



机械设计制造及其自动化专业系列教材

数控加工

主编 / 宋本基 张铭钧 副主编 / 祝海涛 主审 / 邱长华 薛开

**NUMARICAL CONTROL
MACHINING**



哈尔滨工程大学出版社

TG659
170

●机械设计制造及其自动化专业系列教材

数控加工

(修订版)

主 编 宋本基 张铭钧

副主编 祝海涛

主 审 邱长华

江苏工业学院图书馆
藏书章

哈尔滨工程大学出版社

前 言

(修 订 版)

数控技术用于工业生产已近半个世纪了。经过生产的严格考验,它所表现出的优越性,以及效益和巨大的潜力,引起了世界各国科技界和工业界的普遍重视,投入了大量的人力、物力对数控技术和数控机床进行深层次的开发与研究。20 世纪 70 年代中期以后,国内数控技术的研究、开发和应用进入了稳定高速发展阶段。

本书就数控加工特点、数控加工工艺装备、数控加工程序编制、自动编程和数控加工中的故障诊断及对策等方面做了详细论述,在重视系统基础知识的同时,重点着眼于 20 世纪 80 年代后期以来国内外数控技术的新发展、新成果。力求在内容的先进性、科学性和实用性方面做到有机地结合。全书取材新颖,系统性强,逻辑严谨,注重实用性,是从事现代制造技术,机械设计制造及自动化专业的高等院校本科生、研究生及有关工程技术人员的教学参考书和参考资料。

本书由哈尔滨工程大学宋本基、张铭钧主编,其中第 1 章和第 4 章及第 3.3 节由张铭钧编写;第 3.4 节由宋本基编写;第 2 章、第 3.1 节、第 3.2 节由祝海涛编写。全书由宋本基、张铭钧统稿,由邱长华、薛开主审。

在保持原书体系及风格的基础上,本次修订除了对若干排版错误进行了修正外,主要是针对数控技术的最新发展方向进行了相关的完善和补充,使之更加适应数控技术的发展方向和人才培养的需要。

本书在修订过程中,得到了哈尔滨工程大学机电学院徐建安老师的大力支持和帮助,在此致以衷心感谢。

由于时间仓促和水平有限,书中错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2003 年 12 月

目 录

1 概 述	1
1.1 数控加工的定义与特点	1
1.2 数控机床的分类及其主要附属装置	3
1.3 数控加工工艺	9
习 题	13
2 数控加工编程基础	14
2.1 数控加工编程基础	14
2.2 数控加工工艺设计	22
2.3 程序编制中的数值计算	41
习 题	46
3 数控切削加工技术	47
3.1 数控车床切削加工技术	47
3.2 数控铣床切削加工技术	70
3.3 数控加工中心切削加工技术	82
3.4 自动编程简介	96
习 题	110
4 数控机床故障诊断与处理技术	112
4.1 数控机床故障诊断的步骤	112
4.2 数控机床故障诊断的一般方法	113
4.3 CNC 系统概述	117
4.4 CNC 系统的故障诊断与维修技术	122
习 题	142
附 录	143
参考文献	148

1 概 述

数控(Numerical Control, NC)是指用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制的一种方法。

数控机床(Numerical Control Tools)是指机床上的操作命令以数字的形式来描述,工作过程按规定程序自动进行的自动化机床。

数控加工工艺是伴随着数控机床的产生、发展而逐步完善起来的一种应用技术,是大量数控加工实践的总结。

虽然数控机床是一种先进的加工设备,但也必须由人们去熟悉、掌握和合理使用它。随着数控机床应用范围的不断扩大,普及与提高数控加工技术,已成为推动数控技术应用与发展的重要环节。

由于数控加工涉及的内容较多,也比较复杂,为使读者能较全面地了解数控加工的概况,本章将对数控加工的特点、适应性、工艺设计内容及数控机床等做一简单介绍。

1.1 数控加工的定义与特点

1.1.1 定义

所谓数控加工工艺,是指用数控机床加工零件的一种工艺方法。

1.1.2 数控加工工艺的主要内容

数控加工与通用机床加工在方法与内容上有许多相似之处,不同点主要表现在控制方式上。数控机床加工前,要把原先在通用机床上加工时需要操作人员考虑和决定的操作内容及动作,如工步的划分与顺序、走刀路线、位移量和切削参数等等,按规定的数码形式编制程序。加工时,控制系统按程序进行运算和控制,并不断向机床的伺服机构发送信号,然后由传动机构驱动机床按所编程序进行运动,以加工出所要求的零件。一般来说,数控加工主要包括以下几个方面的内容。

- ①选择并确定适合于数控加工的零件及内容;
- ②对零件图纸进行数控加工的工艺分析;
- ③数控加工的工艺设计;
- ④对零件图样的数学处理;
- ⑤编写加工程序单(自动编程时为源程序,由计算机自动生成目标程序-加工程序);
- ⑥按编程单制作控制介质;
- ⑦程序的校验与修改;
- ⑧首件试加工与现场问题处理;
- ⑨数控加工工艺技术文件的定型与归档。

1.1.3 数控加工的特点

1. 数控加工的优点

(1) 自动化程度高

数控加工过程是按输入程序自动完成的,可以减轻工人的劳动强度。同时对操作者的知识结构和文化程度要求相应提高。

(2) 数控加工零件的一致性好,质量稳定

由于数控机床本身的定位精度和重复定位精度都很高,因此很容易保证零件尺寸的一致性,也减少了通用机床加工中人为因素造成的失误。数控加工不但可以保证零件获得较高的加工精度,而且质量稳定,也便于对加工过程实行质量控制。

(3) 生产效率高

由于数控机床加工时能在一次装夹中加工出很多待加工的部位,既省去了通用机床加工时不少中间工序(如划线、装夹、检验等),缩短了辅助时间,同时也为后继工序(如装配等)带来了方便。其综合效率比通用机床明显提高。

(4) 适应性强

由于数控加工一般不需要很多复杂的工艺装备,可以通过编制程序把形状复杂和精度要求高的零件加工出来,故当设计更改时,可以通过改变相应的程序来实现,一般不需要重新设计制造工装。因此,数控加工能大大缩短产品研制周期,给新产品的研制开发和产品的改进、改型提供了很好的手段。

(5) 便于实现计算机辅助制造

计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)已成为航空航天、汽车、船舶及其他机械工业实现现代化的必由之路。计算机辅助设计出来的产品图纸及数据变为实际产品的最有效的途径,就是采取计算机辅助制造技术。数控机床及其加工技术正是计算机辅助制造系统的基础。

2. 数控加工的缺点

(1) 加工成本一般较高

数控机床的价格一般是同类通用机床的几倍甚至几十倍。此外,其零配件价格较高,维修成本也高。再加上与其配套的编程设施、计算机及其外部设备等,其产品成本大大高于通用机床。

(2) 只适宜于多品种小批量或中批量生产

由于数控加工对象一般为较复杂零件,又往往采用工序相对集中的工艺方法,在一次定位安装中加工出许多待加工面,势必将工序时间拉长。尽管目前在数控机床的设计制造方面做出了很大努力(如多轴化、自动交换工作台与柔性加工单元等),但与专用多工位组合机床或自动机形成的生产线相比,在生产规模与生产效率方面仍有很大差距,即占机械加工20%~30%的大批量生产类型,数控加工还适应不了。

(3) 加工中难以调整

由于数控机床是按程序运行自动加工的,一般很难在加工过程中进行适时的人工调整,即使可以做局部调整,但其可调范围也很有限。

(4) 维修困难

数控机床是技术密集型的机电一体化产品,增加了微电子维修方面的困难,一般均需配备技术素质较高的维修人员与较好的维修装备。

1.1.4 数控加工的适应性

这里所指的适应性是广义的,不是针对某一具体机床而言。根据数控加工的特点及大量的应用实践,一般可按适应程度将零件分为以下三类。

1. 最适应类

最适应数控加工的零件有:

①形状复杂、加工精度要求高,用通用机床无法加工或虽然能加工但很难保证加工质量的零件;

②用数学模型描述的复杂曲线或曲面轮廓零件;

③具有难测量、难控制进给、难控制尺寸的不开敞内腔的壳体或盒形零件;

④须在一次装夹中完成铣、镗、铰、钻和攻丝等多工序的零件。

对于上述零件,我们可以先不要过多地去考虑生产率与经济上是否合理,而应首先考虑能否把它们加工出来,要着重考虑可能性问题。只要有可能,都应把对其进行数控加工作为优选方案。

2. 较适应类

较适应数控加工的零件有:

①在通用机床上加工时极易受人为因素(如操作人员技术水平高低、情绪波动等)干扰的零件;

②在通用机床上加工时必须制造复杂的专用工装的零件;

③需要多次更改设计后才能定型的零件;

④在通用机床上加工需做长时间调整的零件;

⑤在通用机床上加工时,生产率很低或体力劳动很大的零件。

这类零件在首先分析其可加工性以后,还要在提高生产率及经济效益方面做全面衡量,一般可把它们作为数控加工的主要选择对象。

3. 不适应类

根据数控加工的特点及应用实践,总结出不适于数控加工的零件有:

①生产批量大的零件(当然不排除其中个别工序用数控机床加工);

②装夹困难或完全靠找正定位来保证加工精度的零件;

③加工余量很不稳定,且数控机床上无在线检测系统可自动调整零件坐标位置的零件;

④必须用特定的工艺装备协调加工的零件。

因为上述零件采用数控加工后,在生产率与经济性方面一般无明显改善,更有可能弄巧成拙或得不偿失,故此类零件一般不应作为数控加工的选择对象。

1.2 数控机床的分类及其主要附属装置

1.2.1 数控机床的分类

目前,数控机床的品种已基本齐全,其分类原则和分类方法也有多种,归纳起来有以下四种分类方法。

1. 按工艺用途分类

(1)一般数控机床

与通用的机床种类一样,有数控车、铣、磨、钻、镗等,而且每一种又有很多品种,例如数控铣床中又有立铣、卧铣、龙门铣等。

(2)数控加工中心

它是一种具有自动换刀装置的数控机床,又称多工序数控机床或镗铣类加工中心,习惯上称为加工中心(Machining Center)。

(3)多坐标数控机床

该数控机床的特点是数控装置控制的轴数较多,机床结构也比较复杂,现在常用的是四坐标、五坐标、六坐标的数控机床。

2. 按数控机床的运动控制方式分类

(1)点位控制数控机床

只控制机床移动部件从一点移动到另一点的准确定位,而不控制点与点之间的运动轨迹,在移动过程中,不进行任何切削加工。这类机床主要有数控钻床、镗床、冲床等。

(2)点位直线控制数控机床

这类机床工作时,不仅要控制两相关点之间的位置(距离),还要求从一点到另一点按直线移动、按指定的进给速度做直线切削。例如进行平面铣削、阶梯车削、磨削加工的数控铣床、车床和磨床。

(3)轮廓控制数控机床

这类机床的控制装置能够同时对两个或两个以上的坐标轴进行连续控制。加工时不仅要控制起点和终点,还要控制整个加工过程中每一点的速度和位置。例如具有两坐标或两坐标以上联动的数控铣床、车床、磨床和加工中心。

3. 按伺服系统的控制方式分类

(1)开环控制数控机床

数控装置发出信号的流程是单向的,机床没有检测反馈装置,如图 1-1 所示。它适用于一般要求的中小型数控机床。



图 1-1 开环控制系统框图

(2)闭环控制数控机床

在开环控制数控机床上增加检测反馈装置,如图 1-2 所示。在加工中时刻检测机床移动部件的位置,使之与所要求的位置相符合,以达到更高的加工精度。

(3)半闭环控制数控机床

半闭环控制系统框图如图 1-3 所示。这种控制方式对工作台的实际位置不进行检查测量,而是通过与伺服电机有联系的测量元件,如测速发电机 A 和光电编码盘 B(或旋转变压器)等间接检测出伺服电机的转角,推算出工作台的实际位移量,用此值与指令值进行比

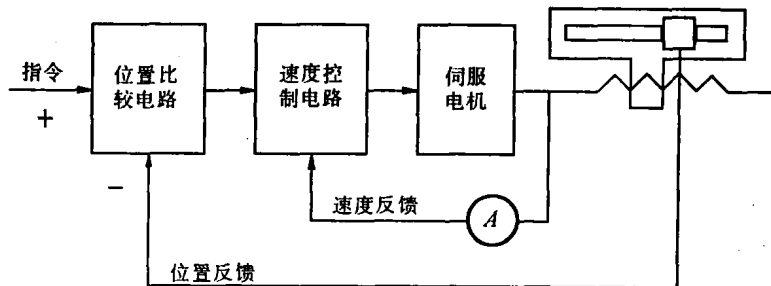


图 1-2 闭环控制系统框图

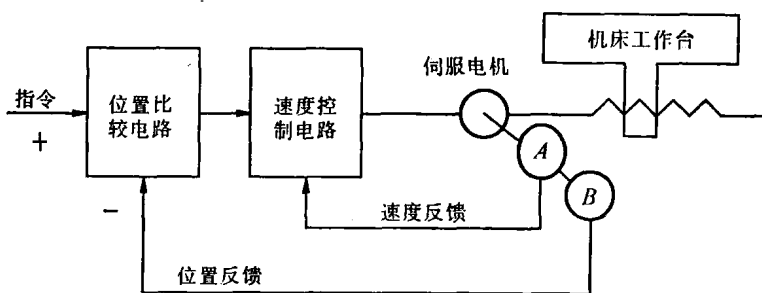


图 1-3 半闭环控制系统框图

较,用差值来进行控制。由于工作台没有完全包括在控制回路内,因此称之为半闭环控制。这种控制方式介于开环与闭环之间,精度没有闭环高,调试却比闭环方便。

4. 按数控装置分类

(1) 硬件式数控机床(NC 机床)

这类数控系统的输入、插补运算等功能均由集成电路或分立元件等器件实现。一般来说,数控机床不同,其控制电路也不同,因此系统的通用性较差,功能和灵活性也较差。这类系统在 20 世纪 70 年代以前应用的比较广泛。

(2) 软件式数控机床(CNC 机床)

这类数控系统利用中大规模及超大规模集成电路(或用微机与专用集成芯片)组成 CNC 装置,其主要的数控功能几乎全由软件实现,对于不同的数控机床,只需编制不同的软件就可以实现,而硬件几乎可以通用。因此灵活性和适应性很强,现代数控机床一般都采用 CNC 装置。

1.2.2 数控机床的基本结构特征

数控机床虽然也有普通机床都有的主轴、床身、立柱、工作台、刀架(砂轮架)等关键部件,但在结构上已经有了很大的变化,集中体现在:

- ① 机床刚度提高,抗振性能大为改善;
- ② 机床热变形减小;
- ③ 机床传动链短;
- ④ 机床各个运动副间的摩擦系数较小;

⑤机床功能部件增多。

例如,在普通机床上常见的滑动丝杠被高传动效率的滚珠丝杠所代替;多级齿轮传动被一、二级齿轮传动或所谓的“无间隙”齿轮传动所代替;有些结构甚至取消了齿轮传动;一般滑动导轨被塑料导轨或滚动导轨所代替;单刀架被多刀架、复合刀架或多刀位装置所代替。还有一些我们不易察觉的结构变化,如导轨面加宽,立柱、床身内部布筋方式的改变,铸件含砂造型,动平衡或其他一些自适应补偿措施等,目的都是为了提高机床的刚性,尽量消除振动对加工的影响。此外为满足使用要求,提高加工效率,在数控机床上常配置有自动换刀(换砂轮、换电极、换动力头等)、自动换工作台、自动上下料、自动检测等装置。

虽然数控机床与普通机床在整体布局上有很多相似之处,但每一种数控机床都具有普通机床所没有的两大部分:一是数控机床的“指挥系统”——数控系统;二是使数控机床执行运动的驱动系统——伺服系统(Servo System),它包括驱动主轴运动的控制单元、主轴电机,驱动进给运动的控制单元及进给电机。如图 1-4 所示,数控机床基本上由机械本体及数控系统、伺服系统所组成,从机床到数控装置的虚线表示在某些数控机床上具有把加工零件过程中的一些运动参数通过测量元件反馈给数控装置,以进行闭环控制。这是从根本上判断某台机床是否是数控机床的着眼点。单单从机床上有无用于人工操作的手轮、手柄来判断是否是数控机床的方法虽然直观,却不能判断数控机床的水平 and 档次。需要注意的是,不可把用数字显示器装备起来的数显机床当作数控机床,两者在控制信息的处理上有着原则的区别。

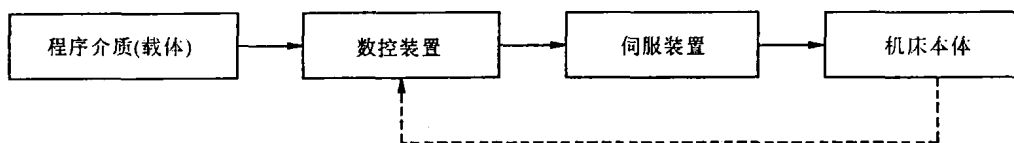


图 1-4 数控机床的构成

1.2.3 数控系统概述

1. 数控系统的初步知识

数控系统品种、型号很多,组成系统的原理也各不相同,但任何一种系统大体上由六个部分组成,如图 1-5 所示。

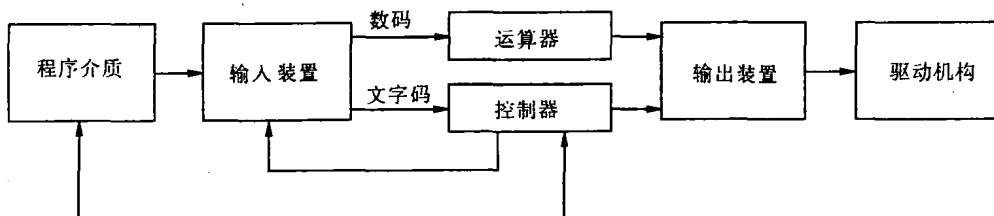


图 1-5 数控系统的组成

将表示加工程序的全部指令,用带码的形式记载在控制介质上,通过某种执行机构(如光电阅读机、程序输入器等)把变成的电信号或本来就是电信号送到输入装置中,此输入装

置能识别用来表示机床坐标位置的“数码”及表示机床操作的“文字码”。例如,要求机床在 X 轴正方向以 v_i 速度移动 1 000 mm,这 1 000 mm 就用数码表示,而 X 方向“+”及速度“ v_i ”,就可用规定的文字码来表示。输入装置把数码送到运算器运算。运算器一边进行运算,一边向输出装置送脉冲,由输出装置发出指令脉冲,输送到有关的驱动机构上去,驱动机床运动。与此同时,输入装置经识别后又把文字码送到控制器,由控制器把有关信号送给输出装置,再送到有关的驱动机构上去,如控制机床某个轴向的运动、速度大小等。另外,控制器还能控制整个机床的工作状态,如控制光电阅读机的起停、控制运算器的运算、控制输出脉冲分配等。

虽然数控系统的组成部分大体相同,但输入装置、运算器、控制器、输出装置的硬件、软件,尤其是软件设计的差别很大,这就决定了数控系统的功能有高低之分。一般来说,数控系统的功能高低,基本上决定了数控机床的整体水平。

2. 数控系统的发展概况

1952 年世界上第一台三坐标数控铣床问世,标志着数控机床的产生。这台数控铣床的数控系统全部采用电子管元件,我们称之为第一代数控系统。从 1952 年至今,数控机床按控制系统的发展,已经历了五代。

1959 年,由于在计算机行业中研制出晶体管元件,因而在数控系统中广泛采用晶体管和印刷线路板,数控系统跨入第二代。

1965 年,出现小规模集成电路,由于它体积小、功耗低,使数控系统的可靠性得以进一步提高。数控系统发展到第三代。

以上三代系统,都是采用专用控制计算机的硬接线数控系统,我们称之为硬线系统,统称为普通数控系统(NC)。

随着计算技术的发展,小型计算机的价格急剧下降,激烈地冲击着市场。数控系统的生产厂家认识到,采用小型计算机来取代专用控制计算机,经济上是合算的,许多功能可以依靠编制专用程序存在计算机的存储器中,构成所谓控制软件而加以实现,提高了系统的可靠性和功能特色。这种数控系统,称之为第四代系统,即计算机数控系统(CNC)。1970 年在美国芝加哥国际机床展览会上,首次展出了这种系统。但是,计算技术的发展是日新月异的,1970 年前后,英国的英特尔(Intel)公司开发和使用四位微处理器,微处理芯片渗透到各个行业,数控机床也不例外。1974 年,美、日等国的数控系统生产厂家首先研制出以微处理器为核心的数控系统。其后的 20 多年里,微处理机数控系统得到了广泛地应用。由于中大规模集成电路价格低廉,集成度和可靠性高,生产厂可以组织大批量的生产,许多小用户如日本的家庭工厂都买得起数控机床,很快它就处于领先地位。我们把以微处理机技术为特征的数控系统称之为第五代系统(MNC)。

当前,国内外在数控装置、机床结构等方面的研究与开发方面不断取得新成果,其水平和功能也日臻提高和完善,出现了新的发展特点。从数控系统方面看,主要有:

(1) 主控机向着多位的微处理机化发展

即越来越多的数控机床采用 32 位或 64 位微机,从而提高了数控系统运算处理的速度和能力。一般的数控系统都有远距离接口,高档系统还有 DNC 接口,便于实现数据通讯、联网与控制。

(2) 数控装置向着集成化和智能化的方向发展

新一代数控系统大量采用大规模及超大规模集成电路、表面安装技术(SMT),使整个系

统小型化,并且经济、可靠。还引进专家系统和知识库,增加人工智能的功能,从而提高了排除故障的能力。

(3)数控系统采用模块化结构

即采用模块化和总线结构,更加通用、方便,开放式模块化结构便于功能综合和扩展。

(4)数控编程更加图形化和自动化

无论是脱机编程还是联机编程,其编程系统的功能更加强大,图形输入、轨迹生成与动态模拟等形象直观高效方法的采用,测量、编程、加工一体化的实现使数控编程更为方便、高效。

(5)数控系统更加可靠和宜人化

由于从数控系统的可靠性设计开始,实施了一整套的质量保证体系,采用了集成化结构、超大规模集成电路、表面安装工艺等新技术,使现代数控系统的平均无故障工作时间已达3万小时,使可靠性大为提高。

3. 数控系统技术特性的选择

用户在选择数控系统的特性时,以下七个方面是必须要考虑的。

- ①硬件型(NC型)与软件型(CNC型),对绝大多数数控机床来说,应首选CNC型;
- ②控制轴数及联动轴数;
- ③分辨率;
- ④各轴快速移动速度;
- ⑤进给速率;
- ⑥标准(基本)功能项目;
- ⑦可选择的(任选)功能项目。

据不完全统计,目前我国正在使用的数控机床,其配备的数控系统功能项目最多的已达百余项。一般应针对不同的数控机床的类型,按我国大多数用户经常使用的功能项目进行配置,即按“功能使用频率”高的来配置是比较合理的,而盲目追求数控系统功能项目的“全”、“好”,并非上策。

在考虑上述七个方面的同时,要选好生产厂家。数控系统要选择性能好、价格低、维修服务好的生产厂家。同时从维修管理方便考虑,应从本单位已掌握的数控系统深浅程度来定,即应尽量使本单位数控系统型号减少,数控系统生产厂家相对集中。

4. 数控机床的主要辅助装置

数控机床的辅助装置是一个完整机器或装置,其作用是配合机床完成对零件的辅助加工。诸如切削液或油液处理系统中的冷却过滤装置、油液分离装置、吸尘吸雾装置、润滑装置及辅助主机实现传动和控制的气、液动装置等,虽然这些装置在某些自动化或精密型非数控机床上已配备使用,但是数控机床要求配备的装置的质量、性能更为精密。例如,从油质、水质、配方及元器件的挑选开始,一直到过滤、降温、动作……各个环节均从严要求。

除上述通用辅助装置外,数控机床还有以下一些辅助装置,如①对刀仪;②自动编程机;③自动排屑器;④物料储运及上下料装置;⑤交流稳压电源(在电网电压波动问题解决前,这是必须解决的)。

随着机床数控技术向系统化、集成化方向发展,其辅助装置也会逐步变化扩展。

1.3 数控加工工艺

工艺设计是对工件进行数控加工的前期工艺准备工作,必须在程序编制工作以前完成。因为只有工艺设计方案确定以后编程才有依据。工艺设计方面考虑不周是造成数控加工差错的主要原因之一,工艺设计搞不好,往往要成倍增加工作量,有时甚至要推倒重来。因此,编程人员一定要注意先把工艺设计搞好,不要急于编程。

1.3.1 数控加工工艺设计的主要内容

数控加工工艺主要包括:

- ①选择并决定零件的数控加工内容;
- ②零件图纸的数控工艺性分析;
- ③数控加工的工艺路线设计;
- ④数控加工的工序设计;
- ⑤数控加工专用技术文件的编写。

数控加工工艺设计的原则和内容在许多方面与普通加工工艺相同,下面针对不同点进行简要说明。

1.3.2 选择并决定进行数控加工的内容

选择并决定对某个零件进行数控加工后,并不等于把它所有的加工内容都包下来,而可能只是其中的一部分进行数控加工。选择零件数控加工的内容有:

- ①通用机床无法加工的内容应作为优先选择的内容;
- ②通用机床难加工、质量也难以保证的内容应作为重点选择内容;
- ③通用机床加工效率低、工人手工操作劳动强度大的内容,可在数控机床尚存在富余能力的基础上进行选择。

一般来说,上述这些加工内容采用数控加工后,在产品质量、生产率和综合经济效率等方面都会得到明显提高。相比之下,下列一些加工内容则不宜选择数控加工,例如:

- ①需要较长时间占机调整的加工内容;
- ②必须按专用工装协调的孔及其他加工内容;
- ③按某些特定的制造依据(如:样板、样件、模胎等)加工的型面轮廓;
- ④不能在一次安装中加工完成的其他零星部位。

此外,在选择和决定加工内容时,也要考虑生产批量、生产周期、工序间周转情况等等。总之,要做到尽量合理,达到多、快、好、省的目的,防止把数控机床降格为通用机床使用。

1.3.3 对零件图进行数控加工工艺性分析

数控加工的工艺性问题涉及内容很多,这里仅从数控加工的可能性与方便性两个角度提出一些必须要分析和审查的主要内容。

(1)零件图纸中的尺寸标注方法是否适合数控加工的特点

对数控加工来说,最倾向于以同一基准引注尺寸或直接给出坐标尺寸。这种标注法既

便于编程,也便于尺寸之间的相互协调,在保持设计、工艺、检测基准与程编原点设置的一致性方面带来很大方便。由于零件设计人员往往在尺寸标注中较多地考虑装配等使用特性方面,而不得不采取局部分散的标注方法,这样一来会给工序安排与数控加工带来诸多不便。事实上,由于数控加工精度及重复定位精度都很高,不会因产生较大的误差而破坏使用特性,因而改局部的分散标注方法为集中引注或坐标式尺寸是完全可行的。

(2)零件图纸中构成轮廓的几何元素的条件是否充分

由于零件设计人员在设计过程中考虑不周或被忽略,常常遇到构成轮廓的几何元素的条件不充分或模糊不清。如圆弧与直线、圆弧与圆弧到底是相切还是相交,含糊不清;有些明明画得相切,但根据图纸给出的尺寸计算相切条件不充分而变为相交或相离状态等,使编程无法进行。

(3)定位基准的选择

数控加工工艺特别强调定位加工,尤其是正反两面都采用数控加工的零件,其工艺基准的统一是十分必要的,否则很难保证两次安装加工后两个面上的轮廓位置及尺寸协调。如果零件上没有合适的基准,可以考虑在零件上增加工艺凸台或工艺孔,在加工完成后再将其去除。

1.3.4 数控加工工艺路线设计

数控加工工艺路线设计与通用机床加工的工艺路线设计的主要区别在于它仅是几道数控加工工序工艺过程的概括,而不是指毛坯到成品的整个工艺过程。因此,在数控加工工艺路线设计要与整个工艺过程相协调,并应注意以下几个问题。

1.工序的划分

在划分工序时,要根据数控加工的特点以及零件的结构与工艺性,机床的功能,零件数控加工内容的多少,安装次数及本单位生产组织状况等综合考虑。

2.顺序的安排

顺序的安排应根据零件的结构和毛坯状况,以及定位安装与夹紧的需要来考虑,重点是工件的刚性不被破坏。

3.数控加工工序与普通工序的衔接

数控加工工序前后一般都穿插有其他普通工序,如衔接得不好就容易产生矛盾,最好的办法是相互建立状态要求,如要不要留加工余量,留多少;定位面与孔的精度要求及形位公差;对校形工序的技术要求;对毛坯的热处理要求等。目的是达到相互能满足加工需要,且质量目标及技术要求明确,交接验收有依据。

数控工艺路线设计是下一步工序设计的基础,其设计质量将直接影响零件的加工质量和生产效率。设计工艺路线时要对零件图、毛坯图认真分析,把数控加工的特点和普通加工工艺的一般原则结合起来,才能使数控加工工艺路线设计得更为合理。

1.3.5 数控加工工序设计

数控加工工序设计的主要任务是进一步把本工序的加工内容、加工用量、工艺装备、定位夹紧方式及刀具运动轨迹都具体确定下来,为编制加工工序做好充分准备。在工序设计时应注意以下几点。

1.确定走刀路线和安排工步顺序

产品走刀路线是刀具在整个加工工序中的运动轨迹,它不但包括了工步的内容,也反映出工步顺序,同时走刀路线也是编程的主要依据之一。因此,在确定走刀路线时最好画一张工序简图,可以将已经拟定出的走刀路线画上去(包括切入、切出路线),这样可方便编程。工步的安排一般可随走刀路线来进行。

2. 定位基准与夹紧方式的确定

在确定定位基准与夹紧方式时应力求设计、工艺与编程计算的基准统一,减少装夹次数,尽量避免采用占机人工调整方案。

3. 夹具的选择

数控加工的特点对夹具提出了两个基本要求:一是要保证夹具的坐标方向与机床的坐标方向相对固定;二是要能协调零件与机床坐标系的尺寸。具体地说,当零件加工批量小时,应尽量采用组合夹具或其他通用夹具,成批生产时考虑专用夹具,零件装卸要方便可靠等。

4. 刀具的选择

数控加工对刀具的刚性及耐用度要求比普通加工严格。在选择刀具时,要注意对工件的结构及工艺性认真分析,结合工件材料,毛坯余量及具体加工部位综合考虑。在如何配置刀具、辅具方面应掌握一条原则:质量第一,价格第二。只要质量好,耐用度高,即使价格高一些也值得购买。同时数控加工中配套使用的各种刀具、辅具(刀柄、刀套、夹头等)的要求也相对要严格一些。

5. 确定对刀点与换刀点

对刀点就是刀具相对工件运动的起点。在编程时不管实际上是刀具相对工件移动,还是工件相对刀具移动,都是把工件看作静止而刀具在运动,因此常把对刀点称为程序原点。对刀点的选择应遵循“找正和编程容易、对刀误差小、检查方便”的原则。在实际生产中,对刀误差可以通过试切加工进行调整。

换刀点是为加工中心、数控车床等多刀加工的机床编程而设置的,因为这些机床在加工过程中要进行换刀。为防止换刀时碰伤零件或夹具,换刀点常常设置在被加工零件的外面,并有一定的安全量。

6. 测量方法的确定

一般情况下,数控加工后零件尺寸的测量方法与通用机床加工后的测量方法没有多大区别。如果需要在加工中随时掌握工件质量情况,可安排几次计划停车,用人工介入的方法进行中间检测,也可采用在线测量方法。

7. 确定加工用量

加工用量的选择原则与通用机床加工相同。具体数值应根据数控机床使用说明书和金属切削原理中规定的方法及原则,结合实际加工经验来确定。

1.3.6 数控加工专用技术文件的编写

编写数控加工专用技术文件是数控加工工艺设计的主要内容之一。这些专用技术文件既是数控加工的依据、产品验收的依据,也是需要操作者遵守、执行的规程;有的则是加工程序的具体说明或附加说明,目的是让操作者更加明确程序的内容、安装与定位方式、各个加工部位所选用的刀具及其他问题。

为加强技术文件的管理,数控加工专用技术文件应该走标准化、规范化的道路,但目前

还有较大困难,只能先做到按部门或按单位局部统一。下面介绍几种数控加工专用技术文件,供参考。

1. 数控加工工序卡

数控加工工序卡与普通加工工序卡有许多相似之处,所不同的是:草图中应注明程编原点(对刀点),要进行程编简要说明(如所用控制机型号、程序介质、程序编号、镜像加工对称方式、刀具半径补偿界限等)及切削参数(即程序编入的主轴转数、进给速度、最大切削深度或宽度等)的选定。在工序加工内容不十分复杂的情况下,用数控加工工序卡的形式较好,可以把零件草图、尺寸、技术要求、工序内容及程序要说明的问题集中反映在一张卡片上,做到一目了然。

2. 数控加工程序说明卡

实践证明,仅用加工程序单、工艺规程来进行实际加工还有许多不足之处。由于操作者对程序的内容不清楚,对程编人员的意图不够理解,经常需要程编人员在现场进行口头解释、说明与指导,这种做法在程序仅使用一、二次就不用了的场合还是可以的。但是,若程序是用于长期批量生产的,则程编人员很难都到现场。再者,如程编人员临时不在场或调离,已经熟悉的操作工人不在场或调离,麻烦就更多了,弄不好会造成质量事故或临时停产。因此,对加工程序进行必要的详细说明是很有用的,特别是对于那些需要长期保存和使用的程序尤其重要。

根据应用实践,一般应对加工程序做出说明的主要内容有:

- ①所用数控加工设备型号及控制机型号;
- ②对刀点(程序原点)及允许的对刀误差;
- ③工件相对于机床的坐标方向及位置(用简图表达);
- ④镜像加工使用的对称轴;
- ⑤所用刀具的规格、图号及其在程序中对应的刀具号、必须按实际刀具半径或长度加大或缩小补偿值的特殊要求(如用同一条程序、同一把刀具做粗加工而利用加大刀具半径补偿值进行时),更换该刀具的程序段号等;
- ⑥整个程序加工内容的顺序安排(相当于内容说明与工步顺序),使操作者明白先干什么,后干什么;
- ⑦对程序中编入的子程序应说明其内容,使人明白每条子程序是干什么的;
- ⑧其他需要做特殊说明的问题,如需要在加工中更换夹紧点(挪动压板)的计划停车的程序段号,中间测量用的计划停车的程序段号,允许的最大刀具半径和长度补偿值等。

3. 数控加工走刀路线图

在数控加工中,常常要注意并防止刀具在运动中与夹具、工件等发生碰撞,为此,必须设法告诉操作者关于程编中的刀具运动路线(如从哪里下刀,在哪里抬刀,哪里是斜下刀等),使操作者在加工前就有所了解并计划好夹紧位置及控制夹紧元件的高度,这样可以减少上述事故的发生。此外,对有些被加工零件,由于工艺性问题,必须在加工过程中挪动夹紧位置,也需要事先告诉操作者:在哪个程序段前挪动,夹紧点在零件的什么地方,然后更换到什么地方,需要在什么地方事先备好夹紧元件等,以防到时候手忙脚乱或出现安全问题。这些用程序说明卡和工序说明卡是难以说清楚或表达清楚的,如用走刀路线图加以附加说明效果就会更好。

为简化走刀路线,一般可采取统一约定的符号来表示。不同的机床可以采用不同图例

与格式。

4. 编写要求

数控加工专用技术文件在生产中通常可指导操作工人正确按程序加工,同时也可对产品的质量起保证作用,有的甚至是产品制造的依据。所以,在数控加工专用技术文件的编写时应向编写工艺规程和加工程序一样认真对待,切不可草草了事。

编写基本要求:

- ①字迹工整、文字简练达意;
- ②草图清晰、尺寸标注准确无误;
- ③应该说明的问题要全部说得清楚、正确;
- ④文图相符、文实相符,不能互相矛盾;
- ⑤当程序更改时,相应文件要同时更改,须办理更改手续的要及时办理;
- ⑥准备长期使用的程序和文件要统一编号,办理存档手续,建立借阅(借用)、更改、复制等管理制度。

习 题

- 1-1 何谓数控加工工艺?
- 1-2 数控加工工艺的主要内容有哪些?
- 1-3 数控加工有何特点? 选择数控加工工艺时应考虑哪些因素?
- 1-4 数控机床由哪几部分组成?
- 1-5 数控系统由哪几部分组成? 各部分的作用是什么?
- 1-6 选择数控系统时应考虑哪些因素?
- 1-7 数控加工工艺设计的主要内容有哪些? 如何选择进行数控加工的内容?
- 1-8 需要审查和分析的数控加工工艺性问题有哪些?
- 1-9 在数控加工工艺路线设计和工序设计中,应注意哪些问题?
- 1-10 数控加工专用技术文件有哪些? 其编写的基本要求是什么?