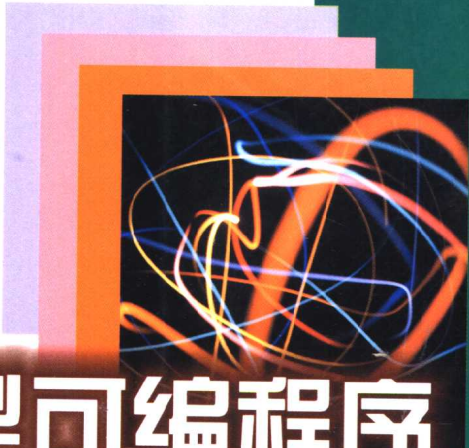




大型可编程序 控制器 系统设计

周少武 郭小定 张绪红 张志飞 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

大型可编程序控制器系统设计

周少武 郭小定 张绪红 张志飞 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

可编程序控制器(PLC)现已成为重要的工业控制自动化装置,是自动化技术的三大支柱之一。随着现代工业生产规模的不断扩大,大型 PLC 的应用越来越多(特别是大型综合自动化系统),广泛应用于电力、纺织、机械、汽车制造、钢铁、造纸、化工等领域。本书从工程实际应用出发,在介绍 PLC 基本概念、工作原理的基础上,重点介绍了大型 PLC 控制系统设计方法,工控组态软件与 PLC 的连接,并以美国 A-B 公司的 PLC-5 系列为例,结合一大型国家级粮食中转库控制系统进行实际设计举例。

本书可供从事工业自动化控制的广大工程技术人员、工科自动化专业及相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

大型可编程序控制器系统设计/周少武等编著. —北京:中国电力出版社, 2001

ISBN 7-5083-0877-8

I. 大... II. 周... III. 可编程序控制器—系统设计 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 082160 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>)

三河市利森达印务有限公司

各地新华书店经售

*

2001 年 12 月第一版 2001 年 12 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 32 开本 8 印张 174 千字 1 插页

印数 0001—3000 册 定价: 14.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前 言

可编程序控制器（简称 PC 或 PLC）是以计算机为核心的工业自动化控制装置。它集计算机技术、自动化技术和网络通信技术于一体，具有功能强、可靠性高、使用方便、维护简单等特点。因此，在工业生产控制中得到广泛的应用。

近年来，现代化生产向多级分布式综合自动化系统方向发展，早期的小型 PLC 已不能满足现代化生产的要求。美国、德国、日本等工业发达国家，相继推出了各种高档的、功能十分强大、具有分散模块结构，且有极强联网通信能力的各类可编程序控制器。

本书全面系统地介绍了大型 PLC 控制系统的设计方法，内容包括可编程序控制器的基本概念、工作原理，着重介绍了大型 PLC 控制系统的一般设计、应用方法，工控组态软件与 PLC 的连接，美国 A-B 公司 PLC-5 系列可编程序控制器的硬件系统和编程软件。最后结合一实际大型 PLC 控制系统进行工程设计应用举例。

本书共分五章。第一章介绍可编程序控制器基本概念和工作原理，第二章介绍大型 PLC 控制系统一般设计方法，第三章介绍 A-B 公司 PLC-5 系列可编程序控制器的硬件系统和编程软件，第四章介绍了工控组态软件 FIX32 的基本知识、组态方法以及与 PLC 的接口，第五章结合一个大型国家级粮食中转库控制系统进行实际设计举例。

本书在编写过程中得到了湖南大学电气与信息工程学院章兢教授的大力帮助和指导，湘潭工学院成继勋、刘祖润教

授对书稿的内容提出了宝贵的意见，王文丽、周翔、吴亮红和谭涛等同志参与了本书的绘图与文字编辑工作，在此谨致以衷心的感谢。同时，对本书所引用的参考文献的作者表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限，本书难免有错，敬请读者批评指正。

编著者
2001年8月

最近新书

送变电工程文件汇编（安全、监督、质量验评）

农村配电设计手册

农村电网规划与改造

高压电气设备试验方法（第二版）

继电器检验调试手册

建筑工程临时用电设计与实例手册

大型火力发电厂厂用电系统

输电线路覆冰及防护

电力科普知识问答

（电与生活、火力发电 上、火力发电 下、

水力发电、输配电、电与环境保护）

电力生产安全教育系列读本（共8册）

电力系统计算机辅助设计

ISBN 7-5083-0877-8/TP·270

定价：14.00 元

目 录

前 言

第一章 可编程序控制器基础	1
第一节 顺序控制的概念	1
第二节 可编程序控制器基础	2
第三节 可编程序控制器发展趋势	8
第四节 PLC 的应用领域	10
第五节 大型可编程序控制器特点	11
第二章 大型 PLC 控制系统一般设计方法	14
第一节 系统分析与调研	14
第二节 系统总体方案设计	15
第三节 可编程序控制器选择	17
第四节 PLC 控制系统设计流程	25
第五节 PLC 控制系统结构	27
第六节 外部电路设计	31
第七节 控制方式设计	33
第八节 PLC 控制系统的可靠性设计	36
第九节 控制系统的抗干扰设计	45
第十节 大型 PLC 控制系统的程序设计	52
第十一节 系统调试	54
第三章 PLC-5 系列可编程序控制器	57
第一节 PLC-5 系列可编程序控制器概述	57
第二节 PLC-5 系列可编程序控制器的硬件寻址	91

第三节	PLC-5 系列可编程序控制器网络 种类及结构	102
第四节	编程终端的连接与通信组态	112
第五节	可编程序控制器的文件	123
第六节	6200 编程软件的介绍	140
第七节	PLC-5 系列处理器指令系统	148
第四章	工控组态软件与 PLC 接口	154
第一节	工控组态软件 FIX 介绍	156
第二节	FIX 的基本功能	156
第三节	分布式处理能力	160
第四节	系 统 结 构	162
第五节	FIX 系 统 开 发	175
第六节	SCU (系统配置程序) 及 FIX 的 节点配置	182
第七节	配置网络连接	185
第八节	配置 SCADA 节点	188
第九节	配置 I/O 驱动器	191
第五章	控制系统设计举例	195
第一节	工程概述	195
第二节	控制系统方案设计	196
第三节	系统硬件设计	201
第四节	PLC 控制程序设计	232
第五节	控制系统调试	238
参考文献		245

第一章

可编程序控制器基础

第一节 顺序控制的概念

顺序控制是指以预先规定的时间或条件为依据，按预先规定好的动作次序，对控制过程各阶段顺序地进行自动控制。顺序控制器是根据应用的场合和工艺要求，划分为各种不同的工步，然后按预先规定好的“时间”或“条件”，按次序完成各工步的动作并保证各工步动作所需要的持续时间。“条件”是指被控装置中运动部件移动到了一个预定的位置，或者管道、容器中的液位或气体的压力达到了某个预定值，或者加热部件的温度达到某个预定值等，顺序控制器把这些条件是否满足作为本工步动作的持续或结束信号。这些条件一般是通过行程开关（或限位开关）、压力开关或温度开关等传感器提供开关量被测信号而获取的。

顺序控制器具有使用简单、操作方便、通用性强、易于改变程序等优点，目前在加工、装配、检验、包装等领域广泛应用，特别是在高度自动化的工厂中更是不可缺少的控制装置。

顺序控制器的种类很多，最常见的是继电器控制装置、半导体逻辑组件控制装置和可编程序控制器。目前，可编程序控制器已成为顺序控制的重要设备，特别是对于大型分布式自动化控制系统，可编程序控制器更是不可缺少的控制装置。

可编程序控制器（Programmable Logic Controller）简称 PLC，它是一种用作数字控制的专用计算机。它按照用户程序存储器里的指令安排，通过输入接口采集现场信号，执行逻辑或数值运算，进而通过输出接口去控制执行机构动作。它组态灵活、编程简单、维护方便、可靠性高，现已成为工业自动化的核心技术之一。

第二节 可编程序控制器基础

一、可编程序控制器基本概念

可编程序控制器是在继电器控制和计算机控制技术的基础上研制开发出来的，现已发展成为以微处理器为核心，集自动化技术、计算机技术、通信技术为一体的新型的工业自动化装置。早期的可编程序控制器只是简单地应用于顺序逻辑控制，美国电气制造协会（NEMA，National Electrical Manufacturers Association）于 1980 年将它正式命名为可编程序控制器（Programmable Controller），简称 PC，并作了如下定义：“PC 是一种数字式的电子装置，它使用了可编程序的存储器以存储指令，能完成逻辑、顺序、计时、计数和算术运算等功能，用以控制各种机械或生产过程”。随着可编程序控制器功能的不断增强，在顺序控制的基础上增加了模拟量控制和数字通信功能，使其广泛应用于各种生产设备和生

产过程的自动化控制中。为了使可编程序控制器与个人计算机 PC 区别,通常称之为 PLC。

世界上第一台 PLC 是 1969 年美国数字设备公司 (DEC) 研制出来的。用它代替传统的继电控制系统,在美国通用汽车公司的汽车自动装配生产线上试用获得了成功。

二、PLC 的功能

随着科学技术的发展,特别是计算机技术和电子通信技术的发展,PLC 的功能也在不断增长,主要表现在:

(1) 控制规模不断增大。单台 PLC 可以控制成千上万个点。

(2) 指令不断增多。具有计算机处理能力,能进行各种算术运算、逻辑运算、计时操作、计数操作等。高档 PLC 还支持中断处理功能、子程序调用等,能实现逻辑控制、模拟量控制、数值控制和其他过程监控。

(3) 中央处理器位数不断增多。由一位 CPU 逐步发展到 8 位、16 位和 32 位甚至多 CPU 并行处理系统。

(4) 处理速度不断提高。每个点平均处理时间从 $10\mu\text{s}$ 左右减少到 $1\mu\text{s}$ 以内。

(5) 编程容量不断增大。其容量从几 K 字节到上百 K 字节。

(6) 编程语言多样化。其编程语言有梯形图语言、语句表语言、流程图语言和高级语言等。

(7) 增加通信与联网功能。其能实现 PLC 与远方控制设备之间(远程 I/O 功能)、PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机之间的数据通信,组成各种分布式控制系统。

(8) 具有各种智能 I/O 模块。如温度控制模块、位置控制模块、模拟量处理模块、高速计数模块、中断控制模块

等，使 PLC 能完成更加复杂的控制功能，实时性更强。

PLC 的主要功能有：①逻辑控制；②定时控制；③计数控制；④步进控制；⑤模拟量调节；⑥数据处理；⑦通信联网。

三、PLC 的特点

1. 通用性好

PLC 是通过程序来实现各种控制功能的，同一台 PLC 可用于控制不同的对象，只需要改变程序就能实现不同的控制功能和要求。传统的继电控制系统要改变控制功能需重新设计和连线，耗时长、耗资大。

2. 可靠性高

PLC 采用了微电子技术，大量开关动作由无触点的半导体电路来完成。另外还采用了屏蔽、滤波、隔离等抗干扰措施，因此可靠性很高，其平均无故障时间可达 2~5 万 h 以上。

3. 良好的环境适应性，抗干扰能力强

PLC 是专门为工业控制设计的，能适应于工业现场恶劣的环境，在制造工艺上加强了抗干扰措施，如输入/输出模块的隔离、屏蔽和滤波等，能有效地抑制各种干扰。

4. 功能强

PLC 不仅具有逻辑运算、计时、计数、步进控制等功能，而且还具有模拟量 A/D、D/A 转换，数字运算，数据处理，模拟量调节（如 PID 控制）以及通信、生产监控等功能。

5. 外部接线简单

PLC 的接线只需将输入信号（按钮、开关和现场传感器等）与 PLC 的输入端子连接，将输出信号经输出端子与执行控制任务的外部元件（接触器、电磁阀、电子开关等）连接。

6. 编程简单，使用方便

PLC 采用面向控制过程、面向问题的“自然语言”编程，容易掌握，如目前大量采用的梯形图语言编程方式。

7. 体积小、质量轻、功耗低

PLC 采用半导体集成电路，其体积小、质量轻、功耗低。

PLC 结构紧凑、坚固耐用、维护方便，具有较强的环境适应性和较高的抗干扰能力，因此，是实现机电一体化的理想控制装置。

四、PLC 的硬件组成

PLC 实质上是一种工业控制专用计算机，它的硬件结构与一般微机控制系统相似，其硬件系统组成框图如图 1-1 所示。

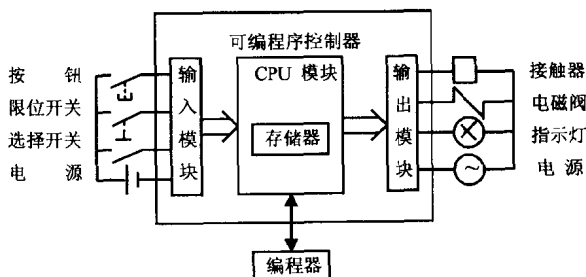


图 1-1 PLC 硬件系统组成框图

PLC 主要由 CPU（中央处理单元）、存储器、输入/输出模块（简称 I/O 模块）、编程器和电源五大部分组成。各部分作用分述如下。

1. CPU

CPU 是 PLC 核心部件，它采用扫描工作方式，每次扫描完成如下的工作：

(1) 将现场的开关量输入信号和数据分别读入输入映像寄存器和数据寄存器。

(2) 逐条读入和解释用户程序，产生相应的控制信号去控制相关的电路，完成数据的存取、传送和处理工作，并根据运算结果更新各有关寄存器的内容。

(3) 将输出映像寄存器的内容送给输出模块，去控制外部负载。

2. 存储器

存储器用来存储数据或程序，它包括存取存储器（RAM）和只读存储器（ROM）。

PLC 配有系统程序存储器和用户程序存储器，分别用于存储系统程序和用户程序。

3. 输入/输出（I/O）模块

I/O 模块是 CPU 与现场 I/O 设备或其他外部设备之间的连接部件。PLC 就是通过各类 I/O 模块，实现对工业设备或生产过程的检测与控制。PLC 提供了各种操作电平和输出驱动能力的 I/O 模块和各种用途的 I/O 功能模块，供用户选择使用。I/O 模块一般具有电平转换、电气隔离、滤波和功率驱动功能，其分为继电器型、晶体管型和晶闸管型。

4. 电源

PLC 配有开关式稳压电源模块，用来对 PLC 的内部电路供电。

5. 编程器

编程器除了用来输入和编辑用户程序外，还可以用来监视 PLC 运行时梯形图中各种编程元件的工作状态。它分为支持语句表编程的手持式编程器和支持梯形图语言的图形编程器。大、中型 PLC 可以使用编程软件通过上位监控计算

机编程。

五、PLC 的基本工作原理

1. 扫描

PLC 运行时,用户程序有一系列操作需要去执行,但 PLC 不能同时去执行多个操作,CPU 按分时操作原理每一时刻执行一个操作。由于 CPU 的运算处理速度很高,使得外部出现的结果从宏观来看似乎是同时完成的。这种分时操作的过程称为 CPU 对程序的扫描。

扫描从第一条用户程序开始,逐条执行用户程序,直到程序结束。每扫描完一次程序就构成一个扫描周期,然后再从头开始扫描,并周而复始地进行。

2. 程序执行过程

PLC 程序的工作过程就是程序执行过程。程序执行过程分为三个阶段进行,即输入采样阶段、程序执行阶段和输出刷新阶段。

(1) 输入采样阶段。在此阶段,PLC 以扫描方式顺序将所有输入端的输入信号状态(ON 或 OFF)读入到输入映像寄存器中寄存起来,称为对输入信号的采样或输入刷新。在程序执行阶段即使输入状态发生了变化,输入映像寄存器的内容也不会改变。输入状态的变化只能在下一个工作周期的输入采样阶段才被重新读入。

(2) 程序执行阶段。PLC 按顺序扫描执行程序。每扫描到一条指令时,所需的输入状态或其他元素状态分别由输入映像寄存器和元素映像寄存器中读出,而将执行结果写入到元素映像寄存器中。这就是说,对于每个元素来说,元素映像寄存器中寄存的内容会随程序执行的进程而变化。

(3) 输出刷新阶段。当程序执行完后,进入输出刷新

阶段。此时将元素映像寄存器中所有输出继电器的状态转存到输出锁存电路，再去驱动用户输出设备（或负载），这就是 PLC 的实际输出。

第三节 可编程序控制器发展趋势

1. 向高速度、大容量方向发展

为提高处理能力，要求 PLC 具有更快的响应速度和更大的存储容量。目前大中型 PLC 的扫描速度可达 0.2ms/K 步左右，如 A-B 公司的 PLC-5/40 系列为 0.5ms/K 步，GE 公司的 90 系列 331、771 等为 0.4ms/K 步，欧姆龙公司的 C1000H、C2000H 为 0.4ms/K 步。

在存储器容量方面，目前大型 PLC 是几百 K 字节，最高可达几兆字节。如 A-B 公司 PLC-3 的程序存储容量为 2 兆字节，PLC-5/250 为 384K 字节。

2. 向多品种方向发展

目前中小型 PLC 较多，为适应市场的需要，PLC 要向多品种的方向发展，特别是向超大型和超小型两个方向发展。目前，输入/输出（I/O）点数达到 8192 点的大型 PLC 已比较多，为适应超大规模自动化控制系统的需求，输入/输出点数还在上升，如西门子公司的 S5-155U 为 10K。为提高系统的可靠性，在大型 PLC 中，有的采用多处理器并行处理技术和冗余技术。

3. 编程语言的多样化

随着 PLC 系统结构的不断发展，PLC 的编程语言也在朝着多语言方向发展。目前，中、小型 PLC 编程语言比较流行的是梯形图语言，但是新的编程语言还是不断涌现。现

已有部分 PLC 采用高级语言（如 BASIC,C 语言等），如 A-B 公司的 PLC BASIC 模块，可独立于 PLC 处理器运行用户编写的 BASIC 语言和 C 语言。

功能表图（Function Chart）是一种便于描述顺序控制系统过程的语言，法国 TE 公司的 Grafect 和西门子公司公司的 Graph 5 都属于这一种。在实际应用中以下三种语言占主导地位：标准的继电器梯形图语言、顺序功能图语言、模仿过程流程的功能块语言。而面向过程的编程语言将是一个重要的发展方向。

4. 发展智能模块

智能模块是以微处理器（主要为高位数的单片机）为基础的功能部件，它可以与 PLC 的主处理器并行工作，大大减少占用主处理器的时间，有利于提高 PLC 的扫描速度和运行效率。同时，发展智能模块可以提高 PLC 处理信息的能力，增强 PLC 的控制功能。

5. 增强网络通信能力

增强 PLC 的联网与通信能力是现代 PLC 技术发展进步的潮流。PLC 的联网与通信可分为两类：一类是 PLC 与 PLC 之间的通信，一般各 PLC 制造厂家都有自己专用的联网技术；另一类是 PLC 与计算机之间的通信，一般 PLC 均有专用的通信模块实现其与计算机之间的通信，如 A-B 公司的 1784-KT(X)通信模块。美国通用汽车公司提出的 MAP(Manufacturing Automation Protocol) 是众多通信标准中发展最快的一个，MAP 的主要特点是提供以开放性为基础的局域网络(LAN)，使许多厂家的设备可以通过相同的通信协议实现连接，推动了 PLC 通信标准化的进程，但 MAP 也存在一些问题，它涉及面广，开发费用高，不完善。此外，