

智能多边折弯单元 在金属板材加工的应用

文 | 资明庚, 桂萍萍, 陈磊 · 珠海格力电器股份有限公司

针对目前单机折弯设备存在的生产切换效率低、物料转移频繁、人工干预程度高、信息交互程度低等问题,设计开发集自动立体库和多边折弯中心交互的智能化钣金折弯生产单元,采用现场总线进行通信,集成 PLC 控制系统,链接 MES 生产过程信息化管理系统,形成高效的钣金件加工应用模式。本文将重点介绍智能钣金折弯中心的设计与应用、自动化立体库的应用、多边折弯中心的智能化集中控制、信息化管理及应用效果。

引言

随着中国自主工业装备领域的快速发展,越来越多的高性能自动化设备实现了国产化,为推动中国制造业的高质量发展提供了基本的生产力保障,钣金加工业作为制造业的典型代表,一直受益于此。但与世界先进水平相比,中国制造业在自主创新、资源利用、信息技术等方面仍存在差距,日益多样化的市场需求不仅要求设备具有更高的生产率水平,而且要求整个生产系统具有更高的灵活性和快速切换能力。这就导致了生产过程中自动化设备需要停机等待切换、物流转移频率高、人工干预过多等低效率问题,导致工厂的生产成本居高不下。

为解决钣金加工过程中存在的上述问题,以钣金折弯加工为例,通过开发集成智能立体库与多边折弯中心相结合的

钣金全自动折弯生产单元,运用现场总线进行通信,集成 PLC 控制系统,链接 MES 生产过程中信息化管理系统,形成信息化、自动化、智能化技术与多边折弯加工技术的交叉融合应用,以折弯加工全流程自动化、信息化为核心,实现计划排程、生产作业、质量检验、仓储物流等各环节优化和整合的一种高效折弯加工制造模式。

集成方案设计

智能方案设计以多边弯中心设备为基础,通过 WCS 自动立体库实现原材料和半成品的自动对接存储。立体库信息接口数据系统将原材料的坐标、尺寸、材料等基本信息实时传输给多边弯中心控制系统。采用离线编程软件对相应订单零件的设计图纸生成折弯机语言处理程序,并将内网专用共享文件传输到 MES 系统进行程序管理。应用 ERP 和 PDM 系统管理订单的基本数据, MES 系统从 ERP 中获取订单,通过 TOC 约束等算法对工序进行分解,自动调度到相应的流水线机,并同步从 PDM 系统中获取相应工序的图形加工信息。在首件产品折弯加工完成后, MES 系统质量控制管理模块按照质检流程逻辑,自动将检验需求推送给该区域的质检员,并在检验合格后继续加工直至完成。MES 订单管理上报订单完成情况,并下单入库计划,通过入库信号指令控制对接装置输送半成品到智能立体仓库入库口,立体仓库



图 1 加工单元主要配置示意图

自动对接半成品入库。

整个折弯生产过程中，所有设备和光电设备通过现场总线与 PLC 交换信号，由 PLC 控制系统集中处理并发出自动化设备的动作指令，各设备相互配合紧密，运行高效。MES 信息管理系统对订单进行高效合理的分解和调度，减少生产切换次数，并记录订单处理信息，集中管理生产关键信息如图形、程序、质检、设备状态等。多边折弯中心依托自动立体库实现原材料和半成品的高效周转，形成高效智能的钣金折弯加工单元应用方式，加工单元主要配置如图 1 所示，方案最终实现生产过程的自动化、信息化和智能化相融合，达到降低运营成本，缩短交付周期目的。

控制系统与硬件配置

加工单元控制系统交互

智能钣金折弯加工单元由自动化硬件装置与智能化控制系统组成。自动化硬件装置包括原材料自动对接台车、原材料自动上料装置、多边折弯机、零件自动导出装置、光电防护装置这 5 个功能模块，其中多边折弯机由控制台、中心操作机、自动换模装置、液压电力控制系统和加工平台组合而成。

加工单元各硬件装置通过 PLC 进行信号集成控制，控制系统包括 MES+WCS+ 折边控制系统交互模块、光电防

护 + 折边控制系统模块、转运台车控制 + 立体库智能调度模块、自动上料控制 + 折边控制系统模块这 4 个控制模块。各控制模块以折边控制系统为中心，依据设备折边运行需求发出各功能的运行指令，是智能化加工过程实现的基础。

全自动多边折弯中心

多边折弯机是集成方案的中心设备。折弯设备分为单边折弯机和多边柔性折弯机，两者最大的区别在于生产效率不同，多边折弯机能够实现一次形成多边柔性弯曲，加工效率是普通单边折弯加工的 3 倍，单边弯曲则需要工人在折弯一边后就要调整一个方向。

多边折弯机包括上料装置、穿梭输送装置，折边主机、操作机和出料装置等。操作机位于折边主机正前方，自动上、下料系统分别位于数控板料折边机的左右两侧。自动上、下料装置和穿梭输送装置与立体库自动对接原材料，代替人工将板材或者工件定位到加工位置，并实现零件的自动输入输出工作台；操作机对加工板材进行压紧、折弯送料；折边主机按照程序的机器语言代码完成板材弯曲成型的工作。多边折弯机通过高精度的零件加工控制、特殊工艺模具表面处理、折边模具运行轨迹特殊控制等技术手段，保证了高效高品质的钣金零件加工生产。

折边过程中通过电伺服驱动系统控制折边梁运动，能够实现折边梁高速响应和快速曲线运动，折边动作快速精准，

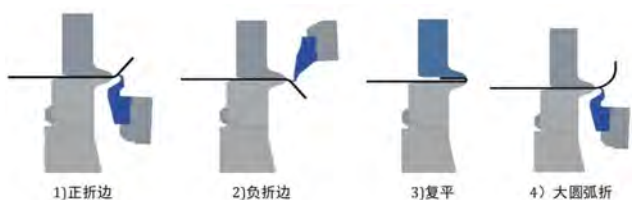


图2 万能模具折弯方式示意图

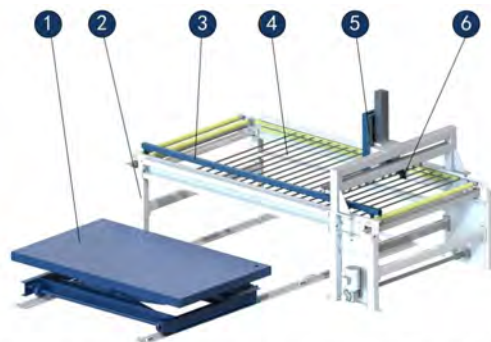
实现了高速折边加工。通过一副模具动作逻辑和运行轨迹的控制，能够实现复杂工件加工，称这副模具为万能模具。折边机采用一副万能模具可实现正负角折边、大圆弧、复平折边等多种工艺，实现了设备高柔性加工，其折弯方式如图2所示。自动换模装置由中间避让模、标准段模、离合移动装置、旋转插片装置等部分组成，具有折边避让伸缩和长度自动调整两大功能，以便实现不同尺寸盒类零件的折弯加工。

生产过程中零件有不同的成型特征，需多种折弯模具的切换来实现，为解决频繁的模具切换问题，多边折弯机采用万能通用折弯模具，能够实现多厚度尺寸零件折边、叠边、台阶等复杂工艺的一次加工成型，折弯工艺包括：正折、反折、无痕弧度，压死边，异型加工等。整机采用全电伺服闭环控制，精准高效。可减少人工干预，智能安全生产，实现钣金加工自动化升级和批量化生产。

由于材料的屈服形变，折弯尺寸也会因此受到影响，为保障折弯尺寸精度，需对零件折弯边进行折弯系数补偿，多边折弯中心采用折弯补偿自适应系统，来替代人工调整参数实现柔性自动化折弯，经过编程的折弯中心能够实现金属薄板的自动折弯，控制系统根据检测的金属薄板厚度自动计算折弯补偿值，很好的保障了零件尺寸精度，又减少了人工调整的工时投入。

原材料自动对接上料加工

自动上料功能是折边加工单元与立体库实现原材料自动对接的基础，消除了人工搬运原材料的操作。开启MES与折边单元联机运行后，MES在进行订单任务派工到折边单元的同时，也将对应订单所需的标准规格原材料信息同步到智能立体库调度中心，由调度中心按照出库任务顺序，匹配到在库所需原材料托盘的信息并将该信息自动下达到出库任务，此时只需确认机床可正常加工该任务，对应的原材料托盘则送到机床的原材料接料口，由自动上料台车对接取回原



1-移动式上料台车 2-上料支架 3-侧推 4-链式输送 5-升降式吸盘 6-测厚装置

图3 原材料自动对接上料装置示意图

材料托盘，原材料自动对接上料装置如图3所示。

上料台车将原材料托盘移动到自动上料位，自动上料时为适用不同板材的上料，对上料吸盘进行分区控制，避免板材的空吸现象。板材分离装置安装在上料机械手上，在取料的同时先将板材的一角掀起，抬起板材并不断抖动将板材分离的一整套动作，仿真人工分离。吸料完成后进行自动测厚，测厚主要是为再次确认原材料与订单需求原材料一致，避免误加工。

自动化立体库的应用

自动化立体库是折边单元持续输出的补给站，更是实现全自动化折弯生产的重要保障，传统的原材料流转方式需要人工搬运、占地存放等流程，采用自动化立体库技术，实现材料的出入库自动化、材料仓储立体化、材料信息化管理、设备交互联动等，整体加工效率提升、人力成本降低、生产过程管理更加准确高效。

自动化立体仓库与折弯单元与采用TCP/IP的通讯方式，自动化立体库负责进行指令的接收和执行。双方的通讯信息包括折弯单元的动作指令、请求发送和指令接收、执行命令终端的回应。集成系统控制结构中的通信方式是：主计算机通过在系统结构中心控制室的监控CRT系统，执行仓库管理事务，如发出存货控制、货物入库及载运指令，同时执行仓库设备和储存货物的管理。

自动化立体库的出入库任务来自于手工下单或MES系统自动开工报工时的出入库需求单，开工时钣金原坯料由堆垛机根据指令运送到折边单元原材料接料口，运输完成后WMS系统自动对库位信息进行更新维护。

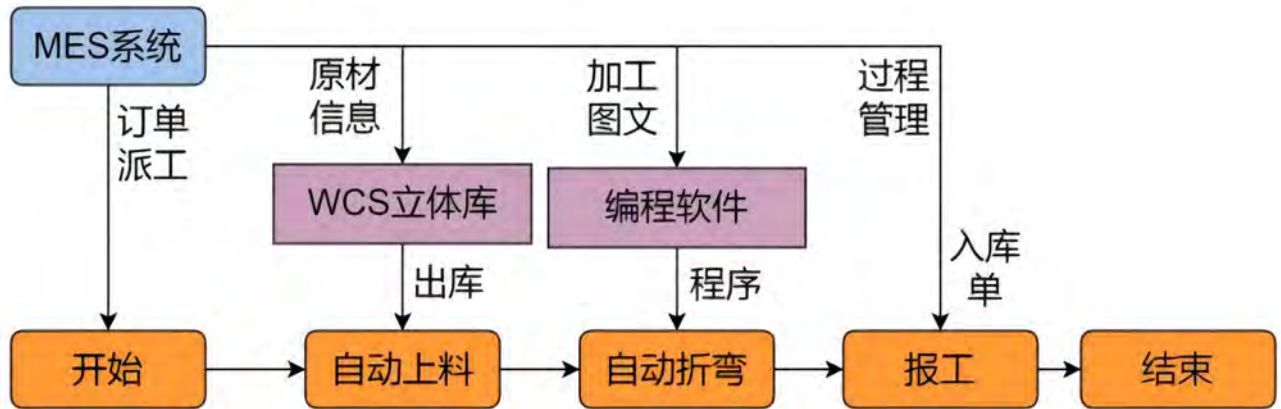


图 4 基于约束条件的折弯订单排程

折弯加工单元的智能化生产过程

MES 订单计划智能排程

订单自动派工是实现折弯单元智能化加工过程的前提条件，而 MES 系统又是车间生产管理的主要信息化系统，因此，基于特定的逻辑约束，开发 MES 系统自动排程模块，通过 MES 系统实现订单自动排程到折弯单元，基于约束条件的折弯订单排程如图 4 所示。

折弯单元的生产任务采用一备一用，即 MES 系统为其同时指派两个订单，前一个订单为在制订单，后一个为预备订单，在制订单完工后，预备订单则自动转为在制订单，同时 MES 与 WCS 交互模块调度立库下达原材料出库任务及上个订单原材料入库任务，开始进行加工前准备，通过订单原材料交叉出入库程序设定，可减少内部切换时间，提高设备稼动率。折弯单元具备自动对接上料装置、自动化换模及万能模具、自动折边功能，加工过程中无需人工干预，因此，其生产订单由 MES 系统依据 TOC 约束理论设定的产能限制条件，应用优先级顺序逻辑，筛选出批量、非首次加工的零件订单，且按照立体库原材料进行任务排序。

加工单元的生产加工过程

多边折弯加工单元接到 MES 系统派发的生产任务后，对应的加工程序也一并通过系统自动导入，员工只需核对加工程序的参数、确认生产环境安全，启动该订单的生产即可，

此时设备将按照程序 NC 代码进行加工。若订单涉及的零件存在特殊工艺，系统将在加工前对零件进行识别，以排程到其他能加工该特征的设备。

MES 系统在收到加工单元启动该订单任务加工信息反馈时，同步派发对应订单的原材料出库任务给立体库 WCS 调度系统，立体库穿梭车则将对原材料托盘运输到加工单元接料台车对接位，此时多边折弯加工单元接到原材料到货信息，系统调度台车进行取料加工，接下来整个加工过程将无需人工干预，加工完自动进行零件输送分区，依次完成订单加工。系统以单个订单为周期，对整个加工单元状态信息进行记录，直到订单完成，过程中自动进行报工完工，加工集成信息化看板，方便管理者进行过程管理。

结束语

智能钣金加工单元通过信息化、数字化、自动化与集成控制技术的融合应用，形成了高效的钣金生产加工应用模式，有效提升了折弯计划排程的科学性，减少了物流周转次数，降低了立体库与自动折弯设备的空运作时间，全面应用有助于提升钣金加工车间的整体生产效率。该应用模式充分发挥了自动化设备的加工优势，减少了生产过程中的人员投入与物流断点，实现了加工过程的智能化管理，为钣金加工企业进一步整合资源提升生产力提供了思路参考。MFC