

模具设计与 制造实验指导书

福建高级工业专门学校 翁其金 主编

机械工业出版社

普通中等专业教育机电类规划教材

普通中等专业教育机电类规划教材

模具设计与制造实验指导书

主编 翁其金

参编 何 东 范有发 陈 胤

主审 陈中兴

江苏工业学院图书馆
藏书章



机械工业出版社

本书包括了“模具设计与制造”专业教学计划中主要专业课的基本实验。全书共六章，内容为机械制造基础实验、冲压与塑料成型机械实验、冷冲压工艺及冲模设计实验、塑料成型工艺及塑料模设计实验、模具制造工艺学实验、模具数控加工实验。

本书是中专模具专业教材，也可供相关专业师生使用。

模具设计与制造实验指导书

主编 翁其金

参编 何 东 范有发 陈 胤

主审 陈中兴

*

责任编辑：杨 燕 版式设计：王 颖

封面设计：郭景云 责任校对：刘秀芝

责任印制：王国光

*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

邮政编码：100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社京丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787×1092¹/₁₆·印张4.75·字数111千字

1997年5月第1版第1次印刷

印数 0 001—4 000 定价：6.50元

*

ISBN 7-111-05353-2/TG·1108 (课)

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

ISBN 7-111-05353-2



9 787111 053538 >

前 言

本书是根据原国家机械工业委员会中等专业学校“模具设计与制造”专业教学计划及各专业课程教学大纲的规定编写的，是中等专业学校“模具设计与制造”专业的辅助教材。

本书包括“模具设计与制造”专业教学计划中主要专业课的基本实验。本书由福建高级工业专门学校翁其金主编，山东机械工业学校陈中兴主审。全书共六章，其中翁其金编写第四章，福建高级工业专门学校范有发编写第二、三章，陈胤编写第六章，山东机械工业学校何东编写第一、五章。

参加本书审稿会的除了编审人员外，还有常州工业技术学院汤天民，南京农业工程学院古华，上海电机高等专科学校裘维涵，北京仪器仪表工业学校邓嵩，大庸航空工业学校徐政坤，武汉船舶工业学校黄邦彦，武汉市机械工业学校张国俭，广东省机械学校张丽，杭州机械工业学校李小青，江西九江船舶工业学校刘越。在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，错误缺点在所难免，恳切希望广大读者批评指正。

目 录

前言	
第一章 机械制造基础实验	1
第一节 车刀几何角度的测量实验	1
第二节 切削力的测定实验	5
第三节 卧式车床结构及工作原理实验	8
第四节 卧式铣床铣削斜齿轮实验	10
第五节 滚齿机加工斜齿圆柱齿轮实验	15
第六节 砂轮平衡、安装及调整实验	20
第二章 冲压与塑料成型机械实验	22
第一节 冲模安装与曲柄压力机参数调整及精度测试实验	22
第二节 注射模具安装与注射机调整实验	25
第三章 冷冲压工艺及冲模设计实验	27
第一节 板料拉伸实验	27
第二节 板料胀形性能实验	28
第三节 冲裁模间隙值实验	30
第四节 弯曲件的回弹及回弹值的确定实验	32
第五节 板料拉深实验	34
第六节 冲模拆装实验	36
第四章 塑料成型工艺及塑料模设计实验	37
第一节 热固性塑料流动性实验（拉西格法）	37
第二节 热塑性塑料流动性的测定实验	38
第三节 压缩模塑工艺实验	40
第四节 塑料注射模塑工艺实验	41
第五节 塑料模具拆装实验	43
第五章 模具制造工艺学实验	45
第一节 卧式车床几何精度检验	45
第二节 成形磨削实验	53
第三节 车床静刚度测定实验	57
第四节 机械加工误差统计分析实验	62
第五节 数控线切割编程及加工实验	64
第六节 电火花成形加工实验	66
第六章 模具数控加工实验	69
第一节 数控车床的编程及加工实验	69
第二节 数控铣床的编程及加工实验	70
参考文献	71

第一章 机械制造基础实验

第一节 车刀几何角度的测量实验

一、实验目的

- (1) 掌握车刀几何角度测量的基本方法，加深对车刀切削部分基本定义的理解。
- (2) 了解车刀量角台的结构、工作原理及使用方法。
- (3) 通过对车刀切削部分各剖面角度的测量及计算，加深对各剖面角度之间相互关系的理解。
- (4) 掌握车刀几何角度的标注方法。

二、实验原理

车刀量角台是测量车刀标注角度的专用量角仪，其结构如图 1-1 所示。它是由工作台 9、定位块 8、立柱 7、调整螺母 6 和安装在三个互相垂直轴上的大刻度盘 3、小刻度盘 5、底盘 1 以及相应的大指针 2、小指针 4 等零件组成的。它的测量基本原理就是利用安装在三个互相垂直轴上的刻度盘或指针，对应车刀被测部分作一定角度的转动，其转过的角度值可通过相应的刻度盘指针显示出来，从而测量出车刀切削部分在某平面内的“静态”几何角度。

在车刀的设计、制造、刃磨和测量过程中，为方便起见，均以与车刀刀杆的安装底面相贴合的平面作为基面。因为在使用中车刀的切削平面和各平面（法平面除外）均垂直于基面，所以，车刀量角台在小指针指零时，可用大指针的前面 a 分别代表各平面（小指针转过刃倾角 λ 时代表法平面）和切削平面。测量时，只要将被测车刀随工作台转到一定的位置，然后，再适当调整大指针的方位，使其几个测量工作面（如图 1-1 中的 a 、 b 、 c 、 d 等面）分别与车刀切削部分的各被测面（刃）贴合，此时，便可在底盘和大刻度盘上分别读出车刀切削部分在基面、正交平面、法平面等平面内的“静态”几何角度值。

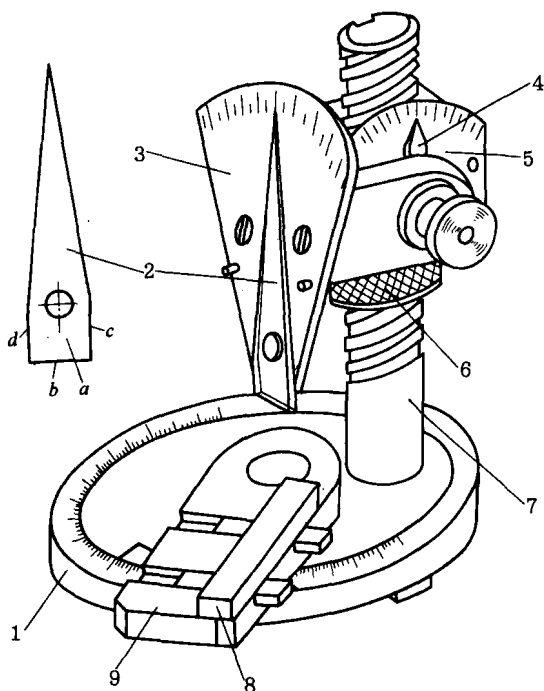


图 1-1 车刀量角台

三、实验仪器和刀具

- (1) 车刀量角台一台。
- (2) 外圆车刀（90°偏刀、75°直头刀、45°弯头刀）和切断刀各一把。

四、实验内容及步骤

测量前, 先将各指针对零 (原始位置), 然后, 将车刀放到测量工作台上, 并与定位块靠紧。

1. 主偏角 κ_r 的测量

将工作台连同车刀一起从原始位置开始顺时针转动 (工作台平面相当于基面), 直到车刀主切削刃与大指针的 a 面贴合为止, 这时, 即可在标有刻度的圆形底盘上读出车刀主偏角值, 如图 1-2 所示。

2. 刃倾角 λ_s 的测量

测完主偏角后, 工作台 (底盘) 不动, 转动调整螺母, 使大刻度盘上移, 并转动大指针, 调到大指针的 b 面与车刀主切削刃完全贴合为止 (大指针的 b 面相当于切削平面), 这时, 即可在大刻度盘上读出车刀主切削刃的刃倾角 λ_s 值。大指针指在零位的左边 λ_s 为正; 指在零位的右边 λ_s 为负, 如图 1-3 所示。

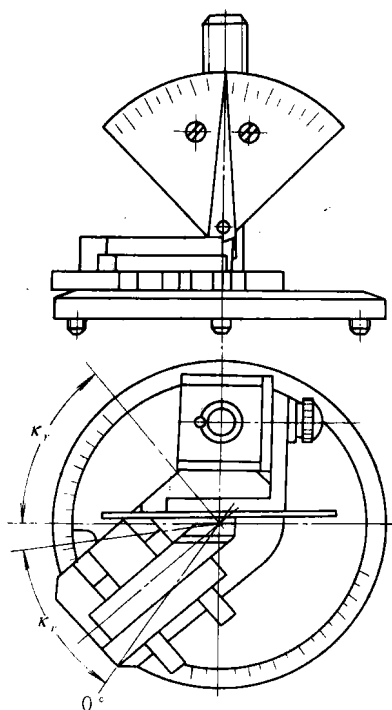


图 1-2 车刀主偏角 κ_r 的测量

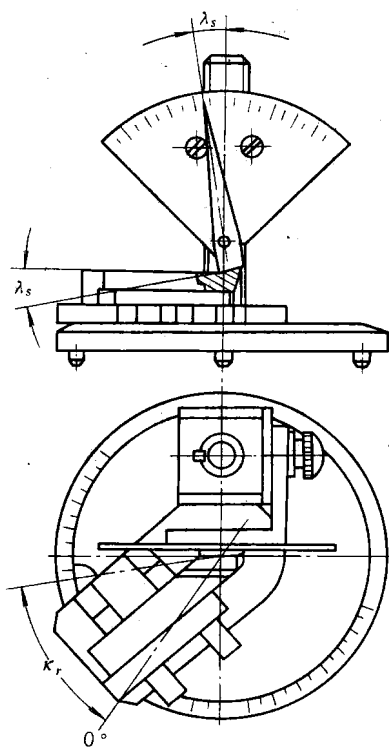


图 1-3 车刀刃倾角 λ_s 的测量

3. 前角 γ_o 的测量

从测完主偏角的位置起, 使工作台 (底盘) 逆时针转动 90° , 或从原始位置起逆时针转过 $(90^\circ - \kappa_r)$ 角, 此时, 主切削刃在基面上的投影恰好垂直于大指针的前面 a (相当于正交平面), 然后, 使大指针的 b 面在车刀主切削刃选定点 A 处与前刀面贴合, 这时, 即可在大刻度盘上读出车刀主切削刃的前角 γ_o 值。大指针指在零位的右边 γ_o 为正; 指在零位的左边 γ_o 为负, 如图 1-4 所示。

4. 后角 α_o 的测量

测完前角后，工作台不动，向右平移车刀（这时定位块可能要换置于车刀的左侧，但仍要保证车刀侧面与定位块侧面靠紧），然后，下移大刻度盘，使大指针的 c 面在车刀主切削刃选定点 A 处与后刀面贴合，这时，即可在大刻度盘上读出车刀主切削刃的后角 α_0 值。大指针指在零位的左边 α_0 为正；指在零位的右边 α_0 为负，如图 1-5 所示。

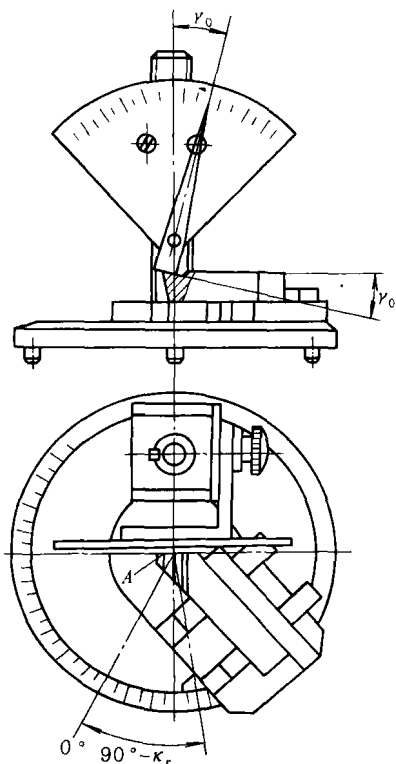


图 1-4 车刀前角 γ_0 的测量

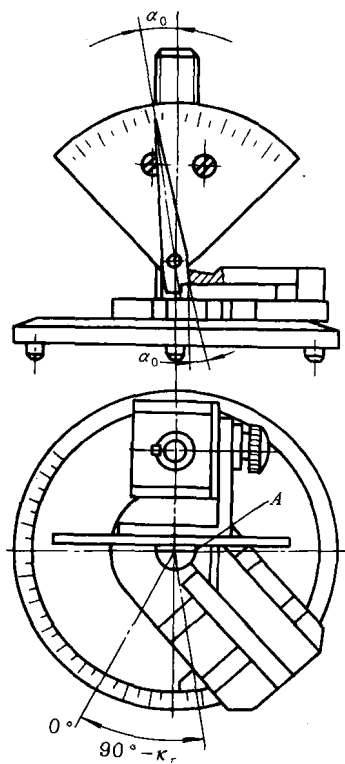


图 1-5 车刀后角 α_0 的测量

5. 法前角 γ_n 的测量

先将工作台和车刀调整到测量前角 γ_0 的位置，然后再使小指针从零位转过 λ 角，此时，大指针的前面 a 即为该车刀测量的法平面。当大指针的 b 面在车刀主切削刃选定点 A 处与前刀面贴合时，即可在大刻度盘上读出车刀主切削刃的法前角 γ_n 值。

6. 法后角 α_n 的测量

测完法前角后，小指针不动，转动调整螺母，使大刻度盘下移，并使大指针的 c 面在选定点 A 处与主后刀面贴合为止，这时，即可在大刻度盘上读出车刀主切削刃的法后角 α_n 值。

7. 横向前角 γ_r 的测量

将工作台恢复到原始位置，即使刀杆轴线方向垂直于大指针的 a 面，然后让大指针的 b 面与前刀面贴合，这时，即可在大刻度盘上读出车刀主切削刃的横向前角 γ_r 值。

8. 纵向前角 γ_y 的测量

将工作台由原始位置转过 90° ，调整大指针，使其 b 面与前刀面贴合，这时，即可在大刻度盘上读出车刀主切削刃的纵向前角 γ_y 值。

9. 副偏角 κ'_r 的测量

车刀副偏角 κ'_r 的测量可参照主偏角 κ_r 的测量过程进行。

10. 副前角 γ'_0 、副后角 α'_0 的测量

测完副偏角 κ'_r 后, 底盘不动, 调整大刻度盘, 使大指针的 b 面和 d 面在车刀副切削刃选定点 B 处, 分别与前刀面和后刀面贴合, 这样, 便可在大刻度盘上分别读出车刀副切削刃的副前角 γ'_0 和副后角 α'_0 值。

11. 副刃倾角 λ'_s 的测量

将工作台转至测量副偏角 κ'_r 的位置, 然后, 使大指针的 b 面与副切削刃贴合, 这时, 即可在大刻度盘上读出车刀副切削刃的副刃倾角 λ'_s 值。

五、实验要求与注意事项

1. 实验要求

(1) 测量 4 把车刀的基本角度。

(2) 选 75° 直头车刀, 测量横向前角 γ_x 、纵向前角 γ_y 和法前角 γ_n , 副切削刃上的副偏角 κ'_r 、副前角 γ'_0 、副后角 α'_0 和副刃倾角 λ'_s , 并通过公式计算 γ_x 、 γ_y 、 γ_n 、 γ'_0 、 α'_0 、 λ'_s 的理论值, 将计算结果与实测值加以比较。

(3) 将测量 4 把车刀所得到的各种几何角度, 分别标注在车刀刀头部分的视图上。

2. 注意事项

(1) 实验前, 须认真阅读实验内容及要求, 了解操作步骤。

(2) 测量时须先辨明车刀的主、副切削刃, 前、后刀面, 明确进给方向, 然后才能确定在测量车刀某一角度时, 车刀的安装和量角台的调整方法。

(3) 测量时要谨慎小心, 避免量角台和大刻度盘撞击车刀刀刃而损坏。

六、实验报告

1. 实验数据记录及分析

见表 1-1 及表 1-2。

表 1-1 被测车刀几何角度值

车刀名称	基本角度测量值/ ($^\circ$)					
	γ_0	α_0	κ_r	κ'_r	λ_s	α_n
90° 偏刀						
75° 直头车刀						
45° 弯头车刀						
切断刀						

表 1-2 被测车刀几何角度值

车刀名称	角度	测量值/ ($^\circ$)	计算式	计算值/ ($^\circ$)
75° 直头车刀	γ_x			
	γ_y			
	γ_n			
	γ'_0			
	α'_0			
	λ'_s			

2. 车刀几何角度的标注

先按 1:1 的比例绘制所测量的车刀刀头部分视图, 然后在主视图与剖面视图中标注出车刀切削部分的基本角度和其它要求测量的几何角度。

车刀名称：90°偏刀

车刀名称：75°直头车刀

车刀名称：45°弯头车刀

车刀名称：切断刀

第二节 切削力的测定实验

一、实验目的

- (1) 了解常用测力仪的工作原理及使用方法。
- (2) 观察分析背吃刀量 a_p 、进给量 f 、前角 γ_0 对主切削力 F_z 的影响。

(3) 以实验方法建立计算主切削力 F_z 的经验公式, 初步掌握以实验手段研究切削力的方法。

二、实验原理

切削力的测定是研究机床刚度、振动、机械加工精度和刀具切削性能等项目的重要实验。测力仪是测量切削力的主要工具, 它的结构形式有机械式、液压式、电气式(电阻式、电容式、电感式、压电式)等, 其中电气式应用较广。根据同时测力数量, 测力仪又分为单向式和三向式两种。本实验采用电阻式单向切削力测力仪, 只测定主切削力 F_z 。

电阻式单向切削力测力仪(图 1-6)是一把由刀头、弹性梁、刀杆组成的模拟车刀。在弹性梁的上、下面对称位置各贴一片电阻应变片 R_1 和 R_2 , 两电阻应变片的电阻值相等, 通过引线与电桥盒中两个电阻值同为 R_0 的电阻组成一个电桥。将测力仪象普通车刀一样安装在方刀架上, 模拟加工过程进给切削, 此时主切削力 F_z 作用在测力仪上, 致使弹性梁弯曲变形, 贴在其上的电阻应变片也随之受到拉伸或压缩, 使电桥中的电阻 R_1 和 R_2 的阻值发生变化 (R_1 增大, R_2 减小), 电桥失去平衡, 产生微电势, 经转换放大输入光线示波器, 在记录纸上将 F_z 的变化曲线记录下来。主切削力的测量过程如图 1-7 所示。

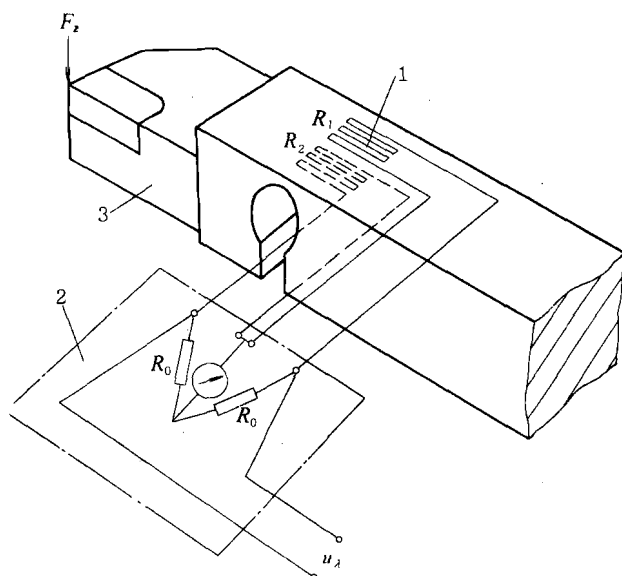


图 1-6 电阻式测力仪

1—电阻应变片 2—测试电桥盒 3—模拟车刀体

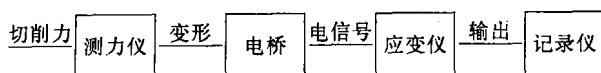


图 1-7 主切削力的测量过程

测力仪的静态定标可按图 1-8 在 X62W 型铣床上进行, 将力通过测力环加在刀头上, 环中百分表的示值可显示加力的多少(示值 0.01mm 表示加力值为 125.53N), 再经测力仪将力的信息传给光线记录示波器, 记录主切削力的示值(记录纸上每格所代表的主切削力为 209.08N)。

三、实验设备及仪器

- (1) CA6140 型卧式车床一台。
- (2) 电阻式单向切削力测力仪、SC16 型光线记录示波器各一台。
- (3) 测力仪定标装置一套。

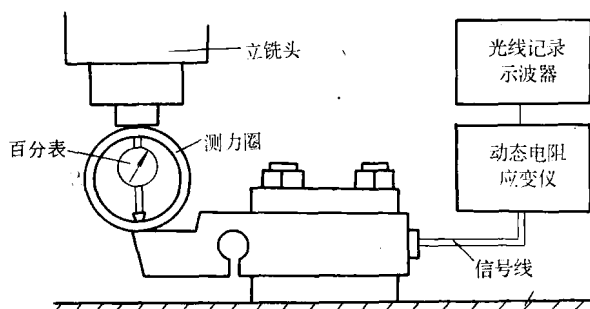


图 1-8 测力仪的定标

四、实验内容及步骤

本实验采用单因素实验法,分别研究进给量 f ,背吃刀量 a_p 以及前角 γ_0 对主切削力 F_z 的影响。

(1) 测力仪的静态定标,可由实验教师在实验前做好,也可在实验开始时由教师演示一遍。

(2) 选定车刀几何角度、工件直径、工件转速、背吃刀量 a_p ,只改变进给量 f (f 取0.1mm/r、0.16mm/r、0.21mm/r、0.3mm/r),依次进行切削,将 F_z 随 f 的变化情况记在表1-3中。

(3) 选定车刀几何角度、工件直径、工件转速、进给量 f ,只改变背吃刀量 a_p (a_p 取1mm、1.5mm、2mm、2.5mm、3mm),依次进行切削,将 F_z 随 a_p 的变化情况记到表1-4中。

(4) 选定除车刀前角 γ_0 外的其它实验参数,只改变车刀前角 γ_0 (γ_0 分别为 5° 、 10° 、 20° 的三把车刀),依次进行切削实验,将 F_z 随 γ_0 的变化情况记入表1-5中。

五、实验报告

1. 实验数据记录

表 1-3 进给量 f 对切削力的影响

固定 参数	主轴转速 $n=$ r/s	工件直径 $D=$ mm	切削速度 $v=$ m/s	背吃刀量 $a_p=$ mm
序号	进给量 $f/(mm \cdot r^{-1})$	记录纸上格数	主切削力 F_z/N	
1				
2				
3				
4				

表 1-4 背吃刀量 a_p 对切削力的影响

固定 参数	主轴转速 $n=$ r/s	工件直径 $D=$ mm	切削速度 $v=$ m/s	进给量 $f=$ mm/r
序号	背吃刀量 a_p/mm	记录纸上格数	主切削力 F_z/N	
1				
2				
3				
4				
5				

表 1-5 刀具前角 γ_0 对切削力的影响

	γ_0	记录纸上格数	主切削力 F_z/N
1			
2			
3			

2. 画出相应曲线

在双对数坐标纸上分别画出 $F_z=f(f)$, $F_z=f(a_p)$ 的曲线。

3. 测力误差计算

由经验公式计算得到的 $F_{z\text{计}}$ 值与实测 $F_{z\text{测}}$ 值之差即为测力误差 ΔF_z 。

$$\Delta F_z = F_{z\text{计}} - F_{z\text{测}}$$

第三节 卧式车床结构及工作原理实验

一、实验目的

- (1) 熟悉车床的构造、性能和用途。
- (2) 熟悉车床操纵系统的布局及使用方法。
- (3) 学会运用车床传动系统图分析车床各传动链的传动路线及传动关系。
- (4) 了解车床各典型机构的结构、工作原理和调整方法。
- (5) 熟悉车床的润滑系统。

二、实验设备及工具

- (1) CA6140 型卧式车床一台。
- (2) 活扳手、内六角扳手、一字旋具、锤子等工具若干。

三、实验内容及步骤

(1) 首先由实验教师简单介绍机床的组成、用途、技术规格、各操纵手柄的作用、操纵方法及注意事项，然后开车演示，观察车床的工作情况。

(2) 在实验教师的指导下，打开主轴箱的上盖板，对照车床传动系统图（图 1-9）和主轴箱展开图（参看产品说明书），观察内部构造，分析各个齿轮与轴的装配关系及各档转速的传动路线。扳动外部操纵手柄，观察车床主轴箱内齿轮、摩擦离合器、制动器、开车与停车操纵机构、变速操纵机构和正反转控制机构的动作过程，了解控制机理和调整方法。

卸下卡盘，观察主轴端部结构和卡盘的内部构造，了解卡盘在车床主轴上的装卸方法。

(3) 打开机床的左端盖，并卸上进给箱的上盖板，对照图 1-9 观察挂轮系统和进给箱齿轮的布局及进给运动的传递路线，了解主轴箱动力的获得方式，加深对主运动与进给运动关系的理解，观察丝杠和光杠的切换操纵及其它进给变速操纵过程，了解挂轮的调换方法。

(4) 卸下溜板箱上盖板（最好单独准备一个溜板箱供实验用），观察其内部构造，了解溜板纵、横自动进给运动的互锁机构和自动进给超载保护方法。

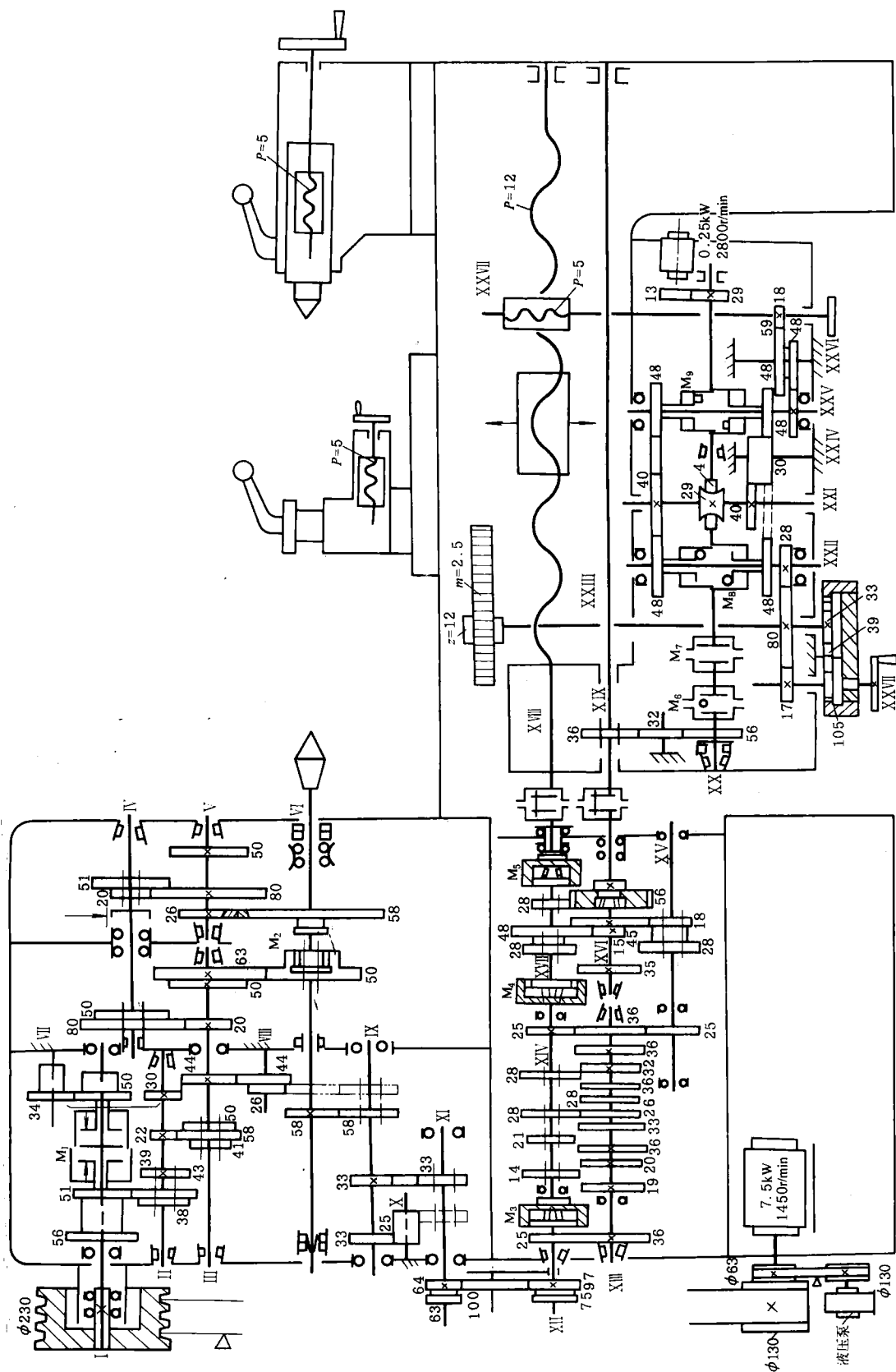


图 1-9 CA6140 型车床传动系统图

(5) 卸下方刀架，观察刀架的转位与定位结构；了解刀架溜板进给运动的丝杠、螺母及楔铁的调整方法。

(6) 观察车床各运动部件的润滑部位及润滑方式。

(7) 在实验教师的指导下，将拆卸的机床零部件安装复位，清理实验现场。

四、实验报告

(1) 将 CA6140 型卧式车床的主要技术规格记在表 1-6 中。

表 1-6 CA6140 型车床主要技术规格

导轨上最大 工件回转直径 D/mm				中滑板上最大 工件回转直径 D_1/mm						
主轴中心高度 H/mm				工件加工长度 L/mm						
主轴前端锥孔锥度					尾座套筒锥孔锥度					
主轴转速 (正转 24 级) $n/(r \cdot min^{-1})$										
进给量 (max) (min)		横 向			电 动 机	功 率 P/kW				
		纵 向				转 速 $n_{电}/(r \cdot min^{-1})$				
车削螺纹		米制螺纹 牙/mm								
		英制螺纹 牙/in								
机床 工作精度		精车外圆的圆度					端面平面度			
						表面粗糙度 $R_a/\mu m$				

(2) 按一定比例画出 CA6140 型卧式车床的正面外形简图，并在图上标明主要部件的名称及主要操作手柄的功用。

(3) 分析并回答下列问题

- 1) 在电动机不动的情况下，车床主轴是通过何种控制方式来实现正转、反转或停车转换的？
- 2) 主轴轴承的间隙如何调整？
- 3) 纵向溜板自动进给的过载保护是如何实现的？过载极限怎样调整？
- 4) 横向溜板进给丝杠、螺母的间隙大小对加工会产生什么影响？如何进行调整？
- 5) 纵、横溜板的纵向与横向自动进给是怎样实现互锁的？
- 6) 车床挂轮机构的作用是什么？在什么情况下需要配换挂轮？
- 7) 纵向进给的丝杠和光杠的工作性能有何不同？通过哪个手柄来变换？

第四节 卧式铣床铣削斜齿轮实验

一、实验目的

- 1) 了解 X62W 型铣床的结构、用途、技术规格及操作方法。
- 2) 了解分度头的结构和用途，学会使用分度头进行分度。
- 3) 掌握在 X62W 型铣床上加工斜齿轮或螺旋槽的计算及挂轮的配换方法。

二、实验原理

由螺旋线形成原理可知,采用模数铣刀(或圆柱棒铣刀)在卧式铣床上利用万能分度头加工斜齿轮(或螺旋槽)时,除铣刀做旋转主运动外,还应有三个运动:铣床纵向工作台带动工件作纵向进给运动;分度头主轴带动工件绕自身轴线作旋转运动;分度头使工件作周期性分度运动。前两个运动用以形成螺旋槽,二者必须有严格的运动关系,即工作台带动工件移动一个导程时,工件绕自身轴线旋转一周。第三个运动是为了完成全部斜齿的铣削加工(或多条螺旋槽的加工)。

为了实现上述运动,完成斜齿轮(螺旋槽)的加工,在实验时应做如下调整及计算工作:

(1) 将铣床工作台绕中心转轴水平旋转一定角度(等于工件的螺旋角 β),使铣刀的旋转平面与工件螺旋线切线方向一致,工作台旋转的方向和角度,取决于工件的螺旋方向和螺旋角,可按图 1-10 进行调整。

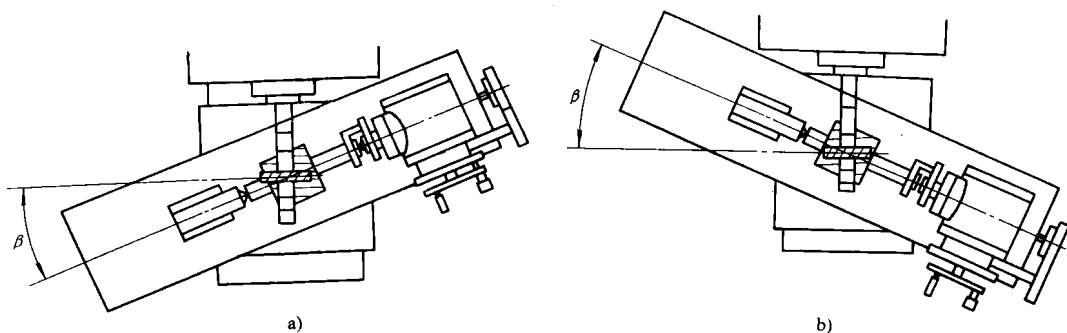


图 1-10 铣削斜齿轮工作台的调整

a) 铣右螺旋槽 b) 铣左螺旋槽

(2) 计算并配挂分度头上的挂轮,以使工作台带动工件的纵向进给运动与分度头带动工件的转动构成互为联系的传动,并保证两者严格的速比关系。可按图 1-11 配挂挂轮。

铣削斜齿轮时,挂轮计算式如下

$$\frac{z_1 z_3}{z_2 z_4} = \frac{40 T_s}{T_1} = \frac{40 T_s \sin \beta}{\pi m_n z}$$

式中 T_s ——工作台纵向进给的丝杠导程;

T_1 ——工件的齿(螺旋)槽导程;

z_1, z_2, z_3, z_4 ——配换挂轮的齿数;

m_n ——斜齿圆柱齿轮的法向模数;

z ——斜齿圆柱齿轮的齿数;

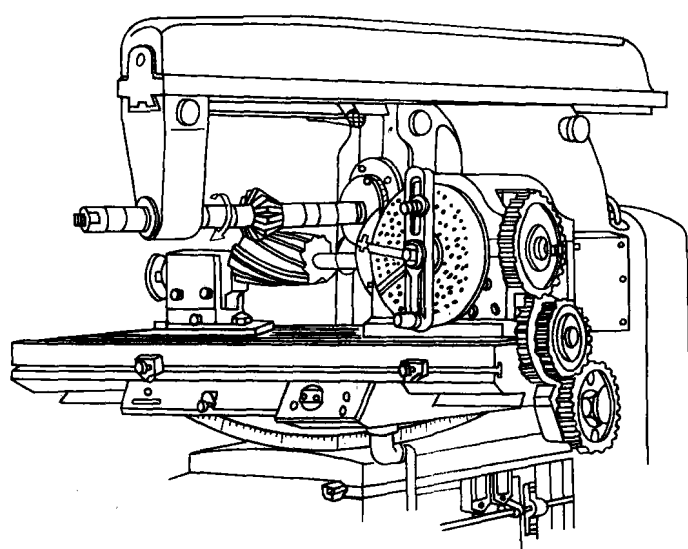
β ——斜齿轮的螺旋角。

(3) 加工完一个齿槽后,通过分度头使工件作 $360^\circ/z$ 的分度,再进行下一个齿槽的加工。分度头的分度方法如下:

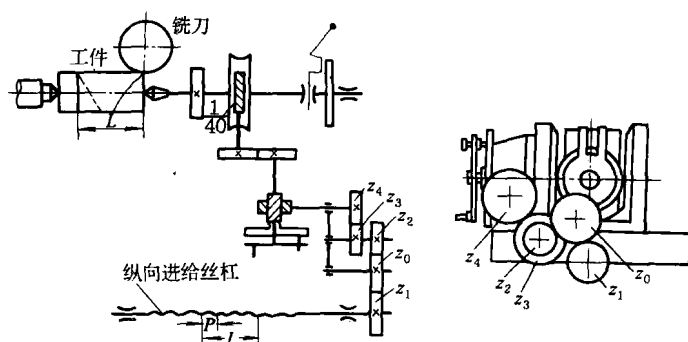
每一齿槽分度手柄的转数为

$$n_F = \frac{40}{z}$$

分度时用分度手柄和分度孔盘结合进行分度。当没有合适的孔圈而不能用简单分度法进



a)

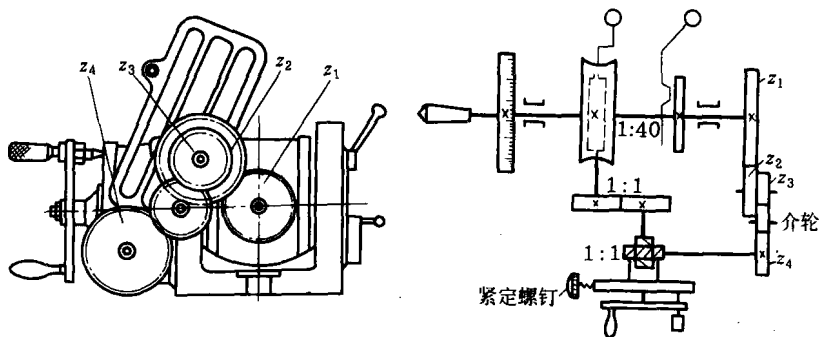


b)

图 1-11 铣削斜齿轮的挂轮配挂

a) 工作台和分度头的传动系统 b) 挂轮位置

行分度时,可采用差动分度法来分度,这时需要在分度头上加挂两对挂轮(z_1 、 z_2 、 z_3 、 z_4)如图 1-12 所示。



a)

b)

图 1-12 分度头分度调整

a) 分度头及挂轮配挂 b) 传动系统