

· 应用型系列教材 ·

总主编 吴国华

# 机械工程控制基础

## 学习指导

主 编 杨 明 张 华 王友林  
副主编 董云云 朱璐英 苏 凤



中国工信出版集团



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

# 机械工程控制基础学习指导

杨 明 张 华 王友林 主 编  
董云云 朱璐瑛 苏 凤 副主编

电子工业出版社  
Publishing House of Electronics Industry  
北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书介绍了机械工程控制原理及分析方法的基础知识和相关练习。全书共分两部分,第1部分归纳了包括拉普拉斯变换的数学方法、系统的数学模型、控制系统的时域分析、系统的频率特性、系统的稳定性、控制系统的校正与设计共7章,每章设计了考纲内容、内容提要、习题解答3个板块,涵盖了每一章节的主要知识点,并对课后习题进行了详细解答;第2部分是针对自学考试《机械工程控制基础》真题进行知识点拨及解答,内容全面、重点突出、分析透彻。

《机械工程控制基础学习指导》是针对机电类专业自学考试《机械工程控制基础》课程的配套辅导用书,也可作为机械类、电子信息类和电气类专业学生的学习参考用书。

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

机械工程控制基础学习指导 / 杨明, 张华, 王友林主编. —北京: 电子工业出版社, 2016.12

ISBN 978-7-121-30763-8

I. ①机… II. ①杨… ②张… ③王… III. ①机械工程—控制系统—高等学校—教学参考资料  
IV. ①TH-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 322436 号

策划编辑: 朱怀永

责任编辑: 朱怀永

印 刷: 三河市双峰印刷装订有限公司

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

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: 787×1092 1/16 印张: 10.25 字数: 264.2 千字

版 次: 2016 年 12 月第 1 版

印 次: 2016 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 27.00 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, 88258888。

质量投诉请发邮件至 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

本书咨询联系方式: (010) 88254608 或 [zhy@phei.com.cn](mailto:zhy@phei.com.cn)。

# 序

17世纪，德国哲学家、数学家莱布尼茨发明了二进位制，视其为“具有世界普遍性的、最完美的逻辑语言”。他有两个没想到。第一个没想到在后来，二百多年以后，二进位制成了计算机软件的数学基础，构筑了丰富多彩的虚拟世界。第二个没想到在先前，五千多年前的《周易》描绘了阴阳两元创化的智慧符号。莱氏从法国汉学家处看到了八卦，认定那是中国版的二进制。可惜他晚了五千年。《周易》也可惜，被拿去算卦，从阴阳看吉凶，深悟其中的道教天师成就了前知五百年，后知五百载的“半仙之体”。莱布尼茨也有宗教情结，他认为每周第一天为1，亦即上帝，这是世界的一翼。数到第7天，一切尽有，是世界的另一翼。7按照二进制表示为“111”，八卦主吉的乾卦符号为三横。这三竖三横只是方向不同，义理暗合。

《周易》为群经之首，设教之书，大道之源。“一阴一阳之谓道”，两仪动静是人类活动总源头，为万物本元图式。李约瑟视其为宇宙力场的正极和负极。西方学者容格评价更高，谈到世界智慧宝典，首推《周易》，他认为，在科学方面，我们所得出的许多定律是短命的，常常被后来的事实所推翻，惟独《周易》亘古常新，五六千年，依然活络。

乾与坤，始与终，精神与物质，主体与客体，合目的性与合规律性，工具理性与价值理性，公平与效率，社会与个人，人权与物权，政府与民众，自由与必然，形式与内容，理性与感性，陆地与海洋，东方与西方，和平与战争，植物与动物，有机与无机……在稀薄抽象中，二元逻辑是通则。我们的家庭也一样，一男一女是基础，有了后代，父母与子女也是二元存在。

世界无比丰富，不似二元那样单纯。但多元是双元的裂变，两端间的模糊带构成了丰富多彩的发挥天地。说到四季，根在两季，冬与夏代表冷与热，是基本状态，春秋的天气或不冷不热，或忽冷忽热，在冬夏间往复震荡。我攻读博士学位时搞的是美学，摇摆于哲学与艺术两域，如今沉思在文化里，那两个幽灵依然在脑海里“作怪”。我下过九年乡，身上有农民气，读过十年大学，身上有书生气，下笔喜欢文词，也喜欢白话，两者掺和在一起，不伦不类，或许也是特色。

烟台南山学院为了总结教学科研成果，启动了百部编著工程。没有统领思路，我感到杂乱无章，思前想后，觉得还是二元逻辑可靠。从体例上来说是的，一个系列是应用教材，一个系列是学术文库；从内容上来说也是两元的，有的成果属于自然科学，研究物，有的成果属于社会科学，研究人。南山学院是中国制造业百强企业创办的高校，产业与专

业相互嵌入，学校既为企业培养人才，也为社会培养人才，也是二元的。我们决定从书封面就按这一思路设计：二进位制与阴阳八卦，一个正面，一个背面；一个数学，一个哲学，一个科学，一个文化；一个近代，一个古代；一个外国，一个中国。

南山学术文库重视学理，也重视术用，这便是两元关照。如果在书中这一章讲理论，另一章讲实践，我们能接受。最受欢迎的是有机状态，揭示规律的同时，也揭示运用规律的规律，将科学与技术一体化。科学原创是发现，技术原创是发明，要让两者连通起来。对于“纯学术”著作，我们也提出了引向实践的修改要求，不光是为了照顾书系的统一，也是为了表达两元的学术主张。如果结合得比较生硬，也请读者谅解。我们以为，这是积极的缺欠，至少方向是对的。清流学者与实用保持距离，以为那是俗人的功课，这种没有技术感觉的科学意识并不透彻。我们倡导术用的主体性，反对大而无当的说理，哪怕有一点用处，也比没用的大话强。如果操作方案比较初级，将来可以优化。即便不合理，可能被推翻，也有抛砖引玉的作用，并非零价值，有了“玉”，“砖”就成了过季的学术文物，但文物不是废物。在学术史上哪怕写上我们一笔，仅仅轻轻的一笔，我们也满足了，没白活。

吴国华教授曾经提出，应用型大学的门槛问题在标准上，我很赞成，推荐他随中国民办教育协会代表团去德国考察双元制教育，回来后，吴教授主持应用标准化建设的信心更足了。德国的双元制教育有两个教育主体——学校与企业；受教育者有两个身份——学生与员工；教育者有两套人马——教员与师傅。精工制造，德国第一，这得益于双元制教育弘扬的工匠精神。我们必须改变专业主导习惯，提倡行业引领，专业追随行业，终端倒逼始端。应用专业的根在课程里，应用课程的根在教材里，应用教材的根在标准里，应用标准的根在行业里，线性的连续思路也是两元转化过程，从这一点走向另一点。我们按照这样的逻辑推动教材建设，希望阶段性成果能接地气。企业的技术变革速度快于大学，教材建设永远是过程，只能尽可能地缩短时差。

在《论语·子罕》中，孔子说：“吾有知乎哉？无知也。有鄙夫问于我，空空如也。我叩其两端而竭焉。”他认为自己并不掌握什么知识，假使没文化的人来请教，他不知道如何回答。但是孔子自认为有一个长处，那就是“叩其两端而竭”，弄清正反、本末、雅俗、礼法、知行……把两极看透，把两极间的波动看清，在互证中获得深知与致知，此为会通之学。这时，“空空如也”就会变成“盈盈如也”。那“竭”字很有张力，有通吃的意思。孔子是老师，我们也是老师，即便努力向先师学习，我们也成不了圣人，但可以成为聪明些的常人。

世界是整块的，宇宙大爆炸后解散了，但依然恪守着严格的队列。《庄子》中有个混沌之死的故事，混沌代表“道”，即宇宙原本，亦为人之初，命之始，凿开七窍后，混沌死了。庄子借此说明，大道本来浑然一体，无所分界。“负阴而抱阳”，阳体中有阴眼，阴体中有阳眼。看出差别清醒，看出联系明晰。内视开天目，心里有数。

二元逻辑的重点不在“极”，而在“易”，两极互动相关，才能释放能量。道家以为，缺则全，枉则直，洼则盈，少则得，多则惑，兵强则灭，木强则折，坚强处下，柔弱处上，事物在反向转化中发展着。《周易》乃通变之学，计算机中的二进位制，也是在高速演算中演义世界的。

哈佛大学等名校在检讨研究型大学的问题时，比较一致的看法是忽视了本科教育。本

科是本，顶天不立地，脚步发飘。中国科学院原就有水平很高的研究生院，现在又成立了中国科学院大学，也要向下延伸到本科。高等教育的另一个极化问题出现在教学型高校中，许多人认为这里的主业是上课，搞不搞研究无关大局。其实科研是教学的内置要素，是两极，也是一体，两手抓，两手都要硬。科研好的教师不一定是好教师，但是科研不好的教师一定不是好教师，不爱搞学问的老师教不出会学习的学生，很难说教学质量有多高，老师自己都没有创新能力，怎么能培养出有创新能力的学生呢？二元思维是辩证的，不可一意孤行。我们的百部著述工程包含教学与科研两大系列，想表达的便是共荣理念，虽然水平有限，但信念是坚定的。

以《周易》名言收笔——“天行健，君子以自强不息。”

徐宏力

2016年7月17日于龙口

# 前 言

随着现代科学和计算机技术的迅速发展，控制理论在机电系统中的应用越来越广泛。《机械工程控制基础》是机电类专业（独立本科段）考试计划规定必考的一门重要的技术基础课，将经典控制理论与机械工程实际相结合，通过本课程的学习能使考生获得控制理论、机械工程基础及计算机仿真技术等相关知识，培养学生分析问题和解决问题的能力，为以后深入学习相关领域的内容、后续课程打好基础。

本课程知识点多，考试难度较大，为了方便考生更加细致地解读考试大纲，更加系统地掌握课程内容，更加全面地把握考试重点，顺利地通过考试，我们认真研究了课程内容，细致解读了考试大纲，依据最新版的《机械工程控制基础自学考试大纲》编写了《机械工程控制基础学习指导》这本书。坚持以考纲为基石，以典型例题为依托，对考试大纲中要求的“识记”、“领会”、“简单应用”、“综合应用”四个能力层级的知识点进行精细的解读。读者通过学习能够清晰课程的知识脉络，理解基本概念，掌握机械工程控制基础的基本理论和分析问题的方法，掌握主要计算方法和解题方法、步骤。

本书在内容上与《机械工程控制基础》教材的内容相对应，主要包括考纲内容、重点与难点、内容提要、习题解答 4 个板块，并附有 6 套历年考试真题。学生可以清晰地了解每章内容的知识点、考点、重点及难点，清楚每个知识点的考试频率及易考题型；掌握分析问题和解决问题的思路和方法，并对课程内容进一步融会贯通，通过对历年考试真题进行强化练习，增强实战技能。本书内容全面，结构严谨，条理清晰，满足了自学者的应试需求，可用于教师上课和考生自学的辅导用书。

书中第 1、2、3 章由烟台南山学院董云云老师编写，第 4、5 章由烟台南山学院朱璐瑛老师编写，第 6、7 章由烟台南山学院杨明老师编写，附录中历年真题由烟台南山学院苏凤老师编写，山东南山铝业股份有限公司张华同志和南山电力总公司王友林同志给予了大量的帮助并提出了一些有益的建议。

为了方便读者阅读和学习本书章节内容，本书编写人员精心组织和开发了配套的文档、视频、动画、图片等形式的数字化学习资源，以章为单位制作了数字化学习资源的链接二维码，放在每章的开始处。读者使用手机等智能终端扫描二维码即可在线查看。

由于作者水平有限，本书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

2016 年 7 月于烟台南山

# 目 录

第 1 章 绪论	- 1 -
考纲内容	- 1 -
内容提要	- 2 -
习题与解答	- 4 -
第 2 章 拉普拉斯变换的数学方法	- 8 -
考纲内容	- 8 -
内容提要	- 9 -
习题与解答	- 13 -
第 3 章 系统的数学模型	- 23 -
考纲内容	- 23 -
内容提要	- 24 -
习题与解答	- 27 -
第 4 章 控制系统的时域分析	- 41 -
考纲内容	- 41 -
内容提要	- 42 -
习题与解答	- 46 -
第 5 章 系统的频率特性	- 60 -
考纲内容	- 60 -
内容提要	- 61 -
习题与解答	- 78 -
第 6 章 系统稳定性	- 101 -
考纲内容	- 101 -
内容提要	- 102 -
习题与解答	- 107 -
第 7 章 控制系统的校正与设计	- 118 -
考纲内容	- 118 -



内容提要	- 119 -
习题与解答	- 122 -
附录 A 2012 年 10 月机械工程控制基础真题和解析	- 124 -
附录 B 2013 年 10 月机械工程控制基础真题和解析	- 130 -
附录 C 2014 年 4 月机械工程控制基础真题和解析	- 135 -
附录 D 2014 年 10 月机械工程控制基础真题和解析	- 140 -
附录 E 2015 年 4 月机械工程控制基础真题和解析	- 146 -
附录 F 2015 年 10 月机械工程控制基础真题和解析	- 150 -
参考文献	- 154 -

# 第 1 章 绪 论



## 学习目的与要求

通过本章学习了解机械控制工程的基本概念、研究对象及任务，了解系统的信息传递、反馈和反馈控制等概念以及控制系统的分类，初步具备对实际系统建立功能框图的能力。本章中介绍的一些工程上的术语、定义等在以后章节中会经常用到，需要熟记。

## 考核知识点与考核要求

绪论	控制理论的发展简史	控制论与机械工程控制的关系 识记 控制论理论发展的不同阶段及其特点 识记
	机械工程控制论的研究对象	控制论与机械工程的关系 识记 控制工程控制的研究对象 识记
	控制系统的基本概念	系统信息的传递、反馈及反馈控制的概念 领会 系统与控制系统的含义，控制系统的一般组成和分类 领会 对控制系统的性能要求 领会
	机械控制的应用实例	对液压压下钢板轧机应用实例进行分析，根据其作用原理和过程画出系统的框图 简单应用 对数控机床的驱动系统应用实例进行分析，根据其作用原理和过程画出系统的框图 简单应用 对车削过程、静压轴承以及工业机器人等应用实例进行分析，根据其实验原理和过程画出系统的框图 简单应用

## 重点与难点

本章重点：

- (一) 机械工程控制论的研究对象。
- (二) 信息的传递、反馈及反馈控制的概念。
- (三) 系统与控制系统的概念以及控制系统的一般组成和分类。
- (四) 控制系统的基本要求。
- (五) 根据实际控制系统的工作原理画出系统的框图。

本章难点：根据实际控制系统的工作原理画出系统的框图。



## 内容提要

### 1.1 控制理论的发展简史

控制论是一门既与技术科学有关又与基础科学紧密相关的综合科学。实践证明，它不仅具有重大的理论意义，而且对生产力的发展、生产率的提高、尖端技术的研究与尖端武器的研制以及社会管理等方面都产生了重大的影响。因此，控制论在它建立后的很短时期内便迅速渗透到许多科学技术领域，大大推动了现代科学技术的发展，并从中派生出许多新的边缘科学。例如，生物控制论——运用控制论研究生命系统的控制与信息处理；经济控制论——运用控制论研究经济计划、财贸信贷等经济活动及其控制；社会控制论——运用控制论研究社会管理与社会服务；工程控制论——控制论与工程技术的结合等。

其中，工程控制论作为控制论的一个主要的分支科学，是关于受控工程系统的分析、设计和运行的理论。而机械工程控制论是在机械工程中应用的一门技术科学。

### 1.2 机械工程控制论的研究对象

机械工程控制论是研究以机械工程为对象的控制论问题。具体地讲，是研究在这一工程领域中广义系统的动力学问题，即研究系统在一定的外界条件（即输入与干扰）作用下，系统从某一初始状态出发，所经历的整个动态过程，也就是研究系统及其输入输出三者之间的动态关系。

机械工程控制主要研究并解决的问题分为以下五个方面：

① 当系统已经确定，且输入已知而输出未知时，要求确定系统的输出（响应）并根据输出来分析研究该控制系统的性能，此类问题称为系统分析。

② 当系统已经确定，且输出已知而输入未施加时，要求确定系统的输入（控制）以使输出尽可能满足给定的最佳要求，此类问题称为最优控制。

③ 当系统已经确定，且输出已知而输入已施加但未知时，要求识别系统的输入（控制）或输入中的有关信息，此类问题即为滤波与预测。

④ 当输入与输出已知而系统结构参数未知时，要求确定系统的结构与参数，即建立系统的数学模型，此类问题即为系统辨识。

⑤ 当输入与输出已知而系统尚未构建时，要求设计系统使系统在该输入条件下尽可能符合给定的最佳要求，此类问题即为最优设计。

从本质上来看，问题①是已知系统和输入求输出，问题②和③是已知系统和输出求输入，问题④和⑤是已知输入和输出求系统。

## 1.3 控制系统的基本概念

### 1. 信息及信息传递

一切能表达一定的信号、密码、情报和消息的都可概括为信息。例如，机械系统中的应力、变形、温升、几何尺寸与形状精度、表面糙度以及流量、压力等；还有电子系统用以表达其状态的电压、电流、频率等。

信息传递，是指信息在系统及过程中以某种关系动态地传递（或称为转换）的过程。例如，机床加工工艺系统将工件尺寸作为信息，通过工艺过程的转换使加工前后工件尺寸分布有所变化。

### 2. 系统及控制系统分类

系统是指完成一定任务的一些部件的组合。在控制工程中，系统是广义的概念，它可以是一个物理系统，也可以是一个过程，还可以是一些抽象的动态现象。

控制系统是指系统的可变输出能按照要求的参考输入或控制输入进行调节的系统。

控制系统的分类方式很多，此处仅按系统是否存在反馈，可以将系统分为开环控制系统和闭环控制系统。

开环控制系统：系统的输出量对系统无控制作用，或者说系统中无反馈回路。

闭环控制系统：系统的输出量对系统有控制作用，或者说系统中存在反馈回路。

### 3. 反馈及反馈控制

信息的反馈，就是把一个系统的输出信号不断直接地或经过中间变换后全部或部分地返回到输入端，再输入到系统中去。如果反馈回去的信号（或作用）与原系统的输入信号（或作用）的方向相反（或相位相差 $180^\circ$ ），则称之为“负反馈”；如果方向或相位相同，则称之为“正反馈”。其实，人类最简单的活动，如走路或取物都利用了反馈的原理以保持正常的动作。例如：人抬起腿每走一步路，腿的位置和速度的信息不断通过人眼及腿部皮肤及神经感觉反馈到大脑，从而保持正常的步法；当人用手取物时，物体的位置、手的位置与速度信息不断反馈到人脑以保证准确而适当地抓住待取之物。

### 4. 对控制系统的基本要求

评价一个控制系统的好坏，其指标是多种多样的。但对控制系统的基本要求（即控制系统所需的基本性能）一般可归纳为稳定性、快速性和准确性。

## 1.4 机械控制的应用实例

大多数自动控制系统、自动调节系统以及伺服机构都是应用反馈控制原理控制某一个机械刚体（如机床工作台、振动台、火炮或火箭体等），或是一个机械生产过程（如切削过程、锻压过程、冶炼过程等）的机械控制工程实例。如液压压下钢板轧机、数控机床工作台的驱动系统、车削过程和工业机器人等。



1-1 如图 1-1 所示，分析汽车驾驶人驾驶汽车过程中的反馈控制过程并画出其框图。

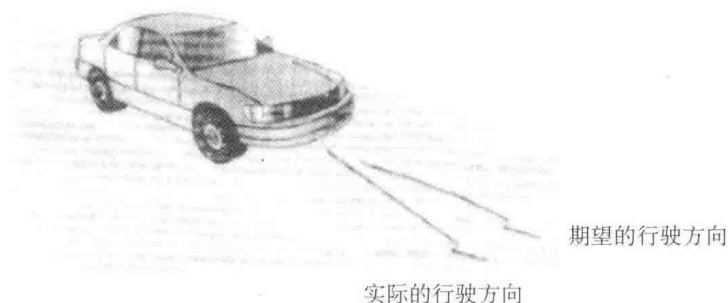


图 1-1

答：汽车驾驶人驾驶汽车过程中的反馈控制过程是一个简单的闭环控制系统。汽车驾驶人驾驶汽车希望汽车具有一定的理想状态（如速度，方向等），人眼及神经感觉测出实际的行驶方向与期望的行驶方向之差，指挥四肢控制汽车的方向驱动，直到实际的行驶方向与期望的行驶方向一致，使汽车按预定的状态运动。此时，路面的状况等因素会对汽车的实际状态产生影响，使得汽车偏离理想状态，人的感觉器官感觉车子的状态，并将此信息返回到大脑，大脑根据实际状态与理想状态的偏差调整四肢动作，如此循环往复。其信息流动与反馈的过程如图 1-2 所示。

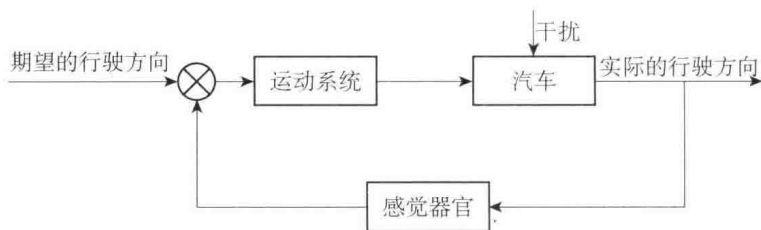


图 1-2

1-2 电热水器工作时，水箱中水的温度通过电加热器、测温元件和温控开关来控制。当使用热水时，水箱中的热水由出水口流出，同时冷水自入水口进入。试画出该控制系统的框图，并说明这个系统在分类上是什么控制系统。

答：该控制系统的框图如图 1-3 所示，这个系统在分类上是闭环控制系统。

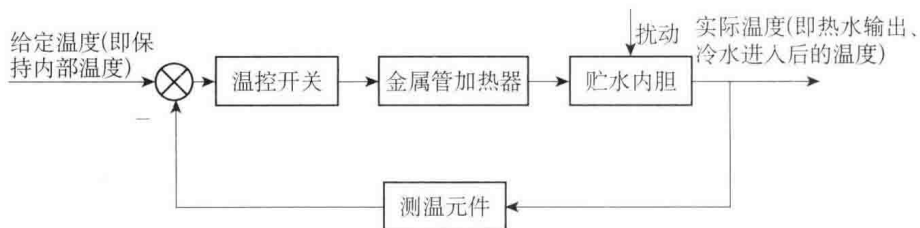


图 1-3

1-3 分析电冰箱制冷系统工作的原理，试画出系统的框图，并说明这个系统在分类上

是什么控制系统。

答：该控制系统框图如图 1-4 所示，这个系统在分类上是闭环控制系统。

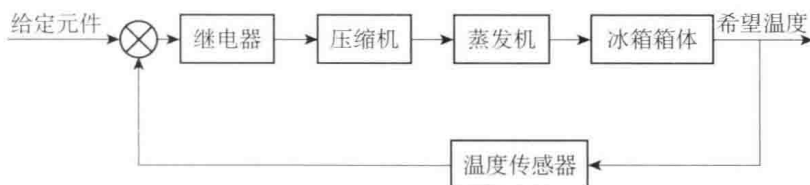


图 1-4

1-4 函数记录仪全称为 x-y 函数记录仪，它将通过传感器测得的压力、电流或位移等函数变化用图像的形式绘制在记录纸上，为人们提供可视化函数以供参考。其工作原理是，输入电压  $\Delta U$  经过适当衰减，调整到合适的灵敏度，与平衡电桥输出合成电压  $\Delta E$ ，经过放大器推动电动机转动。它拖动滑线电位器  $R_3$  和  $R_4$  变化，使得平衡电桥输出电压改变，直至合成电压  $\Delta E=0$  时停止。在这个调整过程中，与滑线电位器上的滑动触点同步的记录笔随之而动，它记录了输入电压  $\Delta U$  变化的全过程。试画出系统的框图，并说明这个系统在分类上是什么控制系统。

答：该系统框图如图 1-5 所示，这个系统在分类上是闭环控制系统（随动系统）。

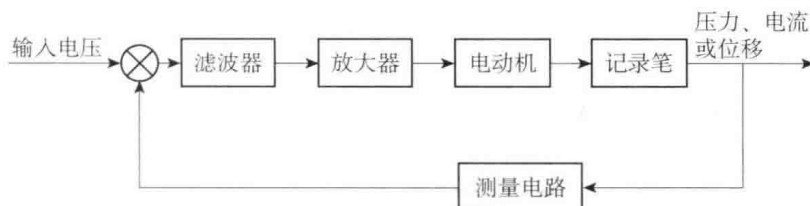


图 1-5

1-5 分析仓库大门自动控制原理，试画出系统框图。

答：自动控制大门开启和关闭工作原理如下，当合上开门开关时，控制器产生偏差电压，该电压经过放大器放大后，驱动伺服电机带动绞盘转动，使大门向上提起，与大门连在一起的电位器电刷上移，直到桥式电路达到平衡，电机停止转动，开门开关自动断开。反之，当合上关门开关时，伺服电机反向转动，带动绞盘使大门向下落，从而实现远距离自动控制大门开关的要求。仓库大门控制系统的框图如图 1-6 所示。

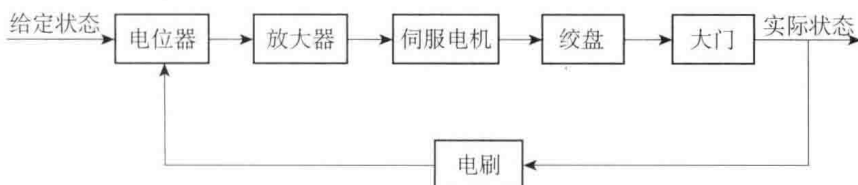


图 1-6

1-6 分析图 1-7 所示液压压下钢板轧机原理图和图 1-8 所示数控机床工作台的驱动系统，画出其各自的控制原理框图。

答：

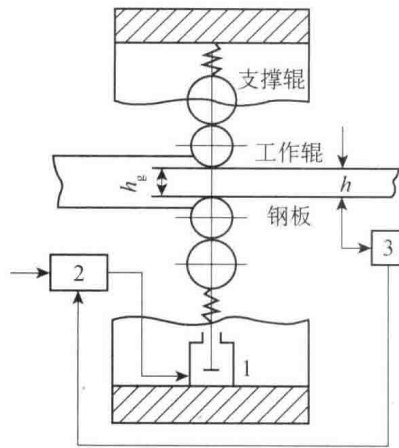


图 1-7

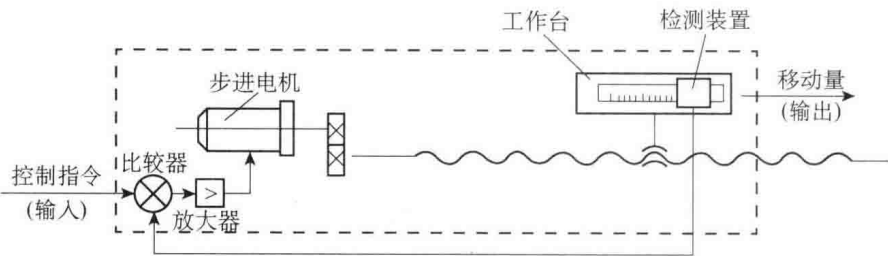


图 1-8

液压压下钢板轧机工作原理：工作辊的辊缝信息或钢板出口厚度信息（或者与两者兼有）由检测元件 3 测出并反馈到电液伺服系统 2 中，发出控制信号驱动油缸 1，以调节两个轧制辊的缝隙，从而使钢板出口厚度保持在要求公差范围内。

液压压下钢板轧机的控制原理框图如图 1-9 所示。

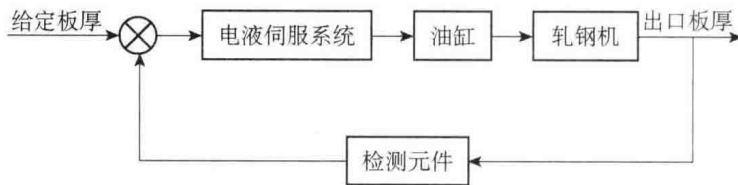


图 1-9

数控机床工作台驱动系统的工作原理：由检测装置随时测定工作台的实际位置（即输出信号）与控制指令比较，得到工作台实际位置与目标位置之间的差值，考虑驱动系统的动力学特性，按一定的规律设计相应的策略，使系统按输入指令的要求进行动作。

数控机床工作台的驱动系统的控制原理框图如图 1-10 所示。

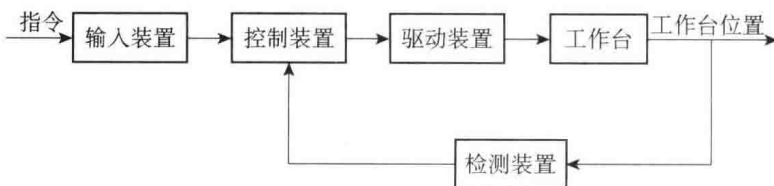


图 1-10

## 1-7 查阅资料了解水运仪象台齿轮转动系统的工作原理。

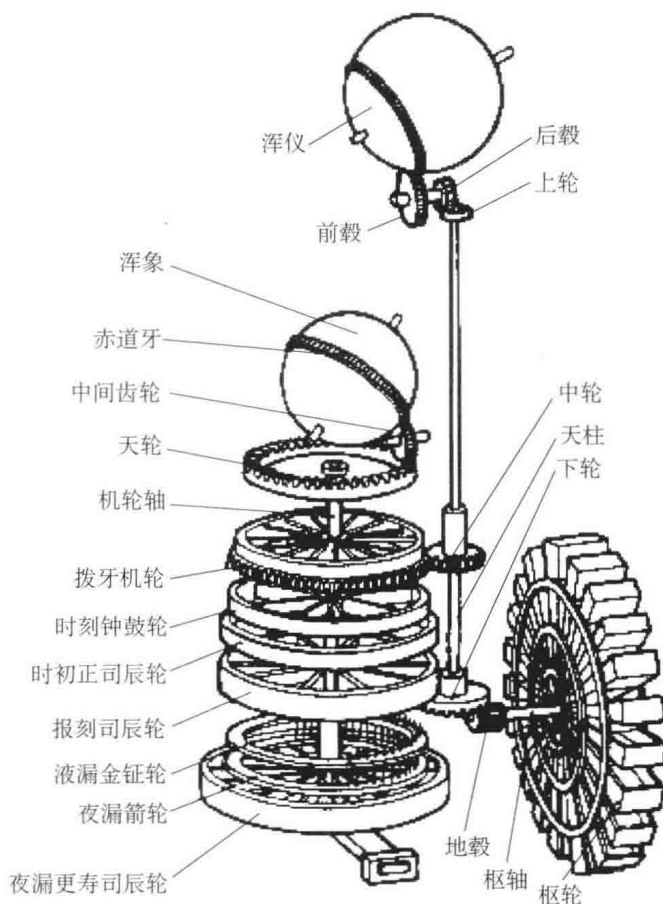


图 1-11

水运仪象台齿轮传动系统在下隔的中央部分设有一个直径达 3 米多的枢轮。枢轮上有 72 条木辐，挟持着 36 个水斗和钩状铁拨子。枢轮顶部和边上附设一组杠杆装置，它们相当于钟表中的擒纵器。在枢轮东面装有一组两级漏壶。壶水注入水斗，斗满时，枢轮即往下转动。但因擒纵器的控制，使它只能转过一个斗。这样就把变速运动变为等间歇运动，使整个仪器运转均匀。枢轮下有退水壶。在枢轮转动中各斗的水又陆续回到退水壶里。另用一套打水装置，由打水人搬转水车，把水打回到上面的一个受水槽中，再由槽中流入下面的漏壶中去。因此，水可以循环使用。打水装置和打水人则安置在下隔的北部。整个机械轮系的运转依靠水的恒定流量，推动水轮做间歇运动，带动仪器转动，因而命名为“水运仪象台”。



# 第2章 拉普拉斯变换的数学方法



## 考纲内容

### 学习目的要求

通过本章的学习，明确拉普拉斯变换（简称拉氏变换）是分析研究线性动态系统的有力工具；时域的微分方程可以通过拉氏变换变换为复数域的代数方程；掌握拉氏变换的定义，并能根据定义求常用时间函数的拉氏变换；掌握拉氏变换的重要性质及其应用；会查拉氏变换表，掌握用部分分式法求拉氏变换的方法以及用拉氏变换求解线性微分方程的方法；初步学会用 MatLab 软件进行部分分式的分解。

### 考核知识点与考核要求

拉普拉斯变换的数学方法	复数和复变函数	复数的表示方法：点表示法、向量表示法、三角函数表示法和指数表示法 识记 复变函数、极点与零点的概念 识记
	拉氏变换与拉氏反变换定义	拉氏变换定义，理解原函数和象函数的概念 领会 拉氏变换存在的条件 领会 拉氏反变换定义 领会
	典型时间函数的拉氏变换	各种典型时间函数：单位阶跃函数、单位脉冲函数、单位斜坡函数、指数函数、正弦函数、余弦函数以及幂函数的原函数表达式和其拉氏变换表达式 领会 会使用时间函数及其拉氏变换的对照表 领会
	拉氏变换的性质	拉氏变换的线性性质、延时定理、复数域的位移定理、微分定理、积分定理、初值定理、终值定理以及卷积定理8个性质 简单应用 会应用典型时间函数和拉氏变换的性质求各种函数及波形的拉氏变换 简单应用
	拉氏反变换的数学方法	拉氏反变换的部分分式法：无重极点和有重极点的情况 简单应用 学会使用MatLab软件求拉氏反变换 简单应用
	用拉氏变换解常微分方程	用拉氏变换解常微分方程的步骤和方法 简单应用 系统补函数和特解函数的概念以及其与课程后续内容的关系 简单应用