

高等学校试用教材

金属切削机床

吉林工业大学吴圣庄主编

机械工业出版社

金属切削机床

吉林工业大学吴圣庄 主编

*

机械工业出版社出版(北京阜成门内大街27号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第117号)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $23^{1/2}$ ·字数 579 千字

1980年8月北京第一版·1980年8月北京第一次印刷

印数 00,001—33,000·定价 2.40 元

*

统一书号: 15033·4879

前 言

本书是根据1978年4月在天津召开的高等学校一机部对口专业座谈会精神,和1978年6月在大连召开的机制专业会议制订的《金属切削机床概论》教材编写大纲编写的。在编写过程中,我们根据我国机床工业及各校的实际情况,在征得一机部教材编辑室及有关学校同意后,对大纲作了局部的改动,并将原书名改为《金属切削机床》。本书可作为高等学校机制专业的试用教材。

本书共分七章,其中以四种典型机床作为重点内容,并对其它机床加以适当扩展。四种典型机床为:CA6140型普通车床、CM1107型单轴纵切自动车床、M1432A型万能外圆磨床和Y3150E型滚齿机。典型机床是从常用典型结构、自动、精密以及传动关系比较复杂等几个典型方面加以选择的。除对普通车床进行全面的较详细的介绍外,对于其它几种典型机床,着重介绍由于用途不同而引起的传动、结构及使用条件方面的特点。然后在此基础上作适当的扩展。扩展的内容分两种类型:“次重点”机床和“面”上的机床。“次重点”机床的作用是补充和巩固重点机床所学的知识。学习“面”上的机床,主要是为了掌握选用机床的能力,因此在结构方面不作过多的介绍。我们期望,通过这样的安排,可以使学生用较少的时间达到对金属切削机床的工作原理、性能、传动及结构有所了解;并初步掌握认识机床和分析机床的方法。从而达到学习《金属切削机床》课程的下列基本要求:

1. 为学习《金属切削机床设计》和其它专业课程打下基础;
2. 掌握认识机床的方法,在学完此课程后,能根据说明书及实物了解机床的工作原理、传动及结构;

3. 能根据工艺要求正确选用机床。

在教材编写过程中我们力图做到:

1. 注意贯彻“少而精”的原则 删枝强干、集中力量介绍重点章节,以典型机床为重点适当扩展,突出重点,以点带面;
2. 在理论与实践相结合的基础上,注意加强理论性 注意讲清道理;采用由点到面的方法,讲清各类机床之间的内在联系,以培养学生认识机床和分析机床的能力;
3. 尽可能地反映我国机床行业中的新成就,适当地、有重点地反映国外机床的发展动向。

由于编写时间仓促,同时也由于我们的思想和业务水平有限,书中难免还有不少错误和缺点,希望读者批评指正。

鉴于目前各校的教学大纲尚未统一,本书的内容比教学计划规定的学时略多,以便各校使用时作适当的选择。

本书由吉林工业大学吴圣庄同志主编,参加编写的有吉林工业大学郑纯彪同志、蔡树煌同志及吉林工学院江泽欣同志、谢礼忠同志。书稿由清华大学易锡麟同志主审,参加审阅的有李民范同志、陈克成同志、魏从武同志、张玉峰同志。

本书在编写过程中,得到北京机床研究所及有关学校、工厂的热情支持和帮助;一机部教编室朱骥北同志认真细致地审阅和校核了全书。在此谨致谢意。

1979年9月

目 录

绪论	1
第一章 车床	5
§ 1-1 CA6140 型普通车床	5
§ 1-2 CM6132 型精密普通车床	48
§ 1-3 其它通用车床的用途	56
§ 1-4 SG8830 型高精度丝杠车床	63
§ 1-5 曲轴连杆颈车床及凸轮轴 车床的特点	68
第二章 自动和半自动车床	73
§ 2-1 CM1107 型精密单轴纵切 自动车床	73
§ 2-2 SCB3463-1 型半自动转塔车床	98
§ 2-3 顺序作业单轴六角自动车床	113
§ 2-4 顺序作业卧式多轴自动车床	114
第三章 磨床	117
§ 3-1 概述	117
§ 3-2 M1432A 型万能外圆磨床	118
§ 3-3 高精度外圆磨床的特点	137
§ 3-4 磨床的主要类型及应用范围	139
§ 3-5 磨床的发展动向	147
第四章 齿轮加工机床	149
§ 4-1 机床运动分析的基本概念	149
§ 4-2 滚齿机	157
§ 4-3 插齿机	185
§ 4-4 磨齿机	199
§ 4-5 锥齿轮加工机床	207
第五章 组合机床	225
§ 5-1 ZX003-C ₁ 型卧式双面钻孔组	

合机床	227
§ 5-2 组合机床的组成、配置及工艺 范围	242
§ 5-3 组合机床的通用部件	246
§ 5-4 ZX003 型汽车变速箱上盖侧孔 加工自动线	256
第六章 数字程序控制机床简介	264
§ 6-1 什么是数字程序控制机床	264
§ 6-2 XK5040 型数字程序控制立式 升降台铣床	265
§ 6-3 数控机床基本工作原理	270
§ 6-4 机床数控系统的分类	277
§ 6-5 自动换刀数控机床	279
§ 6-6 数控机床的发展概况	286
第七章 其它机床	288
§ 7-1 钻床的应用范围	288
§ 7-2 卧式镗床和金钢镗床的 应用范围	292
§ 7-3 座标镗床	301
§ 7-4 刨床、插床和拉床的应用范围	312
§ 7-5 铣床的应用范围	317
§ 7-6 简易机床和“蚂蚁啃骨头”	320
附录	323
一、第一机械工业部标准 JB1838-76 《金属切削机床型号编制方法》 简介	323
二、常用的机动示意图符号	335
三、C1312 型单轴六角自动车床	340

绪 论

一、金属切削机床及其在我国国民经济中的地位

在我国各个工农业生产部门、科研单位和国防部门中，使用着大量各式各样的机器、仪器和工具。这些机器、仪器和工具大部分是由一定形状和尺寸的金属零件所组成，生产这些零件并将它们装配成机器、仪器或工具的工业，称为机械制造业（也称机器制造业）。机械制造业的任务，就是为国民经济各部门、科研单位和国防部门提供现代化的技术装备。如果我们没有强大而完整的现代化机械制造业，就无法用现代化的装备来武装各个国民经济部门、科研单位和国防部门，就不能独立而迅速地发展社会主义革命和社会主义建设事业。

金属切削机床是用切削的方法将金属毛坯加工成机器零件的一种机器，它是制造机器的机器，称为“工作母机”或“工具机”，人们习惯上称为机床。在现代机械制造业中，切削加工是将金属毛坯加工成具有一定尺寸、形状和精度的零件的主要加工方法，尤其是在加工精密零件时，目前主要是依靠切削加工来达到所需的精度和光洁度。所以，金属切削机床是加工机器零件的主要设备，它所担负的工作量，在一般生产中约占机器总制造工作量的40~60%，它的先进程度直接影响到机器制造业的产品质量和劳动生产率。

为了多快好省地建设现代化的社会主义强国，机械制造业必须为各个部门提供现代化的技术装备，这就要求机床工业部门首先要为各机械制造厂提供先进的现代化机床装备。所以，机床工业在我国社会主义建设中，在实现工业、农业、国防和科学技术现代化中，将起着重大的作用。

二、我国机床工业发展概况

中国人民是聪明勤劳的人民，早在公元前我国就有了原始的钻床和木工车床。到了17世纪中叶，我国已开始利用畜力代替人力作为机床的动力。图0-1就是1668年时加工天文仪器上大铜环的铣床。它是利用直径达2丈（约6.7米）的镶片铣刀，由牲畜驱动来进行铣削的。铣削完毕后，将铣刀换下，装上磨石，还可对大铜环进行磨削加工。

但是，由于我国历史上长期封建统治，严重地束缚了科学技术的发展。十九世纪以来，更受到帝国主义的侵略和掠夺，造成半封建、半殖民地的落后状态，以致旧中国的工农业生产和科学技术非常落后。据统计，1949年初全国机床拥有量仅有6万台左右；除了少数地区的部分机械修配厂能生产少量简陋的机床外，根本谈不上有什么机床制造业。我国的机床制造业完全是在解放后建立起来的，现在，我国的机床工业已经从无到有，从小到大地成长壮大起来了。今后，为了适

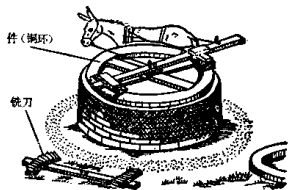


图0-1 1668年我国天文仪器上大铜环的铣削加工

应工业、农业、国防和科学技术现代化的需要，将会以更高的速度向前发展。

在解放初的三年经济恢复时期，人民政府把一批旧的机器厂改造成生产机床的专业厂，仿制国外的某些普通机床，并开始新建一些机床厂，使机床工业逐渐成为机械制造工业中的一个新的重要行业。第一个五年计划期间(1953~1957年)，我国又新建、改建和扩建了许多机床厂，并开始自行设计和开展试验研究工作。1956年我国成立了综合性的机床研究所和组合机床研究所，以后又相继建立了广州机床研究所和各种专业机床研究所，这些研究所和机床厂开展了大量的研究工作。1958年以后，在我国各地又陆续地新建了大量的机床厂。目前我国已基本上形成了布局比较合理的、比较完整的机床工业体系。

我国的机床工业，在解放后的三十年时间内，发展是很迅速的：我国的机床产量不断上升，目前一般通用机床已基本能满足我国社会主义建设的需要，并已有少量出口；我国已制订了完整的机床系列型谱，生产的机床品种也日趋齐全，现在已经具备较高的成套装备现代化工厂的能力；目前我国已能生产从小型仪表机床到重型机床的各种各样机床，也能生产出各种精密的、高度自动化的、高效率的机床和自动线；我国机床的性能也在逐步提高，一些机床的性能已经接近或达到了世界先进水平。例如，MBG1432型万能外圆磨床可以实现镜面磨削，加工的表面光洁度可达 $\nabla 14$ ，又如JCS001型千分尺螺纹磨床，加工的螺距精度可达0.002/25（毫米）。我国的机床工业虽然取得了巨大的成就，但是也应该看到，由于我国原来的工业基础很薄弱，特别是近十年来受到林彪、“四人帮”的严重干扰和破坏，我国机床工业的技术水平与世界先进水平相比，差距还是比较大的。主要表现在机床的生产效率低、寿命较短及质量不稳定，尤其是对机床基础理论的研究十分落后，此外，在掌握某些重型机床、高精度机床及数控机床的设计和生方面，还需作进一步努力。因此，我们要在本世纪末实现四个现代化，就必须奋发图强、努力工作，深入广泛地开展科学研究和技术革命，不断扩大技术队伍和提高技术水平，要善于吸取外国的一切好东西，把学习外国的先进技术和自己的创新结合起来，以加快我们的发展速度。

三、金属切削机床的分类

目前金属切削机床的品种非常多，为了便于区别及使用、管理，需对机床加以分类。

机床主要是按加工性质和所用刀具进行分类的，目前我国机床分为12大类：车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨床、拉床、超声波及电加工机床、切断机床及其它机床。

除了上述基本分类法外，还有其它分类方法。

上述这些机床，按照它们的万能性程度，又可分为：

1. 通用机床（万能机床）这类机床的加工范围较广，在这类机床上可以加工多种零件的不同工序。例如普通车床、卧式镗床、万能升降台铣床等，都属于通用机床。通用机床由于万能性较大，它的结构往往比较复杂。通用机床主要适用于单件小批生产。

2. 专门化机床（专能机床）这类机床是专门用于加工不同尺寸的一类或几类零件的某一种（或几种）特定工序的。例如，精密丝杠车床、凸轮轴车床、曲轴连杆颈车床等都是属于专门化机床。

3. 专用机床 这类机床是用于加工某一种（或几种）零件的特定工序的。例如，加工汽车后桥壳的组合镗床、机床主轴箱专用镗床等等，都是专用机床。专用机床是根据工艺要求专门设计制造的。它的生产率比较高，机床自动化程度往往也比较高，所以专用机床通常应

用于成批及大量生产。组合机床实质上也是专用机床（见第五章）。

在同一种机床中，按照加工精度的不同，目前我国分为普通精度机床、精密机床和高精度机床等三种精度等级。

此外，机床还可按照自动化程度的不同，分为手动的、机动的、半自动的和自动的机床；按照机床重量的不同，分为仪表机床、中型（一般）机床、大型机床和重型机床；按照机床主要工作器官的数目，分为单轴的、多轴的、单刀的、多刀的机床等。

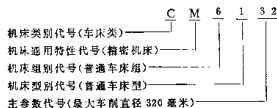
上述几种分类方法，是由于分类的目的和依据不同而提出来的。通常，机床是按照加工方式（如车、钻、刨、铣、磨等）及某些辅助特征来进行分类的。例如，多轴自动车床，就是以车床为基本类型，再加上“多轴”“自动”等辅助特征，以区别于其它种类车床。

四、金属切削机床型号的编制方法

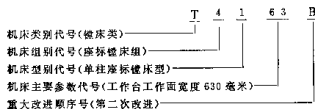
机床的名称往往十分冗长，书写和称呼都很不方便。如果按照一定的规律赋予每种机床一个代号（即型号），就会使管理和使用机床方便得多。例如，最大车削直径 320 毫米的精密普通车床，用型号 CM6132 表示就十分简便。

每种机床的型号必须反映出机床的类别、主要参数、使用与结构特性。我国机床型号，现在是按 1976 年 12 月颁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”编制。

机床型号的编制，是采用汉语拼音字母和阿拉伯数字按一定规律组合的，用以表示机床的类别、主要参数、使用与结构特性。例如，CM6132 型精密普通车床，型号中的代号及数字的涵义如下：



又如 T4163B 型座标镗床，型号中代号及数字的涵义为：



1. 机床类别的代号 是用汉语拼音字母（大写）来表示的。例如“车床”的汉语拼音是“Chechuang”，所以用“C”表示。在型号中是第一位代号。型号中的汉语拼音字母一律按机床名称读音。

2. 机床特性代号 也是用汉语拼音字母来表示。它代表机床具有的特别性能，包括通用特性（如“高精度”、“自动”、“万能”等等）和结构特性。在型号中特性代号排在机床类别代号的后面。

3. 机床的组别和型别代号 是用两位数字来表示的。每类机床按机床的用途、性能、结构相近或有派生关系分为若干组，例如，车床分为十组，用阿拉伯数字“0~9”表示，其中

“6”代表“落地及普通车床”组，“5”代表“立式车床组”。每组中又分若干型，例如“落地及普通车床”组中有6个型，用阿拉伯数字“0~5”来表示，其中“1”型代表普通车床，“2”型代表马鞍车床。在机床型号中，类别代号和特性代号之后，第一位阿拉伯数字代表组别，第二位阿拉伯数字代表型别。金属切削机床的类组型划分及其代号参看附录一的附表3。

4. 主要参数的代号 是用阿拉伯数字来表示的。它表示机床的主参数，通常用主参数的1/10或1/100表示。各类机床主参数代号的涵义见附录的附表4。在型号中第三及第四位数字都是表示主参数的。

5. 机床重大改进的序号 当机床的性能及结构有重大改进时，按其设计改进的次序分别用汉语拼音字母“A、B、C、D……”表示，附在机床型号的末尾，以示区别。例如，Y7132A表示是最大工件直径为320毫米的Y7132型锥形砂轮磨齿机的第一次重大改进。

以上是我国现行的机床型号编制方法的简要介绍，详细内容见附录一。

我国自1957年1月颁布“机床型号编制办法”以来，随着机床工业的发展，机床型号编制方法至今已变动了四次。目前工厂中广泛使用的某些机床，它们的型号还是按照以前公布的机床型号编制方法编制的。要了解这些机床型号的涵义，可查阅：1957年1月颁布的“机床型号编制办法”；1959年11月颁布的“金属切削机床型号编制（修正）办法”；1963年12月颁布的“金属切削机床型号管理办法”和1971年9月颁布的“金属切削机床型号编制办法（暂行）”。

第一章 车 床

车床类机床主要是用于进行车削加工。在车床上可以加工各种回转表面,如内外圆柱面、圆锥面及成形回转表面等,其中某些车床还能加工螺旋面。在车床上使用的刀具主要是车刀,有些车床还可以采用各种孔加工刀具(如钻头、扩孔钻、铰刀等)及螺旋刀具等。

大部分车床的主运动,通常是工件的旋转运动。进给运动,通常是由刀具的直线移动来实现的。

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,约占金属切削机床总台数的20~35%。由此可见,车床的应用是很广泛的。车床的种类很多,按其用途和结构的不同,主要可分为下列几类:

1. 普通车床及落地车床;
2. 立式车床;
3. 六角车床;
4. 多刀半自动车床;
5. 仿形车床及仿形半自动车床;
6. 单轴自动车床;
7. 多轴自动车床及多轴半自动车床。

此外,还有各种专门化车床,例如凸轮轴车床、曲轴车床、铲齿车床、高精度丝杠车床、车轮车床……等等。在大批大量生产的工厂中还有各种专用车床。

§ 1-1 CA6140型普通车床

一、机床的用途

普通车床的万能性大,它适用于加工各种轴类、套筒类和盘类零件上的回转表面(图1-1),如车削内外圆柱面、圆锥面、环槽及成形回转表面;车削端面及加工各种常用的公制、英制(吋制)、模数制和径节制螺纹;在普通车床上还能作钻孔、扩孔、铰孔、滚花等工作。

CA6140型普通车床是普通精度级机床,根据普通车床的精度检验标准,新机床应达到的加工精度为:

精车外圆的圆度	0.01毫米
精车外圆的不柱度	0.01毫米/100毫米
精车端面的不平度	0.025毫米/400毫米
精车螺纹的螺距精度	0.04毫米/100毫米, 0.06毫米/300毫米
精车的光洁度不低于	▽6

CA6140型普通车床的加工范围较广,但它的结构复杂而且自动化程度低,所以适用于单件、小批生产及修配车间。

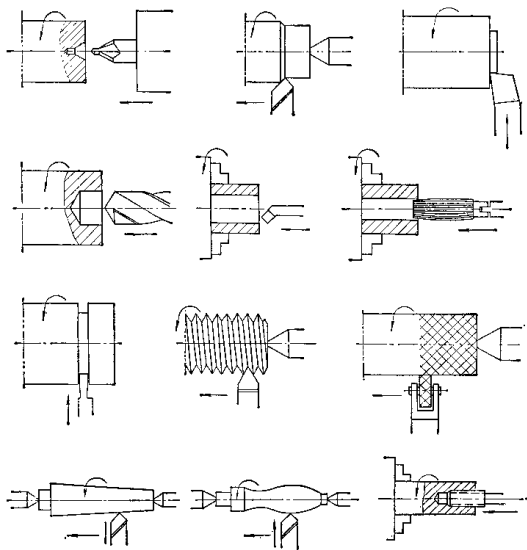


图1-1 普通车床所能加工的零件表面

二、机床的运动

由图1-1可以看出,为了加工出各种回转表面,普通车床必须具备下列三种运动:

1. 工件的旋转运动 是机床的主运动,常以 n (转/分) 表示。它的功用是使刀具与工件间作相对运动,以获得所需的切削速度。主运动是实现切削最基本的运动。主运动的特点是速度较高及消耗的动力较多。

2. 刀具作平行于工件中心线的纵向运动 是机床的纵向进给运动,常以 S_m (毫米/转) 表示。它的功用是使毛坯上新的金属层被不断地投入切削,以便切削出整个加工表面。进给运动的速度较低,消耗的动力也较少。

3. 刀具作垂直于工件中心线的横向移动 是机床的横向进给运动,常以 S_x (毫米/转) 表示。

上述运动是普通车床形成加工表面形状所需要的运动,习惯上称为表面成形运动。

此外,普通车床还应具有切入(进刀,吃刀)运动。切入运动的功用是使工件达到所需的尺寸。为了将毛坯加工到所需要的尺寸,往往须将毛坯上多余的金属分为几层进行切削,

每切削一层就要吃刀一次,这就是切入运动。普通车床的切入运动,通常是与进给运动的方向相垂直,例如车外圆时,切入运动是由刀具间歇地作横向运动来实现的。普通车床的切入运动,通常是由工人沿横向或纵向手移动刀架来实现的。

为了减轻工人的劳动强度及节省移动刀架所耗费的时间,在 CA6140 型普通车床中还有刀架纵向及横向的快移运动。这种调整工件和刀具之间相对位置的运动(使刀具靠近或离开工件的运动),属于机床的辅助运动。机床中除了成形运动、切入运动和分度运动(后面将介绍)等直接影响加工表面形状和质量的运动外,其它为成形创造条件的运动和辅助动作,习惯上称为辅助运动。

三、机床的总布局

图 1-2 是 CA6140 型普通车床的外形图。机床的主要组成部件如下:

(1) 主轴箱(床头箱) 1 它固定在床身 4 的左面。装在主轴箱中的主轴,通过卡盘等夹具,装夹工件。主轴箱的功用是支承主轴并传动主轴,使主轴带动工件按照规定的转速旋转,以实现主运动。

(2) 刀架部件 2 它装在床身 4 的刀架导轨上,并可沿此导轨纵向移动。刀架部件由几层刀架组成,刀架部件的功用是装夹车刀、并使车刀作纵向、横向或斜向的运动。

(3) 尾架(尾座) 3 它装在床身 4 的尾架导轨上,并可沿此导轨纵向调整位置。尾架的功用是用后顶尖支承工件。在尾架上还可以安装钻头、孔加工刀具,以进行孔加工。

(4) 进给箱(走刀箱) 8 它固定在床身 4 的左前侧。进给箱主要是进给运动传动链中的传动比变换装置(变速装置,变速机构),它的功用是改变被加工螺纹的螺距或机动进给的进给量。

(5) 溜板箱 6 它固定在刀架部件 2 的底部,可带动刀架一起作纵向运动。溜板箱的功用是把进给箱传来的运动传递给刀架,使刀架实现纵向进给、横向进给、快速移动或车螺纹。在溜板箱上装有各种操纵手柄及按钮,工作时工人可以方便地操作机床。

(6) 床身 4 床身固定在左床腿 7 和右床腿 5 上。床身是车床的基本支承件,在床身

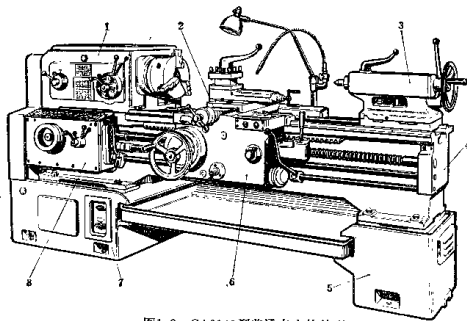


图 1-2 CA6140 型普通车床的外形

上安装着车床的各个主要部件。床身的功用是支承各主要部件并使它们在工作时保持准确的相对位置。

四、机床的主要技术性能 (图1-3)

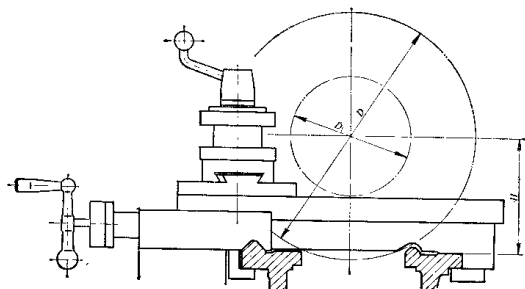
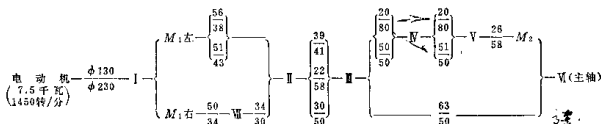


图1-3 车床中心高及最大加工直径

床身上最大工件回转直径	$D = 400$ 毫米
最大工件长度	750; 1000; 1500; 2000毫米
最大车削长度	650; 900; 1400; 1900毫米
刀架上最大工件回转直径	$D_1 = 210$ 毫米
主轴中心至床身平面导轨距离(中心高)	$H = 205$ 毫米
主轴内孔直径	48毫米
主轴孔前端锥度	莫氏 6 号
主轴转速 正转 $Z = 24$ 级	$n = 10 \sim 1400$ 转/分
反转 $Z' = 12$ 级	$n' = 14 \sim 1580$ 转/分
进给量	纵向及横向各64级
纵向进给量	$S_{\text{纵}} = 0.028 \sim 6.33$ 毫米/转
横向进给量	$S_{\text{横}} = 0.5 S_{\text{纵}}$
溜板及刀架纵向快移速度	$V_{\text{快}} = 4$ 米/分
车削螺纹的范围	
公制螺纹	44种 $S = 1 \sim 192$ 毫米
英制螺纹	20种 $a = 2 \sim 24$ 扣/吋
模数螺纹	39种 $m = 0.25 \sim 48$ 毫米
径节螺纹	37种 $DP = 1 \sim 96$ 牙/吋
主电动机	7.5千瓦 1450转/分
溜板快移电动机	370瓦 2600转/分



看懂传动路线是认识机床和分析机床的基础。通常，看懂机床传动路线的方法是“抓两端，连中间”，也就是说，在了解某一条传动链的传动路线时，首先应搞清楚此传动链两端的末端件是什么（抓两端），知道了末端件，然后再找它们之间的传动连系（“连中间”），就可很容易地找出传动路线。例如，要了解车床主运动传动链的传动路线时，首先应找出它的两个末端件——电动机（动源）及主轴（执行器官），然后“连中间”，找出它们之间的传动连系，这样就能比较容易地认识清楚传动路线。

2. 主轴转速级数及转速值

由传动系统图中可以看出，主轴正转时，利用各滑动齿轮轴向位置的各种不同组合，共可得 $2 \times 3 \times (1 + 2 \times 2) = 30$ 种传动主轴的路线，但实际上主轴只能得到 $2 \times 3 \times (1 + 3) = 6 + 18 = 24$ 级正转转速。这是因为，从轴Ⅲ通过低转速路线传动时，虽然有 24 条不同的传动路线，但实际上主轴只能得到 18 级转速。因为在轴Ⅲ到轴Ⅴ之间 4 条传动路线的传动比是：

$$u_1 = \frac{20}{80} \times \frac{20}{80} = \frac{1}{16}$$

$$u_2 = \frac{20}{80} \times \frac{51}{50} \approx \frac{1}{4}$$

$$u_3 = \frac{50}{50} \times \frac{20}{80} = \frac{1}{4}$$

$$u_4 = \frac{50}{50} \times \frac{51}{50} \approx 1$$

其中 u_2 和 u_3 基本上相同，所以实际上只有三种不同的传动比。因此，轴Ⅲ的 6 级转速，通过低速路线传动，使主轴获得的实际转速级数，不是 $2 \times 3 \times 4 = 24$ 级，而是 $2 \times 3 \times (4 - 1) = 18$ 级。

同理，主轴反转的传动路线为 $3 \times (1 + 2 \times 2) = 15$ 条，但主轴反转的转速级数应为 $3 \times [1 + (2 \times 2 - 1)] = 12$ 级。

主轴的转速可应用下列运动平衡式进行计算：

$$n_{\text{主}} = n_{\text{电}} \times \frac{D}{D'} (1 - \varepsilon) \times \frac{Z_{1-1}}{Z'_{1-1}} \times \frac{Z_{1-1}}{Z'_{1-1}} \times \frac{Z_{1-1}}{Z'_{1-1}}$$

式中 $n_{\text{主}}$ ——主轴转速(转/分)；

$n_{\text{电}}$ ——电动机转速， $n_{\text{电}} = 1450$ 转/分；

D ——主动皮带轮直径， $D = 130$ 毫米；

D' ——被动皮带轮直径， $D' = 260$ 毫米；

ε ——三角带传动的滑动系数，可近似地取 $\varepsilon = 0.02$ ，即 $1 - \varepsilon = 0.98$ ；

- Z_{I-I} ——由轴 I 传动轴 II 的主动齿轮齿数;
 Z'_{I-I} ——由轴 I 传动轴 II 的被动齿轮齿数;
 Z_{II-III} ——由轴 II 传动轴 III 的主动齿轮齿数;
 Z'_{II-III} ——由轴 II 传动轴 III 的被动齿轮齿数;
 Z_{III-V} ——由轴 III 传动轴 VI 的主动齿轮齿数 (或主动齿轮齿数的积);
 Z'_{III-V} ——由轴 III 传动轴 VI 的被动齿轮齿数 (或被动齿轮齿数的积)。

如图 1-4 中所表示的齿轮啮合情况时, 主轴的转速为:

$$n_{\pm} = 1450 \times \frac{130}{230} \times 0.98 \times \frac{51}{43} \times \frac{22}{58} \times \frac{20}{80} \times \frac{20}{80} \times \frac{26}{58} = 10 \text{ 转/分}$$

应用上述运动平衡式, 可以计算出主轴正转时的 24 级转速为 10~1400 转/分。同理, 也可计算出主轴反转时的 12 级转速为 14~1580 转/分。在 CA6140 型车床中, 主轴反转通常不是用于切削, 主要是用于车螺纹时的退回刀架 (在不断开主轴和刀架间传动链的情况下, 使刀架退回到起始位置, 以便进行下一次走刀)。为了节省退刀的时间, 所以主轴反转的转速比正转转速高。

3. 转速图

图 1-5 是 CA6140 型普通车床主运动传动链的转速图 (转速分布图)。图中:

(1) 竖线代表传动轴

图中七条间距相等的竖线, 分别用轴号“电、I、II、III、IV、V、VI”表示。在图中, 各传动轴按照运动传递的顺序 (从电动机到主轴) 从左到右顺次地排列。

(2) 横线 (纵向座标) 代表转速值

图中纵向座标表示转速的大小, 所以, 其中间距相等的横线代表各种不同的转速。图中的 23 条横线由下至上依次表示由低至高的各级转速。

由于主轴的各级转速通常是按照等比数列的规律排列的, 所以图中的纵向座标采用对数座标, 因此代表主轴各级转速的横线之间的间距相等。这是因为, 在等比数列

$$n_1; n_2; n_3; \dots n_j; n_{j+1} \dots n_z$$

$$n_2 = n_1 \varphi$$

$$n_3 = n_2 \varphi$$

$$\dots\dots\dots$$

$$n_{j+1} = n_j \varphi$$

其中 φ ——公比。

将它们取对数, 则变为:

$$\lg n_2 = \lg n_1 + \lg \varphi$$

$$\lg n_3 = \lg n_2 + \lg \varphi$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\lg n_{j+1} = \lg n_j + \lg \varphi$$

由此可知, 主轴转速为等比数列时, 任意两相邻转速在对数座标上的间隔都是相当于 $\lg \varphi$ 的距离。所以, 代表各级主轴转速的横线可以画成间距相等, 每一格的距离代表 $\lg \varphi$ 。为了书写方便及阅读直观, 在转速图中习惯上都略去符号“lg”, 直接写出转速值。但我们阅读时必须理解为每升高 1 格就代表转速增高至 φ 倍。

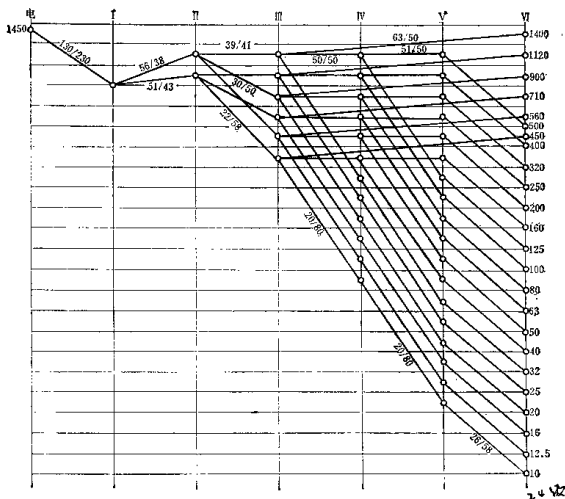


图1-5 CA6140型普通车床主运动传动链的转速图

CA6140型车床的主轴转速基本上是按公比为 $\varphi = 1.25$ 的等比数列排列的，所以图中的横线是按 $\varphi = 1.25$ 画出来的，即横线之间的距离代表 $\lg 1.25$ 。

(3) 竖线上的圆点（竖线与斜线的交点）表示传动轴实际具有的转速。

转速图中每条竖线上的若干个小圆点（圆圈或黑点）表示各传动轴及主轴实际具有的转速。例如，代表轴Ⅵ（主轴）的竖线上有24个圆点，代表主轴的24级转速，即10；12.5；16；20……1400转/分。又例如，代表电动机轴的竖线上只有一个圆点，表示电动机轴只有一个固定的转速 $n_{\text{电}} = 1450$ 转/分。

(4) 竖线之间的连线代表传动副，连线的倾斜程度代表此传动副的传动比。

例如，在电动机轴与轴Ⅰ之间只有一条向下斜的连线，表示在电动机轴与轴Ⅰ之间只有一对传动副（即 $\frac{130}{230}$ 的三角带传动），它的传动比为

$$u = \frac{n_{\text{电}}}{n_{\text{I}}} = \frac{n_{\text{I}}}{n_{\text{电}}} = \frac{800}{1450}$$

又例如，在轴Ⅱ与轴Ⅲ之间共有6条连线，但这6条连线只有3种不同的斜度，说明在轴Ⅱ与轴Ⅲ之间只有3种不同的传动比，也就是，在轴Ⅱ与轴Ⅲ之间只有三对不同传动比的传动副（即齿轮副 $\frac{22}{58}$ 、 $\frac{30}{50}$ 及 $\frac{39}{41}$ ）。这是因为，这时轴Ⅱ已有2级转速，经轴Ⅱ与轴Ⅲ之