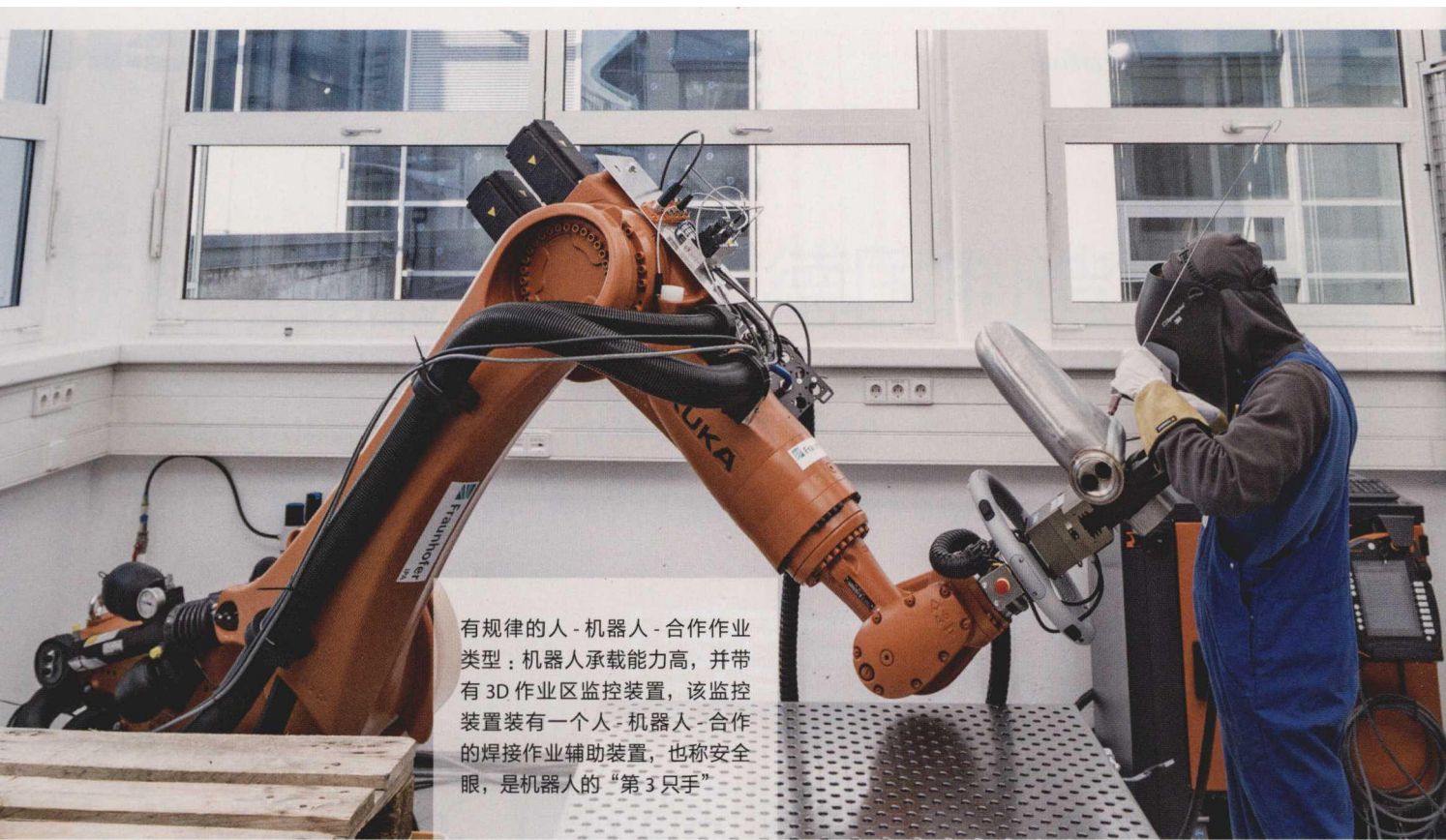




有规律的人-机器人-合作作业类型：机器人承载能力高，并带有3D作业区监控装置，该监控装置装有一个-机器人-合作的焊接作业辅助装置，也称安全眼，是机器人的“第3只手”

人机协作

人-机器人-合作（MRK）的潜力

成熟的工业机器人系统为人-机器人-合作（MRK）提供了许多潜在的可能性。对于用户来说，懂得如何最佳化地利用这些潜在可能性则具有决定性的意义。因为人和机器人在一个共同的工作空间进行作业，并且直接进行身体上的交互，为此采取必要的保护措施又会影响人-机器人-合作（MRK）应用的经济性。人们在规划和设计人-机器人-合作（MRK）的方案时必须考虑到这些因素。



更多精彩请扫描二维码

文 | Susanne Oberer-Treitz 和 Björn Matthias

对于传统的工业机器人而言，用户希望人机协作系统要具备操作简单，以及能够安全地直接集成到一个具备 EC 符合性标志装置里的附加功能。现在，用户的期待可能已经提升到不为机器人设置安全围栏和不影响所有可实现全自动化生产制造流程的生产力，而且，人和机器人合作对双方均无危险性。但是，这又与协作机器人合作作业存在着一个核心功能的矛盾：人-机器人-

合作是实现生产流程的总标准，机器人系统的研发方不得不接受这对于机器人在如速度、力量和动作幅度这些方面的影响。

人-机器人-合作（MRK）的潜在可能性

人-机器人-合作（MRK）的潜在可能性是能够影响应用经济。与全自动化相比，人-机器人-合作（MRK）

的应用能够推迟投资。例如，可以略去自动化零件物流费用，这样有时还可能省去附加的安全传感器。同时，人与机器人合作（MRK）生产企业还能够省去一部分日常生产成本。有些情况下，采用人-机器人-合作（MRK）作业方式，生产单元的占用面积会更小，从而产生应用的剩余价值。当前在实现经济的人-机器人-合作应用方面存在着最大障碍，即由于提高工作

人员作业的人性化水平与企业对产品产量方面的要求之间存在着矛盾。人们的愿望是，采用人-机器人-合作（MRK）作业要保持一个全自动化的作业周期，并且能够充分发挥人的创造力。但是迄今为止，人-机器人-合作（MRK）系统还没能满足人们对效益越来越好且可靠性越来越高的要求。

更多的情况是，在人-机器人-合作（MRK）应用中还必须根据人和机器人相应的能力，合理明智地分配作业任务。这样，就必须系统性地权衡手工作业和自动化作业的成本核算问题。这是由于，人-机器人-合作（MRK）技术解决方案的安全方案以及采用的系统部件对机器人设备的布局及生产力影响巨大。

这些影响可列为以下几点：速度适当可缩短的作业周期。人-机器人-合作（MRK）作业单元对于占地面积的需求，可以通过避免使用分离式的安全设备以及在可能的情况下，通过考虑采用适当的支撑点、适当的作业流程力量和外围设备的布局来加以改变。当结构或是生产元件的布局受限时，可考虑为人-机器人-合作（MRK）作业单元加装覆盖物，或是在紧急情况下不得不中断人-机器人-合作作业。

为了实施对生产力有一定要求的人-机器人-合作（MRK）应用，就必须考虑采用各种不同的人-机器人-合作类型。在此，人-机器人-合作（MRK）的各个部件的选择，及其应用特性参数对于人-机器人-合作（MRK）应用的贡献就是评估的基础。

在此之前，应当确定人-机器人-合作的方式，一部特定的机器人常常会阻碍通向实施经济性的人-机器人-合作应用的道路，而且在有些情况下还可能会出现认为传统地将机器人设置在安全围栏之内的应用具有最佳经济性的结论。

人-机器人-合作与非人-机器人-合作

通过概述 3 个应用的实例来说明上



图 1 在该应用中，一部自重轻的机器人作为“第 3 只手”以受限的扭矩和适合的速度运动

述因素对人-机器人-合作（MRK）应用所产生的不同影响，这 3 个应用实例是根据 ISO 10218 和 ISO /TS 15066 对“人-机器人碰撞力的限制”（PFL）、“动态的工作区监控”（SSM）以及“全自动化”非人-机器人-合作式作业（nHRC）进行观察研究。

●人-机器人合作型的“碰撞力的限制”型实例，采用固定式人-机器人合作。

生产中，作业人员必须在动作的机器人旁一同工作，这就意味着，在人和机器人将要相撞时，通过机器人一定的控制功能，如降低动作速度或者是在没有辅助的工作区监控装置的情况下必须始终能够启动最低速度的必要调整，以实现有足够的碰撞力限制，这样机器人便安全动作（见图 1）。

●人-机器人-合作型的“动态的工作区监控”实例，规律地进行人机协作。

为了充分利用机器人的速度，工作人员可在作业单元外进行监控，以便机器人能够充分发挥其生产力。为此，必须使用可靠的监控系统，可靠监控间隔必须以识别和跟踪时间为基准。当机器人与作业人员接近时，必须能够排除

机器人与作业人员的动态接触。

●“全自动化”非人-机器人-合作式作业型实例，人与机器人不进行合作。

机器人在主动作业时接近机器人单元，借助于门的开关使机器人安全止住，这样，在机器人作业期间则不必考虑人和机器人相撞的潜在可能性。

人们可通过人-机器人-合作以及生产的特性参数较为准确地评估人-机器人-合作型作业的经济性。“节拍律”和“操作人员的干预造成时间损失”这样的影响因素是可直接进行估量的：人和机器人合作程度越高，系统的节拍律则越低（见图 2，上部左图）。这符合由于零件的通行能力取决于机器人运动速度，而为了确保安全，必须将机器人的运动调整得较慢，这样，人和机器人合作程度越高，系统的生产力则越低（见图 2，上部右图）。

当在生产流程中设置了工作人员的操作干预环节，那么该机器人系统的人和机器人合作能力方面的优点便明显显现出来。在一成不变的自动化生产流程中，人们需要自动化的供料或耗时的开或是关机器的过程。而人和机器人合作作业则相反，在作业中，操作人员和机

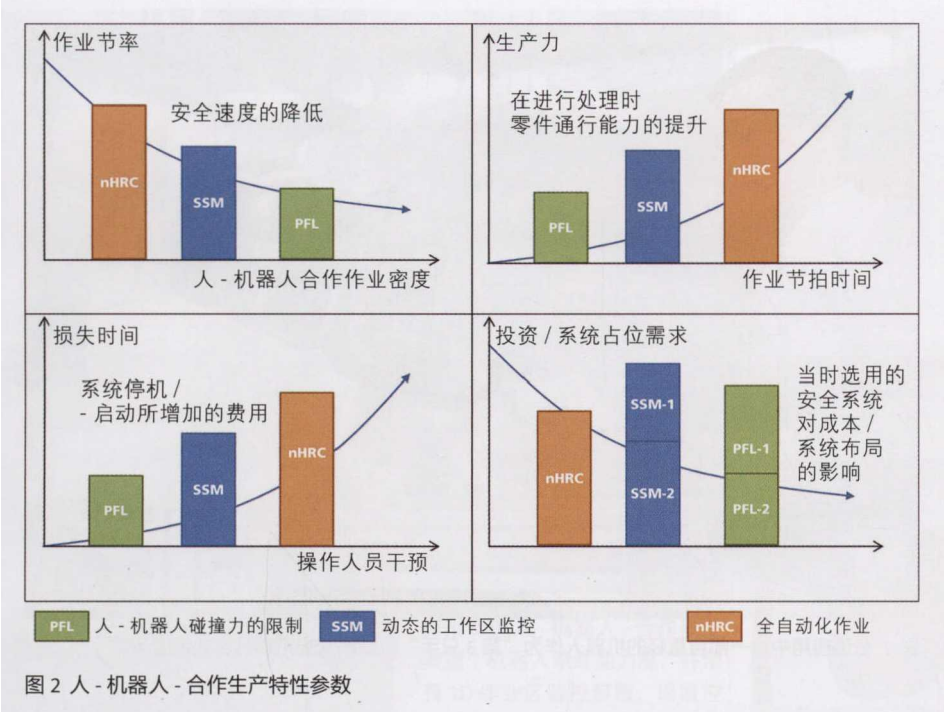


图 2 人 - 机器人 - 合作生产特性参数

器人相互合作，通过合作便避免了工作人员干预机器的时间。在人和机器人合作的情况下，工作人员对机器进行一次干预后，便启动了自动化生产作业。人和机器人合作程度越高，在一个生产流程中，操纵人员对机器人干预的时间损失则越低（见图 2，下部左图）。

与传统自动化相比，人和机器人合作作业的应用应在投资、设备占位需求和生产灵活性调整方面均表现出优势。为此，没有打包式的人和机器人合作一揽子技术方案（见图 2，下部右图），而是必须具体研究所需的系统部件。

因此，人们必须对机器人系统的能力以及可能采用的监控传感装置进行参数化，并且要对其对投资和占位需求进行评估。同时，还必须考虑到该机器人系统在企业需要生产变形产品或是改变生产布局时可随之进行改动，这样，人 - 机器人 - 合作作业点的固定设备较少便具备优势。

人 - 机器人 - 合作部件的标准模块化

为了实现人 - 机器人 - 合作的应用，德国弗劳恩霍夫研究院生产技术

研究所（Fraunhofer - IPA）可在市场上为人 - 机器人 - 合作系统选择常规的标准模块化部件以及符合安全要求的适配器。

在此，就必须考虑到市场上这些产品的标准、目录、安全的力限制、安全的速度、安全的空间占位限制和止动时间。此外，再加上考虑对承载能力和作用半径的要求，可供选择的机器人系统有 4 条标准，此外还要考虑机器人部分的设备投资问题。人们要根据自己的追求的人 - 机器人 - 合作的式样，来决定监控作业区所需安装的安全传感器的成本。

此外，机器人系统的应用还要根据系统对作业位置的要求，必须具备可靠的力的限制，这种力的限制通常小于自动化系统应用时的系统力的限制。除此之外，所有系统的部件布局还需要流出必要的占位，要保证运动的机器人臂与设备部件之间的距离，例如，要保持与机器人臂的边角或是设备的热表面之间距离。在此，当临界接触部位没有处在允许的运动范围内时，肯定是比较危险的。

那么，一个附加的、可变可调的、

安全的空间占位限制组态就具备优势。它与占位需求的影响与系统止住的时间有很大的关联。并且，在系统止住的时间长时，还必须考虑与系统运行速度相关的系统偏移距离。

除此之外，为了观察系统停止工作的时间，对作业区进行动态监控，当操作人员对转换开关进行干预时，就必须使用监控传感器。对监控传感器的投资也直接影响着动态监控的清晰度和释放时间。在什么情况下人们偏爱全自动化应用，或是什么情况下人们偏爱要求一定作业节拍的“人 - 机器人碰撞力的限制”（PFL）以及“动态的工作区监控”（SSM）式的人 - 机器人 - 合作作业，通常是要根据人们在对高运动速度的需求和作业人员需要对系统干预的次数之间的关系来确定。

在一个纯高速作业的取放应用中，当系统的运行速度限制是通过系统力的限制功能来实现的话，那么，在这种情况下由于需要对作业区进行动态监控，而设置动态监控装置会产生额外费用，此时，传统的自动化作业的经济性会更好。而人 - 机器人 - 合作进行安装作业的情况看起来则相反，当作业人员在一个零件的生产流程中直接与机器人合作，且该机器人规律地参与作业时，则人 - 机器人 - 合作进行作业的经济性会更好。

为此，必须调整人 - 机器人 - 合作作业的速度限制，还可以通过一个力的限制来避免系统停机，否则，系统停机会影响整个系统的作业节奏。例如，当系统带有供料装置时，动态监控作业区就能够发挥优势；而当有作业人员规律性地进入到系统的设备当中时，就只是在作业人员进入系统的设备时才降低系统的运行速度，在其他情况下，系统可以继续全速进行作业，那么，因添置监控传感设备而产生费用就是合理的。与自动化供料相比，全自动化作业的成本更低。[11]