

西華大學

機械工程學院  
畢業設計說明書



題 目：银杏摘果机传动箱体工艺工装设计

年 级 专 业：2020 级机械设计制造及其自动化

姓 名：王奥

学 号：33202001910203

指 导 教 师：刘勇

完 成 时 间：2024 年 5 月 15 日

## 本科毕业设计（论文）原创性声明

本人郑重声明：所呈交的毕业论文(设计)是本人在指导老师的指导下按要求进行研究工作所取得的成果。尽我所知，除文中已经注明引用的内容和致谢外，本论文(设计)不包含其他个人或集体已经发表的成果。本人完全意识到本声明的法律后果由本人承担。

论文作者签名：王奥

日期：2024 年 5 月 16 日

## 本科毕业设计（论文）版权使用授权书

本毕业设计（论文）是本人在校期间所完成学位的组成部分，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件或电子版，允许论文被查阅或借阅。本人授权西华大学可以将本毕业设计（论文）的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复印手段保存和汇编本毕业设计（论文）。(保密的论文在解密后遵守此规定)。

论文作者签名：王奥

指导教师签名：刘勇

日期：2024 年 5 月 16 日

日期：2024 年 5 月 16 日



# 西华大学毕业设计说明书

## 摘 要

随着农业的发展，农村现代化的趋势。市场对于箱体零件的需求增加；分析农产品机械装备和果蔬机械装备是非常有必要的，对于银杏这种药用植物来说，更有必要让我们去研究它的采摘装置。

为了了解银杏摘果机传动箱体的特性，解决其传动箱体的工艺，夹紧等问题。提高加工效率和降低成本。结合箱体的零件图，本文设计出工艺规程和铣床夹具与镗床夹具，并绘制出零件图与装配图。

本文根据零件的生产类型，对箱体零件进行工艺分析，包括分析零件的结构特性，加工要求，粗糙度要求和公差等级，选定平面和孔的加工方法，拟定加工路线和工序参数，保证加工精度，并且提出夹具设计的基本思想与要求。

根据孔的半精加工，本文设计了镗床夹具，夹具采用手动夹紧，一面两销定位，选择可换式定位销。镗床夹具选择双面单导向设计，镗模由底座、轴承、端盖等组成；可以对2个平行的孔进行加工，保证孔之间要求的同轴度。

对于一个平面的半精加工，本文设计了铣床夹具。铣床夹具也采用一面两销定位。选用直角对刀块进行对刀，采用手动夹紧。

**关键字：**箱体工艺、夹具设计、银杏摘果机



## Abstract

With the development of agriculture, the trend of rural modernization. The market demand for box parts increases; It is very necessary to analyze agricultural machinery and fruit and vegetable machinery and equipment, and it is more necessary for us to study its picking device for this medicinal plant.

In order to understand the characteristics of the drive box of ginkgo picker, the process and clamping of the drive box are solved. Improve processing efficiency and reduce costs. Combined with the parts drawing of the box, this paper designs the process specification and fixture of milling machine and boring machine, and draws the parts drawing and assembly drawing.

In this paper, according to the production type of parts, the box parts of the process analysis, including the analysis of the structural characteristics of parts, processing requirements, roughness requirements and tolerance levels, the selection of plane and hole processing methods, the development of processing routes and process parameters, to ensure processing accuracy, and put forward the basic idea and requirements of fixture design.

According to the semi-finishing of the hole, the jig of boring machine is designed in this paper. The jig is manually clamped, one side is two-pin positioned, and the interchangeable positioning pin is selected. The jig of boring machine is designed with double guide, and the boring set is composed of base, bearing, end cover, etc. Two parallel holes can be processed to ensure the required coaxiality between the holes.

For the semi-finishing of a plane, this paper designs the fixture of milling machine. The fixture of the milling machine is also positioned with one side and two pins. Use right Angle to set the cutter block and use manual clamping.

**Key words:** box technology, fixture design, ginkgo picker



## 目录

摘    要.....	I
Abstract.....	II
1. 综述.....	1
1.1 课题研究目的及意义 .....	1
1.2 国外研究的发展现状 .....	2
1.3 国内研究发展现状 .....	4
1.4 本设计研究内容 .....	5
2. 工艺规程设计.....	7
2.1 工件的生产类型 .....	7
2.2 零件分析 .....	8
2.3 确定毛坯的制造形式 .....	9
2.4 基准选择 .....	11
2.5 工艺规程设计 .....	12
2.6 加工设备选择 .....	23
2.7 切削用量选择 .....	27
3. 铣床、镗床夹具设计.....	36
3.1 设计任务 .....	36
3.2 夹具方案分析 .....	36
总结与展望.....	50
参考文献.....	51
致谢.....	53



## 1. 综述

### 1.1 课题研究目的及意义

随着“四化”（机械化，科学化，水利化，电气化）的概念提出，农业生产现代科学化是现代机械生产的主要位置。水果、药材、食品等农业机械的要求越来越高。食品安全、生产成本也是人们闲聊之余的话题。随着各种各样的农业机械的设计和研发，越来越多的企业也参与到农业机械零部件的制造当中来。除了设计出一台良好的农业机械以外，充分了解农业机械中的传动部件和基础部件也是十分重要的，类似传动箱体零件、轴承、齿轮、模具等等。这些基础部件的工艺性能决定了装备的性能、水平、质量，也可以说这是决定机械装备是否具有可靠性的决定性因素。

银杏作为银杏科植物，为本国特产。医学上有润肺益气，止咳痰的功效。果肉对肺部和咽喉有效果，银杏叶对冠心病和高血脂有作用。除此之外，银杏本身的观赏价值也很不错，如果大量摘种，对于旅游业也是一大好处，提高市政的收入。故此，设计银杏果、叶的采摘装置和传动装置的工艺制造是十分重要的。本文就对银杏摘果机的传动箱体进行了工艺分析和夹具设计。

箱体作为机械装备中的基础部件，它主要负责把轴、齿轮、套、轴承等相关零件封装在一起，从而作为一个整体，它们保持正确的位置，并且要按照规定传送力和运动。所以箱体的加工工艺质量决定了部件或者整个机械的精度、可靠性、寿命等决定性因素。

箱体的结构比较复杂，壁厚一般不是特别均匀，内部一般有内腔，可以说是加工部件多、难度大。不仅孔的精度高，一些平面的精度也特别高，也有许多精度要求较低的小孔和固定孔。一般来说，在中型制造厂的生产过程中，箱体类零件的加工量占据了整个部件加工任务的约 20%左右。这一比例凸显了箱体类零件在制造过程中的重要性，同时也对加工精度、效率以及工艺要求提出了较高的标准。为了满足这些要求，制造厂需要采用先进的加工设备和技术，同时结合合理的工艺流程和严格的质量控制，以确保箱体类零件的加工质量和生产效率。

为了保证加工时箱体类零件能够稳定，设计一个合适的夹具是十分重要的。箱体类零件材料为 HT200 意味着灰铁的最小抗拉强度为 200MPa。强度较高，基础组织为珠光体，但壁厚较薄。传统的箱体零件可以参照相似的夹具进行改装，装夹顶部时，要注意夹紧力的大小，并且要选取合适的定位基准，保证基准统一，提高生产率。

在实际生产的情况下，关于生产装备的设计占到总生产准备周期的一半，而夹具



设计往往是设计生产装备中最头疼的一步，夹具的设计影响了整个生产的进程。是否夹紧、是否装卸方便、能否保证加工时夹紧装置不影响刀具或干扰加工过程、结构是否合理等都是设计夹具需要注意的问题。为了提高生产率和缩短生产准备周期，可以考虑使用参照夹具作为基准，改造为本次零件适用的夹具。并且本次生产为成批生产，考虑使用手动夹紧，虽然略微减少了生产率，但是减少了成本，对于中小型制造厂有较好的适用性。对于非标类定位支撑，定位销等，不仅耗费了大量人力物力，延长了生产周期。往往也对于成批生产不适用，所以本次设计夹具主要采用标准件。

本次毕业设计对银杏摘果机的传动箱体进行了分析，设计出了合适的工艺规程、铣床夹具、镗床夹具。工艺路线所选择的基准进行了“基准统一”，提高了生产效率。热处理、加工方式、生产类型、基准选择、加工顺序安排均满足要求。夹具的夹紧位置、夹紧力大小、装夹方便要求大概满足，提高了箱体类零件的生产率，减少了加工成本，对于中小型厂比较适用。

## 1.2 国外研究的发展现状

箱体类零件和夹具虽然复杂，但大体类型相似，特征明显，可以对其进行针对性的工艺设计和夹具设计，为此，国内外学者对此做了大量研究。

Sofian Rosbi 等人<sup>[1]</sup>运用有限元对齿轮箱体进行了振动分析，确定了齿轮箱体的固有振动频率和强制谐波频率响应；其中主要分析的位置是螺栓连接的部分和夹具夹紧的部分，目的是为了防止箱体产生共振。利用 Ansys 软件，利用“固有频率”的研究。固有频率是一个稳定的系统收到外界信号后，整个系统产生的周期震荡。这个震荡频率就是固有频率。通过公式计算和软件分析后，得到了最大振幅和合适的频率范围，分析了箱体类零件振动的频率范围。Jaime A. Camelio 等人<sup>[2]</sup>提出了一种新型装配的方法，他们认为传统的夹具位置对于钣金件装配有尺寸质量的影响，找到了一种装配变形最小的位置，并且设计出了夹具。他们认为，现有的分析只解决了装配夹具时的外力干扰问题，并没有研究夹具布局在装配过程中本身的影响，也就是说，夹具作为辅助工具，最小化零件变形在加工操作中是十分重要的。那么，夹具即作为支撑工具，也作为变形的来源，分析他的变形也是十分重要的。它利用了大量计算和实验，得到了模拟的装配回弹。利用齐次变形得到了计算装配变形，分析出夹具错误导致的零件旋转最终通过计算得到了最佳夹具设计。利用 Ansys 得到灵敏度矩阵，利用 MATLAB 约束非线性函数，得到了变量函数约束的最小值。实现了定位元件位置改善，改善了零件变形。S.G.Bhatwadekar 等人<sup>[3]</sup>设计了大规模生产的一种快速定位的工作，并且设计了钻孔与车削的夹具。利用互换性、工艺的知识，减少了员工的劳动力和技能，提





## 西华大学毕业设计说明书

高了生产率，保证了产品质量，整体减少了加工成本与增加互换性。M. Nandhagopal 等人<sup>[4]</sup>设计出了机器人焊接机箱底部时的一种夹具，并且还在机器人上添加了视觉系统，使其没有电源时会发出警报。焊接完成后会捕获图像，自动检测焊接是否完好。他们应用了自动化机械的生产。可以进行到实际运用当中。Murat Guner 等人<sup>[5]</sup>研究了精密加工阶段，整体分析了珩磨的工艺性能，并且研究了工件夹具设计。珩磨的应用非常广泛，对于工艺可靠性要求高。通过充分分析，制定了定位方式，通过计算模拟和频率分析，制定了合理的夹具，并且根据使用的机床分析了云台的动力学研究。最后还分析了阻尼实验，得到了阻尼器唯一特征曲线图，总体分析了珩磨的工艺、夹具、力学分析。Shanwen Zhang 等人<sup>[6]</sup>设计了一种银杏叶采摘装置，充分分析了银杏这种树木，分析了树干的受力情况，树枝的实验分析；最终得到了优化后的设计，提高了净收获率，减少了叶片损伤和树枝损伤。Dengjie Yang 等人<sup>[7]</sup>则对大型银杏树进行了特别研究并且设计了采摘机，设计后还通过 ANSYS 软件分析力学模型，设计出的机械装置也比较方便采摘，如图 1.1 所示。

Md Nafiul Islam 等人<sup>[8]</sup>等人则通过果实的结构，专门设计了一种机械手臂装置；通过运动学分析和虚拟仿真实验，合理设计了机械臂，并且可以在任何场所使用。Dong Hui Zhao 等人<sup>[9]</sup>则基于自动化设计了自动采摘水果装置，通过 5 轴机械手和执行器等设备设计结构，利用 s7-200plc 来实现自动化控制，使其结构更加独特且稳定。Yanbin Hua 等人<sup>[10]</sup>为水果装置设计了剪刀类型的摘果机器，这种剪刀型农机装置是一种创新设计，采用纯机械设计，设计巧妙，结构简单，比较好操作。设计的具体新型铰链剪刀样式如图 1.2 所示。

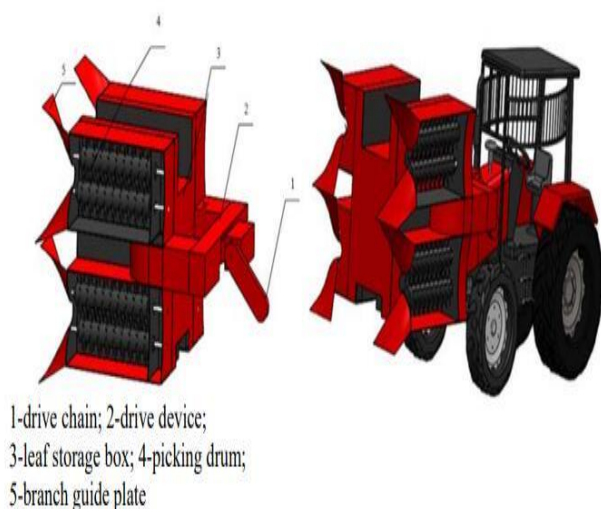


图 1.1 银杏采摘机的采摘装置和运输装置

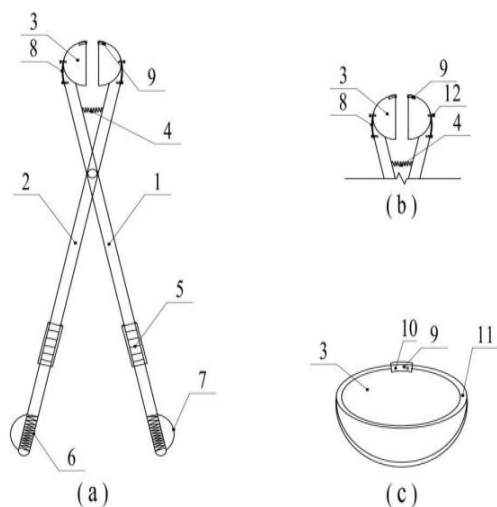


图 1.2 一种新型便携式剪刀式水果采摘装置

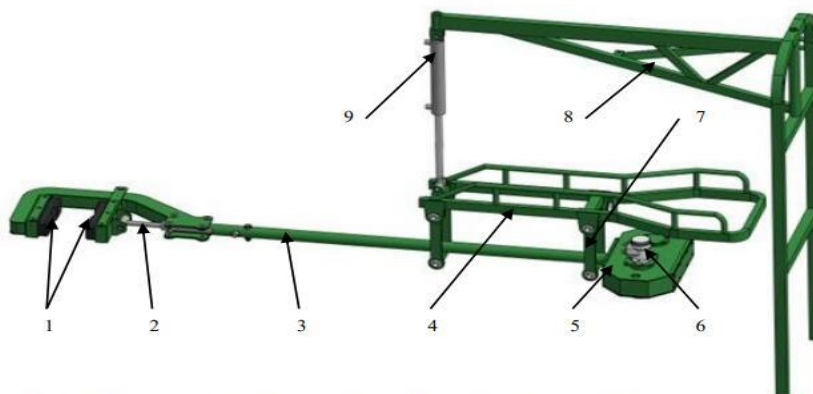




### 1.3 国内研究发展现状

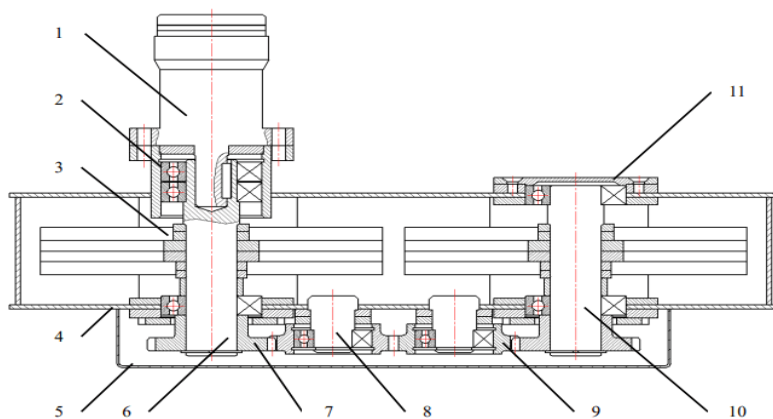
来逢亮提出<sup>[11]</sup>箱体类零件的主要特征，简要描述了箱体类零件的实用性和特点，并通过一个实例来设计其工艺规程。其工艺满足工艺要求，粗基准选择箱体底板表面，精基准大批量选择一面两孔，小批量选择装配基面作为定位基准。最终设计出了蜗轮蜗杆减速器箱体加工工艺。王荣<sup>[12]</sup>提出了一种新型变速器前端的铣夹具和镗夹具，由于现有夹具加工时减速器前端轴承孔位置度差，加工零件振动较大，设计了新型的夹具，解决了位置度的要求，利用防转装置解决振动问题，利用城墙窗口型导向座的设计避免了铁屑对定位的影响，主要设计了新型的锥销和导向座，定位面也选择大面定位使其夹具合理，并且可以使用手动、自动夹紧。尹金铃等人<sup>[13]</sup>研究了镗孔的夹具设计，传统加工大孔且镗杆悬伸较长时，会导致刀具的刚性不足，容易产生振动，于是就会添加辅助支撑来增加刚性，但这种也会导致加工更大、更深的孔时刀具刚性更加的不足。于是就设计了新型的镗床夹具。也就是在平旋盘上的镗杆一侧添加支撑，使悬臂杆变为两端支撑，提高了刀杆的刚性，提高了加工效率。支架用螺栓固定在工作台上，轴承安装在开口孔内，用端盖压紧，轴承内孔安装回转体，回转体添加长槽，将滑块安装在长槽中行程间隙配合。得到镗床加工的最优解。刘远航<sup>[14]</sup>通过分析银杏树干、树枝和生长习惯，设计了一种银杏果摇果机；通过大量实验数据和力学分析，设计其总体结构（如图 1.3）和箱体内部结构（如图 1.4）。林洪兵等人<sup>[15]</sup>结合机器视觉、电机控制等技术，设计了一种可以自动检测水果是否成熟的装置，并以苹果为例，机器自动识别了成熟的水果并进行了采摘，成功率达到 94%，并且大大低于人工采摘的损坏率。鄂颖丽等人<sup>[16]</sup>利用 RPi48 控制器、OpenCV 开源库设计机械的识别和定位，设计切割装置来采摘水果，使其不需要人工搬运。林益平等人<sup>[17]</sup>设计了一种新型的多连杆机构的采摘机，研究工作原理和分析曲柄滑块机构，还完成了可调速液压系统设计，但最终经过实验发现安全系数小于 1，还需要优化设计。柴康杰<sup>[18]</sup>等人分析了激振情况下，摘果机零部件的损坏情况，并研究是否发生共振，分析出了固有频率，为此后的减振设计铺平了道路。关萌<sup>[19]</sup>利用对果实的实验分析和数学模型，设计了滚筒式采摘机；通过大量的实验计算和数学分析得到了损失率较小的采摘装置。刘致远等人<sup>[20]</sup>将箱体材质提高为 ZG25CrNiMo，通过模拟测试，提高了铸造工艺中存在的数值，实现了更好的顺序凝固和补缩。

综合上文分析，国内外对于箱体和夹具的研究有相同也有不同，为本次毕业设计提供了参考价值，认识了各种农业机械的具体结构，并了解了镗床夹具和铣床夹具的设计方法，也了解了夹具设计时需要注意的注意事项。



1.夹持装置橡胶块 2.夹持油缸活塞杆 3. 振动杆 4.扶杆 5.激振箱体 6.液压马达 7.悬挂连接杆 8.龙门固定架 9.悬挂油缸

图 1.3 悬挂式摇果机三维模型图



1.液压马达 2.液压马达支座 3.偏心块 4.箱体外壳 5.齿轮罩 6.液压马达传动轴 7.传动轴齿轮 8.中间轴 9.中间轴齿轮 10.偏心块传动轴 11.防尘盖

图 1.4 激振箱体内部结构

## 1.4 本设计研究内容

本文主要研究银杏摘果机传动箱体的工艺工装设计，以零件图作为基础，阐述其工艺路线，设计其铣床夹具、镗床夹具。具体的研究内容如下：

1) 对零件图进行分析，观察平面粗糙度，孔粗糙度，观察公差等级。根据工艺技术要求 and 手册完成工艺规程的制定。

2) 选择合适的机床、刀具。

3) 计算切削用量。

4) 制定工序卡、工艺规程卡。

5) 研究重要平面的铣工序，设计出它的夹具。包括定位方式、基准选择、定位销的选择、支撑板选择、螺栓选择、螺柱选择、铰链选择等。设计出夹具体，选择合适的夹具面。



## 西华大学毕业设计说明书

---

6) 研究重要平面的镗工序，设计出它的夹具。包括定位方式、基准选择、定位销的选择、支撑板选择、螺栓选择、螺柱选择、铰链选择等。设计出夹具体，设计出镗套、镗杆。选择合适的夹具面。



2. 工艺规程设计

2.1 工件的生产类型

零件的生产类型是企业或车间生产专业化程度的分类，对工艺流程的确定至关重要。一般而言，零件的生产类型主要分为三种：大量生产、成批生产和单件生产。不同的生产类型对应着不同的工艺流程，以满足不同的生产需求。

在确定生产纲领时，企业需要综合考虑市场需求、设备能力、人力资源等多方面因素。合理的生产纲领有助于企业优化资源配置，提高生产效率，降低成本，从而在激烈的市场竞争中保持优势。

一般来说，企业的生产纲领为：

$$N=Qm(1+a\%)(1+b\%) \tag{1.1}$$

- 式中 N——零件的生产纲领（件/年）；  
Q——产品的年产量（台/年）；  
n——每台产品中该零件的数量（件/台）；  
a%——该零件的备品率（备品百分率）；  
b%——该零件的废品率（废品百分率）。

根据任务书的要求，某中型新建企业生产银杏摘果机传动箱箱体，年产量 3000 件/年，备品率、废品率各为 1% 。根据式（1.1）可计算得  $N=3000*(1+1%)*(1+1%)=3060$ ;则零件的生产纲领为 3060 件/年，再根据表 2.1 和表 2.2 就可以确定零件的生产类型。

表 2.1 机械产品零件质量表

机械产品类别	加工零件的质量/kg		
	重型零件	中型零件	轻型零件
电子工业机械	>30	4-30	<4
中，小型机械	>50	15-5	<15
重型机械	>2000	100-200	<100



表 2.2 机械加工中生产类型划分表

零件特性		产品类型		
生产类型		重型零件	中型零件	轻型零件
单件生产		5 以下	20 以下	100 以下
成批生产	小批	5-10	20-200	100-500
	中批	100-300	200-500	500-5000
	大批	300-1000	500-5000	5000-50000
	大量生产	1000 以上	5000 以上	50000 以上

根据表 2.1 和 2.2，可以判断箱体为中型零件，且生产纲领是 3060 查表得出机械加工零件生产类型为成批生产的大量生产。对于成批生产的零件来说，机床设备采用万能和专用设备，夹具广泛采用专用夹具和特种夹具，刀具采用标准刀具和部分专用刀具。技术经济都为中等。

2.2 零件分析

箱体类零件作为机械结构的主要构件和基础件，承载着众多零部件的安装和支撑功能。随着安装在箱体上的零部件数量的增加，其结构也相应变得更加复杂，这无疑加大了加工的难度。特别是在减速器的箱体中，装配孔的数量众多，其中多数为轴承的支撑孔，这些孔的加工精度要求极高，因为它们的精度直接影响到减速器的整体性能和稳定性。

在箱体类零件的加工过程中，平面通常被用作装配基准面。这意味着平面的尺寸精度、位置和形状精度以及表面粗糙度等方面都必须达到较高的标准，以确保零部件能够准确、稳定地安装在箱体上，并保证整个机械结构的正常运行。

为了满足这些严格的要求，箱体类零件的加工需要采用先进的加工设备和工艺，结合精密的测量和检测手段，确保每一个加工环节都达到预定的精度要求。同时，加工人员也需要具备丰富的经验和技能，能够熟练应对各种复杂的加工情况，确保箱体



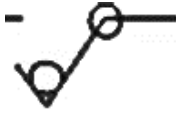

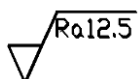
类零件的质量和性能达到最佳状态。

首先对箱体的零件图进行分析，底面由  $4 \times \Phi 22$  的通孔组成，可以考虑选用 2 边较远的孔来进行定位，箱体的前面和后面粗糙度要求较高，需要粗加工，半精和精加工，其次有  $\Phi 90$  和  $\Phi 85$  孔精度也较高，同样需要 3 次加工，需要注意的是，首先需要将定位基准（暂定为底面）和定位孔加工出来，在粗加工时就应该加工出来。其余孔和平面都只需要粗加工与精加工，不重要的孔和攻丝等步骤放在半精加工后面。在第一步热处理后添加时效处理，在半精加工结束后，精加工开始前加入人工时效。结构上采用先面后孔，先粗后精，先主后次，先基准在其他的处理方式。

## 2.3 确定毛坯的制造形式

首先箱体的材料为 HT200.铸铁和青铜不能锻造，只能选择铸造，铸铁类零件一般采用铸造毛坯。箱体在机构上主要起传动作用，把齿轮与轴连接在一起。且零件为成批生产，可以由表 2.3 来选择。根据经济和零件特征来选择，最终选择的制造方式为金属模机械砂型。

表 2.3 毛坯的制造方式及其工艺特点

铸造	最大重量 (kg)	最小壁厚 (mm)	生产类型	精度等级	表面粗糙度	其他特点
木模手工砂型	不限制	3-5	单件或小批量	14-16		余量大，一般为 1-10mm，适用于铸造大件，生产率很低
金属模机械砂型	至 250	3-5	大批量生产	14级左右		生产率高，设备复杂，但要求工人技术不高，适用于中小型铸件
金属型浇筑	至 100	1.5	同上	11-12		生产率高，结构细密。

选择好了毛坯的制造形式后，我们需要考虑制造的精度等级，毛坯的余量。对于



## 西华大学毕业设计说明书

大批量和中批量生产的毛坯铸造公差等级，有表 2.4 易得灰铸铁的公差等级为 8-10CT，零件总高为 250mm，总宽为 250，CT 取 10 级，查《铸件尺寸公差表》可知铸件的尺寸公差为 4.4mm。

表 2.4 大批量生产的毛坯铸件的公差等级

方法	公差等级			
	钢	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁
砂型铸造，手工铸造	11-14	11-14	11-14	11-14
砂型铸造，机器造型，壳型	8-12	8-12	8-12	8-12
金属型铸造		8-10	8-10	8-10

又查表 2.3《毛坯铸件典型的机械加工余量等级》可知砂型铸造机器造型灰铸铁余量等级为 E-G 级，取 G 级。又由表《铸件的 C-K 级机械加工余量可以得到》铸件机械加工余量为 3.5。

经过查表和计算可以确定参考面的总余量由表 2.5 查得。

表 2.5 各加工表面余量表 (mm)

加工表面	最大尺寸	加工余量等级	加工余量	说明
底面	315	G	3.5	底面，单侧加工
顶面	250	G	2.8	顶面，单侧加工
前表面凸台	160	G	2.8	前面，单侧加工
后表面	315	G	3.5	后面，单侧加工
Φ90 孔	Φ90*10	G	1.4	孔，双侧加工
Φ85 孔	Φ80*100	G	1.4	孔，双侧加工

最终其毛坯主要尺寸和公差如表 2.6 所示。





表 2.6 毛坯主要尺寸及公差

主要尺寸	零件尺寸	总余量	毛坯尺寸	公差 CT
底面	250	3.5	253.5	4
顶面	250	2.8	252.8	4
前表面凸台	90	2.8	92.8	3.2
后表面	150	3.5	153.5	3.6
Φ90 孔	90	2.8	Φ87.2	3.2
Φ85 孔	85	2.8	Φ82.2	3.2

## 2.4 基准选择

在加工工件时，我们需要选用定位的面来做为基准，这个基准就叫做定位基准。定位基准的正确与否，决定了零件的技术要求，也决定了加工的先后顺序。定位基准分为粗基准和精基准。一般来说，用毛坯上没有加工的面的表面作为粗基准。在后续的加工中，用以及加工的表面来作为精基准，加工中一般先选择粗基准在选择精基准，先把精基准出来，在确定粗基准。

### 2.4.1 精基准的选择。

选择精基准时，一般采取以下原则：

- 1) 基准重合，它强调在选择精基准时，应尽可能选用被加工表面的设计基准，确保零部件的互换性和装配精度。
- 2) 它强调在加工过程中，应尽可能地利用某一组表面作为精基准定位，以便能够更方便、高效地加工其他表面。
- 3) 互为基准原则，互为基准原则在机械加工中，特别是在处理精度要求极高的表面时，是一种非常重要的原则。
- 4) 自为基准，自为基准原则在机械加工中是一种非常实用且高效的方法，尤其适用于那些精加工要求余量小且均匀的情况。

在进行该零件的精基准选择时，首先要满足基准重合原则，对于此零件，下表面为设计基准，并且下表面有 4\*Φ22 通孔，可以用于一面两销定位。下表面自身精度要求高，满足了自为基准原则，且满足基准统一原则，方便后续工序的加工。并且，下表面面积比较大，便于装夹。故选用下表面来作为精基准。

精基准选好后，开始选择粗基准。



### 2.4.2 粗基准的选择

选择粗基准时，一般遵循以下原则：

1) 要保证相互位置的要求，当工件上存在多个不加工面时，我们需要进一步分析这些表面与加工表面的相互位置要求。应选择那些与加工表面相互位置要求较高的不加工面作为粗基准。

2) 保证加工表面加工余量合理分配的原则，若需确保工件某一关键表面的加工余量均匀一致，理应将该表面选定为粗基准，以确保加工过程的稳定性和精度。

3) 便于工件装夹原则，在选定粗基准时，应确保其定位准确可靠，夹具设计应力求结构简单，以便于操作。。

4) 粗基准在统一尺寸方向上只能使用一次粗基准作为毛坯面，其精度和表面粗糙度通常较低。若重复使用，会显著增大位置误差，影响加工精度和工件质量。

粗基准的作用主要是用来加工精基准，本箱体的前后左右表面均有高精度的要求，要尽量选择不加工面，所以只能选择正面圆凸台表面或者支座表面，由于支座表面不好定位，不满足要求。凸台圆柱表面可以通过长 V 型块进行 4 个自由度的限制，在使用一端端面进行 z 轴转动限制，满足要求，所以使用正面圆柱凸台表面作为粗基准的使用来加工精基准。

## 2.5 工艺规程设计

### 2.5.1 表面加工方案

工件上的表面经常需要通过 3 次加工来加工出来，它们分别是粗加工，半精加工，精加工。必须逐步的达到质量要求。加工时应该考虑表面的精度要求，先选择能够保证此要求的方案，通过几种方案进行对比。结合其他条件来选择其中比较合理的方案。

根据零件图可以观察到，零件的前表面，后表面要求粗糙度 1.6，必须进行 3 次加工。上下两平面要求粗糙度 3.2，粗，半精加工就可以达到。前表面尺寸为 160mm 未注公差，查表可得公差为 $\pm 0.5$ ，公差等级在 IT13。其他表面均在 13-15 之间。以下是方案选择：

1) 前表面外圆表面加工方案如表 2.7 所示：（粗糙度 1.6）

前表面尺寸为 160mm 未注公差，查表可得公差为 $\pm 0.5$ ，公差等级在 IT13。其他表面均在 13-15 之间。

通过表 2.7 可以清晰的选择加工方案和对应的经济等级，也可以观察到表面粗糙度，后续的加工方案选择均以这种方式进行



## 西华大学毕业设计说明书

表 2.7 前表面加工方案选择

序号	加工方案	经济等级	表面粗糙度
1	粗车-半精车-精车	IT6-7	1.6-0.8
2	粗铣-半精铣-精铣	IT7-8	3.2-1.6
3	粗铣-拉	IT6-9	0.8-0.2
4	粗铣-精铣	IT11-12	6.3-1.6

其中，方案 1 车工序适合回转体结构，此零件不适用。方案二满足条件，且分为粗加工，半精加工，精加工三步，经济等级和表面粗糙度也满足要求。方案三拉工序使用于大量生产，并且适用于未淬硬的小平面，所以也不适用。方案四虽然满足要求，但没有方案二完善，不好安排工序，故选择方案二。

### 2) 上表面平面加工方案：(粗糙度 3.2)

表 2.8 上表面加工方案选择

序号	加工方案	经济等级	表面粗糙度
1	粗铣-半精铣	IT11-12	6.3-1.6
2	粗铣-精铣	IT7-9	6.3-1.6
3	粗铣-半精铣-磨削	IT7-9	0.8-0.2
4	粗车-半精车	IT8-10	6.3-3.2

其中，方案一满足要求，经济等级和表面粗糙度都满足。方案二虽然满足条件，但精度过高，浪费人力物力。方案三满足要求，但是磨削经济性不好，也浪费人力物力。方案四不适用与非回转体的结构，所以选择方案一。

对于其他相似表面，均采用同样的加工方法，如后表面采用粗铣-半精铣-精铣。注意，由于下表面是精基准，是基准面，所以虽然他的粗糙度是 3.2，但加工时仍然需要粗铣-半精铣-精铣 3 步来加工，使其精度变高。

加工好平面后，就需要进行孔的加工。观察零件图，有底面  $4 \times \Phi 22$  通孔，其中 2 组孔为定位孔，需要粗加工-半精加工-精加工。正面有  $\Phi 85$  大孔，粗糙度要求 1.6，IT7。背面有  $\Phi 90$  大孔，粗糙度要求 1.6，IT8。正面凸台  $3 \times \Phi 12$  沉头孔，背面  $6 \times \Phi 12$  螺纹孔。左侧有 M12 通孔。顶部有  $4 \times \Phi 12$  小孔，粗糙度要求 3.2。凸台圆柱上也有 M12 螺纹孔。未注公差等级在 IT14-17 内，以下是方案选择：



## 西华大学毕业设计说明书

### 3) 底面 $2*\Phi 22$ 定位孔

表 2.9  $2*\Phi 22$  定位孔加工方案选择

序号	加工方案	经济精度等级	表面粗糙度
1	钻-粗铰-精铰	IT7-9	1.6-0.8
2	钻-扩-铰	IT8-9	3.2-1.6
3	钻-拉	IT7-9	1.6-0.1
4	粗镗-半精镗-精镗	IT7-8	1.6-0.8

其中，方案一不满足要求，因为这种加工方案只适用于孔径小于 15mm-20mm 的非铁金属。图中的孔径大于 20mm，所以不适用。方案二满足要求，可以作为备选方案。方案三不满足要求，因为拉孔主要在大批量生产中使用。方案四满足要求，与方案二对比要稍好一些，因为区分了粗加工，半精加工和精加工，比方案二更加的直观。

### 4) 顶部 $4*\Phi 12$ 小孔

表 2.10 上表面  $4*\Phi 12$  孔加工方案选择

序号	加工方案	经济精度等级	表面粗糙度
1	钻-铰	IT8-10	3.2-1.6
2	钻-扩-铰	IT8-9	3.2-1.6
3	粗镗-半精镗	IT9-10	3.2-1.6
4	粗镗-半精镗-精镗	IT7-8	1.6-0.8

其中方案四可以使用，可以加入备选方案。方案二不适用，因为方案二适用于孔径大于 15-20mm 的孔，图中的孔径小于 15mm，所以不选用。方案三不适用，因为在铸铁上加工直径小于 15mm 的孔时，不用扩孔或者镗孔。所以选择方案一。

### 5) 正面凸台盲孔：

表 2.11 凸台盲孔加工方案选择

序号	加工方案	经济精度等级	表面粗糙度
1	钻	IT11-12	12.5
2	钻-铰	IT8-10	3.2-1.6
3	钻-扩	IT10-11	12.5-6.3
4	钻-粗铰-精铰	IT7-9	1.6-0.8



其中方案一可用，满足精度要求和表面粗糙度，且工序只有一步，可以简化工序。方案二也可用，但对于方案一过于繁琐，铰的工序有些多余。方案三不可用，因为方案三主要适用于孔径大于 15-20 的孔，故不可用。方案四也可用，但过于浪费人力物力。故最终选择方案一。

对于其他相似的孔，均可以参照使用加工方案。对于  $\Phi 85$  孔，可以采用粗镗-半精镗-精镗的加工方案，满足要求。同样  $\Phi 90$  的孔也采用这个方案。对于其他的小孔和沉头孔，螺纹孔，都采用钻的加工方案，这样的加工方案，满足精度要求，符合工艺规程。

### 2.5.2 加工阶段划分

为了工艺的有规律性，有规划性，可以把加工阶段分为以下几个阶段：

1) 粗加工阶段，在这个阶段，主要的任务是通过切削加工，去除工件表面上的大部分余量。

2) 半精加工阶段，经过主要表面的粗加工后，我们需要消除留下的误差，以达到一定的精度要求，从而为后续的精加工奠定坚实的基础。同时，这个阶段也可以完成一些对精度要求不高的表面加工任务，如钻孔、攻螺纹、铣槽等。

3) 精加工阶段，在精加工阶段，主要目标是确保零件的尺寸、形状和位置精度以及表面粗糙度达到或基本达到图纸要求。

对于此次箱体的工艺设计，首先应该把定位基准和定位孔的加工步骤放入粗加工阶段。然后，将粗铣的平面，钻孔，放到粗加工。其次将半精铣平面和半精镗孔的加工放入半精加工阶段，随后将铣槽，倒角等任务放在半精加工后期。最后，将粗糙度为 1.6 的平面在进行精铣，粗糙度为 1.6 的孔，进行精镗，并且放入精加工阶段。

### 2.5.3 工序的集中与分散

工序的集中与分散，是工艺路线规划中确定工序数目的两种基本原则。当工序较少而每个工序所包含的加工内容较多时，我们称之为工序集中。相反，当工序数目较多但每个工序的加工内容相对较少时，我们称之为工序分散。

对于工序集中和分散，有一些特点，我们需要根据特点来进行选择：

工序集中的特点：

- 1) 有利于采用高效率的机床
- 2) 减少了工件装夹次数，节省了时间。
- 3) 有利于保证加工面的位置精度。
- 4) 通过减少工序数量和缩短工艺路线，简化生产计划。



5.) 专用设备和工艺设备复杂, 生产周期比较长, 产品更换困难。

工序分散的特点

- 1) 可以让工序使用的设备和夹具比较简单。
- 2) 工序路线比较长, 设备工人比较多, 生产占地面积大。
- 3) 有利于选择合适的切削用量。

综合考虑各方面的元素。由于生产类型为成批生产, 产量比较大, 但不需要过于专业的设备, 可以考虑使用工序分散来使设备和夹具设计变的轻松。并且也可以得到合适的切削用量, 对于批量生产很实用。

### 2.5.4 机械加工顺序的安排

根据以上小节的综合考虑, 结合机械加工工序和热处理工序与辅助工序。安排机械加工顺序。

安排机械加工顺序时, 应该考虑以下几个原则:

#### 1) 根据加工阶段的划分:

先基准后其他 先加工基准平面用于定位其他表面, 如果定位基准不至一个, 则按照基准面转换顺序来安排基准面的加工。

先主后次 优先处理主要表面, 随后再对次要表面进行加工。

先面后孔 首先进行平面的加工, 然后再在此平面上进行孔的加工。

精加工和完整加工放在最后。

#### 2) 根据热处理的安排:

为了提升工件材料的切削性能以及消除毛坯内应力, 热处理工序如正火、退火、调制处理和时效处理通常被安排在粗加工之后进行。

对于尺寸较大、结构复杂的铸件, 在粗加工前和粗加工后各进行一次时效处理; 而对于一般的铸件, 安排一次时效处理即可满足需求; 对于精度要求极高的铸件, 则需要半精加工前和半精加工后分别进行时效处理, 以确保工件的质量和精度。

淬火和渗碳处理都是为了提高工件的材料力学性能, 通常这两道工序会安排在半精加工和精加工之间。如果热处理后工件出现了较大的变形, 则增加一道精加工工序来修正这些变形。

镀铬、镀锌等工序安排在工艺过程的最后阶段。

#### 3) 根据辅助工序的安排:

检验 保证零件质量, 防止废品。通常在粗加工结束后、零件转移至另一车间之前、重要工序前后以及整体工艺完成后, 安排必要的检查和工序间的检测。

去毛刺和清洗 毛刺对机械装配具有显著的影响, 因此在进行切削加工后, 务必安



## 西华大学毕业设计说明书

排去毛刺的步骤；而在进入装配阶段之前，清洗工作也是必不可少的。工艺结束后应该安排。

对于本次加工的零件来说，零件铸造后由于内应力较大。且零件较复杂，尺寸比较大，精度要求高。故在半精加工之前安排时效处理，且在半精加工结束后添加时效处理。为了改善铸造后的内应力，应该在铸造后添加时效处理。钻螺纹，钻不重要的孔，铣槽等工序安排在时效处理之前，半精加工前。检验工序安排在半精加工之前，粗加工之后，工艺完成后也要进行。去毛刺安排在粗加工开始之前，工艺结束后，检验前。

于是最终的机械加工顺序如表 2.12 和表 2.13 所示。

表 2.12 机械加工工艺规程方案一

序号	工序内容
10	铸造
20	时效处理
粗加工：	
30	粗、半精铣下底面
40	粗镗、半精镗、精镗 $2 \times \Phi 22$ 定位孔
50	粗铣顶面、背面、正面
60	粗镗 $\Phi 90$ 、 $\Phi 85$ 、 $\Phi 125$ 大孔
70	钻凸台小孔、凸台螺纹孔、M12 沉头孔
80	钻背面 $6 \times \Phi 12$ 小孔、顶面 4 小孔
90	铣槽， $\Phi 40$ 圆柱面
100	人工时效
半精加工	
110	半精铣顶面、背面、正面
120	半精镗 $\Phi 90$ 、 $\Phi 85$
130	半精镗顶面小孔
140	攻螺纹
150	钻其余 $\Phi 22$ 通孔
精加工	
160	精铣背面、正面
170	精镗 $\Phi 90$ 、 $\Phi 85$
180	倒角





## 西华大学毕业设计说明书

续表 2.12 机械加工工艺规程方案一

序号	工序内容
190	去毛刺
200	检验

表 2.13 机械加工工艺规程方案二

序号	工序内容
10	铸造
20	时效处理
25	去毛刺
粗加工	
30	粗、半精铣下底面
40	粗镗、半精镗、精镗 $2 \times \Phi 22$ 定位孔
50	粗铣左面
60	粗铣右面
70	粗铣前面
75	粗铣后面
80	粗铣顶面
85	粗镗 $\Phi 85$ 、 $\Phi 90$ 孔
90	自然时效
半精加工	
100	半精铣前表面
110	半精铣后表面
120	钻正面凸台 $3 \times \Phi 12$ 孔
130	钻背面 $6 \times \Phi 12$ 孔
140	钻孔 $\Phi 12$
150	钻孔 $\Phi 20$
160	螺纹孔攻丝
165	半精镗 $\Phi 85$ 、 $\Phi 90$ 孔
180	钻底面其余 $2 \times \Phi 22$ 通孔
190	钻顶面 $4 \times \Phi 12$ 小孔
195	绞顶面 $4 \times \Phi 12$ 小孔



# 西华大学毕业设计说明书

续表 2.13 机械加工工艺规程方案二

序号	工序内容
200	人工时效
精加工	
210	精铣前表面
220	精铣后表面
230	精镗 $\Phi 85$ 、 $\Phi 90$ 孔
240	去毛刺
250	清洗
270	终检，入库

根据方案一，做到了工序集中，基准统一和基准重合。且粗-半精-精加工分开；先面后孔也满足条件。但工序过于没有规律。并且次要表面的加工没有放在时效处理的前面，粗加工的后面。并且并没有做到工序分散，对于成批量生产不是很使用。而对于方案二，加工顺序清楚，工艺安排合理，热处理和时效处理安排恰到好处。检验工序安排满足要求。去毛刺工序位置恰当。满足工序分散，先面后孔，先粗后精等。所以选择方案二做为机械加工工艺规程。

## 2.5.5 确定工序余量

工序余量一般按照查表法确定，选用的原则如下：

- 1) 缩短加工时间，降低成本，采用较小的加工余量
- 2) 加工余量保证精度和粗糙度。

(a)以后表面为计算工序尺寸和公差，尺寸为  $315 \times 250 \times 150 \text{mm}$ ，表面粗糙度为  $1.6 \mu\text{m}$ 。由上文可知毛坯尺寸公差为 10 级，加工余量为 G 级，每侧加工数值为  $3.5 \text{mm}$ 。则毛坯总余量为  $Z_{\text{总}} = 3.5 \text{mm}$ 。毛坯的尺寸公差取  $4.4 \text{mm}$ 。那么毛坯的尺寸为  $253.5 \pm 2.2 \text{mm}$ 。精铣后工序基本尺寸为 150（设计尺寸）。有下表

表 2.14 铣平面加工余量

零件厚度	粗铣		粗铣后半精铣	
	宽度 $\leq 200$	宽度 $> 200-400$	宽度 $\leq 200$	宽度 $> 200-400$
	平面长度			
	$> 100-250$	$> 100-250$	$> 100-250$	$> 100-250$
$> 6-30$	1.0	1.2	1.0	1.0
$> 30-50$	1.0	1.5	1.0	1.2



## 西华大学毕业设计说明书

则其他工序基本尺寸为：

半精铣：151.5mm；

粗铣：153.2mm

各加工工序余量分别计算：

精铣余量： $Z_{\text{精}} = (3.5 - 1.5 - 1.7) \text{ mm} = 0.3 \text{ mm}$

半精铣余量： $Z_{\text{半精}} = (151.5 - 150) \text{ mm} = 1.5 \text{ mm}$

粗铣余量： $Z_{\text{粗}} = (153.2 - 151.5) = 1.7 \text{ mm}$

查《平面加工方案的经济精度和表面粗糙度表》和《标准公差数值表》有精铣工序公差取 IT7,公差值取 0.046mm；半精铣工序公差取 IT11,公差值取 0.29mm;粗铣工序公差取 IT12,公差值为 0.46mm。

按照“入体原则”标注，求得工序尺寸分别为：

精铣： $d_3 = 150^{0}_{-0.046} \text{ mm}$  半精铣： $d_2 = 151.5^{0}_{-0.29} \text{ mm}$  粗铣： $d_1 = 153.2^{0}_{-0.46} \text{ mm}$

(b)以  $\Phi 90^{+0.004}_0 \text{ mm}$ ，表面粗糙度为 1.6。的孔计算工序尺寸和公差。由上文可知毛坯尺寸公差为 10 级，加工余量为 G 级。每侧加工余量为 1.4mm，故毛坯孔机械加工总余量为  $Z_{\text{总}} = 2.8 \text{ mm}$ 。

由上文可知毛坯的尺寸公差为 3.2，则毛坯尺寸为  $\Phi 87.2 \pm 1.6 \text{ mm}$ 。

精镗后的工序基本尺寸  $d_3 = \Phi 90 \text{ mm}$ （设计尺寸）。有表 2.15，可得其他各工序基本尺寸为半精镗： $\Phi 89.3 \text{ mm}$ ；

粗镗： $\Phi 88 \text{ mm}$ 。

各工序加工余量分别为：

精镗余量  $Z_{\text{精}} = (90 - 89.3) \text{ mm} = 0.7 \text{ mm}$ ；

半精镗余量  $Z_{\text{半精}} = (89.3 - 88) = 1.3 \text{ mm}$ ；

粗镗余量  $Z_{\text{粗}} = (2.8 - 1.3 - 0.7) = 0.8 \text{ mm}$ 。

表 2.15 按照 7 级或 8 级、9 级精度加工预先冲出或铸出的孔

加工孔直径	直径			
	粗镗		精镗	
	第一次	第二次	镗以后的直径	按照 H11 公差
80	75	78	79.5	+0.19
85	80	83	84.3	+0.19
90	85	88	89.3	+0.22
95	90	93	94.3	+0.22



## 西华大学毕业设计说明书

查《孔方案的经济精度和表面粗糙度表》和《标准公差数值表》，精镗工序公差为 IT8，公差值为 0.054mm；半精镗公差为 IT9，公差值为 0.087mm；粗镗工序取 IT11，公差值为 0.22mm。

工序尺寸按“入体原则”标注，则各工序尺寸分别为：

精镗  $d_3 = \Phi 90_0^{+0.054}$  mm 半精镗  $d_2 = \Phi 89.3_0^{+0.087}$  mm 粗镗  $d_1 = \Phi 88_0^{+0.22}$  mm

(c)以  $\Phi 22$  mm 通孔计算，由于是定位孔。粗糙度按 1.6 $\mu$ m 计算，公差等级为 H7。由上文可知毛坯尺寸公差为 10 级，加工余量为 G 级。由表《铸件 C-K 级机械加工余量》可得单侧加工余量为 0.5mm，则  $Z_{总} = 1$  mm。

查表《铸件尺寸公差》有毛坯孔的尺寸公差为 2mm，则毛坯孔尺寸为  $\Phi 23 \pm 1$  mm。

精镗后尺寸为  $\Phi 22$  mm（设计尺寸），查表《基孔制 7 级孔的加工余量》其他各工序的加工尺寸为：

半精镗：21.94mm

粗镗：21.8mm

各工序加工余量为：

精镗余量  $Z_{精} = (22 - 21.94)$  mm = 0.06mm；

半精镗余量  $Z_{半精} = (21.94 - 21.8)$  = 0.14mm；

粗镗余量  $Z_{粗} = (2 - 0.06 - 0.14)$  = 1.8mm。

查《孔加工方案的经济精度和表面粗糙度表》和《标准公差数值表》，精镗工序公差为 IT8，公差值为 0.033mm；半精镗公差为 IT9，公差值为 0.052mm；粗镗工序取 IT8，公差值为 0.13mm。

工序尺寸按入体原则标注：

精镗  $d_3 = \Phi 22_0^{+0.033}$  mm 半精镗  $d_2 = \Phi 21.94_0^{+0.052}$  mm 粗镗  $d_1 = \Phi 21.8_0^{+0.13}$  mm

(d)以  $\Phi 12$  mm 孔计算，粗糙度 3.2 $\mu$ m，由上文可知毛坯尺寸公差为 10 级，加工余量为 G 级。由表《铸件 C-K 级机械加工余量》可得单侧加工余量为 0.5mm，则  $Z_{总} = 1$  mm。

查表《铸件尺寸公差》有毛坯孔的尺寸公差为 2.2mm，则毛坯孔尺寸为  $\Phi 12 \pm 1.1$  mm。

铰后尺寸为  $\Phi 12$  mm（设计尺寸），查表《基孔制 7 级孔的加工余量》其他各工序的加工尺寸为：

钻：11mm

各工序加工余量为：

铰余量  $Z_{铰} = (12 - 11)$  mm = 1mm；

钻余量  $Z_{钻} = (2.2 - 1)$  = 1.2mm；



## 西华大学毕业设计说明书

查《孔加工方案的经济精度和表面粗糙度表》和《标准公差数值表》，铰公差为 IT8，公差值为 0.027mm；钻工序公差为 IT11，公差值为 0.11mm。

工序尺寸按入体原则标注：

铰  $d_2 = \Phi 120 + 0.027\text{mm}$  钻  $d_1 = \Phi 110 + 0.11\text{mm}$ 。

(e)以加工后表面凸台为计算工序尺寸和公差，尺寸为 315x160x90mm，表面粗糙度为 1.6 $\mu\text{m}$ 。由上文可知毛坯尺寸公差为 10 级，加工余量为 G 级，每侧加工数值为 2.8mm。则毛坯总余量为  $Z_{\text{总}} = 2.8\text{mm}$ 。

毛坯的尺寸公差取 4mm。那么毛坯的尺寸为  $92.8 \pm 2\text{mm}$ 。

精铣后工序基本尺寸为 90（设计尺寸）。查《铣平面加工余量》

则其他工序基本尺寸为：

半精铣：91mm；

粗铣：92.5mm

各加工工序余量分别计算：

精铣余量： $Z_{\text{精}} = (2.8 - 1 - 1.5)\text{mm} = 0.3\text{mm}$

半精铣余量： $Z_{\text{半精}} = (90 - 91)\text{mm} = 1\text{mm}$

粗铣余量： $Z_{\text{粗}} = (92.5 - 91) = 1.5\text{mm}$

查《平面加工方案的经济精度和表面粗糙度表》和《标准公差数值表》有精铣工序公差取 IT7，公差值取 0.035mm；半精铣工序公差取 IT11，公差值取 0.22mm；粗铣工序公差取 IT12，公差值为 0.35mm。

按照“入体原则”标注，求得工序尺寸分别为：

精铣： $d_3 = 900 - 0.035\text{mm}$  半精铣： $d_2 = 910 - 0.22\text{mm}$  粗铣： $d_1 = 92.50 - 0.35\text{mm}$

(f)以加工下表面计算工序尺寸和公差，尺寸为 315x150x250mm，表面粗糙度为 1.6 $\mu\text{m}$ 。由上文可知毛坯尺寸公差为 10 级，加工余量为 G 级，每侧加工数值为 3.5mm。则毛坯总余量为  $Z_{\text{总}} = 3.5\text{mm}$ 。

毛坯的尺寸公差取 4mm。那么毛坯的尺寸为  $92.8 \pm 2\text{mm}$ 。

精铣后工序基本尺寸为 250（设计尺寸）。查《铣平面加工余量》

则其他工序基本尺寸为：

半精铣：251.3mm；

粗铣：253mm

各加工工序余量分别计算：

精铣余量： $Z_{\text{精}} = (3.5 - 1.3 - 1.7)\text{mm} = 0.5\text{mm}$

半精铣余量： $Z_{\text{半精}} = (251.3 - 250)\text{mm} = 1.3\text{mm}$

粗铣余量： $Z_{\text{粗}} = (253 - 251.3) = 1.7\text{mm}$



## 西华大学毕业设计说明书

查《平面加工方案的经济精度和表面粗糙度表》和《标准公差数值表》有精铣工序公差取 IT7,公差值取 0.046mm; 半精铣工序公差取 IT11,公差值取 0.29mm;粗铣工序公差取 IT12, 公差值为 0.46mm。

按照“入体原则”标注,求得工序尺寸分别为:

精铣:  $d_3=2500-0.046\text{mm}$  半精铣:  $d_2=2500-0.29\text{mm}$  粗铣:  $d_1=92.50-0.46\text{mm}$

(g)以加工上表面计算工序尺寸和公差,尺寸为 160x150x250mm,表面粗糙度为 1.6 $\mu\text{m}$ 。由上文可知毛坯尺寸公差为 10 级,加工余量为 G 级,每侧加工数值为 2.8mm。则毛坯总余量为  $Z_{\text{总}}=2.8\text{mm}$ 。

毛坯的尺寸公差取 4mm。那么毛坯的尺寸为  $252.8\pm 2\text{mm}$ 。

则其他工序基本尺寸为:

粗铣: 251.7mm

各加工工序余量分别计算:

半精铣余量:  $Z_{\text{半精}}=(2.8-1.7)\text{mm}=1.1\text{mm}$

粗铣余量:  $Z_{\text{粗}}=(251.7-250)=1.7\text{mm}$

查《平面加工方案的经济精度和表面粗糙度表》和《标准公差数值表》半精铣工序公差取 IT11,公差值取 0.29mm;粗铣工序公差取 IT12, 公差值为 0.46mm。

按照“入体原则”标注,求得工序尺寸分别为:

半精铣:  $d_2=2500-0.29\text{mm}$  粗铣:  $d_1=251.7-0.46\text{mm}$ 。

## 2.6 加工设备选择

为每段工序选择一个合适的机床确实是非常重要的,这不仅直接影响工件的质量、精度,还关系到加工成本和加工效率。在选择机床时,通常需要考虑以下几个关键因素:

- 1) 机床的尺寸轮廓要能放满夹具和工件,避免选用过大或过小的机床。要适合。
- 2) 机床的加工精度必须要与本工序要求精度适应。
- 3) 机床生产率应该与加工工件的生成类型适应。

(a)粗、半精铣下底面

由于零件比较长,尺寸为 315\*340\*312。选用工作台面积为大于 1000\*400 (长\*宽) 的铣床。

初步选用 X62 和 X61 卧式铣床。由于 X62 尺寸合理。故选用 X62 卧式铣床。

其主要参数如表 2.16 所示:

主轴转速如表 2.17 所示:



## 西华大学毕业设计说明书

表 2.16 X62 铣床的主要技术参数

技术参数	型号
	X62
工作台面积：长（mm）	1250
宽（mm）	400
T 型槽数（mm）	3
T 型槽宽度（mm）	18
T 型槽距离（mm）	90

表 2.17 铣床（卧式）的主轴转速

型号	主轴转速
X62, X63, X62W, X 63W	30, 37.5, 47.5, 60, 75, 95, 118, 150, 190, 235, 300, 375, 475, 600, 750, 950, 1180, 1600

### (b)粗镗、半精镗、精镗定位孔：

加工的孔径比较小，且不是深孔，并且工件是平躺在 V 型块上的状态。故排除深孔钻镗床和坐标镗床。其中 T611 的镗杆较粗，比较适合中小型零件的加工。特别是箱体的零件，故选择 T611。其基本参数如表 2.18、2.19、2.20 所示：

表 2.18 T611 镗床的主要技术参数

技术参数	型号
	T611
工作台面积：长（mm）	1000
宽（mm）	600
最大加工孔径（mm）	240
工作台面积：长（mm）	1250
宽（mm）	400

表 2.19 卧式镗床的主轴转速

型号	主轴转速
T611	20, 25, 32, 40, 50, 64, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000





## 西华大学毕业设计说明书

表 2.20 T611 的主轴进给量

型号	主轴进给量 (mm/r)
T611	0.05, 0.07, 0.1, 0.13, 0.19, 0.27, 0.37, 0.52, 0.75, 1.03, 1.43, 2.05

(c)粗铣上表面，左表面，右表面均可使用 X53K。

(d)钻顶面小孔：

由于是顶面  $\Phi 12$  小孔，一般小于  $\Phi 15$ ，不适用镗床。

采用钻床来加工。在挑选钻床时，要选用工作台面积足够放置夹具和工件的。在考虑这些因素后进行选择。

最终初步选用 Z535 钻床。尺寸足够，精度能够保证。其基本参数如表 2.21 所示，主要技术参数在此标注。主轴转速和进给量如表 2.22 所示：

表 2.21 Z535 钻床的主要技术参数

技术参数	型号
	Z535
续表：	
最大钻孔直径 (mm)	25
主轴端面至工作台面的距离 (mm)	
最大	750
最小	0
最大	1130
最小	705
工作台行程 (mm)	325
工作台面积：长 (mm)	500
宽 (mm)	450
主电动机：功率 (KW)	4
转速 (r/min)	1440

表 2.22 Z535 钻床的主轴转速和进给量参数

技术参数	型号 Z535
主轴转速 (r/min)	68, 100, 140, 197, 276, 400, 630
进给量 (mm/r)	0.11, 0.15, 0.2, 0.25, 0.32, 0.42



## 西华大学毕业设计说明书

(e)钻凸台小孔，也可以使用立式钻床，将工件平躺。故也选择 Z535.其余不重要的小孔加工，都可以采用 Z535 钻床来操作。

最终各加工工序选用表如表 2.22 所示：

表 2.22 各工序选择的加工设备和刀具

序号	工序内容	加工设备	加工刀具
30	粗、半精铣下底面	X62	圆柱形铣刀
40	粗镗、半精镗、精镗 $2 \times \Phi 22$ 定位孔	T611	高速钢刀头、粗绞刀
50	粗铣左面	X53K	立铣刀
60	粗铣右面	X53K	立铣刀
70	粗铣前面	X53K	立铣刀
80	粗铣后面	X53K	立铣刀
85	粗铣顶面	X53K	立铣刀
90	钻顶面 $4 \times \Phi 12$	Z550	麻花钻
100	钻正面凸台上小孔	Z550	麻花钻
110	钻底面其余 $2 \times \Phi 22$ 通孔	Z550	麻花钻
120	钻 $6 \times \Phi 12$	Z550	麻花钻
130	钻 $3 \times \Phi 12$	Z550	麻花钻
150	半精铣前面	X53K	立铣刀
160	半精铣后面	X53K	立铣刀
165	半精铣顶面	X53K	立铣刀
180	钻螺纹孔 M12、倒角、攻丝	Z550	麻花钻、丝锥
190	钻螺纹孔 M20、倒角、攻丝	Z550	麻花钻、丝锥
195	铰顶面 $4 \times \Phi 12$	Z550	绞刀
200	半精镗 $\Phi 85H8$ 、 $\Phi 90H8$	T611	高速钢刀头
230	精铣前面	X53K	立铣刀
240	精铣后面	X53K	立铣刀
250	精镗 $\Phi 85H7$ 、 $\Phi 90H7$	T611	高速钢刀头



### 2.7 切削用量选择

在进行切削加工时，切削速度、进给量和背吃刀量作为切削用量的三大核心要素，其选择至关重要。合适的切削速度（ $v$ ，单位： $\text{m/min}$ ）、进给量（ $f$ ，单位： $\text{mm/r}$ ）以及背吃刀量（ $a_p$ ，单位： $\text{mm}$ ）的确定，能够确保加工过程的稳定性和效率，同时也有助于提升工件的质量和精度。对于加工零件来说是非常重要的一部分。

切削三要素的概念：

- 1) 切削速度：是指刀具上选定点在主运动方向上相对于工件待加工表面的瞬时速度，它是衡量切削过程中刀具与工件相对运动快慢的重要参数。
- 2) 进给量：在主运动上旋转一转，刀具与工件沿着运动方向的位移。
- 3) 背吃刀量：待加工表面和已加工表面的垂直距离。

约束切削用量的条件：

- 1) 工件加工要求，有质量要求和效率要求。
- 2) 刀具材料切削性能。
- 3) 机床性能，功率、转矩等。
- 4) 刀具寿命要求。

选择切削用量的原则：

- 1) 尽量选择比较大的背吃刀量  $a_p$ 。
- 2) 根据机床进给强度，刀杆刚度等选尽可能大的进给量  $f$ 。
- 3) 查手册或者计算确定切削速度。

背吃刀量的  $a_p$  的选择：

背吃刀量的确定应综合考虑加工余量、刀具刚度以及工件刚度等因素。在刚度条件满足的前提下，背吃刀量应尽量与加工余量保持一致，这样有助于减少走刀次数，提高加工效率。

精加工时，应该按照工序余量来确定背吃刀量。

进给量  $f$  的选择：

在粗加工阶段，由于对表面粗糙度的要求相对较低，因此可以选择较大的进给量以提高加工效率。而在精加工时，则需要重点考虑表面粗糙度，通常情况下，表面粗糙度要求越小，所需选择的进给量也应相应减小。

切削速度的选择主要取决于工件与刀具的材料特性。在粗加工过程中，适宜的切削速度则主要由刀具寿命和机床转矩等因素来决定，同时需确保所选切削速度不超出机床的额定功率范围，以保证加工过程的稳定性和安全性。

当切削三要素被准确确定后，我们便可以依据所选的机床对进给量  $f$  和切削速度  $v$



# 西华大学毕业设计说明书

进行调整，将其转化为机床实际可提供的进给量  $f$  和转速  $n$ 。

修正后的转速  $n$  计算公式：

$$n = \frac{v}{\pi d} \times 1000 \tag{2.1}$$

进给量  $f$ ：

$$fv = \frac{f}{z} \tag{2.2}$$

式中

$z$ ——铣刀刀齿数；

$f$ ——每转进给量；

$f_z$ ——每齿进给量。

进给速度  $v_f$ ：每分钟工件相对于铣刀移动的距离。

$$vf = fn = fzZn \tag{2.3}$$

(a)工序号 20 粗半精铣下底面：

由于底面是精基准，先用外圆粗基准来加工好精基准，让工件平躺，所以用卧铣床来加工是最好的，刀具自然选择圆柱形铣刀。铣床 X62 的功率为 7.5kw。

确定好工件摆放位置和造型后，进行查表计算。

由表 2.23 可以查得圆柱形铣刀，铸铁的每齿进给量为 0.20-0.30（粗加工）；查出数据。

由表 2.24 可查得半精加工表面粗糙度要求 3.2，铣刀直径在 40-80mm，故每转进给量为 1.0-2.3。

需要注意的是，数值并不是随便取的，大进给量一般用于小的背吃刀量和切削宽度，小进给量用于大的背吃刀量和切削宽度。

粗加工背吃刀量大，取  $fz=0.15\text{mm/r}$ ；半精加工背吃刀量小，取  $f=1.5\text{mm/r}$ 。

背吃刀量暂取 8mm（粗）3mm（半精）。

表 2.23 高速钢面铣刀、圆柱形铣刀和圆盘铣刀粗铣时的进给量

铣床功率/kw 工艺系统刚度		面铣刀与圆盘铣刀		圆柱形铣刀	
		钢	铸铁及铜合金	钢	铸铁及铜合金
5-10	大	0.12-0.20	0.25-0.35	0.15-0.25	0.25-0.35
	中	0.08-0.15	0.20-0.30	0.12-0.20	0.20-0.30
	小	0.06-0.10	0.15-0.25	0.10-0.15	0.12-0.30



# 西华大学毕业设计说明书

表 2.24 高速钢面铣刀、圆柱形铣刀和圆盘铣刀半精铣时的每转进给量

要求表面粗糙度 Ra/ $\mu\text{m}$	镶齿面铣刀和 调盘铣刀	圆柱形铣刀			
		铣刀直径 (mm)			
		40-80	100-125	40-80	100-125
		钢及铸钢		铸铁、铜及合金	
6.3	1.2-2.7			-	
3.2	0.5-1.2	1.0-2.7	1.7-3.8	1.0-2.3	1.4-3.0

要查到铣刀的铣削速度，还需要查出铣刀的寿命 T，根据表 2.25 《铣刀寿命 T》

表 2.25 铣刀寿命表 (min)

铣刀直径 d/mm $\leq$	25	40	63	80	100	125
细齿圆柱形铣刀	-		120	180		-
镶齿圆柱形铣刀			-		180	
高速钢铣刀 圆盘铣刀			-		120	150
面铣刀		120		180		
立铣刀	60	90	120		-	

由表 2.25 查得圆柱形铣刀寿命为 180min。

又有表 2.26 《高速钢面铣刀铣削速度》

表 2.26 高速钢面铣刀铣削速度

灰铸铁 195HBW						
T	d/z		fz (mm/z)	背吃刀量 ap/mm		
Min				3	5	8
			0.05	70.2	66.6	-
180	80/10		0.08	57.6	54.9	-
			0.2	48	38.3	-
			0.05	71.1	67.5	64.8
180	125/14		0.08	58.5	55.8	54
			0.2	41	38.7	36.9



则  $T=180/\text{min}$ ,  $d/z=125/14$ .

可查得粗加工切削速度为: 64.8; 54; 36.9.

半精加工切削速度为: 67.5; 55.8; 38.7; 32.9.

取粗加工切削速度  $36.9\text{r/min}$  主轴速度为

$$n = \frac{v}{\pi d} \times 1000 = \frac{36.9 \times 1000}{3.14 \times 125} = 93.3\text{r/min}$$

对照 X62 的铣床主轴转速表可得机床转速为  $95\text{r/min}$

换算为实际切削速度:

$$v = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 \times 125 \times 95}{1000} = 37.3\text{m/min}$$

进给量的计算:

$$f = f_z \times Z = 0.15 \times 14 = 2.1\text{mm/r}$$

取半精加工切削速度为 55.8

$$n = \frac{v}{\pi d} \times 1000 = \frac{55.8 \times 1000}{3.14 \times 125} = 142.16\text{r/min}$$

对照 X62 的铣床主轴转速表可得机床转速为  $150\text{r/min}$

换算为实际切削速度:

$$v = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 \times 125 \times 150}{1000} = 58.9\text{m/min}$$

进给量的计算:

$$f = 1.5\text{mm}$$

(b)工序号 30 粗镗-半精镗-精镗  $\Phi 22$  定位孔:

以下计算就不插入查找的表格, 直接进行查表计算

粗镗高速钢刀头切削速度为  $20\text{-}35\text{m/min}$ , 进给量为  $0.3\text{-}1.0\text{mm/r}$ ; 镗刀块切削速度为  $25\text{-}40\text{m/min}$ , 进给量为  $0.3\text{-}0.8\text{mm/r}$ .

半精镗高速钢刀头切削速度为  $20\text{-}40\text{m/min}$ , 进给量为  $0.2\text{-}0.8\text{mm/r}$ ; 镗刀块切削速度为  $30\text{-}40\text{m/min}$ , 进给量为  $0.2\text{-}0.6\text{mm/r}$ . 粗铰刀切削速度为  $15\text{-}25\text{m/min}$ , 进给量为  $2\text{-}5\text{mm/r}$ .

精镗高速钢刀头切屑速度为  $50\text{-}80\text{m/min}$ , 进给量为  $0.15\text{-}0.5\text{mm/r}$ ; 镗刀块切削速度为  $8\text{-}15\text{m/min}$ , 进给量为  $1\text{-}4\text{mm/r}$ ; 粗铰刀切削速度为  $10\text{-}20\text{m/min}$ , 进给量为  $2\text{-}5\text{mm/r}$ .

粗镗采用刀头, 半精镗用粗绞刀, 精镗也用粗绞刀。

由于采用镗模镗削, 故  $v$  取中值。



## 西华大学毕业设计说明书

粗镗：

$V=27.5\text{m/min}$ ，进给量取小  $f=0.3\text{mm/r}$ ，则有主轴转速：

$$n = \frac{v}{\pi d} \times 1000 = \frac{27.5 \times 1000}{3.14 \times 22} = 398.09\text{r/min}$$

对照 T611 的铣床主轴转速表可得机床转速为  $400\text{r/min}$

换算为实际切削速度：

$$v = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 \times 22 \times 400}{1000} = 27.6\text{m/min}$$

进给量的计算：

$$f = 0.3\text{mm/r}$$

半精镗：

$V=15\text{m/min}$ ，进给量取中值  $f=2.5\text{mm/r}$ ，则有主轴转速：

$$n = \frac{v}{\pi d} \times 1000 = \frac{15 \times 1000}{3.14 \times 22} = 217.14\text{r/min}$$

对照 T611 的铣床主轴转速表可得机床转速为  $250\text{r/min}$

换算为实际切削速度：

$$v = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 \times 22 \times 250}{1000} = 17.3\text{m/min}$$

进给量的计算：

$$f = 2.5\text{mm/r}$$

精镗：

$V=15\text{m/min}$ ，进给量取大  $f=5\text{mm/r}$ ，则有主轴转速：

$$n = \frac{v}{\pi d} \times 1000 = \frac{15 \times 1000}{3.14 \times 22} = 217.14\text{r/min}$$

对照 T611 的铣床主轴转速表可得机床转速为  $250\text{r/min}$

换算为实际切削速度：

$$v = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 \times 22 \times 250}{1000} = 17.3\text{m/min}$$

进给量的计算：

$$f = 5\text{mm/r}$$

(c) 工序号 40 粗铣左面

高速钢立铣刀的每齿进给量为  $f_z=0.10-0.07\text{mm/z}$ 。铣刀寿命  $T=90\text{min}$ 。齿数





## 西华大学毕业设计说明书

$z=4$ .  $d=40\text{mm}$ 。

查得高速钢立铣刀铣削速度为  $30\text{m/min}$ ,  $23\text{m/min}$ 。取  $23\text{m/min}$ ,  $f_z$  取小  $=0.07\text{mm/z}$

$$n = \frac{v}{\pi d} \times 1000 = \frac{23 \times 1000}{3.14 \times 40} = 183.12\text{r/min}$$

对照 X62 的铣床主轴转速表可得机床转速为  $190\text{r/min}$

换算为实际切削速度:

$$v = \frac{\pi dn}{1000} = \frac{3.14 \times 40 \times 190}{1000} = 23.9\text{m/min}$$

进给量的计算:

$$f = f_z \times Z = 0.07 \times 4 = 0.28\text{mm/r}$$

(d)工序号 50 粗铣右面、工序号 60 粗铣前面、工序号 70 粗铣后面、工序号 80 粗铣顶面选用的刀具相同、机床相同, 故切削速度和进给量也相同, 不在单独计算。

(e)工序号 85 粗镗  $\Phi 85$ 、 $\Phi 90$  孔

粗镗高速钢刀头切削速度为  $20\text{--}35\text{m/min}$ , 进给量为  $0.3\text{--}1.0\text{mm/r}$ ; 镗刀块切削速度为  $25\text{--}40\text{m/min}$ , 进给量为  $0.3\text{--}0.8\text{mm/r}$ 。

由于采用镗模镗削, 故  $v$  取中值。

$V=32.5\text{m/min}$ , 进给量取小  $f=0.3\text{mm/r}$ , 则有主轴转速:

$$n = \frac{v}{\pi d} \times 1000 = \frac{32.5 \times 1000}{3.14 \times 90} = 115.00\text{r/min}$$

对照 T611 的铣床主轴转速表可得机床转速为  $125\text{r/min}$

换算为实际切削速度:

$$v = \frac{\pi dn}{1000} = \frac{3.14 \times 90 \times 125}{1000} = 35.3\text{m/min}$$

进给量的计算:

$$f = 0.3\text{mm/r}$$

(f)工序号 100 半精铣前表面

高速钢立铣刀的每齿进给量为  $f_z=0.10\text{--}0.07\text{mm/z}$ 。铣刀寿命  $T=120\text{min}$ 。齿数  $z=8$ .  $d=50\text{mm}$ 。

查得高速钢立铣刀铣削速度为  $36\text{m/min}$ ,  $28\text{m/min}$ 。取  $28\text{m/min}$ ,  $f_z$  取中  $=0.08\text{mm/z}$

$$n = \frac{v}{\pi d} \times 1000 = \frac{28 \times 1000}{3.14 \times 50} = 178.34\text{r/min}$$

对照 X53K 的铣床主轴转速表可得机床转速为  $190\text{r/min}$

换算为实际切削速度:

$$v = \frac{\pi dn}{1000} = \frac{3.14 \times 50 \times 190}{1000} = 29.8\text{m/min}$$



## 西华大学毕业设计说明书

进给量的计算:

$$f = fz \times Z = 0.08 \times 8 = 0.64\text{mm/r}$$

(g) 工序号 110 半精铣后表面

由于半精铣后表面和半精铣前表面使用相同的刀具、相同的机床, 故切削速度和进给量与工序号 100 相同, 故不单独做计算。

(h) 工序号 130 钻正面凸台  $3 \times \Phi 12$  螺纹孔

查表《高速钢麻花钻钻削不同材料的切削用量》有: 切削速度: 16-24m/min, 进给量  $f$ : 0.12-0.20mm/r,  $f$  取小 0.12mm/r, 有:

$$n = \frac{v}{\pi d} \times 1000 = \frac{16 \times 1000}{3.14 \times 6} = 849.25\text{r/min}$$

对照 Z550 的铣床主轴转速表可得机床转速为 996r/min

换算为实际切削速度:

$$v = \frac{\pi dn}{1000} = \frac{3.14 \times 6 \times 996}{1000} = 18.8\text{m/min}$$

进给量的计算:

$$f = 0.12\text{mm/r}$$

(i) 工序号 140、145 和工序 130 使用相同的刀具、机床。故切削用量相同, 这里不做单独计算。

(j) 工序号 150 钻螺纹孔 M20。

查表《在组合机床上加工螺纹的切削速度》

查得  $v=5-10\text{m/min}$ 。取  $7.5\text{m/min}$ 。攻螺纹的进给量就是被加工螺纹的螺距, 所以  $f=2.5\text{mm/r}$ 。则有

$$n = \frac{v}{\pi d} \times 1000 = \frac{7.5 \times 1000}{3.14 \times 20} = 119.42\text{r/min}$$

对照 Z55 的钻床主轴转速表可得机床转速为 125r/min

换算为实际切削速度:

$$v = \frac{\pi dn}{1000} = \frac{3.14 \times 20 \times 125}{1000} = 7.9\text{m/min}$$

进给量的计算:

$$f = 2.5\text{mm/r}$$

(k) 工序号 165 半精镗  $\Phi 85$ 、 $\Phi 90$  孔

半精镗高速钢刀头切削速度为 20-40m/min, 进给量为 0.2-0.8mm/r; 镗刀块切削速度为 30-40m/min, 进给量为 0.2-0.6mm/r。粗铰刀切削速度为 15-25m/min, 进给量为 2-5mm/r。



## 西华大学毕业设计说明书

由于采用镗模镗削，故  $v$  取中值。

$V=30\text{m/min}$ ，进给量取中  $f=0.5\text{mm/r}$ ，则有主轴转速：

$$n = \frac{v}{\pi d} \times 1000 = \frac{30 \times 1000}{3.14 \times 90} = 106.15\text{r/min}$$

对照 T611 的镗床主轴转速表可得机床转速为  $125\text{r/min}$

换算为实际切削速度：

$$v = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 \times 90 \times 125}{1000} = 35.3\text{m/min}$$

进给量的计算：

$$f = 0.5\text{mm/r}$$

(1) 工序号 170 钻底面其余  $\Phi 22$  通孔

查表《高速钢麻花钻钻削不同材料的切削用量》有：切削速度：16-24m/min，进给量  $f$ ：0.20-0.40mm/r， $f$  取小 0.2mm/r，有

$$n = \frac{v}{\pi d} \times 1000 = \frac{16 \times 1000}{3.14 \times 22} = 231.61\text{r/min}$$

对照 Z550 的钻床主轴转速表可得机床转速为  $250\text{r/min}$

换算为实际切削速度：

$$v = \frac{\pi d n}{1000} = \frac{3.14 \times 22 \times 250}{1000} = 4.7\text{m/min}$$

进给量的计算：

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

(m) 工序号 180 钻顶面  $4 \times \Phi 12$  小孔与工序号 130 选用同样的刀具和机床，故切削用量相同，不单独做计算。

(n) 工序号铰顶面  $4 \times \Phi 12$  小孔

查表《在组合机床上用高速钢铰刀铰孔的切削用量》可得：切削速度 2-6m/min。取 3m/min；进给量  $f=0.5-1.0$ ；取 0.6mm/r。有：

$$n = \frac{v}{\pi d} \times 1000 = \frac{3 \times 1000}{3.14 \times 12} = 79.6\text{r/min}$$

对照 Z550 的铣床主轴转速表可得机床转速为  $89\text{r/min}$

进给量的计算：

$$f = 0.6\text{mm/r}$$

(o) 工序号 220 精铣前表面

高速钢立铣刀的每齿进给量为  $f_z=0.10-0.07\text{mm/z}$ 。铣刀寿命  $T=120\text{min}$ 。齿数  $z=8$ 。  $d=50\text{mm}$ 。

查得高速钢立铣刀铣削速度为 36m/min，28m/min。取 36m/min， $f_z$  取大=0.1mm/z



## 西华大学毕业设计说明书

$$n = \frac{v}{\pi d} \times 1000 = \frac{36 \times 1000}{3.14 \times 50} = 229.29r/min$$

对照 X53K 的铣床主轴转速表可得机床转速为 235r/min

换算为实际切削速度：

$$v = \frac{\pi dn}{1000} = \frac{3.14 \times 50 \times 235}{1000} = 36.9m/min$$

进给量的计算：

$$f = fz \times Z = 0.1 \times 8 = 0.8mm/r$$

(p) 工序号 240 的与工序号 230 选用的机床和刀具相同，故切削用量相同，不单独计算。

(q) 精镗  $\Phi 85$ 、 $\Phi 90$  孔。

精镗高速钢刀头切屑速度为 50-80m/min，进给量为 0.15-0.5mm/r；镗刀块切削速度为 8-15m/min，进给量为 1-4mm/r；粗铰刀切削速度为 10-20m/min，进给量为 2-5mm/r。

由于采用镗模镗削，故  $v$  取中值。

$V=65m/min$ ，进给量取大  $f=0.5mm/r$ ，则有主轴转速：

$$n = \frac{v}{\pi d} \times 1000 = \frac{65 \times 1000}{3.14 \times 90} = 230r/min$$

对照 T611 的镗床主轴转速表可得机床转速为 250r/min

换算为实际切削速度：

$$v = \frac{\pi dn}{1000} = \frac{3.14 \times 90 \times 250}{1000} = 70.6m/min$$

进给量的计算：

$$f = 0.5mm/r$$



## 3. 铣床、镗床夹具设计

### 3.1 设计任务

在加工工件时，需要保证零件达到规定的尺寸精度和位置精度，并且要保证工件在加工时保持稳定、保持正确的位置。这就需要使用到定位和夹紧的概念。定位是指确保工件在加工过程中具有一个明确且固定的位置，而夹紧则是为了使工件能够稳定地保持在所定位的位置上。工件定位与夹紧的整个过程，我们通常称之为装夹。装夹正确与否，确定了整个加工过程的质量、安全、效率、成本等等要素。成批生产和大量生产中，我们都必须使用机床夹具来实现加工。在本次设计中，需要设计铣床、镗床的专用夹具，其设计任务如下：

- 1) 确定定位方式，确定定位元件。
- 2) 确定对刀方式，选择导向元件与对刀元件。
- 3) 确定夹紧方式，选择夹紧机构。
- 4) 确定夹具的总体结构，设计夹具体。
- 5) 标准件的选择。
- 6) 镗模的设计；包括镗套、轴承、支架、底座。
- 7) 夹具体的配合尺寸和装配尺寸标注。

### 3.2 夹具方案分析

#### 3.2.1 铣/镗床夹具的定位方案分析

##### 1) 六点定位原则

一个自由的零件，在空间坐标中，都有 6 个活动的方向，即 x 移动，x 转动；y 移动，y 转动；z 移动，z 转动。把某个方向的转动的特性叫做自由度，那么一个自由度零件就有 6 个自由度。

工件在没有定位措施时，当然就不能被加工，要限制某个方向的自由度，就需要布置支承点来限制。当工件的六个自由度均受到限制时，所采用的定位方式被称为六点定位原则。把工件和支承合理布置，确定它唯一的位置。

##### 2) 定位元件概述与确定

工件在夹具里定位时，各种面和孔都可以考虑定位，面和孔都有不同的定位元件。但要注意，定位不是简简单单的随便找孔或面定位，一般设计的零件，其工艺性必须满足，不仅仅是加工方式，更要保证定位能够方便。其定位孔，定位面都要满足工艺



## 西华大学毕业设计说明书

性；对于本次箱体类零件，观察到底孔有  $4 \times \Phi 22$  通孔，用其 2 个孔做精基准，除第一步工序外其余都可以用此精基准加工，工艺性合理，满足工序统一，夹具设计方便。故选用下底面支撑板支撑，选 2 孔用一面两削定位。选用定位元件时，需要注意以下几点：

a)精度等级：定位元件精度影响工件精度，一般定位元件位置尺寸和公差为工件相应尺寸的  $1/5-1/2$ 。

b)良好的耐磨性：由于定位元件与定位基准面接触频繁，为保证精度，应该有不错的耐磨性。

c)刚性：加工时定位元件收到切削力、夹紧力等等。为了不发生变形，影响零件加工，故需要一定刚性。

d)工艺性：工艺性良好，便于加工、保养。

### 3)定位元件选用

(a)支撑板选用：标注支撑板简图参考图 3.1 和 3.2。

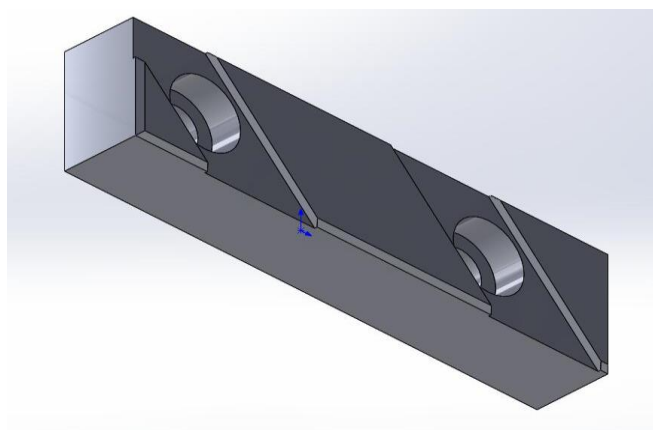


图 3.1 绘制的支撑板结构与尺寸

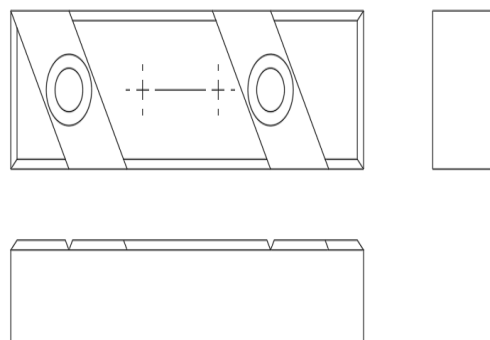


图 3.2 支撑板的二维图

其中，A 型支撑板结构简单，但沉头孔中容易入切削，不好清理，但制造方便，成本不高；使用侧面或顶面时可以使用；B 型支撑板槽中可以容纳切削，清洗比较方便，适合本次零件的底面定位。本次零件底面较大，可以用几块支撑板组合而形成一个平面，磨削/铣削时可以和工件一起进行，可以保证等高。一个支撑板限制 2 个自由度，多个支撑板限制 3 个自由度，这里选择多个支撑板。定位方案如图 3.3 所示

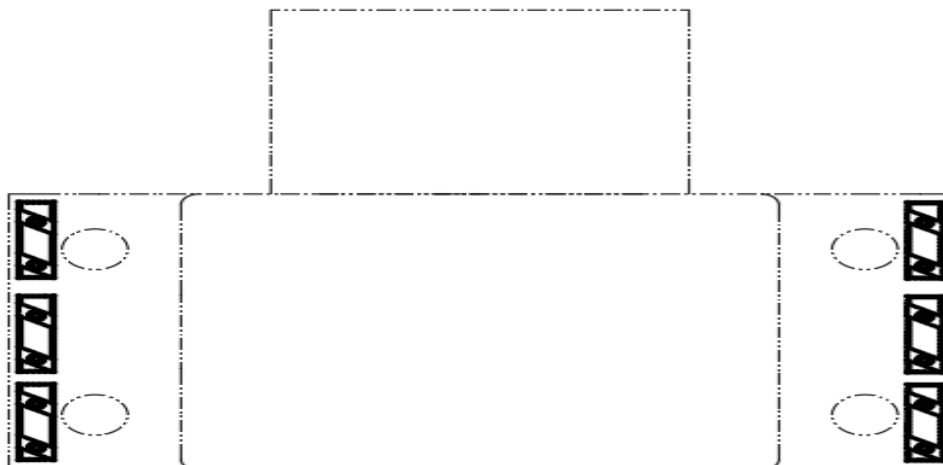


图 3.3 支撑板定位简图

## (b)定位销选择:

定位销分为固定式定位销和可换式定位销。固定式定位销可以使用在生产量不大的场合上，可换式定位销使用在生产量大的场所，定位销磨损时，可以方便的进行更换。故本次设计选用可换式定位销。可换式定位销简图如图 3.4、3.5 所示。

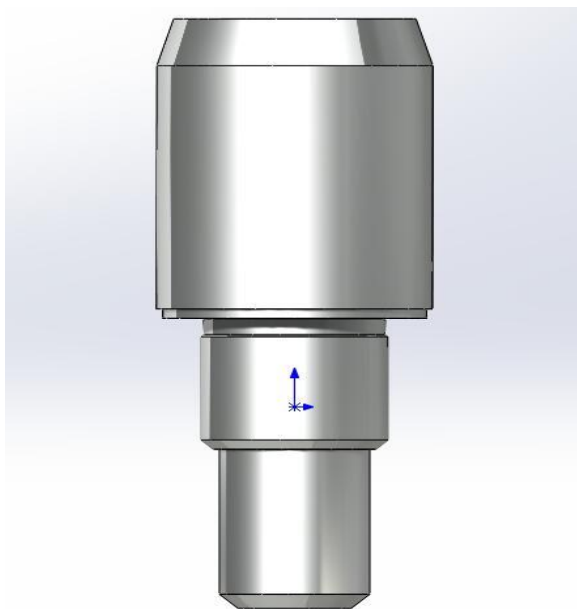


图 3.4 A 型可换式定位销

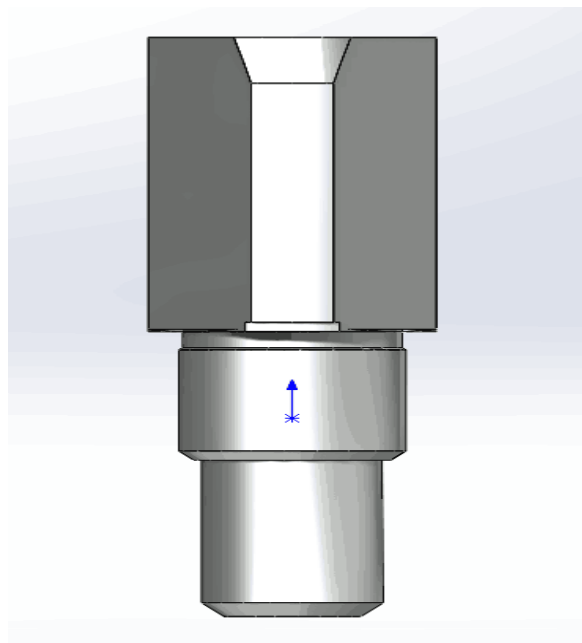


图 3.5 B 型可换式定位销

其中当孔径大于 18mm 时，选择第三种定位销，故本次设计选用第三种；采用一面两销式定位。即一个端圆柱销限制 2 个自由度，一个菱形销限制 1 个自由度，





防止过定位。一共限制 6 个自由度。

防止定位销时，需要注意定位销尽可能离的远，可以获得更高的精度。故本次定位销放置方式为左上右下式。

定位衬套是结合可换式定位销一起使用的零部件，起到一个定位的作用，其具体结构如图 3.6 所示。

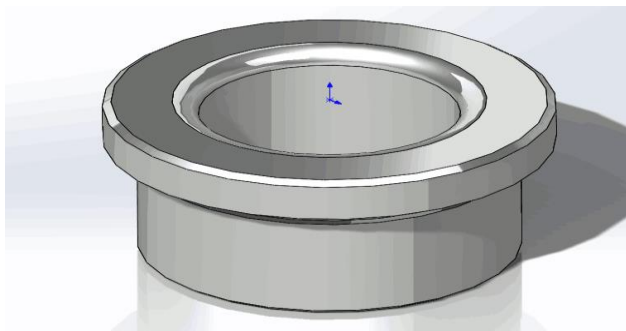


图 3.6 定位衬套结构

螺母和垫片的选用这里不做标注，垫片选择 M12 对应尺寸，螺母选择 M12 对应螺母，组合后如图 3.7 所示。

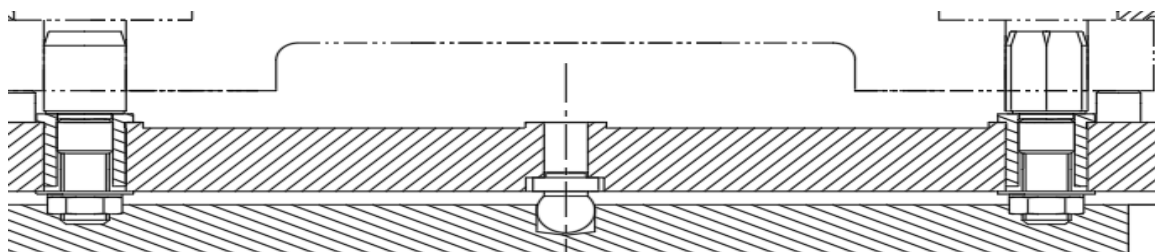


图 3.7 螺母、衬套、定位销组合形式

### (c)定位误差的分析与计算

定位误差是由于定位不准确而引起的，它表现为表面工序基准在工序尺寸方向上产生的位移量，通常用符号 $\Delta dw$ 来表示。这种定位误差实际上是由两部分构成的：基准不重合误差 $\Delta jb$ 和基准位移误差 $\Delta jw$ 。其中，基准不重合误差是由于工序基准与定位基准不重合而产生的误差，其大小等于工序基准到定位基准的尺寸的最大变化量。因此，在加工过程中，要尽量减小这两种误差，以保证工件的加工精度和表面质量。；定位误差是定位不准确或间隙导致的变化量。当计算的定位误差小于工件要求公差 1/5 时-1/3 时，定位方才合理。其定位误差 $\Delta dw$ 可以表示为：

$$\Delta dw = \Delta jb + \Delta jw \quad (3.1)$$



## 西华大学毕业设计说明书

本零件由底面支撑块定位与一面两销定位，应该分别计算，其支撑块定位简图参考图 3.8。



图 3.8 支撑板定位简图

要加工左侧面，其定位基准为下底面，工序基准为下底面，则基准不重合误差为零。接下来看基准位移误差，其毛坯表面各不相同，若定位副制造不准则定位误差由图 3.9 所示。

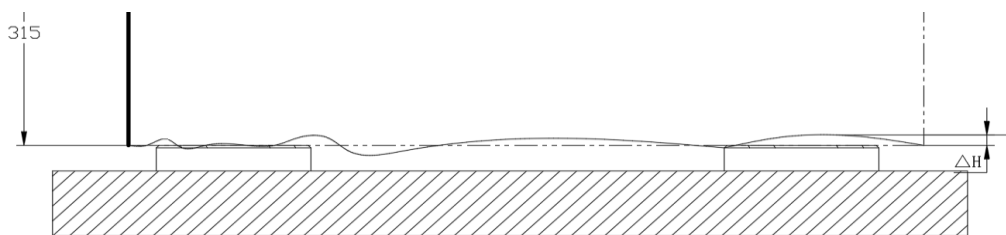


图 3.9 定位副制造不准定位误差

那么基准位移误差就为 $\Delta H$ 。但是本加工工序在此定位前，就已经加工好了底面，并且是精加工。则定位基准本身的形状精度已经很高了，不仅可以使使用多个支撑板，还可以采用精磨过的大面积支撑板，定位基准可以认为没有变动可以，则 $\Delta dw = \Delta H = 0$ 。0 明显小于尺寸 315 的未注公差，故定位合理。

其一面两销定位简图如图 3.10

下底面作为第一定位基准，内孔分别为第二、第三定位基准，由上文可知，下底面没有定位误差，但两孔中型距引起的基准位置误差需要考虑其大小为：

$$\Delta dw = \Delta jw = TD1 + Td1 + \Delta S1 \quad (3.2)$$

式中 TD1---孔的公差

Td1---圆柱销轴的公差； $\Delta S1$ ---第一定位基准孔与圆柱销的最小间隙

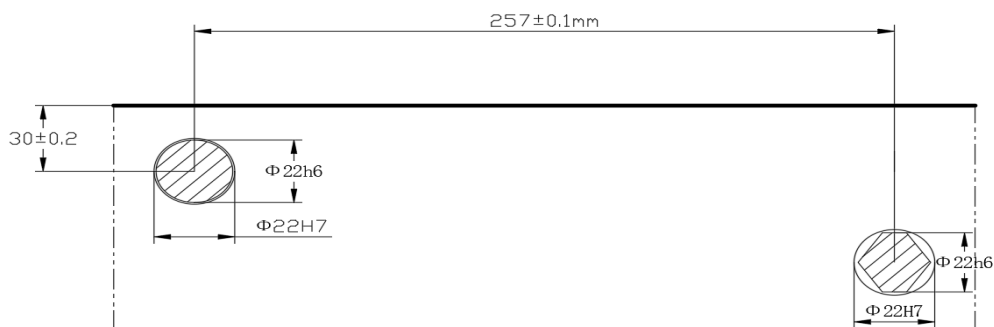


图 3.10 一面两销定位简图

则  $TD1=0.021$ ;  $Td1=0.013$ ;  $\Delta S1=(0-0.013)/2=0.07$ 。  $\Delta dw=0.041<0.2*1/3=0.06$ 。  
故定位合理。

#### 4)常用典型夹紧机构和选择:

##### (a)斜楔型夹紧机构:

斜楔是夹紧机构中的基本结构,利用斜面移动来夹紧工件;在气动和液压中广泛应用,手动中,长配合其他机构使用。

##### (b)螺旋压板机构:

是采用螺旋夹紧的机构,此机构结构简单,操作方便,夹紧可靠,在夹具设计中经常出现。

##### (c)偏心夹紧机构

一种通过偏心件直接夹紧的机构,有结构简单,夹紧快速的特点,但行程小,夹紧自锁能力差,铣床夹具一般不适用。

##### (d)定心夹紧机构:

所谓定心,则表示定位基准和工序基准重合的同时,能够夹紧工件的机构。定心的夹紧元件,即是定位元件,又是夹紧元件。

根据以上描述,本次设计采用螺旋压板机构,因为此机构对于箱体零件很适用,结构设计简单,夹紧可靠方便,对于工人操作要求不高。

#### 5)压板选择

压板主要有移动压板,转动压板,铰链压板,钩形压板等,这里我们选择钩型压板,因为钩形压板需要有套筒在夹具体上,比普通的移动压板更可靠,并且取零件时方便,不用拆卸零件,有多种多样的组合方式,在夹具体上比较稳定。  
钩形压板需要使用套筒来将压板装入,并用螺钉和定位销分别连接和定位在夹具体上,钩形压板结构如图 3.8 所示,套筒主要结构如图 3.9 所示:

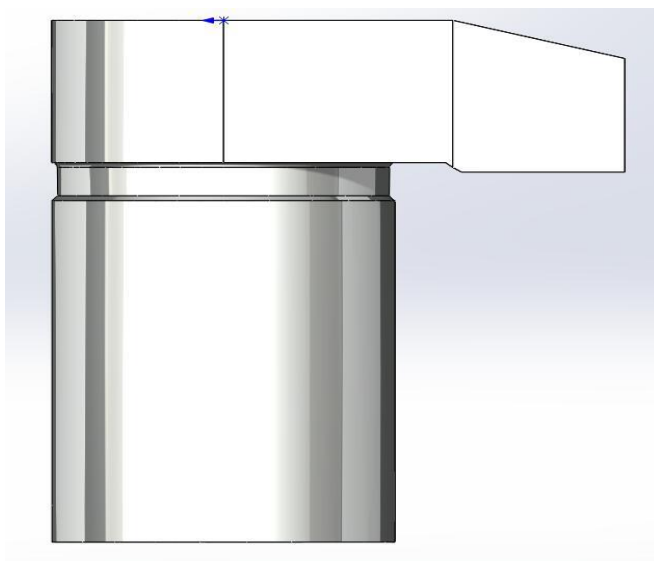


图 3.11 构形压板结构

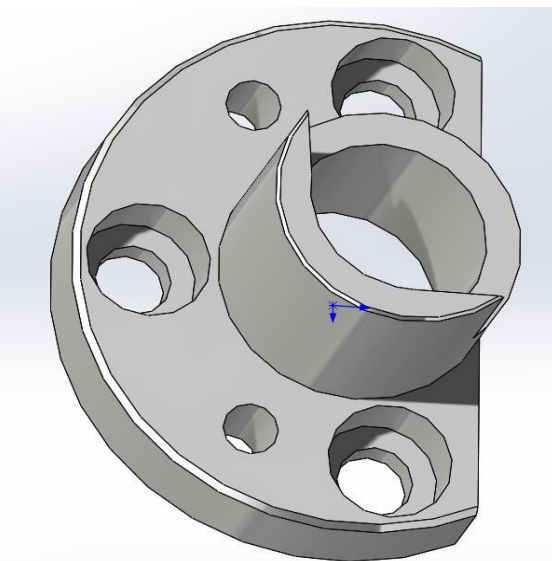


图 3.12 立式压板的套筒结构

其中套筒和夹具体用 3 个六角螺钉固定，2 个圆柱定位销定位，螺钉选择 M8 螺钉，定位销选择  $d=6$  的圆柱形定位销。

## 6) 螺栓选择

为了使夹具有互锁的方式，本次设计选用活节螺栓，根据零件大小和压板选择，活结螺栓结构如图 3.10 所示：



图 3.13 活节螺栓的结构

## 3.2.2 铣床特有导向元件和零部件选用

### 1) 铣床的对刀装置：

切削加工时一般有 3 种方式对刀：试切、应用样件、对刀装置。这里我们主要选择对刀装置来对刀。采用对刀装置对刀时，一般用对刀面移近刀具，在对刀面和铣刀之间加入塞尺，刀具紧就代表对刀成功。塞尺规格一般为 1mm、3mm、5mm。

对刀装置有多种，圆形对刀块用于加工平面，直角对刀块用于盘铣刀或圆柱铣刀



对刀。这里两种对刀块都可以选择，本次使用直角对刀块，直角对刀块的尺寸如图 3.11 所示。选择 M6 六角螺钉和  $d=5$  的圆柱销来固定和定位。

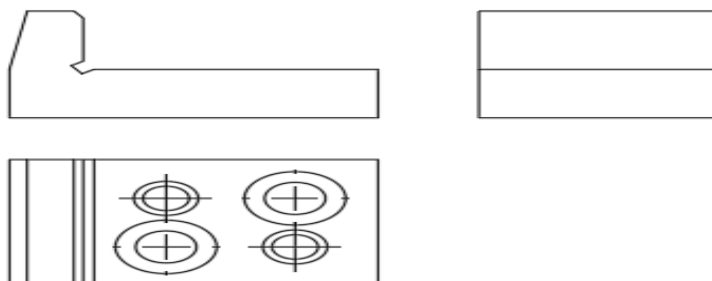


图 3.14 直角对刀块的结构

## 2) 铣床的定位键选择

铣床夹具与机床连接是通过底部的 2 个定位键来连接的。定位键用螺钉与夹具体连接，可以保证夹具稳定性，其定位键的具体结构如图 3.15:

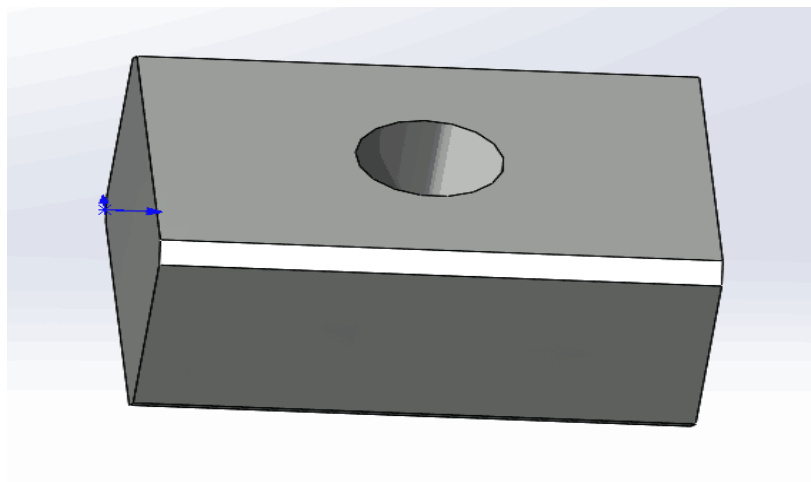


图 3.15 铣床定位键的结构

## 3.2.3 镗床特有导向元件和零部件选用

### 1) 镗床导向元件选择:

镗床夹具的刀具导向为镗套，镗套的作用主要是引导镗杆，确定刀具相对于定位元件的位置，引导镗杆，提高刀具刚度，放置发生倾斜。

(a) 镗孔的直径  $D > 60\text{mm}$ ，且  $L < D$  ( $L$  为孔的长度) 且为通孔时，可以采用以下原则:

(b) 立式镗床镗孔时，导套端应当有密封防尘盖，防止冷却液、切屑等进入套筒。



(c)应该尽量选择滚动式镗套，避免镗杆磨损。

(d)工件到导套的距离  $h$  取  $(0.5-1)D$ ，不小于 20mm。

如图 3.18 所示，当镗削长度大于直径 1.5 倍时，应该采用双导向；且孔距过大，超过 10 倍孔径时，应该设置辅助导向；本次设计镗孔为  $\Phi 85$  与  $\Phi 90$ 。孔的长度分别为 100mm、10mm。且有同轴度要求，故镗孔须一同加工，能保证同轴度；镗削长度为 250mm，大于  $90 \times 1.5 = 135$ 。则采用双导向，但不需要辅助导向。由于  $L > D$ ，则采用滚动导套。

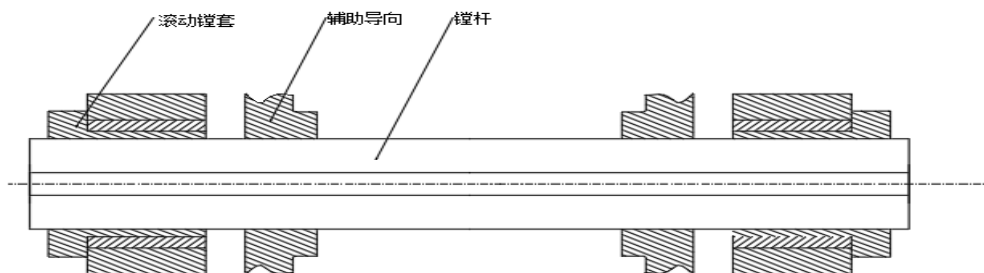


图 3.18 镗削长度超过 10 倍孔径时镗套的结构

## 2)导套尺寸的确定：

单向导套长度取刀具导向的 1.5-2 倍，加工要求在 H8 级时，要取到 2.5 倍。

悬伸刀具导向应该大于  $(1.5-2)l$  如图 3.19 所示。图中  $D$  为镗杆直径， $l$  为孔到镗套的距离， $L$  为刀具导向。

以上为单导向导套规定距离，则本次不适用。

双导向单油楔滑动导套长度为  $L/D=1.5-3$ 。双导向滚动导套长度为  $L/D=0.75$  确定。

本次设计为  $\Phi 85$  与  $\Phi 90$  孔。则  $\Phi 85$  的滚动导套长度为 95mm。 $\Phi 90$  孔的滚动导套长度为 100mm。

镗杆直径  $d$  和镗孔直径  $D$ ，以及镗刀截面  $B \times B$  的关系可有表 3.1 选取：

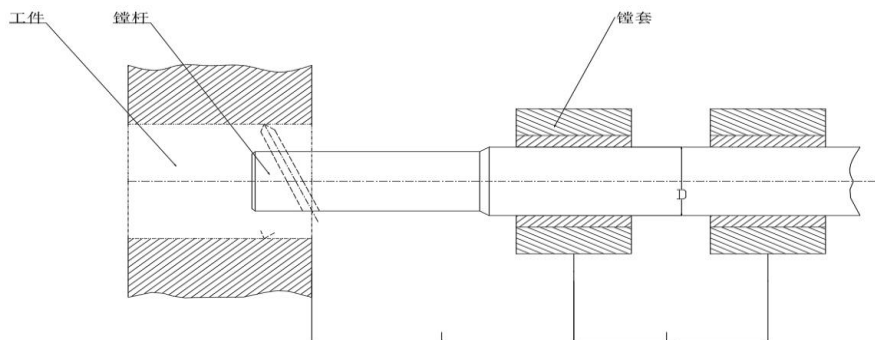


图 3.19 导套的尺寸结构



D/mm	30-40	45-50	50-70	70-90	90-110
d/mm	20-30	30-40	40-50	50-65	65-90
BXB/mm					16*16
x mm	8*8	10*10	12*12	16*16	20*20

d (D)	D	D1	D2	D3	d1	H	H1	B	轴 承 代 号	毡 封 圈 G51- 1	法兰盘 Q55-4	螺钉 GB70-66
60	75	85	160	185	130	25	17	25	215	75	130x76	M10*25*6
65	80	90			140			26	217	80	140x81	

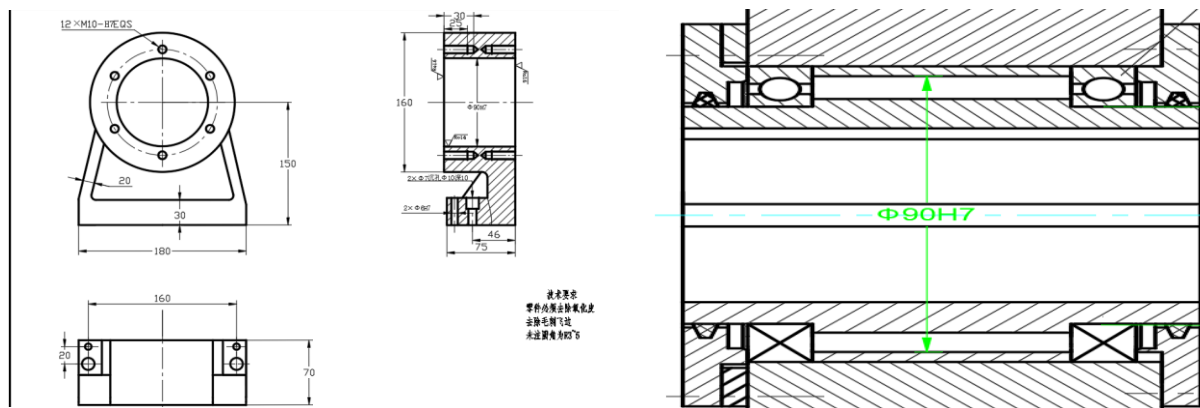






图 3.20 镗模支架的结构图

3.21 外滚式导向镗套的结构

## 3.2.3 夹紧力的作用点

1. 夹紧力作用点是指在夹紧过程中，夹紧元件与工件之间发生接触的具体位置。其要注意以下方面：

- 1) 夹紧力的作用点应该在支撑元件平面内，保证定位位置不变。
- 2) 夹紧力作用点应该用在零件刚性好的地方，避免零件变形。
- 3) 夹紧力的作用点应该尽量靠近加工面，增加可靠性，减少振动。
- 4) 夹紧力作用方向应该垂直于工件的定位基准，保证加工精度。
- 5) 夹紧力放向应该有利于减少其大小，比如和零件重力方向相同。

根据以上原则，其夹紧力作用简图有以下两种；如图 3.19 和 3.20。

方案一：

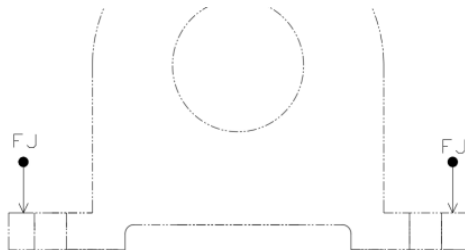


图 3.19 夹紧力作用点方案一

方案二：

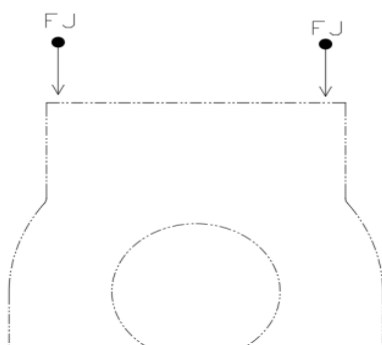


图 3.20 夹紧力作用点方案二

其夹紧作用点在均支撑板上方，方案二的夹紧点刚性有些许不好，因为箱体内部的壁厚不是特别厚，可能会造成零件变形；作用点均靠近加工面；作用方向均垂直定位基准；作用方向均与重力方向相同；根据综合考虑，选择方案一。



3.2.4 夹具体的设计

1.夹具体的要求:

夹具体是一种基础件，设计夹具体时，应该注意以下要求：

1) 足够的刚度和强度 设计时，应该保证夹紧力下夹具体不会变形，必要时可以加入加强筋。

2) 夹具安装稳定 夹具重心和切削力作用点应该在夹具安装基面内。夹具体中间部位应该适当挖空。

3) 工艺性好 设计时应该注意夹具体加工的工艺性。

4) 便于清切屑 为了防止切屑堆积影响加工，应该设计排除问题。

2. 夹具的外形尺寸

夹具外形尺寸的经验数据如下表：

表 3.11 夹具体尺寸的经验数据

夹具体结构	经验数据
壁厚 h	15-25
加强筋厚度	(0.7-0.9) h
加强筋高度	不大于 5h
圆角	$R=1/5-1/10(h_1+h_2)$ 式中 $h_1$ 、 $h_2$ ---圆角相连壁厚

在本设计中，由于多种因素，设计壁厚为 23mm。

3.铣床夹具于机床的正确位置

铣床夹具于机床的位置是靠底板的定位键和 T 形槽来配合确定的。定位键通过螺钉连接在槽中，一个夹具需要 2 个定位键其定位键的选择如表所示：

表 3.12 不同铣床的 T 型槽和定位键参数

机床	T 形槽宽度		T 型槽中心距	T 型槽数	定位键尺寸
立式铣床	X51	14	50	3	20x14x8
	X52K	18	70	3	25x18x12
	X53K	18	90	3	25x18x12
卧式铣床	X60	14	45	3	20x14x8
	X61	14	50	3	20x14x8
	X62	18	70	3	25x14x8



根据选择机床 X53k 选择相应的 T 形槽尺寸和定位键尺寸。

3.2.5 铣床镗床夹具体和装配图

1) 铣床夹具体设计

根据上文，夹具体设计要包括找正几面，便于正确安装位置；还需在打孔的地方添加凸台，因为凸台和夹具体底面有平行度要求，方便找孔和保证孔的精度。设计的夹具体如图 3.16 所示。

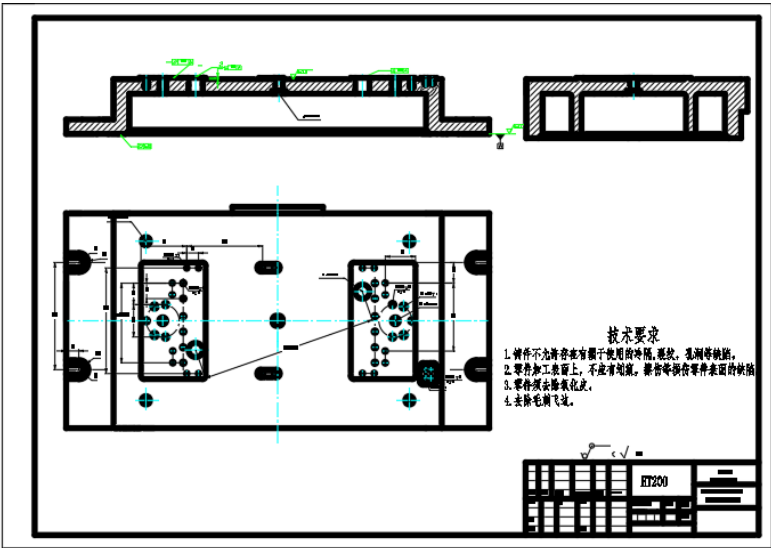


图 3.16 铣床夹具体设计

2) 铣床装配图:

设计和选择好各种零部件后，使用螺钉和定位键将零部件和夹具体定位和固定好。最终的装配图如图 3.17 所示。

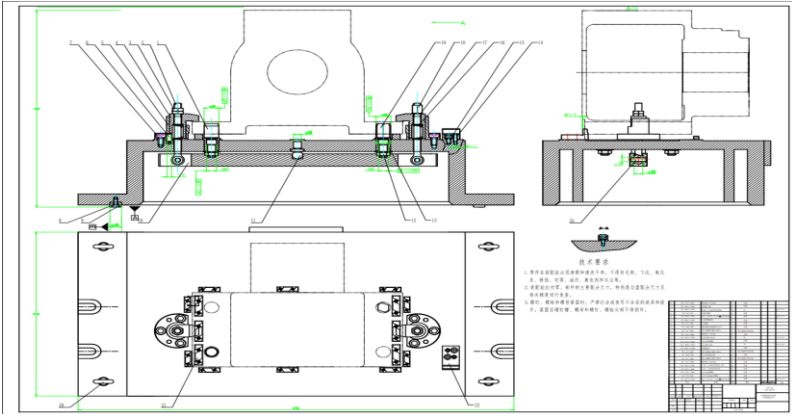
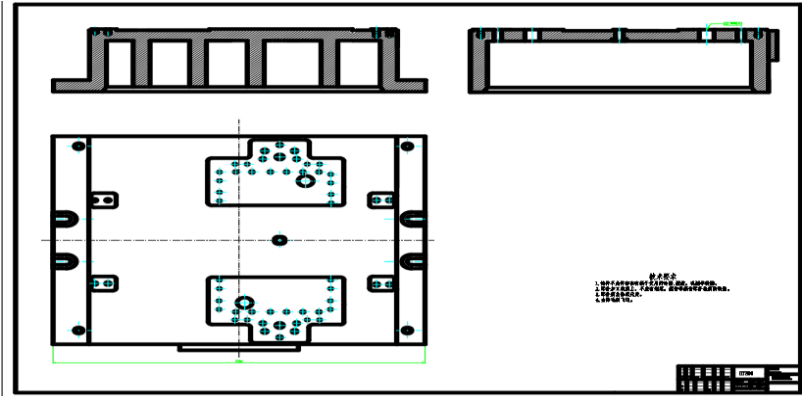


图 3.17 铣床夹具装配体设计



3) 镗床夹具体设计

夹具体设计要求和铣床相同，设计的结构如图 3.22。



3.22 镗床夹具体

4) 镗床装配图

如图 3.23 所示。

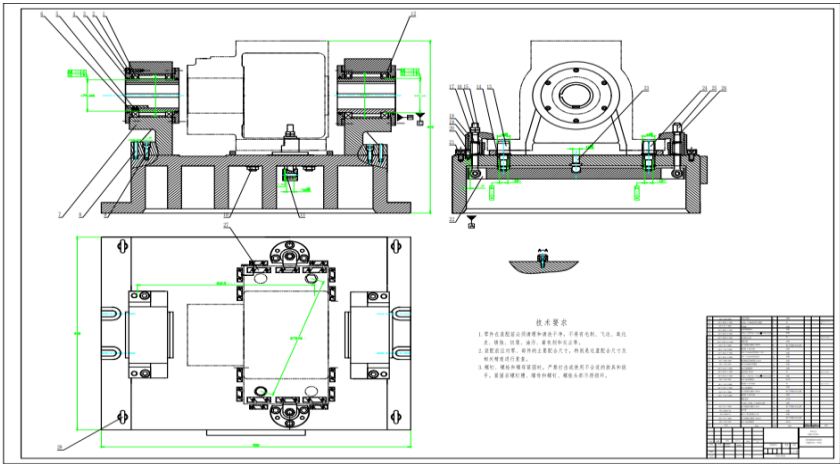


图 3.23 镗床夹具装配图



## 总结与展望

本文对银杏摘果机传动箱体进行了工艺工装设计，最终设计了箱体的工艺流程，2个重要工序的工序卡片；确定了生产类型，确定了毛坯尺寸和工程；选用了各工序的刀具、机床；计算了切削三大用量；选用了夹具类型，确定了夹紧力作用点；确定了夹具需要的各种零部件并合理组合，设计了夹具体、镗套、支撑板等非标准件；对于成批生产种的大量生产比较适用，基本解决了加工中存在的设计问题；了解了生产制造中工艺工程师需要参与的部分。

本文主要的设计结论如下：

- 1) 计算生产纲领，得出生产类型，选用毛坯热处理方式；观察零件图，初步选择粗、精基准，确定定位方式。
- 2) 分析零件图，得出每个孔、面的加工方式并且选择最好的方式，将所以方式选择好后列出工艺方案，选择较好的方案。
- 3) 为每步工序选用合适的刀具和机床，并且计算切削3要素。
- 4) 初步分析夹具的类型，选用夹具所需要的零部件，设计夹具所需要的非标件。
- 5) 将所有标准件组合，得到夹具装配图。

尽管本文对于银杏机的传动箱体进行了工艺的充分研究，其内容上还是存在这一些的缺陷和限制，例如在创新方面就存在一些缺陷，夹具体的设计是跟随着典型夹具来设计的；又比如在设计镗套时，并没有考虑到加工时产生的切削力，镗模支架是否能够承受，轴承的寿命是否满足要求等等，这将是后续工作中所要改善的；又比如在设计夹紧力时，并没有计算夹紧力的大小，没有计算是否材料会发生塑性应变，这也是后续需要计算甚至实验来得到的结果。导致这些问题的原因大多是自身学习不足，或者是没有充分考虑到的因素，在以后的学习和工作中应该充分考虑问题，正面迎接挑战；对力学方面的知识和设计方面的知识提高后再来提升夹具设计和创新设计的可行性。



## 参考文献

- [1] Sofian M, Rosbi M, Hazry D, et al. A study of vibration analysis for gearbox casing using finite element analysis[J]. 2009.
- [2] Camelio J A, Hu S J, Ceglarek D J. Impact of fixture design sheet metal assembly variation [C]International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. 2002, 36231: 133-140.
- [3] S.G.Bhatwadekar, A.A.Yadav. Design and Fabrication of Turning Fixture and Drilling Jig for Exhaust Manifold[J]. Journal of Trend in Scientific Research and Development,2018,2(3): 1224-1231.
- [4] M.Nandhagopal, M.Suresh Kumar. Design and Fabrication of Bottom Fixture in Robot Soldering Machine[J]. Journal of Trend in Scientific Research and Development,2018,2(3):61-64.
- [5] G.Murat,L.Sven-Erik,B.Dirk.Influence of selective process interfering on the workpiece fixture dynamics in precision honing[J].Manufacturing Letters,2023,35(5):314-320.
- [6] Zhang S, Wang Z, Wang L, et al. Design and experimental study of ginkgo leaf picking device[J]. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers,Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 2021, 235(24): 7353-7362.
- [7] Yang D, Jiang L. Design and Research of Large Ginkgo Biloba Leaf Picker[C]//Journal of Physics: Conference Series. IOP Publishing, 2021, 1815(1): 012039.
- [8] Islam M N, Iqbal M Z, Ali M, et al. Kinematic analysis of a clamp-type picking device for an automatic pepper transplanter[J]. Agriculture, 2020, 10(12): 627.
- [9] Zhao D H, Zhang H, Hou J X. Design of Fruit Picking Device Based on the Automatic Control Technology[J]. Key Engineering Materials, 2014, 620: 471-477.
- [10] Hua Y, Yang J, Zhou X G, et al. A novel portable scissors-type fruit picking device[J]. International Journal of Horticultural Science and Technology, 2018, 5(2): 159-163.
- [11] 来逢亮. 浅谈箱体类零件加工工艺[J]. 机械工程师, 2014, (11):229-230.
- [12] 王荣. 新型变速器前端壳铣镗夹具的设计[J]. 汽车工艺师, 2018, (10):11-13.
- [13] 尹金铃, 张永泉, 张君辉. 镗孔夹具设计制造[J]. 金属加工(冷加工), 2013, (21):51-52.
- [14] 刘远航. 基于动力学仿真分析的银杏摇果机振动装置的优化设计 [D]. 山东农业大学, 2023.
- [15] 林洪兵, 苏辉, 陈铤. 基于机器视觉的摘果机器人设计[J]. 软件, 2022, 43(07):146-150.
- [16] 鄂颖丽, 郝传柱, 麻耀华. 基于 RPi4B 与 OpenCV 的自动摘果机器人的设计[J]. 现代信息



## 西华大学毕业设计说明书

---

科技, 2022, 6 (07): 7-35.

[17] 林益平, 米承继, 赵近谊, 等. 一种新型油茶果摘果机研制及动态特性试验研究[J]. 西北林学院学报, 2020, 35 (05): 267-272.

[18] 柴康杰, 胡志超, 游兆延, 等. 基于 ANSYS 的半喂入花生摘果机机架模态分析[J]. 江苏农业科学, 2016, 44 (08): 407-409.

[19] 关萌. 全喂入花生摘果试验装置与摘果机关键部件研究[D]. 沈阳农业大学, 2016.

[20] 刘致远, 张亮亮. 提升箱体铸造工艺设计及铸造过程数值模拟[J]. 中国铸造装备与技术, 2024, 59 (01): 74-79.





### 致谢

2年的本科生活即将结束，设计截稿之际，校园生活也将和我们说再见，在此，要感谢许多的师长和亲友，以表达我内心真挚的情感。

首先感谢我的导师刘老师，真心感谢老师对我毕业设计的指导，让我从设计中学到了许多专业知识，老师的尊尊教导，深深的印在我脑中；认真细腻的讲解，在我心中挥之不去；不仅给了我一个学习的机会，也给了我一个证明自己学习能力的机会。您传授的知识和道理会伴随我的一生，使我终生受益。

其次感谢我的同学、好友，同窗的两年时间虽短，但我们互相竞争，互相鼓励，在学海中共同遨游、奋斗；每个人都是特别的个体，每个人都给我带来了不同的社交体验，也让我的大学生活更加锦上添花。这种相互鼓励，相互竞争的真意，只怕在社会中难以看见，真心感谢他们的陪伴，衷心祝愿我的好朋友们万事顺意。

我还要感谢我的父母，感谢你们多年以来的支持，虽然自身的学历不高，但是却十分理解我支持我，无论是升学或工作都义无反顾的支持；我想毕设的完成离不开你们的背后支持，没有你们的支持，我的前行之路只怕迷雾重重，真诚的感谢你们。

最后，我再次感谢导师刘老师，感谢您指点迷津；感谢同学，感谢你们的真挚付出；感谢父母，感谢你们的默默支持；感谢我的女朋友，给我很大的情绪价值；感谢每一位对我微笑的陌生人，感谢你们。祝陪在我身边的人永远陪伴我，不在我左右的人前途一片光明，感谢大家。