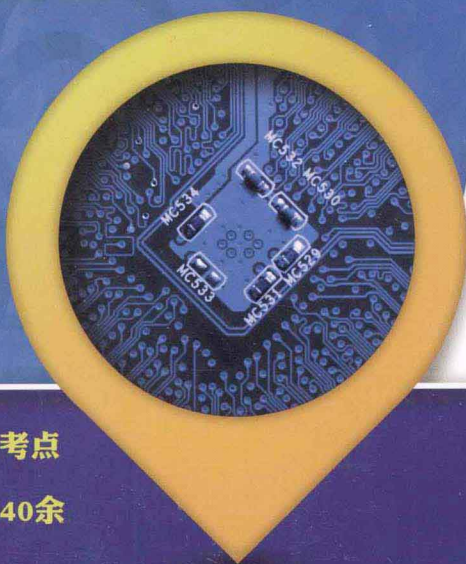


电气与电子信息类研究生入学考试丛书

自动控制原理 知识精要与 考研真题详解

网学天地 主编



- 重点、难点解析，简明扼要，归纳了各章的考点
- 题量较大，来源广泛，选题典型，主要选自40余所高校的历年考研真题、期末考试真题
- 解答详细，对所有考试真题均进行了详细解答
- 网学天地（www.e-studysky.com）是本丛书的支持网站，支持“书本+在线”的学习方式



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

电气与电子信息类研究生入学考试丛书

自动控制原理

知识精要与考研真题详解

网学天地 主 编
郭 强 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

内 容 简 介

全书分为 9 章, 每章包括三部分内容: 第一部分是重点与难点解析, 第二部分是考研真题详解, 第三部分是期末考试真题详解。本书精选了清华大学、北京大学、西安交通大学、浙江大学、天津大学、大连理工大学、河海大学、江苏大学、南京理工大学等 40 多所院校近年的自动控制原理(自动控制理论)考研真题和期末真题(含相关科目中的试题), 并进行了详解。通过这些真题及其详解, 读者可以了解和掌握相关院校考研、期末考试的出题特点和解题方法, 力求达到讲练结合、灵活掌握、举一反三的功效。

本书可作为考生参加电气与电子信息类相关专业研究生入学考试的备考复习用书, 也可作为相关专业期末考试、同等学力考试、自学考试、资格考试的考生的辅导用书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理知识精要与考研真题详解/网学天地主编. —北京: 电子工业出版社, 2013.7

(电气与电子信息类研究生入学考试丛书)

ISBN 978-7-121-20754-9

I. ①自... II. ①网... III. ①自动控制理论—研究生—入学考试—题解 IV. ①TP13-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 135003 号

责任编辑: 凌 毅 文字编辑: 任欢欢

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 25.25 字数: 678 千字

印 次: 2013 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 58.00 元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

高校考研专业课的历年试题一般没有提供答案,虽然各校所用参考教材各异,但万变不离其宗,很多考题也是大同小异。我们参考相关教材和资料,收集和整理了众多高校历年考研真题和期末考试试题,并进行了详细的解答,以减轻考生寻找试题及整理答案的痛苦,让考生用最少的时间获得最多的重点题、难点题(包括参考答案),这是本书的目的所在。

本书精选东北大学、上海交通大学、浙江大学、北京航空航天大学、清华大学、华中科技大学、哈尔滨工业大学、西安交通大学、北京理工大学、西北工业大学、中国科学院、中国科技大学、天津大学、同济大学、华南理工大学、哈尔滨工程大学、南京航空航天大学、湖南大学、华东理工大学、大连理工大学、北京交通大学、电子科技大学、燕山大学、北京工业大学、东南大学、杭州电子科技大学、武汉理工大学、华北电力大学(保定、北京)、南京理工大学、武汉大学、重庆大学、南京工业大学、北京邮电大学、国防科技大学、中南大学、山东大学、武汉科技大学、北京林业大学、大连海事大学、哈尔滨理工大学、沈阳建筑大学等 40 多所院校近年的自动控制原理(自动控制理论、控制工程等科目)考研试题和期末考试真题,并进行了详细解答。通过这些真题及其详解,读者可以了解和掌握相关院校考研、期末考试的出题特点和解题方法。

全书共 9 章,每章基本包括三部分内容。第一部分主要是根据各高校的教学大纲、考试大纲等,对本章的重点和难点进行归纳,并进行简要解析;第二部分主要是精选知名院校近年的考研真题,并进行详细解答;第三部分主要是精选知名院校近年的本科期末考试真题,并进行详细解答。本书具有如下主要特点:

(1) 重点、难点归纳,简明扼要。每章前面均对本章的重点、难点进行了整理。综合众多参考教材,归纳了本章几乎所有的考点,便于读者复习。

(2) 所选题目均为知名院校近年的考研或期末考试真题,这些题目具有很强的代表性。通过这些真题及其详解,读者可以把握相关院校考研和期末考试的出题特点与解题要求。

(3) 对所有考试真题均进行了详细解答。了解历年真题不是目的,关键是要通过真题解答掌握和理解相关知识点。本书不但精选了真题,同时还对所有的真题均进行了详细解答。

(4) 题量较大,来源广泛。主要选自 40 余所高校的历年考研真题、名校题库以及众多教材和相关资料。可以说本书的试题都经过了精心挑选,博选众书,取长补短。

本书由网学天地组织主编,郭强为副主编。此外,陈胜权、宋云娥、陈敬龙、王晓晨、许明波、李荣彪、柯嫣、李兴存、刘凯、杨倩倩、段浩、吴义东、潘丽繁、段辛雷、孔利娜等也参与了本书编写和部分试题解答工作。

网学天地(www.e-studysky.com)是本书的支持网站,该网站是一家为全国各类考试和专

业课学习提供多媒体课件、网络学习、在线辅导、在线考试、面授辅导等全方位教育服务的综合性学习平台。本书和配套网络课程特别适合备战考研和大学期末考试的读者，对于参加相关专业同等学力考试、自学考试、资格考试的考生 also 具有很高的参考价值。

由于题量较大，解答过程中，错误、遗漏不可避免，诚请读者指正，关于不妥之处的反馈和建议请与编者（ytchenzip@163.com）联系，不胜感激。

编 者

2013 年 5 月

目 录

第 1 章 自动控制的一般概念	1
1.1 重点与难点解析	1
1.2 考研真题详解	2
1.3 期末考试真题详解	7
第 2 章 控制系统的数学模型	9
2.1 重点与难点解析	9
2.2 考研真题详解	11
2.3 期末考试真题详解	47
第 3 章 线性系统的时域分析法	51
3.1 重点与难点解析	51
3.2 考研真题详解	54
3.3 期末考试真题详解	110
第 4 章 线性系统的根轨迹法	117
4.1 重点与难点解析	117
4.2 考研真题详解	119
4.3 期末考试真题详解	158
第 5 章 线性系统的频域分析法	163
5.1 重点与难点解析	163
5.2 考研真题详解	167
5.3 期末考试真题详解	228
第 6 章 线性系统的状态空间法	235
6.1 重点与难点解析	235
6.2 考研真题详解	239
6.3 期末考试真题详解	275
第 7 章 线性离散系统的分析与设计	276
7.1 重点与难点解析	276
7.2 考研真题详解	280
7.3 期末考试真题详解	302
第 8 章 非线性系统分析	304
8.1 重点与难点解析	304
8.2 考研真题详解	305
8.3 期末考试真题详解	337
第 9 章 李雅普诺夫稳定性理论	340
9.1 重点与难点解析	340
9.2 考研真题详解	341

附录	345
附录 1 北京航空航天大学 2011 年《控制工程综合》考研真题、答案与解析	345
附录 2 哈尔滨工业大学 2011 年《控制原理》考研真题、答案与解析	349
附录 3 东北大学 2010 年《自动控制原理》考研真题、答案与解析	355
附录 4 华中科技大学 2010 年《自动控制原理》考研真题、答案与解析	360
附录 5 浙江大学 2010 年《自动控制原理》考研真题、答案	366
附录 6 西安电子科技大学 2010 年《自动控制原理》考研真题、答案与解析	372
附录 7 北京交通大学 2010 年《控制理论》考研真题、答案与解析	379
附录 8 电子科技大学 2010 年《自动控制原理》考研真题、答案与解析	385
附录 9 天津大学 2010 年《自动控制理论》考研真题、答案与解析	390
附录 10 西安交通大学 2008 年《自动控制原理与信号处理》考研真题、答案与解析	394

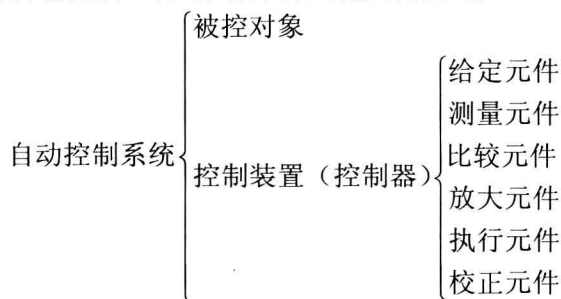
第 1 章 自动控制的一般概念

1.1 重点与难点解析

一、一般概念

(1) 自动控制：指在没有人直接参与的情况下，利用外加设备或装置（称为控制装置或控制器），使机器、设备或生产过程（统称被控对象）的某个工作状态或参数（即被控量）自动地按照预定的规律运行。

(2) 自动控制系统：能够实现自动控制任务的系统，由控制器与控制对象组成。这里控制装置是一个广义的名词，主要是指以控制器为核心的一系列附加装置的总和。共同构成控制系统，对被控对象的状态实行自动控制，有时又称为控制器或调节器。



(3) 负反馈原理：把被控量反馈到系统的输入端与给定量进行比较，利用偏差引起控制器产生控制量，以减小或消除偏差。

(4) 实现自动控制的基本途径：开环和闭环。

(5) 实现自动控制的主要原则：①主反馈原则——按被控量偏差实行控制；②补偿原则——按给定或扰动实行硬调或补偿控制；③复合控制原则——闭环为主开环为辅的组合控制。

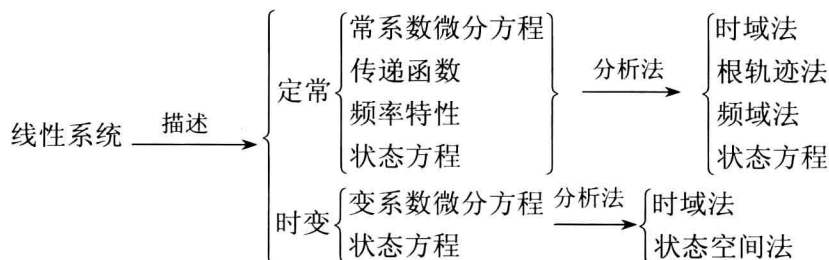
(6) 反馈控制系统的基本组成：给定、比较、放大、执行、校正等环节。

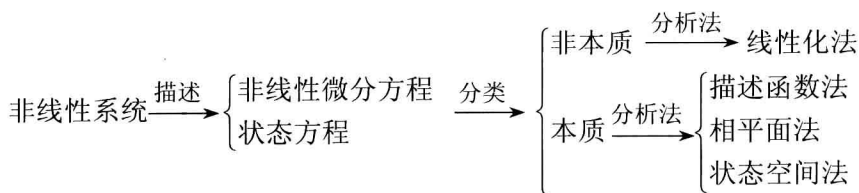
(7) 基本控制方式：反馈控制、开环控制、复合控制。

二、自动控制系统的基本要求、分类和典型外作用

(1) 对自动控制系统的基本要求：稳定性，准确性，快速性（稳、快、准）。

(2) 系统分类的重点。





(3) 典型外作用。①阶跃函数 $f(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ R, & t > 0 \end{cases}$; ②斜坡函数 $f(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ Rt, & t > 0 \end{cases}$; ③脉冲函数

$f(t) = \lim_{t_0 \rightarrow 0} \frac{A}{t_0} [1(t) - 1(t - t_0)]$; ④正弦函数 $f(t) = A \sin(\omega t - \varphi)$ 。

(4) 正确绘制系统方框图。绘制系统方框图遵循以下步骤：①明晰系统的工作原理，正确判别系统的控制方式；②正确找出系统的被控对象及控制装置所包含的各功能元件；③确定外部变量（即给定值、被控量和干扰量），然后按典型系统方框图的连接模式将各部分连接起来。

(5) 对自控系统的要求。对自控系统的要求用语言叙述就是两句话：要求输出等于给定输入所要求的期望输出值；要求输出尽量不受扰动的影响。

衡量一个系统是否完成上述任务，把要求转化成三大性能指标来评价：①稳定——系统的工作基础；②快速、平稳——动态过程时间要短，振荡要轻；③准确——稳定精度要高，误差要小。

1.2 考研真题详解

【1-1】（东北大学 2009 年考研试题）试画出人从书架上取书的负反馈控制系统方框图，并简述其工作过程。

解：负反馈控制系统方框图如图 1-1 所示，其中，输入量是书的位置；输出量是手的位置，控制装置包括眼、大脑、手；被控对象是手；被控量是手的位置。

工作原理：闭环控制方式。

工作方式：人眼看到书的位置，把信息发送给大脑，大脑控制手去取书，眼睛观察手的位置与书的位置，将位置反馈给大脑，大脑根据偏差控制手，最终当偏差为 0 时，人成功从书架上取到书。

【1-2】（浙江大学 2009 年考研试题）图 1-2 是一个液体贮槽的示意图，设阀 1 前压力恒定，阀 2 的流通面积 f 不变，请推导液体流入量 Q_{in} 与液体贮槽的液位 h 在工作点附近之间的关系。

提示：液体力学公式 $Q_{out} = \alpha \cdot f \sqrt{h}$ ，其中， α 是阀的节流系数，可以近似为常数。

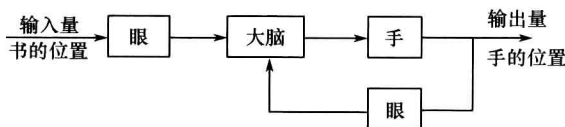


图 1-1

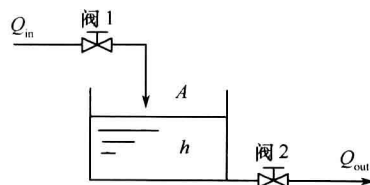


图 1-2

解：根据进出贮槽液体的物料平衡关系，有： $Q_{in} - Q_{out} = \frac{dV}{dt}$ ， $A \frac{dh}{dt} + \alpha \cdot f \sqrt{h} = Q_{in}$

采用泰勒级数展开法将其在工作点附近进行线性化处理（不考虑 f 的变化）：

$$Q_{\text{out}} = \alpha \cdot f \sqrt{h} = Q_{\text{out}0} + \left. \frac{\partial Q_{\text{out}}}{\partial h} \right|_{h=h_0} (h - h_0) = Q_{\text{out}0} + \frac{1}{2} \alpha f_0 \sqrt{\frac{1}{h_0}} \Delta h$$

式中, $\frac{1}{2} \alpha f_0 \sqrt{\frac{1}{h_0}} \Delta h$ 表示由液位变化引起的量, 记为 $\frac{1}{R} \Delta h$ (R 称为阻力系数)。

整理, 可得: $A \frac{d(h_0 + \Delta h)}{dt} + Q_{\text{out}0} + \frac{1}{R} \Delta h = Q_{\text{in}0} + \Delta Q_{\text{in}}$

因为 $Q_{\text{out}0} = Q_{\text{in}0}$, $\frac{dh_0}{dt} = 0$, 整理上式可得增量形式表示的贮槽液位的近似线性化数学模型:

$$A \frac{d(\Delta h)}{dt} + \frac{1}{R} \Delta h = \Delta Q_{\text{in}}$$

去掉增量符号, 可得:

$$A \frac{dh}{dt} + \frac{1}{R} h = Q_{\text{in}}$$

【1-3】(华中科技大学 2009 年考研试题) 线性系统的主要特点有 ()。

- A. 稳定性 B. 振荡性 C. 收敛性 D. 齐次性

答案: D

【1-4】(华中科技大学 2009 年考研试题) 系统的传递函数与下列因素有关 ()。

- A. 系统结构 B. 初始条件
C. 系统结构和参数 D. 系统结构、参数和初始条件

答案: C

【1-5】(华中科技大学 2004 年考研试题) 如图 1-3 所示是一个阀门的人工控制系统原理示意图。操作员根据仪表显示的液体浓度来调节阀门, 达到控制处理罐输出液体浓度目的。(1) 该系统是开环控制还是闭环控制系统? (2) 画出系统的控制方框图 (方框内可用文字说明), 并指出什么是输入量, 什么是输出量; (3) 为了实现自动控制功能。请用某些装置构成控制器来取代人的操作最终构成阀门自动控制系统 (用控制方框图说明)。

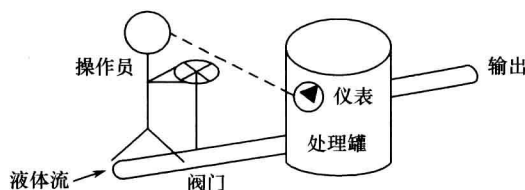


图 1-3

解: (1) 该系统是闭环控制系统。输出液体的浓度经仪表测量后反馈给操作员, 操作员根据仪表显示的实际浓度, 与要求的液体浓度 (即给定的液体浓度) 进行对比, 及时控制阀门的开启程度。

(2) 人工控制系统控制方框图如图 1-4 所示。系统中, 输入量为期望的液体浓度给定值, 输出量为实际的液体浓度。

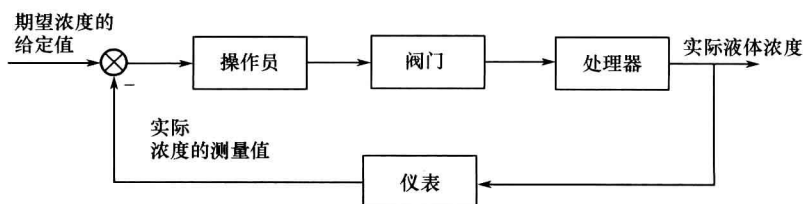


图 1-4

(3) 液体浓度自动控制系统方框图如图 1-5 所示。

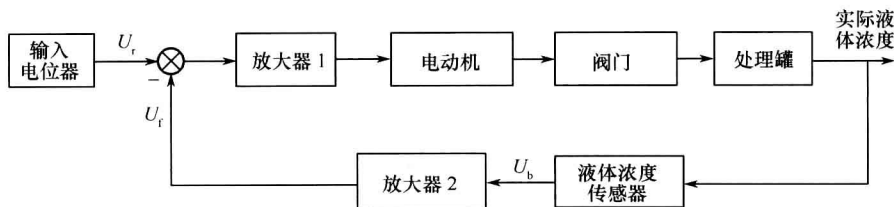


图 1-5

液体浓度传感器用来测量实际的液体浓度，其输出 U_b 与实际的液体浓度成正比。调节放大器 2 的放大系数，确保 U_b 与实际液体浓度 U_f 、给定液体浓度 U_r 具有相同的比例。

U_r 与 U_f 的差经过放大器放大后控制电动机，电动机带动阀门，从而控制了阀门的开启程度，通过控制阀门的不同开启程度，进而控制了液体流的流量，实现了对液体流的自动控制。

【1-6】(华中科技大学 2007 年考研试题) 线性系统的稳定性与 () 有关。

A. 输入量 B. 扰动量 C. 系统结构 D. 输入量、输出量及系统结构

答案: C

【1-7】(华南理工大学 2006 年考研试题) 在闭环控制系统中，通过检测元件将输出量转变成与给定信号进行比较的信号，这个信号称为_____。

答案: 反馈信号

【1-8】(华南理工大学 2006 年考研试题) 自动控制系统对输入信号的响应，一般都包含两个分量，即一个是_____分量，另一个是_____分量。

答案: 稳态 瞬态

【1-9】(华南理工大学 2006 年考研试题) 何谓自动控制？开环控制和闭环控制各具有什么样的特点？

解: 自动控制是指在无人直接参与下，利用控制装置操纵被控对象，使被控量等于给定值。开环控制是按给定值控制，控制方式比较简单，但控制精度受到原理上的限制；闭环控制为偏差控制，可以使反馈回路中的干扰信号得到抑制，因而控制精度较高，但闭环控制有可能使系统不稳定。

【1-10】(华南理工大学 2006 年考研试题) 什么叫传递函数？它有什么性质？

解: 传递函数是指在零初始条件下，系统输出变量的拉氏变换与输入变量的拉氏变换之比。传递函数只取决于系统（或元件）的结构和参数，与外界输入无关。

【1-11】(南京航空航天大学 2008 年考研试题) 已知某线性定常系统在单位阶跃信号作用下稳态误差为无穷大，该系统是否不稳定？请说明理由。

解: 不是，稳定性与稳态误差是两个不同的概念。稳定性只与系统结构有关，稳态误差除了与系统结构有关之外，还与系统的输入有关。

【1-12】(湖南大学 2006 年考研试题) 对于任何种类的自动控制系统而言，对其被控量变化全过程的共同要求基本相同，即_____、_____、_____。

答案: 稳定性 快速性 准确性

【1-13】(湖南大学 2006 年考研试题) 建立控制系统数学模型的方法有_____、_____。

答案: 分析法 实验法

【1-14】(湖南大学 2006 年考研试题) 最常用的补偿方法是_____和_____。

答案: 按扰动补偿 按输入补偿

【1-15】(湖南大学 2006 年考研试题) 在现代控制理论中, _____、_____和_____是系统的三个重要属性与基本概念。

答案: 稳定性 能控性 能观性

【1-16】(湖南大学 2006 年考研试题) 对控制作用进行适当的补偿(复合控制), 可使系统()。

- A. 由不稳定变成稳定
- B. 减小非线性的影响
- C. 提高无差度
- D. 同时改善快速性和抗干扰能力

答案: D

【1-17】(湖南大学 2006 年考研试题) 电冰箱制冷系统工作原理如图 1-6 所示, 则该制冷系统是如何工作的? 该制冷系统的被控对象、被控量和给定量是什么? 并画出系统方框图。

解: 系统的控制任务是保持冰箱内温度 T_c 等于给定温度 T_0 。冰箱体是被控对象, 箱内温度是被控量, 期望温度 T_i 为给定量(由电位器的输出电压 u_i 对应给出)。

其工作原理为: 温度控制器中的双金属温度传感器(测量元件)感受冰箱内的温度并将其转换为电压信号 u_c , 与控制器旋钮设定的电位器输出电压 u_i (对应于期望温度 T_i) 相比较, 构成偏差电压 $\Delta u = u_i - u_c$ (表征实际温度与期望温度的偏差), 控制继电器 K 。当 Δu 增大到一定值时,

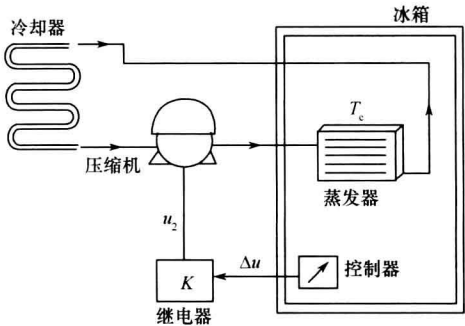


图 1-6

继电器接通, 压缩机启动, 将蒸发器中的高温低压制冷剂送往冷却器散热, 降温后的低温低压制冷剂被压缩成低温高压液态制冷剂进入蒸发器, 急速降压汽化成气体, 吸收箱体内部的热量, 使箱体的温度下降; 而高温低压制冷剂又被吸入冷却器。如此循环, 冰箱达到制冷的效果。在这里, 继电器、压缩机、蒸发器、冷却器所组成的制冷剂循环系统起执行元件的作用。系统的方框图如图 1-7 所示。

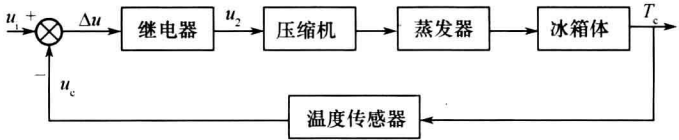


图 1-7

【1-18】(杭州电子科技大学 2008 年考研试题) 判断题: 在控制系统中, 直接改变控制变量的装置称为控制器或控制元件。

答案: 错。在控制系统中, 直接改变控制变量的装置称为执行元件。

【1-19】(杭州电子科技大学 2008 年考研试题) 判断题: 开环控制系统的控制器和控制对象之间只有正向作用, 系统输出量不会对控制器产生任何影响。

答案: 对

【1-20】(杭州电子科技大学 2008 年考研试题) 判断题: 状态空间描述是线性定常系统的一种内部描述模型。

答案: 对

【1-21】(杭州电子科技大学 2008 年考研试题) 在通常的闭环控制系统结构中, 系统的控制器和控制对象共同构成了()。

A. 开环传递函数 B. 反馈通道 C. 前向通道 D. 闭环传递函数

答案: C

【1-22】(杭州电子科技大学 2008 年考研试题) 传递函数的概念除了适用于线性定常系统之外, 还可用于描述 () 系统。

A. 线性时变 B. 非线性定常 C. 非线性时变 D. 以上都不是

答案: D

【1-23】(杭州电子科技大学 2008 年考研试题) 图 1-8 是一个自动液位控制系统。在任意情况下希望液面高度维持在 H_0 不变。(1) 指出该自动液位控制系统中的控制对象、控制器、执行器、测量元件、被控量和干扰量; (2) 画出系统的功能框图。

解: (1) 控制对象是水箱, 控制器是杠杆, 执行器是阀门, 测量元件是浮球, 被控量是液位, 干扰量是流出 Q_2 。

(2) 系统的功能框图如图 1-9 所示。

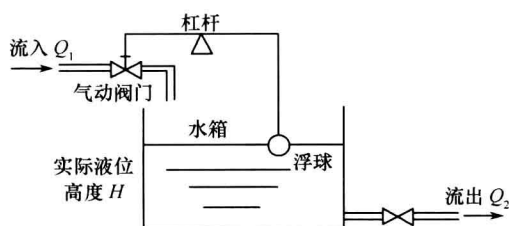


图 1-8

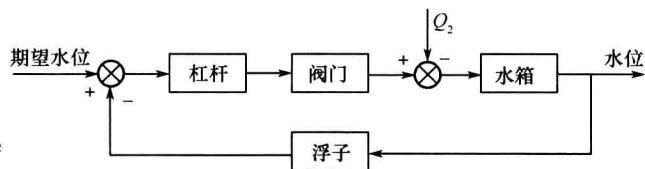


图 1-9

【1-24】(杭州电子科技大学 2007 年考研试题) 判断题: 在控制系统中, 被控制的物理量称为控制变量。

答案: 错。称为被控量。

【1-25】(杭州电子科技大学 2007 年考研试题) 判断题: 状态空间表达式是经典控制理论中线性控制系统的基本数学模型。

答案: 错。是现代控制理论中线性控制系统的基本数学模型。

【1-26】(杭州电子科技大学 2007 年考研试题) 判断题: 扰动输入作用于系统时, 相应于该扰动信号的系统期望输出为零。

答案: 对

【1-27】(杭州电子科技大学 2007 年考研试题) 下述 () 属于对闭环控制系统的基本要求。

A. 稳定性 B. 准确性 C. 快速性 D. 前面三个都是

答案: D

【1-28】(武汉大学 2006 年考研试题) 系统如图 1-10 (a)、(b) 所示, 假定空载时两系统的发电机端电压均为 110V, 试分析带上负载后, (a)、(b) 图中哪个系统能保持 110V 不变, 为什么?

解: 在图 (a) 所示系统中, 当负载电流 i_L 变化时, 发电机的电枢绕组压降也随之改变, 导致端电压不能保持恒定。为了补偿这个影响, 将电阻上的压降经放大后的电压负反馈到输入端, 与输入电压比较使 i_L 随之变化, 以补偿电枢压降, 使端电压维持不变。可见, 图 (a) 所示系统能保持 110V 不变。

而图 (b) 所示系统中, 电枢压降随负载电流的变化无法得到补偿, 因此, 图 (b) 所示系统不能保持 110V 电压不变。

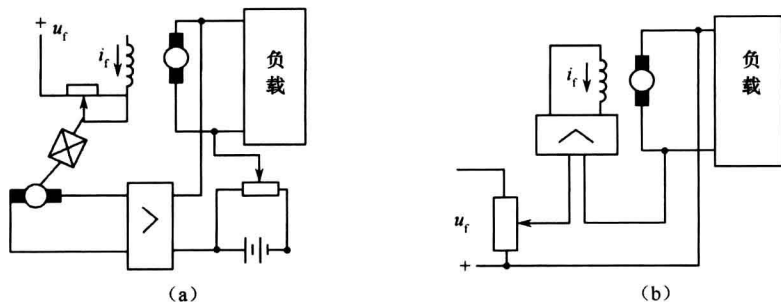


图 1-10

【1-29】(武汉科技大学 2008 年考研试题) 如图 1-11 所示的两种液面自动控制系统: (1) 哪一种能够实现液面的自动控制, 为什么? (2) 在可实现液面自动控制的系统中如何调整系统液面的期望高度 H (即如何确定系统的指令信号, 假定杠杆不可调整)? (3) 对于可实现液面自动控制的系统, 试指出系统中的控制器和比较环节分别由哪些元件构成。

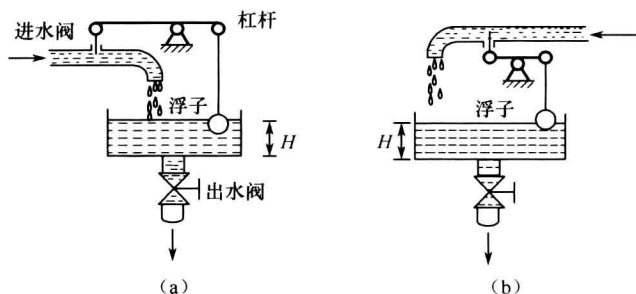


图 1-11

解: (1) 图 (a) 能够实现液面的自动控制。因为图 (a) 是负反馈, 液面升高使阀门关小, 减少进水量, 以维持液面高度; 而图 (b) 则是正反馈, 液面升高使阀门开大, 增加进水量, 不能维持液面高度。

(2) 通过调节浮子与杠杆之间连杆的长度, 可调节期望的液面高度, 例如调短连杆长度, 可增加期望液面高度。

(3) 系统比较环节为浮子, 浮子随液面的波动反映出液面位置的变化。其比较的基础是当液面在期望的高度时, 出水流量 Q_1 等于进水量 Q_2 ; 杠杆为系统的控制器, 它将误差信号放大以调节进水阀门的开度。

1.3 期末考试真题详解

【1-30】(东北大学 2003—2004 年第 1 学期期末试题) 如图 1-12 所示电路, 求 $W(s) = \frac{U_c(s)}{U_r(s)}$ 。

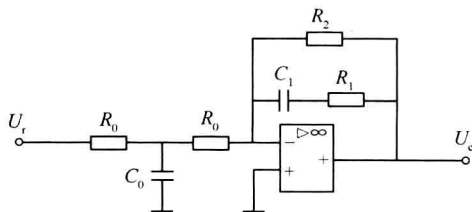


图 1-12

解：题解如图 1-13 所示，根据 RC 电路知识，可得：

$$I_0(s) = I_1(s), \quad I_0(s) = \frac{U_r}{R_0 + R_0 // \frac{1}{C_0 s}} \times \frac{\frac{1}{C_0 s}}{R_0 + \frac{1}{C_0 s}}, \quad I_1(s) = \frac{-U_c}{R_2 // \left(R_1 + \frac{1}{C_1 s} \right)}$$

由此可得：

$$W(s) = -\frac{R_2(R_1 C_1 s + 1)}{R_0(R_0 C_0 s + 2)(R_2 C_1 s + R_1 C_1 s + 1)}$$

第2章 控制系统的数学模型

2.1 重点与难点解析

一、线性系统与非线性系统、连续系统与离散系统

线性系统是指组成系统的元器件的静态特性为直线，输入与输出关系可以用线性微分方程来描述的系统。线性系统的主要特点是具有叠加性和齐次性，系统的时间响应特性与初始状态无关。

非线性系统是指组成系统的元器件中有一个以上具有非直线的静态特性的系统，只能用非线性微分方程描述，不满足叠加原理。

连续系统是指系统内各处的信号都是以连续的模拟量传递的系统。其输入-输出之间的关系可以用微分方程来描述。

离散系统是指系统一处或多处信号以脉冲序列或数码形式传递的系统。

二、状态空间模型、微分方程模型、传递函数模型、方框图模型和信号流图模型

掌握这些模型的求取方法，基本表达形式及相互之间的转化方法

(1) 状态空间模型，状态方程与输出方程统称为状态空间描述或状态空间表达式。线性定常系统状态空间表达式一般用矩阵形式表示：
$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx + Du \end{cases}$$

(2) 微分方程模型，其一般形式为：

$$\begin{aligned} & a_0 \frac{d^n}{dt^n} c(t) + a_1 \frac{d^{n-1}}{dt^{n-1}} c(t) + \cdots + a_{n-1} \frac{d}{dt} c(t) + a_n c(t) \\ & = b_0 \frac{d^m}{dt^m} r(t) + b_1 \frac{d^{m-1}}{dt^{m-1}} r(t) + \cdots + b_{m-1} \frac{d}{dt} r(t) + b_m r(t) \end{aligned}$$

(3) 传递函数模型，线性定常系统在零初始条件下，将输出量的拉氏变换与输入量的拉氏变换之比定义为线性定常系统的传递函数，即 $G(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$ 。

(4) 方框图模型，如图 2-1 所示。

(5) 信号流图模型，如图 2-2 所示。

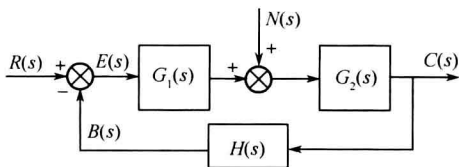


图 2-1

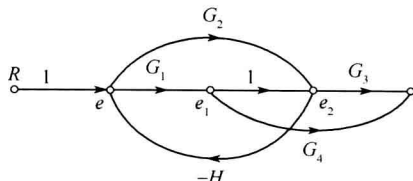


图 2-2

三、方框图的化简

(1) 串联连接： $G(s) = \prod_{i=1}^n G_i(s)$

(2) 并联连接: $G(s) = \sum_{i=1}^n G_i(s)$

(3) 反馈连接。原方框图如图 2-3 所示。化简后方框图如图 2-4 所示。

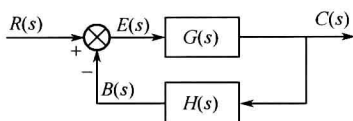


图 2-3

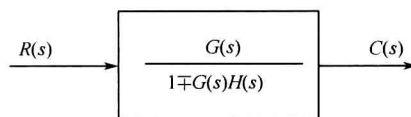


图 2-4

(4) 比较点和分支点的移动。方框图等效变换法则如表 2-1 所示。

表 2-1

变换方式	变换前	变换后	等式
串联			$C(s) = G_1(s)G_2(s)R(s)$
并联			$C(s) = [G_1(s) \pm G_2(s)]R(s)$
反馈			$C(s) = \frac{G(s)}{1 \pm G(s)H(s)} R(s)$
引出点前移			$C(s) = G(s)R(s)$
引出点后移			$C(s) = G(s)R(s)$
比较点前移			$C(s) = G(s)R_1(s) + R_2(s)$
比较点后移			$C(s) = G(s)[R_1(s) + R_2(s)]$
比较点交换			$C(s) = R_1(s) + R_2(s) + R_3(s)$