

21世纪职业高中数控专业系列教材

数控加工工艺

SHUKONG JIAGONG GONGYI

程叔重 主编

9

..... 浙江大学出版社

21 世纪职业高中数控专业系列教材

数控加工工艺

主 编 程叔重

浙江大學出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺 / 程叔重主编. — 杭州: 浙江大学出版社, 2003. 8

(21 世纪职业高中数控专业系列教材)

ISBN 7-308-03432-1

I. 数... I. 程... III. 数控机床—加工工艺—职业高中—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 071818 号

责任编辑 樊晓燕

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

排 版 浙江大学出版社电脑排版中心

印 刷 浙江上虞印刷厂

开 本 787mm×960mm 1/16

印 张 10.75

字 数 210 千

版 次 2003 年 8 月第 1 版 2003 年 8 月第 1 次印刷

印 数 0001—4000

书 号 ISBN 7-308-03432-1/TG·020

定 价 15.00 元

21 世纪职业高中数控专业系列教材

编 委 会

主 任 程叔重

副主任 王筱薇 华康清 崔 陵 潘美祥

编委(以姓氏笔划为序)

王 平	安吉工业职业高中	陆志松	富阳职业高中
王筱薇	宁波职教中心学校	陆海潮	宁波北仑职业高中
方强华	温州机械职业技术学校	陆建平	临海职业技术学校
毛建军	江山职业中专	张裕良	舟山职业技术学校
占云荣	开化职教中心	郭丽萍	诸暨轻工技校
朱丽芬	余姚第三职业技术学校	徐松柏	临安市昌化职业高中
华康清	永康职业技术学校	崔 陵	浙江省教育厅职成教 教研室
李云贵	台州椒江职业中专	程叔重	杭州临平职业高中
任宜峥	杭州市职教研究中心	蒋安明	萧山第四中等职业学校
房春泉	德清职业中专	傅云峰	义乌城镇职业技术学校
杨宝林	仙居职业中专	潘美祥	新昌职业技术学校
杨泰正	湖州职教教研室	戴毅群	金华第一中等职业学校
杨福新	萧山第一中等职业学校		

序

随着科学技术的飞速发展,机械制造技术正在发生着深刻的变革,传统的普通加工设备已难以适应市场对产品高品质、高效率、多样化的要求,而以数控技术为核心的现代化制造技术正在逐步取代传统的机械制造技术。

据《人民日报》报道:“制造设备的大规模数控化使企业急需一大批数控编程、数控设备操作及维修人员。然而数控人才奇缺现象十分普遍,在浙江、深圳、上海、山东等沿海发达地区尤为明显。”浙江省近年来把发展先进制造业提高到发展经济的战略高度,使机械行业发生了革命性的变化。但目前浙江省职业高中使用的教材已不能适应这种变革。2002年,在浙江省职业高中机械教研大组年会上,与会的领导、专家、教师形成了共识,由省内数十所职业高中、中专、技校共同开发一套适合于中职教学的数控加工技术专业的系列教材。本套教材共四本,分别为《数控加工工艺》、《数控机床及其程序编制》、《数控加工自动编程技术》和《数控机床操作入门》,适用于作为数控加工技术专业的核心专业课程教材,也可作为机械类专业的选修课教材。

编写这套教材的宗旨是:

1. 适合职业高中学生的学习及心理特点,力求做到以人为本,尽量做到深入浅出,生动活泼,增强亲和力。
2. 适当降低理论难度,突出技术技能和实际的可操作性。
3. 尽量贴近生产实际和生活实际,提高学生的学习兴趣。
4. 适度注意了内容的延续性及综合性。
5. 希望通过这套教材的教学、实验及实训后,学生能够适应现代企业生产实际的需要,在有经验的技术工人的指导下进行实际生产操作,通过较短时间的生产实习后即能独立操作,满足企业对数控一线人才的需要。

在这套教材的编写过程中,得到了浙江省教育厅黄新茂副厅长、浙江省教育厅职成教处叶向群处长、王志泉副处长的关心,得到了浙江省教育厅职成教教研室和各有关职业高中、中专、技校领导的大力支持,在此一并表示感谢。这里要特别感谢浙江大学现代制造工程研究所傅建中博士、乔晓东硕士在学术上的支持和帮助。

我们希望在教材出版和使用 2~3 年后,能吸收更新的理论、方法及成果,对教材进行修订再版,衷心希望各位同仁提出宝贵意见。

《21 世纪职业高中数控专业系列教材》

编委会

2003 年 8 月

前 言

《数控加工工艺》是 21 世纪职业高中数控专业系列教材之一。大量的应用实践表明,数控加工的效益,除与数控机床本身有着直接的关系外,数控加工工艺拟订的正确合理与否是关键所在。正确、全面、合理的数控加工工艺是产品加工实现高精度、高质量、高效率、高效益的有效保证。所以,任何想要掌握数控技术的人都必须具备一定的机械加工工艺知识。“数控加工工艺”这门课程是职业高中数控专业学生的核心专业课,目的是要使学生能够学到必要的机械加工工艺知识和数控加工工艺的特点。

本教材根据职业高中学生的特点和教学要求,为使教学对象既有较宽的基础知识,又能利用这些知识较好地指导生产实践,对内容有侧重地进行了取舍,适当降低理论难度,突出内容的知识性。

本书的内容包括:数控加工的工艺基础,工件在数控机床上的装夹,数控加工系统的工艺装备,数控车削加工工艺,数控铣削加工工艺,加工中心加工工艺。

参加本书编写的有:杭州市临平职业高级中学赵建强,临海市中等职业技术学校李鸣雷,长兴市技工学校陈正坤,乐清市虹桥职业技术学校吴金龙。

浙江大学现代制造工程研究所傅建忠博士、乔晓东硕士为本书的编写提供了大量的学术上的支持和帮助,在此致以衷心的感谢。

本教材的教学时数建议为 60~80 学时,各章的学时分配如下(仅供参考):

章 次	学时数	章 次	学时数
第一章	18	第四章	16
第二章	10	第五章	14
第三章	12	第六章	8

在教学实践中,只要我们注重积累、勤于思考、善于总结,理论联系实践,相信我们一定能学好“数控加工工艺”这门课程,并能在今后工作中加以应用。

编 者

2003 年 8 月

目 录

第一章 数控加工的工艺基础	(1)
第一节 数控加工概述.....	(3)
第二节 机械加工工艺的基本概念.....	(4)
第三节 机械加工工艺规程的制订.....	(7)
第四节 加工余量的确定.....	(18)
第五节 机械加工精度及表面质量.....	(22)
第六节 轴类零件的工艺性分析.....	(28)
第七节 箱体类零件的工艺性分析.....	(29)
本章复习提纲.....	(33)
复习题.....	(34)
第二章 工件在数控机床上的装夹	(35)
第一节 机床夹具概述.....	(37)
第二节 工件的定位.....	(39)
第三节 工件的夹紧.....	(51)
本章复习提纲.....	(55)
复习题.....	(56)
第三章 数控加工系统的工艺装备	(57)
第一节 数控刀具系统.....	(59)
第二节 自动换刀系统.....	(64)
第三节 数控夹具系统.....	(75)
第四节 回转工作台.....	(85)
本章复习提纲.....	(86)
复习题.....	(87)

第四章 数控车削加工工艺.....	(89)
第一节 数控车削的主要加工对象.....	(91)
第二节 数控车削加工工艺的制订.....	(92)
第三节 典型零件的数控车削加工工艺分析.....	(103)
本章复习提纲.....	(112)
复习题.....	(113)
第五章 数控铣削加工工艺.....	(115)
第一节 数控铣削的主要加工对象.....	(117)
第二节 数控铣削加工工艺的制订.....	(118)
第三节 典型零件的数控铣削加工工艺分析.....	(130)
本章复习提纲.....	(137)
复习题.....	(138)
第六章 加工中心的加工工艺.....	(139)
第一节 加工中心的工艺特点.....	(141)
第二节 加工中心的主要加工对象.....	(141)
第三节 加工中心加工工艺方案的制订.....	(144)
第四节 典型零件在加工中心上加工的工艺分析.....	(155)
本章复习提纲.....	(160)
复习题.....	(161)
参考文献.....	(162)

第一章

数控加工的工艺基础

学习提示

本章是学习数控加工工艺的入门,是数控加工工艺学习的基础,主要介绍机械加工工艺的基础性知识,是以后学习和实践零件数控加工工艺的铺垫。

本章的主要内容有:

1. 产品的生产过程、工艺过程、生产纲领、生产类型的基本概念;
2. 机械加工工艺规程的制订;
3. 加工余量的确定;
4. 加工精度及表面质量的概念、影响因素和改善措施;
5. 轴类、箱体类零件的工艺性分析。

第一节 数控加工概述

一、数控加工的应用范围

数控机床的应用范围正在不断扩大,但不是所有的零件都适宜在数控机床上加工。而且当选择并决定对某个零件进行数控加工后,并不等于要把它所有的加工内容都包下来,而可能只是选择其中的一部分内容进行数控加工。因此,在加工前必须对零件图样进行仔细的工艺分析,选择那些适合的且需要进行数控加工的内容和工序。选择时,一般可按下列原则进行:

- (1)先选择普通机床无法加工的内容;
- (2)重点选择普通机床难以加工、质量也难以保证的内容;
- (3)选择普通机床加工效率低、工人手工操作劳动强度大的内容。

一般来说,上述这些加工内容采用数控加工后,在产品质量、生产率与综合经济效益等方面都会得到明显提高。对于不能在一次安装中加工完成的其他零星部位,若采用数控加工很麻烦,则可安排在普通机床上补加工。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。同时也要防止把数控机床作为普通机床使用。采用数控机床加工时在生产效率与经济性方面无明显改善,甚至使生产成本增加的零件,一般不应作为数控加工的选择对象。

根据数控加工的优缺点及国内外大量应用实践表明,一般认为以下零件最适宜数控加工:

- (1)形状复杂、加工精度要求高、用普通机床无法加工或虽然能加工但很难保证产品质量的零件。
- (2)能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)必须在一次装夹中合并完成铣、镗、铰或螺纹加工等多道工序的零件。

二、数控加工工艺的特点

数控加工与普通机床加工在方法与内容上有许多不同之处,最大的不同表现在控制方式上。以切削加工为例,用普通机床加工零件时,某一工序工步的安排以及机床运动的先后次序、位移量、走刀路线及有关切削参数的选择等,往往都是由操作者自行考虑和确定的,且都是用手工操作方式来进行控制的。如果采用自动机床或仿型机床加工,虽然也能达到对加工过程实现自动控制的目的,但其控制方式是通过预先配置的凸

轮、挡块或靠模来实现的。而在数控机床上加工时,情况就完全不同了。在数控机床上加工前,要把原先在普通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),按规定的代码格式编制成加工程序并记录在控制介质上。加工时,控制介质上的代码信息输入到数控机床的控制系统,控制系统对输入信息进行运算与控制,并不断地向直接指挥机床运动的机电功能转换部件——机床的伺服系统发送脉冲信号,伺服系统对脉冲信号进行转换与放大处理,然后由驱动装置和传动机构驱动机床的进给部件按所编程序进行运动,就可以自动加工出所要求的零件形状。由于数控加工的整个过程都是自动进行的,因而数控加工工艺具有以下特点:

1. 数控加工工艺的内容十分具体

如前所述,在用普通机床加工时,许多具体的工艺问题(如工步的划分、对刀点、换刀点和走刀路线等)在很大程度上都是由操作工人根据自己的经验和习惯自行决定的,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,不仅成为数控工艺处理时必须认真考虑的内容,而且还必须正确地选择并编入加工程序中。

2. 数控加工的工艺处理相当严密

数控机床虽然自动化程度较高,但自适性差。它不可能对加工中出现的问题自由地进行人为调整。尽管现代数控机床在自适应调整方面作了不少改进,但还很不完善。因此,在进行数控加工的工艺处理时,必须考虑到加工过程中的每一个细节。实践证明,数控加工中出现差错或失误的主要原因是加工工艺方面考虑不周或计算与编程时出现错误。所以,编程人员必须具备较扎实的工艺基础知识和较丰富的工艺设计经验。

第二节 机械加工工艺的基本概念

一、生产过程和工艺过程

把原材料转变为成品的全过程,称为生产过程。生产过程一般包括原材料的运输、仓库保管、生产技术准备、毛坯制造、机械加工(含热处理)、装配、检验、喷涂和包装等。

改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等,使其成为成品或半成品的过程,称为工艺过程。工艺过程是生产过程的主体,其中机械加工的过程称为机械加工工艺过程。

在机械加工工艺过程中,针对零件的结构特点和技术要求,必须采用不同的加工方法和装备,按照一定的顺序依次进行才能完成由毛坯到零件的转变过程。因此,机械加

加工工艺过程是由一个或若干个顺序排列的工序组成的,而工序又由安装、工位、工步和进给等组成。

● 工序 一个或一组工人,在一个工作地对一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程,称为工序。划分工序的依据是工作地是否变化和工作是否连续。如图 1-1 所示的阶梯轴,当加工数量较少时,工艺过程和工序的划分如表 1-1 所示,共有四个工序。当加工数量较多时,其工艺过程和工序的划分如表 1-2 所示,可分为六个工序。

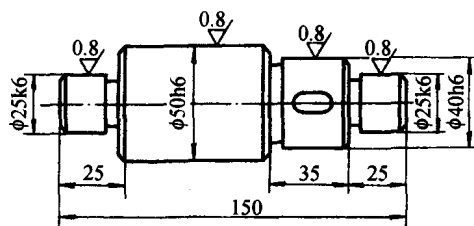


图 1-1 阶梯轴简图

这里的工序定义和划分是常规加工工艺中采用的方法。在数控加工中,根据数控加工的特点,工序的划分比较灵活,不受上述定义的限制。

表 1-1 单件小批生产的工艺过程

工序号	工艺内容	设备
1	车两端面,钻两端中心孔	车床
2	车外圆,车槽,车倒角	车床
3	铣键槽,去毛刺	铣床,钳工
4	磨外圆	磨床

表 1-2 大批量生产的工艺过程

工序号	工序内容	设备
1	两端同时铣端面,钻中心孔	专用机床
2	车一端外圆,车倒角	车床
3	车另一端外圆,车倒角	车床
4	铣键槽	铣床
5	去毛刺	钳工台
6	磨外圆	磨床

● 工步 在加工表面和加工工具不变的情况下,所连续完成的那一部分工序内容,称为工步。划分工步的依据是加工表面和工具是否变化。如表 1-1 中的工序 1 有四个工步。表 1-2 中的工序 4 只有一个工步。

● 进给 在一个工步内,若被加工的表面需切除的余量较大,可分几次切削,每次切削称为一次进给。如图 1-2 所示的零件加工。第一工步只需一次进给,第二工步需分两次进给。

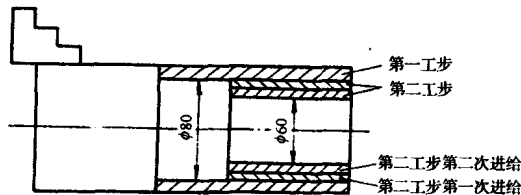


图 1-2 阶梯轴的车削进给

● 安装 工件经一次装夹后所完成的那一部工序,称为安装。在一道工序中,工件可能只需要安装一次,也可能需要安装几次。在表 1-2 的工序 4 中,只需一次安装即可铣出键槽,而在表 1-1 的工序 2 中,至少要两次安装,才能完成全部工艺内容。

● 工位 为了完成一定的工序部分,一次装夹工件后,工件与夹具或设备的可动部分一起相对刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置,称为工位。

二、生产纲领和生产类型

生产纲领是指企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划,通常也称为年产量。零件的生产纲领还包括一定的备品和废品数量。

生产类型是指企业(或车间、工段、班组、工作地)生产专业化程度的分类。一般把机械制造生产分为三种类型。

● 单件生产 单件生产是指产品品种多,而每一种产品的结构、尺寸不同,且产量很少,各个工作地点的加工对象经常改变,且很少重复的生产类型。例如新产品试制、重型机械和专用设备的制造等均属于单件生产。

● 大量生产 大量生产是指产品数量很大,大多数工作地点长期地按一定节拍进行某一个零件的某一道工序的加工。例如汽车、摩托车、柴油机等的生产均属于大量生产。

● 成批生产 成批生产是指一年中分批轮流地制造几种不同的产品,每种产品均有一定的数量,工作地点的加工对象周期性地重复。例如机床、电动机等的生产均属于成批生产。

按照成批生产中每批投入生产的数量(即批量)大小和产品的特征,成批生产又可分为小批生产、中批生产和大批生产三种。小批生产与单件生产相似,大批生产与大量生产相似,故常合称为单件小批生产、大批大量生产,而成批生产仅指中批生产。

生产类型的划分主要由生产纲领确定,同时还与产品的大小及结构的复杂程度有关。表 1-3 是不同类型的产品生产类型与生产纲领的关系。

表 1-3 生产类型与生产纲领的关系

生产类型		生产纲领(单位为台/年或件/年)		
		重型零件(30kg 以上)	中型零件(4~30kg)	轻型零件(4kg 以下)
单件生产		≤5	≤10	≤100
成批生产	小批生产	>5~100	>10~150	>100~500
	中批生产	>100~300	>150~500	>500~5000
	大批生产	>300~1000	>500~5000	>5000~50000
大量生产		>1000	>5000	>50000

生产类型不同,产品的制造工艺、工装设备、技术措施、经济效率等也不相同。在大批大量生产时常采用高效的工艺及设备,经济效率高;而在单件小批生产时通常采用通用设备及工装,生产效率低,经济效率也较低。

第三节 机械加工工艺规程的制订

规定零件制造工艺过程 and 操作方法等的工艺文件,称为工艺规程。它是在具体的生产条件下,以最合理或较合理的工艺过程 and 操作方法,并按规定的图表或文字形式写成工艺文件,经审批后用来指导生产的。工艺规程一般应包括下列内容:零件加工的工艺路线;各工序的具体加工内容;各工序所用的机床及工艺装备;切削用量及工时定额等。

一、制订工艺规程制订时所需的原始资料

制订零件的工艺规程时通常需要以下原始资料:

(1)产品装配图和零件工作图。

(2)产品的生产纲领。

(3)产品验收的质量标准。

(4)现有的生产条件和资料。它包括毛坯的生产条件或协作关系、工艺装备及专用设备的制造能力、加工设备和工艺装备的规格及性能、工人的技术水平以及各种工艺资料 and 标准等。

(5)国内外同类产品的有关工艺资料等。

二、制订工艺规程的步骤及方法

制订工艺规程的步骤大致如下:

(1)零件的工艺分析;

(2)毛坯的确定;

(3)工艺路线设计;

(4)工序设计;

(5)填写工艺文件。

1. 零件的工艺分析

(1)产品的零件图和装配图分析

首先认真地分析与研究产品的零件图和装配图,熟悉整台产品的用途、性能和工作条件,了解零件在产品中的作用、位置 and 装配关系,然后对零件图样进行分析。

(2)零件技术要求分析

零件的技术要求主要指尺寸精度、形状精度、位置精度、表面粗糙度及热处理等。通过分析搞清各项技术要求对装配质量 and 使用性能的影响,找出主要的 and 关键的技术要

求。

(3) 零件的结构工艺性分析

零件的结构工艺性是指所设计的零件在能满足使用要求的前提下制造的可行性和经济性。好的结构工艺性能使零件加工容易,节省工时,节省材料。差的结构工艺性会使加工困难,浪费工时,浪费材料,甚至无法加工。

2. 毛坯的确定

毛坯的确定包括确定毛坯的种类和制造方法两个方面。常用的毛坯种类有铸件、锻件、型材、焊接件等。一般说来,当设计人员设计零件并选好材料后,也就大致确定了毛坯的种类。如铸铁材料毛坯均为铸件,钢材料毛坯一般为锻件或型材等。各种毛坯的制造方法很多。概括起来说,毛坯的制造方法越先进,毛坯精度越高,其形状和尺寸越接近于成品零件,这就使机械加工的劳动量大为减少,材料的消耗也少,使机械加工成本降低,但毛坯的制造费用却会因采用了先进的设备而增加。因此,在确定毛坯时应当综合考虑各方面的因素,以求得最佳的效果。

确定毛坯时主要考虑下列因素:

(1) 零件的材料及其力学性能

如前所述,零件的材料大致确定了毛坯的种类,而其力学性能的高低,也会在一定程度上影响毛坯的种类,如力学性能要求较高的钢件,其毛坯最好用锻件而不用型材。

(2) 生产类型

不同的生产类型决定了不同的毛坯制造方法。在大批量生产中,应采用精度和生产率都较高的先进的毛坯制造方法,如铸件应采用金属模机器造型,锻件应采用模锻。还应当充分考虑采用新工艺、新技术和新材料的可能性,如精铸、精锻、冷挤压、冷轧、粉末冶金和工程塑料等。单件小批生产则一般采用木模手工造型或自由锻等比较简单方便的毛坯制造方法。

(3) 零件的结构形状和外形尺寸

在充分考虑了上述两项因素后,有时零件的结构形状和外形也会影响毛坯的种类和制造方法。如常见的一般用途的钢质阶梯轴,当各台阶直径相差不大时可用型材,若各台阶直径相差很大时,宜用锻件;成批生产中,中小型零件可选用模锻,而大尺寸的钢轴受到设备和模具的限制一般选用自由锻等。

3. 工艺路线设计

设计工艺路线是制订工艺规程的重要内容之一,其主要内容包括选择各加工表面的加工方法、划分加工阶段、划分工序以及安排工序的先后顺序等。设计者应根据从生产实践中总结出来的一些综合性的工艺原则,结合本厂的实际生产条件,提出几种方案,通过对比分析,从中选择最佳方案。