



21世纪高等学校新理念教材建设工程

金工实训教程

主 编 曹晓飞 王海洋

副主编 张晓光 刘荣久 刘 岩



东北大学出版社
Northeastern University Press



21 世纪高等学校新理念教材建设工程

金工实训教程

主 编 曹晓飞 王海洋
副主编 张晓光 刘荣久 刘 岩

东北大学出版社
·沈阳·

©曹晓飞 王海洋 2009

图书在版编目 (CIP) 数据

金工实训教程/曹晓飞 王海洋主编. — 沈阳: 东北大学出版社, 2009.2

ISBN 978-7-81102-658-0

I. 金… II. ①曹…②王… III. 金属加工—实习—高等学校—教材 IV. TG-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 017251 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部)

83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部)

83680265 (社务室)

E-mail: neuph@neupress.com

Web: <http://www.neupress.com>

印 刷 者: 沈阳市北陵印刷有限公司

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 184mm×260mm

印 张: 15

字 数: 374 千字

出版时间: 2009 年 2 月第 1 版

印刷时间: 2009 年 2 月第 1 次印刷

责任编辑: 王兆元

责任校对: 郎 坤

封面设计: 唐敏智

责任出版: 杨华宁

ISBN 978-7-81102-658-0

定 价: 26.00 元

前 言

本书由辽宁工业大学出版基金资助出版。

本书根据原国家教委高教司 1995 年颁布的《高等学校工科本科金工实习教学基本要求》，在认真总结几年来各校工程训练教学改革经验的基础上，参考了教育部课程指导委员会 2004 年普通高等学校“机械制造工程训练教学基本要求(讨论稿)”的有关内容，力求通过本书的编写推动金工实训教学的改革，将金工实训教学真正建设成为适应 21 世纪发展要求的实践性技术基础课。

金工实训是工科高等学校对学生进行工程训练的重要教学环节之一，它是一门传授机械制造基本知识和技能的技术基础课。本书着重介绍金属的主要成型方法和加工方法、毛坯制造和零件加工的一般工艺过程，所用设备的构造、工作原理和使用方法，所用材料、工具、附件及安全技术等。

考虑到多数院校现有的实训条件，本教材以常规的机械制造方法为主，适当增加常用先进制造技术的介绍，如数控加工和特种加工等。本书力求突出重点，强调知识的系统性和实训教学的可操作性的结合，注重学生获取知识和分析与解决工程技术实际问题能力的培养。

在编写过程中，本书力求取材新颖，联系实际，结构紧凑，文字简练。为便于对各工种的实习进行指导，教材中附有各主要工种的实习指导书。

本书可作为高等工科院校机械类专业金工实训教材，也可供近机械类和非机械类、职业技术学院相关专业师生及有关专业工程技术人员选用和参考。本教材由辽宁工业大学工程训练中心的有关教师编写。参加编写工作的有：常伟(绪论)，刘荣久(第 1 章)，刘岩(第 2, 4 章)，曹晓飞(第 3, 5, 6, 7 章)，张晓光(第 8, 9 章)，王海洋(第 10, 11 章)。本书由曹晓飞和王海洋担任主编。

由于编者水平有限，书中难免有错误与不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2008 年 12 月

目 录

绪 论	1
1 概 述	1
2 金工实训的内容	1
3 金工实训的目的和要求	3
第 1 章 车削加工	5
1.1 车工概述	5
1.2 普通车床	6
1.3 车刀及其安装	11
1.4 工件在车床上的装夹方法	18
1.5 各种表面的车削方法	23
1.6 典型零件车削工艺简介	34
思考作业	37
车工实习指导书	39
第 2 章 铣削加工	44
2.1 概 述	44
2.2 铣 床	46
2.3 铣刀及其安装方法	49
2.4 工件的安装与校正	51
2.5 铣削方法	53
思考作业	57
铣工实习指导书	58
第 3 章 铸 造	59
3.1 概 述	59
3.2 砂型铸造	61
3.3 铸铁的种类、熔炼与浇注	76
3.4 铸件的落砂、清理及铸造缺陷	79
3.5 特种铸造	82
思考作业	86
铸造实习指导书	87
第 4 章 钳 工	90
4.1 概 述	90

4.2	钳工用量具	91
4.3	划 线	97
4.4	锯 割	102
4.5	锉 削	104
4.6	钻孔、扩孔和铰孔	108
4.7	攻螺纹与套螺纹	114
4.8	装 配	116
	思考作业	120
	钳工实习指导书	122
第 5 章	磨削加工	125
5.1	概 述	125
5.2	磨 床	126
5.3	砂 轮	129
5.4	磨削工作	130
	思考作业	134
	磨工实习指导书	135
第 6 章	锻 压	136
6.1	概 述	136
6.2	锻造生产过程	136
6.3	冲压生产过程	143
	思考作业	146
	锻压实习指导书	147
第 7 章	焊 接	148
7.1	概 述	148
7.2	手工电弧焊	149
7.3	气焊与气割	155
	思考作业	159
	焊接实习指导书	160
第 8 章	数控车削加工	161
8.1	数控机床概述	161
8.2	数控车床概述	162
8.3	数控车床编程基础	163
8.4	数控车床坐标系	166
8.5	数控车床编程规则及实例	168
8.6	操作面板	171

8.7 数控车床的操作过程	182
思考作业	183
数控车床实习指导书	184
第 9 章 数控铣削加工	186
9.1 数控铣床概述	186
9.2 数控铣床组成及主要功能	186
9.3 数控铣床编程基础	188
9.4 KND-100M 系统编程指令及举例	191
9.5 操作面板	198
9.6 数控铣床的基本操作过程	209
思考作业	211
数控铣床实习指导书	212
第 10 章 线切割加工	214
10.1 加工原理	214
10.2 线切割机床结构及其作用	214
10.3 上丝、穿丝、紧丝步骤及注意事项	220
10.4 实际操作	222
第 11 章 电火花成型加工	223
11.1 电火花成型加工机床主机	223
11.2 机床各部分名称和传动轴方向定义	225
11.3 SPZ500 工控电脑数控电火花成型机床简介	228
参考文献	232

绪 论

1 概 述

金工实训是一门实践性很强的技术基础课, 是学生获得机械制造基本知识的必修课, 是对大学生进行工程训练, 使大学生学习工艺知识、增强实践能力、提高综合素质、培养创新意识和创新能力的重要环节。

学生在金工实训过程中要通过独立的实际操作将有关机械制造的基本工艺理论、基本工艺知识、基本工艺方法和基本工艺实践有机结合起来, 进行工程实践能力的训练。

金工实训课程的主要任务是:

使学生了解、掌握现代机械制造的一般过程和基础知识, 熟悉机械零件的常用加工方法及所用的主要设备和工具以及安全操作技术; 了解机械制造的基本工艺知识, 初步建立现代制造工程的概念。

使学生对简单零件具有进行工艺分析和选择加工方法的能力, 在主要工种上应具有独立完成简单零件加工制造的实践能力。

培养学生的创新精神和理论联系实际的科学作风, 初步建立市场、信息、质量、成本、效益、群体、安全和环保等工程意识。

2 金工实训的内容

2.1 机械制造过程

机械制造的宏观过程是: 首先根据市场需求设计图纸, 再根据图纸制定工艺文件和进行工艺准备, 然后进行产品制造, 最后是市场营销。完成以上过程后, 将各个阶段的信息反馈回来, 使产品不断完善。其具体过程首先是将原材料用铸造、锻造、焊接等方法制成零件的毛坯(或半成品、成品), 再经过切削加工、特种加工等制成零件, 最后将零件装配成合格的产品。现将机械制造过程中的主要工艺方法介绍如下。

(1) 铸造。将液态金属浇注到与零件形状、尺寸相适应的铸型型腔中, 待其冷却凝固后获得毛坯或零件的加工方法。铸造的主要优点是适应性强, 可以生产形状复杂, 特别是具有复杂内腔的毛坯或零件, 而且成本低。各种机械的机体、机座、机架、箱体和工作台等大多采用铸件。

(2) 锻造。将金属加热到一定温度,利用冲击力或压力使其产生塑性变形而获得锻件毛坯的加工方法。锻件的组织比铸件致密,力学性能高,但锻件的形状复杂程度远不如铸件,锻造的材料利用率也较低。各种机械中的传动零件和承受重载及复杂载荷的零件,如主轴、传动轴、齿轮、叶轮和叶片等大都采用锻件。

(3) 冲压。通过装在压力机上的模具对板料施压,使之产生塑性变形或分离,从而获得一定形状、尺寸和性能的零件或制品的加工方法。冲压通常在常温下进行。冲压件具有重量轻、刚度好、尺寸精度高、操作简便、生产效率高等优点。各种机械和仪器、仪表中的薄板成型件及日用品中的金属制品,绝大多数是冲压件。

(4) 焊接。一种永久性连接金属材料的工艺方法。焊接过程的实质是利用加热或加压等手段,使用或不使用填充材料,借助金属原子的结合与扩散作用,使分离的金属材料牢固地连接起来。焊接具有连接性能好、省工、省料、成本低、重量小、工艺简单、焊缝密封性好等优点。焊接主要用于制造金属结构件,如压力容器、船舶、桥梁、建筑、管道等;也可制造零件毛坯,如机座和箱体等。

(5) 切削加工。用切削工具(主要是刀具)从毛坯上切除多余的材料,获得尺寸精度、形状精度、位置精度和表面粗糙度符合图样要求的零件的加工方法。切削加工包括机械加工(简称机工)和钳工两大类。机工主要是通过操作者操纵机床来完成切削加工。常见的机床有车床、铣床、刨床、磨床等,相应的加工方法称为车削、铣削、刨削、磨削等。钳工一般通过操作者手持工具进行切削加工,通常把钻床加工也包括在钳工范围内。机械加工在过去一般是通过普通机床进行的,现在数控机床得到了广泛应用。

(6) 数控加工。数控是以数字化信息对机床运动及加工过程进行控制的一种方法。数控加工与普通机床加工相比具有加工精度高、生产效率高、适合加工复杂的轮廓表面、有利于实现计算机辅助制造等优点。

(7) 特种加工。切削加工主要利用机械能,而特种加工是直接利用电、光、声、化学、电化学等能量形式去除工件的多余材料。常用的特种加工方法有电火花、电解、电子束、离子束、激光和超声波加工等,主要用来加工各种难加工材料、形状复杂的零件以及精密细小的零件。

(8) 热处理。将固态金属在一定介质中加热、保温后以某种方式冷却,以改变金属的组织结构,从而获得所需性能的一种工艺。

(9) 装配。将加工好的零件组装成部件和整机,并经过调试和检验使之成为合格产品的工艺过程。

2.2 金工实训的内容

金工实训的内容是按照教育部《高等学校工科本科金工实习教学基本要求》的规定,结合当前要加强实践教学的有关精神安排的。

机械类专业金工实训应安排铸造、锻造、冲压、焊接、车工、铣工、刨工、磨工、钳工等工种和数控加工实训。具体实训内容如下。

(1) 冷加工(习惯把切削加工和装配称为冷加工)、热加工(习惯把铸造、锻造、焊接

和热处理称为热加工)的主要加工方法及简单的加工工艺。

(2) 冷加工和热加工所用设备、附件及其工具、夹具、量具、刀具的大致结构、工作原理和使用方法。

在实训过程中要介绍常用金属材料及热处理的基本知识。

金工实训按工种进行,教学环节有实际操作、现场演示、专题讲解等。实际操作是实训的主要环节,学生要通过实际操作获得各种加工方法的感性认识,初步学会使用有关的设备和工具。

其他专业学生的金工实训要根据学时安排和基本要求进行适当调整。

3 金工实训的目的和要求

3.1 金工实训的目的

(1) 学习工艺知识。理工科院校的学生,除了应具备较强的基础理论知识和专业技术知识外,还必须具备一定的机械制造的基本工艺知识。学生在金工实训中,主要通过自己的亲身实践来学习机械制造的基本工艺知识。

(2) 增强实践能力。实训教学是培养实践能力的重要环节。这里所说的实践能力,包括动手能力,在实践中获取知识的能力,以及运用所学知识和技能分析、解决工艺技术问题的能力。在金工实训中,学生要亲自操作各种机器设备,使用各种工具,通过各工种的操作训练和工件制作来培养实践能力。

(3) 提高综合素质。工程技术人员应具有的良好综合素质包括:坚定的政治方向,艰苦奋斗的创业精神,团结勤奋的工作态度,严谨求实的工作作风,良好的心理品质及较高的工程素养。学生在金工实训中,将直接感受劳动的艰辛,增强对劳动人民的感情,接受社会化生产的熏陶和组织纪律性的教育。所有这些,对提高学生的综合素质必然起到重要作用。

(4) 培养创新意识和创新能力。创新是一个民族进步的灵魂,是一个国家兴旺发达的不竭动力。金工实训在培养学生创新意识和创新能力的过程中起着非常重要的作用。在金工实训中,学生要接触大量的机电设备,并要了解、熟悉和掌握一部分设备的结构、原理和使用方法。这些设备都是前人和今人的创造和发明,强烈地映射出创造者长期追求和苦苦探索所燃起的智慧火花。在这种环境中学习,有助于激发学生的创新欲望和创新热情。在实训过程中,要有计划地安排一些自行设计、自行制作的创新训练环节,以培养学生的创新能力。

3.2 金工实训的要求

(1) 树立安全第一的思想。安全第一既是完成金工实训学习任务的基本保证,也是工程技术人员应具备的一项基本的工程素质。在金工实训过程中,要注意培养学生的安全意识,严格进行安全技术规程教育。在整个金工实训中,学生要自始至终坚持安全第一,时刻警惕,绝不能有麻痹大意情绪。

(2) 学生在实训中应做到“四好”。劳动态度好：服从分配，不怕脏，不怕累；树立正确的劳动观念，珍惜劳动成果。组织纪律好：遵守实习车间的各项规章制度，不迟到，不早退，有事请假。学习态度好：认真听课，刻苦训练，独立完成作业件和实习报告；尊敬指导人员和教师，虚心学习。科学作风好：树立工程技术人员应有的严谨科学作风，要严肃认真，一丝不苟，注意产品质量。

(3) 培养在实践中学习的良好习惯。工程师的基本知识和基本技能不可能完全通过书本来获得，在实践中学习是一条重要途径。金工实训的内容大都是一些具体的生产经验和工艺知识；学习的课堂不是教室，而是实习车间；学习的对象不是书本和教师，而是具体生产过程和现场教学指导人员。因此，学习的方法也应作相应的调整 and 改变，要学会在实践中学习，注重在生产过程中学习工艺知识和基本技能。

第 1 章 车削加工

1.1 车工概述

车工是机械加工最基本的工种。在金属切削机床中，各类车床约占总数的一半。无论是大批量生产，还是单件小批生产或是在机械维护修理方面，车削加工都占有重要地位。

车床的加工范围较广。主要加工各种回转表面，其中包括：端面，内外圆柱面，内外圆锥面，内外螺纹，回转成型面，回转沟槽以及滚花等。

车削加工时工件的旋转运动为主运动，车刀相对工件移动为进给运动。图 1.1 表示车床可完成的主要工作。图 1.2 表示适宜在车床上加工的零件。

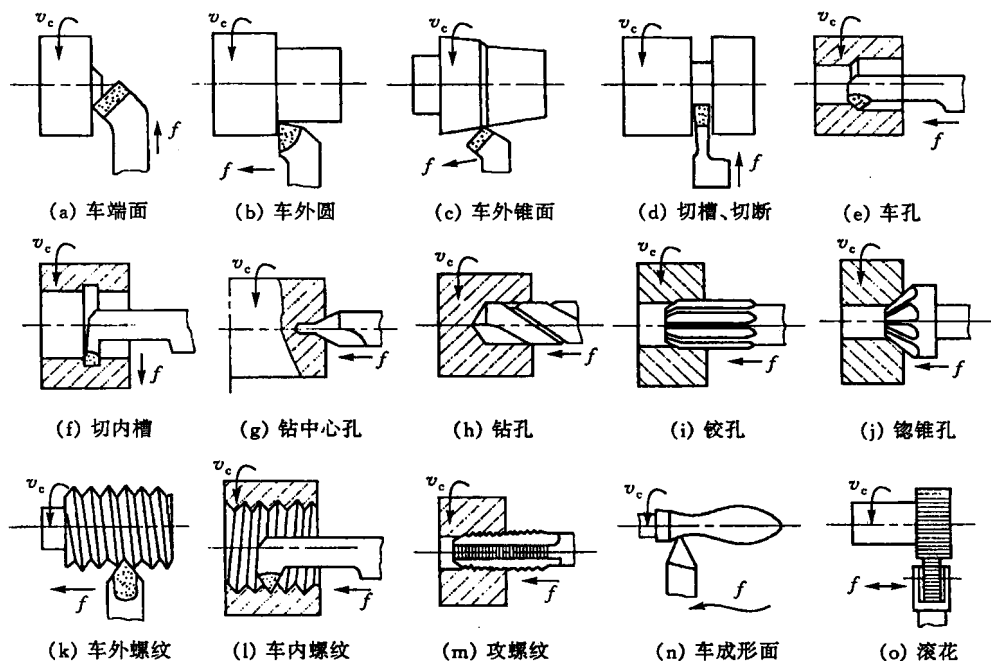


图 1.1 车床可完成的主要工作

车床的种类很多，常见的有普通车床、六角车床、立式车床、自动及半自动车床、仪表车床和数控车床等。一般车床加工的尺寸公差等级为 IT9~IT7，表面粗糙度 Ra 值可达 $1.6\mu\text{m}$ 。

在现代机械制造中，随着生产的发展，高效率、自动化和高精度的车床不断出现，为车削加工提供了广阔的前景，但是卧式普通车床仍是各类车床的基础。

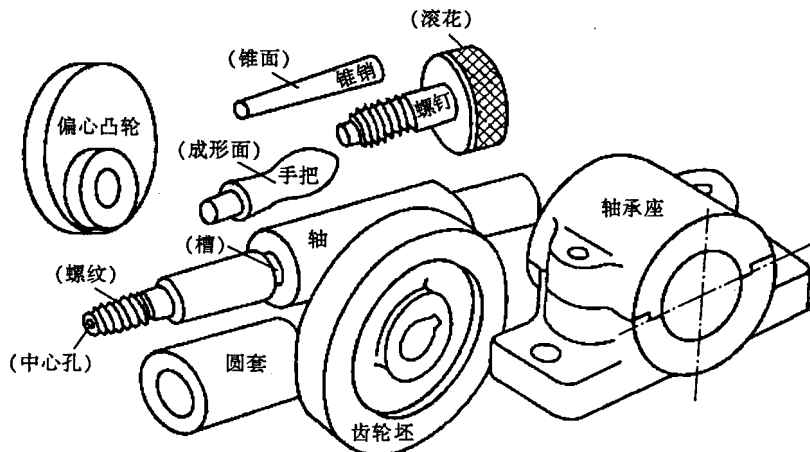


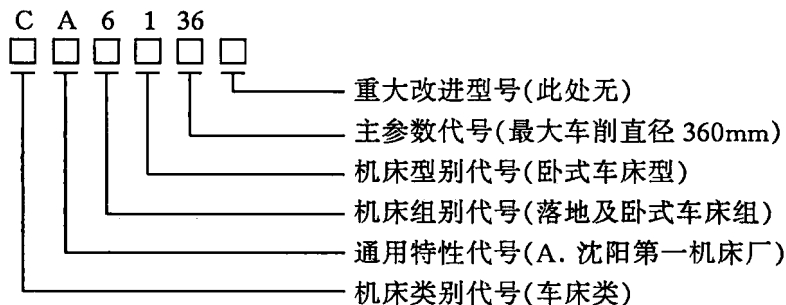
图 1.2 车床上加工零件举例

1.2 普通车床

普通车床型号很多，下面介绍 CA6136 车床。

1.2.1 CA6136 型车床的型号

车床型号是按 GB/T 15375—1994《金属切削机床型号编制方法》规定的，由汉语拼音字母和阿拉伯数字组成。CA6136 普通车床的型号含义如下：



1.2.2 CA6136 型车床的组成

CA6136 型车床的主要组成部分有床身、主轴箱、进给箱、光杠、丝杠、溜板箱、刀架、尾座和床腿等。如图 1.3 所示。

(1) 床身。它是车床的基础零件，用来支承和连接各主要部件并保证各部件之间有严格、正确的相对位置。床身的上面有内、外两组平行的导轨。外侧的导轨用于大拖板的运动导向和定位，内侧的导轨用于尾座的移动导向和定位。床身的左右两端分别支承在左右床腿上，床脚固定在地基上。

(2) 主轴箱。它安装在床身的左上端，内装主轴和主轴变速机构。电动机的运动经三角胶带传动给主轴箱，通过变速机构使主轴得到不同的转速。主轴又通过传动齿轮带动配换齿轮旋转，将运动传给进给箱。主轴为空心结构，主轴的通孔中可以放入工件棒料。主

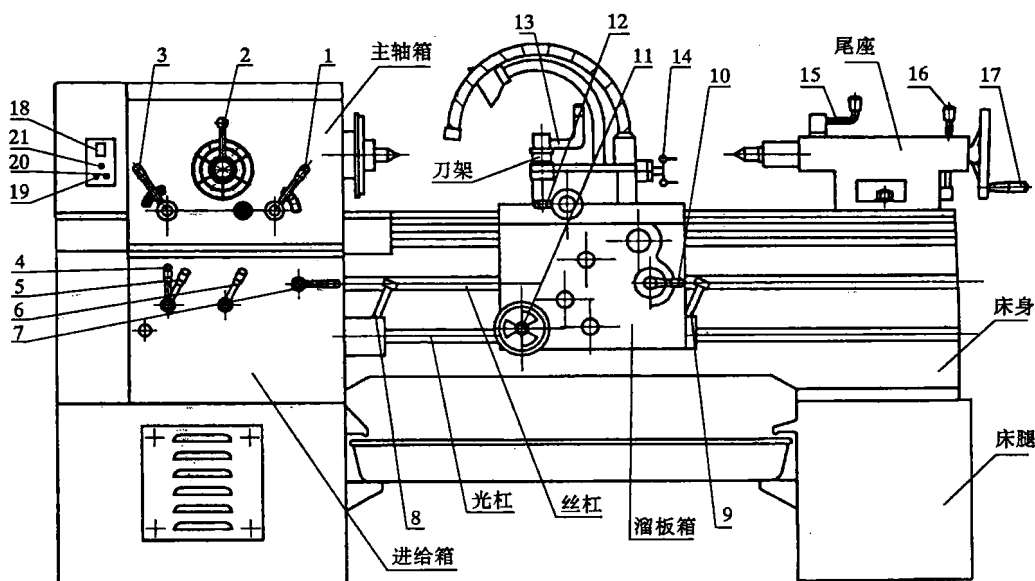


图 1.3 CA6136 型车床

- 1—主轴高、低挡手柄；2—主轴变速手柄；3—纵向正、反走刀手柄；4, 5, 6, 7—螺距及进给量变换手柄；
8, 9—主轴正、反转手柄；10—开合螺母及纵、横向自动走刀手柄；11—纵向移动手轮；12—横向移动手柄；
13—方刀架锁紧手柄；14—小拖板移动手柄；15—尾座套筒锁紧手柄；16—尾座紧固手柄；
17—尾座套筒移动手轮；18—电源开关；19—急停按钮；20—电机控制按钮；21—冷却开关

轴右端(前端)的外锥面用来安装卡盘等附件，内锥面用来装卡顶尖。车削过程中主轴带动工件实现旋转(主运动)。

(3) 进给箱。内装进给运动的变速齿轮。主轴的运动通过齿轮传入进给箱，经过变速机构带动光杠或丝杠以不同的转速转动，最终通过溜板箱带动刀具实现直线的进给运动。

(4) 光杠和丝杠。光杠和丝杠将进给箱的运动传给溜板箱。车外圆、车端面等自动进给时，用光杠传动。丝杠只用于车削螺纹。

(5) 溜板箱。它与大拖板连在一起，将光杠传来的旋转运动变为车刀需要的纵向或横向的直线运动，也可操纵对开螺母由丝杠带动刀架车削螺纹。

(6) 刀架。它是用来装夹刀具的，能够带动刀具作多个方向的进给运动。为此，刀架做成多层结构，如图 1.4 所示。从下往上分别是大拖板、中拖板、转盘、小拖板和四方刀架。大拖板可带动车刀沿床身上的导轨作纵向移动。中拖板可以带动车刀沿大拖板上的导轨(与床身上导轨垂直)作横向移动。转盘与小拖板用螺栓相连，松开螺母，转盘可在水平面内转动任意角度。小拖板可沿转盘上的导轨作短距离的移动。

当转盘转过一个角度，其上导轨亦转过一个角度，此时小拖板便可以带动刀具沿相应的方向作斜向进给运动，最上面的四方刀架专门夹持车刀，最多可装 4 把车刀。

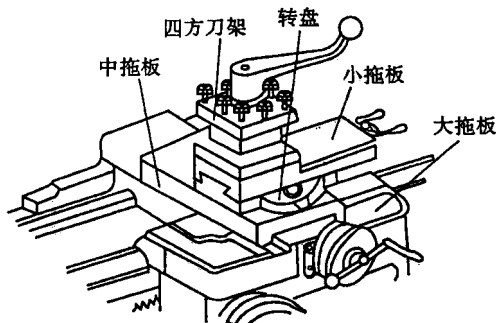


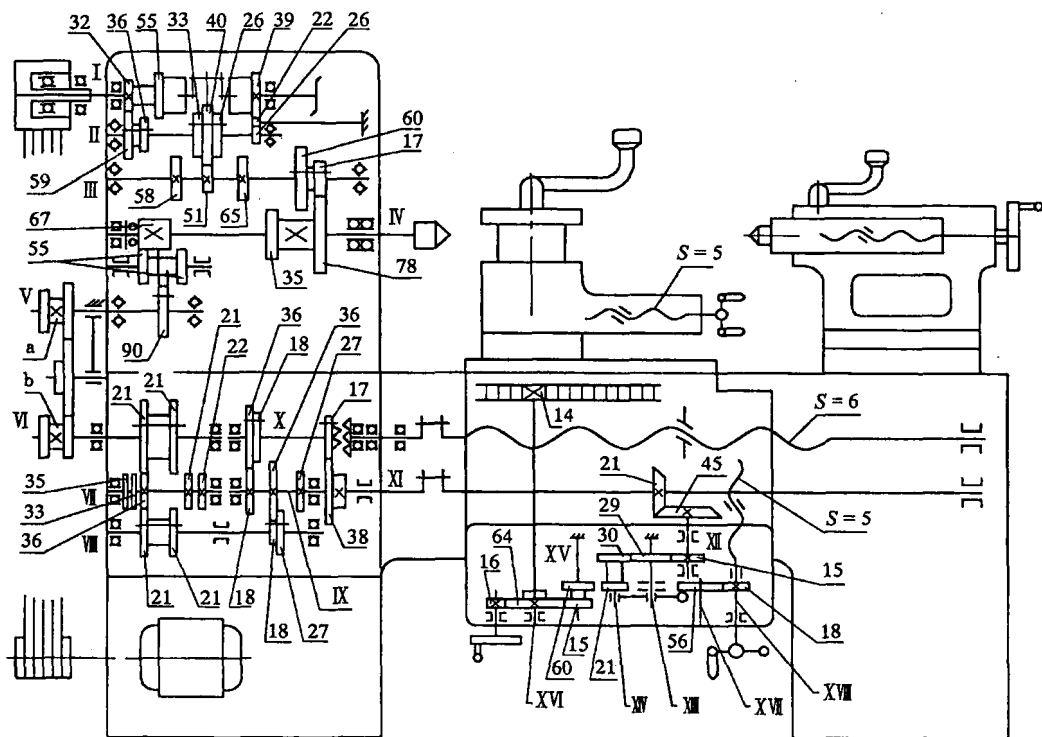
图 1.4 刀架的组成

(8) 床腿。用来支承床身，并与地基连接。

(1) 主轴转速的调整。靠变换主轴箱上两个变速手柄的位置进行。左侧手柄可转动, 有 6 个位置, 右侧手柄有 2 个位置, 变换不同位置可获得 $37 \sim 1600 \text{ r/min}$ 12 种不同的转速(见主轴箱上主轴转速表)。变换手柄位置时要到位, 若手柄不到位, 可用手转动卡盘。

(2) 进给量的调整。靠变换进给箱上手柄的位置完成。

CA6136 型车床的传动系统如图 1.5 所示。



CA6136 型车床的传动系统由主运动传动系统和进给运动传动系统两部分组成。

主运动为集中传动，位于前床腿内的主电机通过三角胶带带动主轴箱的 I 轴，经过摩擦离合器控制主轴正反转。改变主轴转速是通过手柄 1(图 1.3)使齿轮 55/36、40/51、

60/35 分别啮合, 主轴为高速传动。再经过 32/59, 26/65, 17/78 分别啮合, 主轴为低速传动。主轴正转可得 12 种转速, 反转可得 6 种转速。

在车床上主运动是指主轴带动工件所作的旋转运动。主轴的转速常用 n 来表示, 单位为 r/min 。CA6136 型车床的传动路线如图 1.6 所示。

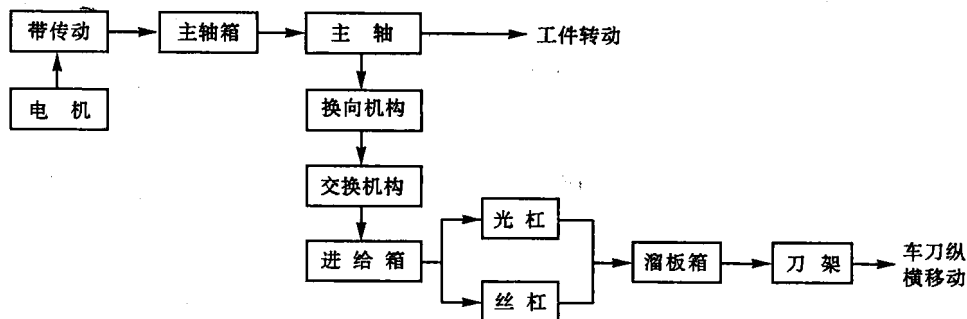
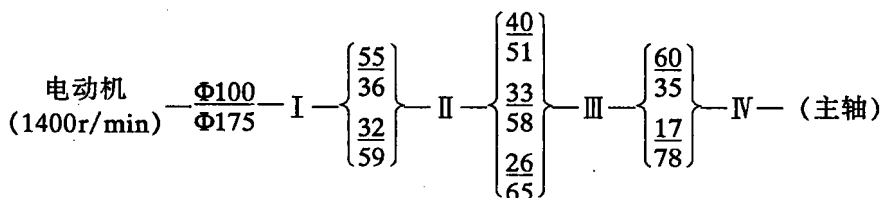


图 1.6 CA6136 型车床传动路线框图

可以算出, 主轴正转有 $2 \times 3 \times 2 = 12$ 种转速。它们的转速分别是 37, 52, 72, 105, 150, 205, 290, 410, 570, 820, 1170, 1600 r/min 。

主轴反转有 $1 \times 3 \times 2 = 6$ 种转速。它们的转速分别是 102, 145, 200, 800, 1140, 1570 r/min 。

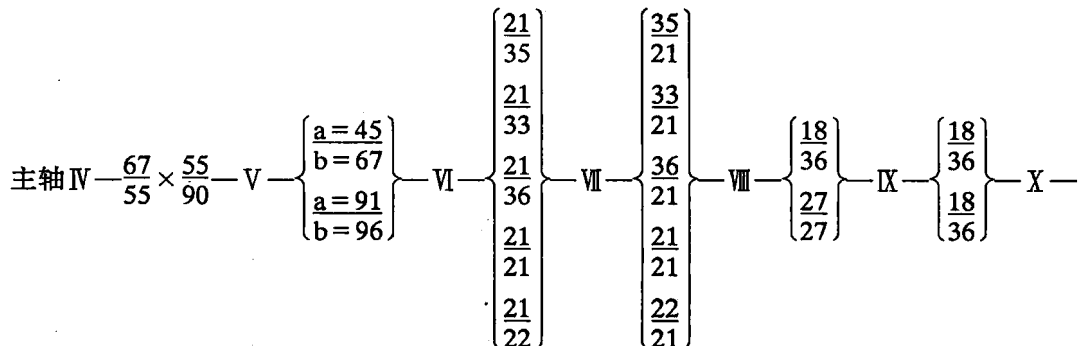
主运动传动路线为:



2. 进给运动传动系统

进给系统的动力由主轴箱的主轴经过挂轮架两对交换齿轮传到进给箱(图 1.5 中 a, b)。

车床上的进给运动是指刀具相对于工件的移动。进给运动用进给量 f 来描述, 单位是 mm/r , 意指主轴旋转一周, 刀具相对工件沿纵向(或横向)移动的距离。进给量不是指进给速度的大小, 而是指刀具运动与主轴运动的关系。进给运动传动系统是指从主轴到刀架之间的传动系统。进给运动传动路线为:



丝杠 $S=6\text{mm}$, 闭合对开螺母车螺纹

$\left\{ \begin{array}{l} \frac{17}{38} \text{ XI } \frac{21}{45} \text{ XII } \frac{15}{30} \text{ XIV } \frac{21}{60} \text{ XV } \frac{15}{64} \text{ XVI} \text{—(齿轮齿条)纵向自动进给} \\ \frac{17}{38} \text{ XI } \frac{21}{45} \text{ XII } \frac{15}{30} \text{ XIV } \frac{21}{56} \text{ XVII } \frac{56}{18} \text{ XVIII—(丝杠螺母)横向自动进给} \end{array} \right.$

对给定的 a, b 交换齿轮, 传入进给箱的转速可得到 20 种不同的输出转速, 本机床两组交换齿轮。当用光杠传动时, 可获 40 种进给量。

纵向进给量 $f_{\text{纵}}=0.05\sim 1.60\text{mm/r}$;

横向进给量 $f_{\text{横}}=0.04\sim 1.28\text{mm/r}$ 。

如用丝杠传动, 可实现车螺纹传动。

另外, 调节正反向走刀手柄还可以获得相对应的反向进给的进给量。

1.2.5 其他类型车床

为了满足各种零件加工的需要, 提高切削加工的生产率, 除卧式车床外, 尚有六角车床、立式车床、多刀车床、自动和半自动车床等各种类型的车床。尽管各种车床有不同的外形和结构, 但其基本原理还是相同的。下面介绍六角车床和立式车床的主要特点。

1. 六角车床

六角车床有转塔式六角车床和回轮式六角车床。

图 1.7 所示为转塔式六角车床, 它与卧式车床的区别在于有一个可转动的六角刀架, 代替了卧式车床上的尾座。在六角刀架上可同时安装钻头、铰刀、板牙以及装在特殊刀架中的各种车刀, 以便进行多刀加工。这些刀具是按零件加工顺序安装的。六角刀架每转 60° 便可更换一组刀具, 而且可与四方刀架上的刀具同时对工件进行加工。此外, 机床上有定程装置, 可控制尺寸, 节省许多度量工件的时间。转塔车床适宜加工外形复杂且具有内孔的成批零件。

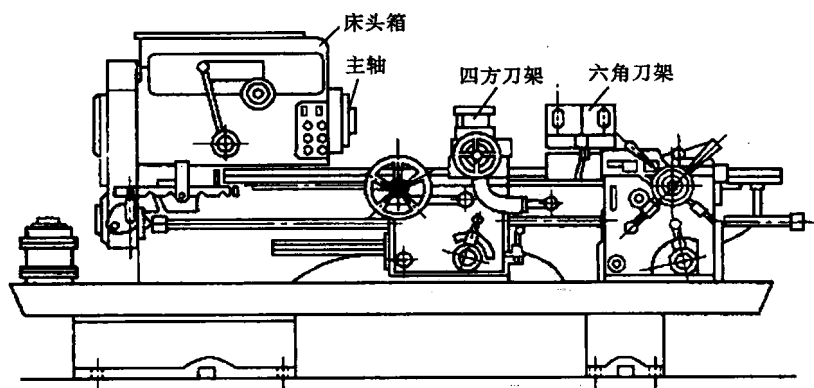


图 1.7 转塔式六角车床

2. 立式车床

立式车床的外形如图 1.8 所示。装夹工件用的工作台绕垂直轴线旋转。在工作台的后侧立柱上装有横梁和一个横刀架, 它们都能沿立柱上的导轨上下移动。立刀架溜板可沿横梁左右移动。溜板上有转盘, 可以使刀具斜成需要的角度, 立刀架可作竖直或斜向进给。立刀架的转塔有 5 个孔, 可以装夹不同的刀具。旋转转塔, 即可迅速准确地更换刀具。利