**摘要**

强相互作用力(也被称为核力)，是自然界四种基本相互作用力之一，它将核子(质子与中子)束缚形成原子核并支配着自然界中90%以上的可见物质。量子色动力学（Quantum Chromodynamics, QCD)是描述强作用力的现代理论。组成物质的基本单元—夸克与胶子，被强作用力禁闭在核子中，因此在自然界没有发现自由的夸克与胶子。高温高密核物质相图是核物理研究领域的前沿和热点。格点QCD 预⾔在⾼温低重⼦密度区域，强⼦物质和夸克胶⼦等离⼦体之间发⽣的相变是平滑穿越，⽽基于量子色动力学(QCD)有效模型计算表明在⾼重⼦密度区域，他们之间是⼀阶相变。因此，如果平滑穿越和⼀阶相变边界真的如理论所预言，那么在⼀阶相变边界延伸到平滑穿越区⼀定会存在⼀个终结点，被称为QCD相变临界点。QCD临界点的实验确认将是探索强相互作用物质相结构的里程碑，具有重要科学意义。为了在这一具有潜在重大发现的研究方向上占据领先地位、取得突破，各个国家纷纷建造大型粒子探测器、开展重离子碰撞实验(包括：美国RHIC-STAR能量扫描实验， 德国CBM实验、俄罗斯 NICA实验、日本J-PARC实验以及中国兰州CSR外靶CEE实验)，其主要物理目标就是研究高温高密核物质相图结构、寻找QCD相变临界点。

在束流能量扫描（BES）项目的第一阶段，位于美国布鲁克海文国家实验室的相对论重离子对撞机（RHIC）使用STAR探测器，通过加速重离子完成了金金每核子对的质心碰撞能量为 和 GeV的数据采集。这就使我们能够探索相图中比较宽广的区域，有利于临界点的寻找。

在这篇论文中，我们完成了在金金对撞中质心碰撞能量为 GeV, 在中心快度区间和横动量区间为 GeV/c内， 质子，反质子和净质子数分布的直到四阶累积矩以及它们的比值和（反）质子的关联函数的测量；铜铜碰撞中，质心碰撞能量为 和 GeV下，在中心快度区间和横动量区间为 GeV/c内，质子，反质子和净质子数分布的直到四阶累积矩以及它们的比值；金金碰撞固定靶实验中碰撞能量为 GeV下，在快度区间为 和横动量区间为 GeV/c内，（反）质子数分布的直到四阶累积矩以及它们的比值。

各阶累积矩和它们的比值可以表示为碰撞中心度，快度和横动量和能量的函数。我们观察到在最中心 金金碰撞中，这一比值随着能量呈现出非单调变化的趋势，其偏离值为。为了理解横动量接受度，净重子与净质子和净重子数守恒的影响， 在STAR接受度范围中进行了输运模型UrQMD和强子共振气体（HRG）模型计算。金金碰撞中 和的UrQMD和HRG模型计算显示出随着能量的单调变化。 我们也与具有QCD相变临界点的模型相比较， 发现实验测量得到的C4/C2，其碰撞能量的依赖性符合理论模型的预期结果。此外，从测得的累积量中，我们提取出质子和反质子的的关联函数，发现质心能量在 7.7 GeV时中心碰撞中质子分布的 值增大是由于四粒子关联。我们在RHIC第一阶段能量扫描的守恒荷涨落测量中，首次观测到净质子数四阶涨落对碰撞能量的非单调依赖(3.1σ显著性)，该实验测量为寻找QCD相变临界点提供了重要实验依据，也为RHIC第二阶段能量扫描以及STAR固定靶实验中守恒荷涨落的高精度测量奠定了基础。

这篇文章组织结构如下。第一章主要介绍了分析的目的和实验中所需要的观测量，以及这些量在统计与概率中的表示。在第二章中，我们简单介绍了RHIC上的STAR探测器及其子探测器的结构和功能。第三章中主要介绍了在实验分析中的细节，数据选择，事件选择，粒子鉴别，中心度的定义，以及净质子数的分布和模型简介。第四章主要研究了一些效应对于结果的影响，例如中心度宽度修正和有限探测器效率修正。最后一章中我们将会呈现实验的计算结果，包括在金金对撞中的质心系模式和固定靶模式以及铜铜对撞， 并进行讨论和实验的发展前景。

**关键词：**重离子碰撞；QCD相变；QCD临界点；高阶矩；关联函数