

公示材料

一、基本信息			
项目名称	中文	新一代立式计算电容基准装置的研究及建立	
	英文	The research and establishment of the new vertical calculable cross-capacitor standard	
成果申报等级		<input checked="" type="checkbox"/> 一等奖 <input type="checkbox"/> 二等奖 <input type="checkbox"/> 三等奖	<input type="checkbox"/> 是否同意调级
主要完成人		陆祖良、黄璐、杨雁、赵建亭、钱进、王建波、陆文俊、王维、鲁云峰、张钟华	
主要完成单位		中国计量科学研究院	
推荐单位(盖章)		中国计量科学研究院	
奖项的主要项目来源		<input checked="" type="checkbox"/> 国家级 <input type="checkbox"/> 省部级 <input type="checkbox"/> 其他	
具体计划、基金的名称和编号: 1、“十一五”国家科技支撑计划重点项目“以量子物理为基础的现代计量基准研究”课题四“精细结构常数测量关键技术及电容基准的研究”(2006BAF06B04); 2、中国计量科学研究院基本科研业务费项目“电补偿法在立式计算电容中的应用研究”(AKY1405); 3、中国计量科学研究院创新团队基金项目“高精度四端对电容电桥研制”(CXTD1208)。			
成果的主要项目起止时间		起始: 2006-12	完成: 2015-12
组织验收/鉴定单位		国家质量监督检验检疫总局; 中国计量科学研究院	
成果登记号	G-2021-065; G-2021-072; G-2021-073	成果登记 时间	2021 年 03 月 25 日

二、奖项简介

计算电容因原理先进而成为交流阻抗溯源的源头。本项目建立的新一代立式计算电容实现了我国先前提出的电补偿方案，是国际上第一台应用此原理的装置，具有优异的特性。标准不确定度达到 1.0×10^{-8} ，为目前国际最好水平。

项目形成的主要技术创新如下：

(1) **提出并实现了具有自主知识产权的电补偿的技术路径。**针对首次实现缺乏经验及参考的困难，在原有结构不宜大幅改动的前提下，提出了相应的设计、制作、调试技术，反复实验择优。解决了在狭小空间内通电、绝缘、激光干涉、上下移动等功能的配合协调。与目前国际最好机械方案相比，端部效应及偏心效应的剩余误差均小一个量级。

(2) **提出并实现了电容值复现和扩展的新方案。**国外原有方案采用小电容逐步升级，过程繁琐。针对此难题，提出干涉条纹当量的整数和小数分开确定的新方案。获得了准确度高、过程简单、操作容易的优点。

(3) **提出并实现了电容电桥辅助平衡新方法。**针对高准确度和减少平衡时间的要求，引入与主分压器具有相同比率的辅助分压器，通过负反馈支路自动调节电桥虚地电位实现电桥的自动辅助平衡。显著提高了测量速度，极大降低了计算电容系统漂移的影响，电容值传递标准不确定度达到 5×10^{-9} 。

(4) **提出并实现了基于同步解调相位锁定干涉仪的屏蔽电极位移测量方法。**针对位移长度测量对电容单位复现不确定度具有关键影响的重要性，完全自主研制了高稳定度激光光源、位移锁定系统以及激光波长精密测量系统，发展了一整套干涉仪精密调试方法，使位移测量不确定度优于 5×10^{-9} 。

(5) **提出了一种完全等电位屏蔽的参考电势感应分压器校验方法。**针对同轴电桥感应分压器校验中共模误差难以克服的难题，利用完全等电位屏蔽及对称泄漏设计，最大限度降低校验过程中电位梯度上升引入的误差，实现了 10^{-9} 量级工作状态下的同轴电桥感应分压器校验，比原有水平提高了一个量级。首次在国内实现 10^{-8} 量级水平的四端对电阻-电容测量。

本项目建立的新一代立式计算电容被国际同行评审专家评价为国际上最先进装置。参加了电容国际关键比对，在国际计量局和七个国家计量院中，我国量值的不确定度水平、与比对参考值接近程度表现最佳，极大提升了我国在阻抗领域的国际影响力。共发表论文 38 篇（SCI 检索 9 篇，EI 检索 28 篇）；已授权发明专利 6 项、实用新型专利 1 项；修订国家检定规程规范 2 项；已申报国家基准；获 2019 年度中国计量测试学会科学技术进步奖基础研究类一等奖。

本装置作为新的源头实际更新了我国交流阻抗溯源体系，实现了对全国计量机构、各行业技术机构保存的最高电容标准的量值传递，实现了对仪器仪表及元器件行业的技术支撑，产生了重大社会效益和可观的直接及间接经济效益。本项目可为未来交流量子化霍尔电阻、基于单电子隧道效应的电流单位复现以及电学计量三角形闭合提供旁证实验依据。