

# 自动断屑装置和排屑装置设计

## 自动断屑排屑机

**摘要：** 本次毕业设计属于机械结构大类的毕业设计，本文主要采用如下方式完成，本次毕业设计首先针对课题自动排屑断屑机进行原理分析以及结构分析，通过市面上现有的结构来进行梳理，通过知网的相关文献以及导师推荐的相关项目了解课题。

排屑装置的种类繁多，排屑装置的安装位置在机床刀具下方，方便收集断屑。收集断屑效率大大提高.使工厂保持整洁。同时断屑装置成本低，便于安装，有利于工厂节省成本。

运用典型建模软件 solidworks 进行本次必设整体装配件的三维建模，并且通过 solidworks 内在的三维导出二维，在二维 CAD 软件中进行技术要求标注，公差标注，装配尺寸标注等等。在设计计算方面，选取典型零部件进行设计计算，例如轴的设计计算，轴承的寿命计算，轴承选型，电机选型，齿轮强度校核，轮齿设计计算等等。对薄壁件易损件以及关键零部件处进行有限元分析，通过有限元力学分析的方式来论证本次结构设计的合理性与可应用性。针对典型零部件的具体制造方式进行了详细描述，包括机床选择，工艺安排，刀具选择，量检具选择等等，较详实的将本科 4 年所学的专业知识运用到本次毕业论文的设计当中。

通过本次进行的典型零部件的机械式的计算，以及关键零部件处的有限元分析结果，可以得出本次设计的零部件符合市场运用特点，具有设计合理性。

**关键词：** 自动排屑断屑机结构设计、机械设计计算、有限元分析

# chip breaking and removal device

The graduation project belongs to the graduation design of the mechanical structure category, this paper is mainly completed in the following ways, the graduation project first for the subject of machine tool cutting conveyor principle analysis and structural analysis, through the existing structure on the market to sort out, through the relevant literature of CNKI and the relevant projects recommended by the tutor to understand the topic.

There are many different types of chip conveyors, and they are generally installed as close to the cutting area of the tool as possible. The chip removal device of the CNC lathe is installed under the rotary workpiece, which is conducive to simplifying the structure of the machine tool or chip removal device, reducing the floor space of the machine tool and improving the chip removal efficiency. The discharged chips generally fall into the chip collection box or trolley, and some are discharged directly into the workshop chip removal system.

The typical modeling software solidworks is used to carry out the three-dimensional modeling of the necessary integral assembly, and the two-dimensional is exported through the three-dimensional of solidworks, and the technical requirements are annotated, tolerances and assembly dimensions are annotated in the two-dimensional CAD software. In terms of design calculation, typical components are selected for design calculation, such as shaft design calculation, bearing life calculation, bearing selection, motor selection, gear strength check, gear tooth design calculation, etc. The finite element analysis of the thin-walled parts, wearing parts and key components was carried out, and the rationality and applicability of the structural design were demonstrated by the finite element mechanical analysis. The specific manufacturing methods of typical parts are described in detail, including machine tool selection, process arrangement, tool selection, measuring fixture selection, etc., and the professional knowledge learned in the undergraduate 4 years is applied to the design of this graduation thesis.

Through the mechanical calculation of typical parts and the results of finite element analysis at key parts, it can be concluded that the parts designed this time are in line with the characteristics of market application and have reasonable design.

**Key words:** machine tool cutting conveyor structure design, mechanical design calculation, finite element analysis

# 目 录

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第一章 绪论 .....               | 1  |
| 1.1 论文选题背景与意义.....         | 1  |
| 1.2 自动排屑断屑机的研究现状.....      | 1  |
| 1.3 本文的研究内容.....           | 1  |
| 第二章 自动排屑断屑机的结构设计方法 .....   | 7  |
| 2.1 自动排屑断屑机的工作原理.....      | 7  |
| 2.2 材料选型与密封措施.....         | 7  |
| 2.3 本文的设计思路.....           | 7  |
| 第三章 自动排屑断屑机的三维图与二维工程图..... | 16 |
| 3.1 三维图设计要求.....           | 16 |
| 3.2 自动排屑断屑机的三维图.....       | 17 |
| 3.3 二维工程图设计规范.....         | 17 |
| 3.4 自动排屑断屑机的二维工程图.....     | 18 |
| 第四章 典型零件的设计计算与制造工艺.....    | 20 |
| 4.1 电机的选型与设计计算.....        | 20 |
| 4.2 连接件与密封件的设计计算.....      | 20 |
| 4.3 轴、键、轴承的设计计算与选型.....    | 20 |

|  |    |
|--|----|
| 4.3 链轮的计算.....                         | 20 |
| 4.5 带传动的设计与计算.....                     | 20 |
| 4.5 圆柱齿轮设计与计算.....                     | 20 |
| 4.6 典型零件的制造工艺.....                     | 20 |
| 第五章自动排屑断屑机的有限元分析.....                  | 39 |
| 5.1 ANSYS 分析流程 .....                   | 39 |
| 5.2 Solidworks 与 ANSYS 的接口互联设置方法 ..... | 39 |
| 第六章断屑装置设计.....                         | 40 |
| 6.1 设计背景 .....                         | 40 |
| 6.2 设计思想 .....                         | 40 |
| 6.3 设计方案 .....                         | 40 |
| 6.4 断屑器的设计 .....                       | 40 |
| 第七章经济性和环保性分析.....                      | 45 |
| 7.1 经济性分析.....                         | 45 |
| 7.1.1 成本预估.....                        | 46 |
| 7.1.2 市场预测.....                        | 46 |
| 7.2 环保性分析.....                         | 47 |
| 设计总结 .....                             | 48 |
| 参考文献 .....                             | 49 |
| 致谢 .....                               | 50 |

---

# 第一章 绪论

## 1.1 论文选题背景与意义

在我国机加工行业，尤其是车床，铣床，机械加工中心的应用过程中，都会配备相应的断屑设备用来高效的快速的处理切削工件的碎屑，可以通过专用设备断屑排出并且做到工厂的整洁以及加工环境的整洁。

## 1.2 自动排屑断屑机的研究现状

自然，在这其中使用最多的输送机，运输输送设备取得了长足的进步。现在，输送机发展的方向，大致可分为以下几种类型：1、转弯输送机 2、爬坡皮带输送机

## 1.3 本文的研究内容

### 1、自动排屑断屑机的设计与建模

对自动排屑断屑机整体方案进行设计，根据整体方案和工作原理，对自动排屑断屑机进行设计与建模。

### 2、自动排屑断屑机的静力学分析

具体如下：依据结构设计完成自动排屑断屑机的三维建模，利用 ANSYS Workbench 软件对整个装置及重要的传动机构进行静力学分析，分析其强度和刚度是否满足要求。

### 典型零部件的设计计算

针对典型零部件的结构根据具体公式进行设计计算，强度校核，以及选型计算。

# 第二章 自动排屑断屑机的设计方法

## 2.1.1.2 材料选型与密封措施

---

从各种各样的材料中选择本次毕业论文设计的结构件中所需要的材料是结构设计的重要一环，选择机械零部件材料的原则[5]是根据零件的使用要求，并且具备良好的工艺性，经济性，应用性以及轻量化要求[6]。具体的表现形式有如下几点：

1、零件的工作状况以及受力状况。为避免失效形式而提出材料选型的具体要求。受力情况表示零件在受力大小的情况下选择适用于静载和下的工作临近，在有冲击的情况下选择应用于冲击的零件，并且可以选择对材料进行表面处理，比如阳极氧化，硬质氧化，热处理，涂层，表面硬化等等，通过材料表面涂层来达到零件受力工况的要求，对于受冲击载荷的零件可以选择韧性较高的材料，对于尺寸取决于强度，而尺寸和质量有相辅相成的零件，则要选择强度较高的材料，对于尺寸决定刚度的材料，则需要选择弹性模量较大的材料。具体的实际应用过程中，可以有如下几种案例，例如铝件在进行装配的过程中，可以采用阳极氧化或硬质氧化使得铝件本身的较软特性得到良好的改善，再比如轴的装配过程中，如果不采用热处理工艺，则轴的使用情况并不能良好的达到设计要求，会断裂会损伤。

2、对零件尺寸与质量的限制。如果零件属于整体扣样制作，那么可以采用铸造的方式来降低零件的成本，以及采用锻件的方式来降低零件的成本。也可以选择冲压来提高材料的利用率，可以减少材料的切削量，减小切削加工工时，降低零件加工成本。

3、零件在整机部件中的重要度。比如在航空部件中，由于航空部件的轻量化要求则需要在关键部位采用强度高质量轻的先进材料，例如碳纤维复合材料，钛合金材料等等，采用复合材料以及合金材料可以大大提高关键零部件处的结构强度并且满足其性能要求符合轻量化设计标准。

因此对于本次毕业论文结构件中选择材料分为以下几种，在一般性的要求中，选择 45 钢以及 cr 钢作为结构支撑的基材。在非关键处可以选择铸铁材料。在结构要求较高的小部分关键零部件处可以选择碳纤维复合材料 CFRP 或者合金材料。

4、选用正确的密封结构，可以保证机械结构件在运行过程中达到合理的密封效果，以及挥发相应的机械性能增强使用寿命，降低维护成本，根据实际工况来进行密封件的选型与分析。本次设计的密封结构为双端面，平衡型内装式旋转式的机械密封结构，密封结构在很大程度上决定整体的寿命，并且其性能取决于密封材料，选择合适的密封材料，可以大大提高机械密封的性能，如果没有特殊要求的情况下选择 304 或 316。

表 2-1 主要零部件材料

---

---

### 密封件类型

---

| 零件名称  | 材料    |
|-------|-------|
| 动环    | M106K |
| 静环    | RBSiC |
| 辅助密封圈 | FFKMI |
| 支撑环   | PTFE  |
| 弹簧    | 316   |
| 传动套   | 316   |
| 轴套    | 304   |
| 压盖    | 304   |

---

### 2.3 本文的设计流程

本次毕业设计的设计思路，可以通过下表的一般方法进行设计，首先确定本次毕业论文的设计对象，进行相应的文献学习以及网上现有模型设计方法的学习，并且可以深入到实际工厂中进行相应的参考。其次对所学的相关软件进行回顾与学习，包括三维建模软件，二维绘图软件，以及相对应的制图，规范可以进行深入的研究，其次需要进行相应典型非标件的设计计算，以及相关标准件的实际选型。包括选型，计算强度，较和应力应变分析等等，在进行了以上目标的完成后，可以进行有限元分析软件的设计，以及自动化控制液压传动等等横向学科的应用。

---

### 设计流程表

---

| 设计步骤 | 设计节点 | 采用方法 | 具体内容 | 备注 |
|------|------|------|------|----|
|------|------|------|------|----|

---

|   |                                  |                     |   |
|---|----------------------------------|---------------------|---|
| 1 | 参考相关文献<br>以及类似模型                 | 知网                  | 文献，模型，相关论文设计思路，项目总结，网络软件教学操作视频等                         |
| 2 | 设计三维模型                           | Solidworks 软件，UG 软件 | 三维建模，装配图，爆炸图，运动仿真，结构设计等                                 |
| 3 | 导出二维<br>CAD 模型并<br>规范标注<br>CAD 图 | CAD 软件              | 尺寸标注，公差配合，装配要求，技术要求，图纸规范等                               |
| 4 | 典型零部件的<br>设计计算                   | 机械设计计算<br>相关书籍      | 强度校核，材料选型，电机选型，典型结构件设计计算，曲线分析等                          |
| 5 | 有限元分析，<br>典型零部件的<br>应力应变分析       | ANSYS 软件            | Slidworks 与 ANSYS 接口设置，ANSYS 力学分析，材料属性设置，分析步设置，应力应变分析等。 |
| 6 | 总结不足                             |                     | 结合横向学科：自动化相关，视觉相关，轻量化设计相关等。                             |

---

## 第三章 自动排屑断屑机的三维图与二维工程图

### 3.1 三维图设计要求



---

首先在 solidworks 建立工程图时必须在图板处，设计相对应的某某学校某某图纸，类型尺寸，并且模板选择好之后，根据零件实际尺寸的大小对应商，适配的 a0 到 a4 图，如果不符合的话，可以将零件进行放大，缩小后再放置到对应的尺寸图中，在草图进行规范化操作的时候，需要将每一步的设计步骤保留在左侧[9]。操作术中并且绘制的草图需要完全定义，尽量使用约束，而不是尺寸标注来时，草图完全定义。在建模完成后需要在自定义属性卡中填写相对应的内容，例如名称同样代号物料材料，图好的选择可以采用分层的方式。

字体的选择通常需要根据实际图纸类型以及大小适当的分配字体采用仿宋字体，注解，通常字体高度采用 3.5mm，技术要求标于标题栏的上方，并且技术要求 4 个字的内容高为 5mm。

线性尺寸公差标注统一为代号以及数字的偏差数值[1]，偏差数值采用括号的形式，在装配图中的装配尺寸，特别是基孔。制基轴质的尺寸中需要标注孔的公差代号。在形位公差方面，形位公差需要标定在相对应尺寸的下方，在材料中需要标注右下角的材料属性材料牌号，常用的材料通常选择为碳素结构钢，不锈钢，铝合金，铸铁。在设计零部件时需要考虑到整体装配尺寸的合理性[2]，以及装配公差的设计选型[10]，并且是否需要在装配体中设计相应的传动结构，传动系统，自动机器人等等。

## 3.2 自动排屑断屑机的三维工程图

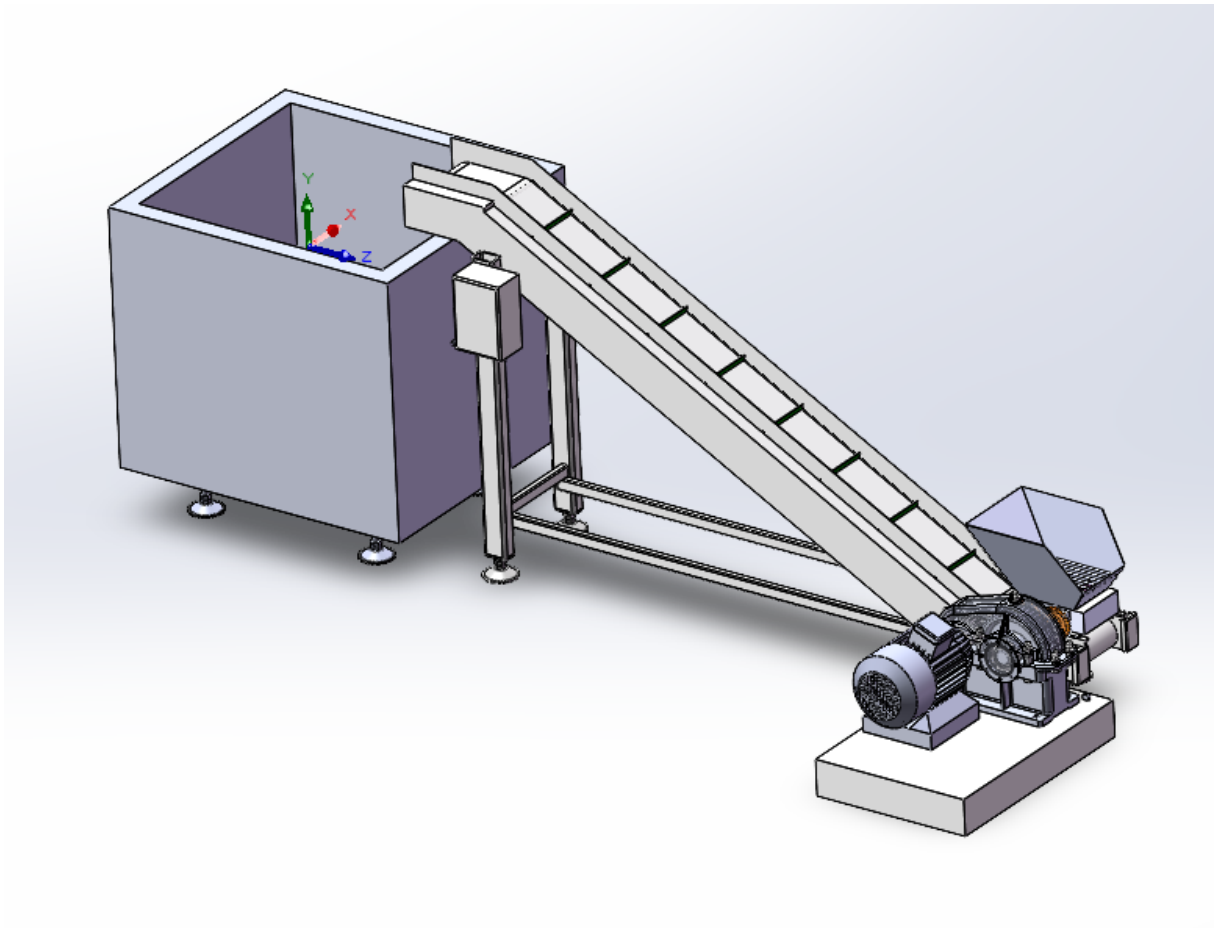


图 3.1 三维装配图

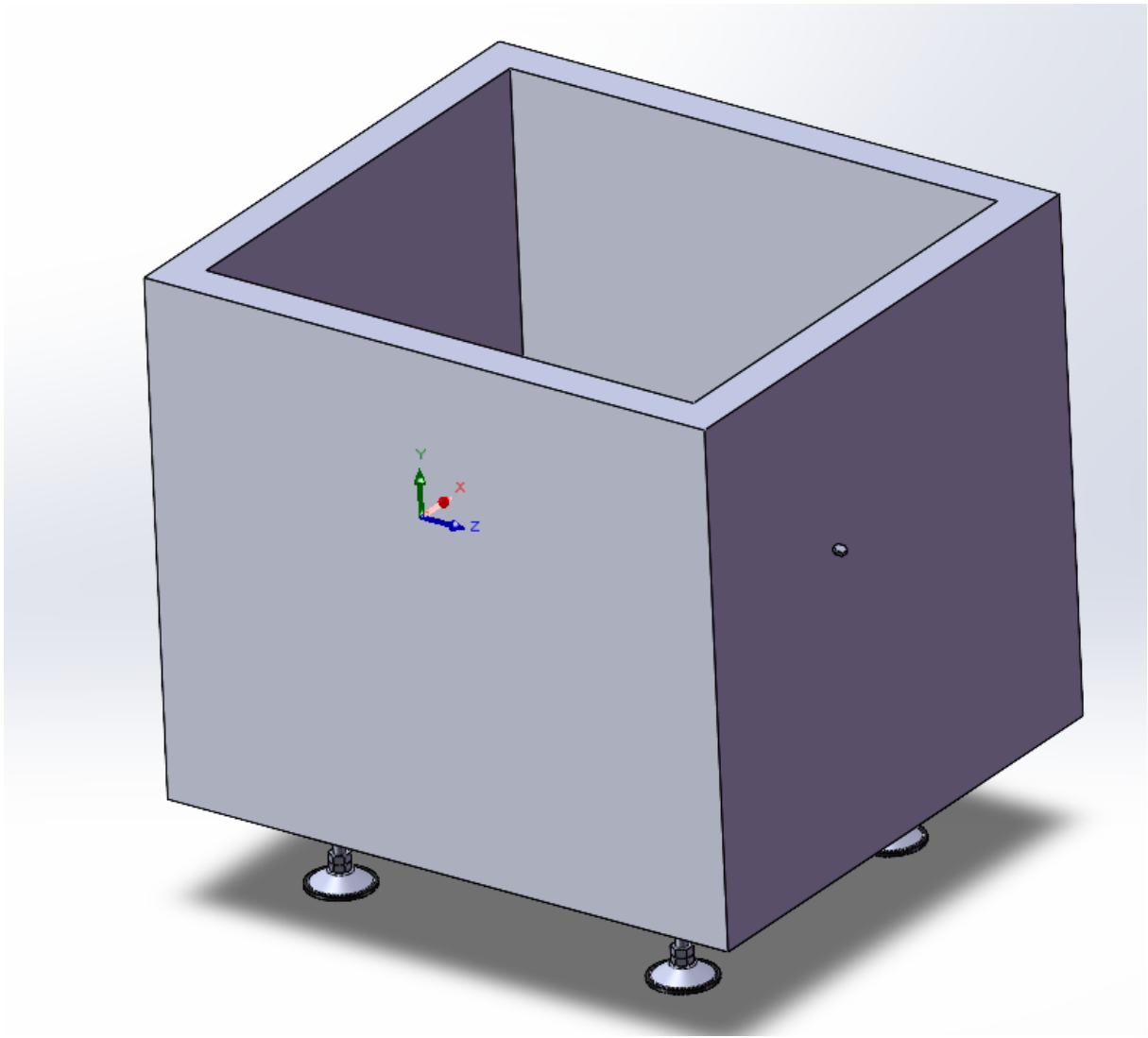


图 3.2 收集箱

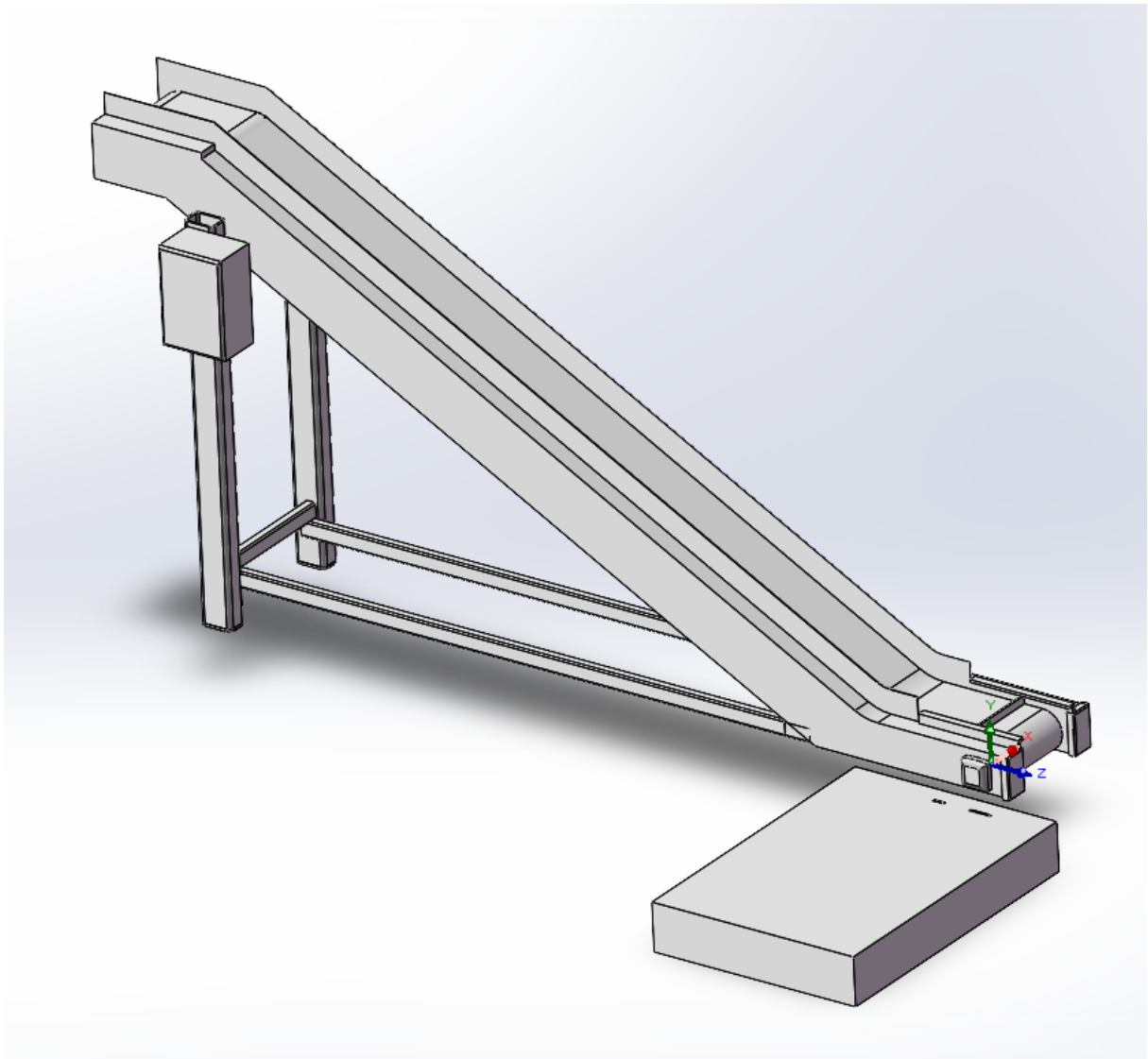


图 3.3 传送机

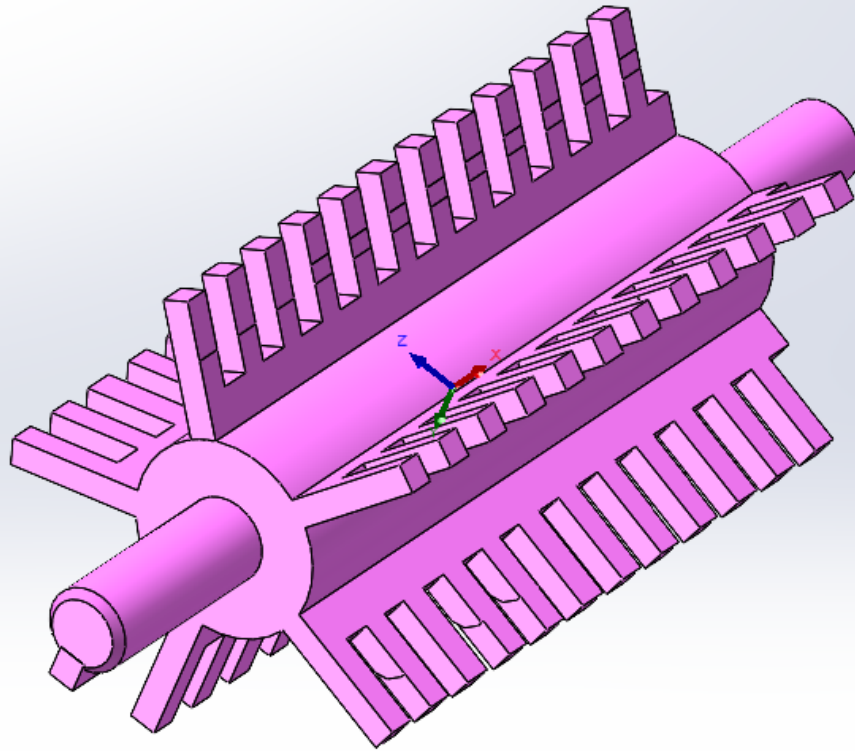
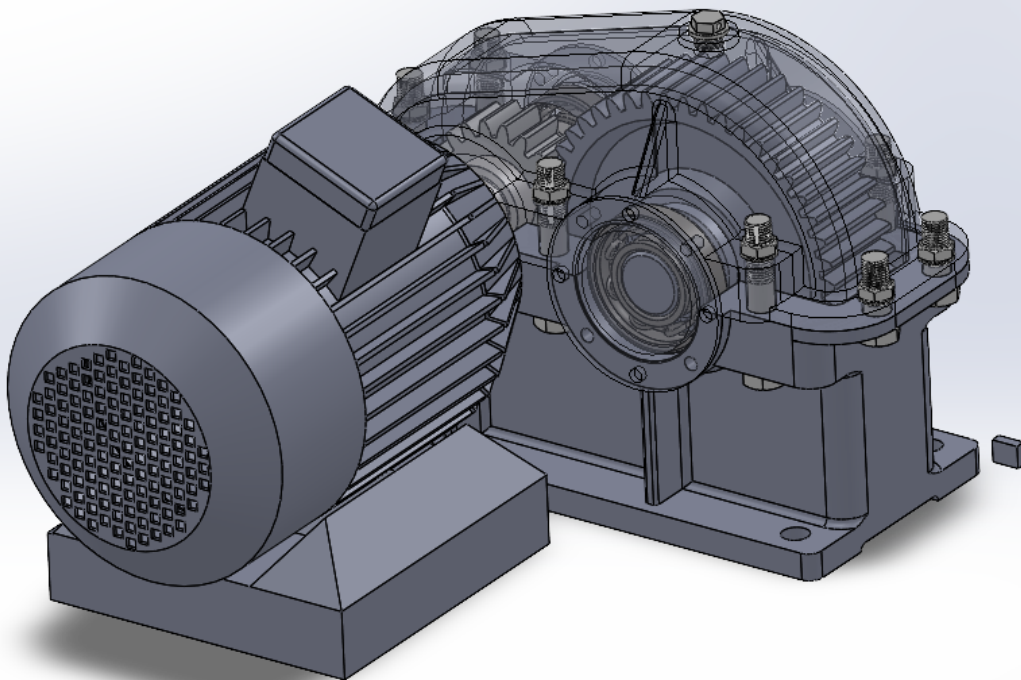


图 3.4 滚齿



---

图 3.5 传动结构

上图为本次设计中装配体的三维并且包含了非标结构的三维模型。

### 3.3 二维图设计规范

二维图通过三维导出后需要进一步修改，可以事先做出图纸的封面，图纸的说明图纸目录在图纸封面上备注工程图的名称，工程图的类别，以及制图日期，需要在图纸的每页下方备注图纸的尺寸比例。尺寸标注尺寸为统一体，需要调整时可以采用异地命令尺寸界限及标注实体的距离为 2~3mm，相邻尺寸线之间的距离为 7~10mm，在标注图纸的过程中，需要根据菜单栏中相对应的图纸标注命令进行规范化的选择，你可以事先在图纸中设置一种较为规范的图纸类型，可以直接使用。

在制图之前可以设置多种图层，尽量不要在一个图层上画图标注以及技术要求。通常尺寸的方向在实体的右上方，不可在左侧或下侧标注，并且需要将全图的字体大小统一化，包括尺寸标注技术要求，粗糙度要求，图纸类型，设计人与校核人。在颜色使用方面，建议使用不超过两种，颜色区分通常采用统一的颜色，而在尺寸标注方面实体尺寸应当比实际标注的文字小一号。

在图中尺寸较小时无法看清的情况下，可以采用局部放大的形式，通常根据实际需求的情况放大 10 倍到 20 倍。并且需要在主体的图纸中画出局部放大区域以及剖切区域在放大区域处上方标注相对应的截面以及放大比例。

将图纸输出为 PDF 格式，是一种常见的规范化操作，可以选择文件另存为输出 PDF 在框中勾选替代，并且在对话框中选择所需要输出的 A3A4 图纸。如果图纸是通过三维模型导出二维的方式，那么需要再导出二维图纸后，再对二维图纸进行整体的规范化操作，例如图层的设置，线型的区分，颜色区分，在三维导出二维过程中所遗失的部分曲线需要进行详细描述，包括尺寸标注以及剖切区域，技术要求。三视图对应的完整区域。

在完成全部图纸内容后，需要对图纸进行视觉上的规范化操作，例如将全部的标注尺寸统一移动到图纸的 4 周部分，并且采用相对于实体实线区分的颜色标记。

### 3.4 自动排屑断屑机的二维工程图

本次毕业论文的二维工程图采用三维图导出的方式，将三维图导出的二维工程图。其中包含了整体的装配图以及各非标结构件的二维图，具体可以参照以下图片。

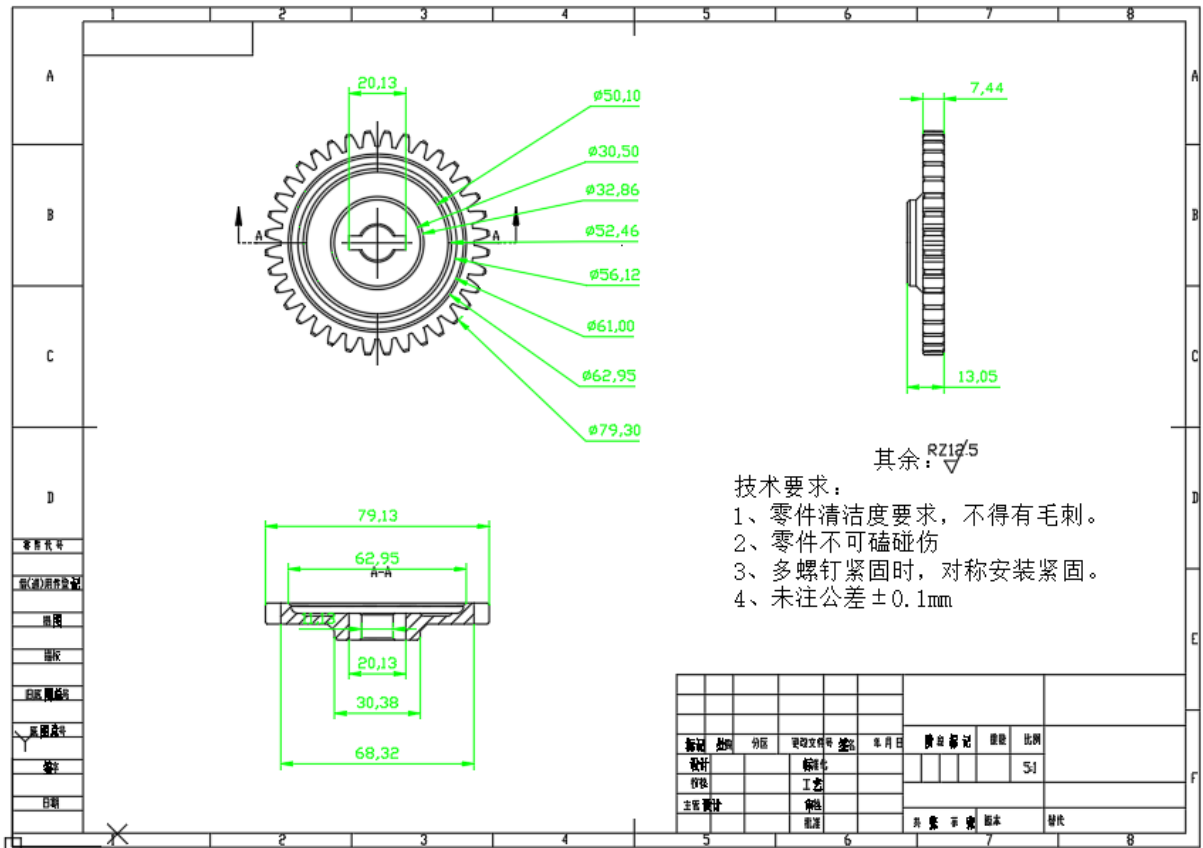


图 3.8 齿轮

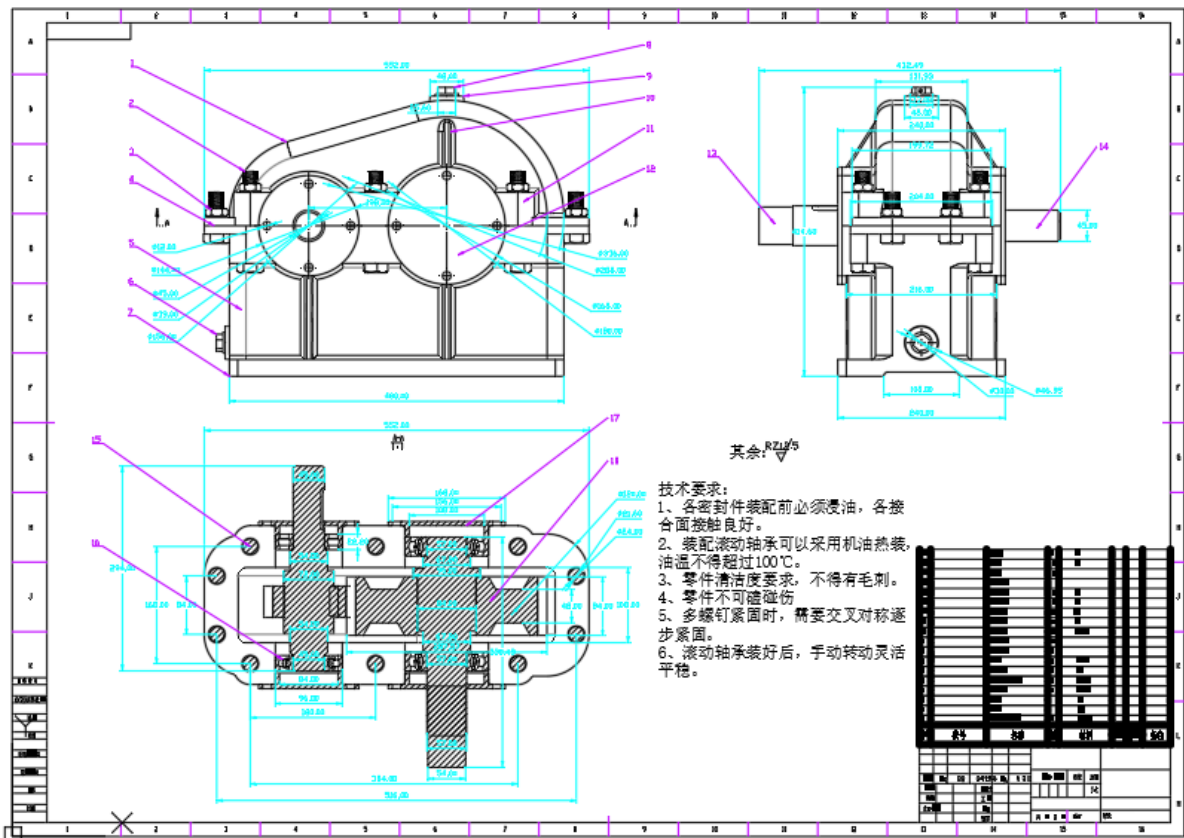


图 3.9 传动

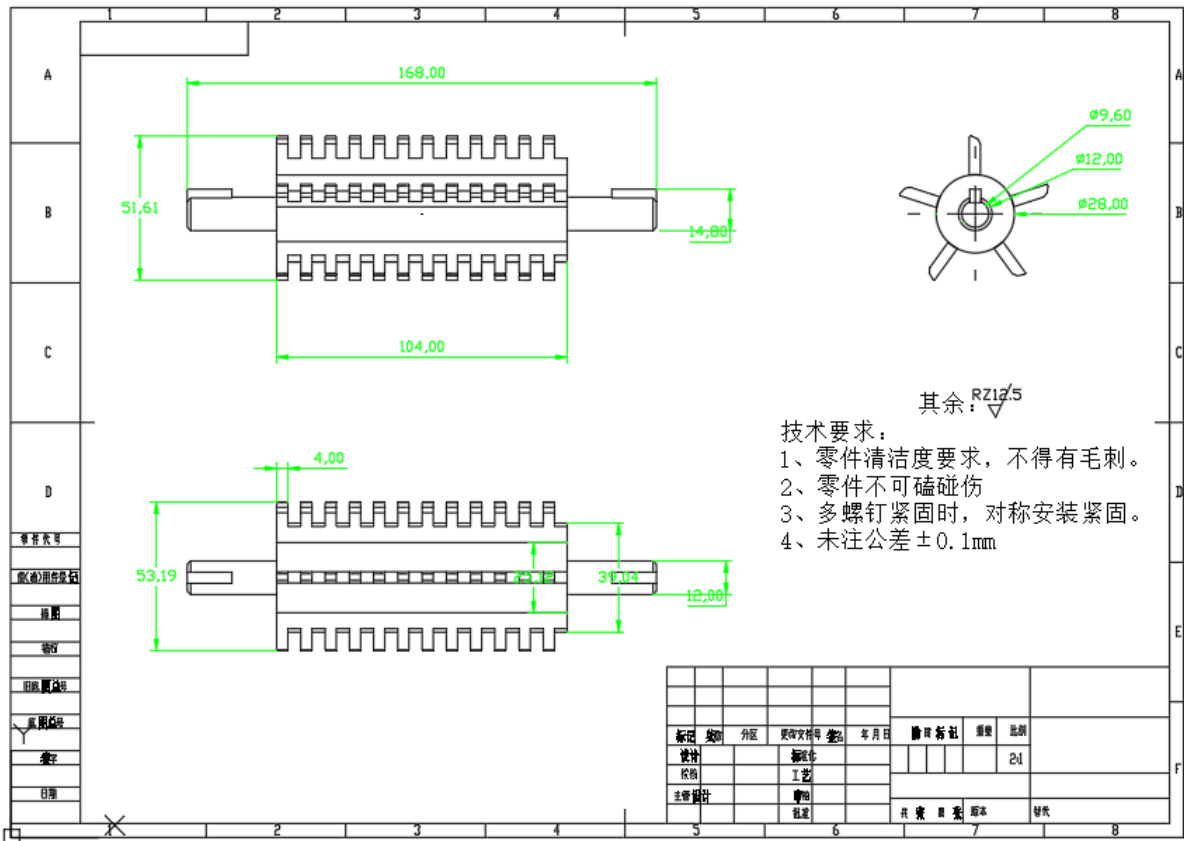


图 3.10 滚齿

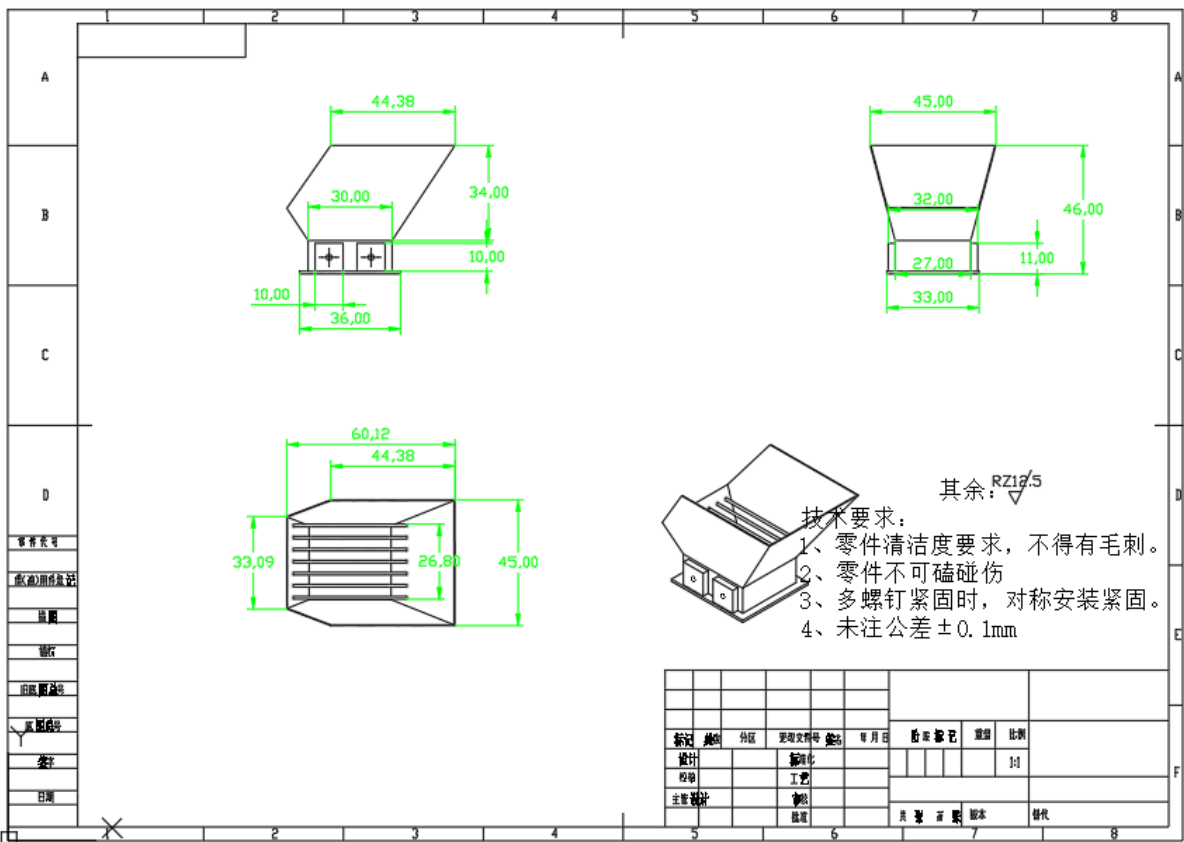


图 3.11 进料口



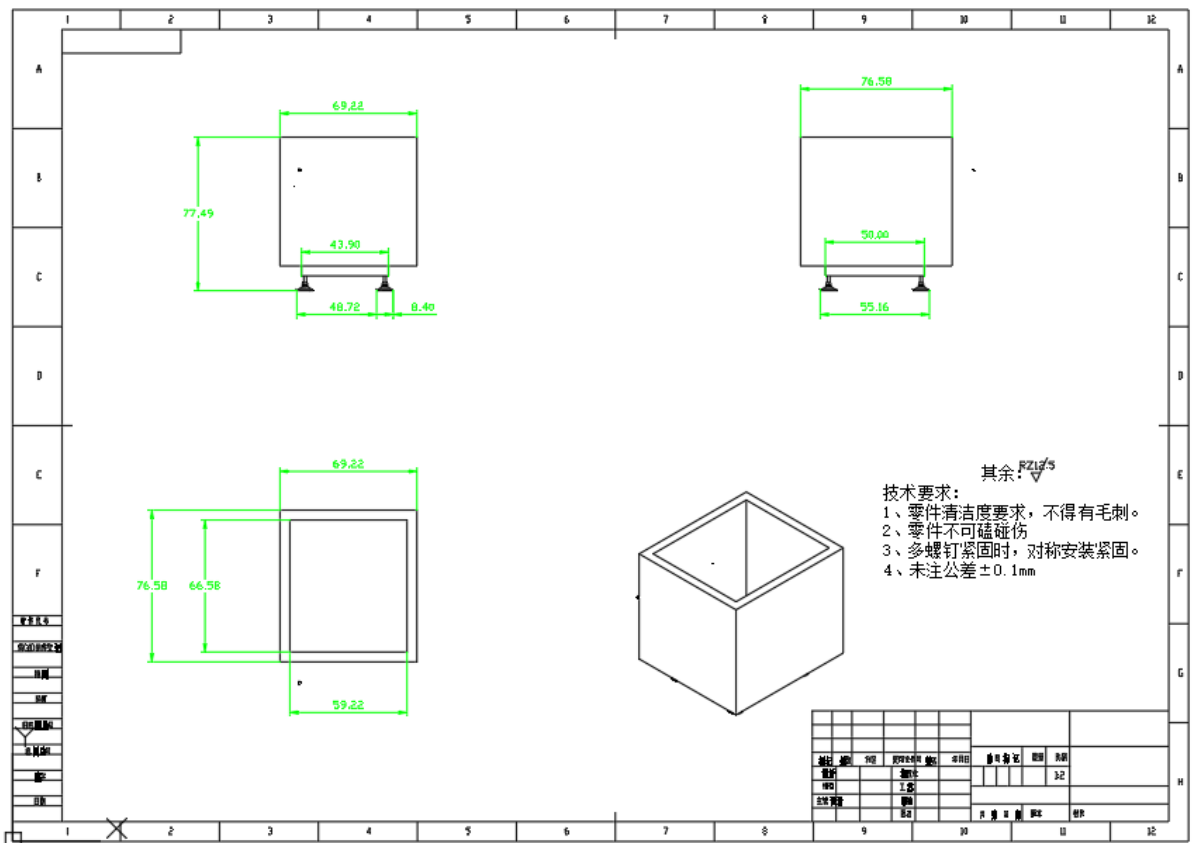


图 3.12 收集箱

## 第四章 典型零件的设计计算

### 4.1 电机的选型与设计计算

通过所学的功率与扭矩关系公式  $P_w = T \cdot N / 9550 = 5.4KW$ ， $P_w$  为工作机在工作时所需要的功率 Kw， $N$  为工作转速 r/min， $T$  是扭矩 N.m。电机额定转速  $N$  参考值：

三相异步电机：1500/3000/1000[r/min];

步进电机：<600[r/min];

伺服电机：3000[r/min]。

选择电动机时需要搭配相应的减速机，而选用减速机的目的则由以下几点第一降低转速，第二增加扭矩，电机输出轴转速与传动系统末端输入轴的转速之比，就是整个传动系统的传动比。通常选择电动机功率的时候，经过以下计算方式，首先计算工作负载，通过公式计算出负载，并且计算滚筒负载扭矩以及滚筒转速，在设置相应的传动比。根据传动比设计齿轮的齿数，然后通过电机的扭矩公式，计算出电机的理论功率在理论功率的基础上乘以安全系数，可以选择实际的电机应用功率。

查材料《机械设计》[3]中的附表 2-3 可知 V 带传动效率  $\eta_1=0.96$ , 齿轮传动效率

$\eta_2=0.97$ , 滚动轴承效率  $\eta_3=0.99$ , 从电动机到工作盘间的总效率为：

$$\eta = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 = 0.89 \quad (4-1)$$

电动机所需输出功率为

$$\rho_d = \rho_w / \eta = 5.4 / 0.89 = 6.07KW \quad (4-2)$$

查《机械设计》附表 6-1 电动机选用 Y 系列三相异步电动机 T160L-6, 额定功率为  $P_e = 11KW$ ，满载转速  $n_m = 970r/min$ 。可知总传动比为  $i = \frac{n_m}{n_w} = \frac{970}{7} = 138.6$

(4-3)

## 4.2 连接件与密封件设计计算

表 4.1 不同孔径的机械结构的螺钉使用

| 孔径结构尺寸 | 紧固件螺钉选用特点        |
|--------|------------------|
| Φ2     | 基于小孔的使用特点选择搭配螺纹胶 |
| Φ4     | 基于小孔的使用特点选择搭配螺纹胶 |
| Φ6     | 基于小孔的使用特点选择搭配螺纹胶 |

|     |                |
|-----|----------------|
| Φ8  | 基于设计特点选择搭配扭力扳手 |
| Φ10 | 基于设计特点选择搭配扭力扳手 |
| Φ12 | 基于设计特点选择搭配扭力扳手 |
| Φ14 | 基于设计特点选择搭配扭力扳手 |
| Φ16 | 基于设计特点选择搭配扭力扳手 |

螺钉作为一种常见的连接结构件，需要在设计时做相应的设计。参考以上作为本次设计的参考表格，可以看出螺钉从 D2 到 D16 作为一种典型的常见选型范围，并且标注了各个范围间具体尺寸所对应的配合情况以及特殊要求，连接时需要进行螺纹胶的选择，以及设置相应的扭力扳手配合规范扭矩进行紧固操作。

### 密封设计计算[7]

本次设计的计算主要用于验证密封端面尺寸的选择是否合理以及弹簧的设计计算是否合理，对于本次设计动环端。面为窄面静环，端面为宽面，这种设计方式可以获得更加良好的密封效果，静环单面比动环单面宽，这样可以使得进环更好的保护动环，可以提高整体机械结构件的密封性能，同时端面宽度的差异，可以在一定程度上起到润滑的效果，有利于提升机械密封件的使用寿命。

根据端面直径、端面外直径和平衡直径可以计算出平衡系数 B[8]：

$$B = \frac{d_2^2 - d_h^2}{d_2^2 - d_1^2} = 0.75 \quad (4-4)$$

$B < 1$ ，说明所设计的机械密封件为双单面平衡型的，要求满足设计工况，符合密封端面的设计要求。在弹簧设计计算时，需要根据相应的经验，选择弹簧比压的范围，本次设计选择的弹簧比压范围为 0.15~0.58Mpa，要保证弹簧在计算后，得到的端面比压和弹簧比压满足选定范围来确保整体的性能要求以及密封工况。

### 密封性能校核

未验证机械密封是否可以满足长时间运行的要求，需要对泄漏量以及使用寿命进行较合，在机械密封的设计下，密封面的失效为零，在实际情况的运用中，泄漏情况较为复杂，因此所计算出的泄漏量只是一个标准，理论值密封缝隙的体积泄漏量，可以采用以下的公式进行设计计算。

$$Q = \frac{\pi h^3 \Delta P}{6\mu l n (r_2/r_1)} \quad (4-5)$$

式中：h——密封膜厚度，mm

$\Delta P$ ——端面压降，Pa

r1, r2——摩擦端面内外半径，mm

根据密封参数得出： $\mu = 3.88 \times 10^{-3}$  pa.s, r1=90.06mm, r2=100.05mm,  $\Delta P = 0.6$ Mpa, 动环密封面粗糙度 Rz1 =0.5  $\mu$  m, 静环密封面粗糙度 Rz2 =0.2  $\mu$  m, 对于此密机械密封情况，根据密封面的间隙计算公式由如下：

$$h = 0.88(R_{z1} + R_{z2}) = 5.28 \times 10^{-4} \text{ mm} \quad (4-6)$$

代入可得泄漏量：

$$Q = \frac{\pi h^3 \Delta P}{6\mu l n (r_2/r_1)} = 0.21 \text{ mL/h} \quad (4-7)$$

$Q < 5$  mL/h。满足设计要求的端面泄漏量。

### 4.3 轴、键、轴承的设计计算与选型

$$\text{轴的输入功率: } P_1 = P_d \times \eta_1 = 9 \times 0.96 = 8.64 \text{ KW} \quad (4-8)$$

轴的输入转矩

$$\text{电动机轴的输入转矩: } T_d = 9550 \times \frac{P_0}{n_m} = 88.61 \text{ N.m} \quad (4-9)$$

$$\text{轴的输入转矩: } T_1 = 9550 \times \frac{P_1}{n_1} = 212.66 \text{ N.m} \quad (4-10)$$

对轴的最小直径进行估算

本次设计的 I 轴为齿轮轴，它的材料与齿轮材料相同同为 40Cr 调质。

轴最小直径的初步确定，轴的材料为 40Cr 钢，同时进行调质处理，查阅参考文献《机械设计》选用表 15-3 取  $A_0 = 112$ 。

$$\text{即 } d_{\min} = A_0 \sqrt[3]{\frac{P}{n_1}} = 15.51 \text{mm} \quad (4-11)$$

## 2、轴的设计

(1) 各轴段的直径[11]:

轴段 1 从左往右第一段是轴起始段, 作用是安装轴承。根据实际要求取直径  $d=20\text{mm}$ ;

## 3.轴承的选择

使用期限为 10 年, 每年的工作时间为 250 天, 每日工作天数为 8 小时。由表 2-3 可知, 高速轴的转速为  $466.67\text{r/min}$ 。则可得到轴承的预期寿命:

$$L'_h = 10 \times 250 \times 8 = 20000 \text{ h} \quad L_h = \frac{10^6}{60n} \left( \frac{f_t C}{P} \right)^3 = \frac{10^6}{60 \times 715} \left( \frac{1 \times 11500}{418.17} \right)^3 = 484816 \text{ h} \quad L'_h = 20000 \text{ h}$$

确定采用深沟球轴承, 轴承代号为 60206。

查表 6-1 [4] 可得轴承的基本额定动载荷为  $C_r = 19.5 \text{ kN}$ , 基本额定静载荷为  $C_{0r} = 11.5 \text{ kN}$ 。

查表 8.3 [3] 可得, 温度系数  $f_t = 1$ 。

由于轴向力很小, 由《机械设计》附表 5-2 并根据  $d_c = 45\text{mm}$ , 选深沟球轴承 6209, 其尺寸为  $d \times D \times B = 45\text{mm} \times 85\text{mm} \times 19\text{mm}$ ; 两轴承安装中心距为  $150 \text{ mm}$ 。

## 键的选择

由《机械设计》表 6-1 选用  $B \times H \times L = 10 \times 8 \times 100$  的 C 型  $10 \times 110\text{GB/T1096-2003}$

只承受径向载荷的轴承的当量动载荷的计算公式:

$$P = f_d R_r \quad (2-31)$$

式中:  $f_d$  —— 载荷系数;

$R_r$  —— 纯径向载荷。

根据实际工作情况, 查表 8.6, 可得  $f_d = 1.3$ 。

根据轴承的受力情况, 可知轴承 2 受到的径向力较大, 故径向力 :

$$R_r = \sqrt{(R_{H2})^2 + (R_{V2})^2} = \sqrt{(210.57)^2 + (316.28)^2} = 418.17 \text{ N}$$

---

将上述数据，代入当量动载荷计算公式，可得：

$$P = f_d F_r = 1.3 \times 418.17 = 543.62 \text{ N}$$

#### 4.按弯曲合成应力校核轴的强度

##### 1、轴上的作用力

$$F_{t1} = \frac{2T_1}{d_1} = \frac{2 \times 212.66}{99 \times 10^{-3}} = 4296.16 \text{ N} \quad (4-12)$$

##### 2、轴上的径向力

$$F_{r1} = F_{t1} \times \tan 20^\circ = 1563.67 \text{ N}$$

#### 4.校核轴的强度

##### 1、计算支座反力

水平 H (XOY)面：

$$\sum M_A = 0, 169F_{BH} - 72F_{r1} - (108.5 + 169)F_p = 0 \quad (4-13)$$

$$F_{BH} = \frac{72F_{r1} + 277.5F_p}{169} = 5015.66 \text{ N} \quad (4-14)$$

$$\sum M_B = 0, 169F_{AH} - (72 + 169)F_{r1} - 108.5F_p = 0 \quad (4-15)$$

$$F_{AH} = \frac{241F_{r1} + 180.5F_p}{169} = 3930.46 \text{ N} \quad (4-16)$$

正水平 H (XOZ) 面

$$F_{AV} = \frac{F_{r1}(72 + 169)}{169} = 6126.48 \text{ N} \quad (4-17)$$

##### 2、合成弯矩 M

$$M = \sqrt{M_z^2 + M_y^2} = 329.2 \text{ N.m} \quad (4-18)$$

---

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要  
下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/387065100001006111>