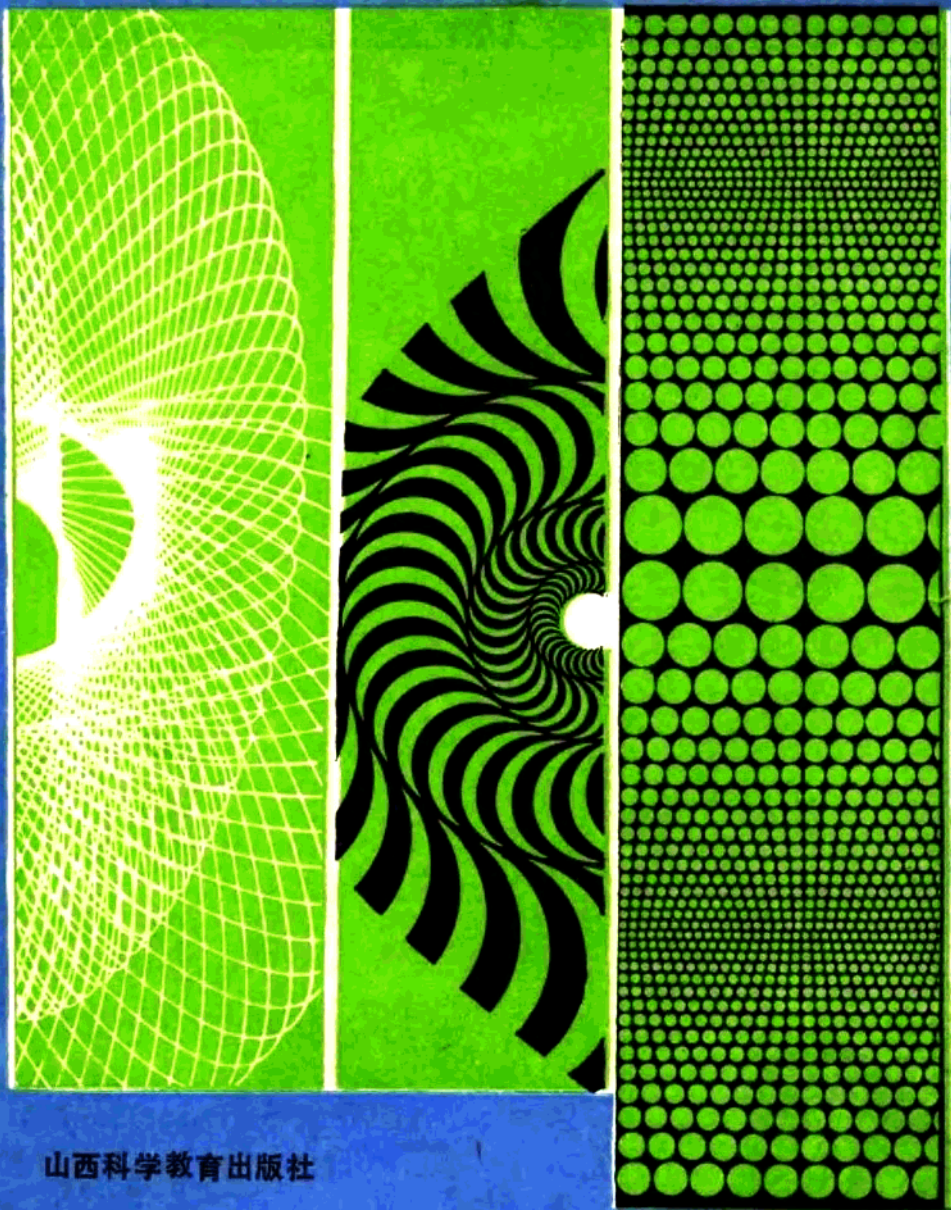


金属切削机床设计



山西科学教育出版社

金属切削机床设计

陈雪瑞 等编著

*

山西科学教育出版社出版 (太原并川北路十一号)
山西省新华书店发行 千峰科技印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16印张: 17.25 字数: 450千字
1988年11月第1版 1988年11月太原第1次印刷
印数: 1—10240册

*

ISBN 7-5377-0117-2

T·17 定价: 5.30元



前 言

本书是根据高等工业院校机械制造工艺与设备专业现行的《金属切削机床设计》教学大纲,根据1985年11月在太原召开的山西、河北、湖南、贵州、山东、河南、陕西、甘肃、内蒙古、北京十省、自治区、直辖市广播电视大学机械工程类专业领导小组会议精神,和1986年1月在长沙召开的十省、区、市广播电视大学机械工程类专业教材编写讨论会议要求,由山西省广播电视大学负责组织编著的。

本书力图对金属切削机床设计与计算的基本原则和方法作简明的叙述,对转速图与级比图的概念和应用等作了较深入的说明,并适当反映国内外的先进科学和技术水平。全书内容包括:机床总体设计,主传动系统设计,进给传动系统设计,主轴组件设计,支承件设计,导轨设计,操纵机构设计,组合机床设计等八大部分。

本书按单元模块方式编排,共10单元、42讲。多数单元为4讲,少数单元为6讲或2讲,各讲份量比较均衡。单元主题明确,内容集中,开始前有学习提示,结束后附思考题和习题,形成一个可以独立调整的教学模块。根据对课程的学习要求和计划时数,可以选择组织重点单元系列进行教学,并能满足成人高等教育及远距离教学的特殊要求。

本书可作为高等工业院校及成人高等学校机械制造工艺与设备专业和类似专业的教材,也可供从事机械制造专业的科技人员参考。

本书编著人员由具有高等工业院校和成人高等学校专业教学经验的教师组成,参加编著的有:陈雪瑞、吕传俊、汪鸣铮、杨世春、王同祥、阎伟林、阎谨、商鼎成、于来虎、周伟明等同志。全书由陈雪瑞同志主编,杨世春、王同祥、汪鸣铮同志协助主编做了大量工作。全书由清华大学易锡麟、金之垣同志主审,提出了许多宝贵意见。

本书在编著过程中,得到了山西广播电视大学张文昭等同志的大力支持,得到了中央广播电视大学、太原工业大学及其他高等院校有关同志的热情帮助,在此谨致谢意。由于编者水平有限,写作时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前 言	(1)
第一单元 机床总体设计	
第一讲 设计机床的基本要求	(1)
第二讲 机床设计的类型、方法和步骤	(5)
第三讲 机床的总体布局	(9)
第四讲 机床主要技术性能参数的确定	(14)
思考题和习题	(24)
参考资料	(24)
第二单元 主传动系统设计 (一)	
第一讲 主传动系统设计概述	(25)
第二讲 分级变速系统的转速图和级比图	(29)
第三讲 串联分级变速系统的基本特性	(37)
第四讲 主传动变速系统的运动设计	(41)
第五讲 扩大变速范围的传动系统	(49)
第六讲 具有其它变速特点的传动系统	(56)
思考题和习题	(60)
参考资料	(61)
第三单元 主传动系统设计 (二)	
第一讲 主传动的布局及其传动件布置	(62)
第二讲 主传动的开停、制动和换向装置	(68)
第三讲 主传动系统中传动件的计算转速	(73)
第四讲 主轴箱的温升和润滑	(77)
思考题和习题	(81)
参考资料	(82)
第四单元 进给传动系统设计	
第一讲 进给传动设计概述	(83)
第二讲 直线运动机构	(89)
第三讲 低速运动的平稳性	(97)
第四讲 机床传动链的传动精度	(102)
思考题和习题	(107)
参考资料	(108)

第五单元 主轴组件设计(一)

第一讲 主轴组件的基本要求及典型结构	(109)
第二讲 主轴组件的支承结构(一)	(115)
第三讲 主轴组件的支承结构(二)	(125)
第四讲 主轴	(134)
思考题和习题	(140)
参考资料	(140)

第六单元 主轴组件设计(二)

第一讲 主轴组件的布局	(141)
第二讲 主轴组件的抗振性分析	(147)
第三讲 主轴组件的验算	(151)
第四讲 提高主轴组件性能的主要措施	(158)
思考题和习题	(164)
参考资料	(165)

第七单元 支承件设计

第一讲 支承件的功用、基本要求及受力分析	(166)
第二讲 支承件的刚度及保证刚度的措施	(171)
思考题和习题	(182)
参考资料	(182)

第八单元 导轨设计

第一讲 导轨设计概述	(183)
第二讲 滑动导轨的结构	(187)
第三讲 滑动导轨的验算	(192)
第四讲 提高导轨耐磨性的措施	(197)
第五讲 液体动压导轨和静压导轨	(202)
第六讲 卸荷导轨和滚动导轨	(206)
思考题和习题	(212)
参考资料	(213)

第九单元 操纵机构设计

第一讲 操纵机构设计概述	(214)
第二讲 单独变速操纵机构和顺序集中变速操纵机构	(218)
第三讲 选择集中变速操纵机构和预选集中变速操纵机构	(224)
第四讲 安全保险装置	(232)
思考题和习题	(237)

参考资料 (238)

第十单元 组合机床设计

第一讲 组合机床总体设计(一) (239)
第二讲 组合机床总体设计(二) (245)
第三讲 多轴箱设计(一) (253)
第四讲 多轴箱设计(二) (260)
思考题和习题 (268)
参考资料 (268)

第一单元 机床总体设计

学 习 提 示

本单元讲授的主要内容有机床设计的基本要求,设计类型,方法和步骤;机床总体布局 and 主要技术性能参数的确定。通过本单元学习应学会根据机床设计任务书来综合考虑机床使用功能,美学功能和经济性等方面要求,从而合理确定机床总体布局方案和正确选择机床主要技术性能参数,使设计的机床能以最低的寿命周期成本去满足用户的必要功能要求。



第一讲 设计机床的基本要求

机床设计是一种创造性的劳动,其目的是使设计的机床以最低的寿命周期成本去满足用户要求的必要功能,并能随着科学技术的发展,不断地创新机床的功能,以促进机床的发展。为此,在设计机床时应提出以下基本要求:

一、满足使用功能

机床的使用功能是指它所能完成的工艺范围,能保证加工工件的精度和表面粗糙度等级,所具有的生产率和自动化程度,机床使用维修的方便性和操作的安全可靠性,机床的使用寿命。

1. 工艺范围

机床的工艺范围是指机床所能完成的工序种类,加工零件的类型、材料和尺寸范围,毛坯的种类以及适用的生产规模(大量、成批和单件生产)。

机床的工艺范围决定了机床的类型。在大量生产中,需要有较高的生产率,通常采用专用机床或专门化机床。这类机床结构较简单,容易实现自动化,生产效率高,但这类机床一般来说其工艺范围较窄,一台机床上只能完成一个或几个零件的某一道或几道工序的加工,所以加工零件的类型、材料和尺寸都限制在很小的范围内,同时对毛坯还要有一定的要求。在单件小批生产中,由于产品多变,通常采用通用机床。这类机床品种规格较少,但具有较

宽的变速范围和相应的尺寸参数，以使机床能满足不同工业部门的需要，完成一定尺寸范围内各种零件的多工序加工。这类机床为便于用户扩大机床使用范围，常在机床上配置较多的附件。随着科学技术的发展，自动换刀数控机床将在单件小批生产中得到广泛应用，这种机床应用了计算机技术，具有较宽的工艺范围，可以在一次安装的情况下完成较多的工序内容，并能获得较高的生产率和加工质量。

机床工艺范围的宽窄要根据用户要求的必要功能，也即工件的特点和生产批量的大小来确定。机床的工艺范围过窄，会使机床的使用受到限制，但不切合实际的扩大工艺范围，将会使机床的结构复杂，不能充分发挥机床各部分的性能，甚至会影响机床主要性能的提高。因此在设计机床时，要进行广泛的调查研究，以保证机床的生产率、加工质量和降低成本为前提，确定合理的工艺范围。

2. 加工质量

零件的加工质量包括加工精度和表面质量两个方面。质量的优劣受到工艺系统中机床，刀具、夹具、工件和加工条件各方面的因素影响。其中机床是影响加工质量的重要因素之一，要保证零件的加工质量，就必须要求机床本身具有一定的几何精度，传动精度和动态精度。

机床的几何精度是指机床在空转或运动速度较低时，部件的几何形状，部件间的相互位置以及相对运动轨迹的精度。如机床中主轴的回转精度，导轨的直线度和平面度，主轴轴线相对滑座移动方向的平行度或垂直度等。机床的几何精度是衡量机床精度的重要指标，因此在机床制造中常以几何精度的指标作机床检验的项目。对于通用机床国家已规定了检验标准，对于专用机床可根据被加工零件的要求制定标准。

机床的传动精度是指机床内联传动链两末端件之间运动的均匀性和协调性。如滚齿机要求刀具回转转速和工件的回转转速保持严格的传动比，但由于传动系统中机件的制造误差，装配误差，以及某些不合理的传动系统设计都将破坏传动的正确性，影响机床的传动精度。

机床的几何精度是在空载条件下检测的，但在切削过程中，由于切削力，振动和热变形都要影响实际加工精度，所以随着机床向高速度，自动化和可靠性方面发展，还要考虑机床的动态特性，以满足机床性能的要求，因此还要求机床具有一定的动态精度。机床的动态精度是指机床在系统中各种力，温升和振动等因素的作用下，机床部件所具有的运动精度和部件间的相互位置精度。要使机床具有一定的动态精度，在机床设计时就要求机床具有一定的刚度，具有抵抗热变形和振动的能力，还要求具有较高的耐磨性，从而使机床在切削过程中能保证各主要零部件之间相对位置的正确性。

通用机床的精度可分为三级：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等级为1，则它们之间的比例大致为1:0.4:0.25。国家已制定了标准。但从发展的趋势看，由于切削效率，自动化程度和产品质量的不断提高，机床的精度也应不断地提高。在加工过程中只有机床的精度达到一定的要求之后，才能保证工件的加工质量，所以在设计机床时应根据工件的加工精度要求确定机床的精度等级。

机床加工工件的表面粗糙度与工件和刀具的材料，切削参数以及切削时的振动有关。机床切削过程中的振动有受迫振动和自激振动两种，机床在这两种振动的影响下，降低了加工精度，工件表面质量，刀具的耐用度，影响了生产率的提高，加速了机床的磨损，并造成了环境的噪声。所以当工件要求较高的精度和较细的表面粗糙度时，就要求机床具有较高的抗

振性能。机床的抗振性能与机床的结构刚度，阻尼特性，固有频率有关。机床的结构刚度反映了机床抵抗稳定载荷引起的变形能力，它取决于构件本身材料性质，抗扭抗弯截面的大小、壁厚、筋布置、结构形状等因素。机床的结构阻尼包括结构材料的内阻尼和结合部分的摩擦阻尼两个部分，主要由结合部分的摩擦阻尼来决定。阻尼的大小取决于接触面积，表面形状和预紧力等因素。在机床设计时还要避开共振区，这是因为当工艺系统中振源的频率与机床某主要部件的某一振型的固有频率重合时，就会发生共振，振幅将急剧增大，降低了工件的加工精度和表面质量。

3. 生产率和自动化的程度

机床生产率通常是指在单位时间内机床所能加工的工件数量，它可以下式来表达：

$$Q = \frac{1}{T_{\text{总}}} = \frac{1}{T_{\text{基}} + T_{\text{辅}} + T_{\text{服}} + T_{\text{休}} + \frac{T_{\text{准终}}}{n}}$$

式中：Q——单位时间内的产品数量；

$T_{\text{总}}$ ——单件总时间；

$T_{\text{基}}$ ——单件切削加工时间（包括刀具切入和切出时间）；

$T_{\text{辅}}$ ——单件辅助时间（装卸工件，操作机床，测试零件时间）；

$T_{\text{服}}$ ——单件工作地服务时间（调整更换刀具，修整砂轮，润滑机床时间）；

$T_{\text{休}}$ ——单件休息和自然需要时间；

$T_{\text{准终}}$ ——加工一批零件的准备，终结时间（熟悉工艺文件，安装工艺装备，调整机床等时间）。

从上式可以看出影响生产率的因素很多，从机床设计方面分析，要提高生产率可以从提高切削用量如采用高速磨削（60m/s以上），高速插削（1000次/min），高速车削（500m/s）的办法来减少 $T_{\text{基}}$ 时间；也可以采用多刀，多件、多工位加工使加工时间重叠来缩短单件加工时间；还可以采用机械化，自动化的先进高效夹具，自动检测方法，快速换刀装置来直接和间接缩短 $T_{\text{辅}}$ 、 $T_{\text{服}}$ 、 $T_{\text{准终}}$ 时间。当设计的专用机床 $T_{\text{基}}$ 时间较长时，采用自动化的方法来降低 $T_{\text{辅}}$ 、 $T_{\text{服}}$ 、 $T_{\text{准终}}$ 时间对提高生产率的影响不会太大，而应该设法采用多刀，多工位和提高切削用量的方法来降低 $T_{\text{基}}$ 时间，使生产率得到提高。当 $T_{\text{基}}$ 时间较短时，应以实现机床自动化的方法来减少 $T_{\text{辅}}$ 、 $T_{\text{服}}$ 、 $T_{\text{准终}}$ 时间，提高生产率。所以在机床设计中对高速机床应设法提高自动化程度，对自动化程度高的机床应设法提高机床的切削用量。

为了提高机床生产率，减轻工人劳动强度，稳定地保证加工质量，机床应尽量提高自动化程度。机床的自动化程度可以用自动化系数 $K_{\text{自}}$ 来表示：

$$K_{\text{自}} = \frac{T_{\text{自}}}{T_{\text{循}}}$$

式中： $T_{\text{自}}$ ——一个工作循环中机床自动工作的时间；

$T_{\text{循}}$ ——完成一个工作循环的总时间。

按自动化程度可将机床分为自动、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；半自动机床虽也有完整的自动工作循环，但装卸工件还需要人工完成；普通机床没有一个完整的自动工作循环，但也不同程度地采用了各种自动化装置。设计机床要根据实际情

况确定机床自动化程度和采用不同手段实现自动化程度。在大批量生产中常采用自动化单机或机床自动线。在单件小批生产中随着技术的发展,数控机床将得到广泛的应用,这种机床能够实现全部加工自动化,灵活性大,适应能力强,当加工工件形状变化时只需更换控制程序,从而大大缩短了 $T_{基}$ 和 $T_{辅}$ 时间,提高了机床生产率。目前在数控机床的基础上又发展了柔性制造系统(FMS)和工厂自动化(FA)、使生产具有更大的灵活性和自动化程度。

4. 方便性,可靠性和环境的舒适性

机械制造业中所有机床都需要人操作控制,即使全自动的FMS柔性系统和FA工厂中的自动化系统也需要人的监督和维护。所以人、机器与工作环境形成了一个不可分割的系统,在这个系统中要求操作机床时方便、省力、容易掌握,维修机床时便于修理和安装。

为使机床在使用时安全可靠,防止操作者发生操作错误和故障,机床设计时还应使机床具有超载的保护,有关动作的互锁,故障和废品的报警等功能,以保证工人的安全和机床的完好,从而有利于生产率的提高。

在机床设计时还要防止机床对周围环境的污染,因此减少机床噪声,杜绝机床漏油等已成为机床设计中的一个重要问题。噪声是污染环境的一种公害,目前要求普通机床的噪声控制在85分贝以下,精密机床控制在75分贝以下,在机床设计中可以从降低噪声和隔声两个方面采取措施,来减少噪声对环境的污染。

5. 机床寿命

机床寿命是指机床保持它应具有的加工质量和经济效果的时间。当机床由于使用中的有形磨损使机床不能保证加工质量,或者由于科学技术进步不断出现性能更完善、生产效率更高的设备,使原有机床出现了无形磨损而不能取得经济效益时,这台机床便达到了使用寿命年限而需要更新。机床寿命随着技术的进步在不断地缩短,目前对中、小型通用机床,约为八年左右;对于专用机床则更短些,以使其能适应产品的不断更新,并能在使用期间内充分发挥机床的效益。对于大型和精密级机床,高精密级机床则要求寿命长些,因为这些机床一般生产率低,价格高,希望在较长的时间内能保持精度和取得较好的经济效益。

二、满足美学功能

机床设计时不仅要满足使用功能,还应满足美学功能。美学功能包括机床的造型,色彩的搭配,它们在很大程度上影响工人的工作环境。若造型美观,色彩搭配恰当,可以降低工人的疲劳,使工人能更加爱护设备,从而有利于提高机床的寿命和可靠性,减少事故,废品和提高生产率。例如我国某企业推广“颜色管理法”将机床全部喷上果绿色,地面、墙壁、水道、电器采用适当的颜色搭配,形成色彩生动醒目的工作环境,这样工人在操作时减轻了疲劳感,减少了意外事故的次数,明显地提高了整个工作时间的劳动生产率。

三、提高经济效益

机床设计不仅要保证机床具有一定的使用功能和美学功能,同时还要求机床具有很好的

经济效益。这就要求在设计机床时要为用户着想，使机床具有最低的寿命周期费用。寿命周期费用就是实现用户要求的使用功能和美学功能所必须的一切费用。它包括两个部分：一部分是机床的设计和制造费用，它取决于材料费用，加工制造费用，研制、管理费用，表示了机床的生产成本，反映了机床的设计水平和机床制造厂的生产管理水平，它要影响机床制造厂的经济效益；另一部分是从用户开始使用机床直至机床报废所需的费用，它取决于使用时能源费用，保养费用，维修费用，机床报废后的处理费用，所以使用费用表示了机床加工工件的成本，反映了使用机床部门的经济效益。作为机床设计者应设法降低上述两部分费用，以提高机床的经济效益。

为了提高机床的经济效益，在机床设计时应尽量提高机床品种系列化、零部件通用化和零件标准化。提高机床的三化程度将有利于缩短设计制造周期，便于使用维修、降低使用成本。据统计，由专业厂大量生产所提供的紧固件，其成本可降低到 $1/8 \sim 1/4$ ，材料利用率可达 $80 \sim 85\%$ ，工时降低到 $1/23 \sim 1/14$ ，占用的车间设备减少为 10% ，大大节省了设计和制造的工作量。

为了提高机床制造厂的经济效益，设计者应尽量简化机床的结构，减少机床的金属消耗量，改进机床结构工艺性。

机床金属消耗量通常用机床单位传动功率所分担的机床重量来表示

$$M = \frac{G}{N} \quad (\text{N/kw})$$

式中： G ——机床重量（N）；

N ——机床主传动功率（kw）。

通用机床 M 在 $2000 \sim 10000 \text{N/kw}$ 范围，在同类机床中 M 值越低，表示在实现同样功能的情况下消耗的材料越少。

结构工艺性是反映零件的结构是否便于加工制造和装配的特性。工艺性好坏不仅要影响机床制造成本，而且要影响制造，修理的周期。

为了提高使用机床单位的经济效益，首先要求机床具有较高的生产率和可靠性、减少停机损失和维修费用，同时还要求提高机械效率，减少能源消耗。机床的机械效率是指机床输出的有效功率与输入功率之比，反映了能量的利用率。在传动过程中，机械效率越低，能量损失越大，便有大量的功通过摩擦转为热量，这不仅造成能量的损失，而且还要引起机床的热变形，影响机床的加工精度。所以在机床设计时，应采取有效措施提高机床的机械效率，尤其对较大的机床和精加工机床更为重要。

第二讲 机床设计的类型、方法和步骤

一、设计类型

机床设计根据需要可分为三种类型：

1. 开发性设计 它是根据新的设计任务，拟定新的方案，进行结构，尺寸参数全部新设

计。开发性设计要经过从计划到技术文件的全部工作阶段。

2. 适应性设计 保留原有机床的原理方案, 根据任务的要求对结构或部分零部件尺寸进行新设计, 这类设计只须进行技术设计和重新制定技术文件。

3. 变参数设计 保留原有机床的功能、方案原理、结构型式, 仅改变部分结构尺寸大小及布局, 如根据不同功率或尺寸要求进行系列设计。

二、设计方法

机床设计在很长一段时间内是利用一些具有不同条件系数的经验公式进行计算, 并辅以经验类比法来确定零部件的结构和尺寸。这种设计方法反复多、周期长、盲目性大, 不能得到最佳的设计效果, 但由于技术水平的限制, 这种方法至今仍在大量应用, 不失实用价值。

自七十年代以后, 随着数学方法, 控制理论, 系统工程, 价值工程等学科理论的发展以及电子计算机的广泛应用, 在机床设计中逐渐采用了跨学科的科学现代设计方法, 如优化设计法, 可靠性设计法, 模拟设计法及计算机辅助设计法等, 以使机床设计能缩短设计周期, 优化设计方案, 取得最佳的设计效果。

三、设计步骤

机床设计工作一般可分为计划、方案设计、技术设计、制定技术文件和试制鉴定等五个阶段。设计的机床又受生产和使用的检验, 不断向设计者反馈信息, 以便改进和完善原有的设计。

1. 计划阶段

计划阶段是设计过程中一个关键阶段, 在这一阶段应到使用单位和制造单位进行调查研究, 进行充分的需求分析和市场预测, 明确设计的目的和要求, 然后查阅、收集国内外有关技术资料, 经过分析和试验给出机床设计的合理设计参数, 以及提出由环境、经济、制造、期限等方面决定的制约条件, 作为设计、评价, 决策的依据, 最后确定详细的机床设计任务书。

2. 方案设计阶段

这一阶段要在调查研究的基础上, 根据设计思想拟出原理方案, 每个原理方案应包括的内容有: 机床的使用范围, 所采用的工艺方案, 总体布局, 主要技术参数, 主要部件的结构草图, 机床的控制方案, 机床的优缺点及技术经济分析等方面。对一些专用机床如组合机床一般用被加工零件工序图, 加工示意图, 机床联系尺寸图和生产率计算卡(三图一卡)的形式来表达总体方案。

在设计过程中一般要拟定几个原理方案与国内外同类机床进行分析比较, 广泛征求意见, 以设计任务书上的各项要求进行评价, 从几个方案中选择一个多目标的整体功能最佳方案, 并以技术设计任务书的形式固定下来, 作为技术设计阶段的设计依据。这一阶段所占设

计时间比例不大，但它决定了机床是否适用和在市场上是否具有竞争力。所以这一阶段是机床设计中很关键的阶段。

3. 技术设计阶段

这一阶段要根据规定的方案绘制机床总图和部件装配图，同时还要绘制机床的传动系统图、液压系统图，控制系统框图和电气系统图。对机床进行定性的构形和定量的决定材料、尺寸，并进行有关强度、刚度、寿命、可靠性、优化等方面的性能计算，最后得到合理参数。在这一阶段对有关的工艺美术学、外形设计也应给予考虑。

4. 技术文件阶段

这一阶段要根据机床总图、部件图、计算的参数、绘制全部专用件的工作图和通用件的补充加工图，有时还须根据已设计的零件重新绘制总图和部件图。对所设计的图纸还要进行工艺审查和标准化审查。最后还要编写设计说明书，各类零件明细表，机床使用说明书等技术文件。

设计说明书应包括总体方案、结构方案选择的理由、运动计算、动力计算和元件计算的有关资料和数据。

机床使用说明书应包括机床的技术性能，用途，各部件构造简图，机床使用的注意事项，附件、备件、易损件等的明细表、机床的验收标准和检验记录。

5. 试制、鉴定阶段

机床图纸设计结束后，经过主管部门的批准便可进行试验和生产。对通用机床一般是先试制一台样机，经过试车鉴定后便可投入小批量的试制，以考验工艺性。在试制，试验和鉴定的过程中设计人员应重视生产服务工作，从中了解设计中存在的问题，及时总结经验教训并反馈到设计中，对原有设计进行必要的改进和提高，直到产品达到设计要求为止，机床设计工作也就基本完成。当设计的机床成批生产投入使用后，还要经常收集使用部门的信息，并吸取不断发展的新技术、新工艺，对机床进行不断的改进和更新。

四、方案的评价与决策

机床设计过程中，在每个设计阶段都可设计出许多方案以满足设计要求，所以应对诸多的方案进行评价和决策，筛选出符合要求的最佳方案。

机床方案评价和决策的方法很多，下面介绍常用的技术经济评价法。

1. 评价和决策的过程

技术经济评价是以机床的设计要求为评价的准则和决策的目标，从技术和经济两个方面对设计方案进行评价，以使决策的方案具有最佳的功能和最低的成本。

技术经济评价的过程如图1—1所示

这一过程是反复评价，反复修改的过程。

2. 评价和决策的方法

技术经济评价和决策的方法是对机床设计方案进行技术评价求技术价值，进行经济评价求经济价值，然后进行技术经济的综合评价，以综合价值的高低进行决策。

(1) 技术评价—求技术价值 X 技术评价是评价机床设计方案满足技术性能要求的程度。评价时将技术性能要求列出评价项目，逐项进行评价，以方案实现该项指标的优劣加以评分，并考虑各项指标在机床性能中的重要程度给予不同权重，然后将该方案的总得分与理想方案的总分比较，求出技术价值 X

$$X = \frac{\sum P_i g_i}{P_{max}}$$

式中： P_i — P_i 个评价目标的得分数（可按其优劣以0—4或0—10评分）；

g_i —评价目标的权重， $\sum g_i = 1$ ；

P_{max} —理想方案的得分数。

技术价值 X 越高，说明方案的技术综合性

能越好。理想方案的技术价值为1，一般当 $X \geq 0.9$ 为很好方案， $0.8 \leq X < 0.9$ 为好方案， $X < 0.6$ 为不合要求方案。

(2) 经济评价—求经济价值 Y 经济评价是评价机床的经济性能。在评价时应考虑到生产和使用两方面的情况，但在粗略评价时，可只限于产品的制造费用上。经济评价是以经济价值 Y 的高低来评价方案的优劣，经济价值 Y 是以理想制造费用 $H_{理}$ 与实际制造费用 $H_{实}$ 的比值来表示，即：

$$Y = \frac{H_{理}}{H_{实}}$$

为了保证产品既经济又具有足够的使用寿命，在经济评价时，一般取理想制造费用 $H_{理}$ 为允许制造费用 $H_{允}$ 的0.7倍， $H_{允}$ 的取值应大于市场的最低有效价格，要根据各厂情况来制定，由此求得的经济价值 Y 为：

$$Y = \frac{0.7H_{允}}{H_{实}}$$

经济价值 Y 越大，说明方案的经济性能越好。

(3) 技术经济综合评价—求相对价值 S 在技术评价、经济评价的基础上，对方案进行技术经济的综合评价，以综合评价的相对价值 S 的大小，

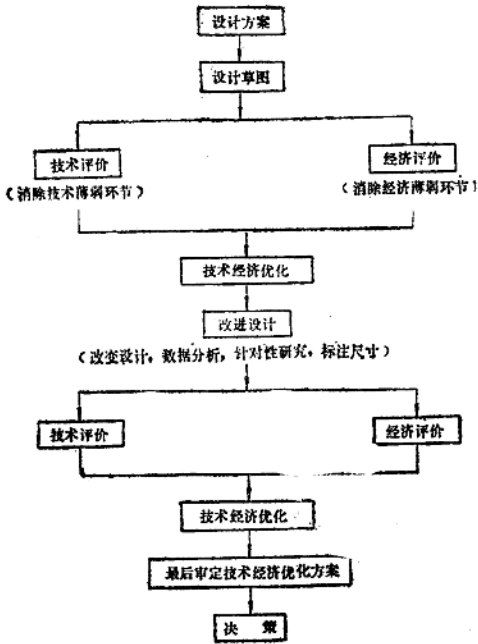


图1—1 技术经济评价过程

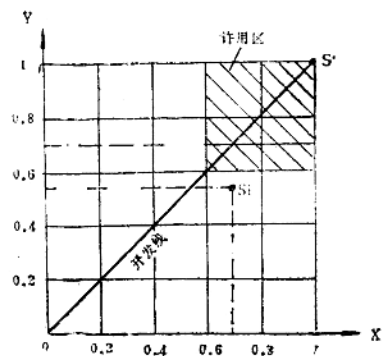


图1—2 优度图

对方案进行评价和决策，以求得技术上先进，经济上合理的优化方案。

S 值可由双曲线法求得：

$$S = \sqrt{XY}$$

在评价时，可用图1—2所示的优度图来进行评价，图中 S^* 为技术经济指标相对价值的理想值， $0-S^*$ 的连线为“开发线”。某方案的 S_i 点离 S^* 越近，表示该方案的技术经济指标高，而离“开发线”越近说明技术经济综合性能好。

第三讲 机床的总体布局

设计机床的总体布局是机床方案设计阶段的重要工作，它要根据机床设计的基本要求，选定机床的型式，确定机床各主要部件之间所需的相对运动和相对位置关系，以及操作手柄在机床上的位置。

在总体布局设计中首先要根据机床设计的基本要求，确定机床的总体方案是属于通用机床，还是属于专用机床；若选用通用机床，则应以完成的工艺内容来选机床的型式。通用机床的布局已形成了传统的形式，一般应在原有类型的基础上进行系列化设计工作，并注意新技术、新结构的应用。例如在机床中应用数控技术以后，传动的布局形式也将发生改变。若是属于专用机床，机床的布局形式比较灵活，此时应侧重对工件加工要求，尺寸及其工艺进行分析，确定机床的布局形式。当机床上的工艺方法确定之后，亦就确定了刀具和工件在切削加工时的相对运动关系，由于刀具和工件的运动是由机床有关部件来完成，这就确定了各部件间相对运动和相对位置的关系，从而大体上确定了机床的总体布局。

机床的总体布局对机床的整个设计有很大的影响，所以在机床总体布局设计过程中要综合考虑设计、制造、使用等方面的因素，使设计的机床一方面能满足技术经济指标，保证加工质量和经济性；另一方面还要考虑到人与机床的关系，使机床具有美观的外形，并便于加工过程中观察，操作，调整以及维修。

一、满足技术经济性能的要求

1. 满足工艺要求确定和分配相对运动

根据加工工件的需要，机床上的刀具与工件之间的相对运动可分为表面形成运动和辅助运动两类。表面形成运动包括主运动和进给运动，这两个运动的合成完成了一定形状的工作表面。另一种辅助运动包括刀具的接近运动，分度运动等，它虽不参加表面的形成过程，但对机床起着不可缺少的辅助作用。不同的工件表面需要不同类型的刀具相对工件作不同的表面的形成运动，从而形成不同类型的机床。例如一个精度要求不高的铸件外圆表面，可选用车床来完成表面的车削，这时便需要机床主轴回转来完成主运动，溜板的纵向运动来完成进给运动，这两个运动的合成便完成了外圆柱面的加工；若加工淬火钢的外圆表面，则必须选用外圆磨床来完成表面的磨削。当机床上的工艺方法确定之后，只是确定了刀具和工件在

切削时的相对运动，但这个运动如何分配，是由刀具，或是工件、或者是由刀具和工件共同来实现。这就要根据刀具和工件的重量、尺寸、毛坯的形状等方面的因素来决定。

在分配运动时为了简化机床的传动和结构，应将运动分配给重量小的部件，以减少传动电机的功率和传动件的尺寸。例如用钻床加工孔时，当工件较小较轻时应采用立式钻床的布局，由主轴完成主运动和进给运动，由移动工件来完成辅助运动，从而简化了机床的设计；而当工件较重较大时，就应采用摇臂钻床，用移动主轴箱的方式来对准孔的位置。

在分配运动时还应满足于毛坯的形式，例如车削外圆柱面，要求一个回转运动和进给运动。对一般轴类毛坯由工件回转来完成主运动，由刀具进给来完成进给运动；而当用小型自动车床加工卷料毛坯时，所设计的机床就不能由工件的回转来完成主运动，而应改为由刀具围绕工件高速回转来完成。

2. 便于工件的加工

为了便于工件的加工，在确定机床的总体布局时要综合考虑工件的形状，尺寸和重量等影响因素。图1—3为综合考虑诸因素的例子。

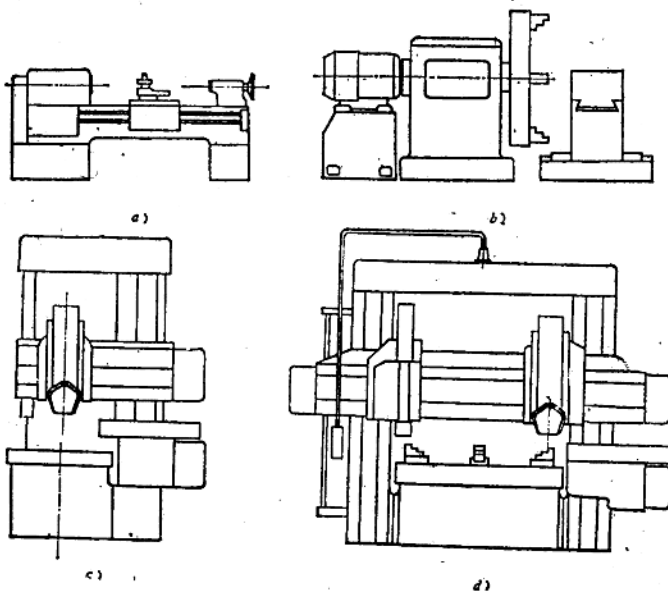


图1—3 车床的布局型式

当加工一般轴类零件和相应直径的盘类零件，应采用图中a)的普通车床布局形式；当加工大直径，短而粗的盘类或环形零件，应采用图中b)的落地车床布局形式；当加工零件的重量大的时候，为了简化机床结构和操作方便，应采用图中c)和d)的立式车床布局形式，以改善机床的受力状态和使用情况。当加工直径小于1600mm时用图中c)结构紧凑的单柱式布局；当加工直径较大时，为了增加刚性应采用图中d)的双柱式布局。

3. 保证加工质量

机床的布局形式对加工质量有很大的影响,在机床的布局设计时,应尽量使其有利于保证加工质量,有利于提高机床的刚度,抗振性,耐磨性和抵抗热变形的能力。

一般钻孔工艺是由钻头来完成主运动和进给运动,此时由于钻头的引偏要影响孔轴心线的位置精度,所以在深孔加工时,为了减少孔的轴心线歪斜和便于排屑,常由工件作回转主运动,由钻头作轴向进给运动。

对于精密丝杠的加工,为了提高螺距精度,要求工件与刀具之间有严格的传动比,在设计时除了适当提高传动件的制造精度外,还应尽量缩短传动链,以减少传动件的误差对传动精度的影响。所以在总体布局时取消了普通车床所用的进给箱,从主轴到刀架之间只有几对挂轮,从而缩短了传动链,提高了机床的传动精度,有利于保证精密丝杠的加工质量。

为了提高机床的刚度,在总体布局时要考虑机床支承部件的结构形式,如龙门刨床、龙门铣床均采用框架式结构,以增加机床的刚性。对于有些机床虽然不是框架式结构,但为了提高机床的刚度,可以设置附加支承,构成封闭的框形结构。

为了减少机床的振动,在总体布局时一方面要提高机床的刚度,增加抗振性,减少变形;另一方面还要采取措施减少振动和隔离强迫振动的振源。如在回转部件中平衡运动件,以减少振动,在精密机床中采用分离传动,将电动机和变速箱等产生振源的部件与主轴部件分装在一个地方,以减少振源的振动对加工精度的影响。

为了减少机床热变形对加工质量的影响,在机床总体布局时,要采取措施来减少或消除热变形。例如在液压传动的精密机床设计时,常采用隔离热源的办法,将液压传动的油箱单独分开设置,以减少油液在工作过程中温度的升高对机床热变形的影响;另外在机床布局时,也可利用热补偿的办法来平衡热变形和受力变形的影响。

4. 改善机床的经济性能

在机床总体布局时通过简化机床结构和合理安排零部件的位置,可以减轻机床的总重量,节约金属,缩小机床的占地面积,并使机床便于制造,从而降低机床的制造和使用费用,改善机床的经济性能。图1-4中a)所示的卧式组合机床,每台机床带一个电气柜和一个液压站,占地面积较大,在各部件之间还须外接电线和油管,如在质量允许的条件下,改变图中b)的布局形式,将机床电气柜固定在滑座上液压站安排在床身内,从而大大减少了机床的占地面积,降低了制造和使用费用。

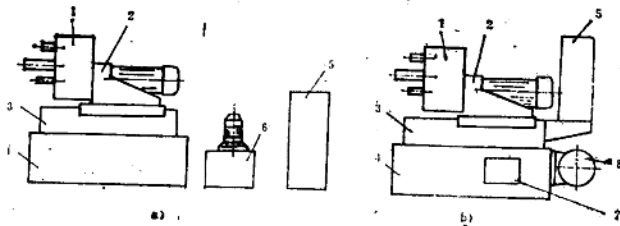


图1-4 卧式组合机床的布局

1—主轴箱; 2—动力箱; 3—滑座; 4—床身; 5—电气柜; 6—液压站; 7—液压操纵板; 8—油泵