

A = 40 核区超形变转动带终止*

董保国^{1,2;1)} 马海亮¹

1(中国原子能科学研究院 北京 102413)

2(兰州重离子加速器国家实验室原子核理论中心 兰州 730000)

摘要 用组态相关推转 Nilsson-Strutinsky 模型研究了 ³⁸K, ³⁶Ar, ^{32,34}S 和 ³⁵Cl 的超形变转动带结构性质. 对一些特殊的近转晕线组态的性质做了较为详细的探讨并预言了其带终止态的自旋值, 尤其是预言了 ³⁸K 有利于实验测量到超形变带终止态的自旋值为 19 \hbar , 而其四极形变值达 $\epsilon_2 \sim 0.50$. ³⁶Ar 的理论计算与实验结果较好的一致表明这些预言结果是较可靠的.

关键词 超形变 转动带终止 超形变带终止 组态

1 引言

转动带终止在理论预言后已经得到广泛的实验结果证实^[1], 如 A=150, 110, 80, 40 等核区. 最近在 A=40 核区实验上测量到 ³⁶Ar^[2], ⁴⁰Ca^[3] 的超形变带且已测到 ³⁶Ar 该带的带终止态, 但理论计算 ³⁶Ar 此带的四极形变值 $\epsilon_2 \sim 0.40$. 理论也已预言了 ³⁸Ar 和 ³⁸Ca 的四极形变值为 $\epsilon_2 \sim 0.48$ 超形变带及其带终止自旋值均为 20 \hbar ^[4]. 因此进一步研究该区中的超形变转动带及超形变带终止, 尤其是实验上容易测量到的四极形变值在 $\epsilon_2 \sim 0.50-0.60$ 的超形变带终止, 是有趣味的, 对实验也是有意义的.

2 实验容易测到的超形变带终止态

用组态相关推转 Nilsson-Strutinsky 模型对 ³⁸K, ³⁶Ar, ^{32,34}S 和 ³⁵Cl 的超形变转动带结构性质进行了理论计算. 理论模型见文献[1, 5], 所用的 Nilsson 参数见文献[6]. 文中所用的组态标记(相对于 ⁴⁰Ca 核实)是: $[p_1 p_2, n_1 n_2] \equiv \pi(d_{5/2})^{-p_1}(f_{7/2})^{p_2} \otimes \nu(d_{5/2})^{-n_1}(f_{7/2})^{n_2}$, 这里 $p_1(n_1)$ 是 $d_{5/2}$ 轨道中的质子(中子)空穴数, 而 $p_2(n_2)$ 是 $f_{7/2}$ 轨道中的质子(中子)数. 如果没有质子(中子)空穴在 $d_{5/2}$ 轨道上, 组态标记中的 $p_1(n_1)$ 将被省略. 负号表示空穴.

在推转壳模型中, 不同能级随三轴形变参数 γ 变

化时的变化情况, 或向增加三轴形变方向的驱动作用是很不同的. 图 1 中给出 A=40 核区超形变时费米面附近几条单质子能级随三轴形变参数 γ 变化时的变化情况, 显示出 [202 5/2] 能级有较强的三轴形变驱动作用. 由此可见, 一个核素的核子处在不同的组态, 即占据不同的单粒子能级, 在不同的自旋时, 一定会有不同的核形状.

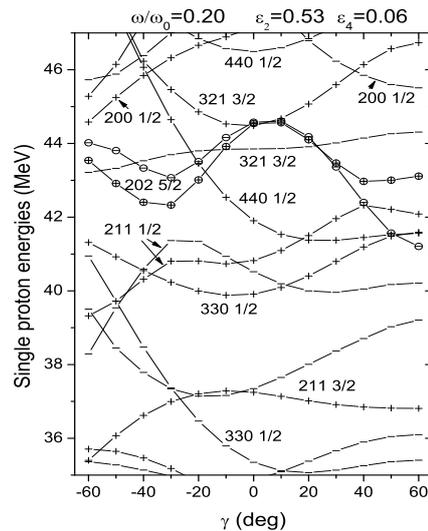


图 1 单质子能级随三轴形变参数 γ 变化时的变化情况
图中符号 + 和 - 分别代表旋称 $\alpha = +1/2$ 和 $\alpha = -1/2$. 所标渐近量子数 $[N n_z \Lambda \Omega]$ 是为了讨论方便. 注意有较强向三轴形变驱动作用的能级 [202 5/2] 在图中用圆圈标出.

* 国家自然科学基金(10275093)资助

1) E-mail: dongbg@iris.ciae.ac.cn

对 $A=40$ 核区中核的一些特殊的近转晕线组态的性质, 如组态, 形变, 形状共存和带终止做了较为详细的探讨并预言了其带终止态的自旋值, 研究重点是那些有利于实验上测得超形变带终止态的自旋值. 理论计算的 ^{38}K , ^{36}Ar , $^{32,34}\text{S}$ 和 ^{35}Cl 近转晕线的超形变或高形变转动带如图 2 所示. 图中所给出的能量是相对于一个刚性转子的能量, 即减去 $(\hbar^2/2J_{rig})I(I+1)$, 这样做能更细致的描述与比较转动带, 尤其是在理论与实验的比较时效果会更好些. 图中空心符号标出 ^{36}Ar 理论计算与实验测量结果, 在变化趋势, 曲率及带终止态是较为一致的. 由于所用理论模型忽略了对力, 在低自旋时差别较大, 理论结果仅具有定性意义, 但在高自旋尤其是接近带终止态时符合的很好. 这表明理论预言结果在高自旋时是较为可靠的. 与图 2 中转动带对应的核形状在变形平面上随角动量变化时演化的轨迹如图 3 所示. 图 2 中所给出的超形变转动带的共同特点是随着自旋的增加, 能量变得越低, 即自旋增加 2 时能量的增加较少, 这有利于实验上测量到带终止态. 并且实验上很有可能测量到平滑 (即整个带是同一个组态) 超形变转动带及其带终止态, 尤其是理论第一次预言了 ^{38}K 有利于实验上测得超形变带终止态的自旋值为 19, 而其四极形变 $\epsilon_2 \sim 0.50$.

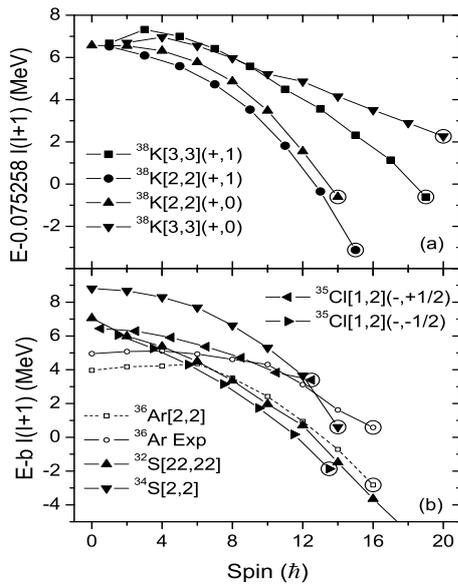


图 2 (a) ^{38}K 和 (b) ^{36}Ar , $^{32,34}\text{S}$ 和 ^{35}Cl 不同组态的超形变转动带随自旋变化时的变化情况
图中参数 b 与刚体转动惯量有关, $b \equiv (\hbar^2/2J_{rig}) \equiv 0.007(158/A)^{5/3}$. 大圆圈标注出的态是带终止态.

理论计算的 $A=40$ 核区核素超形变或高形变转动带性质的更多数据列在表 1 中. 表 1 中第一列是核素,

组态标记, 宇称和旋称, 二至四列是所列能级中的核子数, 负号表示空穴, 五列是组态中最大四极形变 ϵ_2 及相应的 γ , 六列是组态的带终止态的自旋值, 即转动带的最大自旋值. 最大自旋值空缺是在实际计算时没有达到并给出带终止态.

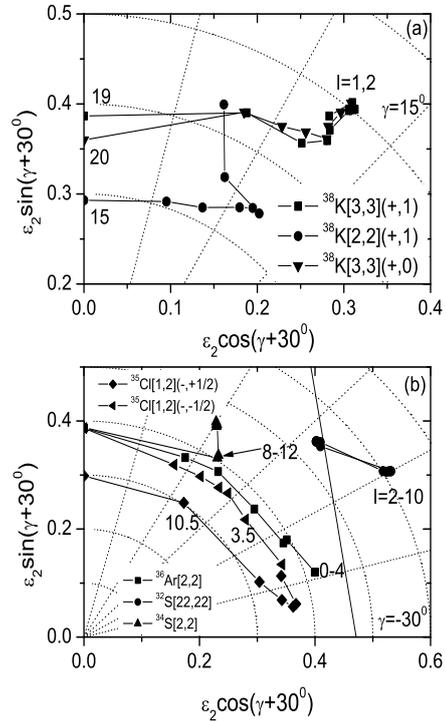


图 3 (a) ^{38}K 和 (b) ^{36}Ar , $^{32,34}\text{S}$ 和 ^{35}Cl 计算组态相应的核形状在形变平面 (ϵ_2, γ) 中随自旋变化时的变化轨迹
图中所标数值是对应态的自旋值. 自旋的间隔是 $2\hbar$. 图中的斜实线表示在组态相关推转 Nilsson-Strutinsky 模型内转动带能形成带终止态的分界线, 只有处在该线左边的转动带才能形成带终止态^[1].

表 1 计算核素的超形变转动带性质表

nuclides	proton		neutron		max (ϵ_2, γ°)	I_{\max}
	$d_{5/2}$	$f_{7/2}$	$d_{5/2}$	$f_{7/2}$		
$^{36}\text{Ar}[2,2](+,0)$	0	2	0	2	(0.42,-13)	16
$^{38}\text{K}[3,3](+,0)$	0	3	0	3	(0.50,22)	20
$^{38}\text{K}[3,3](+,1)$	0	3	0	3	(0.50,22)	19
$^{38}\text{K}[2,2](+,0)$	0	2	0	2	(0.39,39)	14
$^{38}\text{K}[2,2](+,1)$	0	2	0	2	(0.44,26)	15
$^{32}\text{S}[22,22](+,0)$	-2	2	-2	2	(0.61,0)	
$^{34}\text{S}[2,2](+,0)$	0	2	0	2	(0.46,30)	14
$^{34}\text{S}[22,2](+,0)$	-2	2	0	2	(0.49,5)	
$^{35}\text{Cl}[1,2](-,+1/2)$	0	1	0	2	(0.37,-21)	12.5
$^{35}\text{Cl}[1,2](-,-1/2)$	0	1	0	2	(0.37,17)	13.5
$^{38}\text{Ar}[2,4](+,0)$	0	2	0	4	(0.48,18)	20
$^{38}\text{Ca}[4,2](+,0)$	0	4	0	2	(0.48,17)	20

3 结论

用组态相关推转 Nilsson-Strutinsky 模型对 ^{38}K , ^{36}Ar , $^{32,34}\text{S}$ 和 ^{35}Cl 的超形变转动带性质研究结果表明, 在 $A=40$ 核区中有许多核的转动带总的变化趋势是随着自旋增加时能量下降的速度普遍较快, 这种情况有利于实验上测得带终止态. 并对一些核特殊的近

转晕线组态的性质, 如形状共存和带终止做了较为详细的探讨并预言了其带终止态的自旋值, 尤其是预言了 ^{38}K 有利于实验上测得超形变带终止态的自旋值为 19, 而其四极形变值 $\varepsilon_2 \sim 0.50$. 另一方面, ^{36}Ar 的理论计算与实验结果较好的一致表明这些预言结果在高自旋时是可靠的. 理论计算也表明 $A=40$ 核区是一个可能有由球形, 正常形变, 三轴形变, 超形变形成的形状共存区, 并在同一组态内存在着形状共存.

参考文献(References)

- 1 Afanasjev A V, Fossan D B, Lane G J et al. Phys. Rep., 1999, **322**: 1—124
- 2 Svensson C E, Macchiavelli A, Juodagalvis A et al. Phys. Rev. Lett., 2000, **85**: 2693—2696
- 3 Ideguchi E, Sarantites D G, Reviol W et al. Phys. Rev. Lett., 2001, **87**: 222501
- 4 DONG B G, GUO H C, SHI Y J. Commun. Theor. Phys.(Beijing,China), 2005, **43**: 509—514
- 5 Bengtsson T, Ragnarsson I. Nucl. Phys., 1985, **A436**:14
- 6 Headly D M, Sheline R K, Ragnarsson I. Phys. Rev., 1994, **C49**: 222

Superdeformed Band Terminations in the $A=40$ Mass Region*

DONG Bao-Guo^{1,2;1)} MA Hai-Liang¹

¹(China Institute of Atomic Energy, Beijing 102413, China)

²(Center of Theoretical Nuclear Physics, National Laboratory of Heavy Ion Accelerator of Lanzhou, Lanzhou 730000, China)

Abstract The superdeformed or highly deformed band terminations in ^{38}K , ^{36}Ar , $^{32,34}\text{S}$ and ^{35}Cl have been studied by the configuration dependent cranked Nilsson-Strutinsky approach. Some possible superdeformed band terminations were predicted, such as the $\pi(d_{5/2})^{-2}(f_{7/2})^2 \otimes \nu(d_{5/2})^{-2}(f_{7/2})^2([22,22])$ configuration in ^{32}S with deformation about $\varepsilon_2 = 0.61$ and $\gamma \approx 0^\circ$ at spin $I = 0 - 10$, especially the superdeformed band terminates at $I = 19$ and about $\varepsilon_2 = 0.39$ (with $\varepsilon_2 = 0.50$ when $I \leq 9$) in ^{38}K , and all of them are favorable for observation. The tendency of these bands in energy with spin increasing favors the band termination, so superdeformed bands terminating would be smooth. The calculated superdeformed band is in good agreement with observed one in ^{36}Ar confirms that the calculated results are reliable.

Key words superdeformed, band termination, superdeformed band termination, configuration

* Supported by National Natural Science Foundation of China (10275093)

1) E-mail: dongbg@iris.ciae.ac.cn