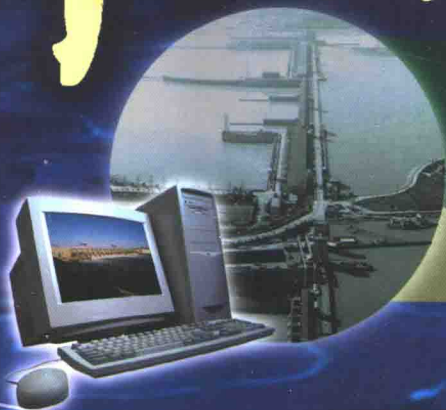


高等学校水利类教材

水利

工程管理自动化

主 编 刘柏青
副主编 马吉刚



全国优秀出版社
武汉大学出版社

高等学校水利类教材

水利工程管理自动化

■ 主 编 刘柏青
■ 副主编 马吉刚

武汉大学出版社



内 容 提 要

本书根据水利工程管理现代化的需要,结合我国水利工程管理自动化的现状,比较系统、全面地介绍了自动化的原理、实现水利工程管理自动化的方法和技术,以及众多工程管理自动化的经验。全书共分十一章,内容包括自动化概论、构成自动化装置的各个组成部分、大量具有水利特色的、涵盖水利各方面的自动化装置和系统以及一些高新技术在水利工程管理中的应用等。本书可作为水利水电类或其他相近专业本科生和研究生教材,亦可供广大从事水利工程管理、规划设计的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水利工程管理自动化/刘柏青主编;马吉刚副主编. —武汉:武汉大学出版社,2002.10

高等学校水利类教材

ISBN 7-307-03433-6

I. 水… II. ①刘… ②马… III. 水利工程—施工管理—自动化技术 IV. TV51-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 078540 号

责任编辑:瞿扬清

责任校对:黄添生

版式设计:支 笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.whu.edu.cn)

印刷:华中科技大学印刷厂

开本:787×1092 1/16 印张:13.25 字数:316千字

版次:2002年10月第1版 2002年10月第1次印刷

ISBN 7-307-03433-6/TV·13 定价:17.00元

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题者,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

为了提高水利工程的管理水平,更好地监视水利工程的安全运行,最大限度地合理利用水资源,提高水的利用效率,充分发挥工程效益,有效地改善劳动条件和减轻劳动强度,要求对水利工程的管理逐步实现自动化。

本书首先用较通俗的语言向读者介绍有关自动化方面的基础知识,然后就组成水利工程管理自动化系统各部分(或部件)作较详细地分述,并以实例说明如何建立一个自动化系统。本书旨在为读者提供这方面较为系统的知识,为今后自己研制或掌握自动化设备、装置或系统打下良好的基础。

但是,现在的自动化已远非昔日简单的机械装置和继电器电路的组合,而是包括了现代微电子技术、现代通信技术、计算机技术、现代传感和遥感等最先进的技术,要想在本书有限的篇幅里全部讲清楚这些知识将是一件十分困难的事。所以我们要求读者具备电工学及计算机方面的基础,也要懂一点无线电电子学等方面的基础知识。

另外需要说明的是实现自动化所用的技术手段多种多样,如可用电气的、机械的、液压的、气动的以及水力的等方法。但其中以电气的方法最为普遍,本书就是以电气为研究对象,即主要讨论的是以电子技术手段来实现自动化。

水利工程管理自动化是一门新兴的、综合性很强的学科。在编写此书的过程中,作者力求反映国内外水利工程管理自动化方面的新成果、新技术,同时本着少而精的原则,着重阐述了水利工程管理自动化构成的原理、方法和实用技术,并附有大量实例,以便水利类学生及广大水利工作者能较好地理解和接受。

参加本书编写的有武汉大学刘柏青、李长城、蔡锴和山东省水利厅马吉刚,刘柏青主编并负责全书的统稿工作。

本书自1982年由蔡平教授主编以来,在本科生教学中多次使用,此后又多次对内容进行了充实、更新和提高。此次改版由刘柏青和李长城编写,蔡平教授认真审核了全稿,也得到了宋光爱教授、蔡明贵高工、石自堂教授、阮新建副教授等的大力支持,提出了许多宝贵意见。同时,本书在编写及出版过程中,得到了武汉大学出版社的大力支持,得到了武汉大学“211工程”办公室、水利水电学院经费资助,在此表示衷心地感谢。

在编写本书的过程中,作者参阅并引用了大量文献与研究成果,在此谨向有关作者和专家学者深表谢意。但限于作者知识水平、经验不足和成稿仓促,书中会有不妥、疏漏和错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2001年10月

目 录

前 言	
绪 论	1
第一章 自动化概念	3
第一节 自动化的基本概念	3
第二节 自动化的基本形式	4
第三节 自动调节系统	6
第四节 远动系统	16
第二章 计算机测控技术基础	26
第一节 计算机测控系统	26
第二节 微型计算机的基本概念	29
第三节 单片机的硬件结构	37
第四节 单片机的指令系统	46
第五节 单片机的接口技术	48
第三章 放大器与数据传输	56
第一节 放大器	56
第二节 A/D、D/A 转换电路及与微机接口	64
第三节 数据传输与处理	68
第四章 传感器和执行器	76
第一节 水利工程管理自动化系统中常用的传感器	76
第二节 自动化设备的执行元件	87
第五章 水利工程管理通信调度系统	99
第一节 通信系统概述	99
第二节 水利工程管理通信系统的主要任务和设计原则	110
第三节 水利工程管理通信系统举例	112
第六章 水情自动测报与洪水预报调度	118
第一节 概述	118

第二节	水情自动测报系统	119
第三节	气象卫星云图接收处理系统	127
第四节	洪水预报与调度	129
第七章	水闸(闸群)自动监控	132
第一节	概述	132
第二节	闸门自动监控系统总体设计	134
第三节	水闸自动监控的主要功能部件	136
第四节	水闸(群)自动监控系统实例	138
第五节	水闸电气控制回路	146
第八章	水利工程安全监测自动化	148
第一节	水利工程安全监测自动化现状与发展	148
第二节	安全监测自动化常用的监测方法、仪器和数据采集系统	149
第三节	安全监测自动化系统组成	151
第四节	水利工程安全监测自动化系统实例	153
第九章	渠系自动化	158
第一节	渠系自动化的特点	158
第二节	渠系自动化控制方式	159
第三节	控制理论	164
第四节	自动控制的基本特性	167
第五节	渠系控制方法	170
第六节	控制算法	174
第七节	自动控制单元	180
第十章	其他水利工程自动装置及系统	185
第一节	土壤水分的自动监测	185
第二节	喷灌自动化	187
第三节	量水技术及其自动化	190
第十一章	其他高新技术在水利工程管理中的应用简介	195
第一节	计算机及其网络技术的应用	195
第二节	3S 技术的应用	199
第三节	决策支持系统的开发与应用	201
参考文献		204

绪 论

一、实现水利工程管理自动化的重要性和迫切性

我国是一个水资源相对贫乏的国家,人均占有水资源居世界第 88 位。因而合理地利用有限的水资源,提高水的利用效率已成为共识。众多的研究和实践表明,要管好、用好我国有限的水资源,须花大力气,投入相当多的资金来改造我国已运行几十年,老化病害普遍的现有水利工程,使之续建配套。因此,要把水利工程管理放到十分重要的地位,要大量引进现代化管理科学理论和一切先进技术手段,包括现代微电子技术、计算机技术、现代通信技术、现代传感遥感技术、节水灌溉技术及各种优化管理软件,即实现水利工程管理综合自动化,以使我国水利工程管理跃上一个新的台阶。

同时,我国面临的人口压力越来越大,到 2030 年,我国的人口将达到 16 亿高峰,如何解决 16 亿人口的吃饭问题,成为一个迫在眉睫的现实问题,同时,由于我国加入了 WTO,农业也面临着参与国际竞争的巨大压力。农业要发展,水利是前提,没有良好的水利基础,农业的发展必然受到限制。人口的增长和国民经济的发展,水资源紧缺的矛盾日益突出,工业用水和城市居民用水等非农业用水迅速增加,农业供水量今后不仅不能增加,而且在一定程度上还会被压缩。推行科学管水,节约用水,提高水的使用效率已成为我国的一项基本国策。政府提出了今后 10 年到 15 年内对全国 240 多个大型灌区进行以节水为中心的现代化改造的庞大计划,其中,实现水利工程管理自动化占有很重的比例。换句话说,实现水利工程管理自动化已被提到了议事日程,具有十分重要的现实意义和迫切性。

二、水利工程管理自动化的研究对象和基本内容

水利工程管理自动化和其他许多行业和部门的自动化系统有很多相同之处,但也有其独特的地方,例如,自动化装置工作环境恶劣、分布时空广、可变、不可预测因素多,尤其是水流很难驾驭。实现水利工程管理自动化就是要把其他行业或部门一些成熟的自动化装置、技术引进到水利工程管理中来,并结合水利系统中的一些特点,研制出适应水利行业条件的自动化装置、设备或系统。这些装置或系统大体上包括水情(降水、水位、地下水位、土壤含水量等)、气象(风向、风速、蒸发量、湿度、温度等)参数的自动检测(或遥测)。河、渠水深、流速、流量、水量的自动检测或遥测。闸群自动控制,工程安全监测自动化、灌溉渠系自动化、喷灌自动控制,其他还有水资源优化调度、防洪抗旱通信调度、办公自动化等,本书限于篇幅,仅就有关自动化原理和水利工程管理自动化方面的基础知识予以介绍。

三、国内外水利工程管理自动化的现状及发展趋势

随着科学技术的进步,很多发达国家普遍将计算机、遥感、现代通信、数据网络、电测等

高新技术用于水资源管理。如美国的大型灌区都设有调度中心,实行统一调度的自动化管理,中心的指令通过微波系统传输到各建筑物,自动启闭闸门、水泵并监视其运行情况。20 世纪 80 年代初以后日本新建和改建的灌区,从渠首到各分水点都安装了遥测遥控装置。以色列所有灌区都采用自动化控制,在灌溉季节前编好程序按预定计划灌水。

在我国,水利工程自动化如何充分利用现代科学技术相对落后一些,尽管如此,由于实现自动化的巨大优越性已逐步被人们认识,许多院所与水利工程单位相互配合,进行了许多有益的尝试,并取得了一批成果。20 世纪 80 年代初,主要引进意大利、美国、日本等水文遥测、大坝安全监视等自动设备,随后国内众多单位开展了研究。例如,水规总院自动化研究所、南京水利水文自动化研究所、清华大学、西北农业大学、河海大学、长委会、黄委会、武汉大学等许多院所,结合工程实际,研究了许多自动装置和系统,尤其在水文遥测,河渠水位、流量监测,防洪抗旱调度,喷灌自动化,大坝安全监测自动化,船闸自动化以及闸群监控等方面,取得了很大成绩,很多装置和系统都成功运用多年。

随着科学技术日益突飞猛进地发展,许多最先进的技术也正逐步应用到水利工程管理自动化中来。例如,数据移动通信技术、遥感技术、3S 技术等,正开始应用于防汛抗旱、洪水预警、工程安全监测等方面,相信不久的将来,将逐步赶上其他行业,使水利事业更好地服务于农业与国民经济的各个方面。

第一章 自动化概论

第一节 自动化的基本概念

生产的自动化是生产机械化的高级发展形式。

人类征服自然最明显的例子就是自动化设备的制成,它不用人的直接参与而能完成这些或那些生产过程。应当广义地理解生产过程这一名词:生产过程既是指工厂、发电厂的生产过程,又是指如水利工程管理中的闸门启闭、渠道输水、泵站的运行、喷灌的自动灌溉等过程,还有如飞机和火箭的飞行等等。所谓人的直接参与是指人们对自动化设备的直接干预,而不包括各种不可免去的职能,例如给定值的调节,合闸和对自动设备工作的监督等。

我国最早的自动化机器——指南车,发明于战国时代。

世界上最早的自动化设备——水位调节器在 1765 年问世,其原理如图 1-1 所示。它能自动地保持池中的水位为某一恒定值。

现在分析一下图 1-1 所示水位调节器调节池中水位的过程。当流出水池的水量等于流入的水量时,系统处于动态平衡状态,池中的水位将维持不变。由于某种原因使流出的水量大于流入的水量时,池中水位下降,浮标亦随之下降,浮标的下降通过杠杆的作用,驱使阀门开度增大,使流入的水量大于流出的水量,池中的水位又开始上升,当流入水量又等于流出水量时,系统又进入一个新的平衡状态,池中的水位恢复到接近于原来的水位。

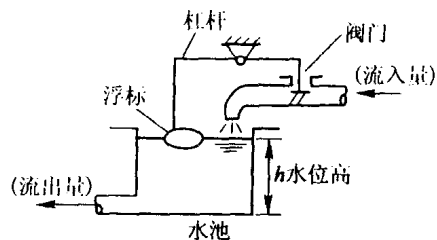


图1-1 水位调节器

同样,若因流出水量的减少造成池中水位的上升,通过上述机构的作用结果同样会恢复到接近于原来的水位。

分析上述调节过程给我们的启发是:想维持某量为一定值,必须预先给定一个数值,当实际数值与给定数值有偏差时,机构就会自动动作,改变工作状态(例如使阀门开大或关小),使实际数值接近于给定数值。整个调节过程是不需要人的直接参与而自动进行的。

测量差值(如 Δh) 的设备叫做测量元件或敏感元件,如图 1-1 中就是浮标。将差值放大的元件叫做放大元件,如图 1-1 中的杠杆。直接改变工作状态的元件叫做执行元件,如图 1-1 中的阀门。这些都是一个自动化设备所必需的元件。

在我们日常生活中,也时常碰到和利用到类似的自动化概念,例如弹簧门。弹簧本身就是测量元件,当你把门打开,它就有了反应,等你把门松开后,弹簧又起着执行元件作用,一直到把门重新闭合为止。又例如骑自行车,人的眼睛就起着类似测量元件的作用,人的肌体就相当于放大元件,当眼睛发现车子走歪了,手就“自动”转动车把维持车子一直向前行进。

实际上,骑车人的手是不断“自动”调节的。如果一个正常的人把眼睛蒙上了,他肯定不会掌握方向(但是,如果一个人的视力减退,其他器官也有可能充当测量方位的作用)。

可见自动化和我们的关系是很密切的。只要我们在实践中创造出适用的测量元件、放大元件和执行元件,那么从最简单到最复杂的事物,都可以实现自动化。从发展的观点看,自动化的研究是没有止境的。

第二节 自动化的基本形式

水利工程管理中需要控制和检测的对象是多种多样的,要求又不完全相同,自动化设备的种类繁多,但就完成的任务而言,有如下几种形式。

一、自动检测系统

对水利工程设施的主要参数,如水位、流量、土壤湿度、闸门的开度、水泵叶片角度、雨量、气象及应力、变形参数等自动进行检测,从而便于掌握生产过程和工程设施的运行。被测量的量常为连续数值。

用图 1-2 来说明自动检测系统的工作原理。水池中的水位通过浮标的测量,控制杠杆动作改变电阻 R 的阻值。水位升高时,电阻值变小,在电源 E 的回路中,电流表 $\textcircled{A}$ 中电流增大;反之,电流表中的电流减小。因此就可以用电流表中的电流大小来表示水池中水位的高低。如果电流表按水位标尺刻度,则可直接读出水位数值。图 1-2 的装置无需人的参与而能自动进行检测。在这里人的工作只是观测和记录仪表的指示值。同样,我们可以使水位的变化转换成电压的变化,实现自动检测。

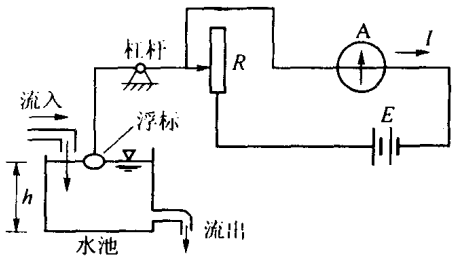


图1-2 自动检测原理图

从上例中,我们将得出自动检测系统的结构方框图 1-3。它由下列环节组成:含有被测参数 x_1 的被测对象;测量机构 CL,将参数 x_1 变换为参数 x_2 (在水利工程管理装置中,测量机构通常是将非电量变换为电量的传感器 CG);然后由控制机构 KZ 输出参数 x_3 ;最后由仪表 SY 显示输出。

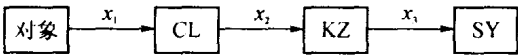


图1-3 自动检测结构方框图

显然,图 1-2 中的水池为检测对象,水位为被检测参数,经浮标测量转换为杠杆的角位移,由控制机构杠杆及可变电阻变换为阻值的变化,最后由电流表输出。

这里所说的测量机构、控制机构及后面要提到的执行机构,就是前述的测量元件、控制元件和执行元件,不过它们所代表的意义更为广泛。

二、自动控制系统

运行人员只要发出命令(如按动按钮),被控对象就能自动执行命令,生产过程即能自动

进行。命令通常是断续信号,即:启动、停止;投入、切除等。如闸门的开启和关闭。

图 1-4 就是一个控制水量的阀门开、闭系统的自动控制线路。当按下控制“开”按钮,可逆磁力启动器启动,电动机执行“开”的命令而正转,阀门开启;当按下“闭”控制按钮时,可逆磁力启动器换相,电动机执行“闭”的命令而反转,阀门关闭。“停”按钮是控制开、闭的程度。执行命令的结果,改变了水池的水位。

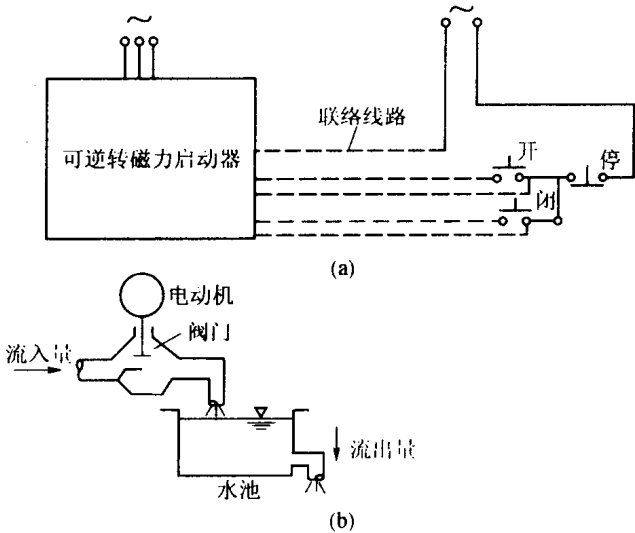


图1-4 自动控制示意图

在一般情况下,自动控制系统由图 1-5 所示的环节构成。命令通过控制机构 KZ 作用于执行机构 ZX,执行机构作用于对象。



图1-5 自动控制方框图

三、自动调节系统

不需人的看管能使生产过程保持某一参数为恒定值或按一定的规律变化的过程叫做自动调节。如保持渠道水位恒定的闸门自动调节、保持土壤湿度为某一恒定值的自动喷灌。

自动调节系统实际上是由自动检测系统和自动控制系统组合成闭合环路而构成的,是自动化最完善的形式。

四、远动系统

在以上的自动化系统中,是假定控制机构与对象之间,或对象与输出仪表之间距离不很远。如果距离遥远,就要用特殊设备来实现自动化,这种自动化系统称为远动系统。在远动系统中,上述三种基本形式就相应为:遥测系统、遥控系统和遥调系统。

以上所讲的自动检测、自动控制和自动调节是自动化的基本形式。除此之外,我们还会遇到与这些基本形式相关联的自动控制系统,例如“自动保护”就是一种自动控制系统,它的作用是促使某一生产过程停止,以避免可能发生的危险和损坏。“自动保护”常常在上述

三种形式中起作用,不单独出现。

第三节 自动调节系统

一、自动调节系统的基本概念

自动调节系统是自动化的一种形式。自动调节系统的任务是利用某些自动设备,在没有人的直接参与下,使控制对象的运行过程全面自动化。

1. 自动调节系统的工作原理

(1) 闭环回路、反馈

为了说明自动调节系统的工作原理,现在以简易蜗轮蜗杆式闸门调节系统为例来说明。

设有一控制渠道中过水流量的闸门,为了测定流量,常在渠道中选一标准断面,渠道中的水位 h 与流量具有某种确定的关系,通过转换,可以用渠道中的水位来代替流量。如果在渠道中安装一个测量元件,把水位 h 转换成电压 U 的大小,使它产生的电压 U 与水位 h 成正比。并且把测定电压仪表上的刻度按水位来标度,闸门放水运行时,操作人员通过观测仪表指针的偏转角度 φ ,在仪表刻度盘上读出渠道中的水位,根据现有的实际水位与所需要的水位之间的偏差方向,来决定调节螺杆的方向盘的旋转方向和圈数 n ,从而改变闸门的开度 S 。当闸门提升时,渠道中水位上升,当闸门下降时,渠道中水位降低。

这就是用手去调节渠道中水位的过程。这个过程可用图 1-6 表示。

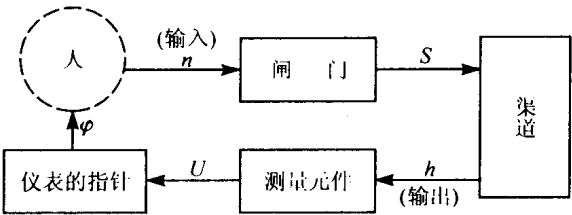


图1-6 人工水位调节过程图

要使渠道中水位调节过程完全自动化,首先应该分析一下人在这个调节系统中的作用。在图 1-6 所示的人工调节系统中,人成为这个系统的一个环节,人的作用是根据他所观测到渠道中的实际水位与想要保持恒定的水位之间的偏差来操作调节螺杆的方向盘,使调节机构闸门的开度 S 改变,调节对象渠道中的水位 h 也发生变化。对调节对象来说,人的作用是输入量,渠道中的水位是输出量。输出量与输入量之间的联系是通过人实现的,没有人的存在这个系统将断开,输出量对输入量不发生作用,这种系统叫做开环系统。显然,开环系统是不可能实现自动调节的。

由此可以设想,调节螺杆的旋转不需要人的帮助,能根据渠道中水位 h 的偏差来作出相应的转动。其最简单的关系就是转动圈数的改变 Δn 与水位偏差 Δh 的大小成正比例关系。

$$\Delta n = k \Delta h \tag{1-1}$$

式中: k 为比例系数。

Δh 是渠道中实际水位与所需要保持的水位即给定值的偏差,亦即

$$\Delta h = h - h_{\text{给}} \tag{1-2}$$

根据图 1-6,在正比例水位 h 的电压 U 的作用下,指示仪表的指针发生偏转,而人是根据指针偏转的程度来调节闸门的。现在省去带有指针式的指示仪表,而让闸门在电压的直接作用下移动,为此在图 1-7 中安装了一个带有减速器的电动执行机构,这是根据人在手动调节过程中所起的作用加以分析而得到的。执行机构应该是可逆的,即它应该按照水位偏差的符号变化来改变它自己的旋转方向,这也是调节规律需要的。这时,当系统中正确地接入了执行机构之后,不论由于什么原因造成渠道中水位的偏差,都将随着闸门的自动调节而自动地趋于消除。此时,水位及按水位而供电的传动装置,共同地实现给定关系式(1-1),此式称为偏差调节规律。在自动调节系统组成中所包含的作用于调节机构的执行机构,有时称之为伺服传动装置或伺服机构。

由这个例子可以看出:为了使调节过程自动化,就需要建立一个如图 1-7 所示的能自动实现给定调节规律的闭环系统,用以代替如图 1-6 所示的人工调节的开环系统。

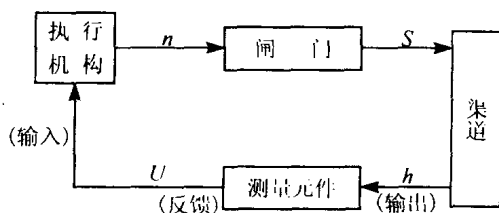


图1-7 自动调节原理图

在开环系统中,系统的“输入端”上的调节作用,与系统“输出端”上得到的系统工作结果并没有直接联系,其必要的输入作用 n 是人来供给的。在这里,我们是把需要加以调节的那个量当做系统的输出量。本例中,这个量就是由测量元件测量并加以记录的渠道水位 h 。

在闭环系统中,输入作用(U)直接依赖输出量 h 的大小而变。在系统的输出端与输入端的这种直接联系称为反馈。有了这种反馈,就在自动系统中建立了一个传递作用的闭合回路。

测量元件在开环系统中,仅供输出仪表的指示记录用。而在闭环系统中,它还可以用来反映实际水位与给定值之间的偏差,并传递相应的作用给执行机构,即测量元件在自动调节系统的输出端与输入端之间起了反馈的作用。

(2) 调节器中的功率放大、位差

上例中只说明了一个最简单的自动调节系统的一般原理。但是这种系统并不很完善,这是因为测量元件给出的电压十分微弱,以至于它的功率不足以供给一个小的传动电机,因此必须引入一个中间环节——放大器。放大器可以是电子式、磁式、电机式、继电器式以及其他种类的放大器。于是图 1-7 就变成图 1-8。

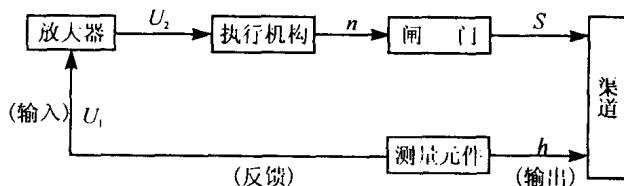


图1-8 自动调节中的放大器

大多数自动调节系统的特征是:除了必须有反馈之外,还要把输入端上来自测量元件上的微弱控制信号,变换成作用于调节对象上的足够大的信号。

其次,还需要将期望的工作状态能够预先加以整定。渠道最简单的工作状态就是在一段时间内保持水位不变。我们应该设法建立这种状态,以便它能够自动地使水位保持在给定的数值上。为此,在放大器之前的系统输入端上,引入一个与给定水位相对应的“标准”电压 U_0 ,如图 1-9 所示。这个电压 U_0 与测量元件给出的对应于渠道实际水位的电压 U_1 进行比较,于是电压差 $\Delta U = U_1 - U_0$ 就与水位 h 及所需给定值 h_0 之间的差值 ($\Delta h = h - h_0$) 成正比。

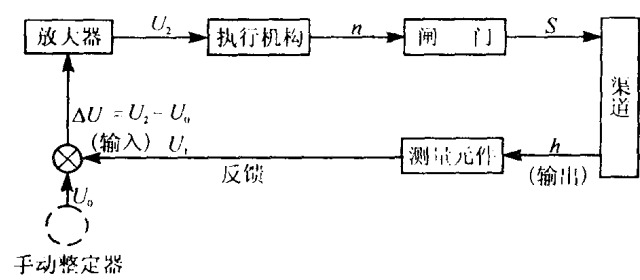


图1-9 自动调节中的位差

这个电压差送到放大器输入端上。如果 $U_1 = U_0$, 即 $h = h_0$, 那么放大器的输入信号 $\Delta U = 0$, 于是执行机构和闸门就不会动作。仅在水位 h 与所需的值 h_0 之间发生了偏差, 出现了 $\Delta U = U_1 - U_0 \neq 0$ 时, 执行机构和闸门才开始移动。

引入标准电压 U_0 的方法如图 1-10 所示。图中给出了一个由外部直流电源供电的电位计。使用时调整 U_0 为一定的大小, 也就是把系统整定为某一水位 h_0 。电位计可以采取直接刻着所需水位的标尺。

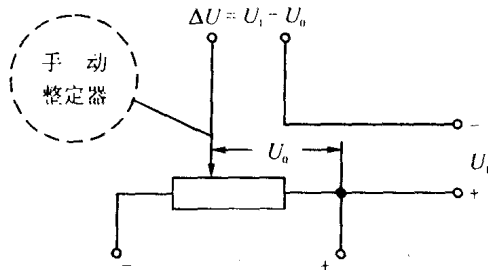


图1-10 手动调节给定值

$\Delta U = U_1 - U_0$ 称为位差。它正比于被调量 h 与给定量 h_0 的差值。这样一来, 系统就永远为消除水位 h 的非期望值偏差而工作。位差有时又称为自动调节系统的误差。因此, 自动调节系统不管在什么情况出现误差时, 都马上朝着消除误差的方向发生作用。

人在自动调节系统中的工作就是用手调节图 1-10 中电位计的滑动臂, 将 U_0 整定在与所需水位 h_0 相对应的所谓给定值上。

上面讨论的是调节系统最简单的工作状态, 但是, 有时要求的并不是简单地保持水位为恒定值, 而是在时间上按照期望的规律变化。例如, 某一渠道因灌溉需要, 渠道中的水位应按如图 1-11 所示的曲线随时间变化。

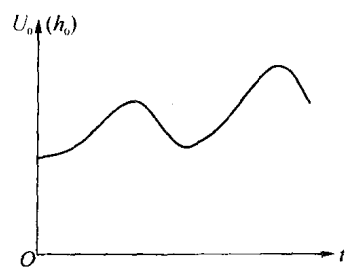


图1-11 水位随时间变化给定值

此时, 图 1-9 系统输入端上不再是恒定的整定值而是变化的整定值, 即标准电压 U_0 要像所需水位 h_0 那样, 应该在

时间上按照指定的规律而变化。这就是说,图 1-10 中手动整定电位器的滑动臂应当按照符合图 1-11 曲线的规律随时间而移动。

这种水位 h 按指定规律而变化的情况和前面讨论过的被调量 h 为恒定值的情况不同,它称为程序调节。在这种情况下,自动调节系统是在随动状态之下工作,实际上,系统输入端上永远输入两个量:一个是指定电压 U_0 ,另一个是实际水位所对应的电压 U_1 ,位差信号 $\Delta U = U_1 - U_0$ 被送入放大器。因此,系统永远为消除这种位差而进行工作。或者说,系统“抵偿”了输入端上给定变化值 $U_0(t)$,从而在输出端上实现了水位的相应变化值 $h_0(t)$ 。可见,系统永远自动地追随着输入端上的指定量 $U_0(t)$ 。

在图 1-9 所示的系统中,所需水位值的“抵偿”是自动进行的,但是给定 $U_0(t)$ 代表的水位变化的程序是用手来进行的。不过,指定操作的程序也可以自动化,这可以在系统的输入端上安装一个程序装置,如图 1-12 所示。它能使整定装置的电位计滑动臂按照任何预先的指定规律而移动。

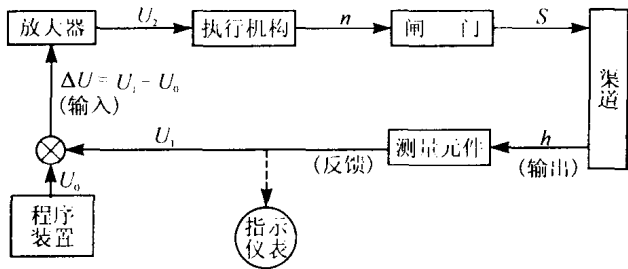


图 1-12 程序装置给定位差的自动调节系统结构图

当使手动调节过程自动化时,如仍需要指示仪表,它可以完全分开安装,也可以如图 1-12 所示与测量元件连在一起。指示仪表一方面可以用来检查系统工作是否正常,另一方面可在自动系统发生故障时,供手动调节之用。

2. 自动调节系统的方框图和一般术语

通过以上的讨论,我们得到了自动调节作用的结构图又叫做方框图。为了适用于所有的自动调节系统,而不管其种类和结构如何,都可以用同一方框图来表示,现将图 1-9 一般化。

对于图 1-6 所示的具体对象和装置来说,其适合于大多数手动调节的一般形式如图 1-13 所示。当转变为自动调节时,可得到对应于图 1-9 的一般形式的结构图 1-14。根据结构图可以得出构成系统的原理图。

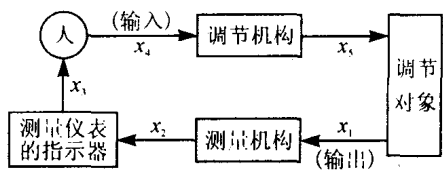


图 1-13 手动调节原理方框图

原理方框图表明了一切系统的全部作用原理,要构成原理图就必须选定系统每一个环节的作用原理,然后进行具体电路或零部件的设计。至于各个环节采用何种具体形式是可以改变的,如放大器既可采用磁放大器,也可以采用电子放大器或其他形式的放大器。这是因为整个自动调节系统的作用原理与系统中各个环节的作用原理和结构的改变无关。

在以渠道中水位自动调节为例中所谈到的自动调节系统的作用原理,对于任何技术部门中的对象的任何其他物理量的自动调节来说,仍然是适用的。尽管系统的各个环节及对象

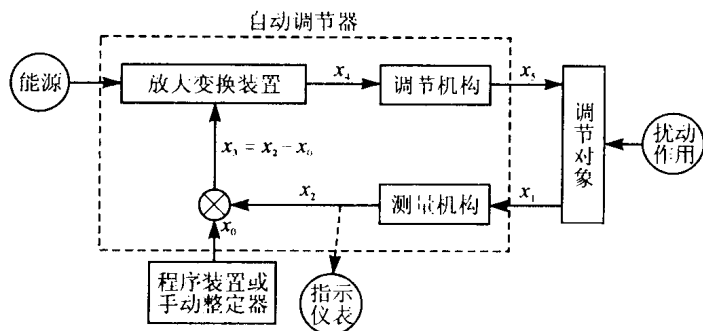


图1-14 自动调节原理方框图

本身的结构和作用原理都有着本质的不同,甚至所探讨的现象和过程的物理性质也不同,但是,整个自动调节系统的一般作用原理和结构图的一般设计原理在各种情况中仍然完全一样。这是因为,在各式各样的对象中所发生的任何物理过程,它们总可以用一个或几个参数来表征,至于这些参数,它们不过是种种物理量而已。例如,土壤的湿度,发电机的端电压,水轮机的转速等都是物理量。这些参数根据具体条件或者必须按照某种规律而变化,或者它们不受外界条件和工作状态变动的影响而保持为一恒定的数值。

现在我们来规定几个一般的术语,以便今后可以在对所有的调节系统,不管其种类和结构如何都可以用同一种语言来表达。

将图 1-13 和图 1-14 加以比较就可以看出前面所说的自动调节和手动调节相比较时的一切特点。这里所取的一般术语如下。

在自动调节系统中必须保持恒定或按给定程序而变的量,即必须加以调节的量 x_1 称为被调量。在我们所举的例中就是渠道中的水位。含有被调量的对象叫做调节对象,如例中的渠道。

用来完成调节任务的自动作用装置称为自动调节器,简称调节器。如图 1-14 中的虚线框中所示。

自动调节器中包含有反应被调量 x_1 偏差的测量机构,实际上它就被调量的测量仪表。其次,自动调节器中包含有放大-变换装置,它的种类极其繁多。接着就是调节机构(本例中是闸门),它用来给予调节对象以相应的作用,与它相对应的量 x_5 ,称为调节作用(本例中就是闸门开度的变化)。

应该说明,在所有调节系统中的调节机构并不一定非要机械位移不可,它也可以纯粹是一个电路,或者甚至是化学作用,所以放大-变换装置并不一定要包括传动装置。

自动调节器和调节对象合并在一起称之为自动调节系统,它是一个闭环系统。调节过程的特征是沿着图 1-14 的闭环回路,把作用由一个环节传递到另一个环节,所有参与这个过程的物理量(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) 都是彼此互相关联、互相影响的。因此,自动调节系统并不是系统各个环节的总和,而是一个统一的循环过程。在调节过程中,欲求某一环节的工作状态,若不知道所有其余各个环节在该瞬间的状况,是不可能确定的。尤其是研究调节过程时,若不知道调节对象中所发生的情况,就决不能单独地论述调节器的工作情况。如果关于调节对象什么也不知道,那么,就不能大概地说出调节器是好的还是坏的。只有在结合调节对象来研究调节器的工作时,才能判断自动调节器的品质。

图 1-14 中以 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 等量表示各个环节中的相互作用,这些相互作用称为内部

作用。但是,除了这些构成闭环回路的内部作用之外,系统同外界还有某些联系,即具有作用于系统上的外部作用。

第一个外部作用是系统输入端上的指定量 x_0 或 U_0 ,它或者是来自于手动整定装置,或者来自于程序装置。如果在所探讨的调节过程中或在系统的程序装置或手动装置的工作条件下,指定量 $x_0(t)$ 或 $U_0(t)$ 发生变化时,那么我们就认为这时存在着外部作用。如果系统是预先调试好了的,并且在所探讨的过程中指定量 x_0 或 U_0 保持不变,那么可以认为系统在这种情况下没有外部作用。

调节系统的另外一个外部联系是能源,它对调节器上的外部扰动作用表现在能源的正常工作状态遭到破坏,例如电网电压的波动,当系统的能源保持正常状态时,就没有这种外部作用。

在调节对象上的扰动作用是系统的第三个外部作用,也是最主要的外部作用。如调节对象渠道中的主要扰动作用就是需水量的变化。

除上述的基本外部扰动作用之外,还可能有其他次要的扰动作用。自动调节系统的任务就在于:尽可能较充分地消除所有扰动的影响,或在程序调节中尽可能较精确地抵偿指定输入量 x_0 。

分析图 1-14 还得出:一个自动调节系统实际上是由自动检测和自动控制构成闭合环路组成的。

二、自动调节器

自动调节器种类繁多,本节仅阐述按系统的作用而分的直接作用调节器和间接作用调节器,按系统的调节过程特征而分的有差调节器和无差调节器。

1. 直接作用调节器和间接作用调节器

(1) 直接作用调节器

当被调量改变时,如果测量元件发出的信号不用辅助能量就能使调节机构动作,则此类调节器称为直接作用调节器,如图 1-1 所示的最简单的调节器。方框图如图 1-15 所示。

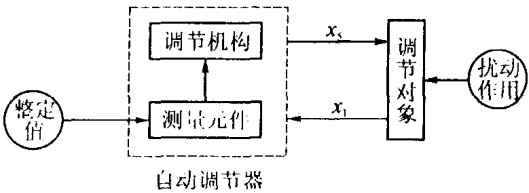


图1-15 直接作用调节器

这类调节器实际上是应用测量元件的信号有足够的力量直接控制调节机构,它的能量来源于调节对象本身,通过测量元件供给调节机构的。调节机构在这类调节器里简化为一般连接形式,如杠杆、管道、导线等。

(2) 间接作用调节器

当调节对象内的被调量改变时,如果测量元件所输出的信号只是使放大器动作,继而放大器才进一步控制从外部能源(电源、水泵、空气压缩机等)输送给调节机构的辅助能量,由调节机构完成调节作用,这种调节器称为间接作用调节器。其结构如图 1-14 所示。

直接作用调节器比间接作用调节器结构简单、可靠性高,但灵敏度低。间接作用调节器不仅可使调节系统无论有多大的放大倍数,都能满足在调节精度方面的实际要求,而且能够保证其他所需要的调节特性。当然,间接作用调节器在结构上比直接作用调节器复杂。

2. 有差调节器和无差调节器

自动调节系统的基本特征之一是被调量和作用到调节对象上的外部扰动大小之间的关