

人 - 机器人 - 合作

人 - 机器人 - 合作 (MRK) 技术解决方案的经济应用

当前，人和机器之间的交互式合作是自动化领域热议的话题之一，要使这些系统能够在实际中加以应用，就必须发挥它经济上的增值作用。在这一方面，人 - 机器人 - 合作的系统化和分析评估能够起到帮助作用。

文 | Thomas Dietz 和 Susanne Oberer-Treitz

工业机器人技术还将继续前进。这是基于机器人迄今为止的发展和根据对机器和设备生产厂家的调查询问

而进行的多项现实统计和研究的基础上所得出的预测性判断。而人 - 机器人 - 合作式的系统在增长着的市场份额中将

占有重要比重。这样的系统将工人和机器人的强项结合起来，从而使其有了新的使用和应用领域。但是，技术上的可行



图 1 人 - 机器人 - 合作 (MRK) 交互类型的一个实例：在加工作业中，机器人作为操作人员的第三只手使用

性和广泛的供应还不能表明人-机器人-合作 (MRK) 对企业来说具有经济性的意义。

最主要的还是要从安全角度来看人-机器人-合作 (MRK) 的应用

当下，最主要的还是要从安全角度来看人-机器人-合作 (MRK) 在工业中的应用。为了确保操纵人员在任何时间点的安全，在与人直接接触的周围使用机器人必须遵循 ISO 标准 10218-1/-2 的规定。在此，人-机器人-合作类别(见图 2) 规定的目的纯粹是为了人与机器人的安全合作，不涉及专门的交互式人-机器人-合作的经济性应用。如果企业采用了人-机器人-合作 (MRK) 系统比使用原有的设备经济性还要差的话，那么该系统在企业实际应用中便失败了。因此，落实人-机器人-合作(MRK) 系统的安全方案不能像今天现实中的很多实例的那样，将安全方案看作是实施人-机器人-合作 (MRK) 系统应用的最后一个步骤。

人-机器人-合作 (MRK) 分类(分类示意图) 必须从应用和当事人的角度来考虑增添安全性能方面的专门要求。这样才能够提前避免人-机器人-合作 (MRK) 的应用步入若干死胡同，并且能够更加准确地估计人-机器人-合作 (MRK) 系统在生产技术以及经济上的潜力。现在，德国弗劳恩霍夫研究院生产技术研究所以 (Fraunhofer -IPA) 已经研究出了人-机器人-合作 (MRK) 分类，该项研究将人-机器人-合作(MRK) 分成以下几类(见图 3)：

- 通过工作人员的直接预设动作进行作业：在此，机器人系统不起作用，如通过工作人员的力的支持，物理式去负荷，或是通过工作人员手动的机器人动作来实现定位或运行轨道的程序化。
- 机器人系统作为工作人员的第三只手来使用：目的是，机器人在实施的一个生产步骤中给工作人员以支持。例

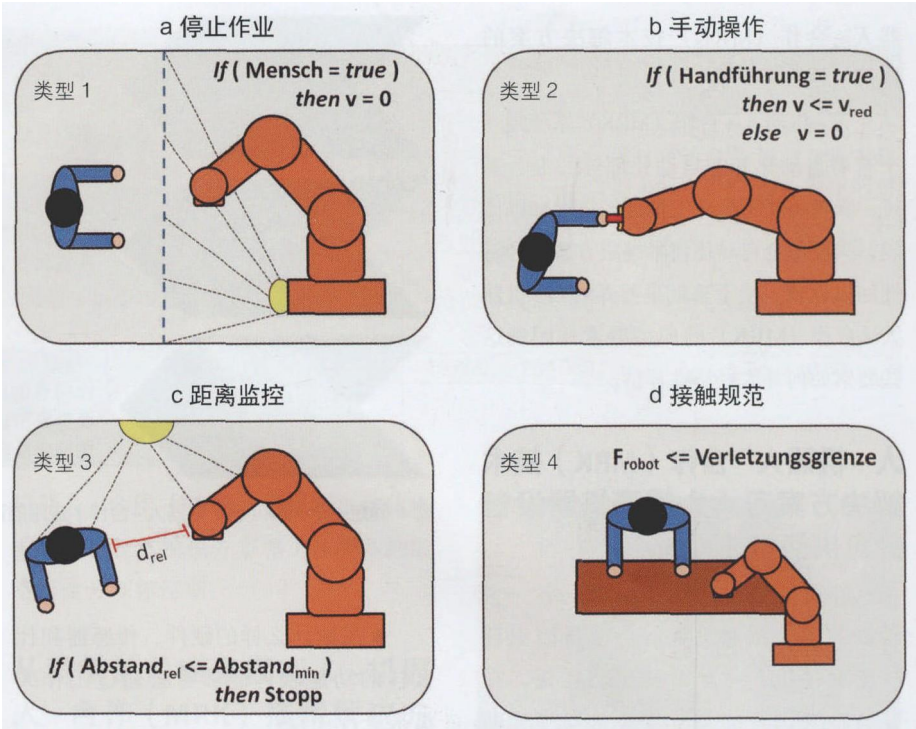


图 2 人·机器人·合作 (MRK) 的各种不同类型的安全原则 [a 停止作业；b 手动操作；c 距离监控；d 接触规范]

如，这样的半自动化则意味着，机器人为工作人员定位加工部件或是主动实施生产制造任务。

● 工作人员和机器人和平共处：当机器人和人在同一个空间活动，以实施分开的工作步骤，这就是人们所称的在和平共处的人-机器人-合作 (MRK) 框架内进行作业。在此，可在单个的生产制造步骤之间定义交接点，以便机器人和工作人员之间交换加工工件或附件。

至于涉及到工作任务或是机器人系统利用的工作介质的人-机器人-合作 (MRK) 分类还有影响功能安全方面、生产技术/自动化方面、人性化方面、质量和经济性方面的很多细分类。总的来说，当前的人-机器人-合作 (MRK) 分类已最多涉及到 20 种不同的人-机器人交互类型。

人-机器人-合作 (MRK) 的经济性评估

在最初设计每个人-机器人-合作 (MRK) 工位时，人们的目的是为了

完成某个生产任务，而这个生产任务既能手工完成，在可能的情况下也可在自动化生产站点的辅助或是处理的帮助下完成工作任务，甚至是自动化地完成工作任务。通过采用人-机器人-合作 (MRK) 技术解决方案，便有了在人和机器人之间分配具体生产任务、并由此达到使设备投资和运行成本实现最佳化的广泛可能性。

对工作岗位的现实状况和生产任务进行详尽的分析是分析评估人-机器人-合作 (MRK) 技术解决方案的一个出发点，必须查明生产流程的特点，并由此推导出目标装置在生产力和工作效率方面的要求，在德国弗劳恩霍夫研究院-生产技术研究所以 (Fraunhofer -IPA) 相应的决策模型基础上来确认目标工位的人-机器人-合作 (MRK) 交互类型。在此，必须要考虑和权衡如快速和灵活性这样具有相互关联性的目标，并且要考虑在任何时候都必须满足基本安全方面的规定值。这样的运动模式考虑到所选择的交互类型，并能够以这样的模式达到分析应该应用的人-机

机器人 - 合作 (MRK) 技术解决方案的目标 (图 4)。

人 - 机器人 - 合作 (MRK) 系统是一个有着自动化和非自动化部分的混合系统,既要与手工操作工位的经济性加以比较,又要与全自动化技术解决方案的经济性加以比较。接下来就是要弄清人 - 机器人 - 合作 (MRK) 的典型要素并明确这些要素如何并入经济性评估。

人 - 机器人 - 合作 (MRK) 技术解决方案可大大提高机器设备的可供使用性

自动化生产流程往往要求有一个昂贵的保护机制,以避免设备因出现故障而停机,从而造成经济损失。在设备投入运行的过程中经常发生辅助传感技术件的相应费用,在经济评估中正是这些成本常常不被人们充分地考虑在内。人 - 机器人 - 合作 (MRK) 技术解决方案可大大提高机器设备的可供使用性并且减少保护生产流程所产生的费用,而正是由于人员能够查验机器设备的临界生产流程状况 (例如将加工工件斜置) 并采取措施,所以评估这些状况对随即出现的问题来说很重要:

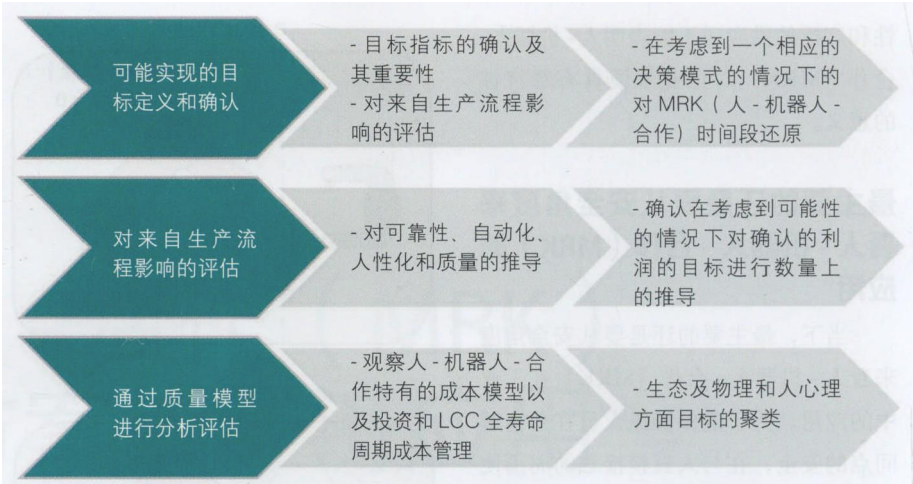


图 4 确定一个 MRK (人 - 机器人 - 合作) 应用的评估模式

- 采取什么样的硬件、传感器和什么样的功能软件能够省去通过工作人员来进行查验?
- 如何才能缩减对机器设备的投资?
- 耐用且生产流程可靠的自动化技术解决方案的作业风险和投资之间存在着怎样的关系?

此外,必须评估最佳自动化生产流程,并对自动化生产流程成本与一个人工监控的生产流程成本进行对比分析。

使用机器人的主要原因是:相对人

工操作生产流程,由于使用机器人可排除工人对生产制造最终结果的影响,由此而具备了可提高产品质量可能性。为了使人 - 机器人 - 合作 (MRK) 成为经济性佳的替代生产手工制造的形式,通过使用机器人可使作业人员的能力显著提高。例如,通过使用机器人可提高工件接缝作业流程的重复精准度,从而提高生产作业速度或使加工作业更省力。

对于经济的生产制造来说,设备的高利用率是一个决定性的因素。而人 - 机器人 - 合作 (MRK) 系统必须既注意到人的平均利用率,同时又要注意到机器人的平均利用率。将人工作业转换为机器人作业,这样可使工作人员节省作业时间,从而创造出更大的价值,也就是说具有经济性的意义。这便要求在使用人 - 机器人 - 合作 (MRK) 系统时要利用经验恰当地分配人和机器人之间的任务。一个最佳的人与机器人之间的任务分配能够使得工作人员将精力完全集中在创造更大的价值方面,而与此同时能够将辅助性工作设置给机器人来承担。

用于分析人和机器人之间任务分配的图表

为了分析人和机器人之间任务分配及其对生产流程的影响,我们提供了一



图 3 人 - 机器人 - 合作 (MRK) 实际应用方案分类的最高层级

表 定位钢管作业应用实例的成本比较

产品	包括投入运行 在内的投资 单位：欧元	每年的固定成本，单位：欧元		保养维修 成本 单位： 欧元	每年工资成本 (两班制作业) 单位：欧元	每年变量 成本 单位： 欧元	加工工 件件数	单件加工工件的成本 单位：欧元	
		通过两年实现 资金分期摊偿	通过3年实现资 金分期摊偿					单件加工工件 通过2年实现 加工成本的分 期摊偿	单件加工工件 通过3年实现 加工成本的分 期摊偿
手工作业	30 000	15 000	10 000	2000	160 000	162 000	240 000	0.74	0.72
人 - 机器人 - 合作	160 000	80 000	53 333	10 000	160 000	170 000	360 000	0.69	0.62
自动化作业	350 000	175 000	116 667	10 000	5000	15 000	264 000	0.72	0.50

个人与机器人之间任务分配的作业图表。借助于该图表可分析出其相互之间的依赖关系和充分利用率。计算工作人员的充分利用率是要看工作人员作业时间部分的长短和在人与机器人合作以及生产流程中作业时间部分的长短。而机器人的充分利用率是通过模拟来进行计算的。这两个参数是衡量人与机器人任务分配最佳化的依据。

改善作业的人性化是人 - 机器人 - 合作 (MRK) 应用的一个潜在的重要因素,原因是机器人能够承担重的负荷,也能在强制性条件下进行作业和承担单态劳动。从当下的观点来看,通过人 - 机器人 - 合作 (MRK) 应用难以实现利润在数量上的增加。评价工作人员的休息时间、因休病假而不能出工的成本以及如对象举升器这样的辅助设备的投资等也是评估人 - 机器人 - 合作 (MRK) 应用的一个潜在的重要因素。

人 - 机器人 - 合作 (MRK) 技术解决方案的投资成本常常低于自动化技术解决方案,而运行成本通常高于相应的手工作业和自动化技术解决方案。因此,实施人 - 机器人 - 合作 (MRK) 技术解决方案的企业通常是通过发挥人 - 机器人 - 合作的优势来提高生产能力,从而以这种方式来均衡运行成本通常高于相应的人工和自动化技术解决方案的不足。上述三种不同的技术解决方案加工件的典型的成本资金分期摊偿期为两年或者三年。本文以一个定位钢管作业的应用为实例,分别列出了人工作业、人 -

机器人 - 合作 (MRK) 作业和自动化作业这三种技术解决方案加工件典型的成本资金分期摊偿期。

从竞争的角度来权衡人 - 机器人 - 合作 (MRK) 技术解决方案

人们已经设想,通过生产流程步骤的平行化,实现人 - 机器人 - 合作 (MRK) 技术解决方案的生产能力达到人工技术解决方案的 1.5 倍。与人工技术解决方案相比,自动化技术解决方案的生产能力提高了 10%。人 - 机器人 - 合作 (MRK) 技术解决方案比全自动化技术解决方案的成本资金分期摊偿期要短。因为与人工技术解决方案相比,采用人 - 机器人 - 合作 (MRK) 技术解决方案的机器设备改装成本低,所以在更换一种产品的情况下便完成了资金分期摊偿。反之,如果在生产中机器设备需长时间持续运行,那么还是自动化技术解决方案的利润较高。

为了评判一个人 - 机器人 - 合作 (MRK) 技术解决方案的经济性,必须要仔细认真地从竞争的角度进行权衡。为了使人和机器人的任务分工达到最佳化。如果生产企业的生产作业循环周期在长达 4 年或 4 年以上时间内保持不变,那么从技术上看,采用自动化技术解决方案是现实的,而且这一直是一个经济效益好的技术解决方案。而对于那些需要对设



图 5 一个 MRK (人 - 机器人 - 合作) 交互类型的实例: 通过一名工人直接设定动作

备再组态和产品不断变化的企业来说,更适合采用人 - 机器人 - 合作 (MRK) 技术解决方案,这样使得生产作业具有转变的能力。由此可见,人 - 机器人 - 合作 (MRK) 技术解决方案更适合那些变形产品多和单批次的产品个数少的生产作业。

人 - 机器人 - 合作 (MRK) 技术应用的经济潜力如何,除了实施的方法外,还要求相关专业人员具备选择技术部件的专业方面的能力,并要求有操作人员 and 机器设备的最佳化利用方案以及一个各个方面协调一致的操作方案。正是因为如此,德国弗劳恩霍夫研究院 - 生产技术研究所 (Fraunhofer-IPA) 在人 - 机器人 - 合作 (MRK) 技术的应用方面具有多年项目设计和实施的经验。