全自动数控冲裁单元在金属板材加工的应用

文 | 资明庚，张涛，蒋鑫强 · 珠海格力电器股份有限公司

随着我国制造业生产水平的不断提高，数控冲床加工作为一种柔性化钣金加工方式，在复杂的定制化商用钣金加工领域扮演着极为重要的角色。为进一步发挥钣金数控加工方式在整个生产制造中的作用，提高数控冲床的应用效率，方案集成应用了一种全自动数控冲裁单元。全自动数控冲裁单元是集联网技术、计算机控制技术、微电子技术、远程监控技术和精密制造技术于一体的金属板材加工中心。

引言

数控技术在我国的加工制造业中的应用，极大的提高了我国机床设备加工制造的能力。数控冲床在钣金加工中的应用，不仅有效地提高了钣金的加工精度和加工质量，而且对于形状复杂和批量生产的钣金零件的加工也发挥了重要的作用。李步楼、朱广召等学者对钣金加工技术在数控冲床中的实践应用进行了相关研究分析，充分论述了数控技术在钣金加工的重要性[1]，在钣金加工中，冲压是非常重要的环节，数控冲床相对应传统的手工冲床，在加工效率上有了多倍的提高，是集机械、液压、电机、气压于一体的自动控制机床设备。但传统的单台数控冲床生产模式，其前期的原材料准备、后期的零件分拣、码垛及边废料的处理仍然需人工来完成，这对订单数量多、产能大的中大型钣金加工企业来说，无疑是很大的人力成本投入。

随着我国制造业水平不断提高，各类型具有自动化上下料功能的钣金数控冲床生产单元不断涌现，这无疑极大解放了高强度的人工搬运作业。为打造全自动数控冲裁单元化钣金加工模式，需结合生产实际，将数控直角剪装置、自动上下料装置、自动分拣码垛装置等硬件功能的自动化数控冲床单元与信息化管理系统相融合。本文针对全自动钣金数控冲床生产单元的应用进行系统阐述，为钣金加工等离散制造业的全自动化生产单元的开发应用起到借鉴作用。

加工单元主体冲剪复合机

数控冲剪复合机的介绍

数控冲剪复合机主要由数控冲床和数控直角剪床组成，数控冲剪复合机如图 1 所示。数控冲床上安装有圆盘式可旋转模具库，可以实现钣金工件的冲孔、切边、翻边等特征成形加工；数控直角剪床上安装有 X 向剪刀和 Y 向剪刀，对完成一系列特征加工后的板件进行剪切分离。

实现全自动加工的前提是零件需符合设备的加工范围，因此，设备基本加工参数是首先需要明确的。数控冲剪复合

图 1 数控冲剪复合机

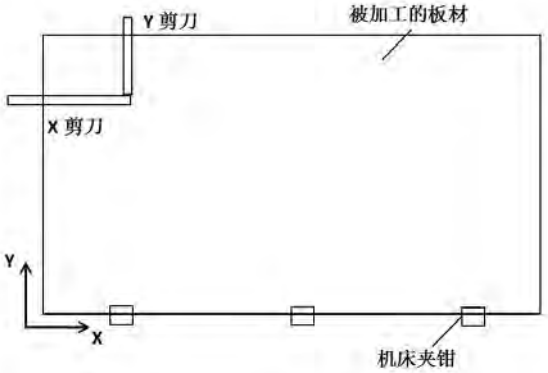

图 2 数控直角剪加工示意图

机冲切压力为 30T，剪切力为 20T，转塔库有 55 个模具工位，包括 A 工位 21 个（主要为小型通用特征加工模具，通常订单切换时无需进行频繁换模），B 工位 24 个（主要为中型通用特征加工模具，较大的冲切行程以提高零件的加工效率），特殊旋转工位 2 个（旋转工位主要方便进行矩形、多边形等特征加工角度的调整，兼容小型特殊模具的套模切换），C 工位 4 个，D 工位 2 个，E 工位 2 个（C、D、E 工位一般为大型通用切边及百叶窗、翻边孔、凸包等特殊特征加工工位），不同特征模具有专用代号，如 ro 开头为圆孔，re 矩形，DJ 多边形，sq 正方形。设备一次最大加工范围 X 轴为 3000mm，Y 轴 1500mm，最大加工板厚 6.35mm，直角剪最大板厚为 4 mm（这里指材质为 Q235 钢板），冲切加工精度：±0.10mm。

数控冲剪复合机的应用

数控直角剪的两把剪刀相互垂直，其中一把 X 方向的剪刀可进行连续裁剪，消除了加工前原材料进行人工剪板的工序，提高了生产过程中板材下料的效率，同时又可根据零件的轮廓进行择优排版，有效减少了原材料的浪费，克服了传统数控剪板机床的缺陷。数控直角剪两把剪刀的布局设置如图 2 所示，其中 X 方向的剪刀长度比 Y 方向的剪刀长度长，两者相互垂直安装成 90° 夹角。数控冲剪复合机做剪切工作时有全剪、半剪两种工作模式，全剪时直角剪的 X 剪刀和 Y 剪刀同时上下进行剪切动作，通常为形状较为规整的零件，有明显的直角边区分，而半剪时 Y 方向刀具则进行上抬架空，由 X 方向刀具上下单独进行剪切运动，一般为零件尺寸较大，且 Y 方向存在特征形状干涉时使用，由数控编程环节依据实际情况进行设定。许静、李日辉、刘玉丽等学者就数控冲剪复合机床在钣金加工中的应用进行了系统的论述，这对加工单元自动化实现方式提供了相关思路借鉴 [2]。

被直角剪分离后的废料和零件通过自动毛刷输送带进行传送，其在传送中途设置有 2 个型号不同的废料箱，大小范围不同的边料在中途被自动输入不同型号的废料箱，废料与零件分选的过程和裁剪过程同时进行，边裁剪、边分选，模具加工过程中的小废料则由另一套传输装置同步进行传输，保障了冲床的持续稳定运行，避免了设备等待的浪费，整个加工过程尽量将内部切换转换为外部切换，大大提高了钣金零件的加工效率。

数控冲剪复合机对于不同板厚的钣金工件加工，数控冲床转塔模具库需按照工艺标准更换不同间隙的冲孔模或者成型模，数控直角剪部分则对应通过电气控制相应的调整上下剪刀的间隙，以保证钣金工件加工的断面质量。

数控冲剪复合机的意义

直角剪切功能为自动套裁加工的零件实现自动分拣码垛提供了基础保障，是单元实现全自动化加工不可或缺的功能部分。传统的数控冲床加工，需要人提前对板材进行剪裁，按照零件的外形尺寸要求使用剪板机对板材进行裁剪下料，然后进行数控程序的编辑进入加工阶段。

数控冲剪复合机由数控冲床和数控直角剪床套裁加工的优点总结如下：(1) 加工排版由自动套裁编程软件进行，并进行零件与废料的自动剪切分离，提高了原材料的利用率；(2)

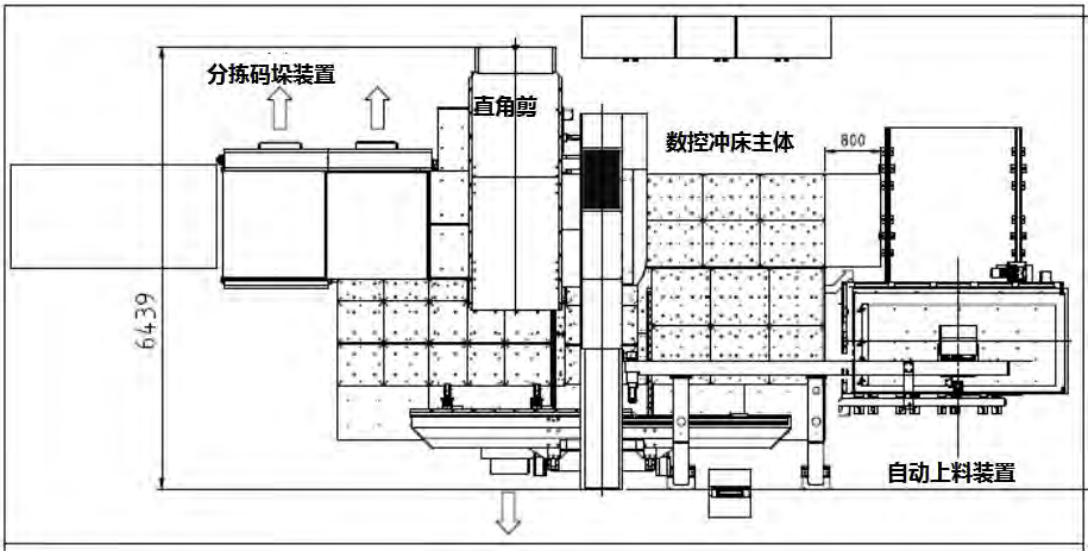

图 3 数控冲床加工单元整体结构示意图

机床集成化程度高，消除了人工板材运输环节，提高了钣金件加工制造精度，减少了过程中的搬运等待浪费，提高了机床加工效率。

加工单元的自动化功能

加工单元的构成

全自动数控冲床钣金加工单元由自动化硬件装置与信息化控制系统组成。数控冲床加工单元整体结构示意图如图 3 所示，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、冲床主体、废料自动导出装置、自动喷码装置、零件自动分拣码垛装置、零件自动对接台车、光电防护装置这 8 个功能模块，其中冲床主体是指数控冲剪复合机，数控冲剪复合机由数控冲床和数控直角剪复合而成。加工单元控制系统包括冲床控制系统、MES+WCS+ 冲床控制系统交互模块、光电防护控制系统模块，其中冲床控制系统是指数控冲切加工控制系统和数控直角剪控制系统。

8 大硬件功能模块是全自动化加工过程实现的基础，而 MES+WCS+ 冲床控制系统交互模块则是加工单元实现信息化管理的关键所在。

加工单元采用 MES 系统进行生产计划自动排程，并由编程软件自动对订单明细进行抓取，编程软件按订单进行规格料套裁，以此保障被自动按订单套裁编程的零件能够使用标准规格的原材料来生产，标准规格的原材料是自动化仓储的基础，而套裁后的原材料被完全排布，避免了原材料的浪费，直角剪功能则实现了套裁后的零件相互分离。

自动上料功能

自动上料功能是加工单元与立体库实现原材料自动对接的基础。MES 在进行订单任务派工到冲床单元的同时，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材料托盘。上料台车将原材料托盘移送到自动上料位，自动上料装置如图 4 所示，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。吸料完成后还需自动测厚，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，如其吸起超过一张板料，板料检测装置则会报警，机器停止工作，如果检测是需求设定板料的厚度，机床则继续工作。最后，原材料通过上料吸盘移送到机床定位夹钳进行定位夹紧。至此，加工单元完成一整套原材料自动上料过程。

图 4 自动上料装置

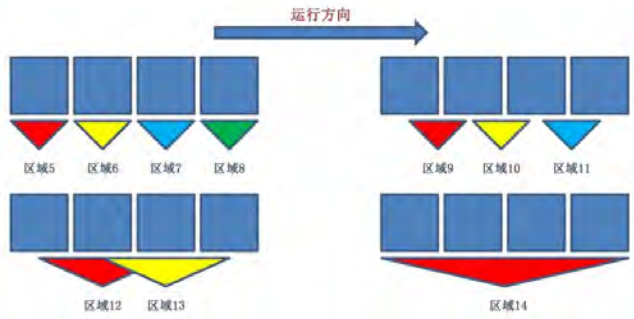

图 5 自动分区码垛示意图

自动分拣码垛功能

数控直角剪分离零件是实现自动分选与码垛的前提，分离后的零件称之为半成品，码垛装置对半成品进行分类码垛。自动码垛装置要求的最小堆垛板料尺寸为 400mm x 100mm，最大板料尺寸 3000mm x 1500mm，最大板厚 4mm(碳钢板)，最小板厚 0.5mm，最大堆垛重量 3000kg。

加工单元数控程序采用自动套裁编程软件，加工程序生成后由分拣程序模块对程序内的零件进行识别，同一编码的零件被分配到半成品托盘的同一区域，码垛分区如图 5 所示，同一区域最大码垛高度为 500mm，超过这一高度的零件则被重新分配码垛区域，避免了同一编码零件数量过多，导致堆叠过高的问题。

加工程序下发后，系统会再次确认实际码垛区域的零件放置情况，光电感应系统也会对零件码垛高度进行检测，若出现半成品码垛区域的零件被下个工序急单拿走的情况，需员工对码垛区域对应的编号进行清零，以便系统将其重新纳入可放置区域，避免码垛区域的空间浪费。确认码垛区域满足零件码垛需求的情况下，分选装置将同编码的零件分隔下料，依次进行码垛。分选采用对开辊子式的自动分选码垛装置，自动分选堆垛剪切下来的工件至半成品托盘，托盘置于特殊的交互台车上，完成订单加工后，下料交互台车接到半成品回库的指令，将半成品托盘运送到立体库对应的加工单元入库口，立体库穿梭车将半成品托盘进行自动入库，MES 系统同步创建半成品托盘回库信息，出库时只需搜索对应的订单编号，即可查找订单所在立库的位置与托盘编号，以此创建自动出库任务单，实现半成品零件的出库。

加工单元的全自动化生产过程

数控冲床加工单元主体包括硬件配套与软件控制系统，软件控制系统是加工单元实现与 MES、WCS 智能立体库交互的枢纽，加工单元从计划派工到生产，均采用自动化的方式进行。

MES 自动排程派工

加工单元的生产订单由 MES 系统按照计划排程逻辑自动派送，订单信息包括零件材质、数量、尺寸规格与编码、图文信息、程序信息、工艺流信息、加工工时等生产所必须的信息数据。李亚凯，沈彦等学者论述了 SOA 和柔性制造技术相协调的生产调度系统，具体分析了生产过程中的计划调度问题，并对生产派工到机台的方式与实现进行了表述，为加工单元的派工问题提供了解决方法 [3]。数控冲床加工单元的生产任务采用一备一用，即 MES 系统为同一机床指派两个订单，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，通过订单交叉运行，减少内部切换时间，减少机床待机，提高设备稼动率，最终实现高效生产。

加工单元全自动化生产

数控钣金加工单元接到 MES 系统派发的生产任务后，员工只需核对加工程序的模具配置要求、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，系统将在启动订单生产时进行换模提示，由人工对该工艺所对应的模具进行更

图 6 产线信息化管理看板

换补充。

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应原材料托盘运输到加工单元接料台车对接位，此时数控钣金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分拣码垛与废料输送，分拣码垛系统按照零件类型进行分区，依次完成分拣码垛工作。系统以订单为周期，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，方便管理者进行进度管理，产线信息化管理看板如图 6 所示。最后订单加工完成，半成品零件自动对接立体库穿梭车进行入库，入库信息同步到 MES 系统。

此外，加工单元配置有联网的 PC 一体机，员工可通过 PC 一体机登录到 MES 信息化系统界面，并且可在 MES 系统订单报工信息页面，通过点击图文号直接进入公司内部基础文档系统，关联到对应零件的加工要求与设计图纸，以此进行零件的首检，信息化管理过程极大方便了现场作业。

结语

随着我国制造业的持续发展，自动化与信息化相融合的全自动加工单元应用会越来越广泛。以数控冲剪复合机为主体的全自动化数控冲床钣金加工单元，运用信息化的过程管理方式，充分发挥了自动化设备的加工优势，在一定程度上实现了少人化的钣金生产模式。该方案集成配置了自动上下料装置、自动分拣码垛装置、立体库自动对接装置，并融入了信息化管理的方式，最终形成数控冲裁加工单元化的钣金加工应用模式，为金属板材加工全自动化生产单元的开发应用起到借鉴作用。MFC

参考文献

[1] 李步楼，朱广召．钣金加工技术在数控冲床中的实践应用分析［J］．黑龙江科技信息，2017(1) : 76.

[2] 许静 , 孙日升 . 浅析数控冲剪复合机床在钣金加工中的应用 [J]. 大科技 , 2016, (9) :76-77.

[3] 李亚凯，沈彦，周一军．基于 SOA 和柔性制造技术的生产调度系统［J］．组合机床与自动化加工技术，2019(11) : 156-160.