

清华大学深圳国际研究生院数据与信息研究院教授王学谦

破解空间机器人技术密码

2026年3月16日,快舟十一号遥七火箭腾空而起,搭载“西垣0号”卫星顺利入轨。与此同时,一条形似象鼻的柔性机械臂也进入茫茫太空,成功完成“太空加油”关键技术验证。这便是清华大学深圳国际研究生院数据与信息研究院教授王学谦团队牵头研制的最新成果——空间柔性连续体机械臂。就在此次发射任务前不久,王学谦荣获2025年广东省“最美科技工作者”称号。从2003年踏入哈尔滨工业大学,开启空间机器人探索之路至今,已过去23年。是什么力量支撑他坚守二十余载?本期,让我们一同了解这位航空间机器人领域的工程师如何在航天事业的星辰征途上守护太空安全。



王学谦(左二)与团队成员



人物简介

王学谦,清华大学深圳国际研究生院数据与信息研究院教授,荣获国家科技进步特等奖1项、国家技术发明二等奖1项、省部级一等奖3项、国家863计划“十二五”科创之星、深圳市“十大杰出青年”,享受深圳市政府特殊津贴。他在空间机器人领域承担国家、国防、教育部重点项目10余项,发表学术论文300余篇,授权发明专利150余项,出版学术专著4部。他历经20余年,持续研制了我国3个空间机器人航天型号产品,并成功实现在轨应用。

笃定初心:一颗种子,二十三年坚持

“航天器在空中抛锚了怎么办,能不能在太空修建一个‘4S’店,给航天器加油、保养、做维修?”王学谦出生于董仲舒的故乡——河北枣强县,从小就爱“折腾”机械类的“玩意儿”。2003年,带着这份好奇与向往,王学谦踏入哈尔滨工业大学,相继攻读硕士、博士学位,正式开启空间机器人领域的科研探索之旅。2014年,博士后出站的王

学谦加入清华大学深圳研究生院(现清华大学深圳国际研究生院),与团队聚焦空间机器人在轨服务关键技术的攻关。

20多年来,从团队条件匮乏到如今突破重重困难,成果频出,在这“0到1”的突破背后,“热爱”是王学谦坚持不懈的动力之源。

正如他的爱人所说:“他在单位和家里总处于工作状态,工

作生活不分家,却从不喊累烦。”这份热爱,既是对兴趣的执着,也是对家国的牵挂。求学期间,研究方向的选择自由度有限,但“干一行爱一行”的淳朴态度与“为国家发展钻研”的信念,为这份热爱增添了厚重的分量。从一颗童年的种子,到23年的扎根生长,是对梦想的笃定,更是对初心的坚守。

笃定方向:两手准备,稳中求进

中国空间机器人领域起步较晚,日本于1997年率先发射相关设备,美国紧随其后在2007年推出,中国则在2013年实现技术落地。起初,我们还能通过参考现有样板“依葫芦画瓢”,但随着研发的深入,尤其是在柔性机械臂的研发过程中,更多难题接踵而至——世界上既没有可直接借鉴的“现成方案”,也不存在能照搬套用的“标准答案”,研究步入领域的“无人区”。身处这片未知领域,保持热爱或许不难,但要在迷雾中做出正确抉择,绝非易事,这既考验团队的勇气,更检验成员的应变能力。

此次随“西垣0号”卫星升空的柔性机械臂,恰似一条灵活的象鼻,由多个柔性弹簧管串联而成。未来,它不仅能为卫星完成燃料加注,还可帮助人类在千里之外的太空“穿针引线”,实现卫星的维修与升级。然而,就是这样一个个需要兼顾稳定性与灵活性的关键部件,在研发之初便面临诸多挑战。王学谦在接受采访时回忆道:“科研路上最难忘的关卡就是当初那个‘二选一’的抉择。一个方案拥有扎实的理论基础与工程实现经验,另一个方案则更具优势、操作更简单,却在算法层面更为复杂。两

种方法各有利弊,不可能同时深入推进,一旦选错,成本将难以估量,必须做出取舍。”

这份选择的压力最终落在了王学谦肩上。他有过煎熬与犹豫,却从未萌生放弃的念头。最终,团队结合专家意见,选定理论更扎实的方案一作为主要研究方向,同时将更具优势且更简单的方案二列为“备选方案”继续探索。这套“组合拳”不仅确保了项目工期,也为后续发展保留了可能性,既是对选择的笃定,更彰显了“两手准备、稳中求进”的科研智慧。

笃定信念:面对困境,相信相信的力量

王学谦分享说:“相信相信的力量。”面对重大挑战与困难时,正是这句座右铭给予他力量,引领团队突围。

“还记得在一次环境实验中,我们遇到了重大问题。”科研道路从不平坦,面对困境与停滞,王学谦那份笃定的平和,对年轻科研人员而言犹如一盏明灯。当时实验已进入正样阶段,却突然发生严重电磁干扰——若拆散重来需耗时一年,时间完全来不及;让机器人带“病”上天,风险更是不言而喻。就在这进退两难的困局中,王学谦带领团队顶住“归零测试”的压力,逐个排查问题,最终找到了突破口。

据团队成员回忆,他们在热真空试验中也曾有过“绝处逢生”的经历。该试验旨在模拟太空高低温交替环境,当机械臂被送入巨大的真空罐后,因温度变化引发材料微变形,导致臂体失控抖动、监控数据异常,试验面临中断甚至周期重启的风险。团队必须在有限的试验窗口期内解决问题,经过三天的攻关与算法修正,最终成功排除故障。

王学谦常勉励年轻人:“要相信问题是可以解决的,沉下心来,一个结一个结耐心解开。”作为团队领航者,他始终是“定海神针”般的存在。在困难面前处变不惊的他,在学生眼中不仅是科研领路人,更是人生道路上的导师。

“空间机器人,就好比太空中的‘4S服务店’,能替人类开展科学实验,执行出舱操作,甚至为航天器‘加油’、维修,清理空间碎片,为我国航天在轨服务提供核心支撑。”多年来,王学谦带领团队潜心探索、反复试验,攻克了空间机器人总体设计、动力学控制、遥操作等“卡脖子”难题,研制出绳驱动空间柔性机械臂和敏捷机械臂,以及基于三维手势的天地闭环遥操作系统,圆满完成了多项重要航天任务,曾获得国家科技进步奖特等奖、国家技术发明奖二等奖、150余项授权发明专利……随着技术的进步,AI的加持让空间机器人的发展“如虎添翼”。谈到未来,王学谦表示,空间机器人的发展空间和机遇将持续扩大,这份二十余年的科研坚守仍将继续。