

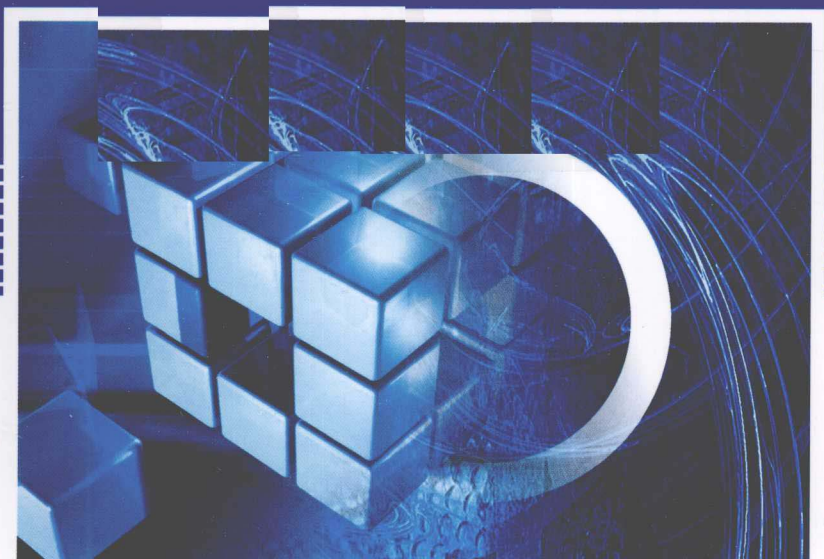


21世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

零件数控铣削加工

lingjian shukong xixiao jiagong

■ 主 编 陈 华 陈炳森
■ 副主编 阙焱彬 甘达淅 樊 雄 詹广平 陈文勇
■ 主 审 林若森 钟启生



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

本书是根据教育部《高职高专教育数控专业教学大纲》的要求，结合我国高职高专教育的特点，参照国外先进教材，由长期从事数控专业教学、科研工作的教师编写而成的。本书可作为高职高专数控专业及相关专业的教材，也可供从事数控工作的工程技术人员参考。

零件数控铣削加工

主 编 陈 华 陈炳森

副主编 阙焱彬 甘达浙 樊 雄 詹广平 陈文勇

主 审 林若森 钟启生

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

责任编辑：李 杰 封面设计：李 杰

内 容 提 要

本书是根据企业用人需求及《数控铣/加工中心操作工国家职业标准》编写的一本理论实践一体化的专业教材,内容包括数控铣/加工中心基本操作训练、数控铣削加工工艺、数控编程等方面,涵盖了数控铣/加工中心操作工中、高级技能的绝大部分知识点。

本书分三篇共 11 个学习单元,第一篇为加工前必备的知识与技能,重点介绍了数控铣/加工中心的类型、基本操作等内容;第二篇为数控铣/加工中心编程与操作技能实训,围绕平面铣削、轮廓铣削、孔加工、宏程序编制等内容,重点介绍了数控铣削加工工艺、编程指令及其使用方法等知识;第三篇为数控铣/加工中心职业技能考证强化训练,主要介绍数控铣/加工中心职业技能考证要求及相关的思路与方法。

本书所介绍的系统为目前企业主流的 FANUC、SINUMERIK 数控系统,每个学习内容都配备了相关的案例,内容简洁明了,通俗易懂,主要作为高等院校机械制造类专业教学用书,也可作为目前正在数控铣/加工中心编程与操作岗位的技术人员参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

零件数控铣削加工/陈华,陈炳森主编. —北京:北京理工大学出版社,2010.2

ISBN 978 - 7 - 5640 - 3012 - 4

I. ①零… II. ①陈… ②陈… III. ①机械元件 - 数控机床:铣床 - 金属切削 - 加工 IV. ①TH13②TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 012504 号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/三河市南阳印刷有限公司

开 本/710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张/25.25

字 数/473 千字

版 次/2010 年 2 月第 1 版 2010 年 2 月第 1 次印刷

印 数/1~1500 册

定 价/43.00 元

责任校对/陈玉梅

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前言

本书是根据国家教育部《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,从“工学交替,课证融通”人才培养模式出发,参照数控技术职业资格标准,结合编者多年的教学和实践经验编写而成的。

《零件数控铣削加工》是数控技术工作过程系统化专业课程体系中的一项重要核心课。该课程围绕数控铣/加工中心操作、工艺设计、编程及日常维护等学习内容,并结合地方企业生产特点,以企业工作任务为背景安排教学内容,按照“理实一体,任务驱动”教学模式组织教学,与传统教材相比,主要有以下几个特点。

① 摒弃了传统学科知识体系的编写思路,将企业用人需求与数控铣/加工中心职业资格标准相结合,引入“任务驱动”的教学理念来选取和组织教学内容,内容包括数控铣/加工中心基本操作训练、平面铣削、外形、型腔铣削、孔加工、宏程序编制、职业技能考证等内容,知识的针对性、实用性强。

② 强调工作过程导向,在介绍加工工艺、编程指令及方法等显性知识的同时,还增加了任务完成过程等隐性知识的介绍,有助于读者很好地掌握相关的知识和技能。

③ 遵循读者职业认知发展规律,按照从简单到复杂的顺序编排各教学内容,具有循序渐进的教学特点。

④ 紧贴生产实际,重点介绍了目前企业主流的 FANUC、SINUMERIK 数控系统的操作与编程方法,所选的案例大部分为企业典型工作任务,具有显著的企业生产背景。

全书分三篇共 11 个学习单元,由广西多所高校的专业教师及企业技术人员协作完成,编写分工如下:单元一由林若森、王大红共同编写;单元二中的 2.1 和 2.2 节、单元八由陈华编写;单元二中的 2.3 节由钟启生编写;单元三中的 3.1 和 3.2 节由樊雄及刘振超共同编写,单元三中的 3.3 节由刘伟及丘柳滨共同编写,单元三中的 3.4 节由甘业生编写;单元四由刘汉华编写;单元五由韦江波编写;单元六由阙燚彬编写;单元七由甘达渐编写;单元九由陈炳森及詹广平编写;单元十由蒙坚编写;单元十一由陈文勇编写;全书由陈华、陈炳森任主编,阙燚彬、甘达渐、樊雄、詹广平、陈文勇任副主编,负责全书的统稿工作;林若森与钟启生担任主审负责对全书进行审核。

本书在编写过程中,得到了柳州市福臻车体实业有限公司的韦彦少、柳州五菱联发制动器厂的潘林、五菱柳机动力有限公司的赵日丹及山特维克公司的柳义

耿等专家的大力支持，同时也借鉴了国内外同行的最新资料和文献，在此一并表示衷心的感谢。

为高等教育编写理论与实践一体化的教材是一种尝试，是否真正适用，还有待于实践检验。诚恳希望广大师生对本书的缺点、错误提出批评和指正。

编者

目 录

第一篇 加工前必备的知识与技能

单元一 数控铣床/加工中心的使用与维护	3
1.1 数控铣床/加工中心概述及安全操作	3
1.2 数控铣床/加工中心的日常保养与维护	10
学生工作任务	12
单元二 零件加工前的准备	13
2.1 数控铣床/加工中心常用刀具的安装	13
2.2 夹具安装与工件装夹	22
2.3 常用计量器具的使用	29
学生工作任务	37
单元三 数控铣床/加工中心常用数控系统面板操作	39
3.1 FANUC0i Mate - MC 数控系统面板操作实训	39
3.2 SINUMERIK - 802D 数控系统面板操作	50
3.3 SINUMERIK - 802S 数控系统面板操作	60
3.4 数控铣/加工中心对刀操作	71
学生工作任务	81

第二篇 数控铣/加工中心编程与操作技能实训

单元四 平面铣削	85
4.1 平行面铣削	86
4.2 台阶面铣削	102
学生工作任务	110
单元五 零件 2D 外形轮廓铣削	112
5.1 单一外形轮廓铣削	113
5.2 叠加外形轮廓铣削	130
5.3 岛屿形外形轮廓铣削	141
学生工作任务	153
单元六 型腔铣削	157
6.1 开放型腔铣削	158
6.2 封闭型腔铣削	168

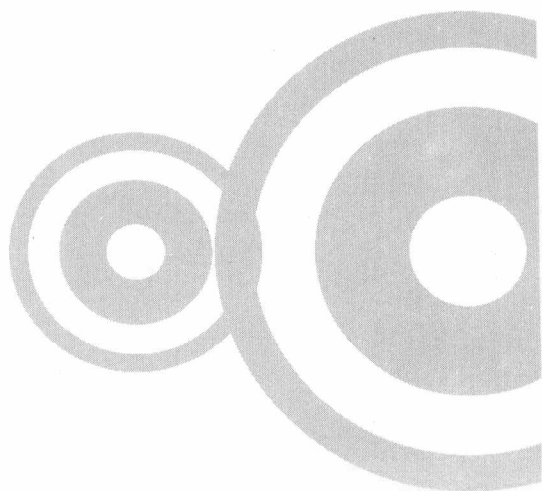
6.3 复合型腔的铣削	179
学生工作任务	195
单元七 孔结构加工	199
7.1 连接孔的加工	202
7.2 配合孔的加工	223
7.3 螺纹孔的加工	240
学生工作任务	253
单元八 特殊 2D 轮廓铣削	255
8.1 公式曲线轮廓铣削	256
8.2 齿类轮廓铣削	273
学生工作任务	281
单元九 规则空间曲面铣削	283
9.1 轮廓空间倒角与圆角	284
9.2 规则空间曲面铣削	298
学生工作任务	307

第三篇 数控铣/加工中心职业技能考证强化训练

单元十 数控铣/加工中心操作工中级考证强化训练	313
10.1 数控铣/加工中心操作工中级职业标准	313
10.2 数控铣工/加工中心操作工中级考证案例	326
学生工作任务	353
单元十一 数控铣/加工中心操作工高级考证强化训练	355
11.1 数控铣/加工中心操作工高级职业标准	355
11.2 数控铣工/加工中心操作工高级考证案例	361
学生工作任务	381
附录	384
附表一 FANUC0i-MC 系统编程指令表	384
附表二 SINUMERIK-802D/802S 系统编程指令表	386
附表三 华中 HNC-21/22M 系统编程指令表	393
参考文献	395

第一篇

加工前必备的知识与技能



单元一

数控铣床/加工中心的使用与维护



学习目标

数控铣床/加工中心是目前使用非常广泛的一类数控机床，了解这类机床的结构、性能特点、类型，是充分发挥机床潜能、高效使用机床的前提；而掌握机床的安全操作规程及日常维护方法，是确保机床正常运行的关键。通过本项目的学习训练，学习者应达到以下学习目标。



知识目标

- (1) 了解数控铣床/加工中心的基本结构、性能及加工特点。
- (2) 了解数控铣床/加工中心的类型。
- (3) 掌握数控铣削加工编程基础。
- (4) 掌握数控铣床/加工中心的安全操作规程。
- (5) 掌握数控铣床/加工中心的日常维护知识。



技能目标

能严格按照数控铣床/加工中心的操作规程使用机床，并能进行机床日常的维护和保养。

1.1 数控铣床/加工中心概述及安全操作

一、初步认识数控铣床/加工中心

1. 数控铣床/加工中心的基本构成

(1) 数控铣床

数控铣床是主要以铣削方式进行零件加工的一种数控机床，同时还兼有钻削、镗削、铰削、螺纹加工等功能，它在企业中得到了广泛使用，图 1-1 为常用的立式数控铣床。

数控铣床的结构主要由机床本体、数控系统、伺服驱动装置及辅助装置等部

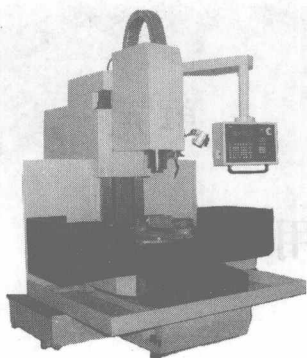


图 1-1 立式数控铣床

分构成。

① 铣床主机属于数控铣床的机械部件，主要包括床身、工作台及进给机构等。

② 数控系统。它是数控铣床的控制核心，接受并处理输入装置传送来的数字程序信息，并将各种指令信息输出到伺服驱动装置，使设备按规定的动作执行。目前，常用的数控系统有：日本的 FANUC 系统、三菱系统、德国的 SIEMENS 系统、中国的华中世纪星系统等。

③ 伺服驱动装置。它是数控铣床执行机构的驱动部件，包括主轴电动机和进给伺服电动机等。

④ 辅助装置主要指数控铣床的一些配套部件，如液压装置、气动装置、冷却装置及排屑装置等。

(2) 加工中心

加工中心机床又称多工序自动换刀数控机床，这里所说的加工中心主要是指镗铣加工中心，这类加工中心是在数控铣床基础上发展起来的，配备了刀库及自动换刀装置，具有自动换刀功能，可以在一次定位装夹中实现对零件的铣、钻、镗、螺纹加工等多工序自动加工。图 1-2 所示的是应用较为广泛的立式加工中心机床。

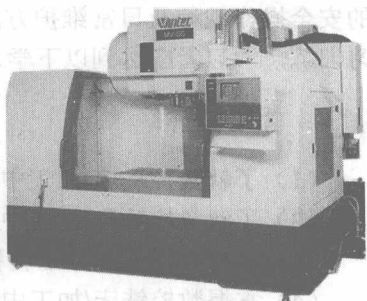


图 1-2 立式加工中心

2. 数控铣床/加工中心的主要加工对象

数控铣床与加工中心的加工功能非常相似，都能对零件进行铣、钻、镗、螺纹加工等多工序加工，只是加工中心由于具有自动换刀等功能，因而比数控铣床有更高的加工效率。在生产过程中，数控铣床主要以单件、小批量且型面复杂的零件作为加工对象，如模具、整体叶轮等（如图 1-3 所示）；而加工中心则主要以多工序、大批量的箱体类、盘套类零件为加工对象，如汽车发动机缸体、汽车减速器壳体等（如图 1-4 所示）。

3. 数控铣床/加工中心的类型

(1) 按机床结构特点及主轴布置形式分类

① 立式数控铣床/加工中心，其主轴轴线垂直于机床工作台，如图 1-5 所示。其结构形式多为固定立柱，工作台为长方形，无分度回转功能。它一般具有 X、Y、Z 三个直线运动的坐标轴，适合加工盘、套、板类零件。

立式数控铣床/加工中心操作方便，加工时便于观察，且结构简单，占地面积小、价格低廉，因而得到了广泛应用。但受立柱高度及换刀装置的限制，不能加工太高的零件，在加工型腔或下凹的型面时，切屑不易排出，严重时损坏刀具，

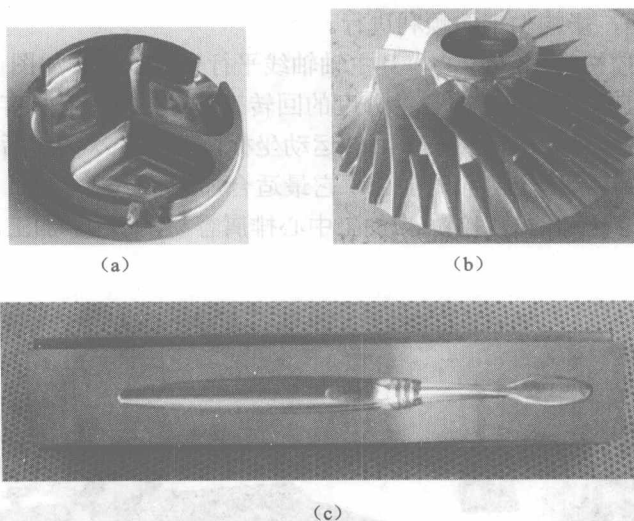


图 1-3 数控铣床主要加工对象
(a) 圆形型腔; (b) 叶轮; (c) 牙刷凹模

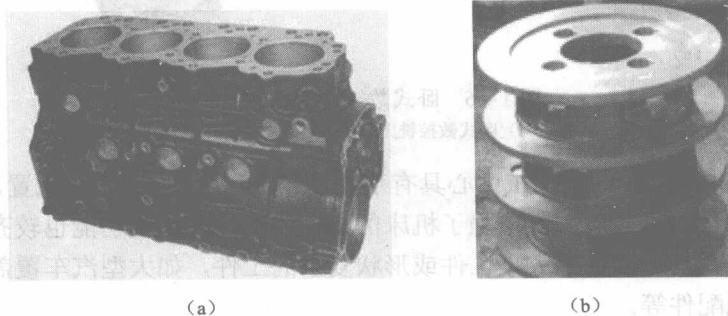


图 1-4 加工中心主要加工对象
(a) 发动机缸体; (b) 行星轮架

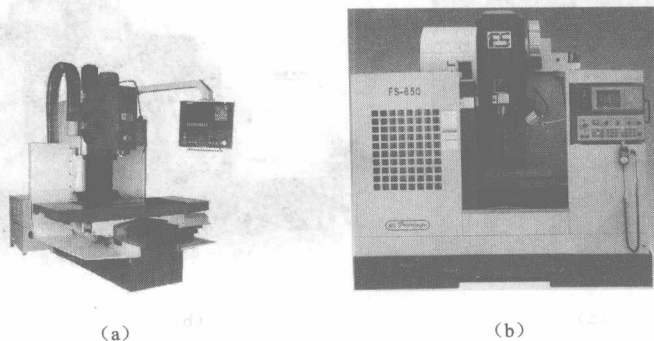


图 1-5 立式数控铣床/加工中心
(a) 立式数控铣床; (b) 立式加工中心

破坏已加工表面,影响加工的顺利进行。

② 卧式数控铣床/加工中心,其主轴轴线平行于水平面,如图1-6所示。卧式数控铣床/加工中心通常带有自动分度的回转工作台,它一般具有3~5个坐标,常见的是三个直线运动坐标加一个回转运动坐标,工件一次装夹后,完成除安装面和顶面以外的其余四个侧面的加工,它最适合加工箱体类零件。与立式数控铣床/加工中心相比较,卧式数控铣床/加工中心排屑容易,有利于加工,但结构复杂,价格较高。

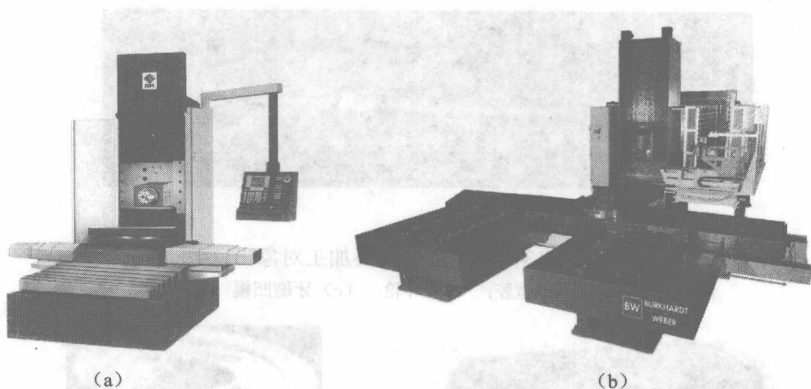


图1-6 卧式数控铣床/加工中心

(a) 卧式数控铣床; (b) 卧式加工中心

③ 龙门式数控铣床/加工中心具有双立柱结构,主轴多为垂直设置,如图1-7所示,这种结构形式进一步增强了机床的刚性,数控装置的功能也较齐全,能够一机多用,尤其适合加工大型工件或形状复杂的工件,如大型汽车覆盖件模具零件、汽轮机配件等。

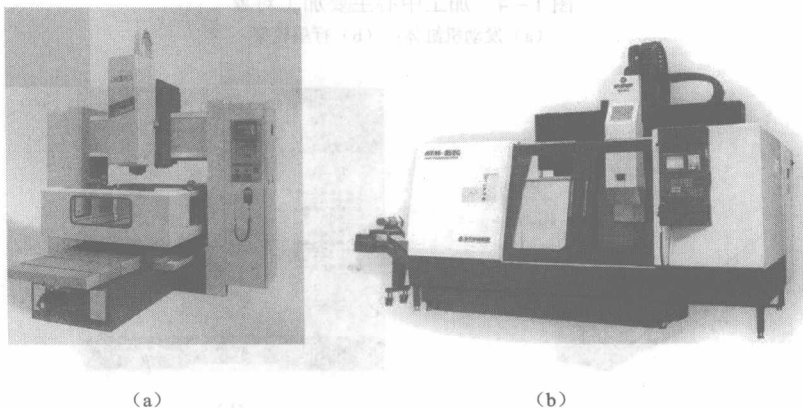


图1-7 龙门式数控铣床/加工中心

(a) 龙门式数控铣床; (b) 龙门式加工中心

④ 多轴数控铣床/加工中心。联动轴数在三轴以上的数控机床称多轴数控机床。常见的多轴数控铣床/加工中心有四轴四联动、五轴四联动、五轴五联动等类型,如图 1-8 所示。工件一次安装后,能实现除安装面以外的其余五个面的加工,零件加工精度进一步提高。

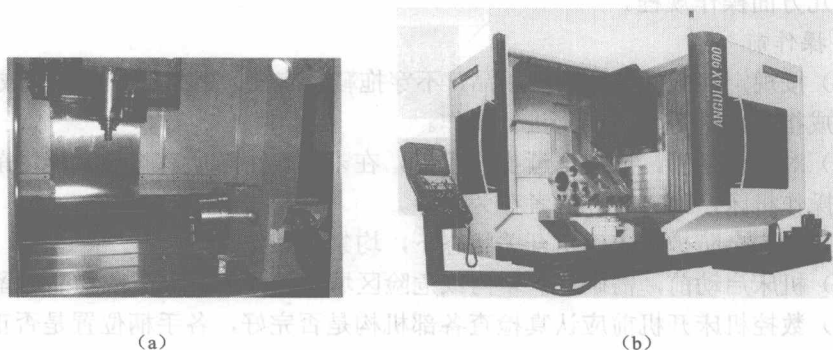


图 1-8 多轴加工中心

(a) 带 4 轴的四联动加工中心; (b) 五轴联动加工中心

⑤ 并联机床又称为虚拟轴机床,它以 Stewart 平台型机器人机构为原型构成的,这类机床改变了以往传统机床的结构,通过连杆的运动,实现主轴的多自由度运动,完成对工件复杂曲面的加工。这类机床外观形状如图 1-9 所示。

(2) 按数控系统的功能分类

① 经济型数控铣床/加工中心。经济型数控铣床/加工中心通常采用开环控制数控系统,这类机床可以实现三坐标联动,但功能简单,加工精度不高。

② 全功能数控铣床/加工中心。这类机床所使用的数控系统功能齐全,并采用半闭环或闭环控制,加工精度高,因而得到了广泛的应用。



图 1-9 并联机床

(3) 按加工精度分类

① 普通数控铣床/加工中心。这类机床的加工分辨率通常为 $1\text{ }\mu\text{m}$,最大进给速度为 $15\sim 25\text{ m/min}$,定位精度在 $10\text{ }\mu\text{m}$ 左右。它通常用于一般精度要求的零件加工。

② 高精度数控铣床/加工中心。这类机床的加工分辨率通常为 $0.1\text{ }\mu\text{m}$,最大进给速度为 $15\sim 100\text{ m/min}$,保证了定位精度在 $2\text{ }\mu\text{m}$ 左右,通常用于如航天领域中高精度要求的零件加工。

二、数控铣床/加工中心安全操作

数控铣床/加工中心是机电一体化的高技术设备,要使机床长期可靠运行,正

确操作和使用是关键。一名合格的数控机床操作工,不仅要具有扎实的理论知识和娴熟的操作技能,同时还必须严格遵守数控机床的各项操作规程与管理规定,根据机床“使用说明书”的要求,熟悉本机床的一般性能和结构,禁止超性能使用。正确、细心地操作机床,以避免发生人身、设备等安全事故。操作者应遵循以下以几方面操作规程。

1. 操作前

(1) 按规定穿戴好劳动保护用品,不穿拖鞋、凉鞋、高跟鞋上岗,不戴手套、围巾及戒指、项链等各类饰物进行操作。

(2) 对于初学者,应先详读操作手册,在未确实了解所有按钮功能之前,禁止单独操作机床,而需有熟练者在旁指导。

(3) 各安全防护门未确定开关状态下,均禁止操作。

(4) 机床启动前,需确认护罩内或危险区域内均无任何人员或物品滞留。

(5) 数控机床开机前应认真检查各部机构是否完好,各手柄位置是否正确,常用参数有无改变,并检查各油箱内油量是否充足。

(6) 依照顺序打开车间电源、机床主电源和操作箱上的电源开关。

(7) 当机床第一次操作或长时间停止后,每个滑轨面均须先加润滑油,再让机床开机但运转不过 30 min,以便润滑油泵将油打至滑轨面后再工作。

(8) 机床使用前先进行预热空运行,特别是主轴与三轴均需以最高速率的 50% 运转 10~20 min。

2. 操作中

(1) 严禁戴手套操作机床,避免误触其他开关造成危险。

(2) 禁止用潮湿的手触摸开关,避免短路或触电。

(3) 禁止将工具、工件、量具等随意放置在机床上,尤其是工作台上。

(4) 必要时,操作者勿擅自改动数控系统的设定参数或其他系统设定值。若必须更改时,请务必将原参数值记录存查,以利于以后故障维修时参考。

(5) 机床未完全停止前,禁止用手触摸任何转动部件,绝对禁止拆卸零件或更换工件。

(6) 执行自动程序指令时,禁止任何人员随意切断电源或打开电器箱,使程序中止而产生危险。

(7) 操作按钮时请先确定是否正确,并检查夹具是否安全。

(8) 对于加工中心机床,用手动方式往刀库上装刀时,要保证安装到位,并检查刀座锁紧是否牢靠。

(9) 对于加工中心机床,严禁将超重和超长的刀具装入刀库,以保证刀具装夹牢靠,防止换刀过程中发生掉刀或刀具与工件、夹具发生碰撞的现象。

(10) 对于直径超过规定的刀具,应采取隔位安装等措施将其装入刀库,防止刀库中相邻刀位的刀具发生碰撞。

- (11) 安装刀具前应注意保持刀具、刀柄和刀套的清洁。
 - (12) 刀具、工件安装完成后,要检查安全空间位置,并进行模拟换刀过程试验,以免正式操作时发生碰撞事故。
 - (13) 装卸工件时,注意工件应与刀具间保持一段适当距离,并停止机床运转。
 - (14) 在操作数控机床时,对各按键及开关操作不得用力过猛,更不允许用扳手或其他工具进行操作。
 - (15) 新程序执行前一定要进行模拟检查,检查走刀轨迹是否正确。首次执行程序要细心调试,检查各参数是否正确合理,并及时修正。
 - (16) 在数控铣削过程中,操作者多数时间用于切削过程观察,应注意选择好观察位置,以确保操作方便及人身安全。
 - (17) 数控铣床/加工中心虽然自动化程度很高,但并不属于无人加工,仍需要操作者经常观察,及时处理加工过程中出现的问题,不要随意离开岗位。
 - (18) 在数控机床使用过程中,工具、夹具、量具要合理使用码放,并保持工作场地整洁有序,各类零件分类码放。
 - (19) 加工时应时刻注意机床在加工过程的异常现象,发生故障应及时停车,记录显示故障内容,采取措施排除故障,或通知专业维修人员检修;发生事故,应立即停机断电,保护现场,及时上报,不得隐瞒,并配合相关部门做好分析调查工作。
3. 操作后
- (1) 操作者应及时清理机床上的切屑杂物(严禁使用压缩空气),工作台面、机床导轨等部位要涂油保护,做好保养工作。
 - (2) 机床保养完毕后,操作者要将数控面板旋钮、开关等置于非工作位置,并按规定顺序关机,切断电源。
 - (3) 整理并清点工、量、刀等用具,并按规定摆放。
 - (4) 按要求填写交接班记录,做好交接班工作。

三、数控铣床/加工中心的使用要求

数控铣床/加工中心的整个加工过程是由数控系统按照数字化程序完成的,在加工过程中由于数控系统或执行部件的故障造成的工件报废或安全事故,操作者一般是无能为力的。数控铣床/加工中心工作的稳定性和可靠性,对环境等条件的要求是非常高的。一般情况下,数控铣床/加工中心在使用时应达到以下几方面要求。

1. 环境要求

数控机床的使用环境没有什么特殊的要求,可以与普通机床一样放在生产车间里,但是,要避免阳光直接照射和其他热辐射,要避免过于潮湿或粉尘过多的场所,特别要避免有腐蚀性气体的场所。腐蚀性气体最容易使电子元件腐蚀变质,或造成接触不良,或造成元件之间短路,从而影响机床的正常运行。要远离振动

大的设备,如冲床、锻压设备等。对于高精密的数控机床,还应采取防振措施。

由于电子元件的技术性能受温度影响较大,当温度过高或过低时,会使电子元件的技术性能发生较大变化,使工作不稳定或不可靠,从而增加故障发生的可能性。因此,对于精度高、价格昂贵的数控机床,应在有空调的环境中使用。

2. 电源要求

数控机床采取专线供电(从低压配电室就分一路单独供数控机床使用)或增设稳压装置,都可以减少供电质量的影响和减少电气干扰。

3. 压缩空气要求

数控铣床/加工中心多数都应用了气压传动,以压缩空气作为工作介质实现换刀等,因而所用压缩空气的压力应符合标准,并保持清洁。管路严禁使用未镀锌铁管,防止铁锈堵塞过滤器。要定期检查和维修气、液分离器,严禁水分进入气路。最好在机床气压系统外增设气、液分离过滤装置,增加保护环节。

4. 不宜长期封存不用

购买的数控铣床/加工中心要充分利用,尽量提高机床的利用率,尤其是投入使用的第一年,更要充分利用,使其容易出故障的薄弱环节尽早暴露出来,尽可能在保修期内将故障的隐患排除。如果工厂没有生产任务,数控机床较长时间不用时,也要定期通电,每周通电1~2次,每次空运行1h左右,以利用机床本身的发热量来降低机内的湿度,使电子元件不致受潮,同时也能及时发现有无电池报警发生,以防止系统软件和参数丢失。

1.2 数控铣床/加工中心的日常保养与维护

要充分发挥数控机床的使用效果,除了正确操作机床外,还必须做好预防性维护工作。通过对数控机床进行预防性的维护,使机床的机械部分和电气部分少出故障,才能延长其平均无故障时间。对数控铣床/加工中心开展预防性维护,就是要做好日常维护与定期维护。

一、数控铣床/加工中心的日常维护

数控铣床的日常维护包括每班维护和周末维护,由操作人员负责。

1. 每班维护

(1) 机床上的各种铭牌及警告标志需小心维护,不清楚或损坏时需更换。

(2) 检查空压机是否正常工作,压缩空气压力一般控制为0.588~0.784 MPa,供应量为200 L/min。

(3) 检查数控装置上各个冷却风扇是否正常工作,以确保数控装置的散热通风。

(4) 检查各油箱的油量,必要时须添加。