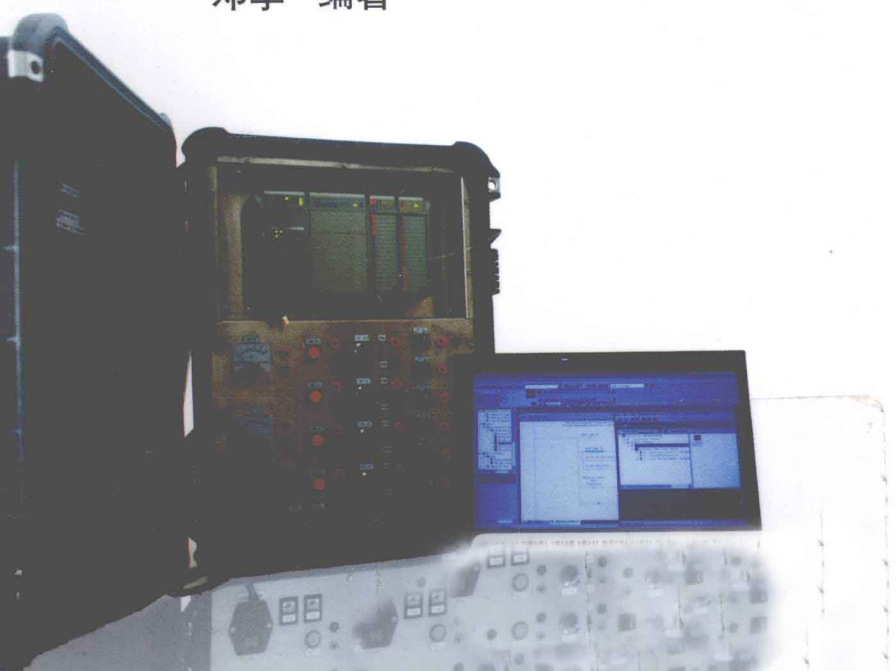
Rockwell Automation

罗克韦尔自动化技术丛书

PAC编程基本教程

——适用于罗克韦尔自动化Logix控制器

邓李　编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

罗克韦尔自动化技术丛书

PAC 编程基本教程

——适用于罗克韦尔自动化 Logix 控制器

邓　李　编著

机械工业出版社

本书以罗克韦尔自动化公司的 Logix 控制器为编程平台，结合现场实例的梯级逻辑介绍了指令的运用，由浅入深，循序渐进地介绍了 PAC 的四种编程模式。既有 PLC 的基础指令编程，数组和通信操作的高级指令编程，还有 PAC 的特殊指令和编程模式，内容全面覆盖了当前可编程序控制器的控制功能。本书详细讨论了指令实际运用过程和编程细节是如何推敲的，强调了编程能力和编程习惯的训练，注重标准化编程的发展过程和趋势的研究，是一本极具实用价值的指导性编程教程。

本书适用于学校作为实操能力训练的课程教材，生产企业培训中心针对技术培训的教材，也可作为项目开发编程人员和控制系统维护人员提高自身编程能力的自学教材。

在本书学习进程的编程练习中，建议使用与之紧密配合的标准编程实验设备和编程实验指导书，可以高效地完成各个章节对应的编程训练，保持完整内容的编程训练过程。

图书在版编目（CIP）数据

PAC编程基本教程/邓李编著. —北京：机械工业出版社，2011.10
（罗克韦尔自动化技术丛书）
ISBN 978-7-111-36030-8

Ⅰ.①P… Ⅱ.①邓… Ⅲ.①可编程序控制器－程序设计 Ⅳ.①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 200873 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：林春泉 责任编辑：赵 任 版式设计：霍永明
责任校对：王 欣 封面设计：鞠 杨 责任印制：乔 宇
北京机工印刷厂印刷（三河市南杨庄国丰装订厂装订）
2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
184mm×260mm · 22.75 印张 · 560 千字
0 001—3 000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-36030-8
定价：85.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务
社服务中心：（010）88361066
销售一部：（010）68326294
销售二部：（010）88379649
读者购书热线：（010）88379203

网络服务
门户网：http://www.cmpbook.com
教材网：http://www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

前　言

多年前，我的一个同事和一个邻居相继去了美国，几年后，听说她们做了程序员，干得还不错。说实话，我非常地吃惊和不解，要知道她们在国内学的可是语言，一位学的是英语，另一位学的是日语，典型的文科生。那时，我常常给电气专业出身的学员们作 PLC5 的编程培训，理所当然地认为编程自然应是受过多年理工科训练的工程师们干的活，其逻辑思维的慎密和严谨，专业知识的丰富和熟练，并非一日之功。

直到近些年，第三代控制产品 Logix 控制器的问世，在编程软件人机交互界面的轻松操作中，完全没有注意到编程的简单和容易，为了编写这本《PAC 编程基础教程》，我有意识地研究了计算机控制系统完成执行动作指令的演变和进化过程，竟然改变了原有的看法，尤其是在完成了这本书后，得出的结论是：几乎任何起点的人都可以学习编程！

PAC 控制器，仅仅数点它的功能，便会令人望而生畏，功能这么强大的系统，编程是不是很难？这给我们提出了一个有趣的问题，究竟是复杂的计算机控制系统编程容易？还是简单的计算机控制系统编程容易？事实总是跟我们想像的不一样，只有当我们对原先未知的东西，有了相当的了解之后，才会看到其真实的一面，脱离了之前的武断，恍然大悟。

事实上，指令功能越强，编程所需要的技巧就越少。所谓指令系统的提升，实际上就是将原来需要技巧处理的经验转化为指令的标准功能，一代又一代的产品更新，多年前辈的经验逐步地化作了指令的功能和标准化的编程。理解指令功能也许比构思技巧更为重要，有时你绞尽脑汁想出来的解决方案，原本就有一条专用的指令可直接应用，遗憾知之甚少之余，感叹学习有时比创造性劳动更有意义。

PAC 控制器系统的先进无疑使我们感觉到编程越来越容易，指令功能更强，编程更标准化，资源运用更充足，快速而缩减错误的编程方式不但减轻了工程师们的负担，也使现场调试更为方便和快捷，从而大大地缩短了工期，自然节省了工程成本并提升了生产力，这也是 PAC 产品显著的优势之一。此外，标准化还使项目开发者和系统维护者之间达到了共识，系统维护者解读程序不再是困难重重。

任何系统功能和标准都不是突然产生的，而是经过了长期的演变和积累，功能化和标准化让后人分享了前辈的经验和成果，功能化的处理，标准化的编程，不但让新手更容易上手，更重要的是减少出错，避免了陷阱和隐患，直接运用正确的方式，获得了正确的结果。训练新手的一个重要环节就是学会标准化地处理应用对象。

本书介绍的编程方式和数据处理就有多种形式的标准化模式，Logix 控制器的平台使得标准化更容易实现和更容易表达，特别是用户自定义的结构数据和用户自定义的指令，更是把行业或企业的标准统一起来，将管理嵌入了控制系统，让企业受益匪浅，其作用和影响甚至超过了控制系统本身。

18 年的产品培训经历让我看到一批又一批的学员不断重复相同的错误，却无法帮助他们在短期内解决问题，需要了解的产品知识面越来越广，需要更多的时间花费在组态和更新上，于是编程的基础训练变得越来越少。希望这本书能够帮助读者在自由支配的时间里细细

地阅读和练习，从容地思考和研究，学会程序的编写，会编写程序就会解读程序，只有解读了程序，才有可能理解和精通你所维护的系统。

让我们一起来学习编程吧！

本书参编人员有：谢志雄、陈子平、田毅、向京、余一帆、张建雄、柳小平、刘健坤、梁健、陈尔迎、王占平、王作铭、代勇飞、魏海波、林李智、姜薇、程玉进、张敬山、张宾伟。

与本书同时开发的还有配套的 Logix 平台编程实验设备，以及在编程实验设备上实现编程训练步骤的编程实验指导书。编程实验设备简洁而不简单，涵盖了 PAC 所有的指令功能和编程内容，面板信号和外部信号的灵活组合，具有较强的仿真能力和外联功能。编程实验指导书结合本书中的学习进程，提供了足量的习题练习，这些习题不仅与现场实践运用相关，还具有趣味性，每道习题均有编程提示和测试要点，并提供了极具价值的编程参考，方便了编程者对照学习和拓展思路。由于编程实验指导书从最基本的编程操作入手，具有详尽的操作步骤和完整的操作过程，通过实例学会与编程测试有关的编程软件基本功能运用，即使对 Logix 产品一无所知的学习者也可轻松上手，不仅适合学校和企业培训中心完成计划性的训练，还适合自我训练。

编程实验设备和编程实验指导书，将由厦门罗吉克斯技术咨询有限公司提供，需要者可来函来电联系。电子邮件：logixdemo@ yahoo. cn。

作者

2011 年 10 月于厦门

目　录

第1章

PAC控制器基本性能概述

可编程自动化控制器（Programmable Automation Controller，PAC）是覆盖工业常规控制的通用型控制产品，是近年来领先工控产品制造业公司推出的新型控制器，旨在取代可编程序控制器（Programmable Logic Controller，PLC）并扩充其功能的代表性产品。产品融合了当今优越的计算机技术和成熟的网络技术，数据无缝连接解决了控制系统之间信息沟通的难题，灵活机动的编程语言和编程模式为多样化编程奠定了基础，与传统的PLC相比，在控制功能、硬件结构、通信模式、数据形式和I/O管理上都有着本质的区别，作为先进的可编程自动化控制器，应该具备覆盖广泛领域的控制功能、硬件功能模块化的结构、开放的网络平台、标准化的数据结构、智能化的I/O设备管理等特征。

1.1 覆盖广泛领域的控制功能

面对一个完整的生产工艺过程所进行的自动化控制，往往是综合功能的控制，不仅仅是顺序时序逻辑控制，还包括了简单的过程控制、精确执行的运动控制和随动伺服驱动。在传统工业控制产品中，要将这些相互分离的控制系统整合在一起，表达生产工艺过程的完整信息结构和传递，必须完成各个控制系统之间的通信连接，这在封闭网络协议和数据形式自立的局势下，是极其困难有时甚至是无奈的，为实现接口和数据交换的所花费的繁杂工作，有时超过了控制系统本身的面对控制对象的工作。为此，各个工业控制产品制造厂家在硬接口和软接口上，耗费了大量的人力物力，仍然是收效甚微，兼容往往限于合作伙伴和常规网络之间，综合同一生产工艺过程的所有控制系统的所有数据交流于一体，几乎是不可能的。

可编程自动化控制器的控制功能涵盖了工控系统几乎所有的控制功能——时序逻辑控制、过程控制、运动控制和伺服驱动控制。

时序逻辑控制沿用了PLC的优势，移植了成熟且功能强大的逻辑处理的指令系统，并有不同程度的改进，有更为精密的计时器用于更为精确的控制；将文件处理进化为多维数组处理；增加了ASCII码的处理功能；增强了通信指令MSG的功能，大量的服务性指令操作，更方便系统的自我管理和监视；增加了专用的信息处理指令SSV/GSV，访问系统的硬件和软件，获取它们的状态和设置组态数据。

由于控制器系统采用了结构化数据，过程控制中包含大量参数的功能块，可以毫无阻碍地移植到控制器指令系统，完成功能块组态和参数调试。具有DCS系统丰富特色的PID环控制、累加器、高通滤波和低通滤波、选择器等功能块，弥补了单一功能逻辑控制的不足，用梯形图指令完成这些功能，也许需要编写大量的梯级逻辑才能实现，在此，一个诸多参数

集中于功能明确的控制块中便可完成。

专用的运动控制模块与控制器紧密关联，位于同一机架或集成于一体，令信息传递快速而准确，内建在控制器指令系统中的运动控制指令，将传统运动控制的复杂组态过程演变为简单的梯形图逻辑编程，易于理解和掌握的运动控制指令实现运动控制功能，使更多的工程技术人员不需更长时间就能运用自如，极有效地缩短了开发和调试时间。

驱动控制功能改变了传统产品的控制器与驱动器之间通过通信连接，从驱动器获取状态信息，在控制器中完成逻辑控制过程，再将控制结果送至驱动器的做法。直接在驱动器中内嵌的控制功能，不但可以通过专用的功能块组态驱动器的控制模式，还可编制梯形图时序逻辑，完成时序逻辑控制，极大地改善了驱动性能和提高了本地逻辑处理能力，驱动控制系统的快速性和可靠性得到了提高。

最重要的是，可编程自动化控制器将时序逻辑控制、过程控制、运动控制和伺服控制的功能集成在一起，共同使用一套 I/O 模块，共同使用一套数据库，共同面对外部设备访问，数据的无缝集成，使得满足通用型的控制系统达到了完美的境地。

可编程自动化控制器不仅仅具有控制功能全面覆盖的优势，基于优越的操作系统和多样化的编程模式，控制器可以轻而易举地将标准化编程注入其内。如满足适合批处理控制的 ISA S88.01 设备和配方模块，以及适合机器控制的 PackML 方案，可以用简单组态的方式建立起标准模式，实现标准化编程，这给解读程序和维护系统带来了极大的便利。系统还允许创建用户自定义指令，用途广泛的用户自定义指令不但能满足大量重复使用的实例简单化操作，还可以实现标准化运用推广，对于专用系统开发商，封装自定义指令的内容，以保护自己的知识产权，更是大受欢迎。

相比传统 PLC 单一的程序结构和有限的中断调用，可编程自动化控制器的程序文件具有任务、程序和例程三层结构，是较为复杂和运用灵活的。多任务执行的组态和优先权安排，使定时中断调用和事件中断调用可多次响应并优先有序；程序核心结构完整，内部数据库和例程自成一体，程序相互独立并数据隔离；例程编程语言多样化，可根据控制需求或控制目的选用；软控制器可外联计算机编程语言例程，更是给开发人员提供了广阔的应用。

1.2 硬件功能模块化的结构

这里提到的硬件功能模块化的结构，并非传统产品意义上的硬件模块化结构。传统产品的硬件也是模块化的结构，但是硬件的功能并未模块化，处理器或适配器与 I/O 模块有规则地组合在一个框架中，框架内所有 I/O 模块别无选择地成为同一个 I/O 功能组块，并以框架为单位，通过处理器或适配器建立对外的通信。相对功能而言，硬件 I/O 模块都不是独立的，处理器或适配器通过内部数据线跟每个模块的数据缓冲区交换 I/O 数据，这些模块化的硬件综合而成一个功能模块，每个硬件 I/O 模块没有独立的功能，不能单独对外通信。

可编程自动化控制器的硬件功能模块化结构，是指每一个硬件模块都是功能独立的设备，表面看上去跟传统产品一样的硬件模块组成的框架，每个模块在功能上却是相互独立的，这个系列的所有的模块，不管是控制器模块、通信模块或 I/O 模块，都可作为通信的独立单元，都具有发送信息和接受信息的能力，就像一台设备，无论位于哪个槽位，都不会限

制或影响本身具有的功能。

在可编程自动化控制器的系统中，将控制器称为 CPU 或 CPU 模块的说法，变得非常地不恰当，并非只有控制器才带有 CPU 芯片，而是每个模块都带有 CPU 芯片，都是智能模块，具有独立的数据处理和通信管理能力。位于框架的所有模块，不但通过背板获取电子设备必需的供电，还通过框架背板的控制总线功能与其他模块或设备建立通信连接。所有模块插放的槽位是不受任何限制的，即使是控制器模块也可以插放在任何位置，而不必像传统产品那样，必须插放在框架的最左侧。由于硬件模块的相互独立，在同一个框架插放多个控制器或多个通信模块也是允许的。

只要在控制器中进行的 I/O 组态，明确了通信模块和 I/O 模块的从属关系，建立与它们的通信连接，指定与它们的数据交换关系，或通过背板，或通过网络，都可自由地进行数据交流。这样说来，位于同一框架的模块，或许它们之间有着紧密的通信关系，或许它们毫不相干，它们之所以位于同一框架，完全取决于它们所需驻留的物理位置。

同时，可编程自动化控制器的面板上不再建造复杂的通信口，只保留了一个简单的编程口，留与编程终端直接连接，这正是称为控制器而不称为处理器的原因。所有的通信口都被做成独立的不同类型网络的通信模块，像 I/O 模块一样插放在框架上，通过背板跟控制器建立通信连接，并作为控制器的通信通路，延伸到网络。这样，转换网络类型只需更换通信模块，扩展网络也只需增加通信模块，系统结构变更和拓展的实现变得非常容易。通信口的损坏只需更换通信模块，而不会像传统产品那样兴师动众地要更换处理器。

毫无疑问，这从根本上改变了控制器与 I/O 模块的关系，摒弃了传统产品控制器主从式的轮询 I/O 扫描方式，所有的 I/O 模块以通信的方式与控制器交换 I/O 信息，将传统的被扫描变为主动的发送数据，每个 I/O 模块都可单独定义自己的 I/O 数据更新时间，这使得最为节省通信资源的 I/O 数据交换模式周期刷新（模拟量）和逢变则报（离散量）得以实现。由于采用生产者/用户方式来交换 I/O 数据，还可以实现输入数据共享，多个控制器访问同一输入模块只需简单地组态便可以实现。

这样，I/O 模块作为一个通信连接，和外部设备通信（如人机界面访问）是完全一样的，它们一起共享控制器的通信资源，可以将用于 I/O 模块的通信连接和对外通信的通信连接，按照需求进行分配，灵活充分地运用了控制器资源。对于 PAC 控制器，很少严格地去讨论能带多少个 I/O 点，具有多大的带 I/O 的能力，我们所关注的是控制器的连接限量是如何被运用的，这个通信运用包括了硬软件的共同分享。

不管怎么说，控制器毕竟是一个非常特殊的模块，它除了含有每个模块都具有的 CPU 芯片，有的控制器模块甚至使用了两个 CPU 芯片，还有内存用来存放执行代码和操作数据，它的操作系统使它当之无愧地成为整个系统的核心部件，所有的数据都集中在它的内存空间，接受内存执行代码的处理，并发往其他设备。

的确，在这个系统中，模块和设备的区分不是那么明显，至少在数据交换上来说，它们几乎是等同的。如果非要细究，区别在于硬件模块是框架组合，模块在供电上并非独立，不同于设备的独立取电，但这也正说明硬件的系统集成紧密。总而言之，要强调的是硬件功能模块化，通信功能的独立。

1.3 开放的网络平台

开放的网络是可编程自动化控制器的一大特色。工业控制系统的网络数据交换给人们带来的困扰由来已久，只有采用开放的网络协议，才能让广大供应商的产品共聚在同一个网络，为无缝连接的数据交换提供共同的物理平台。现在，致力于工业控制系统的产品开发的生产商，协同商议促使开发，在开放网络协议方面已达到了共识。可编程自动化控制器系统选择了开放式的网络，也就是选择了数据无缝连接的平台。

针对工业控制系统不同需求的信息交换层次，可编程自动化控制器拥有不同层次的开放网络。一般来说，按目前的信息交换需求分层，有信息网、控制网和设备网。

信息网是适合大量数据采集的网络，主要用作于人机界面对控制器的数据采集，人机界面越来越多和越来越高的需求，促使了信息网在工业控制领域的发展；将控制系统数据嵌入管理系统数据库，关联数据所需的信息交换满足大批量数据处理，也成为目前需求的一种趋势；控制器之间的数据交换，也可以通过信息网传送，通常是一些非预定性数据。信息网通常用 EtherNet/IP 网络实现。

控制网是专为工业控制需求而设计的网络，主要用作预定性数据的传送，能够确保实时数据交换的可靠和及时，控制器与远程 I/O 模块数据的交换。控制器和控制器之间连锁信息的交换，都是控制网数据交换的主要需求。由于网络速度快和网络规划的确保，具有极好的响应速度和可靠性；由于网络组态和网络管理被设计得完善和周全，控制网的网络优化极易实现。控制网通常用 ControlNet 网络实现。

设备网是直接面对现场传感设备采集数据的网络，主要用作现场设备数据采集，将传统传感器产品的模拟信号，改为网络通信的方式直接获取数据，它的出现不但挑战了传统的 I/O 模块的数据交换模式，同时也刺激了智能化传感器的发展。设备网络是一个特殊的网络，不但要有数据通信的网络连线，有时还要为现场设备供电，是将通信和供电集于一体的网络，所以网络电缆和各种接头的选型较为复杂。设备网通常用 DeviceNet 网络实现。

这些开放式网络都是智能网络，能够规划和管理网络数据的交换，通过专用的组态软件对网络设备进行组态，不但能让网络数据流通获得最佳性能，还可以实现网络的数据流量的监视和故障的诊断。智能网络是需要组态的，所以这些网络都有相应的网络组态软件，网络组态软件自然成了可编程自动化控制器系统软件组合不可分割的一部分。

网络的互通性能也是考查开放性的一个重要指标，被称为控制总线（ControlBus）结构的框架背板充当了网络网关的角色，插放在框架中的相同类型或不同类型的通信模块，通过背板从一个网络转移到另一个网络，不需要作任何组态或设置，即使是不同类型的网络也没有任何障碍，如此的框架背板几乎可以称为万能网关。这样，本地网站点和远程网站点之间的数据交换变得自如流畅，不再像传统网络那样极为困难和繁琐，这要感谢硬件功能模块化结构和背板控制总线结构带来的好处。

由于良好的网络互通性能，这三层按应用分类的网络在运用实际的网络时，并不十分严格和界限分明，往往是相互交叉和相互延伸的，有时同一网络同时兼任了信息层和控制层的需求；有时同一网络同时兼任了控制层和设备层的需求；有时甚至同一网络同时兼任了 3 个应用层的需求。根据实际应用所进行的网络选型，一个应用可能会产生多种方案，这就是开

放式系统带来的灵活性。

目前，有的产品甚至开始尝试一网到底的做法，让一种网络同时兼任所有的信息交换工作。被看好的无疑是工业以太网，它不但拥有以太网容量大、速度快的优良品质，还可借用广泛的媒介质设备节省硬件开发的时间和成本，和其他领域通用的便利更是受到人们的欢迎。它面临的问题只有一个，就是将工控系统中预定性数据，即 I/O 数据如何优先传送。这个问题似乎得到了解决：网络的中转设备选用智能的交换机。作为网络数据集中交换设备，智能的交换机可以根据数据类型作出选择，让优先级别高的数据从优先通道先行，此外，它还有强大的诊断能力对网络数据流通进行监视。

1.4　标准化的数据结构

实现信息交换无缝连接的另一个重要条件就是采用标准的数据结构，仅仅有开放协议的网络只保证了信息的无碍沟通，但不能保证通信设备之间的数据识别，只有彼此采用相同的数据结构，才能确保数据的有效识别和直接使用。工业控制系统无需特别地去制定一套通用的数据结构标准，工业控制系统的计算机化，以及人机界面数据库和嵌入的管理系统数据库的日益增多的需求，别无选择的是计算机标准数据结构。

可编程自动化控制器的数据形式采用的是计算机的标准数据结构。习惯了的逻辑控制简洁直达的地址形式转为计算机标签的数据形式，还需要一段时间去适应，以至于常常称标签数据为地址，甚至感到建立标签的繁琐，但最终能接受并感受到标签数据的优越之处，特别是在系统架构非常庞大，数据交换十分复杂的时候尤为如此。

在控制器数据库中被称为标签的数据名称，可以直接用 I/O 设备名称，或控制中间变量直接命名，字母文字简要地表达了具体的控制对象或控制过程含义，故又被称为注释性标签。例如外部电机设备可以直接表达为标签 Motor，中间控制变量运行位可以直接表达为标签 Run，传统外置的纸质 I/O 注释文本说明被撇弃，设备名称终于跟控制器数据融为一体。随着计算机操作平台多元文字平台的功能增强，基于微软平台的编程软件中，中文的注释说明附属在标签之后，给阅读程序带来了极大的便利。

标签的数据类型可以是基本数据，计算机基本数据的两大类离散量和数据量，用作编程对象的操作数。离散量的表达形式正是逻辑控制应用最多的布尔量操作数，现场开关设备和逻辑关系的内部位都用到了布尔量；数据量的形式较为多样化，以字节为单位有短整数、整数、双整数和实数，可根据不同的应用需求选用，一般推荐双整数和实数，以缩减控制器资源，作为 32 位基本数据单元的控制器，指令中使用系统的基本数据单元，无论是空间还是时间都是最为节省的。

标签的数据类型也可以是结构数据。结构数据集合基本数据的操作数于一体，作为结构数据子元素的操作数，仍可被访问和检索。结构数据在应用中更为常见，系统预定义的结构数据包括了 I/O 结构数据、专用控制块结构数据、功能块结构数据及运动控制结构数据。I/O 结构数据标签是组态 I/O 模块时创建在控制器数据区域的，每个模块都有不同的数据结构，包含了模块的组态信息、状态信息和 I/O 数据；专用控制块结构数据是指令特定的数据结构，不同的指令有不同的数据结构，比如计时器指令有计时器结构数据与之对应，计数器指令有计数器指令与之对应，较为复杂的 PID 指令和 MSG 指令的结构数据就更为复杂了；

功能块数据结构来自于 DCS 系统的仪表参数，每个功能块都对应一套十分复杂的结构数据，这反而令功能块功能和参数意义十分明确，组态特别方便。运动控制结构数据自然和每一条运动控制指令息息相关，每一条运动控制指令都要分配一个结构数据标签，用来记录运动控制的运行情况。

最为丰富的尚推用户自定义结构数据。用户自定义结构数据是为了满足各种应用需求，用户自己创建的结构数据，在项目应用中十分有价值，一个包含各种数据类型的结构数据可将相关信息紧密地集中在一起。有时是围绕一个控制对象而创建，将不同类型的操作数合并在一起，方便编程索引和数据查找监视。有时为了数据的传送和变更，可以将近似刷新频率的数据集合在一起，共同更新或传递数据，避免了数据无效交换的损耗。有时为了人机界面的访问，将被访问信息集中在一个结构数据，仅需为通信提供一个连接，极容易地就实现了数据捆绑的优化组合，而不需要额外的处理，这对需求日益增长的人机界面访问来说，提供了一个高效率的通信平台。大多数用户正是在用户自定义结构数据的使用中尝到了标签数据的甜头，从而由不习惯转为乐此不疲。

近年来推行的集成架构所提倡的一套数据库，即下层设备、控制器数据库和人机界面数据库共享一套，这一套数据库就是控制器中的数据库，结构化数据不但提供了一个标准在可编程自动化控制器系统内部及其他设备之间交换，还可以让人机界面通过指向功能直接访问，而不需要在人机界面中再建一套数据库，更重要的是还为二级计算机管理系统直接提供了数据库。可以看出，在控制器中的结构化数据表，正是计算机系统中的关系数据库，一个结构数据标签对应了关系数据库的一条记录。

无论是基本数据还是结构数据，都可以建立一维至三维的数组，除了控制器中拥有数组处理的指令可在内部进行处理，数组还为上位计算机直接提供了符合计算机处理规则的原始的多维数据。

通过结构数据标签的沟通，工业控制系统与常规计算机在数据上已经融为一体，这真是个皆大欢喜的结局。

1.5 智能化的 I/O 设备管理

能够在编程软件上直接监视控制器属下的所有 I/O 模块，乃至与之通信的所有设备，恐怕是现场维护人员最为企盼的事了，可编程自动化控制器系统轻而易举就实现了这个需求，这得益于智能化的 I/O 模块和通信模块，可以响应通信并进行自我诊断的模块，为外部请求提供自身的状态信息并非难事。

与传统产品不同的是，编程软件的 I/O 组态项是非常重要的一部分，这里组态的 I/O 模块，不但建立了控制器和所属模块的数据交换的连接，还提供了监视模块的页面，每当模块与控制的通信连接发生了问题，报警的符号赫然出现在这个模块上，点击进入便可读到相关的信息，并提供相应的故障代码。

每个模块专用的模块信息页面，可以读到模块的名称、型号、版本、系列号、生产厂家，还有模块的当前数据传送模式、主要故障和次要故障代码、拥有者状态、模块组态状态、电子识别状态以及时间硬件和同步状态。

每个模块还有一个背板状态页面，显示模块通过背板传送数据的状态，发送或接受的错

误计数器，为诊断提供了直接的信息。

每个模块的左下角，总是显示模块与控制器的数据交换状态，几乎一眼便知模块是否正在跟控制器交换数据。

在编程软件中组态 I/O 模块时，将在控制器数据库产生与之相匹配的 I/O 结构数据，有别于传统产品的 I/O 模块数据交换，结构数据中不但含有被用于控制程序的 I/O 数据，还含有送至模块的组态信息和从模块读回的状态信息，不管输入模块还是输出模块，模块和控制器之间交换的数据都是双向的，通过模块与控制器的连接，频繁交换如结构数据中的数据内容的一个数据块。

维护人员可以通过编程软件在线监视模块状态，直观地读取模块的工作状态，由于 I/O 模块结构数据的数据提供，也可将数据结构中的状态信息数据从人机界面访问获取，编辑成操作员便于理解的说明，于操作员界面显示，让操作员直接了解系统状况，甚至可作即时处理。操作员进行的处理操作，可由梯形图的梯级逻辑实现，MSG 指令的服务性指令操作可提供各类命令执行，无异于编程人员在编程软件上的操作。

智能化的 I/O 模块带来的另一个惊喜是，离散量模块带有开路诊断功能和输出电子保护电路，可以对每一个通道分别进行管理。离散量输入模块通道的开路锁定，对于接触不稳定的输入回路是最好的判断手段；离散量输出模块通道开路的脉冲测试，亦可获得模块信号回路开路的状态。离散量输出模块的电子保护回路将在输出回路过电流时迅速关闭输出回路，从而保护模块不被烧坏。

最具实用意义的是对输出模块的输出回路在非正常状态时所作的处理。在控制器非正常工作状态或与 I/O 模块的通信失去连接时，也即控制器对输出回路失去控制时，可以设定此时每个通道的输出状态。对于离散量输出模块来说，可以设定输出回路处于接通、关闭或保持状态；对于模拟量输出模块来说，可以设定某个特定的输出量或保持在原值。

值得一提的是，可编程自动化控制器系统的任何一个模块，包括 I/O 模块在内，没有任何跳线和组合开关需要设置，这些传统产品用来组态的硬件，统统被软件组态所代替，这是因为所有的模块都是智能的，能接受组态信息并给予相应的处理。当然，这将引起关注，这些模块是如何保持它们的组态信息的。一般来说，I/O 模块都是通过与控制器建立连接时，临时获取组态信息，如下载项目到控制器、模块所在框架上电、在线修改组态的确认和 MSG 指令执行组态，这些组态信息一直在线保留在 I/O 模块中，当框架关闭电源时，所有的组态信息将全部丢失，等下次与控制器连接时重新获取；通信模块与控制器的所属和连接关系在与控制器建立连接时获得，与 I/O 模块相似，但是通过网络组态软件或连接软件所获得的组态信息，会闪存在通信模块之中，即使离开供电的框架，也不至于丢失组态信息。

以上对 PAC 控制器的基本性能进行了简要的介绍，旨在我们学习编程之前，对程序运行的硬件环境有一个初步的了解，从而知道，根据需求变化和生产技术的进化，传统产品发展到当前的新型产品所传承和拓展的产品功能，这就是为什么我们既要学习传统产品的逻辑控制编程，又要学习新型产品的特殊编程的原故。

第2章

编程实验设备基本结构

罗克韦尔自动化有限公司开发、应用和推广 PAC 产品已有 10 多年之久，系列产品已趋于成熟，拥有从上到下完全的系统产品集成架构，无论是硬件结构还是软件配备都十分丰富和完整，在工业控制行业内极具代表性和占有领先地位。

作为罗克韦尔自动化集成架构的核心部件，Logix 控制器具有所有的 PAC 的性能特征。其先进的控制功能和优良的网络性能以及编程软件良好的交互界面，使得功能强大的系统具有一张平易近人的面孔，如此简洁明了和通俗易懂的学习过程，不但令初入门的新手受益匪浅，也深得项目开发工程人员和现场维护技术人员的认同和喜爱，近年来逐渐在各个行业和领域得到广泛的应用和推广。

本书的编程练习和实例讲解，全部基于 Logix 控制器系统平台和常规网络进行，使用 Logix 控制器的编程软件和相应的连接软件。我们将运用编程终端，经历实际的软件操作和针对应用需求的实例编程，通过控制器和 I/O 模块及编程设备外接的开关量和模拟量信号，模拟真实的运行场景，用来检查和调试编写的程序执行代码，不但能得到循序渐进的系统的编程训练，了解和熟悉系统的编程指令，还将大幅提高现场操作的实际技能。

2.1 Logix 控制器类型简介

为了适应各种需求、价位和场合，像所有的系列化产品一样，Logix 控制器也有分类，应该针对现场控制对象和控制过程，根据不同的应用目的和应用层面分析，以及项目的投资情况，选定适合的产品或系统结构。

Logix 控制器系列有 5 种控制器类别可供选型：

- CompactLogix 紧凑型控制器
- ControlLogix 完全型控制器
- DriveLogix 驱动型控制器
- FlexLogix 分布型控制器
- SoftLogix 软件型控制器

如图 2-1 所示，是 5 种控制器的集合。

CompactLogix 控制器是紧凑性的控制产品，硬件结构精巧而紧密，系统功能完整而丰富，较 ControlLogix 控制器价格更为经济，拟用来代替 SLC500 控制器系列。它的发展非常像当年的 SLC500 系列的控制器，这是一个起点较低，最后发展到接近高性能产品的典型例子，就像 SLC500 控制器系列最后发展到接近 PLC5 的功能一样。CompactLogix 控制器的发

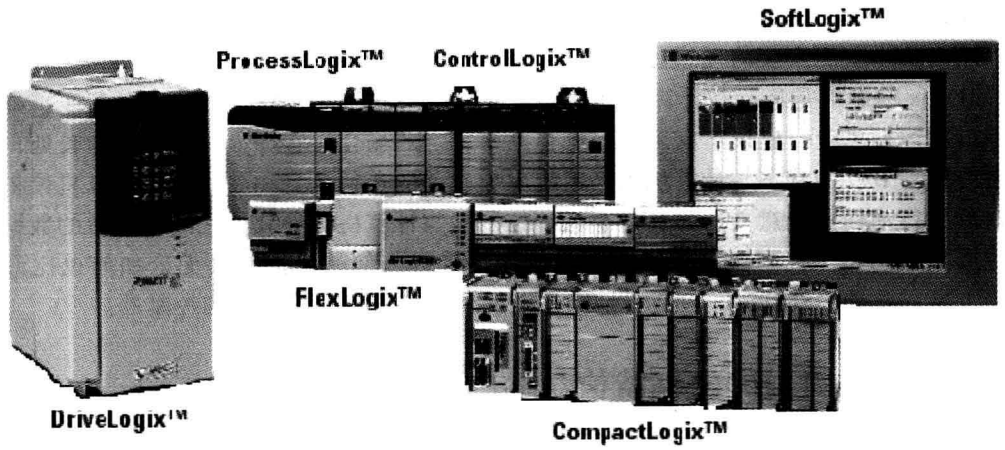


图 2-1　5 种控制器的集合

展，今天也到了接近 ControlLogix 控制器的功能，最为明显的表现是 1768-4X 系列产品的问世，这个产品开发了运动控制功能，这使得 CompactLogix 与 ControlLogix 相比较，除了规模上的差异之外，在功能上几乎没有差别。一网到底的概念最早在 CompactLogix 控制器系统上推行实施，并运用日益广泛，这使得在网络运用上较 ControlLogix 更为方便和经济。尤其是编程的指令系统，跟 ControlLogix 控制器毫无差异，这表现出控制功能上的一致。CompactLogix 的 I/O 模块最初沿用了 1769 系列的 I/O 模块，即 MicroLogix 1500 的扩展 I/O 模块，这不免带有一些传统产品的特征，直到近年来伴随 1768-4X 控制器推出的 1768 系列的 I/O 模块，才具有一些令人欣赏的 PAC 新特性。

ControlLogix 控制器是 Logix 控制器系列中 PAC 功能最齐全的产品，第 1 章中所谈到的 PAC 的全部性能特征，几乎是基于 ControlLogix 控制器的讨论。可以说 ControlLogix 控制器具有最完整的功能和最全面的特性，它的硬件组合最方便灵活，极具柔性且功能强大的，通信组合和扩展最为便利和丰富，具有最强的兼容能力，作为用来替代 PLC5 系列的产品，性价比却远远超越 PLC5 系统。至今，无论是较大的新项目开发或是 PLC5 项目升级改造，ControlLogix 都会作为首选。最重要的是，ControlLogix 控制器拥有一批功能强大的 I/O 模块，这些模块全部都是智能模块，具有独立的对外通信能力和模块自身的诊断能力，能够跟外部设备，特别是控制器交换大量的信息，不但包括 I/O 数据，还包括模块的组态信息和状态信息。基于系统的网络式结构，控制器与智能的 I/O 模块和通信模块构成了全智能设备的硬件系统架构，表现了优越的柔性和全面的集成性。

DriveLogix 控制器专用于驱动控制，是内嵌在驱动器中的控制器，特定的驱动控制功能块的组态可选择驱动器的控制模式，增强了驱动器的控制功能，本地完成逻辑控制使驱动控制的可靠性和快速性有大幅度的提高。DriveLogix 控制器对外通信跟所有的 Logix 控制器一样方便和灵活，对于变频控制在系统中举足轻重，并需要适当的本地逻辑做快速控制处理。

FlexLogix 控制器属于小型的控制器，用于独立的小范围控制系统。这个基于成熟的 1794 系列的分布式 I/O 模块发展起来的小系统，特别适合不超过 16 个 I/O 模块的分布式应用，由于用 FlexLogix 控制器替代先前的 Flex I/O 适配器，它的硬件结构带有明显的传统产品特征，如 I/O 并无独立对外通信能力，PAC 系统智能 I/O 的某些管理在这里难以实现，但