

■ 安徽省高等学校“十二五”省级规划教材



高职机械类
精品教材

典型零件 数控加工技术

主编 徐 亮

DIANXING LINGJIAN
SHUKONG JIAGONG JISHU

中国科学技术大学出版社

安徽省高等学校“十二五”省级规划教材
高职机械类精品教材



典型零件 数控加工技术

DIANXING LINGJIAN
SHUKONG JIAGONG JISHU

主 编 徐 亮
副主编 李 庆 张 国政
王秋红 孙 伟
藏 书 章

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书内容包括4篇8章和附录部分。其中,数控加工技术基础篇包括数控加工工艺基础、数控编程基础知识2个课题;FANUC系统数控编程篇包括FANUC系统数控车床程序的编制和数控铣床程序的编制2个课题;典型零件数控加工篇包括轴套类零件的数控加工、箱体类零件的数控加工、直齿圆柱齿轮零件电火花线切割数控加工3个课题;装配技术篇主要介绍了装配工艺基础。书中最后附录部分专门结合UG软件的应用介绍了典型产品的计算机建模。

教材内容在突出实用性的同时,注重通过案例,加强学生分析解决生产中实际问题的能力,使学生做到举一反三、灵活运用,提高数控加工的职业技能。

本书可作为高职院校机械类或机电类专业的机械加工课程教材,也可供从事机械加工的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

典型零件数控加工技术/徐亮主编. —合肥:中国科学技术大学出版社,2016.8

ISBN 978-7-312-03940-9

I. 典… II. 徐… III. 机械元件—数控机床—加工—教材 IV. ①TH13 ②TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 168842 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>
印刷 安徽省瑞隆印务有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 787 mm×1092 mm 1/16
印张 18.5
字数 474 千
版次 2016 年 8 月第 1 版
印次 2016 年 8 月第 1 次印刷
定价 40.00 元

前 言

针对高等职业教育和国家数控职业技能的要求,为了满足行业的需求,也为了培养具有操作技能和职业发展能力的新型人才,我们结合多年来校企合作与理实一体化的教学经验,总结国家骨干院校重点建设数控技术专业教学改革成果,探索现代学徒制试点工作的实施,采用典型产品加工制造项目驱动与实施及教、学、做一体化模式编写了本书。对课程内容进行了划分、整合,融合了数控加工的工艺分析、编程技术、典型零件的数控加工、零件加工质量的检测与控制、装配技术和计算机建模技术等一系列知识。按照认知逻辑和生产实践的顺序,以循序渐进提高职业技能的规律而设置教学内容。

本书结合生产实际,由浅入深,循序渐进,力求使读者能学以致用、举一反三。本书内容包括4篇8章和附录部分。其中,数控加工技术基础篇包括数控加工工艺基础、数控编程基础知识2个课题;FANUC系统数控编程篇包括FANUC系统数控车床程序的编制和数控铣床程序的编制2个课题;典型零件数控加工篇包括轴套类零件的数控加工、箱体类零件的数控加工、直齿圆柱齿轮零件电火花线切割数控加工3个课题;装配技术篇主要介绍了装配工艺基础。书中最后附录部分专门结合UG软件的应用介绍了典型产品的计算机建模,并附有产品的全套零件图和装配图纸。

教材内容在突出实用性的同时,注重通过案例,加强学生分析解决生产中实际问题的能力,使学生做到举一反三、灵活运用,从而提高其数控加工的职业技能。

为方便教学,本书结合安徽机电职业技术学院数控技术专业教改班理实一体化教学改革内容精选了教改中的典型案例,案例均在实践过程中经过检验,并进行实际生产。教改班教学在教、学、做一体化形式中展开,有利于提高学习积极性,做到所教、所学、所用的衔接。在教学中加强学习过程的管理和考核,重视学生学习过程中的职业知识、能力、素质的综合考评。

教师在组织教学时,可根据自己学校的教学计划和硬件环境酌情予以增减和综合运用。

本书由安徽机电职业技术学院数控工程系徐亮担任主编,其中徐亮编写第1章、第2章、第8章,王秋红编写第3章、第4章,张国政编写第5章,李庆编写第6章,孙伟编写第7章,附录1~5由徐亮和李庆共同编写。吴亚兰、刘顺、孙灏、侯芳林、李可、程婷婷、徐小飞等完成书中典型零件数控加工的实操验证,马进中、汪炳森为教改班运行做出了贡献。

本书在编写过程中参阅了相关文献和资料,在此表示感谢。由于时间仓促,编者水平和经验有限,书中难免有欠妥和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2016年6月

目 录

前言	(i)
----------	-------

第 1 篇 数控加工技术基础

第 1 章 数控加工工艺基础	(2)
1.1 数控技术和数控机床	(2)
1.2 数控加工工艺基础	(5)
1.3 数控加工及相关基础	(15)
1.4 数控加工工艺项目实训	(22)
第 2 章 数控编程基础知识	(27)
2.1 数控编程的概念及步骤	(27)
2.2 数控机床坐标系	(28)
2.3 数控编程的字符与代码	(31)
2.4 程序格式	(34)
2.5 数控程序的指令	(35)
2.6 手工编程	(39)

第 2 篇 FANUC 系统数控编程

第 3 章 FANUC 系统数控车床程序的编制	(42)
3.1 数控车床相关的坐标系统	(42)
3.2 数控车床程序编制的基本方法	(44)
3.3 倒角、倒圆编程	(53)
3.4 单一固定循环	(54)
3.5 复合固定循环	(57)
3.6 螺纹切削指令	(62)
3.7 数控车削编程实例	(65)
第 4 章 FANUC 系统数控铣床程序的编制	(70)
4.1 数控铣床相关的坐标系统	(70)
4.2 数控铣床程序编制的基本方法	(71)
4.3 数控铣削编程实例	(77)
4.4 简化指令编程	(78)
4.5 编程练习	(86)
4.6 数控铣床习题	(87)

第3篇 典型零件数控加工

第5章 轴套类零件的数控加工	(90)
5.1 数控车削加工概述	(90)
5.2 轴套类零件毛坯的确定	(93)
5.3 轴套类零件的数控加工工艺分析与工艺文件的编写	(95)
5.4 轴套类零件的数控加工	(103)
5.5 轴套类零件的检测	(106)
5.6 数控车床操作规程	(109)
第6章 箱体类零件的数控加工	(113)
6.1 箱体类零件的认识	(113)
6.2 铸造	(116)
6.3 箱体类零件的数控加工	(122)
6.4 数字化工件检测	(136)
6.5 数控铣床安全操作规程	(139)
6.6 加工现场管理	(141)
第7章 直齿圆柱齿轮零件电火花线切割数控加工	(146)
7.1 电火花线切割数控加工	(146)
7.2 齿轮类零件加工	(153)
7.3 直齿圆柱齿轮类零件数控加工工艺分析及加工	(155)
7.4 齿轮类零件检测	(158)

第4篇 装配技术

第8章 装配工艺基础	(162)
8.1 概述	(162)
8.2 装配尺寸链	(166)
8.3 保证装配精度的方法	(170)
8.4 装配工艺规程的制定	(180)
8.5 装配工作法与典型部件的装配	(187)
附录	(190)
附录1 齿轮轴建模指导	(190)
附录2 端盖的建模指导	(208)
附录3 箱体上盖建模指导	(226)
附录4 底座的建模指导	(247)
附录5 从动轴齿轮建模指导	(270)
附录6 减速器图纸	(278)
参考文献	(288)

第1章 数控加工技术基础

章1第

1.1 数控加工技术

1.1.1 数控加工技术

第1篇 数控加工技术基础

第 1 章 数控加工工艺基础

1.1 数控技术和数控机床

1.1.1 数控技术

数控技术,简称数控,是指用数字、文字和符号组成的数字指令来实现一台或多台机械设备动作控制的技术。数控技术范围覆盖很多领域:① 机械制造技术;② 信息处理、加工、传输技术;③ 自动控制技术;④ 伺服驱动技术;⑤ 传感器技术;⑥ 软件技术等。

数控技术从 20 世纪中叶出现以来,给机械制造业带来了革命性的变化。数控加工具有如下特点:加工柔性好,加工精度高,生产效率高,明显减轻了操作者的劳动强度、改善了劳动条件,有利于生产管理的现代化以及经济效益的提高。数控加工广泛应用于加工多品种小批量零件、结构较复杂且精度要求较高的零件、需要频繁改型的零件、要求精密复制的零件、需要缩短生产周期的急需零件等。数控机床已经成为国民经济和国防建设发展的重要装备。数控加工的技术优势如下:

(1) 加工效率高

利用数字化的控制手段可以加工复杂的曲面。而加工过程是由计算机控制的,所以零件的互换性强,加工的速度快。

(2) 加工精度高

同传统的加工设备相比,数控系统优化了传动装置,提高了分辨率,减少了人为误差,因此加工的效率可以得到很大的提高。

(3) 劳动强度低

由于采用了自动控制方式,也就是说加工的全部过程是由数控系统完成的,不像传统加工手段那样烦琐,操作者在用数控机床工作时,只需要监视设备的运行状态,所以劳动强度很低。

(4) 适应能力强

数控加工系统就像计算机一样,可以通过调整部分参数来修改或改变其运作方式,因此加工的范围可以得到很大的扩展。

(5) 工作环境好

数控加工机床是集机械控制、强电控制、弱电控制为一体的高科技产物,对机床的运行温度、湿度及环境都有较高的要求。

数控技术是先进制造技术的核心,是制造业实现自动化、网络化、智能化、复合化等的基

础。随着科学技术的发展,数控技术发展也会越来越快,这也就意味着它所需考虑和处理的技术与非技术问题越多。应根据我国的实际情况,制定符合国情的总体发展战略,使其朝着高可靠、稳定、高速度、高精度化、智能化、数字化和网络化方向发展,在数控技术方面,要强调创新,强调研究开发具有自主知识产权的技术和产品,为我国数控产业、装备制造业乃至整个制造业的可持续发展奠定基础,这已经成为我国经济建设的重要任务。

1.1.2 数控机床

1. 数控机床的特点

20 世纪 80 年代以来,由于市场竞争激烈,产品更新极为迅速,中小批量零件的生产越来越多。对于一些工业国家来说,中小批零件的生产几乎可以占到产品数量的 75%~80%。此外,随着航空工业、汽车工业以及轻工业消费品生产的高速增长,复杂图形的零件越来越多,精度要求也越来越高。这就使得传统的刚性自动化不能满足要求,而柔性加工的重要性更加突出,可调的柔性自动化也就迅速地发展起来。数控机床就是实现柔性自动化最重要的装备,是发展柔性生产的基础。

数控机床的优点如下:

① 能完成很多普通机床难以完成或者根本不能加工的复杂型面的零件加工。因此,数控机床首先在航空、航天等领域获得应用。在复杂型面的模具加工、蜗轮叶片及螺旋桨的加工中,也都得到了广泛的应用。

② 采用数控机床,可以提高零件的加工精度,稳定产品的质量。由于数控机床是按照预定的程序自动加工的,加工过程不需要人工干预,而且加工精度还可以利用软件来进行校正及补偿,因此,可以获得比机床本身精度还要高的定位精度及重复定位精度。

③ 可以提高生产率。采用数控机床比普通机床可提高生产率 2~5 倍。尤其对某些复杂零件的加工,生产率可提高十几倍甚至几十倍。

④ 可以实现一机多用。一些数控机床,例如加工中心、车削中心等,都可以自动换刀。一次装夹后,几乎能完成零件的全部加工部位的加工,可以替代 5~7 台普通机床。

⑤ 几乎不需要专用的工装夹具。采用普通的通用工夹具,只需更换零件程序,就可适应不同品种及尺寸规格零件的自动加工。

⑥ 减少了在制品,从而加速了流动资金的周转,提高了经济效益。

⑦ 大大减轻了工人的劳动强度。

从以上优点可以看出,数控机床不仅可以节约劳动力,提高劳动生产率,而且可以提高产品质量,对开发新产品和促进老产品的更新换代、加速流动资金运转和缩短交货期,都起着很大作用。

但是,数控机床的初期投资及维修技术等费用较高,要求管理及操作人员的素质也较高。合理地选择及使用数控机床,可以降低企业的生产成本和提高企业的经济效益与竞争能力。

综上所述,对于单件、中小批量生产,形状比较复杂、精度要求较高的零件加工,产品更新频繁、生产周期要求短的加工,大都采用数控机床,可以提高产品质量,降低生产成本,满足用户的要求,获得很好的经济效益。

2. 数控机床的分类

数控机床的分类方法有多种,如果从数控机床应用的角度分类,可分为数控车床、数控铣床、多轴数控铣床和加工中心等。

(1) 数控车床

数控车床的机床本体与普通车床在结构布局上相差不大,如图 1.1 所示。在普通车床上能够完成的加工内容都可以在数控车床上完成。另外,由于具有数控系统和伺服系统,数控车床还能加工各种复杂的回转成形面。

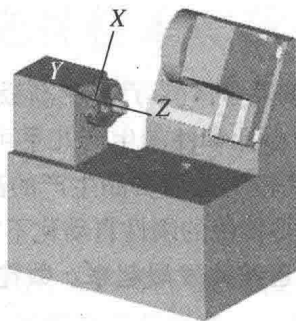


图 1.1 典型数控车床的结构

(2) 数控铣床

典型的立式数控铣床如图 1.2 所示。其中主轴带动刀具旋转,且主轴箱可上下移动(Z 轴),工作台可沿横向和纵向移动(X 、 Y 轴)。二轴联动的数控铣床可以加工复杂的内外型轮廓和简单的型腔;具有复杂曲面的零件可以在三轴联动的数控铣床上加工。

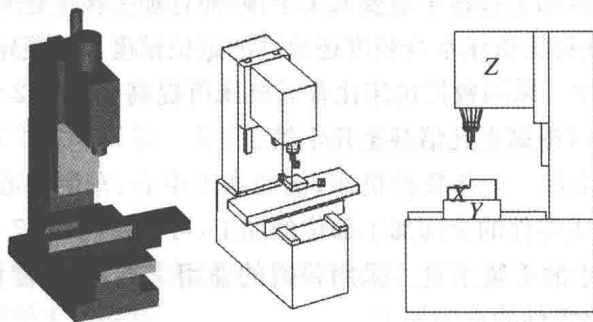


图 1.2 典型的立式数控铣床结构

(3) 多轴数控铣床

如果使数控铣床的工作台和主轴箱实现围绕 X 、 Y 、 Z 坐标轴旋转的运动(分别为 A 、 B 、 C 轴),则就成了多轴(四、五坐标联动)数控铣床。如图 1.3 所示, A 向和 B 向的转动进给就构成了五轴数控铣床,它可以加工更为复杂的空间曲面。

(4) 加工中心

如果给数控铣床配上刀库和自动换刀装置就构成了加工中心,图 1.4 为立式加工中心的结构。加工中心的刀库可以存放数十把工具,由自动换刀装置进行调用和更换。工件在加工中心上的一次装夹可完成多项加工内容,生产效率与数控铣床相比大大提高。有些高端加工中心,不仅具有回转刀库,还具有交换托盘,当一个工件正在加工时,可以在交换托盘内装夹下一个工件。当前一个工件加工完毕,下一个将要加工的工件会自动移动到工作台

上,从而节约了由于工件装夹而用机床的时间,提高了机床的有效加工时间。

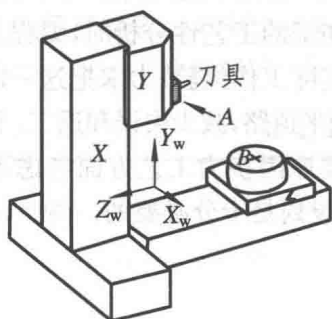


图 1.3 典型的多轴数控铣床结构

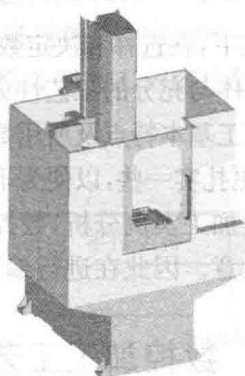


图 1.4 立式加工中心的结构

1.2 数控加工工艺基础

数控加工与通用机床加工相比较,在许多方面遵循的原则基本一致。但由于数控机床本身自动化程度较高,控制方式不同,设备费用也高,数控加工工艺相应形成了以下几个特点:

1. 工艺的内容十分具体

在用通用机床加工时,许多具体的工艺问题,如工艺中各工步的划分与顺序安排、刀具的几何形状、走刀路线及切削用量等,在很大程度上都是由操作工人根据自己的实践经验和习惯自行考虑而决定的,一般无须工艺人员在设计工艺规程时进行过多的规定。而在数控加工时,上述这些具体工艺问题,不仅成为数控工艺设计时必须认真考虑的内容,而且还必须作出正确的选择并编入加工程序中。也就是说,本来是由操作工人在加工中灵活掌握并可通过适时调整来处理的许多具体工艺问题和细节,在数控加工时就转变为编程人员必须事先设计和安排的内容。

2. 工艺的设计非常严密

数控机床虽然自动化程度较高,但自适性差。它不能像通用机床在加工时可以根据加工过程中出现的问题,比较灵活自由地适时进行人为调整。即使现代数控机床在自适应调整方面作出了不少努力与改进,但自由度也不大。比如说,数控机床在做镗盲孔加工时,它就不知道孔中是否已挤满了切屑,是否需要退一下刀,而是一直镗到结束为止。所以,在数控加工的工艺设计中必须注意加工过程中的每一个细节。同时,在对图形进行数学处理、计算和编程时,都要力求准确无误,以使数控加工顺利进行。在实际工作中,由于一个小数点或一个逗号的差错就可能酿成重大机床事故和质量事故。

3. 注重加工的适应性

要根据数控加工的特点,正确选择加工方法和加工内容。

数控加工自动化程度高、质量稳定、可多坐标联动、便于工序集中,但价格昂贵、操作技术要求高等特点均比较突出,加工方法、加工对象选择不当往往会造成较大损失。为了既能充分发挥出数控加工的优点,又能达到较好的经济效益,在选择加工方法和对象时要特别慎

重,甚至有时还要在基本不改变工件原有性能的前提下,对其形状、尺寸、结构等作适应数控加工的修改。

一般情况下,在选择和决定数控加工内容的过程中,有关工艺人员必须对零件图或零件模型进行足够具体与充分的工艺性分析。在进行数控加工的工艺性分析时,编程人员应根据所掌握的数控加工基本特点及所用数控机床的功能和实际工作经验,力求把这一前期准备工作做得更仔细、更扎实一些,以便为下面要进行的工作铺平道路,减少失误和返工,不留遗患。

根据大量加工实例分析,数控加工中失误的主要原因多为工艺方面考虑不周和计算与编程时粗心大意。因此在进行编程前做好工艺分析规划是十分必要的。

1.2.1 数控加工工艺设计内容

工艺设计是对工件进行数控加工的前期准备工作,它必须在程序编制工作之前完成。填写数控加工专用技术文件是数控加工工艺设计的内容之一。这些技术文件既是数控加工和产品验收的依据,也是操作者遵守、执行的规程,同时还为产品零件重复生产积累了必要的工艺资料,为企业进行了技术储备。技术文件是对数控加工的具体说明,目的是让操作者更明确加工程序的内容、装夹方式、各个加工部位所选用的刀具及其他技术问题。

不同的数控机床,工艺文件的内容也有所不同。一般的工艺文件应包括:

- ① 数控加工编程任务书。
- ② 数控加工工序卡片。
- ③ 数控机床调整单。
- ④ 数控加工刀具卡片。
- ⑤ 数控加工走刀路线图。
- ⑥ 数控加工程序单。

其中以数控加工工序卡片和数控加工刀具卡片最为重要。前者是说明数控加工顺序和加工要素的文件;后者是刀具使用的依据。

为了加强技术文件管理,数控加工工艺文件也应向标准化、规范化方向发展。但目前尚无统一的国家标准,各企业可根据本部门的特点制定上述有关工艺文件。

1. 数控加工编程任务书

编程任务书阐明了工艺人员对数控加工工序的技术要求、工序说明和数控加工前应保证的加工余量,是编程人员与工艺人员协调工作和编制数控程序的重要依据之一(见表 1.1)。

表 1.1 数控加工编程任务书

工 艺 处	数 控 编 程 任 务 书	产 品 零 件 图 号		任 务 书 编 号
		零 件 名 称		
		使 用 数 控 设 备		共 页 第 页
主 要 工 序 说 明 及 技 术 要 求:				
		编 程 收 到 日 期	月 日	经 手 人
编 制		审 核		编 程
		审 核		批 准

2. 数控加工工序卡片

数控加工工序卡与普通加工工序卡很相似,所不同的是:工序简图中应注明编程原点与对刀点,要有编程说明及切削参数的选择等,它是操作人员进行数控加工的主要指导性工艺资料。工序卡应按已确定的工步顺序填写(见表 1.2)。如果工序加工内容比较简单,也可采用表 1.3 数控加工工艺卡片的形式。

表 1.2 数控加工工序卡片

单位	数控加工工序卡片				产品名称或代号		零件名称		零件图号			
工序简图						车 间		使用设备				
						工艺序号		程序编号				
						夹具名称		夹具编号				
工步号	工步作业内容				加工面	刀具号	刀补量	主轴转速	进给速度	背吃刀量	备 注	
编 制		审 核		批 准				年 月 日		共 页		第 页

表 1.3 数控加工工艺卡片

单位名称				产品名称或代号		零件名称		零件图号	
工序号	程序编号			夹具名称		使用设备		车 间	
工步号	工 步 内 容			刀具号	刀具规格	主轴转速	进给速度	背吃刀量	备 注
编 制		审 核		批 准			年 月 日	共 页	第 页

3. 数控加工工件安装和原点设定卡片(简称装夹图和零件设定卡)

它应表示出数控加工原点定位方法和夹紧方法,并应注明加工原点设置位置和坐标方向、使用的夹具名称和编号等。详见表 1.4。

表 1.4 数控加工工件安装和原点设定卡片

零件图号		数控加工工件安装和原点设定卡片	工序号	
零件名称			装夹次数	
编制(日期)	审核(日期)	批准(日期)	第 页	
			共 页	序 号
				夹具名称
				夹具图号

4. 数控加工刀具卡片

数控加工刀具卡主要反映刀具名称、编号、规格、长度等内容。它是组装刀具、调整刀具的依据。详见表 1.5。

表 1.5 数控加工刀具卡片

产品名称或代号			零件名称		零件图号	
序号	刀具号	刀具规格名称	数量	加工表面		备 注
编 制		审 核	批 准	共 页		第 页

5. 数控加工走刀路线图

在数控加工中,常要注意并防止刀具在运动过程中与夹具或工件发生意外碰撞,为此必

须设法告诉操作者有关编程中的刀具运动路线(如从哪里下刀、在哪里抬刀、哪里是斜下刀等)。为简化走刀路线图,一般可采用统一约定的符号来表示。不同的机床可以采用不同的图例与格式,表 1.6 为一种常用格式。

表 1.6 数控加工走刀路线图

数控加工走刀路线图		零件图号		工序号		工步号		程序号	
机床型号		程序段号		加工内容		共 页	第 页		
								编程	
								校对	
								审批	
符 号									
含 义	抬刀	下刀	编程原点	起刀点	走刀方向	走刀线相交	爬斜坡	铰孔	行切

6. 数控加工程序单

数控加工程序单是编程人员根据工艺分析情况,按照机床特点的指令代码编制的。它是记录数控加工工艺过程、工艺参数的清单,有助于操作员正确理解加工程序内容。格式见表 1.7。

表 1.7 数控加工程序单

零件号		零件名称				编 制		审 核	
程序号						日 期		日 期	
N	G	X(U)	Z(W)	F	S	T	M	CR	备 注

1.2.2 数控加工工序的划分

根据数控加工的特点,加工工序的划分一般可按下列方法进行:

(1) 以同一把刀具加工的内容划分工序

有些零件虽然能一次安装加工出很多待加工面,但考虑到程序太长,会受到某些限制,

如控制系统的限制(主要是内存容量)、机床连续工作时间的限制(如一道工序在一个班内不能结束)等。此外,程序太长会增加出错率,查错与检索困难。因此程序不能太长,一道工序的内容不能太多。

(2) 以加工部分划分工序

对于加工内容很多的零件,可按其结构特点将加工部位分成几个部分,如内形、外形、曲面或平面等。

(3) 以粗、精加工划分工序

对于易发生加工变形的零件,由于粗加工后可能发生较大的变形而需要进行校形,因此一般来说凡要进行粗、精加工的工件都要将工序分开。

综上所述,在划分工序时,一定要视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灵活掌握。零件宜采用工序集中的原则还是采用工序分散的原则,也要根据实际需要和生产条件确定,要力求合理。

加工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。顺序安排一般应按下列原则进行:

① 上道工序的加工不能影响下道工序的定位与夹紧,中间穿插有通用机床加工工序的也要综合考虑。

② 先进行内型腔加工工序,后进行外型腔加工工序。

③ 在同一次安装中进行的多道工序,应先安排对工件刚性破坏小的工序。

④ 以相同定位、夹紧方式或同一把刀具加工的工序,最好连续进行,以减少重复定位次数、换刀次数与挪动压板次数。

1.2.3 数控加工刀具的选择

选择刀具时应根据机床的加工能力、工件材料的性能、加工工序、切削用量以及其他相关因素正确选用刀具及刀柄。刀具选择总的原则是:适用、安全、经济。

适用是要求所选择的刀具能达到加工的目的,完成材料的去除,并达到预定的加工精度。如粗加工时,选择足够大并有足够的切削能力的刀具能快速去除材料;而在精加工时,为了能把结构形状全部加工出来,要使用较小的刀具,加工到每一个角落。再如,切削低硬度材料时,可以使用高速钢刀具,而切削高硬度材料时,就必须要用硬质合金刀具。

安全指的是在有效去除材料的同时,不会产生刀具的碰撞、折断等。要保证刀具及刀柄不会与工件相碰撞或者挤擦,造成刀具或工件的损坏。如加长的直径很小的刀具切削硬质材料时,很容易折断,选用时一定要慎重。

经济指的是能以最小的成本完成加工。在同样可以完成加工的情形下,选择相对综合成本较低的方案,而不是选择最便宜的刀具。刀具的耐用度和精度与刀具价格关系极大,必须引起注意的是,在大多数情况下,选择好的刀具虽然增加了刀具成本,但由此带来的加工质量和加工效率的提高则可以使总体成本可能比使用普通刀具更低,产生更好的效益。如进行钢材切削时,选用高速钢刀具,其进给只能达到 100 mm/min ,而采用同样大小的硬质合金刀具,进给可以达到 500 mm/min 以上,可以大幅缩短加工时间,虽然刀具价格较高,但总体成本反而更低。通常情况下,优先选择经济性良好的可转位刀具。

选择刀具时还要考虑安装调整的方便程度、刚性、耐用度和精度。在满足加工要求的前提下,刀具的悬伸长度尽可能地短,以提高刀具系统的刚性。

1.2.4 数控加工走刀路线的选择

走刀路线是刀具在整个加工工序中相对于工件的运动轨迹,它不但包括了工序的内容,而且也反映了工序的顺序。走刀路线是编写程序的依据之一。因此,在确定走刀路线时最好画一张工序简图,将已经拟定出的走刀路线画上去(包括进刀、退刀路线),这样可为编程带来不少方便。

工序顺序是指同一道工序中各个表面加工的先后次序。它对零件的加工质量、加工效率和数控加工中的走刀路线有直接影响,应根据零件的结构特点和工序的加工要求等合理安排。工序的划分与安排一般可随走刀路线来进行,在确定走刀路线时,主要遵循以下原则:

(1) 应能保证零件的加工精度和表面粗糙度要求

如图 1.5 所示,当铣削平面零件外轮廓时,一般采用立铣刀侧刃切削。刀具切入工件时,应避免沿零件外廓的法向切入,而应沿外廓曲线延长线的切向切入,以避免在切入处产生刀具的刻痕而影响表面质量,保证零件外廓曲线平滑过渡。同理,在切离工件时,也应避免在工件的轮廓处直接退刀,而应该沿零件轮廓延长线的切向逐渐切离工件。

铣削封闭的内轮廓表面时,若内轮廓曲线允许外延,则应沿切线方向切入、切出。若内轮廓曲线不允许外延,如图 1.6 所示,则刀具只能沿内轮廓曲线的法向切入、切出,此时刀具的切入、切出点应尽量选在内轮廓曲线两几何元素的交点处。当内部几何元素相切无交点时,为防止刀补取消时在轮廓拐角处留下凹口,刀具切入、切出点应远离拐角。

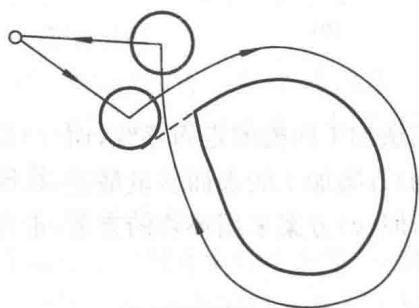


图 1.5

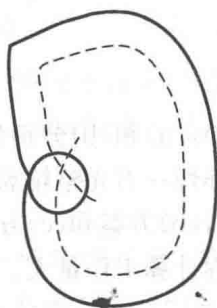


图 1.6

图 1.7 为圆弧插补方式铣削外整圆时的走刀路线图。当整圆加工完毕时,不要在切点处直接退刀,而应让刀具沿切线方向多运动一段距离,以免取消刀补时刀具与工件表面相碰,造成工件报废。铣削内圆弧时也要遵循从切向切入的原则,最好安排从圆弧过渡到圆弧的加工路线,如图 1.8 所示,这样可以提高内孔表面的加工精度和加工质量。

对于孔位置精度要求较高的零件,在精镗孔系时,镗孔路线一定要注意各孔的定位方向一致,即采用单向趋近定位点的方法,以避免传动系统反向间隙误差或测量系统的误差对定位精度的影响。

铣削曲面时,常用球头刀采用行切法进行加工。所谓行切法是指刀具与零件轮廓的切点轨迹是一行一行的,而行间的距离是按零件加工精度的要求确定的。