

实用

数控加工技术

《实用数控加工技术》编委会

北京精密机床厂



兵器工业出版社

实用数控加工技术

《实用数控加工技术》编委会 编

兵器工业出版社

(京)新登字 049 号

内 容 简 介

该书由全国各行业几十位有多年生产实践经验的技术人员编写,其内容是总结、提炼各种数控设备的使用和加工工艺的实际生产经验,包括数控加工基础、数控切削加工技术、数控特种加工技术、数控板材加工技术、自动编程、柔性制造及计算机集成制造系统等部分。该书各部分注重实用性,内容由浅入深、文图结合,各种加工实例均经生产验证,适应各层次数控加工有关人员提高及培训、学习的需要。可供数控加工工艺人员、数控设备的使用、管理人员、编程人员、设备选型人员使用,也可供高等工科院校及中专、职业学校师生学习。

图书在版编目(CIP)数据

实用数控加工技术/《实用数控加工技术》编委会编.
北京:兵器工业出版社,1995.4
ISBN 7-80038-843-3

I. 实… II. 实… III. 数控机床-金属加工-工艺 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 03458 号

实用数控加工技术

《实用数控加工技术》编委会 编
责任编辑:王少怀 聂笃克

兵器工业出版社出版发行

(北京市海淀区车道沟 10 号)

各地新华书店经销

北京京建照排厂激光照排

北京凯通印刷厂印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:51³/₄ 字数:1320 千字

1995 年 4 月第 1 版 1995 年 4 月第 1 次印刷

印数:0—2000 定价:90 元

ISBN 7-80038-843-3/TH·56

《实用数控加工技术》编委会成员

主任委员：蔡复之

副主任委员：杨俊功(常务) 程建纲 周维泉 周定伍

委 员：林瑜华 罗生梅
高一丁 缪乐人 阳方卿 刘宝勋 赵玉祥
刘建利 李林武 赵国光 杨颖 纪华青
陈明跃 王茂忠 吴笃行 朱桂延 李日亮
丁来军 黄传宗 崔之韬

主 编：蔡复之

执行主编：杨俊功

副主编：程建纲 周维泉 周定伍 林瑜华 罗生梅

编写人：丁来军 王茂忠 阳方卿 杨颖 杨金华
李日亮 李林武 李英奇 刘建利 刘宝勋
朱桂延 纪华青 余晓鸣 吴笃行 陈永熙
陈明跃 陈敬明 汪健 闵长胜 张军
张远强 陈昶盛 罗存康 赵玉祥 赵国光
施杰 贺振明 高一丁 曹格 崔之韬
黄传宗 韩建军 韩德本 缪乐人 程建纲

前 言

数控加工是机械制造中的先进加工技术,我国已在 144 个机械制造行业中使用。数控加工最突出的优点是零件加工尺寸的一致性好,易于控制中间公差,从而使加工部件及整机的质量稳定可靠。采用数控加工首先必须掌握科学的数控加工工艺,才能发挥其经济效益。据调查,目前真正掌握好数控加工技术并不是很多,如何提高数控加工技术水平是我国当务之急。为此,我们组织了几十位从事数控加工实践经验丰富的技术人员共同编写了这部书,希望通过该书的出版传播,提高我国数控加工的总体技术水平。

该书介绍的数控加工涉及的范围包含了国内拥有的数控加工设备 90% 以上的各个门类。

数控加工工艺是生产实践的总结,始终存在继续完善、提高和发展的过程,目前编写出的内容只是各位作者现在所达到的水准,我们期望今后能有更多富有生产实践经验的同志参加该书的完善、提高和发展工作,更希望广大数控加工人员在该书出版后提出各种宝贵意见。

在本书编辑过程中,得到中国机电一体化技术应用协会数控技术应用分会第一届理事会及中国质量管理协会用户委员会数控技术用户分会第一届执行委员会的热情支持,并得到有关会员单位的大力帮助,在此深致谢意。

《实用数控加工技术》编辑委员会

1994 年 8 月

目 录

数控加工基础

第 1 章 数控加工基础

1 数控加工的定义及特点	1
1.1 定义	1
1.2 数控加工工艺的主要内容	1
1.3 数控加工的特点	2
2 数控加工的适应性	3
2.1 数控加工的优点	3
2.2 数控加工的缺点	3
2.3 数控加工的适应性	4
3 数控机床的分类及其主要附属装置	5
3.1 数控机床的基本结构特征	5
3.2 数控机床的分类	5
3.3 数控系统的初步知识	6
3.4 数控机床的主要辅助装置	8
4 数控加工的工艺设计	8
4.1 数控加工工艺设计的主要内容	8
4.2 选择并决定进行数控加工的内容	9
4.3 对零件图进行数控加工工艺性分析	9
4.4 数控加工的工艺路线设计	10
4.5 数控加工工序的设计	11
4.6 数控加工专用技术文件的编写	13

第 2 章 数控加工程序基础

1 字符与两种代码	15
1.1 字符与代码	15
1.2 EIA 代码	16
1.3 ISO 代码	18
2 字与字的 7 种功能类型	20
2.1 字	20
2.2 顺序号字	20
2.3 准备功能字	20
2.4 尺寸字	20
2.5 进给功能字	23
2.6 主轴转速功能字	23

2.7 刀具功能字	24
2.8 辅助功能字	25
3 程序段格式与程序格式	27
3.1 程序段	27
3.2 程序段格式	27
3.3 常规加工程序的格式	28
3.4 常规加工程序的编程规则	28
4 主程序与子程序	30
5 用户宏程序	31
5.1 变量	31
5.2 变量的演算	32
5.3 变量的函数	33
5.4 变量的赋值	34
5.5 转向语句	37
5.6 用户宏程序的结构及用户宏功能举例	39
6 关于顺序号和跳步指令	45
6.1 顺序号	45
6.2 跳步指令	47
7 数控机床的坐标系	52
7.1 坐标和运动方向命名的原则	52
7.2 Z 坐标的运动	53
7.3 X 坐标的运动	53
7.4 Y 坐标的运动	54
7.5 旋转运动的 A、B 和 C	54
7.6 标准坐标系统的原点	54
7.7 附加的坐标	54
7.8 主轴旋转运动的方向	54
7.9 数控机床的坐标简图	54

第 3 章 数控机床选型

1 选型依据	58
1.1 确定典型加工对象	58
1.2 多品种中小批量轮番生产时数控机床的选型	60
1.3 大批大量生产时数控机床的选型	61

2 选型的基本原则	63	1.1 机床的初就位和组装	83
2.1 机床的主参数	63	1.2 数控系统的连接	83
2.2 机床的精度	63	1.3 电源检查	83
2.3 机床的刚度	66	1.4 参数的设定和确认	84
2.4 机床的可靠性	66	1.5 通电试车	85
2.5 机床的噪声和造型	66	1.6 机床几何精度的调整	86
3 机床功能的选择	67	1.7 机床试运行	86
3.1 机床坐标轴的选择	67	2 数控机床的验收	86
3.2 辅助坐标轴和辅助功能选择	69	2.1 开箱检验	87
3.3 关于功能预留	71	2.2 外观检查	87
3.4 数控系统功能的选择	71	2.3 机床性能及数控功能的验证	87
4 机床数量的计算	74	2.4 数控机床精度的验收	88
5 数控机床效益分析	75	3 日常保养和使用中应注意的问题	96
5.1 单机数控加工的工艺成本	75	3.1 日常保养	96
5.2 数控机床经济效益分析	79	3.2 数控机床使用中应注意的问题	98

第4章 数控机床的安装、调试及验收

1 数控机床的安装、调试	83
--------------	----

数控切削加工技术

第5章 数控车削技术

1 数控车床的特点及功能	101
1.1 分类与结构特点	101
1.2 主要先进功能	102
1.3 数控车床的档次	110
2 数控车床的主要加工对象及其批量问题	112
3 数控车床所用工艺装备的特点	114
3.1 对刀具的要求	114
3.2 对刀座(夹)的要求	114
4 对刀	115
4.1 一般对刀	115
4.2 用机外对刀仪对刀	116
4.3 ATC对刀	118
4.4 自动对刀	119
5 对零件图进行数学处理	125
5.1 选择原点、换算尺寸及对公差的处理	125
5.2 节点坐标值的计算	127
5.3 非圆曲线的逼近处理	129
6 制订工艺流程	135
6.1 确定工序和装夹方式	135

6.2 设计和选择工艺装备	136
6.3 选择刀具和确定走刀路线	136
6.4 选择刀片和决定切削用量	137
6.5 假想刀尖点位置的计算	140
7 程序编制	142
7.1 不使用G41/G42的程序编制	142
7.2 使用G41/G42及固定线速度切削功能的程序	147
8 难加工材料的车削	151
8.1 难加工材料的基本概念	151
8.2 难加工材料的数控车削	152

第6章 数控铣削技术

1 数控铣床简介	157
1.1 数控铣床的分类	157
1.2 数控铣床的结构特征	159
1.3 数控铣床的主要功能	160
2 数控铣床的主要加工对象	161
2.1 平面类零件	161
2.2 变斜角类零件	162
2.3 曲面类(立体类)零件	163

3 数控铣削用的工艺装备	163	3.4 手写程序单	293
3.1 夹具	163	3.5 程序输入与检查	294
3.2 刀具	165	3.6 试切削前的其他准备工作	295
4 数控铣削的工艺性分析要点	170	3.7 加工零件的试切削	295
4.1 选择并确定数控铣削加工部位及 工序内容	170	4 编程实例	296
4.2 零件图的工艺性分析	170	4.1 设备选型	296
4.3 零件毛坯的工艺性分析	172	4.2 分析零件图,明确加工部位	296
5 图形的数学处理	173	4.3 选定夹具并确定工件坐标系及对刀点	296
5.1 几种特殊情况下的直线轮廓图形 处理方法	173	4.4 确定加工顺序,选定刀具	297
5.2 数学方程描述的非圆曲线的数学处理	177	4.5 确定走刀路线	297
5.3 列表曲线的数学处理	181	4.6 确定切削用量	299
5.4 曲面的数学处理	209	4.7 所用设备的数控系统简介	299
5.5 三坐标铣床行切加工斜剖面时有关 问题的处理	213	4.8 手写程序单	305
6 程序编制	217	5 用户宏程序在钻削中心上的应用	307
6.1 手工编程的过程	218	5.1 装有 FANUC-3M 系统的钻削中心 加工多孔零件	308
6.2 编制数控铣削程序时应注意的问题	219	5.2 装有 FANUC-3M 系统的钻削中心 加工环形点阵孔群零件	309
6.3 程序校验	221	5.3 装有西班牙 FAGOR8025 系统的 钻削中心加工环形点阵孔群零件	310
7 典型零件的数控铣削工艺分析及程序 编制步骤	222		
7.1 实例一:支架零件的数控铣削	222		
7.2 实例二:柱形凸轮零件的数控铣削	240		
7.3 实例三:平面凸轮零件的数控铣削	250		
附录一 牛顿插值子程序	267		
附录二 圆弧样条拟合列表曲线的子程序	269		
附录三 双圆弧样条拟合列表曲线的子程序	272		

第7章 数控钻削技术

1 数控钻床简介	278
1.1 数控钻床的类型	278
1.2 数控钻床的结构特点及控制系统	280
1.3 数控钻床的选型	280
2 钻削中心的加工功能及主要加工对象	281
2.1 钻削中心的加工功能	281
2.2 钻削中心的主要加工对象	281
3 程序编制	283
3.1 编程前的准备工作	283
3.2 编程中的工艺处理	283
3.3 编程中的数学处理	293

第8章 加工中心切削技术

1 加工中心简介	312
1.1 加工中心的分类与结构特点	312
1.2 加工中心的精度与控制系统	314
1.3 加工中心功能介绍	315
1.4 加工中心的辅具及辅助设备	317
2 加工中心的主要加工对象	324
2.1 箱体类零件	324
2.2 复杂曲面	325
2.3 异形件	327
2.4 盘、套、板类零件	328
2.5 特殊加工	328
2.6 推荐采用加工中心加工的主要内容和 不宜在加工中心上加工的内容	328
3 加工中心切削工艺方案制定	329
3.1 制定工艺方案前的零件工艺可行性 分析	329
3.2 常规工艺方案与加工中心工艺方案	332
3.3 加工中心的规格及类型选择	336
3.4 零件的工艺设计	339
3.5 加工中心工步设计原则	341

3.6	在加工中心上加工升降台铣床的关键零件 ——升降台体	342
3.7	加工余量的确定	347
3.8	影响加工精度的因素	350
4	工件的定位与装夹	352
4.1	加工中心加工定位基准的选择	352
4.2	确定零件夹具	353
4.3	加工中心夹具设计及组装时应注意的 问题	355
4.4	零件的夹紧与安装	356
4.5	确定零件在机床工作台上的最佳 位置	356
5	加工中心刀具的选择与应用技术	357
5.1	加工中心用刀具的基本要求	357
5.2	孔加工方法与刀具选择	358
5.3	面加工技术及刀具选择	365
5.4	切削用量的确定	369
5.5	加工中心刀具长度的确定	370
6	编程零点的选择及工件坐标系的建立	371
6.1	加工中心的坐标系统	371
6.2	编程零点与工件坐标系	372
6.3	用 G92 设定的工件坐标系与工件偏 置坐标系	373
6.4	工件坐标系的测量	375
6.5	确定卧式加工中心多工件坐标系坐标 值的计算法	376
7	加工中心程序设计	380
7.1	机床坐标系和工件坐标系	380
7.2	手工编程对工件图的数学处理	384
7.3	程序中的代码功能	386
7.4	加工中心几种基本程序的编制	387
8	加工中心应用实例	393
8.1	异形件在加工中心上的加工	393
8.2	箱体类零件在加工中心上的加工	400
8.3	轴套类零件在加工中心上的加工	403
8.4	板类零件在加工中心上的加工	407
9	用户宏程序在加工中心上的应用实例	410
9.1	点阵孔群类别及参数	410
9.2	框图	410
9.3	相似点阵孔群应用实例	415
9.4	用户宏程序综合应用实例	417
10	加工中心应用技术	421
10.1	设备管理及使用要求	422

10.2	使用人员的素质与要求	423
10.3	生产流程	424
10.4	加工中心机床加工零件的技术测量	424
10.5	最大限度地缩短加工准备时间,提高加 工柔性和机床利用率,采取减少停工期 的措施	426
10.6	加工中心操作规程	427

第 9 章 数控磨削技术

1	数控外圆磨削技术	429
1.1	数控外圆磨削的特点	429
1.2	数控外圆磨削方式	429
1.3	数控磨削加工工艺参数	432
1.4	变量在程序中的应用	435
1.5	典型零件的加工实例	436
1.6	应用中要注意的问题	440
2	数控坐标磨削技术	441
2.1	数控坐标磨床的结构特征	441
2.2	基本加工方法	442
2.3	机床附件和通用夹具	445
2.4	砂轮	445
2.5	工序准备和工艺参数	446
2.6	加工实例	446
3	数控强力磨削技术	449
3.1	强力磨床的结构特点	449
3.2	成形方法	450
3.3	强力磨削的编程	451
3.4	磨削	453
4	数控立式磨削技术	454
4.1	数控立式磨床简介	454
4.2	数控立式磨削的工艺特点	456
4.3	数控立式磨削的程序编制	456
4.4	数控立式磨削用特殊刀盘加工实例	461

第 10 章 数控齿轮加工技术

1	概述	467
2	数控插齿技术	467
2.1	数控插齿机简介	467
2.2	主要加工对象	471
2.3	工夹具	472
2.4	对图形进行数学处理	474
2.5	程序编制	481

2.6 加工时的对刀	484	3.3 轴坐标值的调定	495
2.7 应用实例	484	3.4 滚削人字齿轮	500
3 数控滚齿技术	489	3.5 程序编制	501
3.1 数控滚齿机简介	489	3.6 精切前的准备	506
3.2 工艺控制	492		

数控特种加工技术

第 11 章 数控电火花线切割技术

1 数控电火花线切割加工	507
1.1 数控电火花线切割加工原理	507
1.2 数控电火花线切割加工的发展简况	507
1.3 数控电火花线切割加工机床的分类	508
1.4 数控电火花线切割加工的应用范围	509
2 数控电火花线切割加工机床的基本组成	511
2.1 数控电火花线切割机床的机械装置	511
2.2 工作液	512
2.3 脉冲电源装置	513
3 数控电火花线切割工艺特点	514
3.1 数控电火花线切割加工的切割速度及其 主要影响因素	514
3.2 数控电火花线切割加工的加工精度及其 主要影响因素	522
3.3 数控电火花线切割加工表面形状及其 主要影响因素	529
3.4 线电极损耗及其影响因素	531
4 数控电火花线切割技术	532
4.1 加工准备	532
4.2 加工条件的选择	538
4.3 提高加工精度的措施	541

第 12 章 数控电火花成形加工技术

1 数控电火花成形加工原理与特点	545
1.1 数控电火花成形加工原理	545
1.2 加工特点	546
1.3 数控电火花成形加工的局限性	546
2 数控电火花成形加工的应用范围	546
3 数控电火花成形机床的主要组成	547
4 电火花成形加工的一般工艺规律	549
4.1 过程参数和主要工艺指标	549
4.2 极性效应	552

4.3 影响加工速度的主要因素	552
4.4 影响表面质量的主要因素	553
4.5 影响加工精度的主要因素	554
5 电极	555
5.1 电极材料及其加工性能	555
5.2 电极设计要点	555
5.3 电极夹头	556
6 数控电火花成形加工工艺过程及举例	557
6.1 电加工工艺参数的选定	557
6.2 预加工	557
6.3 加工方式选定	558
6.4 加工实例	559

第 13 章 数控激光加工技术

1 激光加工简介	563
1.1 激光产生的原理及特点	563
1.2 激光加工工艺及特点	564
2 数控激光加工机简介	565
2.1 分类及结构特点	565
2.2 控制系统	566
2.3 对激光加工机的要求	566
3 对图形进行数学处理	567
3.1 焦点光斑大小及切缝宽度的计算	567
3.2 公差的处理、原点的选择及尺寸变换	567
3.3 数字化仿形编程	569
4 激光加工工艺参数的选择	570
4.1 速率的变化对激光加工质量的影响	570
4.2 激光热处理工艺参数的选择	571
4.3 激光焊接工艺参数的选择	572
4.4 激光切割工艺参数的选择	573
4.5 激光切割应用的一些特殊方法	574
5 程序的编制	575
5.1 编程前的准备工作	575
5.2 手工编程	577

5.3 程序检验	578
5.4 编制激光加工程序实用技巧	578
6 用户宏程序在激光加工中的应用	579
7 典型零件的激光加工程序编制实例	580

第 14 章 数控等离子弧切割技术

1 概述	585
2 等离子弧切割方法及其选择	586
3 等离子弧切割机数控系统特点和切割机的辅助装置	589
3.1 数控系统	589
3.2 切割机的辅助装置	590
4 数控等离子切割机及其复合加工机的选择	591
4.1 数控等离子切割机选择	591
4.2 数控等离子复合加工机的选择	591
5 等离子弧切割规范	591
6 等离子切割面形状及其质量评定	593
7 等离子弧切割举例	594

第 15 章 数控火焰切割技术

1 钢的火焰切割	597
----------------	-----

1.1 钢的热切割	597
1.2 钢的火焰切割	598
2 数控火焰切割机的选择	600
2.1 数控切割机的生产能力	601
2.2 数控切割机的规格和基本功能的选择	601
3 数控火焰切割工艺	603
3.1 影响钢板火焰切割质量的三个基本要素:气体,切割速度,割嘴高度	603
3.2 切割引线	605
3.3 割缝补偿	606
3.4 工件的特殊切割法	607
3.5 热变形的控制	607
3.6 坡口的切割	610
3.7 特厚钢板的穿孔工艺	612
3.8 钢板表面预处理对切割质量的影响	612
3.9 高碳钢板的切割	612
3.10 数控火焰切割质量缺陷与原因分析	613
4 数控火焰切割机保养操作规程	618

数控板材加工技术

第 16 章 数控冲压技术

1 概述	619
2 数控压力机的基本结构特点	620
3 模座及模具的选择	620
3.1 模座及模具规格	621
3.2 模具间隙	621
3.3 冲孔力的计算	621
4 加工举例	622

第 17 章 数控直角剪板技术

1 数控直角剪板机的选用	627
1.1 加工力的确定	627
1.2 刀片间隙的确定	628
2 数控直角剪板机的调整	628
3 加工举例	629
3.1 运行方式种类	629

3.2 加工举例	630
----------------	-----

第 18 章 数控板料折弯技术

1 板料折弯方法	632
1.1 自由折弯	632
1.2 校正折弯	632
1.3 三点折弯	633
2 数控板料折弯机的选择	634
3 模具	634
3.1 通用模具	634
3.2 三点板料折弯机的模具	635
4 折弯精度	638
4.1 影响折弯精度的因素	638
4.2 提高折弯精度的措施	638
5 折弯工艺力的确定	639
5.1 自由折弯和校正折弯工艺力	639
5.2 三点折弯工艺力	640

自动编程

第 19 章 自动编程的基本概念及知识

1 自动编程的特点——与手工编程的比较	643
1.1 数学处理的比较	643
1.2 加工程序单的比较	643
1.3 纸带穿孔方式的比较	644
1.4 程序校验的比较	644
1.5 综合比较	645
2 自动编程相关的术语	645
2.1 计算机硬件方面的术语	645
2.2 计算机软件方面的术语	647
3 实现自动编程的决策须知	647
3.1 手工编程或自动编程的方案选择	648
3.2 统筹性问题	648
3.3 自动编程档次的选择	648
4 自动编程的分类	649
4.1 按计算机硬件的种类规格分类	649
4.2 按计算机联网的方式分类	652
4.3 按编程信息的输入方式分类	652
4.4 按加工中采用的机床坐标数及联动性分类	653
4.5 按语言性质分类	654

第 20 章 APT 自动编程语言

1 APT 的发展简史	655
2 APT 的基本语法	656
2.1 从 APT 的零件编程一例看其特点	656
2.2 APT 语言的基本语法	659
3 APT 的几何定义语句	663
3.1 点(POINT)的定义	663
3.2 直线(LINE)的定义	664
3.3 圆(CIRCLE)的定义	666
3.4 平面(PLANE)的定义	669
3.5 点群(PATERN)的定义	669
3.6 列表曲线(TABCYL)的定义	671
3.7 变换矩阵(MATRIX)的定义	671
4 APT 的刀具运动语句	673
4.1 点位控制语句	673

4.2 轮廓控制语句	674
5 APT 的特殊语句	682
5.1 坐标系变换语句(REFSYS)	682
5.2 循环语句(LOOP)	683
5.3 宏指令语句(MACRO)	684
5.4 刀具变换语句(TRACRT)	686
5.5 复制语句(COPY)	687
6 铣槽功能(POCKET)	688
7 APT 的后置处理程序	691
8 APT 编程举例	693

第 21 章 图形交互自动编程

1 概述	697
2 图形交互自动编程的基本步骤	697
2.1 零件图及加工工艺分析	697
2.2 几何造型	698
2.3 刀位轨迹的生成	700
2.4 后置处理	701
2.5 程序输出	702
3 图形交互自动编程的特点	702
4 通用二维图形交互自动编程系统介绍	702
4.1 系统运行的硬件设备和软件环境	703
4.2 系统功能	703
4.3 系统的特点	703
4.4 使用操作方法	704
4.5 交互编程的步骤	704
4.6 三个代表性编程实例	705
5 三维(3D)曲面的处理	711
5.1 三维几何造型	711
5.2 三维几何造型变换	719
5.3 三维刀具路径计算	720
5.4 曲面相交处理	730
5.5 刀具路径的修整	732
5.6 刀具路径的变换	738

第 22 章 国内外自动编程软件产品的一些特点

1 用于大、中型计算机的自动编程软件	746
--------------------	-----

1.1 APT4—SSX7	746	2 整体叶轮叶型加工的数学处理	767
1.2 CATIA	747	3 五坐标后置处理程序中的坐标转换	769
2 用于微机的自动编程软件	750	3.1 设定工件坐标系	769
2.1 HFAPT2	750	3.2 转为左手工件坐标系	769
2.2 MAPT	750	3.3 旋转C坐标	769
2.3 HZAPT- I	752	3.4 设定机床中心坐标系	770
2.4 NC3AP-M	752	3.5 旋转B坐标	770
2.5 CAMNCS	759	3.6 设立机床零点坐标系	771
2.6 Master CAM	761	4 加工程序进给速度指令的数值计算	772
3 用于工作站的自动编程软件	761		

第 23 章 复杂曲面的五坐标自动编程

1 五坐标程序的基本特点	766
--------------------	-----

柔性制造及计算机集成制造系统简介

第 24 章 柔性制造单元及柔性制造系统

1 柔性制造单元	773
1.1 柔性制造单元的简述	773
1.2 柔性制造单元的应用和发展	774
2 柔性制造系统	775
2.1 柔性制造系统的组成和功能	775
2.2 柔性制造系统的控制和运行	780
2.3 柔性制造系统的规划和设计	785
2.4 柔性制造系统的评价指标	788
3 柔性制造系统实例简介	789
3.1 金属切削加工柔性制造系统 FFS-1500-2 简介	791
3.2 板材加工柔性制造系统简介	792

第 25 章 计算机集成制造系统(CIMS)

1 概述	806
------------	-----

1.1 机械制造技术改造的总趋势	806
1.2 产生计算机集成制造系统的技术 准备	807
1.3 计算机集成制造系统的提出和发展	808
2 计算机集成制造系统的概念和构成	808
2.1 计算机集成制造系统的概念	808
2.2 计算机集成制造系统的构成	808
2.3 我国 CIMS 实验工程构成实例	809
3 计算机集成制造系统的效益及应用对象	809
4 我国对计算机集成制造系统的发展战略	813
5 国外计算机集成制造系统开发应用实例	813
5.1 日本富士通公司	813
5.2 美国通用汽车公司与通用电气公司	813

数控加工基础

第1章 数控加工基础

在本书讨论各种数控加工工艺之前,有必要先把什么是“数字控制”(数控)、“数控机床”搞清楚。

数控(Numerical Control, 简称 NC),国家标准(GB8129—87)定义为:“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”。定义中的“机床”,不仅指为金属切削机床,还包括其它各类机床,如线切割机床等。

数控机床(Numerical control machine tools)是技术密集度及自动化程度很高的机电一体化加工装备。它是按国际或国家甚至生产厂家规定的数字和文字编码方式,把各种机械位移量、运转参数、辅助功能(如刀具变换、切削液自动供停等)用数字、文字符号表示出来,通过能识别并处理这些符号的微电子系统变成电的信号,继而利用相关的电气元件把电能转换成机械能,实现我们要求的机械动作,从而完成加工任务。上面提到的微电子系统,通常称为数字控制系统(Numerical control system),习惯称作数控系统。在初步理解了数控机床这些特点以后,可以简单地认为,数控机床是用数控系统装备起来的“工作母机”、工艺技术装备。

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。它是人们大量数控加工实践的经验总结。

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,否则,再好的设备也难以发挥其所长。大量应用实践表明,数控机床的使用效果很大程度上取决于用户在数控加工中技术水平的高低。随着我国数控机床用户的不断增加,应用范围的不断扩大,普及与提高数控加工技术,已成为推动我国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很广,也比较复杂,为使读者从一开始就能较全面地了解数控加工的概况,本章将首先对数控加工的特点、适应性、工艺设计内容及数控机床等作如下简介。

1 数控加工的定义及特点

1.1 定义

所谓数控加工工艺,就是用数控机床加工零件的一种工艺方法。

1.2 数控加工的主要内容

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。以机械加工为例,用通用机床加工零件时,就某道工序而言,其工步的安排,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,都是由操作工人自行考虑和确定的,且是用手工操作方式来进行控制的。如果采用自动车床、仿型车床或仿型铣床加工,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。在数控机床加工前,我们要把原先在通用机床上加工时需要操作工人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排程序,记录在控制介质上(目前常用的程序介质有纸带、磁带和磁盘),它们是实现人与机器联系起来的媒介物。加工时,控制介质上的数码信息输入数控机床的控制系统后,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—机床的伺服机构发送脉冲信号,伺服机构对脉冲信号进行转换与放大处理,然后由传动机构驱动机床按所编程序进行运动,就可以自动加工出我们所要求的零件形状。不难看出,实现数控加工的关键在编程。但光有编程还不行,数控加工还包括编程前必须要做的一系列准备工作及编程后的善后处理工作。一般来说,数控加工主要包括以下几个方面的内容:

- ①选择并确定进行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对零件图形的数学处理;
- 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按程序单制作控制介质;
- 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。

1.3 数控加工的特点

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,在使用方法上也大致相同。但由于数控机床本身自动化程度较高,设备费用也高,使数控加工相应形成了下列两个特点:

(1)数控加工的内容十分具体 我们知道,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和决定的,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工艺问题,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)数控加工的工艺工作相当严密 数控机床虽然自动化程度较高,但自适性差。它不能象通用机床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,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,数控机床在攻制螺纹时,它就不知道孔中是否已挤满了切屑,是否需要退一下刀,或先清理一下切屑再干。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。因为数控机床比同类的通用机床价格高得多,在它上面加工的也都是些形状比较复杂,价值也较高的零件,万一损坏机床或零件都会造成较大损失。在实际工作中,由于一个小数点或一个逗号的差错而酿成重大机床事故和质量事故的例子也

原书缺页

轴化、自动交换工作台与柔性加工单元等等),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。即占机械加工的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,即使可以作局部调整,其可调范围也不大。

(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。

2.3 数控加工的适应性

这里所指的适应性是广义的,不讨论某个具体机床适应加工什么零件。

根据数控加工的优缺点及国内外大量应用实践,一般可按适应程度将零件分为下列三类:

(1)最适应类

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产品质量的零件;

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型零件;

④必须在一次装夹中合并完成铣、镗、铰、钻或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,而首先应考虑不能把它们加工出来,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大致有下列几种:

①在通用机床上加工时极易受人为因素(如:情绪波动、体力强弱、技术水平高低等)干扰,零件价值又高,一旦质量失控便造成重大经济损失的零件;

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要作长时间调整的零件;

⑤用通用机床加工时,生产率很低或体力劳动强度很大的零件。

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作全面衡量,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提示,下列各种零件一般不太适合数控加工。

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;

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,在生产效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。

参考上述数控加工的适应性,我们就可以根据本单位拥有的数控机床来选择加工对象,或根据零件类型来考虑哪些应该先安排数控加工,或从技术改造角度考虑,是否要投资添置数控机床。