

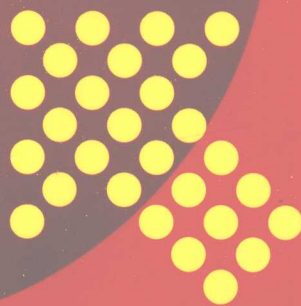
21世纪高等学校规划教材



SHUIGONGYI YIBIAO YU KONGZHI

水工艺仪表与控制

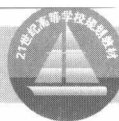
刘建丽 田晶京 编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

21世纪高等学校规划教材

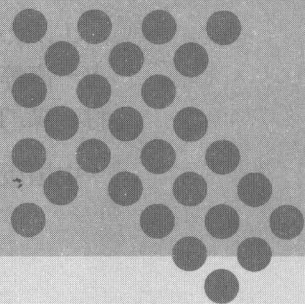


SHUIGONGYI YIBIAO YU KONGZHI

水工艺仪表与控制

刘建丽 田晶京 编

罗映红 主审



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为 21 世纪高等学校规划教材。

全书共分 15 章,主要内容有自动控制技术发展概述、自动控制系统的组成及作用、自动控制系统的过渡过程、受控对象的动态特性、控制系统的数学模型、自动控制系统基本调节规律、测量及测量误差、温度检测仪表、液位检测仪表、流量检测仪表、压力检测仪表、水质检测仪表、常用过程控制仪表、常用过程控制执行设备、自动控制在水工程中的应用。

本书可作为高等院校给水排水工程和环境工程专业的本科教材,也可作为从事相关专业技术工作的工程技术人员和管理人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

水工艺仪表与控制/刘建丽,田晶京编. —北京:中国电力出版社,2009

21 世纪高等学校规划教材

ISBN 978-7-5083-9144-1

I. 水… II. ①刘…②田… III. ①给排水系统—自动化仪表—高等学校—教材②给排水系统—自动控制—高等学校—教材 IV. TU991.63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 120383 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 8 月第一版 2009 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 11.25 印张 265 千字

定价 18.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

水工业是以城市及工业为对象,以水质为中心,从事水资源的可持续开发利用,以满足社会经济可持续发展所需求的水量作为生产目标的特殊工业。随着科学技术的发展,水工业技术也在不断进步。特别是近几年来,随着微电子、仪器仪表与自动化技术的发展所取得的令人瞩目的进步,促使水工业有了迅速的发展。各种先进的自动监测、自动控制技术设备已在水工业的各个环节以至全系统上获得不同程度的应用,并逐渐成为给水排水工程设施不可缺少的组成部分,成为给水排水系统高效优质运行的重要保障,在生产上取得了十分显著的技术经济效益。

水工艺设备是保证水质、提高水处理效率、降低制水成本的关键。水工艺与工程应以水工艺专用设备的研究与开发为其重点,将高新技术(如程序控制、微机管理等)渗入到水工艺设备的制造及运转之中。水工艺系统的仪器仪表不仅包括了各种各样的检测、转换、显示、调节、执行等传统部件,而且正朝着转换程序控制、连锁保护、自动冲洗、信息传输、遥测遥控、数据处理、计算机控制、自寻故障诊断、耐用性更好以及适用自动化控制的方向发展。

《水工艺仪表与控制》是给水排水工程专业的一门专业基础课,可以使学生获得水工艺仪表与自动控制的基本概念、基本原理和常用的控制技术与方法,使学生了解与水工程有关的仪器仪表及自动化技术在水工程中的各种应用,拓宽知识面,为以后的学习、创新和科学研究工作打下扎实的理论和实践基础。

本书在重点介绍了自动控制的基础知识及给水排水系统自动化仪器仪表设备、常用检测及控制技术与方法的基础上,内容上力求反映近年来的计算机控制系统的新技术、新方法和新发展,注重加强检测原理的介绍以及仪器仪表的实用性和先进性,并针对水工业系统列举了较丰富的实例,力求做到理论与实践相结合。

本书的第1~6章、第13~15章由兰州交通大学刘建丽编写,第7~12章由兰州交通大学田晶京编写。全书由兰州交通大学罗映红教授主审。

在本书的编写过程中,兰州交通大学罗映红教授和陶彩霞副教授为本书提出了不少宝贵的建议和意见,给予了大力的支持和关心,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2009年5月

目 录

前言

第 1 章 自动控制技术发展概述	11
1.1 自动控制技术	1
1.2 自动控制技术的发展概况	4
1.3 自动控制技术在给水排水工程中的应用	6
第 2 章 自动控制系统的组成及作用	7
2.1 自动控制系统的作用	7
2.2 自动控制系统的组成	10
2.3 自动控制系统的分类	11
2.4 自动控制理论的内容	13
2.5 自动控制系统常用的典型测试信号	13
第 3 章 自动控制系统的过渡过程	16
3.1 系统的静态与动态	16
3.2 自动控制系统的基本要求	16
3.3 过渡过程的品质指标	17
第 4 章 受控对象的动态特性	19
4.1 受控对象的容量特性	19
4.2 受控对象的平衡特性	21
4.3 受控对象的时间特性	23
第 5 章 控制系统的数学模型	26
5.1 系统微分方程式的建立	26
5.2 传递函数	27
5.3 典型环节的动态特性及传递函数	29
第 6 章 自动控制系统基本调节规律	35
6.1 手动模拟调节规律	35
6.2 双位调节	36
6.3 比例调节	37
6.4 比例积分调节	38
6.5 比例积分微分调节	41
6.6 程序控制	44
第 7 章 测量及测量误差	46
7.1 测量基本知识	46
7.2 测量仪表的基本技术性能	48

7.3 测量仪表的基本构成	52
第8章 温度检测仪表	53
8.1 概述	53
8.2 膨胀式温度计	54
8.3 热电偶温度计	58
8.4 热电阻温度计	63
8.5 辐射测温及仪表	66
第9章 液位检测仪表	67
9.1 概述	67
9.2 静压式液位计	68
9.3 浮力式液位计	71
9.4 电容式液位计	72
9.5 其他液位计	73
第10章 流量检测仪表	75
10.1 概述	75
10.2 差压式流量计	75
10.3 浮子流量计	81
10.4 涡轮流量计	86
10.5 电磁流量计	88
10.6 椭圆齿轮流量计	90
10.7 超声波流量计	91
10.8 质量流量计	94
10.9 水表	96
第11章 压力检测仪表	99
11.1 概述	99
11.2 液柱式压力计	100
11.3 弹性式压力表	101
11.4 电气式压力计	103
11.5 压力仪表的选用和安装	107
第12章 水质检测仪表	109
12.1 pH 值检测仪表	109
12.2 溶解氧检测仪表	113
12.3 浊度检测仪表	116
12.4 余氯检测仪表	120
12.5 流动电流检测仪表	122
第13章 常用过程控制仪表	125
13.1 概述	125
13.2 自力式调节器	125
13.3 基地式调节器	125

13.4	位式调节仪表.....	126
13.5	单元组合仪表.....	127
13.6	智能型测控仪表.....	129
13.7	计算机控制系统.....	134
第 14 章	常用过程控制执行设备	142
14.1	执行器.....	142
14.2	调节阀.....	143
14.3	变频器.....	151
第 15 章	自动控制在水工程中的应用	154
15.1	水池水箱水泵联合供水位式控制系统.....	154
15.2	消防给水系统的自动控制.....	156
15.3	城市给水管网计算机监控系统简介.....	160
15.4	水厂自动控制技术基础.....	161
附录	测温元件分度表.....	167
	参考文献.....	169

第 1 章 自动控制技术发展概述

1.1 自动控制技术

自动控制技术是 21 世纪高科技重要的领域之一,也是我国科技强国战略中需要大力发展的领域。随着自动控制技术的不断发展,它已从单一装置自动控制发展为综合系统自动控制。目前,自动控制技术不仅可以替代人的部分体力劳动,而且已经在取代人的部分脑力劳动的尝试中取得了可喜的成绩。目前,自动控制技术不仅在工业、农业、国防、科学技术等方面取得了巨大的成功,而且已经渗透到了人们生活与社会活动的各个领域。

在现今的大型设备与装置中,自动控制系统已成为不可缺少的重要组成部分。可以说,如果不配置合适的自动控制系统,目前很多现代化的生产过程,如飞机、船舶、汽车、计算机、彩色电视机等产品的生产将无法进行。实际上,自动控制技术研究开发与应用水平的高低,已成为衡量一个国家发达程度的重要标志。与之类似,一个行业自动控制技术的发展程度如何,无疑是其现代化水平的重要标志。因此,作为 21 世纪的工程技术人员,了解和掌握一些自动控制的基本知识是非常必要的。

自动控制技术推动工业生产的飞速发展,对促进产业革命起着十分重要的作用。1787 年瓦特发明了离心式调速器,实现了蒸汽机转速的自动调节,使蒸汽机作为转速稳定、安全可控的动力机,并得到了广泛应用,从而引发了第一次工业革命。

现代生产过程自动控制技术的出现被认为是第二次工业革命的重要标志。美国福特汽车公司为提高生产率和降低汽车成本,首先研制出能自动将发动机气缸组送进和移出的传送机,以及从冲压机中取出大量的冲压件的自动控制生产流水线,在国际上开创了大批量制造机械产品的现代自动控制技术。福特汽车公司应用这种自动生产流水线创立了单一品种的大批量生产方式,大大提高了生产率,从而使汽车进入了普通家庭。

汽车工业的发展,又进一步带动了冶金、化工、石油等工业相继有了新的发展。采用自动控制技术和大规模自动控制系统,进行连续的自动化规模生产,大大提高了钢铁、化工、石油的产量和质量。

20 世纪 70 年代以来,随着超大规模集成电路及微处理器的出现,为自动控制技术提供了先进的装备,使自动控制技术在工业中的应用范围越来越广,同时也使综合自动控制技术得到了很大程度的发展。机械制造业在单机自动控制的基础上,进一步采用了综合自动控制技术,开发出了柔性制造系统和计算机集成制造系统。这种采用综合自动控制技术的制造系统所产生的社会效益,大大超过了单机自动控制系统所产生的效益。据统计,从 1936~1976 年的 40 年间,由于自动控制技术的发展,使劳动生产率提高了 3.8 倍。而预期 1978~2018 年的 40 年间,全世界劳动生产率将提高 8 倍。当今发达国家在制造业中的竞争十分激烈,纷纷加强、加速综合自动化技术应用的投入,以求进一步提高产品的质量和数量,从而适应市场快速变化的需要。1988 年美国工厂自动控制设备的市场规模,是 600 亿美元,1992 年扩展到 1000 亿美元。据估计,过去 10 年中,美国、西欧和日本投入工厂自动控制方面的资金超过 1.5 万亿美元。1989 年工业自动控制设备的世界总销售额为 444 亿美元,

而 1991 年则达到了 571 亿美元,今后仍将以每年 8.3% 的速率递增。以美国通用汽车公司为例,1986~1990 年它投入了 600 亿美元推动工厂设备的自动化,至 1990 年该公司已使用了 20 万台微型计算机和 6000 台机器人。

自动控制技术不仅在制造业中起到关键性作用,在其他工业部门也同样使劳动生产率大大提高。例如日本的钢产量 20 世纪 50 年代只有几百万吨,由于广泛采用自动控制技术,目前日本的钢产量已达 1 亿多吨,而且质量很高。日本鹿岛制铁所采用 34 台计算机实现了生产过程控制和管理的最优化,使其产量提高了 30%,减少多余板坯 30%,减少职工 700~900 人。

现代农业正在向高科技农业的方向发展,在这方面自动控制技术也同样起着重要的作用。以现代种植业和养殖业为例,就需要依靠现代控制技术和自动化技术,以形成一个适合于现代种植业和养殖业发展的人造环境和工厂。日本九州电力公司从 1990 年起同三菱重工工业公司和熊本技术财团共同开发了自动控制蔬菜工厂,使蔬菜生长不受季节和场所的影响,既大幅度地节省了人力,又可实现不使用农药的蔬菜生产。据九州电力公司估算,自动控制蔬菜工厂与露天栽培相比,生产率可提高 8 倍,蔬菜生长速度可提高 3 倍。另据报道,西方将在饲养业中采用机器人,以此为基础的无人饲养场将很快会出现。

军备竞赛推动着军事自动化技术的高速发展。现代武器正好像是科幻小说中幻想的真实再现。1992 年,海湾战争使世人对现代军用自动控制技术的奇效惊愕不已。用自动控制技术武装起来的炮弹就像有了头脑、长了眼睛,能自动搜寻目标并有极高的命中精度。现代灵巧炸弹由飞机投出后,利用激光束制导可自动寻找目标,几乎百发百中。现代巡航导弹由几百公里以外发射后,可接近地面飞行,依靠导弹上的控制设备随时随地观测地形,可自动躲避山峰、高楼等障碍物,按预定航线飞行,直至命中目标。为了摧毁一个建筑物中的地下工事,可先用一枚导弹在建筑物上炸开一个洞,第二枚导弹从此洞穿入攻击地下目标。导弹之所以能达到如此高的精确程度,全靠其自身安装的自动控制系统。这些武器上的控制系统有很高的自主能力,它能观察环境,做出判断并采取正确的行动。这是综合利用包括计算机在内的各种自动控制技术的结果。

除上述应用于武器的自动控制技术外,还必须强调综合自动控制在军事中的重要作用。现代战争是海、陆、空立体战争,战场上情况瞬息万变,所以要具有能运筹于万里之外、决策于瞬息之间的超常规能力,就必须依靠具有高度自动控制技术水平的指挥、通信、控制和情报综合控制系统。

自动控制技术的发展,极大地推动了现代科学的研究与技术的进步。现代控制技术为现代科学技术加速的发展创造了优越的环境和有利的条件。许多科学仪器离不开自动控制技术。现代大规模的实验研究所用的装备非常复杂,其本身就是一个十分庞大的系统。要使这种设备能够正常运行并完成任务,全要靠自动控制技术。举例来说,美国人实现了登月计划,全靠精密的控制。1983 年,前苏联的“宇宙-1443”卫星在轨道上与运行的“礼炮-7”航天站成功地实行对接,在茫茫太空之中完成这样的操作,没有高超的自动控制技术是不可能办到的。我国在 1999 年 11 月成功地发射了第一艘模拟载人太空飞船“神舟一号”,在 2003 年 10 月成功地发射了第一艘载人太空飞船“神舟五号”,2008 年 9 月 25~28 日,成功实施了“神舟七号”载人航天飞行。这标志着我国自动控制理论与控制在航天领域方面的应用,已经达到世界先进水平。

自动控制技术也在日常工作和家庭生活中发挥着重要的作用。各种自动化的办公设备及家用电器都装有自动控制系统,它们减轻了人们在办公与家务中的劳动,改善了办公与生活的环境。目前办公与家用自动控制技术正朝着“智能化”、“网络化”方向发展。在我国,越来越多的“智能大厦”出现在全国各地,其内部采用计算机自动控制系统进行着楼宇各系统的智能控制与日常管理,为人们提供了更为安全可靠、舒适方便的办公与生活环境。从长远和经济的角度来看,发展办公与家庭自动化是大势所趋。这种趋势对未来的办公设备与家用电器的更新换代将产生深远的影响。

工农业生产中的自动控制、科学技术研究与国防现代化中的自动控制、办公乃至家庭自动化已成为现代化社会的标志。目前,自动控制技术正在人们的一切社会活动中起着越来越重要的作用,而且这种发展趋势越来越快。各行各业所采用的自动控制系统虽然有所不同,但概括起来说,自动控制系统具有以下一些重要特点:一是自动控制系统的应用范围不断扩大,控制精度不断提高,智能化程度日益增加;二是自动控制技术不仅仅能代替人无法完成的体力劳动,而且在大量地代替着人的脑力劳动,对于后者,其发展的空间将会更为广阔。

自动控制技术向着综合化的方向发展,其社会经济效益越来越大,应用的领域也越来越广,因此,在自动控制系统中引用系统工程的观点,是十分必要的。自动控制技术发展的本身,显示出知识密集化、高技术集中化的特点,是许多种技术科学、多种工程技术结合的产物。

发展自动控制技术会不会造成大量失业,这种疑虑在国外曾经出现过。美国在20世纪50年代就有不少人反对发展自动控制,这些人认为到1970年将使700万人失业。而事实相反,随着自动控制的发展,许多企业得到飞速发展,到1970年前后,美国反而增加了700万人的就业机会。在发达国家中,日本机器人最多,但失业率却最低。这说明自动控制与失业没有必然的联系,更没有因果关系。在中国,发展适用的自动控制技术,可以大大提高劳动生产率,促进经济发展,从而给更多的企业创造机遇,使大量的劳动力有新的就业机会。同时,社会经济的发展与进步,将促使更多的劳动者去提高自身的科学文化素质,也将进一步繁荣科学文化教育事业,这将形成一个劳动力素质提高的良性循环。

过程参数检测与控制仪表是自动控制系统中重要的组成部分。尤其是在工业生产过程的自动控制系统中,如果没有过程参数检测与控制仪表的不断更新换代及其所形成的标准化、系列化产品,过程自动控制系统与技术的广泛应用将是不可能的。随着自动控制技术的不断发展和领域不断拓宽,过程参数检测与控制仪表也必将会有更大的发展。当前,计算机技术的发展为智能化仪表的发展提供了强有力的技术支持,越来越多的智能型仪表在自动控制系统中运用,充分显示了他们的适应性强、使用灵活、安全可靠的优点。

近些年来,过程参数检测仪表发展迅速,新的检测手段与方法不断被研究开发成功,如光纤传感器、表面弹性波传感器、离子敏感场效应管传感器、生物传感器等。新的检测方法手段的出现,不仅扩大了检测仪表能够检测的参数类型范围,还提高了参数检测的精度与可靠性,同时还为参数的综合检测开辟了新的途径。随着新理论、新方法、新材料的不断出现,尤其是纳米技术、计算机技术、网络技术的日新月异,必将促使过程参数检测仪表趋向微型化、智能化、网络化。

1.2 自动控制技术的发展概况

回顾自动控制技术的发展史可以看到,它与生产过程本身的大发展有着密切的联系,是一个从简单形式到复杂形式、从局部自动控制到全局自动控制、从低级智能到高级智能的发展过程。自动控制技术的发展,大致经历了三个阶段。

第一阶段:20世纪50年代以前,可以归结为自动控制技术发展的第一阶段。在这一时期,自动控制的理论基础是使用传递函数对控制过程进行数学描述,其控制理论以根轨迹法和频率法为基本方法,因而带有明显地依靠人工和经验进行分析和综合的色彩。在设计过程中,一般是将复杂的生产过程人为地分解成若干个简单的过程,最终实现单输入、单输出的控制系统,其控制目标也就只能满足于保持生产的平稳和安全,属于局部自动控制的范畴。当时,也出现了一些如串级、前馈补偿等十分有效的复杂系统,相应的控制仪表也从基地式发展到单元组合式。但总的来说自动控制的技术水平还处于低级阶段。

第二阶段:20世纪50~60年代,是自动控制技术发展的第二个阶段。50年代末,由于生产过程迅速向大型化、连续化的方向发展,原有的简单控制系统已经不能满足要求,自动控制技术面临着工业生产的严重挑战。幸运的是,为适应空间探索的需要而发展起来的现代控制理论已经产生,并已在某些尖端技术领域取得了惊人的成就。值得注意的是,现代控制理论在综合和分析系统时,已经从局部控制进入到在一定意义上的全局最优控制,而且在结构上已从单环控制扩展到多环控制,其功能也从单一因素控制向多因素控制的方向发展,可以说现代控制理论是人们对控制技术在认识上的一次质的飞跃,为实现高水平的自动控制奠定了理论基础。与此同时,电子数字计算机技术的发展与普及为现代控制理论的应用开辟了新的途径,为进一步推进工业自动化提供了十分有效的技术手段。在60年代中期,已出现了用计算机代替模拟调节器的直接数字控制(DDC)和由计算机确定模拟调节器或DDC回路最优设定值的监督控制(SCC),并有一些成功的报道。在我国,也曾发电厂和炼油厂进行了计算机控制的试验研究。当时,由于电子计算机不但体积大、价格昂贵,而且在可靠性和功能方面还存在着不少问题,致使这种自动控制的研究基本停留在试验阶段。此外,由于生产过程极其复杂、被控对象的性能指标不易确定,控制模型建立困难、控制策略相对缺乏,现代控制理论与工程实际之间还存在着一定的差距,使得现代控制理论一时还难以大量应用于生产过程。尽管如此,在这一时期,无论是在现代控制理论的应用,还是在工业过程控制系统中引入计算机,都使得自动控制技术有了新的开端和有益的尝试。

第三阶段:进入20世纪70年代,工业自动化的发展表现出两个明显的特点,这正是工业过程控制进入第三个阶段的标志。

其一,20世纪70年代初,大规模集成电路的成功制造和微处理器的问世,使计算机的功能丰富多彩,可靠性大为提高,而价格却大幅度下降,极大地促进了适用于工业自动控制的控制计算机系列商品面世。尤其是工业用控制器,在采用了冗余技术,硬件件的自诊断功能等措施后,其可靠性已提高到基本上能够满足工业控制要求的程度。值得指出的是,从70年代中期开始,针对工业生产规模大、过程参数和控制回路多的特点,为了满足工业用过程控制计算机应具有高度可靠性和灵活性的要求,出现了一种分布式控制系统(DCS),又称集散式控制系统。它是集计算机技术、控制技术、通信技术和图

形显示技术于一体的计算机控制系统。该系统一经问世,就受到了工业界的青睐。目前,世界上已有60余家公司先后推出了各自开发的自动控制用计算机系统。在我国,一些单位也在研制自己的计算机系统。这种分布式控制系统结构分散,将控制计算机分布到车间和装置一级,不仅大大减少了引起全局性故障的节点,分散了系统的危险性,增加了系统的可靠性,而且还可以灵活方便地实现各种新型控制规律和算法,便于系统的分期调试、投运和功能改型。显然,这种分布式系统的出现,为实现高水平的自动控制提供了强有力的技术支持,给生产过程自动控制的发展带来了深远的影响。可以说,从70年代开始,工业生产自动控制已进入了计算机时代。

其二,控制理论与其他学科相互交叉、相互渗透,向着纵深方向发展,从而开始形成了第三代控制理论,即大系统理论和智能控制理论。众所周知,复杂的工艺过程,如反应过程、冶炼过程和生化过程等,本身机理十分复杂,还没有被人们充分认识,而且这类过程往往还受到众多随机因素的干扰和影响,难以建立精确的数学模型以满足闭环最优控制的要求。同时,这类过程的控制策略亦有待进一步研究。就目前已有的策略而言,或是过于复杂难以实行在线控制、或者过于粗糙不能满足高水平的控制。解决这类问题的重要途径之一就是将人工智能、控制理论和运筹学三者相结合的智能控制。在我国,已实现了利用控制系统所纳入的知识和系统的推理判断能力进行实时控制的专家控制系统,该系统可在控制过程中自动进行系统的诊断、预报、决策和控制。

另外,20世纪70年代以来,由于世界范围内出现的能源危机和剧烈的市场竞争,工业生产的规模更趋庞大,一些超大型生产系统相继建成。设备的更新换代,虽能较大地提高了生产率,但要进一步提高产量、降低成本、节约原材料和减少能源消耗并非易事,必须在分散控制的基础上,从全局最优的观点出发对整个大系统进行综合协调。可以说,工业生产实际提出的以优质、高产、低消耗为目标的控制要求,从客观上促进了第三代控制理论的形成和发展。尽管到目前为止,它还处在发展和完善的过程中,但已受到了极大的重视和关注,并取得了很大的进展。在现代控制理论中,非线性系统、分布参数系统、学习控制、容错控制等控制问题在理论上和实践中均得到了发展。总之,在这个阶段中,工业自动控制正在发生着巨大的变革,它已突破了局部控制的模式,进入到了全局控制。这种全局控制管理,即人们称之为控制管理一体化的新模式。它的出现,使工业自动控制系统在大量获取生产过程和市场信息的基础上,科学合理地安排调度生产,以最佳的方式发挥设备的生产能力,最终达到优质、高产、低消耗的控制目标。

从工业自动化的发展进程中可以得出如下结论:

(1) 工业自动控制的发展与工业生产过程本身的发展有着极为密切的联系。工业生产本身的发展,如工艺流程的变革、设备的更新换代、生产规模的不断扩大等促进了自动控制技术的发展进程,而自动控制在控制理论和控制手段方面的新成就,又进一步保证了现代工业生产在安全平稳的前提下高效运行,充分地发挥了设备的潜力,提高了生产效率,获取了最大限度的经济效益。

(2) 自动控制技术已进入计算机时代。面对琳琅满目的计算机系统,尽管有不少现成的先进的控制理论,却缺乏行之有效的控制方法以满足工业生产不断提出的更高要求,因此,加强控制理论与生产实际的密切结合,注意引入智能控制、专家系统,逐步形成不同形式的既简单又实用的控制结构和算法,是今后过程控制领域的主要研究内容。

1.3 自动控制技术在给水排水工程中的应用

20 世纪 70 年代以来,随着自动化技术、计算机控制与网络技术、水质与水系统工程理论与应用技术的不断发展,给水排水工程的各个领域越来越多地引进了这些先进技术,使自身的自动化程度较之过去有了很大的发展,各种先进的自动监测、自动控制设备已在给水排水工程中得到了较为广泛的应用。例如:在建筑给水工程中,水泵水箱联合供水系统几乎全部采用了自动控制;各种给水排水系统中,水泵变频调速控制系统的应用也越来越普遍;消防给水系统的自动控制已跨入系统化、智能化的时代;水处理厂中水质的自动监测,给水处理过程中混凝剂、消毒剂的自动投加,水厂运行控制的微机化与信息管理的网络化,已成为当今水厂建设与运行管理的主流趋势;城市给水管网运行的优化控制,需要最现代的控制理论、控制技术与控制系统;自动化纯水制备装置;小区与楼宇的中水处理与供给系统的自动控制,水环境的自动监测等。可以预言,21 世纪给水排水工程自动控制技术将会得到更为广泛的应用。作为专业技术人员,不可避免地会在工程中遇到有关过程自动控制方面的问题。因此,了解自动控制的基本原理、懂得实现过程自动控制的基本方法、掌握自动控制技术在本专业范围内应用的基本知识,是十分必要的。

第2章 自动控制系统的组成及作用

2.1 自动控制系统的作用

在近代科学技术发展中,自动控制理论与自动控制系统起着日益重要的作用,自动控制理论在应用中不断得到发展。

自动控制系统是工业生产工艺过程的辅助系统,其作用主要是自动控制工业生产工艺过程,使之能够按照工艺的要求自动完成生产过程。

一般的产品生产都要经过一系列工艺才能最终完成,其中每一个工艺的完成,都必须有一个过程,我们称之为生产过程。与产品的生产类似,为了保持室内的温度能够在一定的范围内,一个空气调节系统所进行的温度调节工作,也可以称之为空气调节过程;为了保证室内的给水系统水压能够满足用户的使用压力,一个室内给水系统所进行的水压控制工作,同样也可以称之为水压控制过程;在现代武器系统中,自动控制技术更起着关键的作用。例如:导弹制导系统引导导弹准确命中目标;惯性导航使人造卫星按预定轨迹运行,雷达跟踪系统和指挥仪控制火炮射击的高低和方位。与之类似,还可举出很多相似过程。如果某一设备装置系统,为了某一目的而完成了一系列的动作,都可以类似地将这一系列的动作称为某一过程。众所周知,在产品的生产过程中,其生产工艺过程进行状态的好坏,将直接影响产品生产的数量与质量。如果能够对生产工艺过程进行控制调节,使其始终处于正常的工作状态,就能够保证所生产产品的数量与质量。同样,对任何一个过程,进行必要的控制和调节,就是要使该过程运行的结果达到预期的目的。

对一个过程进行控制,可以采用手动操作的方法完成,也可以依靠由仪器设备装置组成的系统自动进行操作来完成。由手动操作完成的过程控制,称为人工过程控制;由仪器设备系统自行完成的过程控制,则称为自动过程控制。在对一个过程进行控制时,无论是人工控制还是自动控制,都要从能反映过程状态变化的某些特征量中,及时了解过程状态是否正常。如果特征量值出现异常,则可针对过程当前的状态采取相应的控制操作,对过程状态进行控制和调整,以使整个过程重新回到人们所希望的状态。这些能反映过程状态或需要及时进行调整的特征量值,往往被称为过程参数。要及时了解生产过程的运行状态,就需要从正在运行的生产过程中快速、准确、连续地检测这些特征量的值,即从过程中提取过程参数,这就是过程参数的实时监测。如果能使用某些操作人为地改变过程中的某些特征量,使过程按照预期的状态正常进行,这就是过程参数控制,也称作过程参数调节。在一个生产过程自动控制系统中,用于完成生产任务且需要进行控制的设备装置,称为受控对象;用于参数监测和过程状态控制调整的设备装置,称为控制系统。

如在净水厂的给水处理过程中,经常需要对水在各工艺环节中的浊度、流量、液位等过程参数进行检测,并根据水质情况对水处理过程加以控制,使其最终达到规定的水质标准。如果当浊度、流量、液位的变化偏离了所允许的正常值时,使用手动方法对过程参数进行调整,使其恢复正常值,则该过程为人工过程控制;若上述过程是由仪器仪表装置系统自行控制并使其恢复到正常值,则该过程为自动过程控制;水处理过程就是受控过程,用于对水处

理过程进行自动控制的浊度、流量、液位等一整套仪表与控制设备装置,称为自动控制系统。自动控制系统就是用仪表与控制设备装置来代替人的感官、大脑与动作的功能,完成对生产过程进行控制的系统。由于自动控制系统具有准确、可靠、快速,不易产生主观误差等优点,所以得到了广泛地应用。采用自动控制技术,不但减轻了人的劳动强度、改善了工作环境,而且还能提高产品质量、降低生产成本、增加经济效益。因此,自动控制理论及其技术得到了广泛的应用。

关于系统及自动控制从不同的角度有不同的定义,就工业控制系统而言,常用的定义为:

系统——由一些元部件按一定要求连接并具有某一特定功能的整体。

自动控制——在没有人直接干预的情况下,通过控制装置使受控对象或过程自动按照预定的规律运行,使之具有一定的状态和性能。

实例 1 图 2-1 所示是水位保持恒定的人工控制系统,由人直接进行控制。

其工作步骤是:

- (1) 用眼观察水池实际水位。
- (2) 与期望水位进行比较,得出期望水位与实际水位间的误差。
- (3) 由人脑命令手,按减小误差的方向来调节进水阀门的开启程度。

因为人直接参与系统控制,所以此类系统称人工控制系统。

若以控制器来代替人的操作,即由控制器实现控制,这类系统称为自动控制系统。其工作过程如下:

- (1) 在控制器中预先标定期望的水位高度。
- (2) 当水位超过或低于标定值时,这高度误差被浮球检测出来,误差信号送给控制器。
- (3) 控制器按减小误差的方向控制进水阀门的开启程度。

如此反复检测和控制,直到误差为零。

可见,设置了控制器并预先设定了期望水位高度后,在控制过程中就不再需要人的直接参与。图 2-2 所示为水位自动控制系统。

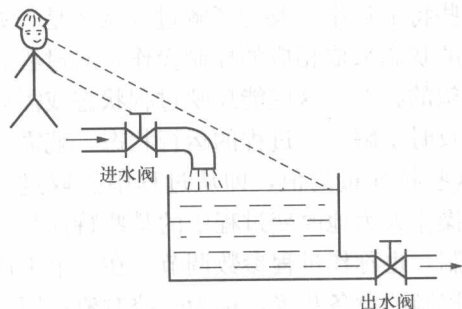


图 2-1 水位保持恒定的人工控制系统

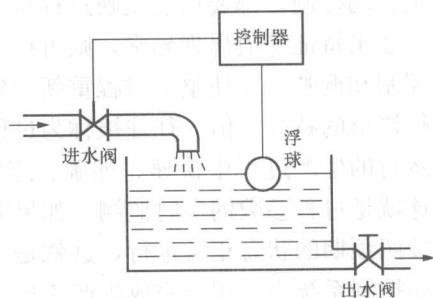


图 2-2 水位自动控制系统

在许多复杂的或快速作用的系统中,系统的响应要求对操作人员来说可能太快了,或对操作人员的技能要求可能高得不合理。又如某些要自行毁灭的系统,如导弹等,都需要排除人这个“元件”。在一些工业控制中,虽然人能够参与控制,但常常从经济的角度出发,需减少人工监视和控制,所以常利用某些设备来代替操作人员去完成同样的功能。事实上,在

大多数情况下,自动控制系统比人工控制系统能更好地完成预期的作用,甚至能够进一步去完成操作人员不可能完成的作用。

实例2 图2-3所示为蒸汽加热容积式热交换器热水出口水温人工控制系统。图中的受控过程是保持热水出口温度在一定范围内的控制过程;受控对象是热交换器;受控参数是容积式热交换器热水出口的热水温度,受控过程的影响因素有:冷水进水温度;热水、冷水流量;热媒蒸汽进口压力、流量;热交换器表面散热等。自动控制系统的任务,是保证热水出口的热水温度在某规定温度范围内,其中需要监测的主要过程参数是热水出口水温,需要控制的主要过程参数是蒸汽流量。

容积式热交换器的工作过程是:蒸汽作为热媒进入容积式热交换器的加热盘管,其携带的热量通过加热盘管管壁间接传递给管壁外的冷水使其温度升高,释放了热量的蒸汽凝结为热水,然后通过疏水器流出加热盘管;在不断的换热过程中,进入容积式热交换器的冷水逐渐升温成为热水,然后从容积式热交换器的热水出口送出。容积式热交换器工作时,一般要求其热水出口的水温必须满足在一定的温度范围内,水温高于或低于所要求的温度范围都不能满足使用要求,这种供水方式可以称之为恒温热水供应方式。

在恒温热水的供应过程中,假如进入热交换器的冷水流量、冷水进口温度以及加热蒸汽的压力、流量等过程参数都保持恒定不变,根据热平衡原理可知,热交换器热水出口的热水温度也将保持恒定不变。但实际上,以上所述的过程参数往往是不断变化的。如冷水进口温度的变化、热水出口流量的变化、加热蒸汽压力与流量大小的波动等,都会直接影响热交换器热水出口的热水温度。为了保证热交换器热水出口的热水温度稳定在既定范围内,就必须根据热交换器热水出口实际水温与既定水温的偏差情况,随时开大或者是关小蒸汽进口阀门,改变热媒蒸汽的流量,使热交换器热水出口温度满足既定范围的限值要求。这就是蒸汽加热容积式热交换器热水出口温度的控制过程。从热交换器热水出口温度的检测,热交换器热水出口水温与既定水温的比较,控制指令的发出,到控制蒸汽阀的开度,这中间所涉及的设备装置都属于容积式热交换器的温度控制系统。以上热交换器蒸汽进口阀门的控制如果由

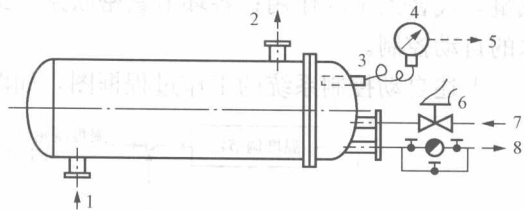


图 2-3 蒸汽加热容积式热交换器热水出口水温人工控制系统

- 1—冷水进口; 2—热水出口; 3—温度传感器;
4—温度显示表; 5—人眼; 6—手动蒸汽调节器;
7—热媒蒸汽进口; 8—蒸汽回水出口

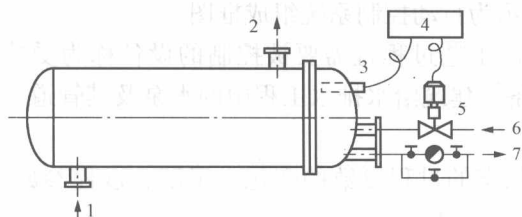


图 2-4 蒸汽加热容积式热交换器热水出口水温自动控制系统

- 1—冷水进口; 2—热水出口; 3—温度传感器;
4—自动控制设备; 5—电动蒸汽调节阀门;
6—热媒蒸汽进口; 7—蒸汽回水出口

手动操作来完成,称为人工控制(或手动控制);如果由仪表及必要的自动控制设备来完成,则为自动控制。

蒸汽加热容积式热交换器热水出口水温自动控制系统如图2-4所示。图中热交换器热水出口水温采用自动控制系统进行控制,该系统采用温度传感器来测量并传递热水出口水温信号,以此代替温度显示仪表与人眼的作用;接着将测得的温度信号送至自动控制设备,由自动控制设备把得到的温度测量

信号与要求的温度范围值作比较,计算出偏差的大小、方向、变化趋势并发出控制指令,起着人脑的作用;最后用一个控制执行机构,这里是一种电动蒸汽调节阀门,它接受自动控制设备发出的控制指令,自动按控制指令去开大和关小蒸气调节阀门,控制进入热交换器的蒸汽量,代替人手的作用;各环节紧密联系,最终完成对容积式热交换器热水出口水温恒温供水的自动控制。

上述自动控制系统的工作过程框图,如图 2-5 所示。

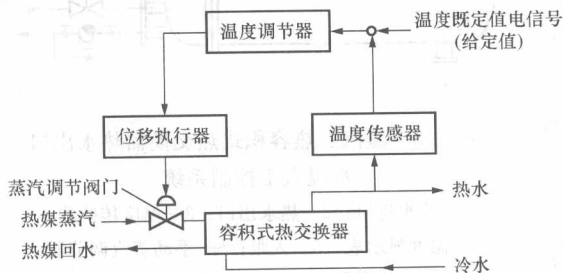


图 2-5 容积式热交换器热水出口水温自动控制系统工作过程框图

其控制流程为:

容积式加热器热水出口温度变化

→温度传感器将变化情况转变为相应的电信号

→来自温度传感器的电信号与反映温度既定值的电信号（给定值）进行比较

→将温度传感器电信号与给定值电信号相比的偏差信号送入温度调节器

→由温度调节器根据偏差信号的大小及其变化情况计算得出输出量并向位移执行器发出调节指令

行器发出调节指令

→位移执行器根据温度调节器的指令进行位移

→蒸汽调节阀门按照位移执行器给出的位移量改变阀门的开启度

→在蒸汽调节阀门的调节下热媒蒸汽量改变——进入容积式热交换器的热量改变

→出口热水温度得到控制

在上述控制过程中,热媒蒸汽及其回水流量作为受控对象温度改变的调控物质,是受控对象的输入量;热水温度作为调控目标是受控对象的输出量;冷水温度变化、热水流量变化、蒸汽压力波动等为受控对象控制过程中的主要干扰量。

2.2 自动控制系统的组成

在自动控制系统中,无论是工艺过程中需要被控制的设备,还是自动控制系统中所需要的仪表、设备、装置等,一般可按照它们在系统中的功能分为几部分,下面分别介绍自动控制系统的组成及各组成部分的作用。图 2-6 所示为自动控制系统组成框图。

受控对象:在自动控制系统中,完成特定的工艺过程且需要被控制的设备称为受控对象,简称对象。例如,净水厂中各种水处理设备、建筑给水排水工程中的水泵及其管道系统等都可称作受控对象。

受控对象的运行状态,可以通过反映运行状态的过程参数的变化来了解。过程参数中,一些过程参数的改变可决定受控对象的运行状态。因此,要想控制受控对象的运行状态,可以通过调整受控过程中的过程参数来实现,以达到使受控过程按照人们的意愿正常运行的目的。在给水排水工程中,经常需要对液体的温度、压力、流量、液位等过程参数



图 2-6 自动控制系统组成框图