

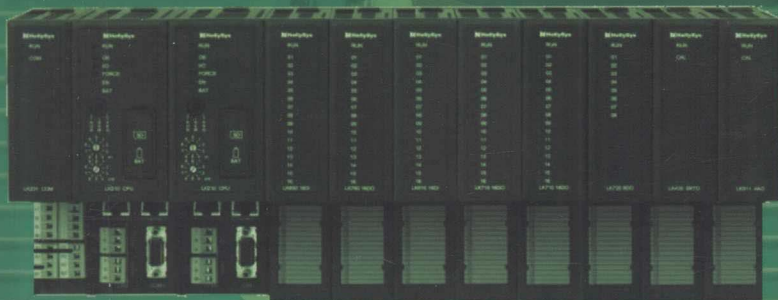
电气信息工程丛书

# 和利时PLC技术

## ——综合篇

王锦标 编著

 附光盘



 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



电气信息工程丛书

# 和利时 PLC 技术——综合篇

王锦标 编著



机械工业出版社

本书首先介绍了 PLC 的基本原理、系统配置和编程基础,然后系统地介绍了和利时 LM-PLC 和 LK-PLC 系列的硬件、软件、指令及应用。硬件部分包括 LM-PLC 控制器模块和扩展模块, LK-PLC 控制器模块、数字量模块、模拟量模块、特殊模块、通信和背板模块。软件部分包括“PowerPro V2”和“PowerPro V4”软件的界面和操作,数据和变量类型,以及 LD、FBD、IL、ST、SFC 和 CFC 编程语言。指令包括基本指令、标准库指令、实用库指令、检查库指令、LM-PLC 扩展库指令和 LK-PLC 扩展库指令。应用包括典型应用程序和应用实例。

随书所附光盘中有“PowerPro V2”和“PowerPro V4”组态编程软件,以及每章所对应的工程文件,这些工程文件中有书内所列举的程序,并已经调试成功。供读者在 PC 上安装使用,形象直观,边阅读边操作,提高学习效率。

本书可作为高等院校自动化专业、计算机控制专业及相关专业的教材,也可作为有关工程技术人员的参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

和利时 PLC 技术. 综合篇/王锦标编著. —北京:机械工业出版社,2010.6  
(电气信息工程丛书)

ISBN 978-7-111-30697-9

I. ①和… II. ①王… III. ①可编程序控制器 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 089216 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:时 静 常建丽

责任印制:杨 曦

北京四季青印刷厂印刷(三河市杨庄镇环伟装订厂装订)

2010 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·26.5 印张·658 千字

0001-4500 册

标准书号:ISBN 978-7-111-30697-9

ISBN 978-7-89451-549-0(光盘)

定价:55.00 元(含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

# 序

回顾往事，1996年和利时公司荣幸地请到清华大学自动化系王锦标教授为公司的干部和技术骨干讲述工业自动化控制系统技术发展状态与趋势。我是当时的听众之一，至今仍然被王老师对世界自动化技术准确的把握，对浩如烟海的产品信息的清晰整理以及他那深入浅出的讲课技巧所折服。

中国的自动化技术发展迅猛。在过程控制领域，已经有几家具有自主产品的公司经过近20年不断学习，不断创新，特别是通过贴近用户的服务而不断改进自己的产品，逐步赢得了中国广大用户的认可。和利时公司不仅在中低端领域赢得了市场具有突出的优势，而且也陆续进入了高端领域，如百万千瓦核电站控制系统、百万千瓦和60万千瓦超临界火电站控制系统以及大型石油化工装置控制系统等。相信通过大家的努力，将会逐步改变中国过程自动化市场的竞争格局，国产控制系统的市场份额和地位也会越来越高。

相比而言，中国的PLC发展却是另外一番情景。尽管拥有众多的系统集成商，但是选用的PLC绝大多数是国外产品。国内也曾经有过一些有志之士努力开发自己的PLC产品，但是迄今为止情况并没有明显的改观。和利时公司自2004年开始研发自己的PLC产品，到2006年相继开发出LM系列小型PLC和LK系列大中型PLC。PLC开发投入和技术难度固然很大，相比之下市场开拓和推广应用更为艰难。现在我深刻地理解了当今中国自主的PLC仍然十分弱小的原因了。值得庆幸的是，和利时公司近年来在DCS和其他高端领域（如核电站控制系统和高速铁路信号系统）发展迅速，并且公司成功在NASDAQ上市，资金比较充足，所以我们的PLC业务一直在艰难中进步。现在已经在某些领域崭露头角，得到用户的认可。看来我们对自动化业务发展规律的认识又一次得到证实，即在不犯方向错误的前提下，培育一个新产业至少需要5~8年的时间。因此，信心和坚持最为重要！

正如王锦标教授所说，“目前人们在中国见到很多外国PLC品牌及其书籍，很少见到中国PLC品牌及其书籍”。和利时公司在自己的PLC产品获得较好的应用验证之后，特别希望出一本自己产品的书籍。以往和利时公司自己的开发人员撰写的书籍别人很难看懂。这一次能够邀请王锦标教授亲自撰写《和利时PLC技术——综合篇》，和利时公司全体开发与工程技术人员感到无比自豪与荣幸。我衷心希望通过王老师的著作，能够帮助我们广大的客户认识中国自己的PLC，也希望各大专院校的自动化学生在认识众多国外PLC产品的同时，也深刻了解我们自己的PLC产品，更希望各行业的系统集成商以及系统设计公司能够充分了解国产PLC的技术性能、特点和优点，盼望能够在您所设计或应用的项目中将国产PLC作为选型之一。

王老师还在我们公司整个自动化系列产品开发和应用过程中给予了很多指导，借此机会对王老师表示衷心的感谢！

王常力  
和利时公司

# 前 言

目前人们在中国见到很多外国 PLC 品牌及其书籍，很少见到中国 PLC 品牌及其书籍。本书介绍的和利时 PLC 品牌标有“Made in China”（中国制造），系统地介绍了和利时 LM-PLC 和 LK-PLC 系列的硬件、软件、指令及应用。

本书共分 6 章。第 1 章介绍了 PLC 的基本原理、系统配置和编程基础，其中基本原理包括基本组成、工作原理和基本功能，系统配置包括基本配置、扩展配置、冗余配置和网络配置，编程基础包括编程指令、编程语言和编程软件。

第 2 章介绍了和利时 LM-PLC 系列的 8 种控制器模块和 20 种扩展模块的结构、原理、功能和性能参数。LM-PLC 系列采用整体式结构，属于小型 PLC，支持“PowerPro V2”组态编程软件。

第 3 章介绍了和利时 LK-PLC 系列的 5 种控制器模块、8 种高速 I/O 模块、18 种普通 I/O 模块、4 种特殊模块、5 种通信模块和 10 种背板模块的结构、原理、功能和性能参数。LK-PLC 系列采用机架式结构，属于大型 PLC，支持“PowerPro V4”组态编程软件。

第 4 章介绍了和利时“PowerPro V2”和“PowerPro V4”组态编程软件的界面和操作步骤、数据和变量类型，以及 LD（梯形图）、FBD（功能块图）、IL（指令表）、ST（结构化文本）、SFC（顺序功能图）和 CFC（连续功能图）6 种编程语言。该软件界面友好、操作简便、易学易用，既可以离线组态、编程和仿真调试，也可以在线调试和操作监控。

第 5 章介绍了和利时“PowerPro V2”和“PowerPro V4”组态编程软件支持的指令、函数和功能块，逐条介绍了基本指令、标准库指令、实用库指令、检查库指令、LM-PLC 扩展库指令和 LK-PLC 扩展库指令。

第 6 章介绍了和利时 PLC 典型应用程序和应用实例，由工程文件提供程序清单。

随书所附光盘中有“PowerPro V2”和“PowerPro V4”组态编程软件，以及每章所对应的工程文件，这些工程文件中有书内所列举的程序，并已经调试成功，供读者在 PC 上安装使用，形象直观，边阅读边操作，提高学习效率。

本书可作为高等院校自动化专业、计算机控制专业及相关专业的教材，也可作为有关工程技术人员参考用书。

第 4 章部分内容取自作者 2007 年编写的《PowerPro V4 软件手册》，编写中和利时公司的黄奇琦和杨莉给予了支持和帮助。编写本书过程中，和利时公司的徐昌荣、周红给予了支持和帮助，书中的 6.2.1 节和 6.2.2 节由闵晓超、6.3.1 节由任振东、6.3.2 节由石连东执笔并提供资料，书中引用了和利时 PLC 系列资料的内容。在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

王锦标 教授  
清华大学自动化系

# 目 录

序	
前言	
绪论	1
第1章 PLC 技术综述	4
1.1 PLC 的基本原理	4
1.1.1 PLC 的基本组成	4
1.1.2 PLC 的工作原理	10
1.1.3 PLC 的基本功能	11
1.2 PLC 系统配置	15
1.2.1 PLC 的基本配置	16
1.2.2 PLC 的扩展配置	16
1.2.3 PLC 的冗余配置	17
1.2.4 PLC 的网络配置	17
1.3 PLC 编程基础	18
1.3.1 PLC 编程指令	19
1.3.2 PLC 编程语言	21
1.3.3 PLC 编程软件	25
本章小结	26
第2章 和利时 LM-PLC 硬件	27
2.1 LM-PLC 控制器模块	27
2.1.1 LM-PLC 控制器模块简介	27
2.1.2 LM3104 和 LM3105 控制器模块	31
2.1.3 LM3106 和 LM3106A 控制器模块	31
2.1.4 LM3107 和 LM3107E 控制器模块	33
2.1.5 LM3108 和 LM3109 控制器模块	34
2.1.6 LM-PLC 模块的 PLC 配置	35
2.2 LM-PLC 扩展模块	37
2.2.1 LM-PLC 数字量输入模块	37
2.2.2 LM-PLC 数字量输出模块	38
2.2.3 LM-PLC 数字量输入输出模块	38
2.2.4 LM-PLC 模拟量输入模块	39
2.2.5 LM-PLC 模拟量输出模块	44
2.2.6 LM-PLC 模拟量输入输出模块	44
2.2.7 LM-PLC 通信模块	46

本章小结 .....	48
<b>第3章 和利时 LK-PLC 硬件</b> .....	<b>49</b>
3.1 LK-PLC 控制器模块 .....	49
3.1.1 LK-PLC 控制器模块简介 .....	49
3.1.2 LK-PLC 冗余控制器模块 .....	53
3.1.3 LK-PLC 非冗余控制器模块 .....	55
3.1.4 LK-PLC 模块的 PLC 配置 .....	56
3.2 LK-PLC 数字量模块 .....	58
3.2.1 LK-PLC 数字量输入模块 .....	58
3.2.2 LK-PLC 数字量输出模块 .....	64
3.3 LK-PLC 模拟量模块 .....	71
3.3.1 LK-PLC 模拟量输入模块 .....	71
3.3.2 LK-PLC 模拟量输出模块 .....	91
3.4 LK-PLC 特殊模块 .....	100
3.4.1 LK-PLC 计数模块 .....	101
3.4.2 LK-PLC 测频模块 .....	111
3.4.3 LK-PLC SOE 模块 .....	113
3.5 LK-PLC 通信和背板模块 .....	116
3.5.1 LK-PLC 通信模块 .....	116
3.5.2 LK-PLC 背板模块 .....	121
本章小结 .....	125
<b>第4章 和利时 PLC 软件</b> .....	<b>126</b>
4.1 软件简介 .....	126
4.1.1 软件功能 .....	126
4.1.2 软件安装 .....	126
4.1.3 软件入门 .....	127
4.2 软件界面 .....	141
4.2.1 标题栏 .....	141
4.2.2 菜单栏 .....	142
4.2.3 工具栏 .....	152
4.2.4 变量区 .....	153
4.2.5 程序区 .....	154
4.2.6 消息区 .....	154
4.2.7 浏览区 .....	155
4.2.8 状态栏 .....	156
4.3 数据 .....	157
4.3.1 数据的含义 .....	157
4.3.2 数据的存储 .....	158

4.3.3	标准数据类型	162
4.3.4	自定义数据类型	166
4.4	变量	169
4.4.1	变量的类型	170
4.4.2	变量声明的格式	170
4.4.3	变量声明的规定	171
4.4.4	局部变量声明的方法	173
4.4.5	全局变量声明的方法	177
4.4.6	指针变量声明的方法	180
4.5	梯形图编程语言	183
4.5.1	梯形图简介	183
4.5.2	梯形图操作	183
4.5.3	梯形图实例	191
4.6	功能块图编程语言	192
4.6.1	功能块图简介	192
4.6.2	功能块图操作	193
4.6.3	功能块图实例	204
4.7	指令表编程语言	205
4.7.1	指令表简介	205
4.7.2	指令表操作	207
4.7.3	指令表实例	208
4.8	结构化文本编程语言	210
4.8.1	结构化文本简介	210
4.8.2	结构化文本操作	211
4.8.3	结构化文本实例	213
4.9	顺序功能图编程语言	214
4.9.1	顺序功能图简介	214
4.9.2	顺序功能图操作	216
4.9.3	顺序功能图实例	232
4.10	连续功能图编程语言	233
4.10.1	连续功能图简介	234
4.10.2	连续功能图操作	235
4.10.3	连续功能图实例	247
4.11	程序组织单元	248
4.11.1	POU 简介	248
4.11.2	创建 POU	249
4.11.3	程序调用功能块	250
4.11.4	程序调用函数	253



4.11.5	程序调用程序	255
4.11.6	程序调用动作	256
4.11.7	语言转换	259
4.12	库	260
4.12.1	库的简介	260
4.12.2	库的制作	262
	本章小结	264
<b>第5章</b>	<b>和利时 PLC 指令</b>	<b>265</b>
5.1	基本指令	265
5.1.1	算术运算指令	266
5.1.2	逻辑运算指令	268
5.1.3	比较指令	269
5.1.4	移位指令	271
5.1.5	选择指令	273
5.1.6	初等数学运算指令	275
5.1.7	地址运算指令	278
5.1.8	数据类型转换指令	281
5.1.9	赋值指令	289
5.1.10	调用指令	289
5.2	标准库指令	290
5.2.1	双稳态功能块	290
5.2.2	计数器功能块	291
5.2.3	字符串处理函数	293
5.2.4	定时器功能块	295
5.2.5	检测触发器功能块	298
5.3	实用库指令	298
5.3.1	模拟量监视功能块	299
5.3.2	BCD 码转换函数	300
5.3.3	位/字节操作函数	301
5.3.4	控制器功能块	303
5.3.5	函数操作器功能块	306
5.3.6	高等数学运算功能块	307
5.3.7	信号发生器功能块	309
5.3.8	库版本信息检查函数	310
5.4	检查库指令	311
5.4.1	除数为零检查函数	311
5.4.2	边界检查函数	312
5.5	LK - PLC 扩展库指令	314

5.5.1	模拟量转换库 .....	314
5.5.2	数据传送库 .....	316
5.5.3	通信库 .....	317
5.5.4	实时时钟库 .....	324
5.5.5	SOE 库 .....	325
5.5.6	PID 控制器库 .....	329
5.5.7	诊断库 .....	331
5.5.8	设置 IP 地址库 .....	340
5.5.9	预置输出库 .....	341
5.5.10	LK850 量程转换库 .....	342
5.5.11	保持型通电延时定时器库 .....	344
5.6	LM-PLC 扩展库指令 .....	344
5.6.1	模拟量转换库 .....	345
5.6.2	模拟量调用库 .....	346
5.6.3	通信库 .....	346
5.6.4	实时时钟库 .....	353
5.6.5	计数器库 .....	355
5.6.6	外部中断库 .....	361
5.6.7	中断定时器库 .....	363
5.6.8	脉冲库 .....	364
5.6.9	立即输出库 .....	374
5.6.10	PID 控制器库 .....	375
5.6.11	模拟电位器库 .....	376
5.6.12	系统复位库 .....	377
5.6.13	随机数发生库 .....	377
	本章小结 .....	378
<b>第 6 章 和利时 PLC 应用 .....</b>		<b>379</b>
6.1	典型应用程序 .....	379
6.1.1	启停控制程序 .....	379
6.1.2	时间控制程序 .....	380
6.1.3	联锁控制程序 .....	381
6.2	LM-PLC 应用实例 .....	382
6.2.1	LM-PLC 应用实例一 .....	382
6.2.2	LM-PLC 应用实例二 .....	386
6.3	LK-PLC 应用实例 .....	390
6.3.1	LK-PLC 应用实例一 .....	390
6.3.2	LK-PLC 应用实例二 .....	392
	本章小结 .....	395

附录	396
附录 A LM-PLC 硬件模块清单	396
A. 1 LM-PLC 控制器模块清单	396
A. 2 LM-PLC 扩展模块清单	396
附录 B LK-PLC 硬件模块清单	398
B. 1 LK-PLC 控制器模块清单	398
B. 2 LK-PLC 数字量输入模块清单	398
B. 3 LK-PLC 数字量输出模块清单	398
B. 4 LK-PLC 模拟量输入模块清单	399
B. 5 LK-PLC 模拟量输出模块清单	399
B. 6 LK-PLC 特殊模块清单	399
B. 7 LK-PLC 通信模块清单	400
B. 8 LK-PLC 背板模块清单	400
附录 C LM-PLC 和 LK-PLC 指令清单	401
C. 1 基本指令清单	401
C. 2 标准库指令清单	404
C. 3 实用库指令清单	405
C. 4 检查库指令清单	405
C. 5 LK-PLC 扩展库指令清单	406
C. 6 LM-PLC 扩展库指令清单	407
附录 D 工程文件清单	409
附录 E LM-PLC 硬件模块接线图	410
附录 F LK-PLC 硬件模块接线图	411
附录 G 缩写词	412
参考文献	414

# 绪 论

PLC 的全称是可编程逻辑控制器 (Programmable Logic Controller, PLC), 亦称可编程序控制器 (Programmable Controller, PC), 为了避免与个人计算机 (Personal Computer, PC) 的简称混淆, 人们习惯上仍将其称为 PLC。国际电工委员会 (International Electrotechnical Commission, IEC) 为 PLC 制定了标准 IEC61131 (1998 年之前为 IEC1131)。

PLC 综合了计算机 (Computer)、控制 (Control)、通信 (Communication) 和屏幕显示 (Cathode Ray Tube, CRT) 技术, 简称“4C”技术。PLC 的发展与“4C”技术的发展密切相关, 不断更新换代。

从 20 世纪 70 年代 PLC 诞生至今, 基本上经历了 4 代: 第 1 代 PLC 产品, 采用分立元件和磁心存储器, 只有简单的逻辑控制功能; 第 2 代 PLC 产品, 采用 8 位微处理器和半导体存储器, 具有复杂的逻辑控制功能; 第 3 代 PLC 产品, 采用 16 位微处理器和半导体存储器, 具有复杂的逻辑控制和顺序控制功能, 运算速度较快, 向多功能和通信方向发展; 第 4 代 PLC 产品, 采用 32 位微处理器和半导体存储器, 不仅有复杂的逻辑控制和顺序控制功能, 而且有连续控制功能, 从下至上可以构成低、中、高速 3 层通信网络。

现实世界中有一类信号只有两种状态, 如开关的通或断、电灯的亮或灭、电动机的转或停等, 人们将这类信号称为离散信号或开关信号。现实世界中还有一类信号是连续变化的, 如温度、压力、流量、料位、成分等, 人们将这类信号称为连续信号或模拟信号。实际情况是这两类信号共存于生产过程或工作设备, 所占比例有异, 有的以开关信号为主、模拟信号为辅, 有的以模拟信号为主、开关信号为辅。人们针对前者和后者研制了两类控制系统: 前者采用 PLC, 后者采用 DCS (Distributed Control System, 集散控制系统)。因此形成了两类典型的计算机控制系统: 一类是离散量的控制系统, 控制参数以开关信号为主、模拟信号为辅, 控制方式以逻辑控制为主、连续控制为辅, 采用 PLC; 另一类是连续量的控制系统, 控制参数以模拟信号为主、开关信号为辅, 控制方式以连续控制为主、逻辑控制为辅, 采用 DCS。

时过境迁, 今非昔比, 现代 PLC 与 20 世纪 PLC 不可同日而语。现代 PLC 不仅有逻辑控制功能, 而且有连续控制功能, 切不可望文生义片面认为 PLC 只有逻辑控制功能。现代 PLC 不仅能单台工作, 而且能多台 PLC 通过网络互连协同工作。PLC 系统不仅要有好的硬件, 而且要有好的软件, 软件可以扩展硬件功能, 这样才能如虎添翼。现代 PLC 有以下特点。

## 1. 指令系统组合化

传统 PLC 指令系统单一化, 只有基本指令。现代 PLC 指令系统组合化, 不仅有指令, 而且有函数 (Function) 和功能块 (Function Block), 即指令系统由指令、函数和功能块组合而成, 后两者由库文件提供, 可以根据编程需要加载库文件, 用多少就加载多少, PLC 内存储器的程序区也因此得到更有效的利用; 另外, 它还支持用户自定义函数和功能块, 并可以制成库文件, 丰富了指令系统。和利时 PLC 指令系统属于后者, 即现代 PLC 指令系统组合化。

## 2. 指令系统变量化

传统 PLC 指令系统固定化，内部器件（如定时器、计数器、触发器等）规定多少个就只能用多少个，如定时器（Timer）编号 000 ~ 255，用户程序只能用这 256 个。现代 PLC 指令系统变量化，所有内部器件都没有编号，由变量取而代之。这些与内部器件对应的变量按需要声明或定义，用多少个就声明多少个。变量名可以按功能命名，比用器件编号更便于辨认和记忆。和利时 PLC 指令系统属于后者，即现代 PLC 指令系统变量化。

## 3. 程序组成多元化

传统 PLC 程序是指令的有序集合，程序运行时按一定周期、周而复始、有序地执行集合中的指令。现代 PLC 程序是指令、功能块和函数的有序集合或多元组合，程序运行时按一定周期、周而复始、有序地执行集合中的指令、功能块和函数。和利时 PLC 程序属于后者，即现代 PLC 程序组成多元化。

## 4. 程序结构多层化

传统 PLC 程序采用单层结构，只有常规的转移和调用。现代 PLC 程序采用多层结构，程序可以调用程序、功能块和函数，功能块还可以调用功能块和函数，函数也可以调用函数。和利时 PLC 程序属于后者，即现代 PLC 程序结构多层化。

## 5. 调试方式多样化

传统 PLC 调试方式仅提供在线调试功能。现代 PLC 调试方式不仅提供在线调试功能，而且提供离线调试（或仿真调试）功能。所谓仿真调试，就是编程软件安装在个人计算机上，首先编写程序，再离线仿真调试程序；此时编程软件模拟 PLC 硬件，运行用户程序，以便查找程序错误。所谓在线调试，就是安装了编程软件的个人计算机，通过串行通信接口或以太网（Ethernet）接口与 PLC 硬件连接，首先将用户程序下载到 PLC 中，再启动 PLC 运行，测试检查用户程序能否正常工作并满足要求。和利时 PLC 属于后者，即现代 PLC 调试方式多样化。

## 6. 数据变量多样化

传统 PLC 只用变量名来定义数据，而且数据和变量类型较少。现代 PLC 数据变量多样化，不仅用变量名来定义数据，而且可以定义函数和功能块，还可以定义内部器件，从而使编程无内部器件数量限制，扩展了编程空间；另外，数据和变量类型较多，不仅有高级语言常用的数据和变量类型，而且有位、字节、字、双字直接寻址（或物理寻址）。和利时 PLC 属于后者，即现代 PLC 数据变量多样化。

## 7. 编程语言多种化

传统 PLC 支持一种或两种编程语言，配置专用编程器，而且必须与 PLC 集成才能编写程序。现代 PLC 支持 5 种（IL、LD、FBD、SFC、ST）编程语言，和利时 PLC 另加一种 CFC 编程语言；编程序时既不需要配置专用编程器，也不需要与 PLC 集成，只需要将软件安装于个人计算机的 Windows 操作系统下，就可以离线编写程序，并可以离线调试（或仿真调试）程序。和利时 PLC 属于后者，即现代 PLC 编程语言多种化（支持 6 种编程语言）。

## 8. 控制功能多样化

传统 PLC 信号只支持数字量输入（DI）和数字量输出（DO），只有逻辑和顺序控制功能，仅能实现简单控制。现代 PLC 不仅支持数字量输入和数字量输出，而且支持模拟量输入（AI）、模拟量输出（AO）和特殊信号输入输出；不仅有逻辑和顺序控制功能，而且有

连续控制功能，还增加了连续运算功能，如加、减、乘、除四则运算和特殊运算等，可以实现复杂控制。和利时 PLC 属于后者，即现代 PLC 控制功能多样化。

### 9. 通信方式多样化

传统 PLC 只支持一般串行通信（RS 232、RS 485），仅能实现点对点通信。现代 PLC 不仅支持一般串行通信，而且支持网络通信，既可以用串行通信接口连接第三方设备，也可以用网络通信接口构成通信网络，实现网络互连。和利时 PLC 属于后者，即现代 PLC 通信方式多样化。

### 10. 操作监控画面动态化

传统 PLC 通过专用监视器对 PLC 或设备进行操作监控。现代 PLC 不仅有专用监视器，而且有操作监控画面，首先绘制图文并茂的画面，画面上有动态参数、操作窗口和操作工具等，再安装到个人计算机上运行画面，供操作员监视 PLC 的运行状况，并对 PLC 控制的设备或生产过程进行监视或监控；另外还有报警、跟踪、日志和密码保护等功能。和利时 PLC 属于后者，即现代 PLC 操作监控画面动态化。

### 11. 模块配置和参数设置相结合

传统 PLC 只支持硬件模块配置，其目的是分配与 I/O 点对应的 I/O 字节或字。现代 PLC 不仅支持硬件模块配置，而且支持软件参数设置，如滤波参数、中断使能、现场电源检测、编程模式输出、故障模式输出、预制输出、断线报警、超量程报警和超限报警等，从而扩展了模块功能。和利时 PLC 属于后者，即现代 PLC 模块配置和参数设置相结合。

PLC 的应用必须通过程序来实现，因此用户要编写应用程序。PLC 编程的基础是编程指令、编程语言和编程软件。程序的基本元素是指令、功能块和函数，易学易用。程序的编写工具是语言，形象直观。程序的编程软件界面友好，操作简单。

由于计算机控制技术发展迅速，PLC 和 DCS 互相渗透交叉影响。尽管如此，PLC 和 DCS 仍然有各自的应用领域。PLC 和 DCS 各有优势，在各自应用领域尽情发挥。本书只叙述 PLC，如果读者对 DCS 有兴趣，请阅读参考文献 [1, 2]。

随书所附光盘中有和利时 PLC 的“PowerPro V2”或“PowerPro V4”组态编程软件的安装文件，建议读者在个人计算机上安装，边阅读边操作，边操作边学习。

随书所附光盘的目录“和利时 PLC 技术\_综合篇\_工程文件”中有与本书各章配套的工程文件“.pro”（详见本书附录 D），建议读者将其中的“V2”版工程文件复制到“PowerPro V2”的目录“D:\Hollysys\PowerPro\Projects”中，将其中的“V4”版工程文件复制到“PowerPro V4”的目录“D:\PowerPro V4\Projects”中，边阅读边操作，边操作边学习，以达到事半功倍的效果。

# 第1章 PLC 技术综述

PLC 技术包括硬件、软件、指令和应用。其中硬件有控制器模块、输入模块、输出模块、特殊模块、通信模块和电源模块等，软件有系统配置、模块配置、编程语言和视图等，指令有常规指令、函数、功能块和库文件等，应用有逻辑、顺序、连续和混合控制等。

PLC 技术有两个含义：一是开发技术，利用当今科技的最新成果，研制和生产出功能齐全、稳定可靠、性价比优的 PLC 产品；二是应用技术，充分利用 PLC 产品的功能和性能，尽量扩展 PLC 应用领域，充分发挥 PLC 的作用和功效，产生经济效益和社会效益。

本章介绍 PLC 基本原理、系统配置和编程基础，其中基本原理包括基本组成、工作原理和基本功能，系统配置包括基本配置、扩展配置、冗余配置和网络配置，编程基础包括编程指令、编程语言和编程软件。其目的是期望读者对 PLC 系统、硬件、软件和指令有所了解。

## 1.1 PLC 的基本原理

PLC 是以微处理器为基础的数字控制设备，既可以单台独立工作，也可以多台连接起来构成网络控制系统。PLC 具有输入、控制、输出和通信功能，其中输入和输出以开关或逻辑信号为主、模拟信号为辅，控制以逻辑或顺序控制为主、连续控制为辅。

本节介绍 PLC 的基本组成、工作原理和基本功能。

### 1.1.1 PLC 的基本组成

PLC 由多个模块组成，采用两种模块式结构：一种是整体式结构，如图 1-1 所示；另一种是机架式结构，如图 1-2 所示。

整体式结构 PLC 分为主控模块和扩展模块，主控模块将电源、处理器、输入、输出、通信和总线接口等部件集成在一个箱体内，构成一台完整的独立工作的 PLC，如图 1-1 所示，这是和利时 LM-PLC 系列中的主控模块 LM3108。该结构体积小，安装方便，可以直接安装在被控设备上。一般应用仅有主控模块，当需要增加输入和输出时，则用扩展模块。扩展模块内含有输入、输出和总线接口等部件。主控模块与扩展模块用总线接口互连，便于构成小型系统。

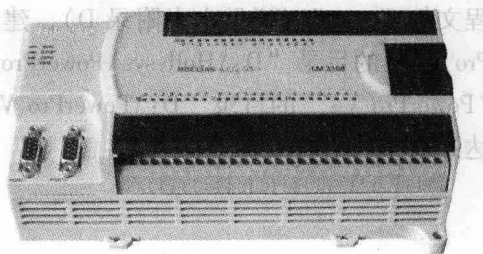


图 1-1 整体式结构 (LM3108)

机架式结构 PLC 分为主机架和扩展机架，主机架内含有通信模块、控制器模块、输入模块、输出模块和特殊模块等，对于内供电的还需电源模块，外供电的只需提供电源接线端子，如图 1-2 所示。

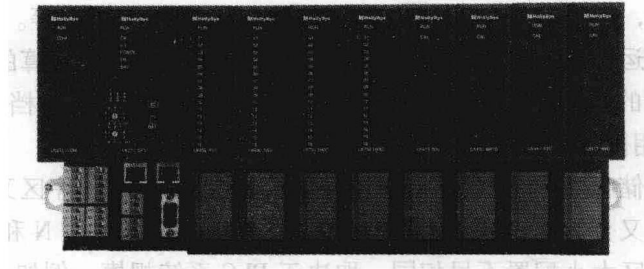


图 1-2 机架式结构 (LK-PLC)

一般应用仅有主机架，主机架上除了控制器模块外，还可以插入所需的输入、输出、通信等各类模块，各个模块之间通过背板总线互连。当需要增加输入和输出时，则用扩展机架，扩展机架上可以插接除控制器模块外的各类模块，各个模块之间也是通过背板总线互连的。这就是说，一台 PLC 只有一个主机架和一个控制器模块（冗余配置有两个控制器模块），可以有多个扩展机架。主机架与扩展机架、扩展机架与扩展机架之间用通信模块互连及总线电缆互连。机架式结构配置灵活，既可以按需要选择模块，也可以选主机架和扩展机架，多个机架互连，便于构成中、大型 PLC 系统。

和利时 LK-PLC 主机架，如图 1-2 所示，从左至右依次为通信模块、控制器模块、输入和输出模块等，扩展机架上依次为通信模块、输入和输出模块等，机架左端的通信模块用于机架之间通信。

PLC 的常用模块有 CPU (Central Processing Unit) 模块、DI (Digital Input) 模块、DO (Digital Output) 模块、AI (Analog Input) 模块、AO (Analog Output) 模块、特殊 (Specific) 模块、通信 (Communication) 模块和电源 (Power) 模块等，另外还有总线单元、本地背板和扩展背板等部件。这些模块和部件组成了完整的 PLC 系统，如图 1-3 所示。本地背板和扩展背板上有连接各个模块的背板总线，即数据线 D (Data)、地址线 A (Address)、控制线 C (Control)、电源线 P (Power)，CPU 模块产生背板总线 (D、A、C) 来连接各个模块。

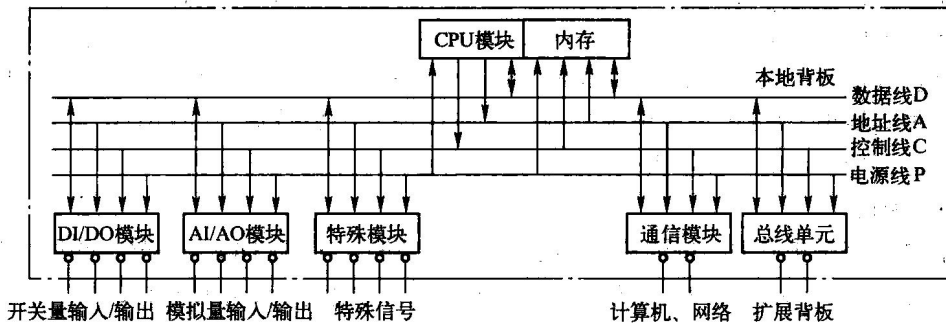


图 1-3 PLC 组成原理图

### 1. CPU 模块

CPU 模块（或控制器模块）内有 CPU 芯片、内存储器 and 通信器等器件，是 PLC 的核心或大脑。其中 CPU 芯片产生总线 (D、A、C)，指挥内存储器、各类模块协调工作。CPU 模块的外形如图 1-2 左 2 所示。

CPU 芯片内有控制器、运算器和寄存器。其中控制器指挥运算器和寄存器工作，产生



控制信号及控制线 C，指挥数据的存取，指令的读取、解释和执行等。运算器进行逻辑运算、数学运算和比较运算等。寄存器存储参与运算的数据，并存储运算的中间结果。

CPU 模块内采用的 CPU 芯片一般有 3 种：低档用单片机芯片，中档用 16 位通用微处理器，高档用 32 位通用微处理器。

内存储器用于存储程序和数据，分为程序区和数据区。其中程序区又分为系统程序区和用户程序区，数据区又分为输入区 I、输出区 Q、中间区 M、随机区 N 和保持区 R 等。各类 PLC 的程序区和数据区大小配置不尽相同，取决于 PLC 系统规模。例如，和利时 LM-PLC 和 LK-PLC 内存储器配置见表 1-1。其中输入区 I 和输出区 Q 的大小决定了该 PLC 的最大 I/O 点数。

表 1-1 和利时 LM-PLC 和 LK-PLC 存储器配置

PLC	LM-PLC		LK-PLC	
	大小/字节	大小/字节	大小/字节	大小/字节
输入区—I 区	16#200	512	16#5000	20480
输出区—Q 区	16#200	512	16#5000	20480
中间区—M 区	16#2000	8192	16#200000	2097152
随机区—N 区	16#2000 <sup>①</sup>	8192	16#400000 <sup>②</sup>	4194304
保持区—R 区	16#1800	6144	16#18000	98304
程序区—P 区	16#1E000	122880	16#400000	4194304

注：1. LM-PLC 的 N 区每段 16#2000，N 区最大段数为 3。

2. LK-PLC 的 N 区每段 16#400000，N 区最大段数为 32。

内存储器一般采用 RAM（随机存取存储器）、ROM（只读存储器）、PROM（可编程只读存储器）、EPROM（可擦除可编程只读存储器）、EEPROM（电可擦除可编程只读存储器）和 FLASH ROM（闪烁只读存储器）等。系统程序区采用 ROM、PROM 和 EPROM，永久存储生产厂提供的保证 PLC 正常工作的系统程序或监控程序，而且用户无法访问和修改。用户程序区采用 EEPROM 和 FLASH ROM，存储用户的应用程序，便于用户修改应用程序后重新存储。数据区可以采用 RAM、EEPROM 和 FLASH ROM，存储系统运行和用户程序的临时数据及中间结果，RAM 需要电池支持，才能保证不丢失数据；EEPROM 和 FLASH ROM 不需要电池支持，也能保证不丢失数据，这就是表 1-1 中的保持区 R。

## 2. DI 模块

DI 模块用来采集开关、按键和触点的状态（通或断、ON 或 OFF）信号，并将状态变为数字位“1”或“0”，再存入内存储器的数据输入区 I。DI 模块的外形如图 1-2 左 3~6 所示。

DI 模块的输入电路采用光电隔离技术，如图 1-4 所示，点画线框内为 DI 简化原理电路。当开关  $S_0$  闭合（ON）时，发光二极管亮，光敏三极管导通，对应“1”状态输入；反之，当开关  $S_0$  断开（OFF）时，发光二极管灭，光敏三极管截止，对应“0”状态输入；开关  $S_0$  状态信号（“1”或“0”）经数据线 D 送到内存储器的数据输入区 I。DI 模块一般是 8 点或 16 点输入，图 1-4 只画出开关  $S_0$  的输入电路，另外还有  $S_1 \sim S_7$  或  $S_1 \sim S_{15}$  的相应输入电路。

为了保证 DI 信号输入电路和内部电路隔离，可采用光电隔离技术，为此左、右侧各自电源独立，而且不能共地，图 1-4 中用两种“地”符号以示区别。