ )中,计算值与观测值的偏差 $|\delta|\leq 0.4\text{keV}$ ,是很令人惊奇的. 在此

表4 (能量单位:keV)

$^{193}\text{Hg}(2)$				$^{193}\text{Hg}(3)$			
I	$E_{\gamma\text{exp}}^{[15]}$	$E_{\gamma\text{cal}}$	$\delta$	I	$E_{\gamma\text{exp}}^{[15]}$	$E_{\gamma\text{cal}}$	$\delta$
5/2		42.9		7/2		64.6	
9/2		85.8		11/2		107.5	
13/2		128.4		15/2		150.0	
17/2		170.7		19/2		192.1	
21/2		212.5		23/2	233.7	233.6	-0.1
25/2	254.3	253.9	-0.4	27/2	274.6	274.5	-0.1
29/2	294.9	294.7	-0.2	31/2	314.7	314.7	0.0
33/2	334.2	334.9	0.7	35/2	353.5	354.2	0.7
37/2	374.2	374.4	0.2	39/2	392.7	392.9	0.2
41/2	412.9	413.1	0.2	43/2	431.5	430.9	-0.6
45/2	451.0	451.0	0.0	47/2	468.7	468.2	-0.5
49/2	488.1	488.1	0.0	51/2	504.7	504.8	0.1
53/2	524.9	524.5	-0.4	55/2	540.7	540.7	0.0
57/2	559.9	560.0	0.1	59/2	575.4	576.0	0.6
61/2	595.0	594.7	-0.3	63/2	611.0	610.7	-0.3
65/2	628.6	628.6	0.0	67/2	645.0	645.0	0.0
69/2	661.6	661.8	0.2	71/2		678.9	
73/2	694.5	694.2	-0.3	75/2		712.5	
77/2	726.3	726.0	-0.3	79/2		745.9	
81/2	756.6	757.1	0.5	83/2			
85/2		787.5		87/2			
89/2		817.4		91/2			
93/2		846.8		95/2			
$\chi\times 10^3$		0.769				0.853	
$a\times 10^{-4}$		3.675				2.369	
$b\times 10^4$		2.922				4.552	
$c\times 10^5$		2.015				4.746	

角动量范围之外,这一对SD带是否继续存在?特别是 $I<10$ 范围中SD带是否还有?建议实验工作者按本文计算值去进行探寻. 在 $I>44$ 的区域中,如SD带还继续存在,而且尚未与另外的SD带发生交叉,则 $E_\gamma$ 值应如表3下部所给计算值.

### (2) $^{193}\text{Hg}(2)$ 和 $^{193}\text{Hg}(3)$

它们的signature分别为 $\alpha=1/2$ 和 $-1/2$ . 除极个别 $E_\gamma$ 外,计算值与观测值偏差 $|\delta|\leq 0.5\text{keV}$ (这是SD带 $E_\gamma$ 观测值的典型误差),全部计算值的方均根偏差 $\chi\approx 0.8\times 10^{-3}$ ,是令人满意的(见表4).

表 5 (能量单位: keV)

$^{191}\text{Hg}(1)$				$^{191}\text{Hg}(2)$				$^{191}\text{Hg}(3)$			
I	$E_{\gamma\text{exp}}^{[16]}$	$E_{\gamma\text{cal}}$	$\delta$	I	$E_{\gamma\text{exp}}^{[17]}$	$E_{\gamma\text{cal}}$	$\delta$	I	$E_{\gamma\text{exp}}^{[17]}$	$E_{\gamma\text{cal}}$	$\delta$
7/2		62.8		5/2		42.3		7/2		63.5	
11/2		104.6		9/2		84.6		11/2		105.7	
15/2		146.3		13/2		126.7		15/2		147.7	
19/2		187.8		17/2		168.6		19/2		189.4	
23/2		229.1		21/2		210.2		23/2		230.7	
27/2		270.1		25/2		251.4		27/2		271.5	
31/2		310.8		29/2	292.0	292.3	0.3	31/2	311.8	311.8	0.0
35/2	350.6	351.0	0.4	33/2	332.9	332.6	-0.3	35/2	351.6	351.5	-0.1
39/2	390.5	390.9	0.4	37/2	372.5	372.4	-0.1	39/2	390.2	390.5	0.3
43/2	430.3	430.3	0.0	41/2	411.5	411.6	0.1	43/2	429.1	428.9	-0.2
47/2	469.6	469.1	-0.5	45/2	449.9	450.1	0.2	47/2	466.5	466.5	0.0
51/2	508.1	507.3	-0.7	49/2	488.1	488.0	-0.1	51/2	503.3	503.3	0.0
55/2	545.3	544.9	-0.4	53/2	525.1	525.1	0.0	55/2	539.5	539.4	-0.1
59/2	582.1	581.8	-0.3	57/2	561.8	561.5	-0.3	59/2	574.3	574.6	0.3
63/2	617.8	617.9	0.1	61/2	596.9	597.2	0.3	63/2	609.2	609.0	-0.2
67/2	653.0	653.3	0.3	65/2	631.9	632.0	0.1	67/2	642.6	642.6	0.0
71/2	687.0	687.7	0.7	69/2	666.0	666.0	0.0	71/2	675.2	675.4	0.2
75/2	721.0	721.3	0.3	73/2	699.2	699.1	-0.1	75/2	707.5	707.4	-0.1
79/2	754.3	753.9	-0.4	77/2		731.5		79/2		738.6	
83/2		785.4		81/2		762.9		83/2		769.0	
87/2		815.8		85/2		793.6		87/2		798.6	
91/2		845.1		87/2				91/2			
$\chi \times 10^3$		0.907				0.458				0.370	
$a \times 10^{-4}$		59.38				6.842				4.833	
$b \times 10^4$		0.1766				1.547				2.193	
$c \times 10^5$		-2.148				0.1864				1.005	

(3)  $^{191}\text{Hg}(2)$ ,  $^{191}\text{Hg}(3)$  和  $^{191}\text{Hg}(1)$ 

$^{191}\text{Hg}(2)$  与  $^{191}\text{Hg}(3)$  是一对 signature 配偶,  $\alpha=1/2$  和  $-1/2$ . 全部  $E_{\gamma}$  的计算值与观测值的偏差  $|\delta| \leq 0.3\text{keV}$ , 方均根偏差  $\chi \approx 0.4 \times 10^{-3}$ , 符合程度非常高 (见表 5).

$^{191}\text{Hg}(2)$  的 SD 带 ( $\alpha=-1/2$ ) 的计算值与观测值的偏差 (除个别外)  $|\delta| \leq 0.5\text{keV}$ ,  $\chi \approx 0.9 \times 10^{-3}$ , 符合程度还不错. 它的 signature 对偶 ( $\alpha=1/2$ ) 带, 目前尚未观测到.

(4) 偶偶核  $^{190}\text{Hg}$ ,  $^{192}\text{Pb}$ ,  $^{194}\text{Pb}$  的 SD 带

文献 [18] 的  $^{190}\text{Hg}$  的 SD 带  $E_{\gamma}$  数据给出了实验误差 (见表 6). 分析表明, 能量最高的一条和最低的一条  $\gamma$  射线能量的计算值与观测值的偏差超过  $1\text{keV}$ . 考虑到这两条  $\gamma$  射线的相对强度很弱, 因此  $E_{\gamma}$  观测值的精度可能较差<sup>[21]</sup>, 因此用  $abc$  公式去拟合时, 不

妨把它们除外. 这时, 计算结果与观测值非常符合,  $\chi \approx 0.2 \times 10^{-3}$ ; 所有  $|\delta| \leq 0.2 \text{keV}$ .

表6 (能量单位: keV)

$^{190}\text{Hg}$				$^{192}\text{Pb}$				$^{194}\text{Pb}$			
I	$E_{\gamma\text{exp}}^{[18]}$	$E_{\gamma\text{cal}}$	$\delta$	I	$E_{\gamma\text{exp}}^{[19]}$	$E_{\gamma\text{cal}}$	$\delta$	I	$E_{\gamma\text{exp}}^{[20]}$	$E_{\gamma\text{cal}}$	$\delta$
3		56.2		2		35.3		2		34.1	
5		101.0		4		82.1		4		79.4	
7		145.6		6		128.4		6		124.4	
9		189.8		8		174.0		8	(168.7)	168.8	0.1
11		233.6		10		218.6		10	212.9	212.7	-0.2
13		276.9		12	262.6(4)	262.2	-0.4	12	255.8	255.8	0.0
15		319.6		14	304.1(4)	304.6	0.5	14	298.0	298.1	0.1
17	360.0(4)	361.6	1.6	16	345.6(4)	345.8	0.2	16	339.6	339.4	-0.2
19	402.7(4)	402.8	0.1	18	385.6(3)	385.7	0.1	18	379.6	379.8	0.2
21	443.1(4)	443.1	0.0	20	424.4(4)	424.6	0.2	20	419.5	419.3	-0.2
23	482.7(4)	482.5	-0.2	22	462.8(5)	462.4	-0.4	22	457.7	457.9	0.2
25	521.1(4)	520.9	-0.2	24	500.0(6)	499.3	-0.7	24	495.5	495.6	0.1
27	558.1(6)	558.3	0.2	26	535.1(8)	535.4	0.3	26	532.5	532.5	0.0
29	594.4(4)	594.6	0.2	28	570.6(1.1)	570.8	0.2	28	568.7	568.6	-0.1
31	629.9(6)	629.7	-0.2	30	604?	605.8		30	601.8	604.2	2.4
33	663.7(4)	663.7	0.0	32	636?	640.5		32		639.2	
35	696.2(8)	696.4	0.2	34		674.9		34		673.7	
37	728.0(6)	727.9	-0.1	36		709.4		36		708.0	
39	755.5(1.5)	758.1	2.6	38		743.9		38			
41		787.1		40				40			
43		814.8		42				42			
45		841.1		44				44			
$\chi \times 10^3$		0.265				0.989				0.495	
$a \times 10^{-4}$		8.371				1.422				2.005	
$b \times 10^4$		1.479				8.273				5.667	
$c \times 10^5$		-0.667				7.800				5.533	

按  $abc$  公式拟合结果, 最高  $E_{\gamma}$  ( $39 \rightarrow 37$ ) = 758keV, 最低  $E_{\gamma}$  ( $17 \rightarrow 15$ ) = 361.6keV, 都比观测值稍大 1—2keV, 这需要更精确的实验来判定其正确性.

文献 [19] 的  $^{192}\text{Pb}$  的 SD 带  $E_{\gamma}$  数据也给出了误差. 在实验误差范围内, 计算值与观测值完全相符. 文献中还给出了两条最高的  $E_{\gamma}$  值, 即 604? keV 和 636? keV. 计算值为  $E_{\gamma}$  ( $30 \rightarrow 28$ ) = 605.8keV,  $E_{\gamma}$  ( $32 \rightarrow 30$ ) = 640.5keV. 建议实验工作者做更精密的实验.

$^{194}\text{Pb}$  的 SD 带<sup>[20]</sup>, 把相对强度很弱的能量最高的一条  $\gamma$  射线除外进行拟合, 计算值与观测值偏差  $|\delta| \leq 0.2 \text{keV}$ ,  $\chi \approx 0.5 \times 10^{-3}$ , 符合程度很惊人. 最高一条  $\gamma$  射线  $E_{\gamma}$  ( $30 \rightarrow 28$ ) 计算值为 604.2keV, 比观测值约大 2keV. 建议做更精密的观测来进行判断. 如果观测结果仍如表 6 所给值, 则有理由认为, 在  $I \sim 30$  附近, 此 SD 带可能与另外的 SD 带发生了交叉.

$^{196}\text{Pb}$  的 SD 带最新数据的分析结果已在表 1 中给出, 结果非常好.  $^{198}\text{Pb}$  的 SD 带, 目前观测到的  $\gamma$  射线的数据还不够多<sup>[12]</sup>, 有待于进一步观测.

### 参 考 文 献

- [1] P. J. Twin et al., *Phys. Rev. Lett.*, **57** (1986), 811.
- [2] J. A. Becker, et al., *Phys. Rev.* **C41** (1990), R9; *Nucl. Phys.*, **A520** (1990), 187c.
- [3] C. L. Wu, D. H. Feng and M. W. Guidry, Comment on "Spin alignment in Superdeformed Hg Nuclei", *Phys. Rev. Lett.*, **66** (1991), 1377.
- [4] C. S. Wu and J. Y. Zeng, *Commun. in Theor. Phys.*, **8** (1987), 51.
- [5] H. X. Huang, C. S. Wu and J. Y. Zeng, *Phys. Rev.*, **C39** (1989), 1617.
- [6] 曾谨言, 黄海新, J. L. Wood, 中国科学 (A), 1989, no. 4, p. 379.
- [7] J. Meng, C. S. Wu and J. Y. Zeng, *Phys. Rev.*, **C44** (1991), 2545.
- [8] 邢正, 陈星冀, 高能物理与核物理, **15** (1991), 1020.
- [9] J. Y. Zeng, J. Meng, C. S. Wu, E. G. Zhao, Z. Xing, X. Q. Chen, *Phys. Rev.*, **C44** (1991), R1745.
- [10] C. S. Wu, J. Y. Zeng, Z. Xing, X. Q. Chen, J. Meng, *Phys. Rev.*, **C45** (1992), 261.
- [11] J. Brinkman et al., *Z. Phys.*, **A336** (1990), 115.
- [12] T. F. Wang et al., *Phys. Rev.* **C43** (1991), R2465.
- [13] J. A. Becker et al., *Phys. Rev.*, **C41** (1990), R9.
- [14] C. W. Beausang et al., *Z. Phys.*, **A335** (1990), 325.
- [15] D. M. Cullen et al., *Nucl. Phys.*, **A520** (1990), 105c.
- [16] E. F. Moore et al., *Phys. Rev. Lett.*, **63** (1989), 360.
- [17] M. P. Carpenter et al., *Phys. Lett.*, **B240** (1990), 44.
- [18] R. V. F. Jassens et al., *Nucl. Phys.*, **A520** (1990), 75c.
- [19] E. A. Henry et al., *Z. Phys.*, **A338** (1991), 469.
- [20] K. Theine et al., *Z. Phys.*, **A336** (1990), 113.
- [21] F. S. Stephens et al., *Phys. Rev. Lett.*, **66** (1991), 1378.

## Accurate Calculation of Superdeformed Bands in Hg and Pb

LEI YIAN ZENG JINYAN

(Peking University, 100871)

### ABSTRACT

The superdeformed (SD) rotational bands in Hg and Pb are analyzed by means of the *abc* expression for rotational bands:  $E(I) = a [1 + cI(I+1)] [\sqrt{1 + bI(I+1)} - 1]$ , which was derived from the Bohr Hamiltonian. The agreement between calculated and observed transition energies is incredibly well. The deviation of the calculated  $E_{\gamma}$ 's from the observed results turns out to be  $|\delta| \leq 0.5 \text{ keV}$  (except for a few cases,  $0.5 \text{ keV} \leq |\delta| \leq 0.7 \text{ keV}$ ). Some transitions which have not been observed yet in these SD bands are also predicted, which may be useful for experimental investigation.