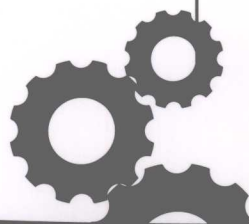


就业技能速成 好找工作
学好一门技能 找好工作

数控加工 36 技

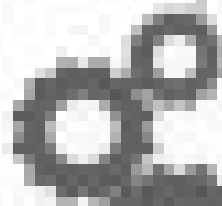
徐峰 主编

技能问答



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



就业技能速成

数控加工 36 “技” ——技能问答

徐 峰 主编

電子工業出版社·

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以问答的形式简明扼要地介绍了数控加工技术人员必须掌握的专业知识与操作技能,并以典型实际加工为例,详细介绍了数控加工的操作步骤、操作禁忌及注意事项,供数控加工技术人员参考借鉴,具有实用性、针对性和可操作性。本书主要内容包括数控铣床、数控车床、数控冲床等方面的基本知识,以及在操作时的注意事项和操作禁忌。

本书主要用做企业培训部门、职业技能鉴定培训机构、再就业和农民工培训机构的教材,也可以作为技校、中职、各种短训班的教学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工 36 “技”: 技能问答 / 徐峰主编. —北京: 电子工业出版社, 2009.8
(就业技能速成)

ISBN 978-7-121-09327-2

I. 数… II. 徐… III. 数控机床—加工—问答 IV. TG659-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 128792 号

责任编辑: 李 洁

印 刷: 北京智力达印刷有限公司

装 订: 三河市鹏成印业有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 880×1230 1/32 印张: 7 字数: 192 千字

印 次: 2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 25.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

当前我国的高技能人才仍存在巨大的缺口，掌握和精通一门技术不仅容易就业，而且会有很好的发展前景。因此，技术工人尤其是高级技工的培训与学习已经变得越来越重要，特别是对下岗再就业人员和初学者，一本好的教材是必不可少的。本书正是为了帮助数控加工工人尽快掌握必备的基础知识和数控加工技能，了解常用材料、特种材料的数控加工工艺和设备，结合编者的实际工作而编写的。

本书写作的出发点是不讲过深的理论知识，力求做到理论与实践相结合，循序渐进、由浅入深；以指导初学者快速入门、步步提高、逐渐精通，使数控加工技术人员能在较短时间内掌握数控加工的技能 and 技巧。

按照由浅入深、循序渐进的写作宗旨，本书分为**基础知识篇**、**操作技能篇**和**操作实例篇**。

“基础知识篇” 主要介绍数控加工的基础知识，包括数控机床、数控编程和刀具等，从而让读者对数控加工有了基本和总体认识。

“操作技能篇” 主要介绍各种数控加工的操作技巧、注意事项和禁忌，让读者深入浅出，有重点地掌握数控加工技能。

“操作实例篇” 介绍了一些数控加工实例，读者可以借此复习掌握的技能，提高自己的实际应用水平。

本书由徐峰主编，汪立亮、戴胡斌、张能武、刘建、马卫东编写，在编写过程中参考了大量的企业培训资料和优秀出版物，同时得到了上海、苏州、南京众多兄弟单位的大力支持和帮助。在此，对在本书编写过程中提供资料的各位同仁表示感谢，并对参考的部分优秀作品的作者表达由衷的谢意。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

编者

目 录

基础知识篇

一、什么叫数控加工？	1
二、数控加工有何特点？其应用范围有哪些？	1
三、什么叫数控机床？数控机床是如何工作的？	3
四、数控机床是如何进行分类的？	4
五、数控机床的结构和组成是怎样的？	11
六、选择数控机床应考虑哪些因素？	17
七、数控机床常用的数控系统有哪些？	17
八、数控加工的工艺性是如何进行分析的？	22
九、数控加工方案及加工路线是如何确定的？	23
十、零件的定位安装及夹具选择有何原则？	27
十一、加工刀具是如何进行选择 and 配备的？	27
十二、数控加工时的切削用量是如何确定的？	31
十三、数控加工工艺文件是如何制订的？	31
十四、数控机床常用的检测装置有哪些？	33
十五、数控编程的一般步骤及方法是什么？	36
十六、数控机床的坐标系统是如何确定的？	38
十七、数控加工程序是由哪几部分组成的？	40
十八、数控程序中常用的编程指令有哪些？	44
十九、手工编程的基本步骤是什么？	48
二十、数控编程中的数值是如何计算的？	50

操作技能篇

一、进给路线是如何确定的？	55
二、退刀与换刀是如何进行的？	59
三、数控车床对刀是如何操作的？	62
四、切削用量是如何选择的？其选择有哪些注意事项？	67

五、数控车床刀具是如何安装的？	69
六、数控铣床操作方式是如何选择的？有哪些注意事项？	73
七、数控铣床的手动操作是如何进行的？有哪些注意事项 和禁忌？	77
八、数控铣床程序的输入、编辑与检索是如何操作的？	81
九、数控铣床刀具补偿值的设定和对刀是如何进行的？ 有哪些注意事项？	83
十、数控铣床的自动操作是如何进行的？其操作有哪些 注意事项？	88
十一、数控铣床的程序传输与校验是如何操作的？	90
十二、数控铣床的坐标系是如何设置的？其操作有哪些 注意事项？	91
十三、数控铣床的固定循环是如何进行的？其操作有哪些 注意事项？	95
十四、数控铣床轮廓类零件是如何编程的？	107
十五、数控加工中心的基本操作是如何进行的？有哪些注意 事项和禁忌？	112
十六、加工中心孔类零件编程是如何进行的？	119
十七、加工中心凸轮槽的加工编程是如何进行的？	121
十八、数控电火花线切割机床的基本操作是如何进行的？ 其操作有哪些注意事项和禁忌？	123
十九、数控电火花线切割机床手工编程是如何进行的？	134
二十、数控冲床的基本操作是如何进行的？	140
二十一、数控外圆磨床的编程操作是如何进行的？其操作有 哪些注意事项？	142
二十二、数控快走丝线切割机床是如何操作的？其操作有哪些 注意事项？	149

操作实例篇

一、复杂型面加工	165
二、壁套加工	168

三、偏心轴加工	170
四、锥孔螺母套加工	172
五、盘类零件加工	177
六、组合零件加工	184
七、大力神杯零件加工	189
八、酒杯加工	191
九、田径场模型加工实例	194
十、某玻璃钢异形件典型加工实例	200
十一、加工中心端盖的加工实例	203
十二、加工中心轴套类零件的加工实例	207
十三、丝半径补偿加工简单图形实例	213
参考文献	216

基础知识篇

一、什么叫数控加工？

数控加工是指采用数字信息对零件加工过程进行定义，并控制机床进行自动运行的一种自动化加工方法。数控加工技术是20世纪40年代后期为适应加工复杂外形零件而发展起来的一种自动化技术。1947年，美国帕森斯公司为了精确地制作直升飞机翼、桨叶和飞机框架，提出了用数字信息来控制机床自动加工外形复杂零件的设想。他们利用电子计算机对机翼加工路径进行数据处理，并考虑到刀具直径对加工路径的影响，使得加工精度达到 ± 0.0015 英寸（ 0.0381 mm ）。1949年美国空军为了能在短时间内制造出经常变更设计的火箭零件，与帕森斯公司和麻省理工学院（MIT）伺服机构研究所合作，于1952年研制成功了世界上第一台数控机床——三坐标立式铣床，可控制铣刀进行连续空间曲面的加工，揭开了数控加工技术的序幕。

数控加工是一种高效率、高精度与高柔性特点的自动化加工方法，可有效解决复杂、精密、小批多变零件的加工问题，充分适应现代化生产的需要。数控加工必须由控制机床来实现。

二、数控加工有何特点？其应用范围有哪些？

1. 数控加工的特点

（1）具有复杂形状加工能力

复杂形状零件在飞机、汽车、造船、模具、动力设备和国防军工等制造部门具有重要地位，其加工质量直接影响整机产品的性能。数控加工运动的任意可控性使其能完成普通加工方法难以完成或者无法进行的复杂型面加工。

（2）高质量

数控加工是用数字程序控制实现自动加工，排除了人为误差



因素，且加工误差还可以由数控系统通过软件技术进行补偿校正。因此，采用数控加工可以提高零件加工精度和产品质量。

(3) 高效率

与采用普通机床加工相比，采用数控加工一般可提高生产率 2~3 倍，在加工复杂零件时生产率可提高十几倍甚至几十倍。特别是五面体加工中心和柔性制造单元等设备，零件一次装夹后能完成几乎所有表面的加工，不仅可消除多次装夹引起的定位误差，还可大大减少加工辅助操作，使加工效率进一步提高。

(4) 高柔性

只需改变零件程序即可适应不同品种的零件加工，且几乎不需要制造专用工装夹具，因而加工柔性好，有利于缩短产品的研发与生产周期，适应多品种、中小批量的现代生产需要。

(5) 减轻劳动强度，改善劳动条件

数控加工是按事先编好的程序自动完成的，操作者不需要进行繁重的重复手工操作，劳动强度和紧张程度大为改善，劳动条件也相应得到改善。

(6) 有利于生产管理

数控加工可大大提高生产率，稳定加工质量，缩短加工周期，易于在工厂或车间实行计算机管理。数控加工技术的应用，使机械加工的大量前期准备工作与机械加工过程连为一体，使零件的计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助工艺规划(CAPP)和计算机辅助制造(CAM)的一体化成为现实，宜于实现现代化的生产管理。

2. 数控加工的主要应用范围

数控加工是一种可编程的柔性加工方法，但其设备费用相对较高，故目前数控加工多应用于加工零件形状比较复杂、精度要求较高，以及产品更换频繁、生产周期要求短的场合。具体地说，下面这些类型的零件最适宜于数控加工。

- ① 用数学方法定义的复杂曲线、曲面轮廓、加工精度要求高的零件；
- ② 公差带小、互换性高、要求精确复制的零件；

③ 用普通机床加工时，要求设计制造复杂的专用工装夹具或需要很长调整时间的零件；

④ 价值高的零件；

⑤ 小批量生产的零件；

⑥ 需一次装夹加工多部位（如钻、镗、铰、攻螺纹及铣削加工联合进行）的零件。

可见，目前的数控加工主要应用于以下两个方面：

一方面是常规零件加工，如二维车削、箱体类镗铣等，其目的在于：提高生产效率、避免人为误差，保证产品质量；以柔性加工方式取代高成本的工装设备，缩短产品制造周期，适应市场需求。这类零件一般形状较简单，实现上述目的的关键在于提高机床的柔性自动化程度、高速高精加工能力、加工过程的可靠性与设备的操作性能。

另一方面是复杂形状零件加工，如模具型腔、涡轮叶片等。这类零件型面复杂，用常规加工方法难以实现，它不仅促使了数控加工技术的产生，而且也一直是数控加工技术的主要研究及应用的对象。由于零件型面复杂，在加工技术方面，除要求数控机床具有较强的运动控制能力（如多轴联动）外，更重要的是如何有效地获得高效优质的数控加工程序，并从加工过程整体上提高生产效率。

三、什么叫数控机床？数控机床是如何工作的？

1. 数控机床

数控机床就是采用了数控技术的机床。数控机床将零件加工过程所需的各种操作和步骤（如主轴变速、主轴启动和停止、松夹工件、进刀退刀、冷却液开或关等）以及刀具与工件之间的相对位移量都用数字化的代码来表示，由编程人员编制成规定的加工程序，通过输入介质（磁盘等）输入计算机控制系统，由计算机对输入的信息进行处理与运算，发出各种指令来控制机床的运动，使机床自动地加工出所需要的零件。

现代数控机床综合应用了微电子技术、计算机技术、精密检测技术、伺服驱动技术以及精密机械技术等多方面的最新成果，

是典型的机电一体化产品。

2. 数控机床的基本工作过程

首先根据零件图样，结合加工工艺进行程序编制，然后通过键盘或其他输入设备输入数控系统后再经过调试、修改，最后把它存储起来。加工时就按所编程序进行有关的数字信息处理。一方面通过插补运算器进行加工轨迹运算处理，从而控制伺服系统驱动机床各坐标轴，使刀具与工件的相对位置按照被加工零件的形状轨迹进行运动，并通过位置检测反馈以确保其位移精度。另一方面按照加工要求，通过 PLC 控制主轴及其他辅助装置协调工作，如主轴变速、主轴齿轮换挡、适时进行 ATC 刀具自动交换、APC 工件自动交换、工件夹紧与放松、润滑系统的开停、切削液的开关等，必要时过载或限位保护起作用，用来控制机床运动迅速停止。

数控机床通过程序调试、试切削后，进入正常批量加工时，操作者一般只需进行工件上下料装卸，再按程序自动循环按钮，机床就能自动完成整个加工过程。

对于零件程序编制分为手动编程和自动编程。手动编程是指程序员根据加工图样和工艺，采用数控编程指令（目前一般都采用 ISO 数控标准代码）和指定格式进行程序编写，然后通过操作键盘输入数控系统内，再进行调试、修改等。对于自动编程，目前已较多的采用了计算机 CAD/CAM 图形交互式自动编程，通过计算机有关处理后，自动生成数控程序，可以通过对应的接口直接输入数控系统内。

四、数控机床是如何进行分类的？

数控机床的品种规格繁多，分类方法不一。根据数控机床的功能和结构，一般可以按四种原则来进行分类。

1. 按工具与工件的相对运动轨迹分类

(1) 点位控制

如图 1-1 所示，这类控制方式只要求控制工具从一点移到另一点的准确位置，在移动过程中不进行任何切削，对运动轨迹原则

上不加控制。如数控钻床、数控冲床、数控镗床的加工就属于这一类。它们只要求保证孔间距的精度，刀具在移动过程中不进行切削，切削加工在定位之后进行。

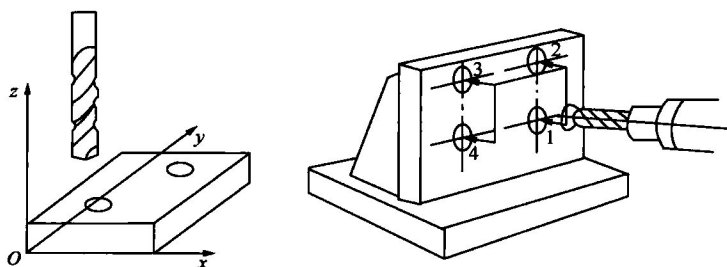


图 1-1 点位控制加工示意图

(2) 直线控制

如图 1-2 所示,这类控制方式除了控制点与点之间的准确位置外,还要保证被控制的两点间移动的轨迹是一条直线,而且要保证移动的速度按照给定的速度进行,同时刀具在移动的过程中还要进行切削加工。简易数控车床、数控镗铣床的加工即属于这一类。

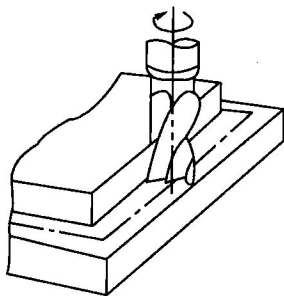


图 1-2 直线控制加工示意图

(3) 连续控制（轮廓控制）

如图 1-3 所示,这类控制方式能够对两个或两个以上运动坐标方向的位移和速度进行严格的不间断控制,运动轨迹可以是直线,也可以是任意曲线。在运动过程中刀具同时进行切削。用连续控

制加工的产品有凸轮、锻模型腔等，采用连续控制的机床有数控铣床、数控车床等。

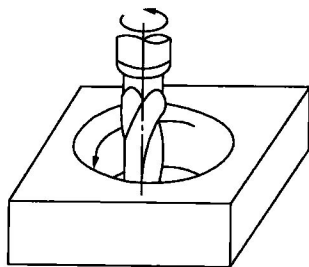


图 1-3 连续控制加工示意图

所有连续控制的系统都具有点位、直线控制功能，可以进行直线和圆弧的切削加工（直线、圆弧插补）和准确定位，有些系统还具有抛物线、螺旋线等特殊曲线的插补功能。随着计算机数控装置的发展，如增加轮廓控制功能，只需增加插补运算软件即可，几乎不会带来成本的增加。因此，除少数专用的数控机床（如数控钻床、冲床等）以外，现代的数控机床都具有连续控制功能。

连续控制系统按所控制的联动坐标轴数不同，又可分为下面几种主要形式：

① 二轴联动。主要用于数控车床加工曲线旋转面或数控铣床等加工曲线柱面，如图 1-4 所示。

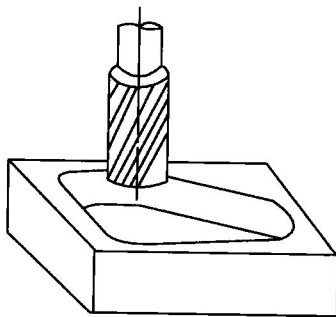


图 1-4 二轴联动加工示意图

② 二轴半联动。主要用于三轴以上控制的机床，其中两个轴互为联动，而另一个轴做周期进给，如在数控铣床上采用行切法加工三维空间曲线，如图 1-5 所示。

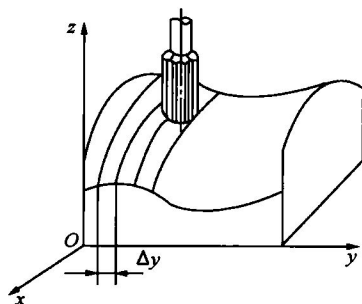


图 1-5 二轴半联动加工示意图

③ 三轴联动。一般分为两类，一类是 x , y , z 三个直线坐标轴联动，比较多地用于数控铣床、加工中心等，如用球头铣刀铣切三维空间曲面，如图 1-6 所示。另一类是除了同时控制 x , y , z 中两个直线坐标轴联动外，还同时控制围绕其中某二直线坐标轴作转动的旋转坐标轴。如车削加工中心，它除了纵向 (z 轴)、横向 (x 轴) 两个直线坐标轴联动外，还需同时控制围绕 z 轴旋转的主轴 (c 轴) 联动。

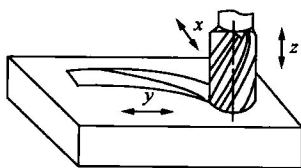


图 1-6 三轴联动加工示意图

④ 五轴联动。除了同时控制 x , y , z 三个直线坐标轴联动外，还同时控制围绕这些直线坐标轴联动的 a , b , c 坐标轴中的两个坐标，即同时控制五个轴联动。这时刀具可以被定在空间的任意方向，如图 1-7 所示。比如控制切削刀具同时绕着 x 轴和 y 轴两个方

向摆动,使得刀具在其切削点上始终保持沿着被加工轮廓曲线的法线方向,以保证被加工曲面的圆滑性,同时提高其加工精度、减小表面粗糙度等。

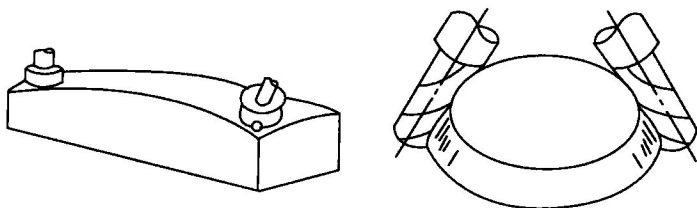


图 1-7 五轴联动加工示意图

⑤ 四轴联动。同时控制 x , y , z 三个直线坐标轴与某一旋转坐标轴联动。如图 1-8 所示的数控机床,同时控制 x , y , z 三个直线坐标轴与一个工作台回转轴联动。

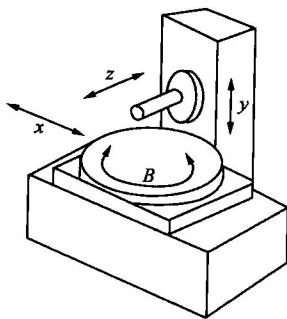


图 1-8 四轴联动的数控机床

2. 按伺服机构的控制方式分类

(1) 开环控制

如图 1-9 所示,这种控制方式通常不带位置测量元件,伺服驱动元件为步进电机。输入的数据通过数控系统的运算分配成指令脉冲,每向步进电机输送一个脉冲,它就转动一个角度,然后再通过传动机构使被控制的工作台移动。这种方式对实际传动机构的动作情况不进行检查,没有被控制对象的反馈值,指令发送出