



课程论文

COURSE PAPER



论文题目：面向肯德基的餐食分装传送装置
设计说明书

学生姓名：谭正 耿梓航 赵启 汤逸磊 徐哲

课程名称：设计与制造 II

指导教师：盛鑫军

学院(系)：机械与动力工程学院

面向肯德基的餐食分装传送装置

设计说明书

摘要

目前肯德基门店存在高峰期店员收银与取餐任务重叠，操作效率不高，取餐等候时间长的问题。本项目旨在设计出面向肯德基的餐食分装传送装置，即一个五自由度机械臂，为肯德基目前存在的取餐效率不高和一人多职的问题提供一种解决方案。制作出的装置能够在收到信指令后，转动到指定位置夹取汉堡、饮料、薯条，并放置到指定区域。本项目中设计一自适应结构来防止破坏食物完整；并在结构设计上力求降低重量和尺寸。

本设计说明书的内容包括引言、功能分解和总体设计思路、机械结构详细设计、模型的加工与装配、电路控制系统、总结与展望、致谢，共八章。本项目通过采访、实地调查确定意义性与可行性；通过理论计算、建模、仿真确定设计方案；通过机械加工与装配制作模型。

关键词：肯德基，餐食传送，五自由度机械臂，自适应

A SAMPLE DOCUMENT FOR LATEX-BASED SJTU THESIS TEMPLATE

ABSTRACT

Currently during rush hours, KFC staff often has to play the role of cashier and food collector at the same time, leading to poor efficiency and long waiting time. This project aims at designing a food-collecting and transferring equipment for KFC, which is a 5 DOF(Degree of Freedom) manipulator, providing a possible solution to KFC's current problems. After receiving signals, the equipment can rotate and move its arms to reach hamburgers, soft drinks or french fries, clamp them, and move them to certain locations. This project involves an adaptive design to protect foods' appearance, and seeks to reduce weight and size.

This design specification contains 8 chapters: introduction, function decomposition and overall design ideas, detailed structure design, physical model making and assembly, circuit control system, summary and prospect, and acknowledgement. This project's significance and feasibility are confirmed by interviews and field visits; final design scheme is based on theoretical calculation, 3D modeling, and simulation; physical model is made through machining and assembly.

Key words: KFC, food-collecting and transferring, 5 DOF manipulator, adaptive design

目 录

第一章 引言	1
1.1 立项背景	1
1.2 项目任务书	1
1.2.1 题目：面向肯德基的餐食分装传送装置	1
1.2.2 项目方案简介	1
1.2.3 项目预期目标	1
1.2.4 任务	2
1.2.5 成果呈现方式	2
1.2.6 项目起止时间：2019.9.27 至 2020.1.11	2
第二章 功能分解和总体设计思路	3
2.1 功能分解	3
2.1.1 接收和分析指令	3
2.1.2 夹取不同的工件	3
2.1.3 移动工件	3
2.2 运动转换的基本功能和传动、减速机构的选型	4
2.2.1 运动类型的转化	4
2.2.2 机构选型	4
2.3 工作流程	4
第三章 机电控制系统	7
3.1 电机选型	7
3.2 驱动器选择	9
3.2.1 步进电机驱动	9
3.2.2 直流电机驱动	9
3.3 电源选择	9
3.3.1 供 DM542 驱动器	9
3.3.2 供 DM542C 驱动器	10
3.3.3 供 L298N 驱动器	10
3.4 传感器选择	10
3.5 控制板选择	11

插图索引

图 2-1 输入本装置的指令结构	3
图 2-2 五杆机构夹取器	4
图 2-3 机械臂运动流程图	5
图 2-4 本装置的总工作流程图	5
图 3-1 86 步进电机	8
图 3-2 42 步进减速电机	8
图 3-3 直流有刷电机	8
图 3-4 DM542	9
图 3-5 DM542C	9
图 3-6 L298N	9
图 3-7 250W 电源	9
图 3-8 100W 电源	10
图 3-9 12V 电源	10
图 3-10 压力传感器	11
图 3-11 arduino UNO	11

表格索引

主要符号对照表

ϵ 介电常数
 μ 磁导率
 ϵ 介电常数
 μ 磁导率

第一章 引言

本项目设计“面向肯德基的餐食分装传送装置”。

本章节聚焦立项背景和设计任务书两部分。

1.1 立项背景

本项目的立项是基于对肯德基目前状况的调查后展开。

本项目选择人流量多的东川路地铁站肯德基门店作为调研对象。经过采访店员后，得到目前门店收银与取餐存在的问题有：高峰期人流多忙不过来；人手不少但效率不高；收银与取餐重叠，存在顾此失彼状况。另外，随机抽选五家上海不同处的肯德基，分析其店面布局，总结出以下特点：收银区域与取餐区域分离；食物集中摆放于食物架上，集中而固定；取餐区域后侧即为食物架，中间有一定可操作区域。

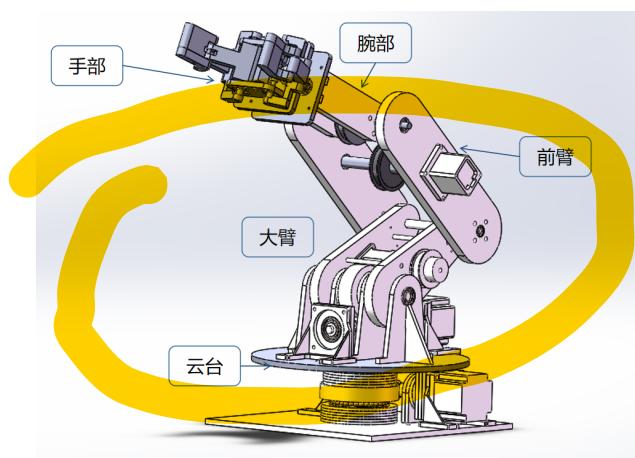
可以发现，肯德基目前需要一个能够减轻店员负担，解决店员一人负责多项任务的状况，且适合肯德基店面布局的产品。本项目旨在设计、制造出一个面向肯德基的餐食分装传送装置，尝试为目前存在的问题提供一种解决新思路。

1.2 项目任务书

1.2.1 题目：面向肯德基的餐食分装传送装置

1.2.2 项目方案简介

本项目设计一个五自由度机械臂来夹取汉堡、饮料、小食，其包含有：一个云台、一个大臂（1号臂）、一个前臂（2号臂）、一个腕部（3号臂）、一个自适应末端执行机构（手部）。机械臂功能要实现根据收到的指令，机械臂转动、自适应夹取食物，放置食物。



1.2.3 项目预期目标

制作出 1:1 的机械臂实物模型，并能够实现：

(1) 云台 360° 转动

- (2) 1号臂俯仰 90°
- (3) 2号臂俯仰 50°
- (4) 腕部俯仰 90°
- (5) 手部张合 120°
- (6) 根据输入指令自动转动机械臂夹取食物，并放置于指定区域。

1.2.4 任务

- (1) 云台、1号臂、2号臂、腕部、手部分别的详细设计图纸
- (2) 重要零件应力分析
- (3) 各加工部分的零件图
- (4) 机械臂的总体装配图
- (5) 机械臂运动学仿真
- (6) 电机、驱动器型号选择
- (7) 机械臂实物制作
- (8) 设计说明书撰写

1.2.5 成果呈现方式

本项目成果最主要呈现方式为 1:1 实物模型展示，并能现场演示各项功能。其他成果包括本设计说明书。

1.2.6 项目起止时间：2019.9.27 至 2020.1.11

第二章 功能分解和总体设计思路

2.1 功能分解

本项目所设计的装置的目标功能可以分解为接收和分析指令、夹取不同的工件和将其移动到指定位置。

2.1.1 接收和分析指令

本装置接受到的指令需要包含夹取的工件位置列表，所需夹取的工件的类别列表等信息。位置坐标使用笛卡尔坐标系，以本装置的基坐标为基底描述；工件的类别用不同的字符串描述。在本装置完成夹取装盘后，是否通知顾客取单还取决于以实时取餐区域剩余工件数量等，所以本装置接收到得指令中应能够指示其完成夹取后的行为。

综上所述，输入本装置的指令应可用如图2-1所示的数据结构储存。

```
msg = [
    ['all', [0, 0, 0]],
    # 'all' 表示仅由该装置就可以夹取本次订单上的所有所需工件
    # 第一个元素的坐标不具有实际意义，[0, 0, 0] 也是根本不可能达到的坐标
    ['cola', [1, 2, 2]],
    ['hamburger', [1, 3, 3]]
]
```

图 2-1 输入本装置的指令结构

Figure 2-1 Input command structure

为保证系统的稳定运行，我们拟不对用户开放设置装置运动快慢的接口。

2.1.2 夹取不同的工件

为了使我们的末端执行机构能够夹取不同形态的工件，我们在设计末端执行机构时使用了两自由度的夹取器。举个例子，在如图2-2所示的末端执行机构中，原动件有就有两个：跟电机输出轴相连接的轴（图2-2中的 E, E' ）和工件的形态尺寸的对夹取作用的杆（图2-2中的 $3, 3'$ ）。

2.1.3 移动工件

在移动工件有很多解决方案，为了方便直接改装现有的肯德基餐厅并且保留更多的可开发性，本项目在设计时放弃了诸如传送带等运输方式，而是采用一个具有多自由度的机械臂来移动工件。考虑到在移动特殊工件（如饮料）时，机械臂的末端需要保持水平以防止液体溢出，所以我们所设计的机械臂应有一个冗余的自由度，而移动工件的空间坐标 (x, y, z) 至少需要 3 个自由度，所以我们所设计的机械臂至少需要 4 个自由度。

根据上述功能分解，为了满足我们对肯德基快餐的分装传送需求，我们给出的解决方案为：一个四自由度的机械臂加一个自适应末端执行机构。

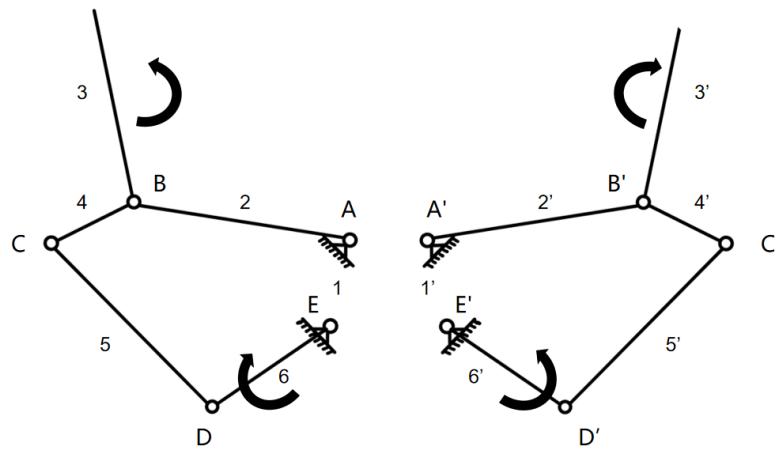


图 2-2 用五杆机构实现的末端执行机构
Figure 2-2 End effector with five-bar mechanism

2.2 运动转换的基本功能和传动、减速机构的选型

2.2.1 运动类型的转化

在本装置中，四自由度机械手的是一个位置随动的开环控制系统，各个关节的转动由步进电机就可以驱动，通过发送脉冲可控制其转动到指定角度。因此在这一部分，原动件运动类型为转动（周转、摆动），从动件的运动类型为摆动，所以运动类型不需要转化；而在本装置的末端执行机构中，需要将原动件的转动转化为夹取运动，采用图2-2所示的五杆机构就可以实现这种转化。

2.2.2 机构选型

设计时需要我们进行选型的机构主要是传动、减速机构，选择的依据如下：

1. 根据从动件的运动轨迹（不与实际设计的机架相干涉）选择末端执行机构；
2. 根据市面上方便买到的电机的功率、额定扭矩和我们所大致需要的扭矩选择我们的减速机构。

2.3 工作流程

根据上述分析可以绘制本装置的工作流程图如图2-4。其中，机械臂运动的可以用工作流程图可以表示如图2-3。在提取下一时刻各个关节位置时，若已经到达运动轨迹终点，则下一时刻各关节位置与当前相同。

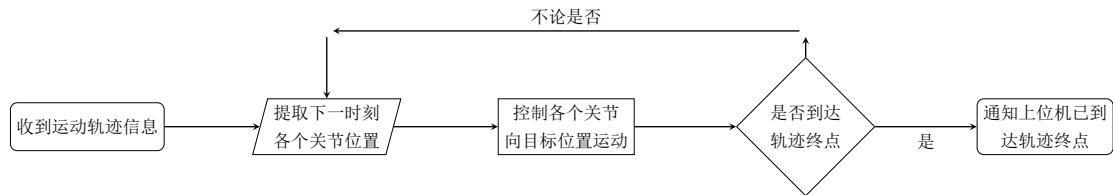


图 2-3 机械臂运动流程图
Figure 2-3 Robotic arm moving flow chart

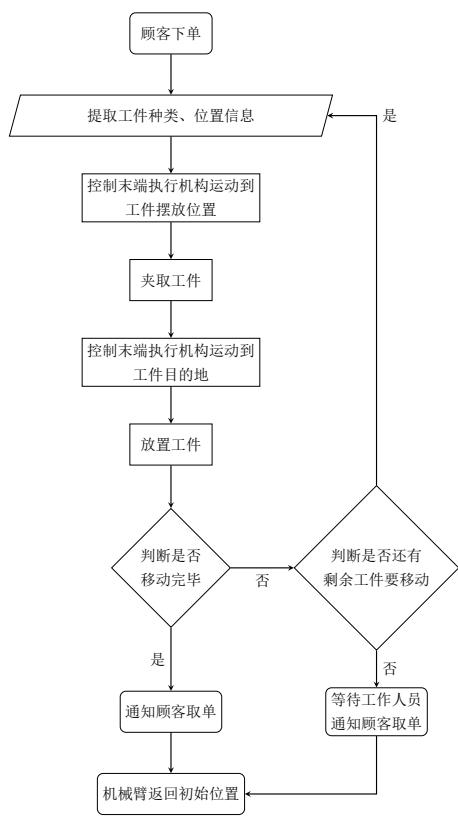


图 2-4 总工作流程图
Figure 2-4 Overall workflow

第三章 机电控制系统

3.1 电机选型

由本项目的结构设计可知，整体共有五个自由度，需要五个电机进行驱动。鉴于机械臂及云台转动角度的精准度要求较高，本项目的机械臂部分均采用步进电机进行驱动。而手部仅要求简单控制电机轴正反转即可，因此手部选用直流有刷电机。

接下来将根据各个关节输入的需求，分析电机的选型。

1. **云台：** 经过搜索，我们能买到的较大扭矩的步进电机（86 步进电机，如图 3-1）可以提供约 $4N \cdot M$ 的扭矩，经过与蜗轮蜗杆的配合减速，正常运行时能产生约 $200N \cdot M$ 的扭矩，以及约 3.5 转/分的转速，可以满足对云台的驱动要求。
2. **1号臂：** 由于 1 号臂所承受的载荷最大，驱动 1 号臂需要的扭矩也较大，因此同样选择与云台相同的大型 86 步进电机（ $4N \cdot M$ 型），经过蜗轮蜗杆的配合减速，正常运行时能产生约 $150N \cdot M$ 的扭矩，经 Matlab 核算，可以满足 1 号臂的扭矩需要，减速后的转速最快可至 6 转/分，也足够满足需求。
3. **2号臂：** 由于 2 号臂与 3 号臂部分没有外加减速机构，因此选用电机时需要直接选用减速电机增大输出扭矩，且本身体积与质量不能过大，否则对 1 号臂负担过大。经过选择，2 号臂最终采用了减速比 1:99 的 42 减速电机（ $0.7N \cdot M$ 型，如图 3-2），减速后的输出扭矩可达 $69.3N \cdot M$ ，转速接近 2 转/分，可以满足 2 号臂的转动需要。
4. **3号臂：** 3 号臂与 2 号臂要求类似，只是需要的扭矩较 2 号臂小一些，因此采用扭矩为 $0.55N \cdot M$ ，减速比 1:99 的 42 减速电机，减速后的输出扭矩约为 $54.45N \cdot M$ ，转速同样为 2 转/分，可以满足 3 号臂的转动需要。
5. **手部：** 根据上文中手部结构的设计，夹取时需要的输入扭矩大约为 $0.5N \cdot M$ ，故选用了减速比为 1:142 的直流减速电机（如图 3-3），其最终输出扭矩可达 $0.6N \cdot M$ ，满速转速为 30 转/分，可以满足手部输入的要求。

综上，电机部分的选型如下：云台：86 步进电机（ $4N \cdot M$ ）

1 号臂：86 步进电机（ $4N \cdot M$ ）

2 号臂：42 减速步进电机（ $69.3N \cdot M$ ）

3 号臂：42 减速步进电机（ $54.45N \cdot M$ ）

手部：直流减速有刷电机（ $0.6N \cdot M$ ）

86 步进电机型号：86BYG250B

转速：200 转/分 扭矩： $4N \cdot M$ 机身长度：80MM

轴径：14MM 电机电流：4A 出线：二相四线

42 步进电机型号：42BYGH47/42BYGH60

转速：200 转/分 扭矩： $0.55/0.7N \cdot M$ 机身长度：48/60MM 轴径：5MM

电机电流：1.5A 出线：二相四线 减速箱长度：48MM 减速比：1:99



图 3-1 86 步进电机

Figure 3-1 Step motor: model 86



图 3-2 42 步进减速电机

Figure 3-2 Step motor: model 42

直流有刷电机型号: XD-37GB520 (带减速箱)

输入电压: DC12V 负载电流: 0.68A 整体重量: 约 210g 额定功率: 7W

减速比: 1:99 减速箱长度: 28MM 输出转速: 30 转/分 输出扭矩: 0.6N · M



图 3-3 直流有刷电机

Figure 3-3 DC brush motor

3.2 驱动器选择

3.2.1 步进电机驱动

86步进电机驱动器型号：DM542

具体参数:脉冲信号: 3.3V/5V/24V 兼容

细分设定: 400-25600 细分

输入电压: 直流 DC12V-50V

电流范围: 1.0A-4.0A

42步进电机驱动器型号：DM542C

具体参数:脉冲信号: 3.3V/5V/24V 兼容

细分设定: 400-25600 细分

输入电压: 直流 DC20V-50V

电流范围: 1.0A-4.2A

3.2.2 直流电机驱动

驱动器型号: L298N 直流电机驱动芯片 蓝色版

具体参数:驱动电压范围 Vs: +5V-35V 逻辑电压范围 Vss: +5V-7V

控制信号和使能信号电压: 低电平-0.3V-1.5V 高电平 2.3V-Vss



图 3-4 DM542

Figure 3-4 DM542



图 3-5 DM542C

Figure 3-5 DM542C

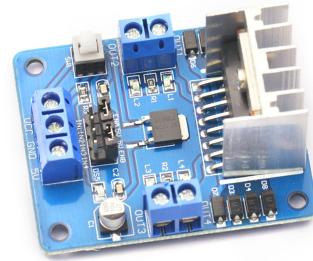


图 3-6 L298N

Figure 3-6 L298N

3.3 电源选择

3.3.1 供 DM542 驱动器

产品型号: S-250W-24V

直流输出电压: 24V

输出电流: 0-10A

输出功率: 250W



图 3-7 250W 电源

Figure 3-7 250W source

3.3.2 供 DM542C 驱动器

产品型号：S-100W-24V

直流输出电压：24V

输出电流：0-4.2A

输出功率：100W



图 3-8 100W 电源

Figure 3-8 100W source



图 3-9 12V 电源

Figure 3-9 12V source

3.3.3 供 L298N 驱动器

产品型号：YSN-1203000 锂电池组

直流输出电压：12V

3.4 传感器选择

本项目仅有手部需要传感器进行夹取力度的控制，考虑到对传感器有尺寸小、质量轻、灵敏度高等要求，最终选用了薄膜式压力传感器，将其固定于抓手内侧。

传感器型号：RP-C7.6-ST 外径：7mm 量程范围：2g-1.5kg



图 3-10 压力传感器

Figure 3-10 Pressure sensor

3.5 控制板选择

本项目选用 arduino UNO 作为机电系统的控制板，其输出端口数量与数据处理能力足够满足本项目需求。



图 3-11 arduino UNO

Figure 3-11 arduino UNO