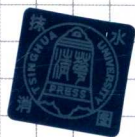


一百个问答题为您解答学习中的疑点和难点，
习题解答和研究生入学试题为您提供充足的资料和素材。

自动控制原理、 现代控制理论学习 百问百答

夏超英 著



清华大学出版社

夏超英 著

**自动控制原理、现代控制理论学习
百问百答**

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是作者编著的《自动控制原理(第二版)》(科学出版社,2015)和《现代控制理论(第二版)》(科学出版社,2016)两本教材的教辅书,内容包括这两本教材全部习题的解答和新增的一百个问答题及解答,书中还给出了2006—2015年天津大学硕士研究生入学考试自动控制原理试题供读者参考。其中,新增的一百个问答题及解答,试图用简单的语言揭示单变量和多变量反馈控制系统分析与设计共同遵循的规律,引导读者加深对两门课程所讲述的基本概念与基本结论的内涵和工程意义的理解。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

自动控制原理、现代控制理论学习百问百答/夏超英著. —北京:清华大学出版社,2018

ISBN 978-7-302-50934-9

I. ①自… II. ①夏… III. ①自动控制理论—高等学校—教学参考资料 ②现代控制理论—高等学校—教学参考资料 IV. ①TP13 ②O231

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 190450 号

责任编辑:王一玲 柴文强

封面设计:常雪影

责任校对:梁毅

责任印制:丛怀宇

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:25

字 数:613千字

版 次:2018年12月第1版

印 次:2018年12月第1次印刷

定 价:69.00元

产品编号:073573-01

随着控制理论的发展、控制工程实践的深入和科学技术的进步,过去很多需要专业技术人员才可以完成的系统设计和调试任务,现在很容易借助设备的在线使用说明和帮助文件,由一般技术人员来完成,难度和工作量都大大减小了。而另一方面,对于从事产品设计开发的技术人员来说情况正好相反,面对越来越高的产品设计和越来越复杂的控制工程问题,单回路输入输出设计往往难以满足产品开发和控制工程的实际需求,迫切需要更多、更先进、更有效的系统分析和设计手段。状态空间描述以及建立在这种描述之上的系统设计方法,例如系统优化的设计方法,复杂系统和非线性系统的分析方法和设计方法,自适应、鲁棒、智能或模糊的设计方法等,已经逐渐成为控制工程师们必备和常用的知识。

然而,自 20 世纪四五十年代自动控制经典理论、七八十年代现代控制理论形成以来,自动控制原理和现代控制理论课程,大纲和教材内容三十年间变化不大。特别是近十几年来,控制理论相关课程难教难学,教学效果不太理想,学生学习兴趣不高,难以将所学知识形成一个相互联系的有机整体,综合运用和解决实际问题的能力偏弱的问题越来越突出。其中,以控制理论发展的前后两个阶段为分界,自动控制经典理论的内容缺乏必要的系统基础知识作支撑,在局部细节上占用的课时太多,现代控制理论的内容又太过空洞,在讲述了一大堆概念和判据之后,学生并不知道如何应用这些结果去指导具体的系统设计。因此,人们会产生疑问:一个简单的 PID 控制讲那么多内容有必要吗?为什么总是 PID?如何利用现代控制理论的知识去得到更好的设计?

2000 年,美国空军科研部(Air Force Office of Scientific Research)邀请世界各国的一些著名控制专家成立了一个委员会,研讨 21 世纪控制科学的未来方向,于 2002 年 6 月发布了一份 104 页的报告:《信息爆炸时代的控制——关于控制、动力学和系统未来方向的专家小组报告》(*Control in an Information Rich World: Report of the Panel on Future Directions in Control, Dynamics and Systems*),阐述了 21 世纪控制科学的发展机遇与挑战,建议对过去 40 年控制科学的研究成果进行系统性梳理,为专业和非专业人士开发新的课程和教科书,使控制课程成为大学理工科专业的必修课,以满足未来控制科学教育的需求。2008 年,在中国自动化学会组织编写的《控制科学与工程学科发展报告(2007—2008)》中,也指出了控制科学与工程学科基础教育及课程体系改革的必要性和紧迫性。

总的来说,一方面经典控制理论阐述的根轨迹法和伯德图法使得单变量系统的分析、设计过程大为简化,采用的一阶或二阶调节器因为有明确的物理意义,参数调整往往可以凭经验在线完成。另一方面,经典理论的设计方法用主导极点或主导零、极点规定系统的特性,

是一种输入输出设计,限制了系统性能的提高,为得到性能更为优异的系统设计,需要用现代控制理论的方法才能解决。由此,在学习和实践过程中,了解不同方法的设计思路,明确各自的优缺点和应用范围,比给出某个具体的设计更重要。在国外,减少根轨迹和伯德图两种方法的讲述,增加线性系统的基础知识,其趋势已经很明显。国内也有根轨迹法和伯德图法孰轻孰重,是否可以只讲一种方法的争论,有些教材则试图将经典和现代理论放在一起讲述,但简单的整合并未达到预期的目的,还缺乏成功的经验。

为了弥补现有教材在上述方面的不足,本书试图通过问题解答的形式,用简单的语言来揭示单变量和多变量控制系统分析与设计共同遵循的规律。另外作为教辅书,还给出了作者编著的《自动控制原理(第二版)》和《现代控制理论(第二版)》两本教材全部习题的解答。本书作为一种新的尝试,难免存在不足之处,欢迎读者不吝指正。

夏超英

2017年10月于天津大学

目录

CONTENTS

第 1 章 自控绪论	1
学习要点	1
问答题及解答(1-1~1-3)	1
习题及解答(1-1~1-15)	2
第 2 章 控制系统的数学模型	11
学习要点	11
问答题及解答(2-1~2-8)	11
习题及解答(2-1~2-25)	16
第 3 章 控制系统的时域分析方法	39
学习要点	39
问答题及解答(3-1~3-12)	39
习题及解答(3-1~3-25)	49
第 4 章 控制系统的频域分析方法	71
学习要点	71
问答题及解答(4-1~4-5)	71
习题及解答(4-1~4-25)	76
第 5 章 控制系统的综合校正	97
学习要点	97
问答题及解答(5-1~5-10)	97
习题及解答(5-1~5-25)	113
第 6 章 采样控制系统	150
学习要点	150
问答题及解答(6-1~6-11)	150

习题及解答(6-1~6-25)	162
第7章 非线性控制系统	185
学习要点	185
问答题及解答(7-1~7-5)	186
习题及解答(7-1~7-25)	190
第8章 现控绪论	216
学习要点	216
问答题及解答(8-1~8-3)	216
习题及解答(8-1~8-5)	218
第9章 系统的状态空间描述和状态方程的解	221
学习要点	221
问答题及解答(9-1~9-13)	221
习题及解答(9-1~9-25)	232
第10章 线性系统的能控性和能观性	258
学习要点	258
问答题及解答(10-1~10-9)	258
习题及解答(10-1~10-25)	264
第11章 系统的稳定性分析	286
学习要点	286
问答题及解答(11-1~11-4)	286
习题及解答(11-1~11-25)	290
第12章 控制系统状态空间设计方法	308
学习要点	308
问答题及解答(12-1~12-10)	308
习题及解答(12-1~12-25)	321
第13章 动态系统的最优控制	347
学习要点	347
问答题及解答(13-1~13-7)	347
习题及解答(13-1~13-25)	351
第14章 2006—2015年天津大学硕士生入学考试试题	370

第1章

自控绪论

学习要点

学习自动控制的定义和自动控制系统的组成,熟悉控制系统中各环节的作用和它们之间的关系,熟悉控制系统中各变量的定义和特点,请特别注意给定量和控制量、被控量和反馈量之间的区别。学习掌握开环和闭环控制系统的结构特征和特点,熟悉一些典型的控制系统实例及常用零部件,能准确地将给定环节、比较环节、控制器、执行机构、被控对象以及测量装置和控制系统中的具体零部件对应起来,能对控制系统的工作原理和反馈调节机制进行定性分析。了解控制系统的基本类型及应用场合,了解控制系统的设计要求和性能指标,了解自动控制技术在国民经济各部门中的应用,了解控制理论的形成和发展历程。

问答题及解答



问题 1-1 什么是控制系统?控制的实质是什么?

答: 控制系统是由被控对象、执行机构、测量装置、控制器等环节为完成一定控制任务按一定规则连接在一起的一个有机整体。借用钱学森和宋健在《工程控制论》中的一句话,“控制的实质是使系统能稳妥地保持预定的工作状态,在各种不利因素的影响下不至于动摇不定、不听指挥。”



问题 1-2 经典控制理论的主要内容是什么?经典控制理论常用的分析和设计方法是什么?现代控制理论的主要内容是什么?现代控制理论常用的分析和设计方法是什么?

答: 经典控制理论的主要内容是单输入单输出反馈控制系统(简称为单变量系统)的分析与综合,常用的分析和设计方法是基于传递函数外部描述的根轨迹法和频率特性法。现代控制理论的主要内容是多输入多输出反馈控制系统(简称为多变量系统)、复杂控制系

统的分析与综合,主要的分析和设计方法是基于状态空间内部描述的时域法。



问题 1-3 老师,请简单介绍一下控制理论经典部分的形成和发展历程,标志性成果、重要人物和重要事件。

答: 自动控制的方法可以追溯到久远的古代,但人们普遍认为,自动控制技术的第一项重大成果来自于瓦特(J. Watt)1788 年对蒸汽机进行的改造,设计出具有反馈控制功能的离心调速器。离心调速的发明解决了蒸汽机的速度控制问题,极大地提高了蒸汽机的工作效率,使蒸气机得到了广泛应用。不过,在离心式蒸汽机调速系统被发明后很长的一段时间内,由于没有科学理论指导,蒸汽机自动调速系统的设计纯粹是一门手艺,完全凭借工程师的直觉和经验。

1868 年,英国物理学家麦克斯韦(J. C. Maxwell)为离心调速系统建立了线性常微分方程(Ordinary Differential Equations, ODEs)模型,指出系统的稳定性取决于 ODEs 特征方程的根是否具有负的实部。1877 年,英国数学家劳斯(E. J. Routh)根据多项式系数决定其右半平面根的数目的论文夺得了剑桥 Adams Prize 委员会的年度奖,被称为劳斯判据(Routh Criterion)。1894 年,瑞典数学家古尔维茨(A. Hurwitz)也独立地得到了判定高阶系统稳定性的代数判据。

20 世纪初期,ODEs 模型及稳定性代数判据被普遍接受,成为经典控制理论的基础。

20 世纪 30 年代,美国 AT&T 公司贝尔实验室(Bell Labs)的科学家们,为解决电信系统电子放大器的振荡问题,把拉普拉斯变换和傅里叶变换应用于线性定常系统研究中,引入了传递函数的概念,用方框图、环节、输入和输出等信息传输的概念来描述系统。1932 年,乃奎斯特(Nyquist)给出了乃奎斯特判据(Nyquist Criterion),1940 年,伯德(Hendrik Bode)引入了半对数坐标系,使频率特性的绘制更加便利,更适用于工程应用。

至 1945 年,控制系统设计的频域方法,即伯德图(Bode Plots)方法,已经基本建立。

1948 年,美国电信工程师伊文思(W. R. Evans)发表了根轨迹的两篇论文,用参数变化时系统特征方程根的变化轨迹来研究反馈控制系统,并设计了绘制根轨迹的工具。根轨迹法为控制系统时域分析和综合方法开辟了新途径,也是一种有效的图解方法,受到了人们的广泛重视。

至此,以上述三项理论性成果为标志,经典控制理论的完整体系已经基本形成。这期间,有多种经典控制理论的名著相继出版,包括 N. Wiener 的 Cybernetics(1948), Ed. S. S. Smith 的 Automatic Control Engineering(1942), H. Bode 的 Network Analysis and Feedback Amplifier(1945), L. A. MacColl 的 Fundamental Theory of Servomechanisms(1945), 以及钱学森的《工程控制论》(1954)。

习题及解答



习题 1-1 什么是开环控制系统? 什么是闭环控制系统? 比较开环控制系统和闭环控制系统的不同,说明各自的优缺点。

答：控制系统都是在实际环境和实际工况下运行的，被控对象、扰动和环境的非理想和未知变化会对系统的输出产生影响，使其偏离理想值。如果系统不能根据实际控制效果的好坏对控制量做出适当调整，就是开环控制系统。反之，如果系统能够根据实际控制效果的好坏对控制量做出适当调整，就是闭环控制系统。

在开环控制系统中，信号从控制器到执行机构再到被控对象单方向传递，输出量不对控制作用产生影响。开环控制系统结构简单，成本低，但无法克服被控对象变化和扰动对输出的影响。

在闭环控制系统中，被控对象的输出反方向被引到控制系统的输入端，信号沿前向通路和反馈通路闭路传输，控制量不仅与参考输入有关，还与输出有关，即根据参考输入和系统输出之间的偏差进行控制。闭环控制系统需要对输出量进行测量，存在稳定性设计问题，较开环控制系统更为复杂，但可以有效克服被控对象变化和扰动对系统输出的影响。



习题 1-2 日常生活中反馈无处不在。人的眼、耳、鼻和各种感觉、触觉器官都是起反馈作用的器官。试以驾车行驶和伸手取物过程为例，说明人的眼、脑在其中所起的反馈和控制作用。

答：在驾车行驶和伸手取物过程的过程中，人眼和人脑的作用分别如同控制系统中的测量反馈装置和控制器。在车辆行驶过程中，司机需要观察道路和行人情况的变化，经大脑处理后，不断对驾驶动作进行调整，才能安全地到达目的地。同样，人在取物的过程中，需要根据观察到的人手和所取物体间相对位置的变化，调整手的动作姿势，最终拿到物体。



习题 1-3 水箱水位控制系统的原理图如图 1.1 所示，图中浮子杠杆机构的设计使得水位达到设定高度时，电位器中间抽头的电压输出为零。试描述图 1.1 所示水位调节系统的工作原理，指出系统中的被控对象、输出量、执行机构、测量装置、给定装置等。

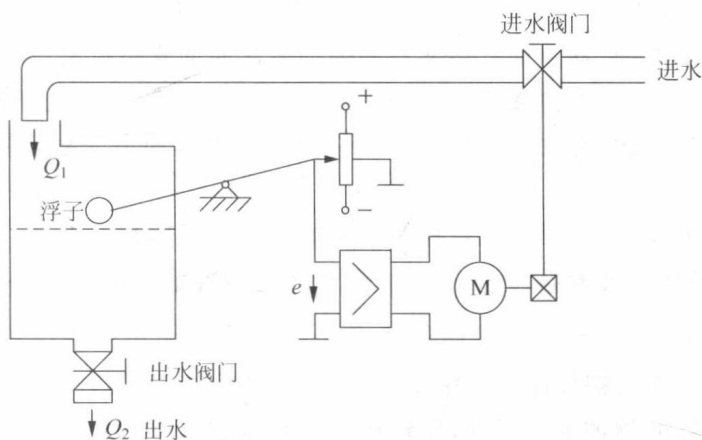


图 1.1 习题 1-3 图

答：当实际水位和设定水位不相等时，电位器滑动端的电压不为零，假设实际水位比设定水位低，则电位器滑动端的电压大于零，误差信号大于零 ($e > 0$)，经功率放大器放

大后驱动电动机 M 旋转,使进水阀门开度加大,当进水量大于出水量时($Q_1 > Q_2$),水位开始上升,误差信号逐渐减小,直至实际水位与设定水位相等时,误差信号等于零,电机停止转动,此时,因为阀门开度仍较大,进水量大于出水量,水位会继续上升,导致实际水位比设定水位高,误差信号小于零,使电机反方向旋转,减小进水阀开度。这样,经反复几次调整后,进水阀开度将被调整在一个适当的位置,进水量等于出水量,水位维持在设定值上。

在习题 1-3 的水位控制系统中,被控对象是水箱,输出量是水位高,执行机构是功率放大装置、电机和进水阀门,测量装置是浮子杠杆机构,给定和比较装置由电位器来完成。



习题 1-4 工作台位置液压控制系统如图 1.2 所示,该系统可以使工作台按照给定电位器设定的规律运动。试描述图 1.2 所示工作台位置液压控制系统的工作原理,指出系统中的被控对象、被控量、执行机构、给定装置、测量装置等。

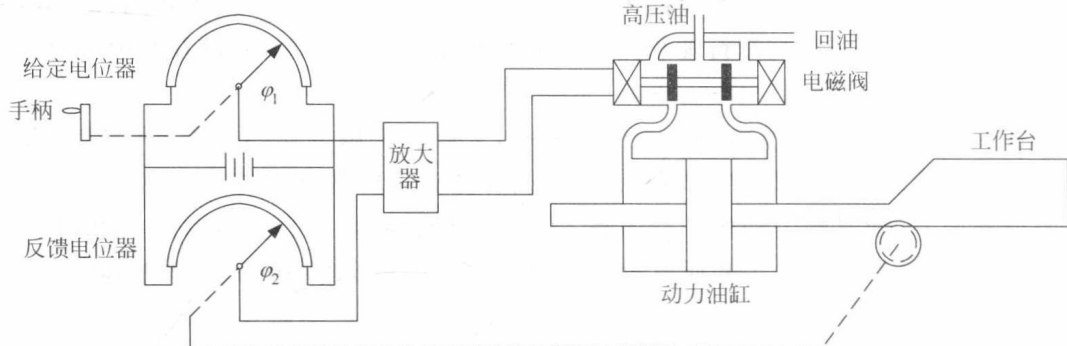


图 1.2 习题 1-4 图

答: 当给定电位器的角度(电压)和反馈电位器的角度(电压)不同时,误差电压经过放大器放大去驱动电磁阀,并带动滑阀移动。以给定电位器的电压大于反馈电位器的电压为例,设在正的误差电压作用下,电磁阀带动滑阀相对图 1.2 所示的平衡位置向左移动,高压油进入到动力油缸的左面,动力油缸活塞右面的油液从回油管路流出,动力油缸活塞在两边压力差的作用下向右运动,误差逐渐减小到零直至出现负的误差,滑阀开始向右移动至平衡位置的右侧。这样,经反复几次调整后,滑阀回到平衡位置,动力油缸活塞静止在设定的位置上。

在图 1.2 所示液压控制系统中,被控对象是液压驱动马达和工作台,系统输出量是工作台位置,执行机构是功率放大器和电磁阀,给定和比较装置是电位器。



习题 1-5 在反馈控制系统中,前一个环节的输出就是后一个环节的输入,二者总是数值相等性质相同的物理量。另外,比较环节的输入也应是相同性质的物理量。请结合习题 1-3 和 1-4 对此进行分析说明。

答: 在图 1.1 所示的水位控制系统中,误差信号是电位器中间抽头对地的电压,它是比较环节的输出,同时是功率放大环节的输入;电枢电压是功率放大环节的输出,同时是伺服电机的输入;伺服电机轴的转角是伺服电机的输出,同时是进水阀门的输入;进水量是

阀门的输出,同时为水箱的输入;水箱水位为水箱的输出,同时为浮子水位测量机构的输入;当水位达到设定高度时,电位器中间抽头的电压输出为零,所以电位器中间抽头对地的电压,反应的是给定水位与实际水位的差。

在图 1.2 所示的工作台位置液压控制系统中,误差信号是给定电位器中间抽头与反馈电位器中间抽头间的电压差,电压差是比较环节的输出,同时是功率放大环节的输入;功率放大环节的输出电压,同时是电磁阀的输入;电磁阀偏离其平衡位置的差为电磁阀的输出,同时为动力油缸的输入;动力油缸的位置为被控对象的输出,同时为反馈电位器的输入;给定电位器的上下端电阻和反馈电位器的上下端电阻形成桥式电路,将位置差转换为电压差,完成检测和比较的任务。



习题 1-6 图 1.3 的电加热炉温度控制系统与教材^①上图 1.8 所示的有所不同。试描述系统的温度调节过程,它能做到加热炉温度的无差调节吗,为什么?

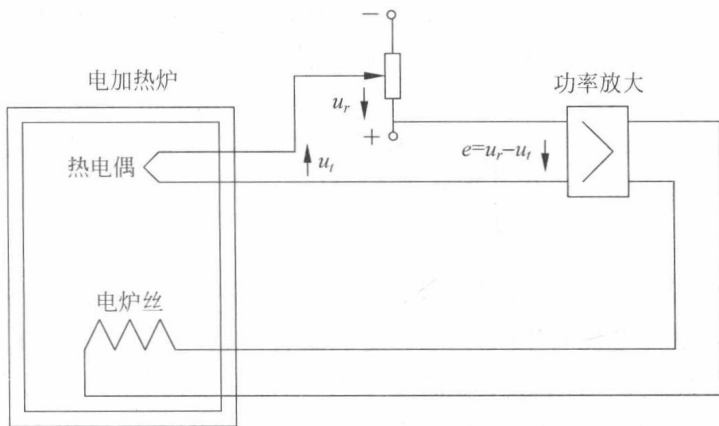


图 1.3 习题 1-6 图

答: 在图 1.3 所示电加热炉温度控制系统中,误差信号经过功率放大器放大后的电压施加在电炉丝上,为炉子加热。当电炉丝放出的热量与加热炉散出去的热量平衡时,炉温将维持不变。与教材^②上图 1.8 所示的电加热炉温度控制系统不同,图 1.3 所示温度控制系统不能做到加热炉温度的无差调节。因为,加热炉总要散出部分热量,而功率放大器的放大倍数是有限的,所以在炉温稳定后,误差信号总是大于零的。



习题 1-7 图 1.4(a)和(b)都是自动调压控制系统,图中发电机 G 由一原动机带着恒速旋转,通过改变励磁电流 i_f 来改变发电机的端电压。设空载时,发电机的端电压均为 110V,而当带上一恒定负载时,发电机的输出电流要在其内阻上产生压降,故端电压会出现一定的电压降,经系统的调节作用,发电机的端电压会得到恢复。试问经过调节图 1.4 (a)和(b)中的哪个系统的电压能保持 110V 不变? 哪个系统的电压会稍低于 110V? 为什么?

^{①②} 本书第 1 章~第 7 章的“教材”均指本书作者编著的《自动控制原理(第二版)》。

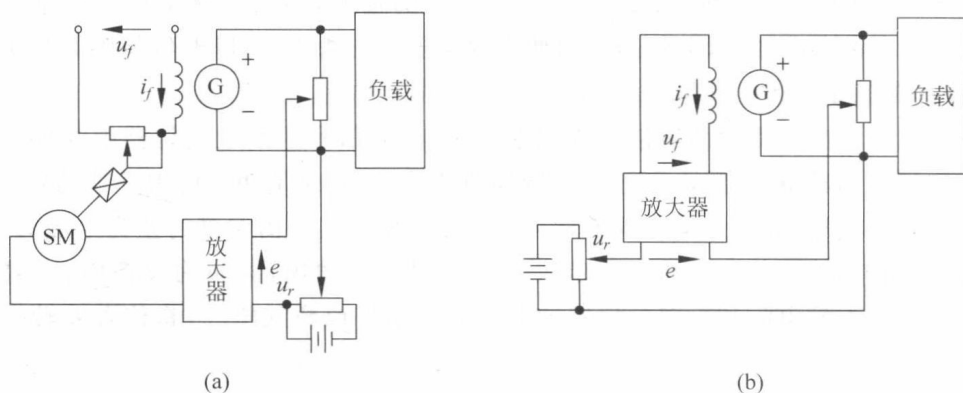


图 1.4 习题 1-7 图

答：图 1.4(a)所示系统能保持 110V 电压不变，图 1.4(b)所示系统的电压会稍低于 110V。因为，对图 1.4(a)所示系统，给定不变，加载调整过程完成后，由于电机转速到转角的积分作用，当误差信号为零电机 SM 停止时，会使可调电阻器的阻值比加载前小，并维持在这一位置上，发电机的电动势升高，以抵消负载电流在发电机内阻上的压降，实现无差调节。而对图 1.4(b)所示系统来说，加载调整过程完成后，提高电动势增加励磁电流必然对应较大的误差，即系统的输出电压会稍低于 110V。



习题 1-8 图 1.5 为一调速系统的示意图。图中 R_D 为电枢回路的总电阻、 L_D 为电枢回路的总电感，励磁电流 i_f 恒定。电机空载运行时，一定的设定电压 u_r 对应一定的电动机转速。当负载增加时，电枢电流 i_D 随之增大，电枢电流在电阻 R_D 上的压降会引起电机转速的下降。如图 1.5 所示，在电机主回路中串入一个小的采样电阻 R 来测量电枢电流，用反馈的方法减少电机转速的下降。试问由采样电阻 R 引入的是电枢电流的正反馈还是负反馈？系统的工作原理如何？

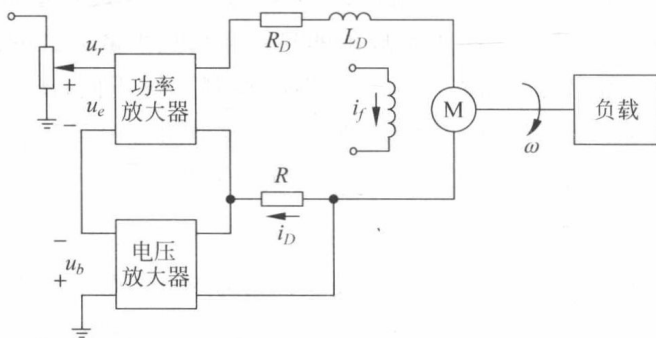


图 1.5 习题 1-8 图

答：采样电阻 R 引入的是电枢电流的正反馈，其作用原理为，当负载增加时，电枢电流 i_D 随之增大， i_D 在电阻 R 上的压降经电压放大器放大后得到 u_b ，功率放大器的输入电压 $u_e = u_r + u_b$ 。这样，负载增加时， i_D 增大， u_b 增大引起 u_e 增大，即电枢电流正反馈的作用使功率放大器的输出电压得到提高，以部分补偿负载增大引起的转速下降。显然，正反馈作用

过强会导致补偿过度,过度补偿要引起系统失稳,因此必须避免。



习题 1-9 图 1.6 是谷物湿度控制系统示意图。在谷物磨粉生产过程中,要先给谷物加水,以得到希望的湿度。图中,谷物输送装置按一定流量通过加水点,加水量用自动阀门控制。在加水过程中,谷物流量、加水前谷物湿度以及水压都是对谷物湿度控制的扰动作用。为了提高控制精度,系统中采用了加水前谷物湿度扰动的补偿控制和谷物湿度的反馈控制,试绘制系统的方框图。

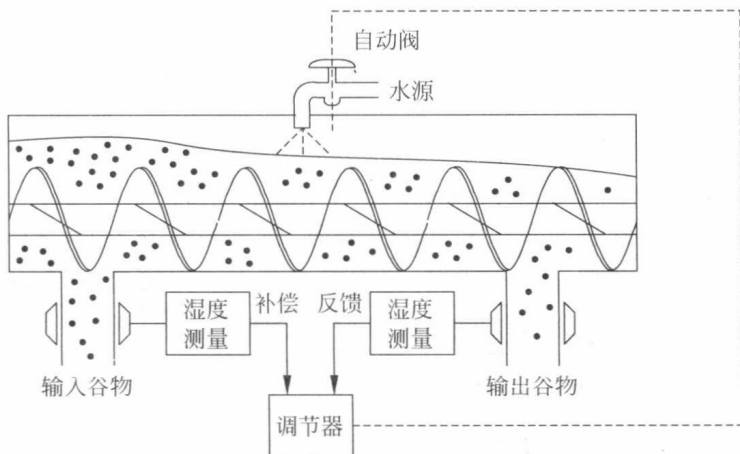


图 1.6 习题 1-9 图

解: 系统框图如图 1.7 所示。

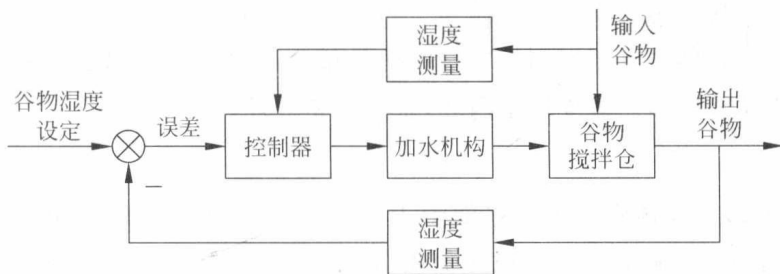


图 1.7 图 1.6 系统的框图



习题 1-10 张力控制系统如图 1.8 所示,它可以使输送带避免产生堆积或被拉断。如图 1.8 所示,输送带左边前一个分部用的是速度反馈控制,输送带右边后一个分部用的是速度前馈和张力的反馈控制,此系统是一个内外双闭环控制系统。试绘制解释系统工作原理的方框图,对系统的工作原理进行描述。

解: 系统的工作原理方框图如图 1.9 所示。

当速度给定发生变化时,信号会同时给到左面一个分部和右面一个分部,在测速反馈作用下,左面一个分部的转速跟随指令发生变化,右面一个分部也同样。由于左右分部参数和性能上总存在差异,无论动态下还是静态下都不可能做到绝对同步,这种不同步的影响累计

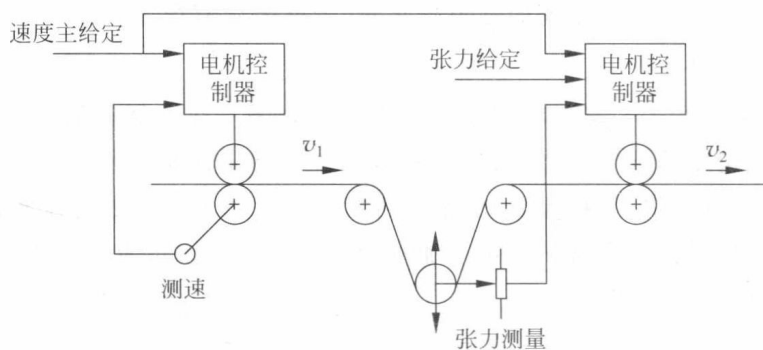


图 1.8 习题 1-10 图

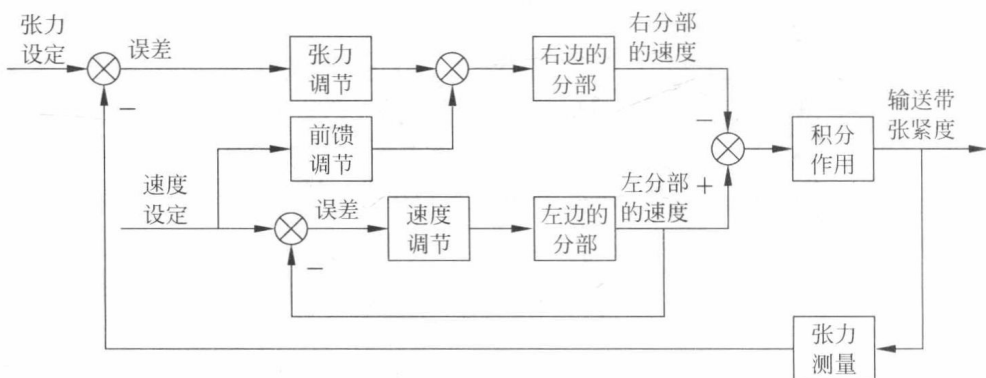


图 1.9 图 1.8 系统的工作原理框图

起来被右面一个分部的张力测量环节测知。当张力小于设定值时,右面一个分部会适当增加速度,反之会减小速度,以使得两个分部间转速偏差的影响不会被累加起来,实现两个分部的平均速度精确地相等。速度环是内环,张力环是外环。



习题 1-11 晶体管稳压电路如图 1.10 所示,图中 u_i 是输入电压,它在一定范围内变化, u_o 是输出电压,输出电压的稳压值由分压电阻 R_1 、 R_2 和稳压二极管 VD 的参数决定。试分别说明输入电压和负载电阻发生变化时,晶体管稳压电路的稳压过程和工作原理。

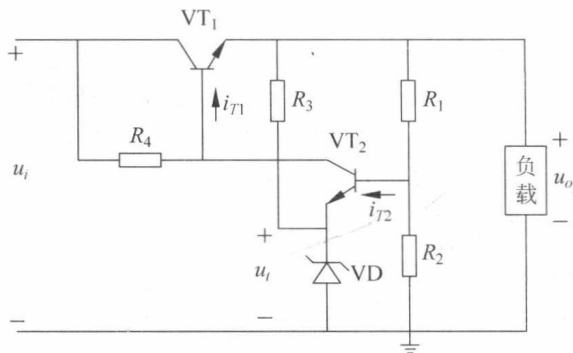


图 1.10 习题 1-11 图

答：输入电压发生变化时，以输入电压升高为例，图 1.10 所示晶体管稳压电路的稳压过程如下：

输入电压升高($u_i \uparrow$)，带动输出电压也升高($u_o \uparrow$)，晶体管 VT_2 的基极电流增加($i_{T2} \uparrow$)，晶体管 VT_2 的基电极电流增加，晶体管 VT_1 的基极电流减小($i_{T1} \downarrow$)，晶体管 VT_1 上的压降增加，输出电压的升高得到抑制，使输出电压稳定在一定范围内。

负载电阻发生变化时，以负载电阻减小为例，图 1.10 所示晶体管稳压电路的稳压过程如下：

负载电阻减小，负载电流加大，晶体管 VT_1 上的压降增加导致输出电压降低($u_o \downarrow$)。输出电压降低，晶体管 VT_2 的基极电流减小($i_{T2} \downarrow$)，晶体管 VT_2 的基电极电流减小，晶体管 VT_1 的基极电流增大($i_{T1} \uparrow$)，晶体管 VT_1 上的压降减小，输出电压的降低得到抑制，使输出电压稳定在一定范围内。



习题 1-12 工人工资的增加，经过一段时间以后会导致物价的上涨，物价的上涨又带动生活费用的提高，为保证工人的生活质量，就需要进一步提高工资。这是一个正反馈过程。增加存款的利率和刺激消费哪个可以减缓物价的上涨速度？为什么？国家的工资、物价和税收政策是怎样影响这个反馈系统的？

答：增加存款利率会抑制消费，可以减缓物价上涨的速度，降低劳动力成本。反之，刺激消费，会加速物价的上涨，增加劳动力成本。提高工资会刺激消费和加快物价的上涨速度，加快经济的发展，但也会引发过渡投机，恶化投资环境。通过税收和物价政策的调整，可以有效抑制在经济发展过程中的不良投资倾向，改善投资环境。



习题 1-13 总的来说，人们总会优先选择报酬高的职业，但任何一个职业的报酬都将随上岗人数的增加而降低。请用社会反馈机制来讨论经济参与者之间的竞争问题。以某行业的社会需求人数为输入，以流入该行业的实际职工人数为输出，绘制系统的框图，这是一个负反馈过程还是一个正反馈过程？

解：系统的框图如图 1.11 所示，这是一个负反馈过程。

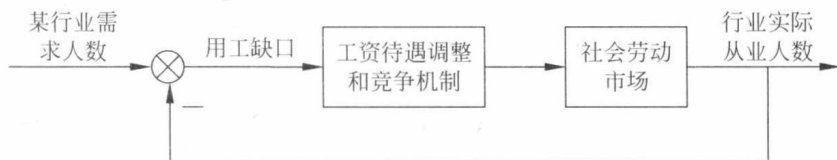


图 1.11 从业人数的反馈调节框图



习题 1-14 为改善系统的控制性能，需要从诸如控制策略、执行器功率和性能、检测环节的精度、对被控对象的改造等方面同时入手，片面强调或不适当地突出某一方面往往达不到预期的效果。那么，具体到某一方面，它们可能受到的限制是什么？请分别说明。

答：控制策略的改进受到理论研究成果、算法的复杂程度及软硬件成本的限制，一般来说越精确和高性能的控制算法对对象模型精度的要求也越高，对环境要求也越苛刻。快

和稳在系统设计中是一对矛盾,响应速度的提高往往给系统稳定性设计带来大的负担,同时所需执行器的功率和能量损耗加大,设备磨损加快。高的控制精度与测量装置的精度密切相关,但高精度的传感器会增加系统的成本。总之,设计中应该根据实际需求,综合考虑性能、系统成本、使用成本、可靠性等多种制约因素,不能片面追求高性能。



习题 1-15 请用一句话概括一下控制理论的内容,然后再给出一个进一步的阐述。

答: 控制理论研究的内容是控制系统的分析与综合问题。经典控制理论讲述的是单输入单输出反馈控制系统的分析与综合问题,以传递函数描述为基础,主要有时域和频域两种方法,原则上是一种输入输出设计。现代控制理论研究的是多输入多输出、非线性、复杂控制系统的分析与综合问题,以状态空间描述为基础,主要是时域法,原则上是一种系统内部特性的设计方法。