

# 敏捷制造模式下的快速柔性冲裁模具系统设计

叶军君<sup>1</sup>, 姚斌<sup>1</sup>, 席文明<sup>1</sup>, 何刚<sup>2</sup>

(1. 厦门大学机电系, 福建厦门 361005 2. 厦门工程机械公司, 福建厦门 361004)

**摘要:** 为了改造传统制造设备以实现快速柔性制造理念, 设计了柔性冲裁模具系统的组成模块及其功能结构。详细阐述了其中图形处理模块的自动数控编程设计方法。通过分析 DXF 图形文件结构, 提取数控加工所需的数据信息, 再根据现场加工工艺要求, 进一步对图形数据作分类排序处理, 然后自动生成加工的数控代码文件。系统为了对生成的 NC 代码进行校验, 设计了具有加工动态仿真功能的模块, 提高了加工效率和加工质量。

**关键词:** 敏捷模具; 制造单元; 冲裁; 柔性制造系统

**中图分类号:** TP165 TG38 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-3881(2007)8-069-3

## Rapid & Flexible Punching and Shearing System Design for Agility Manufacturing

YE Junjun<sup>1</sup>, YAO Bin<sup>1</sup>, XIWenming<sup>1</sup>, HE Gang<sup>2</sup>

(1. Dept. of Mechanical & Electrical Engineering, Xiamen Univ., Xiamen Fujian 361005, China

2. Xiamen Engineering Machinery Co., Ltd. Xiamen Fujian 361004, China)

**Abstract** Agility manufacturing needs a rapid and flexible manufacturing cell. In order to rebuild traditional equipment to respond rapid and flexible manufacturing, a flexible mould system and its components for metal sheet punching and shearing was proposed. Technique of NC programmed in graphics processing system was particular explained. Based on analyzing the structure of DXF files, the data information requested for NC machining was gotten. According to punching technics conditions in the workshop, the data was classified and ordered again, and NC codes were automatically created. A plane dynamic model was given to simulate machining process and verify the NC code, which improves machining efficiency and quality.

**Keywords** Agility mould; Manufacturing cell; Punching and shearing; FMS

## 0 引言

随着先进制造技术、现代化生产管理方式与市场驱动相结合的敏捷制造模式的发展, 对现代制造业提出了新的要求。在企业之间, 通过动态灵活的虚拟组织集成不同企业的优势构建动态联盟; 在企业内部, 采用柔性化、模块化的产品设计方法和可重组的设备工艺技术对制造中的制造单元提出了一种新的制造理念, 即: 以小批量多品种生产方式满足用户要求的高度制造系统柔性<sup>[1]</sup>。为此, 作为制造单元之一的传统冲裁模具结构已不能满足现代制造系统的灵活和快速要求。如何将快速柔性制造理念移植到传统制造设备的改造上? 敏捷冲裁模具正是为了适应快速反应制造要求针对制造单元产生的一种新的模具理念和成形系统尝试, 是为现有普通冲床进行数控改造而设计的, 是数控技术和传统模具成形工艺的集成延伸和发展。敏捷模具技术对提高制造系统快速响应产品变化的能力, 缩短产品设计制造周期, 增加制造系统的柔性, 降低成本, 提高机械产品质量均具有十分重要的意义。

### 1 敏捷冲裁模具系统的总体结构

在冲压设备型号被确定后, 敏捷冲裁工艺系统总体结构主要由 5 个模块组成: 图形处理及转换模块、运动控制模块、冲裁行程控制模块、敏捷模具快换组件模块、被冲板材定点数控输送模块。整个敏捷冲裁模系统的组成见图 1。

### 1.1 图形处理及转换模块

在平板材上进行落料和冲孔工艺的实质就是利用同一形状尺寸或不同的形状尺寸的凸凹模, 在板材的不同位置上对被冲件进行冲裁成形。因此, 图形处理及转换模块的功能就是读取工件的几何信息, 并结合机床的配置参数(如: 机床吨位、机床喉口尺寸等)和

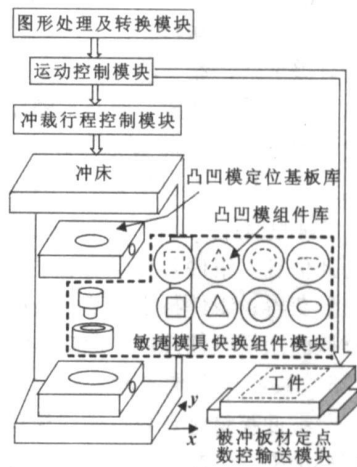


图 1 敏捷冲裁模系统组成

工艺要求对图形数据进行处理、排序后, 自动生成数控加工代码传输到运动控制模块。由于被冲件造型的几何参数基本上是平面二维的, 而且产品图在工程绘图软件包中往往可以设计成 DXF 文件格式存档, 为便于产品信息交换与共享, 基于 DXF 的协同工作模式, 开发应用读取软件对 DXF 文件进行图形信息交换和图形信息提取。而在具体本模块软件开发时, 在系统调用中, 因为存在不同工程绘图软件 (AutoCAD、Solidworks、Pro/E 和 UG 等) 的二维工程图所生成的 DXF 文件格式有细微差别, 要进行自动识别和判定, 再将数据输送到

公共数据数控加工代码转换操作区。从 DXF 文件的数据库中提取加工所需要的信息，可避免许多信息的重复输入，减少出错机会，达到资源共享，实现设计和制造集成化的要求，从而提高生产效率和加工质量。

### 1.2 运动控制模块

运动控制模块的功能是在得到图形处理及转换模块给出的机器码指令后，再通过控制系统操纵被冲板材的载体——定点数控输送平台，进行二轴插补运动的智能控制，目的是实现凸凹模与工件板材在不同位置上的相对运动。

### 1.3 冲裁行程控制模块

冲裁行程控制模块的功能是实现被冲件的冲裁成形时的冲头行程。在 PLC 控制下实现动模对静模上下相对移动控制，动模移动距离的长短受可调节行程开关控制。冲裁行程控制模块通过运动控制模块触发激活后，在预先设置的冲裁工进时间内，运动控制模块必须处于中断控制状态，以免冲裁时，工件板材被拖动。

### 1.4 敏捷模具快换组件模块

敏捷模具快换组件模块的构形过程是一个选择组件、组装元件的过程。快换模块由 4 个组元件库组成：凸凹模组件库（见图 1）、凸凹模定位基板库、夹紧元件库和卸料元件库。4 个组元件库根据生产需要可以灵活扩充。前 3 类元件通过拼装形成冲裁成形单元，卸料元件库一般由不同规格的聚氨酯橡胶块组成。在二维板材冲裁加工中，一般以圆型孔、矩形孔、三角孔和腰型孔为主，因此，凸凹模组件库记录 2 方面的信息：组件几何信息、组件与定位基板装配特征信息。组件几何信息由 CAD 平台直接读取工件图形获得；组件与定位基板装配特征信息通过定义和读取凸凹模组件几何参数选取定位基板库获取。

### 1.5 被冲板材定点数控输送模块

被冲板材定点数控输送模块实质上是一个二维数控移动平台，在运动控制模块传授的指令下进行定点移动，实现工件板材相对凸凹模的位置变换。它由驱动器、大力矩电机、精密丝杠和高性能直线滚动导轨，以及安装在移动平台上的装夹板材单元（夹具体）构成。

## 2 图形处理技术

目前，国际上流行的绘图工程绘图软件有很多，其二维绘图功能均设有 DXF 图形存档文件格式。因此，在这里介绍利用读取所提供的 DXF 图形文件开发的数控冲床辅助编程系统，该系统具有以下功能：

(1) 图形数据 DXF 文件读取。设计人员对被加工工件进行实体建模后，将图形信息以 DXF 文件的

形式存储，为自动编程系统准备好需要的图形数据，然后对采集到的数据进行必要的转换和处理。

(2) 图形分类排序。

(3) 生成 G 代码。

(4) 加工过程的动态仿真。

其自动编程系统的程序结构图及程序流程图见图 2 各模块具体内容如下：

### 2.1 读入 DXF 文件模块具体内容

模块负责从一个已打开的 DXF 文件中读取被加工零件实体组成的相关数据信息，根据 DXF 文件的格式可知：图形对象的几何信息主要存储在 DXF 文件的实体节（即 ENTITIES）部分<sup>[2-4]</sup>，可以通过循环找到，并根据实体类型信息将有关变量输出到自定义数据类型数组中。转变如下：

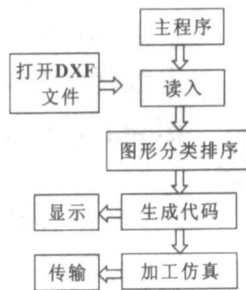


图 2 主程序整体框图

< Entity name >                      < Metafile >  
 < data >                                      < array >

其中 data 和 array 之间由于存在不同应用场合的描述转换问题。如：由于在数控辅助编程时，对于圆弧段，所需的数据为圆弧的起终点坐标和半径，而 DXF 文件中的圆弧数据为圆心坐标、半径、起始角和终止角，所以要对其进行转换处理。

### 2.2 图形分类排序模块

图形分类排序是确定数控冲床加工工艺路线的重要步骤，虽然图形几何数据信息通过读入模块已提取，并形成了中间数据文件，但是实体图形的顺序还是操作者在工程软件中绘图的顺序。由于绘图顺序的随意性，中间数据文件各实体图形的顺序并不能保证满足数控加工工艺的要求，如换刀次数最少、机床误差对加工影响最小以及加工路线相对最短等要求，故诸实体图形必须按照数控加工顺序的要求重新排序，使得实体图形的顺序符合数控加工路线的要求<sup>[5]</sup>。根据以上特点，可以确定实体图形重新排序的原则：

(1) 为了使换刀次数最少，在人机交互的界面上确定冲头尺寸，和在冲床喉口深度允许的情况下，将同一种冲头加工轨迹（包括步冲时用到的）分类放在一起，并将其加工信息从上面的中间数据文件中一次“过滤”出来，这样，使得同一种冲头只需换一次。

(2) 为了使机床传动误差对加工精度影响最小，对于平行的数排孔的加工采用相同的进给方向，尽可能沿 X 轴或 Y 轴正向进给。

(3) 为了使加工路线相对最短，则在 X 值或 Y 值确定的情况下，尽可能按照 Y 值或 X 值升序或降

序来加工。

### 2.3 生成 G 代码模块

生成代码模块负责将排序后的图形数据转化为数控 G 代码, 它是在图形分类排序的基础上, 根据操作者给定的刀具参数及人机交换所提取的其它辅助加工信息, 自动地生成 G 代码。这里针对机床吨位和机床喉口尺寸对生成 G 代码生成的影响做一个分析:

冲压设备冲裁工件时的冲裁力必须小于机床的公称压力。当选定冲压设备后, 该制造单元的公称压力  $p$  也就确定了。实际冲裁力  $F$  的大小由下式确定:

$$F = 1.3L t \tau$$

式中:  $L$  为冲裁周边长度 (mm),  $t$  为材料厚度,  $\tau$  为材料抗剪强度 ( $N/mm^2$ )。

如果  $F < p$ , 选择一个大冲头采用一次冲压加工就可以。

如果  $F > p$ , 就必须采用小冲头, 实施多步数控加工 (步冲) 方式。在后面应用实例中的大孔就是通过步冲方式加工的。冲头在凸凹模具库中可以选取。

假设冲床喉口为  $H$ , 被加工工件孔至边沿距离为  $h$ , 当  $h > H$  时, 机床喉口尺寸受限时, 首先判断工件是否在数控输送平台内转位一个角度 (如: 旋转  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ ) 来满足加工要求, 如果行就进行转位, 否则就不能在此冲床上进行加工。

这些操作都要预先进行后才能生成数控 G 代码。

### 2.4 动态仿真模块

在冲压加工过程中, 为检查上述生成 G 代码文件即 NC 程序的正确性, 防止在实际加工过程中发生干涉和碰撞, 在机床上试切的方法既费工又费时, 且代价昂贵, 生产成本低, 延误了产品加工的时间和生产周期。所以, 在可视化程序界面上加入一个加工仿真模块, 负责对 NC 程序进行图形仿真、检查刀具路径、动态模拟数控冲压加工的全过程, 随时比较加工结果与设计的要求, 以此检验加工方法和程序的正确性, 达到节省材料, 提高劳动生产率的目的<sup>[5]</sup>。

### 3 应用实例

笔者用开发的应用软件成功在一个  $500\text{mm} \times 500\text{mm}$  工件上排布的  $15-\phi 20\text{mm}$  及  $2-\phi 100\text{mm}$  孔进行了读入数据, 设定刀具等有关的参数, 图形分类排序, 生成 G 代码文件及加工仿真, 如图 3 所示。由此可见, 大孔是通过圆弧插补步冲加工得到的。

### 4 总结

本文基于敏捷制造的模块化思想, 适合于普通冲床的数控改造, 完成了以下工作:

(1) 提出了采用冲裁制造工艺单元的敏捷模具制造理念, 构建了系统的组成模块, 并介绍了各模块的功能结构。

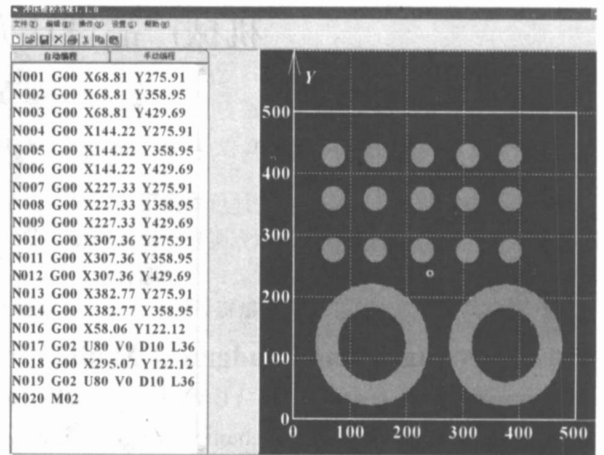


图 3 数控代码和仿真窗口

(2) 以 AutoCAD 图形信息为例, 对数控冲裁加工自动编程系统进行了设计, 系统较好地实现了二维工艺的自动编程, 实现了 DXF 文件的读取、G 代码生成及加工仿真, 实现了从 CAD 的平面造型的数据流阶段直接流入到 CAM 阶段, 在一定程度上实现了 CAD/CAM 的一体化。

(3) 系统实现了制造单元柔性化、产品设计模块化, 设计出了可重组的工艺设备, 并借助仿真技术可让用户很方便地参与设计和制造, 通过应用表明, 该模具系统的加工效率和加工质量大大提高。

### 参考文献

- [1] Bunner Lincoln. Nest generation operations [J]. Metals, 2004, 60: 20-23.
- [2] Tipswanorn V., Suesut T., Ukakim apam P., Mitravakin C., Rukkaphan S. Tool Path Analysis for Engraving Machine [C]. IEEE International Symposium on Intelligent Control - Proceedings 2003: 860-865.
- [3] Tipswanorn V., Mitravakin C., Ukakim apam P., Kulpnich S., Numsonran A. Contour text technique based on autocad for controlling 2-axis actuators [C]. IEEE International Symposium on Intelligent Control - Proceedings 2002: 631-636.
- [4] 黄国权, 郭黎滨. 数控铣床数控加工图形编程的设计 [J]. 应用技术, 2003, 30 (11): 13-15.
- [5] 罗圆智, 熊清平, 李小华. 数控加工仿真系统的研究与实现 [J]. 武汉化工学院学报, 2001, 7 (2): 64-65.
- [6] 石柯, 李培根, 阳富民. 敏捷制造单元动态重构算法的研究 [J]. 计算机集成制造系统——CMS, 2001, 7 (11): 16-21.

作者简介: 叶军君, 厦门大学机电工程系副主任, 讲师, 博士。电话: 0592-2182627, E-mail: meeyjj@163.com.

收稿日期: 2006-09-21