



西门子 S7-300/400 快速应用

陈忠平 邬书跃 胡彦伦 主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



西门子 S7-300/400 快速应用

陈忠平 邬书跃 胡彦伦 主编

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

西门子S7-300/400 快速应用 / 陈忠平, 邬书跃, 胡彦伦主编. — 北京: 人民邮电出版社, 2012.8
ISBN 978-7-115-28238-5

I. ①西… II. ①陈… ②邬… ③胡… III. ①plc技术 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第090388号

内 容 提 要

西门子 S7-300/400 系列 PLC (可编程控制器) 是国内应用较广、市场占有率较高的大中型产品。本书从实际工程应用出发, 以 S7-300/400 系列 PLC 为对象, 讲解大中型 PLC 的基础与实际应用等方面的内容。本书介绍了 S7-300/400 系列 PLC 在电动机基本控制线路中的应用、改造机床控制线路的设计、小系统的设计、在工程中的设计与应用以及 S7-300/400 系列 PLC 网络通信等内容。

本书语言通俗易懂, 实例实用性和针对性强, 且对每个实例均进行了软件仿真。本书既可作为工程技术人员自学教材, 也可作为高职高专、成人高校、本科院校的电气工程、自动化、机电一体化和计算机控制等专业的 PLC 应用教材。

西门子 S7-300/400 快速应用

-
- ◆ 主 编 陈忠平 邬书跃 胡彦伦
责任编辑 张 鹏
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 21.75
字数: 530 千字 2012 年 8 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2012 年 8 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-28238-5

定价: 48.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

前 言

PLC（可编程控制器）是以微处理器为基础，综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术而发展起来的一种新型、通用的工业自动控制装置。PLC 以其可靠性高、灵活性强、易于扩展、通用性强和使用方便等优点，已成为工业自动化领域中最重要、应用最广的控制设备之一。

西门子 S7-300/400 系列 PLC 属于大中型产品，它是西门子 PLC 的主流产品，在国内应用范围较广、具有较高的市场占有率。由于 S7-300/400 系列 PLC 融合了较多的计算机技术，在生成项目的过程中需要进行硬件组态，在编写程序之前又要选择使用哪些对象，如组织块、功能、功能块、系统、系统功能，并且指令表与梯形图不像 S7-200 系列 PLC 一样能够一一对应，因此，很多人都认为 S7-300/400 不容易入门，学习起来非常困难。

为便于读者学习和理解 S7-300/400 系列 PLC 控制系统的相关技术，作者特编写此书。本书在编写过程中，注重题材的取舍，使本书具有以下特点。

① 以 S7-300/400 PLC 的应用技术为重点，淡化原理，注重实用，以项目、案例为线索进行内容的编排。

② 定位于面向自动控制的应用层面，从示范工程到应用层，工程实例丰富，着重培养读者的动手能力，使读者容易跟上新技术的发展。本书的大部分实例取材于实际工程项目或其中的某个环节，对读者从事 PLC 应用和工程设计具有较大的实践指导意义。

③ 许多读者具有一定的电气控制知识，对传统的继电控制技术比较了解，因此本书介绍了 S7-300/400 系列 PLC 在传统继电控制电路中的应用，使读者充分理解如何改造传统机床的控制线路。虽然 S7-300/400 系列 PLC 用在传统的继电控制系统的改造，有点大材小用，但是，这样可以提高读者的学习兴趣，增强动手能力，让读者能够较快地编写控制程序，进而设计复杂的控制系统。

④ 由于培训费用和硬件价格昂贵，一般人很难通过大量的 PLC 硬件进行 S7-300/400 系列 PLC 的实际操作学习。S7-PLCSIM 是 S7-300/400 系列 PLC 的仿真软件，具有功能强大、使用方便等特点，是学习 S7-300/400 系列 PLC 较好的工具。所以书中第 2 章~第 5 章的实例都是基于 STEP 7 编程软件和 S7-PLCSIM 仿真软件相结合的方式进行介绍的，使读者能够按实例生成项目、硬件组态、编写程序和做仿真实验，能够在尽量少花钱的情况下快速学好这门技术。

全书共分 6 章：第 1 章介绍了 PLC 控制系统设计基础，第 2 章介绍了 PLC 在电动机基本控制电路中的应用，第 3 章介绍了如何使用 PLC 改造机床控制电路，第 4 章介绍了 PLC 在一些小型控制系统中的应用设计，第 5 章介绍了 PLC 在工程中的设计与应用，第 6 章详细介绍了 S7-300/400 系列 PLC 的 3 种网络通信的设计方法。

参加本书编写的有湖南工程职业技术学院陈忠平，湖南衡阳技师学院胡彦伦，湖南涉外经济学院邬书跃、侯玉宝和高金定，湖南航天局 7801 研究所刘琼，湖南科技职业技术学院高见芳，湖南工程职业技术学院陈建忠、龙晓庆和龚亮，湖南三一重工集团王汉其等。全书由湖南工程职业技术学院李锐敏教授主审。由于编者知识水平和经验的局限性，书中难免有错漏之处，敬请广大读者批评指正。

编著者

2012 年 4 月

目 录

第 1 章 PLC 控制系统设计基础	1
1.1 PLC 控制系统总体设计	2
1.1.1 PLC 控制系统设计的基本原则	2
1.1.2 PLC 控制系统设计的基本内容	2
1.1.3 PLC 控制系统设计的基本步骤	3
1.2 PLC 硬件系统设计	4
1.2.1 PLC 型号选择	4
1.2.2 I/O 模块的选择	6
1.2.3 I/O 点的选择	7
1.2.4 PLC 控制系统的可靠性设计	7
1.3 PLC 软件系统设计	8
1.3.1 PLC 软件系统设计的方法	8
1.3.2 PLC 软件系统设计的步骤	9
1.4 编程软件与仿真软件的使用	10
1.4.1 STEP 7 编程软件的使用	10
1.4.2 S7-PLCSIM 的使用	18
第 2 章 S7-300/400 PLC 在电动机基本控制电路中的应用	21
2.1 PLC 在三相异步电动机控制电路中的应用	22
2.1.1 PLC 在三相异步电动机正转控制电路中的应用	22
2.1.2 PLC 在三相异步电动机正反转控制电路中的应用	28
2.1.3 PLC 在三相异步电动机位置与自动循环控制电路中的应用	31
2.1.4 PLC 在三相异步电动机顺序与多地控制电路中的应用	36
2.1.5 PLC 在三相异步电动机降压启动电路中的应用	40
2.1.6 PLC 在绕线转子异步电动机的启动与调速控制电路中的应用	45
2.1.7 PLC 在三相异步电动机制动控制电路中的应用	52
2.1.8 PLC 在多速异步电动机控制电路中的应用	62

2.2	PLC 在三相同步电动机控制电路中的应用	68
2.2.1	PLC 在三相同步电动机启动控制电路中的应用	68
2.2.2	PLC 在三相同步电动机制动控制电路中的应用	71
2.3	PLC 在直流电动机控制电路中的应用	72
2.3.1	PLC 在并励直流电动机控制电路中的应用	72
2.3.2	PLC 在串励直流电动机控制电路中的应用	83
第 3 章	PLC 改造机床控制电路的设计	94
3.1	PLC 改造车床的设计	95
3.1.1	PLC 改造 C6140 车床的设计	95
3.1.2	PLC 改造 C650 车床的设计	100
3.2	PLC 改造钻床的设计	106
3.2.1	PLC 改造 Z37 摇臂钻床的设计	106
3.2.2	PLC 改造 Z3040 摇臂钻床的设计	113
3.3	PLC 改造磨床的设计	119
3.3.1	PLC 改造 M7120 磨床的设计	120
3.3.2	PLC 改造 M7130 磨床的设计	125
3.3.3	PLC 改造 M1432A 万能外圆磨床的设计	130
3.4	PLC 改造铣床的设计	137
3.4.1	PLC 改造 X62W 铣床的设计	137
3.4.2	PLC 改造 X52K 铣床的设计	145
3.5	PLC 改造 T68 镗床的设计	149
3.6	PLC 改造 B690 牛头刨床的设计	157
第 4 章	PLC 小系统设计	160
4.1	灯光显示类设计	161
4.1.1	报警闪烁灯设计	161
4.1.2	流水灯设计	163
4.1.3	霓虹灯设计	168
4.1.4	天塔之光设计	172
4.1.5	艺术彩灯造型设计	177
4.1.6	交通信号灯模拟控制设计	185
4.2	LED 显示类设计	189
4.2.1	LED 数码管显示设计	190
4.2.2	抢答器的设计	198
4.3	电动机控制类设计	203
4.3.1	三相步进电动机的控制设计	203
4.3.2	多台电动机顺序控制设计	208
4.3.3	小车送料控制设计	210
4.3.4	轧钢机的控制设计	214
4.3.5	苹果分拣机控制设计	217
4.3.6	多种液体混合装置控制设计	223
第 5 章	PLC 在工程中的设计与应用	228
5.1	PLC 在全自动洗衣机控制系统中的应用	229

5.1.1	全自动洗衣机控制系统的控制要求	229
5.1.2	全自动洗衣机 PLC 控制分析	229
5.1.3	全自动洗衣机控制系统的资源配置	230
5.1.4	全自动洗衣机控制系统的 PLC 程序设计	230
5.2	PLC 在传送机械手控制系统中的应用	235
5.2.1	传送机械手控制系统的控制要求	235
5.2.2	传送机械手 PLC 控制分析	236
5.2.3	传送机械手控制系统的资源配置	236
5.2.4	传送机械手控制系统的 PLC 程序设计	237
5.3	PLC 在 4 层电梯控制系统中的应用	240
5.3.1	4 层电梯控制系统的控制要求	241
5.3.2	4 层电梯 PLC 控制分析	241
5.3.3	4 层电梯控制系统的 PLC 选型和资源配置	242
5.3.4	4 层电梯控制系统的 PLC 程序设计	243
5.4	PLC 在水塔水位控制系统中的应用	249
5.4.1	水塔水位控制系统的控制要求	249
5.4.2	水塔水位 PLC 控制分析	250
5.4.3	水塔水位控制系统的资源配置	250
5.4.4	水塔水位控制系统的 PLC 程序设计	251
5.5	PLC 在汽车自动清洗装置中的应用	253
5.5.1	汽车自动清洗装置的控制要求	254
5.5.2	汽车自动清洗装置 PLC 控制分析	254
5.5.3	汽车自动清洗装置的资源配置	254
5.5.4	汽车自动清洗装置的 PLC 程序设计	255
5.6	PLC 在注塑成型生产线控制系统中的应用	257
5.6.1	注塑成型生产线控制系统的控制要求	257
5.6.2	注塑成型生产线 PLC 控制分析	258
5.6.3	注塑成型生产线控制系统的 PLC 选型和资源配置	258
5.6.4	注塑成型生产线控制系统的 PLC 程序设计	259
第 6 章	PLC 网络通信设计	262
6.1	MPI 通信设计	263
6.1.1	MPI 通信概述	263
6.1.2	无组态单边通信方式应用设计	265
6.1.3	无组态双边通信方式应用设计	271
6.1.4	全局数据通信方式应用设计	276
6.1.5	组态通信方式应用设计	283
6.2	PROFIBUS 通信设计	288
6.2.1	PROFIBUS 通信概述	288
6.2.2	PROFIBUS-DP 连接远程 ET200M 的设计	289
6.2.3	S7-300 与 S7-200 间的 PROFIBUS-DP 通信设计	293
6.2.4	PROFIBUS-DP 与智能从站间的通信设计	299
6.3	工业以太网通信设计	304
6.3.1	工业以太网概述	304

6.3.2 S7-200 系列 PLC 与 S7-300 系列 PLC 间的以太网通信设计	307
6.3.3 S7-300 系列 PLC 与 S7-400 系列 PLC 间以太网通信设计	315
附录 1 STEP7 指令集速查表	323
附录 2 组织块、系统功能与系统功能块	332
参考文献	338

PLC 控制系统设计基础

- PLC 控制系统总体设计
- PLC 硬件系统设计
- PLC 软件系统设计
- 编程软件与仿真软件的使用

PLC 的内部结构尽管与计算机、微机相类似,但其接口电路不相同,编程语言也不一样。因此,PLC 控制系统与微机控制系统开发过程也不完全相同,需要根据 PLC 本身特点、性能进行系统设计。在系统设计时,须使用相应的编程软件和仿真软件,所以本章还简要讲述了 STEP 7 和 S7-PLCSIM 软件的使用方法。

1.1 PLC 控制系统总体设计

由于可编程控制器应用方便、可靠性高,因此被大量地应用于各个行业和各个领域。随着可编程控制器(PLC)功能的不断拓宽与增强,它已经从完成复杂的顺序逻辑控制的继电器控制柜的替代物,逐渐进入到过程控制和闭环控制等领域,它所能控制的系统越来越复杂,控制规模越来越大,因此如何用可编程控制器完成实际控制系统应用设计,是每个从事电气控制技术的人员所面临的实际问题。

1.1.1 PLC 控制系统设计的基本原则

使用任何一种电气控制系统的目的都是为了实现生产设备或生产过程的控制要求和工艺需求,以提高生产效率和产品质量。因此,在设计 PLC 控制系统时,应遵循以下基本原则。

① 最大限度地满足被控对象的技术要求和各项性能指标。设计前,设计人员除理解被控对象的技术要求外,还应深入现场进行实地调查研究、收集资料、访问相关的技术人员和实际操作人员,与他们一起共同拟定设计方案、协同解决设计中出现的各种问题。

② 在满足控制要求的前提下,力求使控制系统简单、经济,使用及维修方便。

③ 保证控制系统的安全、可靠。

④ 考虑到生产的发展和工艺的改进,在选择 PLC 的容量(包括存储器的容量、机架插槽数、I/O 点的数量等)时,应适当留有裕量。

1.1.2 PLC 控制系统设计的基本内容

PLC 控制系统是由 PLC 与用户输入、输出设备连接而成的,由此,PLC 控制系统设计的基本内容如下。

1. 明确设计任务和技术条件

设计任务和技术条件一般以设计任务的方式给出。在设计任务中,应明确各项设计要求、约束条件及控制方式。

2. 确定用户输入和输出设备

在构成 PLC 控制系统时,除了作为控制器的 PLC 之外,用户的输入/输出设备是进行机型选择和软件设计的依据,因此要明确输入设备的类型(如控制按钮、操作开关、限位开关、传感器等)和数量、输出设备的类型(如信号灯、接触器、继电器等)和数量,以及由输出设备驱动的负载(如电动机、电磁阀等),并进行分类、汇总。

3. 选择合适的 PLC 机型

PLC 是整个控制系统的核心部件,正确、合理选择机型对于保证整个系统技术经济性能

指标起着重要的作用。选择 PLC, 应包括机型的选择、容量的选择、I/O 模块的选择和电源模块的选择等。

4. 合理分配 I/O 端口, 绘制 I/O 接线图

通过对用户输入/输出设备的分析、分类和整理, 进行相应的 I/O 地址分配, 并据此绘制 I/O 接线图。

5. 设计控制程序

根据控制任务、所选择的机型及 I/O 接线图, 一般采用梯形图语言(LAD)或语句表(STL)设计系统控制程序。控制程序是控制整个系统工作的软件, 是保证系统工作正常、安全、可靠的关键。

6. 必要时设计非标准设备

在进行设备选型时, 应尽量选用标准设备, 如果无标准设备可选, 还可能设计非标准设备, 如操作台、控制柜、模拟显示屏等。

7. 编制控制系统的技术文件

在设计任务完成后, 要编制系统技术文件。技术文件一般应包括设计说明书、使用说明书、I/O 接线图和控制程序(如梯形图、语句表等)。

1.1.3 PLC 控制系统设计的基本步骤

设计一个 PLC 控制系统需要以下 8 个步骤。

1. 分析被控对象并提出控制要求

详细分析被控对象的工艺过程及工作特点, 了解被控对象机、电、液之间的配合, 提出被控对象对 PLC 控制系统的控制要求, 确定控制方案, 拟定设计任务书。被控对象就是受控的机械、电气设备、生产线或生产过程。控制要求主要指控制的基本方式、应完成的动作、自动工作循环的组成、必要的保护和连锁等。

2. 确定输入/输出设备

根据系统的控制要求, 确定系统所需的全部输入设备(如按钮、位置开关、转换开关及各种传感器等)和输出设备(如接触器、电磁阀、信号指示灯及其他执行器等), 从而确定与 PLC 有关的输入/输出设备, 以确定 PLC 的 I/O 点数。

3. 选择 PLC

根据已确定的用户 I/O 设备, 统计所需的输入信号和输出信号的点数, 选择合适的 PLC 类型, 包括机型的选择、容量的选择、I/O 模块的选择和电源模块的选择等。

4. 分配 I/O 点并设计 PLC 外围硬件线路

(1) 分配 I/O 点

画出 PLC 的 I/O 点与输入/输出设备的连接图或对应关系表, 该部分也可在第 2 步中进行。

(2) 设计 PLC 外围硬件线路

画出系统其他部分的电气线路图, 包括主电路和未进入 PLC 的控制电路等。PLC 的 I/O 连接图和 PLC 外围电气线路图组成系统的电气原理图。至此, 系统的硬件电气线路已经确定。

5. 程序设计与调试

(1) 程序设计

根据系统的控制要求, 采用合适的设计方法来设计 PLC 程序。程序要以满足系统控制要

求为主线，逐一编写实现各控制功能或各子任务的程序，逐步完善系统指定的功能。除此之外，程序通常还应包括以下内容。

① 初始化程序。在 PLC 上电后，一般都要做一些初始化的操作，为启动作必要的准备，避免系统发生误动作。初始化程序的主要内容有：对某些数据区、计数器等进行清零，对某些数据区所需数据进行恢复，对某些继电器进行置位或复位，对某些初始状态进行显示等。

② 检测、故障诊断和显示等程序。这些程序相对独立，一般在程序设计基本完成时再添加。

③ 保护和联锁程序。保护和联锁是程序中不可缺少的部分，必须认真加以考虑。它可以避免由于非法操作而引起的控制逻辑混乱。

(2) 程序模拟调试

程序模拟调试的基本思想是，以方便的形式模拟现场实际状态，为程序的运行创造必要的环境条件。根据产生现场信号的方式不同，模拟调试有硬件模拟法和软件模拟法两种形式。

① 硬件模拟法是使用一些硬件设备（如用另一台 PLC 或一些输入器件等）模拟产生现场的信号，并将这些信号以硬接线的方式连到 PLC 系统的输入端，其时效性较强。

② 软件模拟法是在 PLC 中另外编写一套模拟程序，模拟现场信号，其简单易行，但时效性不易保证。在软件模拟调试过程中，可采用分段调试的方法，并利用编程器进行监控。

6. 硬件实施

硬件实施方面主要是进行控制柜（台）等硬件的设计及现场施工，主要内容有以下几点。

① 设计控制柜和操作台等部分的电器布置图及安装接线图。

② 设计系统各部分之间的电气互连图。

③ 根据施工图纸进行现场接线，并进行详细检查。

由于程序设计与硬件实施可同时进行，因此 PLC 控制系统的设计周期可大大缩短。

7. 联机调试

联机调试是将已通过模拟调试的程序进一步进行在线统调。联机调试过程应循序渐进，按照 PLC 只连接输入设备、再连接输出设备、最后接上实际负载等过程逐步进行调试。如不符合要求，则对硬件和程序作调整，通常只需修改部分程序即可。

全部调试完毕后，交付试运行。经过一段时间运行，如果工作正常、程序不需要修改，应将程序固化到 EPROM 中，以防程序丢失。

8. 编制技术文件

系统调试好后，应根据调试的最终结果，整理出完整的系统技术文件。系统技术文件包括说明书、电气原理图、电器布置图、电气元件明细表和 PLC 梯形图。

1.2 PLC 硬件系统设计

1.2.1 PLC 型号选择

在作出系统控制方案的决策之前，要详细了解被控对象的控制要求，从而决定选择何种

PLC 进行控制。

随着 PLC 技术的发展, PLC 产品的种类也越来越多。不同型号的 PLC, 其结构形式、指令系统、编程方式、价格等也各有不同, 适用的场合也各有侧重, 因此, 合理选用 PLC, 对于提高 PLC 控制系统的技术和经济指标有着重要意义。

PLC 的选择主要应从 PLC 的机型、容量、I/O 模块、电源模块、特殊功能模块、通信联网能力等方面加以综合考虑。

1. 对 I/O 点的选择

选择时要先对控制系统要求的 I/O 有详细的了解, 即输入量是多少, 输出量是多少, 哪些是数字量, 哪些是模拟量, 对于数字输出量还应了解负载的性质, 以选择合适的输出形式。盲目选择点数多的机型会造成一定浪费。在弄清楚控制系统的 I/O 点数后, 再按实际所需总点数的 15%~20% 留出备用量 (为系统的改造等留有余地) 后确定所需 PLC 的点数或 I/O 扩展模块的输入/输出点数。另外要注意: 一些高密度输入点的模块对同时接通的输入点数有限制, 一般同时接通的输入点不得超过总输入点的 60%; PLC 每个输出点的驱动能力也是有限的, 有的 PLC 其每点输出电流的大小还随所加负载电压的不同而异; 一般 PLC 的允许输出电流随环境温度的升高而有所降低。

PLC 的输出点可分共点式、分组式和隔离式 3 种接法。隔离式的各组输出点之间可以采用不同的电压种类和电压等级, 但这种 PLC 平均每点的价格较高。如果输出信号之间不需要隔离, 则应选择前两种输出方式的 PLC。

2. 对存储容量的选择

设计时, 对用户存储容量只能作粗略的估算。在仅对开关量进行控制的系统中, 可以用输入总点数 $\times 10$ 字/点+输出总点数 $\times 5$ 字/点来估算; 计数器/定时器按 (3~5) 字/个估算; 有运算处理时按 (5~10) 字/个估算; 在有模拟量输入/输出的系统中, 可以按每输入 (或输出) 1 路模拟量需 (80~100) 字的存储容量来估算; 有通信处理时按每个接口 200 字以上的数量粗略估算。最后, 一般按估算容量的 50%~100% 留出裕量。对于缺乏经验的设计者, 选择容量时留出的裕量要大些。

3. 对 I/O 响应时间的选择

PLC 的 I/O 响应时间包括输入电路延迟、输出电路延迟和扫描工作方式引起的时间延迟 (一般在 2~3 个扫描周期) 等。对开关量控制的系统, PLC 和 I/O 响应时间一般都能满足实际工程的要求, 可不必考虑 I/O 响应问题。但对模拟量控制的系统, 特别是闭环系统就要考虑这个问题。

4. 根据输出负载的特点选型

不同的负载对 PLC 的输出方式有不同的要求。例如, 频繁通断的感性负载, 应选择晶体管或晶闸管输出型的 PLC, 而不应选用继电器输出型的 PLC。但继电器输出型的 PLC 有许多优点, 如导通压降小, 有隔离作用, 价格相对较便宜, 承受瞬时过电压和过电流的能力较强, 其负载电压灵活 (可交流、可直流) 且电压等级范围大等, 所以动作不频繁的交流、直流负载可以选择继电器输出型的 PLC。

5. 对在线和离线编程的选择

离线编程是指主机和编程器共用一个 CPU, 通过编程器的方式选择开关来选择 PLC 的编程、监控和运行工作状态。处于编程状态时, CPU 只为编程器服务, 而不对现场进行控制,

专用编程器编程属于这种情况。在线编程是指主机和编程器各有一个 CPU，主机的 CPU 完成对现场的控制，在每一个扫描周期末尾与编程器通信，编程器把修改的程序发给主机，在下一个扫描周期主机将按新的程序对现场进行控制。计算机辅助编程既能实现离线编程，也能实现在线编程。在线编程需购置计算机，并配置编程软件，具体采用哪种编程方法应根据需要决定。

6. 根据是否联网通信选型

若 PLC 控制的系统需要联入工厂自动化网络，则 PLC 需要有联网通信功能，即要求 PLC 应具有连接其他 PLC、上位计算机及 CRT 等的接口。大、中型机都有通信功能，目前大部分小型机也具有通信功能。

7. 对 PLC 结构形式的选择

在相同功能和相同 I/O 点数的情况下，整体式 PLC 比模块式 PLC 价格低且体积相对较小，所以一般用于系统工艺过程较为固定的小型控制系统中。但模块式 PLC 具有功能扩展灵活、维修方便（换模块）和容易判断故障等优点，因此一般适用于较复杂的系统和环境差（维修量大）的场合。若采用模块式 PLC，还应考虑扩展插槽数。

1.2.2 I/O 模块的选择

在 PLC 控制系统中，为了实现对生产机械的控制，需将对象的各种测量参数，按要求的方式送入 PLC。PLC 经过运算、处理后再将结果以数字量的形式输出，此时也就是把该输出变换为适合于对生产机械控制的量。因此在 PLC 和生产机械中必须设置信息传递和变换的装置，即 I/O 模块。

由于输入和输出信号的不同，所以 I/O 模块有数字量输入模块、数字量输出模块、模拟量输入模块和模拟量输出模块 4 大类。不同的 I/O 模块，其电路及功能也不同，这将直接影响 PLC 的应用范围和价格，因此必须根据实际需求合理选择 I/O 模块。

选择 I/O 模块之前，应确定哪些信号是输入信号，哪些信号是输出信号。输入信号由输入模块进行传递和变换，输出信号由输出模块进行传递和变换。

对于输入模块的选择要从 3 个方面进行考虑。

① 根据输入信号的不同进行选择。输入信号为开关量即数字量时，应选择数字量输入模块；输入信号为模拟量时，应选择模拟量输入模块。

② 根据现场设备与模块之间的距离进行选择。一般 5V、12V 和 24V 属于低电平，传输的距离不宜太远，如 12V 电压模块的传输距离一般不超过 12m。对于传输距离较远的设备应选用较高电压或电压范围较宽的模块。

③ 根据同时接通的点数多少进行选择。对于高密度的输入模块，如 32 点和 64 点输入模块，能允许同时接通的点数取决于输入电压的高低和环境温度，不宜过多。一般同时接通的点数不得超过总输入点数的 60%，但对于控制过程，例如自动/手动、启动/停止等，由于输入点同时接通的几率不大，所以不需考虑。

输出模块有继电器、晶体管和晶闸管 3 种工作方式。继电器输出适用于交、直流负载，其特点是带负载能力强，但动作频率与响应速度慢。晶体管输出适用于直流负载，其特点是动作频率高，响应速度快，但带负载能力小。晶闸管输出适用于交流负载，响应速度快，带负载能力不大。因此，对于开关频繁、功率因数低的感性负载，可选用晶闸管（交流）和晶

晶体管（直流）输出；在输出变化不太快、开关要求不频繁的场所应选用继电器输出。在选用输出模块时，不但是看一个点的驱动能力，还要看整个模块的满负荷能力，即输出模块同时接通点数的总电流值不得超过模块规定的最大允许电流。对于功率较小的集中设备，如普通机床，可选用低电压高密度的基本 I/O 模块；对功率较大的分散设备，可选用高电压低密度的基本 I/O 模块。

1.2.3 I/O 点的选择

一般输入点和输入信号、输出点和输出控制是一一对应的。

分配好后，按系统配置的通道与接点号，分配给每一个输入信号和输出信号，即进行编号。在个别情况下，也有两个信号共用一个输入点的，此时就应在接入输入点前，按逻辑关系接好线（如两个触点先串联或并联），然后再接到输入点。

1. 确定 I/O 通道范围

对于整体式 PLC 而言，不同型号的 PLC，其 I/O 通道的范围是不一样的，应根据所选 PLC 型号，查阅相应的编程手册，决不可“张冠李戴”。

2. 内部辅助继电器

内部辅助继电器不对外输出，不能直接连接外部器件，而是在控制其他继电器、定时器/计数器时作数据存储或数据处理用。

从功能上讲，内部辅助继电器相当于传统电控柜中的中间继电器。未分配模块的输入/输出继电器区以及未使用 1:1 链接时的链接继电器区等均可作为内部辅助继电器使用。根据程序设计的需要，应合理安排 PLC 的内部辅助继电器，在设计说明书中应详细列出各内部辅助继电器在程序中的用途，避免重复使用。

1.2.4 PLC 控制系统的可靠性设计

PLC 控制系统的可靠性设计主要包括供电系统设计、接地设计和冗余设计。

1. PLC 供电系统设计

通常 PLC 供电系统设计是指 CPU 工作电源和 I/O 模板工作电源的设计。

(1) CPU 工作电源的设计

PLC 的正常供电电源一般由电网供电（交流 220V，50Hz），由于电网覆盖范围广，它将受到大量空间电磁干扰而在线路上感应电压和电流。尤其是电网内部的变化，包括开关操作浪涌（电压、电流）、大型电力设备的启停、交直流传动装置引起的谐波和电网短路暂态冲击等，都通过输电线路传到电源中，从而影响 PLC 的可靠运行。在 CPU 工作电源的设计中，一般可采取隔离变压器、交流稳压器、UPS 电源和晶体管开关电源等措施来抑制电磁干扰。

PLC 的电源模板可能包括多种输入电压（交流 220V、交流 110V 和直流 24V），而 CPU 电源模板所需要的工作电源一般是 5V 直流电源，在实际应用中要注意电源模板输入电压的选择。在选择电源模板的输出功率时，要保证其输出功率大于 CPU 模板、所有 I/O 模板及各种智能模板总的消耗功率，并且要考虑 30%左右的裕量。

(2) I/O 模板工作电源的设计

I/O 模板工作电源是系统中的传感器、执行机构、各种负载与 I/O 模板之间的供电电源。在实际应用中，基本上采用 24V 直流供电电源或 220V 交流供电电源。

2. 接地的设计

为了安全和抑制干扰，系统一般要正确接地。系统接地方式一般有浮地、直接接地和电容接地 3 种方式。PLC 控制系统属高速低电平控制装置，应采用直接接地方式。由于信号电缆分布电容和输入装置滤波等的影响，装置之间的信号交换频率一般都低于 1MHz，所以 PLC 控制系统接地线采用一点接地和串联一点接地方式。但集中布置的 PLC 系统适于采用并联一点接地方式，各装置的柜体中心接地点以单独的接地线引向接地极。如果装置间距较大，应采用串联一点接地方式。具体方式为用一根大截面铜母线（或绝缘电缆）连接各装置的柜体中心接地点，然后将接地母线直接连接接地极。接地线采用截面面积大于 20mm^2 的铜导线，总母线使用截面面积大于 60mm^2 的铜排。接地极的接地电阻小于 2Ω ，接地极最好埋在距建筑物 $10\sim 15\text{m}$ 远处，而且 PLC 系统接地点必须与强电设备接地点相距 10m 以上。信号源接地时，屏蔽层应在信号侧接地；不接地时，应在 PLC 侧接地；信号线中间有接头时，屏蔽层应牢固连接并进行绝缘处理，一定要避免多点接地；多个测点信号的屏蔽双绞线与多心对绞屏蔽电缆连接时，各屏蔽层应相互连接好，并进行绝缘处理，选择适当的接地处单点接点。PLC 电源线、I/O 电源线、I/O 信号线、交流线、直直流线都应尽量分开布线。开关量信号线与模拟量信号线也应分开布线，而且后者应采用屏蔽线，并且将屏蔽层接地。数字传输线也要采用屏蔽线，并且要将屏蔽层接地。PLC 系统最好单独接地，也可以与其他设备公共接地，但严禁与其他设备串联接地。连接接地线时，应注意以下几点。

① PLC 控制系统要单独接地。

② PLC 系统接地端子是抗干扰的中性端子，应与接地端子连接，其正确接地可以有效消除电源系统的共模干扰。

③ PLC 系统的接地电阻应小于 100Ω ，接地线至少用截面积 20mm^2 的专用接地线，以防止感应电的产生。

④ I/O 信号电缆的屏蔽线应与接地端子连接，且保证接地良好。

3. 冗余设计

冗余设计是指在系统中人为地设计某些“多余”的部分，冗余配置代表 PLC 适应特殊需要的能力，是高性能 PLC 的体现。冗余设计的目的是在 PLC 已经可靠工作的基础上，再进一步提高其可靠性，减少出现故障的几率，缩短出现故障后修复的时间。

1.3 PLC 软件系统设计

1.3.1 PLC 软件系统设计的方法

PLC 软件系统设计就是根据控制系统硬件结构和工艺要求，采用相应的编程语言，编制用户控制程序并形成相应文件的过程。编制 PLC 控制程序的方法很多，这里主要介绍几种典型的编程方法。

1. 图解法编程

图解法是靠画图进行 PLC 程序设计，常见的主要有梯形图法、逻辑流程图法、时序流程