

核内胶子分布函数的核效应参数公式*

高永华^{1;1)} 侯召宇² 王艳召³ 曹鹤飞¹ 东艳晖¹

1 (石家庄学院物理研究所 石家庄 050035)

2 (石家庄铁道学院数理系 石家庄 050043)

3 (河北师范大学物理学院 石家庄 050016)

摘要 利用改进的核密度模型和动量守恒条件,找到了核内胶子分布函数的核效应参数公式,其中利用了已经建立的核密度与原子核的平均结合能之间的联系.利用该模型所得到的核内胶子分布函数,对轻子打靶核的 J/ψ 光生过程的核效应给出了满意的解释,深化了核内胶子分布函数受核效应影响的认识.

关键词 改进的核密度模型 核动量守恒 核效应 轻子-核 J/ψ 光生过程

1 引言

在 EMC 效应^[1]发现之后,为解释这种效应,研究和探寻核子结构函数核效应的物理本质,出现了许多解释核效应的理论模型^[2-8],其中 Frankfurt 和 Strikman 提出的核密度模型^[5]是用来解释 EMC 效应的模型之一.该模型可以解释中等 x 区域轻子-核 DIS 过程的核效应^[6].

在文献[7]中,通过拟合文献[6]给出的9种核的核密度,得到了核密度公式,特别是建立了核密度与原子核平均结合能之间的联系,利用该核密度模型(以下称它为原核密度模型)可以计算有关核过程并做出预言.对小 x 区和中等 x 区域轻子-核 DIS 过程的核效应的理论预言与实验结果符合很好.当把该模型用于解释强子与核的 Drell-Yan 过程的核效应时,考虑到在核内价夸克和海夸克的动量分布函数主要演化方式不同,它们在核环境中的核效应应该有不同的描述^[9],而原先给出的是其综合描述^[7],这是需要进一步改进的.针对这个问题,在文献[8]提出了改进的核密度模型,利用唯象的方法找到了核内价夸克和海夸克的核效应的参数公式,其中利用了我们先前已经建立的核密度与原子核的平均结合能之间的联系.使用该模型所得到的核内价夸克和海夸克分布函数,对强子与核

的 Drell-Yan 过程的核效应给出了满意的解释,深化了对原子核内夸克分布受核效应影响的认识.

当将该模型推广到涉及核内胶子分布函数时,对于处于同样核环境下的核内胶子分布函数受核效应影响的程度该如何描述、如何检验?为解决这两个问题,将参照文献[8]核内价夸克和海夸克的核效应的参数公式,给出核内胶子分布函数核效应参数公式的数学形式,然后利用动量守恒定律确定其中的未知参数,为检验该参数公式的有效性,利用该参数公式得出核内胶子分布函数,计算轻子-核 J/ψ 光生过程中的核效应的影响,理论预言与实验结果进行比较.

2 核内胶子分布函数的核效应参数公式

要得到核内胶子分布函数的核效应参数公式,从以下两个方面进行了探索.

第一,考虑到胶子与夸克属于同一层次,核环境对胶子分布函数的影响,参照与夸克分布函数所受影响的描述^[8],可以将核内胶子分布函数的核效应参数公式写为

$$R_g^A(x, Q^2) = 1 + \frac{\beta_g(x) - 1}{0.107} \rho(A), \quad (1)$$

上式中 $R_g^A(x, Q^2)$ 是核内胶子动量分布函数的核

2007 - 01 - 31 收稿

* 河北省自然科学基金(A2005000535)资助

1) E-mail: gaoyonghua2005@126.com

效应函数, $\beta_g(x)$ 是由核内胶子决定的量, $\rho(A)$ 用来描述核 A 的核密度^[10], 这是从原核密度模型继承过来的. 因此, 核 A 中胶子动量分布函数为

$$G^A(x, Q^2) = R_g^A(x, Q^2)G^N(x, Q^2), \quad (2)$$

其中 $G^A(x, Q^2)$, $G^N(x, Q^2)$ 分别表示原子核 A 内束缚核子和自由核子(N)内胶子的动量分布函数, $R_g^A(x, Q^2)$ 由(1)式给出.

第二, 对于 $\beta_g(x)$ 数值利用动量守恒条件来确定. 对于自由核子, 其动量守恒条件为

$$\int_0^1 \left[\sum_f q_{Vf}^N(x, Q^2) + \sum_f q_{Sf}^N(x, Q^2) + G^N(x, Q^2) \right] x dx = 1, \quad (3)$$

而对于核质量数为 A 的束缚核子而言, 该条件应为

$$\int_0^1 \left[\sum_f q_{Vf}^A(x, Q^2) + \sum_f q_{Sf}^A(x, Q^2) + G^A(x, Q^2) \right] x dx = 1, \quad (4)$$

将文献[8]中的 $q_{Vf}^A(x, Q^2)$, $q_{Sf}^A(x, Q^2)$ 的表达式和本文的(2)式代入(4)式得到

$$\int_0^1 \left[\sum_f \left(1 + \frac{\beta_V(x) - 1}{0.107} \rho(A) \right) q_{Vf}^N + \sum_f \left(1 + \frac{\beta_S(x) - 1}{0.107} \rho(A) \right) q_{Sf}^N + \left(1 + \frac{\beta_g(x) - 1}{0.107} \rho(A) \right) G^N(x, Q^2) \right] x dx = 1 \quad (5)$$

上式中只有 $\beta_g(x)$ 是未知的参数, 可见, 核动量守恒条件为确定 $\beta_g(x)$ 的值提供了一个求解和检验的方法, 通过计算得到满足(5)式的 $\beta_g(x)$ 值如表 1 所示.

表 1 $\beta_g(x)$ 的值

x	0.0010	0.0100	0.0293	0.0512	0.0805	0.1244	0.1765	0.2451	0.3439	0.4390	0.5000	0.6000
$\beta_g(x)$	1.2484	1.2943	1.3216	1.3395	1.3584	1.3837	1.4126	1.4500	1.5028	1.5517	1.5820	1.6299

3 J/ ψ 光生过程

由上面得到的核 A 中胶子动量分布函数(2)式, 它的有效性可以通过实验来检验. 用轻子打核靶的 J/ ψ 光生过程可以测量核子内的胶子分布函数. 1992 年,

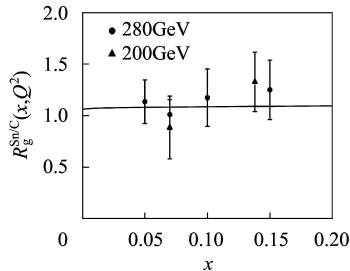


图 1 $R_g^{Sn/C}(x, Q^2)$ 的理论值与实验值的比较

NMC 实验合作组用 μ 子在 Sn 和 C 靶上作了 J/ ψ 光生过程实验^[11]. 他们的实验结果表明 Sn 和 C 靶内胶子分布函数之比

$$R_g^{Sn/C}(x, Q^2) = G^{Sn}(x, Q^2)/G^C(x, Q^2), \quad (6)$$

在 $0.05 < x < 0.2$ 范围内, 重核的胶子分布函数比较核

的有所增长.

在理论计算中, 对自由核子用 GRV^[12] 参数化函数集, 对原子核内核子胶子分布函数用(2)式求得. 图 1 给出了 $R_g^{Sn/C}(x, Q^2)$ 的理论值与实验值.

由图 1 可以看出, 通过本文给出理论值与实验值的比较, 说明了核 A 中胶子动量分布函数(2)式对该实验的解释是满意的.

4 结论

利用改进的核密度模型和动量守恒条件, 得到了核内胶子分布函数的核效应参数公式, 其中利用了我们已经建立的核密度与原子核的平均结合能之间的联系. 利用该模型所得到的核内胶子分布函数, 对轻子打靶核的 J/ ψ 光生过程的核效应给出了满意的解释, 深化了核内胶子分布函数受核效应影响的认识.

需要说明的是, 本文给出的核内胶子分布函数核效应的参数公式, 虽然对轻子打靶核的 J/ ψ 光生过程的核效应给出了满意的解释, 但在其他核过程的有效性还有待做进一步检验和修正.

参考文献(References)

- 1 Aubert J J et al. (EMC Collab.). Phys. Lett., 1983, **B123**: 275
- 2 Close F E, Roberts R G, Rose G C. Phys. Lett., 1983, **B129**: 346
- 3 LI Guang-Lin et al. Nucl. Phys., 1990, **A509**: 757
- 4 HE Zhen-Min, YAO Xiao-Xia, DUAN Chun-Gui et al. Eur. Phys. J., 1998, **C4**: 301
- 5 Frankfurt L L, Strikman M I. Phys. Rep., 1988, **160**: 235
- 6 Gomez J, Arnold R G, Bosted P E et al. Phys. Rev., 1994, **D49**: 4308
- 7 GAO Yong-Hua, DUAN Chun-Gui, HOU Zhao-Yu et al. HEP & NP, 2004, **28**(3): 290 (in Chinese)
(高永华, 段春贵, 侯召宇等. 高能物理与核物理, 2004, **28**(3): 290)
- 8 GAO Yong-Hua, ZHAO Zhi-Heng, HOU Zhao-Yu et al. Acta Phys. Sin., 2006, **55**(11): 5760 (in Chinese)
(高永华, 赵志恒, 侯召宇等. 物理学报, 2006, **55**(11): 5760)
- 9 ZHANG Qiao, HOU Zhao-Yu, GAO Yong-Hua et al. HEP & NP, 2004, **28**(7): 711 (in Chinese)
(郑乔, 侯召宇, 高永华等. 高能物理与核物理, 2004, **28**(7): 711)
- 10 GAO Yong-Hua, HOU Zhao-Yu, WANG Yan-Zhao et al. HEP & NP, 2006, **30**(10): 972 (in Chinese)
(高永华, 侯召宇, 王艳召等. 高能物理与核物理, 2006, **30**(10): 972)
- 11 NMC, Amaudruz P. Nucl. Phys., 1992, **B371**: 553
- 12 Gluck M, Reya E, Vogt A. Z. Phys., 1995, **C67**: 433

Nuclear Effect Parameter's Formula of the Nuclear Gluon Distribution Function^{*}

GAO Yong-Hua^{1;1)} HOU Zhao-Yu² WANG Yan-Zhao³ CAO He-Fei¹ DONG Yan-Hui¹

¹ (Institute of Physics, Shijiazhuang College, Shijiazhuang 050035, China)

² (Department of Mathematics and Physics, Shijiazhuang Railway College, Shijiazhuang 050043, China)

³ (Department of Physics, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016, China)

Abstract Based on the improved nuclear density model and the condition of the nuclear momentum conservation, we derived the formula of the nuclear effect parameter formula for the nuclear gluon distribution function, in which our established connection between the nuclear density and the mean binding energy in nucleus is used. By using the formula, we can well explain the experimental data of the J/ψ photoproduction in the l-A process.

Key words improved nuclear density model, the nuclear momentum conservation, nuclear effect, J/ψ photoproduction process

Received 31 January 2007

* Supported by Natural Science Foundation Hebei Province (A2005000535)

1) E-mail: gaoyonghua2005@126.com