

1. 项目名称

宽量程复合型现场真空校准技术研究

2. 候选单位（顺序代表排序）

（1）北京东方计量测试研究所

（2）东北大学

（3）哈尔滨工业大学（深圳）

3. 候选人（顺序代表排序）

（1）董云宁

（2）卢耀文

（3）刘坤

（4）闫睿

（5）赵琳

（6）魏萌萌

（7）柏向春

（8）陈俊儒

（9）李京

（10）王汐月

4. 项目简介

真空计量技术在航空航天、核物理、半导体、太阳能、电力电气、制冷等行业得到广泛应用，是保证量值传递正确、产品质量可靠、重大工程成功的重要基础技术。当前真空仪器设备的计量工作主要是送往实验室完成，存在以下问题：一是实验室环境和实际使用环境存在差异，环境的变化致使实验室校准的仪器测量结果发生变化；二是送往实验室校准周期长，并且运输过程可能导致仪器设备的性能发生变化；三是当前许多真空装备集成度高、系统性强且部分设备需要连续运行，真空测量仪器无法拆卸后作为独立单元送往实

实验室校准。

本项目针对现场真空度和真空漏率校准的迫切问题,将多种真空校准方法耦合在一起,采用特殊的结构设计和工艺处理,将实验室具有体积大、重量大的多套装置的功能集成在一套便携式设备上,解决了现场真空度和真空漏率的校准及量值溯源需求。

项目主要创新点如下:

- 1) 采用的集成化设计思路,首次将真空度和真空漏率校准功能耦合在便携式真空校准装置上,通过优化设计仅采用一套薄膜真空计作为参考标准,实现了真空度的四种方法校准和真空漏率的校准;采用的模块化结构和分体式设计,将各真空室及管路实现复用,有效减小了装置的体积和重量;采用双流导元件组成的进气方式,解决了真空度和真空漏率校准需要的标准气体流量。
- 2) 将静态比较法、动态比较法、静态膨胀法和动态流量法四种方法耦合在一起,首次在便携式装置上实现了 $(1 \times 10^5 \sim 1 \times 10^{-6})$ Pa 范围的宽量程真空度校准;采用动态流量法对副标准电离真空计可随时在线校准,解决了副标准电离真空计的量值溯源问题;通过静态膨胀法实现对装置的期间核查并验证现场校准装置的性能。
- 3) 将动态比较法和累积比较法集成在一起,实现了 $(5 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-16})$ Pa \cdot m³/s 范围的现场真空漏率校准;提出耦合直接测量、膨胀衰减压力、配制标准混合气体的流导元件入口示漏气体压力获得方法,将流导元件入口示漏气体的压力下限延伸至 1×10^{-6} Pa,突破了微小气体压力的获得难题;采用激光打孔和镀膜技术获得 10^{-10} m³/s 量级的分子流导元件,为此将标准气体流量的下限由当前报道的 5×10^{-16} Pa \cdot m³/s 延伸至 1×10^{-16} Pa \cdot m³/s。

本项目已成功应用于航空发动机生产、航空材料工艺处理、核科学研究、半导体生产、航天液体火箭发动机、航天器总装检漏和电真空器件生产等领域生产研发过程的真空参数校准和工艺保障环节,还为地区性计量机构和高新技术企业提供技术研究和应用服务,解

决了国防建设、工业生产及科学研究中现场真空度和真空漏率的量值溯源问题，为产业的技术升级、产品质量提升和经济效益增长提供计量保障。

本项目突破多项核心技术瓶颈，形成了完整的技术体系，获授权发明专利 10 件，发表论文 16 篇，行业标准 2 项，中国航天五院标准 1 项，解决了国防建设和工业生产中现场真空计量检测的技术基础问题，在航天航空、高能物理、汽车制造、半导体、核能、新能源、制冷、电力等领域及先进元器件、智能制造等行业实现应用与成果转化，近三年产生经济效益超 2 亿元，并为国防建设和工业生产解决现场真空校准技术难题，产生良好的社会效益。

5. 相关证明材料：

序号	名称
1、验收或鉴定证书、成果登记证书	
1-1	鉴定证书 1-科学技术成果鉴定证书-扫描件
2、应用证明	
2-1	应用证明 1-中国航发南方工业有限公司计量实验室
2-2	应用证明 2-中国航发北京航空材料研究院
2-3	应用证明 3-中国原子能科学研究院核技术综合研究所
2-4	应用证明 4-国防科技工业 2211 二级计量站
2-5	应用证明 5-国防科技工业 6114 二级计量站
2-6	应用证明 6-中国航天科技集团有限公司第五研究院总装与环境工程部
2-7	应用证明 7-广东省计量科学研究院热工室
2-8	应用证明 8-中航长城计量测试（天津）有限公司
2-9	应用证明 9-中国电子科技集团公司第十二研究所
2-10	应用证明 10-成都兴睿宝电子科技有限公司
3、专利证明	
3-1	专利 1-证书扫描件- ZL202110578312.0-真空计校准装置及校准方法
3-2	专利 2-证书扫描件- ZL201811432009.4-一种复合型比较法真空校准系统及方法
3-3	专利 3-证书扫描件- ZL202110116702.6-气体流量计系统及其使用方法

3-4	专利 4-证书扫描件- ZL202010521671.8-一种内部气流自调节型洁净室及气流调节方法
3-5	专利 5-证书扫描件- ZL201910330376.1-一种微型真空泵抽气性能测试装置及方法
3-6	专利 6-证书扫描件- ZL201910109694.5-一种含有泵前冷凝器的干式真空系统
3-7	专利 7-证书扫描件- ZL201910142821.1-一种溅射离子泵的磁路结构及溅射离子泵
3-8	专利 8-证书扫描件- ZL202011564895.3-一种用于制备固态电解质材料的多模块真空设备
3-9	专利 9-证书扫描件- ZL201910533157.3-一种具有复合膜层的烧结钕铁硼磁体及其制备方法
3-10	专利 10-证书扫描件- ZL201710042133.9-质谱仪用极杆及质谱仪
4、其他知识产权证明	
4-1	团体标准 1-封面+目录+前言-超灵敏度检漏仪校准规范
4-2	团体标准 2-说明-超高灵敏度检漏仪校准规范
4-3	团体标准 3-封面+目录+前言-便携式真空计校准规范
5、曾获科技奖励证明	
6、第三方评价证明	
6-1	第三方评价证明 1-科学技术成果鉴定证书-扫描件
7、代表性论文专著证明	
7-1	论文 1-首页-复合型便携式真空计校准装置
7-2	论文 2-首页-便携式真空计校准装置
7-3	论文 3-首页-便携式真空漏孔校准装置
7-4	论文 4-首页-一种下限为 $1.3 \times 10^{-14} \text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 的真空漏孔校准装置
7-5	论文 5-封面+目录+首页-一种 $10^5 \sim 10^7 \text{ Pa}$ 现场真空计校准装置的设计
7-6	论文 6-首页-一种($10^5 \sim 10^8$)Pa 真空计校准装置的设计
7-7	论文 7-封面+目录+首页-一种(10^5 - 10^{16}) $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 标准气体流量计的设计
7-8	论文 8-首页-超灵敏度检漏仪校准技术进展
7-9	论文 9-封面+目录+首页-一种基于现场的便携式真空计校准装置
7-10	论文 10-首页-便携式真空计校准装置
7-11	论文 11-封面+目录+首页-一种下限为 $10^{-14} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 的真空漏孔校准装置
7-12	论文 12-封面+目录+首页-一种基于现场的便携式真空漏率校准装置
7-13	论文 13-首页-微型真空泵抽气性能集成自动测量方法的实践研究
7-14	论文 14-首页-高真空干泵螺旋级抽气性能的数值计算模型
7-15	论文 15-首页 - A Numerical Insight into Elastomer Normally Closed Micro Valve Actuation with Cohesive Interfacial Cracking Modelling
7-16	论文 16- 首页 - Effect of Coating Thickness on the Atomic Oxygen Resistance of Siloxane Coatings Synthesized by Plasma Polymerization Deposition Technique

8、直接经济和社会效益证明	
8-1	直接经济效益证明 1-北京东方计量测试研究所
9、其他证明	
9-1	其他证明 1-公示-北京东方计量测试研究所
9-2	其他证明 2-公示-东北大学
9-3	其他证明 3-公示-哈尔滨工业大学（深圳）
9-4	其他证明 4-知识产权知情承诺书
9-5	其他证明 5-论文著作知情承诺书