

EMC效应对高能质子与核碰撞的影响

侯云智 王一立

(山东大学物理系, 济南)

何祯民

(河北师范大学物理系, 石家庄)

摘 要

以微扰QCD方法计算了质子与C、Be、Al、Cu和Pb核散射截面的横动量分布、快度分布及末态介子产额。在800 GeV高能区对原子核的EMC效应的影响进行了比较和讨论。其横动量分布截面的理论结果与目前的实验基本符合。

强子-原子核超高能碰撞是研究相互作用的重要手段。碰撞后将产生许多次级粒子, 其中大部分沿着入射束初始方向, 其平均横动量 $\langle P_{\perp} \rangle$ 为0.35 GeV/c^[1], 称之软过程; 同时还伴生若干大横动量粒子, 它们由强子内部分子的硬散射碎裂而成, 称之硬过程。ep、 μp 和pp等硬过程已有人用微扰QCD计算过^[2,3], 理论与实验符合较好, 但对更复杂的质子与核碰撞是否微扰QCD仍有效, 核的EMC效应将有多大影响等问题并不清楚。起初几个实验组^[4,5]曾以100—400 GeV/c的质子束轰击靶核Cu、C、Ag、Al和Pb, 随后Fermilab. 又用400 GeV/c质子束轰击Al、Cu和Pb核^[6], CERN一实验组^[7]用360 GeV/c质子束轰击Au和Al核, 测得截面的快度分布、多重数和动量分布, 但因能量偏低, 微扰QCD计算将导致较大偏差。1987年Fermilab. 又发表了用800 GeV质子束轰击Be、C、Al、Cu和Pb核的大横能 E_t 分布截面^[8], 我们认为这些大 E_t 事例正是质子和原子核内的组分经硬散射而生成的大 P_{\perp} 出射部分子, 它们穿过原子核后而生成的强子喷注。这些事例带有95%的入射束能, 如此高能的部分子质量效应可以忽略, 其大 E_t 事例的横能分布可视为横动量分布, 而截面对核子数 A 的依赖性可研讨EMC效应对微扰QCD计算各种产生截面的影响。

如果忽略质子和核内部分子的内禀横动量和出射部分子的质量, 依照文献[3]给出的高能pA碰撞的大 P_{\perp} 喷注截面, 其横动量和散射角分布截面可表示为

$$\frac{d^2\sigma}{dP_{\perp}d\theta} = \frac{2P_{\perp}}{\sin\theta} \sum_a \int_{x_{a\min}}^1 dx_a G_{a/p}(x_a, Q^2) G_{b/A}(x_b, Q^2) \cdot \left| \frac{x_a x_b}{x_a - \frac{1}{2} x_T \cot \frac{\theta}{2}} \right| \frac{d\hat{\sigma}}{d\hat{t}} \quad (1)$$

如果考虑核的 EMC 效应^[9], 则 A 核的核子结构函数应为

$$G_{b/A}(x_b, Q^2) = R(x_b, Q^2) [zG_{b/p}(x_b, Q^2) + NG_{b/N}(x_b, Q^2)].$$

$R(x_b, Q^2)$ 是 EMC 因子^[10,11]. 其它物理量与上述文献完全一样. 若对(1)式积分, 则得大 P_{\perp} 喷注截面是 P_{\perp} 、 θ 和总能 \sqrt{S} 的函数 $f(\theta, P_{\perp}, \sqrt{S})$, 从而可求得喷注截面的横动量分布为

$$\frac{d\sigma}{dP_{\perp}} = \frac{1}{2} \int_{\theta_{\min}}^{\pi} d\theta f(\theta, P_{\perp}, \sqrt{S}). \quad (2)$$

本文取 $\theta_{\min} = 0.003$. 若对 P_{\perp} 积分, 并以快度 Y 代替散射角 θ , 又可计算喷注的快度分布. 由于色禁闭, 这些大 P_{\perp} 喷注很快碎裂为各种强子, 其中多为介子, 在微扰 QCD 领头阶近似下, 夸克产生与碎裂是非相干的, 从而得到末态强子 h 的单举微分截面^[12]为

$$E \frac{d^3\sigma}{d^3p} = \sum_{a,b} \int dx_a dx_b G_{a/p}(x_a, Q^2) G_{b/A}(x_b, Q^2) D_c^h(z, Q^2) \frac{1}{2\pi} \frac{d\hat{\sigma}}{d\hat{t}} \quad (3)$$

其中, $D_c^h(z, Q^2)$ 是大 P_{\perp} 部分子生成强子 h 的碎裂函数^[13,14].

以微扰 QCD 计算了 800 GeV 入射质子束与 Be、C、Al、Cu 和 Pb 核碰撞的大 P_{\perp} 强子喷注截面的横动量分布、快度分布和末态各种介子的单举横动量分布. 各图中的实线是计入 EMC 效应的理论曲线, 虚线是未计入这种核效应, 而认为 pA 散射是质子与 A 个不相干核子散射的叠加. 图 1 和图 2 分别给出质子与 C 和 Cu 核作用的大 P_{\perp} 分布截面, 其理论与实验大致符合. 尤其在较大 P_{\perp} 区, 由于硬散射起主导作用, 随着 A 增大, 理论与实验曲线更趋一致. 可见, 这些事例是经组分硬散射而碎裂为观测的大 P_{\perp} 强子喷注; 然而, 在小 P_{\perp} 区, 一方面转移动量 Q^2 偏低使微扰计算将有较大偏差, 同时, 这些低 P_{\perp} 事

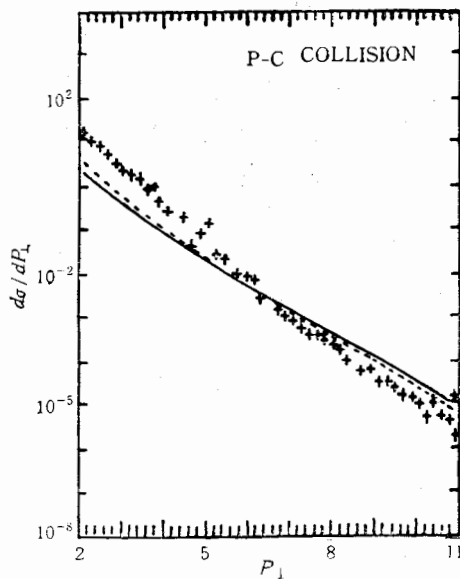


图 1

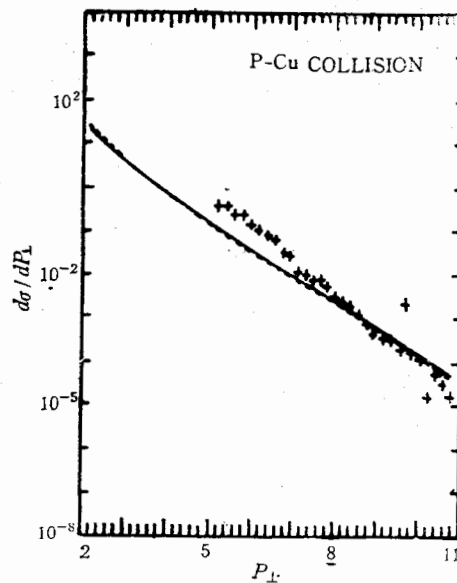


图 2

例会有软过程混入, 都将导致理论值低于实验数据.

R. Gomez 等人^[8] 将 pA 碰撞产生截面对核的依赖性参数化为 A^a 形式, 若不考虑核

内结构函数改变, 参数 α 应为 1. 但实验表明从较低 E , 区的 $\alpha \sim 0.7$ 到高 E , 区的 $\alpha \sim 1.6$, 说明核的 EMC 效应明显存在. 按先前对 EMC 效应的解释^[10], 在低 P_{\perp} 区, 因存在较强的屏蔽效应, 计入 EMC 效应将导致截面下降, 故该区的实线低于虚线, 这与 $\alpha < 1$ 的实验结果一致; 然而, 在高 P_{\perp} 区, 核的相对论效应和费米运动影响将导致反常核增长, 图中的实线又高过虚线, 这也与 $\alpha > 1$ 一致. 总体看来, 对于研究超高能 pA 和 AA 碰撞, 微扰 QCD 仍然适用, EMC 效应对总体影响并不十分明显. 图 3 给出质子与 Pb 核作用的强子喷注的速度分布, 而图 4 是质子与 C 核散射的单举介子产额. 由于以微扰

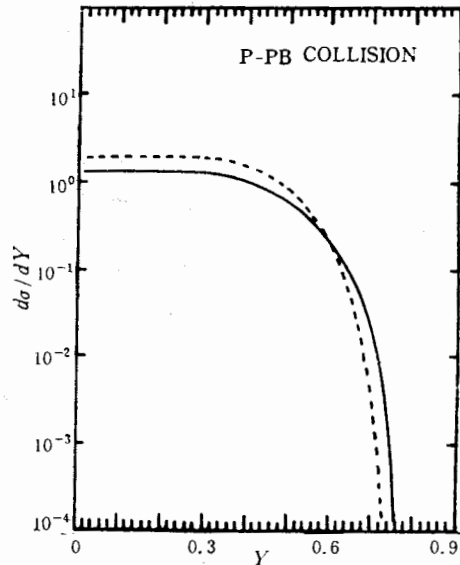


图 3

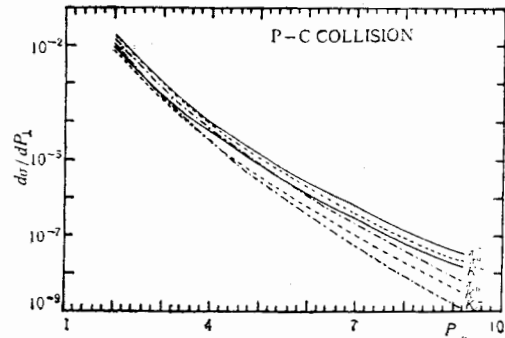


图 4

QCD 研讨 pA 散射要求能量很高, 其背景也更为复杂, 至今尚未见这方面的可靠实验数据. 我们对以上五种核靶都做了这三种分布的计算, 其结果都与此四图分别类似. 随着超高能加速器的发展和测试水平提高, 深入研讨原子核的超高能作用, 对于进一步认识核的结构和强作用机制都是非常重要的.

参 考 文 献

- [1] R. D. Field and R. P. Feynman, *Phys. Rev.*, **D15**(1977), 2590.
- [2] R. P. Feynman et al., *Phys. Rev.*, **D18**(1978), 3320.
- [3] 侯云智, 山东大学学报, **4**(1984), 34.
- [4] A. F. Hara et al., *Phys. Rev. Lett.*, **50**(1983), 1102.
- [5] A. Bialas and E. Bialas, *Phys. Rev.*, **D20**(1979), 2854.
- [6] B. Brown and P. Pevenski, Fermilab-Pub-82/74-Exp.
- [7] EHS-RCBC Collab., CERN-EP/87-53.
- [8] R. Gomez et al., *Phys. Rev.*, **D35**(1987), 2736.
- [9] J. J. Aubert et al., *Phys. Lett.*, **123B**(1983), 275.
- [10] 侯云智, 王一立, 高能物理与核物理, **13**(1989), 35.
- [11] 何祯民, 侯云智, 高能物理与核物理, **12**(1988), 336.
- [12] F. Halzen and A. D. Martin, *Quarks and Leptons*.
- [13] Particle Data Group, Rev. of particle Properties, *Phys. Lett.*, **204B**(1988), 118.

[14] T. Shibata, *Phys. Rev.*, **D22**(1980), 100.

EMC EFFECT ON P-A HIGH ENERGY COLLISION

HOU YUNZHI WANG YILI

(*Department of Physics, Shandong University, Jinan*)

HE ZHENMIN

(*Department of Physics, Hebei Teachers' University, Shijiazhuang*)

ABSTRACT

According to the perturbative QCD method, we have calculated the P_{\perp} distributive cross sections, the Y distributive cross sections of the large P jets and the final state meson productivities in 800 GeV/c Proton-Nucleus (Be, C, Al, Cu and Pb) collisions. The A dependence of the cross section at a given P_{\perp} was discussed by the EMC effect. The $d\sigma/dP_{\perp}$ differential cross sections vs. P_{\perp} for various PA collisions are consistent with the new data.