

他们用 A4 纸大小的装备给飞机“打孔”

■本报记者 孙丹宁

当一架架飞机翱翔于苍穹时,鲜有人知道,机身上存在着数十万个精度 0.02 毫米的连接孔。这些小孔是飞行安全的支点,毫厘之差就会埋下安全隐患。

然而,飞机内部结构紧凑、材料多样。以机翼为例,在部装环节往往仅有不到 1 米的空间,还有很多肋板阻碍,要在如此狭小的空间实现复合材料高效率、高质量钻孔作业,是世界各国面临的技术难题。

近日,大连理工大学团队历时 7 年破解了该技术难题,研发出一个只有 A4 纸大小的智能化加工装备。该装备能在 0.1 秒内识别不同材料并匹配参数,加工精度最高达 IT7 级,效率提高 3 倍以上,为高端航空装备的研制与批量生产提供了保障。

“看见我们设计制作的装备应用在飞机上,我们先前所有的努力已经有了答案。”学生团队负责人、大连理工大学博士研究生常宇豪说。

啄木鸟的启发

2018 年,刚刚进入大连理工大学的常宇豪参加了一场关于复合材料加工的科普讲座,报告人正是后来成为大连理工大学校长,并当选中国科学院院士的贾振元。

“从报告中,我了解到复合材料在飞机上应用方面的重要性,尤其是轻质高强度材料能够让飞机飞得又快又远。我当时就对飞机制造产生了浓厚兴趣,想着有朝一日可以亲身参与其中。”常宇豪回忆起当时的场景,至今仍然历历在目。这场报告也成为一名大一学生的“科学启航”,让他坚定了未来的发展道路,并进入高性能精密制造全国重点实验室进一步学习。

在学习过程中,他渐渐了解到,在自动化普及的今天,我国飞机上仍有许多零部件需要手工制作,而国外的飞机大多数已经通过小型加工装备实现了半自动、全自动化生产,产能是我国的 5 倍以上。

为什么差距这么大?带着心中的疑惑,他找到了导师大连理工大学教授王福吉。“限制飞机生产的不仅仅是加工先进材料的刀具,还有加工装备。虽然国外在这方面领先很多,但是我相信你们只要努力,也能赶上。”这给了团队很大的信心。他们开始琢磨,什么样的自动化加工装备适用于飞机?

一架飞机的内部结构十分复杂,需要在各种条件下加工近百万个孔。传统制孔机床多为大型“包容式”结构,需要将被加工的零部件包裹在其中,而面对飞机内部狭小空间的限制,“包容式”的机床无法满足加工需求。另外,航空材料强度高、种类多、差异大,加工难度极高,现有加工技术不能导致加工过程中经常出现破损,甚至会造成数十亿元零部件的报废损失。

用“智慧大脑”延长动力电池寿命

■本报记者 沈春蕾

“如果这项技术在国内储能市场推广,每年可减少电子废弃物 20 万吨,减少碳排放 1500 万吨。”这是评审专家对扬州大学教授方宇团队开发的高性能自适应双通道新型储能装备的评价。

日前,该装备已在多家企业完成为期半年的试用,即将正式投入市场。方宇告诉《中国科学报》:“我们为动力电池组设计的‘智慧大脑’不仅可以让退役电池组的使用寿命延长 30%,还可以保持并延长正常电池的使用寿命。”

动力电池退役不代表报废

方宇告诉《中国科学报》,他并不是专业做电池的,自己跟动力电池的缘分还得从“科技镇长团”说起。

2016 年,方宇被选为“科技镇长团”一员,来到江苏省常熟市挂职工作,担任尚湖镇党委副书记一职。其间,他深入开展企业调研,在人才配置、成果转化等多个环节建立起企业和高校的深入联系与互动。

在对接企业过程中,方宇结识了一家来自上海的新能源电池公司,对方希望通过技术改造进一步提高动力电池的使用效率。

“当动力电池容量衰减至额定容量 80%以下时,就不再适用于电动汽车。但电池容量在额定容量 50%至 80%之间的动力电池仍有使用价值,如果将电池拆解后重组,可做成储能设备、应急电源等继续服役。”方宇说。

近年来,我国新能源车的动力电池迎来“退役潮”。相关机构预测,2025 年我国退役动力电池将达到 104 万吨,2030 年将达到 350 万吨。

动力电池退役不代表报废。方宇告诉《中国科学报》,从新能源车上退下来的动力电池如果直接淘汰就是浪费,这些电池可以用于光伏并网储能。

此前,美国特斯拉公司推出的“能源墙”



学生团队在企业实地调研与交流。

受访者供图

在仔细观察飞机构造后,团队联想到常见的啄木鸟:“啄木鸟可以在树干上打洞,不用把树干摘下来再工作。如果‘制孔’也能变革加工模式,将固定在地面上的‘包容式’加工,变为直接固定在零件上的‘在体’加工,就能够像啄木鸟一样,灵巧且智能地完成打洞制孔。”

这样的想法非常新颖,但实现起来面临着很多困难。

“首先就是小型化难。现有的制孔方式大多需要工人拿着气钻在飞机上人工钻孔,这样加工效率比较低,容易产生超差现象。我们就想设计一款能拿在手里的便携式自动化制孔装备,并且集成冷却、低频振动制孔、数字化控制等功能。然而,将这么多功能集成在 A4 纸大小的尺寸里难度还是比较大的。”团队成员费浩航告诉《中国科学报》。

此外,钛合金等高强度材料的制孔过程需要“进一下、退一下”,这样会导致切削力波动极大,使得设备的稳定控制成为难题。

为此,他们向业内专家贾振元求教。在说出自己的想法和遇到的困难后,贾振元鼓励学生们到现场去看看,“只有深入一线、真正知道现场工人和工况的需求,才能做出好设备”。

在飞机上“制孔”

这个学生团队先后参观了多家飞机制造企业,在成都飞机工业(集团)有限责

任公司、沈阳飞机工业(集团)有限责任公司、哈尔滨飞机工业(集团)有限责任公司等主机厂现场调研后,他们终于发现了突破口。

“我们一年大概有 100 多天时间‘泡’在企业里,终于想到了一种空间降维式传动方案。该方案主要通过差动行星轮系将旋转与进给运动解耦,利用单零件多功能设计,将所需的零件成功装进一张 A4 纸大小的装备里。工人们可以提着它到处工作,加工一个孔的效率达到人工的 3 倍以上。”团队成员刘贺鑫说。

“我们的指导老师、大连理工大学教授付饶建议我们采用一种新的分析方法,在基于末端求力的便携式装备的精度与刚度上做分析。这让我们成功找到了装备内部影响精度、刚度的关键零件,使得设备主轴回转误差变小,可以达到精密机床的标准。”费浩航介绍。

正当团队长舒一口气的时候,新的困难又接踵而至。

他们在工厂大量实验后发现,在加工单层材料时,精度可以达到 IT8 级,但在加工叠层复合材料时孔径偏差很大,还会导致操作人员被烧伤的情况发生。这一下难住了年轻的学生团队。

经验丰富的导师再次给出了新建议:“这是参数不匹配造成的。给两层、三层的材料钻孔,很难知道下面材料的具体参数,但只有知道下层材料的种类、位置、厚度并自

本,也不需要对接原电池组进行改造。”

方宇团队自主研发的模糊加权控制算法可以实时监测电池电压及其变化率,自动分配充放电电流,绕过了传统均衡硬件装置的壁垒。团队还利用预设时间的反馈控制技术实现母线电压的快速跟踪,并设计了一套“独立双通道—绕组串型双有源桥”的电路架构,使得高压侧开关器件减少了 50%以上,大幅降低装置成本并提升了系统可靠性。

“这套电路架构就像给电池安装了‘智慧大脑’。”团队成员、方宇的学生张珈晨介绍,“架构设计的核心优势在于不需要精确计算电池剩余电量,而是通过电压变化趋势判断电池状态,既降低了对处理器算力的要求,又提升了系统响应速度。”

在企业测试期间,方宇团队经过 50 多次调试,最终将组合电池模组电压差值缩小到 0.2%,使退役电池组寿命延长 30%,能量转化效率达 97.8%,综合成本降低 25%。

从用户端考虑降本增效

“当初企业希望我们实现退役动力电池梯次利用、降低成本时,并没有要求做出这样一套装备。”方宇回忆道,“我们在开发的过程中,一边思考,一边尝试,尽量从用户端出发,不改变原来的电池装置,通过软件算法为电池装上‘智慧大脑’,不仅延长了电池使用寿命,还帮助客户节约了成本。”

最开始,方宇团队也曾想过采用其他方法,比如从电池机理出发估算动力电池的剩

余电量,并监测放电过程中电量的衰竭。

“如果使用上述方法,在电池不使用的時候才能准确评估出剩余电量。但对客户来说,这样做不仅耽误工时,还需要增加一些硬件装置。”方宇说,他们在给客户测试的时候,曾加入动态均衡仪这样的硬件,虽然可以提高电池使用效率,但客户会多出一笔开支。

于是,方宇团队另辟蹊径,采取动态监测方法,不但可以计算出剩余电量,还省去了硬件装置的成本,最终让企业实现降本增效。

从 2024 年开始,方宇团队开发的高性能自适应双通道新型储能装备已经在多家企业开展测试,用户的反馈不错。他透露已经跟用户达成潜在合作意向。

除了延长退役动力电池的使用寿命,这套设备还适用于被淘汰电池的梯次利用。如果接入性能正常的电池组,还有助于延长电池组的使用寿命。

方宇解释说,因为不同通道的电池在使用过程面临不一致的变化,导致性能差异。“我们开发的‘智慧大脑’能避免这种情况发生,保持甚至延长正常电池的使用寿命。”

星星之火有望燎原

在装备不断完善的同时,团队也将产品逐步推向市场。

他们打出这样的广告:“以往加工使用的机床价格昂贵,设计复杂,只有经过长时间专业培训的高级人才才能操作。我们研发的设备操作门槛低,原有产线上的普通工人都能使用,工人师傅只需连接线路,将工具装夹到对应加工位置,一键启动即可自动加工。相较于工人手工加工,加工单孔耗时由 5 分钟减至 0.5 分钟,加工精度提升 1 级。”

2023 年 6 月 16 日,这是团队毕生难忘的日子。他们研制的装备成功在飞机的一个接口处钻下了第一个孔。看着操作人员熟练运用加工装备,并大大提高了加工效率,团队的小伙伴们兴奋不已:“那天是我们第一次真实地参与飞机的制造,一直干到凌晨 4 点,但是我们没有一点困意。”

看到亲手组装的飞机上天,大家感触颇深。“我们从本科阶段就能接触到服务国家重大需求的项目,并来到生产一线发现问题、寻找解决方法、动手实践,这让我们了解到科研大有可为。”团队成员郝泽源说。

“我们的控制与驱动电路板都是自主设计的。”朱焰爽说。得益于团队自主知识产权与加工全过程自主性,他们研发的全系列设备组件国产化率均在 95%以上,特殊要求下可实现零件 100%国产。

2018 年至今,大连理工大学的这个学生团队共产出 28 项发明专利、5 项软著、8 篇高水平论文等成果。目前团队研发的系列智能化灵巧加工装备,已成功应用于航空装备的制造,加工能力达到国际先进水平,还可推广到航天、船舶、车辆、能源等领域的高端装备制造中。未来,团队准备利用智能化装备信息可溯源的特点,构建数字化工厂,提高调度效率,让人工使用起来更快捷,让飞机“钻孔”更安全。

“从 0 到 1 很难,但从 1 到无穷大更难。我们正在一点点努力,盼望着星星之火最终燎原。”付饶说。

资讯

世界首例机器人辅助生物型全膝关节置换翻修术完成

本报讯(记者张思玮)日前,北京大学第三医院骨科关节外科主任田华教授团队在手术机器人系统辅助下,使用 3D 打印生物型假体,为一例膝关节置换术后无菌性松动患者进行了膝关节置换翻修术。手术过程顺利,患者术后恢复良好,术后 5 天即顺利出院。据检索,该技术尚属世界首例,也是国产手术机器人进行关节置换翻修术的首次临床应用。

患者是一位 73 岁的女性,6 年前因膝关节炎于当地医院行左膝关节置换术,之后因左膝关节疼痛 1 年余,辗转就诊于西安、北京等地多所医院,后慕名来到北京大学第三医院。经该院多学科会诊,患者被诊断为膝关节置换术后无菌性松动。

田华团队在长期的临床实践中,研发了此次手术使用的 3D 打印生物型膝关节置换翻修假体系统。其融合了 3D 打印钴铬钼合金、3D 打印钛合金等金属增材制造技术,根据患者影像学数据进行个性化定制,在干骺端区域有良好的稳定性,且操作简单,实现了生物型固定(髌骨假体除外),具有良好的骨长入性能和远期稳定性,减低了延长杆疼痛风险,不仅操作方便,还可以大大降低手术难度,缩短手术时间。

据悉,此次手术使用的膝关节机器人系田华团队自主研发,具有完全自主知识产权,具备国产化、轻量化、精准化、智能化等优点。术前,团队用机器人系统三维建模,直观了解患者的骨质情况,确定了合适的术前计划。同时,机器人系统支持术者在术前与术中灵活调整规划方案,使力学对线更为精准,软组织更为平衡。

术中,机器人系统实现了带假体和去假体两种模式下的精准注册配准,并辅助完成了引导截骨、假体植入、力线对齐、间隙平衡等多个关键步骤,保证了手术操作的精准可控,标志着手术机器人技术在复杂翻修领域实现了关键突破。

介入式脑机接口实现人体患肢运动功能修复



项目团队正在为受试者施行介入式脑机接口手术。南开大学供图

本报讯(记者陈彬 通讯员丛敏)近日,全球首例介入式脑机接口辅助人体患肢运动功能修复试验在我国完成。该研究由南开大学教授段峰团队牵头,联合三博脑科医院教授林志雄、福建省第二人民医院教授吴成翰,依托南开团队自主研发的介入式脑机接口系统,在天津健嘉康复医院、中国人民解放军空军特色医学中心、天津嵘元智能科技有限公司的支持下完成。

研究团队介绍,该临床试验的受试者是一位因脑梗死导致左侧肢体瘫痪半年的 67 岁男性患者,传统治疗手段恢复希望渺茫。项目团队在高精度减影血管造影引导下,通过颈部血管介入微创手术方式将支架电极导入患者相应的颅内血管壁,并将无线传输与供电设备植入患者皮下,从而实现脑电信号采集与信号的无线通信传输,确保了手术的安全性和有效性。

自受试者大脑血管内导入介入式脑机接口设备以来,术后未出现感染、血栓形成等情况,系统运行稳定,实现了脑电信号的精准采集与交互控制。

在临床试验过程中,团队通过介入式脑机接口技术与功能性电刺激技术相结合,实时计算并调节刺激输出,形成“中枢—外周—中枢”闭环反馈,在进行辅助运动训练的同时增加神经可塑性,从而帮助患者实现更加稳定、自然的肢体运动。目前,患者左侧上肢已经实现自由抓握、取药等日常动作,整体运动功能得到极大改善。

此次试验是段峰团队继取得全球首例介入式脑机接口非人灵长类动物实验、全球首例介入式脑机接口传感器血管内取出试验突破性成果后的首次介入式脑机接口人体临床试验,成为介入式脑机接口真正走向临床应用的重要里程碑。

这一成果展示了我国在脑机接口核心技术上的自主创新能力,标志着我国介入式脑机接口技术在精准控制、神经重建和智能康复领域迈出了关键一步,为卒中中、截瘫、渐冻症等运动功能障碍患者提供了全新的治疗方式,带来了新的康复希望,进一步夯实了我国在介入式脑机接口技术领域的国际领先地位。

青岛科技大学与云南共建天然橡胶产业技术研究院

本报讯(记者廖洋 通讯员刘奕辰)近日,青岛科技大学、云南省西双版纳州、云南省热带作物科学研究所共建云南天然橡胶产业技术研究院签约仪式在昆明举行。

云南省副省长、省政府秘书长王学勤表示,云南橡胶产业资源与区位优势,三方共建研究院为其带来了新机遇。要加强整体设计,以全产业链需求为着力点,推动科研与产业创新融合,完善科研机构运行机制,强化招商,以企业为主体促成成果转化,项目化推进攻关,助力产业升级,服务国家战略。

青岛科技大学党委书记杨天海指出,此次共建是学校服务天然橡胶国家战略、深化产学研合作的重要举措,也是校地合作共融的创新路径。学校将发挥教育、科技、人才优势,依托平台打造人才池,联合申报重大项目、建国家级平台,以橡胶产业提质增效助当地发展。

西双版纳州委书记朱家伟称,下一步将协同联动,专班推进研究院建设,聚力攻关核心技术,培养人才、拓展合作,发挥市场与资源优势,推动成果产业化、建“校、所、地、企”合作标杆。

根据协议,天然橡胶产业技术研究院按校地合作和科教融汇模式共建,西双版纳州政府将其纳入重大科创平台,每年补助 300 万元,提供产业场景与渠道,支持成果转化。三方整合优势,服务天然橡胶一二三产业,打造全产业链创新高地。