



以“授人以渔”的方法指导读者掌握先进的设计理念和方法  
大量的实际工程应用设计案例，给读者以示范和启迪  
内容翔实、图文并茂，可读性、可操作性和实践性强



# 三菱FX/A/Q系列 PLC自学手册



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

高安邦 石磊 胡乃文 主编  
张晓辉 陈武 董泽斯 副主编  
邵俊鹏 田敏 俞宁 主审

# 三菱FX/A/Q系列 PLC自学手册

高安邦 石磊 胡乃文 主编  
张晓辉 陈武 董泽斯 副主编  
褚雪莲 韩维民 陈瑾 参编  
邵俊鹏 田敏 俞宁 主审

州大学图书馆  
藏书章



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 简 介

自学需要在没有接受指导和教育的情况下掌握某种技能。要有效地自学需要一部知识渊博、易学易懂的书。本书就是为自学者量身定制的重点介绍 PLC 开发应用的著作。

本书分为上、下两篇，共 11 章。主要以三菱的 FX/A/Q 系列 PLC 为控制器件，以工程应用设计为主线，从实用的角度出发，用授人以渔的方法，详尽介绍了 PLC 技术的快速入门，FX/A/Q 系列 PLC 的硬、软件资源，PLC 基本逻辑指令的编程规则与最常用的编程环节，PLC 工程应用设计方法，用 PLC 技术改造传统机床电气控制系统的工程应用设计，三菱 PLC 中的特殊功能控制与开发使用，监控组态软件与编程软件在工程设计中的应用，三菱 PLC 的通信与网络控制，三菱 PLC 自学设计实践等。其宗旨是引领 PLC 工程技术人员在掌握正确的设计理念和方法的基础上，以设计案例为示范和样板，开拓思路、与时俱进、创新设计。

本书内容翔实、图文并茂，阐述清晰透彻，可读性高、实用性强，既可作为 PLC 工程应用设计人员的指导书，也可作为理工科大学相关专业本/专科师生的实用教材和参考书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

三菱 FX/A/Q 系列 PLC 自学手册/高安邦, 石磊, 胡乃文主编. —北京: 中国电力出版社, 2013. 7

ISBN 978 - 7 - 5123 - 3969 - 9

I. ①三… II. ①高… ②石… ③胡… III. ①plc 技术—手册 IV. ①TM571.6-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 008544 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2013 年 7 月第一版 2013 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 44.75 印张 1563 千字

印数 0001—3000 册 定价 98.00 元

### 敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪  
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



可编程控制器(PLC)作为一种现代新型工业用控制装置,具有功能性强、安全可靠、指令系统简单、编程简便易学、易于掌握、体积小、维修工作量少、现场连接方便等一系列显著优点,不仅可以取代传统的“继电器—接触器”控制系统以实现逻辑控制、顺序控制、定时/计数等各种功能,大型高档的 PLC 还能像微型计算机那样进行数字运算、数据处理、模拟量调节、运动控制、闭环过程控制以及联网通信等。

目前,PLC 已被广泛应用于机械制造、机床、冶金、采矿、建材、石油、化工、汽车、电力、造纸、纺织、装卸、环保等行业,其市场份额已经超过了 DCS、智能控制仪表、IPC 等工控设备。在自动化领域,PLC 与数控机床、工业机器人、CAD/CAM 被并称为现代工业技术的四大支柱并已跃居榜首,尤其在工程项目中的应用越来越广泛。PLC 及其网络现已成为工矿企业中首选的工业控制装置,由 PLC 组成的多级分布式控制网络也已成为现代工业控制系统的主要组成部分,其应用的深度和广度也代表了一个国家工业现代化的先进程度。

随着 PLC 技术的广泛应用,如何更深层次地应用 PLC 技术,在工程实践中进行 PLC 的更深入的应用开发,更充分地利用 PLC 产品丰富的内部资源完成复杂项目的开发等问题不断困扰着采用 PLC 技术进行工程项目开发的相关人员。因此,如何帮助广大高校师生、工程技术人员迅速解决上述难题已然成为一个亟待解决的问题。目前,解决这些问题的重要手段就是在源头上多下工夫。比如,编写一些高质量的实用科技图书,以“授人以渔”的方法,帮助读者真正掌握 PLC 产品的基础知识和各种实用开发技术,解决在实际工程项目开发过程中所遇到的各种困扰,从而更快、更好地完成各种实际项目的开发和设计。

为了满足广大工程技术人员对 PLC 系统设计的需要,便于读者全面、系统、深入地掌握 PLC 的最新应用技术,高安邦教授在继主持编写出版《西门子 S7-200/300/400 系列 PLC 自学手册》之后,又承担了这一实用专著的编写任务,这是他多年以来从事 PLC 技术教学和科研开发工作的又一丰硕成果。

本书以 PLC 工程开发应用为目的,在广泛吸收国外先进标准、先进设计思想的基础上,全面系统地介绍了日本三菱 FX/A/Q 系列 PLC 的硬/软件资源以及在顺序控制、机床等设备改造、特殊功能、组态监控软件和自学设计实践等方面的最新应用技术;书中精心编排了大量的典型设计案例,为 PLC 工程应用设计提供了一些示范和样板,其宗旨是给读者以指导和启迪,引领 PLC 工程技术人员开发、设计出更多、更好、更实用的 PLC 控制系统。

本书具有如下主要特点:

(1) 内容全面、体系完备。本书从不同层面和深度,介绍利用 PLC 开发工具进行工程应用开发设计的全过程,内容翔实,覆盖面广。

(2) 实践性强、案例典型。本书注重实践性,书中所有案例都已经过验证,均可实现,并具有较强的代表性,读者可通过案例对相应技术点有清晰、直观的了解。

(3) 把握新知、结合实际。本书对三菱公司 FX/A/Q 系列 PLC 产品的新知识、新特性、新功能做了详尽的介绍。书中很多技术点都是编者已经在实际工作中大量运用的,它们是开发经验的提炼和总结,相信会给读者启迪和帮助。

我们衷心祝贺这部新作的出版,相信它对提高我国 PLC 工程技术人员的设计能力和水平、提升海南省三亚高级技工学校的学术水平和地位、完成该校当前“十二五规划”所确定的“提高学校职业技能人才培养质量,提升学校整体水平,完成学校从硬件建设到软环境建设的转变,学生从量到质的转变,教师从适应、提高逐步发展成为研究型教师的转变,最终使学校完成从名气到名牌的转变,打造三亚职业教育的‘航母’、升格申办三亚技师学院和三亚职业技术学院”等中心任务都将起到积极的推动和促进作用;它将为该校的改

革建设和创新发展添砖加瓦，并写下浓墨重彩的一笔；将为我国职业教育的蓬勃发展和崛起腾飞发挥作用。




全国机械电子工程专业委员会副主任委员

国家机械学科教学指导委员会委员

黑龙江省机械工程学会理事

黑龙江省液压与气动学会副理事长

哈尔滨理工大学机械动力工程学院院长/教授/博士/博士生导师



中国西部教育顾问、江苏省电机工程学会理事、江苏省第十一届人大代表

淮安市电子学会副理事长、中国民主促进会淮安市委副主委

淮安信息职业技术学院院长/教授/博士/研究员级高级工程师



淮安信息职业技术学院副院长/教授/研究员级高级工程师

2013年5月

## 前言

本书是一部以三菱 FX/A/Q 系列 PLC 为对象,重点介绍其自学及开发应用的精品佳作,是《西门子 S7-200/300/400 系列 PLC 自学手册》的姊妹篇。

可编程序控制器 (PLC),是近几十年才发展起来的一种新型工业用控制装置。它可以取代传统的“继电器—接触器”控制系统实现逻辑控制、顺序控制、定时、计数等各种功能,大型高档 PLC 还能像微型计算机 (PC) 那样进行数字运算、数据处理、模拟量调节以及联网通信等。它具有通用性强、可靠性高、指令系统简单、编程简便易学、易于掌握、体积小、维修工作量少、现场连接方便等一系列显著优点,已广泛应用于机械制造、机床、冶金、采矿、建材、石油、化工、汽车、电力、造纸、纺织、装卸、环境保护等各行各业。在自动化领域,PLC 与数控机床、工业机器人、CAD/CAM 被并称为现代工业技术的四大支柱,并已跃居榜首;尤其在机电一体化产业中的应用越来越广泛,已成为改造和研发机电一体化产品最理想的首选控制器。随着中国日趋成为世界的加工中心,各类加工基地的建设,以及生产线、加工设备和加工中心的启用,PLC 工程控制系统的应用还将进一步扩大。因此,学习 PLC 和用好 PLC 的意义十分重大,以 PLC 技术来实现对现代工程设备的稳定可靠控制、提升产品的竞争力,已成为目前推动这一技术发展的主要驱动力。

学习 PLC 技术的途径主要有两种,一部分在校大学生可以通过课堂学习,但大多数专业技术人员要依靠自学。自学是指人吸收接纳事物的能力,也指一种状态,即在没有接受指导和教育的情况下掌握某种技能。自学者可以根据自己实际情况和根据自己的学习特点去学东西,可以把主要精力都集中放到专门的一种学问上,能更有效地提高自己的专业水平。对自学者来说,一部知识渊博、易学好懂的书是最重要不过的。

为了推动 PLC 技术的应用,近年来国内外已出版的 PLC 书籍的确不少,这些书籍多为课堂学习而编写,在各高校教学学时普遍不足的情况下,其大部分书籍是侧重于介绍 PLC 的一般工作原理,同时结合少量的编程练习和实验,知识含量单薄,实用性及应用的深度、广度远远落后于工程开发的要求。而为自学者编写的 PLC 专业书籍就更少了。

基于此,我们组织自动化技术领域的专家、教授和具有丰富开发经验的工程师为自学者编写本书。本书从实际工程应用的角度出发,用授人以渔的方法,详尽介绍了 PLC 工程应用设计必需的基础理论;又给出了大量的工程应用设计实践案例,力求内容丰富,可读性、可操作性和实践性强。本书的设计案例能够提供示范和样板,给人以引导和启迪,读者通过本书的学习,能够进行传统设备控制系统的 PLC 技术改造和机电一体化技术产品的创新设计。

本书分为上、下两篇,共 11 章。上篇为 PLC 工程应用基础。主要包括:第 1 章可编程序控制器 (PLC) 快速入门,第 2~4 章三菱公司 FX/A/Q 系列 PLC 的硬、软件资源,第 5 章 PLC 基本逻辑指令的编程规则与最常用的编程环节。下篇为三菱 PLC 工程应用设计。主要包括:第 6 章 PLC 工程应用设计方法,第 7 章用 PLC 技术改造传统机床电气控制系统的工程应用设计,第 8 章三菱 PLC 中的特殊功能控制与开发使用,第 9 章监控组态软件与编程软件在工程设计中的应用,第 10 章三菱 PLC 的通信与网络控制,第 11 章三菱 PLC 自学设计实践等。

本书的编写是三亚高级技工学校创建国家级重点技工学校/国家中等职业教育改革发展示范建设学校/国家高技能人才培养示范基地的标志性成果之一;也是学校“十二五”发展规划所确定的提高职业技能人才培养质量,提升学校整体水平,完成学校从硬件建设到软环境建设的转变,学生从量到质的转变,教师从适应、提高逐步发展成为研究型教师的转变,最终使学校完成从名气到名牌的转变,打造三亚职业教育的“航母”、升格申办三亚技师学院和三亚职业技术学院之急需。本书以校企合作的方式编写,它既是编者多年来

从事教学研究和科研开发实践经验的概括和总结，又博采了目前各教材和著作之精华。参加本书编写工作的有高安邦教授（制定编写大纲、前言、第1章、参考文献等），石磊校长/高级讲师/硕士（第2章、附录），哈尔滨理工大学胡乃文副教授/高级工程师/工程项目开发专家（第3章、第7章），张晓辉副校长/电气高级讲师/高级技师/高级考评员（第4章、第5章），陈武副校长/高级讲师（第9章），董泽斯人事科长/高级讲师（第11章），褚雪莲电工电子教学部主任/高级讲师（第10章），韩维民电工电子教学部副主任/高级讲师/硕士（第8章），陈瑾电工电子教学部副主任/助教（第6章）。全书由海南省三亚高级技工学校特聘教授/哈尔滨理工大学教授/硕士生导师高安邦主持编写和负责统稿；聘请了全国机械电子工程专业委员会副主任委员/国家机械学科教学指导委员会委员/黑龙江省机械工程学会理事/哈尔滨理工大学机械动力工程学院院长邵俊鹏教授，中国西部教育顾问/江苏省电机工程学会理事/淮安信息职业技术学院院长田敏教授和淮安信息职业技术学院副院长俞宁教授担任主审，他们对本书的编写提供了大力支持并提出了最宝贵的编写意见；杨帅，薛岚，陈银燕，关士岩，陈玉华，刘晓艳，毕洁廷，姚薇，王玲等讲师，以及邱少华，王宇航，马鑫，陆智华，余彬，邱一启，张纺，武婷婷，司雪美，朱颖，杨俊，周伟，陈忠，陈丹丹，杨智炜，霍如旭，张旭，宋开峰，陈晨，丁杰，姜延蒙，吴国松，朱兵，杨景，赵家伟，李玉驰，张建民，施赛健等同学也为本书做了大量的辅助性工作；在此表示最衷心的感谢！

本书的编写得到了海南省三亚高级技工学校、哈尔滨理工大学和淮安信息职业技术学院的大力支持，在此也表示最真诚的感激之意！任何一本新书的出版都是在认真总结和引用前人知识和智慧的基础上创新发展起来的，本书的编写无疑也参考和引用了许多前人优秀教材与研究成果的结晶和精华。在此向本书所参考和引用的资料、文献、教材和专著的编著者表示最诚挚的敬意和感谢！

鉴于 PLC 目前还是处在不断发展和完善过程中的高新技术，其应用的领域十分广泛，现场条件千变万化，控制方案多种多样，只有熟练掌握好 PLC 的技术，并经过丰富的现场工程实践才能将 PLC 用熟、用透、用活，做出高质量的工程应用设计。限于编者的水平和经验，书中错误、疏漏和不妥之处在所难免，恳请各位读者和专家们不吝批评、指正，以便今后更好的修订、完善和提高。

编者

2013年5月

序  
前言

## 上篇 PLC 工程应用基础

<b>第 1 章 PLC 快速入门</b> .....	1
1.1 PLC 概述 .....	1
1.2 PLC 的基本结构及工作原理 .....	10
1.3 PLC 的技术性能 .....	21
习题与思考题 .....	24
<b>第 2 章 FX 系列 PLC 的硬、软件资源</b> .....	25
2.1 FX 系列 PLC 的硬件资源 .....	25
2.2 FX 系列 PLC 的软件资源 .....	43
2.3 FX-GP/WIN-C 编程软件 .....	76
习题与思考题 .....	86
<b>第 3 章 A 系列 PLC 的硬、软件资源</b> .....	87
3.1 A 系列 PLC 简介 .....	87
3.2 A 系列 PLC 的主要硬件资源 .....	88
3.3 A 系列 PLC 的主要软件资源 .....	97
习题与思考题 .....	135
<b>第 4 章 Q 系列 PLC 的硬、软件资源</b> .....	137
4.1 Q 系列 PLC 的硬件资源 .....	137
4.2 Q 系列 PLC 的软件资源 .....	164
4.3 GX Developer 编程软件 .....	182
习题与思考题 .....	192
<b>第 5 章 PLC 基本逻辑指令的编程规则与技巧</b> .....	194
5.1 PLC 梯形图的特点 .....	194
5.2 PLC 梯形图的编程规则与技巧 .....	194
5.3 PLC 工程设计最常用的编程环节 .....	198
习题与思考题 .....	217

## 下篇 三菱 PLC 工程应用设计

<b>第 6 章 PLC 的工程控制系统设计</b> .....	219
6.1 PLC 控制系统设计原则与步骤 .....	219



6.2	PLC 控制系统规划设计 (总体设计)	224
6.3	PLC 控制系统硬件设计	230
6.4	PLC 控制系统的软件程序设计	253
	习题与思考题	290
<b>第 7 章</b>	<b>PLC 在机床控制中的工程应用设计</b>	<b>291</b>
7.1	概述	291
7.2	C650 卧式车床的电气与 PLC 控制系统设计	294
7.3	C5225 型立式车床的电气与 PLC 控制系统设计	299
7.4	Z3040 摇臂钻床的电气与 PLC 控制系统设计	307
7.5	T610 卧式镗床的电气与 PLC 控制系统设计	313
7.6	M7475 立轴圆台平面磨床的电气和 PLC 控制系统设计	333
7.7	B2012A 型龙门刨床的电气与 PLC 控制系统设计	339
7.8	某龙门钻床的 PLC 控制系统工程应用改造设计	352
7.9	PLC 在多功能屋面 SP 板切割机上的工程应用设计	361
7.10	组合机床的电气与 PLC 控制	377
	习题与思考题	386
<b>第 8 章</b>	<b>三菱 PLC 中的特殊功能控制与开发使用</b>	<b>387</b>
8.1	PLC 中的特殊功能模块概述	387
8.2	A/D 转换模块	394
8.3	D/A 转换模块	401
8.4	温度测量模块	407
8.5	温度调节模块 FX <sub>2N</sub> -2LC	413
8.6	高速脉冲计数模块 FX <sub>2N</sub> -1HC	419
8.7	定位脉冲输出模块	426
8.8	位置控制模块	440
	习题与思考题	458
<b>第 9 章</b>	<b>PLC 监控组态软件与编程软件在工程设计中的应用</b>	<b>459</b>
9.1	组态软件概念	459
9.2	Citect 监控组态软件	460
9.3	KingView 组态软件	467
9.4	MEDOC 编程软件	519
9.5	GPP 编程软件	522
	习题与思考题	524
<b>第 10 章</b>	<b>三菱 PLC 的通信与网络控制</b>	<b>526</b>
10.1	PLC 通信	526
10.2	PLC 网络	568
	习题与思考题	614
<b>第 11 章</b>	<b>三菱 PLC 自学应用工程设计实践</b>	<b>615</b>
11.1	全自动钢管表面除锈机 PLC 控制系统工程设计	615
11.2	PLC 在自动化生产线运料小车控制系统中的应用设计	639
11.3	PLC 在工业过程控制中的综合应用开发设计	644
11.4	一种小型 PLC 与上位机经济/实用的网络通信设计	664
	习题与思考题	669
<b>附录 A</b>	<b>FX 系列 PLC 基本指令表</b>	<b>671</b>

附录 B FX 系列 PLC 应用指令简表 .....	673
附录 C FX <sub>2N</sub> 系列 PLC 指令一览表 .....	677
附录 D A <sub>2N</sub> 系列 PLC 指令一览表 .....	682
附录 E Q 系列 PLC 指令简表 .....	693
附录 F F <sub>1</sub> 系列 PLC 的特性和编程指令 .....	699
参考文献 .....	703

# PLC 工程应用基础

## 第1章 PLC 快速入门

PLC是近几十年才发展起来的一种新型工业用控制装置。它可以取代传统的“继电-接触器”控制系统实现逻辑控制、顺序控制、定时、计数等各种功能,大型高档PLC还能像微型计算机(PC)那样进行数字运算、数据处理、模拟量调节及联网通信等。它具有通用性强、可靠性高、指令系统简单、编程简便易学、易于掌握、体积小、维修工作量少、现场连接方便等一系列显著优点,已广泛应用于机械制造、机床、冶金、采矿、建材、石油、化工、汽车、电力、造纸、纺织、装卸、环境保护等各行各业,尤其在工程设计中的应用越来越广泛。本章将首先介绍有关这种新型工业控制器的结构组成、功能特点、工作原理及编程语言与在工程应用等入门知识。

### 1.1 PLC概述

#### 1.1.1 PLC的诞生与迅猛发展

##### 1. “继电器-接触器控制系统”存在的问题

作为常用电气自动控制系统的一种,人们习惯于把以继电器、接触器、按钮、开关等为主要器件所组成的逻辑控制系统,称为“继电器-接触器控制系统”。

“继电器-接触器控制系统”的基本特点是结构简单、生产成本低、抗干扰能力强、故障检修直观方便、适用范围广。它不仅可以实现生产设备、生产过程的自动控制,而且还可以满足大容量、远距离、集中控制的要求。直至今日“继电器-接触器控制系统”仍是工业自动化控制领域最基本的控制系统之一。

但是,由于“继电器-接触器控制系统”的控制元件(继电器、接触器)均为独立元件,它决定了系统的“逻辑控制”与“顺序控制”功能只能通过控制元件间的不同连接实现,因此,它不可避免地存在以下不足:

1) 可靠性差,使用寿命较短,排除故障困难。由于继电器、接触器控制系统采用的是“有触点控制”形式,额定工作频率低,工作电流大,长时间连续使用易损坏触点或产生接触不良等故障,直接影响到系统工作的可靠性。如果其一个继电器损坏,甚至某一对触点接触不良,都会影响整个系统的正常运行。查找和排除故障往往是非常困难的,有时可能会花费大量的时间。

2) 通用性、灵活性差,总体成本较高。继电器本身并不贵,但是控制柜内部的安装、接线工作量极大,为此整个控制柜的价格是相当高的。当生产流程或工艺发生变化、需要更改控制要求时,控制柜内的元件和接线也需要作相应地变动。通常必须通过更改接线或增减控制器件才能实现,但是,这种改造的工期长、费用高,以至于有的用户宁愿放弃旧的控制柜的改造,另外再制作一台新的控制柜;有时甚至需要进行重新设计,因此难以满足多品种、小批量生产的要求。

3) 体积大,材料消耗多。“继电器-接触器控制系统”的逻辑控制需要通过控制电器与电器间的连接实现,安装电器需要大量的空间,连接电器需要大量的导线,控制系统的体积大,材料消耗多。

4) 运行费用高,噪声大。由于继电器、接触器均为电磁器件,在系统工作时,需要消耗较多的电能,同时,多个继电器、接触器的同时通/断,会产生较大的噪音,对工作环境造成不利的影响。

5) 功能局限性大。由于“继电器-接触器”控制系统在精确定时、计数等方面的功能不完善,影响了系统的整体性能,它只能用于定时要求不高、计数简单的场合。

6) 不具备现代工业控制所需要的数据通信、网络控制等功能。

正因为如此,“继电器-接触器控制系统”已难以适应现代工业复杂多变的生产控制要求与生产过程控制集成化、网络化需要。

## 2. PLC 的诞生

为了解决“继电器-接触器控制系统”存在的通用性、灵活性差,功能局限性大与通信、网络方面欠缺的问题,20世纪50年代末,人们曾设想利用计算机功能完备、通用性和灵活性强的特点来解决以上问题。但由于当时的计算机原理复杂,生产成本高,程序编制难度大,加上工业控制需要大量的外围接口设备,可靠性问题突出,使得它在面广量大的一般工业控制领域难以普及与应用。

到了20世纪60年代末,有人这样设想:能否把计算机通用、灵活、功能完善的特点与“继电器-接触器控制系统”的简单易懂、使用方便、生产成本低的特点结合起来,生产出一种面向生产过程顺序控制,可利用简单语言编程,能让完全不熟悉计算机的人也能方便使用的控制器呢?

这一设想最早由美国最大的汽车制造商——通用汽车公司(GM公司)于1968年提出。当时,该公司为了适应汽车市场多品种、小批量的生产需求,需要解决汽车生产线“继电器-接触器控制系统”中普遍存在的通用性、灵活性差的问题,提出了对一种新颖控制器的十大技术要求,并面向社会进行招标。十大技术要求具体如下:

- 1) 编程方便,且可以在现场方便地编辑、修改控制程序;
- 2) 价格便宜,性能/价格比要高于继电器系统;
- 3) 体积要明显小于继电器控制系统;
- 4) 可靠性要明显高于继电器控制系统;
- 5) 具有数据通信功能;
- 6) 输入可以是 AC 115V;
- 7) 输出驱动能力在 AC 115V/2A 以上;
- 8) 硬件维护方便,最好采用“插接式”结构;
- 9) 扩展时,只需要对原系统进行很小的改动;
- 10) 用户存储器容量至少可以扩展到 4KB。

以上就是著名的“GM十条”。这些要求的实质内容是提出了将“继电器-接触器”控制系统的简单易懂、使用方便、价格低廉的优点与计算机的功能完善、灵活性、通用性好的优点结合起来,将“继电器-接触器”控制系统的硬连线逻辑转变为计算机的软件逻辑编程的设想。

根据以上要求,美国数字设备公司(DEC公司)在1969年首先研制出了全世界第一台PLC。该样机在GM公司的应用获得了成功。此后,PLC得到了快速发展,并被广泛用于各种开关量逻辑运算与处理的场合。

早期PLC的硬件主要由分立元件与小规模集成电路构成,它虽然采用了计算机技术,但指令系统、软件与功能相对较简单,一般只能进行逻辑运算的处理,同时通过简化计算机的内部结构与改进可靠性等措施,使之能与工业环境相适应。

正因为如此,在20世纪70年代初期曾经出现过一些由二极管矩阵、集成电路等器件组成的所谓“顺序控制器”;20世纪70年末期曾经出现过以MC14500工业控制单元(Industrial Control Unit,简称ICU)为核心,由8通道数据选择器(MC14512)、指令计数器(MC14516)、8位可寻址双向锁存器(MC14599)、存储器(2732)等组成的“ICU可编程序控制器”等产品。这些产品与PLC相比,虽然具有一定的价格优势,但最终还是由于其可靠性、功能等多方面的原因,未能得到进一步的推广与发展;而PLC则随着微处理器价格的全面下降,最终以其优良的性能价格比,得到了迅猛发展,并最终成为了当代工业自动控制技术的重要支柱技术之一。

## 3. PLC 的发展

总结PLC的发展历程,大致经历了五个阶段。

(1) 初级阶段。从第一台PLC问世到20世纪70年代中期。这个时期的PLC功能简单,主要完成一般的继电器控制系统的功能,即顺序逻辑、定时和计数等,编程语言为梯形图。

(2) 崛起阶段。从20世纪70年代中期到80年代初期。由于PLC在取代“继电器-接触器”控制系统方

面的卓越表现,所以自从它在电气自动控制领域开始普及应用后便得到了飞速的发展。这个阶段的 PLC 在其控制功能方面增强了很多,例如数据处理、模拟量的控制等。

(3) 成熟阶段。从 20 世纪 80 年代初期到 90 年代初期。这之前的 PLC 主要是单机应用和小规模、小系统的应用;但随着对工业自动化技术水平、控制性能和控制范围要求的提高,在大型的控制系统(如冶炼、饮料、造纸、烟草、纺织、污水处理等)中,PLC 也展示出了其强大的生命力。对这些大规模、多控制器的应用场合,就要求 PLC 控制系统必须具备通信和联网功能。这个时期的 PLC 顺应时代要求,在大型的 PLC 中一般都扩展上了遵守一定协议的通信接口。

(4) 飞速发展阶段。从 20 世纪 90 年代初期到 90 年代末期。由于对模拟量处理功能和网络通信功能的提高,PLC 控制系统在过程控制领域也开始大面积使用。随着芯片技术、计算机技术、通信技术和控制技术的发展,PLC 的功能得到了进一步的提高。现在 PLC 不论从体积上、人机界面功能、端子接线技术,还是从内在的性能(速度、存储容量等)、实现的功能(运动控制、通信网络、多机处理等)方面都远非过去的 PLC 可比。从 20 世纪 80 年代以后,是 PLC 发展最快的时期,年增长率一直都保持在 30%~40%之间。

(5) 开放性、标准化阶段。从 20 世纪 90 年代中期以后。其实关于 PLC 开放性的工作在 20 世纪 80 年代就已经展开;但由于受到各大公司利益的阻挠和技术标准化难度的影响,这项工作进展得并不顺利。所以,PLC 诞生后的近 30 年时间里,各种 PLC 通信标准、编程语言等方面都存在着不兼容的地方,这在工业自动化中实现互换性、互操作性和标准化都带来了极大的不便,现在随着 PLC 国际标准 IEC61131 的逐步完善和实施,特别是 IEC61131-3 标准编程语言的推广,使得 PLC 真正走入了一个开放性和标准化的新时代。

#### 4. PLC 的发展趋势

PLC 总的发展趋势是向高集成度、小体积、大容量、高速度、易使用、高性能、信息化、软 PLC、标准化、与现场总线技术紧密结合等方向发展。

(1) 向小型化、专用化、低成本方向发展。随着微电子技术的发展,新型器件性能的大幅度提高,价格却大幅度降低,使得 PLC 结构更为紧凑,操作使用十分简便。从体积上来讲,有些专用的微型 PLC 仅有一块香皂大小。PLC 的功能不断增加,将原来大、中型 PLC 才有的功能部分地移植到小型 PLC 上,如模拟量处理、复杂的功能指令和网络通信等。PLC 的价格也不断下降,真正成为现代电气控制系统中不可替代的首选控制装置。据统计,小型和微型 PLC 的市场份额一直保持在 70%~80%之间,所以对 PLC 小型化的追求永远不会停止。

(2) 向大容量、高速度、信息化方向发展。现在大中型 PLC 采用多微处理器系统,有的采用了 32 位微处理器,并集成了通信联网功能,可同时进行多任务操作,运算速度、数据交换速度及外设响应速度都有大幅度提高,存储容量大大增加,特别是增强了过程控制和数据处理的功能。为了适应工厂控制系统和企业信息管理系统日益有机结合的要求,信息技术也渗透到了 PLC 中,如设置开放的网络环境、支持 OPC (OLE for Process Control) 技术等。

(3) 智能化模块的发展。为了实现某些特殊的控制功能,PLC 制造商开发出了许多智能化的 I/O 模块。这些模块本身带有 CPU,使得占用主 CPU 的时间很少,减少了对 PLC 扫描速度的影响,提高了整个 PLC 控制系统的性能。它们本身有很强的信息处理能力和控制功能,可以完成 PLC 的主 CPU 难以兼顾的功能。由于在硬件和软件方面都采取了可靠性和便利化的措施,所以简化了某些控制系统的系统设计和编程。典型的智能化模块主要有高速计数模块、定位控制模块、温度控制模块、闭环控制模块、以太网通信模块和各种现场总线协议通信模块等。

(4) 人机界面(接口)的发展。HMI (Human - Machine Interface) 在工业自动化系统中起着越来越重要的作用,PLC 控制系统在 HMI 方面的进展主要体现在以下几个方面:

1) 编程工具的发展。过去绝大部分中小型 PLC 仅提供手持式编程器,编程人员通过编程器和 PLC 打交道。首先是把编制好的梯形图程序转换成语句表程序,然后使用编程器一个字符、一个字符地敲到 PLC 内部;另外,调试时也只能通过编程器观察很少的信息。现在编程器已被淘汰,基于 Windows 的编程软件不仅可以对 PLC 控制系统的硬件组态,即设置硬件的结构、类型、各通信接口的参数等,而且可以在屏幕上直接生成和编辑梯形图、语句表、功能块图和顺序功能图程序,并且可以实现不同编程语言之间的自动转换。程序被编译后可下载到 PLC,也可以将用户程序上传到计算机。编程软件的调试和监控功能也远远超过手持式编程器,可以通过编程软件中的监视功能实时观察 PLC 内部各存储单元的状态和数据,为诊断分析

PLC 程序和工作过程中出现的问题带来了极大的方便。

2) 功能强大、价格低廉的 HMI。过去在 PLC 控制系统中进行参数的设定和显示时非常麻烦,对输入设定参数要使用大量的拨码开关组,对输出显示参数要使用数码管,它们不仅占据了大量的 I/O 资源、而且功能少、接线烦琐。现在各种单色、彩色的显示设定单元、触摸屏、覆膜键盘等应有尽有,它们不仅能完成大量数据的设定和显示,还能直观形象地显示动态图形画面和完成数据处理等功能。

3) 基于 PC 的组态软件。在中大型的 PLC 控制系统中,仅靠简单的显示设定单元已不能解决人机界面的问题,所以基于 Windows 的 PC 机成为了最佳的选择。配合适当的通信接口或适配器,PC 机就可以和 PLC 之间进行信息的互换,再配合功能强大的组态软件,就能完成复杂的和大量的画面显示、数据处理、报警处理、设备管理等任务。这些组态软件国外的品牌有 WinCC、iFIX、Intouch 等,国产知名公司有业控、力控等。现在组态软件的价格已下降到非常低的位置,所以在环境较好的应用现场,使用 PC 加组态软件来取代触摸屏的方案也是一种不错的选择。

(5) 在过程控制领域的使用以及 PLC 的冗余特性。虽然 PLC 的强项是在制造业领域使用,但随着通信技术、软件技术和模拟量控制技术发展并不断地融合到 PLC 中,它现在也被广泛地应用到了过程控制领域。但在过程控制系统中使用必然要求 PLC 控制系统具有更高的可靠性。现在世界上顶尖的自动化设备供应商提供的大型 PLC 中,一般都增加了安全性和冗余性的产品,并且符合 IEC 61508 标准的要求。该标准主要为可编程电子系统内的功能性安全设计而制定,为 PLC 在过程控制领域使用的可靠性和安全设计提供了依据。现代的 PLC 冗余产品包括 CPU 系统、I/O 模块以及热备份冗余软件等。大型 PLC 以及冗余技术一般都是在大型的过程控制系统中使用。

(6) 开放性和标准化。世界上大大小小的电气设备制造商几乎都推出了自己的 PLC 产品,但由于没有一个统一的规范和标准,所有 PLC 产品在使用上都存在着一些差别,而这些差别的存在对 PLC 产品制造商和用户都是不利的。一方面它增加了制造商的开发费用;另一方面它也增加了用户学习和培训的负担。这些非标准化的使用结果,使得程序的重复使用和可移植性都成为不可能的事情。

现在的 PLC 采用了各种工业标准,如 IEC61131、IEEE802.3 以太网、TCP/IP、UDP/IP 等,以及各种事实上的工业标准,如 Windows NT、OPC 等。特别是 PLC 的国际标准 IEC61131,为 PLC 从硬件设计、编程语言、通信联网等各方面都制定了详细的规范。其中的第 3 部分 IEC61131-3 是 PLC 的编程语言标准。IEC61131-3 的软件模型是现代 PLC 的软件基础,是整个标准的基础性的理论工具。它为传统的 PLC 突破了原有的体系结构(即在一个 PLC 系统中装插多个 CPU 模块),并为相应的软件设计奠定了基础。IEC61131-3 不仅在 PLC 系统中被广泛采用,在其他的工业计算机控制系统、工业编程软件中也得到了广泛的应用。越来越多的 PLC 制造商都在尽量往该标准上靠拢,尽管由于受到硬件和成本等因素的制约,不同的 PLC 和 IEC61131-3 兼容的程度有大有小,但这毕竟已成为了一种发展的强劲趋势。

(7) 通信联网功能的增强和易用化。在中大型 PLC 控制系统中,需要多个 I/O 以及智能仪器仪表连接成一个网络,进行信息的交换。PLC 通信联网功能的增强使它更容易与 PC 和其他智能控制设备进行互联,使系统形成一个统一的整体,实现分散控制和集中管理。现在许多小型,甚至微型 PLC 的通信功能也十分强大。PLC 控制系统通信的介质一般有双绞线或光纤,具备常用的串行通信功能。在提供网络接口方面,PLC 向两个方向发展,一是提供直接挂接到现场总线网络中的接口(如 PROFIBUS、AS-i 等);二是提供 Ethernet 接口,使 PLC 直接接入以太网。

(8) 软 PLC 的概念。所谓软 PLC 就是在 PC 机的平台上,在 Windows 操作环境下,用软件来实现 PLC 的功能。这个新概念是在 20 世纪 90 年代中期提出的。安装有组态软件的 PC 机既然能完成人机界面的功能,为何不能把 PLC 的功能也用软件来实现呢?PC 机价格便宜,有很强的数学运算、数据处理、通信和人机交互的功能。如果软件功能完善,则利用这些软件可以方便地进行工业控制流程的实时和动态监控,完成报警、历史趋势和各种复杂的控制功能,同时节约控制系统的设计时间。配上远程 I/O 和智能 I/O 后,软 PLC 也能完成复杂的分布式的控制任务。在随后的几年,软 PLC 的开发也呈现了上升的势头。但后来软 PLC 并没有出现人们希望的那样占据相当市场份额的局面,这只是因为软 PLC 上本身存在的一些缺陷造成的。

- 1) 软 PLC 对维护和服务人员的要求较高;
- 2) 电源故障对系统影响较大;
- 3) 在占绝大多数的低端应用场合,软 PLC 没有优势可言;

4) 在可靠性方面和对工业环境的适应性方面, 和 PLC 无法比拟;

5) PC 机发展速度太快, 技术支持不容易保证。

各有各的看法, 随着生产厂家的努力和技术的发展, Soft PLC 肯定也能在其最适合的地方得到认可。

(9) PAC 的概念。在工控界, 对 PLC 的应用情况有一个“80-20”法则, 即:

1) 80% 的 PLC 应用场合都是使用简单的低成本小型 PLC;

2) 78% (接近 80%) 的 PLC 都是使用的开关量 (或数字量);

3) 80% 的 PLC 应用使用 20 个左右的梯形图指令就可解决问题。

其余 20% 的应用要求或控制功能要求使用 PLC 无法轻松满足, 而需要使用别的控制手段或 PLC 配合其他手段来实现。于是, 一种能结合 PLC 的高可靠性和 PC 机的高级软件功能的新产品应运而生。这就是 PAC (Programmable Automation Controller), 或基于 PC 机架构的控制器。它包括了 PLC 的主要功能, 以及 PC-based 控制中基于对象的、开放的数据格式和网络能力。其主要特点是使用标准的 IEC61131-3 编程语言、具有多控制任务处理功能, 兼具 PLC 和 PC 机的优点。PAC 主要用来解决那些所谓的剩余的 20% 的问题, 但现在一些高端 PLC 也具备了解决这些问题的能力, 加之 PAC 是一种较新的控制器, 所以其应用市场还有待于进一步的开发和推动。

(10) PLC 在现场总线控制系统中的位置。现场总线的出现, 标志着自动化技术步入了一个新的时代。现场总线 (Field bus) 是“安装在制造和过程区域的现场装置与控制室内的自动控制装置之间的数字式、串行、多点通信的数据总线”, 是当前工业自动化的热点之一。它采用开放化、标准化的解决方案, 把不同厂家遵守同一协议规范的自动化设备连接成控制网络并组成系统已成为可能。现场总线采用总线通信的拓扑结构, 整个系统处在全开放、全数字、全分散的控制平台上。从某种意义上说, 现场总线技术给自动控制领域所带来的变化是革命性的。到今天, 现场总线技术已基本走向成熟和实用化。现场总线控制系统的优点是:

1) 节约硬件数量与投资;

2) 节省安装费用;

3) 节省维护费用;

4) 提高了系统的控制精度和可靠性;

5) 提高了用户的自主选择权。

在现场总线控制系统 FCS (Field bus Control System) 中, 增加了相关通信协议接口的 PLC, 即可以作为主站成为 FCS 的主控制器, 也可以作为智能化的从站实现分散式的控制。一些软 PLC 配合通信板卡也可以作为 FCS 的主站。

综上所述, 将来的新一代 PLC 将要实现:

(1) CPU 处理速度进一步加快;

(2) 控制系统分散化;

(3) 可靠性进一步提高;

(4) 控制与管理功能一体化;

(5) 向两极化 (大型化和小型化) 方向发展;

(6) 编程语言和编程工具向标准化和多样化发展;

(7) I/O 组件标准化、功能组件智能化;

(8) 通信网络化;

(9) 大记忆容量, 快处理速度发展;

(10) 发展故障诊断技术和容错技术。

目前, 世界上有 200 多个厂家生产 300 多种 PLC 产品, 比较著名的厂家有美国的 AB (被 ROCKWELL 收购)、GE、MODICON (被 SCHNEIDER 收购), 日本的 MITSUBISHI、OMRON、FUJI、松下电工, 德国的 Siemens 和法国的 SCHNEIDER 公司等。在全球 PLC 制造商中, 根据美国 Automation Research Corp (ARC) 调查, 世界 PLC 主导厂家的五强分别为日本的 Mitsubishi (三菱) 公司、Omron (欧姆龙) 公司; 德国的 Siemens (西门子) 公司; 美国的 Allen-Bradley (A-B) 公司; 法国的 Schneider (施耐德) 公司; 他们的销售额约占全球总销售额的 2/3。

我国的 PLC 生产目前也有一定的发展, 小型 PLC 已批量生产; 中型 PLC 已有产品; 大型 PLC 已开始

研制。国内 PLC 形成产品化的生产企业约 30 多家，国内产品市场占有率不超过 10%，主要生产单位有：苏州电子计算机厂、苏州机床电器厂、上海兰星电气有限公司、天津市自动化仪表厂、杭州通灵控制电脑公司、北京机械工业自动化所和江苏嘉华实业有限公司等。目前国内产品在价格上占有明显的优势，而在质量上还稍有欠缺和不足。随着新一代开放式 PLC 走向市场，国内的生产厂家，如和利时、浙大中控等生产的基于 IEC61131-3 编程语言的 PLC 有可能会在未来的 PLC 市场中占有一席之地。

### 1.1.2 PLC 的定义

1980 年，美国电气制造商协会（National Electronic Manufacture Association，简称 NEMA）对可编程控制器进行了如下定义：

“可编程控制器是一种带有指令存储器，数字或模拟输入/输出接口；以位运算为主；能完成逻辑、顺序、定时、计数和算术运算功能；面向机器或生产过程的自动控制装置”。并将其统一命名为 Programmable Controller (PC)。

国际电工委员会在 1987 年颁布的 PLC 标准草案中也对 PLC 作了定义：“PLC 是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它采用可以编制程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、定时、计数和算术运算等操作的指令，并能通过数字式或模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关的外围设备都应按照易于与工业控制系统形成一个整体，易于扩展其功能的原则而设计”。

通过以上定义还可以了解到，相对于一般意义上的计算机，PLC 并不仅仅具有计算机的内核，它还配置了许多使其适用于工业控制的器件。它实质上是经过了一次开发的工业控制用计算机。但是，从另一个方面来说，它是一种通用机，但不经过二次开发，它就不能在任何具体的工业设备上使用。不过，自其诞生以来，电气工程技术人员感受最深刻的也正是 PLC 二次开发编程十分容易。它在很大程度上使得工业自动化设计从专业设计院走进了厂矿企业，变成了普通工程技术人员甚至普通电气工人都力所能及的工作。

更简单地说，PLC 就是一台工业控制计算机，它的全称是 Programmable Logic Controller（可编程逻辑控制器）。如果说融入人们日常生活的计算机是通用级电脑的话，那么 PLC 则是专业级的，是业界备受推崇的工业控制器。PLC 和计算机一样，也是由中央处理器（CPU）、存储器（Memory）及输入/输出单元（I/O）3 大部分组成的，但它又不同于一般的计算机，更适合工业控制。图 1-1 所示为 PLC 用于电动机控制。

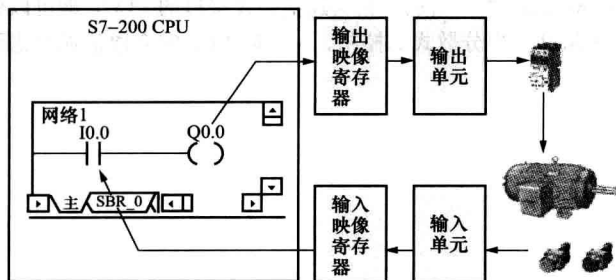


图 1-1 PLC 用于电动机控制

### 1.1.3 PLC 的特点、功能及应用

#### 1. PLC 的特点

(1) 可靠性高，抗干扰能力强。高可靠性是电气控制设备最重要的关键性能。PLC 由于采用现代超大规模集成电路技术，严格的生产工艺制造，内部电路采用了先进的抗干扰技术，具有很高的可靠性。例如日本三菱公司生产的 F 系列 PLC 平均无故障时间已高达 30 万小时。一些使用冗余 CPU 的 PLC 的平均无故障工作时间则更长。从 PLC 的机

外电路来说，使用 PLC 构成控制系统，和同等规模的“继-接控制系统”相比，电气接线及开关接点已减少到原来的数百甚至数千分之一，故障也将随之大大降低。此外，PLC 具有硬件故障的自我检测功能，出现故障时可迅速及时地发出报警信息。在应用软件中，用户还可以编入外围器件的故障自诊断程序，使系统中 PLC 以外的电路及设备也获得故障自诊断保护。这样，就使整个 PLC 系统都具有极高的可靠性。

(2) 配套齐全，功能完善，适用性强。PLC 发展到今天，已经形成了大、中、小、微各种规模的系列化产品，可以用于各种规模的工业控制场合。除了逻辑控制功能外，现代 PLC 大都具有完善的数据运算能力，可用于各种数字控制领域。近年来 PLC 的功能模块大量涌现，使 PLC 已渗透到了位置控制、运动控制、过程控制、温度控制、计算机数控（CNC）等各种工业控制中。加上 PLC 通信能力的增强及人机界面技术的发展，使用 PLC 组成各种控制系统变得非常容易。

(3) 易学易懂实用，深受工程技术人员欢迎。PLC 作为现代通用工业控制计算机，是面向工矿企业的工控设备，其编程语言易于为工程技术人员接受。像梯形图语言的图形符号和表达方式与继电器电路图非常接



近, 只用 PLC 的少量开关逻辑控制指令就可以方便地实现“继-接控制电路”的功能; 像步进式顺序控制的状态转移图 (SFC), 简单、直观、容易设计复杂的多流程顺序控制, 并且能够减少程序条数, 使程序易于理解。

(4) 系统设计周期短, 维护方便, 改造容易。PLC 用存储逻辑代替接线逻辑, 大大地减少了控制设备外部的接线, 使控制系统设计周期大大缩短, 同时维护也变得容易起来, 更重要的是使同一设备经过改变程序便可改变生产过程成为可能, 因此很适合多品种、小批量的生产场合。

(5) 体积小, 质量轻, 能耗低。以超小型 PLC 为例, 其新近产品的品种底部尺寸小于  $100\text{mm}^2$ , 质量小于  $150\text{g}$ , 能耗仅数瓦。由于其体积小很容易嵌入机械设备内部, 是实现机电一体化首选的最理想控制器件。

## 2. PLC 的功能

PLC 的功能组成如图 1-2 所示。

(1) 基本功能。逻辑控制功能是 PLC 必备的基本功能。本质上说, 这是一种以计算机“位”运算为基础, 按照程序的要求, 通过对来自设备外围的按钮、行程开关、接触器与传感器触点等开关量 (也称数字量) 信号进行逻辑运算处理, 并控制外围指示灯、电磁阀、接触器线圈的通断的功能。

在早期的 PLC 上, 顺序控制所需要的定时、计数功能需要通过定时模块与计数模块实现, 但是, 目前它已经成为 PLC 的基本功能之一。此外, 逻辑控制中常用的代码转换、数据比较与处理等, 也成为了 PLC 常用的基本功能。

(2) 特殊控制功能。PLC 的特殊控制功能包括模/数 (A/D) 转换、数/模 (D/A) 转换、温度的调节与控制、位置控制等。这些特殊控制功能的实现, 一般需要选用 PLC 的特殊功能模块。

A/D 转换与 D/A 转换多用于过程控制或闭环调节系统。在 PLC 中, 通过特殊的功能模块与功能指令, 可以对过程控制中的温度、压力、流量、速度、位移、电压、电流等连续变化的物理量进行采样, 并通过必要的运算 (如 PID), 实现闭环自动调节。当然, 需要时也可以对这些物理量进行各种形式的显示。

在 PLC 中, 位置控制一般是通过 PLC 的特殊应用指令, 通过对命令的写入与状态的读取, 对位置控制模块的位移量、速度、方向等进行控制。位置控制模块一般以脉冲的形式输出位置给定指令, 指令脉冲再通过伺服驱动器 (或步进驱动器), 驱动伺服电机 (或步进电机) 带动进给传动系统实现闭环位置控制。

(3) 网络与通信功能。随着信息技术的发展, 网络与通信在工业控制中已经显得越来越重要。PLC 早期的通信, 一般仅仅局限于 PLC 与外设 (编程器或编程计算机等) 间的简单串行口通信。

然而, 现代 PLC 的通信不仅可以进行 PLC 与外设间的通信, 而且可以在 PLC 与 PLC 间、PLC 与其他工业控制设备之间、PLC 与上位机之间、PLC 与工业网络间进行通信, 并可以通过现场总线、网络总线组成系统, 从而使得 PLC 可以方便地进入工厂自动化系统。

## 3. PLC 的应用领域

随着 PLC 功能的不断完善、性价比的不断提高, 它的应用面也越来越广。目的, PLC 在国内外已广泛应用于钢铁、采矿、水泥、石油、化工、电子、机械制造、汽车、船舶、装卸、造纸、纺织、环保和娱乐等行业, 主要的应用范围包括开关控制、顺序控制、运动控制、过程控制、数据处理、信号报警和连锁系统及通信和联网等方面。

(1) 开关量的逻辑控制。这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域, 可用它取代传统的“继电器-接触器”控制电路, 实现逻辑控制、顺序控制, 既可用于单机设备的控制, 又可用于多机群控制及自动化流水线。如电梯控制、高炉上料、注塑机、印刷机、数控与组合机床、磨床、包装生产线、电镀流水线等。

(2) 模拟量控制。在工业生产过程中, 有许多连续变化的模拟量, 如温度、压力、流量、液位和速度等。

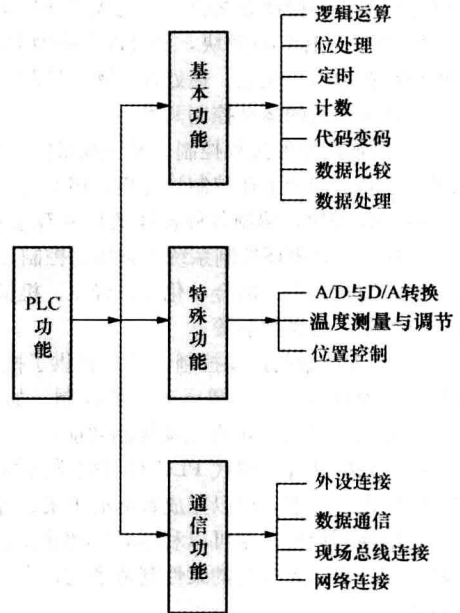


图 1-2 PLC 的功能组成图