**国家市场监管重点实验室（电学量子基准）**

**2024年度开放课题申请指南**

**1、噪声温度计用集成化采集系统研究**

**拟解决问题：**实用型噪声温度计作为一种原级的温度测量方法，可以实现极端环境下的温度准确测量。目前，噪声温度计的采集系统主要包括双通道放大器、双通道低通滤波器、双通道模数转换器、FPGA控制器、数据传输模块和上位机。上位机侧，由LabVIEW进行采集的控制，并由Matlab进行采集后数据的处理与温度值的计算。然而，一方面现有系统采用了商用板卡进行传输，具有成本高、难以集成化的问题；另一方面，上位机采用了两种不同的软件，不便于温度测量结果的实时输出。从硬件、软件层面，开展噪声温度计采集系统的集成化研究对于提升用户友好性、便于推广，极为必要。

**研究内容：**研制基于USB 3.0的便携式高速数据采集与传输模块。采用FPGA实现对ADC芯片、DDR3芯片、USB3.0芯片等的控制。研制用于上位机的集成化控制平台，实现采集参数控制、信号处理与数据计算、波形绘制与数据显示、数据存储、异常处理等功能。研究针对离散傅里叶变换、互相关的优化方法，提升大规模数据处理的速度。基于研制的采集系统，利用叠加型噪声温度计实现对镓熔化点热力学温度的测量。

**考核指标：**集成化数据采集系统的采样速率不低于300kSa/s，单个温度值的出数时间不超过200秒。

**2、宽频大电流多元感应分流器校验技术研究**

**拟解决问题：**我国交流电阻标准溯源至新一代立式计算电容基准及直流量子化霍尔电阻基准，目前已具备1 Ω~1 MΩ的溯源量传能力。但是诸如超级电容等效串联阻抗、新能源汽车动力蓄电池内阻及大截面高压电缆等效交流电阻等对毫欧级交流电阻的溯源量传需求日益增加，而多元感应分流器可以用作较大电流的比例标准又可工作在一个较宽的频带工作，其可实现毫欧级范围交流电阻的准确量传。拟研究10 Hz~2 kHz的多元感应分流器的电流比例1:10在不改变其工作状态时的比差和角差高准确校验技术，特别要解决分流器在10 Hz~50 Hz阻抗降低而导致比例准确度大幅下降的技术难题，同时也要考虑解决工作时的大电流导致分流器各支路温度升高而引入的支路温差导致支路电阻不等引入的误差问题。

**研究内容：**通过对实现1:10电流比例的多元感应分流器进行理论计算推导，得到引起电流比例变化的各主要误差项。采用10个有源感应分流器和1个双极无源感应分流器组成多元感应分流器，设计特殊有源电子线路使得工作频率在10 Hz~50 Hz时依然具有较高的准确度，同时也能够降低通入大电流时支路温差导致支路电阻变化引入的误差；研制高准确度宽频电压跟随器组成的电流电压变换器，以保证多元感应分压器在工作状态时等电位下校准。

**考核指标：**宽频大电流多元感应分流器在10 Hz~2 kHz频率范围内，实现1:10电流比例的高准确校验，最佳校验标准不确定度分别为比差10 μA/A及角差10 μrad。

**3、能量天平永磁磁体匀场优化技术研究**

**拟解决问题：**能量天平法复现千克研究中，悬挂线圈放置于磁体环状工作气隙的水平径向磁场中。在测力模式下，磁场越强，产生相同电磁力所需的电流越小，线圈发热对测量过程的影响也会变小。磁场的均匀度决定了悬挂线圈在竖直方向上移动到不同位置时的电磁力的变化量，对测力的分散性造成影响。此外，磁场在垂直方向的均匀度越高，越有利于准直调节。针对此种需求，拟开展磁体匀场优化技术研究，通过对磁路结构进行建模分析，提出一种高均匀场磁体设计方案并研制成一套磁体系统，为能量天平装置测量水平的提升提供技术支撑。

**研究内容：**通过对永磁体的磁路结构进行电磁场仿真建模分析，提出一种高均匀场磁体的设计理论和优化方法，据此研制成一套永磁磁体系统，可以在工作气隙中心位置产生磁通密度达到0.5 T左右的径向磁场；工作气隙内、轴向100 mm范围内的磁场相对变化量（均匀度）达到1×10-4 T/T。磁体在使用过程中，由于装配和调试的需要，需要打开和装配磁体的上盖，永磁体在开、闭时需要克服巨大的磁吸力，要在克服此吸力的同时保证微米量级的装配精度，操作难度极大。因此，本研究需要提出一种优化的磁轭边缘结构，在降低永磁体的装配精度需求的同时，保证工作气隙磁通密度的重复性。

**考核指标：**对磁体的匀场优化技术进行研究，并研制成一套新磁体，均匀区长度100mm，实测指标要达到或优于1E-4T/T(峰峰值)。