

高等学校机械工程类系列教材

机械制造技术 下册

主编 王国顺 肖 华



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校机械工程类系列教材

机械制造技术 下册

主 编 王国顺 肖 华
副主编 戴锦春 李 伟



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术. 下/王国顺,肖华主编. —武汉:武汉大学出版社,2014. 1
高等学校机械工程类系列教材
ISBN 978-7-307-11775-4

I. 机… II. ①王… ②肖… III. 机械制造—高等学校—教材
IV. TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 224180 号

责任编辑:谢文涛 责任校对:鄢春梅 版式设计:韩闻锦

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)
(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.whu.edu.cn)

印刷:武汉理工大印刷厂

开本:787×1092 1/16 印张:11.5 字数:271 字
版次:2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-307-11775-4 定价:22.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

序

机械工业是“四个现代化”建设的基础，机械工业涉及工业、农业，国防建设、科学技术以及国民经济建设的方方面面，机械工业专业人才的培养质量直接影响工业、农业、国防建设、科学技术的可持续发展，乃至影响国民经济的发展。高等学校是培养高新科学技术人才的摇篮，也是培养机械工程类专业高级人才的重要基础。但凡一所高等学校，学科建设、课程建设、教材建设应该是一项常抓不懈的工作，而教材建设是课程建设的重要内容，是教学思想与教学内容的重要载体，因此显得尤为重要。

为了提高高等学校机械工程类课程教材建设水平，由武汉大学动力与机械学院和武汉大学出版社联合倡议、组建 21 世纪高等学校机械工程类，现代工业训练类系列教材编委会，在一定范围内，联合若干所高等学校合作编写机械工程类系列教材，为高等学校从事机械工程类教学和科研的教师，特别是长期从事教学具有丰富教学经验的一线教师搭建一个交流合作编写教材的平台，通过该平台，联合编写教材，交流教学经验，确保教材的编写质量，突出教材的基本特色，同时提高教材的编写与出版速度，有利于教材的不断更新，极力打造精品教材。

本着上述指导思想，我们组织编撰出版了这套 21 世纪高等学校机械工程类系列教材和 21 世纪高等学校现代工业训练类系列教材，根据国家教育部机械工程类本科人才培养方案以及编委会成员单位（高校）机械工程类本科人才培养方案明确了高等学校机械工程类 42 种教材，以及高等学校现代工业训练类 6 卷 27 种教材为今后一个时期的出版工作规划，并根据编委会各成员单位（高校）的专业特色作了大致的分工，旨在努力提高高等学校机械工程类课程的教育质量和教材建设水平。

参加高等学校机械工程类及现代工业训练类系列教材编委会的高校有：武汉大学、华中科技大学、桂林电子科技大学、香港理工大学、广西大学、华南理工大学、海军工程大学、湖北汽车工业学院、湖北工业大学、中国地质大学、武汉理工大学、华中农业大学、长江大学、三峡大学、武汉科技大学、武汉科技学院、江汉大学、清华大学、广东工业大学、东风汽车有限公司、中国计量学院、中国科技大学、扬州大学等 20 余所院校及工程单位。

武汉大学出版社是被中共中央宣传部与国家新闻出版署联合授予的全国优秀出版社之一，在国内享有较高的知名度和社会影响力，武汉大学出版社愿尽其所能为国内高校的教學与科研服务。我们愿与各位朋友真诚合作，力争将该系列教材打造成为国内同类教材中的精品教材，为高等教育的发展贡献力量！

高等学校机械工程类及
现代工业训练类系列教材编委会
2011 年 1 月

目 录

第 1 章 金属切削机床概论	1
1.1 金属切削机床的基本知识	1
1.1.1 机床的分类、技术规格和型号	1
1.1.2 机床的基本要求	3
1.1.3 机床的分析方法	4
1.2 普通车床	4
1.2.1 普通车床的功能和运动	4
1.2.2 CA6140 型普通车床的组成和主要参数	5
1.2.3 CA6140 型普通车床的传动链	6
1.2.4 CA6140 型普通车床的主要部件	14
1.3 齿轮加工机床	23
1.3.1 齿轮加工机床功能和运动	23
1.3.2 Y3150E 滚齿机床的组成和主要参数	30
1.3.3 Y3150E 滚齿机床的传动系统	31
1.3.4 Y3150E 滚齿机床的主要结构	35
1.4 其他机床	38
1.4.1 铣床	38
1.4.2 镗床	39
1.4.3 钻床	41
1.4.4 磨床	43
1.4.5 组合机床	44
1.4.6 直线运动机床	45
1.4.7 数控机床	47
习题与思考题	52
第 2 章 机床总体方案设计	54
2.1 概述	54
2.1.1 基本概念	54
2.1.2 机床总体设计的基本内容和要求	55
2.1.3 设计步骤	59
2.2 机床总体方案设计	60
2.2.1 机床工艺方案拟订	60

2.2.2 机床运动方案拟订	61
2.2.3 机床的总体布局方案设计	62
2.2.4 主要技术参数设计	64
习题与思考题	69
第3章 机床传动系统	70
3.1 机床主传动系统设计	70
3.1.1 机床主传动系统设计应满足的基本要求	70
3.1.2 有级变速传动系统的设计	73
3.1.3 分级变速传动系统的几种特殊变速方式	81
3.1.4 齿轮齿数的确定及轴向布置	87
3.1.5 主传动无级变速系统	89
3.1.6 主传动系统计算转速	92
3.2 机床进给传动系统设计	94
3.2.1 进给传动系统类型及设计要点	94
3.2.2 进给传动系统传动精度	96
3.2.3 数控机床伺服进给传动系统类型	97
3.2.4 进给伺服电动机选择	98
3.2.5 伺服进给系统性能分析	99
习题与思考题	103
第4章 金属切削机床典型零部件	105
4.1 主轴组件	105
4.1.1 对主轴组件的基本要求	105
4.1.2 主轴组件的传动	107
4.1.3 主轴轴承的选择	110
4.1.4 主轴的结构	117
4.1.5 主轴组件的典型结构	119
4.2 机床导轨	123
4.2.1 导轨的功用及其应满足的要求	123
4.2.2 导轨的结构	124
4.2.3 导轨的类型	128
4.3 传动装置	134
4.3.1 滚珠丝杠副	134
4.3.2 预加负载的双齿轮—齿条传动	136
4.3.3 静压蜗杆-蜗母条传动	137
4.3.4 双螺距蜗轮-蜗杆副传动	140
4.4 支承件	140
4.4.1 支承件的特点与基本要求	140

目 录	3
4.4.2 支承件的受力分析和变形分析	141
4.4.3 支承件的结构刚度与提高其刚度的常用措施	143
4.4.4 减少机床热变形的影响	144
4.4.5 支承件的结构设计	145
4.5 其他装置	148
4.5.1 刀库	148
4.5.2 换刀机械手	149
习题与思考题	152
第5章 先进制造技术简介	153
5.1 概述	153
5.2 成组技术 GT	154
5.2.1 成组技术的基本原理	154
5.2.2 成组技术的应用	155
5.3 计算机集成制造系统 (CIMS)	155
5.3.1 发展情况	155
5.3.2 计算机集成制造系统的构成及功能	156
5.3.3 五层递阶控制模型	157
5.4 并行工程技术 CE	158
5.4.1 概述	158
5.4.2 并行工程技术及其特点	158
5.4.3 并行工程的效益	160
5.5 准时生产 (JIT)	160
5.5.1 概述	160
5.5.2 JIT 的目标和实施手段	160
5.5.3 看板管理	161
5.6 精益生产 (LP)	162
5.6.1 概述	162
5.6.2 精益生产的特征	162
5.6.3 精益生产的体系	163
5.7 敏捷制造 (AM)	163
5.7.1 概述	163
5.7.2 敏捷制造的特点	164
5.7.3 敏捷响应市场的实例	165
5.8 智能制造系统 IMS	165
5.8.1 概述	165
5.8.2 智能制造系统的主要研究应用领域	166
5.8.3 人工智能功能模块的组成	166
5.9 仿真技术和虚拟制造	167

5.9.1 概述	167
5.9.2 建模和仿真	167
5.9.3 虚拟制造	168
5.10 产品数据管理技术 (PDM)	168
5.10.1 概述	168
5.10.2 产品模型数据和管理标准	169
5.10.3 企业应用 PDM 的步骤	170
习题与思考题	171
参考文献	172

第1章 金属切削机床概论

1.1 金属切削机床的基本知识

金属切削机床是采用切削(或特种加工)的方法将金属毛坯加工成所要求的几何形状、尺寸精度和表面质量的机械零件的机器,它是制造机器的机器,所以又称为“工作母机”或“工具机”,习惯上简称为机床。

机床的“母机”属性决定了它在国民经济中的重要地位。在现代化的工业生产中,大量使用各种机器、仪器、仪表和工具等技术设备,这些技术设备都是由机械制造部门提供的。而在各类机械制造工厂中需要有各种加工金属零件的设备,包括铸造的、锻压的,焊接的、热处理的和切削加工的设备。由于机械零件的尺寸精度、形状精度、位置精度和表面质量等目前主要靠切削加工的方法来达到,所以,金属切削机床担负的工作量占机械制造总工作量的40%~60%。在一般机械制造工厂拥有的技术设备中,机床占有相当大的比重,为50%~60%。另一方面,机床的质量和技术水平直接影响机械产品的质量和劳动生产率。因此,一个国家生产的机床质量、技术水平、品种和产量,以及机床的拥有量是衡量整个工业水平的重要标准。

1.1.1 机床的分类、技术规格和型号

机床的类型与品种很多,为了机床使用和管理方便,需要加以分类、编制型号和标明技术规格。

1. 机床的分类

机床分类的基本方法是,按照所用刀具、加工方法和加工对象的不同来划分。我国将机床分为十二类:车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨插床、拉床、特种加工机床、切断机床和其他机床。在每一类中又细分为若干组与若干型。其中,特种加工机床包括电加工机床、超声波加工机床、激光加工机床、电子束和离子束加工机床、水射流加工机床等;电加工机床又包括电火花加工、电火花线切割和电解加工等几种。

上述的基本分类方法是最主要的分类方法,此外,还可以按照机床其他特征来分类。

按照工艺范围大小(通用性程度),机床可以分为三类:

(1)通用机床。这类机床工艺范围较广,万能性大,可以完成多种工件加工工序。这类机床适用于工件多变的单件和小批生产,机床的传动与结构较复杂。例如普通车床、摇臂钻床、万能外圆磨床等。

(2)专门化机床。这类机床用于完成同一类型但尺寸不同的工件,加工中的一种或几

种特定工序。例如凸轮轴车床、车轮车床、轧辊磨床等。

(3) 专用机床。这类机床专门用于完成某一种工件加工中的一种或几种固定不变的工序。例如汽车、拖拉机、轴承等大批大量生产中, 为某些零件特定工序专门设计制造的机床。其中组合机床就是一种专用机床, 这类机床自动化程度和生产率都高。

数控机床是计算机技术、微电子技术、先进的机床设计和制造技术相结合的产物, 适用于对要求精密、形状复杂和多品种产品的加工。它是一种高效率、高柔性化的自动化机床, 代表了金属切削机床的发展方向。加工中心又称为自动换刀数控机床, 它是一种具有刀库和自动换刀的装置, 能够自动更换刀具, 对一次装夹的工件进行多工位、多工序加工的数控机床。

按照机床加工精度不同, 同一种机床中可分为普通精度、精密和高精度三种等级。

按照机床的重量和尺寸不同, 可以分为: 仪表机床、中型机床、大型机床和重型机床。一般机床重量达到 10t 的为大型机床, 重量在 30t 以上的为重型机床, 重量在 100t 以上的则称超重型机床。

上述几种分类方法, 是由于分类的目的和依据不同而提出来的。通常, 机床是按照加工方式(如车、钻、刨、铣、磨等)及某些辅助特征来进行分类的。例如, 多轴自动车床, 就是以车床为基本类型, 再加上“多轴”、“自动”等辅助特征, 以区别于其他种类车床。

2. 机床的技术规格

机床的技术规格是表示机床工作能力和尺寸大小的数据, 一般包括下列参数:

- (1) 主参数和第二主参数;
- (2) 主要工作部件移动行程范围;
- (3) 主运动、进给运动的变速范围及变速级数, 快速运动速度;
- (4) 主电动机功率和进给电动机功率;
- (5) 机床的外形尺寸;
- (6) 机床重量。

主参数是反映机床最大工作能力的一个主要参数, 它直接影响机床的其他参数和基本结构的大小。主参数一般以机床加工的最大工件尺寸或与此有关的机床部件尺寸来表示。例如, 普通车床为床身上最大工件回转直径; 钻床为最大钻孔直径; 外圆磨床为最大磨削直径, 卧式镗床为镗轴直径; 升降台铣床及龙门铣床为工作台工作面宽度; 龙门刨床为最大刨削宽度; 插床及牛头刨床为最大加工长度, 齿轮加工机床为最大工件直径等。有些机床的主参数不用尺寸表示, 例如, 拉床的主参数为最大拉力。

有些机床, 为了更完整地表示其工作能力和尺寸大小, 还规定有第二主参数。例如, 普通车床为最大工件长度; 摇臂钻床为主轴轴线至立柱导轨面之间的跨距; 龙门铣床及龙门刨床为最大加工长度; 外圆磨床为最大磨削长度; 齿轮加工机床为最大加工模数; 多轴自动车床为主轴数等。

3. 机床的型号

机床的名称往往十分冗长, 书写和称呼都很不方便。如果按照一定的规律赋予每种机床一个代号(即型号), 就会使管理和使用机床方便得多。

机床的型号是用一个简明的代号来表示机床的类别、型式、主参数、性能和结构特点。我国机床的型号目前是按《GB/T15375—1994 金属切削机床型号编制方法》编制的,

该标准规定机床型号由若干汉语拼音字母和阿拉伯数字组成。例如，MG1432A 的含义如下：

机床类别代号：	M	磨床
机床通用特性代号：	G	高精度
机床组别代号：	1	外圆磨床组
机床系别代号：	4	万能外圆磨床系
主参数代号：	32	最大磨削直径 320mm
重大改进顺序号：	A	第一次重大改进

1.1.2 机床的基本要求

机床作为机械制造的工作母机，它的性能与技术水平直接关系到机械制造产品的质量与成本，关系到机械制造的劳动生产率。因此，机床首先应满足使用方面的要求，其次应考虑机床制造方面的要求。这两方面的基本要求，简述如下：

1. 工作精度良好

机床的工作精度是指加工零件的尺寸精度、形状精度和表面粗糙度。根据机床的用途和使用场合，各种机床的精度标准都有相应的规定。尽管各种机床的精度标准不同，但是，评价一台机床的质量都是以机床工作精度作为最基本的要求。机床的工作精度不仅取决于机床的几何精度与传动精度，还受机床弹性变形、热变形、振动、磨损以及使用条件等许多因素的影响。这些因素涉及机床的设计、制造和使用等方面的问题。

对机床的工作精度不但要求具有良好的初始精度，而且要求具有良好的精度保持性，就是要求机床的零部件具有较高的可靠性和耐磨性，使机床有较长的使用期限。

2. 生产率和自动化程度要高

机床生产率常用单位时间内加工工件数量来表示。机床生产率是反映机械加工经济效益的一个重要指标，在保证机床工作精度的前提下，应尽可能提高机床生产率。要提高机床生产率，必须减少切削加工时间和辅助时间。前者在于增大切削用量或采用多刀切削，并相应地增加机床的功率和提高机床的刚度和抗振性，后者在于提高机床自动化程度。

提高机床自动化程度的另一目的，就是改善劳动条件以及加工过程不受操作者的影响使加工精度保持稳定。因此，机床自动化是机床发展趋向之一，特别是对大批大量生产的机床和精度要求高的机床，提高机床自动化程度更为重要。

3. 噪声要小、传动效率要高

机床噪声是危害人们身心健康、影响正常工作的一种环境污染。机床传动机构的运转，某些结构的不合理以及切削过程都将产生噪声，尤其是速度高、功率大和自动化的机床更为严重。所以，现代机床噪声的控制应予以十分重视。

机床的传动效率反映了输入功率的利用程度，也反映了空转功率的消耗和机构运转的摩擦损失。摩擦功变为热而引起热变形，对机床工作精度很不利。高速运转的零件和机构越多，空转功率也越大，同时产生噪声也越大。为了节省能源、保证机床工作精度和降低机床噪声，应当设法提高机床的传动效率。

4. 操作要安全方便

机床的操作应当方便省力和安全可靠，操纵机床的动作应符合习惯不易发生误操作，

以减轻工人紧张程度,保证工人与机床的安全。

5. 制造和维修方便

在满足使用方面要求的前提下,应力求机床结构简单,零部件数量少,结构的工艺性好,便于制造和维修。机床结构的复杂程度和工艺性决定了机床的制造成本,在保证机床工作精度和生产率的要求下,应设法降低成本提高经济效益。此外,还应力求机床的造型新颖,外形与色彩美观大方。

1.1.3 机床的分析方法

虽然机床品种繁多,结构各异,但是,一般可按照下列步骤了解和分析机床:

(1)了解机床的功能和主要技术参数,包括机床适用于加工那些类型的零件和什么形状的表面,可加工零件的尺寸范围和能达到的加工精度与表面质量;

(2)根据机床可加工零件的形状与所用的刀具,分析机床需要哪些运动;

(3)为了实现所需的运动,分析机床上必须具备哪些传动链、机构与部件,

(4)了解机床的总体布局、主要部件的构造、机床的调整计算和操作使用。

简言之,根据在机床上加工的各种表面和使用的刀具类型,分析得到这些表面的方法和所需的运动。在此基础上,分析为了实现这些运动,机床必须具备的传动联系,实现这些传动的机构以及机床运动的调整方法。这个机床运动分析过程是认识和分析机床的基本方法,其次序为“表面—运动—传动—机构—调整”。

1.2 普通车床

使用单刃刀具以车削方法形成工件内、外回转表面为主要功能的机床,称为车床。由于很多机械零件(如轴类、套筒类和盘类等零件)都具有回转表面,它们大都需要用车床来加工,因此,车床是机械制造中使用最广泛的一类机床。

为适应不同的加工要求,车床有卧式车床、立式车床、转塔车床、自动和半自动车床、专门化和专用车床等不同型式。

1.2.1 普通车床的功能和运动

1. 加工表面

车床类机床主要用于加工各种回转表面,如内外圆柱表面、圆锥表面、成形回转表面和回转体的端面等,有些车床还能加工螺纹面。由于多数机器零件具有回转表面,车床的通用性又较广,因此在机器制造厂中,车床的应用极为广泛,在金属切削机床中所占的比重最大,占机床总台数的20%~35%。

2. 所需运动

为了加工出所要求的工件表面,必须使刀具和工件实现一系列运动。如图1-1所示。

(1)工件的转动。这是车床的主运动,其转速较高,消耗机床功率的主要部分。

(2)刀具的移动。这是车床的进给运动。刀具可做平行于工件旋转轴线的纵向进给运动(车圆柱表面)或做垂直于工件旋转轴线的横向进给运动(车端面),也可做与工件旋转轴线倾斜一定角度的斜向运动(车圆锥表面)或做曲线运动(车成形回转表面)。进给量 f

常以主轴每转刀具的移动量计, 即 mm/r 。

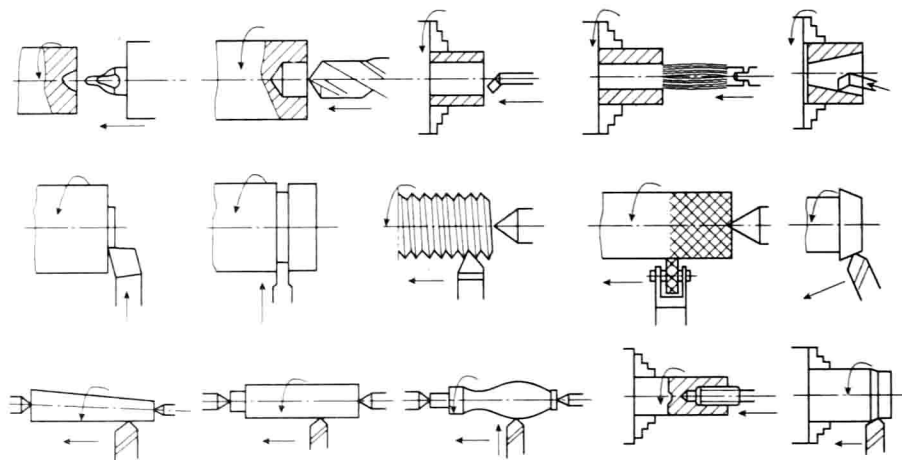


图 1-1 卧式车床所能完成的典型加工

车削螺纹时, 只有一个复合的主运动——螺旋运动。它可以被分解为两部分: 主轴的旋转和刀具的移动。

除了成形运动之外, 为了将毛坯加工到所需要的尺寸, 普通车床还应有切入运动(吃刀运动), 即刀具相对工件切入一定深度, 以使工件达到所需的尺寸。如果加工余量较大, 需分几次切削时, 则切入运动也需在车削过程中实现。为了实现刀具快速的趋近和退出, 有的车床还有刀架纵、横向的机动快移, 重型车床还有尾架的机动快移。工件及刀具的装夹和松开, 刀架的转位等均与切削无直接关系, 这些运动统称为辅助运动。

1.2.2 CA6140 型普通车床的组成和主要参数

1. 组成部件

卧式车床的加工对象, 主要是轴类和直径不太大的盘类零件, 故采用卧式布局。为了适应右手操作的习惯, 主轴箱布置在左端。图 1-2 是卧式车床的外形图, 其主要组成部件及功用如下。

(1) 主轴箱。主轴箱 1 固定在床身 4 的左端, 内部装有主轴和变速及传动机构。工件通过卡盘等夹具装夹在主轴前端。主轴箱的功用是支承主轴并把动力经变速传动机构传给主轴, 使主轴带动工件按规定的转速旋转, 以实现主运动。

(2) 刀架。刀架 2 可沿床身 4 上的刀架导轨做纵向移动。刀架部件由几层组成, 它的功用是装夹车刀, 实现纵向、横向或斜向运动。

(3) 尾座。尾座 3 安装在床身 4 右端的尾座导轨上, 可沿导轨纵向调整其位置。它的功用是用后顶尖支承长工件, 也可以安装钻头、铰刀等孔加工刀具进行孔加工。

(4) 进给箱。进给箱 10 固定在床身 4 的左端前侧。进给箱内装有进给运动的变换机构, 用于改变机动进给的进给量或所加工螺纹的导程。

(5) 溜板箱。溜板箱 8 与刀架 2 的最下层——纵向溜板相连, 与刀架一起做纵向运动, 功用是把进给箱传来的运动传递给刀架, 使刀架实现纵向和横向进给、快速移动或车螺纹。溜板箱上装有各种操纵手柄和按钮。

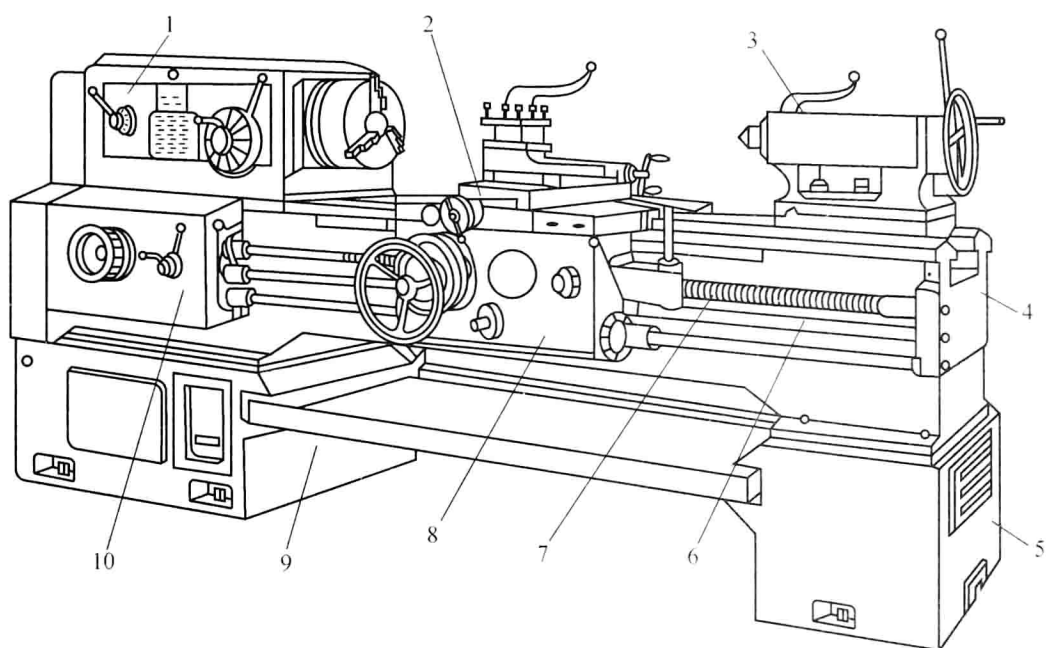


图 1-2 卧式车床

(6)床身。床身4固定在左右床腿9和5上。在床身上安装着车床的各个主要部件,使它们在工作时保持准确的相对位置或运动轨迹。

2. 主要参数

普通车床的主参数是“床身上最大工件回转直径”,第二主参数是“最大工件长度”。这两个参数表明车床加工工件的最大极限尺寸,同时也反映了机床的大小和重量。因为主参数决定了主轴轴心线距离床身导轨的高度,第二主参数决定了床身的长度。例如,CA6140型普通车床的主参数为床身上最大工件回转直径400mm,但加工较长的轴、套类工件时,由于工件最大直径受到横溜板的限制,因此“刀架上最大工件回转直径”为210mm,这也是一项重要的尺寸参数。CA6140型普通车床一般做成四种不同的长度,即最大工件长度为750、1000、1500、2000mm,以适应不同需要,供用户选用,其中最常用是1000mm。显然,最大工件长度不同,机床的床身、丝杠和光杠的长度也相应地不同,而其他部件则可以通用。

1.2.3 CA6140 型普通车床的传动链

1.2.3.1 传动系统图

为了便于了解和分析机床的运动和传动情况,通常应用机床的传动系统图。机床的传动系统图是表示机床全部运动传动关系的示意图。在图中用简单的规定符号代表各种传动元件,各齿轮数字表示齿数。规定符号详见国家标准 GB4460—84《机械制图——机动的示意图中的规定符号》。机床的传动系统图画在一个能反映机床基本外形和各主要部件相互位置的平面上,并尽可能绘制在机床外形的轮廓线内。各传动元件应尽可能按运动传递的顺序安排。该图只表示传动关系,不代表各传动元件的实际尺寸和空间位置。图 1-3 是 CA6140 型普通车床的传动系统图。

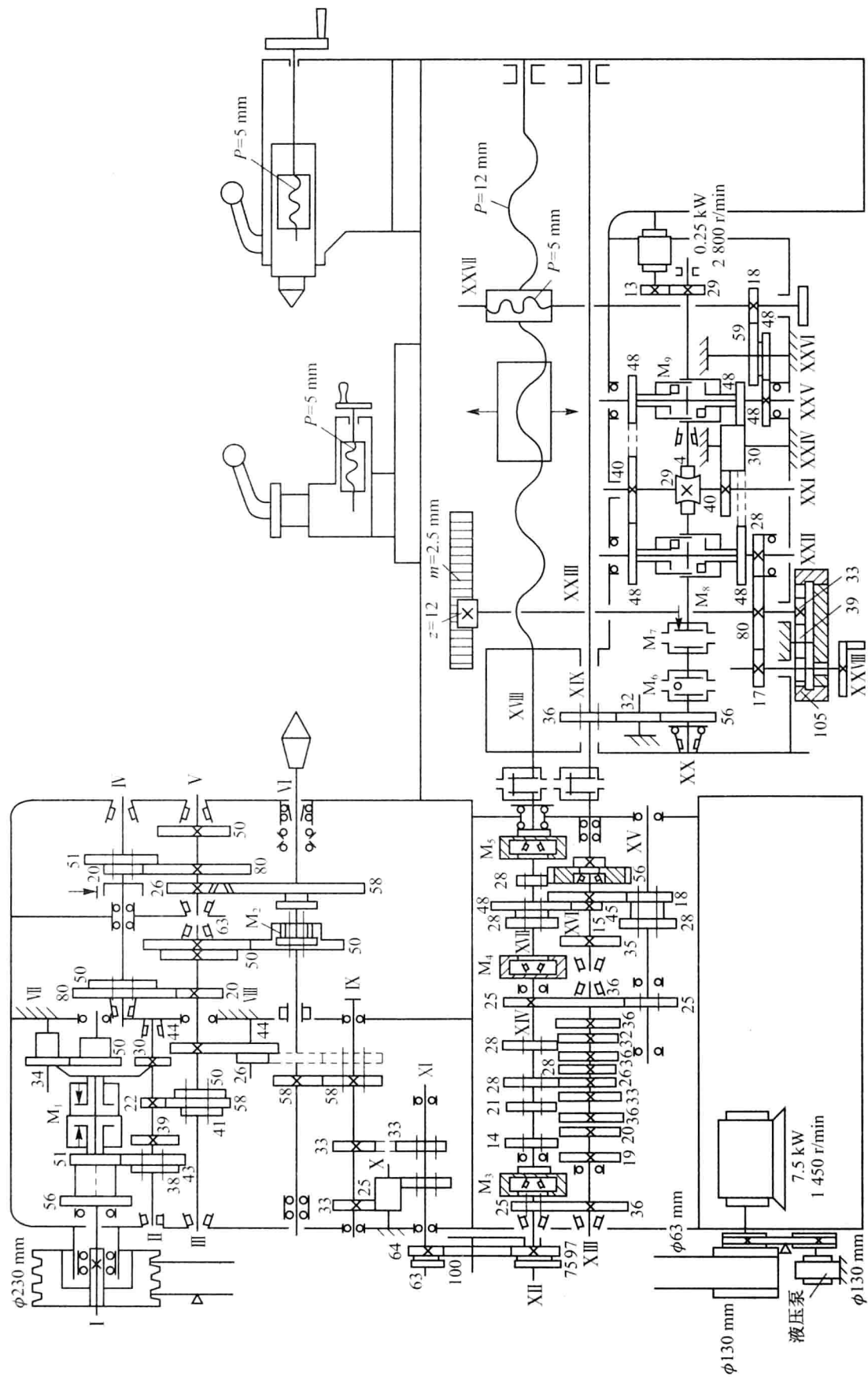


图1-3 CA6140型卧式车床传动系统图

1.2.3.2 主运动传动链

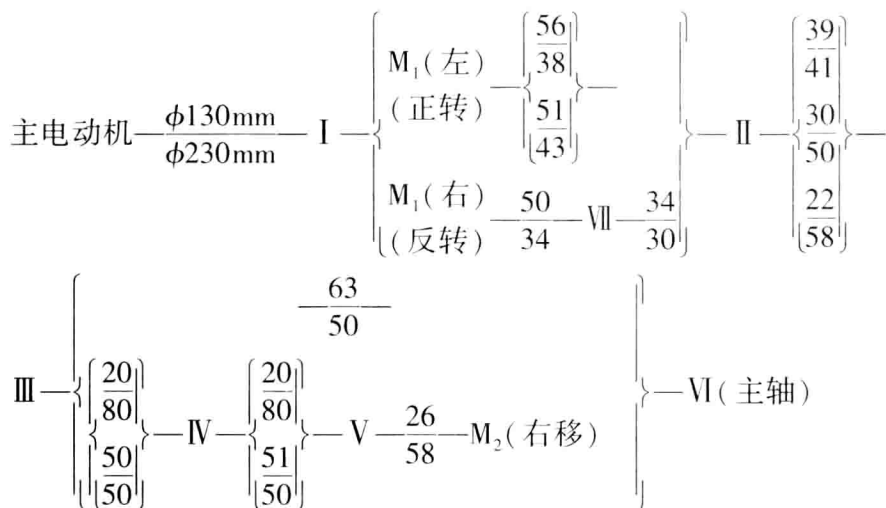
1. 传动路线

主运动传动链的两末端件是主电动机和主轴。运动由电动机(7.5kW, 1450r/min)经V带轮传动副 $\phi 130\text{mm}/\phi 230\text{mm}$ 传至主轴箱中的轴I。在轴I上装有双向多片摩擦离合器 M_1 , 使主轴正转、反转或停止。它是传动的主换向机构。当压紧离合器 M_1 左部的摩擦片时, 轴I的运动经齿轮副 $\frac{56}{38}$ 或 $\frac{51}{43}$ 传给轴II, 使轴II获得两种转速。压紧右部摩擦片时, 经齿轮50(数字表示齿数)、轴VII上的空套齿轮34传给轴II上的固定齿轮30。这时轴I至轴II间多一个中间齿轮34, 故轴II的转向与经 M_1 左部传动时相反。反转转速只有一种。当离合器处于中间位置时, 左、右摩擦片都没有被压紧。轴I的运动不能传至轴II, 主轴停转。

轴II的运动可通过轴II、III间三对齿轮的任一对传至轴III, 故轴III正转共 $2 \times 3 = 6$ 种转速。

主运动由轴III传往主轴有两条路线: ①高速传动路线。主轴上的滑移齿轮50移至左端, 使之与轴II上右端的齿轮63啮合。运动由轴III经齿轮副 $\frac{63}{50}$ 直接传给主轴, 得到450~1400r/min的6种高转速。②低速传动路线。主轴上的滑移齿轮 z_{50} 移至右端, 使主轴上的齿式离合器 M_2 啮合。轴III的运动经齿轮副 $\frac{20}{80}$ 或 $\frac{50}{50}$ 传给轴IV, 又经齿轮副 $\frac{20}{80}$ 或 $\frac{51}{50}$ 传给轴V, 再经齿轮副 $\frac{26}{58}$ 和齿式离合器 M_2 传至轴使主轴获得10~500r/min的低转速。

主运动传动系统可用传动路线表达式表示如下:



2. 主轴转速级数

由传动系统图和传动路线表达式可以看出, 主轴正转时, 可得 $2 \times 3 = 6$ 种高转速和 $2 \times 3 \times 2 \times 2 = 24$ 种低转速。轴III—IV—V之间的4条传动路线的传动比为

$$\begin{aligned}
 i_1 &= \frac{20}{80} \times \frac{20}{80} = \frac{1}{16} & i_2 &= \frac{20}{80} \times \frac{51}{50} \approx \frac{1}{4} \\
 i_3 &= \frac{50}{50} \times \frac{20}{80} \approx \frac{1}{4} & i_4 &= \frac{50}{50} \times \frac{51}{50} \approx 1
 \end{aligned}$$

式中: i_2 和 i_3 基本相同, 所以实际上只有 3 种不同的传动比。因此, 运动经由低速这条传动路线时, 主轴实际上只能得到 $2 \times 3 \times (2 \times 2 - 1) = 18$ 级转速。加上由高速路线传动获得的 6 级转速, 主轴总共可以获得 $2 \times 3 \times [1 + (2 \times 2 - 1)] = 6 + 18 = 24$ 级转速。

同理, 主轴反转时, 有 $3 \times [1 + (2 \times 2 - 1)] = 12$ 级转速。

3. 主轴转速计算

主轴的各级转速, 可根据各滑移齿轮的啮合状态求得。如图 1-3 中所示的啮合位置时, 主轴的转速为

$$n_F = 1450 \times \frac{130}{230} \times \frac{56}{38} \times \frac{22}{58} \times \frac{50}{50} \times \frac{63}{50} \approx 577 \text{ r/min}$$

1.2.3.3 进给运动传动链

进给传动链是实现刀架纵向或横向移动的传动链。卧式车床在切削螺纹时, 进给传动链是内联系传动链。主轴每转刀架的移动量应等于螺纹的导程。在切削圆柱面和端面时, 进给传动链是外联系传动链。进给量也以每转刀架的移动量计。因此, 在分析进给链时, 都把主轴和刀架当做传动链的两端。

1. 传动链组成

CA6140 型普通车床进给传动链的组成, 将传动系统图 1-3 中进给传动部分画成方框图 1-4 来表示更为清晰。

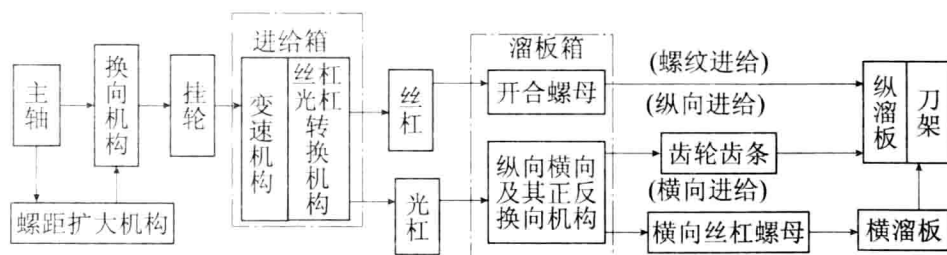


图 1-4 CA6140 型普通车床进给传动链组成框图

进给传动共有三条传动链: 实现螺纹进给运动的螺纹进给传动链, 实现纵向进给运动的纵向进给传动链和实现横向进给运动的横向进给传动链。三条传动链都是以主轴为始端件, 以刀架为末端件。

由于三条传动链都是实现直线的进给运动, 因此它们的末端传动都是将旋转运动转变为直线运动的机构: 纵向丝杠与开合螺母机构、床身上的齿条齿轮机构及横向丝杠螺母机构。

从主轴至进给箱的一段传动是三条传动链的公用部分。在进给箱之后有两条分支: 丝杠传动分支实现螺纹进给运动; 光杠传动分支经过溜板箱之后又分为两支, 分别实现纵向进给和横向进给运动。

整个进给传动链有两个换向机构: 一个在主轴至挂轮之间, 另一个在溜板箱内。传动链中两个换向机构的功用是: 主轴至挂轮之间的换向机构用于车削左、右螺纹, 即在主轴正转时, 利用此换向机构改变刀架向左或向右运动, 分别车削右螺纹或左螺纹。溜板箱内的换向机构只能改变一般车削纵向进给和横向进给运动的方向。