



天津中德应用技术大学  
Tianjin Sino-German University of Applied Sciences

## 本科生毕业设计

翅片散热带滚压设备送料装置设计

**Design of The Feeding Device of Rolling Equipment  
for Fin Heat Dissipation Belt**

姓 名 杨水秀

学 院 机械工程学院

专 业 机械电子工程


指导教师 孙学娟

职 称 教 授

完成时间 2023 年 5 月


**天津中德应用技术大学**  
**本科生毕业设计（论文）的声明**

本人郑重声明：所呈交的毕业设计（论文），是本人在指导教师指导下，进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本毕业设计（论文）的研究成果不包含任何他人创作的、已公开发表或没有公开发表的作品内容。对本设计（论文）所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本毕业设计（论文）原创性声明的法律责任由本人承担。

毕业设计（论文）作者签名： 

2023 年 5 月 26 日

本人声明：该毕业设计（论文）是本人指导学生完成的研究成果，已经审阅过设计（论文）的全部内容，并能够保证题目、关键词、摘要部分中英文内容的一致性和准确性。

毕业设计（论文）指导教师签名： 

2023 年 5 月 26 日

## 摘 要

翅片散热带是各式散热器的主要组成元件之一,翅片式散热器是气体与液体进行热交换器中使用最为广泛的一种换热设备。散热器被广泛的应用于机械、汽车、航空、家电、大型电站等热交换系统,散热器在我们的日常生活中也随处可见,因此,翅片散热带的精度和质量直接影响散热器的散热效果。

本文以翅片散热带滚压设备送料装置为研究对象,通过分析翅片滚带机的工艺流程、工作原理、功能模块结构,设计滚压设备送料装置结构。送料装置是工业自动化生产线的重要组成部分,它可以减轻劳动强度,提高生产效率,然而送料的速度、精度和平稳性关乎到产品的加工质量及使用要求。

本文主要研究的内容是送料装置,带料经过双料架机构以一定的速度开卷放料之后,通过第一组安装在试验台底部的送料辊实现拉伸和矫直带料,并且此处的传感器可以检测到有物料及送料辊的转速;带料交错进入安装在送料长板和送料连接板上的送料辊,带材在上下辊轮间摩擦力的带动下实现向前送料,从而达到送料的目的。为了达到送料速度的要求,通过传感器检测送料辊的转速并将信号反馈给安装在双料架装置上的变频器,变频器通过改变电动机电源频率的方式来实现电动机的调速,进而控制开卷放料的转速,就对送料辊的转速进行了调整。

使用 NX 12.0 软件建立出送料装置的零件模型,按照各零部件之间的作用关系,通过一定的约束将其装配在一起;使用 Auto CAD 绘制出二维图。通过观察各部件之间是否产生干涉,对其机械配合进行直观的验证。并对送料轴进行强度校核,确保送料辊满足使用要求及稳定性。

**关键词:** 送料装置; 翅片散热带; 送料辊; NX 12.0; Auto CAD

## ABSTRACT

Finned scattered tropical is one of the main components of all kinds of radiators. Fin radiator is the most widely used heat exchange equipment in the heat exchange of gas and liquid. Radiator is widely used in machinery, automobile, aviation, home appliances, large power stations and other heat exchange systems. Radiator can be seen everywhere in our daily life, therefore, the accuracy and quality of the fin scattered tropics directly affect the heat dissipation effect of the radiator.

Through the research object of this paper, we analyze the process flow, working principle and functional module structure of the fin roller machine. Feed device is an important part of industrial automation production line, which can reduce labor intensity and provide production efficiency. However, the speed, accuracy and stability of feeding are related to the processing quality and use requirements of products.

The main study of this paper is the feeding device. After the material opens the roll at a certain speed through the double frame mechanism, the feeding roller is installed on the bottom of the test table, and the sensor here can detect the material and the speed of the material, and the feeding roller, so as to achieve the purpose of feeding. In order to meet the requirements of feeding speed, the speed of the feeding roller is detected by the sensor and the signal is fed back to the frequency converter installed on the double frame device. The frequency converter realizes the frequency regulation of the motor by changing the power frequency of the motor, and then controls the speed of the open coil, and the speed of the feeding roller is adjusted.

Use the NX 12.0 software, and assemble them together according to the relationship between the parts, and draw two-dimensional diagram using Auto CAD. By observing whether there is interference between each component, the mechanical cooperation is visually verified. The strength of the feeding shaft is checked to ensure that the feeding roller meets the use requirements and stability.

**Keywords:** Feeding device; fin scattered zone; feeding roller; NX; Auto CAD

# 目 录

第一章 绪论 .....	1
1.1 翅片散热带概述 .....	1
1.2 送料装置概述 .....	2
1.2.1 送料装置类型 .....	2
1.2.2 送料装置送料方式 .....	3
1.2.3 翅片散热带滚压设备送料装置概述 .....	3
1.3 送料装置研究意义与主要内容 .....	3
1.3.1 送料装置国内外研究现状 .....	3
1.3.2 研究意义 .....	5
1.3.3 主要内容 .....	5
第二章 送料装置理论概述 .....	6
2.1 送料装置工作原理 .....	6
2.2 送料装置主要方案选择 .....	6
2.2.1 送料装置驱动力的分析 .....	6
2.2.2 送料辊 .....	8
2.3 送料装置整体方案 .....	8
第三章 送料装置关键部件结构分析 .....	10
3.1 送料传感器 .....	10
3.2 传感器支架座与传感器支架 .....	10
3.3 送料底板与送料上板 .....	11
3.4 送料轴与送料辊 .....	12
3.5 送料轴强度计算 .....	12
第四章 送料装置数字化建模 .....	18
4.1 计算机辅助设计概述 .....	18
4.2 NX 软件概述 .....	18
4.3 送料装置建模 .....	18
第五章 总结及展望 .....	22
5.1 总结 .....	22
5.2 应用前景 .....	22
参考文献 .....	23

致谢 .....	24
附录 .....	25
附录一 中文译文及外文资料 .....	25
附录二 CAD 装配图 .....	30
附录三 CAD 零件图 .....	31

## 第一章 绪论

### 1.1 翅片散热带概述

翅片散热带是散热器的主要组成元件,是制冷或制热介质与空气进行冷热交换的主要场所,散热器广泛应用于机械、汽车、航空、家电、大型电站等热交换系统,翅片散热带的精度和质量直接影响散热器的散热效果。

翅片散热带形式多种多样<sup>[1]</sup>,包括平顶型翅片、锯齿翅片、百叶窗翅片、波纹翅片、多孔翅片、钉状翅、片条翅片等。常用的有平直翅片、多孔翅片、锯齿翅片和波纹翅片,常用的有矩形平顶翅片、百叶窗翅片、波纹翅片等。



图 1-1 矩形平顶翅片



图 1-2 百叶窗翅片

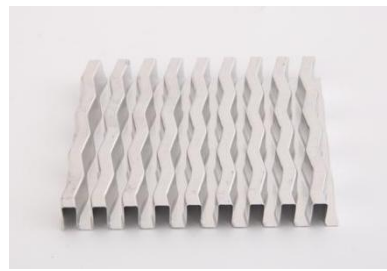


图 1-3 波纹翅片

(1) 矩形平顶翅片:是近几年发展起来的一种新型的翅片散热带形式,其顶部形状为矩形,如图 1-1 所示。其加工精度高,散热速度快。据统计,在相同条件下,矩形平顶翅片散热器比圆顶翅片散热面积增加了 20%左右,整体体积减少了近 30%,质量减轻 30%~50%,最终焊接生成散热器后由于翅片顶部与隔板为面接触,因此最终散热器强度更高,散热器体积更小。因此使用矩形平顶翅片散热器的设备可以拥有更加紧凑的结构,节约更多的安装空间,从而有效降低成本,提高效能。

(2) 百叶窗翅片:百叶窗翅片可以破坏空气流在散热片表面的附着层,使散热能力增强,散热速度加快,从而减小散热器体积。百叶窗翅片作为汽车散热器的重要组成部分,对散热器的散热性能起着至关重要的作用;百叶窗翅片如图 1-2 所示。

(3) 波纹翅片:波纹翅片可以加大空气流道的长度,并且能够对气流进行充分的混合,因此被广泛应用于空调制冷;波纹翅片如图 1-3 所示。

翅片成型的原理:是将厚度为 0.06~0.15mm 平直的铝箔或铜箔翅片,经过连续加工成峰高 4~10mm 特定形状的波纹状<sup>[2]</sup>;其中,波纹越密,波高越大,传热性能越好<sup>[3]</sup>。

翅片散热带的加工工艺流程<sup>[4]</sup>:在双料架装置上将铝箔经过开卷放料,经过送料装置拉伸铝箔并传送、涨紧装置进行铝箔涨紧、由成型装置滚压成型、整形装置实行整形、收拢密集装置使翅片收拢密集、经过疏波装置调整定型、再由计数装置计算波峰数、最后经过切断装置进行切断。保证各部分之间的协调工作,从而实现从原材料到成品的加工工艺过程<sup>[5]</sup>,流程图如图 1-4 所示。

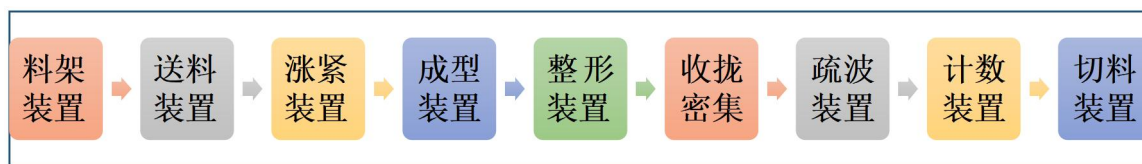


图 1-4 翅片散热带加工流程图

散热带成型机床的主要组成部分，如图 1-5 所示。

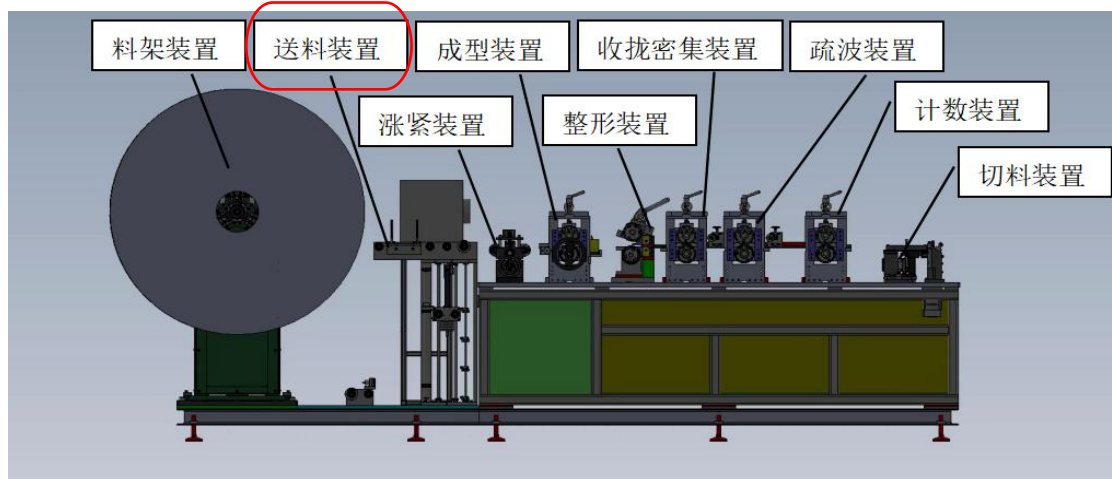


图 1-5 散热带成型机床主要装置

## 1.2 送料装置概述

### 1.2.1 送料装置类型

目前生产中常见的送料机根据动力源的不同<sup>[6]</sup>，可将其划分为三大类：分别是机械式驱动、液压式驱动、伺服式驱动。机械式驱动和伺服式驱动应用领域较为广泛，机械式驱动通常使用于高速、高质量的冲压机。伺服式送料机是一种价格昂贵的设备，应用领域广适用于各种不同材料厚度和宽度。液压式驱动是以液体为工作介质，利用液体的压力实现能量传递和转换的传动形式。

机械式驱动是通过轴、轴承、齿轮、齿条、链轮、链条、传送带等机械零件传递动力和能量的传动形式。它具有传动准确可靠、设计及制造工艺成熟、受负荷及温度变化影响小等优点，但与其他传动形式相比较，有结构复杂笨重、远距离操纵困难、安装自由度小等缺陷。

伺服式传动是利用电动机将电能转换为机械能以驱动机械工作的传动形式。电力传动由电动机、传输机械能的传动机构和控制电动机运转的电气控制装置等组成。电力传动可分为交流电动机传动和直流电动机传送，电力传动需要有相应的电源供给和配备有适用的调速装置，因而电力传动的应用范围收到限制。伺服式驱动使用便捷、送料精度高、响应快，目前技术还不够成熟关键技术主要依靠进口，导致价格昂贵，送料精度可达 0.03mm。

## 1.2.2 送料装置送料方式

在送料机中常见的送料方式包括夹持式送料、机械手送料<sup>[7]</sup>、辊轮式送料等几种。机械手多用于块状物料或加工中需要实现翻转等动作的场合，随着机械手技术的不断发展，机械手在工业领域的搬运、焊接、喷涂、装配等场合中应用，不适用于带材加工且价格较高。然而对于卷料和条料而言，常用的送料方式是辊轮式进料和夹持式进料，辊轮式送料适合用于带材的加工；相比于机械手送料和夹持送料，辊轮送料对材料表面的损伤较低，结构较为简单，但是如果对上下辊轮之间的压紧力控制不好可能会导致带材打滑，影响送料精度。

本文研究的送料类型属于卷料，拟选择的送料方式为辊轮式送料。

## 1.2.3 翅片散热带滚压设备送料装置概述

送料装置：以均匀的速度将材料输送给刀具，以保证送料速度与刀具滚轧的速度相一致。送料装置主要由送料底板、上板，送料左、右立板，送料轴、送料辊，配重块、深沟球轴承、传感器，传感器立柱、盖架，直线导轨等组成。带料经过双送料架机构以一定的速度开卷放料之后，在外力的作用下，驱动了送料辊的转动，通过在不同点位安装送料辊来实现物料进给，从而实现了铝箔的拉伸及送料的功能。

## 1.3 送料装置研究意义与主要内容

### 1.3.1 送料装置国内外研究现状

从时间轴上来看，我国送料机行业起步是较晚的，部分送料机构如图 1-6 和图 1-7 所示。在许多核心技术以及生产经验层面还是存在较大的差距，但是经过这几十年行业的发展，取得了明显的进步，从原先靠价格抢占市场到靠性价比赢得人心，再到如今靠质量、靠品牌影响力来吸引买家眼球，这一系列的转变凸显出国产设备的崛起和壮大。但随着买家的需求在增加，特别是对送料机有特殊需求的买家，低端设备显然是达不到其要求，这也使得目前不少生产厂家由于创新力不足以及设备规格较低等因素，许多低端设备处在销售停滞的状态，但又不能停止生产，也就导致货物堆积产能过剩的情况，这是对整个行业的未来发展敲响了警钟。

高质量、高标准的必然是未来发展趋势，低端需求也必然是越来越小的，市场在发展，且不说买家对高端送料机的需求在上涨，在同行业中，低端生产厂家也是没有发展可言的，可能刚开始靠价格会取胜，靠销量也会维持一定的发展，但绝对不是长久之久。要知道从近些年的数据统计来看，总体人们需求是呈现下降趋势的，市场也逐渐饱和，行业间的竞争也会因此而加大，这是如何还一味的依靠产量和销量来维持，说不准哪天就会面临库存堆积的情况，自身的正常运作都会造成影响。



图 1-6 卷筒装置

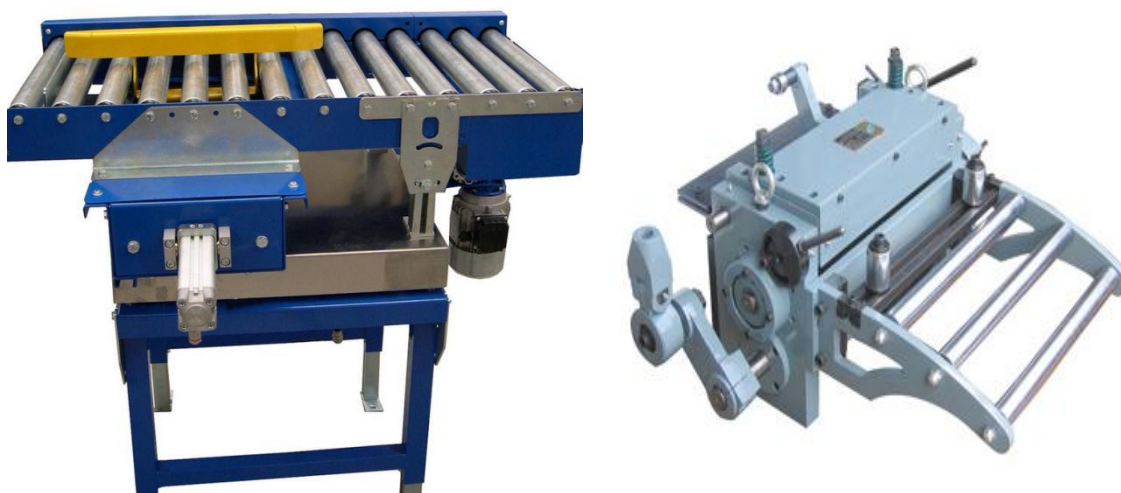


图 1-7 送料装置

行业整体质量需要提高一个台阶，具有一定规模和影响力的厂家需要增多，现在要要做的是要在设备的质量上、核心技术上下足功夫，而不是在厂家数量上和生产数量上投入精力，进行必要的转型和升级，打造出几个具有国际竞争力的送料机生产厂家，并以此为基础，让更多的厂家得以借鉴和学习，这才是重中之重。

针对行业的未来发展趋势，高精度、高效率、绿色环保、低能量消耗等是未来送料装置的发展方向，也会越来越受到市场的追捧。具体的发展方向如下<sup>[8]</sup>：

- (1) 送料精度和送料速度是衡量送料装置性能的关键指标<sup>[9]</sup>。
- (2) 生产过程中，绿色环保已经成为业界的共识。在自动送料时要做到减少噪音、

减少污染、增加安全防护等。

(3) 随着化石能源的逐渐枯竭以及能源价格的上涨，低能耗的送料装置成为一种发展趋势。

(4) 扩大送料机的使用范围。发展能在高温、低温条件下、有腐蚀性、放射性、易燃性物质的工作环境中，以及能输送粘性、易爆、炽热、易团结的物料送料机。

在德国、瑞士、日本等国家，自动送料技术在冲床过程中已经得到了广泛的应用，并且取得了较大的成功。BRUDERER（布鲁德尔）公司开发的送料机<sup>[10]</sup>可达到很高精度的要求，即使对于复杂的生产过程也能满足要求，BSV 伺服送料机具有高灵活性和高精度的特点，可实现对送料长度和送料厚度的调节，可自由编程的驱动轴，因此应用领域基本不受限制，并且在自动化复杂程度较高的生产过程中发挥重大的作用。BBV 辊式送料机是由冲床主轴通过万向轴角驱动，与带料的送料机构角度同步，送料机构通过滚轮摆动来产生进给运动，并在冲压过程中通过压板来压住带料<sup>[11]</sup>。

在工业发达国家或地区，美国、日本最具代表性，尤其是日本，对压电振动送料装置的理论、设计与计算的研究比较深入与完整，也推出了许多新型与异型机构的振动送料装置。对于直进型压电驱动振动送料装置，日本现在已经报道的装置有三种<sup>[12]</sup>。

### 1.3.2 研究意义

随着机械行业的不断发展，特别是对加工效率和对零件精度的不断提高，以及对人体劳动强度的逐渐减少的要求，机械加工行业逐渐向半自动化、自动化发展。自动送料是机械加工以及数控加工中心中非常重要的结构，它直接影响了机械加工的效率、零件的精度以及可加工零件的范围等。

送料装置是工业自动化生产线的重要组成部分，送料环节是实现产品精密化的关键一环，送料装置要满足结构简单紧凑，上料方便，安全性能高，送料快捷，使用寿命长等性能。在当今社会，越来越多的产业将会使用安全、可靠的送料装置，以达到生产要求及减少劳动力强度，真正的做到低成本、高回报。因此，高精度、高效率的送料装置具有广阔而持久的应用前景。

### 1.3.3 主要内容

- 1、了解翅片散热带种类，理解翅片散热带滚压设备的工艺流程、功能模块结构；
- 2、分析国内外高速翅片制带机送料部分功能、组成结构和工作原理，根据企业实际需求及机床总体设计要求设计送料装置结构；
- 3、研究送料装置的工艺流程、工作原理和组成结构；对关键部件进行强度校核；
- 4、使用 NX 12.0 进行三维建模，使用 Auto CAD 绘制零件图和装配图。

## 第二章 送料装置理论概述

### 2.1 送料装置工作原理

带料经过双送料架机构以一定的速度开卷放料之后,通过第一组安装在试验台底部的送料辊实现拉伸和矫直带料,并且此处的传感器可以检测到有物料及送料辊的转速;带料交错进入安装在送料长板和送料连接板上的送料辊,如图 2-1 所示。带材在上下辊轮间的摩擦力的带动下实现物料进给,从而达到送料的目的。

为了达到送料速度的要求,通过传感器检测送料辊的转速并将信号反馈给安装在双料架装置上的变频器,变频器通过改变电动机电源频率的方式来实现电动机的调速,进而控制开卷放料的转速,就送料辊的转速进行了调整。

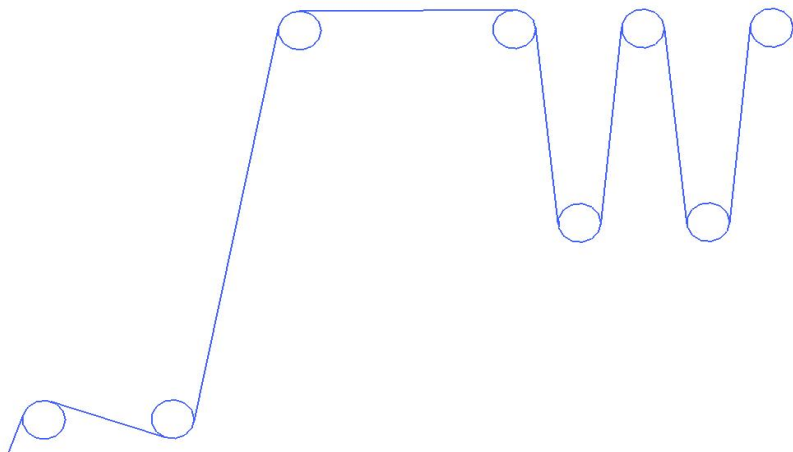


图 2-1 送料方式

### 2.2 送料装置主要方案选择

#### 2.2.1 送料装置驱动力的分析

本次设计的翅片散热带滚压设备送料装置的驱动力主要来源于外力,即料架装置放料的力和涨紧装置的牵引力,以及料带与送料辊之间的摩擦力共同驱动了铝箔在送料辊上的转动送料。

(1) 开卷放料力:料架装置采用齿轮传动和伺服式驱动,齿轮传动机构主要是由伺服电机的料架伞齿轮与料盘伞齿轮配合构成,如图 2-2 所示。将伞齿轮固定在伺服电机上,并与固定在料盘上的另一个伞齿轮形成齿轮传动。利用齿轮传动的优势可以进一步控制开卷放料的速度,伺服电机无极调速可以实现对进料速度进一步的精确控制。

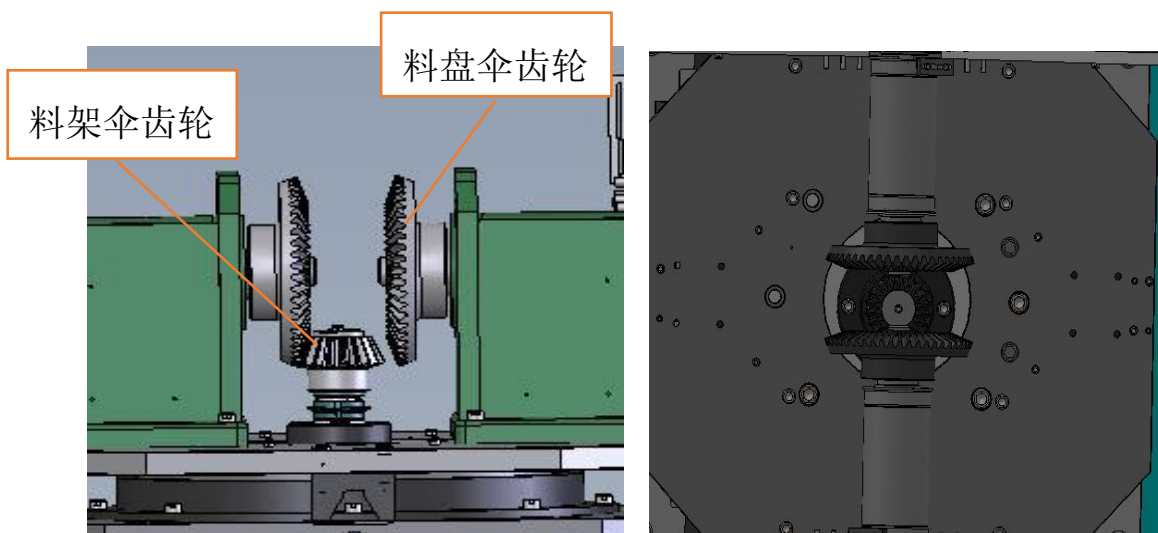


图 2-2 料架装置中的齿轮传动机构

(2) 涨紧装置的牵引力：物料经过送料装置后流入涨紧装置进行涨紧，铝箔输送进涨紧装置的涨紧下轴与涨紧胶辊的间隙中，用涨紧手轮对铝箔进行调整以达到的预紧的作用，使铝箔进入正常工作状态。预紧的过程就会对送料装置的铝箔有一个牵引的力，带动铝箔在送料辊上转动，实现物料输送。

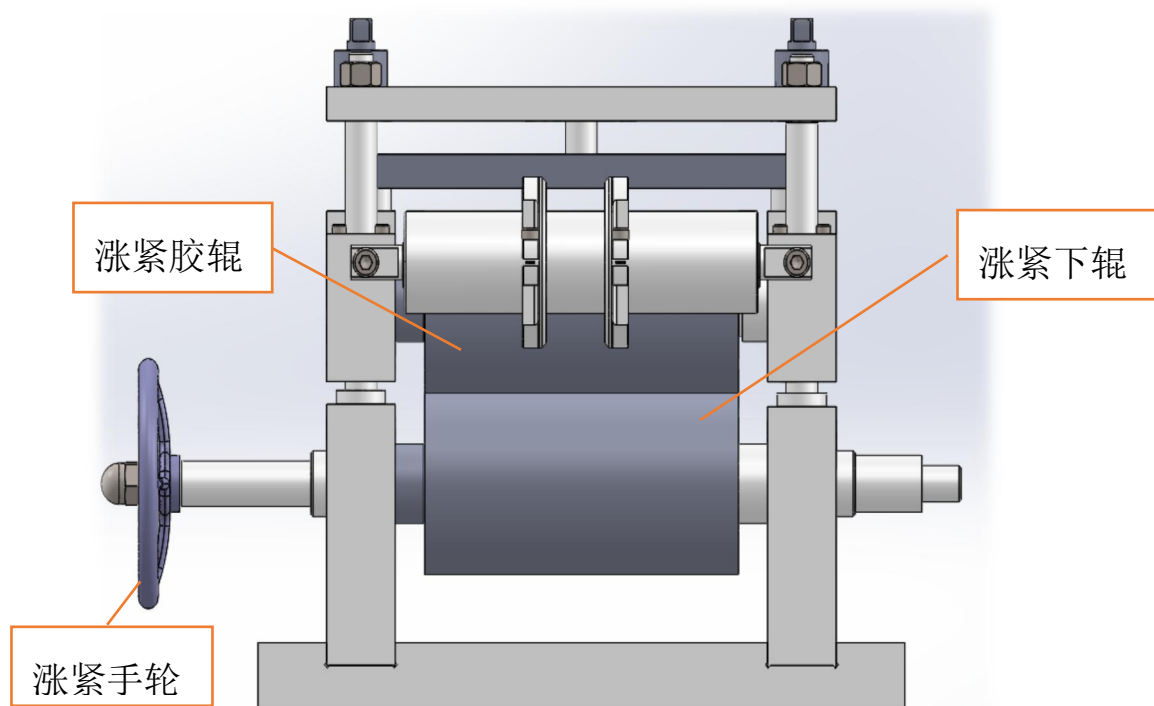


图 2-3 涨紧装置

(3) 送料辊与带料的摩擦力：在我们的生活中，存在很多现象属于摩擦力给物体提供了动力，物体因摩擦力而产生运动的情况。铝箔在送料辊表面滚动，送料辊会对铝箔有一个阻碍其向前运动的力，即两者之间存在滚动摩擦力，如图 2-4 所示。

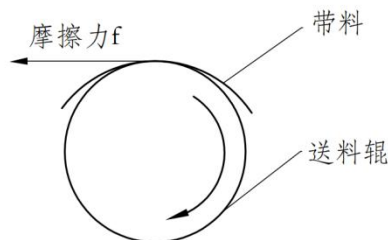


图 2-4 送料辊摩擦力分析

### 2.2.2 送料辊

送料过程中，还要考虑到带料的打滑和送料辊的失效问题，这些会影响到送料进度和送料精度<sup>[13]</sup>。

在实际生产环境中，送料辊暴露于空气中，辊上容易附着空气中颗粒物及工业细屑，会对带材产生压力甚至磨损。因此，对于辊轮的表面采取特殊的加工工艺。对送料辊使用电解的方法，在钢件表面镀一层铬，可以提高钢件表面的硬度、耐磨性和耐腐蚀能力，并且表面镀铬可修复零件上磨损的表面。采用电火花加工，通过浸在工作液中的电极放电腐蚀被加工材料表面，利用这种特种加工的方法可以使得辊轮表面毛化，辊轮表面的凹孔可以充分吸收并缓冲空气中的小颗粒，防止压损带材，通过这种电火花加工不仅可以增加辊轮的耐磨性，延迟使用寿命，能够增强辊轮与带料的摩擦力，减少打滑现象。

金属构件失效都是在一定的环境中发生，很多都与环境有关，主要有摩擦环境、腐蚀环境、电侵蚀环境、高低温环境等。金属构件在环境作用下的失效往往是多种因素共同作用的结果，是多种特征的混合。

在生产过程中，辊轮的疲劳失效形式有辊轮剥落和辊料粘合等，辊轮的疲劳失效形式是由于辊轮与带料之间的高压接触导致接触应力超过极限应力；辊轮剥落是由于滚动接触的过程中辊轮与材料间产生交变应力，在辊轮表面产生裂纹，而应力集中会导致微裂纹扩大化，最终导致辊轮表面剥落。辊轮粘合是由于送料过程中高压接触时产生的高温会造成辊轮与材料之间的粘合，造成辊轮损伤，影响送料精度，因此，对送料辊压力控制十分重要。

### 2.3 送料装置整体方案

通过对送料装置的送料特征、工作环境的分析，确定了送料装置整体的结构设计要求、功能要求，如图 2-5 所示。

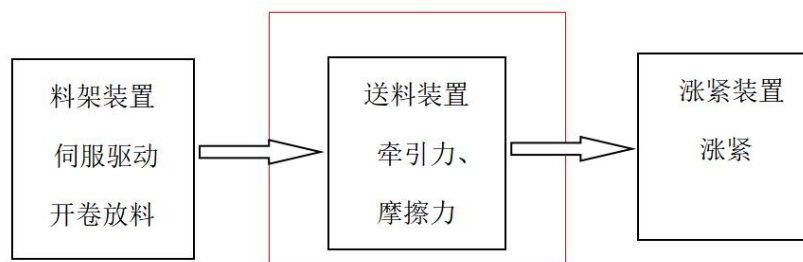


图 2-5 送料装置整体结构

本次设计的翅片散热带滚压设备送料装置的设计驱动力主要来源于外力，即料架装置放料的力和涨紧装置的牵引力，以及料带与送料辊之间的摩擦力驱动了铝箔在送料装置的送料；选择的送料方式为辊轮式送料<sup>[14]</sup>。

料架装置采用齿轮传动和伺服式驱动，齿轮传动机构主要是由伺服电机的料架伞齿轮与料盘伞齿轮配合构成。将伞齿轮固定在伺服电机上，并与固定在料盘上的另一个伞齿轮形成齿轮传动，实现放料动作；送料辊与带材之间的摩擦力实现送料；涨紧装置对材料进行涨紧时这就对送料部分的铝箔有向前的牵引力，在摩擦力和牵引力的作用下完成了送料的功能<sup>[15]</sup>。

## 第三章 送料装置关键部件结构分析

### 3.1 送料传感器

传感器是机电一体化系统中各种各样设备和装置的“感觉器官”，它将各种各样的信息量转换成能够被直接检测的信息。在当今信息社会的时代，传感器技术被誉为“电子技术的五官”，又是信息采集和处理两个关键环节的基本技术，所有传感器在机电一体化系统中乃至整个现代科学技术领域占有极其重要的地位<sup>[16]</sup>。

传感器相当于人体的感觉器官，它能将各种非电量（如机械量、生物量、化学量及光学量）转换成电量，从而实现非电量的电测技术。在自动控制系统中，检测是实现自动控制的首要环节，没有对控制对象的精准检测，就不可能实现精确控制。如数控机床中的位移测量装置主要利用高精度位移传感器进行位移测量，从而实现对零部件的精密加工<sup>[17]</sup>。

目前，传感器涉及的领域主要有现代工业生产、基础学科研究、宇宙开发、海洋探测、军事国防、环境保护、医学诊断、智能建筑、汽车、家用电器、生物工程等。在工农业生产领域，工厂的自动流水生产线、全自动加工设备、许多智能化的检测仪器设备，都大量的采用了各种传感器设备，它们在合理化地进行生产，减轻人民的劳动强度、避免事故发生等方面发挥了巨大的作用。总而言之，在信息技术不断发展的今天，传感器将会在信息的采集和处理过程中扮演着重要的角色。

霍尔式转速传感器测速原理<sup>[18]</sup>：转盘的输入轴与被测转轴相连，当被测转轴转动时，转盘随之转动，固定在转盘附近的霍尔传感器便可在每一个小磁场通过时产生一个相应的脉冲，检测出单位时间的脉冲数，便可知道被测转速。根据磁性转盘上小磁铁的数目就可以确定传感器测量转速的分辨率<sup>[19]</sup>。通过霍尔式转速传感器可测得送料轴的转速，将测量信号反馈给双料架装置的变频器调节开卷放料的速度，从而可以对送料速度进行控制和调节，使得物料以规定的速度进行传送。

### 3.2 传感器支架座与传感器支架

传感器支架座与传感器支架通过内六角圆柱头螺钉相连接，对传感器起到了支撑的作用；在第一根轴的两端安装了送料挡圈，目的是对物料起限位的作用，防止物料滑出辊表面；传感器可以检测到来料及物料的进给速度，如图 3-1 所示。

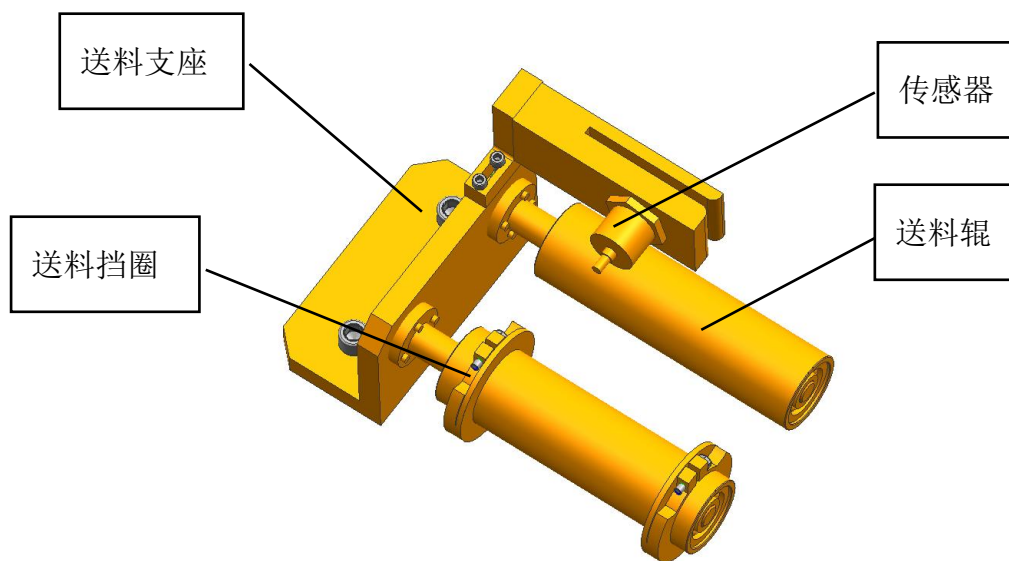


图 3-1 传感器支架座与传感器支架

### 3.3 送料底板与送料上板

送料底板安装在整个送料装置的底部，使用内六角圆柱头螺钉固定在。送料底板与送料上板之间安装有送料传感器立柱、导向轴、送料左立板、送料右立板等零件，对它们起到支撑及固定的作用，如图 3-2 所示。

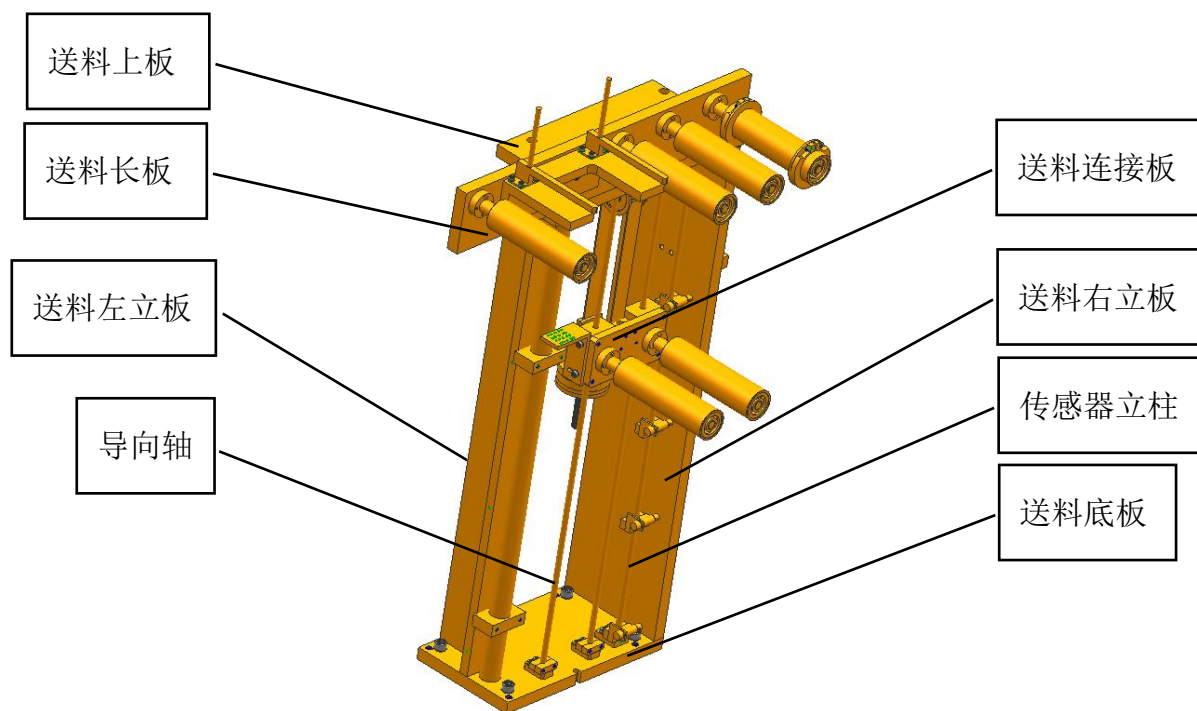


图 3-2 送料底板与送料上板

### 3.4 送料轴与送料辊

送料轴通过内六角圆柱头螺钉分别与送料支座、送料连接板和送料长板连接，并分布于不同的位置，对送料辊起到了一个支撑的作用。送料辊两端通过使用深沟球轴承连接安装在送料轴上，送料轴的左边安装的深沟球轴承左边用轴肩定位，右端使用轴用弹性挡圈定位；最右端的深沟球轴承的左边用轴用弹性挡圈定位，右端使用圆螺母和止动垫片进行定位，然后再讲送料辊约束在深沟球轴承的两端。通过送料辊的转动实现物料的输送，如图 3-3 所示。

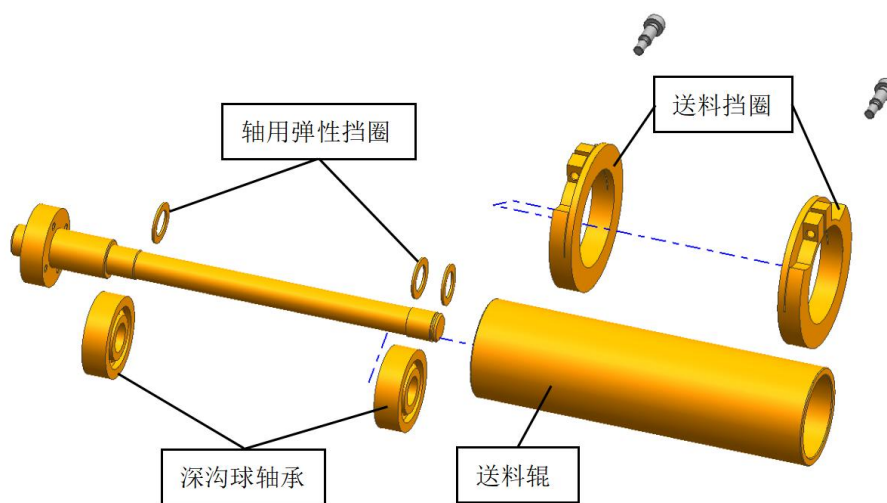


图 3-3 送料轴与送料辊的装配

### 3.5 送料轴强度计算

工程实际中，支座的类型和载荷的分布是多种多样的，为了方便对结构进行分析和计算，根据实际情况要对支座和载荷进行适当的简化。通常以梁的轴线表示梁，作用于梁上的载荷简化为分布载荷、集中力和集中力偶，梁的约束可以简化为固定端、固定铰链支座和活动铰链支座<sup>[20]</sup>。

根据分析送料轴的受力情况，可以将送料轴简化为悬臂梁，悬臂梁即一端固定端，另一端为自由端的梁。悬臂梁的固定端约束了端截面的移动和转动，送料轴受弯曲力不受扭转力，根据载荷分布作用长度与杆长的关系，将送料轴上的载荷简化为分布载荷，简图如图 3-4 所示。

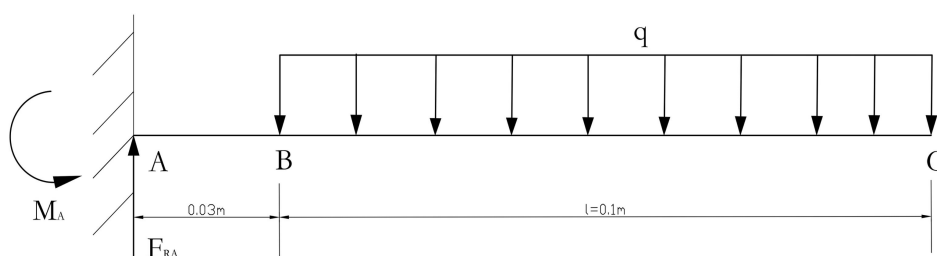


图 3-4 送料轴简图

送料辊的长度为 100mm，厚度为 4mm，45 号钢的密度为  $7.85g/cm^3$ ，如图 3-5 所示。

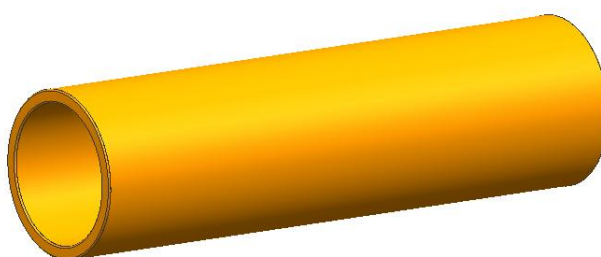


图 3-5 送料辊

送料辊的体积为

$$V = \pi r^2 h = \pi(r_1^2 - r_2^2) \times h = 3.14 \times (25^2 - 21^2) \times 100 \quad (3-1)$$

$$= 57805.4mm^3 \approx 58cm^3$$

由  $\rho = \frac{m}{v}$  得： (3-2)

$$m = \rho v = 7.85g/cm^3 \times 58cm^3 = 455.3g = 0.456kg$$

为了计算方便，取  $m = 0.5kg$ ，

由  $G = mg$ ，则所受重力为 5N。

$$\text{由 } q = \frac{F}{l} \text{ 得 } q = \frac{5}{0.1} = 50 \text{ N/m} \quad (3-3)$$

故其值为  $q=50 \text{ N/m}$ 。

### 1. 计算支座反力

送料轴可以简化为悬臂梁，悬臂梁的固定端约束了端截面的移动和转动，故有铅垂方向的约束力  $F_{RA}$  和反作用力偶  $M_A$ 。

将滚动轴承和送料辊看做一个整体，受力如图 3-6 所示。

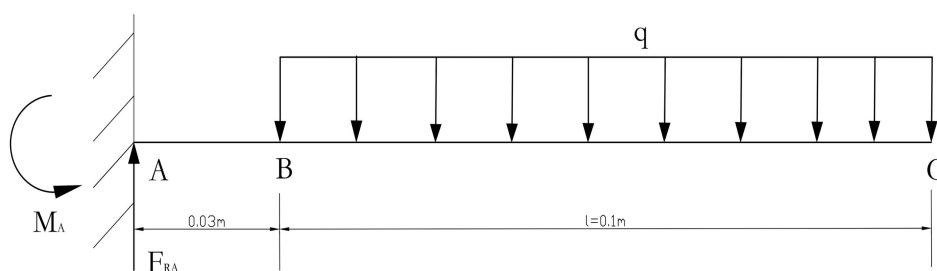


图 3-6 受力图

由平衡方程  $\sum F_y = 0$  ,  $F_{RA} - ql = 0$  (3-4)

$$F_{RA} = ql = 50 \times 100 = 5\text{N}$$

$\sum M_A = 0$  ,  $M_A - ql(\frac{l}{2} + 0.03)$  (3-5)

$$M_A = 0.08ql = 0.08 \times 50 \times 0.1 = 0.4 \text{ N} \cdot \text{m}$$

对轴进行分析：轴的左端固定，轴对深沟球轴承的支撑简化成为固定铰支座，简图如图 3-7 所示。

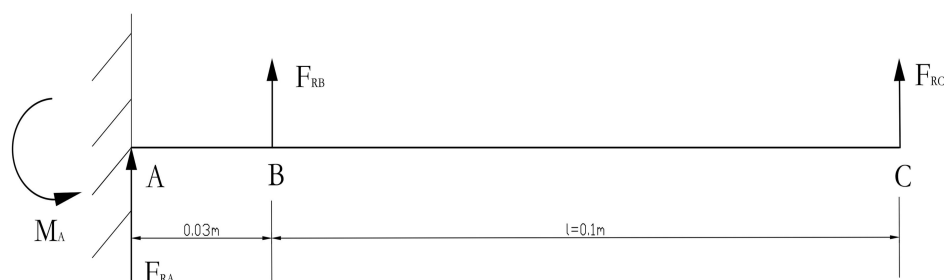


图 3-7 轴简图

由平衡方程：  $\sum F_y = 0$  ,  $F_{RA} + F_{RB} + F_{RC} = 0$  (3-6)

$$\sum M_A(F) = 0, \quad M_A + 0.03F_{RB} + 0.13F_{RC} = 0 \quad (3-7)$$

$$\sum M_B(F) = 0, \quad M_A - 0.03F_{RA} + 0.1F_{RC} = 0 \quad (3-8)$$

可得支座反力为：  $F_{RB} = F_{RC} = -0.5ql = -2.5\text{N}$

符号为负，说明力与假设方向相反，受力简图如图 3-8 所示。

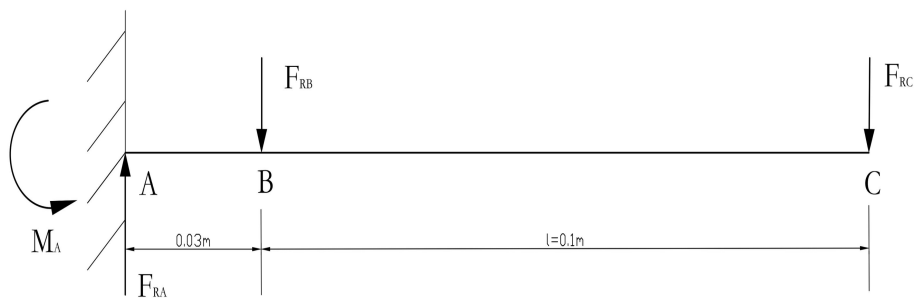


图 3-8 轴受力简图

### 2. 列剪力方程和弯矩方程

以梁的左端为坐标原点，选取坐标系。在 AB 段内：取距离原点为  $x$  的任意截面，截面以左有外力  $F_{RA}$  和反作用力偶  $M_A$ ，根据剪力和弯矩的计算方法和符号规则，则有

在 AB 段内，

$$F_s(x) = F_{RA} = ql \quad (0 \leq x < 0.03\text{m}) \quad (3-9)$$

$$M(x) = -M_A = -0.08ql \quad (0 \leq x \leq 0.03\text{m}) \quad (3-10)$$

在 BC 段内，

$$F_s(x) = F_{RA} - F_{RB} = 0.5ql \quad (0.03 \leq x < 0.13\text{m}) \quad (3-11)$$

$$\begin{aligned} M(x) &= F_{RA}x - F_{RB}(x - 0.03) - M_A \\ &= ql(0.5x - 0.065) \quad (0.03 < x \leq 0.13\text{m}) \end{aligned} \quad (3-12)$$

### 3. 作剪力图和弯矩图

根据剪力方程和弯矩方程作出剪力图和弯矩图，如图 3-9 和 3-10 所示。

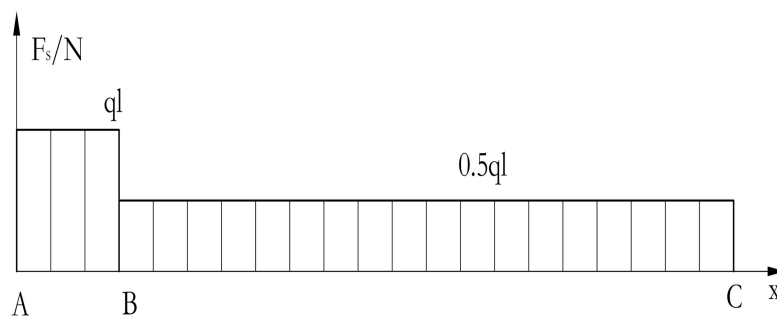


图 3-9 剪力图

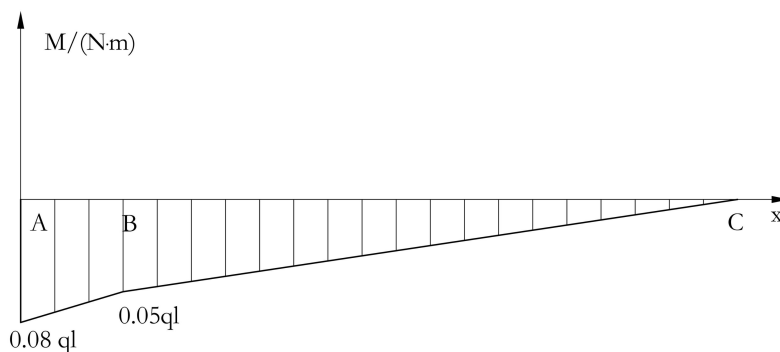


图 3-10 弯矩图

#### 4. 弯曲正应力强度校核

一般情况下，最大正应力 $\sigma_{max}$ 发生于弯矩最大的截面上，且离中性轴最远处。根据公式

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}y_{max}}{I_z} \quad (3-13)$$

式中，M 为此面上的弯矩大小； $I_z$ 为横截面对中性轴 z 的惯性矩；y 为点到中性轴 z 的距离。

$$\text{令} \quad W_z = \frac{I_z}{y_{max}} \quad (3-14)$$

则式 (3-13) 可改写为

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_z} \quad (3-15)$$

式中， $W_z$ 称为抗弯截面系数，它决定于横截面的形状与尺寸。在国际单位制中，抗弯截面系数 $W_z$ 的单位为 $m^3$ 。

对于直径为 d 的圆形截面，抗弯截面系数

$$W_z = \frac{I_z}{d/2} = \frac{\pi d^4/64}{d/2} = \frac{1}{32}\pi d^3 = \frac{1}{32} \times 3.14 \times 0.4^3 = 6.28 \times 10^{-3} m^3 \quad (3-16)$$

在知道弯曲正应力的最大值后，即得弯曲正应力下最大强度为

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{W_z} = \frac{0.4N \cdot m}{6.28 \times 10^{-3} m^3} = 63.7 Pa \quad (3-17)$$

进行强度校核有

查表可得，45 号钢：屈服极限 $\sigma_s = 355 MPa$ ，强度极限 $\sigma_b = 600 MPa$

$$\sigma_{max} = 63.7 Pa < [\sigma] \quad (3-18)$$

所以该轴的弯曲正应力强度满足要求。

#### 5. 弯曲切应力强度校核

圆形截面梁上中性轴上的弯曲切应力可以取得最大值，为

$$\tau_{max} = \frac{4F_s}{3\pi R^2} \quad (3-19)$$

根据 (3-19) 得, 该梁的最大弯曲切应力为

$$\tau_{max} = \frac{4F_s}{3\pi R^2} = \frac{4 \times 5N}{3 \times \pi \times 0.1^2} = 212.3Pa \quad (3-20)$$

进行强度校核有

$$\tau_{max} = 212.3 Pa < [\tau] \quad (3-21)$$

所以该梁的弯曲切应力强度满足要求。

故有结论: 此轴的强度符合要求。

## 第四章 送料装置数字化建模

### 4.1 计算机辅助设计概述

在过去,人们用尺规手工绘图,其效率低、精度差劳动量大。然而,随着计算机的发展,出现了计算机绘图。计算机绘图具有出图速度快、作图精度高等特点,而且便于管理、修改、检索。计算机绘图是利用计算机及其外围设备绘制各种图样的技术,它使人们逐渐摆脱了繁重的手工绘图,使无纸化生产成为了可能。

计算机辅助设计(Computer Aided Design,简称 CAD)是指与以计算机为辅助工具帮助工程师和计算机组成的系统去实现特定产品的分析、设计、绘图、生产等过程。目前,CAD 技术已经广泛应用于建筑、航天、航空、汽车等众多领域<sup>[21]</sup>。如今,CAD 技术的开发与应用已经成为衡量工业化现代程度的一个重要标志。

Auto CAD 是美国 Auto desk 公司开发的具有代表性的二维、三维交互式图形软件,是目前微机上应用最为广泛的通用图形软件之一。它具有如下特点:

- (1) 交互式用户界面,提供多种输入方式;
- (2) 二维图形功能,提供灵活多样的二维绘图和编辑功能;
- (3) 三维造型功能,可以构造三维实体模型;
- (4) 二次功能开发,Auto CAD 是开放性体系结构,可以用 Auto lisp 编程语言和 VBA 编程语言进行开发;
- (5) 数据交互功能,提供了 DXF 数据输出格式,便于和其他图形系统交换数据。

### 4.2 NX 软件概述

NX 是 Siemens PLM Software 公司出品的一个产品解决方案,它为用户的产品设计及加工过程提供了数字化造型和验证手段。它功能强大,可以轻松实现各种复杂实体及造型的构件,集成产品设计、工程与制造于一体的解决方案。

NX 软件是基于 CAD/CAM 系统制造而成,它拥有强大的功能,建造模型时不会占用太多计算机运算空间和储存空间,并且能够建立不同复杂程度的实体结构。该软件包括制图模块、建模模块、装配、加工模块、设计仿真和运动仿真和功能,还可以进行结构分析,提高设计的稳定性和可靠性<sup>[22]</sup>。

### 4.3 送料装置建模

使用 NX 软件新建一个文件,将送料底板、支座、送料轴和送料辊等零件按照尺寸要求分别进行三维图纸建模,按照各零部件之间的作用关系,通过约束将其装配在一起。

建模过程中首先是绘制出草图,然后对其进行拉伸;最后就使用约束将各零部件装配成图,操作过程如下:

- 1、创建草图,如图 4-1 所示。

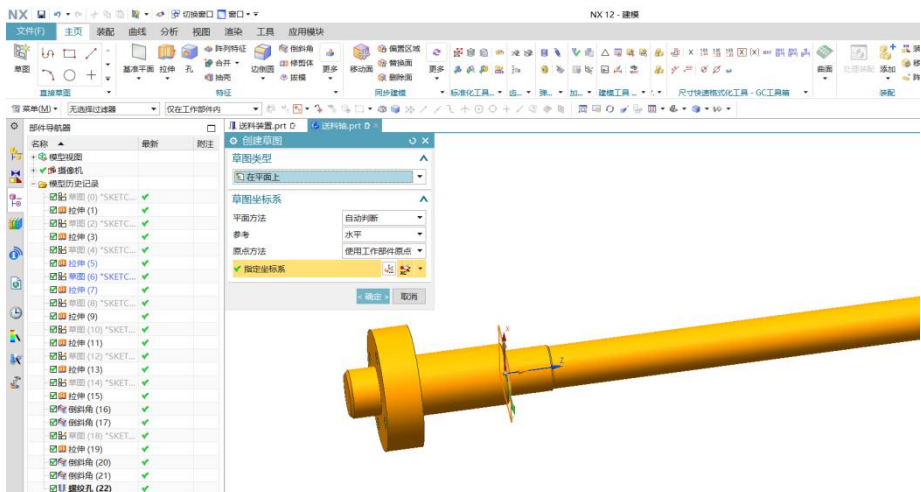


图 4-1 创建草图

2、实体拉伸；对草图进行拉伸，如图 4-2 所示。

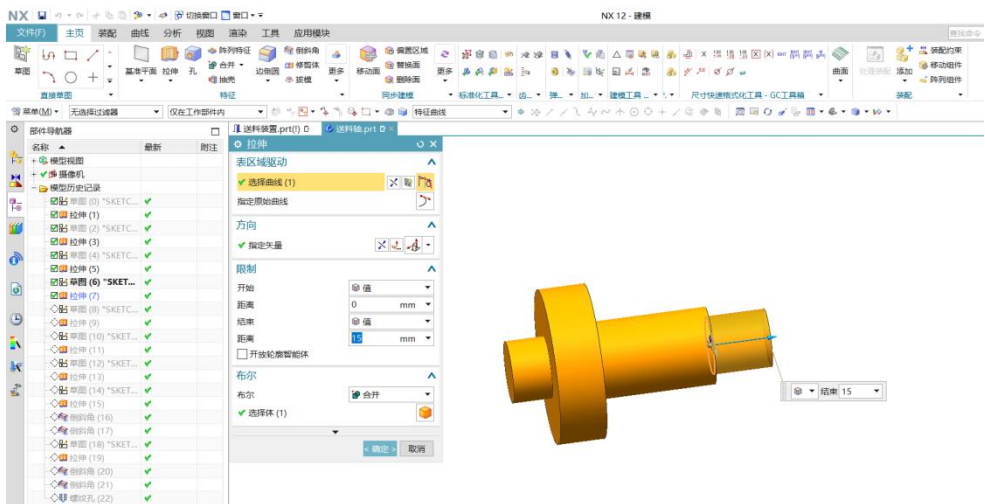


图 4-2 拉伸

3、打孔；螺纹孔、销孔和圆孔的拉伸，如图 4-3 所示。

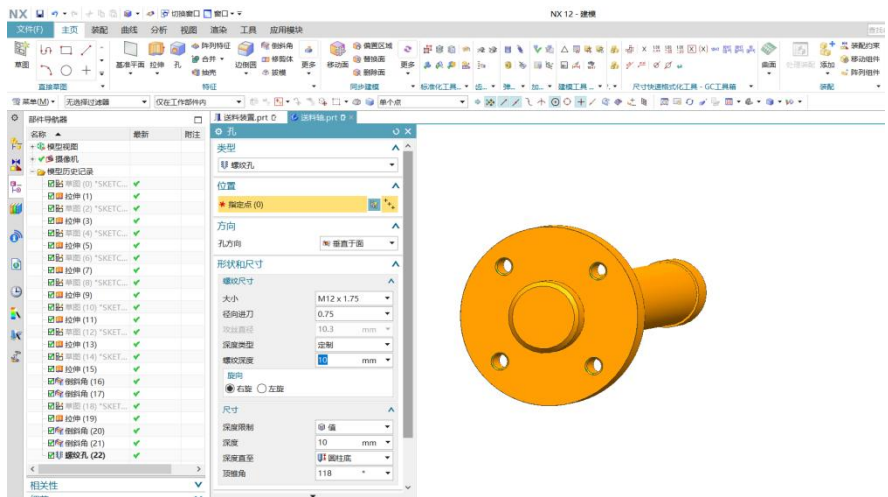


图 4-3 孔的拉伸

4、装配：使用装配约束将各零件装配成图，如图 4-4 所示。

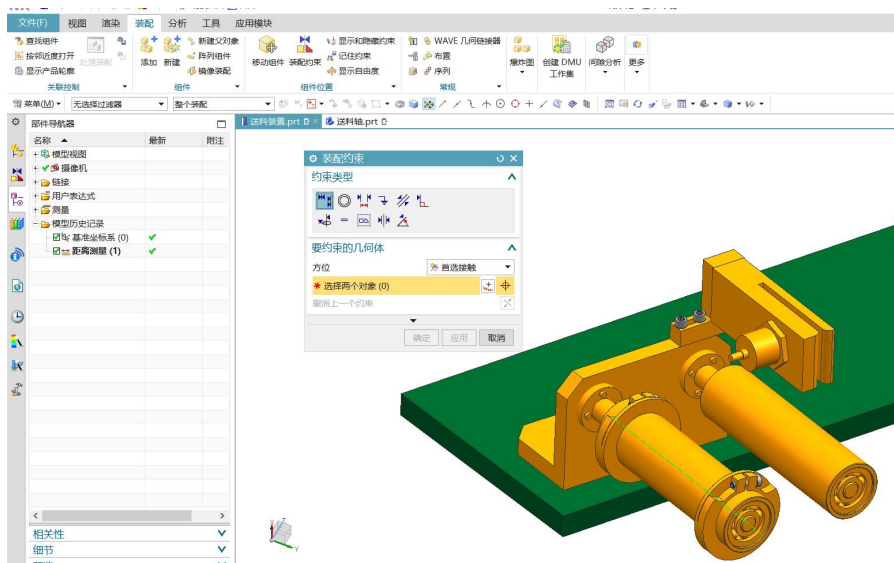


图 4-4 装配

5、螺钉装配：引用重用库中的螺钉，将各零件紧固在一起，如图 4-5 所示。

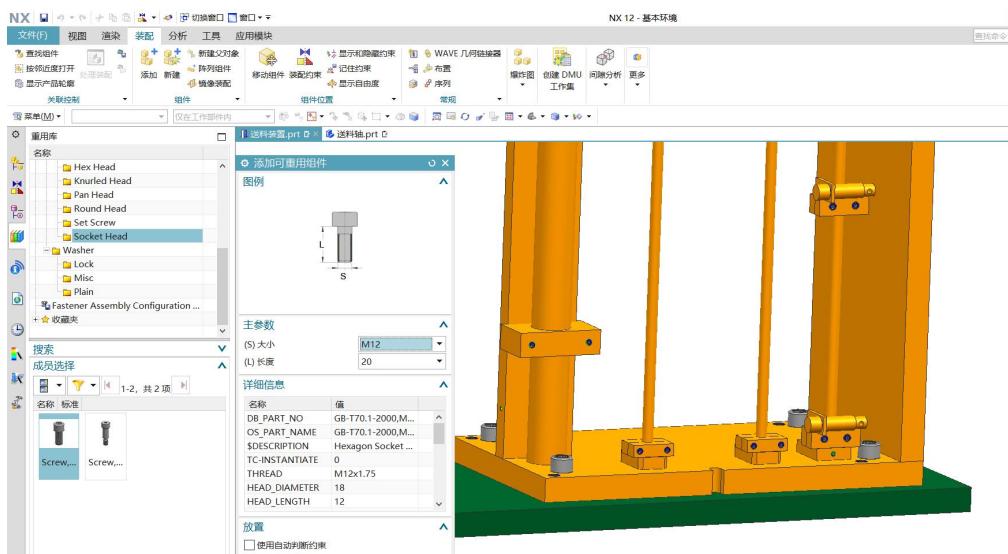


图 4-5 螺钉装配

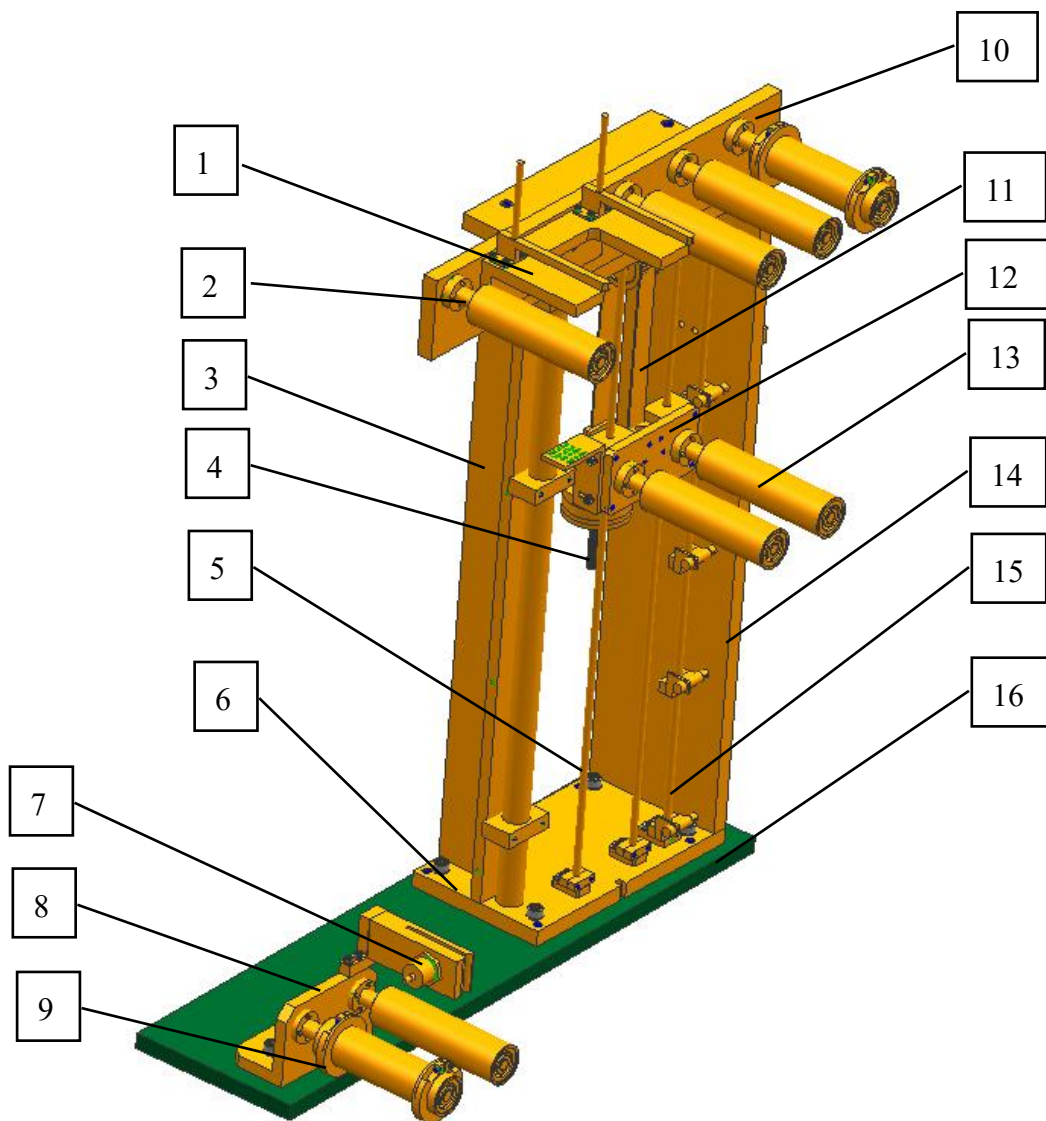


图 4-6 送料装置

1-支撑架 2-送料轴 3-送料左立板 4-送料配重连杆 5-导向轴 6-送料底板

7-传感器 8-送料支座 9-送料挡圈 10-送料长板 11-同步齿形带

12-送料连接板 13-送料辊 14-送料右立板 15-传感器立柱 16-试验台

送料装置，如图 4-6 所示，带料经过双送料架机构以一定的速度开卷放料之后，通过第一组安装在试验台底部的送料辊实现拉伸和矫直带料，并且此处的传感器可以检测到有物料及送料辊的转速；带料交错进入安装在送料长板和送料连接板上的送料辊，带材在上下辊轮间的摩擦力的带动下实现物料进给，从而达到送料的目的。

## 第五章 总结及展望

### 5.1 总结

送料装置是工业自动化生产线的重要组成部分,送料环节是实现产品精密化的关键一环,任何工序的执行都必须有物料才能开始,因此,对物料输送装置进行设计对生产线有着重大的意义,它可以减轻劳动强度、送料快捷、安全性能高、提高生产效率。

本课题对送料装置的工作原理和关键部件的结构进行设计及计算分析,确定了驱动力主要来源于外力,即料架装置放料的力和涨紧装置的牵引力,以及带料与送料辊之间的摩擦力驱动了铝箔在送料装置的送料;根据物料的类型选择辊式送料方式。对重要部件送料轴进行了强度校核,对弯曲正应力和弯曲切应力都进行了计算,计算结果表明:送料轴的弯曲正应力强度校核和弯曲切应力强度校核均满足要求,保证了使用性。

使用具有强大功能的 NX 软件,完成了对送料装置中的各零部件包括送料底板、送料上板、送料辊、送料轴和送料支座等进行三维建模和装配;使用 Auto CAD 软件绘制出二维图纸。并且分析各零部件之间配合关系,观察各部件之间是否产生干涉,及时解决装配体中存在的问题,使其达到正常运转的目的。

本课题通过对送料装置的设计,使通用性更强,对各实际生产线有很大的借鉴意义。

### 5.2 应用前景

使用送料装置,可以减轻劳动强度、送料快捷、提高安全性、提高生产效率。随着我国轻工业、重工业的飞速发展,其生产过程中的自动化设备使用也将越来越广泛,送料是生产和加工过程中的一个重要步骤。相比传统的材料输送都是依靠人力解决,这种方式最大的弊端就是加大了生产的成本,但是节约了人力资源。在当今工业自动化的时代,如果还是按照传统的方式运作,那么在赢利方面将会大大缩水。

送料装置的出现大大降低了产品的生产成本,同时还节约了人力资源,提高生产效率。拥有广阔的应用前景:

- (1) 适用于不同速度的加工需求和高精度送料的场合;
- (2) 机械运转时,安静无噪音,不造成工作场所的噪音污染;
- (3) 耗能少、成本低,具有很好的实际应用价值。

## 参考文献

- [1] 李娜. 平顶水波翅片成形工艺及模具设计[J]. 模具制造, 2014, 14(10): 40-42.
- [2] 孙学娟, 刘世雄, 刘畅, 宋亚杰, 杨静. 高速精密翅片散热带成型试验台的研制[J]. 制造技术与机床, 2017(01): 108-111.
- [3] 孙学娟. 矩形平顶翅片散热带模具成型与试验分析[J]. 机械设计, 2016, 33(06): 77-80.
- [4] 许昊宇. 换热器翅片全自动成形机整体结构设计[D]. 华中科技大学, 2014.
- [5] 刘世雄. 铝翅片滚刀综合试验台的研制[J]. 天津汽车, 2002(01): 32-34.
- [6] Leilei Han, Xuan Zhou, Chaoying Meng, Qin He, Zhenfeng Zhao. Design of Auxiliary Feeding Device Based on Single Chip Microcomputer Control System[J]. E3S Web of Conferences, 2021, 252.
- [7] 岳宗风, 陈家兑, 徐玉梁. 自动送料机械手的设计[J]. 现代机械, 2012(03): 10-11.
- [8] 黄文丰. PLC 控制的自动送料机系统设计及应用[D]. 南昌航空大学, 2018.
- [9] 田凯伦. 超精密伺服送料机的研发[D]. 东华大学, 2021.
- [10] Vepsäläinen Jari. Energy Demand Analysis and Powertrain Design of a High-Speed Delivery Robot Using Synthetic Driving Cycles[J]. Energies, 2022, 15(6).
- [11] Zhexiang Zou, Kaiyan Wen, Baoshan Huang. Design of Mechanical Structure of Punch Feeding Manipulator[J]. Journal of Physics: Conference Series, 2018, 1087(4).
- [12] 田忠静, 吴文福. 压电振动送料装置的研究现状及其应用[J]. 机械设计与制造, 2011(11): 54-56.
- [13] 陈勇. 辊轮的失效分析[J]. 机械设计, 1996(09): 23-24.
- [14] 谢慧清, 冯立江. 送料装置的设计与实践[J]. 山西冶金, 2015, 38(01): 55-56.
- [15] 梁伟立, 刘盼中, 郎宇航. 一种板材辊压成型压力机[J]. 机械设计, 2020, 37(S1): 187-189.
- [16] 李晓波, 支宇, 才冬涛, 崔辽. 传感技术在智能制造中的应用[J]. 金属加工(冷加工), 2023(03): 78-81.
- [17] 丁素英. 智能家居系统中传感器的应用研究[J]. 潍坊学院学报, 2023, 23(02): 40-43.
- [18] 易子川, 高玉梅, 刘黎明, 师向群, 沈柯倩. 基于 ES3144 霍尔传感器的电机测速应用[J]. 科教文汇(下旬刊), 2021(01): 95-96.
- [19] 李应优, 杨燕, 江铭, 王定海. 电流型霍尔转速传感器的应用设计及诊断[J]. 时代汽车, 2020(16): 85-87.
- [20] 陈献忠. 固定铰链支座受力分析的阶段教学[J]. 现代技能开发, 1999(06): 25-26.
- [21] 武承晨. 计算机辅助设计 CAD 技术在机械设计及制造中的应用[J]. 内燃机与配件, 2020(06): 235-236.
- [22] 张帅, 史红. 基于 UG 软件的球销座数控加工仿真[J]. 南方农机, 2022, 53(23): 137-139.
- [23] Anonymous. Process equipment - bernflow® new feeding device for flaking[J]. Chemical Engineering, 2021, 128(4).

## 致 谢

行文至此，百感交集。我的大学四年以论文完美的结尾，四年的大学时光飞逝，仿佛昨日才踏入校园，然而今天就得离开了装满我美好时光的校园。

在这几年里最令我难忘的就是新冠疫情，见证了疫情的发生和结束，校园的角落里一个个大白的身影，是他们在保护着我们，我们才能继续全心全意学习，这更要感谢我们伟大的祖国，祖国的综合实力在逐渐增强。生长在这么好的土地上，希望也能为祖国添一块砖，加一片瓦。此生不悔入华夏，来世还做中国人！

教诲如春风，师恩似海深。感谢我的指导老师孙学娟老师，从论文的选题到最终成文，感谢您陪我字斟句酌。老师认真指导我的论文全过程，从论文选题，立意，目的等认真分析，论文开题报告也是经过导师三番几次的审阅最终完成。在我没有了思路遇到困难时，孙老师都会给我方向，她就是我的指路人，老师也会定期查看我们的论文进展，督促我们早日完成。正是导师在学术研究上秉承一丝不苟的态度，让我也养成了一丝不苟的研学习惯，让我面对未来的考验，愈发严谨、稳重、坚韧。

感谢我的班主任孟老师，孟老师总是为我们指明奋斗的方向，给与我们很多启迪，做一个有理想有目标的赶路人。感谢学院的每一位老师呕心沥血的教授，在我遇到了疑惑，请教他们时老师们都会细心讲解，告诉我思路，我最终明白了如何去求解，很有幸能遇见这些老师，她们都是我的引路人。

世事去如烟，恩情存如血。感谢我的父母、亲人，教会我正直、真诚的对待别人，谢谢你们一路以来默默的陪伴、支持，在我最困难的时候，给我肩膀依靠、指明前进的方向...你们是我前进路上迈出大步的底气，有你们，我不怕输的一无所有。

愿岁并谢，与友长兮。感谢挚友们，谢谢你们到过我的世界，是你们陪我成长，陪我走过这一程。时间过的真快，想念那些一起熬夜学习，熬夜写论文，一起手忙脚乱赶图纸的日子，这些都是我大学旅程上的足迹。美好的时光总是很短很短，真心祝福即将远行的你们前程似锦，取得更多的辉煌。

我还想感谢那个不忘初心，砥砺前行的自己。我知道自己不是一个聪明的人，我始终相信努力不一定有收获，但不付出一定不会有收获，有付出才会有回报。感谢不断努力的自己，一路走来，是艰辛也是幸运；既能仰望星空，也能埋头苦干。努力对我的意义就是：当好运来临的时候，我觉得值得。

仰望星空，脚踏实地，在实干中积累成功的力量；

履责尽责，勇于担当，在奋斗中磨砺成功的本领；

勤思善学，勇于创新，在挑战中创造人生的价值。

逐梦的路上，问题即是机遇，不舒适才是成长，只有砥砺前行，不断拓展自己的认知与能力边界，才能实现梦想，走向成功。

情不知所起，一往情深。天津中德应用技术大学，感恩相遇，后会有期。祝福母校：年年桃李岁岁芬芳；砥砺前行，灿烂辉煌！

## 附录

### 附录一 中文译文及外文资料

#### 旋转送料装置驱动机构的设计

**作者:** 博廷·马特奥; 明托·里卡多; 罗萨蒂·朱利奥

**摘要:** 在特定的工业应用中, 组件的配料可能是浪费时间的来源, 例如配套。配套操作通常由料斗执行, 但也可以使用其他设备来优化过程。在以前的工作中, 旋转装置已经被证明比料斗更有效; 这种装置允许在单个旋转运动中装备和释放组件, 而传统的料斗需要至少两个运动。本文对这种进料装置提出了一种改进的方法。旋转装置的运动是由一个通过功能合成设计的四杆联动机构驱动。由于四杆联动机构, 旋转分配器的交替运动是由电机的恒定速度产生。

**关键词:** 送料; 旋转装置; 功能合成; 机械设计

**正文:** 许多公司的目标是降低生产成本或提高产量。这一点很重要, 特别是对于西方国家来说, 制造业中商品的单位直接生产成本主要是由劳动力成本驱动。为了解决这个问题, 必须通过提高生产系统的灵活性来优化。

在制造业中, 配套生产线发挥着重要作用。配套线的目的是创建具有预定数量的不同物体的装备。为了实现这一点, 首先创建小批量, 每种类型的对象一个; 然后, 将批次组合在一起以组装试剂盒。此类套件可以出售给最终客户, 称为销售套件, 或准备用于其他组装过程, 称为生产套件。为了创建批次, 料斗系统给出了一个通用的解决方案。料斗串联用于对组件进行分组, 通过重量测量进行质量检查, 并作为缓冲器。然而, 料斗有一个不可忽视的缺点, 即对于每个释放操作, 它们需要两个动作, 打开和关闭。为了解决这个问题, 近几年来一直在研究料斗设计, 并分析了轴对称和偏心解决方案, 试图优化组件的流动以减少缺点。然而, 料斗仍然是效率低下的根源。对于小型的装备, 机器人可以用作辅助工具的替代手段; 然而, 当每个套件的零件数量很大时, 机器人的生产率相对于料斗来说太低。

据作者所知, 目前普遍缺乏料斗的替代品; 事实上, 在过去几年中, 很少有这方面的作品出版。例如, Pantyukhina 等人提出了一种机械齿形料斗进料装置, 其目的不是组件装配, 而是组件定位。Gao 等人研究了一种用于小颗粒连续流动的旋转装置; 因此, 其目的和设计 with 装备操作不同, 其中相当大的组件是配套的。

本文提出了一种基于分区旋转装置的构件配料的解决方案。这种装置遵循先前作品中介绍的概念, 每次释放操作只需要一次旋转运动。事实上, 它是由专门为优化组件下落而设计的叶片划分的隔间组成的。这项工作既关注机械设计, 也关注它如何影响叶片形状, 以确保组件的自由落体运动。特别是, 我们建议使用四杆联动机构来驱动叶片的运动; 通过这种方式, 不需要复杂的电子设备就可以获得叶片的交替运动, 因为它源自以恒定速度

驱动的电动机的运动而产生。这种设计的选择一方面简化了旋转装置的控制系统，这是所提出的解决方案提供的主要优点，另一方面，它需要重新设计叶片。本文对这两个方面进行了论述。

该装置已经使用一个组件证明了其有效性，并同时使用多个组件进行了测试，以模拟配套操作。得出了具有多个组件和不同 T 值的器件的有效性结果。相同的运动已经执行了多次，以获得有关任何可能出现问题的信息。这些组件是从顶部的分组站进料。必须注意的是，就可靠性而言，只有带有复选标记的情况才能被认为适合工业用途。

本文提出了一种新型供料装置的设计。该装置由一个旋转分配器组成，旋转分配器由线性叶片分为两个隔间，以及用于驱动分配器的四杆联动机构。每个隔间被交替的用于对组件进行分组，并让它们落入一个跟随的装备站后续站，而交替的左右运动则由四杆连杆机构的运动学驱动。这些部件配有专门设计的叶片，以支持这些部件的自由落体运动。

本文介绍了四杆联动机构和叶片设计。机构设计由特定的函数合成，这需要三个参数代数执行。另一方面，叶片形状的设计利用了四杆连杆运动学结果。

所提出的机构的主要优点是它在控制系统中的简单性。事实上，叶片的运动完全由四连杆机构的运动学驱动，其中曲柄固定在以固定速度控制的电动机的轴上，因此需要一个非常简单的控制系统。

该设备已被证明对极少数的组件是可靠的，而多个部件可以相互作用，导致出乎意料的行为，特别是在高速下。尽管如此，隔间的装载和卸载可以在一次运动中完成，因为当一个隔间卸载时，另一个可以装载，这显示了对未来非常有前途的发展。

## Design of the Drive Mechanism of a Rotating Feeding Device

**Author:** Bottin Matteo; Minto Riccardo; Rosati Giulio

**Abstract:**Component batching can be a source of time waste in specific industrial applications, such as kitting. Kitting operations are usually performed by hoppers, but other devices can be used to optimize the process. In a previous work, a rotary device has been proved to be more efficient than hoppers; such a device allows the kitting and releasing of the components in a single rotatory movement, while traditional hoppers require at least two movements. In this paper, an improvement of such feeding device is proposed. The movement of the rotary device is driven by a four-bar linkage mechanism which is designed through functional synthesis. Thank to the four-bar linkage mechanism, the alternate motion of the rotary distributor is derived from the constant speed of the motor.

**Keywords:** feeding; rotary device; functional synthesis; mechanical design.

The target of many companies is to either reduce production costs or increase the throughput. This is important, especially for Western countries, where the unit direct production cost of goods in the manufacturing industry is driven mainly by the cost of labor. To overcome such issue, production systems must be optimized by increasing their flexibility.

In the manufacturing industry, kitting lines play a major role. The aim of kitting lines is to create kits of different objects with predetermined quantities. To achieve this, firstly, small batches are created, one for each type of object; then, the batches are grouped together to assemble the kit. Such kits may be sold to the final customer, called sales kit, or prepared for other assembly processes, called production kit. To create the batches, a common solution is given by hopper systems. Hoppers are used in series to group components, perform quality checks through weight measurements, and act as buffers. However, hoppers suffer from a non-negligible drawback, i.e., for each release operation, they need two movements, opening, and closing. To overcome such issue, hopper design has been studied in the last years, and both axial-symmetric and eccentric solutions have been analyzed, trying to optimize the flow of the components to reduce the drawback. However, hoppers are yet a source of inefficiency . For small kit sizes, robots can be used as an alternate means of kitting ; however, robot productivity is too low with respect to hoppers when the number of parts per kit is large.

To the best of the authors' knowledge, there is a general lack of alternatives to hoppers; indeed, very few works have been published in this area in the last few years. For example, Pantyukhina et al. proposed a mechanical toothed hopper-feeding device whose purpose is not component kitting, but component orientation. Gao et al. studied a rotational device to be used for a continuous flow of small particles; thus, the purpose and design are different from a kitting operation, in which rather large components are kitted.

In this paper, a novel solution for component batching is proposed by means of a compartmentalized rotating device. Such a device, which follows the concepts introduced in previous works, requires only a single rotational movement for each release operation. In fact, it is made up of compartments divided by blades specifically designed for optimized component falling. This work focuses both on the mechanical design and how it affects the blade shape to ensure the free-falling motion of the components. In particular, we propose to use a four-bar linkage mechanism to drive the movement of the blades; in this way, an alternate motion of the blades is obtained without requiring complex electronics, since it is derived from the motion of an electric motor driven at a constant speed. This design choice on the one side simplifies the control system of the rotating device, which is the main advantage provided by the solution proposed, on the other side it requires a re-design of the blades. Both aspects are addressed in the paper.

The device has proved its effectiveness with one component and has been tested with multiple components all at once, to simulate the kitting operation. Results of the effectiveness of the device with multiple components and different T values. The same movement has been performed multiple times to have an empirical information about any possible problems. The components are fed from a grouping station at the top. It has to be noted that, in terms of reliability, only the cases with the check mark can be considered suitable for industrial use.

## 5. Conclusions

In this paper, the design of a novel feeding device has been proposed. The device is composed of a rotary distributor, divided into two compartments by a linear blade, and a four-bar linkage mechanism used to drive the distributor. Each compartment is used alternatively to group components and let them fall into a following kitting station, while the alternate left-right movements are driven by the kinematics of the four-bar linkage mechanism. The components are accompanied by blades specifically designed to support the components' free-falling motion.

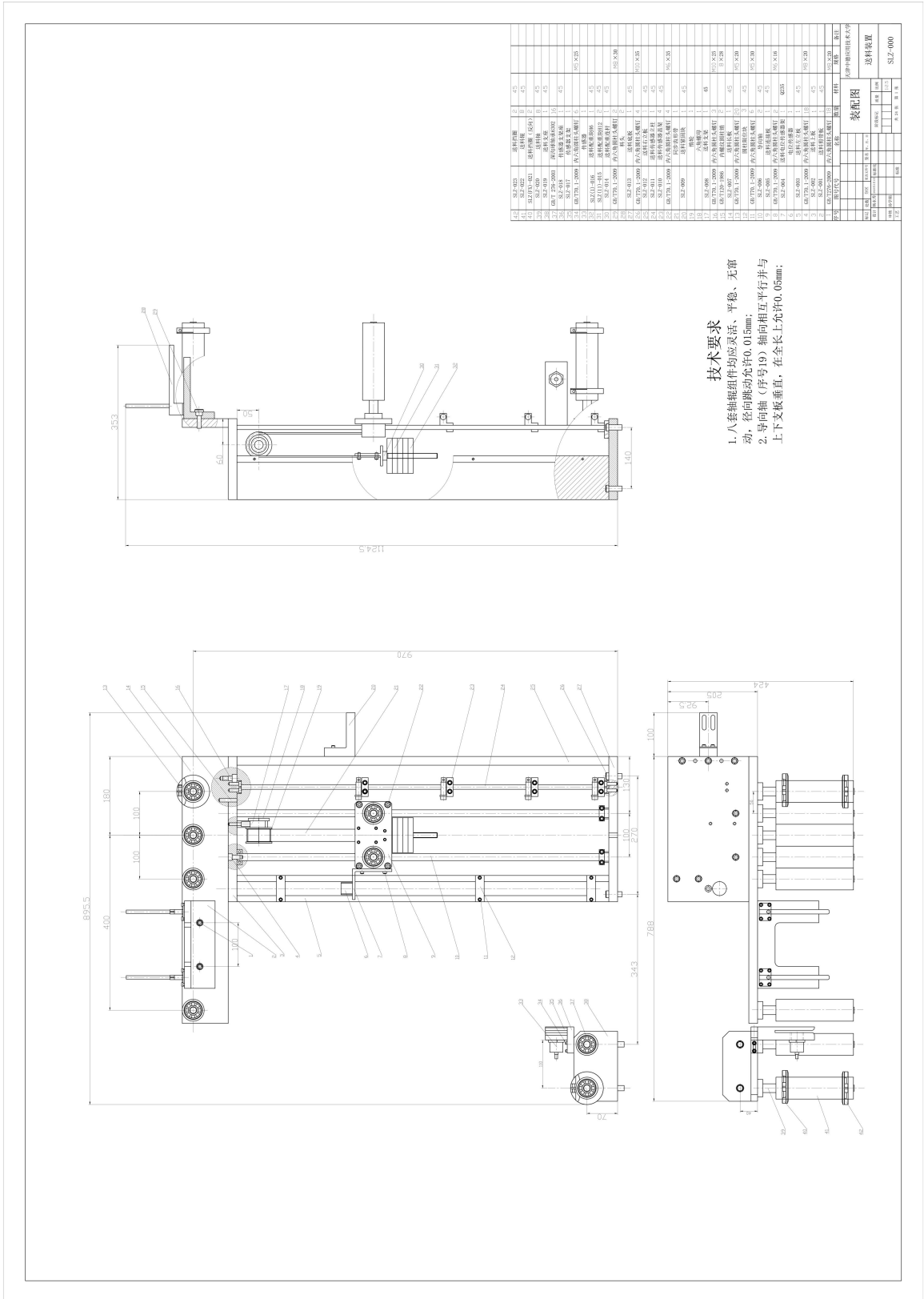
Both the four-bar linkage mechanism and the blade design have been presented in this paper. The mechanism design is performed by a specific functional synthesis, which requires three parameters to be performed algebraically. The blade shape, on the other hand, is designed exploiting the four-bar linkage kinematic results.

The main advantage of the proposed mechanism is its simplicity in the control system. In fact, the movement of the blade is driven solely by the kinematics of the four-bar linkage, where the crank is fixed to the shaft of an electric motor controlled at a fixed speed, thus requiring a very simple control system.

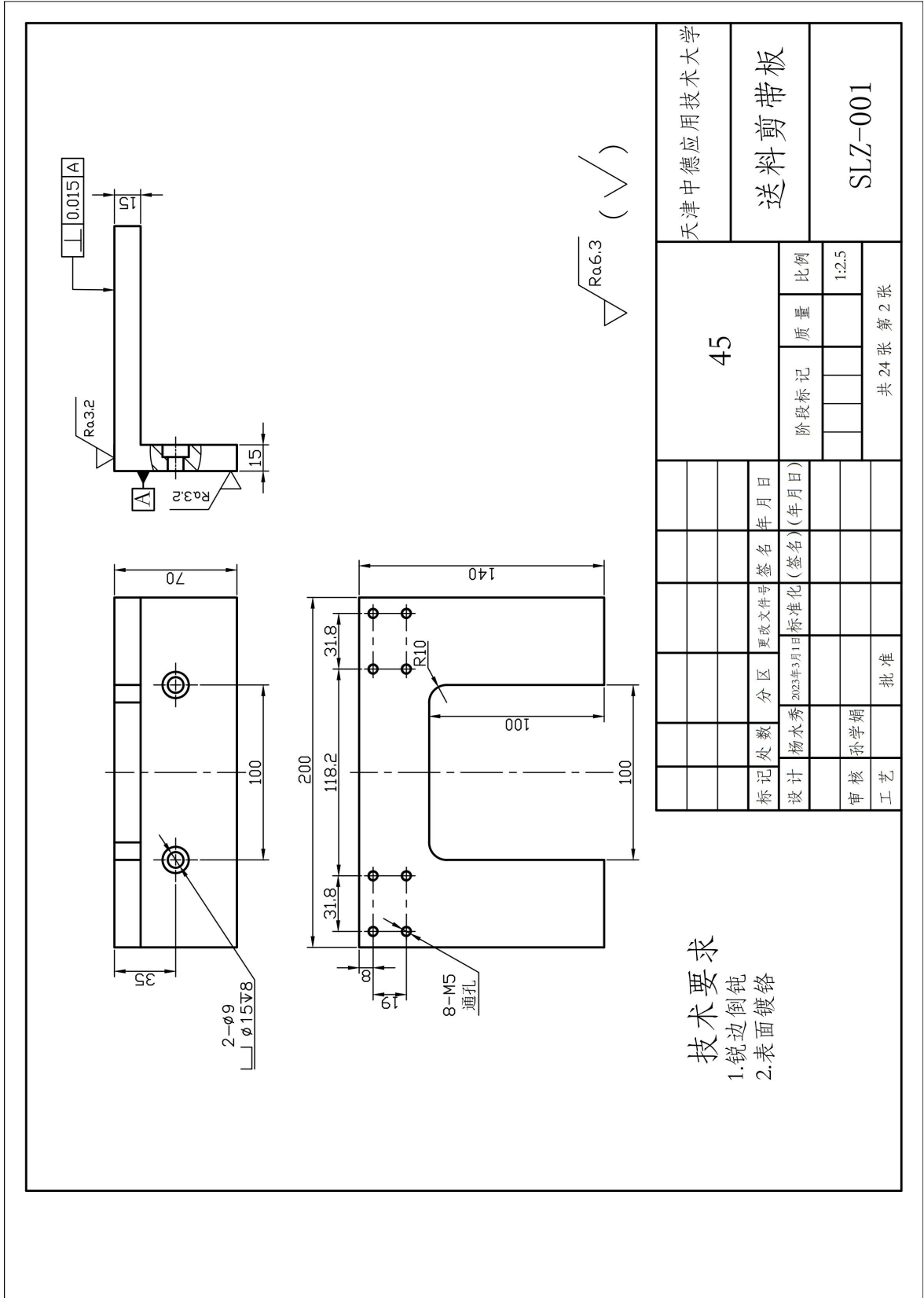
The device has proved to be reliable for very few components, whereas multiple pieces

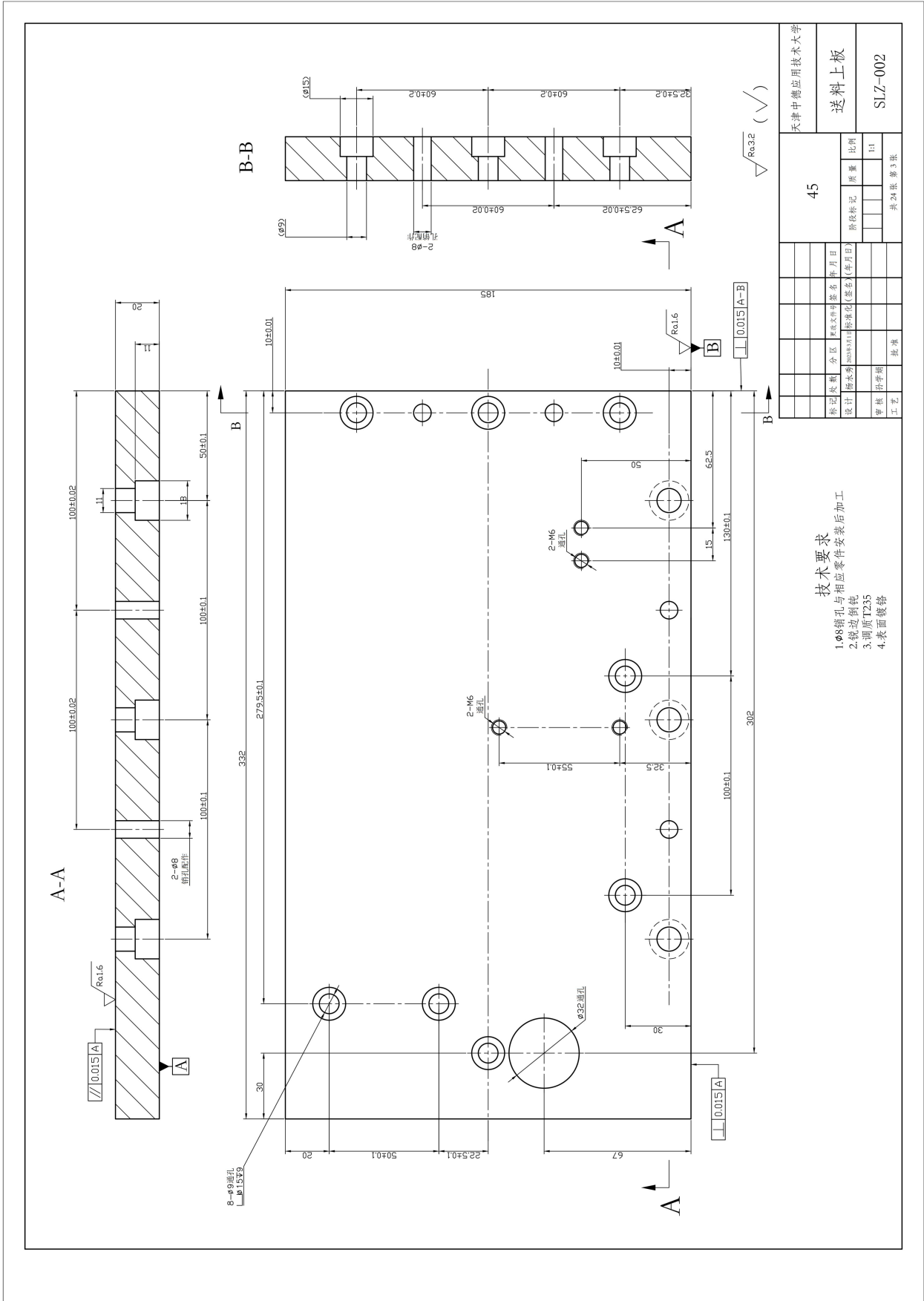
can interact with each other, resulting in unexpected behavior, especially at high speed. Nonetheless, the fact that loading and unloading of the compartments can be performed in a single movement since while one compartment is unloading the other can be loaded shows very promising expectations for future developments.

附录二 CAD 装配图

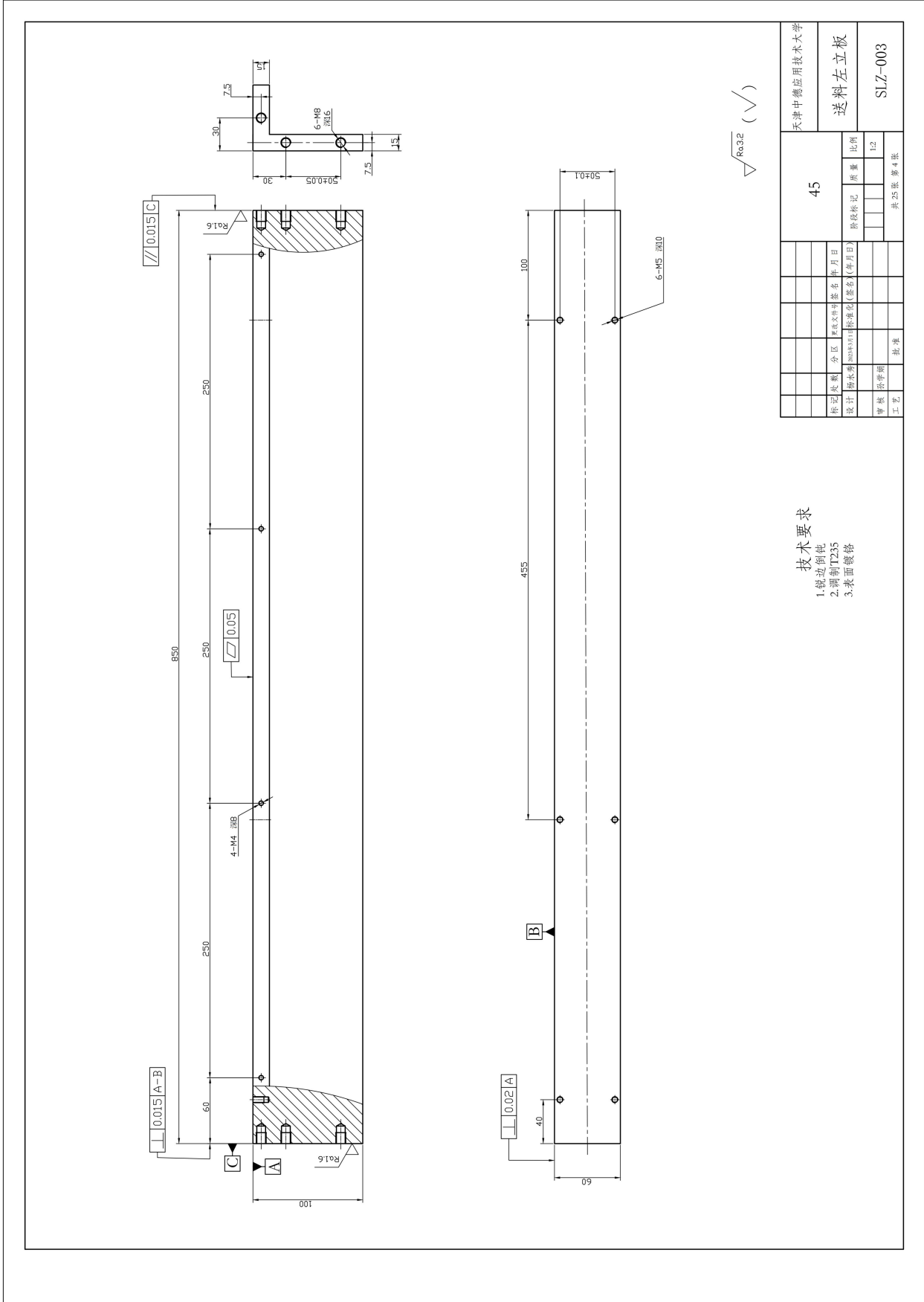


附录三 CAD 零件图





天津中德应用技术大学		45		送料上板		SLZ-002	
设计	杨永刚	审核	孙学明	阶段标记	质量	比例	1:1
分区	机械零件	姓名	孙月日	日期	共 24 张	第 3 张	
图号	10010101	图名	送料上板	比例			
工艺		批准					

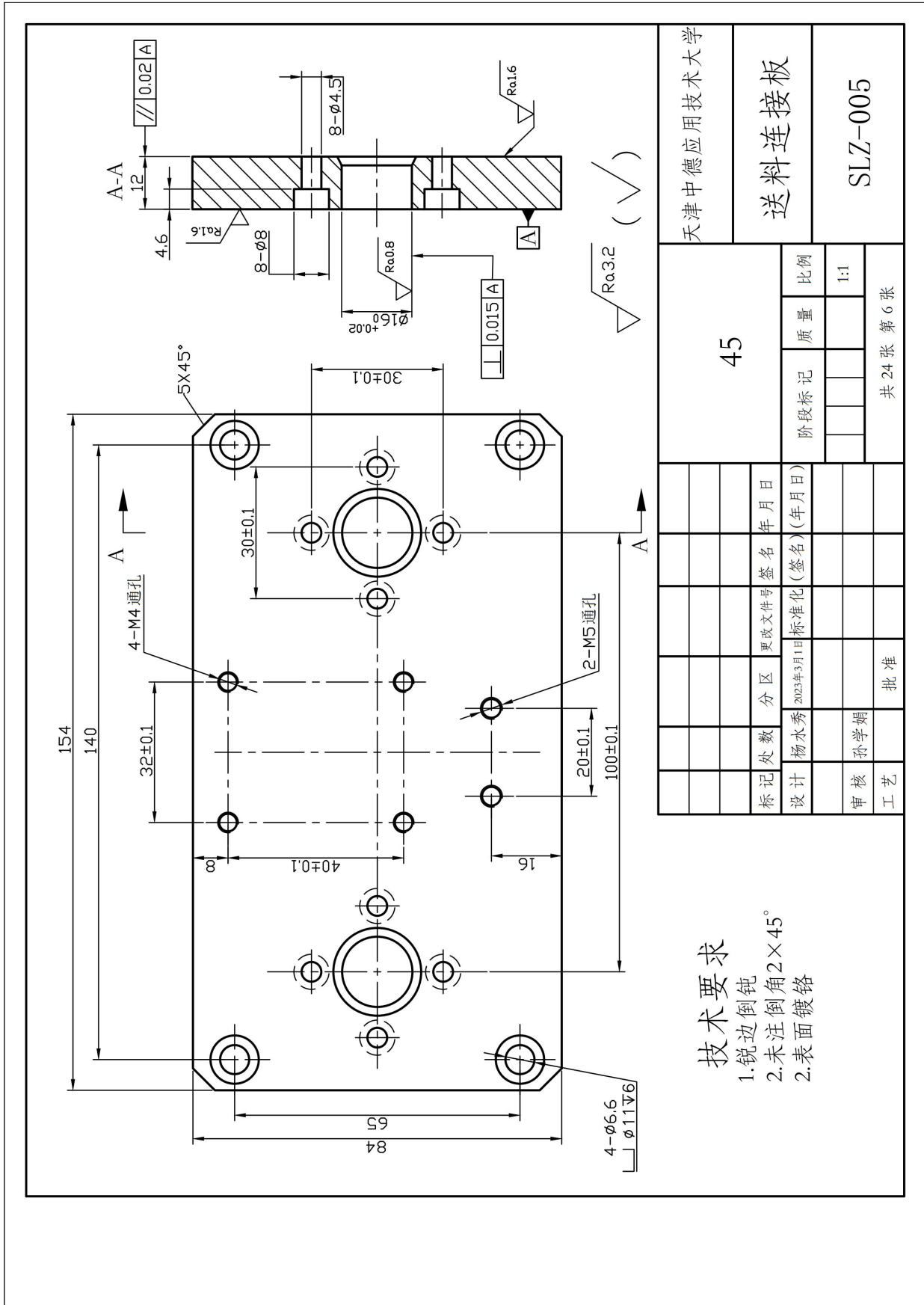


**技术要求**  
 1. 锐边倒钝  
 2. 调制T235  
 3. 表面镀锌

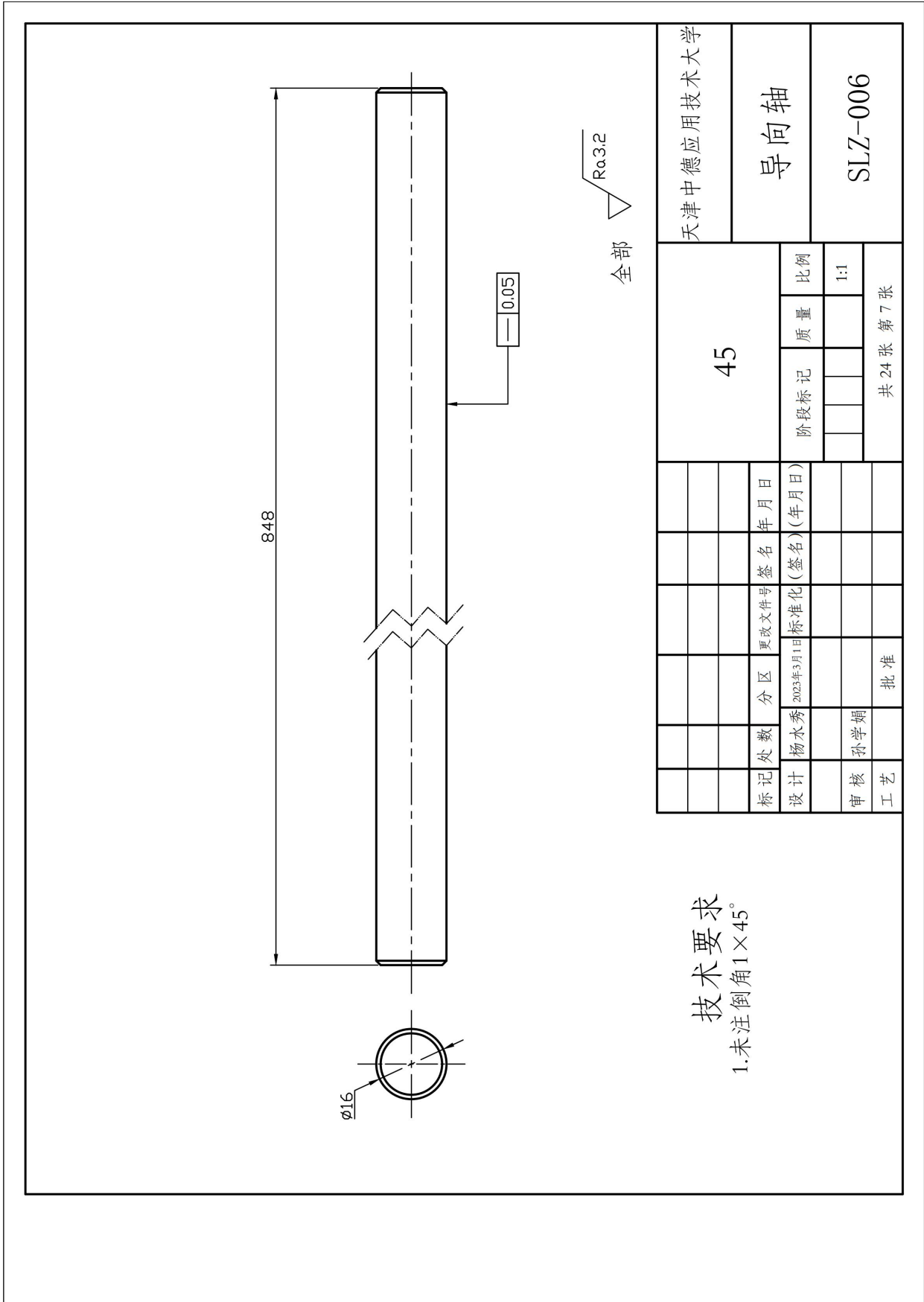
$\sqrt{Ra3.2}$  (✓)

天津中德应用技术大学		45		送料左立板		SLZ-003	
设计	杨志勇	审核	张宇	批准	张宇	共 25 张	第 4 张
制图	杨志勇	分图	张宇	修改文件号	张宇	比例	1:2
设计	杨志勇	分图	张宇	审核	张宇	日期	
设计	杨志勇	分图	张宇	审核	张宇	日期	
设计	杨志勇	分图	张宇	审核	张宇	日期	
设计	杨志勇	分图	张宇	审核	张宇	日期	
设计	杨志勇	分图	张宇	审核	张宇	日期	
设计	杨志勇	分图	张宇	审核	张宇	日期	
设计	杨志勇	分图	张宇	审核	张宇	日期	

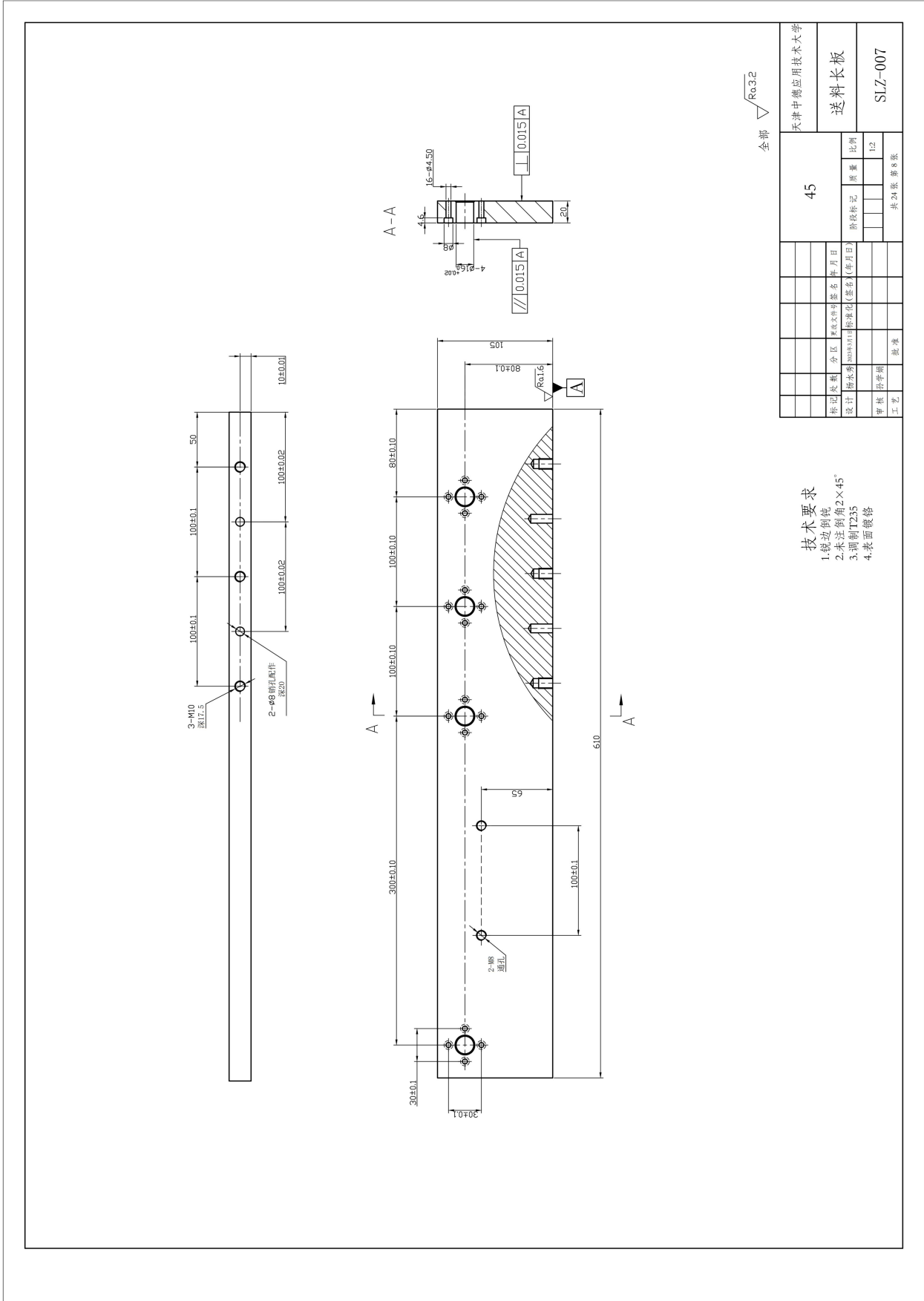




天津中德应用技术大学		45		送料连接板		SLZ-005	
标记	处数	分区	更改文件号	签名	年月日	阶段标记	质量
设计	杨水秀	2023年3月1日	标准化	(签名)	(年月日)		比例
审核	孙学娟						1:1
工艺			批准				共 24 张 第 6 张



天津中德应用技术大学		45		天津中德应用技术大学	
设计		阶段标记		导向轴	
标 记	处 数	分 区	更 改 文 件 号	质 量	比 例
设计	杨水秀	2023年3月1日	标准		1:1
审核	孙学娟				
工艺		批准			
			共 24 张 第 7 张		
			SLZ-006		

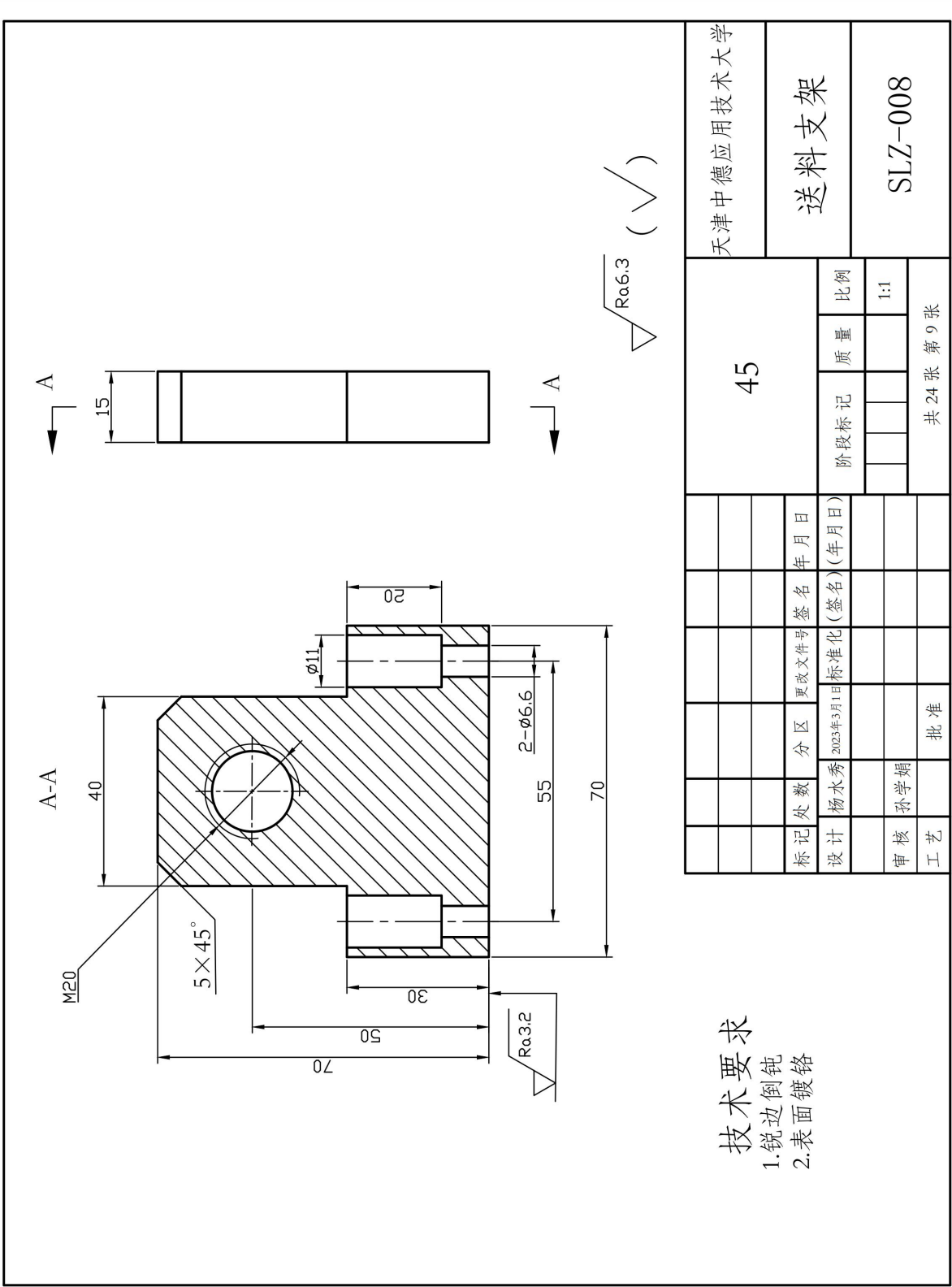


技术要求

1. 锻造倒钝
2. 未注倒角 2×45°
3. 调质 T235
4. 表面镀锌

全部  $\sqrt{Ra3.2}$

天津中德应用技术大学		45		送料长板		SLZ-007	
设计	杨志勇	审核	印雪琳	制图	印雪琳	比例	1:2
分区	机械类	姓名	印雪琳	质量	印雪琳	数量	共 24 张 第 8 张
日期	2023.05.10	日期	2023.05.10	日期	2023.05.10	日期	2023.05.10



**技术要求**  
 1. 锐边倒钝  
 2. 表面镀铬

天津中德应用技术大学		45		阶段标记		质量		比例	
标记	处数	分区	更改文件号	签名	年月日				
设计	杨水秀	2023年2月1日	标准化	(签名)	(年月日)				
审核	孙学娟								1:1
工艺		批准							共 24 张 第 9 张

送料支架

SLZ-008



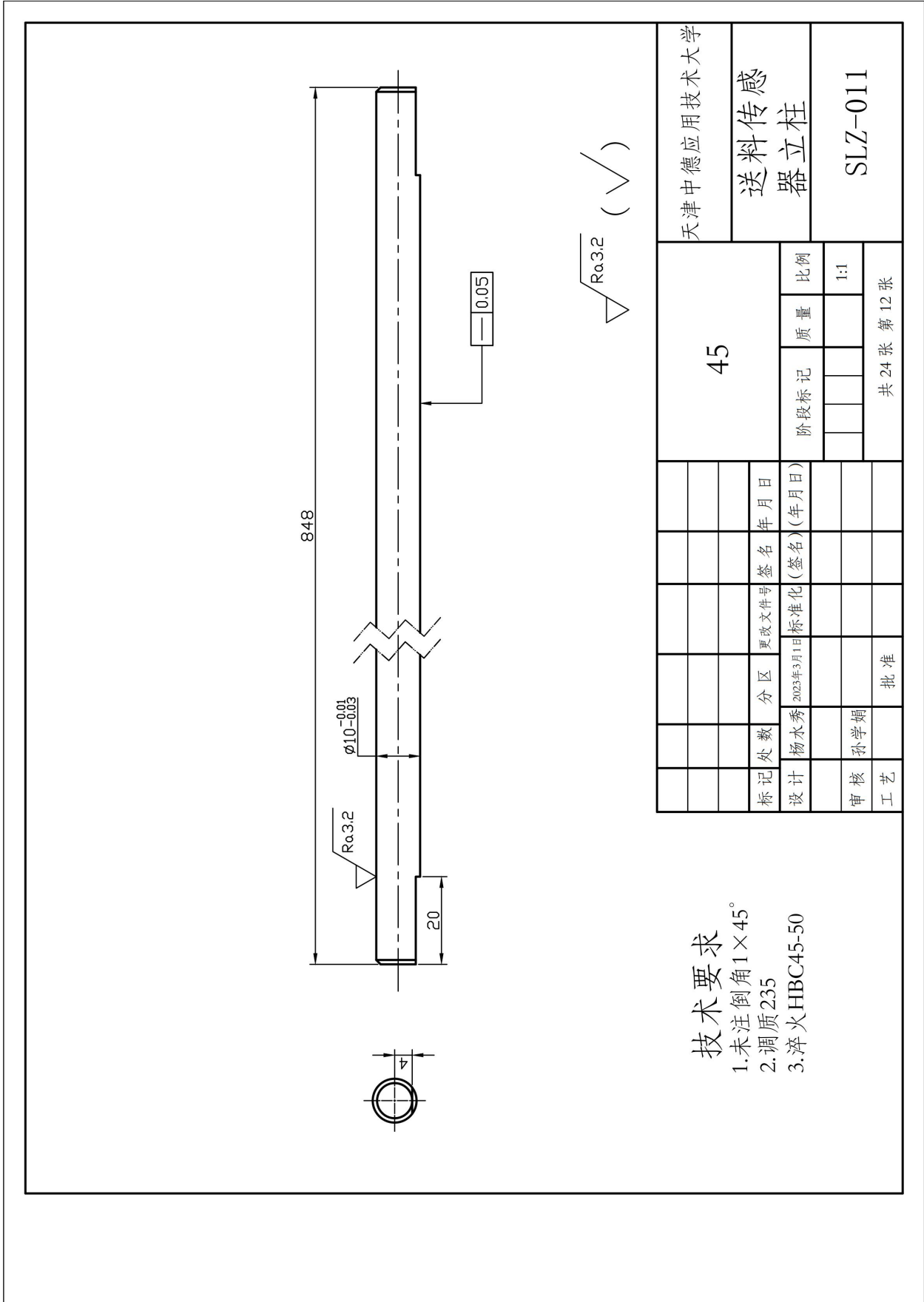
全部  $\nabla$  Ra 3.2

**技术要求**

1.未注倒角 $0.5 \times 45^\circ$

2.表面镀铬

45		天津中德应用技术大学	
阶段标记		送料传感器盖架	
质量	比例	SLZ-010	
1:1	共 24 张 第 11 张		
年月日	签名	(年月日)	
更改文件号	标准化	(签名)	
2023年3月1日	批准	批准	
处数	分区	杨水秀	孙学烟
标记	设计	工艺	审核











全部  $\nabla$  Ra6.3

### 技术要求

1. 锐边倒钝
2. 表面镀铬
3. 表面电刻实际重量

45		阶段标记		质量	比例
1	2	3	4	5	1:1
共 24 张 第 17 张					

标记	处数	分区	更改文件号	签名	年月日
设计	杨水秀	2023年3月1日	标准化	(签名)	(年月日)
审核	孙学焯				
工艺		批准			

天津中德应用技术大学

送料配重块I

SLZ-016



全部  $\sqrt{Ra0.3,2}$

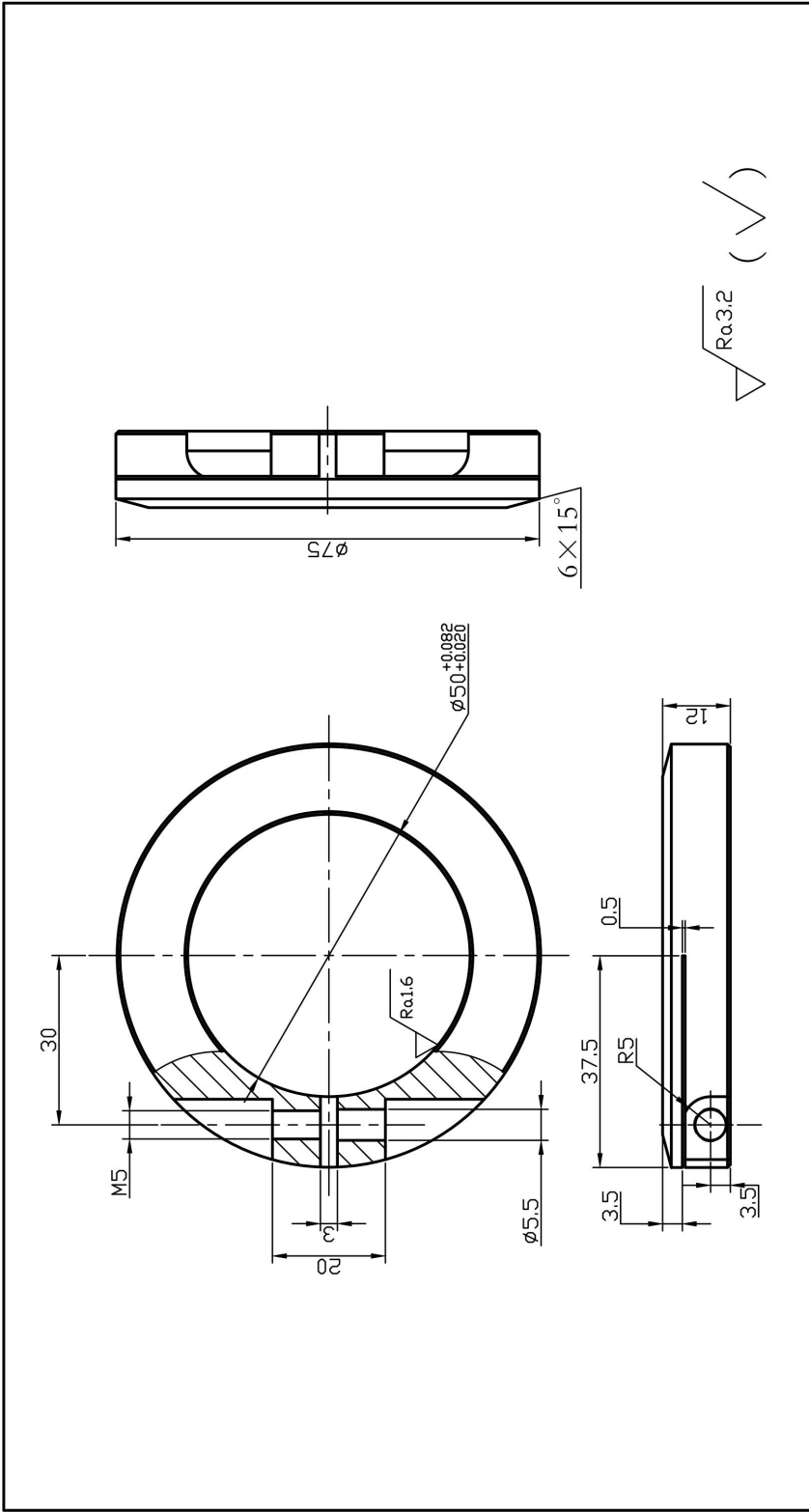
**技术要求**

1. 锐边倒钝
2. 未注倒角  $1 \times 45^\circ$
3. 表面镀磷化镍

45		天津中德应用技术大学	
阶段标记		质量	
比例		1:1	
共 24 张		第 19 张	
标记	处数	分区	更改文件号
设计	杨水秀	2023年3月1日	标准化
审核	孙学娟		
工艺		批准	
签名	年月日	签名	年月日

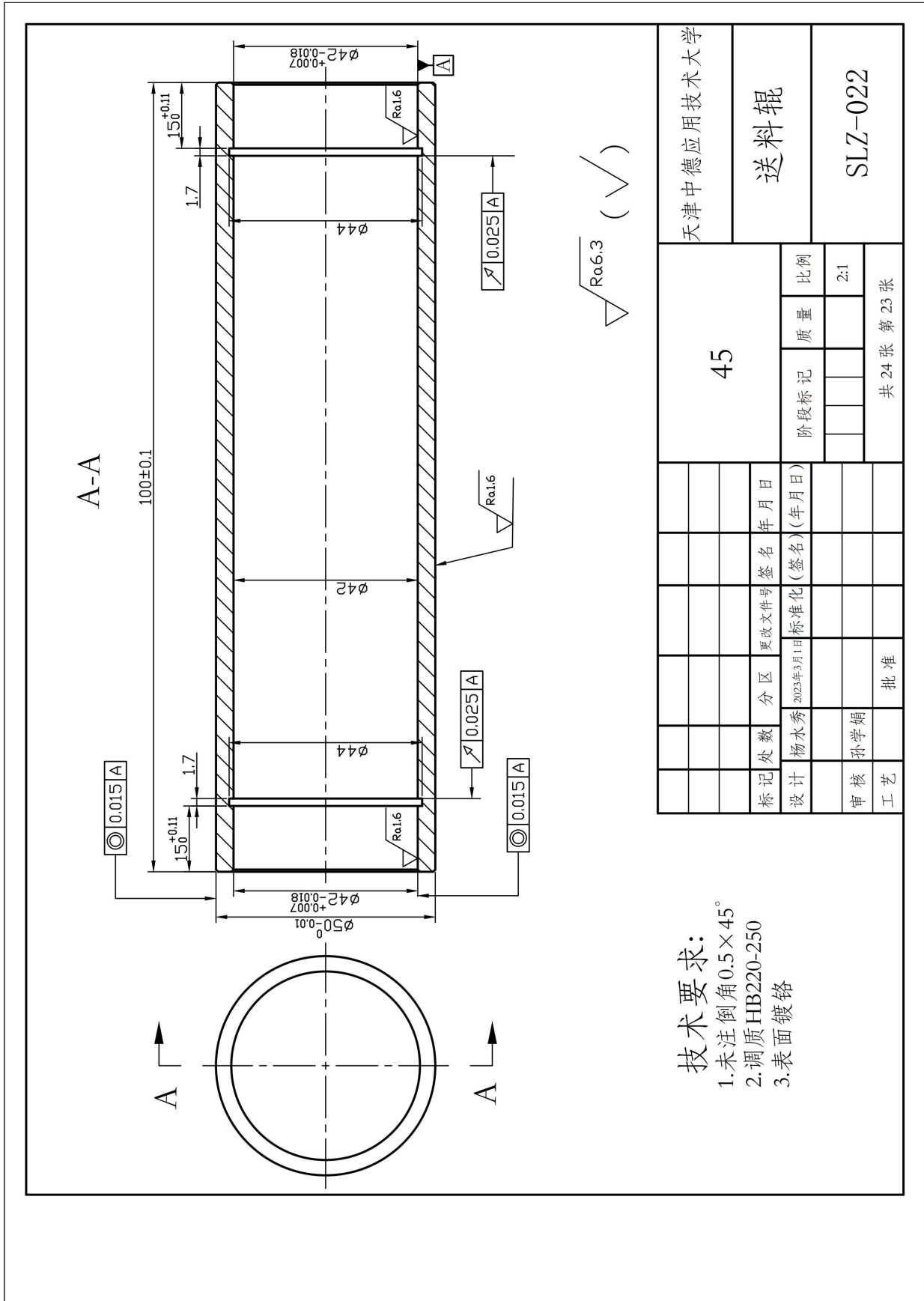






**技术要求**  
 1. 锐边倒钝  
 2. 表面磷化

天津中德应用技术大学		45		阶段标记		质量		比例	
								2:1	
								共 24 张 第 22 张	
标记	设计	审核	工艺	处数	杨水秀	分区	2023年3月1日	签名	孙学娟
				更改文件号		标准化		批准	
				年月日		(年月日)			
								送料挡圈(反)	
								SLZ-021	



技术要求:  
 1.未注倒角 $0.5 \times 45^\circ$   
 2.调质HB220-250  
 3.表面镀铬

天津中德应用技术大学		45		阶段标记		质量		比例	
标记	处数	分区	更改文件号	签名	年月日				2:1
设计	杨水秀	2023年3月1日	标准化	(签名)	(年月日)				
审核	孙学娟								
工艺				批准					
共 24 张 第 23 张									
								SLZ-022	

**技术要求**  
 1. 锐边倒钝  
 2. 表面磷化

45

天津中德应用技术大学

送料挡圈

SLZ-023

共 24 张 第 24 张

标记	处数	分区	更改文件号	签名	年月日
设计	杨水秀	2023年3月1日	标准化	(签名)	(年月日)
审核	孙学娟				
工艺		批准			

阶段标记 质量 比例

2:1