

《机械制造技术基础》

实验指导书

康献民

五邑大学机电系

2007年9月印刷

目 录

实验一	刀具角度的测量	2
实验二	金属切削变形观察	7
实验三	车床几何精度检测及调整	10
实验四	切削要素对表面加工质量的影响	20
实验五	切削力的测量	24
实验六	车床静刚度测试	28
实验七	加工误差的统计分析	32

实验一 刀具角度的测量

实验项目性质：验证性

实验计划学时：2 学时

一、实验目的

1. 学习测量车刀几何角度的方法及仪器使用。
2. 加深对车刀几何角度的定义和理解。

二、实验内容和要求

1. 使用车刀量角台，测量给定外圆车刀的前角 Y_0 、后角 α_0 、主偏角 K_r 和副偏角 K_r' ，并将测量结果记入实验报告；了解刃倾角 λ_s 定义和作用。
2. 每人测三把车刀，外圆、螺纹和切断刀各一把。
3. 根据测量结果，绘制车刀简图，并回答问题。

三、仪器及工具

车刀量角台；5 种车刀模型

四、车刀量角台结构介绍与测量方法

1. 量角台的主要测量参数及其范围

车刀量角台能测量主剖面 and 法剖面内的前角、后角、主偏角、副偏角以及刃倾角。

测量范围：

前角 (Y_0): $-30^\circ \sim +40^\circ$; 后角 (α_0): $<30^\circ$; 主偏角 (K_r): $\leq 90^\circ$; 副偏角 (K_r') $\leq 90^\circ$; 刃倾角 (λ_s): $\pm 45^\circ$

2. 车刀量角台的组成

(1)车刀量角台主要由底座、立柱、刻度板、指针、标尺、滑板及紧固螺钉等组成 (如图 1),

松开锁紧螺钉 10, 刻度板 8 可绕立柱 4 旋转, 并可用螺母 5, 将其调整到任意高度。指针 9 可绕其轴在刻度板 8 上转动, 对准零点时, 互相垂直的 A、B 平面则分别平行和垂直于底座 1 的工作面 (即滑板和底座的上平面)。

(2)松开锁紧螺钉 3, 标尺 11 与标尺座 2 可绕立柱 4 旋转, 标尺座 2 上零线与底座之零点对准时, 固定在滑板 14 上的二档销之中心线垂直于标尺 11。

(3)松开锁紧螺钉 12, 刻度板 8 可绕其水平轴旋转, 旋转度数由指针 7 在度板 6 上指出。

(4)松开锁紧螺钉 15, 滑板 14 可在底座上作横向滑动, 行程 70mm。

3. 测量方法

因下所测各个角度都在主剖面坐标系内进行，则应使指针 7 对准度板 6 之零线，拧紧螺钉 12。

(1) 测量前角 (γ)

转动刮度板 8，使指针 9 所在平面垂直于主切削刃在底座 1 工作面上的投影（相当于主切削刃在其面上的投影），调整指针 9，使平面 A 与车刀的前刀面吻合，指针 9 即在刻度板 8 上指出前 γ 。数值。

(2) 测量后角 (α)

操作同上，只须使 B 平面与车刀后刀面吻合，在刻度板 8 上即可读出后角 α 。的数值。

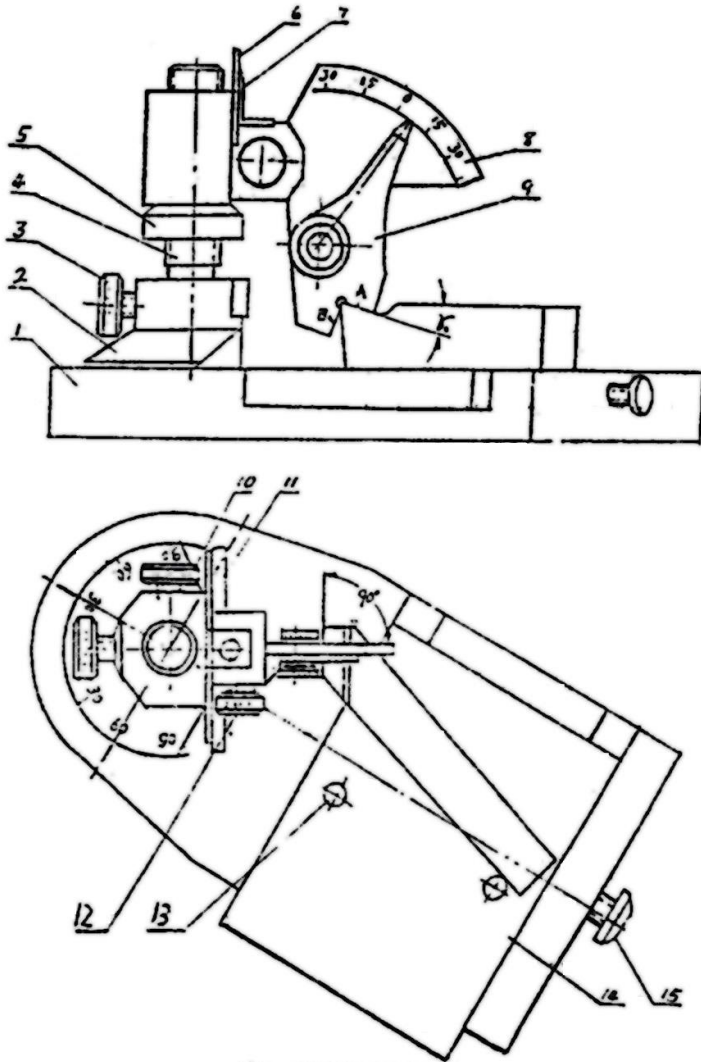


图 1 测量前角示意图

(3) 测量刃倾量 (λ_s)

先使刀具主切削刃位于指针 9 所在的平面内，当平面 A 与主切削刃吻合时，在刻度板 8 上即可读出刃倾角 λ_s 数值。

或者先将指针 9 对准刻度板 8 的零线；指针 9 所在平面垂直主切削刃在底座 1 工作面上之投影时，松开螺钉 12，转动刻度板 8 使之绕水平轴转动，当平面 A 与主切削刃吻合时，指针 7 即在度板 6 上指明了 λ_s 的值。

(4) 测量主偏角 (K_r) 与副偏角 (K_r')

如图 2 所示（以外圆车刀为例说明）

先旋转螺母 5 升高刻度板 8，并转向一旁不用。

将要测量刀具的侧面紧靠二挡销 13，松开螺钉 3 和 15，转动标尺座 2，同时移动滑板 14，使刀具的主切削刃（或副切削刃）与标尺 11 吻合，底座 1 上之零线所对的标尺座 2 上的刻度值，即为主偏角 K_r （或副偏角 K_r' ）的数值。

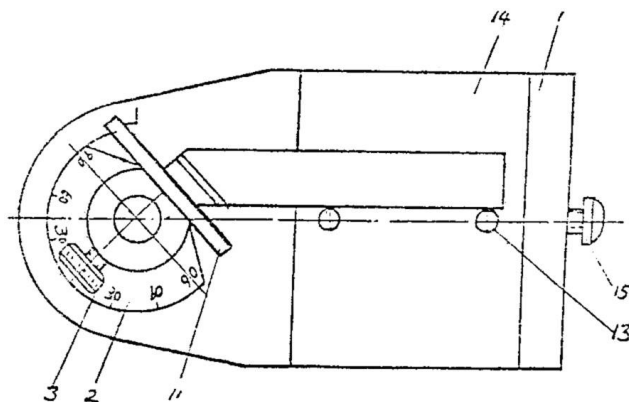


图 2 测量主偏角示意图

1. 底座 2. 标尺座 3. 销紧螺钉 4. 立柱 5. 调整螺母
6. 度板 7. 指针 8. 刻度板 9. 指度板 10. 销紧螺钉
11. 标尺 12. 锁紧螺钉 13. 挡销 14. 滑板 15. 锁紧螺钉

五. 实验步骤

1. 将车刀量角台指针调到零位，先将 75° 外圆车刀靠在量角台的定位块上，按顺序测量刀具的几个角度。
2. 测量切断刀的角度。

六. 实验数据整理与实验报告要求

将测得数据分别填入表中

车刀几何角度测量实验报告

实验日期：_____ 班级学号：_____ 姓名：_____

一、实验目的与要求

二、实验方法

三、实验结果和数据处理

车刀角度测量值

车刀角 度 车刀名称	主剖面		基 面		切削平 面	
45° 偏刀						
45° 弯头刀						
90° 偏刀						
切断刀						
螺纹车刀						

备注：切断刀和螺纹车刀必须测量，其它三种外圆车刀任选一种，但同组学生不得重复选择。

四、问题与讨论

1. 试说明在基面上主剖面、付剖面、法剖面、切削平面内都能测量外圆车刀的哪些几何角度？
2. 绘制所测外圆车刀几何角度的简图，并将所测刀具角度标注在视图上。
3. 简述车刀标注角度、工作角度区别。

实验二 金属切削变形观察

实验项目性质：验证性

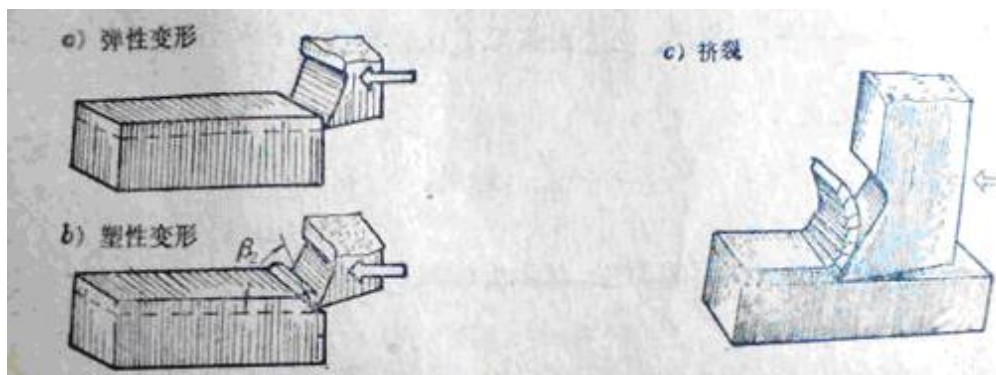
实验计划学时：2-4 学时

一、实验目的

1. 通过实验观察了解切削屑形成的过程，掌握切屑变形的基本规律。
2. 掌握用“快速落刀法”研究金属切削过程这一基本方法。

二、实验原理及方法

切屑究竟是怎样从工件上掉下的呢？早期人们曾认为这和斧子劈木头一样，由于楔子的作用，把多余的金属劈下来的。直到十九世纪，人们经过实践，观察和分析才发现，切削过程中金属并不象木头那样，沿着切削速度方向裂开，切屑是由于刀具前面的推挤沿着一个斜面滑移出来的。切削塑性材料（如铸钢，合金钢，青铜等）时，切削层的金属要经过如图所示四个阶段而变为切屑。

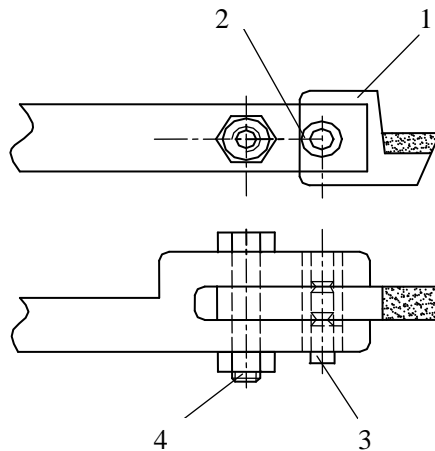


首先，当切削层受到刀具前面推挤时，发生弹性变形（即外力去除后，可以恢复原状的变形）；进而产生塑性变形（即外力去除后不能恢复原状的变形），当作用力达到使工件切削层材料断裂的程度时，金属即发生裂痕，而从工件表层分离下来，沿着刀具前面滑出而形成切屑。

为研究在切削过程中刀具与切屑和已加工表面的相关现象（如积屑瘤、鳞刺、切削刃前区的金属变形、切屑的变形和刃区对已加工表面影响等）的情况，最常用的方法是采用把刀具突然离开切削区以“冻结”在退刀瞬时的切削状况，让切屑留在工件上，然后将切屑连同与相连的工件切下，制成金相标本，然后在金像显微镜下研究切削的瞬时状态，这种突然退刀的方法称为“快速落刀方法”。

本实验采用图示比较简单的冲击式快速落刀装置。使用时把该装置卡在刀架上，用手锤敲击刀夹 1 的上部，套管 2 把销子 3 剪断而使刀夹快速绕螺栓 4 转动而使刀具脱离切削区。使用冲击力使刀夹获得比前一种再装置高得多的加速度。在设计快

速落刀装置时，除了使作用在刀夹上的外力足够大，使刀夹能获得较高的加速度外，刀夹的质量亦应尽可能减小，使落刀时惯性小些，这也是获得高加速度的另一途径。还应指出的是，当销子被剪断时，刀夹从速度为零加速至速度等于或大于切削速度是须要一段时间的，在这段时间内，由于刀具的速度还小于切削速度，所以刀具相对于工件存在着相对的滑行，从而或多或少地伤害了已加工表面在切削时的原始状态。



冲击式快速落刀装置

1-刀夹 2-套管 3-销孔 4-螺

三. 实验仪器及材料

快速落刀装置（冲击式）一套；切断刀，外圆车刀，高速钢刀条；铸铁销子，手锤。手锯、台钳子；酒精，脱纸棉、朔料粉、腐蚀剂；镶嵌机、试样摸套；各种砂纸、研磨膏。大绒布、尼子布；金相显微镜、读数显微镜。抛光机

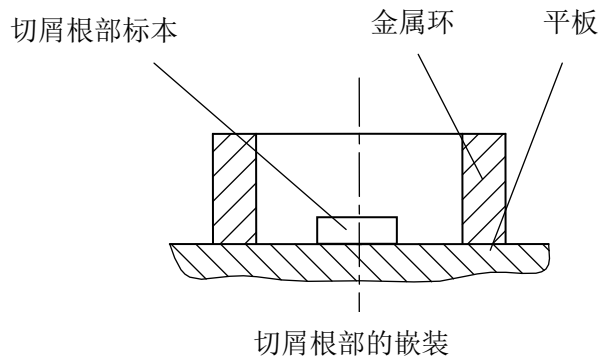
四. 实验步骤

1. 切屑根部金相标本的制作。用快速落刀装置取得切削根部。

2. 切屑根部标本的镶嵌。用环氧树脂镶装。如图所示，把尺寸合适的金属环置于平板上，切屑根部标本放在环中，然后把低熔点金属在坩锅中熔后注入金属环的空腔中，冷却后切屑根部标本就被固定下来以便于磨制金相标本了。

3. 试样表面的制备

将嵌装好的试样取出后，可用挫刀或砂轮平整试样表面，但用砂轮平整试样时，要注意不要使试样产生烧伤。试样修平后即可进一步用砂布装在旋转的圆盘上进行磨光。开始时用较粗的砂布（100号—150号）磨光，然后逐渐改用较细的砂布。最终磨制时应使用200号—240号细砂布。



4. 试样的抛光

对黑色金属的切屑根部试样，可用氧化铝、氧化铁的细末进行抛光。抛光粉于蒸馏水混合（1L 水加入 5g）。

氧化铝，或 10—15g 氧化铁。把细尼绒经水泡后安装在磨盘上进行抛光。

5. 显微组织的显现—金相腐蚀

通常是采用化学腐蚀方法对切屑根部标本进行腐蚀以显现其显微组织的。

金属切削变形观察实验报告

实验日期：_____ 班级学号：_____ 姓名：_____

一、实验目的与要求

二、实验方法

三、实验结果和数据处理

实验记录表 1

组别	编号	γ_0	f	v	主轴转数 n(转/分)	观察的 现象	c_{an} mm	变形系数 $\zeta = a_{ch}/a_c$	变形曲线
I	1	6°	0.1	80					
	2	6°	0.2	80					
	3	6°	0.3	80					
II	4	-5°	0.2	80					
	5	0°	0.2	80					
	6	5°	0.2	80					
III	7	6°	0.2	5					
	8	6°	0.2	10					
	9	6°	0.2	20					
	10	6°	0.2	30					
	11	6°	0.2	40					
	12	6°	0.2	60					

思考题

1. 切削厚度 a_c , r_s , 切削速度 V 对切屑变形有何影响?
2. 分析积屑瘤的变化规律, 讨论积屑瘤的存在对切屑变形的影响。

实验三 车床几何精度检测及调整

实验项目性质：综合性

实验计划学时：2-4 学时

一、实验目的

- 1、了解进行车床几何精度检测、加工精度检测常用的工具及其使用方法
- 2、了解 ISO 标准、GB 中常见的机床几何精度及加工精度检测项目标准数据。
- 3、掌握机床几何精度概念。

二、实验原理

机床的加工精度是衡量机床性能的一项重要指标。影响机床加工精度的因素很多，有机床本身的精度影响，还有因机床及工艺系统变形、加工中产生振动、机床的磨损以及刀具磨损等因素的影响。在上述各因素中，机床本身的精度是一个重要的因素。例如在车床上车削圆柱面，其圆柱度主要决定于工件旋转轴线的稳定性、车刀刀尖移动轨迹的直线度以及刀尖运动轨迹与工件旋转轴线之间的平行度，即主要决定于车床主轴与刀架的运动精度以及刀架运动轨迹相对于主轴的位置精度。

机床的精度包括几何精度、传动精度、定位精度以及工作精度等，不同类型的机床对这些方面的要求是不一样的。车床的几何精度，是指车床在不工作情况下，对车床工作精度有直接影响的零部件本身及其相互位置的几何精度。属于这类精度的有：车床溜板移动的直线性及其与它表面间相互的不平行度；车床主轴的径向跳动和轴向窜动，及其中心线与溜板移动方向的不平行度；主轴锥孔中心线对机床导轨的不等距离等等。

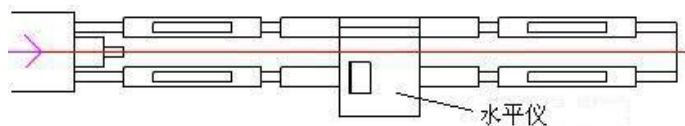
三、实验步骤

1. 床身导轨的直线度和平行度

☆ 纵向导轨调平后，床身导轨在垂直平面内的直线度

检验工具：精密水平仪

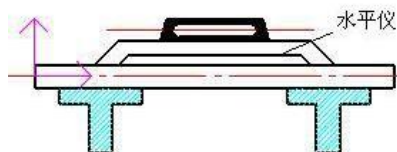
检验方法：如图所示，水平仪沿 Z 轴向放在溜板上，沿导轨全长等距离地在各位置上检验，记录水平仪的读数，并记入“报告要求”中的表 1 中，并用作图法计算出床身导轨在垂直平面内的直线度误差。



☆ 横向导轨调平后, 床身导轨的平行度

检验工具: 精密水平仪

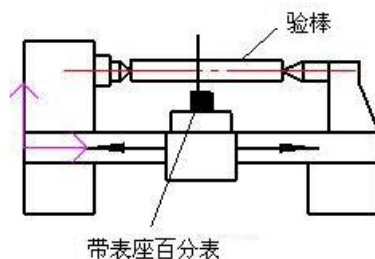
检验方法: 如图所示, 水平仪沿 X 轴向放在溜板上, 在导轨上移动溜板, 记录水平仪读数, 其读数最大值即为床身导轨的平行度误差。



2. 溜板在水平面内移动的直线度

检验工具: 指示器和检验棒, 百分表和平尺

检验方法: 如图所示, 将直验棒顶在主轴和尾座顶尖上; 再将百分表固定在溜板上, 百分表水平触及验棒母线; 全程移动溜板, 调整尾座, 使百分表在行程两端读数相等, 检测溜板移动在水平面内的直线度误差。

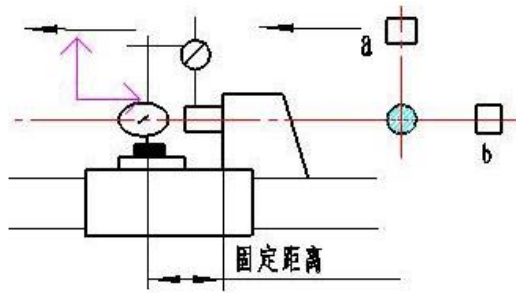


3. 尾座移动对溜板移动的平行度

垂直平面内尾座移动对溜板移动的平行度; 水平面内尾座移动对溜板移动的平行度.

检验工具: 百分表

检验方法: 如图所示, 将尾座套筒伸出后, 按正常工作状态锁紧, 同时使尾座尽可能的靠近溜板, 把安装在溜板上的第二个百分表相对于尾座套筒的端面调整为零; 溜板移动时也要手动移动尾座直至第二个百分表的读数为零, 使尾座与溜板相对距离保持不变。按此法使溜板和尾座全行程移动, 只要第二个百分表的读数始终为零, 则第一个百分表相应指示出平行度误差。或沿行程在每隔 300mm 处记录第一个百分表读数, 百分表读数的最大差值即为平行度误差。第一个指示器分别在图中 ab 位置测量, 误差单独计算。



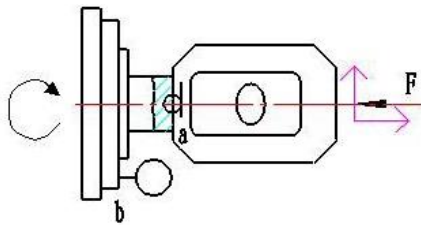
使用两个百分表，一个百分表作为基准，保持滑板 and 尾座的相对位置

4. 主轴跳动 (选做)

☆ 主轴的轴向窜动 ; ☆ 主轴的轴肩支承面的跳动

检验工具：百分表和专用装置

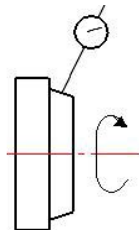
检验方法：如图所示，用专用装置在主轴线上加力 F (F 的值为消除轴向间隙的最小值)，把百分表安装在机床固定部件上，然后使百分表测头沿主轴轴线分别触及专用装置的钢球和主轴轴肩支承面；旋转主轴，百分表读数最大差值即为主轴的轴向窜动误差和主轴轴肩支承面的跳动误差。



5. 主轴定心轴颈的径向跳动 (选做)

检验工具：百分表

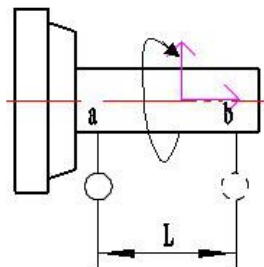
检验方法：如图所示，把百分表安装在机床固定部件上，使百分表测头垂直于主轴定心轴颈并触及主轴定心轴颈；旋转主轴，百分表读数最大差值即为主轴定心轴颈的径向跳动误差



6. 主轴锥孔轴线的径向跳动

检验工具：百分表和验棒

检验方法：如图所示，将检验棒插在主轴锥孔内，把百分表安装在机床固定部件上，使百分表测头垂直触及被测表面，旋转主轴，记录百分表的最大读数差值，在 a、b 处分别测量。标记检棒与主轴的圆周方向的相对位置，取下检棒，同向分别旋转检棒 90 度、180 度、270 度后重新插入主轴锥孔，在每个位置分别检测。取 4 次检测的平均值即为主轴锥孔轴线的径向跳动误差



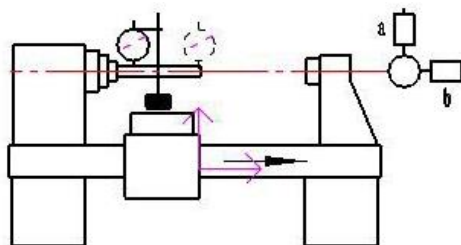
7. 主轴轴线（对溜板移动）的平行度

检验工具：百分表和验棒

检验方法：如图所示，将检验棒插在主轴锥孔内，把百分表安装在溜板（或刀架）上，然后：

（1）使百分表测头垂直在平面触及被测表面（验棒），移动溜板，记录百分表的最大读数差值及方向；旋转主轴 180 度，重复测量一次，取两次读数的算术平均值作为在垂直平面内主轴轴线对溜板移动的平行度误差；

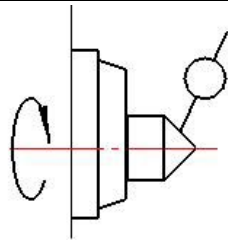
（2）使百分表测头在水平平面内垂直触及被测表面（验棒），按上述（1）的方法重复测量一次，即得水平平面内主轴轴线对溜板移动的平行度误差。



8. 主轴顶尖的跳动(选做)

检验工具：百分表和专用顶尖

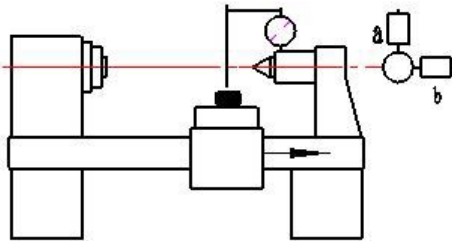
检验方法：如图所示，将专用顶尖插在主轴锥孔内，把百分表安装在机床固定部件上，使百分表测头垂直触及被测表面，旋转主轴，记录百分表的最大得数差值。



9. 尾座套筒轴线（对溜板移动）的平行度

检验工具：百分表

检验方法：如图所示，将尾座套筒伸出有效长度后，按正常工作状态锁紧。百分表安装在溜板（或刀架上），然后：（1）使百分表测头在垂直平面内垂直触及被测表面（尾座套筒），移动溜板，记录百分表的最大读数差值及方向；即得在垂直平面内尾座套筒轴线对溜板移动的平行度误差；（2）使百分表测头在水平平面内垂直触及被测表面（尾座套筒），按上述（1）的方法重复测量一次，即得在水平平面内尾座套筒轴线对溜板移动的平行度误差



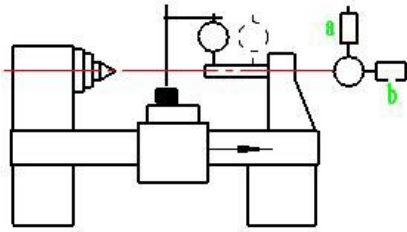
10. 尾座套筒锥孔轴线（对溜板移动）的平行度

检验工具：百分表和验棒

检验方法：如图所示，尾座套筒不伸出并按正常工作状态锁紧；将检验棒插在尾座套筒锥孔内，指示器安装在溜板（或刀架）上，然后：

（1）把百分表测头在垂直平面内垂直触及被测表面（尾座套筒），移动溜板，记录百分表的最大读数差值及方向；取下验棒，旋转验棒 180 度后重新插入尾座套筒，重复测量一次，取两次读数的算术平均值作为在垂直平面内尾座套筒锥孔轴线对溜板移动的平行度误差；

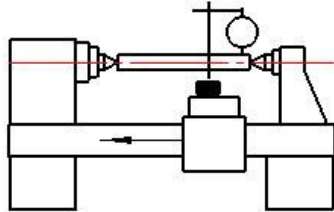
（2）把百分表测头在水平平面内垂直触及被测表面，按上述（1）的方法重复测量一次，即得在水平平面内尾座套筒锥孔轴线对溜板移动的平行度误差



11. 床头和尾座两顶尖的等高度

检验工具：百分表和验棒

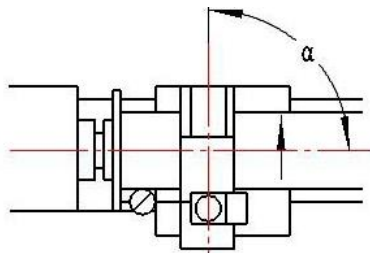
检验方法：如图所示，将检验棒顶在床头和尾座两顶尖上，把百分表安装在溜板（或刀架）上，使百分表测头在垂直平面内垂直触及被测表面（检验棒），然后移动溜板至行程两端，移动小拖板（X轴），记录百分表在行程两端的最大读数值之差，即为床头和尾座两顶尖的等高度。测量时注意方向



12. 刀架横向移动对主轴轴线的垂直度（选做）

检验工具：百分表、圆盘、平尺

检验方法：如图所示，将圆盘安装在主轴锥孔内，百分表安装在刀架上，使百分表测头在水平平面内垂直触及被测表面（圆盘），再沿X轴向移动刀架，记录百分表的最大读数差值及方向；将圆盘旋转 180 度，重新测量一次，取两次读数的算术平均值作为横刀架横向移动对主轴轴线的垂直度误差

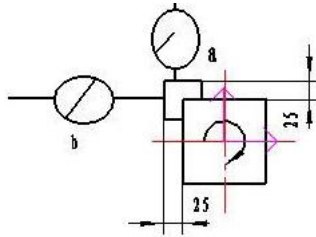


13. 刀架转位的重复定位精度、刀架转位 X 轴方向回转重复定位精度(选做)

检验工具：百分表和验棒

检验方法：如图所示，把百分表安装在机床固定部件上，使百分表测头垂直触及被测表面（检具），在回转刀架的中心行程处记录读数，用自动循环程序使刀架退回，

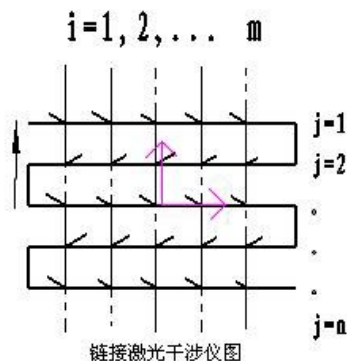
转位 360 度，最后返回原来的位置，记录新的读数。误差以回转刀架至少回转三周的最大和最小读数差值计。对回转刀架的每一个位置都应重复进行检验，并对每一个位置百分表都应调到零刀架转位 Z 轴方向回转重复定位精度



14. 重复定位精度、反向差值、定位精度(选做)

检验工具：激光干涉仪或步距规，如**图**所示

检验方法：因为用步距规测量定位精度时操作简单，因而在批量生产中被广泛采用。无论采用哪种测量仪器，在全程上的测量点数应不少于 5 点，测量间距按下式确定： $P_i = iP + k$ (P 为测量间距； k 为各目标位置时取不同的值，以获得全测量行程上各目标位置的不均匀间隔，从而保证周期误差被充分采样

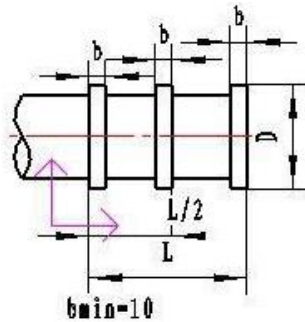


15. 工作精度检验(选做)

☆ 精车圆柱试件的圆度（靠近主轴轴端，检验试件的半径变化）

检测工具：千分尺

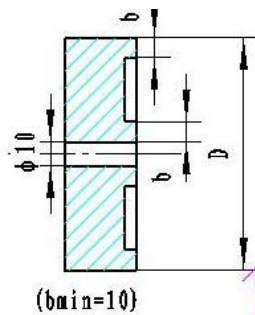
检验方法：精车试件（试件材料为 45 钢，正火处理，刀具材料为 YT30）外圆 D ，试件如图所示，用千分尺测量靠近主轴轴端的检验试件的半径变化，取半径变化最大值近似作为圆度误差；用千分尺测量每一个环带直径之间的变化，取最大差值作为该项误差切削加工直径的一致性（检验零件的每一个环带直径之间的变化）



☆ 精车端面的平面度(选做)

检测工具：平尺、量块

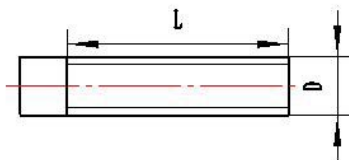
检验方法：精车试件端面（试件材料：HT150, 180~200HB, 外形如图；刀具材料：（YG8）），试件如图所示，使刀尖回到车削起点位置，把指示器安装在刀架上，指示器测头在水平平面内垂直触及圆盘中间，负 X 轴向移动刀架，记录指示器的读数及方向；用终点时读数减起点时读数除 2 即为精车端面的平面度误差；数值为正，则平面是凹的。



☆ 螺距精度

检测工具：丝杠螺距测量仪

检验方法：可取外径为 50mm，长度为 75mm，螺距为 3mm 的丝杠作为试件进行检测（加工完成后的试件应充分冷却）。工件如图所示



☆ 精车圆柱形零件的直径尺寸精度、精车圆柱形零件的长度尺寸精度

检测工具：测高仪、杠杆卡规

检验方法：用程序控制加工圆柱形零件（零件轮廓用一把刀精车而成），零件如图所示 测量其实际轮廓与理论轮廓的偏差

四、实验数据处理及实验报告要求

1. 整理记录实验数据。填写下表
2. 试分析数控车床“刀架横向移动对主轴轴线的垂直度”误差对车削出的端面的平面度误差的影响。

车床几何精度检测实验报告

实验日期：_____ 班级学号：_____ 姓名：_____

一、实验目的与要求

二、实验方法

三、实验结果和数据处理

机床型号		机床编号	环境温度	检验人	实验日期	
序号	检验项目		允差范围/mm	检验工具	实测/mm	
G1	导轨调平	①床身导轨在垂直平面内的垂直度	0.020(凸)			
		②床身导轨在水平平面内的平行度	0.04/1000			
G2	溜板移动在水平面内的直线度		$D_C \leq 500$ 时,0.015; $500 < D_C \leq 1000$ 时,0.02			
G3	①垂直平面内尾座移动对溜板移动的平行度		$D_C \leq 1500$ 时,0.03; 在任意500mm测量长度上为0.02			
	②水平平面内尾座移动对溜板移动的平行度					
G4	①主轴的轴向窜动		0.010			
	②主轴轴肩支撑面的跳动		0.020			
G5	主轴定心轴颈的径向跳动		0.01			
G6	①靠近主轴端面主轴锥孔轴线的径向跳动		0.01			
	②距主轴端面 $L(L=300\text{mm})$ 处主轴锥孔轴线的径向跳动		0.02			
G7	①垂直平面内主轴轴线对溜板移动的平行度		0.02/300 (只许向上向前偏)			
	②水平平面内主轴轴线对溜板移动的平行度					
G8	主轴顶尖的跳动		0.015			
G9	①垂直平面内尾座套筒轴线对溜板移动的平行度		0.015/100 (只许向上向前偏)			
	②水平平面内尾座套筒轴线对溜板移动的平行度					
G10	①垂直平面内尾座套筒锥孔轴线对溜板移动的平行度		0.03/300 (只许向上向前偏)			
	②水平平面内尾座套筒锥孔轴线对溜板移动的平行度					
G11	床头和尾座两顶尖的等高度		0.04(只许尾座高)			
G12	横刀架横向移动对主轴轴线的垂直度		0.02/300($\alpha > 90^\circ$)			
G18	①X轴方向回转刀架转位的重复定位精度		0.005			
	②Y轴方向回转刀架转位的重复定位精度		0.01			
P1	①精车圆柱试件的圆度		0.005			
	②精车圆柱试件的圆柱度		0.03/300			
P2	精车端面的平面度		直径为300mm时, 0.025(只许凹)			
P3	螺距精度		任意50mm测量长度上为0.025			
P4	①精车圆柱形零件的直径尺寸精度(直径尺寸差)		± 0.025			
	②精车圆柱形零件的长度尺寸精度		± 0.035			

实验四 切削要素对表面加工质量的影响

实验项目性质：综合性

实验计划学时：2 学时

一、 实验目的

- 1、了解加工表面粗糙度的影响因素。
- 2、了解降低加工表面粗糙度的工艺措施。
- 3、通过实验测出数据验证切削用量 f 、 ap 对加工表面粗糙度的影响，达到深化、巩固所学的基本概念和基本理论的目的。
- 4、研究切削速度、切削深度和走刀量等因素对加工质量的影响规律。
- 5、掌握确定切削参数的基本方法。

二、 实验装备

设备：CA6140 普通车床；粗糙度对照样板块、粗糙度测量仪等；

刀具：硬质合金车刀若干把。

三、 实验的基本原理

1、零件经切削加工后的质量包括精度和表面质量。

(1) 精度 是指零件在加工之后，其尺寸、形状等参数的实际数值同它们绝对准确的各个理论参数相符合的程度。符合程度越高，亦即偏差(加工误差)越小，则加工精度越高。

(2) 表面质量 已加工表面质量(也称表面完整性)包括表面粗糙度、表层加工硬化的程度和深度、表层剩余应力的性质和大小。

2、影响表面粗糙度的因素

1) 切削加工影响表面粗糙度的因素

(1) 刀具几何形状的反映

刀具相对于工件作进给运动时，在加工表面留下了切削层残留面积，其表面形状是刀具几何形状的反映。减小主偏角、副偏角以及增大刀尖圆弧半径，均可减小残留面积的高度。

此外，适当增大刀具的前角以减小切削时的塑性变形程度，合理选择润滑液及提高刀具刃磨质量以减小切削时的塑性变形和抑制刀瘤、鳞刺的生成，也是减小表面粗糙度值的有效措施。

(2) 工件材料的性质

加工塑性材料时，由刀具对金属的挤压产生了塑性变形，加之刀具迫使切屑

与工件分离的撕裂作用，使表面粗糙度值加大。工件材料韧性愈好，金属的塑性变形愈大，加工表面就愈粗糙。

加工脆性材料时，其切屑呈碎粒状，由于切屑的崩碎而在加工表面留下许多麻点，使表面粗糙。

(3) 切削用量的选择

切削三要素的选择也是影响表面粗糙度的重要因素。切削三要素包括工件表面旋转线速度 (V)、进给速度 (F)、吃刀深度 (A_p)。合理的提高工件旋转线速度，降低进给速度，降低吃刀深度，都可以起到提高表面质量的作用。

以上是依车削加工为例进行的分析和研究。此外，铣削、刨削及磨削也是同样的道理。

2) 切削用量的合理选择

切削用量对切削加工的影响：

(1) 对加工质量的影响：

切削深度和进给量增大，都会使切削力增大，降低加工精度和增大表面粗糙度值。切削速度增大时，切削力减小，并可减小或避免积屑瘤，有利于加工质量和表面质量的提高。

(2) 对基本工艺时间的影响：

切削用量三要素对基本工艺时间的影响是相同的。

(3) 对刀具耐用度和辅助时间的影响：

切削速度对刀具耐用度的影响最大，进给量的影响次之，切削深度的影响最小。

综合切削用量三要素对刀具耐用度、生产率和加工质量的影响，选择切削用量的顺序应为：首先选尽可能大的切削深度，其次选尽可能大的进给量，最后选尽可能大的切削速度。

粗加工时，应以提高生产率为主，同时还要保证规定的刀具耐用度。因此，一般选取较大的切削深度和进给量，切削速度不能很高。

精加工时，应以保证零件的加工精度和表面质量为主，同时也要考虑刀具耐用度和获得较高的生产率。精加工往往采用逐渐减小切削深度的方法来逐步提高加工精度，进给量的大小主要依据表面粗糙度的要求来选取。

四、 实验内容

在车床上固定试件，装夹好刀具。试件材料：45#钢，试件直径由现场定。

刀具材料：YT15 硬质合金车刀

刀具参数： $\kappa_r = 90$ ； $\kappa_{r'} = 8$ ； $\lambda_s = 0$ ； $\alpha_o = 7$ ； $r = 0.1 \text{ mm}$ 。

切削用量： $f = 0.28 \text{ mm/r}$ ， $a_p = 2 \text{ mm}$ $v = 60 \text{ m/min}$ 。

改变车刀前角： $\gamma_o = 0^\circ; 15^\circ; 30^\circ$ 。

用不同前角的车刀分别切削一段试棒，停车收集切屑并观察切削颜色（注意安全，防止烫伤）。测量，并将结果记录。

1、切削速度 v 对加工表面质量的影响：

车床上固定试件，装夹好刀具。试件材料：45#钢，试件直径由现场定。

改变切削速度；速度取值很关键，必须在实验前进行计算，从低速到高速，取加工段及长度为 $6 \times 50 \text{ mm}$ ：

切削转速 = 180；260；360；560；800；1120 rpm；

进给量 $f = 0.1 \text{ mm}$

切削深度 $a_p = 0.5 \text{ mm}$

然后根据试棒直径计算出对应的机床切削速度。与粗糙度样板对比得出对应段的粗糙度值记录。

2、刀具深度对加工表面质量的影响

取加工段及长度为 $6 \times 30 \text{ mm}$ ：

切削深度 $a_p = 0.5; 1; 1.5; 2; 2.5; 3 \text{ mm}$

进给量 $f = 0.1 \text{ mm}$

切削转速 = 560 rpm

然后根据试棒直径计算出对应的机床切削速度。与粗糙度样板对比得出对应段的粗糙度值记录。

3、进给量 f 对加工表面质量的影响

取加工段及长度为 $6 \times 35 \text{ mm}$ ：

进给量 $f = 0.05; 0.1; 0.15; 0.2; 0.25; 0.3 \text{ mm}$

切削深度 $a_p = 1 \text{ mm}$

切削转速 = 560 rpm

然后根据试棒直径计算出对应的机床切削速度。与粗糙度样板对比得出对应段的粗糙度值记录。

五、 实验数据的处理与实验报告要求

1、记录实验数据

2、综合分析切削用量对加工表面粗糙度的影响

3、扩展分析刀具几何角度对加工表面粗糙度的影响。

切削要素对表面加工质量的影响实验报告

实验日期：_____ 班级学号：_____ 姓名：_____

一、实验目的与要求

二、实验方法

三、实验结果和数据处理

数据处理记录

刀具参数：前角 (γ_0) = _____ °；后角 (α_0) = _____ °；主偏角 (K_r) = _____ °；

副偏角 (K_r') = _____ °；刃倾角 (λ_s) = _____ °

试件：材料 _____ ；

表 1 切削速度对粗糙度影响实验数据记录

切削深度 a_p = _____ mm；切削进给量 f = _____ (mm/r)。

	实 验 数 据					
段直径						
切削转速						
切削速度 v						
粗糙度						

表 2 切削深度对粗糙度的影响实验数据记录

切削转速 = _____ rpm；切削进给量 f = _____ (mm/r)。

	实 验 数 据					
段直径						
切削速度						
切削深度 a_p						
粗糙度						

表 3 进给量对粗糙度的影响实验数据记录

切削转速 = _____ rpm；切削深度 a_p = _____ mm。

	实 验 数 据					
段直径						
切削速度						
切削进给量 f						
粗糙度						

实验五 切削力的测量

实验项目性质：综合性

实验计划学时：2-4 学时

一. 实验目的

1. 掌握切削力的测量方法及实验数据的处理方法；
2. 分析切削用量对切削力的影响；建立切削力的经验公式。

二. 实验原理及方法

本实验采用电阻式测力仪原理进行测量切削力。电阻应变式测力仪的传感器将力作用在弹性元件上，弹性元件在其切削力作用下产生变形，利用贴在弹性元件上的应变片将应变变化转换成电阻的变化，然后利用电桥将电阻变化转换成电压变化，送入测量放大电路测量。最后利用标定曲线将测得之应变值推算得被测外力值，或者直接由测力仪上经过标定的刻度盘读得测量值。测力原理如图所示：

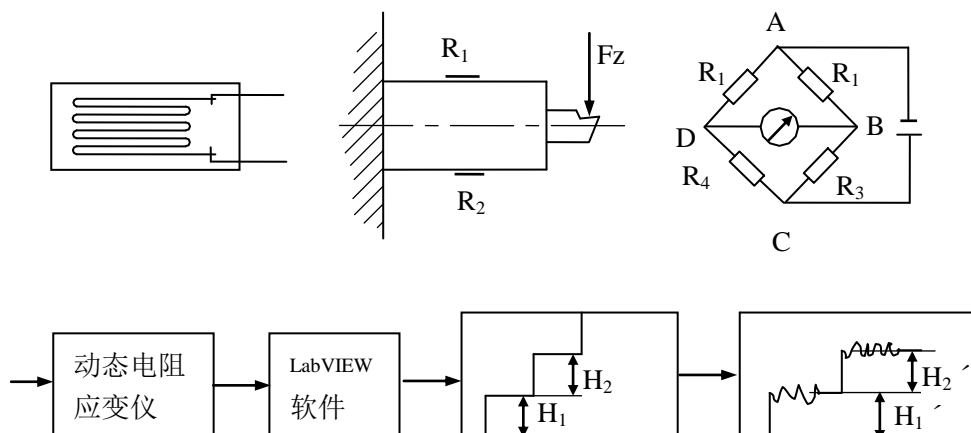


图 测力实验装置

采用电阻式测力仪，利用一个测力杆，中间部分刨去一个槽。这部分作为一弹性原件。在测力仪的弹性原件上粘贴具有一定电阻值的电阻应变片，然后将电阻应变片联接成电桥。电桥各臂的电阻分别为 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 。如果 $R_1/R_2=R_3/R_4$ ，则电桥是平衡的，即 B、D 两点间的电位差为零，电流表中没有电流通过。在切削力的作用下，电阻应变片随着弹性原件发生变形

三. 实验仪器及材料

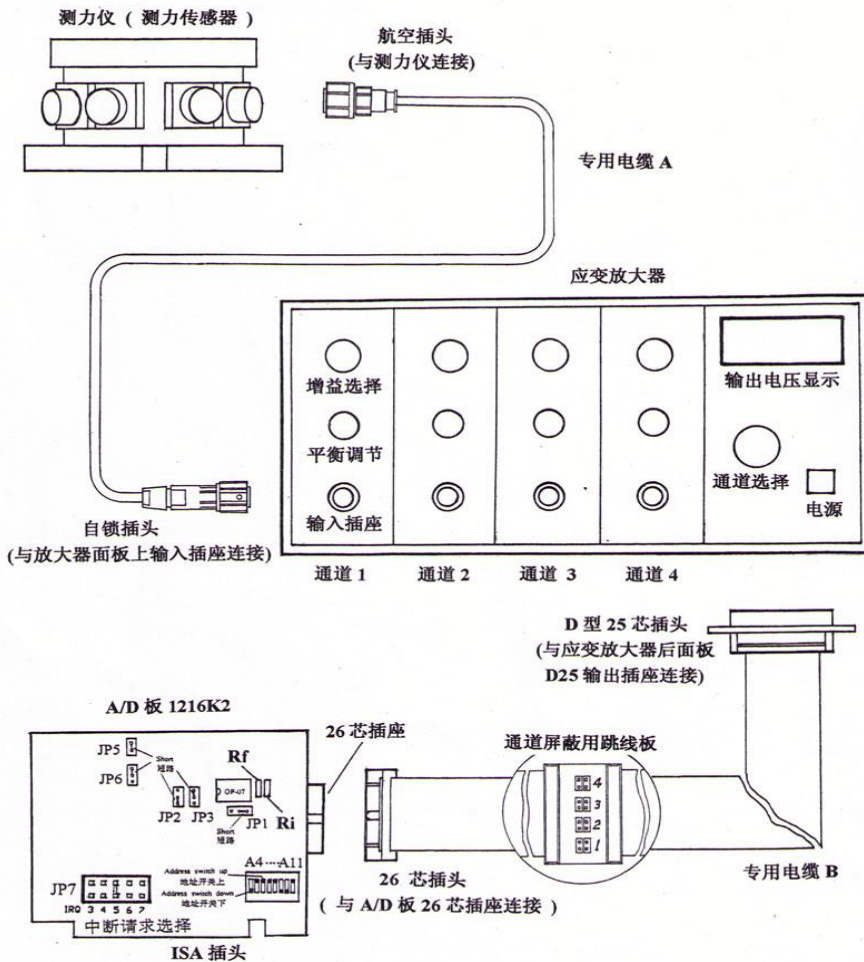
CA6140 车床一台。测力刀杆一件。动态电阻应变仪一台。电桥盒一个。弓型加

载器、测力环。

本测力系统由 SDC 系列测力仪或测力传感器、计算机、FS21-4A（四通道）直流应变放大器、模 / 数转换板和专用电缆等组成；软件功能有：数据采集、回放、动态显示、均值计算、回归分析、功率谱分析等。具体的连接关系如图所示：



系统连接图



四. 实验步骤

1. 标定：首先将弓型加载器一端用夹盘夹住，另一端用顶尖支撑，测力环上表针调整到零的位置，底端放在刀杆上的滚珠上，另一端用弓型加载器的长螺丝上的滚珠顶住，拧动螺丝，调整松紧程度，将其固定住，测力环上表针调整到零的位置，然后加力开始标定，用光线示波器中的感光纸记录标定曲线。

2. 进行实际切削，用计算机记录切削力变化曲线。按下面表格(表 1)分别改变切削因素 a_p 、 f 进行切削。并记录下来：



五. 实验数据整理与实验报告要求

1. 将测得的切削力数值在对数坐标纸上画三角形。
2. 做 F_z — a_p 线和 F_z — f 线
3. 建立切削力指数公式 $F_z = C_{F_z} a_p^{x_{F_z}} f^{y_{F_z}}$

切削力的测量实验报告

实验日期：_____ 班级学号：_____ 姓名：_____

一、实验目的与要求

二、实验方法

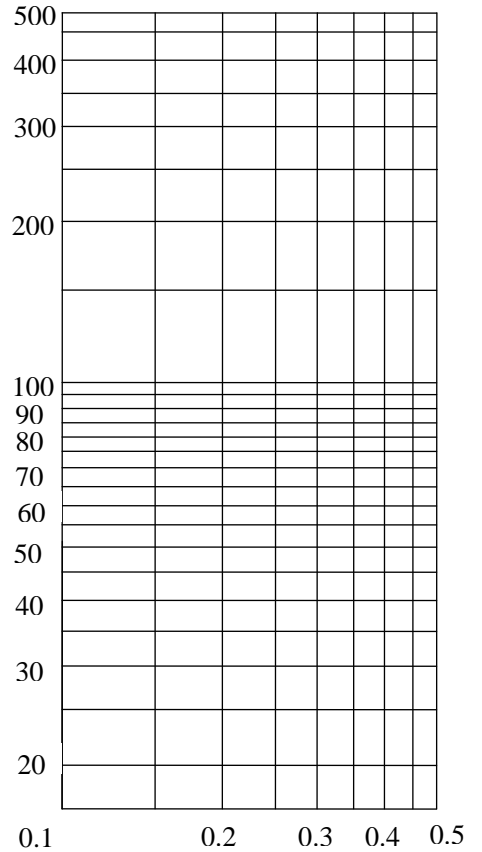
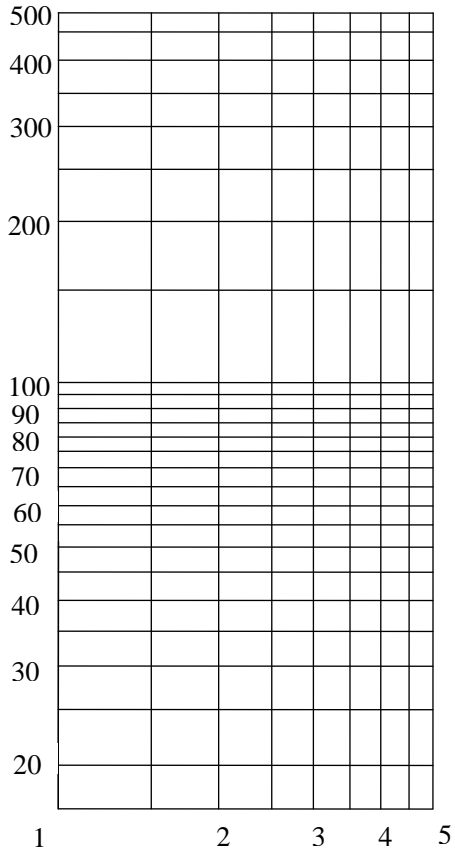
三、实验结果和数据处理

思考题

- 1、影响切削力的因素有哪些？
- 2、切削力的来源有几方面？切削合力 F_r 分解为三个分力，哪三个分力？一般情况下，哪个分力最大？
- 3、本实验采用什么方法测量切削力？

表1 切削力记录表

切削深度	进给量 f (mm/r)	F_z (kg)	F_x (kg)	F_y (kg)
3	0.1			
	0.2			
	0.3			
2	0.1			
	0.2			
	0.3			
1.5	0.1			
	0.2			
	0.3			
1	0.1			
	0.2			
	0.3			



实验六 车床静刚度测试

实验项目性质：综合性

实验计划学时：2-4 学时

一、实验目的

- 1、了解机床静刚度对加工精度的影响。
2. 熟悉机床静刚度的测定方法。
3. 巩固所学机床刚度的概念，画出机床静刚度曲线。

二、实验原理及方法

机床静刚度 K_s 是机床在稳态下工作（无振动）的刚度，它衡量机床抵抗静载变形的能力。

静刚度的概念，一般用下式表示：

$$K_s = F/Y$$

式中： K_s -----静刚度（Kg/mm）

F -----切削力（Kg）

Y -----在 F 作用下刀刃与加工面之间的相对位移（mm）。

但是从工艺观点来研究问题时，我们认为在切削分力 F_y 方向上的变形要比其它切削分力作用方向上的变形大得多，所以 F_y 对加工精度的影响占主要地位，故又可以用下式表示工艺系统刚度

$$K_s = F_y/Y$$

工艺系统在受力情况下的总位移量 Y 是各个组成环节的位移量迭加，根据测量数据可得出：

$$\text{刀架刚度} \quad K_{sD} = F_y/Y_D$$

$$\text{前顶尖刚度} \quad K_{sQ} = F_y/2Y_Q$$

$$\text{后顶尖刚度} \quad K_{sH} = F_y/2Y_H$$

在根据车床变形 Y_s 为前后顶尖变形位移的平均值和刀架变形位移之和。

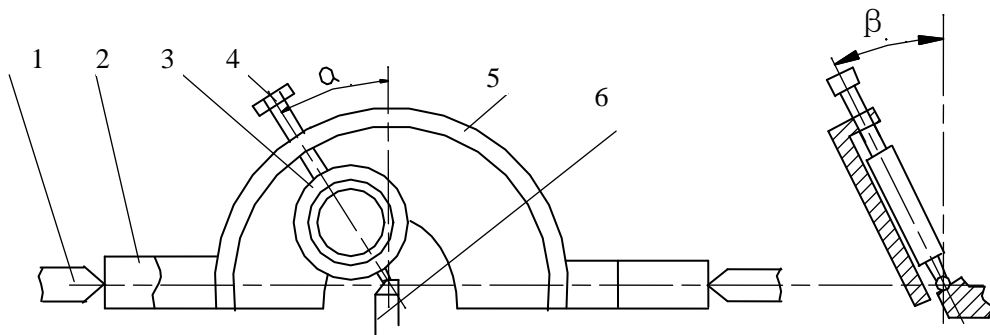
$$Y_s = F_y/K_s = 1/2 (F_y/2K_{sQ} + F_y/2K_{sH}) + F_y/K_{sD}$$

化简后

$$1/K_s = 1/4 (1/K_{sQ} + 1/K_{sH}) + 1/K_{sD}$$

这样车床静刚度 K_s 即可求出。

本实验采用三向刚度仪的静态测定法测定车床静刚度。车床静刚度测定实验装置，如图 1 所示。



图中 1、前顶尖；2、图 1 刚度测定加载装置；3、测力环；4、测力表；5、加力螺钉；6、模拟刀杆

图中弓形加载架刚度足够大，其变形略去不计，通过加载器上的加力螺钉 5 进行加力 F_y 。 F_y 经钢球传至测力环 3，由测力环的千分表指示出所加 F_y 力的数值。床头、尾座、刀架部件均在 F_y 力作用下发生变位位移，三个部位各安装一个千分表，测其变位位移 Y_sQ 、 Y_sH 、 Y_sD 。在根据公示计算出床头、刀架、尾座各部件的刚度，然后计算出机床静刚度 K_s 。

实验时，加载螺钉孔间夹角 $\alpha=15^\circ$ ， β 角选为 30° 。

根据公式： $F_x=F \cdot \sin \alpha$

$$F_y=F \cdot \cos \alpha \cdot \sin \beta$$

$$F_z=F \cdot \cos \beta \cdot \cos \beta$$

注意事项：

1. 实验前擦净弓形加载器支架中心孔，调好机床可动部件和紧固部件，弓形加载支架与主轴的联接要牢固不得有松动。
2. 实验所用千分表，在使用前要检查灵敏度，安装时要调整好零点（预压 1 圈）。
3. 每次加载或卸载后，不应立即读数，应停一会再读数。

三、实验仪器及材料

弓形加载支架；八角形测力环；模拟刀杆（自制），安装在车床小刀架上；千分表磁力表座；千分表读数值（0.001mm）。

四、实验步骤

1. 主轴和尾座各安装顶尖，将弓形加载架用接长套筒开口槽套与支架上的定位杆上，将其固定，将尾座固定螺钉紧固好。
2. 分别安装三块表，调整好零位。
3. 用弓形加载支架上的加力螺钉上的钢球压紧测力环，事先有一个预紧力。

切削要素对表面加工质量的影响实验报告

实验日期：_____ 班级学号：_____ 姓名：_____

- 一、实验目的与要求
- 二、实验方法
- 三、实验结果和数据处理

1、加、卸载记录

加力仪千分表读数 (格)	车床部件位移量					
	床头 I		刀架 II		尾座 III	
	加	卸	加	卸	加	卸

2、算车床平均静刚度

$K_sQ=$

$K_sD=$

$K_sH=$

$K_s=$

3、画出车床各部件（床头、尾座和刀架）的刚度曲线



思考题

1. 实验中，加载曲线与卸载不重合，为什么？
2. 当载荷去除后，变形恢复不到起点，什么因素影响的？

实验七 加工误差的统计分析

实验项目性质：综合性

实验计划学时：2 学时

一、目的

- 1、运用统计分析法研究一批零件在加工过程中尺寸的变化规律，分析其误差原因。
- 2、通过实验掌握综合分析机械加工误差的基本方法

二. 实验原理及方法

对于生产实际中经常以复杂的因素而出现的误差问题，我们不能用单因素估算来衡量其因果，更不能从单个工件的检查结果来得出结论。因为单个工件不能暴露出误差的性质和变化的规律，单个工件的误差大小也不能代表整个工件的误差大小。这是由于在一批工件的加工过程中，既有变值系统性误差因素，也有随机性误差因素在作用。这时单个工件的误差是在不断地变化的。凭单个工件去推断整批工件的误差情况极不可靠，所以需要统计分析的方法。

统计分析法就是以生产现场内对许多工件进行检查的结果为基础，运用数理统计的方法去处理这些结果，从中找出规律性的东西，用以指导我们找出解决问题的途径。

常用的统计分析法有如下的两种：

1. 分布曲线法

在单轴六角自动车床上连续加工一批试件（约 100 件），按加工顺序在测量其尺寸，并记录之。把测量所得的尺寸大小分组，每组的尺寸间隔为 0.002 毫米，如表所示。

表 定位销直径测量结果

组别	尺寸范围（毫米）	中点尺寸 \bar{x} （毫米）	组内工件数 m	频率 m/n
1				
2				
3				
4				
5				
6				

表中 n 是测量的工件数。

2. 点图法

点图法的要点就是：按加工的先后顺序作出尺寸的变化图，以暴露整个加工过

程中误差变化的全貌。具体的方法是按工件的加工顺序定期测量工件的尺寸，以其序号为横坐标，以测得的尺寸为纵坐标，则可得到一个点图。

三. 实验仪器及材料

在自动车床上连续加工 100 个试件，将它们放在无心磨床上进行磨削。千分尺或千分表测量台。Φ20 钢料，45 号冷拔钢。用于冷却的切削液。

四. 实验步骤

1. 在六角自动车床上连续加工 100 个试件。
2. 将 100 个试件放到无心磨床上进行磨削。
3. 磨削后的试件用千分尺或千分表测量台进行测量，并记录表格中：

五. 实验数据整理与实验报告要求

尺寸分散范围 = 最大尺寸—最小尺寸 =

分组数 J: 当工件 N=100 件时, J = 6—10

尺寸间隔宽度 $\Delta X = X_{\max} - X_{\min} / j$

式中: X_{\max} ——100 中零件最大值;

X_{\min} ——100 件中零件尺寸最小值;

J——分组数。

求平均尺寸 \bar{x} , 均方根差 σ

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i =$$

$\sigma =$

N—工件总数。

加工误差的统计分析实验报告

实验日期：_____ 班级学号：_____ 姓名：_____

一、实验目的与要求

二、实验方法

三、实验结果和数据处理

全部零件磨削后的尺寸记录

序号	测 量 尺 寸	序号	测 量 尺 寸	序号	测 量 尺 寸	序号	测 量 尺 寸
1		26		51		76	
2		27		52		77	
3		28		53		78	
4		29		54		79	
5		30		55		80	
6		31		56		81	
7		32		57		82	
8		33		58		83	
9		34		59		84	
10		35		60		85	
11		36		61		86	
12		37		62		87	
13		38		63		88	
14		39		64		89	
15		40		65		90	
16		41		66		91	
17		42		67		92	
18		43		68		93	
19		44		69		94	
20		45		70		95	

21		46		71		96	
22		47		72		97	
23		48		73		98	
24		49		74		99	
25		50		75		100	

思考题

- 1、各种加工误差，按它们在一批零件中出现的规律来看，可以分为几大类？
- 2、随机性误差和系统性误差有什么不同？