



高等职业教育“十二五”规划教材
数控技术应用专业系列

数控铣床(加工中心)实训教程

● 主编 李锦添



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

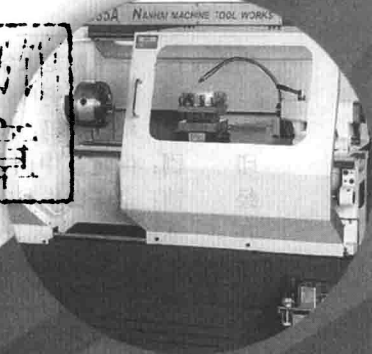
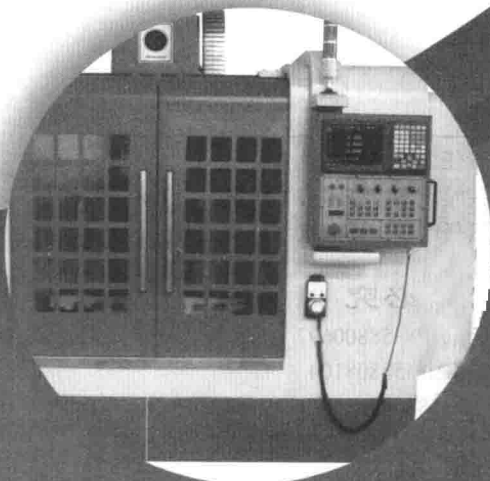


高等职业教育“十二五”规划教材
数控技术应用专业系列

数控铣床(加工中心)实训教程

- 主 编 李锦添
副主编 梁方波 纪伟泓 谭亲四
参 编 产文良 孙志伟 黄 准

常州大学图书馆
藏书章



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP) 数据

数控铣床(加工中心)实训教程 / 李锦添主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2011.7

(高等职业教育“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-303-13023-8

I. ①数… II. ①李… III. ①数控机床: 铣床—程序设计—教材
②数控机床加工中心—程序设计—教材③数控机床: 铣床—操作—教材④数控铣床加工中心—操作—教材 IV. ①TG547 ②TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 112082 号

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印 刷: 保定市中国画美凯印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 184 mm × 260 mm

印 张: 9.5

字 数: 200 千字

版 次: 2011 年 7 月第 1 版

印 次: 2011 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 19.00 元

策划编辑: 庞海龙

责任编辑: 庞海龙

美术编辑: 高 霞

装帧设计: 弓禾碧工作室

责任校对: 李 茵

责任印制: 孙文凯

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

出版说明

为贯彻落实教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高〔2006〕16号)文件精神,“十二五”期间,北京师范大学出版社将组织出版高等职业教育“十二五”系列规划教材。在组织教材编写的过程中,我们始终坚持科学发展观,紧紧围绕高等职业教育的培养目标,从满足社会发展对高素质劳动者和技能型人才的需求出发,坚持以就业为导向,以能力为本位,以学生为中心,以工作过程为导向的课程改革与教材建设理念,着力打造反映教学改革最新精神的职业教育教材。为此,我们邀请了全国职业教育的专家、有关高职院校的骨干教师,共同编写了本套系列规划教材。

经过众多专家、老师的努力,本套教材在教材体系、内容组织、图文表现等各方面都有所创新与发展,形成了鲜明的编写风格:

1. 目标驱动。关注的焦点放在通过任务的完成所获得的成果上面。通过成果的获得,激发学生学习的兴趣,激励学生勇于探索,不断进步。

2. 任务引领。每个项目分为若干个子任务,在任务的完成中学习相关知识、技能,实现学生的全面发展。

3. 学生为本。教材的设计以学生为中心,在教材组织的各个环节突出学生的主体地位,引导学生明确应该怎么做、做到什么程度。

4. 图文并茂。考虑到高等职业学院学生的心理和生理特点,本套教材尽量采用图形化、表格化和步骤化的呈现方式,便于学生学习。

5. 立体化开发。在组织教材编写的过程中,配套研发与教材相应的电子教案、课件、实训指导材料等助教、助学资源库,以便教师授课和学生学习使用。

当然,任何事物的发展都有一个过程,职业教育的改革与发展也有一个过程,同样,我们组织出版的本套系列规划教材也需要在教学实践的过程中不断完善,因此,衷心希望各位读者能提出宝贵的意见和建议,并积极参与到我们进一步的教材研发中来,共同为我国的高等职业教育教学改革和教材建设作出贡献。

北京师范大学出版社职教分社

内容简介

本书以数控铣工国家职业技能鉴定中高级考工的应知应会的内容为主线，从学生的认知规律出发，着重操作技能的讲解和训练，循序渐进，主要内容包括数控铣床安全操作知识、常用工量器的使用、手动操作加工、手工编程加工、自动编程加工平面、轮廓、槽、三维曲面和孔系零件加工等内容。本书注重安全操作，从实例出发，分析案例，引入知识，突出重点，叙述清楚，深入浅出，论述详尽，既方便实训安排和实施，又能深刻领会数控铣床的操作和编程及实际应用。

本书可作为职业院校数控、模具、机电类专业学生数控机床操作实训用书，也可作为数控铣床与加工中心技术工人的培训教材。

前言

随着我国制造业的快速发展,数控机床使用量剧增,急需一大批会操作、懂编程、能维护和保养数控机床的应用型人才,加强数控职业技能教育,提高数控机床操作动手能力,已成为当前数控职业教育面临的艰巨而又紧迫的任务。

基于目前数控教学的特点,操作不当极易酿成事故、人身和财产遭受损失,编者根据多年一线操作和实践教学经验,采用项目教学的形式,由浅入深、循序渐进、确保安全,本着“必须、够用”为度的原则,以岗位为目标,以能力培养为主线,详细介绍了数控铣床与加工中心的安全操作知识、常用工量器的使用、手动操作加工、手工编程加工、自动编程加工平面、轮廓、槽、三维曲面和孔系零件加工知识,通过完成精心设计的典型项目,达到实践技能的培养目标。书中选取最有代表性的 FANUC 0i 系列数控系统进行讲解,并配以实例,使同学们在实训过程中面对设备,对照教材,就能操作数控机床。

本课程建议总学实践课时为 32 学时,学时分配见下表。

项目	项目名称	学时数
项目一	数控铣床(加工中心)的基本操作	4
项目二	手动方式加工平面和轮廓	4
项目三	手工编程自动加工平面和轮廓	4
项目四	2D 零件自动编程、仿真与加工	4
项目五	2D 凸模零件的编程、仿真与加工	4
项目六	3D 零件的建模、编程、仿真与加工	6
项目七	孔系零件的编程与加工	6

本书由广州城建职业学院李锦添任主编;由广州城建职业学院李锦添、孙志伟,广州工程技术职业学院梁方波、产文良,广东省南方高级技工学校谭亲四,广州市机电技师学院纪伟泓、黄准共同编写。在编写本书过程中,我们参考了有关资料,在此谨向相关作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和差错,诚恳地期望广大读者批评和指正。

目 录

项目 1 数控铣床(加工中心)的基本操作	1
实训任务	1
相关知识	1
一、数控铣床(加工中心)基础知识	1
二、数控铣床(加工中心)的安全操作知识	4
三、数控铣床(加工中心)面板操作	8
四、数控铣床(加工中心)操作步骤	15
五、数控铣床(加工中心)加工步骤	17
实训条件	18
实训要求	18
任务实施步骤	19
实训效果评价标准	19
项目拓展与练习	19
巡回指导要点	19
项目 2 手动方式加工平面、轮廓和孔	20
实训任务	20
相关知识	21
一、数控机床坐标系	21
二、工作方式	23
实训条件	25
实训要求	25
任务实施步骤	26
实训效果评价标准	26
项目拓展与练习	27
巡回指导要点	27
项目 3 手工编程自动加工平面和轮廓	28
实训任务	28
相关知识	29
一、数控铣床(加工中心)程序编辑、管理与运行	29

二、数控铣床(加工中心)的对刀	30
三、平面铣削工艺设计	34
四、数控系统的相关功能指令	35
五、程序的构成	45
六、程序的具体要求	46
实训条件	47
实训要求	48
任务实施步骤	48
一、加工工艺分析	48
二、编制加工程序	49
三、软件仿真	50
四、输入程序	50
五、安装刀具和工件	51
六、对刀, 确定工件坐标系	51
七、选择自动方式, 加工工件	52
八、检查合格后, 拆下工件	52
实训效果评价标准	52
项目拓展与练习	53
巡回指导要点	53
项目 4 2D 零件自动编程、仿真与加工	54
实训任务	54
相关知识	55
一、自动编程软件介绍	55
二、MasterCAM 2D 加工刀路编制	56
实训条件	56
实训要求	57
任务实施步骤	57
实训效果评价标准	60
项目拓展与练习	61
巡回指导要点	61
项目 5 2D 凸模零件的编程、仿真与加工	62
实训任务	62
相关知识	63
实训条件	63
实训要求	63
任务实施步骤	64
实训效果评价标准	66

项目拓展与练习	67
巡回指导要点	67
项目 6 3D 零件的建模、编程、仿真与加工	68
实训任务	68
相关知识	69
实训条件	71
实训要求	71
任务实施步骤	72
实训效果评价标准	81
项目拓展与练习	82
巡回指导要点	82
项目 7 孔系零件的编程与加工	83
实训任务	83
相关知识	84
一、孔加工的工艺设计	84
二、孔加工固定循环指令	88
实训条件	97
实训要求	97
任务实施步骤	98
实训效果评价标准	105
项目拓展与练习	105
巡回指导要点	106
附录 A 学生实训安全知识培训试卷	107
附录 B 数控加工任务单	110
附录 C 常用切削用量表	111
附录 D 数控铣床安全技术操作规程	113
附录 E 数控铣床(加工中心)维护保养	114
附录 F 量具的使用	116
附录 G 数控铣工国家职业标准	126
参考文献	139



能力目标

1. 能正确操作各开关、按键。
2. 能规范使用和保养数控铣床。
3. 会编排基本的数控机加工工艺。



知识目标

1. 知道各开关、按键的正确操作方法。
2. 熟记各项机床安全操作规程。
3. 熟悉数控机加工工艺的基本知识。



实训任务

1. 熟悉数控铣床(加工中心)的开、关机操作,并手动运行机床各轴。
2. 对机床进行日常的维护保养。



相关知识

一、数控铣床(加工中心)基础知识

1. 数控铣床(加工中心)的基本组成

图 1-1 所示为 TH5660C 立式加工中心,图 1-2 所示为典型数控机床组成框图,数控铣床(加工中心)主要由以下几大部分组成:

- (1) 数控程序及存储介质。
- (2) 输入/输出装置、辅助装置。
- (3) CNC 装置的数控系统。
- (4) 数控机床的主轴、进给伺服系统。
- (5) 数控机床的位置检测装置。
- (6) 机床本体。

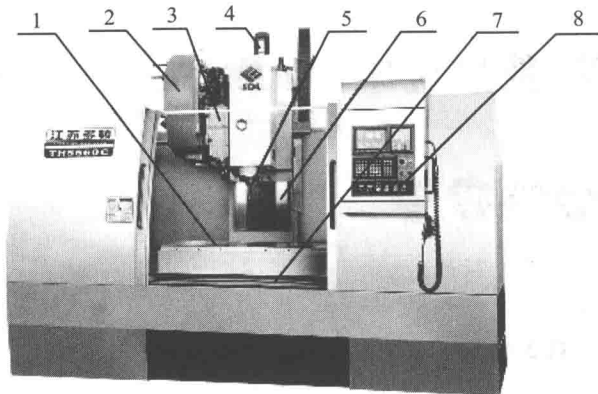


图 1-1 立式加工中心

1—工作台；2—刀库(加工中心)；3—换刀装置(加工中心)；4—伺服电机；
5—主轴；6—导轨；7—床身；8—数控系统

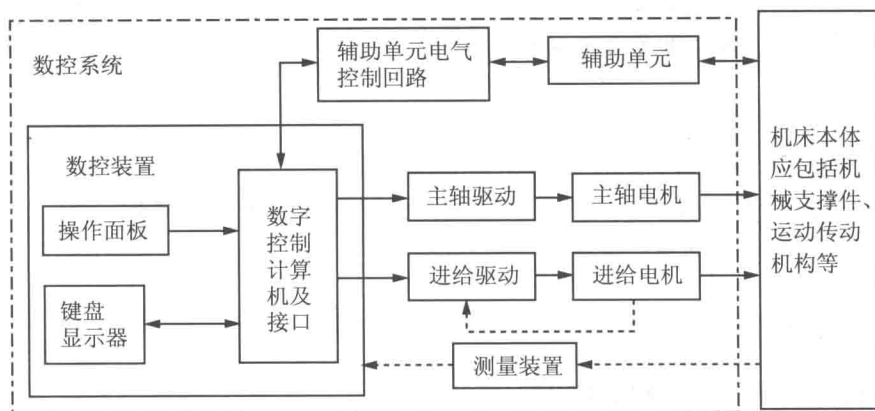


图 1-2 典型的数控机床组成框图

2. 数控铣床(加工中心)特点

- (1)半封闭或全封闭防护。
- (2)主轴无级调速，转速范围宽。
- (3)手动换刀，刀具装夹方便。
- (4)一般三坐标联动。
- (5)应用广泛。

(6)加工中心除具有数控铣床的一般特点外，还具有以下的特点。

①具有自动换刀装置。能自动更换刀具，在一次装夹中完成铣、钻、扩、铰、镗、攻螺纹等加工，工序高度集中。

②加工中心如果带有自动分度回转工作台或能自动摆角的主轴箱，可使工件在一次

装夹后,自动完成多个平面和多个角度位置的加工,避免了重复装夹带来的定位误差,实现高精度定位和加工。

③许多加工中心带有自动交换工作台。一个工件在加工的同时,另一个工作台可以实现工件的装卸,大大缩短辅助时间,提高加工效率。

3. 数控铣床(加工中心)分类

(1)通用铣床(加工中心)方法分类:①立式数控铣床(加工中心);②卧式数控铣床(加工中心);③立卧两用数控铣床(加工中心);④龙门数控铣床(数控龙门镗铣床);⑤万能式数控铣床(加工中心);⑥五轴加工中心。

(2)按构造上分类:①工作台升降式数控铣床;②主轴头升降式数控铣床;③龙门式数控铣床。

4. 数控铣床主要加工对象

数控铣床适合加工平面、斜面、外轮廓、型腔、槽、键槽、钻孔、铰孔、扩孔、攻丝等。

5. 加工中心主要加工对象

- (1)既需要加工平面又需要加工孔系的零件。
- (2)要求多工位加工的零件。
- (3)结构形状复杂的零件。
- (4)加工精度要求较高的中小批量零件。
- (5)周期性投产的零件。
- (6)需要频繁改型的零件。

6. 数控铣床(加工中心)常用刀柄及刀具

在数控铣床上使用的刀具主要为铣刀,包括面铣刀(如图1-3所示)、立铣刀(如图1-4所示)、球头铣刀(如图1-5所示)、三面刃盘铣刀、成形铣刀(如图1-6、图1-7所示)等,除此以外还有各种孔加工刀具,如钻头(铰钻、铰刀、镗刀等)、丝锥等。

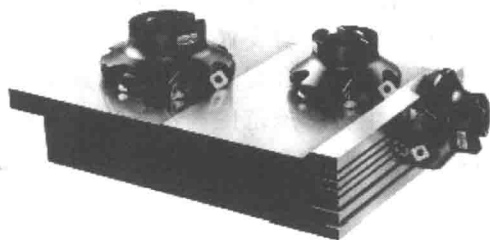


图 1-3 面(盘)铣刀

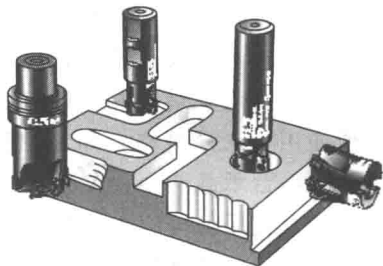


图 1-4 立铣刀

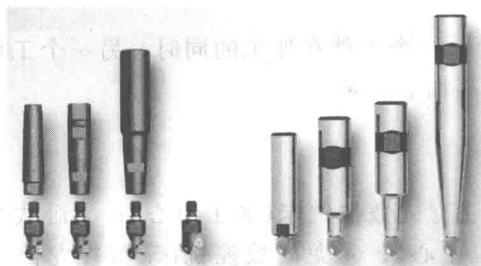


图 1-5 机夹式球头铣刀

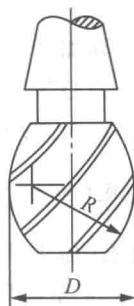


图 1-6 鼓形铣刀

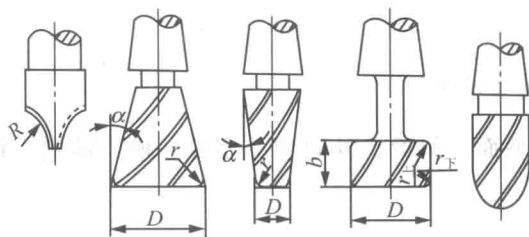


图 1-7 几种常见的成形铣刀

我国的 TSG82 工具系统如图 1-8 所示, 选用时一定要按图示进行配置。

7. 数控铣床(加工中心)常用夹具

数控铣床(加工中心)常用夹具包括平口虎钳、压板、气动卡盘、专用夹具。

二、数控铣床(加工中心)的安全操作知识

1. 日常维护保养

数控铣床(加工中心)是一种自动化程度高、结构复杂且价格昂贵的先进加工设备, 在现代工业生产中发挥着巨大的作用。为了充分发挥数控铣床(加工中心)的功效, 做好机床的日常维护、保养, 降低数控铣床(加工中心)的故障率就显得十分重要。

数控铣床(加工中心)的日常维护、保养, 一般情况下是由操作人员来进行的。作为操作人员, 应了解设备的结构, 如机械、数控装置、液压气动装置、电器箱等各部分的位置及规定的使用环境, 并严格按照机床的使用手册正确、合理地使用机床。操作人员应熟悉所使用机床的规格, 如主轴驱动电动机功率、主轴转速范围、进给速率、机床行程范围、工作台承载能力、ATC 所允许最大刀具尺寸、最大刀具质量等, 还需要了解各油标的位置及使用何种牌号润滑油等。

在操作机床前必须确认主轴、导轨及其他部位的润滑油油标是否符合要求, 确认气压压力是否符合要求。确认符合要求后方可启动机床, 并且使机床空运转 3min, 检查机床是否异常。

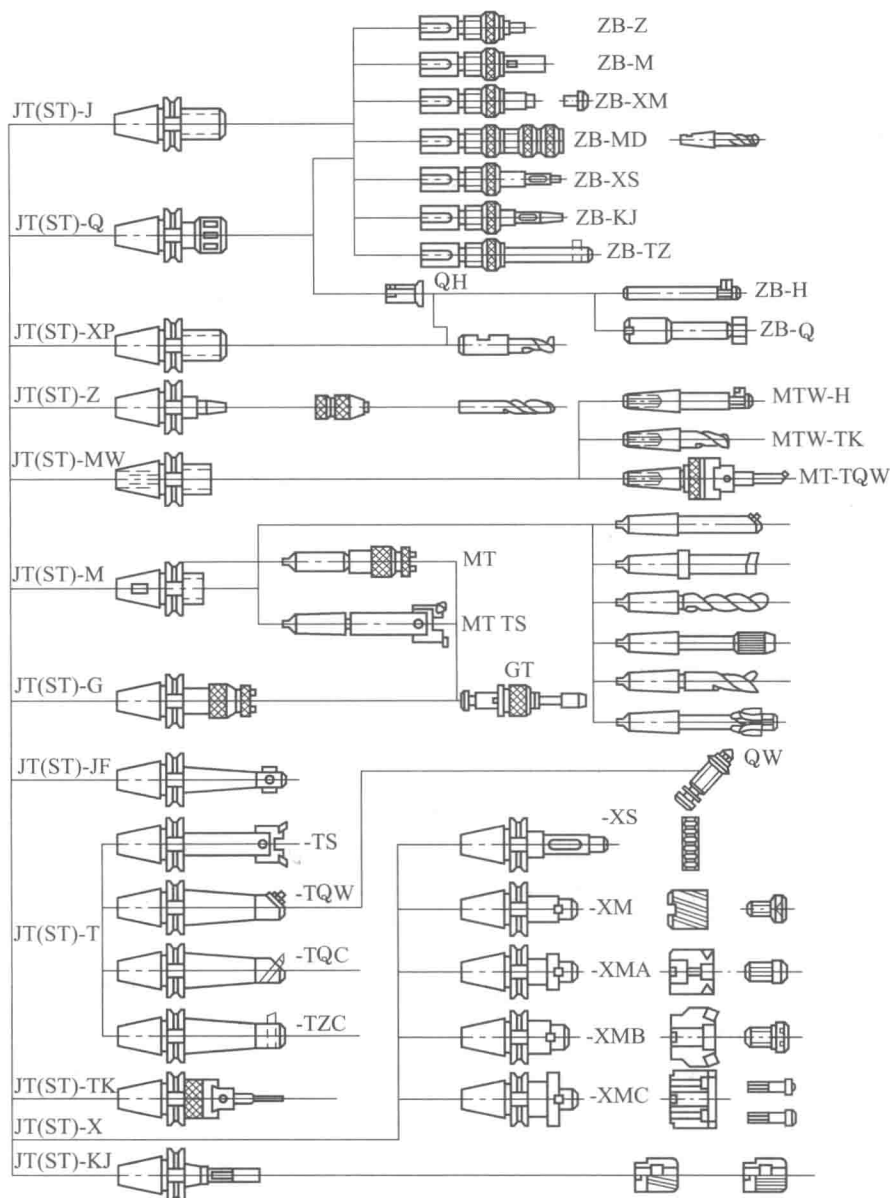


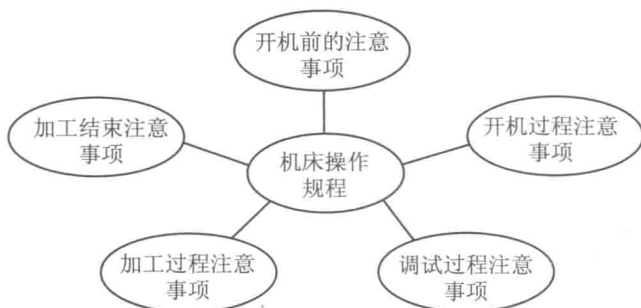
图 1-8 TSG82 工具系统

保持机床周围环境清洁, 空气过滤器要定期除尘, 以免冷却空气通道不畅, 引起数控柜内温度过高而使系统不能正常工作。电器柜内电路板和电气元件也要定期除尘, 保证电气系统正常工作。

2. 安全操作规程

由于数控铣床(加工中心)科技含量高, 其操作比普通机床要复杂得多, 所以必须严

格按照操作规程操作,才能保证机床正常运行。作为一个熟练的操作人员,必须在了解加工零件的要求、工艺路线、机床特性后,方可操纵机床完成各项加工任务。为了正确合理地使用加工中心,保证数控铣床、加工中心正常运转,必须有比较完整的数控铣床、加工中心操作规程,如图 1-9 所示。



1) 工件安装前注意事项

- (1) 穿戴好工作服,戴好工作帽,禁止戴手套操作机床。
- (2) 详细阅读机床的使用说明书,在未熟悉机床操作前,切勿随意动机床,以免发生安全事故。
- (3) 操作前必须熟知每个按钮的作用以及操作注意事项。
- (4) 注意机床各个部位警示牌上所警示的内容。
- (5) 按照机床说明书要求加装润滑油、液压油、切削液,接通外接气源。
- (6) 机床周围的工具要摆放整齐,要便于拿放。检查是否已将扳手、螺丝刀等工具从机床上拿开。
- (7) 机床通电后,检查各开关、按钮是否正常、灵活,机床有无异常现象。
- (8) 检查电压、油压、气压是否正常,有手动润滑的部位要先进行手动润滑。
- (9) 各坐标轴手动回参考点(机床原点)。若某轴在回参考点位置前已处在零点位置,必须先将该轴移动到距离原点 100mm 以外的位置,再进行手动回零。
- (10) 在进行工作台回转交换时,台面、护理、导轨上不得有异物。
- (11) 为了使机床达到热平衡状态,必须使机床空运转 15 min 以上。
- (12) 程序输入完毕后,应认真校对,确保无误。包括代码、指令、地址、数值、正负号、小数点及语法的校对。
- (13) 按工艺规程安装、找正夹具。
- (14) 正确测量和计算工件坐标系,并对所得结果进行验证和验算。
- (15) 将工件坐标系输入到偏置页面,并对坐标、坐标值、正负号及小数点进行认真核对。

(16)未装工件以前,空运转一次程序,看程序能否顺利执行,刀具长度选取和夹具安装是否合理,有无超程现象。

(17)加工前必须关上机床的防护门。

2) 工件安装注意事项

(1)刀具补偿值(长度、半径)输入偏置页面后,要对刀具补偿号、补偿值、正负号、小数点进行核对。

(2)装夹工件,注意螺钉压板是否妨碍刀具运动,检查零件毛坯和尺寸超常现象。加工时要注意刀具是否会铣伤钳口等。

(3)检查各刀头的安装方向及各刀具旋转方向是否符合程序要求。

(4)查看各刀杆前后部位的形状和尺寸是否符合加工工艺要求,是否会碰撞工件与夹具。

(5)刀头尾部露出刀杆直径部分,必须小于刀尖直径部分。

(6)检查每把刀柄在主轴孔中是否都能拉紧。

3) 工件试切注意事项

(1)无论是首次上床加工零件,还是周期性重复上床加工的零件,都必须照图样工艺、程序和刀具调整卡,进行逐段程序的试切。

(2)单段试切时,快速倍率开关必须置于较低挡。

(3)每把刀首次使用时,必须先验证它的实际长度与所给补偿值是否相符。

(4)在程序运行中,要重点观察数控系统上的以下几种显示。

坐标显示:可了解目前刀具运动点在机床坐标系及工件坐标系中的位置,了解这一程序段的运动量、还剩余多少运动量等。

寄存器和缓冲寄存器显示:可看出正在执行程序段的各状态指令和下一程序段的内容。

(5)试切进刀时,在刀具运行至工件表面 30~50mm 处时,必须在进给保持的状态下,验证坐标轴剩余坐标值和 X、Y 轴坐标值与图样是否一致。

(6)对一些有试刀要求的刀具,采用“渐进”的方法。如镗孔,可先试镗一小段长度,检测合格后,再镗到整个长度。使用刀具半径补偿功能的刀具数据,可由小到大,边试切边修改。

4) 工件加工过程注意事项

(1)文明生产,精力集中,杜绝酗酒和疲劳操作;禁止打闹、闲谈、睡觉和任意离开岗位。

(2)机床在通电状态时,操作者千万不要打开和接触机床上示有闪电符号的、装有强电装置的部位,以防被电击伤。

(3)机床运行过程中,不要清除切屑,要避免用手接触机床运动部件。

(4)清除切屑时,要使用一定的工具,应当注意不要被切屑划破手脚。

(5)要测量工件时,必须在机床停止状态下进行。

(6)在有雷电天气时,不要开机床。因为雷击时的瞬时高电压和大电流易冲击机床,造成烧坏模块或丢失改变数据,造成不必要的损失。

(7)加工中重磨刀具和更换刀具、辅具后,一定要重新测量刀长并修改刀补值和刀补号。

(8)程序检索时应注意光标所指位置是否合理、正确,并观察刀具与机床运动方向坐标是否正确。

(9)程序修改后,对修改部分一定要仔细计算、认真核对。

(10)进行手摇进给和手动连续进给操作时,必须检查各种开关所选择的位置是否正确,弄清正负方向,认准按键,然后再进行操作。

5)零件加工完毕后注意事项

(1)全批零件加工完毕后,应核对刀具号、刀补值,使程序、偏置页面、调整卡及工艺卡中的刀具号、刀补值完全一致。

(2)从刀库中卸下刀具,按调整卡或程序,清理编号入库,录入磁带、磁盘后工艺、刀具调整卡成套入库。

(3)卸下夹具。某些夹具应记录安装位置及方位,并做出记录,存档。

(4)将各坐标轴停在中间位置。

(5)如实填写好交接班记录,发现问题要及时反映。

(6)要打扫干净工作场地,擦拭干净机床,应注意保持机床及控制设备的清洁。

(7)切断系统电源,关好门窗后才能离开。

作为操作人员,思想上要时刻想着安全,在不伤害自己、不伤害别人、不伤害机械设备、不被别人伤害的前提下,确保机床和工件的安全。

三、数控铣床(加工中心)面板操作

1. 数控机床典型控制面板

FANUC 0i-MC 数控系统的数控铣床(加工中心)的控制面板通常由上下两部分组成。上半部分为数控系统控制面板,下半部分为机床操作面板。

机床操作面板主要由操作模式开关,主轴倍率调整旋钮,进给速度调节旋钮,各种辅助功能选择开关、手轮、各种指示灯等组成。各按钮、旋钮开关的位置、结构由机床厂家自行设计制造,因此,各种机床厂家的机床操作面板各不相同。不同厂家生产的同一类型数控机床操作控制方式大同小异,但为了凸显自己的特色,不同的机床生产厂家即使选配同一数控系统,其机床控制面板也不尽相同。另外,国产数控机床的控制面板基本上采用中文提示,而国外机床生产厂家的机床控制面板大都采用英文或提示符号。如图 1-10、图 1-11 所示两图都是采用 FANUC 0i-MC 数控系统,其机床控制面板的功能相近,而形式则不同。