

# 开题

## 一、概述

### 1.1 直线一级倒立摆系统介绍

倒立摆系统是一个非线性自然不稳定系统，是进行控制理论教学及开展各种控制实验的理想实验平台。许多抽象的控制概念如控制系统的稳定性、可控性、系统收敛速度和系统抗干扰能力等，都可以通过倒立摆系统直观的表现出来。对其基础的理论控制以及算法的学习都有十分巨大的帮助。由于倒立摆本身所具有的高阶次，不稳定，多变量、非线性，和强耦合性，许多现代控制理论的研究人员一直将它作为典型的研究对象，不断从中发掘新的控制策略和控制算法，相关的科研成果在航天科技和机器人学方面获得广阔的应用。

本次所用的倒立摆为固高科技公司的直线一级摆：直线倒立摆在直线运动模块（小车）上装有摆杆和角度编码器，直线运动模块有一个自由度，在伺服电机的驱动下可以沿导轨水平运动。

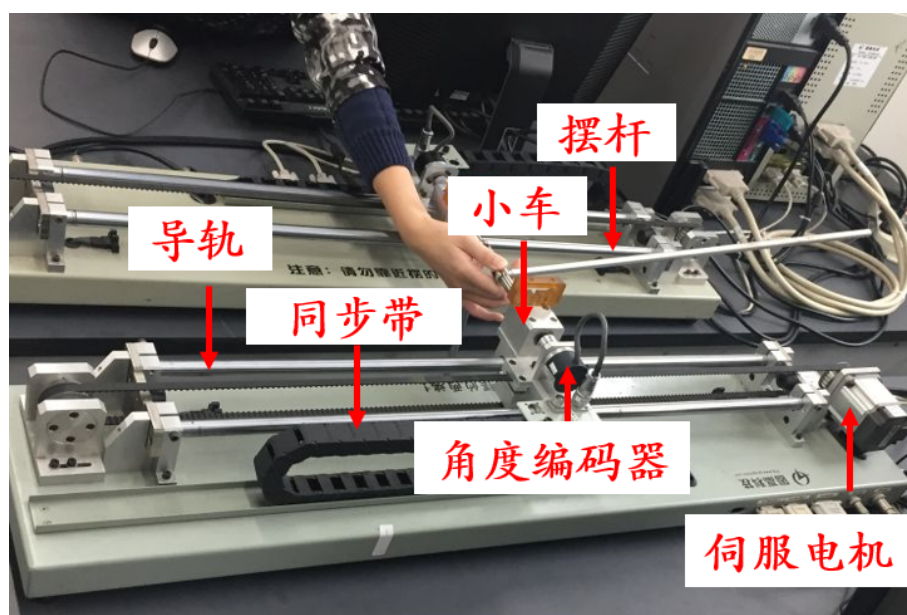


图 1 倒立摆系统

### 1.2 前期准备

倒立摆系统的控制，可以采用经典的  $PID$  控制方法， $LQR$  控制，模糊控制法，神经网络控制算法，根轨迹控制算法等，我们组搜集了  $LQR$ ，模糊算法，神经网络算法，以及  $PID$  相关方面的资料，进行比较整理，从四种方法中选取了  $LQR$  和模糊控制算法进行研究设计。并对研究内容，进度规划，报告，答辩进行了细致的分工，按照计划甘特图推进课程设计。

### 1.3 资料准备

根据查找的文献资料，我们简单总结了四种控制方法的优缺点，现罗列如下

### 1.3.1 LQR（线性二次型调节器）

1. 较好的控制住摆杆并且响应速度较快，超调量。
2. 可以使目标函数达到最优，可以对能控系统进行任意的极点配置来满足所设计系统的性能要求，提高闭环系统的相对稳定性或者使不稳定系统得以镇定。
3. 具有较强的鲁棒性。
4. 对小车的控制效果稍差。
5. LQR 需要调整两个矩阵，要求解 *Riccati* 方程确定  $Q$  和  $R$  权矩阵，算法复杂。

### 1.3.2 神经网络

1. 非线性映射，能以任意精度逼近任何非线性连续函数，适合求解内部机制复杂问题。
2. 输入输出变量数目是任意的。
3. 具有自学习和自适应的能力，能过学习获取输出数据间的对应关系，将学习内容存储到网络权值中，具有容错能力，部分神经元受损对全局训练结果不会有很大影响。
4. 存在实时性和自适应性相互矛盾的问题，不能保证快速性和有效性。
5. 权值容易收敛到局部最小点，收敛速度慢，隐含层数目难以确定，训练依赖样本数据，样本数据有采集难度。

### 1.3.3 模糊控制

1. 使用语言方法，可不需要过程的精确数学模型；
2. 鲁棒性强，适于解决过程控制中的非线性、强耦合时变、滞后等问题；
3. 有较强的容错能力。具有适应受控对象动力学特征变化、环境特征变化和动行条件变化的能力；
4. 模糊控制的设计尚缺乏系统性，这对复杂系统的控制是难以奏效的。难以建立一套系统的模糊控制理论，以解决模糊控制的机理、稳定性分析、系统化设计方法等一系列问题；
5. 如何获得模糊规则及隶属函数即系统的设计办法，完全凭经验进行；
6. 信息简单的模糊处理将导致系统的控制精度降低和动态品质变差。若要提高精度就必然增加量化级数，导致规则搜索范围扩大，降低决策速度，甚至不能进行实时控制；

### 1.3.4 PID 控制

1. 原理结构简单，易于实现，使用方便，PID 各参数相互独立，可以根据过程的动态特性及时调节。
2. 适用性强，可通过适当简化将非线性的、时变的被控对象变成基本线性和动态特性不随时间变化的系统，应用范围十分广泛，理论成熟。

- 3. 棒性较好，即其控制品质对被控对象特性的变化不太敏感.
- 4. 稳定性差，在控制非线性、时变、耦合及参数和结构不确定的复杂过程时，效果不好.

1.4 题目数据

将题目的数据整理如表 1

参数	意义	数值
$M$	小车质量	$1.096kg$
$m$	摆杆质量	$0.109kg$
$l$	摆杆质心到转动轴心的长度	$0.25m$
$b$	摩擦比例系数	$0.1N.s/m$
$I$	摆杆对质心的转动惯量	$0.0034kg.m^2$
$T$	采样时间	$0.005s$

表 1 题目参数