

# $\sqrt{S} = 1800 \text{ GeV } \bar{p}p$ 碰撞荷电粒子 多重性分布的计算\*

覃克宇

(云南师范大学物理系 昆明 650092)

1995-04-12 收稿, 1995-11-6 收到修改稿

## 摘 要

假设高能强子-强子碰撞的多重性分布中, 软相互作用部分和硬相互作用部分都服从 KNO 无标度性, 只是它们各自的参数不同. 由已有的实验数据, 计算出  $\sqrt{S} = 1800 \text{ GeV}$  处,  $\bar{p}p$  碰撞的平均多重性  $\langle n \rangle = 47.0$  及其荷电粒子的多重性的分布, 可供实验检验.

**关键词** 无标度性, 软相互作用, 硬相互作用.

在  $\sqrt{S} = 10 - 63 \text{ GeV}$  能区,  $\bar{p}p$  碰撞全相空间、非单绕射、非弹性荷电粒子多重性的实验数据可用如下参数化的、严格归一化的 KNO 无标度函数<sup>[1]</sup> 描述得很好:

$$\psi(z) = [2b^b / \Gamma(b)] z^{b-1} \exp(-bz), \quad (1)$$

这儿,  $b=5$ ,  $z=n/\langle n \rangle$ .  $n$  是碰撞产生的荷电粒子个数,  $\langle n \rangle$  是多次碰撞后, 对每次碰撞求得的荷电粒子个数  $n$  的平均值, 称为平均多重性. 碰撞产生  $n$  个荷电粒子的概率为:

$$P_n = \frac{1}{\langle n \rangle} \psi(z). \quad (2)$$

随着碰撞能量的升高, 实验发现这个无标度性破坏了. 以后的实验和理论表明: 这是由于硬成分的贡献逐渐明显和小喷射的贡献引起的. 为了探索这些因素, 许多人做了大量的研究工作, 提出各种唯象模型和图象. 例如, 独立碎裂方式<sup>[2]</sup>, LUND 绳模型<sup>[3]</sup>, 部分子级联-集团强子化模型<sup>[4]</sup>, 和双重性部分子模型<sup>[5]</sup> 等. 取得了相当有效的结果. 但由于强相互作用太复杂, 如何划分硬相互作用部分与软相互作用部分确实很含糊. 在这儿, 提出一个简便易行的、分离软、硬成分的方法. 假设: 由软相互作用部分产生的粒子服从 KNO 无标度规律, 由硬相互作用部分产生的粒子也服从 KNO 无标度性规律, 仅仅是参数  $b$  不相同.

\* 云南省教委资助.

由此出发,可方便地解释以前的实验结果,又可预言未来的实验结果.若未来的实验结果与这预言一致,则说明这假设合理,含有规律性的东西,值得探讨.

现在假设软成分服从的多重性分布为:

$$P_n^{(s)} = \frac{1}{\langle n \rangle_s} \psi_s(z), \quad (3)$$

这儿,  $\psi_s(z)$  的形式与 (1) 式一样,  $b=5$ ; 硬成分服从多重性分布:

$$P_n^{(d)} = \frac{1}{\langle n \rangle_d} \psi_d(z), \quad (4)$$

这儿  $\psi_d(z)$  的形式也与 (1) 式一样, 在目前达到的能区中, 由实验数据确定  $b=13$ .  $\langle n \rangle_s$  和  $\langle n \rangle_d$  分别是软成分和硬成分产生的荷电粒子的平均多重性. 它们一起产生的多重性分布为:

$$P_n = xP_n^{(s)} + (1-x)P_n^{(d)}, \quad (5)$$

这儿,  $x$  是软成分对多重性贡献的分枝比. 由以上假设可推出平均多重性  $\langle n \rangle$  为:

$$\langle n \rangle = x\langle n \rangle_s + (1-x)\langle n \rangle_d. \quad (6)$$

把上面的想法用于  $\sqrt{S} = 200, 540, 900\text{GeV}$  的  $\bar{p}p$  碰撞产生的非单绕射、非弹性荷电粒子多重性分布, 与实验结果的最佳拟合如下:

i.  $\sqrt{S} = 200\text{GeV}$ : 与 UA5 合作组实验数据<sup>[6]</sup> 拟合, 最佳结果是:  $\langle n \rangle_s = 19.7$ ,  $\langle n \rangle_d = 38.5$  和  $x = 0.92$ ,  $\langle n \rangle = 21.2$ . 实验结果  $\langle n \rangle_{\text{实}} = 21.4 \pm 0.2 \pm 0.4$ .  $\chi^2$  检验结果:  $\chi^2/DF = 13.30/7$ .

ii.  $\sqrt{S} = 540\text{GeV}$ : 与 UA5 合作组的实验数据<sup>[7]</sup> 拟合, 最佳结果是:  $\langle n \rangle_s = 25.1$ ,  $\langle n \rangle_d = 54.0$  和  $x = 0.85$ ,  $\langle n \rangle = 29.4$ . 实验  $\langle n \rangle_{\text{实}} = 28.9 \pm 0.4 \pm 0.4$ .  $\chi^2$  检验的  $\chi^2/DF = 9.65/9$ .

iii.  $\sqrt{S} = 900\text{GeV}$  与 UA5 合作组的实验数据<sup>[6]</sup> 拟合, 最佳结果是:  $\langle n \rangle_s = 29.0$ ,  $\langle n \rangle_d = 64.0$  和  $x = 0.80$ ,  $\langle n \rangle = 35.9$ . 实验  $\langle n \rangle_{\text{实}} = 35.6 \pm 0.2 \pm 0.9$ .  $\chi^2$  检验:  $\chi^2/DF =$

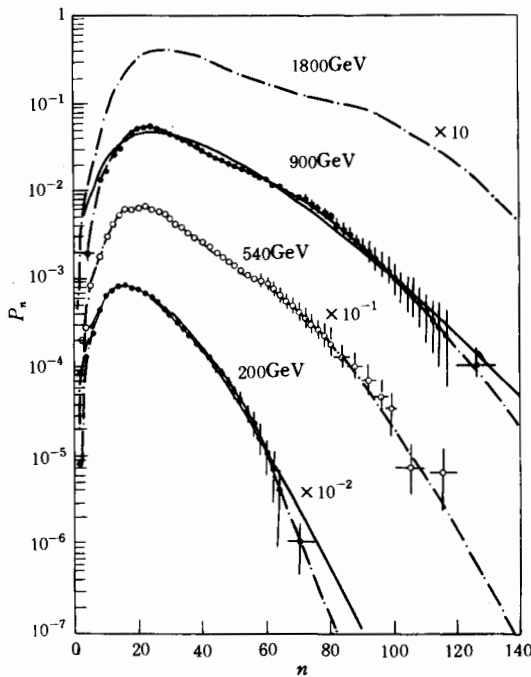


图1 与实验最佳适合的(软、硬)二成分分布曲线(点划线)

图中实线是最佳二项式分布, 1800GeV 的理论计算曲线也画在这个图上, 实验数据来自 UA5 合作<sup>[6, 7]</sup>.

6.21/ 12.

表1列出了用这个方法计算出的结果与实验结果. 图1用点划线画出我们计算的分布

与实验值比较的情况.

从表1与图1可见, 理论结果与实验结果符合得很好. 这表明: 这个假设是合适的.

表1  $\langle n \rangle$  的理论结果与实验结果比较

$\sqrt{S}$ (GeV)	理 论				实 验	检 验
	$\langle n \rangle_s$	$\langle n \rangle_d$	$x$	$\langle n \rangle$	$\langle n \rangle_*$	$\chi^2/DF$
200	19.7	38.5	0.92	21.2	$21.4 \pm 0.2 \pm 0.4$	13.3/ 7
540	25.1	54.0	0.85	29.4	$28.9 \pm 0.4 \pm 0.4$	9.65/ 9
900	29.0	64.0	0.80	35.9	$35.6 \pm 0.2 \pm 0.9$	6.21/ 12
1800	34.6	79.5	0.72	47.0	—	—

为了进一步检验这个假设的正确性, 用它预言未知的实验结果. 为达此目的, 需要  $\langle n \rangle_s$ 、 $\langle n \rangle_d$  和  $x$  随  $\sqrt{S}$  的变化规律. 按经验的、理论与实验上常用的参数化方法 (按  $\ln\sqrt{S}$  展开到平方项), 从已有的  $\bar{p}p$  碰撞实验结果, 推出:

$$\langle n \rangle_s = 2.50 + 0.600 \ln\sqrt{S} + 0.492 (\ln\sqrt{S})^2, \quad (7)$$

$$\chi^2 \text{ 检验: } \chi^2/DF = 5.28/3.$$

$$\langle n \rangle_d = 42.9 - 14.6 \ln\sqrt{S} + 1.30 (\ln\sqrt{S})^2, \quad (8)$$

$$\chi^2/DF = 0.117/3.$$

$$x = 0.780 + 0.108 \ln\sqrt{S} - 0.0154 (\ln\sqrt{S})^2, \quad (9)$$

$$\chi^2/DF = 0.316/3.$$

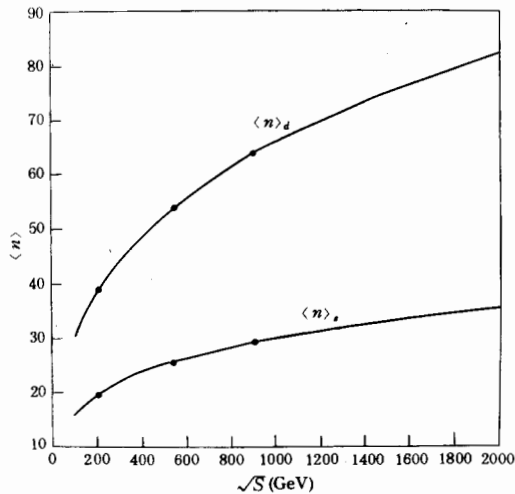


图2 软成分的平均多重性  $\langle n \rangle_s$  和硬成分的平均多重性  $\langle n \rangle_d$  随  $\sqrt{S}$  变化的图象

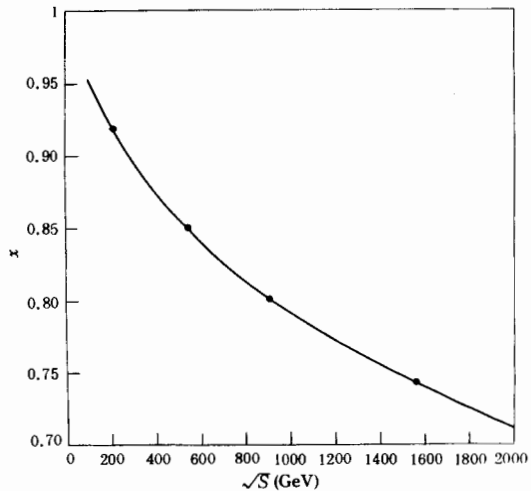


图3 软成分对多重产生贡献的分支比  $x$  随  $\sqrt{S}$  变化的图象

在图2中画出了 $\langle n \rangle_s$ 和 $\langle n \rangle_d$ 随 $\sqrt{S}$ 变化的曲线和从实验结果抽出的数据点。在图3中画出 $x$ 随 $\sqrt{S}$ 的变化及数据点。

用公式(7)、(8)和(9),算得 $\sqrt{S}=1800\text{GeV}$ 时, $\langle n \rangle_s=34.6$ , $\langle n \rangle_d=79.5$ 和 $x=0.72$ 。再用(3)、(4)和(5)式算出 $\sqrt{S}=1800\text{GeV}$ 处, $\bar{p}p$ 碰撞非单绕射、非弹性荷电粒子多重性分布[8],画在图1中,可供实验检验。

感谢姜焕清、俞涛、薛大力、杨建军、程子韬的帮助和高能物理所原子核理论组同志们的大力支持。

### 参 考 文 献

- [1] T. K. Gaisser *et al.*, *Phys. Lett.*, **166B**(1986) 219.
- [2] R. P. Feynman *et al.*, *Phys. Rev.*, **D18**(1978) 3320.
- [3] B. Anderson *et al.*, *Nucl. Phys.*, **B264**(1986) 29.
- [4] K. Geiger, *Phys. Rev.*, **D47**(1993) 133.
- [5] A. Capella *et al.*, *Phys. Rep.*, **236**(1994) Nos.4-5.
- [6] UA5 Collab., R. E. Ansorge *et al.*, CERN-EP/ 88-172(1988).
- [7] UA5 Collab., K. Alpgård *et al.*, *Phys. Lett.*, **121B**(1983) 209.
- [8] 覃克宇, 云南师范大学学报, **16**(1995)43.

## Calculation of Charged Particle Multiplicity Distribution for $\bar{p}p$ Collision at $\sqrt{S}=1800\text{GeV}$

Qin Keyu

(Department of Physics, Yunnan Normal University, Kunming 650092)

Received 12 April 1995, Revised 6 November 1995

### Abstract

Assuming that both the soft component and the hard component obey KNO scaling in the multiplicity distribution of high energy hadron-hadron collision but their respective parameters are different, the multiplicity distribution of the charged particle in  $\bar{p}p$  collision at  $\sqrt{S}=1800\text{GeV}$  is calculated. We find that  $\langle n \rangle=47.0$  which can be tested by experiments.

**Key words** scaling, soft component, hard component.