

# $A \sim 100$ 区 $\pi g_{9/2} \otimes \nu h_{11/2}$ 组态带旋称反转 系统学研究<sup>\*</sup>

贺创业<sup>1</sup> 端礼华<sup>1,2;1)</sup> 吴晓光<sup>1</sup> 王治民<sup>1</sup> 刘颖<sup>1</sup> 孙慧斌<sup>2</sup> 温书贤<sup>1</sup> 李广生<sup>1</sup> 杨春祥<sup>1</sup>

1(中国原子能科学研究院 北京 102413)

2(深圳大学理学院 深圳 518060)

**摘要** 对 Ag, Rh 和 Tc 同位素奇奇核  $\pi g_{9/2} \otimes \nu h_{11/2}$  组态带的旋称反转进行了系统学研究, 发现旋称反转点随中子数增加而减小, 但随质子数增加而增大。用 p-n 剩余相互作用与 Coriolis 力相互竞争的观点较好解释了  $A \sim 100$  区旋称反转系统学规律。

**关键词** 旋称反转 p-n 剩余相互作用 Coriolis 力

近年来, 奇奇核旋称反转研究成为高自旋态领域的热门课题之一。在正常情况下, 优惠的旋称态在能量上低于非优惠旋称态。实验发现, 在  $A \sim 100$  区的低自旋态普遍存在旋称反转现象, 即非优惠的旋称态能量低于优惠旋称态。人们提出了各种理论模型<sup>[1-4]</sup> 来解释此现象, 但至今仍无定论。

系统比较了  $A \sim 100$  区

$^{102,104,106,108,110,112,114,116}\text{Ag}^{[5-10]},$

$^{98,100,102,104,106,108,110,112}\text{Rh}^{[9-15]}$  和  $^{98,100}\text{Tc}^{[16, 17]}$  等 18 个核  $\pi g_{9/2} \otimes \nu h_{11/2}$  组态带旋称反转的实验结果。发现如下规律(图 1): 1) 除个别核外,  $\pi g_{9/2} \otimes \nu h_{11/2}$  组态带旋称劈裂一般均随着自旋升高而减小, 直至恢复正常劈裂, 而且一直保持了较小的劈裂。2) 对于同位素核, 旋称反转点随着中子数的增加有减小的趋势。3) 对同中子素核而言, 反转点随着质子数的增加有所增大, 且旋称劈裂程度随着质子数的增加而减小。

引起上述系统性变化的原因很值得研究。旋称劈裂来源于  $K=1/2$  的组态带, 但由于 Coriolis 力引起  $\Omega$  混杂, 致使  $K \neq 1/2$  组态带也存在旋称劈裂。本文所讨论的  $\pi g_{9/2} \otimes \nu h_{11/2}$  组态带中, 质子费米面位于  $1g_{9/2}$  壳的中部, 中子费米面位于  $1h_{11/2}$  壳的底部。因此该质量区中子  $h_{11/2}$  轨道能级劈裂很大, 其非优惠旋称态较难布居, 该组态带的旋称劈裂主要来源于  $g_{9/2}$  质子优

惠态和非优惠态。所以对于同位素核, 旋称劈裂程度随着中子数的增加没有明显变化。

对旋称反转机制的一种可能解释是 p-n 剩余相互作用, 而 p-n 剩余相互作用与  $N-Z$ (中子数与质子数之差) 大小有关<sup>[18]</sup>。在  $A \sim 100$  区, 随着中子数增加,  $N-Z$  增大, p-n 剩余相互作用减小, 因而可能造成同位素核反转点随中子数的增加而减小, 正如图 1 中实验数据所反映的一样。对于同中子素, 随着质子数的增加, 质子费米面升高, 就越靠近  $\pi g_{9/2}$  壳的顶部, 造成旋称劈裂程度随质子数增加呈减小趋势。但质子数增加,  $N-Z$  减小, 引起 n-p 剩余相互作用跟着增大, 这可能是引起反转点随着质子数的增加而升高的主要原因。

从图 1 还看出,  $^{102}\text{Ag}$  和  $^{100}\text{Rh}$  旋称反转不满足上面所描述的系统规律。实验观察到  $^{100}\text{Rh}$  一直保持反常的劈裂模式, 然而两者在低自旋态的劈裂模式有些相似, 只是  $^{102}\text{Ag}$  在  $13\hbar$  发生了旋称反转。从组态结构分析,  $^{102}\text{Ag}$  和  $^{100}\text{Rh}$  跟它们的同位素核相比, 两者都为更缺中子核。中子数越少, 就越靠近  $N=50$  的满壳层, 中子费米面逐渐远离  $h_{11/2}$  壳层, 这时两者组态  $\pi g_{9/2}^{-2} p_{1/2} \otimes (d_{5/2} g_{7/2})^3$  (对于  $^{102}\text{Ag}$ )<sup>[19]</sup> 和  $\pi g_{9/2}^{-4} p_{1/2} \otimes (d_{5/2} g_{7/2})^5$  (对于  $^{100}\text{Rh}$ )<sup>[12, 19]</sup> 慢慢的向晕态转化, 导致  $\pi g_{9/2} \otimes \nu h_{11/2}$  组态带有很大的组态混合。由壳模型算出这种组态混合在低自旋态表现的尤为明显<sup>[19]</sup>, 这或许是引起  $^{102}\text{Ag}$  与  $^{100}\text{Rh}$  旋称反转与系统规律不同

\* 国家自然科学基金(10175090, 10105015, 10375092, 10575133) 和国家重点基础研究发展计划项目(TG2000077405)资助

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

的原因。在 $^{102}\text{Ag}$ 中，质子数与中子数之差相比 $^{100}\text{Rh}$ 更小，因此 $^{102}\text{Ag}$ 中p-n剩余相互作用更大，所以在 $^{102}\text{Ag}$ 中看到了反转，而 $^{100}\text{Rh}$ 中则没有看到反转。

图1显示出另外一个特殊现象就是 $^{98}\text{Rh}$ 的旋称劈裂幅度远远大于其他核素，从转动惯量的角度分析就一目了然。在一定转动频率下，Coriolis力作用反比于转动惯量。 $^{98}\text{Rh}$ <sup>[11]</sup>， $^{100}\text{Rh}$ <sup>[12]</sup>和 $^{102}\text{Rh}$ <sup>[13]</sup>在 $12\hbar$ 的转动惯量分别为 $20\hbar^2/\text{MeV}$ ， $29\hbar^2/\text{MeV}$ 和 $30\hbar^2/\text{MeV}$ ，表明从 $^{100}\text{Rh}$ <sup>[12]</sup>到 $^{98}\text{Rh}$ <sup>[11]</sup>转动惯量突然减小，因此 $^{98}\text{Rh}$ <sup>[11]</sup>中Coriolis力作用比它的同位素中大了许多。旋称劈裂幅度随着Coriolis力作用的增大而增大，这将导致 $^{98}\text{Rh}$ <sup>[11]</sup>的反转点突然减小。

在前人的理论模型<sup>[20—23]</sup>中也多次引入n-p剩余相互作用再现了实验观测到的旋称反转。在我们上述

分析中用p-n剩余相互作用与Coriolis力相互竞争的观点较好解释了 $A \sim 100$ 区 $\pi g_{9/2} \otimes \nu h_{11/2}$ 组态带旋称反转的系统规律，进一步说明p-n剩余相互作用形成旋称反转的重要性。

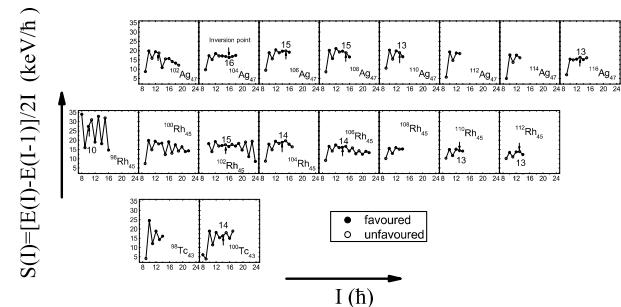


图1  $A \sim 100$ 区奇奇核 $\pi g_{9/2} \otimes \nu h_{11/2}$ 组态带旋称反转系统比较( $\bullet\alpha=0$ ,  $\circ\alpha=1$ )

## 参考文献(References)

- 1 Bengtsson R et al. Nucl. Phys., 1984, **A415**: 189
- 2 Frauendorf S et al. Phys. Lett., 1983, **B125**: 245
- 3 Hara K et al. Nucl. Phys., 1991, **A531**: 221
- 4 Hamamoto I et al. Phys. Lett., 1990, **B235**: 221
- 5 Kumar V R et al. Z. Phys., 1995, **A351**: 249
- 6 Datta P et al. Phys. Rev., 2004, **C69**: 044317
- 7 HE Chuang-Ye et al. HEP & NP, 2006, **30**(10): 966 (in Chinese)  
(贺创业等. 高能物理与核物理, 2006, **30**(10): 966)
- 8 Espinoza-Quinones F R et al. Phys. Rev., 1995, **C52**: 104
- 9 Porquet M G et al. Eur. Phys. J. 2002, **A15**: 463
- 10 Porquet M G et al. Eur. Phys. J., 2003, **A18**: 25
- 11 Chattopadhyay S et al. Phys. Rev., 1998, **C57**: R471
- 12 Gizon A et al. Eur. Phys. J., 1998, **A2**: 325
- 13 Gizon J et al. Phys. Rev., 1999, **C59**: R570
- 14 Vaman C et al. Phys. Rev. Lett., 2004, **92**: 032501
- 15 Joshi P et al. Phys. Lett., 2004, **595**: 135
- 16 Bizzeti-Sona A M et al. Phys. Rev., 1987, **C36**: 2330
- 17 Joshi P et al. Eur. Phys. J., 2005, **A24**: 23
- 18 ZHENG R R et al. Phys. Rev., 2001, **C64**: 014313
- 19 Alfier R et al., Z. Phys., 1996, **A355**: 135
- 20 Cederwall B et al. Nucl. Phys., 1992, **A542**: 454
- 21 Matsuzaki M et al. Phys. Lett., 1991, **B269**: 23
- 22 Tajima N et al. Nucl. Phys., 1994, **A572**: 365
- 23 XU F R et al. Nucl. Phys., 2000, **A669**: 119

## Systematics of Signature Inversion in Odd-Odd Nuclei in the $A \sim 100$ Mass Region\*

HE Chuang-Ye<sup>1</sup> ZHU Li-Hua<sup>1,2;1)</sup> WU Xiao-Guang<sup>1</sup> WANG Zhi-Min<sup>1</sup> LIU Ying<sup>1</sup> SUN Hui-Bin<sup>2</sup>  
WEN Shu-Xian<sup>1</sup> LI Guang-Sheng<sup>1</sup> YANG Chun-Xiang<sup>1</sup>

1 (China Institute of Atomic Energy, Beijing 102413, China)  
2 (School of Science, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China)

**Abstract** The systematics of signature inversion of the  $\pi g_{9/2} \otimes \nu h_{11/2}$  configuration bands in Ag, Rh and Tc isotopes is studied. The inversion point shifts toward the lower spin with neutron number increasing for isotopes and shifts toward the higher spin with proton number increasing for isotones. This systematic feature of signature inversion in  $A \sim 100$  mass region is well explained by the competition between the p-n residual interaction and the Coriolis force.

**Key words** signature inversion, p-n residual interaction, Coriolis force

\* Supported by Major State Basic Research Development Program (TG2000077405) and National Natural Science Foundation of China (10175090, 10105015, 10375092, 10575133)

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