**“量子色动力学的相结构和新颖拓扑效应研究”重大项目指南**

高能核物理的研究对象是量子色动力学（QCD）的结构和物质状态。欧美大国投巨资建设相对论重离子对撞机和实验终端，一个重要的目的是研究QCD相结构以及探索宇宙早期的新物质形态：夸克-胶子等离子体物质。由夸克和胶子构成的夸克-胶子等离子体或夸克物质是最深层次的物质状态。相对论重离子碰撞是在实验室产生这种新物质形态的唯一可能方法。RHIC已发现了夸克物质的许多信号，但实验结果表明，产生的新物态很可能不是人们预计的弱耦合态，而是一种强耦合夸克物质。强耦合物态一直是人类面临的难题。研究相对论重离子碰撞与夸克物质对于探索QCD相结构和强耦合物态的性质都有重要的作用，对于提升我国的物质科学研究水平有深远的意义。业已开始运行的欧洲大型强子对撞机LHC的一个重要物理目标就是要重现宇宙大爆炸的物理条件，产生高温夸克胶子等离子体。另一方面，高重子数密度的核物质研究也是德国大科学装置FAIR和中国大科学装置―强流重离子加速器（HIAF）的重要物理目标。我国在高温高密强相互作用物态与相变领域已有一支国际水平的理论与实验研究队伍，特别是对RHIC-STAR探测器的升级、反物质物理研究方面取得了国际瞩目的成果。

　　本项目汇集我国在相对论重离子碰撞研究领域的实验与理论科学家，在从高密到高温的广阔相变区域，利用重离子对撞机LHC/RHIC的实验数据进行系统深入地研究，并对FAIR、NICA和HIAF等装置做些强相互作用物理预研，为探索QCD相结构、研究夸克物质的相变与临界信号以及新颖手征拓扑效应等做出国际一流的贡献。

　　**一、科学目标**

　　强相互作用作为一种基本作用力，对它的深入理解还有待更多实验观测。近来，新的格点QCD计算表明在核物质相图中存在着QCD相变临界终点，对它的实验确认具有十分重要的意义，同时新的理论发展说明在极端相对论重离子碰撞产生了迄今最强的磁场，从而使得研究夸克的手征反常效应成为可能。本项目拟通过实验与理论的共同努力，寻找到敏感于QCD相变的临界点的实验观测量，获得QCD临界点的信息，研究QCD相结构及其性质。寻找敏感于QCD手征效应的实验探针，从实验上确认是否存在手征电磁效应等新颖的物理现象。在更广的能区和快度范围，研究QGP的整体极化效应，并确认其物理起源。在相对论重离子碰撞和新物质形态的研究领域做出国际一流的工作，提升我国的核物理实验技术水平，为在我国进行中高能核物理实验储备技术和人才。

　　**二、研究内容**

（一）QCD临界点和状态方程。

　　从实验和理论上，依赖敏感于QCD临界点的实验探针，通过对RHIC－STAR的第二期能量扫描实验数据的系统分析，确定QCD在高密度时的相边界，特别是寻找QCD临界点。研究在RHIC广泛的能量扫描区间和LHC的相对论重离子碰撞实验中产生的高温夸克胶子等离子体性质、状态方程、末态粒子的关联和涨落。为国内冷却储存环(CSR)的外靶(CEE)实验和未来强流重离子加速器(HIAF)的重离子实验做物理储备。

　　（二）重味和奇异粒子产生。

　　从实验和理论上，研究重夸克偶素态的产额、动量分布和高激发态的产额。在RHIC－STAR二期能量扫描实验和LHC-ALICE实验中测量多奇异性粒子、超氚核和氦3随着能量的依赖关系，寻找QCD相变积极信号。测量重味和奇异夸克的相关物理量，认识相对论重离子碰撞早期物质的性质和作用演化规律。

　　（三）QCD介质极化和手征涡流效应。

　　从实验和理论上，研究超大角动量和超强磁场下的QCD介质的极化行为和手征涡流效应。理论上，通过发展部分子输运模型与手征输运理论等，研究QGP产生时的各种手征涡流效应及建议实验可观测量。实验上，通过二期RHIC－STAR能量扫描实验，高精度地测量正反超子的极化和快度分布、矢量介子的自旋排列等，深入研究QCD介质涡旋机制和超子极化的物理起源。

　　（四）QCD手征效应研究。

　　从实验和理论上，研究超强磁场下夸克的手征效应。理论上，通过含手征信息的部分子输运模型等研究手征费米子在QGP产生时的各种效应，并探讨在实验中的实现方案，给出定量模拟。实验上，通过理论的指导进行各种探索。RHIC－STAR二期的能量扫描实验以及同质异位素核的碰撞，这将非常有利于寻找这种手征磁效应。

　　**三、注意事项**

　　（一）申请书的附注说明选择“量子色动力学的相结构和新颖拓扑效应研究”。

　　（二）申请人申请的直接费用预算不超过2000万元/项（含2000万元/项）。

　　（三）本项目由数理科学部负责受理。