

可编程序 调节器、控制器 原理与应用

●主编 俞云奎 罗耀华



哈尔滨工程大学出版社

可编程序调节器、控制器

原理与应用

主 编 俞云奎 罗耀华
副主编 张爱筠 叶秀芬 桑关德
主 审 高万里

哈尔滨工程大学出版社

JS181/27
内 容 简 介

本书系统地介绍了可编程序调节器、控制器的硬件、软件及其具体应用。详细地分析了可编程序调节器、控制器的工作原理及具体工作过程。分别系统地描述了可编程序调节器和可编程序控制器的编程方法、编程技巧及其相关的理论基础。最后,结合我单位的实际应用情况,广泛地介绍了可编程序调节器、控制器在各领域的具体应用实例。

在本书中,对可编程序调节器和可编程序控制器在各方面均作了较详细的对比,以加深对这两种控制装置各自特点的认识,便于读者学习和具体应用。

本书理论结合实际,具体较强的系统性和实用性,可供控制领域及相关的科技人员和高校自动化专业师生阅读。

可编程序调节器、控制器原理与应用

KEBIANCHENGXU TIAOJIEQI KONGZHIQI YUANLIYUYINGYONG

主编 俞云奎 罗耀华

责任编辑 张笑冰

*

哈尔滨工程大学出版社出版发行

哈尔滨市南通大街145号11楼 邮编150001

新华书店经销

哈尔滨工业大学印刷厂印刷

*

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 21.5 字数 487 千字

1997年5月第1版 1998年9月第2次印刷

印数 5001~7500册

ISBN 7-81007-764-3

TP·55 定价: 23.00元

前 言

随着科学技术的飞速发展，控制技术在各领域的应用越来越广泛。小到单台自动化装置，大到全自动化工厂，都要靠控制系统的支持，才能得以实现。目前控制装置的种类很多，其中较为典型的、应用最为广泛的是可编程序调节器和可编程序控制器这两种控制装置。可编程序调节器以其优异的模拟量闭环控制功能而被大量应用于模拟量控制的场合。可编程序控制器则具有很强的逻辑控制功能，被广泛应用于需要继电控制的场合。并且中大型的可编程序控制器也具有模拟量闭环控制能力。它们应用的普及程度可以说凡是有自动控制的场合，几乎都有这两种控制装置。

我们自行研制过许多控制系统。其中相当一部分是从硬件到软件全部都由自己研制，其余的采用可编程序调节器和控制器组成控制系统。多年的实际工作经验，使我们对控制系统的硬件、软件及可编程序调节器和控制器这两种控制装置有了较深入的了解和具体的使用经验。其中，使用可编程序控制器改造吉林省通化矿物局碴子矿选煤厂，使用可编程序调节器与计算机组成集散控制系统对绥化卷烟厂的烟叶发酵室进行多模拟量闭环控制，都是有代表性的具体应用。在本书中都做了详细介绍。

目前介绍可编程序控制器方面的书较多，而介绍可编程序调节器的书则极少。这两种控制装置的特点及应用场合各不相同。为了便于读者学习，正确根据被控对象的要求来选择和使用它们，并把我们的经验介绍给大家，我们编写了这本书。在本书中，回顾了两种控制装置的发展历史，展望了它们未来的趋势，系统地介绍了它们的系统结构、电路构成、工作原理、工作过程、编程和应用实例。

由于我们水平有限，加之时间仓促，书中错误在所难免，书中提出的观点和所举实例也难免有不当之处，敬请读者批评指正。

编 者

1996 年 11 月

目 录

1	绪论	1
1.1	可编程序调节器综述	1
1.2	可编程序控制器综述	5
1.3	可编程序调节器与可编程序控制器的比较	10
2	可编程序调节器、控制器的结构及工作原理	13
2.1	可编程序调节器的结构和工作原理	13
2.2	可编程序控制器的结构	17
2.3	可编程序控制器的工作原理	22
2.4	中央处理模板	25
3	可编程序调节器、控制器的信息交换通道	28
3.1	可编程序调节器、控制器的数字输入通道	28
3.2	可编程序调节器、控制器的数字输出通道	31
3.3	可编程序调节器、控制器的模拟输入通道	36
3.4	可编程序调节器、控制器的模拟输出通道	40
3.5	可编程序控制器的智能接口	45
3.6	可编程序调节器与计算机通信	58
4	可编程序控制器及其应用	90
4.1	可编程序控制器简介	90
4.2	可编程序控制器的继电器和数据区	101
4.3	可编程序控制器的编程器操作	112
4.4	可编程序控制器的软件	124
4.5	可编程序控制器的故障检修	212
5	可编程序调节器的控制算式和参数整定	219
5.1	基本的 PID 控制算式	219
5.2	改进的 PID 控制算式	225
5.3	YS—80 及 CS910 系列仪表中的 PID 控制	232
5.4	PID 参数的整定	237
6	可编程序调节器及其应用	240
6.1	可编程序调节器的软件	241
6.2	可编程序调节器 SLPC 的操作、整定及编程	283
6.3	可编程序调节器 CS910 的操作	298
6.4	可编程序调节器 CS910 的整定	300
6.5	可编程序调节器 CS910 的编程方法	305

7 可编程序控制器与可编程序调节器的应用实例	309
7.1 例 1: 气体流量的压力温度补偿	309
7.2 例 2: 双层罐温度控制	314
7.3 例 3: 洗煤厂干燥车间的启/停控制	317
7.4 例 4: 混合装置的控制	322
7.5 例 5: 烟叶发酵温湿度控制系统	325
附录 1 CS910 工作参数一览表	334
附录 2 CS910 指令功能表	336

1 绪 论

1.1 可编程序调节器综述

1.1.1 可编程序调节器的产生与发展过程

可编程序调节器是一种内藏微处理器的智能控制仪表，是过程控制仪表的新秀，是微计算机技术在过程控制仪表中应用的结晶。工业自动化仪表作为一门学科只不过是近30多年的事，但从过程控制仪表方面看，已经历了基地气动式、电子管式、晶体管式、集成电路式和目前的智能式仪表等5代产品。由于生产工艺设备的进步，对仪表的要求越来越苛刻，从而促进了仪表的高速发展。50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Ⅱ型的电动单元组合仪表。60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I系列仪表或国内称之为Ⅲ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。

为了叙述方便，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。主要有以下几方面：

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Ⅲ型电动单元组合仪表基型调节器为例，较早的一种大约有了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动切换、抗漂移、手动设置等功能，其基本功能并无重大突破，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，元件损坏的概率就大，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会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. 功能扩展问题

在功能扩展问题上，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，适应各种不同的被控制对象方面，这种仪表更是无能为力。

70年代末期，单片微机的研制成功为解决硬件功能式仪表的上述问题找到了出路。世界各仪表厂家都开始用单片机来改造硬件功能式仪表。最初是用单片机来做智能显示仪表，主要用来完成传感器的输出信号与被测物理量间的函数关系转换。例如，测量流速，流速传感器输出的电压 U 与流速 V 间的关系为 $V=K\sqrt{U}$ ， K 为常数。虽然仅是一个简单的开方运算，如果用纯硬件电路来解决，也很困难，而用单片机来解决，则是很简单的事。随着单片机及其配套电路功能上的不断完善和可靠性的不断提高，又用单片机来制造具有控制功能的仪表。以取代硬件功能式仪表。这种单片机控制仪表实质上是一个单片机控制系统，除单片机外，再配上相应的输入、输出电路及键盘和显示装置，硬件系统就完备了，要完成什么功能，只要软件编程处理就可以了，而不必改动硬件。很好地解决了硬件功能式仪表存在的功能与硬件，功能与成本，功能与可靠性之间的问题及功能扩展问题。这种单片机控制仪表是功能固定的调节器。

随着工业的不断发展，控制过程和被控对象也越来越复杂。上述单片机控制仪表也显得难以适应。被控对象的变化或被控对象未变而参数变化都要改动程序，因而又出现了用户自己编程序的控制仪表——可编程序调节器。控制对象的变化，控制规律的选择及各种参数的变化，都由用户编程序来解决。这使得可编程序调节器有了广泛的应用场合。世界上许多大公司都先后推出了自己的可编程序调节器产品。见表1-1。

表 1-1 国外（可编程）调节器生产厂家

国别	名称及型号	公司名称
美国	P-1000	包维尔
美国	MYCRO	莫尔生产公司
美国	IDCI	费丘尔 & 波特尔
美国	ELECTRO MAX-V	利兹 & 罗斯拉普
美国	MOD30	泰勒
美国	指挥系列	贝利
日本	YS-80	横河
日本	TOSDIC 200	东芝
日本	UDC 系列	山武·霍尼韦尔
日本	VI87MA	日立
日本	COMPACT CONTRLLER 系列	富士电机
德国	SIPART DR 系列	西门子

国内的仪表制造厂家也都投入相当的力量研制可编程序调节器。比较成功且推广应用的部分型号见表 1-2。

表 1-2 国内部分可编程序调节器生产厂家及产品

厂家	名称及型号
肇庆智能仪表厂	CS-910 双回路可编程序调节器
西安仪表厂	YS-80 单回路可编程序调节器
上海自动化仪表厂	SIPART DR 系列可编程序调节器
重庆工业自动化仪表研究所	DTZB-4110 四回路可编程序调节器
昆山自动化仪表二厂	DTZB-1000 单回路可编程序调节器

1.1.2 可编程序调节器的特点与应用场合

1. 可编程序调节器的特点

可编程序调节器专门为工业生产环境下的应用而设计，以用户需要为主，又采用了先进的微计算机技术，所以具有以下显著特点：

(1) 编程简单、使用方便

可编程序调节器提供给用户的编程语言是面向用户的语言。可编程序调节器内部都有一个过程控制软件包，软件包内提供了各种控制功能和运算功能的标准程序模块。用户通过编写用户程序，调用过程控制软件包中的各种模块，相当于把调节器中各种无形的、各具特定功能的仪表用无形的导线连接起来，组合成所需的系统。由于面向用户语言主要是调用软件包中的基本模块，因而编程简单。如果编程者熟悉被控对象和控制规律，了解了软件包内的各种基本模块，在很短时间内就能学会编程。这也是可编程序调节器获得广泛应用的一个重要原因之一。

(2) 可靠性高

可编程序调节器的硬件结构选用了大规模集成电路和微处理器，使可编程序调节器内部器件数目大为减少，并在硬件的设计和制造过程中采取了一系列的隔离和抗干扰措施，操作系统软件及软件包中的程序模块均采取了优化措施，使可编程序调节器能适应恶劣的工作环境，因而显示出较高的可靠性。

(3) 通用性好

可编程序调节器在硬件不做任何改动的情况下，仅改变软件组态，就可以实现不同的控制功能和控制方式，以适应各种不同的被控对象，因而具有广泛的工业通用性。它的外形结构采用标准面板仪表方式，安装方便。

(4) 缩短了设计、投产试制周期，维护容易

由于可编程序调节器具有完善的硬件输入输出接口和功能齐全的软件包，设计人员无须再设计、制造、调试硬件，也不用再编制繁杂的控制规律软件。只要使用可编程序调节器提供的编程语言，调用软件包中的子程序模块即可完成程序的编制。这使得设计、投产、试制周期大为缩短。

可编程序调节器使用标准面板仪表外形，如果出现故障，很容易拆下来，再将好的换上去，而不会影响系统的正常运行。

2. 应用场合

(1) 单独使用, 构成闭环控制系统

可编程序调节器是在模拟式硬件功能仪表的基础上发展起来的。硬件上, 配有完善模拟信号输入、输出通道和少量的开关量输入、输出通道。模拟信号标准采用国际标准 $4\sim 20\text{mA}$ 或 $1\sim 5\text{V}$, 可以和任何标准输出的传感器, 标准输入的伺服机构 (执行器) 一起构成闭环控制系统。用可编程序调节器构成的闭环控制系统可广泛应用于各种工业环境, 例如锅炉控制, 卷烟生产中烟叶发酵控制, 石油工业中的蒸馏塔控制, 钢铁生产控制、热风炉控制等。

(2) 与计算机构成集散控制系统

从完成控制任务的角度出发, 考虑到目前计算机的功能, 多个回路的控制任务完全可用一台计算机来集中控制。由于控制功能向计算机高度集中, 在运行中, 一旦计算机出现故障, 所有的控制回路将同时瘫痪, 这是个致命问题。由于可编程序调节器有串行通信接口, 可以与计算机构成集散控制系统, 由计算机完成数据管理, 可编程序调节器执行具体的控制任务。当计算机出现故障时, 可编程序调节器的控制功能不受影响。仅影响各种工作参数的记录 (整个控制系统工作过程中的各种参数由计算机来记录)。当一台调节器出现故障时, 仅影响该调节器控制的回路, 其他回路不受影响。这种集散控制方式使出现故障后的危险程度降到最低。在由多个闭环控制回路构成的大控制系统的情况下, 多采用这种由计算机和可编程序调节器构成的集散控制系统。

1.1.3 可编程序调节器的发展趋势

由于微计算机技术和集成电路制造业的迅速发展, 使可编程序调节器在性能和功能上都不断发展, 其趋势有以下几方面:

1. 向高精度方向发展

科学技术的进步促进了工业的高速发展。工业的发展和产品档次的不断提高, 对加工设备的要求也越来越苛刻。可编程序调节器作为加工设备中或生产线上的控制单元, 其控制精度也应不断提高, 才能满足要求。可编程序调节器的控制精度主要取决模拟输入、输出通道中的 A/D、D/A 的精度。A/D、D/A 的精度受集成电路制造水平的限制。目前, 14 位、16 位的 A/D、D/A 性能上已完全能满足工业应用的要求, 价格也降到了可以推广应用的程度。可编程序调节器采用高精度的 A/D、D/A, 使可编程序调节器的精度提高。目前, 国内生产的可编程序调节器多采用 12 位的 A/D、D/A, 控制精度为 $0.5\%\sim 0.25\%$ 左右。例如肇庆智能仪表厂的 CS910 双回路调节器的精度为 0.5% 左右。国外生产厂家的可编程序调节器多采用高位数的 A/D、D/A, 其控制精度自然高。例如山武·霍尼韦尔公司的 UDC6000 单、双回路可编程序调节器的精度为 0.05% 。

2. 向多功能化方向发展

为使用户尽可能方便地组成控制系统, 模拟信号接口除标准的 $4\sim 20\text{mA}$ 、 $1\sim 5\text{V}$ 外, 输入接口正朝着传感器输出信号直接输入的方向发展, 从而省去了传感器的变送器。例如山武·霍尼韦尔公司的 UDC6000 系列可编程序调节器就增加了热电阻和热电偶直接输入接口。

为增强系统的控制能力, 可编程序调节器的开关量输入、输出接口在数量也在增加,

开关量输出接口的容量也在随开关元件的体积不变容量增加而增加。例 CS910 可编程双回路调节器具有 8 个开关量输入和 8 个开关量输出接口。可满足一般以模拟闭环控制为主；伴有少量开关量控制场合的要求。

控制软件包的功能不断增强。控制领域的各种新控制算法不断被吸收到软件包内，供用户选用。例如山武·霍尼韦尔公司的 UDC6000 系列可编程序调节器，在保留了各种常规算法和逻辑运算功能、串级、前馈、程序段控制功能外，又新增加了 PID 参数自整定和自适应控制，故障自诊断等功能。

1.2 可编程序控制器综述

1.2.1 可编程序控制器的产生与发展过程

传统的生产机械自动控制系统是继电器-接触器控制系统，简称为继电控制系统，继电控制系统是用导线把一个个继电器、接触器、开头及其触点按一定的逻辑关系连接起来构成的控制系统，这种连线方式又称为布线逻辑，具有结构简单、价格低廉、容易操作和对维护技术要求不高的优点，特别适用于工作模式固定，控制要求比较简单的场合，所以至今还在使用，目前我国应用还比较广泛。

随着工业生产的迅速发展，市场竞争十分激烈，产品更新换代的周期日趋缩短，新产品不断涌现，生产机械、加工规范和生产加工线也必须随之改变，控制系统也经常需要作新的配置。继电控制系统的布线连接不易更新，功能不易扩展已成为生产发展的障碍。当控制对象比较多，要求比较复杂时，该系统由于器件多、体积大、可靠性差而不能满足生产的要求。因此，迫切需要新型先进的自动控制装置。60 年代出现了半导体逻辑元件装置，利用半导体二极管、三极管和中小规模集成电路构成的逻辑式顺序控制器，具有体积小、无触点、可靠性较高、动作顺序变更比较方便等优点，但是控制规模较小，编制程序不灵活。当时，还曾用小型计算机来实现工业控制。由于计算机对使用环境要求较高，现场的输入输出信号与计算机不匹配，计算机程序编制复杂，一般工程技术人员不容易运用自如，加上造价高，所以没有得到广泛应用。1969 年新一代工业控制设备——可编程序逻辑控制器 PLC (Programmable Logic Controller) 应运而生。

第一台 PLC 是美国数字设备公司 (DEC) 研制生产的，并成功地应用到美国通用汽车公司 (GM) 的生产线上。它既具有继电控制系统的外部特性，又有计算机的可编程特性，通用性和灵活性，开创了自动控制设备的新局面。由于当时技术所限，使用的器件集成度不高，器件数量多、体积大，只用来取代继电系统，在功能上仅限于执行继电控制逻辑、定时和计数等。

70 年代中期，随着大规模集成电路和微型计算机技术的发展，美国、日本、德国等国把微处理器引入 PLC，使可编程序逻辑控制器具有更多的计算机功能，不仅用软件编程取代了硬连线逻辑，还增加了数字运算、数据处理和数据通信功能，并且做到了小型化。在编程方面采用了面向生产、面向用户的语言，打破了以往必须具有计算机专业知识的人员使用计算机编程的限制，使广大工程技术人员以及具有电工知识的人员乐于接受和应用，所以得到了迅速而广泛的推广。80 年代国外工业界把引进了微处理器的可编

程序逻辑控制器正式命名为可编程序控制器 (programmable controller), 简称为 PC。在我国一部分技术人员为了与个人计算机 (personal computer) 简称 PC 区别开来, 仍把可编程序控制器简称为 PLC, 也有简称为 PC 的。

1985 年 1 月国际电工委员会 (IEC) 对可编程序控制器给出如下定义: “可编程序控制器是一种数字运算的电子系统, 专为工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器, 用来在内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令, 并通过数字式、模拟式的输入和输出, 控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关设备, 都应按易于与工业控制系统联成一个整体, 易于扩充的原则设计”。

可编程序控制器的发展相当迅速, 在发达国家的应用几乎覆盖所有工业企业行业, 其销售额年增长率在 20% 以上, 品种已多达数百种, 世界上几十家著名的电器工厂都在生产可编程序控制器。目前, 美国处于领先地位, 著名的生产厂家有德州公司、通用电器公司 (GE)、歌德公司 (Gould)、数字设备公司 (DEC) 等。日本自 1971 年引进可编程序控制器技术后, 发展也很快, 三菱公司、日立公司和立石公司是最大的三家。德国的西门子公司, 荷兰的飞利浦公司, 瑞典的通用公司及英国、法国等国都生产自己的可编程序控制器。

近年来, 美国、日本、德国等国的可编程序控制器大量进入我国市场。我国也引进了多条可编程序控制器生产线, 在逐步消化国外技术的基础上仿制和自行研制可编程序控制器。影响较大的是上海香岛机电制造公司。可编程序控制器已在我国大多数的工业部门得到应用, 取得了显著的经济效益并正在迅速推广。

1.2.2 可编程序控制器的特点及应用场合

可编程序控制器之所以得到迅速发展, 并在工业生产中得到广泛的应用, 是由于它具有通用计算机所不及的各种显著的特点和很强的控制能力。

1. 可编程序控制器的主要特点

可编程序控制器的设计思想尽可能利用当前的计算机技术去满足工业生产用户的实际需要, 因此它具有下述各种对用户至关重要的特点:

(1) 极高的可靠性

由于工业生产的环境条件远比通用计算机所处的环境 (如计算机机房和办公室等) 差, 因此要求可编程序控制器具有很强的抗干扰能力, 并且应能在比较恶劣的运行环境中 (如高温、过电压、强电磁干扰和高湿度等) 长期可靠地运行。据美国 Frost & Sullzina 商业情报公司于 1982 年对美国石油化工、冶金、食品、制药、玻璃和机械制造等行业 400 多个工厂企业的调查报告 (见表 1-3) 表明, 绝大多数用户选用可编程序控制器作控制器的原因是要求它有很高的可靠性, 其次才是控制器的性能和维护方便等因素, 而价格问题仅位于第 12 位。

在可编程序控制器的设计过程中, 提高可靠性的基本思想是: 对可自动恢复的故障 (即可编程序控制器硬件没有故障), 应使可编程序控制器不受恶劣环境影响或使影响减少到尽可能小的范围内, 而在外界恶劣条件 (干扰) 消失以后, 又可自动恢复工作, 以提高可编程序控制器的平均无故障时间 MTBF (Mean Time Between Failure)。当可编程

表 1-3 选用可编程序控制器作控制器的调查统计

选用依据	名次	厂家数
可靠性	1	93%
性能	2	77%
维护	3	69%
恶劣环境下可运行	4	53%
使用方便	5	51%
使用效果	6	47%
编程方便	7	45%
与原设备的兼容性	8	44%
修改与扩充能力	9	38%
诊断能力	10	35%
接口容量的实用性	11	31%
价格	12	28%
特殊功能	13	18%
联网能力	14	15%
运算速度	15	9%

序控制器产生自身的硬件故障（不可自动恢复）时，应能迅速定位故障区域，并使故障的影响限制在尽可能小的范围内，以利降低平均修理时间 MTTR（Mean Time to Repair）。

一般说来，为了提高可编程序控制器的可靠性，可以从硬件和软件两个方面同时采取必要的措施来实现。目前在可编程序控制器的硬件方面主要采取如下措施：

①滤波 在编程控制器系统的 I/O 接口处，常会引入现场或空间的高频干扰信号，因此在可编程序控制器的 I/O 模板上多采用 π 型 LC 滤波器，它不仅可滤去来自外界的高频干扰，同时也可以削弱各模块之间不必要的信号耦合。

②电源 可编程序控制器中的电源，尤其是为 CPU 模板供电的 +5V 主电源，都具有很强的抗电网电压波动和高频扰动的能力，同时还具有过电压、过电流等保护措施，以防止可编程序控制器的损毁可能导致的系统的混乱。

③环境的检测和诊断电路 这部分电路负责对可编程序控制器的运行环境（如电网电压、工作温度、环境的湿度等）作检测，同时也完成对可编程序控制器中各模块的工作状况的监测。这部分电路往往是与软件相配合工作的，以实现故障自动诊断和预报。

④屏蔽 屏蔽有两类，一类是对变压器采取磁场和电场的双重屏蔽，此时要用既导磁又导电的材料作屏蔽层；另一类是对如 CPU 和编程器等模块只作电磁场的屏蔽，此时可用导电的金属材料作屏蔽层。

⑤隔离 在可编程序控制器系统中，CPU 与各 I/O 回路之间（主要指数字接口）几乎无一例外都设有光电耦合器作隔离，以防止外界的地线和其它干扰信号影响 CPU 的正常工作，或导致 CPU 损坏。

⑥模块式结构 可编程序控制器通常采用积木式的模块结构，这样做的目的之一是便于用户检修。同时在一块板发生故障时，只需拆卸一块故障模板，然后用一块好模板替换它，就可使系统正常工作。同时在各模板上都设有故障检测回路，并用相应的指示器指示它的标志，使用户可迅速确定故障模板上的位置。

⑦联锁功能 可编程序控制器中的输出模块都设有“使能”控制端，用以实现各输出通道之间的联锁和互锁作用，防止各被控对象之间误动作可能造成的事故。

⑧Watchdog 电路 可编程序控制器中的 Watchdog 电路是专门监视可编程序控制器运行进程是否按预定的顺序进行的，如果可编程序控制发生故障，或用户程序区受损，则因 CPU 不能按预定顺序（预定时间间隔）工作而报警。

在软件方面，可编程序控制器中采取的主要措施有：

①与硬件配合，定时对外界的工作环境状态检测（如电网上掉电，负压或过压，强电磁干扰等），以便在有异常情况下可及时处理。

②工作信号的保护 可编程序控制器在受到强干扰而导致工作进程混乱甚至停止时，如果可编程序控制器的硬件系统未受损，则在强干扰消失以后，可编程序控制器应能自行继续工作。因此可编程序控制器在受到强干扰时，应迅速将当前的工作状况和有关的信息存放到磁性的或由其它电源（如电池）供电的存储器中去，以便在强干扰消失之后，可自动从这种存储器中取出这些信息，从而继续完成因强干扰中断的工作。

③可编程序控制器是以扫描方式进行工作的，即它对信号的输入、数据的处理和制信号的输出分别在一个扫描周期的不同时间间隔里以批处理方式进行，因此不仅使用户编程简单、不易出错，而且不易使可编程序控制器的工作受到外界干扰的影响；同时可编程序控制器所处理的数据比较稳定，以减少处理上的错误；同时输入输出的控制比较简单，不容易产生因时序不合适而造成的问题。

由于可编程序控制器在硬件和软件方面采取了上述各项措施，使它的运行可靠性大幅度的提高，尤其是对工业生产过程中最多见的瞬间强干扰具有很强的抑制和处理能力。如美国 GE 公司生产的控制模板的 MTBF 可高达 1000000 小时，用这种模板构成的具体双套 CPU 和 I/O 的可编程序控制器（GE—VI 系列）的 MTBF 可高达 40000~50000 小时，比一般控制器提高了一个数量级。

①用户使用方便

（A）编程方便 可编程序控制器的设计是面向工业企业中一般电气工程技术人员的，因此在作 PC 的操作系统和编程语言设计时，充分考虑到他们已有的知识水平和领域以及掌握计算机技术的能力，采用他们比较熟悉和易于接受的类似于继电器电路的梯形图编程方式。这种编程方法不仅具有对控制过程有清晰的直观的优点，而且编程方法简单易学，不容易出错。尤其重要的是现在的工程技术人员对继电器控制电路已经相当熟悉，因此无论是在生产线的设计，还是原有设备的改造，他们都非常容易使用和推广可编程序控制器，这也是可编程序控制器得以迅速发展和应用的重要原因之一。

采用梯形图编程方式的编程方法所付出的代价有两个方面，一是需要可编程序控制器的设计者编制比较复杂的梯形图解释程序，这从当今计算机技术的发展水平看，对计算机专业人员来说不是一件十分困难的工作；二是由于可编程序控制器在执行指令的过程中需要逐条予以解释，因此降低了程序执行的速度，但由于一般可编程序控制器所控制的对象多数是机电控制设备，这些滞后的时间（ μs 或 ms 数量级）是微不足道的，尤其现在可编程序控制器的主频越来越高，这种解释的时间越来越短，这个问题也就越来越不突出了。因此总的说来，付出这些代价是值得的，也是可行的。由此可以看出，计算

机专业人员与电气工程师既应密切配合,又可合理分工,各自发挥自己的特长,为可编程序控制器的迅速发展提供良好的基础条件。

②操作方便 使用方便的另一个方面是:在可编程序控制器上编程时经常只使用数量有限的专用键,操作非常方便,一般编程人员不需要具有专门的计算机知识,只需要经过不长时间的培训即可掌握编程方法。在可编程序控制器运行过程中,它的面板(或显示器)上显示有生产过程中用户感兴趣的各状态和数据,以便操作人员做到心中有数,即使在出现故障甚至事故时,也能及时处理。

③维修方便 现在的可编程序控制器一般都或多或少具有一定的故障自诊断能力和运行过程的监控功能,因此在系统出现故障时,维护人员往往可以通过各种异常状态的指示或自诊断结果的显示,比较快地确定故障的位置,以便迅速处理和修复。比如可编程序控制器都具有 I/O 通道的状态指示, RAM 后备电池的状态显示,存储器数据的奇偶检测结果指示,数据通信异常和可编程序控制器中内部电路运行异常等显示。

为了进一步减轻可编程序控制器维护人员的负担,现代的可编程序控制器生产厂家又研制了一批专用于检测和诊断可编程序控制器中故障率最高的外部故障的智能模板,以便维护人员能更迅速地诊断可编程序控制器系统中的故障。例如 GE 公司的 GENIUS I/O 模板就是其中一个典型的产品,利用这块智能模板中的控制器,可以把 30 个以内的 I/O 部件与可编程序控制器中的 CPU 通过串行通信方式连接起来,以便对这些 I/O 口作直接故障检测;与这块智能模板相配套的手持式监控器可按预先确定的地址依次检查对应 I/O 组件的工作状态,因此可以很快地确定它们的故障。随着这类智能模板的不断完善,用户的维护手段不断丰富和加强,维护人员的工作也就越来越方便。

(3) 易于实现机电一体化

由于微电子工业的迅速发展,集成电路的制造水平不断提高,使可编程序控制器可以设计得非常紧凑,体积很小,抗震防潮和耐热能力增强,可靠性进一步提高,因此就有可能将可编程序控制器安装到每个机械设备的内部,与机械设备有机地融合在一起,真正做到机电一体化。

2. 可编程序控制器的应用场合

(1) 开关逻辑控制

早期的可编程序控制器主要用于替代继电器回路完成如顺序、联锁、计时和计数等一类的数字控制,这也是现在目前可编程序控制器的最基本的应用。可编程序控制器用于开关逻辑控制主要使用它具有的逻辑运算、计数和定时,以及数据的输入和输出功能。例如自动电梯的控制,采矿企业中的皮带运输控制就是开关逻辑控制的典型应用场合。

(2) 闭环过程控制

中期的可编程序控制器由于具有数值运算的能力和模拟信号量的功能,因此就有可能设计出各种 PID 控制器,所以它可以应用于具有连续量控制的闭环控制系统。随着可编程序控制器规模的扩大,可编程序控制器可控制的回路已从几个增加到几十个甚至几百个,因此,它已可以用于复杂的闭环控制系统。例如在锅炉运行控制,自动焊机控制,连轧机中的速度和位置控制等都是闭环过程控制的典型应用场合。

(3) 机械加工的数控控制

机械加工是机械制造业中的主要部门，也是可编程序控制器应用得最普遍的领域之一。随着它处理数据的速度不断提高，使数字处理几乎达到实时化，因此可以将可编程序控制器与 CNC (Computer Number Control) 技术有机地结合起来。此外由于可编程序控制器中的 ROM 不断扩大，使 CNC 的软件不断丰富，用户对机械加工程序编制越来越方便。因此可编程序控制器在 CNC 系统中的应用是非常普遍的。例如日本 FANUC 公司推出的 System 10, 11 和 12，日本东芝公司生产的 TOSNUC 600 都是这类应用的典型产品。

(4) 多级网络系统

由于近期的可编程序控制器都具有通信功能，因此它们都具有很强的网络能力。此外美国各大公司已就可编程序控制器的通信规范和协议达成了比较一致的共识，这种协议与通用计算机的通信协议是兼容的，因此为各个分散的可编程序控制器系统联成网络提供了良好的基础，进而为实现工厂的全自动化网络系统提供了必要的条件。例如美国 GOULD 公司的 MODBUS 工业通信系统，不仅可实现各个可编程序控制器之间的通信，而且可以同上级计算机通过光缆线或双绞线联网，并遵守 MAP 协议。利用这个系统来建立一个自动化工厂的网络系统已经不是一件困难的事情。

(5) 机器人控制

机器人是工业生产自动线中不可缺少的重要设备，已经成为未来工业中生产自动化的三大支柱之一。由于人工视觉等高科技技术逐渐完善，各种高性能的机械人也相继问世。现在不少机器人制造公司也选用可编程序控制器作为机器人的控制器（控制它的各种机械动作），使它在机器人制造行业中占有一定的地位，随着体积的进一步缩小，功能进一步增强，可编程序控制器在机器人中的应用必将更普遍，成为可编程序控制器的一个主要应用领域。

1.2.3 可编程序控制器的发展趋势

目前可编程序控制器的发展大致有以下几方面趋势：

①向小型化、专用化方向发展。当前开发出许多简易、经济、超小型可编程序控制器，以适应单机控制和机电一体化，真正成为继电器的替代品。

②向大型化、复杂化、高功能化、分散型、多层分布式工厂自动化网络方面发展。可编程序控制器输入输出容量已超过 32K，扫描速度小于 1ms/千步，新增容错功能可适应高可靠性控制场合。

③编程语言和编程工具朝着标准化和高级化方向发展。

可编程序控制器问世时间虽然不长，仅有 20 多年时间，但已步入成熟阶段。这种工业专用微机系统是高精技术普及化的典范，使计算机进入工业各行业，使机械设备和生产线控制更新换代。可编程序控制器将成为工业控制的主要手段和重要的基础控制设备。

1.3 可编程序调节器与可编程序控制器的比较

前两节分别介绍了可编程序调节器和可编程序控制器的产生与发展，应用场合及各自的发展趋势。为了加深对可编程序调节器与可编程序控制器异同点的认识，本节将可

编程序调节器和可编程序控制器加以比较。

可编程序调节器的设计思想是作为硬件功能式调节仪表的换代产品,以模拟量的闭环控制为主要目标。模拟量闭环控制能力强。开关量输入、输出通道数量少,开关量控制能力弱。它可完全取代硬件功能式调节仪表,应用在以模拟量闭环控制为主的场合。

可编程序控制器的设计目标是替代继电器逻辑控制系统。配置大量的开关量输入、输出通道,按顺序扫描方式工作,有很强的开关量逻辑控制能力,它可完全取代继电器逻辑控制系统,应用在有一定逻辑关系的生产线及加工设备中。可编程序控制器按容量可分为大型、中型和小型(大、中、小型的划分在本节后面介绍)。小型的没有模拟量控制能力,只有中、大型的才具有。

可编程序调节器的外形结构采用标准面板仪表结构,外形几何尺寸固定,无硬件扩展空间,它的CPU、输入和输出通道及显示等均为固定的硬件结构,分别安装在2~3块印刷电路板上,相互间用电缆联接,采用的结构方式为非模块结构,无硬件扩展能力。当一台可编程序调节器适应不了控制要求时,采用增加可编程序调节器数量的方法来解决。可编程序调节器有单回路、双回路和四回路几种形式。所谓一个回路是指可编程序调节器的输出能控制一个执行器而言的,即能对一个被控对象(一个被控的变量)进行控制,而不是指一个通道模拟量输出。例如YS-80型单回路可编程序调节器有模拟输出信号3路:1~5V DC 2路、4~20mA 1路。有模拟输入信号5路(信号形式为1~5V DC)。CS-910双回路可编程序调节器模拟输出信号4路(4~20mA DC 2路、1~5V DC 2路),模拟输入信号为7路(4~20mA DC 或1~5V DC),开关量输出为8路。

可编程序控制器的硬件结构采用总线方式,安装方式为模块式。各种功能的硬件电路均做成专用模板,插在总线上。有CPU模板,开关量输入、输出模板,模拟量输入、输出模板,通讯模板,闭环控制模板等。这种模块结构方式决定了可编程序控制器具有良好的扩展性。

可编程序控制器根据输入、输出点数,存贮容量和功能分为小型、中型和大型三类,见表1-4。

小型可编程序控制器又称低档可编程序控制器。它的输入输出点数一般从20~128点,用户程序存储容量小于2K字节,具有逻辑运算、定时、计数、移位等功能,可以用来进行条件控制、定时计数控制,通常用来代替继电器逻辑控制,在单机或小规模生产过程中使用。由于体积小,价格低廉,一般用在替代30个及30个以上的继电器比较合算,在国外即使是10个左右的继电器逻辑控制系统也用小型可编程序控制器替代。由于用途广泛,小型可编程序控制器产品是可编程序控制器中量大面广的产品。例如立石公司的C-20及C系列的P型可编程序控制器,三菱公司的F、F₁、F₂系列,德州仪器公司的T1-100,通用电气公司的GE-1,上海香岛机电制造公司的ACMY-S256和ACMYS80系列。

中型可编程序控制器的输入输出点数在128~512之间,用户存储器容量为2K~8K字节,兼有开关量和模拟量的控制功能。它除了具有小型可编程序控制器的功能外,还具有数字计算,过程参数调节(例如PID调节)等功能,同时辅助继电器数量增多,定时计数范围扩大,适用于较为复杂的开关量控制,如大型注塑机控制、配料及称重等小