



# 对称能高密行为的定性探测

郭文梅

中国科学院近代物理研究所

合作者：雍高产，左维，李庆峰，王永佳，张鸿飞

第十五届全国核结构大会（2014.10.25-10.28 桂林）

# 提要

## ❖ 背景介绍

- (1) 非对称核物质状态方程和对称能
- (2) 高密对称能的探测及现状

## ❖ 研究内容

- (1) 高密对称能观测量的模型依赖性
- (2) 正常或反常同位旋相分化 ( Isospin-fractionation ) --高密对称能的一个定性探针

## ❖ 总结

# 非对称核物质状态方程和对称能

$$E(\rho_n, \rho_p) = E_0(\rho_n = \rho_p) + E_{\text{sym}}(\rho) \left( \frac{\rho_n - \rho_p}{\rho} \right)^2 + o(\delta^4)$$

非对称核物质  
的每核子能量

对称核物质的  
每核子能量

对称能

同位旋非  
对称度

对称能

$$E_{\text{sym}}(\rho) \equiv \frac{1}{2} \frac{\partial^2 E(\rho, \delta)}{\partial \delta^2}$$

反映了由对称核物质向  
非对称核物质变化的难易程度

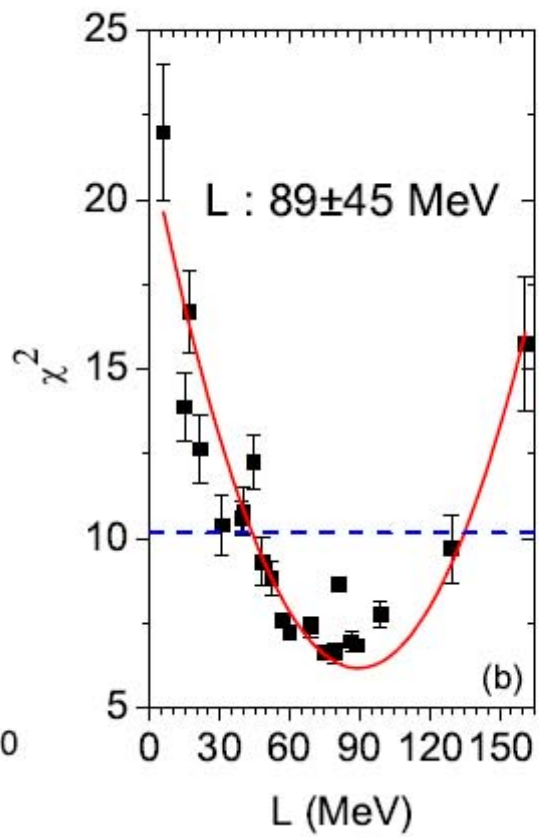
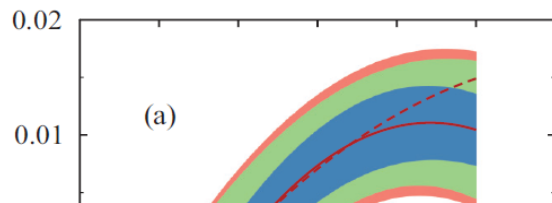
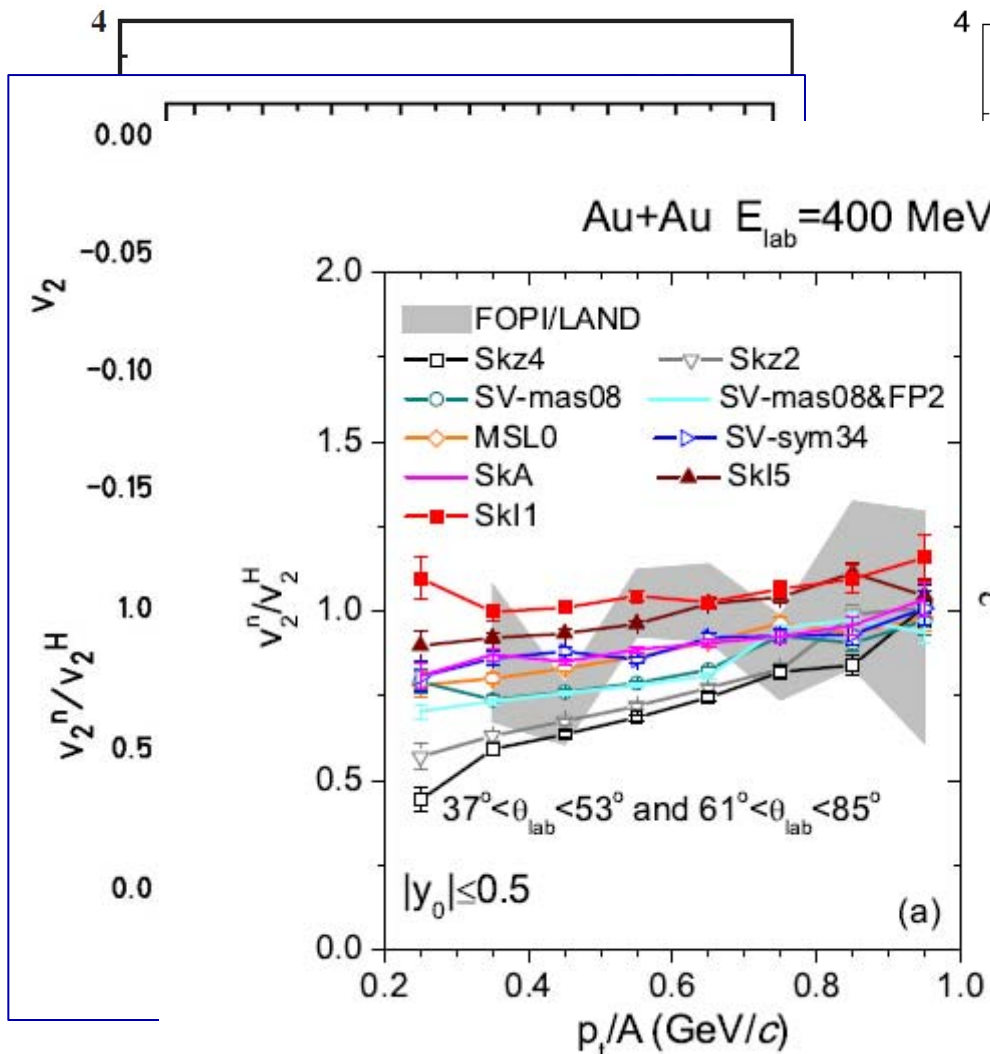
研究对称能的意义:

- (1) 奇异核的形成、结构[V. Baran, et al., Phys. Rep. 410 (2005) 335.]
- (2) 不稳定束流重离子碰撞动力学[B.A. Li, et al., Int. J. Mod. Phys. E 7 (1998) 147.]
- (3) 中子星性质、结构、演化和超新星爆发等天体问题

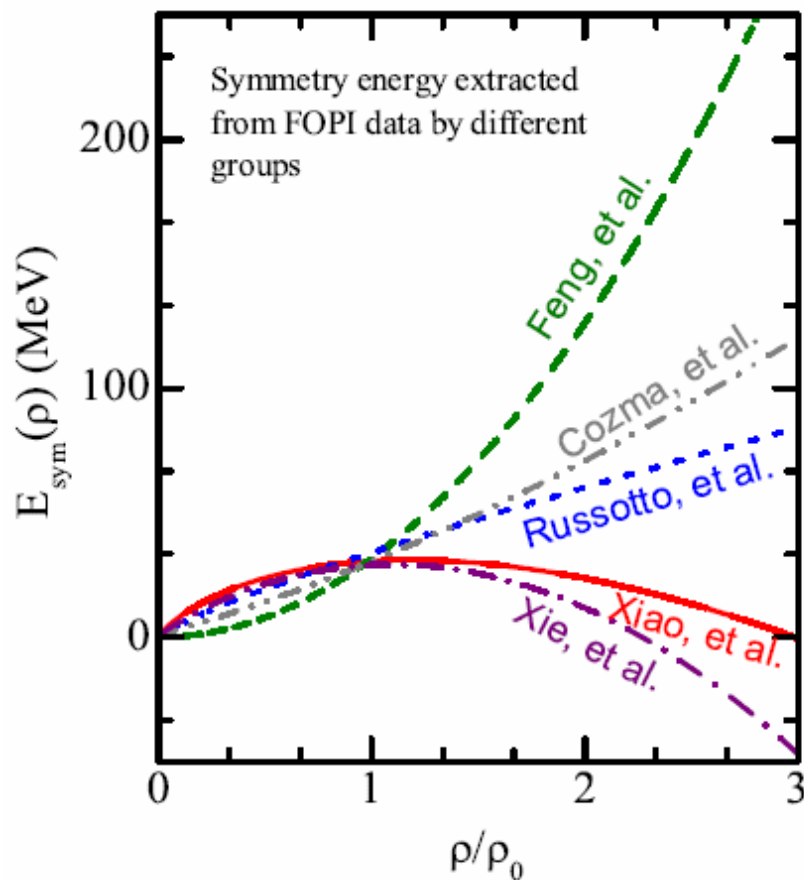
[J.M. Lattimer, et al., Science 304(2004) 536.

A.W. Steiner, et al., Phys. Rep. 411 (2005) 325.]

# 高密对称能的探测及现状



# 高密对称能的探测及现状



FOCI pion data  
QMD

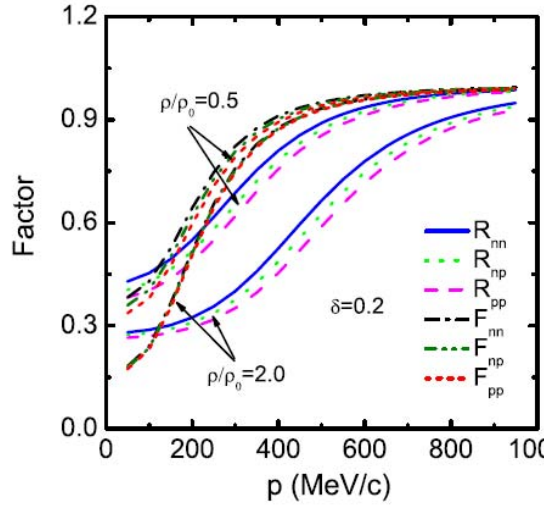
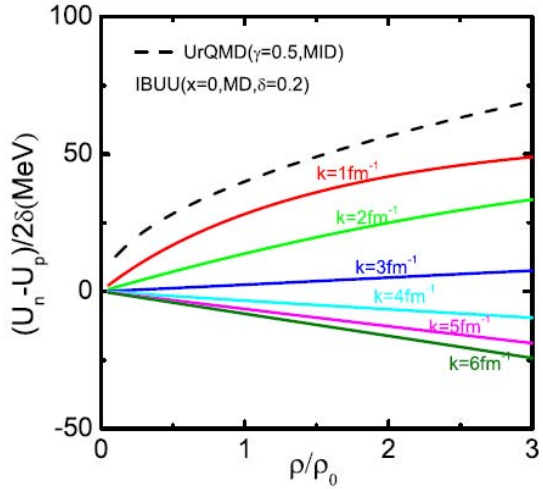
FOCI-LAND flow data  
QMD

FOCI pion data  
BUU

是否我们用的对称能敏感观测量具有模型依赖？

[W M Guo et al., Phys. Lett. B 738\(2014\)397](#)

# 高密对称能观测量的模型依赖性



对UrQMD模型:

$$\begin{aligned}\sigma_{NN_{elastic}} &= F(u, \delta, p) \times \sigma_{NN_{elastic}}^{free} \\ &= F_{\delta}^p \times F_u^p \times \sigma_{NN_{elastic}}^{free}.\end{aligned}$$

对IBUU模型:

$$\begin{aligned}R_{medium}(\rho, \delta, \mathbf{p}) &= \sigma_{NN_{elastic}}^{medium} / \sigma_{NN_{elastic}}^{free} \\ &= (\mu_{NN}^* / \mu_{NN})^2,\end{aligned}$$

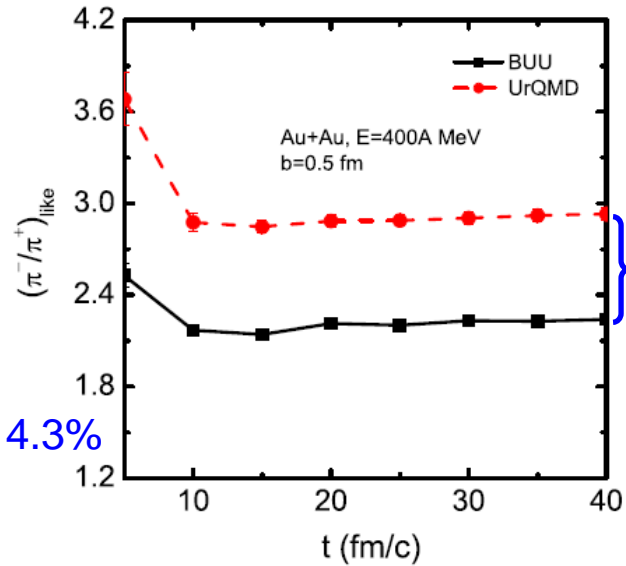
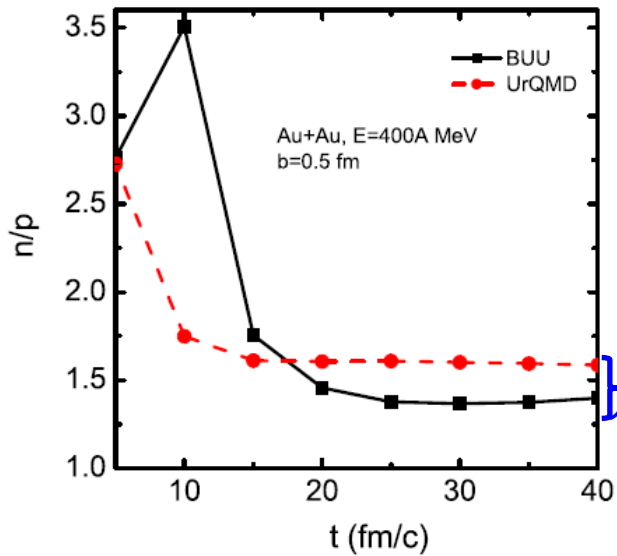
$$m_{\tau}^* = \left\{ 1 + \frac{m_{\tau}}{p} \frac{dU_{\tau}}{dp} \right\}^{-1} m_{\tau}.$$

$$F_{\delta,u}^p = \begin{cases} 1, & p_{NN} > 1 \text{ GeV}/c; \\ \frac{F_{\delta,u}-1}{1+(p_{NN}/0.225)^3} + 1, & p_{NN} \leq 1 \text{ GeV}/c, \end{cases}$$

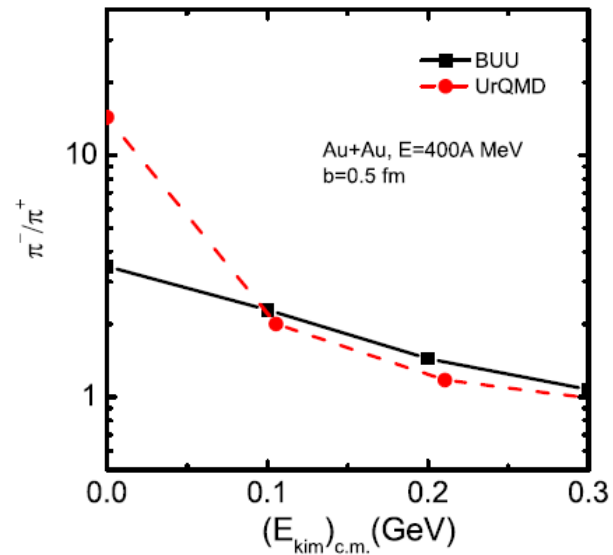
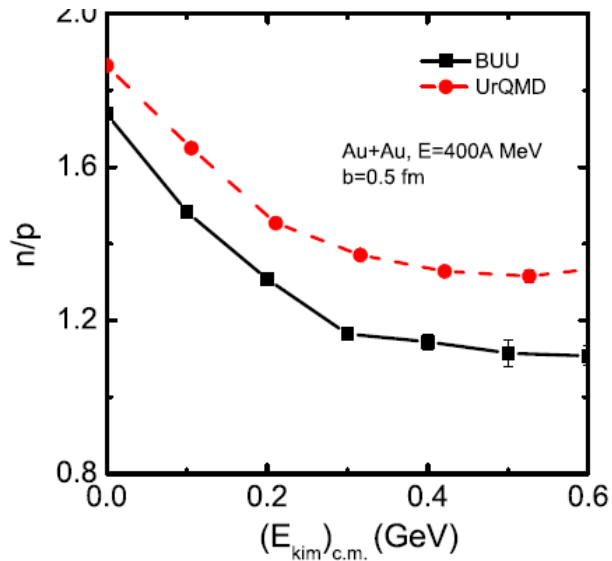
$$F_u = \frac{1}{6} + \frac{5}{6} e^{-3u},$$

$$F_{\delta} = \begin{cases} 1 - \frac{0.85}{1+3.25u} \delta, & pp; \\ 1 + \frac{0.85}{1+3.25u} \delta, & nn; \\ 1, & np. \end{cases}$$

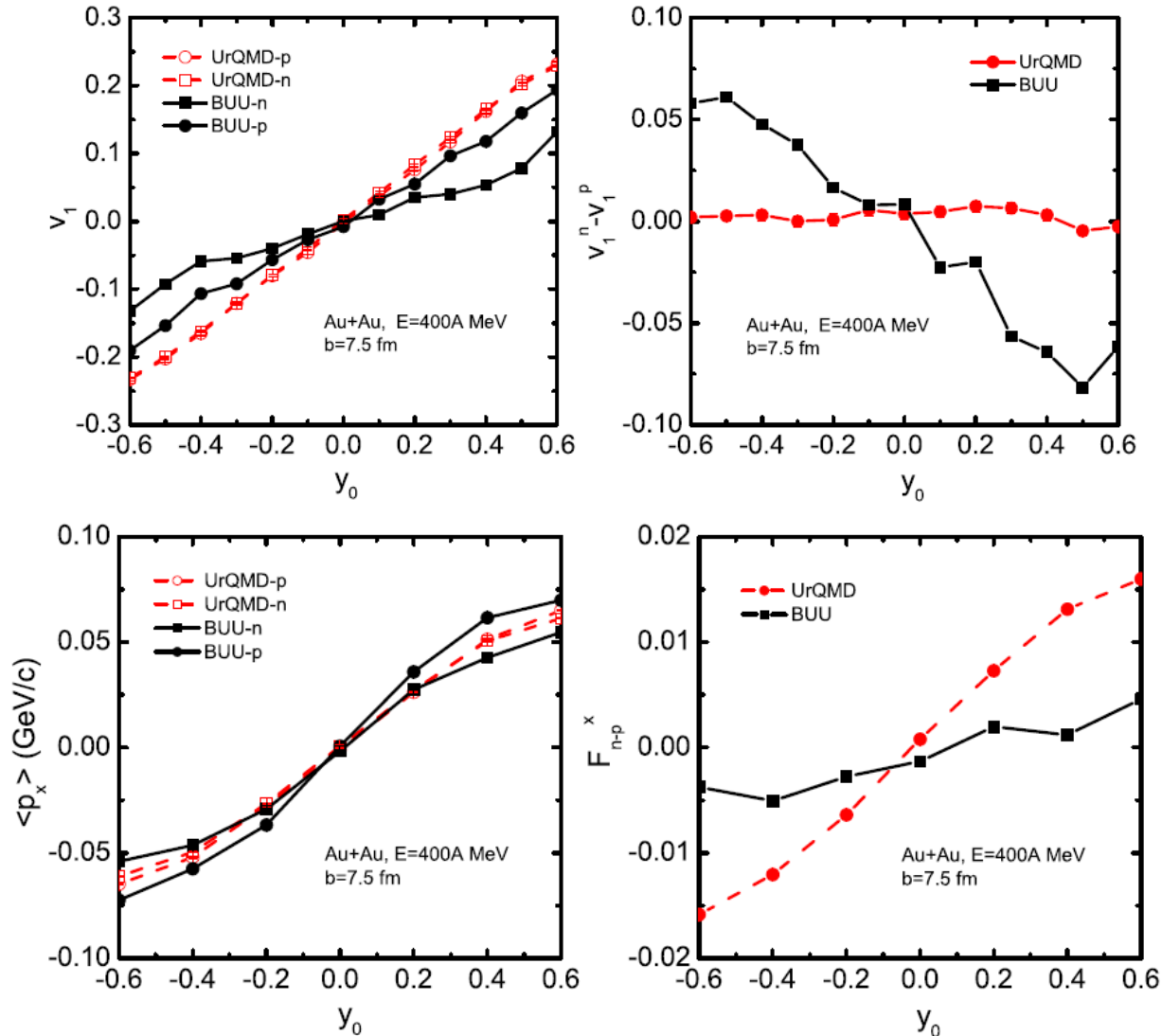
# 高密对称能观测量的模型依赖性



40%  
大于对称能对n/p,  
 $\pi^-/\pi^+$  的效应

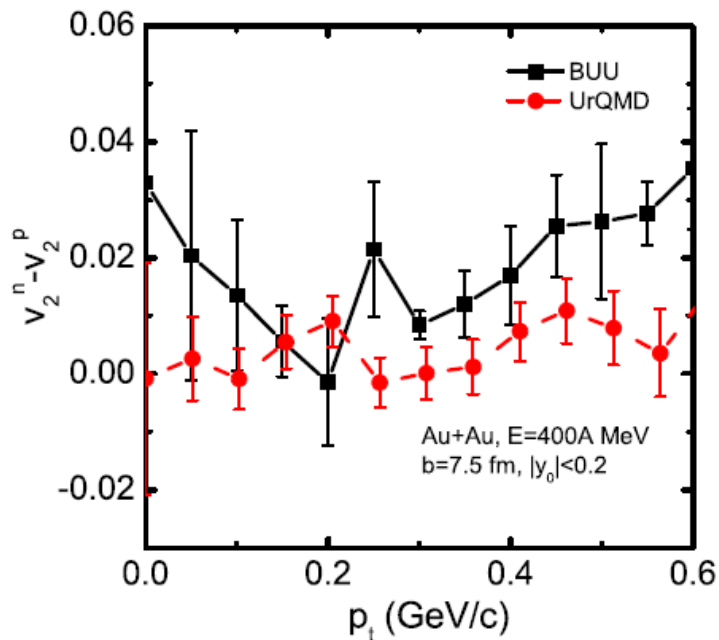
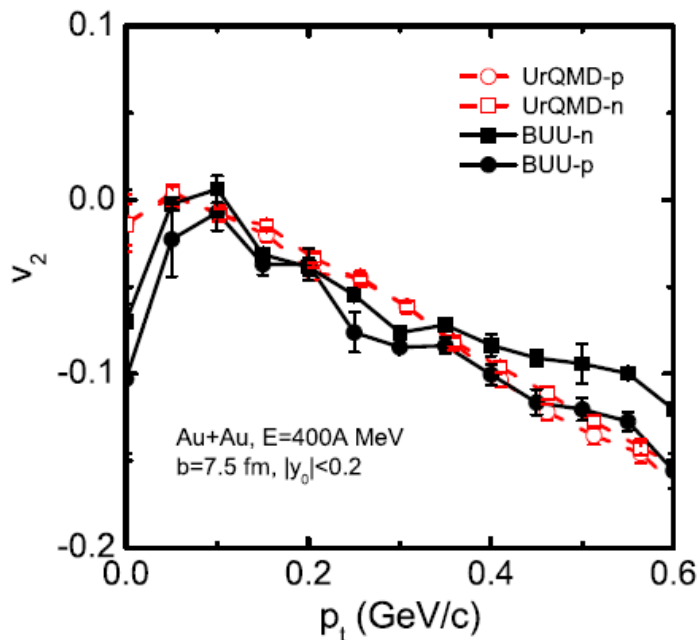


# 高密对称能观测量的模型依赖性





# 高密对称能观测量的模型依赖性

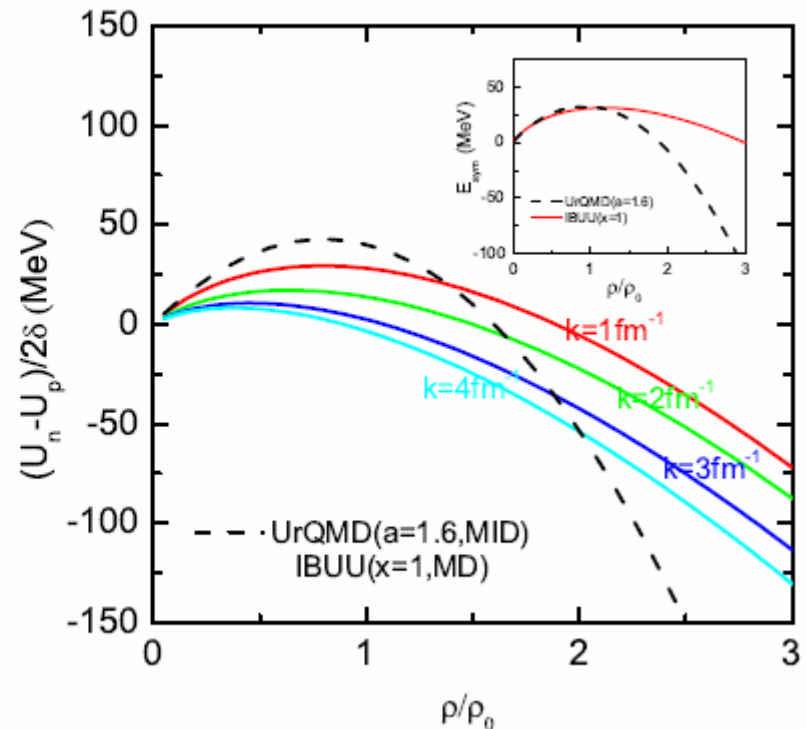
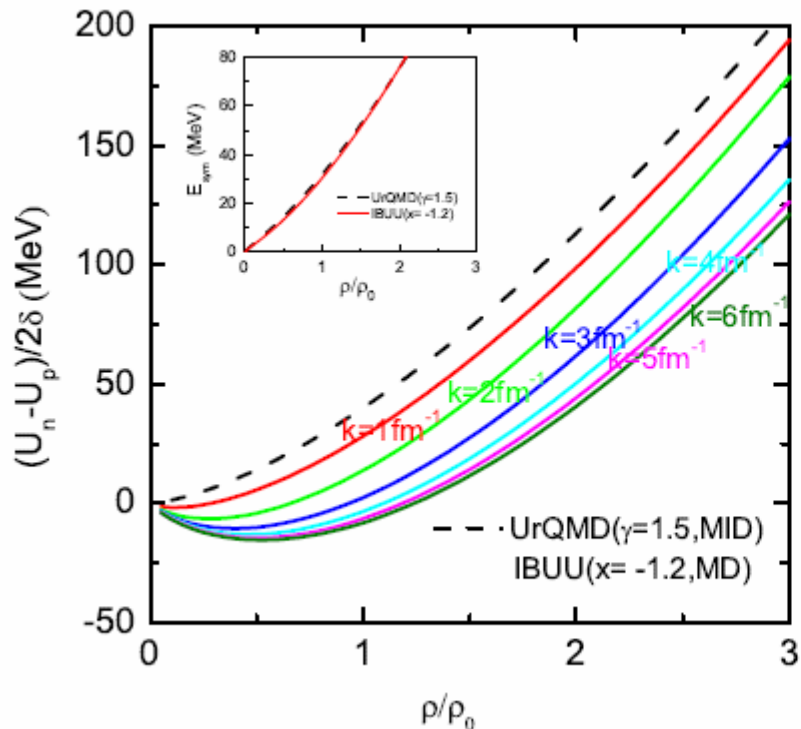


我们可以看出自由核子n/p,  $\pi^-/\pi^+$ , 同位旋敏感的核子横向流和椭圆流都明显地模型依赖。

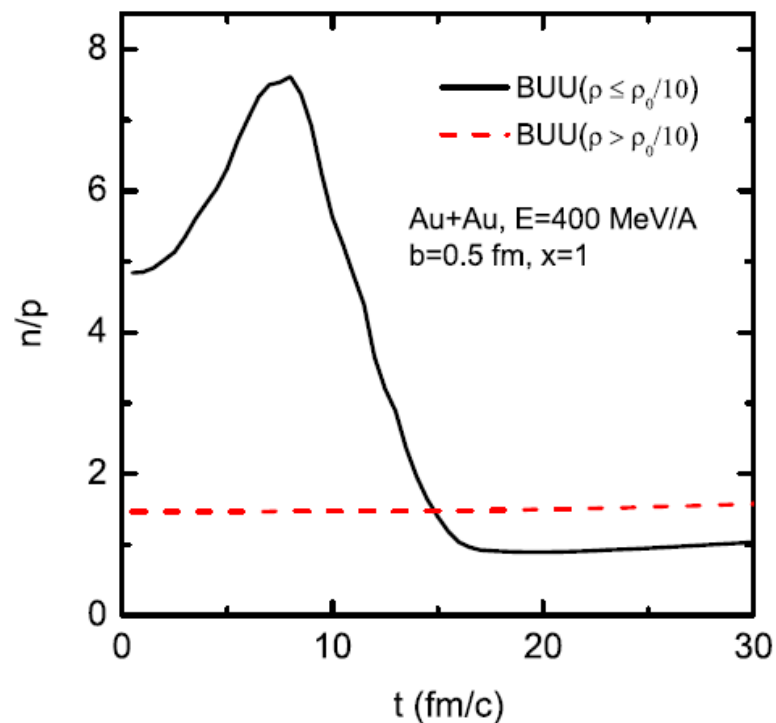
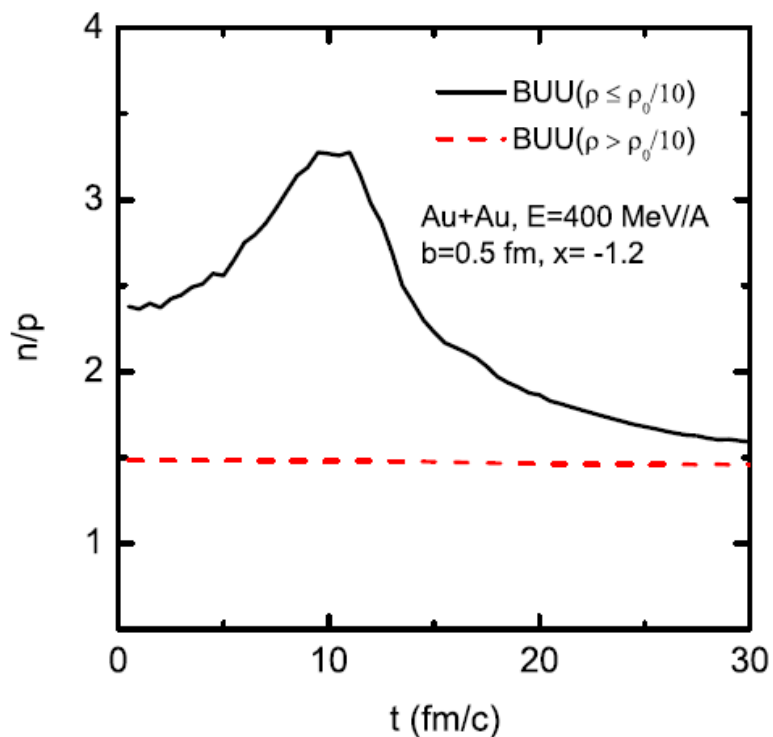
自由核子n/p的数值差异主要因为两个模型中不同的对称势导致的, 而  $\pi^-/\pi^+$ , 同位旋敏感的核子横向流和椭圆流的差异主要是因为两模型中不同的同位旋依赖的NN介质截面造成的。

这对我们通过用这些敏感观测量与实验数据比较来解读对称能的密度依赖性有严重的影响。是否存在一个模型不依赖的对称能敏感观测量?

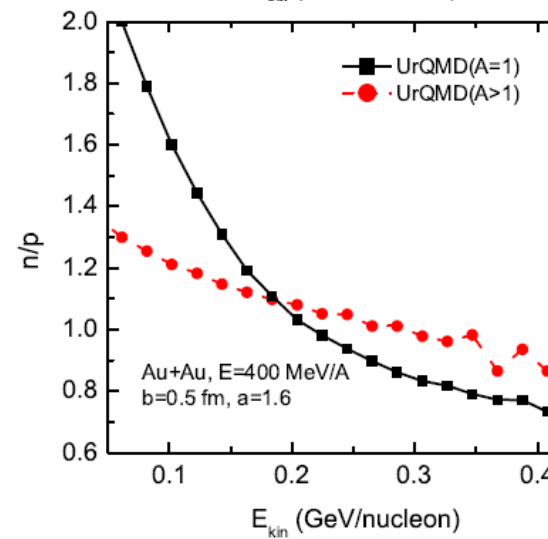
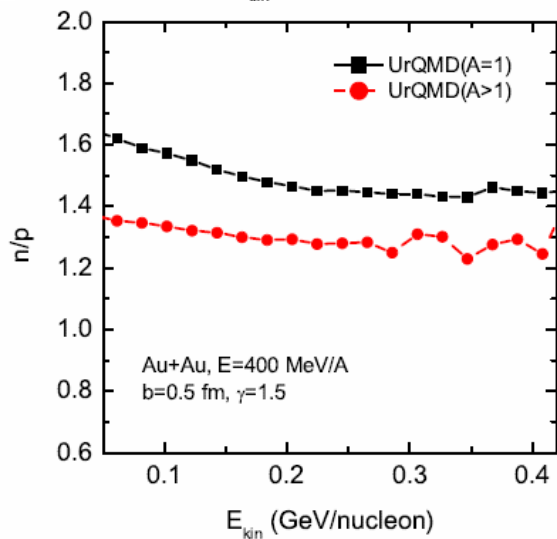
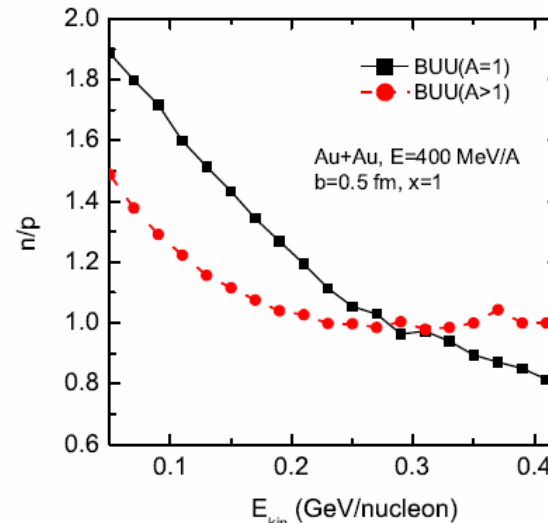
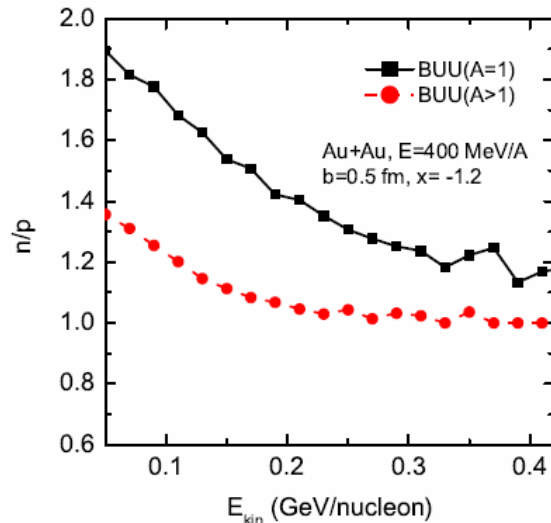
# 正常或反常同位旋相分化 ( Isospin-fractionation ) -- 定性的高密对称能探针



# 正常或反常同位旋相分化 ( Isospin-fractionation ) -- 定性的高密对称能探针



# 正常或反常同位旋相分化 ( Isospin-fractionation ) -- 定性的高密对称能探针



# 总结

- ❖ 对称能高密行为的敏感观测量都明显地模型依赖。
- ❖ 正常/反常同位旋相分化 ( Isospin-fractionation ) 可以作为探测对称能高密行为的一个定性的模型不依赖的观测量。



谢谢！