

$A=190$ 区奇奇核超形变带顺排角动量的相加性

周善贵^{1,2} 许甫荣² 郑春开^{1,2,1)} 胡济民^{2,1)}

1 (兰州重离子加速器国家实验室原子核理论研究中心 兰州 730000)

2 (北京大学技术物理系 北京大学重离子物理研究所 北京 100871)

摘要 利用推转玻尔-莫特森模型指定的能级自旋,研究了 $A=190$ 区奇奇核 ^{194}Tl 和 ^{196}Bi 超形变带的顺排角动量的相加性. ^{194}Tl 的6条超形变带中,有4条满足顺排角动量的相加性规则,而 ^{196}Bi 的超形变带不满足这个规则.

关键词 顺排角动量的相加性 超形变核 推转玻尔-莫特森模型

稀土区正常形变奇奇核普遍满足顺排角动量的相加性规则,这个规则已成为确定奇奇核带头自旋的一条比较有效的标准^[1]. 所谓满足顺排角动量的相加性,是指两准粒子转动带的顺排角动量等于或近似等于两个一准粒子转动带的顺排角动量之和^[2],对奇奇核来说,就是奇奇核的顺排角动量等于相邻奇质子核和奇中子核的顺排角动量之和. 奇奇核满足这个规则,可能表明奇核子之间的剩余相互作用以及它们与核心之间的耦合很弱,而且奇奇核中奇质子(奇中子)组态与相邻奇质子核(奇中子核)的组态相同. 在 $A=150$ 区的超形变核中,由于对关联较弱,占据高 N 入侵轨道的少数几个核子对于决定超形变核的性质起主要作用. 因此, $A=150$ 区超形变核的一些性质,如电四极矩、顺排角动量等表现出很好的相加性^[3,4].

由于超形变带的核素、组态和能级自旋指定都存在着不同程度的不确定性,研究超形变带的顺排角动量的相加性,有助于深入了解超形变带的核素、组态和带头自旋的指定. 当然,上述不确定性也会给“超形变带满足顺排角动量的相加性规则”的结论带来一定的偶然性. 文献[5]研究了奇奇核 ^{192}Tl 的4条超形变带的顺排角动量,结论是 $A=190$ 区的超形变带也满足顺排角动量的相加性规则. 本文将研究 $A=190$ 区的另外两个奇奇核 ^{194}Tl 和 ^{196}Bi 超形变带的顺排角动量,以检验这个结论,并利用这个规则以及周善贵博士论文^[6]的结论进一步讨论超形变带 $^{196}\text{Bi}(1)$ 的归属问题.

利用文献[7]给出的方法求超形变带的顺排角动量

$$i(\omega) = (I - I') + \Delta i, \quad (1)$$

1998-06-12收稿

1) 中国科学院理论物理研究所客座教授

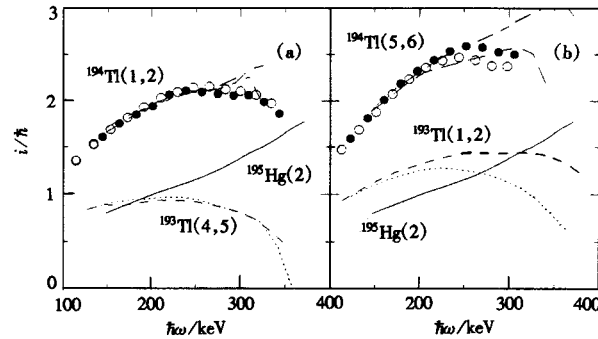


图 1 超形变带 $^{194}\text{Tl}(1,2)$ 和 $^{194}\text{Tl}(5,6)$ 的顺排角动量的相加性

(a) 实心和空心圆圈分别代表 $^{194}\text{Tl}(1)$ 和 $^{194}\text{Tl}(2)$ 的顺排角动量. 实线、点线和虚线分别表示 $^{195}\text{Hg}(2)$ 、 $^{193}\text{Tl}(4)$ 和 $^{193}\text{Tl}(5)$ 的顺排角动量. 长虚线和点划线分别代表 $^{193}\text{Tl}(4)$ 和 $^{193}\text{Tl}(5)$ 与 $^{195}\text{Hg}(2)$ 的顺排角动量之和. 对 $^{194}\text{Tl}(5,6)$, (b)同(a).

$$\Delta i = \mathcal{J}^{(2)}(\omega^r)(\omega^r - \omega), \quad (2)$$

$$\omega = (E_r(I) + E_r(I+2)) / 4, \quad (3)$$

$$\mathcal{J}^{(2)} = 4 / (E_r(I+2) - E_r(I)), \quad (4)$$

其中, 上标 r 表示参考带, 一般取为 ^{192}Hg 的晕带, 这是由于人们认为 ^{192}Hg 是 $A = 190$ 区超形变核中的“双幻核”, 即形变较大时, 单粒子能谱在 $Z = 80$ 和 $N = 112$ 处都出现了较大的能隙. 能级自旋取自推转玻尔-莫特森模型的拟合结果^[6], 见表 1.

表 1 本文用到的超形变带的能级自旋^[6]

(能量单位为 keV)

超形变带	$E_r^{I_0 - I_0 - 2}$	I_0	超形变带	$E_r^{I_0 - I_0 - 2}$	I_0
$^{193}\text{Tl}(1)$	227.3	11.5	$^{194}\text{Tl}(6)$	207.0	11
$^{193}\text{Tl}(2)$	206.6	10.5	$^{195}\text{Bi}(1)$	261.0	12.5
$^{193}\text{Tl}(4)$	250.6	12.5	$^{195}\text{Pb}(1)$	182.13	9.5
$^{193}\text{Tl}(5)$	231.0	11.5	$^{195}\text{Pb}(2)$	162.58	8.5
$^{195}\text{Hg}(2)$	273.9	13.5	$^{195}\text{Pb}(3)$	198.19	9.5
$^{194}\text{Tl}(1)$	268.0	14	$^{195}\text{Pb}(4)$	213.58	10.5
$^{194}\text{Tl}(2)$	209.3	11	$^{196}\text{Bi}(1)$	166.2	8
$^{194}\text{Tl}(5)$	187.9	10			

在 ^{194}Tl 中共观测到了 6 条超形变带, 它们构成了 3 对旋称伙伴带 (Signature Partner)^[8]. 文献 [8] 没有给出它们的具体组态, 只是指出奇质子可能占据 $5/2[642]$ 入侵轨道. 图 1 给出了旋称伙伴带 $^{194}\text{Tl}(1,2)$ 和 $^{194}\text{Tl}(5,6)$ 的顺排角动量、相邻奇 A 核 (^{195}Hg 和 ^{193}Tl 参见文献 [9]) 超形变带的顺排角动量以及 ^{195}Hg 和 ^{193}Tl 超形变带顺排角动量之和. 从图 1 可见, 超形变带 $^{194}\text{Tl}(1,2)$ 的顺排角动量与 $^{195}\text{Hg}(2)$ 和 $^{193}\text{Tl}(4,5)$ 的顺排角动量之和符合很好, 在低转动频率处, $^{194}\text{Tl}(5,6)$ 的顺排角动量可以由 $^{195}\text{Hg}(2)$ 和 $^{193}\text{Tl}(1,2)$ 的顺排角动量相加得到. $^{195}\text{Hg}(1)$ 和 $^{195}\text{Hg}(2)$ 是旋称伙伴带, 它们的旋称劈裂很小, 这里用 $^{195}\text{Hg}(2)$ 是因为其转动频率范围比较

大. 文献 [10] 指出, $^{195}\text{Hg}(1, 2)$ 的中子组态为 $9/2[514]$. 但我们没有看到关于 $^{193}\text{Tl}(4, 5)$ 的文献, 不知道它们的质子组态. 据此可以判断旋称伙伴带 $^{194}\text{Tl}(1, 2)$ 的中子组态可能是 $9/2[514]$, 旋称伙伴带 $^{193}\text{Tl}(1, 2)$ 的组态为 $\pi i_{13/2}$, 因此 $^{194}\text{Tl}(5, 6)$ 的组态可能是 $\pi i_{13/2} \vee 9/2[514]$. 在 ^{195}Hg 和 ^{193}Tl 中没有找到合适的超形变带, 使超形变带 $^{194}\text{Tl}(3, 4)$ 满足顺排角动量的相加性规则.

在奇奇核 ^{196}Bi 中只观测到了一条超形变带^[11], 周善贵^[6]利用推转玻尔-莫特森模型中的参数系统学规律已经指出它可能不属于一个奇奇核, 而属于一个奇 A 核. 对这条超形变带的带头转动惯量的研究也表明, 它应该属于一个奇 A 核^[12]. 事实上, 文献 [13] 首先指定这条超形变带属于 ^{197}Bi , 后来, 同一作者又认为它属于 ^{196}Bi ^[11]. 图 2 给出了超形变带 $^{196}\text{Bi}(1)$ 的顺排角

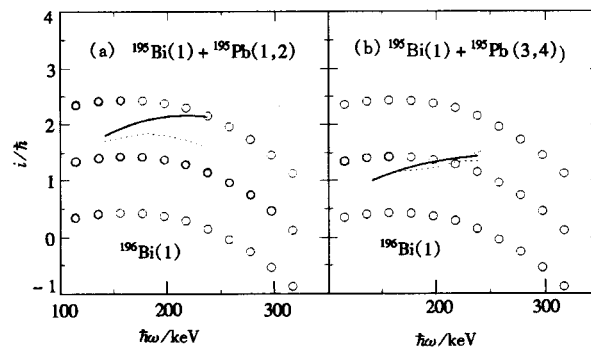


图 2 超形变带 $^{196}\text{Bi}(1)$ 的顺排角动量的相加性

(a) 空心圆圈代表 $^{196}\text{Bi}(1)$ 的顺排角动量, 由下到上分别对应 $I_0 = 8, 9$ 和 $10\hbar$. 实线和点线分别代表 $^{195}\text{Pb}(1)$ 和 $^{195}\text{Pb}(2)$ 和 $^{195}\text{Bi}(1)$ 的顺排角动量之和. (b) 同 (a), 实线和点线分别代表 $^{195}\text{Pb}(3)$ 和 $^{195}\text{Pb}(4)$ 与 $^{195}\text{Bi}(1)$ 的顺排角动量之和.

动量以及其相邻奇 A 核 ^{195}Pb 和 ^{195}Bi 的超形变带顺排角动量之和的各种组合. 从图 2 可见, 即使认为这条超形变带的自旋指定不正确, 将其能级自旋加 1 或 $2\hbar$, 它也不满足顺排角动量的相加性规则. 因此, 本文的结果支持文献 [13] 的结论, 即这条超形变带可能属于奇 A 核 ^{197}Bi , 而不是奇奇核 ^{196}Bi .

感谢北京现代物理中心 (BIMP) 和北京大学技术物理系核物理教研室为本文计算提供的便利条件.

参 考 文 献

- 1 Liu Yunzuo, Ma Yingjun, Yang Hongting et al. Phys. Rev., 1995, C52:2514
- 2 Zeng Jinyan, Sun Hongzhou. Theory of Nuclear Structure. Shanghai: Shanghai Science and Technology Publishing (in Chinese), 1987. 348—361
(曾谨言, 孙洪洲. 原子核结构理论. 上海: 上海科学技术出版社, 1987. 348—361)
- 3 Ragnarsson I. Phys. Lett., 1991, B264:5
- 4 Satula W, Dobaczewski, Dudek J et al. Phys. Rev. Lett., 1996, 77:5182
- 5 Fischer S M et al. Phys. Rev., 1996, C53:2126

- 6 Zhou Shangui. Thesis for Doctor's Degree (in Chinese). Peking University: 1998
(周善贵. 博士学位论文. 北京大学: 1998)
- 7 Han Xiaoling, Wu Chengli. *At Data Nucl. Data Tables*, 1996, **63**:117
- 8 Azaiez F et al. *Phys. Rev. Lett.*, 1991, **66**:1030
- 9 Singh B, Firestone R B, Chu S Y F. *Nuclear Data Sheets*, 1996, **78**:1
- 10 Hackman G et al. *Phys. Rev.*, 1997, **C55**:148
- 11 Clark R M et al. *Phys. Rev.*, 1996, **C53**:117
- 12 Zeng Jinyan. Private communication: Liu Shuxin, Thesis for Master's Degree (in Chinese). Peking University. 1998
(曾谨言. 私人通讯: 刘树新, 硕士学位论文. 北京大学. 1998)
- 13 Clark R M et al. *Phys. Rev.*, 1995, **C51**:R1052

Alignment Additivity of Superdeformed Bands of Odd-Odd Nuclei in $A = 190$ Region

Zhou Shangui^{1,2} Xu Furong² Zheng Chunkai^{1,2,1)} Hu Jimin^{2,1)}

¹(Center of Theoretical Nuclear Physics, National Laboratory of Heavy Ion Accelerator, Lanzhou 730000)

²(Department of Technical Physics and Institute of Heavy Ion Physics, Peking University, Beijing 100871)

Abstract Alignment additivity of the superdeformed (SD) bands in odd-odd nuclei ^{194}Tl and ^{196}Bi is investigated with the level spins determined by the Cranking Bohr-Mottelson Model. The alignments of four of the six SD bands in ^{194}Tl can be accounted for from the additive contributions of SD bands of the neighboring odd-proton and odd-neutron nuclei, while that of the SD band $^{196}\text{Bi}(1)$ can not.

Key words alignment additivity, superdeformed nuclei, cranking Bohr-Mottelson model

Received 12 June 1998

1) Concurrent Professor of Institute of Theoretical Physics, The Chinese Academy of Science