东 莞 理 工 学 院

本 科 毕 业 设 计

**毕业设计题目：**

**学生姓名：**

**学 号：**

**学 院：**

**专业班级：**

**指导教师姓名及职称：**

**起止时间：** 2021 年 11 月—— 2022 年5 月

**摘 要**

**三号 黑体加粗 居中 段前段后各0.5行，1.5倍行距**

单独使用密码去解锁，对于人们现在生活还是不够便利。所以需要一种可靠方便的验证方式。识别指纹技术在目前是认证身份的一种可靠手段，而且各个领域都有指纹识别的身影。在单独的密码锁上添加指纹解锁来，设计一款具有两种开锁方式，用户权限分级的指纹密码锁。采用STM32F103C86作为微控制器，具有键盘单元、液晶显示、指纹模块、报警电路等部分。使用将数据写入stm32内部flash的方式，来保存密码，用户的指纹的信息。当输入密码错误3之后，会有声光报警功能。

通过实验测试表明，设计的指纹密码锁能够实现密码开锁和指纹开锁两种方式开锁，在管理员模式下进行指纹的添加、删除、更改密码等操作，满足安全性能的设计要求。

【**正文首行缩进2字符，宋体小四，1.5倍行距， 摘要字数不少于200字**】

**关键词：**指纹识别；电子锁；管理员模式；报警

【**关键词顶格，加粗，宋体小四，1.5倍行距，与摘要正文之间空一行， 关键词个数不超过5个**】

**Abstract**

**三号 Times New Roma 居中 段前段后各0.5行，1.5倍行距**

This paper introduces the significance and context of the appearance of Inverted Pendulum System. It illustrates several kinds of inverted pendulum and their application and highlights the crucial part that the system plays in automatic control field. By using Lagrange Formulation, it founds the mathematic model of Inverted Pendulum System and analyzes stability, controllability and observability of the model with the use of MATLAB. It applies different arithmetic to the established model and compares one with another with the simulated performance form SIMULINK to attain the best PID control. Eventually, it input the algorithm to a STM32 microprocessor to control a virtually established physical system, which is consist of angle sensor, DC servo motor and so on, in a pattern of radio. It verifies correctness of the algorithm and offers a valid and cheap platform to simulation for arithmetic in the future. 【**正文首行缩进2字符，Times New Roma小四，1.5倍行距**】

**Keywords：**PID Algorithm; Rotary Inverted; Pendulum System; Wireless Control

【**关键词顶格，加粗，Times New Roma小四，1.5倍行距，与摘要正文间空一行**】

**目 录**

【**黑体三号加粗，居中，段前0.5行，段后0.5行，1.5倍行距**】

**1 引言**1

1.1 研究意义及背景1

1.1.1 理论意义1

1.1.2 工程背景1

1.2 倒立摆的分类2

1.3 本文主要研究内容及任务3

1.3.1 倒立摆的选择3

1.3.2 本文主要工作4

**2 系统数学建模与性能分析**5

2.1 拉格朗日方程建模5

2.2 旋转式倒立摆建模5

2.3 系统性能分析8

2.3.1 稳定性8

2.3.2 能控性8

2.3.3 能观性9

**3 PID算法仿真实验**9

3.1 P控制9

3.2 PI控制10

3.3 PID控制11

**4 倒立摆系统设计**12

4.1 旋转式倒立摆系统结构和控制目标12

4.1.1 系统结构12

4.1.2 控制目标12

4.2 系统硬件部分设计13

4.2.1 系统总体框图13

4.2.2 主控芯片13

4.2.3 角位移传感器15

4.2.4 电机及其编码器16

4.2.5 驱动电路17

4.2.6 无线传输17

4.2.6 液晶显示18

4.3 软件部分设计18

4.3.1 位置式PID控制算法19

4.3.2 程序设计20

4.4 实验结果22

**5 实验结果分析**

**6 结论与展望**23

**参考文献**24

**致谢**25

[**附录**25](#_Toc293165429)

[附录1——位置式PID代码 25](#_Toc293165430)

[附录2——初始化代码 26](#_Toc293165431)

附录3——接收端原理图27

[附录4——实物图 28](#_Toc293165430)

**【目录和正文中的章节标题安排，请根据实际情况进行调整，此处目录内容仅作为参考】**

1 引言 【一级标题，宋体四号加粗，段前段后各0.5行，1.5倍行距，换章时必须换页】

在控制理论的创立过程中，为了验证该理论是否正确以及能否应用于实际工程中，往往需要根据其设计一个控制器，以控制一个实际的被控对象，通过稳、准和快的性能指标来修正理论的误差，从而不断使改理论成熟发展。但在实际研发中，研究人员往往因为找不到适合的控制对象，而使得理论的创立仅停留在计算机仿真层面，失去了许多改进的机会。【**正文中 汉字用宋体小四，数字和字母用Times New Roma小四，首行缩进2字符，1.5倍行距，两端对齐，首行缩进2字符**】

在现实生活中，常见的绕轴运动有顺摆和倒立摆。顺摆是支点在上而重心在下的运动，如钟摆等，具有开环稳定的特性；而倒立摆则是支点在下，重心在上的运动，往往是开环不稳定的，需要外部施加控制使其达到稳定。倒立摆作为被控对象，有很多优点，如表现直观、结构简单、价格便宜、构件的形状和参数容易改变等，同时其具有多变量、非线性、强耦合、高阶次等特点，决定了必须对其应用正确的控制方法才能使得稳定，因此广泛应用于验证控制理论的正确性。目前倒立摆系统已被公认为检验各种控制理论的理想实验平台，也是控制理论在教学和科研中理想的典型物理模型[[1]](#endnote-1)[1]。【**注意参考文献格式，引用文献要按前后顺序依次列在论文后面的参考文献列**】

**1.1 研究意义及背景**【**二级标题，宋体小四加粗，段前段后各0.5行，1.5倍行距**】

**1.1.1 理论意义**【**三级标题，宋体小四加粗，段前段后各0.5行，1.5倍行距**】

倒立摆是一个典型的高阶次、多变量、严重不稳定和强耦合的非线性系统，是控制理论研究中理想的被控对象，它为控制理论的教学、实验和科研构建一个良好的实验平台。由于倒立摆具有以上特点，使得人们一直将它视为典型的控制对象，不断从中发掘和检验新的控制策略。通过对倒立摆系统的研究，不仅可以解决控制中相关理论和技术实现问题，还能将控制理论所涉及的三个基础学科：力学、数学和电学有机的结合起来，在倒立摆系统中进行综合应用[[2]](#endnote-2)[2]。

**1.1.2 工程背景**

从日常生活中所见到的任何重心在上、支点在下的控制问题，到空间飞行器和各种伺服云台的稳定，都和倒立摆的控制有很大的相似性，故对其稳定控制在实际中有很多应用，如海上钻井平台的稳定控制、卫星发射架的稳定控制、飞行安全着陆、化工过程控制等都属于这类问题。同时其动态过程与人类的行走姿态类似，其平衡与火箭的发射姿态调整类似，因此倒立摆在研究双足机器人直立行走、火箭发射过程的姿态调整和直升飞机控制领域中也有重要的现实意义，相关的科研成果已经应用到航天科技和机器人学等诸多领域。

该项目的研究意义体现在：

1)为控制理论的发展提供合适的被控对象。根据倒立摆的物理特性建立数学模型，分析其稳定性、能控性和能观性，基于正确的数学模型的基础上进行各种算法仿真，对PID进行深入分析，最后将理论分析应用于实际物理系统中，并采用无线控制，避免了线路力的干扰，正确地验证了算法的可行性。

2)目前市场上倒立摆品种繁多，有直线倒立摆、和平面倒立摆，摆杆种类有刚性的和柔性的，给试验发展提供很大的便利，促进控制理论不断创新。然而其价格普遍昂贵，一般要上万元。本项目提供一种价格比较便宜的倒立摆设计，同时也能较好的满足实验需求，为理论创新提供良好且价格低廉的实验平台。

**1.2 倒立摆系统的分类**

倒立摆的摆杆级数有一级、二级、三级甚至更多，随着摆杆级数的增加，控制难度随之增大。目前研究的大部分均为二维空间即平面内摆动的摆，可粗略分为：一级、二级、斜轨道式倒立摆；根据研究的目的和方法不同，又有悬挂式倒立摆、球平衡和平行式倒立摆，如图1.1(a)—(g)所示[[3]](#endnote-3)[3]。

一级倒立摆如图1.1(a)所示，即一带轮小车，铰链顶端系一刚性倒立摆，小车可在有界轨道做向左和向右运动，同时摆杆在竖直平面内摆动，控制目标一般是通过给小车施加一个水平方向的力，使小车在期望的位置上稳定，而摆杆达到竖直向上的动态平衡状态。

二级倒立摆如图1.1(c)所示，由上摆、下摆、小车、皮带轮、皮带和导轨构成，小车左右移动，摆杆竖直摆动。

平行倒立摆如图1.1(g)所示，两根铝质摆杆只能在铅直平面上做相对与小车的摆动或随小车平行移动。

另外还有三级倒立摆、平面倒立摆、柔性倒立摆等系统。相比之下，平面倒立摆是倒立摆系统中最复杂的一类，该方面的研究尚处在初始阶段，研究成果也不是很多。这是因为平面倒立摆的基座可以在平面内自由运动，并且摆杆也可以在沿平面内的任一轴线转动，使系统的非线性、强耦合性、多变量等特性更加突出，从而使控制难度大幅度增加。而且有关机械和电子器件的实现或选用则遇到瓶颈性的困难，给平面倒立摆的工程实现也带来了一定难度。

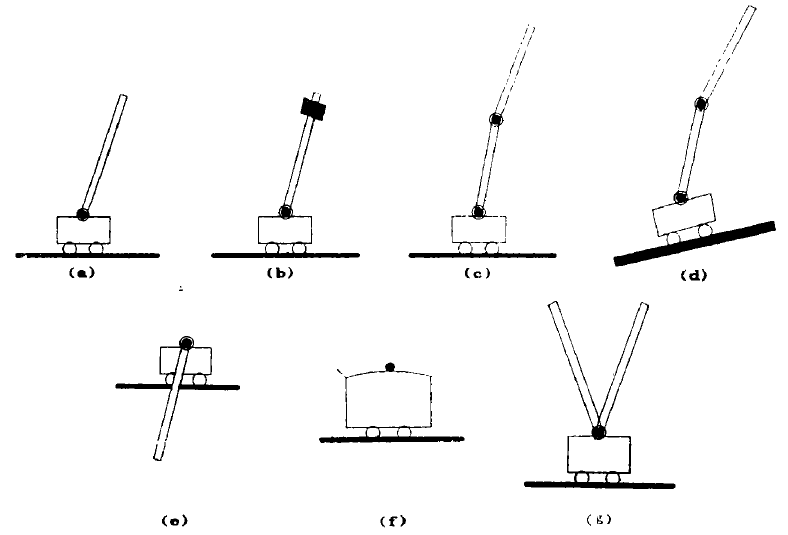


图1.1 倒立摆的分类

【**图注放图形下方，居中，黑体五号，1.5倍行距**】

**【注意：图注和图要在同一页，下面的表格也是一样，要在同一页】**

**1.3 本文的主要研究内容和任务**

**1.3.1倒立摆的选择**

当前小车倒立摆和旋转式倒立摆是大部分学者进行算法验证的工具。相比于小车倒立摆，旋转式倒立摆具有如下优点:

1)缩小占地空间；

2)减少传动机构，系统更牢固，同时也避免传动机构产生误差，干扰算法的可行性和有效性；

3)小车倒立摆行程的有限性限制了某些算法的发展，而旋转式倒立摆没行程约束，使得算法拥有更大的发展空间。

因此该项目优先考虑选择旋转式倒立摆。

**1.3.2本文的主要工作**

在课题的研究中，作者所做的主要工作如下：

首先选取旋转式倒立摆作为研究对象，介绍了系统机械结构部分，通过分析力学中的拉格朗日法，推导了一级倒立摆系统的非线性数学模型，在平衡点附近进行局部线性化，得到旋转式倒立摆系统的线性化数学模型。

接着探讨了系统的稳定性、能控性和能观性。对旋转式倒立摆系统的PID算法进行了研究。

其次运用MATLAB和SIMULINK工具在PID算法下搭建了仿真模型，进行了仿真实验。

最后选择合适的硬件，设计了旋转式倒立摆实际控制系统，并就PID控制方法对其进行控制，最终实现稳定控制。

**2 系统数学建模与性能分析**

通过系统数学模型设计控制器，可以减少设计过程中的盲目性，准确的数学模型更能起到事半功倍的效果，大大提高了设计效率。下面将介绍拉格朗日建模和运用拉格朗日方程建立旋转式倒立摆的数学模型，最后分析系统的稳定性、能控性以及能观性。

**2.1 拉格朗日方程建模**

传统建模方法中，根据系统受力分析，用位移、速度、加速度等物理量表征一个系统模型，最后得出输出关于输入的方程。这种建模方式在质点组运动特征比较复杂，包含各种受力情况时，建模过程往往比较繁琐。相比于传统建模，拉格朗日方程建模更简便，通过系统的能量和所受外力组成的标量方程就可以表达系统运动状态。

拉格朗日方程为：

 (2-1)

【**所有公式要用公式编辑器编辑，居中，公式编号放最右端**】

----------------以下内容替换成自己的成果--------------

----------------以下内容替换成自己的成果--------------

----------------以下内容替换成自己的成果--------------

表2.1 倒立摆物理参数表【**表注：放表格上方，居中，黑体五号，1.5倍行距】**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **参数** | **取值** | **参数** | **取值** |
| 旋臂质量m1 | 165.3g | 摆杆质量m2 | 52.7g |
| 电位器质量m3 | 72.9g | 重力加速度 | 9.8m/s2 |
| 旋臂长L1 | 19cm | 摆杆长L2 | 25.4cm |
| 电机力矩系数Km | 0.0236N∙m/V | 电机反电动势系数Ke | 0.2865V∙s |
| 旋臂连接处阻尼系数c1 | 0.01N∙m∙s | 摆杆连接处阻尼系数c2 | 0.001N∙m∙s |

**【表中的内容：字体五号宋体，数字和字母用Times New Roma五号字体，居中对齐，单倍行距**】

其中的测量方法可以参照相关的文献。

----------------以下内容替换成自己的成果--------------

----------------以下内容替换成自己的成果--------------

----------------以下内容替换成自己的成果--------------

----------------以下内容替换成自己的成果--------------

----------------以下内容替换成自己的成果--------------

----------------以下内容替换成自己的成果--------------

----------------以下内容替换成自己的成果--------------

----------------以下内容替换成自己的成果--------------

----------------以下内容替换成自己的成果--------------

**参考文献**

1. [1]罗兴寅,苏致兴,詹光耀等.地质样品的分离富集技术近况[J].冶金分析, 1991, 11(4): 35-40

   [2]钱庭宝,刘维琳.离子交换树脂应用手册[M].天津:南开大学出版社, 1989.

   [3]杜明忠.基于单片机的家用绿色空调设计与研究[D].青岛:山东科技大学,2018

   [4]张海涛,张璐.一种具有保护装置的可控硅复合开关[P].中国:Zl 2007 1 0049550.2, 20112.09.26

   [5]钟文发.非线性规划在可燃毒物配置中的应用[A].赵炜.运筹学的理论与应用--中国运筹学会第五届大会论文集[C].西安:西安电子科技大学出版社,1996:468-470

   **【此参考文献与论文无关，仅作为参考文献的参考格式】** [↑](#endnote-ref-1)
2. [↑](#endnote-ref-2)
3. [↑](#endnote-ref-3)