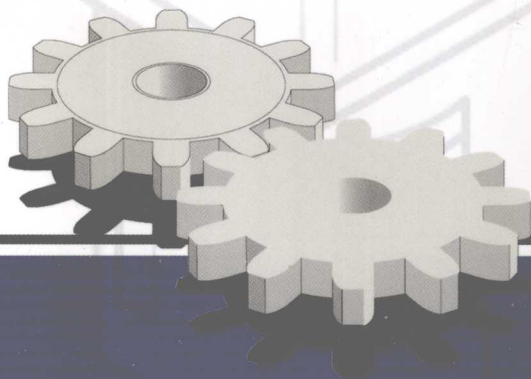


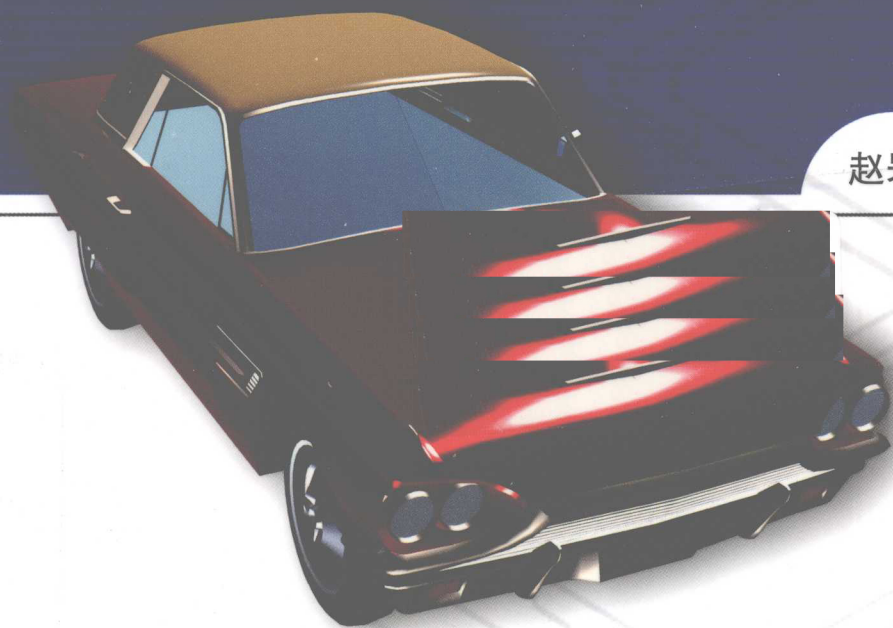
21世纪高等学校基础工业

CAD / CAM规划教材



SolidCAM 中文版

计算机辅助加工教程



赵果 龚堰珏 卢顺杰 编著



清华大学出版社

内容简介

21 世纪高等学校基础工业 CAD/CAM 规划教材

SolidCAM 中文版计算机 辅助加工教程

赵 采 龚堰珏 卢顺杰 编著

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

SolidCAM 是一套基于 SolidWorks 开发的计算机辅助加工软件,该软件秉承 SolidWorks 的风格,具有功能强大、易学、易用等特点。

本书针对 SolidCAM 中文版系统介绍了软件使用基础、2.5 轴铣削、3 轴铣削、车削加工以及线切割加工的具体解决方案,并重点介绍了 SolidCAM 中高速铣削模块 SolidCAM HSM 的相关知识 with 加工实例。具体写作上,首先介绍相关加工的基础知识,然后利用几个有代表性的范例使读者了解详细的操作步骤,操作步骤翔实可行、图文并茂,引领读者一步一步完成模型的加工,使读者快速掌握并深入理解 SolidCAM 软件的一些抽象概念和功能。

本书可作为广大工程技术人员 SolidCAM 自学教程和参考书籍,也可作为大专院校计算机辅助制造课程的指导教材。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

SolidCAM 中文版计算机辅助加工教程/赵果,龚堰珏,卢顺杰编著. —北京:清华大学出版社,2010.6

(21 世纪高等学校基础工业 CAD/CAM 规划教材)

ISBN 978-7-302-22226-2

I. S… II. ①赵… ②龚… ③卢… III. ①模具—计算机辅助设计—应用软件, SolidCAM—教材 ②模具—计算机辅助制造—应用软件, SolidCAM—教材 IV. ①TG76—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 043481 号

责任编辑:魏江江 薛 阳

责任校对:白 蕾

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印 装 者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:21.25 字 数:514 千字

版 次:2010 年 6 月第 1 版 印 次:2010 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:35.00 元

产品编号:035586-01

前 言

SolidCAM 是一套可内置于 SolidWorks 的先进计算机辅助制造工具,是当前最优秀的三维 CAM 软件之一。通过和 SolidWorks 风格统一的窗口集成在一起,所有的操作都可以在 SolidWorks 装配环境下进行定义、计算和验证。所有的 2D 和 3D 几何都完全关联于 SolidWorks 设计模型,一旦设计模型发生改变,所有 CAM 操作都可以自动进行更新。在同一 CAM 零件中可以使用多个 SolidWorks 配置提供多个独立的装配或者毛坯加工的不同步骤。

20 多年来,全球几千家用户通过使用 SolidCAM 获得了高效创新的 CAM 解决方案。SolidCAM 的亮点就是简单易用、功能强大、定制化后置处理产生的代码能立即用于不同机床。SolidCAM 在机械、电子、消费品、医疗、机床设计、汽车、航空航天、工模具和快速原型等领域得到广泛的应用。与此同时,SolidWorks+SolidCAM 也是具有捆绑价格优势的集成 CAD/CAM 解决方案。

本书采用通俗易懂的经典实例操作讲解的方法介绍 SolidCAM 的基本内容和操作步骤。主要内容包括如下两大部分。

第一篇 SolidCAM 基础加工篇:包括 SolidCAM 概述、安装方法、界面介绍等基础知识,以及 2.5 轴铣削、3 轴铣削、车削加工和线切割加工的基础知识与实例讲解。

第二篇 SolidCAM HSM(高速铣削)篇:包括 HSM 基础知识、加工策略、几何定义、刀具定义、边界定义、路径参数和连接参数的定义方法,以及两个具体的 SolidCAM HSM 加工实例讲解。

参与本书编著工作的有赵果、龚堰珏、卢顺杰、耿海彬、王新兵、张朝安、武华凯、张伏毅、卢永剑、周容克、张青华、黄为民、王平、张梦霞、刘良宝、陶春生、郑玉彬、李家田、郭新愿、薛宝华、杨晓晋、刘晔辉同志,由赵果、龚堰珏、卢顺杰担任主编。

本书适用于 SolidCAM 的初中级用户,可以作为理工科高等院校相关专业的教材或 CAM 专业课程实训教材、技术培训教材,还可以作为工业、企业的产品开发或技术部门人员的参考用书。

在软件汉化过程中,中文版界面上会出现少量翻译错误或不合专业习惯的文字。本书在这些翻译第一次出现时,会将英文以及对应的正确术语进行标注。为方便读者学习使用中文界面软件,本书后文中保留软件界面中的中文显示,但实际意义默认第一次标注。

由于作者水平有限,错误之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。E-mail: zhaoffu@163.com。

赵 果

2010 年 3 月

目 录

第 1 章 数控技术及 SolidCAM 基础	1
1.1 数控技术基础	1
1.1.1 数控技术的基本概念	1
1.1.2 数控系统的组成	2
1.1.3 数控机床的分类	2
1.1.4 数控机床的特点	4
1.1.5 CAD/CAM 一体化	6
1.1.6 优秀的 CAD/CAM 一体化解决方案: SolidWorks+SolidCAM	11
1.2 SolidCAM 安装基础	12
1.2.1 安装的系统要求	12
1.2.2 支持的 CAD 系统	12
1.2.3 SolidCAM 单机版安装	13
1.3 SolidCAM 基本概念	15
第 2 章 铣削加工	20
2.1 基本概念	20
2.1.1 铣削的特点	20
2.1.2 铣削的方式	20
2.2 2.5 轴加工实例	21
2.2.1 加载 SolidWorks 零件模型	21
2.2.2 启动 SolidCAM	22
2.2.3 定义坐标系	23
2.2.4 定义切削位置	24
2.2.5 定义毛坯和目标模型	24
2.2.6 增加轮廓加工工艺	25
2.2.7 增加型腔加工工艺	42
2.2.8 零件模拟	49
2.2.9 更新模型	50
2.2.10 更新 CAM 数据	51
2.2.11 产生 G 代码	51
2.3 3 轴加工实例	52
2.3.1 加载 SolidWorks 零件模型	52

2.3.2	启动 SolidCAM	53
2.3.3	定义新零件	53
2.3.4	定义坐标系(加工原点设定)	54
2.3.5	定义切削位置	55
2.3.6	定义毛坯和目标模型	55
2.3.7	3D 粗加工工艺	57
2.3.8	增加精加工工艺	63
2.3.9	更新模型	67
2.3.10	更新 CAM 数据并仿真加工	67
2.4	3D 型腔加工实例	68
2.4.1	加载 SolidWorks 零件模型	68
2.4.2	启动 SolidCAM	68
2.4.3	定义新零件	69
2.4.4	定义坐标系	69
2.4.5	定义切削位置	70
2.4.6	定义毛坯和目标模型	70
2.4.7	3D 粗加工	71
2.4.8	增加精加工程序	78
2.5	其他加工知识要点	81
2.5.1	T-开槽加工	81
2.5.2	平面加工	83
2.5.3	型腔识别功能	86
2.5.4	钻孔识别功能	89
第 3 章	车削加工	92
3.1	基本概念	92
3.1.1	车削的工艺特点	92
3.1.2	车床的分类	92
3.2	车削加工实例	93
3.2.1	加载 SolidWorks 零件	93
3.2.2	启动 SolidCAM	94
3.2.3	定义 CAM 新零件	94
3.2.4	定义坐标系	94
3.2.5	定义素材形状	95
3.2.6	定义主轴	97
3.2.7	定义加工形状	98
3.2.8	定义工件刀具表	99
3.2.9	钻中心孔	101
3.2.10	端面材料去除	106

3.2.11	外径材料去除	111
3.2.12	内径材料去除	114
3.2.13	车螺纹	119
3.2.14	精加工外圆表面	123
3.2.15	切断工件	127
3.2.16	产生 G 代码	131
第 4 章	线切割加工实例	133
4.1	基本概念	133
4.1.1	线切割机的分类	133
4.1.2	线切割所需的工作环境	134
4.2	SolidCAM 线切割轮廓加工实例	134
4.2.1	打开 SolidWorks 零件	134
4.2.2	启动 SolidCAM	136
4.2.3	定义新的线切割工件	136
4.2.4	定义坐标系	136
4.2.5	定义线切割平面位置	137
4.2.6	定义 CNC 控制器	137
4.2.7	定义毛坯	137
4.2.8	新增轮廓加工工艺	139
4.2.9	定义切割图形	139
4.2.10	定义切入和切出方式	141
4.2.11	定义加工方式	141
4.2.12	模拟线切割轮廓加工工程	142
4.3	流道加工实例	143
4.3.1	打开 SolidWorks 零件	143
4.3.2	启动 SolidCAM	144
4.3.3	定义新 CAM-Part	145
4.3.4	定义坐标系	145
4.3.5	定义线切割平面位置	145
4.3.6	定义 CNC 控制器	146
4.3.7	定义毛坯	146
4.3.8	新增轮廓加工	147
4.3.9	定义切割图形	148
4.3.10	定义切入和切出方式	149
4.3.11	定义加工方式	149
4.3.12	模拟线切割轮廓加工工程	150
4.4	上下异形加工实例	152
4.4.1	打开 SolidWorks 零件	152

4.4.2	启动 SolidCAM	152
4.4.3	定义新 CAM-Part	152
4.4.4	定义坐标系	153
4.4.5	定义线切割平面位置	153
4.4.6	定义 CNC 控制器	154
4.4.7	定义毛坯	154
4.4.8	新增上下异形加工	155
4.4.9	定义切割图形	155
4.4.10	定义切入和切出方式	157
4.4.11	定义加工方式	157
4.4.12	模拟上下异形加工工程	158
4.5	线切割锥度加工	160
4.5.1	打开 SolidWorks 零件	160
4.5.2	启动 SolidCAM	160
4.5.3	定义新 CAM-Part	160
4.5.4	定义坐标系	160
4.5.5	定义线切割平面位置	161
4.5.6	定义 CNC 控制器	162
4.5.7	定义毛坯	162
4.5.8	新增锥度加工工艺	163
4.5.9	定义切割图形	164
4.5.10	定义切入和切出方式	164
4.5.11	定义加工方式	164
4.5.12	模拟线切割轮廓加工工程	165
第 5 章	SolidCAM HSM 基础	168
5.1	启动 HSM 操作	168
5.2	SolidCAM HSM 操作界面	169
5.3	参数和数值	170
第 6 章	SolidCAM HSM 加工策略	172
6.1	高速加工轮廓粗加工	173
6.2	高速加工平行线粗加工	174
6.3	高速加工残余材料粗加工	174
6.4	高速加工相等的 Z 加工	175
6.5	高速加工螺旋加工(Helical machining)	175
6.6	高速加工水平加工	176
6.7	高速加工直线加工	176
6.8	高速加工射线加工	177

6.9	高速加工螺旋加工(Spiral machining)	177
6.10	高速加工变体加工	177
6.11	高速加工等距加工	178
6.12	高速加工边界加工	178
6.13	高速加工残余材料加工	178
6.14	高速加工 3D 相等宽度加工	179
6.15	高速加工清角加工	179
6.16	高速加工平行清角加工	179
6.17	高速加工 3D 拐角平移加工	180
6.18	组合加工	180
第 7 章	SolidCAM HSM 几何定义	181
7.1	定义坐标系	181
7.2	定义几何模型	182
第 8 章	SolidCAM HSM 刀具定义	186
8.1	选择刀具	186
8.2	刀夹缝隙	188
8.3	转速与进给速度定义	188
第 9 章	SolidCAM HSM 边界定义	189
9.1	介绍	189
9.1.1	驱动边界	189
9.1.2	限制边界	192
9.2	边界定义	193
9.3	自动建立边界	196
9.3.1	自动建立 2D 零件图档边界框	196
9.3.2	自动建立毛坯边界框	196
9.3.3	自动建立轮廓	197
9.3.4	自动建立外边边界	197
9.4	手动建立 2D 边界	197
9.4.1	边界框	197
9.4.2	轮廓边	199
9.4.3	用户定义的边界	200
9.4.4	组合边界	200
9.5	3D 边界的定义	202
9.5.1	下陷	202
9.5.2	选择面	203
9.5.3	理论的残余材料区	204

9.5.4	刀具接触区	205
9.5.5	残余材料区	207
第 10 章 SolidCAM HSM 路径参数		208
10.1	【路径】选项卡	208
10.1.1	层厚	209
10.1.2	轴方向的层厚	211
10.1.3	许可误差	211
10.1.4	下切层深	211
10.1.5	宽度	211
10.1.6	路径延伸	212
10.1.7	偏移	212
10.1.8	限制	213
10.1.9	点数减少	214
10.2	【光滑】选项卡	214
10.2.1	最大半径	215
10.2.2	轮廓误差	215
10.2.3	偏移误差	215
10.3	【调节下切层深】选项卡	215
10.4	【编辑路径】选项卡	217
10.5	【轴方向的偏移】选项卡	219
10.6	【分析】选项卡	220
10.7	特殊路径参数选项说明	220
10.7.1	轮廓粗加工	221
10.7.2	平行线粗加工	221
10.7.3	残余材料粗加工	222
10.7.4	直线加工	223
10.7.5	螺旋加工(Helical machining)	225
10.7.6	射线加工	226
10.7.7	螺旋加工(Spiral machining)	228
10.7.8	变体加工	229
10.7.9	残余材料加工	230
10.7.10	3D 相等宽度加工	233
10.7.11	清角加工	234
10.7.12	平行清角加工	235
10.7.13	3D 拐角平移加工	236
10.7.14	组合加工策略	238
10.8	计算速度	243

第 11 章 SolidCAM HSM 连接	245
11.1 【数据】选项卡	246
11.1.1 方向	246
11.1.2 路径顺序	250
11.1.3 退回	252
11.1.4 开始点	253
11.1.5 使相反的链最小	253
11.1.6 使全宽切削最小	253
11.1.7 根据 Z 连接	254
11.1.8 根据每批连接	255
11.1.9 最小的轮廓直径	256
11.1.10 重新计算	256
11.1.11 安全	257
11.2 【坡】选项卡	258
11.3 【方式】选项卡	261
11.3.1 停留在曲面的位置	261
11.3.2 顺着曲面	262
11.3.3 连接半径	264
11.3.4 连接高速移动	265
11.3.5 水平连接高速移动	266
11.4 【退回】选项卡	266
11.4.1 类别	267
11.4.2 快速移动	268
11.4.3 光滑	269
11.4.4 转弯	269
11.4.5 配套加工	269
11.5 【引线】选项卡	270
11.5.1 转变	270
11.5.2 剪裁	271
11.5.3 垂直引线	272
11.5.4 水平引线	272
11.5.5 延伸	273
11.6 【向下/上铣】选项卡	274
11.7 【重计算】选项卡	275
第 12 章 SolidCAM HSM 一些参数	277
12.1 备注	277
12.2 特别参数	278

第 13 章 SolidCAM HSM 练习实例	279
13.1 高速铣削粗加工实例	279
13.1.1 加载 SolidWorks 零件模型	279
13.1.2 启动 SolidCAM	280
13.1.3 定义坐标系	280
13.1.4 定义毛坯和目标模型	282
13.1.5 增加高速加工轮廓粗加工工序	283
13.2 高速铣削精加工实例	291
13.2.1 加载 SolidWorks 零件模型	292
13.2.2 启动 SolidCAM	292
13.2.3 定义坐标系	293
13.2.4 定义毛坯和目标模型	294
13.2.5 增加高速加工轮廓粗加工工序	296
13.2.6 增加高速加工残余材料粗加工工序(第一次)	300
13.2.7 增加高速加工 3D 相等宽度(等高)加工工序(第一次)	304
13.2.8 增加高速加工残余材料粗加工工序(第二次)	307
13.2.9 增加高速加工残余材料加工工序	310
13.2.10 增加高速加工拐角平移加工工序	314
13.2.11 增加高速加工直线加工工序	317
13.2.12 增加高速加工 3D 相等宽度(等高)加工工序(第二次)	321
13.2.13 增加高速加工平行清角加工工序	324
参考文献	328

第1章 数控技术及SolidCAM基础

1.1 数控技术基础

1.1.1 数控技术的基本概念

1. 数控技术、数控系统与数控机床

数控技术,简称数控(Numerical Control,NC),是利用数字化信息对机械运动及加工过程进行控制的一种方法。由于现代数控都采用了计算机进行控制,因此也可以称为计算机数控(Computerized Numerical Control,CNC)。

采用数控技术进行控制的机床,称为数控机床(NC机床)。它是一种综合应用了计算机技术、自动控制技术、精密测量技术和机床设计等先进技术的典型机电一体化产品,是现代制造技术的基础。机床控制也是数控技术应用最早、最广泛的领域,数控机床的水平代表了当前数控技术的水平和发展方向。

2. NC机床与程控机床

NC机床与程控机床是两种不同含义的机床,它们的控制要求和控制对象有本质的不同。一般来说,机床自动控制主要包括如下3方面内容。

(1) 机床动作顺序的程序控制。典型的有组合机床、自动生产线等的流程与工步控制。其主要控制要求是根据机床的动作顺序表(如电磁阀等执行元件的动作表),按规定的顺序通过执行元件的依次动作,完成机床的动作流程。

(2) 主电动机与辅助电动机的启动、停止、变速、冷却、润滑、排屑、自动换刀等辅助机能的控制。这些控制有的是实现机械加工所必需的,有的是机床特殊动作和功能方面的需要。它们可以通过继电器、接触器、变频器、调速器等进行控制。

对于只需要上述(1)、(2)两方面控制的加工设备,称为程序控制机床,简称程控机床。如组合机床、自动生产线等,可编程序控制器(programmable controller)是实现以上控制的最佳选择。

(3) 刀具(或坐标轴)移动轨迹控制。对刀具运动轨迹进行控制,是加工轮廓的必要条件,其中包括移动速度控制、移动位置控制、移动轨迹控制等几方面的基本要求,必须采用数控技术才能实现。

在数控机床上,通过数控系统的“插补”运算,实现坐标轴的联动功能。它不仅可以控制移动部件的起点与终点坐标,而且还能同时控制各运动部件每一时刻的速度和位移,以及各运动部件间的相互关系,从而可以将工件加工成需要的轮廓形状。这是数控机床与其他机床的本质区别,也是机床采用数控技术的根本原因。

1.1.2 数控系统的组成

数控系统是所有数控设备的核心。数控系统的主要控制对象是坐标轴的位移(包括移动速度、方向、位置等),其控制信息主要来源于数控加工或运动控制程序。因此,作为数控系统的基本组成应包括:程序的输入输出装置、数控装置、伺服驱动这3部分。

1. 输入输出装置

输入输出装置的作用是进行数控加工或运动控制程序,加工与控制数据、机床参数以及坐标轴位置、检测开关的状态等数据的输入输出。键盘和显示器是任何数控设备都必备的最基本的输入输出装置。作为外围设备,计算机是目前常用的输入输出装置之一。

2. 数控装置

数控装置是数控系统的核心。它由输入输出接口线路、控制器、运算器和存储器等部分组成。数控装置的作用是将输入装置输入的数据,通过内部的逻辑电路或控制软件进行编译、运算和处理,并输出各种信息和指令,以控制机床的各部分进行规定的动作。

在这些控制信息和指令中,最基本的是坐标轴的进给速度、进给方向和进给位移量指令,它经插补运算后生成,提供给伺服驱动,经驱动器放大,最终控制坐标轴的位移。它直接决定了刀具或坐标轴的移动轨迹。

此外,根据系统和设备的不同,例如:在数控机床上,还可能有主轴的转速、转向和启停指令,刀具的选择和交换指令,冷却、润滑装置的启停指令,工件的松开、夹紧指令,工作台的分度等辅助指令。在基本的数控系统中,它们是通过接口,以信号的形式提供外部辅助控制装置,由辅助控制装置对以上信号进行必要的编译和逻辑运算,放大后驱动相应的执行元件,带动机床机械部件、液压气动等辅助装置完成指令规定的动作。

3. 伺服驱动

伺服驱动通常由伺服放大器(又称驱动器、伺服单元)和执行机构等部分组成。在数控机床上,目前一般都采用交流伺服电动机作为执行机构。在先进的高速加工机床上,已经开始使用直线电动机。另外,在20世纪80年代以前生产的数控机床上,也有采用直流伺服电动机的情况。对于简易数控机床,步进电动机也可以作为执行元件。伺服放大器的形式取决于执行元件,它必须与驱动电动机配套使用。

以上是数控系统最基本的组成部分。随着数控技术的发展和机床性能水平的提高,对系统的功能要求也日益增强。为了满足不同机床的控制要求,保证数控系统的完整性和统一性,并方便用户使用,常用的较为先进的数控系统,一般都带有内部可编程控制器作为机床的辅助控制装置。此外,在金属切削机床上,主轴驱动装置也可以成为数控系统的一个部分。在闭环数控机床上,测量检测装置也是数控系统必不可少的。对于先进的数控系统,有时甚至采用计算机作为系统的人机界面和数据的管理、输入输出设备,从而使数控系统的功能更强,性能更完善。

1.1.3 数控机床的分类

数控机床的品种规格繁多,对数控机床的分类方法较多,但定义明确、分类较确切的一

般有下面几种分类方法。

1. 按加工工艺方法分类

1) 普通数控机床

普通数控机床是指加工用途、加工工艺相对单一的数控机床。按加工用途可以分数控车床、数控铣床、数控镗床、数控钻床、数控磨床、数控齿轮加工机床等。这些数控机床虽然加工工艺方法各异,控制方式也各不相同,但它们与传统的同类机床相比,具有精度一致性好、生产率和自动化程度高的共同特点。

除了金属切削数控机床以外,数控技术还大量用于压力机、冲床、弯管机、折弯机、电火花加工机床等。此外,非加工设备中也是数控技术应用的重要领域,如数控多坐标测量机、自动绘图机及工业机器人等都广泛采用了数控技术。

2) 加工中心

普通数控机床一般只能进行单一工艺的加工,如前所述,在普通数控机床增加自动换刀装置(ATC)可以成为加工中心。加工中心进一步提高了数控机床的自动化程度和生产效率。以铣、镗、钻加工中心为例,工件通过一次装夹,就可以完成大部分加工面的铣、镗、钻、扩、铰以及攻螺纹等多工序加工,因此特别适合法兰、箱体类零件的加工。

在实际工程使用中,习惯上将适用于铣、镗、钻类的加工中心,直接称为加工中心;将适合于车削类加工的加工中心,称为车削中心;只带有回转刀架的数控车床,由于加工用途、工艺相对单一,换刀装置比较简单,故仍称为数控车床。

2. 按伺服驱动的特点分类

1) 开环控制数控机床

无位置反馈装置的数控机床称为开环控制数控机床。使用步进电动机(包括电液脉冲马达)作为伺服执行元件,是其最明显的特点。在开环控制数控机床中,数控装置输出的脉冲,经过步进驱动器的环形分配器或脉冲分配软件的处理,并通过驱动电路进行功率放大,最终控制了步进电动机的角位移。步进电动机再经过减速装置(或直接连接)带动丝杠旋转,通过丝杠将角位移转换为移动部件的直线位移。因此,控制步进电动机的转角与转速,就可以直接控制移动部件的移动速度与位移量。

开环控制数控机床结构简单,制造成本较低,但是,由于系统对移动部件的实际位移量不进行检测,因此无法通过反馈自动进行误差检测和校正。另外,步进电动机的步距角误差、齿轮与丝杠等部件的传动误差,最终都将影响被加工零件的精度,特别是在负载转矩超过电动机输出转矩时,将导致步进电动机的“失步”,使加工无法进行。因此,开环控制仅适用于加工精度要求不是很高,负载较轻且变化不大的简易、经济型数控机床。

2) 半闭环控制数控机床

半闭环控制数控机床的特点是:机床的传动丝杠或伺服电动机上装有角位移检测装置(如光电编码器等),通过它检测丝杠的转角,从而间接地检测了移动部件的位移。角位移信号被反馈到数控装置或伺服驱动中,实现了从数控装置到电动机输出转角间的闭环自动调节。同样,由于伺服电动机和丝杠相连,通过丝杠将旋转运动转换为移动部件的直线位移,因此,间接控制了移动部件的移动速度与位移量。这种结构,只对电动机或丝杠的角位移进行了闭环控制,没有实现对最终输出的直线位移的闭环控制,故称为“半闭环控制”。

半闭环控制的数控机床,电气控制与机械传动间有明显的分界,因此调试较方便;且机械部分的间隙、摩擦死区、刚度等非线性环节都在闭环以外,因此系统的稳定性较好。

伺服电动机和光电编码器通常做成一体。电动机和丝杠间可以直接连接或通过减速装置连接。位置检测单位和实际最小移动单位间的匹配,可以通过数控系统的参数(称为“电子齿轮比”)进行设置。它具有设计方便、传动系统简单、结构紧凑、制造成本低、性能价格比高等特点,从而在数控机床上得到了广泛应用。

3) 闭环控制数控机床

闭环控制数控机床的特点是:机床移动部件上直接安装直线位移检测装置,检测装置检测最终位移输出量。实际位移值被反馈到数控装置或伺服驱动中,它可以直接与输入的指令位移值进行比较,用误差进行控制,最终实现移动部件的精确运动和定位。从理论上说,对于这样的闭环系统,其运动精度仅取决于检测装置的检测精度,它与机械传动的误差无关,显然,其精度将高于半闭环系统。而且,它可以对传动系统的间隙、磨损自动补偿,其精度保持性要比闭环系统好得多。由于闭环控制系统的工作特点,所以它对机械结构以及传动系统的要求比半闭环更高,传动系统的刚度、间隙、导轨的爬行等各种非线性因素将直接影响系统的稳定性,严重时甚至产生振荡。

解决以上问题的最佳途径是采用直线电动机作为驱动系统的执行元件。采用直线电动机驱动,可以完全取消传动系统中将旋转运动变为直线运动的环节,大大简化机械传动系统的结构,实现了所谓的“零传动”。它从根本上消除传动环节对精度、刚度、快速性、稳定性的影响,故可以获得比传统进给驱动系统更高的定位精度、快进速度和加速度。

1.1.4 数控机床的特点

除少数使用步进电动机驱动的简易数控机床以及作为特殊用途的数控机床外,一般来说,数控机床都具有以下特点。

1. 加工精度高

数控机床加工精度之所以比普通机床高主要有以下几个方面。

(1) 数控机床的脉冲当量小,位置分辨率高。机床的脉冲当量决定了机床理论上可以达到的定位精度。在数控机床上,脉冲当量一般都达到了 0.001mm ,高精度数控机床则更小,因此它能实现比普通机床更精确地定位。

(2) 数控系统具备误差自动补偿功能。在数控机床上,进给传动系统的反向间隙与丝杠的螺距误差等均可由数控系统进行自动补偿,因此,数控机床能在同等条件下,提高零件的加工精度。

(3) 数控机床的传动系统与机床的结构设计,都具有比普通机床更高的刚度和稳定性。部件的制造、装配精度均比较高,提高了机床本身的精度与稳定性。

(4) 数控机床采用了自动加工方式,避免了加工过程中的人为干扰。特别是在加工中心上,通过一次装夹,可以完成多工序的加工,减少了零件的装夹误差。因此,零件的尺寸一致性好,产品合格率高,加工质量稳定。

目前,对于普通中小型数控机床,其定位精度一般都可以达到 0.02mm ,重复定位精度达到 0.01mm 。在高精度数控机床上,精度更高。

2. 机床的柔性强

在数控机床上,改变加工零件只需重新编制(更换)程序,就能实现对不同零件的加工,为多品种、小批量生产加工以及新产品试制提供了极大的便利。同时,由于数控机床通过多轴联动,具备曲线、曲面的加工能力,扩大了机床的适用范围。特别对于普通机床难以加工或无法加工的复杂零件,利用数控机床可以充分发挥功能,提高加工精度和效率。因此,对加工对象变化的适应性好,“柔性”比普通机床强。

3. 自动化程度高,劳动强度低

数控机床对零件的加工是根据事先编好的程序自动完成的。在正常加工过程中,操作者只要进行极为简单的操作,即可完成零件的自动加工,不需要进行繁杂的重复性手工操作,操作者的劳动强度可大大减轻。此外,数控机床一般都具有较好的安全防护、自动排屑、自动冷却和自动润滑装置,使操作者的劳动条件也得到了很大改善。

4. 生产率高

零件加工效率主要决定于零件的实际加工时间和辅助加工时间。数控机床的效率主要通过以下几个方面体现。

(1) 在数控机床上,由于主轴的转速和进给量都可以任意选择,因此,对于每一道工序的加工,都可选择最合适的切削用量,以提高加工效率。此外,由于数控机床的结构刚性好,一般都允许进行较大切削用量的强力切削,提高了数控机床的切削效率,节省了实际加工时间。

(2) 数控机床的移动部件的空行程运动速度大大高于普通机床,它一般都在 15m/min 以上。在高速加工数控机床上,目前已经达到 100m/min 左右,刀具定位时间非常短,空程运动辅助时间比普通机床要小得多。

(3) 数控机床更换被加工零件时一般都不需要重新调整,在加工中心上,更是一次装夹,完成多工序加工,节省了零件安装、调整的时间。

(4) 数控机床加工零件的尺寸一致性好,质量稳定,一般只需要做首件检验,即可以代表批量加工精度,节省了停机检验时间。

(5) 数控机床可以实现精确、快速定位,它不必像普通机床那样,在加工前对工件进行“划线”,节省了“划线”工时。

5. 经济效益高

数控机床虽然设备价格较高,分摊到每个零件的加工费用较普通机床高,但使用数控机床加工,可以通过上述优点体现出整体效益。特别是数控机床的加工精度稳定,减少了废品,降低了生产成本。此外,数控机床还可一机多用,节省厂房面积和投资。因此,使用数控机床,通常可获得良好的经济效益。

6. 易于现代化管理

采用数控机床加工,能准确地计算零件并节省加工工时和费用,简化了检验工、夹具,减少了半成品的管理环节,有利于实现生产管理的现代化。数控机床使用了数字信息控制,适合数字计算机管理,使它成为计算机辅助设计、制造及管理一体化的基础。