

# 推广 $x$ 重新标度模型重标度参数公式 与轻子-核 DIS 过程的核效应\*

高永华<sup>1B)</sup> 何明中<sup>2)</sup> 段春贵<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 石家庄师范专科学校物理系, 石家庄 050801)

<sup>2)</sup> 河北师范大学电子系, 石家庄 050031)

<sup>3)</sup> 河北师范大学物理系, 石家庄 050016)

(2001 年 9 月 24 日收到, 2002 年 2 月 7 日收到修改稿)

与原子核的平均结合能相联系, 给出了部分的推广  $x$  重新标度模型的重标度参数公式. 利用该公式给出的重标度参数值, 计算了铝核、钙核、铅核分别与碳核 DIS 过程的平均结构函数之比, 结果表明理论计算与实验数据符合较好.

关键词: 推广  $x$  重新标度模型, 轻子-核 DIS 过程, 核效应

PACC: 1235H, 1385, 2530

## 1. 引 言

1982 年欧洲  $\mu$  子合作组 (EMC) 通过实验发现, 束缚在原子核中的核子的结构函数与自由核子的结构函数明显不同<sup>[1]</sup>, 这就是 EMC 效应. 连同原来已经熟知的核遮蔽效应、核子的费米运动效应, 统称为核子结构函数的核效应. 自 EMC 效应发现以后, 出现了许多解释核效应的理论模型<sup>[2]</sup>. 其中 1990 年厉光烈等提出推广  $x$  重新标度模型<sup>[2]</sup>, 在核动量守恒的条件下, 对价夸克、海夸克和胶子引入不同的  $x$  重标度参数  $\delta_v$ ,  $\delta_s$  和  $\delta_g$  (令  $\delta_s = \delta_g$ ), 并引入核遮蔽因子, 能够较好地解释 EMC 效应、核 Drell-Yan 过程和  $J/\psi$  光生过程中的核效应.

但是, 对于还没有实验数据或只有个别过程实验数据的大多数核, 它们的重标度参数值并不知道, 为了对其核效应进行理论研究, 又迫切需要知道这些核的重标度参数值. 本文在核动量守恒的条件下, 通过拟合推广  $x$  重新标度模型已经给出的三种核的重标度参数值 (见表 1), 得到了一套重标度参数公式. 作为检验, 计算了铝核、钙核、铅核分别与碳核的核 DIS 过程的平均结构函数之比, 结果发现, 理论计算与实验数据符合较好, 从而对这套公式进行了

## 检验.

表 1 三种核的重标度参数值

	$C^{12}$	$Fe^{56}$	$Sn^{116}$
$\delta_v$	1.024	1.026	1.039
$\delta_s(g)$	0.954	0.945	0.924

## 2. 推广 $x$ 重新标度模型的重标度参数公式

用唯象的方法, 我们从下述三个方面思考、探索, 得到了一套  $x$  重标度参数公式

$$\delta_v = 0.9815(1 - 0.0043E), \quad (1a)$$

$$\delta_s(g) = 0.9883(1 - 0.0049E), \quad (1b)$$

其中  $\delta_i$  ( $i = v, s, g$ ) 是推广  $x$  重新标度模型对价夸克、海夸克和胶子的动量分布函数引入的重标度参数,  $E$  是原子核平均结合能中与强相互作用有关的部分<sup>[3]</sup>,  $E$  与  $A$  的关系为

$$E = 15.67 - 17.23A^{-1/3}. \quad (2)$$

寻找 (1) 式时, 第一, 要确保由它给出的核的重标度参数值, 必须满足核动量守恒这个条件, 这是寻找和检验参数公式的一个重要判据. 第二, 表 1 给出的三种核的重标度参数值, 经过拟合多个核过程的实验数据, 有相当的可靠性, 是寻找和检验参数公式

\* 国家自然科学基金 (批准号: 10175074), 河北省自然科学基金 (批准号: 100144) 资助的课题.

的出发点和重要参考,又由于在拟合实验数据时,实验数据有一定的误差范围,因此这些参数又有可调性.基于这两个特点,使得我们能够拟合已有的重标度参数值,做出随  $A$  变化的重标度参数的光滑连续曲线.第三,通过建立重标度参数与原子核平均结合能之间的联系,寻找参数公式.重标度参数描述的是原子核内的核子与自由核子的差异,是核效应的一种描述方法.在核物理学中,原子核的结合能也是描述原子核内的核子与自由核子的差异,也是核效应的一种描述方法.据此,我们推测,它们之间应当有某种联系.

利用(1)式与(2)式可以给出  $A \geq 12$  的所有核的重标度参数值.(1)式的适用范围需要说明.由于  $A < 12$  的轻核,原子核的液滴模型只给出结合能的平均结果,没有能显示出起伏,即没有给出各核的结合能的确切值;此外,对于  $A < 12$  的核没有重标度参数值可供参考;另外,轻核的核效应并不明显,人们的注意力越来越集中于研究  $A > 12$  的核的核效应.考虑到上述各方面原因后,没有涉及  $A < 12$  核的重标度参数问题.

### 3. 轻子-核 DIS 过程的 $R^{A_1/A_2}(x, Q^2)$

在夸克-部分子图像中,核子是由点状、准自由的夸克组成.轻子在核子上的深度非弹性散射可以用轻子与核子内夸克的非相干散射叠加来描写.在推广  $x$  重新标度模型中,质量为  $A$  的核的平均结构函数

$$\begin{aligned} F_2^A &= F_2^N(\delta v, \delta s, x, Q^2) \\ &= \sum e_i^2 x \{q_{si}^N(\delta vx, Q^2) \\ &\quad + q_{si}^N(\delta sx, Q^2) + \bar{q}_{si}^N(\delta sx, Q^2)\}, \quad (3) \end{aligned}$$

式中,  $e_i$  是味为  $i$  的夸克的电荷数,  $q_{si}^N(\delta sx, Q^2)$  和  $\bar{q}_{si}^N(\delta sx, Q^2)$  是核内味为  $i$  的夸克和反夸克的动量分布函数.为了与实验数据进行比较,通常用质量数为  $A_1$  的核的平均结构函数  $F_2^{A_1}$  与质量数为  $A_2$  的核的平均结构函数  $F_2^{A_2}$  之比来研究核子结构函数的核效应.其比值为

$$R^{A_1/A_2}(x, Q^2) = F_2^{A_1}(x, Q^2) / F_2^{A_2}(x, Q^2). \quad (4)$$

### 4. 结果和讨论

新  $\mu$  子实验合作组<sup>[4]</sup>报告了它们测量的  $F_2^{Al}/F_2^C$ ,  $F_2^{Ca}/F_2^C$  和  $F_2^{Pb}/F_2^C$  等的实验结果,其数据的覆盖范围为  $0.01 < x < 0.8$ .为检验参数(1)式,对自由核子采用 GRV 参数化函数集<sup>[5]</sup>,原子核 Al, Ca 和 Pb

的重标度参数由(1)式给出,如表 2.将这些分别代入 GRV 的自由核子的价夸克和海夸克的分布函数中,便得到 Al, Ca 和 Pb 的分布函数,再用(3)式得出相应的平均结构函数;对于 C 核取表 1 的重标度参数值,用同样的方法可求出 C 核的平均结构函数.最后用(4)式计算出核 Al, Ca 和 Pb 分别与碳核的平均结构函数之比  $R^{Al/C}(x, Q^2)$ ,  $R^{Ca/C}(x, Q^2)$  和  $R^{Pb/C}(x, Q^2)$ , 它们随  $x$  变化的曲线如图 1.

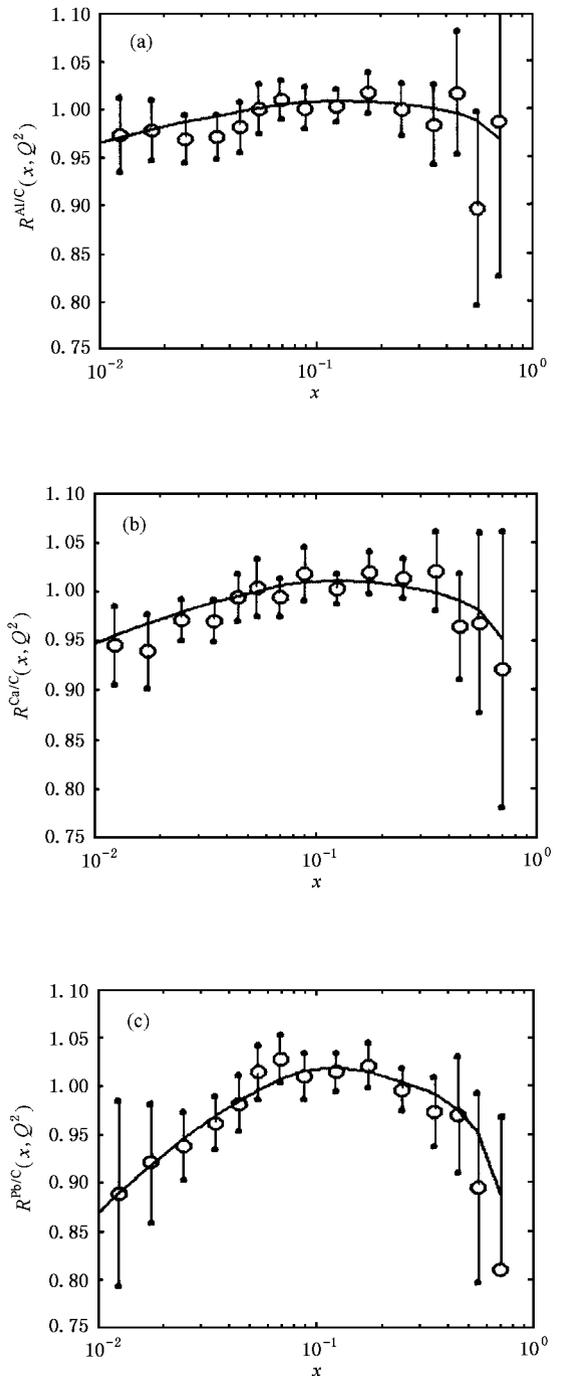


图 1  $R^{A_1/A_2}(x, Q^2)$  的理论值与实验值的比较

表 2 三种核的重标度参数值

	Al <sup>27</sup>	Ca <sup>40</sup>	Pb <sup>208</sup>
$\delta v$	1.0281	1.0303	1.0385
$\delta s(g)$	0.9372	0.9368	0.9265

由图 1 可见,理论曲线与实验数据<sup>[4]</sup>符合较好,证明了参数式(1)式的有效性.当然,该公式的最终正确形式,还有待更多实验数据的检验和修正.

[ 1 ] EMC ,Aubert J J *et al* 1983 *Phys. Lett. B* **123** 275

[ 2 ] Li G L ,Cao Z J and Zhong C S 1990 *Nucl. Phys. A* **509** 757

[ 3 ] Yang F J *et al* 1993 *Nuclear physics*( Shanghai :Fudan University )  
p16 ( in Chinese ) 杨福家等 1993 原子核物理学( 上海 :复旦大学出版社 )第 16 页 ]

[ 4 ] Aneodo M *et al* 1996 *Nucl. Phys. B* **481** 3

[ 5 ] Gluck M ,Reya E and Vogt A 1995 *Z. Phys. C* **67** 433

## The $x$ rescaling parameter' formula of the extended $x$ rescaling model and the nuclear effect 1-A DIS process \*

Gao Yong-Hua<sup>1)B)</sup> He Ming-Zhong<sup>2)</sup> Duan Chun-Gui<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>( Department of Physics ,Shijiazhuang Teachers ' College ,Shijiazhuang 050801 ,China )

<sup>2)</sup>( Department of Electronics ,Hebei Teacher ' University ,Shijiazhuang 050031 ,China )

<sup>3)</sup>( Department of Physics ,Hebei Teacher ' University ,Shijiazhuang 050016 ,China )

( Received 24 September 2001 ; revised manuscript received 7 February 2002 )

### Abstract

In this paper we present an  $x$  rescaling parameters ' formula for partons in the extended  $x$  rescaling model ,where we have established the connection between the rescaling parameter and the mean binding energy. Using  $x$  rescaling parameters obtained by the  $x$  rescaling parameters ' formula ,we calculate the average nucleon structure function ratio of DIS process in 1-A( Al ,Ca , Pb ) collision to 1-C collision respectively. The result is in good agreement with experimental data.

**Keywords** : extended  $x$  rescaling , nuclear effect , DIS process

**PACC** : 1235H , 1385 , 2530

\* Project supported by the National Natural Science Foundation of China( Grant No. 10175074 ) and the Natural Science Foundation of Hebei Province ,China ( Grant No. 100144 ).