

SICK AG

白皮书

机器人安全防护 – 协作型机器人系统的安全性

2018-06

作者

Fanny Platbrood

德国瓦尔德基尔希市 SICK AG 公司
工业安全系统产品经理与市场营销人员

Otto Görnemann

德国瓦尔德基尔希市 SICK AG 公司
机器安全与法规部经理

目录

引言 3

人机交互与安全 3

 定义 – 术语..... 3

 机器人应用的标准 3

 共存..... 4

 合作..... 4

 协作..... 5

安全协作机器人应用的标准和要求..... 5

 基本要求..... 5

 遵循 ISO 10218-2 和 ISO TS 15066 的协作运行模式..... 6

 风险评估..... 7

 风险降低..... 7

结语 7

引言

过去数年来,驱动系统和物体识别领域的工业自动化应用取得了长足的进步,为人机交互的新时代开辟了道路。

根据功能安全和相关标准如 IEC 61508、IEC 62061 和 ISO 13849-1/-2 [1,2,3,4],机器人技术的创新也促进了人和机器在同一个工作区密切合作。在工业领域,当人类的能力与机器人的能力相结合时,可实现质量更高、成本更低、人体工程学效果更佳和工作周期更快(关键词工业 4.0)的制造解决方案。

基于涉及工业机器人的安全性 (ISO 10218-1/-2) [5, 6],特别是用于协作应用的机器人 (ISO/TS 15066) [7] 的当前国际标准状态,本白皮书解释了这些标准中所包含并适用于设计安全协作机器人应用的指令。此外,本白皮书强调了当前技术的局限性,并展望了相关要求和即将到来的发展。

人机交互与安全

在工业生产中,柔性的自动化机器能够快速高效地适应不断变化的生产条件,其需求量日益增长。

为了防止人员受到机器人速度、移动和力量所导致的危害,机器人通常在防护栅栏后方工作。然而,如果需要密切的人机交互,则不能使用这种将危险源与受危害人员物理隔离的高效标准方法。出于这种原因,必须采用替代风险降低措施。

定义 – 术语

人与机器人以及类似机器人的设备进行交互时,可以通过两项交互参数来表征:空间和时间。如果人与机器人所处的运行空间和时间均不一致,那么机器人运动不存在风险,而这一场景被称为“非交互型”。人与机器人在不同时间共享同一空间的场景则称为“合作型”。对于人与机器人在特定时间处于同一工作空间的场景,则定义为“协作型”。

应用	工作空间不同	工作空间相同
先后作业	(无交互)	合作
同步作业	共存	协作

机器人应用的标准

地区	风险评估	机器人	机器人系统和整合	协作型机器人
中国	GB/T 15706-2012	GB 11291.1-2011	GB 11291.2-2013	GB 11291.2:2013
韩国		KS B ISO 10218-1	KS B ISO 10218-2	
日本	JIS B9700	JIS B8433-1	JIS B8433-2	JIS TS B0033
美国	ANSI/ISO 12100, ANSI B11.0	ANSI/RIA R15.06 (第 1 部分)	ANSI/RIA R15.06 (第 2 部分)	RIA TR R15.606
欧洲	EN ISO 12100	EN ISO 10218-1	EN ISO 10218-2	ISO/TS 15066
中国台湾		CNS 14490-1 B8013-1	CNS 14490-2 B8013-2	
加拿大	CSA Z432, CAN/CSA-Z1002	CAN/CSA-Z434 (第 1 部分)	CAN/CSA-Z434 (第 2 部分)	
巴西	ABNT NBR ISO 12100	ABNT NBR ISO 10218-1/2	ABNT NBR ISO 10218-1/2	

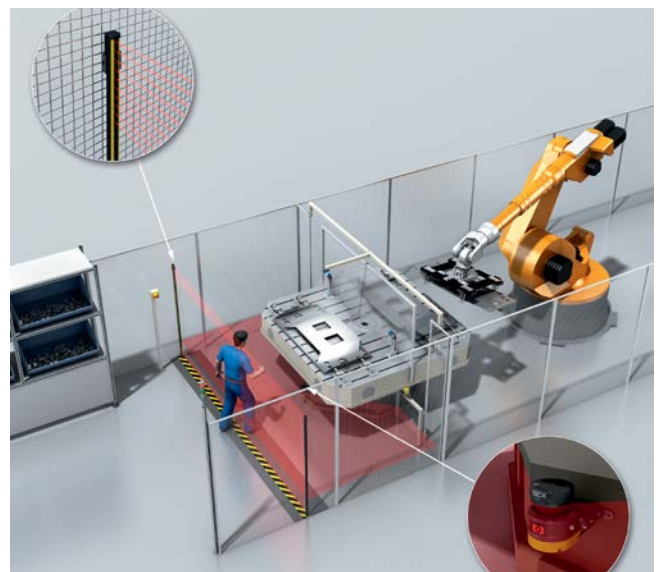
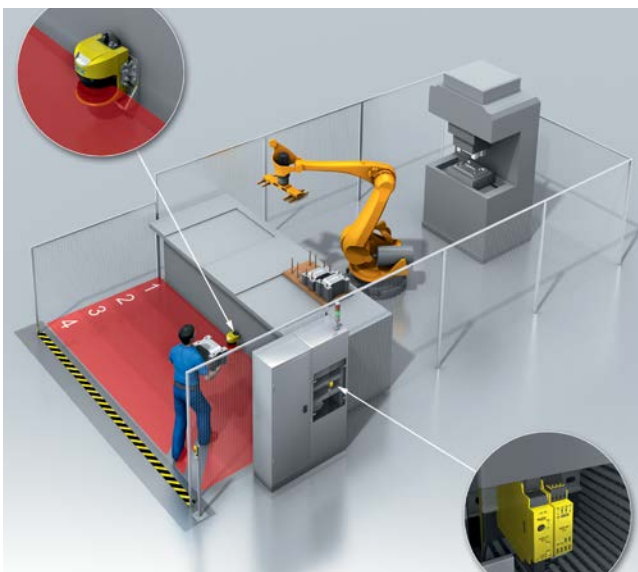
共存

即便是在生产流程中无需人员进入的工业机器人应用,操作人员也必须进入机器人的工作空间执行例如维护作业。在此类应用中,工作空间必须封闭隔离,同时入口门已闭锁。联锁装置必须确保操作人员进入危险区域时,关闭致危的机器人功能。只要尚有人在此危险区域内逗留或者入口门打开,则必须保持这一状态。



合作

工业机器人在操作人员为机器人工作站装卸货的工序中得到广泛应用。在此类合作应用场景中,操作人员和机器人在不同时间执行同一工作区域中所需的工序。此时同样需要技术性防护措施。对于装货/卸货应用,使用安全光幕和安全激光扫描仪等光电防护设备是最佳选择。



协作

与此相反,在特定应用中,人与机器人必须在同一工作空间中同时交互。在这种所谓的协作场景中,机器人的力量、速度和运动轨迹必须受到限制。为了降低风险,可以采用固有的防护措施(如有),或者采用额外的措施,例如通过驱动装置的性能或系统控制器的安全相关部件来限制扭矩。此外,必须根据实际风险程度监测与控制力量、速度和运动轨迹。该风险程度也取决于人与机器人之间的距离。该任务需要可靠的安全传感器来检测人员或确定其速度和到危险区域的距离。从根本上而言,这些传感器必须克服与协作技术开发相关的未来挑战。



安全协作机器人应用的标准和要求

ISO 10218 第 2 部分中描述的机器人系统包括工业机器人、其末端执行器和任何机器部件、设备、装置、帮助机器人执行其任务的外部辅助轴和传感器。

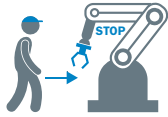
基本要求

协作应用的设计有一些基本要求。

- 协作区域必须满足以下要求:
 1. 其设计必须使操作人员能够轻松安全地执行任务,而不会因工作区域内的附加设备或其他机器而产生其他危险。
 2. 不得有割伤、挤伤或刺伤的风险,也不得有无法通过减小机器人系统的速度、力量或性能而降低的任何其他风险,例如灼热表面、承压部件。当然,这也适用于相应的夹持装置(工具)和工件。
- 机器人的工作空间必须提供到相邻可进入区域的最小距离,在这些区域存在挤伤或夹伤危险。如果无法实现这一点,必须使用附加防护设备。
- 应尽可能提供安全的轴限制,以限制机器人在空间内的自由移动,从而降低人身伤害的风险。

遵循 ISO 10218-2 和 ISO TS 15066 的协作运行模式

ISO/TS 15066 技术规范规定了四种协作运行模式,其可以单独或组合使用,具体取决于各应用的要求和机器人系统的设计:



- 受监控的安全停止功能
在与协作区域中的操作人员交互期间停止机器人。在能够继续保持驱动装置开启的同时监控此状态。



- 手动引导
通过在安全减速的情况下有意识地手动操控机器人,保证人机协作的安全性。



- 力量和性能限制 - 走向协作之路
机器人系统(包括工件)与人(操作人员)之间可能发生有意或无意的物理接触。通过将性能和力量限制在预期不会导致伤害或危险的值来实现所需的安全性。性能和力量受限的协作需要专为此运行模式开发的机器人。技术规范 ISO/TS 15066 包含最大值(生物力学负荷极限),当机器人与身体部位碰撞时不应超过该值。

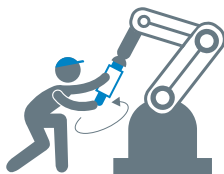


- 距离和速度监测功能 - 未来:
机器人的速度和运动轨迹受到监测,并根据操作人员在受防护空间内的速度和位置得到调整。

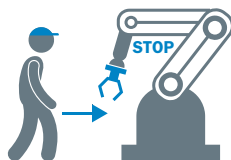
在协作应用中,必须根据应用选择此处列出的一种或多种方法,以确保所有暴露于潜在危险的人员的安全。

协作型机器人系统的当前运行要求包括使用符合 ISO 13849-1 的 PL d 要求的合适安全相关控制系统。

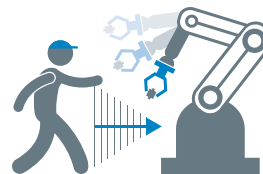
协作运行模式下的验证工作



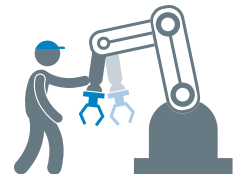
手动引导



受监控的
安全停止功能



距离和速度监测功能



力量和性能限制

人机交互越密切,风险降低措施的验证成本就越高。

风险评估

从标准工业机器人到专为协作运行开发的机器人(协作型机器人,也称为“Cobot”),现今的市场提供各种机器人类型。如果将机器人整合到系统中(带有末端执行器等),则必须对整个机器人系统(整台机器)进行风险评估。从中得出的风险降低措施应确保安全的协作运行。即使相应的机器人已经具有降低风险的建设性措施,也有必要采取这种措施。

风险降低

协作型机器人通常使用的固有防护措施主要包括:

- 例如通过确定驱动装置的尺寸来限制最大允许的力或扭矩
- 对机器人表面进行相应设计,以减少压力作用或传递的碰撞力(例如圆形机器人表面、吸收能量的软垫)

然而,这种固有防护措施的效果可能受到协作工作区域内机器人工具、夹持装置、工件或其他机器的设计的重大影响。

可为此采用其他防护措施:

- 通过控制系统的安全相关部件限制性能(扭矩)、力量或速度
- 使用压力敏感型防护设备(PSPE)或电敏防护设备(ESPE)来停止或反转机器人运动

结语

在未来,人类和机器人将在需要极大灵活性的自动化应用中更紧密地协作(例如在具有高可变性的小批量生产中)。取代手动装配程序,开展人与机器的能力以最佳方式相互补充的人机协作。由此可以改善需要高生产率的工作场所的人体工程学效果。安全所需的速度和力量限制必须与所需的生产率相协调。

ISO/TS 15066 中的设计原则补充了已经在 ISO 10218-1/-2 中制定的要求,并为协作型机器人应用的设计奠定基础。

目前市场上的产品和服务无法完全满足当今对安全顺利地实现人机协作的要求。新传感器和机器人技术以及智能控制系统的开发是未来协作型机器人应用的先决条件。

如今通过人机协作解决的应用与其他应用不同。即使使用的机器人是专为与人类交互而开发的,也必须进行特定的风险评估。机器人制造商将固有安全设计措施整合到其产品中这一事实并不能免除系统集成商作为机器制造商评估并降低潜在风险的义务。机器人系统的系统制造商和集成商必须仔细检查机器人制造商采取的建设性防护措施,考虑剩余危险和风险,并根据此风险评估设计机器人系统。作为风险评估的结果,经验表明,系统制造商必须实施额外的风险降低措施(例如安全光幕或安全激光扫描仪等)来实现全面安全的协作应用。

参考

- [1] IEC 61508-x:2010 – 安全相关电气/电子/可编程电子系统的功能安全 - 7 个部分。国际电工委员会。
IEC Central Office – P.O. Box 131 – CH-1211 Geneva 20 – Switzerland.
- [2] IEC 62061:2015 – 机械安全 – 安全相关电气、电子和可编程电子控制系统的功能安全。国际电工委员会。
IEC Central Office – P.O. Box 131 – CH-1211 Geneva 20 – Switzerland
- [3] ISO 13849-1:2015 – 机械安全 – 控制系统的安全相关部件 – 第 1 部分:一般设计原则。ISO 国际标准化组织。
P.O. Box 56 – CH-1211 Geneva 20 – Switzerland
- [4] ISO 13849-2:2003 – 机械安全 – 控制系统的安全相关部件 – 第 2 部分:验证。ISO 国际标准化组织。
P.O. Box 56 – CH-1211 Geneva 20 – Switzerland
- [5] ISO 10218-1:2011 – 工业机器人 – 安全要求 – 第 1 部分:机器人。ISO 国际标准化组织。
P.O. Box 56 – CH-1211 Geneva 20 – Switzerland
- [6] ISO 10218-2:2011 – 工业机器人 – 安全要求 – 第 2 部分:机器人系统和整合。ISO 国际标准化组织。
P.O. Box 56 – CH-1211 Geneva 20 – Switzerland
- [7] ISO/TS 15066:2015 – 机器人和机器人设备 – 协作型机器人。ISO 国际标准化组织。
P.O. Box 56 – CH-1211 Geneva 20 – Switzerland

→ www.sick.com/safe-robotics