

1 引言（或绪论）

夹具结构设计在加深我们对课程基本理论的理解和加强对解决工程实际问题能力的培养方面发挥着极其重要的作用。选择曲轴的夹具设计能很好的综合考查我们大学四年来所学的知识。本次所选设计内容主要包括：工艺路线的确定，夹具方案的优选，各种图纸的绘制，设计说明书的编写等。机械加工工艺影响到零件的质量、生产率及其加工商品的效益，产业范围的深度、工艺水准的程度和处理各类工艺问题的方式和措施需要通过机械加工工艺来表示，所以工艺路线的订制的优劣是生产该零件的质量的关键根据。

使用最好的夹具能够确保加工质量，机床夹具关键要求是确保加工精密度，首要是确保被加工的工件是加工面与定位面和被加工表面之间的方位精度。为了使夹具有好的发展趋势，夹具产业要加大产、学和研协作的力度，同时要加大对高新科技改革和提高夹具技术水准的提高。

2 零件分析

2.1 零件的作用

这次毕业设计所设计的是压缩机的曲轴，曲轴的位置在压缩机的连杆处，它的工作原理是曲轴带动连杆让活塞做来回运动，同时把旋转运动变成直线运动，他在运作中将承受周期性的复杂的交变载荷。其主要作用是传递转矩，是连杆获得所需的动力。

2.2 零件的工艺分析

由压缩机的曲轴零件图得知，它的外表面有几个平面需要加工，另外各表面上还要加工一系列螺纹孔和键槽。所以可以分为两组加工表面，他们之间有相当的位置标准. 现分析如下：

2.2.1 以拐径为 $\varnothing 95\text{mm}$ 为中心的加工表面

这一组加工表面包括：拐径 $95_{-0.071}^{-0.036}\text{mm}$ 加工及其倒圆角, 两个 $\varnothing 8$ 的斜油孔, 两个油孔孔口倒角，它的加工表面的位置要求是 $95_{-0.071}^{-0.036}\text{mm}$ 圆跳动公差为 0.01mm 。

2.2.2 以轴心线两端轴为中心的加工表面

这一组加工表面：1：10 锥度面的键槽 $24_0^{+0.052}\text{mm}$ 并左端倒角，端面 $\varnothing 15\text{mm}$ 深 16.8mm 的中心孔, 2 个 $M12$ 深 24mm 的螺纹孔, 各轴的外圆表面，右端面 $95_{+0.003}^{+0.025}\text{mm}$ 的孔 $30_0^{+0.084}\text{mm}$ 。

这组加工表面有一定的位置要求，主要是：

- (1) 键槽 $24_0^{+0.052}\text{mm} \times 110\text{mm}$ 与 1：10 锥度轴心线的对称度公差为 0.10mm 。
- (2) 1：10 锥度轴心线对 A-B 轴心线的的圆跳动公差 0.025mm ；
- (3) $90_{-0.57}^{-0.22}\text{mm}$ 轴表面的圆柱度公差为 0.01mm

这组加工表面有一定的位置要求，主要是：

- (1) 曲轴拐径 $95_{-0.071}^{-0.036}\text{mm}$ 轴心线与 A-B 轴心线的平行度公差 0.03mm

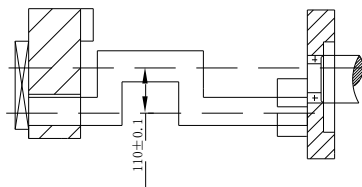
2.3 零件加工的主要问题和工艺过程设计分析

1) 曲轴在铸造时, 右端 $\varnothing 95^{+0.025}_{+0.003}$ mm 要在直径方向上留出工艺尺寸量, 铸造尺寸为 105mm, 这样为开拐前加工出工艺键槽准备。该工艺键槽与开拐工装配合传递扭转。

(2) 为确保加工精密度, 对一切加工的位置都要应用粗、精加工分开的准则。

3) 曲轴加工应充分考虑在切削时平衡装置。

1) 车削拐径用专用工装及配重装置。



2) 粗、精车轴径及粗、精磨轴径均应在曲轴拐径的对面加装配重。

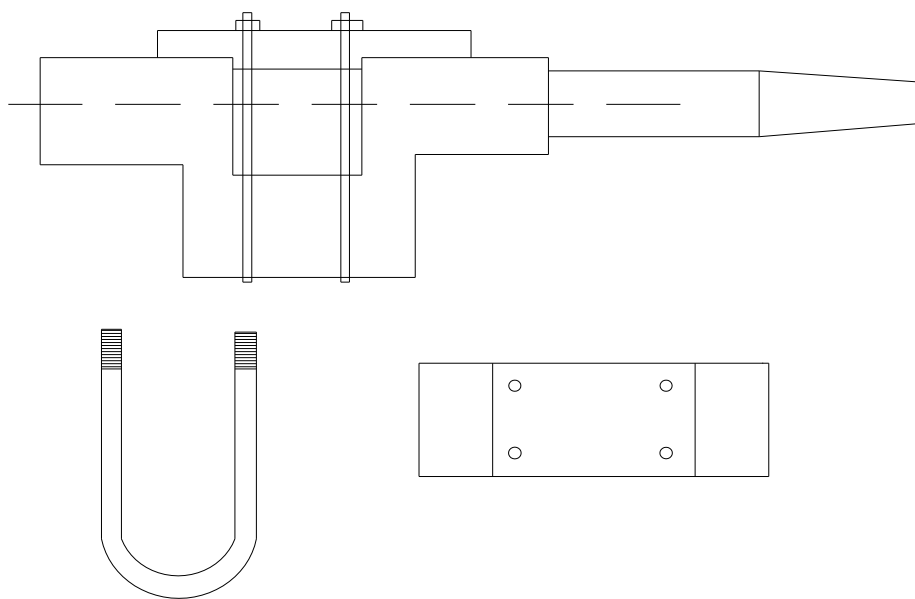


图 2-2 车、磨轴径

(4) 曲轴偏心距 $110^{+0.1}_{-0.1}\text{mm}$ 的检验方法如图 1-3。将等高 V 形块放在工作平台上，以曲轴两轴径 $\phi 95^{+0.025}_{+0.003}\text{mm}$ 作为测量基准。用百分表将曲轴拐径调整到最高点位置上，同时用高度尺测出拐径最高点实际尺寸 H_1 。在用外径千分尺测出拐径 ϕ_1 和轴径 ϕ_2, ϕ_3 的实际尺寸。这样经过计算可得出偏心距的实际尺寸。

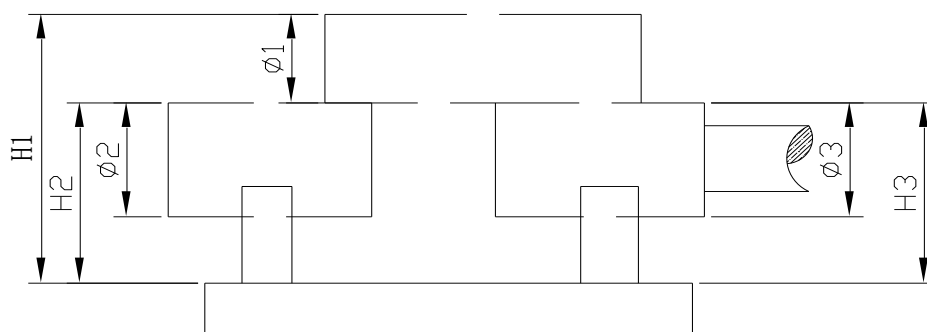


图 2-3 曲轴偏心距检测示意图

$$\text{偏心距} = (H_1 - \phi_1/2) - (H_2 - \phi_2/2)$$

式中 H_1 ——曲轴拐径最高点……………式(1)

H_2 (H_3) ——曲轴轴径最高点……………式(2)

ϕ_1 ——曲轴拐径实际尺寸……………式(3)

ϕ_2 (ϕ_3) ——曲轴轴径实际尺寸……………式(4)

(5) 曲轴拐径轴线与轴径轴线平行度的检查，可参照图 1-3 进行。当用百分表将两轴径的最高点，调整到等高后，可用百分表再测出拐径 ϕ_1 最高点两处之差（距离尽可能远些），然后通过计算可得出平行度值。

(6) 曲轴拐径、轴径圆度测量，可在机床上用百分表测出。圆柱度的检测，可以在每个轴上选取 2~3 个截面测量，通过计算可得出圆柱度值。

3 工艺规程设计

3.1 确定毛坯的制造形式

曲轴的材料选择球墨铸铁。思考到压缩机曲轴的比较大，曲轴构造较复杂，因此采用铸件。同时资金少，成本低，生产周期短。

3.2 基面的选择

基面选择是工艺路线中的关键任务之一，基面选择的合理性，能够确保加工质量，提升生产率，不随意的选择基面。如果不是，那么在此过程中会出现很多问题，更严重，还会出现大批零件的不合格的情况，使的生产线不能正常的生产。

3.2.1 粗基准选择

曲轴铸件大多是不直，为了确保左右两方的中心孔可以钻在中心上，粗基准采用靠近左右两方的颈；轴向定位基准大多采用正中主轴颈两边的曲柄。因为中间主轴颈两边的曲柄处于曲轴的中间部位，用粗基准减小其他曲柄的位置误差。

3.2.2 精基准的选择

曲轴和一些的轴类没有区别，关键的精基准是中点。曲轴的 X 方向的精基准采用止推面，曲轴 Y 定位采用平衡块的定位平台或法兰上。

3.3 制定工艺路线

工艺路线方案（一）：

- 1) 画线，以毛坯外形找正，划主要加工线，偏心距 $100 \pm 0.1\text{mm}$ 及外形加工。
- 2) 划轴两端中心孔线，顾各部加工余量。
- 3) 工件平放在镗床工作台上，压轴 $95^{+0.025}_{+0.003}\text{mm}$ 两处，钻右端中心孔。
- 4) 夹右端（1：10 锥度一边）顶右端中心孔，粗车左端外圆 $095^{+0.025}_{+0.003}\text{mm}$ ，粗车左端所有轴径，粗车拐径外侧左、右端面，保证拐径外侧的对称性及尺寸，粗铣凸台 025 。
- 5) 夹右端，左端上中心架车端面，去长短保证总长尺寸 610mm ，钻左端中心孔，钻左端 06 的孔，深 16.8mm ，铰 60° 角，深 7.8mm ，再铰 120° 角，深 1.8mm 。
- 6) 粗车拐径 $095^{+0.036}_{-0.071}\text{mm}$ 尺寸。
- 7) 精车拐径 $095^{+0.036}_{-0.071}\text{mm}$ 尺寸。
- 8) 夹左端，顶右端中心孔，精车右端轴径 $095^{+0.025}_{+0.003}\text{mm}$ ，长度尺寸至 87mm ，保证曲拐端面 60mm 尺寸，精车右端轴径 093 至图示长度 12mm 。

9) 夹右端, 顶左端中心孔, 精车左端轴径 $\varnothing 95^{+0.025}_{+0.003}$ mm, 长度尺寸至 85mm, 保曲拐端面 60mm 尺寸。

10) 以两中心孔定位, 磨左端轴径 $\varnothing 95^{+0.025}_{+0.003}$ mm, 磨左端轴径 $\varnothing 90^{-0.22}_{-0.57}$ mm。

11) 以两中心孔定位, 倒头装夹, 磨左端轴径 $\varnothing 95^{+0.025}_{+0.003}$ mm。

12) 底面 60mm×115mm, 于两侧面定位且压紧, 确保离中点高 70mm, 总高 236mm。

13) 以两轴径定位压紧钻、攻 4—M20 螺纹。

14) 以两端中心孔定位, 精磨拐径 $\varnothing 95^{-0.036}_{-0.071}$ mm 至图样尺寸, 磨圆角 R6。

15) 以两端中心孔定位, 精磨两轴径 $\varnothing 95^{+0.025}_{+0.003}$ mm 至图样尺寸, 磨圆角 R6, 精磨 $\varnothing 90^{-0.22}_{-0.57}$ mm 至图样尺寸, 倒角 $2.5 \times 45^\circ$ 。

16) 夹右端, 顶右端中心孔车 1: 10 圆锥, 留余量 1.5mm。

17) 以两端中心孔定位, 磨 1: 10 圆锥 $\varnothing 86$ 长 124mm, 磨圆角 R6。

18) 粉探伤各轴径, 拐径。

19) 划键槽线 24mm×110mm, 铣键槽, 以两轴径 $\varnothing 95^{+0.025}_{+0.003}$ mm 定位, 采用专用工装装夹铣键槽 24mm×110mm 至图样尺寸。

20) 铣右端轴径 $\varnothing 93$ mm 的槽 $44^{+0.5}_{+0.2}$ mm 至图样尺寸。

21) 粗镗、精镗右端 $\varnothing 30^{+0.084}_0$ mm 孔至图样尺寸, 深 75mm。铰 60° 角, 深 5.5mm, 再铰 120° 角, 深 2mm。。

22) 重新装夹工件, 采用专用工装装夹, 钻拐径 $\varnothing 95^{-0.036}_{-0.071}$ mm 两斜油孔 $\varnothing 8$ mm。

27) 钳工, 修油孔, 倒角, 清污垢。

28) 检查。

工艺路线方案 (二):

1) 画线, 以毛坯外形找正, 划主要加工线, 偏心距 100 ± 0.1 mm 及外形加工。

2) 划轴两端中心孔线, 顾各部加工余量。

3) 工件平放在镗床工作台上, 压轴 $95^{+0.025}_{+0.003}$ mm 两处, 钻右端中心孔。

4) 夹右端 (1: 10 锥度一边) 顶右端中心孔, 粗车左端外圆 $\varnothing 95^{+0.025}_{+0.003}$ mm, 粗车左端所有轴径, 粗车拐径外侧左、右端面, 保证拐径外侧的对称性及尺寸, 粗铣凸台 $\varnothing 25$ 。

5) 夹右端, 左端上中心架车端面, 去长短保证总长尺寸 610mm, 钻左端中心孔, 钻左端 $\varnothing 6$ 的孔, 深 16.8mm, 铰 60° 角, 深 7.8mm, 再铰 120° 角, 深 1.8mm。

- 6) 粗车拐径 $\varnothing 95_{-0.071}^{-0.036}$ mm 尺寸。
- 7) 精车拐径 $\varnothing 95_{-0.071}^{-0.036}$ mm 尺寸。
- 8) 夹左端, 顶右端中心孔, 精车右端轴径 $\varnothing 95_{+0.003}^{+0.025}$ mm, 长度尺寸至 87mm, 保证曲拐端面 60mm 尺寸, 精车右端轴径 $\varnothing 93$ 至图示长度 12mm。
- 9) 夹右端, 顶左端中心孔, 精车左端轴径 $\varnothing 95_{+0.003}^{+0.025}$ mm, 长度尺寸至 85mm, 保曲拐端面 60mm 尺寸。
- 10) 以两轴径定位压紧钻、攻 4—M20 螺纹。
- 11) 粉探伤各轴径, 拐径。
- 12) 划键槽线 24mm×110mm, 铣键槽, 以两轴径 $\varnothing 95_{+0.003}^{+0.025}$ mm 定位, 采用专用工装装夹铣键槽 24mm×110mm 至图样尺寸。
- 13) 铣右端轴径 $\varnothing 93$ mm 的槽 $44_{+0.2}^{+0.5}$ mm 至图样尺寸。
- 14) 粗镗、精镗右端 $\varnothing 30_0^{+0.084}$ mm 孔至图样尺寸, 深 75mm。铰 60° 角, 深 5.5mm, 再铰 120° 角, 深 2mm。
- 15) 重新装夹工件, 采用专用工装装夹, 钻拐径 $\varnothing 95_{-0.071}^{-0.036}$ mm 两斜油孔 $\varnothing 8$ mm。
- 16) 以两中心孔定位, 磨左端轴径 $\varnothing 95_{+0.003}^{+0.025}$ mm, 磨左端轴径 $\varnothing 90_{-0.57}^{-0.22}$ mm。
- 17) 以两中心孔定位, 倒头装夹, 磨左端轴径 $\varnothing 95_{+0.003}^{+0.025}$ mm。
- 18) 底面 60mm×115mm, 以两侧面定位并压紧, 保证距中心高 70mm, 总高 236mm。
- 19) 以两端中心孔定位, 精磨拐径 $\varnothing 95_{-0.071}^{-0.036}$ mm 至图样尺寸, 磨圆角 R6。
- 20) 以两端中心孔定位, 精磨两轴径 $\varnothing 95_{+0.003}^{+0.025}$ mm 至图样尺寸, 磨圆角 R6, 精磨 $\varnothing 90_{-0.57}^{-0.22}$ mm 至图样尺寸, 倒角 $2.5 \times 45^\circ$ 。
- 21) 夹右端, 顶右端中心孔车 1: 10 圆锥, 留余量 1.5mm。
- 22) 以两端中心孔定位, 磨 1: 10 圆锥 $\varnothing 86$ 长 124mm, 磨圆角 R6。
- 23) 钳工, 修油孔, 倒角, 清污垢。
- 24) 检查。

通过两种工艺方案的比较可得出第一种方案中在精磨以后再铣键槽、钻油孔, 这样会影响精磨后各轴的加工精度。而第二种方案则较好。

3.4 机械加工余量、工序尺寸及毛坯尺寸的确定

3.4.1 加工两端中心线上的外圆表面。

由于这些表面的粗糙度要求较高,它们的表面粗糙度都是 $R_a 1.6 \mu m$, 根据工序要求, 轴径 $\varnothing 90 \begin{smallmatrix} -0.22 \\ -0.57 \end{smallmatrix} mm$, $\varnothing 95 \begin{smallmatrix} +0.025 \\ +0.003 \end{smallmatrix} mm$ 加工分粗、精车, 还有粗、精磨。

粗车: 参照《机械加工工艺手册》表 2.3-5, 其余量规定为 $3.5 \sim 5mm$, 现取 $4.5mm$ 。

精车: 参照《机械加工工艺手册》表 2.3-39, 其余量规定为 $1.1mm$

粗磨: 参照《机械加工工艺手册》表 2.3-42, 其余量规定为 $0.4 \sim 0.5mm$, 现取 $0.45mm$ 。

精磨: 参照《机械加工工艺手册》表 2.3-44, 其余量规定为 $0.008 \sim 0.012mm$ 现取 $0.01mm$ 。

轴径 $\varnothing 90 \begin{smallmatrix} -0.22 \\ -0.57 \end{smallmatrix} mm$, $\varnothing 95 \begin{smallmatrix} +0.025 \\ +0.003 \end{smallmatrix} mm$ 铸造毛坯的基本尺寸分别为:

$$90+4.5+1.1+0.45+0.01=96.15mm, 95+4.5+1.1+0.45+0.01=101.15mm。$$

对轴径 $\varnothing 90 \begin{smallmatrix} -0.22 \\ -0.57 \end{smallmatrix} mm$ 有:

毛坯的名义尺寸为: $90+4.5+1.1+0.45+0.01=96.15mm$

毛坯最小尺寸为: $96.15-3.5=92.65 mm$

毛坯最大尺寸为: $95.05+3.5=99.65mm$

精车后尺寸为: $90+1.1+0.45+0.01=91.56$

精磨后尺寸与零件图尺寸相同, 即 $\varnothing 90 \begin{smallmatrix} -0.22 \\ -0.57 \end{smallmatrix} mm$

对轴径 $\varnothing 95 \begin{smallmatrix} +0.025 \\ +0.003 \end{smallmatrix} mm$ 有:

毛坯的名义尺寸为: $95+4.5+1.1+0.45+0.01=101.15mm$ 。

毛坯最小尺寸为: $101.15-3.5=96.65mm$

毛坯最大尺寸为: $101.15+3.5=104.65mm$

精车后尺寸为: $95+1.1+0.45+0.01=96.56 mm$

精磨后尺寸与零件图尺寸相同, 即 $\varnothing 95 \begin{smallmatrix} +0.025 \\ +0.003 \end{smallmatrix} mm$

而对于轴径 $\varnothing 86 mm$ 、 $\varnothing 93mm$ 粗糙度要求为 $R_a 1.6 \mu m$, 精车能达到要求, 此时直径粗加工余量 $2Z=3mm$ 精加工为 $0.5mm$ 能满足加工要求。

3.4.2 粗车 $\varnothing 86 mm$ 与 $\varnothing 93 mm$ 外圆端面, 及 M12 深 24mm 螺孔

按照工艺标准, 外圆端面精密度要求不高粗糙度。粗车加工就行了。

粗车: 查表的, 余量要求 $5 \sim 6.5mm$, 选 $6mm$ 。铸造毛坯的基本尺寸为: $610+6+6=622mm$ 。

3.4.3 攻 M12 深 24mm 螺孔, 及攻 4—M20 螺纹

取螺孔加工余量为:

2 螺孔 M12

钻孔: $\phi 10.5mm$

攻丝: M12深24mm

4 螺孔 M20

钻孔: $\phi 18mm$

攻丝: M20

3.4.4 钻轴径 $\phi 86$ mm 的端面钻左端 $\phi 6$ 的锥行孔

毛坯为实心, 不冲孔。参照《机械加工工艺手册》表 2.3-, 确定工序尺寸为:

钻孔: $\phi 6mm$, 深 16.8mm。

铰角: 铰 60° 角, 深 7.8mm。

铰角: 铰 120° 角, 深 1.8mm, 圆口径 $\phi 15mm$ 。

3.4.5 铣右端轴径 $\phi 93mm$ 的上的槽

按照工艺标准, 右端面精密度需求不高, 粗铣就行了, 这时的余量 $2Z=3mm$ 已经可以达到加工标准。

3.4.6 铣 $\phi 86$ 处键槽

按照工艺标准, 端面精密度要求不高, 粗铣键槽就行了, 这时的余量 $2Z=3mm$ 已经可以达到加工标准。

3.4.7 钻右端轴径 $\phi 95$ mm 的孔 ($\phi 30mm$)

依据要求, 后端面孔分为粗镗、精镗来结束, 余量:

粗镗: $\phi 30_0^{+0.084}mm$ 孔, 参照《机械加工工艺手册》表 2.3-48, 其余量值为 1.5mm;

精镗: $\phi 30_0^{+0.084}mm$ 孔, 参考《机械加工工艺手册》表 2.3-48, 其余量值为 0.3mm;

铸件毛坯的基本尺寸为:

$\phi 30_0^{+0.084}mm$ 孔毛坯基本尺寸为: $\phi 30mm - 1.5mm - 0.3mm = \phi 28.2mm$;

查表得知毛坯大小公差选取 CT12, 然后查表知毛坯大小公差为: 1.1mm.

$\phi 30_0^{+0.084}mm$ 孔毛坯名义尺寸为 $\phi 30 - 1.5 - 0.3 = \phi 28.2mm$;

毛坯最大尺寸为 $\phi 28.2mm + 0.55mm = \phi 28.78mm$;

毛坯最小尺寸为 $\phi 28.2mm - 0.55mm = \phi 27.65mm$;

粗镗工序尺寸为 $\phi 28.5 \pm 0.1mm$;

精镗后尺寸与零件图尺寸相同，即 $\phi 30_0^{+0.084} \text{ mm}$

3.4.8 铣 115mm 左右两侧面

按照工序标准知，两侧面只要粗铣加工。工序余量：

参照《机械加工工艺手册第 1 卷》表 3.2-23，其余量规定为 2.0 ~ 2.7mm，现取其为 2.5mm。

毛坯的最初大小 $115 + 2.5 = 117.5 \text{ mm}$ 。查表的毛坯的大小等级选取 CT12，然后查表知毛坯大小公差为 7m。

毛坯名义尺寸为： $115 + 2.5 = 117.5 \text{ mm}$ ；

毛坯最小尺寸为： $117.5 \text{ mm} - 3.5 \text{ mm} = 114 \text{ mm}$ ；

毛坯最大尺寸为： $117.5 \text{ mm} + 3.5 \text{ mm} = 121 \text{ mm}$ ；

粗铣后尺寸与零件图尺寸相同，即 $115_0^{+0.087} \text{ mm}$ 。

3.4.9 铣 60mm×115 mm 平面

按照工艺标准，底面精密度要求不高，粗铣就行了，这时的余量 $2Z=3 \text{ mm}$ 已经达到加工标准。

3.4.10 钻拐径 $\phi 95$ 处的两个油孔 ($\phi 8$)

按照工艺标准，油孔的精密度要求不高，毛坯为实心，不需要冲出孔，参考《机械加工工艺手册》表 2.3-9 及 2.3-12 确定工序尺寸及余量为：

钻孔： $\phi 6 \text{ mm}$

扩孔： $\phi 8 \text{ mm}$ $2Z=2 \text{ mm}$

3.4.11 车磨拐径为 $\phi 95 \text{ mm}$

由于表面的粗糙度要求较高，它们的表面粗糙度都是 $R_{a0.8} \mu \text{ m}$ ，根据工序要求，拐径 $\phi 95_0^{+0.036}_{-0.071} \text{ mm}$ 加工分粗、精车，还有粗、精磨。

粗车：参照《机械加工工艺手册》表 2.3-5，其余量规定为 3.5 ~ 5mm，现取 4.5mm。

精车：参照《机械加工工艺手册》表 2.3-39，其余量规定为 1.1mm。

粗磨：参照《机械加工工艺手册》表 2.3-42，其余量规定为 0.4 ~ 0.5mm，现取 0.45mm。

精磨：参照《机械加工工艺手册》表 2.3-44，其余量规定为 0.010 ~ 0.014mm，现取 0.01mm。

拐径 $\phi 95_0^{+0.036}_{-0.071} \text{ mm}$ 铸造毛坯的基本尺寸为： $95 + 4.5 + 1.1 + 0.45 + 0.01 = 101.06 \text{ mm}$ 。

对轴径 $\phi 95_0^{+0.036}_{-0.071} \text{ mm}$ 有：

毛坯的名义尺寸为： $95+4.5+1.1+0.45+0.01=101.06\text{mm}$ ；

毛坯最小尺寸为： $101.06\text{mm}-3.5\text{mm}=97.56\text{mm}$ ；

毛坯最大尺寸为： $101.06\text{mm}+3.5\text{mm}=104.56\text{mm}$ ；

精车后尺寸为： $95+0.45+0.01=95.46\text{mm}$ ；

精磨后尺寸与零件图尺寸相同，即 $\varnothing 95_{-0.071}^{-0.036} \text{ mm}$ 。

3.5 确定切削用量及基本工时

工序 1：粗车左端外圆 $\varnothing 95 \text{ mm}$ 。

加工条件

工件材料：QT60-2， $\sigma_b = 600\text{MPa}$ ，铸件。

加工要求：粗车左端外圆 $\varnothing 95_{+0.003}^{+0.025} \text{ mm}$ 。

机床：CW6180B 卧式车床 刀具：YG6

(1) 粗车左端外圆 $\varnothing 95_{+0.003}^{+0.025} \text{ mm}$

1) 被吃刀量 a_p ：取单边余量 $Z=2\text{mm}$ ，

2) 进给量 f ：根据[3] 表 2.4-3，取 $f = 0.5\text{mm/r}$ 。

3) 切削速度：

按[3] 表 2.4-20，切削速度 $V_c = 1.38\text{m/s}$ ，

$$V_c = 1.38 \times 60 = 82.8\text{m/min}$$

4) 机床主轴转速：

$$n_s = \frac{1000v_c}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 82.8}{\pi \times 95} \text{ r/min} \approx 277.6 \text{ r/min}$$

v_c —切削速度

d_w —曲轴直径

按机床说明书，与 277.6 r/min 相近的转速为 300 r/min ，则：.

$$\text{实际铣削速度 } V' : V' = \frac{\pi d_w n}{1000} = \frac{3.14 \times 95 \times 300}{1000} \approx 89.5\text{m/min}$$

5) 检验机床功率：主切削力 F_c 按[3]表 2.4-9，可查得 $F_c=1.5\text{kw}$

机床功率足够，可以正常工作

6) 计算切削工时：按[3]表 2.5-3，取

被切削层长度 l : 由毛坯尺寸可知 $L=85\text{mm}$

刀具切入长度 l_1 : $L_1 = a_p / \tan k_r + (2 \sim 3)$

主偏角 $k_r=0$, $L_1=2\text{mm}$

刀具切出长度 l_2 : 取 $l_2 = 0\text{mm}$

$$t_m = \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{n_s f} i = \frac{85 + 2}{300 \times 0.5} \text{min} = 0.58 \text{min}$$

工序 2: 粗车左端轴径 $\varnothing 90\text{mm}$

加工条件

工件材料: QT60-2, $\sigma_b = 600\text{MPa}$, 铸件。

加工要求: 粗车左端外圆 $\varnothing 90_{-0.57}^{-0.22} \text{mm}$ 。

机床: CW6180B 卧式车床 刀具: YG6

1) 被吃刀量 a_p : 取单边余量 $Z=2\text{mm}$,

2) 进给量 f : 根据[3]表 2.4-3, 取 $f = 0.8\text{mm/r}$ 。

3) 切削速度:

按[3]表 2.4-20, 切削速度 $V_c = 1.20\text{m/s}$, $V_c = 1.20 \times 60 = 72\text{m/min}$

4) 机床主轴转速:

$$n_s = \frac{1000 v_c}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 72}{\pi \times 90} \text{r/min} \approx 254.78 \text{r/min}$$

v_c - 切削速度

d_w - 曲轴直径

根据[3]表 3.1-22 可得, 与 254.78r/min 相近的转速为 300r/min , 则实际速度

$$V' = \frac{\pi d_w n}{1000} = \frac{3.14 \times 90 \times 300}{1000} \approx 84.78\text{m/min}。$$

5) 检验机床功率: 主切削力 F_c 按《机械加工工艺手册》表 2.4-20, 可查得 $F_c=1.7\text{kW}$

机床功率足够, 可以正常工作

6) 计算切削工时: 按[3]表 2.5-3, 取

被切削层长度 l : 由毛坯尺寸可知 $L=67\text{mm}$

刀具切入长度 l_1 : $L_1 = a_p / \tan k_r + (2 \sim 3)$

主偏角 $k_r=0$, $L_1=2\text{mm}$

刀具切出长度 l_2 : 取 $l_2 = 0mm$

$$t_m = \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{n_w f} i = \frac{67 + 2}{300 \times 0.8} \min = 0.14 \min$$

工序 3: 粗车左端轴径 $\varnothing 86 \text{ mm}$

加工条件

工件材料: QT60-2, $\sigma_b = 600MP_a$, 铸件。

加工要求: 粗车左端外圆 $\varnothing 86mm$ 。

机床: CW6180B 卧式车床 刀具: YG6

1) 被吃刀量 a_p : 取单边余量 $Z=3mm$,

2) 进给量 f : 根据[3]表 2.4-3, 取 $f = 0.8mm/r$ 。

3) 切削速度:

按[3]表 2.4-20,

切削速度: $V_c = 1.14m/s$, $V_c = 1.14 \times 60 = 68.4m/min$

4) 机床主轴转速:

$$n_s = \frac{1000v_c}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 68.4}{\pi \times 86} r/s \approx 253.3r/s$$

v_c - 切削速度

d_w - 曲轴直径

按[3]表 3.1-22 可得, 与 $253.3r/min$ 相近的转速为 $300r/min$, 则实际速度:

$$V' = \frac{\pi d_w n}{1000} = \frac{3.14 \times 86 \times 300}{1000} \approx 81.01m/min。$$

5) 检验机床功率: 主切削力 F_c 按[3]表 2.4-20, 可查得 $F_c=2.3kw$

机床功率足够, 可以正常工作。

6) 计算切削工时: 按《工艺手册》表 2.5-3, 取

被切削层长度 l : 由毛坯尺寸可知 $L=124mm$

刀具切入长度 l_1 : $L_1 = a_p / \tan k_r + (2 \sim 3)$

主偏角 $k_r=0$, $L_1=2mm$

刀具切出长度 l_2 : 取 $l_2 = 0mm$

$$t_m = \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{n_w f} i = \frac{124 + 2}{300 \times 0.8} \min = 0.53 \min$$

工序 4：粗车拐径外侧左、右端面并粗车台肩

(1) 粗车拐径外侧左、右端

机床：CA6140 卧式车床 刀具：YG6

1) 已知毛坯长度 $610 \pm 6\text{mm}$ ，拐径外侧左、右端面参照[3]表 2.3-5，其余量规定为 $5 \sim 6.5\text{mm}$ ，现也取 6mm 。分两次加工， $a_p = 3\text{mm}$ 。

2) 进给量 f ：根据[3]表 2.4-3，当刀杠尺寸为 $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ ， $a_p \leq 3\text{mm}$ 以及工件直径 60mm 时

$$f = 0.5 \sim 0.7\text{mm}/r \text{ 取 } f = 0.5\text{mm}/r$$

3) 计算切削速度：

按[2]表 1.27，切削速度计算公式（寿命选 $T=60\text{min}$ ）。

$$v_c = \frac{C_v}{T^m a_p^{x_v} f^{y_v}} k_v$$

式中： $C_v = 242$, $x_v = 0.15$, $y_v = 0.35$, $m = 0.2$ k_v 见[2]表1.28，即

$k_{m_v} = 1.44$, $k_{s_v} = 0.8$, $k_{k_v} = 1.04$, $k_{kr_v} = 0.81$, $k_{bv} = 0.97$ 所以：

$$v_c = \frac{242}{60^{0.2} \times 3^{0.15} \times 0.5^{0.35}} \times 1.44 \times 0.8 \times 1.04 \times 0.81 \times 0.97 \text{ m/min} = 108.6 \text{ m/min}$$

4) 机床主轴转速：

$$n_s = \frac{1000 v_c}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 108.6}{\pi \times 112} \text{ r/min} \approx 308.8 \text{ r/min}$$

v_c — 切削速度

d_w — 曲轴直径

按[3]表 3.1-22 可得，与 308.8 r/min 相近的转速为 320 r/min 。

则实际切削速度：

$$V' = \frac{\pi d_w n}{1000} = \frac{3.14 \times 112 \times 320}{1000} \approx 112.5 \text{ m/min}。$$

5) 计算切削工时：按[3]表 2.5-3，取

被切削层长度 l ：由毛坯尺寸可知 $L=112\text{mm}$

刀具切入长度 l_1 ： $L_1 = a_p / \tan k_r + (2 \sim 3)$

主偏角 $k_r = 0$ ， $L_1 = 2\text{mm}$

刀具切出长度 l_2 ：取 $l_2 = 0mm$

本工序机动时间：

$$t_m = \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{n_w f} i = \frac{112 + 2}{320 \times 0.5} \min = 0.713 \min$$

(2) 粗铣凸台 $\varnothing 25$

机床：组合铣床

刀具：硬质合金端铣刀 YG8，

铣刀直径 $d_w = 50mm$ ，齿数 $Z = 6$

铣削深度 a_p ： $a_p = 3mm$

每齿进给量 a_f ：根据[3]表 2.4-77，取 $a_f = 0.22mm/Z$

铣削速度 V ：参照[3]表 2.4-88，取 $V = 0.33m/s$

机 d_0 —曲轴直径，取 $n = 150r/min$

实际铣削速度 V' ： $V' = \frac{\pi d_0 n}{1000} = \frac{3.14 \times 50 \times 150}{1000 \times 60} \approx 0.39m/s$

进给量 V_f ： $V_f = a_f Z n = 0.2 \times 6 \times 150 / 60 = 3mm/s$

工作台每分进给量 f_m ： $f_m = V_f = 3mm/s = 180mm/min$

走刀次数为 1

机动时间 t_{j2} ： $t_{j2} = \frac{\pi D_0}{f_m} = \frac{3.14 \times 26}{180} \approx 0.46 \min$ （其中 $D_0 = 26mm$ ）

本工序机动时间 t_j ： $t_j = t_{j2} + t_{j1} = 1.173 \min$

工序 5：粗车拐径 $\varnothing 95_{-0.071}^{-0.036} mm$

机床：CW6180B 卧式车床 刀具：YG6

(1) 粗车拐径 $\varnothing 95_{-0.071}^{-0.036} mm$

1)被吃刀量 a_p ：参照[3]表 2.3-5，其余量规定为 $4 \sim 5.5mm$ ，现也取 $5mm$ 。分两次加工， $a_p = 3mm$ 。

2)进给量 f ：根据[3]表 2.4-3，取 $f = 0.8mm/r$ 。

3)切削速度：

按[2]表 1.27，切削速度计算公式（寿命选 $T=60min$ ）。

$$v_c = \frac{c_v}{T^m a_p^{x_v} f^{y_v}} k_v$$

式中： $c_v = 242, x_v = 0.15, y_v = 0.35, m = 0.2$ k_v 见[2]表1.28，即

$k_{m_v} = 1.44, k_{sv} = 0.8, k_{kv} = 1.04, k_{krv} = 0.81, k_{bv} = 0.97$ 所以：

$$v_c = \frac{242}{60^{0.2} \times 3^{0.15} \times 0.8^{0.35}} \times 1.44 \times 0.8 \times 1.04 \times 0.81 \times 0.97 m/min = 92.10 m/min$$

4)机床主轴转速：

$$n_s = \frac{1000 v_c}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 92.10}{\pi \times 95} r/min \approx 308.75 r/min$$

v_c — 切削速度

d_w — 曲轴直径

按[3]表 3.1-22 可得，与 308.75r/min 相近的转速为 405r/min，则实际速度

$$V' = \frac{\pi d_w n}{1000} = \frac{3.14 \times 95 \times 405}{1000} \approx 120.81 m/min。$$

5)检验机床功率：主切削力 F_c 按[2]表 1.29 所示公式计算

$$F_c = C_{F_c} a_p^{x_{F_c}} v_c^{n_{F_c}} k_{F_c}$$

$$\text{床主轴转速 } n : n = \frac{1000 V}{\pi d_0} = \frac{1000 \times 0.33 \times 60}{3.14 \times 50} \approx 126 r/min ,$$

式中： $C_{F_c} = 2795, x_{F_c} = 1.0, y_{F_c} = 0.75, n_{F_c} = -0.15$

$$k_{M_p} = \left(\frac{\sigma_b}{650} \right)^{n_F} = \left(\frac{600}{650} \right)^{0.75} = 0.94, k_{kr} = 0.89$$

所以： $F_c = 2795 \times 3 \times 0.8^{0.75} \times 120.81^{-0.15} \times 0.94 \times 0.89 N = 2890.83 N$

切削时消耗功率 P_C 为：

$$P_C = \frac{F_c v_c}{6 \times 10^4} = \frac{1344.31 \times 120.81}{6 \times 10^4} kW = 5.82 kW$$

机床功率足够，可以正常工作。

6) 计算切削工时：按[3]表 2.5-3，取

被切削层长度 l ：由毛坯尺寸可知 $L=123mm$

刀具切入长度 l_1 ： $L_1 = a_p / \tan k_r + (2 \sim 3)$

主偏角 $k_r=0, L_1=2mm$

刀具切出长度 l_2 : 取 $l_2 = 0\text{mm}$

本工序机动时间 t_m :

$$t_m = \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{n_w f} i = \frac{123 + 2}{405 \times 0.5} \text{min} = 0.62 \text{min}$$

工序 6: 精车拐径 $\phi 95_{-0.071}^{-0.036}$ mm 尺寸

机床: CW6180B 卧式车床 刀具: YG6

1) 被吃刀量 a_p : $a_p = 0.6\text{mm}$ 。

2) 进给量 f : 根据[3]表 2.4-4, 预估切削速度

$$V_c \geq 1.33, \text{取 } f = 0.2\text{mm/r}。$$

3) 切削速度:

按[2]表 1.27, 切削速度计算公式 (寿命选 $T=60\text{min}$)。

$$v_c = \frac{c_v}{T^m a_p^{x_v} f^{y_v}} k_v$$

式中: $c_v = 189.8, x_v = 0.15, y_v = 0.2, m = 0.2, k_v$ 见[2]表 1.28, 即

$$k_{m_v} = 1.44, k_{s_v} = 0.8, k_{k_v} = 1.04, k_{f_v} = 0.81 \text{ 所以:}$$

$$v_c = \frac{189.8}{60^{0.2} \times 0.6^{0.15} \times 0.2^{0.2}} \times 1.44 \times 0.8 \times 1.04 \times 0.81 = 149.4 \text{ m/min}$$

4) 机床主轴转速:

$$n_s = \frac{1000 v_c}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 149.4}{\pi \times 95} \text{r/min} \approx 500.8 \text{r/min}$$

按[3]表 3.1-22 可得, 与 500.8r/min 相近的转速为 540r/min , 则实际速度

$$V' = \frac{\pi d_0 n}{1000} = \frac{3.14 \times 95 \times 540}{1000} \approx 161.1 \text{m/min}。$$

5) 计算切削工时: 按[3]表 2.5-3, 取

被切削层长度 l : 由毛坯尺寸可知 $L=123\text{mm}$

刀具切入长度 l_1 : $L_1 = a_p / \tan k_r + (2 \sim 3)$

主偏角 $k_r = 0, L_1 = 2\text{mm}$

刀具切出长度 l_2 : 取 $l_2 = 0\text{mm}$

本工序机动时间 t_m :

$$t_m = \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{n_w f} i = \frac{123 + 2}{540 \times 0.2} \text{min} = 1.157 \text{min}$$

工序 7: 精车右端轴径 $\phi 95^{+0.025}_{+0.003} \text{mm}$

机床: CW6180B 卧式车床 刀具: YG6

- 1) 被吃刀量 a_p : $a_p = 0.6 \text{mm}$ 。
- 2) 进给量 f : 根据[3]表 2.4-4, 预估切削速度 $V_c \geq 1.33$, 取 $f = 0.2 \text{mm/r}$ 。
- 3) 切削速度:

按[2]表 1.27, 切削速度计算公式 (寿命选 $T=60 \text{min}$)。

$$v_c = \frac{c_v}{T^m a_p^{x_v} f^{y_v}} k_v$$

式中: $c_v = 189.8, x_v = 0.15, y_v = 0.2, m = 0.2, k_v$ 见[2]表 1.28, 即

$k_{m_v} = 1.44, k_{sv} = 0.8, k_{kv} = 1.04, k_{krv} = 0.81, k_{bv} = 0.97$ 所以:

$$v_c = \frac{189.8}{60^{0.2} \times 0.6^{0.15} \times 0.2^{0.2}} \times 1.44 \times 0.8 \times 1.04 \times 0.81 \times 0.97 = 149.4 \text{m/min}$$

- 4) 机床主轴转速:

$$n_s = \frac{1000 v_c}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 149.4}{\pi \times 95} \text{r/min} \approx 500.8 \text{r/min}$$

v_c — 切削速度

d_w — 曲轴直径

按机床说明书, 与 500.8r/min 相近的转速为 540r/min , 则实际速度

$$V' = \frac{\pi d_0 n}{1000} = \frac{3.14 \times 95 \times 540}{1000} \approx 161.1 \text{m/min}。$$

- 5) 计算切削工时: 按[3]表 2.5-3, 取

被切削层长度 l : 由毛坯尺寸可知 $L=74 \text{mm}$

刀具切入长度 l_1 : $L_1 = a_p / \tan k_r + (2 \sim 3)$

主偏角 $k_r = 0, L_1 = 2 \text{mm}$

刀具切出长度 l_2 : 取 $l_2 = 0 \text{mm}$

本工序机动时间 t_m :

$$t_m = \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{n_w f} i = \frac{74 + 2}{540 \times 0.2} \text{min} = 0.70 \text{min}$$

工序 8: 精车右端轴径 $\varnothing 93 \text{ mm}$

机床: CW6180B 卧式车床 刀具: YG6

1) 被吃刀量 a_p : $a_p = 0.6 \text{ mm}$ 。

2) 进给量 f : 根据[3]表 2.4-4, 预估切削速度 $V_c \geq 1.33$, 取 $f = 0.2 \text{ mm/r}$ 。

3) 切削速度:

按[2]表 1.27, 切削速度计算公式 (寿命选 $T=60 \text{ min}$)。

$$v_c = \frac{c_v}{T^m a_p^{x_v} f^{y_v}} k_v$$

式中: $c_v = 189.8, x_v = 0.15, y_v = 0.2, m = 0.2, k_v$ 见[2]表 1.28, 即

$k_{m_v} = 1.44, k_{sv} = 0.8, k_{kv} = 1.04, k_{krv} = 0.81, k_{bv} = 0.97$ 所以:

$$v_c = \frac{189.8}{60^{0.2} \times 0.6^{0.15} \times 0.2^{0.2}} \times 1.44 \times 0.8 \times 1.04 \times 0.81 \times 0.97 = 149.4 \text{ m/min}$$

4) 机床主轴转速:

$$n_s = \frac{1000 v_c}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 149.4}{\pi \times 93} \text{ r/min} \approx 511.6 \text{ r/min}$$

v_c - 切削速度

d_w - 曲轴直径

按[3]表 3.1-22 可得, 与 511.6 r/min 相近的转速为 540 r/min , 则实际速度

$$V' = \frac{\pi d_0 n}{1000} = \frac{3.14 \times 93 \times 540}{1000} \approx 157.6 \text{ m/min}。$$

5) 计算切削工时: 按[3]表 2.5-3, 取

被切削层长度 l : 由毛坯尺寸可知 $L=12 \text{ mm}$

刀具切入长度 l_1 : $L_1 = a_p / \tan k_r + (2 \sim 3)$

主偏角 $k_r=0, L_1=2 \text{ mm}$

刀具切出长度 l_2 : 取 $l_2 = 0 \text{ mm}$

本工序机动时间 t_m :

$$t_m = \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{n_w f} i = \frac{12 + 2}{540 \times 0.2} \text{ min} = 0.13 \text{ min}$$

工序 9: 精车左端轴径 $\varnothing 95^{+0.025}_{+0.003} \text{ mm}$

机床: CW6180B 卧式车床 刀具: YG6

1)被吃刀量 a_p : $a_p=0.6\text{mm}$ 。

2)进给量 f : 根据[3]表 2.4-4, 预估切削速度 $V_c \geq 1.33$, 取 $f=0.2\text{mm}/r$ 。

3)切削速度:

按[2]表 1.27, 切削速度计算公式 (寿命选 $T=60\text{min}$)。

$$v_c = \frac{c_v}{T^m a_p^{x_v} f^{y_v}} k_v$$

式中: $c_v=189.8, x_v=0.15, y_v=0.2, m=0.2 k_v$ 见[2]表1. 28, 即

$k_{m_v}=1.44, k_{s_v}=0.8, k_{k_v}=1.04, k_{kr_v}=0.81, k_{b_v}=0.97$ 所以:

$$v_c = \frac{189.8}{60^{0.2} \times 0.6^{0.15} \times 0.2^{0.2}} \times 1.44 \times 0.8 \times 1.04 \times 0.81 \times 0.97 = 149.4 \text{ m/min}$$

4) 机床主轴转速:

$$n_s = \frac{1000v_c}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 149.4}{\pi \times 95} r/\text{min} \approx 500.8 r/\text{min}$$

v_c - 切削速度

d_w - 曲轴直径

按 [3] 表 3.1-22 可得, 与 500.8 r/min 相近的转速为 540r/min , 则实际速度

$$V' = \frac{\pi d_w n}{1000} = \frac{3.14 \times 95 \times 540}{1000} \approx 161.1 \text{ m/min}。$$

5) 计算切削工时: 按[3]表 2.5-3, 取被切削层长度 l : 由毛坯尺寸可知 $L=85\text{mm}$

刀具切入长度 l_1 : $L_1 = a_p / \tan k_r + (2 \sim 3)$

主偏角 $k_r=0, L_1=2\text{mm}$

刀具切出长度 l_2 : 取 $l_2 = 0\text{mm}$

本工序机动时间 t_m :

$$t_m = \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{n_w f} i = \frac{85 + 2}{540 \times 0.2} \text{min} = 0.81 \text{min}$$

工序 10: 精铣底面 $60\text{mm} \times 115\text{mm}$

机床: X62W 铣床

刀具: 硬质合金端铣刀 YG6 $d_w = 320\text{mm}$, 齿数 $Z = 12$

1) 铣削深度 a_p : $a_p = 1.5\text{mm}$

2) 每齿进给量 a_f : 根据[3]表 2.4-73, 取 $a_f = 0.15\text{mm}/Z$

3) 铣削速度 V : 参照[3]表 2.4-81, 取 $V = 3.5\text{m}/s$

$$\text{机床主轴转速 } n: n = \frac{1000V}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 3.5 \times 60}{3.14 \times 320} \approx 209\text{r}/\text{min}, \text{ 取 } n = 235\text{r}/\text{min}$$

V —切削速度

d_w —曲轴直径

$$\text{实际铣削速度 } V': V' = \frac{\pi d_w n}{1000} = \frac{3.14 \times 320 \times 235}{1000 \times 60} \approx 3.94\text{m}/s$$

4) 给量 V_f : $V_f = a_f Z n = 0.15 \times 12 \times 200 / 60 = 6\text{mm}/s$

工作台每分进给量 f_m : $f_m = V_f = 6\text{mm}/s = 360\text{mm}/\text{min}$

5) 刀具切入长度 l_1 : 精铣时 $l_1 = D = 320\text{mm}$

由工序 3 可知: $l = 118\text{mm}$ $l_2 = 3\text{mm}$

走刀次数为 1

机动时间 t_j :

$$t_j = \frac{l + l_1 + l_2}{f_m} = \frac{118 + 320 + 3}{360} \approx 1.22\text{min}$$

工序 11: 钻、攻 4—M20 螺纹

(1) 钻孔

机床: 组合钻床

刀具: 麻花钻

1) 进给量 f : 根据[3]表 2.4-39, 其取值范围为 $f = 0.23 \sim 0.25\text{mm}/r$, 取 $f = 0.25\text{mm}/r$

2) 切削速度 V : 参照[3]表 2.4-41, 取 $V = 0.43\text{m}/s$

$$3) \text{ 机床主轴转速 } n: n = \frac{1000V}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 0.43 \times 60}{3.14 \times 18} \approx 456.5\text{r}/\text{min}, \text{ 取 } n = 500\text{r}/\text{min}$$

V —切削速度

d_w —钻头直径

$$\text{实际切削速度 } V': V' = \frac{\pi d_w n}{1000} = \frac{3.14 \times 18 \times 500}{1000 \times 60} \approx 0.47\text{m}/s$$

4) 被切削层长度 l : $l = 28\text{mm}$

$$\text{刀具切入长度 } l_1: l_1 = \frac{D}{2} \operatorname{ctg} k_r + (1 \sim 2) = \frac{18}{2} \operatorname{ctg} 120^\circ + 1 \approx 6.2 \text{ mm}$$

$$\text{刀具切出长度 } l_2: l_2 = 0$$

走刀次数为 1

$$\text{机动时间 } t_j: t_{j1} = \frac{l + l_1 + l_2}{fn} = \frac{28 + 6.2}{0.25 \times 500} \approx 0.27 \text{ min}$$

(2) 攻 4—M20 螺纹丝

机床: 组合攻丝机

刀具: 钨钢机动丝锥

1) 进给量 f : 由于其螺距 $p = 2 \text{ mm}$, 因此进给量 $f = 2 \text{ mm/r}$

2) 切削速度 V : 参照[3]表 2.4-105, 取 $V = 0.26 \text{ m/s} = 15.6 \text{ m/min}$

3) 机床主轴转速 n : $n = \frac{1000V}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 15.6}{3.14 \times 20} \approx 248 \text{ r/min}$, 取 $n = 300 \text{ r/min}$

V —切削速度

d_w —丝锥的直径

丝锥回转转速 n_0 : 取 $n_n = 300 \text{ r/min}$

$$\text{实际切削速度 } V': V' = \frac{\pi d_w n}{1000} = \frac{3.14 \times 20 \times 300}{1000} \approx 18.84 \text{ m/min}$$

4) 机动时间 t_j

被切削层长度 l : $l = 24 \text{ mm}$

刀具切入长度 l_1 : $l_1 = (1 \sim 3)f = 3 \times 2 = 6 \text{ mm}$

刀具切出长度 l_2 : $l_2 = 0$

走刀次数为 1

$$\text{机动时间 } t_j: t_{j2} = \frac{l + l_1 + l_2}{fn} + \frac{l + l_1 + l_2}{fn_0} = \frac{24 + 6}{2 \times 300} + \frac{24 + 6}{2 \times 300} \approx 0.1 \text{ min}$$

$$\text{本工序机动时间 } t_j: t_j = t_{j1} + t_{j2} = 0.37 \text{ min}$$

工序 12: 铣键槽 $24 \text{ mm} \times 110 \text{ mm}$

机床: X52k

刀具: 高速钢镶齿三面刃槽铣刀 $d_w = 125 \text{ mm}$, 齿数 $Z = 12$ $L = 20$

1) 铣削深度 a_p : $a_p = 5.5 \text{ mm}$

2) 每齿进给量 a_f : 根据[3]表 2.4-76, 取 $a_f = 0.15\text{mm}/Z$

3) 铣削速度 V : 参照[3]表 2.4-86, 取: $V = 0.4\text{m}/s$

4) 机床主轴转速 n : $n = \frac{1000V}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 0.40 \times 60}{3.14 \times 125} \approx 61.14\text{r}/\text{min}$,

取 $n = 75\text{r}/\text{min}$

V – 切削速度

实际铣削速度 V' : $V' = \frac{\pi d_w n}{1000} = \frac{3.14 \times 125 \times 75}{1000 \times 60} \approx 0.49\text{m}/s$

5) 给量 V_f : $V_f = a_f Z n = 0.15 \times 12 \times 75 / 60 = 2.25\text{mm}/s$

工作台每分进给量 f_m : $f_m = V_f = 2.25\text{mm}/s = 135\text{mm}/\text{min}$

6) 刀具切入长度 l_1 : 精铣时

$$l_1 = \sqrt{a_e(D - a_e)} + (1 \sim 3) = \sqrt{7(125 - 7)} + 2 = 30.75\text{mm}$$

被切削层长度 l : $l = 110\text{mm}$

刀具切出长度 l_2 : $l_2 = 3\text{mm}$

走刀次数为 1

机动时间 t_j : $t_j = \frac{l + l_1 + l_2}{f_m} = \frac{110 + 30.75 + 3}{360} \approx 0.40\text{min}$

工序 13: 铣右端轴径 $\varnothing 93\text{mm}$ 的槽 $44^{+0.5}_{+0.2}\text{mm}$

机床: X52k

刀具: 高速钢镶齿三面刃槽铣刀 $d_w = 200\text{mm}$, 齿数 $Z = 20$ $L = 20$

1) 铣削深度 a_p : $a_p = 12\text{mm}$

2) 每齿进给量 a_f : 根据[3]表 2.4-76, 取 $a_f = 0.10\text{mm}/Z$

3) 铣削速度 V : 参照[3]表 2.4-86, 取: $V = 0.3\text{m}/s$

4) 机床主轴转速 n : $n = \frac{1000V}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 0.3 \times 60}{3.14 \times 200} \approx 28.67\text{r}/\text{min}$,

取 $n = 37.5\text{r}/\text{min}$

实际铣削速度 V' : $V' = \frac{\pi d_w n}{1000} = \frac{3.14 \times 200 \times 37.5}{1000 \times 60} \approx 0.39\text{m}/s$

5) 给量 V_f : $V_f = a_f Z n = 0.10 \times 20 \times 37.5 / 60 = 1.25\text{mm}/s$

工作台每分进给量 f_m : $f_m = V_f = 1.25\text{mm/s} = 75\text{mm/min}$

6) 刀具切入长度 l_1 : 精铣时

$$l_1 = \sqrt{a_e(D-a_e)} + (1 \sim 3)\sqrt{12(20\theta \pm 2)} \text{ mm}$$

被切削层长度 l : $l = 110\text{mm}$

刀具切出长度 l_2 : $l_2 = 3\text{mm}$

走刀次数为 1

$$\text{机动时间 } t_j: t_j = \frac{l+l_1+l_2}{f_m} = \frac{110+49.5+3}{360} \approx 0.453\text{min}$$

工序 14: 粗镗、精镗右端 $\phi 30\text{mm}$ 孔

机床: 组合镗床

刀具: 高速钢刀具 $W_{18}Cr_4V$

(1) 粗镗 $\phi 30_{-0}^{+0.084}\text{mm}$ 孔

切削深度 a_p : $a_p = 2\text{mm}$

进给量 f : 根据[3]表 2.4-66, 刀杆伸出长度取 200mm , 切削深度为 2mm 。因此确定进给量 $f = 0.3\text{mm/r}$

切削速度 V : 参照[3]表 2.4-66, 取 $V = 0.25\text{m/s} = 15\text{m/min}$

$$\text{机床主轴转速 } n: n = \frac{1000V}{\pi d_0} = \frac{1000 \times 15}{3.14 \times 29} \approx 164.7\text{r/min},$$

取 $n = 200\text{r/min}$

d_w – 镗刀的直径

$$\text{实际切削速度 } V': V' = \frac{\pi d_w n}{1000} = \frac{3.14 \times 29 \times 200}{1000 \times 60} \approx 0.30\text{m/s}$$

工作台每分钟进给量 f_m : $f_m = fn = 0.3 \times 200 = 60\text{mm/min}$

被切削层长度 l : $l = 75\text{mm}$

$$\text{刀具切入长度 } l_1: l_1 = \frac{a_p}{\text{tg} k_r} + (2 \sim 3) = \frac{2}{\text{tg} 30^\circ} + 2 \approx 5.4\text{mm}$$

刀具切出长度 l_2 : $l_2 = 3 \sim 5\text{mm}$ 取 $l_2 = 4\text{mm}$

行程次数 i : $i = 1$

$$\text{机动时间 } t_{j1}: t_{j1} = \frac{l + l_1 + l_2}{f_m} = \frac{75 + 5.4 + 4}{60} \times 1 \approx 1.4 \text{ min}$$

(2) 粗镗 $\phi 30_{+0.084}^0 \text{ mm}$ 孔

机床：组合镗床

刀具：高速钢刀具 $W_{18}Cr_4V$

切削深度 a_p ： $a_p = 1 \text{ mm}$

进给量 f ：根据切削深度 $a_p = 1 \text{ mm}$ ，再参照[3]表 2.4-66,因此确定进给量

$$f = 0.2 \text{ mm/r}$$

切削速度 V ：参照[3]表 2.4-66，取 $V = 0.3 \text{ m/s} = 18 \text{ m/min}$

$$\text{机床主轴转速 } n: n = \frac{1000V}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 18}{3.14 \times 30} \approx 191.1 \text{ r/min},$$

取 $n = 250 \text{ r/min}$ d_w —镗刀的直径

$$\text{实际切削速度 } V': V' = \frac{\pi d_w n}{1000} = \frac{3.14 \times 30 \times 250}{1000 \times 60} \approx 0.39 \text{ m/s}$$

工作台每分钟进给量 f_m ： $f_m = fn = 0.2 \times 250 = 50 \text{ mm/min}$

被切削层长度 l ： $l = 75 \text{ mm}$

$$\text{刀具切入长度 } l_1: l_1 = \frac{a_p}{\tan k_r} + (2 \sim 3) = \frac{1}{\tan 30^\circ} + 2 \approx 3.7 \text{ mm}$$

刀具切出长度 l_2 ： $l_2 = 3 \sim 5 \text{ mm}$ 取 $l_2 = 3 \text{ mm}$

行程次数 i ： $i = 1$

$$\text{机动时间 } t_{j1}: t_{j2} = \frac{l + l_1 + l_2}{f_m} = \frac{75 + 3.7 + 3}{50} \times 1 \approx 1.63 \text{ min}$$

本工序的机动时间： $t_j = t_{j1} + t_{j2} = 3.04$

工序 15：钻拐径 $\phi 95_{-0.071}^{-0.036} \text{ mm}$ 两斜油孔 $\phi 8 \text{ mm}$

机床：组合钻床

刀具：麻花钻、扩孔钻

(1) 钻拐径上端 $\phi 7 \text{ mm}$ 孔

机床：组合钻床

刀具：麻花钻、扩孔钻

切削深度 a_p : $a_p = 3.5mm$

进给量 f : 根据[3]表 2.4-39, 取 $f = 0.25mm/r$

切削速度 V : 参照[3]表 2.4-41, 取 $V = 0.38m/s$

机床主轴转速 n : $n = \frac{1000V}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 0.38 \times 60}{3.14 \times 7} \approx 1037r/min$,

取 $n = 1100r/min$ d_w —钻头直径

实际切削速度 V' : $V' = \frac{\pi d_w n}{1000} = \frac{3.14 \times 7 \times 1100}{1000 \times 60} \approx 0.40m/s$

被切削层长度 l : $l = 176.1mm$

刀具切入长度 l_1 : $l_1 = \frac{D}{2} \text{ctg} k_r + (1 \sim 2) = \frac{7}{2} \text{ctg} 120^\circ + 2 \approx 10.2mm$

刀具切出长度 l_2 : $l_2 = 1 \sim 4mm$ 取 $l_2 = 3mm$

走刀次数为 1

机动时间 t'_j : $t'_j = \frac{l + l_1 + l_2}{fn} = \frac{10 + 176.1 + 3}{0.25 \times 1100} \approx 0.69min$

(2) 扩拐径上端 $\phi 8mm$ 孔

机床: 卧式钻床

刀具: 麻花钻、扩孔钻

切削深度 a_p : $a_p = 0.5mm$

进给量 f : 根据[3]表 2.4-52, 取 $f = 0.5mm/r$

切削速度 V : 参照[3]表 2.4-53, 取 $V = 0.44m/s$

机床主轴转速 n : $n = \frac{1000V}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 0.44 \times 60}{3.14 \times 8} \approx 1051r/min$,

取 $n = 1100r/min$ d_w —钻头直径

实际切削速度 V' : $V' = \frac{\pi d_w n}{1000} = \frac{3.14 \times 8 \times 1100}{1000 \times 60} \approx 0.46m/s$

被切削层长度 l : $l = 176.1mm$

刀具切入长度 l_1 : $l_1 = \frac{D - d_0}{2} \text{ctg} k_r + (1 \sim 2) = \frac{1}{2} \text{ctg} 120^\circ + 2 \approx 2.28mm$

刀具切出长度 l_2 : $l_2 = 1 \sim 4mm$ 取 $l_2 = 3mm$

走刀次数为 1

机动时间 t''_j : $t''_j = \frac{l + l_1 + l_2}{fn} = \frac{176.1 + 2.28 + 3}{0.5 \times 1100} \approx 0.33min$

加工加油孔机动时间 t_{j2} : $t_{j2} = t'_j + t''_j = 0.33 + 0.69 = 1.02 \text{ min}$

工序 16: 钻曲拐左侧孔

(1) 钻曲拐左侧下偏 30° 的 $\phi 7 \text{ mm}$ 孔

切削深度 a_p : $a_p = 3.5 \text{ mm}$

进给量 f : 根据[3]表 2.4-39, 取 $f = 0.25 \text{ mm/r}$

切削速度 V : 参照[3]表 2.4-41, 取 $V = 0.38 \text{ m/s}$

机床主轴转速 n : $n = \frac{1000V}{\pi d_0} = \frac{1000 \times 0.38 \times 60}{3.14 \times 7} \approx 1037 \text{ r/min}$,

取 $n = 1100 \text{ r/min}$, d_w - 钻头直径

实际切削速度 V' : $V' = \frac{\pi d_0 n}{1000} = \frac{3.14 \times 7 \times 1100}{1000 \times 60} \approx 0.40 \text{ m/s}$

被切削层长度 l : $l = 56 \text{ mm}$

刀具切入长度 l_1 : $l_1 = \frac{D}{2} \text{ctg} k_r + (1 \sim 2) = \frac{7}{2} \text{ctg} 120^\circ + 2 \approx 10.2 \text{ mm}$

刀具切出长度 l_2 : $l_2 = 1 \sim 4 \text{ mm}$ 取 $l_2 = 3 \text{ mm}$

走刀次数为 1

机动时间 t'_j : $t'_j = \frac{l + l_1 + l_2}{fn} = \frac{10 + 56 + 3}{0.25 \times 1100} \approx 0.276 \text{ min}$

(2) 扩曲拐左侧下偏 30° 的 $\phi 8 \text{ mm}$ 孔

切削深度 a_p : $a_p = 0.5 \text{ mm}$

进给量 f : 根据[3]表 2.4-52, 取 $f = 0.5 \text{ mm/r}$

切削速度 V : 参照[3]表 2.4-53, 取 $V = 0.44 \text{ m/s}$

机床主轴转速 n : $n = \frac{1000V}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 0.44 \times 60}{3.14 \times 8} \approx 1051 \text{ r/min}$,

取 $n = 1100 \text{ r/min}$, d_w - 钻头直径

实际切削速度 V' : $V' = \frac{\pi d_0 n}{1000} = \frac{3.14 \times 8 \times 1100}{1000 \times 60} \approx 0.46 \text{ m/s}$

被切削层长度 l : $l = 56 \text{ mm}$

刀具切入长度 l_1 : $l_1 = \frac{D - d_0}{2} \text{ctg} k_r + (1 \sim 2) = \frac{1}{2} \text{ctg} 120^\circ + 2 \approx 2.28 \text{ mm}$

刀具切出长度 l_2 : $l_2 = 1 \sim 4 \text{ mm}$ 取 $l_2 = 3 \text{ mm}$

走刀次数为 1

$$\text{机动时间 } t_j'': t_j'' = \frac{l+l_1+l_2}{fn} = \frac{56+2.28+3}{0.5 \times 1100} \approx 0.114 \text{ min}$$

$$\text{加工加油孔机动时间 } t_{j2}: t_{j2} = t_j' + t_j'' = 0.114 + 0.276 = 0.39 \text{ min}$$

工序 17: 粗磨左端轴径 $\varnothing 95^{+0.025}_{+0.003} \text{ mm}$

机床: M1450A 磨床

1) 砂轮的直径与宽度: 砂轮的直径与宽度: 根据[3]表 3.1-45, 砂轮的直径 $D=500\text{mm}$, 砂轮的宽度取 $B=75 \text{ mm}$

2) 工件回转速度与转数: 根据[3]表 2.4-148, 查得

$$V_w = 0.233 \sim 0.476 \text{ m/s}, \text{取 } V_w = 0.350 \text{ m/s}, n = 2.5 \text{ r/s}$$

3) 轴向进给量 f_a : 根据[3]表 2.4-148, 查得

$$f_{aB} = (0.5 \sim 0.8)B, \text{取 } f_{aB} = 45 \text{ mm/r}$$

4) 径向切入进给量 f_r : 根据[3]表 2.4-1480,

$$\text{预估 } V_w = 0.350 \text{ mm} \text{ 可查得 } f_r = 0.0176 \sim 0.0110 \text{ mm/r}, \text{取 } f_r = 0.150 \text{ mm/r}$$

5) 每分钟金属磨除量 Z 可用公式计算:

$$Z = 1000 V_w f_a f_r \text{ mm}^3 / \text{min}$$

$$Z = 1000 \times 0.350 \times 0.150 \times 45 = 2362.5 \text{ mm}^3 / \text{min}$$

6) 机动时间 t_j :

$$\text{被磨削层长度 } l: l = 85 \text{ mm}$$

$$\text{单面余量 } Z_b: Z_b = 0.40$$

$$\text{局部修磨的系数 } k: \text{根据[3]表 2.5-11, } k = 1.1$$

$$\text{机动时间 } t_j$$

$$t_j = \frac{LZ_b k}{n f_a f_r} = \frac{85 \times 0.40 \times 1.1}{0.150 \times 1 \times 5} = 3.169 \text{ min}$$

工序 18: 磨左端轴径 $\varnothing 90^{+0.22}_{-0.57} \text{ mm}$

机床: M1450A 磨床

1) 砂轮的直径与宽度: 砂轮的直径与宽度: 根据[3]表 3.1-45, 砂轮的直径 $D=500\text{mm}$, 砂轮的宽度取 $B=75 \text{ mm}$

2) 工件回转速度与转数: 根据[3]表 2.4-148, 查得 $V_w = 0.233 \sim 0.476 \text{ m/s}$, 取

$$V_w = 0.350 \text{ m/s}, n = 2.5 \text{ r/s}$$

3) 轴向进给量 f_a : 根据[3]表 2.4-148, 查得 $f_{ab}=(0.5\sim 0.8)B$, 取 $f_{ab}=45\text{ mm}/r$

4) 径向切入进给量 f_r : 根据[3]表 2.4-1480, 预估

$$V_w=0.350\text{mm} \text{ 可查得 } f_r=0.0176\sim 0.0110\text{ mm}/r, \text{ 取 } f_r=0.150\text{ mm}/r$$

5) 每分种金属磨除量 Z 可用公式计算:

$$Z=1000 V_w f_a f_r \text{ mm mm}^3 / \text{min}$$

$$Z=1000 \times 0.350 \times 0.15=45 \text{ mm}^3 / \text{mi}$$

6) 机动时间 t_j :

被磨削层长度 l : $l=67\text{mm}$

单面余量 Z_b : $Z_b=0.40$

局部修磨的系数 k : 根据[3]表 2.5-11, $k=1.1$

机动时间 t_j

$$t_j = \frac{LZ_b k}{n f_a f_r} = \frac{67 \times 0.40}{0.15 \times 15} \times \frac{1}{45} = 2.91 \text{ min}$$

工序 19: 磨右端轴径 $\phi 95^{+0.025}_{+0.003} \text{ mm}$

机床: M1450A 磨床

1) 砂轮的直径与宽度: 根据[3]表 3.1-45, 砂轮的直径 $D=500\text{mm}$, 砂轮的宽度取

$B=75 \text{ mm}$

2) 工件回转速度与转数: 根据[3]表 2.4-148, 查得 $V_w=0.233\sim 0.476\text{ m}/s$, 取

$$V_w=0.350\text{ m}/s, \quad n=2.5\text{ r}/s$$

3) 轴向进给量 f_a : 根据[3]表 2.4-148, 查得 $f_{ab}=(0.5\sim 0.8)B$, 取 $f_{ab}=45\text{ mm}/r$

4) 径向切入进给量 f_r : 根据[3]表 2.4-1480, 预估 $V_w=0.350\text{mm}$ 可查得

$$f_r=0.0176\sim 0.0110\text{ mm}/r, \text{ 取 } f_r=0.150\text{ mm}/r$$

5) 每分种金属磨除量 Z 可用公式计算:

$$Z=1000 V_w f_a f_r \text{ mm mm}^3 / \text{min}$$

$$Z=1000 \times 0.350 \times 0.15=45 \text{ mm}^3 / \text{mi}$$

6) 机动时间 t_j :

被磨削层长度 l : $l=74\text{mm}$

单面余量 Z_b : $Z_b=0.40$

局部修磨的系数 k : 根据[3]表 2.5-11, $k=1.1$

机动时间 t_j

$$t_j = \frac{LZ_b k}{n f_a f_r} = \frac{74 \times 0.40}{0.15 \times 1 \times 5} \frac{1}{45} = 3.215 \text{ min}$$

工序 20: 精磨拐径 $\phi 95_{-0.071}^{-0.036} \text{ mm}$

机床: M1432A 磨床

- 1) 砂轮的直径与宽度: 根据[3]表 3.1-45, 砂轮的直径 $D=400\text{mm}$, 砂轮的宽度取 $B=50\text{mm}$
- 2) 工件回转速度与转数: 根据[3]表 2.4-149, 取 $V_w=0.6 \text{ m/s}$, $n=2.5r/s$
- 3) 轴向进给量 f_a : 根据[3]表 2.4-149, 查得 $f_{aB}=(0.5\sim 0.8)B$, $f_{aB}=0.6 \times 50 = 30\text{mm/r}$
- 4) 径向切入进给量 f_r : 根据[3]表 2.4-149, 预估 $V_w=0.6\text{mm}$ 可查得 $f_r=0.0028\text{mm/r}$
- 5) 每分钟金属磨除量 Z 可用公式计算:

$$Z=1000 V_w f_a f_r \text{ mm}^3/\text{min}$$

$$Z=1000 \times 0.6 \times 30 \times 0.0028 \text{ mm}^3/\text{min}$$

- 6) 机动时间 t_j :

被磨削层长度 l : $l=123\text{mm}$

单面余量 Z_b : $Z_b=0.01$

局部修磨的系数 k : 根据[3]表 2.5-11, $k=1.2$

机动时间 t_j

$$t_j = \frac{LZ_b k}{n f_a f_r} = \frac{123 \times 0.01}{0.028 \times 2.5} \frac{1}{30} = 0.72 \text{ min}$$

工序 21: 精磨左右两轴径 $\phi 95_{+0.003}^{+0.025} \text{ mm}$

机床: M1432A 磨床

- 1) 砂轮的直径与宽度: 根据[3]表 3.1-45, 砂轮的直径 $D=400\text{mm}$, 砂轮的宽度取 $B=50\text{mm}$
- 2) 工件回转速度与转数: 根据[3]表 2.4-149, 取 $V_w=0.6 \text{ m/s}$, $n=2.5r/s$
- 3) 轴向进给量 f_a : 根据[3]表 2.4-149, 查得 $f_{aB}=(0.5\sim 0.8)B$, $f_{aB}=0.6 \times 50 = 30\text{mm/r}$
- 4) 径向切入进给量 f_r : 根据[3]表 2.4-149, 预估 $V_w=0.6\text{mm}$ 可查得 $f_r=0.0028\text{mm/r}$
- 5) 每分钟金属磨除量 Z 可用公式计算:

$$Z=1000 V_w f_a f_r \text{ mm}^3 / \text{min}$$

$$Z=1000 \times 0.06 \times 0.002 \text{ mm}^3 / \text{min}$$

6) 机动时间 t_{j1} :

被磨削层长度 l : $l_1 = 74\text{mm}$, $l_2 = 85\text{mm}$

单面余量 Z_b : $Z_b = 0.01$

局部修磨的系数 k : 根据[3]表 2.5-11, $k = 1.2$

机动时间 t_j

$$t_{j1} = \frac{L_1 Z_b k}{n f_a f_r} = \frac{74 \times 0.01 \times 1.2}{0.028 \times 2.5} = 0.42 \text{ min}$$

$$t_{j2} = \frac{L_2 Z_b k}{n f_a f_r} = \frac{85 \times 0.01 \times 1.2}{0.028 \times 2.5} = 0.48 \text{ min}$$

本工序的机动时间: $t_j = t_{j1} + t_{j2} = 0.9 \text{ min}$

工序 22: 精磨 $\phi 90_{-0.57}^{-0.22} \text{ mm}$

机床: M1432A 磨床

- 1) 砂轮的直径与宽度: 根据[3]表 3.1-45, 砂轮的直径 $D=400\text{mm}$, 砂轮的宽度取 $B=50 \text{ mm}$
- 2) 工件回转速度与转数: 根据[3]表 2.4-149, 取 $V_w=0.6 \text{ m/s}$, $n=2.5 \text{ r/s}$
- 3) 轴向进给量 f_a : 根据[3]表 2.4-149, 查得 $f_{aB}=(0.5\sim 0.8)B$, $f_{aB} = 0.6 \times 50 = 30 \text{ mm/r}$
- 4) 径向切入进给量 f_r : 根据[3]表 2.4-149, 预估 $V_w=0.6 \text{ mm}$ 可查得 $f_r=0.0028 \text{ mm/r}$
- 5) 每分钟金属磨除量 Z 可用公式计算:

$$Z=1000 V_w f_a f_r \text{ mm}^3 / \text{min}$$

$$Z=1000 \times 0.06 \times 0.002 \text{ mm}^3 / \text{min}$$

6) 被磨削层长度 l : $l = 67\text{mm}$

单面余量 Z_b : $Z_b = 0.01$

局部修磨的系数 k : 根据[3]表 2.5-11, $k = 1.2$

机动时间 t_j

$$t_j = \frac{L Z_b k}{n f_a f_r} = \frac{67 \times 0.01 \times 1.2}{0.028 \times 2.5} = 0.38 \text{ min}$$

工序 23: 车 1: 10 圆锥

机床：CW6180B 卧式车床 刀具：YG8

1) 被吃刀量 a_p ：参照[3]表 2.3-5，其余量规定为 $4 \sim 5.5\text{mm}$ ，现也取 5mm 。分两次加工， $a_p=3\text{mm}$ 。

2) 进给量 f ：根据[3]表 2.4-3，取 $f=0.8\text{mm}/r$ 。

3) 切削速度：

按[3]表 2.4-20，切削速度 $V_C=1.14\text{m}/s$ ，

$$V_C=1.14 \times 60 = 68.4\text{m}/\text{min}$$

4) 机床主轴转速：

$$n_s = \frac{1000v_c}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 68.4}{\pi \times 86} r/s \approx 253.3 r/s$$

按[3]表 3.1-22 可得，与 $253.3 r/\text{min}$ 相近的转速为 $300 r/\text{min}$ ，则实际速度

$$V' = \frac{\pi d_0 n}{1000} = \frac{3.14 \times 86 \times 300}{1000} \approx 81.01\text{m}/\text{min}。$$

5) 检验机床功率：主切削力 F_c 按[3]表 2.4-20，可查得 $F_c=2.3\text{kW}$

由 CW6180B 机床说明书可知，CW6180B 主电动机功率为 75KW ，当主轴转速为 $300 r/\text{min}$ 时，主轴传递的功率为 45kW ，所以机床功率足够，可以正常工作。

6) 计算切削工时：按[3]表 2.5-3，取

被切削层长度 l ：由毛坯尺寸可知 $L=124\text{mm}$

刀具切入长度 l_1 ： $L_1=a_p / \tan k_r + (2 \sim 3)$

主偏角 $k_r=0$, $L_1=2\text{mm}$

刀具切出长度 l_2 ：取 $l_2=0\text{mm}$

机动时间 t_m ：

$$t_m = \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{n_w f} i = \frac{124 + 2}{300 \times 0.5} \text{min} = 0.84 \text{min}$$

工序 24：磨 1：10 圆锥 $\phi 86$ 长 124mm

(1) 粗磨 1：10 圆锥 $\phi 86$

机床：M1450A 磨床

1) 砂轮的直径与宽度：砂轮的直径与宽度：根据[3]表 3.1-45，砂轮的直径

$D=500\text{mm}$ ，砂轮的宽度取 $B=75\text{mm}$

2) 工件回转速度与转数：根据[3]表 2.4-148，查得 $V_w=0.233 \sim 0.476\text{m}/s$ ，取

$$V_w = 0.350 \text{ m/s}, \quad n = 2.5 \text{ r/s}$$

3) 轴向进给量 f_a : 根据[3]表 2.4-148, 查得 $f_{aB} = (0.5 \sim 0.8)B$, 取 $f_{aB} = 45 \text{ mm/r}$

4) 径向切入进给量 f_r : 根据[3]表 2.4-1480, 预估 $V_w = 0.350 \text{ mm}$ 可查得

$$f_r = 0.0176 \sim 0.0110 \text{ mm/r}, \quad \text{取 } f_r = 0.150 \text{ mm/r}$$

5) 每分钟金属磨除量 Z 可用公式计算:

$$Z = 1000 V_w f_a f_r \text{ mm}^3 / \text{min}$$

$$Z = 1000 \times 0.350 \times 0.15 = 45 \text{ mm}^3 / \text{min}$$

6) 机动时间 t_j :

被磨削层长度 l : $l = 124 \text{ mm}$

单面余量 Z_b : $Z_b = 0.5$

局部修磨的系数 k : 根据[3]表 2.5-11, $k = 1.1$

机动时间 t_j

$$t_j = \frac{L Z_b k}{n f_a f_r} = \frac{124 \times 0.5 \times 1.1}{0.15 \times 45} = 6.74 \text{ min}$$

工序 25: 磁粉探伤各轴径, 拐径

工序 26: 钳工, 修油孔, 倒角, 清污垢。

工序 27: 检查。

3.6 时间定额计算及生产安排

根据设计任务要求, 该曲轴的年产量为 5000 件。一年以 300 个工作日计算, 每天的产量应不低于 25 件。设每天的产量为 25 件。再以每天 16 小时工作时间计算, 则每个工件的生产时间应不大于 38.4min。

参照[3]表 2.5-2, 机械加工单件(生产类型: 中批以上)时间定额的计算公式为:

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) + t_{zz} / N \quad (\text{大量生产时 } t_{zz} / N \approx 0)$$

因此在大批量生产时单件时间定额计算公式为:

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%)$$

其中: t_d —单件时间定额

t_j —基本时间(机动时间)

t_f —辅助时间。在某工序加工各个工件时需要进行的辅助动作要耗掉的时间, 其中

有有关工步辅助时间以及装卸工件时间

3.6.1 粗车左端外圆 $\varnothing 95 \text{ mm}$

加工机动时间 t_j : $t_j = 0.58 \text{ min}$

辅助时间 t_f : 参照[3]表 2.5-41, 取工步辅助时间为 0.69 min 。由于在生产线上装卸工件时间很短, 并查[3]表 2.5-42, 取装卸工件时间为 0.35 min 。则

$$t_f = 0.69 + 0.35 = 1.04 \text{ min}$$

k : 根据[3]表 2.5-43, $k = 16$

单件时间定额 t_d 有:

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (0.58 + 1.04)(1 + 16\%) \approx 1.879 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此, 达到生产要求。

单件时间为: $t = t_j + t_f = 1.99 \text{ min}$

3.6.2 粗车左端轴径 $\varnothing 90 \text{ mm}$

加工机动时间 t_j : $t_j = 0.14 \text{ min}$

辅助时间 t_f : 参照[3]表 2.5-41, 取工步辅助时间为 0.69 min 。由于在生产线上装卸工件时间很短, 并查[3]表 2.5-42, 取装卸工件时间为 0.35 min 。则

$$t_f = 0.69 + 0.35 = 1.04 \text{ min}$$

k : 根据[3]表 2.5-27, $k = 16$

单件时间定额 t_d 有:

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (0.14 + 1.04)(1 + 16\%) \approx 1.37 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此, 达到生产要求。

单件时间为: $t = t_j + t_f = 1.18 \text{ min}$

3.6.3 粗车左端轴径 $\varnothing 86 \text{ mm}$

加工机动时间 t_j : $t_j = 0.53 \text{ min}$

辅助时间 t_f : 参照[3]表 2.5-41, 取工步辅助时间为 0.69 min 。由于在生产线上装卸工件时间很短, 并查[3]表 2.5-42, 取装卸工件时间为 0.35 min 。则 $t_f = 0.69 + 0.35 = 1.04 \text{ min}$

k : 根据[3]表 2.5-27, $k = 16$

单件时间定额 t_d 有:

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (0.53 + 1.04)(1 + 16\%) \approx 1.82 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此，达到生产要求。

单件时间为： $t = t_j + t_f = 1.57 \text{ min}$

3.6.4 粗车拐径外侧左、右端面并粗车台肩

加工机动时间 t_j ： $t_j = 1.173 \text{ min}$

辅助时间 t_f ：参照[3]表 2.5-41，取工步辅助时间为 0.69 min 。由于在生产线上装卸工件时间很短，并查[3]表 2.5-42，取装卸工件时间为 0.35 min 。则

$$t_f = 0.69 + 0.35 = 1.04 \text{ min}$$

k ：根据[3]表 2.5-27， $k = 16$

单件时间定额 t_d 有：

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (1.173 + 1.04)(1 + 16\%) \approx 2.57 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此，达到生产要求。

单件时间为： $t = t_j + t_f = 2.213 \text{ min}$

3.6.5 粗车拐径 $\varnothing 95 \text{ mm}$

加工机动时间 t_j ： $t_j = 0.62 \text{ min}$

辅助时间 t_f ：参照[3]表 2.5-41，取工步辅助时间为 0.69 min 。由于在生产线上装卸工件时间很短，并查[3]表 2.5-42，取装卸工件时间为 0.35 min 。则

$$t_f = 0.41 + 0.35 = 1.04 \text{ min}$$

k ：根据[3]表 2.5-27， $k = 16$

单件时间定额 t_d 有：

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (0.62 + 1.04)(1 + 16\%) \approx 1.93 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此，达到生产要求。

单件时间为： $t = t_j + t_f = 1.66 \text{ min}$

3.6.6 精车拐径 $\varnothing 95 \text{ mm}$ 尺寸

加工机动时间 t_j ： $t_j = 1.157 \text{ min}$

辅助时间 t_f ：参照[3]表 2.5-41，取工步辅助时间为 0.69 min 。由于在生产线上装卸工件时间很短，并查[3]表 2.5-42，取装卸工件时间为 0.35 min 。则 $t_f = 0.41 + 0.35 = 1.04 \text{ min}$

k ：根据[3]表 2.5-27， $k=16$

单件时间定额 t_d 有：

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (1.157 + 1.04)(1 + 16\%) \approx 2.55 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此，达到生产要求。

单件时间为： $t = t_j + t_f = 2.197 \text{ min}$

3.6.7 精车右端轴径 $\varnothing 95 \text{ mm}$

加工机动时间 t_j ： $t_j = 0.7 \text{ min}$

辅助时间 t_f ：参照[3]表 2.5-41，取工步辅助时间为 0.69 min 。由于在生产线上装卸工件时间很短，并查[3]表 2.5-42，取装卸工件时间为 0.35 min 。则

$$t_f = 0.69 + 0.35 = 1.04 \text{ min}$$

k ：根据[3]表 2.5-27， $k=16$

单件时间定额 t_d 有：

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (0.7 + 1.04)(1 + 16\%) \approx 2.02 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此，达到生产要求。

单件时间为： $t = t_j + t_f = 1.74 \text{ min}$

3.6.8 精车右端轴径 $\varnothing 93 \text{ mm}$

加工机动时间 t_j ： $t_j = 0.13 \text{ min}$

辅助时间 t_f ：参照[3]表 2.5-41，取工步辅助时间为 0.69 min 。由于在生产线上装卸工件时间很短，并查[3]表 2.5-42，取装卸工件时间为 0.35 min 。则

$$t_f = 0.69 + 0.35 = 1.04 \text{ min}$$

k ：根据[3]表 2.5-27， $k=16$

单件时间定额 t_d 有：

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (0.13 + 1.04)(1 + 16\%) \approx 1.36 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此，达到生产要求。

单件时间为： $t = t_j + t_f = 1.17 \text{ min}$

3.6.9 精车左端轴径 $\varnothing 95^{+0.025}_{+0.003} \text{ mm}$

工机动时间 t_j ： $t_j = 0.81 \text{ min}$

辅助时间 t_f ：参照[3]表 2.5-41，取工步辅助时间为0.69min。由于在生产线上装卸工件时间很短，并查[3]表 2.5-42，取装卸工件时间为0.35min。则

$$t_f = 0.41 + 0.35 = 1.04 \text{ min}$$

k ：根据[3]表 2.5-27， $k = 16$

单件时间定额 t_d 有：

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (0.81 + 1.04)(1 + 16\%) \approx 2.14 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此，达到生产要求。

单件时间为： $t = t_j + t_f = 1.85 \text{ min}$

3.6.10 精铣底面 60mm×115mm

工机动时间 t_j ： $t_j = 1.22 \text{ min}$

辅助时间 t_f ：参照[3]表 2.5-45，取工步辅助时间为0.41min。由于在生产线上装卸工件时间很短，并查[3]表 2.5-46，取装卸工件时间为1min。则 $t_f = 0.41 + 1 = 1.41 \text{ min}$

k ：根据[3]表 2.5-27， $k = 13$

单件时间定额 t_d 有：

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (1.22 + 1.41)(1 + 16\%) \approx 3.05 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此，达到生产要求。

单件时间为： $t = t_j + t_f = 2.63 \text{ min}$

3.6.11 钻、攻 4—M20 螺纹

1) 钻 $\phi 18.5 \text{ mm}$ 孔

机动时间 t_j ： $t_j = 0.27 \text{ min}$

辅助时间 t_f ：参照[3]表 2.5-41，取工步辅助时间为1.55min。查[3]表 2.5-42 取装卸工件时间为1min。则：

$$t_f = 1.55 + 1 = 2.55 \text{ min}$$

k ：根据[3]表 2.5-43， $k = 12.14$

单件时间定额 t_d 有：

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (0.27 + 2.55)(1 + 12.14\%) \approx 3.17 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此，达到生产要求。

(2) 攻 2-M8 螺纹孔

机动时间 t_j : $t_j = 0.1 \text{ min}$

辅助时间 t_f : 参照[3]表 2.5-41, 取工步辅助时间为 1.55 min 。查[3]表 2.5-42 取装卸工件时间为 1 min 。则:

$$t_f = 1.55 + 1 = 2.55 \text{ min}$$

k : 根据[3]表 2.5-43, $k = 12.14$

单间时间定额 t_d 有:

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (0.1 + 2.55)(1 + 12.14\%) \approx 2.97 \text{ min} < 22.8 \text{ min}$$

因此, 达到生产要求。

3.6.12 铣键槽 $24\text{mm} \times 110\text{mm}$

工机动时间 t_j : $t_j = 0.40 \text{ min}$

辅助时间 t_f : 参照[3]表 2.5-45, 取工步辅助时间为 0.41 min 。由于在生产线上装卸工件时间很短, 并查[3]表 2.5-46, 取装卸工件时间为 1 min 。则 $t_f = 0.41 + 1 = 1.41 \text{ min}$

k : 根据[3]表 2.5-27, $k = 13$

单件时间定额 t_d 有:

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (0.40 + 1.41)(1 + 16\%) \approx 2.10 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此, 达到生产要求。

单件时间为: $t = t_j + t_f = 1.81 \text{ min}$

3.6.13 铣右端轴径 $\varnothing 93\text{mm}$ 的槽 $44^{+0.5}_{+0.2} \text{ mm}$

工机动时间 t_j : $t_j = 0.453 \text{ min}$

辅助时间 t_f : 参照[3]表 2.5-45, 取工步辅助时间为 0.41 min 。由于在生产线上装卸工件时间很短, 并查[3]表 2.5-46, 取装卸工件时间为 1 min 。则

$$t_f = 0.41 + 1 = 1.41 \text{ min}$$

k : 根据[3]表 2.5-27, $k = 13$

单件时间定额 t_d 有:

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (0.453 + 1.41)(1 + 16\%) \approx 2.16 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此, 达到生产要求。

单件时间为: $t = t_j + t_f = 1.86 \text{ min}$

3.6.14 粗镗、精镗右端 $\varnothing 30\text{mm}$ 孔

工机动时间 t_j : $t_j = 3.04\text{min}$

辅助时间 t_f : 参照[3]表 2.5-37, 取工步辅助时间为 0.81min 。由于在生产线上装卸工件时间很短, 并查[3]表 2.5-46, 取装卸工件时间为 4min 。则 $t_f = 0.81 + 4 = 4.81\text{min}$

k : 根据[3]表 2.5-27, $k = 14.83$

单件时间定额 t_d 有:

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (3.04 + 4.81)(1 + 14.83\%) \approx 9.01\text{min} < 38.4\text{min}$$

因此, 达到生产要求。

单件时间为: $t = t_j + t_f = 7.85\text{min}$

3.6.15 钻拐径 $\varnothing 95_{-0.071}^{-0.036}\text{mm}$ 斜油孔 $\varnothing 8\text{mm}$

机动时间 t_j : $t_j = 1.02\text{min}$

辅助时间 t_f : 参照[3]表 2.5-41, 取工步辅助时间为 1.55min 。查[3]表 2.5-42 取装卸工件时间为 1min 。则:

$$t_f = 1.55 + 1 = 2.55\text{min}$$

k : 根据[3]表 2.5-43, $k = 12.14$

单件时间定额 t_d 有:

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (1.02 + 2.55)(1 + 12.14\%) \approx 4.00\text{min} < 38.4\text{min}$$

因此, 达到生产要求。

单件时间为: $t = t_j + t_f = 3.57\text{min}$

3.6.16 钻曲拐左侧孔 $\varnothing 8\text{mm}$

机动时间 t_j : $t_j = 0.39\text{min}$

辅助时间 t_f : 参照[3]表 2.5-41, 取工步辅助时间为 1.55min 。查[3]表 2.5-42 取装卸工件时间为 1min 。则:

$$t_f = 1.55 + 1 = 2.55\text{min}$$

k : 根据[3]表 2.5-43, $k = 12.14$

单件时间定额 t_d 有:

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (0.39 + 2.55)(1 + 12.14\%) \approx 3.30\text{min} < 38.4\text{min}$$

因此, 达到生产要求。

单件时间为: $t = t_j + t_f = 2.94 \text{ min}$

3. 6. 17 粗磨左端轴径 $\varnothing 95^{+0.025}_{+0.003} \text{ mm}$

机动时间 t_j : $t_j = 3.69 \text{ min}$

辅助时间 t_f : 参照[3]表 2. 5-56, 取工步辅助时间为 0.40 min 。查[3]表 2. 5-57 取装卸工件时间为 0.7 min 。则:

$$t_f = 0.7 + 0.4 = 1.1 \text{ min}$$

k : 根据[3]表 2. 5-43, $k = 12.9$

单间时间定额 t_d 有:

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (3.69 + 1.10)(1 + 12.9\%) \approx 5.41 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此, 达到生产要求。

单件时间为: $t = t_j + t_f = 4.79 \text{ min}$

3. 6. 18 磨左端轴径 $\varnothing 90 \text{ mm}$

机动时间 t_j : $t_j = 2.91 \text{ min}$

辅助时间 t_f : 参照[3]表 2.5-56, 取工步辅助时间为 0.40 min 。查[3]表 2.5-57 取装卸工件时间为 0.7 min 。则:

$$t_f = 0.7 + 0.4 = 1.1 \text{ min}$$

k : 根据[3]表 2.5-43, $k = 12.9$

单间时间定额 t_d 有:

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (2.91 + 1.10)(1 + 12.9\%) \approx 5.41 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此, 达到生产要求。

3. 6. 19 磨右端轴径 $\varnothing 95 \text{ mm}$

机动时间 t_j : $t_j = 3.215 \text{ min}$

辅助时间 t_f : 参照[3]表 2. 5-56, 取工步辅助时间为 0.40 min 。查[3]表 2. 5-57 取装卸工件时间为 0.7 min 。则:

$$t_f = 0.7 + 0.4 = 1.1 \text{ min}$$

k : 根据[3]表 2. 5-43, $k = 12.9$

单间时间定额 t_d 有:

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (3.215 + 1.10)(1 + 12.9\%) \approx 4.87 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此，达到生产要求。

单件时间为： $t = t_j + t_f = 4.315 \text{ min}$

3. 6. 20 精磨拐径 $\varnothing 95 \text{ mm}$ 至规定尺寸

机动时间 t_j ： $t_j = 0.72 \text{ min}$

辅助时间 t_f ：参照[3]表 2. 5-56，取工步辅助时间为 0.40 min 。查[3]表 2. 5-57

取装卸工件时间为 0.7 min 。则：

$$t_f = 0.7 + 0.4 = 1.1 \text{ min}$$

k ：根据[3]表 2. 5-43， $k = 12.9$

单间时间定额 t_d 有：

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (0.72 + 1.10)(1 + 12.9\%) \approx 2.05 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此，达到生产要求。

单件时间为： $t = t_j + t_f = 1.82 \text{ min}$

3. 6. 21 精磨左右两轴径 $\varnothing 95 \text{ mm}$ 至规定尺寸

机动时间 t_j ： $t_j = 0.9 \text{ min}$

辅助时间 t_f ：参照[3]表 2. 5-56，取工步辅助时间为 0.40 min 。查[3]表 2. 5-57 取装

卸工件时间为 0.7 min 。则：

$$t_f = 0.7 + 0.4 = 1.1 \text{ min}$$

k ：根据[3]表 2. 5-43， $k = 12.9$

单间时间定额 t_d 有：

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (0.9 + 1.10)(1 + 12.9\%) \approx 2.26 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此，达到生产要求。

单件时间为： $t = t_j + t_f = 2 \text{ min}$

3. 6. 22 精磨 $\varnothing 90 \text{ mm}$ 至规定尺寸

机动时间 t_j ： $t_j = 0.38 \text{ min}$

辅助时间 t_f ：参照[3]表 2. 5-56，取工步辅助时间为 0.40 min 。查[3]表 2. 5-57 取装

卸工件时间为 0.7 min 。则：

$$t_f = 0.7 + 0.4 = 1.1 \text{ min}$$

k ：根据[3]表 2. 5-43， $k = 12.9$

单间时间定额 t_d 有：

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (0.38 + 1.10)(1 + 12.9\%) \approx 1.67 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此，达到生产要求。

$$\text{单件时间为： } t = t_j + t_f = 1.48 \text{ min}$$

3. 6. 23 车 1：10 圆锥

$$\text{加工机动时间 } t_j: t_j = 0.84 \text{ min}$$

辅助时间 t_f ：参照[3]表 2. 5-41，取工步辅助时间为0.69min。由于在生产线上装卸工件时间很短，并查[3]表 2. 5-42，取装卸工件时间为0.35min。则

$$t_f = 0.69 + 0.35 = 1.04 \text{ min}$$

$$k: \text{根据[3]表 2. 5-43, } k = 16$$

单间时间定额 t_d 有：

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (0.84 + 1.04)(1 + 16\%) \approx 2.18 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此，达到生产要求。

$$\text{单件时间为： } t = t_j + t_f = 1.88 \text{ min}$$

3. 6. 24 磨 1：10 圆锥 Ø86 长 124mm

$$\text{机动时间 } t_j: t_j = 0.84 \text{ min}$$

辅助时间 t_f ：参照[3]表 2. 5-56，取工步辅助时间为0.40min。查[3]表 2. 5-57 取装卸工件时间为0.7min。则：

$$t_f = 0.7 + 0.4 = 1.1 \text{ min}$$

$$k: \text{根据[3]表 2. 5-43, } k = 12.9$$

单间时间定额 t_d 有：

$$t_d = (t_j + t_f)(1 + k\%) = (0.84 + 1.10)(1 + 12.9\%) \approx 2.19 \text{ min} < 38.4 \text{ min}$$

因此，达到生产要求。

$$\text{单件时间为： } t = t_j + t_f = 1.94 \text{ min}$$

4 专用夹具设计

按照任务标准中的任务，应该加工三套，分别是两套油孔夹具和一套铣曲拐端面夹具。两油孔的夹具用在卧式钻床和组合钻床，刀具是两把麻花钻、扩孔钻对工件上的两个工艺孔同时进行加工，铣曲拐端面夹具用于 X62W 铣床，刀具是两把硬质合金端铣刀 YG8 $d_w = 320mm$ ，齿数 $Z = 12$ 对变速箱箱体的前后两个端面同时进行加工。

4.1 加工曲拐上端面油孔夹具设计

此夹具大都是在钻、扩油孔 $\phi 8mm$ 的时候使用，因为油孔的方向不同，曲拐上端处的油孔较深，所以挑选钻头时要求挑选的谨慎的，同时还要把长度、强度和硬度等影响因素考虑到，曲拐上顶面油孔并应该与顶面成 40° 角，在完成此道工序之前需要进行曲拐的粗磨和精磨。

4.1.1 定位基准的选择

因为油孔的位置在曲拐的左侧下，它的大小精密度和表面粗糙度的要求较小，所以曲拐侧面则要与顶面成 40° 度。首先要让钻扩的孔能够与倾斜面成 30° 度得到确保，其次还要确保上侧面油孔可以在后面的孔加工中让各关键支撑孔的切削余量平衡。参照基准重合、基准统一准则。在挑选油孔的加工定位基准的时候，要尽可能的挑选上一道工序即粗、精磨顶面工序的定位基准。

4.1.2 切削力的计算与夹紧力分析

因为这道工序首要完成工艺孔的钻、扩加工，然而钻削力比扩的切削力大很多。所以切削力要以钻削力为标准。由《切削手册》得：

$$\text{钻削力} \quad F = 26Df^{0.8}HB^{0.6}$$

$$\text{钻削力矩} \quad T = 10D^{1.9}f^{0.8}HB_{0.6}$$

$$\text{式中：} D = 8mm \quad HB = HB_{\max} - \frac{1}{3}(HB_{\max} - HB_{\min}) = 270 - \frac{1}{3}(270 - 190) = 243$$

$$f = 0.25mm \cdot r^{-1}$$

$$F = 26 \times 12 \times 0.15^{0.8} \times 243^{0.6} = 1802.5N$$

$$T = 10 \times 12^{1.9} \times 0.15^{0.8} \times 232^{0.6} = 6488.8N \cdot mm$$

当用两把刀具同时钻削时：

$$F' = 2F = 2 \times 1802.5 = 2605N$$

$$T' = 2T = 2 \times 6488.8 = 12977.6N \cdot mm$$

本道工序加工油孔时，工件前后两轴承放在两 V 形块上。再使工作台面上升一段距离。夹紧力方向与钻削力方向不同。有 40° 的夹角的偏向，所以夹紧力

$$F_1 = F' \cos 40^\circ = 1995.5\text{N} \quad F_2 = F' \sin 40^\circ = 1674.5。$$

4.1.3 夹紧元件及动力装置确定

曲轴定位夹紧元件：一个支撑板、两个 V 型块。然后再使用直压板来对工件进行夹紧，夹紧工件的角度要倾斜。进行了这些工作后工件还是能够绕轴心线转动，因此还是需要使用一个支承板来控制它的转动。

按照零件的直径 $D=95\text{mm}$ 得 V 型块的大小：

表 4-1 V 形块的各参数

H	D	d_1	d_2	h	h_1	l	A2	L	A1
	>80-100								
50		12	18	12	30	15	25	140	20

V 形块设计如图

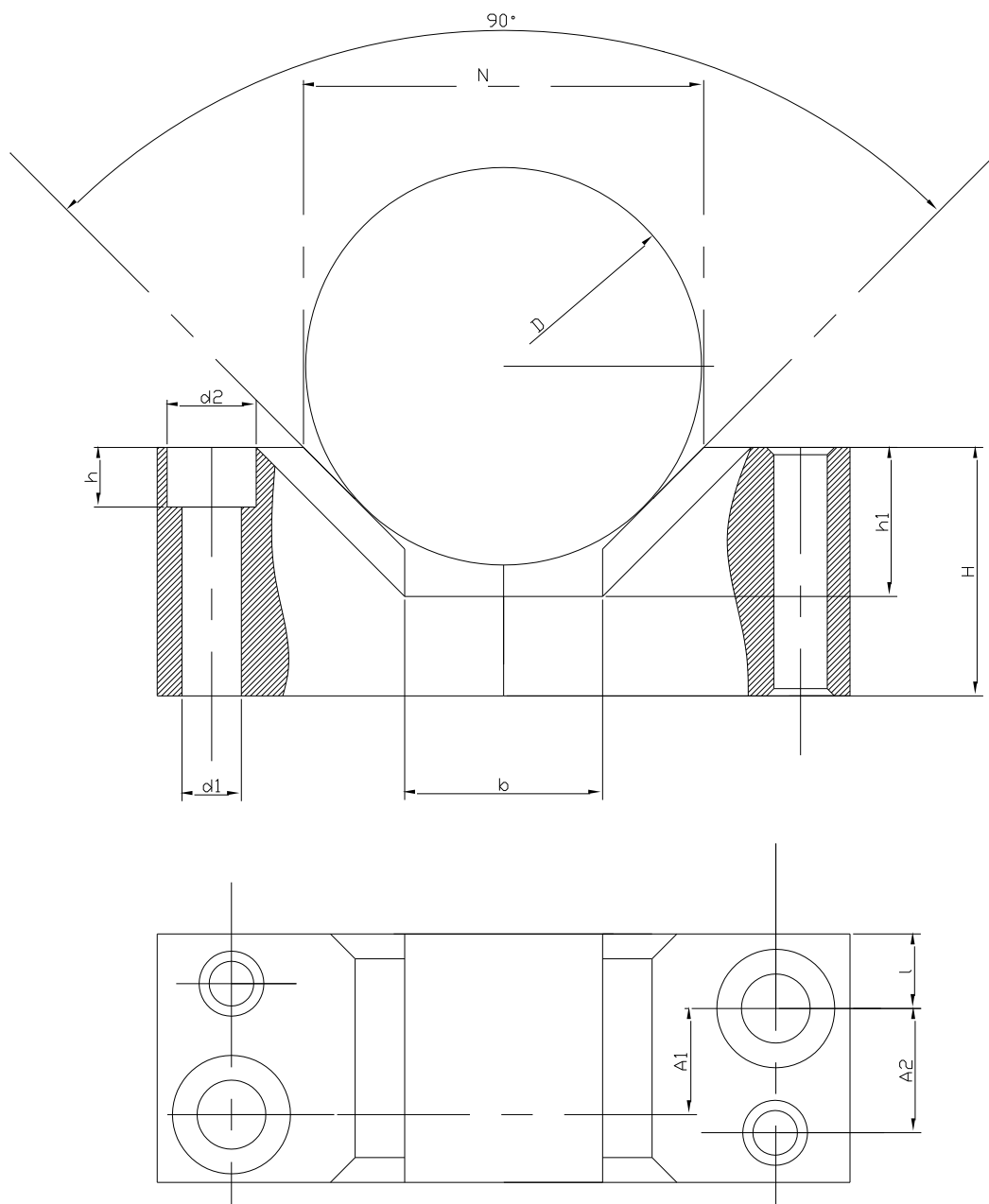


图 4-1 V 形块图

4.1.4 钻套、衬套及夹具体设计

工艺孔的加工需要同时满足钻、扩两次切削。因此采用快换钻套（如下图）以降低装卸钻套的消耗的时间。参照工艺标准：要进行钻、扩两个工序才能完成工艺孔 8mm 的加工。首选选用麻花钻钻孔（直径为 $\phi 7mm$ ），按照 GB1141—84 的要求钻头上偏差为零，因此钻套孔径为 $\phi 7F8mm$ 。然后再选半径为 $\phi 4mm$ 的扩孔进行钻扩孔，按照 GB1141—84 的标准 $\phi 8mm$ 扩孔钻的大小是 $\phi 8^{+0.015}_{+0.008}mm$

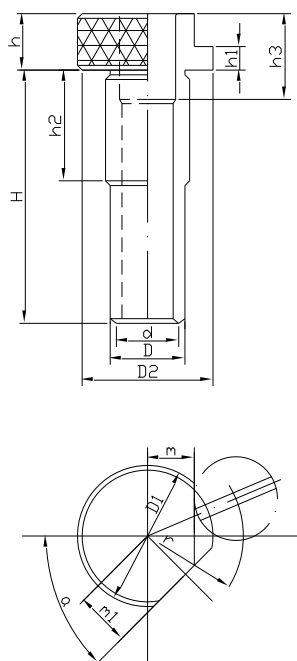


图 4-2 长型快换钻套图

工艺孔钻套结构参数如下表:

表 4-2 钻套结构参数

d	H	D		D_1	D_2	h	h_1	m	m_1	r	α
		公称尺寸	允差								
8	60	12	$+0.018$ $+0.007$	26	22	10	4	7	7	16	50°

衬套选用固定衬套其结构如图所示:

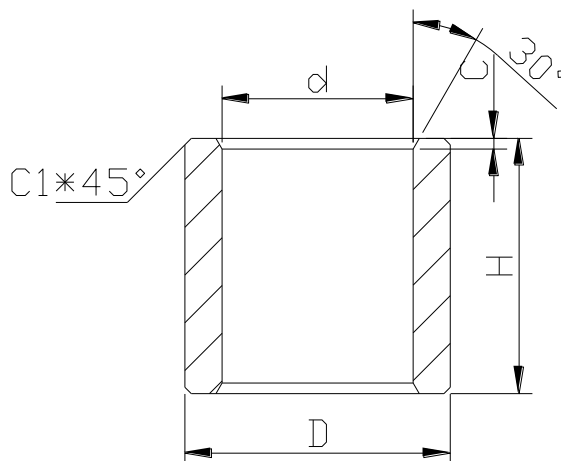


图 4-3 固定衬套图

其结构参数如下表:

表 4-3 固定衬套结构参数

d		H	D		C	C ₁
公称尺寸	允差		公称尺寸	允差		
12	+0.034 +0.016	20	18	+0.023 +0.012	0.5	2

整个夹具的结构见夹具装配图 2 所示。

4.1.5 夹具精度分析

当夹具在加工的时候, 机床、夹具、零件等会产生一个不泄露的循环体系。它们有着密不可分的关系, 然后会产生零件和刀具的最好的对位。因此在夹具设计中, 当结构方案确定后, 应对所设计的夹具进行精度分析和误差计算。

因为上端面为关键的定位基面, 同时工序基准和加工基准相叠加, 所以 Δd_w 能够不计算。这一道工序中最重要的是让两油孔的大小 $\phi 8mm$ 和半径 $\phi 4mm$ 得到确保, 同时选取钻套。

该油孔的要求: (1) 每一个孔的真实外形受到直径为 $\phi 8 - \phi 0.1 = \phi 7.9mm$ 的圆柱面的限制。(2) 各洞的外作用大小不能比最高真实大小 $\phi 8mm$ 小。(3) 当各洞的真实外形与它的最高真实形态有偏差, 便是它的直径误差最高真实大小 $\phi 8mm$ 时可将误差量补偿给位置度公差。

工艺孔的尺寸 $\phi 8^{+0.027}_{-0.008}mm$, 由选用的扩孔尺寸 $\phi 8^{+0.015}_{+0.008}mm$ 满足。

由本工序所选用的加工工步钻、扩满足。

影响油孔位置度的因素有：

- (1) 钻模板上两个装衬套孔的尺寸公差： $\Delta_1 = 0.005mm$
- (2) 两衬套的同轴度公差： $\Delta_2 = 0.005mm$
- (3) 衬套与钻套配合的最大间隙： $\Delta_3 = 12.034 - 12.007 = 0.027mm$
- (4) 钻套的同轴度公差： $\Delta_4 = 0.005mm$

所以能满足加工要求。

4.2 加工曲拐上侧面油孔夹具设计

此夹具一般是用来钻、扩油孔孔径为 $\phi 8mm$ ，曲拐侧面则要左侧下偏 30° 角，因为曲拐上端处的油孔较深，所以挑选钻头时要求挑选的谨慎的，同时还要把长度、强度和硬度等影响因素考虑到，在完成此道工序之前需要进行曲拐的粗磨和精磨。

4.2.1 定位基准的选择

因为油孔的位置在曲拐的左侧下，它的大小精密度和表面粗糙度的要求较小，所以曲拐侧面则要左侧下倾斜 30° 。首先要让钻扩的孔能够与倾斜面成 30° 得到确保，其次还要确保上侧面油孔可以在后面的孔加工中让各关键支撑孔的切削余量平衡。参照基准重合、基准统一准则。在挑选油孔的加工定位基准的时候，要尽可能的挑选上一道工序即粗、精磨顶面工序的定位基准。

4.2.2 切削力的计算与夹紧力分析

由《切削手册》[17]得：

$$\text{钻削力} \quad F = 26Df^{0.8}HB^{0.6}$$

$$\text{钻削力矩} \quad T = 10D^{1.9}f^{0.8}HB_{0.6}$$

$$\text{式中：} D = 8mm \quad HB = HB_{\max} - \frac{1}{3}(HB_{\max} - HB_{\min}) = 255 - \frac{1}{3}(255 - 187) = 232$$

$$f = 0.25mm \cdot r^{-1}$$

$$F = 26 \times 12 \times 0.15^{0.8} \times 232^{0.6} = 1802.5N$$

$$T = 10 \times 12^{1.9} \times 0.15^{0.8} \times 232^{0.6} = 6488.8N \cdot mm$$

当用两把刀具同时钻削时：

$$F' = 2F = 2 \times 1802.5 = 2605N$$

$$T' = 2T = 2 \times 6488.8 = 12977.6N \cdot mm$$

$$\text{夹紧力为: } F_1 = F' \cos 30^\circ = 2256N \quad F_2 = F' \sin 30^\circ = 1302.5。$$

4.2.3 夹紧元件及动力装置确定

因为压缩机曲轴的产量非常大，使用手动夹紧的夹具虽然构造简陋，但是在生产中的使用范围也较大。因此本道工序夹具的夹紧动力装置采用手动夹紧。

曲轴定位夹紧元件：一个支撑板、两个 V 型块。然后再使用直压板来对工件进行夹紧，夹紧工件的角度要倾斜。进行了这些工作后工件还是能够绕轴心线转动，因此还是需要使用一个支承板来控制它的转动。

V 形块设计如图

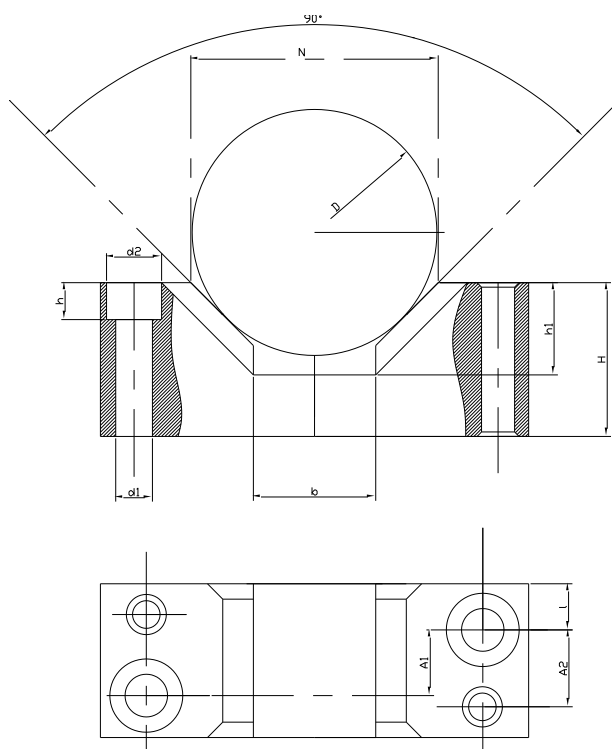


图 4-4 V 形块结构图

根据工件的直径 $D=90\text{mm}$ 可知 V 形块的结构尺寸如下：

表 4-4 V 形块的各项参数

H	D	d_1	d_2	h	h_1	l	A2	L	A1
	>80- 100								
50		12	18	12	30	15	25	140	20

4.2.4 钻套、衬套及夹具体设计

工艺孔的加工需要同时满足钻、扩两次切削。因此采用快换钻套（如下图）以降低装卸钻套的消耗的时间。参照工艺标准：要进行钻、扩两个工序才能完成工艺孔 8mm 的加工。首选选用麻花钻钻孔（直径为 $\phi 7\text{mm}$ ），按照 GB1141—84 的要求钻头上偏差为零，因此钻套孔径为 $\phi 7F8\text{mm}$ 。然后再选半径为 $\phi 4\text{mm}$ 的扩孔进行钻扩孔，按照 GB1141—84 的标准 $\phi 8\text{mm}$ 扩孔钻的大小是 $\phi 8^{+0.015}_{+0.008}\text{mm}$ 。

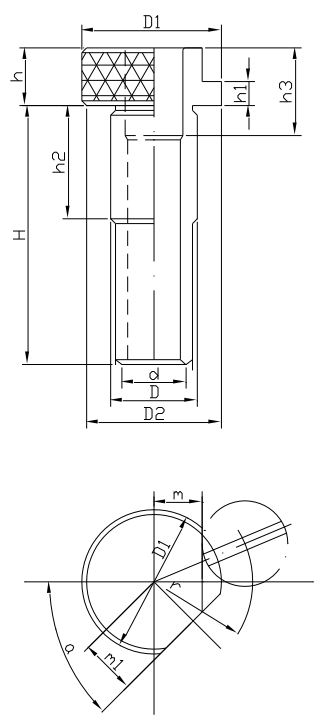


图 4-5 长型快换钻套图

工艺孔钻套结构参数如下表：

表 4-5 长型快换钻套结构参数

d	H	D		D_1	D_2	h	h_1	m	m_1	r	α
		公称尺寸	允差								
8	60	12	$+0.018$ $+0.007$	26	22	10	4	7	7	16	50°

衬套选用固定衬套其结构如图所示：

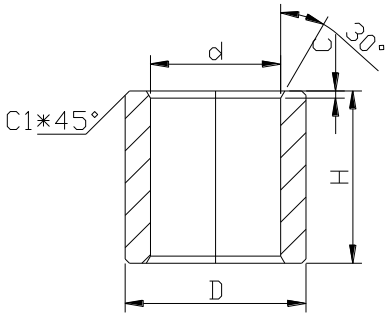


图 4-5 固定衬套图

整个夹具的结构见夹具装配图 2 所示。

其结构参数如下表：

表 4-5 固定衬套结构参数

d		H	D		C	C ₁
公称尺寸	允差		公称尺寸	允差		
12	+0.034 +0.016	20	18	+0.023 +0.012	0.5	2

4.2.5 夹具精度分析

这个油孔的位置度采用的是最大实体标准。即要求：（1）、每个孔的真实轮廓受最大实体实效边界的限制即受直径是 $\phi 8 - \phi 0.1 = \phi 7.9mm$ 的理想圆柱面的限制。（2）、当各孔的真实范围与最高的实体形态有误差，即其直径与最高实体大小 $\phi 8mm$ 有偏差时可将偏差量替换到位置度公差。（3）、当每个孔的真实轮廓位于最小实体形态即其真实直径为 $\phi 8.027mm$ 时，相对于最大实体尺寸 $\phi 8mm$ 的偏离量为 $\phi 0.027mm$ ，此时轴线的位置度误差可达到它的最高值 $\phi 0.1 + \phi 0.027 = \phi 0.127mm$ 。即孔的位置度公差最小值为 $\phi 0.1mm$ 。

工艺孔的尺寸 $\phi 8^{+0.027}_{-0.008}mm$ ，由选用的扩孔尺寸 $\phi 8^{+0.015}_{+0.008}mm$ 满足。

由本工序所选用的加工工步钻、扩满足。

影响两油孔位置度的因素有（如下图所示）：

- （1） 钻模板上两个装衬套孔的尺寸公差： $\Delta_1 = 0.005mm$
- （2） 两衬套的同轴度公差： $\Delta_2 = 0.005mm$
- （3） 钻套的同轴度公差： $\Delta_4 = 0.005mm$

所以能满足加工要求。

4.3 铣曲拐端面夹具设计

这套夹具一般使用在铣压缩机曲轴曲拐端面。由工序简图可知。铣曲拐端面的时候，左右端面有尺寸要求 $115^{0}_{-0.087}mm$ ，以及端面均有表面粗糙度要求 $Rz12.5$ 。

4.3.1 定位基准的选择

零件选用两端轴中点来当做定位的基准。夹具上的定位是：有定位元件是支承板和两个 V 型块。

4.3.2 定位元件的设计

因为本道是由两个 V 型块和支撑板来进行的定位，所以定位元件是两个 V 型块。因此进行定位元件的设计最重要的是对 V 型块进行设计。

由机床夹具设计手册查的可知：

根据工件的直径 $D=90\text{mm}$ 可知 V 形块的结构尺寸如下：

表 4-6 V 形块的结构尺寸

H	D	d_1	d_2	h	h_1	l	A2	L	A1
	>80-100								
50		12	18	12	30	15	25	140	20

V 形块设计如图：

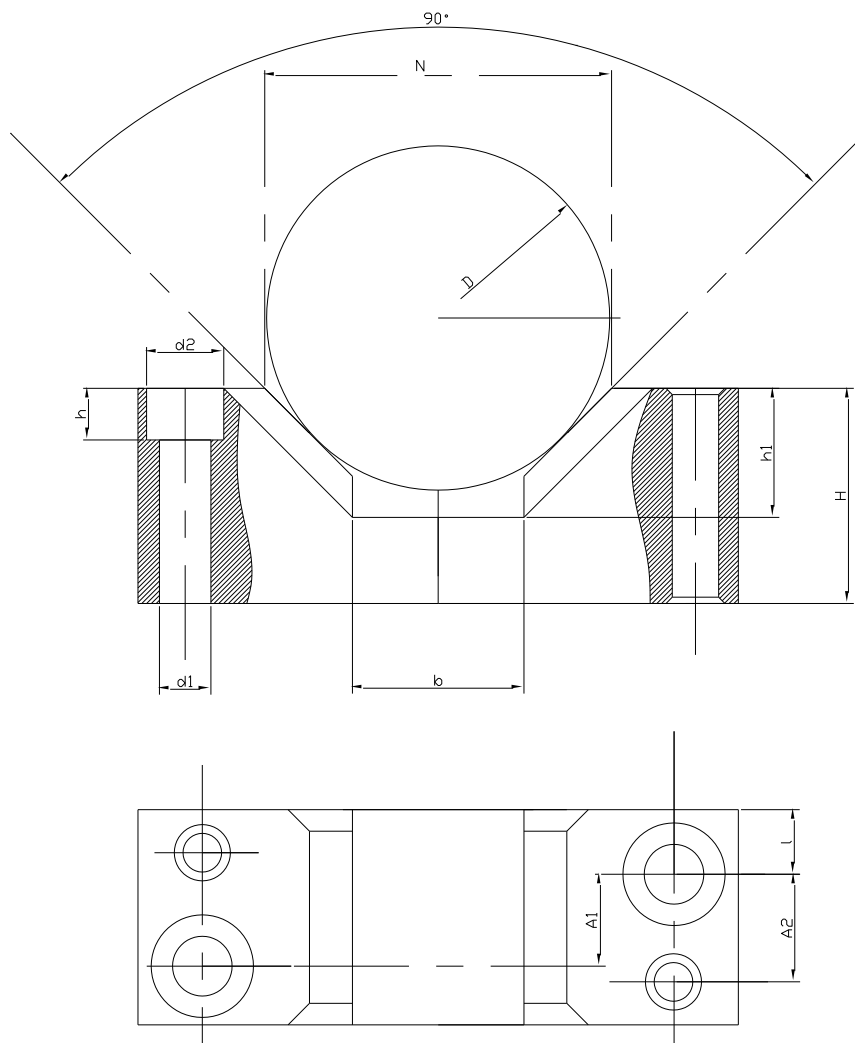


图 4-6 V 形块图

4.3.3 铣削力与夹紧力计算

参照《机械加工工艺手册》得：铣削力计算公式：

$$\text{圆周分力} \quad F_z = 9.81 \times 54.5 a_p^{0.9} a_f^{0.74} a_\epsilon^{1.0} Z d_0^{-1.0} k_{Fz}$$

$$\text{查表可得: } d_0 = 320\text{mm} \quad Z = 12 \quad a_\epsilon = 192\text{mm} \quad a_f = 0.15\text{mm/z}$$

$$a_p = 1.5\text{mm} \quad k_{Fz} = 1.06$$

$$\text{代入得} \quad F_z = 9.81 \times 54.5 \times 3^{0.9} \times 0.15^{0.74} \times 192 \times 12 \times 320^{-1.0} \times 1.06$$

$$= 2694.1\text{N}$$

$$\text{垂直分力、铣削水平分力、轴向分力与圆周分力的比值为: } F_L / F_E = 0.8 \quad F_V / F_E = 0.6$$

$$F_x / F_E = 0.53$$

$$\therefore F_L = 0.8 F_E = 0.8 \times 2694.1 = 2155.3\text{N}$$

$$F_v = 0.6F_E = 0.6 \times 2694.1 = 1616.5N$$

$$F_x = 0.53F_E = 0.53 \times 2694.1 = 1427.9N$$

在使用两把铣刀一起进行加工时铣削水平分力 $F'_L = 2F_L = 2 \times 2155.3 = 4310.6N$

铣削加工发生的水平分力应该由夹紧力发生的摩擦力均匀。

即： $F'_L = F \cdot \mu$ （ $\mu = 0.3$ 查表可得）

$$F = \frac{F'_L}{\mu} = \frac{4310.6}{0.3} = 14368.7N$$

实际所需夹紧力 F'

即： $F' = kF$ 取 $k=2$

$$F' = 2 \times 14368.7 = 28737.4N$$

4.3.4 对刀块和塞尺设计

结构和尺寸如下图：

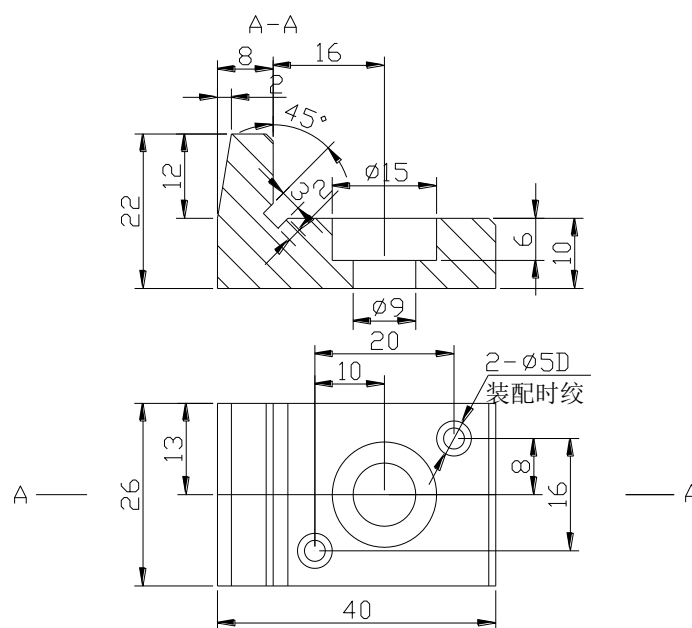


图 3-7 直角对刀块图

塞尺选用平塞尺，其结构如图所示：

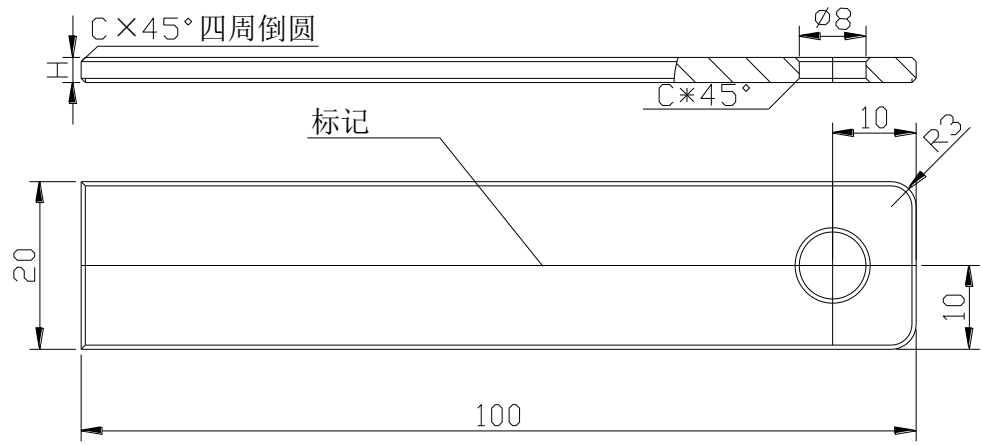


图 4-8 平塞尺图

塞尺尺寸为：]

表 4-8 塞尺尺寸

公称尺寸 H	允差 d	C
3	-0.006	0.25

整个夹具的结构夹具装配图所示。

结论

经过这次毕业设计，有所收获，同时也发现了自己诸多不足之处。收获之处：熟悉了 CAD 的操作，了解了机床夹具的设计过程，巩固了专业知识。不足之处：专业知识掌握不牢，缺乏实际经验，专业知识框架还不够完整。

在今后的工作中，我会更加努力，弥补自己的不足。

设计尚有许多不足的地方，恳请各位老师给予指导和帮助。

致 谢

首先，我要感谢刘建成老师对毕业设计的指导。在毕业设计中，刘老师花了大量的时间提出了很多的设计问题，也对我提出了很多意见，让我知道了在我的设计中存在的许多不足和需要改正的地方，刘老师在工作中严谨的态度，使我的这次设计完成的更为顺利，真心的感谢刘老师为我付出的这些，刘老师，谢谢您，您辛苦了！

在大学四年的时间里，我的成长和进步都离不开每一位教导我的老师，是他们的教育和培养让我得到了成长，从他们那获得的知识对我此次的论文有很大的帮助。对这些教导我的老师们，此时我能做的只有一句谢谢。

同时，我还要感谢身边关心我的朋友和亲人们，以及那些相处了四年的同学们。是他们，使我的大学生活充满了色彩，也是他们让我在这大学中收获了一份友谊，让我爱上了这个学校，爱上了这个集体。还有我辛苦的父母，他们无私的爱，他们为我辛勤的付出，才使我有机会来到这个大学，给我的学习生活创造了这么好的条件，对于父母的爱，我只能用一辈子来还给他们。我想对这些家人，朋友，同学们说：谢谢你们现在所给予我的一切，你们辛苦了，以前是你们一直在对我给予，现在，即将出校门的我是时候努力工作，来回报你们了，我会努力的。

最后，我还要对指导这篇论文的老师说一声谢谢，是您们抽出宝贵的时间来指导这篇论文。非常感谢！

参考文献

- [1] 杨叔子, 机械加工工艺师手册[M], 北京: 机械工业出版社, 2004。
- [2] 上海金属切削技术协会, 金属切削手册[M], 上海: 上海科学技术出版社, 2004。
- [3] 李洪, 机械加工工艺手册[M], 北京: 机械工业出版社, 1990。
- [4] 方昆凡, 公差与配合手册[M], 北京: 机械工业出版社, 1999。
- [5] 王光斗, 王春福, 机床夹具设计手册[M], 上海科学技术出版社, 2000。
- [6] 东北重型机械学院等, 机床夹具设计手册[M], 上海: 上海科学技术出版社, 1979。
- [7] 吴宗泽, 机械设计实用手册[M], 北京: 化学工业出版社, 2000。
- [8] 刘文剑, 曹天河, 赵维, 夹具工程师手册[M], 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1987。
- [9] 上海金属切削技术协会, 金属切削手册[M], 上海: 上海科学技术出版社, 1984。
- [10] 周永强, 高等学校毕业设计指导[M], 北京: 中国建材工业出版社, 2002。
- [11] 黄如林, 切削加工简明实用手册[M], 北京: 化学工业出版社, 2004。
- [12] 余光国, 马俊, 张兴发, 机床夹具设计[M], 重庆: 重庆大学出版社, 1995。
- [13] 东北重型机械学院, 洛阳农业机械学院, 长春汽车厂工人大学, 机床夹具设计手册[M], 上海: 上海科学技术出版社, 1980。
- [14] 李庆寿, 机械制造工艺装备设计适用手册[M], 银川: 宁夏人民出版社, 1991。
- [15] 廖念钊, 莫雨松, 李硕根, 互换性与技术测量[M], 中国计量出版社, 2000。
- [16] 乐兑谦, 金属切削刀具, 机械工业出版社, 2005。
- [19] Machine Tools N. chernor 1984。 [20] Machine Tool Metalworking John L. Feirer 1973。
- [21] Handbook of Machine Tools Manfred weck 1984 .