

发展宇航智造工程， 推动宇航产品制造模式转型 升级，支撑航天强国建设

——走进天津市宇航智能装备技术企业重点实验室

Developing Aerospace Intelligent Manufacturing Engineering, Promoting Transformation and Upgrading of Aerospace Product Manufacturing Models, and Supporting Construction of Aerospace Power

[编者按] 随着卫星在对地观测、导航定位、通信互联、科学探索和国防军事等领域应用的不断拓展,其对国家政治、经济、安全、民生等各方面的作用也越来越重要。卫星总装作为其研制过程中的重要环节,直接影响卫星的服役性能和寿命。据统计,总装环节占卫星总研制成本的40%~50%,总周期的30%以上。因而,在保障高可靠性、关键部组件装配精度和耦合特性的前提下,通过提高卫星总装环节的效能,实现缩短研制周期和降低成本的目的成为各航天大国、强国关注的热点和前沿问题。天津市宇航智能装备技术企业重点实验室的建立,旨在面向“建设航天强国”的发展战略,瞄准航天器制造技术的国际前沿,聚焦我国航天器制造过程中对高端智能装备和技术的重大需求,重点解决航天器高效能总装的关键问题,形成标志性原创成果,实现工程应用,为我国从航天大国向航天强国迈进的过程中提供技术支撑和创新平台。

2018年,天津市宇航智能装备技术企业重点实验室获批筹建,2020年10月通过验收正式运行。实验室以天津航天机电设备研究所为依托单位,天津大学和北京卫星环境工程研究所为联合建设单位,强强联合、优势互补,同时兼顾京津两地在航天领域的产业分工,以航天器总装需求为牵引,以宇航产品高耦合强约束制造的基础理论为支撑,将“智能装备”、“虚拟仿真”、“制造系统工程”等技术和理论相融合,对于提升我国航天器总装效能,适应宇航任务快速增长的发展趋势具有重要现实意义。

研究方向与能力建设

目前,实验室针对航天器在高可靠性、高耦合度、强约束、高系统复杂度等方面所具有的鲜明特点,面向我国航天器制造过程中对高端智能装备和技术的重大需求,以提高卫星制造效率和效益为目标,开展高效能制造系统相关的基础理论、应用基础理论和应用技术的研究。结合实验室定位,确定了宇航制造装备基础设计理论、宇航智能装备技术、宇航制造过程仿真技术、宇航高效智能制造系统集成技术4个主要研究方向。

实验室主任为马海全研究员,学

术委员会主任为中国工程院院士周志成。现有固定研究人员53人,其中6人次入选天津市各类人才计划,博士学历9人,硕士学历31人;正高级职称12人,副高级职称24人,中级职称18人。

实验室总面积4000m²,配套科研仪器设备45台(套),总价值4211.98万元。目前,承担科技项目7项。其中,军委装备发展部项目3项、天津市科技局重大专项1项,中国工程院项目1项,工业和信息化部项目1项,中国航天科技集团有限公司创新研发项目1项,项目拨付经费超过2亿元。

研究成果及重大工程应用

实验室结合航天智能装备的发展需求,广泛开展宇航智能装备的相关核心技术攻关,研究成果应用于多个国家重大工程项目中,取得了显著的社会和经济效益,并针对以下重大工程开展了相关关键技术攻关。

(1)低轨卫星互联网系统整星生产线。面向我国卫星互联网建设的重大战略需求,针对当前卫星单件小批量研制模式无法满足批量化制造的主要问题,实验室重点开展面向卫星批量化生产的柔性生产线总体规划、关键技术攻关和研究工作,在开展大部组件柔性转运与精确落位、多机器人协同作业控制方法、精确视觉定位等技术的研究基础上,创新性地提出了面向卫星批量化生产线建设的新思路、新模式和新技术,为生产线建设实施提供了技术基础。

(2)空间站水下微重力模拟系统。面向我国空间站建设的重大需求,为满足我国空间站工程(九大分系统)中的空间站分系统、空间应用分系统、航天员分系统等全尺寸地面验证、转阶段、人机功效学评价、出舱活动验证与训练等工作任务,实验室开展了面向水下微重力模拟设备的关键技术研究,着重在大质量、高刚度水下机械臂优化设计与中性浮力设计等领域研究,并为空间站水下模拟试验设备的研制提供了技术

支持。

(3)飞行器六自由度并联飞行状态模拟测试平台。面向具有高机动性特点的下一代突防型飞行器的地面半物理模拟仿真测试需求,针对测试装备高动态响应、高精度模拟、高控制带宽的设计难题,实验室开展了六自由度并联飞行状态模拟测试平台关键技术研究,重点突破了面向高动态特性的装备优化设计方法和技术、精度设计与几何精度快速标定技术、高动态高跟随特性智能控制技术等,为我国航空航天飞行器地面模拟设备的研制奠定了基础,相关技术应用用于某型导弹六自由度模拟测试平台的研制,有力支撑了某型飞行器地面姿态测试。

在基础研究方面,针对大型军用卫星及批量化小卫星生产线研制过程中的快速高精度精测需求,实验室开展了基于双目视觉检测原理的高精度光学扫描式精度测量仪的关键技术研究,重点突破了高亮高均匀度结构光投射、高速高精度图像处理传输、高精度点云拼接重构等技术,并在研制高精度扫描式精度测量仪的基础上,与机械臂等自动化设备进行搭配组成自动化精测系统,可有效适用于卫星的精测环节,实现在不同尺寸检测空间内的快速高精度自动化测量,在航天器表面反光较强、暗色表面的部组件检测场景,能有效弥补(或替代)传统精测方法的不足,有效

提高卫星的精测效率。

依托上述项目,实验室目前共发表论文12篇(其中,SCI论文2篇,EI论文3篇),受理发明专利54项(其中已授权15项),在开展科研工作的过程中,通过对工程实际问题的剖析、调研、资料收集和整理,梳理并撰写各类标准16项(含1项国家标准),为航天器总装与制造装备的规范化设计、制造和保养提供了重要的支撑。

学术交流与产学研协同创新

为把握研究前沿,实验室人员多次参与了国内学术会议、展会及学术论坛,从理论层面和应用层面与各行业专家进行深入交流。通过参与学术会议、邀请高校教授开展学习交流和参加研修班等多种形式,多管齐下,强化实验室对外开展业务能力和技术储备,打造学习创新型实验室。

在产学研协同创新方面,实验室与清华大学、北京航空航天大学、天津大学、辰星(天津)自动化设备有限公司、天津扬天科技有限公司等国内知名高校和企业开展合作交流与合作,初步形成了产学研联合开发的合作模式,累计投入研发和运行经费超过1400万元。

面向航天事业发展,智能装备是实现宇航产品“高质量、高效率、高效益”制造的基础保障,也是宇航制造模式转型的关键。为此,实验室将面向宇航产品制造的新需求,紧紧把握“基础理论-工程应用”的研究主线,通过宇航智能装备主线业务的体系化研制,以推动宇航智能装备关键技术为切入点,形成高端装备制造和系统集成设计的一体化方案解决能力,打造一流的面向宇航智能装备及智能制造系统整体解决方案的领先技术团队,为中国高端制造业发展、航天强国建设、天津航空航天产业发展做出贡献。

(采访 古京)



飞行器六自由度并联飞行状态模拟测试平台