

高等院校规划教材

自动控制系统实验实践教程

ZIDONG KONGZHI XITONG SHIYAN SHIJIAN JIAOCHENG

主 编 张 涛

副主编 潘玉民

煤炭工业出版社

高等院校规划教材

自动控制系统实验 实践教程

主 编 张 涛

副主编 潘玉民

煤炭工业出版社

• 北 京 •

图书在版编目 (CIP) 数据

自动控制系统实验实践教程/张涛主编.--北京:煤炭工业出版社, 2010

高等院校规划教材

ISBN 978-7-5020-3690-4

I. ①自… II. ①张… III. ①自动控制系统-实验-教材 IV. ①TP273-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第111039号

煤炭工业出版社 出版

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ 印张 6 $\frac{1}{4}$

字数 141 千字 印数 1—1,500

2010 年 8 月第 1 版 2010 年 8 月第 1 次印刷

社内编号 6500 定价 23.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

内 容 提 要

本书共分为 5 章，分别为自动控制系统的概念、分类、实验方法；经典控制理论；现代控制理论；过程控制系统；计算机控制系统的实验原理、实验方法和实验过程等。主要阐述自动控制系统的理论要点、实验原理、实验方法、实验过程和实验结果分析等内容。

本书可作为工科自动化专业和相关专业的实验教学参考书，也可供从事自动化方面工作的科技人员参考。

前 言

自动控制已经发展为理论严密、系统完整、逻辑性很强的一门学科，它也是一门理论性和工程实践性均较强的技术学科。

根据自动控制技术的不同发展阶段，自动控制理论通常分为“经典控制理论”和“现代控制理论”两大部分。而自动控制系统则是对自动控制理论的具体应用，它包括过程控制系统、计算机控制系统等不同的分类系统，这些控制系统均是实现自动控制理论的重要途径和方法。

因此，在学习自动控制理论和自动控制系统相关理论的过程中，理解和掌握自动控制理论和自动控制系统的实验原理、实验操作方法、实验操作过程，并对实验结果进行分析就显得十分必要而迫切。

全书共分为 5 章。第 1 章为概述，介绍自动控制理论和自动控制系统实验所需要的基础知识，以及本书的内容框架构成。第 2 章为经典控制理论，内容包括自动控制的一般概念、控制系统的数学模型、线性系统的频域分析法、线性系统的根轨迹法、线性系统的频域分析法、线性系统的校正方法、离散系统的分析与校正、非线性控制系统分析。第 3 章为现代控制理论，内容包括线性控制系统的状态空间描述、控制系统状态空间表达式的解、线性控制系统的能控性与能观性、控制系统的李亚普诺夫稳定性、线性定常系统的综合、最优控制。第 4 章为过程控制系统，内容包括生产过程的动态特性、比例积分微分控制及其调节过程、简单控制系统的整定、常用高性能过程控制系统。第 5 章为计算机控制系统，内容包括数据采集及其处理方法、直接数字控制及其算法、数字 PID 及其算法、大林算法、模糊控制算法。

本书在内容安排上突出实用性、适用性和先进性的特点。每章的重点均在于对具体实验的操作方法、操作过程和实验结果分析等内容的介绍，以使读者能够真正理解、掌握并学会运用自动控制的相关理论解决实际问题的能力。

本书由张涛任主编，潘玉民任副主编，薛鹏骞教授、靳文涛教授负责主审。

张涛编写第 1 章、第 5 章；潘玉民编写第 2 章第 6、7、8 节和第 3 章第 5、6 节；甘金颖编写第 2 章第 1、2、3 节；田奕编写第 2 章第 4、5 节；马可编写第 3 章第 1、2 节；张晓宇编写第 3 章第 3、4 节；隋晓梅编写第 4 章。

全书由张涛统稿。

本书的编写得到了薛鹏骞教授、靳文涛教授的鼓励、支持和指导，得到了华北科技学院教材建设与评审委员会的资助，在此一并表示诚挚的感谢！

由于编者学识和水平有限，书中难免还存在一些缺点和错误，殷切希望各位专家和广大读者批评指正。

编 者

2010年6月

目 次

1 概述	1
1.1 自动控制	1
1.2 控制系统的计算机辅助设计	3
1.3 本书的内容说明	6
2 经典控制理论	7
2.1 自动控制系统的概念	7
2.2 控制系统的数学模型 (控制系统数学模型的建立)	10
2.3 线性系统的时域分析法	13
2.4 线性系统的根轨迹法 (线性系统的根轨迹分析)	19
2.5 线性系统的频域分析法 (系统稳定性的频域分析)	22
2.6 线性系统的校正方法 (控制系统的超前校正)	24
2.7 离散系统的分析与校正 (离散控制系统的模拟电路实验)	27
2.8 非线性系统的相平面分析法	28
3 现代控制理论	32
3.1 线性控制系统的状态空间描述 (状态空间表达式的建立)	32
3.2 控制系统状态空间表达式的解	36
3.3 线性控制系统的能控性与能观性分析	42
3.4 控制系统的李亚普诺夫稳定性分析 (基于李亚普诺夫间接法的 系统稳定性分析)	47
3.5 线性定常系统的综合设计 (状态反馈与状态观测器的综合设计)	51
3.6 最优控制	55
4 过程控制系统	59
4.1 生产过程的动态特性测试 (单容水箱特性的测试)	59
4.2 比例积分微分控制及其调节过程 (单容水箱液位定值控制系统)	63
4.3 常用高性能过程控制系统 (水箱液位串级控制系统)	67
5 计算机控制系统	71
5.1 数据采集及其处理方法 (数据采集系统)	71
5.2 温度控制系统数字 PID 算法 (加热炉温度控制系统)	75

5.3 大林算法实验.....	80
5.4 模糊控制算法实验.....	85
参考文献.....	93

1 概 述

1.1 自动控制

所谓的自动控制,就是在没有人直接参与的情况下,利用控制器使被控对象(或过程)的某些物理量(被控量)自动地按预先给定的规律去运行。

自动控制是一门理论性和工程实践性均较强的技术学科,通常称为控制工程,而把实现这种技术的理论叫做自动控制理论。自动控制理论是一门理论性和工程性的综合科学。自动控制技术是建立在控制论基础上的,而自动控制理论研究的是控制的一般性理论,它不具体面对某一类控制系统,因此它是一门以理论为主的课程。

目前,无论是在人们的日常生活、工业生产过程中,还是在空间探索、导弹制导等尖端科技领域中,自动控制技术无所不在、无所不能。自动控制技术和自动控制理论已经渗透到社会、经济和科学研究的各个方面。

1.1.1 自动控制理论

根据自动控制技术发展的不同阶段,自动控制理论通常分为经典控制理论和现代控制理论两大部分。

自动控制理论的发展初期是以反馈理论为基础的自动调节原理,主要用于工业控制。在第二次世界大战期间,为了设计和制造飞机及船用自动驾驶仪、火炮定位系统、雷达跟踪系统以及其他基于反馈原理的军用装备,进一步促进并完善了自动控制理论的发展。到战后,已经形成了完整的自动控制理论体系,这就是以传递函数为基础的经典控制理论。它主要是采用频率法、根轨迹法、相平面法、描述函数法等方法研究单输入单输出系统、线性定常系统的分析和设计问题。

到了 20 世纪 60 年代初期,为了解决多输入、多输出、时变参数、高精度复杂系统的控制问题,自动控制理论跨入了一个新阶段——现代控制理论。它主要研究具有高性能、高精度的多变量多参数系统的最优控制问题,主要采用的方法是以状态为基础的状态空间法。

目前,自动控制理论还在继续发展,正向以控制论、信息论、仿生学、计算机科学为基础的智能控制理论方面深入发展。智能控制的研究和应用正沿着以下几个主要的分支方向发展:自适应控制、模糊控制、神经网络控制、基于知识的控制或专家控制、复合智能控制、学习控制和基于进化机制的控制。

1.1.2 自动控制系统

1. 自动控制系统的概念

自动控制系统是将被控对象和控制装置按照一定的方式连接起来所组成的一个有机整体。在自动控制系统中,被控对象的输出量称为被控量,它是被要求严格加以控制的物理量,它可以要求保持为某一恒定值,或者要求按照某个给定规律运行;控制装置则是对被控对象施加控制作用的机构的总体,它可以采用不同的原理和方式对被控对象进行控制,

它也是自动控制理论所要研究的主要内容。

2. 自动控制系统的分类

自动控制系统的种类很多，可以根据不同的分类方法进行分类：

- (1) 根据系统元件特性是否线性而分为线性系统和非线性系统；
- (2) 根据系统参数是否随时间变化而分为时变系统和定常系统；
- (3) 根据系统内部信号传递方式的不同而分为连续系统和离散系统；
- (4) 根据被控量是否存在稳态误差而分为有差系统和无差系统；
- (5) 根据被控量所遵循的运动规律不同而分为恒值系统、随动系统和程序控制系统等；
- (6) 根据系统所使用元件的不同而分为机电控制系统、液压控制系统、气动控制系统和生物控制系统等。

一般的，为了全面反映自动控制系统的优点，常常将上述的各种分类方法进行组合应用。例如，可以将线性控制系统分为线性连续控制系统和线性离散控制系统两大类。

3. 自动控制系统的控制方式

自动控制系统的控制方式有反馈控制方式、开环控制方式和复合控制方式三种。

1) 反馈控制方式

反馈控制方式是按偏差进行的控制方式。在反馈控制系统中，控制装置对被控对象所施加的控制作用，是取被控量的反馈信息，它用来不断修正被控量与输入量之间的偏差，从而实现对被控对象进行控制的任务。

2) 开环控制方式

开环控制方式是指控制装置与被控对象之间只有顺向作用，而没有反向联系的控制方式。开环控制方式的特点是系统的输出量不会对系统的控制作用发生影响。开环控制系统可以按给定量控制方式组成，也可以按扰动控制方式组成。

3) 复合控制方式

复合控制方式是将按偏差控制与按扰动控制相结合所形成的一种控制方式。在复合控制系统中，首先对主要扰动采用适当的补偿装置实现按扰动控制；其次，再组成反馈控制系统实现按偏差控制，以消除其余扰动所产生的偏差。复合控制方式的控制效果较好。

自动控制系统的控制方式除了上述三种基本控制方式外，还有许多基于现代数学理论的新的控制方式，如最优控制、自适应控制、模糊控制、神经网络控制等。

4. 对自动控制系统的基本要求

对每一类自动控制系统的基本要求是一样的，它可以归结为稳定性、快速性和准确性三个基本要求。

1) 稳定性

稳定性是保证控制系统正常工作的先决条件。一个稳定的控制系统，其被控量偏离期望值的初始偏差应随时间的增长逐渐减小或者趋于零。

2) 快速性

为了很好地完成控制任务，控制系统仅仅满足稳定性是不够的，还必须对其过渡过程的形式和快慢提出要求，一般称为动态性能。

3) 准确性

理想情况下，当过渡过程结束后，被控量达到的稳态值（即平衡状态）应与期望值一

致。但实际上，由于系统结构、外作用形式以及摩擦、间隙等非线性因素的影响，被控量的稳态值与期望值之间会有误差存在，称为稳态误差。稳态误差是衡量控制系统控制精度的重要标志，在技术指标中一般都有具体要求。

1.2 控制系统的计算机辅助设计

控制系统的计算机辅助设计技术是利用计算机高速而精确的计算能力、大容量存储和处理数据的能力，结合设计者的综合分析、逻辑判断及创造性思维，用以加快控制系统的设计进程、缩短设计周期、提高设计质量的技术。

控制系统的计算机辅助设计包含了使用计算机对控制系统进行仿真计算、优化设计、组态设计等内容。

1.2.1 控制系统的计算机仿真

1. 计算机仿真的概念

仿真的基本思想是利用物理的或数学的模型来类比模拟现实过程，以寻求对真实过程的认识。它所遵循的基本原则是相似性原理。

计算机仿真就是基于所建立的控制系统仿真模型，利用计算机对控制系统进行分析与研究的方法。

2. 计算机仿真的模型

模型是对现实系统有关结构信息和行为的某种形式的描述，是对系统的特征与变化规律的一种定量抽象，是人们认识事物的一种手段或工具。

计算机仿真的模型有物理模型和数学模型两种。

(1) 物理模型。是指不以人的意志为转移的客观存在的实体，如飞行器研制中的飞行模型，船舶制造中的船舶模型等。

(2) 数学模型。是从一定的功能或结构上进行相似，用数学的方法来再现原型的功能或结构特征。

3. 计算机仿真的基本步骤

计算机仿真的基本步骤如下：

- (1) 建模与形式化 确定模型的边界，对模型进行形式化处理；
- (2) 仿真建模 选择合适的算法（稳定性、计算精度、速度）；
- (3) 程序设计 将仿真模型用计算机能执行的程序来描述（包括仿真实验的要求、运行参数、控制参数、输出要求）；
- (4) 模型校验 程序调试，检验所选仿真算法的合理性和检验模型计算的正确性；
- (5) 仿真运行 对模型进行实验；
- (6) 仿真结果分析 对系统性能作出评价。

4. 计算机仿真软件

计算机仿真软件已经从初期的程序编程阶段、程序软件包阶段发展到交互式语言阶段（仿真语言）阶段，程序编制更加简洁方便，同时程序功能更加丰富强大。常用的计算机仿真软件有以下几种：

- (1) Protel、Pspice、EWB (Multisim) 元件级的电子电路仿真软件；
- (2) System View 系统级的电路动态仿真软件；

(3) MATLAB 具有强大的数值计算能力,且包含各种工具箱,是一种高级的科学分析与计算软件;

(4) Simulink 是 MATLAB 附带的基于模型化图形组态的动态仿真环境。

目前,流行最广泛的是美国 Math Works 公司推出的 MATLAB 软件,它是一个高性能的数值计算和可视化软件,它集数值分析、矩阵运算、信号处理和图形显示于一体,构成了一个方便的、界面友好的用户环境,并在各个领域得到了广泛的应用。

本书就以 MATLAB 软件作为控制系统分析、设计和仿真的主要工具。

1.2.2 控制系统的自动化组态

1. 组态的概念

“组态”一词来源于英文单词 Configuration。“组态”就是利用应用软件中所提供的工具和方法来完成工程某一具体任务的过程。“组态”的概念是伴随着集散型控制系统(Distributed Control System, DCS)的出现才开始被广大的生产过程自动化技术人员所熟知的。“组态”与硬件生产当中的“组装”概念相类似。因此可以说,“组态”是不需要编写程序就能完成特定应用任务的过程。

2. 组态的意义

在组态概念出现之前,要实现某一工作任务,都是通过编写程序(如使用 BASIC、C、FORTRAN 等编程语言)来实现的。编写程序不但使工作量大、周期长,而且容易犯错误,且不能保证工期。

当组态软件出现后,就解决了这个问题。它可以像“搭积木”一样,通过灵活的组态方式,而不是通过编程方式,能够快速而准确地完成复杂的工作任务。这样,对于过去需要几个月才能完成的工作,通过组态方式几天就可以完成了,不但有效地保证了工程质量,而且极大地提高了工作效率。

3. 组态软件

组态软件是指一些数据采集与过程控制的专用软件,它们是在自动控制系统监控层一级的软件平台和开发环境,使用灵活的组态方式(而不是编程方式),提供良好的用户开发界面和简捷的使用方法,为用户提供快速构建工业自动控制系统监控功能的、通用层次的软件工具。

组态软件预先设置的各种软件模块可以非常容易地实现和完成监控层的各项功能,并能同时支持各种硬件厂家的计算机和 I/O 产品,与高可靠的工控计算机和网络系统结合,可向控制层和管理层提供软、硬件的全部接口,进行系统集成。

1) 组态软件的组成、功能和特点

组态软件的组成主要包括:

- (1) 人机界面软件(Human Machine Interface, HMI);
- (2) 基于 PC 的控制软件;
- (3) 生产执行管理软件。

2) 组态软件的功能

组态软件具有较为丰富的功能,主要归纳为:

- (1) 工业生产过程的动态可视化控制;
- (2) 生产过程中生产数据的采集和管理;

- (3) 生产过程监控报警;
- (4) 报表功能;
- (5) 基于网络数据的上传和相应控制。

3) 组态软件的特点

(1) 延续性和可扩充性 用通用组态软件开发的应用程序,当现场(包括硬件设备或系统结构)或用户需求发生改变时,不需作很多修改即可方便地完成软件的更新和升级。

(2) 封装性(易学易用) 通用组态软件所能完成的功能都用一种方便用户使用的方法包装起来,用户不需掌握太多的编程语言技术(甚至不需要编程技术),就能很好地完成一个复杂工程所要求的所有功能。

(3) 通用性 每个用户根据工程实际情况,利用通用组态软件提供的底层设备(PLC、智能仪表、智能模块、板卡、变频器等)的 I/O Driver、开放式的数据库和画面制作工具,就能完成一个具有动画效果、实时数据处理、历史数据和曲线并存、具有多媒体功能和网络功能的工程,且不受行业的限制。

4) 常用的组态软件

组态软件产品于 20 世纪 80 年代初出现,并在 80 年代末期进入我国。在 1995 年以后,组态软件在国内的应用逐渐得到了普及。

常用的组态软件有以下几种:

(1) InTouch InTouch 软件是最早进入我国的组态软件。最新版本的 InTouch 已经完全基于 32 位的 Windows 平台,并且提供了 OPC 支持。

(2) Fix Fix 软件提供工控人员熟悉的概念和操作界面,并提供完备的驱动程序和 OPC 组件(需单独购买)。

(3) Citech Citech 软件具有简洁的操作方式,但其操作方式更多的是面向程序员,而不是工控用户。Citech 软件提供了类似 C 语言的脚本语言,可以进行二次开发。

(4) WinCC Simens 的 WinCC 也是一套完备的组态开发环境。WinCC 内嵌 OPC 支持,并可对分布式系统进行组态。但 WinCC 软件的结构较复杂,用户最好经过 Simens 的培训以掌握 WinCC 的应用。

(5) 组态王 组态王软件由北京亚控科技发展有限公司生产。组态王软件提供了资源管理器式的操作主界面,并且提供了以汉字作为关键字的脚本语言支持,适合中国用户开发使用。组态王也提供多种硬件驱动程序。

(6) Controx(开物) 华富计算机公司的 Controx(开物)软件为工控用户提供了强大的实时曲线、历史曲线、报警、数据报表及报告功能。

(7) ForceControl(力控) 大庆三维公司的 ForceControl(力控)软件,从国内用户的角度出发,即注重实用性,又不失组态软件的规范。

(8) MCGS(通用监控系统) MCGS 软件由北京昆仑通态自动化软件科技有限公司生产。MCGS 软件是一套用于快速构造和生成计算机监控系统的组态软件,它能够在基于 Microsoft(各种 32 位 Windows)平台上运行,通过对现场数据的采集处理,以动画显示、报警处理、流程控制、实时曲线、历史曲线和报表输出等多种方式向用户提供解决实际工程问题的方案,它充分利用了 Windows 图形功能完备、界面一致性好、易学易用的特点,比以往使用专用机开发的工业控制系统更具有通用性,在自动化领域有着更广泛的应用。

其他常见的组态软件还有 GE 的 Cimplicity, Rockwell 的 RsView, NI 的 LookOut, PCSoft 的 Wizcon, 以及国内一些组态软件, 也都各有特色。

本书以 MCGS 组态软件作为控制系统组态设计的主要工具。

1.3 本书的内容说明

1. 内容组织

本书的内容共分为 5 部分。

自动控制理论分为“经典控制理论”和“现代控制理论”两大部分, 它们是自动控制系统工作的理论基础, 也是本书的重点内容。此部分内容为本书的第 2 部分和第 3 部分。

在本书中, 自动控制系统方面主要介绍“过程控制系统”和“计算机控制系统”两个部分的内容, 因为这两部分内容是自动控制系统当中实际应用最为普遍、应用效果最好, 也是最为基本的内容。此部分内容为本书的第 4 部分和第 5 部分。

2. 主要特色

本书为理论知识与实验实践相结合的教材, 并注重突出先进性和实用性的特色。

(1) 本书使用大量的实验装置(实验箱、实验系统)来编写相应的实验内容, 使读者能够更好地理解、运用相应的理论知识, 提高理论联系实践的能力。

(2) 对于无法在实验装置上完成的实验, 本书则使用 MATLAB 仿真软件和 MCGS 组态软件对自动控制系统进行仿真设计、分析。充分利用现代计算机技术和最新的自动化技术, 使读者初步掌握自动控制系统的仿真设计和分析方法。

(3) 无论是使用实验装置编写的实验, 还是使用仿真软件编写的实验, 本书都给出了详细的实验步骤和实验过程, 并对实验结果进行了相应的分析。通过本书提供的实验, 读者可以清晰地了解每一个实验的全部内容, 包括实验目的、实验仪器设备、实验方法、实验原理、实验过程、实验结果及其分析、实验预习要求、实验思考题等内容, 对提高读者的实验和实践能力具有良好的帮助。

2 经典控制理论

本章主要介绍自动控制的基本概念；控制系统在时域和复域中的数学模型及其结构图和信号流程图；线性控制系统的时域分析法、根轨迹法、频域分析法以及校正和设计的方法。

2.1 自动控制系统的概念

2.1.1 直流电动机调速系统的演示实验

1. 实验目的

- (1) 了解直流电动机调速系统的构成，比较其开环控制和闭环控制系统的性能；
- (2) 对直流电动机调速系统的稳定性、稳态响应、暂态响应以及其与控制规律、参量间的关系建立初步的感性认识。

2. 实验仪器设备

- (1) 小功率直流电动机及与其同轴连接测速发电机各 1 台；
- (2) 线性运算放大器及由大功率晶体管组成的功率放大器；
- (3) 直流稳压电源；
- (4) 慢扫描双线示波器。

3. 实验方法

该实验是一个演示实验，不要求学生自己动手实验，而由任课教师向学生操作演示，使学生对自动控制理论课程包含的主要内容有一个概括性的了解。

4. 实验原理

实验原理线路如图 2-1 所示。通过模拟电路构成直流调速系统，分别将系统接成开环系统和闭环系统。

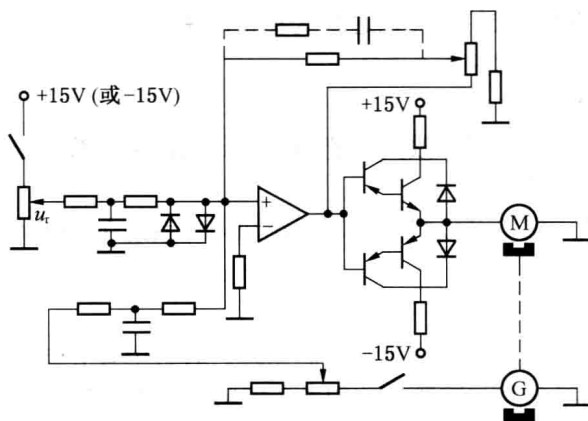


图 2-1 实验原理线路图

5. 实验过程

1) 开环调速系统实验

将图 2-1 所示反馈系统中的开关断开，并将运算放大器和功率放大器接成比例器（如图 2-1 中实线所示），其电压增益可设定在 1 左右。

闭合输入电压 u_r 分别为 5V 和 8V 时，测量并记录电动机的转速（或测出发电机的输出电压）。

在电动机轴上施加摩擦阻力，使其电枢电流达到其额定值的 1/2 左右，再分别测量并记录在 $u_r = 5V$ 和 $u_r = 8V$ 时电动机的转速。

2) 按比例控制规律组成的闭环调速系统实验

将速度反馈电路中的开关闭合（需先检测反馈电压的极性，一定要接成负反馈），运算放大器和功率放大器仍接成比例器，但需提高其电压增益。首先将其增益提高到接近系统的临界稳定增益值（但需留有一定的系统稳定裕度），测量并记录当 $u_r = 5V$ 和 $u_r = 8V$ 时，电动机空载和带有 1/2 左右负载时的转速。

3) 系统的稳定性实验

将闭环系统的开环增益增大到使其呈现不稳定的现象。

对于开环控制系统，无论怎样改变系统增益，此调速系统都不会呈现不稳定现象。

4) 系统的阶跃响应实验

将输入电压 u_r 和测速发电机输出电压引入慢扫双线示波器，观察开环系统及不同控制规律的闭环系统的阶跃输入与阶跃响应示波图。还可以调整系统参量观察并记录其对系统暂态响应的影晌。

6. 实验结果及其分析

1) 开环调速系统实验

通过开环调速系统实验可以看出，输出量受输入量高低值的控制，也有高低不同的数值。这时输出量是对应于电动机处于空载（可视为无干扰）时的转速。

在电动机轴上施加摩擦阻力，转速明显低于空载时的转速。由此说明，开环控制系统不能抑制外扰对输出量的影响。

2) 按比例控制规律组成的闭环调速系统实验

通过按比例控制规律组成的闭环调速系统实验，说明闭环控制系统抑制外扰对输出量影响的作用强弱与系统开环增益大小有关。

3) 系统的稳定性实验

对于开环控制系统，无论怎样改变系统增益，此调速系统都不会呈现不稳定现象。

4) 系统的阶跃响应实验

通过系统的阶跃响应实验可以找出开环系统和闭环系统在阶跃输入下，得到不同的输出响应。

7. 实验预习要求

(1) 学生在进行实验前应复习《自动控制原理》教材中有关自动控制系统控制方式的内容，认真阅读实验指导书及与实验有关的参考资料，明确实验要求，做好准备；

(2) 在实验预习后，应对实验的内容和方法进行充分讨论，然后认真填写实验预习报告。

8. 实验思考题

- (1) 说明电压增益与系统稳态误差的关系;
- (2) 说明开环控制与闭环控制抗干扰能力的区别。

2.1.2 水位控制系统的演示实验

1. 实验目的

- (1) 了解水位控制系统的构成和基本工作原理;
- (2) 比较水位控制系统的开环控制和闭环控制的性能。

2. 实验仪器设备

- (1) 工艺设备包括水槽 1 和水槽 2 串联构成的被控对象、蓄水箱及离心泵等;
- (2) 自动化仪表包括差压变送器、控制器、电动执行器、控制阀和双笔记录仪。

3. 实验方法

该实验是一个演示实验,不要求学生自己动手实验,而由任课教师向学生操作演示,使学生对水位控制系统有一个概括性的了解。

4. 实验原理

水位控制系统实验装置如图 2-2 所示,主要由工艺设备和自动化仪表两部分组成。工艺设备包括水槽 1 和水槽 2 串联构成的被控对象、蓄水箱及离心泵等。自动化仪表包括差压变送器、控制器、电动执行器、控制阀和双笔记录仪。

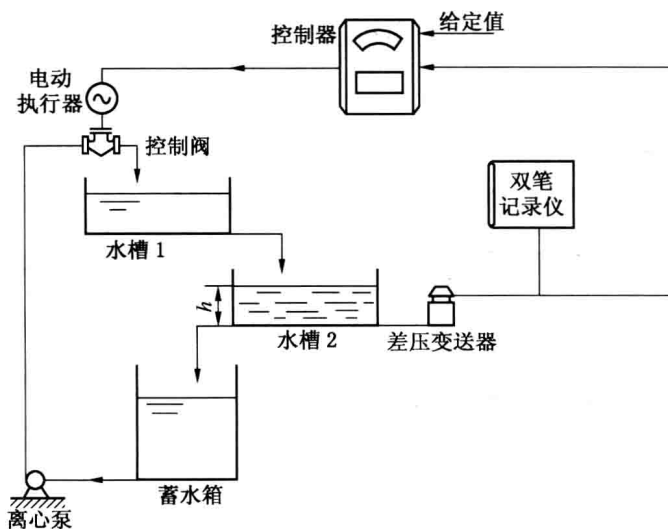


图 2-2 水位控制系统实验装置

5. 实验过程

(1) 首先由老师讲解系统的构成及基本的工作原理。该系统的控制量是水槽 2 的水位 h , 参考输入量则是控制器的给定值, 扰动量则是水槽 2 流向蓄水箱的水流速, 或是向水槽另外添水的水量;

(2) 拔下差压变送器的测量插头, 构成开环系统。控制器置于手动位置, 整定参考输入量, 使控制阀门分别处于 20% 和 40% 的开度状态位置。启动离心泵, 形成水循环。待水位稳定之后, 观察并记录水位 h 的数值, 说明开环系统的控制原理;