



图1 在弗劳恩霍夫机械与自动化研究所研发的铆接工作岗位上，人与机器可以安全稳定地共同工作

轻型机器人

轻型机器人改变装配过程

轻型机器人和智能化编程方式为企业开启了一种可能性，将人工操控的生产步骤有效率地转为自动化。在德国弗劳恩霍夫制造技术与自动化研究所技术研讨会上，讨论了当前的情况。

文 | Karin Röhricht

2015年国际机器人联合会的大量世界机器人研究论文表明：随着机器人系统在生产的特定程序步骤中频繁使用，在装配中有更多的自动化潜力。2014年世界范围内售出的机器人有半数以上是人工操作机器人，约四分之一是焊接机器人。而相反，装配机器人的比例降到了11%。这种配比的主要原因是，装配在动力学和多种挑战面前败下阵来。

简单地布置和装备新的机器人系统

小批量、多样的生产方案和短循环周期等框架条件确定了程序。为了让自动化

解决方案在技术上和经济上有意义，人们需要通过智能程序简单设置和装配的机器人系统。完全自动化常常不是理想的解决方案，因为工人在复杂的工作任务中常常可以轻易地手动解决，或者至少可以在需要的时候参与修正。轻型机器人以其轻便的重量和部分已经集成的传感器适用于安全的人机协作（MRK）。因为轻型机器人非常紧凑并且活动半径与传统工业机器人相比较小，能够非常好地与全自动或半自动装配工作岗位相结合。

装配功能中的自动化潜力

Martin Naumann, 弗劳恩霍夫机械与

自动化研究所装配自动化组组长，也就是这次研讨会的负责人，公开了纲要。他介绍了弗劳恩霍夫机械与自动化研究所的自动化潜能研究。这是一种多级化的、可以迅速实施的工作方法，专家们已经对世界各地的客户成功地投入使用。本次研究的目标是，通过提到自动化程度来达到节省成本的可能性。因此，企业们得到了对生产过程中的投资和优化可能性的决定性依据。

这项研究始于专家们对生产过程的巡视。然后，他们对装配程序中分离、操作、定位及焊接等每一个步骤进行了评估。不同的技术、经济和人体工程学

标准以及变化数量都需要在可能的自动化程度中加以考虑。这些内容随后还将根据特殊标准详细地分析。

作为评估的结果，客户不仅接受了一个半自动化解决方案的初步方案，同时还有专家们根据其分析结果和经验，在制定自动化解决方案的概念和实施时的经济性评估。客户可以得到在这些基础上做出的决策，同时开始具体方案、可操作性分析报告或者自动化解决方案的实施。

另外一种提高生产设备自动化潜力的可能性，除了改善和改变过程以外，还有产品设计。在“为自动化而设计”的理念下，弗劳恩霍夫研究院机械与自动化研究所的研究助理 Johannes Wößner 博士介绍了多种可能性，如何将产品部件或者产品结构向“亲自动化型”制造。专家们为响应的产品设计制定了指导方针，并且基于此已经为多家企业进行了咨询服务。

这个指导方针涉及模块化的产品结构、部件和程序标准，以尽可能低的部件数量或者柔软的零部件等。一个智能而又符合客户个性的产品或零件结构，可以帮助装配中的过程步骤完美并且迅速实现自动化。

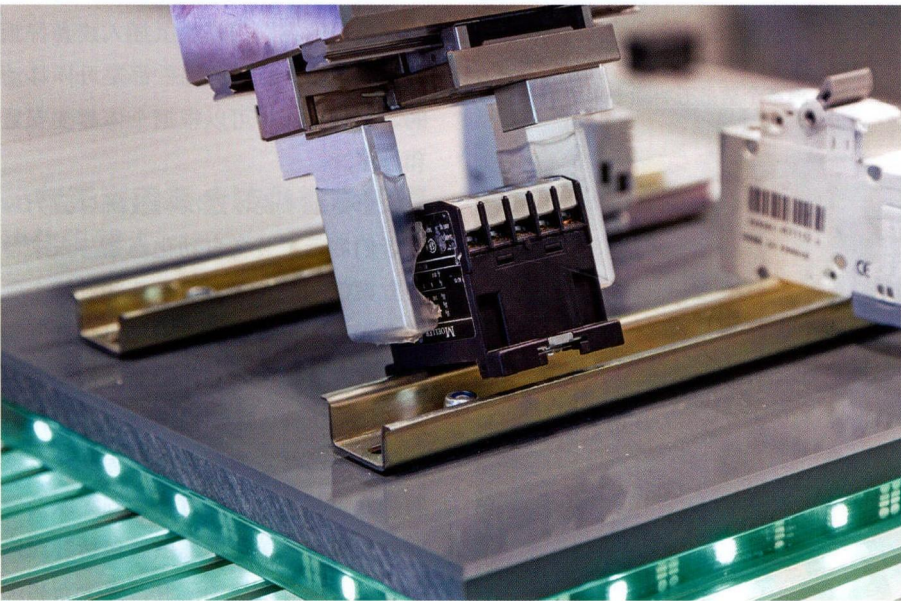


图2 通过力量控制装配的软件，组装开关柜等复杂的工序可以实现自动化



图3 该软件还可以为螺丝紧固工序提供相应的零部件

轻型机器人在装配中作为助手

适用于人机协作（MRK）的轻型机器人可以持续改变装配过程。企业们可以借由这款机器人助理将工人和机器人的优势结合起来：一方面灵活、有创造力、精细以及善于解决问题，另外一方面则在重复的工作任务中可以承受超出人体工程学范围的操作，高质量，高速度和高准确性。

无论如何，企业们都需要考虑普遍和安全性规定，以及可能产生的认证费用。为了成功地运营项目，弗劳恩霍夫研究院机械与自动化研究所的研究助理 Ramez Awad 建议道，企业如何在构想人机协作应用的初期，就迅速辨别和解决

掉可能的风险损害。在他的报告中介绍了一款由 IPA 开发的基于模块的风险分析工具。这款工具以硬件的形式安装在图书馆，照管可能的风险、属性和功能性。由此，一个对成本多样化的评估，必要的安全性准备的影响及其文献汇编都是可以办到的。作为例子，Awad 展示了一个人机协作的铆钉工作岗位，如何在这样的程序基础上，实现经济和安全性的解决方案（图例 1）。

此外，研讨会介绍了不同的轻型机器人及其应用可能性。来自 ABB 公司的 Carsten Busch 详细研究了双臂机器人 Yumi 的产品细节。它使用在小件操作领域。Yumi 被设计成自身安全性机器人，为此，应用在轻型制造、低容量和矛盾检测方面。KUKA 在 LBR iiwa 的协助下研发了轻型机器人，以其智能传感器而闻名。KUKA 系统的 Johannes Kurth 博士介绍了敏感、并且承受 7 kg 或者 14 kg 的机器人。由于智能的刚性调节，机器人可以与具有刚性或者减震系数的弹簧相比较，可以做到顺利编程。装配现有传感器使得机器人可以适应安全的人机协作应用。

应用的新可能性

新的技术和轻型机器人的持续发展都需要顾及机器人系统的分量在装配中同样需要提高。这种积极的趋势在世界机器人研究报告 2015 当中得到了证实：尽管装配机器人在 2013 年的销售量是

16100 台，2014 年增长至 24000 台。鉴于当今销售的多样性，来自 Faude 自动化科技的 Dieter Faude 在他的报告中提到。他介绍了大量的、来自不同生产商的、使用了轻型机器人系统的设备，从涂胶站的装货卸货机器，到密封条处理设备。

应用型研究的焦点在于，研发出灵活高效的机器人系统，比现在普遍使用的更迅捷实用。试图为力量控制装配工序打造一个新的机器人程序，弗劳恩霍夫研究院机械与自动化研究所的 Frank Nägele 说道。用这款软件可以将复杂的工序，比如开关柜和汽车门把手的组装、以及螺丝紧固等，第一次从经济上实现了自动化（图 2 和图 3）。基本原则在于，装配工序不再是机器人导向，而是按照任务导向来进行编程。它因此可以适应相近的其他任务，甚至转移到根本不相关的机器人系统。以环境为基础的编程成为可能：机器人的轨道不是一开始就设定好的，而是随着运行时间不断推算计算。根据对不同变量价值的分配，配合当前的接触力、距离和物体识别等传感器数据，系统自己来核算合适的运动学，它自己如何进行运动，而进程模块则作为任务的一个结果。

新技术提供了一个好处，单独的程序部分或者进程模块，也被称作“技能”，可以重复应用。除此之外，它们很容易被重新组装，可以被重新排序。它使得

图 5 机器人与工人同时在装配台完成不同的任务



积木原则成为可能，专家们据此研发了软件。他们因此将在每种应用情况下，都要把机器人系统进行分级，并且划分到微观层面、单独闭合的程序组件。此外，新的编程还与工业 4.0 无缝衔接。编程技能全部准备与云构架的机器人程序相连接，根据需要来加载。

轻型机器人作为“智能工厂”的一部分

随工业 4.0 而来的不断增长的生产设备电子化和网络化是一个发展，完全为企业创造了新的可能性。来自 Bosch Rexroth 的 Mark Grözinger 从实践出发，阐述了从联网的螺钉机到工人辅助系统等多种案例和反应。研究学院 Arena2036 展示了针对工业 4.0 的主要应用情况，弗劳恩霍夫研究院机械与自动

化研究所的研究助理 Manuel Fechter 介绍到。在 Arene2036，科学和工业方面的合作伙伴们共同工作，这里有斯图加特大学、弗劳恩霍夫研究院、戴姆勒、博世、Festo 和 KUKA，共同研究和检验未来汽车的生产模块。编制工业 4.0 技术以外的另一个重点是具有适应性的生产系统，与现在相比，减少对传送带和循环周期的依赖。人机协作就是这样一种具有适应性的，适应了当今市场环境的生产系统先驱。以一个新的装配台为例，在其中完成车门模块的装配，弗劳恩霍夫研究院机械与自动化研究所表明，自动化程度变化的技术可能性（图 4 和图 5）。

在工人熟练地操作插线板插夹的时候，轻型机器人 KUKA iiwa 可以做一些单调简单的在车门模块上插入或者拧紧的工作。由于所有的组件都是可以移动的，这些工作台可以根据个体需要安置和排序。

总体上来说，这次科技研讨会为与会者们展示了装备自动化当下与未来解决方案广阔的前景。对于那些对这个领域有兴趣的企业和雇主来说，弗劳恩霍夫研究院机械与自动化研究所是一个独立的技术伙伴，客户们可以在各个行业分科有效地制定生产系统。为此，专家们研发了各种稳定的方法、方案以及硬件软件解决方案。可以提供的包括针对组件研发的现有系统的研究，到全新装配工序设施的设计与实施。MM

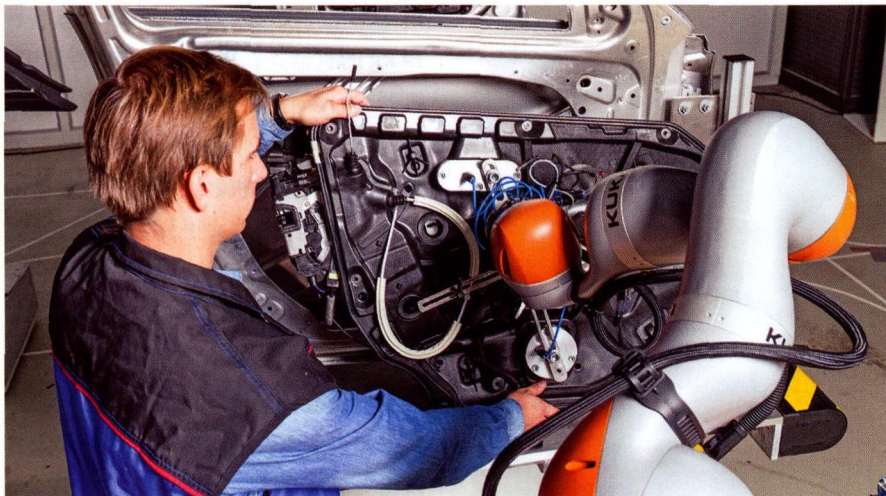


图 4 在装配台，机器人还可以在其他活动上协助工人