

K_p 和 π_p 反应碎裂区的多重产生和 DPM 模型*

陈之江 吕景发

(南开大学物理系, 天津)

摘 要

本文用 DPM 模型分析了 K_p 和 π_p 软碰反应中的多重产生. 计算了束碎裂和靶碎裂区的粒子分布和前后关联. 指出 π 介子分布在 K 碎裂区和 P 碎裂区的不对称可以作为对 DPM 模型的一个实验的检验.

一、引 言

我们在前面的工作中将 Field 和 Feynman 关于夸克碎裂的 Monte-Carlo 模拟嵌入 DPM 模型^[1], 讨论了 pp、p \bar{p} 软碰反应的多重产生^[2-4], 给出了和实验基本一致的结果. 本文将此方法推广应用于介子-质子软碰反应, 以便对此模型作进一步的检验.

和 pp 反应相比, 介子-质子反应带有更多的特点, 不同入射粒子(束粒子)将会使末态粒子有不同的表现. 由于初态两个粒子的不对称, 会使束碎裂和靶碎裂有所区别, 其间的对比和关联都更细致地反映软碰过程中的机制. 再者, 和中心区相比, 碎裂区未知因素比较少. 对内含谱来讲, 由于已对末态强子 P_T 进行积分, 因此部分子在强子中的横动量分布并不重要. 按 DPM 模型, 强子中的快部分子携带了强子纵向动量的绝大部分. 各种模型的计算经验都表明, 强子化的一些细节(如奇异夸克的抑制因子 λ 的确切取值, 矢量介子和标量介子之比等)对内含谱的影响并不大, 因此唯一重要的因素便是部分子的纵向动量分享函数 (sharing function), 这也是强子结构问题所希望弄清的问题. 尤其是 K, π 等介子更适于用这种办法来确定这些函数, 因为 Kπ 介子的分布函数是深度非弹实验所难以探测到的. 总之, 介子-质子软碰反应的碎裂区提供了可以同时研究强子结构和禁闭问题的线索.

二、模 型

有关模型已在[1-4]中作了详细讨论, 这里着重说明介子-质子反应的特点.

* 本工作得到中国科学院科学基金资助.
本文 1987 年 4 月 22 日收到.

任何一个非衍的高能 $h-h$ 反应都可以因子化为两步. 首先,束粒子和靶粒子在高能反应区被打碎为几个部分子“碎块”,按[2-4]碎块只能是夸克 (q), 反夸克 (\bar{q}) 和双夸克 (qq), 其中 $()$ 表示,除了价成分外尚有胶子和海成分包围在其周围而形成的带色体系. 第二步,这些来自不同强子的碎块由于强相互作用成对地形成“链”(或称弦). 而链的领头者就是上述的各种碎块. 链实际只有三种类型: $(q)-(\bar{q})$, $(q)-(qq)$ 及 $(qq)-(\bar{q}\bar{q})$ 链. 反应末态的强子则是在这些链中生成的, 即每个链在其各自的质心系中发展成强子的喷注. 一个链相应于一对背靠背的喷注. 末态则是这些链的叠加.

反应中出现的链的种类和数目依赖于入射粒子和反应的性质. 以 $Kp(\pi p)$ 反应和 pp 反应相比较, pp 反应只出现两个相同的 $(q)-(qq)$ 链(图 1(a)), 因此束碎裂和靶碎裂区是对称的, 但 Kp 和 πp 反应则有两个不同的链: $(q)-(\bar{q})$ 链和 $(q)-(qq)$ 链(图 1(b), (c)). 这一点使 Kp 或 πp 反应带有许多特点. 在 pp 反应中, 中心区是由两个 (q) 形成的, 碎裂区则由两个 (qq) 碎裂而成, 因而两个碎裂区的领头重子都是 (qq) 所产生的(图 1(a)). 在介子-质子反应中, 中心区由两个 (q) 或一个 (q) 和一个 (\bar{q}) (图 1(b), (c)) 所形成. 靶裂区和 pp 反应一样, 由 (qq) 形成, 而束裂区则由 (q) 或 (\bar{q}) 领头. 束裂区领头粒子是介子而不是重子. 由于上述原因, 使介子-质子反应中无论介子分布还是重子分布束裂区和靶裂区都将不同. 从链的形式看, 介子-质子反应介于 e^+e^- 湮灭和 pp 反应之间, 介子-质子反应中的 $(q)-(\bar{q})$ 链可以和 e^+e^- 湮灭中的 $q-\bar{q}$ 喷注同样计算, 而 $(q)-(qq)$ 链可以和 pp 反应中的 $(q)-(qq)$ 同样处理. 在 e^+e^- 湮灭反应中证明是正确的 F.F.^[9] 的 Mente-Carlo 模拟可以借用来计算 $(q)-(\bar{q})$ 链, 而在 pp 反应中证明是成功的 Mente-Carlo 模拟^[3] 可以用来计算 $(q)-(qq)$ 链.

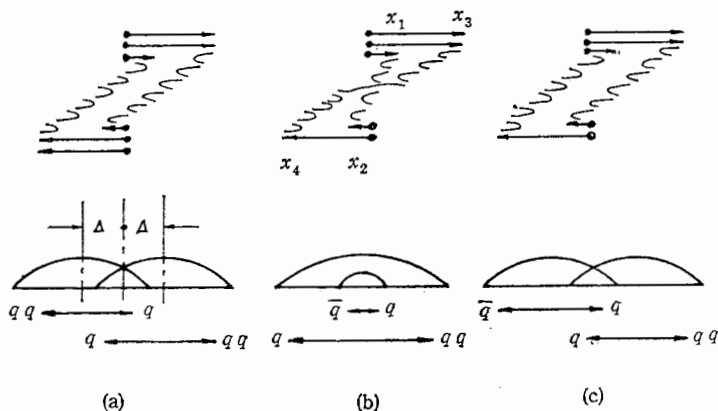


图 1 质子-质子反应(a)和介子-质子反应(b)(c)的比较

三、计算公式

(1) 动量分享函数 (momentum sharing function) $\rho_g^h(x)$ 为 h 中分裂出来的 (q) 携带分数动量 x 的几率. 动量分享函数决定 i) 链两端领头碎块的动量和链的不变质量, 链心系中粒子的产额和分布, ii) 链心系相对总碰撞中心的快度差. 由[5]根据 Regge 轨

迹理论给出:

$$\begin{aligned} \rho(x) &\propto x^{-1/2} && \text{对 } (\bar{q}) \text{ 和 } (q) \\ \rho(x) &\propto x^{3/2} && \text{对 } (qq) \end{aligned} \quad (1)$$

由此对 $p \rightarrow (q) + (qq)$ 若 (q) 携带动量 x_1 , 而 (qq) 携带动量 x_3 , 则有联合几率密度

$$\rho(x_1^q, x_3^{qq}) \propto x_1^{-1/2} x_3^{3/2} \delta(x_1 + x_3 - 1)$$

对 K 或 π 介子有

$$\rho(x_2^q, x_4^{\bar{q}}) \propto x_2^{-1/2} x_4^{-1/2} \delta(x_2 + x_4 - 1) \quad (2)$$

(2) 形成链: 质子和介子分别被打碎后形成 $(q)-(qq)$ 及 $(q)-(\bar{q})$ 链. 在 $K^\pm p$ 和 $\pi^\pm p$ 反应中出现的链的种类和数目由表 1 给出:

表 1

	K^-p	K^+p	π^-p	π^+p
1/3	$(uu)-(s)$	$(uu)-(u)$	$(uu)-(d)$	$(uu)-(u)$
	$(d)-(\bar{u})$	$(d)-(\bar{s})$	$(d)-(\bar{u})$	$(d)-(\bar{d})$
2/3	$(ud)-(s)$	$(ud)-(u)$	$(ud)-(d)$	$(ud)-(u)$
	$(u)-(\bar{u})$	$(u)-(\bar{s})$	$(u)-(\bar{u})$	$(u)-(\bar{d})$

入射粒子在总质心系的动量设为 P , 则总质心系能量为 $\sqrt{S} = 2P$, 按图 1 中的记号, (q) 或 (qq) 在链心系的动量为

$$P_{\text{chain}} = (x_3 x_4)^{1/2} P \quad (3)$$

链心相对总质心的快度差为

$$\Delta = \frac{1}{2} \ln(x_3/x_4) \quad (4)$$

链两端碎块的量子数和动量决定了链的全部性质. 表中的 $(u)-(\bar{u})$ 及 $(d)-(\bar{d})$ 链在 e^+e^- 湮灭中存在, 由喷注的普适性, e^+e^- 中的已知结果, 可以用来做为输入. 例如 e^+e^- 中 $u-\bar{u}$ 喷注的多重数可以作为 K^-p 中 $(u)-(\bar{u})$ 链的多重数对多重数分布也有同样的

$$\langle n^c(s) \rangle_{e^+e^-}^{u-\bar{u}} = \langle n^c(s) \rangle_{K^-p}^{(u)-(\bar{u})} \quad (5)$$

关系. 而对 $(d)-(\bar{u})$ 链须将 e^+e^- 湮灭中的双喷注 $u-\bar{u}$, $d-\bar{d}$, $s-\bar{s}$ 分解成单喷注, 再合成 $(d)-(\bar{u})$, $(d)-(\bar{s})$ 链. pp 反应中的 $(ud)-(d)$, $(ud)-(u)$ 等链可以作为 K^-p 反应的输入,

$$\langle n^c(s) \rangle_{pp}^{(ud)-(d)} = \langle n^c(s) \rangle_{K^-p}^{(ud)-(d)} \quad (6)$$

而 $(uu)-(s)$ 和 $(ud)-(s)$ 同样需要将已知链加以分解再行组合. 这样表 1 中某种组态的单举内含谱为

$$\frac{dN_1^i}{dx}(y - \Delta_1, p_{c1}) + \frac{dN_2^i}{dx}(y - \Delta_2, p_{c2}) \quad (7)$$

其中 Δ_1 , Δ_2 是两个链相对总质心系的快度差, p_{c1} , p_{c2} 是两个链的领头成分在链心系的动量, N_1^i , N_2^i 是表 1 中某个组态的两个链. 将(2)式和(7)式结合起来有

$$\frac{1}{\sigma} \frac{d\sigma}{dx}(s, x) = \int \cdots \int dx_1 \cdots dx_n \sum \rho(f) \cdot \rho(x_1, x_3) \rho(x_2, x_4) \sum_{i=1}^2 \frac{d}{dx} N_i^f(y - \Delta_i, p_{ci}) \quad (8)$$

式中 dN_i^f/dx 是 f 组态中第 i 个链的内含谱; $\rho(f)$ 是出现 f 组态的几率。

四、计算结果

(1) P 碎裂区带电粒子分布. 图2给出了入射能量为 32, 70, 110 GeV/c 三个值下, K^-p 反应中 P 碎裂区 π^- 的分布, 和实验比较^[6], 基本一致。

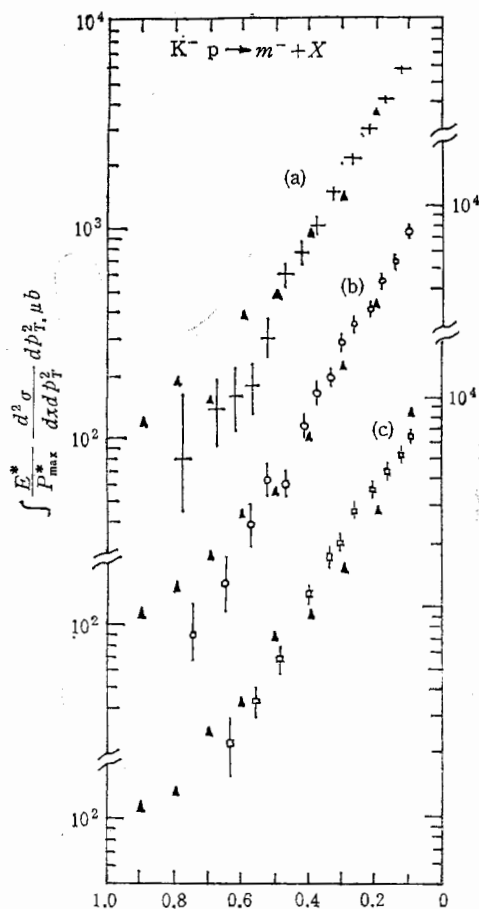


图2 Kp 反应中 P 碎裂区 π^- 的分布

(a) 110 GeV/c (b) 70 GeV/c

(c) 32 GeV/c

+ Exp.[6] ▲ This Paper

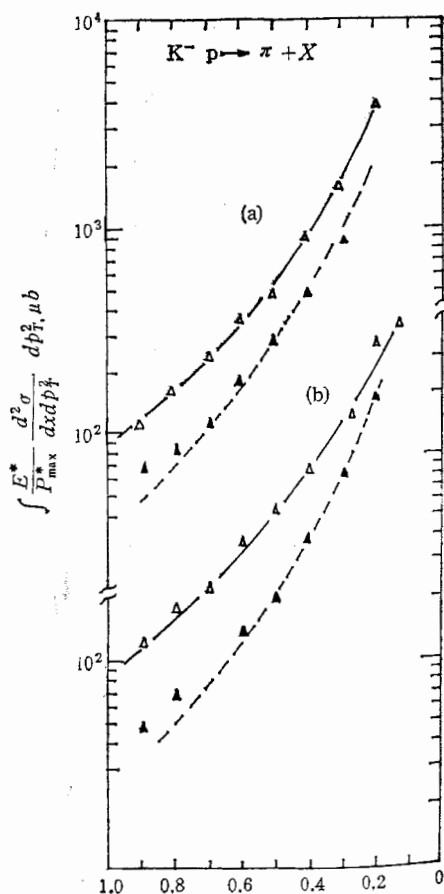


图3 Kp 反应中 π 介子在 P 碎裂区和 K 碎裂区的不对称性 110 GeV/c

(a) π^+ (b) π^- 图中的曲线是为了反映趋势徒手画的

Δp frag. ▲ K frag.

图

裂定
的
 π^-
实

电
 π^+
不

间
检

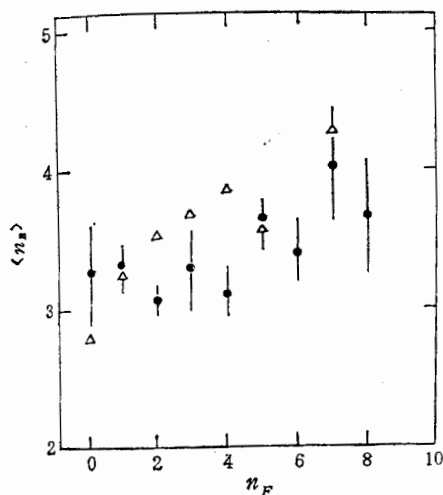


图 4 π^-p 反应中的前后关联 $\sqrt{S} = 13.7\text{GeV}$
 Δ 理论值 \dagger 实验值

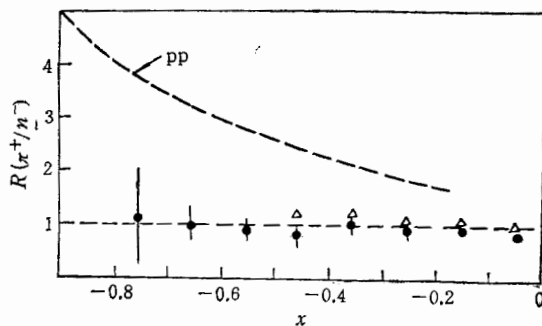


图 5 $Kp \rightarrow \bar{K}^0 \pi^\pm x$ 反应中质子碎裂区
 $R(\pi^+/\pi^-)$ 和 x 的关系, $\sqrt{S} = 16\text{GeV}$
 Δ 理论值 \dagger 实验值 图中还给出了 $pp \rightarrow \pi^\pm x$ 的曲线,以资比较

(2) K 碎裂区和 p 碎裂区的比较. 本文计算表明 K^-p 反应中 π^+ (或 π^-) 在 K 碎裂区和 p 碎裂区有明显的差别见图 3. 反映在介子-质子反应中束碎裂和靶碎裂具有一定的不对称. 这个不对称性可作为对 DPM 模型的一个实验检验.

(3) 前后关联. 本计算亦给出 π^-p 反应在能量 $\sqrt{S} = 13.7\text{GeV}$ 下的 $\langle n_B \rangle$ 与 n_F 的依赖关系, 与实验^[7]的比较见图 4.

(4) 我们还计算了双举反应 $K^-p \rightarrow \bar{K}^0 \pi^\pm x$ 中, \bar{K}^0 为快的条件下, p 碎裂区 π^+ 和 π^- 产额之比随 x 的变化. 能量选 $\sqrt{S} = 16\text{GeV}$, $0.1 < x_{\bar{K}^0} < 0.9$. 所得结果如图 5, 与实验^[8]基本一致.

五、结 束 语

本文用 DPM 模型处理 Kp , πp 反应, 着重讨论碎裂区的情况. 计算了 p 碎裂区带电粒子的分布, π^-p 反应中的前后关联, 和双举反应中, $K^-p \rightarrow \bar{K}^0 \pi^\pm x$ 在快 \bar{K}^0 条件下 π^+ 产额和 π^- 之比, 和实验基本符合. 并且指出 π 介子的分布在 K 碎裂区和 p 碎裂区是不对称的, 因而可以期待以后的实验, 作为对 DPM 的一个验证.

致谢: 谢去病教授曾给予有益的讨论, 在此致谢. 在山东多粒子产生国际讨论会期间, 作者之一曾就本文的观点和计算方法和 A. Capella 教授交换意见, 本文提出的实验检验方法曾和 NA 22 组的 E. W. Kittel 教授进行讨论, 在此一并致谢.

参 考 文 献

- [1] A. Capella, U. P. Sukhatme, C. I. Tan and J. Tran Thanh Van, *Phys. Lett.*, **B81**(1979), 69.
 [2] Chen Chi-jiang and Lu Jing-fa, *Commun. in Theor. Phys.*, Vol. 5 No. 4(1986), 301, Beijing, China.
 [3] Chen Chi-jiang and Liu Han-chao, *Physica Eergial Fortis et Physica Nuclears*, Vol. 10 No. 5(1986), 553.
 [4] Lu Jing-fa and Chen Chi-jiang, *Commun. in Theor. Phys.*, Vol. 6 No. 3(1986), 201, Beijing, China.
 [5] A. Capella and J. Tran Thanh Van, *Phys. Lett.*, **B125**(1983), 330.
 [6] R. Cottgens, CERN Preprint, CERN/EP 83-161(1983).
 [7] A. Wroblewski, Review talk at the XIV Int. Symp. on Multiparticle Dynamics, USA, 1983.
 [8] B. Buschbeck and H. Dibon, XII Int. Symp. on Multi-Partile Dynamics, Indiana, USA, 1981, p. 129.
 [9] R. D. Field and R. P. Feynman, *Nucl. Phys.*, **B136**(1978), 1.

THE MULTIPARTICAL PRODUCTION IN K-p AND π -p SOFT COLLISION IN DPM MODEL

CHEN ZHIJIANG LÜ JINGFA
(*Nankai University, Tianjin*)

ABSTRACT

Based on the DPM model, the multiparticle productions in K-p and in π -p soft-collisions are studied, the emphasis is put on fragmentation regions, The inclusive distributions in fragmentation regions and the forwardbackward correlation are calculated. It is pointed out that the asymmetry of distributions between K and p fragmentation regions may be used as a further test of the DPM model experimentally.

时起
最近
为,
利用

我们

理质
限温