

金属切削 机床——原理 与设计

杨荣柏 主编

华中工学院出版社

金属切削机床

——原理与设计

杨荣柏 主编

责任编辑 钟利章

*

华中工学院出版社出版发行
(武昌喻家山)

新华书店湖北发行所经销
华中工学院出版社印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 24.5 字数: 552,000

1987年2月第1版 1987年2月第1次印刷

印数: 1—3,000

ISBN 7-5609-0047-X/TH·8

统一书号: 15255-075 定价: 4.10 元

内 容 提 要

本书由华中工学院杨荣柏主编,根据1982年制订的机床概论和设计教学大纲,在该院1973年和1977年所编《金属切削机床》教材的基础上,进行全面修改和更新内容,并总结多年教学经验编写而成。

全书由四个单元组成:第一单元介绍常用的通用机床——车床、钻床、镗床、铣床和磨床,并以普通车床为重点,论述机床运动、传动和构造的原理;第二单元论述机床传动与变速、主轴部件以及导轨与支承件的设计原理和设计方法;第三单元介绍齿轮加工机床、自动机床、组合机床和数控机床,着重讲述这些机床中特殊部分的原理和设计;第四单元综合论述机床总体设计的有关问题以及机床性能试验。

本书把机床概论和机床设计融力一体,有利于理论与实际的联系,有利于对各种机床有一规律性的了解。此外,内容充实,体系新颖,文字简练,叙述分明,便于教学和自学。

本书用作高等工科院校机械制造专业的教材,夜大学、函授大学和职工大学等机制专业也可使用,并可供机制专业科技人员参考。



前 言

金属切削机床是机械制造专业的一门主要专业课程。课程的任务在于,使学生获得机床使用和机床设计的基本知识。通过本课程的学习,应达到:

- (1)掌握机床运动、传动、结构的原理与分析机床的方法;
- (2)掌握机床设计的基本理论与设计方法;
- (3)了解现代机床发展的一般趋向。

本书根据1982年机制专业教材编委制订的《机床概论》和《机床设计》教学大纲的精神,在我院1973年和1977年两次把机床概论与机床设计合起来编写的《金属切削机床》教材基础上,并增加机床学科某些新成就的内容编写而成的。在编写中,力求理论联系实际、体系合乎认识规律、概念清楚准确、叙述层次分明、使之便于课堂讲授和自学。本书用作高等工科院校机制专业教材,夜大学、函授大学和职工大学等机制专业也可使用,并可供机制专业科技人员参考。

全书除绪论外分为四个单元:

第一单元包括第一、二、三章。主要介绍常用的通用机床,以普通车床、钻床、镗床、铣床和磨床作为典型,其中又以普通车床为重点。在内容上,注重论述机床运动、传动与构造的原理,使读者尽可能知其所以然,以便能在理解的基础上掌握分析机床的方法。另外,在介绍机床的各种类型时,以工艺因素为线索来说明机床类型品种的产生与发展,以期对机床的类型有规律性的认识。

第二单元包括第四、五、六章。论述机床的传动与变速、主轴部件以及导轨与支承件的设计原理与设计方法。在学完第一单元几种典型通用机床之后,紧接着讲述机床三大主要组成部分(传动机构、执行件和支承件)的设计原理,既可进一步深化理解典型机床,又能把部件设计与具体机床密切联系起来,有利于更好地掌握设计原理。这三章还把机床的精度、刚度、振动、热变形、噪声、爬行等基本理论问题与机床部件的设计结合起来讲述。并适当介绍了有限元法和优化设计等现代设计计算方法在机床设计中的应用。

第三单元包括第七、八、九、十章。讲述齿轮加工机床、自动机床、组合机床和数控机床。这几种机床的原理、传动和构造同第一单元介绍的机床相比有较突出的特点。在这个单元里,着重论述它们独特部分的原理与设计问题,作为前面两单元的补充和扩展。

第四单元为第十一章。综合论述机床总体设计的有关问题以及机床性能试验。在前面三个单元的基础上来学习这些内容,便能够更好的理解。

本书由杨荣柏(绪论、第四、七章、附录)、刘宣藩(第二、八、九章)、陈尔昌(第六、十一章)、钟华珍(第三、五章)、刘葆连(第一、十章)编写,由杨荣柏主编,由杨叔子审阅。

编 者

一九八四年十月

目 录

绪 论	1
第一章 车床	
第一节 普通车床的功能与运动	5
第二节 CA6140 型普通车床的组成和主参数	7
第三节 CA6140 型普通车床的主传动链	8
第四节 CA6140 型普通车床的进给传动链	13
第五节 CA6140 型普通车床的主要部件	22
第六节 CG6125B 型高精度精密车床	37
第七节 车床的主要类型与品种	41
第二章 钻床、镗床和铣床	
第一节 钻床	49
第二节 镗床	56
第三节 铣床	66
第三章 磨床	
第一节 磨削加工的特点	71
第二节 外圆磨床	72
第三节 磨床的主要类型	88
第四节 磨床的主要附属装置	95
第四章 机床的传动与变速系统	
第一节 机床的动力参数	101
第二节 机床的运动参数	104
第三节 有级变速系统的基本原理	109
第四节 有级变速系统的设计	115
第五节 变速系统的优化设计简介	129
第六节 变速系统的功率和扭矩特性	134
第七节 无级变速系统的设计	135
第八节 进给传动与空行程传动	139
第五章 主轴部件	
第一节 对主轴部件的基本要求	143
第二节 主轴的滚动轴承	144
第三节 主轴部件的结构设计	147
第四节 主轴部件工作性能的分析	158
第五节 静压滑动轴承	176
第六节 动压滑动轴承	186
第六章 导轨与支承件	
第一节 对导轨与支承件的基本要求	190
第二节 导轨的形式和类型	191

第三节	普通滑动导轨	194
第四节	动压、静压及卸荷导轨	198
第五节	滚动导轨	206
第六节	导轨的导向精度	209
第七节	导轨的精度保持性	211
第八节	移动部件低速运动的均匀性	215
第九节	导轨和支承件的刚度	220
第十节	导轨和支承件的抗振性	227
第十一节	支承件的热变形	229
第十二节	支承件性能的有限元法分析	231
第十三节	导轨与支承件的材料	239
第七章 齿轮加工机床		
第一节	齿形表面的形成和成形运动	242
第二节	机床的运动联系	245
第三节	滚齿的运动和运动联系	246
第四节	Y3150E 型滚齿机传动系统分析	253
第五节	圆柱齿轮磨齿机	260
第六节	圆锥齿轮加工机床	265
第七节	传动链的精度、刚度和扭转振动	272
第八章 自动车床		
第一节	C1325 型自动车床的传动系统	282
第二节	C1325 型自动车床的主要机构	286
第三节	C1325 型自动车床的工作循环	289
第四节	单轴纵切和多轴自动车床简介	294
第九章 组合机床		
第一节	组合机床的组成与类型	297
第二节	组合机床的动力部件	301
第三节	组合机床设计的要点	307
第四节	组合机床自动线简介	315
第十章 数控机床		
第一节	数控机床的工作原理	318
第二节	伺服驱动元件	326
第三节	进给传动机构	329
第四节	位置检测装置	333
第五节	主传动及主轴部件	336
第六节	自动换刀装置	338
第十一章 机床的总体设计与试验		
第一节	机床的总体设计	341
第二节	机床的艺术造型	348
第三节	机床的性能试验	351
附录 《金属切削机床型号编制方法》简介		
		369

绪 论

一、机床在国民经济中的地位及我国机床工业的发展概况

金属切削机床(简称机床)是以切削方法加工金属零件的机器,是制造机器的机器,所以,又称“工作母机”或“工具机”。

在国民经济各部门中,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、形状精度和表面光洁度目前主要靠切削加工的方法来达到,所以,机床担负的工作量约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,约在(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一个重要标志。

解放前,我国是半封建、半殖民地社会,落后的生产关系束缚了生产力的发展,工农业生产和科学技术都十分落后。那时,没有独立自主的机械制造业,更谈不上机床制造业,只有少数工厂制造一些简单的皮带车床、牛头刨床和砂轮机等。据统计,1949年全国机床年产量仅一千多台,不到十个品种;机床拥有量约六万台,其中多数还是进口的。

新中国成立后,党和人民政府对机床工业的发展非常重视。在三年经济恢复时期,把一批旧机器厂改建为生产机床的专业厂,仿制国外的一些机床,为我国机床工业奠定了基础。第一个五年计划期间,又扩建和新建了一些机床厂,并且相继成立了北京机床研究所、大连组合机床研究所和广州机床研究所,开始进行机床的试验研究工作,由仿制逐步过渡到自行设计。在此期间,机床年产量和品种不断增加。以后,在全国各地又陆续建立了大批机床厂,并在一些老机床厂成立了专业机床研究所,机床的设计与制造得到进一步发展,能够生产技术较复杂的大型的、精密的和自动化的机床,机床年产量和品种也有很大的增长。

三十多年来,我国机床工业从无到有、从小到大地发展成为产品品种基本齐全、机床厂遍布全国的较完整的体系,年产量已经稳定在十万台左右。迄今,累计生产机床二百多万台,为1949年全国机床拥有量的三十倍。能够生产包括仪表机床、高精度机床、重型机床和高效自动化机床在内的各类机床一千五百多个品种,其中高精度机床一百三十多种,数控机床四十多种。目前,我国机床工业已具备成套装备大型现代化工厂的能力,机床品种日趋齐全,基本上能满足我国经济建设的需要,而且有些产品已进入国际市场。

我国机床工业发展是迅速的,成就是很大的。但是,同世界先进水平相比,差距还比较大。为了适应我国工业、农业、国防和科学技术现代化的需要,为了提高机床产品在国际市场上的竞争能力,必须进一步掌握先进技术,深入开展机床基础理论的研究,大力发

展重型和超重型机床、高精度和超高精度机床、数控机床和柔性生产线等产品，努力提高机床质量和技术水平，以及增加精密机床、数控机床和高效机床的比重，争取使我国的机床生产早日达到世界先进水平。

二、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、电加工机床、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。

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。

按照机床工艺范围大小(万能性程度)，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：这类机床用于完成某一类型但尺寸不同的工件加工一种或几种特定工序。例如凸轮轴车床、车轮车床、轧辊车床等。

(3) 专用机床：这类机床专门用于完成某一种工件加工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。

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。例如普通车床、精密车床、高精度车床。

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10吨的为大型机床，重量在30吨以上的为重型机床，重量在100吨以上的则称超重型机床。

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—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

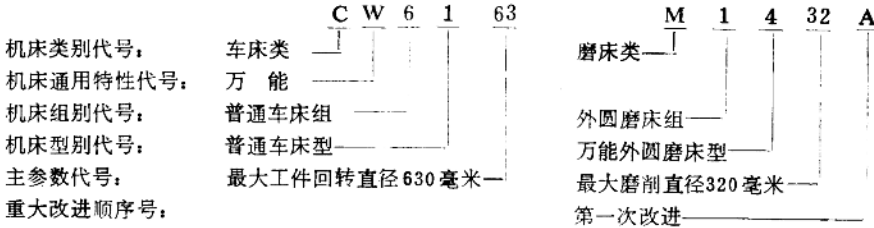
大切削宽度；插床及牛头刨床为最大加工长度；齿轮加工机床为最大工件直径等。有些机床的主参数不用尺寸表示，例如，拉床的主参数为最大拉力。

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。

各类机床的主参数和第二主参数的规定，详见附录。

3. 机床的型号

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。现在我国机床的型号是按1976年公布的第一机械工业部标准 JB1838—76《金属切削机床型号编制方法》（见附录）编制。该标准规定，机床型号由若干个汉语拼音字母和阿拉伯数字组成，例如，CW6163、M1432A 的含义如下：



我国机床型号的编制方法，自1957年以来变动过四次。目前，工厂中使用的或生产的机床的型号有一些是按照前几次机床型号编制办法编制的，这些型号的含义需查阅1957年、1959年、1963年和1971年历次公布的有关机床型号编制的规定。

三、对机床的基本要求

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、形状精度和表面光洁度。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持久性，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。

第一章 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，车床有普通车床、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。它们的共同特点是：

- (1) 大多数车床是以工件旋转运动为主运动，以刀具移动为进给运动；
- (2) 除立式车床外，都是卧式布局，即工件轴线或主轴轴线呈水平布置。

各种车床中，普通车床是用途最广的一种通用机床，它的传动和构造也很典型。本章首先通过对普通车床的典型剖析，较详细地介绍机床的功能、技术参数、运动与传动以及主要部件，从而掌握普通车床的传动与构造的原理；同时学习分析机床的一般方法与步骤，达到举一反三的目的。然后，再扼要介绍其他车床的主要特点和产生不同型式机床的原因，借以了解车床类型品种概况。

第一节 普通车床的功能与运动

了解和分析机床，一般可按照下列步骤进行：

- (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光洁度；
 - (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。
- 下面大体上按这些步骤来介绍普通车床。

一、机床的功能

普通车床是一种工作范围很广的通用机床。它主要用来车削轴类、套筒类和盘类零件的内、外圆柱面，内、外圆锥面，端面和环槽，回转体曲面，以及各种内、外螺纹等。也可以用钻头、扩孔钻和铰刀等来加工孔，用丝锥、板牙来加工尺寸较小的内、外螺纹等。具有车削公制、英制、模数和径节螺纹功能的普通车床是普通车床的万能型。

二、机床的运动

普通车床和其他金属切削机床一样，靠刀具与工件之间的相对运动，切去毛坯上的余量而形成所需要的形状和尺寸的工件表面。形成工件表面所需的刀具与工件之间的相对运动叫做表面形成运动，简称成形运动。这种运动是机床上必不可少的运动。成形运动的形

式和数目主要由工件表面形状和刀具形式决定。

普通车床工作范围很广，现选择几种有代表性的车削加工来分析需要的成形运动。

车削内、外圆柱面的成形运动为工件的旋转运动 n 和车刀平行于工件轴线的直线运动 S_1 (图1-1a)。

车削端面和切槽的成形运动为工件的旋转运动 n 和车刀垂直于工件轴线的直线运动 S_2 (图1-1b)。

车削内、外螺纹的成形运动为工件的旋转运动 n 和车刀平行于工件轴线的直线运动 S_3 (图1-1c)。车削螺纹的成形运动的数量和形式虽然与车内、外圆柱面相同，但是两者的运动性质有所不同。车削螺纹时，工件的旋转运动 n 和车刀的直线运动 S_3 之间必须保持严格的运动关系，即当工件旋转一整转的同时，车刀必须平行于工件轴线准确地移动一个导程。由这种必须保持严格的运动关系的两个运动组合而成的一个运动，称为复合成形运动。也可以这样来理解：车削螺纹时，车刀与工件之间的运动轨迹应是螺旋线，它们之间的相对运动显然是一个螺旋运动。在车床上，为了便于实现螺旋运动，将它分解为彼此具有严格的运动关系的工件旋转运动和车刀直线运动。而车削内外圆柱面及端面时，工件和车刀的运动就不必具有

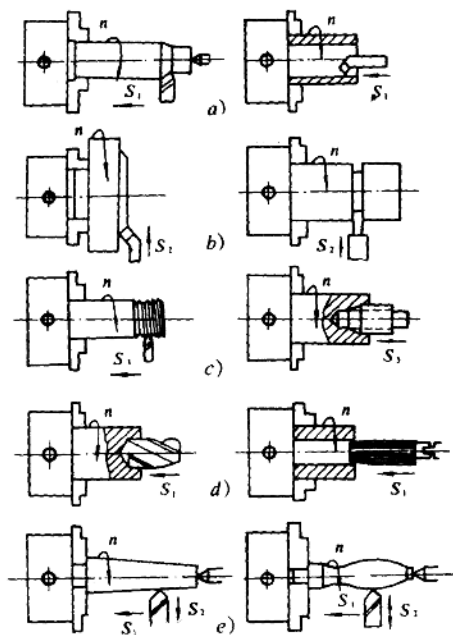


图 1-1

严格的运动关系。这种各自独立的旋转或直线运动，称为简单成形运动。图1-1d)所示钻孔和铰孔的成形运动，也是两个简单成形运动。

图1-1e)所示为车削锥面和曲线回转表面的情况，工件旋转运动 n 是一个简单成形运动，而车刀纵向和横向两个直线运动 S_1 和 S_2 组合成一个复合成形运动。这因为，锥面和曲面的形成也要靠纵向和横向两个直线运动之间保持严格的运动关系才能获得。

综上所述，普通车床必须具备：(1) 工件旋转运动 n ，这是机床的主运动；(2) 刀具的纵向进给运动 S_1 和横向进给运动 S_2 ，用于普通车削，以及刀具的螺纹进给运动 S_3 ，用于车削螺纹。主运动的速度最高，消耗功率最多；进给运动的速度较低，消耗功率较小。

除了成形运动之外，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，则切入运动也需进行多次。

在车削过程中，刀具的趋近和退出，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。

三、机床的运动联系

现在进一步讨论在车床上是怎样实现上述几种成形运动的。

图 1-2 为普通车床的传动原理图 (或称运动联系图), 它概略地表示普通车床实现成形运动的情况。主轴部件和刀架部件是分别用来装夹工件和车刀并带着它们运动的部件, 称为执行件。要使执行件获得一定速度和方向的运动, 还要有运动源 (如电动机) 和将运动传递到执行件的传动链。由图可见, 普通车床的传动链有:

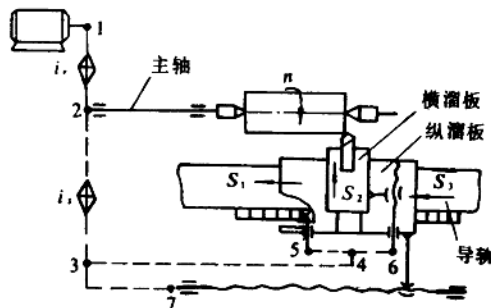


图 1-2

- (1) 实现主运动的主传动链: 电动机—1— i_v —2—主轴;
- (2) 实现纵向进给运动的纵向进给传动链: 主轴—2— i_s —3—4—5—刀架纵溜板;
- (3) 实现横向进给运动的横向进给传动链: 主轴—2— i_s —3—4—6—刀架横溜板;
- (4) 实现螺纹进给运动的螺纹进给传动链: 主轴—2— i_s —3—7—丝杠—刀架纵溜板。

传动链中, 虚线表示固定传动比部分; i_v 、 i_s 表示可变传动比部分 (即变速机构), 用来改变运动的速度和方向, 以适应不同加工的需要。

需要说明的是, 三条进给传动链都不是从电动机直接传到各执行件, 而是从主轴传到执行件。对于螺纹进给传动链来说, 必须把主轴和刀架纵溜板联系起来, 才能保证工件与刀具两者之间严格的运动关系。纵向和横向传动链虽然没有这种要求, 但进给量是以主轴每转一转时刀架溜板移动量 (毫米/转) 来计算的, 而且要共用一套变速机构 i_s , 所以, 这两条传动链也就从主轴传到刀架纵溜板和横溜板。

第二节 CA6140 型普通车床的组成和主参数

一、组成部件

图 1-3 为 CA6140 型普通车床的外观图。机床的主要组成部件如下:

床头箱 (主轴箱) 1: 它固定在床身 6 的左上角, 箱内装有主轴和主传动的变速机构, 主轴带动工件按需要的转速旋转, 以实现主运动。

进给箱 (走刀箱) 2: 它固定在床身的左前面, 内装有进给运动的变速机构, 用来变换进给量和各种螺纹的导程。

溜板箱 3: 它位于床身的前面, 并与装在床身上的纵溜板固定在一起, 箱内装有纵向、横向进给和螺纹进给的传动机构用以分配和改变运动方向。它与进给箱之间用床身前面的光杠和丝杠相联。另外, 溜板箱内还有快速传动机构。

刀架 4: 它由纵溜板、横溜板、上溜板和方刀架等组成。刀具装夹在方刀架上。纵溜板和横溜板都能作机动进给运动。上溜板只能手动。方刀架可以转位。

尾座 5: 它装在床身的尾架导轨上, 并可沿此导轨纵向调整位置。在加工细长的轴类零件时, 用尾座顶尖支承工件的一端。也可在尾座套筒锥孔中装钻头、铰刀等来加工内孔。

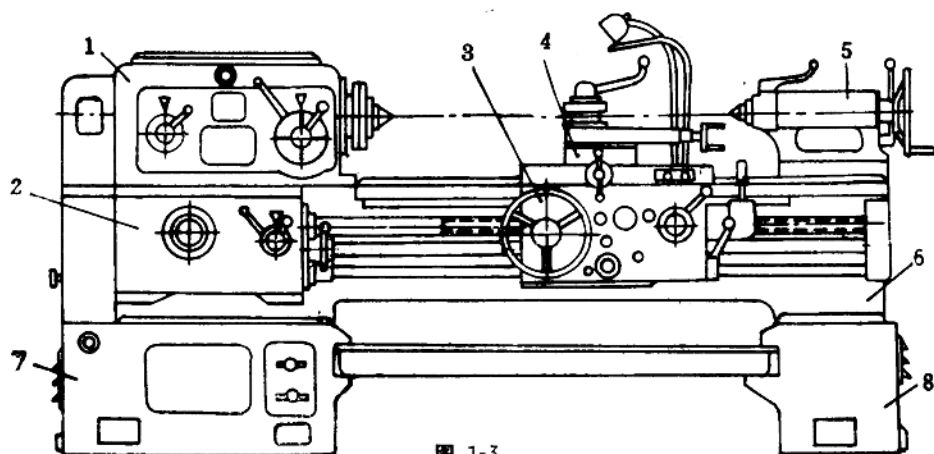


图 1-3

床身 6：它装在两个床脚 7、8 上面。床身是整个机床的支承件，车床的各主要部件都装在床身上，有的则固定安装，有的可在床身上运动。为使它们在工作时保持准确的相对位置，床身应有足够的刚度和精确的导轨。

此外，有左、右床脚 7、8，左床脚内装主电动机和润滑系统，右床脚装有冷却系统。床身的左侧面装有挂轮，将进给运动从主轴传到进给箱。机床上还有电气设备及照明。

二、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。CA6140 型普通车床的主参数为床身上最大工件回转直径 400 毫米，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 210 毫米(图1-4)，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、2000 毫米，以适应不同需要，供用户选用，其中最常用是 1000 毫米。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。

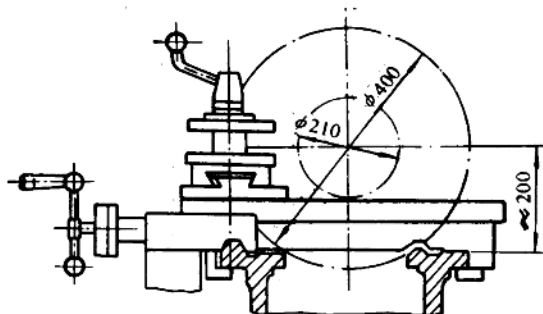


图 1-4

第三节 CA6140 型普通车床的主传动链

图 1-5 为 CA6140 型普通车床的传动系统图，它把前述机床运动和运动联系加以具体化，并将每条传动链中的传动机构用规定符号(见国家标准 GB138—74 机动示意图中的规

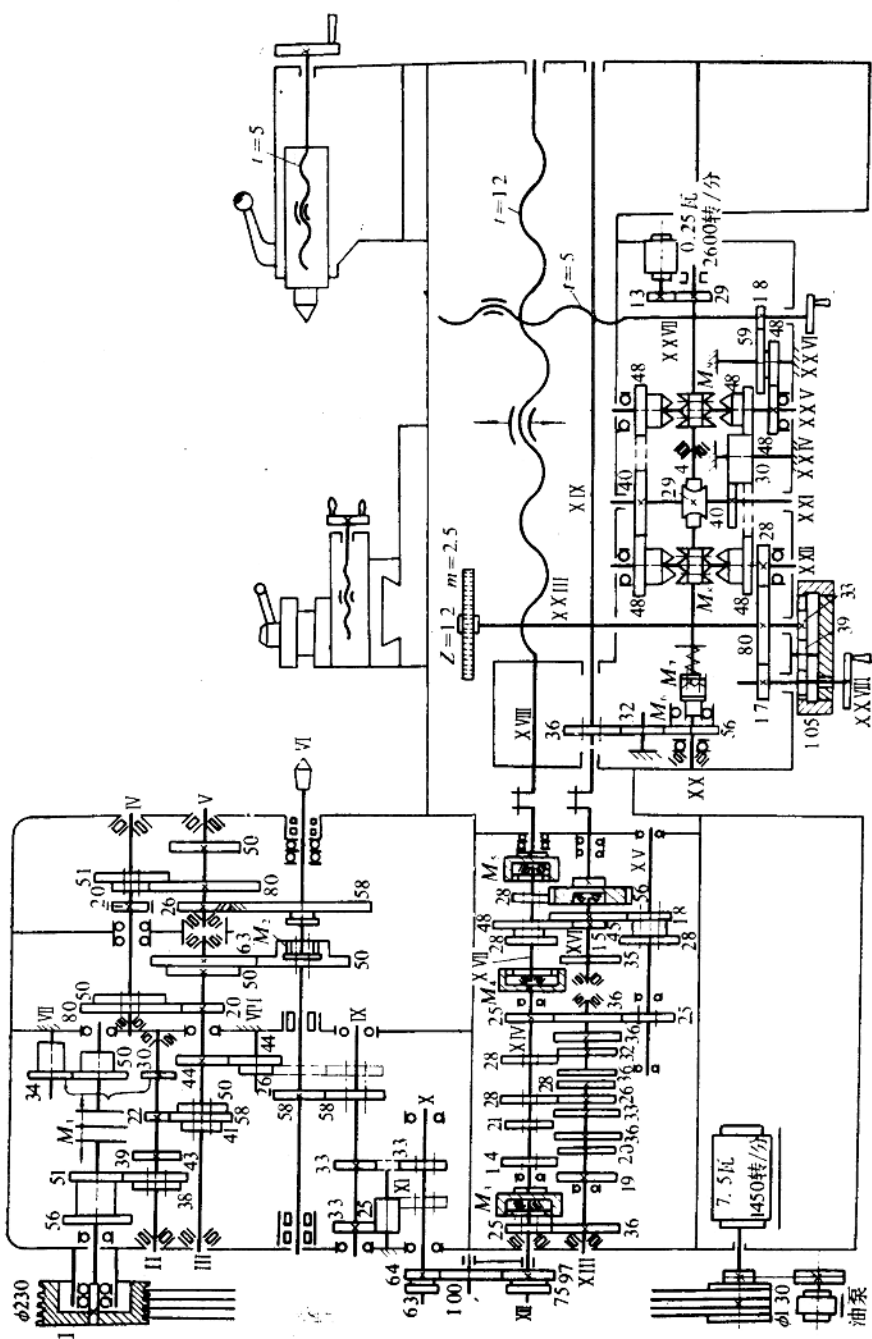


图 1-5

定符号)表示出来,同时标明了齿轮和蜗轮的齿数、丝杠和蜗杆的导程与头数、皮带轮直径、电动机功率和转速等。传动系统图是机床运动和传动的示意图。它可以用来对机床进行传动分析和运动调整计算。在了解一种具体机床时,一般应从机床传动系统图分析入手,根据机床的成形运动、将传动链逐条看懂。分析传动链的方法是:首先找到传动链所联系的两个末端件,然后从一个末端件向另一个末端件查明传动路线,最后对传动链中的传动机构作具体分析和运动计算。

主运动传动链的两个末端件是电动机和主轴,传动路线由电动机经皮带传动、床头箱中的换向机构、变速机构而至主轴。下面对主传动链中较复杂的变速机构作较详细的分析。

一、主轴的转速和转速级数

为了满足各种车削加工的需要,CA6140型普通车床主运动的转速能在一定范围内改变,其主轴正转有二十四级转速,转速范围为10~1400转/分。

如图1-5所示,主轴正转的传动是由轴I上摩擦离合器 M_1 向左接合时实现的。主轴变速靠几个滑移齿轮变速组的不同传动比搭配来实现。从轴I至主轴VI的传动分两条传动路线:

(1) 高速传动路线为轴I→轴II→轴III→轴VI。这时,主轴上的齿轮50左移与轴III上的齿轮63啮合(图示位置)。这条传动路线可得到 2×3 六级转速。

(2) 低速传动路线为轴I→轴II→轴III→轴IV→轴V→轴VI。这时,主轴上的齿轮50右移使 M_2 接合。

从图上可看出,理应有 $2 \times 3 \times 2 \times 2$ 二十四级转速。但是,实际上只有十八级转速,因为轴III→轴IV→轴V之间的 2×2 四种传动比中有两个接近于重复。即

$$i_1 = \frac{20}{80} \times \frac{20}{80} = \frac{1}{16}, \quad i_2 = \frac{50}{50} \times \frac{20}{80} = \frac{1}{4},$$

$$i_3 = \frac{20}{80} \times \frac{51}{50} \approx \frac{1}{4}, \quad i_4 = \frac{50}{50} \times \frac{51}{50} \approx 1,$$

其中 $i_2 \approx i_3$,有效传动比只有三种,所以低速传动路线转速级数为 $2 \times 3 \times 3 = 18$ 种。

主轴的各级转速,可用列出传动链的运动平衡式来计算。传动链运动平衡式列写方法是:首先,确定传动链两末端件的“计算位移”,所谓计算位移是指在同一时间间隔内两末端件的位移量。主传动链的计算位移就是电动机转速 n_0 (转/分)和主轴转速 n_v (转/分)。然后,把传动链中所串连的传动比与计算位移列写出运动平衡式

$$n_v = n_0 \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_k = n_0 \cdot \frac{Z_1}{Z'_1} \cdot \frac{Z_2}{Z'_2} \cdot \dots \cdot \frac{Z_k}{Z'_k} \quad (1-3-1)$$

式中, $i_1, i_2, \dots, i_k$ 分别为各变速组的传动比; $Z_1, Z_2, \dots, Z_k$ 分别为各变速组的主动齿轮齿数; $Z'_1, Z'_2, \dots, Z'_k$ 分别为各变速组的从动齿轮齿数。

对本机床主传动链运动平衡式可写为

$$n_v = n_0 \cdot \frac{D}{D'} (1 - \varepsilon) \cdot \frac{Z_{1-III}}{Z'_{1-III}} \cdot \frac{Z_{III-V}}{Z'_{III-V}} \cdot \frac{Z_{V-VI}}{Z'_{V-VI}} \quad (1-3-2)$$

式中, Z, Z' 分别表示主动、从动齿轮齿数; Z_{1-III} 表示轴I与轴III之间的传动齿轮,余类推; D, D' 分别表示主动、从动皮带轮的直径; ε 表示三角带传动的滑动系数,可取 $\varepsilon = 0.02$ 。

* 机床传动链计算中的传动比规定为从动轴转速与主动轴转速之比,或主动齿轮齿数与从动齿轮齿数之比,它跟机械原理书中的速比恰好相反,即两者互为倒数。

利用运动平衡式,将各种搭配情况下滑移齿轮齿数逐一代入,可算出主轴的二十四种转速。下面只列出高速传动路线最高转速的算式和低速传动路线最低转速的算式:

$$n_{i\max} = 1450 \times 0.98 \times \frac{130}{230} \times \frac{56}{38} \times \frac{39}{41} \times \frac{63}{50} \approx 1400 \quad (\text{转/分}); \quad (1-3-3)$$

$$n_{i\min} = 1450 \times 0.98 \times \frac{130}{230} \times \frac{51}{43} \times \frac{22}{58} \times \frac{20}{80} \times \frac{26}{58} \approx 10 \quad (\text{转/分}). \quad (1-3-4)$$

CA6140 型普通车床主轴变速分为高速传动和低速传动两个分支,其目的是,使高速传动路线短(只经过三对齿轮便传动到主轴),有利于提高传动效率和减小噪声。

二、主轴转速数列

CA6140 型普通车床主轴最高转速 $n_{i\max}$ 为1400转/分,最低转速 $n_{i\min}$ 为10转/分。显然,最高转速是由该车床使用最大切削速度 $V_{\max}$ 和在此速度下工件合理最小直径 $d_{\min}$ 来确定的;最低转速是由该车床使用最小切削速度 $V_{\min}$ 和在此速度下工件合理最大直径 $d_{\max}$ 来确定的。

在生产实践中,中型普通车床用硬质合金车刀半精车钢料工件时,用到最大的切削速度,约为200米/分,这时车削的最小直径一般取50毫米是合理的,于是得

$$n_{v\max} = \frac{1000V_{\max}}{\pi \cdot d_{\min}} = \frac{1000 \times 200}{\pi \times 50} = 1270 \quad (\text{转/分}). \quad (1-3-5)$$

考虑技术发展和参照先进的同类车床,故取1400转/分。

在普通车床上精车丝杠(或蜗杆)使用的切削速度最低,一般为1~1.5米/分,而加工丝杠的最大直径约为40毫米,于是得

$$n_{i\min} = \frac{1000V_{\min}}{\pi \cdot d_{\max}} = \frac{1000 \times 1.25}{\pi \times 40} \approx 10 \quad (\text{转/分}). \quad (1-3-6)$$

在主轴最低转速与最高转速范围内,转速的排列采用了等比数列。高速的六级转速,其公比 φ 为1.25的等比数列,即1400、1120、900、710、560、450;低速的十八级转速,其公比 φ 也为1.25的等比数列,即500、400、320、...、16、12.5、10。这种等比数列比其他数列(如等差数列)合理,且变速机构易于实现(详见第四章)。所以,各种通用机床主运动和进给运动速度基本上都采用等比数列。

三、转速图

机床上等比数列的主轴转速,一般由几个变速组的各自不同的传动比搭配而得到。显然,这几个变速组的传动比必然要遵循一定的规律。为了弄清这些规律,最好利用“转速图”

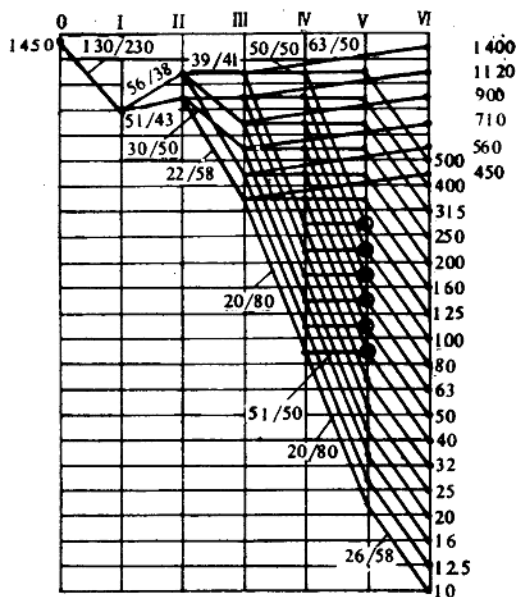


图 1-6