



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

实验报告

课程名称: 自动控制原理专题实验
姓名: 周湛昊
学院: 电信学部
班级: 自动化 2305
学号: 2233712088

2025 年 12 月 19 日

目录

一、实验目的.....	3
二、实验内容与要求.....	3
三、实验部分.....	4
1. 电机转速控制	4
(1) PI 控制仿真	4
(2) PI 控制实际	5
(3) PID 控制仿真	6
(4) PID 控制实际	7
(5) 对比分析 PI 控制与 PID 控制在仿真与实际控制的参数变化与效果	8
2. 电机位置控制	8
(1) PD 控制仿真	8
(2) PD 控制实际	9
(3) PID 控制仿真	10
(4) PID 控制实际	11
(5) 对比分析 PD 控制与 PID 控制在仿真与实际控制的参数变化与效果	12
3. 总结 PI、PD、PID 作用与适用对象	13
四、思考题	13
1. 同一激励信号，在开环、转速闭环控制与位置闭环控制中有什么不同？	13
2. 相同的控制器参数在仿真与实际控制中效果不同，有哪些因素的影响？	13

实验五 直流电机建模与控制

一、实验目的

1. 了解 QUBE-SERV03 电机与 Simulink 下硬件设备访问基本设置。
2. 掌握建立电机模型的实验方法。
3. 掌握利用 Simulink 对直流电机进行转速 PI/PID 与位置 PD/PID 控制方法。

二、实验内容与要求

1. 电机转速控制

- (1) 实验法获取直流电机的电压-转速模型传递函数。
- (2) 利用实验所得电机模型，搭建仿真反馈控制回路。用试凑法设计直流电机转速控制 PI 与 PID 控制器，要求超调量不超过 3%。
- (3) 构建电机转速反馈控制回路，利用仿真所得 PI 与 PID 进行实际电机转速控制，如不满足控制要求，微调控制器参数，直至最佳控制效果。
- (4) 记录仿真控制曲线与实际控制曲线及所对应控制器参数，超调量与稳态时间，对比分析 PI 控制与 PID 控制在仿真与实际控制的参数变化与效果。

2. 电机位置控制

- (1) 在电压-转速模型基础上建立电机电压-位置模型传递函数。
- (2) 搭建仿真反馈控制回路，设计直流电机位置控制 PD 与 PID 控制器，要求超调量不超过 10%。
- (3) 构建电机位置反馈控制回路，利用仿真所得 PD 与 PID 进行实际电机位置控制，如不满足控制要求，微调控制器参数，直至最佳控制效果。
- (4) 记录仿真控制曲线与实际控制曲线及所对应控制器参数，超调量与稳态时间，对比分析 PD 控制与 PID 控制在仿真与实际控制的参数变化与效果。

3. 总结 PI、PD、PID 作用与适用对象。

三、实验部分

1. 电机转速控制

(1) PI 控制仿真

稳态时间：0.372s

模块参数: PID Controller6

PID 1dof (mask) (link)

此模块实现连续和离散时间 PID 控制算法，并包括高级功能，如抗饱和、外部重置和信号跟踪。您可以使用 '调节...' 按钮自动调节 PID 增益(需要 Simulink Control Design)。

控制器: PID

形式: 并行

时域:

连续时间

离散时间

离散时间设置

采样时间(-1 表示继承): -1

补偿器公式

$$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$$

主要

初始化

饱和

数据类型

状态属性

控制器参数

源: 内部

比例(P): 0.1

积分(I): 0.8

使用 I*Ts (最适合 codegen)

微分(D): 0

使用来自外部的导数

滤波器系数(N): 100

使用滤波导数

自动调节

选择调节方法: 基于传递函数 (PID 调节器)

调节...

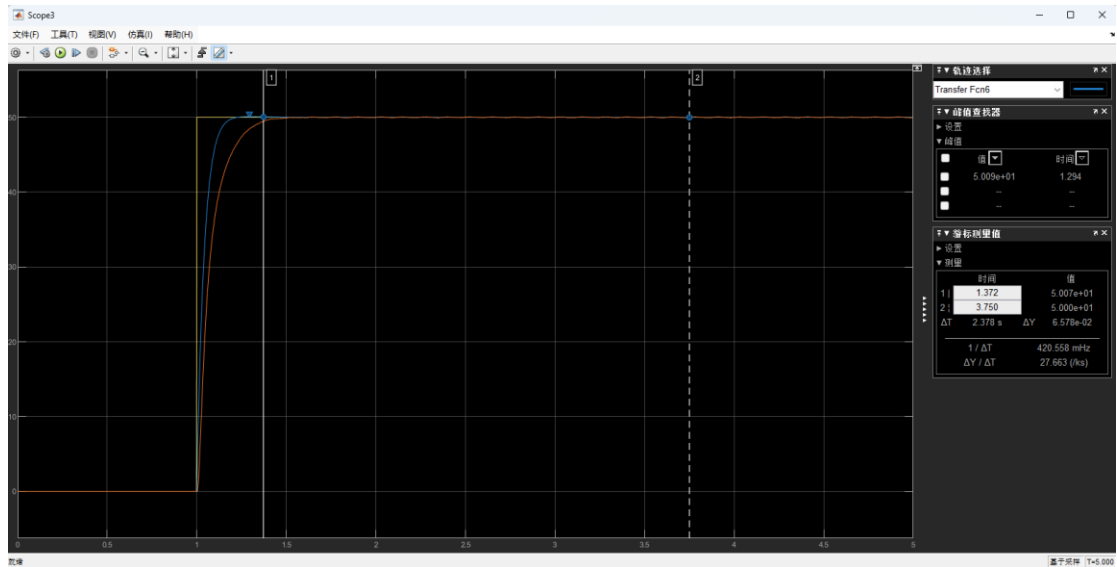
启用过零检测

确定(O)

取消(C)

帮助(H)

应用(A)



(2) PI 控制实际

稳态时间：0.514s

模块参数: PID Controller7

PID 1dof (mask) (link)

此模块实现连续和离散时间 PID 控制算法，并包括高级功能，如抗饱和、外部重置和信号跟踪。您可以使用 '调节...' 按钮自动调节 PID 增益(需要 Simulink Control Design)。

控制器: **PID** 形式: **并行**

时域:

☒ 连续时间 ☐ 离散时间

离散时间设置

采样时间 (-1 表示继承): **-1**

▼ 补偿器公式

$$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$$

主要 初始化 饱和 数据类型 状态属性

控制器参数

源: **内部**

比例 (P): **0.06**

积分 (I): **0.4** ☐ 使用 I*Ts (最适合 codegen)

微分 (D): **0** ☐ 使用来自外部的导数

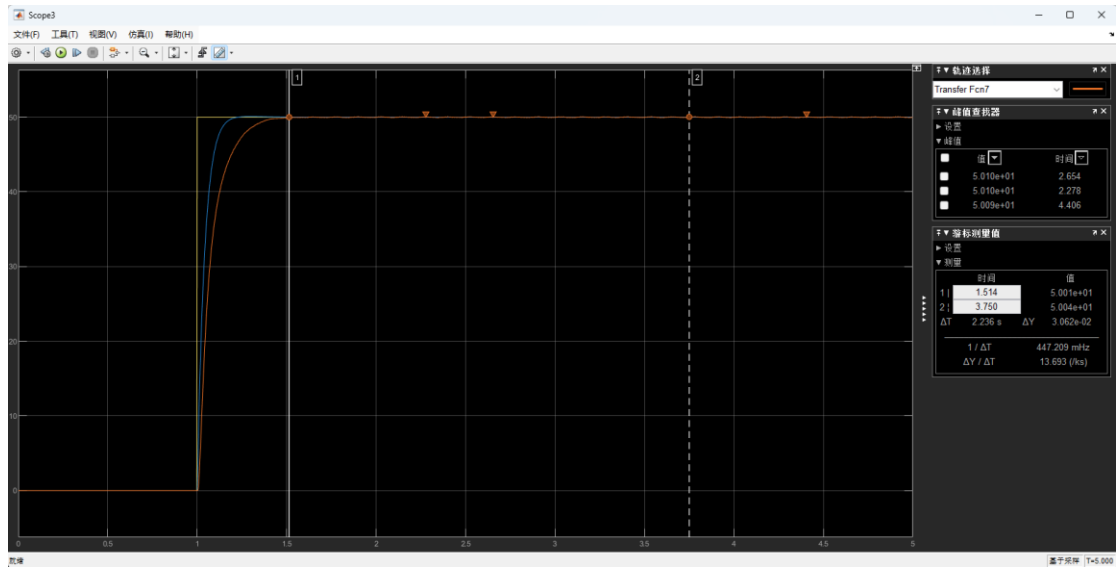
滤波器系数 (N): **100** ☒ 使用滤波导数

自动调节

选择调节方法: **基于传递函数 (PID 调节器)** **调节...**

☒ 启用过零检测

确定 (O) 取消 (C) 帮助 (H) 应用 (A)



(3) PID 控制仿真

稳态时间: 0.768s

超调量: 0.8%

模块参数: PID Controller

PID 1dof (mask) (link)

此模块实现连续和离散时间 PID 控制算法，并包括高级功能，如抗饱和、外部重置和信号跟踪。您可以使用 '调节...' 按钮自动调节 PID 增益(需要 Simulink Control Design)。

控制器: **PID** 形式: **并行**

时域:

☒ 连续时间

☐ 离散时间

离散时间设置

采样时间(-1 表示继承): **-1**

补偿器公式

$$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$$

主要 初始化 饱和 数据类型 状态属性

控制器参数

源: **内部**

比例(P): **0.1**

积分(I): **0.8** ☐ 使用 I*Ts (最适合 codegen)

微分(D): **0.002** ☐ 使用来自外部的导数

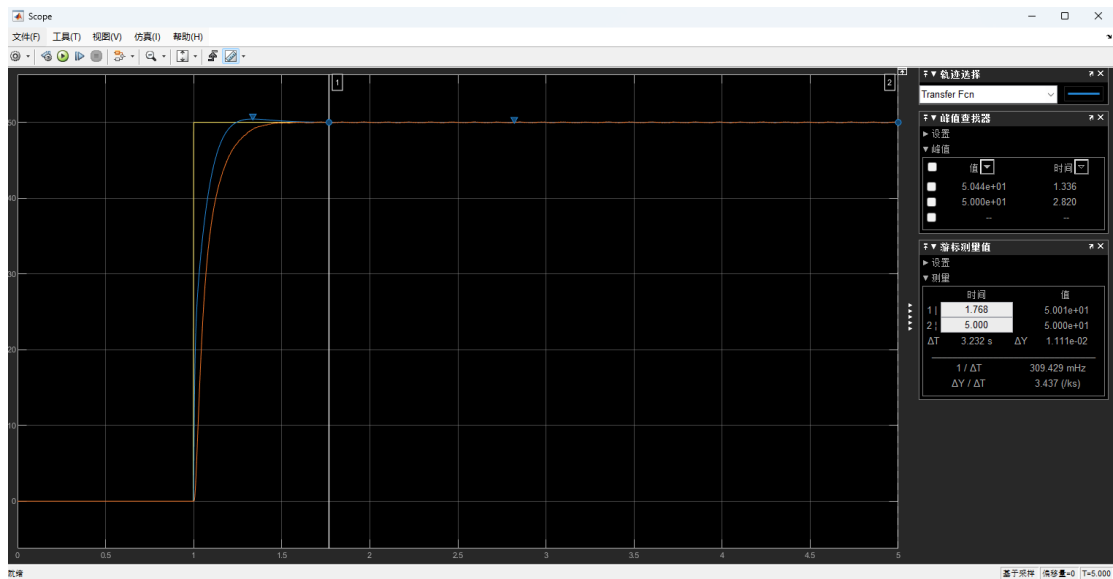
滤波器系数(N): **100** ☒ 使用滤波导数

自动调节

选择调节方法: **基于传递函数(PID 调节器)** **调节...**

☒ 启用过零检测

确定(O) 取消(C) 帮助(H) 应用(A)



(4) PID 控制实际

稳态时间：0.589s

模块参数: PID Controller1

PID 1dof (mask) (link)

此模块实现连续和离散时间 PID 控制算法，并包括高级功能，如抗饱和、外部重置和信号跟踪。您可以使用“调节...”按钮自动调节 PID 增益(需要 Simulink Control Design)。

控制器: PID

形式: 并行

时域:

☒ 连续时间

☐ 离散时间

离散时间设置

采样时间 (-1 表示继承): -1

补偿器公式

$$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$$

主要 初始化 饱和 数据类型 状态属性

控制器参数

源: 内部

比例 (P): 0.06

积分 (I): 0.4 ☐ 使用 I*Ts (最适合 codegen)

微分 (D): 0.001 ☐ 使用来自外部的导数

滤波器系数 (N): 100 ☒ 使用滤波导数

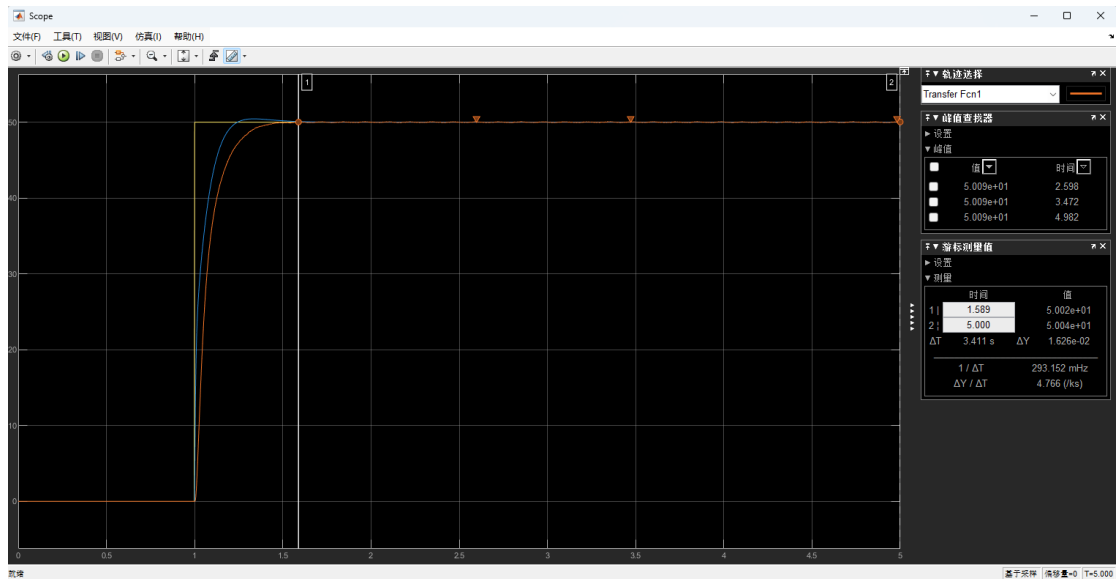
自动调节

选择调节方法: 基于传递函数 (PID 调节器)

调节...

☒ 启用过零检测

确定 (O) 取消 (C) 帮助 (H) 应用 (A)



(5) 对比分析 PI 控制与 PID 控制在仿真与实际控制的参数变化与效果

对比 PI 和 PID 控制：PI 控制相对更容易调节，整个系统的响应对参数的敏感度低，调参相对容易，而 PID 调参比较困难，有时参数发生微小的变化也会造成系统的不稳定，但理论上调节的上限更高，能够调节达到更好的性能

对比仿真与实际控制：仿真环境下系统更容易达到稳定，甚至对于调节好的参数进行大幅度的改动也不会显著影响系统性能，而实际比仿真难调很多，两者参数的差别也很大

2. 电机位置控制

(1) PD 控制仿真

稳态时间：1.006s

模块参数: PID Controller2

PID 1dof (mask) (link)

此模块实现连续和离散时间 PID 控制算法，并包括高级功能，如抗饱和、外部重置和信号跟踪。您可以使用 '调节...' 按钮自动调节 PID 增益(需要 Simulink Control Design)。

控制器: PID

形式: 并行

时域:

连续时间

离散时间

离散时间设置

采样时间 (-1 表示继承): -1

补偿器公式

$$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$$

主要 初始化 饱和 数据类型 状态属性

控制器参数

源: 内部

比例 (P): 0.6

积分 (I): 0

微分 (D): 0.1

滤波器系数 (N): 100

使用 I*Ts (最适合 codegen)

使用来自外部的导数

使用滤波导数

自动调节

选择调节方法: 基于传递函数 (PID 调节器)

调节...

启用过零检测

确定 (O) 取消 (C) 帮助 (H) 应用 (A)

Scope1

文件(F) 工具(T) 视图(V) 仿真(I) 帮助(H)

7 轨迹选择

Transfer Fcn2

7 游标测量值

设置

测量

	时间	值
1	2.006	3.140e+00
2	5.000	3.142e+00
ΔT	2.994 s	ΔY 1.812e-03
1 / ΔT	334.002 mHz	
ΔY / ΔT	605.227 (V/Ms)	

7 峰值查找器

设置

峰值

	值	时间
1	3.140	2.006
2	3.142	5.000

基于采样 T=5.000

(2) PD 控制实际

稳态时间: 0.517s

超调量: 0.5%

模块参数: PID Controller3

PID 1dof (mask) (link)

此模块实现连续和离散时间 PID 控制算法，并包括高级功能，如抗饱和、外部重置和信号跟踪。您可以使用“调节...”按钮自动调节 PID 增益(需要 Simulink Control Design)。

控制器: PID

形式: 并行

时域:

Name:

TimeDomain

离散时间设置

采样时间(-1 表示继承): -1

▼ 补偿器公式

$$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$$

主要

初始化

饱和

数据类型

状态属性

控制器参数

源: 内部

比例(P): 0.4

积分(I): 0

微分(D): 0.035

滤波器系数(N): 100

使用 I*Ts (最适合 codegen)

使用来自外部的导数

使用滤波导数

自动调节

选择调节方法: 基于传递函数(PID 调节器)

调节...

启用过零检测

确定(O)

取消(C)

帮助(H)

应用(A)

Scope1

文件(F) 工具(T) 视图(V) 仿真(I) 帮助(H)

▼ 轨迹选择

Transfer Fcn3

▼ 参数测量值

设置

测量

时间	值
1.1	1.517
2.1	5.000
ΔT	3.483 s
ΔY	1.592e-04
1 / ΔT	287.122 mHz
ΔY / ΔT	45.703 (M/s)

▼ 峰值查找器

设置

峰值

值	时间
3.163e+00	1.258
-	-
-	-

基于采样 T=5.000

(3) PID 控制仿真

稳态时间: 0.851s

超调量: 0.8%

模块参数: PID Controller4

PID 1dof (mask) (link)

此模块实现连续和离散时间 PID 控制算法，并包括高级功能，如抗饱和、外部重置和信号跟踪。您可以使用 '调节...' 按钮自动调节 PID 增益(需要 Simulink Control Design)。

控制器: PID

形式: 并行

时域:

连续时间

离散时间

离散时间设置

采样时间 (-1 表示继承): -1

补偿器公式

$$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$$

主要 初始化 饱和 数据类型 状态属性

控制器参数

源: 内部

比例 (P): 0.6

积分 (I): 0.1

微分 (D): 0.08

滤波器系数 (N): 100

使用 I*Ts (最适合 codegen)

使用来自外部的导数

使用滤波导数

自动调节

选择调节方法: 基于传递函数 (PID 调节器)

调节...

启用过零检测

Scope2

文件(F) 工具(T) 视图(V) 仿真(I) 帮助(H)

轨道选择

Transfer Fcn4

峰值查找器

设置

值

时间

3.167e+00

1.908

峰值测量值

设置

测量

时间

值

1: 1.581 3.164e+00

2: 5.000 3.157e+00

ΔT 3.419 s ΔY 6.569e-03

1 / ΔT 292.502 mHz

ΔY / ΔT 1.921 (/ks)

(4) PID 控制实际

稳态时间: 0.459s

超调量: 0.3%

模块参数: PID Controller5

PID 1dof (mask) (link)

此模块实现连续和离散时间 PID 控制算法，并包括高级功能，如抗饱和、外部重置和信号跟踪。您可以使用 '调节...' 按钮自动调节 PID 增益(需要 Simulink Control Design)。

控制器: **PID** 形式: **并行**

时域:

☒ 连续时间

☐ 离散时间

离散时间设置

采样时间 (-1 表示继承): **-1**

▼ 补偿器公式

$$P + I \frac{1}{s} + D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$$

主要 初始化 饱和 数据类型 状态属性

控制器参数

源: **内部**

比例 (P): **0.4**

积分 (I): **0.03** ☐ 使用 I*Is (最适合 codegen)

微分 (D): **0.036** ☐ 使用来自外部的导数

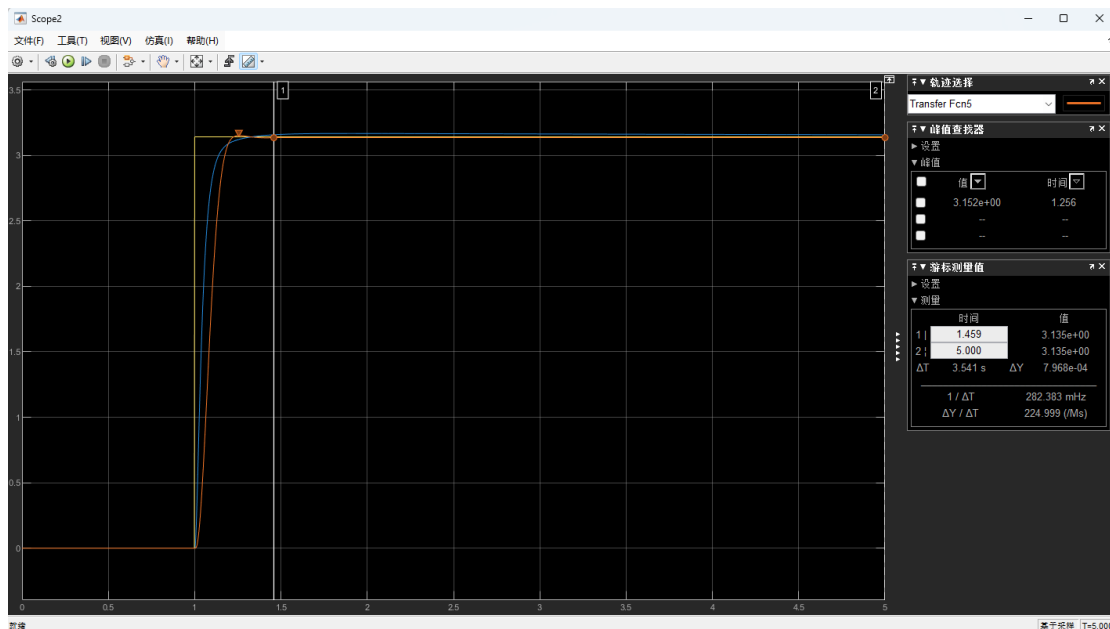
滤波器系数 (N): **100** ☒ 使用滤波导数

自动调节

选择调节方法: **基于传递函数 (PID 调节器)** **调节...**

☒ 启用过零检测

确定 (O) **取消 (C)** **帮助 (H)** **应用 (A)**



(5) 对比分析 PD 控制与 PID 控制在仿真与实际控制的参数变化与效果

对比 PD 和 PID 控制：与 PI 控制差不多，PD 控制也相对更容易调节，整个系统的响应对参数的敏感度低，调参相对容易，而 PID 调参比较困难，有时参数发生

微小的变化也会造成系统的不稳定。效果上 PID 控制能够进一步缩小稳态误差，而 PD 控制不容易调节获得一个很小的稳态误差。

对比仿真与实际控制：仿真环境下系统更容易达到稳定，甚至对于调节好的参数进行大幅度的改动也不会显著影响系统性能，而实际比仿真难调很多，两者参数的差别也很大

3. 总结 PI、PD、PID 作用与适用对象

PI 适合速度控制等需要消除稳态误差而对于动态性能要求不高的系统，PD 适合位置控制等需要低超调和快速响应的系统，而 PID 能够同时满足动态性能和稳态性能的要求。

四、思考题

1. 同一激励信号，在开环、转速闭环控制与位置闭环控制中有什么不同？

开环控制无反馈，系统对输入没有校正作用，输出存在一定的稳态误差，抗干扰性和精度差

转速闭环控制通过反馈调节使系统跟随给定值，减小稳态误差，抗干扰能力强
位置闭环控制增加了位置反馈，稳态误差很小，抗干扰能力强，响应比转速闭环控制慢一些

2. 相同的控制器参数在仿真与实际控制中效果不同，有哪些因素的影响？

各种参数的实际误差，编码器等元件的精度或分辨率造成的误差，实际控制中具有延迟，实际电机收到摩擦力阻力温度等外界环境的影响。