

快报

多重数矩的能量依赖性与三火球模型

蔡勳 吴元芳 刘连寿
(华中师范大学粒子物理研究所)

摘 要

本文分析了 $\sqrt{s} = 11.5\text{GeV}$ 到 900GeV 的 12 个能量下的多重数矩的实验数据, 指出三火球模型的计算结果和这些数据符合得很好, 发现侧边火球的平均大小随能量的变化有两个平台。

最近, UA5 实验组^[1,2]公布了从 $\sqrt{s} = 11.5\text{GeV}$ 到 $\sqrt{s} = 900\text{GeV}$ 的 12 个能量下的非单衍多重数的矩(从 1 次矩直到 5 次矩)的实验数据。这就为更细致地检验各种模型提供了新的可能性。

早在 CERN-SPS 质子反质子对撞机的第一批数据开始公布不久就提出的三火球模型^[3-5]较好地说明了非单衍多重数分布的近似 KNO 标度无关和标度无关破坏。最近, 这一模型进一步发展, 又成功地解释了分多重数的快度分布^[6,7], 不同快度区间的多重数分布^[8,9], 极限碎裂^[7], 以及长程快度关联^[9]。因此, 用多重数矩的新数据进一步检验这一模型是有意义的。

按照三火球模型, 在非单衍碰撞过程中, 两个强子相互穿过, 在不同快度区间形成三个产生粒子的源, 称为三个火球——中心火球 C , 和两个侧边火球 P 和 T 。中心火球的平均多重数 $\langle n_c \rangle$ 占总非单衍平均多重数 $\langle n \rangle$ 的比例是 α , 而每个侧边火球的平均多重数占 $\langle n \rangle$ 的比例是 $\beta = (1 - \alpha)/2$:

$$\alpha = \frac{\langle n_c \rangle}{\langle n \rangle}, \quad \beta = \frac{\langle n_p \rangle}{\langle n \rangle} = \frac{\langle n_T \rangle}{\langle n \rangle} = \frac{1 - \alpha}{2}. \quad (1)$$

每个火球的多重数分布 $P_i(n_i)$ 服从 KNO 标度无关性^[3,4]:

$$\langle n_i \rangle P_i(n_i) = 4 \frac{n_i}{\langle n_i \rangle} e^{-2n_i/\langle n_i \rangle}, \quad (2)$$
$$i = C, P, T.$$

非单衍多重数分布 $P(n)$ 是三个火球多重数分布的卷积^[9]:

$$P(n) = \int \delta(n - n_c - n_p - n_T) \prod_{i=C,P,T} P_i(n_i) dn_i. \quad (3)$$

定义每个火球的多重数矩之比为

$$G_q = \langle n_i^q \rangle / \langle n_i \rangle^q \quad (q = 2, 3, \dots), \quad (4)$$

则由(2)式立即得到^[3]:

$$G_2 = 1.5, \quad G_3 = 3, \quad G_4 = 7.5, \quad G_5 = 22.5. \quad (5)$$

总非单衍多重数矩之比是

$$C_q = \langle n^q \rangle / \langle n \rangle^q. \quad (6)$$

由(2),(3)式得到:

$$C_2 = G_2(\alpha^2 + 2\beta^2) + 2(2\alpha\beta + \beta^2); \quad (7)$$

$$C_3 = G_3(\alpha^3 + 2\beta^3) + 6G_2(\alpha^2\beta + \alpha\beta^2 + \beta^3) + 6\alpha\beta^2; \quad (8)$$

$$C_4 = G_4(\alpha^4 + 2\beta^4) + 8G_3(\alpha^3\beta + \alpha\beta^3 + \beta^4) + 6G_2^2(2\alpha^2\beta^2 + \beta^4) + 12G_2(\alpha^2\beta^2 + 2\alpha\beta^3); \quad (9)$$

$$C_5 = G_5(\alpha^5 + 2\beta^5) + 10G_4(\alpha^4\beta + \alpha\beta^4 + \beta^5) + 20G_3G_2(\alpha^3\beta^2 + \alpha^2\beta^3 + \beta^5) + 20G_3(\alpha^3\beta^2 + 2\alpha\beta^4) + 30G_2^2(2\alpha^2\beta^3 + \alpha\beta^4). \quad (10)$$

(7)–(10) 式的计算结果和实验数据^[1,2]的对比列在表 1 中。由表可见, 计算结果均在实验的一个标准偏差范围之内。同一表中也列出了相应的 α 值。

表 1 不同能量下的 α 及由(7)–(10)式算出的 C_q 值。在 C_q 的计算值下面列出的是实验值^[1,2]

\sqrt{s} (GeV)	$\langle n \rangle$	α	C_2	C_3	C_4	C_5	
火球模 最近, 多重数 实验这一 形成三 球的平 重数占	11.5	6.35	1.182	1.616	2.51	4.38	
			1.192±0.009	1.63±0.03	2.49±0.08	4.2±0.2	
	13.8	7.21	1.167	1.56	2.34	3.90	
			1.175±0.006	1.57±0.02	2.33±0.04	3.8±0.1	
	19.7	8.56	1.168	1.56	2.34	3.92	
			1.174±0.010	1.57±0.03	2.34±0.08	3.8±0.2	
	23.9	9.25	0.458	1.178	1.60	2.48	4.30
			1.19±0.02	1.62±0.06	2.47±0.14	4.2±0.3	
	27.6	9.77	0.554	1.203	1.71	2.80	5.26
			1.21±0.01	1.72±0.05	2.76±0.13	5.0±0.4	
30.4	10.54	0.520	1.193	1.66	2.66	4.85	
		1.20±0.01	1.68±0.03	2.64±0.10	4.6±0.3		
44.5	12.08	0.518	1.192	1.66	2.66	4.83	
		1.20±0.01	1.67±0.03	2.63±0.10	4.6±0.3		
52.6	12.76	0.540	1.20	1.69	2.74	5.08	
		1.21±0.01	1.70±0.03	2.70±0.09	4.8±0.3		
62.6	13.63	0.502	1.19	1.64	2.60	4.66	
		1.20±0.01	1.67±0.03	2.60±0.08	4.4±0.2		
200	21.6	0.646	1.24	1.86	3.31	6.83	
		1.26±0.03	1.91±0.12	3.3±0.3	6.6±0.9		
540	28.9	0.743	1.29	2.08	4.07	9.37	
		1.31±0.03	2.12±0.11	4.05±0.32	8.8±1.0		
900	34.6	0.770	1.31	2.16	4.33	10.3	
		1.34±0.03	2.22±0.13	4.3±0.4	9.3±1.1		

在表 2 中列出了不同能量下侧边火球的平均多重数:

$$\langle n_P \rangle = \langle n_T \rangle = \beta \langle n \rangle. \quad (11)$$

结果画在图 1 上。文献[10,11]曾经指出, 在 $\sqrt{s} \geq 63 \text{ GeV}$ 以后, 侧边火球达到饱和。

表 2 不同能量下侧边火球的
平均多重数 $\langle n_{p,T} \rangle$

\sqrt{s} (GeV)	$\langle n_{p,T} \rangle$
11.5	2.57 ± 0.42
13.8	2.47 ± 0.45
19.7	2.70 ± 0.50
23.9	2.51 ± 0.28
27.6	2.18 ± 0.16
30.4	2.53 ± 0.15
44.5	2.91 ± 0.18
52.6	2.93 ± 0.16
62.6	3.39 ± 0.18
200	3.82 ± 0.30
540	3.71 ± 0.17
900	3.98 ± 0.21

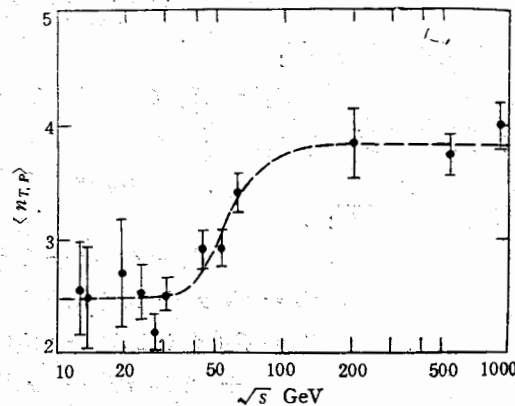


图 1 侧边火球平均多重数随能量的变化。
虚线表示不同能区的两个平台

表 2 和图 1 证实了这一论断。与此同时,由表 2 和图 1 还可以看到,在低能区侧边火球的平均多重数也有一个平台.具体说来,在低能区($11 \text{ GeV} \leq \sqrt{s} \leq 30 \text{ GeV}$),侧边火球的平均多重数 ~ 2.5 ;而在 $\sqrt{s} > 30 \text{ GeV}$ 以后,侧边火球的平均多重数开始增加,到 $\sqrt{s} \geq 100 \text{ GeV}$ 时达到饱和,呈现为两个平台。

上述现象的机制可以设想如下.中心火球是在两个人射粒子相互穿过时,由胶子的相互作用形成的.这一效应随能量的升高而逐渐加强,使中心火球逐渐变大.侧边火球则是穿过去的价夸克碎裂的产物.当能量不太高($\sqrt{s} \leq 30 \text{ GeV}$)时,这种碎裂类似于衍射分解,因而在扣除带头粒子以后平均多重数 $\sim 2.5^{[12]}$.简单地说来,这时的非单衍过程是“双衍射分解+中心区的强子化”.然而,当 \sqrt{s} 超过 30 GeV 以后,在价夸克碎裂时,有新自由度(胶子自由度?)的激发,使侧边火球增大.当然,这只是一种非常粗糙的图象,特别是它不能说明为什么侧边火球会达到饱和。

我们可以得出如下结论: (1)三火球模型能够很好地解释

$$11 \text{ GeV} \leq \sqrt{s} \leq 900 \text{ GeV}$$

区间里多重数随能量的变化; (2)侧边火球的平均多重数随能量的变化呈现为两个平台.这样两个平台是一个很有趣的现象,它的物理实质有待进一步研究。

在以上的讨论中没有考虑“微喷注”(minijet)截面随能量的增长^[13].分析表明^[14],所谓“微喷注”很可能并不是新的物理现象,而只是实验所用的 η - ϕ 和 E_T 的截断所造成的一种统计效应。

参 考 文 献

- [1] UA5 Collaboration, *Phys. Lett.*, **160B** (1985), 199.
- [2] UA5 Collaboration, CERN-EP/85-197 (1985).
- [3] Liu Lian-sou and Meng Ta-chung, *Phys. Rev.*, **D27** (1983), 2640.
- [4] Chou Kuang-chao, Liu Lian-sou and Meng Ta-chung, *Phys. Rev.*, **D28** (1983) 1080.

- [5] Cai Xu and Liu Lian-sou, *Lett. al Nuovo Cimento*, 37 (1983), 495.
 [6] 刘连寿, 秦立红和庄鹏飞, 中国科学, A(1986), 710.
 [7] Wu Yuan-fang and Liu Lian-sou, *Chinese Phys. Lett.*, 3(1986). in press.
 [8] Cai Xu, Huang Chao-shang, Sa Ban-hao and Meng Ta-chung, *Chinese Phys. Lett.*, 2(1985), 101.
 [9] Cai Xu, Chao Wei-qin and Meng Ta-chung, *Phys. Rev.*, D33 (1986), 1287.
 [10] 刘连寿, 华中师院学报, 自然科学版 (1984)15.
 [11] Cai Xu, Liu Lian-sou and Meng Ta-chung, *Commun. in Theor. Phys.*, 4(1985), 847.
 [12] Liu Lian-sou, *Lett. al Nuovo Cimento*, 36(1983), 149.
 [13] UA1 Collaboration, CERN-EP/85-196.
 [14] Chao Wei-qin, Meng Ta-chung and Pan Ji-cai, FUB-HEP/86-6.

ENERGY DEPENDENCE OF MULTIPLICITY MOMENTS AND THREE FIRE BALL MODEL

CAI XU WU YUAN-FANG LIU LIAN-SOU
(Hua-Zhong Normal University)

ABSTRACT

The experimental data on multiplicity moments for 12 energies in the range of \sqrt{s} from 11.5 to 900 GeV are analysed. It turns out that the results calculated by the three fire ball model fit the data very well. It is found that the average size of the side-fire balls displays two plateaus as the energy changes.

求的
求的
s 之
子的
火球
以于
行过
淬裂
造的

个平
[14],
造成