

人机协作

工人决定节奏，而不是机器人

人与机器人协作（MRK）的发展现状如何？还有哪些安全性技术和经济问题需要诠释，以推广高效率的人与机器人协作？弗劳恩霍夫协会制造技术和自动化研究所以及工业方面的专家就自展开了讨论。

文 | Karin Röhrich

弗劳恩霍夫协会制造技术和自动化研究所已经第八次举行 MRK 技术研讨会。这次研讨会，解决方案取得了重大推进，并且越来越成为生产制造过程的关键技术。

Susanne Oberer-Treitz 在她的活动开幕演讲里提供了相关概况和目前的数据。正如国际机器人联合会的最新数据证实的那样，在过去的几年中，工业机器人

制造技术取得了显著地增长。2014 年在世界范围内销售了 229 261 台机器人，迄今为止已经增长了 29%。因此，国际机器人联合会给出的到 2018 年的增长数据是 15%。除了汽车工业以外，电子工业是重要的先驱。人与机器人协作应用在这一增长中起到明显作用，因为它为日益增长的需求属性提供了新型工业机器人：灵活、直观的操作、认知与反应

性能以及机动性。

人与机器人协作应用分级明确制定

有了人与机器人协作，机器人和自动化设备将开辟新的市场，终端操作者可以经济地计划生产，同时改善生产工具的安全性和人机工程学。人与机器人协作应用归为以下四种相互影响的形式，经由 ISO10218-1/-2 定义，并且针对不同的安全性需求所设置：辅助系统作为力量支持，机器人作为“第三只手”，通过手动以及工人和机器人并非独立工作来制定计划，交感形式的选择取决于需要部分自动化的进程。目标始终是，从经济性、人机工程学、安全性或者工艺进程的角度进行改善。为了对其进行基础牢固的判断，弗劳恩霍夫协会制造技术和自动化研究所的科学家们开拓了一种分类学。在此基础上可以对人与机器人协作适应性及生产过程进行检验，同时引导企业成功地转换应用人与机器人协作。

一个应用的安全性，由 CE 验证来证明。自动化安全技术的供应商 Rüdiger Frank von Pilz 博士的报告指出了现在市



图 1 在 Arena2036 产品中，弗劳恩霍夫制造技术和自动化研究所研发了一种灵活的组装模式，工人和机器人可以在合作中发挥其相应的能力

场上存在的以摄像机为基础或者 3D 完成解决方案。安全性当然是存在于该应用的生产率的电压电场。

原则上要避免人与机器之间不安全协作。尽管在人与机器人协作应用中可以变成符合预期的协作。这些必须是不能违背的，例如在一个机器人系统的容量、速度、几何学或者坚固性能方面的适应性。在当前的研究和发展中需要澄清的一个问题是，如何将一个“损伤”分级、评价以及模型化和测量，以便为标准化提供值得信赖的描述。

2016 年初，ISO 协会将公布 ISO/TS15066，包含对上述四种互感形式安全性需求的详细说明。弗劳恩霍夫协会制造技术和自动化研究所的学者们在相当程度上参与了工作，从而可以在他们的项目中始终考虑到最新的参数，并且就安全性的问题进行全面地讨论。

自然与认知互动机器人系统

在本年度的展会上，尤其是展示了人与机器人协作应用的机器人系统，占据了主导。在技术研讨会上，参与者们了解到一些模型的细节，可以满足终端应用者各种不同的需求。Pter Heiligensetzer 博士在会上介绍了人与机器人协作系统 KR5-SI，它既可以自动的人机协作运转，同时又允许人工手动操作。

因此机器人可以提供更多的以安全为导向的功能包，比如在机器人控制方面更多的安全性能，例如降低速度、终止运行、安全开关以及安全为导向的连接等方面起到作用。机器人因此可以成为工人的生产助手。Heiligensetzer 同样也展示了，人与机器人协作系统在实际应用中如何通过职业同业保险联合会（BG）的认证程序。

Fanuc 在今年春天的时候介绍了协



图 2 弗劳恩霍夫协会制造技术和自动化研究所不仅为轻型机器人，同时也为高负载工业机器人开发人与机器人应用

7 轴喷涂机器人控制电缆

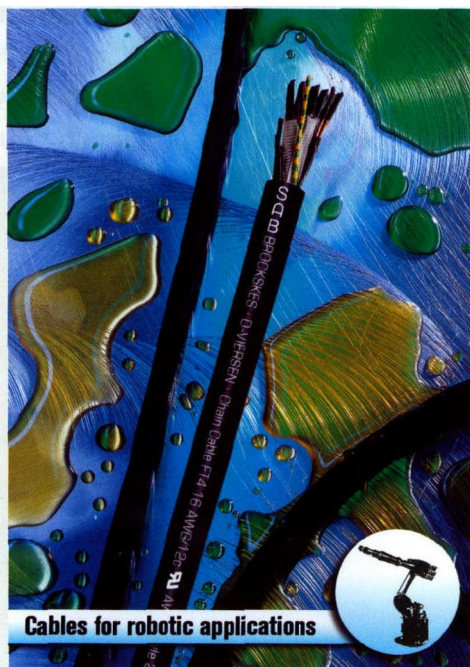


图 用于高速移动的喷涂机器人移动拖链的 7 轴喷涂机器人控制电缆

SAB 是一家以特种电缆和温度测量电缆为主的特种电缆供应商，成立于 1947 年，总部在德国的 Viersen Suchteln。产品涵盖多个应用领域，包括机器人及工业自动化、轨道交通、温度测量、船舶、港机、机场、风能、核电和电梯等。

作为特种电缆的领导者，SAB 在特种电缆定制，特别是机器人电缆设计方面积累了丰富的经验，目前公司与 KUKA、ABB、Cloos、Motoman、Reis 和 Fanuc 等主流机器人供应商都有过设计合作。最近公司设计了一款用于 7 轴喷涂机器人的控制电缆，用于高速移动的喷涂机器人移动拖链。

汽车工业是目前所有工业现场自动化率最高的工业之一，根据汽车生产工艺又分为冲压、动力总成、焊接和喷涂等几个车间。其中喷涂车间是

一个区别于其他自动化领域比较特殊的应用场合，除了要求产品具有高柔性、优异的机械性能和高的耐疲劳性能外，还要产品能够耐受各种溶剂以及油污的腐蚀，对产品的性能要求尤其严格。

针对喷涂车间的特殊应用要求，公司新产品采用 SAB 特制的 special SABIX 护套材料，该材料除了具有优异的物理机械性能，满足高速移动拖链的动态性能要求外，还可以经受喷涂现场各种试剂和润滑油等油污的腐蚀，保障产品在这种严苛的环境中安全运行。为保证产品性能和实际应用的一致性，公司对该产品耐化学试剂检测也是模拟喷涂车间实际应用环境进行的。此外，该产品还满足 FT4 阻燃要求，并取得了美国 UL 认证。目前，该产品已经成功通过所有测试和厂家的试用，实现量产。

作机器人 CR-35iA。机器人制造商基于其现有模型的技术，研发并实践了大量的安全功能，正如 Markus Goos 在研讨会报道中写得那样。此外还展示了平行的动力传感器、柔软的塑料保护层、速度限制和安全的接触停止功能。这台可搬运重量为 35 kg 的协同工作机器人是当今市场上负载最大的机器人，因此它还适用于组件定位和机器安装等工作。

弗劳恩霍夫制造技术和自动化研究所的 Alexander Kuss 介绍了一款焊接方面的协作机器人。它产生于欧洲研究计划 SME-Robotics，其目标是，开发满足中小企业的特殊需要的机器人系统。这就意味着，机器人系统必须满足中小型企业（KMU）在小批量生产和不清晰的负载情况方面的高度灵活的需求。这个系统编程必须简单直观、可操作并且可配置。

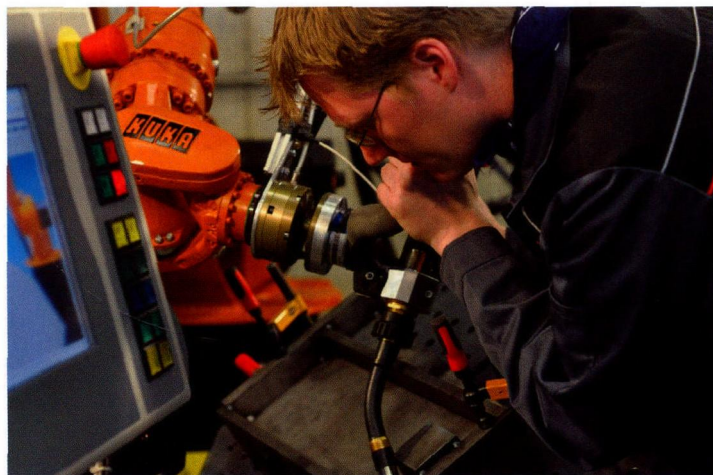
轻型灵敏机器人也可以靠近

KUKA 公司的 Albrecht Höhne 博士在一段令人印象深刻的动画里展示了轻型灵敏机器人 kuka iiwa 的强项，同时阐释了它背后的技术信息。举例来说，每个轴都保持了位置和关节灵敏，在 1 m 的控制范围内结合集成的安全性控制和快速的反应。因此 iiwa 轻型灵敏机器人可以毫无危险地接触人类。

大量的安全功能，像稳定的碰撞检测、力量和速度控制以及工作和保护空间，都允许 iiwa 投入到各种各样的人与机器人协作应用中去。

尽管完全自动化的汽车生产可以视为人机协作增长的驱动，仍有像组装那样的生产步骤，需要手动操作大量单调而且有压力的任务。待组装的部件相当多样化而且要求精准的运动过程。因此全自动化常常从经济上不容易销售。人与机器人协作应用在这里发挥出它的优势，因为它更加灵活而且变化多样，从人机工程学上也减轻工人的负担。大众汽车的 Martin Gallinger 继续阐述了组装

图 3 人与机器人协作中一种可能的相互作用形式是通过直接自然合作的简单直接的机器人编程



工作中人机协作的驱动，同时也在向生产效率的提高、精确度以及更好的过程质量迈进。此外，人机协作能够减少工人的节奏绑定，不再是机器人掌握节奏，而是工人。Gallinger 博士演示了大众集团人机协作应用更多的例子，其中也有对机械手安全技术的验收。

科学和工业视人机协作为向工业 4.0 转化的核心技术和未来产物。它将更加灵活，人与机器人将更加一体化。这一点在戴姆勒公司的 Thomas Stark 的报告中也有提到。戴姆勒与其他知名合作者共同支持研究型校园 Arene2036 项目。这是巴登符腾堡州在未来汽车生产模型变革中研发和检测的灯塔项目。

今天的汽车制造商们在传送带上计时并且稳固连接，而明天将提供分解，变化多样并且高集成化的产品系统，从而使每种汽车种类都能获得最高的汽车出厂合格率。在项目的第一个阶段，弗劳恩霍夫制造技术和自动化研究所的学者们研发了组装模型，满足多样化的产品需求：工人和机器人得以在合作中发挥其适当的能力，可移动的部件使得组装台适应现在的需求。

弗劳恩霍夫制造技术和自动化研究所的 Thomas Dietz 在研讨会的最后一个报告中就人机协作应用的经济性发表了看法。人机协作应用的系统化时至今日取得了成功，从安全合作的角度来看。这种交互形式对应用的经济性也有着显著的影响：如果安全性

需求让应用变得不经济，那么它对企业便不再有价值。

人机协作应用一直被拿来与手动或者全自动方案相比。这两种方案的优点都尽可能吸收到人机协作中来：在工人方面有创造性的解决方案、决策能力和速度，在机器人方面重复精度、持久、速度和负载能力。此外，人机协作应用在经济性方面，比人工生产变化的支出和全自动生产机器人系统的固定成本都有所下降。

在长期使用中不依赖产品周期而设置

人机协作可以计算，当一个程序变化多样的时候，工人的反应能力产生增值，而应用也应该长期可用。人机协作的主要优点就是在长期使用中不依赖产品周期而设置。

研讨会主持人 Overer-Treitz 最后指出，生产向着周期短、批量小的趋势发展，在工业 4.0 进程中也越来越重要，人机协作应用销路越来越好。未来人机协作发展的驱动始终被视为是安全控制、传感技术、轻型结构和力量控制，并且它们将功过清晰的事实规划进一步推动。新的改革和人机协作型机器人系统将通过低成本部件以及改良的带有过程模型和自适应性人物计划的编程操作，来提高投资回报率。Oberer-Treitz 因此将人与机器人协作作为自动化进程中的核心技术基础。MM