

火球的随机衰变与极限碎裂假设

吴元芳 刘连寿

(华中师范大学粒子物理研究室)

摘 要

本文对 $p\bar{p}$ 碰撞实验 (SPS) 在碎裂区的“标度无关”性进行了研究,指出它支持了极限碎裂假设,用火球随机衰变模型计算的结果和实验符合得很好。

最近,西欧核子研究中心质子-反质子对撞机的实验^[1],对碎裂区的标度无关假设进行了检验。这是一个重要问题,对它的正确理解对于了解强子-强子碰撞的机制关系很大,在这篇短文里,我们试图分析这一实验结果,并说明它的意义。

按照费曼的标度无关假设^[2],当能量高到一定程度以后,快度平台将不再升高,而只是加宽。然而,西欧核子研究中心质子-反质子对撞机的实验结果^[3]表明,当能量从 ISR 能区上升到质子-反质子对撞机能区时,快度平台升高了一倍多,否定了平台不再升高的假设。在此情况下,文献 [1] 把注意力集中到碎裂区,试图局限在碎裂区里来检验标度无关假设的正确性。

仔细考查文献 [1] 所给出的图可见,如果按照 540—900 GeV 的实验点作“标度无关”曲线,则能量较低 (200 GeV 和 53 GeV) 的实验点在碎裂区里显然超出到“标度无关”曲线之外。这一系统的偏离表明,快度平台随能量升高的加宽不如标度无关假设所预期的那么快。这也就是说,快度平台的加宽比束流快度的增长要慢。

这一实验事实可以用极限碎裂假设^[4]合理地解释。按照这一假设的图象,两个人射粒子在相互穿过时,发生相互作用而受到激发,并碎裂为末态粒子。如果要观察碎裂所产生的粒子快度分布的标度无关性,就应该在受到激发的“粒子”的静止系中,而不应该在入射粒子的静止系中。由于激发消耗了能量,在碰撞质心系中看,激发“粒子”的速度低于入射粒子的速度。这就是快度平台的展宽不如束流快度的增长快的原因。

下面用我们提出的随机衰变的三火球模型^[5,6]进行具体计算来检验上述论点。按照这一模型,两个人射粒子相互穿过以后,由于相互作用而形成三个火球——中心火球 C^* , 射弹火球 P^* 和靶火球 T^* ^[5]。这些火球在能量守恒和横动量截断的约束下随机地衰变,在火球静止系中快度分布为^[6]

$$\frac{dw_i}{dy}(y - y_i) = \frac{K_i}{ch^2(y - y_i)} \int_0^{p_{\max}} p \cdot dp \exp\left(-\frac{5.25p}{ch(y - y_i)} - \frac{p}{T_i}\right),$$

$$i = 1, 2, 3. \quad (1)$$

其中, K_i 为归一化常数, T_i 为“配分温度”, y_i 是火球 i 质心的快度。考虑前、后粒子对

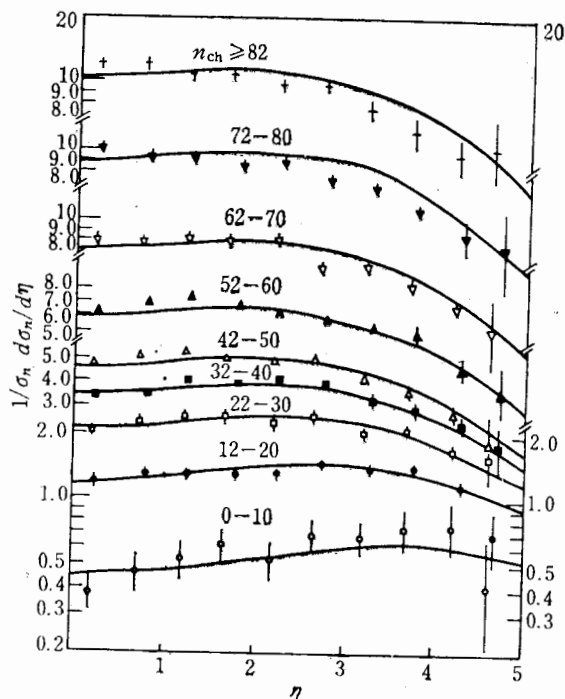


图 1 $\sqrt{s} = 900\text{GeV}$ 时不同多重数区间的快度分布。曲线是随机衰变三火球模型的计算结果。实验数据取自文献 [1]

称分布的实验事实,对中心火球有 $y_c = 0$, 而 y_p 和 y_T 可以利用能量——动量守恒

$$\begin{cases} 3/2 [\lambda_c n_c + \lambda_p (n_p \text{ch } y_p + n_T \text{ch } y_T)] = (1-h)\sqrt{s}; \\ n_p \text{sh } y_p + n_T \text{sh } y_T = 0 \end{cases} \quad (2)$$

定出,其中 λ_i 是配分温度为 T_i 时,单粒子的平均能量; h 是带头粒子带走的能量份额(平均说来它等于 1/2),总的快度分布为:

$$\frac{dn}{dy} = \int \left[n_c \frac{dw_c}{dy}(y) + n_p \frac{dw_p}{dy}(y - y_p) + n_T \frac{dw_T}{dy}(y - y_T) \right] \cdot \frac{P(n_c)P(n_T)P(n_p)}{P(n)} \cdot \delta(n - n_c - n_p - n_T) dn_c dn_p dn_T. \quad (3)$$

在达到和超过 ISR 最高能量以后,两个边沿火球 P^* 和 T^* 达到饱和,

$$\langle n_{P^*} \rangle = \langle n_{T^*} \rangle = 3.5, \quad (4)$$

相应的配分温度^[6] $T_{P^*} = T_{T^*} = 1\text{GeV}$. 按照这一模型计算的结果很好地符合于 $\sqrt{s} = 540\text{GeV}$ 时不同多重数的快度分布数据. 它用“小火球飞得快,大火球飞得慢”解释了这一分布中的峰值随多重数增大而向内移的实验现象. 图 1 中给出了 $\sqrt{s} = 900\text{GeV}$ 的计算结果和实验^[1]的比较,其中, T_{P^*} 和 T_{T^*} 仍为 1GeV 而 T_{c^*} 等于 10.64GeV . 计算结果和实验的符合也是满意的. n 增大时峰的位置内移的现象同样得到了解释.

现在我们关心的是极限碎裂假设. 这一假设可以表述为: 将不同 \sqrt{s} 的快度分布曲线分别平移,使它们的“有效碎裂中心”的位置相互重合,则所有这些快度分布的尾部将落到同一条曲线上. 为了检验这一假设,按照上述随机衰变的三火球模型计算了 $\sqrt{s} =$

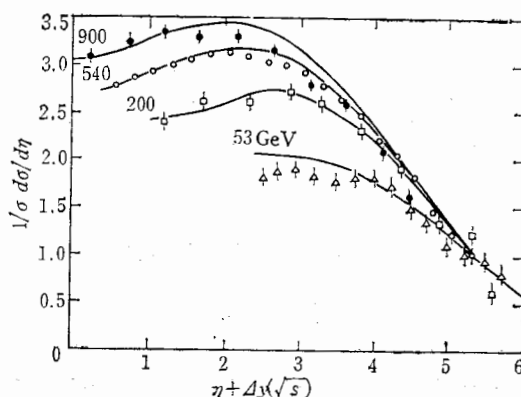


图 2 平移后的快度平台尾部的标度无关性, 曲线是随机衰变三火球模型的计算结果. 实验数据取自文献[1]

900, 540, 200, 53 GeV 的总快度分布. 结果发现, 只要将 $\sqrt{s} = 540, 200, 53 \text{ GeV}$ 的曲线相对于 $\sqrt{s} = 900 \text{ GeV}$ 的曲线分别作适当移动后四条曲线的尾部是精确地重合, 如图 2, 这就有力地支持了上述极限碎裂假设. 在同一图上也画出了作同样移动以后的实验点. 由图可见, 将实验点这样移动以后, 快度分布尾部的标度无关性显著改善, 而且和我们模型给出的标度无关行为相符合.

我们的模型所得到的快度分布尾部在适当移动以后精确地重合以及这一标度无关行为所得到的实验支持(如图 2)使人印象深刻. 这一标度无关性值得在理论上和实验上进一步探讨^[8].

有实验迹象表明^[7], 当能量很高时, 喷注事件所占的比例愈来愈大. 但是, 它的影响主要在快度中心区, 对快度分布的尾部关系不大. 因此, 以上对极限碎裂现象的分析和用随机衰变的三火球模型对这一现象所作出的解释, 在考虑了喷注事件以后仍然有效.

参 考 文 献

- [1] J. G. Rushbrooke (UA5 Collaboration), talk presented at the XVI Symposium on Multiparticle Dynamics, Kiryat Anavim, 1985.
- [2] R. P. Feynman, *Phys. Rev. Lett.*, **23**(1969), 1415.
- [3] W. Thome et al., *Nucl. Phys.*, **B129**(1977), 365; K. Alpgard et al., *Phys. Lett.*, **121B**(1983), 209.
- [4] J. Benecke, T. T. Chou, C. N. Yang and E. Yan, *Phys. Rev.*, **188**(1969), 2159.
- [5] Liu Lian-sou and Meng Ta-chung, *Phys. Rev.*, **D27**(1983), 2640; Chou Kuang-chao, Liu Lian-sou and Meng Ta-chung, *ibid* **D28**(1983), 1080; Cai Xu and Liu Lian-sou, *Lett. Nuovo Cim.*, **37**(1983), 495.
- [6] 刘连寿、秦立红、庄鹏飞, 中国科学, **A 5**, (1986), 489.
- [7] F. Cerdini (UA1 Collaboration), talk presented at the Int. Europhysics Conf. on High Energy Phys. Bari, 1985.
- [8] 例如见丁林凯等, *Chinese Phys Lett.*, 待发表.

THE STOCHASTIC DECAY OF FIRE BALLS AND THE HYPOTHESIS OF LIMITING FRAGMENTATION

WU YUAN-FANG LIU LIAN-SOU

(Hua-Zhong Normal University)

ABSTRACT

The "scaling in fragmentation region" given by UA5 Collaboration in $p\bar{p}$ Collider (SPS) experiments is investigated. It is pointed out that these phenomena support the limiting fragmentation hypothesis. The calculated results by using the stochastically decaying fire ball model fit the experimental data remarkably.