冲压自动化轨迹及效率提升浅析

□ 安徽江淮汽车股份有限公司技术中心　李晶晶，王平，马国礼，崔礼春

摘要：主要介绍了冲压自动化的运动轨迹并分析了影响其工作效率的因素，并通过江淮汽车冲压自动化七轴改造的案例分析了六轴机器人与七轴机器人的优缺点，介绍了机器人在国内外自动化中的应用概况，以及机器人对于提升冲压自动化的重要作用。

关键词：冲压自动化；动作过程；效率提升



李晶晶

传统的冲压生产形式，是由人工取放料，生产效率较低，精度较差，劳动强度较大且安全性不够。冲压生产品质受操作者技能和素质等因素影响较大，从而生产的质量和效率较差。然而随着改革开放，汽车工业快速发展，汽车行业的竞争也日益激烈，国民对于汽车的需求加大，质量要求也更高，从而冲压自动化的开发和应用就成了国内外汽车发展的必由之路。

冲压自动化是提高生产效率最为关键的手段之一，其具有连续、高效、无间歇的特点，冲压自动化具有柔性、高效、可靠、通用的加工单元，确保了冲压工作的稳定性和安全性。冲压自动化的出现使人的工作强度大幅降低，转换了人在冲压生产过程中角色，为少人化、无人化的生产环境创造了条件。

1. 冲压自动化取放料动作轨迹的分析

冲压自动化取放料动作轨迹按工件的运送轨迹可分为直线式运送和曲线式运送两种。

（1）国内外自动化冲压线的发展现状　目前，国内部分生产线采用的第一个工位为机械手工线，按照预定的程序实现板料的输送，实现单机自动化。同时也由几台压力机组成的冲压生产线，实现各工序间板料和零件的传输，组成自动化冲压生产线。这是国内企业主要运用的方式，比较适用于传统手工线的改造，使用方便且投入成本较低。但随着国内外汽车行业对于产品件的质量和工作效率的要求不断提高，为了适用于多车型、多种类、高质量的大中型冲压件，自动化冲压线逐渐由单臂机械手向机器人发展。国内汽车行业冲压的自动化水平相较于国外还存在着很大的差距，导致生产效率和质量都较差，尤其在国外已经广泛使用的多工位自动化线和高速冲压线等先进技术未得到有效大范围推广使用，这是我国冲压自动化与欧美发达国家的主要差距，鉴于我国汽车工业生产集中度较低，且新车型换代越来越频繁的现实状况，故对于国内自动化冲压线的发展依然任重而道远。

（2）冲压自动化取放料动作原理　冲压自动化取放料系统应用在冲压设备上，其基本结构如图1所示，达到无人化的生产作业。工件在伺服系统的控制下，在取料位、放料位及安全位等工位之间通过端拾器的夹持作用完成工件的位置精确移动、传递。

（3）冲压自动化取放料动作轨迹的分析　冲压自动化实现了从传统的人工作业到自动取放料，虽然不同生产厂商采用的取放料的机构各不相同，但大体可以分为两类，一种是在压力机的纵轴线上安置多自由度搬运机器人，机械人可以沿压力机轴向纵向移动；另一种是在两台压力机的立柱前后安置的平行机械手臂，通过一根横杆形式的末端端拾器搬运零件。

对冲压自动化取放料机构动作轨迹的分析，源头意义上就是对自动化生产效率的研究，根本上就是对自动化取放料动作时间的分析。通过分析冲压自动化取放料动作时间过程，推导出CT（动作循环时间）计算公式，以提高冲压自动化的生产效率。

CT=CT(吸盘）+CT（伺服）+CT（冲压），其中CT（吸盘）=CT（取料）+CT（放料），CT(伺服）=CT（移动）+CT（避位）+CT（返回）。

2. 冲压自动化的效率提升

（1）冲压自动化效率的提升　冲压自动化整线是由拆垛、线首上料、压力机间取放料、线尾下料单元顺次组成，其中影响冲压自动化效率的主要因素有压力机自身速度和自动化速度：

第一，压力机对于自动化效率的影响。压力机滑块行程越大，越有利于整线生产节拍的提升；一般来说压力机间距越小越有利于板料的输送和整线节拍的提升，通常压力机间距为5.5~6.5m比较适合安装自动化，当然压机间距也可以根据现场需要的不同而进行调整。

第二，自动化速度对于自动化效率的影响。自动化速度主要取决于线首拆垛时间、板料表面处理时间、线首上料、压力机间以及线尾下料时间，其中在实际生产中机器人的应用则有效地提升了自动化的生产效率。

机器人生产线具备很高的柔性，可适应不同高度的模具，允许模具中心偏移，允许零件偏移，旋转等，能很好地适应将来各种新车型的零件，机器人自动化冲压生产线能够达到生产节拍为10~12SPM。

目前，冲压生产线自动化传输主要有以下四种方式：一普通压力机+单臂机械手。单臂机械手传输形式成本相对较低，但在工序间需增加空工位；二普通压力机+普通机器人。普通机器人传输形式可以连续传输，并且柔性好、成本低，适合大批量生产；三高速压力机+横杆式机器人。横杆式机器人传输形式具有高速、高稳定的特点，已在大型覆盖件生产中得到了广泛应用。四多工位压力机+送料系统。具有效率高、制件质量高的特点，特别适合汽车覆盖件的大批量生产，在美国、日本等国家使用广泛，但由于其造价昂贵、制作复杂且柔性不如单机联线自动化线等原因在国内应用较少。

（2）江淮汽车冲压自动化效率提升-七轴改造　在江淮汽



图1　冲压自动化取放料系统结构

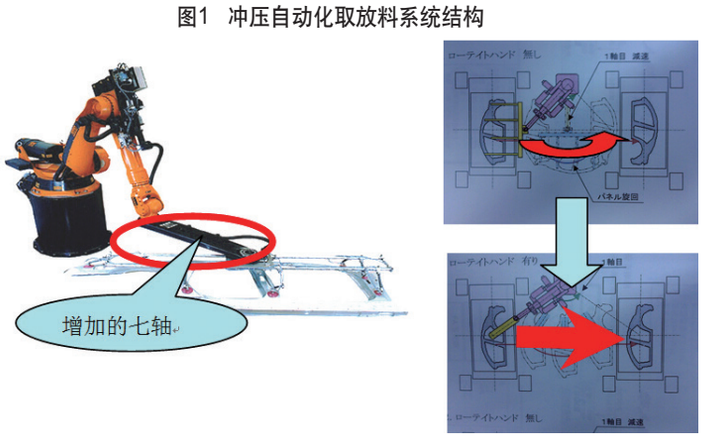


图2　七轴改造及其工作轨迹

车某冲压车间现有自动化冲压线3条，分别为A1、B1、B2线。线头含自动拆垛上料、板料对中，整线为机器人自动化传输，线尾含输送皮带及检测照明光带。改造前A线的生产节拍较为缓慢，造成这一情况的主要原因为原先六轴机器人转动角度大，易造成过载报警和掉件，解决措施为在现有六轴机器人的基础上增加七轴，将机器人工件搬运形式由原来的旋转180°变为平移，消除由离心力造成的掉件，从而提升生产效率，如图2所示。

江淮汽车七轴改造。江淮汽车某冲压车间内使用的机器人为七轴冲压机器人。该系统实际上是由一条纵向轴及控制端拾器旋转的转动轴组成的八轴链式结构。七轴机器人的应用改善了原先六轴机器人的死角和速度慢的问题，大幅提高了机器人的运行速度，且所有的工艺动作都直接在示教器上进行，操作也变得简单方便。该系统可以实现上一序冲压件到下一序的迅速传输、准确灵活定位；压力机间距允许范围5~10m，该系统的最佳传输距离为6.6m，可以实现零件的无旋转传输，降低掉件几率；系统柔性大，每个工件可以自行编程；采用标准机器人，运行可靠，使用寿命长。

六轴机器人与七轴机器人的对比。江淮汽车六轴机器人改造前后对比，可看出改造后其工作轨迹对于自动化的效率提升具有很大影响。六轴机器人的机械构造只安装到机器人腕部，它没有独立的驱动装置，它不能使工件任意旋转且难于编程；而七轴机器人具有集成到机器人腕部及控制系统额外的一根独立的轴，由伺服系统驱动，工件可以按照需求进行任意角度的旋转，这种旋转有利于在压机间传动工件时修正方向，也可以将工件以工艺需要的任何方向送入压机且易于编程。因为七轴机器人对比六轴有着明显的技术优势，故现在越来越多的工厂使用七轴机器人，如广州本田、福特等。

（3）验证结果　江淮汽车某冲压车间A线机器人经七轴改造上线生产后，大部分模具SPM提升显著，验证结果如下表2所示。

表1　六轴机器人与七轴机器人对比

	六轴机器人	七轴机器人
伺服驱动	是	否
运动控制	独立的伺服驱动轴	机械连杆
保持零件方向	是	是
独立旋转	是	否
任意方向旋转	是	否
方便编程	是	否

表2　七轴改造后A线节拍提升对比

车型	模具名称	模具数	线速（%）	提升前SPM	提升后SPM	提升率（%）
A108	左侧围	5	90	5.5	6.7	21.8
	右侧围	5	90	5.5	6.3	14.5
	前门外板	4	90	6.3	7.1	12.7
	后门外板	4	90	6.4	7.3	14.1
A107	左侧围	4	85	5.8	6.2	6.9
	右侧围	4	85	5.8	6.2	6.9
BMPV	左侧围	5	85	4.9	6.2	26.5
	右侧围	5	85	4.8	6.2	29.2
	顶盖外板	5	85	6.8	7.1	4.4
B926	左侧围	5	90	4.5	6.1	35.6
	右侧围	5	90	4.4	6.1	38.6
	前门外板	3	90	7.1	7.5	5.6
	后门外板	3	90	6.8	7.5	10.3
SRV	左侧围	5	90	4.2	5.9	40.5
	右侧围	5	90	4.1	5.5	34.1

3. 结语

通过江淮汽车七轴改造案例对比，改造后生产线大型覆盖件整线节拍显著提升，并且原先六轴机器人转动角度过大、由转动引起的第六轴过载报警、角加速度过大掉件、轨迹不平掉件等问题得到了解决。江淮汽车七轴改造的成功应用，是基于横杆系统两个不同厂家的有机结合，在降低投入成本的同时，也达到高速冲压的目的，从结果来看，这是一种全新的高速冲压应用案例。

目前提高冲压线生产效率的方法除了七轴改造外，还有采用伺服压力机技术、优化自动化动作轨迹、优化压机间距等。