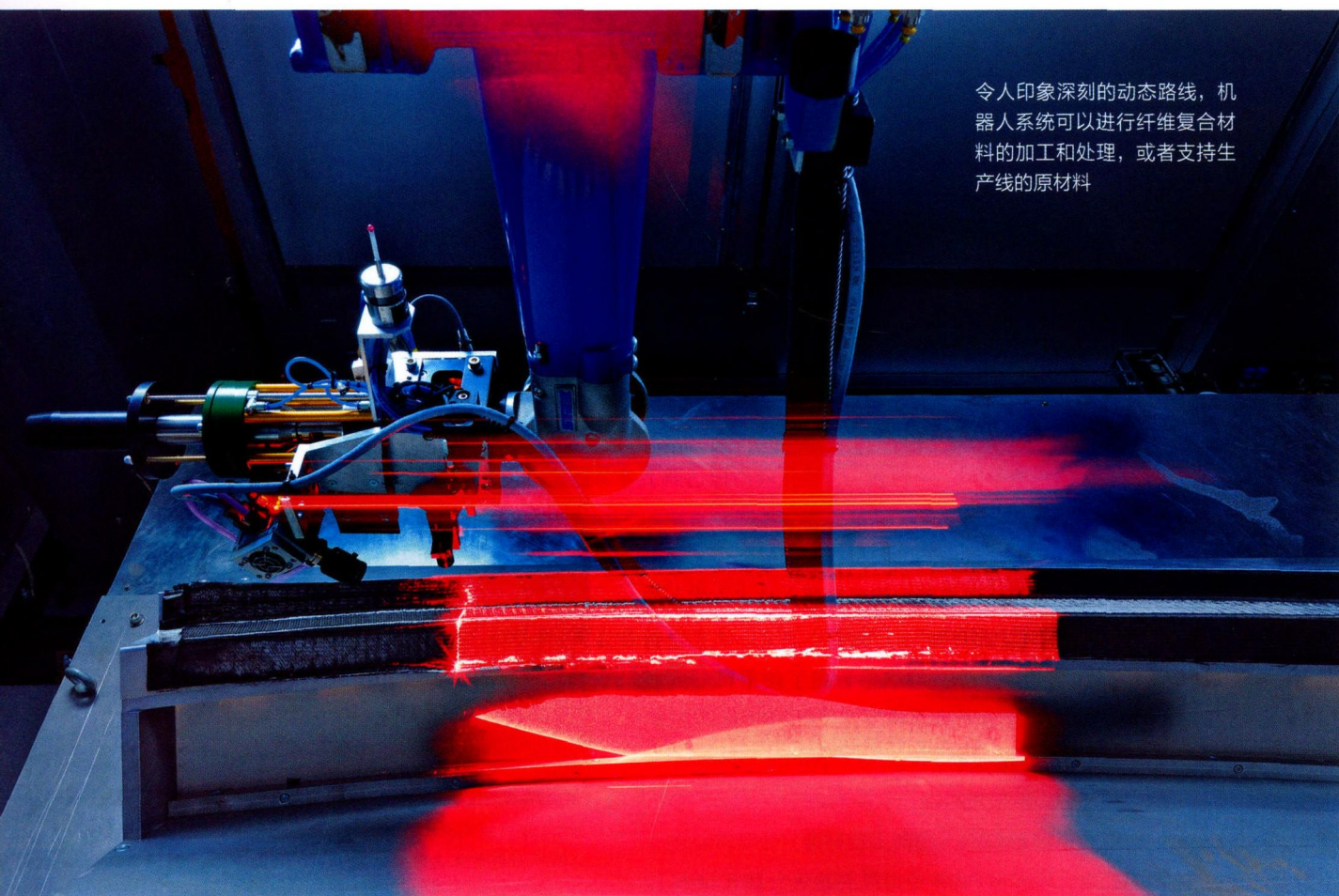




令人印象深刻的动态路线，机器人系统可以进行纤维复合材料的加工和处理，或者支持生产线的原材料

CFK 材料

自动化生产坚固的 CFK 材料 飞机组件

纤维复合材料一直是飞机制造中偏爱的材料。CFK 具有稳定、轻质的特质，符合许多设计者的要求。然而高要求的批量生产是飞机制造中的一大挑战。

文 | Josephin Schmidt

在移动平台上的机器人将根据生产作为最现代化和对企业有重要意义的科研中心 CFK Nord，人们在那里生产在德国宇航中心 DLR 内使用的通过碳纤维加强的合成材料组件。在与 KUKA 工业（是德国徠斯机器人 Reis 集团和 KUKA 系统业务合并后成立的）紧密合作的研究中，目标研发一套自动化的生

产设备。

DLR 设施位于相邻的被称之为 CFK Valley、一直围绕轻质结构材料做研究的德国科研中心 Fraunhofer 研究所内，在这里还有空客集团以及其他企业。DLR 的目标是研发能高效生产 CFK 组件的技术。因此要在一条全新长 45 m 能生产 CFK 组件的生产流水线上使用机器人，

例如，全自动切削加工。迄今为止，生产飞机 CFK 组件的成本是很高昂的，并且需要大量的手工劳动。

大批量生产航空学 CFK 轻质结构组件

DLR 作为单纯的科研设施希望可以改变今后新一代飞行设备。“我们

的目标是，建立一个灵活的工厂，其内部结构可以随时按市场需求进行调整。”DLR 轻质结构生产技术项目经理，Sven Torstrick 说道。“因此在准备阶段，要寻找可以给我们带来相关经验的合作伙伴。这些经验除了是拥有自动化生产技术外，还包括加生产工程方面的。最后这些科研中的方法最终将转换成符合实际的应用。我们希望赋予供应商这样的能力：可以在高度复杂的 CFK 制造过程中实现自动化生产，而无需承担紧张的基础科学研究工作。从这个角度考虑，我们是德国中产阶级的推动者，而不是躲在科学象牙塔中工作。”

CFK 的基本特性是轻质、稳定。只有当整个生产流程和产品质量都是可重复时，才能满足飞机制造商的高要求。Sven Torstrick 解释道，与铝相反，CFK 体现出着截然不同的特性，例如，当纤维并不是理想铺设时、或者湿气通过切边渗透到连接处时。其次，人们不能从外部观察到材料的机械损伤。因此，要确保制造过程中的最高精度。

是谁提供了关于处理复合纤维材料所需的经验？这个问题的答案在子项目的第一次招标后便可收到。例如，这个

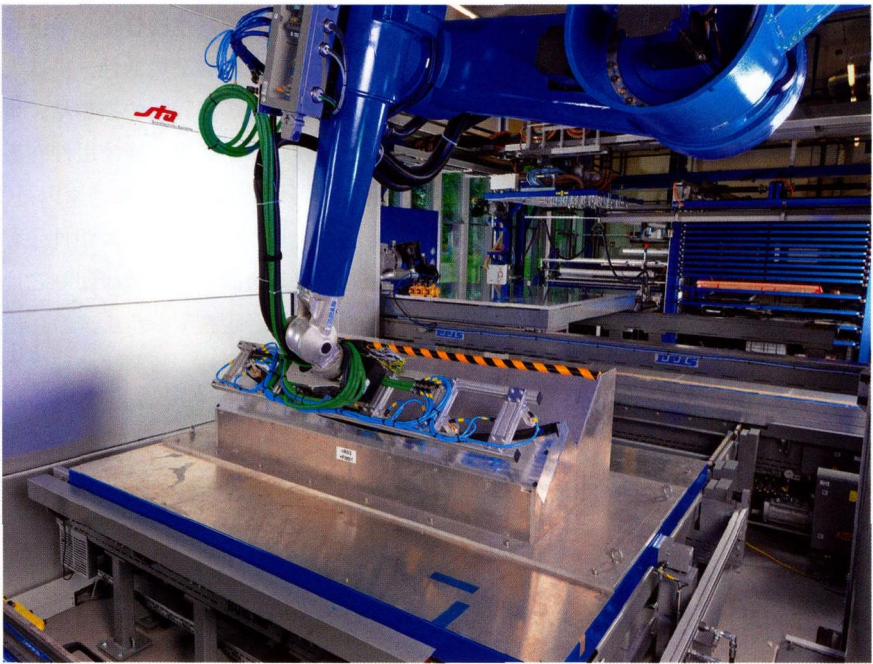


图 2 为超声刀装配型号为 RLP16 FT 的龙门机器人，它可以对工件在六个轴向上进行快速精准修边

寻找所需的熔炉是相对简单的，DLR 希望能在其开放式的设计计划书中体现潜在供货商的意见和想法。在这期间，Reis 表示他们可以实现任务的自动化操作。“在简短交谈之后，我们就意识到，这家来自 Obernburger 的企业不是第一次接触这样空间组件的项目。”Sven Torstrick 补充道。“项目负责人们非常

有能力，他们模块化关注预制生产流程的每个方面，并以标准组件为基础介绍了其核心设计。自动化专家关心的是，找到可靠的供应伙伴，并和他一起寻求一种通用的连贯的解决方案。”

面临的挑战和通用的解决途径

首先要做一个比先前做设计任务书时更为详细的规划。企业利用灵活的布局元素在厂房内进行最为有效的空间利用，实现其价值最大化。“在试验设备上以隔框的形式生产最接近图纸所示最终轮廓的空间组件，它在飞机机体内起固定框架作用。隔框是如何生产的呢？预成型组件在熔炉内进行最后的最终强度“烘焙”前，还要进行许多必要的步骤。涉及自动化生产纺织型（预先成型）以及对其滚边和用液态环氧树脂进行浸泡。在前一步生产流程中先展开滚轴的纤维管材，再用切割机（用从动的滚刀）预包装。然后储存在存储系统相应的单元格内，供今后使用。

在最终淬火前必须对组件进行修边

KUKA 自动化设备带来了：一台被

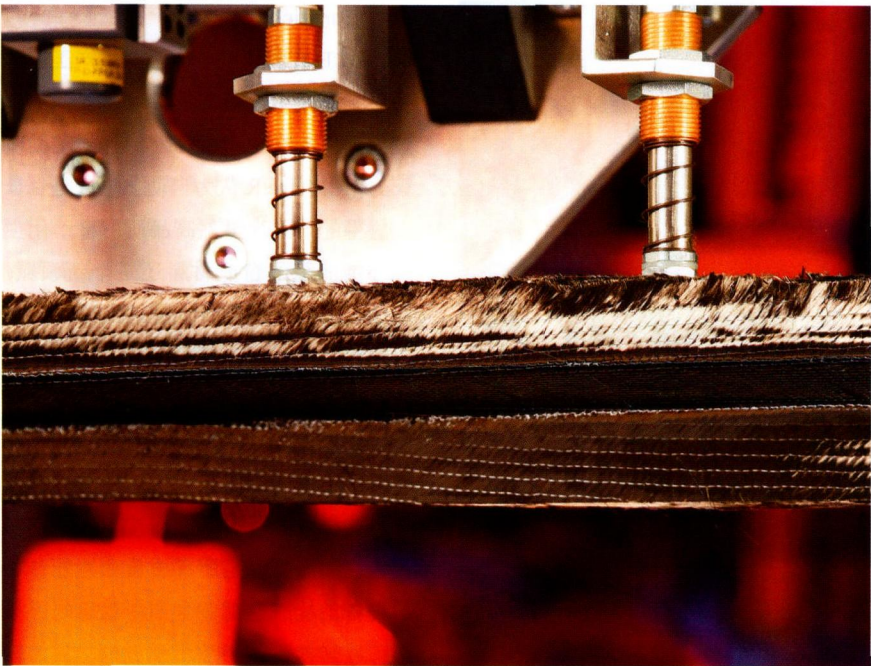


图 1 Jet 机器人 RVL 13060 填补了操作机器人家族的空白，它可以加工碳纤维

称之为打皱机器人的设备抓取一个2D剪裁机,它可以重塑材料理想的3D轮廓。机器人使用抓头,保证只抓取一个剪裁机。剪裁机的位置在剪贴板中通过一个图像处理系统确定。在完成成型加工后,打皱机器人将预制品放置在加固站的工具上。工具是铝制的,进行轮廓铣削加工,它固定在一个能对接移动加固工作台的地基上。加固站由一个安置在可移动的压力机工作台上的隔膜压床组成。通过红外线辐射加热预制组件,然后为了固定多层组件,将纺织品与现有的粉末胶合剂融合在一起。

于是对于整个项目中的传感器便有了特殊要求,因为,只有当铺层和纤维角度与预制参数相符时,才能保证产品的质量。因此,将由Frauenhofer公司研发的涡流传感器集成在设备上,它可以显示和评估纤维角度的走向。目前在科研设备中制成的组件总共有26层碳纤维。它们以紧凑的捆的形式出现,仅占用少数铺层数,稍后一起进行加固处理,最后形成一个单一组件。

在这一成型加工步骤之后,连接机器人将已完成加固的预制品转移到下一精修边工作站中的工具中。连接机器人

沿着位于其高处的线性轴移动,确保在车间内达到最大的移动灵活性。机器人负责连接单一生产流程间的操作站。精修边是十分必须的,为了能使组件在最终烘烤中可以达到最终轮廓。原因是,补充修剪一个已经硬化的CFK组件会对其强度造成其负面影响,每次切割之后形成的铣边都必须在下一步生产流程中进行喷漆处理。同样,预制品的精修边可以稳定浸渗工序,因为预制品是可重复生产的,并且可以以精确的外形嵌入其他部件内。精修边程序被视为是DLR陈述中的特别之处。

以组件的CAD数据为基础,可以离线完成相对应机器人的轨迹编程,轨迹编程软件Fastcurve由Cenit公司提供。Reis RobotstarV的控制系统通过相对应的界面实现了流畅的、非常精确的轨迹,而不是“笨拙的”点对点移动。因此,程序化的轨迹稍后可以沿着一定量进行移动。KUKA工业销售新科技的Dr. Volker Wuensch建议,为工具额外设立一台旋转台,就可以在这个紧凑的单元格内,通过这根额外的轴加工非常大型的组件。在进行修边加工时机器人使用超声刀。由机器人操作排烟系统设备

中的喷油嘴分离切割段。这个超声切口的特殊之处:通过选择一个理想切割工具,可以使超声刀排除周围材料的干扰进行精确切割。

设备的高度灵活性

已经加工完的组件最后将被取出:再次由操作机器人抓取出并传递到实际RTM操作步骤中(Resin Transfer Moulding,树脂传递模塑),在一个封闭的模型内进行加热,并在压力和热的作用下进行时效硬化。随后的退火炉有两层,为的是能同时加工两个组件。完成制造工序后的组件重新由连接机器人取出。

Torstrick强调了安装一台灵活设备的重要性。因为它只是基于科研任务而不是实际量产,至关重要,无论是在计划阶段还是在程序设计阶段,都要尽可能的扩展思维进行创造。这就是说,设备必须要能快速更换工具,便于操作,机器人的编程也必须直观。简单编程环境的优点体现在,学生们仅需接受很短的学习阶段,之后便能对新任务生产进行编程。“这对于实际应用也是很重要的,因为一架中型客机有超过140个隔框段,其中几乎很难有两个是完全一样的。”Torstrick说。

DLR在科研中心为轻质生产工艺建造了一个模型设备环境,可以让航空工业的供应商在批量生产前能起到辅助决策的作用。DLR认为自动化生产是百分百值得的。因为虽然高品质、自动化生产纤维加强的合成材料还是个新领域,但令人感到自豪的是,通过工序和自动化经验,提供了一个可以实现的环境,其中包含了许多复杂工序,并且可以解答很多实际操作中遇到的问题。Torstrick表示,飞机制造商和其零部件供应商现处于这样一种状态,它们按各自的目标设定,建造能满足所有质量和性能参数的设备。从航空工业生产中获得的成果还可以转换到其他应用领域内,比如转换到汽车工业中。MM

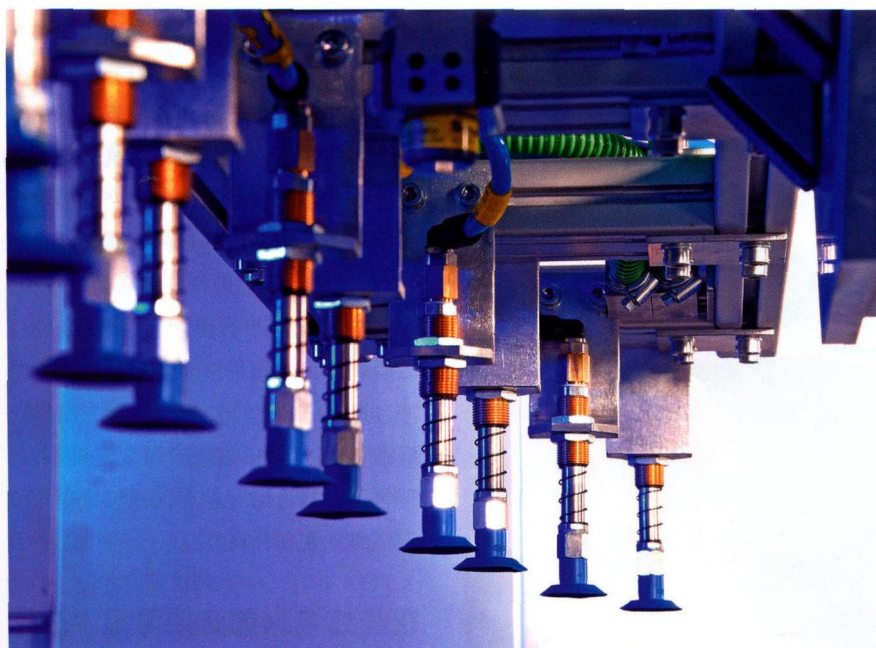


图3 装有吸入装置的抓头细节。系统可以将组件或预浸料杯牢固的、快速的、工艺流程可靠的、且路线经济的移动到相应的加工点