

400GeV/c pp 碰撞两粒子 关联的角度依赖性*

王韶舜 汪兆民 张 杰

(中国科学技术大学近代物理系 合肥 230027)

1996-12-26 收稿

摘 要

利用 400GeV/c pp 碰撞多重产生的实验数据计算了粒子-粒子关联 (PPC) 及其不对称性 (PPCA) 的角度依赖性. 结果与 L3 的 e^+e^- 数据有明显的差别, 但与 NA22 强子碰撞的实验数据符合得很好. 领头粒子对强子碰撞的 PPCA 分布有很大影响. 通过计算两粒子方位角差的分布观察到了方位角关联.

关键词 粒子-粒子关联, 部分子簇射, 色相干, 角度有序化, 方位角关联.

1 引 言

根据量子色动力学^[1], e^+e^- 湮没产生强子的过程可以分为两个阶段来描述. 第一阶段是部分子簇射. 由于色相干效应使簇射中产生的部分子角度有序化, 造成在簇射中发射的胶子的角度小于它的母部分子. 第二阶段是部分子强子化. 根据局部部分子-强子二重性 (LPHD) 模型^[2], 末态强子仍带有部分子角度有序化的信息. 因此通过末态强子角度有序化的研究, 可以了解部分子之间的色相干效应.

OPAL 合作组将 Z^0 衰变产生的强子的方位角关联的实验结果分别与相干的和不相干的部分子簇射模型比较, 发现部分子之间存在干涉现象^[3]. L3 合作组对部分子干涉现象也作了研究^[4]. 类似于能量-能量关联 (EEC)^[5], L3 合作组定义了一个新的关联函数

$$PPC(\chi) = \frac{1}{\Delta\chi} \left\langle 2 \sum_{i < j}^n \frac{1}{n^2} \delta_{\text{bin}}(\chi - \chi_{ij}) \right\rangle, \quad (1)$$

称为粒子-粒子关联. 它的不对称性为

$$PPCA(\chi) = PPC(\chi) - PPC(180^\circ - \chi). \quad (2)$$

其中 χ_{ij} 是带电粒子径迹 i 和 j 之间的全空间角. 对所有满足 $i < j$ 的 ij 对求和. 符号 $\langle \rangle$ 表示对所有事例求平均. n 是每个事例中的带电粒子径迹数. $\Delta\chi$ 是区间宽度. χ 的变化范围是 $0^\circ - 180^\circ$. 当 χ 和 χ_{ij} 位于同一区间内时, 函数 $\delta_{\text{bin}}(\chi - \chi_{ij})$ 的值为 1, 其它情况则为零.

* 国家自然科学基金资助.

L3 的实验结果也分别与包括相干效应和不包括相干效应的若干模型的蒙特卡罗模拟结果相比较, 发现只有包括相干效应的模拟与实验结果相符.

NA22 合作组利用强子碰撞的实验数据研究了同样的关联函数, 得到与 L3 数据明显不同的结果^[6], 因此更多的实验数据是需要的.

2 PPC 和 PPCA 分布

本实验利用 CERN NA27 合作组提供的 LEBC 泡室照片, 测量了 400GeV/c pp 碰撞产生的带电粒子的赝快度分布、方位角分布和两粒子间的全空间角. 测量方法详见参考文献 [7]. 共测量了 3730 个非单衍事例 ($N_{ch} \geq 4$). 赝快度的测量精度在 $-2 \leq \eta \leq 2$ 范围内为 0.1 赝快度单位.

根据公式 (1) 计算了 PPC, 其结果示于图 1(a). 这里区间宽度取为 $\Delta\chi = 5^\circ$. 和 L3 实验一样, 数据用 n^2 归一化. 而 NA22 实验组则用 $\langle n \rangle^2$ 归一化. 作为比较, 图 1(b) 画出 L3 和 NA22 的实验结果 (取自文献 [6]). 由图 1 可见, 本实验的结果与 NA22 的

实验结果符合得很好, 但与 L3 实验有明显的差别. 粗略地讲, 所有数据有类似的结构, 都

存在两粒子关联. 在 90° 附近 PPC 分布有一宽的极小值, 而在 0° 和 180° 附近为极大值. 但极大值与极小值之差, e^+e^- 数据要明显得多.

在 Z^0 强子衰变的 e^+e^- 数据中, 两喷注事例占很大比例. 对于两喷注事例, 不同喷注之间的粒子夹角一般大于 90° , 这可能会导致 e^+e^- 事例的 PPC 分布不同于强子碰撞事例. 为此, 更好的方法是利用 PPCA 来研究两粒子的关联, 因为它能有效地抑制不感

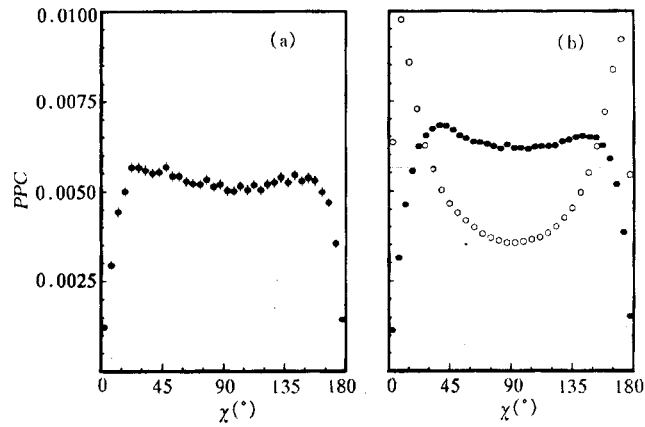


图 1 PPC 对全空间角 χ 的依赖性

(a) 本实验结果. (b) \circ L3 Z^0 强子衰变的实验结果;
 \bullet NA22 250GeV/c π^+ / K^+p 碰撞的实验结果.

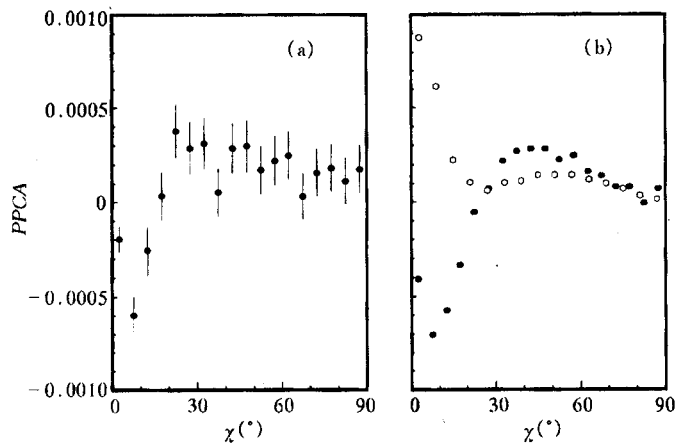


图 2 PPCA 对两粒子间夹角 χ 的依赖性

(a) 本实验结果. (b) \circ L3 的实验结果; \bullet NA22 的实验结果.

兴趣的关联效应.图 2(a)是 $PPCA$ 的实验分布.作为比较,在图 2(b)中画出 L3 和 NA22 的实验数据.本实验的数据与 NA22 的数据符合得很好.两者在小角度时为负值,大角度时为正值,而在 10° 附近有一极小值.L3 数据则显示明显不同的行为,特别是在小角度处出现正的峰值.表明两种碰撞过程具有不同的性质.

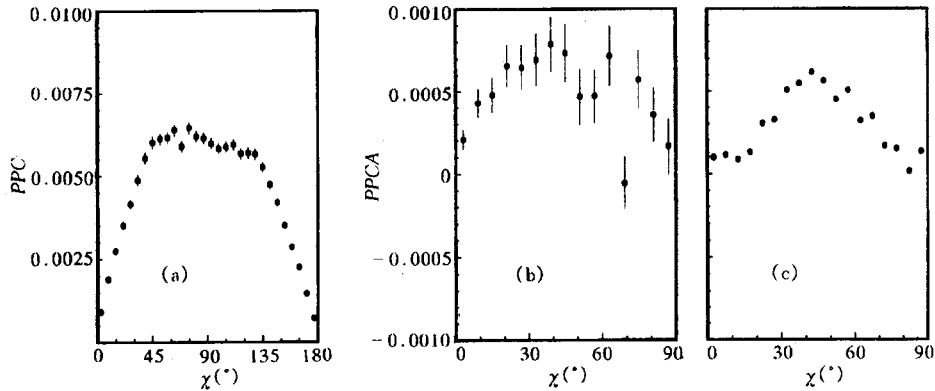


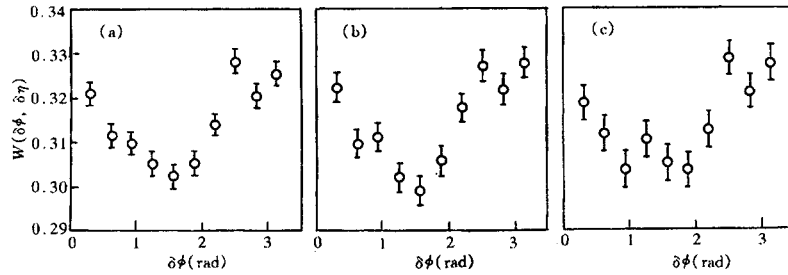
图 3 赙快度中心区 PPC 和 $PPCA$ 随两粒子间夹角 χ 的变化

(a) 本实验的 PPC 分布; (b) 本实验的 $PPCA$ 分布; (c) NA22 的 $PPCA$ 分布.

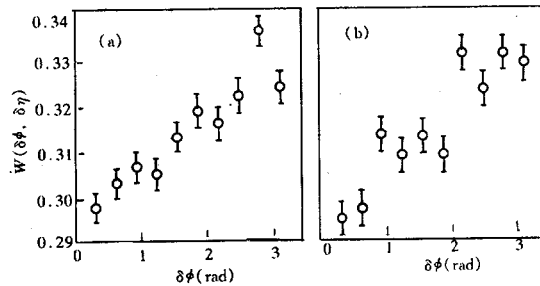
为了消除领头粒子的影响,计算了在中心赙快度区 ($-2 \leq \eta \leq 2$) 的 PPC 和 $PPCA$ 分布.这时 $\Delta\chi = 6^\circ$.其结果分别示于图 3(a)和图 3(b).作为比较,在图 3(c)中画出 NA22 的结果.两者是一致的.与全赙快度区间比较, PPC 和 $PPCA$ 分布都有明显的不同.特别是对于 $PPCA$ 分布,在小角度处的负峰不见了,而在 45° 附近观察到一宽的极大值.这表明对于强子碰撞过程,领头粒子对 $PPCA$ 的分布有很大影响.

3 方位角关联

通常在非极化的强子-强子相互作用中,垂直于束流方向的横向平面不存在特殊的方向.可以期待带电粒子的方位角分布是均匀的.但实验上已观察到了两粒子方位角关联^[8].为了研究方位角关联,定义一几率分布函数 $W(\delta\phi, \delta\eta)$,它代表 $\delta\phi$ 和 $\delta\eta$ 固定时归一化的粒子对数.其中 $\delta\phi = |\phi_1 - \phi_2|$, $\delta\eta = |\eta_1 - \eta_2|$ 分别是两粒子方位角和赙快度差的绝对值. $\delta\phi$ 的变化范围为 $0 - \pi$.将 π 分成 10 个区间. $\delta\phi = 0.1\pi$ 表示 $0 \leq \delta\phi < 0.1\pi$,以此类推.图 4 是 $\delta\eta \leq 1$ 时, $W(\delta\phi, \delta\eta)$ 随 $\delta\phi$ 的变化.图 4 中的点线代表方位角无关联时的分布.由图可见两粒子方位角关联是存在的.图 4(a) 为 η_1 在全赙快度空间的变化.图 4(b) 和图 4(c) 分别对应于 $|\eta_1| \leq 1$ 和 $1 < |\eta_1| \leq 2$ 的情况.它们都有相似的分布,即 $\delta\phi \approx 0$ 或 π 时的几率较大.这与文献 [9] 的结果是一致的.图 5(a) 与图 5(b) 分别表示 $1 < \delta\eta \leq 2$ 和 $2 < \delta\eta \leq 3$ 时 $W(\delta\phi, \delta\eta)$ 随 $\delta\phi$ 的变化,其中 η_1 在全赙快度空间变化.由图 4 与图 5 可见 $\delta\eta > 1$ 时 $W(\delta\phi, \delta\eta)$ 分布与 $\delta\eta \leq 1$ 时明显不同.当 $\delta\eta > 1$ 时, $W(\delta\phi, \delta\eta)$ 的值在 $\delta\phi \approx 0$ 时较小, $\delta\phi \approx \pi$ 时较大.表明 $W(\delta\phi, \delta\eta)$ 分布依赖于两粒子间赙快度差而与粒子在赙快度空间的位置关系不大.

图 4 $\delta\eta \leq 1$ 时 $W(\delta\phi, \delta\eta)$ 随 $\delta\phi$ 的变化(a) η_1 在全赙快度空间变化; (b) $|\eta_1| \leq 1$; (c) $1 < |\eta_1| \leq 2$.

上述结果能定性用结团模型来解释. 根据结团模型, 一个多重产生事例可认为是首先形成若干结团, 然后结团衰变成末态粒子. 由文献 [10] 可知, 两粒子关联长度为 $\delta\eta \approx 1$. 因此 $\delta\eta \leq 1$ 表明这两个粒子可能来自于同一结团. 当一结团在其静止的坐标系中衰变时, 这两个粒子将沿相反方向运动. 当结团在质心系中的速度足够大时, 则两粒子在质心系近似同向运动. 当结团的速度较小时, 两粒子在质心系近似反向运动. 因此, 当 $\delta\eta \leq 1$ 时, $W(\delta\phi, \delta\eta)$ 在 $\delta\phi \approx 0$ 或 π 时较大. 当 $\delta\eta > 1$ 时, 两个粒子可能来自于不同的结团. 由于动量守恒, $W(\delta\phi, \delta\eta)$ 的值在 $\delta\phi \approx \pi$ 时较大.

图 5 $\delta\eta > 1$ 时 $W(\delta\phi, \delta\eta)$ 随 $\delta\phi$ 的变化(a) $1 < \delta\eta \leq 2$; (b) $2 < \delta\eta \leq 3$.

4 结 论

利用 400GeV/c pp 碰撞多重产生的实验数据计算了粒子-粒子关联及其不对称性的角度依赖性. 结果与 NA22 强子碰撞的实验数据符合得较好, 但与 L3 的 e^+e^- 实验数据有明显的差别. 对于强子碰撞过程, 领头粒子强烈地影响 PPC 和 PPCA 的分布. 两粒子方位角差分布的计算结果表明两粒子存在方位角关联. $W(\delta\phi, \delta\eta)$ 的分布只依赖于两粒子间的赙快度差, 而与粒子在赙快度空间的位置关系不大.

作者对 CERN NA27 合作组提供 LEBC 泡室照片深表感谢.

参 考 文 献

- [1] Yu.L. Dokshitzer, V.A. Khoze, A.H. Mueller *et al.*, Basics of Perturbative QCD (Editions Frontieres, Paris) 1991; Yu. L. Dokshitzer, V.A. Khoze, S.I. Troyan *et al.*, *Rev. Mod. Phys.*, **60**(1988)373.
- [2] Ya.I. Azimov, Yu. L. Dokshitzer, V.A. Khoze *et al.*, *Z Phys.*, **C27**(1985)65.

- [3] P.C. Acton *et al.* (OPAL coll.), *Z Phys.*, **C58**(1993)207.
- [4] M. Acciarri *et al.* (L3 coll.), *Phys. Lett.*, **B353**(1995)145.
- [5] C.Louis Basham *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, **41**(1978)1585.
- [6] N.M. Agababyan *et al.* (NA22 coll.), *Phys. Lett.*, **B353**(1995)397.
- [7] Wang Shaoshun *et al.*, *Z Phys.*, **C68**(1995)415.
- [8] I.V. Ajinenko *et al.*, *Z Phys.*, **C58**(1993)357.
- [9] K.Eggert *et al.*, *Nucl. Phys.*, **B86**(1975)201.
- [10] Wang Shaoshun, Li Zuhao, *Chin. Phys. Lett.*, **13**(1996)253.

Angular Dependence of Two Particle Correlations in 400GeV / c pp Collisions

Wang Shaoshun Wang Zhaomin Zhang Jie

(Department of Modern Physics, University of Science and Technology of China, Hefei 230027)

Received 26 December 1996

Abstract

The angular dependence of the particle-particle correlation (*PPC*) and its asymmetry (*PPCA*) have been calculated by using the experimental data of multiplicity production for pp collisions at 400GeV / c . The results are different strongly from the overall behavior of $e^+ e^-$ data, but agree with the results obtained by NA22 collaboration quite well. The leading particles influence strongly the *PPCA* distributions for hadronic collisions data. The calculated results for the distributions of the azimuthal difference between two particles mean that the azimuthal correlation has been observed.

Key words particle-particle correlation, parton shower, colour coherent, angular ordering, azimuthal correlation.