



高等学校教材配套辅导及
 考研专业课应试指导丛书(控制工程类)

双博士系列



自动控制原理 辅导及

考研应试指导

编写 控制工程类教材辅导及
 考研应试指导委员会

总策划 胡东华


课程同步辅导

典型考题分析

考研真题荟萃

考研过关必备



 机械工业出版社
 China machine Press

高等学校教材配套辅导及考研专业课应试指导丛书(控制工程类)

自动控制原理

辅导及考研应试指导

编写 控制工程类教材辅导及考研应试指导委员会
总策划 胡东华



机械工业出版社

声明:本书封面及封底均采用双博士品牌专用图标(见右图);该图标已由国家商标局注册。未经本策划人同意,禁止其他单位或个人使用。



图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理辅导及考研应试指导/控制工程类教材辅导及考研应试指导委员会编. —北京:机械工业出版社,2003.8

(高等学校教材配套辅导及考研专业课应试指导丛书.控制工程类)

ISBN 7-111-12609-2

I. 自... II. 控... III. ①自动控制理论—高等学校—教学参考资料②自动控制理论—研究生—入学考试—自学参考资料 IV. TP13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 056781 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮编:100037)

责任编辑:刘永 责任校对:刘超

封面设计:胡东华 责任印制:何全君

北京市高岭印刷厂印刷 机械工业出版社出版发行

2003 年 9 月第 1 版 第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16 印张 12.5 字数 292 千字

定价:16.00 元

©版权所有 违法必究

盗版举报电话:(010)62534708(著作权者)

<http://www.bbdt.cc>(中国教育考试双博士网站)

<http://www.cmpbook.com>(机械工业出版社网站)

如有字迹不清、缺页、倒页、脱页,由本社发行部负责调换。

<http://www.bbdd.cc>

“考研押题讲座”免费授课计划

一、内容: 考研政治、英语、数学(一、二、三、四)、西医综合科目考前一个半月押题讲座

二、讲座总策划及献爱心人: 胡东华

三、讲座资料提供:

北大、清华、人大考研辅导班资料采编组

联合提供

京城考研命题信息搜集研究组

四、免费讲座时间: 2003年12月1日~2004年1月15日

五、网站: 中国教育考试双博士网站: <http://www.bbdd.cc>

六、课程表:

时 间 科 目	12月第1周	12月第2周	12月第3周	12月第4周	1月第1周	1月第2周
政 治	马克思主义哲学、 马克思主义 政治经济学	毛泽东思想概论	邓小平理论 与“三个代表” 重要思想概论	当代世界经济 与政治 形势与政策	网上通知	网上通知
英 语	听力	英语知识运用	阅读理解 A (命题趋势)	阅读理解 B (英译汉)	写作命题预测 及背诵范文	网上通知
数 学 一	高数 (1~5)	高数 (6~11)	线性代数	概率论与 数理统计	网上通知	网上通知
数 学 二	高数(1~3)	高数(4~6)	高数(7~11)	线性代数	网上通知	网上通知
数 学 三	微积分 (1~5)	微积分 (6~10)	线性代数	概率论与 数理统计	网上通知	网上通知
数 学 四	微积分 (1~5)	微积分 (6~10)	线性代数	概率论	网上通知	网上通知
西 医 综 合	生理学 生物化学	病理学	外科学	内科学	网上通知	网上通知

(如有变化,另行通知)

双博士品牌 真情大奉献

来自北京大学研究生会的感谢信

双博士:

您好!

首先感谢您对北京大学“十佳教师”评选活动的热情支持和无私帮助!师恩难忘,北京大学“十佳教师”评选活动是北京大学研究生会的品牌活动之一,是北京大学所有在校研究生和本科生对恩师情谊的最朴素表达。双博士作为大学教学辅导及考研领域全国最大的图书品牌之一,不忘北大莘莘学子和传道授业的老师,其行为将永久的被北大师生感怀和铭记。

作为考研漫漫征途上的过来人,双博士曾陪伴我们度过考研岁月的无数个日日夜夜,曾带给我们无数个明示和启发,当然也带给我们今天的成功。

特致此信,向双博士表达我们内心长久以来的感激之情,并祝愿双博士事业蒸蒸日上。

北京大学研究生会

二零零二年十二月

郑州某大学学生的来信

双博士:

您好!

……

我曾购买了“双博士”的《大学英语精读课文辅导》(3)、(4)册,我认为质量很好,因为我在准备2001年6月份的全国四级考试前没买太多的辅导资料,仅是每天背《辅导》上的知识点,另外又做(看)了双博士的模拟题、真题解析及词汇,而我却考出了94.5分的骄人成绩,真应感谢双博士为我们带来了如此上乘的资料。我信赖双博士,也相信考研中借助双博士的力量,会取得更好的成绩。所以我在您寄来的书目中挑了一下,如果可以的话,我想得到代号为“RB12”的《考研应试教程(英语分册)》,或者是代号为“B18A”的《研究生入学考试英语词汇·考点·记忆法·用法详解》。两本书中的任何一本,我都相信会给我带来好运!

另外,……

李XX

2001年11月22日

天津某高校学生的来信

双博士:

你们好!

……

我们都知道,英语学习中,口语是非常重要的,而《英美流行口语》正是我们所需要的,是一场及时雨。五一、五四前后,我校将举办一次口语演讲比赛,我们将把这几本书作为奖品赠送给口语出色的同学,相信他们会很意外,也会很高兴的。双博士为我们着想,我们也希望能以微小之力量,给她的工作以支持和回报。其实,我想,只要我们真正为爱好英语的同学做了事,使他们从中受了益,英语有了提高,就是对“双博士”最好的回报了,对不对?

还有,我校对购买“双博士”图书比较困难,到书店买,常被抢购一空,由老师订购又“姗姗来迟”,所以,我想与你们联系,能否帮同学们统一订购?如可以,请将你们的订购时间、办法等以传真方式告诉我。

……

英语俱乐部部长:于XX

2002年4月24日

QIAN YAN

前 言

双博士品牌考研丛书,已成为全国最著名的考研图书品牌,其市场的覆盖率约占全国考研市场的三分之一。

据调查,缺乏对专业课命题侧重点及考试要求的了解,已成为众多考生专业课考试失利的原因,进而与继续深造的机会失之交臂。因此,选取一本好的专业课辅导教材,对于有志于考研的莘莘学子来说,至关重要。本丛书涉及法学、金融、经管、西医、通信电子、计算机、机械、控制理论与控制工程及其他热门专业。策划本丛书的指导精神是既方便于在校本科生同步学习时参考,更适合于准备参加硕士研究生入学考试的学生作为专业课辅导用书。

本丛书的编写,以普通高等学校普遍采用的教材为蓝本,针对性强,信息含量高,具有明确的参考价值和实用意义,是考研专业课不可多得的工具与助手。本书各章在编排上有以下特色:

1. 基本概念及重点、热点、考点内容精要:对与本章相关的知识点进行课后阐述,使考生既能熟练掌握基础知识,又可把握重点、要点。
2. 典型例题、考题分析:这一部分精选了名校历年试题作为本书的例题,并提供详细的解析过程,强调解题思路。还附有知识点小结。本部分内容既可使考生把握命题原则,又可熟悉题目类型,触类旁通。
3. 自测题及模拟训练题:该部分为考生自行练习而提供,备有详细的解答过程。便于考生及时总结,查漏补缺。
4. 在全书最后一章为模拟试题。这些模拟试卷也是名校近年的真题,并配有详细解析。

综合起来,本书凸显以下特色:

1. 专题化的编写体例。面对普通高等学校专业课教材的泛泛的讲解,本书从更深的层次,对常考的知识要点加重了讲解的力度。
2. 极富针对性的题型训练。在每章或每部分的典型例题、模拟试题中,均编排名校近几年的考研真题,并附有详细的参考答案。
3. 资料翔实、全面、新颖。一般情况下,真题在研究生入学考试中极易重复。
4. 本科生各科目考试,试题也常常选用考研真题。故本书有利于本科生在期末考试中获得高分。

“双博士”品牌系列丛书,以其独有的魅力和卓越的品质被誉为最受欢迎的教学辅导丛书,销量居全国同类书榜首。全国约有三分之一的大学生读过或正在使用本品牌丛书(不含盗版)。本品牌丛书封面、封底都带有双博士的书标。此书标已由国家商标局注册。该系列品牌丛书,在读者中已树立起不可替代的品牌形象,引起了媒介的广泛关注。中央电视台1999年9月15日-10月15日在“99全球财富论坛”特别节目及《东方时空》黄金时间强档推出该品牌系列丛书,成为当时图书界传媒热点。1999年11月5日《光明日报》第9版以“图书市场面临商标竞争时代”为标题,以“胡东华系列双博士品牌文教图书引起关注”为副标题做了报道。后被多家报纸转载。《中国青年报》、《新闻出版报》、《中国文化报》、《中国教育报》和《中国大学生》等报刊对该品牌系列丛书也做了相应报道。

本书采用60克胶版纸印刷,双色排版,便于阅读和记忆。双博士全体同仁非常感谢考生对双博士品牌的厚爱。

虽然我们力求呈现给广大考生一本完美适用的专业课辅导用书,无奈时间有限,且因本丛书涉及面广,本数多,如有错误,敬请广大读者谅解,也可发电子邮件(shuangboshi@sina.com)交流指正。

“双博士”网站留言选登

自从2001年双博士网站举办免费的考研及四、六级讲座以来,每天都有大量读者留言,交流考试心得和对双博士丛书的观感。现将部分留言选登如下:

	<p>作者: 考研人 来自: 湖北, 2003-2-16, 23:31:04</p> <p>留言内容: 今天上网把你们的考研网上押题讲座和你们上传的真题对比来看, 押中的题还真不少来! 希望双博士在2004年考研政治理论方面继续给广大考生押题!!</p>
	<p>作者: 奋斗 来自: 福建 2003-2-16, 23:40:00</p> <p>留言内容: 是的, 我认为政治理论做的最好的部分是形势与政策部分, 其中有关16大的考题共8分全部押中了; 毛概部分押中了中国共产党的最低纲领和最高纲领部分; 当代部分即最后的两个选作题, 都能从押题的相关部分找到答案, 这对我特别有用, 因为我是一名理科生, 对当代部分的内容不熟悉。谢谢双博士!!!</p>
	<p>作者: liutancai 来自: 广东 2003-5-25, 13:37:51</p> <p>留言内容: 我购买了双博士的书觉得非常不错, 现在上到她的网站, 看到这么多对我等有用的东西, 而且免费, 更喜欢双博士了, 感谢双博士!</p>
	<p>作者: 小林 来自: 广东 2003-7-13, 22:58:32</p> <p>留言内容: 贵网页提供的内容非常丰富, 对我们广大学生有很大的帮助。我经常浏览您们的网页, 对我的帮助极大, 可以说我能过六级、并考上研究生少不了您们的功劳。在此, 想对您们说: 谢谢!!!</p>
	<p>作者: 吴光华 来自: 黑龙江 2002-12-3, 18:07:19</p> <p>留言内容: 你们的東西对我帮助很大, 你们的书也挺出色, 希望你们能够再接再厉, 办得更好, 谢谢!</p>
	<p>作者: kaoyan 来自: 北京 2002-11-30, 10:53:31</p> <p>留言内容: 以前用你们的大学英语资料考四六级感觉很好, 最近买了一套考研数学最后冲刺题, 也还不错, 希望你们多多努力, 做好这个网站! 很感谢你</p>
	<p>作者: 谢军华 来自: 湖北 2002-12-6, 19:06:05</p> <p>留言内容: 谢谢主编为我们提供这么方便的讲座!!你们能全心为我们着想! 太难得了。</p>
	<p>作者: mmer 来自: 四川 2003-2-9, 17:16:50</p> <p>留言内容: 双博士教辅真的很不错, 我和身边的同学用了都说好! 谢谢胡东华老师和编书老师, 谢谢你们!</p>
	<p>作者: 杨杨 来自: 江苏 2002-11-28, 18:18:47</p> <p>留言内容: 双博士教育网的同志们, 你们出版的双博士《四级、六级预测试题》一书很好, 押中了好几道题。</p>
	<p>作者: MATTHEW 来自: 四川 2002-12-2, 12:01:37</p> <p>留言内容: 双博士考研单词记忆法非常棒, 这次政治押题讲座上传的内容很不错。还有我想问一下胡老师是否是个基督徒!?</p>

目 录

第1章 自动控制的一般概念	(1)
1.1 基本概念及重点、热点、考点内容精要	(1)
1.2 典型例题、考题分析	(4)
1.3 自测题及模拟训练题	(7)
第2章 控制系统的数字模型	(8)
2.1 基本概念及重点、热点、考点内容精要	(8)
2.2 典型例题、考题分析	(11)
2.3 自测题及模拟训练题	(21)
第3章 线性系统的时域分析	(23)
3.1 基本概念及重点、热点、考点内容精要	(23)
3.2 典型例题、考题分析	(30)
3.3 自测题及模拟训练题	(38)
第4章 根轨迹法	(40)
4.1 基本概念及重点、热点、考点内容精要	(40)
3.2 典型例题、考题分析	(43)
3.3 自测题及模拟训练题	(49)
第5章 频率响应分析法	(51)
5.1 基本概念及重点、热点、考点内容精要	(51)
5.2 典型例题、考题分析	(54)
5.3 自测题及模拟训练题	(64)
第6章 系统的校正方法	(66)
6.1 基本概念及重点、热点、考点内容精要	(66)
6.2 典型例题、考题分析	(73)
6.3 自测题及模拟训练题	(84)
第7章 非线性系统分析	(88)
7.1 基本概念及重点、热点、考点内容精要	(88)
3.2 典型例题、考题分析	(94)
3.3 自测题及模拟训练题	(100)
第8章 采样系统理论	(103)
8.1 基本概念及重点、热点、考点内容精要	(103)
8.2 典型例题、考题分析	(108)
8.3 自测题及模拟训练题	(114)

M U
L U
目 录

第9章 线性系统状态空间分析与综合	(116)
9.1 基本概念及重点、热点、考点内容精要	(116)
9.2 典型例题、考题分析	(120)
9.3 自测题及模拟训练题	(132)
第10章 各章自测题及模拟训练题参考答案	(135)
第11章 硕士研究生入学考试全真模拟试卷及详解	(167)
.....	(167)
(名校近年考研专业课真题)	
模拟试卷一(北京邮电大学2002年)	(167)
模拟试卷二(北京航空航天大学2002年)	(171)
模拟试卷三(哈尔滨工业大学2002年)	(182)
模拟试卷四(浙江大学2001年)	(187)



第1章 自动控制的一般概念

1.1 基本概念及重点、热点、考点内容精要

1.1.1 自动控制的基本术语

1. 自动控制

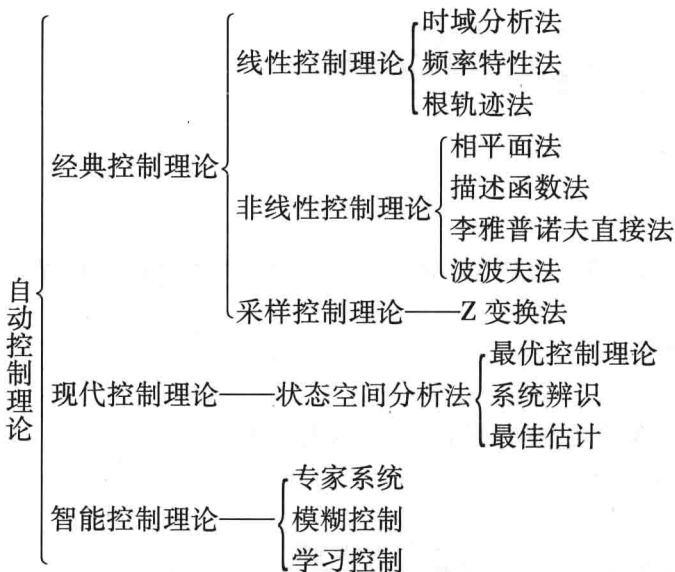
是指在没有人直接参与的情况下,利用外加的设备或装置,使机器、设备或生产过程的某个工作状态自动地按照预定的规律运行,或使某个参数按照预定的要求变化的控制机制。

2. 自动控制系统

是由自动控制装置(也称控制器)和被控对象按一定的方式组成,能自动地对被控对象的工作状态或其被控量进行控制,并具有预定性能的动力学系统。

3. 自动控制理论

是研究自动控制共同规律的技术科学,其内容可概括如下:



4. 反馈控制的原理

系统的输出量经测量和变换后反馈到输入端,与给定输入信号相比较得到偏差信号,偏差信号经控制器放大、调节和执行元件后产生控制作用,使被控量回复到或趋近于要求的输入值,从而使偏差减小或消除,这就是反馈控制原理。我们把取出的输出量经测量后送回到输入端,并与输入信号相比较而产生偏差的过程称为反馈。若反馈的信号是与输入信号相减,使产生的偏差信号越来越小,这种反馈则称为负反馈;反之,称为正反馈。

5. 负反馈控制系统的特点



(1)从信号的流向看,输出量经测量后回送到输入端。回送的反馈信号使回路闭合,构成闭环系统。

(2)从控制作用的产生看,它是由偏差引起的。偏差产生的控制作用使系统沿减小或消除偏差的方向运动。

(3)由于形成了闭环系统,因而能有效的抑制被反馈通道包围的前向通道中各种扰动对系统输出量的影响。

(4)由于闭环系统可能引起超调,因而带来了系统稳定性的问题。

1.1.2 基本控制方式

自动控制系统有以下三种控制方式。

1. 开环控制

指控制器与控制对象之间只有顺向作用而没有反向联系的控制过程。

开环控制的特点:

(1)作用信号由输入到输出单方向传递,不对输出量进行任何检测或虽然进行检测,但对系统工作不起控制作用。

(2)外部条件和系统内部参数保持不变时,对于一个确定的输入量总存在一个与之对应的输出量。

(3)控制精度取决于控制器及被控对象的参数稳定性,容易受干扰影响。

开环控制典型方框图如图 1-1 所示。

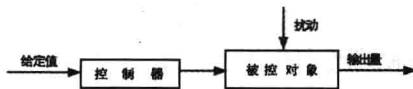


图 1-1

2. 闭环控制

又称反馈控制,指控制器与控制对象之间既有顺向作用又有反向联系的控制过程。其主要特点:

(1)闭环负反馈控制按偏差调节。

(2)抗扰性好,控制精度高。

(3)系统元件参数配合不当,容易产生振荡,使系统不能正常工作。

闭环控制典型方框图如图 1-2 所示。

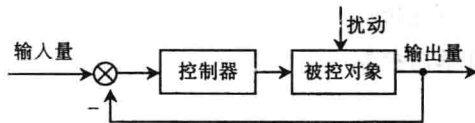


图 1-2

3. 复合控制

是开环控制和闭环控制相结合的一种控制方式。它在闭环控制回路的基础上,附上一个输入信号或扰动信号(扰动信号是破坏系统输入量和输出量之间预定规律的信号)的顺馈通路,用来提高系统的控制精度。复合控制的主要特点:



- (1) 具有很高的控制精度。
 - (2) 可以抑制几乎所有的可量测扰动,其中包括低频强扰动。
 - (3) 要求补偿器的参数有较高的稳定性。
- 复合控制典型方框图如图 1-3 所示。

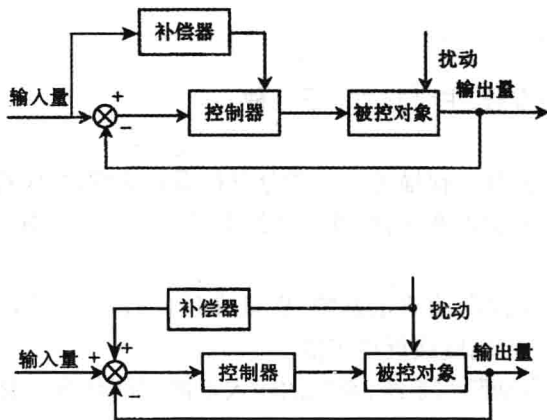


图 1-3

1.1.3 自动控制系统的组成

典型的自动控制系统的的基本组成可用图 1-4 框图表示。

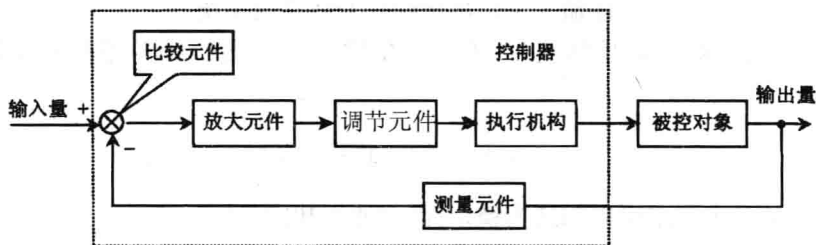


图 1-4

- (1) 被控对象 要求实现自动控制的机器、设备或生产过程。
- (2) 控制器 对被控对象起控制作用的设备总体。
- (3) 输出量 表现于被控对象或系统输出端,是要求实现自动控制的物理量。
- (4) 输入量 作用于被控对象或系统输入端,是可使系统具有预定功能或预定输出的物理量。
- (5) 测量元件 其作用是检测被控制的物理量,如果这个物理量是非电量,则一般要转换为电量。
- (6) 比较元件 其作用是把测量元件检测的被控量实际值与系统输入量进行比较,求出它们之间的偏差。
- (7) 放大元件 其作用是将比较元件给出的偏差信号的幅值进行放大,为系统提供较大回路增益。



(8) 调节元件 其作用是根据放大元件产生的信号大小产生控制信号,用来推动执行机构去控制被控对象。

(9) 执行机构 其作用是按调节元件产生的控制信号直接推动被控对象,使其被控量发生变化。

1.1.4 自动控制系统的分类

控制系统有多种分类方法,主要分为以下三种。

1. 线性连续控制系统

这类系统可以用线性微分方程描述。若微分方程系数为常数,则称为线性定常连续系统;若微分方程系数随时间的变化而变化,则称为线性时变系统。线性定常连续系统按其输入量的变化规律又可分为:

(1) 恒值控制系统 也称自动镇定系统,保证在任何扰动作用下,系统输入量是一个常值,要求系统的输出量以一定精度接近给定值。

(2) 随动系统 也称自动跟踪系统,系统的输入量随时间任意变化,要求系统的输出量在满足精度的条件下跟随输入量变化。

(3) 程序控制系统 系统的输入量是按预定规律随时间变化的函数,要求被控量迅速、准确地复现。

2. 线性定常离散系统

控制系统中的信号和时间的关系是不连续的系统。

3. 非线性控制系统

存在一个或一个以上元部件输入-输出特性是非线性的系统。

此外,按照输入和输出信号的数目,可分为单输入单输出(SISO)系统和多输入多输出(MIMO)系统。

1.1.5 对控制系统的基本要求

对控制系统的基本要求可以归结为稳定性、快速性和准确性。

(1) 稳定性 是对控制系统的基本要求,即系统偏离平衡状态后,自动恢复平衡状态的能力。

(2) 快速性 是对控制系统的动态要求,即超调量要小,调节时间要短。

(3) 准确性 是对控制系统的稳态要求,即稳态误差要小。

本章基本要求

(1) 正确理解和掌握负反馈控制原理和反馈控制系统的优点。

(2) 了解控制系统的组成与分类。

(3) 能确定控制系统的被控对象、被控量和给定量;掌握根据工作原理图绘制系统方框图的方法。

1.2 典型例题、考题分析

【例题1-1】 电冰箱制冷系统工作原理如图1-5所示。试简述系统工作原理,指出被控对象、被控量和给定量,画出系统方框图。

【解析】 系统的任务是保持冰箱内温度 T_c 等于设定的温度 T_r 。冰箱箱体是被控对象，箱内温度是被控量，由控制器旋钮设定的电位器输出电压（与希望的温度 T_r 值对应）是给定量。

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把它转换为电压信号，与电位器输出电压（对应希望温度 T_r ）相比较，得到偏差电压 Δu （表征实际温度 T_c 与希望温度 T_r 的偏差）进而控制继电器。当 Δu 达到一定值时，继电器接通，压缩机起动，将蒸发器中的高温低压气态制冷液送经冷却器散热；降温后的制冷液被压缩成液态进入蒸发器，急速降压扩散成气体，吸收箱体内部的热量，使箱体内温度下降；如此循环流动，使冰箱达到制冷的效果。继电器、压缩机、蒸发器和冷却器组成系统的执行机构，完成降温功能。

电冰箱制冷系统方框图如图 1-6 所示。

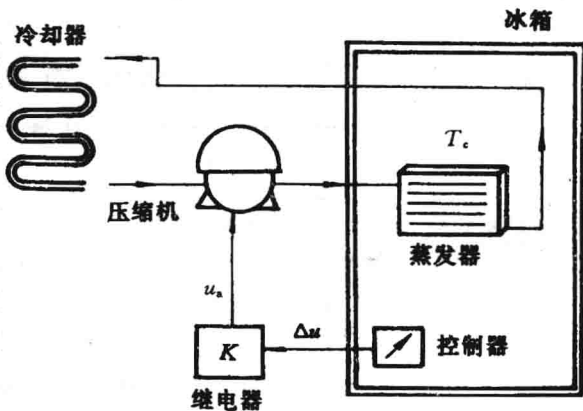


图 1-5 电冰箱制冷系统原理图

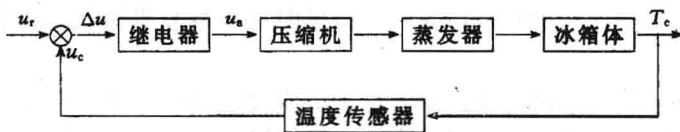


图 1-6 电冰箱制冷系统方框图

【讨论】 被控对象是看得见的实体，不能与物理量相混淆。被控量则是表征被控对象工作状态的物理量。确定被控对象要看控制的目的和任务。本题中控制系统的任务是使箱体内温度 T_c 与设定温度 T_r 相一致，所以被控对象是冰箱箱体而不是压缩机或制冷剂。

方框图的形式并不一定是唯一的，可以将元部件分解得细一些，也可以画得概括、简洁一些，但各个方框所代表的具体元部件及各方框间的联系必须和实际情况一致。

【例题 1-2】 两水位控制系统如图 1-7a、b 所示，要求：

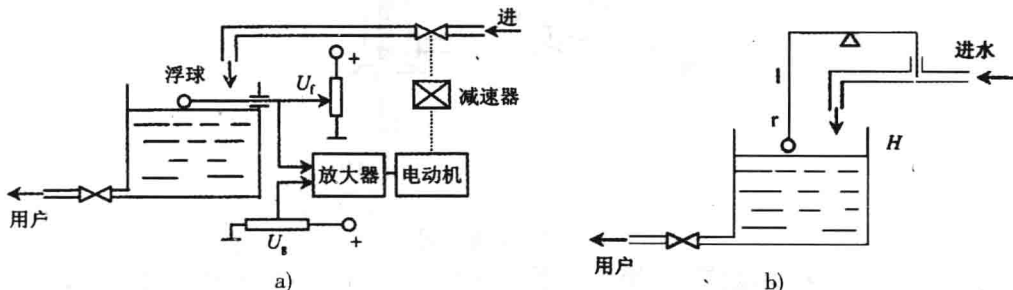


图 1-7

- (1) 画出其方框图（包括给定输入量和扰动输入量）；
- (2) 分析工作原理，讨论偏差和扰动的关系。

【解析】 (1) 水位控制系统方框图如图 1-8 所示。

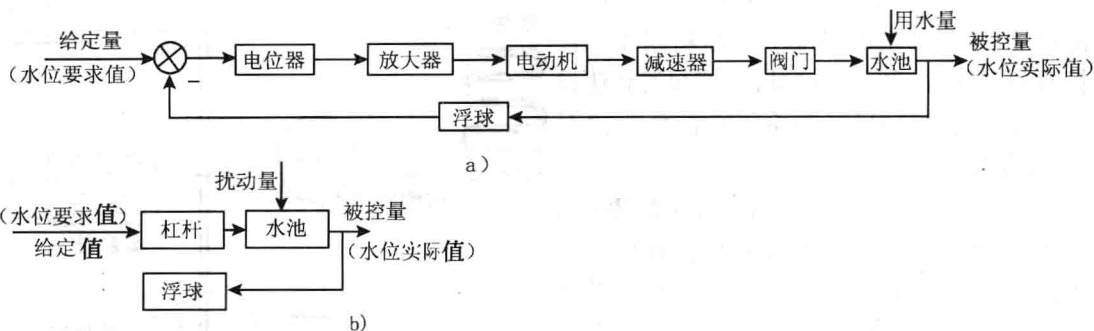


图 1-8 水位控制系统方框图

(2)工作原理:图 1-8a 系统要求水池中水位保持不变,在用户用水量随意改变的情况下,浮球作为测量元件测得水位落差,连杆作为比较元件通过电位器输出电压与给定电压相比较反映水位偏差,将偏差电压信号经放大器放大。由电动机、减速器和阀门作为执行元件来调节进水量,以水位使偏差减小,当连杆达到一定位置偏差为零时,电位器输出电压为零,电动机不转,阀门关闭,完成控制作用。

图 1-8b)此系统任务为在用户随意改变用水量的情况下保持水池中水位高度不变。浮球作为测量元件,而杠杆起到比较、调节、执行元件的作用,当水位下落,浮球牵动杠杆下落,使杠杆另一端牵动阀门打开,当进水量达到一定位置时杠杆恢复平衡状态,切断水源,完成控制作用。

讨论:此两个水位控制系统的给定输入量为恒值,即水位高度值。用户的用水量作为扰动输入量引起系统工作,而偏差正是通过给定输入量与扰动输入量经测量元件、比较元件相比较得出的,所以扰动输入量的大小影响偏差的大小,两者成一定的比例关系。

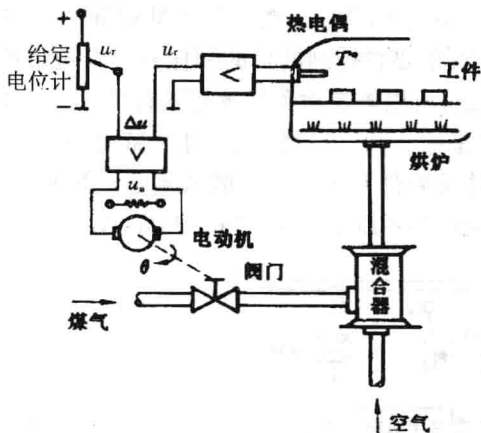


图 1-9 烘箱温度控制系统

【例 1-3】 烘箱温度控制系统工作原理如图 1-9 所示。试分析系统工作原理,确定被控对象、被控量和给定量,画出系统方框图。

【解析】 系统的任务是保持烘炉内温度 T 为设定值。烘炉箱体为被控对象,箱内温度为被控量,由控制器旋钮设定的电位器输出电压(与希望的温度值相对应)为给定量。

热电偶作为测量元件感受烘炉内的温度并把它转换为电压信号,与控制器旋钮设定的电位器输出电压相比较,利用偏差 Δu 控制执行元件电动机的运转。当偏差电压 Δu 达到一定



值时,放大电路放大 Δu 为 u_a 带动电动机转动一定角度 θ 使阀门打开,煤气进入混合器与空气充分混合到达烘炉燃烧使温度 T 上升。当温度 T 达到设定值时,偏差电压 Δu 为零,电动机停止转动,阀门关闭,切断煤气来源,完成控制作用。

系统方框图如图1-9所示。

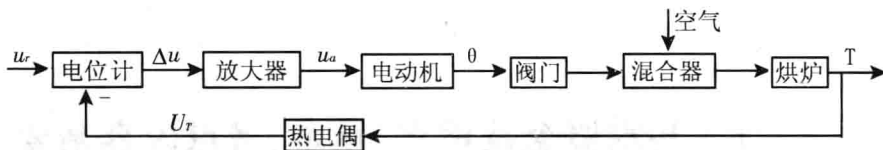


图1-10 烘箱控制系统方框图

1.3 自测题及模拟训练题

习题1-1 试回答以下问题:

- (1) 比较开环控制系统和闭环控制系统的特点。
- (2) 比较恒值控制系统和随动系统的特点。
- (3) 用方框图说明负反馈控制系统的组成、特点和工作原理。

习题1-2 角位置随动系统工作原理图如图1-12所示,试简述其工作原理并画出系统方框图。

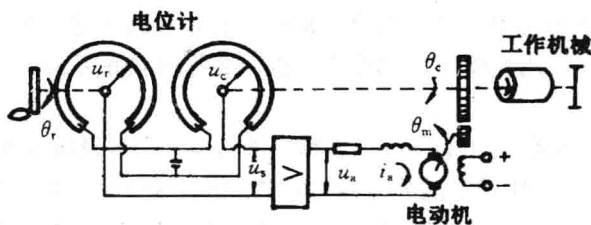


图1-11 位置随动系统原理图

习题1-3 炉温控制系统如图1-12所示,要求

- (1) 指出系统输出量、给定输入量、扰动输入量、被控对象和自动控制器的各组成部分,并画出其方框图。
- (2) 说明该系统是怎样消除或减少偏差的。

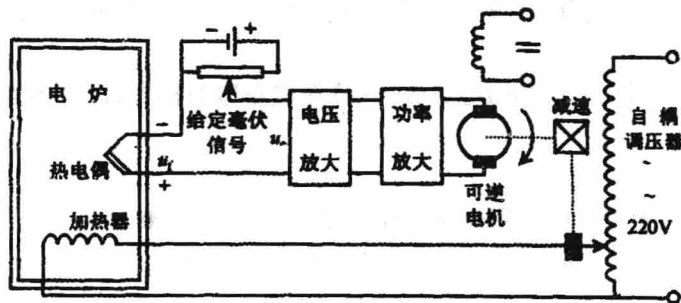


图1-12 位置随动系统方框图



第2章 控制系统的数学模型

2.1 基本概念及重点、热点、考点内容精要

2.1.1 数学模型

控制系统的数学模型是描述系统内部物理量(或变量)之间关系的数学表达式。数学模型可以有多种形式,在经典控制理论中,常用的数学模型是微(差)分方程和传递函数,其中微分方程是最基本的数学模型;在现代控制理论中,采用的是状态空间表达式。结构图、信号流程图及状态图是数学模型的图形表达形式。

建立控制系统的数学模型,可采用解析法或实验法。解析法是对系统各部分的运行机理进行分析,根据它们所依据的物理规律或化学规律分别列写相应的运动方程。用解析法建立对象的数学模型时,对其内部所呈现的运动机理和科学规律,要十分清楚,要抓住主要矛盾,忽略次要因素,力求使所建的模型简单。实验法是根据实验数据来建立数学模型的,即人为地在系统上加上某种测试信号,用实验所得的输入和输出数据来辨识系统的结构、阶次和参数。这种方法也称为系统辨识。

所谓“线性”是指描述系统的微(差)分方程具有线性性,亦即指各变量的次数均为1。本章中涉及的微分方程均为线性定常微分方程,“定常”指各变量之系数为常数。

线性系统最重要的特性是可用叠加原理。对非线性系统,即除线性系统外的其它系统,当非线性不严重或变量变化范围不大时,可在工作点附近采用增量法(或称小偏差法)使模型线性化。

1. 微分方程

用解析法建立系统微分方程的步骤:

(1) 确定系统的输入、输出变量。输入量是加到系统中的外来变量,输出量是需要研究的系统中的变量;

(2) 根据系统所遵循的物理、化学定律依次列出各元件的运动方程。可设中间变量,并按输入到输出的顺序来写;

(3) 消去中间变量,得出系统的微分方程,并整理成左边为输出量,右边为输入量,阶数渐低的标准形式。

2. 传递函数

线性定常系统传递函数可由下列微分方程描述:

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

传递函数可定义为在零初始条件下,系统的输出量 $c(t)$ 的拉氏变换与输入量 $r(t)$ 的拉氏变换之比。即