

快 报

 e^+e^- 湮没过程的多重数分布¹⁾

梁作堂 谢去病

(山东大学)

摘 要

本文分析了 e^+e^- 湮没中多重数的实验分布,指出可能是夸克数目服从四动量守恒限制下的 Poisson 分布,加上组合过程影响的结果. 并利用一种在其他方面取得明显成功的夸克组合律作了计算,得到与实验符合的结果. 还对轻夸克 jet 作了单独讨论.

关于高能 e^+e^- 湮没中的多重数分布,已有很多讨论^[1,2,3]. 但多数只是孤立地研究末态长寿命带电强子数的分布本身,不能统一说明这一多重产生过程中其他有关现象,如多重数的前后关联、各强子产额及重子介子比等等.

实验看到的多重数分布^[4],很接近 Poisson 分布^[2],但又有偏离. 与之相比,高能时宽一些;低能下略窄. 接近 Poisson 分布意味着可能是独立产生,而存在的偏离则表明有其他机制影响.

考虑到强子是由夸克组成的,高能多强子产生必然先产生一些夸克反夸克,然后组合为强子^[5,6,7]. 这样,强子多重数分布就应包括夸克数的分布及组合过程的影响.

由 [5] 及 [6] 中的论述, e^+e^- 湮没过程可表示为

$$e^+e^- \rightarrow q_0\bar{q}_0 \rightarrow \text{许多流夸克} \rightarrow N \text{ 对结构夸克} \xrightarrow{\text{(组合)}} M \text{ 个介子} + B \text{ 个重子} + B \text{ 个反重子} \xrightarrow{\text{(衰变)}} \text{末态强子} \quad (1)$$

式中 $q_0\bar{q}_0$ 是电磁激发产生的第一对夸克反夸克.

在流夸克向结构夸克演化时,由于它们之间异常杂乱的相互作用不仅可改变其相对运动状态,而且可引起原有 $q\bar{q}$ 对的湮没或产生新的 $q\bar{q}$. 即使最初的流夸克之间存在某种关联,也将几乎完全丧失. 其结果,一方面,形成的结构夸克的数目与初始的流夸克可明显不同;另一方面,随后的组合过程也具有随机性.

假定组合前结构夸克反夸克对的数目服从四动量守恒限制下的 Poisson 分布,即

$$P(N) = \frac{e^{-\langle N \rangle}}{N!} \langle N \rangle^N \quad (2 \leq N \leq N_0) \quad (2)$$

N_0 是 N 的上限,对应于全部能量都用于产生夸克质量的情况,取

$$N_0 = \sqrt{s} / (2m) \quad (3)$$

1) 国家自然科学基金资助的课题.

本文 1987 年 3 月 26 日收到.

m 是这些结构夸克的平均质量,其取值与 [6] 同。

既然这些结构夸克反夸克之间几乎没有关联, [8] 即认为,它们在快度轴上的各种排列可等几率出现,并根据快度近关联原则,给出了一种组合律。成功地解释了 e^+e^- 湮没^[6] 及 pp (或 $p\bar{p}$) 反应中^[7] 的重子介子比随能量变化及各强子产额等。本文直接引用这一组合律。

首先对轻夸克 jet 事例作了计算。

由于没有重夸克 ($c\bar{c}$ 、 $b\bar{b}$) 强子化及衰变等问题,轻夸克 jet 比较单纯。我们计算时,给定能量下 N 的平均值 $\langle N \rangle$ 用 [6] 中结果。用 Monte-Carlo 方法,得到多重数分布如图 1

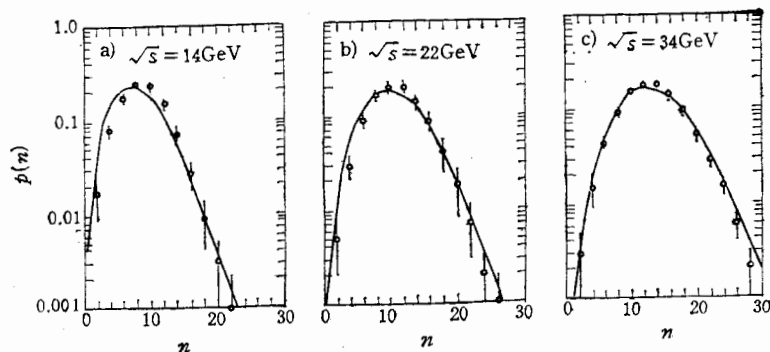


图 1

中实线所示;其离散度随能量变化如图 2 中实线所示。目前还没有对不同 jet 事例分别的多重数分布的实验数据,图 1、2 中的实验点都是对不同味 jet 事例的平均结果^[4]。与之相比,预言的轻夸克 jet 事例的分布略宽,离散度略高。主要因为平均事例的数据包括 c 、 b -jet 的贡献,而 c 、 b -jet 中的末态强子很大一部分来源于 Charm 或 Bottom 粒子的衰变,其衰变多重数分布又比较窄^[7,10]。

对 c 、 b -jet 事例,夸克对数的分布仍由 (2) 给出,但 N 的上限 N_0 略有不同,分别为

$$N_{0c\text{-jet}} = (\sqrt{s} - 2m_c)/(2m) + 1 \quad (4)$$

$$N_{0b\text{-jet}} = (\sqrt{s} - 2m_b)/(2m) + 1 \quad (5)$$

m_c 、 m_b 是 c 、 b 夸克质量,分别取 $m_c = 1.5\text{GeV}$, $m_b = 5\text{GeV}$ 。

Charm 及 Bottom 粒子对多重数分布的贡献用实验给出的 Charm 或 Bottom 介子的衰变分布^[9,10]输入;其余轻夸克的强子化则与轻夸克 jet 中同样处理^[6]。

计算得到 $\sqrt{s} = 14, 22, 34\text{GeV}$ 下,平均事例的多重数分布曲线与 TASSO 实验^[4] 的比较见图 3;表 1 给出其各阶矩与实验的比较;其离散度随能量变化如图 2 中虚线所示,各实验都只记录了 $n \geq n_{\min}$ ($n_{\min} = 2 \sim 5$, 不同实验不同)的事例, $n < n_{\min}$ 的分布数

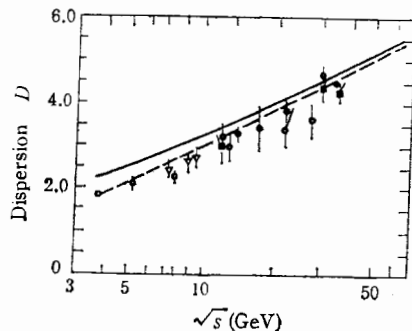


图 2

● TASSO ○ PLUTO △ LENA ■ JADE
— For u, d, s-jet Events --- For Average Events

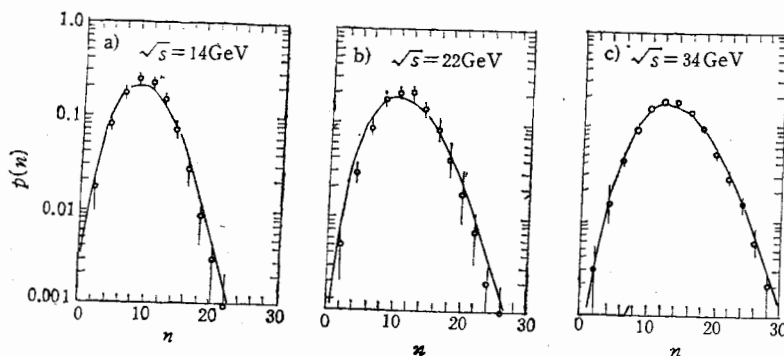


图 3

表 1 $\sqrt{s} = 14, 22, 34\text{GeV}$ 时, 平均事例多重数分布的各阶矩 $C_i = \langle n^i \rangle / \langle n \rangle^i$.
括号内的数据是由 TASSO 给出的实验分布^[4]算出的.

\sqrt{s} (GeV)	$\langle n \rangle$	C_2	C_3	C_4	C_5
14	9.49(9.28 ± .25)	1.14(1.11 ± .14)	1.44(1.35 ± .11)	1.99(1.79 ± .16)	2.98(2.53 ± .28)
22	11.40(11.27 ± .54)	1.13(1.11 ± .17)	1.42(1.34 ± .13)	1.95(1.75 ± .19)	2.88(2.44 ± .31)
34	13.84(13.60 ± .07)	1.11(1.10 ± .05)	1.33(1.30 ± .04)	1.73(1.65 ± .06)	2.41(2.23 ± .11)

据是其 MC 修正结果, 与模型有关. 在图 2 及表 1 中, 我们也只考虑 $n \geq n_{\min}$ 的事例来计算以与之比较.

在本文图象下, 我们还统一地给出了前后半球内多重数的关联及其有关现象, 我们将另文讨论.

参 考 文 献

- [1] Z. Koba, H. B. Nielson and P. Oleson, *Nucl. Phys.*, **B40**(1972), 317.
C. S. Lam and M. A. Walton, *Phys. Lett.*, **140B**(1984), 246.
A. Bialas and F. Hayot, *Phys. Rev.*, **D33**(1986), 39.
- [2] T. T. Chou and C. N. Yang, *Phys. Rev. Lett.*, **55**(1984), 1359; *Phys. Lett.*, **167B**(1986), 453.
- [3] C. K. Chew and Y. K. Lim, *Phys. Lett.*, **163B**(1985), 257.
- [4] PLUTO Collab. Ch. Berger et al., *Phys. Lett.*, **95B**(1980), 313.
TASSO Collab. M. Althoff et al., *Z. Phys.*, **C22**(1984), 307.
JADE Collab. W. Bartel et al., *Z. Phys.*, **C20**(1983), 187.
LENA Collab. B. Niczyporuk et al., *Z. Phys.*, **C9**(1981), 1.
- [5] V. V. Anisovich et al., *Z. Phys.*, **C19**(1983), 221; *Sov. J. Nucl. Phys.*, **27**(1984), 900.
- [6] Xie Qu-Bing and Liu Xi-ming, 'Quark production rule in $e^+e^- \rightarrow \text{Two Jets}$ '. *Chin. J., High Ener. and Nucl. Phys.*, to be Published.
- [7] Xie Qu-Bing and Liu Xi-ming, *Chin. J. High Ener. and Nucl. Phys.*, **11**(1987), 192; and 'Hadron Yields in high energy pp Collision.' *ibid.* Vol. 11, No. 4, to be Published.
- [8] Xie Qu-Bing et al, *Chin. J. Phys. Ener. For. et Phys. Nucl.*, **8**(1984), 642.
- [9] M. S. Alam et al, *Phys. Rev. Lett.*, **49**(1982), 357.
- [10] R. H. Schinder et al, *Phys. Rev.*, **D24**(1981), 78.

MULTIPLICITY DISTRIBUTION IN e^+e^- ANNIHILATION

LIANG ZUO-TANG XIE QU-BING

(*Shandong University*)

ABSTRACT

Experimental distributions of the charged multiplicity in e^+e^- annihilation are analysed. It is pointed out that the distribution is likely to be a superposition of the distribution of the number of quark-antiquark pairs, which is possibly a poissonian, and the distribution resulting from the quark combination. Calculations have been done by using a quark combination rule which is successful in many other aspects. The result is in agreement with the data. A special discussion about the light quark jet events is also made.