

船舶电气设备及自动控制

主编 施春红



哈尔滨工程大学出版社

责任编辑 / 李英 封面设计 / 李晓民

船舶工人培训丛书

CO₂ 气体保护半自动焊工艺基础

船舶概论

高级船舶钳工工艺学

高级船舶电工基础

船舶电气设备及自动控制

初级船舶除锈涂装工艺学

船厂工人实用英语(丛书)

高级船舶管系工操作技能

高级船舶钳工操作技能

高级船舶焊接工操作技能

高级船舶电工操作技能

高级船体装配工操作技能

船体制图

船体识图

ISBN 7-81073-250-1



9 787810 732505 >

ISBN 7 - 81073 - 250 - 1

U · 16 定价: 14.00 元

船舶电气设备及自动控制

主编 施春红

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

船舶电气设备及自动控制/施春红主编. —哈尔滨:
哈尔滨工程大学出版社, 2002. 4
ISBN 7-81073-250-1

I. 船... II. 施... III. 船用电气设备-自动控制
IV. U665

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 001452 号

内 容 简 介

本书共分七章,第一章至第三章介绍基础知识,内容主要包括:自动控制的基础理论知识、程序控制器的基础知识和电力拖动自动控制的基础知识;第四章至第六章介绍有关船舶电器设备的自动控制,内容主要包括:机舱辅机控制、甲板机械控制和船舶自动舵控制;第七章介绍船舶自动化及主机遥控监测报警系统。每章后附有习题。

本书可作为高级船舶电工的培训教材,也可供有关专业人员、工人参考。

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市南通大街145号 哈工程大学11号楼
发行部电话:(0451)2519328 邮编:150001
新华书店经销
地矿部黑龙江测绘印制中心印刷厂印刷

*

开本 787mm×1 092mm 1/16 印张 10.5 字数 238 千字

2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月第 1 次印刷

印数:1~3 000 册

定价:14.00 元

前 言

在“八五”和“九五”期间,为落实《中共中央国务院关于加强职工教育工作的决定》,我们根据《船舶工业造船工人技术等级标准》的要求,先后组织编写并出版了船舶行业 48 种初、中、高级工的技术理论培训教材,结束了我国船舶行业没有统编教材的历史,基本上满足了国内船舶行业各企业工人培训的要求,对推动工人培训工作,起到了显著的作用,成为各船舶企业培训的首选教材。

随着生产的发展、产品结构的调整及科学技术的进步,国外先进的造船方式的引进以及“转换造船模式,深化生产设计”模式的广泛推广,在早期的统编教材中有些技术标准、工艺方法及名词术语已过时,部分教材内容显得陈旧,使统编教材与实际培训的需求有了一定的差距,致使原先的教材更加凸现出了它的不适应性。因此,为了使这批教材能更好地发挥它在培训中的作用,我们决定对上述教材分期进行修改或重编,逐步出版一套与各船舶企业培训相适应的初、中、高级工技术理论教材。

本套统编教材邀请了中国船舶工业集团公司和中国船舶重工集团公司所属有关船厂富有经验的工程技术人员、科技工作者及从事职工教育的同志作为编者,并对编写提纲作了广泛认真的调查和论证,是在对当今造船企业中实际培训的需求及总结“八五”及“九五”期间所编工人培训教材工作的基础上编写的。为了使教材在内容上具有一定的先进性,充分体现我国当前采用的先进的造船方法、造船技术和造船工艺,并具有较好的实用性,我们也紧密联系船厂实际的同时,充分考虑到各船厂在产品和工艺上的不统一性,力求满足不同地区、不同船厂的不同培训需求。

船舶行业大约有 80 多个工种,本套教材的全部完成,尚需要一段时间,但我们相信,这套培训教材的陆续出版,必将在船舶企业的培训工作中起到重要作用。

编好和出版一套真正实用的职工培训教材不容易,虽然我们尽量做到精心组织、认真编写和出版,但难免存在某些缺点和不足,希望从事职工教育的同志及读者,在教和学的过程中,能发现问题,并及时地和我们联系,以便再版时修订使之更加完善,更好地为船舶工业服务。

船舶工业教材编审室
哈尔滨工程大学出版社

编者说明

自动控制系统是实现生产过程和设备自动化的基础,自动化是现代化的标志。掌握电气传动自动化的基础理论知识和技能对于实现船舶自动化是非常必要的。

本书是根据劳动部、中船总公司颁发的《职业技能鉴定规范(考核大纲)——船舶电工》和武昌造船厂教育中心编写的教学大纲进行编写的。全书共分七章,重点介绍了自动控制系统的基础知识、电气传动系统的组成和工作原理、电力拖动的基础知识及实船的运用。在编写过程中,根据现有资料,并总结了实船工作经验。

本书初稿第一章、第二章由高级工程师杨鸿编写,第三章、第五章由高级工程师施春红编写,第七章由高级工程师沈勃编写,第四章、第六章由高级工程师沈勃、工程师朱建国、讲师王晓华等同志编写,初稿形成后胡永泰高级工程师作了初审,全书最后由施春红同志作了全面修订、审稿和校对工作。黄克闪同志组织了插图绘制工作,龙荣华同志完成了打字和部分绘图工作。在此,我们向提供支持和帮助的有关单位和个人表示诚挚的感谢!

由于编者水平有限,时间仓促,书中错误和疏漏在所难免,诚恳希望批评指正。

武昌造船厂教育中心

2001年11月

目 录

第一章 自动控制理论的基础知识	1
第一节 自动控制技术及其应用	1
第二节 自动控制和自动控制系统的基本概念	2
第三节 开环控制与闭环控制	4
第四节 自动控制系统的基本类型	8
第五节 闭环控制系统的基本组成	13
第六节 自动控制系统的基本要求及性能指标	15
第二章 程序控制器的基础知识	17
第一节 可编程序控制器的产生、发展及应用	17
第二节 可编程序控制器的分类方法及特点	20
第三节 可编程序控制器与微处理机及继电控制系统的区别	22
第四节 可编程序控制器的组成及工作原理	24
第三章 电力拖动自动控制的基础知识	31
第一节 电力拖动自动控制的线路	31
第二节 电动机控制的基本环节	33
第四章 机舱辅机控制	51
第一节 空气压缩机的控制工作原理	51
第二节 辅助锅炉的自动控制	54
第三节 直流幅压无触点启动器	67
第四节 船舶制冷系统的电气控制	77
第五章 甲板机械控制	85
第一节 起货机控制线路工作原理	85
第二节 可调螺旋桨自动控制原理	99
第六章 船舶自动舵的控制	115
第一节 舵机装置	115
第二节 舵机工作原理	116
第三节 船舶自动舵实例	127
第四节 集中控制操舵仪	141
第七章 船舶自动化及主机遥控监测报警系统	151
第一节 船舶自动化基础知识	151
第二节 船舶监测报警系统	152
第三节 控制、监测、报警和安全系统的基本要求	158
参考文献	160

第一章 自动控制理论的基础知识

第一节 自动控制技术及其应用

一、概述

“控制”是一个具有广泛意义的概念。它可以指人与人的关系,也可以指其它方面的关系。当指人与机关系时,指的是人对于机器或设备的控制。为使某种机器或设备处于希望的状态而对其进行的操作,称为控制。例如,驾驶汽车,使之沿着预定的路线达到目的地所进行操作,就是控制。

当这个概念仅仅涉及机器或设备时,控制由机器或设备自动完成,这就是自动控制。自动控制技术广泛地应用于工农业生产、交通运输、国防和宇航等各个领域。

在现代生活的所有方面,自动控制发挥着重要的作用。而且,随着生产和科学技术的发展,自动控制技术所起的作用愈来愈重要,自动化的水平也越来越高。

从宇宙飞船、导弹制导和飞机驾驶,到机器制造或工业生产过程,自动控制系统是极其重要而不可缺少的组成部分。例如在化工生产过程中,对压力、温度、流量、液位和成分的控制;在机器制造工业中,机器零件的加工、处理和装配的自动控制;跟踪雷达和指挥仪组成的系统使火炮自动地瞄准目标;无人驾驶飞机按预定航速自动飞行和降落;人造卫星在预定轨道上运行并准确回收等等。而且,自动控制还将日益渗透到我们日常生活之中。

自动控制系统中,使用着各种类型的元件,如机械的、电的、电子的、液动的和气动的元件等。从事自动控制工作的人员必须熟悉这些器件的原理和特性。特别是,必须熟悉控制对象的特性。

自动控制是一个使用很多数学方法的边缘学科。它从很多领域吸取知识。它的研究有利于把很多已经分别进行研究的学科联系在一起,并把它们应用于同一问题之中。现代所有技术发达国家,在生产技术发展过程中都非常重视自动控制理论的教育,使工程技术人员和技术工人掌握判别系统是否稳定和变更某些参数以改善系统性能的综合方法。同样,自动控制理论和自动控制技术对我国科学技术和生产发展正愈来愈显示出其重要性和巨大潜力。

二、自动控制理论

自动控制理论是研究自动控制共同规律的技术科学。它的发展初期是以反馈理论为基础的自动调节原理,随着生产和科学的进步,现已发展为一门独立的学科——控制论。它包括工程控制论、生物控制论和经济控制论。工程控制论主要研究自动控制系统的信息变换和传递的一般理论及其在工程设计中的应用。而自动控制原理仅仅是工程控制论的一个分支,它只研究控制系统分析和设计的一般理论。根据自控技术发展的不同阶段,自控原理又

相应分为“经典控制理论”和“现代控制理论”两大部分。经典控制理论主要是研究单输入—单输出线性定常系统的分析和设计问题,在工程实践中得到了成功的应用。而现代控制理论则主要是研究高性能、高精度的多输入—多输出变参数系统的分析和设计问题。如:最优控制、自适应控制、最优滤波等等。

三、自动控制的发展

我们中华民族的祖先发明的指南针,就是自动控制的萌芽和应用。

一般认为,第一个工业上应用的自动控制系统,是瓦特 1788 年发明的用在蒸汽机上的调速器。人们曾经试图改善调速器的准确性,然而准确性改善的副产物却是不稳定。其特征是系统在规定的个工作状态上下振荡。对于反馈系统稳定性的研究,代表了自动控制理论的早期发展。

随着自动控制理论和实践的不断发展,给人们提供了获得动态系统最佳性能的方法。自动控制的采用,可以提高产品质量,降低生产成本,提高劳动生产率,保护工人的身体健康(在一些危险的或者有毒的工作环境代替人工操作)。同时,它还能使人们从繁重的体力劳动和单调重复的脑力劳动中解放出来。

第二节 自动控制和自动控制系统的基本概念

什么是自动控制?为了说明这个概念,首先让我们举例分析一个人工控制过程,因为很多自动控制方法的实现,都是受人工控制启发而得到的。

一、电炉炉温的人工控制

机电工业中常用的原材料——硅钢片在热处理过程中需要 10 小时连续保持恒温 $680 \pm 5^\circ\text{C}$ 后,才能达到预期的性能。这就需要对电炉的温度进行控制。设有一个电炉(见图 1-1),用调压器对电炉供电,使其温度升高到 680°C ,并保持不变。人工控制过程:① 用眼睛观察温度计,测出炉温指示值;② 用大脑将指示值与规定的温度 680°C 比较,是高了还是低了,并算出两者的差值;③ 最后用手执行大脑的命令:若炉温指示值偏高,就朝着减小加热电流的方向转动调压器手柄,使炉温降低;若炉温指示值偏低,就朝着加大加热电流

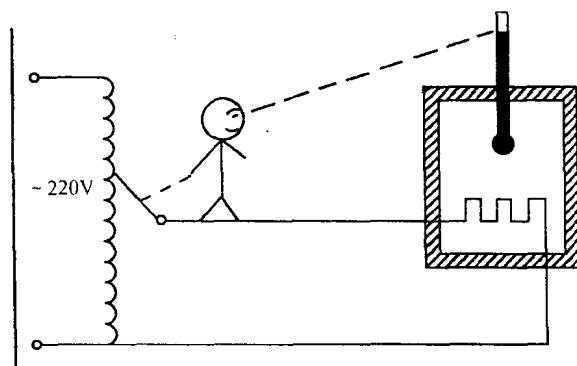


图 1-1 电炉炉温人工控制系统

的方向转动调压器手柄,使炉温上升。直到炉温回到 $680 \pm 5^\circ\text{C}$ 范围为止。人工控制过程就是通过眼、脑、手三个器官,分别担负检测、比较判断和执行三个作用来完成的。如图1-2所示。

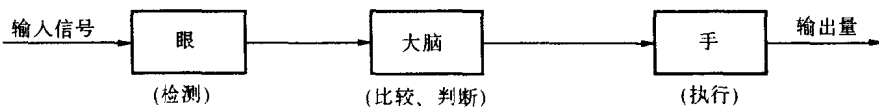


图 1-2 电炉炉温人工控制方块图

二、电炉炉温的自动控制

图 1-3 是一个炉温自动控制系统,电炉称为被控对象,其余部分统称为控制装置,控制装置包括三个部分。第一部分热电偶完成测量炉温,并把炉温转换为相应电压 u_2 的任务,称为测量元件。测量元件相当于人的眼睛。第二部分控制器是由比较线路和放大器构成。比较线路中给定电压信号 u_1 与炉温的希望值 680°C 相对应,并接受测量元件的电压信号 u_2 ,将 u_2 与 u_1 相比较得到电压差 $\Delta u = u_1 - u_2$, Δu 叫做偏差信号,只要 $\Delta u \neq 0$ 就意味着炉温偏离了希望值。 Δu 经过放大器放大后可驱动执行电机。控制器的作用相当于人的大脑。第三部分执行电机称为执行元件,它相当于人的手。

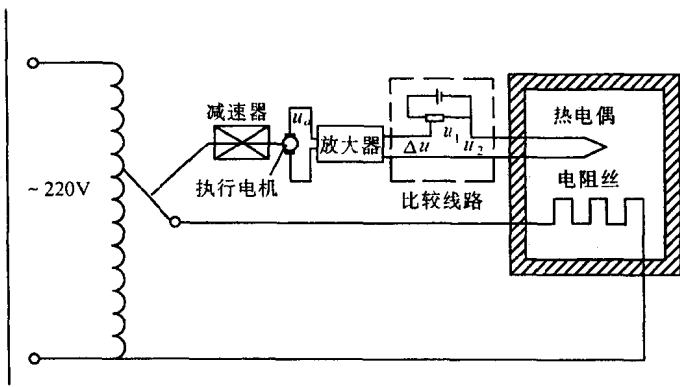


图 1-3 电炉炉温自动控制系统

现在分析一下具体的控制过程。若炉温 T 高于要求的炉温 $T_0 = 680^\circ\text{C}$, 即 $T > T_0$, 则有 $u_1 < u_2$, 得偏差信号 $\Delta u = u_1 - u_2 < 0$, 偏差信号 Δu 经放大后将控制直流电动机产生角位移, 并通过减速器带动调压器手柄向减小加热电流的方向转动, 使炉温 T 及电压信号 u_2 下降, 进而使偏差信号 Δu 及放大器输送信号 u_a 下降。直到 $u_1 = u_2$, 偏差信号 $\Delta u = 0$, $u_a = 0$ 时, 电动机停止转动, 电炉的温度恢复到要求的数值, 从而完成一个控制过程。

炉温自动控制系统的控制过程可用图 1-4 所示方块图表示。图 1-3 中的比较线路由比较元件符号 $\otimes$ 表示, 负号表示两信号相减, 一般地说, 比较元件的输出信号等于各输入信号的代数和。要求的炉温值 T 称为希望值。炉温 T 称为被控量。图 1-4 中测量元件、

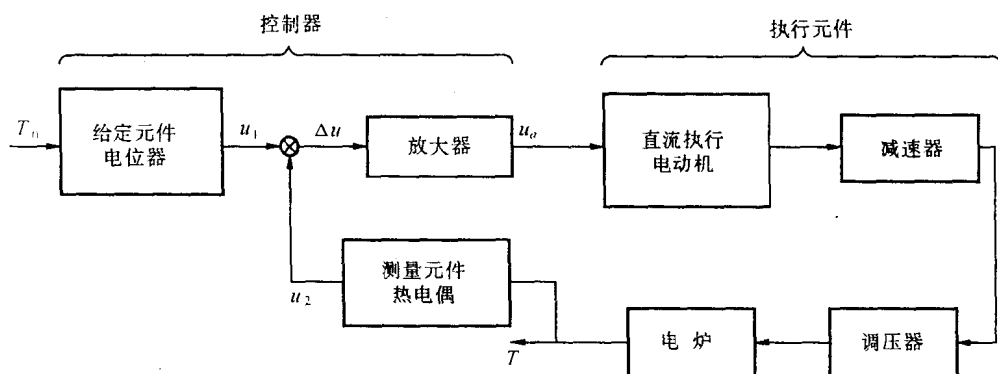


图 1-4 炉温自动控制系统方框图

控制器、执行元件统称为控制装置。电炉称为控制对象。这样就可表示为图 1-5 系统。

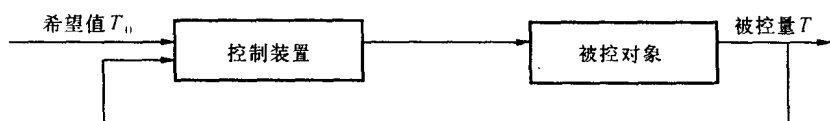


图 1-5

从上看出,测量元件代替了人的眼睛,控制器代替了人的大脑,执行元件代替人手。总之,用控制装置代替了人,完成了被控对象——电炉的控制。所以,自动控制就是在没有人直接参与的情况下,利用控制装置使被控对象(如机器、设备的生产过程)的某种被控量(如:工作状态)自动地按预先规定的规律运行或变化。自动控制系统就是指能够对被控制对象的工作状态进行自动控制的系统。它是由控制装置和被控制对象所组成。控制装置是指对被控制对象起控制作用的设备总体。例如:对位移、速度、压力等物理量进行变换和放大的设备;操纵飞机舵面偏转的舵机等等。

第三节 开环控制与闭环控制

自动控制系统有各种各样具体形式和分类,若根据有无反馈信号作用的原则分类,可分为开环控制与闭环控制两类。关于反馈信号的作用在图 1-4 炉温自动控制系统中就存在,其情况是:电压 u_2 是反馈信号,它与电压 u_1 进行比较后,产生电压偏差信号 Δu ,从而产生一系列控制作用。所以图 1-4 是闭环控制。

一、开环控制系统

如果系统的输出端和输入端之间不存在反馈回路,输出量对系统的控制作用没有影响,这样的系统称为开环控制系统。图 1-1 不考虑人的控制作用,其方块图如图 1-6,该系统显然没有反馈信号,不存在反馈回路,所以该系统为开环控制系统。也就是说,开环控制是

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过程。开环控制系统的抗干扰性能很差,例如炉门的开闭次数变化、外界环境温度变化、电源电压的波动都能使被控量(或称输出量)偏离希望值。使被控量偏离希望值的因素统称为干扰。

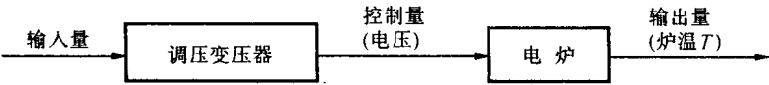


图 1-6 开环控制系统

图 1-7 所示电机转速控制系统也是开环控制系统。当给定电压改变时,电机转速也跟着变化,但这个控制经受不住负载力矩改变时对转速的影响。

开环控制系统的控制方式如图 1-7(c)所示。其特点是信号流通是单方向的,输出端对输入端无反馈作用。优点是系统装置简单、成本低廉、工作稳定。因此,当系统的输入信号及扰动作用能预先知道时,应采用开环控制并可取得满意的效果。缺点是抗干扰性能差,控制精度低,不能自动修正被控制量的偏离。为了说明以上问题,现详细分析负载力矩改变等干扰对转速的影响,根据 u_g 和 n 的对应关系, $u_g = u_{g1}$ 时, $n = n_1$ 。如果出现干扰(例如负载力矩改变),将引起转速变化,出现误差。但该开环系统由于无测量转速的设备,即无测量元件,也就是没有测量元件输出的反馈信号,当然也就不能产生按偏差的控制作用来调节转速。这时实际转速不等于 n_1 ,即 u_{g1} 和 n_1 的对应关系在有干扰情况下是不精确的。

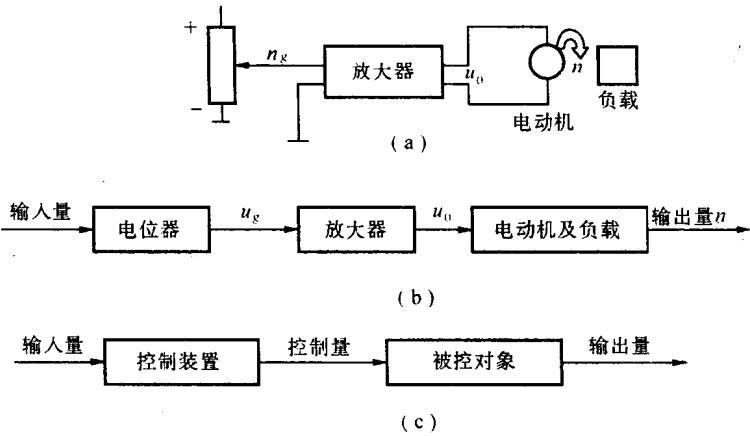


图 1-7

综上所述,开环控制的特点是控制装置只按照给定的输入信号对被控对象进行单向的控制,而不对被控制量进行测量并反向影响作用,所以,开环控制系统是不会修正由于干扰而引起的偏差。通常,在开环控制中,对于系统的每一个输入信号,必须有一个固定的工作状态和一个系统输出量与之相对应。例如前面讲的炉温控制,在一定时间间隔就对应于电阻丝的一个通电和断电状态以及相应的炉温值。这种对应关系调整越准确,元件的参数及性能变动越小,开环系统的工作精度就越高。但是,由于开环控制抗干扰能力差,它的使用仍具有一定的局限性。

二、闭环控制系统

闭环控制是指控制装置与被控对象之间既有顺向作用又有反向联系的控制过程,也是工程自动控制的基本原理。现在,先介绍反馈和偏差这个术语的含义。把系统的输出量送回到输入端,以增强或减弱输入信号的效应称为反馈。凡使输入信号增强者称为正反馈;使输入信号减弱者称为负反馈。闭环控制系统则是和负反馈紧紧地联系在一起的。

在闭环控制系统中必须对输出量进行测量并反馈到输入端。这个负反馈信号与输入信号进行比较,产生输入信号与反馈信号的差值,叫做偏差信号。偏差信号通过控制器产生控制作用,应能减小系统的偏差,使系统的输出量趋于所希望的值。

在图 1-7 开环系统基础上组成直流电动机转速的闭环控制系统如图 1-8 所示。图 1-8 系统中,输出量是转速 n ,输入信号是电压 u_g ,转速和电压是不同的物理量。作为测量元件的测速发电机,能将转速转换成电压($u_n = R_n n$, R_n 是常数),并反馈到输入端和输入信号电压 u_g 相减后得到偏差 Δu ,即 $\Delta u = u_g - u_n$ 。偏差电压 Δu 经放大器放大为控制电压 u_a 去调节电动机转速。系统的工作过程如下:假设系统已调整好,当 $u_g = u_{g1}$ 时, $n = n_1$ 。一旦扰动作用引起转速变化,例如转速小于 n_1 ,测速发电机输出电压 u_n 降低,偏差电压 $\Delta u = u_g - u_n$ 相应增大,使 u_a 增大,转速上升。反之,当转速大于 n_1 , Δu 减小, u_a 也相应减小,转速下降。这种由反馈构成闭环,按偏差产生控制作用的系统,任何因素引起转速的变化都

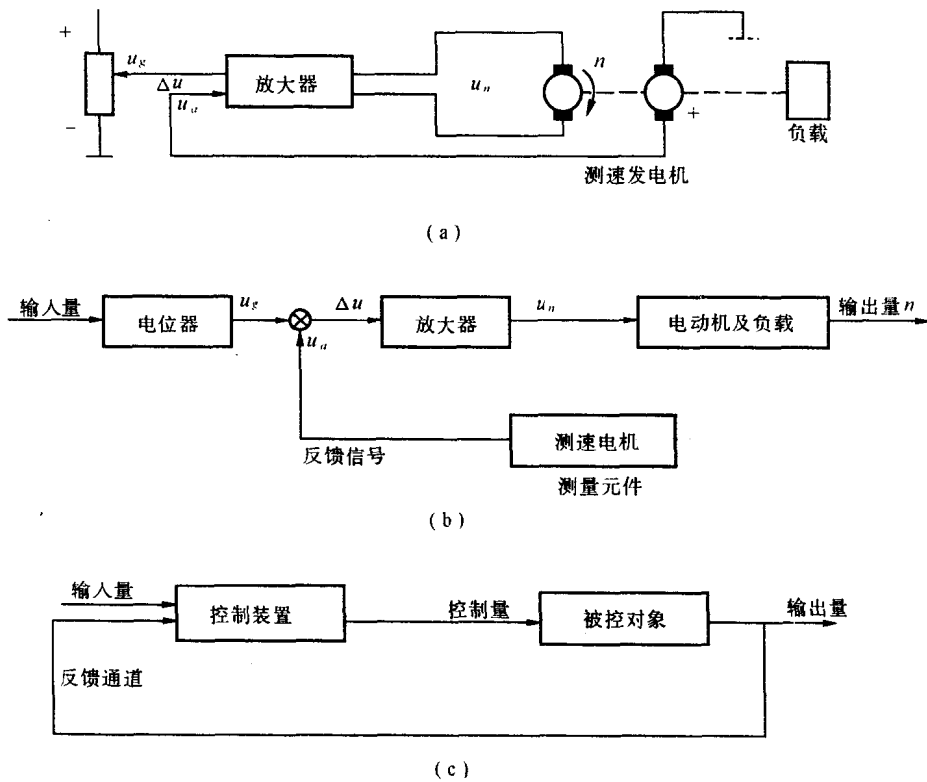


图 1-8

将引起自动调节转速的过程,以减小或消除偏差,获得较高控制精度。

闭环控制系统的控制方式如图1-8(c)所示。其特点是信号流通是闭环形的,输出端对输入端存在反馈通道,从而使闭环具有以下三个重要机能:①测量输出量;②将测量输出量所得反馈信号与输入信号进行比较,得到偏差;③根据偏差对输出量进行调节,使输出量趋于所希望的值,偏差随之减小或消除。以上闭环控制过程可概括为“检测偏差,纠正偏差”的过程。所以闭环控制的实质是按偏差控制。因为有反馈才有偏差和控制,闭环控制又叫反馈控制。

下面将说明只有负反馈才能使闭环系统正常工作的问题。如果反馈信号的极性与输入信号的极性相反,称为负反馈;反之,如果反馈信号的极性与输入信号的极性相同,则称为正反馈。只有负反馈才能使闭环系统正常工作。若系统采用了负反馈,当系统输出量偏离了希望值时,反馈后与输入信号比较(两者相减)产生偏差,从而去控制输出量向减小小偏差方向移动,使输出量恢复到希望值。如果系统采用了正反馈,例如某种原因使输出量比希望值增大了,由于正反馈信号的极性与输入信号的极性是相同的,正反馈后与输入信号不能比较(两者不能相减),而是叠加(两者相加)后使偏差增大,输出量继续向增大的方向移动,最终使输出量超出安全工作范围,破坏了系统的正常工作。

闭环控制系统的优点是具有自动修正输出量偏差的能力,抗干扰性能好,控制精度较高。缺点是结构较复杂,更主要的是由于组成闭环系统的各环节存在惯性,传动链有间隙等因素,如果系统结构和参数选配不当,反馈将引起系统振荡,造成系统不能稳定工作。因此闭环控制系统存在稳定性问题,增加了系统分析的复杂性。

三、复合控制系统

复合控制是指开环控制和闭环控制相结合的一种控制方式。它就是在开环控制回路的基础上,附加一个输入信号或扰动作用的顺馈通路,来提高系统的控制精度。目前,在许多平台随动系统、火炮随动系统、雷达站随动系统以及飞机自动驾驶仪系统中,都广泛使用复合控制线路。

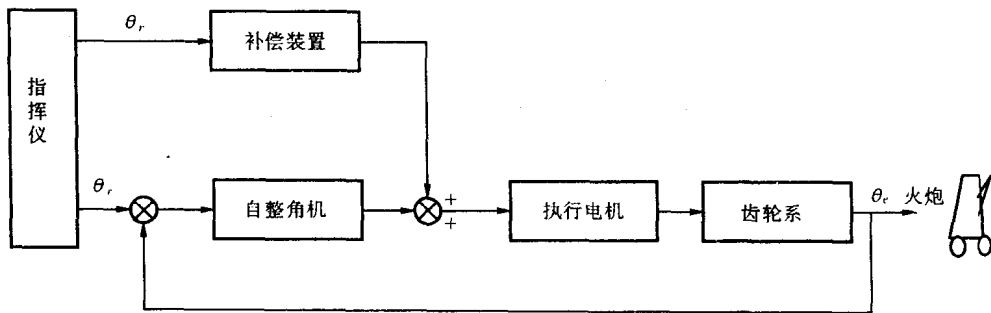


图 1-9 火炮控制系统原理方块图

图 1-9 是按输入信号补偿的复合控制系统。当火炮射击时,要求炮身方位角 θ_r 与指挥仪给定的方位角 θ_r 一致,为了保证炮身能准确跟随高速飞行的目标,提高跟踪精度,就将指挥仪引出的方位角信号 θ_r 通过补偿装置形成顺馈控制信号,这就能使炮身按照指挥仪的方位角信号以及要求的角速度准确跟踪目标。

复合控制系统的顺馈通路通常由对输入信号的补偿装置或对扰动作用的补偿装置组成,它们分别称为按输入信号补偿以及按扰动作用补偿的复合控制系统。

按输入信号补偿就是提供一个输入信号的微分作用,作为顺馈控制信号,与原输入信号一起对被控对象进行控制,以提高系统的跟踪精度。按扰动作用补偿就是在扰动对系统影响之前,提供一个控制作用,以抵消扰动对系统输出的影响。由于顺馈通路的引入,大大地提高了系统的控制精度。因此,复合控制系统得到了广泛的应用。

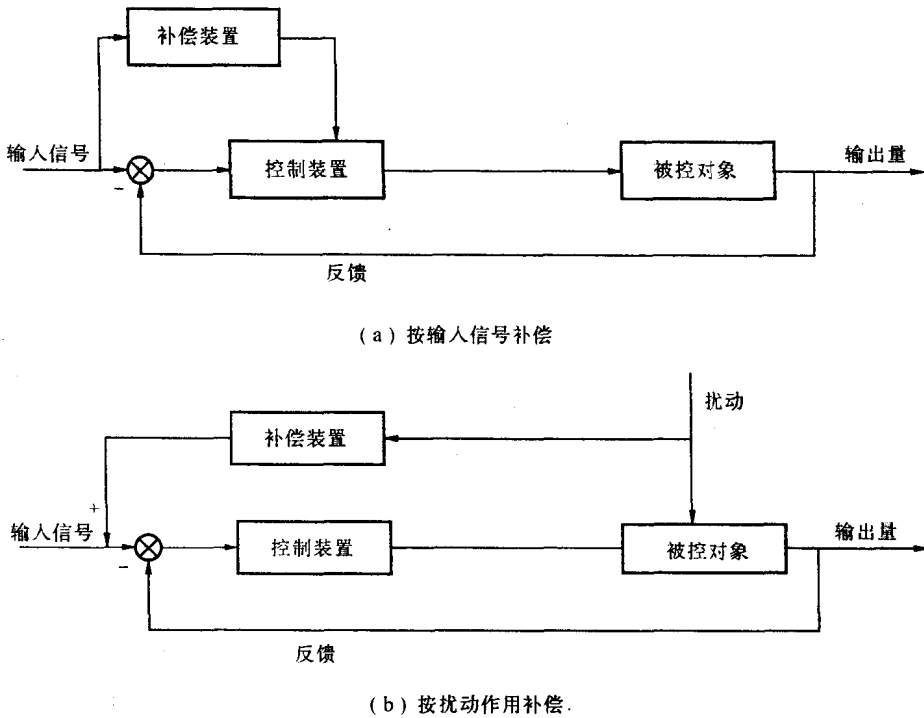


图 1-10 复合控制系统方块图

第四节 自动控制系统的基本类型

一、自动控制系统的基本类型

1. 恒值控制系统

恒值控制系统又称为自动调节系统。例如:恒速、恒温、恒压、恒流等自动控制系统。它们的输入信号为恒定的常量。系统的基本任务是在存在扰动的情况下,使输出量保持在给定的希望值上。其主要特征是给定量不变。

图 1-3 炉温控制系统和图 1-8 转速控制系统均为定值调节系统。但两者还有如下差别:图 1-3 炉温控制系统处于平衡状态时偏差电压 $\Delta u_0 = 0$;而图 1-8 转速控制系统处于平衡状态时偏差电压 $\Delta u_0 \neq 0$, 这时 $n = n_0$ 、 $u_a = u_{a0}$ 、 $u_g = u_{g0}$ 、 $u_n = u_{n0}$ 、 $\Delta u_0 = u_{g0} - u_{n0}$ 。

前者称为无差系统,后者称为有差系统。下面介绍的图 1-11 系统是有差恒值调节系统的例子。

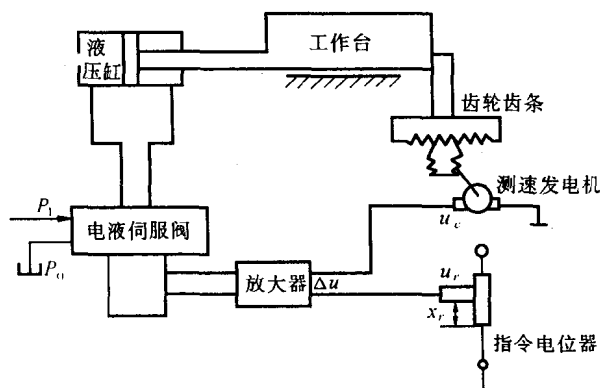


图 1-11 工作台速度控制系统图

图 1-11 所示工作台速度控制系统。该系统由指令电位器、放大器、电液伺服阀、液压缸、工作台、齿轮齿条、测速发电机组成,其功能是控制工作台速度为某一恒值。

图 1-11 所示系统中,电液伺服阀输出油液流量的大小和液流方向分别由电液伺服阀的输入电流的大小和方向决定。改变电液伺服阀输入电流的大小和方向,便可改变工作台运动速度和方向。工作台运动速度由测速装置(该装置由齿条、齿轮和测速发电机组成,测速发电机的输出电压与输入转速成正比),检测并转换为电压 u_c , u_c 与给定电压 u_r 比较,其偏差电压为 $\Delta u = u_r - u_c$ 。

当工作台运动速度为给定转速 V_0 时,测速发电机输出电压为 u_{c0} ,此时偏差电压为 $\Delta u_0 = u_r - u_{c0}$,放大器输出电流为 i_0 ,电液伺服阀输出流量为 Q_0 ,该流量是保持工作台运动速度 V_0 所必需的。此时系统的工作状态为平衡工作状态。在系统工作过程中,如果由于负载、油温或其它因素变化引起速度波动,则 $u_c \neq u_{c0}$ 。若工作台运动速度 V 大于给定速度 V_0 ,则 $u_c > u_{c0}$,因而 $\Delta u = u_r - u_c < \Delta u_0$,于是放大器输出电流 i 减小,从而使电液伺服阀输出油液流量减小,工作台运动速度 V 下降,当工作台运动速度 V 等于给定速度 V_0 时,系统恢复平衡工作状态,反之,如果某因素使工作台速度下降小于给定速度 V_0 时,则 $u_c < u_{c0}$,因而 $\Delta u = u_r - u_c > \Delta u_0$,于是放大器输出电流加大,工作台运动速度上升,直至达到 V_0 ,系统恢复平衡状态。该系统方块图如图 1-12 所示。

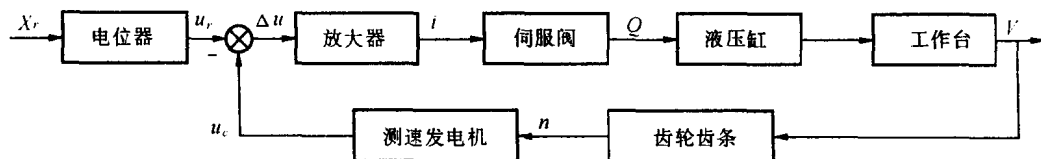


图 1-12 工作台速度控制方块图

2. 随动系统(也称自动跟踪系统)

随动系统的输入信号是一个随时间任意变化的函数(事先无法预测其变化规律),系统的任务是在存在扰动的前提下,保证输出量以一定的精度跟随输入信号的变化而变化。在这种系统中,输出量通常是机械位移、速度或加速度。随动系统中,给定量变化是任意的,则称为自动跟踪系统,或伺服系统;若给定量按一定的时间函数变化,则常称为程序控制系统,如数控机床等等。

随动系统在工业、交通和国防等部门有着极为广泛的应用,如机床的自动控制、舰船的操舵系统、火炮控制系统及雷达导航系统等。下面首先介绍机床工作台随动系统的例子。

图 1-13 所示为工作台位置控制系统。该系统由指令电位器、反馈电位器、放大器、伺服电机、齿轮减速器、滚珠丝杆及工作台组成,其功用是控制工作台位置按指令电位器给出的规律变化。

通过指令电位器的滑动触点给出工作台的位置指令 X_r ,并转换为控制电压 u_r 。被控制工作台的位移 X_c 由反馈电位器检测,并转换为反馈电压 u_c 。两电位器接成桥式电路。当工作台位置 X_c 与给定位置 X_r 有偏差时,桥式电路的输出电压为 $\Delta u = u_r - u_c$ 。设开始时指令电位器和反馈电位器滑动触点都处于左端,即 $X_r = X_c = 0$,则 $\Delta u = u_r - u_c = 0$,此时,放大器无输出,直流伺服电机不转,工作台静止不动,系统处于平衡状态。

当给出位置指令 X_r 时,在工作台改变位置之前的瞬间, $X_c = 0$, $u_c = 0$,则电桥输出为 $\Delta u = u_r - u_c = u_r - 0 = u_r$,该偏差电压经放大器放大后控制直流伺服电机转动,直流伺服电机通过齿轮减速器和滚珠丝杆驱动工作台右移。随着工作台的移动,工作台实际位置与给定位置之间的偏差逐渐减小,即偏差电压 Δu 逐渐减小。当反馈电位器滑动触点的位置与给定位置一致,即输出完全复现输入时,电桥平衡,偏差电压 $\Delta u = 0$,伺服电机停转,工作台停止在由指令电位器给定的位置上,系统进入新的平衡状态。当给出反向指令时,偏差电压极性相反,伺服电机反转,工作台左移,当工作台移至给定位置时,系统再次进入平衡状态。如果指令电位器滑动触点的位置不断改变,则工作台位置也跟着不断变化。该系统的控制过程可用图 1-14 所示方块图表示。

由该系统上述工作过程可知,为了使输出量复现输入量,系统通过反馈电位器不断地对输出量进行检测并返回到输入端,与输入量进行比较得出偏差信号,再利用所得偏差信号控制系统运动,以便随时消除偏差。从而实现了工作台位置按指令电位器给定规律变化的目的。

利用上例的动作原理,可实现导弹、火炮自动定位系统,船用随动舵等一系列随动系统,如图 1-15 所示。

导弹和火炮随动系统除上述方位角控制,须再加一套高低角控制就可对准任何目标。

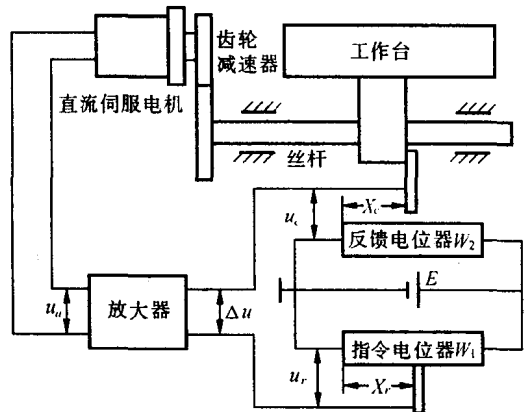


图 1-13 工作台位置控制系统图