

^{125}Cs 高自旋态谱学研究



报告人：孙吉

导师：马英君

吉林大学

内容提要

1

前言

2

实验过程及数据分析

3

组态讨论

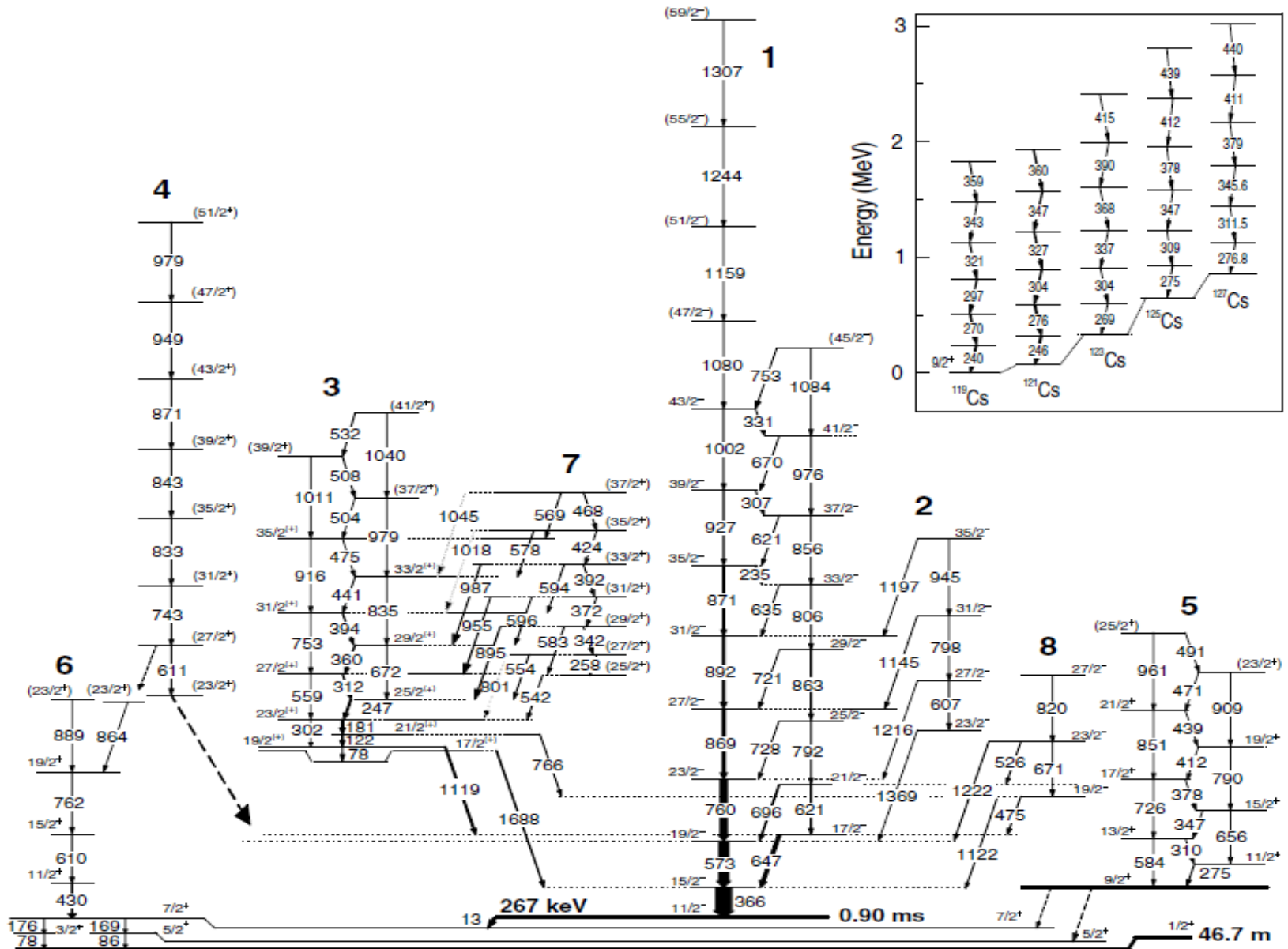
4

结论

A ~ 130核区的性质特点

A ~ 130的过渡区缺中子核，具有形变较软的特点。其质子费米面位于 $h_{11/2}$ 子壳层的下部，而中子费米面一般位于 $h_{11/2}$ 子壳层的中上部。势能面和推转壳模型的计算表明，根据高 j 值的 $h_{11/2}$ 和 $h_{11/2}$ 单粒子轨道的价核子对核芯的形变自由度有明显的极化效应。位于 $h_{11/2}$ 子壳层下部的价核子对核具有长椭圆形变的驱动作用，而位于 $h_{11/2}$ 子壳层中上部的价核子对核具有扁椭圆形变的驱动作用。两种相反的形变驱动作用形成了十分复杂的集体结构，使原子核展现出了丰富的高自旋态现象。为了更好地理解单个价核子对核芯的极化作用，对奇A核进行高自旋态核结构研究显然是必要的。在本次工作中，把奇质子核 ^{125}Cs 作为目标核，通过在束谱学的方法对其研究。

在本次工作之前，Singh等人利用 $^{110}\text{Pb}(^{19}\text{F},4\text{N})$ at 75MeV 所建的 ^{125}Cs 能级纲图



实验过程及数据分析

- ◆ 本次实验数据是2008年在中国原子能科学研究院HI-13串列加速器上进行的。通过重粒子融合蒸发反应 $^{160}\text{Gd}(^7\text{Li}, 5n)$ 布居了 ^{125}Cs 的高自旋态,束流能量为49MeV。
- ◆ 实验中 ^{160}Gd 靶的厚度约为 $4.5\text{mg}/\text{cm}^2$ 。
- ◆ 实验的探测装置是由14套HPGe-BGO反康谱仪和一台小平面探测器组成。共收集了大约 8×10^8 个符合事件。

实验过程及数据分析

- ◆ 本次工作利用 $^{160}\text{Gd}(^7\text{Li}, 5\text{n})$ 这个不同的束靶组合，再次对 ^{125}Cs 进行研究。结合 跃迁的符合关系、强度平衡等信息，建立了一个更加完整的高自旋态能级纲图，如图1所示，为了方便讨论，图中的各个带都用数字做了相应的标识。

^{125}Cs

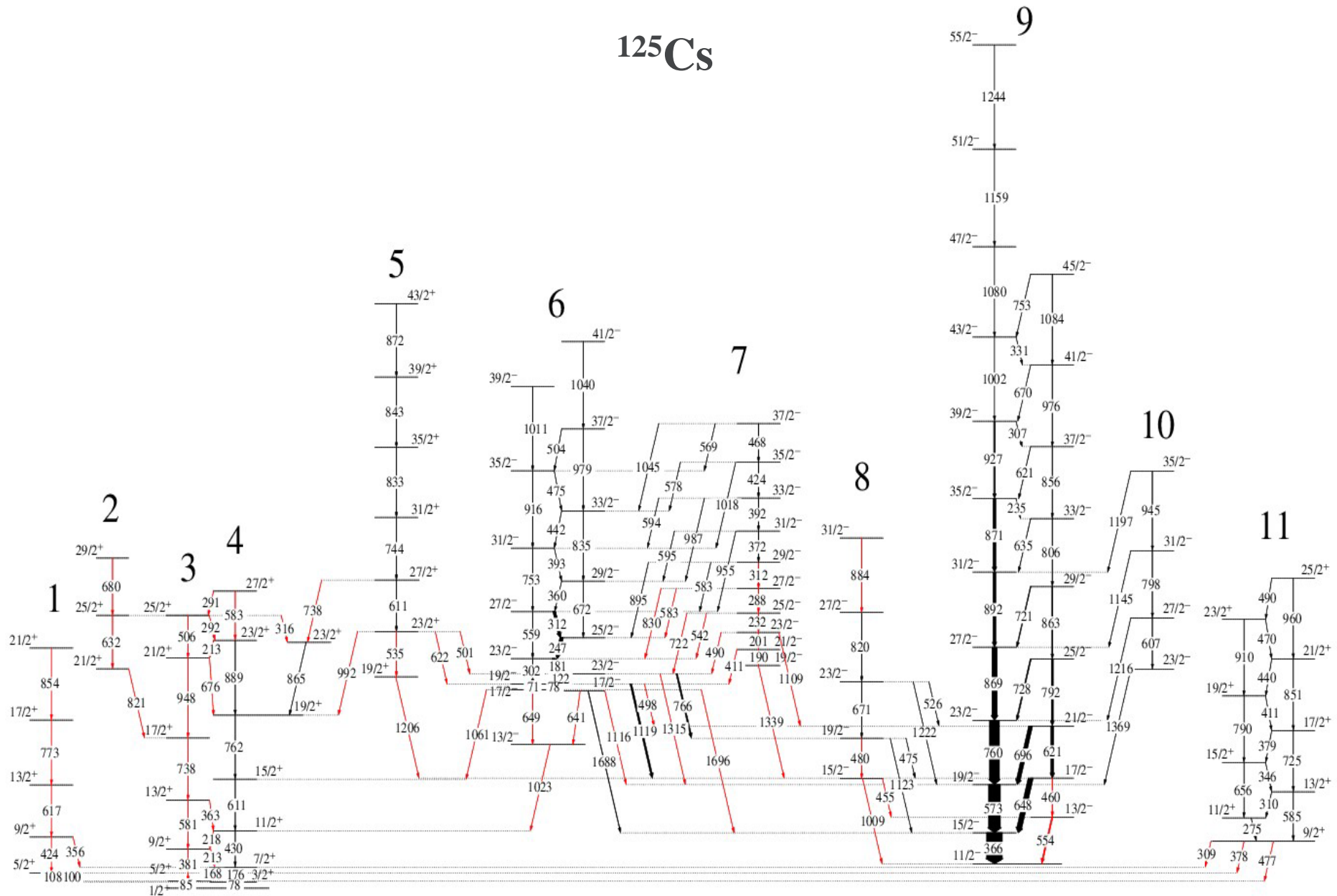


图1 本次工作所建立的 ^{125}Cs 的能级纲图

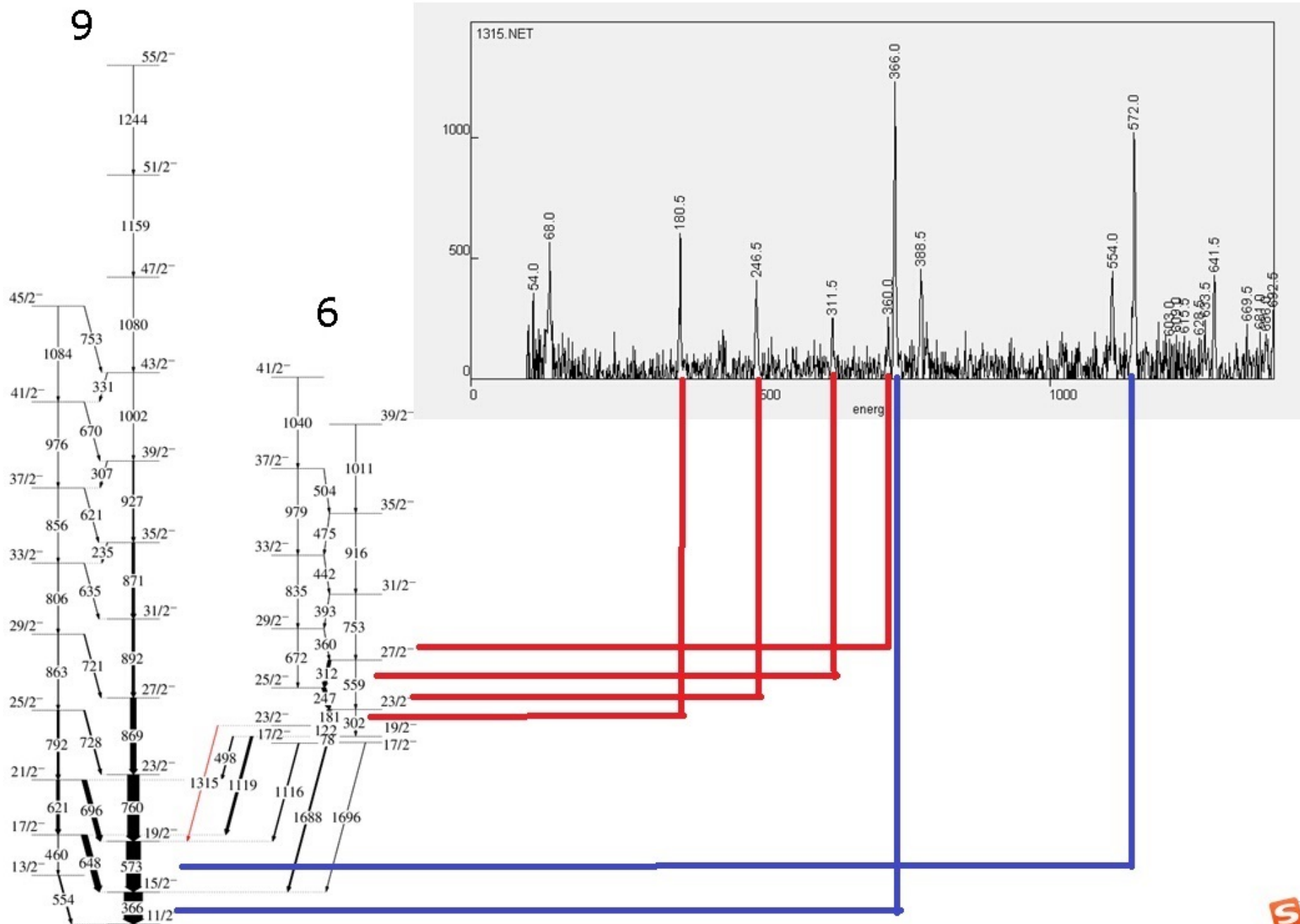


图 2 ^{125}Cs 带6与带9能级纲图

各个带的组态讨论

因为每个转动带的顺排特性都是与组态息息相关，所以考察转动带的顺排角动量能够帮助我们给出转动带所占据的准粒子轨道，计算了 ^{125}Cs 顺排角动量是实验值，计算过程中Harries参数 $J_0=17\hbar^2\text{MeV}^{-1}$ 和 $J_1=25.8\hbar^4\text{MeV}^{-3}$ 。计算结果如图3所示

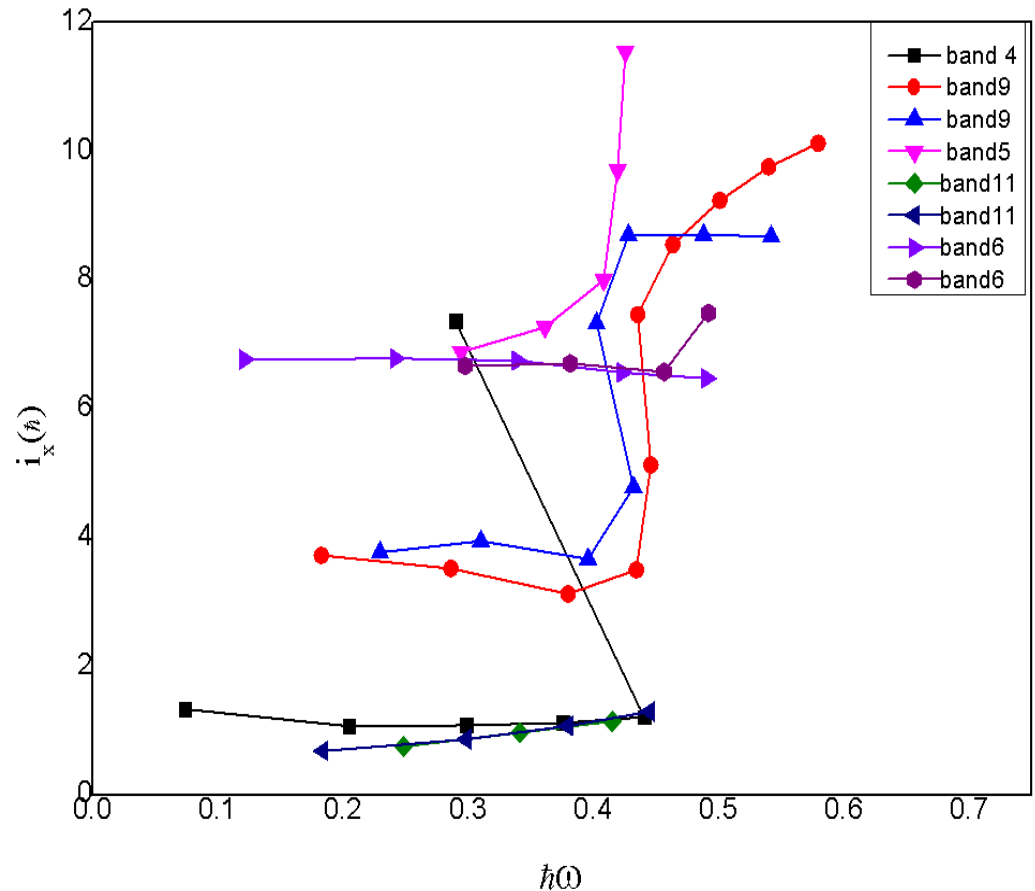


图3 ^{125}Cs 相应带的顺排角动量曲线

负宇称带8、9和10

- 带9：从图1可以看出，带9是所有带中布局最强的带，并且也是相同自旋下激发能最低的带，具有负宇称特性和较大的初始顺排角动量（ $\sim 4\hbar$ ），将带9指定为 $h_{11/2}[550]1/2^-$ 的组态的优惠和非优惠分支。
- 带8和带10：这两个带都有很强的E2跃迁馈入到带9的 $h_{11/2}$ 的优惠态中，但带内的E2跃迁相对较弱，与优惠分支之间有大 约1000keV的能量差。与带8、10相似的带在奇A核 ^{131}La 、 ^{133}Pr 还有 123 、 127 、 ^{129}Cs 和等都有被观测到，所以这两个带指定为基于 $h_{11/2}$ 优惠分支与 振动的耦合带。

正宇称带1、3、4和11

单纯从实验推论

- 带 11：强耦合带所以应该具有较大的 g ，而且在Sb, I和Cs中都观测到过 $g_{9/2}[404]9/2^+$ 组态的耦合带，所以根据系统学规律，指定为带11组态为 $g_{9/2}[404]9/2^+$
- 带 3：带4是建立在 $g_{7/2}[422]3/2^+$ 组态上的优惠态，由于带3的激发能位置符合 $g_{7/2}[422]3/2^+$ 组态非优惠态的能级序列的系统学规律，本次工作观测到了多条新的带间跃迁，同时这两个带都在频率0.25MeV左右发生了回弯现象，所以单从实验结果来说，带3很有可能和带4是共同基于 $g_{7/2}[422]3/2^+$ 组态的优惠态和非优惠态
- band 1:在确定带4和带12之后，带1的组态就可以指定为 $d_{5/2}[420]1/2^+$

^{125}Cs

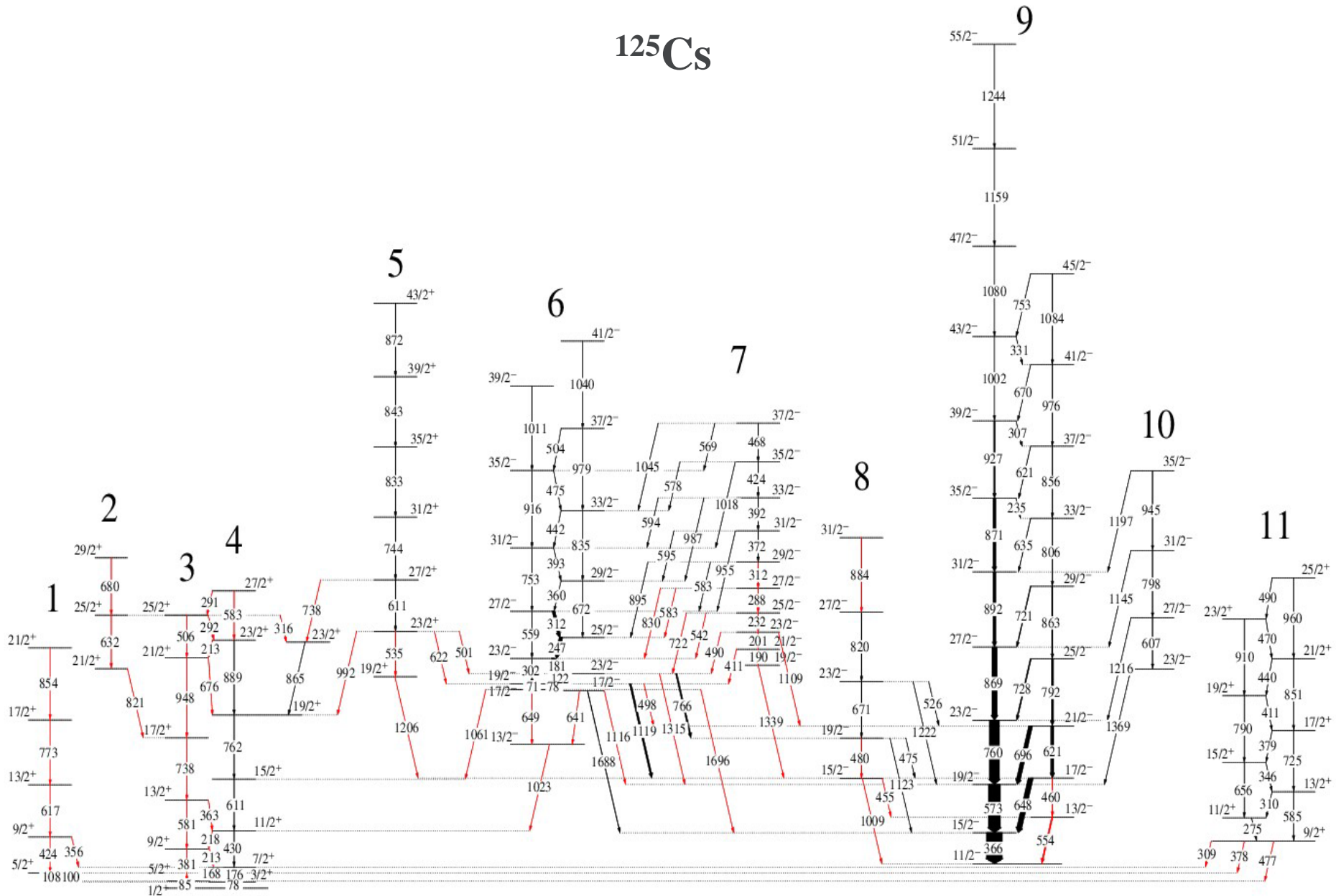
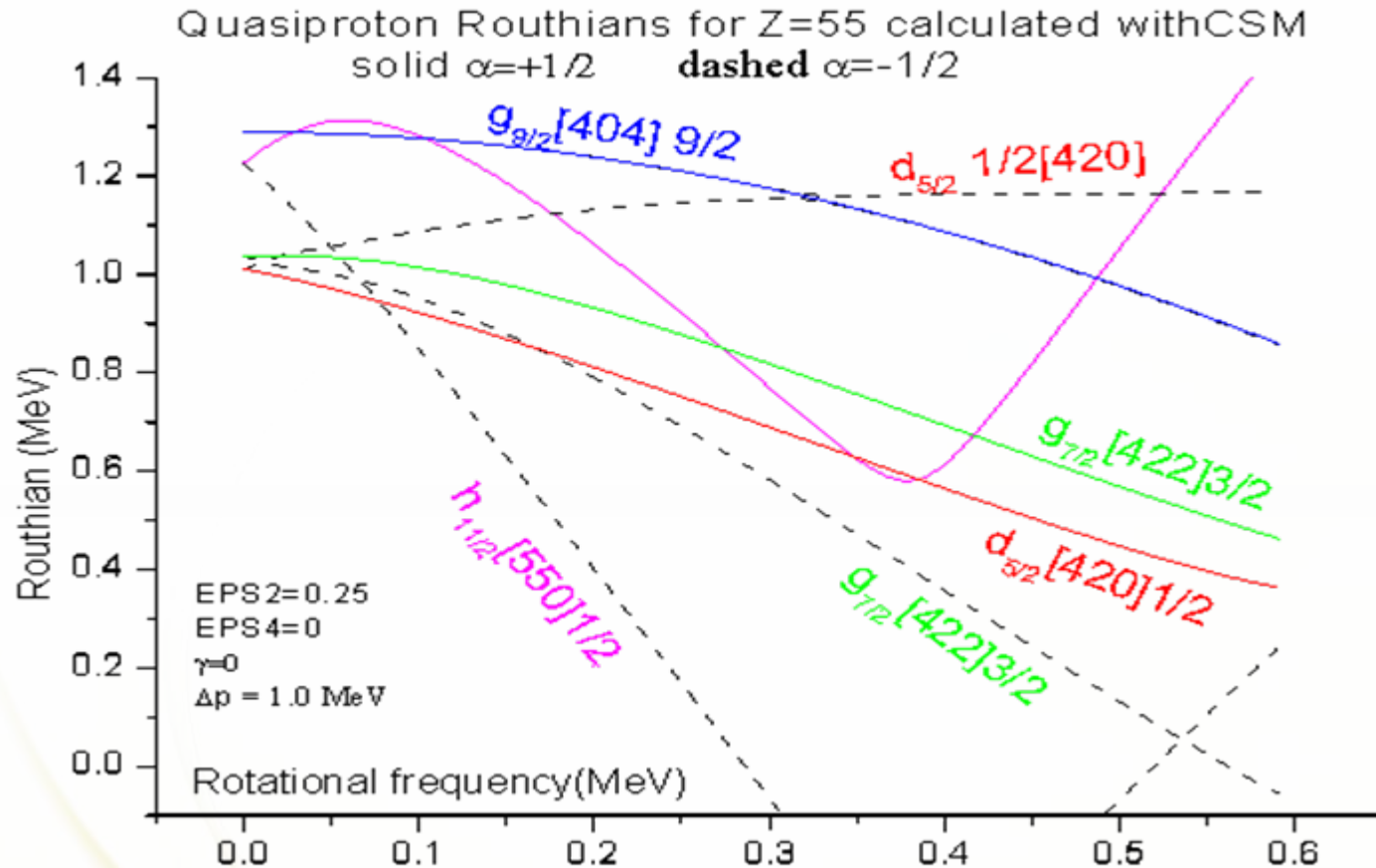


图1 本次工作所建立的 ^{125}Cs 的能级纲图

正宇称带1、3、4和11



利用推转壳模型计算的 质子 routhian (转动坐标系下的准质子能量)随转动频率的变化

正宇称带1、3、4和11

这张图与实验推论的对比得出结论：

- 带4对应图中 $g_{7/2} [422] 3/2$ 旋称 $= -1/2$ （黑虚线）
- 实验上看到的带3低于带1，和图中红实线低于绿实线相似，因此带3组态为 $d_{5/2} [420] 1/2 = 1/2^+$ ，带1的组态指定为 $g_{7/2} [422] 3/2 = +1/2$
- $g_{7/2} [422] 3/2 = -1/2$ 与 $d_{5/2} [420] 1/2 = 1/2^+$ 在转动频率 0.18 MeV 处交叉，能量高低关系改变。这一理论预期与实验上看到的带3与带4在0.25MeV附近出现的带交叉相符。实验上看到的这种交叉并非旋称反转，而是2个不同组态出现的交叉。

- 理论上蓝色线的实线与虚线几乎重合，意味着 $g_{9/2}[404]$ 旋称劈裂几乎为0，与实验相符
- $h_{11/2}$ 质子拆对频率理论上 大约在0.37 MeV 附近
- 实验上没有建立 $d_{5/2}[420]1/2 = 1/2$ ，尽管理论上该态在0.35 MeV 之前比 $d_{9/2}[404]9/2$ 在能量上更低。这可能说明， $d_{9/2}[404]$ 的形变参数与 此次计算的输入参数 $EPS2 = 0.25$ 不同。考虑其长椭驱动作用，对 $d_{9/2}[404]$ ，其形变参数 应大于0.25，以便该轨道更靠近费米面，实验上更靠近基态。

正宇称带2和带5

- 如图3所示，带5初始顺排角动量 $\sim 7\hbar$ ，所以带5应该是三准粒子态，是带4经历回弯后的延伸，带2同理。同时，带3和带4高自旋区出现的回弯迹象，均可以来自 $h_{11/2}$ 的拆对顺排，只是不同组态 ($g_{7/2}$ 和 $d_{5/2}$) 前提下的拆对顺排带3和带4也有回弯，所以可以推断带5的回弯现象来自 $h_{11/2}$ 拆对顺排。带4的组态我们已经确定是 $g_{7/2}[422]3/2^+$ 。所以可以指定带5是基于 $g_{7/2} \otimes [h_{11/2}]^2$ 态。相似的带在 ^{127}Cs 中也有被观测到。

负宇称的带6

由顺排角动量曲线可以看出带6的初始顺排角动量 $\sim 7\hbar$ ，并且没有明显的旋称劈裂，Singh在认定带6宇称为正的前提下，指定带6组态为

$$h_1 \otimes h_{1-7/2} \otimes g_{7/2}$$

由于带6有很强的M1跃迁和较弱的E2跃迁，导致实验上B(M1)/B(E2)的值很高，没有组态的理论计算的B(M1)/B(E2)值能够和实验值有很好的符合

在Hugehes等人的工作中将带7的组态指定为 $g_{7/2} \otimes h_{11/2} \otimes g_{7/2}$ 相同组态的强耦合带在临近的 127 、 ^{131}Cs 中也有观测到。虽然这种组态下初始顺排角动量 $\sim 4\hbar$ 远低于实验值，但是综合所有因素考虑，这种组态下的带6是最合理的

结论

- 拓展了原有的 ^{125}Cs 的纲图，修正了带5带12的退激方式，带5、9、12的带头激发能
- 基于带结构的顺排特性、 $B(M1)/B(E2)$ 实验值与理论值的比较、相邻核的研究结果等信息，对各带结构的内禀组态进行了讨论和指定。



Thank you

