

汽车冲压线 自动化技术研究

□ 上汽通用汽车有限公司/居跃峰 吴腾飞

本文针对汽车冲压行业中的自动化技术，在近年出现的新兴技术和具有创新性的概念进行了介绍。这些内容基本上覆盖到了汽车冷冲生产线整个设备和生产工艺流程，这些新兴技术的应用对冲压过程中的安全、效率、质量和成本方面会产生诸多积极的影响。同时行业中出现的新兴概念，一旦形成生产力，也必将会给整个行业产生深远的影响。

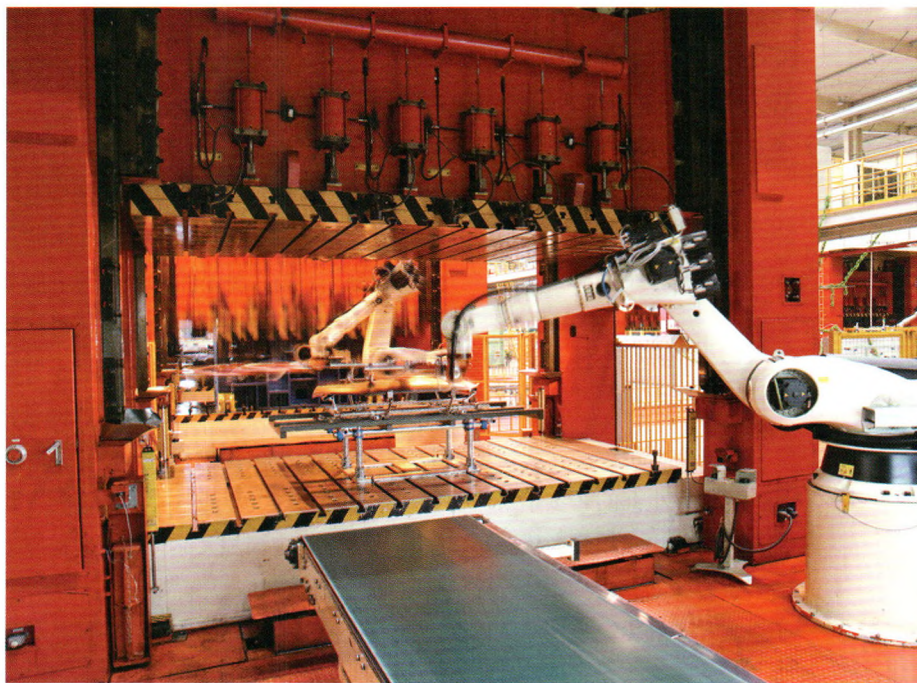
对于冲压生产线，其自动化技术是指将板坯料垛上料至冲压线首，到拆垛、对中、冲压成形，再到线末装框运送并直至冲压件仓库的全过程中实现自动化作业，以提升生产效率，降低用人成本，降低生产中的安全风险，提升产品的质量。

据不完全统计，轿车零部件中占40%以上的是金属板材冲压件。其中车身外覆盖件等绝大多数采用的是金属冷冲成形。本文将主要针对汽车行业常见大型贯通式的冷冲压生产线，阐述国内外近年来在板料垛自动上线、压机间自动化、零件自动质检、零件自动装框和满料框自动转运至冲压件仓库等方面出现的新兴技术和新兴概念的应用和发展状况。

冲压线线首上料技术的发展与应用

1.当前冲压线线首上料工艺的现状

目前国内汽车生产主机厂或



汽车冲压件配套厂，其冲压生产线线首的板坯料垛的上料方式，绝大多数是采用叉车或者行车通过托盘将板坯料垛从仓库铲运或吊运至冲压线线前上料设备或机构上（见图1），然后由生产线对料垛进行逐张料片分张拆垛并投入下道工序进

行加工。对于传统的上料方式，采用叉车上料尽管其柔性高，但大吨位的柴油叉车尾气的排放会造成车间空气污染；另一方面，叉车运行的安全风险历来是车间的重点控制对象。而采用行车上料方式，尽管污染和安全管理上相对叉车型

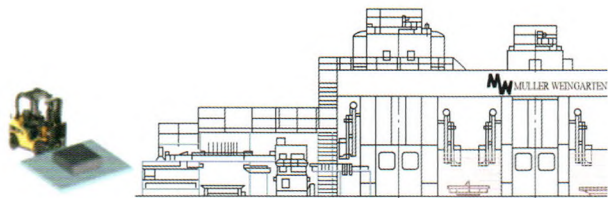


图1 传统的人工叉车上料（板料垛）方式

有一定的优势，但行车所及的区域受限，不利于板坯料垛的集中存放管理，同时增加同跨行车的作业负荷。

2. 冲压线线首自动上料技术介绍

随着自动化技术的不断发展，目前国外已经出现了利用AGV（自动导航小车）代替叉车或行车，实现向冲压线线首运送板坯料垛的技术。准确来讲，该技术的核心是通过一个中控调度控制系统，根据冲压线的需求，指挥AGV前往板坯料垛库存区自动获取指定的板坯料垛，并通过自动导航系统按照固定导航轨迹寻址到相应的冲压生产线。当到达该冲压线线首预定地点后，AGV自动完成与冲压线的信息交互，并实现与冲压线线首完成料垛的交付。然后AGV根据中央调度系统的指挥，运行至等待栈点或进入下一循环周期。其中，中央调度系统通过无线通信与AGV实现数据的交互（见图2）。

在整个过程中，板坯料垛的物流经历了三个位点：板坯料库→AGV→冲压线线首。要实现整个物流环节中的无缝自动对接，板坯料库和冲压线线首必须与AGV的软硬件的接口保持一致，并能实现自动化。其中，对于板坯料垛仓库可以采用立体仓储，以提高单位面积的库存量，并通过自动化的料垛存取装置，实现料垛的定位存放和取料时精确快捷的查找，以提升料垛吞吐效率，并通过立体仓库的自动交换平台实现与AGV进行料垛存取的交互。至于AGV与冲压线线首的料垛交接，则是利用线首的取料装置（传送带或输送链等）将料垛从AGV取出并送至线首，以完成料垛的收取动作和一系列的控制信息交互。

整套自动上料系统的关键技术中，除了AGV的中央控制系统的调度算法外，还涉及到系统与冲压线和料垛仓库之间的信息交互，AGV运行的安全控制，AGV的导航和定

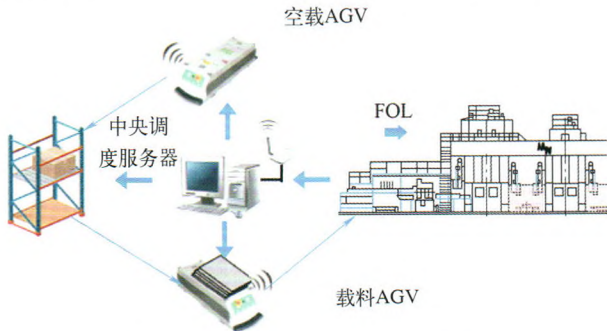


图2 冲压线线首自动上料（板料垛）方式

位，AGV车载电力补给，AGV对料垛身份的识别等多方面的自动化技术。该系统的优点是实现了整个过程的无人化操作，车载蓄电池驱动，实现无排放污染，并具备了越跨取料的柔性。

冲压线线间自动技术应用与发展

对于无论是由机械压机还是伺服压机串联而成的大型冲压线，其生产件效率很大程度上取决于压机间的取投料自动化的速度和整线压机自动化运行模式。尽管近年来国内诸多自动化集成商在该方面的技术发展也取得了长足的进步，但与进口的自动化技术尚有一定的差距。目前市场上可靠性和稳定性较高的自动化技术还是主要来自欧洲和日本，其中欧洲以德国SCHULER和瑞士GUDEL的自动化技术在国内应用较多，日本则主要以KOMATSU和AIDA等制造商的自动化技术为代表，得到广泛应用。

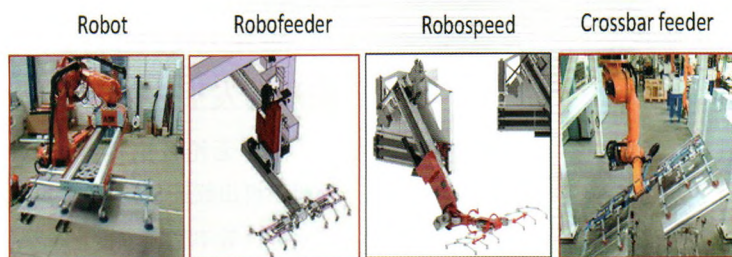
1. 当前压机间的自动化技术与发展趋势

实现产件线速（压机技术满足相应技术前提下）达到12~18SPM（SPM：每分钟冲数）的自动化技术有：ABB/FANUC/KUKA等7轴机器人，而GUDEL的自动化产品则有多种压机间的自动化专机，如Robofeeder/Robobeam和Robospeed，KOMATSU的HTL和AIDA SAT double link，SCHULER提供的有Crossbar feeder和Speedbar等，其中尤以SCHULER的Crossbar feeder为代表的自动化柔性高，速度快，技术较为领先。详见附表和图3。

当前压机间的自动化技术

厂商	ABB等	GUEL			SCHULER		KOMATSU	AIDA
自动化形式	Robot	Robofeeder	Robobeam	Robospeed	Crossbar feeder	Speedbar	HTL	SAT
Max.SPM	12	12	18	18	22以上	14	18	18以上

单臂横杆结构



► 双臂横杆结构

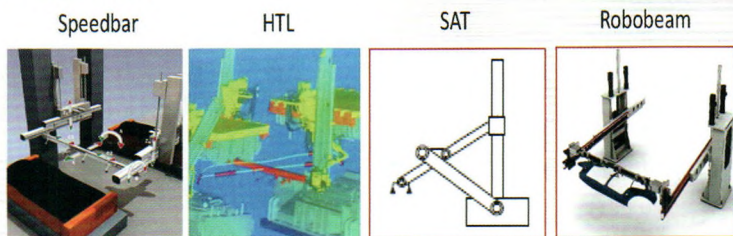


图3 高速自动化形式

2. 机器人技术

近年来,为了克服六轴机器人搬运过程中板件的抖动以及进一步提高生产效率,机器人搬运系统开发出了七轴和端拾器自动更换技术。七轴技术是在机器人第六轴上加装一个伺服控制轴,实现工件在上下工位压力机间搬运过程中的平移,避免了以往工件因 180° 旋转而产生的抖动与脱落,便于机器人搬运过程的提速。

端拾器自动更换技术是在全自动换模过程中, 机器人控制系统根据操作人员输入的模具号实现:

- (1) 原端拾器在旋转台上的自动定置和接头自动放松。
- (2) 旋转台 180° 转动, 原端拾器转出工作区域, 新端拾器转入

工作区域。

(3) 机器人与新端拾器接头自动夹紧, 迅速回到工作原点待命。

整个过程在全自动换模过程中完成,从而大大缩短了非生产工时,提高了整线的生产效率。

3. 双臂Crossbar形式自动化技术

对于德国SCHULER的Speed bar和瑞士GUDEL的RoboBeam以

及日系的HTL和SAT均属于双臂式结构，只是两端的持杆机构形式和原理不同，但均采用了快速横杆输送零件（据悉，ABB亦开发出了由两台机器人共同支持一根Crossbar的双臂自动化结构，在压机速度满足条件的前提下，亦能达到15SPM）。

其相对于传统的专用机械手加穿梭小车式自动冲压线（见图4）的优点在于：

- (1) 两台压力机之间由一套单体的直线式输送机构连接。
- (2) 压力机之间的地面上没有穿梭小车。
- (3) 端拾器按照工件的形状安装在一根由两侧导轨导向的横杆上,其有效作用区域可以覆盖前后两台压力机的整个工作台面(见图5)。
- (4) 设置在横杆上的调节装置可以通过多达5个自由度的调节,实现工件在两个工位之间的任意“变位”,压力机中心距的缩短使冲压线整线长度明显缩短。

该快速横杆式输送系统所有模块的运动轴均采用数字调节伺服电动机驱动。沿运动方向安装有两个

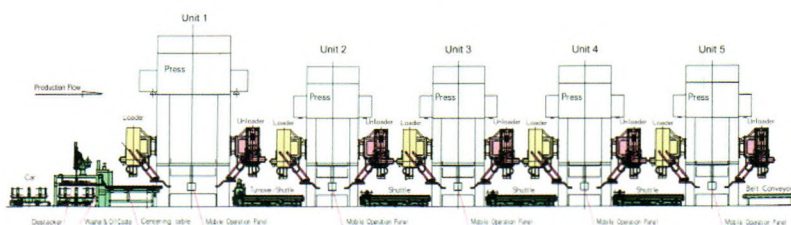


图4 带穿梭机过渡工位的冲压线

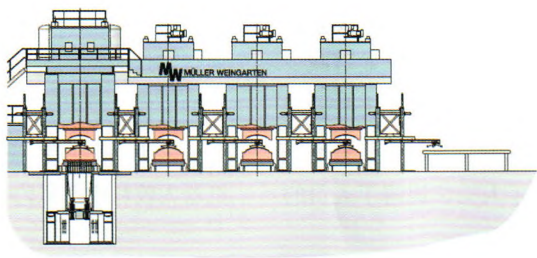


图5 快速横杆式冲压线

可伸缩的导轨，并通过安装在伸缩式导轨上的端拾器横杆将一个工位上的工件运送到下一个工位，其他轴将完成端拾器横杆上的升降和工件位置变化的移动。该快速系统为冲压生产提供了一种柔性和变量的工作方式。

系统与常规的机械手式输送系统相比较的优点是，稳固的横杆式机械结构使得输送机构的运动更加平稳可靠。从而输送速度得以加快，冲压线整线生产效率有了很大的提高，可以实现工件在两台压力机之间无中间停放的输送，不仅节省了空间，同时也大大减少了端拾器的成本。在横杆上采用内置式多自由度调节装置，提高了工件在传送过程中的“变位”灵活性，减少了工件的传送工序，从而提高了工件的表面质量，减少了整线设备的占地面积并缩短了压力机地基的长度，降低了整个工厂的土建投资。

4.单臂形式自动化

SCHULER的Crossbar feeder和GUDEL的Robofeeder/Robospeed等属于单臂结构自动化，末端端拾器横杆与自动化的连接点在横杆的中间。尽管相对而言，双臂Crossbar结构的自动化在取放件时较稳定，但双臂自动化对摆臂的同步有一定的要求，同时双臂结构需位于压机滑块宽度之外，因此使压机宽度方

向结构尺寸增大。另外，因横杆进出模具模腔时，自动化的速度易受模具外侧的导腿长度影响，而相对于双臂，单臂自动化相对自由度大，柔性高，可实现自动化末端7个轴向的自由度。模具两侧导腿的结构对整线速度的影响小。

5.冲压线整线仿真技术

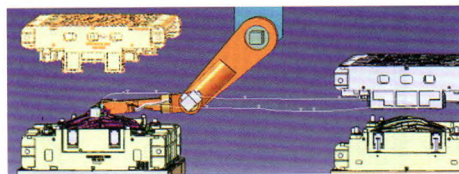
在数字化工程开发和虚拟制造技术发展迅猛的今天，冲压线整线模拟仿真技术也越来越受到重视。因通过虚拟冲压线仿真技术，在产品同步工程期间，可动态直观地分析自动化与模具（压机）之间相对运动的匹配（干涉）关系，实现整线产件速度的仿真分析，并依此优化模具结构设计，实现自动化运行轨迹的离线编程以及自动化端拾器

的提前设计和装配验证等功能。目前市面上具备此类技术的有Delmia和SIEMENS的PLS等专业的软件（见图6），可实现相关模拟仿真技术。尤其是对伺服冲压线，在压机运行曲线可任意编程情况下，如何设置最优的运行曲线和生产节拍，冲压整线仿真技术可高效的解决该问题。

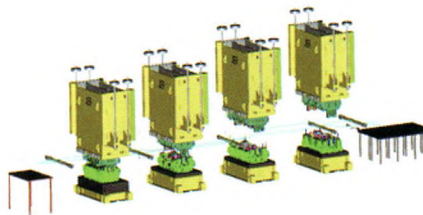
冲压线线末自动质检技术应用

1.当前的线末质检技术

传统的冲压件线末质量检查和零件装框都是通过人工手动完成。其中对于冲压件的质量检查，进行每件的在线检查，该过程主要是在线末收料皮带机上进行，质检动作发生在零件下线后到被搬离皮带机进行装框前这段时间内，人工通过纱网、油石等工具对每件进行简单的打磨，以检查表面质量缺陷，如对凸点、凹陷、压痕、起皱、开裂和隐伤进行判断，确认没有问题后，转到后序进行装框。对于人工质检，其动作柔性和工位调配柔性



(a) DELMIA 仿真技术



(b) SIEMENS PLS仿真技术

图6 冲压线动态仿真技术

高，能克服零件在运输中的抖动或摆动因素，但是人工质检受操作人员的经验、肉眼视觉能力的局限等多重不确定的主观因素的影响，使零件处于临界状态的隐伤等难以辨识的质量问题溢出工位。

2. 线末自动质检技术

冲压件的自动质检技术是基于光栅检测和照相技术并以机器人为硬件载体，通过对零件表面进行光栅投射（模拟油石尺寸），然后对投射结果进行拍照摄取图像进行解析，给出潜在缺陷的客观特征数据，并将这些数据提供与事先人工定义好的缺陷评价系统进行判断，若关注点的特征值未超标，则系统提示OK，放行。若关注点超标，则会提示质量超标部位，并将信息传递至线末，供线末工艺作相应地处理决策。

该质量系统对于零件的凹陷、凸点、压痕、起皱、滑移线、开裂和隐伤等种类的常见质量缺陷能实现不同程度的甄别。据悉其可检测出最小 $10\mu\text{m}$ 的隐伤以及最小 1mm 的平面缺陷，单次拍照可覆盖约 $200\text{mm}\times 300\text{mm}$ 的区域范围。据悉德国奔驰等已有相关成熟的应用案例。当然因光栅投射和成像取样，需要在稳定的零件状态下进行，因此，其对检测状态有一定的要求。

自动质检技术相对人工质检，检测精度高，摆脱人工质检对经验的依赖和制约，可检测的缺陷类型更为全面和精确。全自动化的系统作业方式，使检测数据客观可信，并能实时生成检测报告，使缺陷类型及程度一目了然，且便于对数据管理和积累。通过连续件之间的数

据对比，分析潜在缺陷的变化趋势分析，提前预测风险，可显著减少后续返修的人力、物力及工时，降低生产运营成本。同时，全自动化的作业替代了人工，规避了人员的安全风险。

3. 线末自动装框技术

所谓的线末装框是指零件完成所有生产工序下线后，被放置到零件存放框的生产操作过程，装好框的零件，将随料框一起被运输至冲压件仓库。目前国内绝大多数的汽车主机制造厂，采用的是人工装框方式完成零件下线到装框的过程。

当前由于高速冲压线技术的迅速发展，在追求高效率的同时，若仍采用人工收料，则必然需以补充线末收料人员数量的方式来保证线末不成为整线效率的瓶颈，但这种方法势必导致人力成本的增加或者对线末的人机工程带来巨大的挑战。尤其是面对日益上涨的人力成本压力催生了业界的新课题——机器人自动收料装框技术。

线末自动装框是基于机器人技术，由机器人替代人工来完成线末零件的拾取与装框。对于线末自动装框，可搭配自动质检技术以完成前道工序上的零件质检，由装框机器人完成过检的零件装框或者其他处理过程。在自动装框技术中除质检外，须结合冲压线线末收料工位的布局及空间等，考虑机器人的数量与整线节拍的匹配、机器人拾

取零件姿态和位置的准确性和稳定性、零件装框的姿态与焊装取件要求的一致性、线末满空料框的交换方式、机器人端拾器的更换方式及机器人收料安全风险控制等。

冲压线线末料箱自动驳运技术的应用

1. 当前的线末料框驳运方式

冲压线线末料框驳运是指在冲压线线尾，装满冲压件的料框下线后转运到冲压件仓库的方式。一般来讲，冲压件料框从冲压车间进仓库多数是通过叉车驳运，当然也有采用牵引车或者悬挂转运链等方式（见图7）。其中对于叉车驳运，同样对于高速冲压线，如果往返仓库和车间的行程较远，则必须考虑增加叉车和相关人员的数量来补偿线末物流驳运的产能，但是随之而来的是叉车的投资和人力成本的增加。

2. 线末料框自动驳运

料框的自动驳运技术是基于自动导航小车AGV技术，实现满料框拾取和新料框的派送（见图8）。该系统由一套中央调度控制系统，来给每一台AGV布置任务（拾取满料架和补给空料架），中控与AGV采用局域无线网通信，中控系统会预先访问各条冲压线生产计划及每种零件的产件速度，对中控系统自主分析各线的生产批量产件种



图7 冲压线线末叉车下料方式

（下转第43页）

大，比亚迪也会加大产能，未来三年的目标是实现销量每年翻一倍。

在“十三五”开局之际，北汽新能源也制定了新的规划。近日，该公司有关人士表示，在“十三五”末期北汽新能源将形成80万辆以上的生产能力，年产销50万辆的规模，打造年营业收入600亿元、上市市值1000亿元的企业。

2016年，比亚迪继续在新能源汽车领域销售排行第一名。2016年比亚迪共计销售新能源汽车100 178辆，同比增幅70%，其中比亚迪唐、秦及e6等车型的表现功不可没。颇为意外的是，排名第二的是吉利汽车，2016年销量49 218辆，同比增幅85%，帝豪EV是最有力的贡献值，吉利知豆等也有不错表现。排名第三的是北汽新能源，

2016年销量46 420辆，同比增幅高达172%，EV、EU系列成为其最大功臣。排名第四到十名的依次是众泰汽车、奇瑞汽车、上汽乘用车、江淮汽车、江铃汽车、长安汽车以及东风汽车。2015年，比亚迪、吉利、奇瑞、上汽在排行榜前四位，2016年排行榜就发生了很大变化。可以说，近几年新能源车市场竞争愈发激烈，企业间经常打得焦头烂额。

由此可见，不管新能源车补贴会不会减少，不管新能源车价格会不会提高，竞争无疑在加剧。传统燃油发动机的汽车市场让外资企业抢了先机，自主企业不想失去这最后的机会。但话说回来，尽管近几年自主新能源车企占据了市场优势，外资及合资企业也没有闲着，

每年的北京、上海、广州国际汽车展，外资也都推出了大量的新能源汽车，只是价格高了一些。以特斯拉为例，近几年的车展，特斯拉展台都是最受关注的电动车展台之一，该车优异的功能、漂亮的外观、耐用的电池吸引了大量消费者，只是一辆车七八十万的价格，让不少腰包还没有完全鼓起来的消费者望而却步。但据报道，这家企业正在开发一款价格30多万的电动车，届时恐怕就会跟自主品牌有一拼了。还有，通用、福特、丰田、本田、标致、雪铁龙、菲亚特、奔驰、宝马、奥迪都在针对中国市场开发品质优良、性价比高的新能源车，所以，不管国家对新能源车的补贴降低与否，新能源车市场竞争的力度不会降低。 **AUTO1950**

(上接第16页)



图8 冲压线线末AGV下料方式

类进行确认，并据此自动核算调度AGV。

在使用AGV的过程中，AGV须对料架进行身份识别和核对。至于AGV的导航，相关技术较多，其中磁条导航和激光导航等技术非常成熟，而AGV的定位，可考虑为主动向中控系统报告的方式来实现。AGV自动驳运系统需考虑AGV的数量（产能）与冲压线产能速度的匹配，诸多AGV畅通运行的路线规划和空间问题，AGV的导航方式与定位，AGV与中央调度系统的通信方式，AGV与冲压线线末的衔接系

统，AGV装卸料架的方式，AGV的电力补给方案，AGV的调度与生产线的速度平衡，AGV调度系统与生产系统的信息交互。AGV本体的驱动方式和驱动力，AGV系统与线末的人机交互及安全风险控制方案以及其他技术细节问题。

结语

冲压线压机间的零件自动化搬运技术近年来得到了长足的发展，但线首线末的自动化工艺相对迟滞一步，本文针对这些自动化发展比较薄弱的工艺环节，结合当今汽车

冲压行业发展状况，阐述了实现相关工艺工序自动化的思路与方向。这些技术多少都在国内外得到了应用，尽管对于不同的用户，应用的条件各有所异，但实现这些工艺的基本技术原理基本一致。

安全、高效、质优、低成本是现代企业竞争的重要考量，相信这些冲压领域自动化技术的应用必能带来显著的效益。同时也相信在不久的将来，随着“中国制造2025”的智能制造战略的逐步实施，这些自动化技术将会得到快速发展，并通过不断的开发、验证和创新完善，最终使汽车冲压自动化技术向智能化方向发展更近一步。

本文原载于《汽车先进制造技术跟踪研究2016》，有删改。

AUTO1950