



陈恳 CHEN Ken

清华大学首席研究员

Lead Researcher of Tsinghua
University

机器人及自动化团队负责人

Leader of Robotics and Automation
Team


清华大学机械工程系教授, 博士生导师, 机器人学科首席研究员, 国务院政府特殊津贴专家, 机械学位委员会副主席, 高端装备研究院专业委员会主席和机器人工程所所长, 航空先进制造装备及自动化联合研究中心主任。已完成机器人与自动化相关领域国家与国防重大型号科研项目 70 余项, 获得国家 and 国防发明专利 80 余项, 发表学术论文 200 余篇, 出版学术专著与教材 8 部, 获中国首届青年科技奖、中国机械工业科技一等奖, 以及多项国防科技、解放军、中航工业、北京市和清华大学成果一、二、三等奖项。中国航空/宇航/自动化/标准化/等学会机器人专业委员或理事、清华机器人技术与产业协同创新联盟理事长、《机器人》杂志编委、教育部机械学科指导委员和国防学部委员。

产学研用，促进航空特种机器人应用

——访清华大学首席研究员陈恳教授

Industry-University-Research Collaboration, Promote the Application of
Aviation Special Robots

本刊记者 海山


: 请简单介绍一下清华大学机器人及自动化团队在航空领域的重点研究方向及内容。

陈恳: 机器人及自动化团队在航空领域的主要研究分为航空特种机器人表面涂装和航空数字化制造技术及相关自动化装备两大方向, 涉


及面较广。从航空特种机器人表面涂装来看, 航空产品具有喷涂形状复杂、尺寸大、对喷涂质量要求高的特点, 我们的团队从最开始主要帮助企业解决进气道的涂覆问题, 到现在的整机外表面喷涂, 进而推广到大型零部件喷涂, 从设备到控制、检测、工

艺, 我们已经形成了自己的知识产权以及一套完整的智能特种机器人喷涂技术体系。在航空数字化制造及自动化装备方面, 如何将机器人用在数字化装备上, 如何利用机器人技术来解决飞机数字化装配中部装、总装的特殊需求, 如何将机器人技术和传

统的制造方式结合起来,从而适应各种飞机制造生产要求,解决技术难题,提升航空制造技术装备水平,促进学科发展与创新是我们团队的主要研究方向与特色之一。


: 您的团队在 2005 年进入航空领域,从学术研究到工程应用转化做了哪些工作?

陈恩: 通过国家重大需求的牵引,把高校已经掌握的理论技术,以及创新优势和国家目前的具体需求结合起来,在结合过程中,解决关键技术,研制新装备,并通过工程实践与提炼,推动相关理论与技术创新。基础理论研究要保持延续性,特别是跟航空企业合作,国家航空发展非常快,对我们来说,项目进行过程中,不管是从学生的培养,老师的学术水平,还是论文的发表,后续的研究都是不间断的。在国家重大需求的大背景下做理论和技术创新,将企业需求变成整体方案,变成解决企业难题的技术途径与方法及新装备,这就解决了我们的理论和技术发展方向问题,同时也把研究成果转换成为了工程问题的解决方案和实施技术。

: 团队致力于先进制造工艺的优化,请问在特种材料加工工艺方面进行了哪些研究?


陈恩: 我们的团队研究特种机器人技术在航空产品涂装与数字化制造及装配领域的系统设计、控制、自动作业规划、测量与集成、自动化实施工艺等问题,涉及飞机的机器人涂装与数字化装配系统结构优化设计、移动式冗余特种多机器人系统智能作业规划与安全避碰、机器人化无型架柔性定位系统设计开发、复杂数字化系统的集成与智能控制、机器人数字化制孔与装配、机器人喷涂与数字化制造过程的测量与精度补偿,以及机器人自动化作业工艺设计与参数优化等关键技术。特别是高端机器人装备在企业应用之后,与传统手工是不一样的,工艺规程与参数,比

如机器人末端喷枪或制孔刀具工艺参数的设置、寿命及故障检测等,都需要通过大量工艺试验研究确定。其中一部分工艺试验,可通过学校内我们团队自己开发的平台来实现,除此之外,还需要通过企业生产线,需要和企业车间技术人员反复沟通,进行大量的工艺试验,共同来研究用上新设备之后工艺怎么做。我们的研究不涉及材料本身,只做工艺研究,例如喷涂方面,研究怎么达到满足要求的喷涂质量;比如机械手臂,研究运转速度、喷枪距离和压力流量控制等。具体到复合材料叠层机器人制孔,涉及一个分层、撕裂、错孔和毛刺以及精度等加工与装配质量的问题,所以必须将刀具转速、角度、压力等工艺问题通过试验确定预先解决后才可实际应用。相同类工艺有些参数是可调用的,但是需要长期、大量积累,而且如果工艺变化太大,哪怕是以前研究过的,也要预先试一次。新的设备或新的飞机型号,摸索工艺时间就会长些,而同型号飞机,有些参数是可以直接用的,只需要验证性的试验,试验时间也就短些。涂料成分对工艺摸索也有影响,特别是特种涂料,易沉淀,不同温度变化对粘度、流动性和均匀度都有影响。

: 作为团队的负责人,请谈谈在培养学生过程中的心得。

陈恩: 对清华的学生,尤其是博士,我们很看重他入学时的基础,同时要有综合能力,有一定的创新敏感性,解决问题的思维要清楚。学生要通过学校,通过项目,通过具体任务,来锻炼综合解决问题的能力,把系统的知识打扎实,要学会与人合作,同时也要锻炼组织能力。到我这来很苦,既要做理论,又要做工程,作为博士首先要在自己论文研究的小方向成为专家,要在自身的研究方向上超过我,如果不成为专家,没有一定的水平造诣,没有深入的研究和创新,就不是一个合格的博士生。学生在

校的 5~8 年中,要让他们感觉人生的最好光阴在实验室没有虚度。我认为当教师最欣慰的不是项目,更重要的是有这些出色的学生。

: “产学研用”实现了体制机制、合作模式、创新人才培养 3 大突破,在与企业、科研单位的长期合作过程中,有哪些感悟与我们分享?

陈恩: “产学研用”是我国走了很多年的大的政策方向,实际上国外也是如此。在企业方面,国外的一流企业,从人才的培养到技术,基本上跟高校都有合作,合作方式以成立联合实验室、制定人才培养协议、向高校赠送试验设备为主。我们的团队也和国内外大企业有合作,建立了联合研究中心。我国是制造大国,现在也有很多领域属于领先地位,但是很多基础工业领域和一些关键技术需要进一步研究,而这些研究从国内情况来看不是企业的长项,一定要通过科研单位、高校,特别是某一方向的一流院校,来解决企业的需求,从而推动技术水平的提高、装备的更新和人才的培养。航空制造领域有高技术、高难度的特点,民机、军机有很多特殊的要求,需要大量的创新技术,企业(如成飞、西飞)的技术人员跟高校科研人员协作,企业的技术储备有了很大的提升。产学研用,优势互补,解决了国家目前阶段对创新的需求。如果企业没有抓好产学研用,技术更新换代与企业发展容易出现滞后。而产学研“研”中的研究机构,在某一研究领域有多年经验,同时具备创新能力,是高校和企业中间的桥梁,帮助高校解决了工程能力不足的问题。高校方面,通过产学研用,第一可制定明确学科发展的方向;第二结合国家重大需求,提出研究问题和创新点;第三高校最终目的要培养人,特别是工程学科,要结合实际进行培养,通过产学研用,可培养各个行业的高层次人才,培养国家急需的人才和技术骨干。(责编 大漠)