

快报

高能 e^+e^- 湮没中多粒子产生的管状袋模型*

袁忠平 蔡 昂

(华中师范大学, 粒子物理研究所, 武汉)

摘 要

本文提出了一种研究高能 e^+e^- 湮没过程中多粒子产生的管状袋模型. 利用袋参数 B 确定强子化几率密度与物质化能量的平方成正比, 成功地解释了最新实验数据 (TASSO, HRS) 给出的近似 KNO 标度无关性.

最近, TASSO 实验组^[1]和 HRS 实验组^[2]分别公布了一批 e^+e^- 湮没过程中带电粒子多重数分布的新实验数据. TASSO 的实验在西德 DESY-PETRA 上进行, 质心系总能量分别为 $\sqrt{S} = 14.0, 22.0, 34.8$ 和 43.6GeV ; HRS 的实验在美国的 SLAC-PEP 上进行, $\sqrt{S} = 29.0\text{GeV}$.

通过对实验数据的分析, 带电粒子的平均多重数 $\langle n_{ch} \rangle$ 和多重数分布的根方差 $D = (\langle n_{ch}^2 \rangle - \langle n_{ch} \rangle^2)^{1/2}$, 与质心系总能量 \sqrt{S} 的依赖关系可以用下式参数化:

$$\langle n_{ch} \rangle = \alpha S^{1/4}, \quad (1)$$

$$D = \beta S^{1/4}. \quad (2)$$

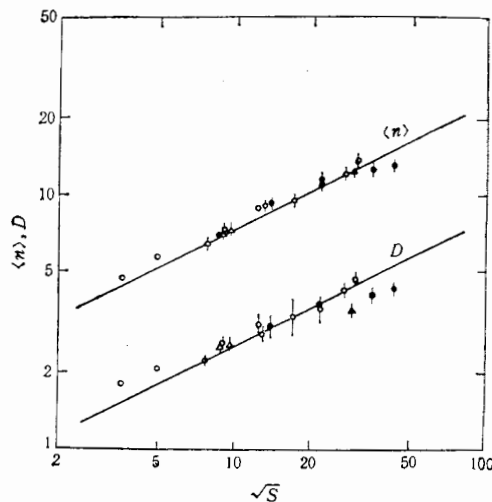


图 1

● TASSO ▲ HRS △ LENA ○ PLUTO

* 国家自然科学基金和华中师范大学科研基金资助的课题.

本文 1987 年 11 月 2 日收到.

式中,数据拟合给出的参数值分别为 $\alpha = 2.3$, $\beta = 0.8$ (见图 1).

由于此值 $\langle n_{ch} \rangle / D$ 几乎是能量无关的,新的数据进一步表明分布形状的 KNO^[3] 标度无关性在这个能区内近似成立^[4]. e^+e^- 湮没的基元过程比强子-强子碰撞简单. 因此,人们期望利用其 KNO 标度性质,来研究多粒子产生的机制. 虽然目前已有不少的理论模型^[5],譬如采用中间集团衰变过程、碰撞几何图象、随机断裂机制、量子统计方法等,导出 Poisson 分布、 Γ 分布或负二项式分布,并由此来解释实验数据,但它们通常都存在一个弱点. 这就是对夸克禁闭问题或多或少地有些回避.

量子色动力学 (QCD) 作为描述强相互作用的基本理论,已经在微扰论范围方面取得了重大成功. 但是,对于非微扰效应却遇到了方法上的严重困难. 有些非微扰效应是特别重要的,例如静态性质方面的强子谱,动力学方面的多强子产生机制. 这些效应都与夸克禁闭现象直接有关. 在本文中,我们将采用一种描述夸克禁闭的唯象模型,来讨论 e^+e^- 湮没过程中带电粒子多重数的 KNO 标度性质. 模型的发展和对 e^+e^- 湮没其他方面重要性质的研究,将在另外的文章中讨论.

根据夸克理论, e^+e^- 湮没产生强子的过程可以分为两步: 第一步, e^+e^- 通过虚光子产生一对能量大小相等、动量方向相反的正、反夸克对. 第二步,由这一对正、反夸克对构成的体系,碎裂成末态强子,并把它们的能量分配给这些强子. 显然,在第一步中产生的正、反夸克对应该处于禁闭的状态,因此由它们形成的体系类似于一个拉长的管状袋. 这里我们沿用了描述静态性质较为成功的 MIT 袋模型^[6]. 这个模型中关于真空两种相的假定,具有深刻的物理含义,因而被广泛用来研究多夸克体系、胶子球和夸克-胶子等离子体. 模型用来唯象地描写夸克禁闭效应的是袋参数 B , 即袋内外不同真空态的单位体积的能量差. 对于静态的强子袋, B 被认为是一个常数. 现在,我们研究的对象是 e^+e^- 湮没这样的反应过程中,所产生的夸克、反夸克对构成的体系. 这个体系是不稳定的,很快就会物质化,碎裂为末态强子. 我们仍然用袋参数 B 来描述尚未物质化的夸克、反夸克对体系的禁闭效应. 只是 B 应不同于静止强子,而可能与碰撞体系的质心系能量 \sqrt{s} 有关. 由于 B 的作用是唯象描述禁闭,它显然要决定夸克、反夸克对体系的强子化. 这就是说,物化能量为 E_M 的体系,其强子化几率 $G(E_M)$, 不仅与管状袋的长度 L 有关,而且也与袋参数 B 有关. 由于 LB 的量纲为能量的三次方,在本文中我们取

$$G(E_M) \propto E_M^3 \quad (3)$$

由此得到单位物化能量的强子化几率密度

$$g(E_M) \propto E_M^2. \quad (4)$$

现在,考虑 $N = \sum N_{E_M}$ 个事例,其中 N_{E_M} 是物化能量为 E_M 的管状袋尚未碎裂的事例数. 在 $E_M - E_M + dE_M$ 范围内,管状袋破碎的事例数为

$$dN_{E_M} = -g(E_M)N_{E_M}dE_M. \quad (5)$$

由它计算出物化能量 E_M 的分布

$$P(E_M) = \frac{N_{E_M}}{N} = C_1 E_M^2 \exp(-C_2 E_M^3), \quad (6)$$

其中,常数 C_1 和 C_2 由归一化条件和平均值确定.

考虑到 e^+e^- 湮没产生的末态强子主要是 π 介子,我们假设管状袋的物化能量 E_M 与

末态强子的数目 n 成正比,即

$$n \propto E_{M_s} \quad (7)$$

若选用 $z = n_{ch}/\langle n_{ch} \rangle$, $\phi(z) = \langle n_{ch} \rangle P(n_{ch})$ 的 KNO 形式 (这里 n_{ch} 为带电粒子多重数, $n_{ch} = (2/3)n$), 我们便得到 e^+e^- 湮没中产生的带电粒子多重数分布

$$\phi(z) = 6\Gamma^3(4/3)z^2 \exp[-\Gamma^3(4/3)z^3]. \quad (8)$$

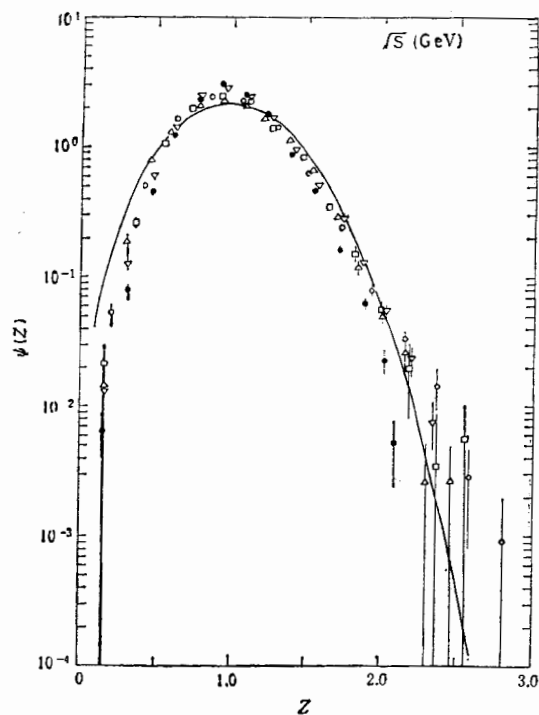


图 2

○ 14.0 inclusive △ 43.6 two-jet □ 22.0 two-jet
● 29.0 two-jet ▽ 34.8 two-jet

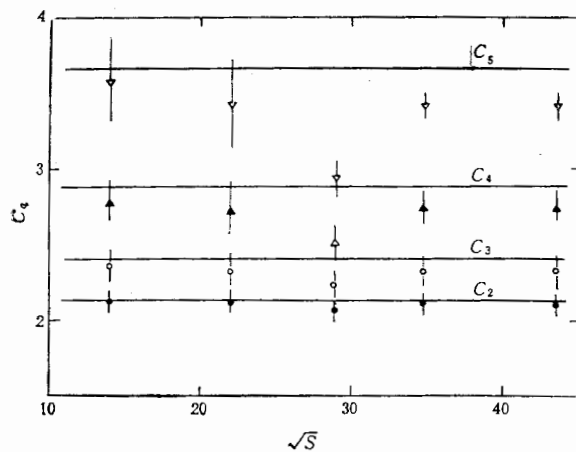


图 3

在图 2 中, 我们绘出了本模型计算的曲线, 它与实验数据符合得不错.

多重数分布的矩 $C_q = \langle n_{ch}^q \rangle / \langle n_{ch} \rangle^q$, 由(8)式可以计算得到

$$C_q = \Gamma(1 + q/3) / \Gamma^q(1 + 1/3). \quad (9)$$

计算结果与实验数据的比较, 见图 3.

参 考 文 献

- [1] W. Braunschweig et al., (The TASSO Collaboration), in Proceedings of the 1987 International Symposium on Lepton and Photon Interactions at High Energies, (to be published).
- [2] M. Derrick et al., (The HRS Collaboration), *Phys. Rev.*, **D34**(1986), 3304.
- [3] Z. Koba, M. B. Nielsen and P. Olesen, *Nucl. Phys.*, **B40**(1972), 317.
- [4] B. Felst, in Proceedings of the 1981 International Symposium on Lepton and Photon Interactions at High Energies, Bonn, edited by W. Pfeil, University of Bonn, Bonn. M. Althoff et al., *Z. Phys.*, **C22**(1984), 307.
- [5] A. Capella and J. Tran Thanh Van., *Z. Phys.*, **C18**(1983), 85. Chou Kuang-chao, Liu Lian-sou and Meng Ta-chung, *Phys. Rev.*, **D28**(1983), 1080.
P. Carruthers and C. C. Shih, *Phys. Lett.*, **137B**(1984), 425.
A. Giovannini and L. Van Hove, CERN TH-4230/85, (1985).
T. T. Chou, C. N. Yang and E. Yen, *Phys. Rev. Lett.*, **54**(1985), 510.
S. Barshay and L. Urban, *Phys. Lett.*, **150B**(1985), 387.
A. Bialas and F. Hajot, *Phys. Rec.*, **D33**(1986), 39.
- [6] A. Chodos et al., *Phys. Rev.*, **D9**(1974), 347; **D10**(1974), 2599.
T. DeGrand et al., *Phys. Rev.*, **D12**(1975), 2060.

CYLINDRICAL BAG MODEL OF PARTICLE PRODUCTION IN HIGH ENERGY e^+e^- ANNIHILATION

QIU ZHONGPIN CAI XU

(*Institute of Particle Physics, Hua-Zhong Normal University, Wuhan*)

ABSTRACT

The recent experimental data from TASSO and HRS collaborations for multiparticle production in high energy e^+e^- annihilation is analysed in a cylindrical bag model. It is shown that the observed approximate KNO scaling can be explained in terms of bag parameter B, which determines the hadronization probability densities proportional to the square of the materialization energy.