

高等学校试用教材

金属切削机床设计

(修订版)

大连工学院 戴曙 主编

GAO DENG XUE
XIAO JIAO CAI

02.1

机械工业出版社

高等学校试用教材

金属切削机床设计

(修订版)

大连工学院 戴曙 主编



机械工业出版社

金属切削机床设计

(修订版)

大连工学院 戴 曙 主编

★

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

★

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $17 \frac{1}{4}$ · 字数 420 千字

1981年7月北京第一版

1985年12月北京第二版·1985年12月北京第六次印刷

印数 89801—113,100 · 定价 3.60 元

★

统一书号: 15033·4896

前 言

本书是根据1982年10月在西安召开的机械工业部机械制造（冷加工类）教材编审委员会机床教材编审小组会议上制定的《金属切削机床设计》教学大纲，受教材编审委员会机床教材编审小组的委托编写的。

本书力图对金属切削机床设计的基本知识作简明的叙述，并适当反映国内外的先进科学和技术水平。全书共分六章和一个附录。一至六章是基本内容。其中第一章讲述机床的总体设计，第二章讲述传动设计，第三、四、五章讲述机床的结构，第六章讲述机床的控制与操纵。附录叙述了三个专题。附录在使用时可根据情况灵活处理，可以讲授部分或全部内容，也可全部不讲，可以集中讲授，也可穿插到其它各章中去。

在各章中，力求联系理论，作比较深入的分析。有的章节，还有计算举例。但公式一般不作详细推导，以节约篇幅。全书力求精炼，以符合教学计划规定的教学时数。

本书为高等工业院校机械制造工艺与设备专业以及类似专业的教材，也可供从事金属切削机床设计和研究的工程技术人员和研究生参考。

本书由大连工学院戴曙主编，并编写第二、三、四章和附录，赵德堃编写第一、五章，李秀英编写第六章。马孝江、关慧贞和研究生温仲元设计了部分插图。

1983年2月，曾邀请了部分院校的教师，在清华大学对编写大纲进行了讨论。全书由清华大学陈克成主审，李民范参加了审阅。1984年4月，由教材编审委员会机床教材编审小组委托编审委员天津大学张策、西安交通大学陶钟、清华大学李民范和浙江大学童忠钊对本书进行了复审。

本书在编写过程中，得到了机械工业部北京机床研究所，兄弟院校，各机床研究单位和机床厂的支持和帮助。在1983年教材编写大纲讨论会上，与会同志提出了十分宝贵的意见。大连工学院机床教研室的同志们对本书的编写给予了大力的支持。袁景侠、冯辛安、赵全福、沈宏书等同志参加了部分初稿的审阅。此外，本书是在1981年版《金属切削机床设计》的基础上修订的。因此，本书中包含了1981年版的其他编写者和插图设计者刘能宏、袁景侠、鲍绍箕、杨有君等同志的劳动成果。在此一并表示衷心的感谢。

限于编者的水平，书中错误或不妥之处在所难免，敬希读者指正。

目 录

第一章 总体设计	7	原则	44
§ 1-1 机床设计应满足的基本要求	1	§ 2-5 变速箱和进给箱	46
一、满足性能要求	1	一、组成和要求	46
二、经济效益	4	二、箱内各轴线的布置	46
三、人机关系	4	三、齿轮在轴上的布置与排列	52
§ 1-2 机床设计的步骤	5	四、箱体内存动轴的安装	53
一、有关机床设计的几点看法	5	五、相啮合齿轮的宽度	55
二、机床设计的步骤	6	§ 2-6 传动件的疲劳强度计算	55
三、样机试制和鉴定	6	一、额定载荷和当量载荷	55
§ 1-3 系列化、通用化和标准化	6	二、固定工作用量下对载荷的修正	56
一、机床的系列化	7	三、变动工作用量下对载荷的修正	57
二、零部件的通用化和标准化	7	四、变动工作用量下材料的强化效应	59
§ 1-4 机床的总布局	9	五、寿命系数的极限值	60
一、机床的运动及其分配	9	§ 2-7 主轴箱的温升	62
二、加工精度	11	一、热平衡和温度场	62
三、便于操作、观察与调整	11	二、主轴箱的温升估算	63
四、机床的外形与色彩	12	三、减少热变形的途径	65
§ 1-5 机床主要参数的确定	12	§ 2-8 内联传动链的设计原则	66
一、尺寸参数	12	一、传动误差的来源和传递规律	66
二、运动参数	13	二、提高传动精度的措施和内联传动链的	
三、动力参数	16	设计原则	67
参考资料	22	三、滚齿机传动原理图设计举例	69
第二章 传动设计	23	§ 2-9 辅助运动传动链的设计	
§ 2-1 外联传动链的设计原则	23	原则	77
一、外联传动链的功用和组成	23	一、调位传动链	72
二、外联传动链的设计原则	23	二、进给前后的快移传动链	72
§ 2-2 分级变速外联传动链设计	26	参考资料	74
一、分级变速机构的转速图和结构网	26	第三章 主轴组件	75
二、主运动链转速图的拟定	28	§ 3-1 对主轴组件的基本要求	75
三、分级变速的几种特殊情况	31	一、旋转精度	75
四、扩大变速范围的方法	37	二、静刚度	75
五、齿轮齿数的确定	40	三、抗振性	76
§ 2-3 计算转速	41	四、热变形	76
一、机床的功率扭矩特性	41	五、耐磨性	76
二、机床主要传动件计算转速的确定	41	§ 3-2 主轴的传动	77
§ 2-4 无级变速传动链的设计		一、主轴的传动方式	77

二、主轴传动件的布置.....77	的原则.....130
§ 3-3 主轴轴承的选择和主轴的滚动轴承.....79	一、支承件的静刚度.....130
一、主轴轴承的选择.....79	二、刚度的折算和比较.....132
二、主轴滚动轴承的选型.....79	三、支承件形状选择的原则.....133
三、主轴滚动轴承的精度.....82	四、隔板.....135
四、主轴滚动轴承的寿命.....83	五、提高局部刚度.....135
五、滚动轴承的刚度.....83	六、提高接触刚度.....136
§ 3-4 主轴.....86	§ 4-4 支承件的动态特性.....137
一、主轴的构造.....86	一、固有频率和振型.....137
二、主轴的材料和热处理.....86	二、支承件动态特性的对比.....138
三、主轴的技术要求.....86	三、提高支承件的动态特性.....141
§ 3-5 装滚动轴承的主轴组件.....89	§ 4-5 支承件的热变形特性.....141
一、推力支承位置的选择.....89	一、机床和支承件的热变形.....141
二、中等转速、较大载荷的主轴组件.....90	二、简单零件热变形的估算.....142
三、较高转速的主轴组件.....94	三、提高支承件的热变形特性.....143
四、以轴向力为主的主轴组件.....95	§ 4-6 支承件的结构设计.....145
§ 3-6 主轴的滑动轴承.....96	一、材料和时效处理.....145
一、液体动压轴承.....96	二、壁厚的选择.....146
二、液体静压轴承.....103	三、卧式床身.....146
§ 3-7 提高主轴组件性能的一些措施.....108	四、立柱.....147
一、提高主轴组件的旋转精度.....108	五、横梁和摇臂.....148
二、提高主轴组件的运动精度.....109	六、滑板和工作台.....149
三、提高主轴组件的刚度.....109	七、底板.....149
四、提高主轴组件的抗振性.....110	八、箱体.....150
五、控制主轴组件的温度.....110	九、铸件结构工艺性.....150
§ 3-8 主轴组件的计算.....110	十、支承件的焊接结构.....151
一、主轴直径的选择.....110	§ 4-7 模型试验简介.....153
二、主轴合理跨距的选择.....111	一、模型试验的原理.....153
三、主轴组件的验算.....114	二、模型的材料.....157
§ 3-9 润滑和密封.....123	三、模型试验举例.....157
一、主轴滚动轴承的润滑.....123	参考资料.....159
二、主轴滑动轴承的润滑.....125	第五章 导轨.....160
三、主轴组件的密封.....125	§ 5-1 导轨的功用、分类和应满足的要求.....160
参考资料.....126	一、导轨的功用和分类.....160
第四章 支承件.....127	二、导轨应满足的要求.....161
§ 4-1 支承件应满足的要求和设计步骤.....127	§ 5-2 滑动导轨.....163
§ 4-2 支承件的静力分析.....127	一、导轨的材料.....163
§ 4-3 支承件的静刚度和形状选择	二、导轨的结构.....166
	§ 5-3 滑动导轨的验算.....172

一、概述	172	§ 6-2 操纵机构	208
二、导轨压强的分布	172	一、操纵机构的功用、要求、组成和分类	208
三、导轨的许用压强	175	二、单独操纵机构	210
§ 5-4 各种导轨设计要点简介	176	三、顺序集中变速操纵机构	212
一、动压导轨	176	四、越级集中变速操纵机构	216
二、普通滑动导轨	178	五、集中变速时保证齿轮顺利啮合的 措施	222
三、静压导轨	179	六、操纵机构的定位	224
四、卸荷导轨	182	§ 6-3 保险装置	226
五、滚动导轨	184	一、过载保险装置	226
§ 5-5 导轨的润滑与防护	189	二、各操纵机构之间的互锁	228
一、导轨的润滑	189	参考资料	228
二、导轨的防护	190	附录 机床的精度、抗振性和噪声	229
§ 5-6 提高耐磨性的措施	193	I. 精度	230
一、争取无磨损	193	一、概述	230
二、争取少磨损	193	二、机床的精度等级	231
三、争取均匀磨损	194	三、机床的精度标准	231
四、磨损后应能补偿磨损量	194	四、保证机床精度的措施	237
§ 5-7 低速运动平稳性	194	II. 抗振性	238
一、爬行的现象及其影响	194	一、单自由度系统	239
二、对爬行现象的分析	195	二、整机和构件	248
三、产生爬行的原因和消除的措施	199	三、自激振动和切削稳定性	251
参考资料	201	III. 噪声	255
第六章 控制与操纵	202	一、概述	255
§ 6-1 控制系统	202	二、衡量噪声的指标	255
一、控制系统的功用、组成和分类	202	三、机床上产生噪声的原因和降低噪声的 途径	258
二、时间控制系统	203	四、噪声的测试	266
三、继动控制系统	204	五、噪声估算的现况	268
四、用插销板的程序控制系统	205	参考资料	269
五、数字控制系统	205		
六、适应控制系统	207		
七、预报控制系统	208		

第一章 总体设计

机床设计是一种创造性的劳动，它是机床设计师根据市场的需求，现有的制造条件和新工艺的发展，运用有关的科学技术知识进行的。回顾机床设计的发展，大体上可分为以下几个阶段：经验类比阶段、以实验为基础围绕着机床性能开展研究的阶段、计算机辅助设计阶段。

早期的机床设计，主要是考虑以下两点：

首先，为了加工出一定形状的工件，必须保证刀具与工件之间具有一定的相对运动关系；其次是机件要有足够的强度。过了一段时间以后，又提出了对机床几何精度的要求。这时的机床设计是在满足机床几何精度要求的前提下，主要根据经验或者用类比的办法进行的。

随着科学技术的发展和工艺水平的提高，尤其是先进刀具的出现，使机床向高速、大功率的方向发展。因此，对机床的精度和生产率等各方面的要求也就越来越高。于是，又相继提出了一些设计机床时必须考虑的问题，如机床的运动精度、刚度、抗振性、低速运动平稳性、热变形、噪声和磨损等等。对于这些问题的研究主要是通过机床性能试验进行的。通过试验，发现它们的规律性，分析影响机床性能的主要原因和寻求解决问题的方法。这时的机床设计是以实物测试和模型试验为基础进行的。与此同时，把技术科学中的理论应用到机床设计中来，初步建立起机床的基础理论。将机床的刚度、抗振性、低速运动平稳性、热变形、噪声、磨损等方面的试验研究所取得的成果，应用于机床设计，显著地提高了机床的性能。例如，提高了机床的加工精度、生产率、寿命等。至此，机床的理论研究还主要是处于弄清机理、说明现象的定性阶段。

近年来，即从本世纪六十年代中期以来，现代科学技术的成就，为机床设计提供了大量的测试数据，理论研究也有了新的进展，尤其是电子计算机的应用，使机床设计开始进入计算机辅助设计（CAD）和优化的阶段。将有可能利用计算机对设计所需的大量技术资料进行检索，自动地对设计方案进行分析比较，从而选出最佳方案。也可对主要零部件进行强度、刚度等校核计算。有些机构可以在光屏上进行图形显示，由设计人员用光笔和通过人机对话对设计图进行修改，最后完成设计。这样，既可加快设计进程，又可得到比较理想的设计方案。

§ 1-1 机床设计应满足的基本要求

评价机床性能的优劣，主要是根据技术—经济指标来判断的。技术先进，经济合理，亦即“质优价廉”才会受到用户的欢迎，在国内和国际市场上才有竞争力。机床设计的技术—经济指标可从满足性能要求、经济效益和人机关系等方面进行分析讨论。

一、满足性能要求

机床的性能，包括它所能完成的工艺范围，能达到的加工精度和能细化的表面粗糙度，

所具有的生产率和自动化程度,可靠性和寿命等。

1. 工艺范围

机床的工艺范围是指机床适应不同生产要求的能力。大致包括下列内容: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。

在大批大量生产中,为了提高生产率,工序往往是分散的,一台机床只担负某几道工序甚至某一道工序的加工。加工零件的类型、材料和尺寸范围也都限制在很小的范围内。毛坯的种类也是单一的。对于这类工艺范围较窄的情况,通常采用专用机床或专门化机床,例如组合机床等。当零件的类型比较单一,尺寸变化的范围又不大时,也可在一台机床上完成多种工序的加工,例如采用多轴自动机床等。

在小批、单件生产中,由于产品多变,应使一台机床能完成尽可能多的工序。因此,用于小批、单件生产的通用机床,要适应不同工业部门的需要和完成多种多样的工作,工艺范围应当宽一些。例如应具有较宽的变速范围和相适应的尺寸参数,以及配有较多的附件等,以便扩大机床的应用范围。自动换刀数控机床(加工中心 MC; Machining Center),可以在一次安装下完成较多工序的加工,并达到很高的精度,它的工艺范围就是相当宽的。

综上所述可以看出,生产的要求是多种多样的,而且随着生产的发展,将不断地提出新的要求,因此,机床的品种将会越来越多,发展也会越来越迅速。

2. 加工精度和表面粗糙度

机床的加工精度是被加工零件在尺寸、形状和相互位置等方面所能达到的准确程度。影响机床加工精度的主要因素有机床的精度和静刚度等。

机床精度分三级:普通精度级、精密级和高精度级。这三种精度等级的允差,如以普通精度级为1,则它们之间的比例,大致为:1:0.4:0.25。机床的精度,包括几何精度、传动精度、运动精度和定位精度等。几何精度是指机床在不运动或运动速度较低时的精度,它是由机床各主要部件的几何形状和它们之间的相对位置与相对运动轨迹的精度所决定的。传动精度是指内联传动链两末端件之间的相对运动精度,它决定于传动系统中机件的制造精度和装配精度以及传动系统设计的合理性。运动精度是指机床的主要部(组)件以工作状态的速度运动时的精度。定位精度是指机床主要部件在运动终点所达到的实际位置的精度。只有机床精度达到一定要求后,才能满足机床加工精度的要求。从发展趋势上看,机床的精度在逐步提高。

保证机床的加工精度,除对机床本身的精度要求外,还要求具有一定的刚度,即要求机床以及主要零、部件具有一定的抵抗变形的能力。在受力条件下,保证各主要零、部件相对位置的正确性。通常所说的刚度是指静刚度而言的,亦即抵抗稳定载荷所引起的变形的能力。

影响机床加工精度的因素还有由构件残余应力引起的变形、热变形和磨损等。

机床加工的工件表面的粗糙度也是机床主要性能之一。它与工件和刀具的材料、进给量、刀具的几何形状和切削时的振动有关。对表面质量要求越高,也就是要求表面粗糙度越小,则对抗振性的要求越高。机床的抗振性包括两个方面:抵抗受迫振动的能力和抵抗自激振动的能力。如果振源的频率与机床某主要部件(例如主轴组件、床身)的某一振型(如弯曲振动、扭转振动)的固有频率重合时,就将发生共振。振幅大增。加工表面的粗糙度将会大大增加。切削自激振动,产生于切削过程之中。如果切削不稳定,则切过的表面,其波纹度将

越来越大, 振动越来越剧烈, 将严重影响加工表面的质量。

3. 生产率

机床的生产率通常是指在单位时间内机床所能加工的工件数量。要提高机床的生产率, 必须缩短加工一个工件的平均总时间, 其中包括缩短切削加工时间、辅助时间以及分摊到每个工件上的准备和结束时间。采用先进刀具提高机床的切削速度, 采用大切深、大进给、多刀多刃和成形切削, 以铣代刨等都可以缩短切削加工时间以提高生产率。例如, 在国外有的数控车床的切削速度已达 $475\text{m}/\text{min}$ 或更高, 磨削速度也在 $60\text{m}/\text{s}$ 以上, 有的高速滚齿机的切削速度已达 $305\text{m}/\text{min}$; 成批生产的中、小型机床床身导轨面, 也可用组合铣刀或组合砂轮一次完成各面的铣削或磨削加工。在缩短切削加工时间的同时, 还必须注意缩短辅助时间。例如, 空行程用机动快移; 夹紧用气压或液压卡盘; 采用自动测量和数字显示, 可以大大缩短甚至取消停机测量的辅助时间, 从而提高生产率。

4. 自动化程度

为了提高劳动生产率、减轻工人的劳动强度和更好地保证加工精度和精度的稳定性, 机床应尽量提高自动化程度。自动化程度, 可以用机床自动工作的时间与全部工作时间的比值来表示。根据自动化程度, 机床大致可分为自动、半自动和普通机床三类。自动机床具有完整的自动工作循环, 包括自动装卸工件, 能够连续地自动加工出工件。半自动机床也有完整的自动工作循环, 但装卸工件还需人工完成, 因此不能连续地加工。普通机床虽然现在也不不同程度地采用了各种自动化装置, 但是还没有一个完整的自动工作循环。

设计机床时应根据实际情况确定机床的自动化程度和实现自动化所采用的手段。一般地说, 应尽可能提高机床的自动化程度。有的通用机床用途较广, 工件变化较大, 不易实现全面的自动化, 也应尽量争取实现局部的自动循环。在大批大量生产中, 常采用自动化单机或机床自动线。在小批单件生产中, 机床的自动化程度也正在迅速提高。为了快速调整同时又保持机床的通用性, 常用程序控制或数字控制。目前, 数控机床的应用日益增多, 是国际市场的热门, 也是国内机床发展的重点。同时, 它又是当代技术密集的产品。在数控机床的基础上, 又发展了柔性制造系统(FMS; Flexible Manufacturing System)和工厂自动化(FA; Factory Automation)。

柔性制造系统(FMS)是一种具有较大灵活性的生产系统, 是以提高灵活性和生产率为目的, 有效地综合了加工、传送和控制功能的高度自动化系统。目前, 正在运行的大部分柔性制造系统, 主要是完成切削加工或磨削加工的自动化系统。例如, 在一个加工机床零件的柔性制造系统中, 由计算机控制系统的运行。在机械加工的单元群中, 有7台自动换刀数控机床(MC)完成对主轴类、磨床尾座、车床床鞍和齿轮箱体等120种零件的加工。工件安装在托盘中, 由感应式台车将它们送到机床随行夹具的交换装置上。在工具管理室中, 有600把刀具, 设有刀具预调装置。可实现自动换刀和检测刀具寿命。加工循环的时间, 根据不同的零件, 需要 $0.7\sim 7\text{h}$ 。

工厂自动化(FA)是指能够进行多品种小批生产的自动化系统, 属于柔性制造系统(FMS)的进一步发展。它可以昼夜 24h 工作, 夜里仅需少数人值班, 充分利用了时间。这既可创造更为舒适的劳动环境, 又可提供物美价廉的产品。

无人化工厂的自动生产, 在国外已经出现了许多, 现仍在稳步地发展。1980年就已经出现了由工业机器人(Industrial Robot)服务于生产的自动化工厂。1982年又建成了能进行交流

电动机、交流和直流伺服电机的从加工到装配（除磁心落料、层叠、绕线、配线和涂装外）的自动化工厂。该厂为占地 $100 \times 80 \text{m}^2$ 的两层建筑。机械加工车间在一楼，有自动换刀数控机床（MC），数控车、磨、钻等机床共60台，机器人和随行夹具交换装置共52台，两台输送台车。该系统可进行40种电机和伺服电机的加工，加工工件约900种，每批加工数量可为20~1000件。装配车间在二楼，有49台装配机器人，4条装配作业线，5台输送车。装好的电动机经自动检验后，再由包装机自动包装。自动仓库将上下两层楼的生产连接起来。进库的毛坯按种类和规格存放，根据加工需要由台车送至加工单元。机器人将工件装到机床上。切屑由传送带送入积屑桶，再由台车把积屑桶运走。加工好的零件送回仓库。按需要将零件送往二楼进行装配。装配、包装好的电机，再存入仓库，以备发货。

5. 可靠性

机床的工作可靠性也是一项重要的技术-经济指标。随着自动化水平的不断提高，需要许多机床、仪表控制系统和辅助装置协同工作，例如自动线，由数控机床组成并用电子计算机控制的自动化加工系统，自动化工厂等。它们对机床可靠性指标的要求是相当高的，倘若因一台机床出故障而停车，往往会影响全线或某一部分的自动化生产。因此，对于纳入自动线、自动化加工系统或自动工厂的机床，应采取适当的措施来提高机床的可靠性。

6. 机床寿命

机床寿命就是机床保持它应具有的加工精度的时间。随着技术设备更新的加速，对机床寿命所要求的时间也在减短。对于中、小型通用机床，它的寿命约为八年左右。对于专用机床则要求短些，因为它将随所加工的产品的更新而废弃。这就要求机床在最高生产率的条件工作，在使用期内充分地发挥机床的效能，取得最大的经济效益。对于大型机床和精密级、高精度级机床，则要求寿命长些，因为这些机床的价格高，希望能在较长的时间里保持精度，以提高经济效益。

确保和提高机床的寿命，主要是提高关键性零件（如主轴轴承和导轨）的耐磨性，并使主要传动件的疲劳寿命与之相适应。机床的精度保持性好，寿命较高，也会在市场上取得信誉，打开销路。

二、经济效益

在保证实现机床性能要求的同时，还必须使机床具有很好的经济效益。不仅要考虑机床设计和生产的经济效益，更重要的是要从用户出发，提高机床使用厂的经济效益。

对于机床生产厂的经济效益，主要反映在机床成本上。机床的成本不仅包括材料、加工制造费用，而且还包括研制和管理费用。管理水平的高低是直接影响机床成本的重要因素。必须十分重视和努力降低成本。

对于机床使用厂的经济效益，首先是机床的加工效率和可靠性，要使机床能够充分发挥其效能。减少能源消耗，提高机床的机械效率，也是十分重要的。它是各工业部门、各个国家都日益重视的一个问题。机床的机械效率就是有效功率对输入功率之比。两者的差值就是损失，主要是摩擦损失。而且，摩擦功转化为热量，将引起机床的热变形，又对机床的工作带来不良的后果。因此，必须重视提高机床的效率，特别是功率较大的机床和精加工机床，更应注意。

三、人机关系

机床设计师应十分重视人机关系问题，它已发展成为一门重要的科学分支——人机学或

称宜人学 (Ergonomics)。

机床应操纵方便、省力、容易掌握、不易发生操作错误和故障。这样不仅能减少工人的疲劳、保证工人和机床的安全,还能提高机床的生产率。

防止机床对周围环境的污染,也是当前对机床设计和制造提出的一项主要要求。噪声要低,不仅噪声声级要达到规定值以下,而且不能对人耳有强烈的不适感。渗、漏油必须避免。如果采用油雾润滑,必须保证油雾不得逸散到周围的环境中去,以防止对人体的危害。

机床造型要美观大方,色调和谐,使操作者感到在一个舒适的环境中工作。

对于上述的各项技术—经济指标,在设计机床时应进行综合考虑,并应根据不同的需求,有所侧重。

§ 1-2 机床设计的步骤

一、有关机床设计的几点看法

1. 机床设计要有创造性

机床设计是设计师的创造性劳动。每个机床厂都有它的主导产品,产品的性能和质量,反映了该厂的设计和制造水平。为使主导产品在国内外市场上站得住脚、有竞争力,逐步发展到领先的地位,应加强以下几方面的工作:

(1) 要做好技术情报 (Technical information) 和市场预测 (Market forecasting) 的工作,掌握机床发展的趋向和动态,拟定产品的长远发展规划;

(2) 坚持加强产品的试验研究和发展工作,保证有一定的技术储备,为改进产品以至更新换代创造条件;

(3) 机床是实现工艺的手段,因此,应注意新结构、新工艺、新材料的发展,并及时用于机床设计,提高产品的水平,推广新工艺;

(4) 博采众长,学习国内外的新技术。但是,不能满足于仿制,而是经过消化后,要创造性地用于产品设计中。

2. 坚持为用户服务是设计的关键

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。根据各自用户的不同要求,设计和制造出各种各样的机床新品种,使机床制造业得以迅速地发展。机床的设计与制造,不能只着眼于机床的成本和利润,而应从整个社会的经济效益出发。用户的经济效益越大,对设计与制造单位来说,不仅利润越多,而且声誉也越高,竞争力也越强。机床制造厂为用户提供的机床品种越多,显示出它的技术实力越强。

3. 发展专业厂与机床发展直接有关

机床设计和制造的发展,与发展机床零部件的专业化工厂有直接关系。专业厂只专一行,容易做到技术精益求精,质量和数量都有保证。有利于机床零部件的通用化、模块化和标准化。机床设计,主要是进行总体设计和关键部件的设计。许多零部件都应可以从专业厂买到。这样,既能迅速地组成机床,又能保证质量,还可降低成本。应建立购买与组合的思想。例如生产数控机床和自动换刀数控机床 (MC),其中数控系统、滚珠丝杠、镶钢或滚动导轨、导轨的防护装置、排屑机构等等都可以从专业厂订购。在国外,甚至主轴组件也可订购,由设计者向轴承厂提出功率、转速范围、精度和抗振性要求,由轴承厂提供完整的适合要求的

主轴组件。

二、机床设计的步骤

1. 研究设计要求、检索资料

研究市场和用户对所设计机床的要求,然后检索有关资料。其中包括情报、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纸资料等。甚至还可以通过卫星检索技术先进国家的有关资料和专利等。通过对上述资料的分析研究,拟订适当的方案,以保证机床的质量和提提高生产率,使用户有较好的经济效益。

2. 拟定方案

通常可拟订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、电系统、主要部件的结构草图、试验结果及技术经济分析等。

在制定方案时应注意以下几点:(1)当使用和制造之间出现矛盾时,应首先满足使用要求,其次才是尽可能便于制造。要尽量采用先进的工艺和创造新的结构;(2)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能用于设计;(3)继承与创造相结合,尽量采用先进技术,迅速提高生产力,为实现四个现代化服务。注意吸取前人和外国的先进经验,在此基础上有所创造和发展。

3. 技术设计

绘制机床总图和部件装配图。为使各部件能够同时而且较为协调地进行设计,一般应画出机床的总体尺寸关系图,在图中确定各部件的轮廓尺寸和各部件间有联系的相关尺寸,以保证各部件在空间不发生干涉并能协调地工作。同时画出机床的传动系统图、液压系统图、控制系统框图和电系统图。与此同时,进行必要的计算。有条件时尽可能采用计算机以帮助设计。

4. 工作图设计

绘制机床的全部零件图。

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,制定精度和其它检验标准,编写机床说明书等技术文件。

6. 对图纸进行工艺审查和标准化审查。

三、样机试制和鉴定

如果所设计的新机床是成批生产的产品,在工作图设计完成后,应进行样机试制以考验设计。对样机要进行试验和鉴定,合格后再进行小批试制以考验工艺。在试制、试验和鉴定的过程中,根据暴露出来的问题,对图纸进行修改,直到产品达到使用要求为止。这时,设计工作就基本上完成了。

在所设计的机床投产使用以后,还应经常收集使用部门和制造部门的意见,注意科学技术的新发展和总结新经验,以便对机床产品改进和更新。

§ 1-3 系列化、通用化和标准化

产品系列化,零部件的通用化和标准化简称为“三化”,它是一项重要的技术经济政策。

实行了“三化”，对国家、对用户、对制造厂都有利。尤其是按专业化组织生产，更需要迅速地实现“三化”。

一、机床的系列化

一类机床上能加工的工件有大有小，总不能用一种尺寸规格的机床来加工所有尺寸规格的工件。因此，对应于某一段尺寸规格的工件应有一种尺寸规格的机床。这样就出现了一些不同尺寸规格的机床，由它们组成这类机床的系列。机床系列化的工作应包括：（1）制订机床参数标准；（2）编制机床系列型谱；（3）进行系列设计。

制订机床的参数标准，主要是确定某类型机床的主参数系列和第二主参数。例如，普通车床的主参数是在床身上的最大回转直径，第二主参数是最大的工件长度；升降台铣床的主参数是工作台工作面的宽度，第二主参数是工作台工作面的长度；摇臂钻床的主参数是最大钻孔直径，第二主参数是主轴中心线至立柱母线的最大距离。为了用几种规格的机床有效地满足国民经济各部门的需要。机床主参数系列通常是一个等比数列，其公比为 1.26, 1.41 或 1.58 等。系列公比的大小应根据机床需要量的多少而定。需要量多的机床，系列公比应选择小些，例如普通车床和升降台铣床的系列公比选为 1.26。对需要量少和尺寸偏小的机床，系列公比可选得大些。也有的机床采用混合公比的系列，例如摇臂钻床的最大钻孔直径的系列为 25、40、63、80、100、125，小于 63 的一段公比为 1.58，大于 63 的一段公比为 1.26。制订出的系列参数经国家批准后，作为部标准或国家标准。发展机床新产品时应符合机床主参数标准的规定。

机床的系列型谱是根据机床参数标准的规定，确定某类型机床的品种，基型和变形，布局，以及它们应有的技术性能和技术参数水平。有关部门制定的机床系列型谱经机械工业部审批后作为指导性技术文件。它是制定机床品种发展规划和技术发展规划的依据，同时指导机床设计和帮助用户选用机床。图 1-1 为摇臂钻床系列型谱中的几种型式：图 a 是系列设计中的基型；图 b 是一种万能性较强的摇臂钻床，摇臂可以绕水平轴回转 $\pm 90^\circ$ ，主轴箱可以在摇臂上倾斜 $\pm 30^\circ \sim 45^\circ$ ；图 c 为车式摇臂钻床，机床能沿铁轨移动，常应用于在铁路桥梁厂进行珩架的孔加工；图 d 为万向摇臂钻床，可以吊运到需要加工的大型工件旁，钻削任意轴线上的各种孔，可用于重型机器、机车车辆、船舶和锅炉等制造业中。

机床的系列设计应根据机床的系列型谱进行。工作内容包括编制整个系列的技术任务书，进行系列内各产品的设计、样机试制、图纸定型等工作。通过系列设计使制定参数标准和系列型谱时所预期的技术经济效果得以实现。机床进行系列设计，把系列内的各个产品放在一起全面考虑，能大大缩短设计周期，加快品种的发展，有利于提高产品的质量和技术水平；为机床产品逐步实现“五个统一”（型号统一，主要参数统一，安装和连接尺寸统一，易损件统一，质量检查标准和试验方法统一）创造条件；有利于机床的生产、使用、维修、配套和管理。

在进行系列设计时，常把系列中起同样作用的一些部件，设计成同样的或者是相似的结构，这样就可产品系列化的基础上，进一步实现结构典型化，使得结构可靠，全系列风格统一。

二、零部件的通用化和标准化

零部件的通用化和标准化的目的，是要尽量加大通用件和标准件在零件总量中的比重。它的优点是：减少设计工作量，扩大生产批量，减少工艺装备，便于管理生产和组织专业化生产，降低成本，提高技术，保证质量。

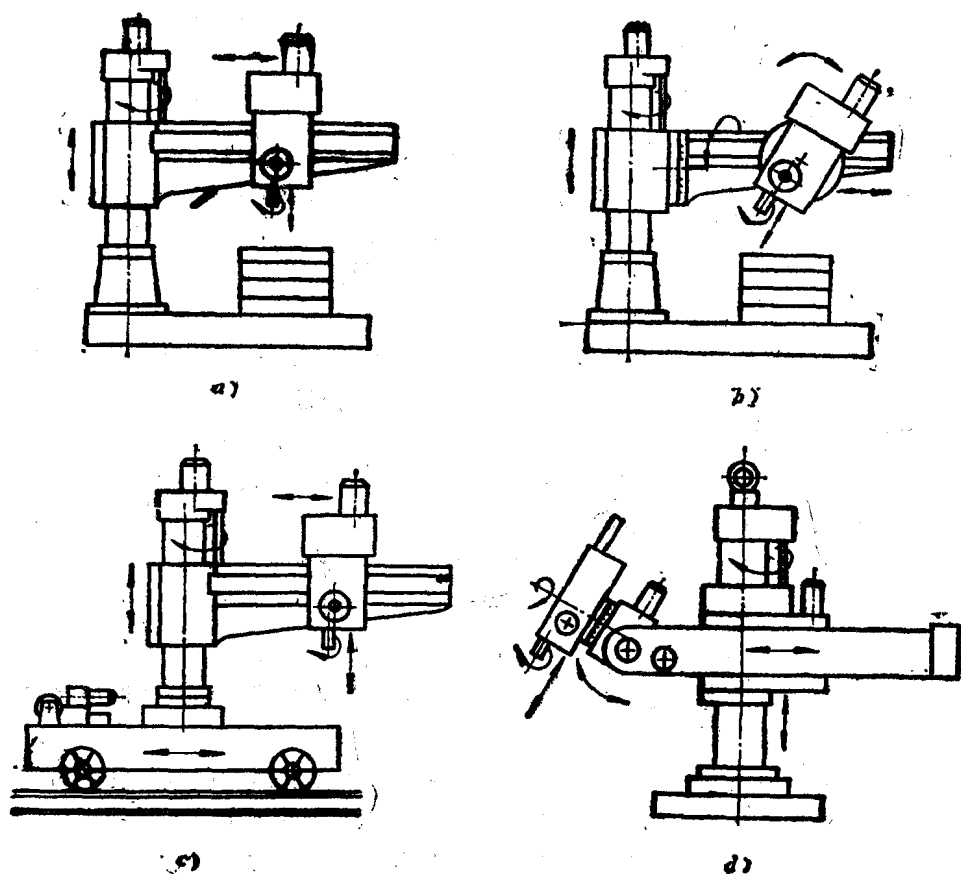


图1-1 摇臂钻床的类型

通用化的设计,是在企业内部利用较少的几种结构,去适应较多的产品的需要,以减少企业生产的零、部件种数,使制造厂的生产和管理过程简化,以获得较高的经济效益。

部件通用化,多数是指在系列型谱中,相同规格的基型与变型机床之间通用。例如同主参数的升降台铣床(万能、卧式和立式铣床)中,大多数的部件,如升降台、工作台、进给箱、主传动机构等都是通用的。在万能铣床与卧式铣床之间的差别,只是万能铣床比卧式铣床多一个转台部件,而立式铣床与万能铣床的差别,在于有不同的床身、主轴组件和某些传动件。在不同主参数的同系列机床中,相邻主参数的部件通用化也较易于实现。

根据通用化的原则所设计的部件,当用于不同的产品时,容易产生性能上的不足或因超出需要而显得结构过于复杂。因此,又发展了模块化设计方法,它是建立在功能分析的基础上的。对于具有同一功能的部件或单元(例如车床刀架),根据用途或性能的不同,设计出多种可以互换的模块(例如切断刀架、仿形刀架、立轴转塔刀架和卧轴转塔刀架等)。根据用户的需要来选用模块,以组成各种通用机床、变型机床和专用机床。模块化设计方法,进一步兼顾了制造厂和用户的利益。由于具有可缩短设计和制造周期、产品更新换代快、成本低、机床性能稳定可靠等优点,提高了制造厂多品种发展的可能性和竞争能力,满足了不同用户的多种需要。

模块化设计要求任意一个功能单元,在结构上应是独立的,才能使模块易于拼组和搭配,

以组成多种的变型品种。部件的模块化是较常见的类型。此外,还可采用组件模块化。例如可将主轴箱部件,分解成主轴组件、变速机构组件和箱体。通过调换组件模块,可使部件具有不同的用途和性能。例如变速机构可以有滑移齿轮变速、交换齿轮和滑移齿轮组合变速等模块,用于通用机床或专门

化机床。调换组件比调换部件要经济灵活,因此,组件模块化也是一种值得重视的发展类型。机床的支承件也可采用模块化设计,如图1-2所示的卧式镗铣床的立柱系列。以立柱A为基本模块,又设计了B、C、D、E、F等五个单元,按不同的

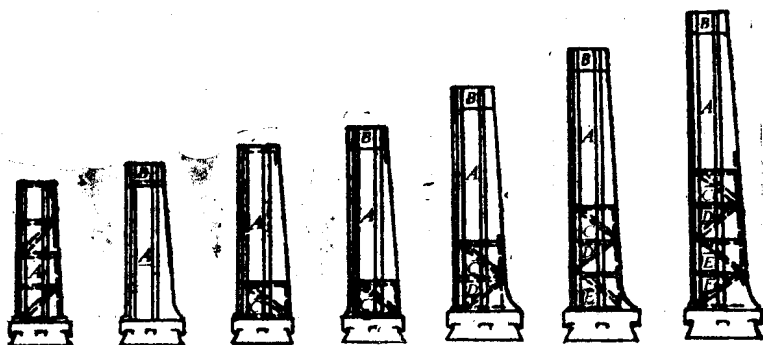


图1-2 镗铣床立柱的模块化

的组合方法构成七种立柱,可使主轴箱的行程分别为1.5、1.8、2.1、2.4、3、3.6和4.2m。采用模块化方法可以减少木模和砂芯的数量,尤其是当组合单元的参数(形状、尺寸、筋板分布)规格化时,效果更为显著。

机床零件一般可以分为专用件、通用件、标准件和外购件等几种,专用件和通用件又统称为基本件。专用件是某一型号机床所特有的零件;通用件是某型号机床和其它型号机床间所通用的零件;标准件是由国家或行业标准化的,在各种机床以至各种机器上都可采用的零件,有的工厂也有本厂适用的标准化零件;外购件是由专门工厂生产,可以购买的零部件如滚动轴承、三角皮带、电机、电器以及许多标准件。

在设计机床时,凡是有可能采用通用件和标准件的地方就应尽量采用。

§ 1-4 机床的总布局

根据前面所提到的机床应满足的基本要求,就可进行总布局设计。在各项基本要求中以工艺要求最为重要。由工艺要求决定机床所需要的运动,完成每个运动又应有相应的部件,这就可以确定各部件的相对运动和相对位置关系。机床的总布局也就大体能确定下来。通用机床的布局已经形成了传统的型式,随着数控化和程序化在通用机床上的应用,机床的布局也在发生改变。专用机床的布局往往灵活性较大。机床总布局的设计是带有全局性的一个重要问题,它对机床的制造和使用都有很大影响。在进行机床总布局设计时可从两方面来考虑。一方面从机床内部(本身)考虑,要处理好工件与刀具间相对关系,例如位置与运动、工件重量和形状特点等。另一方面还要考虑到机床外部的因素,也就是人机之间的关系,例如:外形、操作和维护等。下面将分析上述因素对机床总布局的影响,以供设计时参考。

一、机床的运动及其分配

在机床上,依靠刀具与工件之间的相对运动,加工出一定形状的工件表面。不同的工件表面,往往需要采用不同类型的刀具,作不同的表面形成运动,而成为不同类型的机床。例如,车床为获得圆柱面,应有主轴的回转运动(主运动)和刀架溜板的纵向移动(进给运动),车端面时则刀架作横向进给运动。有的机床为了满足特殊的加工要求,除主运动和进给运动

外, 还有一些辅助运动。例如, 凸轮轴车床为了在加工非圆轮廓时保持刀具的前、后角不变, 设有刀台的摆动运动。

上述各种运动都是根据工艺要求确定的。但是, 工艺要求所确定的仅仅是相对运动。例如刨削平面, 可以由刀具作往复运动如牛头刨床; 也可以由工件作往复运动如龙门刨床。两者的效果是一样的。至于各个运动到底由哪个部件去完成, 要根据实际情况而定。

决定部件运动关系的因素之一是坯料的形式。例如同样是车床, 加工卷料的小型自动车床, 由于工件不能旋转, 主运动必须由刀具来完成; 刀具装在刀具盘上, 刀具盘绕工件高速旋转, 使刀具切削工件, 这种加工方式常称为“套车”。

影响部件运动关系的另一因素是加工的尺寸比例。例如立式钻床和摇臂钻床, 由钻头同时作回转主运动和轴向进给运动。但是在深孔钻床上钻深孔时 (孔深为孔径的十几倍、几十倍的深孔), 为了减少孔的歪斜和便于排屑, 常由工件作回转主运动, 钻头只作轴向进给运动。

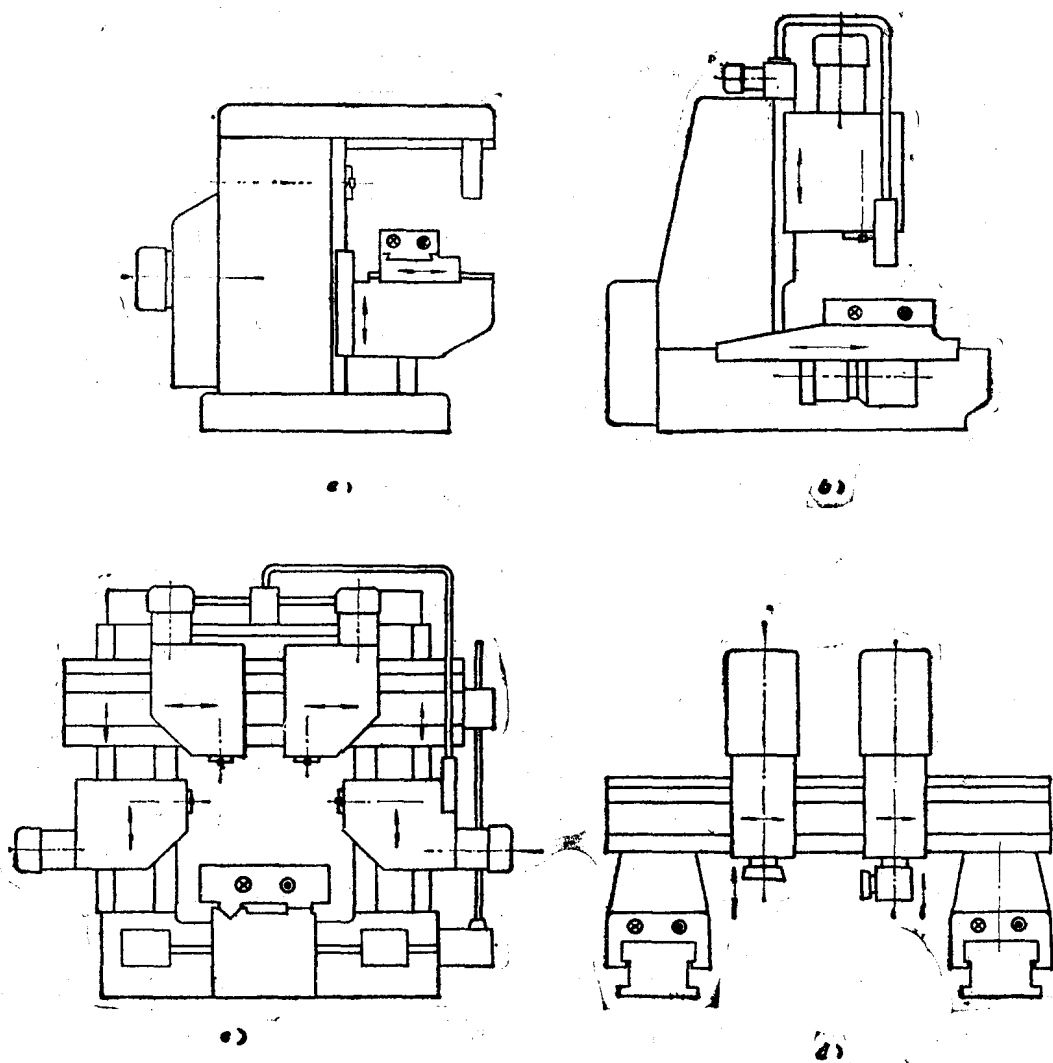


图1-3 铣床的几种布局型式