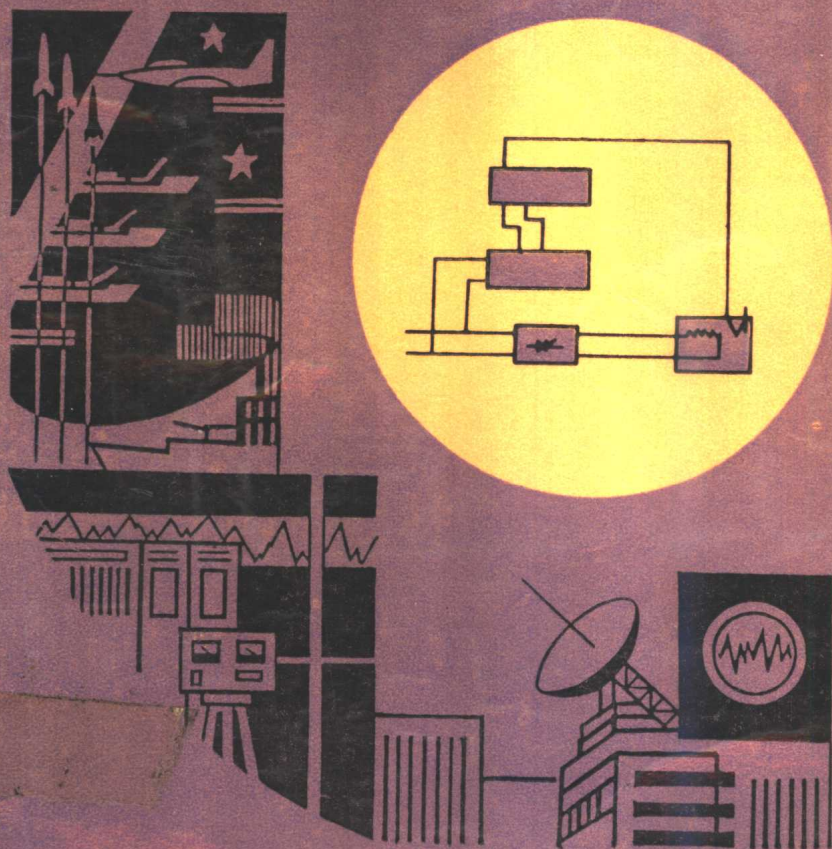


计量中专试用教材

自动控制基础与调节仪表

李学琪 贾 峰 编



中国计量出版社

计量中专试用教材

自动控制基础与调节仪表

李学琪 贾 峰 编

中国计量出版社

新登(京)024号

内 容 提 要

本书是根据计量中专学生培养目标和教学特点,按教材编写会议制定的教学大纲编写的。全书共分十章,第一章至第五章介绍自动控制理论基础,包括系统组成、品质指标、对象特性、控制规律、执行器与变送器,第六章至第九章结合实际应用介绍断续、连续、数字式调节仪表;为加深学生对所学课程的理解并提高动手能力,第十章安排四个实验。

本书可作计量中等专业学校热工专业的专业课教材,也可供相近专业的工程技术人员参考。

计量中专试用教材 自动控制基础与调节仪表

李学琪 贾 峰 编

责任编辑 何伟仁

—

中国计量出版社出版

北京和平里西街2号

中国计量出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

—

开本787×1092/16

印张 17.25 字数 417 千字

1991年10月第1版

1991年10月第1次印刷

印数 1—6000

ISBN 7-5026-0449-9/TB·353

定价 9.80 元

出版前言

国家技术监督局是国务院统一管理和组织协调全国技术监督工作的职能部门。负责管理全国标准化、计量、质量监督工作，并对质量管理进行宏观指导。

随着技术监督事业的迅速发展，当前迫切需要大量的各级、各类计量专门人才。举办各种形式的计量中等教育，对于提高在职计量人员的素质、改善计量队伍的结构，培养一批计量队伍的新生力量，都具有重要意义，并将对计量事业的发展产生深远的影响。

近几年来，由于一批计量中专学校的创办，各种形式的计量中等教育，如委托或联合办计量中专班、计量函授中专、计量职业高中、计量中专的专业证书培训等，也在各地陆续开展起来，但是缺少教材已成为计量中等教育迫切需要解决的重大问题。因此我们根据国家技术监督局的决定，组织编写了一套计量中专教材，其中包括：几何量、热工、力学、电磁学计量四个专业的部分专业基础课和专业课试用教材，争取在1988至1991年内出版齐。

本书是委托山东省标准计量中等专业学校组织编写的热工专业的专业基础课教材。

计量事业教育基础十分薄弱，组织编写行业性教材还是第一次，基本条件和经验都不足。因此，这套教材的编写工作是在时间紧、难度大的情况下进行的，虽然经过多方面努力，但仍然存在很多不足之处，甚至于错误，我们拟在试用过程中听取各方面意见，于适当时机再次组织修改。

另外，这套教材主要是根据三年制全脱产的计量中等专业教育的需要编写的。在目前情况下，要对各种形式的计量中等教育都编出相应的教材难以做到。因此，在编写过程中，也一定程度地考虑了适用的多样性，其他形式的计量中等教育可参考本套教材的基本内容，适当调整使用。

在教材的编写、审议过程中，得到了中国计量出版社、中国计量科学研究院、中国测试技术研究院、中国计量学院、中国计量测试学会，河北、四川、山东、吉林省标准计量局及有关的高等院校、省市计量部门、科研单位、大中型企业的大力支持，在此，谨表示衷心感谢！

国家技术监督局宣传教育司

1988. 8

编 者 的 话

本教材是根据国家技术监督局的要求,组织有关人员编写的计量中专教材,供热工专业学习自动控制基础及调节仪表知识之用。

全书共分十章。第一章至第五章为自动控制基础,着重介绍自动控制系统的组成、品质指标、被控对象的特性、基本控制规律、执行器与变送器,第六章至第九章讲述断续作用、连续作用、数字式调节仪表。为加深理解并提高动手能力,第十章安排四个实验。

每章后面附有思考题,以供教学时参考之用。

编写大纲中规定本课程学时数为80学时,考虑到各类专业不同,各校在使用本教材时,可以根据教学需要做适当删减或补充。

本书由山东省标准计量中等专业学校组织编写,第一章至第五章由李学琪同志执笔,第六章至第十章由贾峰同志执笔,其中第八章第九节及第九章由于内容较新,资料不多,且时间仓促,部分内容援自清华大学王家桢教授主编的《电动显示调节仪表》,特此说明。在初稿完成后,曾聘请有关专家、教授进行了初审。编写者修改后,又请北京联大自动化工程学院的俞眉芳副教授为本书进行了全面审阅,根据她对本书所提的很多宝贵意见,编者再次做了修改,最后由李学琪同志统编定稿。

由于编者水平有限,学识浅陋,时间仓促,缺点错误在所难免,深望读者批评指正。

编 者

1990年10月

目 录

绪论	(1)
第一章 自动控制基本知识	(3)
第一节 自动控制的基本概念	(3)
第二节 自动控制系统	(5)
第三节 自动控制系统的过渡过程及品质指标	(8)
第四节 动态特性及其表示方法	(12)
第五节 热工自动控制系统举例	(15)
第六节 自动控制系统的分类	(18)
第七节 自动控制系统的的基本元件	(30)
思考题	(30)
第二章 自动控制系统的传递函数与典型环节	(32)
第一节 传递函数	(32)
第二节 基本的典型环节及其动态特性	(36)
第三节 环节的典型连接方式	(50)
第四节 方框图的等效变换	(55)
思考题	(61)
习题	(61)
第三章 被控对象的特性	(62)
第一节 对象的容积及容积系数	(62)
第二节 对象的阻力与自衡	(65)
第三节 放大系数和时间常数	(67)
第四节 对象的滞后	(71)
第五节 其他被控对象举例	(73)
思考题	(76)
习题	(76)
第四章 自动控制的基本规律	(77)
第一节 双位控制	(77)
第二节 比例控制	(79)
第三节 积分控制	(83)
第四节 比例积分控制	(86)
第五节 微分控制	(88)

第六节 比例积分微分控制	(93)
第七节 调节器的 PID 参数整定	(95)
思考题	(99)
第五章 执行器与变送器	(100)
第一节 电动执行器	(100)
第二节 气动执行器及调节阀	(103)
第三节 差压变送器	(104)
第四节 温度变送器	(108)
思考题	(112)
第六章 位式调节仪表	(113)
第一节 位式控制方式	(113)
第二节 动圈式二位调节仪表	(113)
第三节 二位式控制特性分析	(119)
第四节 动圈式三位调节仪表	(120)
第五节 三位式控制特性分析	(122)
第六节 位式调节仪表的检定	(122)
思考题	(124)
第七章 时间比例调节仪表	(125)
第一节 时间比例控制方式	(125)
第二节 动圈式时间比例调节仪表	(126)
第三节 时间比例控制特性分析	(132)
第四节 动圈式时间比例调节仪表的检定	(132)
思考题	(134)
第八章 PID 模拟式调节仪表	(135)
第一节 PID 运算规律的电路实现	(135)
第二节 动圈式 PID 调节仪	(144)
第三节 DWT-702 精密温度控制仪	(149)
第四节 TA 系列简易电子调节器	(176)
第五节 自动平衡式显示仪表中附加 PID 调节器	(184)
第六节 非线性调节器简介	(190)
第七节 DDZ-II 型电动单元组合仪表中的 PID 调节单元	(192)
第八节 DDZ-III 型调节器	(199)
第九节 EK 系列仪表的调节器	(206)
第十节 PID 调节仪表的检定	(219)
思考题	(222)
第九章 有微机的单回路调节器	(224)
第一节 概述	(224)
第二节 基本 PID 算式	(227)
第三节 PID 功能的实现	(231)

第四节	用电位器设定参数的单回路调节器	(234)
第五节	可编程单回路调节器	(244)
第六节	YEW SERIES-80集中分散型控制系统简介.....	(254)
	思考题	(255)
第十章	实验	(256)
实验一	配热电偶用动圈式温度指示位式调节仪表的检定	(256)
实验二	动圈式时间比例指示调节仪的检定	(260)
实验三	DWK-702精密温度控制装置的操作实践	(264)
实验四	动圈式PID指示调节仪的检定	(265)
参考文献		(267)

绪 论

实现四个现代化，必须依靠现代科学技术的进步，生产自动化水平的不断提高。生产过程自动化，不仅能保证产品质量，提高经济效益，降低消耗，节约能源，改善环境条件，而且能保证安全生产。

所谓生产过程自动化，就是利用某些仪器、仪表或自动化装置，来代替人工操作，把人们从繁重的、重复的劳动中解放出来。

生产过程自动化的发展，大体经历了三个阶段：

首先是在生产线上应用了一些自动监测仪表，来监视生产过程的主要环节，向操作人员提供可靠的数据。根据这些数据和工艺要求，操作人员做出正确判断，合理、正确地实施操作，以保证生产的安全、顺利进行。此阶段属于人工和仪表相结合的生产阶段，但基本上还是属于人工控制。人工控制不仅劳动强度大，而且对某些变化迅速、条件苛刻的现代化大生产过程根本无法适应。这是因为在实际的现代化大生产和科学实验中，往往有大量的现象需要观察和分析、成百上千的参数要求加以测量甚至控制，如此繁重的任务，大大超出了人们感官、大脑的反应处理能力。

随着生产和科学技术日新月异的发展，仪表工业也得到飞速的发展，使生产过程自动化进入了第二个阶段，自控仪表及一些控制机构开始应用于生产过程，组成了自动控制系统。在这种系统中，测量元件代替了人的眼睛，调节器代替了人的大脑，执行机构代替了人的手，这样就使被控参数能自动地稳定在某个预先给定的给定值上，这就大大减轻了操作人员的劳动强度。

第三阶段则是伴随着电子计算机的出现及其在生产控制中的广泛应用，使生产过程的自动控制又推向一个崭新的阶段，生产过程的全部自动化已指日可待。

与上述生产过程自动化发展阶段相应，自动化仪表最早出现在40年代。那时的仪表体积大，精度低，主要目的是用于测量，一般称为基地式仪表。50年代出现了单元组合仪表，先是气动单元组合仪表，以后又出现了电动单元组合仪表，从而可实现生产的集中控制。这类仪表体积小，精度高，可靠性大。60年代后期，随着半导体和集成电路的飞速发展和应用，自动化仪表向着小型化、高性能的方向发展。70年代以后，由于大规模集成电路的出现及微型机的广泛应用，使带有电脑的各种数字检测、控制仪表开始投运于实际生产中，并实现了分散-综合型控制。

可以说，在现代化大生产中，脱离了生产过程的自动化，没有各种先进的自动化仪表，高质量、高速度、高效益的生产将是不可能的。所以，任何一个现代化生产过程都是由许多工艺、设备、机械和自动化仪表按一定的生产要求组合而成的。而工艺、设备与仪表之间，既互相区别又紧密联系。这对于从事计量事业的中等专业技术人员来说，学习和掌握自动控

制及控制仪表的一些基础知识，对以后的工作是很有必要的。

通过本课程的学习，应掌握自动控制的基本知识和原理，典型环节、各种基本控制规律，典型的执行机构、变送器及在实践中广泛应用的各种典型控制仪表的基本结构、工作原理和主要特点，并能正确地选择使用它们。

第一章 自动控制基本知识

第一节 自动控制的基本概念

一、概 述

经济建设的腾飞，要靠科学技术的进步，要在短时间内把我国建成为社会主义强国，就必须在生产、科研、管理诸方面尽快实现自动化。所谓自动化，就是用机器、仪表、仪器、电子计算机或其他自动化装置，代替人的大脑和手去参与各种劳动。因为手动控制不如自动控制准确、可靠、快速，而且还不易消除主观误差。所以，自动控制技术得到了广泛应用。它不但减轻了人们的劳动强度，改善了工作环境，还能提高产品质量，降低成本，增加效益。因此，自动控制具有重大的现实意义，是多快好省地建设社会主义、实现四个现代化的必由之路。

任何自动化系统都是由被控对象和自动化装置两大部分组成。

所谓被控对象，就是指需要控制的设备、机器或生产过程。

所谓自动化装置，就是指实现自动化的工具。

通常生产过程自动化的内容包括以下四个方面：

1. 自动检测

系指在生产过程中，对能正确反映生产进行情况的各种参数进行自动、连续、快速、准确地检测并显示，以向操作人员提供实时的生产情况，直接对生产进行监督。例如，在化工自动化系统中，将数字显示仪表与各种检测装置相连接，就可对各有关的温度、压力、流量、液位等参数进行自动测量，并直接以数字形式加以显示。由此可见，自动检测是实现生产过程自动化的首要基础。

2. 自动信号保护连锁

由于设备、外界干扰或人为因素等原因，当生产出现不正常情况，甚至有可能发生危险时，自动信号保护连锁系统能及时地自动发出灯光、音响等报警信号，并迅速按生产安全要求切断有关电源或按一定顺序启停有关机器、设备的运转，以防止事故的发生和扩大，保护人身和设备的安全，这对安全生产有着十分重要的意义。

3. 自动操纵

这是指对机器、设备等进行自动的启停或按要求的一定顺序自动操作投运。例如，弹道式导弹的自动控制系统，就是利用事先设计好的程序，来自动控制导弹的起飞和转弯等运动。若完全由人工通过按动按钮来控制导弹飞行，则就是人们常说的远距离操纵。

4. 自动控制

生产中，为保证产品的质量和产量，通常要求有关的工艺参数必须保持在所要求的给定数值上。但实际生产中，总是存在着各种干扰因素，它们将使有关的工艺参数偏离要求的给定值，自动控制系统能自动克服这种不利的干扰影响，使工艺参数重新回到要求的给定值上。这种自动控制系统，在热工、化工、电力等实际生产中应用最多、最广，也是生产过程自动化中最核心的核心。

本教材主要介绍自动控制系统及使之实现的各有关工具的基本原理及其实际应用。

二、人工控制与自动控制

下面通过一个具体例子加以说明。图 1-1 是一个热交换器加热过程的温度控制实例。

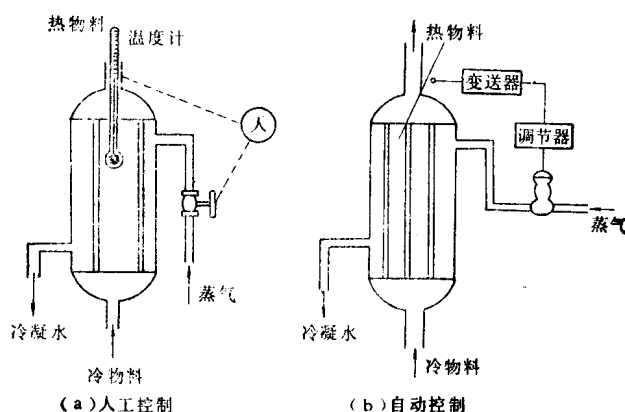


图 1-1 热交换器温度控制示意图

图中，受控制的设备是一个蒸气加热冷物料的热交换器，工艺要求其出口处的热物料必须加热到一定的温度，高于或低于这个温度均不合格。如果进入热交换器的物料比热、流量、进口温度以及加热蒸气的压力等诸因素，都保持恒定不变，则根据热平衡原理可知，被加热物料的出口温度也将保持恒定不变。但实际上，以上诸因素往往是不断变化的，例如，冷物料入口温度和流量的变化，加热蒸气压力的波动等。这些变化会直接影响热物料出口温度的恒定，为了保证热物料出口温度稳定在给定值上，就必须随时根据该出口温度与给定值的偏差来开大或关小蒸气进口阀门，以改变加热蒸气的流量，从而使热物料的出口温度符合要求。这就是热交换器的温度控制过程。

以上控制过程，如果由人工来完成，则称为人工控制或手动控制；如果由仪表及必要的自动装置代替人工来完成，则称为自动控制。

人工控制时，如图 1-1 (a) 所示，首先由人的眼睛去观察热物料出口温度，然后通过大脑的思考、比较、分析，再根据物料出口温度与其所要求的给定温度间的偏差大小、方向及其变化趋向，决定应把蒸气阀门的开度作如何变更，最后人手按大脑发出的控制命令去开大或关小阀门，其结果将使物料出口温度与要求的给定温度相一致。这就是人工控制的全过程。但是，这种控制有很多缺点，例如，工人劳动强度大，在一些变化频繁的工艺过程中，控制

质量非常差，达不到工艺要求：在高温、高压、剧毒、辐照等恶劣生产条件下，将严重危害工人的身体健康；生产中占用人数很多，浪费劳动力……。于是，人们在长期生产实践的基础上，总结和提高了人工控制，最后发展为自动控制。

自动控制就是用仪表及一些必要的自动装置来代替人的眼、脑、手三个器官的上述功能。如图1-1 (b) 所示，它用一个热电阻和一个温度变送器，来测量并感知物料的出口温度（相当于人眼的作用），并进一步将测得的温度信号送到调节器，调节器起着人脑的作用，它把得到的温度测量信号与要求的给定值相比较，计算出偏差的大小、方向、变化趋势并发出一个控制命令，最后用一个执行调节机构，即一种自动调节阀，来接受调节器发出的控制命令，并自动地按要求去开大或关小蒸气阀门（起着人手的作用），控制进入热交换器的蒸气量，以完成控制作用。必须指出，任何自动控制过程，都是仪表装置根据人们的意志，按照预先的设计和安排来动作的，它只能减轻和代替人们的部分劳动，而不能完全彻底地取代人的作用。

第二节 自动控制系统

一、自动控制系统的组成

从上节分析的例子中可以看到，一个自动控制系统是比较复杂的，但是无论多么复杂，从宏观上看，是由两部分构成的：一部分是起调节作用的全套仪表、自动装置，称为自动控制装置，通常包括测量元件、变送器、调节器和执行调节机构即自动调节阀等；另一部分是控制装置所要控制的生产设备，称为被控对象。现分别加以讨论。

1. 被控对象

在自动控制系统中，需要控制工艺参数的生产设备叫被控对象，简称对象。如化工生产中的各种塔类、反应器、热交换器等，都是常见的被控对象。在复杂的生产设备中，例如精馏塔，常常需要控制塔顶温度、压力，而塔底又需要控制液位，有时在塔的中部还需要控制进料流量，这种情况下，就只有塔的某一相应部分才是某一控制系统的对象（因为同时控制这些量是很困难的）。由此看来，对象不一定是生产设备的整个装置，一个设备也不一定就只有一个控制系统。

2. 测量元件和变送器

测量元件用以感受工艺参数变动情况，如果测量元件输出的信号与控制仪表所要求的统一信号不同时，则要增加一个测量信号的转换装置，这种装置叫作变送器。

3. 调节器

它把测量元件和变送器送来的信号与工艺上需要保持的参数规定值（由一个给定装置给出，又叫给定值）相比较，得出偏差，根据这个偏差的大小，按设计好的运算规律进行运算后，输出相应的控制信号（气压、电流等），使执行调节机构动作。

4. 执行调节机构

有电动、气动、液动三类，它接收调节器发出的控制命令，移动调节机构，产生调节作用，使系统重新平衡。

5. 给定机构（定值器）

将被控参数的给定值转换成统一信号的装置，以便使给定值送入调节器和测量信号进行比较。

除此而外，一个控制系统还有其他一些辅助装置，如电源及其稳压装置，气源及其过滤器、减压阀，显示仪表等等，在此就不再一一介绍了。

在自动控制系统中，被控对象中需要控制的那个参数叫被控参数（或称被调量）。被控参数要求保持的那个规定值，称为给定值。凡影响被控参数偏离给定值的各种因素，统称为干扰。

二、自动控制系统的方框图

如上所述，一个典型的自动控制系统主要由被控对象、测量变送装置、调节器和执行调节机构所组成，为了清楚地表明各组成部分在系统中所起的作用以及它们之间的相互作用及信号传递关系，经常利用方框图这个工具。

在方框图中，每个组成部分用一个方框表示，并标上该组成部分的名称。一个方框可以对应于一个元件或一个设备，或几个设备的组合，或一个局部的生产过程，通常称之为环节。方框图和生产流程图在形式上有某些相似之处，但它们所表示的内容却有本质的区别。生产流程图中的各个线条，表示了物料流通的来龙去脉，但方框图中的联络线条则表示两个环节之间的信号传递和相互作用关系，而与物料的实际流向无关。

图 1-2 示出了一个调节器的方框图，图中的箭头方向表示相互作用的因果关系。指向方

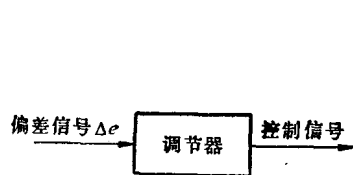


图 1-2 调节器为例的方框图

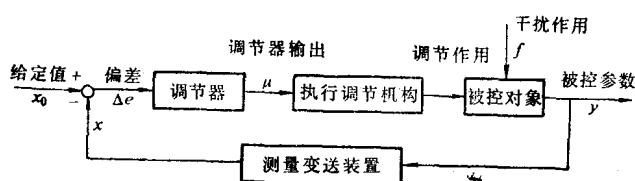


图 1-3 自动控制系统方框图

框的箭头表示环节的输入信号（即调节器的输入偏差信号 Δe ），它是引起该环节（调节器）变动的原因；背离方框的箭头，表示该环节的输出信号（即调节器的控制信号），它是环节在输入信号作用下的变化结果。所以输入信号和输出信号是前因后果的关系。必须指出，信号只能沿箭头方向行进，不能逆行，否则将使输入输出关系紊乱，这就是方框图的单向传递特性。方框图是研究自动控制系统的有力工具，任何一个自动控制系统都可以用方框图简明扼要地表示出来。图 1-3 是用方框图表示的自动控制系统。

在这个系统中，外界干扰作用 f 也是被控对象的一个输入信号（用箭头指向被控对象），其结果将使被控参数 y 发生偏离给定值的变化。被控参数 y 是被控对象的输出（画一个箭头从对象离开），测量变送装置感受被控参数 y 的实际变化情况并发出一个所要求的统一的测量信号 x ，所以它的输入是实际的被控参数 y ，而其输出则是测量信号 x 。测量信号 x 送至调节器的比较机构，再与给定值 x_0 进行比较而产生偏差信号 Δe ，这个偏差信号使调节器发

生动作并送出一个输出控制信号 μ 。执行调节机构接受这一控制信号，产生相应的调节动作（如果是阀门，则可能开大或关小）作用于被控对象，使被控参数发生变化，重新回到给定值附近，故它（阀门的调节作用）又是被控对象的输入。自动控制系统工作时，信号就这样自动地沿着箭头指示的方向前进，最终又回到原来的起点，形成一个闭合回路，如此不断反复循环，直到对象的被控参数达到或接近给定值为止。

用方框图表示自动控制系统的优点是：只要依照信号的流向，便可将表示各元件或设备的方框连接起来，很容易组成整个系统。与纯抽象的数学表达式相比，它还能比较直观、形象地表示出组成系统的各个部分间的相互作用关系及其在系统中所起的作用。与物理系统相比，它能更容易地体现系统运动的因果关系。需要指出的是：方框图只关心与系统动态特性有关的信息，而不管组成该系统的各元件、设备的具体结构细节。因此，许多完全不同的系统可以用同一个方框图表示。当然，对于同一个系统，其方框图的表示也并非唯一的，按照分析研究的目的、角度不同，同一个系统完全可以画出若干种不同的方框图。

在以后的学习中，还将看到方框图中列有数学表达式，这是定量地表征该环节特性的数学形式，称为传递函数。

三、自动控制系统的负反馈

从前面的分析中，可以看出任何一个自动控制系统都是一个闭合的回路，其中任何一个信号只要沿着箭头方向前进，最终总能会回到原来的起点。再看图 1-3 中，系统的输出参数是被控参数，但是它经过测量元件和变送器后，又返回到系统的输入端与给定值相比较，这种把系统的输出信号又返回到输入端的做法叫作反馈。关于反馈的概念，在其他课程中已经介绍过，此处是应用到自动控制系统中罢了。从图 1-3 中还可以看到，在反馈信号 x 旁有一负号“-”，而在给定值信号 x_0 旁有一个正号“+”，这里正和负的意思是在比较时，以 x_0 作为正值，以 x 作为负值，也就是说输入到调节器的偏差信号在系统分析中是定义为 $\Delta e \stackrel{\text{def}}{=} x_0 - x$ （但要注意，在仪表行业中定义的调节器输入偏差 $\Delta e \stackrel{\text{def}}{=} x - x_0$ ，恰好与系统分析的定义相反，这是历史的原因所造成的，但人们已约定成俗，予以公认的了）。因为图 1-3 中的反馈信号 x 是负的，所以叫负反馈。如果反馈信号不取负值而取正值，那么就叫作正反馈，在这种情况下，方框图中反馈信号 x 旁则要用“+”，此时偏差信号为 $\Delta e \stackrel{\text{def}}{=} x_0 + x$ 。一般情况下，自动控制系统只有采用负反馈才能得到正确、预期的调节作用。例如，当被控参数 y 受到干扰的影响而升高时，反馈的测量信号 x 将高于给定值 x_0 ，在负反馈的情况下，经过比较输入到调节器去的偏差信号 Δe 将为负值，此时调节器将发出信号而使执行调节机构动作，其作用方向为负，从而使被控参数 y 降回到给定值，这样就达到了正确的调节目的。如果采用正反馈，则调节作用将不仅不能克服干扰的影响，反而会推波助澜，使偏差越来越大。例如，当由于干扰使被控参数 y 增高时， x 亦增高，在正反馈的情况下，执行调节机构的动作方向为正，从而使被控参数更加上升，偏差更大。而且，只要稍有一点微小偏差，正反馈的调节作用就会使偏差越来越大，直至被控参数超过安全范围而发生事故。所以在实际应用中，自动控制系统绝不能单独采用正反馈。

第三节 自动控制系统的过渡过程 及品质指标

一、系统的静态和动态

在自动化领域内，把被控参数不随时间而变化的平衡状态称为系统的静态（也称稳态），而把被控参数随时间而变化的不平衡状态称为系统的动态。

当一个自动控制系统的输入（给定值和干扰）和输出均恒不变时，整个系统处于一种相对的平衡状态，系统的各个组成环节，如变送器、调节器、执行调节机构等，都不改变其原先的状态，它们的输出信号也都处于相对静止状态，这种状态就是上面所述的静态。必须强调指出，此处所谓的静态与习惯上所讲的静止概念不同，习惯上说“静止”是指静止不动，但这里的“静态”并不意味着整个控制系统在生产过程中静止不动，而是生产照常进行，工艺中的物料、能量仍有进、出，只不过各种作用及信号的变化率为零，保持常数不变而已。

假若一个系统原来处于相对平衡状态即静态，由于某种外界干扰的作用，破坏了这种平衡状态时，被控参数就会立即跟着变化，从而使组成控制系统的调节器等各种自动化装置也相应地改变其输入、输出，最终克服干扰作用的影响，力图使系统恢复平衡状态。从干扰发生，经过调节，直到系统重新建立平衡，在这段时间里，整个系统的各个环节和参数都处于变动状态之中，所以这种状态叫作动态。

平衡（静态）是暂时的、相对的、有条件的，不平衡（动态）才是普遍的、绝对的、无条件的。

在自动控制系统中，了解系统的静态是必要的，但是了解系统的动态则更为重要。因为在生产过程中，干扰是客观存在的、随机的、不可避免的，干扰不断产生，调节器就要不断地克服干扰的影响。因此，自动控制系统总是处于一波未平，一波又起，往复不息的动态过程之中。所以，研究自动控制系统应以调节的动态过程为主，即研究干扰和调节这一对矛盾的相互作用而产生的被控参数的变化过程，以评价一个控制系统的动态和静态品质指标是否符合生产过程的要求。

二、自动控制系统的过渡过程

自动控制系统在动态过程中被控参数是不断变化的，这种随时间而变化的过程，称为自动控制系统的过渡过程，也就是系统由一个平衡状态过渡到另一个平衡状态的全过程，或者说是自动控制系统的调节作用不断克服干扰影响的全过程。

在生产实践中，可能会遇到各种各样形式的干扰，但在分析和研究自动控制系统时，一般都采用阶跃形式的干扰。所谓阶跃干扰是指一种突如其来的变化，一经加上就不再消失，如图 1-4 所示。阶跃干扰是一种对被控参数影响最大的干扰，也是一种对生产、设备最不利的干扰。如果一个自动控制系统能承受这种干扰，能及时消除这种干扰的影响，那末该系统

对于其他形式的干扰影响就一定也能很容易地加以克服。同时, 阶跃干扰是一种最符合生产实际情况的干扰形式, 例如, 负荷的突然增减; 电压、气压的突然波动等, 加上这种干扰形式简单, 易于模拟实现, 理论上的分析、处理也简单方便, 所以它在分析自动控制系统中是应用最广的一种重要的典型干扰形式。

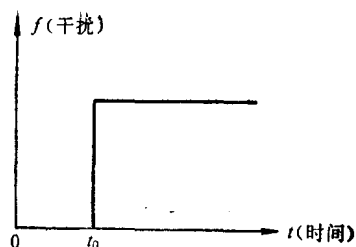


图 1-4 阶跃干扰

当系统受到阶跃干扰作用时, 过渡过程可能出现如图 1-5 所呈现的几种基本形式。

1. 单调过程

被控参数在给定值的某一侧做缓慢变化, 最后能回到给定值, 如图 1-5(a) 所示。

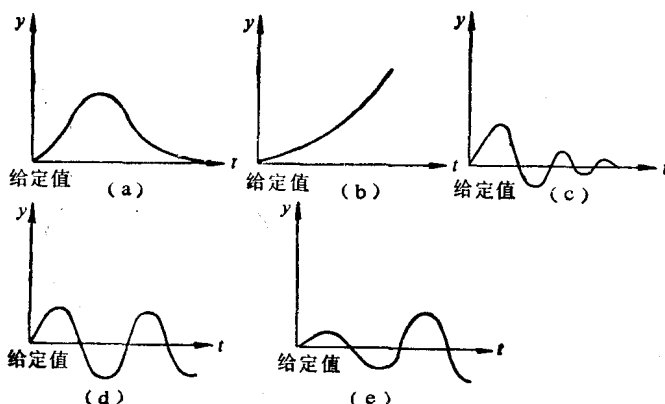


图 1-5 过渡过程的几种基本形式

2. 非周期发散过程

被控参数在给定值的某一侧, 逐渐偏离给定值, 而且随时间 t 的变化, 偏差越来越大, 永远回不到给定值, 如图 1-5(b) 所示。

3. 衰减振荡过程

被控参数在给定值附近上下波动, 但振幅逐渐减小, 最终能回到给定值, 如图 1-5 (c) 所示。

4. 等幅振荡过程

被控参数在给定值附近上下波动且振幅不变, 最终也不能回到给定值, 如图 1-5 (d) 所示。

5. 发散振荡过程

被控参数在给定值附近来回波动, 而且振幅逐渐增大, 偏离给定值越来越远, 如图 1-5 (e) 所示。

以上五种过程可以归纳为两类:

第一类称为稳定的过渡过程, 如图 1-5 (a) 和 (c) 所示, 它表明当系统受到干扰, 平衡被破坏, 但经过调节器的工作, 被控参数能逐渐恢复到给定值或达到新的平衡状态, 这是我们所希望的。