

NO. t4p8au0gzs0cdfiu | 2026-05-15 19:22:12

- 题目: T恤装袋装置结构设计
- 作者: 孟新然
- 检测所属单位: -

📄 论文字符数: 22770    📄 论文页数: -    📄 表格数量: -    🖼️ 图片数量: -

## 检测结果



**1.9%**

全文总相似比(复写率+他引率+自引率+专业术语)

### 相似结果详情

1.9%  
复写率

0.0%  
自引率

0.0%  
他引率

0.0%  
专业术语

## 其他指标

去除本人引用相似率: 1.9%    去除专业术语相似率: 1.9%    自写率: 98.1%

典型相似文章: 无

## 检测范围 | 1989-01-01 ~ 2026-05-15

- 中文科技期刊论文全文数据库
- 中文主要报纸全文数据库
- 古籍文献/图书资源
- 港澳台文献资源
- 博士/硕士学位论文全文数据库
- 中国专利特色数据库
- IPUB原创作品
- 年鉴资源
- 外文特色文献数据全库
- 中国主要会议论文特色数据库
- 互联网数据资源/互联网文档资源
- 维普优先出版论文全文数据库

## 相似片段

相似片段:

34                      34                      0  
总相似片段              相似片段              引用片段

检测来源:

期刊: 1              综合: 12              外文: 0  
硕博: 13              互联网: 8

引用文献汇总

引用文献来源：0

序号	引用文献	引用字符数	引用率	来源
----	------	-------	-----	----



暂无数据

相似文献汇总(当前只展示10条数据,全部详情请查看片段对照报告)

相似文献来源：8

序号	相似文献	相似字符数	相似率	来源
1	PM1824型包装机的运动可靠性分析与仿真研究 赵成英 - 东北大学博士学位论文 - 2018	135	0.6%	硕博
2	PM1824型包装机的运动可靠性分析与仿真研究 赵成英 - 东北大学硕士学位论文 - 2018	135	0.6%	硕博
3	国外包装机械的设计(下)_市场分析_行业动态_资讯_中国包装网 佚名 - 互联网文档资源 - 未知	59	0.3%	互联网
4	MC-TAMR04(51305907-175)-厦门莫格电气自动化有限公司 佚名 - 互联网文档资源 - 未知	44	0.2%	互联网
5	大型机械伺服压力机的关键技术及其应用研究 宋清玉 - 燕山大学博士学位论文 - 2014	35	0.2%	硕博
6	基于全寿命周期的电网建设项目成本控制研究 宋挺 - 华北电力大学(北京),华北电力大学硕士学位论文 - 2011	35	0.2%	硕博
7	基于全寿命周期理论的变电站项目成本管理研究 胡雪艳 - 华北电力大学(北京),华北电力大学硕士学位论文 - 2015	35	0.2%	硕博
8	直驱电机在堆取料机行走机构中的应用研究 郝洁 - 燕山大学硕士学位论文 - 2012	35	0.2%	硕博

文字标注

- 自写片段
- 复写片段
- 引用片段
- 专业术语
- 自引片段

沈阳化工大学本科毕业设计说明书 致谢

本科毕业论文（设计）

T恤装袋装置结构设计

Structural Design of a T-shirt Bagging Device

学 院： 机械与动力工程学院

专 业： 机械设计制造及其自动化

学 号： 2214020122

姓 名： 孟新然

指导教师： 王 丹

企业导师：

论文提交日期： 年 月 日

论文答辩日期： 年 月 日

毕业论文（设计）诚信承诺书

本人郑重声明，此份学位论文是在导师的引导之下，遵照学校及学院（系）的相关规定而独立完成的，论文当中凡是引用了他人观点或者参考了资料之处，皆已做标注并予以阐释，在我的毕业论文里没有出现剽窃，抄袭他人学术观点，思想以及成果的情况，也没有改动过研究数据，如果真的存在违规现象，我会自己承担全部责任，并接受学校给予的处分。

作者签名：

日 期： 年 月 日

关于学位论文使用授权的说明

本论文的研究成果归沈阳化工大学所有，本论文的研究内容不得以其它单位的名义发表。本学位论文作者和指导教师完全了解沈阳化工大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校可留存论文的复印件与电子版，并向国家相关部门或者机构递交这些资料，他人经由合法途径可查阅及借阅该论文，本人给予沈阳化工大学许可，该校能够把此论文的全部或者部分录入相关数据库以供查询，还可借助影印，缩印或者其他复制方法来保存论文及其学位论文集。

（保密的论文在解密后应遵循此规定）

作者签名： 导师签名： 日期： 年 月 日

摘 要

本文针对服装制造业内T恤人工包装环节存在效率低下，成本较高以及一致性欠佳的情况，设计出一套结构紧凑又运行稳定的T恤自动装袋装置，来应对该行业急需向自动化转型的需求，此装置的设计包装能力可达每小时650件，其主要目的在于将单件T恤的装袋时间缩减到5.5秒之内。

从设计方面看，文章首先明确了装置的整体功能架构，用纯电机驱动取代气动元件，以此确保动力系统的简单可靠，这个装置包含上料，整理工位，袋体供给，开袋，装袋推料以及出料等模块，各模块均为机械结构，经由精准的运动时机安排做到协同作业，针对T恤易起皱，塑料袋较轻薄易黏连这些关键的技术难题，文章给出利用柔性夹爪，负压吸盘和机械撑开臂联合运作的解决办法。

本文详细设计了装置的主要部件，输送带驱动装置，曲柄凸轮整理装置，袋仓输送辊道，开袋机械手以及直线推送装置等均包含在内，针对同步带齿轮传动这种主要传动部件，文章执行了设计与校核操作，借助计算得出电机的功率，扭矩，并完成相应选择工作，文章采用材料力学法对推送轴，机架支撑梁等关键受力部件实施强度和刚度校核，文章凭借 SolidWorks 软件达成三维建模，虚拟装配及运动干涉检测，而且严格按照国家标准，用 AutoCAD 软件精心绘制总装配图和零件图。

本文给出了T恤装袋装置的完整结构图纸，三维模型以及设计计算说明书，用以验证所选方案是否可行，此设计适合中小型服装企业采用，可以实现高效又规范的自动化包装，对于推进机器取代人力以达成降本增效目的大有裨益，而且能让学生掌握运用现代设计软件解决复杂工程问题的能力。

关键词：T恤包装；自动装袋；结构设计；电机驱动

Abstract

This paper addresses the issues of low efficiency, high costs, and poor consistency in the manual packaging process of T-shirts in the apparel manufacturing industry by designing a compact and stable automated T-shirt bagging system to meet the urgent demand for industrial automation upgrades. The system has a packaging capacity of up to 650 pieces per hour, with the primary goal of reducing the bagging time for each T-shirt to within 5.5 seconds.

In terms of design, this paper first defines the overall functional structure of the device and employs pure electric drive to replace pneumatic components, ensuring a simple and stable power configuration. The device primarily consists of modules for feeding, sorting and positioning, bag supply, bag opening, bag filling and pushing, and discharge. Each module adopts a mechanical structure and relies on precise motion timing planning to achieve coordinated operation. To address critical technical challenges such as the tendency of T-shirts to wrinkle and the susceptibility of lightweight plastic bags to sticking, this paper proposes a combined solution utilizing flexible clamping, negative-pressure adsorption, and mechanical spreading arms.

This paper presents the detailed structural design of the device's key components, including the conveyor belt drive system, crank-cam alignment mechanism, bag storage roller conveyor, bag-opening robotic arm, and linear feeding mechanism. The design and verification of major transmission components such as the synchronous belt gear transmission were conducted, and the motor's power and torque specifications were calculated and selected accordingly. Material mechanics methods were employed to assess the strength and stiffness of critical load-bearing components like the feeding shaft and frame support beams. SolidWorks software was utilized for 3D modeling, virtual assembly, and motion interference analysis, while AutoCAD was used to produce standardized assembly drawings and part specifications in strict compliance with national standards.

This paper presents a comprehensive set of structural drawings, 3D models, and design calculation documentation for a T-shirt packaging device, verifying the feasibility of the proposed solution. The design provides small and medium-sized apparel enterprises with an efficient and standardized automated packaging solution, effectively facilitating machine replacement to achieve

cost reduction and efficiency improvement. Additionally, it equips students with the comprehensiveskills to apply modern design software in solving complex engineering problems.

Key Words: T-shirt Packaging;Automatic Bagging;Structural Design;Motor-driven

## 目 录

### 第一章 绪论 1

#### 1.1 研究背景与意义 1

##### 1.1.1 题目来源及目的 1

##### 1.1.2 研究背景 1

##### 1.1.3 设计意义 2

#### 1.2 国内外研究现状 2

##### 1.2.1 国内研究现状 2

##### 1.2.2 国外研究现状 3

#### 1.3 研究内容与方法 4

#### 1.4 相关概念 5

##### 1.4.1 自动化包装技术基本概念 5

##### 1.4.2 柔性物料处理相关概念 5

##### 1.4.3 典型机械机构概念 5

### 第二章 总体方案设计 7

#### 2.1 设计任务与参数分析 7

#### 2.2 动力配置方案（纯电机驱动） 7

#### 2.3 装置整体机械式工作原理与布局 8

### 第三章 关键部件结构设计 10

#### 3.1 上料机构设计 10

##### 3.1.1 输送带与驱动电机选型 10

##### 3.1.2 挡料机械结构设计 11

#### 3.2 电机驱动的曲柄凸轮机构设计 12

#### 3.3 电机驱动袋仓 13

#### 3.4 开袋机构设计 13

##### 3.4.1 基于连杆机构的开袋机械手设计 13

##### 3.4.2 吸盘组件与机械式袋口撑开臂设计 15

#### 3.5 装袋推送机构设计 16

##### 3.5.1 电机驱动的直线推送模块（齿轮齿条）设计 16

##### 3.5.2 推送杆与柔性接触装置设计 16

#### 3.6 出料输送机构设计 18

### 第四章 传动系统设计与电机选型 19

#### 4.1 同步带直线模组设计与校核 19

4.2 同步带强度校核	20
4.3 推送机构电机选型参数计算	21
4.4 运动时序与纯机械式协调控制逻辑	22
第五章 结构强度校核	23
5.1 推送轴的强度与稳定性校核	23
5.2 机架主支撑梁的静刚度、动刚度分析	25
第六章 绿色设计理念融入环境及安全评估	27
6.1 设计过程中的绿色创新理念	27
6.2 环境影响分析	27
6.3 安全评估	28
6.4 成本核算	28
第七章 结论	30
参考文献	31
致谢	33
第一章 绪论	
1.1 研究背景与意义	
1.1.1 题目来源及目的	

T恤作为全球消费量最大的服装品类之一，其生产具有典型的规模化、标准化特征。在完整的服装生产流程中，后整理包装是产品出厂前的最后一道关键工序，其效率与质量直接影响生产成本、交货周期及终端消费者的开箱体验。当前，众多中小型服装制造企业在此环节仍严重依赖人工操作，即由工人手动将熨烫、质检后的T恤折叠、整理并装入塑料包装袋中。以高档烟酒和奢侈品为代表的高端包装行业自动化水平较高，但包装机器价格昂贵，使用和维护成本高，使得众多中小微型企业难以负担。现阶段中小服装企业包装纸盒均采用手工操作，普遍存在效率低、质量差、相对成本较高等问题。因此开发一种低成本、自动化的小型包装机，确定包装机的设计要求，拟定包装工艺方案，最后完成包装机的结构设计与可靠性分析，完成首台实物样机的制作，这对于中小企业的服装、食品等轻工行业的包装需求具有重要的现实意义和工程应用价值[1]。随着科学技术的发展及市场竞争的加剧，客户的需求也越来越高，产品更新换代的周期已越来越短。因此要求包装机械具有良好的柔性和灵活性，使包装机械的寿命远大于产品的寿命周期，这样才能符合经济性。这种要求还体现在以下几个方面：提升生产效率，符合产品更新换代的需求，具备远程诊疗能力，从环保角度而言，噪声小，粉尘少，废弃物产生量低，设备购置投资要尽量缩减，价格也要尽可能便宜些，我国袋装机在工厂里属于专业化，自动化，高效率的范畴，但在大规模生产当中比不上发达国家那些先进的工业国家，所以，研发出更为先进，高效又适合大批量生产的机器很有必要，要把科学技术的发展同生产操作联系起来，把机械专业里的新技术诸如PLC控制，微型计算机，气动系统等等用到袋装机的设计里面去。[2]自动包装系统设计时存在一些关键问题，其中一个便是要达成对不同物料特性的稳定而精准的机械抓取与控制。

#### 1.1.2 研究背景

在此种背景之下，制造业向智能化，自动化方向转型成了国家战略，也是全行业的共同认识，随着“中国制造2025”不断推进，人口红利慢慢消失，“机器换人”来做到减低成本，提升效率以及改进质量，这是劳动密集型产业可持续发展的必然选择。自动化包装设备在食品，医药，电子等行业已被全面采用并且日渐成熟，在服装行业，

特别是对于像T恤这样柔软，扁平化的商品所用的专用自动装袋设备，市场上成熟的解决办法比较少。[3]当下一些高端包装机器人的系统虽然功能很强，但是很贵，系统也十分复杂，大多用来服务大企业，这超出了绝大多数中小服装企业的承受范围，如果研发出一种结构小巧，运行稳定而且成本合理的专门用于T恤自动装袋的设备，会有很强的市场需求，并且有着清晰的产业应用方向。

### 1.1.3 设计意义

本文毕业设计选定T恤装袋装置结构设计这个课题，此课题源于服装包装业的实际生产需求，从理论层面看，其贡献在于将机构学，机械设计基本原理，材料力学以及自动控制原理这些学科的理论方法融合起来，针对柔性T恤物料的夹取定位，轻薄塑料袋的平稳开袋等行业内普遍存在的技术难题展开有指向性的机构革新设计与系统整合开发，所形成的设计思路和技术方案能够给予同类柔性物料自动化加工设备研发以具备实用价值的参照，在实际操作当中，合理的方案能直接转化为产能，助力服装企业达成包装工序的自动化，突出提升生产效率，减轻劳动负担及人力开支，而且维持包装质量水平的一致性，机械设计制造与自动化专业的学生参与此项设计时，会把握从需求分析，方案论证，细致设计，工程计算，三维建模直至工程绘图的机械产品开发步骤，这个过程具备整体性与综合性特征，属于操作与验证环节，**有益于提升解决复杂工程问题的能力。**

## 1.2 国内外研究现状

### 1.2.1 国内研究现状

在国内，自动化包装设备在食品、医药、日化、电子等领域的生产线已相当成熟。对于服装包装，国内的研究与实践呈现出以下特点与发展方向：

杰克，中捷这些缝制设备企业的行业应用有所扩展，它们已涉足后整理环节并研发出具备折叠及装袋功能的半自动或者全自动包装设备[2]，国内存在针对服装折叠，装袋，压缩以及装箱等步骤实施一体化设计的自动包装设备方案，此类设备往往采用模块化结构，而且凭借传送与推送机构做到各个工位之间的顺畅过渡。[3]已有研究表明，可以把熨烫，折衣以及包装机构融合到一台设备上，用折衣杆，撑杆还有夹持机构来达成服装的折叠整型以及包装袋的撑开套装，以此提升包装的自动化水平。[4]这些设备大多着眼于衬衫，西装等需较高定型要求的服装的包装，专门针对T恤这种大批量，柔性扁平化产品而设计的标准化，低成本全自动装袋设备比较少，大多数中小型服装厂仍然采取“人工辅助 + 简易机械”的半自动模式，比如操作工把T恤放在定型板上，由设备来执行套袋动作，**其自动化程度和效率还有很大的改良空间。**[5]。

国内高校与研究机构对于柔性物料处理及包装机械机构革新实施了许多有益探究，就开袋技术来讲，部分研究采用曲柄凸轮复合机构以做到精准取袋并开袋。在物料运送时，经由负压吸附加多关节机械手关联方法，能够做到无损抓取及传送衣物，有关T恤之类的柔性物品防皱，平整输送技术，多指柔性夹爪，自适应支撑台等同样成为研究重点，而且，针对不规则，易碎的柔性物料自动化处理，已有研究就软体机械手结构规划，物料抓取特点剖析，结构改良以及视觉定位等关键环节执行了系统性研究，这显示柔顺末端执行器在提升物料适应能力，减小接触损害上有着突出长处。[6]当下，对于自动装袋设备的研究并非仅仅着眼于单纯的机械装料功能，渐渐开始看重装袋长度，装袋质量以及操作自动化控制等方面的问题，经由采用行程检测，电磁离合以及电路控制系统等手段，以优化设备的效率并加强其作业的稳定性。[7]。

这些研究成果给本设计中开袋机构，整理定位机构的设计给予了关键的机构选型及控制思路参照，国内研究更多着眼于针对具体应用场景而开发专用化，模块化，经济型的解决方案，目的在于真正促使特定生产环节做到“机器换人”，这同本毕业设计谋求实用性和可行性相符合。



### 1.2.2 国外研究现状

欧洲，日本这些较早开始工业自动化，并且发展比较成熟的地方，它们的自动包装技术处于领先地位，系统整合度高，智能化水平也较高。

在工业应用方面，德国博世包装技术（Bosch Packaging Technology），意大利CAMA集团等企业可以给予从产品输送，识别，装填，装盒直至码垛的全自动，一体化包装方案，这类高端系统往往依靠高自由度的工业机器人，其具有很强的柔性和智能化特征，能应对多种类，不同尺寸的复杂产品。[8]此类系统往往造价不菲，技术繁杂，保养需求较高，大多用以服务大型跨国品牌制造商，其经济模型并不完全契合国内大量存在的中小服装生产企业。

国外学者在学术研究前沿针对柔性体机器人学（Soft Robotics）以及纺织品，纸张，薄膜等柔性材料的自动化操作执行了更具基础性与前瞻性的工作，其研究成果详细探究了气动吸附的流场特点及其稳定性，仿生柔性夹爪的结构设计和抓取力学模型，并且涉及依靠视觉反馈来规划柔性物体的动态轨迹并加以控制的相关算法。[9]这些基本理论研究给开发更为智能，更灵巧的自动化处理设备给予了牢靠的理论支持与方法指引，并非这些前沿研究必定会变成低成本设备，但是其中体现的原理以及解决办法，比如对静电粘连机理的剖析，对轻柔抓取策略的考察，对于本设计阶段应对技术难点有着十分关键的启迪作用。

### 1.3 研究内容与方法

本文围绕T恤装袋装置结构设计展开论述，重点在于塑造起一套全自动T恤装袋装置的机械结构方案，目的在于达成从T恤上料直至装袋出料的全流程自动化，文章会全面覆盖装置的整体方案制定，主要功能模块的细致结构设计，性能检测以及最终的工程化表现形式，首先会对装置的整体方案及其功能模块加以剖析，按照预定的设计目标也就是包装速度做到每小时六百五十件，深入探究T恤装袋工艺，从而明确上料，整理定位，袋体供应，开袋，推送，出料这些关键功能模块，还要分析各模块在空间中的摆放位置，前后动作的过渡情况以及相互配合的调控手段，进而得出以纯机械架构加上电机带动为主的总体构思。

在此种情况下，研究的重点就会转到各个关键功能模块的细致机械结构与更新上，要按照输送带实施连续上料的机制，针对采用曲柄凸轮机制的电机推动形式展开研究并加以设计，从而整理好T恤的状态，重点在于解决袋体供料以及开袋的问题，规划出包含储存袋仓，传送滚道，负压吸盘吸附并结合机械撑开臂执行扩张动作的复合式开袋机构，文章规划了一个具备精准性与平顺性的直线推送单元，这个单元利用齿轮齿条传动原理，并且规划了配套的柔韧末端执行器。文章完成了该装置的传动系统，其中牵涉到同步带和齿轮的设计计算与校核，还要遵照负载和运动需求对各机构所用电机的功率，扭矩以及转速执行细致的计算并选定型号，要想让设计具备可行性和可靠性，就要对推送轴和机架支撑梁这些重要的受力部件展开强度，刚度，稳定性的校核，设计流程会凭借SolidWorks 三维设计软件创建零部件模型并实施虚拟组装，还要做运动干涉检测，这样就能改良结构并且预先规避设计上的不足，所有的设计方案都要变成标准的工程语言予以表现，也就是要用 AutoCAD 软件去描绘符合国家标准的总装配图，部件图和零件图。

要想达成前面的研究目的，文章将会采用许多种研究手段，经由整理文献，剖析实例来获取当前技术与方案中的长处，文章采取功能与结构对应这种全面的设计理念，把整体的功能拆解开来，并找出对应的机械结构表现形式，文章依靠机械原理以及材料力学等相关理论来做定量运算和校验操作，当文章完成所有设计成果的时候，会严格按照国家工程绘图规范以及有关的设计指南来进行，从而使得方案具备合法性而且可行，文章借助大量开展各种研究活动并采用多种办法，最终得出了一个比较完善而且得到足够验证的T恤自动装袋装置机械结构设计方案及其完整的相关设计资料。



## 1.4 相关概念

### 1.4.1 自动化包装技术基本概念

自动化包装流水线包含传送带系统，包装机械，控制系统以及辅助设备，它是现代制造业的关键形成局部，顺应工业4.0和互联网战略发展趋向，此系统把包装机械同智能控制技术融合，全面应用在电商物流，食品，日用化工，医药，电子等行业，也适合于家具，汽车，电气类等行业。

流水线核心设备涵盖自动纸箱成型机，封口机以及装箱机等，其运行模式既可连续又可间歇，该控制系统由PLC或者触摸屏达成设备间的协同并执行状态检测，还融合了数控，光电等技术，线体长度按照工艺安排来定，工作面高度可调节，输送速度处于0.4到4米/分钟之间，经由模块化设计加强通用性，配合智能识别技术改善包装精准度，从而做到减小人工成本并优化生产效率，自动化包装生产流水线依靠智能控制做到从理料，包装，封装，贴标到码垛的全过程自动化。

### 1.4.2 柔性物料处理相关概念

柔性物料处理属于柔性制造以及柔性物流体系的重要形成局部，该部分关注物料运送，储存，分类，配送等环节时，系统需具备迅速顺应各种物料种类，规格，批量以及工艺需求的能力，重点在于达成具有高适应性，高自动化水平并且响应迅捷的物料流转状况，从而支持起多品种，小批量，个性化特征的现代生产形式。

T恤不同于刚性物料，其质地柔软，折叠之后不易维持形状，在高速输送及推送的时候极易出现褶皱或者偏移现象，所用塑料包装袋质地较轻又薄，受到静电作用容易黏连在一起，而且袋口很难牢固开启。对于前面提到的问题，该装置采取了柔性夹持，负压吸附以及机械撑开这三项技术相互配合的方式来解决，柔性夹持依靠末端执行器末端具备顺应性，可以自动适应物料的形状，从而在不损害T恤表面的情况下实施稳定的夹持动作；负压吸附原理是利用真空产生的负压，使得吸盘与包装袋表面之间产生气压差，进而产生吸附力，有效地应对薄膜粘连的情况；而机械撑开臂会与吸盘一起工作，把袋口撑大到足够让T恤进去的程度，在推送的时候一直维持着开口的状态。

### 1.4.3 典型机械机构概念

本装置各功能模块借助多种典型机械机构来达成，曲柄滑块机构把电机的旋转运动转变成往复直线运动，其结构较为简单，运行也较为平稳，用以推动整理执行件去纠正T恤的姿态。凸轮机构凭借特定的轮廓曲线精准掌控从动件的运动规律，可以做到“快速前进 — 短暂停止保压 — 快速后退”等复杂动作，把它同曲柄机构结合就能兼顾到推动的平稳性和运动的可设计性，对称的四连杆机构让两侧的撑开臂由同一个电机带动，从而确保袋口两侧能够同步而且均匀地张开，并且定位很精准。齿轮齿条传动把旋转运动精准地转为成了直线运动，用在推送模块带动推送杆把T恤平稳地推入包装袋当中，同步带传动融合了带传动和链传动的优势，其传动比精确，运行稳定，噪音小，该装置采用XL型同步带（节距5.08mm）作电机与各个执行机构之间传递动力的元件，既保障了传动的准确性又有效地减小了整机的运行噪音。

沈阳化工大学本科毕业设计说明书 第一章 绪论

## 第二章 总体方案设计

### 2.1 设计任务与参数分析

本次毕业设计的核心任务：

完成“T恤装袋装置”机械结构的设计，此装置要能自动，持续，稳定地做到T恤从进料直至装入包装袋再输出的整个过程，目的在于取代传统的人工操作，改进包装阶段的标准化程度以及生产效率。[4]。

本装置的设计需满足以下参数：

设计产能：装置的理论设计包装能力需达650件/小时，此为考量装置是否符合生产效率需求的主要指标，会直接影响各个功能模块的运动节奏以及机构的速度。

适用对象：标准尺码的T恤（通常考虑M/L码作为设计基准）。

输送线速度：该参数关乎上料及出料输送带的运行速度，它是维持连续供料与产出节奏的基础。

驱动总功率：最初暂定为0.75kW，这个数值是针对该装置全部电机（包含输送，整理，开袋，推送等功能类别）的合计功率所做的估计，目的在于指引后面实施的供电规划以及单个电机的选择性计算工作。

工作气压：总体方案偏向于纯电机推动，不过在开袋这样的局部环节打算用气动吸盘时，这个参数给气动元件的选择以及气路系统的设计赋予了依照。

## 2.2 动力配置方案（纯电机驱动）

该设计通过不使用气动和液压等传统方案，来维持装置运行的稳定性和控制精度，并且简化动力系统的结构，以此达到全电机驱动的动力配置方案。该方案的主要内容是为装置中需要主动运动的执行机构独立配置电机作为动力源，这些机构包括上料输送、整理定位、袋体输送、开袋执行和推送入袋等，并且通过同步带和齿轮等机械传动元件，把电机的旋转运动准确地转换成各机构所需要的直线、摆动或者特定轨迹运动。选用纯电机驱动主要因为下述几方面原因：电机驱动具备较好的可控性，它的转速，扭矩以及位置皆可由驱动器精准地设置并控制，利于达成各个机构之间繁杂而精确的运动顺序配合，如此一来便能保障650件/小时这样的高效节拍，而且也能确保开袋，推送等动作准确无误，在有关自动包装设备的研究当中，往往会借助主控系统以及步进电机控制单元来让各个执行机构做到自动协同运作，以此来提升设备的自动化程度及其控制精度。[5]电机系统的响应速度较快，运动较为平稳，重复定位精度较高，这一般要比气动系统好，所以电机系统可以减小T恤在高速移送及定位时出现褶皱或者偏移的可能性，从而改善包装的合格率。

纯电方案省去了气动系统所必需的空压机，气管，过滤器，油雾器等附件设备，精简了整机结构，减小了噪音并缩减了保养需求，使得该装置更适合那些工作环境洁净度有一定要求的服装生产车间，尽管初期投资也许会稍大一些，但是它在长时间运行时具备较高的可靠性和较好的节能效果，而且综合保养成本较低，所以它是本文自动化设备更好的动力选项。[6]整个动力系统会环绕着中央控制器来协调运作，经由程序精准规划，并把指令下达给各个电机驱动器，促使所有的机构如同齿轮一样紧密相连，依次执行任务，从而达到T恤自动装袋的过程，有关研究显示，在自动化作业设备当中，设置末端收集与装袋单元有益于提升整体作业效率以及生产连贯性，所以，本装置后面的功能模块也要充分顾及其与出料，收集以及装袋环节之间的配合情况，伴随中央厨房这种新的食品加工形式出现，块状菜肴的自动化夹取变得越发紧迫，传统的刚性末端执行器无法应对块状菜肴形态多种，极易破损的特点，急需研制出既具备柔顺性又具自适应能力的软体机械手。[7]。

## 2.3 装置整体机械式工作原理与布局

在明确了设计任务，参数以及纯电机推动的动力方案之后，这个装置的整体工作原理就是按照一种持续又反复的作业节奏来运行，依照有关柔性织物自动处理设备的设计理念，整个机器的方案应当遵照功能需求去划分成不同的模块，把上料，主体处理以及后续执行这些步骤分解为许多个单独却又能够相互配合的功能单元，然后把这些单元整合起来形成一个完整的装置，这样的设计方案既能缩短开发时间又能加强结构改良的精准度，从改革开放开始，食用菌产业就发展得很快，它的产品在国内和国际市场上都很受欢迎，所以才研制出多功能自动装袋机，这台机器受电路控制系统指挥运作，做到操作自动化，可以自动调节装袋的长度和重量，从而提升生产效率。[8]各功能模块依靠机械式结构并结合精准的时序来达成，其关键工作流程起始于T恤的自动化折叠，电机带动的折叠板负责

执行这一动作，独立的袋体供料模块随之启动，储袋仓受电机带动而把单个包装袋逐一剥离出来并传递到开袋工位上。真空吸盘处于负压之下，牢牢吸附住袋口两边，接着，另一组由电机推动的撑开臂从袋口实施机械性展开，如此便能稳定地开启袋口，并维持开启状况以等候T恤放入其中，之后，推送机构开始运作，电机借助齿轮齿条传动系统，促使装有柔性接触头的推送杆按照预定直线路径，稳当又精确地把已经折叠完毕的T恤推送进敞开的包装袋里面。

装袋结束后，开袋机构放开袋口，袋装T恤经由出料输送带送出，各个执行机构回到初始状态，好为下一次工作循环做准备，此装置用模块化直线排列来规划机械布局，上料模块，推送模块，袋库以及开袋模块，出料模块按照物料流程顺序放置，并且全都固定在同一块刚性机架上，这样的布局使得物料流经的路线简单又笔直，削减了多余的搬运和改变方向的情况，有益于减小节拍时间，而且结构较为紧凑，方便保养和调整，当前一些服装自动化包装设备就常常利用皮带输送加上在线检测的方法，在把折叠好的衣服往前送的时候同时得到它的具体位置和大小数据，从而提升后面包装环节的稳定性。[9]各模块之间的运动协调依靠中央控制器执行统一的时序规划，这样才能保证每个“上料 - 开袋 - 推送 - 出料”的动作序列在几秒钟之内准确而稳定地达成，以此来做到650件/小时的设计指标。

图2.1 T恤装袋装置三维建模图

沈阳化工大学本科毕业设计说明书 第二章 总体方案设计

第三章 关键部件结构设计

3.1 上料机构设计

3.1.1 输送带与驱动电机选型

本设计采用平皮带输送带作为上料执行部件，这主要是因为它运转平稳，噪音小，便于清理，而且能给予足够的摩擦力，比较适合输送像T恤这样轻巧又柔韧的物品，输送带的宽度按设计参数确定为0.5米，这样就能防止常规尺寸的T恤在传送过程中掉下来或者大幅度偏离轨道，推动这个输送带的主要力量来自于驱动电机和传动装置，做选型计算的时候，要把符合系统性能指标当作准则，文章里把设计产能设成每小时650件，输送线的速度则是每分钟12米，经过核实输送带的运行速度之后得知，这个速度能够达到整体节奏的需求。[10]。

本文针对驱动电机所需功率展开计算，此过程需把输送带满载运行时的摩擦阻力，加速惯性以及传动效率等要素考虑进去，按照预定的总功率0.75千瓦予以分配，为上料机构挑选了一台小型电机，其输出扭矩与转速要经由计算加以核实，这样才能确保能够超越负载而且让输送带维持恒定速度运转，从传动形式看，本文重点剖析结构较为紧凑且传动平顺的同步带传动，电机在选取的时候要把控制需求列入考量范围之内，通常会挑选具备调速功能的交流电机或者是易于实施启停控制的电机，进而同整个装置的控制系统融合起来，做到对启停及速度同步的精准掌控，使得T恤能确切又快速地抵达后面预定的地方。随着经济不断发展，消费者需求逐步提升，**包装机械的需求量也越来越大**，其中产品填充，成型，封口的设备发展速度最快，**国际包装机械市场上，美国，德国，日本和意大利占据主导地位**，这些国家制造的包装设备技术含量高，自动化水平高，精度高，当下，国内大多依靠进口成套包装设备来达成生产线自动化，经过学习国外先进技术，我国包装机械产量得到很大增长，但是因为过分依赖国外技术，所以自主更新能力不强。[11]。

图3.1 上料用皮带输送机结构示意图

3.1.2 挡料机械结构设计

要想让输送带上已叠好的T恤准确又快速地移送到后面的地方，就得避免出现偏移现象，这样才能保证T恤顺利进入下一道工序。

因受惯性或者位置偏差影响而超出预定位置时，需设置可靠机械结构来应对这种情况，本设计采取了机械挡料器结合的方式，其关键部分是由小型步进电机带动L形挡板，当收到执行命令之后，动力源（比如电机经由一个小曲柄直接推顶）就会促使挡板快速而稳定地从传送带侧面或者上面伸出来，轻轻地又有力地挡住T恤，从而让它精准地停留在预先设定好的地方。挡板的接触部位常常覆着硅胶或者软塑料，以此避免在阻挡的时候损伤到T恤表面产生划痕或者压印，等到后面的机械部件（像是夹持部件）把T恤抓住或者固定好以后，控制台又会下达新的指示，于是挡板立即收缩回去，传送带也就接着运转起来，给后面即将到来的T恤预留出一条路径。我国传统的马铃薯分级往往依靠人力来完成，马铃薯挖掘机把马铃薯挖出来之后洒在地上，然后由工人用手去捡拾并手动实施分级。不过人工操作很耗费力气而且耗时长久，成本也比较高，效率低下，所以课题组就研发出一种活动转板式的马铃薯分级设备，这个研究针对第一代分级设备存在的结构与工作性能上的短缺之处展开了改良并加以完善的设计，得到了改良过后的分级设备所应具备的最佳工作参数集合。[12]。

此结构设计重点在于挡板伸出及缩回的动作响应时间要很短，这样才能符合高速节拍的需求，它的运动轨迹和终止位置应当准确且可重现，从而保障每次定位都一样，整套挡料机构要同机架刚性结合，并配备可调节的安装座，这样就能按照T恤的实际尺寸和工艺需求细微调整挡板的最后停止位置。

### 3.2 电机驱动的曲柄凸轮机构设计

整理机构的关键职能在于修正经由输送带送来的T恤可能存在的微小位置偏移及姿态紊乱状况，使其得以精准且一致地以指定的折叠形态和方向迈进后续的装袋推送工序，要达成这种高精度又高频率的重复性操作，此设计选用由电机直接带动的机械式整理机构，利用凸轮机构时，电机带动具有独特轮廓的凸轮旋转，促使与其相接的从动件（即推杆）依照凸轮轮廓所预设的精确运动轨迹（包含短暂停顿的“推 - 停 - 回”过程）实施来回移动，进而推动整理执行件执行任务。对于凸轮从动件的运动规律执行特征值分析，并融合样条函数及改良算法加以改进，可以有效地提升机构的运动学与动力学性能，加强其在高速运行时的稳定性，毛巾是人们生活里常见的一种用品，特别是在酒店，餐饮，宾馆这些消费地点，使用得更为频繁，一般而言，毛巾生产出来之后就可以直接售卖供顾客使用。但是有些地方的毛巾要被折成不同的样子，这样做既方便存放和运送，也给使用者带来便捷，要想得到各种各样的毛巾形状，就一定要对毛巾实施多种方式的折叠，所以，探究毛巾折叠机有着非常重要的意义。[13]凸轮机构能够达成更为繁杂的运动规律，其运动特性（速度，加速度曲线）可以精准设计，这有益于做到快速前进，短暂停留整理以及快速后退这些动作需求，对于T恤的整理动作而言更为平缓，可控制，先前已有服装折叠打包机构利用承托托板结合分阶段下压结构，令下压件沿“先倾斜接近，再垂直压实”的路径来平稳地整理和夹住衣物，以此防止折叠好的衣物杂乱无章，并加强后续装袋时的稳定性。[14]机构当中所有的转动副以及移动副都要采用滚动轴承和直线导轨，这样做可以减小摩擦，提升运动精度并延长使用寿命。[14]电机选型要按照执行件质量，所需整理力，运动速度（要符合节拍时间），机构传动效率来做详细扭矩和功率计算，该机构得经由支座牢牢安装在机架上，其最终整理位置应能做微调，从而适应不同批次T恤折叠尺寸的小幅变动。

图3.2 曲柄凸轮装置

### 3.3 电机驱动袋仓

袋体供料机构的主要作用就是把那些堆在一起的标准塑料袋自动分开，然后一个接一个地送出来。

准确地输送到开袋工位，给自动开袋动作给予物料基础，相关研究显示，自动取袋机构一般要达成成摞袋体的单袋分离，还要同输送，开袋机构一起完成后续的包装动作，为了做到这个功能，本设计采用了“电机带动袋仓+ 辊筒”这种复合结构，袋仓是个近乎垂直的料斗，可以装下成百上千个塑料袋。[15]袋仓底部装有由电机带动的辊筒，当控制系统发出供袋信号后，袋仓底部的取袋装置会从料堆底层取出单个塑料袋，然后由驱动电机使辊筒转动，凭借辊筒和塑料袋间的摩擦力把袋子平稳又水平地向前推送，辊筒外层可以包覆橡胶或者高摩擦系数材质来加大推动力，辊筒上面常常设置一个可调整压力的压轮或者压带，从而保证袋体在传送过程中既平直又不会偏移。

### 3.4 开袋机构设计

#### 3.4.1 基于连杆机构的开袋机械手设计

开袋动作不是简单的袋口分离行为，它包含预制袋定位，单侧预留开袋空间，真空吸持分离袋面以及后续撑袋等诸多连续动作，所以开袋机构的设计要全面考量各个执行动作间的衔接情况，开袋机械手属于执行塑料袋开口动作的关键执行元件，它的职责在于把已经送至指定位置的单层塑料袋袋口稳妥地张开并且维持稳定状态，有关研究显示，开袋机构的结构设计及其运行是否稳定，会影响到袋口开启的效果，包装的质量以及设备整体的运行可靠性，针对粉料包装时取袋，开袋无法达成完全自动化这一难题，专门设计出一套自动化的取袋，开袋装置。依靠旋转气缸转动平稳的特点来替代传统的直线往复取袋方式，把取袋和开袋这两个步骤融合起来，缩减编织袋的传送历时，针对重要工具真空吸盘展开选型及计算工作，确定其型号为DP - 50，数量为4个，直径为50毫米，吸附反应时间为0.056秒等参数，凭借Pro / E创建取袋，开袋机构的三维模型，规划右吸盘的路径，然后用ADAMS做仿真，获取右吸盘前3秒的运动轨迹，把规划好的右吸盘的位移，速度以及加速度同采用STEP函数的曲线做比较，检查规划路径是否合理，此项研究成果给粉料充填包装取袋，开袋机构的设计带来一些想法。[16]本设计要解决轻薄塑料袋容易飘移，容易粘连的问题，所以采用了依靠直线运动和连杆放大的机械手结构，其中，驱动核心常常会用到一台高精度的电机，并结合连杆机构，把电机的旋转运动变成准确的直线位移，想要达成袋口两边同时反方向张开的效果，就在滑台装配一套对称的，可以调整开合角度的连杆放大机构。包装机的运行是否稳定直接影响到乙烯等粒料产品的正常生产和包装质量，实际生产过程中，由于开袋机构频繁出现故障而致使包装线停止运转，从而引发上游系统减产运行或者上游系统意外停止，给橡胶生产带来不良影响并造成难以估量的损失，对于开袋机构故障多发以及结构设计存在不足所引发的停机现象，给出开袋机构的推动臂，固定轴等相关结构的改进设计方案，着重从材料选取，固定手段，检查办法等方面展开改良设计。经过改造后长时间的运行情况表明，这种改良设计方案具备延长使用寿命，缩减故障频率，提升设备运行稳定性这些优点。[17]直线运动由铰接点来带动两套对称的四连杆机构（或者类似的那种双摇杆机构）执行运动，当滑台受丝杠推动而向前（或者向后）移动的时候，借助连杆的传递和放大作用，促使安装在连杆末端的那两只开袋指（也就是撑开臂安装座）达成精准且同步的相对或相反方向的直线运动。

这种设计的长处是依靠电机来带动连杆机构，这样就能精准掌控袋口张开的宽度，而且其运动很平稳，便于操作，开袋指末端会装配真实的袋口接触及固定件，比如真空吸盘安装板或者机械夹爪。[18]调节连杆比例或者初始安装位置，就可以轻松调整开袋的最终宽度，从而适应不同尺寸的塑料袋，整个开袋机械手组件经由高刚性的支架固定在机架上，它的初始位置也就是袋口插入的深度，要精准调整，保证开袋指能够准确插入袋口内部的恰当位置。控制系统经由编程来控制伺服电机的运动轨迹，做到“缓慢靠近 - 插入袋口 - 平稳展开 - 维持”的动作流程，使得开袋过程既柔和又可靠，防止因为动作太快而造成袋体撕裂或者脱离。

图3.3 开袋机械手

### 3.4.2 吸盘组件与机械式袋口撑开臂设计

当下，服装包装设备的开袋机构大多用吸盘配合机械撑开件来达成袋口张开的目的，某项研究就经由上，下开袋吸盘对袋口实施纵向分离，再依靠侧撑板件支撑袋口两侧并将其展开，以此确保包装袋在垂直和水平两个方向都有足够的开口大小，进而符合服装轻松入袋的需求。[19]本设计采取“吸盘组件结合机械式撑开臂”的结构形式，其中，吸盘组件对于达成袋口的初步固定及分离十分关键，一般而言，在两侧开袋指的末端会各设置一个小巧的真空吸盘，当开袋指移动至预定的袋口位置时，控制系统便会下达指令，吸盘就能牢固地吸附住袋口的外侧或者内侧（往往偏向于外侧），鉴于塑料袋较薄且易于变形这一特点，吸盘常常会选择唇缘柔软，反应灵敏的硅胶材料制成，而且还能适应一定的表面凹凸不平状况，而机械式袋口撑开臂则是最后把袋口撑大到足够宽，从而让T恤得以顺利穿入的关键部分，该撑开臂位于开袋指的末端，是一根可以转动或者伸缩的刚性棒状构件。[20]吸盘有效吸附袋口之后，开袋机械手的主推动机构便启动起来，促使两侧的开袋指朝着相反或者相同的方向移动，撑开臂自身处于静止状态，它的末端形状为锥形，当两侧的开袋指处于吸附模式并朝相反方向移动的时候，这个固定的撑开臂就会从袋口的内部或者外部把袋口强行分开；撑开臂的末端常常被覆上柔软的材质，或者被塑造成立体的光滑表面，这样做的目的是为了避开在撑开的时候弄破塑料袋。[21]吸盘与撑开臂结合之后，做到了“先吸附固定，再机械扩张”这样可靠的开袋步骤，很好地解决了由静电，粘连引发的开袋失败状况，给后面T恤顺利推进入袋给予了稳固而宽大的路径，而且有些开袋成形机构利用顶升供袋，气动吹开以及摆动支撑板共同起作用的方法来做到包装袋的成形与撑开，还能够经由调节机构来符合不同尺寸的袋体。[18]。

图3.4 机械式袋口撑开臂

### 3.5 装袋推送机构设计

#### 3.5.1 电机驱动的直线推送模块（齿轮齿条）设计

装袋推送机构需把经整理工位精确定位的T恤平稳又快速地推送进已被开袋机构完全打开的塑料袋里，该机构的动力学特征，摩擦系数以及构件质量等要素会对其运动反应产生影响，进而给后续的控制和路径规划赋予设计依照，要想达成高精度，高重现性的长行程直线运动，此设计采取了利用电机推动并配合精密直线传动元件的办法，而采用齿轮齿条传动方案时，就是由电机带动一个小齿轮，这个齿轮和一根预先固定好的精密齿条相互咬合，当电机转动的时候，经由齿轮箱（或者直接）促使带有电机的滑台沿着齿条的方向做直线运动。[22]齿轮齿条方案比较适合超长行程，从理论上讲速度能够更快，不过得要解决齿轮齿条啮合时存在的反向间隙以及运行过程中的噪音问题，其对安装精度的要求十分高。[23]要按照推送杆，滑台以及T恤的总质量，所需求的加速度，最大运行速度，还有要超越塑料袋袋口摩擦阻力所需要的推力来综合考量，这样才能得出电机的额定扭矩，转速和功率是多少，这个直线推送模块被当作一个单独的部分加以安装，它的轴线应当同已折叠好的T恤的中心线，开袋机构的中心线精准地重合，这可是确保T恤能够笔直而准确地推进袋子里的几何前提所在。

#### 3.5.2 推送杆与柔性接触装置设计

推送杆属于核心执行部件，负责把直线推送模块产生的动力传递给T恤，进而引导它进入塑料袋，推送杆往往是一根用轻质高强度材料制成的细长杆件，比如铝合金管或者碳纤维杆，它的长度要精准契合从推送开始点到T恤完全进入袋子所须要的全程距离。推送杆的前端也就是紧贴T恤的地方，这是设计的关键之处，应当安装柔性接触装置，当前一些服装自动化装袋设备就常用压衣板加上导向板来形成推送式装衣机构，依靠直线导轨以及传动机构促使推送部件做到衣物压实，导向以及入袋这些动作，这种结构对于本设计当中推送执行端的构型设计有着参照价值。[19]有些研究用上，下夹持部分配合夹持服装，依靠移动推动机构促使夹持部件完成服装移动装袋，而且经由可调

节夹持件来适应不同大小的服装，以此提升装袋过程的合适性和稳定性，可编程控制器是当前工业控制中的关键元件，它具备很强的功能，性能既稳定又可靠，在现代工业自动化生产当中被全面采用并收获了很好的控制成果，全自动包装机大多用于食品，医药，化工等领域，针对这些行业里细小颗粒状物料实施小剂量自动化包装，所用的包装材料主要是复合材料，加热之后把包装袋封好口。[24]该装置主要目的是做到刚性推送，柔性接触，也就是既要保证有足够的推力和导向精准度，又不能让推送杆末端在碰到的时候在T恤面料上留下压痕或者被戳破，甚至不能把它推皱，通常的做法就是在推送杆尖端装上一块可以自由转动的推板或者滚轮，这块推板或者滚轮外面覆盖着摩擦系数比较大的柔软材料，比如硅胶，橡胶或者绒布之类的，推板的宽度要比T恤折叠起来之后的宽度稍微小一点，这样才能给出比较均匀的推力。

另一种更优的设计是采用“多指”或“梳齿”状的柔性推送头，由多个并排的、具有独立微幅弹性（如背部安装硅胶垫或微型弹簧）的塑料或尼龙齿组成。这种结构能更好地适应T恤表面可能存在的微小不平，并在推送过程中允许各齿有微小的独立变形，从而将集中的点接触力分散为均匀的面接触力，极大降低产生褶皱的风险。无论采用推板还是多指结构，其与推送杆的连接处通常设计为可快速拆卸或角度微调的形式，以便维护或适应不同T恤的折叠特性。无粘接剂、易降解材料折叠包装是一种环保的包装方式。其使用的包装材料与纸板、塑料等常用材料的物理特性差异较大，包装过程中容易破损。在折叠变形过程中难以约束及控制等原因是制约柔薄材料折叠包装自动化的关键问题。本文围绕柔薄材料折叠包装技术开展研究，主要工作和结果如下：按照柔薄材料自动折叠包装设备的需求情况来提出设备所需具备的功能。[25]连杆机构的运动参数能够经由相关杆件长度的比例或者结构参数的调节来达成，所以，在推送执行端的连接设计当中保留一定的可调性有益于顺应不同工况下的运动需求，整个推送杆组件在运动的时候一定要维持很高的直线度，它自身产生的弯曲变形要经过计算控制在允许的范围内，这样才能保证推送轨迹准确无误，柔性接触装置的表面应当方便清理，而且材质要有一定的抗静电性能，以免在高速往返运动时由于摩擦而产生静电吸引织物纤维或者灰尘。

图3.5 推送式装衣机构

### 3.6 出料输送机构设计

出料输送机构负责把已装袋完毕的袋装T恤从主工作区平稳而连续地输送到收集区域（可能是收集筐，工作台或者下一条流水线），进而给下一个工作循环腾出作业空间，此设计一般用平皮带输送机作 出料机构，这样就能保证输送平稳，噪音小，并且能够给予足够的摩擦力，这个输送带常常被设置在主装置开袋及推送工位之后，它的输送平面与主工作平面处于同一水平线上，便于袋装T恤在推送动作结束后自行滑落并被接住，其驱动方式是靠电机经由同步带带动整条环形输送带转动。[26]出料输送带的速度要同主装置的生产节拍（650件/小时）相符，一般设定成稍大于主节拍所对应的线速度，这样就能保证已封装好的袋装T恤及时运送走，防止出现在出料口积压的情况。

若想改善出料末端的收集及整理成果，可在输送带两侧设置低矮的柔性导向护边，也就是软质塑料挡条，以此来阻止袋装T恤在输送时发生横向滑落现象，在输送的尾端还可增设收集整理单元，利用电机带动推送构件做来回移动，使得包装完毕的衣物能够在收集区域被整齐地放置起来，这样的结构能够经由电机，齿轮，转动轴以及推板相结合的方式达成对包装好衣物的自动化收集与整理目标，进而减轻人力介入的程度，并提升出料阶段的连贯性和秩序感。[27]。

沈阳化工大学本科毕业设计说明书 第三章 关键部件结构设计

## 第四章 传动系统设计与电机选型

### 4.1 同步带直线模组设计与校核



同步带传动是连接伺服电机与直线推送模块的核心传动部件，需满足推送机构的高精度、高响应运动要求。根据第3.5.1节设计，推送机构采用电机驱动同步带直线模组实现直线运动，选型与校核如下：

按推送机构电机（松下MSMF042L1U2M，400W）额定转速3000r/min计算。根据推送速度需求，设定主动轮齿数，从动轮齿数（减速比）；同步带型号为XL型（节距），带宽；节线长（对应带轮中心距，满足安装空间要求）；传动效率）[28]。带速计算：

代入，，：

根据XL型同步带选型手册，带宽、带速时，单根带额定功率。推送机构电机额定功率，满足，带速与功率匹配。同步带张紧力需满足：

为橡胶带密度，为带横截面积

根据同步带疲劳寿命公式，预期寿命计算：

其中，为同步带极限拉伸强度（XL型时），代入得：

其远超设备的设计寿命，按照每天8小时，每年工作250天来算，设计寿命大约为5年或者10000小时，这个寿命符合要求。

图5.1

#### 4.2 同步带强度校核

同步带强度校核需验证其在工作载荷下的拉伸应力、剪切应力及疲劳强度，确保不发生断裂或打滑。同步带工作时承受的最大拉伸应力为：

其中，为橡胶带弹性模量，（同步带许用伸长率，XL型推荐值），：

XL型同步带拉伸强度极限，安全系数，大于许用安全系数，拉伸强度满足要求。同步带齿部承受剪切应力，需满足：

其中，（同步带与主动轮啮合齿数），（XL型带齿高度）：

XL型同步带齿部剪切强度极限，安全系数：

远大于许用安全系数，剪切强度满足要求。同步带疲劳强度主要取决于循环应力幅，其许用应力（XL型橡胶带疲劳极限）。工作应力幅：

疲劳强度满足要求。

#### 4.3 推送机构电机选型参数计算

单件周期是5.54，推送动作时间设定为3秒，推送行程为0.5，其速度曲线呈梯形，运动部件包含滑台，推送杆以及T恤在内的整体质量。

由

得

与之前设定一致。加速度：

惯性力：

总负载力：

设工作阻力（摩擦等），则（与推力假设一致）。

所需峰值扭矩（电机轴）：

根据计算，推送机构伺服电机需满足：额定扭矩  $> 1.2$ （根据 RMS 估算），峰值扭矩  $> 3.33$ 。

#### 4.4 运动时序与纯机械式协调控制逻辑

若想达成T恤自动装袋的连续而高效运行，就需在机械结构设计之时，精准地规划并协调各功能模块的运动，本设计采取纯电机推动方案，其协调控制逻辑依靠对各电机动作加以编程，并借助电子手段达成同步，并非传统意义上的机械凸轮轴或者气动顺序阀，在探究柔性物料自动化上下料的时候，往往也要把视觉系统，机器人系统以及执行机构归入同一控制体系当中，经由任务拆解，系统校准和协同控制来保障获取，运送和放置环节的连贯性与准确性。[29]核心在于依靠中央控制器（比如可编程逻辑控制器PLC或者运动控制器）来规划整个工作循环，于相关立式自动包装机研究当中，往往会用PLC去安排设备的运行过程，经由系统控制流程图以及梯形图程序达成自动循环，状态判定以及各个机构动作的有序配合。[30]控制逻辑会把“单次装袋”拆解成一系列严谨且需反复完成的操作流程，一般覆盖“上料 - 折叠 - 袋体传送 - 开袋 - 推送 - 出料 - 各部件归位”这些主要环节。

其时序规划把节拍时间当作核心限制条件，也就是要达到650件/小时（大约5.54秒/件）这个总体目的，有关自动包装设备的研究显示，一般得先把包装动作拆解开来，明确各个动作的先后顺序，然后让控制系统对各个执行机构实施统一调度和协同控制，这样才能使得设备在持续反复的工作状态下平稳运行。[31]控制器针对每个电机轴（即每个执行机构）安排一条独有的位置 - 时间曲线或者速度 - 时间曲线，这些曲线在时间轴上要精准对接，做到无缝拼接，拿开袋机构的“吸附 - 张开 - 保留”动作序列来说，“保留”阶段的起始时间需与推送机构“启动加速”的时间节点完全一致，而且“保留”的历时也要包含整条推送路径。控制器凭借自身内部的高精度定时器或者依靠各个轴之间的电子凸轮，电子齿轮等同步机能达成这样的协调，比如可以把推送机构的伺服电机当作主轴，开袋机构的开合运动当作从轴，利用电子凸轮表形成二者的位置跟随联系，这样就算主轴的速度不断小幅调整，从轴也能够维持恰当的相对相位[25]，保证在高速节奏的时候，许多机械机构能够像精细的手表那样相互配合，防止发生碰撞和妨碍，最后稳固而可靠地完成自动化装袋过程。

沈阳化工大学本科毕业设计说明书 第四章 传动系统设计与电机选型

#### 第五章 结构强度校核

##### 5.1 推送轴的强度与稳定性校核

推送轴是装袋推送机构中直接承受轴向推力、弯矩和扭矩的核心传动件。根据第四章4.3节计算，推送轴承受以下载荷：

轴向压力：

推送机构总质量，重心偏心，最大弯矩：

扭矩：

轴材料为45钢调质处理， $\sigma_s = 355$ ， $\sigma_{-1} = 2.06$ 。对称循环疲劳极限：

考虑表面质量系数，尺寸系数，安全系数，则许用弯曲应力：

许用扭转切应力取：

轴径，计算长度。截面面积：

惯性矩：

抗弯截面系数：

抗扭截面系数：

惯性半径：

弯曲强度：

扭转强度：

复合强度（第四强度理论）：

静强度满足要求，安全裕度大。压杆简化为一端固定、一端铰支压杆，长度系数  $\mu$ 。柔度：

因  $\lambda$ ，为中柔度杆。采用直线公式。临界应力：

临界载荷：

稳定安全系数：

稳定性极高，无失稳风险。

## 5.2 机架主支撑梁的静刚度、动刚度分析

以安装推送模块和开袋模块的核心横梁为例，跨度  $L$ ，简化为简支梁。载荷：

材料Q235B， $E=2.06 \times 10^5$ ， $I=7.9$ 。截面面积：

惯性矩：

利用叠加原理计算跨中C点挠度， $w_C$  引起：

引起（估算）：

引起：

总挠度：

取许用挠度：

因  $w_C=0.172$ ， $w_C < 0.8$ ，弯曲刚度满足要求。假设侧向扭矩  $T$  作用于跨中。矩形闭口薄壁截面抗扭惯性矩  $J_t$ 。单位长度扭转角：

在300mm作用长度内，总扭转角：

对安装精度影响可忽略。轴径  $d$ ，扭矩  $T$ 。选用A型平键，材料45钢，许用挤压应力  $[\sigma_p]$ 。键有效工作长度  $l$ 。挤压应力

：

键连接强度足够。

沈阳化工大学学士学位论文 第五章 结构强度校核与成本核算

第六章 绿色设计理念融入环境及安全评估

## 6.1 设计过程中的绿色创新理念

### 6.1.1 核心绿色设计思想

本设计采用非传统气动（气压）推动方案，这是它最为突出的绿色考量之处，气动系统成本低，但是所依靠的空压机属于典型的“能耗大户”，其能量转换效率较低，一般仅为10%-20%，而且运行时噪音较大，容易引发油雾污染以及气体泄漏等状况。本设计选定的“全电机推动”方案，从根本上规避了前面提到的那些环境不良影响，具备节能减耗，控制污染及噪音，彻底杜绝空气系统中有害油雾排放，缩减噪音，削减耗材并执行模块化，长寿命设计等特点，可以保障其在设计寿命周期之内稳定运行，免除由于过早损坏造成的资源损失。

### 6.2.2 材料选择考量

设计要符合强度与刚度的要求，首先选用轻量化材料，比如用铝合金型材做机架，这样既能缩减材料使用量，又能减轻产品运送时的能量消耗，所有的金属部件表面加工方法都被假定为环保型涂装或者氧化处理。[32]要避免含有重金属或者高挥发性有机化合物（VOC）的涂料。

## 6.2 环境影响分析

本T恤自动装袋装置在使用时正面环境影响最突出，它用纯电推动取代传统依赖压缩空气的气动设备，从根本上可缩减高能耗，高噪音以及气体泄漏等情况。设备运作时不需不断供应压缩空气，如此一来就能阻止空压机系统增添不必要的电力耗费，而且能让整体能耗下降，纯电推动较为稳定，噪音小，利于改良生产车间的工作环境，减轻对操作人员健康及舒适感的不良影响，由于此设备不存在油雾，废气或者气动元件频繁排气的情形，所以其在使用时更为洁净，能够减小对工作场所空气质量的冲击。把高效电机与恰当的控制策略融合起来，节能方面的优势还能进一步提升，文章从整个生命时段展开剖析，这个装置大概会具备较低的碳足迹，其环境友好程度较好，这与其绿色制造，低碳生产的趋向相符。

6.3 安全评估

本设计依照“本质安全”与“防护优先”的准则执行了安全考量及规划，在机架外部，特别在旋转传动部件和运动模块的非操控一侧，规划安装由金属网或者钣金制作而成的固定防护罩，以避免人员不慎碰触。在主要的操作和保养地点设置带有电气联锁的安全门或者光栅，一旦防护门开启或者光栅被阻挡，控制系统便会马上引发电急停，所有的推动电机失去电源并且开始制动，从而保障运动部件快速停下。

在设备操作面板以及许多容易到达的地方安装醒目的急停按钮（按照标准，是红色蘑菇头样式），按下它就会马上断开主电路的动力供应，所有的电气柜都要达到IP防护等级的要求，这样就能阻止灰尘和液体进去。设备的金属框架要可靠地接地，以防出现漏电的情况，动力线和控制线要分开铺设，并且要做好过载和短路的保护措施，在PLC的程序里面融入安全逻辑，使得设备在安全门没有关上，急停被按下来，或者气压不够（比如用吸盘的时候）这些状况下无法开始运转。启用伺服驱动器的扭矩限制功能和位置偏差超差保护功能，避免由于机械卡死而造成设备损毁或者产生意外的大扭矩，要设置恰当的原点复归逻辑和行程限位逻辑，防止机构超出范围发生碰撞，在设备显眼的地方贴上安全警示标识，上面写着诸如“警惕机械伤人”、“运行时禁止开启防护门”之类的话。

6.4 成本核算

本T恤装袋装置的成本核算基于设计选用的标准件、定制加工件及辅助材料进行估算，涵盖机械结构、传动系统、驱动单元及基础电气元件，未包含控制系统（PLC、HMI等）及非标模具费用。伺服电机（共4台）占总成本的37.8%（3480元），为最主要支出；定制加工件（机架、开袋机械手等）占比38.1%（3500元），反映非标机械结构的加工成本。选用国产主流品牌（台达、HIWIN）替代进口，降低驱动与传动元件成本；机架采用矩形钢管焊接而非铝型材，兼顾刚度与经济性；推送杆、挡料器等采用铝合金轻量化设计，减少材料用量控制系统（PLC、HMI、传感器、真空泵等）约需3000-5000元。（单位：人民币元）核算结果如下：

表5.1 T恤装袋装置的成本核算

类别	项目	规格/型号	数量	单价估算	小计	备注
标准件	伺服电机（推送机构）	松下MSMF042L1U2M（400W，3.18N·m）	1	1200	1200	满足峰值扭矩>3.33N·m、额定扭矩>1.2N·m要求
	伺服电机（开袋机构）	松下MSMF022L1U2M（200W，0.64N·m）	1	800	800	用于开袋机械手驱动，需高精度定位
	伺服电机（上料/出料输送）	台达ECMA-C20602RS（200W）	2	700	1400	分别驱动上料、出料输送带
	伺服电机（整理机构）	台达ECMA-C20402RS（100W）	1	500	500	驱动曲柄凸轮机构
	同步带（XL型，带宽6.4mm）	节线长457.2mm，z <sub>1</sub> =20，z <sub>2</sub> =40	1套	150	150	推送机构传动
	齿轮齿条（模数2，45钢调质）	齿轮z=20，齿条长度600mm	1套	300	300	推送机构直线传动

真空吸盘（硅胶材质） 直径20mm，带缓冲 2 80 160 开袋机构吸附

直线导轨（HIWIN EGH15CA） 长度600mm 2根 200 400 推送机构导向

轴承（深沟球轴承6204） 内径20mm 4 30 120 推送轴、输送带支撑

定制加工件 机架（80×40×4矩形钢管，Q235B） 尺寸1200×800×1500mm 1套 1500 1500 主支撑结构

推送杆（铝合金6061-T6） 直径20mm，长度500mm 1 200 200 轻质高强度，带柔性接触装置

开袋机械手（连杆机构，45钢） 对称四连杆结构 1套 800 800 含撑开臂、安装座

挡料器（L形挡板，铝合金+硅胶） 尺寸150×100mm 1 150 150 上料定位

袋仓（不锈钢304） 容量200袋，尺寸300×200×400mm 1 600 600 塑料袋存储

辅助材料 输送带（平皮带，PU材质） 宽度500mm，长度2000mm 2条 300 600 上料、出料输送

电气辅材（电缆、接线端子、开关） 1批 500 500 基础供电与控制连接

合计 9210

## 第七章 结论

本毕业设计围绕“T恤装袋装置结构设计”展开，包含需求分析，方案论证，详细设计，性能验证以及图纸表达等环节，最终形成较为完善的自动化机械结构方案，该设计以每小时650件为目，利用纯电机推动，其整体布局涵盖上料，袋体供料，开袋，推送和出料等主要模块。在关键部件设计方面，上料机构经由输送带与定位挡料器完成任务，整理机构凭借电机带动曲柄凸轮机构，开袋机构融合吸盘吸附与机械撑开臂技术，推送机构于末端实施柔性接触设计，用以应对轻薄物料存在的粘连，褶皱及定位难题，在传动与驱动部分，已经完成同步带，齿轮的传动计算，而且针对电机选型以及主要零部件执行了强度和刚度校核，从而确保整体结构安全可靠，[文章借助SolidWorks软件创建三维模型](#)，并开展运动干涉检测，还凭借AutoCAD软件绘制总装配图和零件图，使得设计方案具备完整性和可操作性。

该设计的革新之处在于针对轻薄柔韧材料执行结构改良，而且采取纯电机推动及集中调控的方法，此设计使得开袋成功率有所提升，动作精准度也得到加强，其守护工作变得更为轻松，噪音与能耗均被削减，文章就柔性物料处理时，顾及到推送杆末端的柔性接触以及多指设计，整理机构的可调行程曲柄凸轮等情况，主要是由于这些部分符合T恤防皱和定位的需求，从而提升了成品包装的质量，从理论层面来讲，该方案把机构学，传动设计，强度校验以及控制原理融合起来加以运用，给类似柔性物料的自动化装袋供应了可供模仿的设计范例，在实际操作当中，该装置结构较为紧凑，目的也很清晰，成本亦能被掌控，这有益于中小规模的服装企业开展自动化转型，做到生产效率的改善，人工成本的缩减，具备一定的推广意义。

## 沈阳化工大学本科毕业设计说明书 第七章 结论

设计已在理论上得到证实，并且经由软件仿真得以验证，不过仍然存在一些短缺之处，其一未制造实物样机，其二未于实际工况之下展开检测，主要部件的运动参数，电气操控情况，不同材质及规格的T恤衫与塑料袋是否合适等均需进一步验证，后续工作能够凭借样机加工和调整来改善机构的运动状况，研发出完备的控制系统并且采用智能功能，其中牵涉机器视觉检测和袋口定位，还要针对关键部件的参数执行改良，从而做到模块化扩充的效果，甚至加上自动封口的功能，使得该设计最终得以实现，变成成一台高效又可靠的自动化装袋设备。

## 参考文献

赵成英，李学艺，何巍华等人就PM1824型包装机的结构设计及其可靠性仿真分析展开论述，《机械设计与制造》2021年刊发了该文章。

湖南领创智能技术有限公司. 服装包装机:202423137236. 8[P]. 2025-11-28.

区其安. 智能服装包装机:中国, 201510830218. 4[P]. 2017. 05. 31.

浙江百慧服饰有限公司. 一种服装自动化熨烫打包一体设备:202411890497. 9[P]. 2025-02-11.

山东新天地服装有限公司. 一种服装自动折叠打包装置:中国, 202510416826. 4[P]. 2025-06-03.

李振龙完成了一篇名为《块状菜肴抓取软体机械手设计与试验研究》的学位论文, 该论文于2025年由我国农业机械化科学研究院授予。

刘长荣, 侯桂凤, 侯东军, 等. 多功能自动装袋机的设计[J]. 农机化研究, 2005, (05):122-124.

Yew H C , Sahari M S K .Real-time modeling and parameter approximation of dexterous garment folding by robot[J].Artificial Life and Robotics, 2019, 24(1):119-126.

Osawa F , Seki H , Kamiya Y .Clothes Folding Task by Tool-Using Robot[J].Journal of Robotics and Mechatronics, 2006, 18(5):618-625.

郑临众. 立式自动包装机结构优化与控制研究[D]. 东北大学, 2017.

赵浩浩完成了一份名为《活动转板式马铃薯分级 - 装袋装置改良设计与试验研究》的硕士学位论文, 该论文由内蒙古农业大学于2024年授予。

李贺. 自动上料毛巾折叠机的研究与设计[D]. 吉林大学, 2014.

江苏万久自动化设备有限公司. 一种服装自动包装机的新型打包机构:中国, 202223120951. 1[P]. 2023-04-18.

东莞市瀚羽智能装备有限公司. 服装折叠打包的承托夹紧机构:中国, 202321878757. 1[P]. 2024-02-06.

邱光军, 黄兴元, 柳和生, 等. 粉料充填包装的自动取袋、开袋机构设计与运动仿真分析[J]. 包装与食品机械, 2023, 41(03):101-106.

商勇, 刘菲. 包装机开袋机构优化设计及应用[J]. 机械研究与应用, 2022, 35(05):143-145.

浙江逸帅机电科技股份有限公司. 用于服装包装机的开袋结构:中国, 202222287395. 0[P]. 2022. 12. 06.

东莞市瀚羽科技有限公司. 服装装袋夹持装袋机构:中国, 202222116039. 2[P]. 2023-01-13.

杭州电子科技大学. 全自动服装快递袋包装机:201620442926. 0[P]. 2016-12-07.

东莞市瀚羽科技有限公司. 服装装袋封口机:中国, 202210978083. 6[P]. 2022-10-11.

湖北策马服装实业有限公司. 一种用于服装生产智能服装包装机:中国, 202222084150. 8[P]. 2022. 11. 11

黎健华的博士毕业论文题目为“依托3D视觉的柔性料包无序抓取及复合机器人作业位姿纠偏方法探究”, 该论文于2023年在深大完成。

胡伟. 基于PLC的BL300型立式食品包装机控制系统设计[D]. 安徽农业大学, 2015.

杨超. 柔薄材料折叠仿真与自动包装设备开发[D]. 华中科技大学, 2021.

浙江迪撒服饰有限公司. 一种用于T恤衫的防痕包装结构:202320863032. 9[P]. 2023-09-19.

Gomesh N , Daut I , Kumaran V , et al. Photovoltaic Powered T-Shirt Folding Machine[J]. Energy Procedia, 2013, 36313-322.

Khan M A , Murtaza S A , Ahmed S H , et al. Shirt folding and packing machine[J]. unpublished.

朱双霞, 张红钢. 机械设计基础[M]. 重庆大学出版社:201608:292.

潘银松. 机械原理[M]. 重庆大学出版社:201608:241.

胡建生. 工程制图[M]. 化学工业出版社:202106:300.

金江,袁继峰,葛文璇,等.理论力学[M].南京东南大学出版社:201901:299.

张涛然,晁晓洁,郭丽红,等.材料力学[M].重庆大学出版社:201806:231.

沈阳化工大学本科毕业设计说明书 参考文献

致 谢

行文至此,落笔为终,大学四年的时光就这样走到终点,回首这趟旅程,起始于2022年的金秋,结束于2026年的盛夏,几年的光阴转瞬即逝,那些当时觉得平常的日子,那些没有及时珍视的人与事,在此刻变得分外清楚。一路走来,有迷茫,有失落,还有不少未曾倾诉的委屈与伤感,如今提起笔来写下这些文字,内心更多是不舍与感慨,那些无法再回去的时光,最终成为青春里最为柔软,也是最为遗憾的部分。

学海无边,师恩厚重,真挚地感激指导老师王丹老师,在研究方向选定,实验设计,数据分析直至论文撰写整个期间所给予的细致指导和耐心理解,老师有着严谨的学术态度,深沉的逻辑思维和广博的专业知识,这令我在科研路上收获颇丰,也要感谢各位授课老师在课堂上传授的知识与方法,使得我在学习进程中不断开阔眼界,增添见识,并牢牢记住师恩。

岁月宁静,时光飞逝,感谢我的室友和同学,在大学四年里相互陪伴,彼此懂得并给予支持,这才让我的校园生活如此快乐而温馨,无论是共同探讨难题的时候,还是相聚欢笑的时刻,这些都是我宝贵的回忆,记得在我困惑之时,是你们给我信心;在我疲惫之际,又是你们帮我一把,这才让我在学习的路上体会到了友谊的魅力,希望以后的日子里,大家都能朝着自己的目标前进,别忘了那段我们一起度过的青春时光。

父母之恩深似海,真心感激您们二十多年来的无私奉献与精心呵护,正是您们的默默关爱和支持,使得我在学习和生活上毫无惧色,因为有您们无言的守候,我才得以坚定地朝着自己的目标迈进,并大胆迎接各种考验,日后无论何时何地,请相信我会以自己的努力来让您们满意,这份血缘之情也将始终是我前行的动力所在。

岁月归于你,清风属于你,日光属于你,雨露同样属于你,课堂上每一次探讨,图书馆里每个深夜,操场之上每一次奔腾,共同欢笑互相勉励的时刻,皆为你所留下的痕迹,你是我青涩岁月中的暖阳,是我迷惘之时赋予力量的源头,四季交替,景色变换,你却一直伴我成长,令平淡的日子充满意义,回望那段时光,欢笑与泪光交织而成一幅幅珍贵画面,每一张都烙印着难以忘怀的回忆。余生悠长,我带着你赋予的勇气与温暖向前迈进,让每一份付出和坚守不辜负大好年华,每次被感动化为内心深处最温柔的回忆,期望将来旅途之中,能把你在留给我的力量和美好传承下去,用真心珍藏每一次相逢,记住青春时期的你。

---

## 报告指标说明:

- 1.复写率:指相似或疑似重复内容在全文中的比重。
- 2.自引率:指引用本人发表内容占全文的比重,需正确标注引用。
- 3.他引率:指引用他人内容占全文的比重,需正确标注引用。
- 4.专业术语率:指公式定理、法律条文、行业用语等在全文中的比重。
- 5.去除本人引用相似率:指去除本人发表部分后,相似或引用内容占全文的比重,需正确标注引用。
- 6.去除专业术语相似率:指去除专业术语后,相似或引用内容占全文的比重。
- 7.自写率:指原创内容在全文中的比重。



8.典型相似文章：指相似或引用内容占全文总相似比超过30%的文章。

相似片段中“综合”包括：《中文主要报纸全文数据库》《中国专利特色数据库》《中国主要会议论文特色数据库》《港澳台文献资源》《图书资源》《维普优先出版论文全文数据库》《年鉴资源》《古籍文献资源》《IPUB原创作品》

---

## 须知：

- 报告编号系送检论文检测报告在本系统中的唯一编号
- 本报告为维普论文检测系统算法自动生成，仅对您所选择比对资源范围内检验结果负责，仅供参考。

---

唯一官网：<https://vpcs.fanyu.com> 客服邮箱：[vpcs@fanyu.com](mailto:vpcs@fanyu.com) 客服热线：400-607-5550 客服QQ：4006075550