

先进光电检测技术 解决工业测量难题

——走进天津大学激光及光电测试技术研究室

Using Advanced Photoelectric Detection Technology to Solve Industrial Measurement Difficulties

[编者按] 计量测试是机械制造的基础支撑。自20世纪70年代率先在国内开展激光及光电测试技术研究以来,研究室依托精密测试技术及仪器国家重点实验室,以汽车制造、航空航天制造与检测、海洋声学检测等重要行业为背景,着眼于国家重大需求,坚持自主研发,致力于通过先进光电传感及信息处理技术手段解决工业制造过程中出现的测量难题,形成了一支以院士、长江学者领军,中青年骨干教师为中坚力量,结构合理、特色鲜明的研究团队,团队现有教师19人,其中教授8人、副教授9人、讲师2人。

条件与设备

(1) 大空间几何量校准验证试验平台。配有激光干涉仪、飞秒光频梳、高精度三维转台、大空间坐标控制场、激光跟踪仪、摄影测量系统等多套先进校准、测量设备,可满足大空间长度校准、空间角度校准、三维坐标校准及高精度视觉传感器校准等多种几何量、传感器校准验证需求。

(2) 工业机器人自动化测量试验平台。配有ABB工业机器人、KUKA 移动机器人、蓝光投影测量系统、AGV等多台/套先进自动化实验装备,可满足机器人自动化加工、测量、AGV自动引导等多种面向工业现场的工程研发需求。

研究方向及重大课题任务

近年来,研究室以汽车制造、航空航天制造与检测、海洋声学检测等为行业背景,瞄准本学科技术前沿,重点关注光学三维测量理论与

技术,研究方向涉及流水线制造在线测量技术及其设备、超大空间多站整体测量定位方法与技术、航空发动机叶片振动检测方法、水下声学检测理论与技术等重要理论与关键技术,成功解决多个制约我国制造质量水平提升的标志性现场测量难题,其中两个代表性的研究方向/项目分别为:

(1) 面向柔性混流生产模式的在线自动化测量原理、技术及应用研究。面向批量制造现场的在线自动化测量以汽车流水线生产为代表,主要面向常规尺度测量需求,采用先进测量手段对制造过程工艺参数及产品状态进行严格,甚至是100%的测量和监控,确保制造过程的稳定、可控、可预测。近年来,在单条生产线上基于工业机器人动态组织多品种、小批量的柔性混流制造已经成为汽车等高端工业产品的主流生产模式。另一方面,混流模式下对产品质量要求不断提高,正

推动在线测量向着高密度点云实时获取、智能柔性定位、全流程数据分析的方向发展。

研究室团队针对当前汽车工业的全流程混流制造特点及测量需求,以光学三维数字化测量理论为基础,重点研究机器视觉智能引导、高分辨率结构光测量、大数据分析 with 现有柔性在线检测系统相结合的方法,从而解决汽车车身生产过程中测量、引导和检测3个方面的系列关键问题。已开展基于结构光投影的新型高密度点云获取、基于全局定位技术的机器人精度控制、基于机器视觉的工业机器人智能引导控制、基于工业网络的大型多工位视觉测量系统集成技术与数据分析等全方位系统化的深入研究,并对现有视觉测量应用模式进行创新,将传统的测量概念由狭义信息获取进一步推广至全系统全流程数据分析挖掘,研制了性能先进的在线测量装备,为我国汽车制造技术升级

与工艺改进提供了持续、先进的测量技术及设备支持。

(2)多站网络化大空间整体定位测量技术研究。在基于数字量协调的数字化制造技术及其装备成为大型机械制造主流技术的大背景下,面向制造现场的高性能工业大尺寸测量设备已经成为航空、航天、造船等大型机械制造体系中不可或缺的重要组成部分,对提高大型装备制造水平及工艺水平意义重大。

针对上述需求,研究团队提出网络化整体测量思想,在测量空间内布置一定数量的测量单元(站)组成整体测量网络,网络中的被测目标被多个测量单元测量观测,通过空间交会定位原理解算其三维坐标,理论上可在不损失精度的前提下,有效扩展量程(增加单元数目),灵活适应不同几何空间(调整单元布局),改变单元的类型可实现不同的测量功能,为航空航天制造中多样化的测量需求提供了最佳解决方案。在此基础上,课题组借鉴地球GPS概念,结合航空工业沈飞、航天五院、江南船厂等大型装备研制应用背景,研制了具有完全自主知识产权的高性能测量仪器——室内空间测量定位系统(wMPS)。

上述技术及仪器设备已先后在中国商飞上海飞机设计研究院、航空工业一飞院、航空工业沈飞公司、中国航天科技集团北京控制工程研究所(502所)、中国航天五院总装与环境工程部(511所)、中船集团江南造船集团有限责任公司、中电集团第38研究所等国内多个行业骨干厂所的产品研制、生产、试验过程中得到成功应用,打破了国外技术垄断,获得了高度评价。

基于上述研究内容,研究室团队近年来先后主持并完成国家自然科学基金重点项目、“十二五”国家863计划、“十二五”国家科技支撑计划、高档数控机床与基础制造装

备国家科技重大专项、国家重点研发计划专项等一系列重点和重大项目,并取得了一批标志性研究成果。先后获得国家技术发明二等奖2项(2011、2004)、国家科技进步二等奖1项(1999)、国家科技进步三等奖1项(1998)、省部级技术发明一等奖3项(2016、2009、2002);申请国家发明专利120余项,获授权70余项;发表论文300余篇,其中SCI、EI收录200余篇。

研究优势与合作交流需求

研究室自主研发的室内空间测量定位系统wMPS为国产大型装备制造提供了业界领先、具有完全自主知识产权的测量技术及设备,相关技术成果直接服务于国产大型客机设计、制造和试验,提供了全程高质量测量技术支持,有力保障了研制进程;为航空先进制造生产提供了大部件对接/整机测量技术及设备,有效保障了研制过程和产品质量;为航天器全物理仿真试验提供了业界领先、覆盖全任务空间的动态测量设备;为国产先进船舶工程提供了领先的分段制造数字测量手段等。

在坚持自主研发的同时,研究室积极推动激光精密测量领域的理论及应用发展,通过不断加强学术交流,与清华大学、北京航空航天大学、哈尔滨工业大学、西安交通大学、上海交通大学、大连理工大学、浙江大学、中国计量科学研究院等国内多家高水平高校及研究机构建立了长期合作关系,积极参加国际学术会议及交流活动,正在和英国伦敦大学学院、巴斯大学、德国联邦物理技术研究院(PTB)、美国国家标准与技术研究院(NIST)等多所国际知名研究机构开展广泛合作。

未来规划与研发重点

当前,随着以5G、云计算、大数据为代表的新一轮信息技术革命的



大空间几何量校准验证试验平台



工业机器人自动化测量试验平台

到来,制造业迎来了历史上又一个关键发展时期,在全球范围内获得了超越以往的关注。以“智能制造”为代表的创新制造理念、生产模式、工艺方法、管理服务等已经成为必然趋势。高度融合制造要素(设计、工艺、装备、过程等)、制造产品、运行服务等信息,实现个性化、高效率、高品质制造是智能制造的核心特征。信息的多元化,获取信息手段和途径的多样化、全面化,信息保障的可靠性将越来越占据重要的地位。特别在航空航天领域,多部件、大空间、实时协同的智能制造背景下,以AGV、智能机器人为代表的可移动柔性平台和集成测量、定位功能的智能工具已成为公认的发展方向,具备多目标、多自由度、实时信息同步获取能力的动态测量技术及装备将成为大型装备数字化制造的核心支撑技术。面向未来智能制造现场的全流程动态测量检测技术研究及仪器设备开发,尤其是可现场/在线的全流程测量与监控、产品高效精细化质量检测、大型装备运行在位测量等方面的技术研究及仪器设备开发将是实验室未来规划关注的重点领域。(采访 海山)