



同濟大學
TONGJI UNIVERSITY

机械制造技术基础课程设计 夹具设计说明书

学 院:	机械与能源工程学院
专 业:	机械设计制造及其自动化
姓 名:	赵吉林
学 号:	1750437
指导教师:	郝一舒

签名: 赵吉林

目录

一、概述	2
二、设计方案	2
2.1 零件工艺分析	2
2.1.1 生产类型确定	2
2.1.2 结构特点及工艺性	3
2.2 工艺设计与计算	4
2.2.1 确定机械加工余量	4
2.2.2 设计毛坯	4
2.2.3 选择加工方法、制定工艺路线	6
2.3 工序设计	7
2.3.1 选择加工设备及工艺装备	7
2.3.2 确定工序尺寸及量具	9
2.3.3 确定切削用量及基本时间	11
2.4 钻床夹具设计	22
2.4.1 确定定位方案	22
2.4.2 夹紧元件的设计	22
2.4.3 导向元件的设计	24
2.4.4 夹具体的设计	24
三、结语	25
四、参考文献	25
五、谢辞	25
六、附录	26

一、概述

机械制造技术基础课程设计是在学完了机械制造技术基础和大部分专业课，并进行了生产实习的基础上进行的又一个实践性教学环节。这次设计使我们能综合运用机械制造技术基础中的基本理论，并结合生产实习中学到的实践知识，独立地分析和解决了零件机械制造工艺问题，设计了机床专用夹具这一-典型的工艺装备，提高了结构设计能力，为今后的毕业设计 & 未来从事的工作打下了良好的基础。由于经验不足，设计中可能还有一些不足之处，希望老师多加指教。

本次课程设计的任务是小组成员公共设计一套方案，其中包括毛坯设计、工艺路线设计、工序设计、夹具设计及检验几部分。前面一部分关于毛坯设计、工艺路线及工序设计由我们小组成员共同完成。后面夹具设计部分，整组成员分成两个小组，分别进行铣床和钻床的夹具设计。其中我所参与的内容为钻床夹具的设计。

经小组讨论，本组选择的设计题目为“前横架”。长 247mm，宽 54mm，高 62mm。整体分为底板、耳座两部分。底板上有 4 个螺纹孔，耳座上有一个螺纹孔。具体结构及生产参数详见任务书。

二、设计方案

2.1 零件工艺分析

2.1.1 生产类型确定

根据参考文献[1]的式（2-1）可求得此零件的生产纲领为

$$N = Qn(1 + \alpha)(1 + \beta) = 2000 \times 1 \times (1 + 10\%) \times (1 + 1\%) = 2222$$

根据参考文献[1]的式（2-1）可求得此零件的生产节拍为

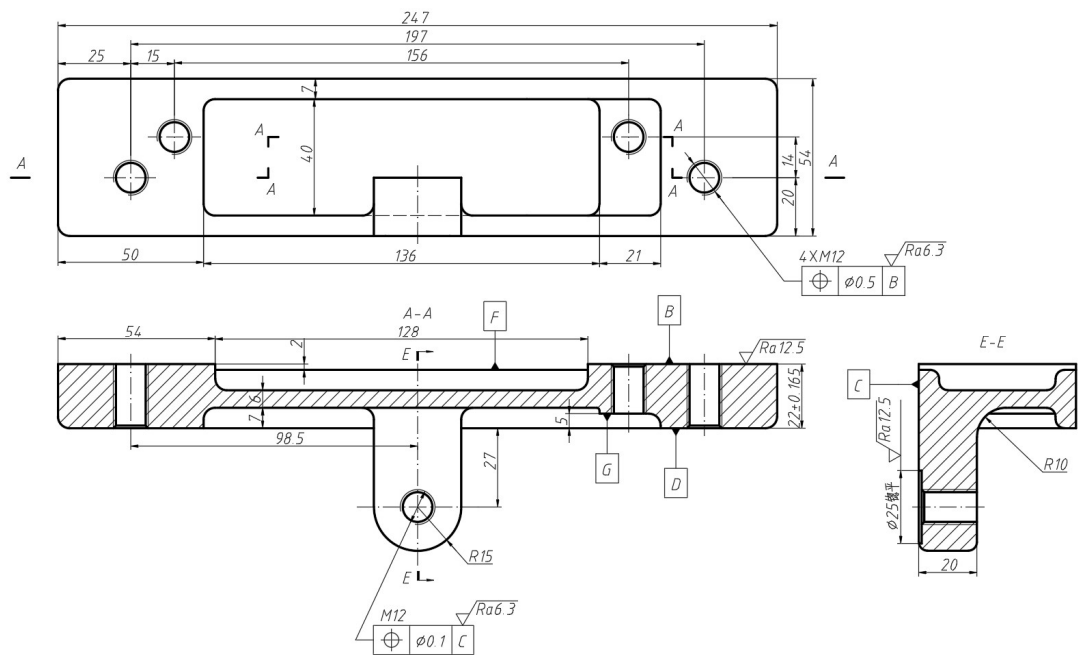
$$\tau = \frac{T}{N} = \frac{4600}{2222} = 2.07$$

根据参考文献[1]的表（2-1）可确定此零件的生产类型为中批生产，因此可以确定大致的工艺特征为：部分铸件用金属模，部分锻件用模锻；毛坯精度中等，加工余量中等；采用部分通用机床和部分高生产率机床；机床按加工零件类别分工段排列布置；广泛采用夹具，部分靠划线法达到加工精度；较多采用专用刀具

及专用量具；需要一定技术熟练程度的工人；有工艺规程,对关键零件有详细的工艺规程；中等生产率；采用成组工艺、数控机床、加工中心及柔性制造系统。

2.1.2 结构特点及工艺性

通过对该零件图的重新绘制，知原图样的视图正确、完整，尺寸齐全，但是公差及技术要求不完全。故通过查阅机械设计手册、机械加工工艺手册对零件图进行完善，如下图所示。



该零件属于叉架类零件，且此零件为非对称零件。

该零件的配合接触表面均需切削加工，B面、G面的设计基准均为D面。由于G面的尺寸精度及粗糙度要求不高，可直接粗铣一次达到要求。B面上的4个M12的螺纹孔在长度方向的设计基准为左边的侧面，在宽度方向的设计基准为C面。

零件突出的耳座上，M12螺纹孔设计基准为最左边的孔上的轴线，长度方向上距离为98.5mm，在高度方向，以D面为设计基准，因此选可选择最左边螺纹孔的轴线和D面为定位基准。

此零件对螺纹孔的位置精度要求较高，零件工作时需要依靠螺纹孔的精确定位，故需要精确地保证上述尺寸要求。综合来看，此零件的工艺性较好。

2.2 工艺设计与计算

2.2.1 确定机械加工余量

根据 GB/T 12362-2003 确定机械加工余量。

根据参考文献[1]的表 5-5 可知：HT200 的铸件选择砂型铸造手工造型时机械加工余量等级为 F-H, 因此选择 F 级别。

根据参考文献[1]的表 5-4 和最终机械加工后铸件的最大轮廓尺寸可查得要求的铸件机械加工余量 RMA。

根据初步的工艺分析，零件图计算轮廓尺寸，长 247mm, 宽 54mm, 高 64mm, 故最大轮廓尺寸为 247mm。故此铸件的加工余量为“GB/T 6414-CT11-RMA2”。

2.2.2 设计毛坯

a) 确定毛坯材料

零件材料为 HT200，由于此零件结构较为复杂，且除一些表面和孔之外尺寸精度要求不高，因此应该选用铸造，避免一些不必要的加工，减少工时和费用。根据该零件的使用场合以，经常承受交变载荷，可使用铸件。根据零件的年产量为 2222 件，属于中批生产，并且零件的轮廓尺寸不大，故可采用砂型铸造。

b) 确定毛坯尺寸及公差

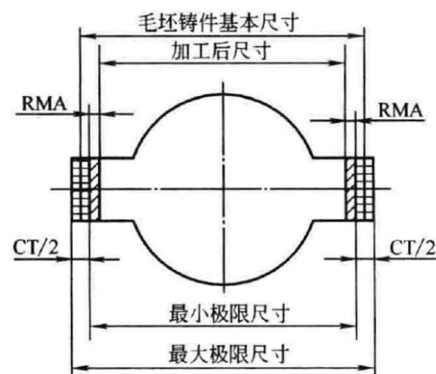
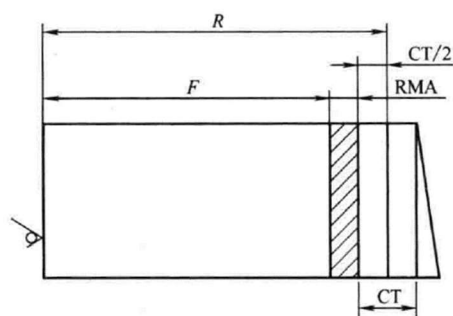
根据参考文献[1]的第五章第一节确定 HT200 铸件的尺寸和公差，要确定毛坯的尺寸公差及机械加工余量，应先确定如下各项因素。

铸件的公差等级

根据参考文献[1]的表 5-1 可知：HT200 铸件采用砂型铸造、手工造型时公差等级可达 CT11-14,因此选择 CT11 级精度。

铸件的基本尺寸

根据参考文献[1]的图 5-1 以及公式 5-1 可得此铸件的基本尺寸。



铸件 B 面与 D 面间的距离

$$R = F + 2 \times RMA + CT/2 = 22 + 2 \times 2 + 3.2/2mm = 27.6mm$$

铸件 G 面和 D 面间的距离

$$R = F + RMA + CT/2 = 5 + 2 + 2.8/2mm = 8.4mm$$

铸件的其余尺寸除孔之外基本尺寸与零件尺寸相同。

③零件表面粗糙度

根据零件图可知，B 面和 C 面的粗糙度为 $Ra12.5$ ，螺纹孔粗糙度为 $Ra6.3$ ，其余的粗糙度均为 $Ra25$ 。

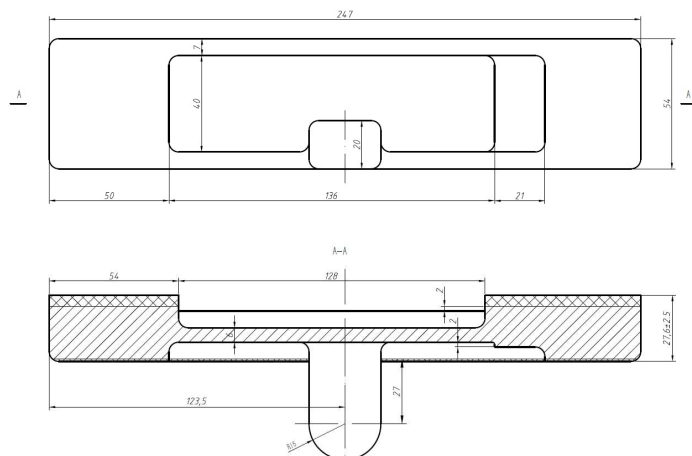
④设计毛坯图

根据参考文献[1]的表 5-14 得此铸件得最小孔径为 15-30mm，因此零件上的孔不能直接铸造出来。

根据参考文献[1]的表 5-16 得此毛坯采用黏土砂进行铸造时的外表面的拔模斜度为 $1^\circ 10'$ ，凹出内表面的拔模斜度为 $2^\circ 20'$ 。

根据参考文献[1]的表 5-17 得铸件的圆角半径可取 4mm。

最终设计出的毛坯图如下：



2.2.3 选择加工方法、制定工艺路线

a) 选择定位基准

长宽方向上：零件的底面、左侧面为设计基准，同时也是装配基准和测量基准。为避免因基准不重合而产生的误差，应该选择这两个面作为定位基准，也即遵循“基准重合”原则。这两个面分别为此零件图中的 C 面和左侧面。

厚度方向上：

铣削部分：因为 B 面、D 面和 G 面均需要进行加工，距离 G 面 2mm 的底面作为分型面，表面不平整有飞边等缺陷，定位不可靠，不可作为粗基准，故选择 F 面作为粗基准。

钻削部分：因为厚度方向上尺寸的误差对四个平板上螺纹孔的位置没有影响，且零件图中对四个孔和 B 面之间的形位公差有要求，故钻削部分选择 B 平面作为定位基准。

b) 零件表面加工方法的选择

本零件需要加工的有 B 面、D 面、G 面和螺纹孔等，材料为 HT200，以公差等级和表面粗糙度要求，根据参考文献[1]、参考文献[2]、参考文献[3]，其加工方法选择如下：

① D 面

根据零件图的标注，公差等级为 IT8，表面粗糙度为 Ra25，为未淬火铸铁，由参考文献[1]的表 5-20，需要进行粗铣。

② G 面

此面未标注公差，根据 GB/T1804—2000 规定取其公差等级为中等 m，表面粗糙度为 Ra25，为未淬火铸铁，由参考文献[1]的表 5-20，需要进行粗铣。

③ B 面

根据零件图的标注，公差等级为 IT8，表面粗糙度为 Ra12.5，为未淬火铸铁，由参考文献[1]的表 5-20，需要进行粗铣和精铣。

④ B 面上 4 个 M12 螺纹孔

表面粗糙度为 Ra6.3，由参考文献[1]的表 5-19，进行钻孔和攻丝即可达到要求。

⑤ 突耳上的 M12 螺纹孔

表面粗糙度为 Ra6.3，由参考文献[1]的表 5-19，进行钻孔和攻丝即可达到要求。

⑥ $\phi 25$ 铤平面

表面粗糙度为 Ra12.5，由参考文献[1]的表 5-20，直接用铤刀铤平面即可达到要求。

⑦ 其他面

本零件的其他平面的尺寸精度都要求不高，表面粗糙度为 Ra25，因此直接砂型铸造出来即可满足要求，不需进行其他的机械加工。

c) 制定工艺路线

叉架类零件的加工路线一般是铸造毛坯后先进行平面加工，再进行孔加工。平面加工一般是铣削平面，孔加工包括钻孔、攻丝和铤平面。按照先加工基准面及先粗后精的原则，该零件可按照下述的工艺路线进行。

工序 10：砂型铸造毛坯，并清理毛坯。

工序 20：对毛坯进行去应力退火。

工序 30：以 F 面、左端面和 C 面定位，粗铣 D 面，粗铣 G 面。

以粗铣后的 D 面、左端面和 C 面定位，半精铣 B 面。

以粗铣后的 D 面、左端面和 C 面定位，精铣 B 面。

工序 40：以粗铣后的 D 面、左端面和后端面定位，钻 C 面上的 1 个 $\phi 10.2mm$ 的孔，在 C 面上对加工好的孔口铤 $\phi 25mm$ 平面，并对孔进行倒角。

以粗铣后的 D 面、左端面和后端面定位，钻 B 面上的 4 个 $\phi 10.2mm$ 的孔，对孔倒角。

工序 50：对钻好的 5 个 $\phi 10.2mm$ 的孔攻丝，攻丝为 M12 的螺纹。

工序 60：对机械加工完成的工件进行淬火和高温回火。

工序 70：钳工去除工件的毛刺。

工序 80：对工件进行最终检查。

2.3 工序设计

2.3.1 选择加工设备及工艺装备

a) 根据不同工序选择机床

①工序 30 是粗铣、半精铣和精铣。工序中的工步数不多，成批生产不要求很高的生产率，故选择专用的夹具在普通立式铣床就能满足要求。本零件的外轮廓尺寸不大，精度要求不是很高，平面的粗糙度要求也不高，故根据参考文献[1]的表 5-78，选择较常使用的 X51 立式铣床即可。

②工序 40 是钻孔、镗平面和倒角。工序中的工步数不多，成批生产不要求很高的生产率，故选择专用的夹具在普通摇臂钻床就能满足要求。本零件的外轮廓尺寸不大，精度要求不是很高，镗的平面的粗糙度要求也不高，故根据参考文献[1]的表 5-68，选择较常使用的 Z3025 摇臂钻床即可。

③工序 50 是对钻好的 5 个孔进行攻丝。可采用专用的夹具在摇臂钻床上进行加工，故根据参考文献[1]的表 5-68，选择较常使用的 Z3025 摇臂钻床。

b) 选择夹具

本零件除了铣削、钻削和攻丝需要专用夹具外，其他的工序使用通用夹具即可。

c) 选择刀具

①在铣床上铣削 G 面，一般都选用高速钢铣刀，故选用高速钢 W18Cr4V。在加工小台阶面时，通常采用的是立铣刀，根据 GB/T 6117.2-2010, G 面上加工的圆角为 R5，故选择直径 $d=10\text{mm}$ ，总长 $L=92\text{mm}$ 的标准系列中齿莫氏锥柄立铣刀。标记为：中齿莫氏锥柄立铣刀 $10 \times 92 \text{ GB/T 6117.2} - 2010$ 。

②在铣床粗铣 D 面、半精铣 B 面和精铣 B 面，一般都选用高速钢铣刀，加工灰铸铁零件时采用高速钢 W18Cr4V。在加工大平面时，为提高生产率及经济性，可选用面铣刀。根据参考文件[1]表 5-110，JB/T 7954-1999, 选择 $D=80\text{mm}$ 的镶齿套式面铣刀。标记为：铣刀 80 JB/T 7954-1999

③在工序 40 中，由于钻孔的直径相同，钻孔深度相近，材料均为 HT200，因此这些孔可使用同一种钻头。钻灰铸铁的钻头一般选用高速钢，根据参考文献[1]的表 5-95，GB/T 1438.1-2008，选择直径 $d=10.2\text{mm}$ 的莫氏锥柄麻花钻。标记为：高速钢标准柄的右旋莫氏锥柄麻花钻 10 GB/T 6135.3-2008

镗平面时，根据参考文献[1]的表 5-100，GB/T 4260-1984，选择直径 $d=25\text{mm}$ 平底镗钻。标记为：平底镗钻 25 GB/T 4260-1984

对孔倒角，根据参考文献[1]的表 5-98，GB/T 1143-2004，选择直径 $d_1 =$

16mm, $\alpha = 90^\circ$ 莫氏锥柄锥面铰钻。

④在工序 50 中, 对加工完成的孔攻丝, 根据参考文献[1]的表 5-105, GB/T 3464.1-2007, 选择 M12 细柄机用丝锥。

2.3.2 确定工序尺寸及量具

a) 确定工序 30 中的工序尺寸、量具

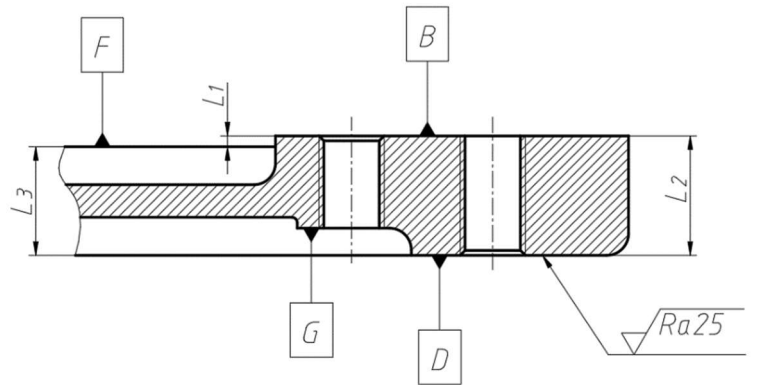
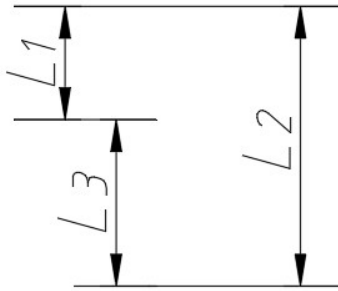
B 面、G 面、D 面加工的工序尺寸只与加工余量有关, 前面已经确定该零件的总加工余量, 故只需要将铣削加工的总加工余量 (毛坯余量) 分散为各工序加工余量, 然后由后往前计算工序尺寸, 中间工序尺寸的公差按加工方法的经济精度确定。

1 号工步

图中的 L_1 与 L_2 , 应达到零件图中要求, 即 $L_1 = 2^{+0.1}_{-0.1}mm$ 、

$$L_2 = 22^{+0.2}_{-0.2}mm$$

确定 L_3 需要尺寸链进行计算。尺寸链如下图所示:



L_1 为减环、 L_2 为增环、 L_3 为封闭环, 故:

$$L_3 = L_2 - L_1 = 22 - 2 = 20mm$$

$$ES_{L_3} = ES_{L_2} - EI_{L_1} = 0.2 - (-0.1) = 0.3mm$$

$$EI_{L_3} = EI_{L_2} - ES_{L_1} = -0.2 - 0.1 = -0.3mm$$

所以

$$L_3 = 20^{+0.3}_{-0.3}mm$$

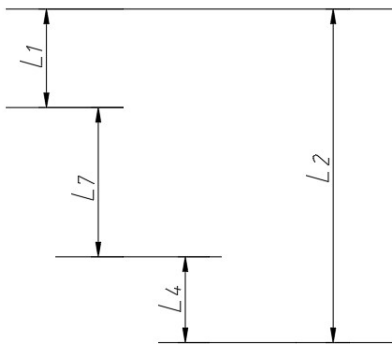
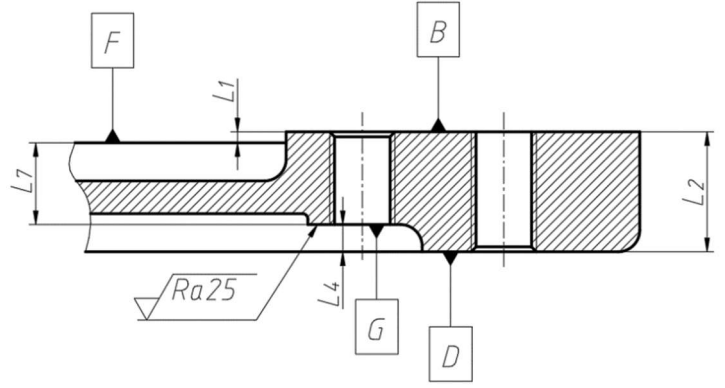
根据参考文献[1]的表 5-116 以及此工步中的工序尺寸, 选择量具为读数值 0.02mm, 测量范围为 0~125mm 的游标卡尺。

2 号工步

前面查得 G 面的机械加工余量 $RMA=2mm$,

因此工序尺寸 $L_3 = 5_{-0.1}^{+0.1} + 2mm = 7_{-0.1}^{+0.1}mm$

L_7 需要尺寸链进行计算。尺寸链如下图所示:



图中 L_1 、 L_4 为减环, L_2 为增环, L_7 为封闭环, 故:

$$L_7 = L_2 - L_1 - L_4 = 22 - 2 - 7 = 13mm$$

$$\begin{aligned} ES_{L_7} &= ES_{L_2} - EI_{L_1} - EI_{L_4} \\ &= 0.2 - (-0.1) - (-0.1) \\ &= 0.4mm \end{aligned}$$

$$EI_{L_3} = EI_{L_2} - ES_{L_1} - ES_{L_4} = -0.2 - 0.1 - 0.1 = -0.4mm$$

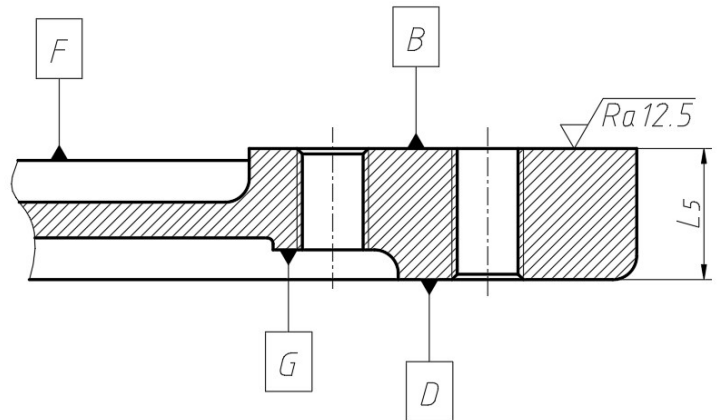
所以

$$L_7 = 13_{-0.4}^{+0.4}mm$$

根据参考文献[1]的表 5-116 以及此工步中的工序尺寸, 选择量具为读数 0.02mm, 测量范围为 0~125mm 的游标卡尺。

3 号工步

前文已经查得 B 面与 D 面间得总加工余量为 4mm, 又因此 3 号工步为半精铣, 多分加工余量到此工步, 因此令此工步加工余量 $Z_5 = 3mm$, 故此工步的工序尺寸 $L_5 = 27.6_{-1.6}^{+1.6} - 3 = 24.3_{-1.6}^{+1.6}mm$



根据参考文献[1]的表 5-116 以及此工步中的工序尺寸, 选择量具为读数

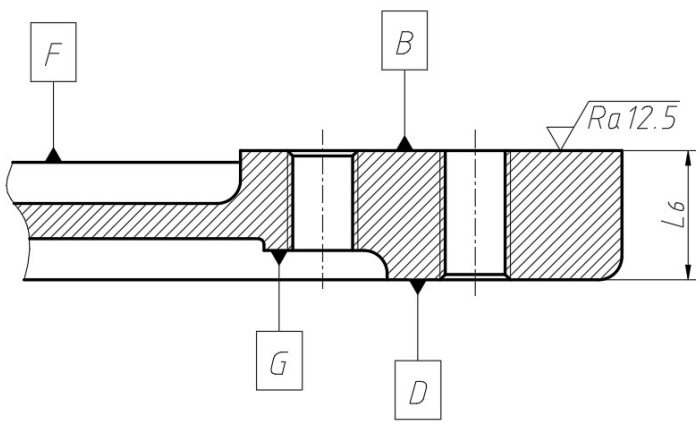
0.02mm，测量范围为0~125mm的游标卡尺。

4 号工步

此工步为铣削 B 面的最后一道工序，因此 4 号工步中的工序尺寸为

$$L_6 = 22^{+0.2}_{-0.2}mm$$

根据参考文献[1]的表 5-116 以及此工步中的工序尺寸，选择量具为读数值 0.02mm，测量范围为0~125mm的游标卡尺。



b) 确定工序 40 中的工序尺寸、量具

由于该钻削工序当中所钻的孔均为通孔，并且与其他孔之间并无影响，因此在工序 40 中的工序尺寸取决于加工部位的零件厚度。选用量具为测量范围 0~125mm的游标卡尺。

2.3.3 确定切削用量及基本时间

铣削工步 1	
切削用量	工件的材料为 HT200， $\sigma_b = 200MPa$ ，硬度为163~225HBS，为铸件；机床为立式铣床 X51，工件装夹在专用夹具上。
	刀具为高速钢直径为 $D=80mm$ 的镶齿套式面铣刀。标记为：铣刀 80 JB/T 7954-1999
	刀具前角 $\gamma_0 = 5^\circ$ ，后角：周齿 $\alpha_0 = 16^\circ$ ，端齿 $\alpha'_0 = 8^\circ$ ，刀齿斜角 $\lambda_s = -10^\circ$ ，主偏角 $k_r = 90^\circ$ ，副刃偏角 $k'_r = 1^\circ$ ，刀齿螺旋角 $\beta = 10^\circ$ ，已知铣削的宽度 $a_e = 54mm$ ，铣削深度 $a_p = 2mm$
	查参考文献[1]表 5-78 可知 X51 型立式铣床的功率为 4.5kW，工艺系统的刚性为中等。
	根据参考文献[1]的表 5-152，铣床的功率为 4.5kW，加工的材

料为 HT200, $\sigma_b = 200MPa$, 硬度为163~225HBS, 可知: 高速钢盘铣刀得每齿进给量 $f_z = 0.15 \sim 0.30mm/z$, 现取 $f_z = 0.20mm/z$ 。

查参考文献[1]的表 5-156, 高速钢的直径 $d = 80mm$ 的盘铣刀粗铣 HT200, 铣刀刀齿后刀面最大磨损量为0.5~0.8mm, 根据表 5-157 可得: 耐用度 $T = 120min$ 。

确定切削速度和工作台每分钟进给量 f_{Mz} , 根据表 2-17 中的计算公式进行计算:

$$v_c = \frac{C_v d_0 q_v}{T^m a_p^{x_v} f_z^{y_v} a_e^{u_v} z^{p_v}} k_v$$

式中, $C_v = 35$, $q_v = 0.2$, $x_v = 0.1$, $y_v = 0.4$, $u_v = 0.5$, $p_v = 0.1$, $m = 0.15$, $T = 120$, $a_p = 2mm$, $f_z = 0.20mm/z$, $a_e = 54mm$, $z = 10$, $d = 80mm$, $k_v = 0.87$

代入式子中可得:

$$v_c = \frac{35 \times 80 \times 0.2}{120^{0.15} \times 2^{0.1} \times 0.20^{0.4} \times 54^{0.5} \times 10^{0.1}} \times 0.87 = 45.62m/min$$

$$n = \frac{1000 \times 45.62}{\pi \times 80} = 181.52r/min$$

根据表 5-78 可知 X51 型立式铣床的转速为 160r/min 合适, 因此实际切削速度为 $v_c = 40.21m/min = 0.67m/s$, 工作台每分钟进给量为:

$$f_{Mz} = 0.20 \times 10 \times 160 = 320mm/min$$

根据表 5-80, X51 型立式铣床的横向进给量选择 320mm/min 合适, 升降进给量选择 20mm/min, 因此实际每齿进给量为 $f_z = \frac{320}{10 \times 160} = 0.2mm/z$

校验机床的功率

根据参考文献[1]的表 2-18 的计算公式, 铣削时的功率(单位 kW) 为

$$P_c = \frac{F_c v_c}{1000}$$

$$F_c = \frac{C_F a_p^{x_F} f_z^{y_F} a_e^{u_F} z}{d^{q_F} n^{w_F}} k_{F_c}(N)$$

	<p>查表 2-18 可得式中各参数为：</p> $C_F = 30, x_F = 1.0, y_F = 0.72, u_F = 0.86, w_F = 0, q_F = 0.86,$ $k_{F_c} = 1.35,$ $f_z = 0.2\text{mm/z}, a_p = 2\text{mm}, a_e = 54\text{mm}, z = 10, d = 80\text{mm},$ $n = 160\text{r/min}$ <p>将参数代入可得：</p> $F_c = \frac{30 \times 2^{1.0} \times 0.2^{0.72} \times 54^{0.86} \times 10}{80^{0.83} \times 160^0} \times 1.35(N) = 206.79N$ $v_c = 0.67\text{m/s}$ $P_c = \frac{206.79 \times 0.67}{1000} \text{kW} = 0.14\text{kW}$ <p>X51 型立式铣床的功率为 4.5kW, 故所选得切削用量可采用。</p> <p>所确定得切削用量为: $f_z = 0.2\text{mm/z}, f_{Mz} = 320\text{mm/min}, n = 160\text{r/min}, v_c = 0.67\text{m/s}$</p>
基本时间	<p>根据参考文献[1]的表 2-28 可知铣削机动时间的公式为：</p> $T_j = \frac{l + l_1 + l_2}{f_{Mz}}$ $l_1 = 0.5 \left(d - \sqrt{d^2 - a_e^2} \right) + (1 \sim 3)$ $l_2 = 1 \sim 3$ $l_1 = 0.5 \times \left(80 - \sqrt{80^2 - 57^2} \right) + 2 = 13.93$ $T_j = \frac{247 + 13.93 + 2}{320} = 0.82\text{min} = 49.30\text{s}$
铣削工步 2	
切削用量	<p>根据前文所选择的刀具为高速钢立铣刀。直径 $d=10\text{mm}$, 总长 $L=92\text{mm}$, 齿数 $z = 4$ 的标准系列中齿莫氏锥柄立铣刀。标记为：中齿莫氏锥柄立铣刀 $10 \times 92 \text{ GB/T 6117.2} - 2010$</p> <p>根据参考文献[1]表 5-151, 加工的材料为 HT200, $\sigma_b = 200\text{MPa}$, 硬度为 $163 \sim 225\text{HBS}$ 因此选择刀具的螺旋角 $\beta = 30^\circ$, 前角 $\gamma_0 = 10^\circ$, 后角: 周齿 $\alpha_0 = 20^\circ$, 端齿 $\alpha_0 = 8^\circ$, 已知铣削的宽度 $a_e = 5\text{mm}$, 铣削深度 $a_p = 1\text{mm}$, 查参考文献[1]表 5-78 可知 X51 型立</p>

式铣床的功率为 4.5kW，工艺系统的刚性为中等。

查参考文献[1]的表 5-153 可得，高速钢立铣刀得每齿进给量 $f_z = 0.06 \sim 0.05 \text{mm/z}$ ，现取 $f_z = 0.055 \text{mm/z}$ 。

查参考文献[1]的表 5-156，高速钢的直径 $d = 10 \text{mm}$ 的立铣刀粗铣 HT200，铣刀刀齿后刀面最大磨损量为 $1.0 \sim 1.2 \text{mm}$ ，铣刀的直径 $d = 10 \text{mm}$ ，根据表 5-157 可得：耐用度 $T = 60 \text{min}$ 。

确定切削速度和工作台每分钟进给量 f_{Mz} ，根据表 2-17 中的计算公式进行计算：

$$v_c = \frac{C_v d_0 q_v}{T^m a_p^{x_v} f_z^{y_v} a_e^{u_v} z^{p_v}} k_v$$

式中， $C_v = 25$ ， $q_v = 0.7$ ， $x_v = 0.3$ ， $y_v = 0.2$ ， $u_v = 0.5$ ， $p_v = 0.3$ ， $m = 0.25$ ， $T = 60$ ， $a_p = 2 \text{mm}$ ， $f_z = 0.055 \text{mm/z}$ ， $a_e = 5 \text{mm}$ ， $z = 4$ ， $d = 10 \text{mm}$ ， $k_v = 1.0$

代入式子中可得：

$$v_c = \frac{25 \times 10 \times 0.7}{60^{0.25} \times 2^{0.3} \times 0.055^{0.2} \times 5^{0.5} \times 4^{0.3}} \times 1.0 = 26.92 \text{m/min}$$

$$n = \frac{1000 \times 26.92}{\pi \times 10} = 856.89 \text{r/min}$$

根据表 5-78 可知 X51 型立式铣床的转速为 725r/min 合适，因此实际切削速度为 $v_c = 22.78 \text{m/min} = 0.38 \text{m/s}$ ，工作台每分钟进给量为：

$$f_{Mz} = 0.055 \times 4 \times 725 = 159.5 \text{mm/min}$$

根据表 5-80，X51 型立式铣床的纵向进给量选择 125mm/min 合适，升降进给量选择 20mm/min，因此实际每齿进给量为 $f_z = \frac{125}{4 \times 725} = 0.043 \text{mm/z}$

校验机床的功率

根据参考文献[1]的表 2-18 的计算公式，铣削时的功率（单位 kW）为

$$P_c = \frac{F_c v_c}{1000}$$

	$F_c = \frac{C_F a_p^{x_F} f_z^{y_F} a_e^{u_F} z}{d^{q_F} n^{w_F}} k_{F_c}(N)$ <p>查表 2-18 可得式中各参数为：</p> $C_F = 30, x_F = 1.0, y_F = 0.65, u_F = 0.83, w_F = 0, q_F = 0.83,$ $k_{F_c} = 1.0,$ $f_z = 0.043\text{mm/z}, a_p = 2\text{mm}, a_e = 5\text{mm}, z = 4, d = 10\text{mm},$ $n = 725\text{r/min}$ <p>将参数代入可得：</p> $F_c = \frac{30 \times 2^{1.0} \times 0.043^{0.65} \times 5^{0.83} \times 4}{10^{0.83} 725^0} \times 1.0(N) = 17.46N$ $v_c = 0.38\text{m/s}$ $P_c = \frac{17.46 \times 0.38}{1000} \text{kW} = 0.0066\text{kW}$ <p>X51 型立式铣床的功率为 4.5kW, 故所选得切削用量可采用。所确定得切削用量为：</p> $f_z = 0.043\text{mm/z}, f_{M_z} = 125\text{mm/min}, n = 725\text{r/min}, v_c = 0.38\text{m/s}$
基本时间	<p>根据参考文献[1]的表 2-28 可知铣削机动时间的公式为：</p> $T_j = \frac{h+l_1}{f_{M_c}} + \frac{l-d}{f_{M_z}}, l_1 = 1 \sim 2$ <p>式中 $l = 40\text{mm}, h = 1\text{mm}, d = 10\text{mm}, f_{M_c} = 20\text{mm/min}, f_{M_z} = 125\text{mm/min}$</p> $T_j = \frac{1+1}{20} + \frac{40-10}{125} = 0.34\text{min} = 20.4\text{s}$ <p>总机动时间为： $4T_j = 4 \times 20.4\text{s} = 81.6\text{s}$</p>
铣削工步 3	
切削用量	<p>由于所选刀具、铣削宽度、深度均与 31 号工步相同，切削面形状也类似，故与 31 号工序取相同的切削用量，即切削用量为：</p> $f_z = 0.043\text{mm/z}, f_{M_z} = 125\text{mm/min}, n = 725\text{r/min}, v_c = 0.38\text{m/s}$

基本时间	<p>根据参考文献[1]的表 2-28 可知铣削机动时间的公式为：</p> $T_j = \frac{l + l_1 + l_2}{f_{Mz}}$ $l_1 = 0.5 \left(d - \sqrt{d^2 - a_e^2} \right) + (1 \sim 3)$ $l_2 = 1 \sim 3$ $l_1 = 0.5 \times \left(80 - \sqrt{80^2 - 57^2} \right) + 2 = 13.93$ $T_j = \frac{247 + 13.93 + 2}{320} = 0.82min = 42.30s$
铣削工步 4	
切削用量	<p>根据前文所选择的刀具为高速钢直径为 $D=80mm$ 的镶齿套式面铣刀。</p> <p>标记为：铣刀 80 JB/T 7954-1999</p> <p>根据参考文献[1]表 5-151, 加工的材料为 HT200, $\sigma_b = 200MPa$, 硬度为163~225HBS因此选择刀具前角$\gamma_0 = 5^\circ$, 后角: 周齿 $\alpha_0 = 16^\circ$, 端齿 $\alpha'_0 = 8^\circ$, 刀齿斜角$\lambda_s = -10^\circ$, 主偏角$k_r = 90^\circ$, 副刃偏角$k'_r = 1^\circ$, 刀齿螺旋角$\beta = 10^\circ$, 已知铣削的宽度$a_e = 54mm$, 铣削深度$a_p = 1.6mm$, 查参考文献[1]表 5-78 可知 X51 型立式铣床的功率为 4.5kW, 工艺系统的刚性为中等。</p> <p>根据参考文献[1]的表 5-152, 铣床的功率为 4.5kW, 加工的材料为 HT200, $\sigma_b = 200MPa$, 硬度为163~225HBS, 可知: 高速钢盘铣刀得每齿进给量$f_z = 0.15 \sim 0.30mm/z$, 现取$f_z = 0.18mm/z$。</p> <p>查参考文献[1]的表 5-156, 高速钢的直径$d = 80mm$的盘铣刀粗铣 HT200, 铣刀刀齿后刀面最大磨损量为0.5~0.8mm, 根据表 5-157 可得: 耐用度$T = 120min$。</p> <p>确定切削速度和工作台每分钟进给量f_{Mz}, 根据表 2-17 中的计算公式进行计算:</p> $v_c = \frac{C_v d_0 q_v}{T^m a_p^{x_v} f_z^{y_v} a_e^{u_v} z^{p_v}} k_v$

式中, $C_v = 35$, $q_v = 0.2$, $x_v = 0.1$, $y_v = 0.4$, $u_v = 0.5$, $p_v = 0.1$, $m = 0.15$, $T = 120$, $a_p = 1.6\text{mm}$, $f_z = 0.18\text{mm/z}$, $a_e = 54\text{mm}$, $z = 10$, $d = 80\text{mm}$, $k_v = 0.87$

代入式子中可得:

$$v_c = \frac{35 \times 80 \times 0.2}{120^{0.15} \times 1.6^{0.1} \times 0.18^{0.4} \times 54^{0.5} \times 10^{0.1}} \times 0.87$$

$$= 48.65\text{m/min}$$

$$n = \frac{1000 \times 48.65}{\pi \times 80} = 193.57\text{r/min}$$

根据表 5-78 可知 X51 型立式铣床的转速为 160r/min 合适, 因此实际切削速度为 $v_c = 40.21\text{m/min} = 0.67\text{m/s}$, 工作台每分钟进给量为:

$$f_{Mz} = 0.18 \times 10 \times 160 = 288\text{mm/min}$$

根据表 5-80, X51 型立式铣床的横向进给量选择 230mm/min 合适, 升降进给量选择 20mm/min, 因此实际每齿进给量为 $f_z = \frac{230}{10 \times 160} = 0.14\text{mm/z}$

校验机床的功率

根据参考文献[1]的表 2-18 的计算公式, 铣削时的功率(单位 kW) 为

$$P_c = \frac{F_c v_c}{1000}$$

$$F_c = \frac{C_F a_p^{x_F} f_z^{y_F} a_e^{u_F} z}{d^{q_F} n^{w_F}} k_{F_c} (N)$$

查表 2-18 可得式中各参数为:

$C_F = 30$, $x_F = 1.0$, $y_F = 0.72$, $u_F = 0.86$, $w_F = 0$, $q_F = 0.86$, $k_{F_c} = 1.35$,

$f_z = 0.14\text{mm/z}$, $a_p = 1.6\text{mm}$, $a_e = 54\text{mm}$, $z = 10$, $d = 80\text{mm}$, $n = 160\text{r/min}$

将参数代入可得:

$$F_c = \frac{30 \times 1.6^{1.0} \times 0.14^{0.72} \times 54^{0.86} \times 10}{80^{0.83} \times 160^0} \times 1.35(N) = 127.96N$$

	$v_c = 0.67m/s$ $P_c = \frac{127.96 \times 0.67}{1000} kW = 85.73W$ <p>X51 型立式铣床的功率为 4.5kW, 故所选得切削用量可采用。</p> <p>所确定得切削用量为: $f_z = 0.14mm/z$, $f_{Mz} = 230mm/min$, $n = 160r/min$, $v_c = 0.67m/s$</p>
基本时间	<p>根据参考文献[1]的表 2-28 可知铣削机动时间的公式为:</p> $T_j = \frac{l + l_1 + l_2}{f_{Mz}}$ $l_1 = 0.5 \left(d - \sqrt{d^2 - a_e^2} \right) + (1 \sim 3)$ $l_2 = 1 \sim 3$ $l_1 = 0.5 \times \left(80 - \sqrt{80^2 - 57^2} \right) + 2 = 13.93$ $T_j = \frac{247 + 13.93 + 2}{230} = 1.14min = 68.59s$
工序 41	
切削用量	<p>所选择的钻头为高速钢标准柄的右旋莫氏锥柄麻花钻。直径 $d=10.2\text{ mm}$。</p> <p>标记为: 莫氏锥柄麻花钻 10.2 GB/T1438.1-2008 。</p> <p>根据参考文献[1]表 5-151, 加工的材料为 HT200, $\sigma_b = 200MPa$, 硬度为 163~225HBS 已知钻削深度 $a_p = 5.1mm$, 工艺系统的刚性为中等。</p> <p>查参考文献[1]的表 5-135 《高速钢钻头钻孔时的进给量》</p> <p>取 $f = 0.52 \sim 0.64mm/r$, 现取 $f = 0.6mm/r$。孔深 < 3 倍直径, $k_{lv} = 1$</p> <p>查参考文献[1]的表 5-138, 高速钢的直径 $d = 10.2mm$ 的钻头, 钻 HT200, 磨钝限度为 0.5~0.8mm, 刀具寿命耐用度 $T = 35min$。</p> <p>确定切削速度和主轴每分钟进给量 f_n, 根据表 2-13 (P27) 中的</p>

计算公式进行计算：

$$v_c = \frac{C_v d_0^{z_v}}{T^m a_p^{x_v} f_z^{y_v}} k_v$$

式中， $C_v = 11.1$ ， $z_v = 0.25$ ， $x_v = 0$ ， $y_v = 0.4$ ， $m = 0.125$ ， $T = 35min$

$$a_p = 5.1mm, f = 0.6mm/r, d = 10.2mm,$$

k_v : 参照参考文献[1]表 2-14, $k_{Tv} = 1, k_{Mv} = 1, k_{Sv} = 1, k_{xv} = 0.84, k_{lv} = 1$

代入式子中可得：

$$v_c = \frac{11.1 \times 10.2^{0.25}}{35^{0.125} \times 5.1^0 \times 0.6^{0.4}} \times 0.84 = 13.1m/min$$

$$n = \frac{1000 \times 13.1}{\pi \times 10.2} = 408r/min$$

根据表 5-69 可知 Z3025 摇臂钻床的转速为 400r/min 合适，因此实际切削速度为 $v_c = 12.8m/min = 0.21m/s$ ，主轴每分钟进给量为：

$$f_n = 0.6 \times 400 = 240mm/min$$

校验机床的功率

根据参考文献[1]的表 2-15 的计算公式，铣削时的功率（单位 kW）为

$$P_c = \frac{M_c v_c}{1000}$$

$$F_c = C_F d^{z_F} f^{y_F} k_F(N) \quad M_c = C_M d^{z_M} f^{y_M} k_M(Nm)$$

查表 2-15 可得式中各参数为：

$$C_F = 420, y_F = 0.8, z_F = 1, C_M = 0.206, y_M = 0.8, z_M = 2$$

查表 2-16 可得 $k_{MF} = k_{MF} = 1.0, k_{xF} = 1.33, k_{xM} = 1.0$

$$f = 0.6mm/r, d = 10.2mm$$

将参数代入可得：

$$F_c = 420 * 10.2^1 * 0.6^{0.8} \times 1.33(N) = 3786N$$

	$M_c = 0.206 * 10.2^2 * 0.6^{0.8} \times 1.0(Nm) = 14.24Nm$ $v_c = 0.21m/s$ $P_c = \frac{14.24 * 0.21}{1000} kW = 0.0029kW$ <p>故所选得切削用量可采用。所确定得切削用量为：</p> $f = 0.6mm/r, n = 400r/min, v_c = 0.21m/s$
基本时间	<p>根据参考文献[1]的表 2-26 可知机动时间的公式为：</p> $T_j = \frac{l + l_1 + l_2}{f_n}$ <p>式中 $l = 20mm, l_1 = 1mm, l_2 = 1mm, f_n = 240mm/min,$</p> $T_j = \frac{22}{240} = 0.09min = 5.4s$
工序 42	
切削用量	<p>参考表 5-100 带导柱直柄平底铰钻 $d=25\text{ mm}$。</p> <p>根据参考文献[1]表 5-151, 加工的材料为 HT200, $\sigma_b = 200MPa$, 硬度为163~225HBS工艺系统的刚性为中等。</p> <p>查参考文献[1]的表 5-148 《用高速钢铰钻铰端面的切削用量》</p> <p>取 $f = 0.15mm/r, v_c = 20m/min = 0.33m/s$</p> $n = \frac{1000v_c}{\pi d} = 1000 * 20 / (25 * \pi) = 254rpm$ <p>根据表 5-69 可知 Z3025 摇臂钻床的转速为 250r/min 合适，因此实际切削速度为 $v_c = 19.63m/min = 0.327m/s$，主轴每分钟进给量为：</p> $f_n = 0.15 \times 250 = 37.5mm/min$ <p>所确定得切削用量为： $f = 0.15mm/r, n = 250r/min, v_c = 0.327m/s$</p>
基本时间	<p>根据参考文献[1]的表 2-26 可知机动时间的公式为：</p> $T_j = \frac{l + l_1}{f_n}$ <p>式中 $l = 0.5mm, l_1 = 1mm, f_n = 37.5mm/min,$</p> $T_j = \frac{1.5}{37.5} = 0.04min = 2.4s$

工序 43	
切削用量	<p>参考表 5-99 《60°、90°、120° 直柄锥面铰钻（摘自 GB/T4258-1984）》</p> <p>选 $d=12.5\text{mm}$ 的 90° 直柄锥面铰钻</p> <p>根据参考文献[1]表 5-151, 加工的材料为 HT200, $\sigma_b = 200\text{MPa}$, 硬度为 163~225HBS 工艺系统的刚性为中等。书中未标明铰倒角推荐参数, 故以铰平面参数代替。</p> <p>查参考文献[1]的表 5-148 《用高速钢铰钻铰端面的切削用量》</p> <p>取 $f = 0.1\text{mm/r}$ $v_c = 12\text{m/min} = 0.33\text{m/s}$</p> $n = \frac{1000v_c}{\pi d} = 1000 * 12 / (12.5 * \pi) = 305\text{rpm}$ <p>根据表 5-69 可知 Z3025 摇臂钻床的转速为 300r/min 合适, 因此实际切削速度为 $v_c = 11.8\text{m/min} = 0.197\text{m/s}$, 主轴每分钟进给量为:</p> $f_n = 0.1 * 300 = 30\text{mm/min}$ <p>所确定得切削用量为: $f = 0.1\text{mm/r}$, $n = 300\text{r/min}$, $v_c = 0.197\text{m/s}$</p>
基本时间	<p>根据参考文献[1]的表 2-26 可知机动时间的公式为:</p> $T_j = \frac{l + l_1}{f_n}$ <p>式中 $l = 1\text{mm}$, $l_1 = 1\text{mm}$, $f_n = 30\text{mm/min}$,</p> $T_j = \frac{2}{30} = 0.067\text{min} = 4\text{s}$
工序 44	
切削用量	<p>刀具、孔径同工序 41</p> <p>$f = 0.6\text{mm/r}$, $n = 400\text{r/min}$, $v_c = 0.21\text{m/s}$</p>
基本时间	<p>根据参考文献[1]的表 2-26 可知机动时间的公式为:</p> $T_j = \frac{l + l_1 + l_2}{f_n}$ <p>式中 $l = 22\text{mm}$, $l_1 = 1\text{mm}$, $l_2 = 1\text{mm}$, $f_n = 240\text{mm/min}$,</p>

	$T_j = \frac{24}{240} = 0.1min = 6s$ <p>总机动时间为：$4T_j = 4 \times 6s = 24s$</p>
工序 45	
切削用量	<p>刀具、工件条件同工序 43</p> $f = 0.1mm/r, n = 300r/min, v_c = 0.197m/s$
基本时间	<p>同工序 43 $T_j = \frac{2}{30} = 0.067min = 4s$</p> <p>总机动时间为$4T_j = 4 \times 4s = 16s$</p>

2.4 钻床夹具设计

2.4.1 确定定位方案

根据零件的精度要求，以及“基准重合原则”，分别选择零件的 F 面、C 面、左侧面作为定位基准。

在铣削加工中，F 面已经过加工，而 C 面和左侧面未经加工，故而三个定位面中，F 面采用三枚 A 型支承钉，C 面用两枚 B 型支承钉，左侧面用一枚 B 型支承钉，实现对待加工件的完全定位。

考虑加工误差，由于钻模板是用六角螺栓固定于夹具体上，而这里选用的六角螺栓连接可保证同心，所以主要误差来源于钻模板和钻套的配合，其配合制为 18 H7/m6，另钻套内孔公差带为 12 F7，据此计算其加工误差为

$$0.018mm + 0.009mm = 0.027mm < 0.5mm \times \frac{1}{3} = 0.17mm$$

可满足要求。

对于耳板上的孔，其误差计算为：

$$0.018mm + 0.011mm = 0.029 < 0.1mm * \frac{1}{3} = 0.033mm$$

也能达到要求。

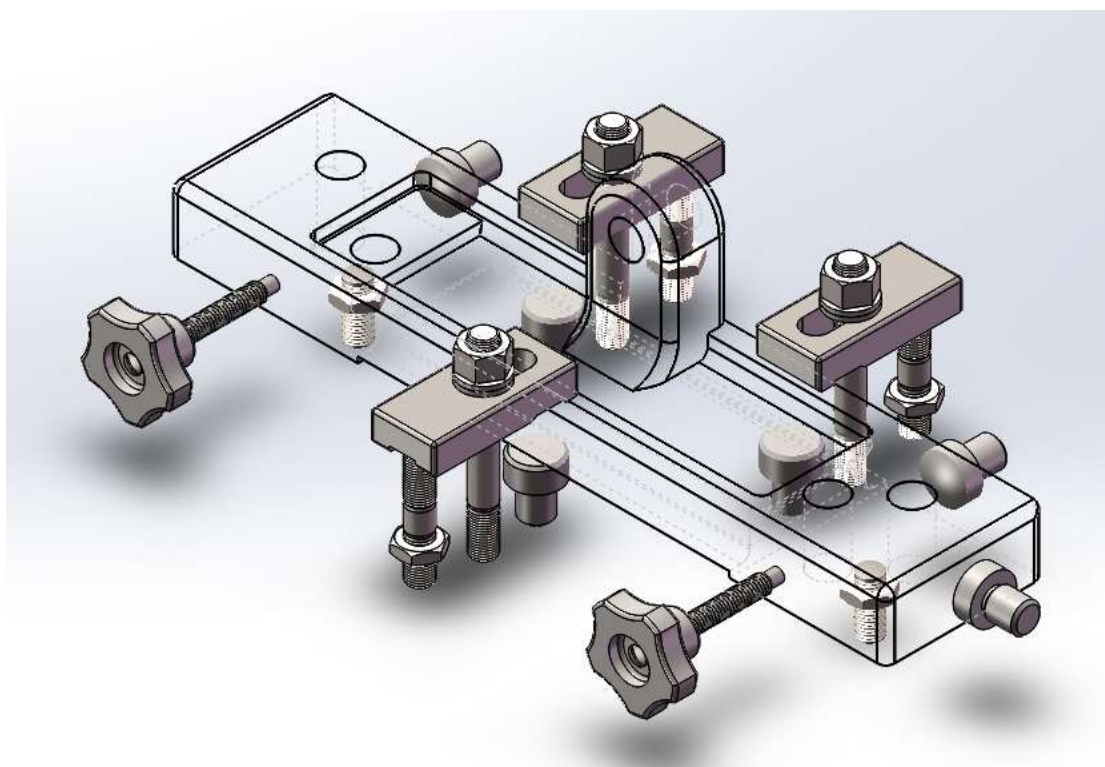
2.4.2 夹紧元件的设计

夹紧方案采用移动压板和单螺旋夹紧的方式进行夹紧，由于切削力主要在

宽度方向和高度方向上，所以主要考虑这两个方向的夹紧，高度方向三个移动压板，搭配三枚支承钉对工件进行夹紧。宽度方向上，正对两枚支承钉，设计采用两个单螺旋夹紧机构进行夹紧，具体为压紧螺钉和星形把手的结构形式。

同时考虑到钻削过程中的切削力作用点的位置，在前横架两端通孔的连线中点位置处，分别安排了两枚辅助支撑螺钉，用于平衡部分切削力，减少工件变形，进而提高加工的精确性。

总体夹紧方案如下图所示



高度方向上向下钻孔时，主切削力方向为竖直向下，由支承钉和辅助支承钉共同平衡，外加移动压板提供竖直向下的夹紧力，为可靠夹紧。从而只需考虑宽度方向上夹紧机构提供的夹紧力，在水平方向上，两处螺旋夹紧机构提供夹紧力，同时，另有两处的移动压板可通过对切削力作用点求矩来平衡一部分切削力，综合两处提供的作用力，校核可知宽度方向上的夹紧力足以保证对工件的可靠夹紧。

夹紧装置设计过程中，所涉及的一些标准件通过查阅指南（参考文献[1]）得到，另有部分数据查阅相关国家标准确定。

2.4.3 导向元件的设计

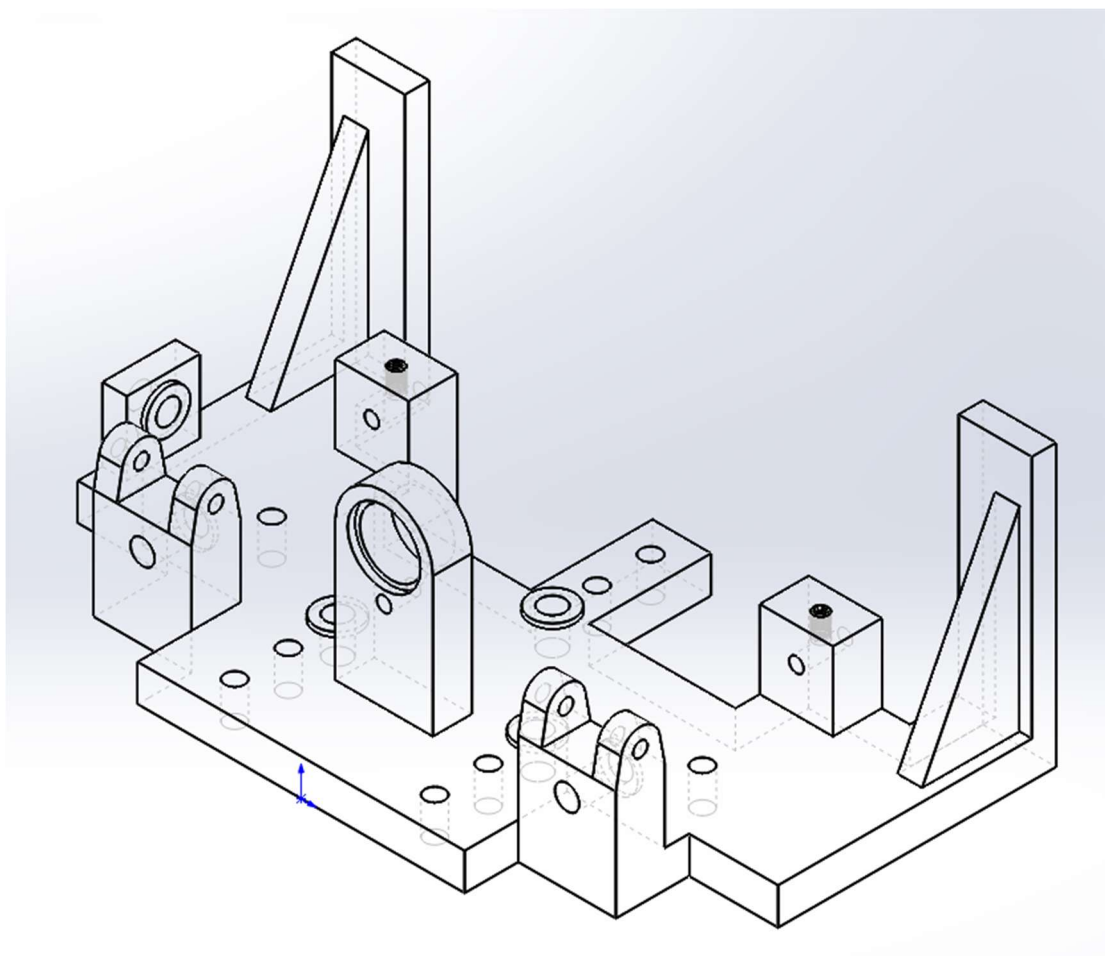
导向元件用于引导刀具进行加工，可提高刀具刚度并保证加工精度，而钻床夹具采用钻套作为导向元件，具体而言，加工 C 面耳座上的通孔的时候，采用 B18×16 的钻套用衬套搭配可换钻套作为加工该孔的导向元件。

对于 B 面上 4 个通孔，因其两两轴距较小，不足以同时加装两个可换钻套，故而另设计了两个特殊钻套，用于引导刀具完成 4 个通孔的加工。

具体尺寸数据通过查阅参考文献[1]获得。

2.4.4 夹具体的设计

钻床夹具设计过程中的难点为由于零件自身结构限制，钻模板和夹紧装置很容易发生干涉，而使得整个结构很不合理，后来经过老师指导，以及查阅参考文献，几经尝试，最终设计夹具体结构如下图所示



总体为可翻转式，用于加工两个方向的通孔，并设有两处加强筋。

三、结语

通过将近一个学期的学习与设计,我最终完成了机床前横架的五个通孔加工的钻床夹具的设计,这次课程设计,让我获益良多。

首先,此次课设使我对上学期所学机械制造技术基础课程的内容有了更为深刻的理解,将书本内容迁移到实践中加以应用。另外,课程设计的推进,也提高了我的文献查阅能力,包括如何查阅相关标准、合理选用数据,从而确保设计结果的科学合理。

总之,通过这样一次系统的零件加工过程设计,我的确学到了不少东西,但也认识到了自身存在的诸多不足,以后仍需好好努力,争取更进一步。

四、参考文献

- [1]崇凯,李楠,郭娟. 机械制造技术基础课程设计指南[M]. 北京: 化学工业出版社, 2015. 4
- [2]成大先, 机械设计手册第六版第二卷[M], 北京: 化学工业出版社 2016. 3
- [3]GB/T 1804-2000 一般公差——未注明公差的线性和角度尺寸公差
- [4]孟少农, 机械加工工艺手册, 机械工业出版社, 1991. 9
- [5]濮良贵 陈国定 吴立言, 机械设计(第九版) 高等教育出版社, 2013. 5
- [6]侯德政 机械制造工艺课程设计指导书 北京-北京理工大学出版社, 2010. 5
- [7]卢秉恒 机械制造技术基础(第三版) 机械工业出版社 2007. 12

五、谢辞

完成此次课程设计, 特别感谢郝老师的指导与建议, 以及同组同学提供的帮助。

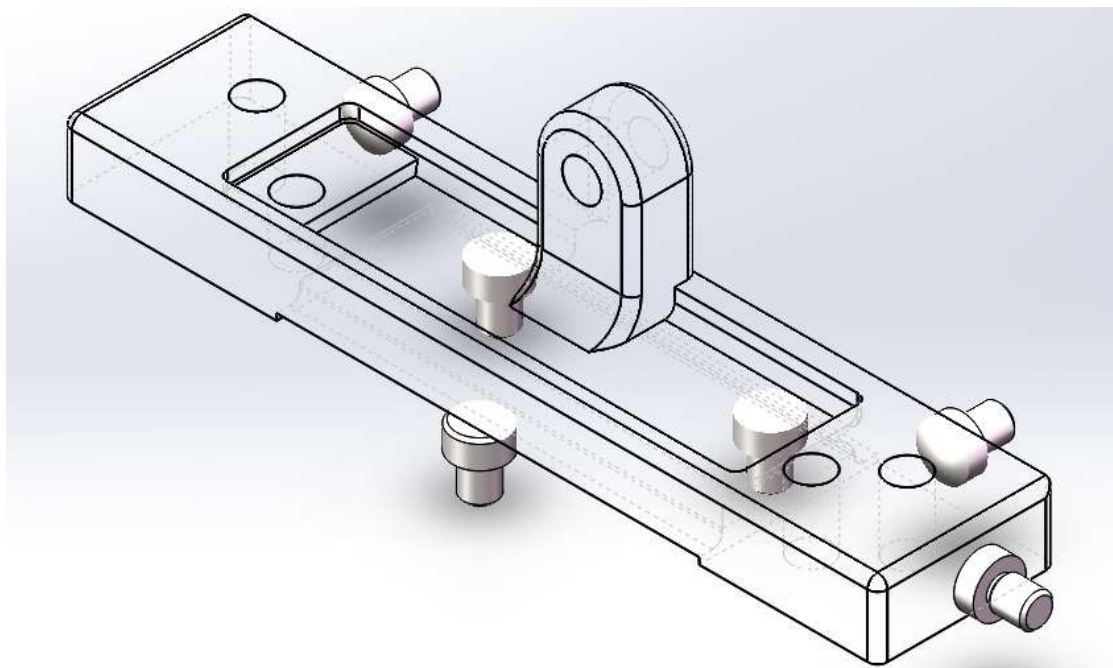
必须要提一下的是, 夹具设计开始后, 进行到第三周时, 我已基本完成钻床夹具的设计, 本以为可就此完成主要设计部分, 开始撰写设计报告, 结果在一次课堂上, 老师的一番指导, 让我发现了之前设计中存在的重大错误, 于是下来之

后赶快修改设计方案，才得以顺利完成课程设计，没有您的指导与督促，我不可能按期完成此次课设，谢谢您！

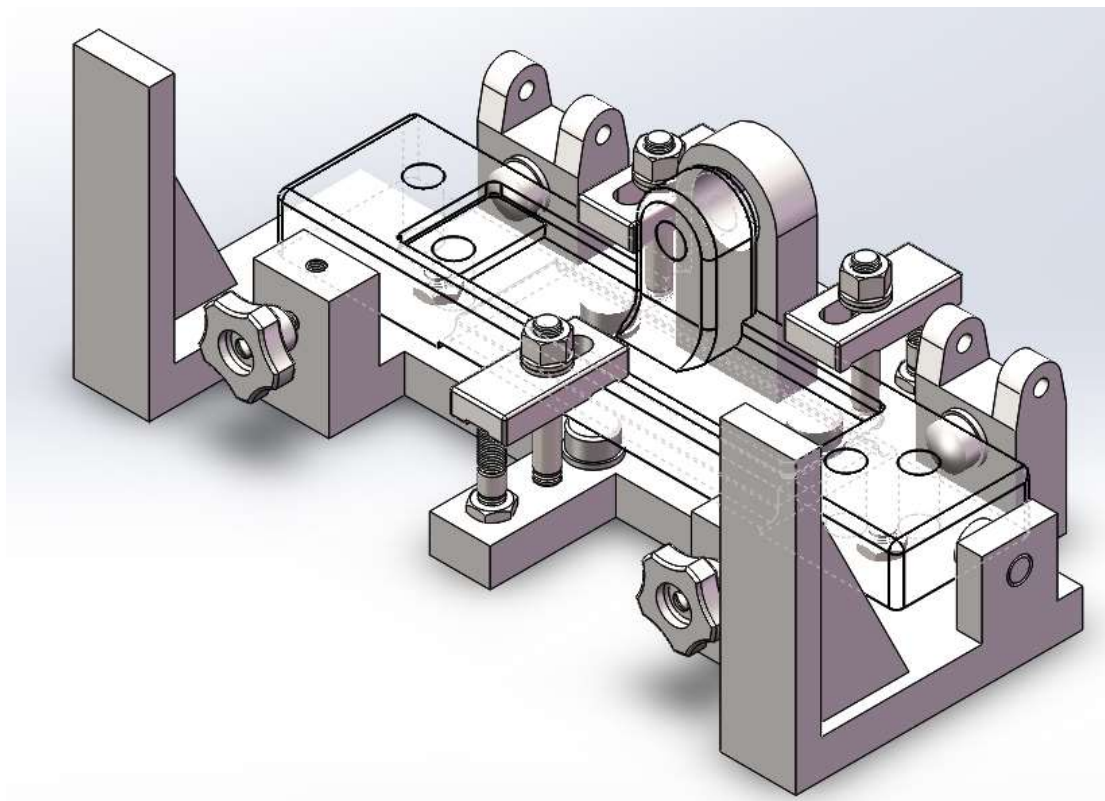
另外很开心可以在第二组这样一个集体里进行课设，小组同学都很优秀，课设顺利推进的同时，我还能从大家那里学到很多东西，没有你们的帮助，我也不可能顺利做完机床前横梁加工加工的夹具设计，谢谢你们！

六、附录

附图一：六点定位模型示意图



附图二：定位及夹紧机构装配示意图



附图三：钻床夹具装配体参考三维模型

