

# Effect of short range correlation on the density dependence of nuclear symmetry energy at supra-saturation densities

指导老师:  
许昌副教授  
任中洲教授

报告人:张欣

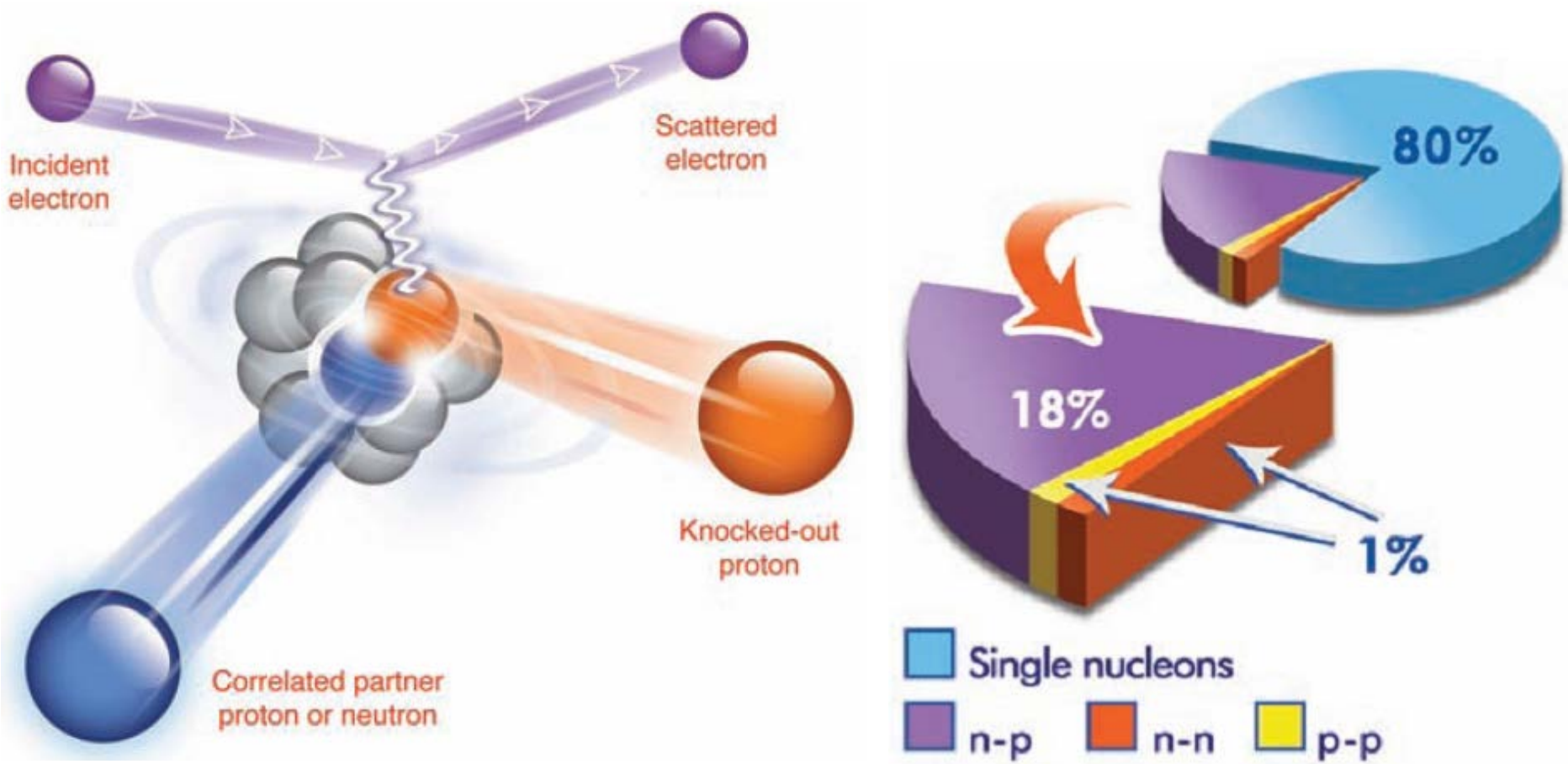
南京大学物理学院

2014.10.26

## 报告内容:

- 1, 研究动机
- 2, 得到理论输入量:核子动量分布
- 3, 理论框架
- 4, 计算结果与讨论
- 5, 总结

# 研究动机 1 of 2



R. Subedi et al., Probing Cold Dense Nuclear Matter. Science 320, 1476 (2008)

实验表明, 有限核中np对远多于nn对,pp对

纯中子物质无法形成np对

饱和密度处对称能~30MeV

自由费米气体模型, 动能对对称能贡献:

$$(2^{2/3} - 1) \left( \frac{3 \hbar^2 k_F^2}{5 2m} \right) \quad \text{总是为正, 在饱和密度处} \sim 13\text{MeV}$$

考虑了短程关联后, 动能部分贡献可能为负:

C. Xu and B. A. Li, arXiv:1104.2075v1.

Isaac Vidana, Autur Polls, Constanca Providencia, Phys. Rev. C 84, 062801(R) (2011).

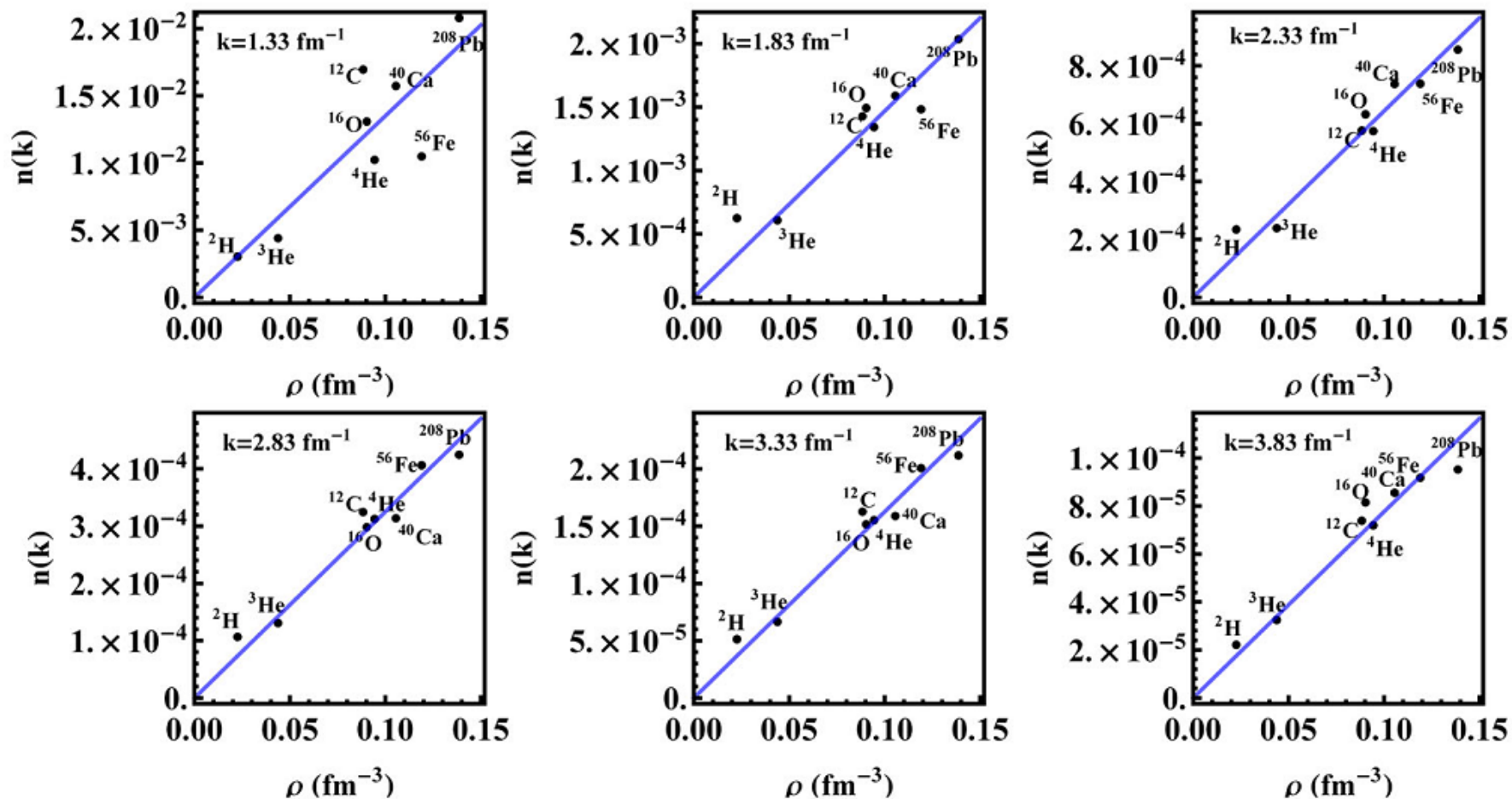
A. Carbone, A. Polls, A. Rios, EPL 97, 22001 (2012).

A. Rios, A. Polls, W.H. Dickhoff, Phys. Rev. C 89, 044303 (2014).

# 得到理论输入量: $n(k)$ 1 of 2

当前理论框架中, 短程关联主要通过改变 $n(k)$ 对其他物理量产生影响

已有的有限核理论计算结果中, 高动量处 $n(k)$ 与核平均密度存在线性关系:

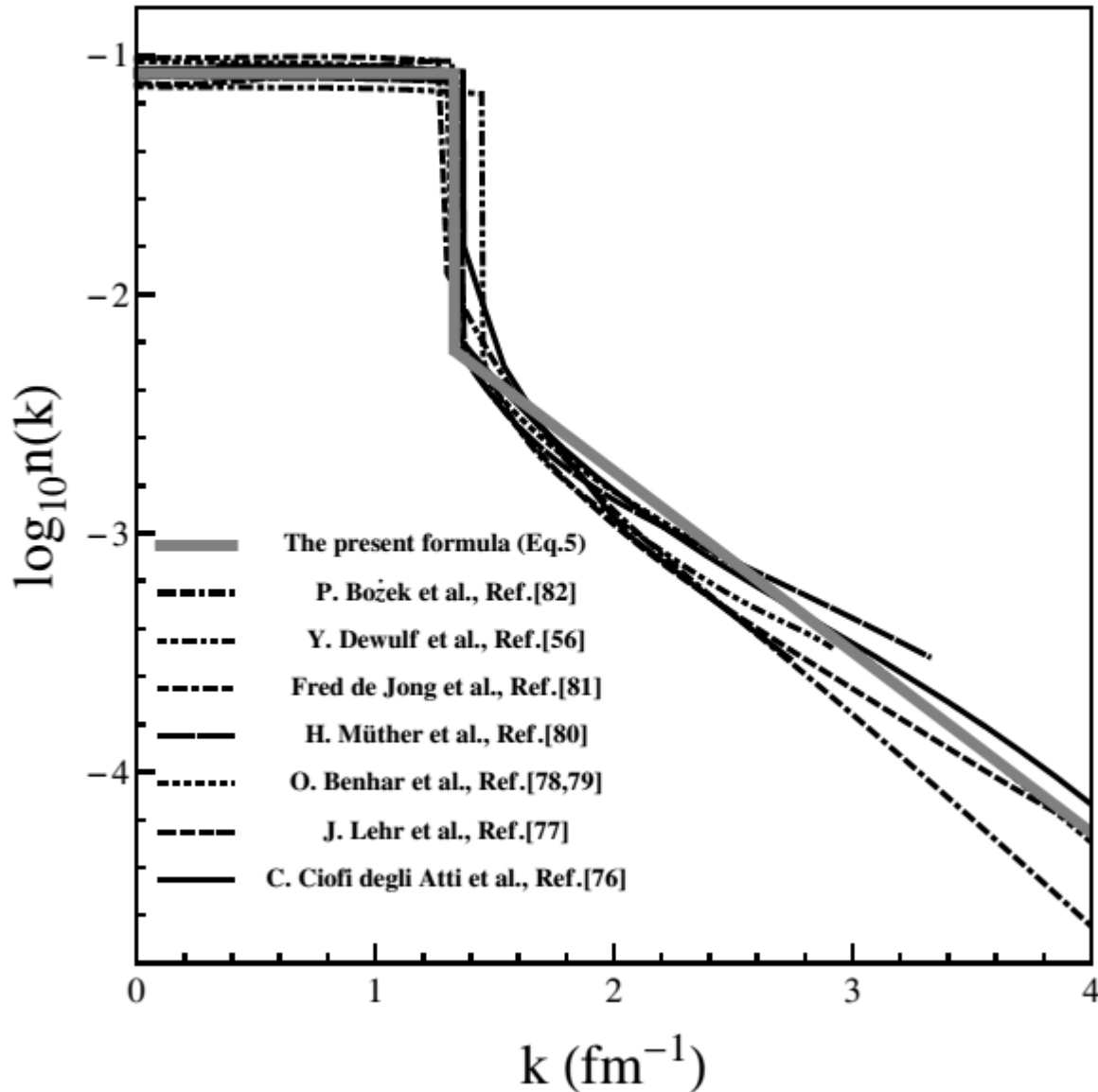


基于图中线性关系提出公式:

$$\begin{aligned}
 n(k) &= a & k < k_f \\
 &= b \times \rho \times 10^{-ck} & k > k_f,
 \end{aligned}$$

## 得到理论输入量: $n(k)$ 2 of 2

当前工作中所采用的 $n(k)$ 表达式在饱和密度处与已有微观计算的比较



三个共同的主要特征:  
1,费米动量以下,水平  
直线  
2,费米动量处,跳变  
3,费米动量以上,对数  
坐标上直线

# 理论框架

$$E_{\text{sym}}(\rho) = E^{PNM}(\rho) - E^{SNM}(\rho)$$
$$= [E_{\text{kin}}^{PNM}(\rho) - E_{\text{kin}}^{SNM}(\rho)] + [E_{\text{pot}}^{PNM}(\rho) - E_{\text{pot}}^{SNM}(\rho)]$$
$$E_{\text{kin}} = \int_0^{\infty} \frac{\hbar^2 k^2}{2m} n(k) 4\pi k^2 dk$$

MDI能量密度泛函形式:

被广泛用于对重离子碰撞的  
输运模型计算

Bao-An Li, Lie-Wen Chen, Che  
Ming Ko, Phys. Rep. 464, 113  
(2008).

Lie-Wen Chen, Che Ming Ko,  
Bao-An Li, Phys. Rev. Lett. 94,  
032701 (2005).

$$E_{\text{pot}}(\rho, \delta) = \frac{A_u \rho_n \rho_p}{\rho_0 \rho} + \frac{A_l}{2\rho_0 \rho} (\rho_n^2 + \rho_p^2)$$
$$+ \frac{B}{\sigma + 1} \frac{\rho^\sigma}{\rho_0^\sigma} (1 - x\delta^2) + \frac{1}{\rho_0 \rho} \sum_{\tau, \tau'} C_{\tau, \tau'} \frac{4}{(2\pi)^6}$$
$$\times \int \int d\mathbf{k}_1 d\mathbf{k}_2 \frac{4\pi k_f^\tau{}^3}{3} \frac{4\pi k_f^{\tau'}{}^3}{3} \frac{n^\tau(k_1) n^{\tau'}(k_2)}{1 + (\mathbf{k}_1 - \mathbf{k}_2)^2 / \Lambda^2}$$

要求所用参数正确给出:

$$\rho_0 = 0.16 \text{ fm}^{-3}, \quad E_{SNM}(\rho_0) = -16 \text{ MeV}, \quad K_{SNM}(\rho_0) = 220 \text{ MeV},$$

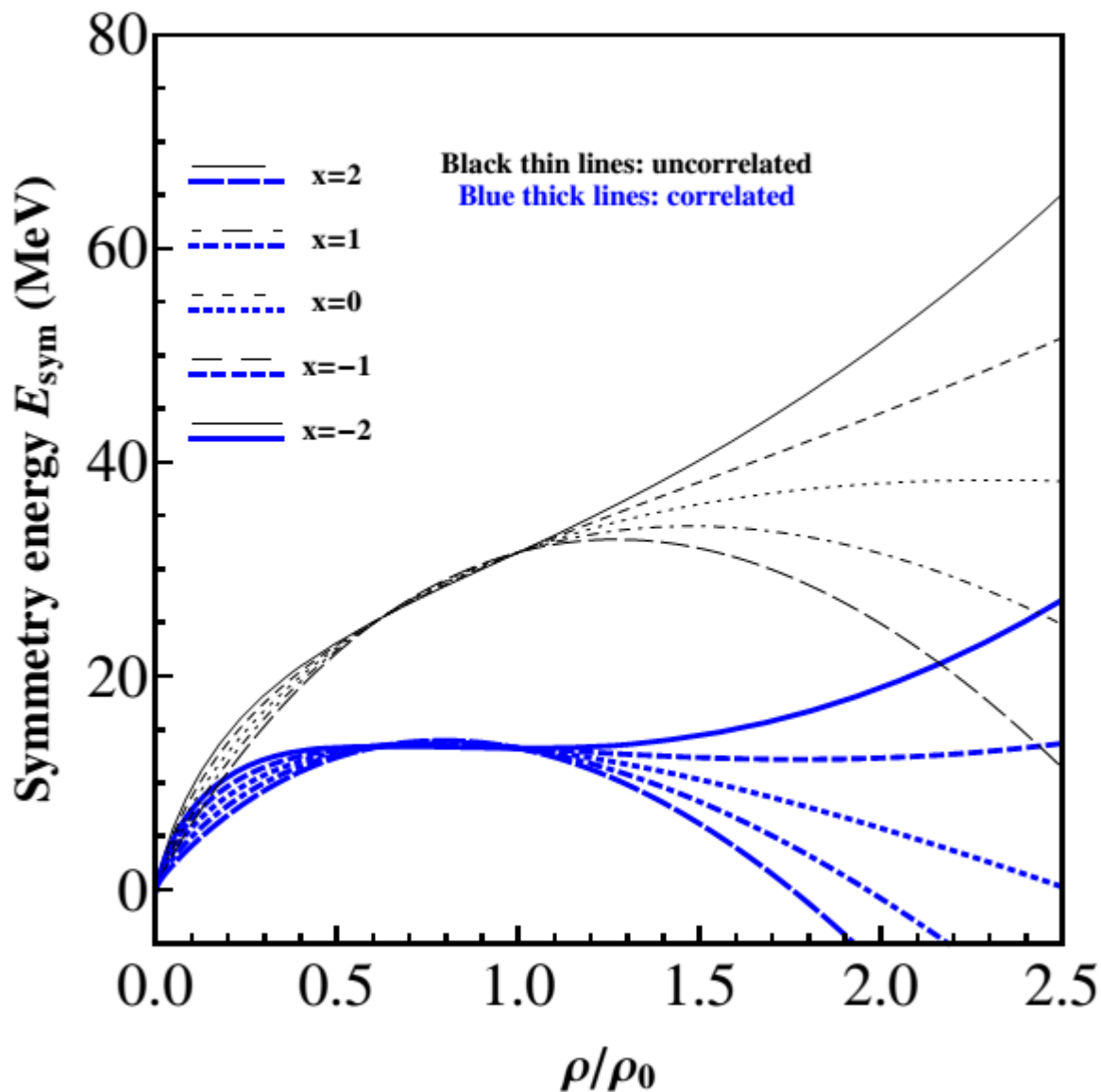
$$E_{\text{sym}}(\rho_0) = 31.6 \text{ MeV}, \quad E_{PNM}(0.1 \text{ fm}^{-3}) = 11.4 \text{ MeV}$$

参见B. Alex Brown, Phys. Rev. Lett. 111, 232502 (2013).

## 结果与讨论 1 of 3

未重新拟合参数, 对称能计算结果

动量相关部分降低, 其他部分不变



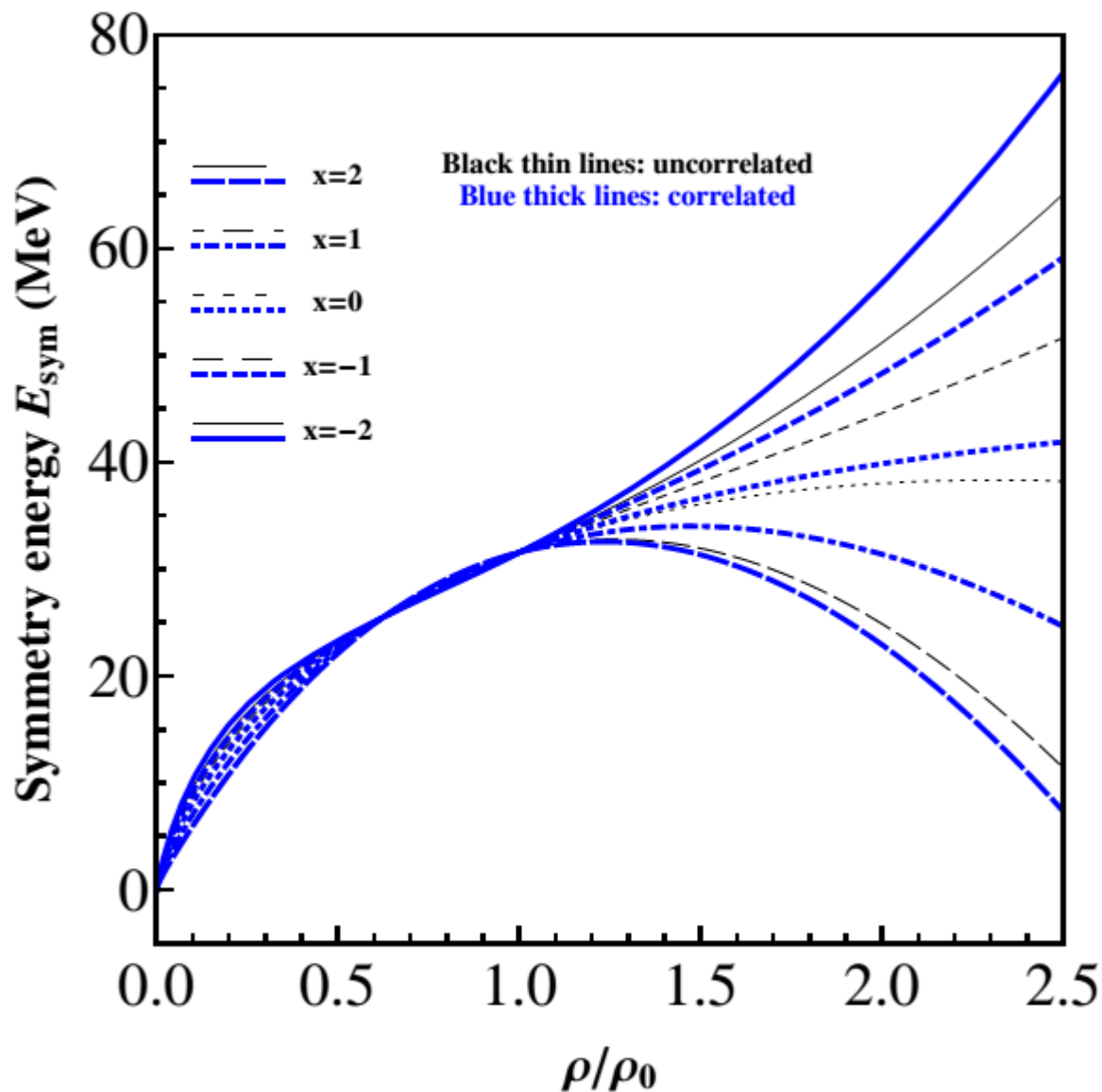
x为正, 偏软  
x为负, 偏硬

黑色线: 未考虑短程关联时的对称能

蓝色线: 考虑了短程关联后的对称能



重新拟合参数后, 对称能计算结果



B参数:  
127 MeV  $\rightarrow$  164 MeV

黑色线: 未考虑短程关联时的对称能

蓝色线: 考虑了短程关联后的对称能

### 结果与讨论 3 of 3

对称能的  
动能部分和  
势能部分

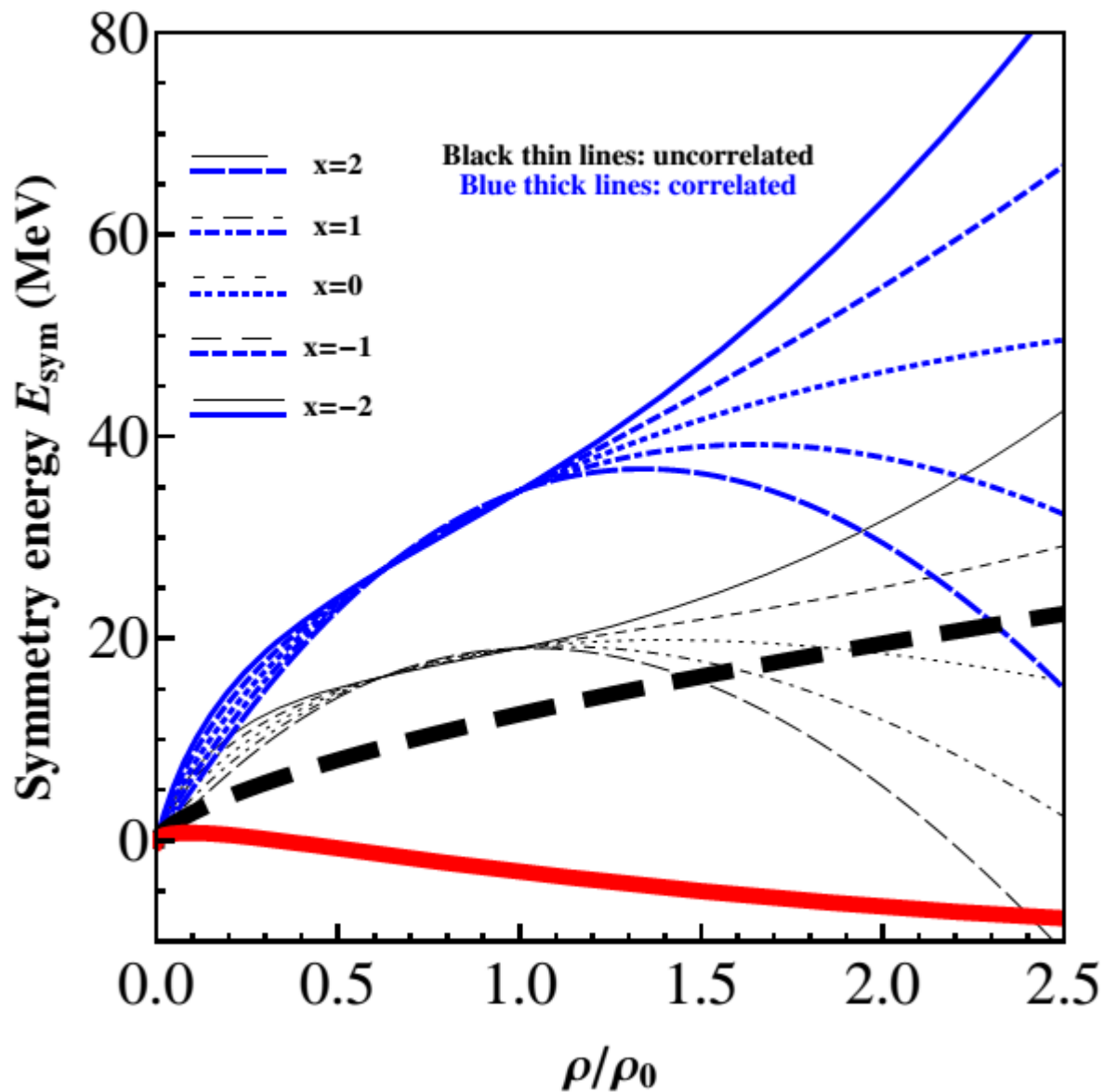
正确的动能-势能贡献  
比重需要考虑短程关联

黑色粗虚线:未考虑关联动能  
贡献

红色粗实线:考虑关联后动能  
贡献

黑色细线: 未考虑关联势能  
贡献

蓝色线: 考虑关联后势能贡献



# 总结

总结：

- 1, 通过分析文献中已有的计算结果, 我们展示了在有限核核子动量分布高动量部分的高度和核的平均密度之间存在一个简单的比例关系
- 2, 利用基于这个比例关系提出的对称核物质在不同密度下核子动量分布的表达式, 在MDI能量泛函的理论框架下对对称能的密度依赖行为作了研究
- 3, 研究表明, 在将短程关联纳入考虑后, 根据已知的核物质性质定出的核物质状态方程中的某些关键参数会有较大的变化。这暗示了, 在采用MDI能量泛函从重离子碰撞实验数据中提取核物质状态方程的研究中, 为了使得提取的结果更为精确, 有必要将短程关联纳入考虑
- 4, 为了正确地得到动能贡献和势能贡献在对称能中的比重关系, 有必要将短程关联纳入考虑

谢谢!