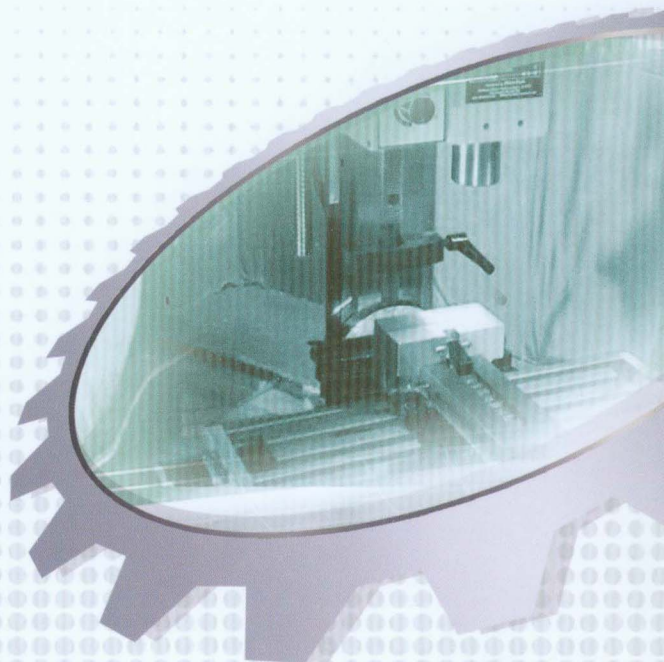
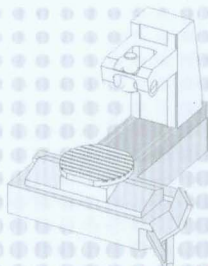
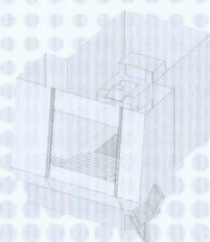
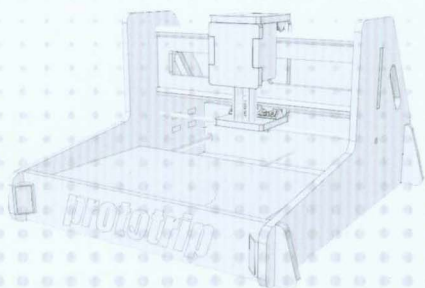


# 数控铣加工技术

SHUKONG XI JIAGONG JISHU



主 编 李春燕  
副主编 张金翠 刘 婵



重庆大学出版社

# 数控铣加工技术

主 编 李春燕  
副主编 张金翠 刘 婵  
参 编 范久远 龙远良 李 平  
栾林强 雷 方

重庆大学出版社

## 内容提要

本书以企业岗位能力为目标,以任务为驱动,以华中数控系统的数控铣床和加工中心为例,分别介绍了数控铣削加工工艺、数控铣削编程、简单零件加工、数控铣自动编程加工和综合类零件加工等内容。

本书既可作为中等职业学校数控铣削加工技术专业的师生用书,也可作为数控铣削方面的培训教材,还可作为相关技术人员自学数控铣削手动编程、铣削加工和 CAXA 制造工程师编程加工用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

数控铣加工技术/李春燕主编.--重庆:重庆大学出版社,2021.1

ISBN 978-7-5689-0853-5

I.①数… II.①李… III.①数控机床—铣床—加工  
IV.①TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 257810 号

## 数控铣加工技术

主 编 李春燕

副主编 张金翠 刘 婵

策划编辑:陈一柳

责任编辑:姜 凤 版式设计:陈一柳

责任校对:王 倩 责任印制:赵 晟

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:饶帮华

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

POD:重庆新生代彩印技术有限公司

\*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:10.5 字数:244 千

2021 年 1 月第 1 版 2021 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5689-0853-5 定价:28.00 元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

# 编委会

主任 刘 可

副主任 欧利民 童光法 高文禄 王大华 陈光勇

委员 张金翠 李春燕 龙远良 范久远 李 平

罗万琼 鲁荣华 杨 睿 牛成娟 马丽霞

张琴琴 杨 晓 欧 海 朱 西 朱春波

雷 方 栾林强



# Preface 前言

本书以培养综合型应用人才为目标,在注重基础理论教育的同时,突出实践性教育环节,以企业岗位能力为目标,以任务为驱动,通过项目式教学模式,在做与学、教与学、学与考、过程评价与结果评价的有机结合中有效实施教学过程。全书力求做到深入浅出,理论与实践相结合,突出中等职业教育的特点,以我校现有设备华中数控系统的数控铣床和加工中心为例,介绍了数控铣及加工中心、安全操作规程及机床设备的维护与保养、数控铣削加工工艺、数控铣削编程、简单零件加工与操作,利用 CAXA 制造工程师进行数控铣削的自动编程加工和综合类零件加工以及数控铣削技能鉴定的考核标准等。本书具有定位准确、理论适中、知识系统、内容翔实、案例丰富、贴近实际、突出实用性、便于学习和掌握等特点,不仅可作为数控铣削加工技术的教材,也可作为数控铣工初、中级工的培训教材。

本书共 6 个项目,分别由李平编写项目一,龙远良编写项目二,李春燕编写项目三和项目四,张金翠、刘婵编写项目五,范久远编写项目六;栾林强、雷方负责提供本书所用实例。全书所有章节均由李春燕负责统稿。

因编者水平有限,书中难免存在疏漏之处,恳请读者批评指正。

编者

2020 年 9 月



# Contents 目录

项目一 数控铣削简介 .....	1
任务一 数控铣床及加工中心概述 .....	1
任务二 铣工安全操作规程与机床维护 .....	9
项目二 数控铣削加工工艺 .....	14
任务一 数控铣削工艺特点与加工工序 .....	14
任务二 数控铣削的常用工量具和夹具 .....	17
任务三 数控铣削刀具 .....	26
项目三 数控铣削编程 .....	38
任务一 数控铣及加工中心编程基础 .....	38
任务二 数控铣及加工中心基本操作 .....	44
任务三 数控铣削编程常用指令 .....	51
任务四 数控铣削编程特殊指令 .....	62
项目四 简单零件加工 .....	69
任务一 平面铣削加工 .....	69
任务二 孔系零件加工 .....	75
任务三 内外轮廓零件加工 .....	90
项目五 数控铣自动编程加工 .....	97
任务一 CAXA 制造工程师软件的应用 .....	97
任务二 数控铣床自动编程 .....	102
任务三 DNC 数据传输 .....	116
项目六 综合类零件加工 .....	121
任务一 综合类零件加工工艺 .....	121
任务二 数控铣床技能鉴定考核标准 .....	129
任务三 综合零件加工训练 .....	143
任务四 2019 年重庆市数控综合应用技术赛项样题 .....	155

# 项目一 数控铣削简介

## 【项目导读】

本项目主要介绍数控铣削加工的基本概念、常用设备——数控铣床及加工中心的应用以及发展等。其主要内容有数控铣床及加工中心概述、铣工安全操作规程与机床维护,简述数控铣床及加工中心的基本组成、工作原理以及数控铣床安全操作规程。

## 任务一 数控铣床及加工中心概述

### 【工作任务】

- 数控铣床及加工中心简介、发展和分类。

### 【任务目标】

- 了解数控铣床及加工中心的基本概念;
- 掌握数控铣床及加工中心的基本组成部分;
- 掌握数控铣床及加工中心的分类。

### 【知识准备】

#### 一、铣床的发展历程

铣床最早起源于 1818 年,由美国人 E.惠特尼创制的卧式铣床,当时仅为了铣削麻花钻头的螺旋槽。1862 年,美国人 J.R.布朗创制了世界上第一台万能铣床,被后人誉为升降台铣床的雏形。在 1884 年前后,龙门铣床诞生。此后直至 20 世纪 20 年代,半自动铣床创制而出,工作台可以利用挡块,完成“进给—快速”或“快速—进给”的自动转换。自此,铣床进入了高速发展阶段。

自 1950 年开始,铣床的控制系统发展很快,将数字控制应用在铣床上,大大提高了铣

床的自动化程度。尤其是 20 世纪 70 年代以后,铣床上应用了微处理机的数字控制系统和自动换刀系统,提高了加工精度与效率。

随着科技的发展和机械化进程的推进,数控编程开始广泛应用于机床类操作,数控铣床逐渐演变成型。数控铣床的出现最大限度地释放了劳动力,并将逐步取代人工操作。数控铣床对操作员工的要求会越来越高,当然,它所带来的效率也会越来越高。

数控铣床与普通铣床的结构类似,零件加工工艺基本相同。数控铣床分为不带刀库和带刀库两大类。其中,带刀库的数控铣床又称为加工中心。

数控铣床应用数字技术,可直接控制机床执行部件工作顺序和运动位移,减省了传统机床的变速箱结构,使数控铣床的机械结构也得到了极大的简化。数字控制为了能够实现高精度的加工,对机械系统的传动刚度有较高的要求以及无传动间隙。随着计算机水平和控制能力的不断发展与提高,为了在同一台机床上可以同时执行多种所需要的辅助功能,数控机床的机械结构需要不断提高其集成化功能。

随着新材料和新工艺的不断涌现,面对激烈的市场竞争,降低成本便成了机械加工的重中之重,金属切削加工的发展方向一定是切削速度和精度越来越高,生产效率越来越高,系统越来越可靠。这就要求数控机床精度更高、驱动功率更大、机械结构动静热态刚度更好、工作更可靠、能实现更长时间的连续运行和尽可能少的停机时间。

数控铣床是一种加工功能很强的数控机床,在数控加工中占据重要地位。世界上首台数控机床就是一部三坐标铣床,这主要是铣床具有  $X, Y, Z$  3 轴向可移动的特性,且可完成较多的加工工序。数控铣床现已全面向多轴化发展。目前,迅速发展的加工中心和柔性制造单元也是在数控铣床和数控镗床的基础上产生的。

数控铣床主要采用铣削方式加工工件的数控机床,能完成各种平面、沟槽、螺旋槽、成形表面、平面曲线和空间曲线等复杂型面的加工,如图 1.1 所示。



图 1.1

数控铣床是在一般铣床的基础上发展起来的,二者的加工工艺基本相同,结构也有些相似,但数控铣床是靠程序控制的自动加工机床,因此,其结构与普通铣床有很大的区别。现代数控机床综合应用了微电子技术、计算机技术、精密检测技术、伺服驱动技术以及精

密机械技术等多方面的最新成果,是典型的机电一体化产品。

数控加工中心是由机械设备与数控系统组成的适用于加工复杂零件的高效率自动化机床(图 1.2)。数控加工中心是目前世界上产量最高、应用最广的数控机床之一。数控加工中心的综合加工能力较强,工件一次装夹后能完成较多的加工内容,加工精度较高,就中等加工难度的批量工件,其效率是普通设备的 5~10 倍,特别是它能完成许多普通设备不能完成的加工,对形状较复杂、精度要求高的单件加工或中小批量多品种生产更为适用。

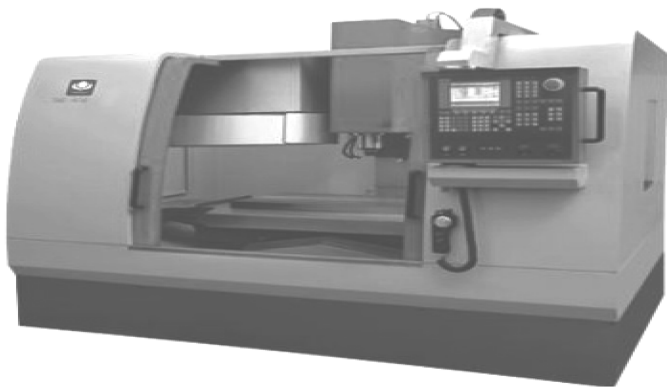


图 1.2

数控加工中心是一种功能较全的数控加工机床。它把铣削、镗削、钻削、攻螺纹和切削螺纹等功能集中在一台设备上,使其具有多种工艺手段。加工中心设置有刀库,刀库中存放着不同数量的各种刀具或检具,在加工过程中由程序自动选用和更换。这是它与数控铣床、数控镗床的主要区别,特别是必须采用工装和专机设备来保证产品质量和效率的工件。这会为新产品的研制和改型换代节省大量的时间和费用,从而使企业具有较强的竞争能力。

## 二、数控铣床的组成部分

数控铣床采用全数字交流伺服驱动,如图 1.3 所示,通常由床身、控制面板、主轴、主轴箱、立柱、电气柜、工作台、冷却液箱等组成。

铣头部分一般由变速箱和铣头两部分组成。铣头主轴由高精度轴承支承,刚性好,回转精度高;主轴安装有快速换刀螺母,采用机械无级变速,具有调速范围广、传动平稳、操作方便等特点。刹车机构为节省辅助时间,刹车时通过制动手柄撑开止动环,能使主轴快速制动。启动主电动机时,松开主轴制动手柄。铣头部分还安装有伺服电机、内齿带轮、滚珠丝杠副及主轴套筒,使其形成垂直方向( $Z$  方向)的进给传动链,实现主轴垂向往复直线运动。

工作台和床鞍安装在升降台的水平导轨上,在工作台的右端装有伺服电机,使其驱动工作台实现纵向进给。通过内齿带轮带动精密滚珠丝杠,由丝杠带动工作台作纵向进给运动。床鞍的纵横导轨面均采用 TuRcile B 贴塑面,提高了导轨的耐磨性、运动的平稳

性和精度的保持性,避免了低速爬行现象。

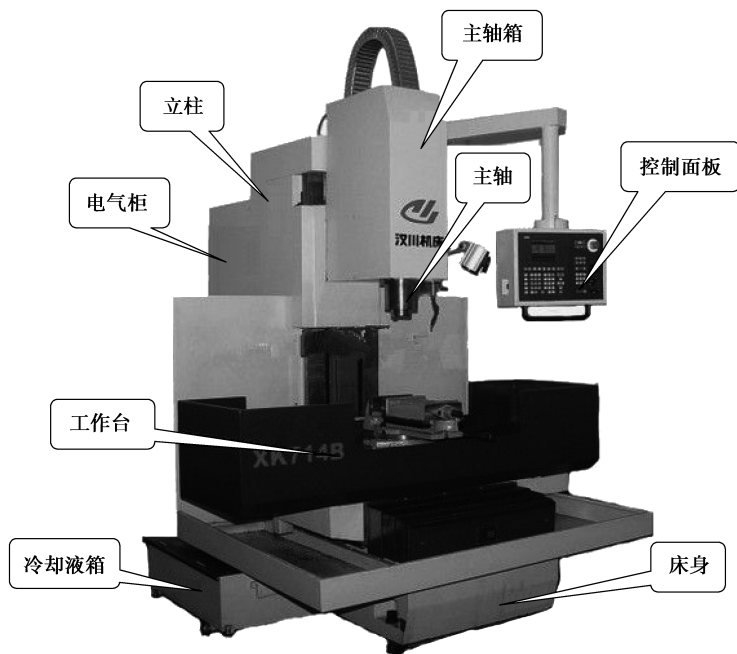


图 1.3

数控铣床的基本框架通常是指床身、立柱、横梁、工作台、底座等结构件。其他部件附着在基础件上,有的部件还需沿着基础件运动。由于基础件起着支承和导向作用,因此对基础件的基本要求是刚度好。

机床的冷却系统由冷却泵、出水管、回水管、开关及喷嘴等组成。冷却泵安装在机床底座的内腔,冷却泵将切削液从机床底座内的储液池打出,由出水管经喷嘴喷出,对铣削区域进行冷却,最后经回水管流回储液池,实现循环使用。

机床的润滑系统由手动润滑油泵、分油器、节流阀、油管等组成。机床采用周期润滑方式,用手动润滑油泵,通过分油器对主轴套筒、纵横向导轨及三向滚珠丝杠进行润滑,以提高机床的使用寿命。

变频器(Variable-Frequency Drive, VFD)是应用变频技术与微电子技术,通过改变电机工作电源频率方式来控制交流电动机的功率控制设备。在数控机床中,变频器主要用于控制主轴的动作。

电气原理如图 1.4 所示。

工作原理如图 1.5 所示,数控铣床的工作原理是按加工图纸编写出零件的加工程序,利用输入装置将程序输入机床,由计算机数控装置根据程序控制伺服驱动系统和辅助控制系统驱动机床进行零件加工,最后由机床将加工信息反馈给计算机数控装置,完成一个加工动作。

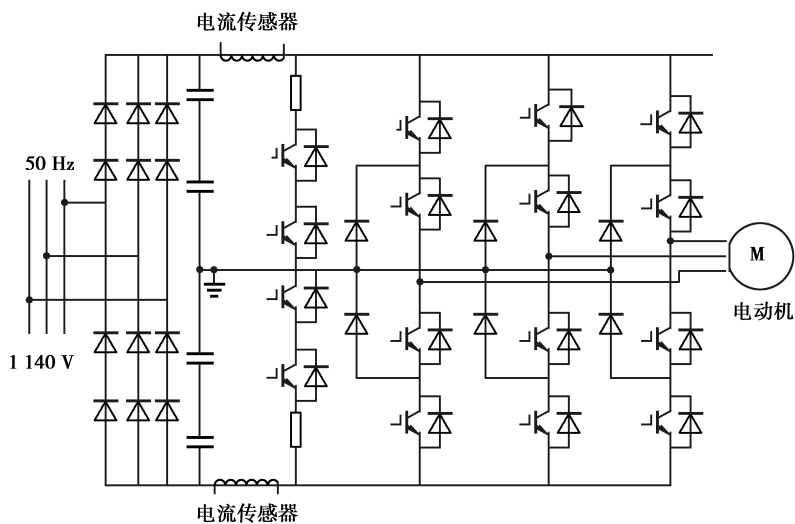


图 1.4

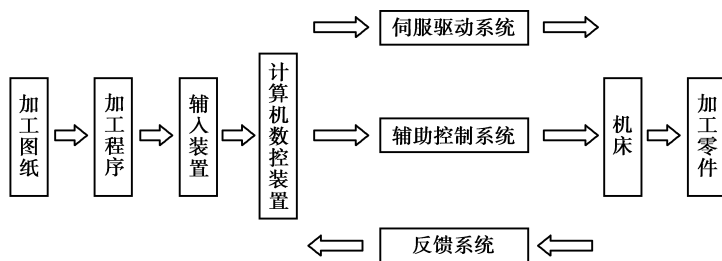


图 1.5

### 三、数控铣床的分类

数控铣床的分类方法很多,这里介绍常见的两种。

①按主轴的布置形式及机床的布局特点分类,可分为立式数控铣床、卧式数控铣床、立卧两用式数控铣床。

②按数控铣床构造分类,可分为工作台升降式数控铣床、主轴头升降式数控铣床、龙门式数控铣床。

### 四、加工中心的组成及分类

#### (一) 加工中心的组成

加工中心主要由基础部件、主轴部件、数控系统、自动换刀系统(ATC)、辅助系统、自动托盘交换系统(APC)组成。

## (二) 加工中心的分类

### 1. 按主轴在加工时的空间位置进行分类

#### (1) 卧式加工中心

卧式加工中心的主轴轴线为水平设置。卧式加工中心具有 3~5 个运动坐标, 常见的是 3 个直线运动坐标加一个回转运动坐标(回转工作台), 它能在工件一次装夹后完成除安装面和顶面以外的其余 4 个面的加工。

#### (2) 立式加工中心

立式加工中心的主轴轴线为垂直设置。立式加工中心(图 1.6)多为固定立柱式, 工作台为十字滑台方式, 一般具有 3 个直线运动坐标, 也可在工作台上安装一个水平轴(第四轴)的数控转台, 用来加工螺旋线类工件。立式加工中心适合于加工盘类工件, 配合各种附件后, 可满足各种工件的加工。

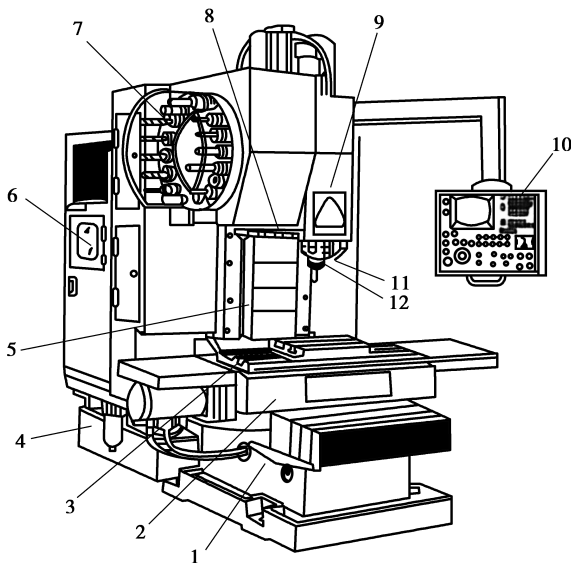


图 1.6

1—床身;2—滑座;3—工作台;4—润滑油箱;5—立柱;6—数控柜;7—刀库;  
8—机械手;9—主轴箱;10—操纵面板;11—控制柜;12—主轴

### 2. 按功能特征进行分类

#### (1) 镗铣加工中心

特点:以镗、铣加工为主。

应用:适用于加工箱体、壳体以及各种复杂零件的特殊曲线和曲面轮廓的多工序加工。

#### (2) 钻削加工中心

特点:以钻削加工为主,刀库形式以转塔头形式为主。

应用:适用于中小零件的钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹及连续轮廓的铣削等多工序加工。

### (3) 复合加工中心

特点:复合加工中心除了用各种刀具进行切削外,还可使用激光头进行打孔、清角,用磨头磨削内孔,用智能化在线测量装置检测、仿型等。

#### 3. 按运动坐标数和同时控制的坐标数进行分类

按运动坐标数和同时控制的坐标数进行分类,加工中心分为三轴二联动、三轴三联动、四轴三联动、五轴四联动、六轴五联动、多轴联动直线+回转+主轴摆动等。

#### 4. 按工作台的数量和功能进行分类

- ①单工作台加工中心。
- ②双工作台加工中心。
- ③多工作台加工中心。

#### 5. 按主轴种类进行分类

按主轴种类分类可分为单轴、双轴、三轴和可换主轴箱的加工中心。

#### 6. 按自动换刀装置进行分类

- ①转塔头加工中心。
- ②刀库+主轴换刀加工中心。
- ③刀库+机械手+主轴换刀加工中心。
- ④刀库+机械手+双主轴转塔头加工中心。

## 五、功能特点

与普通铣床相比,数控铣床具有以下特点:

①零件加工的适应性强、灵活性好,能加工轮廓形状特别复杂或难以控制尺寸的零件,如模具类零件、壳体类零件等。

②能加工普通机床无法加工或很难加工的零件,如用数学模型描述的复杂曲线零件以及三维空间曲面类零件。

③能加工一次装夹定位后,需进行多道工序加工的零件。

④加工精度高、加工质量稳定可靠。

⑤生产自动化程度高,可以减轻操作者的劳动强度,有利于生产管理自动化。

⑥生产效率高。

⑦从切削原理上讲,无论是端铣还是周铣都属于断续切削方式,而不像车削那样连续切削,因此对刀具的要求较高,要求具有良好的抗冲击性、韧性和耐磨性。在干式切削状况下,还要求有良好的红硬性。

## 【考核评价】

评价内容		自我评价	小组互评	教师评价
技能	能指出数控铣床的主要组成部分	掌握( ) 模仿( ) 不会( )	掌握( ) 模仿( ) 不会( )	掌握( ) 模仿( ) 不会( )
	能指出加工中心的主要组成部分	掌握( ) 模仿( ) 不会( )	掌握( ) 模仿( ) 不会( )	掌握( ) 模仿( ) 不会( )
知识	数控铣床及加工中心的基本概念	应用( ) 理解( ) 不懂( )	应用( ) 理解( ) 不懂( )	应用( ) 理解( ) 不懂( )
	数控铣床的特点	应用( ) 理解( ) 不懂( )	应用( ) 理解( ) 不懂( )	应用( ) 理解( ) 不懂( )
	按自动换刀装置进行分类	应用( ) 理解( ) 不懂( )	应用( ) 理解( ) 不懂( )	应用( ) 理解( ) 不懂( )
简单评语				

## 【巩固提高】

- 1.与普通铣床相比,数控铣床有哪些优点?
- 2.加工中心有哪些不同的类型?
- 3.数控铣床与加工中心的最大区别是什么?

## 任务二 铣工安全操作规程与机床维护

### 【工作任务】

- 明确数控铣床及加工中心安全操作规程；
- 掌握数控铣床及加工中心维护与保养的基本方法。

### 【任务目标】

- 了解安全文明生产知识和机床操作规程；
- 掌握数控铣床及加工中心的检查制度；
- 了解铣工安全操作规程。

### 【知识准备】

#### 一、铣工安全操作规程

##### 1. 开机前,应遵守的操作规程

- ①穿戴好劳保用品,不要戴手套操作机床。
- 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。
- ⑦加工前必须关上机床的防护门。

##### 2. 在加工操作中,应遵守的操作规程

- 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注意检查工件和刀具是否装夹正确、可靠;在刀具装夹完毕后,应采用手动方式进行试切。
- ④机床运转过程中,不要清除切屑,要避免用手接触机床运动部件。
- ⑤清除切屑时,要使用一定的工具,应注意不要被切屑划破手脚。
- ⑥必须在机床停止状态下进行工件测量。

⑦在打雷时,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,容易烧坏模块或丢失改变数据,从而造成不必要的损失。

### 3.工作结束后,应遵守的操作规程

- ①如实填写好交接班记录,发现问题要及时反映。
- ②打扫工作场地,擦拭机床,应注意保持机床及控制设备的清洁。
- ③切断系统电源,关好门窗后才能离开。

## 二、数控铣床及加工中心的检查制度

### 1.日常检查要点

- ①清除工作台、基座等处的污物和灰尘,擦去机床表面的机油、冷却液和切屑。
- ②清除没有罩盖的滑动表面上的一切东西。
- ③擦净丝杠的暴露部位。为了清除这些部位的灰尘和切屑,要用轻油或其他同类油冲洗。
- ④清理风箱式护罩。
- ⑤清理、检查所有限位开关、接近开关及其周围表面。
- ⑥检查各润滑油箱及主轴润滑油箱的油面,使其保持在合适的油面位置。
- ⑦确保空气滤杯内的水完全排除。
- ⑧检查液压泵的压力是否足够。
- ⑨检查机床液压系统是否漏油。
- ⑩检查冷却液软管及液面,清理管内及冷却渣槽内的切屑等污物。
- ⑪确保操作面板上所有指示灯显示正常。
- ⑫检查各坐标轴是否处在原点上。
- ⑬检查主轴端面、刀夹及其他配件是否有毛刺、裂纹或损坏现象,并将主轴周围清理干净。

### 2.月检查要点

- ①清理电气控制箱内部,使其保持干净。
- ②校准工作台及床身基准的水平状态,必要时调整垫铁,拧紧螺母。
- ③清洗空气滤网,必要时予以更换。
- ④检查液压装置、管路及接头,确保无磨损。
- ⑤清理导轨滑动面上的刮垢板。
- ⑥检查各电磁阀、行程开关、接近开关,确保它们能正常工作。
- ⑦检查液压箱内的滤油器,必要时予以清洗。
- ⑧检查各电缆及接线端子是否接触良好。
- ⑨确保各联锁装置、时间继电器等能正常工作。
- ⑩确保数控装置能正常工作。

### 3. 半年(或年)检查要点

- ①清理电气控制箱内部,使其保持干净。
- ②更换液压装置内的液压油及润滑装置内的润滑油,清洗油滤及油箱内部。
- ③检查各电机轴承是否有噪声,必要时予以更换。
- ④检查数控 CNC 加工中心机床的各有关精度。
- ⑤直观检查所有电气部件及继电器等是否可靠工作。
- ⑥测量各进给轴的反向间隙,必要时予以调整或进行补偿。
- ⑦检查各伺服电机的电刷及换向器的表面,必要时予以修整或更换。
- ⑧检查一个试验程序的完整运转情况。

## 三、数控铣床维护与保养的基本要求

在懂得了数控铣床的维护与保养的目的和意义后,还必须明确其基本要求,主要包括:

### 1. 提高思想认识

在思想上要高度重视数控铣床的维护与保养工作,尤其是数控铣床的操作者更应如此,不能只管操作,而忽视对数控铣床的日常维护与保养。

### 2. 提高操作人员的综合素质

数控铣床的使用比普通铣床的使用难度要大些,因为数控铣床是典型的机电一体化产品,它涉及的知识面较广,即操作者应具有机、电、液、气等更为宽广的专业知识;再有,由于其电气控制系统中的 CNC 系统升级、更新换代比较快,如果不定期参加专业理论培训学习,则不能熟练掌握新的 CNC 系统应用。因此,对操作人员提出的素质要求是很高的。为此,必须对数控操作人员进行培训,使其对铣床原理、性能、润滑部位及其方式进行较系统的学习,为更好地使用铣床奠定基础。同时在数控铣床的使用与管理方面,应制订一系列切合实际、行之有效的措施。

### 3. 为数控铣床创造一个良好的使用环境

由于数控铣床中含有大量的电子元件,它们最怕阳光直接照射,也怕潮湿和粉尘、振动等,这些均可使电子元件受到腐蚀变坏或造成元件间的短路,引起铣床运行不正常。因此,对数控铣床的使用环境应做到保持清洁、干燥、恒温和无振动;对电源应保持稳压,一般只允许 $\pm 10\%$ 波动。

### 4. 严格遵循正确的操作规程

无论是什么类型的数控铣床,都有一套自己的操作规程,这既是保证操作人员人身安全的重要措施之一,也是保证设备安全、使用产品质量等的重要措施。因此,使用者必须按照操作规程正确操作,如果铣床在第一次使用或长期没有使用时,应先使其空转几分钟;并要特别注意使用中开机、关机的顺序和注意事项。