



陶波 TAO Bo

教育部“长江学者奖励计划”

青年学者

Young Chang Jiang Scholar

华中科技大学教授

Professor of Huazhong University of
Science and Technology

华中科技大学机械科学与工程学院教授、博士生导师,主要研究方向为智能制造与机器人技术。中组部首批“青年拔尖人才支持计划”、教育部首批“长江学者奖励计划”青年学者、教育部新世纪优秀人才计划、全国优秀博士论文提名奖入选者。2011年破格遴选为博士生导师,2013年破格晋升为教授。先后承担国家自然科学基金4项、国家重大专项课题2项、国家973计划课题1项。在国内外学术期刊发表论文60余篇,应邀参与撰写英文专著2本。获国家技术发明二等奖1项,省部级技术发明一等奖、科技进步一等奖各1项,获国家专利授权10余项。

RFID技术助力智能制造进程

——访青年长江学者、华中科技大学教授陶波

RFID Promotes the Process of Intelligent Manufacturing

本刊记者 海山

海山: 近年来您的团队围绕高性能无线射频识别(RFID)技术开展了哪些工作?取得了哪些创新性的研究成果?


陶波: 无线射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)是一种利用射频通信实现的非接触式自动识别感知技术,具有识别距离远、

识别速度快、抗干扰能力强以及多目标同时识别等优点,在制造、物流、交通、军事等领域具有大规模应用前景。将RFID技术与制造技术相结合,借助RFID技术在识别、感知、联网、定位等方面的强大功能,可有效提升复杂零件的制造效率和品质。在国家自然科学基金、973课题、863

项目以及国家重大科技专项等课题的持续支持下,我们团队围绕高性能RFID产品设计、制造和应用进行了10多年的研究。主要研究工作包括:建立了高性能RFID标签制造工艺技术,研制了我国第一台全自动高性能RFID标签制造装备并实现了产业化应用。RFID标签制造装备是实

现高性能 RFID 标签制造的核心装备,我国主要依赖进口。为此,我们系统研究了 RFID 标签制造过程中芯片-天线基板微互连性能精确形成机理和调控策略、工艺参数精确协同控制方法和精密操作技术,突破了高性能 RFID 标签制造一致性调控难题,建立了高性能 RFID 标签制造工艺技术并研发了装备,主要技术指标达到并部分超过国际同类设备先进水平,打破了国外在该领域的装备垄断。基于国产天线基板、芯片、导电胶材料,实现了高性能 RFID 标签高效、高精、高可靠制造。研究成果“高性能无线射频识别(RFID)标签制造核心装备”获 2013 年国家技术发明二等奖。近年来,我们也在探索将基于有机导电聚合物的喷墨打印工艺与天线基板的印刷工艺相结合,实现全柔性 RFID 标签一体化制造。

RFID 技术在物流领域得到了广泛的应用,但在制造、国防等特殊应用场合,尚存在诸多技术难题。比如制造车间金属、油污、切屑液等强干扰以及复杂多变的工况环境对 RFID 技术应用产生了致命影响。为此,我们系统研究了小型化、高带宽、抗金属 RFID 设计方法和防冲突算法,提出了基于边“测”边“调”模式的 RFID 动态谐振自适应匹配方法,实现了多变强干扰环境下 RFID 技术的适应性和稳定性,研发了一系列高性能特种 RFID 标签、读写器和 RFID 传感器。在此基础上,我们研究了 RFID 定位和 RFID 伺服导航技术,研发了制造车间人(操作工人)、机(制造装备)、物(在制品、刀辅具、物流机器人、物流小车等)跟踪定位与全生命周期管控系统,在三一重工、武重等 10 余家大型制造企业智能制造系统中得到应用。

: RFID 已在国外智能制造领域得到较为广泛的应用,此项技术目前在国内外航空制造领域应用状况如何?

陶波: 航空制造领域具有零部件数量庞大、供应链关系复杂的特点,航空产品全生命周期管控中的信息交互非常重要。随着 RFID 技术的发展,航空工业已经成为 RFID 技术应用的新领域。如德国汉莎公司利用 RFID 技术跟踪飞机发动机、飞行器零部件以提高维修效率,美国通用公司将 RFID 技术应用于航空发动机全生命周期管理。

RFID 在航空制造的应用主要包括两个方面:一是用于制造过程管控,包括供应链管理以及制造执行系统。基于 RFID 的制造执行系统一方面可以实现制造过程的闭环控制,另一方面可以通过产品或者零部件的品种和批次,自动选择对应的工序和物料,实现柔性制造。空客在 2000 年、波音在 2004 年开始在航空制造过程中引入 RFID 技术。二是飞机维护和检修系统。在 2011 年,波音开始在民用飞机制造中应用超高频 RFID 标签以跟踪零部件的维护历史。空客从 2008 年开始要求其供应商在 A350 XWB 型号飞机超过 3000 种零部件中嵌入 RFID 标签,并在 2012 年将 RFID 技术扩展应用到所有型号飞机上。

虽然现阶段各大航空制造商或多或少在制造过程中开始广泛应用 RFID 技术,但推进较为缓慢。主要原因在于航空制造涉及到分布在全球各地的数量众多的第三方零件供应商共同参与,这就要求必须有统一的数据交换标准,而全球不同国家和地区划分给 UHF RFID 的频段不同。为支持 RFID 技术在航空制造领域应用,2006 年,美国汽车工程师协会针对航空应用制定了无源超高频 RFID 标签的指导标准 AS5678,美国航空运输协会在 2012 年的 Spec2000 电子商务规范中规定了 RFID 标签的数据格式,这些标准有望推动 RFID 在航空工业的推广应用。

: 机器人技术是智能制造不

可或缺的一部分,请谈谈您重点关注哪些方面?我国机器人技术目前面临哪些机遇与挑战?

陶波: 大型复杂构件多机器人协同智能制造是我们团队目前关注的重点,包括多机器人协同加工、操作、装配等,通过融合 RFID 伺服技术、视觉伺服技术和力位混合控制技术,实现大位移范围内高精度的机器人-工件精密定位。相关研究已在航空发动机叶片、燃气轮机叶片、大型风电叶片磨抛加工中得到成功应用。

当前是机器人技术与产业井喷式发展时期,也为我国机器人技术的发展提供了重大发展机遇。主要体现在:(1)各发达国家开始进行新一轮机器人产业布局。如美国“先进制造业伙伴计划”、德国“工业 4.0”计划、欧盟“火花”计划等,这些规划必将推动全球机器人技术水平跨越式发展。(2)我国国计民生发展对机器人需求量巨大,机器人作为构建未来创新型社会的重要科技手段,经济和社会价值巨大。(3)新一代机器人研究方兴未艾。机器人在智能和自主方面与人存在巨大差距,机器人的进一步发展必然要寻求作业能力的提升、人机交互能力的改善、安全性能的提高。下一代机器人将是能够实现与作业环境、人和其他机器人自主适应、自然交互、协同作业的共融机器人。其技术发展的挑战包括:(1)刚柔耦合的新型机器人结构,包括结构驱动控制一体化设计、高效驱动传动机理、非线性动力学与控制等;(2)机器人主动感知与自然交互,包括多传感信息获取与融合处理、行为意图的学习与准确判读,以及人机交互协作决策与规划控制;(3)机器人自主控制与群体智能,主要挑战在于如何通过个体间的协作,形成更高级的群体智能,并通过多态分布式操作系统的资源和行为管理,实现多域异构群体机器人的分布协同控制。 (责编 大漠)