

1 引言

箱体组件是机器或者部件的基本组成构件,它把相关的零件联结一个整体,使这些零件保持正确的位置,彼此能正常工作.所以,箱体零件的制造精度将直接影响机器或部件的装配质量,进而影响机器的使用性能和寿命

由于机器的结构组成方法及特点和箱体零件在机器中的不同功能和使用,箱体零件具有各种各样的结构,它们共同的特点是:结构形态复杂,箱壁比较薄而且不均匀,内部结构呈现腔状型态结构;有相当多的精度要求非常高的平面结构和孔系结构,还有一部分的紧固的螺纹孔系结构.

箱体零件的毛坯通常采用灰铸铁.因为灰铸铁有较好的耐磨性,减震性以及良好的铸造性能和切削性能,价格也比较便宜.有时为了减轻重量,用有色金属合金铸造箱体毛坯(如航空发动机上的箱体等).单一件小件批量加工生产中,为了缩短生产加工的周期进度有时也会采用焊接方式的毛坯.

毛坯的铸造方法,取决于生产类型和毛坯尺寸.在单件小批生产中,多采用木模手工造型;在大批量的生产加工过程中使用金属模机器造型,这样毛坯的精度较高.箱体上大于30到50mm的孔,一般都造出顶孔,以减少加工余量.

2 零件的工艺分析

2.1 零件的工艺分析

①要加工孔的孔轴配合度为H7，表面粗糙度小于 $1.6\mu\text{m}$ ，圆度为 0.0175mm ，垂直度为 0.08mm ，同轴度为 0.02mm 。

②

两轴孔的位置及其精度如图所示，其它孔的表面粗糙度为小于 $12.5\mu\text{m}$ ，锥销孔其平面的粗糙度为Ra小于 $1.6\mu\text{m}$ 。

③盖体上平面和表面的粗糙度小于 $12.5\mu\text{m}$ ，端面平面粗糙度为小于 $3.2\mu\text{m}$ ，机盖机体的结合面的表面粗糙度为小于 $3.2\mu\text{m}$ ，结合处缝隙不得大于 0.05mm ，机体的端面平面粗糙度为小于 $12.5\mu\text{m}$ 。

2.2 确定毛坯的制造形式

由于灰铸铁成形成容易，一般箱体零件的材料大都采用铸铁，其牌号选用HT200，由于零件年生产量2万台，已可以成批量生产加工的水平，通常采用金属模机器的造型，这样精度较高，毛坯加工余量可降低。

2.3 箱体零件的结构工艺性

箱体的结构比较复杂，表面加工要求比较多，机械加工的工作量很大，结构工艺性有三方面要注意：

①生产加工箱体时的基本孔一般分为通孔和阶梯孔两类，其中加工工艺性最好的是通孔，阶梯孔相对较差。

②箱体内部端面加工时难度较大，结构上尽可能的让内端面的尺寸小于刀具需穿过之孔加工前的直径，当内端面的尺寸过大时，则采用专用径向进给装置。

③为了尽可能的减少加工中需要的换刀次数，箱体上所有的紧固孔的尺寸规格应该保持一致，本箱体的直径分别为11和13。

3 拟定箱体加工的工艺路线

3.1 定位基准的选择

粗基准和精基准是定位基准的两种方法，一般先确定精基准，然后确定粗基准。

3.1.1 精基准的选择

根据大量加工生产的减速器箱体，通常以顶面和两定位的销孔做为精基准，机盖以下平面还有两定位销孔为精基准，平面为330X20mm，两定位销孔一般以直径为6mm, 这种定位方式较为简单地限制了工件的六个自由度，定位非常稳定；在一次安装下，可以加工除定位面以外所有五个面上的孔或者平面，实现“基准统一”；而且，这种定位方式夹紧十分方便，工件夹紧所产生变形很小；这样很容易实现自动定位和自动夹紧，且不存在基准，不重合误差。

3.1.2 基准的选择

首先加工的平面是盖或底座的对和面，由于箱体轴承孔的毛坯孔分布在盖和底座上而这两个不同部分上非常不规则，因此在生产加工盖回底座的对和面时，是无法把轴承孔的毛坯面当成粗基准，而一般使用凸缘的不加工面为粗基准。所以盖和机座都把凸缘A面为粗基准。这样可以保证对合面加工后凸缘的厚薄较为均匀，这样可以减少箱体装合时对合面的变形。

3.2 加工路线的拟定

3.2.1 分离箱体工艺路线与整体箱体工艺路线的主要区别在于：

整个加工过程分为两个阶段，先对盖和低座分别进行加工，然后再对装配安装好的整体箱体进行加工。第一阶段主要完成平面，紧固孔和定位空的加工，为箱体的装合做准备；第二阶段为在装合好的箱体上加工轴承孔及其端面。在两个阶段之间安排钳工工序，把盖子与底座合并组成箱体，并用二锥销定位，这样可以保持一定位置关系，用来保证轴承孔的加工精度和撤装后的重复精度。

表一 减速机箱盖的工艺过程

工 序 号	工序名称	工 序 内 容	工艺装备
1	铸造		
2	清砂	清除浇注系统冒口型砂飞边，飞刺等	
3	热处理	人工的时效处理	

4	涂漆	非加工面涂防锈漆	
5	粗铣	以分割面为装夹基面，按线找正，夹紧工件，铣顶部平面，保证尺寸3mm	专用铣床
6	粗铣	以已加工上平面及侧面做定位基准，装夹工件，铣结合面，保证尺寸12mm，磨削余量0.05—0.06mm	专用铣床
7	磨	磨分割面至图样尺寸12mm	专用磨床
8	钻	以分割面及外形定位，钻4— $\Phi 11$ mm孔，4— $\Phi 13$ mm孔，钻攻4—M6mm孔	专用钻床
9	检验	检查各部尺寸及精度	

表二 减速机机座的工艺过程

工序号	工序名称	工 序 内 容	工艺装备
1	铸造		
2	清砂	清除浇注系统，冒口，型砂，飞边，飞刺等	
3	热处理	人工时效处理	
4	涂漆	非加工面涂防锈漆	
5	粗铣	以分割面定位装夹工件，铣底面，保证高度尺寸242.5mm	专用铣床
6	粗铣	以底面定位，按线找正，装夹工件，铣分割面留磨量0.5—0.8mm	专用铣床
7	磨	以底面定位，装夹工件，磨分割面，保	专用磨

		证尺寸240mm	床
8	钻	钻底面4— $\Phi 19\text{mm}$, 4— $\Phi 11\text{mm}$, 4— $\Phi 13\text{mm}$	专用钻床
9	钻	钻攻3—M16mm, 15mm, 4—M12mm, 深25mm	专用钻床
10	钻	钻攻2—M16mm, 深15mm, 3—M6mm, 深10mm	专用钻床
11	钳	箱体底部用煤油做渗漏试验	
12	检验		

表三 减速机箱体合箱后的工艺过程

工序号	工序名称	工 序 内 容	工艺装备
1	钳	将箱盖，箱体对准和箱，用10—M12螺栓，螺母紧固	
2	钻	钻，铰2— $\Phi 6\text{mm}$ 的锥销孔，装入锥销	专用钻床
3	钳	将箱盖，箱体做标记，编号	
4	粗铣	以底面定位装夹，兼顾三面的加工尺寸，铣前后端面，保证尺寸260mm	专用铣床
5	粗铣	以底面定位，按底面一边找正，装夹工件，兼顾其他的加工尺寸，铣左右端面，保证尺寸260mm	专用铣床
6	精铣	以底面定位，按底面一边找正，装夹工件，其他的加工尺寸，铣前后两端面，保证端面A的垂直度为0.048	专用铣床
7	精铣	以底面定位，按底面一边找正，装夹工件，其他的加工尺寸，铣左右两端面，保证端面A的垂直度为0.048	专用铣床
8	粗镗	以底面定位，加工过的端面找正，装夹工件，粗镗蜗杆面 $\Phi 110\text{mm}$ 轴承孔，留加工余量0.2—0.3mm，保证两轴中心线的垂直度公差为0.08，与端面B的位置度公差为0.2mm	专用镗床
9	粗镗	以底面定位，以加工过的端面找正，装	专用镗床

		夹工件，粗镗蜗轮面 $\Phi 110\text{mm}$ 轴承孔，留加工余量0.2—0.3mm，保证两轴中心线的垂直度公差为0.08，与端面B的位置度公差为0.2mm	床
10	检验	检查轴承孔尺寸及精度	
11	半精镗	以底面定位，以加工过的端面找正，装夹工件，半精镗蜗杆面 $\Phi 110\text{mm}$ 轴承孔，留加工余量0.1—0.2mm	专用镗床
12	半精镗	以底面定位，以加工过的端面找正，装夹工件，半精镗蜗轮面 $\Phi 110\text{mm}$ 轴承孔，留加工余量0.1—0.2mm	专用镗床
13	精镗	以底面定位，以加工过的端线找正，装夹工件，按分割面精确对刀（保证分割面与轴承孔的位置度公差为0.02mm），加工蜗杆面轴承孔	专用镗床
14	精镗	以底面定位，以加工过的端线找正，装夹工件，按分割面精确对刀（保证分割面与轴承孔的位置度公差为0.02mm），加工蜗轮面轴承孔	专用镗床
15	钻	用底面和两销孔定位，用钻模板钻，攻蜗杆轴承空端面螺孔	专用钻床
16	钻	用底面和两销孔定位，用钻模板钻，攻蜗轮轴承空端面螺孔	专用钻床
17	铰孔	用带有锥度为90度的铰钻铰轴承孔内边缘倒角4—45度	专用钻床
18	钳	撤箱，清理飞边，毛刺	
19	钳	合箱，装锥销，紧固	
20	检验	检查各部尺寸及精度	
21	入库	入库	

4 机械加工余量，工序尺寸及毛坯尺寸的确定

根据上述原始资料及加工工艺，分别确定各加工表面的机械加工余量，工序尺寸及毛坯的尺寸如下：

4.1 机盖

4.1.1 毛坯外廓的具体尺寸：

考虑其加工外廓尺寸为 $330 \times 230 \times 133$

mm，表面粗糙度 R_z 因为 $3.2\mu\text{m}$ ，根据机械加工工艺手册（以下简称为工艺手册），表2.3—5及表2.3—6，按公差等级7—9级，取7级，加工余量等级取F级确定，

毛坯长度为 $330+2 \times 3.5=337\text{mm}$

宽： $230+2 \times 3=236\text{mm}$

高： $133+2 \times 2.5=138\text{mm}$

4.1.2 主要平面加工的工序尺寸及加工余量：

为了使加工后工件的尺寸得到保证，在铣削工件表面时，工序5的铣削深度 $a_p=2.5\text{mm}$ ，工序6的铣削深度 $a_p=2.45\text{mm}$ ，留磨削余量 0.05mm ，工序8的磨削深度 $a_p=0.05\text{mm}$

4.1.3 加工的工序尺寸及加工余量：

(1) 钻4- $\Phi 11\text{mm}$ 孔

钻孔： $\Phi 10\text{mm}$ $2Z=10\text{ mm}$ $a_p=5\text{mm}$

扩孔： $\Phi 11\text{mm}$ $2Z=1\text{mm}$ $a_p=0.5\text{mm}$

(2) 钻4- $\Phi 13\text{mm}$ 孔

钻孔： $\Phi 13\text{mm}$ $2Z=13\text{ mm}$ $a_p=6.5\text{mm}$

(3) 攻钻4-M6mm 孔

钻孔： $\Phi 6\text{mm}$ $2Z=6\text{ mm}$ $a_p=3\text{mm}$

攻孔：M6mm

4.2 机体

4.2.1 毛坯外廓的尺寸：

考虑其加工外廓尺寸为 $330 \times 260 \times 240$

mm，表面粗糙度 R_z 要求最好为 $3.2\mu\text{m}$ ，根据机械加工工艺手册（以下简称工艺手册），表2.3—5及表2.3—6，按公差等级7—9级，取7级，加工余量等级取F级确定，

毛坯长 $330+2 \times 3.5=337\text{mm}$

宽： $260+2 \times 3=266\text{mm}$

高： $240+2 \times 3=246\text{mm}$

4.1.2 平面加工工序尺寸和加工余量：

为了加工后工件的尺寸得到保证，在铣削工件表面时，工序5的铣削深度 $a_p=2.5\text{mm}$ ，工序6的铣削深度 $a_p=2.45\text{mm}$ ，留磨削余量 0.05mm ，工序10的磨削深度 $a_p=0.05\text{mm}$

4.1.3 加工的工序尺寸及加工余量：

(1) 钻4- $\Phi 19\text{mm}$ 的孔

钻孔： $\Phi 16\text{mm}$ $2Z=16\text{ mm}$ $a_p=8\text{mm}$

扩孔： $\Phi 19\text{mm}$ $2Z=3\text{mm}$ $a_p=1.5\text{mm}$

(2) 钻4- $\Phi 11\text{mm}$ 孔

钻孔： $\Phi 10\text{mm}$ $2Z=10\text{ mm}$ $a_p=5\text{mm}$

扩孔： $\Phi 11\text{mm}$ $2Z=1\text{mm}$ $a_p=0.5\text{mm}$

(3) 钻4- $\Phi 13\text{mm}$ 的孔

钻孔： $\Phi 13\text{mm}$ $2Z=13\text{ mm}$ $a_p=6.5\text{mm}$

(4) 攻钻3-M16mm 2—M16mm孔

钻孔： $\Phi 16\text{mm}$ $2Z=16\text{ mm}$ $a_p=8\text{mm}$

攻孔：M16mm

(5) 攻钻8-M12mm的孔

钻孔： $\Phi 12\text{mm}$ $2Z=12\text{ mm}$ $a_p=6\text{mm}$

攻孔：M12mm

(5) 攻钻3-M6mm 的孔

钻孔： $\Phi 6\text{mm}$ $2Z=6\text{ mm}$ $a_p=3\text{mm}$

攻孔：M6mm

4.3 箱体

4.3.1 平面加工所需的工序尺寸和加工余量：

为了使加工后工件的尺寸能保证，在铣削工件表面时，工序4的铣削深度 $a_p=2.0\text{mm}$ 工序五铣削深度为 $a_p=0.5\text{mm}$

4.3.2 加工工序尺寸加工余量：

（1）钻绞2- $\Phi 6\text{mm}$ 孔

钻孔 $\Phi 4\text{mm}$, $2Z=4\text{ mm}$ $a_p=2\text{mm}$

绞孔： $\Phi 6\text{mm}$

（2）镗2- $\Phi 110\text{mm}$ 的轴承孔

粗镗 $\Phi 109.4\text{mm}$ $2Z=4.4\text{ mm}$ $a_p=2.2\text{mm}$

半精镗 $\Phi 109.8\text{mm}$ $2Z=0.4\text{mm}$ $a_p=0.2\text{mm}$

精镗： $\Phi 109.8\text{mm}$, $2Z=0.2\text{mm}$, $a_p=0.1\text{mm}$

（3）攻钻8-M12mm 孔

钻孔： $\Phi 12\text{mm}$, $2Z=12\text{ mm}$, $a_p=6\text{mm}$

攻孔： M12mm

5 切削用量和基本工时

5.1 箱盖

5.1.1 工序1 粗铣顶面

（1）加工条件：

工件材料：灰铸铁

加工要求：粗铣箱盖上顶面，保证顶面尺寸3 mm

机床：卧式铣床X63

刀具：高速钢镶齿三面刃铣刀 $d_w=225\text{mm}$ 齿数 $Z=20$

量具：卡板

（2）计算切削用量

已知毛坯被加工长度为125mm，最大加工余量为2.5mm，可一次铣削，切削深度 $a_p=2.5$ mm

确定进给量 f ：

根据工艺手册），根据表2.4—75确定 $f_z=0.2\text{mm}/Z$

切削速度：

参考手册确定 $V=0.45\text{m/s}$ ，即 $27\text{m}/\text{min}$

$$n_s = \frac{1000v}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 27}{3.14 \times 225} = 38(\text{r}/\text{min})$$

表2.4—86，取 $n_w=37.5\text{r}/\text{min}$ ，

实际的切削速度为：

$$V = \pi d_w n_w / 1000 = 26.5 (\text{m}/\text{min})$$

$n_w=37.5\text{r}/\text{min}$ ，工作台每60秒进给量为：

$$f_m = f_z z n_z = 0.2 \times 20 \times 37.5 = 150 (\text{mm}/\text{min})$$

切削时是粗铣，所以整个铣刀刀盘无需铣过整个工件，行程 $l+l_1+l_2=125+3+2=130\text{mm}$
故机动工时为：

$$t_m = 130 \div 150 = 0.866\text{min} = 52\text{s}$$

辅助时间为：

$$t_f = 7.8\text{s}$$

其他时间计算：

$$t_b + t_x = 6\% \times (52 + 7.8) = 3.58\text{s}$$

单件时间：

$$t_{dj} = 63.4\text{s}$$

5.1.2 工序2 粗粗铣结合面

(1) 加工条件：

工件材料：灰铸铁

加工：精铣箱结合面，使顶面尺寸为3 mm

机床：卧式铣床X63

刀具：高速钢镶齿三面刃铣刀， $d_w=225\text{mm}$ ，齿数20

量具：卡板

(2) 计算铣削用量

已知毛坯被加工长度为330

mm，最大加工余量为 $Z_{\max}=2.5\text{mm}$ ，留磨削量0.05mm，可一次铣削，切削深度 $a_p=2.45\text{mm}$

确定进给量 f ：

由机械加工工艺手册，（以下称为工艺手册），表2.4—75确定 $f_z=0.2\text{mm/Z}$

切削速度：

参考有关手册，确定 $V=0.45\text{m/s}$ ，即 27m/min

$$n_s = \frac{1000v}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 27}{3.14 \times 225} = 38(\text{r/min})$$

由表2.4—86 $n_w=37.5\text{r/min}$ ，

实际切削速度

$$V = \pi d_w n_w / 1000 = 26.5(\text{m/min})$$

$n_w=37.5\text{r/min}$ ，每分钟进给量应为：

$$f_m = f_z z n_z = 0.2 \times 20 \times 37.5 = 150(\text{mm/min})$$

由于是粗铣，使得整个铣刀刀盘不必铣过工件，行程 $l+l_1+l_2=330+3+2=335\text{mm}$

故机动工时为：

$$t_m = 335 \div 150 = 2.23\text{min} = 134\text{s}$$

辅助时间为：

$$t_f = 0.15t_m = 0.15 \times 134 = 20.1\text{s}$$

其他时间计算：

$$t_b + t_x = 6\% \times (134 + 20.1) = 9.2\text{s}$$

故工序2的单件时间：

$$t_{dj} = 163.3\text{s}$$

5.1.3 工序3 磨分割面

工件材料：灰铸铁

加工要求：以底面及侧面定位，装夹工件，磨分割面，加工余量为 0.05mm

机床 平面磨床M7130

刀具：砂轮

量具：卡板

(1) 选择砂轮

工艺手册表4.8—2到表4.8—8，所以

$$\text{WA46KV6P350} \times 40 \times 127$$

它的意思是砂轮磨料为白刚玉，其尺寸为 $350 \times 40 \times 127$ （ $D \times B \times d$ ）

(2) 切削用量

$$\text{砂轮转速 } N_{\text{砂}} = 1500\text{r/min}, V_{\text{砂}} = 27.5\text{m/s}$$

$$\text{轴向进给量 } f_a = 0.5B = 20\text{mm}$$

$$\text{工件速度 } V_w = 10\text{m/min}$$

$$\text{径向进给量 } f_r = 0.015\text{mm/}$$

(3) 切削工时

$$t_m = \frac{2 L b Z_b k}{1000 v f_a f} \quad \text{工艺手册}$$

式中 L —加工长度， $L=330\text{mm}$

b —加工宽度， 230mm

Z_b —单面加工余量， $Z_b = 0.05\text{mm}$

K—系数，1.10

V—工作台移动速度（m/min）

f_a ——工作台往返一次砂轮轴向进给量（mm）

f_r ——工作台往返一次砂轮径向进给量（mm）

$$t_m = \frac{2 \times 330 \times 230 \times 1.1 \times 0.05}{1000 \times 10 \times 20 \times 0.015} = 1.855 \text{ min} = 162 \text{ s}$$

辅助时间为：

$$t_f = 0.15 t_m = 0.15 \times 162 = 24.3 \text{ s}$$

其他时间计算：

$$t_b + t_x = 6\% \times (162 + 24.3) = 11.2 \text{ s}$$

故工序3的单件时间：

$$t_{dj} = 197.5 \text{ s}$$

5.1.4 工序4 钻孔

（1）钻4- $\Phi 11\text{mm}$ 孔

工件材料：灰铸铁

加工：钻4个直径为11mm的孔

机床：立式钻床Z535型

刀具：使用 $\Phi 10\text{mm}$ 的麻花钻头走刀，

扩孔钻 $\Phi 11\text{mm}$ 走刀

$\Phi 10\text{mm}$ 的麻花钻：

$$f = 0.25 \text{ mm/r}$$

$$v = 0.53 \text{ m/s} = 31.8 \text{ m/min}$$

$$n_s = 1000 v / \pi d_w = 405 \text{ (r/min)}$$

按机床 $n_w = 400 \text{ r/min}$,

所以实际切削速度

$$V = \frac{\pi d_w n_w}{1000} = 31.42 \text{ (m/min)}$$

$$t_1 = \frac{(l + l_1 + l_2)}{n_w f} = 0.18 \text{ min} = 10.8 \text{ s}$$

$\Phi 11\text{mm}$ 扩孔：

$$f = 0.57 \text{ mm/r}$$

$$v=0.44\text{m/s}=26.4\text{m/min}$$

$$n_s=1000v/\pi d_w=336(\text{r/min})$$

机床 $n_w=400\text{r/min}$,

所以实际切削速度

$$V=\frac{\pi d_w n_w}{1000}=31.42(\text{m/min})$$

$$t_2=\frac{(l+l_1+l_2)}{n_w f}=0.18\text{min}=10.8\text{s}$$

由于是4个相同的孔总时间为

$$T=4\times(t_1+t_2)=4\times(10.8+10.8)=86.4\text{s}$$

辅助时间为:

$$t_f=0.15t_m=0.15\times86.4=12.96\text{s}$$

其他时间计算:

$$t_b+t_x=6\%\times(86.4+12.96)=5.96\text{s}$$

故单件时间:

$$t_{dj}=105.3\text{s}$$

(2) 钻4- $\Phi 13\text{mm}$ 孔

工件材料: 灰铸铁

加工条件: 钻4个直径为13mm孔

机床: 立式钻床Z535型

刀具: 采用 $\Phi 13\text{mm}$ 的麻花钻头走刀一次,

$$f=0.25\text{mm/r}$$

$$v=0.44\text{m/s}=26.4\text{m/min}$$

$$n_s=1000v/\pi d_w=336(\text{r/min})$$

按机床选取 $n_w=400\text{r/min}$,

所以实际切削速度

$$V=\frac{\pi d_w n_w}{1000}=\frac{3.14\times225\times400}{1000}=31.42(\text{m/min})$$

$$t=\frac{(l+l_1+l_2)}{n_w f}=\frac{34}{100}=0.34\text{min}=20.4\text{s}$$

因为是4个相同的孔, 总时间为

$$T=4 \times t=4 \times 20.4=81.6 \text{ s}$$

辅助时间为：

$$t_f=0.15t_m=0.15 \times 81.6=12.2\text{s}$$

其他时间计算：

$$t_b+t_x=6\% \times (81.6+12.2)=5.6\text{s}$$

故单件时间：

$$t_{dj}=t_m+t_f+t_b+t_x=81.6+12.2+5.6=99.5\text{s}$$

(3) 钻4-M6mm 孔

工件材料：灰铸铁

加工要求：攻钻4个公制螺纹M6mm的孔

机床：立式钻床Z535型

刀具：Φ6mm麻花钻

M6丝锥

钻4-Φ6mm的孔

$$f=0.15\text{mm/r (工艺手册)}$$

$$v=0.61\text{m/s}=36.6\text{m/min}$$

$$n_s=1000v/\pi d_w=466(\text{r/min})$$

按机床选取 $n_w=400\text{r/min}$,

所以实际切削速度

$$V=\frac{\pi d_w n_w}{1000}=\frac{3.14 \times 225 \times 400}{1000}=31.42(\text{m/min})$$

$$t=\frac{4 \times (l+l_1+l_2)}{n_w f}=\frac{92}{100 \times 0.15}=1.5 \text{ min}=90\text{s}$$

辅助时间为：

$$t_f=0.15t_m=0.15 \times 90=13.5\text{s}$$

其他时间计算：

$$t_b+t_x=6\% \times (90+13.5)=6.2\text{s}$$

故单件时间：

$$t_{dj}=109.7\text{s}$$

攻4-M6mm 孔

$$v=0.1\text{m/s}=6\text{m/min}$$

$$n_s=238(\text{r/min})$$

由机床选取 $n_w=195\text{r/min}$,

则实际切削速度

$$V=4.9(\text{m/min})$$

故机动加工时间:

$$l=19\text{mm}, l_1=3\text{mm}, l_2=3\text{mm},$$

$$t=(l+l_1+l_2) \times 2/nf \times 4=1.02(\text{min})=61.2\text{s}$$

辅助时间为:

$$t_f=0.15t_m=0.15 \times 61.2=9.2\text{s}$$

其他时间计算:

$$t_b+t_x=6\% \times (61.2+9.2)=4.2\text{s}$$

故单件时间:

$$t_{dj}=t_m+t_f+t_b+t_x=61.2+9.2+4.2=74.6\text{s}$$

故工序4的总时间 $T=105.3+99.5+109.7+74.6=389.1\text{s}$

5.2 机座

5.2.1 工序5 粗铣箱体下平面

(1) 加工条件:

工件材料: 灰铸铁

加工要求: 粗铣箱体下平面, 保证顶面尺寸3 mm

机床: 卧式铣床X63

刀具: 高速钢镶齿三面刃铣刀 $d_w=225\text{mm}$, 齿数20

量具: 卡板

(2) 计算铣削用量

毛坯被加工长度为140 mm, 最大加工余量为2.5mm, 留磨削量0.05mm, 可一次铣削确定进给量 f :

由机械加工工艺手册以下简称工艺手册), 表2.4—75, 确定 $f_z=0.2\text{mm/Z}$

切削速度:

确定 $V=0.45\text{m/s}$, 转换为 27m/min

$$n_s = \frac{1000V}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 27}{3.14 \times 225} = 38(\text{r/min})$$

由表2.4—86, 得出 $n_w=37.5\text{r/min}$,

故实际切削速度为:

$$V = \frac{\pi d_w n_w}{1000} = 26.5(\text{m/min})$$

由 $n_w=37.5\text{r/min}$, 工作台每分钟进给量:

$$f_m=f_z z n_z=0.2 \times 20 \times 37.5=150(\text{mm/min})$$

由于为粗铣, 整个铣刀刀盘无需铣过整个工件, 行程 $l+l_1+l_2=140+3+2=145\text{mm}$
故机动工时为:

$$t_m=145 \div 150=0.966\text{min}=58\text{s}$$

辅助时间为:

$$t_f=0.15t_m=0.15 \times 58=8.7\text{s}$$

其他时间计算:

$$t_b+t_x=6\% \times (58+8.7)=4\text{s}$$

故单件时间:

$$t_{dj}=t_m+t_f+t_b+t_x=58+8.75+4=70.7\text{s}$$

5.2.2 工序6 粗铣箱体分割面

(1) 加工条件:

工件材料: 灰铸铁

加工要求: 精铣箱结合面, 使顶面尺寸 3 mm

机床: 卧式铣床X63

刀具: 高速钢镶齿三面刃铣刀所以 $d_w=225\text{mm}$, 齿数20

量具: 卡板

(2) 计算铣削用量

已知毛坯被加工长度为330

mm, 最大加工余量 2.5mm , 留磨削量为 0.05mm , 可一次铣削

确定进给量 f :

根据机械加工工艺手册, 表2.4—75, 确定 f_z 为 0.2mm/Z

切削速度:

确定 $V=0.45\text{m/s}$, 27m/min

$$\text{则 } n_s=1000v/\pi dw=(1000 \times 27) \div (3.14 \times 225)=38(\text{r/min})$$

根据表2.4—86, 得出 $n_w=37.5\text{r/min}$,

切削速度为:

$$n_s=\frac{\pi dw n_w}{1000}=26.5(\text{m/min})$$

$n_w=37.5\text{r/min}$, 每分钟进给量应为:

$$f_m=f_z z n_z=0.2 \times 20 \times 37.5=150(\text{mm/min})$$

由于是粗铣, 所以铣刀刀盘不必铣过整个工件, 行程 $l+l_1+l_2=330+3+2=335\text{mm}$

故机动工时为:

$$t_m=335 \div 150=2.23\text{min}=134\text{s}$$

辅助时间为:

$$t_f=0.15t_m=0.15 \times 134=20.1\text{s}$$

其他时间计算:

$$t_b+t_x=6\% \times (134+20.1)=9.2\text{s}$$

单件时间:

$$t_{dj}=t_m+t_f+t_b+t_x=134+20.1+9.2=163.3\text{s}$$

5.2.3 工序7 磨箱体分割面

工件材料: 灰铸铁

加工要求: 以底面及侧面定位, 装夹工件, 磨分割面, 加工余量为 0.05mm

机床: 平面磨床M7130

刀具: 砂轮

量具: 卡板

(1) 选择砂轮

见工艺手册表, 则结果为

$$\text{WA46KV6P350} \times 40 \times 127$$

其含义为: 砂轮磨料为白刚玉, 粒度为46

硬度为中软1, 陶瓷结合剂, 6号组织, 平型砂轮, 尺寸 $350 \times 40 \times 127$ ($D \times B \times d$)

(2) 切削用量的选择

$$\text{砂轮转速为 } N_{\text{砂}}=1500\text{r/min}, V_{\text{砂}}=27.5\text{m/s}$$

$$\text{轴向进给量 } f_a=0.5B=20\text{mm}$$

$$\text{工件速度 } V_w=10\text{m/min}$$

$$\text{径向进给量 } f_r=0.015\text{mm双行程}$$

(3) 切削工时

$$t_m=\frac{2LbZbk}{1000vfaf}$$

式中L加工长度，L=330 mm

b—加工宽度，230mm

Z_b —单面加工的余量， $Z_b=0.5\text{mm}$

K—系数，1.10

V工作台移动速度（m/min）

f_a —往返一次砂轮轴向进给量（mm）

f_r —往返一次砂轮径向进给量（mm）

$$t_m = \frac{2 \times 330 \times 230 \times 1.1 \times 0.05}{1000 \times 10 \times 20 \times 0.015} = 1.855 \text{ min} = 162 \text{ s}$$

辅助时间为：

$$t_f = 0.15 t_m = 0.15 \times 162 = 24.3 \text{ s}$$

其他时间计算：

$$t_b + t_x = 6\% \times (162 + 24.3) = 11.2 \text{ s}$$

故单件时间：

$$t_{dj} = t_m + t_f + t_b + t_x = 162 + 24.3 + 11.2 = 197.5 \text{ s}$$

5.2.4 工序8 钻孔

（1）钻4- $\Phi 19\text{mm}$ 孔

工件材料：灰铸铁

加工要求：钻4个直径为19mm孔

机床：立式钻床Z535型

刀具： $\Phi 16\text{mm}$ 麻花钻头走刀，

扩孔钻 $\Phi 19\text{mm}$ 走刀

$\Phi 16\text{mm}$ 的麻花钻：

$$f = 0.30 \text{ mm/r} \quad (\text{工艺手册} 2.4-38)$$

$$v = 0.52 \text{ m/s} = 31.2 \text{ m/min}$$

$$n_s = \frac{1000v}{\pi d_w} = 397 \text{ (r/min)}$$

选取 $n_w = 400 \text{ r/min}$,

所以实际切削速度

$$V = \frac{\pi d_w n_w}{1000} = \frac{31420}{1000} = 31.42 \text{ (m/min)}$$

$$t_1 = \frac{l + l_1 + l_2}{n_w f} = 0.24 \text{ min} = 14.5 \text{ s}$$

Φ19mm扩孔:

$$f = 0.57 \text{ mm/r}$$

$$\text{切削深度 } a_p = 1.5 \text{ mm}$$

$$v = 0.48 \text{ m/s} = 28.8 \text{ m/min}$$

$$n_s = 1000v / \pi d_w = 336 \text{ (r/min)}$$

选取 $n_w = 400 \text{ r/min}$, (按工艺手册3.1--36)

所以实际切削速度

$$V = \frac{\pi d_w n_w}{1000} = \frac{31420}{1000} = 31.42 \text{ (m/min)}$$

$$t_1 = \frac{l + l_1 + l_2}{n_w f} = 0.12 \text{ min} = 7.6 \text{ s}$$

因为加工4个相同的孔, 故总时间为

$$T = 4 \times (t_1 + t_2) = 4 \times (14.5 + 7.6) = 88.4 \text{ s}$$

辅助时间为:

$$t_f = 0.15 t_m = 0.15 \times 88.4 = 13.3 \text{ s}$$

其他时间计算:

$$t_b + t_x = 6\% \times (88.4 + 13.2) = 6.1 \text{ s}$$

故单件时间:

$$t_{dj} = t_m + t_f + t_b + t_x = 88.4 + 13.3 + 6.1 = 207.8 \text{ s}$$

(2) 钻4-Φ11mm 孔

工件材料: 灰铸铁

加工要求: 钻4个直径11mm孔

机床: 立式钻床Z535型

刀具: Φ10mm的麻花钻头走刀,

扩孔钻Φ11mm走刀

Φ10mm的麻花钻:

$$f = 0.25 \text{ mm/r} \text{ (工艺手册2.4--38)}$$

$$v = 0.53 \text{ m/s} = 31.8 \text{ m/min}$$

$$n_s = 1000v / \pi d_w = 405 \text{ (r/min)}$$

选取 $n_w=400\text{r/min}$,

切削速度

$$V = \frac{\pi d_w n_w}{1000} = \frac{31420}{1000} = 31.42(m/min)$$

$$t_1 = \frac{l + l_1 + l_2}{n_w f} = 0.18\text{min} = 10.8s$$

$\Phi 11\text{mm}$ 扩孔:

$$f = 0.57\text{mm/r}$$

$$v = 0.44\text{m/s} = 26.4\text{m/min}$$

$$n_s = 1000v / \pi d_w = 336(\text{r/min})$$

机床选取 $n_w=400\text{r/min}$,

所以实际切削速度

$$V = \frac{\pi d_w n_w}{1000} = \frac{31420}{1000} = 31.42(m/min)$$

$$t_2 = \frac{l + l_1 + l_2}{n_w f} = 0.18\text{min} = 10.8s$$

加工4个相同的孔, 总时间为

$$T = 4 \times (t_1 + t_2) = 4 \times (10.8 + 10.8) = 86.4s$$

辅助时间为:

$$t_f = 0.15t_m = 0.15 \times 86.4 = 12.96s$$

其他时间计算:

$$t_b + t_x = 6\% \times (86.4 + 12.96) = 5.96s$$

故单件时间:

$$t_{dj} = t_m + t_f + t_b + t_x = 86.4 + 12.96 + 5.96 = 105.3s$$

(3) 钻4- $\Phi 13\text{mm}$ 孔

工件材料: 灰铸铁

加工要求: 钻4个直径13mm孔

机床: 立式钻床Z535型

刀具: $\Phi 13\text{mm}$ 的麻花钻头走刀,

$$f = 0.25\text{mm/r} \text{ 工艺手册 } 2.4-38, 3.1-3$$

$$v = 0.44\text{m/s} = 26.4\text{m/min} \text{ 工艺手册 } 2.4-41$$

$$n_s = 1000v / \pi d_w = 336(\text{r/min})$$

按机床选取 $n_w=400\text{r/min}$ ，按工艺手册3.1--3

所以实际切削速度

$$V = \frac{\pi d_w n_w}{1000} = \frac{31420}{1000} = 31.42(m/min)$$

$$t_2 = \frac{1+11+12}{n_w f} = \frac{34}{100} = 0.34 \text{ min} = 20.4s$$

加工4个相同的孔，总时间为

$$T=4 \times t=4 \times 20.4=81.6 \text{ s}$$

辅助时间为：

$$t_f=0.15t_m=0.15 \times 81.6=12.2s$$

其他时间计算：

$$t_b+t_x=6\% \times (81.6+12.2)=5.6s$$

故单件时间：

$$t_{dj}=t_m+t_f+t_b+t_x=81.6+12.2+5.6=99.5s$$

单件时间：

$$T=207.8+99.5+105.3=413.6s$$

5.2.5 工序9 钻孔

工件材料：灰铸铁

加工要求：攻3个螺纹M16mm，深15mm和钻4个螺纹M12mm，深25mm 孔

（1）攻钻3×M16mm，深15mm 孔

机床：组合钻床

刀具：Φ16mm麻花钻

M16丝锥

钻3-Φ16mm的孔

$$f=0.32\text{mm/r工艺手册2.4—38, 3.1--36}$$

$$v=0.57\text{m/s}=34.2\text{m/min}$$

$$n_s=1000v/\pi d_w=435(\text{r/min})$$

机床选取 $n_w=400\text{r/min}$ ，工艺手册3.1--3

所以实际切削速度

$$V = \frac{\pi d_w n_w}{1000} = \frac{31420}{1000} = 31.42(m/min)$$

$$t_2 = \frac{3 \times (l + l_1 + l_2)}{n_w f} = \frac{57}{100 \times 0.32} = 26.7s$$

辅助时间为：

$$t_f = 0.15 t_m = 0.15 \times 26.7 = 4s$$

其他时间计算：

$$t_b + t_x = 6\% \times (26.7 + 4) = 1.8s$$

故单件时间：

$$t_{dj} = t_m + t_f + t_b + t_x = 26.7 + 4 + 1.8 = 32.5s$$

攻3-M16mm 孔

$$v = 0.1m/s = 6m/min$$

$$n_s = 238(r/min)$$

选取 $n_w = 195r/min$,

则实际切削速度

$$V = 4.9(m/min)$$

故机动加工时间：

$$l = 15mm, \quad l_1 = 3mm, \quad l_2 = 3mm,$$

$$t_2 = \frac{l + l_1 + l_2}{n_w f} = 0.646min = 38.7s$$

辅助时间为：

$$t_f = 0.15 t_m = 0.15 \times 38.7 = 5.8$$

其他时间计算：

$$t_b + t_x = 6\% \times (38.7 + 5.8) = 2.7s$$

故单件时间：

$$t_{dj} = t_m + t_f + t_b + t_x = 38.7 + 5.8 + 2.7 = 47.2s$$

(2) 攻钻4-M12mm，深25mm 孔

机床：立式钻床Z535型

刀具：Φ12mm麻花钻

M12丝锥

钻4-Φ12mm的孔

$$f = 0.25mm/r \text{ 工艺手册2.4—38, 3.1—36}$$

$$v = 0.51m/s = 30.6m/min \text{ 工艺手册2.4--41}$$

$$n_s = 1000v / \pi d_w = 402 \text{ (r/min)}$$

按机床选取 $n_w = 400 \text{ r/min}$, 工艺手册3.1--36

所以实际切削速度

$$V = \frac{\pi d_w n_w}{1000} = \frac{31420}{1000} = 31.42 \text{ (m/min)}$$
$$t = \frac{4 \times (l_1 + l_2)}{n_w f} = \frac{120}{100 \times 0.25} = 1.2 \text{ min} = 72 \text{ s}$$

辅助时间为:

$$t_f = 0.15 t_m = 0.15 \times 72 = 10.8 \text{ s}$$

其他时间计算:

$$t_b + t_x = 6\% \times (72 + 10.8) = 5 \text{ s}$$

故单件时间:

$$t_{dj} = t_m + t_f + t_b + t_x = 72 + 10.8 + 5 = 87.8 \text{ s}$$

攻4-M12mm 孔

$$v = 0.1 \text{ m/s} = 6 \text{ m/min}$$

$$n_s = 238 \text{ (r/min)}$$

按机床选取 $n_w = 195 \text{ r/min}$,

则实际切削速度

$$V = 4.9 \text{ (m/min)}$$

故机动加工时间:

$$l = 25 \text{ mm}, \quad l_1 = 3 \text{ mm}, \quad l_2 = 3 \text{ mm},$$

$$t = 4 \times \frac{2 \times (l_1 + l_2)}{n_w f} = 1.27 \text{ min} = 76.3 \text{ s}$$

辅助时间为:

$$t_f = 0.15 t_m = 0.15 \times 76.3 = 11.5 \text{ s}$$

其他时间计算:

$$t_b + t_x = 6\% \times (76.3 + 11.5) = 5.3 \text{ s}$$

故单件时间:

$$t_{dj} = t_m + t_f + t_b + t_x = 76.3 + 11.5 + 5.3 = 93 \text{ s}$$

总时间 $T = 32.5 + 47.2 + 87.8 + 93 = 244.8 \text{ s}$

5.2.6 工序10 钻孔

工件材料：灰铸铁

加工要求：攻钻2个螺纹M16mm，深15mm和攻钻3个螺纹M6mm，深10mm 孔

(1) 攻钻2×M16mm，深15mm 孔

机床：组合钻床

刀具：Φ16mm麻花钻

M16丝锥

钻2-Φ16mm的孔：

$$f=0.32\text{mm/r 工艺手册2.4—38, 3.1—36}$$

$$v=0.57\text{m/s}=34.2\text{m/min}$$

$$n_s=1000v/\pi d_w=435(\text{r/min})$$

由机床选取 $n_w=400\text{r/min}$,

所以实际切削速度

$$V=\pi d_w n_w/1000=31.42(\text{m/min})$$

$$t=(l+l_1+l_2)\times 2/n_w f=38/(100\times 0.32)=0.3\text{min}=18\text{s}$$

辅助时间为：

$$t_f=0.15t_m=0.15\times 18=2.7\text{s}$$

其他时间计算：

$$t_b+t_x=6\%\times (18+2.7)=1.2\text{s}$$

故单件时间：

$$t_{dj}=t_m+t_f+t_b+t_x=18+2.7+1.2=21.9$$

攻2-M16mm 孔

$$v=0.1\text{m/s}=6\text{m/min}$$

$$n_s=238(\text{r/min})$$

选取 $n_w=195\text{r/min}$,

则实际切削速度

$$V=4.9(\text{m/min})$$

故机动加工时间：

$$l=15\text{mm}, l_1=3\text{mm}, l_2=3\text{mm},$$

$$t=(l+l_1+l_2)\times 2/nf\times 2=0.43(\text{min})=25.8\text{s}$$

辅助时间为：

$$t_f=0.15t_m=0.15 \times 25.8=3.9s$$

其他时间计算：

$$t_b+t_x=6\% \times (25.8+3.9)=1.8s$$

故单件时间：

$$t_{dj}=t_m+t_f+t_b+t_x=25.8+3.9+1.8=31.5s$$

(2) 攻钻 $3 \times M6mm$ ，深 $10mm$ 孔

机床：立式钻床Z535型

刀具： $\Phi 6mm$ 麻花钻

M6丝锥

钻 $3-\Phi 6mm$ 的孔

$$f=0.15mm/r \text{ 工艺手册 } 2.4-38, 3.1-3$$

$$v=0.61m/s=36.6m/min \quad ($$

$$n_s=1000v/\pi d_w=466(r/min)$$

选取 $n_w=400r/min$ ，（按工艺手册3.1—36）

所以实际切削速度

$$V = \frac{\pi d_w n_w}{1000} = \frac{31420}{1000} = 31.42(m/min)$$

$$t = \frac{3 \times (l + l_1 + l_2)}{n_w f} = \frac{42}{100 \times 0.15} = 0.7 \text{ min} = 42s$$

辅助时间为：

$$t_f=0.15t_m=0.15 \times 42=6.3s$$

其他时间计算：

$$t_b+t_x=6\% \times (42+6.3)=2.9s$$

故单件时间：

$$t_{dj}=t_m+t_f+t_b+t_x=42+6.3+2.9=51.2s$$

攻 $3-M6mm$ 孔

$$v=0.1m/s=6m/min$$

$$n_s=238(r/min)$$

选取 $n_w=195r/min$,

则实际切削速度

$$V=4.9(m/min)$$

故机动加工时间：

$$l=10\text{mm}, l_1=3\text{mm}, l_2=3\text{mm},$$

$$t=3\times\frac{2\times(l+l_1+l_2)}{nw f}=0.49\text{min}=29.5\text{s}$$

辅助时间为：

$$t_f=0.15t_m=0.15\times25.8=4.4\text{s}$$

其他时间计算：

$$t_b+t_x=6\%\times(29.5+4.4)=2\text{s}$$

故单件时间：

$$t_{dj}=t_m+t_f+t_b+t_x=29.5+4.4+2=35.9\text{s}$$

$$\text{故总时间 } T=21.9+31.5+51.2+35.9=140.5\text{s}$$

5.3 机体

5.3.1 工序11钻，铰2个直径6mm深28mm孔

（1）钻孔工步

工件材料：灰铸铁

加工要求：钻2个直径为4mm深28mm的孔

机床：立式钻床Z535型

刀具：Φ4mm的麻花钻头走刀，

$$f=0.11\text{mm/r 工艺手册 } 2.4\sim 3.8$$

$$v=0.76\text{m/s}=45.6\text{m/min (}$$

$$n_s=1000v/\pi d=580(\text{r/min})$$

由机床选取 $n_w=530\text{r/min}$ ，)

所以实际切削速度

$$V=\pi d n_w/1000=41.6(\text{m/min})$$

$$t=\frac{l+l_1+l_2}{nw f}=0.55\text{min}=32.9\text{s}$$

（2）粗铰工步

工件材料：灰铸铁

加工要求：铰2个直径6mm深28mm孔

机床：立式钻床Z535型

刀具：Φ4—Φ6mm的绞刀走刀，

$$f=0.4\text{mm/r}$$

$$v=0.36\text{m/s}=21.6\text{m/min}$$

$$n_s=1000v/\pi d_w=275(\text{r/min})$$

由机床选取 $n_w=275\text{r/min}$,

所以实际切削速度

$$V=\frac{\pi d_w n_w}{1000} 21.6(\text{m/min})$$

$$t=\frac{l+l_1+l_2}{n_w f}=0.29\text{min}=17.5\text{s}$$

$$\text{故 } t_m=2(t_1+t_2)=100.8\text{s}$$

$$t_f=0.15t_m=0.15\times 100.8=15.1\text{s}$$

$$t_b+t_x=6\%\times (100.8+15.1)=7\text{s}$$

总时间:

$$t_{dj}=t_m+t_f+t_b+t_x=100.8+15.1+7=122.9\text{s}$$

5.3.2 工序12 半精铣前后端面

(1) 加工条件

工件材料: 灰铸铁

加工要求: 半精铣箱体前后2个端面

机床: 卧式铣床X63

刀具: 高速钢镶齿三面刃铣刀, $d_w=225\text{mm}$, 齿数20

量具: 卡板

(2) 计算铣削用量

由于毛坯被加工长度165

mm, 加工余量2.5mm, 留加工余量0.5mm, 可一次铣削, 切削深度 $a_p=2.0\text{mm}$

确定进给量 f :

根据工艺手册, 表2.4—75, 确定 $f_z=0.2\text{mm/Z}$

切削速度:

参考有关手册, 确定 $V=0.45\text{m/s}$, 即 27m/min

$$n_s=\frac{1000v}{\pi d_w}=\frac{1000\times 27}{3.14\times 225}=38(\text{r/min})$$

根据表2.4—86, 取 $n_w=37.5\text{r/min}$,

故实际切削速度为：

$$V = \frac{\pi d n_w}{1000} = 26.5(m/min)$$

当 $n_w=37.5r/min$, 每分钟进给量应为：

$$f_m = f_z n_z = 0.2 \times 20 \times 37.5 = 150(mm/min)$$

由于是半精铣，整个铣刀刀盘无需铣过整个工件，行程 $l+l_1+l_2=165+3+2=170mm$

故机动工时为：

$$t_m = \frac{l+l_1+l_2}{n_w f} = \frac{170}{150} = 1.13 min = 68s$$

辅助时间为：

$$t_f = 0.15 t_m = 0.15 \times 68 = 10.2s$$

其他时间计算：

$$t_b + t_x = 6\% \times (68 + 10.2) = 4.1s$$

故的时间：

$$t_{dj} = t_m + t_f + t_b + t_x = 68 + 10.2 + 4.1 = 82.3s$$

由于要求铣2个端面，则工序12的总时间为：

$$T = 2 \times t_{dj} = 2 \times 82.3 = 164.6s$$

5.3.2 工序13 半精铣左右端面

（1）加工条件

工件材料：灰铸铁

加工要求：半精铣箱体左右的2个端面

机床：卧式铣床X63

刀具：高速钢镶齿三面刃铣刀 $d_w=225mm$, 齿数20

量具：卡板

（2）计算铣削用量

由于毛坯被加工长度165

mm，最大加工余量为2.5mm，留加工余量0.5mm，一次铣削，切削深度2.0mm

确定进给量 f ：

根据工艺手册，确定 $f_z=0.2mm/Z$

切削速度：

参考有关手册，确定 $V=0.45m/s$, 即 $27m/min$

$$n_s = \frac{1000v}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 27}{3.14 \times 225} = 38(\text{r/min})$$

根据表2.4—86, 取 $n_w=37.5\text{r/min}$,

故实际切削速度为:

$$V = \frac{\pi d_w n_w}{1000} = 26.5(\text{m/min})$$

当 $n_w=37.5\text{r/min}$, 工作台的每分钟进给量应为:

$$f_m = f_z z n_z = 0.2 \times 20 \times 37.5 = 150(\text{mm/min})$$

切削时由于是半精铣, 故整个铣刀刀盘不必铣过整个工件, 则行程为 $l+l_1+l_2=165+3+2=170\text{mm}$

故机动工时为:

$$t_m = \frac{l+l_1+l_2}{n_w f} = \frac{170}{150} = 1.13\text{min} = 68\text{s}$$

辅助时间为:

$$t_f = 0.15 t_m = 0.15 \times 68 = 10.2\text{s}$$

其他时间计算:

$$t_b + t_x = 6\% \times (68 + 10.2) = 4.1\text{s}$$

故铣一端面的时间:

$$t_{dj} = t_m + t_f + t_b + t_x = 68 + 10.2 + 4.1 = 82.3\text{s}$$

由于要求铣2个端面, 则工序13的总时间为:

$$T = 2 \times t_{dj} = 2 \times 82.3 = 164.6\text{s}$$

5.3.3 工序14 精前后铣端面

(1) 加工条件

工件材料: 灰铸铁

加工要求: 精铣箱体的前后2个端面

机床: 卧式铣床X63

刀具: 高速钢镶齿三面刃铣刀, $d_w=225\text{mm}$, 齿数20

量具: 卡板

(2) 计算铣削用量

毛坯被加工长度165 mm, 加工余量0.5mm, 留磨削量0.05mm, 一次铣削, 切削深度0.45mm

确定进给量 f :

根据工艺手册, 表2.4—75, 确定 $f_z=0.15\text{mm/Z}$

切削速度:

参考有关手册, 确定 $V=0.45\text{m/s}$, 即 27m/min

$$n_s = \frac{1000v}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 27}{3.14 \times 225} = 38(\text{r/min})$$

根据表2.4—86, 取 $n_w=37.5\text{r/min}$,

故实际切削速度为:

$$V = \frac{\pi d_w n_w}{1000} 26.5(\text{m/min})$$

当 $n_w=37.5\text{r/min}$, 工作台的每分钟进给量应为:

$$f_m = f_z z n_z = 0.15 \times 20 \times 37.5 = 112.5(\text{mm/min})$$

由于是半精铣, 整个铣刀刀盘无需铣过整个工件, 行程 $l+l_1+l_2=165+3+2=170\text{mm}$

故机动工时为:

$$t_m = 170 \div 112.5 = 1.5\text{min} = 90\text{s}$$

辅助时间为:

$$t_f = 0.15 t_m = 0.15 \times 90 = 13.5\text{s}$$

其他时间计算:

$$t_b + t_x = 6\% \times (90 + 13.5) = 6.2\text{s}$$

铣一端面时间为:

$$t_{dj} = t_m + t_f + t_b + t_x = 90 + 13.5 + 6.2 = 109.7\text{s}$$

由于要求铣2个端面, 则工序14的总时间为:

$$T = 2 \times t_{dj} = 2 \times 109.7 = 219.4\text{s}$$

5.3.4 工序15 精前后铣端面

(1) 加工条件

工件材料: 灰铸铁

加工要求: 精铣箱体左右2个端面

机床: 卧式铣床X63

刀具: 高速钢镶齿三面刃铣刀, $d_w=225\text{mm}$, 齿数20

量具: 卡板

(2) 计算铣削用量

毛坯被加工长度为165 mm，最大加工余量0.5mm，留磨削量0.05mm，一次铣削切削深度0.45mm

确定进给量 f ：

根据工艺手册确定 $f_z=0.15\text{mm}/Z$

切削速度：

有关手册， $V=0.45\text{m}/s$ ，即 $27\text{m}/\text{min}$

$$n_s = \frac{1000v}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 27}{3.14 \times 225} = 38(\text{r}/\text{min})$$

根据表2.4—86，取 $n_w=37.5\text{r}/\text{min}$ ，

故实际切削速度为：

$$V = \frac{\pi d_w n_w}{1000} 26.5(\text{m}/\text{min})$$

当 $n_w=37.5\text{r}/\text{min}$ ，工作台的每分钟进给量应为：

$$f_m = f_z z n_z = 0.15 \times 20 \times 37.5 = 112.5(\text{mm}/\text{min})$$

由于半精铣，整个铣刀刀盘无需铣过整个工件，行程为 $l+l_1+l_2=165+3+2=170\text{mm}$

故机动工时为：

$$t_m = 170 \div 112.5 = 1.5\text{min} = 90\text{s}$$

辅助时间为：

$$t_f = 0.15 t_m = 0.15 \times 90 = 13.5\text{s}$$

其他时间计算：

$$t_b + t_x = 6\% \times (90 + 13.5) = 6.2\text{s}$$

铣一端面时间为：

$$t_{dj} = t_m + t_f + t_b + t_x = 90 + 13.5 + 6.2 = 109.7\text{s}$$

由于要求铣2个端面，则工序15的总时间为：

$$T = 2 \times t_{dj} = 2 \times 109.7 = 219.4\text{s}$$

5.3.5 工序16 粗镗

(1) 加工条件

工件材料：灰铸铁

加工要求：粗镗蜗杆面 $\Phi 110\text{mm}$ 轴承孔，加工余量为0.3mm，加工2.2mm

机床：T68镗床

刀具：YT30镗刀

量具：塞规

(2) 计算镗削用量

粗镗孔为 $\Phi 109.4\text{mm}$ ，单边余量 0.3mm ，切削深度 2.2mm ，走刀长度分别为 230mm ， $l_2=275\text{mm}$

确定进给量 f ：

确定 $f_z=0.37\text{mm/Z}$

切削速度：

参考手册， $V=300\text{m/min}$

$$n_s = \frac{1000v}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 300}{3.14 \times 100} = 868(\text{r/min})$$

表3.1—41, 得出 $n_w=800\text{r/min}$,

故加工蜗杆轴承孔：

机动工时为：

$$t = \frac{l_1 + l_2}{n_w f} = \frac{230 + 3 + 4}{800 \times 0.37} = 0.8\text{min} = 48\text{s}$$

辅助时间为：

$$t_f = 0.15 t_m = 0.15 \times 48 = 7.2\text{s}$$

其他时间计算：

$$t_b + t_x = 6\% \times (48 + 7.2) = 3.3\text{s}$$

则工序16的总时间为：

$$t_{djl} = t_m + t_f + t_b + t_x = 48 + 7.2 + 3.3 = 58.5\text{s}$$

5.3.6 工序17 粗镗

(1) 加工条件

工件材料：灰铸铁

加工要求：粗镗蜗轮面 $\Phi 110\text{mm}$ 轴承孔，加工余量 0.3mm ，加工 2.2mm

机床：T68镗床

刀具：YT30镗刀

量具：塞规

(2) 计算镗削用量

粗镗孔 $\Phi 109.4\text{mm}$ ，单边余量 0.3mm ，切削深度 2.2mm ，走刀长度分别 230mm ， $l_2=275\text{mm}$
确定进给量 f ：

根据手册, 确定 $f_z=0.37\text{mm/Z}$

切削速度:

参考手册, 确定 $V=300\text{m/min}$

$$n_s = \frac{1000v}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 300}{3.14 \times 100} = 868(\text{r/min})$$

由表3.1—41, 取 $n_w=800\text{r/min}$,

故加工蜗轮轴承孔:

机动工时为:

$$t = \frac{l+l_1+l_2}{n_w f} = \frac{275+3+4}{800 \times 0.37} = 0.95 \text{ min} = 57.2 \text{ s}$$

辅助时间为:

$$t_f = 0.15 t_m = 0.15 \times 57.2 = 8.6 \text{ s}$$

其他时间计算:

$$t_b + t_x = 6\% \times (57.2 + 8.6) = 3.9 \text{ s}$$

则工序17的总时间为:

$$t_{dj2} = t_m + t_f + t_b + t_x = 57.2 + 8.6 + 3.9 = 69.7 \text{ s}$$

5.3.7 工序18 半精镗

(1) 加工条件

工件材料: 灰铸铁

加工要求: 半精镗蜗杆面 $\Phi 110\text{mm}$ 轴承孔加工余量 0.1mm 加工 0.2mm

机床: T68镗床

刀具: YT30镗刀

量具: 塞规

(2) 计算镗削用量

粗镗孔 $\Phi 109.8\text{mm}$, 单边余量 0.1mm , 切削深度 0.2mm , 走刀长度分别为 230mm , 275mm

确定进给量 f :

根据工艺手册, 确定 $f_z=0.27\text{mm/Z}$

切削速度:

参考手册, 确定 $V=300\text{m/min}$

$$n_s = \frac{1000v}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 300}{3.14 \times 100} = 868(\text{r/min})$$

由表3.1—41, 取 $n_w=800\text{r/min}$,

因此蜗杆轴承孔:

机动工时为:

$$t = \frac{1+11+12}{n_w f} = \frac{230+3+4}{800 \times 0.37} = 1\text{min} = 60\text{s}$$

辅助时间为:

$$t_f = 0.15t_m = 0.15 \times 60 = 9\text{s}$$

其他时间计算:

$$t_b + t_x = 6\% \times (60+9) = 4.1\text{s}$$

故工序18的总时间:

$$t_{djl} = t_m + t_f + t_b + t_x = 60+9+4.1 = 73.1\text{s}$$

5.3.8 工序19 半精镗

(1) 加工条件

工件材料: 灰铸铁

加工要求: 半精镗蜗杆面 $\Phi 110\text{mm}$ 轴承孔, 留加工余量 0.1mm , 加工 0.2mm

机床: T68镗床

刀具: YT30镗刀

量具: 塞规

(2) 计算镗削用量

粗镗孔 $\Phi 109.8\text{mm}$, 单边余量 0.1mm , 切削深度为 0.2mm , 走刀长度分别 230mm , 275mm

确定进给量 f :

由工艺手册, 确定 $f_z = 0.27\text{mm/Z}$

切削速度:

参考有关手册, 确定 $V = 300\text{m/min}$

$$n_s = \frac{1000v}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 300}{3.14 \times 100} = 868(\text{r/min})$$

取 $n_w = 800\text{r/min}$,

加工蜗轮轴承孔:

机动工时为:

$$t = \frac{1+11+12}{n_w f} = \frac{275+3+4}{800 \times 0.27} = 1.3\text{min} = 78\text{s}$$

辅助时间为：

$$t_f = 0.15 t_m = 0.15 \times 78 = 11.7 \text{ s}$$

其他时间计算：

$$t_b + t_x = 6\% \times (78 + 11.7) = 5.4 \text{ s}$$

故总时间：

$$t_{dj2} = t_m + t_f + t_b + t_x = 78 + 11.7 + 5.4 = 95.1 \text{ s}$$

则工序19的总时间为：

$$T = t_{dj1} + t_{dj2} = 73.1 + 95.1 = 168.2 \text{ S}$$

5.3.9 工序20 精镗

（1）加工条件

工件材料：灰铸铁

加工要求：粗镗2- $\Phi 110\text{mm}$ 轴承孔加工0.1mm

机床：T68镗床

刀具：YT30镗刀

量具：塞规

（2）计算镗削用量

粗镗孔 $\Phi 110\text{mm}$ ，切削深度0.1mm，走刀长度分别230mm, 275mm

确定进给量 f ：

由工艺手册可知，确定 $f_z = 0.27\text{mm/Z}$

切削速度：

参考手册，得出 $V = 300\text{m/min}$

$$n_s = \frac{1000v}{\pi d_w} = \frac{1000 \times 300}{3.14 \times 100} = 868(\text{r/min})$$

取 $n_w = 800\text{r/min}$,

故加工蜗杆轴承孔：

机动工时为：

$$t = \frac{l_1 + l_2}{n_w f} = \frac{230 + 3 + 4}{800 \times 0.37} = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

辅助时间为：

$$t_f = 0.15 t_m = 0.15 \times 60 = 9 \text{ s}$$

其他时间计算：

$$t_b+t_x=6\% \times (60+9)=4.1s$$

则工序20的总时间为：

$$t_{dj1}=73.1s$$

5.3.10 工序21 精镗

（1）加工条件

工件材料：灰铸铁

加工要求：粗镗两个 $2-\Phi 110\text{mm}$ 轴承孔，加工 0.1mm

机床：T68镗床

刀具：YT30镗刀

量具：塞规

（2）计算镗削用量

粗镗孔至 $\Phi 110\text{mm}$ ，切削深度 0.1mm ，走刀长度分别为 230mm ， 275mm

确定进给量 f ：

由工艺手册，表2.4—60，得 $f_z=0.27\text{mm}/Z$

切削速度：

参考手册，得出 $V=300\text{m}/\text{min}$

$$n_s = \frac{1000v}{\pi dw} = \frac{1000 \times 300}{3.14 \times 100} = 868(\text{r}/\text{min})$$

取 $n_w=800\text{r}/\text{min}$ ，

加工蜗轮轴承孔：

机动工时为：

$$t = \frac{l_1+l_2}{n_w f} = \frac{275+3+4}{800 \times 0.27} = 1.3 \text{ min} = 78s$$

辅助时间为：

$$t_f=0.15t_m=0.15 \times 78=11.7ss$$

其他时间计算：

$$t_b+t_x=6\% \times (78+11.7)=5.4s$$

则总时间为：

$$t_{dj2}=95.1s$$

5.3.11 工序22 钻孔 在蜗杆轴承孔端面上钻 $4-M12\text{mm}$ ，深 16mm 的螺纹孔

（1）加工条件

工件材料：灰铸铁

加工要求：攻钻4个螺纹M12mm，深度为16 孔

机床：立式钻床Z535型

刀具：Φ12mm麻花钻

M12丝锥

(2) 计算钻削用量

钻4-Φ12mm的孔

$$f=0.25\text{mm/r (工艺手册2.4—38, 3.1--36)}$$

$$v=0.51\text{m/s}=30.6\text{m/min (工艺手册2.4--41)}$$

$$n_s=1000v/\pi d=402(\text{r/min})$$

$$\text{取 } n_w=400\text{r/min}$$

所以实际切削速度

$$V=\frac{\pi d n_w}{1000}=31.42(\text{m/min}) \quad t=4 \times \frac{1+11+12}{n_w f}=4 \times \frac{80}{100 \times 0.25}=0.8\text{min}=48\text{s}$$

辅助时间为：

$$t_f=0.15\text{tm}=0.15 \times 48=7.2\text{s}$$

其他时间计算：

$$t_b+t_x=6\% \times (48+7.2)=3.3\text{s}$$

故单件时间：

$$t_{dj}=t_m+t_f+t_b+t_x=48+7.2+3.3=58.5\text{s}$$

攻4-M12mm 孔

$$v=0.1\text{m/s}=6\text{m/min}$$

$$n_s=238(\text{r/min})$$

按机床选取 $n_w=195\text{r/min}$,

则实际切削速度

$$V=4.9(\text{m/min})$$

故机动加工时间：

$$l=16\text{mm}, \quad l_1=3\text{mm}, \quad l_2=3\text{mm},$$

$$t=2 \times \frac{1+11+12}{n_w f}=0.9\text{min}=54\text{s}$$

辅助时间为：

$$t_f=0.15t_m=0.15 \times 54=8.1s$$

其他时间计算：

$$t_b+t_x=6\% \times (54+8.1)=3.7s$$

故单件生产时间：

$$t_{dj}=t_m+t_f+t_b+t_x=54+8.1+3.7=65.8s$$

则工序22单件生产总时间：

$$T=58.5+65.8=124.3s$$

5.3.12 工序23 钻孔 在蜗轮轴承孔端面上钻4-M12mm，深16 mm的螺纹孔

（1）加工条件

工件材料：灰铸铁

加工要求：攻钻4个公制螺纹M12mm，深度为16 mm的孔

机床：立式钻床Z535型

刀具：Φ12mm的麻花钻

M12丝锥

（2）计算钻削用量

钻4-Φ12mm的孔

$$f=0.25mm/r$$

$$v=0.51m/s=30.6m/min$$

$$n_s=1000v/\pi d_w=402(r/min)$$

$$n_w=400r/min,$$

所以实际切削速度

$$V=\frac{\pi d_w n_w}{1000}=31.42(m/min) \quad t=4 \times \frac{l+l_1+l_2}{n_w f}=4 \times \frac{80}{100 \times 0.25}=0.8min=48s$$

辅助时间为：

$$t_f=0.15t_m=0.15 \times 48=7.2s$$

其他时间计算：

$$t_b+t_x=6\% \times (48+7.2)=3.3s$$

故单件时间：

$$t_{dj}=t_m+t_f+t_b+t_x=48+7.2+3.3=58.5s$$

攻4-M12mm 孔

$$v=0.1\text{m/s}=6\text{m/min}$$

$$n_s=238(\text{r/min})$$

由机床 $n_w=195\text{r/min}$,

则实际切削速度

$$V=4.9(\text{m/min})$$

故机动加工时间:

$$l=16\text{mm}, l_1=3\text{mm}, l_2=3\text{mm},$$

$$t=2\times\frac{l+l_1+l_2}{n_w f}=0.9\text{min}=54\text{s}$$

辅助时间为:

$$t_f=0.15t_m=0.15\times 54=8.1\text{s}$$

其他时间计算:

$$t_b+t_x=6\%\times(54+8.1)=3.7\text{s}$$

故单件生产时间:

$$t_{dj}=65.8\text{s}$$

则工序23单件生产总时间:

$$T=58.5+65.8=124.3\text{s}$$

5.3.13 工序24 镗孔

(1) 加工条件

工件材料: 灰铸铁

加工要求: 使用 90度的镗钻镗轴承孔内边缘, 倒角4—45度

机床: 立式钻床Z535型

刀具: 90度直柄锥面镗钻

(2) 计算钻削用量

为了辅助时间能缩短, 倒角时的主轴转速应该和钻孔时保持一致, $n_w=195\text{r/min}$, 确定进给量:

$$f=0.25\text{mm/r} \text{ (工艺手册2.4--52)}$$

故机动加工时间:

$$l=2.5\text{mm}, l_1=1\text{mm}$$

$$t=2\times\frac{l+l_1}{n_w f}=0.07\text{min}=4.2\text{s}$$

辅助时间为：

$$t_f=0.15t_m=0.15\times 4.2=0.6s$$

其他时间计算：

$$t_b+t_x=6\%\times (4.2+0.5)=0.3s$$

由于有4个角，故单件生产时间：

$$t_{dj}=20.4s$$

6 专用夹具的设计

6.1 粗铣下平面夹具

6.1.1 问题的指出

为了使劳动生产率和降低生产成本快速提高，要设计专用夹具。

对于机体加工工序5粗铣机体的下平面，由于对加工精度要求不是很高，所以在本

道工序生产加工时，降低生产成本和降低劳动强度是主要的考虑范围。

6.1.2 夹具设计

（1） 定位基准的选择：

从零件图可得，机体下平面和分割面的尺寸为240mm，所以应以蜗轮轴承孔及分割面作为定位基准。

为了能够尽可能提高加工的效率，决定使用两把镶齿三面刃铣刀对两个平面进行加工。同时，为了使生产成本降低，此夹具采用手动夹紧。

（2） 定位方案和元件设计

根据工序图及对零件的结构分析，夹具的定位使得V形块上4个支承钉对蜗杆轴承孔与两个支承钉及一个双头浮动支承钉对磨合面同时进行定位。四个支承钉尺寸为 $\phi 16 \frac{H8}{h7}$ ，两个支承钉尺寸为 $\phi 16 \frac{H8}{f7}$ 。

（3） 夹紧方案和夹紧元件设计

根据零件的结构和夹紧方向，采用螺钉压板夹紧机构，在设计时，保证：

1) 准确可靠

采用球面垫圈，以保证工件高低不一而倾斜时，最好不要使螺钉压弯。压板和工件的接触面应成弧面，这样可以防止接触不良或者改变着力点导致破坏定位。

一般情况最好采用高螺母，这样可以使得扳手拧紧可靠，六角螺母头不易打滑损坏。支柱的高低最好能调节，这样即使适应工件受压面高低不一，仍能正确夹紧。

2) 操作效率高

压板上供螺钉穿过的孔应作成长圆孔，这样松开工件时，迅速后撤压板，易于装卸。压板下面设置弹簧，这样压板松开工件取走后，仍受弹力托住而不致下落。

螺旋夹紧机构各元件都已标准化，材料，热处理要求以及结构的尺寸都可以查表。

（4） 切削力及其夹紧力的计算

刀具：高速钢镶齿三面刃铣刀， $d_w=225\text{mm}$ ，齿数20

则 $F=9.81 \times 54.5 a_p^{0.9} a_f^{0.74} a_e^{1.0} Z d_0^{-1.0} \delta F_z$ （切削手册）

查表得： $d_0=225\text{mm}$ ， $Z=20$ ， $a_e=192$ ， $a_f=0.2$ ， $a_p=2.5\text{mm}$ ， $\delta F_z=1.06$ 所以：

$F=6705\text{N}$

查表可知，铣削水平分力，垂直分力，轴向力与圆周分力的比值：

$$F_L / F_E = 0.8, \quad F_V / F_E = 0.6, \quad F_X / F_E = 0.53$$

故：

$$F_L = 5364\text{N}$$

$$F_V = 4023\text{N}$$

$$F_X = 0.53 F_E = 3554\text{N}$$

当用两把铣刀同时加工铣削水平分力时：

$$F_L' = 2F_L = 2 \times 5364 = 10728\text{N}$$

计算切削力，得考虑安全系数，安全系数

$$K = K_1 K_2 K_3 K_4$$

式中： K_1 —基本安全系数，2.5

K_2 —加工性质系数，1.1

K_3 —刀具钝化系数，1.1

K_4 —断续切削系数，1.1

则 $F' = K F_H = 35697\text{N}$

选用螺旋—板夹紧机构，故夹紧力

$$F_N = 1/2 F'$$

f 是夹具定位面和夹紧面上的摩擦系数， $f=0.25$

则 $N = 0.5 \times 35697 \div 0.25 = 71394\text{N}$

（5） 具设计及操作的简要说明

在设计夹具可选用手动螺钉夹紧这样可以降低成本，本道工序的铣床夹具选择了手动螺旋—

板夹紧这一机构。要求工人在夹紧工件时更加吃力的原因是本工序是粗加工，切削力比较大，夹紧工件，增加劳动强度，因此必须降低切削力。可以提高毛坯的制造精度，最大切削深度得到降低，这样降低切削力。

为了使夹具在—批零件的加工之前很好地对刀 夹具应该装有刀快。

6.2 粗铣前后端面夹具设计

本夹具主要用来粗铣减速箱箱体前后端面。由加工本道工序的工序简图可知。粗铣前后端面时，前后端面有尺寸要求 $230 \pm 0.300\text{mm}$ ，前后端面的尺寸和工艺孔轴线的尺寸分

别要求为 $107.5mm$ 。前后端面表面粗糙度要求为 $Rz3.2$ 。由于是对前后端面进行粗加工。因此本道工序生产加工时，主要应考虑提高劳动生产率，降低劳动强度。同时应保证加工尺寸精度和表面质量。

6.2.1 定位基准的选择

在前后端面粗铣加工工序中，由于顶面已经精铣，已经加工出两工艺孔。因此选用顶面与两工艺孔作为工件定位基面。选择顶面作为定位基面这样就限制三个自由度，作为定位基面的两工艺孔，分别限制了一个和两个自由度。作为定位基面共限制的三个自由度。即一面两孔定位。工件以一面两孔定位，夹具上的定位元件为一面两销。其中一面为支承板，两销为一短圆柱销和一削边销。

为了提高加工效率，现决定用两把铣刀对汽车变速箱箱体的前后端面同时进行粗铣加工。同时为了缩短辅助时间准备采用气动夹紧

6.2.2 定位元件的设计

本工序选用的定位基准作为一面两孔定位，所以定位元件应是一面两销。因此进行定位元件的设计主要是对短圆柱销和短削边销进行设计。

由加工工艺孔工序简图可得出两工艺孔中心距 L_g 。

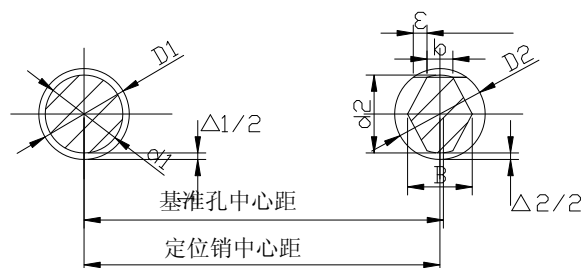
$$L_g = \sqrt{220^2 + 217^2} = 309mm$$

因为两工艺孔有位置度公差，所以其尺寸公差为：

$$\delta_{L_g} = \frac{1}{3} \times 0.1 = 0.03mm$$

所以两工艺孔的中心距为 $309 \pm 0.03mm$ ，而两工艺孔尺寸为 $\phi 13^{+0.027}mm$ 。

根据《机床夹具设计手册》削边销与圆柱销的设计计算过程如下：



(1)、确定两定位销中心距尺寸 L_x 及其偏差 δ_{L_x}

$$L_x = L_g = 309mm$$

$$\delta_{Lx} = \left(\frac{1}{5} \sim \frac{1}{3}\right) \delta_{Lg} = \frac{1}{3} \times 0.03 = 0.01mm$$

(2)、确定圆柱销直径 d_1 及其公差 δ_{d1}

$$d_1 = D_1 = 13mm \quad (D_1 \text{—基准孔最小直径})$$

$$\delta_{d1} \text{ 取 f7}$$

所以圆柱销尺寸为 $13_{-0.034}^{-0.016} mm$

(3)、削边销的宽度 b 和 B （由《机床夹具设计手册》）

$$b = 4mm \quad B = D_2 - 2 = 10mm$$

(4)、削边销和基准孔的最小配合间隙 Δ_2

$$\Delta_2 = \frac{2b(\delta_{Lx} + \delta_{Lg} - \frac{\Delta_1}{2})}{D_2}$$

其中： D_2 —基准孔最小直径 Δ_1 —圆柱销与基准孔的配合间隙

$$\therefore \Delta_2 = \frac{2 \times 4 \times (0.01 + 0.03 - \frac{0.027}{2})}{13} = 0.016mm$$

(5)、削边销直径 d_2 及其公差

$$d_2 = D_2 - \Delta_2 = 13 - 0.016 = 12.984mm$$

按定位销一般经济制造精度，其直径公差带为 $h6$ ，则削边销的定位圆柱部分定位直径尺寸为 $\phi 12.984_{-0.009}^0 mm$ 。

(6)、补偿值 ε

$$\varepsilon = \delta_{Lg} + \delta_{Lx} - \frac{1}{2} \Delta_{1\min} = 0.03 + 0.01 - 0.008 = 0.032mm$$

6.2.3 定位误差分析

本夹具选用的定位元件为一面两销定位。其定位误差主要为：

(1)、移动时基准位移误差 $\Delta_{j,y}$

$$\begin{aligned} \Delta_{j,y} &= \Delta d_1 + \Delta D_1 + X_{1\min} \\ &= 0.009 + 0.027 + 0.016 \\ &= 0.052mm \end{aligned}$$

(2)、转角误差

$$tg\Delta\theta = \frac{\Delta d_1 + \Delta D_1 + X_{1\min} + \Delta d_2 + \Delta D_2 + X_{2\min}}{2L}$$

$$\text{其中: } X_{2\min} = 2(\delta_{Lx} + \delta_{Lg} - \frac{X_{1\min}}{2})$$

$$\therefore \tan \Delta \theta = \frac{0.018 + 0.027 + 0.016 + 0.009 + 0.027 + 0.064}{2 \times 309} = 0.000288$$

$$\therefore \theta = 0.0165^\circ$$

6.2.4 铣削力与夹紧力计算

可查得:

铣削力计算公式为

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

$$\text{查表可得: } d_0 = 225\text{mm} \quad Z=20 \quad a_e = 192\text{mm} \quad a_f = 0.2\text{mm}/z$$

$$a_p = 2.45\text{mm} \quad k_{Fz} = 1.06$$

$$\begin{aligned} \text{代入得 } F_z &= 9.81 \times 54.5 \times 2.45^{0.9} \times 0.2^{0.74} \times 192 \times 20 \times 225^{-1.0} \times 1.06 \\ &= 6571\text{N} \end{aligned}$$

查表可得比值为:

$$F_L / F_E = 0.8 \quad F_V / F_E = 0.6 \quad F_x / F_E = 0.53$$

$$\therefore F_L = 0.8 F_E = 0.8 \times 6571 = 5256.8\text{N}$$

$$F_V = 0.6 F_E = 0.6 \times 6571 = 3942.6\text{N}$$

$$F_x = 0.53 F_E = 0.53 \times 6571 = 3482.6\text{N}$$

当两把铣刀同时加工则铣削水平分力

产生的水平分力应由夹紧力产生的摩擦力来平衡。 $F'_L = 2F_L = 2 \times 5256.8 = 10513.6\text{N}$

$$\text{即: } F'_L = F \cdot \mu \quad (\mu=0.25)$$

$$\therefore F = \frac{F'_L}{\mu} = \frac{10513.6}{0.25} = 42054.4\text{N}$$

计算出的理论夹紧力F再乘以安全系数k既为实际所需夹紧力 F'

$$\text{即: } F' = kF \quad \text{取 } k=3.3275$$

$$F' = 3.3275 \times 42054.4 = 139936\text{N}$$

6.2.5 夹紧装置及夹具体设计

夹紧装置采用气动夹紧装置可以提高生产效率缩短生产加工所需辅助时间。工件安装好后，气缸活塞带动压块从上往下夹紧工件。

根据所需要的夹紧力 $F=139936\text{N}$ ，来计算气缸缸筒内径 D_0 。

$$\text{气缸活塞杆推力 } Q = \frac{\pi D_0^2}{4} P \eta$$

其中：P为压缩空气单位压力 取 $P=6\text{公斤力/厘米}^2$

η —效率 （取 $\eta=0.9$ ）

$$Q=F=13993.6\text{公斤力}$$

$$\therefore D_0^2 = \frac{4Q}{\pi P \eta} = \frac{4 \times 13993.6}{3.14 \times 6 \times 0.9} = 3301\text{厘米}^2$$

$$D_0 = 57.45\text{厘米}$$

$$\text{取 } D_0 = 60\text{厘米} = 600\text{mm}$$

零件的形状和上述各主要元件联成一个整体是夹具体设计的主要考虑范围。这些主要元件设计好后就可以画出夹具整体的设计装配草图。整个夹具的结构夹具装配图3所示。

6.2.6 夹具设计及操作的简要说明

本夹具是减速器箱体前后端面的粗铣。夹具定位采用了一面两销，定位可靠，定位误差比较小。夹紧使用的气动夹紧，夹紧简单，快速。可以提高生产率。工件在夹具上装好后，压块在气缸活塞的推动向下夹紧工件。所以工件完成后，压块随即在气缸活塞的作用下松开，就能取下工件。由于本夹具用于变速箱体端面的粗加工，所以就没有对其精度分析。

结 论

在本次毕业设计中，我将设计分为两部分进行：工艺编制部分和夹具设计部分。

在工艺部分中，确定各工序的安装工位和该工序需要的工步，加工该工序的机床还有机床的进给量，切削深度，主轴转速和切削速度，该工序的夹具，刀具及量具，还有走刀次数和走刀长度，最后我需要对基本时间，辅助时间和工作地服务时间。其中，机床的进给量，主轴转速和切削速度需要计查手册和计算。

在进行夹具设计部分，需要先对工件的定位基准进行确定，然后选择定位元件及工件的夹紧，在工件夹紧的选择上，我采用两种不同的夹紧方法，首先粗铣下平面使用的是螺钉压板夹紧机构，粗铣前后端面时采用气动夹紧机构，在生产中这两种方法都有各自的优点和缺点，但都得到广泛运用。然后计算铣削力以及夹紧工件需要的夹紧力，也是重点和难点。

致 谢

通过这次毕业设计，我对大学四年所学的知识有了一次全面的运用，也学到了许多我不知道的知识，尤其在手册等方面，对今后工作有所帮助。

在这次毕业设计中，我完成毕业设计的任务，达到了毕业设计的目的，但是，我知道我的设计还有许多问题，希望老师们能够谅解，谢谢

参 考 文 献

1. 邹青 主编 机械制造技术基础课程设计指导教程 北京：机械工业出版社 2004, 8
2. 赵志修 主编 机械制造工艺学 北京：机械工业出版社 1984, 2
3. 孙丽媛 主编 机械制造工艺及专用夹具设计指导 北京：冶金工业出版社 2002, 12
4. 李洪 主编 机械加工工艺手册 北京：北京出版社 1990, 12
5. 邓文英 主编 金属工艺学 北京：高等教育出版社 2000
6. 黄茂林 主编 机械原理 重庆：重庆大学出版社 2002, 7
7. 丘宣怀 主编 机械设计 北京：高等教育出版社 1997
8. 储凯 许斌 等主编 机械工程材料 重庆：重庆大学出版社 1997, 12
9. 廖念钊 主编 互换性与技术测量 北京：中国计量出版社 2000, 1
10. 乐兑谦 主编 金属切削刀具 北京：机械工业出版社 1992, 12
11. 李庆寿 主编 机床夹具设计 北京：机械工业出版社 1983, 4
12. 陶济贤 主编 机床夹具设计 北京：机械工业出版社 1986, 4
13. 机床夹具结构图册 贵州：贵州人民出版社 1983, 7
14. 龚定安 主编 机床夹具设计原理 陕西：陕西科技出版社, 1981, 7
15. 李益民 主编 机械制造工艺学习题集 黑龙江：哈尔滨工业大学出版社 1984, 7
16. 周永强等 主编 高等学校毕业设计指导 北京：中国建材工业出版社 2002, 12

.....