



高职高专“十二五”规划教材

数控加工工艺与装备

主 编 周 林 陈 宇



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



配有课件



高职高专“十二五”规划教材

数控加工工艺与装备

主 编 周 林 陈 宇

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以培养学生的数控加工工艺设计能力为目标,详细介绍了数控加工工艺设计、数控加工刀具和夹具的基础知识,并结合实例,讲解了数控车、数控铣及加工中心的加工工艺的编制过程。

本书按照面向生产第一线所需要的应用型技术人才的工程素质培养要求编写,在突出职业教育特点的同时,又考虑了使用者后续知识学习的需要,突出了工艺能力的培养,同时注重工艺装备的设计与选用。全书共分为6章,内容包括数控加工工艺系统概述、数控加工刀具、数控机床夹具、数控车削加工工艺、数控铣削加工工艺、数控加工中心加工工艺。

本书内容丰富,实用性强;理论问题讲授条理清晰、结构合理,知识点涵盖全面,易于掌握;实例分析典型、全面,完全按照培养学生的实际应用能力和生产实际的过程要求编写,有一定的示范性。

本书可作为高职高专学校数控加工工艺与装备课程的教材,也可以作为从事数控加工技术人员和操作人员、数控工艺员的培训教材,还可以供其他有关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺与装备/周林,陈宇主编. --北京:北京航空航天大学出版社,2014.4

ISBN 978-7-5124-1293-4

I. ①数… II. ①周… ②陈… III. ①数控机床—加工工艺—高等教育—教材②数控机床—加工—设备—高等教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 256928 号

版权所有,侵权必究。

数据加工工艺与装备

主 编 周 林 陈 宇

责任编辑 孙兴芳

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316524

北京兴华昌盛印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:12.25 字数:314 千字

2014 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 1 次印刷 印数:3000 册

ISBN 978-7-5124-1293-4 定价:25.00 元

前 言

数控加工作为一种先进的零件加工技术,在产品研制中得到了广泛的应用。零件的数控加工程序的编制是数控加工设备操作工、数控工艺员和编程员的典型工作任务,是数控技术高技能人才必须掌握的技能,也是高职数控技术、机械、模具类专业一门重要的骨干专业课。

本书以培养学生的数控加工工艺设计能力为目标,详细介绍了数控加工工艺设计、数控加工刀具和夹具的基础知识,并结合实例,讲解了数控车、数控铣及加工中心的加工工艺的编制过程。

本书按照面向生产第一线所需要的应用型技术人才的工程素质培养要求编写,在突出职业教育特点的同时,又考虑了使用者后续知识学习的需要,突出了工艺能力的培养,同时注重工艺装备的设计与选用。学生在学习本课程后,结合本系列的其他教材学习,将能够自己制定数控加工工艺,设计、选用合理的工艺装备,自己编制程序,并执行工艺过程加工出合格的零件。全书共分为六章,内容包括数控加工工艺系统概述、数控加工刀具,数控机床夹具,数控车削加工工艺,数控铣削加工工艺,数控加工中心加工工艺。

本书内容丰富,实用性强;理论问题讲授条理清晰、结构合理,知识点涵盖全面,易于掌握;实例分析典型全面,完全按照培养学生实际应用能力,按生产实际过程要求编写,有一定的示范性。本书可作为高职高专院校数控加工工艺与装备课程的教材,也可以作为从事数控加工技术人员和操作人员,数控工艺员的培训教材,还可以供其他有关技术人员参考。

本书由四川航天职业技术学院周林、陈宇担任主编。其中:周林负责全书的统稿和定稿工作,并编写了第2章和第5章;陈宇编写了第4章;吴京霞编写了第3章和第6章,杨清丽编写了第1章。本书承四川航天职业技术学院王立波副教授和中国航天长征机械厂卢伶高级技师审稿,并提出许多宝贵意见,在此表示衷心感谢!

本书在编写过程中得到了学院各级领导及企业技术人员的大力支持,并且参考了大量相关教科书、资料,在此一并表示衷心的感谢!

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

2013年9月

目 录

第 1 章 数控加工工艺系统概述	1
1.1 数据加工原理与加工过程	1
1.1.1 数据加工原理	1
1.1.2 数控加工过程	1
1.2 数控加工工艺的概念与特点	3
1.3 数控加工工艺的内容	4
1.3.1 数控加工工艺的主要内容	4
1.3.2 数控机床的合理选用	5
1.3.3 数控加工工艺分析	5
1.3.4 数控加工工艺设计	6
1.3.5 数控编程中的数学处理	13
1.3.6 数控加工工艺文件的编制	13
1.4 数控加工与数控技术的发展趋势	16
本章小结	17
习 题	17
第 2 章 数控加工刀具	19
2.1 数控刀具特点种类	19
2.1.1 数控刀具应具有的性能	19
2.1.2 数控刀具与传统刀具的区别	20
2.1.3 数控刀具的特点	21
2.1.4 数控刀具的种类	21
2.2 数控刀具材料	22
2.2.1 刀具材料应具备的基本性能	22
2.2.2 刀具材料的种类	22
2.2.3 刀具材料选用的基本原则	27
2.3 数控车削刀具	28
2.3.1 外圆车刀	29
2.3.2 内孔车刀	32
2.3.3 螺纹车刀	33
2.3.4 切槽(断)刀	34
2.4 可转位车刀刀片	35
2.4.1 可转位车刀刀片的 ISO 编码	35
2.4.2 可转位车刀刀片的断屑槽	36
2.4.3 可转位车刀片的选择	37

2.4.4 可转位刀片的失效形式·····	38
2.5 数控铣削刀具·····	39
2.5.1 铣刀的种类·····	39
2.5.2 数控铣刀刀片·····	42
2.5.3 可转位数控铣刀刀具·····	42
2.6 数控工具系统·····	45
2.6.1 概 述·····	45
2.6.2 数控加工刀具系统的分类·····	45
2.6.3 TSG 工具系统 ·····	46
2.6.4 工具系统的配件·····	50
2.7 切削液·····	51
2.7.1 切削液的作用·····	51
2.7.2 切削液的种类及其应用·····	52
2.7.3 现代切削液技术发展方向·····	53
本章小结 ·····	54
习 题 ·····	54
一、填空题 ·····	54
二、选择题 ·····	54
三、判断题 ·····	55
四、简答题 ·····	55
五、应用题 ·····	55
第3章 数控机床夹具基础 ·····	57
3.1 工件的定位·····	58
3.1.1 工件定位的基本原理·····	58
3.1.2 六点定位规则·····	59
3.1.3 工件定位中的几种情况·····	61
3.1.4 常用定位元件限制的自由度·····	64
3.2 定位元件设计·····	66
3.2.1 工件以平面定位·····	66
3.2.2 工件以圆柱内孔定位·····	70
3.2.3 工件以外圆定位时的定位元件·····	72
3.2.4 工件的组合表面定位方式·····	73
3.2.5 定位误差的分析与计算·····	75
3.3 工件的夹紧·····	80
3.3.1 夹紧装置的组成和基本要求·····	80
3.3.2 夹紧力确定的基本原则·····	81
3.3.3 常用夹紧装置·····	83
3.4 数控加工常用夹具·····	88
3.4.1 通用夹具·····	88

3.4.2 回转工作台	89
3.4.3 模块组合夹具	90
3.4.4 拼装夹具	93
本章小结	95
习 题	95
一、填空题	95
二、选择题	95
三、判断题	96
四、简答题	96
五、计算题	96
六、分析题	97
第4章 数控车削加工工艺	98
4.1 数控车削工艺基础	98
4.1.1 数控车削加工工艺内容的选择	98
4.1.2 数控加工零件图的工艺性分析	98
4.1.3 数控车削加工工艺过程的拟定	101
4.2 联动导杆的数控加工工艺实例	106
4.2.1 加工要求	106
4.2.2 数控加工工艺性分析	107
4.2.3 数控加工工艺路线设计	108
4.2.4 数控加工工序设计	109
4.2.5 数控加工工艺规程文件编制	113
4.3 弧形轴的数控加工工艺文件的制定	116
4.3.1 加工要求	116
4.3.2 数控加工工艺性分析	116
4.3.3 数控加工工艺路线设计	117
4.3.4 数控加工工艺规程文件编制	120
4.4 排气阀数控加工工艺文件的制定	122
4.4.1 加工要求	122
4.4.2 数控加工中螺纹的加工方法	123
4.4.3 零件的工艺性分析	125
4.4.4 数控加工工艺规程文件编制	125
本章小结	125
习 题	125
一、填空题	125
二、选择题	125
三、判断题	126
四、简答题	126
五、分析题	126

第 5 章 数控铣削加工工艺	128
5.1 数控铣削加工工艺基础	128
5.1.1 数控铣削零件工艺分析	128
5.1.2 数控铣削加工方案的确定	131
5.1.3 削用量的选择	136
5.2 平面凸轮铣削加工工艺实例	138
5.2.1 加工要求	138
5.2.2 数控加工工艺性分析	138
5.2.3 数控加工工艺路线设计	139
5.2.4 数控加工工艺规程文件编制	140
5.3 复杂形面的数控铣削加工工艺实例	142
5.3.1 加工要求	142
5.3.2 零件工艺性分析	143
本章小结	153
习 题	153
一、填空题	153
二、选择题	153
三、判断题	154
四、简答题	154
五、综合题	154
第 6 章 数控加工中心加工工艺	157
6.1 数控加工中心加工工艺基础	157
6.1.1 零件工艺性分析	157
6.1.2 确定加工方案	159
6.1.3 零件加工工艺方案的制定	160
6.1.4 切削用量的选择	164
6.1.5 填写数控加工技术文件	164
6.2 上模零件的加工中心加工工艺实例	164
6.2.1 任务要求	164
6.2.2 零件的工艺分析	165
6.2.3 加工设备选择	165
6.2.4 确定装夹方案和选择夹具	166
6.2.5 切削刀具的选择	166
6.2.6 设计加工路线	166
6.2.7 切削用量的选择	168
6.2.8 填写数控加工技术文件	169
6.3 异形件的数控铣削工艺	172
6.3.1 加工要求	172
6.3.2 数控加工工艺性分析	172

6.3.3 设备的选择	173
6.3.4 确定定位及装夹方案	173
6.3.5 切削刀具的选择	173
6.3.6 设计加工路线	174
6.3.7 切削用量的选择	175
6.3.8 数控加工工艺规程文件编制	175
本章小结	175
习 题	175
一、填空题	175
二、选择题	176
三、问答题	176
四、综合题	176
附录 常用切削加工参数	178
参考文献	183

第 1 章 数控加工工艺系统概述

【学习目标】

- ① 理解数控加工的原理与加工过程。
- ② 了解数控加工工艺的概念与特点。
- ③ 掌握数控加工工艺的内容。
- ④ 掌握工艺文件的编制。
- ⑤ 了解数控加工与数控技术的发展趋势。

1.1 数据加工原理与加工过程

1.1.1 数据加工原理

使用机床加工零件时,通常都需要对机床的各种动作进行控制,一是控制动作的先后次序,二是控制机床各运动部件的位移量。

采用普通机床加工时,开车、停车、走刀、换向、主轴变速和开关切削液等操作都是由人工直接控制的。

采用自动机床和仿形机床加工时,上述的操作和运动参数则是通过设计好的凸轮、靠模和挡块等装置以模拟量的形式来控制的,它们虽能加工比较复杂的零件,且有一定的灵活性和通用性,但是零件的加工精度受凸轮、靠模制造精度的影响,而且工序准备时间也很长。

采用数控机床加工零件时,只需要将零件图形和工艺参数、加工步骤等以字母和数字信息的形式,编成程序代码输入到机床控制系统中(这种从零件图纸到控制介质的过程被称为数控编程),再由数控系统进行运算处理后转成驱动伺服机构的指令信号,从而控制机床各部件协调动作,自动地加工出零件来。当更换加工对象时,只需要重新编写程序代码输入给机床,即可由数控装置代替人的大脑和双手的大部分功能,控制加工的全过程,制造出任意复杂的零件。

数控系统加工原理就是将预先编好的加工程序以数据的形式输入数控系统,数控系统通过译码、刀补处理、插补计算等数据处理和 PLC 协调控制,最终实现零件的加工。

1.1.2 数控加工过程

数控加工就是根据零件图样及工艺要求等原始条件,编制零件数控加工程序,并输入到数控机床的数控系统,以控制机床中刀具与工件的相对运动,从而完成零件的加工。利用数控机床完成零件加工的过程如图 1-1 所示,主要内容如下。

1. 加工过程

(1) 确定该零件是否适合在数控机床上加工,或适合在哪种类型的数控机床上加工。只有那些属于批量小、形状复杂、精度要求高及生产周期要求短的零件才最适合数控加工,同时

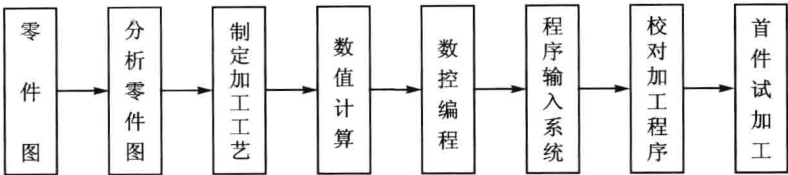


图 1-1 数控加工过程

要明确加工内容和要求。

(2) 制定加工工艺。在对零件图样做了全面分析的前提下,确定零件的加工方法(如采用的工夹具、装夹定位方法等)、加工路线(如对刀点、换刀点、进给路线)及切削用量等工艺参数(如进给速度、主轴转速、切削宽度和切削深度等)。制定数控加工工艺时,除考虑数控机床使用的合理性及经济性外,还须考虑所用夹具应便于安装,便于协调工件和机床坐标系的尺寸关系,对刀点应选在容易找正并在加工过程中便于检查的位置,进给路线尽量短,并使数值计算容易,加工安全可靠等因素。

(3) 数值计算。根据工件图及确定的加工路线和切削用量,计算出数控机床所需的输入数据。数值计算主要包括计算工件轮廓的基点和节点坐标等。

(4) 数控编程。根据加工路线计算出刀具运动轨迹坐标值和已确定的切削用量以及辅助动作,依据数控装置规定使用的指令代码及程序段格式,逐段编写零件加工程序单。编程人员必须对所用的数控机床的性能、编程指令和代码都非常熟悉,这样才能正确编写出加工程序。

(5) 程序输入数控系统。程序单编好之后,需要通过一定的方法将其输入到数控系统。常用的输入方法有手动数据输入和通过机床的通信接口输入两种。

(6) 校对加工程序。通常数控加工程序输入完成后,需要校对其是否有错误。一般是将加工程序上的加工信息输入到数控系统进行空运转检验,也可在数控机床上用笔代替刀具,以坐标纸代替工件进行画图模拟加工,以检验机床动作和运动轨迹的正确性。

(7) 首件试加工。校对后的加工程序还不能确定因编程计算不准确或刀具调整不当而造成的加工误差的大小,因而还必须经过首件试切的方法进行实际检查,进一步考察程序单的正确性,并检查工件是否达到加工精度。根据试切情况反过来进行程序单的修改以及采取尺寸补偿措施等,直到加工出满足要求的零件为止。

2. 数据转换

CNC 系统的数据转换过程如图 1-2 所示。

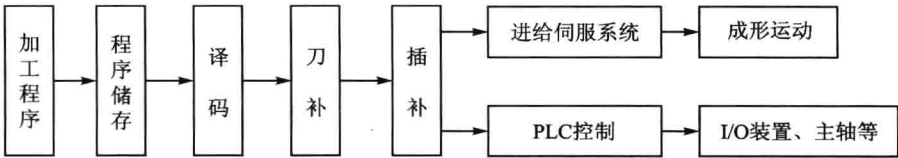


图 1-2 CNC 系统的数据转换过程

(1) 译码。译码程序的主要功能是将文本格式表达的零件加工程序,以程序段为单位转换成刀补处理程序的数据格式,把各种零件轮廓信息(如起点、终点、直线或圆弧等)、加工速度信息(F 代码)和其他辅助信息(M、S、T 代码等),按照一定的语法规则解释成计算机能够识别

的数据形式,并以一定的数据格式存放在指定的内存专用单元中。在译码过程中,还要对程序段进行语法检查,若发现语法错误便立即报警。

(2) 刀补处理。刀具补偿包括刀具长度补偿和刀具半径补偿。通常 CNC 装置的零件程序以零件轮廓轨迹编程,刀具补偿作用是把零件轮廓轨迹转换成刀具中心轨迹。目前在比较好的 CNC 装置中,刀具补偿的工件还包括程序段之间的自动转接和过切削判别,这就是刀具补偿。

(3) 插补计算。插补的任务是在一条给定起点和终点的曲线上进行“数据点密化”。插补程序在每个插补周期运行一次,在每个插补周期内,根据指令进给速度计算出一个微小的直线数据段。通常,经过若干次插补周期后,插补加工完一个程序段轨迹,即完成从程序段起点到终点的“数据点密化”工作。

(4) PLC 控制。CNC 系统对机床的控制有两种,分为对各坐标轴的速度和位置的“轨迹控制”,以及对机床动作的“顺序控制”或称“逻辑控制”。PLC 控制可以在数控机床运行过程中,以 CNC 内部和机床各行程开关、传感器、按钮、继电器等开关信号状态为条件,并按预先规定的逻辑关系对诸如主轴的启停、换向,刀具的更换,工件的夹紧、松开,液压、冷却、润滑系统的运行等进行控制。

1.2 数控加工工艺的概念与特点

数控加工工艺是采用数控机床加工零件时所运用各种方法和技术手段的总和,应用于整个数控加工工艺过程。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,它是人们进行大量数控加工实践的经验总结。

数控加工工艺过程是利用切削刀具在数控机床上直接改变加工对象的形状、尺寸、表面位置、表面状态等,使其成为成品或半成品的过程。由于数控加工工艺采用了计算机控制系统和数控机床,使得数控加工具有加工自动化程度高、精度高、质量稳定、生成效率高、周期短、设备使用费用高等特点。与普通加工工艺相比,数控加工工艺具有如下特点。

1. 数控加工工艺内容要求更具体、详细

普通加工工艺:许多具体工艺问题,如工步的划分与安排、刀具的几何形状与尺寸、走刀路线、加工余量、切削用量等,在很大程度上由操作人员根据经验和习惯自行考虑和决定,一般无需工艺人员在设计工艺规程时进行过多的规定,零件的尺寸精度也由试切保证。

数控加工工艺:所有工艺问题必须事先设计和安排好,并编入加工程序。数控工艺不仅包括详细的切削加工步骤,还包括夹具型号、规格、切削量和其他特殊要求的内容,以及标有数控加工坐标位置的工序图等。在自动编程中更需要确定详细的各种工艺参数。

2. 数控加工工艺要求更严密、精确

普通加工工艺:加工时可以根据加工过程中出现的问题比较自由地进行人为调整。

数控加工工艺:自适应性较差,加工过程中可能遇到的所有问题必须事先精心考虑,否则将导致严重的后果。例如:攻螺纹时,数控机床不知道孔中是否已挤满切屑,是否需要退刀清理切屑再继续加工。

普通机床加工可以多次“试切”来满足零件的精度要求,而数控加工过程则严格按照规定尺

寸进给,要求准确无误。因此,数控加工工艺设计要求更加严密、精确。

3. 制定数控加工工艺要进行零件图形的数学处理和编程尺寸设定值的计算

编程尺寸并不是零件图上设计尺寸的简单再现。在对零件图进行数学处理和计算时,编程尺寸设定值要根据零件尺寸公差要求和零件的形状关系重新调整计算,才能确定合理的编程尺寸。

4. 要考虑进给速度对零件形状精度的影响

制定数控加工工艺时,选择切削用量时,要考虑进给速度对加工零件形状和精度的影响。在数控加工中,刀具的移动轨迹是由插补运算完成的。根据插补原理分析,在数控系统已定的条件下,进给速度越快,则插补精度越低,导致工件的轮廓形状精度越差,尤其在高精度加工时这种影响更加明显。

5. 强调刀具选择的重要性

复杂形状的加工编程通常采用自动编程方式,自动编程中必须先选定刀具再生成刀具中心运动轨迹,因此,对于不具有刀具补偿功能的数控机床来说,若刀具预先选择不当,则所编程序只能推倒重来。

6. 数控加工工艺的特殊要求

(1) 由于数控机床比普通机床的刚度高,所配的刀具也较好,因此在同等情况下,数控机床切削用量比普通机床大,加工效率也较高。

(2) 数控机床的功能复合化程度越来越高,因此现代数控加工工艺的明显特点是工序相对集中,表现为工序数目少、工序内容多,并且由于在数控机床上尽可能安排较复杂的工序,所以数控加工的工序内容比普通机床加工的工序内容复杂。

(3) 由于数控机床加工的零件比较复杂,因此在确定装夹方式和夹具设计时,要特别注意刀具与夹具、工件的干涉问题。

7. 数控加工程序的编写、校验与修改是数控加工工艺的一项特殊内容

普通加工工艺中的划分工序、选择设备等重要内容对数控加工工艺来说属于已基本确定的内容,所以制定数控加工工艺的着重点是整个数控加工过程的分析,关键在确定进给路线及生成刀具运动轨迹。复杂表面的刀具运动轨迹的生成需借助自动编程软件,既是编程问题,当然也是数控加工工艺问题,这也是数控加工工艺与普通加工工艺最大的不同之处。

1.3 数控加工工艺的内容

1.3.1 数控加工工艺的主要内容

合理确定数控加工工艺对实现优质、高效和经济的数控加工具有极为重要的作用。其内容包括选择合适的机床、刀具、夹具、走刀路线及切削用量等,只有选择合适的工艺参数及切削策略才能获得较理想的加工效果。从加工的角度看,数控加工技术主要是围绕加工方法与工艺参数的合理确定及其实现的理论与技术。数控加工通过计算机控制刀具做精确的切削加工运动,是完全建立在复杂的数值运算之上的,它能实现传统的机加工无法实现的合理、完整的

工艺规划。

根据实际应用需要,数控加工工艺主要包括以下内容。

- (1) 选择适合在数控机床上加工的零件,确定数控机床加工的内容。
- (2) 对零件图样进行数控加工工艺分析,明确加工内容及技术要求。
- (3) 具体设计数控加工工序,如工步的划分、工件的定位与夹具的选择、刀具的选择、切削用量的确定等。
- (4) 处理特殊的工艺问题,如:对刀点、换刀点的选择,加工路线的确定,刀具补偿等。
- (5) 程序编制误差及其控制。
- (6) 处理数控机床的部分工艺指令和编制工艺文件。

1.3.2 数控机床的合理选用

从加工工艺的角度分析,选用的数控机床功能必须适应被加工零件的形状、尺寸精度和生产节拍等要求。

(1) 形状尺寸适应性。所选用的数控机床必须能适应被加工零件群组的形状尺寸要求。这一点应在被加工零件工艺分析的基础上进行,例如,加工空间曲面形状的叶片往往要选择四轴或五轴联动数控链床或加工中心。这里要注意的是:防止由于冗余功能而付出昂贵的代价。

(2) 加工精度适应性。所选择的数控机床必须满足被加工零件群组的精度要求;为了保证加工误差不超差,必须分析生产厂家给出的数控机床精度指标,保证有三分之一的储备量。但要注意:不要一味地追求不必要的高精度,只要能确保零件群组的加工精度就可以了。

(3) 生产节拍适应性。根据加工对象的批量和节拍要来决定是用一台数控机床来完成加工,还是选择几台数控机床来完成加工;是选择柔性加工单元、柔性制造系统来完成加工,还是选择柔性生产线、专用机床和专用生产线来完成加工。

数控机床的最大特点是具有柔性化和灵活性,最适合轮番生产和更新换代快的产品。如果产品生命周期较长且批量大,选用专机、专线来保证生产率和生产节拍要求也许更为合理。

选用数控机床时还要注意上下工序间的节拍应协调一致,要注意外部设备的配置、编程、操作、维修等支撑环境。如果它们都不能协调运行,再好的数控机床也不能很好地发挥作用。

数控加工的缺点是设备费用较高。尽管如此,随着数控技术的发展、数控机床的普及和对数控机床认识上的提高,其应用范围必将日益扩大。

1.3.3 数控加工工艺分析

数控机床加工中所有工步的刀具选择、走刀轨迹、切削用量、加工余量等都要预先确定好并编入加工程序。一个合格的编程员首先应该是一个很好的工艺员,他对数控机床的性能、特点和应用、切削规范和标准工具系统等要非常熟悉,否则就无法做到全面、周到地考虑加工的全过程,并正确、合理地编制零件的加工程序。

数控加工工艺性分析涉及内容很多,在此仅从数控加工的必要性、可能性与方便性加以分析。

1. 零件加工工艺分析决定零件进行数控加工的内容

当某个零件采用数控加工时,并不等于它所有的加工内容都要由数控加工来完成,而进行数控加工的内容可能只是其中的一部分。因此,必须对零件图样进行仔细的工艺分析,选择那

些最适合、最需要数控加工的内容和工序进行数控加工。在选择时,应结合实际生产情况,立足于解决难题和提高生产率,充分发挥数控加工的优势,一般可按下列顺序考虑。

(1) 优先选择通用机床无法加工的内容进行数控加工。

(2) 重点选择通用机床难以加工或质量难以保证的内容进行数控加工。

(3) 采用通用机床加工效率较低、劳动强度较大的内容,在数控机床尚存富裕能力的基础上选择数控加工。

通常,上述加工内容采用数控加工后,在加工质量、生产率与综合经济效益等方面都会得到明显的提高。此外,在选择和决定加工内容时,也要考虑生产批量、生产周期和工序间周转情况等。总之,要尽量做到“优质、高产、低消耗”,要防止把数控机床降格为通用机床使用。

2. 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。目前对零件结构工艺性好坏的评判主要采用定性的方式进行。

通过对零件的工艺分析,可以深入全面地了解零件,及时地对零件结构和技术要求等作必要的修改,进而确定该零件是否适合在数控机床上加工,适合在哪台数控机床上加工,在某台机床上应完成零件的哪些工序或哪些表面的加工等。

1.3.4 数控加工工艺设计

数控加工工艺设计与普通加工工艺设计相似。首先需要选择定位基准;再确定所有加工表面的加工方法和加工方案;然后确定所有工步的加工顺序,把相邻工步划为一个工序,即进行工序划分;最后再将需要的其他工序如普通加工工序、辅助工序、热处理工序等插入,并衔接于数控加工工序序列之中,就得到了要求零件的数控加工工艺路线。

1. 定位基准的选择

定位基准选择正确的与否不仅直接影响数控加工零件的加工精度,还会影响到夹具结构的复杂程度和加工效率等。

精基准的选择应从保证零件的加工精度,特别是加工表面的相互位置精度的角度来考虑,同时也必须尽量使装夹方便,夹具结构简单、可靠。精基准的选择应遵循如下原则。

(1) “基准重合”原则。即应尽可能选用设计基准作为精基准,这样可以避免由于基准不重合面引起的误差。

(2) “基准统一”原则。即在加工工件的多个表面时尽可能使用同一组定位基准作为精基准。这样便于保证各加工表面的相互位置精度,避免基准变换所产生的误差,并能简化夹具的设计与制造。

(3) “互为基准”原则。当两个加工表面相互位置精度以及自身的尺寸与形状精度都要求很高时,可以采用互为基准的原则,反复多次进行加工。

(4) “自为基准”原则。有些精加工或光整加工工序要求加工余量小而均匀,在加工时就应尽量选择加工表面本身作为精基准,而该表面与其他表面之间的位置精度则由先行工序保证。

数控机床加工在选择定位基准时除了遵循以上原则外,还应考虑以下几点。

(1) 应尽可能在一次装夹中完成所有能加工表面的加工,为此要选择便于各个表面都能

加工的定位方式。如对于箱体零件,宜采用一面两销的定位方式,也可采用以某侧面为导向基准、待工件夹紧后将导向元件拆去的定位方式。

(2) 如果用一次装夹完成工件上各个表面加工,也可直接选用毛面作定位基准,只是这时毛坯的制造精度要求更高一些。

2. 加工方法和加工方案的确定

(1) 加工方法的选择。加工方法的选择原则是保证加工表面的加工精度和表面粗糙度的要求。由于获得同一精度和表面粗糙度的加工方法有许多,因而在实际选择时,要结合零件的结构形状、尺寸大小和热处理要求等全面考虑。例如,对于 IT7 级精度的孔采用镗削、铰削、磨削等加工方法均可达到精度要求,但箱体上较大的孔一般采用镗削,较小的孔宜选择铰削,并且箱体上的孔不宜采用磨削。此外,还应考虑生产率和经济性的要求以及现有实际生产情况等。常用加工方法的经济加工精度和表面粗糙度可查阅有关工艺手册。

工件表面轮廓可分为平面和曲面两大类,其中平面类中的斜面轮廓又分为有固定斜角的外轮廓面和有变斜角的外轮廓面。工件表面的轮廓不同,选择的数控机床和加工方法也不相同。

应根据零件的尺寸精度、倾斜角的大小、刀具的形状、零件的装夹方法、编程的难易程度等因素选择一个较合理的加工方案。

此外,还要考虑选择机床的合理性。例如,单纯铣轮廓表面或铣槽的中小型零件,选择数控铣床进行加工较好;而大型非圆曲线、曲面的加工或者是不仅需要铣削而且有孔加工的零件宜在加工中心上加工。

(2) 加工方案的确定。任何一种零件都是由平面、内外圆柱面、内外倒锥面和成形表面等简单几何表面组成的。因此,确定各种零件的加工方案,实际上就是依据零件要求的加工精度和表面粗糙度及零件的结构特点,把每一几何表面的加工方案确定下来,按合理的加工顺序排列起来,也就确定了零件的加工工艺方案。

确定加工方案时,首先应根据表面的加工精度和表面粗糙度要求,初步确定为达到这些要求所需要的最终加工方法,然后再确定其前面一系列的加工方法,即获得该表面的加工方案。例如,对于箱体上孔径不大的 IT7 级精度的孔,先确定最终加工方法为精铰,而精铰孔前则通常要经过钻孔、扩孔和粗铰等工序的加工。在确定表面的加工方案时,可查阅有关工艺手册。

3. 加工顺序的安排

加工顺序安排的合理与否将直接影响零件的加工质量、生产率和加工成本。在安排数控加工顺序时应遵循以下原则。

(1) 合理进行工序组合,尽量采用工序集中,即将工件的加工集中到少数工序完成,每道工序的加工内容较多。

(2) 定位基准面应在工艺过程一开始就进行粗、精加工,然后再加工其余表面。

(3) 精度要求较高的主要表面的粗加工一般应安排在次要表面粗加工之前,这样有利于及时发现毛坯的内在缺陷。

(4) 加工大表面时,内应力和热变形对工件影响较大,一般也需先加工,对于较小的次要表面,一般都把粗精加工安排在一个工序完成。

(5) 对箱体类零件来说,为提高孔的位置精度,应先加工面,后加工孔。

(6) 加工中容易损伤的表面(如螺纹等),应放在加工路线的后面。

(7) 尽量使工件的装夹次数、工作台转动次数、刀具更换次数及所有空行程时间减至最少,提高加工精度和生产率。例如:对于加工中心,若换刀时间较工作台转位时间长,在不影响加工精度的前提下,可按刀具集中工序,即在一次装夹中,用同一把刀具加工完该刀具能加工的所有部位,再换下一把刀具加工其他部位,这样可以减少换刀次数和时间。但若换刀时间远短于工作台转位时间,则应采用相同工位集中加工的原则,即在不转动工作台的情况下尽可能加工完所有可以加工的待加工表面,然后再转动工作台去加工其他表面。

(8) 为了提高机床的使用效率,在保证加工质量的前提下,可将粗加工和半精加工合为一道工序。

下面通过一个实例来说明这些原则的应用。

如图 1-3 所示,该零件可以先在普通机床上把底面和 4 个轮廓面加工好(“先基面后其他”),其余的顶面、孔及沟槽安排在立式加工中心上完成(工序集中原则)。

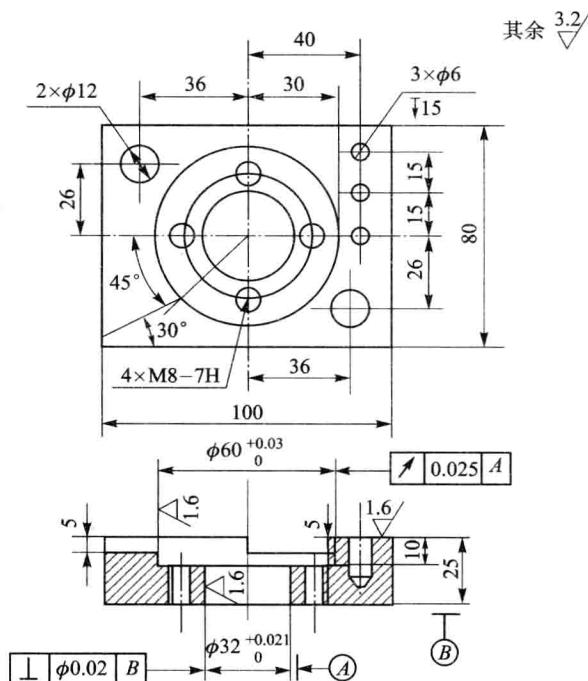


图 1-3 零件简图

加工中心工序按“先面后孔”、“粗精分开”、“先主后次”等原则划分为如下 15 个工步。

- ① 粗铣顶面。
- ② 钻 $\phi 32$ 、 $\phi 12$ 孔的定位中心孔。
- ③ 钻 $\phi 32$ 、 $\phi 12$ 孔至 $\phi 11.5$ 。
- ④ 扩 $\phi 32$ 孔至 $\phi 30$ 。
- ⑤ 钻 $3 \times \phi 6$ 孔至尺寸。
- ⑥ 粗铣 $\phi 60$ 沉孔及沟槽。
- ⑦ 钻 $4 \times \text{M}8$ 底孔至 $\phi 6.8$ 。