



火电厂 分散控制系统 原理及应用

◎ 翟永杰 王学厚 张悦 石金宝 韩璞 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

火电厂 分散控制系统 原理及应用

© 翟永杰 王学厚 张悦 石金宝 韩璞 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

分散控制系统已经在工业控制领域得到了广泛的应用。本书共八章，主要介绍了火电厂过程控制概述、分散控制系统概述、数据的采集与预处理、数据的运算、数据的显示和操作、数据的传递、数据的保障，以及分散控制系统的应用。

本书对于从事火电厂分散控制系统操作、调试、运行等方面的工作人员具有指导作用，也可作为研究分散控制系统的科技工作者的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

火电厂分散控制系统原理及应用/翟永杰等编著. —北京:中国电力出版社, 2010.7

ISBN 978-7-5123-0531-1

I. ①火… II. ①翟… III. ①火电厂-分散控制-控制系统
IV. ①TM621.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 111094 号

中国电力出版社出版、发行

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

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 9 月第一版 2010 年 9 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13 印张 314 千字

印数 0001—4000 册 定价 25.00 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

自序

20 世纪人类最伟大的发明是计算机。计算机的出现,推动了科学技术的发展,乃至改变了人们的生活方式和行为方式。在我们的现代生活中很难想象哪里不用计算机,计算机渗透到现代社会的每一个角落。

控制科学与工程是伴随着计算机的发展而发展的。在 20 世纪 40 年代,麻省理工学院维纳(N. Wiener)教授发表了《控制论》著作,标志着控制理论体系已经形成,至今已经有 60 余年。在这 60 余年里,可以把控制论的发展分为三个阶段。第一阶段为经典控制理论阶段:Lyapunov 稳定理论、PID 控制律、反馈放大器、Nyquist 与 Bode 图是这阶段的理论基础,基于复频域,研究单输入单输出控制系统的分析与设计问题。控制论与计算机的发明几乎是在同一时间,那时计算机的性能还很低,也只有少数人才能接触到计算机。因此,在此阶段控制系统的分析和设计主要依靠手工计算和一些图表的帮助。第二阶段为现代控制理论阶段:20 世纪 60-70 年代,由于计算机的飞速发展,推动了空间技术的发展,控制系统变得越来越复杂,单输入—单输出的传递函数已不能描述现在的复杂系统,这时出现了状态空间法。这一阶段的主要内容是线性系统理论、建模和系统辨识、最优滤波原理,以及最优控制理论。在现代控制理论阶段,计算机还没有像现在这样普及,计算机的应用还仅限于航空航天、军事等,现代控制理论的应用也就局限于这些领域。在民用的工程实际中,人们还是应用经典控制理论进行科学研究。因此,现代控制理论的发展速度是很缓慢的。第三阶段为当代控制理论阶段:随着计算机在工程上的普遍应用,涌现出一批新型的控制策略,这些控制策略结构复杂,不借助于计算机根本无法实现。这些控制策略有些已经成为自动控制理论的重要分支。例如自适应控制、预测控制、智能控制、鲁棒控制等。该阶段的主要特征是控制算法变成以计算机为基础,控制算法不依赖于被控对象模型、时域、直接目标函数。之所以称这阶段为当代控制理论阶段,是为了与现代控制理论阶段进行区分。

1981 年,个人计算机(PC 机)的问世大大加速了控制科学与工程的发展

展。PC 机出现后，使得一般科技工作者都能使用计算机。在 20 世纪 80 年代，从事自动控制的科技工作者们，把经典控制理论和现代控制理论中的数学算法都编制成了计算机程序，人们称之为计算机辅助设计。但是，我们不难发现，经典控制理论是在没有计算工具的情况下形成的，因此，80 年代后，控制系统数字仿真得到了快速的发展。至此，在工程中，对控制系统的分析和设计转向了在时域进行数字仿真和直接优化，经典控制理论中的复频域方法逐渐淡出。

控制设备的发展更是离不开计算机的发展。它可以大致分为以下几个发展阶段：

就地式仪表：所谓就地式仪表就是控制仪表安装在现场，如果要对某设备进行操作，就必须走到控制设备跟前。那时的仪表系统封闭，无法与外界沟通。那时的控制是“行走式”。

电动单元组合仪表：这个阶段又分为三个时期。第一时期的仪表以电子管作基本电子器件，体积较大，热耗较高，结构上功能分离，构成的控制系统复杂，操作整定麻烦，盘后接线杂乱。第二时期的仪表是随着半导体器件生产技术的显著进展而发展的，它以晶体管和小型电子器件为基本元件，体积大大缩小，采用“功能合一”的结构，可同时完成控制、操作、显示，仪表的抗震性和功耗均优于先期的仪表。第三时期的仪表采用线性集成电路作为线路的核心器件，体积小，可靠性高，它充分考虑了安全防爆问题，组成各种复杂的控制系统更方便、灵活。

数字调节器：20 世纪 70 年代初，以微处理器为核心的新型仪表数字调节器诞生。由于这种仪表的输入输出多为模拟量，也可以数字输出，因此，我们也把这种仪表称为数模混合仪表，但是，从仪表系统的总体上看，由它们组成的控制系统还是模拟系统。虽然数字调节器有许多优点，但它毕竟是分立式仪表，要构成复杂的控制系统时，需要多台数字调节器，这给安装带来很多麻烦，也降低了系统的可靠性。因此，单回路调节器并没有在火电厂系统中大范围使用。

直接数字控制：在 20 世纪 60 年代中期，国外一些发达国家开始应用小型工业控制计算机代替模拟控制仪表，实现直接数字控制与监视。在 20 世纪 70 年代初，我国也在火电机组控制中进行了试验性的计算机控制工程应用。但是，限于当时的计算机发展水平，只能采用集中式的控制方式，计算机直接数字控制也仅限于试验阶段。计算机在火电厂中的应用也仅限于开环

使用，即数据采集。

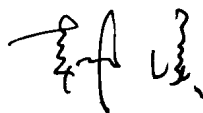
分散控制与现场总线控制系统：虽然最初的计算机控制没有在大型生产过程控制系统中得到闭环应用，但是科技工作者们并没有放弃努力，当在 20 世纪 70 年代微处理器刚出现时，就充分利用微处理器技术的特点，研制出了以微处理器为核心的新型仪表控制系统，即分散控制系统 DCS (Distributed Control System)。DCS 采用了先进的控制功能分散、显示操作和管理集中的设计原则，构成一种适合工业过程自动化要求，具有高度可靠性、灵活性及先进控制功能的新一代仪表控制系统。20 世纪 80 年代末和 90 年代初，我国开始在单元机组上使用 DCS 控制。如今，我国的 DCS 应用技术非常成熟，在火电厂中已经广泛使用，并从 90 年代起，科技工作者们开始研制具有自主知识产权的 DCS。目前，我国研制的 DCS 技术已经达到国际先进水平。随着控制技术、计算机技术和通信技术的飞速发展，数字化作为一种趋势正在从工业生产过程的决策层、管理层和控制层一直渗透到现场设备。现场总线控制系统 FCS (Fieldbus Control System) 顺应以上潮流而诞生，它用现场总线这一开放的、具有可互操作的网络将现场各控制器及仪表设备互连，构成现场总线控制系统，同时控制功能彻底下放到现场，降低了安装成本和维护费用，它将成为新一代主流产品。

我所带领的教学科研团队从事控制理论与控制工程的教学与科学研究工作已近 30 年。在这 30 年里，我们目睹了计算机技术和控制技术的飞跃发展，我们也跟随着这个发展做了大量的研究工作。在 20 世纪 80 年代中期，我们研制的自动控制系统仿真程序包 ASSPP-B1，经过多次修改、扩充，完善成 SSSA、MI-RTS、CTES-1，直到现在的计算机辅助工程系统 CAE2000。这些软件已有上千个用户，曾五次获省部级科技进步奖。

21 世纪伊始，受原山东省电力局委托，与山东鲁能控制工程有限公司合作研发了“LN2000 分散控制系统”，该系统的开发基于 CAE2000 的开发技术，结合了鲁能控制工程有限公司的工程实施经验，使其整体技术达到了国际先进水平。LN2000 已经在电力、水泥、医药、冶金、化工等行业得到广泛的应用，并获得了山东省科技进步一等奖。目前，LN2000 已经应用在 600MW 机组的主控制系统上，这标志着 LN2000 已经进入了火电站控制系统的主流阵地，已经成为国产的、具有国际先进水平的重大技术装备。在我们研发的 LN2000 的基础上，我们又研发了“基于虚拟 DCS 的仿真机支撑系统”，并设计了各种容量机组的仿真机。不但扩充了 LN2000 的应用范围，

还大大提升了仿真机的功能。

本书就是在 LN2000 开发技术的基础上编写的，这里面融入了后续我们开发 DCS 的经验及工程实施经验。在 DCS 和 FCS 软件设计方面，我们已经形成一套完整的开发技术，该技术已经处于国际领先水平，为 DCS 的国产化、普及化做出了重要的贡献。我们撰写此书的目的是衷心希望对开发 DCS 和使用 DCS 的读者有所帮助，并希望读者对本书及我们的开发技术提出宝贵意见。



2010 年 8 月 1 日于保定华北电力大学

前言

火电厂分散控制系统（DCS）的产生和发展是一个令人兴奋和快乐的过程：当操作人员从用力地按动沉重的按键到轻松优雅地点击鼠标，当调试人员从观察枯燥的指针和数字到监视优美的数据曲线，当管理人员从在轰鸣的现场了解生产数据到在安静的办公室浏览监控页面，每一个进步都会给人带来快乐。因此，认识这个过程也应该是非常愉快的。本书侧重于原理性分析，结合实际的软件开发和系统应用，力图从不同角度剖析分散控制系统的特征，从而真正认识分散控制系统的基本原理。

本书编著者为 LN2000 分散控制系统开发组成员。LN2000 分散控制系统由山东鲁能控制工程有限公司与华北电力大学合作开发，获山东省科技进步一等奖，目前已广泛应用于国内电力行业，是校企合作的成功典范，真正将学校的科研开发能力与企业的市场应用能力结合起来，实现了优势互补。本书编著者经历了分散控制系统的开发、应用与教学工作，亲手编写了分散控制系统的源代码，设计过分散控制系统应用方案，对本科生、研究生、电厂运行及热工人员进行过多次培训与教学，对分散控制系统有了一些自己的认识，在此将这些认识、看法和经验总结出来，希望与大家交流。

本书的编写思路为先总体后细节，充分考虑分散控制系统系统性，面向技术环节论述。全书共分八章，三个部分：

第一部分包括第一、第二章，首先对火电厂过程控制及分散控制系统进行总体的介绍，以建立起分散控制系统的总体概念，并对分散控制系统的软硬件组成有全面的认识。

第二部分包括第三～第七章，在总体认识的基础之上，对分散控制系统的细节分别进行论述，按照分散控制系统的信号处理流程，划分为数据的采集与预处理、数据的运算、数据的显示和操作、数据的传递、数据的保障等几个部分。各章针对信号处理的不同环节进行论述，而不是针对分立的软件或硬件，将监控层、控制层、过程通道层的硬件和软件糅合在一起，分析各部分之间的关联和作用。

第三部分为第八章，介绍了分散控制系统的应用，概述了分散控制系统的应用环节，以两个分散控制系统应用实例进行了说明。

全书由翟永杰、王学厚、张悦、石金宝、韩璞编写，神华国华（北京）电力研究院有限公司的梁华参与了部分章节的编写，中国电力企业联合会尹淞为本书提出了很多建设性的意见。

在本书编写过程中，华北电力大学杰德控制系统工程研究中心的霍雨佳、李荣、杨勇、马萌萌参与了文字和图表的整理工作，在此表示诚挚的谢意。

在编写过程中，参考了相关专业书籍和学术文献，在此向有关作者和单位表示衷心感谢。

感谢所有参与开发 LN2000 项目的人员，那些并肩奋斗的日子为生活留下了美好的回忆。

感谢中国电力出版社对本书的写作和出版工作给予的帮助和支持。

由于编著者水平所限，书中不足之处在所难免，恳请广大同行、读者不吝指正。

LN2000 演示版软件及说明文档可以免费下载：<http://www.lnkz.com/>。

作 者

2010 年 4 月 9 日于华北电力大学

目 录

自序

前言

第一章 火电厂过程控制概述	1
第一节 工业生产过程分类	1
第二节 控制系统概述	2
第三节 火电厂过程控制	6
第四节 控制系统的发展历史	9
第五节 计算机控制系统	16
第二章 分散控制系统概述	22
第一节 分散控制系统的总体结构	22
第二节 分散控制系统的硬件组成	26
第三节 分散控制系统的软件组成	33
第四节 分散控制系统应用的主要环节	39
第三章 数据的采集与预处理——过程通道	44
第一节 模拟量信号的采集和转换	44
第二节 开关量信号输入输出设备	50
第三节 LN2000 系统过程通道	52
第四节 模拟量数据的预处理	56
第五节 LN2000 系统数据库组态软件	62
第四章 数据的运算——主控制单元	69
第一节 主控制单元的基本组成与功能	69
第二节 主控制单元的软件	72
第三节 主控制单元中控制运算功能的实现	74
第四节 PID 算法在分散控制系统中的实现	87
第五节 无扰切换的原理及在分散控制系统中的实现	93
第六节 过程控制站的工作状态与评价要素	85
第五章 数据的显示和操作——人机接口	101
第一节 操作员站概述	101
第二节 监控画面	103

第三节	监控画面组态软件·····	110
第四节	趋势曲线显示·····	115
第五节	报警管理软件·····	118
第六节	系统诊断·····	119
第七节	历史数据记录与报表·····	121
第六章	数据的传递——通信网络·····	126
第一节	通信网络·····	126
第二节	LN2000 系统中的通信网络 ·····	137
第三节	网络间的互连与通信·····	141
第七章	数据的保障——可靠性技术·····	153
第一节	可靠性指标·····	153
第二节	可靠性试验·····	156
第三节	可靠性分析与设计·····	160
第八章	分散控制系统的应用·····	169
第一节	应用阶段·····	169
第二节	600MW 火电机组主控分散控制系统设计 ·····	173
第三节	2×300MW 火电机组辅助系统控制方案 ·····	191
参考文献	·····	195

火电厂过程控制概述

DCS 是英文 Distributed Control System 的缩写,直译为“分布式控制系统”。一般翻译为“分散控制系统”或“集散控制系统”,我国电力行业标准定义为分散控制系统,定义为:采用计算机、通信和屏幕显示技术,实现对生产过程的数据采集、控制和保护等功能,利用通信技术实现数据共享的多计算机监控系统,其主要特点是功能分散,数据共享,可靠性高。根据具体情况也可以是硬件布置上的分散。

从字面意义上看,分散控制系统是一种由计算机组成的系统,其主要用途是对生产过程进行控制,而系统的结构则是分布式的,即一种分布结构的计算机控制系统,为简便起见,书中分散控制系统简称为 DCS。我们首先对火电厂生产过程及控制系统进行简要的介绍。

第一节 工业生产过程分类

一、过程变量的分类

表示工业生产过程状态的量称为过程变量(Process Variable, PV),如温度、压力、流量、液位、开关的分/合、电动机的运行/停止状态等。一般来说,过程变量按其随时间变化的规律可分为模拟量和开关量两大类,如图 1-1 所示。

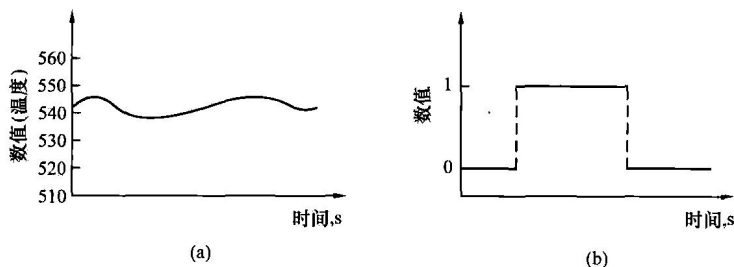


图 1-1 过程变量分类
(a) 模拟量; (b) 开关量

1. 模拟量

模拟量(连续量)是表达物理过程或设备量值的一种连续变化的量,其数值随时间变化而变化。模拟量最大的特点是连续性,即在其随时间变化的曲线上的任意一点均可求导。这类过程变量的变化是一个渐变的过程,无论其变化有多快,都会有一个过渡过程,其取值可有无穷多个。火电厂生产过程中的温度、压力、流量、液位、电流、电压及功率等都归类于

模拟量。

2. 开关量

开关量（离散量）是一种表示物理过程或设备所处状态的量，也可直接称为状态量。典型的开关量只有两个取值，如开关的“闭合”与“断开”、设备的“投入”与“退出”、参数的“正常”与“异常”、信号的“有”与“无”、截断阀门的“通”与“断”等。这类过程量也可有多个取值，如具有多个绕组抽头的电力变压器当前的分接头位置，一台多工位的机器当前所处的工位等。尽管可以有多个取值，但开关量取值的数量是有限的，这一点与模拟量有着本质的不同。

还有一些特殊的过程量，如脉冲量、SOE（事件顺序记录，Sequence Of Event）量等，在工程实际中经常用到，属于以上两种过程量。

二、工业生产过程的分类

按照工业生产中主要过程变量随时间变化的特点，工业生产的典型过程可以分为两种：连续过程（Continuous Process）和离散过程（Discrete Process），见图 1-2。

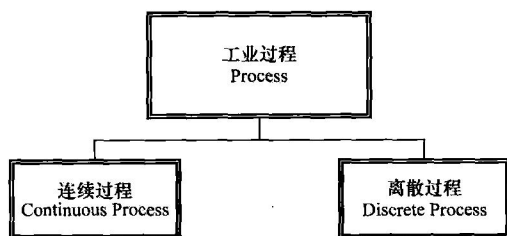


图 1-2 工业生产过程的分类

连续过程的产品一般都是“流态”的，按连续量纲计量。如按吨计量的石油化工产品，按千瓦时计量的电力产品。输入输出变量为时间连续和幅度连续的量，如温度、压力、流量、质量及液位等。

离散过程的产品一般是“固态”的，按离散量纲计量，如按台计量的电器产品、按个计量的玩具产品。输入输出变量为时间离散和幅度离散的量，如产品的数量、开关的状态等。

一个完整的生产过程，一般都是连续过程和离散过程的混合体。例如，在火电厂生产过程中，锅炉炉内煤粉燃烧过程是连续过程，但炉膛的吹扫过程是离散过程。以连续过程为主的生产行业被习惯性地称为流程工业；以离散过程为主的生产行业被习惯性地称为制造业。火电厂生产过程归类于流程工业。在国际上，过程控制（Process Control）和过程自动化（Process Automation）一般都是指连续过程。

第二节 控制系统概述

一、控制系统组成

控制是在日常生活中经常接触到的事情，可以说在生活中处处都离不开控制。例如，一个容器装水的过程就是一个简单的控制事件：如图 1-3 所示，首先用眼睛观察实际水的位置，然后头脑中考虑水位是否达到期望的位置，指挥手来操作水龙头；若水位低则打开水龙头，当水位满足要求时，则关闭水龙头，从而把水位控制在期望的位置上。这个控制是由人的眼、脑、手来实现的。眼睛起到测量水位的作用，大脑起到判断决策的作用，手起到操作阀门的作用，而所要控制的对象则是容器中的水位。

在图 1-4 所示常见的液位控制系统中，通过液位传感器（浮子）测量储液罐的液位，并将液位值送到控制器，控制器将测量的液位与设定的液位进行比较。如果液位高于设定的最

高值，则关闭进料阀，停止进料；如果液体的流出使液位低于设定的最低值，则开启进料阀补充液体，直到液位回升到上限值。这个系统以传感器取代眼睛，控制器取代大脑，执行器取代手，人则处于设计和监督的位置。

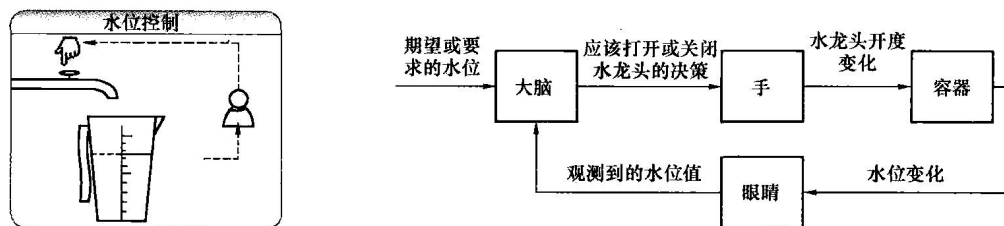


图 1-3 容器装水的控制

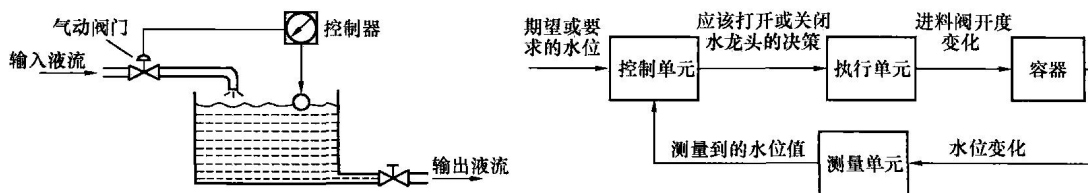


图 1-4 储液罐液位控制

上述液位控制的实例是一个典型的回路控制系统，由控制单元（大脑或控制器）、执行单元（手或执行器）、测量单元（眼睛或传感器）组成，一般也称为直接控制系统。

直接控制系统定义为以下三个要素的集合（如图 1-5 所示）：

- (1) 测量方法和测量装置。
- (2) 控制方法（包括算法）和运算处理装置。
- (3) 执行方法和执行装置。

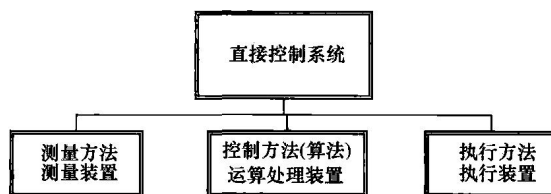


图 1-5 直接控制系统组成

在这三个要素中，方法是软件，这里的软件是指解决方案，而不是指具体的程序代码，各种装置则是硬件，是实现方法的手段。

二、直接控制系统组成部分

1. 测量方法和测量装置

测量是控制系统感知被控对象状态的重要环节，一般通过敏感元件或检测元件来实现，如压力传感器、流量传感器、温度传感器（热电偶或热电阻）、电流传感器、电压传感器、功率传感器、位置传感器等。传感器一般基于物理或化学原理来感知各种状态，输出电流、电压及气压等信号。控制单元要求这些信号具有标准的、规范的表现形式。因此如果传感器输出的信号不符合规范和标准，则不能被控制器直接处理，往往会在传感器后增加变送器予以变换，形成符合一定标准的统一信号，如图 1-6 所示。



图 1-6 过程变量测量环节

在控制系统中，各种模拟连续量需要转换为标准的气压、电流或电压

信号,有一个对应的数值区间;开关离散量也需要转换成标准信号,一般用电平的高或低表示不同的状态,在数字控制系统中,则采用二进制位的0或1表示开关量的状态。

2. 控制方法和运算处理装置

控制系统是根据不同被控过程的特点实施控制的。对于连续过程,一般使用调节性质的控制;对于离散过程,则一般使用程序控制。

(1) 对连续过程的控制。对于连续过程的控制一般称之为过程控制 (Process Control) 或流程控制,它是一种调节性质的控制。

调节是控制的一种,它特指通过反馈的方法对连续变化的对象进行连续的控制,如通过调节进水阀门的开度以控制流量的大小,从而使容器水位保持在期望水位范围内。在这里水位是一个连续变化的量,对水位的调节也是连续进行的。

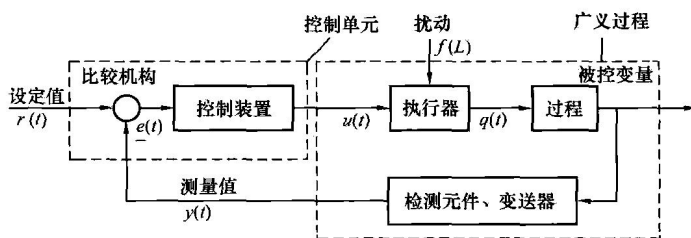


图 1-7 回路控制的功能框图

一般把对最小过程单元进行的闭环控制或调节称为回路控制,如图 1-7 所示。被控过程的输出是控制系统的控制目标,即被控变量,检测元件得到过程的输出值,并作为控制器的测量值送给控制器,形成了一个闭合回路。在这个闭环系统

中,控制单元将根据控制算法处理测量值和设定值的偏差,并控制过程减小此偏差。

连续过程的调节并没有明显的起点和终点,两个最基本的要素如下:

- 1) 受控对象对目标值的允许偏差。
- 2) 进行测量和控制的周期。

连续过程调节使用的控制算法包括经典的 PID 调节、现代的模糊控制等,根据调节控制算法进行计算,是控制系统最核心的功能,计算功能由控制单元完成。

控制单元一般有以下两个输入:

- 1) 测量值 (Process Variable, PV)。传感器/变送器给出的表达被控对象运行状态的量。
- 2) 设定值 (Set Point, SP)。根据生产过程的要求所设定的控制目标。

控制单元的任务有以下两个:

- 1) 在设定值根据生产过程的要求发生改变时,采用一定的控制算法计算出需要进行何种操作或调节,并对被控对象的可操作、可调节部分实施输出,以使被控对象尽快达到控制目标。
- 2) 在出现干扰时,被控对象的运行状态偏离了预定的目标(即设定值)。这时控制单元要通过测量得到偏离的程度,并采用一定的控制算法计算出操作步骤或调节量,并实施输出,以使被控对象的运行状态尽快回到预定的目标值。

控制单元的输出量是对被控对象所实施的操作和调节:

- 1) 操作一般指通过某种方法改变被控对象的运行方式,如开通或关断某个管道的阀门,闭合或分离电路的开关等。
- 2) 调节则是通过某种方法改变被控对象的运行参数,如通过控制调节阀改变管路中流

体的流量,通过调节加热器改变温度等。

所有这些输出不论操作还是调节均被称为控制指令。

(2) 对离散过程的控制。对于离散过程的控制以状态控制为主,根据各个被控对象的动作时间、动作顺序和逻辑关系进行的控制,实际上就是按照一定的方式改变被控对象的状态或位置,一般称为程序控制、顺序控制或逻辑控制。生活中最简单的例子如出门的过程,第一步关灯,第二步锁门,第三步离开,后一步在前一步程序完成状态改变之后进行。离散控制过程由一组非连续对象按照工序的要求组合在一起,以完成一个比较复杂的动作或任务,这样的过程有很明显的起点和终点,控制过程和动作过程是完全对应的。

动作时间、动作顺序和逻辑关系是对离散过程实行控制的要素。

(3) 连续控制和离散控制的比较。对这两种控制的比较见表 1-1。

表 1-1 连续控制和离散控制的比较

相关要素 \ 控制方式	连续控制	离散控制
运行方式	周期性的重复控制循环	从开始到结束的一系列控制步骤
控制目标	预期的允许偏差范围	预期的状态或位置
控制算法	PID 等数学方程	逻辑公式
时间特性	与过程适应的控制周期	各个步骤的执行和间隔时间
控制质量	目标参数的控制精度	逻辑关系的正确性
稳定性要求	干扰工况下尽量小的偏离	干扰工况下无错误动作

3. 执行方法和执行装置

由控制单元输出的控制指令,通过各种不同的执行机构来作用于被控对象的可操作部分或可调节部分,这些执行机构也称为执行装置或执行单元,如气动阀、电磁阀、控制电动机及继电器等。执行装置将运算处理装置输出的控制指令转换为被控对象可接受的动作,以改变被控对象的运行状态。

控制单元的输出也可分为模拟量和开关量两大类。模拟量输出用于对被控对象进行连续调节,如调整阀门的开度(百分比)以控制燃料流量,调整燃烧过程以控制温度等;开关量控制则用于改变被控对象的状态或工况,如通过电源开关的分/合以改变电灯的发光状态等。

三、完整的控制系统组成

测量单元、控制单元和执行单元构成直接控制系统,被控对象是实施生产过程的主体,直接控制系统作用于被控对象,其控制作用围绕生产过程发生。控制装置是控制系统的核心,所有控制作用都是由控制装置实现的,一个控制系统能否顺利地实现其控制目标,完成复杂的控制功能,主要看控制装置是否稳定可靠并具有优异的性能,如图 1-8 所示

另一方面,对生产过程的控制起主导作用的主体是人:生产过程是为满足人的需求而建立的,生产的程序、步骤及工艺等是人设计的,在整个生产过程中,要进行哪些控制、如何进行控制及控制的方法是什么,设定值从何而来,一般都是由人决定的;在某些情况下,人也直接参与控制;控制系统也不了解生产过程的特性,只有人根据生产设备的特性及其对生产过程的影响,推导出如何对这些生产设备进行控制的数学模型,然后控制系统才能够按照这些数学模型进行计算,得到相应的控制值。另外,生产过程不可避免地会出现一些异常情

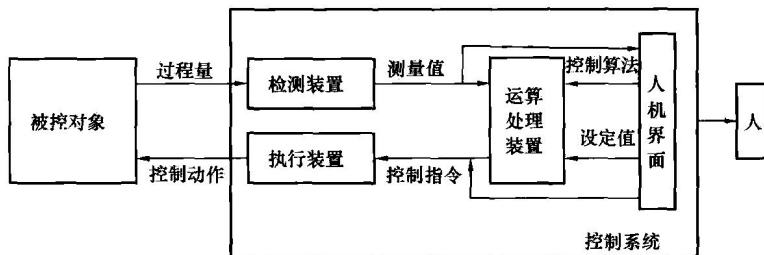


图 1-8 完整的控制系统

况，这些异常情况是无法预知的，必须在运行过程中实时地做出决策，这些都离不开人的作用。

因此，作为一个整体，人是控制系统的一个最重要的组成部分，为了便于人了解被控对象的运行状态并进行人工的操作与调节，控制系统还必须提供人机界面。人机界面包括了测量值的显示、计算参数的显示、人工操作设备（如按钮、调节手柄）等，还有对运算处理装置进行设定和控制算法预置的设备等。

第三节 火电厂过程控制

一、火电厂生产过程自动调节

对于火电厂生产过程，具有代表性的自动调节系统如锅炉给水调节系统。锅炉给水人工调节示意图如图 1-9 所示。给水经过给水调节阀 5，在省煤器 3 加热后进入汽包。为了使水位保持在要求的数值上或在一定范围内变化，必须在汽包上设置一个水位计 6，操作人员根据水位计的指示，不断地改变调节阀 5 的开度，控制进入汽包的水量，从而使水位维持在某个要求的范围内。例如，当操作人员从水位计上观察到的数值低于要求的水位值时，则开大阀门，增大给水流量，使水位上升到要求的数值；当从水位计上观察到的数值高于要求的水位值时，就关小阀门，减小给水流量，使水位下降到要求的数值。

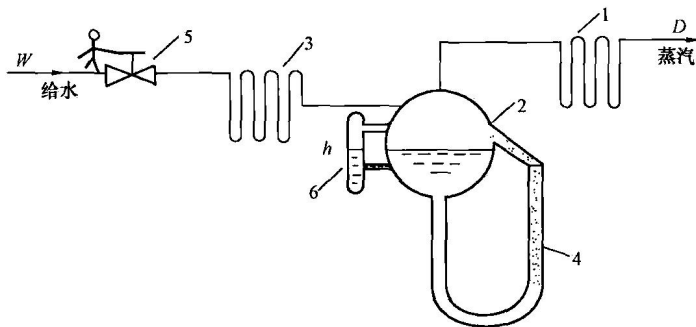


图 1-9 锅炉给水人工调节示意图

1—过热器；2—汽包；3—省煤器；4—水冷壁；5—给水调节阀；6—水位计

归纳起来，操作人员所进行的工作包括以下几项：

- (1) 观察水位计的指示值。
- (2) 将汽包水位的指示值与汽包水位要求的数值比较，并算出两者的差值。