

1 前言

1.1 课题内容

设计一台加工 ZH1105W 柴油机机体左面、右面和后面螺纹底孔的钻孔专机，具体进行总体设计和夹具设计，在完成“三图一卡”的基础上，主要完成夹具的设计。

1.2 课题来由

1.2.1 课题背景

随着中国制造业的发展，普通机床已经越来越不能满足现代加工工艺及提高劳动生产率的要求。组合机床因其各种部件的通用化、标准化程度较高，结构与实现相对较容易，操作简单，能大大提高生产效率，较好保证加工质量的要求，性能稳定等诸多优点在大批量零件加工业中得到广泛的应用。虽然各种新工艺、新的加工方法不断涌现且得到广泛应用，现代制造工程对从各个角度对组合机床提出了愈来愈高的要求，但是组合机床不断吸取新技术成果而完善和发展，在现代加工业中仍然拥有它的一席之地，发挥着并仍将发挥它的重要作用。

1.2.2 课题要求

为了保证零件的加工精度，在整个设计过程中应满足以下几点要求：

- a) 机床应能满足加工要求，保证其加工精度。
- b) 机床应运转平稳，工作可靠，结构简单，装卸方便，便于维修、调整。
- c) 机床尽量选用通用件，以便降低制造成本。
- d) 夹具设计要求定位合理，夹紧可靠，结构简单，操作简便。

1.2.3 组合机床国内外发展概况

我国加入 WTO 以后，制造业所面临的机遇与挑战并存。组合机床行业企业适时调整战略，采取了积极的应对策略，出现了产、销两旺的良好势头，截至 2002 年 9 月份，组合机床行业企业仅组合机床产品一项，据不完全统计产量已达 800 余台，产值达 3 个亿以上，较 2001 年同比增长了 10%以上，另外组合机床行业工业增加值、产品销售率、全员工资总额、出口交货值等经济指标均有不同程度的增长，新产品、新技术较去年均有大幅度提高，可见行业企业运营状况良好。

组合机床行业企业主要针对汽车、摩托车、内燃机、农机、工程机械、化工机械、军工、能源、轻工及家电行业提供专用设备，随着我国加入 WTO 后与世界机床行业进一步接轨，组合机床行业企业产品开始向数控化、柔性化转变。从近两年的企业生产情况看，数控机床与加工中心的市场需求量在上升，而传统的钻、镗、铣组合机床则有下降趋势，中国机床工具工业学会的《机床工具行业企业主要经济指标报表》的统计数据显示，仅从几个全国大型重点企业的

生产情况看, 2000 年生产数控机床 590 台, 产值 10731 万元, 生产加工中心 118 台, 产值 4601 万元; 2001 年生产数控机床 685 台, 产值 17969 万元, 生产加工中心 129 台, 产值 5760 万元; 而 2002 年, 截至 9 月份, 数控机床、加工中心产量、产值已接近 2001 年全年水平, 故市场在向数控、高精制造技术和成套工艺装备方面发展。

“九五”后期, 在组合机床行业企业的 50 余家组合机床分会会员中, 仅有两家企业实行了股份制改造, 一家企业退出国营转为民营, 其余都是国有企业。而从 2001 年至今, 不到两年的时间里, 就先后有十几家企业实行股份制改造, 一些小厂几乎全部退出国营转为民营, 现在一些国家重点国有企业也在酝酿股份制改造, 转制已势不可挡, “民营经济在经历了从被歧视、被藐视到不可小视和现在的高度重视 4 个阶段后, 焕发勃勃生机。”组合机床行业企业正在以股份制、民营化等多种形式快速发展。

组合机床及其自动线是集机电于一体的综合自动化程度较高的制造技术和成套工艺装备。它的特征是高效、高质、经济实用, 因而被广泛应用于工程机械、交通、能源、军工、轻工、家电等行业。我国传统的组合机床及组合机床自动线主要采用机、电、气、液压控制, 它的加工对象主要是生产批量比较大大中型箱体类和轴类零件 (近年研制的组合机床加工连杆、板件等也占一定份额), 完成钻孔、扩孔、铰孔, 加工各种螺纹、镗孔、车端面和凸台, 在孔内镗各种形状槽, 以及铣削平面和成形面等。组合机床的分类繁多, 有大型组合机床和小型组合机床, 有单面、双面、三面、卧式、立式、倾斜式、复合式, 还有多工位回转台式组合机床等; 随着技术的不断进步, 一种新型的组合机床——柔性组合机床越来越受到人们的青睐, 它应用多位主轴箱、可换主轴箱、编码随行夹具和刀具的自动更换, 配以可编程序控制器 (PLC)、数字控制 (NC) 等, 能任意改变工作循环控制和驱动系统, 并能灵活适应多品种加工的可调可变的组合机床。另外, 近年来组合机床加工中心、数控组合机床、机床辅机 (清洗机、装配机、综合测量机、试验机、输送线) 等在组合机床行业中所占份额也越来越大。

由于组合机床及其自动线是一种技术综合性很高的高技术专用产品, 是根据用户特殊要求而设计的, 它涉及到加工工艺、刀具、测量、控制、诊断监控、清洗、装配和试漏等技术。我国组合机床及组合机床自动线总体技术水平比发达国家要相对落后, 国内所需的一些高水平组合机床及自动线几乎都从国外进口。工艺装备的大量进口势必导致投资规模的扩大, 并使产品生产成本提高。因此, 市场要求我们不断开发新技术、新工艺, 研制新产品, 由过去的“刚性”机床结构, 向“柔性”化方向发展, 满足用户需求, 真正成为刚柔兼备的自动化装备。

1.2.4 本课题主要解决的问题和总体设计思路

在组合机床总体设计中, 主要解决的问题是如何确定机床的配置型式, 如何选择通用部件, 设计专用部件和工作循环的控制系统。

在组合机床诸多零件中，主轴箱与组合机床密切相关，是组合机床的重要组成部分。它是选用通用零件，按专用要求设计的，所以是组合机床设计过程中工作量较大的零部件之一。就主轴箱设计来说，主要问题集中在传动系统的设计上。由于通常采用一根动力轴带动多根主轴的工作方式，因此各传动轴必须设法在有限的标准箱体空间中找到适宜的分布位置。轴的分布设计必须保证各轴的转速、旋向、强度和刚度。

组合机床的设计思路如下：首先制定了合理的工艺方案，然后按工艺方案的需求确定机床的配置型式，选择通用部件，设计专用部件和工作循环的控制系统，最后在总体设计完成的基础上进行夹具的设计。为了表达该组合机床设计的总体方案，在设计时要绘制“三图一卡”，即 ZH1105W 柴油机气缸盖的加工工序图、加工示意图，机床联系尺寸总图和编制生产率计算卡等。然后将根据“三图一卡”进行组合机床的设计、调整和验收。为了表达夹具设计，在设计时要绘制夹具设计原始依据图，选择夹具结构型式及进行计算。

2 组合机床总体设计

2.1 工艺方案的拟订

2.1.1 被加工零件特点

本设计是为钻 ZH1105W 柴油机气缸体的三面 31 轴孔的工序而专门设计的，为了能达到质量好、效率高。我们采用了工序集中的原则进行设计。

机床的配置型式主要有卧式和立式两种。卧式组合机床床身由滑座、侧底座及中间底座组合而成。其优点是加工和装配工艺性好，无漏油现象；同时，安装、调试与运输也都比较方便；而且，机床重心较低，有利于减小振动。其缺点是削弱了床身的刚性，占地面积大。立式组合机床床身由滑座、立柱及立柱底座组成。其优点是占地面积小，自由度大，操作方便。其缺点是机床重心高，振动大。

由于被加工的零件为 ZH1105W 柴油机汽缸体的三面 31 个孔，该柴油机汽缸体的体积小、重量较重，且为三面加工。根据零件的特点及生产纲领，应选用卧式床身，通过左右后三个动力头驱动三个主轴箱对零件三端面的 31 个孔进行加工较为妥当。

通过以上的分析，初定本次设计方案为卧式三面组合钻床，三个动力头左右后布置。

2.1.2 工艺路线的确定

- (1) 铸造
- (2) 时效
- (3) 粗铣底面、顶面
- (4) 粗铣左面、右面
- (5) 粗铣前面、后面
- (6) 精铣底面、顶面
- (7) 精铣左面、右面
- (8) 粗铣前面、后面
- (9) 三面粗镗孔
- (10) 三面半精镗孔
- (11) 三面精镗孔
- (12) 钻左面、右面、后面孔
- (13) 钻顶面、底面、前面孔
- (14) 攻丝
- (15) 钻、扩、铰顶杆孔
- (16) 终检

2.1.3 影响机床工艺方案制定的主要因素

- a) 被加工零件的加工精度和加工工序

虽然壳体的本道工序加工粗糙度要求不怎么高，但有一定的形状精度与位置精度的要求，安排工艺应在一个工位上对 31 个孔同时进行加工，因气缸盖孔的

间距很小，采用立式加工时，不利于切削落下导向

，造成导向精度早期走失，不利于保证加工精度，所以应选用卧式床身。

为了保证机床在加工过程中的稳定性，钻床滑台应选用液压矩形导轨型式。

b) 被加工零件的特点

被加工的气缸盖体本身为 HT200，且孔分布在不同的端面上，孔的直径又是不很大，考虑到重心、振动、壳体的形状及重量与安装方便等原因，宜用单工位、卧式机床加工较合适。

c) 零件的生产批量

本组合机床是为了适应 ZH1105W 柴油机气缸盖的大批量生产，且多为连续生产机床，此时应尽量将工序集中到一台或少数几台机床进行加工，以提高机床的利用率。

d) 机床的使用条件

本机床使用场地条件较好，气候适用，车间温度在三十度之内，使用液压传动能较好的发挥机床的工作性能，其它机床结构亦能很好的适应使用条件。从上述因素分析，本方案是最佳、可行的。

2.1.4 定位基准及夹压点的选择

组合机床是针对某个零件或零件的某道工序而设计的，正确选择加工用的定位基准是确保加工精度的重要条件，同时也有利于最大限度的集中工序，从而收到减少机床台数的效果。

A. 定位基准的选择

本机床加工为单工位加工，也就是一次安装下进行 31 个孔的加工，箱体零件是机械制造业中工序多，劳动量大，精度要求高的关键零件。”一面两孔”是这类箱体零件在组合机床上加工时常用的典型定位方法。这种定位的特点是：

a) “一面两孔”的定位方法很简便地消除工件的六个自由度，使工件稳定。

b) “一面两孔”的定位方法有同时加工五个面的可能，既有高度的集中加工工序，又有利于提高各面上孔的位置精度。

c) “一面两孔”的定位方法可以作为以粗加工到精加工的全部加工工序的基准，使整个工艺过程实现基准统一。

d) “一面两孔”的定位方法使夹紧方便，夹紧机构简单易使夹紧力对准支撑，消除夹紧力引起加工变形精度的影响。

e) “一面两孔”的定位方法易实现自动化定位，并有利于防止切削落入基面。

B. 确定夹紧位置应注意的问题

在选择定位基准的同时，要相应决定夹压位置，此时应注意的问题是：

a) 保证零件夹压后稳定。

b) 尽量减少和避免零件夹压后的变形。

本机床中确定的“一面两孔”定位能基本上满足以上两条件，因此本方案可行。另在选“一面两孔”定位后，可选随行夹具，这样可减少装夹时间、提高生产率，对随行夹具可采用液压自动夹紧。

2.2 三图一卡设计

组合机床的总体设计，就是根据具体的被加工零件，在制定的工艺和结构方案的基础上，进行方案图纸的总体设计。这些图纸包括：被加工零件工序图、加工示意图、机床尺寸联系图和生产率计算卡等，下面进行这些图纸的设计。

2.2.1 被加工零件工序图

被加工零件工序图是根据选定的工艺方案，表示在一台机床上或一条自动线上完成的工艺内容，加工部位的尺寸、精度、粗糙度及技术要求；加工用的定位基准、夹压部位以及被加工零件的材料、硬度和本机床加工前加工余量、毛坯或半成品情况的图样，除了设计研制合同外，它是组合机床设计的具体依据，也是制造、使用、调整和检验机床精度的重要文件。

2.2.2 加工示意图

加工示意图是组合机床设计的重要图纸之一，在机床总体设计中占有重要地位，它是设计刀具、夹具、主轴箱以及选择动力部件的主要资料，同时也是调整机床和刀具的依据。

加工示意图反映了机床的加工过程和加工方法，并决定浮动夹头和接杆的尺寸、刀具的种类和数量、刀具的长度及加工尺寸、主轴、刀具、导向与工件间关系尺寸等。根据机床要求的生产率及刀具特点，合理地选择切削用量，以此决定动力头的工作循环。

刀具的选择

一台机床刀具选择是否合理，直接影响机床的加工精度、生产率及工作情况。根据本气缸盖孔的加工精度、加工尺寸、切削排除以及生产率等因素，在加上加工的大小端面的孔的直径都小于 $\Phi 40$ ，所以应选麻花钻。

选择接杆、弹簧卡头

在钻、扩、铰孔及倒角等加工小孔时，通常都采用接杆（刚性接杆）。因为主轴箱各主轴的外伸长度和刀具均为定值，为保证主轴箱上各刀具能同时到达加工终了位置，须采用轴向可调整的接杆来协调各轴的轴向长度，以满足同时加工完成孔的要求。

导向结构的选择

在组合机床加工孔，除用刚性主轴的方案外，其余尺寸和位置精度主要决定于夹具的导向。因此，正确地选择导向机构；确定导向的类型、参数和精度是设计组合机床的重要内容，也是加工示意图需要解决的问题。

导向机构的结构形式有两种：固定导向、滚动式导向，根据导向的线速度（小于 $20\text{m}/\text{min}$ ）、加工精度及刀具的具体工作条件，本机床采用固定式导向（钻套导向）

导向参数包括导套直径、导套长度及导向套到工件端面距离等。导向套端面至工件端面距离是为了排屑方便，一般取 $1\sim 1.5d$ 。

查文献[1]表 8-4 “通用导套的尺寸规格”：

对于加工 $\Phi 6.7$ 孔, 选择的导套尺寸为: $D=12\text{mm}$, $L=20\text{mm}$, $l=8\text{mm}$,
 $D_1=18\text{mm}$, $D_2=22\text{mm}$, $l_1=3\text{mm}$, $e=16.5\text{mm}$, 配用螺钉 M6。

对于加工 $\Phi 8.5$ 孔, 选择的导套尺寸为: $D=15\text{mm}$, $L=28\text{mm}$, $l=8\text{mm}$,
 $D_1=22\text{mm}$, $D_2=26\text{mm}$, $l_1=3\text{mm}$, $e=18.5\text{mm}$, 配用螺钉 M6。

对于加工 $\Phi 12.4$ 孔, 选择的导套尺寸为: $D=22\text{mm}$, $L=36\text{mm}$, $l=10\text{mm}$,
 $D_1=30\text{mm}$, $D_2=34\text{mm}$, $l_1=4\text{mm}$, $e=24\text{mm}$, 配用螺钉 M8。

切削用量的确定

对于 31 个被加工孔, 采用查表法选择切削用量, 见表 6-11 中选取。由于钻孔的切削用量还与钻孔深度有关, 随孔深的增加而逐渐递减, 其递减值按表 6-12 选取, 降低进给量的目的是为了减小轴向切削力, 以避免钻头折断。钻孔深度较大时, 由于冷却排屑条件都较差, 使刀具寿命有所降低。降低切削速度主要是为了提高刀具寿命, 并使加工较深孔时钻头的寿命比较接近。

A. 对左侧面上的 12 个孔的切削用量的选择

a) 孔 1~14, $\Phi 6.7$ 通孔, 深度 $L=19\text{mm}$

由 $d>6\sim 12\text{mm}$, 硬度大于 $200\sim 240\text{HB}$, 查文献[1]表 6-13 选择 $v=10\sim 18\text{m/min}$,
 $f>0.1\sim 0.18\text{mm/r}$, 又由 $d=6.7\text{mm}$, 取定 $v=10\text{m/min}$, $f=0.1\text{mm/r}$

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = 475r/\text{min} \quad s_m = n \cdot f = 475 \times 0.1 = 47.5\text{mm}/\text{min}$$

b) 孔 15, $\Phi 12.4$ 通孔, 深度 $L=19\text{mm}$

由 $d>12\sim 22\text{mm}$, 硬度 $200\sim 240\text{HB}$, 查文献[1]表 6-13 选择 $v=10\sim 18\text{m/min}$,
 $f>0.18\sim 0.25\text{mm/r}$, 又由 $d=12.4\text{mm}$, 取定 $v=10.3\text{m/min}$, $f=0.18\text{mm/r}$

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = 264r/\text{min} \quad s_m = n \cdot f = 264 \times 0.18 = 47.5\text{mm}/\text{min}$$

B. 对右侧面上的 10 个孔的切削用量的选择

a) 孔 1~9, $\Phi 6.7$ 通孔, 深度 $L=19\text{mm}$

由 $d>6\sim 12\text{mm}$, 硬度 $200\sim 240\text{HB}$, 查文献[1]表 6-13 选择 $v=10\sim 18\text{m/min}$,
 $f>0.1\sim 0.18\text{mm/r}$, 又由 $d=6.7\text{mm}$, 取定 $v=10\text{m/min}$, $f=0.1\text{mm/r}$

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = 475r/\text{min} \quad s_m = n \cdot f = 475 \times 0.1 = 47.5\text{mm}/\text{min}$$

b) 孔 10, $\Phi 8.5$ 通孔, 深度 $L=19\text{mm}$

由 $d>6\sim 12\text{mm}$, 硬度 $200\sim 240\text{HB}$, 查文献[1]表 6-13 选择 $v=10\sim 18\text{m/min}$,
 $f>0.1\sim 0.18\text{mm/r}$, 又由 $d=8.5\text{mm}$, 取定 $v=12.6\text{m/min}$, $f=0.1\text{mm/r}$

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = 475r/\text{min} \quad s_m = n \cdot f = 475 \times 0.1 = 47.5\text{mm}/\text{min}$$

C. 对后面上的 6 个孔的切削用量的选择

a) 孔 1~6, $\Phi 12.4$ 通孔, 深度 $L=19\text{mm}$

由 $d>12\sim 22\text{mm}$, 硬度 $200\sim 240\text{HB}$, 查表 6-13 选择 $v=10\sim 18\text{m/min}$, $f>0.18\sim 0.25\text{mm/r}$, 又由 $d=12.4\text{mm}$, 取定 $v=10.3\text{m/min}$, $f=0.18\text{mm/r}$

$$n = \frac{1000v}{\pi d} = 264r/\text{min} \quad s_m = n \cdot f = 264 \times 0.18 = 47.5\text{mm}/\text{min}$$

计算切削力、切削扭矩及切削功率

$$F=26D f^{0.8} HB^{0.6} \quad (2-1)$$

$$T=10 D^{1.9} f^{0.8} HB^{0.6} \quad (2-2)$$

$$P=\frac{Tv}{9740\pi D} \quad (2-3)$$

式中：F—切削力 (N)；T—切削扭矩 (N·mm)；P—切削功率 (kW)；v—切削速度 (m/min)；f—进给量 (mm/r)；D—加工 (或钻头) 直径 (mm)；HB—布氏硬度，

$$HB=HB_{\max} - \frac{1}{3}(HB_{\max} - HB_{\min}) \quad (2-4)$$

本设计中， $HB_{\max}=240$ ， $HB_{\min}=200$ ，得 $HB=227$ 。

由以上公式可得：

| | | | | | |
|----|----|--------|------------|---------------|-------------|
| 左面 | 单根 | 1~14 轴 | F= 715.6 N | T=1524.6 N/mm | P=0.0744 kW |
| | | 15 轴 | F= 2119.5N | T=7858.4 N/mm | P=0.2134 kW |
| 右面 | 单根 | 1~9 轴 | F= 715.6 N | T=1524.6 N/mm | P=0.0744 kW |
| | | 10 轴 | F= 907.8 N | T=2396.1 N/mm | P=0.1161 kW |
| 后面 | 单根 | 1~6 轴 | F=2119.5 N | T=1524.6 N/mm | P=0.2134 kW |

总的切削功率：即求各面上所有轴的切削功率之和

$$\text{左面} \quad P_w = 0.0744 \times 14 + 0.2134 = 1.255 \text{ kW}$$

$$\text{右面} \quad P_w = 0.0744 \times 9 + 0.1161 = 0.7857 \text{ kW}$$

$$\text{后面} \quad P_w = 0.2134 \times 6 = 1.2804 \text{ kW}$$

实际切削功率：

根据设计手册， $P = (1.5 \sim 2.5) P_w$ ，因为是多轴加工，故取定 $P = 1.5 P_w$ 则

$$\text{左主轴箱} \quad P = 1.5 \times 1.255 = 1.8825 \text{ kW}$$

$$\text{右主轴箱} \quad P = 1.5 \times 0.7857 = 1.17855 \text{ kW}$$

$$\text{后主轴箱} \quad P = 1.5 \times 1.2804 = 1.9206 \text{ kW}$$

确定主轴尺寸及外伸尺寸

$$d = B \sqrt[4]{10T} \quad (2-5)$$

式中：d—轴的直径；

T—轴所传递的扭矩 (N·M)；

B—系数。(本课题中主轴为非刚性主轴，取 $B=6.2$)

$$\text{a) 左主轴箱：轴 1—14} \quad d = 6.2 \times \sqrt[4]{10 \times 1524.6 \times 10^{-3}} = 12.3 \text{ mm}$$

$$\text{轴 15} \quad d = 6.2 \times \sqrt[4]{10 \times 7858.4 \times 10^{-3}} = 18.5 \text{ mm}$$

$$\text{b) 右主轴箱：轴 1~9} \quad d = 6.2 \times \sqrt[4]{10 \times 1524.6 \times 10^{-3}} = 12.3 \text{ mm}$$

$$\text{轴 10} \quad d = 6.2 \times \sqrt[4]{10 \times 2396.1 \times 10^{-3}} = 13.7 \text{ mm}$$

$$\text{c) 后主轴箱：轴 1~6} \quad d = 6.2 \times \sqrt[4]{10 \times 7858.4 \times 10^{-3}} = 18.5 \text{ mm}$$

考虑到安装过程中轴的互换性、安装方便等因素，则左主轴中：1—14 主轴直径都取 $\Phi 16$ ，15 主轴的直径取 $\Phi 20$ ；右主轴箱中：1~9，主轴的直径都取 $\Phi 16$ ，10 主轴的直径取 $\Phi 16$ ；后主轴箱中：1~6，主轴的直径都取 $\Phi 20$ 。

根据主轴类型及初定的主轴轴径，查 P44 表 3-6 可得到主轴外伸尺寸及接杆莫氏圆锥号。主轴轴径 $d=20\text{mm}$ 时，主轴外伸尺寸为： $D/d_1=32/20, L=115\text{ mm}$ ，接杆莫氏圆锥号为 1；主轴轴径 $d=16\text{mm}$ 时，主轴外伸尺寸为： $D/d_1=25/16, L=85\text{mm}$ ，接杆莫氏圆锥号为 1。

动力部件工作循环及行程的确定

a) 工作进给长度 L_f 确定

工作进给长度 L_f ，应等于加工部位长度 L （多轴加工时按最长孔计算）与刀具切入长度 L_1 和切出长度 L_2 之和。切入长度一般为 5~10mm，根据工件端面的误差情况确定，钻孔时切入长度按文献[1]表 3-7：

$$L_2 = \frac{d}{3} + \quad (\quad 3 \quad \sim \quad 8 \quad)$$

(2-6)

(注：d 为钻头直径)

表 2-1 工作进给长度

| | L | L_1 | d | L_2 | L_f |
|------|-----|-------|------|-------|-------|
| 左主轴箱 | 19 | 100 | 6.7 | 10 | 129 |
| 右主轴箱 | 19 | 100 | 8.5 | 10 | 129 |
| 后主轴箱 | 20 | 50 | 12.4 | 10 | 82 |

b) 快速进给长度的确定

快速进给是动力头把刀具送到工作进给的位置，其长度按具体情况确定，在左动力头工作循环中，快速进给行程为 271，在右动力头工作循环中，快速进给行程为 271，在后动力头工作循环中，快速进给行程为 268。

c) 快速退回长度的确定

快速退回长度一般等于快速引进和工作进给长度之和，对于本机床快速退回行程长度，能使刀具退回导向套内，不影响工件的装卸即可。

d) 动力部件总行程的确定

动力部件的总行程，除能保证实现上述工作循环外，还要考虑装卸和调整刀具的方便性，即要考虑前、后备量。前备量是由于刀具的磨损或为了补偿安装制造的误差，动力部件要向前调节的距离，此距离不小于 15~20mm，后备量是考虑刀具从主轴孔和夹具导套孔取出所要的距离，保证刀具脱离导套外端面的距离要大于刀杆插入主轴孔内的长度。

2.2.3 机床尺寸联系总图

动力箱型号的选择

由切削用量计算得到各主轴的切削功率的总和 $P_{\text{切削}}$ ，根据查得的公式：

$$P_{\text{多轴箱}} = \frac{P_{\text{切削}}}{\eta} \quad (2-7)$$

式中： $P_{\text{切削}}$ —消耗于各主轴的切削功率的总和，单位为 KW；

η —多轴箱的传动效率，加工黑色金属时取 0.8~0.9；加工有色金属时取 0.7~0.8；主轴数多、传动复杂时取小值，反之取大值。

本加工零件的材料为灰铸铁，属黑色金属，又主轴数量较多，传动复杂，故取 $\eta=0.8$ 。

左主轴箱：

$$P_{\text{多轴箱}} = \frac{14P_1 + P_2}{0.8} = 3.1\text{kw}$$

右主轴箱：

$$P_{\text{多轴箱}} = \frac{9P_1 + P_3}{0.8} = 1.58\text{kw}$$

后主轴箱：

$$P_{\text{多轴箱}} = \frac{6P_2}{0.8} = 2.76\text{kw}$$

查文献[1]表 5-38 得出动力箱及电动机型号如下表所示：

表 2-2 动力箱及电动机型号

| | 动力箱 型号 | 电动机型 号 | 电动机功 率 (kW) | 电动机转 速 (r/min) | 输出轴转速 (r/min) |
|------|-----------|-----------|----------------|-------------------|------------------|
| 左主轴箱 | 1TD40I | Y132S-4 | 5.5 | 1440 | 720 |
| 右主轴箱 | 1TD40I | Y132S-4 | 5.5 | 1440 | 720 |
| 后主轴箱 | 1TD40I | Y132S-4 | 5.5 | 1440 | 720 |

动力滑台的选择

根据选定的切削用量计算得到的单根主轴的进给力，由查得的公式：

$$F_{\text{多轴箱}} = \sum_{i=1}^n F_i \quad (2-8)$$

式中 F_i —各主轴所需的轴向切削力，单位为 N。

则左主轴箱： $F = 715.6 \times 14 + 2119.5 = 12137.9 \text{ N}$

则右主轴箱： $F = 715.6 \times 9 + 907.8 = 7348.2 \text{ N}$

则后主轴箱： $F = 2119.5 \times 6 = 12717 \text{ N}$

为克服滑台移动引起的摩擦阻力，动力滑台的进给力应大于 $F_{\text{多轴箱}}$

。又考虑到所需的最小进给速度、切削功率、行程、主轴箱轮廓尺寸等因素，为了保证工作的稳定性，由参考文献[1]表 5-2，左右两面的液压滑台均选用 1HY40IA 型，再由表 5-3 知：台面宽 $B=400\text{mm}$ ，台面长 $L_2=800\text{mm}$ ，行程长 400mm ，滑台及滑座总高为 320mm ，滑座长 1350mm ，允许最大进给力为 20000N ，快速移动速度是 $8\text{m}/\text{min}$ ，工进速度为 $12.5\sim 500\text{mm}/\text{min}$ 。

后面的液压滑台选用 1HY40IA 型，再由参考文献[1]表 5-3 知：台面宽 $B=320\text{mm}$ ，台面长 $L_2=630\text{mm}$ ，行程长 400mm ，滑台及滑座总高为 280mm ，滑座长 1070mm ，允许最大进给力为 12500N ，快速移动速度是 $10\text{m}/\text{min}$ ，工进速度为 $20\sim 650\text{mm}/\text{min}$ 。

配套通用部件的选择

查文献[1]表 5-3，根据液压滑台的型号：1HY40IA，选侧底座：1CC401I，其高度为 560mm ，长度为 1350mm ，宽度为 600mm 。

机床装料高度的确定

装料高度是指机床上工件的定位基准面到地面的垂直距离，本课题中，最低孔位置 $h_2=12\text{mm}$ ，主轴箱最低主轴高度 $h_1=171.5\text{mm}$ ，所选滑台和滑座总高 $h_3=280\text{mm}$ ，侧底座高度 $h_4=560\text{mm}$ ，夹具底座高度 $h_5=240\text{mm}$ ，中间底座高度 $h_6=670\text{mm}$ ，综合以上因素，该组合机床装料高度取 $H=1000\text{mm}$ 。

主轴箱轮廓尺寸的确定

主要需确定的尺寸是主轴的宽度 B 和高度 H 及最低主轴高度 h_1 ，主轴箱宽度 B 和高度 H 的大小主要与被加工零件孔的分布位置有关，可按查得的公式计算：

$$B=b+2b_1 \quad (2-9)$$

$$H=h+h_1+b_1 \quad (2-10)$$

式中： b —工件在宽度方向相距最远的两孔距离（mm）

b_1 —最边缘主轴中心距箱外壁的距离（mm）

h —工件在高度方向相距最远的两孔距离（mm）

h_1 —最低主轴高度（mm）

其中， h_1 还与工件最低孔位置（ $h_2=12\text{mm}$ ）、机床装料高度（ $H=1000\text{mm}$ ）、滑台滑座总高（ $h_3=280\text{mm}$ ）、侧底座高度（ $h_4=560\text{mm}$ ）、滑座与侧底座之间的调整垫片高度（ $h_7=5.5\text{mm}$ ）等尺寸有关。对于卧式组合机床， h_1 要保证润滑油不致从主轴衬套处泄漏箱外，本组合机床按式：

$$h_1+0.5+320+560+h_7=H-86$$

$$h_1=1000-86-5.5-0.5-560-320=171.5$$

则求出主轴箱轮廓尺寸为：

$$\text{取 } b_1=120\text{mm}, \quad B=b+2b_1=263+2\times 120=503\text{mm},$$

$$H=h+h_1+b_1=258+171.5+120=549.5\text{mm}$$

所以 $B\times H=630\times 630$ 。

左、右、后都选 630×630 。

夹具轮廓尺寸的确定