

贝加莱上海市场部

机器人安全技术

贝加莱工业自动化

最新 7 月 2 日发生在德国大众工厂的“机器人杀人”事件将机器人安全问题又一次提到人们面前，机器人的安全必然是未来关注的要点,严格来说，这是一个事故，并非机器人会杀人，而是操作人员进入工作区间，但是，如何让机器人更安全的与人工作则是一个更为广泛且值得关注的问题。



1、机器人安全起源与主要思想

谈到机器人安全，Asimov 的科幻小说《机器人》中有一个重要的规则：

- ①机器人不能主动伤害人，也不能通过不作为使人受到伤害
- ②机器人必须遵循人的指令，除非该指令与第一条规则冲突
- ③机器人必须保护其自身不受伤害，除非该行为同第一条和第二条规则冲突。

尽管这是机器人产生之前的小说中的描述，然而，它对于机器人的安全仍然是具有广泛适用性的。

很多时候，我们不重视安全问题，因为安全的确是一个看上去巨大的投资，而某种意义上，立法略微滞后于产业实际，因为，机器人的快速成长也就在这几年发生并将在未来会更为高速的增长。



贝加莱上海市场部

关于机器人的安全研究历史也是比较悠久的，Ziskovsky 在 1995 年将机器人安全延展至整个生命周期的过程，这一思想也延伸到电气传动的安全领域，当然，针对机器人本身也有很多其它研究方向例如安全性与生产过程的效率平衡问题，这也为今天很多安全技术奠定了理论基础，包括今天的集成安全技术（Integrated Safety），如何在确保安全的同时解决生产效率的问题，概括为两点：

- 1 安全是一个全生命周期概念
- 2 安全必须与生产力平衡

当然，实现安全的方法也分为很多种，例如：基于控制系统速度监控、视觉方式、力矩测量反馈方式等

2、为何要重视安全

只有对企业造成市场的损失、重大事故导致的法律责任、因此而造成的设备损失等因素才能驱动企业去投资安全技术，而对于机器人行业而言，也必须考虑以下几个因素：

- 1 机器人与人协同才能达到最大的效率；
对于一些生产而言，由于机器人被关在铁笼子里，这使得很多复杂的需要人配合的工作无法进行，因此，在未来，人机协同工作是一个热点研发方向，而正因为如此，安全将会更为突出。
- 2 非安全机器人融入有安全要求的生产线；
对于机器人制造商而言，进入不同的行业，必须考虑生产系统本身的安全性，系统的安全性取决于最短的那块板，如果机器人本身无安全系统，则意味着带来整个产线的安全等级将为 0-对于生产系统而言，这是不允许的。
- 3 政策法规的要求。技术壁垒角度也会设置安全标准；
无论是 IEC、ISO 还是行业的，都会有对安全的要求标准，未来这将成为一个技术壁垒也会成为政策性必须完善的领域。
- ④安全系统开发周期长，不属于拿来即用的，因此必须未雨绸缪；
- 4 对终端生产企业而言，安全的生产环境是对员工的承诺；
很多时候，相对于安全所造成的后果，安全系统的投资并不是那么大，并且，提供更为安全、健康的工作环境，在人力资源越发匮乏的未来是一种企业负责人的表现。

3、SafeROBOTICS 技术

早在 2010 年，贝加莱即开发了 SLS@TCP 来解决机器人关节的速度限制问题，这是符合 EN ISO 10218-1 规范的，针对机器人工具中心点（TCP）的速度限制，在以下几种情况下对人起到保护作用：



贝加莱上海市场部

- ①减速运行
- ②示教
- ③设备维护

之所以需要设计 SLS@TCP，是因为机器人的 TCP 速度并非像定位同步控制的速度是一个给定值，机器人的 TCP 是一个运动学值，是与各个关节的速度均是有关联的，并且，在出现动作时，减速也意味着需要为每个关节计算速度值。

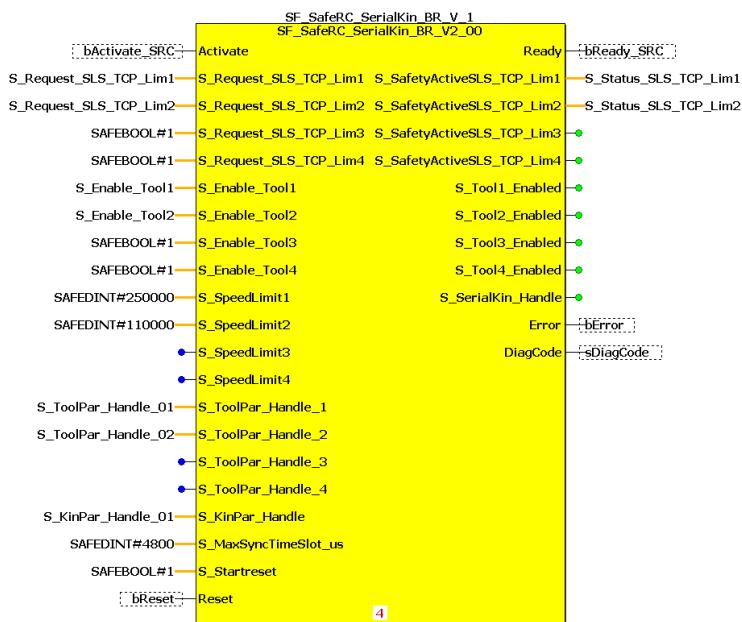


图 1.SLS@TCP 功能块示例

对于安全的开发，基于 Automation Studio 内嵌的 SafeDESIGNER，用户可以以可视化方式开发集成安全应用，这里的集成包含：

- (1) .SafeMOTION、SafeI/O、SafeLOGIC、openSAFETY、SafeROBOTICS
- (2) .机器人与运动控制的安全协同，即，机器人并非独立工作，而是与其它设备在安全域的集成，可以实现诸如机器人与注塑机、钣金设备、变位机等的安全集成，确保整线而非单机的安全工作。

贝加莱上海市场部

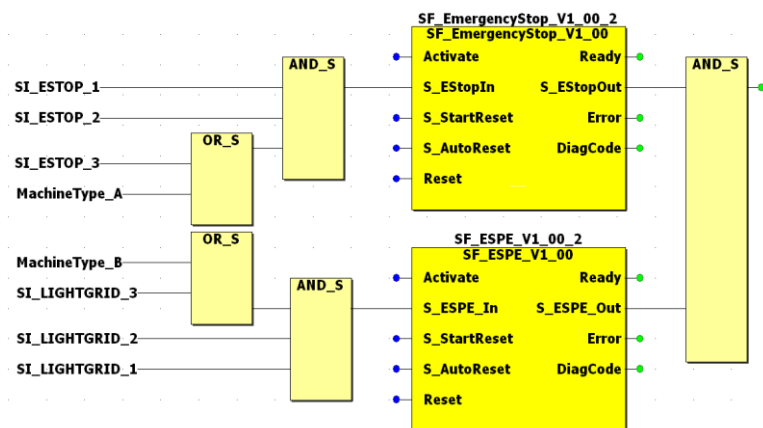


图 2.模块化与可视化的 openSAFETY 应用开发



图 3.基于 PLCopen Safety 库的开发

基于 PLCopen Safety 的库使得其更为标准化，也更为简单，这些功能块均是经过测试并反复验证，满足 IEC61508、EN13849 等国际标准。

4、安全新增 SLP & SLO 功能

2014 年，贝加莱更新了多种用于安全机器人控制的功能。用户只需登陆 SafeDESIGNER 就可监测以下功能：SafeRC SLS，SafeRC SLP 和 SafeRC SLO。这些 SafeROBOTICS 功能基于“配置方便（Easy-to-configure）”的功能块，不仅灵活适应环境，而且方便验证。

除了监测 TCP 速度和串联机器人所有关节速度（即 SLS），也可用来监测 SLP 和工具安装法兰定位。贝加莱 ACOPOS 伺服驱动提供安全轴定位，这一定位集成了安全功能。已知该定位，就可以计算出所有关节坐标位置，工具安装方兰坐标位置，TCP 坐标位置和附加监测点坐标位置。

贝加莱上海市场部



图 4.机器人安全位置限制 SLP

4.1 SLP-安全位置限制

如图 1,为了更直观地监测安全工作空间 (SLP),将旋转立方体定义为工作空间 (WS),旋转平面定义为安全间隙 (SS)。在安全应用中,一些特殊函数空间用于控制与位置有关的运动;这些特殊函数空间扩大了 SafeRC SLP 安全功能的范围。

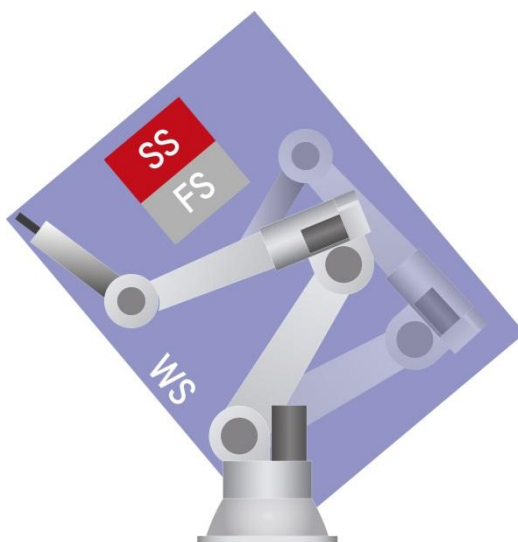


图 5-机器人安全工作空间与安全间隙

4.2 计算制动距离

依据流速和机器人位置可以确定每个运动物体的制动距离。如果设定好制动减速,在达到工作空间界限之前机器人无法停止,这就表明仍有状态输出。当工作空间受到妨碍时,可以最大程度地减少超出距离,让工作空间限制更精确地契合机器人的操作区域,从而减少空间需求。

贝加莱上海市场部

例如，依据应用，通过触发所有关节轴的 **STO** 功能可以停止机器人动作。计算和确定位置的公差可以确保在工作空间受干扰前已经设定好状态输出。

4.3 安全方向监测

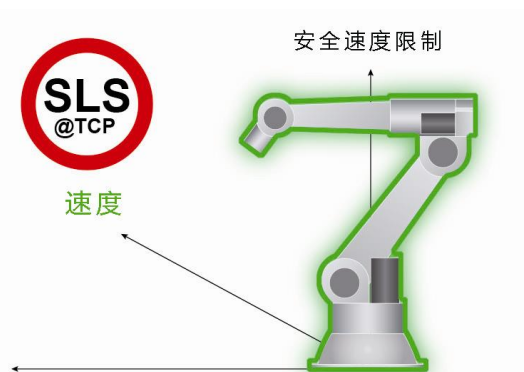
安全定位监测用来监测工具安装法兰在空间的位置，即固定的方向矢量和随法兰移动的方向矢量之间的角度。方向矢量的自由选择应用很广，这种选择已经结合了安全应用中多情况监测功能块。例如，可以定义已监测的与电流 **TCP** 位置相关的工具定位边界角，通过状态输出可表明是否超出空间中限定的边界角。



图 5.安全方向限制

4.4 监测被动关节以增加安全性

在现有速度检测功能（**SLS**）上增加了新特征。例如，配置和监测那些随机器人移动的额外监测点，包括串联机器人的被动关节。这些关节的轴位置是主动关节轴位置的线性组合，连起来可以增加配置中串联机器人的数量。



贝加莱上海市场部

图 6.安全速度限制

4.5 采用诊断功能块进行验证

除了参数和安全功能块，需要特别注意验证用于安全应用方面的参数。针对这一需求，诊断功能块既可以验证机器人的配置，也可以验证与监测功能相关的参数。采用诊断功能块，可以输出坐标位置，所有运动物体的速度，定位角度以及制动距离。在不改变安全应用的试车环节，可以验证与安全相关的参数。

机器人的安全问题必须得以重视，尤其对于那些行业的领导者而言。

[贝加莱 \(B&R\)](#) 是一家自动化技术领域的全球性领导厂商，总部位于奥地利Eggelsberg，于 1979 年由 Erwin Bernecker 先生和 Josef Rainer 先生共同创建。经过 30 多年的发展，今天，B&R 已经在全球 68 个国家拥有 175 个分支机构。

贝加莱工业自动化(中国)有限公司是贝加莱全资子公司，于 1996 年在上海成立，在过去的十几年里，贝加莱一直为中国机械制造业和流程工业领域提供深嵌行业经验及关键技术的自动化方案。

在机械制造业，贝加莱为本土 OEM 厂商提供了行业应用集成、技术支持和培训服务，赢得了业界广泛信任和业务的持续高速增长，在塑料、纺织、印刷、包装、电子半导体、风力发电及太阳能等领域提供了包含行业软件集成的整体解决方案，在缩短“Time to Market”、降低成本、提升整机性能与竞争力方面为众多战略合作伙伴做出了卓越贡献。同时，在自动化方案研发理念、系统架构及服务理念方面贝加莱也赢得了业界的广泛认同。

在过程控制领域，贝加莱以灵活的架构设计、开放的系统平台、良好的通信连接性、组态的方便性、便于维护和系统高可靠性等优势同样在交通、能源与电力、石油与天然气、水处理等众多领域赢得了信任，为管控一体化、能源优化、综合管理提供了高效的系统软硬件平台。

“深耕行业，加强软件标准化与集成” 这是贝加莱在中国发展的驱动力，也是赢得信任的制胜因素。作为

贝加莱上海市场部

如发表或转载此篇新闻稿，请告知 lin.wang@br-automation.com

