

数控加工 操作技法与实例

S

HUKONG JIAGONG
CAOZUO JIFA YU SHILI

徐 峰 主编

- 专业知识与操作技能相结合
- 突出典型实例
- 增加技巧、禁忌与注意事项

长三角国家高技能人才培养中心特别推荐

21 世纪技术工人操作技法与实例丛书

数控加工操作技法与实例

徐 峰 主编

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控加工操作技法与实例/徐峰主编. —上海: 上海科学技术出版社, 2009. 6

(21 世纪技术工人操作技法与实例丛书)

ISBN 978-7-5323-9818-8

I. 数... II. 徐... III. 数控机床—操作—基本知识
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 067523 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

苏州望电印刷有限公司印刷

开本 850×1168 1/32 印张 7.875

字数: 211 千字

2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5323-9818-8/TG·190

定价: 18.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

上海世纪出版股份有限公司



内容提要

本书以介绍实用技能为主,围绕数控机床操作、加工方面的问题,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,以及一些成熟的实践经验;着重讲述数控车、数控铣、加工中心和线切割等方面的加工方法,并用具体的加工实例介绍加工技巧、禁忌及注意事项,突出实例的代表性和技术的先进性,取材新颖。读者通过本书的学习,可了解关键问题的禁忌,避免走弯路,从而快速掌握编程、操作方面的技巧,更好、更快地掌握数控加工方面的知识。

本书图文并茂、简明实用,突出实用性、针对性和可操作性,可供广大从事数控加工的技术工人学习使用,也可作为企业单位职工技术培训教材和相关专业职业院校师生学习参考读物。

“21 世纪技术工人操作技法与 实例丛书”编写委员会

丛书主编：徐 峰

编写人员：王吉华 夏祖印 任志俊 刘春玲 邱立功 陈忠民

张能武 周斌兴 黄 芸 楚宜民 马建民 王元龙

刘述芳 陶荣伟 薛国祥 张道霞 杨光明 唐亚鸣

前言
五洲平世吉著新编，仅支露露味虽不

告 白

前 言

改革开放以来,我国数控机床消费额大致和国民经济 GDP 增长值同步。20 世纪 80 年代初,我国数控机床消费额为 10 亿美元,90 年代初达 20 亿美元,2000 年为 37.88 亿美元,当年世界数控机床最大消费国美国,消费额为 68 亿美元。原预计 2010 年中国将成为世界最大数控机床消费市场,令人意想不到的,2003 年美国发表的一项调查统计报告称,全世界数控机床产值 2002 年约 310 亿美元,比上年减少 14.2%,但中国比上年增加 20%,达 56.96 亿美元。我国首次成为世界第一数控机床消费大国和全球第一机床进口大国。

无论从数控机床消费的增长速度,还是从进口数量的快速增加,无论从数控化率的国际比较,还是从技术等级的水平,我们都能发现一个显而易见的事实:数控机床的广泛应用急需大量的数控技术人才,急需在短期内培养出一大批技能型人才。我国制造企业已开始广泛使用先进的数控技术,而掌握数控技术的机电复合人才奇缺。2005 年,国家数控系统工程技术研究中心的一项调研结果显示,仅数控机床的操作工就短缺 60 多万人。

面对新的形势,广大机械制造人员迫切需要知识更新,特别是学习和掌握与新的应用领域有关的新技能。为了帮助广大数控技术工人,特别是中青年数控技术工人提高操作技能和技术水平,我们组织编写了这本《数控加工操作技法与实例》。

本书由长三角国家高技能人才培养中心组织编写,徐峰同志为主编。该书在编写过程中参考了不少图书和企业培训资料,在此向这些出版物和资料的作者和有关企业表示衷心的感谢和崇高的敬意。

目 录

第一部分 数控加工基础知识	1
第一节 数控技术基础知识	1
一、数控技术基本概念	1
二、数控加工的特点和应用范围	3
三、常见数控机床简介	4
四、常见数控系统简介	6
第二节 数控机床概述	7
一、数控机床的分类	7
二、数控机床的结构和组成	12
三、数控机床的技术参数及功能	18
四、数控机床的选择	20
第三节 数控编程基础知识	21
一、数控编程的步骤及方法	21
二、数控机床的坐标系统	23
三、数控程序的结构	25
四、常用的编程指令	29
五、手工编程的基本步骤及实例	32
六、数控编程的数值计算简介	34
第四节 数控加工工艺基础知识	38
一、数控加工工艺性分析	38
二、加工方案及加工路线的确定	40
三、零件的定位与安装	43
四、加工刀具及切削用量	44

五、工艺文件的制定	48
六、数控机床的检测装置	49
第二部分 数控加工操作技能	53
第一节 数控车床加工操作	53
一、数控车床加工对象及工艺特点	53
二、数控车床加工工艺分析	56
三、数控车床的对刀方法	64
四、数控车削加工切削用量的选择	66
五、数控车床的基本操作	70
六、数控车床循环加工	82
七、数控车床编程实例	93
第二节 数控铣床加工操作	107
一、数控铣床操作方式的选择	107
二、数控铣床的手动操作	111
三、数控铣床程序的输入、编辑与检索	114
四、数控铣床刀具补偿值的设定和对刀方法	117
五、数控铣床的自动操作	121
六、数控铣床的程序传输与校验	123
七、数控铣床的坐标系设置	124
八、数控铣床的固定循环	127
九、数控铣床轮廓类零件编程	136
十、数控铣床孔类零件编程	141
第三节 加工中心加工操作	143
一、数控加工中心的基本操作	143
二、加工中心孔类零件编程	150
三、加工中心凸轮槽的加工编程	152
第四节 其他数控机床的操作	154
一、数控电火花线切割机床的基本操作	154
二、数控电火花线切割机床手工编程步骤	163
三、数控冲床的基本操作	169

四、数控外圆磨床的编程操作	172
五、数控快走丝线切割机床的操作	178
第三部分 数控加工操作实例	191
一、数控车床螺纹加工实例	191
二、酒杯加工实例	205
三、数控铣床孔的加工实例	209
四、田径场模型加工实例	215
五、某玻璃钢异形件典型加工实例	221
六、加工中心端盖的加工实例	223
七、加工中心轴套类零件的加工实例	229
八、丝半径补偿加工简单图形实例	235
参考文献	238

一 数控技术基本概念

2. 数控加工

进行连续空间曲面的加工,揭开了数控加工技术的序幕。

第一部分 数控加工基础知识 ◀◀●

数控加工是一种具备高效率、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。数控加工必须由数控机床来实现。

3. 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)送入计算机控制系统,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。

4. 数控编程

数控编程就是生成用数控机床进行零件加工的数控程序的过程。数控程序是由一系列程序段组成,把零件的加工过程、切削用量、位移数据以及各种辅助操作,按机床的操作和运动顺序,用机床规定的指令及程序格式排列而成的一个有序指令集。例如:

```
N01 G00 X200 Y-39 M03
```

该程序段表示一个操作:命令机床以设定的快速运动速度,以直线方式移动到 $X=200\text{ mm}$, $Y=-39\text{ mm}$ 处后,主轴正转。其中N01是程序段的行号,G00字段表示机床快速定位,X200和Y-39表示沿 x 轴和 y 轴的位移坐标值,M03表示主轴正转。

零件加工程序的编制(数控编程)是实现数控加工的重要环节,特别是对于复杂零件的加工,其编程工作的重要性甚至超过数控机床本身。此外,在现代生产中,产品形状及质量信息往往需通过坐标测量机或直接在数控机床上测量来得到,测量运动指令也有赖于数控编程来产生。因此,数控编程对于产品质量控制也有着重要的作用。数控编程技术涉及制造工艺、计算机技术、数学、计算几何、微分几何、人工智能等众多学科领域知识,它所追求的目标是如何更有效地获得满足各种零件加工要求的高质量数控加工程序,以便充分地发挥数控机床的

性能,获得更高的加工效率与加工质量。

二、数控加工的特点和应用范围

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

数控加工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制与生产周期,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联为一体,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,易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 加工精度要求高的零件(如用数学方法定义的复杂曲线、曲面轮廓)。
- 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。

由此可见,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,其目的在于提高加工效率、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、常见数控机床简介

1. 数控车床

数控车床是目前使用最广泛的数控机床之一。其外形与普通车床

相似,即由床身、主轴箱、刀架、进给系统、冷却和润滑系统等部分组成。数控车床的进给系统与普通车床有质的区别。普通车床有进给箱和交换齿轮架,而数控车床是直接利用伺服电机通过滚珠丝杠驱动溜板和刀架实现进给运动,因而进给系统的结构大为简化。

数控车床主要用于加工轴类、盘类等回转体零件。通过数控加工程序的运行,可自动完成内外圆柱面、圆锥面、成形表面、螺纹和端面等工序的切削加工,并能进行车槽、钻孔、扩孔及铰孔等工作。

2. 数控铣床

数控铣床外形与普通铣床相似,有立式和卧式数控铣床,有多轴联动数控铣床。数控铣床主要由床身、铣头、进给工作台、液压控制系统、电气控制系统等部分组成。数控铣床一般能完成铣削、镗削、钻削、攻螺纹等切削加工工作,适用于平面类零件、变斜角类零件及曲面类零件的加工。五轴联动的数控铣床可精确地加工出复杂的曲面。目前的数控铣床一般都具有直线、圆弧插补功能,还有刀具补偿、固定循环和用户宏程序等功能。

3. 加工中心

加工中心是在数控铣床的基础上发展起来的,它与数控铣床的主要区别是前者带有刀库和自动换刀装置,故又称为自动换刀数控机床,其结构形式有立式加工中心、卧式加工中心和复合式加工中心,刀库形式有盘式刀库和链式刀库。复合式加工中心的类型较多,如在一台加工中心上装有可交换工作的双工作台,某工作台在工作时,另一工作台可安装工件,故可节省工件装夹的辅助时间,提高工作效率。又如在一台加工中心上装有立、卧双轴,配合工作台旋转,工件一次装夹中可实现除安装面外的其他5个面的加工,适合加工精度要求高及复杂箱体等零件的加工。还比如在同一台加工中心上不仅可进行铣削,而且可进行车削等。

加工中心具有如下主要特点:

- (1) 功能较全。它把铣削、镗削、钻削、攻螺纹和切削螺纹等功能集中在一台设备上,使其具有多种工艺手段。
- (2) 设置有刀库。刀库中存放着不同数量的各种刀具,在加工过程中由程序自动选

刀库中存放着不同数量的各种刀具,在加工过程中由程序自动选

用和更换。这是它与数控铣床、数控镗床的主要区别。

(3) 综合加工能力较强。工件一次装夹后能完成较多的加工步骤,加工精度较高。对于中等加工难度的批量工件,特别是加工孔系较多的箱体零件,其效率是普通设备的5~10倍,并能完成许多普通设备不能完成的加工。对形状较复杂、精度要求高的单件加工或中小批量多品种生产更为适用。

4. 数控线切割机床

电火花线切割加工简称为线切割,是在电火花加工的基础上发展起来的,它利用线状钼丝或铜丝作为电极,通过火花放电对工件进行切割加工。线切割是利用移动的细金属导线作为电极,对工件进行脉冲火花放电、切割成形的加工方法。储丝筒驱动金属丝对工件进行切割,脉冲电源经导轮传给金属丝,在金属丝与工件之间浇注工作液,工件在工作台的带动下在两个水平方向按要求移动,完成工件的切割加工。根据电极丝的运行速度,可分为低速走丝线切割机床和高速走丝线切割机床两种。低速走丝线切割机床走丝速度一般低于0.2 m/s,是国外生产和使用的主要机种;高速走丝线切割机床走丝速度一般为8~10 m/s,是我国生产和使用的主要机种。

四、常见数控系统简介

用来实现数字化信息控制的硬件和软件的整体称为数控系统,数控系统的核心是数控装置。由于现代数控系统一般都采用了计算机进行控制,因此将这种数控系统称为CNC系统。目前常用的数控系统主要包括日本FANUC数控系统、德国SIEMENS数控系统、广州数控系统和华中数控系统等。

FANUC数控系统主要型号有FANUC 0i/16i/18i/21i,其中16i等系统是具有联网接口功能的超小型、超薄型高档CNC。它利用光缆传输信息,采用超高速串行通信总线FSSB,与PC相连建立以太网,大大减少了连接电缆数,最多可达8轴联动控制,系统可采用FL-NET、PROFIBUS-DP等现场总线,利用丰富的软件包和网络功能,可以简单地构造起适合机床的最佳系统。

SIEMENS 数控系统的主要型号有 SINUMERIK 802D、SINUMERIK 840D 等。其中 SINUMERIK 840D 是 SINUMERIK 数控产品的突出代表,于 20 世纪 90 年代推出。它保持了 SINUMERIK 前两代系统 SINUMERIK 880 和 840C 的三 CPU 结构——人-机通信 CPU(MMC-CPU)、数字控制 CPU(NC-CPU)和可编程逻辑控制器 CPU(PLC-CPU),具有大量的控制功能,如钻削、车削、铣削、磨削,以及特殊控制,这些功能在使用中不会有任何相互影响。由于该系统为开放式的体系结构,故也适用于其他机床的控制,如剪切、冲压和激光加工等机床。

广州数控设备有限公司生产的 GSK 系列系统,主要包括车床、铣床、加工中心等数控系统。

华中数控系统是我国为数不多的具有自主知识产权的数控系统之一。它以通用的工业 PC(IPC)和 DOS、WINDOWS 操作系统为基础,采用开放式的体系结构,适合多坐标(2~5)数控镗铣床和加工中心,在增加相应的软件模块后,也能适应于其他类型的数控机床(如数控磨床、数控车床等),以及特种加工机床(如激光加工机床、线切割机床等)。

第二节 数控机床概述

一、数控机床的分类

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,一般可以按下面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。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。

(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,

