

2025 年度中国光学学会科技创新奖简介

项目名称：面向多物理场动态测量的数字全息干涉技术

获奖类别：技术发明奖

获奖等级：一等奖

主要完成单位：西北工业大学

主要完成人：赵建林，邸江磊，张继巍，王凯强，戴思清，豆嘉真

学科分类：信息光学、光学工程、光电子学与激光技术

推荐单位：西北工业大学

项目简介：

复杂流场中温度、密度、浓度、速度分布以及光学元件内部折射率、残余应力分布和表面形变、形貌等多物理场的动态测量，是流体力学、燃烧科学、仪器科学、航空航天工程等领域的关键问题之一。传统测量方法无法满足全场、三维、高时空分辨率测量需求，以及面临多参量解耦等挑战。为此，项目团队创新性地 将数字全息干涉技术引入多物理场测量，实现了 0.05-300 mm 视场、500 nm 横向分辨率及优于 $\lambda/50$ 相位测量精度下多种物理场的全场、非侵入及高分辨率动态测量。主要创新成果和发明点如下：

提出了数字全息图记录和物光场数值重建的理论模型，发明了红外/全内反射/彩色数字全息术，以及基于深度学习的全息物光场重建和相位解包裹方法，构建并完善了数字全息干涉技术理论体系；发明了合成孔径全息图记录、再现像分辨率改善与像差校正方法，解决了系统受固有像差干扰、视场范围局限等难题，突破了全息再现像的分辨率限制，提高了测量精度；发明了面向多种物理场的全场动态测量方法，攻克了系统智能化、集成化、轻量化、高稳性的设计难题，构建了数字全息干涉测量系统的软硬件设计与装配技术体系，自主研制了面向多物理场动态测量的系列数字全息干涉仪，实现了多物理场动态测量的技术创新。

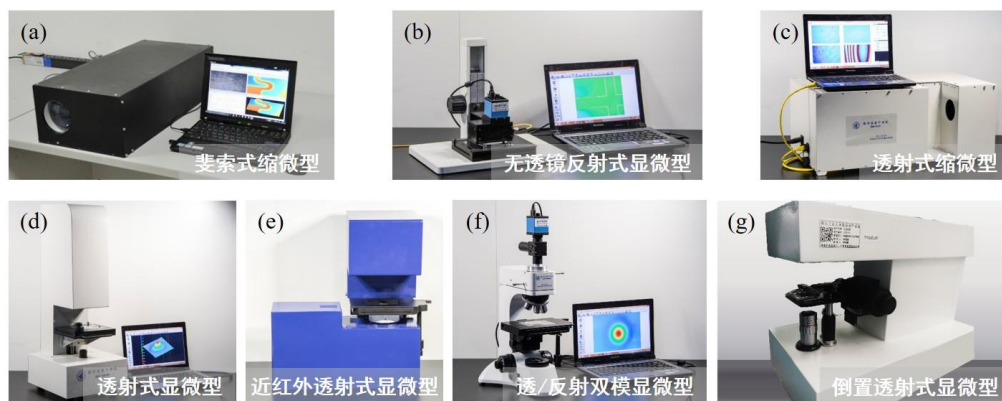


图 1 研制的不同类型数字全息干涉仪

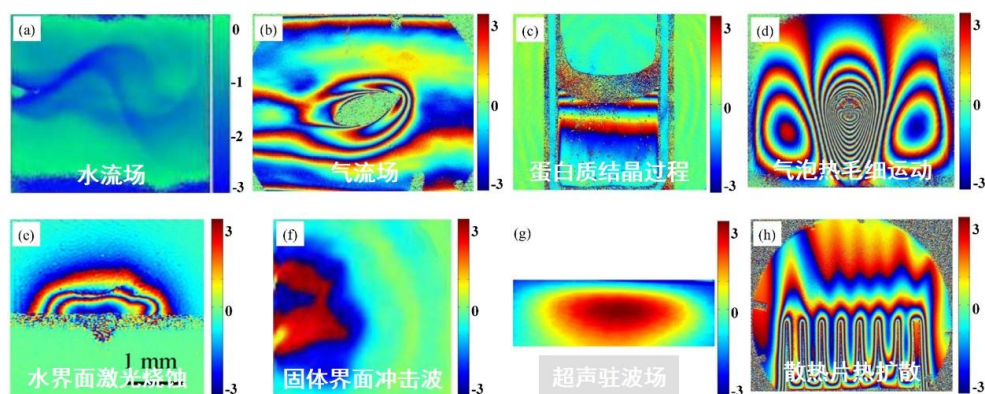


图2 多种物理场的实验测量结果

团队自主研发的数字全息干涉仪已广泛应用于复杂流场测量、材料缺陷检测等领域,在多项国家重大工程与国防军工项目中发挥了关键作用,并为企业芯片、MEMS 器件表面结构测量提供了解决方案。特别是为我国空间站梦天舱“流体物理实验柜”研制的 50 mm 视场空间数字全息干涉仪,已经成功执行流体物理实验任务超过两年,为空间流体物理科学实验提供了重要数据支持。此外,项目的创新成果不仅提升了我国高端科学仪器的自主可控能力,还在国内外学术界产生了广泛影响。项目的相关创新性研究进展在国内外重要学术期刊发表了系列具有重要影响力的论文,并多次在学术会议上作大会和邀请报告,有关复杂流场可视化测量方法被国际光学工程学会新闻中心作特约专题报道,部分成果被编入大型工具书《光学手册》和 WILEY 英文专著,进一步推动了数字全息干涉技术在科研和工业中的应用。