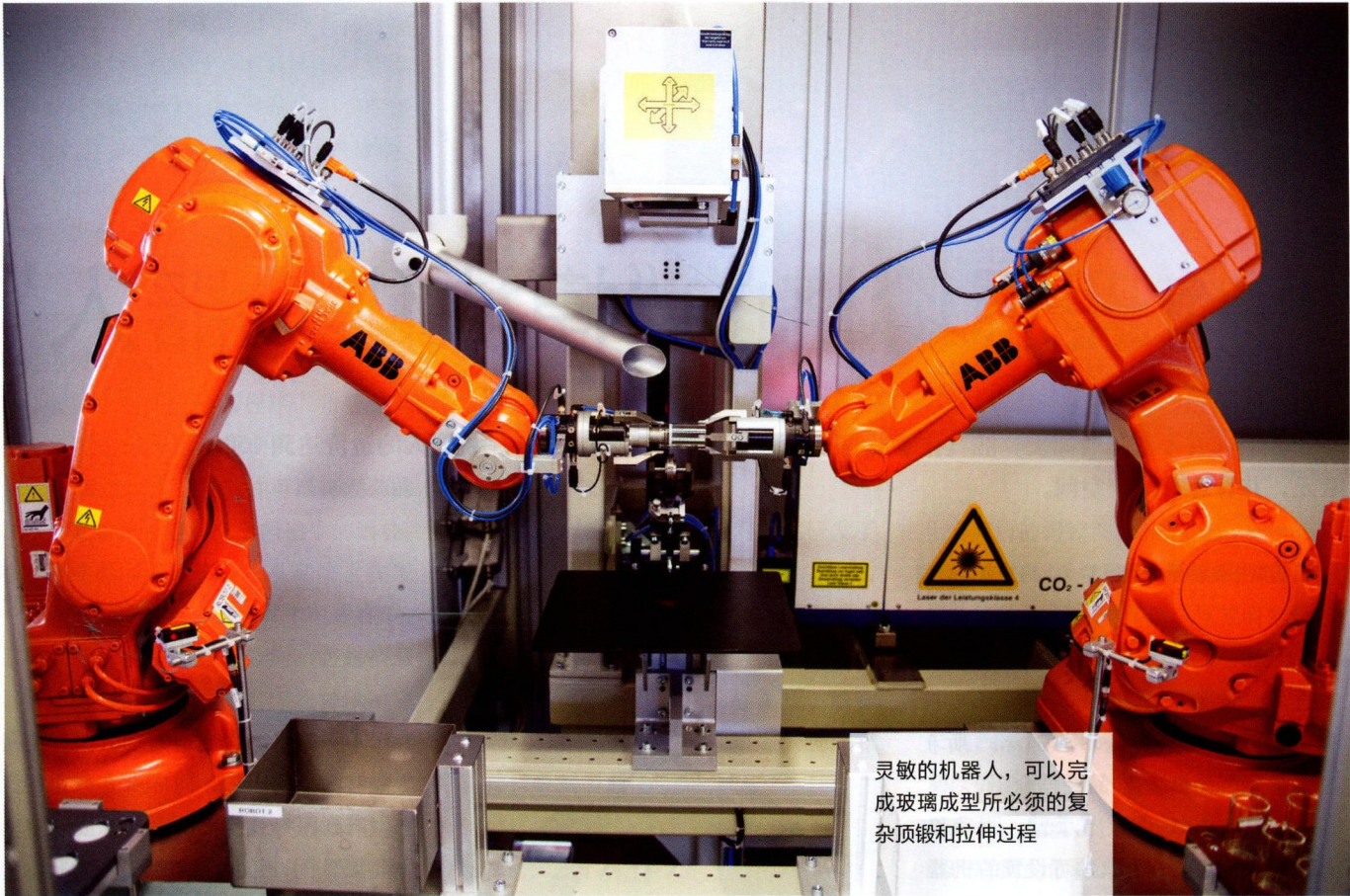




灵敏的机器人，可以完成玻璃成型所必须的复杂顶锻和拉伸过程

合作机器人

材料加工新视角

迄今为止，在一台机器人和激光支持的设备上将制造滤光镜和烧结滤光镜。整个玻璃原件的操作过程包括加工、熔化和标记，这些只能在一个设备连续运行时才能完成。

文 | Stephan Curland 和 Hans P. Fritsche

滤光镜和烧结滤光镜是化学、药剂学、食品生产和食品管理、传感技术以及色层分离法和核医学实验室中不可缺少的仪器。滤光镜的生产对材料技术、工艺技术和手工艺技巧都有着很高的要求，这是所面临的挑战。Robu公司过去非常缺乏专业的玻璃加工工人，这便是公司想要实现自动化滤光镜生产的重要催化剂。来自Eichstaett的Trebbin公司接受了这个任务：设计并实

现了全自动化、多功能生产和加工设备。

机器人技术支持的自动化设备确保了公司的竞争力

专业机床制造商的重心是机器人技术支持的针对灵活装配单元格的自动化设备。作为合作伙伴，Trebbin请教了位于Friedberg的ABB自动化设备有限公司的机器人业务部，和位于Bitterfeld-Wolfen的Feha Lasertec有限公司。那

是什么使机器人应用获得了成功？工业机器人可以在一个被定义的工作空间内以一个固定的工作点（TCP=Tool Center Point 工具中心点）快速、精准的进行重复移动。由机器人引导的抓手或工具，支持传感器以及成熟软件、有资质员工对智能控制系统进行编程或者配置，使它们能成为自动化设备中最高效和最多样的仪器。

在工业和制造业中越来越多的应用

领域内都使用了工业机器人。它们的使用确保了产品经济性、产品质量和耐用性，使用领域包括：焊接、铆合、装配、质量管理或所有货物的分类和包装。工业机器人可以完成喷漆、涂胶、给铸件去毛刺、操作机械、锻压、通过研磨和抛光进行表面加工，操控组件、工具，甚至可以相互组成团队合作工作。机器人的合作开创了完全崭新的应用方式。

即便生产小批量，使用机器人支持的自动化设备也能获利

位于 Hattert 的 Robu 公司在制造滤光镜元件 Vitra Por 时，它给人带来的印象很深刻，机器人支持的自动化设备是基于能合作的机器人，它的使用使企业不仅在大批量生产时获利。相反，此仪器使用的焦点是在生产高品质、中小批量产品的时候也能获利。

该设备的核心是两个型号为 IRB

140 的 ABB 六轴机器人以及一个型号为 Feha SM1000E 的 CO₂ 激光设备。在每个工作周期中，两台面对面设立的机器人分别从各自机器人单元格中的储备托盘上取出一个 Vitra Por 烧结玻璃滤板和一块玻璃管。接着，机器人抓手做精准的相互水平移动，将滤板插入玻璃管的预定深度内。这个过程结束后，抓手再次旋转。根据过滤器型号、管道尺寸和滤板位置的不同，机器人可以通过不停的旋转组合抓手，独立将玻璃元件（管道和滤板）保持在激光的焦点下，或者将两个机器人在同步模式下完成多种移动操作。首先，激光精准的将滤板熔化在玻璃管内，在需要热加工处局部加热。玻璃管通过直角旋转成为一个压紧的成型轮。因此，机器人要能承受住在成型过程中出现的力，同时要十分灵敏。在完成熔合和成型加工后，机器人将玻璃管带到一个容易旋转的位置，这样激光

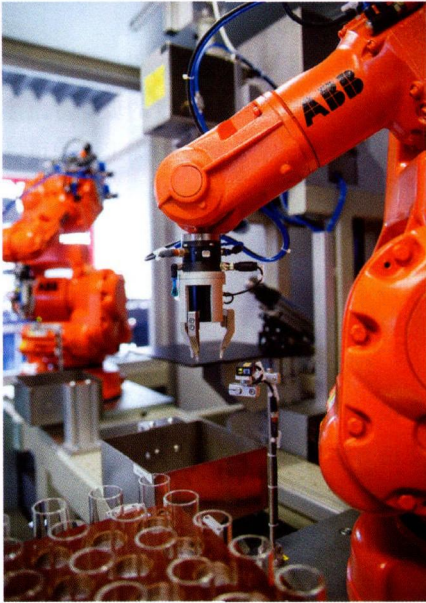


图 3 在基于全自动化机器人和激光技术的操作、熔化和刻录设备，Robu 加工高质量的硼硅盐酸材料实验室玻璃

可以有针对性的将两头尖锐的管端抹平并完全去除凸起。随后，其中一个机器人将已经完成组合加工的滤光镜在必要的位置进行激光雕刻，最后放置在托盘上。

机器人缓慢地将玻璃转动到相应的位置

除了机器人之外，CO₂ 激光设备也扮演了重要的角色。Feha SM1000E 以两种不同的模式工作。在高能功率工作时，激光将滤板熔合在硼硅（盐酸）玻璃管内，为了进一步的热处理加热玻璃。在进行激光雕刻时，遵循由 Feha 研发的微观打磨方法，使用最小的能量。它允许根据部分图像投影自由拟定标记。对此，机器人慢慢将玻璃旋转到所需的位置。操作员通过控制软件，实现激光雕刻不同图案所需的不同喷射运动。Feha 的使用使这些都能成为了现实，并完成了光学元件的喷射操控和喷射成型加工。并且为了辨别和可追溯性，在产品上刻入准确的批次标记。

Robu 将生产流程转换成以机器人技术支持的自动化设备是有利可图的。借助灵活可编程序性、可以抓取许多特殊

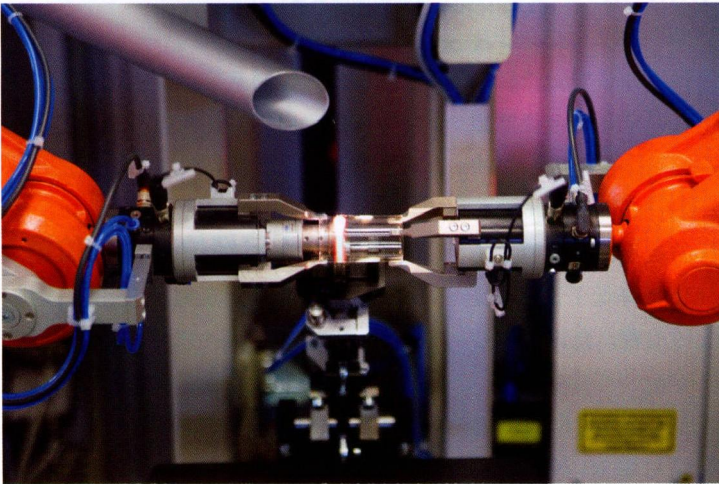


图 1 Robu 拥有第一台机器人技术支持的激光设备，它旋转在玻璃组件周围保持加热状态，机器人可以在粘性条件下进行加工

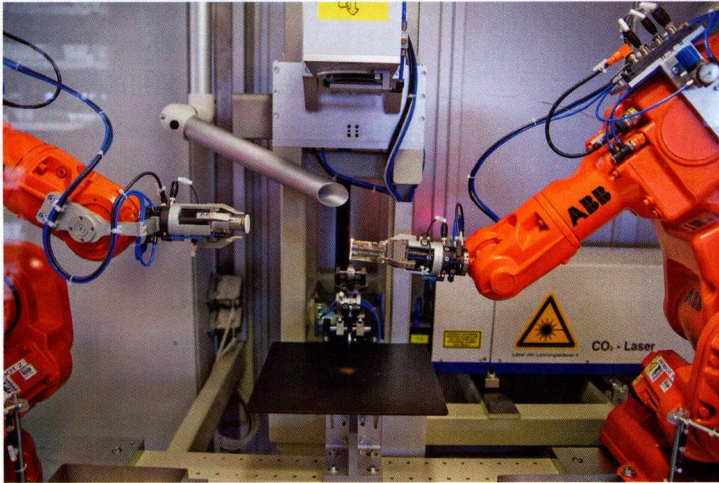


图 2 面临的挑战是，两个 ABB 机器人的十二个轴同时与激光设备的四轴联动

工件的抓斗和成型轮，使机器人激光设备可以生产不同几何形状、壁厚、管道内、外直径、过滤精度和长度的玻璃片。热处理过程和机器人擅长的加工过程可以自行调整，以适应生产任何过滤器型号。Robu 还将工序参数化，按需求将全过程模块化重新编排，以便配合新产品生产的要求。

对于 Trebbin 总经理 Gerhard Trebbin 来说，研发一个旋转的 12 轴机器人技术支持方法来进行玻璃加工曾是一个巨大的挑战。在计划阶段过后，对可行性，可能存在的碰撞风险，以及是否能移动到预计的位置都做了核查。物体移动是否是最优路线，如何在两个机器人工作范围内获得最多的自由度，这些都是研发的目标。对此，Trebbin 使用 ABB 公司的离线编程和仿真软件 Robot Studio。软件核心是智能的 Virtual Controller (VC)，一个可以精准复制实际机器人控制器 IRC5 包括它所有的功能。与从 3D、CAD 程序库中选出的流畅机器人程序以及其他机械和仪器一起，制造出逼真的虚拟机器人单元格。

玻璃加工必须完美的同步完成

在运用中，两个机器人相互间以及与激光设备的外部轴完美同步移动是必不可缺的。所以在加工过程中，玻璃管道、烧结滤光镜和所有机器人轴必须正好在一个对称轴上，两个机器人无休止旋转的抓头必须保持相对同样的速度进行转

动。哪怕最小的不同旋转速度都会影响稍后滤光镜板插入玻璃管中的位置，导致出现残次品。精确性是生产中的最高原则。

在熔化过程中不仅要求机器人能满足高精度，同样也要求玻璃管能在正确的距离停下，避免出现不可控制的热电压。若激光在焦点位置的能量过高或过低，机器人可以自主改变焦点距离和调节系统。能完成上述所有移动的基础是 Multi Move、IRC5 的其中一个软件功能和 ABB 的仿真控制器。它仅需通过一个操作就可以操控 4 台机器人和 36 个外部轴，以及它们的同步移动。操作原则如下：一台操作装置（机器人或工件定位器）移动组件，同时其余仪器或机器人做相对运动，调整到组件位置，然后进行加工。编程技术可以定义每台仪器相对被引导的组件，确切说由工件引导的机械的对象坐标系统。Multiv Move 完成了之前不可能执行的或不经济的加工任务。此外，Multi Move 降低了工具的投入使用、防护设施的浪费，允许安装结构紧密的机器人单元格。

另一个优点是，在 Robot Studio 内形成的控制程序之后可以 1:1 传输到真



图 5 由机器人技术支持的生产流程支持不间断的加工操作，可以熔化和个性雕刻硼硅过滤

实的机器人控制系统内。这在企业日常中体现在，启动时间明显减少了，产品更换速度加快了和生产力的提高。

合作机器人已经位于核心位置

在进行操作加工时要使用到抓头。为此，Tribben 为两个机器人研发了独特的三角抓头，中间装有吸管，可以夹取烧结滤光镜板并在玻璃管内进行定位。

如今，机器人技术支持的自动化设备已经成为更具经济性、竞争力、生产安全性以及一个可复制的、一贯高产品质量的重要关键因素。适用的软件，如 Robot Studio，可以完成可视化、模拟、编程和简单操作，减少了编程时间，缩短了开始运行时间。合作机器人扮演的角色越来越重要，因为它作为多功能，手牵手工作的高效机械，几乎可以在任何加工和安装程序中使用。与传统的机械和专业机床制造相反，它的使用节约了投资，可以更快速对市场变化作出反应。MM

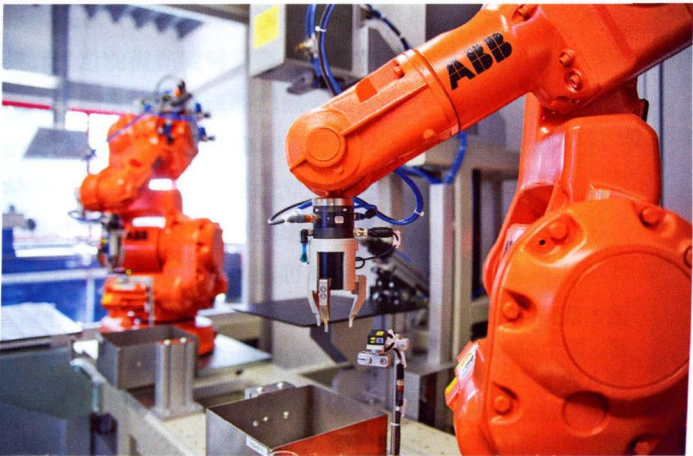


图 4 在计划阶段过后，开发人员通过使用离线编程和模拟软件 Robot Studio 对不同设备的运行进行模拟，对可能会出现的问题进行分析