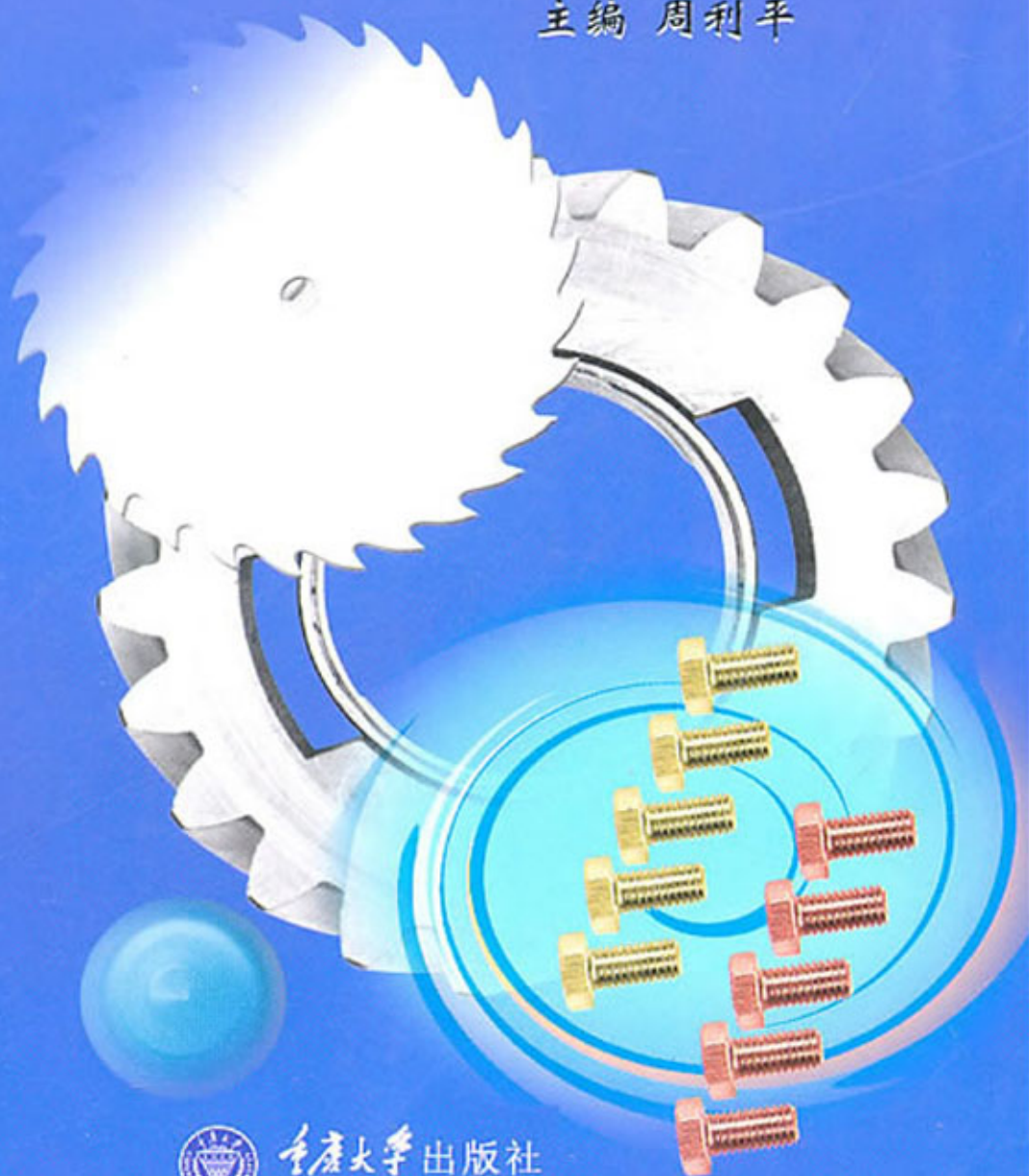


高等学校教材

数控装备设计

SHUKONG ZHUANGBEI SHEJI

主编 周利平



重庆大学出版社

<http://www.cqtp.com.cn>

数控装备设计

主 编 周利平
副主编 邓远超 刘小莹
主 审 殷国富

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书包括数控机床设计和数控刀具两大部分,由西华大学长期从事机械设计制造及其自动化专业数控装备课程教学的教师编著。

全书共 11 章,第 1~7 章属“数控机床设计”内容,主要介绍数控机床总体设计、主传动系统、主轴组件、进给系统、支承件、导轨及刀具交换装置的原理与方法;第 8~11 章属“数控刀具”内容,主要介绍刀具切削部分的基本定义、数控刀具材料、可转位机夹车刀、成形车刀、数控机床用孔加工刀具、铣刀、拉刀、数控机床工具系统及数控刀具管理系统。

本书主要用作高等工科院校机械设计制造及其自动化专业的本科教材,也可用作职业技术学院的同类专业教材,还可供从事数控装备设计、应用及相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控装备设计/周利平主编. —重庆:重庆大学出版社,2011.3

机械设计制造及其自动化本科系列教材
ISBN 978-7-5624-5842-5

I. ①数… II. ①周… III. ①数控机床—加工—设备—设计—高等学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 242784 号

数控装备设计

主 编 周利平
副主编 邓远超 刘小莹
主 审 殷国富
策划编辑:杨粮菊

责任编辑:谭 敏 乔丽英 版式设计:杨粮菊
责任校对:邹 忌 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A 区)内
邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

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

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:20.5 字数:518 千 插页:8 开 1 页

2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-5842-5 定价:38.00 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

前言

机械制造工业是国民经济赖以发展的基础,实践已一再证明:先进的技术装备在国民经济现代化建设中起着重大的作用,装备制造业是一个国家综合制造能力的集中体现,其生产能力和发展水平是衡量一个国家工业化水平和综合国力的重要标志。随着数控技术在制造业中的广泛应用,我国在装备制造领域数控装备的产量、功能和技术水平都有了长足进步,产业部门急需熟悉、掌握数控装备设计及应用技术的人才。

西华大学机械设计制造及其自动化专业作为四川省首批高等学校品牌专业、国家第二批高等学校特色专业(第一类特色专业),在多年的教学实践中,始终围绕“培养满足现代科技和制造业发展需要的、掌握现代制造技术的、具有创新意识和实践能力的高素质专业技术人员”的应用型人才培养目标,在专业人才培养方案的课程设置中一直坚持以“工艺—装备—控制”为专业课程主线,在教学中获得了良好效果,其人才培养模式和教改实践在全国各地方普通高校的课程设置方面具有一定的示范性。

数控机床和数控刀具是数控装备必不可少的组成部分,但目前尚无完全针对数控机床、数控刀具的基本理论、结构设计方法等方面的教材。我们拟在实施四川省新世纪教改项目工程基础上,结合国家级特色专业人才培养模式和课程体系的改革,重组课程教学内容,总结近几年教学经验,充分结合最新科技成果、采用新标准编写本书。本书以数控机床、数控刀具的设计方法为主线,以总体设计、运动设计和结构设计为重点,注重学生分析问题和解决问题能力的培养,使学生系统掌握数控装备设计的基本理论、基本知识和基本方法。

本书共 11 章,第 1~7 章属“数控机床设计”内容,主要介绍数控机床总体设计、主传动系统、主轴组件、进给系统、支承件、导轨及刀具交换装置的原理与方法,使读者对数控机床的技术性能、设计方法有较系统的认识,能掌握认识分析数控机床运动和传动的方法,了解数控机床典型结构、工作原理及控制系统特性,为今后对数控机床进行创造性的应用和开发打下

坚实基础。第8~11章属“数控刀具”内容,主要介绍刀具切削部分的基本定义、数控刀具材料、可转位机夹车刀、成形车刀、数控机床用孔加工刀具、铣刀、拉刀、数控机床工具系统及数控刀具管理系统等,使读者了解数控刀具及其工具系统的基本结构,熟悉专用刀具的设计原理及方法,具有正确选用标准刀具的能力。

本书主要用作高等工科院校机械设计制造及自动化专业的本科教材,也可用作职业技术学院的同类专业教材,还可供从事数控装备设计、应用及相关工程技术人员参考。

本书由西华大学长期从事机械设计制造及其自动化专业数控装备课程教学的教师编著。周利平教授担任主编,邓远超、刘小莹担任副主编。各章编写分工为:周利平编写第1,2,7章;刘小莹编写第3,4章;邓志平编写第5,6章;陈朴编写第8,9章;邓远超编写第10,11章。

本书由教育部高等学校机械设制造及其自动化专业教学指导委员会委员、四川大学教授殷国富主审。

本书在编写中得到了西华大学教务处、机械程与自动化学院的大力支持,西华大学研究生向文英、刘利江、王继生参与了部分资料查询、整理及图形制作等工作,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者不吝指正。

编者
2010年10月

目 录

第 1 章 数控机床总体设计	1
1.1 机床设计应满足的基本要求	1
1.2 机床设计的基本步骤	4
1.3 机床总布局	5
1.4 机床主要技术参数的确定	10
习题与思考题	17
第 2 章 数控机床主传动系统	19
2.1 概述	19
2.2 分级变速传动系统设计	20
2.3 计算转速	30
2.4 无级变速传动链设计	32
2.5 主传动系统结构	36
习题与思考题	39
第 3 章 主轴组件	42
3.1 主轴组件的基本要求	42
3.2 主轴	43
3.3 主轴轴承	47
3.4 主轴组件结构	55
3.5 提高主轴组件性能的一些措施	60
3.6 主轴组件的计算	63
3.7 主轴组件润滑和密封	69
习题与思考题	72
第 4 章 数控机床的进给传动系统	73
4.1 数控机床进给系统工作原理	73
4.2 数控机床伺服驱动装置	76
4.3 传动齿轮副设计	91
4.4 滚珠丝杠副设计	94
4.5 数控进给系统设计步骤	104
习题与思考题	107
第 5 章 支承件	108
5.1 支承件应满足的要求	108
5.2 支承件设计步骤	109
5.3 支承件的静力分析	109

5.4	支承件结构设计	119
	习题与思考题	125
第 6 章	导 轨	126
6.1	概述	126
6.2	导轨的材料、热处理	130
6.3	滑动导轨的结构和计算	132
6.4	滑动导轨的验算	135
6.5	各种滑动导轨的设计特点	139
6.6	直线运动滚动导轨	141
6.7	导轨的润滑与保护	144
6.8	提高导轨耐磨性的措施	146
	习题与思考题	148
第 7 章	数控机床的刀具交换装置	149
7.1	自动换刀装置的形式	149
7.2	刀库	153
7.3	刀具交换装置	157
	习题与思考题	160
第 8 章	数控加工的切削基础	161
8.1	切削过程与刀具几何参数的基本定义	161
8.2	金属切削过程的基本理论	171
8.3	切削条件的合理选择	191
8.4	磨削	206
	习题与思考题	210
第 9 章	数控刀具材料	211
9.1	刀具材料应具备的性能	211
9.2	刀具材料的种类	212
9.3	刀具材料的选用	218
	习题与思考题	220
第 10 章	数控刀具	221
10.1	数控车削刀具	221
10.2	成形车刀	234
10.3	孔加工刀具	246
10.4	数控铣削刀具	260
10.5	拉刀	273
10.6	螺纹刀具	284
	习题与思考题	292
第 11 章	数控工具系统	294
11.1	概述	294

11.2 镗铣类数控工具系统	295
11.3 数控车削工具系统	309
11.4 刀具管理系统	312
习题与思考题	319
参考文献	320

第 1 章

数控机床总体设计

机械制造业是国民经济赖以发展的基础,实践已一再证明:先进的技术装备在国民经济现代化建设中起着重大的作用,装备制造业是一个国家综合制造能力的集中体现,其生产能力和发展水平是衡量一个国家工业化水平和综合国力的重要标志。随着数控技术在制造业中的广泛应用,在装备制造领域我国数控装备的产量、功能和技术水平都有了长足进步。

作为一种典型的机电一体化产品,数控机床是机械和电子技术相结合的产物。数控机床的机械结构包括:机床的基础件(如床身、立柱)、主传动系统、进给传动系统、导轨、自动换刀装置及其他辅助装置(如液压、气动装置,排屑装置等)。数控机床的各机械部件在数控系统的指令控制下相互协调工作,组成一个复杂的机电系统,以实现各种切削加工运动和其他辅助操作等功能。

随着机械电子和计算机控制技术的发展以及在机床上的普及应用,数控机床的机械结构也在不断发展变化。从数控机床的发展史看,早期的数控机床,包括目前部分改造、改装的数控机床,大都是在普通机床的基础上,通过对进给系统的革新、改造而成的。因此,在许多场合,普通机床的构成模式、零部件的设计计算方法仍然适用于数控机床。但是,随着计算机数控技术(包括伺服驱动、主轴驱动)的迅速发展,为了适应现代制造业对生产效率、加工精度和安全环保等方面越来越高的要求,现代数控机床的机械结构已经从初期对普通机床的局部改进,逐步发展形成了自己独特的结构。特别是近年来,随着电主轴、直线电动机等新技术、新产品在数控机床上的推广应用,数控机床的机械结构正在发生重大的变化;虚拟轴机床的出现和实用化,使传统的机床结构面临着更严峻的挑战。

1.1 机床设计应满足的基本要求

机床设计和其他产品设计一样,都是设计师根据市场的需求、现有制造条件和可能采用的新工艺以及相关科学技术知识进行的一种创造性劳动。随着科学技术的发展,机床设计工作已由单纯类比发展到分析计算;由单纯静力分析发展到包括静态、动态以及热变形、热应力等的分析;由定性分析发展到定量分析,使机床产品在设计阶段就能预测其性能,提高了一次成

功率。特别是在计算机辅助设计技术的发展和應用以及生产社会化的有利条件下,不仅提高了机床设计的效率、缩短了设计周期,而且许多零部件均可外购,缩短了产品的制造周期,更好地满足了市场的需求。

在机床设计中,必须充分注意机床产品的评价指标以及用户的具体要求,以便设计出技术先进、经济合理,即质优价廉的机床,提高机床在国内外市场上的竞争力。

评定机床性能的标准是其技术经济指标,具体体现在“性能要求、经济效益和人机关系”等方面。

1.1.1 性能要求

(1) 工艺范围

机床的工艺范围是指机床适合不同加工要求的能力。一般包括如下内容:在机床上可完成的工序种类,加工零件的类型,材料和尺寸范围,毛坯的种类等。

根据机床的工艺范围,可将机床分为通用机床、专门化机床和专用机床三种不同类型。通用机床适用于小批、单件生产,工艺范围较宽,能完成较多的工序,可适应各种工业部门的需要。在大批、大量生产中,工序往往是分散的,一台机床只承担某几道工序甚至某一道工序的加工。这种情况下,通常采用工艺范围较窄的专用机床或专门化机床,例如组合机床等。

数控机床是一种能进行自动化加工的通用机床,能在一次装夹下完成大量工序,重新调整也十分方便,故适用于小批生产自动化。但目前数控机床已开始用于大批大量生产,以充分发挥其生产率高、废品率低、生产周期短、便于调整等优点。由于数字控制的优越性,数控机床的工艺范围比传统的通用机床更宽,例如加工中心由于具有刀库和自动换刀装置,在加工过程中可以自动更换多种刀具,一次装夹能完成多面多工序的加工;数控车床可以完成普通卧式车床、转塔车床、多刀半自动车床和仿形车床等的加工工序;车削中心在数控车床的基础上增加了动力刀具,可完成钻、铣加工。

(2) 机床精度和表面粗糙度

机床的加工精度是指被加工零件在尺寸、形状和相互位置等方面所能达到的准确程度。零件的加工精度是由机床、刀具、夹具、切削条件和操作者等因素决定的。目前,机床的精度分三级:普通级、精密级和高精度级。机床的精度包括几何精度、运动精度、定位精度和传动精度等。几何精度是指机床在不运转或低速运转时机床主要零部件工作面的精度;运动精度是指机床的主要零部件以工作速度无负载运动时的精度;定位精度是指机床主要部件运动到终点所达到的实际位置精度;传动精度是指机床内联传动链各末端执行件之间相对运动的准确性。

影响机床加工精度的因素,除机床本身的精度外,还有机床的刚度、由构件残余应力引起的变形、热变形和磨损等。

机床加工零件的表面粗糙度是机床的主要性能之一。它与被加工零件的材料、刀具的材料、进给量、刀具的几何形状和切削时的振动等有关。零件表面质量的要求越高,即表面粗糙度要求越小,则对机床的抗振性的要求也越高。机床的抗振性是指抵抗受迫振动和自激振动的能力。如果振动源的频率与机床某一主要部件的某一振型的固有频率一致时,将产生共振。这将使表面粗糙度大大增加,甚至不能正常工作。自激振动则是产生于切削过程中,如果切削不稳定,将使切过的表面波纹度大幅度增加,振动越来越剧烈,将严重破坏被加工零件的表面质量。

(3) 生产率

机床的生产率是指在单位时间内,机床所能加工的工件数量。因此,提高机床的生产率就是缩短加工一个零件的平均总时间,包括缩短切削时间、辅助时间以及分摊到每个零件上的准备与结束时间。采用先进刀具以提高切削速度,采用大切深、大进给、多刀多刃和成形切削,以铣代刨等可缩短切削时间;采用空行程机动快移、自动工件夹紧、自动测量和数字显示等,可缩短辅助时间;将切削时间与辅助时间部分重合等都是提高生产率的有利途径。数控机床采用自动换刀、自动交换工件、自动检测等也是提高生产率的有效途径。

(4) 自动化

机床自动化可减少人对加工的干预,更好地保证被加工零件精度的稳定性,同时还可提高生产率,减轻工人的劳动强度。机床自动化可分为大批大量生产自动化和单件小批生产自动化。对于大批大量生产,常采用自动化单机(如自动机床、组合机床)或由他们与相应自动化辅助装置组成的自动生产线来完成。对单件小批生产,常采用数控机床、加工中心或由他们组成的柔性制造系统和工厂自动化来完成。

(5) 可靠性

可靠性是指机床在规定的使用条件下和规定的使用期间内,其功能的稳定程度,也就是要求机床不轻易发生或尽可能少发生故障。可靠性对于任何产品都是极其重要的技术经济指标。随着自动化水平的提高,需要许多机床、仪表、控制系统和辅助装置等协同工作,对于纳入自动线、自动化加工系统或自动化工厂的机床,可靠性指标尤为重要,否则只要一台机床出现故障,往往会影响到全线或部分的自动化生产。因此,必须采取有效措施来保证机床的可靠性。

(6) 机床寿命

机床寿命是指机床保持它应有的加工精度的时间。提高机床寿命的关键在于提高关键性零件的耐磨性,并使主要传动件的疲劳寿命与其匹配。随着技术设备更新的加快,对机床寿命所要求的时间也在缩短。中小型通用机床的寿命约为8年。专用机床随被加工零件的更新而报废,寿命要求更短些,因此,设计该类机床时,应突出提高生产率,以期在短期内获得最大的经济效益。大型机床和精密级、高精度级机床的价格高,则要求寿命相对长些,以期在较长的时间里保持精度,提高经济效益。

1.1.2 经济效益

在保证机床性能要求的同时,还必须高度重视机床的经济效益。不仅应重视降低机床设计、制造、生产和管理成本,以提高机床生产厂的经济效益,而且还应重视提高机床使用厂的经济效益。

对于机床生产厂的经济效益,主要体现在机床成本上。一般说来,机床成本的80%左右在设计阶段就可基本确定。为了降低机床成本,机床设计工作应在满足用户需求的前提下,尽可能做到结构简单,工艺性好,制造、装配、检验与维护方便;尽量提高机床结构模块化、品种系列化、零部件通用化和标准化水平。

对于机床使用厂的经济效益,首先是要提高机床的加工效率和可靠性,还必须减少能耗,提高机床的机械效率。因为机床的机械效率是有效功率与输入功率之比,二者差值就是损失,而且主要是摩擦损失。在这损失的过程中,摩擦功转化的热能将引起机床的热变形,对机床的工作极为不利。因此,要特别注意提高功率较大和精加工机床的机械效率。

提高机床标准化程度不仅在发展机床品种、规格、数量和质量及新产品设计,老产品革新等方面有重要意义,而且在组织生产、降低机床成本和机床的使用、维修等方面也有明显的效益。机床品种系列化,零部件通用化和零件标准化,统称为标准化。系列化的目的是用最少品种规格的机床最大限度地满足国民经济各部门的需要。零部件通用化是指不同型号的机床要用相同的零部件,一般称这些适合于不同机床的零部件为通用件。零件标准化是指在机床设计中应尽量使用国际和国内规定的标准化零件。标准件外购或按规定标准制造,能极大地节省设计和制造工作量。

为了克服通用零部件在性能上难以完全适应不同产品要求的缺点,应积极推广模块化设计方法。模块化是指对具有相同功能的零部件,根据不同的用途和性能,设计出多种可以互换的模块供选用。模块化的结果可大大缩短设计和制造的周期,提高多产品生产的能力,能够快速满足市场的需求。因此,同时兼顾了机床制造厂和用户的利益。

1.1.3 人机关系

因为“人机学”(或称“宜人学”)是综合研究人—机械—环境的一门新兴学科。因此,设计机床和设计其他产品一样,必须重视应用“人机学”的理论和知识来处理人和机器、环境的关系。

机床设计要布局合理、操作方便、造型美观、色彩悦目。机床的造型要简洁明快,美观大方,使用舒适。简洁的外形便于制造,符合人的视觉特征,看后易于记忆,印象深刻,能防止疲劳,提高效率,少出差错。机床的操纵应方便、省力、容易掌握、不易发生操作故障和错误。机床工作时不允许对周围环境污染,渗、漏油必须避免。机床的噪声要低,噪声级要在规定值以下。不同精度等级的机床,国家有相应的规定标准,噪声不能对人耳有强烈的不适感。应该指出,在当前激烈的市场竞争中,机床的“人机关系”具有先声夺人的效果,在产品设计中应给予高度重视。

在设计机床时,要对上述各项技术经济指标进行综合考虑,应根据不同的要求,有所侧重。

1.2 机床设计的基本步骤

机床设计是一种创造性的劳动,为此,必须做好技术信息和市场的预测工作,掌握机床发展的趋向和动态,拟定产品的长远发展规划。要加强产品的试验研究工作,使其具有一定技术储备,为改进产品以至更新换代创造条件。要博采众长,学习国内外的新技术、新结构、新工艺、新材料,并将其及时用于机床设计,以提高产品水平。生产的需求是机床发展的动力,用户的要求是机床设计的依据。为在用户中赢得声誉,必须重视坚持为用户服务的原则,一切为用户着想,急用户之所急。如果用户的经济效益越大,对机床的设计制造单位来说,不仅利润越多,而且声誉也越好,产品的竞争力也越强,会进一步推动机床产品向更高层次迈进。

机床设计大体可按照下列步骤进行:

1.2.1 调查研究

具体是指研究市场和用户对所设计机床的要求,然后检索有关资料。其中包括技术信息、

市场预测、试验研究成果、发展趋向、新技术应用以及相应的结构图样资料等。只有在此基础上拟定的方案才会技术先进,工艺合理,具有较高的经济效益。

1.2.2 方案拟订

在调查研究的基础上,可拟出几个方案进行分析比较。每个方案所包括的内容有:工艺分析、主要技术参数、总布局、传动系统、液压系统、控制操纵系统、电气系统、主要部件的结构草图、试验结果及技术经济分析等。有时还要进行可靠性论证。

在拟订方案时,要处理好以下几个关系:①使用和制造的关系。首先应满足使用要求,其次才是尽可能便于制造,要尽量采用先进工艺和创新结构。②理论与实践的关系。设计必须以生产实践和科学实验为依据,凡是未经实践考验的方案,必须经过实验证明可靠后才可用于设计。③继承与创新的关系。必须做到继承与创新相结合,要尽量采用先进技术,迅速提高生产力。注意吸取前人和国外的先进经验,在此基础上有所创造和发展。

1.2.3 技术设计

根据确定的总体设计方案,绘制机床总图、部件装配图、液压系统图、控制系统框图和电气系统图,并进行必要的运动计算和动力计算。有条件时,应尽可能采用计算机辅助设计。

1.2.4 工作图设计

绘制机床的全部零件图。

1.2.5 编制技术文件

整理机床有关部件与主要零件的设计计算书,编制各类零件明细表,制定精度和其他检验标准,编写机床说明书等技术文件。

1.2.6 对图样进行工艺审查和标准化审查

经过上面程序,已形成所有加工工序所必需的图样和技术文件,可进行生产。

如果设计的新机床是成批生产的产品,在工作图设计完成后,应进行样机的试制以考验设计,然后进行试验和鉴定,合格后再进行小批试制以考验工艺。根据试制、试验和鉴定过程中暴露出的问题,修改图样,直到产品达到使用要求为止。在机床投入使用后,要及时收集使用部门和制造部门的意见,并随时注意科学技术的新发展,总结经验,以便对机床产品进行改进和提高。

1.3 机床总布局

数控机床总布局的任务是解决机床各部件间的相对运动和相对位置关系,并使机床具有一个协调完美的造型。合理选择机床布局,不但可以使机床满足数控化的要求,而且能使机械结构更简单、合理、经济。如前所述,早期的数控机床是在普通机床的基础上,经过局部结构改进而成的,它与普通机床有很多相似之处,有的仍然保持普通机床的基本布局形式。随着数控技术的发展,特别是近年来高速加工机床的出现,使数控机床的总体结构形式灵活多样,变化

较大,出现了许多独特的结构。下面仅就某些典型数控机床的布局思想作一简单介绍。

1.3.1 数控车床

数控车床常用的布局形式有平床身、斜床身和立式床身三种,如图 1.1 所示。

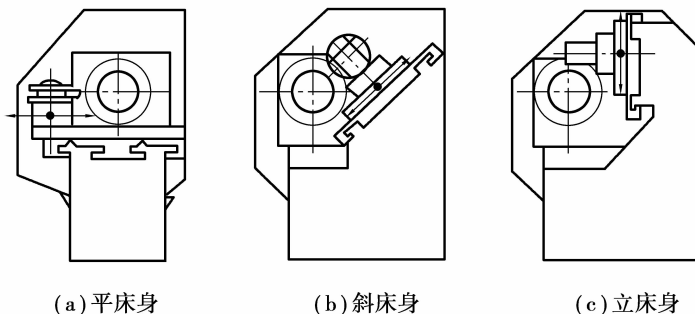


图 1.1 数控车床总布局

这三种布局方式各有特点,一般经济型、普及型数控车床以及数控化改造的车床,大都采用平床身,性能要求较高的中、小规格数控车床采用斜床身(有的机床是用平床身斜滑板)布局,大型数控车床或精密数控车床采用立式床身。

斜床身布局的数控车床(导轨倾斜角度通常选择 45° 、 60° 和 75°),不仅可以在同等条件下改善受力情况,而且还可通过整体封闭式截面设计提高床身的刚度,特别是自动换刀装置的布置较方便。而平床身、立式床身布局的机床受结构的局限,布置比较困难,限制了机床性能。因此,斜床身布局的数控车床应用比较广泛。在其他方面这三种布局方式的特点如下:

1) 热稳定性 当床头箱因发热使主轴中心线产生热变位时,斜床身的影响最小;而斜床身、立式床身因排屑性能好,受切屑产生的热量影响较小。

2) 运动精度 平床身布局由于刀架水平布置,不受刀架、滑板自重的影响,容易提高定位精度;立式床身受自重的影响最大,有时需要加平衡机构消除;斜床身介于两者之间。

3) 加工制造 平床身的加工工艺性较好,部件精度较容易保证。另外,平床身机床工件重量产生的变形方向竖直向下,它和刀具运动方向垂直,对加工精度的影响较小;立式床身产生的变形方向正好沿着运动方向,对精度影响最大;斜床身介于两者之间。

4) 操作、防护、排屑性能 斜床身的观察角度最好,工件的调整比较方便。平床身有刀架的影响,加上拖板突出前方,观察、调整较困难。但是,在大型工件和刀具的装卸方面,平床身因其敞开面宽,故起吊容易,装卸比较方便。立式床身因切屑可以自由落下,排屑性能最好,导轨防护也较容易。在防护罩的设计上,斜床身和立式床身结构较简单,安装也比较方便;而平床身则需要三面封闭,结构较复杂,制造成本较高。

1.3.2 加工中心

加工中心的总布局按机床结构不同分立式、卧式、龙门式等,同时,其联动坐标轴数、刀库形式、换刀方式等对机床的布局都会产生影响。因此,加工中心的布局形式较为丰富。

图 1.2 所示为立式加工中心的常见布局。立式加工中心是指主轴垂直设置的加工中心,工作台一般不升降,立柱有固定(如图 1.2(a)、图 1.2(c)所示)、可移动(如图 1.2(b)所示)两种基本形式。其中,图 1.2(a)、图 1.2(c)立柱固定式结构与传统的立式镗铣床类似,是中、小

规格机床的常用形式。图 1.2(b)所示立柱移动式结构的优点是:首先,这种形式减少了机床的结构层次,使床身上只有回转工作台、工作台,共三层结构,它比传统的四层十字工作台更容易保证大件结构刚性,同时又降低了工件的装卸高度,提高了操作性能。其次,由于 Y 轴导轨的承重是固定不变的,它不随工件重量改变而改变,因此有利于提高 Y 轴的定位精度和精度的稳定性。但是,由于 Y 轴承载较重,对提高 Y 轴的快速性不利,这是其不足之处。

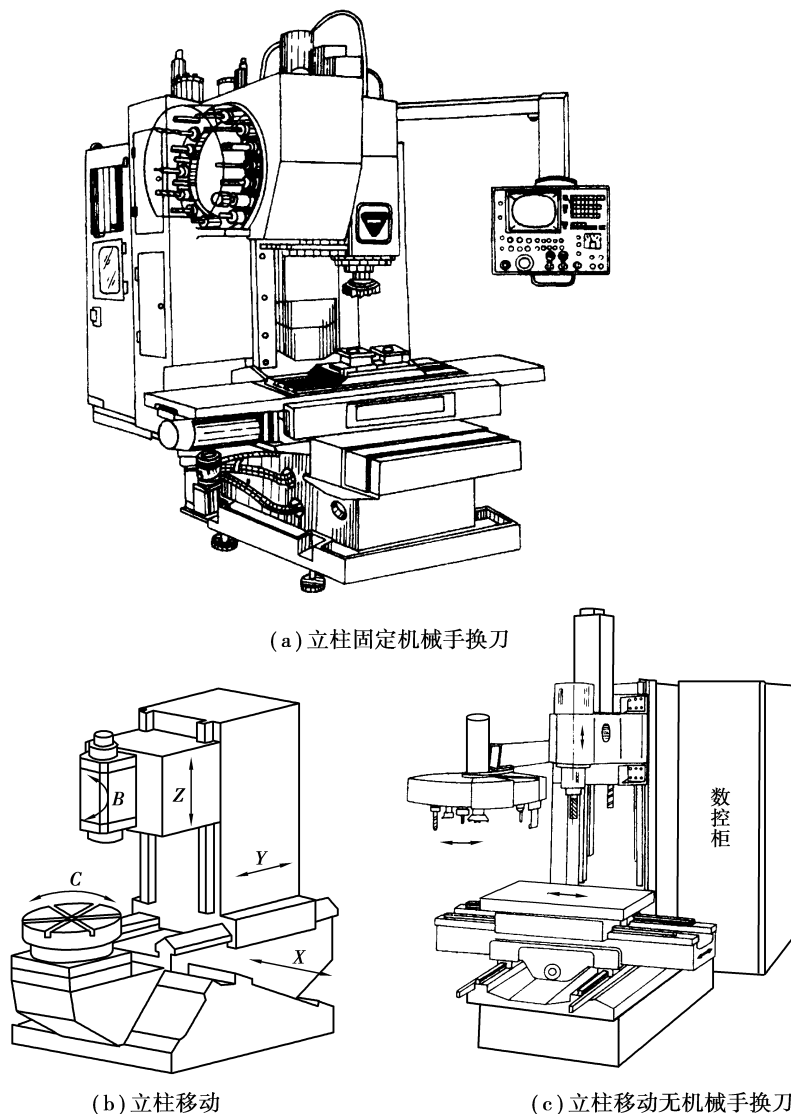


图 1.2 立式加工中心总布局

从换刀方式看,图 1.2(a)为盘式刀库,用机械手实现换刀。图 1.2(c)为斗笠式刀库,无机械手,刀库中刀具轴线与机床主轴轴线平行,换刀时主轴移近刀库便可直接换刀。

加工中心一般具有 X, Y, Z 三个坐标轴,可实现两轴、两轴半或三轴联动。有的加工中心还有 U, V, W, A, B, C 中的一个、两个或多个坐标运动,可分别实现 $X, Y, Z, U, V, W, A, B, C$ 任何方向的四轴、五轴联动,甚至可实现更多坐标轴联动。图 1.2(b)为五轴联动的加工中心,立柱作 Y 向运动,床鞍、工作台在倾斜式床身上作 X 向运动,主轴箱沿立柱导轨作 Z 向运动,主轴

可绕 B 轴转动,回转工作台可绕 C 轴转动,从而实现五轴联动加工。

图 1.3 为卧式加工中心的常见布局。卧式加工中心是指主轴水平设置的加工中心,其布局形式与立式加工中心类似,也有立柱可移动(如图 1.3(a)所示)、固定(如图 1.3(b)所示)两种基本形式。这两种基本形式通过不同组合,还可以派生出其他多种变型,如 X, Y, Z 轴都采用立柱移动而工作台完全固定的结构形式(如图 1.3(a)所示);或 X, Y 由立柱移动而 Z 轴由工作台移动的结构形式等。卧式加工中心的各种布局特点与对应立式加工中心类似,这里不再赘述。总的来说,卧式加工中心与立式加工中心相比,一般具有刀库容量大、整体结构复杂、体积和占地面积大、价格较高等特点。

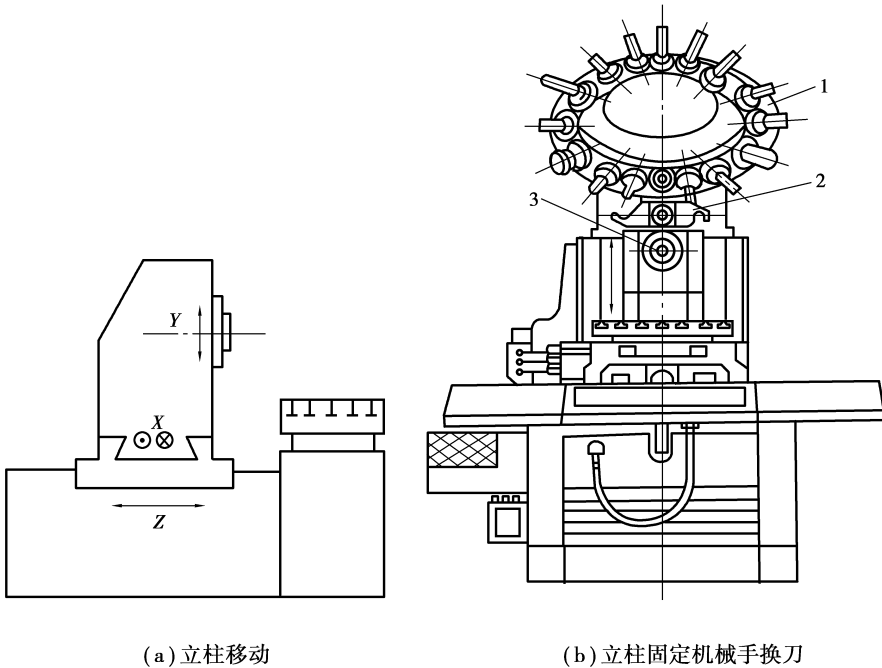


图 1.3 卧式加工中心总布局

以上加工中心的布局形式多用于中小型加工中心,当要加工大型或形状复杂的工件时,可采用龙门式结构,如图 1.4 所示。龙门式加工中心的总布局与普通龙门铣床类似,主轴多为垂

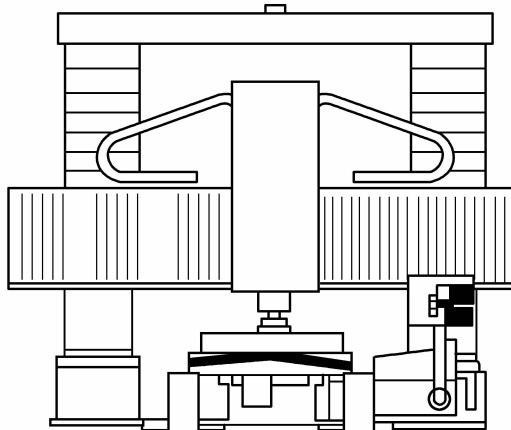


图 1.4 龙门式加工中心总布局

直设置,主轴箱可沿横梁上的导轨左右移动(Y 向),横梁可沿立柱导轨上下移动(Z 向),工作台作前后方向移动(X 向),主轴也可作上下移动(W 向)。这种布局方式用于加工工件较大的机床,刚性好,热变形小。

1.3.3 虚拟轴机床

虚拟轴机床是一种基于并联机构原理并结合现代机器人技术和机床技术而产生的新型数控机床,其基本的结构特征是并联,即由床身—刀具(动平台)—工件这一运动链中包含多条独立的运动支链,如图1.5所示。传统机床的布局特点是以床身、立柱、横梁等作为支承部件,主轴和工作台滑板沿支承部件上的直线导轨移动,按 X, Y, Z 坐标运动叠加的串联运动学原理形成刀具的加工轨迹。正是由于采用了空间并联结构,使得虚拟轴机床在结构和工作性能上显示出许多突出特点。

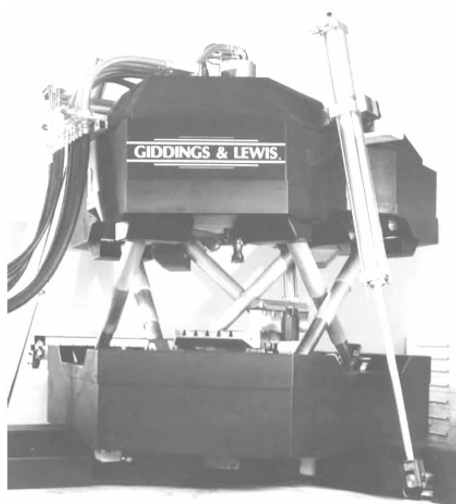


图1.5 Variax 机床

(1) 机床结构简单

虚拟轴机床主要由框架和变长度杆等简单构件组成,对于复杂的曲面加工,不需要普通机床的 X, Y, Z 三个方向的工作台或刀架的复合运动,只要控制六杆的长度即可。机床以较为复杂的控制换取结构的最大简化。

(2) 机床结构刚度高

传统机床因结构不对称,而使机床受力、受热不均匀。虚拟轴机床呈对称的框架结构,传递力的运动链是六条腿构成的六个“并联”运动链,主轴平台所受外力由六根杆分别承担,故每杆受的力要比总负荷小得多,且这些杆件只承受拉压载荷,而不承受弯矩和扭矩,因此具有刚度高、传力大、稳定性好、承载/重量比高的优点。

(3) 机床动态性能好

传统机床的工件、工作台等大质量部件一般都在运动,系统惯性大,使机床高速动态性能恶化。而虚拟轴机床运动部件的数量少、质量轻,减少了运动负荷,使系统的动态性能得以改善,能够实现更快的动态响应。在高速加工时,并联结构的优点更加明显。

(4) 加工精度高

传统机床是串联传动结构,主轴或工作台的运动由各传动轴依次传递,存在误差积累问