

PLC Control System
and Man-machine Dialogue

PLC控制系统 和人机对话



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

PLC Control System
and Man-machine Dialogue

PLC控制系统 和人机对话

傅钟庆 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

电动机

内容提要

本书以中小型 PLC 和触摸屏组成的智能控制系统为主,围绕系统构建、硬件配置、系统控制及管理软件、人机对话功能和系统调试等方面进行单项和综合分析。以软件为主、硬件为辅,突出实用性和可操作性,强调设计思路和创意,便于读者理解和应用。

本书共分为七章,主要内容包括信息和世界、计算机控制系统、可编程控制器的控制系统、人机界面、液晶触摸屏的应用、液晶触摸屏和可编程控制器组成的控制系统、PLC-GOT 控制系统实例等。本书适合于从事自动控制技术研发和应用的工程技术人员使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

PLC控制系统和人机对话 / 傅钟庆编著. —北京: 中国电力出版社, 2010.2

ISBN 978-7-5123-0085-9

I. ①P… II. ①傅… III. ①可编程序控制器 - 控制系统
IV. ①TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字 (2010) 第021104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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2010 年 6 月第一版 2010 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 14 印张 332 千字

印数 0001—3000 册 定价 28.00 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



近年来大量涌现的各式各样的机电一体化设备，都是机械化、电气化和信息化的必然结果和结晶。涉及的知识面越来越广，理论越来越深，人们接触到的元器件、设备和装置不仅举不胜举。原来专业的分工也因为相互渗透而越来越模糊。

对于从事这一领域具体工作的广大工程技术人员而言，比较容易找到各种系统的理论性较强、专业分工明确、适合于用作各级各类学校作为某一课程教材的书籍。但是不太容易找到一种学科综合性较强，理论和实际相结合，实用性和可操作性兼备且又具有较多示范性实例的参考书。笔者只是希望通过本书在这一领域做点普及性的工作。

本书所介绍的可编程控制器（PLC）和触摸屏（GOT 或 HMI）组合成的控制系统，它的应用范围极广。小至一个（台）简单设备，大到复杂的综合系统；无论是用于新的装置，还是利用信息技术改造和升级原有设备，都有它的用武之地。它的设计、组成、使用、维护和改造都十分方便，而且价格相对较低，易于推广和普及。

由于可编程控制器（PLC）对于广大用户或读者已经较为熟悉和了解，这方面的教材和书籍十分丰富，所以本书的重点是介绍触摸屏以及它在 PLC 系统中的应用（在国外，有人称为图形操作终端 GOT，也有人称为人机界面 HMI，说法不一。本书为了叙述的方便，统一使用 GOT 作为其代号）。其重点在于如何将二者有机地结合起来，组成一个智能化、信息化、人性化的设备或装置。当然，要想设计 PLC-GOT 或 PLC-HMI 组成的控制系统，首先必须具备相关控制系统的理论基础和 PLC 的基本知识。

目前，在市场上能见到的类似于操作手册的书籍和资料比较多，同时，这类产品制造厂商的技术支持部门也提供了大量的“技术手册”、“编程手册”。但是这些资料主要是介绍有哪些产品系列和品种，技术指标如何，什么接口，如何安装，有哪些指令，该如何使用每一条指令，如何将软件写入到产品中等。这些当然是十分必要的，但对于设计一个完整的控制系统，仅仅解决“选用硬件，安装软件”还是远远不够的，还必须解决“如何写，写什么”的核心问题。正因为如此，本书的重点是通过各种大小实例，介绍如何组织编写软件的内容。除确有必要，对于厂商技术手册上能提供的信息，包括硬件使用、安装，指令的使用和传送，专用辅助设计软件（组态软件）的安装及使用等，均不再介绍。

目前，所见到的有关 PLC 和 GOT 设计的书籍很多。但是大多数以介绍基本原理和具体设计项目为主。本书则以介绍 PLC 和 GOT 系统的基本构架为主，同时比较详细地分析了各种基本模块的硬件和软件。以“大处着眼，小处着手”为原则，组织编写本书的内容。这里不再拘泥于学院派的系统和严谨，不考虑学科之间的壁垒，仅供交流技术，互通信息，希望能对相关爱好者有所帮助。

本书主要定位是中小型控制系统，因此使用的 PLC 和 GOT 也以中小型为主。当然，大

而复杂的系统除了运行速度快之外，可能具有较多的特殊组态功能，如完整的报警功能、处方功能、文本处理功能等，加之可发挥计算机的通信能力，易于组成网络的天然优势，有利于构成大的控制系统。但是，无论从设计理念，还是从设计方法来说，系统的大或小并没有本质的区别。

本书中的第一、二章，只是为没有任何计算机技术和控制原理基础的读者做一点准备，以便我们之间有一些共同语言，后面章节中不再对专业术语做解释。书中所有表格中的空白项，均表示读者根据自己的项目而预留的待填项。

从普及和推广的角度出发，了解和设计这样的控制系统，其实也并不难。这好比下象棋，只要掌握了象棋的走法和基本规则，买回来一副就可以开始下棋了。当然要下得好也绝非易事。但是只要逐步积累、深入研究，还是会丰富多彩、乐在其中的。笔者仅作为一名爱好者，编写一本用于 PLC-GOT 控制系统的“入门棋谱”，供读者交流、共勉之用。

能够多少摆脱世人之无奈，不再受困于名利场的桎梏之中，呼吸着虽然不够“环保”，但尚可随风流动的空气，本该足矣。“能者多劳智者忧，无能者无所求”。然而，诱惑于科技世界的精彩，残存但顽固的好奇心和友人善意的怂恿，方才成就了此作。

作者

2010 年于上海

前言

第一章 信息和世界	1
第一节 我们的世界——一个复杂的系统	1
第二节 计算机技术和自动控制系统	4
第三节 人机对话功能的必要性和必然性	6
第二章 计算机控制系统	7
第一节 数学在控制系统中的作用	7
第二节 控制系统中的被控制对象	8
第三节 工业控制系统中的计算机	9
第四节 计算机控制系统中的输入/输出通道	11
第五节 系统中的计算机通信	16
第六节 传感器及其智能化	25
第七节 执行机构及其智能化	28
第八节 计算机控制简易通用算法	33
第九节 控制系统的安全性和可靠性	35
第三章 可编程控制器的控制系统	36
第一节 系统中的可编程控制器	36
第二节 可编程控制器系统软件	43
第三节 PLC 控制系统的设计过程	49
第四节 软件的检查、测试、仿真和下载	64
第五节 系统对外的联系	65
第六节 总结	65
第四章 人机界面	67
第一节 从人—人对话到人—机对话	67
第二节 控制系统和人机界面	69
第三节 系统中信息的表达形式和传播方式	72
第四节 人机界面和控制系统的关系	73
第五章 液晶触摸屏的应用	75
第一节 系统中各部件所包含的信息及其输入和输出	75
第二节 如何开始触摸屏的软件设计	77
第三节 按照系统管理的要求编制界面	79
第四节 框图的进一步细化	82

第五节	触摸屏界面按功能的分类	87
第六节	界面上能显示的主要内容	88
第七节	输入信息的功能元素——触摸键和键盘	91
第八节	注意事项	92
第九节	综合管理触摸屏的各种元素	93
第十节	触摸屏的界面综合设计	93
第十一节	触摸屏自身系统的管理和现场系统监控	95
第十二节	界面设计实例及其设计清单	97
第六章	液晶触摸屏和可编程控制器组成的控制系统	104
第一节	必须强调的一个设计理念	104
第二节	一个简单系统的初步设计实例	105
第三节	一个简单的 PLC-GOT 系统初步设计实例	136
第四节	简单平面定位系统的初步设计实例	143
第五节	旋转编码器及其应用	150
第七章	PLC-GOT 控制系统实例	156
第一节	控制软件的设计	156
第二节	浮球液位显示模块	163
第三节	旋转体动画设计	166
第四节	条形码打印机应用设计	168
第五节	黑匣子功能设计	177
第六节	通用故障处理模块设计	185
第七节	小型双直流电动机驱动接口电路	193
第八节	充分利用高速脉冲计数口的 U/f 接口电路	195
第九节	非线性函数的计算	203
第十节	标定真空密封容器的气密性	207
第十一节	用通信方式接入传感器	210
第十二节	电加热控制	214
参考文献		217

第一章

PLC控制系统和人机对话

信息和世界

第一节 我们的世界——一个复杂的系统

一、大自然就是个大系统

大自然就是个大系统。我们就是这个大系统中的一分子，而且这个系统是一个在不断运动的系统。系统中的任何成员都在相互影响，只是这种影响有大有小，有近有远，有快有慢，有直接有间接而已。事物这种千丝万缕、错综复杂、环环相扣的关系，同时也就决定了表征这些事物运动特征的信息，同样错综复杂。各种运动都是有规律可循、客观存在的。不管我们是否已经认识到，是否承认，理解是否正确，但都是无法改变的。有人认为是神的意志，有人认为是自然规律。总之“天意”难违。切莫轻言人定胜天。我们只能研究、学习、理解、掌握而后加以利用。

二、有人类参与的系统

大系统之中有无数个小系统，其中有一部分是人类参与其中的，或是对人类有较大影响的。这部分系统是我们最关心的，最应该有较多了解的。我们现在的各个学科就是为此目的而建立的。从大类来说，分为社会科学和自然科学。虽然任何人都与这两类科学有关，但是本书只涉及后者。

三、与人类有关的（参与的）自然科学系统

人们为了自身的生存和发展，从观察、研究和总结自然系统的运动规律开始，进而直接或间接地参与其中。从被动地接受外部的影响，发展到试图利用各种运动规律，干预运动的进程。人们自觉或不自觉地卷入了自然科学的系统之中，而且越卷越深，不能自拔。到底是祸还是福？只能听天由命。但愿我们能好自为之。

四、典型系统组成的主要构件——人类在系统中的作用

实际的系统太复杂了。它所涉及的广度和深度令我们无从下手。我们必须从中提炼出（抽象出）最简单、最基本、最具典型性的结构。实际上我们去研究系统的功利性是明显的。于是就在各种诉求中找出其中最重要的作为目标。这里所谓的目标，指的是设法影响某个事物的运动轨迹（或是发展趋势），使它能朝着人们预定的方向发展。这就是引入的第一个专用名词“过程”和“控制”的定义。可是能够影响目标的因素实在太多，我们只能在其中寻找一个影响力最大，而且能为我们操控的因素，作为达成控制目的的手段。在所有其他影响

因素中，忽略掉那些影响较小的，来路不明的，或是我们尚未了解的因素（可能此举将会导致控制失败）。剩下的统称为“干扰”。现在

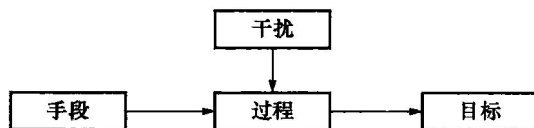


图 1-1 典型系统

我们已经从错综复杂的系统中，剥离出了“目标”、“手段”和“干扰”。于是可以开始对“过程”实施“控制”了。为了简明地表示这些系统构件的相互关系，可以用图画出来，如图1-1所示是一个典型的系统，或是一个大系统中的典型细胞。

即使是这样一个简单的系统，仍然有不少问题应该引起注意。图中过程和干扰是客观存在的，而目标是主观选定的。它可能根本就是错误的、不确定的或是不存在的。手段更是根据主观意愿采取的，其效果如何无从判断。所以它是很难有任何实际用处的。它仅说明了人和系统存在的关系。目标是我们最为关心的问题。所以进行不断地观测，希望用观测的结果对目标进行对比和判断。原始的“观”就是用眼睛看，原始的“测”就是用手或脚来量。原始的“手段”也就是凭借人体力之所及，尽力而为。但是随着“工具”的发明和进步，将眼、手和脚的能力，以及人类体力的限制不断放大和延伸。从而看见了原来看不见的东西，测量出了原来测量不出的东西，手段之丰富也已经超出了原本只有“神仙”才能做得到的程度，于是才有了今天各种可用的控制系统。将图 1-1 改画成了图 1-2 的样子。

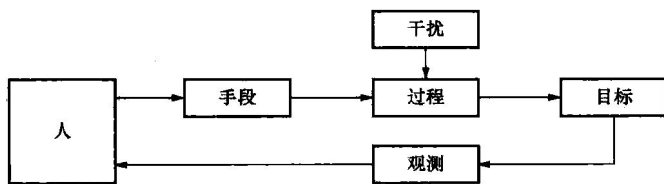


图 1-2 有了人之后的典型系统

从图 1-2 中可以看出一个明显的特点，也就是系统中各构件的影响关系形成了封闭的环状，而人在其中占有一席之地，而且是核心之所在。

五、状态、能量和参数——信息、变量和传递

上面所介绍到的影响或干预，实质上都是一种物质的运动。运动永远伴随着能量的转移或转换过程。而在这一过程中，物体将会不断地改变其自身的状态。人们为了准确地描述各种状态，不得不定义了各种参数。有了这些参数，我们才能更准确地（不仅是定性地，而且可能是定量地）描述整个闭环系统的运动。这些不断变化的、我们希望了解的状态通称为信息，用参数来进行描述它。通常，也称变化的参数为变量。由此可见，物质的运动、能量的转移和信息的传递是三位一体的，信息是系统的纽带和灵魂。

六、人类直接参与和间接参与的系统

社会生产力的提高使得人越来越忙，每一个生产活动都是一个控制系统。人们被迫转入每一个系统中，将必然产生两个明显的问题：①随着系统运动过程越来越复杂，专业门类越来越多，人们感到鞭长莫及，越来越力不从心了。于是开始有意识地培养各类专门人才。我们再也不可能做到事必躬亲。但是尽管如此，因为受困于人的自身条件，仍然有不少控制效果（达成目标）不能令人满意。②有不少生产活动是可能危害人身安全的。我们不可能熟视



无睹，只能退而求其次。采用“放”而不“弃”的办法。

解决这两大难题的方法是寻找“代理人”。就像人类可以训练犬来牧羊，来狩猎一样。后来发展到创造出各种用途的装置充当代理人。人类从不少领域退居二线。出现了不少由人直接参与变成间接参与的系统。“代理人”不是人，也不是生物。没有性命攸关的问题。而且它的某些能力（力量、适应环境的能力、记忆能力和运算能力等）可能明显地超过了人类，于是开始了机械化和自动化的进程。这些“代理人”由单纯的“工具”进化为有一定智能的控制器，甚至是机器人。

七、不要忘了人和“代理人”之间的主仆关系

“代理人”是人研制出来的。它只能在有限的范围之内“代理”人的工作。任何高级的工具，包括机器人在内，都不可能超越人的智慧。尽管有人严肃地警告我们（但愿不是杞人忧天），机器人由于可以不断地自动继承前辈的智慧和能力（而人不能，每一个人都必须从小学一年级开始学习），要求人类“好自为之”。但是在可以预见的将来，人类的主导地位不可动摇。“仆人”与“工具”的区别在于前者具有一定的自主能力。即使如此，它们都必须时刻向主人汇报工作，并且接受新的指示。任何自控系统的构成和运行都是以人为本的，否则就不再是人参与的系统了。

八、人和“代理人”之间的联系和沟通

上面已经确立了它们之间“汇报工作，接受指令”的关系。但是这种人与物之间的信息沟通并非易事。人能够接受的沟通方式是十分有限的。众所周知，人与人之间的沟通都需要有共同的语言、肢体的动作等，还要加上生活的阅历。人与物之间的交流和沟通只能依靠信息的传递，而且只能用一种共同约定好的表达方式，利用事先规定的信息载体。这可能需要另外有一个专门的设备来承担，我们称它为人机界面。

九、关于系统的小结

人们有意识地进行控制的历史并不悠久，但是从事这类工作的前辈们已经有了一套自己的专业术语。它们定义明确且广为流传，约定俗成。我们应该入乡随俗，以便能有共同语言。

(1) 被控制对象。对在装置、设备、生产线中的各种变化、运动或过程等进行控制，以达成具体的目标。这每一种变化、运动或过程，就是一个被控对象，而要达成的目标（也许只有一个，也许有多个），即被称被控变量或被控参数。

(2) 被控对象中能够影响（可控制或可作用）某一被控变量的因素，可能不止一个。其中那些可人为、自主且方便地改变的因素，则被用作控制变量，组成一个控制系统。

(3) 要达成每一个具体的目标，必须设法改变控制变量。这需要一定的手段或方法，通称为执行机构。通过改变系统中某一个或某一些控制变量来达成每一个具体的目标。这在实际控制系统中，该手段或方法是不可或缺的。但是在控制系统理论或设计中，常将其与被控对象结合在一起，成为广义被控对象中的一部分。

现在将这些概念、术语和定义归纳到图 1-3 中。因为图中的构件都是用方框表示的，所以这种图就被称为框图。

图 1-3 就是所谓反馈控制系统的框图。还可以引入广义对象（图中虚线框所指）的概念进行简化，图 1-3 是一种最基本的自动控制系统的结构框图，是从复杂的大系统中抽象出来



的一个基本构架。一般而言，它不是孤立的。它的被控变量，也许是另一个系统的控制变量或是干扰。它的干扰，也许是来自另一个系统的控制变量，就像生物体中的一个细胞一样。

图 1-3 中所指的干扰、被控变量、控制变量等，并非仅限于指定一个，它可能代表一组或一群。

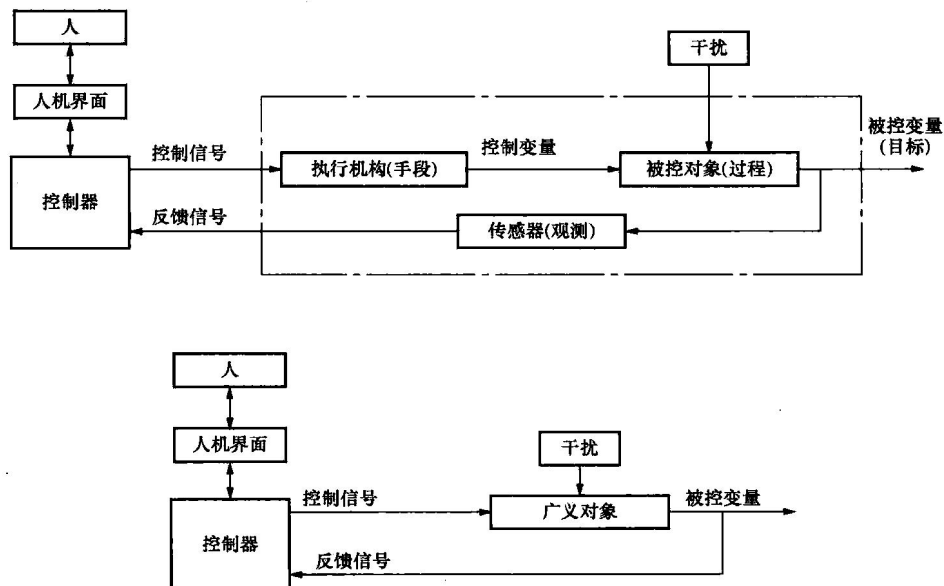


图 1-3 反馈控制系统框图

第二节 计算机技术和自动控制系统

一、控制系统的一些性质

1. 反馈控制系统和前馈控制系统

按照控制的思路，构成了反馈控制系统。但是还可以有其他的控制思路可以构成其他的控制系统。例如，工厂今年形势大好，加紧培训工人，预先大批采购材料，准备迎接大批订单。这些措施（控制变量）是建立在预先判断的基础上的，而不是在生产中，已经发现人才或材料短缺之后方才采取的措施，其效果也可能更好。当然若预先判断出错，就会适得其反。

2. 开环系统和闭环系统

前面一节介绍的是闭环系统。有一些简单的系统，看似并非系统中各个环节都存在，好像不是闭环的。例如，我们用手来开电灯。这里有被控对象——电灯，有执行机构——开关，还有手给出的控制信号，似乎缺少了某些环节。实际上，人用自己的眼睛完成了传感器的功能。这个简单的系统仍然是按闭环原理工作的。但是并非所有系统都是闭环的。如果灯泡坏了，这个被控对象已不复存在，也就谈不上控制了。如果是一位盲人，或正好现在停电（严重干扰），显然就是开环的了。总之，这个环中只要有任意一个环节断开，也就是说，一个环节的输入信号不再对它的输出信号产生影响（例如损坏或严重偏离了原有的特性等），

就变成了开环系统。此时系统已经不接受控制了。后果如何，应该事先有应对的方案。

3. 定值控制系统和随动控制系统

当我们期望的目标参数是保持某一固定值时，称为定值控制系统。反之，我们的目标参数是一个随时可能变化的值时，称为随动控制系统。控制导弹打飞机的系统是再典型不过的随动控制系统了。

4. 稳定系统和不稳定系统

能够将系统控制得“随心所欲”的系统，称之为稳定系统，否则就是不稳定系统。当然首先要制定各种衡量的标准来进行判断。一位新手开汽车，不但车速不定，而且容易走成 S 形，虽然还没有翻到沟里去，也是不可能拿到驾驶证的。

二、自动控制系统中的计算机技术

计算机技术已经发展到无孔不入的程度。我们在寻找“代理人”的过程中，不可能不雇用这些带有“电脑”的“人”。人脑与电脑虽然还不可能相互取代，但是分工合作，各司其职，则是大势所趋。本书重点介绍的 PLC 和 GOT 都是专用的计算机。

1. 渗透到系统所有组成部分中的计算机技术

计算机技术应用到控制系统中的控制器部分是理所当然的。因为控制原本就是根据要求，对比当前实际情况，计算出控制信号来进行控制，它的核心就是推理和计算。不仅如此，系统中的其他组成部分，如传感器、执行机构和人机界面等也被大量地引入了计算机技术，甚至本身就是一个小的计算机系统。已经为大家所熟悉的变频调速器，是常用的一种执行机构，其核心也是一台专用计算机。本书将重点介绍的 GOT 也不例外。还有建立在计算机技术基础上的通信技术，更是全面地被应用到控制系统中。

2. 自动控制系统中的信息

这个世界丰富多彩，用来描述事物运动的状态和参数也是五花八门。同时，也就决定了这些信息的表达方式和信息载体的多样性。它们可能是电量信息，也可能是非电量信息；可能是连续变化的信息，也可能是开关量信息，或是离散量信息；可能是定量准确的信息，也可能是统计概率模糊的信息。控制系统就是依靠这些信息的传递，对这些信息的计算、处理而构成的。而现在在控制系统中，普遍使用的是电子计算机，它只能处理电类的信息。因此首要任务就是将所有信息转换成电量信息，以电为载体。它们可能以电流、电压、电阻、频率、相位和占空比等各种形式来传达信息。这些早在模拟电子控制器的年代就已经完成了，如 $0\sim 20\text{mA}$ 、 $4\sim 20\text{mA}$ 、 $0\sim 10\text{V}$ 、 $1\sim 5\text{V}$ 等已很常见。

进入数字时代，一切信息都要求以数字形式来表达。原来的信号除了开关量和脉冲量之外，都必须转换成数字量才能被读进/出。所以各种模数转换器（A/D）应运而生。不仅如此，又由于有不少执行机构还不能接受数字信息，因此从控制器中输出的数字量还必须还原成连续的模拟量。于是只能再增配数模转换器（D/A）。可见，由此而带来的麻烦还是不少的。

三、网络化是系统发展的必然趋势

人类参与的系统越来越多，越来越大，越来越复杂。当然对信息传递的要求也不断提高，形成了“信息大爆炸”，以至于成了计算机技术进一步发展的关键所在。

通信技术随着计算机技术的发展，不仅进步神速，而且迅速普及。因此，自然而然地也



被大量地引入到控制系统中。各种信息被转换成便于通信的方式。逐步取代了原来的表达方式。这好比人类从“结绳记事”的年代，进入了使用语言和文字的时代。从“数贝壳”的时代，进入了使用“货币”的时代，其意义是十分深远的。

各种系统原本就是相互关联的，通信技术使它们进一步加强了联系。形成了大系统，更复杂的系统，系统中的系统，这就是网络化。

第三节 人机对话功能的必要性和必然性

无论是大系统还是小系统，也无论是简单系统还是大的网络，人都必须直接或间接地参与其中。具体的参与形式大概可以归纳为“听取工作汇报”和“发布指示”。实质上就是交流有关信息。由于人能够发送和接受信息的方式十分有限，无法直接与系统中的信息进行沟通。这里需要一种“中介机构”，一种能为双方进行“翻译”的机构，这就是现在被称为“人机界面”的装置，完成“人机对话”的功能。

GOT 就是一种通用性最强、功能较全面、已被广泛接受的人机界面。

第二章

PLC控制系统和人机对话

计算机控制系统

第一节 数学在控制系统中的作用

一、我们所关心的各种信息

任何事物的存在必然伴随着信息，我们要研究的系统实质上就是研究它的有关信息。如第一章所言，这里仅限于讨论我们周围物质的运动系统。有关物质运动的所有特征、规律和参数，就是我们所关心的信息，没有信息就谈不上控制。

二、能够快速流动的信息才可能成为有用的信息

信息就像物质本身一样，是客观存在的，并不以人的主观意志为转移。但是能否将信息以适当的形式正确地表达出来，并且使之能够快速传递，才是我们能否利用信息的关键。任何控制首先必须建立在获得信息的基础上。本书重点研究的 PLC 和 GOT 就是其中一种处理和利用信息的专用计算机。

三、信息必须用“数”来表达

信息的种类十分复杂，表达信息的方式也多种多样。例如，外形、颜色、图片、声音、文字描述、数字和方程等。但是发展到今天的世界，如果想要控制这个系统，就必须要将所有这些经过归纳、抽象成为数学才有可能。所有的信息必须用“数”来表达。我们已经将大部分信息都“数字化”了。已经学会用“数”的语言，用数学的方法来描述物质和它的信息。只有这种描述的方式才是最本质、最深刻、最准确的，也是最生动的。

四、信息的采集、保存、交流和利用，都离不开数学

收集信息虽然十分重要，但是通过各种途径采集来的信息都必须首先解决保存和交流问题。否则，信息就不可能发挥它应有的功能。必须有一种基本的、统一的，但又十分简单的数学表达方法，用来保存和交流信息。同时还必须用数学方法来进行加工和处理，信息才会变得有用。因此，数字化的含义也应该包括信息必须借助数学高度的抽象和概括能力进行保存和交流，用数学来加工和处理。

五、研究控制系统其实就是研究系统中的信息

系统的运动规律充分地体现在它的信息中。使用数学的工具，对已经数字化了的信息进行采集、归纳、整合、推理及计算，以实施对系统进行有效地控制。实质上是用虚拟化的系统对真实的物理系统进行仿真。再将仿真得到的结果反馈回物理系统，达成控制的目的，为



人类服务。

六、计算机是至今为止用于处理数字化信息的唯一主角

经过以上对信息的分析和对控制系统实质的了解，最终归纳为数学命题。所以数字计算机成为了不可或缺的主角，是顺理成章的事。

第二节 控制系统中的被控制对象

一、被控的物体（事物、运动）和被控对象的关系

被控对象简称为对象。实际上指的是物体所表现出的，人们正在关心的某种动态特性（参数），而并非物体本身。一个物体肯定同时具有各种特性，但是在特定的情况下，我们只关心其中的一个或几个，并且设法要控制它（们）。此时，该特性就是被控参数。该特性的运动过程就是被控对象。例如一辆汽车，它实际上同时具有很多的特性参数。车速、耗油量、车重、价格等都是它的特征参数。但是当比赛时，我们主要关心的是车速；当购买时，我们主要关心的是价格；而当长期使用时，我们主要关心的是耗油量。因此，不同条件下被控参数不同，被控对象也完全不同，但是却存在于同一个物体中。一个简单的控制系统，只控制一个被控参数，我们称为单输出对象。反之，一个控制系统，要求同时控制多个被控参数，我们称为多输出对象。

二、控制参数和被控对象的关系

在对某一个对象进行控制的过程中，要求控制某个参数，必然要有控制手段。这种能够控制、影响、调节被控参数的手段、方法，具体实施中就是人为地改变输入到对象中的另一个参数，它就是控制参数。一个简单的控制系统，仅使用一个控制参数，称为单输入对象。反之，一个控制系统，要求同时使用多个控制参数，称为多输入对象。如果能够用一个（组）数学方程式来描述控制参数与被控参数之间的关系，就称这种数学关系为对象的数学模型。

三、对象的可观测性和可控性

人们所关心的某种动态特性（参数），如果能够直接或间接地被测量和被表达出来，则称它是可观测的。显然只有具备可观测性的参数，才能用作被控参数，才有可能对它实施控制。可观测性是将信息以适当的形式正确地表达出来，并且使之能够快速传递的具体表现，也是我们能否利用信息的关键。

如果能够至少找到一个参数，能够有效控制、影响、调节被控参数，则称该过程（对象）是可控的。显然只有具备可控性的对象，才有可能构成控制系统，否则，会因为无能为力而导致失控。

四、对象的线性和时变特性

如果对象的数学模型可用线性方程（方程是由变量或其各阶导数的线性组合而成）来描述，换另一种说法就是对象的特性可以使用叠加原理，则称之为线性对象。实际的对象往往比较复杂，很少能严格地符合线性的条件。但是，如果我们采用一些工程近似的措施，或是限定变量工作在一定范围之内，仍然可以认为是线性对象。

如果对象的特性可能因时间而改变，也就是描述对象特性的数学方程的系数可能因时间

而改变，我们称之为时变特性。

为什么需要了解被控制对象的这些特性呢？因为它与计算机能够采用哪种控制算法直接相关。

第三节 工业控制系统中的计算机

一、计算机在工业控制领域中的应用分类

计算机几乎已经深入到我们生活的所有环节，计算机的发展使我们眼花缭乱。从早期的模拟计算机到现在的数字计算机；从位片机、单片机到数十位甚至上百位计算机；从单 CPU 计算机到多核计算机；从单一流程到并行处理的计算机。本书所关心和涉及的仅仅是它在工业控制领域的应用。其中绝大部分仍然是单片机和中、小型计算机。常见的门类如下。

(1) 各种智能化的仪器仪表、传感器、变送器、显示器、控制器、专用调节器、调速器、变频器、驱动器和执行器等设备中的控制核心。

(2) 工控机。各种嵌入式系统。

(3) 专用工业控制系统，总线控制系统。监控系统和集散型计算机控制系统 DCS 等

(4) 单元控制器。主要是 PLC 之类，就是本书的主题。

(5) 控制网络。

工业控制系统越来越复杂，而对系统的预判、评估、仿真的要求也越来越高，计算机的应用是必不可少的。当然主要在通用机上离线工作。

计算机控制系统由专门的制造厂提供，其中的系统软件也一并提供的。但是系统的组态、运行、联机调试功能，则必须由用户自己完成。因此计算机控制系统的辅助设计软件是必不可少的。

二、工业控制用计算机的特点

如果按功能分类，它可用作操作指导；进行直接数字控制 DDC；用于监控系统 (SCC+模拟控制或 SCC+DDC)；或用于进行分级控制（控制、监控、管理调度）。

由于应用目标定位的不同，使用环境不同，工业控制用计算机不同于通用计算机，它有自己的特点。主要体现在这些方面。

(1) 高可靠性，易维修。通常都使用模块结构，安装或替换十分方便。

(2) 实时性较强。因为控制对象大多数是快速变化的。

(3) 适应环境。工控机多在生产现场工作，相对而言，环境条件恶劣。

(4) 过程通道完善。可以方便地接收和输出各种类型的电信号。

(5) 软件丰富。应用的对象十分广泛，要求的差异很大，所以需要各种不同的应用软件，其中控制用的算法更是日新月异。

(6) 精度及速度适合于控制要求。

三、计算机自动控制系统的发展趋势

(1) 加强其灵活性、通用性、开放性。在技术可能的条件下，尽可能地“以软代硬”。就是在以计算机技术为基础的条件下，考虑到性能价格比，而且时间允许时，尽可能地用软件功能代替硬件功能。例如，各种非线性校正、各种基本的控制算法等。本书要介绍的触摸



屏，也正是体现这种原则的典型实例之一。

(2) 信息共享。建立在通信技术基础之上的信息与资源共享的原则。

(3) 结构开放。相对独立的子系统与开放式结构，在多级复杂系统中，得到相辅相成的效果。

(4) 核心一致。智能化、模块化、分时化、综合化和通用化原则，其所以能够实现，因为都建立在以计算机技术为核心的基础上。

(5) 正常运行监控与非正常状态处理并重的原则，控制与管理并重的原则。

四、信息的基本概念

1. 常用名词

(1) 信息：其实体定义为数据，包括数字数据（离散值）和模拟数据（连续值）。

(2) 信号：数据的表示形式。在信道上传输时，就是数字编码（数字信号）或各种调制波形（模拟信号）。

2. 信息传送的四种组合

(1) 模拟数据用模拟信号传送，如一般传感器的输出、普通电话。

(2) 模拟数据用数字信号传送，如声音、图像通过脉冲编码调制（PCM）变成数字信号传送。

(3) 数字数据用模拟信号传送，数字信号对载波信号调制。

(4) 数字数据用数字信号传送，如计算机输出。未经调制的基带信号占用基本频带，在基带网上传输。

五、计算机控制系统对外信息流通的方式

虽然计算机是处理信息的高手，但是仍要解决信息的输入/输出问题。像所有计算机一样，使用3种方式来进行信息的输入/输出。

(1) 定时查询方式。计算机原本就是按照指令的顺序循环工作的。所以定时查询是最容易实施的方式，也是被大量使用的方式。

(2) 中断处理方式。工业控制计算机的主要特点之一是它的实时性。正常情况下可以按部就班地工作，但是紧急时必须特事特办。就是打断（中断）原来的工作顺序，予以优先处理。

(3) 直接传输方式。计算机中为了集中传输大量数据，不经过CPU，而直接由系统让出的总线进行高速传输的方式。

工控机中，特别是PLC和GOT系统中，大量使用前两种方式。

六、计算机控制系统信息流的通道

(1) 接口技术模块或电路：依托于计算机内部总线基础上与计算机交换信息的专门技术接口。接口技术是微机的应用基础，它不仅涉及硬件，也涉及软件。目前许多接口电路都是可编程的。接口是两个部件之间的中介，既包括物理上的连接，也包括逻辑上的连接。我们把近距离的连接称为接口，而把远距离的连接称为通信。

片总线与接口电路。可实施接口的扩展包括硬件电路和软件程序的扩展。两者的某些功能有其互换性。主要用于以下几个方面。

1) 地址译码器的扩展。提供片选信号或使能信号。