

高能碰撞中不同快度窗口的多重数分布*

石亚非 王正清
(宜昌师专物理系, 宜昌 443000)

摘 要

本文基于火球在能量守恒和横动量截断约束下的快度等几率衰变的假设, 用多源模型计算了不同快度窗口的多重数分布, 其结果与实验相符合。

一、引 言

高能重离子碰撞开辟了研究多重产生的新领域。丰富的实验数据促进了描述高能重离子碰撞的唯象理论的迅速发展。在目前流行的唯象模型中, 多源模型^[1,2]是一个比较成功的模型。多源模型不仅具有基本假设简明, 物理图象清晰、直观的特点, 而且已经成功地解释了许多重要的实验结果, 譬如多重数(横能量)分布^[2,3], 快度分布^[1,4], 零度能分布^[5]等。本文的目的是用多源模型计算不同快度窗口的多重数分布。

从发展过程看, 多源模型是描述强子-强子碰撞的三火球模型^[6]在核子-核、核-核碰撞中的推广, 它把高能核-核碰撞视为核子-核子碰撞的核几何叠加。因此, 我们必须首先建立强子-强子碰撞中不同快度窗口多重数分布的计算公式。三火球模型对不同快度窗口多重数分布的早期计算^[7]是基于中心火球各向同性衰变的假定。由于这一假定和实验不符, 以后对此作了改进^[8], 引进了粒子成集团产生的假设, 采用了集团的快度等几率分布, 即集团各向同性衰变的图象。由此计算的不同快度窗口的多重数分布与实验符合的很好。然而, 值得注意的是, 不引进集团产生的假设, 仍保留火球随机衰变的图象, 只要把“各向同性衰变”改为“在能量守恒和横动量截断约束下的快度等几率衰变”, 就能够很好地解释强子-强子碰撞的快度分布及其与多重数的关联^[9]。将这一火球衰变规律用于核子-核过程^[10]和核-核过程^[10], 用多源模型计算的快度分布同样与实验符合的相当好。基于以上事实, 我们将采用火球随机衰变的物理图象来计算不同快度窗口的多重数分布。

二、强子-强子过程中不同快度窗口多重数分布

按照三火球模型, 在高速非衍强子-强子碰撞中, 入射粒子和靶粒子互相穿透, 其损失

本文 1991 年 2 月 19 日收到。

* 湖北省教委科研经费资助。

的能量在快度空间形成分别位于中心快度区、射弹区和靶裂区的三个火球,即中心火球C、射弹火球P和靶火球T。对于对称的、不太大的快度窗口 W ,近似地可以忽略侧边火球对快度窗口 W 的贡献,而仅考虑中心火球的贡献。中心火球所产生的多重数分布^[6]为

$$p(n_c) = 4 \frac{n_c}{\langle n_c \rangle^2} \exp\left(-2 \frac{n_c}{\langle n_c \rangle}\right). \quad (1)$$

我们假设中心火球是在能量守恒和横动量截断约束下的等几率衰变,则位于 y_c 处的中心火球所产生的末态粒子的快度分布为^[4]

$$\rho(y, y_c) = \frac{k}{[\xi + \text{ch}(y - y_c)/T_c]^2}. \quad (2)$$

其中 ξ 为横向截断因子, k 为归一化常数, T_c 为配分温度。各火球的快度由能量-动量守恒确定,显然对不同的碰撞事件, y_c 是不同的。我们假定 y_c 在中心火球快度的运动学极限 y_{\max} 内的取值是等几率的。这样,归一化的中心火球快度分布可取为

$$Q(y_c) = \begin{cases} \frac{1}{2y_{\max}} & \text{对 } |y_c| \leq y_{\max} \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

y_{\max} 可用类似文献[8]的方法确定。

有了上述分布,就可以求得中心火球衰变的多重数 n_c 确定的事件中,粒子进入快度窗口 $a \leq y \leq b$ 的平均多重数

$$\langle n_w(n_c) \rangle = n_c \int_a^b dy \rho(y, y_c) Q(y_c) dy_c. \quad (4)$$

由此定义中心火球产生的末态粒子进入该快度窗口的几率

$$q_w = \frac{\langle n_w(n_c) \rangle}{n_c} = \int_a^b dy \rho(y, y_c) Q(y_c) dy_c. \quad (5)$$

n_c 个粒子有 n_w 个落到快度窗口 W 中的几率是一个二项式分布

$$p_w(n_c, n_w) = \frac{n_c!}{n_w!(n_c - n_w)!} q_w^{n_w} (1 - q_w)^{n_c - n_w}. \quad (6)$$

于是,中心火球产生的粒子落到窗口 W 内的多重数分布为

$$p_w(n_w) = \sum_{n_c} p(n_c) p_w(n_c, n_w). \quad (7)$$

图1中我们给出了以 $z_w = n_w / \langle n_w \rangle$ 为变量,对四种不同的快度窗口计算的 $\phi_w = \langle n_w \rangle p_w(n_w)$ 。实验数据取自 $\sqrt{s} = 540 \text{ GeV}$ 的 $p\bar{p}$ 碰撞^[10]。取了 $y_{\max} = 3, T_c = 8.0 \text{ GeV}$ 。

由图1可见,对于小的快度窗口,(7)式和实验基本符合,而对大的快度窗口($|\eta| < 5.0$),符合得不好。原因在于当快度窗口大时,侧边火球的贡献不能忽略^[11]。

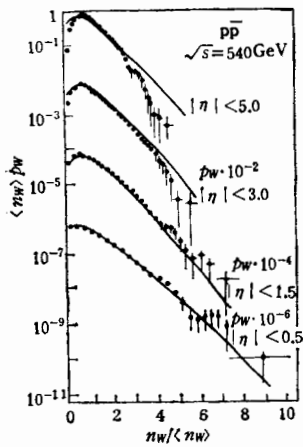


图1 以 $z_w = n_w / \langle n_w \rangle$ 为变量,对四种不同快度窗口计算的 $\phi_w = \langle n_w \rangle p_w(n_w)$ 。实验数据取自[10]

三、核-核过程中不同快度窗口多重数分布

在核-核碰撞中,按照多源模型,中心火球的贡献来自射弹核和靶核碰撞时参与非衍碰撞的核子数,即来自^[4]

$$\mu_c = \omega(\nu_{EP} + \nu_{ET}) \quad (8)$$

个能源。(8)式中的 ω 为非衍几率,它依赖于碰撞参数 B ,对 B 平均, $\bar{\omega} \approx 0.88$ 。 ν_{EP} 和 ν_{ET} 是参与碰撞的射弹核子数和靶核子数,它们由核几何决定。只要知道了核内核子的分布,即可算出 ν_{EP} 和 ν_{ET} 。对于 $A > 8$ 的情形,一般采用 Woods-Saxon 分布^[4]。在核-核过程中,取代(1)式的多重数分布为

$$p(n_c | \mu_c) = \frac{1}{\Gamma(\mu_c)} \left(\frac{2}{\langle n_c^{hh} \rangle} \right)^{\mu_c} n_c^{\mu_c - 1} \exp\left(-\frac{2n_c}{\langle n_c^{hh} \rangle}\right), \quad (9)$$

$\langle n_c^{hh} \rangle$ 由相同能量下核子-核子碰撞决定。这样,对于固定的碰撞参数 B ,快度窗口 $a \leq y \leq b$ 的多重数分布为

$$p_w(n_w | B) = \sum_{n_c} p(n_c | \mu_c) p_w(n_c, n_w), \quad (10)$$

其中 $p_w(n_c, n_w)$ 由(6)式给出。对所有的碰撞参数 B 求平均得到与实验比较的不同快度窗口的多重数分布

$$p_w(n_w) = \int p_w(n_w | B) B dB / \int B dB. \quad (11)$$

利用(11)式,取 $y_{max} = 0.7$, $T_c = 0.64 \text{ GeV}$,我们计算了 200 A GeV 的 $^{16}\text{O} + \text{Ag}$ 在 $|\eta - \eta_{CM}| < 1.0$ 内的多重数分布 ($\eta_{CM} = 3.07$),并将它与 FRITIOF 模型的结果^[12]进行了比较。由图 2 可见,我们的预言与 FRITIOF 的预言是一致的。

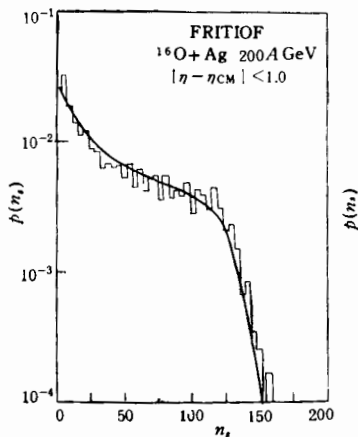


图 2 我们的模型与 Fritiof 模型计算的多重数分布比较。实线是我们的结果,矩齿线是 Fritiof 的结果^[12]

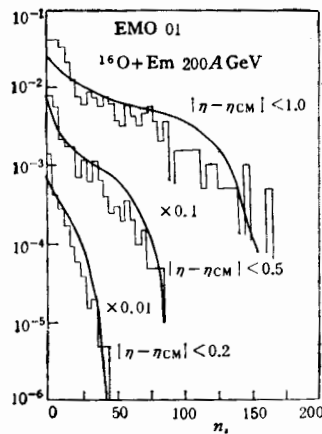


图 3 不同快度窗口的多重数分布。实线为我们计算的结果。实验数据取自^[12]

进一步,我们计算了 $200A$ GeV 的 $^{16}\text{O} + \text{Em}$ 的三种不同快度窗口多重数分布,并与实验结果^[12]做了比较,见图 3。由图 3 可以看出,我们的计算与实验是相符合的。

四、小 结

在本文中我们提出了一种既适用于强子-强子碰撞,又适用于核-核碰撞的计算不同快度窗口多重数分布的火球随机衰变机制。按照我们的方法,采用了统一的火球衰变规律,可以使三火球模型和多源模型对(全)快度分布的计算与对不同快度窗口多重数分布的计算一致起来。我们所得到的计算结果与国际上流行的 FRITIOF 模型的预言一致,也与实验相符合,说明了这种模型的合理性。

致谢: 作者感谢中科院高能所赵维勤同志的指导性意见和热情帮助。

参 考 文 献

- [1] Cai Xu, Chao Weiqin and Meng Tachung, *Phys. Rev.*, **D36**(1987), 2009.
- [2] Liu Lianshou, Meng Tachung, Pan Jicai and Peng Hongan, *Phys. Rev.*, **D38**(1988), 3405.
- [3] 赵维勤,刘波,高能物理与核物理,**13**(1989),285;石亚非,李葵发,王正清,高能物理与核物理,**14**(1990),8.1⁷
- [4] Shi Yafei, Zhuang Pengfel and Liu Lianshou, *Phys. Rev.*, **D41**(1990), 129.
- [5] 缪碧霞,赵维勤,高能物理与核物理,**13**(1989),470.
- [6] Liu Lianshou and Meng Tachung, *Phys. Rev.*, **D27**(1983), 2640; Chou Kuangchao, Liu Lianshou and Meng Tachung, *Phys. Rev.*, **D28**(1983), 1080.
- [7] Cai Xu, Huang Chaoshang, Sa Benhau, and Meng Tachung, *Chinese Phys. Lett.*, **2**(1985), 101.
- [8] Cai Xu, Chao Weiqin and Meng Tachung, *Phys. Rev.*, **D33**(1986), 1287.
- [9] Liu Lianshou, Qin Lihong and Zhuang Pengfel, *Sciemia Sinica*, **A29**(1986), 1063.
- [10] G. J. Alner, et al. (UAS Collaboration), *Phys. Lett.*, **B160**(1985), 193.
- [11] Chao Weiqin, Meng Tachung and Pan Jicai, *Phys. Rev.*, **D35**(1987), 152.
- [12] M. I. Adamovich, et al. (EMU01 Collaboration), *Phys. Lett.*, **B242**(1990), 512.

Multiplicity Distributions for Different Rapidity Windows in High Energy Collisions

SHI YAFEI WANG ZHENGQING

(Yichang Teachers College, Physics Department, Yichang 443000)

ABSTRACT

On the assumption that, under the constraints of energy conservation and transverse-momentum cutoff, the rapidities of produced particles by the fireball are distributed with equal probability, multiplicity distributions for different rapidity windows are calculated by using the multisource model. The calculated results fit the experimental data well.