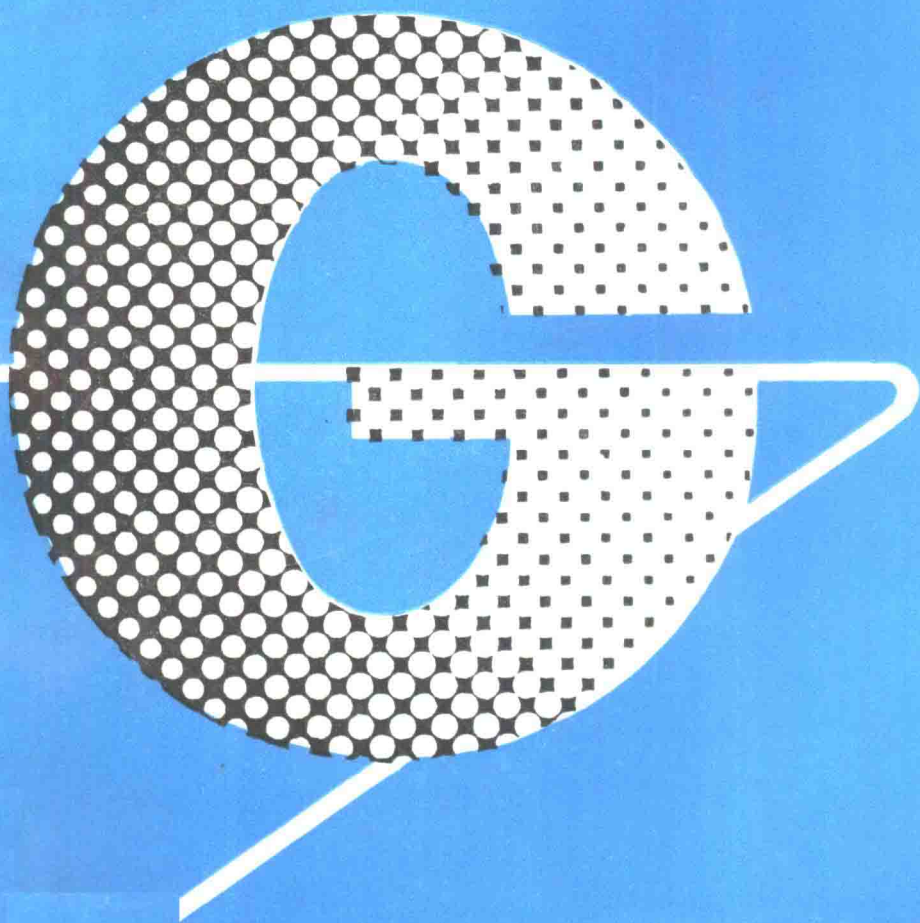


高等专科学校试用教材

金属切削机床设计



扬州工学院 黄鹤汀 主编

机械工业出版社

高等专科学校试用教材

金属切削机床设计

扬州工学院 黄鹤汀 主编



机械工业出版社

(京)新登字054号

本书系统地介绍金属切削机床设计的一般理论和方法,全书包括机床总体设计、传动设计、主轴部件、支承件及导轨、操纵机构和机床的使用等六章。教材内容注意加强针对性和实用性并适当反映机床设计领域的新技术、新方法,力求适应机械制造专科的教学需要。

本书为普通高等专科学校机械制造专业学生教材,并可供职业大学、广播电视大学、职工大学机械制造专业学生作教材使用。

金属切削机床设计

扬州工学院 黄鹤汀 主编

*

责任编辑:檀庆华 王世刚 版式设计:王颖

封面设计:刘代 责任校对:熊天荣

责任印制:王国光

*

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 787×1092 1/16·印张 10 1/4·字数 250 千字

1992年5月北京第1版·1993年5月北京第2次印刷

印数 9 201—19 200·定价:3.35元

*

ISBN 7-111-03077-X/TB·150 (课)

前 言

为了更好地适应各地区不同学校教学的实际情况和要求，经高等专科学校机械制造专业教材编审委员会同意，“金属切削机床”课程基本教材分《金属切削机床概论》（顾维邦主编）和《金属切削机床设计》（黄鹤汀主编）两册出版。这两册教材除适用于高等专科学校机械制造工艺与设备专业使用外，也适用于职业大学、业余大学、职工大学、电视大学以及其他专科层次学校的机制专业作为教材使用，并可供有关工程技术人员参考。

本书是根据全国高等专科学校机械制造专业教材编审委员会审定的《金属切削机床》课程教学大纲要求编写的。作为“金属切削机床”课程的基本教材之一，本书对金属切削机床设计基本知识作了简明扼要的阐述，在内容上力求加强针对性和实用性，并适当反映有关新技术和新知识，在篇幅上尽量接近课程教学时数（40学时左右）。有关组合机床设计内容，另外编写《组合机床设计指导》一书。

本书共分六章，其中第一章机床的总体设计、第二章传动设计，由扬州工学院黄鹤汀编写；第四章支承件及导轨、第五章操纵机构，由江南大学沈孟养编写；第三章主轴部件、第六章机床的使用，由哈尔滨机电专科学校周秋官编写。全书由黄鹤汀主编，江苏工学院郑岳主审。

1990年11月召开了教材审稿会议，参加会议的有高等专科学校机制专业教材编审委员会的机床、液压编审组成员、有关学校教师。本书最后经全国高等专科学校机械制造专业教材编审委员会审定。

在编写本书时，得到了有关大专院校、研究所和企业的大力支持和热情帮助，在此谨致谢意。

限于编者水平，书中难免有疏漏或不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

1991年3月

目 录

第一章 机床总体设计	1
第一节 机床设计的基本要求	1
第二节 机床的设计步骤	4
第三节 机床的总体布局	5
第四节 机床艺术造型与宜人学	9
第五节 机床主要技术参数的确定	13
第二章 传动设计	23
第一节 有级变速传动系统的组成和要求	23
第二节 有级变速传动系统设计	25
第三节 几种特殊变速的主传动系统	49
第四节 计算转速	53
第五节 无级变速系统	55
第六节 进给传动系统概述	57
第七节 内联传动链设计原则	59
第三章 主轴部件	63
第一节 对主轴部件的基本要求	63
第二节 主轴部件的典型结构	65
第三节 主轴滚动轴承及其配置型式	68
第四节 主轴滑动轴承	76
第五节 轴承的润滑与密封	81
第六节 主轴	84
第七节 主轴部件的设计计算	86
第八节 提高主轴部件性能的一些措施	97
第四章 支承件及导轨	100
第一节 支承件的功用及基本要求	100
第二节 支承件的受力分析	100
第三节 支承件的静刚度和动态特性	102
第四节 支承件的结构设计	105
第五节 导轨的功用、分类和基本要求	116
第六节 滑动导轨	118
第七节 低速运动的平稳性	127
第八节 动压导轨、静压导轨、卸荷导轨	130
第九节 滚动导轨	132
第五章 操纵机构	135
第一节 操纵机构的功用、要求、组成和分类	135
第二节 分散式操纵机构	136
第三节 集中式操纵机构	139

IV

第四节 操纵机构的定位和互锁	144
第六章 机床的使用	147
第一节 机床的基础及安装	147
第二节 机床的改装	156
主要参考文献	159

第一章 机床总体设计

第一节 机床设计的基本要求

机械制造业在整个国民经济中占有重要的地位，而作为工作母机的机床是它的一个重要的组成部分，这是因为机床担负机械制造业总工作量的40%~60%，机床的质量和技术水平直接影响机械产品的质量和可进行经济加工的适用范围。

为了设计和制造质量好、效率高、重量轻、体积小、结构简单、使用方便的机床，提出如下的基本要求。

一、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。它大致包含这些内容：机床可以完成的工序种类；所加工零件的类型、材料和尺寸范围；机床的生产率和加工零件的单元成本；毛坯的种类；适用的生产规模；加工精度和表面粗糙度。

一般来说，机床的工艺范围窄，可使机床的结构简单，容易实现自动化，生产率也可高一些。但是如果工艺范围过窄，会使机床的使用范围受到一定限制，并在一定程度上对加工工艺的革新起阻碍作用。如果工艺范围过宽，将使机床结构复杂，不能充分发挥机床各部件的性能，甚至有时会影响到机床主要性能的提高。所以必须根据使用要求和制造厂的条件合理地确定机床的工艺范围。

用于单件或小批量生产的通用机床，要求在同一台机床上能完成多种多样的工作，以适应不同工序的需要，所以加工的工艺范围应该宽广一些，例如有较宽的转速范围和较充裕的尺寸参数，也可以增设各种附件以便扩大机床的工艺范围。

专用机床和专门化机床多应用于大量或大批生产，因其是为某一特定的工艺要求服务的，为了提高生产率，采用工序分散方法，一台机床只担负几道甚至一道工序的加工。因此合理地缩小机床工艺范围以简化机床结构、提高效率、保证质量、降低成本，是设计这一类机床的基本原则。

二、生产率和自动化程度

高效率机床是我国机床发展的一个重要方向。机床的生产率是指在单位时间内机床加工合格工件的数量，它直接反映机床的生产性能，特别是专用机床和专门化机床的生产性能。要提高机床的生产率，应缩短工作时间，其中包括切削加工时间、辅助时间以及准备与结束时间。为了缩短切削加工时间可以采用先进刀具，提高切削速度、进给速度、加大切削深度等方法，例如，在国外有的数控车床的切削速度已达到475m/min。为了提高生产率还要注意缩短辅助时间，例如，空行程采用快速移动，采用不停车测量等方法。

提高机床的自动化程度可以减轻工人的劳动强度和更好地保证加工精度及精度的稳定性。机床的自动化程度可以用自动化系数表示：

$$K_a = \frac{t_n}{t_m} \quad (1-1)$$

式中 t_n ——一个工作循环中自动工作的时间，

$t_{\text{循}}$ ——完成一个工作循环的总时间。

设计机床应根据实际情况确定自动化程度和所采用手段，通用机床用途较广，加工对象变化较大，但也应尽可能实现局部的自动循环。实现自动化所采用的手段与生产批量很有关系。在小批、单件和形状复杂的工件的生产中，数控机床的使用日益增多，其主要特点是有很大的柔性，灵活性大，不需要设计专用的工装，适应能力强、生产率高，是实现机床自动化的一个重要发展方向。数控机床的发展又为柔性制造系统和工厂自动化创造了良好条件。在大批大量生产中，则常采用自动化单机或自动线的方法来提高自动化程度。

三、加工精度和表面粗糙度

所谓机床的加工精度是指被加工零件在形状、尺寸和相互位置方面所能达到的准确程度。主要的影响因素是机床的精度和静刚度。

机床的精度包括几何精度、传动精度、运动精度和定位精度。几何精度决定于机床主要部件的几何形状和相互位置。传动精度是指机床工作部件和零件运动的均匀性与协调性，对内联传动链具有重要的意义。运动精度是指机床在以工作速度运转时主要零部件的几何位置精度。定位精度是指机床主要部件在运动终点所达到实际位置的精度。

为了保证机床的加工精度，还要求机床有相当的刚度，刚度是指机床各零部件抵抗弹性变形的能力。此外，机床的热变形也会影响加工精度。

机床的加工工件表面粗糙度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。机床抵抗受迫振动的能力称为机床的抗振性[⊖]，它和机床的结构刚度、阻尼特性、主要零部件的固有频率有关。机床抵抗切削自激振动的能力称为切削稳定性。

四、可靠性

机床的可靠性是指其在额定寿命期内，在特定工作条件下和规定时间内出现故障的几率。由于故障会造成加工工件中的部分废品，故可靠性也常用废品率来表示，废品率低则说明可靠性好。所以纳入自动线或局部自动化生产中的机床，对机床的可靠性有较高的要求。

五、机床的效率和寿命

机床的效率是指消耗于切削的有效功率与电动机输出功率之比。两者的差值即是损失，主要是摩擦损失，而摩擦损失转化为热量，引起机床的热变形，对机床的工作带来不良后果。功率较大的机床和精加工机床，后果更为严重，更应予以注意。

机床的寿命是指机床保持它具有加工精度的使用期限。在寿命期内，在正常工作条件下，机床不应丧失设计时所规定的精度性能，也称精度保持性。确保和提高机床寿命，主要是提高一些关键性零件的耐磨性，并使主要传动件的疲劳寿命和它相适应。对中小型通用机床，寿命约八年；对大型机床和精密级、高精度级机床则要求更长的寿命。

六、系列化、通用化、标准化程度

产品系列化、零部件通用化和标准化简称为“三化”，其目的是便于机床设计、使用与维修；对机床产品的品种、规格、质量、数量和生产效率等有着重要的意义，它是一项重要的技术—经济政策。

机床品种系列化是对每一类型的通用机床确定同一类型的机床应有哪些尺寸规格和型式（基型和变型），以便以较少品种的机床来满足各生产部门的需要。

[⊖]有的书上抗振性包括抵抗受迫振动的能力和抵抗自激振动的能力。

机床品种系列化工作包括三部分工作：制定机床的参数标准；编制机床的系列型谱；进行机床系列设计。

制定机床的参数标准，主要是确定某类型机床的主参数系列和第二主参数。机床的主参数系列通常是一个等比数列，公比为1.26、1.41、1.58等，例如摇臂钻床最大钻孔直径系列为25、40、63、80、100、125mm。其中63mm以下公比为1.58，大于63mm一段公比为1.26。如表1-1所示。

表1-1 摇臂钻床系列型谱

最大钻孔直径/mm	25	40	63	80	100	125
跨距/mm	800/1000	1250/1600	2000	2500	3150	4000
主轴行程/mm	250	315	400	450	500	560
主轴端面至底座工作面的最大距离/mm	1000	1250	1600	2000	2500	2500
主轴圆锥孔	莫氏3号	莫氏4号	莫氏5号	莫氏6号	莫氏6号	公制

确定主参数系列后，由于加工零件的要求不同，生产批量不同，零件外形和机床的使用条件不同，因此，主参数相同的机床需要具有不同型式以适应不同的情况，这就是机床系列型谱的编制，它包括确定某类型机床的品种、基型和变型、布局以及应有的技术性能。例如，图1-1为摇臂钻床系列型谱的几种型式。

图1-1 a是系列设计中的基型，这种基型用途最广，需要量最大，结构上容易和其他品种通用。以此为基础，根据生产需要，可派生出具有不同功能的摇臂钻床。例如，图1-1 b为万能性较强的摇臂钻床，它的摇臂可绕水平轴回转 $\pm 90^\circ$ ，主轴箱可在摇臂上倾斜 $\pm 30^\circ \sim 45^\circ$ 。此外，尚有车式摇臂钻床、吊式摇臂钻床，如图1-1 c、d。

机床的系列设计是根据系列型谱进行的。它的工作内容包括整个系列型谱的技术任务

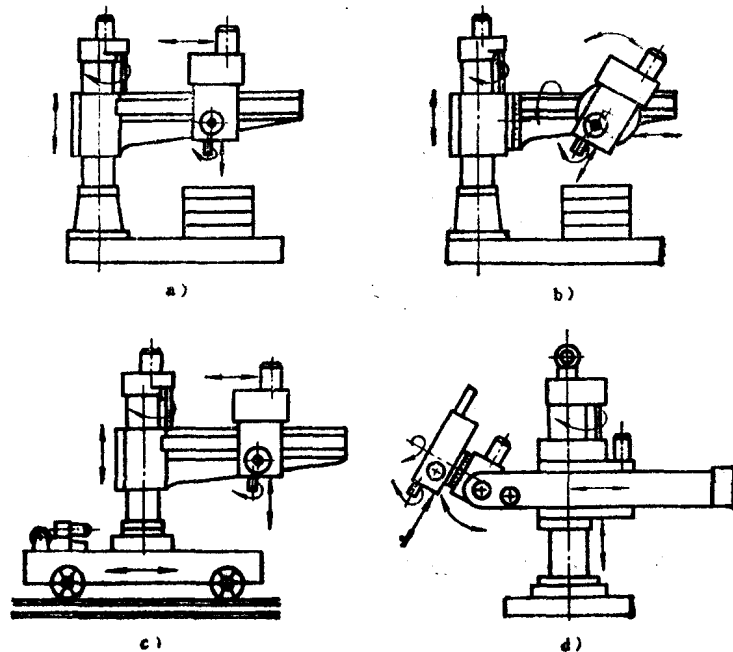


图1-1 摇臂钻床的型式

书,系列内各产品的设计、试制、定型工作。这就有可能把系列中起同样作用的一些部件,设计成同样的或相似的结构、使结构典型化。为机床部件通用化、零件标准化创造充分的条件。

部件通用化是把相类似的机床的若干部件或零件相互通用起来,这样可以扩大零件的生产批量,充分发挥已有工艺装备的能力,因而可以明显地降低制造成本,使设计和制造周期大大缩短,此外,由于部件、零件都是经过生产考验的,因此,还可以提高机床的可靠性。表1-2是表示普通摇臂钻床的通用化情况。

表1 2 新系列摇臂钻床的通用化程度

机床型号	通用零件种数				通用零件 总种数	零件 总种数	通用化程度 (%)
	被通用机床						
	Z 3040×16	Z 3063×20	Z 3080×25	Z 30100×31			
Z 3025×10	7				7	277	2.5
Z 3040×16	—					366	
Z 3063×20	135				135	386	35.0
Z 3080×25	119	141			260	394	66.0
Z 30100×31	57	18	21		96	446	21.0
Z 30125×40	58	16	22	290	386	457	84.8

机床零件一般分为专用件、通用件、标准件和外购件四类,标准件是由国家或行业标准。零件标准化程度高,可以获得明显的经济效益,使成本下降 $1/4 \sim 1/3$ 。

七、其他

人机关系已成为十分重要的问题。在设计时应充分给予重视。

机床的操纵必须方便、省力、容易掌握,不易出现操纵上的错误和故障。这样既可提高机床的可靠性又可以减少工人的疲劳、保证工人的安全。

机床的环境特性也是十分重要的。机床的噪声、油雾、粉尘和腐蚀介质都是对人体有害的,因此,防止对环境的污染是一项重要要求。

此外,机床的外形必须合乎时代要求,美观大方的造型,适宜的色彩,均能使操作者有舒适宜人的感觉。

上述的基本要求是紧密地与机床的技术和经济效益相联系。设计机床时,必须从实际出发综合进行考虑,既要有重点又要照顾其他,一般应充分考虑加工精度、表面质量、生产率和可靠性。

第二节 机床的设计步骤

一、调查研究

调查使用部门对机床的具体要求,现在使用的加工方法;收集并分析国内外同类型机床的先进技术,发展趋势、以及有关的科技动向;调查制造厂的设备条件、技术能力和生产经验等。

二、拟定方案

分析工件的加工工艺,提出总体设计方案,其中包括:工艺方案、主要参数、机床总体

布局、传动系统、电气系统、液压系统、主要部件的结构草图、试验结果及技术经济综合分析等。

在拟定方案时要注意尽可能采用先进的工艺和创新的结构，尽量采用新的先进技术，提高生产率，并且要注意以生产实践和科学实验为依据。

三、技术设计

根据总体设计方案，绘制机床总图、部件装配图、液压与电气装配图，并进行运动计算和动力计算。

零件图设计和编写各种技术文件。

四、样机试制和鉴定

当前，在机床设计中由于电子计算机的应用，使设计摆脱传统的以经验、静态和手工劳动式的设计。机床设计进入计算机辅助设计（CAD）和优化设计阶段，利用计算机进行方案选择、结构设计、动力计算。当然，这还必须要有高效、适用的计算程序。

第三节 机床的总体布局

机床的总体布局设计是指按工艺要求决定机床所需的运动，确定机床的组成部件，以及确定各个部件的相对运动和相对位置关系，同时也要确定操纵、控制机构在机床中的配置。

通用机床的布局已形成传统的型式，但随着数控等新技术的应用，传统的布局也在发生变化。专用机床的布局没有固定的布局型式，布局的灵活性大。必须根据被加工工件要求，进行工艺分析，在拟定总体方案中进行总布局设计。

机床总布局必须满足用户提出的各种要求。首先是机床的加工范围、工作精度、生产率和经济性等要求。确保所采用的工艺方法能实现所要求的工件和刀具之间相对位置关系和相对运动关系。其次，要处理好人机之间关系。

一、影响机床总体布局的基本因素

（一）表面形成方法

工件的表面是通过刀具与工件之间的相对运动而形成的，这种工件与刀具之间的相对运动称为“表面形成运动”。不同形状的加工表面往往采用不同的刀具、不同表面形成方法和不同表面形成运动来形成，因而导致机床总体布局的差异。例如圆柱面常用车削和磨削方法形成，平面则用刨削或铣削、平面磨削的方法形成。即使是相同形状的加工表面亦可用不同的刀具、表面形成运动和方法来实现，这是因为工件的技术要求和生产率等不同，从而形成不同的机床布局。例如圆柱齿轮加工方法可以是：齿轮铣刀铣削、插齿、滚齿等。由于生产批量、机床万能性要求不同，同一加工表面也可以采用不同的表面形成运动来形成。例如磨削台阶轴的两表面形成运动和机床布局，如表 1-3 所示。

由此可见，工件表面形成运动直接决定了机床布局，它是一个决定性因素，所以在确定机床布局时必须全面地、综合地考虑工件表面的形成方法和运动，以期获得较好的经济效果。

（二）机床运动的分配

工件表面形成方法和运动相同，而机床运动分配不同，机床布局就不同了。在分配运动时必须注意使运动部件的重量尽量轻，有利于保证加工精度，如图 1-2 b 所示深孔钻床的运

表1-3 磨削台阶轴的两种方法

工艺方法		表面形成运动简图	机床名称	机床布局简图	运动分配	布局特点
纵磨	纵磨工件圆柱表面 工步 1		外圆磨床		工作台纵向移动, 砂轮架横向移动	通用性好, 生产率低, 适用于单件小批生产
	磨工件端面 工步 2					
用成形砂轮、斜切入法同时磨出圆柱表面和端面			端面外圆磨床		砂轮架斜向移动	运动简单, 生产率高, 但通用性差, 需较复杂的砂轮成形修正器和轴向对刀装置) 适用于大批生产

运动分配, 常采用工件作旋转主运动, 钻头作轴向进给运动, 这样提高了被加工孔中心线的直线度和便于润滑钻头、排屑。机床运动的分配还要考虑到刚度的提高和能缩小占地面积, 如图 1-3 所示外圆磨床的两种布局。对于较长、较重的工件采用砂轮进给的布局, 可以提高机床的刚度和加工精度, 并缩小了占地面积。

(三) 工件的尺寸、重量和形状

工件的表面形成运动及机床部件的运动分配基本相同, 但是工件的尺寸、重量和形状不同, 这会引起机床布局的变化。

如图 1-4 所示, 车削盘类工件时, 工件的尺寸不同、重量不同而使机床布局变化不一。当盘类工件 $d < 1250\text{mm}$ 时, 可用普通车床加工。当工件直径 $d > 1500\text{mm}$ 时, 一般用端面

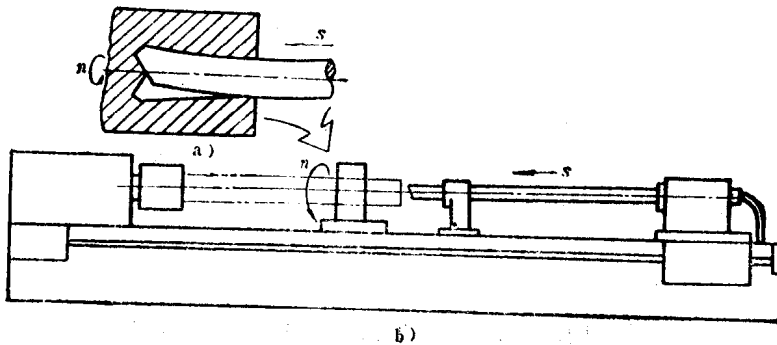


图1-2 钻床的运动分配

车床加工，由于这类车床只加工盘类工件，所以进给箱、溜板箱都简化了，尾架也没有了，床身相应缩短，甚至不要，而把主轴箱和刀架分别固定在平台或基础上，以便加工更大直径的工件。当工件十分笨重，考虑卧式布局给工件的装卸和调整带来困难，况且机床主轴在悬臂状态下承受重载，对机床的刚度和加工精度不利，这时可采用立式布局。当直径 $d < 2000\text{mm}$ 时，可采用单柱立式车床，只有一个垂直刀架，横梁较短。当直径 d 在 $2500 \sim 8000\text{mm}$ 之间，可采用双柱立式车床。当直径更大时，往往要用龙门移动式立式车床来加工。

其他类型机床如立式钻床与摇臂钻床在机床布局上的差异；牛头刨床与龙门刨床在布局上的差异都是由于工件的尺寸、重量和形状所决定的。

(四) 工件的技术要求

工件的技术要求，包括加工表面的尺寸精度、几何精度和表面粗糙度等。对技术要求高的工件加工在考虑机床布局时就要注意采取各种措施，尽量提高机床的传动精度和刚度、减少振动和热变形等。

为提高机床的传动精度，必须尽量缩短传动链，例如，螺纹加工中，当加工精密丝杆时，为了缩短传动链，就取消了普通车床的进给箱，主轴到刀架直接用挂轮传动到丝杆，并把传动丝杆安装在床身两导轨之间，以减少刀架的侧转力矩。

尽量采用框架式结构来提高机床刚度，例如单臂龙门刨床是为加大工件尺寸用的，但不采用框架式结构，所以刚度不如双柱龙门刨床。

为了减少振动和考虑热变形对加工精度的影响，对机床布局提出新的措施，例如高速车床采用分离传动。

(五) 生产规模和生产率

由于生产规模大小和生产率的要求，必定会对机床布局提出不同要求，如考虑主轴数目、刀架形式、自动化程度、排屑和装卸

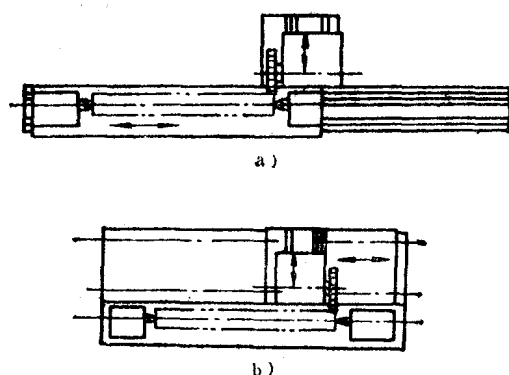


图1-3 外圆磨床的进给运动

a) 工件进给的布局 b) 砂轮进给的布局

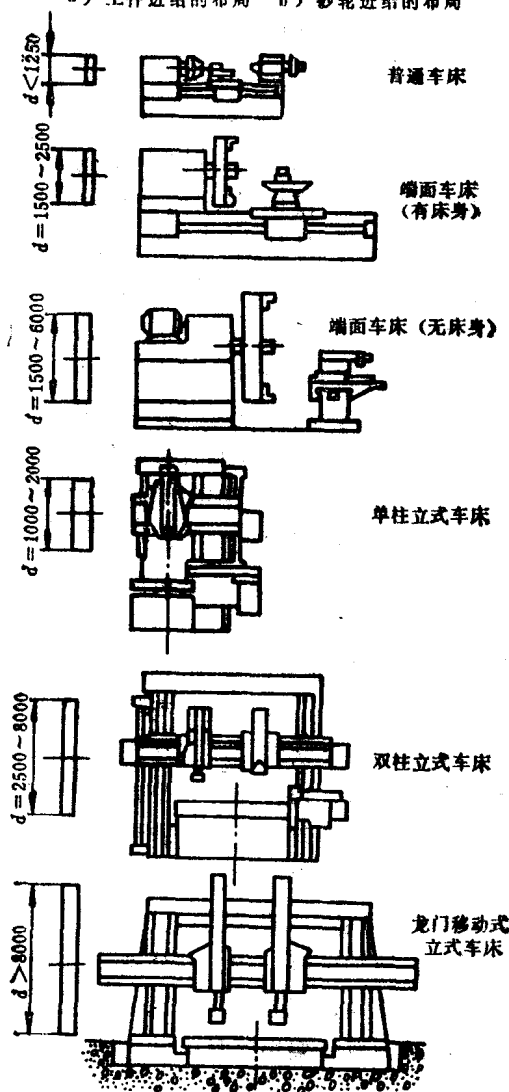


图1-4 工件尺寸对车床总布局的影响

等问题，从而导致机床布局变化。

以车床为例，车削盘类零件，在单件小批生产时，可在普通车床上加工；在中批生产时，可用转塔车床加工，在加工中不需换刀，对刀测量，因而缩短了辅助时间、提高了生产率。在大批大量生产时，就要考虑安放自动上下料装置；采用多主轴、多刀架同时加工，控制系统可实现半自动或自动循环等措施，以提高生产率；同时还应考虑床身导轨成倾斜或垂直布置以利排屑。对自动化程度要求较高时，机床布局要为单机自动化能纳入自动线提供方便。

(六) 其他因素

机床的总体布局必须充分考虑到人的因素，处理好人机关系。注意减轻操作者劳动强度，为操作者提供舒适的工作条件，保障操作者的身心健康，提高工作效率。在设计时考虑到部件相对位置安排、操纵部位和安装工件部位便于观察、操作，并且和人体基本尺寸和四肢活动范围相适应。

其他如机床的外形美观、调整、维修、运输吊装等问题在设计总体布局时也应综合全面地加以考虑。

二、模块化设计

根据通用化原则所设计的部件，使用于不同的产品时，往往在功能或结构上不能满足要求，因此，发展了模块化设计。它是在通用化基础上发展起来的。

所谓模块化设计是对具有同一功能的部件或单元（如刀架），根据用途或性能不同，设计出多种能够互相选用的模块（例如切断刀架、仿形刀架、转塔刀架等），从而能根据生产需要选用模块，组成各种通用机床、变型机床和专用机床。又例如龙门刨床、龙门铣床和龙门导轨磨床的结构布局和基础件（如龙门架、床身……）极为相似，只要选择合理的基础件形状和尺寸参数，设计成可互换的模块，就可以满足三类机床的刚度要求。

图 1-5 表示普通车床的各种模块，图中 1 是基本变速范围的主轴箱，2 是小变速范围的主轴箱，3 是大变速范围的主轴箱，4 是可调变速范围的主轴箱；5 是进给与车螺纹机构，6 是无螺纹进给机构，7 是单速进给机构；8 为气动夹紧装置，9 是液压夹紧装置，10 是电磁夹紧装置；11、12、13、14 分别为仿形刀架、转位刀架、立式转塔刀架、卧式转塔刀架；15、16、17、18 分别为气动尾座、液压尾座、钻孔用尾座、双轴尾座；19、20 分别为快速行程机构、双刀架用快速进给机构；21 为双刀架用床身；22 为双轴主轴箱模块。不同模块的组合，就可得到不同用途的车床。

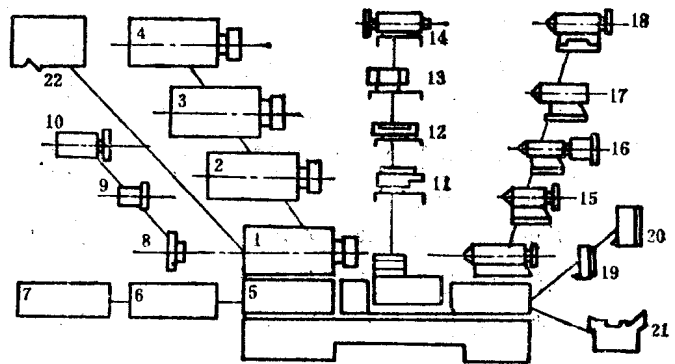


图 1-5 普通车床模块化设计实例

1、2、3、4—主轴箱 5、6、7—进给机构 8、9、10—夹紧装置
11、12、13、14—刀架 15、16、17、18—尾座 19、20—进给机构
21—床身 22—双轴主轴箱模块

模块化设计进一步兼顾了制造厂和用户的利益，这种方法可以缩短设计和试制周期，由

于模块是独立单元，所以容易采用新技术，得到高质量的新产品，模块定型后，可以成批生产，成本低，保证质量，这样可以提高制造厂多品种发展的可能性和竞争能力，满足生产需要。

第四节 机床艺术造型与宜人学

一、机床的艺术造型

机床的总体布局确定以后，需作机床的艺术造型工作。它是指在满足机床功能要求的条件下，按照美学的规律来创造产品的形象、表达产品形状，在线型、色彩、质感等方面使之具有美感。

其内容大致包括：机床各部件几何形体的比例尺度是否协调；线型是否流畅；色彩是否适应不同国家和地区用户的习俗；外形是否新颖别致、美观大方。

机床（也含其它机电产品）艺术造型工作是随着人类社会生产的不断发展，科学、文化、艺术事业的不断进步而出现的一门学科，在产品设计中，必须予以足够的重视。

（一）几何形体的确定

机床的部件、组件，都是由一些简单或复杂的几何体组成的，它们的表面造型也由不同的几何体构成。在机床的总体方案确定之后，就有了造型的基本轮廓，在此基础上要进一步按产品各部分功能特点和互相的结构关系，将产品各部分结构功能所允许的适宜的几何形体有机地组合在一起，构成产品的整体几何形象。还要注意形体间的衔接关系、体面转换和分割的空间效果，使产品达到功能要求的同时，又具有艺术性。

现代机电产品造型的特点是简洁、大方、雅致、精细。如现代国外大部分机床，整个床身由直线和平面构成，显出简练单纯的造型风格。造型时的第二特点是更多运用直线和方角造型，以小圆角或直角代替了过去的大圆角，以直线和平面代替过去的弧线和曲面。这有利于现代生产制造工艺和材料的需要，也有利于提高机体的刚度和满足经济要求。造型时的第三特点是向封闭式的造型方向发展，机身是全封闭或半封闭地被罩壳遮盖住，如加工中心机床。

（二）线型风格

线型是使产品外形合理、美观的一种艺术表现方法，好的造型要求线型简洁、明快、生动和舒适流畅。线型分为直线和曲线两个体系，直线几何形有静穆、浑厚、庄重的风格，令人感到工整、严肃、冷静，而曲线形体使人感到轻快、活泼自然，但显得笨重、加工复杂，对产品宜多采用直线型。在线型风格上要注意协调统一的原则。如主体线型风格统一协调，这是指构成机床大件轮廓的主体几何线型要大致一样，如是以直线为主调，则所有的大件的主要轮廓均应以直线形成，直线之间过渡是用小圆角或折线也应一致。又如结构线型的统一协调，这是指机床各部件的连接所构成的线型应与主体线型一致。其它如机床操作件和附件的线型也要和主体线型一致。

（三）比例与尺度

造型中的比例是指造型对象各部分之间、各部分与整体之间的大小关系，以及各部分与细部之间的比例关系。艺术造型中的常用比例关系有整数比例，均方根比例和黄金分割比例等等，最恰当的体积划分是用黄金分割比例组成的机床，即表面线性尺寸比例值为0.618:1，

例如变速箱的长为1000mm，则高为618mm。

尺度是造型对象的整体或局部与人的生理或人所习见的某种特定标准之间的大小关系。

尺度也就是以人的身高尺寸作为量度标准，或是以某些固定装置（如控制柜、操纵手柄）的高度、尺寸为度量标准，因为虽然产品不同，用途不同，使用者的生理条件和使用环境不同，但它们的绝对尺寸是比较固定的，因为它们是和人体功能相适合，而与机器大小无关，产品再大，手柄尺寸和操纵台仍要适应人体功能需要，不能随产品尺寸增大而增大。例如图1-6所示为不同类型、不同大小的几种机床，但其控制柜或操纵面板的尺度应大致相同。

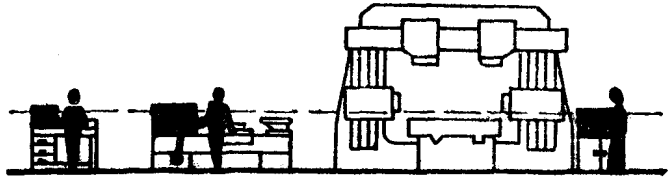


图1-6 控制柜或操纵面板的尺寸

现以机床小立柱的造型作为实例分析，图1-7为几种立柱造型。它们是利用线型的斜直转折，直曲结合、体面转折变换的造型方法。图1-7 a、b的特点是立柱上下截面相等，稳定感较差、线型单调，适用于高度尺寸较小的情况。图1-7 c造型采用多段折线的转折过渡，造型生动活泼。

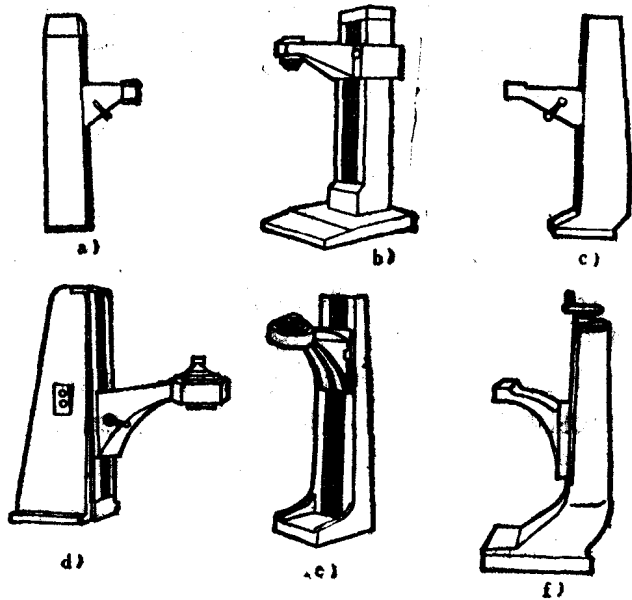


图1-7 小立柱造型方案

图1-7 d、e、f几种造型均增大了支承面，加强稳定感，同时应用了直线曲线结合的线型变化，造型自然活泼。

（四）机床的色彩

机床的色彩比形体对人更具有吸引力，在机床造型设计中占有特殊位置。人们在看物体时，首先色彩感觉的份量占80%，形体占20%，而5min后则持续稳定为色彩、形体各占50%，这足以说明色彩在造型中的效果。此外色彩能更有效地发挥产品的功能效用，如绿色能减轻日光漫反射的强度，对人的视觉最为适应，且具有舒适感。色彩同时能对工业环境起着重要的影响，宜人的色彩环境，可以陶冶人的情操，提高工作效率。因此，选择机床的装饰色彩，应当考虑到色彩对人们心理和生理的影响。

机床的色彩设计一般应注意下列几点。

1. 适应环境与功能

充分表达产品的功能特征并与使用环境相适应。如普通车床，为了耐油污，一般用色宜深沉；加工中心，一般用色清新，明快；机床面板，则用色明显醒目，以单纯化为好，不要

“花”，以免增加色彩对人们的不良刺激。

2. 发挥工艺的理化性能

色彩要充分利用各种材料的质地纹理。例如工程塑料本身可以选用不同颜色，同一颜色又可获得有光无光、带条状、带花纹等不同反光效果的表面质感。注意利用机械加工有色金属的效果，因为有色金属的闪耀性色彩是机制产品的特有色彩。例如铝表面不同处理方法（抛光、喷砂、电化处理）所获得的表面色光效果是不同的。

3. 整体要协调、统一

首先在色彩安排上要有一个明确的基调，注意色彩配合主次关系明朗，并且避免产品的色彩繁多，一般常用两套色或单色处理，最多不宜超过三套色。

色彩有一定的功能，人们利用这些功能进行色彩设计，使人的心理活动和生理活动产生良好的影响，给整个生产活动带来好的效果。色彩的功能主要有：

1. 色彩的冷暖感

人们在看到不同的色彩时，会引起对客观事物和生活经验的联想而产生“冷”或“暖”的心理感觉。如看到红、橙、黄色就会联想到火的热度，产生温暖、兴奋的感觉，称为暖色；看到青、蓝色联想起海水、绿林与清凉的概念想联系，产生清凉感，称为冷色；绿、紫介于两者之中，称为中性色。无彩色的白色是冷的，黑色是暖的，灰色也是中性的。

利用色彩的这种特性，在设计中根据产品的功能及使用环境来确定色彩冷暖选择，如电冰箱用冷色，炎热地区的机床用冷色。

2. 色彩的大小感（胀缩感）

一般情况，冷色、暗色感到收缩而呈小，暖色、亮色因感到膨胀而放大。设计中可以利用这调整产品的形体比例，求得比例和谐。

3. 色彩的远近感

一般，暖色、鲜艳色的，如红、橙、黄色是向前的，有凸出感；而冷色、灰性色是后退的，有凹入感。色彩的远近感，以色彩的明度影响最大，与背景色也有关系，与背景的明度相差越大越凸出，色彩的远近和进退的处理，有利于增加产品的空间层次，丰富立体造型。

4. 色彩的轻重感

色彩给人们心理感情带来不同的重量感。这主要由明度来决定，一般明度高者感到轻，明度低者感到重，在明度相同时，纯度高比低感到轻，暖色比冷色感到重。利用色彩这种功能对处理造型中的稳定和均衡有很大用处。

人们利用色彩的这些效应进行色彩设计，在机床的主体部分如床身、主轴箱色彩宜用明度较高（宜明）、纯度较低（宜浅）的暖色系中浅雅的黄色调或中性色淡雅、沉着的绿色调；以及明度较高偏暖的灰黄色调。为了加强色彩造型上的稳定感和丰富感，现代机床很多用二套色，一般处理成上明下暗、上轻下重，或中部用与主调色明度相差较大的浅色或深色，以形成色彩对比。为了不使工人视力过早疲劳，机床的重点部位如工作台、刀架、面板的色彩，宜用感觉舒适，视认度好的低明度、低纯度的中性色或偏冷的中性色为基本色调。操纵件采用“醒目色”。危险部分宜用“警戒色”。机床的辅助部件如控制台，电器柜的色调应采用与主体部分相同的色调，以取得色彩的整体一致。

二、人体功能要求—宜人学

宜人学是研究机器和人的适应问题，即人一机系统的分工和配合问题。在机电产品的艺