

金工实习手册

铣削加工实训

前 言

铣削是铣刀旋转作主运动，工件或铣刀作进给运动的切削加工方法。铣削的主要特点是用旋转的多刃刀具进行切削加工，所以效率较高，加工范围广。在车、铣、镗、刨、磨、钳、制齿等诸多切削加工中，铣工是最基本、应用极为广泛的专业之一。在铣床上使用各种不同的铣刀可以加工平面、台阶、沟槽、特型面和切断材料等。使用分度装置可加工需周向等分的花键、齿轮、牙嵌式离合器、螺旋槽等。此外，在铣床上还可以进行钻孔、铰孔、铣孔和镗孔等工作。

铣工是机械类专业的一门技术课程，课程的任务是使学生掌握专业的理论知识，并用以指导相应的操作技能训练，通过技能训练又进一步加深对理论知识的理解、消化、巩固和提高。

通过学习，学生应达到以下具体要求：

- 1、掌握常用铣床（以 X5032 型立式升降台铣床为代表）的主要结构、传动系统、操作使用、日常调整和维护保养方法。
- 2、能合理地选择和正确地使用夹具、刀具和量具，掌握其使用方法和维护保养方法。
- 3、能熟练地掌握铣削过程中的有关计算方法，并能查阅有关技术手册和资料。
- 4、能合理地选择铣削用量和切削液。
- 5、能合理地选择工件的定位基准，掌握工件定位、夹紧的基本原理和方法。
- 6、能制定中等复杂程度零件的铣削工艺，能吸收和应用较先进的工艺和

技术。

7、熟悉安全、文明生产的相关知识，养成安全、文明生产习惯。

任务布置：V形夹具是平台测量的重要辅助工具，广泛用于轴类零件的检验、校正、划线、还可以用于检验工件的垂直度、平行度。精密轴类零件的检测、划线、定仪及机械加工中的装夹。为了教学生产需求，需要设计加工出一批V形夹具。加工样图如附件1所示，要求选择合适的加工方案，编写加工过程卡，并加工出样品。时间150min。

任务分析：主要技术指标

(1)V形夹具选用灰铸铁或其他类似性能的材料制造，其工作面硬度范围为170HB-240HB。

(2)V形块工作面的表面粗糙度的最大值不应大于 $3.2\mu\text{m}$ 。

(3)V形块个表面不应有裂纹、砂孔、夹渣及其他影响使用和外观的缺陷。

(4)V形斜面的中心平面应垂直于工件的基准面。

(5)V形块的两侧面应对称于V形槽的中心平面。

(6)六面对90度，误差为0.05mm。

(7)6个孔位置应准确。

(8)相对面平行度应符合图样要求。

考核点：

1、填写V形块的加工过程卡片。(见附件2)

2、遵守职业素养与操作规范。(见附件3)

3、作品评分标准。(见附件4)

附件 3：职业素养与操作规范评分表。

姓名			班级		
学号			工号		
序号	考核项目	考核点	配分	评分细则	得分
1	纪律	服从安排，工作态度好，清扫场地。	10	不服从安排，不清扫场地扣 10 分。	
2	安全意识	安全着装，操作按安全规程。	10	1、不安全着装扣 5 分； 2、操作不按安全规程，违者扣 5 分。	
3	职业行为习惯	按 6S 执行工作程序、工作规范、工艺文件。爱护设备及工具。保持工作环境清洁有序，文明操作。	20	1、工具摆放不整齐，没保持工作环境扣 5 分； 2、完成任务后不清理工位扣 5 分； 3、有不爱护设备及工具的行为扣 10 分。	
4	设备保养与维护	及时进行设备清洁、保养与维护，关机后机床停放位置合理。	20	1、对设备清洁、保养与维护不规范者扣 10 分； 2、关机后机床停放位置不合理扣 10 分。	
5	加工前准备	按规范清点图纸、刀具、量具、毛坯。	15	未规范清点图纸、刀具、量具、毛坯等，不规范每项扣 3 分。	
6	工具刃具选用	工具刃具选择正确。	5	工具刃具选择不当扣 5 分。	
7	加工过程	操作过程符合规范。	20	1、工件夹紧时敲击扳手扣 3 分； 2、机床变速操作步骤不正确扣 5 分； 3、工件安装定位、夹紧不正确扣 2 分； 4、打刀一次扣 10 分。	
8	人伤械损事故	出现人伤械损事故。		整个测评成绩记 0 分。	
合 计			100		
指导教师签名：				职业素养与操作规范得分	

附件 4：作品评分表。

姓名				班级		
零件名称				工件编号		
序号	考核项目	考核点	配分	评分标准	检测结果	得分
1	编写工艺过程卡片 (10分)	正确填写表头信息。	1	表头信息填写不正确，每少填一项扣 0.5 分，扣完为止。		
		工艺过程完善。	2	工艺过程不完善，每少一项必须安排的工序扣 0.5 分，扣完为止。		
		工序、工步的安排合理。	2	1、工序安排不合理，每处扣 0.5 分。 2、工件安装定位不合适，扣 0.5 分。 3、夹紧方式不合适扣 0.5 分。 所有项目扣完为止。		
		工艺内容完整，描述清楚、规范，符合标准。	3	1、文字不规范、不标准、不简练酌情扣 0.5 分。 2、没有夹具及装夹的描述扣 0.5 分。 3、没有校准方法、校正部位的表述扣 0.5 分。 4、没有加工部位的表述扣 0.5 分。 5、没有使用设备、刀具、量具的规定每项扣 0.5 分。 所有项目扣完为止。		
		工序简图表达正确。	2	1、没有工序简图扣 0.5 分。 2、工序图表达不正确每项扣 0.5 分。 所有项目扣完为止。		
2	外观 (15分)	外轮廓	10	外轮廓形状与图形不符，每处扣 2 分。		
		碰伤或划伤	5	工件碰伤或划伤一处扣 2 分。		
3	尺寸精度 (50分)	六面体尺寸	15	每处超差扣 5 分。		
		V 形斜面尺寸	20	每处超差扣 5 分。		
		三处直角沟槽	15	每处超差扣 5 分。		
4	表面粗糙度 (10分)	Ra3.2	10	每处降一级扣 3 分。		
5	形状位置精度 (15分)	平行度、垂直度、对称度	15	每处超差扣 3 分。		
合计			100			
指导教师签名：					作品得分	

课题一：铣削加工入门基础知识

一、实习目的

- 1、了解安全生产主要事项
- 2、了解文明生产要求
- 3、了解铣床安全操作规程
- 4、了解 X5032 铣床的主要部件及其功用
- 5、掌握 X5032 铣床的基本操作
- 6、掌握铣刀的安装和拆卸
- 7、了解平口钳的结构
- 8、掌握平口钳的安装和校正方法
- 9、掌握平口钳装夹工件的方法和注意事项
- 10、了解用压板装夹工件的方法

二、实习设备、用具及时间安排

- 1、设备：X5032 立式升降台铣床
- 2、用具：铣床附件。
- 3、实习时间：6 节课。

三、相关工艺知识和技能训练

(一) 安全文明生产学习

坚持安全、文明生产是保障生产工人和机床设备的安全，防止工伤和设备事故的根本保证，也是搞好企业经营管理的重要内容之一。它直接影响到人身安全、产品质量和经济效益，影响设备和工、夹、量具的使用寿命及生产工人技术水平的正常发挥。学生在学习期间就必须养成良好的安全、文明生产的习惯，对于在长期生产活动中得到的实践经验和总结，必须严格执行。

1、安全生产注意事项

- (1) 工作时应穿好工作服。女生应带工作帽，若留长发，应将其盘起，塞入帽内。
- (2) 禁止穿背心、裙子、短裤，戴围巾，穿拖鞋或高跟鞋进入生产车间。
- (3) 遵守实习纪律，团结互助，不准在车间内追逐，嬉闹。
- (4) 严格遵守操作规程，避免人身或设备事故。
- (5) 注意防火，安全用电。一旦出现人身或设备故障，应立即切断电源，并报告实习教师。不得擅自进行处理。

2、文明生产要求

- (1) 正确使用量具、工具和刀具。放置稳妥、整齐、合理。有固定位置，便于操作时取用，用后放回原处。
- (2) 工具箱内应分类摆放物品。重物放置在下层，轻物放置上层，精密物件放置稳妥，不可随意乱放，以免损坏和丢失。
- (3) 量具应经常保持清洁，用后应擦净，涂油，放入盒内，并及时归还工具室。所使用的量具必须定期校验，使用前应检查合格证确认在允许使用期内，

以保证其度量精确。

(4) 爱护机床和车间其他设备设施。机床工作台上不得放置任何物品。

(5) 装卸较重的机床附件时，必须有他人协助。安装前，应先擦净机床工作台面和附件的基准面；安装时，应用木板保护床面；停止作业时，应用合理物件支撑。

(6) 图样、工艺卡片应放置在便于阅读的位置，并注意保持其整洁和完整。

(7) 毛坯、半成品和成品应分开放置，并堆放整齐。半成品和成品应轻拿轻放，不得碰伤工件。

(8) 工作场所应保持清洁整齐，避免杂物堆放，并经常清扫。实习结束后，应认真擦拭机床、工具、量具和其他附件，使各物归位，然后关闭电源。

3、铣床安全操作规程要点

(1) 技能训练之前，对机床地检查工作。

1) 各手柄地位置是否正常。

2) 手摇进给手柄，检查进给运动和进给方向是否正常。

3) 各机动进给的限位挡铁是否在限位范围内，是否紧牢。

4) 进行机床主轴和进给系统的变速检查，检查主轴和工作台由低速到高速运动是否正常。

5) 开动机床使主轴回转，检查油窗是否甩油。

6) 各项检查完毕，若无异常，对机床各部位注油润滑。

(2) 不准戴手套操作机床

(3) 装卸工件、刀具，变换转速和进给速度，测量工件，配置交换齿轮等操作必须在停车状态下进行。

(4) 铣削时严禁离开岗位，不准与操作内容无关的事情。

(5) 工作台机动进给时，应脱开手动进给离合器，以防手柄随轴转动伤人。

(6) 不准两个进给方向同时启动机动进给。

(7) 高速铣削或刃磨刀具时，必须戴好防护眼睛。

(8) 切削过程中不测量工件，不用手触摸工件。

(9) 操作中出现异常现象应及时停车检查，出现故障、事故应立即切断电源，第一时间上报，请专业人员检修。未经修复，不得使用。

(10) 机床不使用时，各手柄应置于空挡位置；各方向进给的紧固手柄应松开；工作台应处于各进给的中间位置；导轨面应适当涂抹润滑油。

(二) 铣床的基本操作

1、X5032 铣床主要部件及其功用

(1) 床身 是机床的主体，用来安装和连接机床其他部件。

(2) 底座 闭式方箱结构，内贮冷却液，用撑筋分隔，保证足够的支承刚性。

(3) 立铣头 可左右旋转 45° ，铣刀还可以垂直 75mm 运动。

(4) 主轴变速机构 主电动机 (7.5kw、960r/min) 齿轮变速，18 级转速 (30~1500 r/min)

(5) 进给传动系统 进给电动机 (1.5kw) 纵向、横向 15~75mm/min; 升降 5.7~280mm/min。

2、X5032 铣床的基本操作

(1) 工作台进给手柄的操作

操作时手柄接通手动进给离合器，顺时针摇动手柄即可使工作台前进（或上升）反之，逆时针工作台后退或下降。

在进给手柄刻度盘上刻有“1格=0.05mm”，说明手柄每转过1格，工作台移动0.05mm。摇动各手柄，控制进给方向的移动距离。若手柄摇过了刻度，不能直接摇回。必须将其退回1转后，再重新摇到要求的刻度位置。

(2) 主轴变速的操作

手握变速手柄球下压，使其定位榫块脱离固定环的槽1，向左摇动手柄，使定位的榫块送入到固定环的槽2内，转动转速盘，将所选择的转数对准指针，下压手柄，并快速推至固定环的槽1内。

注意：由于电动机启动电流很大，最好不要频繁变速，主轴未停，严禁变速。

(3) 进给变速的操作

向外拉出进给变速手柄，选择所需要的进给速度值对准指针位置将变速手柄推回原位。

(4) 工作台机动进给的操作

1) 工作台纵向机动进给手柄操作

2) 工作台在横向和垂直方向机动进给手柄操作

3、技能训练

不通电操作

(1) 铣床检查

1) 各手柄地位置是否正常。

2) 手摇进给手柄，检查进给运动和进给方向是否正常。

3) 各机动进给的限位挡铁是否在限位范围内，是否紧牢。

4) 进行机床主轴和进给系统的变速检查，检查主轴和工作台由低速到高速运动是否正常。

5) 开动机床使主轴回转，检查油窗是否甩油。

6) 各项检查完毕，若无异常，对机床各部位注油润滑。

(2) 认识机床移动进给操作练习

1) 熟悉机床各操作手柄的名称、工作位置和作用。

2) 熟悉机床各润滑点的位置，对铣床进行注油润滑。

3) 学习掌握工作台在各方向的手动匀速进给练习，使工作台在纵向、横向和垂直方向移动规定的距离，并能熟练消除因丝杠间隙形成的空行程对工作台移动的影响。

通电操作练习

(3) 主轴变速和空运转练习

- 1) 接通电源，按“启动”按钮，主轴转动 3-5min
- 2) 主轴停转后，练习变速（控制在低速）

(4) 机动进给操作

- 1) 机动进给速度的变换练习
- 2) 机动进给操作练习（控制在低速）

注意：禁止两个机动方向同时进给

4、练习时注意事项

- (1)、严格遵守安全操作规程。
- (2)、不准做与练习内容无关的其它操作。
- (3)、操作时按步骤进行，不得频繁启动主轴。
- (4)、练习完毕后认真擦拭机床，并使工作台在各进给方向处于中间位置，各手柄恢复到原来位置，关闭机床电源开关。

(三) 铣刀的装卸 平口钳的安装和校正 工件的装夹

1、铣刀的安装和拆卸

(1) 带孔铣刀的装卸

1) 带孔铣刀的安装步骤

- a、擦净铣刀杆、垫圈和铣刀。确定铣刀在铣刀杆上的位置。
- b、将垫圈和铣刀装入铣刀杆，并用适当分布的垫圈确定铣刀在铣刀杆上的位置。用手旋入紧刀螺母。
- c、擦净挂架轴承孔和铣刀杆的支承轴颈，将挂架装在横梁导轨上。并注入适量的润滑油。适当调整挂架轴承孔与铣刀杆支承轴颈上的间隙，然后用扳手将挂架紧固。使用小挂架时，用呆扳手调整挂架轴承间隙；使用大挂架时，用开槽圆螺母扳手调整挂架轴承间隙。
- d、将铣床主轴锁紧或调整在最低的转速上，用扳手将铣刀杆紧刀螺母旋紧，使铣刀被夹紧在铣刀杆上。

2) 铣刀和铣刀杆的拆卸

- a、将铣床主轴转数调整到最低，或将主轴锁紧。
- b、用扳手反向旋转铣刀杆上的紧刀螺母，松开铣刀。
- c、将挂架轴承间隙调大，然后松开并取下挂架。
- d、旋下紧刀螺母，取下垫圈和铣刀。
- e、用扳手松开拉紧螺杆上的背紧螺母，再将其旋出一周。用锤子轻轻敲击拉紧螺杆的端部，使铣刀杆锥柄从主轴锥孔中松脱。右手握铣刀杆，左手旋出拉紧螺杆，取下铣刀杆。
- f、将铣刀杆擦净、涂油，然后垂直放置在专用的支架上。

(2) 锥柄铣刀的装卸

当锥柄铣刀柄部的锥度与铣床主轴锥孔的锥度相同时，将铣刀锥柄直接放入主轴锥孔中。让后旋入拉紧螺杆，用专用的拉杆扳手将铣刀拉紧。此时，只能握在铣刀锥柄外露的端部，以防铣刀伤手。当铣刀柄部的锥度与铣床主轴锥孔的锥度不同时，需要借助中间锥套安装铣刀。中间锥套的外圆锥度与铣床主

轴锥孔锥度相同，而内孔锥度与铣刀锥柄锥度一致。安装时，先将铣刀插入中间锥套，然后将中间锥套连同铣刀一起放入主轴锥孔，旋紧拉紧螺杆，紧固铣刀。安装铣刀时，一定要用棉纱将各个部位擦拭干净。

拆卸锥柄铣刀时，先将主轴转速降到最低或将主轴锁紧，然后用拉杆扳手奖拉紧螺杆松开，继续旋转拉紧螺杆，即可取出铣刀。

(3) 直柄铣刀的安装

直柄铣刀一般通过钻夹头或弹簧夹头安装在主轴锥孔内。

2、了解平口钳的结构

主要由固定钳口、活动钳口、底座等组成。

3、平口钳的安装和校正方法

(1) 平口钳的安装

先擦净钳体底座表面和铣床工作台表面。将底座上的定位键放入工作台中央的 T 形槽内，即可对平口钳进行初步的定位。然后，上紧 T 形螺栓上的螺母即可。为了操作方便，一般情况下，平口钳在铣床工作台面上的位置，应处于工作台长度方向中心偏左、宽度方向的中心。

(2) 平口钳的校正

校正平口钳固定钳口面常用的方法有用划针校正，用 90 度角尺校正和用百分表校正。校正平口钳时，应先松开平口钳的紧固螺母，校正后将紧固螺母旋紧。

4、工件在平口钳上的装夹

(1) 毛坯件的装夹

装夹毛坯件时，应选一个大而平整的毛坯面作为粗基准面，将这个面靠在固定钳口面上，在钳口和工件毛坯面间垫上铜皮，防止损坏钳口。

(2) 经粗加工的工件装夹

选择工件上一个较大的粗加工面作为粗基准面，将其靠向平口钳固定钳口面或钳体导轨面上进行装夹。工件的基准面靠向固定钳口时，可在活动钳口与工件间放置一圆棒，圆棒要与平口钳钳口上的平面平行。

在平口钳上装夹工件时的注意事项

(1) 安装工件时，应将各结合面擦净。

(2) 装夹工件时，必须将工件的基准面紧贴固定钳口或导轨面，在钳口平行于刀杆的情况下，承受铣削力的钳口必须是固定钳口。

(3) 工件的加工余量层必须高于钳口，以免铣坏钳口和损坏铣刀。

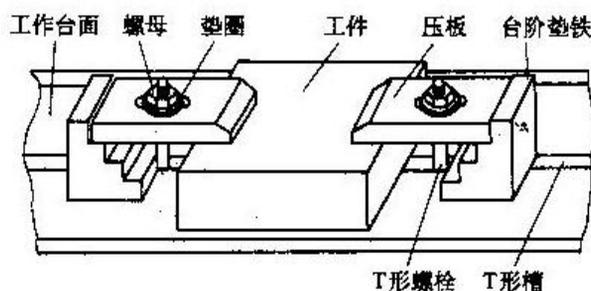
(4) 为了使工件紧密地靠在平行垫铁上，应用铜锤或木棒轻轻打击工件，用手不能轻易推动平行垫铁为宜。

(5) 工件在平口钳上的装夹位置应适当，使工件夹紧后稳固可靠，不至于在切削力的作用下产生位移。

(6) 用平口钳夹持毛坯时，应在毛坯面和固定钳口之间垫上铜片等物。

5、用压板装夹工件

外形尺寸较大或不使用平口钳装夹的工件，常用压板将其压紧在铣床工作台上。使用压板装夹工件时，应选择两块以上的压板。压板的一端搭在垫铁上，另一端搭在工件上。垫铁的高度应等于或略高于工件被压紧部位的高度。T形螺栓略接近于工件一侧，并使压板尽量接近加工位置。在螺母与压板之间必须加垫垫圈。



用压板装夹工件注意事项

(1) 在铣床工作台上，不允许拖拉表面粗糙的工件。夹紧时，应在毛坯件与工件工作台面加工表面。

(2) 用压板在工件已加工表面上夹紧时，应在工件与压板间衬垫铜皮，避免损伤工件已加工表面。

(3) 正确选择压板在工件上的加紧位置，使其尽量靠近加工区域，并处于工件刚性最好的位置。若夹紧部位有悬空现象，应将工件垫实。

(4) 螺栓要拧紧，尽量不使用活扳手。

(5) 每个压板的加紧力应大小均匀，并逐步以对角压紧，不应以单边重力紧固，防止压板的夹紧力的偏移使工件倾斜。

6、技能训练

(1)、铣刀的装卸

(2)、练习校正平口钳

1) 校正固定钳口与铣床主轴轴心线平行。

2) 校正固定钳口与铣床主轴轴心线垂直。

(3)、练习装夹工件

1) 用平口钳装夹工件

①在活动钳口加垫圆棒装夹工件。

以平口钳固定钳口面作为定位基准时，应将工件的基准面靠向固定钳口面，并在其活动钳口与工件间放置一圆棒。圆棒要与钳口的上平面平行，其位置应在工件被夹持部分高度的中间偏上。通过圆棒夹紧工件，能保证工件的基准面与固定钳口面的密合。

②用平行垫铁装夹工件。

以钳体导轨平面作为定位基准时，将工件的基准面靠向钳体导轨面。在工件与导轨面之间有时要加垫平行垫铁（视工件大小和高度而定）。为了使工件基准面与导轨面平行，工件夹紧后，可用铝棒或紫铜棒轻击工件上平面，并用手

试移垫铁。当垫铁不再松动时，表明垫铁与工件、垫铁与水平导轨面三者密合较好。敲击工件时，用力要适当，并逐渐减小。用力过大，会因产生的反作用力而影响三者的密合。

7、练习时注意事项

- 1)、练习时注意正确的操作方法。
- 2)、注意安全。
- 3)、爱护工具、夹具、量具。
- 4)、注意安全文明生产，合理组织工作地点。

四、考核内容

- 1、安全文明生产实习报告一份。（20分）
- 2、铣床的基本操作（30分）
- 3、铣刀的安装和拆卸（20分）
- 4、平口钳的安装和校正（20分）
- 5、工件的装夹（10分）

得分： _____

指导教师签名： _____

课题二：平面的铣削

一、实习目的

- 1、掌握用端铣刀铣平面的方法
- 2、正确选用铣平面用的铣刀和切削用量
- 3、正确区别顺铣和逆铣
- 4、掌握平面的检测方法
- 5、学会平面的质量分析

二、实习设备、用具及时间安排

- 1、设备：X5032 立式升降台铣床
- 2、用具：端铣刀、0~150mm 游标卡尺、铣床附件等。
- 3、实习时间：4 节课。

三、相关工艺知识和技能训练

(一) 相关工艺知识

1、平面的技术要求

平面质量的好坏，主要从它的平整程度和表面粗糙度来衡量。分别用形状公差项目的平面度和表面粗糙度值来考核。

2、用端铣刀铣平面

端面铣削时，根据铣刀与工件之间的相对位置不同而分为对称铣削和非对称铣削两种。

(1) 对称铣削

工件处在铣刀中间时的铣削称为对称铣削。如图 1 所示。铣削时，刀齿在工件的前半部分为逆铣；刀齿在工件的后半部分为顺铣。对称铣削只在铣削宽度接近铣刀直径时才采用。

(2) 非对称铣削

工件的铣削宽度偏在铣刀一边时的铣削称为非对称铣削。非对称铣有顺铣和逆铣两种。

1) 非对称顺铣

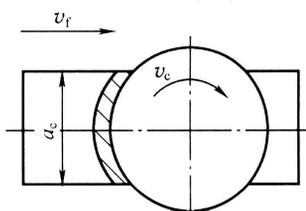


图 1 对称铣削

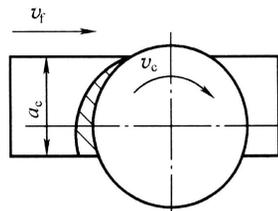


图 2 不对称顺铣

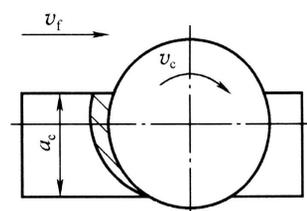


图 3 不对称逆铣

非对称顺铣是指切入边所占的铣削宽度小于切出边所占的铣削宽度。如图 2 所示。端铣时一般不采用非对称顺铣。只有在铣削塑性和韧性好、加工硬化严重的材料(如不锈钢、耐热合金等)时，采用非对称顺铣，以减少切屑黏附和 提高刀具寿命。此外，必须调整机床工作台的丝杠螺母副的传动间隙。

2) 非对称逆铣

非对称逆铣是指切入边所占的铣削宽度大于切出边所占的铣削宽度。如图 3 所示。端铣时应采用非对称逆铣。

(2) 铣刀的选择

用端铣刀铣平面时，端铣刀的直径应大于工件的加工宽度，一般为它的1.3~1.5倍。

(3) 立铣头主轴轴心线与工作台垂直的校正

(4) 铣削用量

铣削用量的选取表。(重点介绍铸铁和钢件)

铣削速度：铸铁（高速钢铣刀 14~22，硬质合金 70~100）

45 钢（高速钢铣刀 20~35，硬质合金 120~150）

每齿进给量：铸铁（高速钢铣刀 0.08~0.15，硬质合金 0.2~0.5）

45 钢（高速钢铣刀 0.03~0.06，硬质合金 0.08~0.2）

吃刀量： 铸铁（高速钢铣刀粗铣 5~7，精铣 0.5~1；硬质合金粗铣 10~18，精铣 1~2）

45 钢（高速钢铣刀粗铣小于 4，精铣 0.5~1；硬质合金小于 7，精铣 1~2）

3、平面的检测

(1) 检验平面度

对于平面度要求不高的平面，一般用刀口形直尺检验其平面度；对于要求较高的平面，则用着色法检验。着色法是在标准平板上涂上红丹粉，将工件上的平面放在标准平板上进行对研，观察标准平板的着色情况，若均匀而细密，则工件平面度精度很好。

(2) 检验表面粗糙度

表面粗糙度一般用表面粗糙度样板来比较检验。

4、平面的质量分析

平面铣削质量的好坏不仅与机床设备、刀具及夹具的好坏有直接联系，还与铣削用量的合理选用以及切削液的选用等有很多因素有关。影响平面质量的因素见表，仅供参考。

表 铣削平面的质量分析

废品类型	产生原因
表面粗糙度值过大	<ul style="list-style-type: none">① 铣刀刀口变钝。② 铣削时有振动。③ 铣削时进给量太大。④ 铣刀几何参数选择不当。⑤ 铣削时有拖刀现象。⑥ 切削液选用不当。⑦ 铣削时有积屑瘤产生，或切削有粘刀现象。⑧ 在铣削过程中进给停顿而产生“深啃”现象
平面度误差超差	<ul style="list-style-type: none">① 用周铣法时，铣刀的圆柱度差。② 用端铣法时，铣床主轴轴线与进给方向下垂直。③ 铣床工作台进给运动的直线性差。④ 铣床主轴轴承的轴向和径向间隙大。⑤ 工作受夹紧力和铣削力后产生变形。⑥ 工件由于存在内应力，工表面层切除后产生变形。⑦ 工件在铣削过程中，由于切削热变形。⑧ 当圆柱铣刀的宽度和面铣刀的直径小于加工面的宽度时由于接刀而产生接刀痕

（二）技能训练

每个学生独立铣完一个平面，要求铣削面的平面度达到 0.05mm（即平面必须位于距离为 0.05mm 的两平行平面内），铣削面的表面粗糙度应不大于 $3.2\ \mu\text{m}$ 。

练习时注意事项

1、平面的表面粗糙度、平面度不符合要求，应注意哪些方面？

2、操作时的注意事项

1) 铣削时不使用的进给机构应紧固，工作完毕后再松开。

2) 铣削中不准用手触摸工件和铣刀，不准测量工件，不准变换主轴转速。

3) 铣削中不准任意停止铣刀旋转和自动进给，以免损坏刀具、啃伤工件。

若必须能停止时，则应先降落工作台，使铣刀与工件脱离接触才行。

补充知识：工作台的移动和尺寸控制

铣削时工作台带着工件向铣刀方向移动。移动工作台的方法，以采用丝杠螺母传动机构为最多。当转动手轮时，丝杠也随着旋转，并带动工作台一起沿丝杠轴一起沿丝杠轴向移动。

丝杠与螺母之间总是存有一定的间隙，随着使用时间的增长，这个间隙会逐渐增大。由于间隙的存在，当用大于工作台导轨间磨擦力的力推或拉工作台时，工作台会移动一个距离。这个距离的大小，等于丝杠与螺母的轴向间隙及丝杠与两端轴承的轴向间隙之和。当工作台朝间隙方向移动一段距离后，若顺着间隙方向用力，则工作台会移动；或与间隙方向板推，则不受间隙的影响，所以工作不会被这个力所推动。因此在铣削时，若铣刀对工件和工作台的作用力，与工作台进给方向相同时，工作台有可能被被拉动一段距离。

在摇手柄和刻度盘时，如果不小把把刻度线摇过头，此时，若仅仅把刻度盘回退到原定的刻度线上是不对的。准确的方法是：**把手柄倒转半圈到一圈后，再重新仔细地将刻度线转到规定的位置上。**在要求工作台移动一个准确的尺寸时，还应掌握如下规则：若工作台移动尺寸的方向与上一次工作移动的方向一致，则刻度盘上增加的读数就等于工作台的移动尺寸，如工作台移动尺寸的方向与上一次工作台移动的方向相反，则先把工作台摇进一个比要求移动的尺寸大的数值，再把工作台退回或向前移动到刻度盘上规定的读数。

四、考核内容

1、在加工过程中能区分顺铣和逆铣。（10分）

2、能合理地选择铣削用量。（10分）

3、职业素养与操作规范。（见附件3）（30分）

4、平面度和表面粗糙度。（50分）

得分：_____

指导教师签名：_____

课题三：垂直面和平行面的铣削

一、实习目的

- 1、掌握铣垂直面、平行面的方法
- 2、正确确定长方体工件的加工顺序和基准面
- 3、长方体零件的质量分析

二、实习设备、用具及时间安排

- 1、设备：X5032 立式升降台铣床
- 2、用具：端铣刀、0~150mm 游标卡尺、直角尺、平口钳、垫铁等。
- 3、实习时间：8 节课。

三、相关工艺知识和技能训练

（一）相关工艺知识

1、垂直面和平行面的铣削

垂直面和平行面的加工除了与单一平面加工一样需保证平面和表面粗糙度要求外，还需要保证相对于基准面的位置精度（如垂直度、平行度和倾斜度）以及与基准面间的尺寸精度要求。

1) 垂直面的铣削

垂直面是指与基准面垂直的平面。

用平口钳装夹，铣削长方体工件，影响垂直度的因素主要有以下几方面：

①固定钳口与工作台台面不垂直。造成的原因主要是平口钳在使用过程中钳口磨损和平口钳底座有毛刺或底座与工作台之间嵌有切屑。

②工件基准面没有与固定钳口贴合。

③圆柱形铣刀的圆柱度误差大。当平口钳固定钳口安装成与主轴轴线垂直时，圆柱形铣刀如有锥度，则铣出的平面与基准面不垂直。

④基准面的平面度误差大。

⑤夹紧力太大使固定钳口变形而向倾斜。夹紧力太大是产生垂直度误差的重要因素。尤其是在精铣时，夹紧力不能太大，禁止使用接长手柄夹紧工件。

2) 平行面的铣削

平行面是指与基准面平行的平面。铣削平行面时，一般都在卧式铣床上用平口钳装夹进行铣削，因此平口钳钳体的导轨面是主要的定位面。在装夹高度低于平口钳钳口高度的工件时，要在工件基准面与平口钳钳体导轨面之间垫两块厚度相等的平行垫铁。

用这种装夹方法加工时，影响平行度的主要因素如下：

①所垫的两平行垫铁厚度不相等。

②工件上与固定钳口相对的平面与基准面不垂直，夹紧时使该平面与固定钳口紧密贴合造成基准面与钳口钳体导轨面不平行。

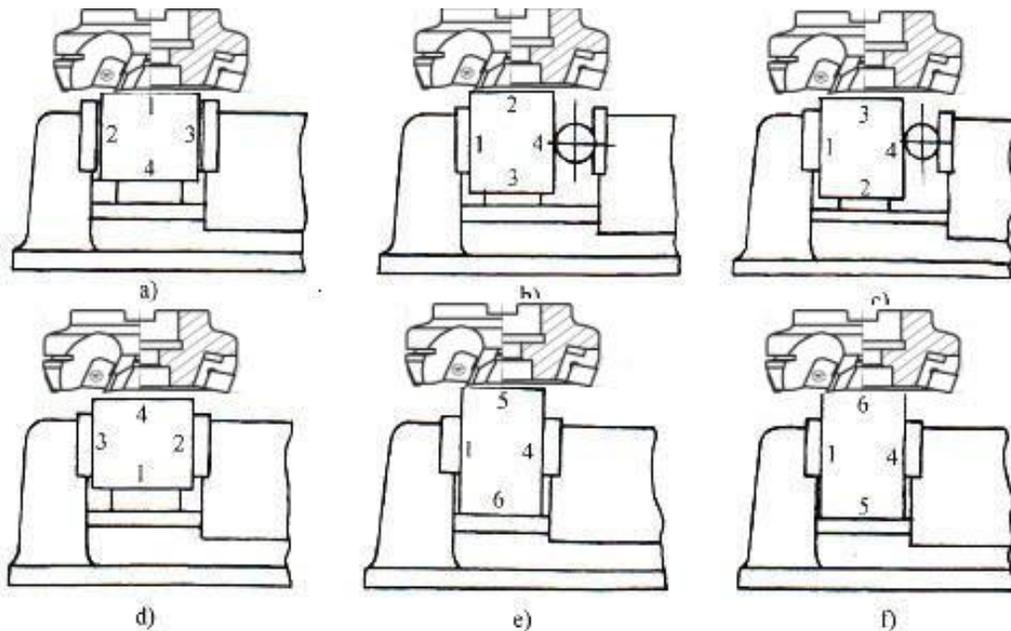
③活动钳口与钳体导轨面存在间隙，在夹紧工件时活动钳口受力上翘，使活动钳口一侧的工件随之上抬。

2、长方体零件的技术要求

（1）相邻两平面的垂直度

- (2) 相邻两平面的平行度
 - (3) 相邻两平面的尺寸精度
- 3、长方体工件的铣削顺序

用平口钳装夹，在立式铣床上铣削长方体工件，铣削步骤如下：



长方体工件的铣削顺序

1) 铣削基准面 1，平口钳固定钳口与铣床主轴轴线垂直安装。以面 2 为粗基准，靠向固定钳口，两钳口与工件间垫铜皮装夹工件。

2) 铣削面 2，以面 1 为精基准靠向固定钳口，在活动钳口与工件间置圆棒装夹工件。

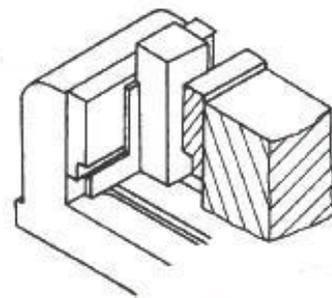
3) 铣面 3 仍以面 1 为基准靠向固定钳口，用相同方法装夹工件。

4) 铣面 4 以面 1 为基准靠向平口钳钳体导轨面上的平行垫铁，面 3 靠向固定钳口装夹工件。

5) 铣面 5 调整平口钳，使固定钳口与铣床主轴轴线平行安装。以面 1 为基准靠向固定钳口，用 90 度刀口角尺校正工件面 2 与平口钳钳体导轨面垂直，装夹工件。

(如工件长度较长，可将工件平放在机用虎钳上夹紧，使用立铣刀圆周面，工作台纵向加工出第 5 面，因在加工前以对虎钳钳口找正，垂直精度以保证。)

6) 铣面 6 以面 1 为基准靠向固定钳口，面 5 靠向平口钳钳体导轨面装夹工件。



用 90°角尺校正工件铣长方体端面

注意：粗加工时，由于切削参数较大，从而影响垂直度与表面粗糙度，应对工件进行先粗后精加工，预留 0.5mm~1mm 精加工余量，对工件去毛刺后，再重新装夹工件进行精加工。

4、影响平行面之间尺寸精度的因素

1) 调整切削层深度时看错刻度盘, 手柄摇过头, 没有消除丝杠螺线副的间隙, 直接退回, 造成尺寸铣错。

2) 读错图样上标注的尺寸, 测量时错误。

3) 工件或平行垫铁的平面没有擦净, 垫有杂物, 使尺寸发生变化。

4) 精铣对刀时切痕太深, 调整切削层深度时没有去掉切痕, 使尺寸铣小。

5、长方体零件的质量分析

1) 平行度检测:

①用千分尺或游标卡尺测量工件的四角及中部, 观察各部分尺寸的差值, 这个差值就是平行度误差。

②将六面体的基准面放在平板上, 再用磁性表架和百分表去测量与基准面有平行关系的面, 先在平面的一边测量一下, 并将百分表调零, 再移到另一边测量, 看误差是多少。

2) 垂直度检测: 首先用 90° 角尺放在垂直的两个面上, 再用塞尺去测, 看偏差是多少;

(二) 技能训练

零件图见附件 3.1

加工步骤:

1、读图(看懂零件图样, 了解图样上各加工部位的尺寸标注、精度要求等)

2、检查毛坯(对照零件图选择毛坯, 确定工件的加工余量)

3、用平口钳装夹工件, 校正固定钳口与纵向工作台平行,

4、选择并安装铣刀

5、调整铣削用量

6、确定基准面(建议用一支记号笔, 用来在工件基准面上作标记)

7、分别装夹工件铣削尺寸:

练习时注意事项

1、加工时可粗铣一刀, 再精铣一刀的方法来提高加工表面质量。

2、用手锤轻击工件时, 不要砸伤已加工面。

3、铣削平面 3、平面 4 和平面 6 时, 应注意严格控制工件的尺寸。

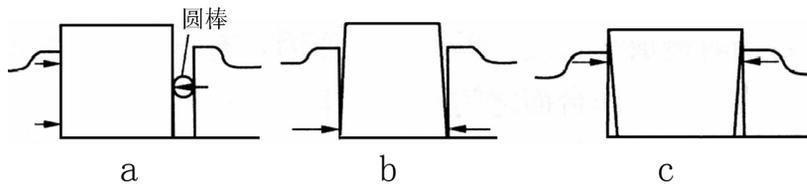
4、每一个平面铣削完毕, 都要将毛刺锉去, 而且不能伤及工件的被加工表面。

补充知识:

放置圆棒的作用

平口钳的固定钳口与底面垂直。当平口钳安装在工作台上后, 台面与底面密合, 所以固定钳口就与工作台面垂直。因此在安装工件时, 只要把基准面与固定钳口紧密贴合即可。在装夹时为了使基准面与固定钳口贴合紧密, 往往在活动钳口与工件之间放置一根圆棒, 如图 a 所示。若不放置圆棒, 若工件与基准面相对的面是高低不平的毛坯面, 或与基准面不平行, 在夹紧后基准面与固定钳口不一定会很好的贴牢, 如图 b、c 所示, 这样铣出的平面也就不一定与基准面垂直。在装夹时, 除了要在活动钳口处放置一根圆棒外, 还应仔细地把固

定钳口和基准面擦干净，因为在这两个地方只要有一点杂物，就会影响定位精度。



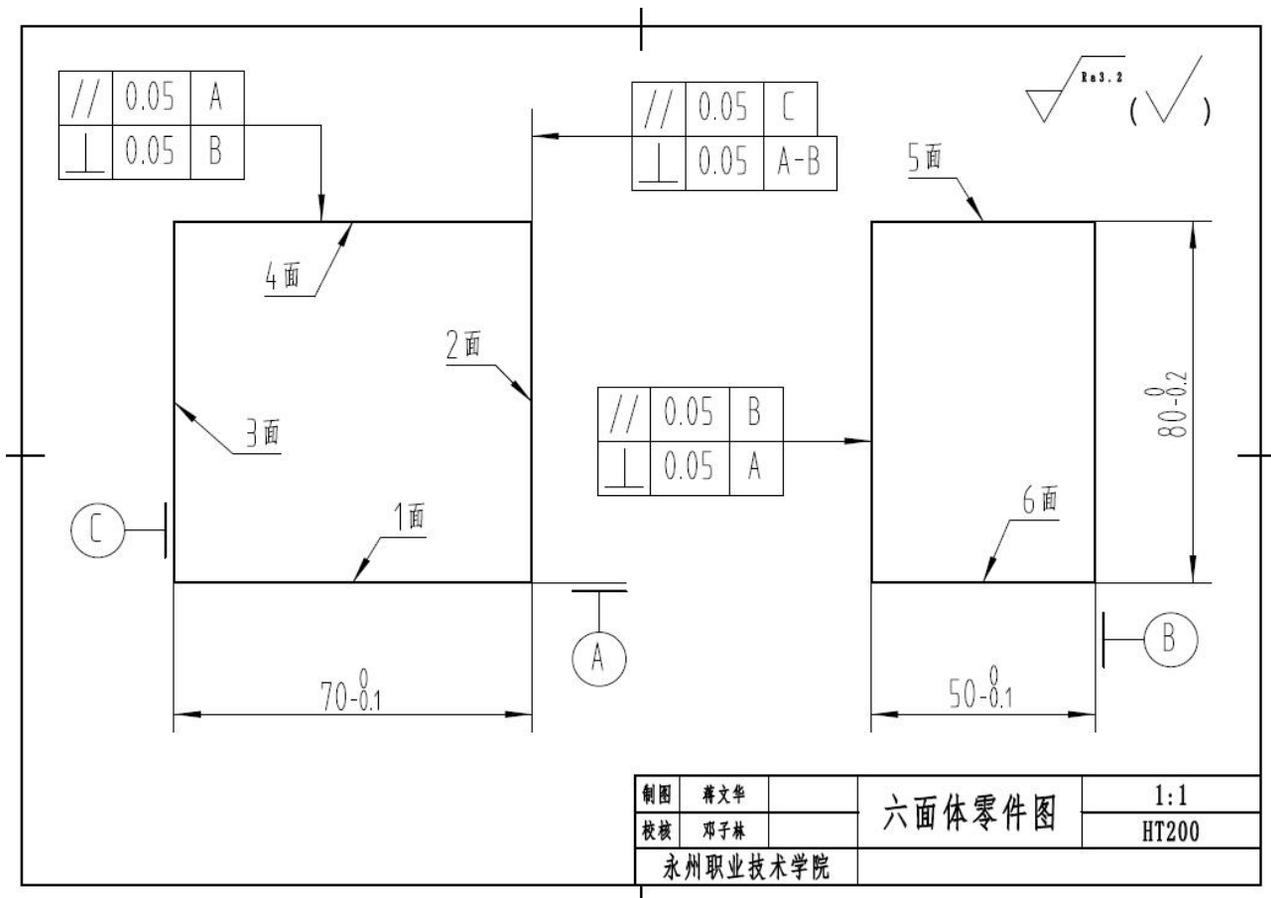
四、考核内容

- 1、填写六面体加工工艺过程卡。（见附件 2）
- 2、职业素养与操作规范。（见附件 3）
- 4、作品评分标准（见附件 3.1）

得分： _____

指导教师签名： _____

附件 3.1： 六面体零件图



附件 3.3：职业素养与操作规范评分表。

姓名			班级		
学号			工号		
序号	考核项目	考核点	配分	评分细则	得分
1	纪律	服从安排，工作态度好，清扫场地。	10	不服从安排，不清扫场地扣 10 分。	
2	安全意识	安全着装，操作按安全规程。	10	1、不安全着装扣 5 分； 2、操作不按安全规程，违者扣 5 分。	
3	职业行为习惯	按 6S 执行工作程序、工作规范、工艺文件。爱护设备及工具。保持工作环境清洁有序，文明操作。	20	1、工具摆放不整齐，没保持工作环境扣 5 分； 2、完成任务后不清理工位扣 5 分； 3、有不爱护设备及工具的行为扣 10 分。	
4	设备保养与维护	及时进行设备清洁、保养与维护，关机后机床停放位置合理。	20	1、对设备清洁、保养与维护不规范者扣 10 分； 2、关机后机床停放位置不合理扣 10 分。	
5	加工前准备	按规范清点图纸、刀具、量具、毛坯。	15	未规范清点图纸、刀具、量具、毛坯等，不规范每项扣 3 分。	
6	工具刀具选用	工具刀具选择正确。	5	工具刀具选择不当扣 5 分。	
7	加工过程	操作过程符合规范。	20	1、工件夹紧时敲击扳手扣 3 分； 2、机床变速操作步骤不正确扣 5 分； 3、工件安装定位、夹紧不正确扣 2 分； 4、打刀一次扣 10 分。	
8	人伤械损事故	出现人伤械损事故。		整个测评成绩记 0 分。	
合 计			100		
指导教师签名：				职业素养与操作规范得分	

附件 3.4：作品评分表。

姓名				班级		
零件名称				工件编号		
序号	考核项目	考核点	配分	评分标准	检测结果	得分
1	编写工艺过程卡片 (10分)	正确填写表头信息。	1	表头信息填写不正确，每少填一项扣 0.5 分，扣完为止。		
		工艺过程完善。	2	工艺过程不完善，每少一项必须安排的工序扣 0.5 分，扣完为止。		
		工序、工步的安排合理。	2	1、工序安排不合理，每处扣 0.5 分。 2、工件安装定位不合适，扣 0.5 分。 3、夹紧方式不合适扣 0.5 分。 所有项目扣完为止。		
		工艺内容完整，描述清楚、规范，符合标准。	3	1、文字不规范、不标准、不简练酌情扣 0.5 分。 2、没有夹具及装夹的描述扣 0.5 分。 3、没有校准方法、校正部位的表述扣 0.5 分。 4、没有加工部位的表述扣 0.5 分。 5、没有使用设备、刀具、量具的规定每项扣 0.5 分。 所有项目扣完为止。		
		工序简图表达正确。	2	1、没有工序简图扣 0.5 分。 2、工序图表达不正确每项扣 0.5 分。 所有项目扣完为止。		
2	外观 (15分)	外轮廓	10	外轮廓形状与图形不符，每处扣 2 分。		
		碰伤或划伤	5	工件碰伤或划伤一处扣 2 分。		
3	尺寸精度 (30分)	$80_{-0.1}^0$	10	超差 0.01 扣 2 分。		
		$80_{-0.2}^0$	10	超差 0.01 扣 2 分。		
		$50_{-0.1}^0$	10	每处超差扣 1 分。		
4	表面粗糙度 (20分)	Ra3.2	20	每处降一级扣 3 分。		
5	形状位置精度 (25分)	平行度 0.05	10	超差 0.01 扣 2 分。		
		垂直度 0.05	15	超差 0.01 扣 2 分。		
合计			100			
指导教师签名：					作品得分	

课题四：斜面的铣削

一、实习目的

- 1、掌握铣斜面的铣削方法
- 2、掌握斜面的检验方法
- 3、学会斜面的质量分析

二、实习设备、用具及时间安排

- 1、设备：X5032 立式升降台铣床
- 2、用具：端铣刀、立铣刀、0~150mm 游标卡尺、直角尺、游标万能角度尺、平口钳、垫铁等。
- 3、实习时间：6 节课。

三、相关工艺知识和技能训练

(一) 相关工艺知识

1、斜面的表示方法

在连接面中，斜面是指与其基准面成倾斜状态的平面，它们之间相交成一个角度。在图样上表示斜面的方法有两种：

倾斜度大的斜面，一般用度数表示，如图（a）所示的零件，斜面与基准面之间的夹角为 30° 。

倾斜度小的斜面，往往用比值表示。如图（b）所示的零件，在 50mm 长度上，两端尺寸相差 1mm，用“斜度 1: 50”表示。

这两种斜面表示方法的相互关系，可用数学公式表示：

$$M = \tan \beta = \frac{D-d}{L}$$

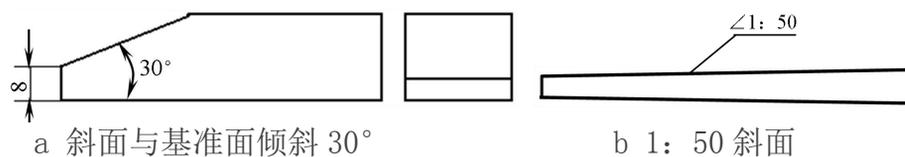
式中 M——斜度

β ——斜面与基准面之间夹角 ($^\circ$)

D——工件大端高度 (mm)；

d——工件小端高度 (mm)；

L——工件长度 (mm)。



2、铣斜面的方法

(1) 用划线法装夹工件铣斜面

单件生产时，可先在工件上划出斜面的加工线形，用平口钳装夹工件，用划针盘校正工件上所划出的加工线使其与工作台平行，用圆柱铣刀或端铣刀铣出斜面。

(2) 用倾斜垫铁装夹工件铣斜面

生产的工件数量较多时，为了装夹方便，可以通过倾斜垫铁，将工件装夹在平口钳内，铣出要求的斜面，所选择的垫铁宽度应小于工件的宽度。

(3) 转动立铣头铣斜面

这种铣削方法多在立式铣床上进行。立铣头主轴转动角度应与斜面的倾角相同。

(4) 用角度铣刀铣斜面

这种方法就是选择合适的角度铣刀铣斜面。角度铣刀可分为单角度铣刀和双角度铣刀。铣斜面多选用单角度铣刀，铣刀刃长度应稍大于斜面宽度，这样就可以一次铣出且无刀痕。因此，角度铣刀常用来铣窄斜面。

3、斜面的质量分析

(1) 斜面的检验

斜面铣削后，除了要检验斜面的表面粗糙度和平面度外，还要检验斜面与基准面之间的夹角是否符合图样要求。检验方法主要有下列三种：

1) 用万能角度尺

当工件要求不高时，可用万能角度尺来直接量得斜面与基准面之间的夹角。

2) 用正弦规检验

当工件要求很高时，可用正弦规，并配合百分表和量块来检验。

3) 用角度样板检验

当工件数量很多时，可用角度样板来检验。

(2) 斜面铣削过程中出现的质量问题

铣削斜面时，造成斜面的表面粗糙度和平面度差的原因与铣平面相同。造成倾斜度不准的原因有以下几个方面：

1) 工件划线不准确和在铣削时工件产生的位移。

2) 可倾斜钳、可倾工作台或立铣头扳转角度不准确。

3) 采用周边铣削时，铣刀有锥度。

4) 用角度铣刀铣削时，铣刀角度不准。

(二) 技能训练

零件图见附件 4.1

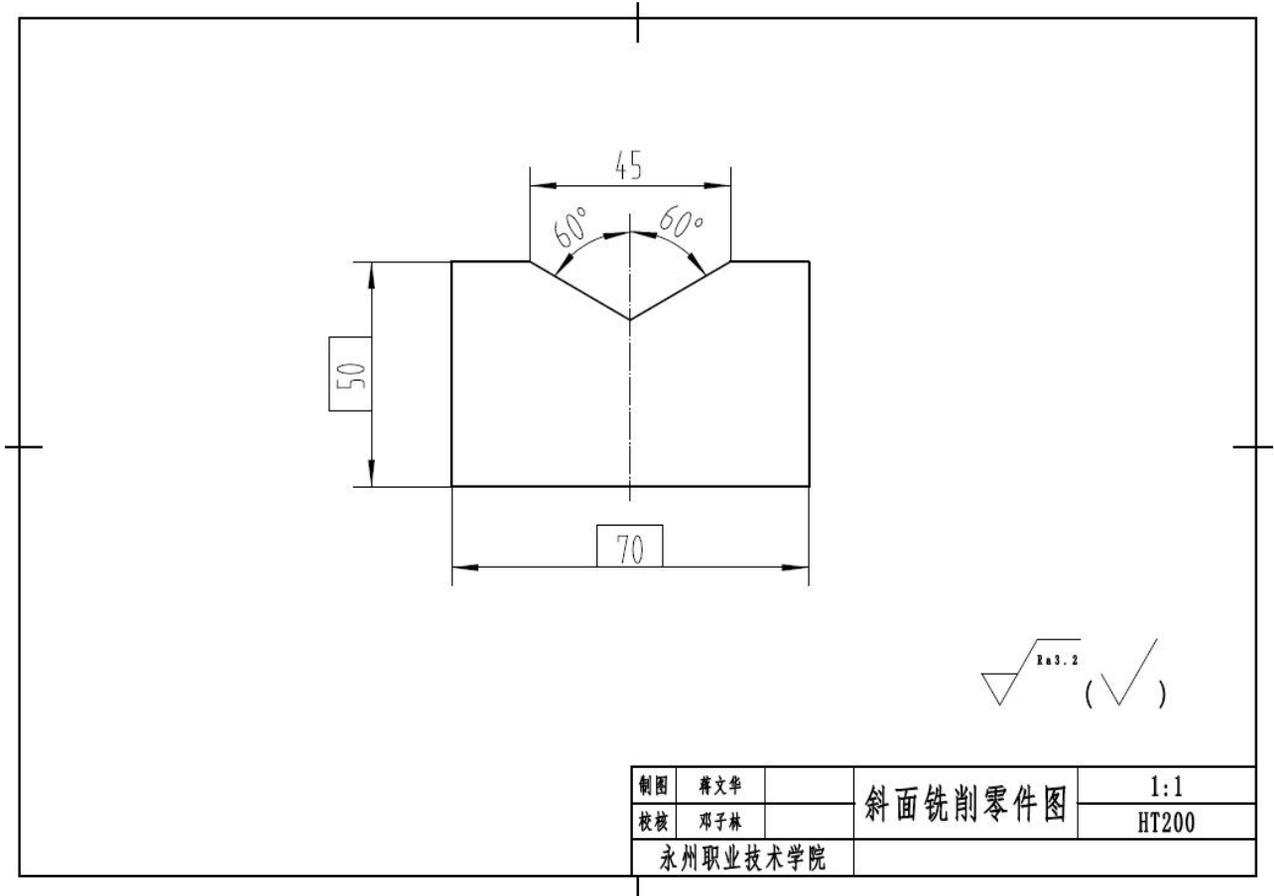
四、考核内容

1、填写 V 形斜面的加工工艺过程卡。（见附件 2）

2、职业素养与操作规范。（见附件 3）

3、作品评分标准（见附件 4.1）

附件 4.1：零件图。



附件 4.3：职业素养与操作规范评分表。

姓名			班级		
学号			工号		
序号	考核项目	考核点	配分	评分细则	得分
1	纪律	服从安排，工作态度好，清扫场地。	10	不服从安排，不清扫场地扣 10 分。	
2	安全意识	安全着装，操作按安全规程。	10	1、不安全着装扣 5 分； 2、操作不按安全规程，违者扣 5 分。	
3	职业行为习惯	按 6S 执行工作程序、工作规范、工艺文件。爱护设备及工具。保持工作环境清洁有序，文明操作。	20	1、工具摆放不整齐，没保持工作环境扣 5 分； 2、完成任务后不清理工位扣 5 分； 3、有不爱护设备及工具的行为扣 10 分。	
4	设备保养与维护	及时进行设备清洁、保养与维护，关机后机床停放位置合理。	20	1、对设备清洁、保养与维护不规范者扣 10 分； 2、关机后机床停放位置不合理扣 10 分。	
5	加工前准备	按规范清点图纸、刀具、量具、毛坯。	15	未规范清点图纸、刀具、量具、毛坯等，不规范每项扣 3 分。	
6	工具刀具选用	工具刀具选择正确。	5	工具刀具选择不当扣 5 分。	
7	加工过程	操作过程符合规范。	20	1、工件夹紧时敲击扳手扣 3 分； 2、机床变速操作步骤不正确扣 5 分； 3、工件安装定位、夹紧不正确扣 2 分； 4、打刀一次扣 10 分。	
8	人伤械损事故	出现人伤械损事故。		整个测评成绩记 0 分。	
合 计			100		
指导教师签名：				职业素养与操作规范得分	

附件 4.4：作品评分表。

姓名				班级		
零件名称				工件编号		
序号	考核项目	考核点	配分	评分标准	检测结果	得分
1	编写工艺过程卡片 (10分)	正确填写表头信息。	1	表头信息填写不正确，每少填一项扣 0.5 分，扣完为止。		
		工艺过程完善。	2	工艺过程不完善，每少一项必须安排的工序扣 0.5 分，扣完为止。		
		工序、工步的安排合理。	2	1、工序安排不合理，每处扣 0.5 分。 2、工件安装定位不合适，扣 0.5 分。 3、夹紧方式不合适扣 0.5 分。 所有项目扣完为止。		
		工艺内容完整，描述清楚、规范，符合标准。	3	1、文字不规范、不标准、不简练酌情扣 0.5 分。 2、没有夹具及装夹的描述扣 0.5 分。 3、没有校准方法、校正部位的表述扣 0.5 分。 4、没有加工部位的表述扣 0.5 分。 5、没有使用设备、刀具、量具的规定每项扣 0.5 分。 所有项目扣完为止。		
		工序简图表达正确。	2	1、没有工序简图扣 0.5 分。 2、工序图表达不正确每项扣 0.5 分。 所有项目扣完为止。		
2	外观 (15分)	外轮廓	10	外轮廓形状与图形不符，每处扣 2 分。		
		碰伤或划伤	5	工件碰伤或划伤一处扣 2 分。		
3	尺寸精度 (30分)	60 度两处	20	超差 0.05° 扣 2 分。		
		槽长 45	10	超差 0.01 扣 2 分。		
4	表面粗糙度 (20分)	Ra3.2	20	每处降一级扣 3 分。		
5	形状位置精度 (25分)	对称度	25	超差 0.01 扣 2 分。		
合计			100			
考评员签字：					作品得分	

课题五：直角沟槽的铣削

一、实习目的

- 1、掌握直角沟槽的铣削方法
- 2、了解直角沟槽的检测
- 3、学会直角沟槽的质量分析

二、实习设备、用具及时间安排

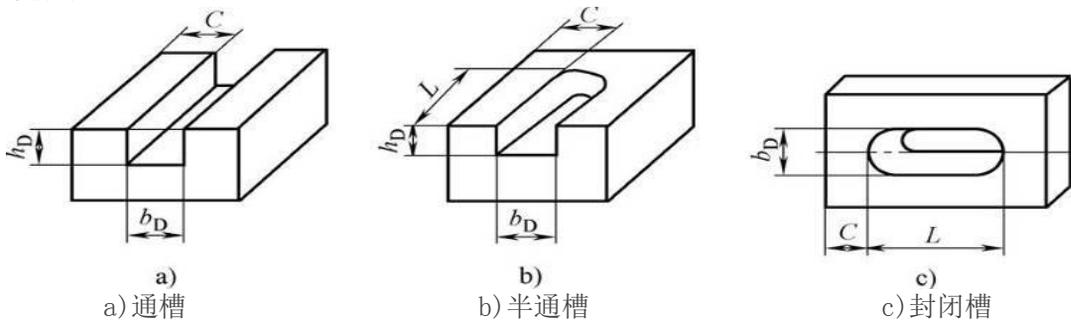
- 1、设备：X5032 立式升降台铣床
- 2、用具：立铣刀、0~150mm 游标卡尺、深度游标卡尺、平口钳、垫铁等。
- 3、实习时间：6 节课。

三、相关工艺知识和技能训练

(一) 相关工艺知识

1、直角沟槽形式

分通槽、半通槽和封闭槽三种，直角通槽主要用三面刃铣刀铣削，也可用立铣刀、槽铣刀、合成铣刀来铣削；半通槽和封闭槽都采用立铣刀或键槽铣刀铣削。



2、铣削方法

(1) 三面刃铣刀铣削直角通槽

适用于加工宽度较窄，深度较深的通槽。

1) 铣刀选择

$D > d + 2H$ $L \leq B$ 其中：D-铣刀直径；d-刀轴垫圈直径；H-沟槽深度；L-刀宽；B-槽宽 对于槽宽精度要求较高的沟槽选择 $L < B$ 的三面刃铣刀

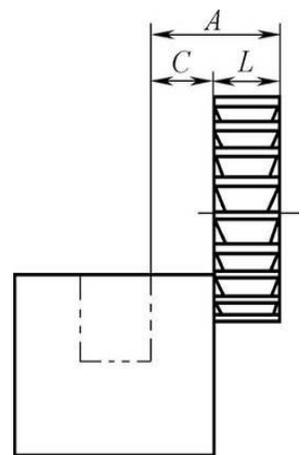
2) 工件装夹

直角沟槽在工件上的位置大多都要求与工件两侧面平行，故中小型工件一般用平口钳装夹，大型工件则用压板直接装夹在工作台上。

3) 对刀方法

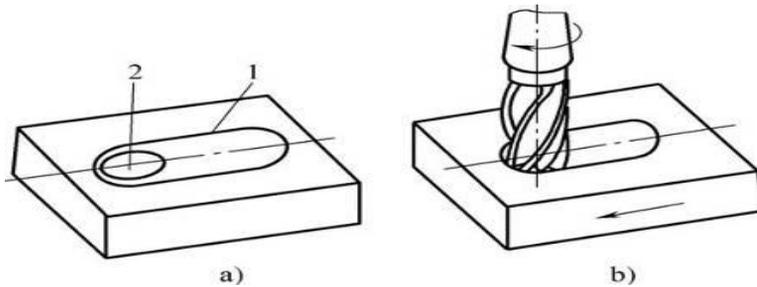
①划线对刀法 在工件加工部位划出直角通槽的尺寸、位置线，装夹校正工件后，使刀侧面刀刃对准工件上所划的宽度线，分次进给铣削出直角通槽。

②侧面对刀法 所进行的对刀方法与铣削台阶时的对刀方法基本相同。将三面刃铣刀的侧面刀刃轻擦工件侧面后，垂直降落工作台，使工作台移动一个距离 A, $A = \text{刀宽} + \text{工件侧面到槽侧面的距离}$ 。如图 a 所示。



(2) 立铣刀铣半通槽和封闭槽。

1) 用立铣刀铣封闭槽时, 因为立铣刀的端面刃不能全部通过刀具中心, 不能垂直进刀切削工件, 所以铣削前应在工件上划出沟槽的尺寸位置线, 并在所划沟槽长度线的一端预钻一个小于槽宽的落刀小孔, 以便由此孔落刀切削工件。落刀孔的深度略大于沟槽的深度, 其直径小于所铣槽宽度的 0.5-1 mm。铣削时, 应分几次进给, 每次进给都由落刀孔一端铣向另一端, 槽深达到要求后, 再扩铣两侧。铣削时, 不使用的进给机构应紧固 (如使用纵向铣削时, 应锁紧横向进给机构。反之, 则锁紧纵向进给机构), 扩铣两侧时应避免顺铣。



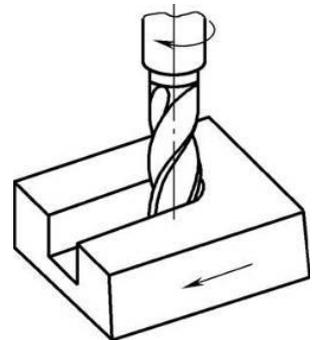
用立铣刀铣削穿通封闭槽

a) 预钻落刀孔

b) 从落刀孔开始铣削

1—封闭槽加工线 2—预钻落刀孔

2) 用立铣刀铣削半封闭槽时, 由于立铣刀刚度较差, 铣削时易产生偏让, 受力过大使铣刀折断, 故在加工较深的沟槽时, 应分几次铣削, 以达到要求的深度。铣削时只能由沟槽的外端铣向沟槽深度, 槽深铣好后, 再扩铣沟槽两侧, 扩铣时应避免顺铣, 以免损坏铣刀, 啃伤工件。

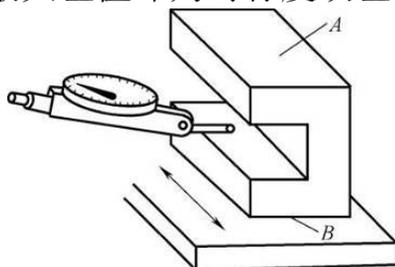


(3) 用键槽铣刀加工半通槽和封闭槽

精度较高、深度较浅的半通槽和封闭槽, 键槽铣刀的端面刀刃能在垂直进给时切削工件, 因此用键槽铣刀铣削穿通的封闭槽, 可不必预钻落刀孔。

3、直角通槽的测量

直角沟槽的长度、宽度和深度的测量一般使用游标卡尺、深度游标卡尺, 尺寸精度较高的槽可用极限量规 (塞规) 检查。直角沟槽的对称度, 可用游标卡尺或杠杆百分表检测。用杠杆百分表检验对称度时, 工件分别以侧面 A、B 为基准面, 放在检验平板上, 然后使表的触头触在槽的侧面上, 移动工件检测, 指针读数的最大差值即为对称度误差。如图所示。



用杠杆指示表检测直角沟槽的对称度

4、直角沟槽铣削的质量分析

直角沟槽铣削的质量主要指沟槽的尺寸、形状及位置精度。

(1) 影响尺寸精度的因素

1) 用立铣刀和键槽铣刀采用“定尺寸刀具法”铣削沟槽时，铣刀的直径尺寸及其磨损、铣刀的圆柱度和铣刀的径向圆跳动等都会产生尺寸精度的影响。

2) 三面刃铣刀的端面圆跳动太大，使槽宽尺寸铣大；径向圆跳动太大，使槽深铣深。

3) 使用立铣刀或键槽铣刀铣沟槽时，产生“让刀”现象，或来回多次切削工件，将槽宽铣大。

4) 测量不准或摇错刻度盘数值。

(2) 影响位置精度的因素

1) 工作台“零位”不准，使工作台纵向进给运动方向与铣床主轴轴线不垂直，用三面刃铣刀铣削时，将沟槽两侧面铣成弧形凹面，且呈上宽下窄(两侧面不平行)。

2) 平口钳固定钳口未找正，使工件侧面(基准面)与进给运动方向不一致，铣出的沟槽歪斜(槽侧面与工件侧面不平行)。

3) 选用的平行垫铁不平行，工件底面与工作台面不平行，铣出的沟槽底面与工件底面不平行，槽深不一致。

4) 对刀时，工作台横向位置调整不准；扩铣时将槽铣偏；测量时，尺寸测量不准确，按测量值调整铣削使槽铣偏；铣削时，由于铣刀两侧受力不均(如两侧切削刃锋利程度不等)或单侧受力，铣床主轴轴承的轴向间隙较大，以及铣刀刚性不够，使得铣刀向一侧偏让等。

(3) 影响形状精度的因素

用立铣刀和键槽铣刀铣削沟槽时，影响形状精度的主要因素是铣刀的圆柱度。

(4) 影响表面粗糙度的因素 与铣削台阶时相同。

(二) 技能训练

零件图见附件 5.1

练习时注意事项

1、直角沟槽上面出现有刀痕、深啃的原因是：对刀时铣伤，或在铣削时没有将不使用的工作台锁紧，或铣削时顺铣、逆铣没有掌握，使用顺铣时出现拉刀工作台串动造成的。

2、在采用直柄立铣刀或键槽铣刀铣削直角沟槽时，铣刀是采用弹簧夹头来装夹的，若夹得不够紧固，则铣削过程中铣刀在轴向铣削抗力的作用下会被逐渐从夹头中拔出，这一现象俗称“扎刀”。这样就使得沟槽越铣越深，甚至造成铣刀折断和工件报废。所以，用直柄立铣刀加工直角沟槽时一定要注意铣刀安装得是否牢固。

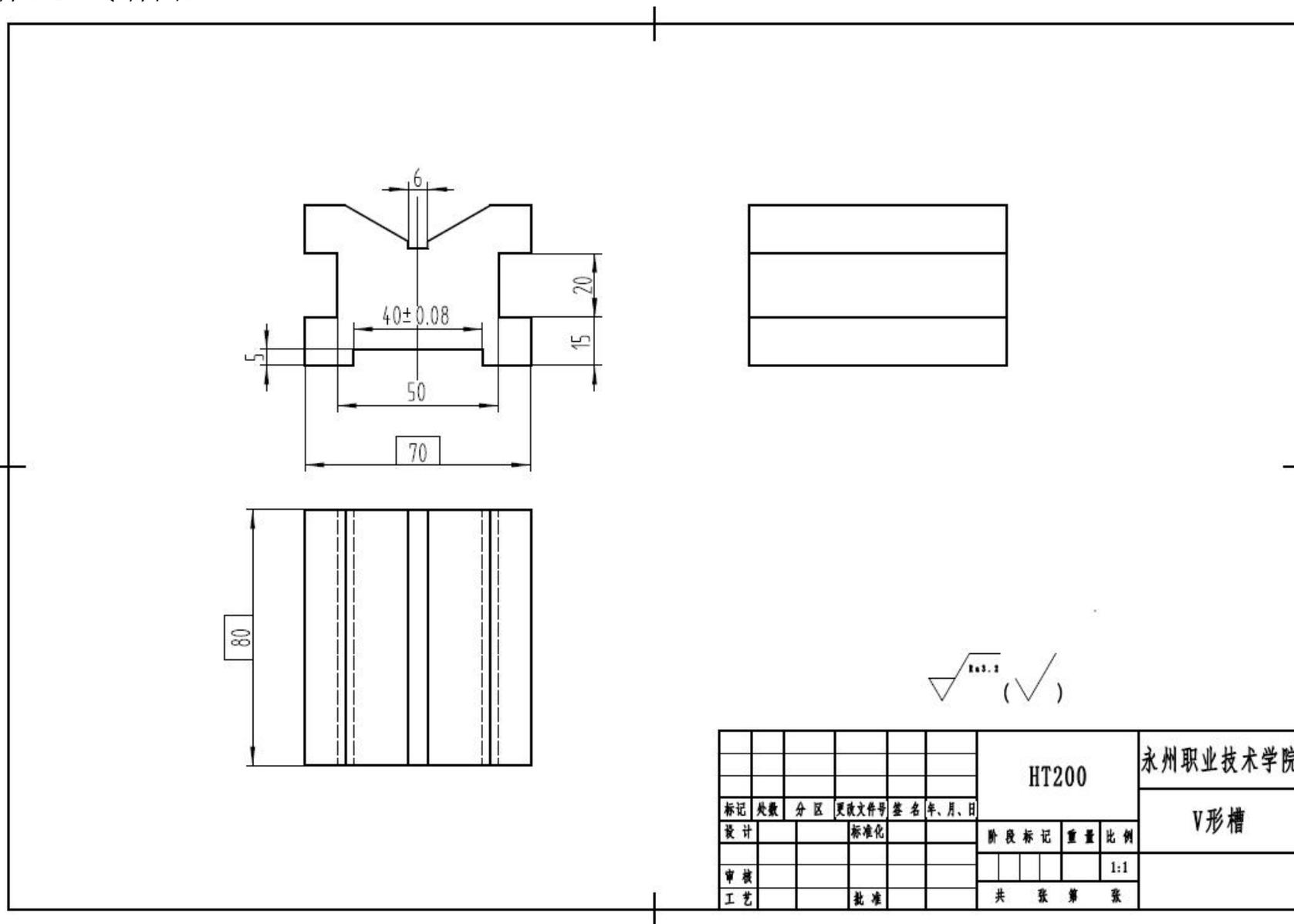
四、考核内容

1、填写直角沟槽的加工工艺过程卡。(见附件 5.5)

2、职业素养与操作规范。(见附件 5.3)

3、作品评分标准(见附件 5.4)

附件 5.1：零件图。



附件 5.3：职业素养与操作规范评分表。

姓名			班级		
学号			工号		
序号	考核项目	考核点	配分	评分细则	得分
1	纪律	服从安排，工作态度好，清扫场地。	10	不服从安排，不清扫场地扣 10 分。	
2	安全意识	安全着装，操作按安全规程。	10	1、不安全着装扣 5 分； 2、操作不按安全规程，违者扣 5 分。	
3	职业行为习惯	按 6S 执行工作程序、工作规范、工艺文件。爱护设备及工具。保持工作环境清洁有序，文明操作。	20	1、工具摆放不整齐，没保持工作环境扣 5 分； 2、完成任务后不清理工位扣 5 分； 3、有不爱护设备及工具的行为扣 10 分。	
4	设备保养与维护	及时进行设备清洁、保养与维护，关机后机床停放位置合理。	20	1、对设备清洁、保养与维护不规范者扣 10 分； 2、关机后机床停放位置不合理扣 10 分。	
5	加工前准备	按规范清点图纸、刀具、量具、毛坯。	15	未规范清点图纸、刀具、量具、毛坯等，不规范每项扣 3 分。	
6	工具刀具选用	工具刀具选择正确。	5	工具刀具选择不当扣 5 分。	
7	加工过程	操作过程符合规范。	20	1、工件夹紧时敲击扳手扣 3 分； 2、机床变速操作步骤不正确扣 5 分； 3、工件安装定位、夹紧不正确扣 2 分； 4、打刀一次扣 10 分。	
8	人伤械损事故	出现人伤械损事故。		整个测评成绩记 0 分。	
合 计			100		
指导教师签名：				职业素养与操作规范得分	

附件 5.5：作品评分表。

姓名				班级		
零件名称				工件编号		
序号	考核项目	考核点	配分	评分标准	检测结果	得分
1	编写工艺过程卡片 (10分)	正确填写表头信息。	1	表头信息填写不正确，每少填一项扣 0.5 分，扣完为止。		
		工艺过程完善。	2	工艺过程不完善，每少一项必须安排的工序扣 0.5 分，扣完为止。		
		工序、工步的安排合理。	2	1、工序安排不合理，每处扣 0.5 分。 2、工件安装定位不合适，扣 0.5 分。 3、夹紧方式不合适扣 0.5 分。 所有项目扣完为止。		
		工艺内容完整，描述清楚、规范，符合标准。	3	1、文字不规范、不标准、不简练酌情扣 0.5 分。 2、没有夹具及装夹的描述扣 0.5 分。 3、没有校准方法、校正部位的表述扣 0.5 分。 4、没有加工部位的表述扣 0.5 分。 5、没有使用设备、刀具、量具的规定每项扣 0.5 分。 所有项目扣完为止。		
		工序简图表达正确。	2	1、没有工序简图扣 0.5 分。 2、工序图表达不正确每项扣 0.5 分。 所有项目扣完为止。		
2	外观 (15分)	外轮廓	10	外轮廓形状与图形不符，每处扣 2 分。		
		碰伤或划伤	5	工件碰伤或划伤一处扣 2 分。		
3	尺寸精度 (50分)	槽长 15 两处	15	超差 0.01 扣 2 分。		
		40±0.08	10	超差 0.01 扣 2 分。		
		槽深 15 两处	15	超差 0.01 扣 2 分。		
		槽深 5	10	超差 0.01 扣 2 分。		
4	表面粗糙度 (10分)	Ra3.2	10	每处降一级扣 3 分。		
5	形状位置精度 (15分)	对称度 0.1 三处	15	超差 0.01 扣 2 分。		
合计			100		作品得分	
考评员签字：						