

158A GeV/c Pb + Pb 碰撞可能有 QGP 的一旁证

刘志毅¹⁾ 萨本豪 周书华

(中国原子能科学研究院 北京 102413)

摘要 用不含 QGP 假设的强子和弦级联模型(JPCIAE),研究了 CERN WA98 实验组新近发表的 158A GeV/c Pb + Pb 中心碰撞中直接光子和 π^0 粒子的横动量分布;两者的理论结果均一致的低于实验值.联系到 JPCIAE 能成功解释无直接光子超出确切迹象的 WA80 和 WA93 对 200A GeV/c S + Au 中心碰撞测量得出的结果;因而为 158A GeV/c Pb + Pb 中心碰撞中可能有 QGP 生成提供了一个旁证.

关键词 强子和弦级联模型 QGP 直接光子

相对论性核-核碰撞研究的一个目标是探索从正常核物质到夸克-胶子等离子体(QGP)相变的可能性.从80年代开始的每核子约15GeV/c的BNL-AGS实验和90年代的每核子200GeV/c的CERN-SPS实验,已积累了许多重要的成果.

为了诊断相对论性核-核碰撞中是否有QGP生成,人们已提出了许多手段.其中与碰撞过程末态有关的最有希望的QGP诊断手段计有:奇异粒子产额的增加、 J/ψ 粒子压低以及双轻子和直接光子超出(excess)等^[1].已有人根据AGS和SPS的实验结果就上述各个诊断手段作过分析,得出SPS实验中已经看到QGP迹象的结论.

这方面最早的研究成果见文献[2,3].作者认为158A GeV/c Pb + Pb中心碰撞中 J/ψ 粒子的反常压低在核吸收模型的框架内只有假设有QGP才能得以解释.千年之初CERN曾发布新闻称在SPS实验结果中看到了QGP迹象^[4].

当物质处于QGP状态时物质会发射一些粒子,其中包括光子.这些光子以及由QGP组分的电磁相互作用产生的光子能提供QGP性质的信息.既然光子很难被介质吸收且难与之发生相互作用,那么它就为研究QGP态提供了一种相对“洁净”的探针.这些光子的呈现也为证明QGP相变提供了证据.同时,光子也在重核反应的其他过程中产生,比如 π^0 和 η^0 的衰变,而且其数量要比QGP产生的多.所以对我们有意义的是全体光子减去 π^0 和 η^0 衰变产生的本底光子的那部分光子,即直接光子.

文献[1]用微扰QCD和Glauber理论分析了新近发表的WA98在158A GeV/c Pb + Pb

2000-12-25 收稿

1) E-mail: zylu@iris.ciae.ac.cn

中心碰撞中看到的直接光子超出,即单举光子产额和横动量分布大于 π^0 和 η 强子衰变光子的实验结果. 不引入 QGP 的理论结果一致地小于实验数据^[5],而引入 QGP 后的理论结果则与实验很靠近.

文献[6]用(3+1)维流体力学膨胀假设计算了 Pb + Pb 碰撞中光子发射率. 他们认为 WA98 观察到的直接光子超出来自于 QCD 瞬发光子和热光子,后者又来自初始温度为 200MeV 的热源 QGP.

在 WA98 之前,WA80 和 WA93 实验组已经测量过 200A GeV/c S + Au 碰撞的直接光子^[7,8],他们均未能肯定观察到直接光子超出.

文献[9]用强子和弦级联模型(JPCIAE),讨论过 WA80 和 WA93 的实验结果. 理论结果不仅再现 WA80 测得的直接光子横动量分布的上限,而且也能解释 WA93 测得的低横动量单举光子分布. JPCIAE 模型,是建立在 LUND 模型特别是 PYTHIA 事件发生器基础之上. JPCIAE 模型用以模拟相对论性核-核碰撞过程,其中的基本过程(强子强子碰撞过程)借用 PYTHIA 来处理. 作为文献[9]的自然延伸,本文用 JPCIAE 讨论了 WA98 测得的 158A GeV/c Pb-Pb 中心碰撞中直接光子横动量谱的结果.

图 1 带误差棒的实心点给出 WA98 测得的 158A GeV/c Pb + Pb 中心碰撞中直接光子横动量分布;三角形点是 JPCIAE 的相应计算结果. 和其他输运模型及相应的事件产生器(如 HIJING, RQMD 和 VENUS)一样, JPCIAE 也很难给出 $p_T > 3.0\text{GeV}/c$ 的横动量谱;不过从 $p_T < 3.0\text{GeV}/c$ 的走势看来,理论谱与实验的形状相近,但理论值普遍低于实验值 1—2 个量级.

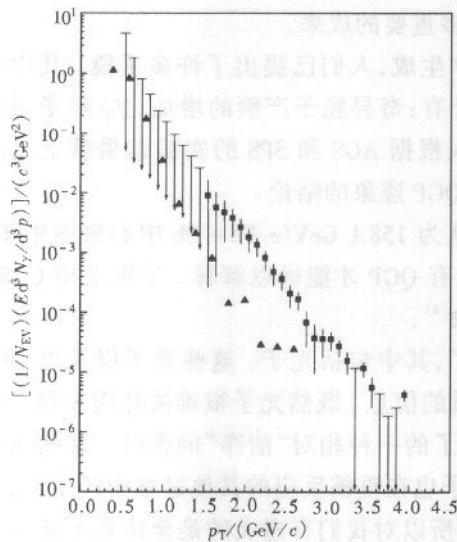


图 1 JPCIAE 模型与 WA98 实验关于直接光子横动量分布之比较
■WA98 实验值, ▲JPCIAE 模型.

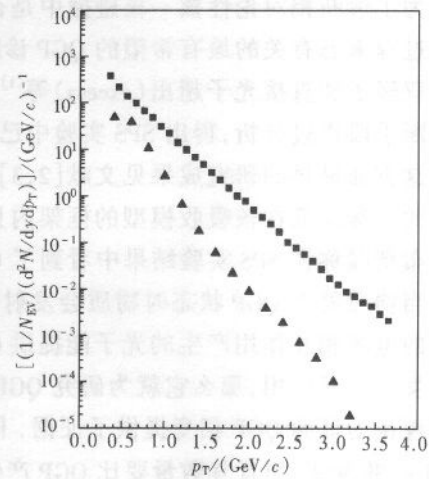


图 2 JPCIAE 模型与 WA98 实验关于 π^0 粒子的横动量分布之比较,
■WA98 实验值, ▲JPCIAE 模型.

图 2 中实方块是 WA98 测得的 158A GeV/c Pb + Pb 中心碰撞中 π^0 产额的横动量分布;三角形是 JPCIAE 的相应结果. 和上述直接光子横动量的理论与实验比较的情形相类

似, π^0 横动量分布的理论结果也普遍低于实验, 且随 p_T 的增大两者的差距也随之增大. 这在一定程度上显示高 p_T 区域产生 QGP 的可能性更大一些.

用不含 QGP 假设的强子和弦级联模型(JPCIAE), 分析无直接光子超出确切信息和碰撞系统较轻的 WA80 和 WA93 实验结果能取得成功, 但 JPCIAE 结果却普遍低于 WA98 的碰撞系统较重的实验结果, 这为 158A GeV/c Pb + Pb 中心碰撞可能有 QGP 形成提供了一个旁证.

参考文献(References)

- 1 WONG C Y. <http://xxx.lanl.gov/abs/nucl-th/0007046>
- 2 Blaizot J P, Ollitrault J Y. *Phys. Rev. Lett.*, 1996, **77**:1703
- 3 WONG C Y. *Nucl. Phys.*, 1996, **A610**:434
- 4 Heinz U, Jacob M. <http://xxx.lanl.gov/abs/nucl-th/0002042>
- 5 WA98 Collab., Aggarwal M M et al. *Phys. Rev. Lett.*, 2000, **85**:3595
- 6 Albam J, Sarkar S, Hatsuda T et al. <http://xxx.lanl.gov/abs/hep-ph/0008074>
- 7 WA80 Collab., Albrecht R et al. *Phys. Rev. Lett.*, 1996, **76**:3506
- 8 WA93 Collab., Aggarwal M M et al. *Phys. Rev.*, 1997, **C56**:1160
- 9 WANG Hui, SA Ben-Hao, TAI An et al. *Phys. Rev.*, 2000, **C61**:064905

A Circumstantial Evidence for the Possible Production of QGP in the 158A GeV/c Central Pb + Pb Collisions

LIU Zhi-Yi¹⁾ SA Ben-Hao ZHOU Shu-Hua

(China Institute of Atomic Energy, Beijing 102413, China)

Abstract Hadron and string cascade model (JPCIAE), based on the hypothesis without introducing the quark-gluon plasma(QGP), is employed to study the direct photon and π^0 transverse momentum distributions for central $^{208}\text{Pb} + ^{208}\text{Pb}$ collisions at 158A GeV/c. The theoretical results of transverse momentum distribution for both the direct photon and the π^0 particle are lower than the data of WA98 experiment. However, JPCIAE model can ever explain successfully the results of WA80 and WA93 experiments of central S + Au collisions at 200A GeV/c where there is no evidence of direct photon excess. Having considered the results of WA80 and WA93 experiments can be explained but WA98's can't, that might provide a circumstantial evidence for the possible production of QGP in the high-energy central Pb + Pb collisions.

Key words JPCIAE model, QGP, direct photon

Received 25 December 2000

1) E-mail: zyliu@iris.ciae.ac.cn