



21世纪电气信息学科立体化系列教材

# 过程控制

● 主编 杨三青 王仁明 曾庆山

华中科技大学出版社  
<http://www.hustp.com>



21世纪电气信息学科立体化系列教材

# 过程控制

主 编 杨三青 王仁明 曾庆山  
副主编 杨 桦 陈国平 何王勇



华中科技大学出版社

(中国·武汉)

TP273  
Y32

图书在版编目(CIP)数据

过程控制/杨三青 王仁明 曾庆山 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2008年2月  
ISBN 978-7-5609-4389-3

I. 过… II. ①杨… ②王… ③曾… III. 过程控制-高等学校-教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 013459 号

过程控制

杨三青 王仁明 曾庆山 主编

策划编辑:王红梅

责任编辑:王红梅

责任校对:代晓莺

封面设计:秦 茹

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉众心图文激光照排中心

印 刷:湖北新华印务有限公司

开本:787mm×960mm 1/16

印张:20.75 插页:2

字数:420 000

版次:2008年2月第1版

印次:2008年2月第1次印刷

定价:34.80元(含1CD片)

ISBN 978-7-5609-4389-3/TP·645

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)



21世纪电气信息学科立体化系列教材

## 编审委员会

### 顾问：

潘 垣（中国工程院院士，华中科技大学）

### 主任：

吴麟章（湖北工业大学）

### 委员：（按姓氏笔画排列）

王 斌（三峡大学电气信息学院）

余厚全（长江大学电子信息学院）

陈铁军（郑州大学电气工程学院）

吴怀宇（武汉科技大学信息科学与工程学院）

陈少平（中南民族大学电子信息工程学院）

罗忠文（中国地质大学信息工程学院）

周清雷（郑州大学信息工程学院）

谈宏华（武汉工程大学电气信息学院）

钱同惠（江汉大学物理与信息工程学院）

普杰信（河南科技大学电子信息工程学院）

廖家平（湖北工业大学电气与电子工程学院）

## 内 容 简 介

本书在全面介绍过程控制基本技术的基础上,深入探讨了过程控制的最新发展和工程应用。本书介绍了温度、压力、流量、物位、成分等常用的测量变送器的工作原理、应用场合和注意事项;讨论了调节器、执行器的应用原理和工程应用;分析了被控对象数学模型的理论和实验建模方法;在单回路控制系统设计与参数整定的基础上,详细介绍了复杂控制系统,包括串级、前馈、比值、均匀、分程、选择、大纯滞后补偿、解耦控制的分析与设计;简要介绍了自适应控制、模糊控制、预测控制、专家控制、神经网络控制等先进控制技术;对计算机在过程控制中的应用作了详细的介绍,对 DCS、现场总线技术、控制网络、嵌入式应用、组态软件等应用较多的软件作了深入的探讨。全书共 8 章,每章都有内容提要和思考题与习题。

本书可作为自动化专业的教材或参考书,也可供从事石化、电力、冶金、化肥、轻工等有关专业工程技术人员参考。

# 前 言

自动控制技术在工业、农业、国防和科学技术现代化中起着十分重要的作用,自动控制水平的高低也是衡量一个国家科学技术先进与否的重要标志之一。过程控制是自动控制技术的重要分支,在石化、电力、冶金、轻工等连续型生产过程中有着广泛的应用。近年来,过程控制技术发展迅速。无论是在现代复杂工业生产过程中,还是在传统生产过程的技术改造中,过程控制技术在提高劳动生产率、保证产品质量、改善劳动条件以及保护生态环境、优化技术经济指标等方面都起着非常重要的作用。

过程控制是自动化专业的主要专业课程之一。本书系统介绍了过程控制系统的基本理论、技术及工程应用,在内容选择上力求系统、全面、实用,同时反映最新技术成就。通过本书的教学,学生可以全面了解和掌握各类典型过程控制系统的组成、各个环节的工作原理以及相关理论与技术的发展状况,掌握系统设计方法,并对过程控制技术的最新技术有比较全面的了解。全书在章节安排上,力求层次清晰,各部分内容系统、完整,整体次序衔接合理,便于自学。

全书共分8章,参考教学时数为64学时。第1章是绪论,第2章介绍过程参数测量与变送器,第3章介绍过程控制仪表,第4章介绍被控对象数学模型,第5章介绍简单控制系统设计与参数整定,第6章介绍复杂控制系统(包括串级、前馈、大纯滞后、比值、均匀、分程、选择及解耦控制),第7章介绍先进过程控制技术,简单介绍自适应控制、模糊控制、预测控制、专家控制、神经网络控制的基本原理,第8章介绍计算机在过程控制系统中的应用,对DDC系统、DCS和现场总线技术、工业控制网络、嵌入式应用、组态软件等进行了深入的讨论。通过应用实例,对组态软件的应用作了比较深入的分析、讨论。每章后均附有思考题与习题。

本书第1、3章由杨三青编写,第2章由杨桦、王淑青、常雨芳共同编写,第4章由曾庆山编写,第5章由陈国平编写,第6章由何王勇、杨三青共同编写,第7章由王仁明编写,第8章由梁会军、杨三青共同编写。全书由杨三青订正并统稿。在成书过程中,得到了河南科技大学马建伟老师、长江大学吴凌云老师的大力支持,他们都提供了大量翔实的第一手资料,在此表示诚挚的感谢。

在多年从事过程控制教学和科研工作中,编者曾得到许多专家、老师、朋友的帮助与支持。在本书编写过程中,广泛参考了许多专家、学者的文章、著作以及相关技术文献,编者在此一并表示衷心感谢。

由于水平有限,书中难免存在缺点、错误,恳请广大读者批评指正。

编者

2008年1月



|                |      |
|----------------|------|
| 第1章 绪论         | (1)  |
| 1.1 过程控制技术发展概况 | (1)  |
| 1.2 过程控制系统的特点  | (6)  |
| 1.3 过程控制系统的组成  | (6)  |
| 1.4 过程控制系统分类   | (9)  |
| 1.5 过程控制系统性能指标 | (10) |
| 思考题与习题         | (13) |

|     |            |      |
|-----|------------|------|
| 第2章 | 过程参数测量与变送器 | (15) |
| 2.1 | 检测过程与变送器   | (16) |
| 2.2 | 温度变送器      | (22) |
| 2.3 | 压力变送器      | (34) |
| 2.4 | 流量变送器      | (56) |
| 2.5 | 物位变送器      | (80) |
| 2.6 | 成分自动分析仪    | (87) |
|     | 思考题与习题     | (95) |

|     |             |       |
|-----|-------------|-------|
| 第3章 | 过程控制仪表      | (99)  |
| 3.1 | 调节器的调节规律    | (99)  |
| 3.2 | DDZ-III型调节器 | (108) |
| 3.3 | 数字调节器       | (120) |
| 3.4 | 执行器         | (121) |
| 3.5 | 可编程序控制器     | (132) |
|     | 思考题与习题      | (135) |

|       |             |       |
|-------|-------------|-------|
| 第 4 章 | 被控对象的数学模型   | (137) |
| 4.1   | 被控对象的数学模型   | (137) |
| 4.2   | 被控对象数学模型的建立 | (139) |

|                                 |       |
|---------------------------------|-------|
| 4.3 机理法建立被控对象的数学模型 .....        | (141) |
| 4.4 实验法建立被控对象的数学模型 .....        | (146) |
| 思考题与习题 .....                    | (170) |
| <b>第5章 简单控制系统设计与参数整定</b> .....  | (173) |
| 5.1 简单控制系统的构成 .....             | (173) |
| 5.2 简单控制系统设计 .....              | (179) |
| 5.3 简单控制系统操作与投运 .....           | (189) |
| 5.4 简单控制系统设计实例 .....            | (194) |
| 思考题与习题 .....                    | (198) |
| <b>第6章 复杂控制系统</b> .....         | (201) |
| 6.1 串级控制系统 .....                | (201) |
| 6.2 前馈控制 .....                  | (216) |
| 6.3 均匀控制系统 .....                | (229) |
| 6.4 比值控制 .....                  | (234) |
| 6.5 分程控制 .....                  | (247) |
| 6.6 选择性控制系统 .....               | (251) |
| 6.7 大纯滞后控制系统 .....              | (255) |
| 6.8 解耦控制系统 .....                | (259) |
| 思考题与习题 .....                    | (265) |
| <b>第7章 先进过程控制技术</b> .....       | (269) |
| 7.1 自适应控制 .....                 | (269) |
| 7.2 模糊控制 .....                  | (280) |
| 7.3 预测控制 .....                  | (288) |
| 7.4 专家控制 .....                  | (293) |
| 7.5 神经网络控制 .....                | (294) |
| <b>第8章 计算机在过程控制系统中的应用</b> ..... | (299) |
| 8.1 概述 .....                    | (299) |
| 8.2 计算机控制系统硬件体系结构 .....         | (301) |
| 8.3 过程控制的软件应用技术 .....           | (314) |
| 参考文献 .....                      | (325) |

# 第1章

## 绪论

本章介绍过程控制的发展概况、特点和分类,通过分析实例说明过程控制系统各部分的作用和组成,阐述控制系统的基本控制要求及质量指标。通过本章学习,要求学会绘制简单系统的仪表控制流程图,掌握被控变量、操纵变量、扰动量、方框图等基本概念,重点理解自动控制系统的组成及各部分的功能,静态、动态及过渡过程概念,学会计算品质指标。

自动控制技术在工业、农业、国防和科学技术现代化中起着十分重要的作用,自动控制技术水平的高低是衡量一个国家科学技术先进与否的重要标志之一。随着我国国民经济和国防建设的发展,自动控制技术的应用日益广泛,其重要性也越来越显著。人们把自动控制分成两个主要领域,即位置控制(亦称伺服控制)和过程控制。其中,位置控制是指电机、数控机床、卫星姿态、导弹、火炮等控制;而过程控制是特指过程工业(如石化、电力、冶金、造纸、化工、医药、食品等工业)生产过程中的被控变量是温度、压力、流量、液位、成分等过程变量的控制。过程控制是自动控制技术的重要组成部分。

### 1.1 过程控制技术发展概况

过程控制技术是利用测量仪表、控制仪表、计算机、通信网络等技术工具,自动获取各种过程变量的信息,并对影响过程状况的变量进行自动调节和操作,以达到控制要求等目的的技术。由于被控过程的多样性,而且控制参数多属于多变量、非线性、分布参数和时变参数,因此过程控制中应用的控制方案的种类和内容十分丰富。过程控制系统的发展,随着工业生产要求的提高和技术的进步经历了一个相当长的过程。生产过程要求的不断提高、控制理论及策略算法的深入研究、控制技术工具及手段的进展三者相互影响、相互促进,推动过程控制技术不断的向前发展。过程控制技术的发展历史主要是围绕

自动化仪表(包括微型计算机)技术和控制理论两方面展开的,大致经历了以下几个阶段。

### 1.1.1 仪表化与局部自动化阶段

20世纪40年代以前,生产过程基本上处于手工操作状态,只有少量的检测仪表用于生产过程监测,操作人员主要根据观测到的反映生产过程的关键参数,用人工来改变操作条件,凭经验去控制生产过程。

20世纪40年代末,生产过程进入仪表化与局部自动化阶段,这一阶段的主要特点是采用的控制仪表为基地式仪表和部分单元组合式仪表(气动Ⅰ型和电动Ⅰ型),而且多数是气动式仪表,其结构方案大多是单输入-单输出的单回路定值系统。

到20世纪60年代,自动化仪表发展到以单元组合仪表(气动Ⅱ型和电动Ⅱ型)为主要控制仪表,控制理论基础是以频域法和根轨迹法为主的经典控制理论。控制的主要目的是保持工业生产的连续性和稳定性,减少扰动,实现了对生产过程的集中控制。以单回路PID(比例、积分、微分)控制策略为主,针对不同的对象与要求制造专门的控制器,如物料按比值配置的比值控制器、克服大滞后的史密斯预估器、克服特定干扰的前馈控制器等。同时,简单的串级、比值、均匀和选择性等多种复杂控制系统开始得到应用。控制理论方面,出现了以状态空间法为基础,以极小值原理和动态规划等最优控制理论为基本特征的现代控制理论,传统的单输入/单输出系统发展到多输入/多输出系统。

### 1.1.2 计算机集中式数字控制阶段

20世纪70、80年代,微电子技术的飞速发展,大规模集成电路制造成功且集成度越来越高(80年代初一片硅片可集成十几万个晶体管,32位微处理器问世),单片机及其他微型计算机的出现和应用,都促使过程控制系统与微型计算机技术深度融合,大大推动了过程控制技术的发展。这期间,多样化自动化仪表的基本格局已经形成,虽然模拟式仪表仍然广泛存在,但已非主流;以微处理器为主要构成单元的智能仪表、可编程逻辑控制器、集散式控制系统、工业PC机等仪表架构,构成了控制装置的主流。同时受冯·诺依曼计算机的体系结构的影响,自动化仪表出现了组装仪表(受集散式控制系统影响存在时间很短)。时至今日,这些控制装置结构基本没有变化,只是硬件水平和性能逐步提高。控制理论方面,出现了最优控制、非线性分布式参数控制、解耦控制等现代控制理论。

在控制结构上,直接数字控制系统和监督计算机控制系统开始应用于过程控制领域。由于生产过程的强化、控制对象的复杂和多样,如高维、大时滞、严重非线性、耦合及严重不确定性等,简单的控制系统已无力解决这些控制问题,用计算机控制系统替代模拟控制仪表,即模拟技术由数字技术来替代,已成为解决复杂控制问题的主要手段。计算机集中式数字控制系统主要经历了直接数字控制系统和计算机集中监督控制系统两个阶段。

### 1. 直接数字控制系统

直接数字控制系统(direct digital control system,简称 DDC 系统)用一台计算机配以 A/D、D/A 转换器等输入/输出设备,从生产过程中获取信息,按照预先规定的控制算法算出控制量,并通过输出通道,直接作用在执行机构上,实现对生产过程的闭环控制。DDC 系统不仅可以对一个回路进行控制,通过多路采样,还可以实现对多个回路的控制。在 DDC 系统中,计算机参加闭环控制过程,它不仅能完全取代模拟调节器,实现多回路的 PID 调节,而且不需改变硬件,只需通过改变程序就能实现对多种较复杂的控制规律的控制,如串级控制、前馈控制、非线性控制、自适应控制、最优控制等。

### 2. 计算机集中监督控制系统

在 DDC 系统中,其给定值是预先设定并存入微机内存中的,它不能随生产负荷、操作条件和工艺信息的变化而及时修正,因此不能使生产处于最优工况。计算机集中监督控制系统(supervisor computer control system,简称 SCC 系统)是将操作指导和 DDC 结合起来的一种较高级形式的控制系统。在 SCC 系统中,计算机对生产过程中的参数进行巡检,按照所设计的控制算法进行计算,计算出最佳设定值并直接传递给 DDC 系统的计算机,进而由 DDC 系统的计算机控制生产过程,实现分级控制。SCC 系统改进了 DDC 系统在实时控制时采样周期不能太长的缺点,能完成较为复杂的计算,可实时实现最优化控制。计算机集中式数字控制系统的主要理论基础是现代控制理论。各种改进或复合的 PID 算法,大大提高了传统 PID 控制的性能与效果,对多输入/多输出的多变量控制理论,克服对象特性时变和环境干扰等不确定影响的自适应控制,消除因模型失配而产生不良影响的预测控制,保证系统稳定的鲁棒控制等具有重要意义。新理论与策略的应用为计算机集中控制奠定了坚实的理论基础。

#### 1.1.3 集散式控制阶段

20 世纪 90 年代至今,信息技术飞速发展,管控一体化、综合自动化是当今生产过程控制的发展方向。集散式控制系统(distributed control system,简称 DCS 系统)自 1975 年问世以来已经历了三十多年的时间,其可靠性、实用性不断提高,功能日益增强。如控制器的处理能力、网络通信能力、控制算法、画面显示及综合管理能力等都有显著的改进。DCS 系统过去由于价格昂贵,只能应用于少数大型企业的控制系统。但随着 4C 技术及软件技术的迅猛发展,DCS 系统的制造成本大大降低,目前已经在电力、石油、化工、制药、冶金、建材等众多行业得到了广泛的应用。DCS 系统的发展经历了 1975—1980 年的初创阶段、1980—1985 年的成熟期和 1985 年至今的扩展期,其控制理论采用了大系统理论和智能控制理论,使模糊控制、专家系统控制、模式识别等技术得到了广泛应用。

集中式计算机控制系统在将控制集中的同时,也将危险集中,因此系统的可靠性不高,抗干扰能力较差。现代工业生产的迅速发展,不仅要求完成生产过程的在线控制任务,还要求实现现代化集中式管理。DCS 系统采用承担分散控制任务的现场控制站和具

备操作、监视、记录功能的操作监视站二级组成,它的主导思想是将复杂的对象划分为几个子对象,然后用局部控制器(现场控制站)作为一级,直接作用于被控对象,即所谓水平分散。第二级是操纵各现场控制站的协调控制器(操作监视站),它使各子系统协调配合,共同完成系统的总任务。DCS系统既有计算机控制系统控制算法先进、精度高、响应速度快的优点,又有仪表控制系统安全可靠、维护方便的特点。DCS系统的数据通信网络是连接分级递阶结构的纽带,是典型的局域网,它传递的信息以引起物质、能量的运动为最终目的。因而,它强调的是可靠性、安全性、实时性和广泛的实用性。对于工艺复杂、建模困难的过程控制对象,传统控制理论难以解决,而对于知识、仿人脑推理、学习、记忆能力的智能控制系统,可不需要建立对象模型,而通过获取有关信息,模仿人的智能直接进行决策与控制。此外,还可利用智能技术的特征提取、模式分类和聚类分析,建立较精确的对象模型,再用传统的控制方法实施控制。智能控制方法有分级递阶智能控制、专家控制、人工神经网络控制、拟人智能控制等。

#### 1.1.4 现场总线控制系统

集散系统大多采用网络通信体系结构,采用本公司专用的标准和协议,受现场仪表在数字化、智能化方面的限制,它没能将控制功能彻底地分散到现场。随着过程控制技术、自动化仪表技术和计算机网络技术的成熟和发展,控制领域又产生了一次技术变革。这次变革使传统的控制系统(如集散控制系统)体系结构、功能结构和性能产生了巨大的飞跃,这次变革的基础就是现场总线技术的产生。现场总线的思想形成于20世纪80年代,目前仍然处在研究发展过程之中。现在,发达国家正在投以巨资进行全方位技术研究和应用,现场总线技术必将成为21世纪自动化控制系统的主流。

现场总线控制系统(field control system,简称FCS系统)是计算机技术、通信技术、控制技术的综合与集成。通过现场总线,将工业现场具有通信特点的智能化仪器仪表、控制器、执行机构、无纸记录仪等现场设备和通信设备连接成网络系统,连接在总线上的设备之间可直接进行数据传输和信息交换。同时,现场设备和远程监控计算机也可实现信息传输。这样,将现场控制站的控制功能下移到网络的现场智能设备中,从而构成虚拟控制站,通过现场仪表就可构成控制回路,实现了分散控制。FCS系统较好地解决了过程控制的两大基本问题,即现场设备的实时控制和现场信号的网络通信。FCS系统实现了智能下移,数据传输从点到点发展到采用总线方式,而且用大系统的概念来看整个过程控制系统,即整个控制系统可看做一台巨大的计算机,按总线方式运行。全数字化、全分散、可互操作和开放式互连网络是FCS系统的主要特点和发展方向。基于人工神经网络、模式识别、模糊理论基础而开发的软测量技术,为FCS系统提供了强大的信息检测功能;过程优化即稳态优化和最优控制等各种先进控制理论以及多学科和技术的交叉和融合,为FCS系统提供了坚实的理论基础;而计算机网络技术的发展和成熟又为FCS系统的实现提供了技术条件。

### 1.1.5 计算机集成过程系统

尽管各种先进的控制系统能明显提高控制质量和经济效益,但它们仍然只是相互孤立的控制系统。从过程控制系统发展的必要性和可能性来看,过程控制系统必将朝综合化、智能化的方向发展。因此,以智能控制理论为基础,以计算机及网络为主要手段,对企业的经营计划、调度、管理和控制全面综合,实现从原料进库到产品出厂的自动化、整个生产系统信息管理的最优化。整个系统由生产管理高级控制层与优化层、基础控制层三部分组成。这种集控制、优化、调度、管理等于一体并将信号处理技术、数据库技术、通信技术以及计算机网络技术进行有机结合而发展起来的所谓综合自动化系统,即称为计算机集成过程系统(computer integrated process system,简称CIPS系统)。作为一种全集成自动化系统,CIPS系统既是对设备的集成,也是对信息的集成。CIPS系统覆盖操作层、管理层、决策层,涉及企业生产全过程的计算机优化,其最大特点是多种技术的综合与全企业信息的集成,其最显著的特征是仿人脑功能,这一点在某种程度上是回复到初级阶段的人工控制,但更多是在人工控制基础上的进步和飞跃。CIPS系统的实现与发展依赖于计算机网络技术、数据库管理系统、各种接口技术、过程操作优化技术、先进控制技术、软测量技术等的发展、分布式控制系统、先进过程控制以及网络技术、数据库技术是实现CIPS系统的关键和基础。

### 1.1.6 过程控制策略与算法的发展

几十年来,过程控制策略与算法的发展经历了三个阶段:简单控制阶段、复杂控制阶段与先进过程控制阶段。

通常将单回路PID控制称为简单控制。它一直是过程控制的主要手段。PID控制以经典控制理论为基础,主要用频域法对控制系统进行分析、设计与综合。目前,PID控制仍然得到广泛应用。在许多DCS和可编程逻辑控制器(programmable logic controller,简称PLC)系统中,均设有PID控制模块或控制算法软件。

从20世纪60年代开始,随着过程控制技术的发展,出现了串级控制、比值控制、前馈控制、均匀控制和史密斯预估控制等控制策略与算法,它们称为复杂控制,在很大程度上满足了复杂过程工业的高精度和一些特殊控制要求。虽然它们仍然以经典控制理论为基础,但是结构与应用上各有特色,而且目前仍在继续改进与发展。

20世纪70年代中后期,出现了以DCS和PLC为代表的新型计算机控制装置,为过程控制提供了强有力的硬件和软件平台,使得过程控制算法向纵深发展成为可能。

从20世纪80年代开始,在现代控制理论和人工智能发展的基础上,针对工业过程本身的非线性、时变性、耦合性和不确定性等特性,提出了许多行之有效的解决方法,如解耦控制、推断控制、预测控制、模糊控制、自适应控制、人工神经网络控制等,常统称为先进过程控制。近十年来,以专家系统、模糊逻辑、神经网络、遗传算法为主要方法的基于知识的智能处理方法,已经成为过程控制的一种技术。先进过程控制方法可以有效地

解决那些采用常规控制方式效果差、甚至无法控制的复杂工业过程的控制问题。实践证明,先进过程控制方法能取得更高的控制品质和更大的经济效益,具有广阔的发展前景。

## 1.2 过程控制系统的优点

### 1.2.1 生产过程的连续性

在过程控制系统中,大多数被控过程都是在密闭的设备中以长期的或间歇形式连续运行,被控变量不断的受到各种扰动的影响,控制的目的是要自动克服这些扰动,满足工艺要求。

### 1.2.2 被控过程的复杂性

过程控制涉及范围广泛,如石化过程的精馏塔、反应器,热工过程的换热器、锅炉等,其规模大小不同,工艺要求各异,产品千差万别。由于机理不同、生产过程参数不同、控制质量要求有很大差别,有些过程的工作机理非常复杂,至今尚未被人们所认识,很难用解析方法得出精确动态数学模型;有些生产过程在大型生产设备中进行,其动态特性具有大惯性、大滞后、非线性、分布参数和时变特性,使过程控制系统明显区别于运动控制系统。

### 1.2.3 控制方案的多样性

被控过程对象特性各异,工艺条件及要求不同,因此过程控制系统的控制方案非常丰富,有常规的控制方案,如PID控制、改进PID控制、串级控制、前馈-反馈控制、解耦控制等;有为满足特定要求而设计的控制方案,如比值控制、均匀控制、选择性控制、推断控制等;有新型控制系统,如模糊控制、预测控制、最优控制等。

## 1.3 过程控制系统的组成

工业任务的过程控制千差万别,主要内容包括自动检测系统——利用各种检测仪表对工艺参数进行测量、指示或记录;自动信号系统——当工艺参数超出要求范围,自动发出声光信号;连锁保护系统——达到危险状态,打开安全阀或切断某些通路,必要时紧急停车;自动操纵系统——根据预先规定的步骤自动地对生产设备进行某种周期性操作,如合成氨造气车间煤气发生炉按吹风、上吹、下吹、吹净等步骤周期性地接通空气和水蒸气;自动开停车系统——按预先规定好的步骤将生产过程自动地投入运行或自动停止运行;自动控制系统——利用自动控制装置对生产中某些关键性参数进行自动控制,使它们在受到外界扰动的影响而偏离规定状态时,能自动回复到规定范围。

本书主要介绍自动控制系统的基本组成。

### 1.3.1 基本组成

利用自动控制装置构成的过程控制系统,可以在没有人工直接参与的情况下,使工艺参数自动按照预定的规律变化。首先看一个工程实例。

#### 1. 过程控制系统实例

在锅炉正常运行中,汽包水位是一个重要的参数,它的高低直接影响着蒸汽的品质及锅炉的安全。水位过低,当负荷很大时,汽化速度很快,汽包内的液体将全部汽化,导致锅炉烧干甚至会爆炸;水位过高会影响汽包的汽水分离,产生蒸汽带液现象,降低了蒸汽的质量和产量,严重时会造成后续设备。分析图 1-1(a) 手动控制过程,人的眼睛看着液位,大脑判断与希望的液位是否相等,并作出决策,通知人的手调节进水阀开大或关小,使液位维持在希望值上。

人们在总结手动控制的基础上,设计如图 1-1(b) 所示的控制方案来实现对汽包水位的自动控制。首先应随时掌握水位的变化情况,采用测量变送器代替人的眼睛时刻监视水位的变化;用调节器代替人的大脑,将接收到的测量信号(实际水位高度)与预先规定的水位高度进行比较。如果两个高度值不相等,表明实际水位与规定水位有偏差,此时调节器将根据偏差的大小并采用适当的算法输出控制信号;用执行器代替人的手,根据调节器输出的控制信号自动改变进水阀的开度,控制进入锅炉的水量变化,达到自动控制锅炉汽包水位的目的。

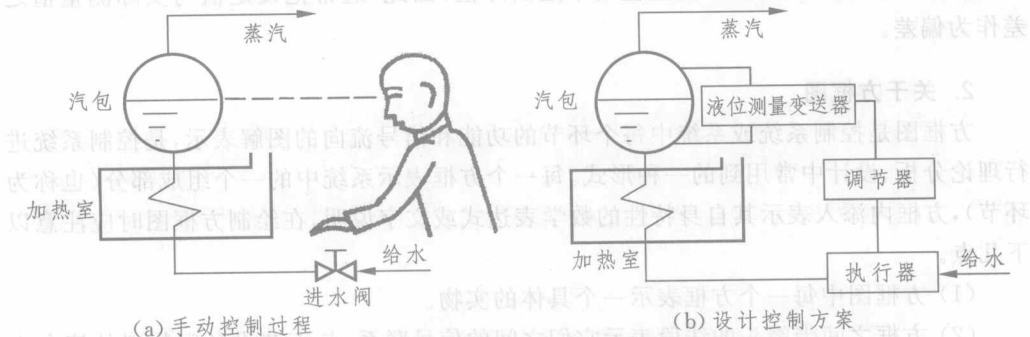


图 1-1 锅炉汽包水位控制示意图

#### 2. 过程控制系统的组成

从上述分析可以看出,一个基本过程控制系统一般由控制的工艺设备或机器(被控过程)和自动控制装置两部分构成,自动控制装置又分为测量仪表(测量变送器)和控制仪表(调节器、执行器),因此基本过程控制系统是由被控对象(亦称被控过程)、测量变送器、调节器、执行器等四部分组成,其系统组成方框图如图 1-2 所示。



图 1-2 基本过程控制系统组成方框图

### 1.3.2 常用术语和方框图

#### 1. 几个常用术语

**被控过程:**也称被控对象,是工艺参数需要控制的生产过程设备或机器等,如锅炉汽包、发酵罐。

**被控变量,**是被控对象中要求保持设定值的工艺参数,如汽包水位、发酵温度。

**操纵变量,**是受控制器操纵,用以克服扰动的影响使被控变量保持设定值的物料量或能量,如锅炉给水量、发酵罐冷却水量。

**扰动量,**是除操纵变量外,作用于被控对象并引起被控变量变化的因素,如蒸汽负荷的变化、冷却水温度的变化等。

**设定值,**是被控变量的预定值。

**偏差( $e$ ),**是被控变量的设定值与实际测量值之差。在实际控制系统中,能够直接获取的信息是被控变量的实际测量值而不是实际值,因此,通常把设定值与实际测量值之差作为偏差。

#### 2. 关于方框图

方框图是控制系统或系统中每个环节的功能和信号流向的图解表示,是控制系统进行理论分析、设计中常用到的一种形式。每一个方框表示系统中的一个组成部分(也称为环节),方框内添入表示其自身特性的数学表达式或文字说明,在绘制方框图时应注意以下几点。

(1) 方框图中每一个方框表示一个具体的实物。

(2) 方框之间带箭头的线段表示它们之间的信号联系,与工艺设备间物料的流向无关。方框图中信号线上的箭头除表示信号流向外,还包含另一种方向性的含义,即所谓单向性。对于每一个方框或系统,输入对输出的因果关系是单方向的,只有输入改变了才会引起输出的改变,输出的改变不会返回去影响输入。例如冷水流量会使汽包水位改变,但反过来,汽包水位的变化不会直接使冷水流量跟着改变。

(3) 比较点不是一个独立的元件,而是控制器的一部分。为了清楚的表示控制器比较机构的作用,故将比较点单独画出。