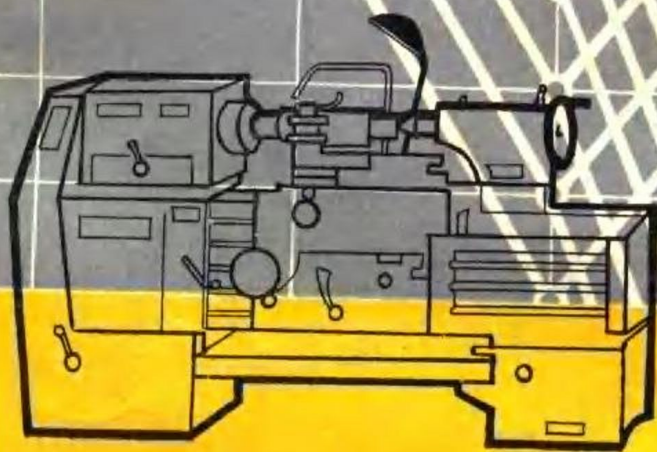


高等学校教学用书

金属 切削 机床

方元青 编著



中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书是根据八二年机床教编会议制定的《机床概论》与《机床设计》教学大纲编写的。

该书是在深入分析现有机床教材的基础上,从有利于全面掌握认识、分析、设计机床的基本规律出发,除对车床、铣床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、数控机床、自动与半自动机床、组合机床等作了概述外,还系统地阐述了机床主轴、支承件导轨、变速系统及机床的总体设计,并适当介绍了分析和设计机床的新概念、新方向,使本书将机床概论和机床设计的理论与方法融为一体,体系新颖、概念清楚、内容丰富。

本书可作为高校机械制造、机械设计、机械电子等专业的教材,也可供职大、业大、函大选用和机械行业科技人员参考。

责任编辑: 安乃勇

技术编辑: 关湘雯

高等学校教学用书

金属切削机床

方元青 主编

中国矿业大学出版社出版

新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本787×1092毫米1/16 印张 19.5字数480千字

1990年12月第一版 1990年12月第一次印刷

印数: 1—3000册

ISBN 7-81021-284-2

TH·3(课)

定价: 3.90元



前 言

本书是根据1982年机械制造专业教材编审委员会制订的《金属切削机床概论》与《金属切削机床设计》的教学大纲精神,结合教学和生产实践的需要,而合并编写为《金属切削机床》。在编写中对机床概论与机床设计的基本理论作了简明、重点的阐述;系统的叙述了认识、分析、设计机床的基本方法与其内在规律;阐明了机床性能、运动、传动、结构的特点和原理;并适当介绍了分析和设计机床的新概念、新方向。

在编写中本书力求概念清楚、层次分明,保证重点,照顾全面;以分析说明基本理论为主,兼顾拓宽知识。本书便于课堂讲授与自学。可作为高等工业院校机械制造工艺设备、机电一体化专业、以及类似专业的教材,也可供有关工程技术人员参考。

在编写过程中,得到了有关兄弟院校与机床研究、设计、生产单位的支持和帮助,在此表示衷心的感谢。参加本书编写工作的有:绪论、附录方元青;第一章陈国柱;第二章冷作相;第三章安乃隽;第四章方元青、陈国柱;第五章方元青;第六章王建军;第七、八章吴士文;第九章于建华;第十章芮庆;第十一章冷作相、王建军。全书由方元青、王建军统稿。

编 者

1989年5月

目 录

绪论	(1)
第一章 车床	(5)
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技术性能	(5)
第三节 CA6140型普通车床的传动系统	(7)
第四节 CA6140型普通车床的主要结构	(19)
第五节 其它车床	(31)
第二章 铣床、钻床和镗床	(36)
第一节 铣床	(36)
第二节 钻床	(42)
第三节 镗床	(50)
第三章 磨床	(61)
第一节 外圆磨床	(61)
第二节 普通内圆磨床	(70)
第三节 平面磨床	(71)
第四章 机床变速系统的设计	(73)
第一节 机床的基本参数	(73)
第二节 有级变速系统的设计	(81)
第三节 无级变速系统的设计	(102)
第五章 主轴部件	(104)
第一节 对主轴部件的基本要求	(104)
第二节 主轴滚动轴承	(105)
第三节 主轴部件支承的配置	(111)
第四节 主轴部件的设计分析与计算	(116)
第五节 主轴滑动轴承	(123)
第六章 支承件与导轨	(131)
第一节 支承件设计概述	(131)
第二节 支承件的静态设计	(132)
第三节 支承件的动态设计和热变形特性	(141)
第四节 支承件的有限元分析方法	(147)
第五节 导轨概述	(150)
第六节 滑动导轨	(152)
第七节 其它导轨	(163)

第八节 导轨的低速运动平稳性·····	(166)
第七章 齿轮加工机床·····	(170)
第一节 齿形表面的形成及所需的成形运动·····	(170)
第二节 机床的传动联系和传动原理图·····	(173)
第三节 圆柱齿轮滚齿机·····	(174)
第四节 圆柱齿轮插齿机·····	(184)
第五节 圆柱齿轮磨齿机·····	(187)
第六节 圆锥齿轮加工机床·····	(190)
第七节 提高内联传动链传动精度的设计·····	(197)
第八章 自动和半自动车床·····	(200)
第一节 C1312型单轴六角自动车床·····	(201)
第二节 C1312型机床调整卡的拟定及凸轮设计·····	(213)
第三节 CB3463-1型半自动转塔车床·····	(219)
第九章 数控车床·····	(227)
第一节 概述·····	(227)
第二节 数控机床的驱动设备与检测元件·····	(230)
第三节 数控机床的结构·····	(237)
第四节 JCS-013型自动换刀数控镗铣床·····	(246)
第五节 数控机床的发展及其应用·····	(251)
第十章 组合机床·····	(253)
第一节 组合机床的组成与分类·····	(253)
第二节 组合机床的设计·····	(256)
第三节 组合机床的通用部件·····	(259)
第四节 组合机床自动线简介·····	(263)
第十一章 机床总体设计与现代设计·····	(267)
第一节 机床总体设计·····	(267)
第二节 机床的美学设计·····	(270)
第三节 机床的宜人学设计·····	(274)
第四节 机床的模块化设计·····	(276)
第五节 机床的优化设计·····	(277)
附录 I ·····	(281)
附录 II ·····	(296)
参考文献·····	(303)

绪 论

一、金属切削机床在国民经济中的地位

金属切削机床是用切削的方法将金属毛坯加工成机械零件的机器，是制造机器的机器，所以又称为“工作母机”，习惯上称为机床。

在国民经济各工农业生产、科研与国防部门中，均使用着大量的机器、仪器、仪表和工具等。生产各类机械零件并将它们装配成为机器、仪器、仪表、工具的工业，称为机械制造业。在机械制造业中，切削加工是主要的加工方法，各类机械零件的尺寸精度、形状精度和表面粗糙度主要是依靠切削加工的方法来达到。因此，机床的工作量约占机械制造业中总工作量的40~60%。另外，机床的质量、技术水平又直接影响着机械产品的质量和产量。所以一个国家生产机床的质量、产量、品种、技术水平是衡量整个工业水平的重要标志。

二、我国机床工业的发展

我国机床工业是在新中国成立后才逐步建立起来的。解放前，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长期处于落后状态，没有独立的机械制造业，更谈不上机床制造业。当时仅有少数工厂能制造一些皮带车床、牛头刨床，而年产量也只有一千多台。据统计，1949年全国机床拥有量仅有六万台，其中多数是进口的。

新中国成立后，国家对机床工业发展非常重视，把有些旧的机器厂改建为生产机床的专业厂。以后，又陆续扩建和新建了许多机床厂，还相继成立了一些综合的和专业的机床研究所，并开始自行设计机床新产品和开展试验研究工作，使机床的产量、质量、品种不断改善。目前，我国基本上已形成比较完整的机床制造业体系。

四十年来，我国机床工业从无到有，从小到大，产品品种日趋齐全，能生产包括仪表机床、重型机床和高精度机床在内的先进产品。有些机床性能已经接近或达到世界先进水平，有些机床产品已经进入国际市场。目前，我国机床工业已具备可成套装备大型现代化工厂的能力，基本上能满足国家经济建设的需要。但是，与世界先进水平相比，在质量、精度保持性以及生产率、数控化方面差距还是明显的。为此应当加强机床基础理论的研究，提高技术水平，结合国外先进技术，大力发展重型和超重型机床、高精度和超高精度机床，增加数控机床和高效机床的比例，使我国机床工业达到世界先进水平。

三、机床的分类与型号

现有机床的种类繁多，为了便于使用与管理，需加以分类。

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。目前，我国将机床分为十二大类：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、切断机床及其它机床。在每一大类中又细分为若干

组与若干型（详见附录 I）。

除上述基本分类法外，还可按机床的其它特征进行分类。例如，按照使用上的万能性程度、自动化程度、加工精度、以及重量等进行分类。

按照万能性程度，可分为：

1. 通用机床 加工范围较广，万能性大，可用于加工多种工件的不同加工工序。通用机床的传动与结构较复杂。例如，普通车床、万能升降台铣床、摇臂钻床等。

2. 专门化机床 专门用于加工不同尺寸的同类零件中的某一种（或几种）特定工序。例如，丝杠车床、凸轮轴车床、曲轴连杆颈车床等。

3. 专用机床 用于加工某一种（或几种）零件的特定工序。专用机床是根据特定的工艺要求专门设计制造的，因此生产率、自动化程度都较高。例如，组合机床、专用镗床等。

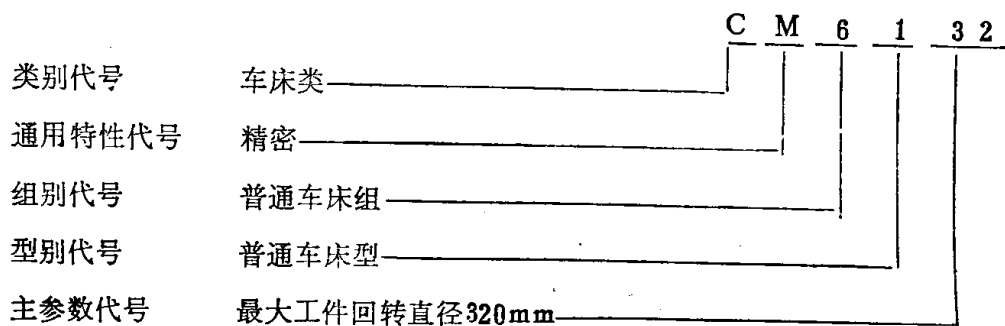
按照加工精度不同，在同一种机床中又可细分为普通精度、精密和高精度三种等级。

按照重量和尺寸不同，机床可分为仪表机床、中型机床、大型机床和重型机床。一般重量达到10~30t的为大型机床；达到30t以上的为重型机床；超过100t的为超重型机床。

按照自动化程度不同，可分为手动、机动、半自动与自动机床。

机床的型号就是一种代号，用以简明地表示机床的类型、主参数、性能和结构特性。目前，我国机床的型号是按照原第一机械工业部颁布的标准JB1838-76《金属切削机床型号编制方法》（见附录 I）编制的。

JB1838-76中规定，采用汉语拼音字母和阿拉伯数字相组合的方式来表示机床型号。例如，CM6132的含义如下：



我国机床的编制方法，自1957年以来已变换过四次。目前，工厂中使用或生产的机床型号，有一些是按照前几次机床型号编制方法编制的，这些型号的含义需查阅1957年、1959年、1963年和1971年历次公布的有关编制方法。

四、机床应满足的基本要求

机床首先要满足使用与制造的要求，要符合综合经济技术指标。具体要求如下：

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，即机床上可以完成的工序种类、能加工零件类型、尺寸范围、毛坯和材料种类等。一般来说，当机床工艺范围宽，则可用于加工一定尺寸范围的各种零件的多种工序，但其机床结构复杂、制造成本高。

生产率低，适用于产品批量小、加工对象经常变动的单件、小批生产。当机床工艺范围窄，则只能用于加工一定尺寸范围内的一类或少数几类零件的特定工序，此类机床结构较简单，容易实现自动化，生产率高，适于大批量生产。因此，在机床设计中要合理地选择工艺范围。

2. 加工精度

机床加工精度是指被加工零件所能达到的尺寸精度、形状精度和表面粗糙度。根据机床的种类和使用条件，它们在国家制定的机床精度标准中都有相应的规定。尽管不同机床有不同的精度标准，但是，评价一台机床的质量，都是以机床的加工精度作为最基本的要求。

机床加工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影响。几何精度是指机床主要部件间的相互位置精度和主要零件的精度；传动精度是指机床传动链各末端执行件间运动的协调性与均匀性，它对内联系传动链更为重要。

机床加工精度应符合加工零件的要求，盲目提高加工精度，将增高制造成本。

3. 生产率与自动化程度

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。在保证机床加工精度的前提下，要尽可能提高机床生产率。生产率计算公式如下：

$$Q = \frac{1}{T} = \frac{1}{T_c + T_a + \frac{T_p}{n}} \quad (\text{件/小时})$$

式中 Q ——单位时间内机床加工工件的数量（件/小时）；

T ——加工一个工件的总时间；

T_c ——单件切削时间；

T_a ——单件辅助时间；

T_p ——加工每批工件准备、结束工作的时间；

n ——每批工件数量。

要提高机床生产率，必须减少切削时间与辅助时间，前者在于增大切削用量或采用多刀切削；后者则在于提高机床自动化程度。

4. 噪声与效率

机床噪声是一种环境污染，影响人们的身心健康与正常工作，必须采取措施，予以降低。引起机床噪声的主要原因是：传动机构的运转、切削过程的振动以及某些结构中零、部件制造装配的误差，尤其是切削速度高、功率大和自动化程度高的机床噪声更为严重。

机床的效率是指消耗在切削时的有效功率与电动机输出功率之比，它反映了输入功率的利用程度。机床效率低、不仅浪费能量而且大量消耗的功率又将转换为热能，从而引起机床热变形，影响加工精度。为保证加工精度和降低机床噪声，应设法提高机床的效率，

5. 其它

除上述要求外，机床的操作应当方便省力、安全可靠、容易掌握、不易发生误操作；机床的维护和修理应当简单方便；机床造型要美观大方、色调和谐、形体比例协调。

为使机床规范化，在设计中还必须重视机床的“三化”。机床的“三化”是指机床品种系列化、部件通用化和零件标准化。

对于上述各项基本要求，在设计机床时，要进行综合分析。根据不同要求有所侧重。

五、机床设计的步骤

机床设计的步骤一般可分为：

1. 调查研究，检索资料

调查使用部门对机床的具体要求，例如，加工范围、加工精度、生产率等；检查制造厂的生产条件；检索并收集国内、外同类机床的先进技术资料、试验研究成果、新技术应用以及有关学科的动向。对上述资料进行综合分析，以供设计中参考。

2. 拟定方案

可拟定几种方案进行分析比较。方案的内容应包括：工艺分析、主要技术参数；总体布局、传动系统、液压与电气系统、主要机构草图和技术经济综合分析，有时还包括中间试验。

3. 技术设计与总图设计

根据总体方案绘制机床总图、部件装配图、液压与电气装配图进行运动计算和动力计算。

4. 零件图设计与编写技术文件

对主要零件进行校核与验算，绘制零件图；编写零件明细表；编写机床设计说明书和机床使用说明书。

5. 样机试制与鉴定

如果所设计机床需批量生产，则应进行样机试制，以便进一步改进，并进行鉴定。

第一章 车 床

在一般机器制造厂中，车床在金属切削机床中所占的比重最大，其中又以普通车床的应用最为广泛。CA6140型普通车床是我国生产的一种典型的普通车床。本章 通过对 其剖析，了解车床的功能、技术参数、运动与传动以及主要结构，从而掌握普通车床的传动与结构特性，以便进行分析与设计。

第一节 普通车床的功能与运动

普通车床的工艺范围很广，它能完成多种多样的加工工序：车削内外圆柱面、成形回转体表面及环形槽，车削端面和各种螺纹；还可以进行钻孔、扩孔、铰孔、攻丝和滚花等工作。一般说，普通车床的自动化程度较低，加工形状比较复杂的零件时，辅助时间较多，所以主要适用于单件、小批生产的情况。

普通车床的运动有：工件的旋转运动，刀具平行于工件中心线和垂直于工件中心线的直线运动。（前者常称为纵向运动，后者则常称为横向运动）。工件的旋转运动称为主运动，速度较高，消耗功率较大。转速以每分钟工件的转数 (n/min) 表示。刀具的纵向和横向直线运动称为进给运动。进给运动的速度较低，消耗功率也较小。纵向及横向进给运动的进给量，分别以工件每转刀具移动的距离 $S_{\text{纵}}$ 和 $S_{\text{横}}$ (mm/r) 表示。纵向和横向进给运动既可由机动实现，也可由手动实现。

为了减轻操作者的劳动强度和缩短辅助时间，一般普通车床上有实现刀架纵、横向的快速移动。其运动迅速以 $v_{\text{快}}$ (m/min) 表示。

第二节 CA6140型普通车床的组成和技术性能

一、机床的组成

图1-1为CA6140型普通车床的外形图。其主要组成部件及功用如下：

1. 主轴箱 它固定在床身上，箱内装有主轴部件和主轴变速机构。主轴前端可安装卡盘、花盘等夹具，以装夹工件并带动其转动，实现主运动。改变其上手柄位置即可改变主轴转速。

2. 刀架部件 由纵向溜板、横向溜板、转盘、小刀架溜板及四方刀座等组成。可实现刀具的纵向、横向进给运动，还可以用小刀架在转盘上的不同位置，进行短锥体车削。

3. 尾座 装在床身尾部导轨上，可沿导轨调整位置，尾架套筒内可装顶尖，也可装钻头、铰刀等孔加工刀具进行孔的加工。

4. 进给箱 固定在床身左侧，箱内装有进给运动的变速机构。进给运动由丝杠或光

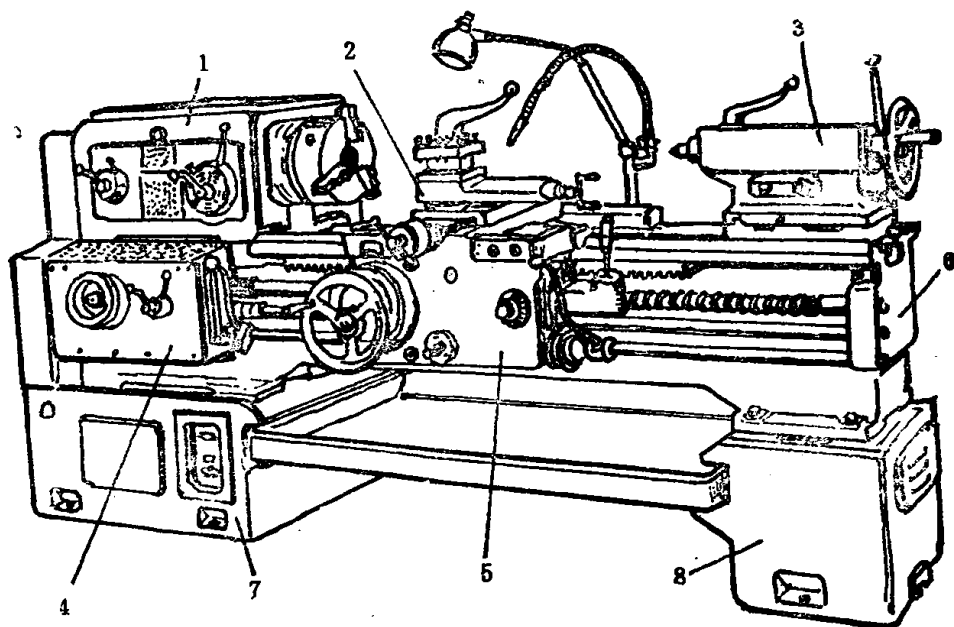


图1-1 CA6140型普通车床外形图

杠传出，改变其上手柄位置，即可改变机动进给量或加工不同螺纹。

5. 溜板箱 它与刀架部件相联。在丝杠或光杠的传动下，把运动传给刀架。由丝杠带动时，实现螺纹加工；由光杠带动时，实现刀架纵向和横向自动进给运动。其右侧装有辅助电机，用以实现刀架的纵、横向快速移动。

6. 床身 固定于床腿上，是支承车床上各主要部件并使之在工作时保持准确的相对位置的基本支承件。

7 与 8 为车床的床腿。

二、机床的主要技术性能

CA6140型普通车床的主要技术性能为：

床身上最大工件回转直径	400mm
最大工件长度	750, 1000, 1500, 2000mm
最大车削长度	650, 900, 1400, 1900mm
刀架上最大工件回转直径	210mm
主轴内孔直径	48mm
主轴内孔前端锥度	莫氏 6 号
主轴转速范围 正转24级	10~1400r/min
反转12级	14~1580r/min
进给量范围 纵向64种	0.028~6.33mm/r
横向64种	0.014~3.16mm/r
刀架快速移动速度 纵向	4.9m/min
横向	2.45m/min
加工螺纹范围 公制螺纹44种	1~192mm
英制螺纹20种	2~24牙/吋
模数螺纹39种	0.25~48mm

径节螺纹37种	1~96牙/吋
主电机	7.5kW 1450r/min
快速电机	370W 2600r/min
机床轮廓尺寸(长×宽×高)	2670×1000×1190mm
机床净重	2000kg

(后两项所指机床的最大加工长度为1000mm)

一台机床的主要技术性能表明了机床的加工范围、切削用量、动力和外形等基本参数。这对于选择机床和使用机床是必不可少的依据。其中,表明了机床最主要的参数,即床身上最大工件回转直径。

第三节 CA6140型普通车床的传动系统

图1-2为CA6140型普通车床的传动系统图,是表示机床运动传递关系的示意图。在图中用简单的符号代表各种传动元件(参阅附录Ⅱ国家标准GB138-74《机械制图——机动示意图中的规定符号》)。机床传动系统图是画在一个能反映机床外形和各主要部件相互位置的投影面上,尽可能绘在机床外形的轮廓线内。图中各传动元件是按照运动传递顺序,以展开图的形式画出来的。它只表示传动关系,而不表示各元件的实际尺寸和空间位置。在传动系统图中,通常须注明齿轮及蜗轮的齿数(有时还注明模数)、蜗杆头数、皮带轮直径、丝杠的螺距和头数,电动机的功率和转速、传动轴的编号等。传动轴编号按运动传递顺序,以罗马数字Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ……表示。

一、主运动传动系统

主传动系统的功用,是将动力源(电动机)的运动传给机床主轴,使主轴带动工件实现主运动,并能满足主轴变速和换向的要求。

1. 主运动的传动路线

由主电动机的运动经三角皮带传至主轴箱中的轴Ⅰ。在轴Ⅰ上装有双向多片式摩擦离合器 M_1 ,其作用是使主轴Ⅵ实现正转、反转或停止。在电动机启动后,又需主轴停转时,则离合器 M_1 处于中间位置,此时空套在轴Ⅰ上的齿轮 Z_{56} 、 Z_{61} 和齿轮 Z_{50} 都不转动。

当操纵离合器 M_1 向左方压紧时,轴Ⅰ的运动经离合器 M_1 的左部摩擦片及齿轮副 $\frac{56}{38}$ 或

$\frac{51}{43}$ 传给轴Ⅱ。此时主轴正转。当操纵离合器 M_1 向右方压紧时,轴Ⅰ上的运动经离合器

M_1 的右部摩擦片及齿轮副 $\frac{50}{34}$ 和 $\frac{34}{30}$ 传给轴Ⅱ。这时,由于运动由轴Ⅰ传至轴Ⅱ时中

间经过了过渡轴Ⅶ上的齿轮 Z_{34} ,因此轴Ⅱ的转动方向与经离合器 M_1 左合时的转动方向相反,即实现主轴反转。轴Ⅱ上的运动可分别通过三对齿轮副 $\frac{39}{41}$ 或 $\frac{30}{50}$ 或 $\frac{22}{58}$ 传至轴

Ⅲ。运动由轴Ⅲ传至主轴Ⅵ有两种传动路线:当需要主轴以高速($n_{主}=450\sim1400\text{r/min}$)运转时,可将主轴Ⅵ上的滑动齿轮 Z_{60} 移到左边位置(如图示位置),使其与轴Ⅲ上的

齿轮 Z_{63} 啮合,于是轴Ⅲ的运动就经齿轮副 $\frac{63}{50}$ 直接传给主轴Ⅵ,使主轴实现高速旋

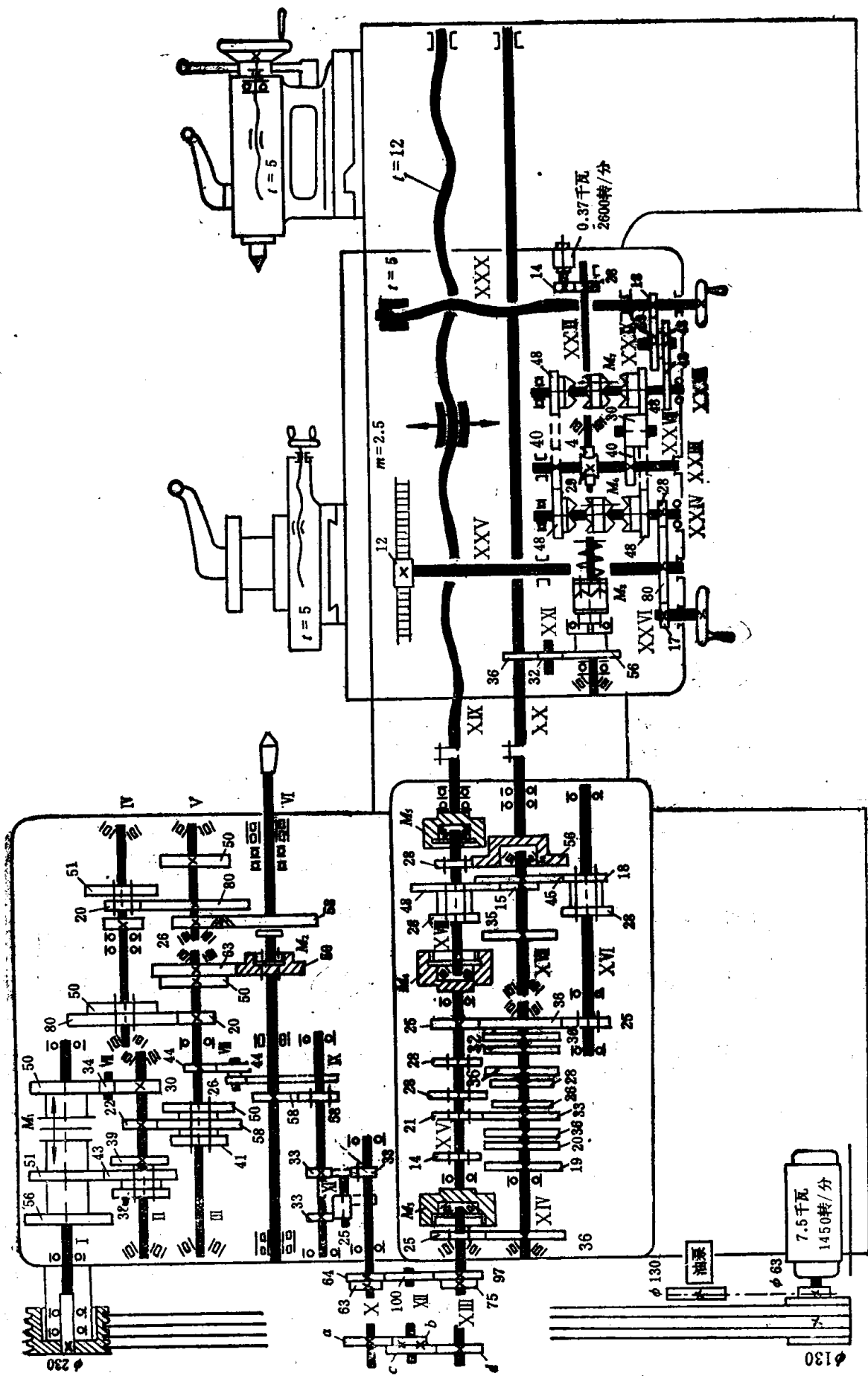


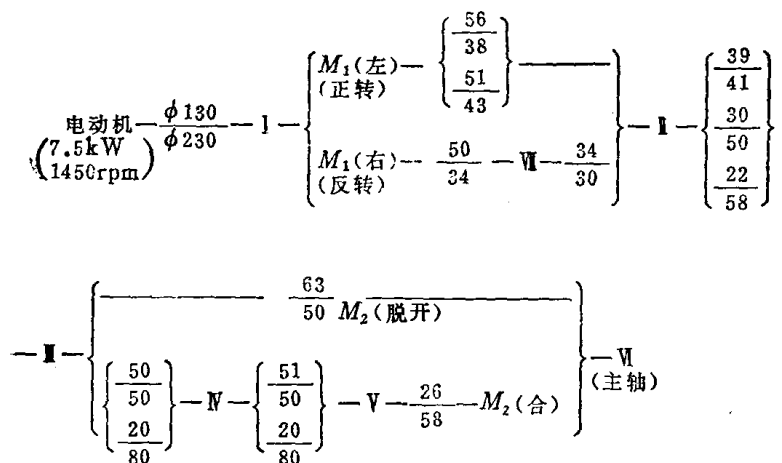
图1-2 CA6140型普通车床传动系统图

转；当主轴需要以中低转速 ($n_{\text{主}} = 10 \sim 500 \text{r/min}$) 运转时，可将主轴Ⅵ上的滑动齿轮 Z_{50} 移至右端位置，使齿式离合器 M_2 啮合，于是轴Ⅲ的运动就经齿轮副 $\frac{50}{50}$ 或 $\frac{20}{80}$ 传给

轴Ⅳ，经齿轮副 $\frac{51}{50}$ 或 $\frac{20}{80}$ 传给轴Ⅴ，再经齿轮副 $\frac{26}{58}$ 及离合器 M_2 传至主轴Ⅵ。

为了便于说明及了解机床的传动路线，通常还采用传动链结构式（传动路线表达式）来表示。

CA6140型普通车床主运动传动路线表达式为：



2. 主轴转速级数及转速值

由传动系统图或传动路线表达式中可以看出，主轴正转时，可以获得 $2 \times 3 \times (1 + 2 \times 2) = 30$ 级转速。进一步分析可知，运动由轴Ⅲ～Ⅴ间的四种传动比 u ($u = \frac{n_{\text{Ⅴ}}}{n_{\text{Ⅲ}}} =$

$\frac{Z_{\text{主}}}{Z_{\text{Ⅲ}}}$) 为

$$u_1 = \frac{50}{50} \times \frac{51}{50} \approx 1,$$

$$u_2 = \frac{50}{50} \times \frac{20}{80} = \frac{1}{4},$$

$$u_3 = \frac{20}{80} \times \frac{51}{51} \approx \frac{1}{4},$$

$$u_4 = \frac{20}{80} \times \frac{20}{80} = \frac{1}{16}.$$

其中 u_2 和 u_3 基本相等。因此，主轴实际上只有 $2 \times 3 \times [1 + (2 \times 2 - 1)] = 24$ 级转速。从主运动传动链（正转）的转速图（图1-3）中，可以更清楚地看到。

(1) 转速图

①相等距的一组竖线代表各传动轴。如图1-3中七条竖线分别表示电机轴与轴Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ，从左到右排列次序即为运动先后传动顺序。

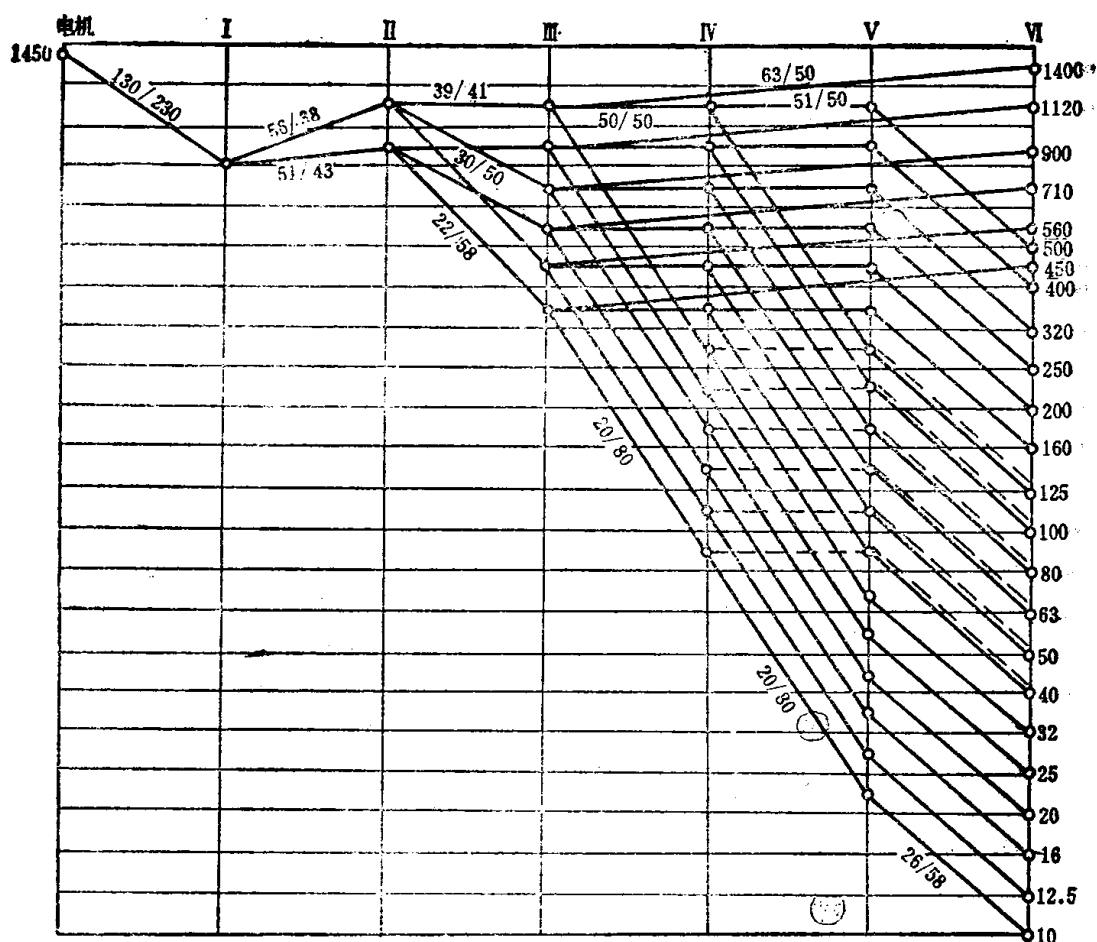


图1-3 主运动传动链（正转）转速图

②相等距的一组横线代表各级转速，图1-3中23条横线由下至上的次序表示由低至高的不同转速。横线画成等距，是因为采用对数坐标，通常主轴的各级转速是依照等比数列排列的，设公比为 φ 时，高于 $n_1 = 10$ 的转速数列为：

$$\begin{array}{ll}
 n_2 = n_1 \varphi & \text{取对数得 } \lg n_2 = \lg n_1 + \lg \varphi; \\
 n_3 = n_2 \varphi & \lg n_3 = \lg n_2 + \lg \varphi; \\
 n_4 = n_3 \varphi & \lg n_4 = \lg n_3 + \lg \varphi; \\
 \dots\dots & \dots\dots
 \end{array}$$

由此可知，任意两个相邻转速在对数坐标上的间隔都是“ $\lg \varphi$ ”。因此，代表主轴转速的横线可以画成为等距的。习惯上，在转速图中省略了符号“ $\lg$ ”，直接写出转速值。但必须理解对数坐标上每升高一格，就表示转速值增高 φ 倍。

③竖线上的各小圆圈（或圆点）代表各传动轴上实际具有的转速。例如轴VI（主轴）的竖线上有24个小圆圈，则表示主轴有24级转速，其转速值分别为10、12.5、16、20……1400r/min。

④相邻竖线上小圆圈间的连线代表传动副，连线的倾斜程度代表该传动副的传动比大小。例如，轴II-III间，有三种不同倾斜线，说明有3个传动副，传动比分别为 $u = 22/58$ ， $30/50$ ， $39/41$ 。必须注意，轴II上已有两种转速（图中所示轴II竖线上的二个小圆圈），这两种转速分别经上述3个传动副传至轴III，使轴III得6种转速。同时也说明相互平行的连

线代表同一个传动比，平行连线的多少，表示前级传动轴转速级数的多少。

(2) 转速值的计算

结合转速图，用运动平衡方程式计算主轴各级转速值。例如，图1-2中所示的各齿轮所处啮合位置时（正转）转速值为：

$$n_{\pm} = 1450 \times \frac{130}{230} \times 0.98 \times \frac{51}{43} \times \frac{22}{58} \times \frac{63}{45} \approx 450 \text{ r/min}$$

同理，可以分别计算主轴正转24级转速值为10~1400r/min，反转12级转速值为14~1580r/min。主轴反转通常不用于切削，为车削螺纹退回刀具用。即在不断开主轴与刀架间传动关系的情况下，使刀架退回原始位置，以便进行下一次走刀。为节省退刀时间，主轴反转转速值比正转时高，转速级数则较少。

二、进给运动传动系统

进给传动系统用以使刀架带着刀具实现机动的纵、横向进给或车削螺纹。其动力源也是主电动机。由于普通车床在进行一般车削和车削螺纹时，都是以工件每转来计算刀具的移动距离（mm/r）。所以在分析进给运动的传动路线时，应将主轴作为传动链的起点，而将刀架作为传动链的终点，即进给运动传动链的两末端件是主轴和刀架。

由CA6140型普通车床的传动系统图中可见，进给传动系统的传动路线经下面几个组成部分：运动由主轴Ⅵ传出，经轴Ⅸ与轴Ⅹ间的反向机构、轴Ⅹ、Ⅺ与轴Ⅻ间的挂轮架上的交换齿轮机构、进给箱、溜板箱而传至刀架。

用来改变轴Ⅹ转向的齿轮副称反向机构。轴Ⅹ上的齿轮 Z_{33} 可分别处于虚、实线两种位置。在虚线位置时，轴Ⅸ至轴Ⅹ的传动必须经过轴Ⅺ上的齿轮 Z_{25} ，由此改变轴Ⅹ的转向。反向机构的实际作用是车削左、右螺纹时，使丝杠ⅩⅨ得到正、反两种转动。实线位置用于右螺纹；虚线位置用于左螺纹。

挂轮架上的交换齿轮机构供选配齿轮用。当车削公制和英制螺纹时，挂轮架上的齿轮传动比为 $u_{\text{挂}} = \frac{63}{100} \times \frac{100}{75}$ ；当车削模数和径节螺纹时，则改为 $u_{\text{挂}} = \frac{64}{100} \times \frac{100}{97}$ 。当车削非标准

螺纹或较精密螺纹时，则可从车床配备的一套挂轮中选取一组合适的齿轮 $u_{\text{挂}} = \frac{a}{b} \times \frac{c}{d}$

安装到挂轮架上。

运动由挂轮架轴ⅫⅢ传出，进入进给箱，进给箱由3个主要部分组成：双轴滑移变速机构、移换机构与增倍变速机构。

双轴滑移变速机构在进给箱左半部，是由轴ⅩⅤ上的四个滑动齿轮和轴ⅩⅣ上的八个固定齿轮组成，其变速方式为：轴ⅩⅤ上的四个滑动齿轮，均可分别与轴ⅩⅣ上两个相应的固定齿轮啮合，共可得八种传动比。由于标准公制螺纹的螺距 t （mm）、英制螺纹的每英寸牙数（ a 牙/吋）、模数螺纹的模数 m （mm）及径节螺纹的径节（DP牙/吋）在国家标准中都规定了标准值，这些数值都是按分段的等差数列规律排列的，而各段等差数列的差值互成倍数关系（具体数列见表1-1~表1-4）。所以这八种传动比的数值设计成近似于呈等差数列的规律排列。改变轴ⅩⅣ与轴ⅩⅤ间的传动比，再配以其他变速机构，就能加工出各种标准螺纹。进给箱内这种传动比呈等差数列排列的变速组称为基本变速组，简称基本组。其传动比符号为 $u_{\text{基}}$ 。基本组的传动比各为：

$$u_{基1} = \frac{26}{28} \left(= \frac{6.5}{7} \right),$$

$$u_{基2} = \frac{28}{28} \left(= \frac{7}{7} \right),$$

$$u_{基3} = \frac{32}{28} \left(= \frac{8}{7} \right),$$

$$u_{基4} = \frac{36}{28} \left(= \frac{9}{7} \right),$$

$$u_{基5} = \frac{19}{14} \left(= \frac{9.5}{7} \right),$$

$$u_{基6} = \frac{20}{14} \left(= \frac{10}{7} \right),$$

$$u_{基7} = \frac{33}{21} \left(= \frac{11}{7} \right),$$

$$u_{基8} = \frac{36}{21} \left(= \frac{12}{7} \right),$$

当车削公制和模数螺纹时，轴 XIII 右端的滑动齿轮 Z_{25} 与轴 XIV 左端的齿轮 Z_{36} 相啮合，运动由轴 XIII 经齿轮副 $\frac{25}{36}$ 传至轴 XIV，并通过一种 u_b 传至轴 XV，再由轴 XV 上的固定齿轮 Z_{25} ，通过空套齿轮 Z_{36} ，滑动齿轮 Z_{25} 传至轴 XVI。这条传动路线的传动比为：

$$u_{XIII-XVI} = \frac{25}{36} \times u_{基} \times \frac{25}{36} \times \frac{36}{25}$$

当车削英制和径节螺纹时，轴 XIII 和轴 XVI 上的滑动齿轮应作如下换置：轴 XIII 右端的滑动齿轮 Z_{25} 向右滑移，与离合器 M_3 的内齿相啮合，使轴 XIII 与轴 XV 联成一根轴；轴 XVI 左端的滑动齿轮 Z_{25} 向左滑移至与轴 XIV 上的固定齿轮 Z_{36} 相啮合，运动即由轴 XIII（轴 XV）通过 XIV 轴传至轴 XVI。这条传动路线的传动比为：

$$u_{XIII-XVI} = \frac{1}{u_b} \times \frac{36}{25}$$

轴 XIII 与轴 XVI 上各自的滑动齿轮 Z_{25} 是在改变加工公制与英制螺纹种类时由一个操纵手柄同时联合拨动的，它用来改变运动的传动路线，变动轴 XIV 和轴 XV 的主动或被动关系，加工公制螺纹（和模数螺纹）时，轴 XIV 为主动；加工英制螺纹（和径节螺纹）时，轴 XV 为主动。使基本组的传动比互为倒数。这种机构称为移换机构。

增倍变速机构位于进给箱的右半部，它由轴 XVI、XVII、XVIII 上的四对齿轮副组成，可以组合四种传动比，即：

$$u_{倍1} = \frac{18}{45} \times \frac{15}{48} = \frac{1}{8},$$

$$u_{倍2} = \frac{28}{35} \times \frac{15}{48} = \frac{1}{4}$$

$$u_{倍3} = \frac{18}{45} \times \frac{35}{28} = \frac{1}{2},$$

$$u_{倍4} = \frac{28}{35} \times \frac{35}{28} = 1$$

这四种传动比呈倍数关系排列，其目的是将基本组的传动比成倍地增大或缩小，从而扩大机床所能车削螺纹的螺距种数。进给箱内这种传动变速机构称增倍变速组，简称增倍组，其传动比符号为 u_M 。

运动由进给箱传至溜板箱的传动路线有两条：当轴 XVIII 右端滑动齿轮 Z_{28} 与光杠 XX 左端的齿轮 Z_{56} 相啮合时（图示位置），光杠被带动。这时通过溜板箱内相应的传动机构实现一般车削的机动纵、横向进给；当轴 XVIII 右端滑动齿轮 Z_{28} 向右滑移，与轴 XIX 左端离合器 M_5 内齿相啮合时，丝杠被带动。这时可通过溜板箱中的开合螺母机构实现车削螺纹。

CA6140 型普通车床进给传动系统在加工螺纹时的传动路线达式如下：