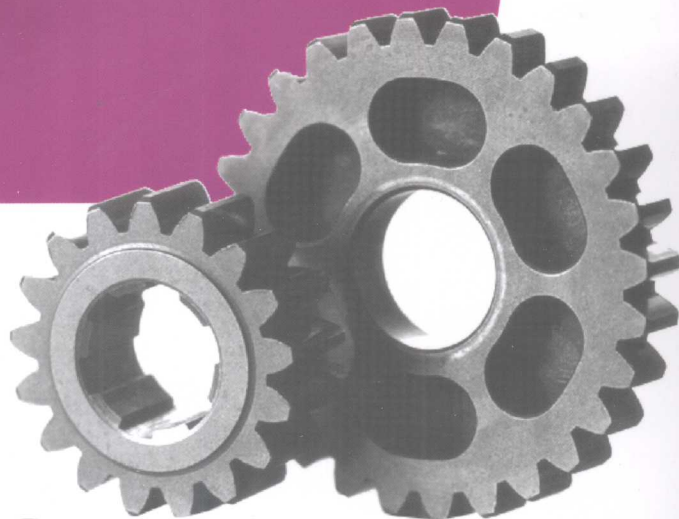


● 数控工人快速上岗丛书

数控机床 机械维修

韩鸿鸾 吴海燕 编著



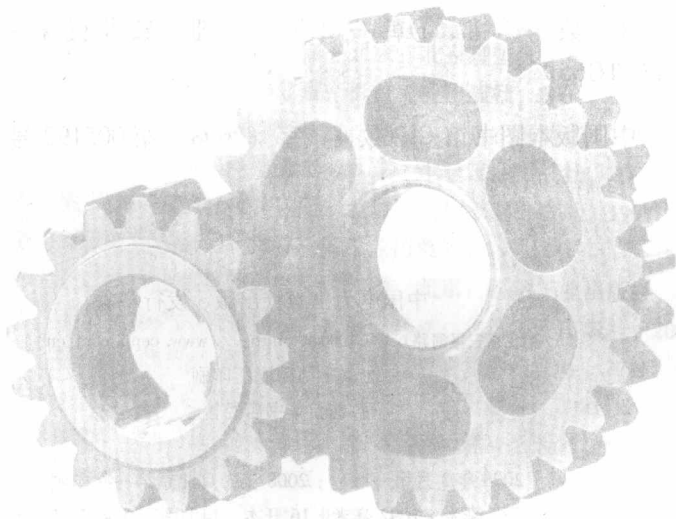
中国电力出版社
www.cepp.com.cn



● 数控工人快速上岗丛书

数控机床机械维修

韩鸿鸾 吴海燕 编著
毕毓杰 主审



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书是《数控工人快速上岗丛书》中的一本，即《数控机床机械维修》。全书突出“快速上岗”的特点，从基础写起，紧密联系生产应用实际，并列举大量生产实例。力求使读者通过对本书的学习，快速掌握数控技术应用技能，从而达到快速上岗的目的。

本书的主要内容包括：数控机床机械维修基础、数控机床的主传动系统、数控机床的进给传动系统、自动换刀装置、数控机床的液压与气动装置及数控机床的辅助装置。

本书不仅可作为数控机床操作与维修人员培训用书、自学教材，也可供高职高专等院校机电专业作教材使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床机械维修 / 韩鸿鸾, 吴海燕编著. —北京: 中国电力出版社, 2008

(数控工人快速上岗丛书)

ISBN 978 - 7 - 5083 - 6480 - 3

I. 数… II. ①韩…②吴… III. 数控机床 - 维修
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 005192 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2008年3月第一版 2008年3月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 14印张 394千字

印数0001—4000册 定价25.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

《数控工人快速上岗丛书》

编 委 会

主 任：韩鸿鸾

副 主 任：沈建峰 崔兆华

委 员：胡旭兰 金玉峰 刘德成 吴海燕 张玉东

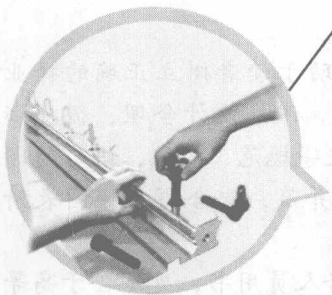
范玉成 薛秋浩 张富林 王常义 朱晓华

刘国通 刘敬斌 武玉山

顾 问：毕毓杰

丛书主编：韩鸿鸾

丛书主审：毕毓杰



数控工人快速上岗丛书

数控机床机械维修

丛书前言

21 世纪是我国全面建设小康社会、开创中国特色社会主义事业新局面的重要时期。建设小康社会需要科技创新，离不开技能人才，更离不开技术工人。他们是社会物质财富的直接创造者。技术工人的劳动，是科技成果转化成为生产力的关键环节，是经济发展的重要基础。

随着我国逐渐成为“世界制造业中心”进程的加快，制造业的主力军——技能人才的严重缺乏已成为制约我国制造业快速发展的瓶颈，特别是掌握数控技术的人才奇缺。2003 年，国家数控系统工程技术研究中心的一项调研结果显示，仅数控机床的操作工就短缺 60 多万人。

我国的数控人才不仅表现在数量上的短缺，其质量与知识结构也不能完全满足企业的需求。根据 2004 年 2 月劳动和社会保障部、教育部等六部委调查研究和分析预测，数控技术应用是我国劳动力市场技能型人才最为短缺的四类人才之一，并列榜首。为此，国务院先后召开了“全国职业教育工作会议”和“全国再就业会议”，强调各地、各行业、各企业、各职业院校等要大力开展职业技术培训，以培训促就业，全面提高技术工人的素质。

为加快和推动数控技术的发展，中国电力出版社根据教育部大力推动技能型紧缺人才培养培训工程的指导思想，通过大量的市场调研，特邀请全国知名先进制造企业、职业院校及高技能人才培训中心的有关教授、专家编写了《数控工人快速上岗丛书》。本套丛书包括《数控加工工艺》、《FANUC 系统数控机床的编程》、《SIEMENS 系统数控机床的编程》、《数控机床的操作》、《数控机床电气检修》、《数控机床机械维修》。

此外，考虑到数控机床操作、编程人员的深造；工厂中对复杂零件的加工；数控专业技术人员晋升高级工及技师的需要，我们在此基础上还组织编写了《数控编程 200 例》一书。

《数控工人快速上岗丛书》的特点是：

(1) 体现以职业能力为本位，以应用为核心，以“必需、够用”为原则；突出“快速上岗”的特点，紧密联系生活、生产实际；与相应的职业资格标准相互衔接；精选了大量的生产实例。

(2) 注意用新观点、新思想来审观、阐述经典内容；适应经济社会发展和科技进步的需要，及时更新教学内容，反映新知识、新技术、新工艺、新方法。引用数据、图

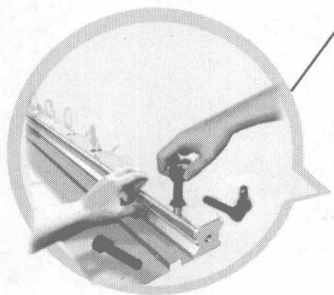
表、材料可靠。

(3) 渗透职业道德和职业意识教育；体现就业导向，有助于读者树立正确的择业观；培养其爱岗敬业和创业精神；树立安全意识和环保意识。体系设计合理，循序渐进，符合读者心理特征和技能养成规律；结构、体例新颖。文字规范、简练，语句通顺流畅，条理清楚，可读性强；计量单位使用规范正确。图文并茂，配合得当；图表清晰，图样绘制和标注规范。

因此本套书不仅可以作为工人培训、数控机床操作与维修人员用书，更适合于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、技术（技师）学院、高级技校、继续教育学院和民办高校数控与机电专业使用。

本套书在编写过程中，得到了威海、烟台、淄博、临沂、太原、上海、广州、常州、济南等有数控设备的厂家大力支持，提供了大量的资料，并参考了国内外有关著作和技术资料。在此谨向有关资料的作者，FANUC 数控系统、SIEMENS 数控系统、MITSUBISHI（三菱）数控系统、OKUMA（大隈）数控系统的厂家，以及华中科技大学表示最诚挚的谢意。

丛书编委会



数控工人快速上岗丛书

数控机床机械维修



前言

随着数控机床的增多，企业急需掌握数控机床保养与维修的技术人员。数控机床的维修技术人员急切希望提高自己的技术水平，以适应数控机床保养和维修工作的需要。本书是为从事数控机床机械维修人员编写的。

书中的内容从数控机床机械结构的保养和维修工作需要出发，阐述了数控机床操作与保养知识、数控机床故障诊断与维修技术。由于数控设备的维修多是在无图样与资料的情况下进行的，书中提供的数控机床技术资料，可以用作数控机床操作人员、维修人员日常工作中的参考。

本书在编写中注重了实用性和可操作性，力求能满足数控设备维修人员自学和提高自己的需要。本书可作为数控机床维修工作中的参考资料，也可作为数控技术专业及机械类、电子类学生的教材和参考书。

本书由威海职业学院的韩鸿鸾、吴海燕编著，全书由韩鸿鸾统稿。由南京工程学院的毕毓杰主审。

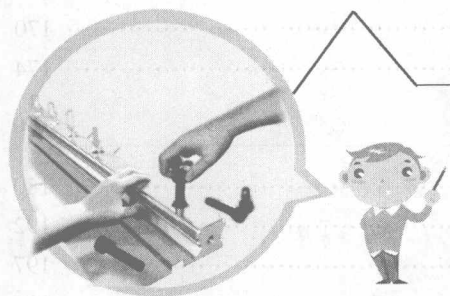
本书在编写过程中得到了南京数控培训中心及威海分中心的大力支持，得到了各兄弟院校的大力帮助，部分从事数控专业教学的教师对本书的编写提出了一些建设性的建议，在此表示衷心的感谢。在本书编写过程中，参考了国内外有关著作和技术资料，在此谨向有关资料的作者及有关机床厂家表示最诚挚的谢意。

由于时间仓促，再加上编者水平有限，书中缺陷乃至错误在所难免，望广大读者给予批评、指正。

编者

2007年8月1日 于威海

目 录



丛书前言
前言

第一章 数控机床机械维修基础	1
第一节 数控机床机械结构概述	1
第二节 数控机床的维修管理	9
第三节 数控机床故障诊断	13
第四节 数控机床的修理	27
第五节 数控机床常用的维修工具与仪器	34
第二章 数控机床的主传动系统	37
第一节 概述	37
第二节 主轴部件	44
第三节 主轴准停装置	61
第四节 主传动部件的调整	66
第三章 数控机床的进给传动系统	72
第一节 概述	72
第二节 伺服电动机和丝杠的连接	73
第三节 数控机床用丝杠传动副	81
第四节 数控机床其他进给传动装置	94
第五节 机床导轨	102
第四章 自动换刀装置	115
第一节 概述	115
第二节 刀架换刀装置	118
第三节 刀库与机械手换刀	128
第五章 数控机床的液压与气动装置	151
第一节 数控机床上典型的液压回路	151
第二节 数控机床上常见液压系统故障的排除	159

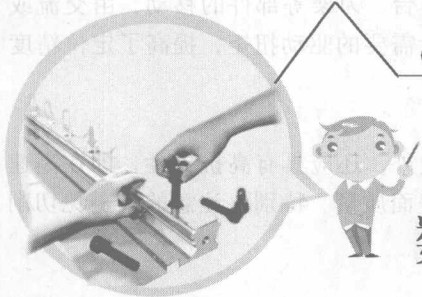
第三节	数控机床上典型气压回路	170
第四节	数控机床上常见气动系统故障的排除	174

第六章 数控机床的辅助装置 180

第一节	数控机床用工作台与分度工作等装置	180
第二节	数控铣床的其他辅助装置	192
第三节	数控车床的辅助装置	197
第四节	数控机床的排屑与防护系统	205

参考文献 213

1	.....	第一章
1	.....	第一节
2	.....	第二节
13	.....	第三节
27	.....	第四节
34	.....	第五节
37	.....	第二章
37	.....	第一节
44	.....	第二节
61	.....	第三节
66	.....	第四节
75	.....	第三章
75	.....	第一节
77	.....	第二节
81	.....	第三节
94	.....	第四节
105	.....	第五节
116	.....	第四章
117	.....	第一节
118	.....	第二节
128	.....	第三节
131	.....	第五章
131	.....	第一节
139	.....	第二节



数控机床机械维修基础

第一节 数控机床机械结构概述

数控机床是高精度和高生产率的自动化机床，其加工过程中的动作顺序、运动部件的坐标位置及辅助功能等都是通过数字信息自动控制的。整个加工过程由数控系统通过数控程序控制自动完成。期间，操作者一般不进行干预，不像在普通机床上那样，可以人工随时控制与干预，进行薄弱环节和缺陷的人为补偿。因此，数控机床在结构上，提出了比普通机床更高的要求。

为了提高数控机床的加工精度，需要机床在受力、受热时变形小。因此，在结构设计上要尽可能提高其静、动刚度，提高其动态响应的灵敏度，提高其精度保持性，同时保证具有高的抗振性和高的工作可靠性等。这样，在结构上采取了不同于普通机床的滚动导轨、滚珠螺旋传动、增加很多筋板的焊接床身、加装反馈检测元件、缩短表面成形运动传动链、增加消除机构、增加阻尼系数、提高机床的固有频率等措施，以保证上述性能要求。

为了满足高效率和高自动化要求，数控机床还采用自动换刀、自动对刀、自动变速、刀库（加工中心）、自动排屑、交换工作台、自动装夹等装置。

在数控机床上，采取了很多措施来提高数控机床的运动精度、定位精度和其精度的稳定性。同时保证数控机床的自动化程度。正因如此，才使得数控机床在机械结构上呈现出与普通机床不同的特点。

近年来，高速切削技术发展迅猛，而高速切削技术的发展对数控机床提出了更高的要求，使得满足高速切削加工要求的机床结构发生了根本的变化。和传统的数控机床相比，其根本区别就是高速数控机床的主运动和进给运动都采用了直驱技术，省掉了中间的传动环节，即采用“电主轴单元”和“直线电动机单元”等。

一、数控机床机械结构的特点

为了达到数控机床高的运动精度、定位精度和高的自动化性能，其机械结构的特点主要表现在如下几个方面。

1. 高刚度

数控机床要在高速和重负荷条件下工作，因此，机床的床身、立柱、主轴、工作台、刀架等主要部件，均需具有很高的刚度，以减少工作中的变形和振动。例如：有的床身采用双壁结构，并配置有斜向肋板及加强肋，使其具有较高的抗弯刚度和抗扭刚度；为提高主轴部件的刚度，除主轴部件在结构上采取必要的措施以外，还要采用高刚度的轴承，并适当预紧；增加刀架底座尺寸，减少刀具的悬伸，以适应稳定的重切削等。

2. 高灵敏度

数控机床的运动部件应具有较高的灵敏度。导轨部件通常用滚动导轨、塑料导轨、静压导

轨等,以减少摩擦力,使其在低速运动时无爬行现象。工作台、刀架等部件的移动,由交流或直流伺服电动机驱动,经滚珠丝杠传动,减少了进给系统所需要的驱动扭矩,提高了定位精度和运动平稳性。

3. 高抗振性

数控机床的一些运动部件,除应具有高刚度、高灵敏度外,还应具有高抗振性,即在高速重切削情况下减少振动,以保证加工零件的高精度和高的表面质量。特别要注意的是避免切削时的谐振,因此,对数控机床的动态特性提出了更高的要求。

4. 热变形小

机床的主轴、工作台、刀架等运动部件在运动中会产生热量,从而产生相应的热变形。而工艺过程的自动化和精密加工的发展,对机床的加工精度和精度稳定性提出了越来越高的要求。为保证部件的运动精度,要求各运动部件的发热量要少,以防产生过大的热变形。为此,机床结构根据热对称的原则设计,并改善主轴轴承、丝杠螺母副、高速运动导轨副的摩擦特性。如MJ-50CNC数控车床主轴箱壳体按照热对称原则设计,并在壳体外缘上铸有密集的散热片结构,主轴轴承采用高性能油脂润滑,并严格控制注入量,使主轴温升很低。对于产生大量切屑的数控机床,一般都带有良好的自动排屑装置等。

5. 高精度保持性

为了加快数控机床投资的回收,必须使机床保持很高的开动比(比普通机床高2~3倍),因此,必须提高机床的寿命和精度保持性,在保证尽可能地减少电气和机械故障的同时,要求数控机床在长期使用过程中不丧失精度。

6. 高可靠性

数控机床在自动或半自动条件下工作,尤其在柔性制造系统(FMS)中的数控机床,可在24小时运转中实现无人管理,这就要求机床具有高的可靠性。为此,要提高数控装置及机床结构的可靠性,如在工作过程中动作频繁的换刀机构、托盘、工件交换装置等部件,必须保证在长期工作中十分可靠。另外,引入机床机构故障诊断系统和自适应控制系统、优化切削用量等,也都有助于机床可靠地工作。

7. 模块化

模块化设计思想的灵活机床配置,使用户在数控机床的功能、规格方面有更多的选择余地,做到既能满足用户的加工要求,又尽可能不为多余的功能承担额外的费用。

数控机床通常由床身、立柱、主轴箱、工作台、刀架系统及电气总成等部件组成。如果把各种部件的基本单元作为基础,按不同功能、规格和价格设计成多种模块,用户可以按需要选择最合理的功能模块配置成整机。这不仅能降低数控机床的设计和制造成本,而且能缩短设计和制造周期,最终赢得市场。目前,模块化的概念已开始从功能模块向全模块化方向发展,它已不局限于功能的模块化,而是扩展到零件和原材料的模块化。

8. 机电一体化

数控机床的机电一体化是对总体设计和结构设计提出的重要要求。它是指在整个数控机床功能的实现以及总体布局方面必须综合考虑机械和电气两方面的有机结合。新型数控机床的各系统已不再是各自不相关联的独立系统。最具典型的例子之一是数控机床的主轴系统已不再是单纯的齿轮和带轮的机械传动,而更多的是由交流伺服电动机为基础的电主轴。电气总成也不再是单纯游离于机床之外的独立部件,而是在布局上和机床结构有机地融为一体。由于抗干扰技术的发展,目前已把电力的强电模块与微电子的计算机弱电模块组合成一体,既减小了体积,又提高了系统的可靠性。

二、数控机床的机械结构组成

1. 数控车床结构组成

典型数控车床的机械结构系统组成包括主轴传动机构、进给传动机构、刀架、床身、辅助装置（刀具自动交换机构、润滑与切削液装置、排屑、过载限位）等部分，如图 1-1 所示。

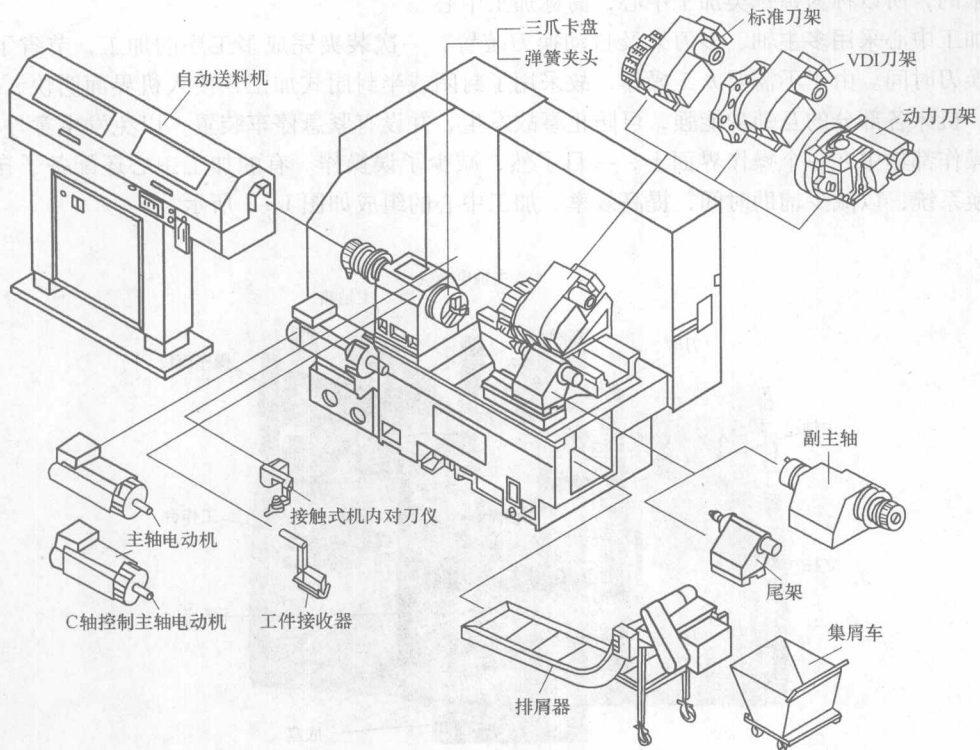


图 1-1 典型数控车床的系统组成

带有刀库、动力刀具、C轴控制的数控车床通常称为车削中心，如图 1-2 所示。车削中心除进行车削工序外，还可以进行轴向、径向铣削、钻孔、攻螺纹等，使工序高度集中。



图 1-2 车削中心

2. 数控铣床与加工中心的结构组成

数控铣床的主轴箱体和主传动系统机械结构用于装夹刀具并带动刀具旋转，进给系统包括直线进给运动机械结构和实现工件回转运动的机械结构。加工中心与数控铣床的区别在于它能在—台机床上完成由多台机床才能完成的工作，具有自动换刀装置。最先是在镗铣类机床上发展起来的，所以称为镗铣类加工中心，简称加工中心。

加工中心采用多主轴、多刀架及自动换刀装置，一次装夹完成多工序的加工，节省了大量装卡换刀时间。由于不需要人工操作，故采用了封闭或半封闭式加工，使人机界面明快、干净、协调。机床各部分的互锁功能强，可防止事故发生，并设有紧急停车装置，以免发生意外事故。所有操作都集中在一个操作界面上，一目了然，减少了误操作。有的加工中心还配备了自动托盘交换系统，以减少辅助时间，提高效率。加工中心的组成如图 1-3 所示。

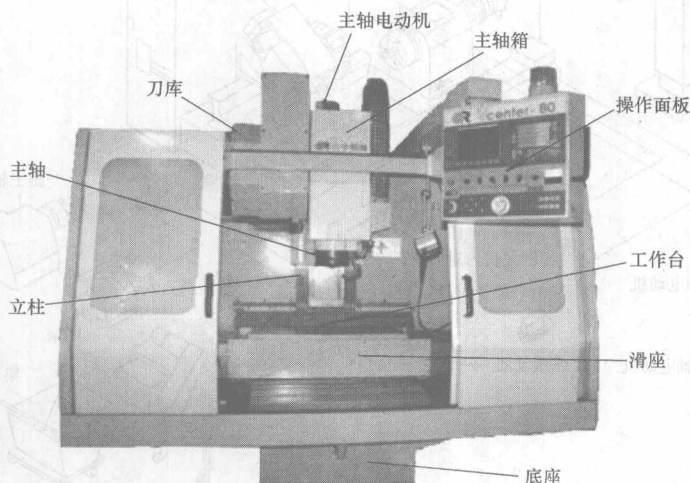


图 1-3 加工中心的组成

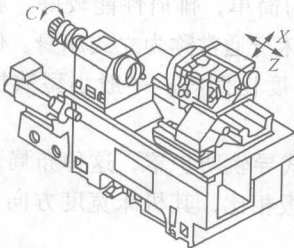

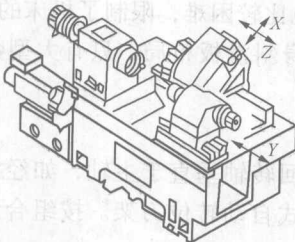

三、数控机床的配置与加工能力

以数控车床为例来介绍数控机床的配置与加工能力。数控车床的结构配置不同，其加工能力也不相同，表 1-1 给出了机型配置与加工能力范围。

表 1-1 数控车床机型配置与加工能力范围

机型配置	加工能力
标准 2 轴	

续表

机型配置	加工能力
	
C轴 + 动力刀架	
	
副主轴	

四、数控机床的布局

(一) 数控车床的布局

数控车床的主轴、尾座等部件相对床身的布局形式与普通车床一样，但刀架和导轨的布局形式有很大变化，而且其布局形式直接影响数控车床的使用性能及机床的外观和结构。刀架和导轨的布局应考虑机床和刀具的调整、工件的装卸、机床操作的方便性、机床的加工精度以及排屑性和抗振性。

1. 床身和导轨的布局

数控车床的床身和导轨的布局主要有如图 1-4 所示几种。

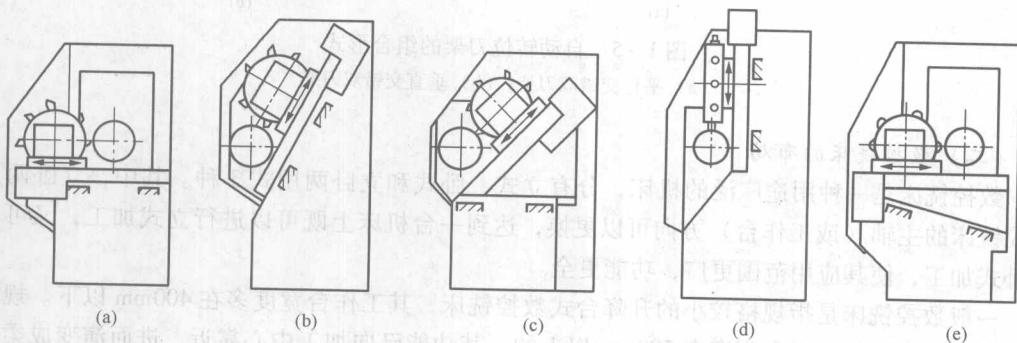


图 1-4 数控卧式车床布局形式

(a) 平床身；(b) 斜床身；(c) 平床身斜滑板；(d) 立床身；(e) 前斜床身平滑板

平床身的工艺性好，导轨面容易加工；平床身配上水平刀架，由平床身机件工件质量所产生的变形方向垂直向下，它与刀具的运动方向垂直，对加工精度影响较小。由于刀架水平布置，

不受刀架、溜板箱自重的影响，平床身容易提高定位精度。大型工件和刀具装卸方便，但平床身排屑困难，需要三面封闭，刀架水平放置也加大了机床宽度方向的结构尺寸。

斜床身的观察角度好，工件调整方便，防护罩设计较为简单，排屑性能较好。斜床身导轨倾斜角有 30° 、 45° 、 60° 、 75° 几种，导轨倾斜角为 90° 的斜床身通常称为立式床身。倾斜角度影响导轨的导向性、受力情况、排屑、宜人性及外形尺寸高度比例等。一般小型数控车床多用 30° 、 45° ，中型数控车床多用 60° ，大型数控车床多用 75° 。

如果数控车床采取水平床身配上斜滑板，并配置倾斜式导轨防护罩，这种布局形式一方面具有水平床身工艺性好的特点，另一方面，与水平配置滑板相比，其机床宽度方向尺寸小，且排屑方便。

立床身的排屑性能最好，但其机床工件质量所产生的变形方向正好沿着垂直运动方向，对精度影响最大，并且立床身结构的机床受结构限制，布置也比较困难，限制了机床的性能。

一般来说，中小型规格的数控车床常用斜床身和平床身斜滑板布局，只有大型数控车床或小型精密数控车床才采用平床身，立床身采用较少。

2. 刀架布局

回转刀架在数控机床上有两种常见布局形式：一种是回转轴垂直于主轴，如经济型数控车床的四方回转刀架；另一种是回转轴平行于主轴，如转塔式自动转位刀架。按组合形式又有平行交错双刀架、垂直交错双刀架，如图1-5所示。

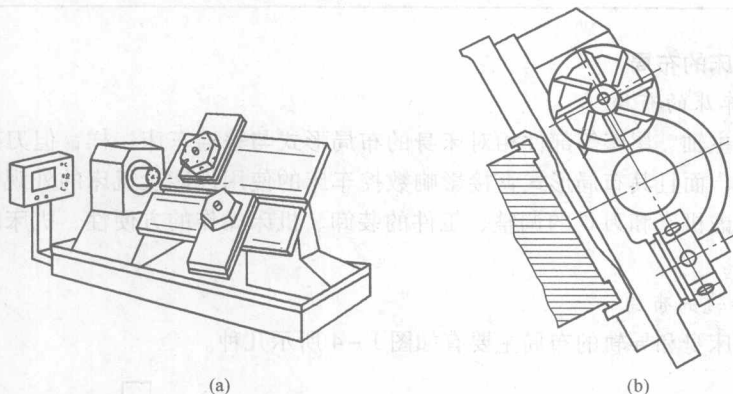


图1-5 自动转位刀架的组合形式
(a) 平行交错双刀架；(b) 垂直交错双刀架

(二) 数控铣床的布局

数控铣床是一种用途广泛的机床，分有立式、卧式和立卧两用式3种。其中，立卧两用式数控铣床的主轴（或工作台）方向可以更换，达到一台机床上既可以进行立式加工，又可以进行卧式加工，使其应用范围更广，功能更全。

一般数控铣床是指规格较小的升降台式数控铣床，其工作台宽度多在400mm以下。规格较大的数控铣床，如工作台宽度在500mm以上的，其功能已向加工中心靠近，进而演变成柔性加工单元。一般情况下，数控铣床上只能用来加工平面曲线的轮廓。对于有特殊要求的数控铣床，还可以加进一个回轮的A或C坐标，如增加一个数控回转工作台，这时机床的数控系统即变为四坐标数控系统，用来加工螺旋槽、叶片等立体曲面零件。

根据工件质量和尺寸的不同，数控铣床可以有4种不同的布局方案，如图1-6所示。各布局情况见表1-2。

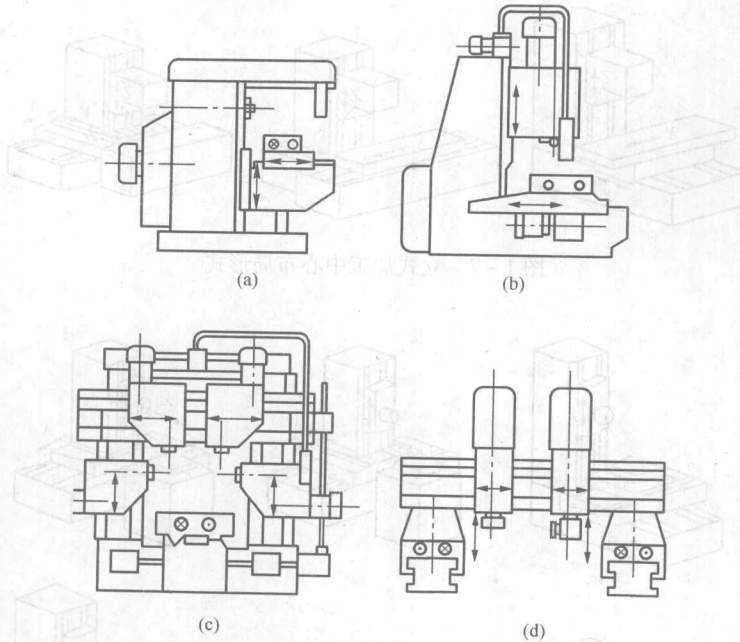


图 1-6 数控铣床布局形式

表 1-2

数控铣床各布局情况

布局	适用情况	运动情况
(a)	加工较轻工件的升降台铣床	由工件完成 3 个方向的进给运动, 分别由工作台、滑鞍和升降台来实现
(b)	较大尺寸或较重工件加工的铣床	与 (a) 相比, 改由铣头带着刀具来完成垂直进给运动
(c)	加工质量大的工件的龙门式铣床	由工作台带着工件完成一个方向的进给运动, 其他两个方向的进给运动由多个刀架即铣头部件在立柱与横梁上移动来完成
(d)	加工更重、尺寸更大工件的铣床	全部进给运动均由立铣头完成

(三) 加工中心的布局

加工中心是一种配有刀库并能自动更换刀具、对工件进行多工序加工的数控机床, 可分为卧式加工中心、立式加工中心、五面加工中心和虚拟加工中心。

1. 立式加工中心

如图 1-7 所示, 立式加工中心通常采用固定立柱式, 主轴箱吊在立柱一侧, 其平衡重锤放置在立柱中, 工作台为十字滑台, 可以实现 X 、 Y 两个坐标轴的移动, 主轴箱沿立柱导轨运动实现 Z 坐标移动。

2. 卧式加工中心

如图 1-8 所示, 卧式加工中心通常采用立柱移动式, T 形床身。一体式 T 形床身的刚度和精度保持性较好, 但其铸造和加工工艺性差。分离式 T 形床身的铸造和加工工艺性较好, 但是必须在连接部位用大螺栓紧固, 以保证其刚度和精度。

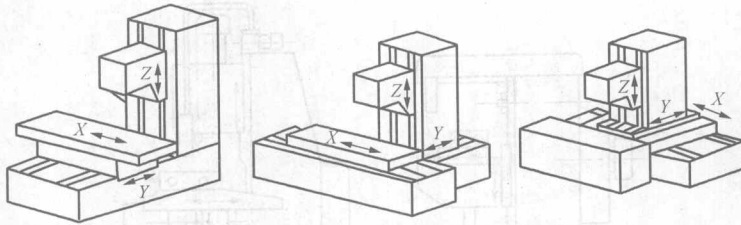


图 1-7 立式加工中心布局形式

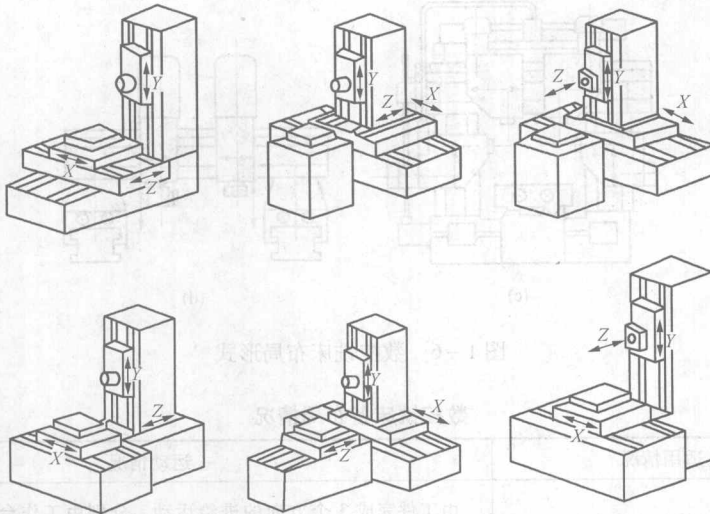


图 1-8 卧式加工中心布局形式

3. 五面加工中心

五面加工中心兼有立式和卧式加工中心的功能，工件一次装夹后能完成除安装面外的所有侧面和顶面等五个面的加工。常见的五面加工中心有如图 1-9 所示的两种结构形式，图 1-9 (a) 所示主轴可以 90° 旋转，可以按照立式和卧式加工中心两种方式进行切削加工；1-9 (b) 所示的工作台可以带着工件作 90° 旋转来完成装夹面外的五面切削加工。

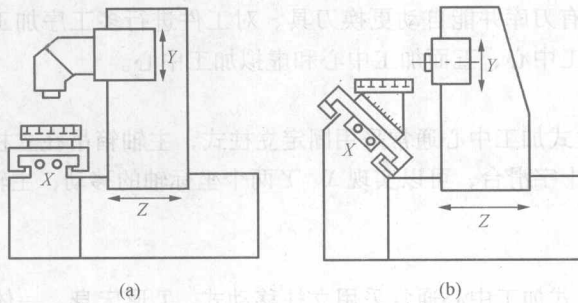


图 1-9 五面加工中心的布局形式