

作者简介



汤振宁，男，汉族，1976年生，沈阳职业技术学院数控车间主任，副教授、高级工程师、高级技师，曾参加第一届至第四届辽宁省数控技能大赛，均获得第一名。从教18年来，曾讲授过数控编程、CAD/CAM、机械制造工艺、数控加工实训等课程。著有《UG五轴数控编程实例详解》、《钳工技能实训》、《数控技术》等著作，并发表多篇论文。



关颖，女，锡伯族，1972年生，沈阳职业技术学院机械工程学院副教授，高级工程师，工程硕士，省级专业带头人，市级名师，国家示范性高职院校中央重点支持建设的数控设备应用与维护专业（群）项目负责人，国家示范建设重点建设实训基地项目负责人，国家示范建设重点建设核心课程负责人，国家“数控技术技能型紧缺人才培养培训基地”建设项目负责人，国家、省级精品课负责人，数控设备应用与维护省级示范、品牌专业负责人。

数控铣床编程与操作项目教程

SHUKONG XICHUANG
BIANCHENG YU CAOZUO XIANGMU JIAOCHENG



数控铣床编程与操作项目教程

汤振宁 关颖 编著

中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

高等职业院校机械系列精品教材

行动导向型特色新形态教材

AR (增强现实)

- 将“互联网+”思维融入教材
- 纸质教材与数字资源有机整合
- 通过扫描书中标识图片呈现
- 采用AR技术打造最强立体化教材



汤振宁 关颖 编著

数控铣床编程与操作项目教程

SHUKONG XICHUANG
BIANCHENG YU CAOZUO XIANGMU JIAOCHENG



策划编辑：侯琳
责任编辑：满云凤 张云龙
封面设计：刘文东



定价：48.00元

中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

高等职业院校机械系列精品教材

行动导向型特色新形态教材

+

+

+

+

+

+

汤振宁 关颖 编著

数控铣床编程与操作项目教程

SHUKONG XIAOCHUANG
BIANCHENG YU CAOZUO XIANGMU JIAOCHENG



中国石油大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

山东·青岛

图书在版编目(CIP)数据

数控铣床编程与操作项目教程/汤振宁,关颖编著

. -- 青岛:中国石油大学出版社,2016.6(2022.2重印)

ISBN 978-7-5636-5273-0

I. ①数… II. ①汤… ②关… III. ①数控机床—铣床—程序设计—教材 ②数控机床—铣床—操作—教材 IV. ①TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 131197 号

如有印装质量问题,请与中国石油大学出版社发行部联系。

服务电话:400-615-1233

书 名: 数控铣床编程与操作项目教程

SHUKONG XICHUANG BIANCHENG YU CAOZUO XIANGMU JIAOCHENG

编 著: 汤振宁 关 颖

责任编辑: 满云凤 张云龙

封面设计: 刘文东

出 版 者: 中国石油大学出版社

(地址:山东省青岛市黄岛区长江西路 66 号 邮编:266580)

网 址: <http://cbs.upc.edu.cn>

电子邮箱: uppbook@upc.edu.cn

排 版 者: 华腾教育排版中心

印 刷 者: 大厂回族自治县聚鑫印刷有限责任公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 010-88433760)

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 16.5

字 数: 402 千字

版 印 次: 2017 年 1 月第 1 版 2022 年 2 月第 2 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5636-5273-0

定 价: 48.00 元

项目一	数控铣床实训基础	1
任务一	数控铣床文明生产	1
	实训领域目标	1
	预备知识	1
	一、数控铣床安全生产规则	1
	二、数控铣床的日常维护	2
	三、数控铣床操作工标准	5
	四、数控铣床的用途与分类	12
	五、数控铣床的组成和加工过程	13
	实训情境	15
任务二	工件在数控铣床上的定位与装夹	16
	实训领域目标	16
	预备知识	16
	一、定位与夹紧方案的确定原则	16
	二、平口虎钳的结构与使用注意事项	18
	三、使用压板和 T 形螺钉固定工件	19
	四、使用弯板装夹工件	19
	五、铣床用卡盘	19
	实训情境	20
任务三	数控铣床刀具的选用	20
	实训领域目标	20
	预备知识	20
	一、数控铣床常用铣刀和孔加工刀具	20
	二、数控铣床的刀体材料和刀具材料	30
	三、数控铣削刀具在铣床主轴上的安装	33
	四、数控铣削刀具切削用量的选择	35
	实训情境	37
任务四	数控铣床加工工艺规程文件的拟定	37
	实训领域目标	37
	预备知识	37
	一、对零件图纸进行数控加工工艺性分析	37

二、定位基准选择和工序、工步的划分	38
三、加工顺序安排原则	39
四、加工路线的确定	39
五、拟定加工工艺规程	42
实训情境	44

项目二 平面轮廓类零件的数控铣削加工 45

任务一 数控铣床仿真操作 45

实训领域目标	45
预备知识	45
一、数控铣床编程基础知识	45
二、数控铣床常用指令及编程方法	55
三、数控铣床仿真软件的基本操作	62
四、在数控铣床仿真软件中编辑程序	65
五、手动操作	67
实训情境	68

任务二 平面轮廓类零件在数控铣床仿真软件上的加工 68

实训领域目标	68
任务描述	68
预备知识	69
一、安装工件	69
二、安装刀具	69
三、建立工件坐标系	70
操作步骤	71
实训情境	73

任务三 平面轮廓类零件在数控铣床上的加工 73

实训领域目标	73
预备知识	74
一、通电操作	74
二、手动返回参考点	75
三、手动连续进给	76
四、手摇脉冲发生器进给	77
五、加工中心机床的手动换刀操作	78
六、主轴手动操作	78
七、安全操作	78
八、创建、运行数控程序	79
九、工件加工前的准备	87
实训情境	91

任务四 典型子程序零件在数控铣床上的加工 92

实训领域目标	92
任务描述	92

预备知识	93
一、子程序调用	93
二、子程序的结构	95
操作步骤	95
实训情境	96

项目三 孔类零件的数控铣削加工 98

任务一 孔加工固定循环 98

实训领域目标	98
任务描述	98
预备知识	99
一、孔加工固定循环组成	99
二、钻孔加工循环 G81	101
三、孔系零件数控加工路线设计	102
操作步骤	102
实训情境	104

任务二 同轴孔系的加工 104

实训领域目标	104
任务描述	104
预备知识	105
操作步骤	106
实训情境	113

任务三 螺纹孔加工 114

实训领域目标	114
任务描述	114
预备知识	115
操作步骤	115
实训情境	117

任务四 立铣刀螺旋铣削加工孔 117

实训领域目标	117
任务描述	117
预备知识	118
操作步骤	118
实训情境	120

项目四 曲面类零件的数控铣削加工 121

任务一 斜面及弧面的数控铣削精加工 121

实训领域目标	121
任务描述	121
预备知识	121

操作步骤	121
实训情境	123
任务二 采用宏程序加工曲面	124
实训领域目标	124
任务描述	124
预备知识	124
操作步骤	128
实训情境	129

项目五 槽类零件的数控铣削加工 131

任务一 矩形槽数控铣削	131
实训领域目标	131
任务描述	131
预备知识	131
操作步骤	132
实训情境	134
任务二 精密铣削键槽	135
实训领域目标	135
任务描述	135
预备知识	135
操作步骤	135
实训情境	137
任务三 平底偏心圆弧槽的数控铣削加工	137
实训领域目标	137
任务描述	138
操作步骤	138
实训情境	140
任务四 用球头铣刀切削加工圆弧槽	140
实训领域目标	140
任务描述	141
预备知识	141
操作步骤	142
实训情境	144
任务五 柱面槽的加工	145
实训领域目标	145
任务描述	145
预备知识	146
操作步骤	147
实训情境	152

项目六	数控铣床自动编程加工	153
任务一	使用数控铣 CAXA 自动编程加工	153
实训领域目标	153	
任务描述	153	
预备知识	153	
操作步骤	154	
实训情境	162	
任务二	使用数控铣 UG 自动编程加工	163
实训领域目标	163	
预备知识	163	
一、壳体建模	164	
二、壳体加工轨迹创建	175	
三、程序后置处理及程序仿真	191	
实训情境	194	
附录一	数控铣题库及模拟试卷	195
一、数控铣削理论复习题库	195	
二、数控铣削工高级理论模拟试卷一	232	
三、数控铣削工高级理论模拟试卷二	239	
四、数控铣削理论复习题库答案	247	
五、数控铣削工高级理论模拟试卷一答案	249	
六、数控铣削工高级理论模拟试卷二答案	249	
附录二	FANUC 数控系统操作一览表	250
参考文献		254

数控铣床实训基础

任务一 数控铣床文明生产

实训领域目标

- (1) 了解数控铣床的用途。
- (2) 掌握数控铣床的基本结构和组成。
- (3) 了解数控铣床安全生产规则。

预备知识

一、数控铣床安全生产规则

数控铣床是一种自动加工设备,加工中会涉及各种可能的事故,操作人员必须经过安全教育培训,才允许进行机床的操作。操作人员除了遵守机械加工车间一般的安全生产规范外,还要针对数控铣床的特点,严格遵守数控铣床的操作规程。为了确保操作人员和设备的安全,执行安全生产,下面从数控铣床加工的特点出发,介绍数控铣床操作安全规范和操作规程。

(1) 在机械加工车间实行定人定机制,要求操作人员凭操作证操作设备。大型设备需要多人操作时,必须有专人指挥。

(2) 操作人员要熟悉所使用设备的主要技术性能、结构、保养内容和标准。

(3) 工作前的准备。

① 检查设备的传动系统、操作系统、润滑系统、气动系统、各种开关起始位置、安全制动防护装置、电力稳压系统及电气指示等,上述系统要齐全、正确、灵敏、可靠、完好,紧固件、连接件应紧固。

② 按设备润滑图表加注润滑油或润滑脂。

③ 以手动方式低速试运转主轴及各伺服轴。

④ 根据零件加工程序单,检查数控系统内存表中的刀补值及零点偏置位置是否有误,调出刀具补偿值和零点偏置值,检查其是否正确。

⑤在用纸带输入时,要经常检查所用纸带有无损伤、光电阅读机是否正常。

⑥紧固零件使用 T 形螺栓的规格要与设备工作台的 T 形槽规格一致。紧固时用力应适中。禁止在设备各部位加力校正零件。

⑦检查是否遵守了《机床使用说明书》中的有关规定。

(4)接通电源后的检查项目。按下数控铣床的电源启动键,在 CRT 显示器上会出现铣床的初始位置坐标。检查安装在铣床上部的总压力表,若表头读数为“4 MPa”,则说明系统压力正常,可以进行正式操作。

(5)数控铣床的操作步骤。

①按设备说明书合理使用,正确操作,禁止超负荷、超性能、超规范使用。

②首件编程试加工时,操作人员要和编程人员密切配合,在确认程序无误后方可进行正式加工。

③装卡刀具时,应将锥柄和主轴锥孔及定位面擦拭干净。

④工件、刀具必须牢固安装。装卸工件时防止工件碰撞机床。较重的零件、夹具在装卸时应用吊车或在他人协助下完成。

⑤在加工过程中,操作人员不得擅自离岗位或托人代管,不能做与工作无关的事情;暂时离岗可按“暂停”按钮。要正确使用“急停开关”,工作中严禁随意拉闸断电。

⑥设备导轨面、工作台面禁止放置量具、零件和无关物件。禁止踩踏各防护罩,不许用鞋踩踏工作台面。

⑦设备运行中注意异常现象,发生故障应及时停车,采取措施并记录故障内容。若发生事故,应立即停车断电,保护现场,及时上报,不得隐瞒,并配合主管部门做好分析调查工作。

(6)工作后的保养。

①操作人员要及时清理设备上的切屑杂物,整理工作现场,做好保养工作。

②设备保养完毕,操作人员要将设备各开关手柄及部件移归原位。各工作台面涂油保护,按规定顺序切断电源。

③按交接班规定进行交接班并做好记录。

二、数控铣床的日常维护

数控铣床因功能、结构及系统的不同,维护保养的内容和规则也各有其特色,具体应根据铣床种类、型号及实际使用情况,并参照该铣床说明书要求制定和建立定期、定级保养制度。一般来说,数控铣床的日常维护包括以下内容:

1. 数控铣床本体的日常维护

数控铣床本体的日常维护内容如下:

(1)使数控铣床保持良好的润滑状态。定期检查、清洗自动润滑系统,添加或更换润滑油或润滑脂,使丝杠、导轨等各运动部位始终保持良好的润滑状态,降低机械磨损速度。

(2)定期检查液压、气压系统。对液压系统定期进行油质化验检查,更换液压油,并定期对各润滑系统、液压系统、气压系统的过滤器或过滤网进行清洗或更换,及时对分水滤气器放水。

(3)适时对各坐标轴进行超程限位试验。尤其是对于硬件限位开关,由于切削液等会产生锈蚀,平时又主要靠软件限位起保护作用,若硬件限位开关锈蚀不起作用,则会导致碰撞,

甚至损坏滚珠丝杠。试验时需要用手按一下限位开关检查是否出现超程警报,或检查相应 I/O 接口输入信号是否变化。

(4) 定期进行数控铣床水平和机械精度检查并校正。数控铣床机械精度的校正方法有软、硬两种:软方法主要通过系统参数补偿进行,如丝杠反向间隙补偿、各坐标定位精度定点补偿、机床回参考点位置校正等;硬方法一般在数控铣床大修时进行,例如,进行导轨修刮、滚珠丝杠螺母副预紧,调整其反向间隙、齿轮副的间隙。

2. 数控铣床电气控制系统的日常维护

数控铣床电气控制系统的日常维护内容如下:

(1) 对直流电动机定期进行电刷和换向器检查、清洗和更换。若换向器表面脏,应用白布蘸酒精予以清洗;若换向器表面粗糙,应用细金相砂纸予以修整;若电刷长度小于 10 mm 时,应予以更换。

(2) 定期检查电气部件。检查各插头、插座、电缆、各继电器的触点是否接触良好,检查各印制电路板是否干净,检查主电源变压器、各电动机的绝缘电阻应大于 $1\text{ M}\Omega$ 。尽量少开电气柜门,以保持电气柜内清洁;夏天开电气柜门散热是不允许的。定期对电气柜和有关电器的冷却风扇进行卫生清扫,更换空气过滤网。另外,若光电阅读机的受光部件太脏,可能发生读数错误,应及时清洗。若电路板上太脏或受湿,可能发生短路现象,因此必要时应对各个电路板、电气元件进行清扫。

(3) 数控铣床长期不用时的维护。数控铣床不宜长期封存不用,而应充分地利用起来,提高机床的利用率,尤其是数控铣床投入使用的第一年,更要充分地使用,使其容易出故障的薄弱环节尽早暴露出来,使故障的隐患尽可能在保修期内得以排除。有了数控铣床舍不得用,这不是对设备的爱护,反而会加快电子元件的变质或损坏。若数控铣床长期不用,则要定期通电并进行机床功能试验程序的完整运行。要求每 1~3 周通电试运行一次,尤其是在环境湿度较大的梅雨季节,应每周通电两次,每次空运行 1 h 左右,以利用铣床本身的发热来降低机内湿度,使电子元件不受潮。同时,也能及时发现有无电池报警,以防系统软件、参数丢失。

(4) 定期更换存储器电池。一般数控系统内对存储器器件都设有可充电电池维持电路,以保证系统在不通电期间能保持存储器的信息。在一般的情况下,即使电池尚未失效,也应每年更换一次,以确保系统能正常工作。电池的更换应在数控装置通电状态下进行,以防更换时 RAM 内的信息丢失。

(5) 备用印制电路板的维护。若印制电路板长期不用,则很容易出故障。因此,对于备用的印制电路板,应定期装到数控装置上通电运行一段时间,以防损坏。

(6) 经常监视数控装置用的电网电压。数控装置允许的电网电压为额定值的 $-10\%\sim 15\%$,如果超出此范围就会造成系统不能正常工作,甚至会引起数控系统内的电子元器件损坏。因此,要经常监视数控装置用的电网电压。

为了更具体地说明数控铣床日常保养的周期、检查部位和要求,可用表 1-1 所示的某数控铣床定期点检表来做参考。

表 1-1 数控铣床定期点检表

序号	检查周期	检查部位	检查要求
1	每天	导轨润滑	检查润滑油的油面、油量,及时添加润滑油,检查润滑油泵能否定时启动、泵油及停止,检查导轨各润滑点在泵油时是否有润滑油流出
2	每天	X、Y、Z 轴及回转轴的导轨	清除导轨面上的切屑、脏物、冷却水;检查导轨润滑油是否充足、导轨面上有无划伤损坏及锈斑、导轨防尘刮板上有无夹带铁屑;如果是安装滚动滑块的导轨,当导轨上出现划伤时,应检查滚动滑块
3	每天	压缩空气气源	检查压缩空气气源供气压力是否正常,含水量是否过大
4	每天	机床进气口的油水自动分离器和干燥器	及时清理油水自动分离器中滤出的水分,加入足够润滑油,检查干燥器是否能自动切换工作、干燥剂是否饱和
5	每天	气液转换器和增压器	检查油面高度并及时补油
6	每天	恒温油箱	恒温油箱正常工作,由主轴箱上的油标确定是否有油润滑;调节恒温油箱制冷温度能正常启动,制冷温度不要低于室温太多,应相差 2~5℃,否则主轴容易“出汗”(空气水分凝聚)
7	每天	机床液压系统	油箱、油泵无异常噪声,压力表指示正常工作压力,油箱工作油面在允许范围内,回油路上背压不得过高,各管路接头应无泄漏或明显振动
8	每天	主轴箱液压平衡系统	平衡油路无泄漏,平衡压力表指示正常,主轴箱在上下快速移动时压力表波动不大,油路补油机构动作正常
9	每天	数控系统的输入与输出设备	光电阅读机无脏物,机械结构润滑良好,外接快速穿孔机及程序盒连接正常
10	每天	各种电气装置及散热通风装置	数控柜、机床电气柜风扇工作正常,风道过滤网无堵塞,主轴电动机、伺服电动机、冷却风道正常,恒温油箱、液压油箱的冷却散热片通风正常
11	每天	各种防护装置	导轨、机床防护罩动作灵活,无漏水,刀库防护栏杆、机床工作区防护栏检查门开关动作正常,在机床四周各防护装置上的操作按钮、开关、急停按钮工作正常
12	每周	电柜	各电柜进气过滤网应干净
13	半年	滚珠丝杠螺母副	滚珠丝杠上应有充足的润滑脂,螺母两端的防尘圈应能正常工作

续表

序号	检查周期	检查部位	检查要求
14	半年	液压油路	清洗溢流阀、减压阀、滤油器、油箱油底,更换过滤液压油,注意向油箱加入的新油必须经过过滤
15	每年	检查并更换直流伺服电动机碳刷	取出碳刷,用酒精棉清除整流子上的碳粉,当发现整流子表面有被电弧烧伤时,应抛光表面、去毛刺,检查碳刷表面和弹簧有无失去弹性,更换长度过短的电刷
16	每年	润滑油泵、滤油器等	清理润滑油箱池底,清洗或更换滤油器
17	不定期	各轴导轨上的镶条、压紧滚轮、丝杠、主轴传动带	按机床说明书上的规定调整间隙或预紧
18	不定期	冷却水箱	检查液面高度是否正常、冷却液各级过滤装置是否工作正常、冷却液是否变质,经常清洗过滤器,疏通防护罩上各回水通道,必要时清理水箱底部
19	不定期	排屑器	检查有无卡链现象等
20	不定期	清理废油池	及时取走废油池中废油以免外溢,当发现油池中突然油量增多时,应检查液压管路中的漏油点

三、数控铣床操作工标准

1. 报考条件

(1)具备下列条件之一的,可申请报考初级工:

- ①在同一职业(工种)连续工作两年以上或累计工作四年以上的。
- ②经过初级工培训结业。

(2)具备下列条件之一的,可申请报考中级工:

- ①取得所申报职业(工种)的初级工等级证书满三年。
- ②取得所申报职业(工种)的初级工等级证书并经过中级工培训结业。
- ③高等院校、中等专业学校毕业并从事与所学专业相应的职业(工种)工作。

(3)具备下列条件之一的,可申请报考高级工:

- ①取得所申报职业(工种)的中级工等级证书满四年。
- ②取得所申报职业(工种)的中级工等级证书并经过高级工培训结业。
- ③高等院校毕业并取得所申报职业(工种)的中级工等级证书。

2. 考核大纲

(1) 基本要求。

① 职业道德基本知识。

② 职业守则。

- a. 遵守法律、法规和有关规定。
- b. 爱岗敬业,具有高度的责任心。
- c. 严格执行工作程序、工作规范、工艺文件和安全操作规程。
- d. 工作认真负责,团结合作。
- e. 爱护设备及工具、夹具、刀具、量具。
- f. 着装整洁,符合规定;保持工作环境清洁有序,文明生产。

(2) 基础知识。

① 基础理论知识。

- a. 识图知识。
- b. 公差与配合。
 - 常用金属材料及热处理知识。
 - 常用非金属材料。

② 机械加工基础知识。

- a. 机械传动知识。
- b. 机械加工常用设备知识(分类、用途)。
- c. 金属切削常用刀具知识。
- d. 典型零件(主轴、箱体、齿轮等)的加工工艺。
- e. 设备润滑及切削液的使用知识。
- f. 气动及液压知识。
- g. 工具、夹具、刀具、量具使用与维护知识。

③ 钳工基础知识。

- a. 划线知识。
- b. 钳工操作知识(錾、锉、锯、钻、绞孔、攻螺纹、套螺纹)。

④ 电工知识。

- a. 通用设备常用电器的种类及用途。
- b. 电力拖动及控制原理基础知识。
- c. 安全用电知识。

⑤ 安全文明生产与环境保护知识。

- a. 现场文明生产要求。
- b. 安全操作与劳动保护知识。
- c. 环境保护知识。

⑥ 质量管理知识。

- a. 企业的质量方针。

- b. 岗位的质量要求。
c. 岗位的质量保证措施与责任。

⑦相关法律、法规知识。

- a. 劳动法相关知识。
b. 合同法相关知识。

(3)各等级要求。初级技能要求见表 1-2, 中级技能要求见表 1-3, 高级技能要求见表 1-4。各级技能要求依次递进, 高级别包括低级别的要求。

表 1-2 初级技能要求

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
工艺准备	读图与绘图	(1)能读懂带斜面的矩形体、带槽或键的轴、套筒、带台阶或沟槽的多面体等简单零件图; (2)能绘制带斜面或沟槽的轴、锥套等简单零件图	(1)一般零件图的表示方法; (2)齿轮、花键轴、带斜面的沟槽等简单零件图的画法
	制定加工工艺	(1)正确选择加工件的工艺基准; (2)正确选择工步顺序、切削用量和切削液	(1)一般工件的铣削工艺; (2)数控铣床的工艺代码
	数控程序	(1)熟悉 G、M 等代码的含义; (2)读懂简单加工程序	(1)机床坐标及工件坐标系知识; (2)数控编程的基础知识
	工件定位与夹紧	(1)能正确选择工件的定位基准; (2)能正确使用数控铣床常用夹具及气动、液压自动夹紧装置	(1)工件定位原理与夹紧要求; (2)分度头的使用
	刀具准备	(1)能正确选择和安装数控铣床常用刀具; (2)能合理选择切削用量	(1)铣刀角度对切削力、切削热的影响; (2)数控铣刀的种类、结构、性能及用途
	设备调整及维护	(1)加工前能对机床进行常规检查; (2)能进行数控铣床的日常维护保养	(1)数控铣床的控制与传动系统; (2)数控铣床的润滑系统; (3)数控铣床的操作规程

续表

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
工件加工	输入程序	(1)能手工输入程序; (2)能使用自动程序输入装置; (3)能分段运行程序,对必要的工艺参数进行修改	(1)绝对坐标与相对坐标的含义; (2)主程序和子程序的含义和调用
	对刀	(1)能正确进行试切对刀; (2)能正确使用自动对刀仪; (3)能正确修正刀具补偿	(1)试切对刀的方法及对刀仪器的使用方法; (2)刀具补偿的作用
	试运行	能进行程序试运行、程序分段运行及自动切削运行	程序的各种运行方式及屏幕绘图
	加工工件	能加工简单形面及平面孔系	切削用量调整、润滑液选用及刀补量计算
精度检验及误差分析	平面工作、矩形工件、台阶、沟槽的检验	(1)能用常用量具检验工件的线性值尺寸; (2)能做一般角度值检验	常用量具的使用保养和块规的基本使用方法
	特殊形面的检验	(1)能进行平行孔系、花键、齿条的检验; (2)能正确使用齿轮卡尺、公法线长度千分尺及万能角度尺	齿轮卡尺、公法线长度千分尺、万能角度尺等量具的构造原理、使用和保养方法

表 1-3 中级技能要求

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
工艺准备	读图与绘图	(1)能读懂等速凸轮、齿轮、离合器、带直线成形面和曲面等中等复杂程度零件的零件图; (2)能读懂分度头尾架、弹簧夹头套筒、可转位铣刀结构等简单机构的装配图; (3)能绘制带斜面或沟槽的轴和矩形零件锥套等简单零件图	(1)复杂零件的表示方法; (2)齿轮、花键轴、带斜面和沟槽的零件等简单零件图的画法
	制定加工工艺	能编制矩形体、平行孔系、圆弧曲面等一般难度工件的铣削工艺。其主要内容如下: (1)正确选择加工零件的工艺基准; (2)决定工步顺序及工步内容和切削参数	(1)一般复杂程度工件的铣削工艺; (2)数控铣床的工艺编制

续表

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
工艺准备	编制程序	能编制简单的铣削加工程序	(1) 机床坐标系及工件坐标系知识; (2) 数控编程的基本知识
	工件定位与夹紧	(1) 能正确选择工件的定位基准; (2) 能正确使用铣床常用夹具及气动、液压自动夹紧装置	气动、液压自动夹紧装置的使用方法
	刀具准备	(1) 能正确选择和安装数控铣床常用刀具; (2) 能合理选择切削用量	(1) 数控铣削刀具及其切削参数; (2) 数控铣削刀具的种类、结构、性能及用途
	设备调整及维护	(1) 能对数控铣床进行调整; (2) 在加工前能对机床进行常规检查; (3) 能进行数控铣床的日常维护	(1) 数控铣床的工作原理及调整方法; (2) 数控铣床的操作规程; (3) 数控铣床的日常维护方法
工件加工	输入程序	(1) 能手工输入程序; (2) 能使用各种自动程序输入装置; (3) 能进行程序的编辑与修改	(1) 机床坐标系及工件坐标系的含义; (2) 各种程序输入装置的使用方法
	对刀	(1) 能正确进行试切对刀; (2) 能正确使用各种机内自动对刀仪; (3) 能正确修正刀补	(1) 试切对刀的方法及各种对刀仪器的使用方法; (2) 修正刀补的方法
	试运行	能进行程序试运行、程序分段运行及自动运行等切削运行	程序的各种运行方式
	加工简单工件	能加工平行孔系及简单形面	平行孔系和简单形面的加工方法
精度检验及误差分析	平面、矩形工件、斜面、台阶、沟槽的检验	能用常用量具及量块、正弦规、卡规、塞规等检验高精度工件的各部尺寸和角度	量块、卡规、塞规、水平仪、正弦规的使用和保养方法
	特殊形面的检验	(1) 能进行平行孔系、离合器、齿轮、齿条、成形面、螺旋面、凸轮和刀具齿槽的检验; (2) 能正确使用齿轮卡尺、公法线长度千分尺、样板、刀具、万能角度尺	齿轮卡尺、公法线长度千分尺、刀具、万能角度尺、样板、套规等专用量具的构造原理、使用和保养方法

表 1-4 高级技能要求

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
工艺准备	读图与绘图	(1)能读懂螺旋桨、减速箱箱体、多位置非等速圆柱凸轮等复杂畸形零件图； (2)能绘制等速凸轮、蜗杆、花键轴、直齿锥齿轮、专用铣刀等中等复杂程度的零件图； (3)能读懂分度头、回转工作台等一般机构的装配图； (4)能绘制简单零件的轴测图	(1)绘制复杂畸形零件图的方法； (2)一般机械装配图的表示方法； (3)绘制简单零件轴测图的方法
	制定加工工艺	能够编制具有二维、简单三维形面工件的铣削工艺卡及程序	(1)具有二维、简单三维形面工件的铣削加工工艺知识； (2)凸轮、孔系、模具等较复杂零件的铣削加工工艺
	编制程序	能够编制较复杂零件的铣削加工程序	具有二维、简单三维形面工件的编程方法
	工件定位与夹紧	(1)能正确使用和调整铣床用的各种夹具； (2)能设计数控铣床用简单专用夹具	一般组合夹具的组装方法
	刀具准备	能正确选择专用刀具和特殊刀具	数控铣床常用刀具的选择方法
	设备调整及维护保养	(1)能对几种典型的数控铣床进行调整； (2)能排除编程错误、超程、欠压、缺油等一般故障； (3)能根据说明书对数控铣床进行日常及定期的维护	(1)数控铣床的各类报警信息的内容及其排除方法； (2)数控铣床的维护方法； (3)数控铣床的结构及工作原理
工件加工	加工较复杂工件	能加工较复杂工件和较复杂形面	(1)大型、复杂工件的加工方法； (2)难加工材料、难加工工件及精密工件的加工方法

续表

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
精度 检验及 误差分析	螺旋齿、模具形面 及复杂大型工件 的检验	(1)能进行螺旋齿槽、端面齿槽和锥 面齿槽、模具形面及复杂大型工件的 检验; (2)能正确使用杠杆千分尺、扭簧比 较仪、水平仪、光学分度头等精密量具 和量仪进行检验	(1)复杂形面及大型工件的检 验方法; (2)精密量具和量仪、光学分度 头的构造原理和使用、保养方法; (3)数字显示装置的构造和使 用方法
培训 指导	指导操作	能指导初、中级铣工实际操作	指导实际操作的基本方法

在技能鉴定测试的试卷中,不同的知识点有着不同的比重。理论知识比重见表 1-5,技能操作比重见表 1-6。

表 1-5 理论知识比重

项 目		初 级	中 级	高 级
基本要求	职业道德	5	5	5
	基础知识	25	25	20
相关知识	工艺准备	25	45	50
	工件加工	35	15	15
	精度检验及误差分析	10	10	10
	培训指导			
	管理			
合计		100	100	100

表 1-6 技能操作比重

项 目		初 级	中 级	高 级
工作要求	工艺准备	20	35	35
	工件加工	70	60	60
	精度检验及误差分析	10	5	5
	培训指导			
	管理			
合计		100	100	100

四、数控铣床的用途与分类

1. 数控铣床的主要用途

数控铣床可以完成孔加工、平面加工、平面曲线加工、变斜角平面加工、立体曲面加工和复杂曲面加工等。数控铣削适合加工箱体类、轴座类和叉杆类零件,尤其适合加工有复杂形面的、高精度的零件,如凸轮曲线、模具型腔、叶片和螺旋桨等。

数控铣床具有多坐标轴联动功能,因而特别适宜加工下述零件。

(1) 平面类零件。

①平面类零件的定义。加工面平行或垂直于水平面、加工面与水平面的夹角为定角的零件称为平面类零件,如图 1-1 所示。平面类零件的特点是各个加工面是平面,或可以展开成平面,例如,图 1-1(a)所示的曲线轮廓面 M ,展开后为平面。

平面类零件是数控铣削加工对象中最简单的一类零件,一般只需用三坐标联动数控铣床的两坐标联动(两轴半控制)就可以把它们加工出来。

②平面类零件的斜面加工方法。有些平面类零件的某些加工面(或加工面的母线)与水平面既不垂直也不平行,而是成一个定角。加工这些斜面常用的方法如下:对图 1-1(b)所示的斜面 P ,当工件尺寸不大时,可用斜垫板垫平后加工;若机床主轴可以摆角,则可以摆成适当的定角来加工。当工件尺寸很大,斜面坡度又较小时,也常用行切法加工,但会在加工面上留下叠刀时的刀锋残痕,需要用钳修方法加以清除。例如,三坐标联动数控铣床加工飞机整体壁板零件时常用此法。当然,加工此类斜面的最佳方法是用五坐标铣床主轴摆角后加工,可以不留残痕。

图 1-1(c)所示的 N 面一般可用专用的角度铣刀来加工,此时若采用五坐标铣床主轴摆角加工反而不合算。

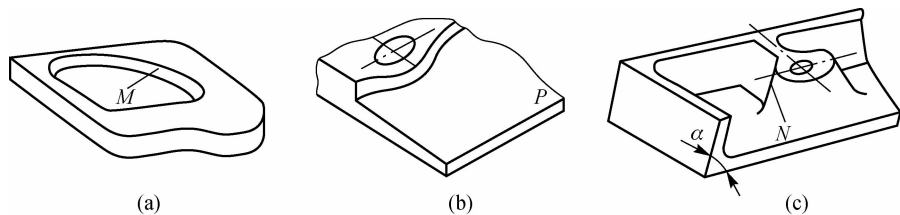


图 1-1 平面类零件

(2)变斜角类零件。加工面与水平面的夹角呈连续变化的零件称为变斜角类零件。这类零件多为飞机零件,如飞机上的整体梁、框、椽条与肋等。图 1-2 所示为变斜角类零件。

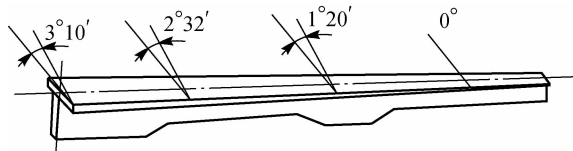


图 1-2 变斜角类零件

变斜角类零件的变斜角加工面不能展开为平面,但在加工中,加工面与铣刀圆周接触的

瞬间为一条直线。因此,最好采用四坐标或五坐标联动数控铣床加工;在没有上述机床时,也可采用坐标联动数控铣床加工,或进行两轴半坐标近似加工。

(3)曲面类零件。加工面为空间曲面的零件称为曲面类零件,如模具、叶片、螺旋桨等。曲面类零件的加工面不能展开为平面,加工时,加工面与铣刀始终为点接触。加工曲面类零件一般采用三坐标联动数控铣床。当曲面较复杂、通道较狭窄,会伤及毗邻表面及需刀具摆动时,需要采用四坐标或五坐标联动数控铣床。

2. 数控铣床的分类

(1)数控铣床可以分为立式数控铣床、卧式数控铣床和立卧式数控铣床。

①立式数控铣床。立式数控铣床的主轴轴线垂直于水平面,这种铣床占数控铣床的大多数,应用范围也最广。目前三坐标立式数控铣床占数控铣床的大多数,一般可进行三轴联动加工。

②卧式数控铣床。卧式数控铣床的主轴轴线平行于水平面。为了扩大加工范围和扩充功能,卧式数控铣床通常采用增加数控转台或万能数控转台的方式来实现四轴和五轴联动加工。这样既可以加工工件侧面的连续回转轮廓,又可以实现一次装夹中进行多个位置或工作面的加工。

③立卧式数控铣床。立卧式数控铣床的主轴可以进行转换,可在同一台数控铣床上进行立式加工和卧式加工,同时具备立式、卧式铣床的功能。

(2)数控铣床还可以分为以下两种:一种是在普通铣床的基础上,对机床的机械传动结构进行简单的改造,并增加简易数控系统后形成的简易型数控铣床,这种数控铣床成本较低,具有三坐标轴、两轴联动的机床,也称两轴半控制数据铣床,即在 X 、 Y 、 Z 三个坐标轴中任意两轴都可以联动,加工精度也不高,可以加工平面曲线类和平面型腔类零件;另一种是普通数控铣床,可以三坐标联动,用于各类复杂的平面、曲面和壳体类零件的加工,如各种模具、样板、凸轮和连杆等。数控铣床也能加工有一定位置精度要求的孔系。

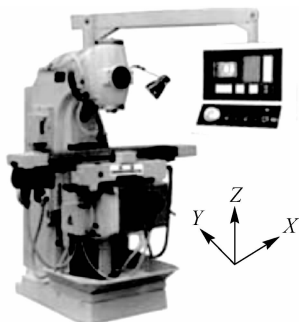


图 1-3 典型的普通数控铣床

数控铣床还可以加进一个回转的 A 坐标或 C 坐标,即增加一个数控分度头或数控回转工作台,这时机床的数控系统为四坐标联动的数控系统,可以用于加工螺旋槽、叶片等立体曲面零件。典型的普通数控铣床如图 1-3 所示。

五、数控铣床的组成和加工过程

1. 数控铣床的组成

数控铣床和加工中心是用于镗铣加工的数控机床,在航空航天、汽车制造和模具制造业中应用广泛,在数控机床中所占的比重较大,应用也较为广泛。

数控铣床是由数控系统、伺服系统和机床本体三个基本部分组成,如图 1-4 所示。

(1)数控系统。数控系统(CNC 系统)是数控机床中的指挥系统,相当于人体的大脑,是一个专用的计算机系统,包括输入和输出装置、数控装置和可编程控制器(PLC)。

输入和输出装置是机床数控系统和操作人员进行信息交流、实现人机对话的交互设备。输入装置的作用是将数控代码变成相应的脉冲信号,传送并存入数控装置内。目前,数控机

床的输入装置有键盘等,输出装置有显示器等,数控系统通过显示器为操作人员提供必要的信息,显示的信息可以是正在编辑的程序、坐标值及报警信号等。

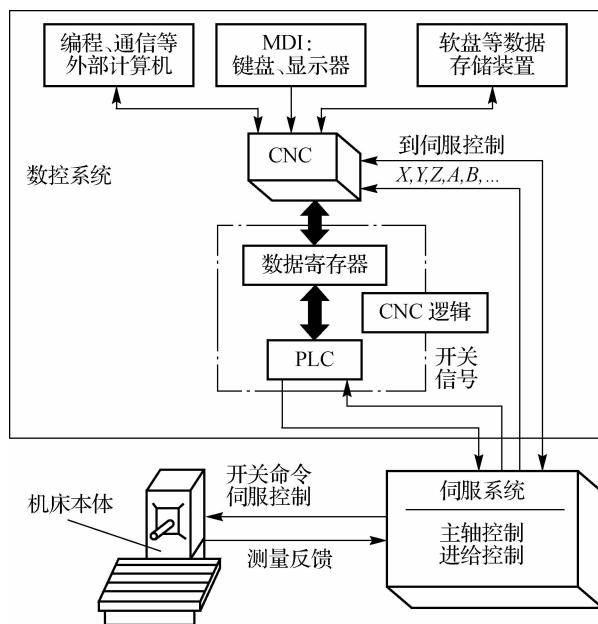


图 1-4 数控铣床的组成

数控装置是计算机数控系统的核心,由硬件和软件两部分组成。输入装置发出的脉冲信号输入到数控装置,脉冲信号经过数控装置的系统软件或逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理后,输出相应的控制信号给控制机床的各个部分,使机床进行规定的、有序的动作。

数控装置的硬件主要包括微处理器(CPU)、存储器、局部总线、外围逻辑电路及与其他组成部分的接口等。

数控机床通过数控装置和 PLC 共同完成控制功能。其中,数控装置主要完成与数字运算等有关的功能,如零件程序的编辑、插补运算、译码、刀具运动位置的伺服控制等;PLC 主要完成与逻辑运算有关的一些动作,它接收程序代码中的 M(辅助功能)、S(主轴转速)、T(选刀、换刀)等开关量动作信息,对开关量动作信息进行译码,转换成对应的控制信号,控制辅助装置完成相应的开关动作,如工件的装夹、刀具的更换、冷却液的开关等。PLC 还接收机床操作面板的指令,一方面直接控制机床的动作(如手动操作机床),另一方面将一部分指令送往数控装置控制加工过程。

(2)伺服系统。伺服系统是机床工作的动力装置,数控装置的指令要靠伺服系统付诸实施。伺服系统由伺服单元和执行元件组成。

伺服单元接收来自数控装置的速度和位移指令。这些指令经伺服单元变换和放大后,通过执行元件转变成机床进给运动的速度、方向和位移。因此,伺服单元是数控装置与机床本体的联系环节,它把来自数控装置的微弱指令信号放大成控制驱动装置的大功率信号。伺服系统分为主轴控制和进给控制等。

执行元件的作用是把经过伺服单元放大的指令信号变为机械运动,通过机械连接部件驱动机床工作台,使工作台精确定位或按规定的轨迹做严格的相对运动,加工出形状、尺寸

和精度符合要求的零件。常用的执行元件有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机,目前交流伺服电动机已经取代直流伺服电动机,成为驱动装置的主流产品。

伺服系统是数控机床的重要组成部分。从某种意义上说,数控机床的功能主要取决于数控装置,而数控机床的性能则主要取决于伺服系统。

大多数数控机床还具有位置检测装置,用于检测刀具的位移量。伺服系统中的位移比较指对控制位移量与实际位移量进行比较,根据比较的差值,调整控制信号,适时控制机床的位置。

(3)机床本体。机床本体是加工运动的机械部件,包括主运动部件、进给运动部件(工作台、刀架)和支撑部件(如床身、立柱)等。有些数控机床还配备了特殊的部件,如刀库、自动换刀装置和托盘自动交换装置等。数控机床本体结构与传统机床相比,发生了很大变化:数控机床本体普遍采用了滚珠丝杠、滚动导轨,传动效率更高;由于减少了齿轮的数量,使传动系统更简单。

数控铣床与加工中心的主要区别如下:数控铣床没有刀库和自动换刀功能,而加工中心具有刀库和自动换刀功能。需要换刀时,加工中心用数控程序指令执行自动换刀,而数控铣床则依靠人工手动换刀。不同厂家生产的数控铣床和加工中心的编程和操作是类似的,但有一定的区别,具体应用时必须参考机床编程手册和操作手册。

2. 数控铣床的加工过程

数控铣床的加工过程如图 1-5 所示。各步工作内容解释如下:

(1)零件图样是加工的原始资料,它记载着加工工件的几何信息和工艺信息。这些信息是编制数控加工程序的依据。

(2)根据零件图样编写加工程序。

(3)把加工程序输入到数控系统中,数控加工程序经过数控系统处理后,变成伺服系统能够接收的信号。

(4)伺服系统把控制信号转换为机械运动的物理量。

(5)驱动机床本体加工工件。

(6)完成零件加工。

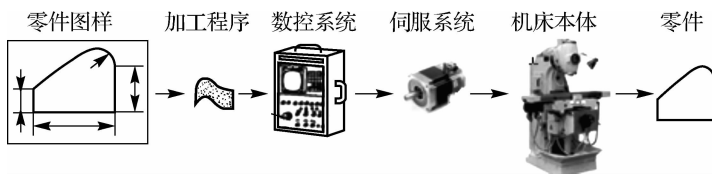


图 1-5 数控铣床的加工过程

实训情境

1. 观察数控铣床

现场观察所使用数控铣床的机床型号并做好记录,说明其含义。

2. 观察数控铣床加工零件过程

现场观察数控铣床加工零件过程,了解数控铣床的安全生产规则,理解数控铣床控制轴数、手动操作和自动运行的过程。

任务二 工件在数控铣床上的定位与装夹



实训领域目标

- (1)认识数控铣床用的典型夹具。
- (2)观察夹具的结构,认识其组成元件(定位元件、夹紧装置、夹具体等),掌握夹具的功能。
- (3)掌握数控铣加工工件定位和夹紧方案的确定原则。



预备知识

一、定位与夹紧方案的确定原则

在零件加工过程中,必须使工件在机床或工艺装备上有确定的位置。保证被加工表面位置精度就是指合理选取定位基准来使各被加工表面的位置及相互关系满足工序和设计尺寸要求。因此,在研究和选择各类工艺基准前应选择定位基准。

定位基准分粗基准和精基准两种。在零件加工前,一般以毛坯上未加工的表面作为定位基准的粗基准,经过机械加工的表面作为定位基准的精基准。

1. 定位基准选择的基本原则

定位基准选择的基本原则如下:

- (1)保证定位基准的稳定性和可靠性,确保工件相互位置表面之间的精度。
- (2)定位基准力求与设计基准重合,尽可能从相互间有直接位置精度要求的表面中选择定位基准,以减小因基准不重合而引起的误差。
- (3)夹具结构应尽量简单,工件装卸和夹紧应尽量方便,以便充分发挥数控铣床的功效。

2. 粗基准的选择

选择粗基准时,应保证所有待加工表面都有足够的加工余量,并应在尽可能少的工序内获得精基准面。

(1)对于不需加工全部表面的零件,应采用始终不加工的表面作为粗基准,这样可以较好地保证加工表面对不加工表面的相互位置要求,并尽可能在一次安装中把大部分需要加工的表面的都加工出来。

若零件上有几个不需加工的表面,则选取与加工表面相互位置精度要求高的非加工表面作为粗基准。

- (2)选取加工余量要求均匀的表面作为粗基准,在加工时可以保证该表面余量均匀。
- (3)选取的基准面应使被加工件上各加工表面总的金属切除量最小。