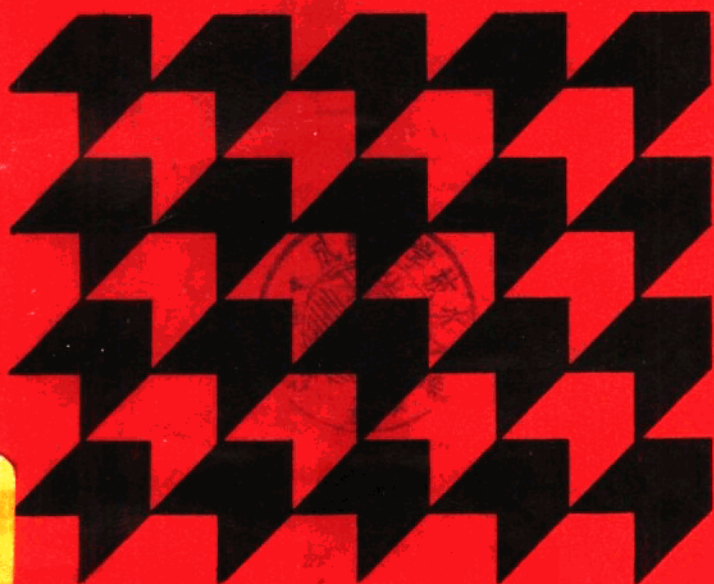


042035

TP214
7438

可编程序调节器及其应用

陈启铎 梁杰申 编



华南理工大学出版社

前 言

随着大规模集成电路及计算机控制技术的飞跃发展,近年来国内外相继出现了多种微处理机控制仪表,其中,可编程序调节器因具有丰富的控制功能并能灵活地构成复杂的控制系统而被日益广泛地应用到生产实践中。为了适应生产和教学的需要,我们编写了本书。

本书从教学和应用的角度出发,介绍了可编程序调节器的结构、算法、电路及软件的原理和应用。全书共七章:第一章介绍自动化仪表及系统的概貌,第二、三章介绍可编程序调节器的结构和算法,第四、五章分别介绍可编程序调节器的硬件和软件,第六章介绍如何使用可编程序调节器,第七章介绍可编程序调节器在工业生产中的应用。

本书是以日本横河北辰公司YS-80系列中的SLPC及我国肇庆市智能仪表厂的CS910两种可编程序调节器为例进行叙述的。书中既有对原理的论述,又有对实际使用方法的说明和例证,可供高等院校生产过程自动化专业师生及有关工厂、设计单位的工程技术人员参考。

本书第一至第四章由陈启铎编写,第五至第七章由梁杰申编写。在编写过程中,得到了刘永清教授的指导及广东肇庆市智能仪表厂蔡朗生厂长和麦志增总工程师的大力支持,在此谨以致谢。

2025116

序 言

计算机技术与应用是现代科技发展与社会进步的标志之一。对于计算机如何应用在工业生产过程控制中的问题，世界各国科学家和工程技术人员作了多年的努力，取得了许多成果，其中集散型控制系统是最有代表性的成果之一，而可编程序调节器是这个系统中的重要组成部分，它的作用是常规仪表无可比拟的。

本书作者结合了国内外的资料及多年的教学实践和仪表的设计经验编写了这本书。该书较详细地叙述了可编程序调节器的原理、使用方法及其在工业中的应用，反映了此学科领域中的当代发展趋向与新气息。更可贵的是，该书还结合了国产的可编程序调节器进行叙述，具有中国特色，值得一读。

刘永清

一九九〇年十二月

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 自动控制仪表的发展概况.....	(1)
一、模拟式控制仪表的发展概况.....	(1)
二、智能式控制仪表简介.....	(3)
第二节 计算机控制系统概述.....	(5)
一、计算机控制系统的发展过程.....	(5)
二、计算机控制系统的分类.....	(9)
三、单回路数字控制系统.....	(13)
第三节 YS—80 系列和CS900系列中的 可编程序调节器.....	(17)
一、YS—80 单回路数字控制系统概述	(17)
二、CS910两回路可编程序调节器简介.....	(36)
第二章 可编程序调节器的构成和输入信号的处理 ...	(40)
第一节 可编程序调节器的基本构成.....	(40)
一、模拟量、数字量、脉冲量输入通道.....	(41)
二、模拟量、数字量、脉冲量输出通道.....	(43)
第二节 采样定理.....	(45)
一、采样过程及采样函数.....	(45)
二、采样定理.....	(47)
三、采样周期的选择.....	(50)
第三节 数字滤波.....	(52)
一、算术平均值滤波.....	(53)
二、程序判断滤波.....	(55)

三、一阶惯性滤波(或称一阶延时滤波)·····	(57)
第三章 可编程序调节器的控制算式和参数整定 ·····	(60)
第一节 基本的PID控制算式·····	(60)
一、理想的PID控制算式·····	(60)
二、实际的PID控制算式·····	(65)
第二节 改进的PID控制算式·····	(70)
一、微分先行控制算法(消除设定值变化而产生冲击的PID控制算法)·····	(71)
二、积分分离的PID控制算法·····	(71)
三、消除随机起伏的PID算法·····	(73)
四、纯滞后的补偿算法·····	(78)
五、带有死区的PID控制算法(非线性PID控制)·····	(82)
六、采样值PI控制·····	(83)
第三节 YS—80及CS910系列仪表中的PID控制算法·····	(85)
一、基本的PID调节·····	(86)
二、批量PID控制·····	(89)
第四节 PID参数的整定·····	(95)
第四章 可编程序调节器的电路原理 ·····	(98)
第一节 可编程序调节器的输入回路·····	(98)
一、模拟量输入回路·····	(98)
二、数字量输入回路及实例·····	(99)
第二节 模数(A/D)及数模(D/A)转换·····	(104)
一、模数(A/D)转换·····	(104)
二、数模(D/A)转换·····	(111)
第三节 数字量输出回路·····	(116)

一、脉冲变压器耦合方式·····	(116)
二、光-电耦合方式·····	(118)
第四节 自诊断 (WDT)·····	(124)
一、自诊断的内容和处理方式·····	(124)
二、自诊断硬件线路及动作原理·····	(125)
三、自诊断监视器操作·····	(126)
第五节 交直流两用型开关调节式电源·····	(128)
一、调节式稳压电源框图及工作原理·····	(129)
二、三角波发生器·····	(130)
第五章 可编程序调节器的软件·····	(138)
第一节 软件概述·····	(138)
一、系统软件·····	(138)
二、应用软件·····	(141)
第二节 可编程调节器的监控程序·····	(142)
一、CS910监控程序原理·····	(143)
二、CS910的数据类型·····	(145)
三、CS910寄存器的配置和信息流程·····	(146)
第三节 可编程调节器的应用软件·····	(150)
一、过程控制应用软件的环境·····	(150)
二、过程控制应用软件的特性·····	(154)
三、CS910的应用软件包·····	(158)
第四节 微处理机控制仪表的系统软件设计·····	(208)
一、软件设计概述·····	(208)
二、结构化分析·····	(212)
三、模块化程序设计·····	(215)
四、结构化编码·····	(220)
第六章 可编程序调节器的操作、整定及编程·····	(224)

第一节 SLPC 的操作、整定及编程·····	(224)
一、SLPC 的操作·····	(224)
二、SLPC 的参数整定·····	(226)
三、SLPC 的编程·····	(230)
第二节 CS910 的操作·····	(248)
一、操作状态下的显示方式·····	(248)
二、操作状态下的键盘功能·····	(250)
三、C、A、M 模式的切换·····	(252)
第三节 CS910 的整定·····	(253)
一、CS910 的工作参数·····	(253)
二、整定状态下的显示方式及键盘功能·····	(261)
第四节 CS910 的编程·····	(262)
一、指令的代码·····	(263)
二、程序的输入和常数的设定·····	(263)
三、程序的试运行及写入 ROM ·····	(267)
四、编程举例·····	(268)
第七章 可编程调节器的应用 ·····	(282)
第一节 可编程调节器在石油工业中的应用·····	(282)
一、石油工业中的仪表控制系统概要·····	(282)
二、蒸馏塔的仪表控制系统·····	(283)
三、蒸馏塔底成分控制系统·····	(311)
四、蒸馏塔底的输出流量控制·····	(311)
第二节 可编程调节器在钢铁工业中的应用·····	(315)
一、钢铁生产过程概要·····	(315)
二、加热炉的燃烧控制·····	(318)
三、燃烧控制的串级比值系统·····	(321)
四、交叉限幅并联副回路的串级调节·····	(323)

五、热风炉燃烧控制·····	(335)
第三节 可编程调节器在电力工业中的应用·····	(338)
一、锅炉工艺过程概述·····	(338)
二、给水控制 (FWC) 系统·····	(342)
三、主蒸汽温度控制 (STC) 系统·····	(347)
四、SLPC 汽包水位调节系统程序及说明·····	(350)
五、SLPC 主蒸汽温度调节系统的 程序及说明·····	(354)
六、主蒸汽流量的温度、压力补偿运算·····	(359)
七、锅炉燃烧控制系统·····	(363)
八、CS910用于锅炉自动控制·····	(372)
附录 1 ·····	(386)
附录 2 ·····	(389)

第一章 绪 论

第一节 自动控制仪表的发展概况

一、模拟式控制仪表的发展概况

在具体介绍可编程序调节器之前，我们首先回顾一下过程控制仪表的发展历程。工业自动化仪表作为一门学科只不过是近三十多年的事，但从过程控制仪表方面看，已发展了基地式气动仪表、电子管式、晶体管式、集成电路式和目前的智能式仪表等五代产品。从总的结构和功能上看，由于生产工艺设备的进步对仪表的要求越来越苛刻，促进了仪表的高速发展。五十年代以基地式单回路仪表为主，气动仪表占了大部分，那时电子管式的仪表也有相当的发展，特别是出现了按功能分类的单元组合仪表产品。随着元件的发展，晶体管取代了电子管，于是产生了在国内称之为Ⅰ型的电动单元组合仪表。六十年代初，随着石油和化学工业的发展，生产过程走向连续化，生产工艺设备走向大型化，生产规模愈来愈大，这样，需要的控制回路增多了，需要处理的信息量增大了，相关信息也多了，这就要求对生产过程作进一步的集中监视和最优控制，从而促进了计算机控制技术的发展，实现了计算机的DDC (Direct Digital Control) 控制。与此同时，集成电路代替了晶体管，出现了像日本横河的Ⅰ系

列仪表或国内称之为Ⅱ型的电动单元组合仪表。在计算机控制中，模拟仪表多用于弥补当时计算机可靠性不高之不足。七十年代初期，计算机集中控制技术有了较快的发展，但由于控制功能向计算机高度集中，因而事故发生的危险性也高度集中，在运行中一旦计算机发生故障，所有控制回路将同时瘫痪，这是个致命问题。自1971年美国英特尔公司研制成四位微机处理器后不久，在过程控制中便出现了集中分散控制系统，有关这方面内容将在下一节作简要叙述。

为了叙述的方便，我们把模拟仪表称作硬件功能式仪表或常规仪表，这是因为其功能主要靠硬件组合而实现。这种仪表虽曾有过相当长的兴盛阶段，但随着工业技术的不断进步也日见其不足之处。现试举如下几点：

1. 功能与硬件 硬件功能式仪表其功能的强弱大体上随硬件数量的增加而增加。以国产Ⅱ型电动单元组合仪表基型调节器为例，较早的一种大约用了6个线性IC (Integrated Circuit) 运算放大器、7个三极管、11个二极管，较晚的一种大约用了16个IC运算放大器、32个三极管、70个二极管、6个TTL元件。后者较前者增加了双向无扰切换、抗漂移、手动预设定等功能，其基本功能并无甚大突破，但元件却成倍增加。

2. 功能与成本 目前多用性能价格比来衡量。功能增多，成本随之增加。某些特定功能还需要设计人员选用各种新型元件，绞尽脑汁设计开发新线路，这样便使技术越来越复杂，使用维修不便，提高了成本，影响了自动化的普及与发展。

3. 功能与可靠性 功能越强，用的元件就越多。而硬件功能式仪表的可靠性主要表现在元件的可靠性及工艺可靠

性上。元件用得越多,元件损坏的机会就多,焊点多当然可靠性也下降。硬件功能式仪表越复杂,维修技术水平要求就越高,对中小型使用厂来说因维修力量跟不上而难以接受。而且,这种仪表一旦发生故障,若不能及时修理好就等于降低了可靠性。

4. 功能的扩展问题 在功能的扩展问题上,硬件功能式仪表是毫无办法的,特别是在处理现代工业中的大量相关信息时,这种仪表更是无能为力。因此在未来工业技术中的许多方面,硬件功能式仪表将被智能式仪表所取代已是势在必行。

二、智能式控制仪表简介

什么是智能仪表?暂且不给它下定义(且不说可否下定义)。先举一例说明。有这样一个温度测量问题,为了测得准确,采用如下办法。每次测得的温度值 t_n 都要和前次测得的温度值 t_{n-1} 进行比较,如二者之差的绝对值大于某值 Δt (事先规定)时,舍去当前值,另取新值 t_{n+1} ,重复上述做法,如果仍是这样,就输出报警,否则取两次测量值的平均值作为本次测量值。其步骤如图1-1。

这是一种简单的程序滤波(数字滤波)测温方式。它能抑止很大一部分干扰从而提高测量精度。很显然,我们通常使用的测量仪表不具备这种功能。那么,它和通常所用的仪表究竟有哪些不同呢?首先,它必须能对测得的数据进行处理,这里所说的是相邻两次测量值的平均值运算;其次,要判断本次测量值是否较前次测量值超出了规定范围,即判断本次测量的真实性;再者,还要将前次测量值记忆住并待取用,以作判断的依据。归纳起来可以说,为了实现如上所述的测量,要求测量仪表必须具备记忆、判断和处理功能。

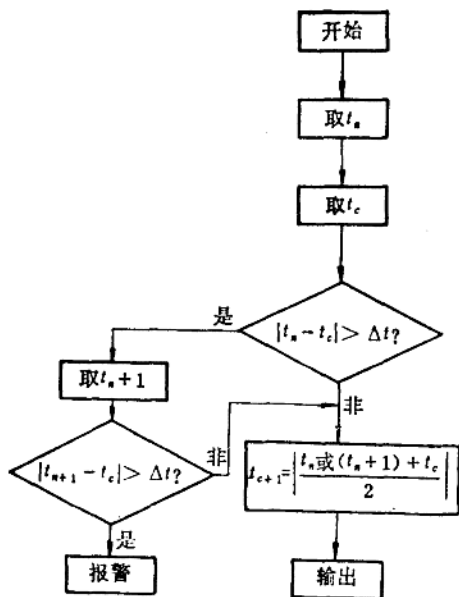


图 1-1 测温步骤示意图

有了这些功能，我们才可以说仪表具备了“思考”能力，也就是智能。事实上，智能仪表是在微处理器（俗称微电脑）出现之后才兴起的，因为只有用微电脑武装仪表之后仪表才具备了智能作用。

在微处理器或微型计算机出现的短短十几年中，微电脑对科学技术乃至人类社会所产生的影响远远超出了人们的预料。当今世界上所谓的“第四次工业革命”或“第三次浪潮”是以微电脑处理信息为主要特征之一，而作为这一信息

革命的一个主要方面就是智能仪表的出现。

第二节 计算机控制系统概述

一、计算机控制系统的发展过程

数字计算机具有强大的数学运算和逻辑判断能力。其运算速度快,存储的信息量大,因而可采取时间分割的办法,用一台大型计算机对许多调节回路同时进行检测和控制。

早在五十年代,计算机刚出现不久,控制工程师就进行了大量的探索研究,想用计算机对大型生产过程进行集中控制和检测,以克服模拟仪表过于分散,监视和操作不便的缺点,并实现比PID(Proportional, Integral Derivative)更为高级的控制。然而,试验表明,尽管计算机的发展潜力很大,但随着控制功能向计算机高度集中,事故隐患不可避免。为了提高计算机的可靠性,通常采取双机运行、互为备用的方式,但这又大大地增加了成本。此外,那时人和计算机的联系也很不方便,没有CRT屏幕显示,无法向操作工快速地提供足够数量和高分辨率的直观画面。所以在很长一段时期里,人们虽然进行了大量的研究工作,但实际在线运行的计算机控制系统并不多。

这种状况一直延续到七十年代初微处理机面世为止。微处理机以大规模集成电路的形式出现,可靠性高,价格便宜,功能也相当齐全。因此,它一出现立即就受到仪表制造厂的巨大关注,并倾全力加以研究。微处理机的出现,有可能使计算机控制技术取得新的突破。

经过几年的研究,在1975年前后,世界上各主要的仪表

制造厂几乎在同一时间，纷纷宣布研制成功了新一代的计算机控制系统，例如日本横河北辰公司的“CENTUM”系统，美国霍尼威尔公司（HONEYWELL）的“TDC-2 000”系统，美国福克斯博罗公司（FOXBORO）的“SPECTRUM”系统等。这些系统的功能虽有差别，但都有一个共同的特点，即把控制功能相对地分散了，因此也称为分散型控制系统（Distributed Control System）或集散型控制系统。这是在过去十多年计算机控制研究经验的基础上产生的一种新的设计思想，即通过功能的分散来达到分散危险性、提高可靠性的目的。

上面所说的“集散”似乎是一个矛盾的名词，“集”是集中，“散”是分散，怎么能把两个含义相反的字捏在一起呢？实际上，这种控制系统正是通过把两个互相对立的方面，统一在一个共同体中，以充分发挥计算机的特长，并避开其弱点的。其实，这里集中和分散指的不是同一回事，分散是就控制功能来说的，而集中则是就管理而言。以日本横河北辰公司的CENTUM系统为例，它由承担控制任务的“现场控制站”和具备操作、监视、记录功能的“操作监视站”两级组成。现场控制站中的微处理机接受测量仪表送来的测量信号，经过运算，向执行器发出调节信号。这里，一个微处理机只控制8~32个回路。当系统规模较大时，可使用好几个控制站一起工作。这样，一个控制站中的微处理机发生故障时，只会影响它控制的这一部分回路。由于微处理机价格较低，重要的部分还可以采用双重化冗余技术，因此可靠性是相当高的。

上面说的是分散的一面，下面再谈集中的一面。CENTUM系统的各控制站通过数字通信，都与操作监视站直接相

连，随时进行着信息交换。在操作监视站中，有大型的CRT 屏幕显示器和打印机。通过键盘，可方便地调出各种画面。操作人员可根据直观的画面显示，改变所有控制回路的设定值、运行工况及进行参数整定等。显然，这种系统的操作、显示和记录功能是被高度地集中化了。由于这种“集散”型系统既具有控制可靠，又具有操作管理方便的特性，因此它一出现便立即受到用户的欢迎。目前无论在国外还是国内，都有许多大中型企业成功地使用着这类控制系统。

随着微机处理价格的不断下降，这种控制功能的分散化得到进一步的发展。例如横河北辰公司在CENTUM系统设计发表后不久，又于1978年发表了分散度降为每个微处理机控制8个调节回路的中小型分散控制系统YEWPACK的设计。紧接着又于1980年发表了分散度降到一个微处理机只控制一个调节回路的YEW SERIES—80单回路计算机控制系统（简称YS—80系统）的设计。

计算机控制由多回路发展到单回路是一个重大的飞跃。单回路数字控制系统的出现是当代技术进步的必然产物。关于这一点，只要看一看1979至1980年间横河北辰公司的YS—80系统问世时，世界上大约有二十家仪表制造厂几乎同时宣布自己研制成功了单回路数字控制器的盛况就十分明白了。表1-1列出了日本各主要厂家的DDC系统发表情况。值得指出的是，在这些仪表中，相比之下，横河北辰公司由于既有CENTUM和YEWPACK等计算机控制系统的研制和运行经验，又具备以I系列为代表的模拟控制仪表的长期生产和使用经验，因此在控制功能的完备、与上位控制系统的配套，以及安全可靠等方面，YS—80系统都具有较好的特色。

表1-1 日本各工厂分数量DDC发表情况

厂家 年分	横河- 北辰	山武- 霍尼威尔	岛津	日立	富士	三菱	东芝
1976	CENTUM (32)	TDCS-2000 (8)		Σ 系列 (32)	MICREX (16)		TOSDIC (8)
1976	900TX (64)						
1977				Σ 系列 (8)			
1978	YEWPACK (8)						
1979		SBC (8)	单回路 (1)		小型F (1)	MACTUS 700 (32) 600 (8) 201 (1)	TOSDIC (1)

(接上表)

厂家 年分	横河一 北 辰	山 武一 霍尼威尔	岛 津	日立	富士	三菱	东芝
1980	YEW SERIES —80 (1) HOMAC 700/500/300 (16)(8)(1)	OFC (2)	MS 80 (1)	调节 器M (1)			
1981		DIGITRONIK (1)					
1985	YEW PACK I 型						
1986	YS—80•E 系列						
1988	μXL 系列						

近年来,我国仪表行业在引进国外单回路调节器技术的同时,也在研制自己的微处理机控制仪表。至今,已有不少厂家推出了各自的可编程序调节器。广东肇庆市智能仪表厂的CS910两回路可编程序调节器就是其中较有特色的一种。

二、计算机控制系统的分类

在炼油、化工、冶金等生产过程中,由于生产过程复杂,生产过程连续化,各种装置间又相互关联,所以常常不是采用一台计算机而是采用多台计算机实现分级控制。一般来说,可分为以下三级。