中国计量科学研究院
National Institute of Metrology,China

010-64525678
www.nim.ac.cn
和平里院区：北京市朝阳区北三环东路18号
昌平院区：北京市昌平区昌赤路18号

中国计量科学研究院
National Institute of Metrology,China

# 亮点
# HIGHLIGHTS
# 2020 / 2021

NATIONAL INSTITUTE OF METROLOGY，CHINA

# 目录

01
概况
P02

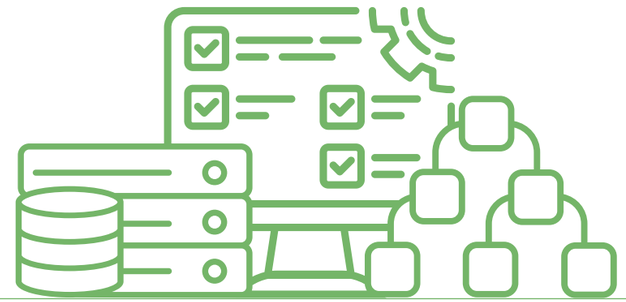
02
十三五回顾
P04

03
合作交流
P06
- 国际合作
- 国内合作

04
科研亮点
P08
- 光钟研究为未来秒定义变革的中国贡献提供强有力支持
- 新开尔文时代开启：温度计量基础研究成果持续涌现
- NIM-2参与新千克"国际共识值"确定
- 建立单光子精密测量系统，提升光子计量基础能力
- 核心量子器件新进展为可分发计量标准集成奠定基础
- 国内首个便携式免液氦量子电压标准系统研制成功
- 开展大齿轮数字化计量技术研究
- 拓展空间电磁场测量能力，助力汽车制造产业升级
- 纳米新材料计量开启服务产业新篇章
- 信息电子领域科研持续发力，成果取得广泛国际影响力
- 致力计量精准抗疫，保障人民生命健康
- 为心脑血管疾病临床测量提供可靠的溯源保障

中国计量科学研究院
National Institute of Metrology,China

# 概况



中国计量科学研究院是中国计量科学研究和创新的核心及量值的源头，是构建一体化国家战略体系和能力的重要支撑。中国计量院时刻牢记初心使命，始终坚守求精准、度万物、量天地、衡公平的科学传统，主动融入大局，勇于担当作为，在国家市场监管总局的直接领导下，扎实推进先进测量能力建设，服务国家经济社会发展，努力成为党、国家、人民可以依靠、可以信赖的国家战略科技力量。

中国计量院在时间频率、电学、热工、长度、力学、光学、电离辐射、化学、生物等计量领域多项测量能力处于国际领先或先进水平，目前建立保存国家基准133项、计量标准379项；实现校准测量能力国际互认1717项；开展各项国际比对450多项，研发标准物质1900余种，获得国家级科技奖励83项。

**133**
计量基准

**379**
计量标准

**1900**
标准物质

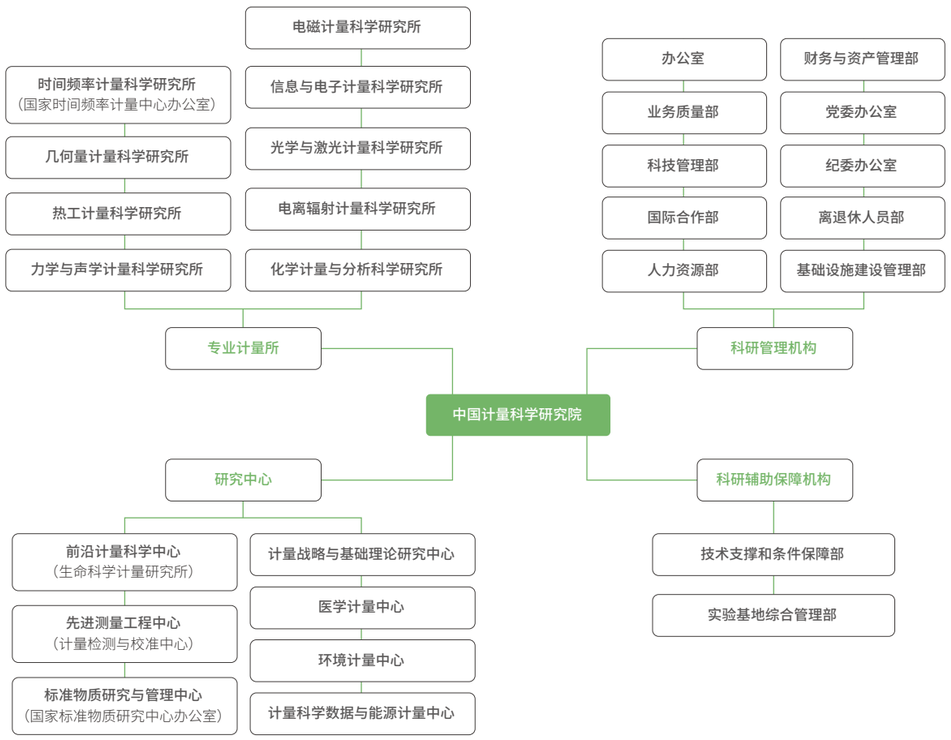
**1717**
校准测量能力

**450**
国际比对

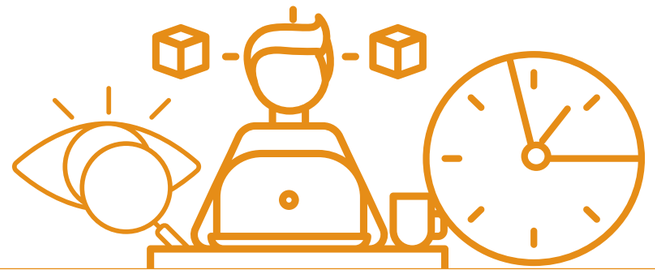
**83**
科技奖励（国家奖）

## 组织机构

中国计量院通过系统性整体优化，将全院科学研究体系从之前的平行链条式结构优化调整为更有创新活力的经纬结构新型有机整体，新组织机构包括9个专业研究所、7个研究中心和12个科研管理部门和辅助保障部门。

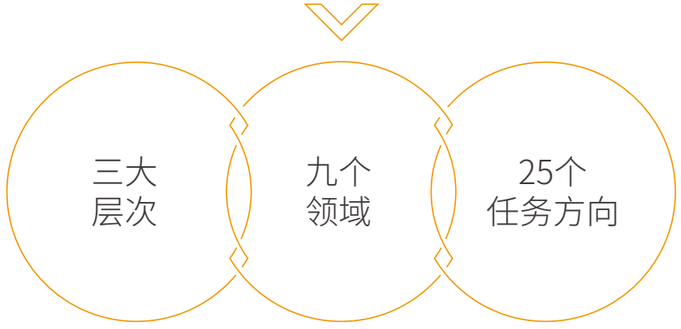


# 十三五回顾



“十三五”期间，中国计量院在《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020年）》、《计量发展规划（2013-2020年）》和《“十三五”国家科技创新规划》的指引下，抓住国际单位制变革的重大机遇，深入落实创新驱动发展战略，紧扣国家战略需求，服务国民经济发展，积极争取并组织实施了一系列重点项目。根据《中国计量科学研究院“十三五”科技创新规划》重点研究任务全面部署，覆盖了三大层次、九个领域、25个任务方向。其中，承担NQI等国家重点研发计划专项项目39项（实际承担课题232项），国家自然科学基金获资助50项。

根据《中国计量科学研究院“十三五”科技创新规划》
重点研究任务全面部署




**39**项
承担NQI等国家重点研发计划专项项目

**232**项
实际承担NQI等国家重点研发课题

**50**项
国家自然科学基金获资助

“十三五”期间，中国计量院重大创新成果竞相涌现。《新一代国家时间频率基准的关键技术与应用》、《温度单位重大变革关键技术研究》获国家科技进步一等奖，《超痕量离子精密测量关键技术》获国家科技进步二等奖，《核酸与蛋白质生物计量关键技术及基标准体系创建和应用》通过初评答辩，另有48项科研成果获得省部级奖励。同期，申请专利628项，获得授权专利487项，软件著作权84项，发表论文2539篇。

国家科技进步
**一等奖**
《新一代国家时间频率基准的关键技术与应用》
《温度单位重大变革关键技术研究》

国家科技进步
**二等奖**
《超痕量离子精密测量关键技术》

通过
**初评答辩**
《核酸与蛋白质生物计量关键技术及基标准体系创建和应用》

**48**项
省部级奖励

**628**项
申请专利

**487**项
获得授权专利

**84**项
软件著作权

**2539**项
发表论文

# 合作交流

## 国际合作

### 为国际计量抗疫做出中国担当

中国计量院凭借在疫情相关标准物质研发和应用方面的技术优势，第一时间参与国际计量抗疫合作，率先提出并联合国际计量局（BIPM）和英国、美国、加拿大的计量机构主导物质的量咨询委员会（CCQM）新冠病毒核酸和单抗测量国际比对，作为温度咨询委员会（CCT）主席，领导CCT发起红外体温计国际比对，成为目前与新冠有关的全部三个国际比对的主导实验室之一。作为亚太计量规划组织（APMP）主席，发起并实施“APMP新冠疫情应对项目”，以提高区域计量界抗击疫情的战略共识和技术能力，并牵头开展其中的呼吸机校准培训项目。针对国外红外测温仪使用量和校准量激增的情况，主办“国际红外辐射测温线上研讨会”。

### 持续提升国际组织话语权和主导作用

中国计量院目前有多人在国际和区域计量组织任职，包括国际计量委员会（CIPM）委员、CCT主席、APMP主席等高级领导职务，以及1个咨询委员会（CC）工作组主席和3个副主席、4个APMP技术委员会主席和2个焦点工作组主席。

在承担APMP主席和秘书处工作的首年，以战略规划、合作抗疫、优化管理三项任务为重点，领导APMP完成了《2021-2023年APMP战略规划》编制及系列导则的制修订；发起并实施“APMP新冠疫情应对计划”；策划并召开首个以疫情为主题的APMP国家计量院院长研讨会；首次以线上方式完成规模浩大的年度中期会议和全体大会的组织；为履行国际组织领导职务、增强国际信誉交上了一份满意的答卷。

### 持续推进国际科技合作

中国计量院与越南、白俄罗斯国家计量院新签订双边合作协议，并与日本、韩国国家计量院续签双边合作协议，目前共与15个国家和1个国际组织签署的有效合作协议近20项。以线上方式推进与英国、德国、俄罗斯、柬埔寨、古巴、芬兰等国家的计量院交流与合作，召开了“中德数字计量”、“中柬时间频率合作”和“中芬环境计量”线上研讨会。继续执行与BIPM在食品安全领域的能力建设和知识传播项目。召开中国计量院国际咨询委（线上）第12次会议，围绕新冠肺炎疫情的影响和应对等议题进行了咨询。

### 对发展中国家计量援助取得阶段性成果

召开了第二次澜湄国家计量合作研讨会（线上），全面总结由中国计量院主导实施的外交部澜湄合作项目成果，审议新一轮《澜湄国家关于加强计量和测量标准合作联合声明》，讨论未来合作意向；与缅甸共同申请中国科技部“政府间国际科技创新合作”重点专项项目“中缅食品和机械加工工业关键计量标准合作研究”并正式立项；与柬埔寨推进时间频率计量合作项目；向蒙古国家标准计量局捐赠3套设备，并为其45台件测量仪器提供校准服务。

## 国内合作

中国计量院积极开展国内合作工作，逐步深入行业与领域龙头机构，发挥计量在各行各业的影响力，为我国大众健康、国家安全、高端制造等领域提供有效的技术支撑和保障。

**加强与重点行业技术机构合作**

与中国疾控中心签订战略合作协议，围绕我国病原微生物资源发展与重大传染病防控战略需求，立足重大传染病防控病原微生物计量标准和标准物质等的应用需要，服务国民健康和国家安全。

**加强与省市及计量技术机构合作**

与海口海关、三亚市人民政府签订战略合作协议，支撑海南自由贸易港的建设，服务海洋强国国家战略，服务地区经济发展。

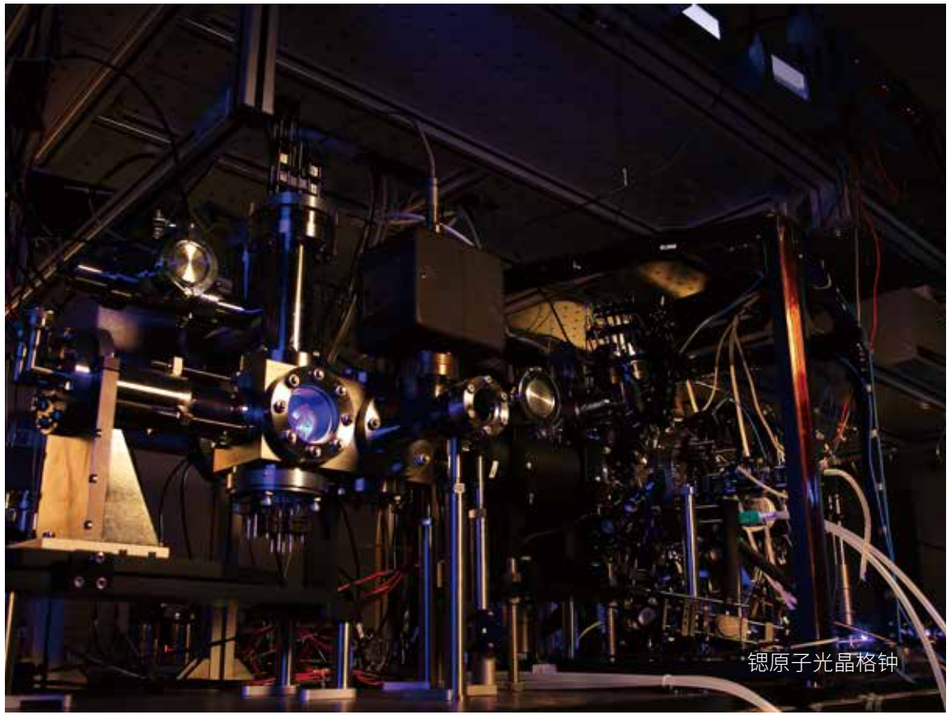
**加强与科研院所合作**

与中国地震局地球物理研究所签订科技合作协议，支持重力计量服务地球物理观测研究，推动国产重力测量仪器自主研发和应用。与北京石墨烯研究院签订战略合作协议，发挥计量科技、标准化在新材料产业发展中的引领作用，切实推动石墨烯材料科技创新和产业高质量发展，服务高端制造产业。

# 科研亮点

## 光钟研究为未来秒定义变革的中国贡献提供强有力支持

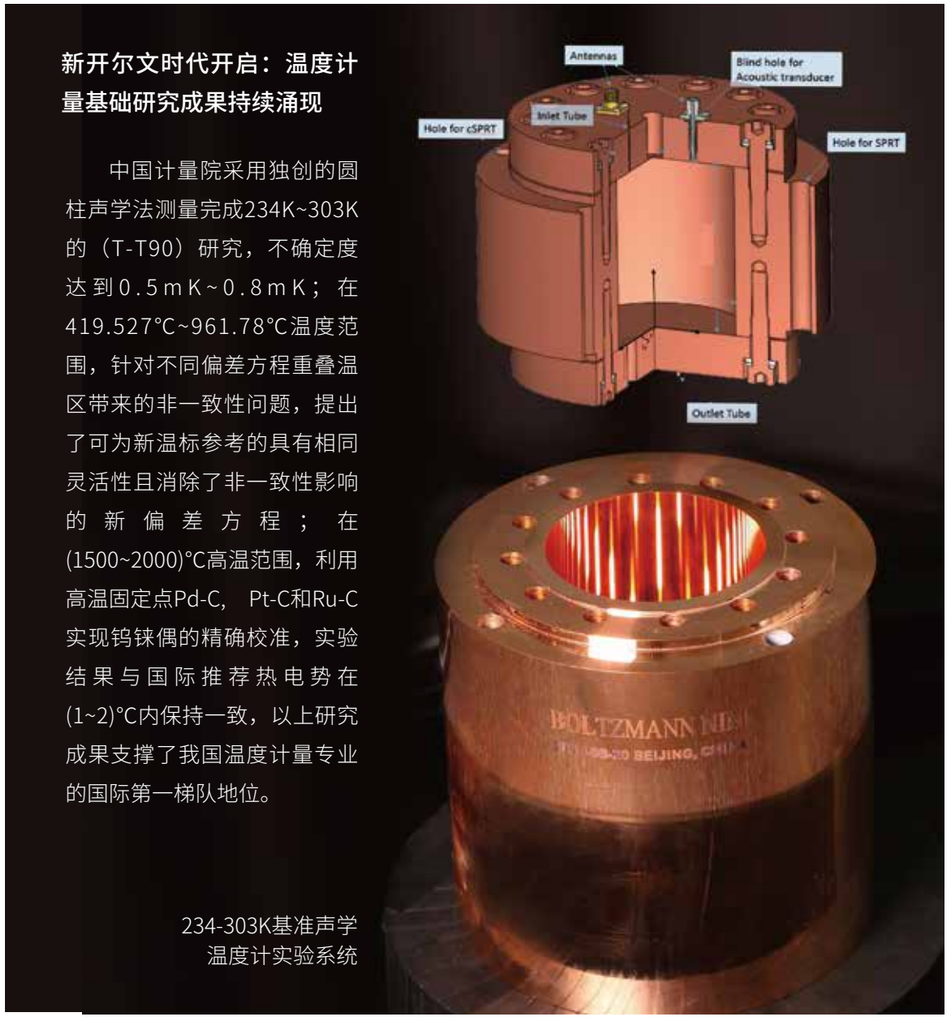
中国计量院锶原子光晶格钟团队实现了锶光钟系统频移不确定度$2.9\times10^{-17}$，比原有水平提高约一个量级。研究团队通过直接比对和卫星远程比对的方法，对锶光钟、钙离子光钟和镱光钟进行了绝对频率溯源，溯源不确定度首次进入到$10^{-16}$量级，比原有能力提升了一个量级，体现了中国计量院在高端原子钟研制和量值溯源方面的先进技术，为我国光钟研究在未来秒定义变革中做出中国贡献提供了强有力的计量支持。



锶原子光晶格钟

## 新开尔文时代开启：温度计量基础研究成果持续涌现

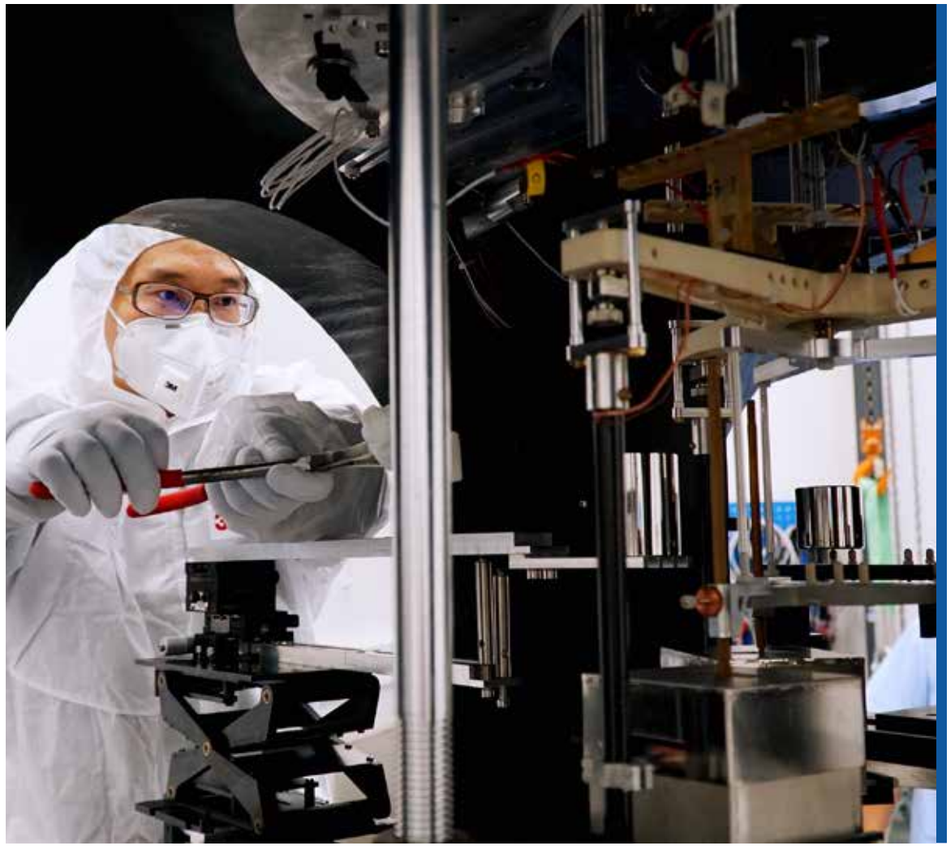
中国计量院采用独创的圆柱声学法测量完成234K~303K的（T-T90）研究，不确定度达到0.5mK~0.8mK；在419.527℃~961.78℃温度范围，针对不同偏差方程重叠温区带来的非一致性问题，提出了可为新温标参考的具有相同灵活性且消除了非一致性影响的新偏差方程；在(1500~2000)℃高温范围，利用高温固定点Pd-C， Pt-C和Ru-C实现钨铼偶的精确校准，实验结果与国际推荐热电势在(1~2)℃内保持一致，以上研究成果支撑了我国温度计量专业的国际第一梯队地位。




234-303K基准声学温度计实验系统

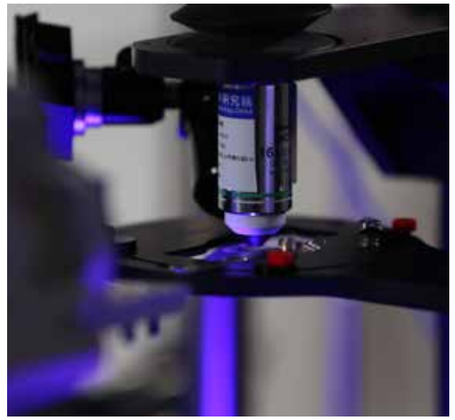
## NIM-2参与新千克“国际共识值”确定

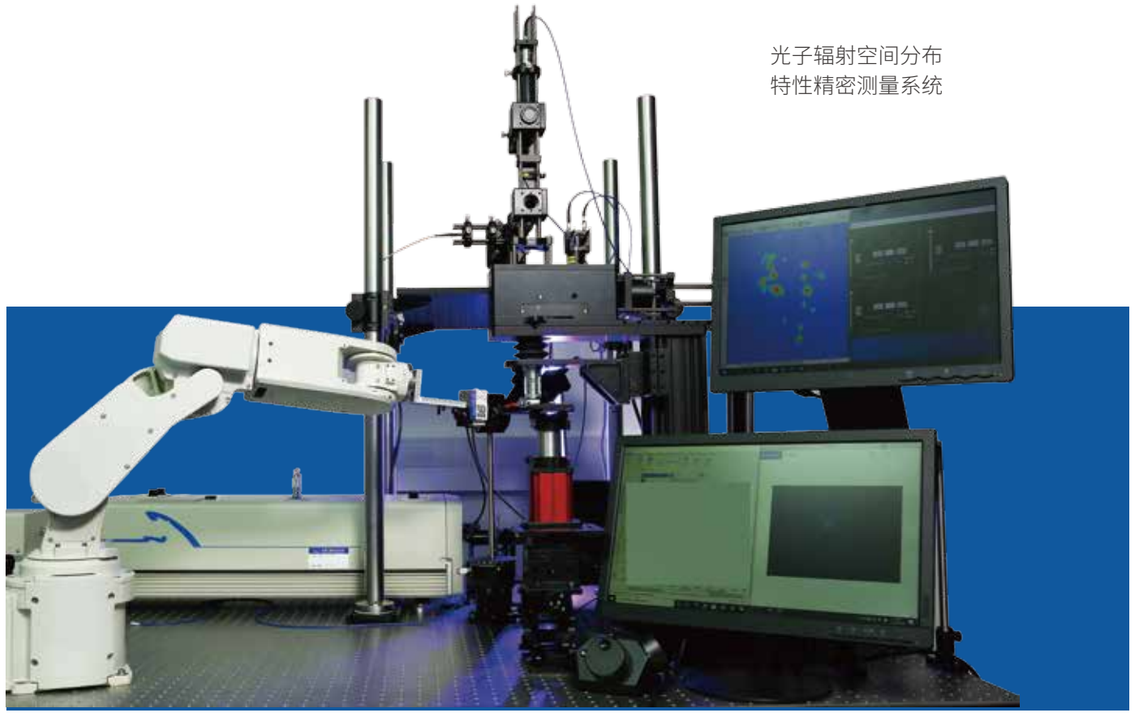
在国际计量局2020年公布的首次全球千克复现方法国际关键比对报告中，中国计量院NIM-2能量天平的测量结果与比对参考值的相对偏差为$1.17\times10^{-8}$，相对标准不确定度为$4.49\times10^{-8}$，使中国计量院成为了继加拿大NRC、美国NIST和国际计量局之后，第四个采用电天平方案在真空中达到$10^{-8}$量级测量不确定度能力的研究机构。我国的测量结果参与了千克新定义过渡期内的首个“国际共识值”的计算和确定，使国际质量量值溯源的“源点”自2021年2月1日起首次带有了“中国权重”。



## 建立单光子精密测量系统，提升光子计量基础能力

单光子源精密测量能力的提高，是光学计量领域的发展热点。建立从经典光辐射向单光子水平的光学计量基准能力，是建立具有国际先进水平的光学计量体系的关键环节。中国计量院研究建立的光子辐射空间分布特性精密测量装置实现了较大空间立体角范围内的精准光子辐射分布测量能力，创新研发的基于微型积分球的芯片级标准光子源达到国际先进水平并成功应用于显微成像系统的高精度辐射亮度响应度标定，为高性能光子辐射材料和器件的研发以及光子成像系统的校准提供了可靠的量值溯源保障。

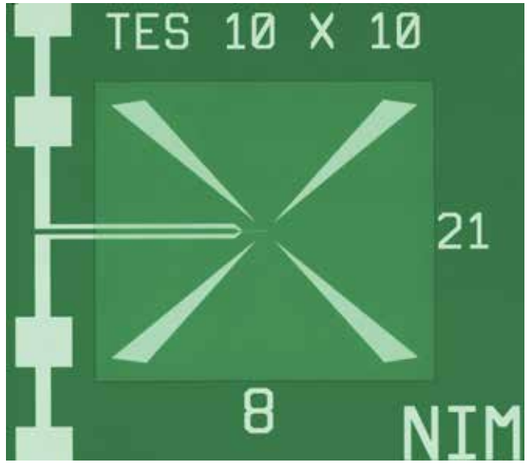




光子辐射空间分布
特性精密测量系统

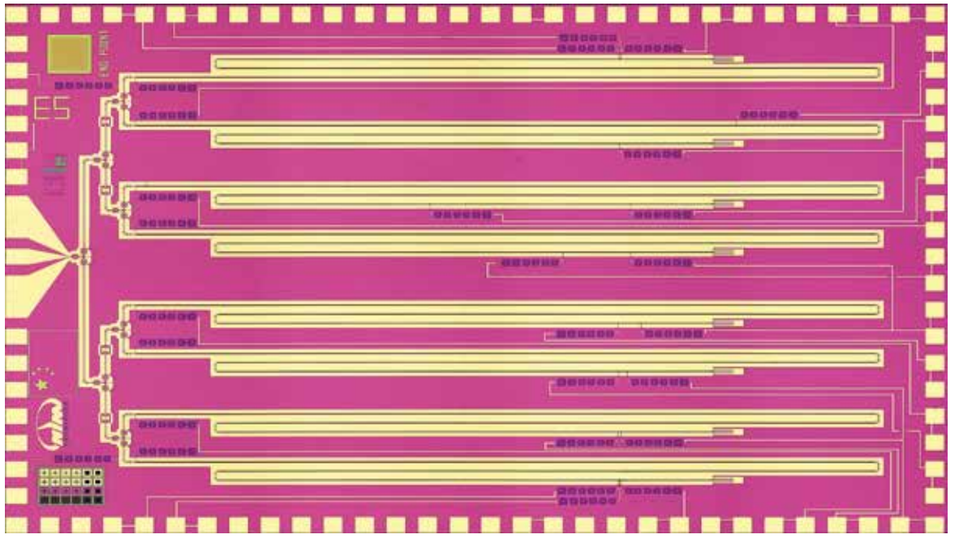
## 核心量子器件新进展为可分发计量标准集成奠定基础

中国计量院自主研制的量子电压芯片及单光子探测器件取得突破，大规模集成约瑟夫森结阵芯片实现2V可编程量子电压输出，超导转变边沿单光子探测器件实现7个光子分辨。微小型化量子计量标准研制取得重要进展，自主掌握面向4寸晶圆大规模批量制备的微型原子气室关键工艺，芯片级原子钟初步实现物理系统集成，合束光栅关键器件实现芯片尺度单束激光原子冷却。




TES单光子探测器件

大规模集成约瑟夫森结阵芯片



## 国内首个便携式免液氦量子电压标准系统研制成功

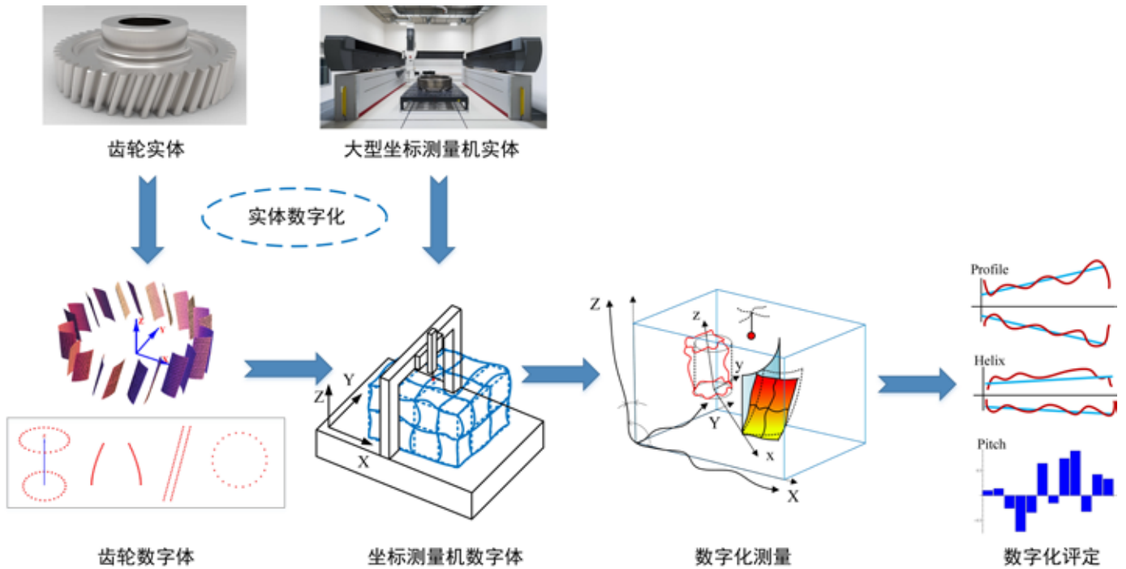
中国计量院自主研制了国内首个便携式免液氦量子电压标准系统，在无液氦环境下，实现了直流量子电压量值的准确复现和测量。免液氦量子电压标准是目前全球多个先进国家计量院的研究热点，项目组经过一系列技术攻关，所研制的免液氦量子电压系统与美国标准与技术研究院（NIST）的液氦型量子电压系统、国家基准的量子电压传递标准的一致性均达到$10^{-9}$量级，证明了该成果的计量可靠性，解决了我国量子电学计量标准高度依赖昂贵进口消耗型原材料的困局，填补了国内空白。该装置可以替代传统实物工作标准，以较低的成本，将电压计量量值传递的普遍水平从$10^{-6}$量级提升至$10^{-8}$~$10^{-9}$量级；还可参照先进国家的计量体系保证方案，建立我国大区级量子电压标准体系，为各地区直流电压的量传一致性打下良好技术基础。此外，研究成果具有推广到其它低温超导型量子计量标准的应用价值，具有良好的产业化前景和显著的社会经济效益。

免液氦量子电压标准系统

## 开展大齿轮数字化计量技术研究

大齿轮是风电装备的关键零部件，为提高其测量准确性，中国计量院与德国物理技术研究院（PTB）联合进行风电研究计划，开展了大齿轮数字化计量技术研究。

通过数字化测量的方式，可以系统地研究大型坐标测量机几何误差对大齿轮测量的影响，有助于提高大齿轮的测量准确性。同时，数字化测量能够对复杂的大尺寸测量系统进行仿真，以便规划和分析自动化测量过程，有效评估测量结果的不确定度。

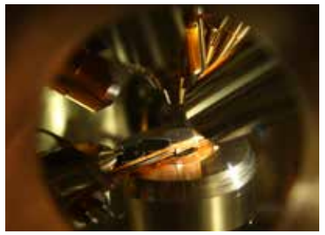



## 拓展空间电磁场测量能力，助力汽车制造产业升级

中国计量院建立1GHz~40GHz频段4m以内静区的微波暗室验收的测量能力，覆盖静区反射率电平等参数，在国内首次将合成孔径雷达技术用于微波暗室静区诊断成像，可面向国内外微波暗室开展验收服务。拓展了汽车毫米波雷达目标模拟器校准和基于电磁混响室的汽车零部件测试，使中国计量院成为标志雪铁龙集团PSA首批认可的三家混响室汽车零部件第三方专业测试机构之一。

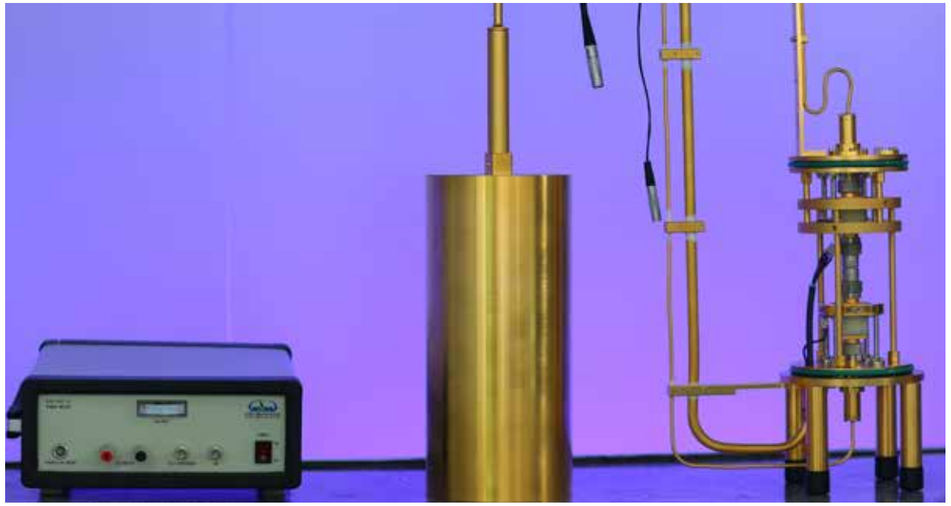
## 纳米新材料计量开启服务产业新篇章

中国计量院与国内集成电路制造领军企业深度对接晶圆片校准合作，通过技术验证与商务谈判成功进入企业供应商名单，进一步建立健全微纳几何结构特征参数计量体系，从而满足国家集成电路产业发展需求。计量院与北京市石墨烯研究院签署战略合作协议，建立了石墨烯全链条服务能力，开启石墨烯新材料计量产学研用合作新篇章。



对石墨烯进行真假判定

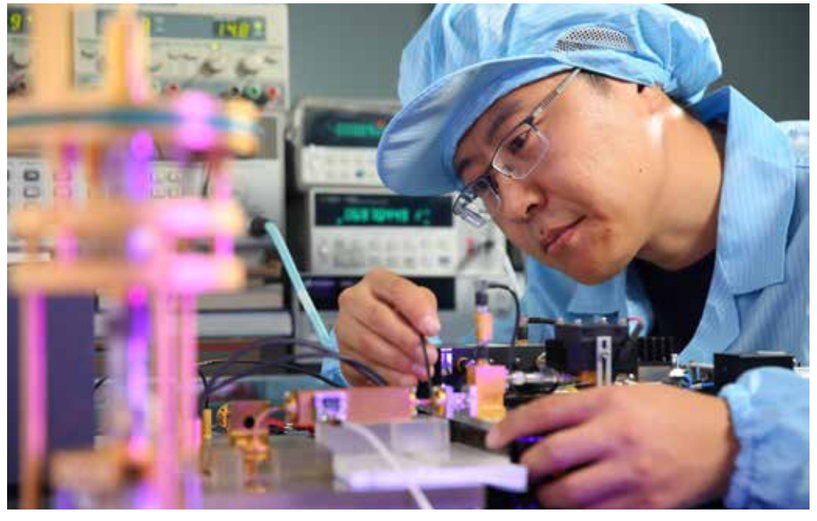
集成电路晶圆片校准



同轴N型功率基准装置

## 信息电子领域科研持续发力，成果取得广泛国际影响力

中国计量院自主开发的一系列功率基标准达到国际领先水平，在航空航天、无线通信等领域应用广泛。其中在10MHz ~ 18 GHz频段功率测量不确定度0.25%~0.42%，相关成果转化项目有力的支持了“一带一路”国家的计量技术提升，是亚太地区计量合作典范。



## 致力计量精准抗疫，保障人民生命健康

新冠疫情期间，中国计量院成功开发了高灵敏新冠病毒测量方法及检测试剂盒，研制了19种新冠病毒检测用国家标准物质，为新冠病毒准确检测打造精准“校正体系”。该系列标准物质技术达国际先进水平，均为国际首次。成果广泛应用于全国27个省直辖市的500多家机构，为提升新冠病毒检测结果准确性及检测试剂出口提供计量技术支撑。

中国计量院组建红外测温领域高级别专家组，及时为全国一线进行红外体温检测校准服务的计量技术人员在线解答技术问题，分享资料、数据和校准操作视频课件。同时，公开发布了《体温筛检用红外额温计准确度临时核查方法》，自主研制黑体辐射源，为疫情防控赢得宝贵时间。

## 为心脑血管疾病临床测量提供可靠的溯源保障

中国计量院攻克复杂基质中C-反应蛋白(CRP)大分子准确定量技术，研制国际上首个天然五聚体CRP纯品标准物质及血清中CRP浓度系列标准物质。该项测量技术和标准物质的研制，为我国心脑血管疾病及炎症临床测量提供了可靠的溯源保障，保证CRP检测结果更加准确。

CRP系列标准物质研制

## 附：国际单位制（SI）七个基本单位的定义和关系式

### 秒（second）

SI的时间单位，符号s。当铯频率$\Delta\nu_{Cs}$，即铯-133原子不受干扰的基态超精细跃迁频率以单位Hz即$s^{-1}$表示时，取其固定数值为9 192 631 770来定义秒。

$$1\ s = 9\ 192\ 631\ 770 / \Delta\nu_{Cs}$$

### 米（metre）

SI的长度单位，符号m。当真空中光速$c$以单位m/s表示时，取其固定数值为299 792 458来定义米，其中秒用$\Delta\nu_{Cs}$定义。

$$1\ m = (c / 299\ 792\ 458)\ s$$

### 千克（kilogram）

SI的质量单位，符号kg。当普朗克常量$h$以单位J s即kg $m^2 s^{-1}$表示时，取其固定数值为6.626 070 15×$10^{-34}$来定义千克，其中米和秒用$c$和$\Delta\nu_{Cs}$定义。

$$1\ kg = (h / 6.626\ 070\ 15 \times 10^{-34})\ m^{-2}\ s$$

### 安培（ampere）

SI的电流单位，符号A。当基本电荷$e$以单位C即As表示时，取其固定数值为1.602 176 634×$10^{-19}$来定义安培，其中秒用$\Delta\nu_{Cs}$定义。

$$1\ A = (e / 1.602\ 176\ 634 \times 10^{-19})\ s^{-1}$$

### 开尔文（kelvin）

SI的热力学温度单位，符号K。当玻尔兹曼常量$k$以单位J $K^{-1}$即kg $m^2$ $s^{-2}$ $K^{-1}$表示时，将其固定数值取为1.380 649×$10^{-23}$来定义开尔文，其中千克、米和秒用$h$，$c$和$\Delta\nu_{Cs}$定义。

$$1K = (1.380\ 649 / k) \times 10^{-23}\ kg\ m^2\ s^{-2}$$

### 摩尔（mole）

SI物质的量的单位，符号mol。1摩尔精确包含6.022 140 76×$10^{23}$个基本单元。该数称为阿伏伽德罗数，是以单位$mol^{-1}$表示的阿伏伽德罗常量$N_A$的固定数值。

一个系统的物质的量，符号$n$，是该系统包含的特定基本单元数量的量度。基本单元可以是原子、分子、离子、电子及其它任意粒子或粒子的特定组合。

$$1\ mol = (6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}) / N_A$$

### 坎德拉（candela）

沿给定方向发光强度的SI单位，符号cd。当频率为540×$10^{12}$Hz的单色辐射的光视效能$K_{cd}$以单位lm $W^{-1}$即cd sr $W^{-1}$或cd sr $kg^{-1}$ $m^{-2}$ $s^3$表示时，取其固定数值为683来定义坎德拉，其中千克、米、秒分别用$h$, $c$ 和$\Delta\nu_{Cs}$定义。

$$1\ cd = (K_{cd} / 683)\ kg\ m^2\ s^{-3}\ sr^{-1}$$

更多详细内容请参考国际计量局网站：www.bipm.org