

核子结构函数的核效应与 p -Fe 碰撞 大横动量喷注产生

何 蓓 民 侯 云 智
(河北师范大学, 石家庄) (山东大学, 济南)

摘 要

本文提出了一个关于 $p + Fe \rightarrow 2jet + X$ 过程的简单计算方法, 其中利用了我們找到的一个关于 Fe 核的核子结构函数的核效应的经验公式, 并且推广了 CERN、UAI 组分析 $p + \bar{p} \rightarrow 2jet + X$ 过程的方法。将计算结果与现有的实验数据和理论结果做了比较。有些结果有待于未来实验的检验。

一、核子结构函数的核效应

近来, 实验证实^[1,2], 核内核子的结构函数与自由核子的结构函数有明显的差别, 我们把这种差别称做核子结构函数的核效应, 其中包括已知的遮蔽效应、费米运动效应及

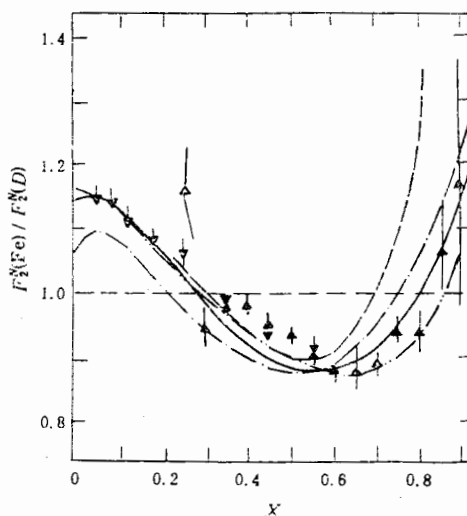


图 1

--- Staszal et al[4]; ---- Faissner, Kim[5]; - - - Fvranski[6];
— Authors, Data Points Edwards [12]

的
然
Fe
类
以
其
而
是
是
取
在
cos
1

EMC 效应^[3].

人们通常用 $R(x) = F_2^N(A)/F_2^N(D)$ 这个比例函数来表示核效应. 我们发现, Fe 核的核效应可以用如下的经验公式来表示:

$$R(x) = F_2^N(\text{Fe})/F_2^N(D) = 1 + \frac{1}{10} [1.2^{(x/0.54)^4} (1.56 - x) \times \cos 2\pi(x - 0.06)]. \quad (1)$$

如图 1 所示, 与其他几条理论曲线^[4-6]相比, 公式 (1) 与实验数据符合得好得多. 虽然目前还没有给出对这个公式的理论解释, 但是在计算诸如 $p + \text{Fe} \rightarrow \text{jet} + X$ 和 $p + \text{Fe} \rightarrow \gamma + X$ 等涉及 Fe 核的过程时, 利用公式 (1) 可以很方便地计入核效应.

二、高能 p-Fe 碰撞大 P_T 喷注产生的简单计算方法

推广文献[7-9]的工作, 高能 $P + A \rightarrow 2\text{jet} + X$ 过程的微分截面, 在各种子过程有类似的 θ 行为和结构函数 $F(x)$ 与强相互作用耦合常数 α_s 对 Q^2 依赖较弱的条件下, 可以简单地写成

$$\frac{d^3\sigma}{dx_1 dx_2 d\cos\theta} = G_{1/p}(x_1) \cdot G_{2/A}(x_2) \cdot d\sigma/d\cos\theta, \quad (2)$$

其中部分子分布函数

$$G_{1/p}(x_1) = F(x_1)/x_1, \quad (3)$$

$$G_{2/A}(x_2) = \begin{cases} F(x_2)/x_2, & (\text{对 } p(\bar{p})) \\ 56F(x_2)/x_2, & (\text{对 Fe, NONE.}^{1)}) \\ 56R(x_2)F(x_2)/x_2, & (\text{对 Fe, NE.}^{1)}) \end{cases} \quad (4)$$

而

$$F(x) = x \left\{ g(x) + \frac{4}{9} [q(x) + \bar{q}(x)] \right\} \simeq 6.2 \exp(-9.5x) \quad (5)$$

是核子的遍历结构函数^[7] (Overall structure function);

$$\frac{d\sigma}{d\cos\theta} = \frac{9}{8} [\pi\alpha_s^2/2x_1x_2s] \times (3 + \cos^2\theta)^3 (1 - \cos^2\theta)^{-2} \quad (6)$$

是部分子-部分子有效弹性散射截面, 其中 θ 是二喷注质心系的散射角,

$$\alpha_s = 12\pi/[23\ln(Q^2/\Lambda^2)],$$

取 $\Lambda = 0.2 \text{ GeV}$, $Q^2 = -t \approx 2000 \text{ GeV}^2$.

在二喷注质心系, 四动量守恒决定

$$X_1 = 4P_T^2/x_2 S \sin^2\theta = 4Z^2/x_2 \sin^2\theta, \quad Z = P_T/\sqrt{s}. \quad (7)$$

在这个条件和确定的 \sqrt{s} 值下, 就式 (2) 对 x_1 积分, 再对 x_2 积分, 可以得到 $d\sigma/d\cos\theta(Z, \cos\theta)$, 它描写确定的 θ 值下喷注按 Z (即按 P_T) 的分布, 再对所有 Z 值和 $\cos\theta$ 值积分,

1) NE.—计入核效应, NONE.—不计核效应.

程, 第二组是领头阶近似的结果, 第三组是计入高阶修正后的结果; 实线是 $\sigma(\text{NONE.})$, 虚线是 $\sigma(\text{NE.})$. 由图可见, 三组的 σ 值均随着 \sqrt{s} 的增加迅速增大, 并且远比 $\ln^2 s$ 增加得快. 现在一般认为, 直到 $s \sim 10^9 \text{ GeV}^2$, $p-p(\bar{p})$ 碰撞的总截面 $\sigma_{\text{tot}} \lesssim 100 \sim 140 \text{ mb}^{[11]}$, 而我们的结果, 到 $\sqrt{s} \sim 10^4 \text{ GeV}$ 能区, 单是 $p+p(\bar{p}) \rightarrow 2 \text{ jet} + X$ 过程的截面就超过了 σ_{tot} . 这些结论与朱清棋、丁林璋等人^[12]以及侯云智^[13]先前的结论是一致的. 但本工作关于 $p+p(\bar{p}) \rightarrow 2 \text{ jet} + X$ 过程的 σ 值比侯原来的值明显减小, 这就大大缓和了上述超过 σ_{tot} 的矛盾.

3. 对 $p + \text{Fe} \rightarrow 2 \text{ jet} + X$ 过程, 如定义

$$B = \frac{\sigma(\text{NE.})}{\sigma(\text{NONE.})}$$

$$= \frac{A^\alpha \sigma(p + p \rightarrow 2 \text{ jet} + X)}{A \sigma(p + p \rightarrow 2 \text{ jet} + X)} = A^{\alpha-1},$$

$$(A = 56) \quad (8)$$

则

$$\alpha = \ln B / \ln A + 1. \quad (9)$$

表 1 B 和 α 值

\sqrt{s} (GeV)	45	63	100	540	1000	3162.3	10000
B	1.078	1.092	1.104	1.104	1.109	1.115	1.116
α	1.019	1.022	1.025	1.025	1.026	1.027	1.027

表 2 α' 值

P_T (GeV/C)	$\sqrt{s} = 100 \text{ GeV}$	$\sqrt{s} = 540 \text{ GeV}$	P_T (GeV/C)	$\sqrt{s} = 540 \text{ GeV}$
2	1.027	1.029	30	1.020
3	1.024	1.028	40	1.015
4	1.023	1.028	50	1.010
5	1.021	1.028	60	1.004
6	1.018	1.028	70	1.000
8	1.013	1.027	80	0.995
10	1.008	1.026	100	0.987
15	0.994	1.025	120	0.982
20	0.985	1.024	140	0.982

表 1 列出了我们得出的 B 和 α 值. 由表可见, $\sigma(\text{NE.})$ 比 $\sigma(\text{NONE.})$ 大约大 10%, α 值比 1 大 2—3%. 对微分截面, 定义

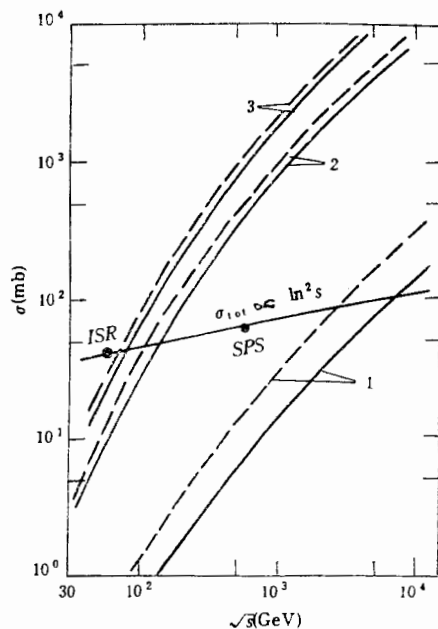


图 4

$$B' = \frac{d^3\sigma/d^3p(\text{NE.})}{d^3\sigma/d^3p(\text{NONE.})}, \quad (10)$$

$$\alpha' = \ln B' / \ln A + 1. \quad (11)$$

表 2 列出了 $\sqrt{s} = 100, 540 \text{ GeV}$, $\theta = 90^\circ$ 的 α' 值. 可见, 在 P_T 较小时 α' 略大于 1, 在 P_T 较大时 α' 略小于 1. 这些结果与朱清棋等人的工作^[12]大体一致.

本工作直接利用由 $p + \bar{p} \rightarrow 2 \text{ jet} + X$ 强相互作用过程得出的核子结构函数进行计算, 因此, 所得结果应该比利用由轻子-核子深度非弹散射所得的核子结构函数计算的结果(例如朱、侯等人的工作)更可靠些. 但是, 这个结构函数是在 $\sqrt{s} = 540 \text{ GeV}$ 及 $Q^2 = -i \approx 2000 \text{ GeV}^2$ 条件下得出的, 未考虑标度不变性破坏效应. 这样, 除了 $\sqrt{s} = 540 \text{ GeV}$ 外, 其他能量下的结果应该有一定修正.

感谢王承瑞、丁林境、朱清棋同志有益的讨论, 感谢冯希章、常智敏等同志对上机计算给予的合作与帮助!

参 考 文 献

- [1] EMC, J. J. Aubert et al., *Phys. Lett.*, **123B**(1983), 275.
- [2] A. Bodek et al., *Phys. Rev. Lett.*, **50**(1983), 1431.
- [3] A. W. Edwards and K. Rith, EMC/83/34.
- [4] M. Staszal et al., University of Warsaw, Preprint IFT/9/83(1983).
- [5] H. Faissner and B. R. Kim, RWTH Aachen Preprint (1983).
- [6] W. Furmanski and A. Krzywicki, Orsay Preprint LPTHE 83/11(1983).
- [7] UA1 Collaboration, CERN, *Phys. Lett.*, **136B**(1984), 294.
- [8] UA2 Collaboration, CERN, *Phys. Lett.*, **144B**(1984), 283.
- [9] L. DiLella, CERN-EP/85-13.
- [10] R. Horgan and M. Jacob, *Nucl. Phys.*, **B179**(1981), 441.
- [11] T. K. Gaisser, et al, *Ann. Rev. Nucl. Part. Sci.*, **30**(1980), 475.
- [12] 朱清棋等, 在 1984 年全国第四次宇宙线会议上的报告, 待发表.
- [13] 侯云智, 山东大学学报(自然科学版), **4**(1984)34.

NUCLEAR EFFECT ON THE NUCLEON STRUCTURE FUNCTIONS AND HIGH P_T JET PRODUCTION IN p-Fe COLLISIONS

HE ZHENMIN

(Hebei Normal University, Shijiazhuang)

HOU YUNZHI

(Shandong University, Jinan)

ABSTRACT

Using the empirical formula on $F_2^N(\text{Fe})/F_2^N(D)$ found by us and generalizing the method used by CERN UA1 Collaboration in analysing the process $p + \bar{p} \rightarrow 2\text{jet} + X$, a simple method to calculate $p + \text{Fe} \rightarrow 2\text{jet} + X$ process is presented. Our results are compared with experimental data and other theoretical results. Some results are to be checked by future experiments.

作
并
Sky
理
且
果

我
质
B =
质.

合我