

文章编号: 1007-4627(2004)04-0346-03

## $^{154}\text{Er}$ 核三轴超形变核态存在的微观机制\*

于少英<sup>1,2,3</sup>, 安广朋<sup>1,2</sup>, 图雅<sup>1,2</sup>

(1 湖州师范学院理学院, 浙江湖州 313000;

2 内蒙古民族大学物理与机电学院, 内蒙古通辽 028043;

3 中国科学院理论物理研究所, 北京 100080)

摘要: 利用 TRS 方法计算了  $^{154}\text{Er}$  核的总位能面, 讨论了其存在三轴超形变核态的微观机制。

关键词: 三轴超形变; TRS 理论; 位能面

中图分类号: O571.21<sup>+1</sup> 文献标识码: A

### 1 引言

自 1992 年发现了第一例  $^{163}\text{Lu}$ <sup>[1]</sup> 三轴超形变核态以来, 又分别在 Lu, Hf, Ta, Zr 和 Tm 等的同位素中发现了 30 多条三轴超形变带. 三轴形变在实验上很难证明, 2001 年找到了唯一证明, 其存在的证据是 Wobbling 模式, 已经发现存在于  $^{163}\text{Lu}$  超形变态中<sup>[2]</sup>. 2001 年, 瑞典的一个研究组发现了  $^{154}\text{Er}$  的第二个超形变带 SD2<sup>[3]</sup>, 并将 1995 年美国发现的第一个超形变带 SD1<sup>[4]</sup> 指定为三轴超形变带. 这里利用 TRS (Total Routhian Surface) 理论计算了其形变值, 讨论了其存在的微观机制, 指出了质子壳修正和集体转动能在其三轴超形变的形成中起主要作用.

### 2 TRS 方法

TRS 即转动坐标系中的总能量位能面. TRS 方法是将给定组态的能量作为  $(\epsilon_2, \epsilon_4, \gamma)$  的函数. 这样得到的曲面  $E(\epsilon_2, \epsilon_4, \gamma)$  是对某一推转频率而得到的, 推转频率不同得到的曲面就不同,  $\epsilon_2, \epsilon_4$  和  $\gamma$  也会随之变化.

当四极形变势场绕  $x$  轴以频率  $\omega$  旋转时, 在其中运动的准粒子的哈密顿量为

$$H^\omega = H_{\text{sp}}(\epsilon_2, \epsilon_4, \gamma) - \lambda N + \Delta(P + p^+, -\omega j_x), \quad (1)$$

其中,  $H_{\text{sp}}$  是形变势场中单粒子的哈密顿量,  $\lambda$  为化学势, 第三项为对相互作用, 第四项代表科里奥利

力项. 这样在转动坐标系中, 原子核对给定的组态  $cf$  的总能量为

$$\begin{aligned} E(\epsilon_2, \gamma, \omega) &= E_{\text{LD}}(\epsilon_2, \gamma) + E_{\text{corr}}(\epsilon_2, \gamma, \omega = 0) + \\ &E_{\text{rot}}(\epsilon_2, \gamma, \omega) + \sum_{i \in cf} e_i^*(\epsilon_2, \gamma), \quad (2) \end{aligned}$$

其中,  $E_{\text{LD}}$  为液滴能,  $E_{\text{corr}}$  为壳效应和对效应对液滴模型的修正<sup>[5,6]</sup>,  $E_{\text{rot}}$  为集体转动能, 可以通过用准粒子真空波函数来计算  $H^\omega$  在有转动和无转动时的能量差来确定. 最后一项为属于  $cf$  组态的所有准粒子能量之和.

在上式中, 所有项均与质子数  $Z$  和中子数  $N$  及  $\epsilon_4$  有关, 这里未明显显示写出来. 最后通过对总能量  $E$ , 即(2)式求极小值的方法, 就可以确定原子核的平衡形变.

在计算中, 需要的参数主要有质子和中子的对能隙以及 Nilsson 势参数  $\kappa$  和  $\mu$ . 质子和中子的对能隙可以通过质子和中子的奇偶质量差来计算, 计算的公式如下:

$$\begin{aligned} \Delta_n &= \frac{(-1)^N}{4} [B(Z, N-2) - \\ &3B(Z, N-1) + 3B(Z, N) - B(Z, N+1)], \\ \Delta_p &= \frac{(-1)^Z}{4} [B(Z-2, N) - \\ &3B(Z-1, N) + 3B(Z, N) - \\ &B(Z, N+1)], \quad (3) \end{aligned}$$

收稿日期: 2004-08-16

\* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(10147205)

作者简介: 于少英(1950--), 女(汉族), 内蒙古通辽人, 教授, 从事原子核结构理论研究; E-mail: ysy@hutc.zj.cn

其中  $B(Z, N)$  为质子数为  $Z$  和中子数为  $N$  的原子核的结合能. 考虑到对效应随  $\omega$  的增加而减弱, 在实际计算中需要引入一个 0.8—0.9 的减弱因子. 对  $\kappa$  和  $\mu$ , 我们选取与主壳层相关的参数, 取自文献[7].

### 3 计算结果和讨论

这里对 <sup>154</sup>Er 原子核的总能量进行了计算. 计算中未考虑准粒子部分, 因在较高的旋转频率下, 粒子对被拆散, 其能量已经包括在转动能之内, 图 1 就是经过 TRS 计算的总位能面图.

图 1 中 A 点为一局部极小点, 该点形变值为 ( $\epsilon_2=0.368, \gamma=23.6^\circ$ ). 图 2 给出了过图 1 原点及 A 点与能量轴平行平面的交线, 既固定  $\epsilon_2$  或  $\gamma$  时位能的变化. 由图 2 可以看出, A 点确实是一局部极

小. 确定了 A 点的  $\epsilon_2$  和  $\gamma$  后再通过  $\epsilon_4(\epsilon_2, \gamma)$  曲面图可确定 A 点的  $\epsilon_4=0.03$ , 这样经过 TRS 计算得到 <sup>154</sup>Er 三轴超形变参数为  $\epsilon_2=0.368, \gamma=23.6^\circ, \epsilon_4=0.03$ .

另外, 为了考查引起 <sup>154</sup>Er 三轴超形变的原因, 同时还分别给出了总位能分解后的各部分能量等势面(见图 3).

由图 3 可以看出, 在影响 <sup>154</sup>Er 形变的各种因素中, 质子壳修正能量和转动能起着最重要作用. 由图 3(a)和图 3(c)可以看出, 质子壳修正和转动能都是使原子核朝向大形变和大  $\gamma$  方向变化, 这一点在质子壳修正能量和转动能相加后的位能面图 3(f)中可以明显地看出来, 在与图 1 基本一致的位置处出现了局部极小, 即 <sup>154</sup>Er 三轴超形变形成的主要原因是质子的壳修正的作用和集体转动能.

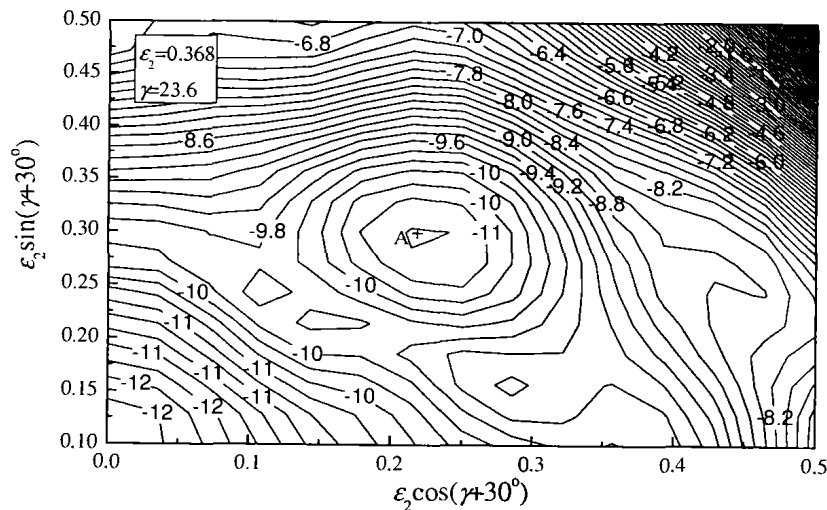


图 1 <sup>154</sup>Er 的总位能面, A 点为一局部极小值

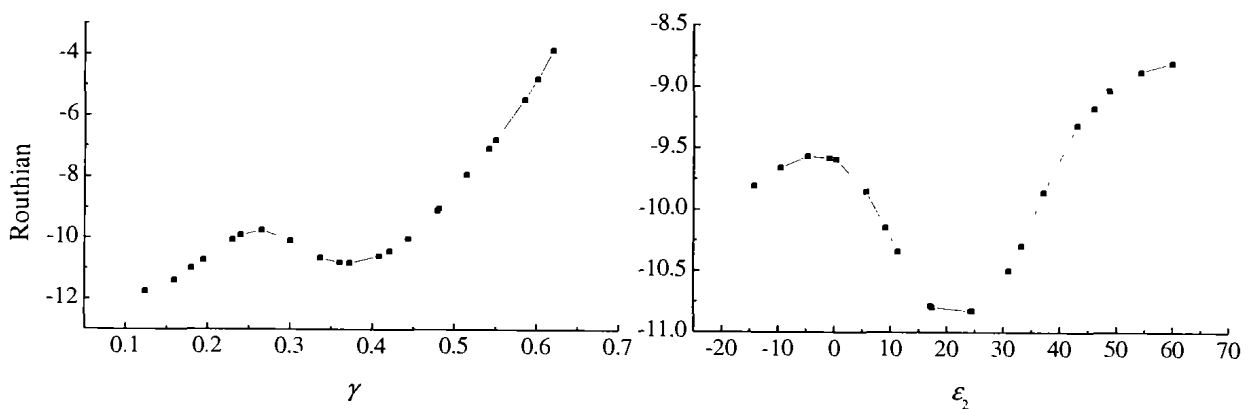


图 2 <sup>154</sup>Er 总位能面 A 点的剖面图

(a)  $\gamma=23.6^\circ$  时 Routhian 随  $\epsilon_2$  变化, (b)  $\epsilon_2=0.368$  时 Routhian 随  $\gamma$  变化

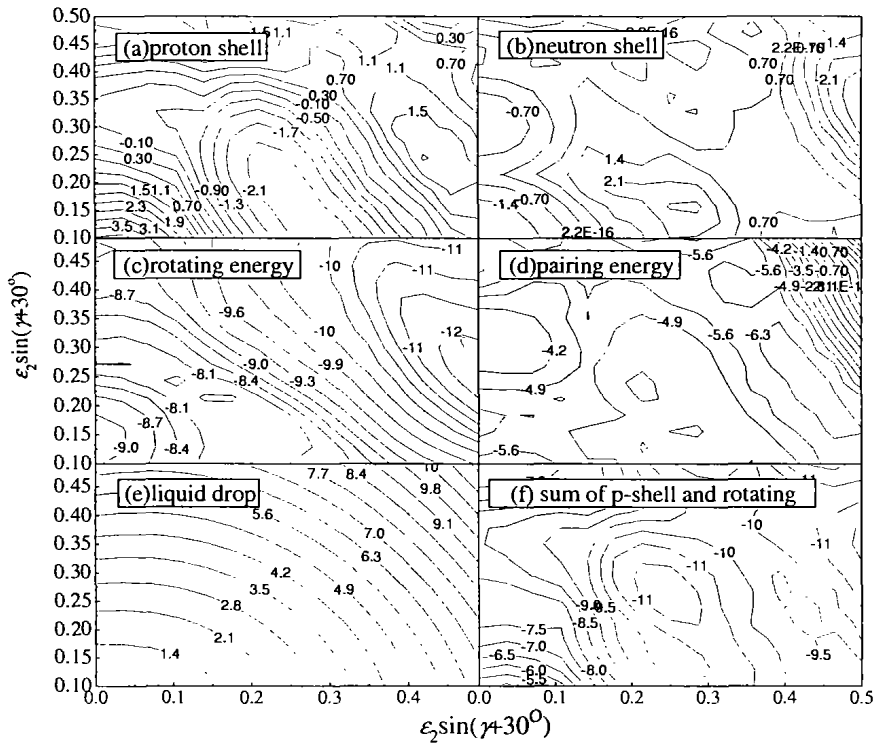


图 3 总位能面分解后各部分的能量曲面等势面

(a)质子壳修正能量, (b)中子壳修正能量, (c)转动能, (d)对修正能量, (e)液滴能, (f)质子壳修正与旋转能之和.

参 考 文 献:

[1] Schmitz W, Yang C X, Hubel H, *et al.* Nucl Phys, 1992, A539: 112.  
 [2] Odegard S W, Hagemann G B, Jensen D R, *et al.* Phys Rev Lett, 2001, 86: 5 866.  
 [3] Lagergren K, Cederwall B, Back T, *et al.* Phys Rev Lett, 2001, 87: 022502.  
 [4] Bernstein L A, Hughes J R, Becker J A, *et al.* Phys Rev, 1995, C52: R1 171.  
 [5] Nilsson S G, Tsang C F, Sobiczewski A, *et al.* Nucl phys, 1969, A131: 1.  
 [6] Strutinsky V M. Nucl Phys, 1967, A95: 420.  
 [7] Bengtsson T, Ragnarsson I. Nucl Phys, 1985, A436: 14.

## Formation Mechanism of Superdeformed Triaxial Nuclei <sup>154</sup>Er\*

YU Shao-ying<sup>1,2,3</sup>, AN Guang-peng<sup>1,2</sup>, TU Ya<sup>1,2</sup>

(1 College of Science, Huzhou Normal College, Huzhou 313000, Zhejiang, China;  
 2 College of Physics and Electromechanics, Inner Mongolia University for Nationalities,  
 Tongliao 028403, Inner Mongolia, China;  
 3 Institute of Theoretical Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

**Abstract:** Based on TRS theory the total routhian surface for <sup>154</sup>Er nuclei is calculated, the result indicates it exists TSD state.

**Key words:** triaxial superdeformation; TRS theory; routhian surface

\* Foundation item: National Natural Science Foundation of China(10147205)