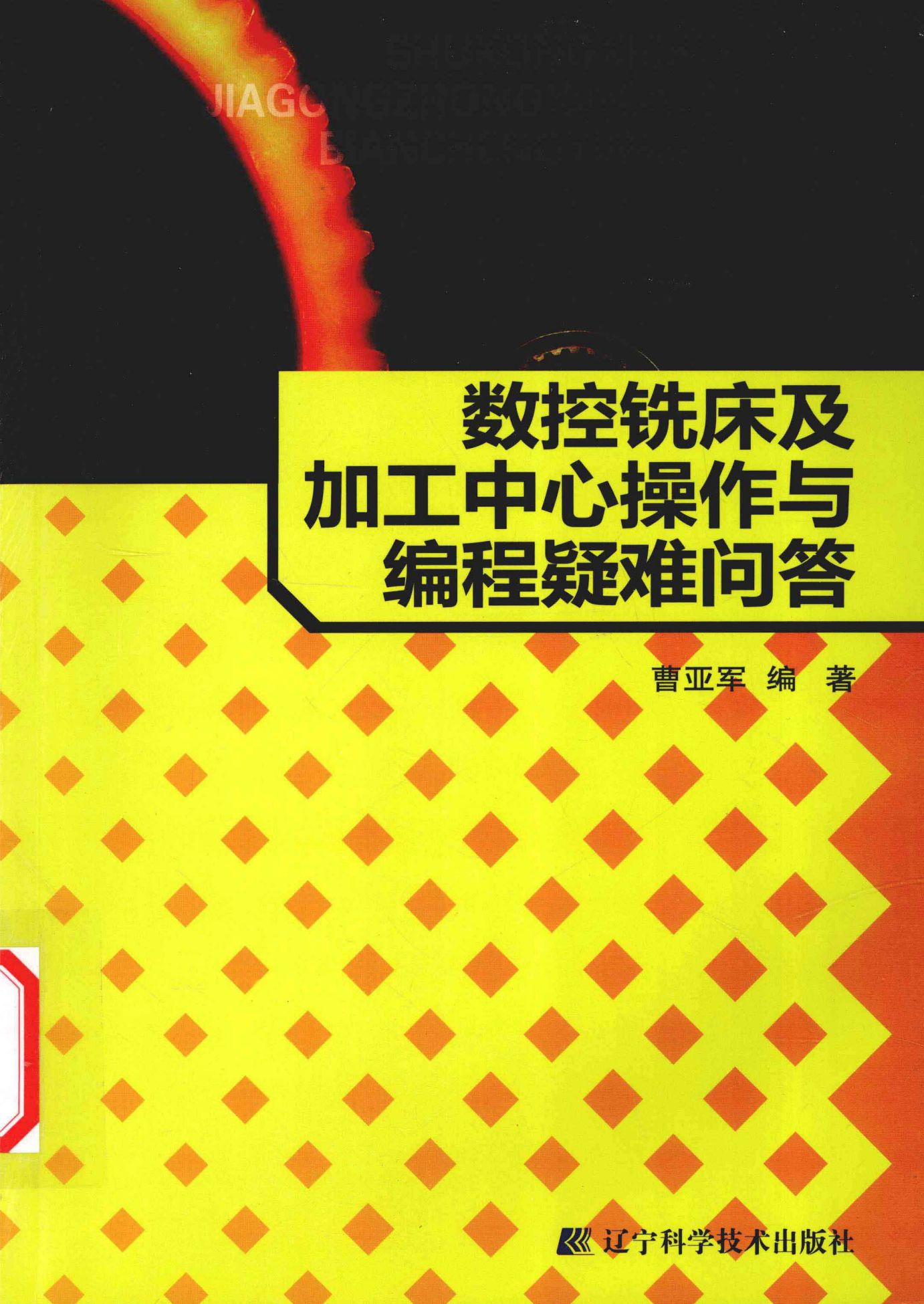
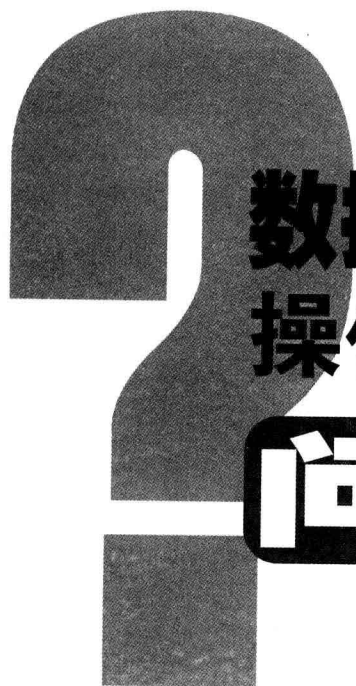




数控铣床及 加工中心操作与 编程疑难问答

曹亚军 编 著

 辽宁科学技术出版社



数控铣床及加工中心 操作与编程疑难 问答

曹亚军 编著

辽宁科学技术出版社
沈 阳

图书在版编目 (CIP) 数据

数控铣床及加工中心操作与编程疑难问答/曹亚军编著. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2012.10

ISBN 978-7-5381-7621-6

I. ①数… II. ①曹… III. ①数控机床—铣床—程序设计—问题解答 ②数控机床加工中心—程序设计—问题解答 IV. ①TG547-44 ②TG659-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 185545 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 29 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳天正印刷厂

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 184mm × 260mm

印 张: 17

字 数: 360 千字

印 数: 1 ~ 4000

出版时间: 2012 年 10 月第 1 版

印刷时间: 2012 年 10 月第 1 次印刷

责任编辑: 高 鹏

封面设计: 魔杰设计

版式设计: 于 浪

责任校对: 栗 勇

书 号: ISBN 978-7-5381-7621-6

定 价: 34.00 元

联系电话: 024-23284062

邮购热线: 024-23284502

E-mail: lnkj1107@126.com

http://www.lnkj.com.cn

本书网址: www.lnkj.cn/uri.sh/7621

本社法律顾问: 陈光律师

咨询电话: 13940289230

前 言

随着数控机床的逐步普及,数控机床编程与操作人员越来越多。由于许多数控操作者是通过师傅传徒弟的方式学会使用数控机床的,因此对理论知识掌握得不够全面;而从职业技术学校毕业的数控专业毕业生,由于缺乏实践操作经验,在初次上岗时,很难适应工厂的工作环境,所以还得从头学起。鉴于此,为了进一步提高数控机床编程与操作人员的专业技能,特编写了本书。

本书主要分机床操作,刀具,工艺、编程和自动编程与机床通信四部分,涉及有关数控铣床与加工中心操作与编程工作中最基本的内容。本书的重点是数控铣床与加工中心的操作与编程。

在机床操作部分,详细介绍了常见的日常操作内容,包括夹具的选用、工件的装夹与找正、刀库的正确使用、对刀操作等。在工艺编程部分,内容主要侧重于手工编程。在我国,由于各地的工业水平发展不平衡,许多机械制造企业中使用的数控设备还处于小规模状态,所以相当一部分数控设备还依赖于手工编程。在手工编程过程中,如果能充分利用数控系统提供的一些简化编程(如固定循环、子程序编程等)与简化机床操作(如坐标平移、坐标旋转等)的特殊功能,在生产加工时能起到事半功倍的效果。对于宏程序,本书只作简略介绍,因为宏程序的内容比较复杂,不是两三个篇幅就能讲明白的,有兴趣的读者可以找一些宏程序的专著作进一步的研究。

由于篇幅原因,在自动编程部分,本书只是简略介绍了两款自动编程软件的编程流程,让读者对自动编程技术有一个初步的了解。自动编程软件的种类很多,并且学习自动编程技术时除了要掌握自动编程的方法,还要学会三维建模,所以要想深入学习自动编程技术,阅读专门的著作和上机实践操作是必不可少的。

在本书编写过程中,编者力求把实用性放在第一位。书中所列的各种问题基本上立足于实践,其答案具有很强的实践指导性,能够帮助操作者解决一些实际问题。在对各种问题进行解答时,避免用空洞的理论进行说教,务求使读者通过各种答案能够快速理解枯燥的理论知识。

柏建普、曹玉山、任秀芳、曹亚明、蔡秀萍、刘秀红、孟小海也参与了本书的编写工作。本书在编写过程中参考了一些专著,还参考了许多网络资料,并采用了一些网络图片,由于原作者佚名,在此一并向原作者表示诚恳的谢意。

由于编者水平有限,书中肯定存在不当和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

一、机床操作

01 数控铣床与加工中心有何异同?	3
02 如何维护保养数控铣床和加工中心?	11
03 如何安全使用数控铣床和加工中心?	16
04 如何操作数控铣床和加工中心?	20
05 数控铣床与加工中心常用夹具有哪些?	30
06 选用夹具时应注意什么?	36
07 工件如何装夹和找正?	38
08 如何正确使用刀库?	45
09 数控铣床和加工中心的坐标轴是如何规定的?	48
10 机床坐标系和工件坐标系之间有何关系?	51
11 数控铣床和加工中心如何进行换刀?	55
12 如何通过对刀确定工件坐标系?	59
13 如何设置刀具长度补偿?	71
14 如何使用刀具半径补偿?	78

二、刀 具

15 数控铣床与加工中心常用的刀具有哪些?	85
16 什么是数控铣床和加工中心工具系统?	92
17 数控机床用刀具材料有哪些?	100
18 如何合理地选用刀具?	103

三、工艺、编程

19 如何分析、制订零件的加工工艺?	109
20 怎样确定走刀路线?	113
21 什么是顺铣和逆铣?	120
22 编程代码有哪些?	124
23 程序的格式如何写?	132
24 如何使用G92设定工件坐标系?	135
25 如何使用G54~G59设定工件坐标系?	138

26 如何使用坐标平移功能?	140
27 如何使用刀具补偿编程?	144
28 绝对值指令 G90 与增量值指令 G91 有何区别?	149
29 如何使用 G28 指令编程?	152
30 如何使用子程序编程?	156
31 如何使用坐标旋转编程?	160
32 如何使用比例缩放功能?	163
33 如何使用坐标镜像编程?	171
34 如何铣削圆弧?	177
35 什么是孔加工固定循环?	182
36 如何使用钻、铰、铰类固定循环编程?	185
37 如何使用攻丝固定循环编程?	193
38 如何使用镗孔固定循环编程?	198
39 如何使用极坐标指令编程?	204
40 如何铣削螺纹?	207
41 如何使用分度工作台?	212
42 什么是宏程序?	219
43 如何使用任意角度倒角 C 和倒圆角 R 功能编程?	228
44 如何使用 G10 进行数据设置?	231

四、自动编程与机床通信

45 国内常见的自动编程软件有哪些?	237
46 如何选择和学习自动编程软件?	241
47 如何确定 CAXA 制造工程师的编程流程?	243
48 如何确定 EdgeCAM 的编程流程?	250
49 数控铣床和加工中心如何与计算机进行程序传输?	257
50 在 FANUC 数控机床上如何使用存储卡?	261

参考文献	263
------------	-----

一、机床操作

01 数控铣床与加工中心有何异同?

在了解数控铣床与加工中心之前,首先了解一下什么是铣床。铣床是一种用途广泛的机床,在铣床上可以加工平面(水平面、垂直面)、沟槽(键槽、T形槽、燕尾槽等)、分齿零件(齿轮、花键轴、链轮)、螺旋形表面(螺纹、螺旋槽)及各种曲面。此外,还可用于加工回转体表面、内孔及进行切断工作等。铣床在工作时,工件装在工作台或分度头等附件上,铣刀旋转为主运动,辅以工作台或铣头的进给运动。铣床的外形如图1-1所示。

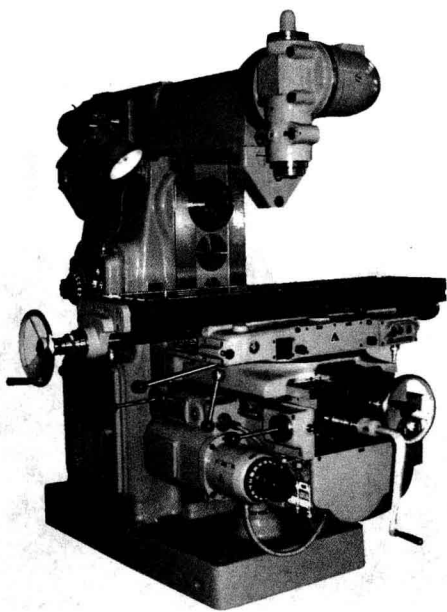


图1-1 万能回转头铣床

(1) 数控铣床。

数控铣床是在普通铣床的基础上发展起来的,数控铣床与普通铣床原理相同、结构相似、工艺相近,不同之处在于数控铣床是靠程序控制的自动加工机床,可以加工普通铣床所不能加工的复杂曲面、复杂型腔等零件,在加工质量与加工效率上数控铣床远远优于普通铣床。

1) 数控铣床的组成。

数控铣床一般由数控系统、主传动系统、进给伺服系统、辅助装置和机床基础部件等几大部分组成。

① 数控系统。数控铣床运动控制的中心,通过执行加工程序来控制机床进行加工。

② 主传动系统。包括主轴箱体和主轴传动系统,用于装夹刀具并带动刀具旋转,主

轴转速范围和输出扭矩对加工有直接的影响。

③ 进给伺服系统。由进给电机和进给执行机构组成，按照程序设定的进给速度实现刀具和工件之间的相对运动，包括直线进给运动和旋转运动。

④ 辅助装置。如液压、气动、润滑、冷却系统和排屑、防护等装置。

⑤ 机床基础部件。通常是指底座、立柱、横梁等，它是整个机床的基础和框架。

2) 数控铣床的加工特点。

① 用数控铣床加工零件，精度很稳定。如果忽略刀具的磨损，用同一程序加工出的零件具有相同的精度。

② 数控铣床尤其适合加工形状比较复杂的零件，如各种模具等。

③ 数控铣床自动化程度很高，生产率高，适合加工批量较大的零件。

3) 数控铣床的分类。

数控铣床的分类方法有以下几种。

① 按主轴的位置分类。

a. 立式数控铣床。立式数控铣床是目前应用范围最广的数控铣床，立式数控铣床的主轴是竖立的，如图1-2所示。

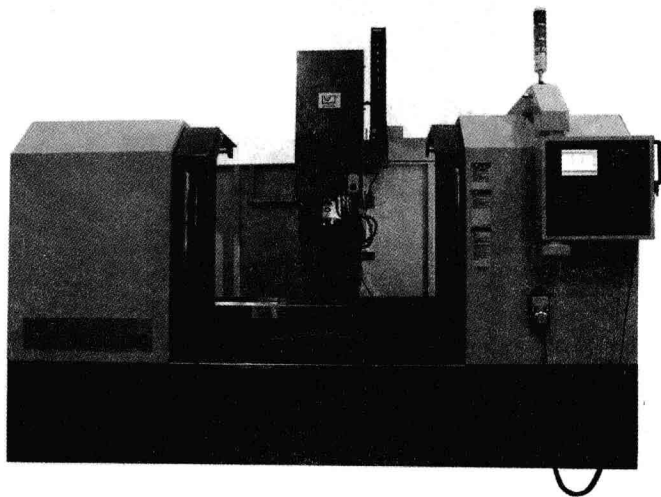


图1-2 立式数控铣床

b. 卧式数控铣床。与普通卧式铣床相同，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盘或万能数控转盘来实现四轴或五轴加工。这样，不但工件侧面上的连续回转轮廓可以加工出来，而且可以通过转盘改变工位，实现在一次安装中进行“四面加工”。卧式数控铣床如图1-3所示。

c. 立卧两用数控铣床。这类铣床的主轴方向可以变换，能在一台机床上既进行立式加工，又进行卧式加工，同时具备上述两类机床的功能，其使用范围更广，功能更全，选择加工对象的余地更大，能给用户带来不少方便。特别是生产批量小，品种较多，又需要立、卧两种方式加工时，用户只需一台这样的机床就行了。立卧两用数控铣床如图1-4所示。

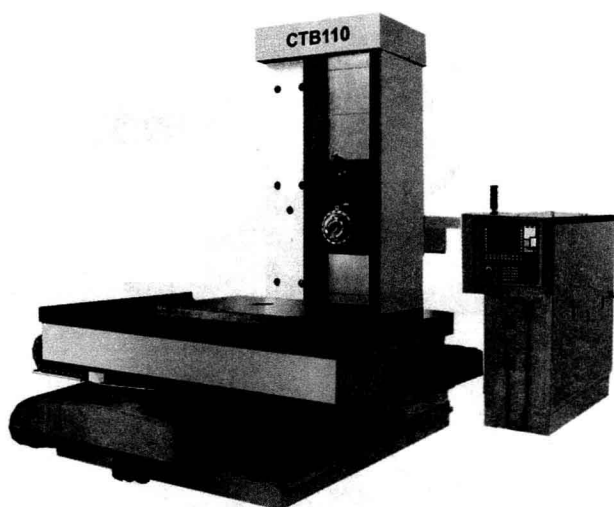


图 1-3 卧式数控铣床

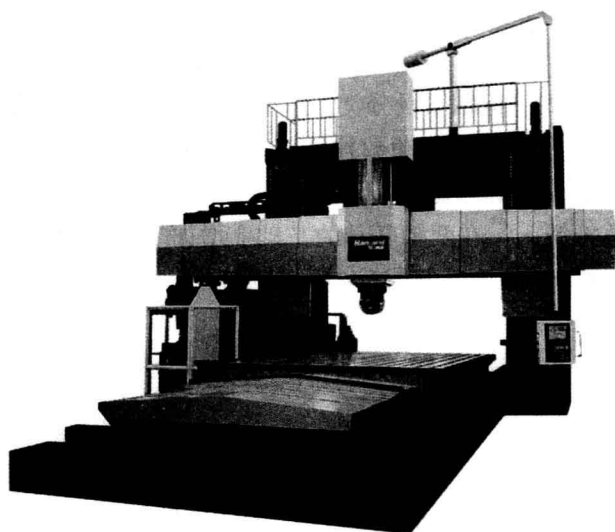


图 1-4 立卧两用数控铣床

②按构造分类。

a. 工作台升降式数控铣床。这类数控铣床采用工作台移动、升降，主轴不动的方式。小型数控铣床一般采用此种方式。工作台升降式数控铣床如图 1-5 所示。

b. 主轴头升降式数控铣床。这类数控铣床采用工作台纵向和横向移动，且主轴沿垂直溜板上下运动。主轴头升降式数控铣床在精度保持、承载重量、系统构成等方面具有很多优点，已成为数控铣床的主流。如图 1-2、图 1-3 和图 1-4 所示的数控铣床都是主轴头升降式数控铣床。

c. 龙门式数控铣床。这类数控铣床的主轴可以在龙门架的横向与垂直溜板上运动，而龙门架可沿床身作纵向运动。大型数控铣床因要考虑到扩大行程、缩小占地面积及刚

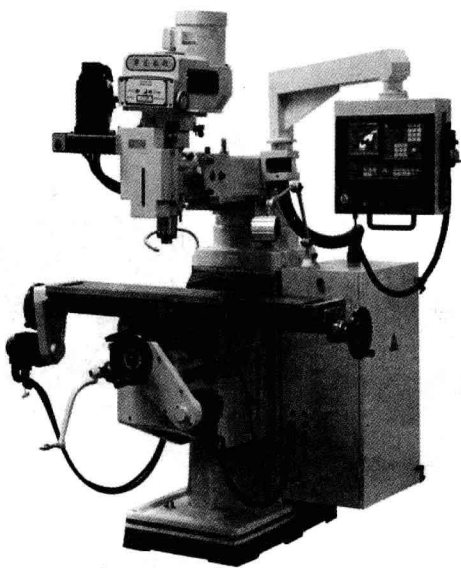


图 1-5 工作台升降式数控铣床

性等技术上的问题,往往采用龙门架移动方式。图 1-4 所示的就是龙门式数控铣床。

③ 按数控系统控制的坐标轴数量分类。从数控系统控制的坐标轴数量来看,一般可分为两轴半联动数控铣床、三轴联动数控铣床、四轴联动数控铣床和五轴联动数控铣床。其中应用最广的是三轴联动数控铣床。

a. 两轴半联动数控铣床。在两轴联动的基础上增加了第三轴的周期性等距运动。两轴半联动加工可以实现分层加工,如图 1-6 所示。

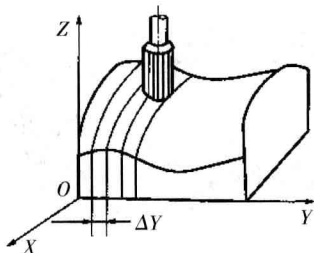


图 1-6 两轴半联动示意图

b. 三轴联动数控铣床。数控系统可同时控制 X 、 Y 、 Z 三个坐标轴,因此刀具可在空间的任意方向上移动,所以能够进行三维立体加工。三轴联动切削加工如图 1-7 所示。

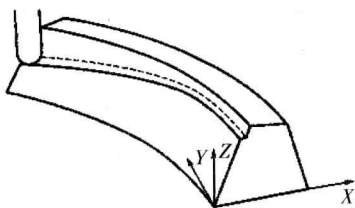


图 1-7 三轴联动示意图

c. 四轴联动数控铣床。数控系统可同时控制四个坐标轴运动,即在 X 、 Y 、 Z 三个坐

标轴之外，再加上一个旋转轴。四轴联动数控铣床可用来加工叶轮或圆柱凸轮。四轴联动数控铣床如图1-8所示。

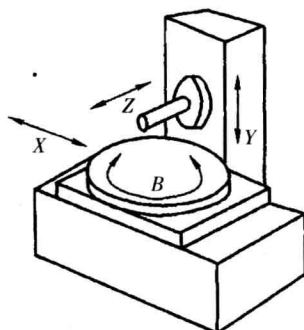


图1-8 四轴联动示意图

d. 五轴联动数控铣床。数控系统可同时控制五个坐标轴运动，即在 X 、 Y 、 Z 三个坐标轴之外，再加上围绕这些直线坐标轴旋转的任意两个旋转轴（即 A 轴、 B 轴、 C 轴中的任意两个轴）。加工时刀具可以指向空间中的任意方向。五轴联动数控铣床如图1-9、图1-10所示。

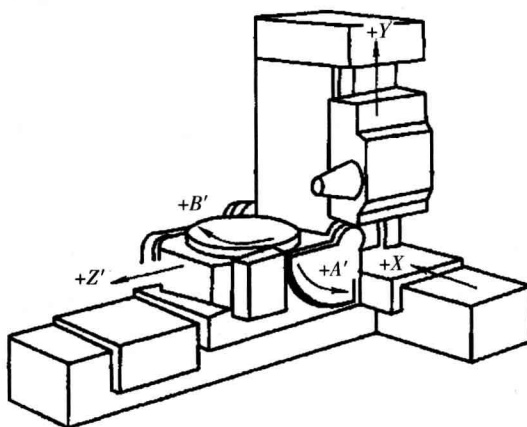


图1-9 卧式五轴联动示意图

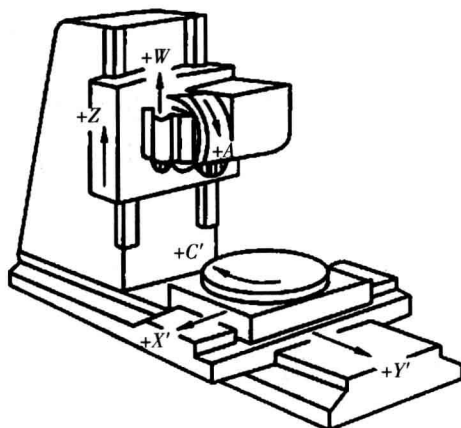


图1-10 立式五轴联动示意图

五轴联动数控机床系统是解决叶轮、叶片、船用螺旋桨、重型发电机转子、汽轮机转子、大型柴油机曲轴等加工的唯一手段。五轴联动数控机床代表机床制造业最高水平，从某种意义上说，它反映了一个国家的工业发展状况。曾经以美国为首的西方工业发达国家，把五轴联动数控机床作为重要的战略物资，实行出口许可证制度。

(2) 加工中心。

加工中心是在数控铣床的基础上发展起来的，它与数控铣床在结构上的主要区别，就是加工中心配有刀库并能够实现自动换刀，省去了人工换刀导致的时间耗费，并且可以避免由于过多的手工操作而造成的失误。因而加工中心在功能上更便捷，加工效率更高。

在编程上，加工中心编程与普通数控铣床的编程基本相同，只是加工中心在编程时多了换刀指令，以及刀具长度补偿的使用。需要注意的是，不同机床厂家生产的加工中心对换刀步骤编程的具体要求略有不同。

1) 加工中心的组成与分类。

加工中心由数控系统、机床本体、主轴、进给系统、刀库、换刀机构、机床操作面板、托盘交换系统（或工作台）和辅助系统等部分组成。根据功能的不同，加工中心具有单主轴、双主轴或三主轴，工作台可以为单工作台、双工作台或多工作台。

加工中心按结构形式可分为立式加工中心、卧式加工中心及立卧加工中心。根据数控系统控制功能的不同可分为三轴联动、三轴半联动、四轴联动、五轴联动等。大多数的加工中心为三轴联动，三轴联动以上的为高档加工中心。

2) 加工中心刀库系统。

加工中心刀库系统由刀库和换刀机构组成，二者在功能及运用上相辅相成，缺一不可。刀库主要是提供存储刀具的位置，并能通过换刀程序的控制，正确选择刀具并加以定位，以进行刀具交换。换刀机构则是执行刀具交换动作的机构。刀库必须与换刀机构同时存在，若无刀库则加工所需的刀具无法事先储备；若无换刀机构，则加工所需的刀具无法从刀库中安装到主轴上。

① 加工中心刀库。根据容量、外形和取刀方式，刀库可分为以下几种。

a. 斗笠式刀库。一般只能存16~24把刀具，斗笠式刀库在换刀时整个刀库向主轴移动。当主轴上的刀具进入刀库的卡槽时，主轴向上移动脱离刀具，这时刀库转动。当要换的刀具对正主轴正下方时主轴下移，使刀具进入主轴锥孔内，夹紧刀具后，刀库退回原来的位置。这种形式的刀库可靠性较高，但换刀时间长、刀库容量小，只适用于小型加工中心。斗笠式刀库如图1-11所示。

b. 圆盘式刀库。圆盘式刀库通常应用在小立式综合加工中心上。“圆盘式刀库”一般俗称“盘式刀库”，以便和“斗笠式刀库”、“链条式刀库”相区分。圆盘式刀库的储刀容量不大，通常可以储备二三十把刀具，需搭配自动换刀机构ATC（Auto Tools Change）进行刀具交换。圆盘式刀库如图1-12所示。

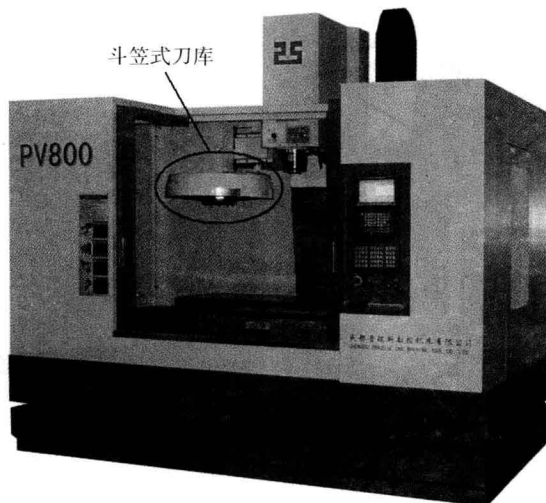


图 1-11 斗笠式刀库

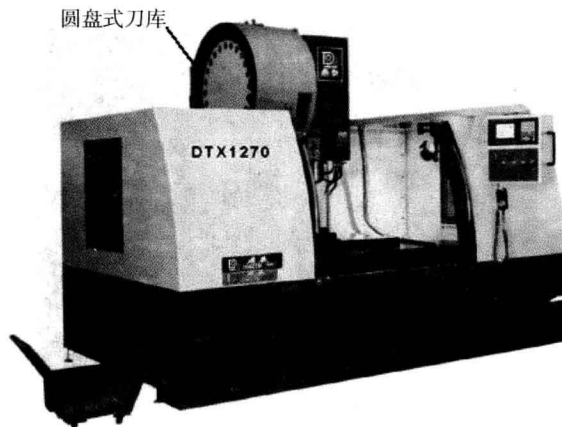


图 1-12 圆盘式刀库

c. 链条式刀库。链条式刀库可以储放 20~120 把刀具，它是由链条驱动将要换的刀具传到指定位置上，并由机械手将刀具装到主轴上。链条式刀库结构简单、换刀动作快速、功能可靠，适用于中、大型加工中心。链条式刀库如图 1-13 所示。

② 换刀机构。换刀机构是加工中心的重要组成部分，其功能是将加工所需的刀具，从刀库中传送到主轴夹持机构上。

换刀机构的结构一般分为油压、气压或电气式凸轮机构。

加工中心换刀机构一般有两种，一种是靠主轴与刀库的相互作用换刀，斗笠式刀库多采用这种换刀机构。换刀时，刀库移近主轴，将主轴上的刀具取回刀库，然后主轴从刀库中取出新刀具，这两个动作不能同时进行，所以换刀时间较长。

另一种是靠机械手来交换刀具，如图 1-14 所示，圆盘式刀库和链条式刀库多采用这种换刀机构。换刀时机械手从刀库中取出刀具 A，然后移近主轴，从主轴上取下刀具 B，机械手旋转 180° 将刀具 A 装入主轴。采用机械手换刀可以减少换刀时间，所以这种换刀机构应用比较广泛。

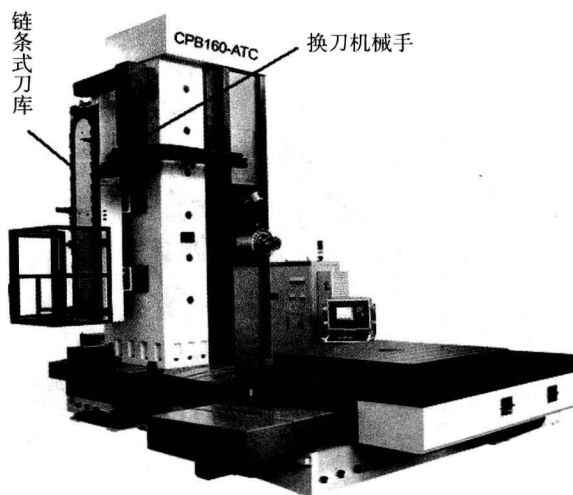


图 1-13 链条式刀库

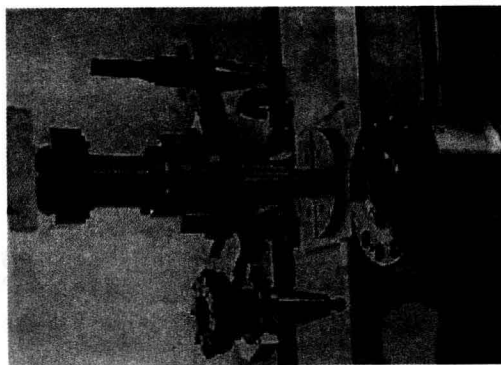


图 1-14 机械手换刀

02 如何维护保养数控铣床和加工中心?

认真做好数控机床的维护保养工作是正确使用数控机床的关键因素之一,其关系着数控机床使用寿命的长短。日常的维护保养,可使数控设备保持良好的状态,并且能及时发现和排除故障隐患,从而保证安全运行。

要想做好任何事情,除了具有认真负责的态度外,还应具有坚持不懈的精神,数控机床的维护保养也不例外,这是一项每天都必须做的工作。

数控机床的维护保养制度一般采用通用的“设备三级保养制度”。三级保养制度的内容包括:设备的日常维护保养、一级保养和二级保养。设备的日常维护保养是指操作者对设备进行清洁、润滑等日常的维护保养工作。一级保养是以操作工人为主,维修工人协助,按计划对设备局部拆卸和检查,清洗规定的部位,疏通油路、管道,更换或清洗油线、毛毡、滤油器,调整设备各部位的配合间隙,紧固设备的各个部位。一级保养的主要目的是减少设备磨损,消除隐患,延长设备使用寿命。二级保养是以维修工人为主,操作工人协助,来对设备进行部分解体检查和修理,更换或修复磨损件,清洗、换油、检查修理电气部分,使设备的技术状况全面达到设备完好标准的要求。二级保养的主要目的是使设备达到完好标准,提高和巩固设备完好率,延长大修周期。

(1) 日常维护保养。

凡事都是从小事做起的,俗话说“细节决定成败”,数控机床的日常维护保养也不例外,只有认真负责并且坚持不懈地从日常的“小事”做起,才能保证数控机床正常的运转。

数控机床的日常维护保养主要包括以下内容。

1) 严格遵循操作规程。

数控机床的操作人员必须经过技术培训才能上岗操作,能按机床和系统使用说明书的要求正确、合理地使用机床。能够避免因操作不当引起的故障,并按操作规程要求进行日常维护工作,做到有些部件天天清理,有些部件定时加油和定期更换。

2) 生产加工开始前的日常维护保养内容。

① 做好清洁工作。开机前应先清理好工作场地,使生产现场保持整洁有序;更换刀具前,刀具锥柄与主轴锥孔必须保持清洁,避免因刀具锥柄与主轴锥孔不清洁导致二者锥度研磨面出现刮痕,影响主轴精度;清洁刀库与刀库座及连杆组,并喷上一些润滑油。

② 检查润滑与冷却情况。开机后低速运转机床,检查自动润滑泵中润滑油的油量是否充足,检查自动润滑泵是否能够正常开启与关闭,检查导轨的上油情况是否正常;检查切削液是否充足,必要时添加,检查切削液冲屑水管是否有渗漏现象。

③ 检查气压、液压系统是否正常。开机后低速运转机床,检查气压、液压系统是否