

电气工程及自动化应用丛书

PLC

技术与应用

程 周 主编

福建科学技术出版社

《PLC技术与应用》

《电气控制技术与应用》

《电机技术与应用》

《数控机床编程与加工技术》

《变频器控制技术与应用》

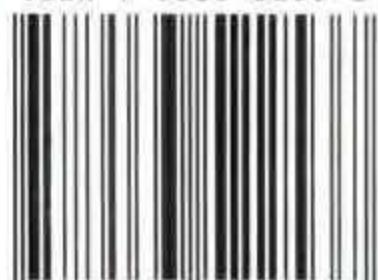
《电力电子技术与应用》

责任编辑 何 莉

封面设计 郑 元

责任校对 郑 诚

ISBN 7-5335-2253-2



9 787533 522537 >

ISBN 7-5335-2253-2/TN·293

定价:22.00 元



208619921

电气工程及其自动化应用丛书

TP332.3

C798

PLC

技术与应用

程周 主编



福建科学技术出版社

861992

图书在版编目(CIP)数据

PLC 技术与应用 / 程周编著. — 福州: 福建科学技术出版社, 2004. 1
(电气工程及自动化应用丛书)
ISBN 7-5335-2253-2

I. P… II. 程… III. 可编程序控制器
IV. TP332.3

中国版本图书馆(CIP)数据核字(2003)第 079012 号

书 名	PLC 技术与应用 电气工程及自动化应用丛书
作 者	程周
出版发行	福建科学技术出版社(福州市东水路 76 号, 邮编 350001)
经 销	各地新华书店
排 版	福建科学技术出版社排版室
印 刷	福建三新华印刷有限公司
开 本	720 毫米×980 毫米 1/16
印 张	14.75
字 数	290 千字
版 次	2004 年 1 月第 1 版
印 次	2004 年 1 月第 1 次印刷
印 数	1—4 000
书 号	ISBN 7 5335 2253-2/TN·293
定 价	22.00 元

书中如有印装质量问题,可直接向本社调换

编辑的话

——写在《电气工程及自动化应用丛书》出版之时

经济全球化的大潮，已使我国跻身制造大国，并逐步成为世界制造中心之一。在这期间，以电子信息技术为代表的高新技术迅猛发展，带动和提升了传统的工业技术产业，新技术、新设备不断涌现。同时，这也引起现代社会职业岗位结构的调整，产生了一些技术含量较高的新岗位，并对人才的结构、素质和能力提出了新要求。

电气工程及自动化技术，一端承接着信息技术革命最新的成果，另一端服务于几乎所有的工业部门，是当今最为活跃的技术领域之一。其从业者更需要不断汲取新知识、新技术，不断提高分析能力、创新能力和实践能力。我们编辑出版这套《电气工程及自动化应用丛书》，就是为从事这一领域的工程技术人员及相关专业的院校师生提供一套实用的新技术读本。他们有一定的专业理论基础，更希望获得新技术资料，以及指导工程实践的经验。因而本丛书采取理论从略、应用从详的原则，“淡化”理论知识，“强化”实际技能，从工程实例入手，重点介绍电气工程及自动化领域中的实用技术和新产品应用，将理论与实践紧密结合起来，以提高读者的分析能力和动手能力。我们的努力能否获得预期的效果，还有待时间的检验。

本丛书现已出版《PLC 技术与应用》、《变频器控制技术与应用》、《电气控制技术与应用》、《电机技术与应用》、《电力电子技术与应用》、《数控编程与加工工艺》等六种，今后我们还将根据技术的发展与需求，进一步出版新的图书品种，也希望广大专家学者、工程技术人员提出建议，共同参与编写，为推广普及电气工程与自动化新技术而努力。

前 言

可编程序控制器 (Programmable Controller) 是伴随计算机技术而迅速发展、广泛普及和应用的新型工业自动控制装置。它以微型计算机为基础, 综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术, 在工业生产的程序控制和过程控制中显示出极大的优越性, 是当今发达国家工业自动控制的标准设备。

在控制功能方面, 可编程序控制器与单片机或通用微机相比, 其工作更可靠, 且编程简单、使用方便、应用设计和调试周期短, 能在恶劣的工业环境下和强电系统一起工作, 很容易实现机电一体化。由于可编程序控制器具有较大灵活性和可扩展性, 因此被广泛应用于机械制造、冶金、化工、交通、电子、纺织、印刷、食品加工、建筑等工业领域。

本书以欧姆龙的 C 系列 P 型机和 CPM1A 系列机为例, 重点介绍其指令系统、编程技术与系统设计方法、应用实例、系统的安装与接线、故障的诊断与排除等。

本书由安徽省职业技术学院程周主编, 桂树国编写了第二章, 周海鹏编写了第三章。全书图稿由杨林国、马斌绘制。在本书编写中, 得到了常辉、周洪颖、李乃夫、周元一、郑晓峰等同志的大力帮助和支持, 在此一并表示感谢。

因编者水平有限, 书中错误和不妥之处在所难免, 恳请广大读者批评指正。

编 者

2003 年 5 月

目 录

第一章 PLC 的组成与工作原理

第一节 概述	(1)
一、什么是 PLC	(1)
二、什么是 PLC 的编程语言	(6)
三、PLC 与继电器-接触器控制系统的比较	(7)
第二节 PLC 的组成	(10)
一、PLC 的组成框图与中央处理器	(10)
二、存储器	(12)
三、输入/输出接口	(13)
四、其他部件	(16)
第三节 PLC 的工作原理	(17)
一、PLC 的循环扫描工作方式	(18)
二、PLC 的 I/O 滞后现象	(19)
第四节 PLC 的技术与性能指标	(20)
一、PLC 的主要技术指标	(20)
二、OMRON 系列产品的主要性能指标	(22)
三、常见 PLC 的性能指标	(23)

第二章 欧姆龙 C 系列 P 型 PLC 的指令系统

第一节 结构与内部器件	(25)
一、结构特点	(25)
二、内部器件	(30)
第二节 基本指令	(34)
一、指令的格式、逻辑符号和编程操作	(34)
二、使用注意事项	(35)
三、基本指令的编程格式	(36)
四、编程实例	(38)
第三节 专用(功能)指令	(43)
一、指令的格式、逻辑符号和编程操作	(43)
二、使用注意事项	(45)

三、专用指令的编程格式	(49)
四、编程实例	(52)

第三章 欧姆龙 CPM1A 系列 PLC 的指令系统

第一节 结构与内部器件	(64)
一、结构特点	(64)
二、内部器件	(75)
第二节 基本指令	(85)
第三节 应用指令	(85)
一、常用的应用指令	(85)
二、数据传送和数据比较指令	(86)
三、数据移位和数据转换指令	(88)
四、数据运算指令	(92)
五、子程序控制指令	(95)
六、高速计数器控制指令	(96)
七、脉冲输出控制	(99)
八、中断控制指令	(100)
九、步进控制指令	(103)
十、特殊指令	(104)

第四章 PLC 的编程与系统设计

第一节 编程技术	(105)
一、基本编程原则	(105)
二、程序的简化	(107)
三、基本功能电路	(111)
四、I/O 点数扩展技术	(117)
第二节 系统设计方法	(123)
一、设计步骤	(123)
二、顺序控制设计法	(125)
三、其他设计法	(131)

第五章 欧姆龙编程器及其使用

第一节 PRO15 编程器及其应用	(139)
一、PRO15 编程器	(139)
二、PRO15 编程器的使用	(141)
第二节 PRO01 编程器及应用	(148)

一、PRO01 编程器	(148)
二、PRO01 编程器的使用	(150)

第六章 PLC 的应用实例与系统接线

第一节 PLC 的应用实例	(160)
一、自动生产线产品检查	(160)
二、生产线检测瓶签	(161)
三、顺序起、停多台电机控制	(162)
四、仓库自动超声、光电控制门	(164)
五、自动送料小车控制	(165)
六、分段传送带电动机控制	(166)
七、轧钢机钢坯轧制	(167)
八、自动售货机控制	(169)
九、折板机控制	(171)
十、十字路口交通灯控制	(175)
十一、专用机床的控制	(182)
十二、搬运机械手控制	(184)
十三、三种液体自动混合控制	(191)
第二节 欧姆龙 PLC 的安装与系统接线	(195)
一、C 系列 P 型机的硬件安装	(195)
二、C 系列 P 型机的系统接线	(199)
三、CPM1A 的系统接线	(201)

第七章 PLC 系统故障的诊断与排除

第一节 PLC 故障的分类及诊断方法	(208)
一、PLC 常见故障的分类	(208)
二、PLC 故障的类型及诊断方法	(210)
三、锂电池的维护	(213)
第二节 PLC 的硬件故障诊断与排除	(213)
一、系统硬件故障诊断与排除	(213)
二、CPU 单元的故障诊断与排除	(217)
三、I/O 单元的故障诊断与排除	(218)
四、PLC 的噪声故障	(221)
参考文献	(224)

第一章 PLC 的组成与工作原理

在现代化的生产设备中，各种控制装置是由开关量、脉冲量以及模拟量进行控制的。例如起停电机、开闭电磁阀、对产品计数以及对温度、压力、流量等工艺参数的设定与控制等，过去是用继电器或分立的电子线路来实现的，而生产的发展又向自动控制设备提出了通用性强、易于修理、可靠性高以及价格低廉等要求。传统控制设备采用的固定接线法等存在着许多局限性，难以适应各项新的控制要求，为此可编程序控制器便应运而生。

第一节 概述

一、什么是 PLC

（一）PLC 的特点

可编程序控制器简称 PC，它经历了可编程序矩阵控制器 PMC、可编程序顺序控制器 PSC、可编程序逻辑控制器 PLC 和可编程序控制器 PC 几个不同时期。为与个人计算机（PC）相区别，很多企业和学术著作中仍沿用可编程序逻辑控制器（PLC）这个老名字。在本书中我们约定，PLC 是可编程序控制器（Programmable Controller）的简称。

PLC 是一种数字运算的电子系统，专为在工业环境下应用而设计。它采用可编程的存储器，用来在内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作的指令，并通过数字式、模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关设备，都是按易与工业控制器系统联成一体、易于扩充功能的原则设计。

PLC 是一种以微处理技术为基础，将控制处理规则存储于存储器中，应用于以控制开关量为主或包括控制参量在内的逻辑控制、机电运动控制或过程控制等工业控制领域的新型工业控制装置。

PLC 采用面向控制过程、面向现场问题的“自然语言”进行编程，具有十分灵活的控制方式。伴随着大规模集成电路的迅速发展，微处理器技术和通讯技术的迅速提高，PLC 技术的发展正逐步成为工业自动化三大支柱（PLC 技术、机器人技术和 CAD/CAM 技术）之一，在当前和未来的工业控制中起到重要作用。

今后的 PLC 将主要朝着超小型、专用化、低价格、高速多功能和分布式自动化网络方向发展。其特点如下：

1. 抗干扰能力强，可靠性高

在继电器控制系统中，器件的老化、脱焊、触点的抖动以及触点的电弧等现象是不可避免的，所以系统的可靠性不高，且维修工作耗资费时。而在 PLC 控制系统中，大量的开关动作由无触点的半导体电路完成，且在硬件和软件方面都采取了强有力的措施，使产品具有极高的可靠性和抗干扰能力，故 PLC 可以直接安装在恶劣的工业环境现场而稳定地工作。

PLC 在硬件和软件方面主要采取以下措施来提高其可靠性。

(1) 采用光电隔离措施，可有效隔离输入/输出间、内部与外部电路间的联系，减少故障和误动作。

(2) 对电源变压器、CPU、编程器等主要部件均采用严格措施进行屏蔽，以防外界干扰。PLC 主机的输入电源和输出电源均可以相互独立，对供电系统及 I/O 线路采用了较多的滤波环节。供电电路中多用 LC、 π 型滤波电路，对高频干扰有良好的抑制作用，可有效地减少电源之间的干扰。

(3) 采用循环扫描工作方式，进一步提高抗干扰能力。

(4) 内部采用“监视器”电路，当检测到故障情况时，立即把状态存入寄存器，并以软、硬件配合对寄存器进行封闭，禁止对寄存器的任何操作，以防止寄存器内容被破坏；一旦检测到外界环境正常，便可恢复到故障前的状态，继续原来的处理工作。

(5) 采用密封防尘抗震的外壳封装及内部结构，可适用于恶劣环境。

(6) 一般 PLC 产品可抗 1kV、1 μ s 的窄脉冲干扰，提高了其平均无故障工作时间。

2. 采用模块化组合结构

PLC 采用模块化组合结构，使系统构成十分灵活，可根据需要任意组合，易于维修，易于实现分散式控制，可缩短平均修复时间。

3. 软件功能强

PLC 内部包括时序电路、计数器、主继电器、移位寄存器及中间寄存器等，能够方便地实现延时、锁存、比较、跳转和强制 I/O 等功能。PLC 可进行逻辑运算、算术运算、数据转换、顺序控制、顺序模拟运算、显示、监控、打印及报表生成等功能，并具有完善的输入、输出系统，能适应各种形式的开关量和模拟量的输入、输出控制，还可以与其他计算机系统和控制设备共同组成控制系统，实现成组数据传送、矩阵运算、闭环控制、排序与查表、函数运算及快速中断等功能。

4. 灵活性和通用性强

继电器控制系统的控制电路要使用大量的控制电器，需要通过人工布线、焊接、组装来完成电路的连接，如果工艺要求稍有改变，控制电路必须随之相应变动，耗时且费力。PLC 是利用存储在机内的程序实现各种控制功能的，因此当控制功能改变时只需修改程序即可，极少甚至不必改动外部接线。一台 PLC 可以用

于不同的控制系统中，只需改变其中的程序，其灵活性和通用性是继电器控制电路所无法比拟的。

5. 编程语言简单易学

虽然 PLC 是以微型计算机技术为核心的控制装置，但是不要求使用者精通计算机方面复杂的硬件和软件知识。大多数 PLC 采用类似继电器控制电路的“梯形图”语言编程，清晰直观，简单易学。

6. 使用维护方便

PLC 的输入、输出接口是已按不同需求做好的，可直接与控制现场的设备相连接。输入接口可以与各种开关、传感器连接；输出接口具有较强的驱动能力，可以直接与继电器、接触器、电磁阀等连接。不论是输入接口或输出接口，使用都很简单。PLC 具有很强的监控功能，利用编程器、监视器或触摸屏等人机界面可对 PLC 的运行状态、内部数据进行自诊断和监控，可以迅速查到故障并及时给予排除。

(二) PLC 的应用领域

1. 开关量的逻辑控制

PLC 的开关量逻辑控制已逐步取代传统的继电器逻辑控制装置，应用于单机或多机控制系统以及自动化生产线上。PLC 控制开关量的能力很强，所控制的输入、输出点数，少则几十点，多的可达到几百、几千、甚至几万点。由于 PLC 能联网，所以点数几乎不受限制，所控制的逻辑包括组合、时序、延时、高速计数等。用 PLC 进行开关量控制的领域包括冶金、机械、纺织、轻工、化工等。

2. 模拟量的闭环控制

对于模拟量的闭环控制系统，要有模拟量的输入输出点，以便采样输入和调节输出，实现过程控制中的 PID 调节或模糊控制调节，形成闭环系统。PLC 系统能实现对温度、流量、压力、位移、速度等参量的连续调节与控制。常用的模拟量 I/O 模块，不仅可以实现 A/D 和 D/A 转换，还可以进一步构成闭环，实现 PID 过程调节。而针对 PID 闭环调节，又有专门的模块，往往还引入了智能控制。目前除大型机、中型机具有此功能外，一些公司的小型机也具有这种功能，如 OMRON 公司的 CQM1 机和松下电工的 FP1 机等。

3. 数字量的智能控制

PLC 具有接收和输出高速脉冲的功能，再配备相应的传感器（如旋转编码器）或脉冲伺服装置（如环型分配器、功放、步进电机），其控制系统就能实现数字量的智能控制。较高级的 PLC 还专门开发了数字控制模块、运动单元模块等，可实现曲线插补功能。新型的运动控制单元，能够对步进电动机或伺服电动机进行单轴或多轴的位置控制。

4. 数据处理

PLC 具有数据传送、排序、查表搜索、位操作以及逻辑运算、函数运算、矩

阵运算等多种数据采集、分析、处理的功能。有些公司将 PLC 的数据处理功能与计算机数值控制 (CNC) 设备的功能紧密结合在一起, 开发了用于 CNC 的 PLC 产品。

PLC 可在控制现场进行数据采集, 目前较普遍采用的方法是 PLC 加上触摸屏, 既可随时观察采集下来的数据, 又能及时进行统计分析。有的 PLC 本身就具有数据记录单元, 如 OMRON 公司的 C200Ha, 可利用一般的便携计算机的存储卡, 插入到该单元中保存采集到的数据。

5. 通信

随着网络的发展和计算机集散控制系统的逐步普及, PLC 的网络化通信产品被大量推出。这些产品解决了 PLC 之间、PLC 与其扩展部分之间、PLC 与上级计算机之间或其他网络间的通信问题, 实现由上位计算机对 PLC 的管理或编程。PLC 也能与智能仪表、智能执行装置 (如变频器等) 进行联网和通信, 互相交换数据并实施 PLC 对其的控制。有些公司还开发了专门的网络产品, 如 A-B 公司的高速数据通道 DH 和 DH+、SIEMENS 公司的 SINEC 局域网等。通过这些产品, 可将 PLC、计算机、各种外设组成局域环网, 环网可套非环网, 环网与环网可桥接, 网间的结点可直接或间接接地、通信和交换信息。

PLC 具有强大的联网通信功能, 把 PLC 分布到控制现场, 实现各 PLC 控制站间的通信以及上、下层间的通信, 从而实现分散控制、集中管理的目的。这样的系统实际上就是 PCS (过程控制系统) 系统。有的企业把全厂的自动化系统组成通信网络, 从而组成计算机集成制造系统。

(三) PLC 的分类

PLC 的种类很多, 其实现的功能、内存容量、控制规模、外形等方面均存在较大差异。因此, PLC 的分类没有严格的统一标准, 这里只是按照其结构形式、控制规模、应用领域等进行大致分类。

1. 按结构分类

PLC 按其硬件的结构形式可以分为整体式和组合式。整体式 PLC 外观上是一个长方形箱体, 又称箱体式 PLC。组合式 PLC 在硬件构成上具有较高的灵活性, 其模块可以像拼积木一样进行组合, 构成具有不同控制规模和功能的 PLC, 因此它又称为模块式 PLC。

(1) 整体式 PLC。整体式 (箱体式) PLC 的 CPU、存储器、输入输出都安装在同一机体内, 如欧姆龙 (OMRON) 公司的 C20P、C40P、CPM1A、CPM2A 等产品。它们的特点是结构简单、体积小、价格低、输入输出点数固定、实现的功能和控制规模固定, 但灵活性较低。

(2) 组合式 PLC。组合式 (模块式) PLC 采用的是总线结构, 即在一块总线底板上有若干个总线槽, 每个总线槽上可安装一个 PLC 模块, 不同的模块实现不同的功能。PLC 的 CPU 和存储器设计在一个模块上, 有时把电源也放在这一模块

上, 该模块在总线上的安装位置一般是固定的。其他模块可根据 PLC 的控制规模、实现的功能选择安装在总线板的其他任一总线槽上。组合式 PLC 的特点是系统构成的灵活性较高, 可构成具有不同控制规模和功能的 PLC。

2. 按控制规模分类

PLC 的控制规模主要是指开关量的输入输出点数及模拟量的输入输出路数, 但主要以开关量的点数计数。模拟量的路数可折算成开关量的点数, 一般一路模拟量相当于 8~16 点开关量。根据 I/O 控制点数的不同, PLC 大致可分为微型机、小型机、中型机、大型机及超大型机。

(1) 微型机: 控制点数在 100 点以下, 如 OMRON 的 C 系列 P 型机等。

(2) 小型机: 控制点数在 250 点左右, 如 OMRON 的 CMP2A 系列等。

(3) 中型机: 控制点数在 500~1000 点左右, 如 OMRON 的 C200H 机 (约 700 点)、C200H α 机 (约 1084 点) 等。

(4) 大型机: 控制点数在 1000 点以上, 如 OMRON 的 C1000H 机 (约 1024 点)、C2000H 机 (约 2048 点) 等。

(5) 超大型机: 控制点数可达上万点, 甚至几万点。如美国通用电气 (GE) 的 90-70 机, 其控制点数可达 24000 点以上。

3. 按应用领域分类

PLC 不仅应用于工厂, 而且已渗透到产业界的每个角落, 其应用领域包括机械、食品、造纸、运输、水处理、高层建筑、公共设施、农业和娱乐业等, 如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 PLC 的应用领域

机 械	食 品	造 纸
机床	仓库控制	包装纸输送线
自动生产机械	配料控制	瓦楞纸冲装机
自动装配机	包装机控制	自动包装机
运 输	水 处 理	建 筑
传送带生产线控制	水滤清控制	楼房空调控制
装载输送机控制	上下水道控制	楼房防灾警报设备控制
吊车控制	废液处理控制	立体停车场控制
公 共 设 施	农 业	娱 乐 业
隧道排气控制	喷灌控制	照明控制
垃圾处理设备控制	喷水控制	霓虹灯控制
过滤、清洗设备控制	温室控制	剧场舞台的自动控制

二、什么是 PLC 的编程语言

PLC 的程序结构为典型的块式结构，应用软件的形成只需要编辑这个过程，其余由系统软件自动完成。利用编程器的按键、显示和内部编辑、监控等软件的支持，可使 PLC 程序的调试变得容易。因此，一般 PLC 编程语言的主要特点有：图形化指令结构；明确的变量和常数；简化的程序结构；应用软件形成过程简便；程序调试容易等。

不同厂家 PLC 的编程语言各不相同，大致有梯形图语言和语句表语言两大类，有的 PLC 还支持流程图 CSF 语言编程。

(一) 梯形图语言

梯形图语言采用的图形与实际继电器接触器控制系统的控制线路图相似，具有很强的直观性和形象感。简单的 PLC 逻辑控制系统的梯形图与有触点的电气原理图几乎没有差别。图 1-1-1 所示为电气原理图与 PLC 梯形图的比较，其中图 (a) 是带有自锁触点的线圈控制原理图，图 (b) 则是相应的 PLC 梯形图。

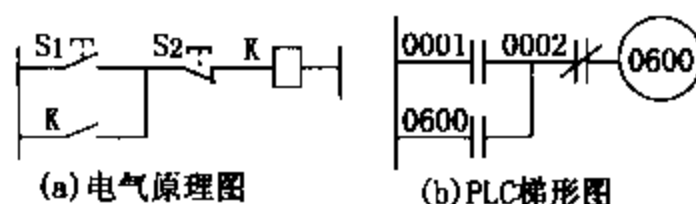


图 1-1-1 电气原理图与 PLC 梯形图

由图可见，在电气原理图中，线圈 K 通电与否（数据逻辑通电为“1”，断电为“0”）取决于开关 S_1 、 S_2 及触点 K 的接通或断开（逻辑关系）。要使线圈 K 通电（为“1”），必须使 S_1 或 K 动作闭合（为“1”），且 S_2 复位，其常闭触点闭合（复位为“0”，但常闭触点表示逻辑非，即“0”的非为“1”，表示闭合）。在 PLC 梯形图中，要使输出线圈 0600 输出高电平，则内部存储器单元 0001 存储的值应为“1”或 0600 存储的值为“1”，且 0002 存储的值则应为“0”，才能继续保持线圈 0600 的值为“1”。线圈 0600 的值为“1”，则可以通过输出接口输出高电平，从而使外部线圈通电。这说明 PLC 的梯形图可以通过执行程序对内部数据存储器单元存储的数值进行逻辑运算，从而实现原理图中需要硬件开关及触点才能实现的控制功能。

(二) 语句表语言

PLC 的语句表语言采用助记符来表示，一般由操作码和操作数组成。操作码表示的是指令需要完成的操作功能，操作数为变量或常数。

例如，将图 1-1-1 (b) 所示梯形图用语句表语言来表示，其程序如下：

序号	指令	数据（地址）	说明
1	LD	0001	将动合触点 0001 与母线相连
2	OR	0600	并联动合触点 0600
3	AND-NOT	0002	串联动断触点 0002
4	OUT	0600	输出 0600 线圈
5	END		程序结束

三、PLC 与继电器-接触器控制系统的比较

PLC 控制系统比传统的继电器-接触器控制系统更为灵活、简单，具有软件支持和面向现场等特点。下面以三相异步电动机的正、反转控制为例，将二者进行对照比较。本例主要是为了让读者对 PLC 有一个较具体的认识，实际 PLC 的控制功能远不止本例的内容。

图 1-1-2 所示为三相异步电动机正、反转电气控制电路。在图 1-1-2 (b) 所示控制电路中，由动合、动断触点构成电动机正、反转的互锁控制。

如果使用 PLC 控制系统完成上述工作，其主电路与图 1-1-2 (a) 完全一样，无需任何改动。不同之处在控制电路，可由 PLC 构成控制电路（称为 I/O 配线），如图 1-1-3 所示。

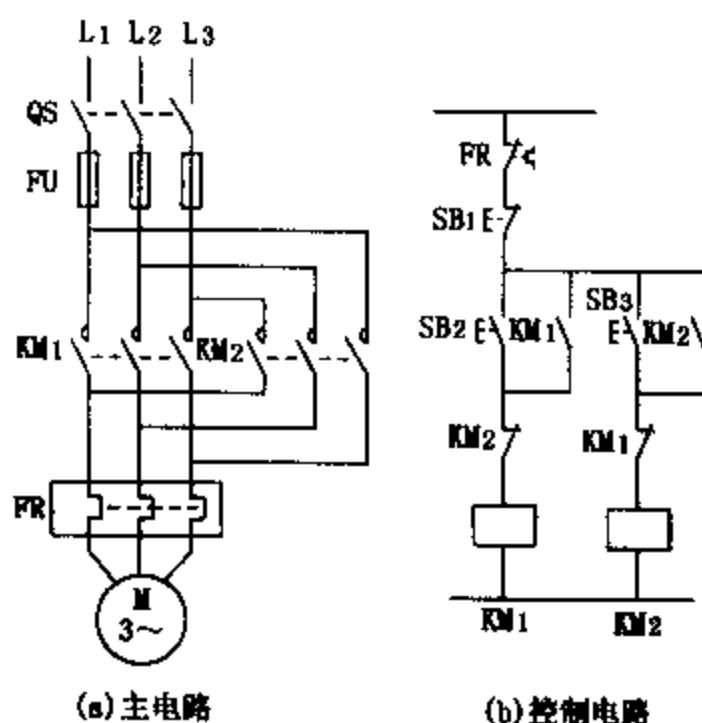


图 1-1-2 三相异步电动机正、反转控制电路

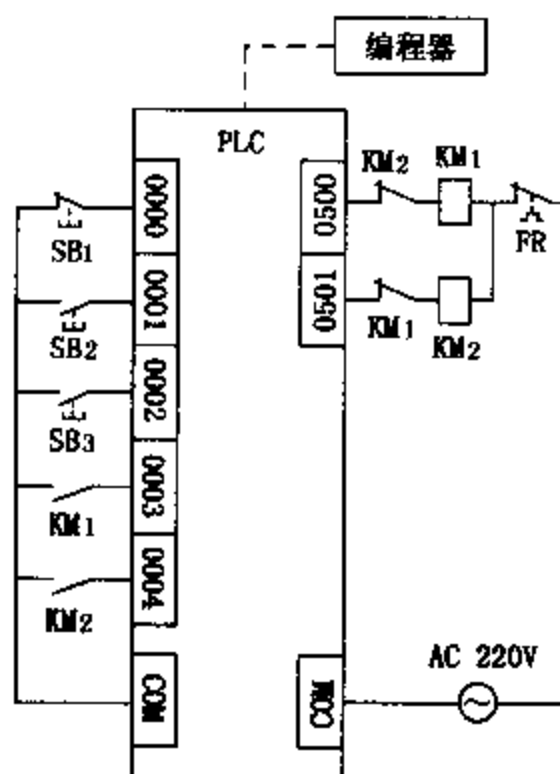


图 1-1-3 三相异步电动机正、反转控制 I/O 配线

图 1-1-3 中，按钮 $SB_1 \sim SB_3$ 和接触器 KM_1 、 KM_2 的动合触点连接到 PLC 的输入端（输入点）0000~0004 上，接触器 KM_1 、 KM_2 线圈连接到 PLC 输出端（输出点）0500、0501 上。这些只是 PLC 的硬件连接，还必须将编写好的程序输入到 PLC 内部，其程序用指令表见表 1-1-2。

考虑到指令形式的程序不便于阅读，所以目前广泛采用的是一种称为梯形图的程序，上述 14 条指令可用如图 1-1-4 所示的梯形图表示。

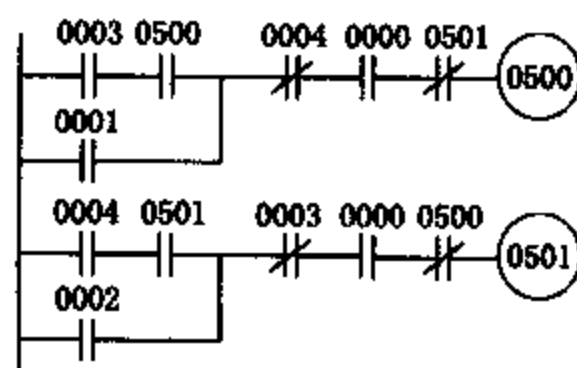


图 1-1-4 正、反转控制的梯形图

由图可知,当 0001 为“1”(常开触点 SB_2 闭合)、0004 为“0”(常开触点 KM_2 断开)、0000 为“1”(常闭触点 SB_1 闭合)、0501 为“0”(输出线圈断开)时,0501 输出为“1”(KM_1 输出为“1”);或当 0003 为“1”(常开触点 KM_1 闭合)、0500 为“1”(自锁)、0004 为“0”(常开触点 KM_2 断开)、0000 为“1”(常闭触点 SB_1 闭合)、0501 为“0”(输出线圈断开)时,0500 为“1”。

表 1 1 2 图 1 1 3 的程序指令表

地址	指令	数据	说明
0000	LD	0003	将动合触点 0003 与母线相连
0001	AND	0500	串联动合触点 0500
0002	OR	0001	并联动合触点 0001
0003	AND NOT	0004	串联动断触点 0004
0004	AND	0000	串联动合触点 0000
0005	AND NOT	0501	串联动断触点 0501
0006	OUT	0500	输出 0500 线圈
0007	LD	0004	将动合触点 0004 与母线相连
0008	AND	0501	串联动合触点 0501
0009	OR	0002	并联动合触点 0002
0010	AND NOT	0003	串联动断触点 0003
0011	AND	0000	串联动合触点 0000
0012	AND NOT	0500	串联动断触点 0500
0013	OUT	0501	输出 0501 线圈

图 1-1-2 (b) 所示正、反转控制电路极易发生电弧短路故障,即该电路只有电气互锁,而没有机械互锁,因此将其改进如图 1-1-5 所示。图 1-1-5 (a) 采用复合按钮解决方案,图 1-1-5 (b) 采用增设中间继电器解决方案。与图 1-1-2 相比,显然这两种方案都必须改变原来控制电路的配线,这项工作对本例来说还不算复杂。但如果控制对象是一条大型流水线或较复杂的控制系统,更改配线的工作量就十分庞大,甚至有些控制系统与其更改配线,不如重新安装。

采用 PLC 控制系统时,对外部硬件电路无需更改,即保持图 1-1-3 所示 I/O 配线的原样,只要改变指令表中若干指令,就能达到防止电弧短路的功能,其指令见表 1-1-3。该指令表对应的梯形图如图 1-1-6 所示。

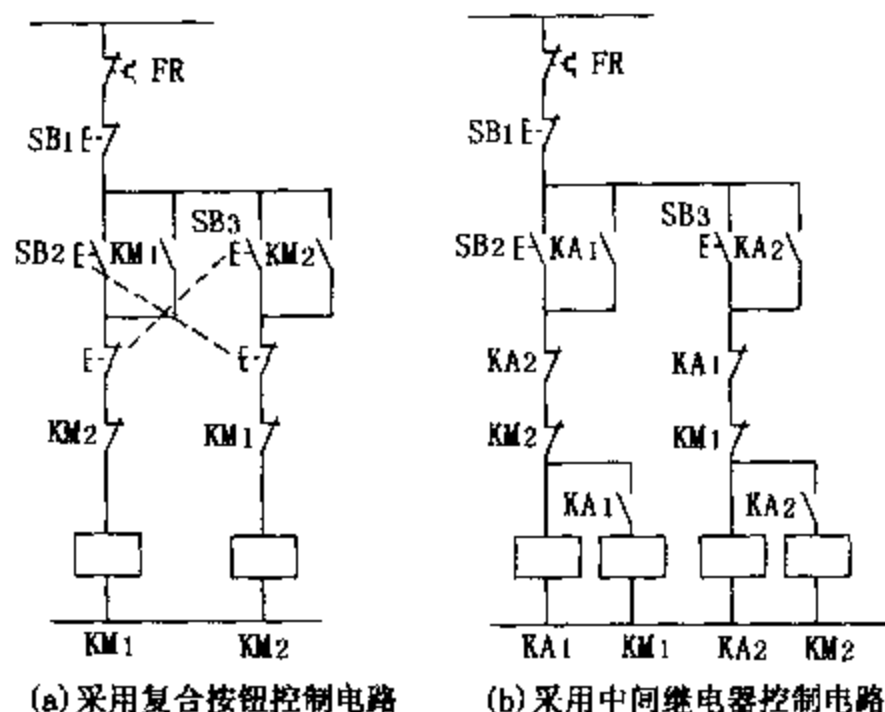


图 1-1-5 防止电弧短路的控制电路

表 1-1-3 图 1-1-6 的程序指令表

地址	指令	数据	地址	指令	数据
0000	LD	0000	0010	LD	0002
0001	TIM	00#0010	0011	TIM	01#0010
0002	LD	0003	0012	LD	0004
0003	AND	0500	0013	AND	0501
0004	OR	TIM00	0014	OR	TIM01
0005	AND NOT	0004	0015	AND NOT	0003
0006	AND NOT	0002	0016	AND NOT	0001
0007	AND	0000	0017	AND	0000
0008	AND NOT	0501	0018	AND NOT	0500
0009	OUT	0500	0019	OUT	0501

对照图 1-1-4 和图 1-1-6 以及它们对应的指令表可知，防止电弧短路功能的实现在 PLC 控制中只是增加了几条指令，但并不改变线路的连接，而程序的更改很简单，只要操作编程器的键盘，在现场就能很快完成。

在此要强调的是，上述正、反转控制实例并不能完全体现 PLC 的强大功能，只是为了说明 PLC 在使用中其软件控制的灵活和方便，这是传统的继电器-接触器控制系统无法做到的。

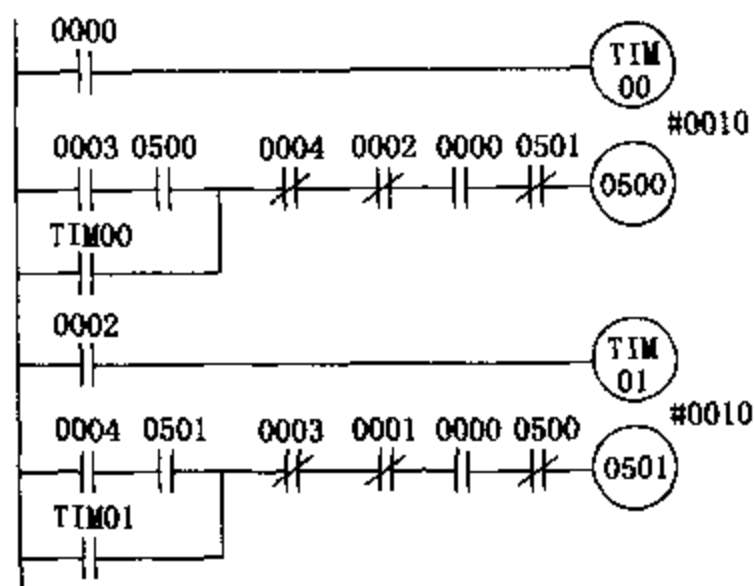


图 1-1-6 防止电弧短路的梯形图

第二节 PLC 的组成

一、PLC 的组成框图与中央处理器

(一) PLC 的组成框图

PLC 是以微处理器为核心的工业用计算机系统，其硬件组成与计算机有类似之处。根据结构形式的不同，PLC 可分为整体式和组合式两类。

1. 整体式 PLC

整体式 PLC 是将中央处理单元 (CPU)、存储器、输入单元、输出单元、电源、通信端口、I/O 扩展端口等组装在一个箱体内存成主机。另外还有独立的 I/O 扩展单元与主机配合使用。整体式 PLC 的结构紧凑、体积小，小型机常采用这种结构。整体式 PLC 的基本组成如图 1-2-1 所示。

2. 组合式 PLC

组合式 PLC 的组成如图 1-2-2 所示。这种结构的 PLC 是将 CPU 单元、输入单元、输出单元、智能 I/O 单元、通信单元等分别做成相应的电路板或模块，模块之间通过底板上的总线相互联系。装有 CPU 的单元称为 CPU 模块，其他单元称为扩展模块。中、大型机常采用组合式结构。由于组合式的 PLC 系统配置灵活，有的小型机也采用这种结构。

(二) 中央处理器 (CPU)

CPU 由控制电路、运算器、存储器和总线等组成，一般都集成在一块芯片上。不同型号的 PLC 使用不同的 CPU 部件，制造厂家使用 CPU 部件的系统指令编写系统程序，并固化到只读存储器 (ROM) 中。CPU 按系统程序赋予的功能，接收编程器或计算机等编程工具输入的用户程序和数据，并存入随机存储器 (RAM)

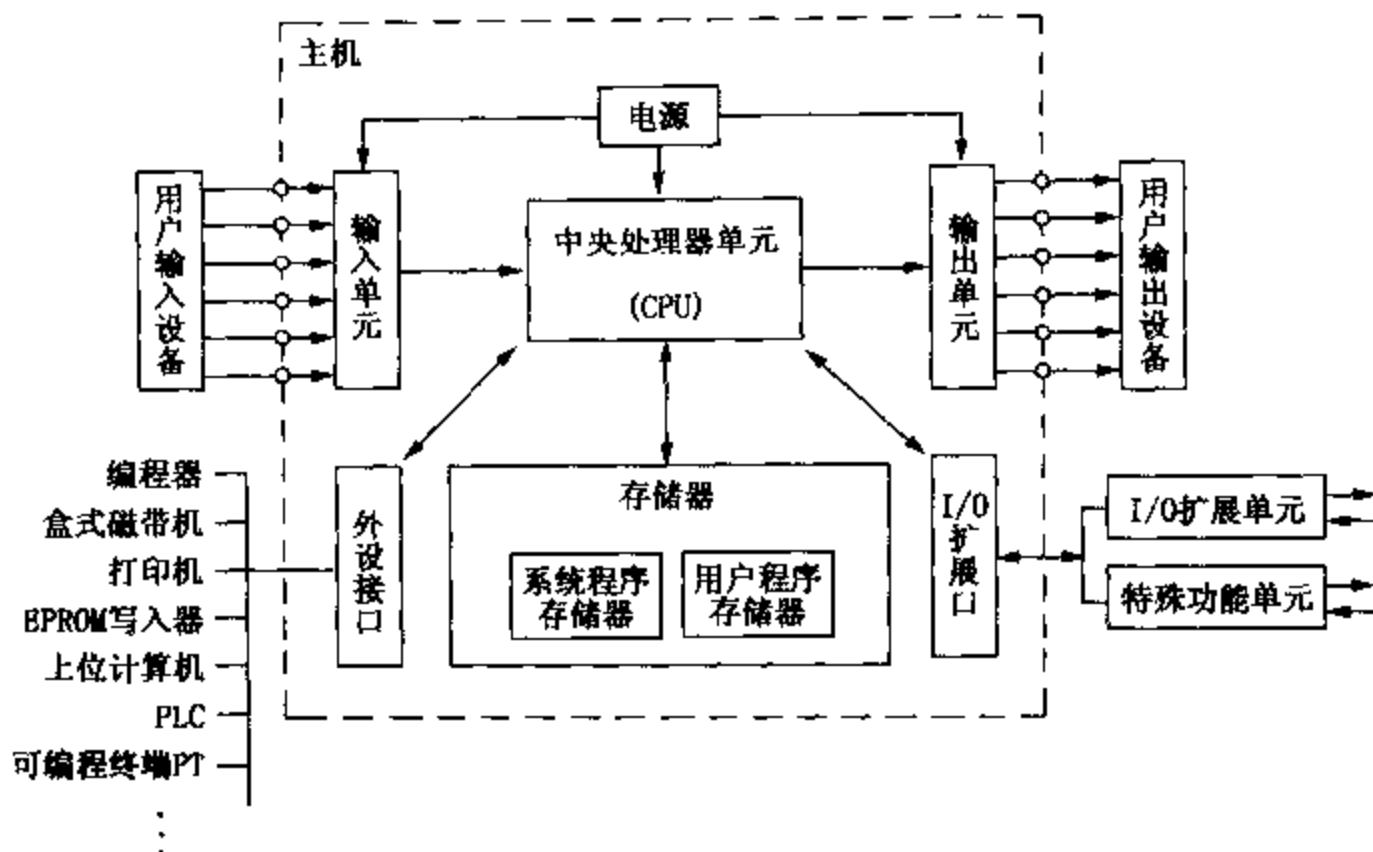


图 1-2-1 整体式 PLC 的组成示意图

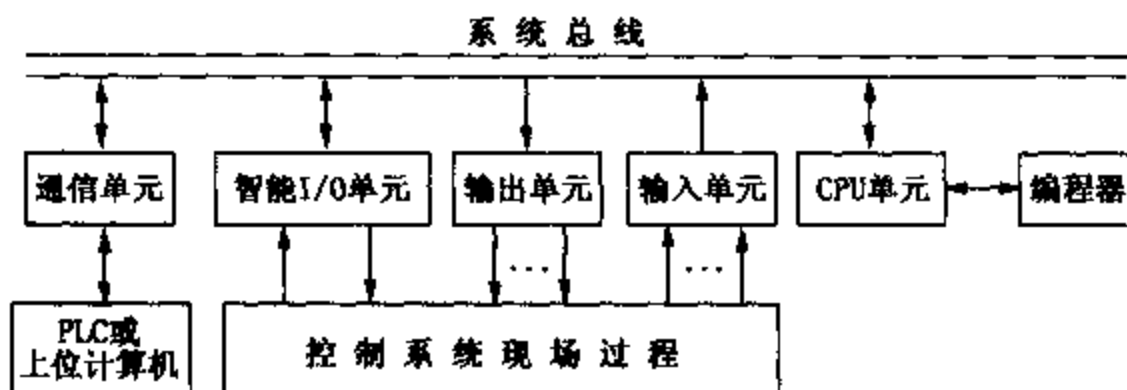


图 1-2-2 组合式 PLC 的组成示意图

中。CPU 按扫描方式工作，从规定的首地址存放的第一条用户程序开始，到用户程序的最后一个地址，不停地周期性扫描，每扫描一次，就执行一次用户程序。

CPU 是 PLC 系统的控制中心，其主要功能是：

- (1) 将输入信号（用户程序和数据）送到 PLC 中储存起来。
- (2) 检查电源、存储器、I/O 的状态，诊断用户程序的语法错误。
- (3) 按存放的先后顺序取出用户程序，进行编译。
- (4) 完成用户程序规定的各种操作。
- (5) 将结果送到 PLC 的输出端，响应各种外部设备（如编程器、打印机）的请求。
- (6) 循环执行 (1) ~ (5) 步骤，直到停止运行为止。

PLC 除了可处于运行及编程状态外，还可设置成监控状态。此时，PLC 既可实现对系统的监控，也可通过编程器和计算机修改或改变数据，还具有监视 PLC 工作状态及接收编程器操作的功能。

各种 PLC 的中央处理单元也不相同，但在系统中的作用是一致的。目前中型 PLC 为了提高其自身的可靠性，常采用双中央处理单元系统：一个是主处理器，用来处理字节操作指令，控制系统总线，监视扫描时间，统一管理编程接口；另一个是从处理器，专门用来处理位操作指令，配合操作系统实现 PLC 编程语言向机器语言转换，是加快 PLC 工作处理速度的关键。

二、存储器

PLC 的存储器是用来存放系统程序、用户程序和工作数据的。存放应用程序的存储器称为用户程序存储器，存放系统程序的存储器称为系统程序存储器。

（一）系统程序存储器

PLC 厂家根据 CPU 部件的指令系统编写的程序为系统程序，它固化在 ROM 和 EPROM 中。存储在 ROM 和 EPROM 中的内容，在断电情况下保持不变。

系统程序存储器存放内容包括系统工作程序（监控程序）、模块化应用功能子程序、命令解释程序、功能子程序的调用管理程序、系统诊断程序和系统参数。以上内容都是事先存放在 ROM（EPROM）芯片中，开机后便可运行其中程序，但这些内容用户无法直接存取，它和硬件一起决定了该 PLC 的各项性能。

（二）用户程序存储器

用户根据机器指令编写的程序称为用户程序，一般 PLC 产品说明书中所列的存储器就是指用户存储器。不同 PLC 产品的存储容量各不相同。用户程序存储器一般采用加备用电池供电的 RAM，存放在 RAM 中的内容在 PLC 断电时会消失，所以目前一般采用锂电池在 PLC 断电时保存其内容，直到用户需要修改时为止。用户程序存储器内容包括用户由编程器键盘输入的程序、各种暂存数据和中间结果等。

（三）ROM 和 RAM

1. 只读存储器 ROM

ROM 中的内容一般是由 PLC 制造厂家写入的系统程序，并且永远驻留，所以运行时，首先将检查的结果显示给操作人员；然后编译程序将用户键入的控制程序转换成由微电脑指令组成的程序，并对用户程序进行语法检查；最后再执行程序。监控程序相当于总控程序，根据用户的需要调用相应的内部程序。例如用编程器选择了程序工作方式，则监控程序就调入“键盘输入处理程序”，将用户键入的程序送到 RAM 中；若编程器选择运行工作方式，则监控程序将启动用户程序。ROM 的容量与 PLC 的复杂程度有关。

2. 随机存储器 RAM

RAM 是可读写存储器。读出时, RAM 中的内容不被破坏, 而写入的信息就会覆盖原来位置上的信息。用户程序是指选择编程工作方式时, 用编程工具输入的程序经过预处理后, 存放在 RAM 的低地址区。而逻辑变量则指在 RAM 的若干个存储单元中用来存放的变量, 即输入/输出继电器、内部辅助继电器、保持继电器、定时器、位移继电器等。一般 PLC 还有一定数量的数据区供数值运算、A/D、D/A、高速脉冲计数等功能使用, 内部监控、管理程序也要使用部分存储单元存放系统数据。由于不同型号 PLC 的存储容量是不相同的, 所以在技术说明书中, 一般都会给出与用户编程和使用存储单元有关的指标, 如输入/输出继电器的数量、保持继电器的数量、内部辅助继电器的数量、定时器和计数器的数量、允许用户程序的最大长度等, 这些指标都间接地反映了 RAM 的容量。RAM 通常和锂电池配合使用, 这样在断电时可起到对用户程序的保存作用。

三、输入/输出接口

输入/输出接口起着 PLC 与外围设备之间传送信息的作用。

(一) 输入接口

PLC 通过输入接口把工业设备或生产过程的状态或信息输入主机, 通过用户程序的运算和操作, 将结果经输出接口输出给执行机构。一般情况下, 现场的输入信号可以是按钮开关、行程开关、接触器的触点以及其他一些传感器输出的开关量或模拟量 (要通过数/模转换后才能输入 PLC 内)。输入接口一般由光电耦合电路和微电脑输入接口电路组成。

光电耦合输入接口电路的核心是光电耦合器件, 应用最多的是由发光二极管和光电晶体管构成的光电耦合器。将光电耦合电路与现场输入信号连接, 可有效防止现场的强电干扰进入到 PLC 中。由于信号依靠光耦合, 在电气上完全隔离, 所以传输后的信号不会反馈到输入端, 不会产生地线干扰和其他窜扰。考虑到发光二极管的正向电阻较小 (一般为 $100\Omega \sim 1k\Omega$), 所以其输入阻抗较低, 而外界干扰信号的内阻远远大于发光二极管的正向电阻, 根据分压原理可知, 干扰源能够分配 (馈送) 给 PLC 输入端的干扰噪声很小。由发光二极管的原理, 只有在发光二极管中通过一定量的电流时它才会发光, 尽管干扰源能产生较大的电压, 但其内阻很大, 能量并不大, 只能产生很弱的电流, 所以干扰信号受到抑制。

按照输入端电源类型的不同, 开关量输入单元可分为直流输入单元和交流输入单元。

1. 直流输入单元

一个输入点的直流输入电路如图 1-2-3 所示。各个直流输入点所对应的输入电路都一样, 共同构成直流输入单元。框外左侧为外部用户接线。

图 1-2-3 中, T 为光电耦合器, 发光二极管与光电晶体管封装在管壳中。当二

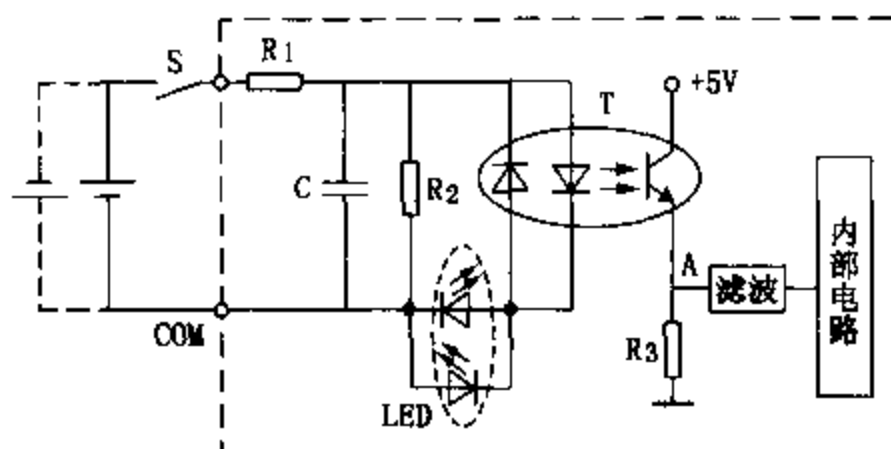


图 1-2-3 直流输入电路

极管中有电流时它便发光，此时光电晶体管导通。R₁ 为限流电阻，R₂ 和 C 构成滤波电路，滤除输入信号中的高频干扰。LED 显示该输入点的状态。

当 S 闭合时，光电耦合器导通，LED 点亮，表示输入开关 S 处于接通状态，此时 A 点为高电平，该电平经滤波器送到内部电路中。当 S 断开时，光电耦合器不导通，LED 不亮，表示输入开关 S 处于断开状态，此时 A 点为低电平，该电平经滤波器送到内部电路中。

有的 PLC 内部提供 24V 的直流电源，这时直流输入单元无需外接电源，用户只需将开关接在输入端子和公共端子之间即可，这就是无源式直流输入单元。无源式直流输入单元简化了输入端接线，方便了用户。

2. 交流输入单元

一个输入点的交流输入电路如图 1-2-4 所示。各个交流输入点所对应的输入电路都一样，共同构成交流输入单元。虚线框内是 PLC 内部的输入电路，框外左侧为外部用户接线。

图 1-2-4 中，电容 C 为隔直电容，R₁ 和 R₂ 构成分压电路。这里光电耦合器中是两个反向并联的发光二极管，任意一个二极管发光都可以使光电晶体管导通。所以该电路可以接收外部的交流输入电压，其工作原理与直流输入电路基本相同。

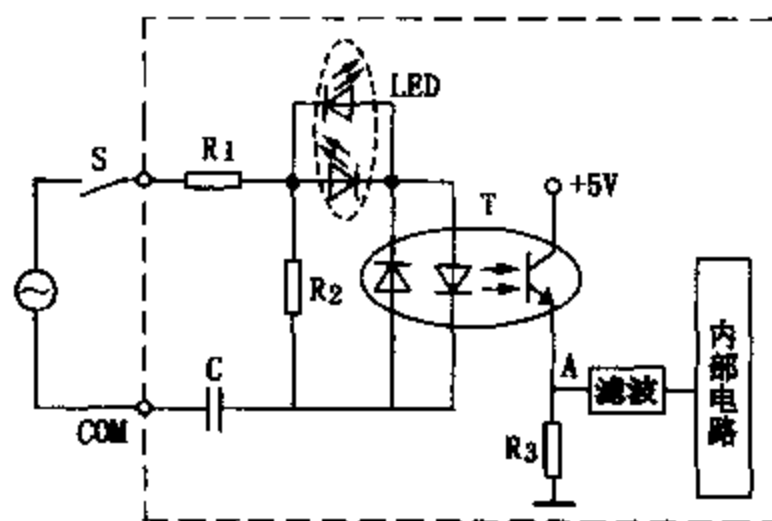


图 1-2-4 交流输入电路

（二）输出接口

PLC 的输出信号是通过输出接口传送的，这些信号控制现场的执行部件完成相应的动作。常见的现场执行部件有电磁阀、接触器、继电器、信号灯、功率不大的电动机等。现场输出接口电路由接口电路和功率驱动电路组成。

按输出电路所用开关器件的不同，PLC 的开关量输出单元可分为晶体管输出单元、晶闸管输出单元和继电器输出单元。

1. 晶体管输出

晶体管输出单元的电路如图 1-2-5 所示。虚线框内是 PLC 内部的输出电路，框外右侧为外部用户接线。图中只画出了对应一个输出点的输出电路，各个输出点所对应的输出电路均相同。

图中， T_1 是光电耦合器，LED 指示输出点的状态， T_2 为输出晶体管，D 为保护二极管，FU 为熔断器，防止负载短路时损坏 PLC。

当对应输出点有输出信号时，通过内部电路使光电耦合器 T_1 导通，从而使晶体管 T_2 饱和导通，因此负载得电，同时使 LED 点亮，表示该输出点状态为 1。当对应输出点没有输出信号时，光电耦合器 T_1 不导通，使晶体管 T_2 截止，负载失电，此时 LED 不亮，表示该输出点状态为 0。

晶体管为无触点开关，所以晶体管输出单元使用寿命长，响应速度快。

2. 双向晶闸管输出

在双向晶闸管输出单元中，输出电路采用的开关器件是光控双向晶闸管，电路如图 1-2-6 所示。

T 是光控双向晶闸管（两个晶闸管反向并联），LED 为输出点状态指示， R_2 、C 构成阻容吸收保护电路，FU 为熔断器。

当对应于 T 的内部继电器的状态为 1 时，发光二极管导通发光，不论外接电源极性如何，都能使双向晶闸管导通，负载得电，同时输出指示灯 LED 点亮，表示该输出点接通。当对应于 T 的内部继电器的状态为 0 时，T 关断，负载失电，指示灯 LED 灭。

双向晶闸管输出型 PLC 的负载电源，可以根据负载的需要选用直流或交流。

3. 继电器输出

继电器输出单元电路如图 1-2-7 所示。虚线框内是 PLC 内部的输出电路，框外右侧为外部用户接线，LED 是输出点状态显示器，KA 为一小型直流继电器。

当对应于 KA 的内部继电器的状态为 1 时，KA 得电吸合，其动合触点闭合，

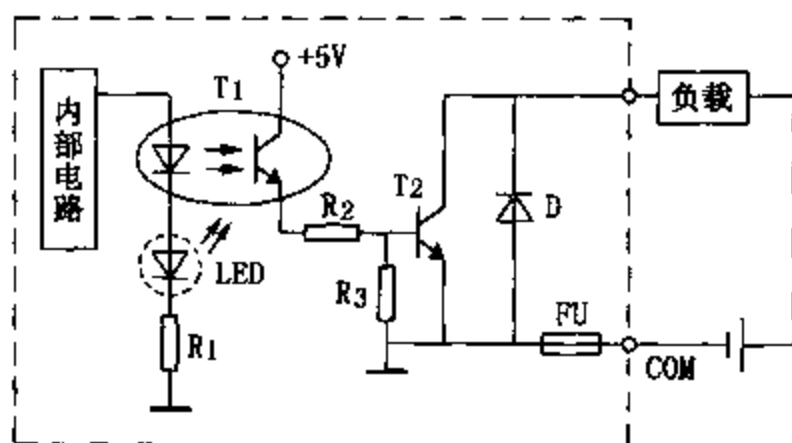


图 1-2-5 晶体管输出电路

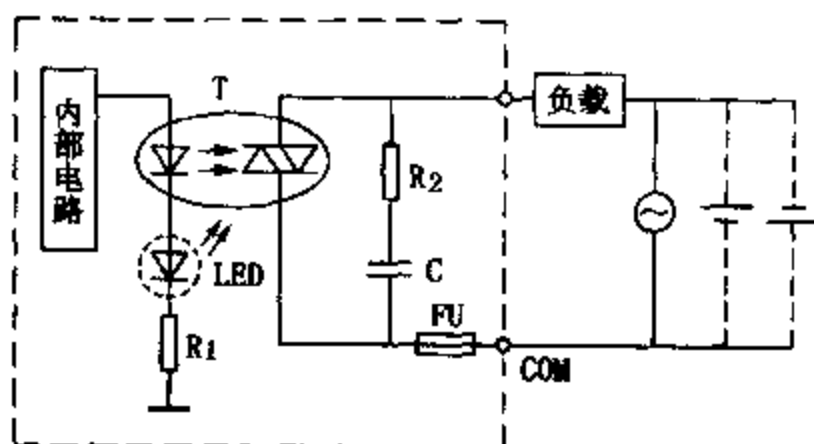


图 1-2-6 双向晶闸管输出单元

负载得电，指示灯 LED 点亮，表示该输出点接通。当对应于 KA 的内部继电器的状态为 0 时，KA 失电，其动合触点断开，负载失电，指示灯 LED 灭，表示该输出点断开。

继电器输出型 PLC 的负载电源可以根据需要选用直流或交流。继电器触点电气寿命一般为 10 万次~30 万次，因此在需要输出点频繁通断的场

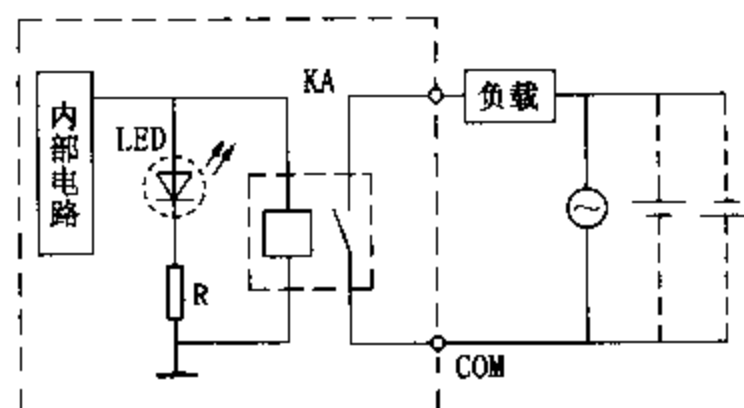


图 1 2 7 继电器输出单元

合（如高频脉冲输出），应选用晶体管或晶闸管输出型的 PLC。继电器从线圈得电到触点动作存在延时时间，这是造成输出滞后于输入的原因之一。

在 PLC 的三种输出方式中，目前以继电器方式输出较多。继电器方式输出接触电阻小，但其响应速度慢，一般为 ms 级，常用于低速大功率负载。晶闸管方式输出负载电流比较大，耐压也可以较高，响应速度较快，一般为 μs 级，常用于高速大功率负载。晶体管方式输出响应速度快，一般为 ns 级，并且输出可调节，寿命长，常用于高速小功率负载。

四、其他部件

（一）电源部件

PLC 中一般有开关稳压电源为内部电路供电。开关电源的输入电压范围宽、体积小、重量轻、效率高、抗干扰性能好。有的 PLC 能向外部提供 24V 直流电源，可给输入单元所连接的外部开关或传感器供电。

（二）I/O 扩展端口

当主机上的 I/O 点数或类型不能满足用户需要时，主机可以通过 I/O 扩展端口连接 I/O 扩展单元来增加 I/O 点。没有 I/O 扩展端口的 PLC 是不能进行 I/O 点扩展的。另外，通过 I/O 扩展端口还可以连接各种智能单元，扩展 PLC 的功能。

（三）外设端口

每台 PLC 都有外设端口，通过外设端口，PLC 可与外部设备相连接，如连接编程器输入、修改用户程序或监控程序的运行；有的 PLC 可以通过外设端口与其他 PLC、计算机或终端设备 PT 等链接进行通信，或连成各种网络等；还可用 EPROM 写入器，将调试好的用户程序写入 EPROM，以免被误改动。

（四）编程工具

编程工具的主要作用是用来编辑程序、调试和监控程序的执行，还可以在线测试 PLC 内部状态和参数，与 PLC 进行人机对话等。编程工具可以是专用编程器，也可以是配有专用编程软件包的通用计算机。

1. 专用编程器

专用编程器是生产厂家提供的与该厂家 PLC 配套的编程工具。专用编程器分为简易编程器和图形编程器两种。

简易编程器不能直接输入梯形图程序，只能输入语句表程序，且必须与 PLC 相连接。简易编程器有的可以直接插在 PLC 主机的编程器插座上，如 OMRON 的 P 型机等；有的要用专用电缆与 PLC 相连。

图形编程器分为手持式和台式，可直接输入梯形图程序。台式编程器具有用户程序存储器，可把用户输入的程序存放在自己的存储器中，也可把用户程序下载到 PLC 中。图形编程器还能提供盒式磁带录音机接口和打印机接口，可将用户程序转存到磁带上或打印出来；有的还带有磁盘驱动器，可将程序转存到磁盘上。图形编程器的优点是屏幕大，显示功能强，但是其价格昂贵。

编程器可以不参与现场运行，所以一台编程器可以供多台 PLC 使用。

2. 计算机辅助编程

当 PLC 与装有编程软件的计算机连接通信时，可进行计算机辅助编程。编程软件的功能很强，可以编辑和修改用户的程序、监控系统运行、打印文件、采集和分析数据、在屏幕上显示系统运行状况、对工业现场和系统进行仿真、将程序存到磁盘上、实现计算机与 PLC 之间的程序相互传送等。

（五）智能单元

PLC 含有多智能单元，智能单元本身是一个独立的计算机系统，它有自己的 CPU、系统程序、存储器以及与外界相连的接口。对组合式 PLC，智能单元是 PLC 系统的一个模块，它与 CPU 单元通过系统总线相连接，并在 CPU 单元的协调管理下独立地进行工作（不参与循环扫描）。

目前已开发的常用智能单元有 A/D 单元、D/A 单元、高速计数单元、位置控制单元、PID 控制单元、温度控制单元和各种通信单元等。

第三节 PLC 的工作原理

PLC 与微机在许多方面有相似之处，但其工作方式却与微机有很大不同。微机一般采用等待命令的工作方式，如在常见的键盘扫描方式或 I/O 扫描方式下，当有键按下或 I/O 动作时转入相应的子程序；当无键按下或 I/O 不动作时则继续扫描键盘和 I/O 口。PLC 则采用循环扫描方式，在 PLC 中用户程序按先后顺序存放，CPU 从第一条指令开始执行程序，直至遇到结束符后又返回第一条指令，如此周而复始不断循环。这种工作方式是在系统软件控制下，扫描输入的状态（输入刷新），按用户程序进行运算处理，然后向输出发出相应的控制信号（输出刷新）。

PLC 与继电器控制的重要区别之一就是工作方式不同。继电器是按“并行”方式（即同时执行的方式）工作的，只要形成电流通路，就可能有几个电器同时动

作。而 PLC 是以反复扫描的方式工作的，它循环地连续逐条执行程序，任一时刻只能执行一条指令，这就是说 PLC 是以“串行”方式工作的，可以避免继电器控制的触点竞争和时序失配等问题。

一、PLC 的循环扫描工作方式

PLC 采用循环扫描的工作方式，可以看成是一种由系统软件支持的扫描设备，不论用户程序运行与否，都周而复始地进行循环扫描，并执行系统程序规定的任务。每一个循环所经历的时间称为一个扫描周期，每个扫描周期又分为几个工作阶段，每个阶段完成不同的任务。图 1-3-1 是 CPM1A 系列 PLC 的扫描工作流程图。PLC 循环扫描过程可大体分为四个工作阶段。

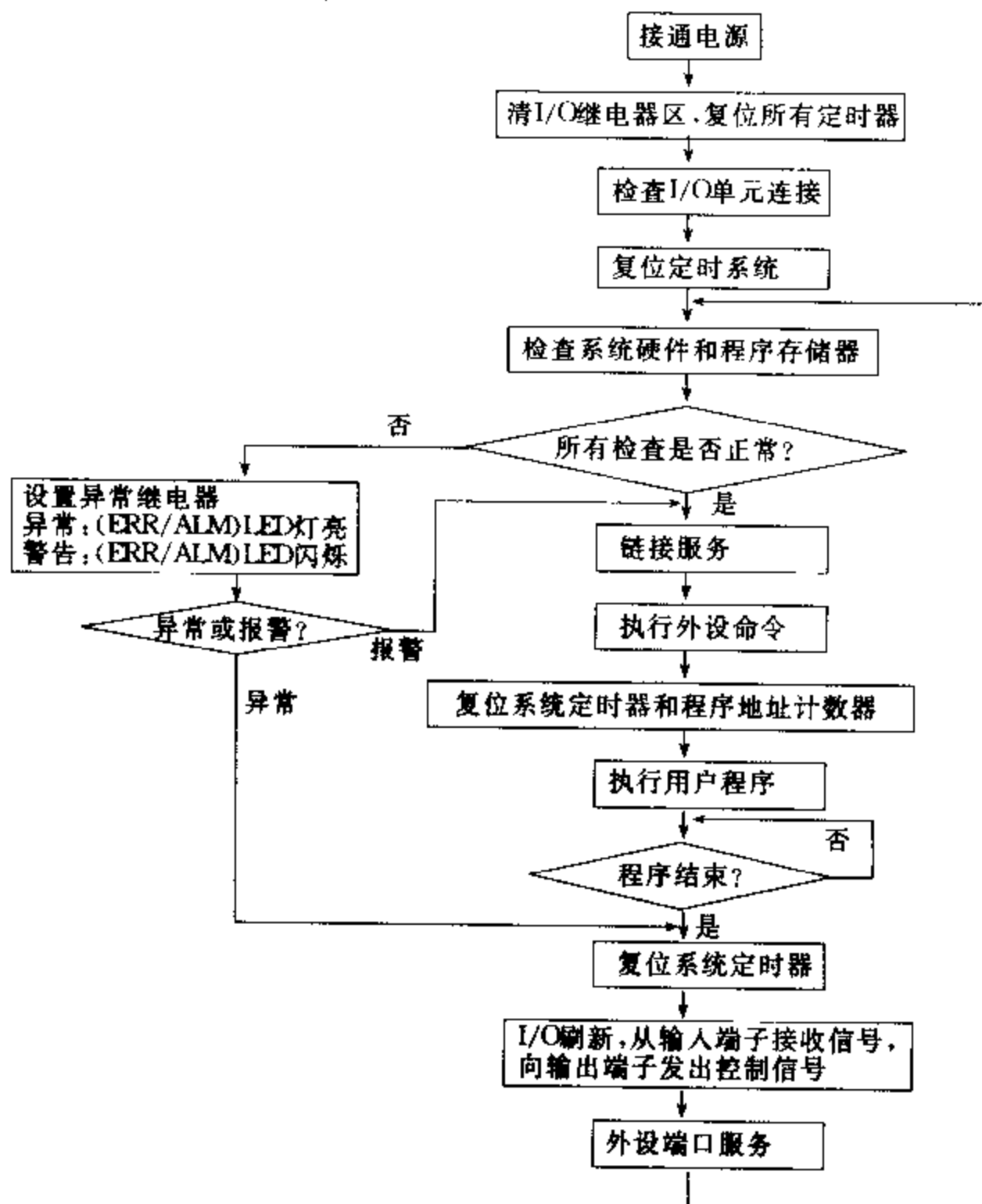


图 1-3-1 PLC 的扫描工作流程图

(一) 自诊断

在每一次扫描开始之前，CPU 都要进行复位监视定时器、硬件检查、用户内存检查等操作。如果有异常情况，一方面启动故障显示灯亮，另一方面判断并显示故障的性质。如果属于一般性故障，则只报警不停机，等待处理。如果属于严重故障，则停止 PLC 运行。自诊断所用的时间一般是固定的，不同机型的 PLC 有所差异。

(二) 执行用户程序

CPU 对用户程序按先左后右、先上后下的顺序逐条地进行解释和执行。CPU 从 PLC 内部对应位置中读出各继电器当前的状态，并根据用户程序给出的逻辑关系进行逻辑运算。

执行用户程序阶段的扫描时间不是固定的，其长短大致由以下三个方面来构成：

(1) 用户程序的语句条数多少不同，所用的扫描时间必然不同。因此，为了减少扫描时间，应使所编写的程序尽量简洁。

(2) 对同一种控制功能若选用不同的指令进行编写，扫描时间会有很大差异。因为有的指令执行时间长，而有的指令执行时间短，所以在实现同样控制功能的情况下，应选择那些执行时间短的指令来编写程序。

(3) 程序中有改变程序流向的指令，如子程序调用指令、跳转指令、中断控制指令等。

(三) I/O 刷新

在 I/O 刷新阶段，CPU 首先从输入电路中读取各输入点的状态，并将此状态写入 PLC 内部。此时 PLC 暂时与外界隔离，无论输入点的状态怎样变化，输入端都将写入的内容保持不变，直到下一个扫描周期的 I/O 刷新阶段，才会写进新内容。然后 CPU 将所有输出继电器的状态（结果）传送到 PLC 的输出端，驱动外部执行元件动作。I/O 刷新阶段的时间长短取决于 I/O 点数的多少。

(四) 外设端口服务

在该阶段，CPU 完成与外设端口连接的外围设备的通信处理。

PLC 完成上述各阶段的处理后，又返回公共处理阶段，周而复始地进行扫描。

PLC 的循环扫描工作方式也为 PLC 提供了一条死循环自诊断功能。在 PLC 内部设置有一个监视定时器，其定时时间可设置为大于用户程序的扫描时间，在每个扫描周期超过的公共处理阶段将监视定时器复位。正常情况下，监视定时器不会动作。如果由于 CPU 内部故障使程序执行进入死循环，此时扫描周期将超过监视定时器的定时时间，这时监视定时器动作使 PLC 停止运行，以提示用户排查故障。

二、PLC 的 I/O 滞后现象

由于 PLC 采用循环扫描工作方式，且对输入和输出信号只在每个扫描周期的

I/O 刷新阶段集中输入并集中输出，所以必然会产生输出信号相对输入信号的滞后现象。扫描周期越长，滞后现象越严重。但一般扫描周期只有十几毫秒，最多几十毫秒，因此滞后现象在慢速控制系统中还是允许的，但在快速响应的控制系统中就成了需要解决的问题。

PLC 产生的 I/O 滞后现象还应考虑下列因素：

(1) 输入滤波器对信号的延迟作用。由于 PLC 的输入电路中设置了滤波器，滤波器的时间常数越大，对输入信号的延迟作用就越强。有的 PLC 输入电路滤波器的时间常数可以调整。

(2) 输出继电器的动作延迟。对继电器输出型的 PLC，从输出继电器发出命令到输出触点的动作，一般需十几毫秒，所以在要求输入/输出有较快响应的场合，最好不要使用继电器输出型的 PLC。

(3) 用户程序语句编排。用户程序的语句编排不当也会影响 I/O 滞后的时间。

对一般工业控制设备或对输入信号变化较慢的系统来说，这种滞后现象是完全允许的。在需要对输出作出快速响应的场合，则可采用快速响应模块、高速计数模块以及中断处理等措施来尽量减少滞后时间。

第四节 PLC 的技术与性能指标

一、PLC 的主要技术指标

(一) I/O 点数

I/O 点数（输入/输出点数）是指 PLC 外部输入、输出端子的总数。I/O 点数越多，外部可接的输入器件和输出器件也就越多，控制规模就越大，这是 PLC 最重要的一项指标。一般按 PLC 点数多少来区分机型的大小。

通常 PLC 的点数是针对开关量逻辑控制的，而 A/D、D/A 通道可通过相应的折算来统计。如果 PLC 采用 16 位的 CPU，则一路 A/D 或 D/A 折算为 16 点 I/O；如果 PLC 采用 32 位的 CPU，则一路 A/D 或 D/A 折算为 32 点 I/O。

(二) 扫描速度

扫描速度反映了 PLC 运行速度的快慢。扫描速度快，意味着 PLC 可运行较为复杂的控制程序，并有可能扩大控制规模和控制功能。因此扫描速度是 PLC 最重要的一项硬件性能指标。

扫描速度一般以执行 1000 步指令所需的时间来衡量，故单位为“毫秒/千步”。有时也以执行一步指令的时间计算，如“毫秒/步”、“纳秒/步”。一般大型 PLC 的扫描速度较快，是因为采用多个高性能 CPU 并行工作的方式运行。

(三) 指令条数

PLC 的指令条数是衡量其软件功能强弱的主要指标。PLC 具有的指令条数越

多，指令种类越丰富，说明其软件功能越强。一般 PLC 具有以下几种类型的指令。

(1) 基本指令，用于逻辑控制，实现各类逻辑和时序控制。

(2) 数据处理指令，用于数据处理，实现对数据的译码、编码、传送、移位等功能。

(3) 数据运算指令，用于数据处理，实现对数据的加、减、乘、除和比较、浮点数运算、逻辑量运算等功能。

(4) 流程控制指令，用于控制复杂的和多个独立功能程序的流程，使程序简练、易读。

(5) 特殊控制指令，用于特殊功能的控制，如 A/D、D/A、通信、高速输入/输出控制、中断控制、PID 控制等。

(6) 系统控制指令，用于监视及记录 PLC 的工作状态，提高系统的可靠性。

(四) 内存容量

系统程序存放在系统程序存储器中，存储容量指用户程序存储器的容量。用户程序存储器的容量决定了 PLC 可以容纳用户程序的长短，一般以字为单位来计算，每 1024 个字为 1K 字。中、小型 PLC 的存储容量一般在 8K 以下，大型 PLC 的存储容量可达到 256K~2M。也有的 PLC 用存放用户程序的指令条数来表示容量。一般情况下，PLC 系统的控制规模越大，其内存容量也越大，此时用户可编制各种大容量且较为复杂的控制程序。

在 PLC 中，程序指令是按“步”存放的（一条指令往往不只一步），一步占用一个地址单元，一个地址单元占用两个字节，如一个内存容量为 1000 步的 PLC 的内存为 2KB。

(五) 内部器件

内部器件包括各种继电器、计数器/定时器、数据存储器等。其种类越多、数量越大，存储各种信息的能力和控制能力就越强。

(六) 高功能模块

PLC 除了主控模块外，还可以配接各种高功能模块。高功能模块的多少及功能强弱往往是衡量 PLC 产品水平高低的一个重要标志。近年来各 PLC 生产厂家都在开发高功能模块上下功夫，从而使高功能模块发展很快，种类日益增多，功能也越来越强。目前已开发的高功能模块主要有 A/D 模块、D/A 模块、高速计数模块、速度控制模块、轴定位模块、温度控制模块、位置控制模块、远程通信模块、高级语言编辑模块以及各种物理量转换模块等。

高功能模块使得 PLC 既可以进行开关量的开环控制，也可以进行模拟量的闭环控制，能进行精确的定位和速度控制，可与编程器、计算机、可编程终端、打印机及其他控制设备进行通信和数据交换，还可直接用高级语言进行编程，为用户提供强有力的控制和编程工具。

(七) 支持软件

为了便于对 PLC 的编程和监控,各 PLC 生产厂家相继开发出各类计算机支持的编程和监控软件。性能优越的 PLC 支持软件可方便地实现用户软件的编制和修改,同时也可对 PLC 的工作状态进行有效监控。

目前 PLC 支持软件主要有编程软件和监控软件。编程软件要求适合当前常用的 PLC 语言,如助记符语言、梯形图语言、流程图语言等。尽管 PLC 常用的语言是一致的,但各厂家开发的编程软件是不通用的。例如:OMRON 开发了基于 Windows 的 CPT 编程软件;松下电工开发了基于 Windows 的 FPSOFT 编程软件;西门子的 Step5 编程软件是厂家开发出的独立的 PLC 语言和编程软件;GE-FANUC 公司开发了可用 C 语言实现对 PLC 进行编程的专用转换软件,是用高级语言编程的用户编程软件。另外,有些 PLC 生产厂家还开发了专用监控软件,如松下电工的 PCWAY 监控软件,可利用 Windows 界面和 Excel 工具栏创建各种人机对话的监控界面。

(八) 扩展能力

大部分 PLC 利用 I/O 扩展单元进行 I/O 点数的扩展,有的 PLC 利用各种功能模块进行功能扩展。

二、OMRON 系列产品的主要性能指标

OMRON 公司有很多 PLC 系列产品,其性能指标各不相同。表 1-4-1 给出了 OMRON 系列产品中几项主要性能指标。

表 1-4-1 OMRON 系列产品的主要性能指标

型号	最大 I/O 点数	程序容量	数据存储容量	指令条数	处理速度(μ s)
CV2000	2048	62K	24K	170	0.125~0.375
C2000H	2048	30.8K	6656	174	0.4~2.4
CV1000	1024	62K	24K	170	0.125~0.375
C1000H	1024	30.8K	4096	174	0.4~2.4
CVM1	1024	30K	24K	170	0.125~0.375
CV500	512	30K	8K	170	0.15~0.45
C200HX/HG/HE	1184	31.2K	6144	245	0.1
C200HS	480	15.2K	6144	239	0.375~1.125
C200H	480	6.6K	2000	173	0.75~2.25
CQM1	128~192	3.2~7.2K	1~6K	118	0.5~1.5
CPM1-30CDR-A	50	2048	1024	134	0.72~16.3
CPM1-20CDR-A	40	2048	1024	134	0.72~16.3
CPM1-10CDR-A	30	2048	1024	134	0.72~16.3

续表

型号	最大 I/O 点数	程序容量	数据存储容量	指令条数	处理速度(μ s)
C60H	240	2878	1000	130	0.75~2.25
C40H	160	2878	1000	130	0.75~2.25
C28H	148	2878	1000	130	0.75~2.25
C20H	140	2878	1000	130	0.75~2.25
C60P	148	1194	64	37	4~95
C40P	128	1194	64	37	4~95
C28P	148	1194	64	37	4~95
C20P	140	1194	64	37	4~95
C20	140	1194	64	27	4~80
SP20	20	250		28	0.2~0.72
SP16	16	250		38	0.2~0.72
SP10	10	100		34	0.2~0.72

注：处理速度为执行一条指令所对应的时间。

三、常见 PLC 的性能指标

常见 PLC 的基本性能见表 1-4-2 所示。

表 1-4-2 常见 PLC 基本性能一览表

公司	型号	最大开 关量 I/O	最大模 拟量 I/O	扫描速度 (毫秒/千步)	程序存 储容量 (字节)	数据存 储容量 (字节)	高级 语言	运动 控制	PID 功能
GE FANUC 通用电气	GE ONE / E	112	24	12	1.7K		•		
	GE-90 20 / 211	28		18	1K	256			
	GE-90 30 / 311	80	96	18	3K	512			•
	GE-90 30 / 331	512	192	0.4	8K	2K	•		•
	GE-90 90 / 771	2048	1024	0.4	256K	16K	•	•	•
	GE-90 90 / 781	12K	4K	0.4	256K	16K	•	•	•
MITSUBISHI 三菱	F1	120		12	1K	128		•	
	FX2	256		0.74	8K	3308		•	
	AIS	256		1	8K			•	
	A2C	512		1.25	8K			•	
	A3M	2048		0.2	30K		•	•	•
	A3A	2048		0.15	60K			•	•

续表

公 司	型 号	最大开 关量 I/O	最大模 拟量 I/O	扫描速度 (毫秒/千步)	程序存 储容量 (字节)	数据存 储容量 (字节)	高级 语言	运动 控制	PID 功能
SIEMENS 西门子	S7 -200	64	20	0.8	4K	2K	•		•
	S7 -300	512	64	0.3	24K		•		•
	S5 -100U	256	32	1.6	20K	20K	•		•
	S5 -115U	2048	128	18	42K	42K	•	•	•
	S5 -135U	2048	192	1.1	64K	64K	•	•	•
	S5 155U	10000	384	1.4	2M	2M	•	•	•
TE (TELEMEC- ANIQUE)	TSX 47-30	512	32	0.4	56K		•	•	•
	TSX 47-40	1042	32	0.5	112K		•	•	•
	TSX 67-40	2048	128	0.5	224K		•	•	•
	TSX 87-40	2048	256	0.32	352K		•	•	•
	TSX 107-40	2048	256	0.32	352K		•	•	•
WESTING HOUSE 西屋	PC -1100	128	16	7	3.5K	1796			•
	PC -503	256	32	2	10K	2K	•		•
	PC - 700	512	64	7	8K	1796			•
	HPPC- 1700	8192	512	1	224K	32K			•

注：“•”表示具有相应的功能。

第二章 欧姆龙 C 系列 P 型 PLC 的指令系统

欧姆龙 C 系列 P 型 PLC 的指令系统分成两大类：基本指令和专用（功能）指令。

基本指令是指直接对输入、输出点进行简单操作的指令，它包括逻辑操作（“与”、“或”、“非”等）指令和输出指令等，在编程器的键盘上设有与基本指令的符号和助记符相同的键，输入基本指令时，只要按下对应的键即可。

专用（功能）指令也称特殊指令，它包括数据处理、运算和程序控制等指令。由于专用指令很丰富，在编程器上没有对应的键盘，为了便于在编程器上输入程序，每一条专用指令都对应一个功能代码（两位数字），书写时用圆括号括起来，放在专用指令的助记符后面。在编程输入专用指令时，先按“FUN”键，再按功能代码即可。

第一节 结构与内部器件

一、结构特点

（一）外形结构

1. 主机

C28P 的主机面板如图 2-1-1 所示，输入和输出各有一个对应接线的端子。其中输入点（输入端子）16 个，输出点（输出端子）12 个。

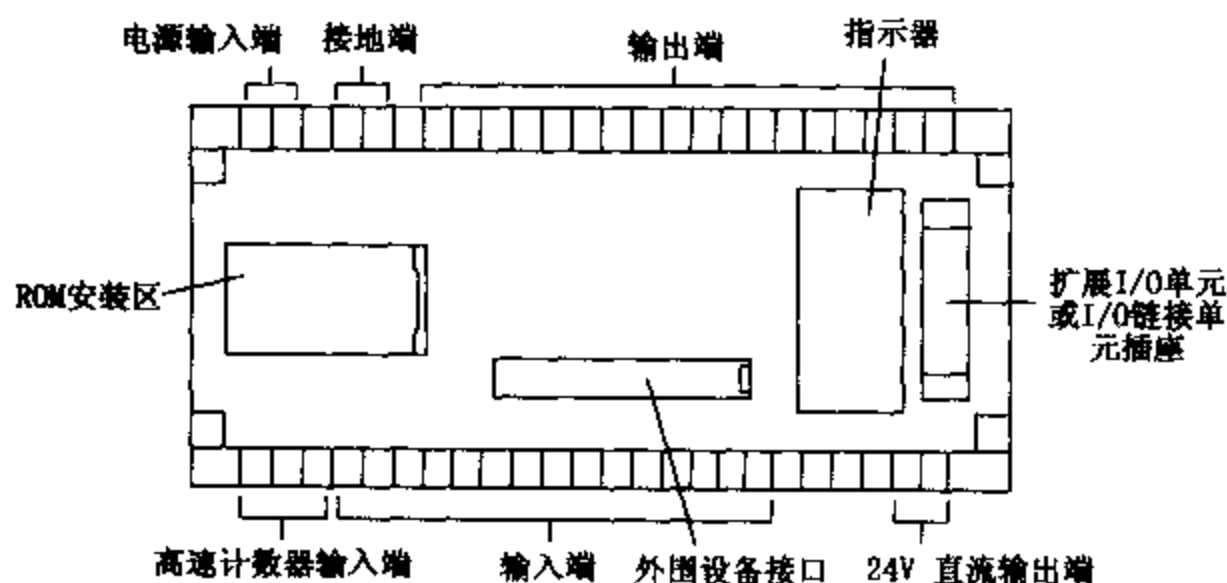


图 2-1-1 C28P 主机面板

2. 扩展单元

扩展单元在外观上与主机相似，C20P 扩展单元面板如图 2-1-2 所示。扩展单元左右都有“CPU 或 I/O 链接单元插座”，可根据施工现场的要求，任意选用其中之一，与对应的“CPU 左/右选择开关”配合使用。

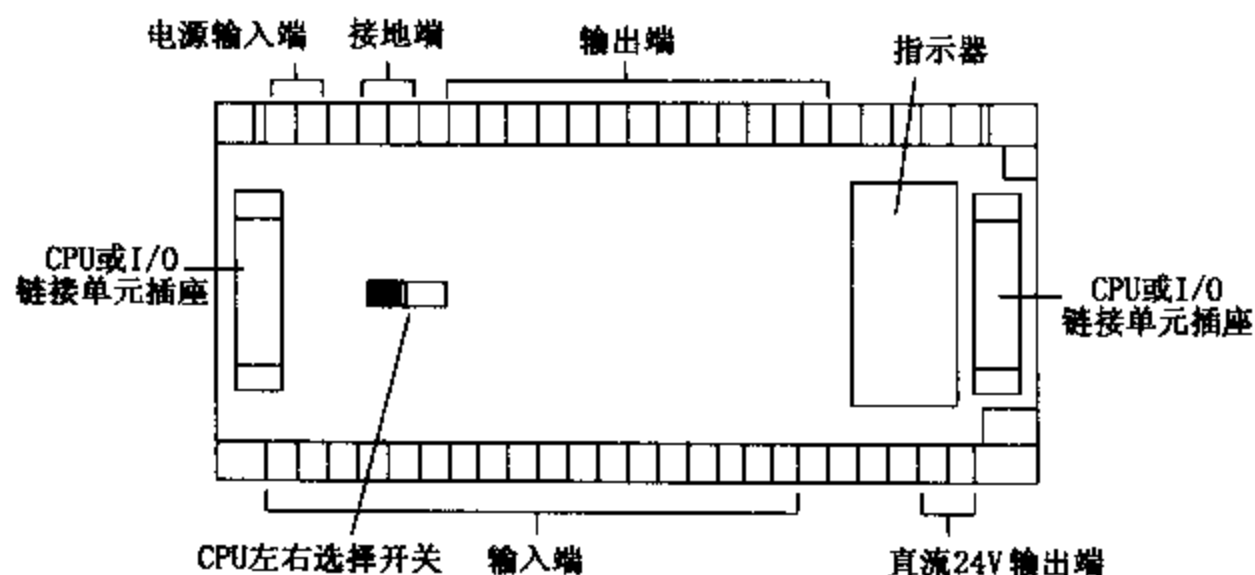


图 2-1-2 C20P 扩展单元

3. 外围设备

PLC 的外围设备很多，图 2-1-3 为 C 系列小型机使用的外围设备。编程器是最常用的编程设备，可直接插在主箱体上，用螺丝钉固定，也可用电缆与 PLC 主机连接。如果将梯形图程序直接送入机内，必须采用图形编程器。

(二) 技术指标

1. C28、C40 机标准模块（见表 2-1-1）

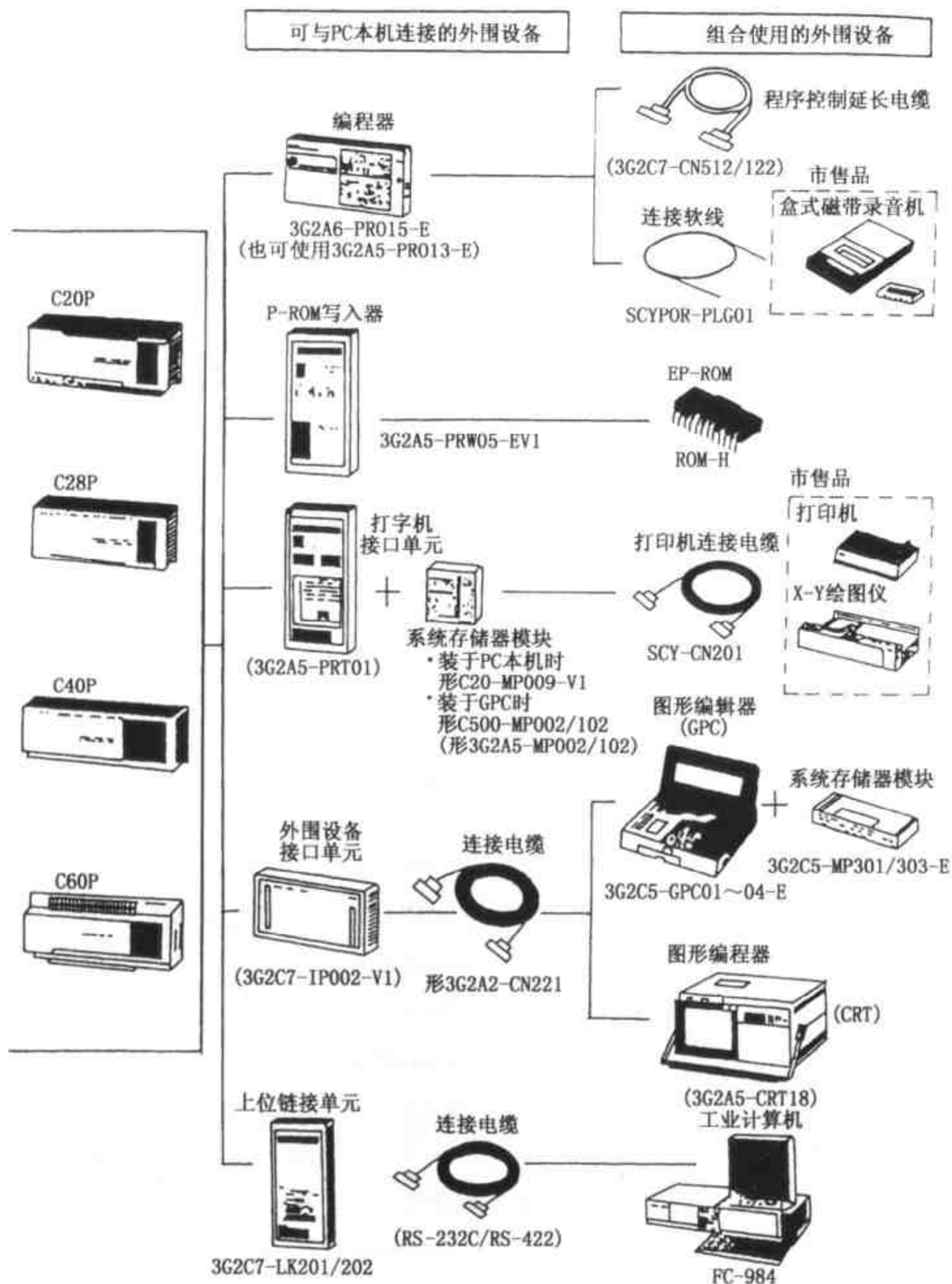


图 2-1-3 C 系列小型机外围设备

表 2-1-1 欧姆龙 C28、C40 机标准模块

单元名称	电源电压	输入	输出	型号
C28P CPU	AC100~240V	DC24V 16 点	继电器 2A	C28P-CDR-A
			晶体管 0.5A	C28P-CDT-A
			晶体管 1A	C28P-CDT1-A
			双向晶闸管 0.2A	C28P-CDS-A
			双向晶闸管 1A	C28P-CDS1-A
		DC24V 2 点 AC100V 14 点	继电器 2A	C28P-CAR-A
			双向晶闸管 1A	C28P-CAS1-A
C40P CPU	AC100~240V	DC24V 24 点	继电器 2A	C40P-CDR-A
			晶体管 0.5A	C40P-CDT-A
			晶体管 1A	C40P-CDT1-A
			双向晶闸管 0.2A	C40P-CDS-A
			双向晶闸管 1A	C40P-CDS1-A
		DC24V 2 点 AC100V 22 点	继电器 2A	C40P-CAR-A
			双向晶闸管 1A	C40P-CAS1-A
C28P 扩展 I/O 单元	AC100~240V	DC24V 24 点	继电器 2A	C40P-EDR-A
			晶体管 0.5A	C40P-EDT-A
			晶体管 1A	C40P-EDT1-A
			双向晶闸管 0.2A	C40P-EDS-A
			双向晶闸管 1A	C40P-EDS1-A
		AC100V 24 点	继电器 2A	C40P-EDR-A
			双向晶闸管 1A	C40P-EAS1-A
C40P 扩展 I/O 单元	AC100~240V	DC24V 24 点	继电器 1A	C28P-EDR-A
			晶体管 0.5A	C28P-EDT-A
			晶体管 1A	C28P-EDT1-A
			双向晶闸管 0.2A	C28P-EDS-A
			双向晶闸管 1A	C28P-EDS1-A
		AC100V 24 点	继电器 2A	C28P-EAR-A
			双向晶闸管 1A	C28P-EAS1-A

2. CPU 特性 (见表 2-1-2)

表 2-1-2 C 系列 P 型机 CPU 特性

主要控制元件	MPU, C-MOS, LS-TTL
编程方式	梯形图
指令长度	1 地址
指令数	37 种
执行时间	10 μ s/指令 (平均)
存储容量	1194 地址
内部辅助继电器	136 点 (1000~1807), 1807 在使用高速计数器时用做软复位
特殊辅助继电器	16 点 (1808~1907), 常通、常断, 电池失效, 起始扫描 0.1s 脉冲、0.2s 脉冲、1.0s 脉冲等
保持继电器	160 点 (HR000~915)
暂存记忆继电器	8 点 (TR0~7)
数据记忆通道	64 点 (DM00~63), 使用高速计数器时, DM32~63 用于上下限设定区
定时器 / 计数器数	48 (TIM、TIMH、CNT 和 CNTR 的总和) TIM00~47 (0~999.9s) TIMH00~47 (0~999.9s) CNT00~47 (0~999 个数) CNTR00~47 (0~999 个数) 使用高速计数器时, CNT47 用于现行值计数
高速计数器	计数输入: 0000 硬复位输入: 0001 最高响应频率: 2kHz 设定值范围: 0000~9999 输出数: 16 点 (高速计数器可由硬复位或软复位)
记忆保存	保持继电器、计数器现行值和数据寄存器内容, 具有停电记忆功能
电池寿命	25℃ 时使用 5 年 高于 25℃ 时, 使用寿命将缩短 当 ALARM 灯亮后, 在一周内更换新电池
自检功能	CPU 失效 (监视钟)、存储器失效、I/O 总线失效、电池失效等
程序检查	程序检查 (在 RUN 操作开始执行) END 指令丢失、JMP - JME 错误、线圈重复使用、电路错误、DIFU/DIFD 溢出错误、IL/ILC 错误

3. 输入特性 (见表 2-1-3)

表 2-1-3 C 系列 P 型机输入特性

	DC 输入 (光电隔离)	AC 输入 (光电隔离)
电源电压	DC24 (1±10%) V	AC(100~120) $\frac{11}{13}$ V, 50/60Hz
输入阻抗	3k Ω	9.7 k Ω (50Hz), 8 k Ω (60Hz)
输入电流	7mA	10mA
ON 电压	DC 15V (max)	AC 60V (max)
OFF 电压	DC 5V (min)	AC 20V (max)
ON 延时	2.5ms(max)(输入继电器 0000 和 0001;0.15ms)	35ms(max)
OFF 延时	2.5ms(max)(输入继电器 0000 和 0001;0.15ms)	55ms (max)

4. 输出特性 (见表 2-1-4)

表 2-1-4 C 系列 P 型机输出特性

	ON 延时	OFF 延时	最大开关容量	最小开关容量
继电器 (光电隔离)	15ms (max)	15ms (max)	2A/AC250V 2A/DC24V (P. f=1) 4A/4 公共端, 6 A/8 公共端, 12A(C20P), 16A (C28P), 20A (C40P), 28A(60P)/ 单元	10mA, DC 5V
晶体管* (光电隔离)	15ms (max)	15ms (max)	0.5A, DC5~24V	10mA, DC 5V 饱和电压 1.5V(max)
双向晶闸管** (光电隔离)	15ms (max)	负载频率的 1/2+1ms(max)	1A/点, AC85~250V 1.6~4A, 4 公共端	100mA, AC100V 20mA, AC200V

注: * 表示漏电流 100mA (max), (DC24V), 管压降 1.5V (max)。

** 表示漏电流 20 μ A(max)/AC200V, 5mA(max)/AC100V; 管压降 1.5V(max)。

二、内部器件

(一) 输入/输出继电器

1. 输入继电器

输入继电器是用来接收 PLC 外部开关信号的“窗口”，是程序只读存储器，也就是说它只能由外部信号驱动，而不能被程序指令驱动。P 型机的输入继电器加装

I/O 扩展后最多可占有 5 个通道，其编号为 00~04 通道，每个通道有 16 个继电器。也就是说，输入继电器最多可有 80 个，其编号从 0000 到 0415，见表 2-1-5 所示。

表 2-1-5 输入继电器编号

点数	继电器号									
	0000~0415									
80	00 通道		01 通道		02 通道		03 通道		04 通道	
	00	08	00	08	00	08	00	08	00	08
	01	09	01	09	01	09	01	09	01	09
	02	10	02	10	02	10	02	10	02	10
	03	11	03	11	03	11	03	11	03	11
	04	01	04	12	04	12	04	12	04	12
	05	13	05	13	05	13	05	13	05	13
	06	14	06	14	06	14	06	14	06	14
	07	15	07	15	07	15	07	15	07	15

2. 输出继电器

输出继电器是用来传送信号到外部负载的器件，是可读可写的存储器。输出继电器有一个外部输出动合触点，按照程序的执行结果而被驱动，在其内部有许多动合触点供编程时使用。P 型机的输出继电器加装 I/O 扩展后最多可占有 5 个通道，其编号为 05~09 通道，每个通道有 16 个输出继电器，但这 16 个输出继电器中编号 12~15 是用来执行 PLC 内部操作的内部辅助继电器，所以 PLC 实际能处理的输出继电器是 12 个。最大输出继电器的数目为 60 个，其编号从 0500 到 0911，见表 2-1-6 所示。

表 2-1-6 输出继电器编号

点数	0500~0911									
	05 通道		06 通道		07 通道		08 通道		09 通道	
60	00	08	00	08	00	08	00	08	00	08
	01	09	01	09	01	09	01	09	01	09
	02	10	02	10	02	10	02	10	02	10
	03	11	03	11	03	11	03	11	03	11
	04		04		04		04		04	
	05		05		05		05		05	
	06		06		06		06		06	
	07		07		07		07		07	

(二) 内部继电器

内部继电器不能直接驱动外部设备，但可由 PLC 中各种触点驱动。内部继电器包括内部辅助继电器、保持继电器、暂存继电器和数据存储继电器。

1. 内部辅助继电器

内部辅助继电器在适当的指令作用下，可以使继电器建立起一定的逻辑关系，其功能相当于继电器-接触器系统中的中间继电器。P 型机共有 136 个内部辅助继电器，通道从 10~18，其编号从 1000~1807，见表 2-1-7 所示。

表 2-1-7 内部辅助继电器编号

点数	继 电 器 编 号									
136	1000~1807									
	10 通道		11 通道		12 通道		13 通道		14 通道	
	00	08	00	08	00	08	00	08	00	08
	01	09	01	09	01	09	01	09	01	09
	02	10	02	10	02	10	02	10	02	10
	03	11	03	11	03	11	03	11	03	11
	04	01	04	12	04	12	04	12	04	12
	05	13	05	13	05	13	05	13	05	13
	06	14	06	14	06	14	06	14	06	14
	07	15	07	15	07	15	07	15	07	15
	15 通道		16 通道		17 通道		18 通道			
	00	08	00	08	00	08	00			
	01	09	01	09	01	09	01			
	02	10	02	10	02	10	02			
	03	11	03	11	03	11	03			
	04	01	04	12	04	12	04			
	05	13	05	13	05	13	05			
	06	14	06	14	06	14	06			
	07	15	07	15	07	15	07			

2. 保持继电器

保持继电器 (HR) 具有掉电保护的功能。当控制对象需要保存掉电前的状态，以便在 PLC 恢复工作时再现这些状态时，就要使用保持继电器。保持继电器

共有 160 个，通道号从 HR0~HR9，其编号从 HR000~HR915，见表 2-1-8 所示。

表 2 1 8 保持继电器编号

点数	继 电 器 编 号									
160	HR000~915									
	HR0 通道		HR1 通道		HR2 通道		HR3 通道		HR4 通道	
	00	08	00	08	00	08	00	08	00	08
	01	09	01	09	01	09	01	09	01	09
	02	10	02	10	02	10	02	10	02	10
	03	11	03	11	03	11	03	11	03	11
	04	01	04	12	04	12	04	12	04	12
	05	13	05	13	05	13	05	13	05	13
	06	14	06	14	06	14	06	14	06	14
	07	15	07	15	07	15	07	15	07	15
	HR5 通道		HR6 通道		HR7 通道		HR8 通道		HR9 通道	
	00	08	00	08	00	08	00	08	00	08
	01	09	01	09	01	09	01	09	01	09
	02	10	02	10	02	10	02	10	02	10
	03	11	03	11	03	11	03	11	03	11
	04	01	04	12	04	12	04	12	04	12
	05	13	05	13	05	13	05	13	05	13
	06	14	06	14	06	14	06	14	06	14
	07	15	07	15	07	15	07	15	07	15

3. 暂存继电器

C 系列 P 型机有 8 个暂存继电器 (TR)，其编号从 TR0~TR7，暂存继电器可以不按顺序进行分配，在同一程序段中不能重复使用相同的暂存继电器编号，但在不同的程序段中可以使用。

4. 数据存储继电器

数据存储继电器 (DM) 通道号为 DM00~DM63，它不能以单独的点来使用，而要以通道号 (数据区、DM) 为单位来使用。DM 区具有掉电保护功能。

(三) 专用内部辅助继电器

P 型机有 16 个专用内部辅助继电器 (1808~1907)，它们是内部辅助继电器 18

通道的左字节和 19 通道的右字节，分别用来表示 PLC 的工作状态。它们的功能和编号如下：

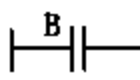
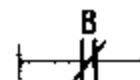
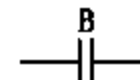
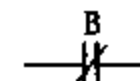
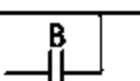
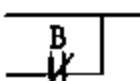
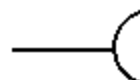
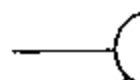
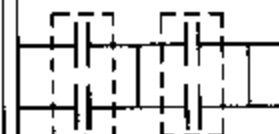
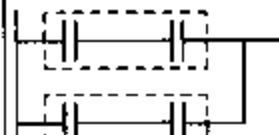
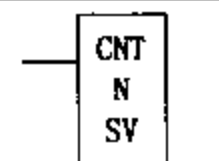
- (1) 继电器 1808——用于对电池电压低时的报警，电池失效时接通 (ON)。
- (2) 继电器 1809——一般处于断开状态，为常开继电器，只有当扫描时间超过 100ms (小于 130ms) 时接通 (ON)。
- (3) 继电器 1810——常开继电器，当使用高速计数指令，并在输入继电器 0001 收到复位信号时闭一个扫描周期。
- (4) 继电器 1811——常开继电器。
- (5) 继电器 1812——常开继电器。
- (6) 继电器 1813——常闭继电器。
- (7) 继电器 1814——常开继电器。
- (8) 继电器 1815——PLC 开始运行时，闭合一个扫描周期，作初始化处理。
- (9) 继电器 1900——产生 0.1s 的时钟脉冲，即每隔 50ms 接通 50ms。
- (10) 继电器 1901——产生 0.2s 的时钟脉冲，即每隔 0.1s 接通 0.1s。
- (11) 继电器 1902——产生 1s 的时钟脉冲，即每隔 0.5s 接通 0.5s。
- (12) 继电器 1903——算术运算出错标志，当运算结果不以 BCD 码 (用 16 位二进制代码表示 4 位十进制数) 形式输出时，此继电器接通 (ON)。
- (13) 继电器 1904——进位标志，数值运算有进位/借位时接通 (ON)。
- (14) 继电器 1905——比较两个操作数，当第一个操作数大于第二个操作数时接通 (ON)。
- (15) 继电器 1906——比较两个操作数，当第一个操作数等于第二个操作数时接通 (ON)，在算术运算结果为 0 时，也接通 (ON)。
- (16) 继电器 1907——比较两个操作数，当第一个操作数小于第二个操作数时接通 (ON)。

第二节 基本指令

一、指令的格式、逻辑符号和编程操作

C 系列 P 型机的基本指令有 12 条，其格式、逻辑符号和编程操作如表 2-2-1 所示。

表 2-2-1 基本指令的格式、逻辑符号和编程操作

指令	格式	逻辑符号	功能	编程操作
LD	LD B		逻辑操作的开始, 将动合触点与母线连接	LD + 继电器编号
LD-NOT	LD-NOT B		逻辑操作的开始, 将动断触点与母线连接	LD-NOT + 继电器编号
AND	AND B		逻辑“与”操作, 串联动合触点	AND + 继电器编号
AND-NOT	AND-NOT B		逻辑“与非”操作, 串联动断触点	AND-NOT + 继电器编号
OR	OR B		逻辑“或”操作, 并联动合触点	OR + 继电器编号
OR-NOT	OR-NOT B		逻辑“或非”操作, 并联动断触点	OR-NOT + 继电器编号
OUT	OUT B		输出逻辑运算结果	OUT + 继电器编号
OUT-NOT	OUT-NOT B		输出逻辑运算的“非”	OUT-NOT + 继电器编号
AND-LD	AND-LD		触点组逻辑“与”操作	AND-LD
OR-LD	OR-LD		触点组逻辑“或”操作	OR-LD
TIM	TIM N SV		按延时设定值进行延时操作	TIM + 继电器编号 # + 设置数
CNT	CNT N SV		计数操作	CNT + 继电器编号 # + 设置数

二、使用注意事项

(1) 使用 LD 或 LD-NOT 指令是指一个程序执行的开始, 它们分别对应逻辑

行从动合或动断开始。

(2) OUT 和 OUT NOT 指令可以连续并联使用, 次数不限, 但不能用于驱动输入继电器。

(3) AND-LD 和 OR-LD 用于串联和并联两个或两个以上触点的触点组 (也称为“块”), 每个电路要独立编程。

(4) 使用一般编程法: 串联 (或并联) 的触点组 (块) 是无限的。

(5) 使用集中编程法串联 (或并联) 的触点组 (块) 不能超过 8 个, 因为机器中存放这种指令的堆栈设计时只有 8 级, 所以 AND-LD (或 OR-LD) 只能出现 8 次。

(6) 使用 TIM 指令时应注意:

① TIM 指令中 SV 延时范围 $0 \sim 999.9s$, 定时单位为 $0.1s$, 即 $(0 \sim 9999) \times 0.1s$ 。例如定时设定值 SV 为 0030, 则设定时间为 $30 \times 0.1s = 3s$ 。

② TIM 指令在其输入端断开 (OFF) 时复位, 无论数值为多少, 都将返回预置数 (其触点恢复原始状态)。

③ 电源掉电时, 定时器复位, 记时的当前值恢复为初始设定值。

④ TIM 指令和后面要介绍的 CNT (计数) 指令的编号不能重复使用, 因为二者共同占有 48 个 (00~47) 编号。

⑤ TIM 指令的预置数使用输入、输出、内部辅助、保持继电器通道的内容作为设定值时, 这些继电器通道的内容必须是十进制数 (BCD 码)。

(7) 使用 CNT 指令时应注意:

① 指令设定范围 SV 为 $1 \sim 9999$ 。

② CNT 指令的 R 为复位端, 当其输入端接通时, 断开计数器的对外输出, 同时将计数器的当前值恢复到设定值 (装入设定值)。

③ 任何情况下, R 端优先执行。

④ 掉电时, 计数器保留当前值, 这是执行 CNT 指令和执行 TIM 指令的不同之处。

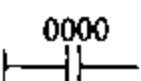
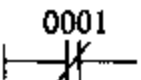
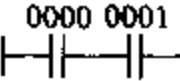
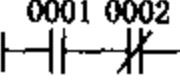
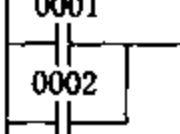
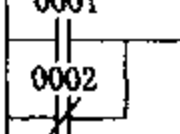
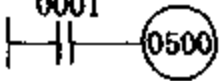
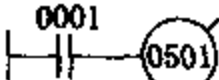
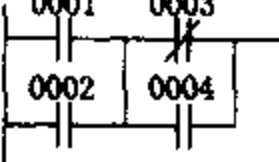
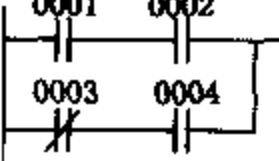
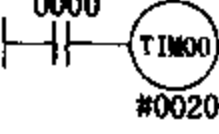
⑤ 可设定的 CNT 编号不能和 TIM 编号重复。

⑥ CNT 指令的设定值使用输入、输出、内部辅助和保持继电器通道中的内容作为设定值时, 这些继电器通道的内容必须为十进制数 (BCD 码)。

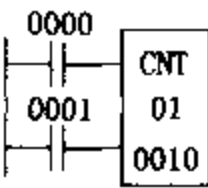
三、基本指令的编程格式

C 系列 P 型机基本指令的编程格式如表 2-2-2 所示。

表 2-2 2 基本指令的编程格式

指令	梯形图	指令表		
		序号	指令	数据 (地址)
LD		1	LD	0000
LD-NOT		1	LD NOT	0001
AND		1	LD	0000
		2	AND	0001
AND-NOT		1	LD	0001
		2	AND-NOT	0002
OR		1	LD	0001
		2	OR	0002
OR-NOT		1	LD	0001
		2	OR-NOT	0002
OUT		1	LD	0001
		2	OUT	0500
OUT-NOT		1	LD	0001
		2	OUT-NOT	0501
AND-LD		1	LD	0001
		2	OR	0002
		3	LD-NOT	0003
		4	OR	0004
		5	AND-LD	—
OR-LD		1	LD	0001
		2	AND	0002
		3	LD-NOT	0003
		4	AND	0004
		5	OR-LD	—
TIM		1	LD	0000
		2	TIM	00 #0020

续表

指令	梯形图	指令表		
		序号	指令	数据 (地址)
CNT		1	LD	0000
		2	LD	0001
		3	CNT	01
				# 0010

四、编程实例

例 1 将梯形图 2-2-1 所示程序改写成指令表程序。
指令表程序见表 2-2-3。

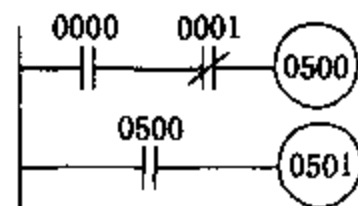


图 2-2-1 梯形图 (· ·)

表 2-2-3 图 2-2-1 的指令表程序

步序	操作码 (助记符)	操作数参数	说明
1	LD	0 0 0 0	动合触点 0000 接到母线上
2	AND-NOT	0 0 0 1	串联动断触点 0001
3	OUT	0 5 0 0	输出继电器 0500 输出
4	LD	0 5 0 0	动合触点 0500 接到母线上
5	OUT	0 5 0 1	输出继电器 0501 输出

例 2 图 2-2-2 (a) 为“一灯双控”电气控制线路图, 为实现两地可同时控制一盏灯, 使用了两只双联开关。分析如何使用 PLC 实现“一灯双控”。

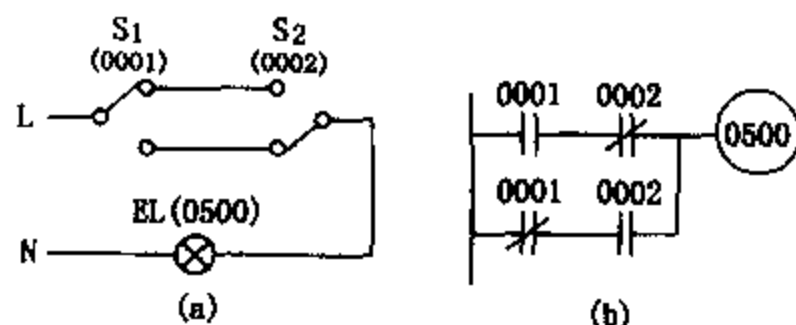


图 2-2-2 “一灯双控”电路

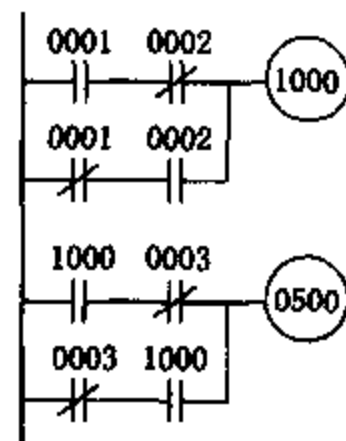


图 2-2-3 “一灯三控”电路

若采用 PLC 控制, 可使用两只单联开关, 分别控制 0001 和 0002 两个输入点, 将灯接到输出点 0500 上, 输入图 2-2-2 (b) 所示梯形图即可完成“一灯双控”要求。图中, 当 0001 为“1”、0002 为“0”时, 上支路接通, 0500 输出为“1”; 当

0001 为“0”、0002 为“1”时，下支路接通，0500 输出为“1”。

“一灯三控”如图 2-2-3 所示，其中 0001、0002 和 0003 分别对应三个单联开关的输入点，0500 对应灯的输出点。

例 3 将图 2-2-4 所示梯形图程序改写成指令表程序。

指令表程序见表 2-2-4。

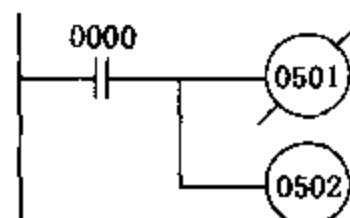


图 2-2-4 梯形图 (二)

表 2-2-4 图 2-2-4 的指令表程序

步序	操作码(助记符)	操作数参数	说明
1	LD	0 0 0 0	动合触点 0000 接到母线上
2	OUT-NOT	0 5 0 1	输出继电器 0501 内容取反输出
3	OUT	0 5 0 2	输出继电器 0502 输出

例 4 将图 2-2-5 所示梯形图转换成指令表程序。

该梯形图应使用 AND-LD 指令，对于三个以上触点组的串联（并联触点组也同样成立），可有两种编程方式，分别为一般编程法（指令表程序 1）和集中编程法（指令表程序 2）。

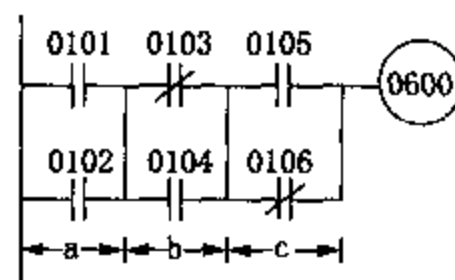


图 2-2-5 梯形图 (三)

一般编程法（指令表程序 1）：

1	LD	0 1 0 1	6	LD	0 1 0 5
2	OR	0 1 0 2	7	OR-NOT	0 1 0 6
3	LD-NOT	0 1 0 3	8	AND-LD	—
4	OR	0 1 0 4	9	OUT	0 6 0 0
5	AND-LD	—			

按一般编程法（指令表程序 1），每写完两个触点组，紧接着就编写 AND-LD 指令，然后接着写第三个触点组，再写一个 AND-LD 指令。在程序中将三个触点组分别设为 a、b、c，按一般编程法编程，PLC 运行的结果是先处理 a、b 两个触点组（即 $a \times b$ ），然后将 $(a \times b)$ 看成一个新触点组与 c 触点组处理，即 $(a \times b) \times c$ 。

集中编程法（指令表程序 2）：

1	LD	0 1 0 1	5	LD	0 1 0 5
2	OR	0 1 0 2	6	OR-NOT	0 1 0 6
3	LD-NOT	0 1 0 3	7	AND-LD	—
4	OR	0 1 0 4	8	AND-LD	—
			9	OUT	0 6 0 0

按集中编程法（指令表程序 2），将三个触点组先都写完，然后连续编写两个 AND-LD 指令。这种编程方式在 PLC 运行的逻辑结果与一般编程法（指令表程序 1）是一致的，但在具体执行过程中却不同，它是先处理 b、c 两个触点组（即 $b \times c$ ）

c), 然后将 $(b \times c)$ 看成一个新触点组与 a 触点组处理, 即 $(b \times c) \times a$ 。

这两种编程指令程序执行中先后次序的不同, 是因为集中编程法启用了存放指令的堆栈寄存器的下层空间, 而一般编程法只启用堆栈寄存器的第一层。也就是说集中编程法将指令按 a、b、c 顺序压入堆栈寄存器, 当 a、b、c 从堆栈中弹出时按“先入后出”原则进行, 所以最先弹出是 c 和 b, 然后才是 a, 那么执行指令的结果为 $b \times c$, 然后才进行 $(b \times c) \times a$ 的处理。

例 5 将图 2-2-6 所示 一般编程法 (指令表程序 1):

梯形图转换成指令表程序。

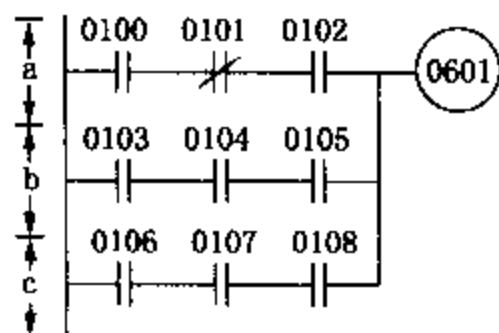


图 2-2-6 梯形图 (四)

使用 OR-LD 指令同样有两种编程方式, 分别为一般编程法和集中编程法。

集中编程法 (指令表程序 2):

1	LD	0 1 0 0		7	LD	0 1 0 6	
2	AND-NOT	0 1 0 1	a	8	AND	0 1 0 7	c
3	AND	0 1 0 2		9	AND	0 1 0 8	
4	LD	0 1 0 3		10	OR-LD	—	b+c
5	AND	0 1 0 4	b	11	OR-LD	—	(b+c)+a
6	AND	0 1 0 5		12	OUT	0 6 0 1	

例 6 将图 2-2-7 所示梯形图转换成指令表程序。

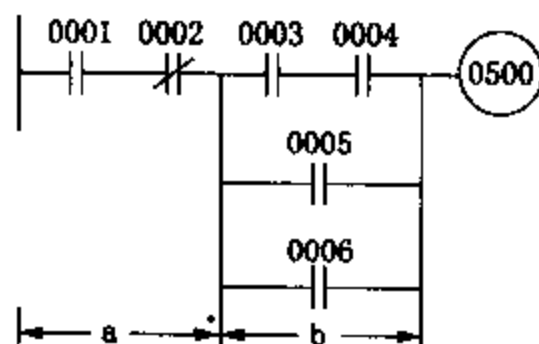


图 2-2-7 梯形图 (五)

指令表程序:

1	LD	0 0 0 1	
2	AND-NOT	0 0 0 2	a
3	LD	0 0 0 3	
4	AND	0 0 0 4	b
5	OR	0 0 0 5	
6	OR	0 0 0 6	
7	AND-LD		$(a \times b)$
8	OUT	0 5 0 0	
9	END		

例 7 将图 2-2-8 所示梯形图转换成指令表程序。

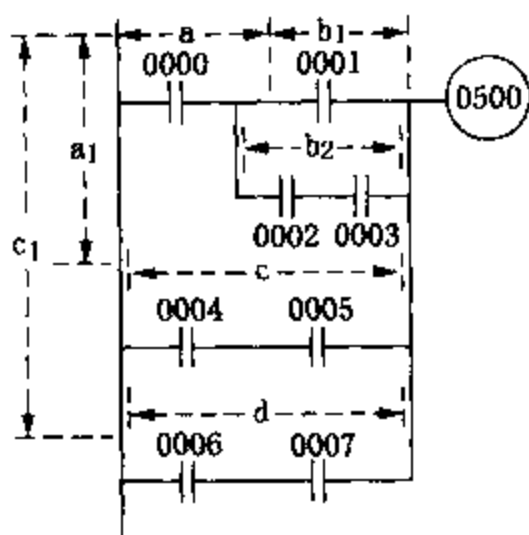


图 2-2-8 梯形图 (六)

指令表程序:

1	LD	0 0 0 0	a
2	LD	0 0 0 1	b ₁
3	LD	0 0 0 2	b ₂
4	AND	0 0 0 3	
5	OR-LD		b ₁ + b ₂
6	AND-LD		(b ₁ + b ₂) × a = a _t
7	LD	0 0 0 4	c
8	AND	0 0 0 5	
9	OR-LD		c + a _t = c _t
10	LD	0 0 0 6	d
11	AND	0 0 0 7	
12	OR-LD		d + c _t
13	OUT	0 5 0 0	
14	END		

例 8 将图 2-2-9 所示梯形图转换成指令表程序。

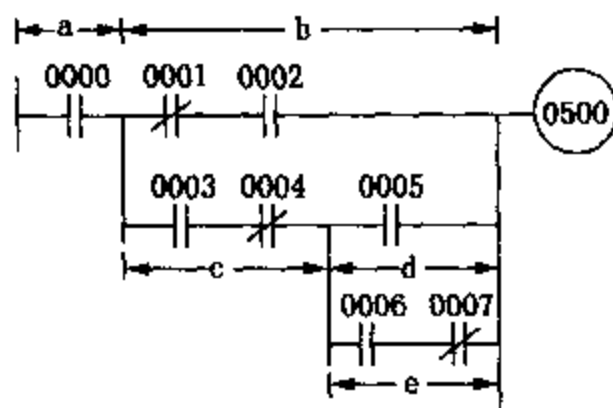


图 2-2-9 梯形图 (七)

指令表程序:

1	LD	0 0 0 0	a	9	OR-LD	d + e
2	LDNOT	0 0 0 1	b	10	AND-LD	(d + e) × c
3	AND	0 0 0 2		11	OR-LD	(d + e) × c + b
4	LD	0 0 0 3	c	12	AND-LD	[(d + e) × c + b] × a
5	AND-NOT	0 0 0 4		13	OUT	0 5 0 0
6	LD	0 0 0 5	d	14	END	
7	LD	0 0 0 6	e			
8	AND-NOT	0 0 0 7				

例 9 分析图 2-2-10 (a) 所示梯形图工作原理, 并将其转换成指令表程序。

梯形图中输入继电器 0001 闭合后接通定时器, 执行 TIM 指令, 8.3s 后定时器输出, 其动合触点 TIM00 闭合, 输出继电器 0500 输出。该梯形图具有得电延时功能。

上述程序波形图如图 2-2-10 (b) 所示, 0001 闭合时小于延时设定值 (如果接

通时间为 4s)，则 TIM00 和 0500 无输出。

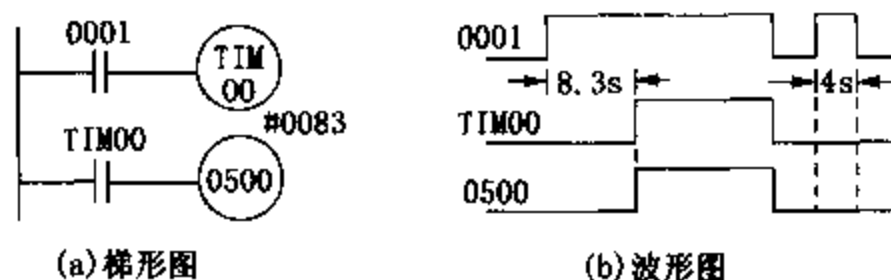


图 2-2-10 TIM 的使用 (一)

指令表程序：

1	LD	0 0 0 1	3	LD	TIM 0 0
2	TIM	0 0	4	OUT	0 5 0 0
		# 0 0 8 3			

例 10 分析图 2-2-11 (a)

所示梯形图的工作原理。

梯形图中输入继电器 0002 闭合，一方面接通定时器，执行 TIM 指令；另一方面输出继电器 0501 输出 8.3s 后定时器输出，其动断触点 TIM01 断开，输出继电器 0501 断电复位（不输出），对应的波形图如图 2-2-11 (b) 所示。

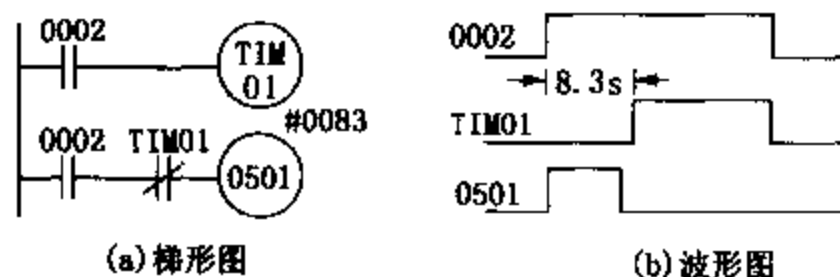


图 2-2-11 TIM 的使用 (二)

例 11 分析图 2-2-12 所示梯形图和波形图的工作原理，并将其转换成指令表程序。

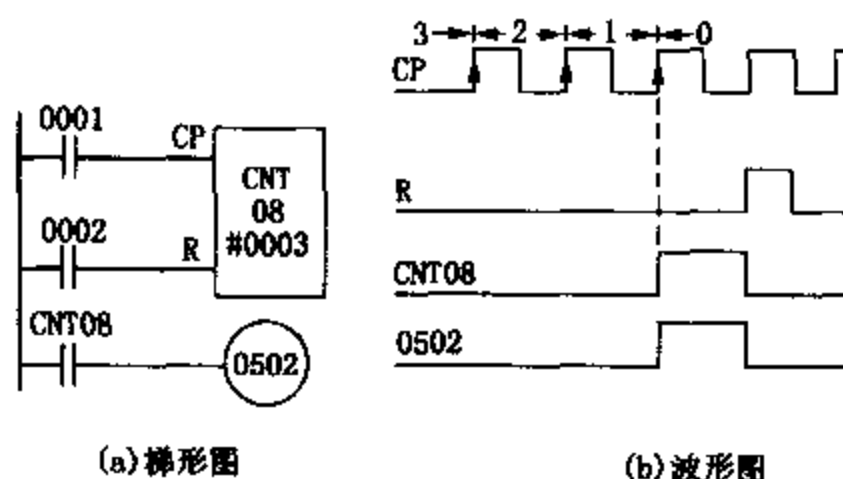


图 2-2-12 CNT 的使用

CNT 指令设定值（预置数）SV 为 0003，即 3 个脉冲（与脉冲宽度无关），CP 端每输入一个脉冲，设定值减 1，当其输入 3 个脉冲时，计数器中的设定值为 0000，其动合触点 CNT03 闭合，输出继电器 0502 产生输出。当复位端 R 接通时，计数器断开对外输出，输出继电器 0502 断开输出。

指令表程序:

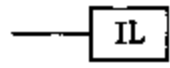
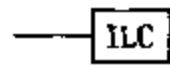
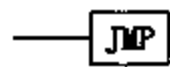
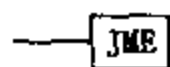
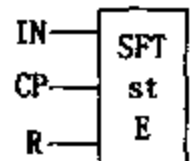
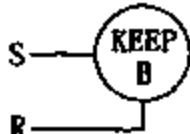
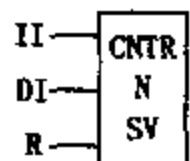
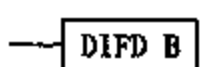
1	LD	0 0 0 1	4	LD	CNT 0 8	0 5 0 2
2	LD	0 0 0 2	5	OUT		
3	CNT	0 8				
		# 0 0 0 3				

第三节 专用（功能）指令

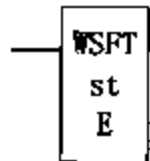
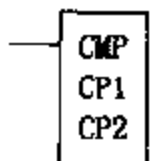
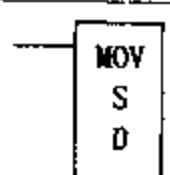
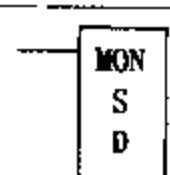
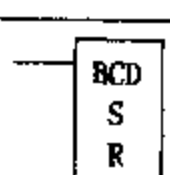
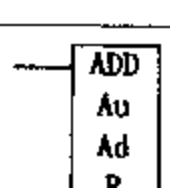
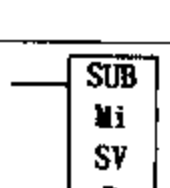
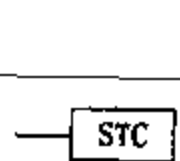
一、指令的格式、逻辑符号和编程操作

C列P型机的专用指令有25条，其格式、逻辑符号和编程操作如表2-3-1所示。

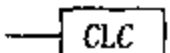
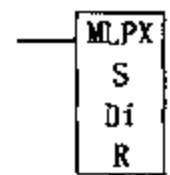
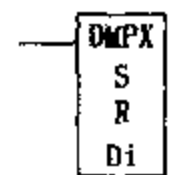
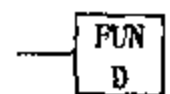
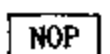
表 2-3-1 专用指令的格式、逻辑符号、功能和编程操作

指令	格式	逻辑符号	功能	编程操作
END	END		全部程序结束	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{0} + \boxed{1}$
IL	IL		分支指令	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{0} + \boxed{2}$
ILC	ILC		分支结束指令	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{0} + \boxed{3}$
JMP	JMP		跳转指令	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{0} + \boxed{4}$
JME	JME		跳转结束指令	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{0} + \boxed{5}$
SFT	SFT st E		移位	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{1} + \boxed{0} + \text{起始继电器编号}$ $\boxed{\#} + \text{结束继电器编号}$
KEEP	KEEP B		保持	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{0} + \boxed{0} + \text{继电器编号}$
CNTR	CNTR N SV		可逆计数	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{1} + \boxed{2} + \text{继电器编号}$ $\boxed{\#} + \text{设置数}$
DIFU	DIFU B		上升微分	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{1} + \boxed{3} + \text{继电器编号}$
DIFD	DIFD B		下降微分	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{1} + \boxed{4} + \text{继电器编号}$

续表

指令	格式	逻辑符号	功能	编程操作
TIMH	TIMH N SV		高速接通 延时	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{1} + \boxed{5} + \text{继电器编号}$ $\boxed{\#} + \text{设置数}$
WSFT	WSFT st E		字移位	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{1} + \boxed{6} + \text{起始继电器编号}$ $\boxed{\#} + \text{结束继电器编号}$
CMP	CMP CP1 CP2		数据比较	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{2} + \boxed{0} + \text{比较数据 1}$ $\boxed{\#} + \text{比较数据 2}$
MOV	MOV S D		数据传送	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{2} + \boxed{1} + \text{源通道号}$ $\boxed{\#} + \text{目的通道号}$
MON	MON S D		数据求反 传送	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{3} + \boxed{2} + \text{源通道号}$ $\boxed{\#} + \text{目的通道号}$
BIN	BIN S R		数据转换 指令	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{2} + \boxed{3} + \text{源通道号}$ $\boxed{\#} + \text{目的通道号}$
BCD	BCD S R		数据转换	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{2} + \boxed{4} + \text{源通道号}$ $\boxed{\#} + \text{目的通道号}$
ADD	ADD Au Ad R		加法	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{3} + \boxed{0} + \text{被加数通道号}$ $\boxed{\#} + \text{加数通道号}$ $\boxed{\#} + \text{结果通道号}$
SUB	SUB Mi SV R		减法	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{3} + \boxed{1} + \text{被减数通道号}$ $\boxed{\#} + \text{减数通道号}$ $\boxed{\#} + \text{结果通道号}$
STC	STC		强制置 1	$\boxed{\text{FUN}} + \boxed{4} + \boxed{0}$

续表

指令	格式	逻辑符号	功能	编程操作
CLC	CLC		清除	$[FUN] + [4] + [1]$
MLPX	MLPX S Di R		译码	$[FUN] + [2] + [6] + \text{源通道继电器号}$ # + 标志位 # + 结果通道号
DMPX	DMPX S R Di		编码	$[FUN] + [7] + [7] + \text{源通道继电器号}$ # + 标志位 # + 结果通道号
FUN (98)	FUN (98)		高速计数	$[FUN] + [9] + [8] + \text{继电器号}$
NOP	NOP		空操作	$[NOP]$

二、使用注意事项

(1) END 指令总是作为程序的最后一条指令。若程序结尾没有该条指令，在运行或监视程序时，显示器将显示“ON END INST”错误信息。

(2) 使用 IL 和 ILC 指令时应注意：

①接在分支母线上的触点都以 LD (或 LD-NOT) 指令开始。

②IL 和 ILC 指令必须在一段程序的首尾，允许嵌套使用，使用次数不受限制，但不能交叉使用，如图 2-3-1 所示。

③ILC 指令可使它后面的 LD (或 LD-NOT) 返回到原来的公共母线上。

④当 IL 指令前的逻辑关系接通时，IL 和 ILC 指令之间的程序执行。当 IL 指令前的逻辑关系断开时，IL 和 ILC 指令之间的程序不执行，此时它们之间的继电器状态是不同的，即输出继电器和内部辅助继电器断开；定时器复位；计数器、移位寄存器和保持继电器保持当前状态。

(3) 使用 JMP 和 JME 指令时应注意：

①接在 JMP 指令以后的触点都使用 LD (或 LD-NOT) 指令。

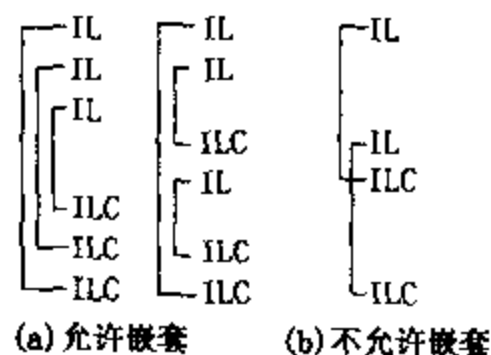


图 2-3-1 IL 与 ILC 指令的嵌套使用

②JMP 和 JME 指令在用户程序（即梯形图或指令表）中最多可重复使用 8 次。

③一般要求 JMP 和 JME 成对出现，否则程序检查时会有 JMP-JME 错误信息出现，但不影响程序的正常执行。图 2-3-2 所示为两个 JMP 共用一个 JME 的例子。

④JMP 和 JME 之间不能使用高速计数指令。

⑤注意 JMP-JME 和 IL-ILC 指令之间的区别如下：

(a) 如图 2-3-3 所示，0200 从接通到断开时，执行 JMP/JME 指令的 0600 保持原状态，而执行 IL/ILC 指令的 0600 恢复原状态。

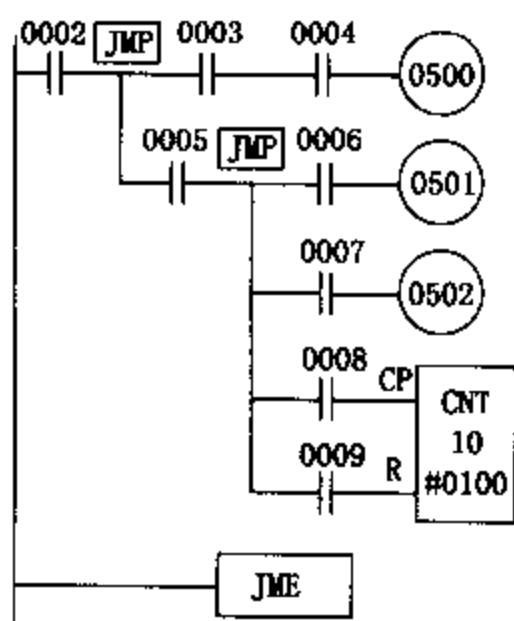


图 2-3-2 JMP 与 JME 的使用

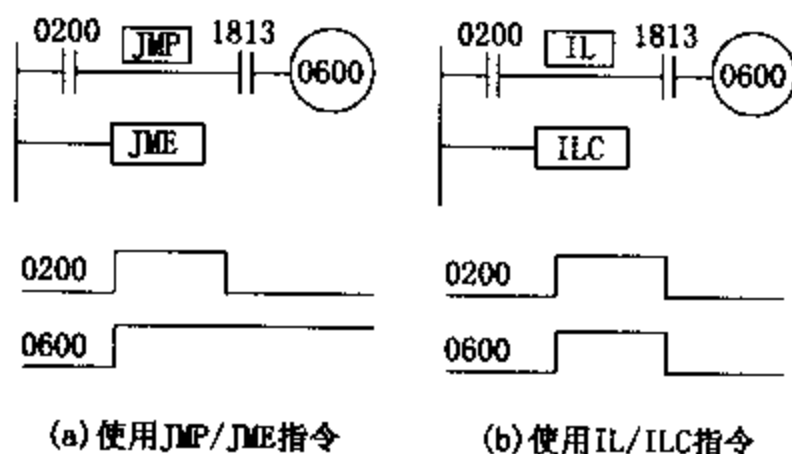


图 2-3-3 JMP/JME 与 IL/ILC 的区别（一）

(b) JMP/JME 之间定时器的当前值在 0200 为断开时保持不变 (40T)；而 IL/ILC 指令之间定时器从当前值 0200 处断开时复位为 40，如图 2-3-4 所示。

(c) 在程序中，JMP/JME 只可使用 8 次，而 IL/ILC 的使用次数不受限制。

(d) JMP/JME 之间不能使用高速计数指令 FUN (98)。

(4) 使用 SFT 指令时应注意：

①一个 SFT 指令指定的继电器必须是同一通道编号相连的继电器，指令允许几个通道串联使用，被移位的继电器通道号必须从小到大设定。

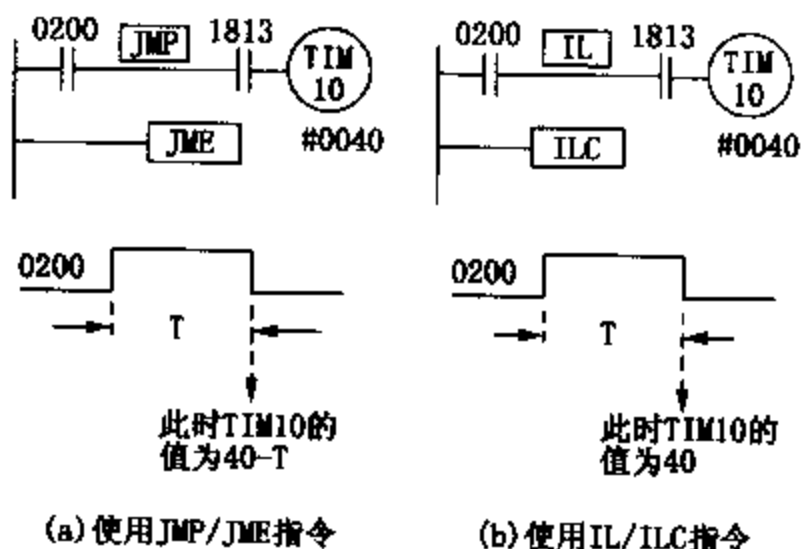


图 2-3-4 JMP/JME 与 IL/ILC 的区别（二）

②任何情况下，复位端（R）信号优先执行，即在复位端有输入的情况下，移位寄存器不接受 CP 端的输入数据。

③输入数据（IN）在时钟脉冲（CP）前沿移位，每个 CP 移位一个寄存器。

④数据输入端（IN）接通时，移位串行输入为“1”。数据输入端（IN）断开时，移位串行输入为“0”。

（5）使用 KEEP 指令时应注意：

①KEEP 指令在置位输入端接通时，所指定的继电器接通；在复位输入端接通时，所指定的继电器断开；在置位输入和复位输入同时接通时，复位端输入信号优先。

②电源断电时，KEEP 指令指定的继电器若为内部辅助继电器，则其随之断开；若为保持继电器（HR000～HR915），则保持原状态不变。

（6）使用 CNTR 指令时应注意：

①当计数器当前值为设定值时，在加 1 计数输入端再加 1，计数器的当前值为 0000；当计数器当前值为 0000 时，在减 1 计数输入端再减 1，计数器的当前值为设定值，可见该指令相当于一个环行可逆计数器。

②在开始执行 CNTR 指令或复位端 R 为 ON 时，可逆计数指令的当前值为 0000，加 1 或减 1 操作在此基础上进行。

③当加 1 端（II）或减 1 端（DI）信号的上升沿同时到来时，CNTR 指令不作加 1 或减 1 操作。

④CNTR 指令的设定值必须是 4 位 BCD 码，使用通道设置时必须注意，否则将不能运行 CNTR 指令。

（7）使用 DIFU、DIFD 指令时应注意：

①DIFU、DIFD 指令都是实现在程序循环扫描过程中某些只需执行一次的指令，不同之处在于上升沿还是下降沿触发。

②DIFU 和 DIFD 指令可以单独使用，也可同时使用。单独使用时没有什么限制，当同时使用在一个程序中时，最多可使用 48 次，否则编程器会显示“DIF OVER”错误信息，并把第 49 个 DIFU 或 DIFD 作废。

（8）使用 TIMH 指令时应注意：

①TIMH 指令接通延时范围为 0～99.99s，定时单位为 0.01s。

②若 PLC 指令扫描周期大于 10ms，则 TIMH 指令不能执行。

（9）使用 WSFT 指令时应注意：

①内部辅助继电器只允许使用到 17 通道，1800～1807 只有 8 位，不允许参加移位。

②数据存储区只允许使用 DM00～DM31。DM32～DM63 不允许使用，因为这些通道为特殊 I/O 单元提供的参数区，由系统写入或用户编程器的通道修改方式写入，这一切都在用户程序执行前完成，在使用这些用户程序时，只可读取该区域

中的参数。

③执行 WSFT 指令时, 首末通道必须是同类的通道, 并且首通道号不得大于末通道号。

(10) 在使用 STC 和 CLC 指令时应注意, 若结果通道继电器 (R) 的内容为逻辑 0, 则这两条指令均不执行。因为在结果通道继电器为 0 时, 说明操作 (加法或减法) 结果不需进位和借位。

(11) 使用 FUN (98) 高速计数指令软件和硬件复位时应注意:

①硬件复位 (置 0)。将 DIP 开关 (在 PLC 内部) 的第 7、8 位置为 “ON” 有效。硬件复位时, 输入点 0001 作为高速计数器的复位输入端。当 0001 变为 ON 时, 把 CPU 内部的高速计数器计数缓冲区置为 0000 (计数器复位), 这时计数器输入信号 (计数脉冲由 0000 点输入) 无效。

②软件复位 (置 0)。软件复位利用内部辅助继电器 1807 进行, 当 1807 接通时, 计数器停止计数, 高速计数器的当前值变为 0000, 这时从输入点 0000 输入的计数信号无效。

③硬件置 “0” 和软件置 “0” 信号可以同时使用, 这时它们要并行接入。

④FUN (98) 高速计数指令开始时, 内部计数缓冲器传送到高速计数器的计数值存放单元 CNT47 (此时 CNT47 为专用) 中去。传送数值后, 用此值与预置在 DM32~DM63 中的上、下限值进行比较, 如果数值相等 (计数值在上、下限范围内), 则被指定为输出通道的相应的继电器接通, 所以在对高速计数器编程时, 必须指定一个通道作为高速计数器的输出。

⑤执行高速计数指令的上、下限设定值存放在 DM32~DM63 中, 表 2-3-2 中的 “S” 表示 CNT47 的当前值, “D” 表示使用的输出通道 (16 个点)。

表 2-3-2 DM32~DM63 与 S、D 的关系

下限值	上限值	高速计数当前值	D 的置位点
DM32	DM33	DM32 的内容 $\leq S \leq$ DM33 的内容	00
DM34	DM35	DM34 的内容 $\leq S \leq$ DM35 的内容	01
DM36	DM37	DM36 的内容 $\leq S \leq$ DM37 的内容	02
DM38	DM39	DM38 的内容 $\leq S \leq$ DM39 的内容	03
DM40	DM41	DM40 的内容 $\leq S \leq$ DM41 的内容	04
DM42	DM43	DM42 的内容 $\leq S \leq$ DM43 的内容	05
DM44	DM45	DM44 的内容 $\leq S \leq$ DM45 的内容	06
DM46	DM47	DM46 的内容 $\leq S \leq$ DM47 的内容	07
DM48	DM49	DM48 的内容 $\leq S \leq$ DM49 的内容	08
DM50	DM51	DM50 的内容 $\leq S \leq$ DM51 的内容	09

续表

下限值	上限值	高速计数当前值	D 的置位点
DM52	DM53	DM52 的内容 $\leq S \leq$ DM53 的内容	10
DM54	DM55	DM54 的内容 $\leq S \leq$ DM55 的内容	11
DM56	DM57	DM56 的内容 $\leq S \leq$ DM57 的内容	12
DM58	DM59	DM58 的内容 $\leq S \leq$ DM59 的内容	13
DM60	DM61	DM60 的内容 $\leq S \leq$ DM61 的内容	14
DM62	DM63	DM62 的内容 $\leq S \leq$ DM63 的内容	15

⑥上、下限设定值必须是 4 位 BCD 码, 从 0000~9999, 即使不是 BCD 码, 继电器 1903 也不接通 (正常情况下, 当算术运算结果不以 BCD 码形式输出时, 1903 继电器接通)。

⑦在设置上、下限时, 下限值一定要小于上限值。如果设定的值是 0000, 在高速计数复位时, 对应的输出点接通。如果从上限到下限所占有的时间很短, 小于 CPU 的扫描时间, 那么高速计数器虽然计数了, 但是相应的输出点可能没有反应。

⑧FUN (98) 高速计数指令的最大响应速度是 2kHz, 由于开始信号、软件置“0”信号和对应的输出信号都由软件处理, 因此响应要慢一个扫描周期。

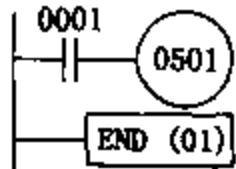
⑨计数信号的脉宽应大于 0.25ms (2kHz), 且占空比应为 1:1, 否则频率高于 2kHz, 高速计数的速度低于被计的输入脉冲, 无法响应。

⑩使用 FUN (98) 高速计数指令时, 下列资源只能专用: 输入点 0000 (计数输入用); 输入点 0001 (硬件置“0”用); 内部辅助继电器 1807 (软件置“0”用); TIM/CNT47 (当前计数值); DM32~DM63 (上、下限设置值)。若电源断电, 则高速计数器保持掉电前的计数值。

三、专用指令的编程格式

C 系列 P 型机的专用指令的编程格式如表 2-3-3 所示。

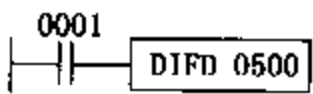
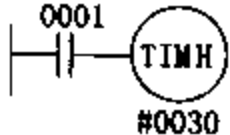
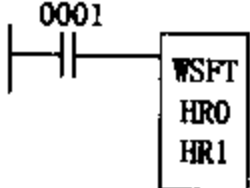
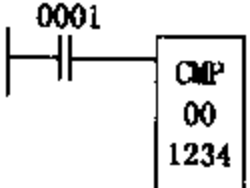
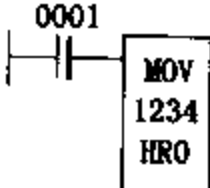
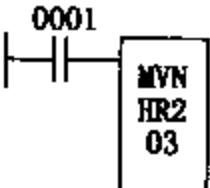
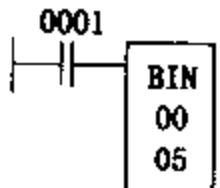
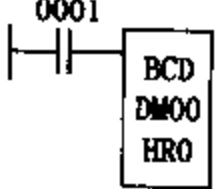
表 2-3-3 专用指令编程格式

指令	梯形图	指令表		
		序号	指令	数据 (地址)
END		1	LD	0001
		2	OUT	0501
		3	END	—

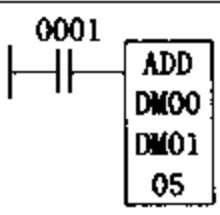
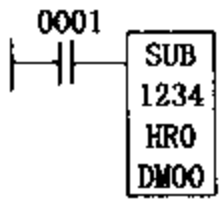
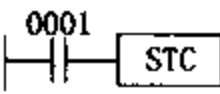
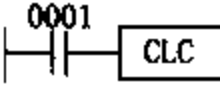
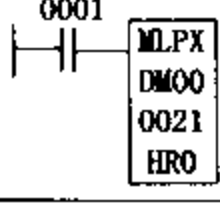
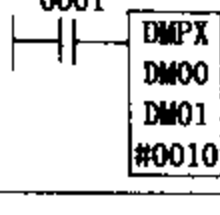
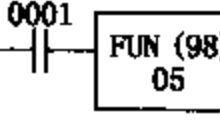
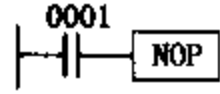
续表

指令	梯形图	指令表		
		序号	指令	数据 (地址)
IL, ILC		1	LD	001
		2	IL	—
		3	LD	0002
		4	OUT	0500
		5	LD	0003
		6	OUT	0501
		7	ILC	—
JMP, JME		1	LD	0001
		2	JMP	
		3	LD	0002
		4	OUT	0500
		5	JME	
SFT		1	LD	0001
		2	LD	0002
		3	LD	0003
		4	SFT	15 17
KEEP		1	LD	0001
		2	LD	0002
		3	KEEP	0601
CNTR		1	LD	0001
		2	LD	0002
		3	LD	0003
		4	ONT	01 #0005
DIFU		1	LD	0001
		2	DIFU	0500

续表

指令	梯形图	指令表		
		序号	指令	数据 (地址)
DIFD		1	LD	0001
		2	DIFD	0500
TIMH		1	LD	0001
		2	TINH	01 #0030
WSFT		1	LD	0001
		2	WSFT	HR0 HR1
CMP		1	LD	0001
		2	CMP	00 #1234
MOV		1	LD	0001
		2	MOV	1234 HR0
MVN		1	LD	0001
		2	MVN	HR2 03
BIN		1	LD	0001
		2	BIN	00 05
BCD		1	LD	0001
		2	BCD	DM00 HR0

续表

指令	梯形图	指令表		
		序号	指令	数据 (地址)
ADD		1	LD	0001
		2	RCD	DM00 DM01 05
SUB		1	LD	0001
		2	SUB	1234 HR0 DM00
STC		1	LD	0001
		2	STC	
CLC		1	LD	0001
		2	CLC	
MLPX		1	LD	0001
		2	MLPX	DM00 0021 HR0
DMPX		1	LD	0001
		2	DMPX	DM00 DM01 #0010
FUN (98)		1	LD	0001
		2	FUN (98)	05
NOP		1	LD	0001
		2	NOP	

四、编程实例

例 1 将图 2-3-5 所示梯形图转换成指令表程序。
指令表程序见表 2-3-4。

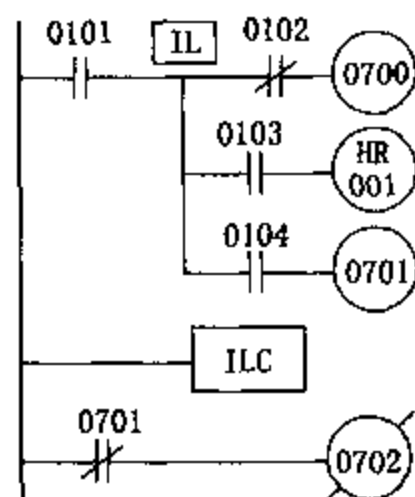


图 2-3-5 IL/ILC 的使用 (一)

表 2 3-4 图 2-3-5 的指令表程序

序号	指令助记符	器件号	说 明
1	LD	0 1 0 1	动合触点 0101 接在母线上
2	IL		产生分支, 建立新母线
3	LD-NOT	0 1 0 2	动合触点 0102 接在新母线上
4	OUT	0 7 0 0	输出继电器 0700 输出
5	LD	0 1 0 3	动合触点 0103 接在新母线上
6	OUT	HR001	保持继电器 HR001 输出
7	LD	0 1 0 4	动合触点 0104 接在新母线上
8	OUT	0 7 0 1	输出继电器 0701 输出
9	ILC		结束新母线, 返回母线
10	LD-NOT	0 7 0 1	输出继电器动断触点 0701 接在母线上
11	OUT-NOT	0 7 0 2	输出继电器 0702 求反输出

例 2 分析图 2-3-6 所示梯形图, 并写出梯形图的指令表程序。

指令表程序:

1	LD	0 1 0 0	5	LD	0 1 0 2
2	IL		6	LD	0 1 0 3
3	LD	0 1 0 1	7	CNT	2 0
4	OUT	TIM10			#0 0 0 3
		#0 0 0 4	8	ILC	

程序工作情况见图 2-3-6 (b) 所示波形图。

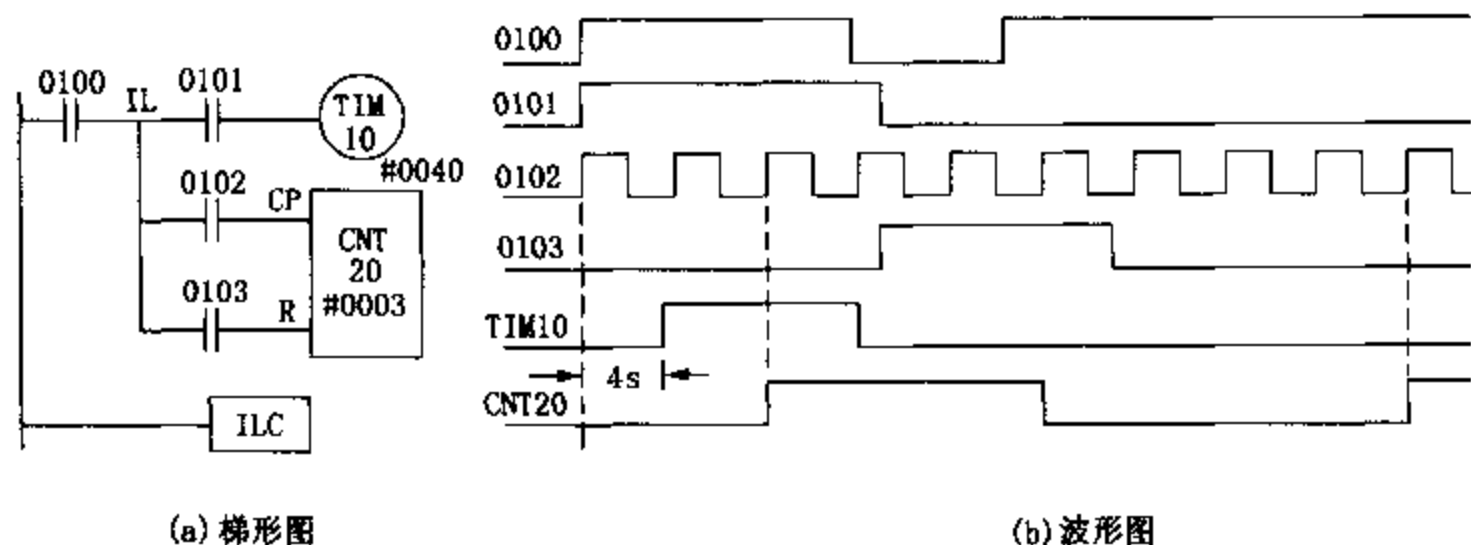


图 2-3-6 IL/ILC 的使用 (二)

例 3 分析图 2-3-7 所示梯形图和波形图的工作原理，并写出与梯形图对应的指令表程序。

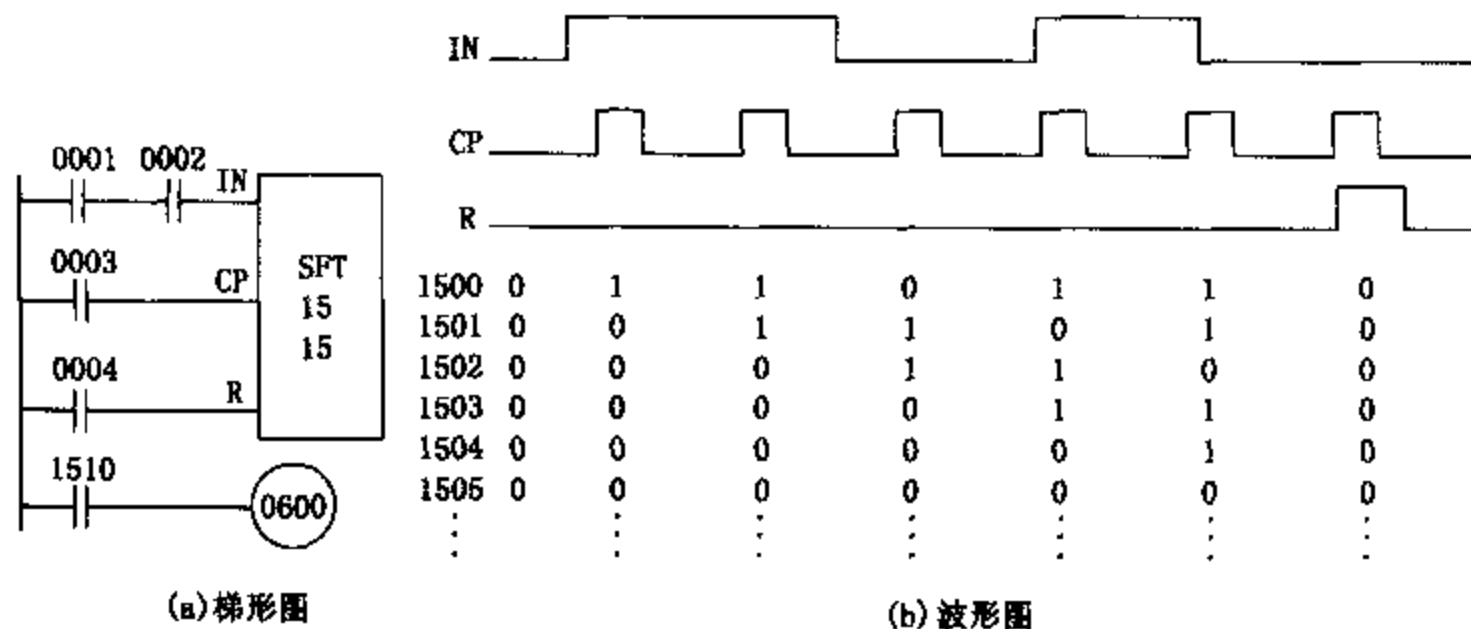


图 2-3-7 SFT 的使用

本例中 SFT 指令执行的首通道和末通道都是 15 通道，那么移位区域是从 1500~1515 共 16 位。在没有复位信号时，输入脉冲 (CP) 可将通道内的 16 位内容一位一位地输出，数据的移位发生在输入脉冲的前沿。复位信号前沿输入到移位寄存器时，15 通道内的 16 位 (1500~1515) 同时复位。

若被指定的通道是保持继电器，则在电源故障期间，且输入或复位信号到来前，数据可以保存。图 2-3-7 的指令表程序如下：

1	LD	0 0 0 3	5	SFT	1 5
2	AND	0 0 0 2			1 5
3	LD	0 0 0 3	6	LD	1 5 1 0
4	LD	0 0 0 4	7	OUT	0 6 0 0

例4 分析图 2-3-8 所示梯形图和波形图的工作原理，并写出与梯形图对应的指令表程序。

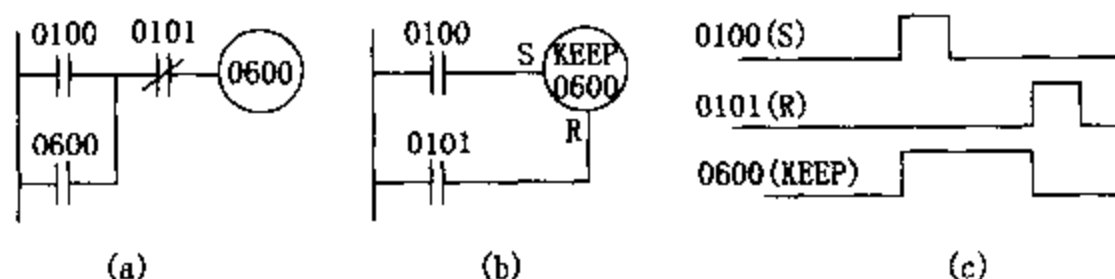


图 2-3-8 KEEP 的使用

图 2-3-8 (a) 的指令表程序：

1	LD	0 1 0 0	3	AND-NOT	0 1 0 1
2	OR	0 5 0 0	4	KEEP	0 6 0 0

图 2-3-8 (b) 的指令表程序：

1	LD	0 1 0 0	3	KEEP	0 6 0 0
2	LD	0 1 0 1			

对照图 2-3-8 (a) 和 (b) 可见，KEEP 指令具有“自锁”功能。

例5 利用 KEEP 和 TIM 指令可组成断电延时定时器，其梯形图和波形图如图 2-3-9 所示。延时指令控制 0002 在触点 0001 开始计时，到设定值 ($0180 \times 0.1s = 18s$) 时产生内部输出，延时关断 0500 输出。

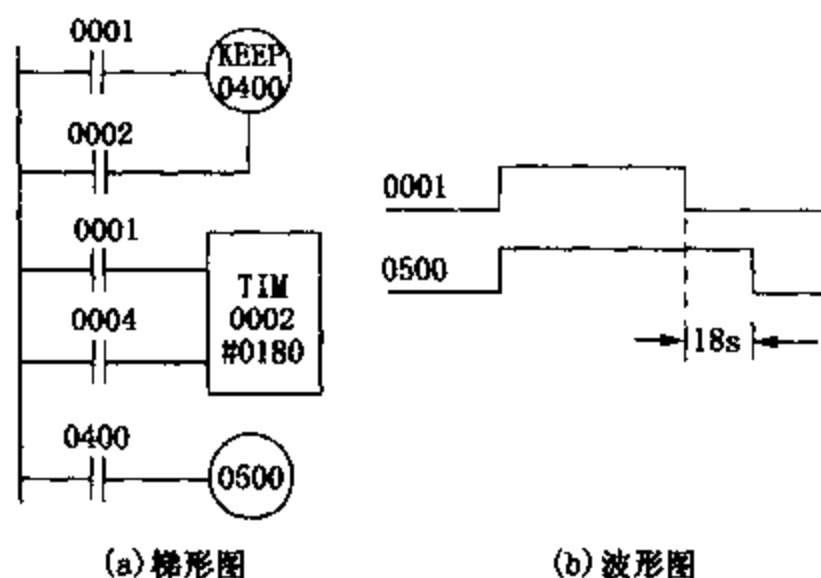


图 2-3-9 KEEP 和 TIM 组成断电延时定时器

例6 利用 KEEP 指令可组成 ON/OFF 延时电路，其梯形图和波形图如图 2-3-10 所示。

该电路为延时接通、延时断开电路。当输入 0000 接通 5s 后，输入 0500 才接通；而当输入 0000 断开 3s 后，输出 0500 才断开。

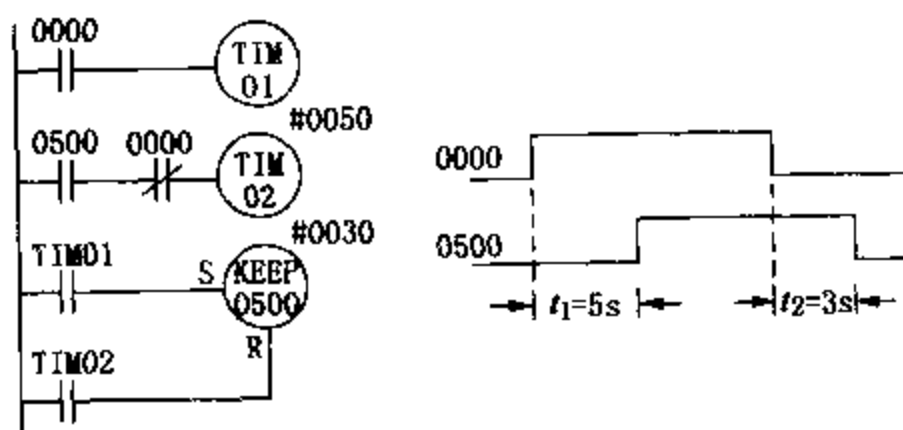


图 2-3-10 KEEP 组成的延时电路

例 7 KEEP 指令配合输入信号可组成防抖动开关，其梯形图和波形图如图 2-3-11 所示。

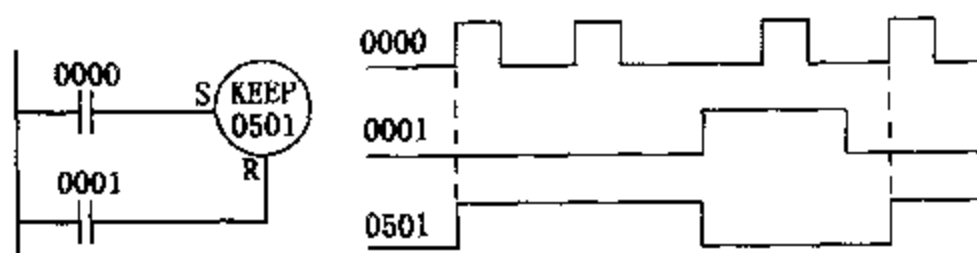


图 2-3-11 KEEP 组成的抖动开关

例 8 分析图 2-3-12 所示梯形图和波形图的工作原理。

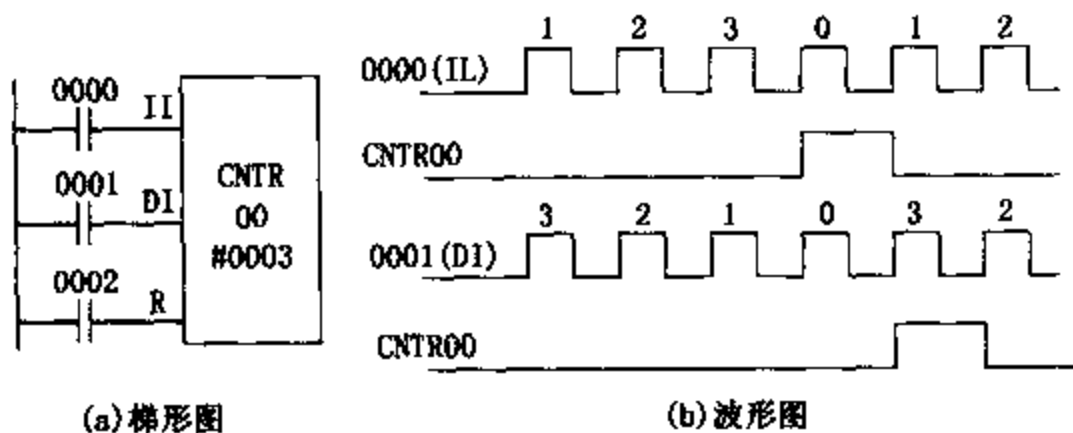


图 2-3-12 CNTR 的使用

由波形图可见，加 1 (II) 或减 1 (DI) 计数使可逆计数器为 ON 的区别是：

加 1 端 (II) 上升沿信号开始加数，计数到预定值后计数器为 ON，具体为 ON 的时间是从计数器当前值为零的上升沿到当前值为 1 的上升沿间隔内，本例中计数器为 ON 的起点时间对应于计数器当前值为 0000，结束时间对应于 0001 的出现。

减 1 端 (DI) 上升沿信号开始减数，减数到 0 后计数器为 ON，具体为 ON 的

时间是从计数器当前值为设定值的上升沿到当前值减 1 的上升沿间隔内，即计数器为 ON 的起点时间对应于计数器当前值为 0003，结束时间对应于 0002 的出现。

例 9 使用 DIFU、DIFD 指令编程的梯形图和波形图如图 2-3-13 所示，分析其工作原理，并写出对应的指令表程序。

DIFU 指令输入端 0000 为 ON，并在其上升沿时，DIFU 指令指定的继电器 0500 输出一个扫描周期后断开。

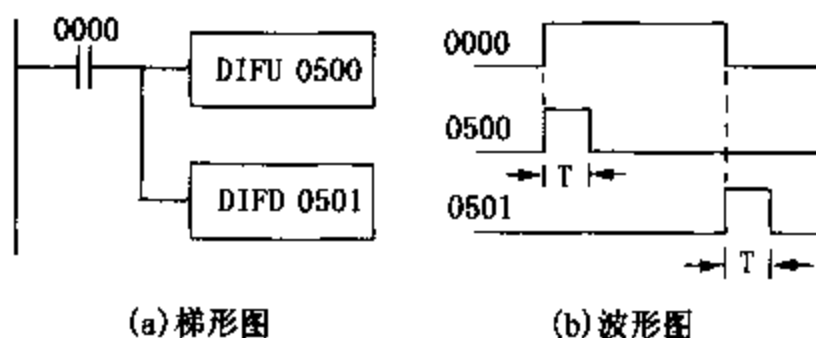


图 2-3-13 DIFU 与 DIFD 的使用

DIFD 指令输入端 0000 为 ON，并在其下降沿时，DIFD 指令指定的继电器 0501 输出一个扫描周期后断开。

指令表程序：

1	LD	0 0 0 0	3	DIFD	0 5 0 1
2	DIFU	0 5 0 0			

例 10 利用 DIFU 指令组成翻转触发器，其对应的梯形图和指令表如图 2-3-14 所示。

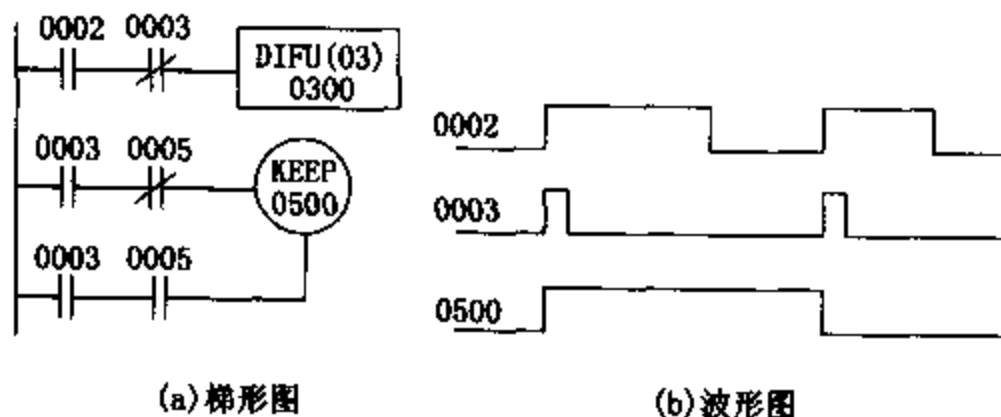


图 2-3-14 DIFU 组成的翻转触发器

当 0002 第一次接通时，在其上升沿 DIFU 产生一次扫描，输出 0500 导通，当 0002 再次接通时，其上升沿 DIFU 再次产生扫描，输出 0500 关断。

例 11 利用 DIFU 指令组成对输入信号 (0101) 的分频 (二分频) 电路，如图 2-3-15 所示。

当 0101 接通上升沿时，1000 产生一个扫描周期宽度的脉冲。但第二逻辑行的 0500 仍然是断开的，所以 1001 没有接通。在第三逻辑行的 0500 产生输出波形的上升沿。

当 0101 再次接通上升沿时，1000 同样产生一个扫描周期宽度的脉冲。第二逻辑行的 1001 被接通 (0500 因自锁而接通)，使得第三逻辑行输出 0500 断开，产生波形的下降沿。

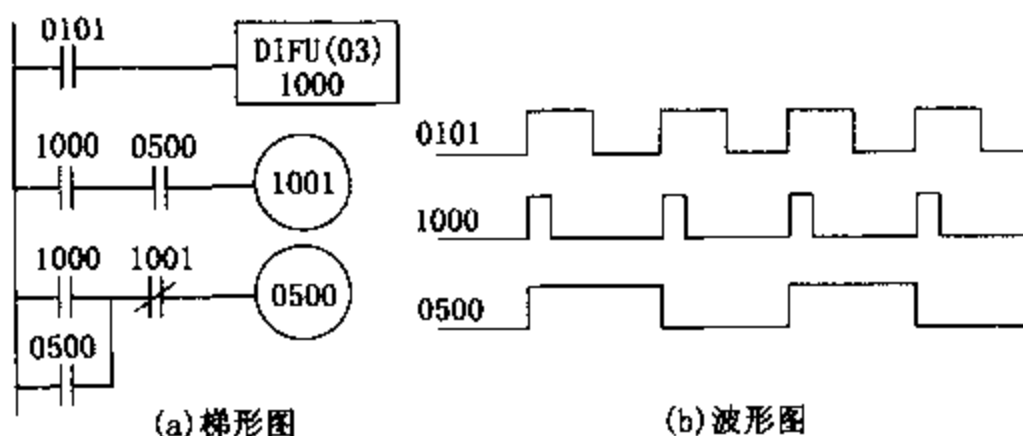


图 2-3-15 DIFU 组成的分频电路

例 12 分析图 2-3-16 所示梯形图执行情况，并写出对应指令表程序。

梯形图中，在输入继电器 0002 接通的上升沿，DIFU 指令指定的继电器 1000 输出一个扫描周期，即动合触点 1000 接通一个扫描周期。在 1000 接通的上升沿，WSFT 指令指定的继电器 DM00~DM03 四个数据存储继电器的数值，由首通道 DM00 向末通道 DM03 移动一次。

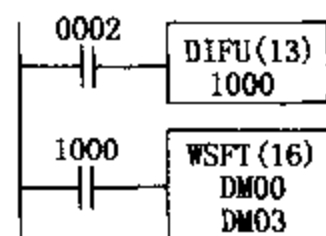
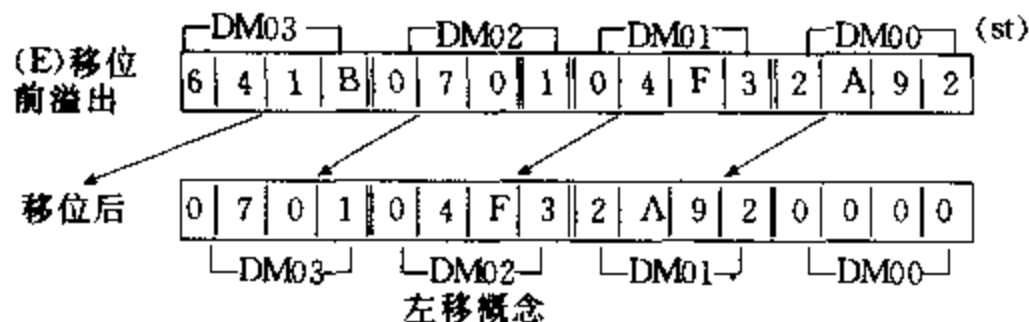


图 2-3-16 WSFT 的使用

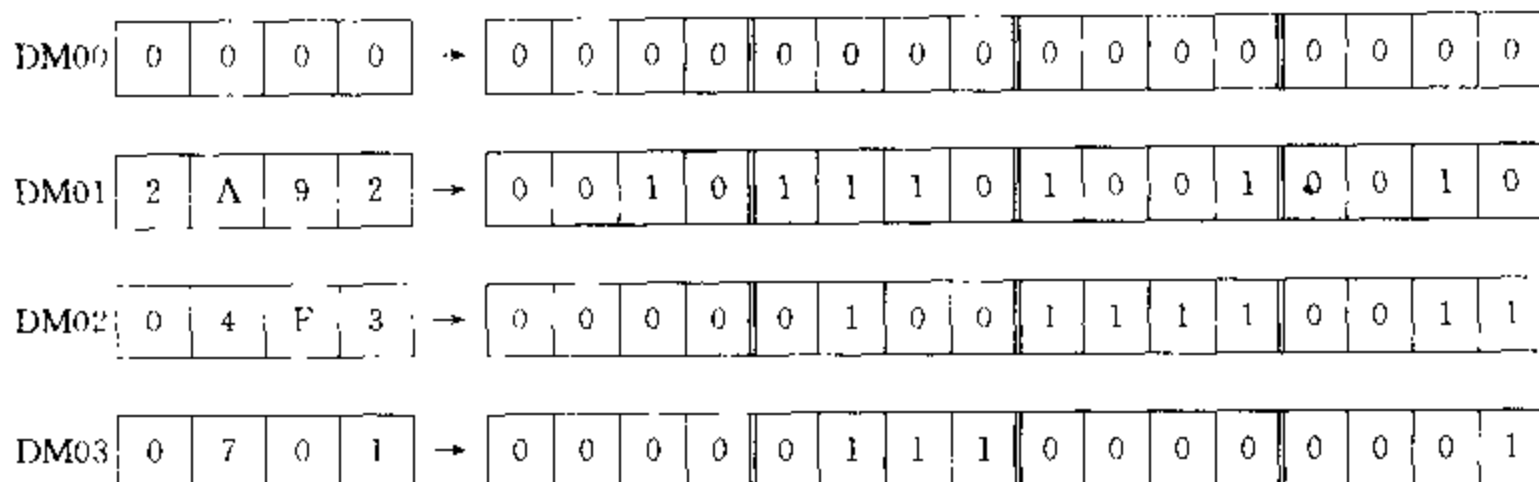
设 0002 上升沿到来前 DM00~DM03 的数据为：

DM00	2	A	9	2	→	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
DM01	0	4	F	3	→	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1
DM02	0	7	0	1	→	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
DM03	6	4	1	B	→	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1

当 0002 上升沿到达时，DM00~DM03 字移位，即：



移动一次以后 DM00~DM03 的数据为：



指令表程序:

1	LD	0 0 0 2	4	WSFT	DM00
2	DIFU	1 0 0 0			DM03
3	LD	1 0 0 0			

例 13 试分析图 2-3-17 所示梯形图的工作原理, 并写出对应的指令表程序。

执行 CMP 数据比较指令是针对 03 通道和 HR1 通道进行的。在 0001 接通时, CMP 指令将 03 通道内的数值和 HR1 通道内的数值进行比较。

若 03 通道的数值大于 HR1 通道的数值, 动合触点 1905 闭合, 输出继电器 0500 有输出, 此时输出继电器 0501 和 0502 没有输出。

若 03 通道的数值等于 HR1 通道的数值, 动合触点 1906 闭合, 输出继电器 0501 有输出, 此时输出继电器 0500 和 0502 没有输出。

若 03 通道的数值小于 HR1 通道的数值, 动合触点 1907 闭合, 输出继电器 0502 有输出, 此时输出继电器 0500 和 0501 没有输出。

指令表程序:

1	LD	0 0 0 1	5	LD	1 9 0 6
2	CMP	0 3	6	ONT	0 5 0 1
		HR1	7	LD	1 9 0 7
3	LD	1 9 0 5	8	OUT	0 5 0 2
4	OUT	0 5 0 0			

例 14 分析如图 2-3-18 所示梯形图的工作原理, 写出指令表程序。

指令表程序:

1	LD	0 0 0 1
2	MOV	1 3
		HR2

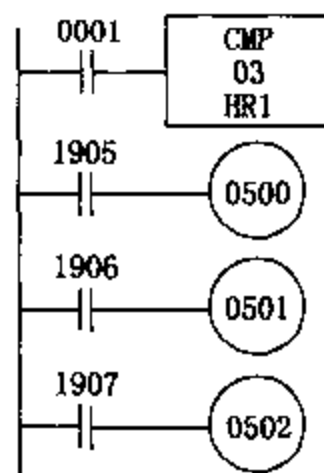


图 2-3-17 CMP 的使用

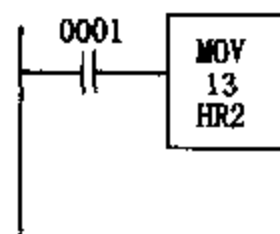


图 2-3-18 MOV 的使用

MOV 指令在 0001 接通时, 将内部辅助继电器 13 通道的内容传送到保持继电器 HR2 通道中去。也可以将四位十六进制常数同样传送到目的通道中去, 例如可将常数 #0000 传送到某个通道中, 实现对该通道的“清零”功能。

在执行 MOV 指令时, 如果被传送的源通道内容全为“0”, 则专用内部辅助继电器 1906 为 ON, 所以继电器 1906 也称为零标志。

例 15 分析图 2-3-19 所示梯形图, 写出指令表程序。

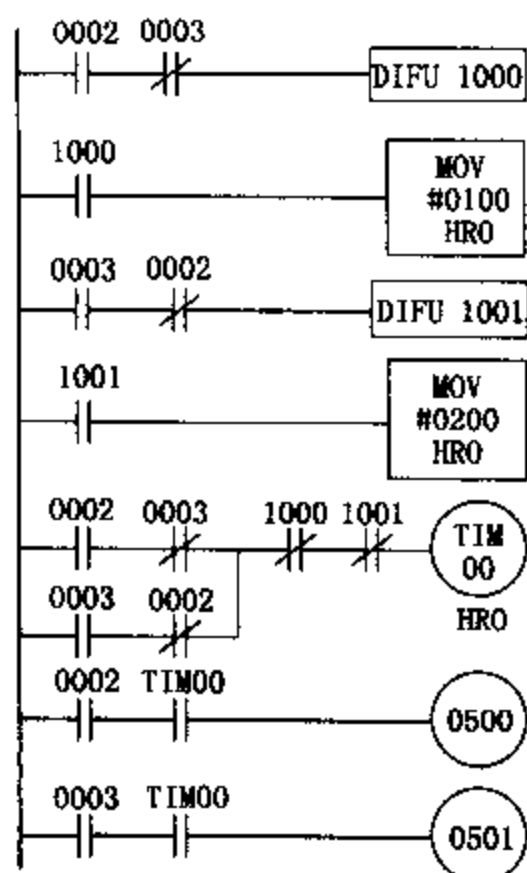


图 2-3-19 利用 MOV 指令改变 TIM/CNT 指令的设定值

1	LD	0 0 0 2
2	AND NOT	0 0 0 3
3	DIFU	1 0 0 0
4	LD	1 0 0 0
5	MOV	# 0100 RH0
6	LD	0 0 0 3
7	AND NOT	0 0 0 2
8	DIFU	1 0 0 1
9	LD	1 0 0 1
10	MOV	0 2 0 0 RH0
11	LD	0 0 0 2
12	AND NOT	0 0 0 3
13	LD	0 0 0 3
14	AND NOT	0 0 0 2
15	OR-LD	
16	AND NOT	1 0 0 0
17	AND NOT	1 0 0 1
18	TIM	0 0 HR0

19	LD	0 0 0 2
20	AND	TIM00
21	OUT	0 5 0 0

22	LD	0 0 0 3
23	AND	TIM00
24	OUT	0 5 0 1

梯形图中, 当 0002 接通时, 第一个 MOV 指令将常数 #0100 送入 HR0 通道, 于是 TIM00 指令的设定值为 10s, 10s 延时后 TIM00 接通, 输出继电器 0500 输出。

当 0003 接通时, 第二个 MOV 指令将常数 #0200 送入 HR0 通道, 于是 TIM00 指令的设定值为 20s, 20s 延时后 TIM00 接通, 输出继电器 0501 输出。

显然, 传送指令可以改变 TIM (或 CNT) 指令的设定值。当 0002 和 0003 同时为 ON 时, TIM00 不动作 (保持原设定值)。

在使用 MOV 指令改变 TIM/CNT 指令的设定值时, 应注意源通道内容必须使用 4 位 BCD 码 0000~9999, 否则特殊继电器 1903 为 ON, 且 MOV 指令将不

执行。

例 16 分析图 2-3-20 所示梯形图的工作原理，并写出对应的指令表程序。

梯形图中，0000 接通时，MOV 指令将 02 通道（0200～0215）的内容传送到 HR2 通道（HR200～HR215）中去。MVN 指令将 HR2 通道内容求反后传送到 03 通道（0300～0315）中去，其工作情况如下：

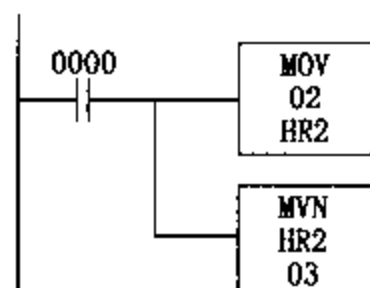
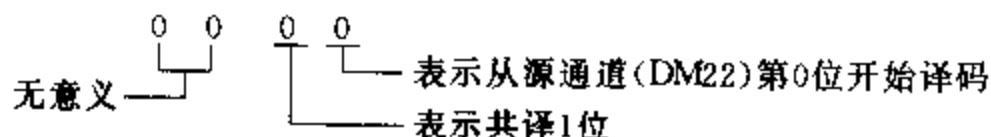


图 2-3-20 MOV 与 MVN 的使用

02 通道 (S)	0200	0201	0202	0203	0204	0205	0206	0207	0208	0209	0210	0211	0212	0213	0214	0215
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
HR2 通道 (D/S)	HR200	HR201	HR202	HR203	HR204	HR205	HR206	HR207	HR208	HR209	HR210	HR211	HR212	HR213	HR214	HR215
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
03 通道 (D)	0300	0301	0302	0303	0304	0305	0306	0307	0308	0309	0310	0311	0312	0313	0314	0315
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

例 17 分析图 2-3-21 所示梯形图的工作原理。

图中，标志位 Di 的含义如下：



当 0002 接通时，执行 MLPX 指令示意图如图 2-3-22 所示。源通道（DM22 通道）第 0 位十六进制数为 1001，译码十进制数为 9，那么对应结果通道（HR3 通道）中的 HR309 接通（即为 1）。

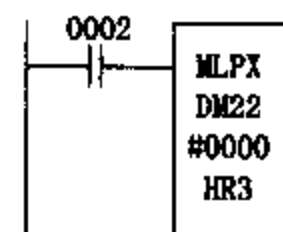
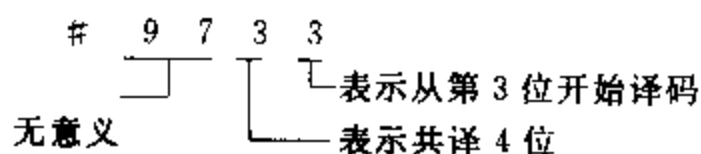


图 2-3-21 MLPX 的使用（一）

例 18 分析图 2-3-23 所示梯形图的工作原理。

1 LD 0004
2 MLPX (76) 04
9733
DM00

标志位的含义如下：



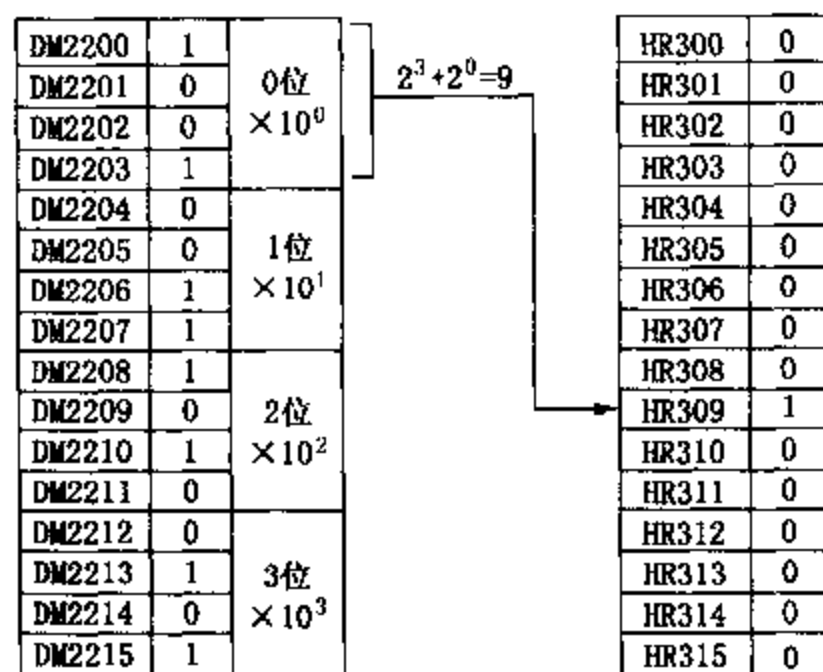


图 2-3-22 执行 MLPX 指令示意图 (一)

执行 MLPX 指令示意图如图 2-3-24 所示。译码从源通道 (04 通道) 第 3 位开始译码, 依次为第 3 位、第 0 位、第 1 位、第 2 位。译码结果将 DM00、DM01、DM02、DM03 通道内的 9、5、0、3 号继电器 (即 DM0009、DM0105、DM0200、DM0303) 接通 (即为 1), 其余都断开 (即为 0)。

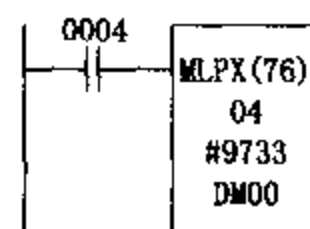


图 2-3-23 MLPX 的使用 (二)

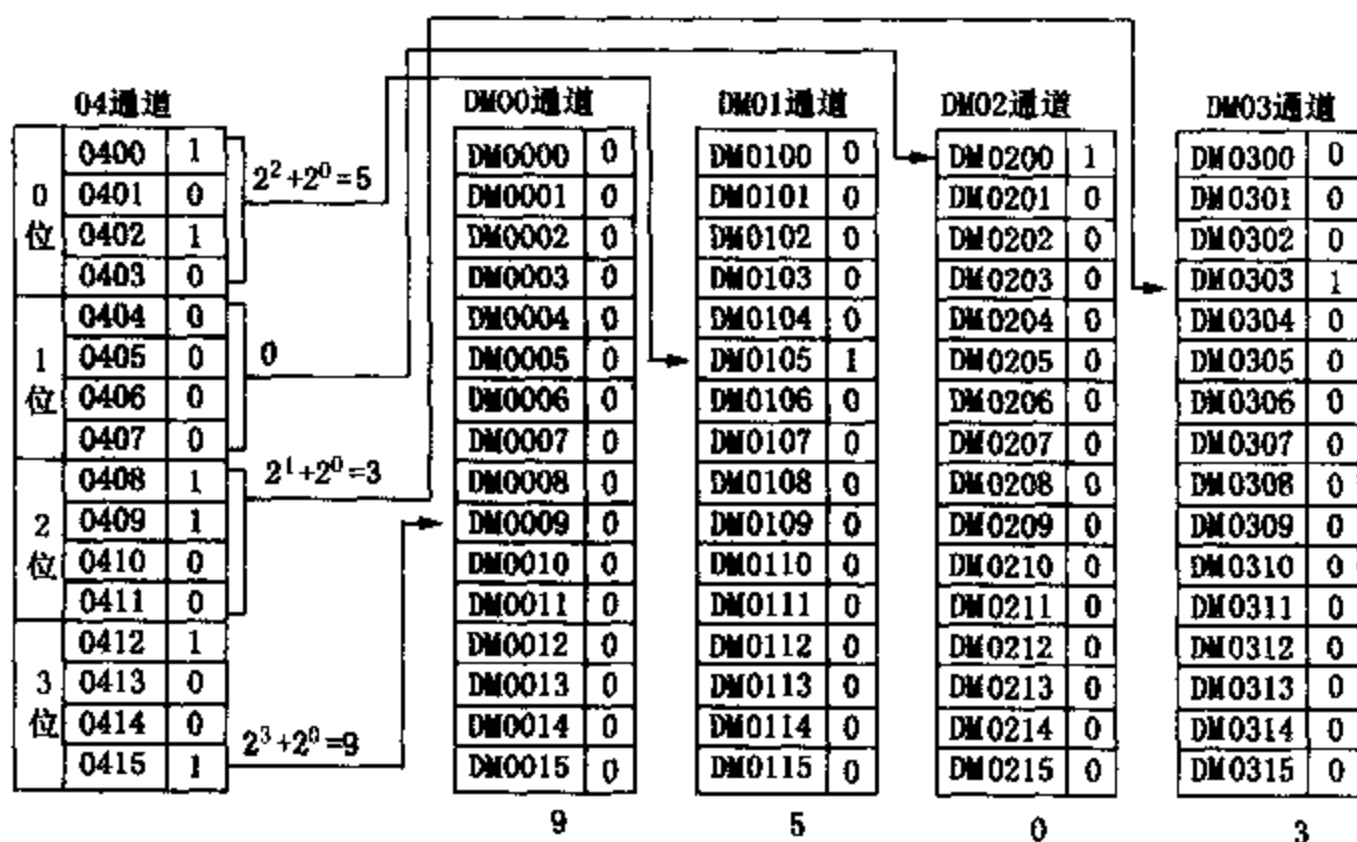


图 2-3-24 执行 MLPX 指令示意图 (二)

例 19 分析图 2-3-25 所示梯形图的工作原理。

图中，标志位 Di 的含义如下：

无意义 $\overbrace{\quad\quad}^{0\ 0}$ $\overbrace{\quad\quad}^{0\ 0}$ 表示从结果通道(R)第0位开始存放
 ----- 表示共编码1个源通道(S)

当 0002 接通时，执行 DMPX 指令示意图如图 2-3-26 所示。源通道 (03 通道) 最高位为 1 的是 10 (对应 0310)，编码后为 1010 存放在结果通道 DM03 的第 0 位。由标志位可知，只进行了 1 个通道的编码。

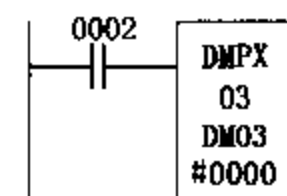


图 2-3-25 DMPX 的使用 (一)

例 20 分析图 2-3-27 所示梯形图工作原理。

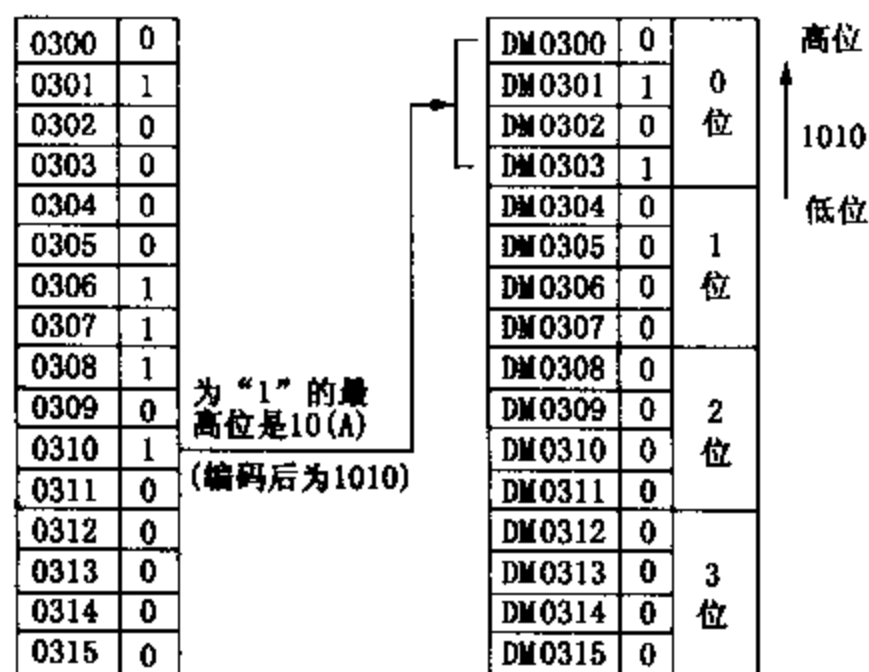


图 2-3-26 执行 DMPX 指令示意图 (一)

图中，标志位 Di 的含义如下：

无意义 $\overbrace{\quad\quad}^{5\ 5}$ $\overbrace{\quad\quad}^{2\ 3}$ 表示从结果通道(R)第3位开始存放
 ----- 表示共编码3个源通道(S, S+1, S+2)

当 0003 接通时，执行 DMPX 指令示意图如图 2-3-28 所示。源通道 S (00 通道) 最高位为 1 的是 13 (对应 0013)，源通道 S+1 (01 通道) 最高位为 1 的是 4 (对应 0104)，源通道 S+2 (02 通道) 最高位为 1 的是 0 (对应 0200)，编码后分别为 1101、0100、0000，存放在结果通道 DM00 的第 3 位、第 0 位、第 1 位。由标志位可见进行了 3 个通道的编码。

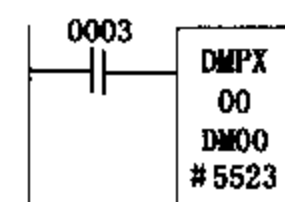


图 2-3-27 DMPX 的使用 (二)

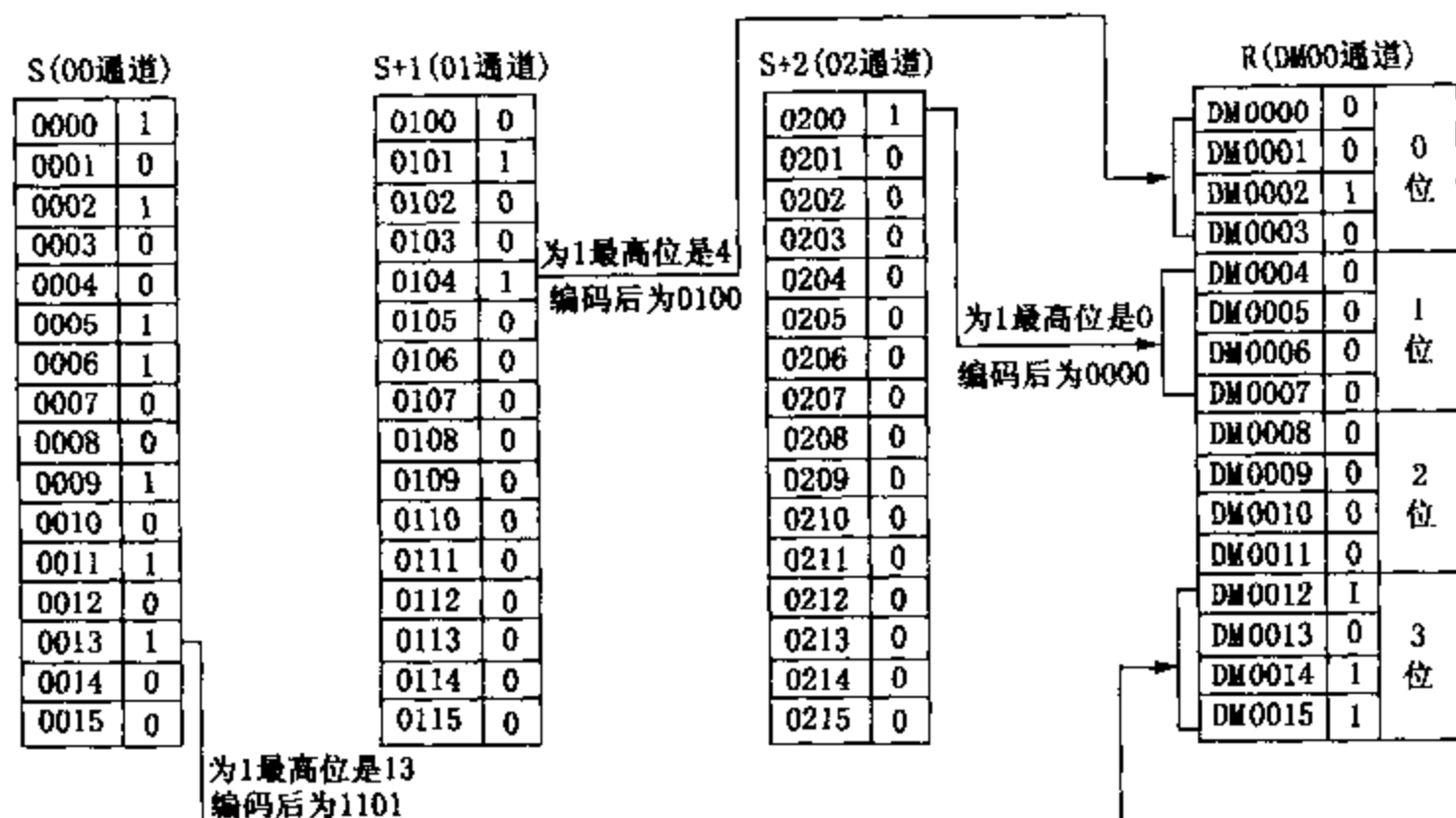


图 2-3-28 DMPX 指令执行示意图 (二)

例 21 分析图 2-3-29 所示梯形图的工作原理，并写出程序指令。

梯形图开始使用的 1813 是动断（常闭）继电器，即正常情况下是闭合的。使用 1813 的原因是梯形图中的指令不允许直接连接在母线上。

梯形图中使用 MOV 指令将四组数据传送到 FUN (98) 高速计数专用数据存储区，即数据 0300 传送到 DM32、数据 0200 传送到 DM33、数据 0400 传送到 DM34、数据 0900 传送到 DM35。

当 0200 闭合计数，DM32（存放 0300） $\leq S \leq$ DM33（存放 0200）时，其指定的 08 通道中继电器 0801 接通（ON）；当计数当前值 DM34（存放 0400） $\leq S \leq$ DM35（存放 0900）时，指定的 08 通道中继电器 0802 接通（ON）。

指令表程序：

1	LD	1813
2	MOV	#0300 DM32
3	MOV	#0200 DM33

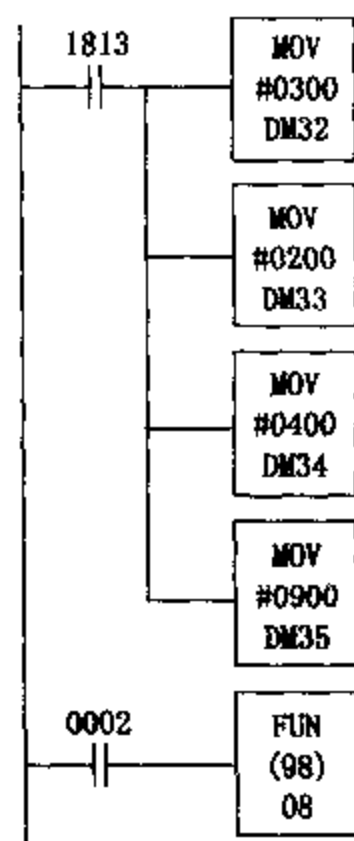


图 2-3-29 FUN 的使用

第三章 欧姆龙 CPM1A 系列 PLC 的指令系统

CPM1A 系列 PLC 的编程指令共有 153 条,按指令的不同可分为基本指令和应用指令两大类。基本指令是指直接对输入和输出点进行操作的指令,如输入、输出及逻辑“与”、“或”、“非”等操作。应用指令是指进行数据传送、数据处理、数据运算、程序控制等操作的指令。

第一节 结构与内部器件

一、结构特点

(一) 外形结构

1. 主机

图 3-1-1 是 CPM1A 系列 10 点、20 点、30 点和 40 点主机的面板结构。

(1) 电源输入端子。电源输入端子用来接入电源,根据主机使用电源的不同,分为 AC 电源型和 DC 电源型,分别使用交流 100~240V 和直流 24V 电压。

(2) 功能接地端子(仅 AC 电源型)。在有严重噪声干扰时,功能接地端子必须接地。它和保护接地端子可连在一起接地,但不可与其他设备接地线或建筑物金属结构连在一起,接地电阻应 $\leq 100\Omega$ 。

(3) 保护接地端子。为了防止触电,保护接地端子必须接地。它和功能接地端子可连在一起接地,但不可与其他设备接地线或建筑物金属结构连在一起,接地电阻应 $\leq 100\Omega$ 。

(4) 输出 DC24V 电源端子。DC24V 电源端子对外部提供 DC24V 电源,供输入设备或现场传感器使用。

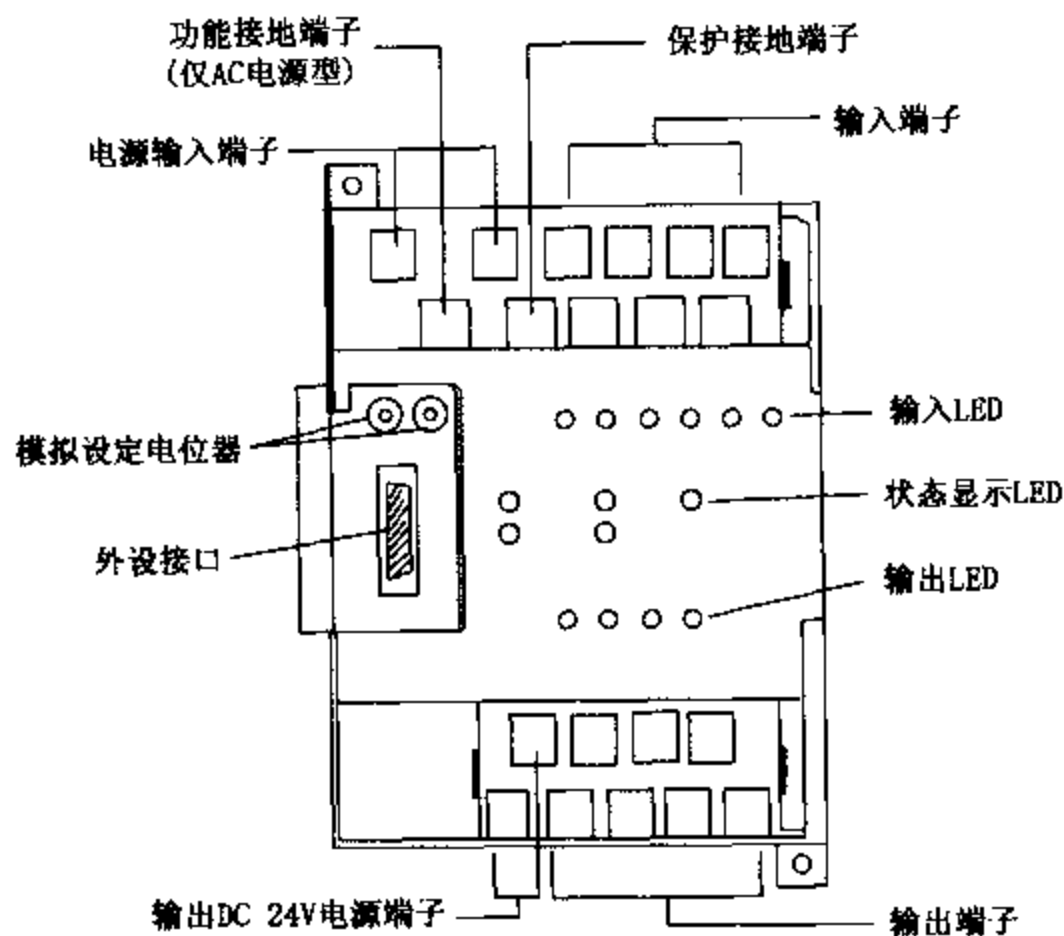
(5) 输入端子。输入端子用于连接输入设备,例如 10 点 I/O 型的主机有 6 个输入点,其编号为 00000~00005,它们共用一个 COM 端子。

在输入端子中,有两种情况要注意:

① 00000~00002 作为高速计数输入端子,计数输入端为 00000、00001,复位输入端为 00002;

② 00003~00006 作为中断输入端子(10 点 I/O 型的主机只有 00003 和 00004 是中断输入端子)。

(6) 输出端子。输出端子用于连接输出设备,例如 10 点 I/O 型的主机有 4 个输出点,其编号为 01000~01003。01000、01001 各用一个 COM 端子,01002、



(a) 10点的主机

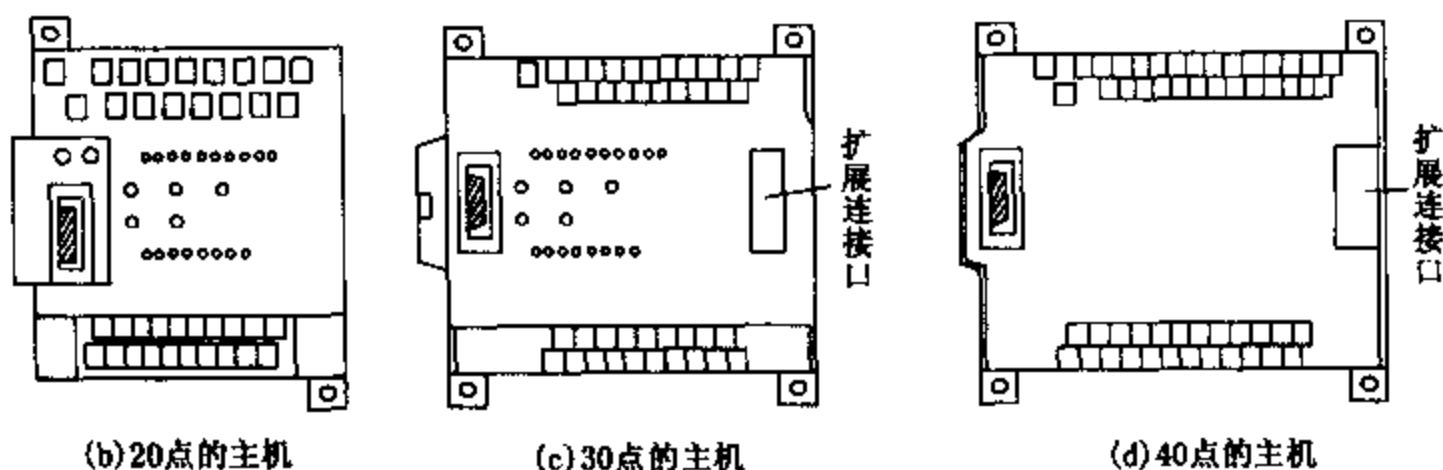


图 3-1-1 CPM1A 系列主机面板

01003 则共用一个 COM 端子。

(7) 工作状态显示 LED。

PWR (绿): 电源的接通或断开指示, 电源接通时亮, 电源断开时灭。

RUN (绿): PLC 的工作状态指示, PLC 处在运行或监控状态时亮, 处在编程状态或异常时灭。

ERR/ALM (红): 严重错误和警告性错误指示, PLC 出现严重错误时 LED 常亮, 此时 PLC 停止工作且不执行程序; PLC 出现警告性错误时 LED 闪烁, 但 PLC 继续执行程序; 运行正常时 LED 灭。

COMM (橙): 通信指示灯, PLC 与外部设备通信时亮, 不通信时灭。

(8) 输入/输出点显示 LED。每个输入/输出点都对应一个 LED, 当某个点的 LED 亮时, 表示该点接通。

(9) 模拟量设定电位器。两个模拟量设定电位器 0、1 位于面板的左上角, 可预置参数, 范围为 0~200 (BCD)。

(10) 外设端口。通过外设端口可以连接编程器等外部设备, 也可以通过 RS232C 或 RS422 通信适配器连接其他 PLC 或上位计算机以构成网络。

(11) 扩展连接口。CPM1A 系列 PLC 中, I/O 点为 30 点和 40 点的主机扩展连接口, 用于连接各种扩展单元, 如 I/O 扩展单元、特殊功能单元和 I/O 链接单元等。该系列可特殊连接不同类型的扩展单元, 但总数不能超过 3 台。对于特殊功能单元 TS002、TS102, 则只能连接其中的一个, 且扩展单元的总数不能超过 2 台。

(二) I/O 扩展单元

CPM1A 系列的 I/O 扩展单元有三种类型, 七种规格。表 3-1-1 为 I/O 扩展单元的规格和类型。

表 3-1-1 I/O 扩展单元的规格和类型

类 型	型 号	输出形式
8 点型 (输入 8 点)	CPM1A-8ED	—
8 点型 (输入 8 点)	CPM1A-8ER	继电器
	CPM1A-8ET	晶体管 (NPN)
	CPM1A-8ET1	晶体管 (PNP)
20 点型 (输入 12 点, 输出 8 点)	CPM1A-20EDR	继电器
	CPM1A-20EDT	晶体管 (NPN)
	CPM1A-20EDT1	晶体管 (PNP)

图 3-1-2 是 20 点的 I/O 扩展单元的面板, 它有 12 个输入点和 8 个输出点。面板上输入/输出 LED 指示 I/O 点的状态。左侧的扩展 I/O 连接电缆可连在主机或其他 I/O 扩展单元的扩展连接口上。右侧的扩展连接口可再连接别的扩展单元。

10 点、20 点的主机没有扩展连接口, 所以不能连接 I/O 扩展单元。30 点、40 点的主机有扩展连接口, 但最多能连接 3 台 I/O 扩展单元。40 点的主机连接 3 台 20 点的 I/O 扩展单元时, 最多能组合成 100 个 I/O 点。图 3-1-3 是 30 点和 40 点的主机的 I/O 扩展配置示意图和 I/O 点编号。

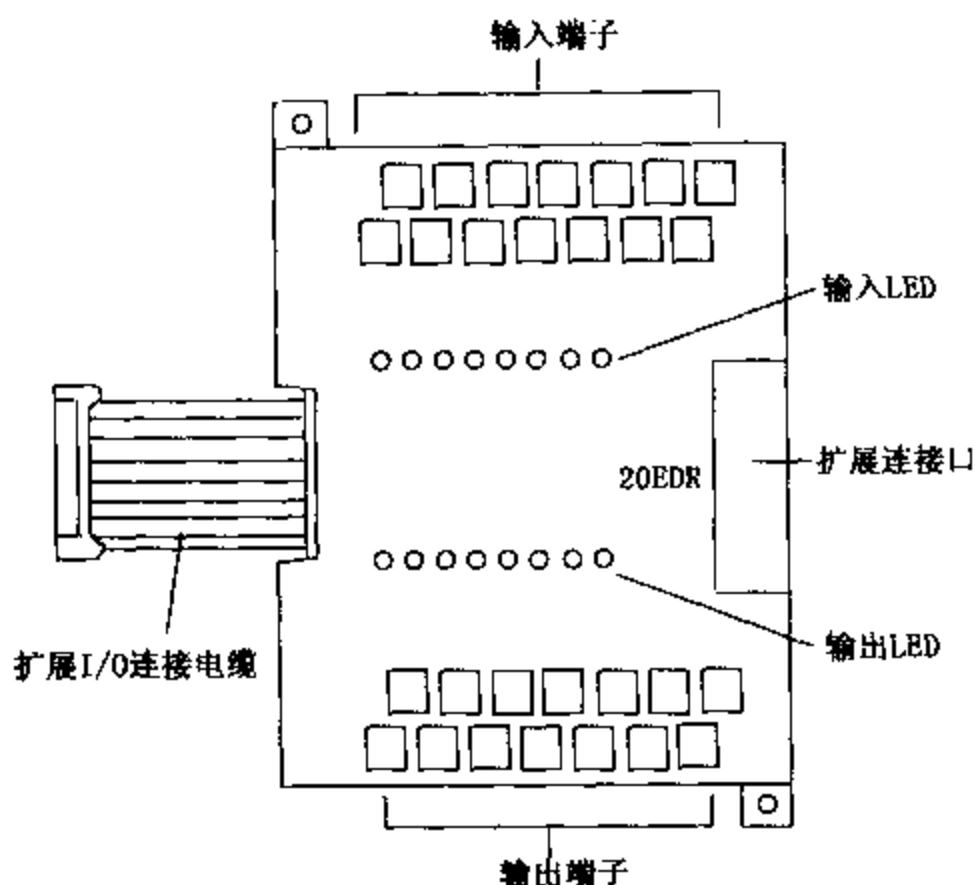


图 3-1-2 20 点的 I/O 扩展单元面板图

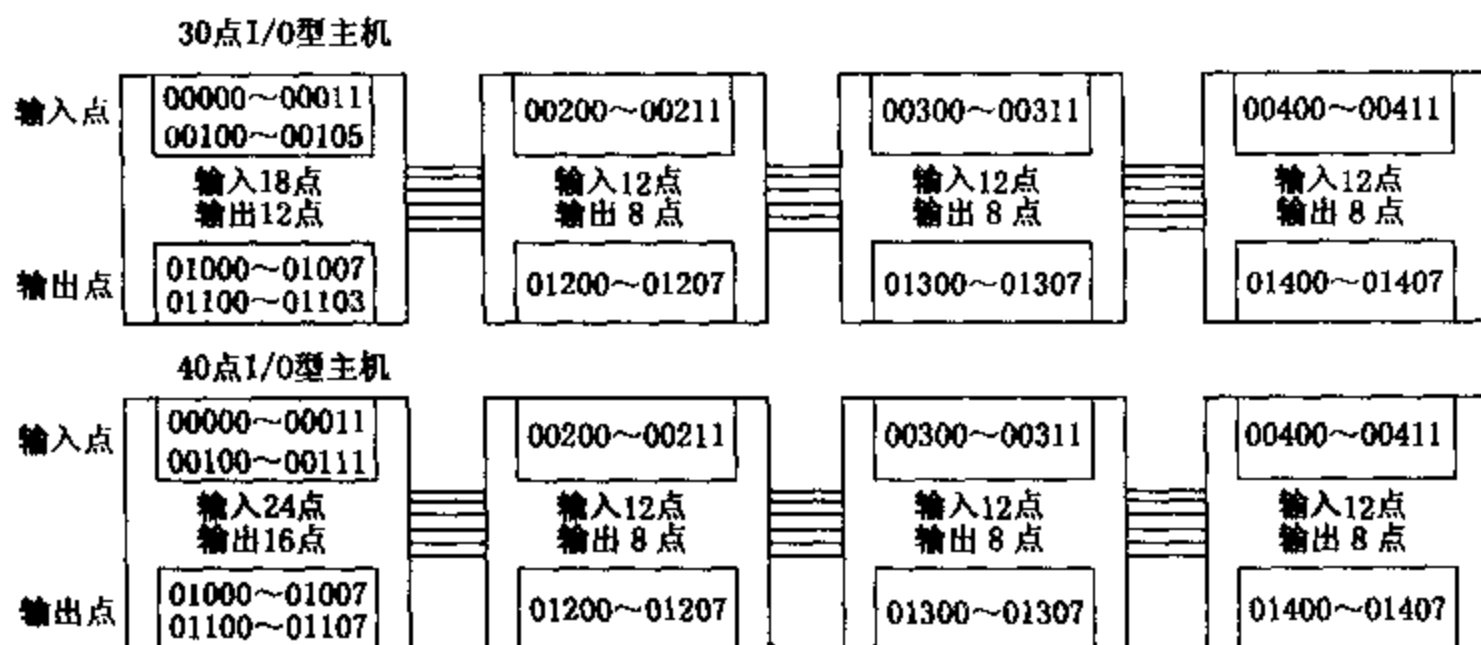


图 3-1-3 CPM1A 系列 PLC 的 I/O 扩展配置及 I/O 点编号

(三) 编程工具

CPM1A 系列的编程工具有两种，即手执编程器和装有专用编程软件的个人计算机。

手执编程器有 CQM1-PRO01 和 C200H-PRO27 两种型号。CQM1-PRO01 编程器本身带 2m 长的电缆，可直接连在主机的外设端口上。C200H-PRO27 编程器本身不带电缆，需用 C200H-CN222 或 C200H-CN422 的专用电缆与主机连接。

个人计算机要通过 RS232C 通信适配器 CPM1-CIF01 或专用电缆 CQM1-CIF01/CIF02 与 PLC 连接。各种编程工具与主机的连接如图 3-1-4 所示。

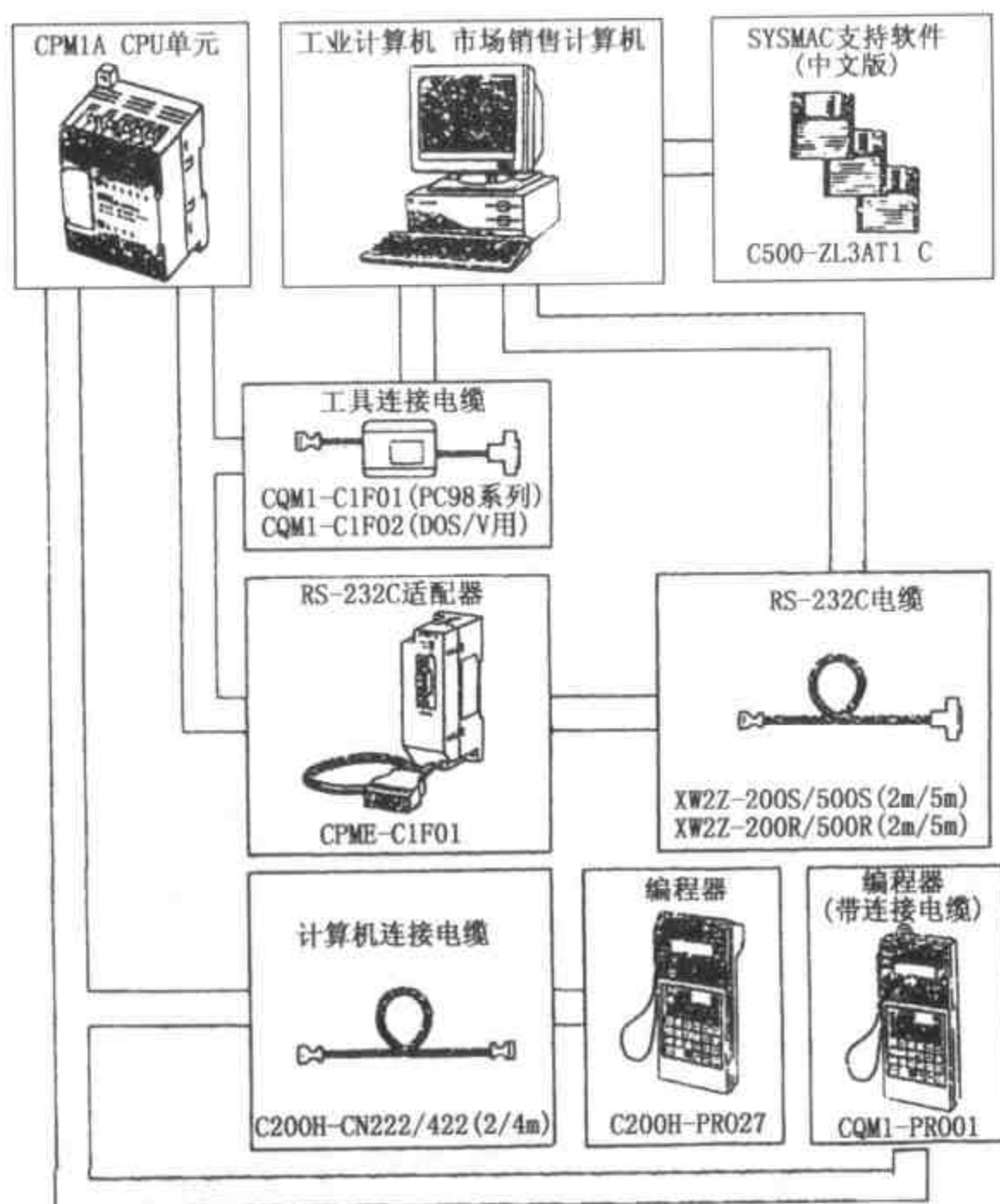


图 3-1-4 编程工具与主机的连接

（四）主机的技术指标

1. 主机的规格（见表 3-1-2）

表 3-1-2 CPM1A 系列主机的规格

类 型	型 号	输出形式	电 源
10 点 I/O (输入 6 点, 输出 4 点)	CPM1A-10CDR-A	继电器	AC100~240V
	CPM1A-10CDR-D	继电器	DC24V
	CPM1A-10CDT-D	晶体管 (NPN)	DC24V
	CPM1A-10CDT1-D	晶体管 (PNP)	

续表

类 型	型 号	输出形式	电 源
20 点 I/O (输入 12 点, 输出 8 点)	CPM1A-20CDR-A	继电器	AC100~240V
	CPM1A-20CDR-D	继电器	DC24V
	CPM1A-20CDT-D	晶体管 (NPN)	DC24V
	CPM1A-20CDT1-D	晶体管 (PNP)	
30 点 I/O (输入 18 点, 输出 12 点)	CPM1A-30CDR-A	继电器	AC100~240V
	CPM1A-30CDR-D	继电器	DC24V
	CPM1A-30CDT-D	晶体管 (NPN)	DC24V
	CPM1A-30CDT1-D	晶体管 (PNP)	
40 点 I/O (输入 12 点, 输出 8 点)	CPM1A-40CDR-A	继电器	AC100~240V
	CPM1A-40CDR-D	继电器	DC24V
	CPM1A-40CDT-D	晶体管 (NPN)	DC24V
	CPM1A-40CDT1-D	晶体管 (PNP)	

注: 晶体管 NPN 型的输出 COM 端接 DC 电源的“-”极, PNP 型的输出 COM 端接 DC 电源的“+”极。

2. 主机 CPU 单元特性 (见表 3-1-3)

表 3-1-3 CPM1A 系列 CPU 单元特性

项 目	规 格	电 路 图
输入电压	DC20.4~26.4V	注: 括号内电阻值为 00000~00002 的情况。
输入阻抗	IN00000~00002: 2kΩ 其他: 4.7 kΩ	
输入电流	IN00000~00002: 12mA 其他: 5mA	
ON 电压	最小 DC14.4V	
OFF 电压	最大 DC5.0V	
ON 响应时间	1~128ms 以内(缺省 8ms)	
OFF 响应时间	1~128ms 以内(缺省 8ms)	

3. I/O 扩展单元特性 (见表 3-1-4)

表 3-1-4 CPM1A 系列 I/O 扩展单元特性

项 目	规 格	电 路 图
输入电压	DC20.4~26.4V	
输入阻抗	4.7 kΩ	
输入电流	5mA	
ON 电压	最小 DC14.4V	
OFF 电压	最大 DC5.0V	
ON 响应时间	1~128ms 以内(缺省 8ms)	
OFF 响应时间	1~128ms 以内(缺省 8ms)	

4. CPU 单元和 I/O 扩展单元继电器输出特性 (见表 3-1-5)

表 3-1-5 CPM1A 系列 CPU 单元和 I/O 扩展单元继电器输出特性

项 目			规 格	电 路 图
最大开关能力			AC250V/2A($\cos\varphi=1$) DC24V/2A (4A/公共端)	
最小开关能力			DC5V、10mA	
继电器 寿命	电气性	阻性负载	30 万次	
		感性负载	10 万次	
	机械性		2000 万次	
	ON 响应时间			
OFF 响应时间			15ms 以下	

输入电路的 ON/OFF 响应时间为 1ms/2ms/4ms/8ms/16ms/32ms/64ms/128ms 中的一个, 这由 PLC 设定区 DM6620~DM6625 中的设置决定。

输入点 00000~00002 作为高速计数输入时, 输入电路的响应很快。计数器输入端 00000 (A 相)、00001 (B 相) 响应时间足够快, 满足高速计数频率 (单相 5kHz、两相 2.5kHz) 的要求; 复位输入端 00002 (Z 相) 的响应时间为 ON100μs、OFF500μs。

输入点 00000~00006 作为中断输入时, 从输入 ON 到执行中断子程序的响应时间为 0.3ms。

5. CPU 单元和 I/O 扩展单元晶体管输出特性 (见表 3-1-6)

表 3-1-6 CPM1A 系列 CPU 单元和 I/O 扩展单元晶体管输出特性

项 目	规 格	电 路 图
最大开关能力	DC20.4~26.4V 300 mA	
最小开关能力	10 mA	
漏电流	0.1mA 以下	
残留电压	1.5V 以下	
ON 响应时间	0.1ms 以下	
OFF 响应时间	1ms 以下	

6. 通道单元的规格 (见表 3-1-7)

表 3-1-7 CPM1A 系列通道单元的规格

名 称	项 目	规 格
RS-232C 通信适配器	型号	CPM1A-CIF01
	功能	在外设端口和 RS-232C 口之间作电平转换
RS-422 通信适配器	型号	CPM1A-CIF11
	功能	在外设端口和 RS-422 口之间作电平转换
外设端口 转换电缆	型号	CPM1A-CIF01/CIF02
	功能	外设端口与 25/9 引脚的计算机串行端口连接时用 (电缆长度为 3.3 m)
链接适配器	型号	B500-AL004
	功能	用于个人计算机 RS-232C 口到 RS-422 口的转换
Compo Bus/S I/O 链接单元	型号	CPM1A-SRT21
	功能	主单元/从单元; Compo Bus/S 从单元
		I/O 点数: 8 点输入, 8 点输出
	功能	占用 CPM1A 的通道: 1 个输入通道, 1 个输出通道 (与扩展单元相同的分配方式)
		节点数: 用 DIP 开关设定

7. 特殊功能单元的规格 (见表 3-1-8)

表 3-1-8 CPM1A 系列特殊功能单元的规格

名 称	项 目	规 格	
模拟量 I/O 单元	型号	CPM1A MAD01	
	模拟量输入	输入路数：2 输入信号范围：电压 0~10V 或 1~5V，电流 4~20mA 分辨率：1/256 精度：1.0%（全程量） 转换 A/D 数：8 位二进制数	
	模拟量输出	输出路数：1 输出信号范围：电压 0~10V 或 -10~10V，电流 4~20mA 分辨率：1/256（当输出信号范围是 -10~10V 时为 1/512） 精度：1.0%（全程量） 数据设定：带符号的 8 位二进制数	
	转换时间	最大 10ms/单元	
	隔离方式	模拟量 I/O 信号间无隔离，I/O 端子和 PLC 间采用光电耦合隔离	
温度传感器 和模拟量输 出单元	型号	CPM1A-TS101-DA	
	Pt100 输入	输入路数：2 输入信号范围：最小 Pt100，82.3Ω/-40℃，最大 Pt100，194.1Ω/+250℃ 分辨率：1/256 精度：1.0%（全程量）	
	模拟量输出	输出路数：1 输出信号范围：电压 0~10V 或 -10~10V，电流 4~20mA 分辨率：1/256（当输出信号范围是 -10~10V 时为 1/512） 精度：1.0%（全程量）	
	转换时间	最大 60ms/单元	
温度传感 器输出单元	型号	CPM1A-TS001/ TS002	CPM1A-TS101/ TS102
	输入类型	热电偶：K ₁ 、K ₂ 、J ₁ 、J ₂ 之间选一 （由旋转开关设定）	铂热电阻：Pt100、JPt100 之间选一 （由旋转开关设定）
	输入点数	TS001、TS101：2 点	TS002、TS102：4 点
	精度	1.0%（全程量）	
	转换时间	250ms/所有点	
	温度转换	4 位 16 进制	
	绝缘方式	光电耦合绝缘（各温度输入信号之间）	

8. 性能指标 (见表 3-1-9)

表 3-1-9 CPM1A 系列性能指标

项 目		10 点 I/O 型	20 点 I/O 型	30 点 I/O 型	40 点 I/O 型
控制方式		存储程序方式			
输入/输出控制方式		循环扫描方式和即时刷新方式并用			
编程语言		梯形图方式			
指令长度		1 步/1 指令、1~5 步/1 指令			
指令种类		基本指令	14 种		
		应用指令	79 种、139 条		
处理速度		基本指令	LD 指令 = 1.72 μ s		
		应用指令	MOV 指令 = 16.3 μ s		
程序容量		2048 字			
最大 I/O 点数	仅本体	10 点	20 点	30 点	40 点
	扩展时	-	-	50 点、70 点、 90 点	60 点、80 点、 100 点
输入继电器 (IR)		IR00000~00915			不作为 I/O 继电器使用的通道 可作为内部辅助继电器使用
输出继电器 (IR)		IR01000~01915			
内部辅助继电器 (IR)		512 点: IR20000~23115 (IR200~231)			
特殊辅助继电器 (SR)		384 点 ; SR23200~25515 (SR232~255)			
暂存继电器 (TR)		8 点 : TR0~7			
保持继电器 (HR)		320 点 : HR0000~1915 (HR00~19)			
辅助记忆继电器 (AR)		256 点 : AR0000~1515 (AR00~15)			
链接继电器 (LR)		256 点 : LR0000~1515 (LR00~15)			
定时器/计数器 (TIM/CNT)		128 点 : TIM/CNT00~127 100ms 型: TIM000~127 10 ms 型 (高速定时器): TIM000~127 (100ms 定时器共用) 减法计数器、可逆计数器			
数据存储器 (DM)	可读/写	1002 字: DM0000~0999、DM1022~1023			
	故障履历存入区	22 字: DM1000~1021			
	只读	456 字: DM6144~6599			
	PLC 系统设定区	56 字: DM6600~6655			

续表

项 目	10 点 I/O 型	20 点 I/O 型	30 点 I/O 型	40 点 I/O 型
停电保持功能	保持继电器、辅助记忆继电器、计数器数据内存的内容保持			
内存后备	快闪内存：用户程序、数据内存（只读，无电池保持） 超级电容：数据内存（读/写）、保持继电器、辅助记忆继电器、计数器（保持 20 天/环境温度 25℃）			
输入时间常数	可设定 1ms/2ms/4ms/8ms/16ms/32ms/64ms/128ms 中的一个			
模拟电位器	2 点（BCD：0~200）			
输入中断	2 点	4 点		
快速响应输入	与外部中断输入共用（最小输入脉冲宽度 0.2ms）			
间隔定时器中断	1 点（0.5~319968ms、单次中断模式或重复中断模式）			
高速计数器	1 点 单相 5kHz 或两相 2.5 kHz（线性计数方式） 递增模式：0~65535（16 位） 递减模式：-32767~+32797（16 位）			
脉冲输出	1 点 20Hz~2kHz（单相输出：占空比 50%）			
自诊断功能	CPU 异常（WDT）、内存检查、I/O 总线检查			
程序检查	无 END 指令、程序异常（运行时一直检查）			

二、内部器件

（一）内部继电器（IR）

内部继电器分为两部分：一部分是供输入/输出用的输入/输出继电器，其通道号为 000~019；另一部分是供用户编写程序使用的内部辅助继电器，其通道不能直接对外输出。内部辅助继电器编号为 200~231 的 32 个通道，每个通道有 16 位（点），故共有 512 点。一个继电器的编号要用 5 位数表示，前 3 位数是该继电器所在的通道号，后 2 位数是该继电器所在的通道中的位序号。例如某继电器的编号是 00105，其中的 001 是通道号，05 表示该继电器的位序号。

输入继电器占用 000~009 共 10 个通道，每个通道有 00~15 共 16 位。输入继电器的编号为 00000~00915，其中 000、001 通道用来对主机的输入通道编号，002~009 用于对主机连接的 I/O 扩展单元的输入通道编号。

输出继电器占用 010~019 共 10 个通道，每个通道有 00~15 共 16 位。输出继电器的编号为 01000~01915，其中 010、011 通道用来对主机的输出通道编号，012~019 用于对主机连接的 I/O 扩展单元的输出通道编号。

另外，输入/输出继电器中未被使用的通道也可作为内部辅助继电器使用。例

如,在图 2-2-3 中,40 点的主机连接了 3 个 20 点的 I/O 扩展单元,最大输入通道号为 004,最大输出通道号为 014,所以 005~009 以及 015~019 这些通道就可以作为辅助继电器使用。

(二) 特殊辅助继电器 (SR)

特殊辅助继电器有 24 个通道,主要供系列使用,表 3-1-10 为该继电器的编号与功能。

表 3-1-10 特殊辅助继电器编号与功能

通道号	继电器号	功 能	
232~235		宏指令输入区,不使用宏指令时可作为内部辅助继电器使用	
236~239		宏指令输入区,不使用宏指令时可作为内部辅助继电器使用	
240		存放中断 0 的计数器设定值	输入中断使用计数器模式时的设定值(0000~FFFF),输入中断不使用计数器模式时可作为内部辅助继电器使用
241		存放中断 1 的计数器设定值	
242		存放中断 2 的计数器设定值	
243		存放中断 3 的计数器设定值	
244		存放中断 0 的计数器当前值-1	输入中断使用计数器模式时的计数器当前值-1(0000~FFFF),输入中断不使用计数器模式时可作为内部辅助继电器使用
245		存放中断 1 的计数器当前值-1	
246		存放中断 2 的计数器当前值-1	
247		存放中断 3 的计数器当前值-1	
248~249		存放高速计数器的当前值,不使用高速计数器时可作为内部辅助继电器使用	
250		存放模拟电位器 0 设定值	设定值为 0000~0200(BCD 码)
251		存放模拟电位器 1 设定值	
252	00	高速计数器复位标志(软件设置复位)	
	01~07	不可使用	
	08	外设通信口复位时为 ON(使用总线无效),之后自动回到 OFF 状态	
	09	不可使用	
	10	系统设定区域(DM6600~6655)初始化的时候为 ON,之后自动回到 OFF 状态(仅编程模式时有效)	
	11	强制置位/复位的保持标志 OFF:编程模式与监控切换时,解除强制置位/复位的接点 ON:编程模式与监控切换时,保持强制置位/复位的接点	

续表

通道号	继电器号	功 能
252	12	I/O 保持标志 OFF: 运行开始/停止时, 输入/输出、内部辅助继电器、链接继电器的状态被复位 ON: 运行开始/停止时, 输入/输出、内部辅助继电器、链接继电器的状态被保持
	13	不可使用
	14	故障履历复位时为 ON, 之后自动回到 OFF
	15	不可使用
253	00~07	故障码存储区, 故障发生时将故障码存入 故障报警(FAL/FALS)指令执行时, FAL 号被存储 FAL00 指令执行时, 故障码存储区复位(成为 00)
	08	不可使用
	09	当扫描周期超过 100ms 时为 ON
	10~12	不可使用
	13	常开
	14	常闭
	15	PLC 上电后第一个扫描周期内为 ON, 常作为初始化脉冲
254	00	输出 1min 时钟脉冲(占空比 1:1)
	01	输出 0.02s 时钟脉冲(占空比 1:1), 当扫描周期 > 0.01s 时不能正常使用
	02	负数标志(N 标志)
	03~05	不可使用
	06	微分监视完了标志(微分监视完了时为 ON)
	07	STEP 指令中一个行程开始时, 仅一个扫描周期为 ON
	08~15	不可使用
255	00	输出 0.1s 时钟脉冲(占空比 1:1), 当扫描周期 > 0.05s 时不能正常使用
	01	输出 0.2s 时钟脉冲(占空比 1:1), 当扫描周期 > 0.1s 时不能正常使用
	02	输出 1s 时钟脉冲(占空比 1:1)
	03	ER 标志(执行指令时, 出错发生时为 ON)
	04	CY 标志(执行指令时, 结果有进位或错位发生时为 ON)

续表

通道号	继电器号	功 能
255	05	>标志(执行比较指令时,第一个比较数大于第二个比较数时,该位 ON)
	06	=标志(执行比较指令时,第一个比较数等于第二个比较数时,该位 ON)
	07	<标志(执行比较指令时,第一个比较数小于第二个比较数时,该位 ON)
	08~15	不可使用

注:(1) 特殊辅助继电器的前半部分(232~251)通常以通道为单位使用。

(2) 232~249 通道在没作表中指定的功能使用时,可作为内部辅助继电器使用。

(3) 250、251 通道只能按表中指定的功能使用时,不可作为内部辅助继电器使用。

(4) 特殊辅助继电器的后半部分(252~255)是用来存储 PLC 的工作状态标志,发出工作起动信号,产生时钟脉冲等。除 25200 外的其他继电器,用户程序只能利用其状态而不能改变其状态,或者说用户程序只能用其触点,而不能将其作输出继电器用。

(5) 25200 是高速计数器的软件复位标志位,其状态可由用户程序控制,当其为 ON 时,高速计数器被复位,高速计数器的当前值被置为 0000。

(6) 25300~25307 是故障码存储区,故障码由用户编号,范围为 01~99。执行故障诊断指令后,故障码存到 25300~25307 中,其低位数字存放在 25300~25303 中,高位数字存放在 25304~25307 中。

(三) 暂存继电器 (TR)

暂存继电器编号为 TR0~TR7 共 8 个。在编写用户程序时,暂存继电器用于暂存复杂梯形图中分支点之前的 ON/OFF 状态。同一编号的暂存继电器在同一程序段内不能重复使用,在不同的程序段可重复使用。

(四) 保持继电器 (HR)

该区有编号为 HR00~HR19 的 20 个通道,每个通道有 16 位,共有 320 个继电器。保持继电器的使用方法同内部辅助继电器一样,但其通道编号必须冠以 HR。

保持继电器具有断电保持功能,通常有两种用法:①以通道为单位用作数据通道时,断电后若再恢复供电,数据不会丢失;②以位为单位与 KEEP 指令配合使用或作为自保持电路时,断电后若再恢复供电,该位能保持掉电前的状态。

(五) 辅助记忆继电器 (AR)

辅助记忆继电器区共有 AR00~AR15 16 个通道,具有断电保持功能,通道编号要冠以 AR。

AR 区用来存储 PLC 的工作状态信息,如扩展单元连接的台数、断电发生的次数、扫描周期最大值及当前值,以及高速计数器、脉冲输出的工作状态标志、通信出错码、系统设定区域异常标志等,用户可根据其状态了解系统运行状况。表 3-1-11 为辅助记忆继电器的功能。

表 3-1-11 辅助记忆继电器功能

通道号	继电器号	功 能	
AR00~AR01		不可使用	
AR02	00~07	不可使用	
	08~11	扩展单元连接的台数	
	12~15	不可使用	
AR03~AR07		不可使用	
AR08	00~07	不可使用	
	08~11	外围设备通信出错码(BCD 码) 0—正常終了,1—奇偶出错,2—格式出错,3—溢出出错	
	12	外围设备通信异常时为 ON	
	13	不可使用	
AR09		不可使用	
AR10	00~15	电源断电发生的次数(BCD 码),复位时外围设备写入 0000	
AR11	00	1 号比较条件满足时为 ON	高速计数器进行区域比较时,各编号的条件符合时成为 ON 继电器
	01	2 号比较条件满足时为 ON	
	02	3 号比较条件满足时为 ON	
	03	4 号比较条件满足时为 ON	
	04	5 号比较条件满足时为 ON	
	05	6 号比较条件满足时为 ON	
	06	7 号比较条件满足时为 ON	
	07	8 号比较条件满足时为 ON	
	08~14	不可使用	
	15	脉冲输出状态,0—停止中,1—输入中	
AR12		不可使用	
AR13	00	DM6600~6614(电源 ON 时读出的 PLC 系统设定区域)中有异常时为 ON	
	01	DM6615~6644(运行开始时读出的 PLC 系统设定区域)中有异常时为 ON	
	02	DM6645~6655(经常读出的 PLC 系统设定区域)中有异常时为 ON	
	03~04	不可使用	
	05	在 DM6619 中设定的扫描时间比实际扫描时间大的时候为 ON	
	06~07	不可使用	

续表

通道号	继电器号	功 能
AR13	08	在用户存储器(程序区域)范围以外存在有继电器区域时为 ON
	09	高速存储器发生异常时为 ON
	10	固定 DM 区域(6144~6599)发生累加和校验出错时为 ON
	11	PLC 系统设定区域发生累加和校验出错时为 ON
	12	在用户存储器(程序区域)发生累加和校验出错、执行不正确指令时为 ON
	13~15	不可使用
AR14	00~15	扫描周期最大值(BCD 码 4 位)($\times 0.1\text{ms}$) 运行开始以后存入的最大扫描周期 运行停止时不复位,但运行开始时被复位
AR15	00~15	扫描周期当前值(BCD 码 4 位)($\times 0.1\text{ms}$) 运行中最新的扫描周期被存入 运行停止时不复位,但运行开始时被复位

(六) 链接继电器 (LR)

链接继电器区共有编号为 LR00~LR15 的 16 个通道,通道编号前要冠以 LR。

当 CPM1A 与本系列 PLC 之间,或与 CQM1、CPM1、SRM1 以及 C200HS、C200HX/HG/HE 之间进行 1:1 链接时,要使用链接继电器与对方交换数据。在不进行 1:1 链接时,链接继电器可作内部辅助继电器使用。

(七) 定时器/计数器 (TC)

该区共有 128 个定时器/计数器,编号范围为 000~127。定时器、计数器又各分为 2 种,即普通定时器 TIM 和高速定时器 TIMH、普通计数器 CNT 和可逆计数器 CNTR。

定时器/计数器统一编号(称为 TC 号),一个 TC 号既可分配给定时器,又可分配给计数器,但所有定时器或计数器的 TC 号不能重复。例如,127 已分配给普通计数器,则其他的普通计数器、高速定时器、普通定时器、可逆计数器便不能再使用 TC 号 127。

定时器无断电保持功能,电源断电时定时器复位。计数器有断电保持功能。

(八) 数据存储区 (DM)

数据存储区用来存储数据。该区共有 1536 个通道,每个通道 16 位,通道编号用 4 位数,通道编号前要冠以 DM,其编号为 DM0000~DM1023、DM6144~DM6655。对数据存储区的几点说明如下:

(1) 数据存储区只能以通道为单位使用,不能以位为单位使用。

(2) DM0000~DM0999、DM1022~DM1023 为程序可读写区, 用户程序可自由读写其内容。

(3) DM1000~DM1021 主要用作故障履历存储器 (记录故障信息), 如果不用作故障履历存储器, 也可作普通数据存储器使用。是否作为故障履历存储器, 由 DM6655 的 00~03 位来设定。

(4) DM6144~DM6599 为只读存储区, 用户程序可以读出但不能用程序改写其内容, 利用编程器可预先写入数据内容。

(5) DM6600~DM6655 称为系统设定区, 用来设定各种系统参数。通道中的数据不能用程序写入, 只能用编程器写入。DM6600~DM6614 仅在编程模式的时候设定, DM6615~DM6655 可在编程模式或监控模式的时候设定。

(6) 数据存储区 DM 有掉电保持功能。

在 DM 区开辟了一块系统设定区域, 其功能见表 3-1-12 所示。系统设定区域的内部反应 PLC 的某些状态, 可以在下述时间定时读出其内容。

DM6600~DM6614: 当电源 ON 时, 仅一次读出。

DM6615~DM6644: 运行开始 (执行程序) 时, 仅一次读出。

DM6645~DM6655: 当电源 ON 时, 经常被读出。

若系统设定区域的设定内容有错, 则在该区的读出时会产生运行出错 (故障码 9B) 信息, 此时反映设定通道有错的辅助记忆继电器 AR1300~AR1302 将为 ON。对于有错误的设定只有用初始化来处理。

表 3-1-12 系统设定区功能

通道号	位	功 能	缺省值	定时读出
DM6600	00~07	电源 ON 时 PLC 的工作模式 00—编程,01—监控,02—运行	根据编程器的模式设定开关	电源 ON 时
	08~15	电源 ON 时 PLC 的工作模式 00—编程器的模式开关,01—监控电源断电之前的模式,02—运行用 00~07 位指定的模式		
DM6601	00~07	不可使用		
	08~11	电源 ON 时 IOM 保持标志,保持/非保持设定 0—非保持,1—保持	非保持	
	12~15	电源 ON 时 S/R 保持标志,保持/非保持设定 0—非保持,1—保持		
DM6602	00~03	用户程序存储器可写/不可写设定 0—可写,1—不可写(除 DM6602)	可写	

续表

通道号	位	功 能	缺省值	定时读出
DM6602	04~07	编程器的信息显示用英文/日文设定 0—用英文,1—用日文	英文	电源 ON 时
	08~15	不可使用		
DM6603~6614		不可使用		
DM6615~6616		不可使用		
DM6617	00~07	外围设备通信口服务时间的设定 对扫描周期而言,服务时间的比率可在 00%~99%之间(用 BCD2 位)指定	无效	运行 开始时
	08~15	外围设备通信口服务时间设定有效/无效 00—无效(固定为扫描周期的 5%),01—有效(用 00~07 W 位指定)		
DM6618	00~07	扫描监视时间的设定 设定值范围 00~09(BCD 码),时间单位用 08~15 位设定	120 ms 固定	
	08~15	扫描周期监视设定有效/无效 00—无效(120ms 固定),01—有效(单位时间 10ms),02—有效(单位时间 100ms),03—有效(单位时间 1s) 监视时间=设定值×单位时间		
DM6619		扫描周期设定可变/不可变 0000—可变,0001~9999—不可变,为固定时间(单位为 ms)	扫描时间 可变	
DM6620	00~03	00000~00002 的输入滤波器时间常数设定	0—省缺值 (8ms) 1—1 ms 2—12ms 3—4ms 4—8ms 5—16ms	运行 开始时
	04~07	00003~00004 的输入滤波器时间常数设定		
	08~11	00005~00006 的输入滤波器时间常数设定		
	12~15	00007~00011 的输入滤波器时间常数设定		
DM6621	00~07	001CH 的输入滤波器时间常数设定		
	08~15	002CH 的输入滤波器时间常数设定		
DM6622	00~07	003CH 的输入滤波器时间常数设定		
	08~15	004CH 的输入滤波器时间常数设定		

续表

通道号	位	功 能		缺省值	定时读出
DM6623	00~07	005CH 的输入滤波器时间常数设定		6—32ms 7—64ms 8—128ms 0—省缺 值(8ms)	运行 开始时
	08~15	006CH 的输入滤波器时间常数设定			
DM6624	00~07	007CH 的输入滤波器时间常数设定			
	08~15	008CH 的输入滤波器时间常数设定			
DM6625	00~07	009CH 的输入滤波器时间常数设定			
	08~15	不可使用			
DM6626~6627		不可使用			
DM6628	00~03	输入号 00003 的中断输入设定		0—通常输入 1—中断输入 2—快速输入 通常 输入	
	04~07	输入号 00004 的中断输入设定			
	08~11	输入号 00005 的中断输入设定			
	12~15	输入号 00006 的中断输入设定			
DM6629~6641		不可使用			
DM6642	00~03	高速计数器模式设定 4—递增计数模式,0—递减计数模式		不使用 计数器	运行 开始时
	04~07	高速计数器的读物方式设定 0—Z 相信号+软件复位,1—软件复位			
	08~15	高速计数器使用设定 00—不使用,01—使用			
DM6643~6644		不可使用			
DM6645~6649		不可使用			
DM6650	00~07	上位链接 总线	外围设备通信口通信条件标准格式设定 00—标准设定,起动位—1 位,字长—7 位,奇偶校—偶,停止位—2 位,比特 率—9600bit/s 01—个别设定,DM6651 的设定 其他—系统设定异常(AR1302 为 ON)	外围设 备通信口 设定为上 位链接	电源 ON 时 经常读 出
	08~11	1:1 链接 (主动方)	外围设备通信口 1:1 链接区域设定 0—LR00~LR15		
	12~15	全模式	外围设备通信口使用模式设定 0—上位链接,2—1:1 链接从动方, 3—1:1 链接主动方,4—NT 链接,其 他—系统设定异常(AR1302 为 ON)		

续表

通道号	位	功 能	缺省值	定时读出																																																															
DM6651	00~07	上位链接 总线 外围设备通信口比特率设定 00 -1200, 01 2400, 02 4800, 03 9600, 04--19200(可选)		电源 ON 时 经常读 出																																																															
	08~15	上位链接 总线 外围设备通信口的帧格式设定 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>起动位</th><th>字长</th><th>停止</th><th>奇偶校验</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>00</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>偶</td></tr> <tr><td>01</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>奇</td></tr> <tr><td>02</td><td>1</td><td>7</td><td>1</td><td>无</td></tr> <tr><td>03</td><td>1</td><td>7</td><td>2</td><td>偶</td></tr> <tr><td>04</td><td>1</td><td>7</td><td>2</td><td>奇</td></tr> <tr><td>05</td><td>1</td><td>7</td><td>2</td><td>无</td></tr> <tr><td>06</td><td>1</td><td>8</td><td>1</td><td>偶</td></tr> <tr><td>07</td><td>1</td><td>8</td><td>1</td><td>奇</td></tr> <tr><td>08</td><td>1</td><td>8</td><td>1</td><td>无</td></tr> <tr><td>09</td><td>1</td><td>8</td><td>2</td><td>偶</td></tr> <tr><td>10</td><td>1</td><td>8</td><td>2</td><td>奇</td></tr> <tr><td>11</td><td>1</td><td>8</td><td>2</td><td>无</td></tr> </tbody> </table> 其他:系统设定异常(AR1302 为 ON)			起动位	字长	停止	奇偶校验	00	1	7	1	偶	01	1	7	1	奇	02	1	7	1	无	03	1	7	2	偶	04	1	7	2	奇	05	1	7	2	无	06	1	8	1	偶	07	1	8	1	奇	08	1	8	1	无	09	1	8	2	偶	10	1	8	2	奇	11	1	8	2
	起动位	字长	停止	奇偶校验																																																															
00	1	7	1	偶																																																															
01	1	7	1	奇																																																															
02	1	7	1	无																																																															
03	1	7	2	偶																																																															
04	1	7	2	奇																																																															
05	1	7	2	无																																																															
06	1	8	1	偶																																																															
07	1	8	1	奇																																																															
08	1	8	1	无																																																															
09	1	8	2	偶																																																															
10	1	8	2	奇																																																															
11	1	8	2	无																																																															
DM6652	00~15	上位链接 外围设备通信的发送延时设定 设定值:0000~9999(BCD),单位 10ms 其他:系统设定异常(AR1302 为 ON)		电源 ON 时 经常读 出																																																															
DM6653	00~07	上位链接 外围设备通信时,上位 LINK 模式的 机号设定 设定值:00~31(BCD) 其他:系统设定异常(AR1302 为 ON)																																																																	
	08~15	不可使用																																																																	
DM6654	00~15	不可使用																																																																	
DM6655	00~03	故障履历存入法的设定 0—超过 10 记录则位移存入,1—存到 10 个记录 为止(不位移),其他不存入	位移方式	电源 ON 时 经常读 出																																																															
	04~07	不可使用																																																																	
	08~11	扫描周期超出检测 0—检测,1—不检测	检测																																																																
	12~15	不可使用																																																																	

第二节 基本指令

CPM1A 系列的基本指令和常用的应用指令中，大部分与 C 系列 P 型机的一致，不同之处在于其操作数的含义及范围，所以在本章中对这类相同之处不作介绍。CPM1A 系列基本指令操作数的含义及范围见表 3-2-1 所示。

表 3-2-1 基本指令操作数的含义及范围

指 令	格 式	操作数 B 的含义及范围
LD	LD B	B 的范围：IR、SR、HR、AR、LR、TC、TR 以位为单位进行操作
LD NOT	LD NOT B	
AND	AND B	B 的范围：IR、SR、HR、AR、LR、TC 以位为单位进行操作
AND NOT	AND NOT B	
OR	OR B	
OR NOT	OR NOT B	B 的范围：IR、SR、HR、AR、LR、TC、TR 以位为单位进行操作（除了 IR 中已作为输入通道的位）
OUT	OUT B	
OUT NOT	OUT NOT B	无操作数
END	END (01)	
NOP	NOP (00)	
AND LD	AND LD	
AOR LD	AOR LD	B 的范围：IR、SR、HR、AR、LR 以位为单位进行操作（除了 IR 中已作为输入通道的位）
SET	SET B	
RESET	RESET B	B 的范围：IR、SR、HR、AR、LR 以位为单位进行操作（除了 IR 中已作为输入通道的位）
KEEP	KEEP (11) B	
DIFU	DIFU (13) B	
DIFD	DIFD (13) B	

第三节 应用指令

一、常用的应用指令

常用应用指令的格式、功能与操作数的含义及范围见表 3-3-1。

表 3-3-1 常用应用指令

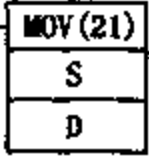
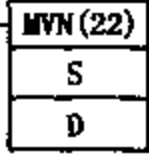
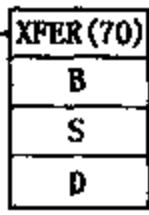
指 令	格 式	功 能	操作数的含义及范围
IL	IL (02)	程序分支开始	无操作数
ILC	ILC (03)	程序分支结束	
JMP	JMP (04) B	跳转开始	B 为跳转号, 范围为 00~49
JME	JME (05) B	跳转结束	
TIM	TIM B SV	定时器	B 是定时器的 TC 号, 范围为 000~127。SV 是定时器的设定值 (BCD 0000~9999), 其范围为 IR、SR、HR、AR、LR、DM、*DM、#
TIMH	TIMH (15) B SV	高速定时器	
CNT	CNT B SV	单向减计数器	
CNTR	CNTR (R) B SV	可逆循环计数器	

二、数据传送和数据比较指令

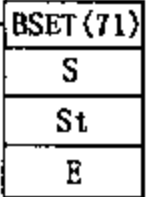
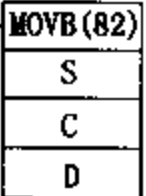
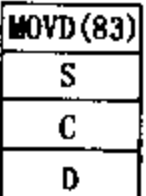
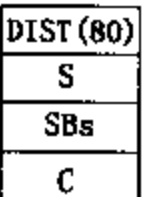
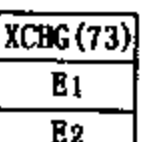
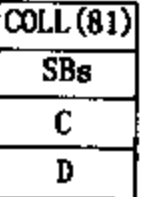
(一) 数据传送指令

CPM1A 系列提供多种数据传送指令, 在指令前加@符号是指该指令是微分型指令, 它只在执行条件由 OFF 变为 ON 时执行一次, 之后即使执行条件一直为 ON, 指令也不再执行。数据传送指令的格式、逻辑符号与功能见表 3-3-2。

表 3-3-2 数据传送指令

指 令	格 式	逻辑符号	功 能
MOV (21)	MOV(21) S D		传送 (将源数据 S 传送到通道 D 中)
MVN (22)	MVN(22) S D		取反传送 (将源数据 S 按位取反后传送到通道 D 中)
XFER (70)	XFER(70) B S D		块传送 (将几个连续通道中的数据传送到另外几个连续通道中, 见图 3-3-1)

续表

指 令	格 式	逻辑符号	功 能
BSET (71)	BSET(71) S St E		块设置 (将源数据 S 传送到从 St 到 E 的所有通道中去, 见图 3-3-2)
MOVB (82)	MOVB(82) S C D		位传送 (根据 C 的内容, 将 S 中指定的某一位传送到 D 的指定位中)
MOVD (83)	MOVD(83) S C D		数字传送 (根据 C 的内容, 将 S 中指定的数字传送到 D 的指定数字位中去, 见图 3-3-3)
DIST (80)	DIST(80) S DBs C		单字分配 (根据 C 的内容进行单字数据分配或堆栈/进栈操作, 堆栈的深度由 C 的低三位确定)
XCHG (73)	XCHG(73) E ₁ E ₂		数据交换 (将 E ₁ 与 E ₂ 的内容进行交换)
COLL (81)	COLL(81) SBs C D		数据调用 (根据 C 的内容进行调用数据或堆栈的出栈操作, 堆栈的深度由 C 的低 3 位确定, 见图 3-3-4)

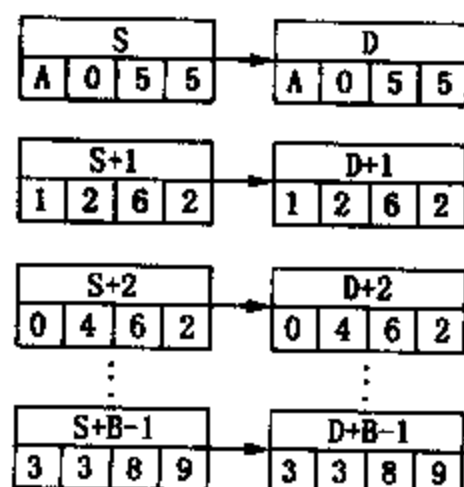


图 3-3-1 块传送

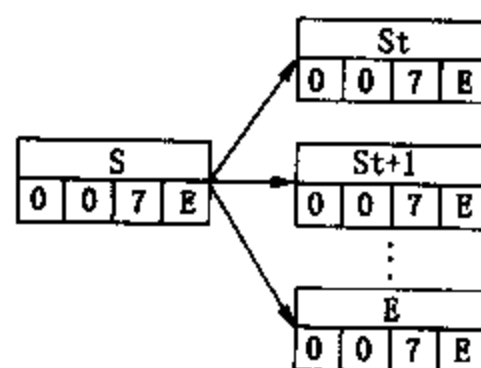


图 3-3-2 块设置

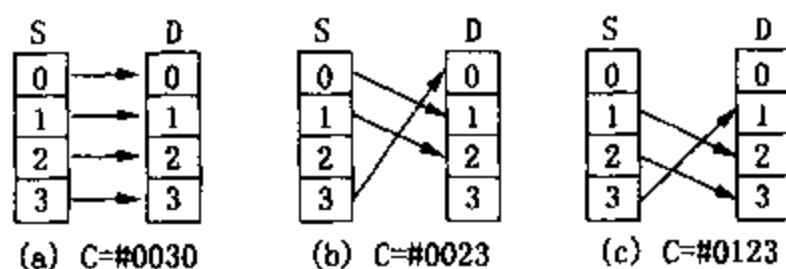


图 3-3-3 数字传送

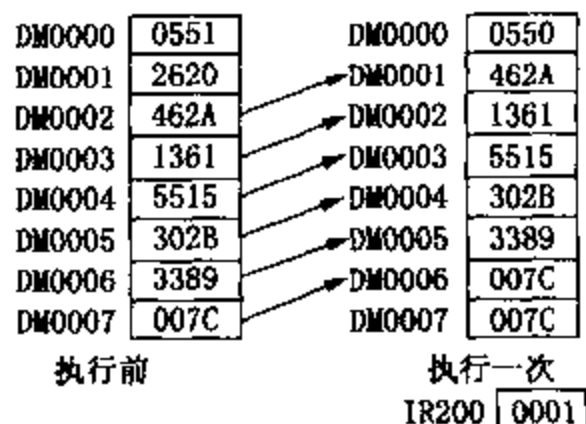


图 3-3-4 堆栈的出栈操作

(二) 数据比较指令

数据比较指令的格式、逻辑符号与功能见表 3-3-3。

表 3-3-3 数据比较指令

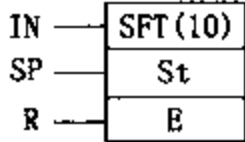
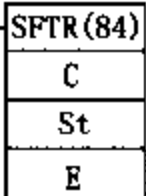
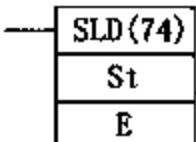
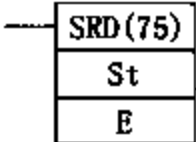
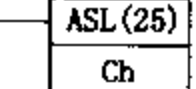
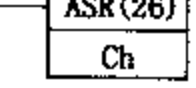
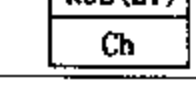
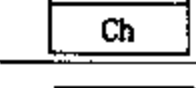
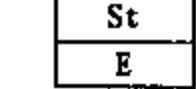
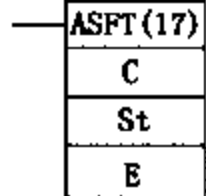
指 令	格 式	逻辑符号	功 能
CMP (20)	CMP(20) C ₁ C ₂		单字比较 (将 C ₁ 和 C ₂ 进行比较, 并将比较结果送到各标志位)
CMPL (60)	CMPL(60) C ₁ C ₂ 000		双字比较 (将 C ₁ +1、C ₁ 两个通道的内容与 C ₂ +1、C ₂ 两个通道的内容进行比较, 将比较结果放在 SR 区的相关标志位中)
BCMP (68)	BCMP(68) CD CB R		块比较 (将数据 CD 与每一个区域进行比较, 若 CD 处在某个区域中, 则与该区域对应的 R 通道的位为 ON)
TCMP (85)	TCMP(85) CD TB R		表比较 (将数据 CD 与比较表中的数据进行比较, 若 CD 与比较表中某个通道的数据相同, 则与该区域对应的 R 通道的位为 ON)

三、数据移位和数据转换指令

(一) 数据移位指令

数据移位指令的格式、逻辑符号与功能见表 3-3-4。

表 3-3-4 数据移位指令

指 令	格 式	逻辑符号	功 能
SFT(10)	SFT(10) St E		移位寄存器(IN 是数据输入端,SP 是移位脉冲输入端,R 是复位端)
SFTR(84)	SFTR(84) C St E		可逆移位寄存器(当执行条件为 ON 时,SFTR 指令执行)
SLD(74)	SLD(74) St E		一位数字左移(每执行一次 SLD 指令,St 和 E 通道的数据以字数为单位左移一位,0 进入 St 的最低数字位,E 中的最高数字溢出丢失,见图 3-3-5)
SRD(75)	SRD(75) St E		一位数字右移(每执行一次 SRD 指令,St 和 E 通道的数据以字数为单位右移一位,0 进入 E 的最高数字位,St 中的最低数字溢出丢失,见图 3-3-6)
ASL(25)	ASL(25) Ch		算术左移位(每执行一次移位指令,将 Ch 通道中的数据按位左移一位,最高位移动到 CY 中,0 移进最低位,见图 3-3-7)
ASR(26)	ASR(26) Ch		算术右移位(每执行一次移位指令,将 Ch 通道中的数据按位右移一位,最低位移动到 CY 中,0 移进最高位,见图 3-3-8)
ROL(27)	ROL(27) Ch		循环左移位(每执行一次移位指令,将 Ch 通道中的数据连同 CY 的内容按位循环左移一位,其过程如图 3-3-9 所示)
ROR(28)	ROR(28) Ch		循环右移位(每执行一次移位指令,将 Ch 通道中的数据连同 CY 的内容按位循环右移一位,其过程如图 3-3-10 所示)
WSFT(16)	WSFT(16) St E		字移位每执行一次指令,St 和 E 通道的数据以字为单位左移一位,0000 进入 St,E 中数据溢出丢失
ASFT(17)	ASFT(17) C St E		异步移位寄存器(由 St 和 E 之间的通道组成移位寄存器,见图 3-3-11)

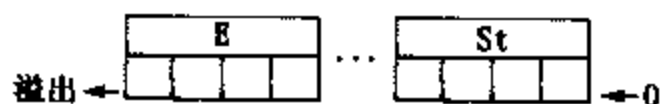


图 3-3-5 一位数字左移

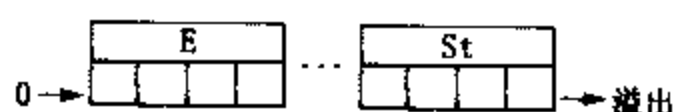


图 3-3-6 一位数字右移

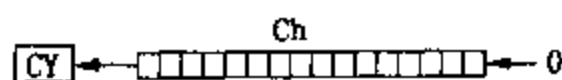


图 3-3-7 算术左移位

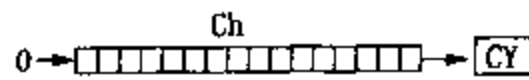


图 3-3-8 算术右移位

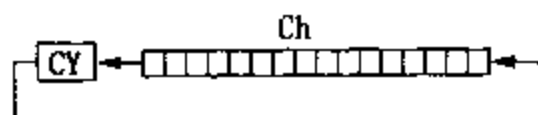


图 3-3-9 循环左移位

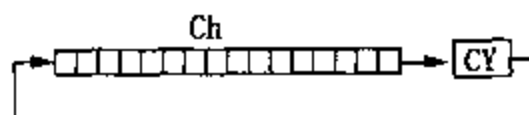


图 3-3-10 循环右移位

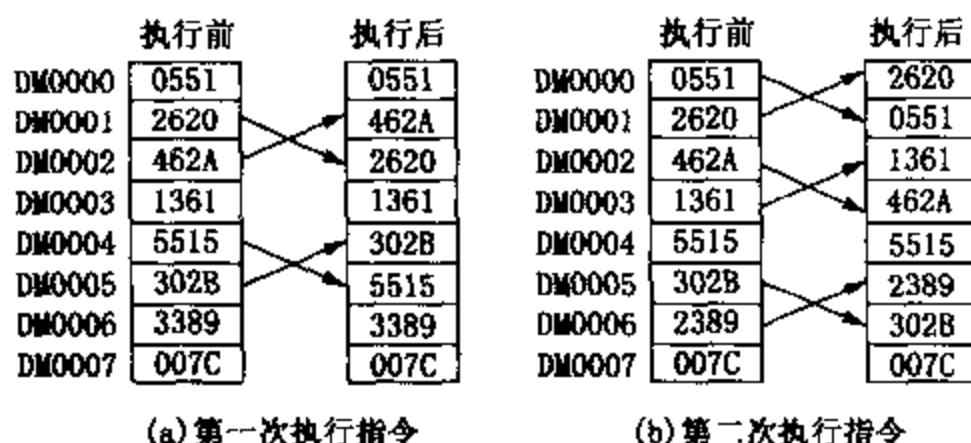


图 3-3-11 异步移位寄存

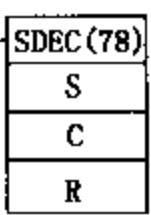
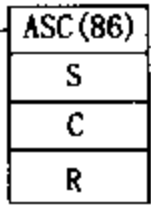
(二) 转据转换指令

数据转换指令的格式、逻辑符号与功能见表 3-3-5。

表 3-3-5 数据转换指令

指 令	格 式	逻辑符号	功 能
BIN(23)	BIN(23) S R		BCD 码→二进制数转换(将 S 中的 BCD 码转换成二进制数, S 中的内容不变, 并存入 R 中)
BCD(24)	BCD(24) S R		二进制数转换→BCD 码(将 S 中二进制数转换成 BCD 码, S 中的内容不变, 并存入 R 中)
MLPX(76)	MLPX(76) S C R		译码(对 S 中指定的数字位进行译码, 再将结果通道中与该十进制数对应的位置为 ON, 其字位为 OFF, 转换过程见图 3-3-12, 存放过程见图 3-3-13)
DMPX(77)	DMPX(77) S R C		编码(对 S 中内容进行编码, 将被编码通道中为 ON 的最高位位号编为 1 位 16 进制数, 送到结果通道指定的数字位, 转换过程见图 3-3-14, 存放过程见图 3-3-15)

续表

指令	格式	逻辑符号	功能
SDEC(78)	SDEC(78) S C R		七段译码(对 S 中内容进行编码,译码结果存放在 R 中,转换过程见图 3-3-16,译码结果在 R 中存放的顺序见图 3-3-17)
ASC(86)	ASC(86) S C R		ASC II 码转换(根据控制数据 C,将 S 中指定的数字转换成 ASC II 码,存放在从 R 开始的通道中,见图 3-3-18)

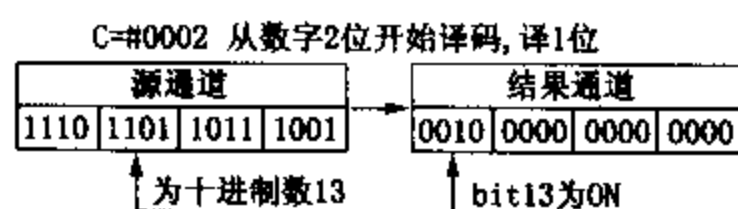


图 3-3-12 MLPX(76)的转换过程

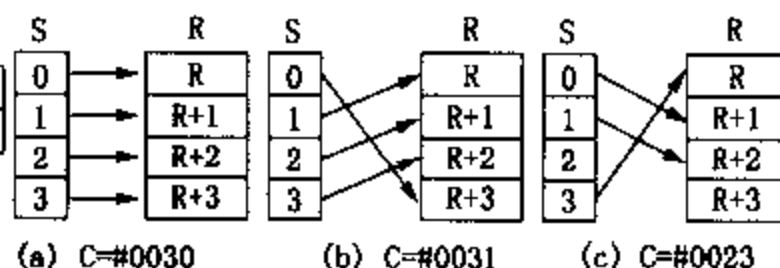


图 3-3-13 MLPX(76)的存放过程

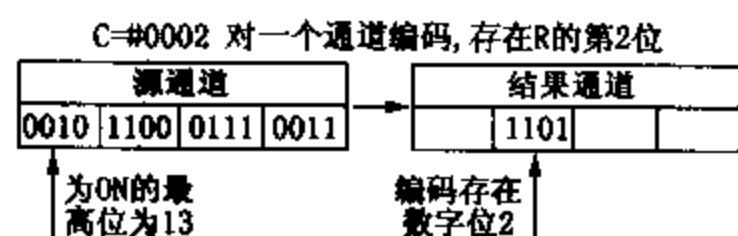


图 3-3-14 DMPX(77)的转换过程

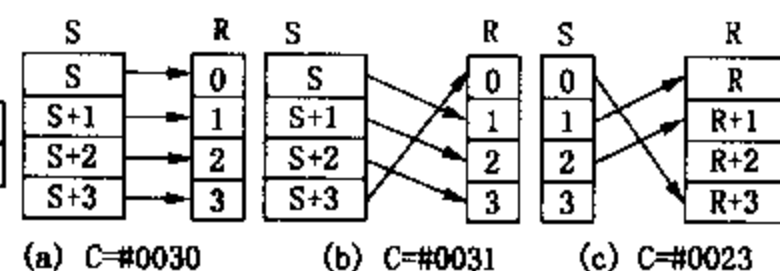


图 3-3-15 DMPX(77)的存放过程

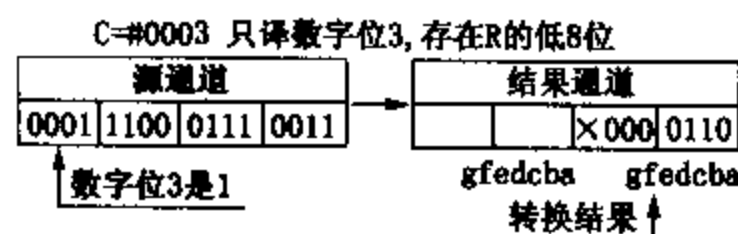


图 3-3-16 SDEC(78)的转换过程

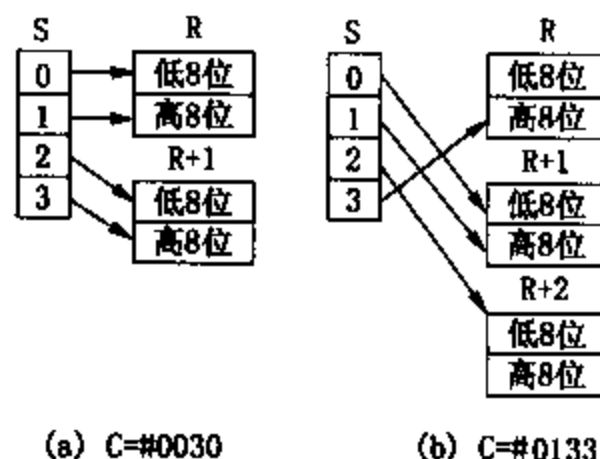


图 3-3-17 SDEC(78)的存放过程

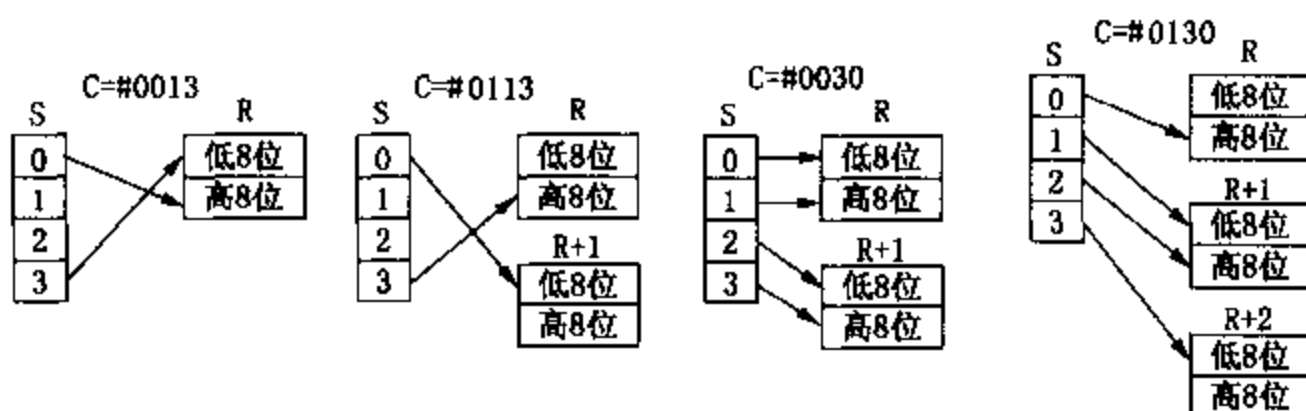


图 3-3-18 ASC(86)的存放过程

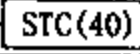
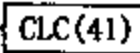
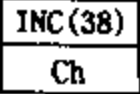
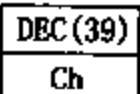
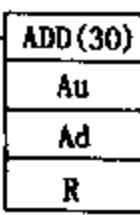
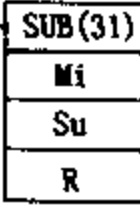
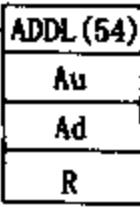
四、数据运算指令

数据运算指令种类较多,包括对十进制和二进制数的加、减、乘、除运算及数据的逻辑运算等。由于进行加、减运算时进位位也参与运算,所以这里也介绍对进位位置 1 和置 0 的指令 STC 和 CLC。

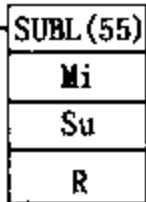
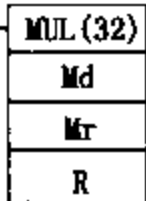
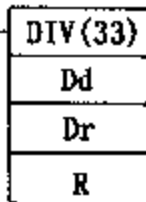
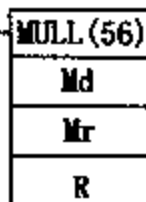
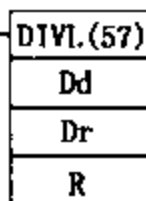
(一)十进制运算指令

十进制运算指令的格式、逻辑符号与功能见表 3-3-6。

表 3-3-6 十进制运算指令

指 令	格 式	逻辑符号	功 能
STC(40)	STC(40)	— 	进位位置 1
CLC(41)	CLC(41)	— 	进位位置 0
INC(38)	INC(38) Ch	— 	通道数据(BCD)递增运算
DEC(39)	DEC(39) Ch	— 	通道数据(BCD)递减运算
ADD(30)	ADD(30) Au Ad R	— 	单字 BCD 码加法运算(见图 3-3-19)
SUB(31)	SUB(31) Mi Su R	— 	单字 BCD 码减法运算(见图 3-3-20)
ADDL(54)	ADDL(54) Au Ad R	— 	双字 BCD 码加法运算(见图 3-3-21)

续表

指 令	格 式	逻辑符号	功 能
SUBL(55)	SUBL(55) M ₁ Su R		双字 BCD 码减法运算(见图 3-3-22)
MUL(32)	MUL(32) Md Mr R		单字 BCD 码乘法运算(见图 3-3-23)
DIV(33)	DIV(33) Dd Dr R		单字 BCD 码除法运算(见图 3-3-24)
MULL(56)	MULL(56) Md Mr R		双字 BCD 码乘法运算(见图 3-3-25)
DIVL(57)	DIVL(57) Dd Dr R		双字 BCD 码除法运算(见图 3-3-26)

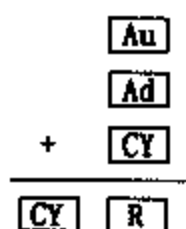


图 3-3-19 单字 BCD 码加法运算

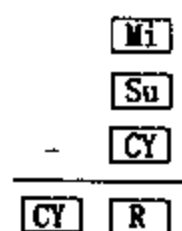


图 3-3-20 单字 BCD 码减法运算

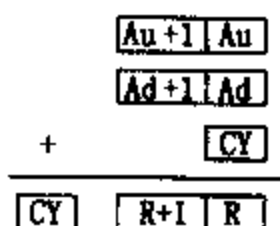


图 3-3-21 双字 BCD 码加法运算

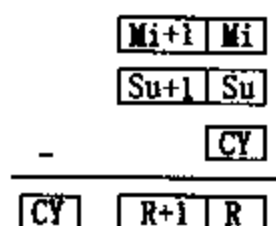


图 3-3-22 双字 BCD 码减法运算

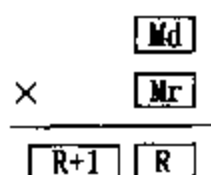


图 3-3-23 单字 BCD 码乘法运算

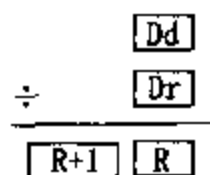


图 3-3-24 单字 BCD 码除法运算

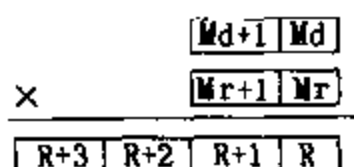


图 3-3-25 双字 BCD 码乘法运算

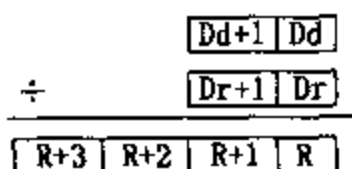
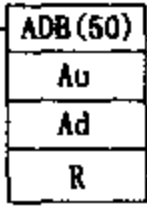
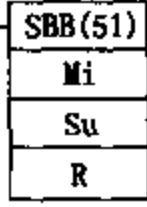
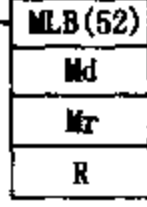


图 3-3-26 双字 BCD 码除法运算

(二) 二进制运算指令

二进制运算指令的格式、逻辑符号与功能见表 3-3-7。

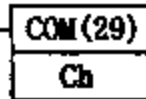
表 3-3-7 二进制运算指令

指 令	格 式	逻辑符号	功 能
ADB(50)	ADB(50) Au Ad R		单字二进制码加法运算
SBB(51)	SBB(51) Mi Su R		单字二进制码减法运算
MLB(52)	MLB(52) Md Mr R		单字二进制码乘法运算

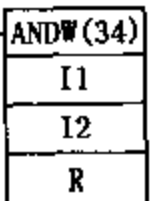
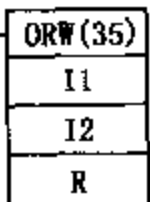
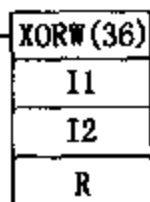
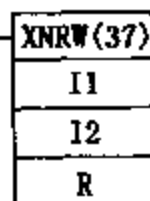
(三) 逻辑运算指令

逻辑运算指令的格式、逻辑符号与功能见表 3-3-8。

表 3-3-8 逻辑运算指令

指 令	格 式	逻辑符号	功 能
COM(29)	COM(29) Ch		通道数据按位求反

续表

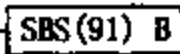
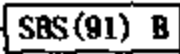
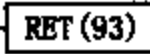
指 令	格 式	逻辑符号	功 能
ANDW(34)	ANDW(34) I1 I2 R		字逻辑与运算
ORW(35)	ORW(35) I1 I2 R		字逻辑或运算
XORW(36)	XORW(36) I1 I2 R		字逻辑异或运算
XNRW(37)	XNRW(37) I1 I2 R		字逻辑同或运算

五、子程序控制指令

(一) 子程序调用、定义和返回指令

SBS 是子程序调用指令，SBN 和 RET 是子程序定义和子程序返回指令。所编写的子程序应在指令 SBN 和 RET 之间。主程序中，在需要调用子程序的地方安排 SBS 指令。若使用非微分指令 SBS，在它的执行条件满足时，每个扫描周期都调用一次子程序；若使用 @SBS，只在执行条件由 OFF 变为 ON 时调用一次子程序。SBS 的格式、逻辑符号与功能见表 3-3-9。

表 3-3-9 子程序调用指令

指 令	格 式	逻辑符号	功 能
SBS(91)	SBS(91)B		子程序调用
SBN(92)	SBN(92)B		子程序定义和返回
RET(93)	RET(93)		

(二) 宏指令

宏指令也是调用程序的指令，但与前述子程序有所不同。宏指令的子程序操作

数只是形式上的操作数，在调用子程序时才赋予它们确定的数据。

MCRO 指令的操作数 I1 是子程序中第一个输入字的参数，操作数 O1 是子程序中第一个输出字的参数，每次调用时，I1 和 O1 的数据可以不同。由于宏调用的子程序的输入/输出数据可以变换，所以提高了子程序存在的价值。MCRO (99) 指令的格式、逻辑符号与功能如表 3-3-10 所示。

表 3-3-10 MCRO (99) 指令

指 令	格 式	逻辑符号	功 能
MCRO(99)	MCRO(99)	MCRO(99)	用一个子程序 B 代替数个具有相同结构但操作不同的子程序
	B	B	
	I1	I1	
	O1	O1	

六、高速计数器控制指令

对于高频脉冲信号的计数，大、中型 PLC 采用特殊功能单元来处理。普通计数器 CNT 的计数脉冲频率受扫描周期及输入滤波时间常数的限制，所以不能对高频脉冲信号进行计数。对于小型 PLC，专门设置了高频脉冲信号的输入点，配合相关的指令及必要的设定，可以处理高频脉冲信号的计数问题。

(一) 旋转编码器

旋转编码器能输出脉冲信号，高速计数器配合使用旋转编码器，可用于测量、处理转动和移位信号等。

旋转编码器输出的脉冲有单相脉冲和两相脉冲，单相脉冲信号如图 3-3-27 (a) 所示，其最高频率是 5kHz，对应于每个脉冲信号的前沿，高速计数器计数。相位差 90° 的两相脉冲如图 3-3-27 (b) 所示，其最高频率是 2.5kHz。A 相和 B 相脉冲的超前或滞后，取决于旋转编码器的旋转方向。对应每个脉冲信号的前沿和后沿，高速计数器计数。有的旋转编码器还能产生一个复位 Z 信号。

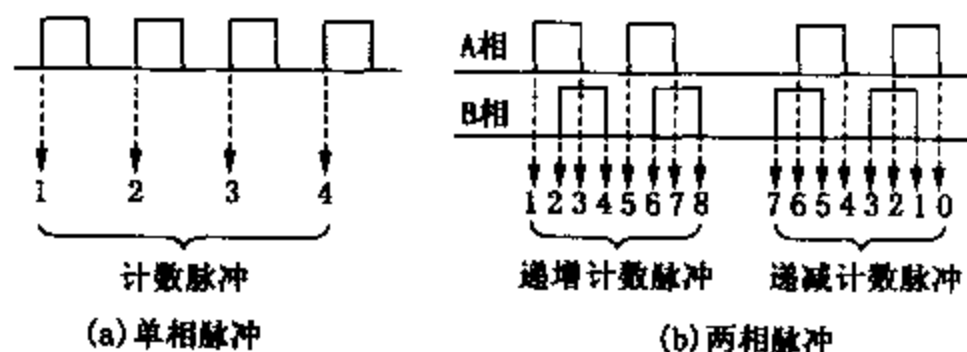


图 3-3-27 旋转编码器输出信号波形

(二) 高速计数器的计数功能

1. 高速计数器的计数模式

(1) 递增计数模式。递增计数时, 被计数的高频脉冲信号由 PLC 的 00000 点输入。在输入计数脉冲信号的前沿, 高速计数器的当前值加 1。递增计数的最高计数频率是 5kHz, 递增计数的计数范围是 0~65535 (00000000~0000FFFF)。

(2) 增减计数模式。在增减计数时, 可使旋转编码器的 A 相脉冲接在 PLC 的 00000 输入点, B 相脉冲接在 00001 输入点, 复位信号接在 00002 输入点。

递增计数: 当 A 相超前 B 相 90°时, 在 A、B 相脉冲的前沿, 计数器当前值加 1。

增减计数: 当 B 相超前 A 相 90°时, 在 A、B 相脉冲的前沿, 计数器当前值减 1。

增减计数的最高计数频率是 2.5kHz, 计数范围是 -32767 ~ +32767 (F0007FFF~00007FFF, 第一位的 F 表示负数)。

2. 高速计数器的复位方式

高速计数器复位时, 其当前值 $PV=0$ 。CPM1A 系列 PLC 的高速计数器有两种复位方式。

(1) 硬件复位 Z 信号 + 软件复位。这种复位分两种情况: 若高速计数器的复位标志位 25200 先为 ON, 则在复位 Z 信号 ON 的前沿时刻, 高速计数器复位; 若复位 Z 信号先为 ON, 则在 25200 为 ON 一个扫描周期后, 高速计数器复位。

(2) 软件复位。当 25200 为 ON 一个扫描周期后, 高速计数器复位。另外, 当 PLC 断电再上电时, 高速计数器会自动复位。

3. 高速计数器的设定

使用高速计数器前必须进行设定, 不经过设定的高速计数器是不工作的。CPM1A 系列 PLC 的设定值在 DM6642 中 (可用编程器写入设定值)。DM6642 的内容和含义如表 3-3-11 所示。

表 3-3-11 高速计数器的设定

通道号	位 号	各位数字的含义
DM6642	00~03	高速计数器的计数模式设定 (4—递增计数, 0—增减计数)
	04~07	高速计数器的复位方式设定 (0—Z 信号 + 软件, 01—软件复位)
	08~15	高速计数器使用/不使用设定 (00—不使用, 0—使用)

4. 高速计数器的溢出

高速计数器计数时, 若从上限开始进行递增计数就会发生上溢出, 其当前值为 0FFFFFFF; 若从下限开始进行增减计数就会发生下溢出, 其当前值为 FFFFFFFF。发生溢出时计数器停止计数。重新复位高速计数器时, 将清除溢出

状态。

5. 高速计数器的当前值存储区

高速计数器的当前值存放在 SR248 和 SR249 中, SR248 存放当前值的低 4 位, SR249 存放当前值的高 4 位。

(三) 高速计数器的中断功能

高速计数器有两类中断方式, 即目标值比较中断和区域比较中断。

1. 目标值比较中断

在采取目标值比较中断时, 要建立一个目标值比较表, 如图 3-3-28 (a) 所示。目标值比较表占用一个区域的若干个通道, 其中首通道存放目标值个数 (BCD 数)。比较表中最多存放 16 个目标值, 每个目标值占 2 个通道 (各存放目标值的低 4 位和高 4 位)。每个目标值对应一个中断子程序, 存放 16 个子程序号需 16 个通道, 所以目标值比较表最多占用 48 个通道。目标值比较表中的数据可用编程器预先写入。

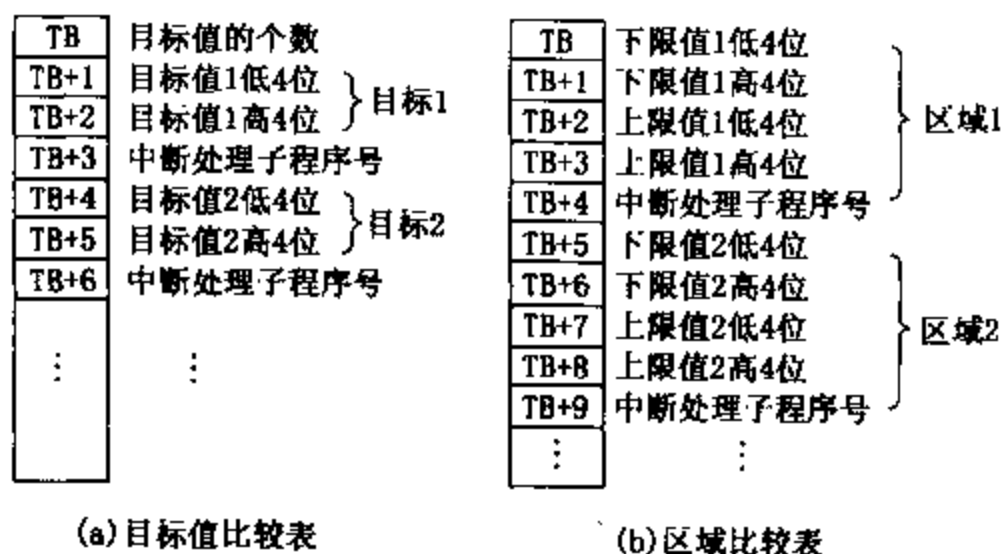


图 3-3-28 两种比较表的结构

2. 区域比较中断

在采取区域比较中断时, 要建立一个区域比较表, 如图 3-3-28 (b) 所示。区域比较表分 8 个区域, 每个区域占 5 个通道, 其中两个通道用来存放下限值的低 4 位和高 4 位, 两个通道用来存放上限值的低 4 位和高 4 位, 一个通道存放该区域对应的中断子程序号。8 个区域要占 40 个通道。当实际使用的比较区域不满 8 个时, 要把其余区域存放上、下限值的通道都置为 0, 将存放子程序号的通道都置为 FFFF。区域比较表中的数据可用编程器预先写入。

高速计数器计数过程中, 若其当前值落在区域比较表中某个区域, 即下限值 $\leq$ 高速计数器 PV 值 $\leq$ 上限值, 则停止执行主程序而转去执行该区域定义功能的中断处理子程序。子程序执行完毕后, 返回到断点处继续执行主程序。

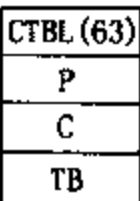
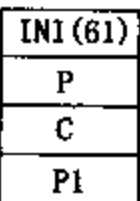
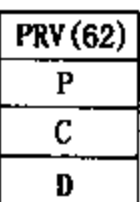
执行区域比较中断时, 比较结果存放在 AR1100~AR1107 中。例如, 当高速

计数器的当前值落在区域比较表的区域 1 中时, AR1100 置为 ON; 当高速计数器的当前值落在区域比较表的区域 2 中时, AR1101 置为 ON, 以此类推。

(四) 高速计数器的控制指令

高速计数器的控制指令的格式、逻辑符号、操作数的含义及范围如表 3-3-12 所示。

表 3-3-12 高速计数器的控制指令

指 令	格 式	逻辑符号	功 能
CTBL(63)	CTBL(63) P C TB		比较表登录
INI(61)	INI(61) P C PI		操作模式控制
PRV(62)	PRV(62) P C D		当前值读出

七、脉冲输出控制

CPM1A 系列晶体管输出型的 PLC, 其主机的 01000 和 01001 两个输出点可以输出 20Hz~2kHz 的单脉冲, 如图 3-3-29 所示。根据用户的需要脉冲输出可以设置成连续或独立两种模式。连续模式要用指令来控制脉冲的输出和停止; 当独立模式输出的脉冲个数达到指定的数目 (1~1677715) 时, 脉冲输出将自动停止。

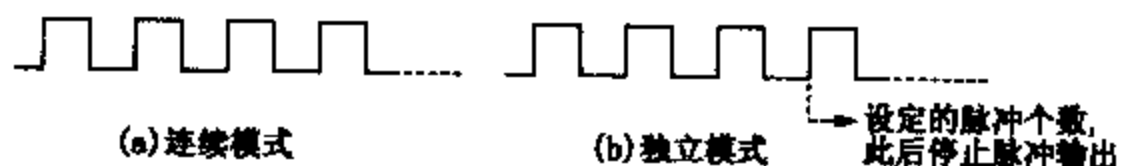
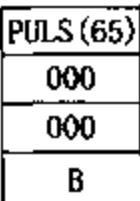
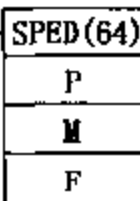


图 3-3-29 脉冲输出的两种模式

脉冲输出控制指令的格式、逻辑符号与功能见表 3-3-13。

表 3-3-13 脉冲输出指令

指 令	格 式	逻辑符号	功 能
PULS(65)	PULS(65) 000 000 B		设置脉冲
SPED(64)	SPED(64) P M F		速度输出(设定脉冲的输出点、输出模式及频率)

八、中断控制指令

CPM1A 系列 PLC 除了高速计数器的中断功能外, 还有外部输入中断和间隔定时器中断的功能。

(一) 外部输入中断功能

1. 外部输入中断的输入点

CPM1A 系列 PLC 中, 20、30、40 点的主机, 其 00003~00006 四个点是外部输入中断的输入点; 10 点的主机, 00003 和 00004 是外部输入中断的输入点。外部发生的事件所产生的信号通过中断输入点送入 PLC, 当某个中断输入点为 ON 或 ON--定次数时产生中断请求信号。当不使用中断功能时, 这些点可以作为普通输入点使用。各中断输入点的编号为: 00003—中断输入 0; 00004—中断输入 1; 00005—中断输入 2; 00006—中断输入 3。

2. 外部输入中断的优先

若几个中断输入点同时为 ON, 则这些中断的优先顺序为:

中断输入 0→中断输入 1→中断输入 2→中断输入 3

3. 外部输入中断的模式

外部输入中断有输入中断和计数中断两种模式。

(1) 输入中断模式。在非屏蔽情况下, 主要中断输入点接通则产生中断响应。在屏蔽情况下, 即使中断输入点接通也不能产生中断响应, 但该中断信号被记忆下来, 待屏蔽解除后立即产生中断。若屏蔽解除后不希望响应所记忆的信号中断, 可用指令清除该记忆。

(2) 计数中断模式。这种模式的中断, 是对中断输入点接通的次数进行高速计数(减计数), 当达到设定的次数时产生中断, 且计数器停止计数, 中断被屏蔽。若想再产生中断, 需使用指令进行设定。计数器的计数范围为 0~65535, 计数频率最高为 1kHz。

对于计数模式的中断，CPM1A 系列规定用通道 SR240~243 存放计数器设定值，通道 SR244~247 存放计数器当前值-1 的数据。各输入点与上述通道的对应关系如表 3-3-14 所示。

表 3-3-14 各输入点与通道的对应关系

中断输入点	存放计数器设定值的通道	存放计数器（当前值-1）的通道
0003	SR240	SR244
0004	SR241	SR245
0005	SR242	SR246
0006	SR243	SR247

4. 外部输入中断的子程序

外部输入中断的子程序用 SBN 定义其开始，用 RET 定义其结束，而且中断处理子程序必须放在主程序之后和 END 之前。外部输入点对应中断处理子程序的编号是固定的，其对应关系为：

中断输入 0（输入点 00003）——子程序号为 000；

中断输入 1（输入点 00004）——子程序号为 001；

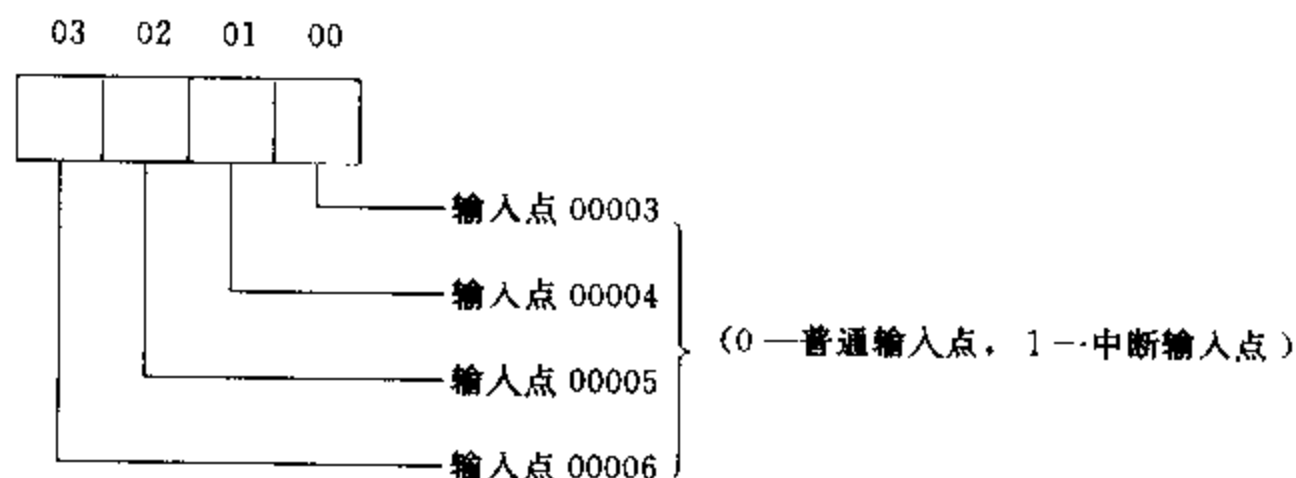
中断输入 2（输入点 00005）——子程序号为 002；

中断输入 3（输入点 00006）——子程序号为 003。

当不使用中断功能时，这些子程序号可以作为普通子程序编号使用。

5. 外部输入中断的设定

在外部不使用中断之前，要用编程器对 DM6628 进行设定，若不进行设定就没有中断功能。DM6628 设定的内容和含义为：



(二) 间隔定时器的中断功能

1. 间隔定时器

CPM1A 系列 PLC 有一个间隔定时器，它是递减计数器（从设定值开始按一定的时间间隔进行减计算）。当其定时时间到时，可以不受扫描周期的影响，停止

主程序并建立断点，立即转去执行中断子程序，从而实现高精度的定时中断处理。

2. 间隔定时器的中断模式

间隔定时器有两种工作模式，即单次模式和重复模式，因此由间隔定时器产生的中断也有两种模式。

(1) 单次中断模式。当间隔定时器的定时时间到时，停止定时并中断信号，但只执行一次中断。至于是否起动单次中断、其设定值是多少、中断处理子程序的编号等，都要由 STIM 指令来确定。

(2) 重复中断模式。重复中断模式是每隔一定时间产生一次中断，因此是循环地执行中断，直到定时器停止计数为止。与单次中断不同的是，在执行中断子程序的同时，定时器的当前值又恢复为设定值并重新开始定时。至于是否起动重复中断、其设定值是多少、中断处理子程序的编号等，都要由 STIM 指令来确定。

3. 间隔定时器的中断处理子程序

不论是单次中断模式还是重复中断模式，其子程序都由 STIM 指令来确定，其范围为 000~049。

编写中断处理子程序时应注意：中断处理子程序内部可以定义新的中断，也可以解除中断；中断处理子程序内部不能调用别的中断处理子程序；中断处理子程序内部不能调用普通子程序；在普通子程序中不能调用中断处理子程序。

(三) 中断的优先级

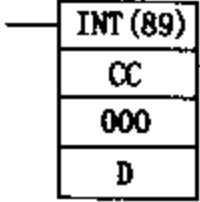
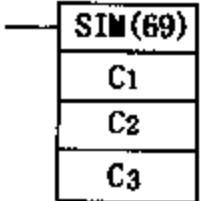
CPM1A 系列 PLC 有高速计数器中断、外部输入中断、间隔定时器中断等几种中断功能，执行各种中断的优先级顺序如下：

外部输入中断 0→外部输入中断 1→外部输入中断 2→外部输入中断 3→间隔定时器中断→高速计数器中断。

(四) 中断控制指令

中断控制指令的格式、逻辑符号与功能见表 3-3-15。

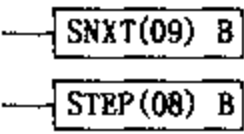
表 3-3-15 中断控制指令

指 令	格 式	逻辑符号	功 能
INT(89)	INT(89) CC 000 D		中断控制
SIM(69)	SIM(69) C ₁ C ₂ C ₃		间隔定时器中断指令

九、步进控制指令

表 3-3-16 所示为步进控制指令的格式、逻辑符号、操作数的含义及范围与功能。

表 3-3-16 步进控制指令

格 式	逻辑符号	操作数的含义及范围	功 能及执行指令对标志位的影响
SNXT(09) B STEP(08) B		B 是步进控制位号, 其范围是 IR、HR、AR、LR	SNXT 是步起动指令; STEP 是定义步开始的指令, 无执行条件。 当 SNXT 指令的执行条件为 ON 时, 结束上一步的执行, 并复位上一步用过的定时器和数据区, 同时起动以 B 为控制位的且以 STEP B 定义的下一个步
STEP(08)		无操作数	步结束指令, 无执行条件 当所有步都执行完毕时, 要安排 SNXT(09) B(B 是控制位) 和 STEP 指令以结束步程序

步进程序的结构可以分为三种类型, 即顺序执行类、选择分支执行类和并行分支执行类。图 3-3-30 是几种类型的步进程序结构示意图, 也称步进程序的流程图。

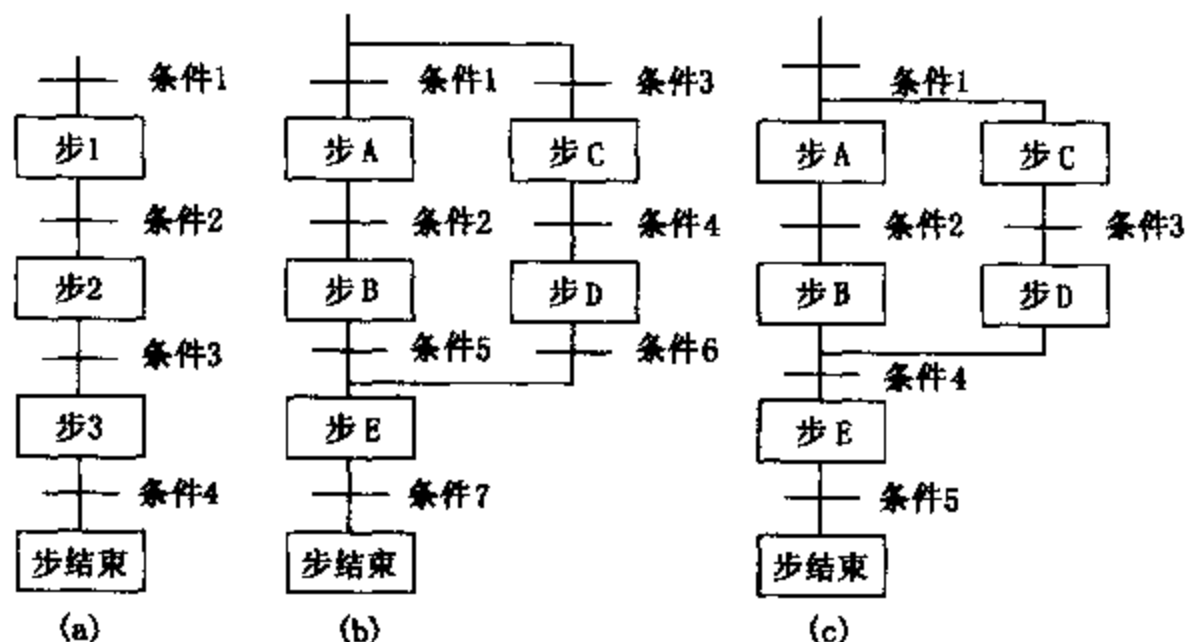


图 3-3-30 步进程序的几种类型

图 3-3-30(a) 是顺序执行类的步进程序结构。这种结构的程序中无分支, 前一步后结束被清除、复位, 后一步即被起动并开始执行, 如此一步接一步地按顺序执行。

图 3-3-30 (b) 是选择分支执行类的步进程序结构。这种结构的程序有几个分支, 每个分支可能有若干个步。在同一时刻只能执行其中的一个分支, 因此几个分支中首步的起动条件一定是互锁的。至于执行哪个分支, 要看哪个分支满足了执行条件。每个分支执行完毕都要去执行同一个步, 如图中的步 E。

图 3-3-30 (c) 是并行分支执行类的步进程序结构。这种结构的程序有几个分支，每个分支可能有若干个步。与选择分支执行类不同的是，在满足某个条件时几个分支将同时被起动，如图中当条件 1 满足时，步 A 和步 C 同时起动。当几个分支都执行完毕时，又被同一个执行条件所清除，同时进入下一步，如图中步 B 和步 D 执行完后，被条件 4 复位并同时进入步 E。

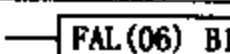
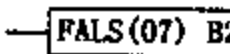
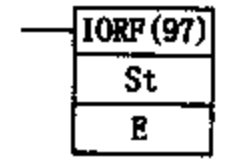
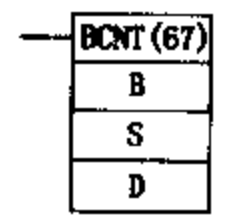
编写步进程序时应注意：各步的控制位必须在同一个区，并且前后步的控制位要连续；步程序段内不能使用 END、IL/ILC、JMP/JME、SBN 指令；当 SNXT (09) B 执行时，将结束前一步 (B-1) 的执行，并复位前一步使用的定时器和数据区（此时前一步使用的定时器和数据区的状态为：IR、HR、AR、LR 为 OFF，定时器复位，移位寄存器、计数器及 KEEP、SET、RESET 等指令的输出位保持）；若步的控制位使用 HR、AR，则具有掉电保护功能；各步必须以前一步的结束及清除为起动条件，即不能先起动中间的步；在下一步开始后若前一步的执行条件再次满足，前一步可再次起动，如果不希望前一步再次起动，应采取措施；各步的执行条件是脉冲信号，所以 PLC 上电即 ON 的执行条件无效。

另外，当执行 STEP (08) B 指令时，标志位 25407 ON 一个扫描周期，编程时可以利用。CPU 对被起动的步进行扫描，对未起动的步则不扫描。步进程序的前后都可以安排普通程序。

十、特殊指令

特殊指令包括故障诊断、信息显示、I/O 刷新符，其格式、逻辑符号与功能见表 3-3-17 所示。

表 3-3-17 特殊指令

指令	格 式	逻辑符号	功 能
FAL(06)	FAL(06)B1		可继续运行故障
FALS(07)	FALS(07)B2		停止运行故障
MSG(46)	MSG(46) FM		信息显示
IORF(97)	IORF(97) St E		I/O 刷新
BCNT(67)	BCNT(67) B S D		位计数

第四章 PLC 的编程与系统设计

第一节 编程技术

一、基本编程原则

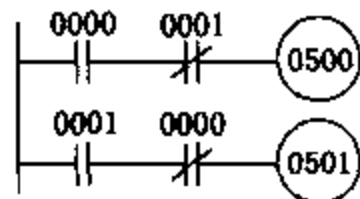
1. 程序正确

对于 PLC 程序而言, 最基本的要求是正确。因此, 必须正确、规范地使用各种指令, 正确、合理地使用各类内部器件, 程序出错大多与这两个方面有关。

2. 运行可靠

一个可靠性很高的 PLC 程序应能对非正常工作情况予以识别和应对。PLC 拒绝非法操作最常用的控制手段是互锁。例如在控制两台电机工作时, 要求两台电机不能同时运行。此时, 同时按下两个起动按钮显然是非法操作, 拒绝接受这个非法

操作的办法是把这两个电机工作状态的非信号接到对方的起动条件中以实现互锁, 这样就不会出现两台电机同时运行的情况, 如图 4-1-1 所示。当 0000 为“1”、且 0001 为“0”时, 第一支路通, 0500 输出为“1”, 0501 输出为“0”;



“0”;当 0000 为“0”、且 0001 为“1”时, 第一支路断开, 第二支路通, 此时 0501 输出为“1”, 0500 输出为“0”, 达到了互锁功能。

图 4-1-1 PLC 的互锁功能

3. 编程合理

编程合理的 PLC 程序主要表现在所编制的用户程序简短, 即所用的指令条数少。程序简短可以缩短 PLC 运行的扫描周期, 但简化程序并不一定都能缩短扫描周期。虽然 PLC 的扫描周期与程序中的指令条数有关, 但由于指令执行时间并不相同, 有时相差很大, 因此在编程时应注意。

4. 易读易懂

可读性好的程序要层次分明、结构清晰、指令使用得当, 并按模块化、功能化和标准化设计, 在输入、输出点及内部器件的分配和使用上要有规律性, 以便于记忆和理解。

5. 灵活易改

程序的灵活是指对已设计好的程序, 当控制方案稍作改动时, 只需在原有程序的基础上略作修改即可实现新的控制要求。

程序设计在充分理解生产工艺和控制要求的基础上, 应考虑程序的结构安排和

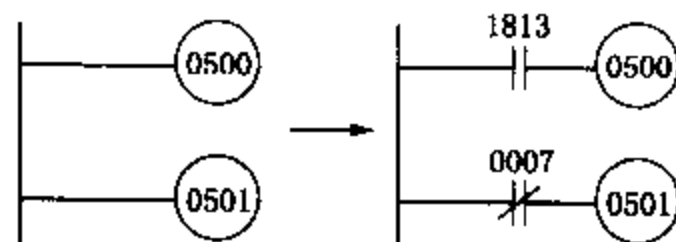
PLC 内部器件的合理分配及质量的正确使用。为此,要使程序尽可能循序渐进,应尽可能采用步进控制的方法,一个动作到另一个动作转换靠转换控制步实现,这样在更改时只需更改步的内容就可以了。

参数的设定尽可能用间接的方法,不直接设定定时器的时间常数,而用指定其内存单元的内容来设定,这个内存单元的内容靠程序初始化时赋值,或由编程器临时设定。这样,要作改变时,只需改变有关内存单元的内容就可以了。

6. 编程格式与规则

(1) 继电器(输入,输出,内部辅助)、定时/计数器等器件的触点可以多次重复使用,不必用复杂的程序结构来减少触点的使用次数。

(2) 线圈不能直接与左边母线相连。如果需要可以通过一个没有使用的内部辅助继电器的常闭触点或者使用专用内部辅助继电器 1813(常 ON)来连接,如图 4-1-2 所示。



(a) 错误的连接

(b) 正确的连接

图 4-1-2 线圈与母线的连接

(3) 同一编号的线圈在同一程序中应避免使用两次,否则易引起误操作。

(4) 梯形图中串联触点和并联触点的个数没有限制,可以无限制地串联和并联触点,如图 4-1-3 所示。

(5) 两个以上线圈可以并联输出。如图 4-1-4 所示。

(6) 梯形图每一行都是从左边母线开始,线圈接到最右边。触点不能放在线圈右边,如图 4-1-5 所示。

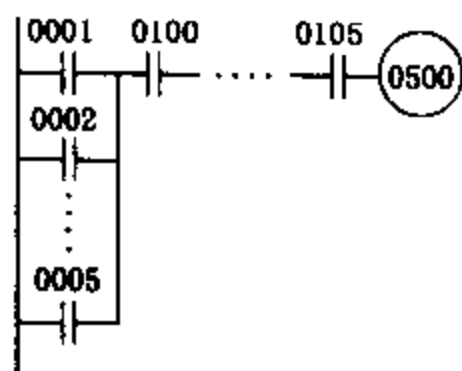


图 4-1-3 串联触点和并联触点

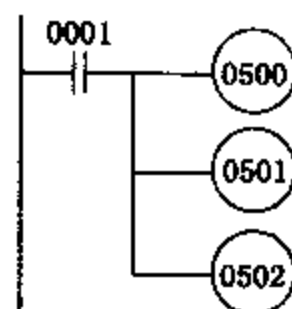
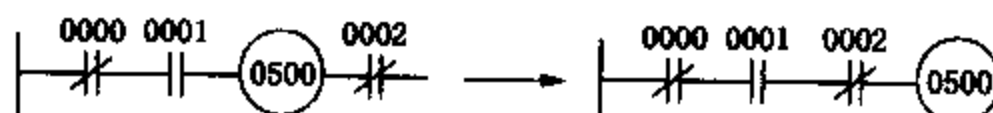


图 4-1-4 线圈并联输出



(a) 错误的连接

(b) 正确的连接

图 4-1-5 触点的安排

(7) 梯形图应符合顺序执行的原则，即从左到右、从上到下地执行，不符合顺序执行的电路不能直接编程。也就是说，触点应画在水平线上，不画在垂直线上。如图 4-1-6 (a) 所示梯形图中 0003 触点就无法直接编程，可修改成如图 4-1-6 (b) 所示梯形图再进行编程。

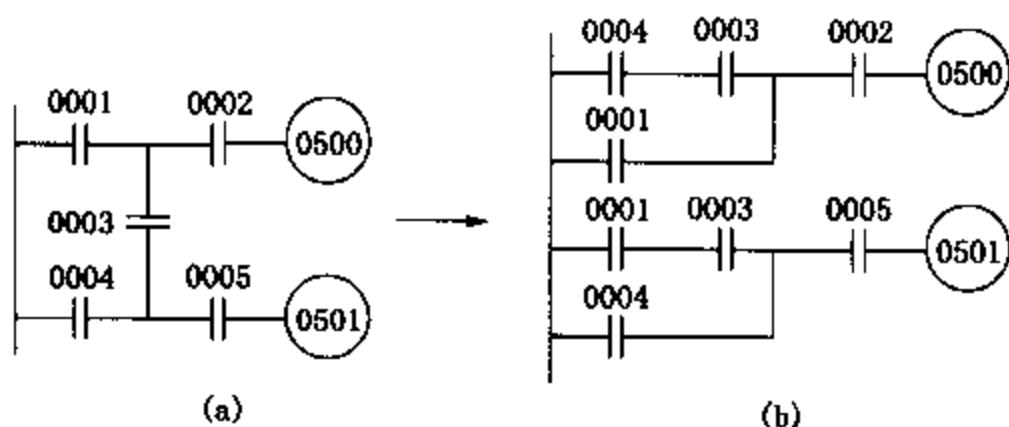


图 4-1-6 编程应符合顺序执行原则

(8) 编程按“上重下轻、左重右轻”原则进行时，可使程序指令减少，即节省了编程时间，也减少了内部存储器的空间。

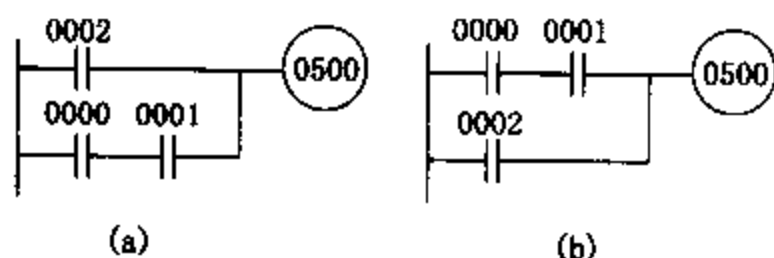


图 4-1-7 按“上重下轻”安排触点

对图 4-1-7 (a) 所示梯形图，将触点多的支路安排在下面，而将触点少的支路安排在上面，就不符合“上重下轻”的要求，而应将触点多的支路安排在上面，而将触点少的支路安排在下面，如图 4-1-7 (b) 所示。

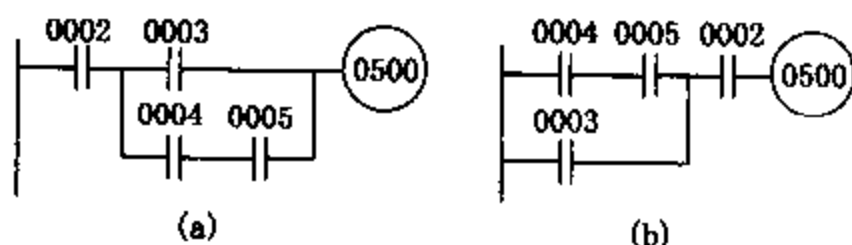


图 4-1-8 按“左重右轻”安排触点

对图 4-1-8 (a) 所示梯形图，可改成图 4-1-8 (b) 所示梯形图，这样就符合“左重右轻”原则。

二、程序的简化

(1) 分段处理程序。结构较复杂的梯形图，如图 4-1-9 所示，可先将程序分成几个易于编程的简单程序段，每一段从最左边触点开始，由上至下向右边分别编程，然后把程序逐段连接起来。

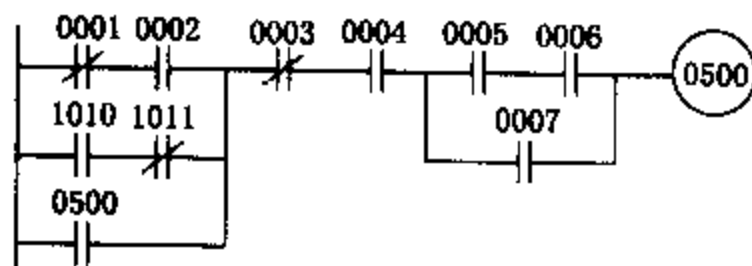


图 4-1-9 复杂梯形图

把图 4-1-9 所示的程序分为

(a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f) 六个程序段，如图 4-1-10 所示，它们是从上到下、从左到右划分的。

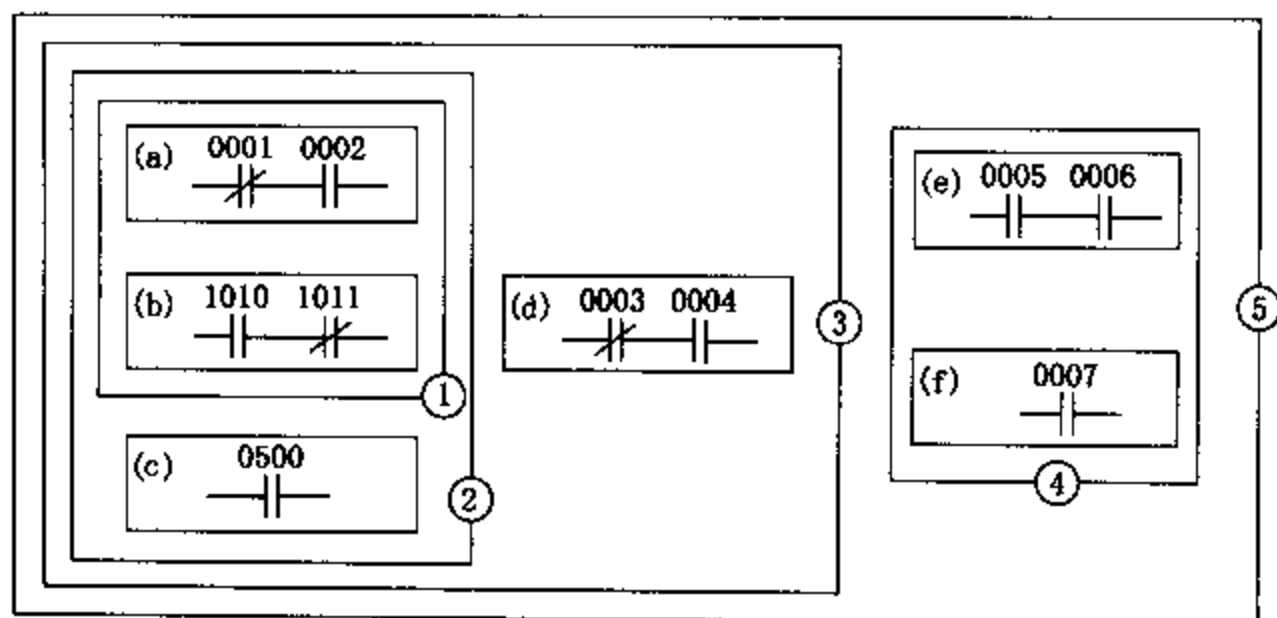


图 4-1-10 六个程序段

在连接程序段时，也是先从上到下，再从左到右连接，如图 4-1-11 所示。

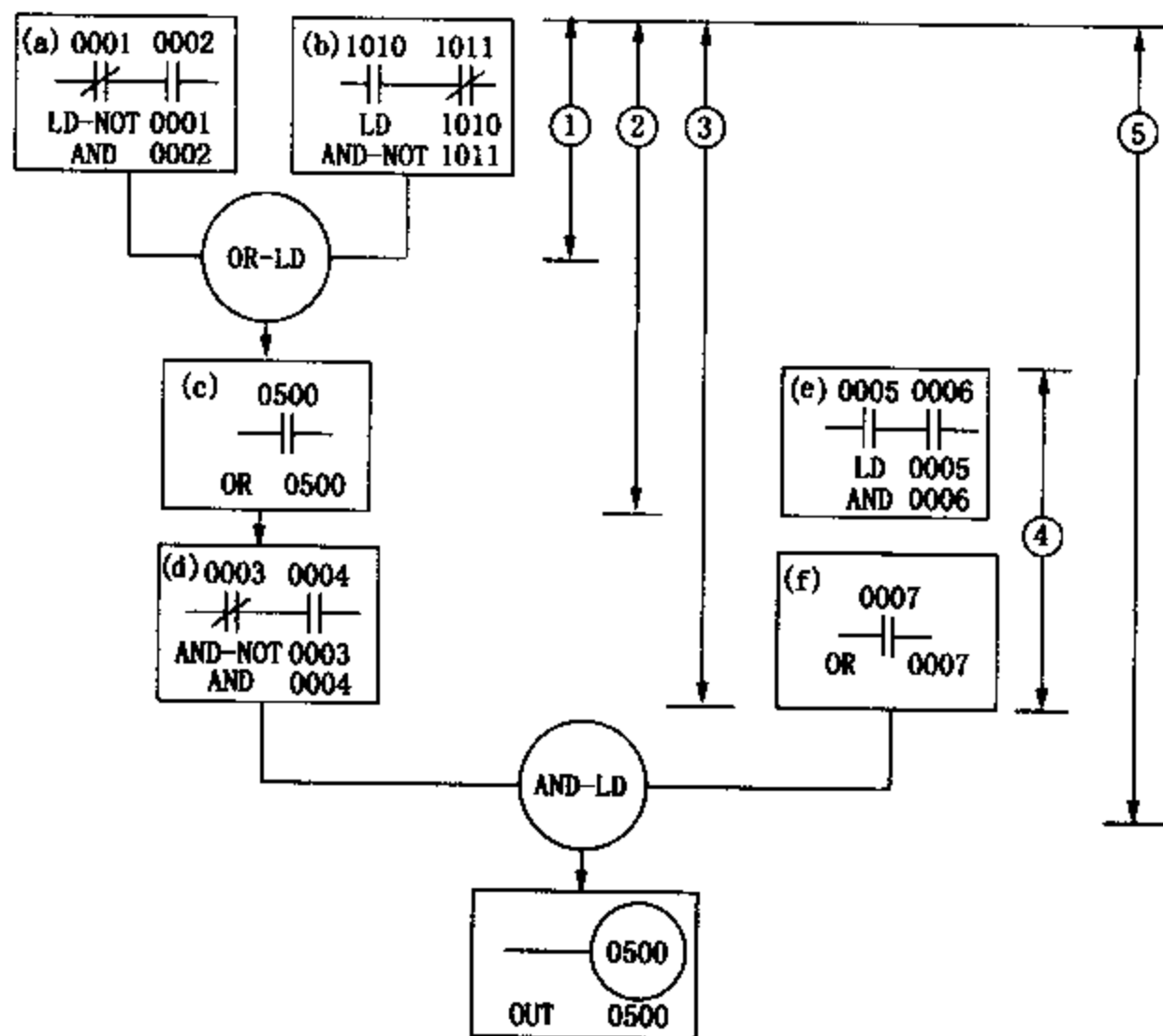
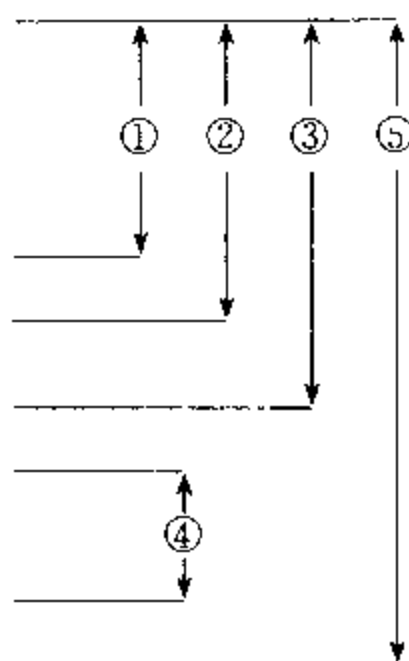


图 4-1-11 逐段短接

与图 4-1-11 所示逐段连接所对应的指令表为：

1	LD-NOT	0001
2	AND	0002
3	LD	1010
4	AND-NOT	1011
5	OR-LD	
6	OR	0500
7	AND-NOT	0003
8	AND	0004
9	LD	0005
10	AND	0006
11	OR	0007
12	AND-LD	
13	OUT	0500



(2) 把串联触点较多的电路编在梯形图上方，即“上重下轻”。在图 4-1-12 所示梯形图中，由于触点 0000 和 0001 安排在下方，在对应指令表程序中，必须增加 OR-LD 指令，才能将它们和 0002 连接起来。

如果将图 4-1-12 所示梯形图上下对调，如图 4-1-13 所示，其指令表程序就不会出现 OR-LD 指令。其指令表程序：

1	LD	0000
2	AND	0001

3	OR	0002
4	OUT	0500

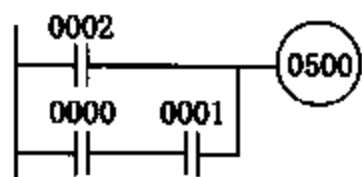


图 4-1-12 安排不当的梯形图

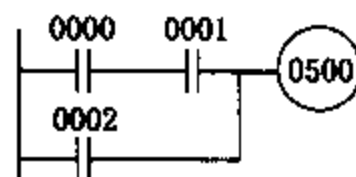


图 4-1-13 安排得当的梯形图

(3) 并联触点多的电路应放在左边，即“左重右轻”如图 4-1-14 (b) 所示。而在图 4-1-14 (a) 所示梯形图中，触点 0003、0004 和 0005 远离母线，在对应的指令表程序中必须增加 OR-LD 和 AND-LD 两条指令，才能将它们和 0002 连接起来。

图 4-1-14 (a) 指令表程序：

1	LD	0002
2	LD	0003
3	LD	0004
4	AND	0005

5	OR-LD	
6	AND-LD	
7	OUT	0500

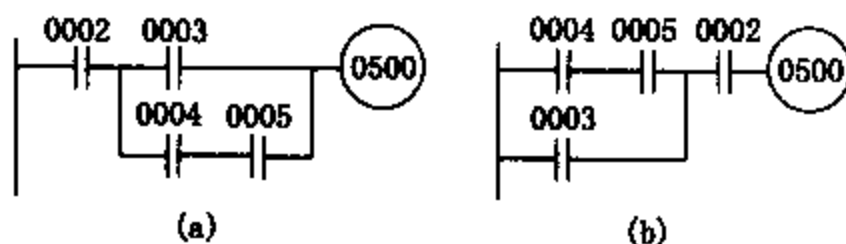


图 4-1-14 可重新排列的梯形图

图 4-1-14 (b) 指令表程序:

1	LD	0004	4	AND	0002
2	AND	0005	5	OUT	0500
3	OR	0003			

在有几个并联电路相串联时, 应将最多的并联电路放在最左边。

(4) 有分支点的并联输出线圈, 从分支点到线圈之间无触点的线圈应放在上方。将图 4-1-15 (a) 调整为图 4-1-15 (b) 所示梯形图后, 可以节省 IL 及 ILC 指令, 从而节省了编程时间和存储器空间。

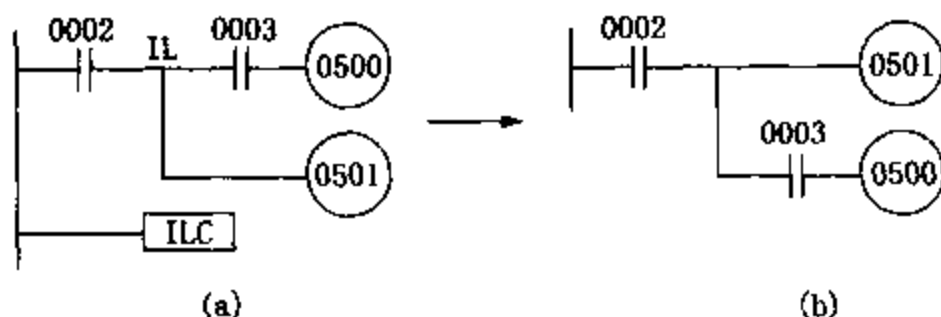


图 4-1-15 有分支点的并联输出线圈

(5) 桥型梯形图的编程。图 4-1-16 (a) 所示为一桥型梯形图, 不能直接对它进行编程, 必须重画为图 4-1-16 (b) 所示的梯形图才可进行编程。

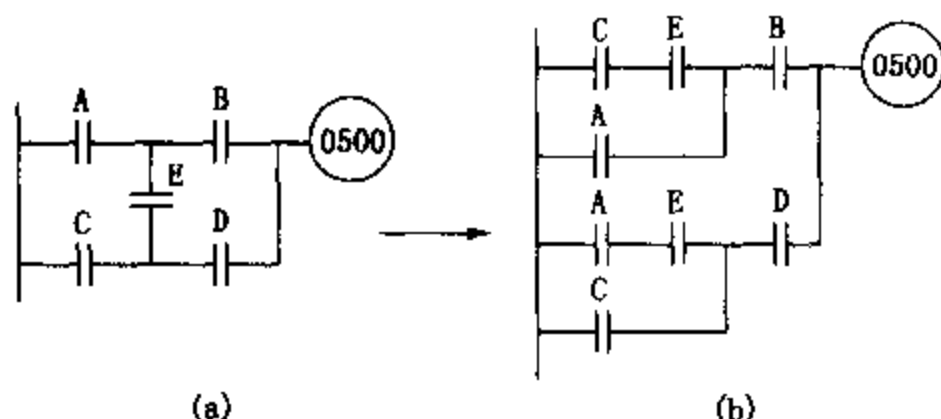


图 4-1-16 桥型梯形图

(6) 复杂梯形图的处理。如果梯形图的结构比较复杂, 用 AND-LD、OR-LD 等指令难以解决, 可重复使用一些触点画出它的等效梯形图, 然后再进行编程。例如, 对图 4-1-17 (a) 所示梯形图进行编程比较困难, 而利用 PLC 中触点可以重复使用的技术, 多次使用 0002 和 0005 触点, 将图 4-1-17 (a) 所示梯形图转换为图 4-1-17 (b) 所示梯形图, 编程就简单多了。

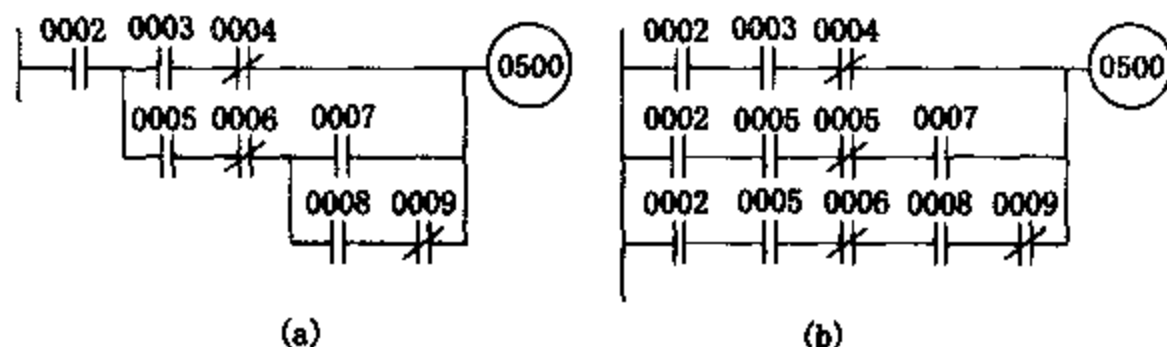


图 4-1-17 复杂梯形图的处理 (一)

对图 4-1-18 (a) 所示梯形图无法编程, 将它转换成图 4-1-18 (b) 所示梯形图, 就可编程了。

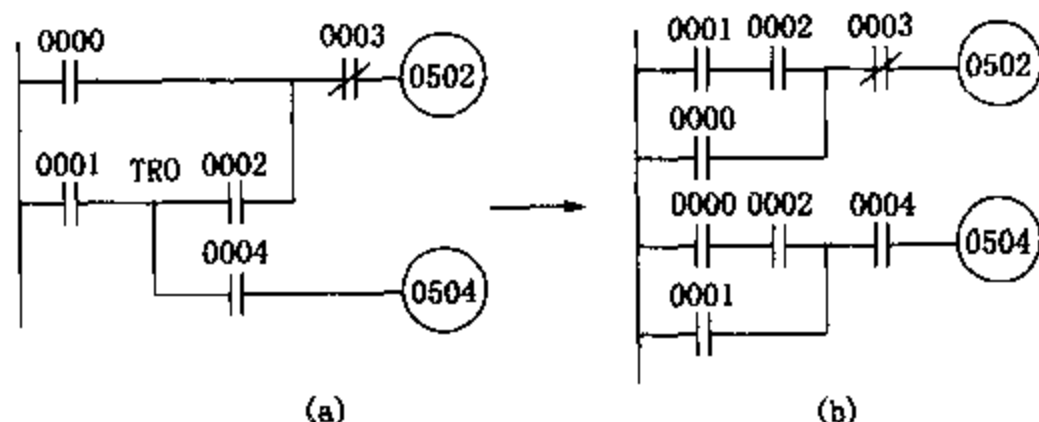


图 4-1-18 复杂梯形图的处理 (二)

三、基本功能电路

(一) 启动、停止电路

启动、停止电路如图 4-1-19 所示。启动按钮对应输入点 00010, 停止按钮对应输入点 00011。按下按钮, 00010 接通, 使输出继电器 01001 接通。由于输出继电器 01001 接通后, 其动合触点 01001 也接通, 所以当 00010 断开时, 01001 的线圈仍然保持接通状态, 这就是自锁 (自保持), 即记忆功能。按下停止按钮 00011, 其动断触点断开, 输出继电器 01001 断电停止输出。

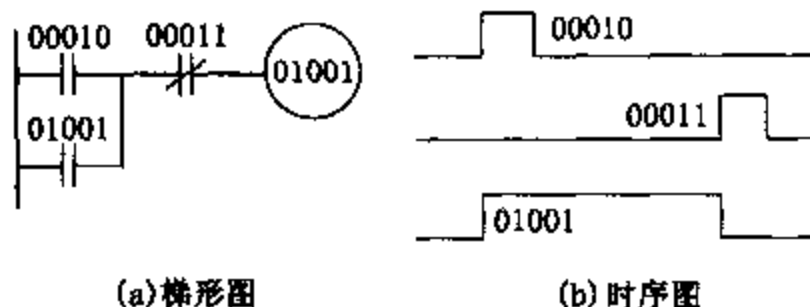


图 4-1-19 启动、停止电路

(二) 延时接通电路

PLC 中的定时器是通电延时型定时器, 从定时器输入信号接通开始计时, 直到设定值为零, 定时器才有输出, 此时定时器的动合触点闭合, 动断触点断开。

1. 输入端外部接自锁开关延时电路

图 4-1-20 所示是输入 00000 端外接自锁按钮开关延时接通电路。当 00000 端输入接通时, 输入继电器 00000 线圈接通, 其动合触点 00000 闭合, 定时器 TIM000 线圈接通, TIM000 的设定值 t 开始递减。经过 t 时间后, 当前值减为零, TIM000 的动合触点闭合, 输出继电器 01000 接通。即输入信号接通 t 时间后, 输出继电器 01000 有输出。

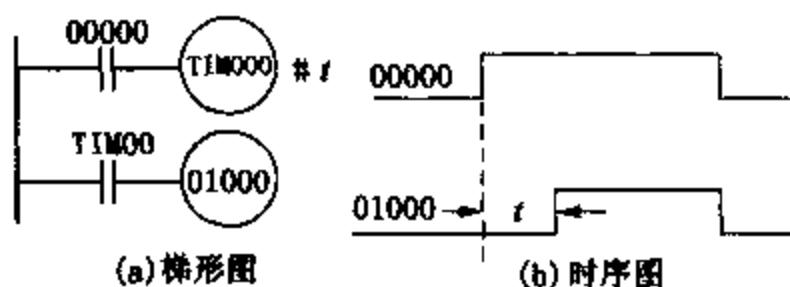


图 4-1-20 延时接通电路 (一)

2. 输入端外部接不自锁开关延时电路

图 4-1 21 所示是输入 00000 不自锁按钮开关电路。当输入接通时，输入继电器的线圈 00000 接通，其动合触点 00000 闭合，特殊辅助继电器 SR23200 接通，其动合触点 SR23200 接通构成自保电路，特殊动合触点 SR23200 闭合，接通定时器 TIM000。当 TIM000 的设定值从开始递减为零时，TIM000 的动合触点闭合，输出继电器 01001 接通，从输入 00000 端接通到输出 01001 接通延时 t 时间。当输入 00001 端有输入信号时，其动断触点断开，特殊辅助继电器 SR23200 断开，定时器 TIM000 复位，其动合触点 TIM000 断开，使输出继电器 01001 停止输出。

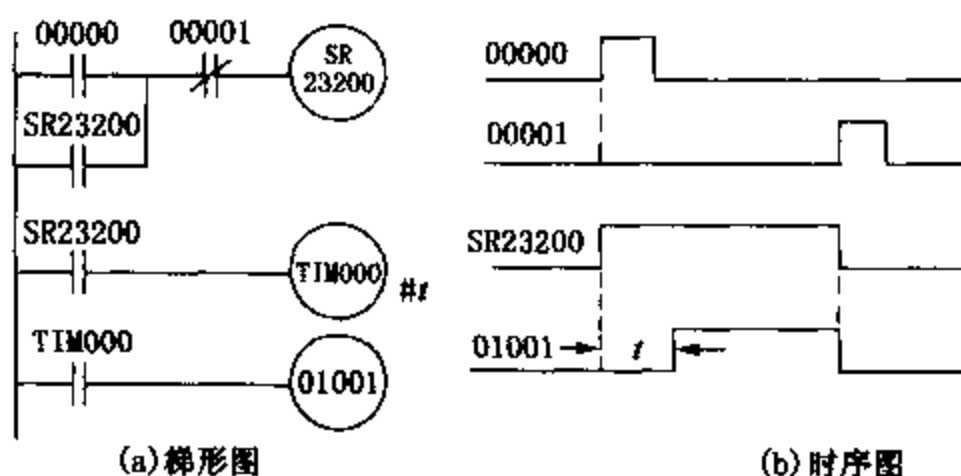


图 4-1-21 延时接通电路 (二)

(三) 延时断开电路

延时断开电路如图 4-1-22 所示。当输入端 0000 有信号输入时，内部辅助继电器 1000 线圈接通，其动合触点 1000 闭合，输出继电器 0500 接通，同时定时器 TIM00 开始计时。延时 t 时间后，TIM00 的动断触点打开，输出继电器 0500 线圈断开。可见，输入 0000 接通后，输出 0500 接通，经 t 时间延时后输出 0500 自行断开。

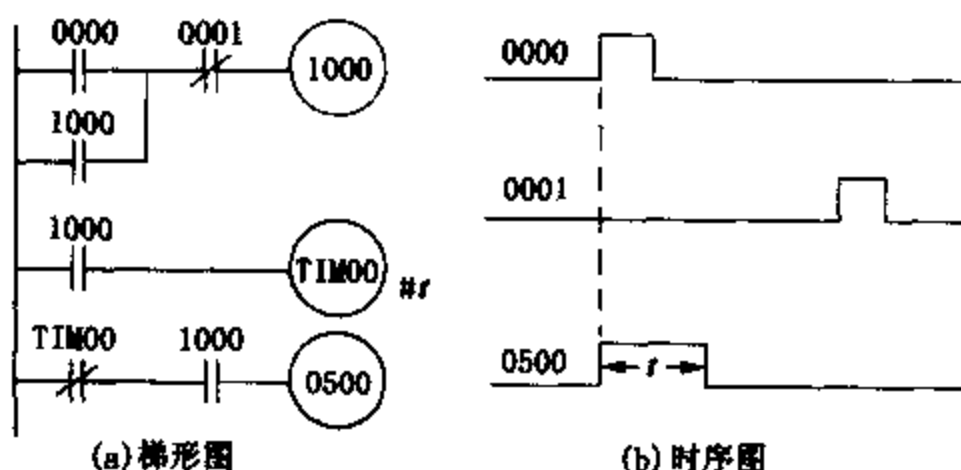


图 4-1-22 延时断开电路

(四) 多重输入电路

多重输入电路如图 4-1-23 所示，只有在多个条件都满足的情况下，输入信号

才能成立。当 00001 与 00003 同时接通，或 00001 与 00004 同时接通，或 00002 与 00003 同时接通，或 00002 与 00004 同时接通时，该多重输入电路的输出继电器 01001 才能有输出。

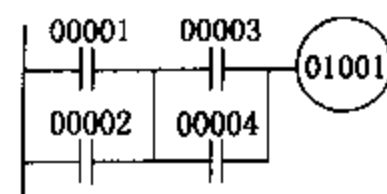


图 4-1-23 多重输入电路

(五) 正反转控制电路

正反转控制属于双向控制，双向控制是指对被控制对象的两种相反的工作状态进行控制，通常用两个输出继电器控制同一个对象，如异步电动机的正反转控制电路、双线圈电磁阀的控制电路等。图 4-1-24 所示为正、反转控制电路，图 (a) 为系统外部接线图（也称为 I/O 配线）。SB₁、SB₂、SB₃ 分别是正、反转和停止按钮，KM₁ 和 KM₂ 分别是正、反转输出端所连接的接触器，FR 是热继电器。为了对 KM₁ 和 KM₂ 互锁（联锁），在外部电路中采用了两个交流接触器的动断触点互锁措施。在图 (b) 所示梯形图的每个支路中，也采用输出继电器线圈 01001 和 01002 的动断触点互锁以及按钮 00011 和 00012 的动断触点互锁的双重措施处理。假设电动机处于正转状态，如果此时按下反转起动按钮 SB₂，使输入继电器 00012 接通，那么其动断触点使 01001 断开，同时其动合触点使 01002 接通，电动机由正转变为反转。

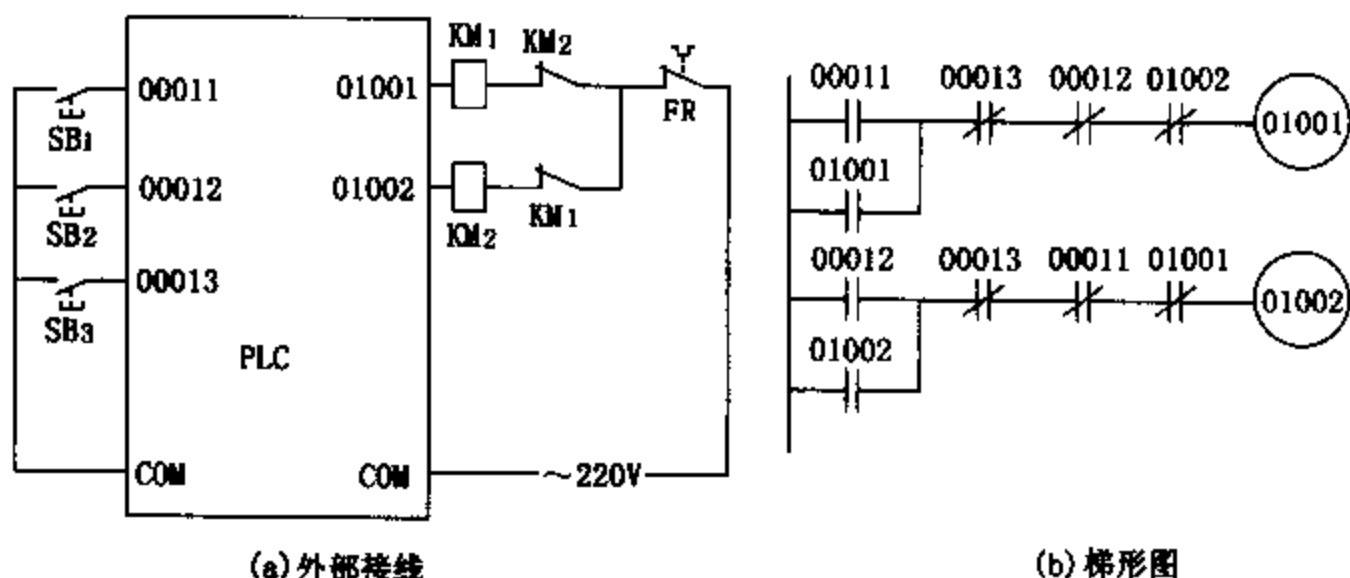


图 4-1-24 双向控制电路

(六) 顺序输出电路

顺序输出是指多个输出端按指定的顺序依次输出信号，完成对某些专门装置的驱动。

1. 利用移位指令的顺序输出电路

利用移位指令 SFT 进行编程的顺序输出电路如图 4-1-25 所示。输出继电器 0500、0501、0502……0511 按顺序分别接通（输出）1s，并循环执行。

当接通输入继电器 0000 时，在 0000 波形的上升沿，内部辅助继电器线圈 1100 接通，使其动合触点 1100 闭合。传送指令 MOV 将常数 0001 送到 05 通道的

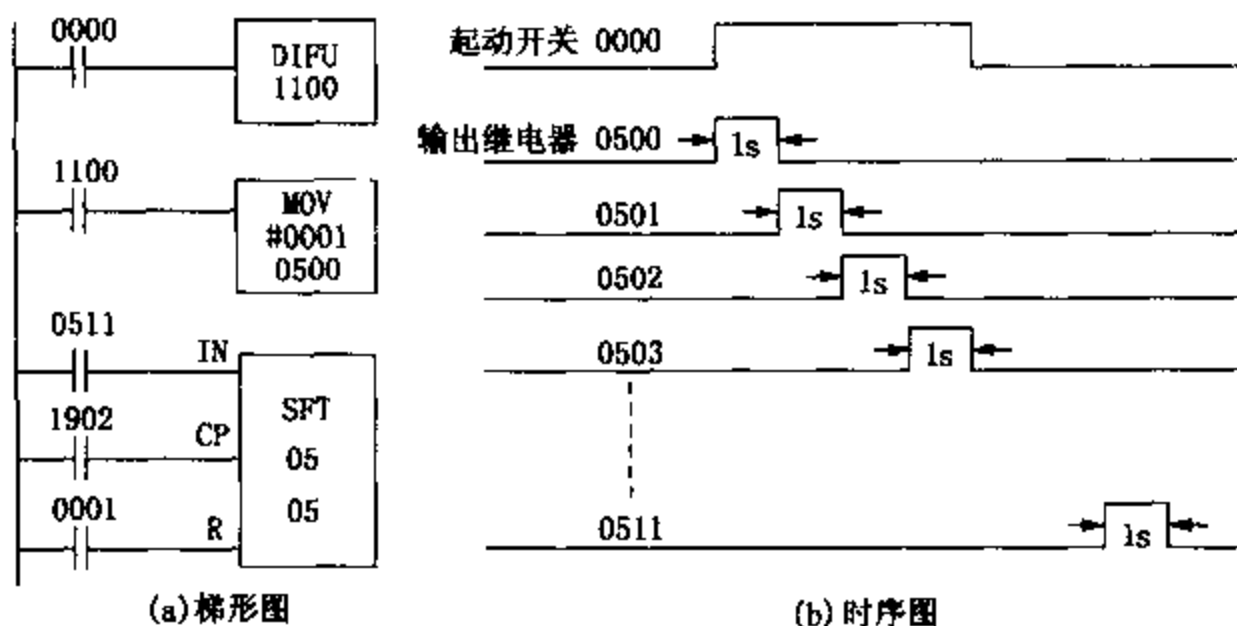


图 4-1-25 顺序循环执行电路

0500 点, 即 0500 输出, 在移位寄存器 SFT 作用下, 使输出继电器 0500、0501、0502……0511 按顺序分别接通 1s。当 0511 接通时, 又使输出继电器 0500 为 ON, 并如此循环下去, 完成了顺序循环输出的功能。

2. 利用定时器指令的输出电路

采用三个定时器组成的顺序输出电路如图 4-1-26 所示。为了实现控制要求,三个定时器分别延时 t_1 时间、 $(t_1 + t_2)$ 时间和 $(t_1 + t_2 + t_3)$ 时间,它们的动合触点控制三个输出继电器 0500、0501 和 0502。输出继电器 0500 接通 t_1 时间后,0500 断开,输出继电器 0501 接通;接通 t_2 时间后,0501 断开,输出继电器 0502 接通;接通 t_3 时间后,0502 断开,输出继电器 0500 再次接通……如此顺序循环执行。

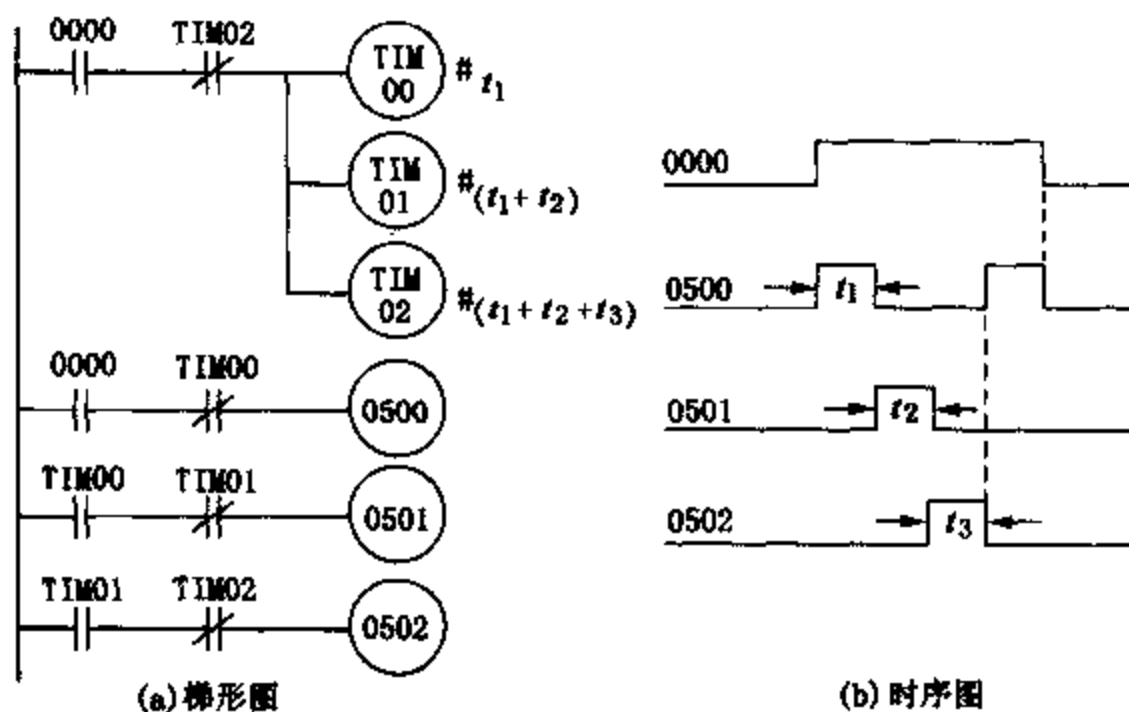


图 4-1-26 顺序循环执行电路

(七) 断电保护电路

若 PLC 运行时电源突然中断，那么在电源恢复后，需要保持断电前的一些状态，以便当 PLC 恢复运行时，保持被控设备工作的连续性，这时可采用保持继电器组成的电路来保持断电前的状态，如图 4-1-27 所示。

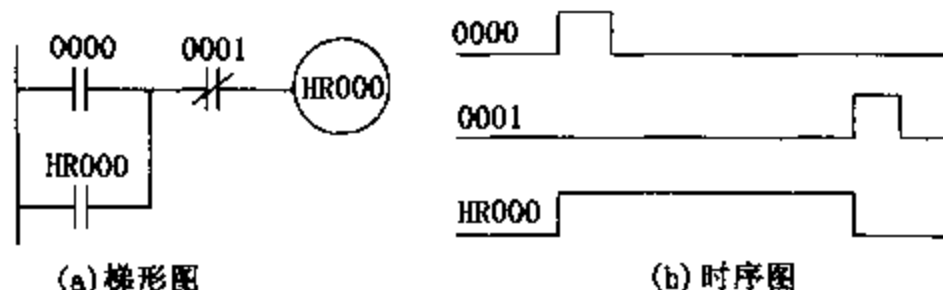


图 4-1-27 断电保护电路

也可以使用保持继电器作为锁存继电器的线圈来实现断电保护，如图 4-1-28 所示。当系统突然停电时，因为锁存继电器 KEEP 没有复位触发信号，HR000 保持当前值，即锁存继电器 KEEP HR000 具有记忆功能，能记住中断时的地址。因此送电后，系统可以按原状态继续运行，从而实现断电保护功能。

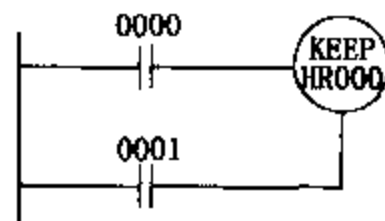


图 4-1-28 使用锁存器的断电保护电路

(八) 闪光、声响报警电路

闪光、声响报警电路如图 4-1-29 所示。当有报警信号输入（即动合触点 0000 闭合）时，输出继电器 0500 产生间隔为 1s 的断续输出信号，接在 0500 输出端的指示灯闪烁，同时输出继电器 0501 接通，接在 0501 输出端的蜂鸣器发声。此后按下蜂鸣器复位输入按钮 0002，内部辅助继电器 1100 接通，其动断触点 1100 断开，输出继电器 0501 断开，蜂鸣器停响，而内部辅助继电器 1100 的动合触点闭合，使输出继电器 0500 持续接通，报警指示灯亮。只有报警输入信号 0000 消失，输入继电器 0000 的动合触点断开，报警指示灯才熄灭。

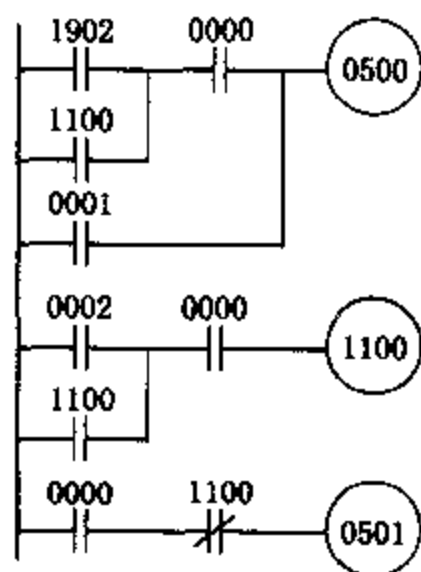


图 4-1-29 报警电路

在 PLC 的输入 0001 端设置有检查按钮，可在平时检查电路是否处于正常状态。当按下检查按钮时，输入继电器 0001 的动合触点闭合，输出继电器 0500 接通，报警指示灯亮，从而确定报警指示灯是否完好。

(九) 先输入优先电路

当有多个输入电路时，电路仅接收一个输入信号，而对以后的输入不予接收，即先输入优先，其电路如图 4-1-30 所示。0000、0001、0002 和 0003 为四个输入端。当 0001 先接通时，输出 0501 接通，使其动断触点 0501 全部打开，这样即使

0000、0002、0003 再接通，输出 0500、0502、0503 也不会接通。

如果有多个位置的输入，而要求仅对某一位置输入优先，其电路如图 4-1-31 所示，接到 PLC 输入端 0003 的位置最优先。

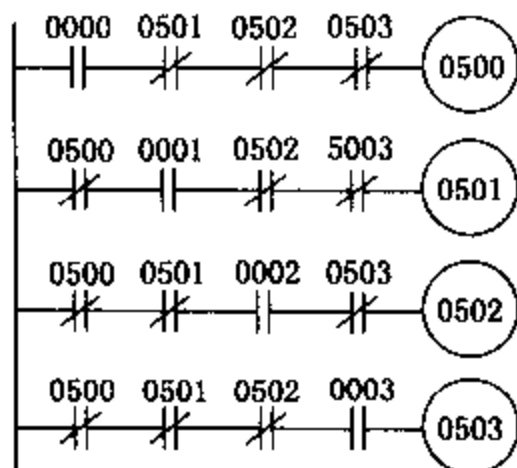


图 4-1-30 先输入优先电路

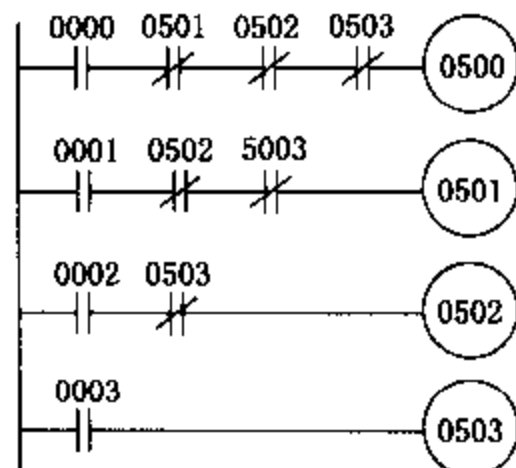


图 4-1-31 位置优先电路

(十) 定时范围的扩展

扩展定时器的定时范围，常用的方法是将多个定时器或计数器级联使用。图 4-1-32 是使用两个定时器级联的长延时电路，总延时时间为两个定时器延时时间之和，即 $t_1 + t_2$ 。图 4-1-33 是使用一个定时器和一个计数器级联的长延时电路，总延时时间为定时器延时时间 t_1 与一个扫描周期 Δt 之和，再乘以计数器计数值 n 所得的结果，即 $(t_1 + \Delta t) \times n$ 。

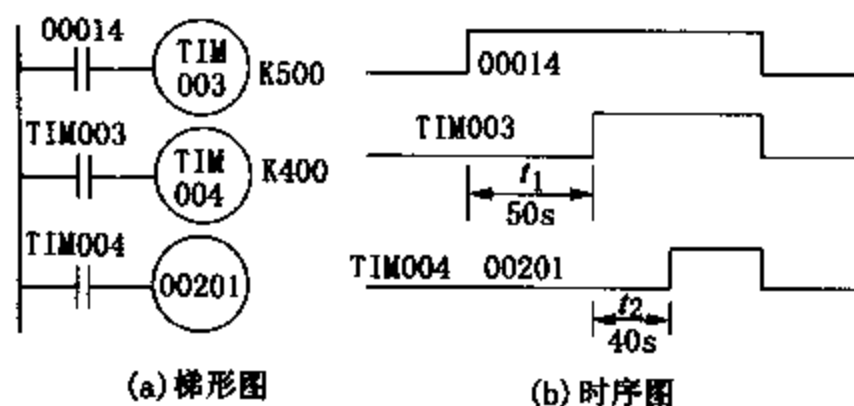


图 4-1-32 长时间定时器 (一)

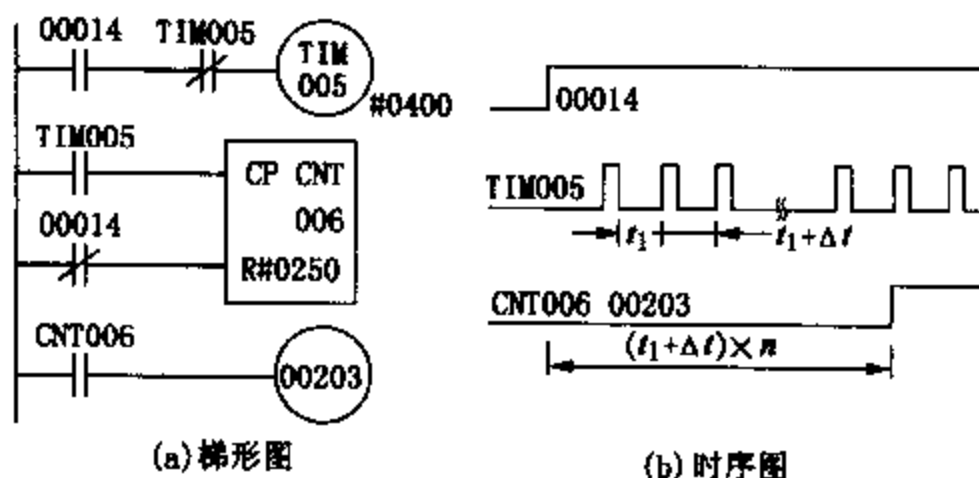


图 4-1-33 长时间定时器 (二)

计数器与计数器级联以增大计数范围，与定时器扩展定时值的方法基本一致。

(十一) 分频电路

分频电路的作用是将输入信号的频率按一定要求变换成较低频率的信号，图 4-1-34 所示为二分频电路。在 t_1 时刻输入 0000 接通前沿，内部辅助继电器 1000 接通一个扫描周期 T ，输出 0500 接通，其动合触点 0500 闭合。当输入 0000 的第二个脉冲到来时，内部辅助继电器 1100 接通，其动断触点 1100 打开，使 0500 断开。由图 (b) 可知，输出 0500 波形的频率为 0000 波形频率的一半。

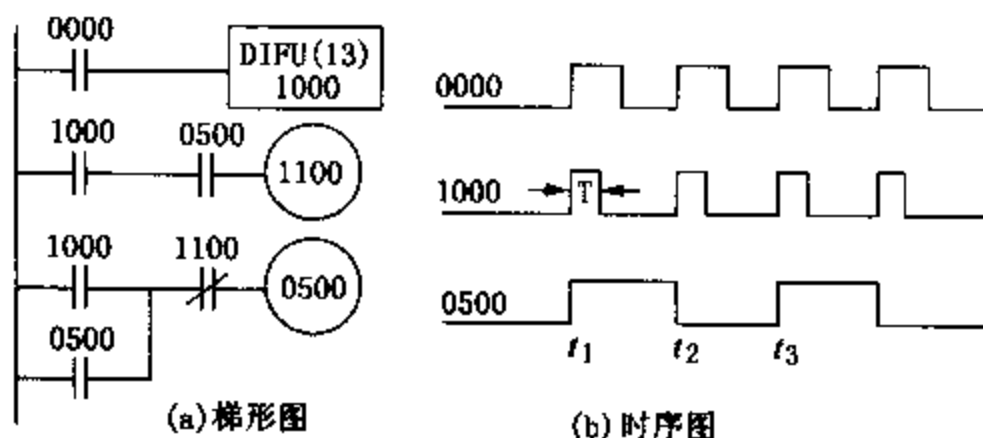


图 4-1-34 二分频器电路

四、I/O 点数扩展技术

PLC 采用模块式结构，使输入/输出 (I/O) 点数可以较灵活地组合。但在实际应用中，常会碰到两个问题，一是 PLC 可扩展的 I/O 点数有限，二是增加 I/O 扩展单元将增加成本。所以在使用 PLC 时，应合理地使用 I/O 点数。

(一) 扩展 (减少) 输入点的方法

1. 二极管隔离分组输入法

当 PLC 系统有手动和自动两种控制方式时，如果这两种方式各有 3 个输入信号，那么就要占用 6 个输入点。采用如图 4-1-35 所示分组控制方式时，6 个输入信号只需占用 3 个输入点。开关 S 有手动和自动两个工作位，PLC 的 00000 输入点作为控制点使用。当 S 置于手动位时，00000 输入点被接通，00001 点输入的是 SB₁ 的信息；当 S 置于自动位时，00000 输入点被断开，00001 点输入的是 S₁ 的信息。可见，同一个输入点 00001，在 00000 不同状态下输入了不同的内容。二极管的作用是避免寄生电路使 PLC 接收到错误的输入信号，保证分组输入正确的信息。

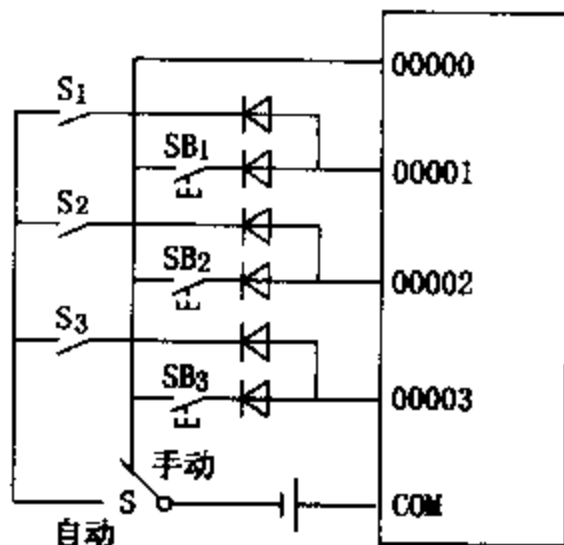


图 4-1-35 二极管隔离分组控制法接线

2. 矩阵式输入扩展法

矩阵式输入扩展法如图 4-1-36 所示，它是利用输入点和输出点组成矩阵形式扩展输入点。这种接法与计算机键盘扫描类似，将输入口作为行线，输出口作为列线，只要在输出口依次输出编码，而在输入口读入，将输出码和读入码拼码进行逻辑运算后，就可以判断输入开关的动作。应用这种方法，可以将 8 个输出点和 8 个输入点扩展为 $8 \times 8 = 64$ 个输入开关。输入矩阵的行数和列数越多，节约输入点数的效果也就越明显。图中的 $S_0 \sim S_n$ 为开关或按钮。

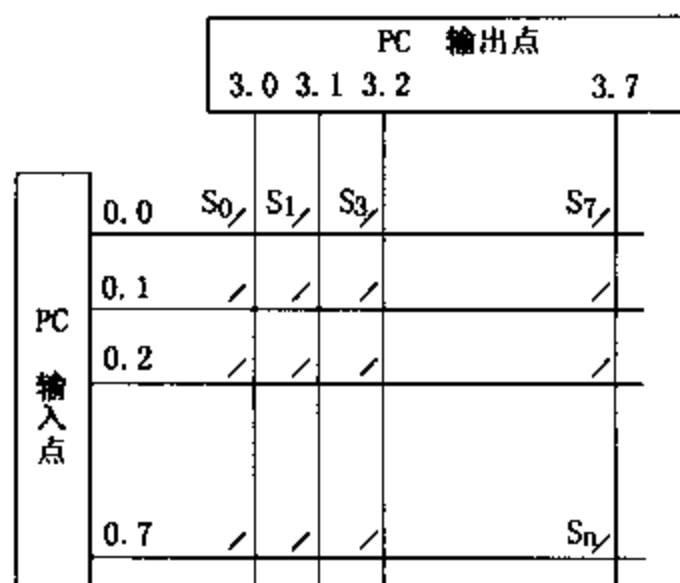


图 4-1-36 矩阵式输入扩展法

3. 改变外部输入接线法

当一些输入电器的触点之间只是简单的逻辑关系（如与、或等）时，如果完全用程序来实现这些逻辑关系，那么这些触点都需占用 PLC 的输入点。若在 PLC 的外部用硬接线来实现它们之间的逻辑，则可节约一些输入点。

图 4-1-37 是在三处均能起、停一台电动机的控制电路。在图 4-1-37 (a) 中， SB_1 、 SB_2 、 SB_3 是起动按钮， SB_4 、 SB_5 、 SB_6 是停止按钮，显然这种控制方法要占用 6 个输入点。如果改用程序来实现这种逻辑关系，所对应的梯形图如图 (b) 所示。

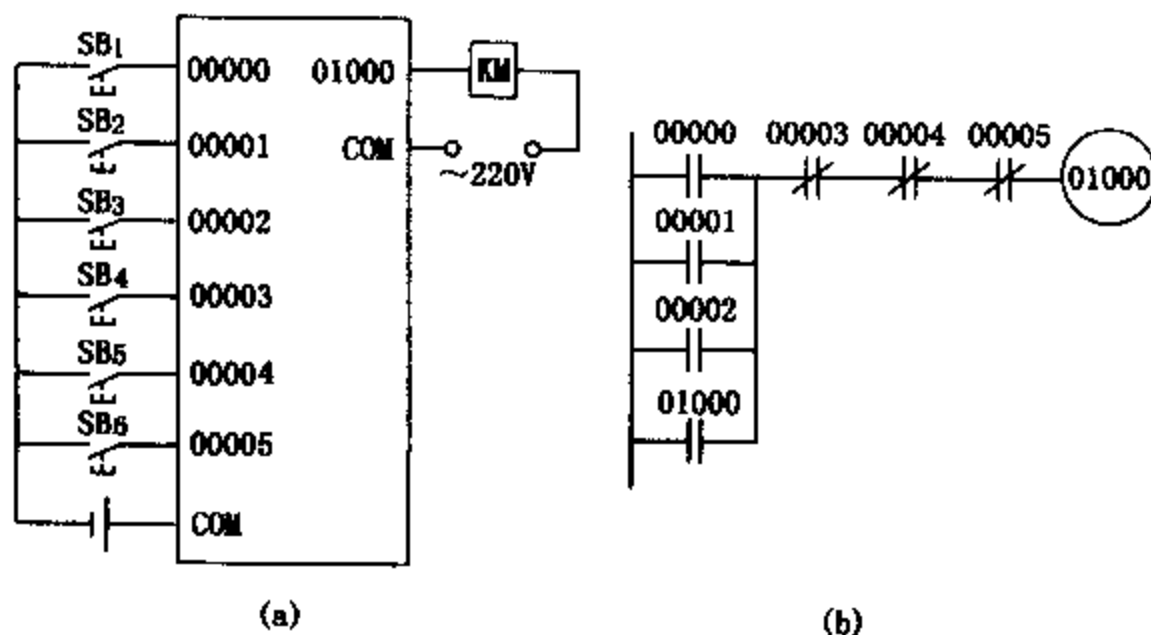


图 4-1-37 三处能起、停一台电动机方案 (一)

由继电器控制电路的常识可知，在异地控制时，所有起动按钮之间是“或”的

逻辑关系，所有停止按钮之间也是“或”的逻辑关系。因此可按图 4-1-38 (a) 的方法改变 PLC 的外部接线。与图 4-1-37 (a) 相比，图 4-1-38 (a) 节约了 4 个输入点，而且图 4-1-38 (b) 比图 4-1-37 (b) 的梯形图显得更为简洁。

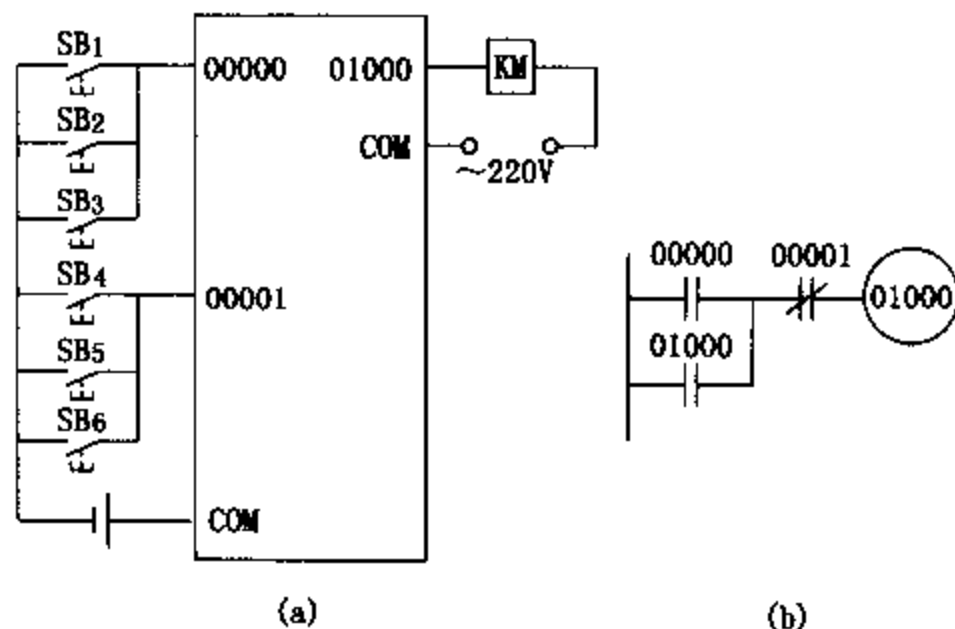


图 4-1-38 三处能起、停一台电动机方案 (二)

4. 分时选通法

分时选通法是根据 PLC 系统控制的不同层次或工步，将输入信号归属于相应的层次中，合理地将多个输入信号共用一个输入通道，其工作流程如图 4-1-39 所示。如果系统有三个相互独立的层次或工步，且系统中各输入信号都能保证只出现在各自的层次或工步程序运行阶段，那么系统就能可靠地用一个输入通道采入多个分属于不同层次的信号。

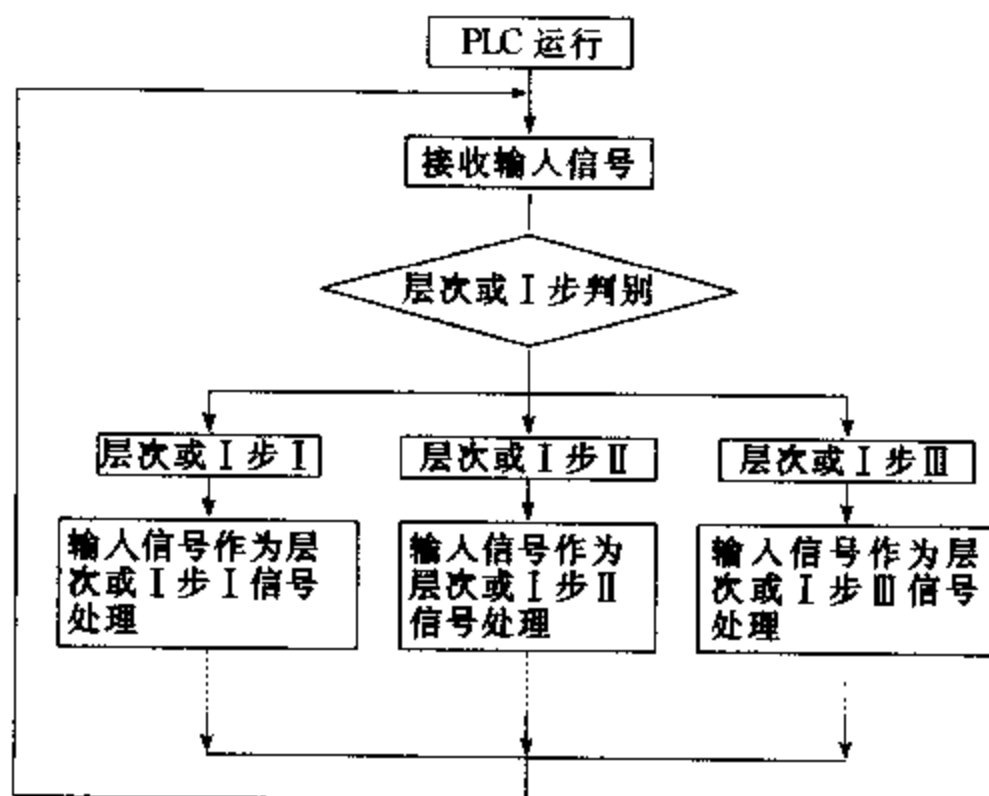


图 4-1-39 信号分层次接收流程方框图

分时选通法连接如图 4-1-40 所示。如果系统中信号不能保证只出现在各自层次程序的运行阶段,那么简单地套用上述方法,系统会因输入信号混淆而出错。在这种情况下,必须采用层次程序的输出标志触点,选通相应层次的输入信号,如图 4-1-41 所示,以避免输入信号间的相互干扰。这样系统可用较少的输入点,采入较多的外部信号。

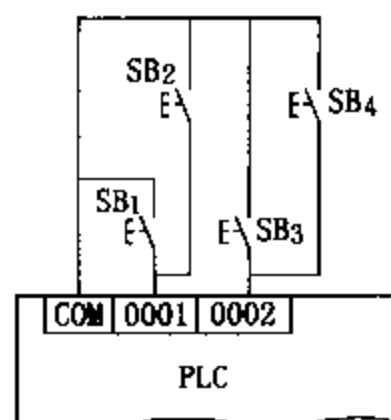


图 4-1-40 共用输入通道

在图 4-1-41 (a) 中,两个层次或工步的输入信号分别是 SB_1 、 SB_3 、 SB_5 和 SB_2 、 SB_4 、 SB_6 ,由中间继电器 KA 的动合与动断触点控制。在输出端 0900 无输

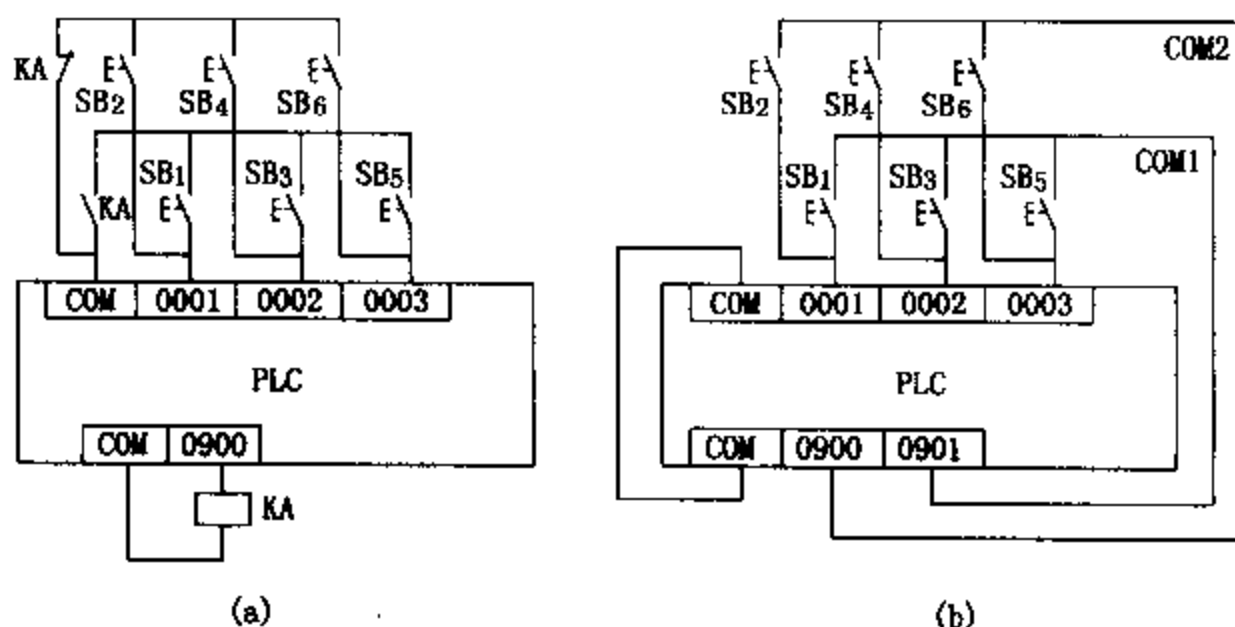


图 4-1-41 分时选通输入

出时,KA 线圈不得电,其触点不动作, SB_2 、 SB_4 、 SB_6 层次的输入信号可以进入 PLC 中, SB_1 、 SB_3 、 SB_5 层次的输入信号被阻断;当输出 0900 有输出时,KA 线圈得电,其触点动作, SB_1 、 SB_3 、 SB_5 层次的输入信号可以进入 PLC 中,而 SB_2 、 SB_4 、 SB_6 层次的输入信号不起作用,因此达到了分时选通输入的目的。

图 4-1-41 (b) 所示为另一种分时选通输入电路,其工作原理与图 4-1-41 (a) 类似。

5. 利用编程器扩展输入点数

(1) 一个按钮控制起、停电动机。利用 PLC 内部丰富的软件资源及合理的编程,可以在使用较少的输入点数的情况下完成控制要求,达到扩展输入点数的目的。在 PLC 控制电路中,一般是一个按钮对应一个输入点数,如果让一个按钮有几个用途,显然可有效地减少输入点数。图 4-1-42 是用一个按钮控制电动机起、停的梯形图。

图 4-1-42 (a) 是用 KEEP 指令编程,实现用一个按钮控制一台电动机的一种方案。PLC 外部只接一个按钮,对应输入点 0000。第一次按下按钮 0000 时,0500

接通，电动机启动。第二次按下按钮时，由于 0500 已经接通，所以出现 KEEP 的置位和复位端均为接通的情况，由于复位优先，所以 0500 复位，电动机停止运行。

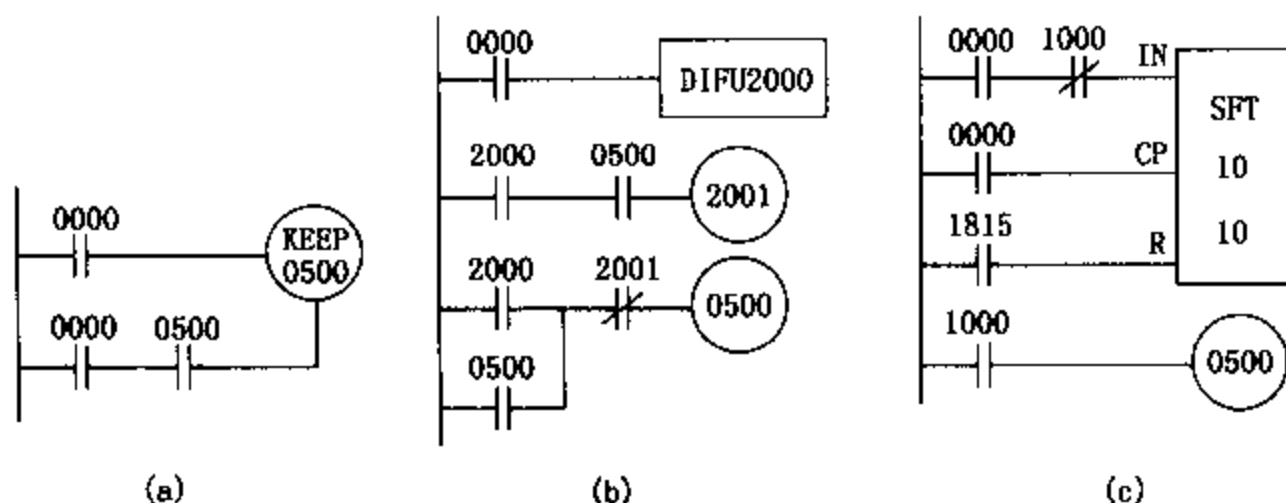


图 4-1-42 一个按钮起、停电动机梯形图

图 4-1-42 (b) 是用一个按钮起、停电动机的另一种方案。第一次按下按钮 0000 时，2001 为 OFF，0500 为 ON，电动机启动。第二次按下按钮时，由于 0500 已为 ON，所以 2001 为 ON，从而使 0500 断电，电动机停止运行。

图 4-1-42 (c) 是用移位寄存器指令实现上述功能的梯形图。第一次按下按钮时，0000 为 ON，移位寄存器的数据输入端 IN 和移位脉冲输入端 CP 都为 ON，10 通道的 1000 被置“1”，1000 的动合触点闭合，输出继电器 0500 为 ON，电动机启动。第二按下按钮时，0000 第二次为 ON，由于 1000 的动断触点断开封锁了第二个信号输入，则数据输入端 IN 为 OFF（即为“0”），10 通道的 1000 被置“0”，1000 的动合触点断开，输出继电器 0500 为 OFF，电动机停机。第三次按下按钮时，重复第一次按下按钮的过程，那么 0500 的接通、断开由按钮按下的次数决定，即单数接通，双数断开。

(2) 一个输入点的不同状态控制两段程序。使用跳转或分支指令时，可以由一个输入点的不同状态来控制两段程序的执行，如图 4-1-43 所示。

(3) 用 PLC 内部器件代替外部电器。在对位移要求不是很严的场合，可以用定时器指令代替行程开关进行行程控制，这样就节约了行程开关占用的输入点。

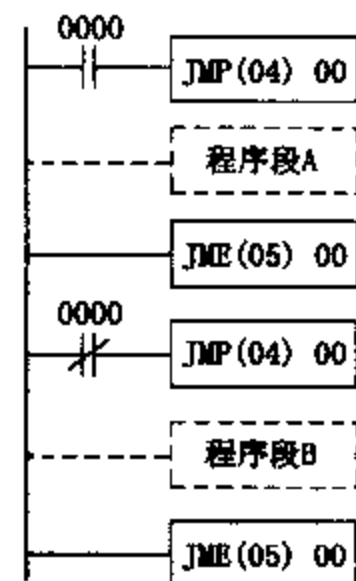


图 4-1-43 使用跳转指令

(二) 扩展(减少)输出点的方法

1. 矩阵译码输出法

X-Y 矩阵译码法减少输出点的电路如图 4-1-44 所示。图中采用 8 个输出点，组成 4×4 译码矩阵，当 X、Y 行列中均有一个输出点有效时，受控的 16 个接触器中便有一个线圈得电产生输出信号。这样，用 8 个输出点可控制 16 个不同控制逻辑

要求的负载。实际使用时应注意分时选通，避免触点在一个扫描周期内重复输出。

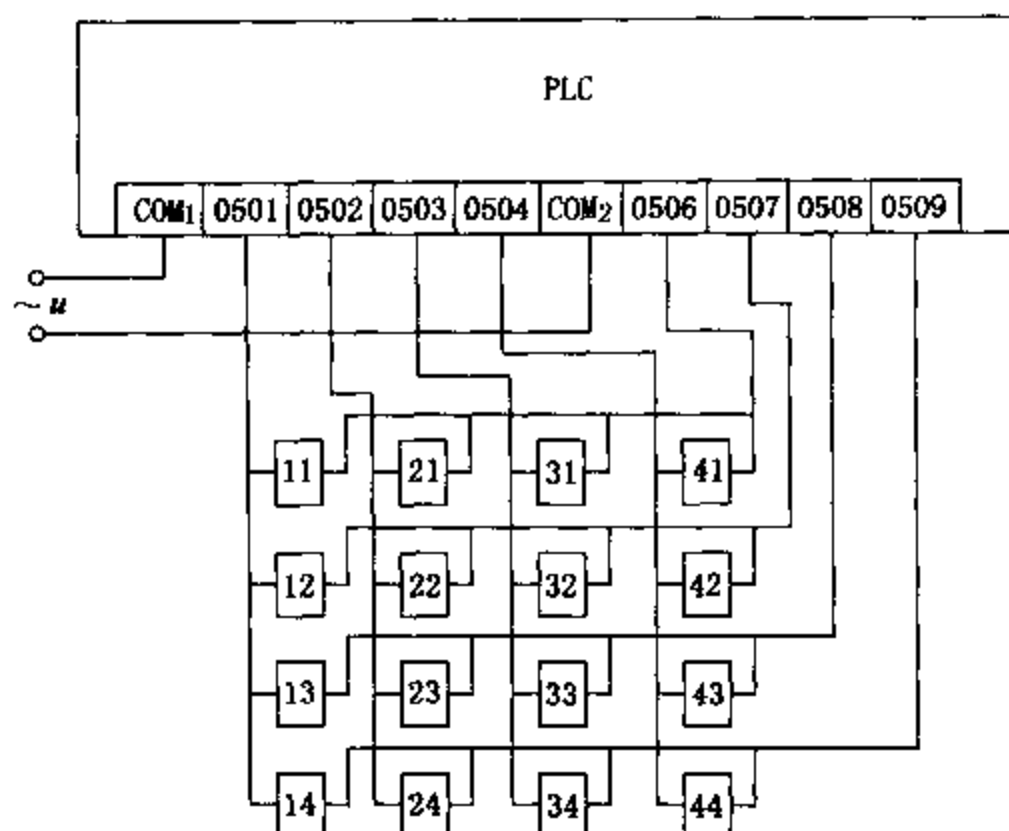


图 4-1-44 矩阵译码输出

2. 输出电器并联法

在 PLC 输出点的电流限额允许情况下，两个通电与断电状态完全相同的负载，并联后可以共用 PLC 的一个输出点，从而减少输出点数，如图 4-1-45 所示。通过外部或 PLC 内部控制的转换开关，PLC 的一个输出点可以控制两个不同工作状态的负载。若 PLC 的输出点不允许并联连接，可用 PLC 外部的一个继电器对负载进行控制，如图 4-1-46 所示。

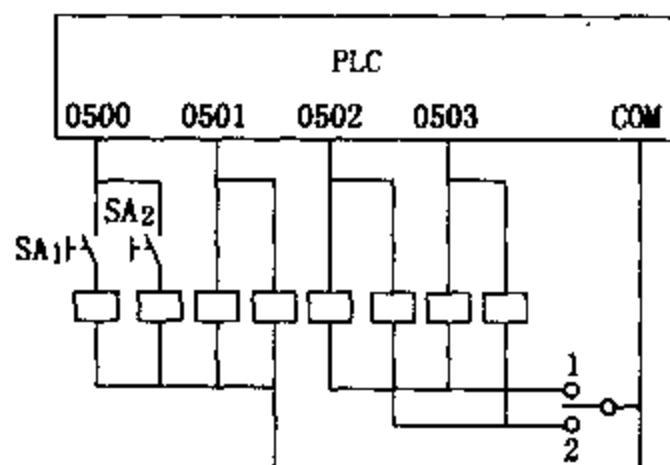


图 4-1-45 共用点输出

3. 利用软件扩展输出点

利用跳步指令 JMP/JME 来控制接通或断开状态完全相同的负载。在图 4-1-47 中，当跳步条件 0000 接通时，就跳过程序 A；当 0000 断开时，就跳过程序 B。应用跳步条件 0000 就可以在这两个程序中选择一个，即节约了 PLC 输出点。

4. 电器不接入 PLC

对控制逻辑简单、不参与系统过程循环、运行时与系统各环节不发生动作联系的电器，可不纳入 PLC 控制系统，因此就不占用输出点，如一些机床设备的油泵电机或通风机的电动机等。

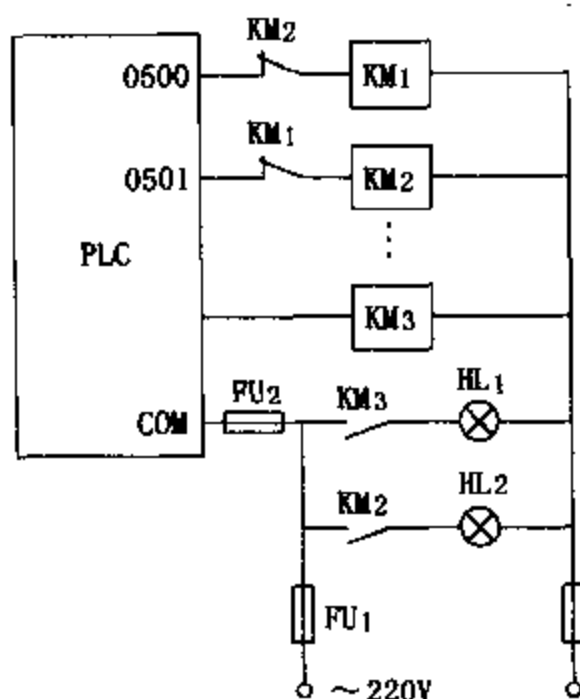


图 4-1-46 PLC 输出外部负载

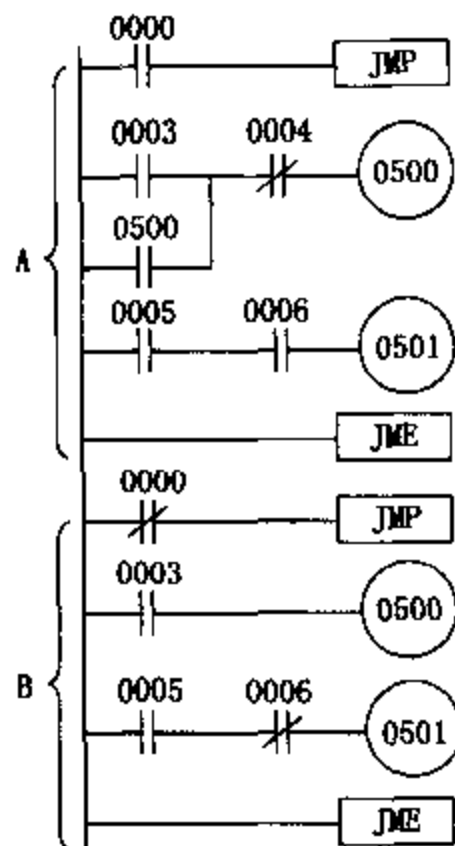


图 4-1-47 跳步指令

第二节 系统设计方法

一、设计步骤

PLC 控制系统的设计一般包括下面几个基本步骤：

1. 确定控制对象和控制范围

在设计 PLC 控制系统之前，要详细了解工艺过程的控制要求，例如：弄清哪些信号需输入 PLC，是模拟量还是开关量，使用什么元件输入信号；哪些信号需输出 PLC 外部，通过什么执行元件去驱动负载；弄清整个工艺过程各个环节相互的联系；了解机械运动部件的驱动方式，是液压、气动还是电动，运动部件与各电气执行元件之间的联系；了解系统的控制是全自动还是半自动的，控制过程是周期性还是单周期运行，是否有手动调整要求等；另外要注意哪些量需要监控、报警、显示，是否需要故障诊断，需要哪些保护措施等。

需要注意的是：各控制对象的驱动要求，如驱动电压（电流）、驱动时间等；各控制对象的动作顺序，相互之间的约束关系等，使用流程图表示会显得更加明确；所有控制参数的确定，如开关量的点数、模拟量的精度要求等。

2. 确定系统总体设计方案

要在全面深入了解控制要求的基础上确定电气控制方案。要了解控制系统的全

部功能、性能要求及指标、控制方式、控制规模、控制范围、输入/输出信号种类、信号用途、对信号的要求（如对模拟输入量的精度要求、采样速率等）和数量、检测设备和控制设备的物理位置、有无特殊功能接口、与其他设备的关系、对其他设备驱动的要求、通信内容与方式等，以及对控制动作过程的时序分析。

3. 确定输入/输出元件和 PLC 机型

选择 PLC 机型前，要选择合适的输入和输出元件，确定主电路各电器及保护器件，选择报警和显示元件等。根据所选用的电器或元件的类型和数量，计算所需 PLC 的输入/输出点数，并参照其他要求选择合适的 PLC 机型。

(1) 分析系统类型是属于单体控制的小系统，还是慢过程大系统，或者是实时控制的快速系统等。分析工业现场对控制器响应速度有何要求。

(2) 分析有多少点开关量输入，是直流电压（DC）输入还是交流电压（AC）输入，电压分别为多少。

(3) 确定有多少点开关量输出，采用何种输出方式，输出功率分别有多大。常用的输出方式有继电器输出、双向晶闸管输出及晶体管输出等方式。

(4) 分析有多少模拟量输入和多少模拟量输出，各自的精度要求为多少，采样的速率要求有多高。

(5) 是否需要扩展配置，若需扩展配置，是采用本地扩展配置，还是远程扩展配置，或是二者都要；若有远程扩展配置，是接终端还是接模块。

(6) 是否有特殊控制要求，如高速计数器、位控及运动控制单元、温度单元、凸轮定位器、PID 单元、语音单元等。

(7) 对输入、输出单元及内存容量等应考虑一定的冗余配置，以备扩展。

4. 程序设计

在完成上述工作后可开始控制系统的程序设计。程序设计的质量关系到系统运行的稳定性和可靠性。当控制系统较复杂时，可将其分成多个相对独立的子任务，最后将各子任务的程序合理地连接在一起。

5. 调试程序

对编好的程序，可以先利用模拟实验现场信号进行初步调试。经反复调试修改后，使程序基本满足控制要求。

6. 联机调试程序

联机调试可以发现程序存在的实际问题和不足，通过调试和修改后，使程序完全符合控制要求。程序调试完毕必须运行实践一段时间，才能确认程序是否达到控制要求。

7. 编写技术文件

这部分工作包括整理程序清单并保存程序，编写元件明细表，绘制电气原理图及主电路图，整理相关的技术参数，编写控制系统说明等。

二、顺序控制设计法

顺序控制设计法的特点是规律性很强，按照相对固定的模式，即可完成程序的编写。虽然编出的程序偏长，但程序结构简单清晰、便于阅读，是其他方法所不能及的。

顺序控制设计法将控制系统的工作全过程按其状态的变化划分为若干个阶段，这些阶段称为“步”。如 4-2-1 所示为 10 步，划分的依据是 PLC 输出量的状态有无变化。除某些步是由时间决定的外，步在时间长短上是没有规定的。

各相邻步之间的转换是由转换条件决定的。当不满足转换条件时，系统继续执行当前步；当系统满足转换条件时，则从当前步进入下一步。常见的转换条件有按钮、限位开关传感器的通/断、定时器、计数器动合触点的接通等。

流程图又叫状态转移图、状态图或功能表图。流程图不是一种语言形式，并不涉及所描述的控制功能的具体技术，而是一种主要适用于顺序控制功能的专门的程序设计结构形式，是描述控制系统的控制过程、功能和特性的一种图。

（一）流程图的基本结构

顺序功能流程图又称顺序功能表图，主要由步、转换、转换条件、有向连线（即路径）和动作（或命令）组成。图 4-2-2 给出了一个较典型的顺序功能流程图的基本结构。

1. 步

步用矩形方框表示，方框中的数字是步的编号，有时也用编程元件（如 PLC 的内部继电器）代表各步，因此也可用相应编程元件号作为步的编号。步在顺序控制流程图中一般用单线方框表示。图 4-2-2 中除起始框外共有 4 个控制功能步，完成 4 种控制功能。

在顺序功能流程图中，动作可用与相应步的矩形框相连的矩形框以及其中的文字或符号表示。如果某一步有几个动作，可以用图 4-2-3 中的两种画法来表示，每一步内的动作同时进行，一般不分先后。当系统在某一步处于活动状态时，该步则称为“活动步”。

控制过程开始阶段的活动步与初始状态相对应，称为“初始步”。初始步用双线框表示。每个流程图至少应该有一个初始步。步与步之间用有向连线连接，步与步之间又用转换将其隔开，表示当相邻两步之间的转换条件得到满足时，转换才能

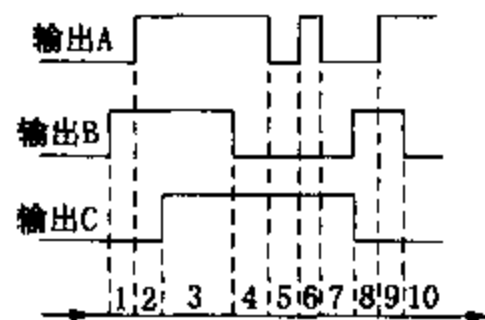


图 4-2-1 转换条件的表达

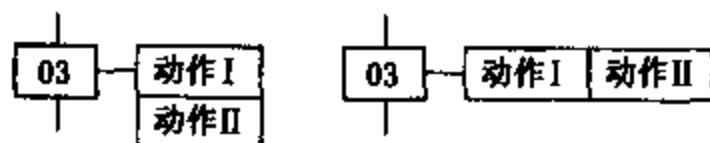
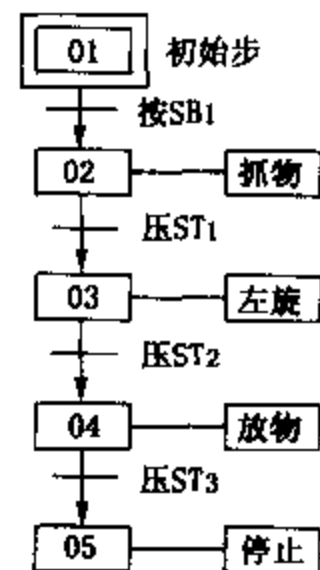


图 4-2-3 几个动作的画法

得以实现。

2. 转换

转换是结束某一步的操作而起动下一步操作的条件,这种条件是各种控制信号的综合结果,若条件不满足则继续执行本步操作。转换在顺序控制流程中一般用与有向连线垂直的短横线表示。如图 4-2-2 中共有 4 种转换条件,分别控制 4 个步的执行情况。

图 4-2-4 表示几种不同转换条件的方式,转换条件可以用文字语言、布尔代数表达或图形符号标注在表示转换的短线旁边。例如,转换条件 X 和 $\bar{X}$ 分别表示当二进制逻辑信号 X 为“1”状态和为“0”状态时,转换实现;符号 $\uparrow X$ 和 $\downarrow X$ 分别表示当 X 从 0 $\rightarrow$ 1 状态和从 1 $\rightarrow$ 0 状态时,转换实现。当“5”为高电平时,表明步是活动的,否则是不活动的。

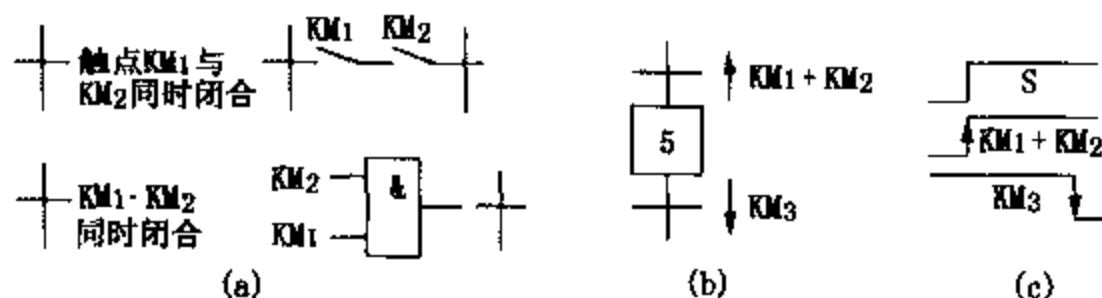


图 4-2-4 转换条件的表达

如果转换的前级步或后续步不止一个,转换的实现称为同步实现,如图 4-2-5 所示。如果某转换的所有前级步都是活动的,并且满足相应的转换条件,则转换实现。同步实现的有向连线水平部分用双线表示,如果在画图时有向连线必须断开(如在复杂的图中,或者用几个图来表示一个流程图),应在断开处标明下一步的标号和页数,如“步 294 页”。

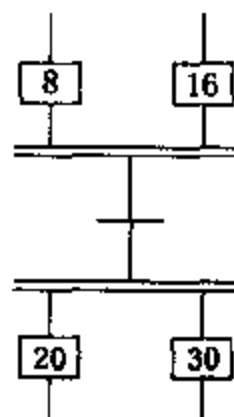


图 4-2-5 转换的同步实现

3. 路径

路径表示了各功能步之间的连接顺序关系。这种连接顺序关系包括选择路径和并行路径。选择路径是指哪条路径的转换条件最先得满足,这条路径就被选中,程序就按这条路径向下执行。选择路径的分支与合并一般用单横线表示。并行路径是指只要转换条件得到满足,其下面的所有路径必须同时都被执行。并行路径分支与合并一般用双横线表示。

PLC 对顺序功能流程图的扫描遵循从上至下、从左至右的原则,先从起始开始向下执行,遇到选择路径就依据转换条件去执行相应路径上的步。遇到并行路径就首先执行最左边的路径,然后依次向右执行,直至完成全部并行路径后再向下执行。当执行到结束步时,根据结束步的转换条件决定是结束还是返回执行起始步,

依次循环。

(二) 流程图类型

由于功能表可以描述各种不同的控制功能，所以就具有多种不同的结构，它大体上可分为单序列、选择序列和并行序列三种结构。

1. 单序列

前述的机械手控制功能流程图（见图 4-2-2）为单序列结构功能表图。这种结构的流程图没有分支，由一系列相继激活的步组成，每个步后只有一个步，步与步之间只有一个转换条件。

2. 选择序列

图 4-2-6 是选择序列结构流程图。选择序列的开始称为分支，如图中的上半部分，步 01 之后有三个分支，转换符号只能标在水平连线之下。各选择分支不能同时执行，例如当 01 为活动步且条件 a 满足时则转向步 02；当 01 为活动步且条件 b 满足时则转向步 03；当 01 为活动步且条件 c 满足时则转向步 04。无论步 01 转向哪个分支，当其后续步成为活动步时，步 01 自动变为不活动步。

当已经转向某一个分支时，则不允许另外几个分支的首步成为活动步，也就是说一般只允许选择一个分支，那么在逻辑上应该使各选择分支之间联锁。

选择序列的结束称为合并，如图中的下半部分，无论哪个分支的最后一步成为活动步，当转换条件满足时都要转向步 05。转换符号只允许标在水平线之上。

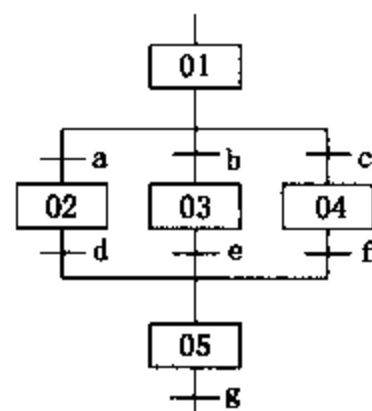


图 4-2-6 选择序列

3. 并行序列

图 4-2-7 是并行序列结构的流程图，并行序列的开始也成为分支。为了区别于选择序列结构的流程图，用双线来表示并行序列分支的开始，转换条件放在双线之上。如图中的步 01 之后有三个并行分支，当步 01 为活动且条件 a 满足时，则步 02、03、04 同时被激活变为活动步，而步 01 则变为不活动步。图中的步 02 和步 05、步 03 和步 06、步 04 和步 07 是三个并行的单序列。

并行序列的结束称为合并，用双线来表示并行序列分支的合并，转换条件放在双线之下。图中，当各并行序列的最后一步（即步 05、06、07）都为活动步且条件 e 满足时，将同时转换到步 08，且步 05、06、07 同时都变为不活动步。

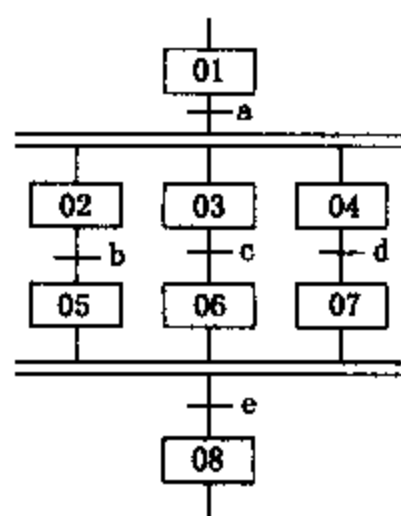


图 4-2-7 并行序列

图 4-2-8 (a) 所示是一个三工位钻床的工作台示意图，图 4-2-8 (b) 所示是该钻床控制系统的流程表图。

步 01 是初步，由于步 01 后是并行序列的结构，因此当按下起动按钮后，三个

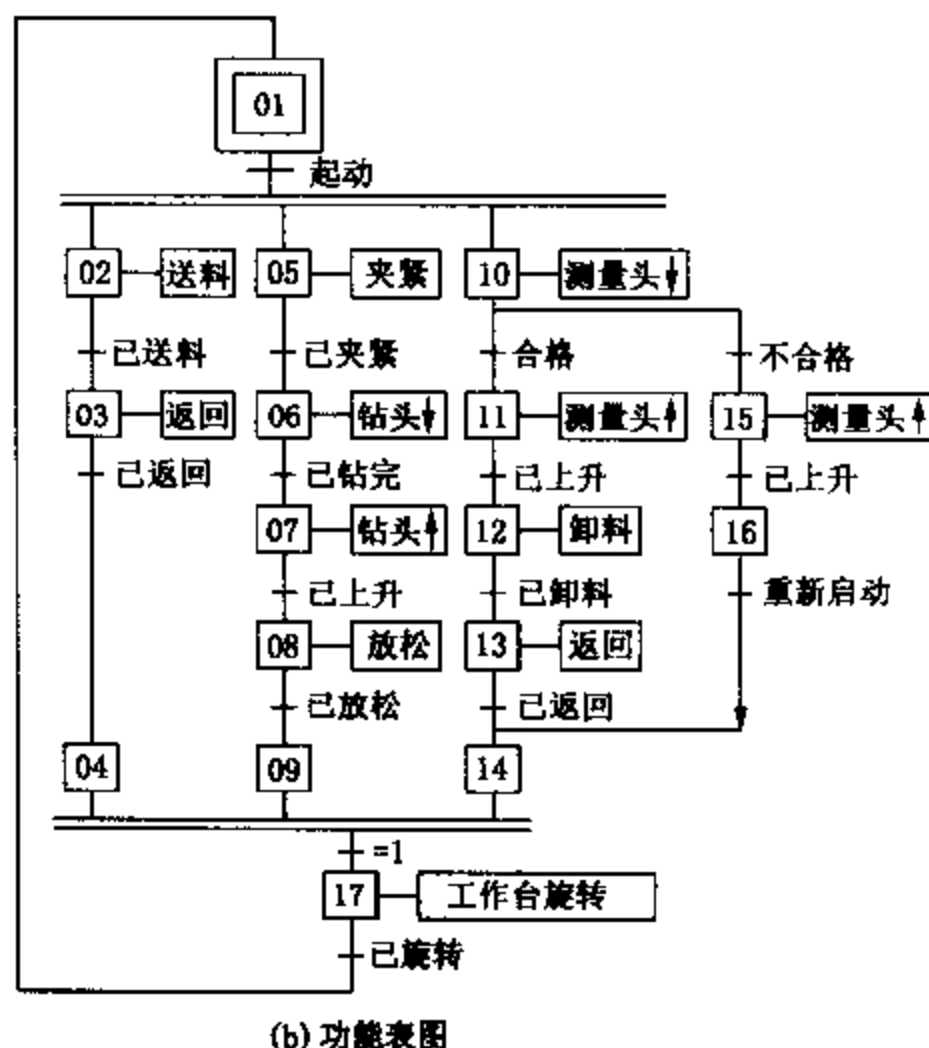
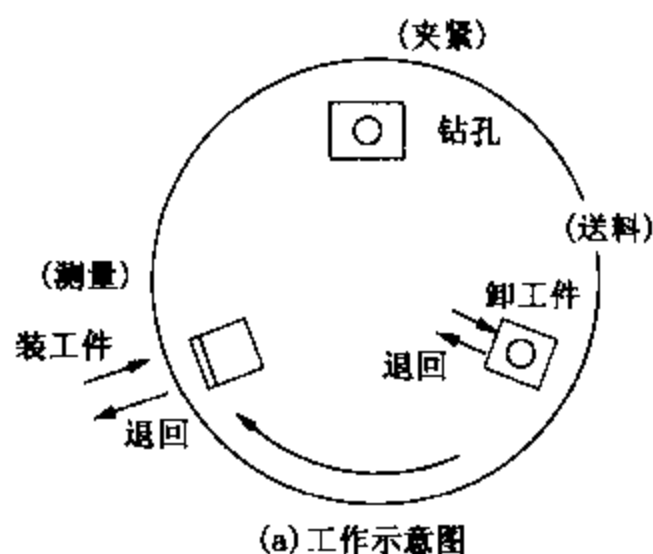


图 4-2-8 三工位钻床

工位同时工作。在其中一个工位，送料机构将工件送到圆形工作台上，然后送料机构退回。同时，在另一个工位上将工件夹紧并钻孔，然后钻头返回初始位置，并松开工件。在最后一个工位，则自动用深度计测量加工的孔是否合格。如果合格，则测量头自动上升，并自动卸下加工好的工件，然后卸料机构返回；如果不合格，测量头返回后，工作台顺时针旋转 120° ，以便为下一次送料、装夹及加工、测量的循环工作做好准备，最后系统返回初始步。步 04、09、14 是等待步，它们并不完成什么动作，而是为同时结束三个并行序列在时序上给予等待服务。图 4-2-8 (b) 中水平线之下的转换条件 “=1” 表示转换条件始终是满足的，即只要步 04、09、14 都是活动的（它们缺一不可，否则不会向并列结束进展），就会发生步 04、09、

14 到步 17 的进展, 步 04、09、14 变为不活动步, 而步 17 变为活动步。

4. 子步

在流程图中, 某一步又可划分为一系列子步和转换。子步的概念使系统设计者在总体设计时用更加简洁的方式来表述整体概念和概貌, 使设计者容易抓住系统的主要矛盾, 而避免一开始就陷入某些细节的纠缠之中。设计者可以从最简明扼要的对整个系统的全面描述开始, 在取得整体描述的可靠成果后, 再深入某些细节, 用子步的方法画出更详细的概念表图。子步中还可以包含更详细的子步。这种设计方法的逻辑性很强, 可以最大限度地减少设计中的错误, 缩短总体设计和查错所需要的时间。

(三) 流程图与梯形图的对应关系

步进控制指令的每个步可设置一控制位, 当某步的控制位为 ON 时, 该步成为活动步 (激活下一步的条件之一), 下一步的控制位为 ON, 而上一步的控制位变为 OFF, 且上一步对应的程序停止执行。显然, 只要在顺序上相邻的控制位之间进行互锁, 就可以实现这种步进控制。

图 4-2-9 是步程序梯形图。线圈 KA_1 、 KA_2 、 KA_3 等 是各步的控制位, SB_1 、 SB_2 等是各步的转换条件。某一步成为活动步的条件是: 前一步是活动步且转换条件满足。图中将动合触点 KA 和 SB_1 以及 KA_1 和 SB_2 相串联 作为步起动的条件。由于转换条件是短信号, 因此每步 要加自锁。当后续步成为活动步时, 前一步要变为不活 动步, 所以图中将动断触点 KA_2 和 KA_3 与前一步的控制 位线圈相串联。

当某一步成为活动步时, 其控制位为 ON, 以控制输 出继电器实现相应的控制, 如图中的 KM_1 、 KM_2 。

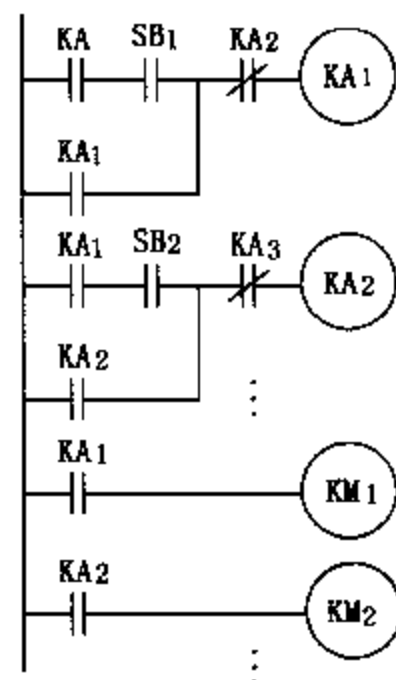


图 4-2-9 步程序梯形图

(四) 根据流程图画梯形图

图 4-2-10 所示流程图总体上是并行的, 其对应的梯 形图应由以下几部分组成。

1. 步 10000

步 10000 为初始步, 在它前面有两个选择分支。合并步 10000 成为活动步的条 件是: 00000 为 ON, 或步 10008 为活动步且 $HR0001$ 为 ON。当步 10001 和 10004 成为活动步时, 步 10000 变为不活动步, 所以把动断触点 10001 和 10004 与步 10000 的控制位线圈相串联, 再加上本位的自锁, 其梯形图如图 4-2-11 (a) 所示。

2. 步 10001、步 10002 和步 10003

10001 是单序列的开始步, 其成为活动步的条件是: 步 10000 为活动步且转换 条件 00001 为 ON。当步 10002 成为活动步时, 步 00001 变为不活动步, 所以把动 断触点 10002 与步 10001 的线圈相串联, 再加上本位的自锁, 其梯形图如图 4-2-11

(b) 所示。

步 10002 和步 10003 的梯形图与步 10001 相似，如图 4-2-11 (c)、(d) 所示。

3. 步 10004

步 10004 是选择序列的开始，该步后续是两个选择分支。步 10004 的梯形图与步 10001 相似，但其线圈要与动断触点 10005 和 10007 相串联。这是因为，无论选择了哪个分支，即不论步 10005 还是步 10007 成为活动步，步 10004 都要成为不活动步，其梯形图如图 4-2-11 (e) 所示。

4. 步 10005 和 10007

步 10005 的梯形图见图 4-2-11 (f)。线圈 10005 与动断触点 10006 和 10007 相串

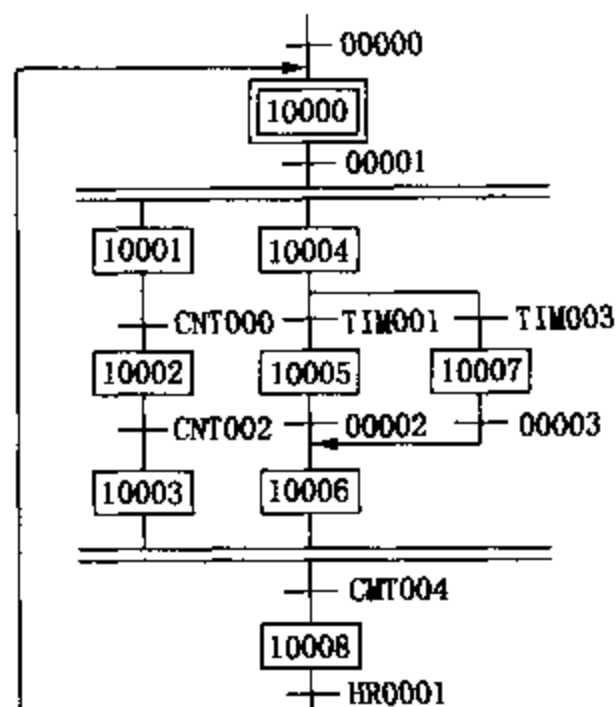


图 4-2-10 某流程图

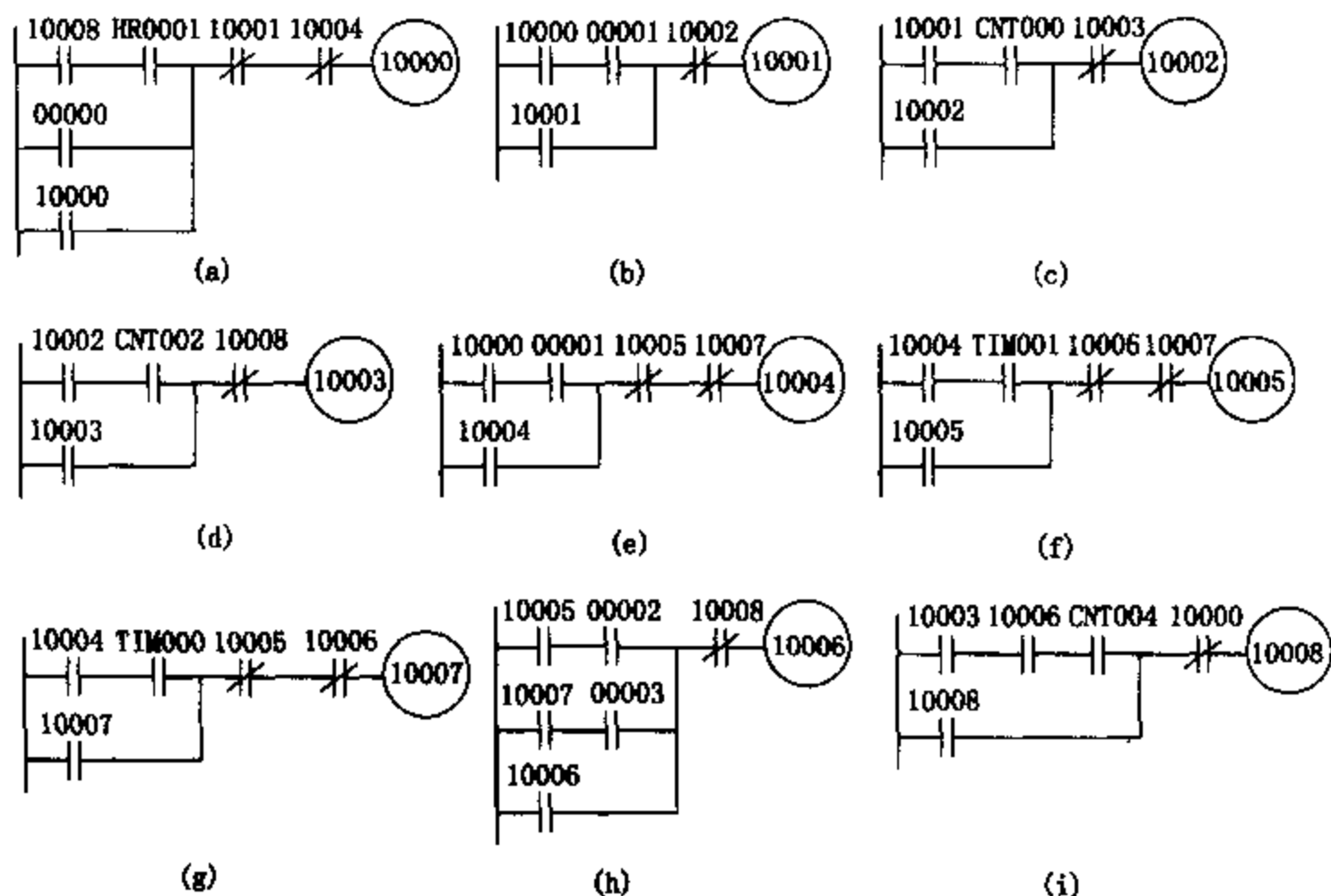


图 4-2-11 对应图 4-2-10 各步的梯形图

联，如果步 10007 已经成为活动步，即使步 10005 的条件满足也不会成为活动步，从而实现了步 10005 和步 10007 之间（即两个选择分支之间）的互锁。步 10007 与步 10005 的梯形图相似，只是其转换条件是 10004 和 TIM003 串联，10007 的线圈要与动断触点 10006 和 10005 相串联，其梯形图如图 4-2-11 (g) 所示。

5. 步 10006

步 10006 是选择分支的合并步。步 10006 成为活动步的条件是：步 10005 为活动步且 00002 为 ON，或 10007 为活动步且 00003 为 ON。这两个条件之间是“或”的关系。当 10008 为活动步时，步 10006 要为不活动步，所以 10006 的线圈要与动断触点 10008 串联，其梯形图如图 4-2-11 (h) 所示。

6. 步 10008

步 10008 是并行序列的合并步。步 10008 成为活动步的条件为：步 10003 和步 10006 均为活动步且 CNT004 为 ON，三个条件是“与”的关系。当 10000 成为活动步时，10008 变为不活动步，所以 10008 的线圈要与动断触点 10000 串联，其梯形图如图 5-2-11 (i) 所示。

三、其他设计法

(一) 逻辑设计法

逻辑设计法适用于主要对开关量进行控制的系统，它以逻辑代数及其化简法为基础，是一种实用可靠的程序设计方法。逻辑设计法是将控制电路中元件的通、断电状态视为以触点的通、断电状态为逻辑变量的逻辑函数，对经过化简的逻辑函数，利用 PLC 的逻辑指令设计出满足要求的且较为简单的控制程序。下面介绍一个简单的控制实例。通风机运行系统中有一个监视子系统，其任务是对 4 台通风机工作状态进行监视，并按其工作状态发出不同形式的信号，即：三台及三台以上开机时，绿灯常亮；两台开机时，绿灯以 5Hz 的频率闪烁；一台开机时，红灯以 5Hz 的频率闪烁；全部停机时，红灯常亮。

对于这种通风机运行状态监视的问题，必须把 4 台通风机的各种运行状态的信号输入到 PLC 中（由 PLC 外部输入电路来实现），各种运行状态对应的显示信号是 PLC 的输出。假设 4 台通风机分别为 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 ，红灯为 R，绿灯为 G。由于各种运行状态所对应的显示状态是惟一的，故可将几种运行情况分开进行程序设计。

1. 红灯常亮

当 4 台通风机都停机时红灯常亮。设灯亮为“1”、灭为“0”，通风机开机为“1”、停机为“0”，其状态见表 4-2-1 所示。

由状态表可得 R 的逻辑函数：

$$R = \overline{Y_1} \cdot \overline{Y_2} \cdot \overline{Y_3} \cdot \overline{Y_4}$$

根据逻辑函数可以画出梯形图，如图 4-2-12 所示。

表 4-2-1 红灯常亮状态表

Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	R
0	0	0	0	1

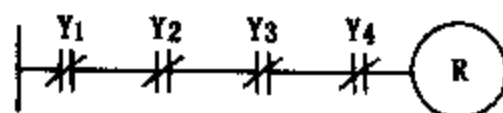


图 4-2-12 红灯常亮梯形图

2. 绿灯常亮

能引起绿灯常亮的情况有 5 种，其状态如表 4-2-2 所示。

由状态表可得 R 的逻辑函数：

$$G = \overline{Y_1} Y_2 Y_3 Y_4 + Y_1 \overline{Y_2} Y_3 Y_4 + Y_1 Y_2 \overline{Y_3} Y_4 + Y_1 Y_2 Y_3 \overline{Y_4} + Y_1 Y_2 Y_3 Y_4$$

此时的逻辑函数表达式没有经过化简，如果根据这个逻辑函数画梯形图会很烦琐，所以必须对它进行化简，化简后的逻辑函数式为：

$$G = Y_1 Y_2 (Y_4 + Y_3) + Y_3 Y_4 (Y_1 + Y_2)$$

画出的梯形图如图 4-2-13 所示。

表 4-2-2 绿灯常亮状态表

Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	G
0	1	1	1	1
1	0	1	1	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	1
1	1	1	1	1

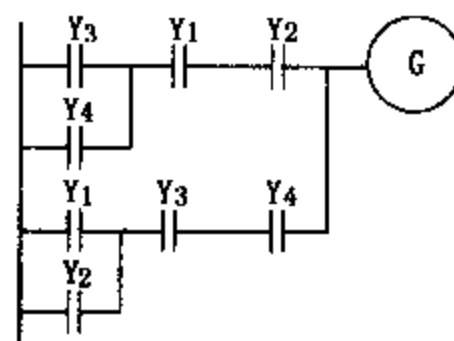


图 4-2-13 绿灯常亮梯形图

3. 红灯闪烁

设红灯闪烁为“1”，其状态如表 4-2-3 所示。

由状态表可得 R 的逻辑函数：

$$\begin{aligned} R &= \overline{Y_1} \overline{Y_2} \overline{Y_3} Y_4 + \overline{Y_1} \overline{Y_2} Y_3 \overline{Y_4} + \overline{Y_1} Y_2 \overline{Y_3} \overline{Y_4} + Y_1 \overline{Y_2} Y_3 Y_4 \\ &= \overline{Y_1} \overline{Y_2} (\overline{Y_3} Y_4 + Y_3 \overline{Y_4}) + \overline{Y_3} \overline{Y_4} (\overline{Y_1} Y_2 + Y_1 \overline{Y_2}) \end{aligned}$$

画出的梯形图如图 4-2-14 所示。其中 25501 能产生 0.2s（即 5Hz）的脉冲信号。

表 4-2-3 红灯闪烁状态

Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	R
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
1	0	0	0	1

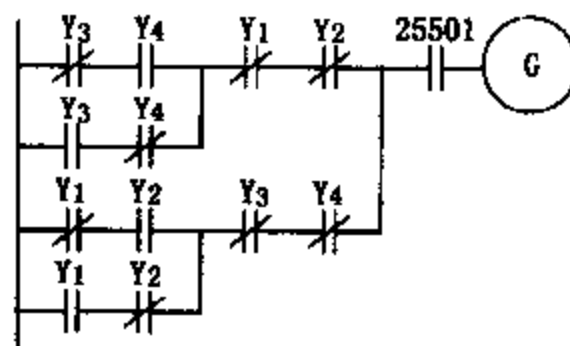


图 4-2-14 红灯闪烁梯形图

4. 绿灯闪烁

设绿灯闪烁为“1”，其状态如表 4-2-4 所示。

由状态表可得 G 的逻辑函数：

$$G = \overline{Y_1} \overline{Y_2} Y_3 Y_4 + \overline{Y_1} Y_2 \overline{Y_3} Y_4 + \overline{Y_1} Y_2 Y_3 \overline{Y_4} + Y_1 \overline{Y_2} \overline{Y_3} Y_4 + Y_1 \overline{Y_2} Y_3 \overline{Y_4} + Y_1 Y_2 \overline{Y_3} \overline{Y_4}$$

$$= (\overline{Y_1} Y_2 + Y_1 \overline{Y_2}) (\overline{Y_3} Y_4 + Y_3 \overline{Y_4}) + \overline{Y_1} Y_2 Y_3 Y_4 + Y_1 Y_2 \overline{Y_3} \overline{Y_4}$$

画出的梯形图如图 4-2-15 所示。

表 4-2-4 绿灯闪烁状态

Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	G
0	0	1	1	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1

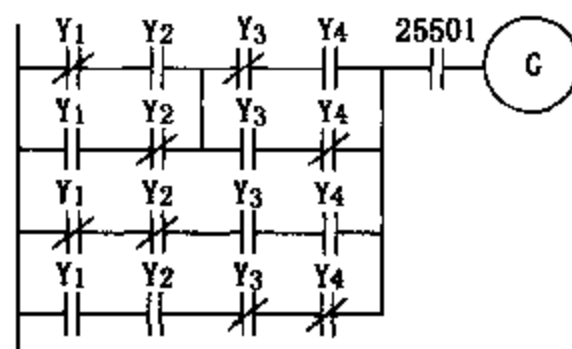


图 4-2-15 绿灯闪烁梯形图

5. PLC 的 I/O 点分配

通风机监视子系统有 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 四个输入信号，R、G 两个输出，其 I/O 点分配如表 4-2-5 所示。

表 4-2-5 I/O 点分配表

输 入				输 出	
Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	R	G
00101	00102	00103	00104	01101	01102

根据 I/O 点分配及图 4-2-12 至图 4-2-15 可得到如图 4-2-16 所示梯形图。

逻辑算法要求读者对数字电路的基本知识较熟悉，特别是对逻辑函数化简方法能够运用自如。

(二) 经验设计法

有些继电器控制的系统或设备，可以在原继电器控制电路的基础上，把继电器控制转换成 PLC 控制，这时可使用“经验设计法”，也称为“转换设计法”。这种设计法要求读者既熟悉继电器控制电路，又能理解 PLC 的指令概念。经验设计法要求以下几个问题要妥善处理，才能设计出合理、可靠的 PLC 系统。

(1) 继电器、电磁阀。在继电器控制系统中，大量使用交直流接触器、电磁阀、电磁铁、中间继电器等控制电器，它们的线圈是执行元件，要为它们分配相应的 PLC 输出继电器（即输出点）。中间继电器可以用 PLC 内部的辅助继电器来

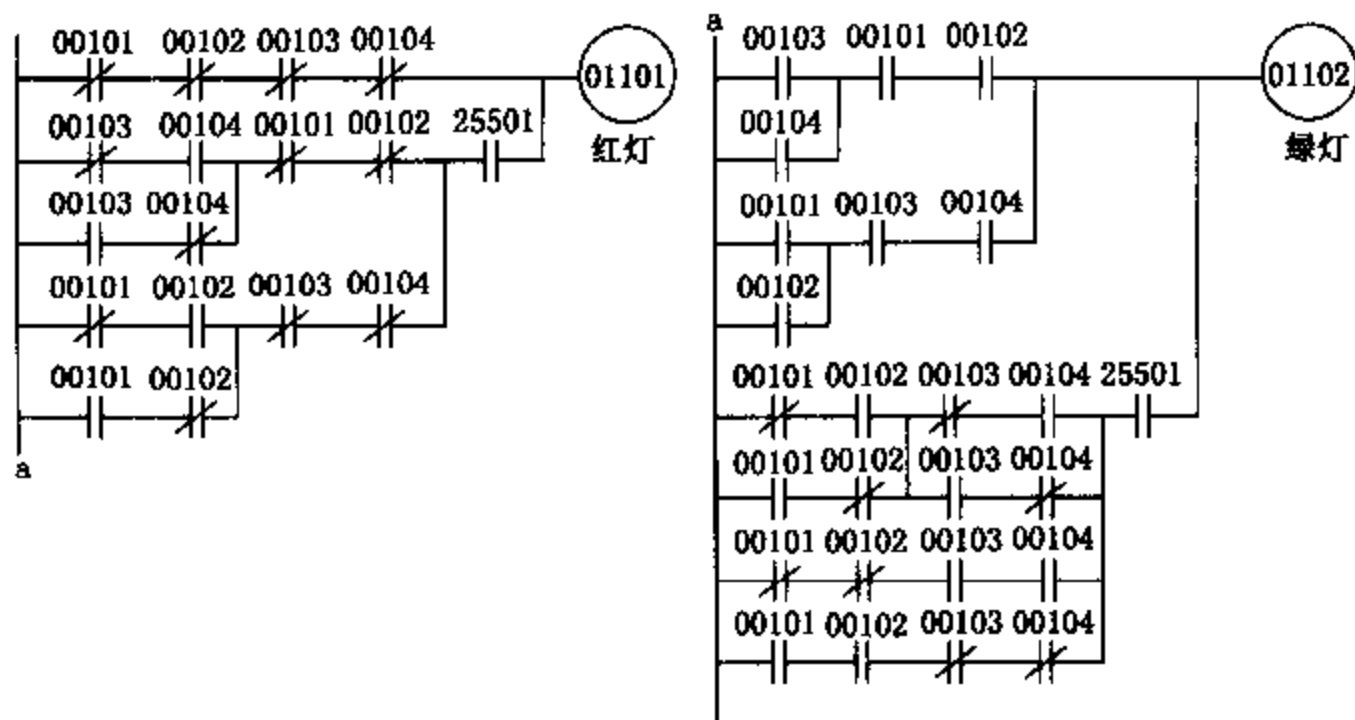


图 4-2-16 通风机运行状态显示的梯形图

代替。

(2) 动合、动断按钮。在 PLC 控制系统中，起动和停车一般都用动合按钮，而不像继电器控制电路那样起动用动合按钮、停车用动断按钮。这样对 PLC 系统可靠性的提高是极为有利的。使用不同的按钮，对应的 PLC 梯形图是不同的。

图 4-2-17 中，SB₁ 是起动按钮，KM 是交流接触器线圈。图 4-2-17 (a) 中，停车用动合按钮，对应梯形图中的 00001 是动断触点；图 4-2-17 (b) 中，停车用动断按钮，对应梯形图中的 00001 是动合触点。

(3) 热继电器触点。若 PLC 的输入点数较多且有剩余，那么热继电器的动断触点可占用 PLC 的输入点；若输入点数不多，则热继电器的动断触点可不连接到 PLC 输入端，而接在 PLC 的外部控制电路中。

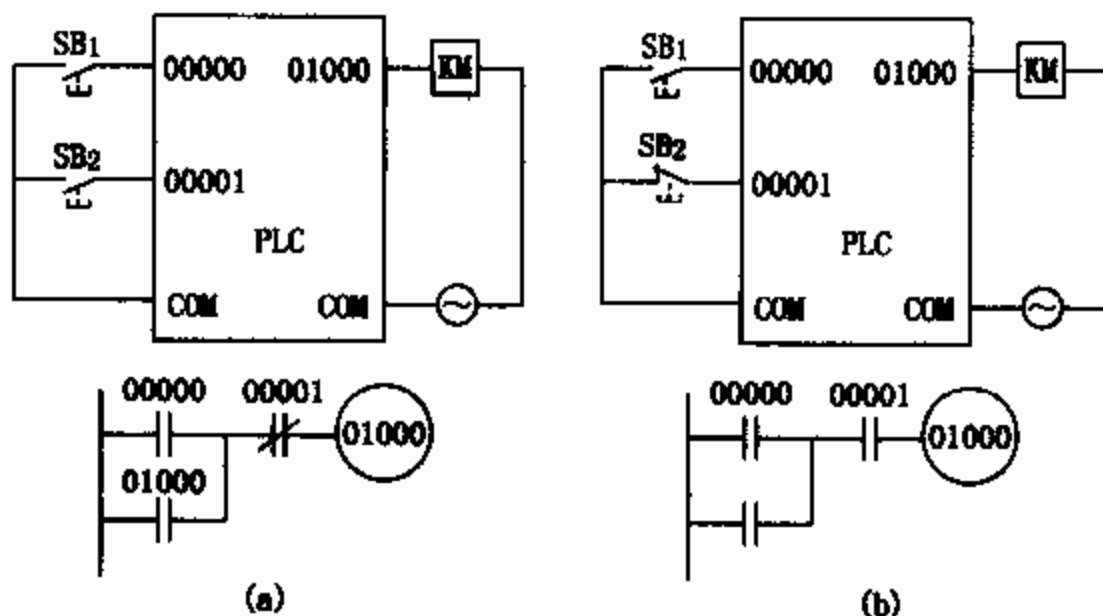


图 4-2-17 按钮与梯形图的对应关系

(4) 时间继电器。PLC 定时器的触点只有通电延时闭合和通电延时断开两种，但通过编程，可以设计出满足要求的时间控制程序。图 4-2-18 (a) 所示控制电路中，时间继电器是通电延时型的。当流过继电器 KA 的动合触点接通时，时间继电器开始定时，延时后 KM 线圈得电。该图对 KM 实现了延时接通的控制，图中继电器的 I/O 分配如下：KA 对应 PLC 输入点为 00000，KM 对应输出点为 01000，KT 用 TIM000 代替，图 (a) 的梯形图如图 (b) 所示。

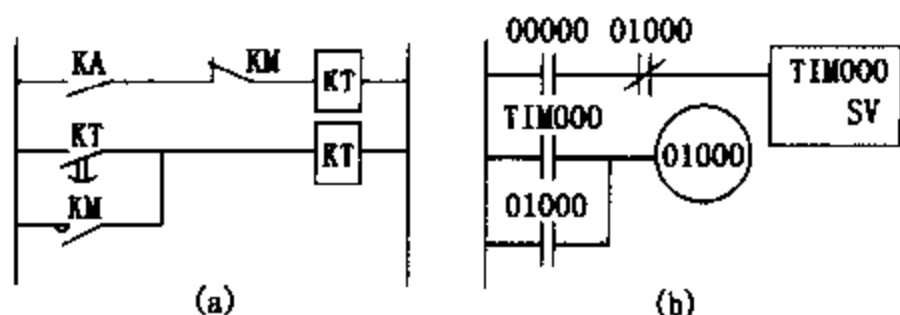


图 4-2-18 通电延时接通的控制

下面介绍一个经验设计法的实例。

送料小车给 8 个工位送原材料。对送料小车的控制要求为：

- ① PLC 上电后，车停止在某工位，若没有用车呼叫（下称“呼车”），则各工位的指示灯亮，表示各工位可以呼车。
- ② 当某工位呼车（按本位的呼车按钮）时，各工位的指示灯均灭，表示此后再呼车无效。
- ③ 若停车位呼车则小车不动。当呼车位号大于停车位号时，小车自动向高位行驶；当呼车位号小于停车位号时，小车自动向低位行驶。当小车到达呼车位时自动停车。
- ④ 小车到达某位时应停留 30s 供该位使用，不能立即被其他工位呼走。
- ⑤ 临时停电后再复电，小车不会自行起动。

针对上述 5 条控制要求，程序设计按以下步骤进行。

1. 确定输入、输出电器

每个工位设置一个限位开关 ($SQ_1 \sim SQ_8$) 和一个呼车按钮 ($SB_1 \sim SB_8$)，这些是 PLC 的输入元件。小车要用一台电动机拖动，电动机正转时小车驶向高位，反转时小车驶向低位。电动机正转和反转各需要一个接触器，即 PLC 的执行（输出）元件。另外各工位还要有指示灯作呼车显示。电动机和指示灯是 PLC 的控制对象。各工位的限位开关和呼车按钮的布置如图 4-2-19 所示，选用可自动复位式行程开关。

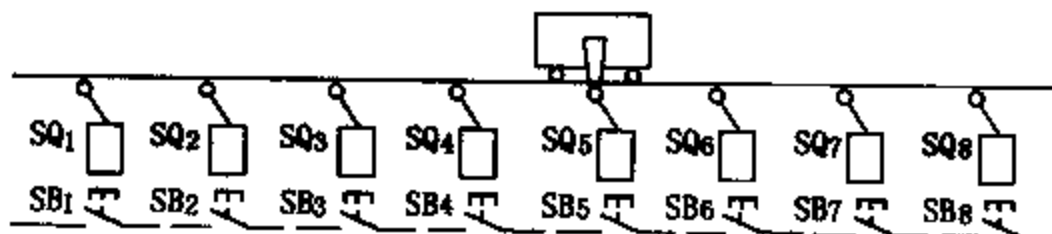


图 4-2-19 各工位的限位开关和呼车按钮的布置

2. 确定 PLC 机型和 I/O 分配

为了减少占用 PLC I/O 点的个数, 考虑到各工位的呼车指示灯状态一致, 因此指示灯可选用并联在一起的小电流发光元件, 然后接在一个 PLC 输出点 01102 上。I/O 分配如表 4-2-6 所示。

表 4-2-6 I/O 分配

输 入				输 出	
限位开关 SQ ₁	00001	呼车按钮 SB ₁	00101		
限位开关 SQ ₂	00002	呼车按钮 SB ₂	00102	电动机正转接触器线圈	01000
限位开关 SQ ₃	00003	呼车按钮 SB ₃	00103	电动机反转接触器线圈	01001
限位开关 SQ ₄	00004	呼车按钮 SB ₄	00104	呼车指示灯	01102
限位开关 SQ ₅	00005	呼车按钮 SB ₅	00105		
限位开关 SQ ₆	00006	呼车按钮 SB ₆	00106		
限位开关 SQ ₇	00007	呼车按钮 SB ₇	00107		
限位开关 SQ ₈	00008	呼车按钮 SB ₈	00108		
起动按钮	00000				
停止按钮	00000				

3. 系统动作过程的流程图

系统动作过程的流程图如图 4-2-20 所示。

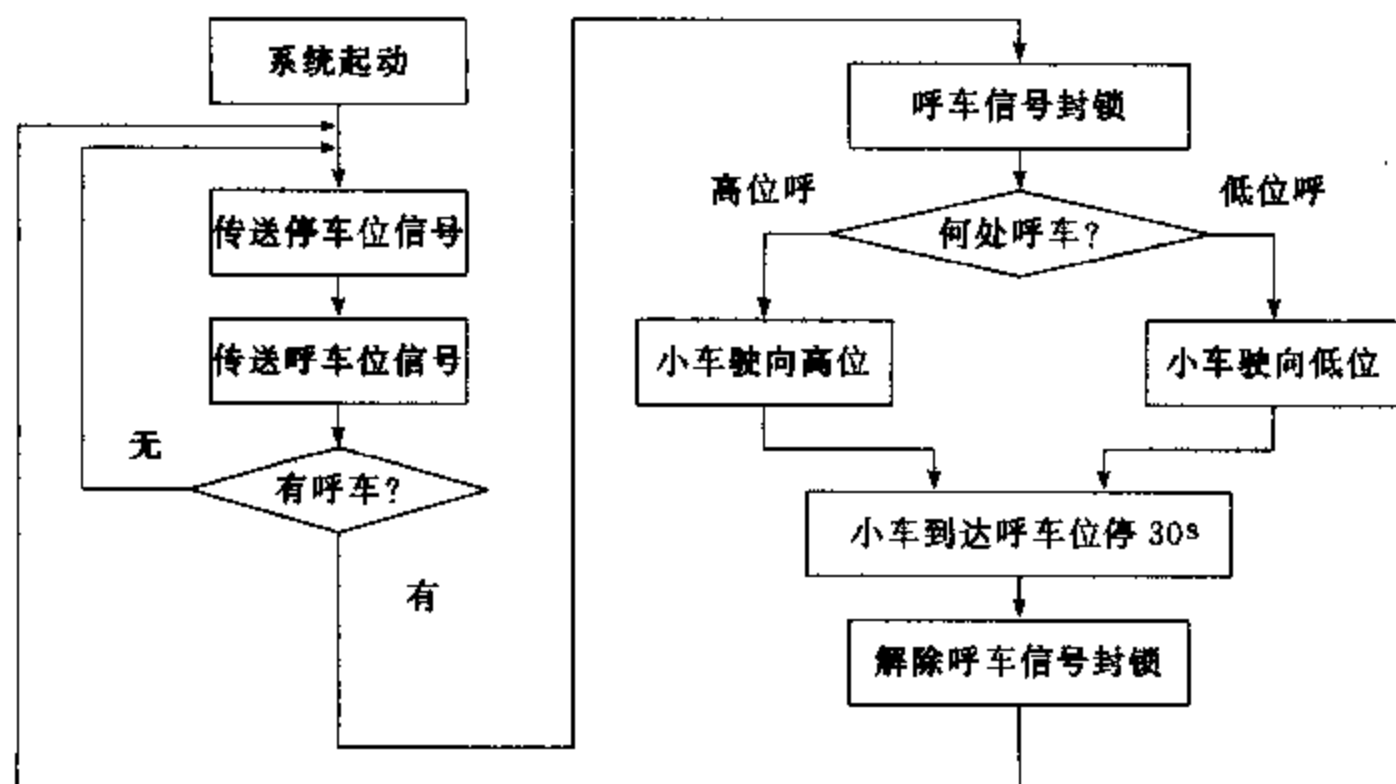


图 4-2-20 系统流程图

4. 编写程序

针对本例的控制要求，可采用 MOV 指令和 CMP 指令。先把小车所在的工位信息传送到一个通道中，再把呼车的工位号传送到另一个通道中，然后将这两个通道的内容进行比较。若呼车的位号大于停车的位号，则小车向高位行驶；若呼车的位号小于停车的位号，则小车向低位行驶。

对本例的其他控制要求的程序如下：若有某工位呼车则应立即封锁其他工位的呼车信号；当小车行驶到位后应在该位停留一段时间（30s），即延时一定时间后再解除对呼车信号的封锁；要求具有失压保护程序；要求具有呼车显示程序。

结合系统流程图，将各环节编写的程序合理地联系起来，可得到满足控制要求的程序，如图 4-2-21 所示。该程序的主要控制功能如下：

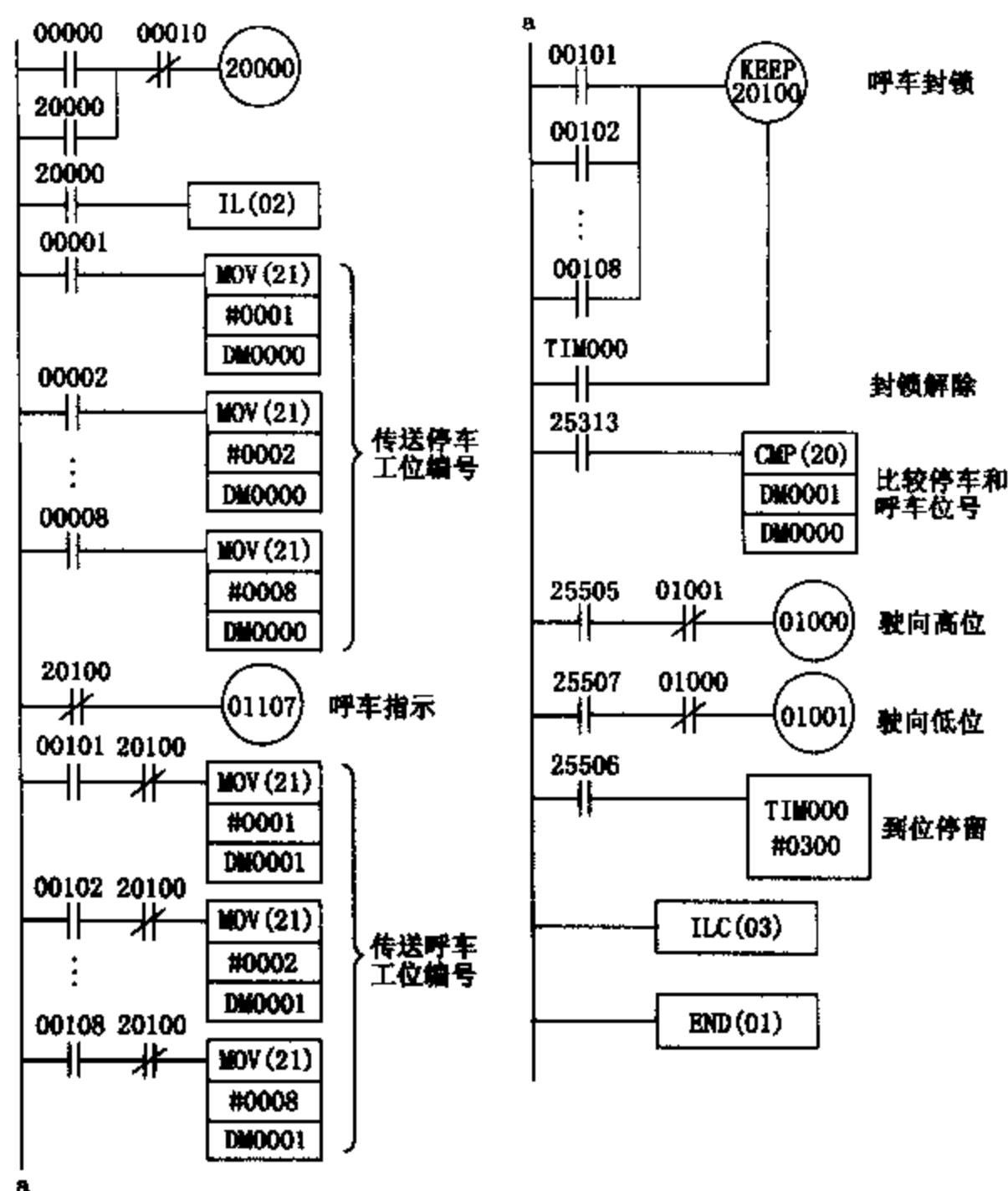


图 4-2-21 控制程序

①用 MOV 指令分别向 DM0000 通道传送车位信号，向 DM0001 通道传送各工

位的呼车信号。没有呼车时，20100 为 OFF，01107 为 ON，各工位的指示灯亮，示意各工位可以呼车。

②用 KEEP 指令进行呼车封锁和解除封锁的控制。只要某工位呼车，就执行 KEEP 指令，将 20100 置为 ON，从而使其他传送呼车信号的 MOV 指令不能执行，实现先呼车的优先用车，同时指示灯灭，示意别的工位呼车（即呼车封锁开始）。

③执行 CMP 指令可以判别呼车位号比停车位号大还是小，从而决定小车的行驶方向。若呼车位号比停车位号大，则 01000 为 ON，小车驶向高位。在行车途中经由各工位时，必然要压动各工位的限位开关，即行车途中 000 通道的内容随时改变，但由于其位号比呼车位号小（001 通道中的呼车位号不变），故可继续行驶直至到达呼车位。若呼车位号比停车位号小，则小车驶向低位，在行车途中要压动各位的限位开关，但其位号比呼车位号大，故可继续行驶直至到达呼车位。

④当小车到达呼车位时，25505 或 25507 变为 OFF，使 01000 或 01001 为 OFF，小车停在呼车位；若 25006 变为 ON，则立即起动 TIM000 开始定时，使小车的呼车位停留 30s。30s 到后，20100 复位，指示灯亮并解除呼车封锁，此后各工位可以开始呼车。

⑤若系统运行掉电再复电，不按下起动按钮程序是不会执行的。另外，在 PLC 外部也设置有失压保护措施，所以掉电再复电时，小车不会自行起动。

第五章 欧姆龙编程器及其使用

第一节 PRO15 编程器及其应用

一、PRO15 编程器

在一般情况下，编程器是 PLC 系统的人机接口，用户可以利用编程器对 PLC 进行程序的输入、编辑、修改和调试。PLC 可使用的编程器种类有简易编程器、图形编程器和智能编程器等，其中简易编程器是常用的编程设备。

编程器与 PLC 的连接可通过电缆进行，也可直接插在 PLC 面板上方。欧姆龙 C 系列 P 型机所使用的 PRO15 编程器面板如图 5-1-1 所示。编程器面板大体可分为编程器液晶显示屏、工作方式选择开关、编程器键盘三个区域。

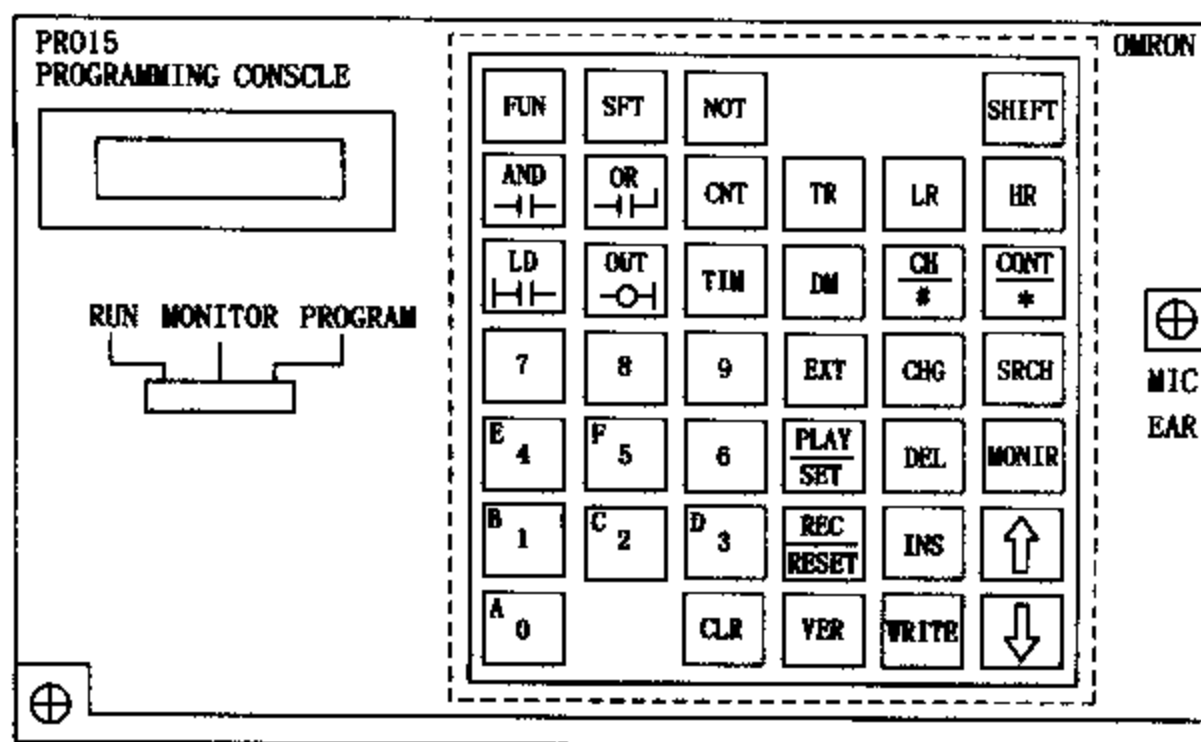


图 5-1-1 PRO15 编程器面板图

1. 液晶显示屏

编程器显示屏为 2×16 字符，可逐条显示命令语句或监视通道状态，但不能显示梯形图。

2. 工作方式选择开关

工作方式选择开关是一个三位置组合开关，供 PLC 选择三种工作方式中的任

一种：RUN（运行）、MONITOR（监控）、PROGRAM（编程）。

（1）运行方式（RUN）。这种工作方式可以起动监视用户程序并运行，若发现程序有错误或 PLC 工作不正常，能够自动停止运行中的程序。用户可通过显示屏监视运行过程中的 I/O 状态和系统扫描时间，并读出系统故障代码。在 RUN 运行方式下，不能对程序进行编辑和修改，也不能对定时器、计数器的设定值进行修改，而只能监视。一般情况下，PLC 上电后会自动选择 RUN 方式，开始执行用户程序。

（2）监控方式（MONITOR）。在这种工作方式下，用户程序已经投入运行并监视操作的执行情况，如程序执行的故障、RAM 后备电池的失效、用户程序语法的错误等。在 MONITOR 监控方式下，能改变定时器、计数器的设定值，改变各通道的预置数据，但不能对程序进行编辑和修改。

（3）编程方式（PROGRAM）。这种工作方式仅在编程期间使用，PLC 不执行用户程序。用户可以使用键盘输入用户程序，并可使用相应的键对程序进行修改或编辑，也可将 RAM 中的程序调出来检查。也就是说，在 PROGRAM 编程方式下，用户可以读/写用户程序、校验或清除程序、检索指令或继电器接点、插入或删除指令、检测 I/O 状态以及各通道数据、强制 I/O 状态置位或复位、改变通道数据、读取系统的故障代码等。

3. 键盘

编程器的键盘是供用户使用的，由数字键、CLR 键、操作键和指令键等组成。

（1）指令键（共 16 个）。

FUN：选择一种特殊功能，用于键入某些特殊指令。

SFT：移位键，用于完成移位功能。

NOT：取“反”指令键，用于形成接点相反的状态或消除程序。

SHIFT：移位、扩展指令键，用来形成指令键的第二功能。

AND：“与”指令键，用于串联动合触点。

OR：“或”指令键，用于并联动合触点。

CNT：计数器指令键，按下此键后有计数值输入。

TR：暂存继电器指令键。

LR：连接继电器指令键，也可以作内部辅助继电器用，在某些机种中不使用。

HR：保持继电器指令键。

LD：动合触点与母线连接指令键。

OUT：输出指令键。

TIM：定时指令键。

$\frac{CH}{*}$ ：指定一个通道，在有些机型的 I/O 监控、读出、校对时用，C20 机不用。

$\frac{CONT}{*}$ ：检索一个接点状态。

(2) 数字键和 CLR 键。

0...9: 数字键, 用来输入程序数据的数值, 如输入/输出继电器编号、定时/计数器编号和数值等。数字键与 FUN 键组合, 用来输入专用(特殊)指令。

CLR: 清除显示键。

(3) 操作键(共 12 个), 用来完成程序的编辑。

EXT: 外引键, 启用磁带机等外部设备引入程序时使用。

CHG: 变换键, 改变定时或计数时使用。

SRCH: 检索键, 检索指定指令、继电器触点时用。

$\frac{\text{PLAY}}{\text{SET}}$: 运行调整键, 如改变继电器的状态由断开变为接通或清除程序等均用此键。

INS: 插入键, 插入程序时用。

↑: 向上指针键, 每按一次相应显示上一条指令的内容。

VER: 检验接收键, 检验磁带等输入的程序时用。

WRITE: 写入键, 编程时每条指令或数据均用此键送到 PLC 内存的指定地址上。

↓: 向下指针键, 每按一次相应显示下一条指令的内容。

二、PRO15 编程器的使用

编程器首次操作应通过操作键和选定操作方式将“口令”输入。接通电源后, 编程器显示屏上显示出口令提示符“PASSWORD!”及 PLC 当前所处的工作方式, 用户必须先输入口令字, 才能进入所选方式。口令字可有效防止非程序作者访问用户程序, 起到保密作用。一般情况下, 在显示屏上出现“PASSWORD!”以后, 按下 CLR 键和 MONTR 键作为输入口令字。用户也可以在编程之前写入自己所选定的口令字, 但必须是在 PLC 工作于 (PROGRAM) 方式时才能写入。

(一) 存储器和数据的清除

由于 PLC 的存储器带有后备电源, 即使在断电的情况下, 其内容依然能保留。若要清除存储器中的内容, 在 PLC 的编程 (PROGRAM) 方式下, 进行如下操作。依次按下:

CLR → $\frac{\text{PLAY}}{\text{SET}}$ → NOT → $\frac{\text{REC}}{\text{RESET}}$

此时显示屏上显示

0000 MEMORY CLR ?
HR CNT DM

按下 MONTR, 显示

0000 MEMORY CLR ?
END HR CNT DM

表示全部程序被取消。

在进行上述操作过程中，如果有错误的动作，就应该重新从头操作。以上操作是针对存储器为 RAM 时，若存储器为 ROM，则不能清除。

(二) 预置 (建立) 地址

预置地址也称建立地址，在运行、监控和编程三种方式下可进行操作。在编程状态下，回答了口令之后，再按 CLR 键，在编程器发声的同时，显示屏显示

0000

表示预置地址数为 0000。如果要预置其他地址，只要键入对应的数字即可，例如要求把地址改到“1 2 3 4”，则键入“1”、“2”、“3”、“4”即可，即

1234

(三) 输入程序

输入 (写入) 程序是在编程方式下进行的操作。首先预置程序地址，然后使用指令键和数字键输入相应的指令。每条指令输入后都要按下 WRITE 键，地址会自动加 1，显示下一个地址的指令内容。例如，要输入的地址和指令为：

0 3 1 1 LD 0 0 0 3

其操作过程：

按下“0”、“3”、“1”、“1”键，显示

0311 READ
NOP (00)

按 LD 键，显示：

0311
LD 0000

按“0”、“0”、“0”、“3”键，显示

0311
LD 0003

按 WRITE 键，显示

0312 READ
NOP (00)

给出了下一条指令的地址。

对于某些指令，要按两次 WRITE 键，才能输入完一条指令。例如地址和指令

0131 CNT 02
0110

其操作过程为：

按下“0”、“1”、“3”、“1”键，显示

0131 READ
NOP (00)

按 CNT 键，显示

```

0131
CNT      00

```

按“0”、“2”键，显示

```

0131
CNT      02

```

按 WRITE 键，显示

```

0131    CNT    DATA
                # 0000

```

按“0”、“1”、“1”、“0”键，显示

```

0131    CNT    DATA
                # 0110

```

按 WRITE 键，显示

```

0132    READ
NOP      (00)

```

给出了下一条指令的地址，可进行下一条指令的输入。

(四) 读出程序和监控程序运行状态

1. 读出程序

读出程序可以在运行、监控和编程方式下进行。对于已经输入到存储器中的程序，可将其从存储器读出来。例如要读出地址为 0303 的程序，其操作过程为：

按“0”、“3”、“0”、“3”键，显示

```

0303    READ
LD                0012

```

按↓键，显示

```

0304    READ
AND                0013

```

按↑键，显示

```

0303    READ
LD                0012

```

利用↑或↓键，可以向前或向后读出程序。

2. 监控程序运行状态

监控程序运行状态可以在 PLC “运行”、“监控”方式下进行，能在调试程序时了解程序运行情况。

按 CLR 键，给出程序地址。按↑或↓键，即可在显示屏上显示出继电器的状态或 TIM/CNT 的计数值。

例如：

```

0101    READ    ON
LD                0002

```

表示输入继电器 0002 接通（为 ON）；

```

0105    READ    OFF
LD                                0003

```

表示输入继电器 0003 断开（为 OFF）。

（五）程序检查

程序检查可以在运行、监控、编程方式下进行。在程序输入后，按 SRCH 键来检查输入的程序是否有错。例如，要检查的程序从 0083 开始，到 0098 结束（END 指令），那么操作过程为：

按 CLR、SRCH 键，如果程序无错，则显示

```

0098    PROG    CHK
END                                (01)

```

如果程序有错，则显示出错误地址和错误内容，即

```

0098    JMP-JME  ERR
END                                (01)

```

这说明在检查的程序中 JMP 指令和 JME 指令没有成对出现，用户应根据提供的信息去修改程序，直到检查正确为止。程序检查操作是十分必要的，特别是在输入程序后和运行程序前。

（六）查找指令

查找指令可以在运行、监控、编程方式下进行，是在 PLC 用户程序存储器中查找出其中某条指令。其操作过程如下：

按 CLR 键，建立开始查找的首地址，显示

```
0000
```

键入要查找的指令，如按下 LD 键，显示

```

0000
LD                                0000

```

按 SRCH 键，显示屏上会显示出要查找的指令内容及地址，如显示

```

0200    SRCH
LD                                0000

```

若要求继续向下查找，可重复上述过程，直到查到 END 指令为止。

另外，当要查找的是 TIM/CNT 指令的预置数时，要首先查到 TIM/CNT 指令，然后按 ↓ 键。例如要查找 TIM01 的数据：

按 CLR 键，建立开始查找的首地址，显示

```
0000
```

按 TIM、“1” 键，显示

```

0223
TIM                                01

```

按 SRCH 键，显示

```
0203    SRCH
```

TIM 01

按↓键，显示

0203 TIM DATA
0122

查找到 TIM 的数据是 122。

(七) 查找触点

查找触点可以在运行、监控、编程方式进行，是在 PLC 的用户存储器中找出程序的触点。其操作过程如下：

按下 CLR 键，建立开始查找的首地址，显示

0000

按下 SHIFT、LD 键及要查找的触点号（4 位数字，如 0002），再按下 SRCH 键，则显示

0010 CNT SRCH
LD 0002

按下 SRCH 键，显示

0021 CONT SRCH
AND 0002

(八) 插入指令

插入指令只能在编程方式进行，可将一条指令插入到已存入存储器的程序中，便于修改梯形图。例如要将动合触点 0010 串入（插入）动断触点 0008 之前，操作过程如下：

可用读指令、查找指令、查找触点指令找到动断触点 0008 的指令处（即 AND NOT 0008），显示

0206 READ
AND NOT 0008

按下 AND 键，则显示

0206
AND 0000

按“0”、“1”、“0”键，显示

0206
AND 0010

按下 TNS 键，显示

0206 INSERT ?
AND 0010

按下↓键，显示

0207 INSERT END
AND NOT 0008

指令就插入到对应的位置了。

(九) 删除指令

删除指令只能在编程状态下进行，是与插入指令对应的一种操作，同样便于梯形图的修改。

删除指令与插入指令不同的对应点是，找到要删除点（插入点）时，要按下 DEL 键而不是 INS 键，然后按下 ↑ 键而不是 ↓ 键。

(十) 数据监控

数据监控可以在运行、监控状态下进行，可用于监视 I/O 继电器、内部辅助继电器、保持继电器、专用内部辅助继电器、定时器/计数器的状态及数据存储区的内容。对于不同的监控对象，可以有以下几种操作情况。

1. 对 TIM/CNT 的监控

按 CLR 键，显示

0000

按 “1”、“0”、“0” 键，显示

0100

按 ↓ 键，显示

0100 READ

TIM 0000

按 MONTR 键，可看到 TIM/CNT 的动态变化情况，显示

T00

1234

在“运行”和“监控”状态下，可看到 TIM 数据每隔 100ms 减 1，直到 0000 为止，显示

T00

00000

0000 前面的字母 O 表示 TIM00 继电器 ON。用 ↑ 键或 ↓ 键可以改变 TIM/CNT 号。

2. 对继电器触点监控

按 CLR 键，显示

0000

按 LD 键，显示

0000

LD 0000

按 MONTR 键，显示

0000

ON

3. 对通道监控

该操作是以通道为单位进行监控，按下 CLR 键，显示

0000

按 SHIFT 键、CH 键，显示

0000

CHANNEL 00

按 LR 键，显示

0000

CHANNEL LR00

按 “1” 键，显示

0000

CHANNEL LR01

按 MONTR 键，显示

CH1

FFFF

按 ↑ 键，显示

CH0

0000

同理，按 ↓ 键可显示该通道下面通道的内容。

（十一）多点监控

多点监控可以在监控、编程方式进行，可以同时监控六个点或通道。例如，第一个监控 TIM00，按下 CLR 键、TIM 键、MONTR 键，显示

T00

0100

第二个监控点 0001 点，按下 SHIFT 键、CONT 键、“1” 键、MONTR 键，显示

0001 T00

OFF 0100

第三个监控点 DM 通道，按下 DM 键、MONTR 键，显示

D00 0001 T00

00FF OFF 0100

可见，监控点或通道的显示依次向右移动。当被监控点超过三个时，第一个点在显示器上消失，并寄存到内部寄存器中去，显示器上从左到右显示的是第四个点、第三个点和第二个点。可以使用 MONTR 键从左边再调出来显示。

（十二）强制置位/复位（ON/OFF）

强制置位/复位可以在监控、编程方式进行，可以把 I/O 点、内部辅助继电器、保持继电器及 TIM/CNT 等状态强制置为 ON 或 OFF。例如，可以将输出继电器 0501 强制置为 ON 或 OFF 的操作如下：

按 CLR 键、OUT 键、“5”、“0”、“1” 键，显示

0000

OUT 0501

按 MONTR 键监视其状态, 显示

0501

OFF

强制置为 ON, 按 $\frac{\text{PLAY}}{\text{SET}}$ 键、显示

0501

ON

强制置为 OFF, 按 $\frac{\text{REC}}{\text{RESET}}$ 键、显示

0501

OFF

(十三) 改变当前值

改变当前值可以在监控、编程方式下进行, 可以用来改变 I/O 通道、内部辅助继电器通道、保持继电器通道、数据存储区通道的当前值 TIM/CNT 的当前值是 4 位十进制数, 而其他通道内容为 4 位十六进制数。例如要改变 TIM00 的当前值, 操作为:

按 CLR 键、TIM 键、MONTR 键, 显示:

T00

0122

按 CHG 键, 把当前值改为 200 显示

0000 PRES VAL?

T00 0119 ????

0000 PRES VAL?

T00 0119 0200

按 WRITE 键, 显示

T00

0199

第二节 PRO01 编程器及应用

一、PRO01 编程器

CPM1A 系列 PLC 可使用的编程器有 CQM1-PRO01 和 C200H-PRO27, 它们的功能相同。CQM1-PRO01 的面板布置如图 5-2-1 所示。

1. 液晶显示屏

编程器液晶显示屏由两行液晶显示块组成, 每行 16 个显示块, 每块为 8×6 点阵液晶 (可显示 1 个字符), 用于显示用户程序地址以及继电器和计数器/定时器状态等信息。

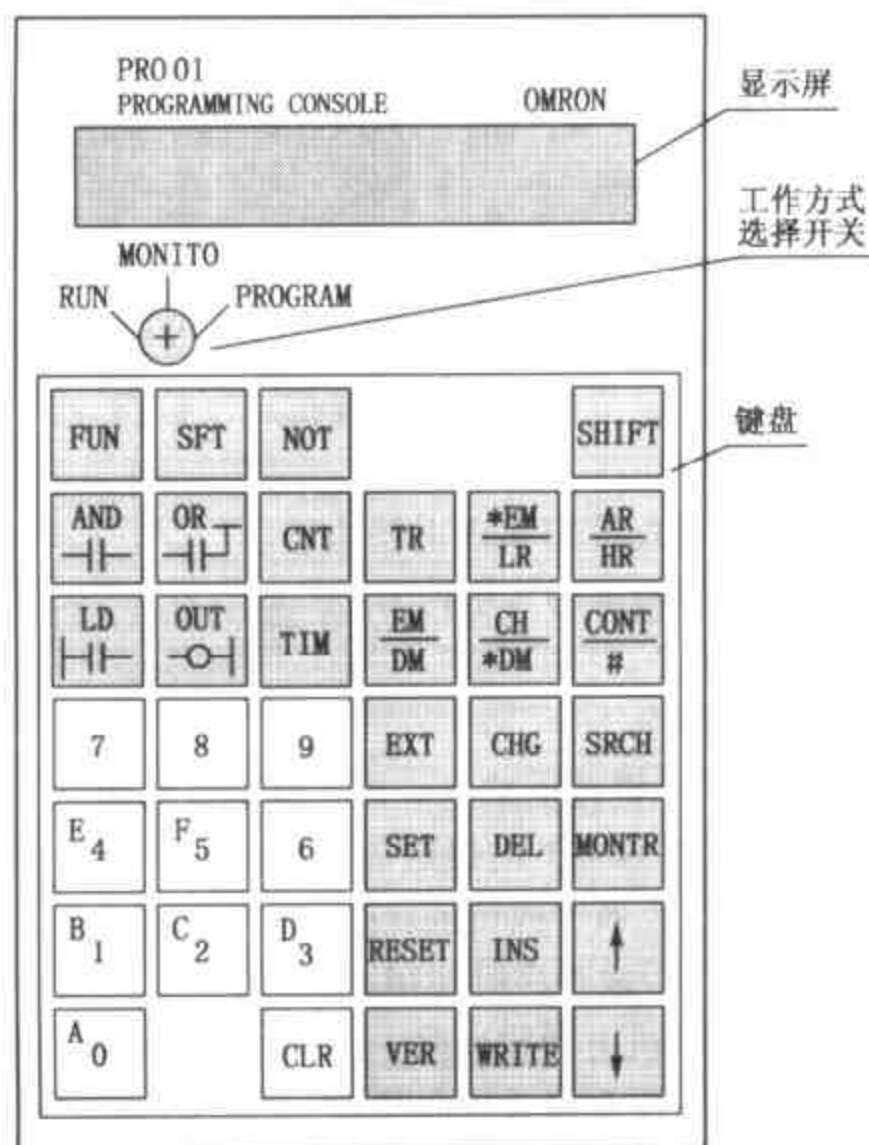


图 5-2-1 PRO01 的面板图

2. 工作方式选择开关

工作方式选择开关有三个位置：编程、监控和运行。运行方式（RUN）用于运行用户程序，此时不能进行修改程序等操作，但可查询。在监控方式（MONITOR）下用户程序处于运行状态，此时可对运行状态进行监控，但不能改变程序。编程方式（PROGRAM）可对程序进行修改、输入等操作。

当主机没接编程器等外围设备时，上电后 PLC 自动处于运行方式。当主机接有编程器时，上电后 PLC 的工作方式取决于工作方式选择开关的位置。

3. 键盘

键盘由 39 个键组成，各键区的组成及主要功能为：

10 个白色的数字键组成数字键区，用于输入程序地址或数据，配合 FUN 键可以输入编程器面板上没有对应按钮的应用指令等。

16 个灰色键组成指令键区，用于输入指令。

12 个黄色组成编辑键区，用于输入、修改、查询程序及监控程序的运行。

1 个红色清除键，用于清除显示屏的显示。

指令键区、编辑键区各键的功能如下：

功能键 FUN 配合数字键可输入有代码的指令。例如输入 MOV 指令时, 依次按下 FUN、“2”、“1”键, 即显示出 MOV (21) 指令。

利用 SFT、NOT、AND、OR、LD、OUT、CNT、TIM 键可直接输入相应的基本指令。

WRITE 是写入键, 每输入一条指令或一个数据都要按一次该键。

利用数据区键 TR、 $\frac{*EM}{LR}$ 、 $\frac{AR}{HR}$ 、 $\frac{EM}{DM}$ 、 $\frac{CH}{*DM}$ 、 $\frac{CONT}{\#}$ 可以确定指令的数据区。

SET、RESET 是置位、复位键, 在输入置位、复位指令或调试程序时进行强制置位、复位。

上档键 SHIFT 与其他键配合可实现上档功能。

清除键 CLR 用于清除显示屏的显示内容。

插入键 INS 用于插入指令。

删除键 DEL 用于删除指令。

改变地址键 $\uparrow$ 、 $\downarrow$, 按 $\uparrow$ 键地址减小, 按 $\downarrow$ 键地址增加。

修改键 CHG 在修改 TIM/CNT 的设定值或修改 DM 等通道内容时用。

监控键 MONTR 用于监控通道或位的状态。

检索键 SRCH 在检索指令或程序时使用。

校验键 VER 在校验磁带机上的程序与 PLC 内的程序是否相同时用。

外引键 EXT 在利用磁带机存储程序时使用。

二、PRO01 编程器的使用

PLC 首次上电后, 编程器上显示出 “PASSWORD!” (口令) 字样, 依次按下 CLR 和 MONTR 键 (回答口令) 至口令消失后, 再按 CLR 键, 待编程器上显示出 00000 时, 方可进行下面的操作。

(一) 内存清除

在 PROGRAM 方式下执行内存清除的操作。

(1) 要全部清除用户程序、各继电器、计数器、数据存储器中的数据时, 按下 CLR 键, 屏幕显示

00000

依次按下 SET、NOT 和 RESET 键, 屏幕显示

00000 MEMORY CLR ?
HR CNT DM

按下 MONTR 键, 屏幕显示

00000 MEMORY CLR
END CNT DM

(2) 要保留指定地址以前的程序或数据区, 应进行部分清除。例如, 要保留地址 00210 以前的用户程序及 HR 区的内容, 操作过程如下:

按下 CLR 键, 显示

00000

依次按下 SET、NOT、RESET 键, 屏幕显示

00000 MEMORY CLR ?
HR CNT DM

依次按下 “2”、“1”、“0” 键, 屏幕显示

00210 MEMORY CLR ?
HR CNT DM

按下 $\frac{AR}{HR}$ 键, 屏幕显示

00210 MEMORY CLR ?
CNT DM

按下 MONTR 键, 屏幕显示

00210 MEMORY CLR
END CNT DM

保留 CNT 区、DM 等区的操作与上述相同。若设定的地址超出用户程序的范围, 则清除操作无效。

(二) 建立地址

在编程方式下建立地址, 回答了口令后, 再按几次 CLR 键, 当屏幕上显示 00000 时, 表示用户程序地址可从 00000 开始建立。

(三) 输入程序

在编程方式下输入程序, 先建立程序首地址, 然后再输入指令。

(1) 每输入一条指令后要按一次 WRITE 键, 且地址会自动加 1。例如, 在地址 00010 处输入 LD 00008 指令, 操作过程为:

按下 CLR 键, 屏幕显示

00000

依次按下 “1”、“0” 和 $\downarrow$ 键, 屏幕显示

00010 READ
NOP (000)

依次按下 LD、“2” 键, 屏幕显示

00200
LD 00002

按下 WRITE 键, 屏幕显示

00201 READ
NOP (000)

(2) 在输入双字节指令时, 当输入指令、按 WRITE 键后地址并不加 1, 而是提示输入下一字节的内容。在输入了下一个字节的内容后再按 WRITE 键, 地址才加 1。例如, 在地址 00200 处输入 “MOV (021) #0150 200” 语句, 操作过

程如下：

依次按下 FUN、“2”、“1” 键，屏幕显示

00200
MOV (21)

按下 WRITE 键，屏幕显示

00200 MOV DATA A
000

按下 $\frac{\text{CONT}}{\#}$ 、“1”、“5”、“0” 键，屏幕显示

00200 MOV DATA A
0150

按下 WRITE 键，屏幕显示

00200 MOV DATA B
000

依次按下 “2”、“0”、“0” 键，屏幕显示

00200 MOV DATA B
200

按下 WRITE 键，屏幕显示

00201 READ
NOP (000)

其中 DATA 后面的 A、B 是指令的第一、第二个操作数，有三个操作数的指令会继续出现 C。若操作数没输入完整就输入下一条指令，编程器会发出“嘀”的声音并拒绝输入下一条指令。

(3) 输入微分型指令的操作步骤是：按 FUN 键→输入指令码→按 NOT 键→按 WRITE 键，表示微分型指令的“@”就显示出来，再按一次 NOT 键，“@”就消失。非微分型指令不必按 NOT 键。

(4) 如果输入语句中有错误，只需在出错的地址处重新输入正确的语句即可。例如，输入的地址从 00000~00006 共 7 条指令，连续按 CLR 键，当显示 00000 地址后开始输入程序，操作过程为：

地址	指令	数据	操作过程
00000	LD	00002	LD→2→WRITE
00001	AND	00003	AND→3→WRITE
00002	TIM	000	TIM→0→WRITE
		# 0200	$\frac{\text{CONT}}{\#}$ →0→0→0→WRITE
00003	LD	00002	LD→2→WRITE

00004	AND	TIM0000	AND→TIM→0→WRITE
00005	OUT	01000	OUT→1→0→0→0→WRITE
00006	END (01)		FUN→0→1→WRITE

(四) 程序读出

在运行、监控和编程方式下读出程序。该操作用于检查程序的内容。例如，某段程序读出的操作及显示为：

依次按下 CLR、↓键，屏幕显示

```

00000  READ
LD      00002

```

按下 ↓键，屏幕显示

```

00001  READ
AND     00003

```

按下 ↑键，屏幕显示

```

00000  READ
LD      00002

```

利用 ↑、↓键可继续读出程序中的其他语句。

(五) 程序检查

在编程方式下检查程序。程序错误类型分为 A、B、C 三类和 0、1、2 三级。A 类错误影响程序的正常执行，必须通过检查并修改程序消除之。0 级检查用于检查 A、B、C 三类错误，1 级检查用于检查 A、B 两类错误，2 级检查用于检查 A 类错误。

1. A 类错误

(1) 显示“?????”时，表示程序已破坏，应重新写入程序。

(2) 显示“ON END INSTR”时，表示程序的结尾没有 END 指令，应在程序结尾处写入 END 指令。

(3) 显示“CIRCUIT ERR”时，表示程序有逻辑错误，一般是由于多输入或少输入了一条指令所致。

(4) 显示“LOCN ERR”时，表示当前显示的指令在错误区。

(5) 显示“DUPL”时，表示出现重复错误，即当前使用的子程序编号或 JME 编号在程序中已使用过。

(6) 显示“SBN UNDEFD”时，表示调用的子程序不存在。

(7) 显示“JME UNDEFD”时，表示一个转移程序段有首无尾，即对于一个给出的 JME 没有相应的 JMP 与之对应。

(8) 显示“STEP ERR”时，表示步进操作错误。

(9) 显示“OPER AND ERR”时，表示指定的可变操作数据错误。

2. B 类错误

(1) 显示“IL-ILC ERR”时,表示 IL-ILC 没有成对出现。这不一定是真正的错误,因为有时就需要 IL/ILC 不成对出现,应检查并确认该处程序是否有错误。

(2) 显示“JMP-JME ERR”时,表示 JMP-JME 没有成对出现,也应检查并确认该处程序是否有真正的错误。

(3) 显示“SBN-RET ERR”时,表示 SBN-RET 没有成对出现。

3. C 类错误

(1) 显示“JMP UNDEFD”时,表示对一个给出的 JME 没有相应的 JMP 与之对应。

(2) 显示“SBS UNDEFD”时,表示一个定义的子程序没有被调用过。对于中断子程序来说,出现这种情况是正常的。

(3) 显示“COIL DUPL”时,表示一个位号被多次作为输出,应检查并确认该处程序是否有真正的错误。

除了这三类错误之外,还有一些错误在输入时即被显示出来,并由系统监控程序阻止。

程序检查的操作及其显示为:

按下 CLR 键,屏幕显示

00000

按下 SRCH 键,屏幕显示

00000 PROG CHK
CHK LBL (0-2)?

按下“0”键,屏幕显示

00310 PROG CHK
END (001) 00.3KW

该显示表示没有错误。若有错误,则显示出错误地址和错误内容。例如,对错误语句“OUT 00200”,在程序检查时的显示为:

按下“0”键,屏幕显示

00178 CIRCUIT ERR
OUT 00200

该显示表示输出数据错误。

每按一次 SRCH 键,就会显示下一个出错的内容和地址。若程序没有 END 指令,则一直检查到最大地址,并显示

02047 ON END INST
END

该显示提示程序没有结束指令 END。

(六) 指令检索

在运行、监控和编程方式下检索指令。

(1) 要检索用户程序中的某条指令，操作步骤为：建立开始检索的首地址→键入要检索的指令→按 SRCH 键→显示出要检索的指令内容及地址→按 ↓ 键→显示出操作数（对于一个或多个操作数的指令要进行最后一步的操作）。

例如，检索程序中 LD 00002 指令的操作步骤为：依次按 CLR→0→LD、2→SRCH 键，检索开始，此时显示屏上显示

```
00000  SRCH
LD      00002
```

表示 00000 地址的指令是 LD00002。再按 SRCH 键，屏幕显示

```
00003  SRCH
LD      00002
```

表示 00003 地址的指令是 LD00002。再按 SRCH 键，屏幕显示

```
00006  SRCH
END (001)  00.8KW
```

表示在地址 00000~00006 之间，只有两条 LD 00002 指令。

(2) 如果要检索 TIM/CNT 指令的设定值，要先检索到 TIM/CNT 指令，再按 ↓ 键，就显示出要检索的 TIM/CNT 指令的设定数据。

(3) 连续按 SRCH 键，可继续向下检索，一直检索到 END 指令。如果程序中无 END 指令，则一直可找到程序存储器的最后一个地址。

(七) 触点检索

在运行、监控和编程方式下检索触点。本操作和指令检索基本相同。只是指令检索的操作中检索的是一条指令，而本操作中检索的是一个触点。在监控和运行方式下进行触点检索时，还可显示该触点的实际通断状态。

触点检索的操作步骤为：输入开始检索的地址→按 SHIFT 和 $\frac{\text{CONT}}{\#}$ 键→输入要查找的触点号→按 SRCH 键→显示含有触点的指令。连续按 SRCH 键可继续显示含有触点的指令。

(八) 插入指令

在编程方式下插入指令，配合 INS 键，该操作可把一条指令插入已输入的程序中。例如，将 AND 00102 指令插入某段程序的“AND NOT 00101”指令前，应先找到该指令所在地址（可用指令读出、指令检索、触点检索操作）→输入“AND 00102”语句→按 INS 键→显示“INSERT?”的提示画面→按 ↓ 键，则指令被插入。插入指令后，其后的指令地址将自动加 1。

按上述操作，插入 AND 00102 语句的操作和显示内容为：

地址	指令	数据	
00200	LD	00100	
00201	OR	01000	
00202	AND NOT	00101	←插入“AND 00102”

```

00203      OUT          01000
00204      END (01)

```

按 CLR 键，屏幕显示

```
00000
```

依次按下 “2”、“0”、“2”、↓ 键，屏幕显示

```

00202  READ
AND    NOT    00101

```

依次按下 AND、“1”、“0”、“2” 键，屏幕显示

```

00202
AND                                00102

```

按下 INS 键，屏幕显示：

```

00202  INSERT?
AND                                00102

```

按下 ↓ 键，屏幕显示

```

00203  INSERT  END
AND    NOT    00101

```

插入多字节指令时，在输入指令助记符后，要继续输入其操作数，每输入一个操作数时要按一次 WRITE 键。

(九) 删除指令

在编程方式下删除指令。如要删除刚插入的 “AND 00102” 语句，操作过程如下：

先找到 “AND 00102” 指令所在的地址 → 按 DEL 键 → 显示 “DELETE?” 的提示画面 → 按 ↑ 键，则指令被删除（若指令有操作数也一起被删除）。删除指令后，其后的指令地址将自动减 1。

按 DEL 键，屏幕显示

```

00202  DELETE?
AND                                00102

```

按 ↑ 键，屏幕显示

```

00202  DELETE  END
AND    NOT    00101

```

(十) 位、数字和字的监视

在运行、监控和编程方式下执行这三种监视。在监控和运行状态下，可以监视 I/O、IR、AR、HR、SR、LR 的状态，也可以监视 TIM/CNT 的状态及数据内容。

1. 对 TIM/CNT 的监视

该操作用于对 TIM/CNT 当前值及状态的监视。例如，在监控和运行方式时，监视 TIM000 的操作为：先清除显示屏 → 按 TIM 键 → 键入 TC 号 000 → 按 MONTR

键，则显示出 TIM000 的当前值和动态变化情况。若屏幕显示为

T000

0049

则画面中的 0049 是 TIM000 的当前值。其当前值每隔 100ms 减 1，直到减为 0000 为止，此时屏幕显示为

T000

O0000

画面中 0000 前的字母 O，表示 TIM000 的状态为 ON。

使用 ↑ 或 ↓ 键，可以继续观察其他 TC 号的 TIM/CNT。

2. 位监视

该操作用于监视 I/O、IR、AR、HR、SR、LR 通道中某位的状态是 ON 还是 OFF。例如，要监视输入点 00006 的状态，具体操作为：

按 CLR 键清除显示屏 → 按 SHIFT 和 $\frac{\text{CONT}}{\#}$ 键 → 输入被监视的位号 “6” → 按 MONTR 键，屏幕显示

00006

A ON

继续按 ↑ 或 ↓ 键，可以监视与当前位相邻的其他位状态。若要监视另一个位，则可以键入位号，再按 MONTR 键。

3. 通道监视

该操作以通道为单位进行监视，可监视 IR、AR、HR、LR、DM 等通道内的内容。例如，要监视链接继电器 LR02 通道的内容，具体操作为：

按 CLR 键，屏幕显示

00000

依次按 SHIFT、 $\frac{\text{CH}}{*DM}$ 、 $\frac{*EM}{LR}$ 、“2” 键，屏幕显示

00000

CHANNEL LR02

按 MONTR 键，屏幕显示

CL01

0551

该显示表示 LR02 的内容是 0551。

若要继续观察 LR01 的内容，操作为：

按 ↑ 键，显示

CL00

3389

若要继续查看通道中每位的状态，操作为：

依次按下 SHIFT 和 MONTR 键，显示

```

CL00  MONTR
0000001100000001

```

继续按↑或↓键，可以监视与当前显示通道相邻的其他通道。若要继续查看其他通道的内容，可以键入通道号，再按 MONTR 键。

4. 监视程序内的位及通道

在运行、监控方式下按 CLR 键，输入要监视的位或通道的地址，再按↑或↓键，可在显示屏上观察到各继电器、TIM/CNT、数据存储器在程序运行过程中的状态。例如，若显示内容为：

```

00000  READ  ON
LD      00002

```

表示这时输入继电器 00002 接通。若显示内容为：

```

00005  READ  OFF
OUT     01000

```

表示这时输出继电器 01000 没接通。若显示内容为：

```

00008  READ  ON
CNT     000

```

表示计数器 CNT000 当前输出为 ON。

(十一) 多点监视

在运行、监控方式下执行多点监视。在监视程序运行时，经常需要同时监视多个接点或通道的状态，这时需要进行多点监视。

(1) 多点监视可与通道监视同时执行，最多可同时监视 6 个对象。例如，第一个监视 TIM000，在依次按下 CLR、TIM、“0”和 MONTR 键后，屏幕显示为：

```

T000
0100

```

接着监视 00001 点，按 SHIFT、 $\frac{\text{CONT}}{\#}$ 、“1”和 MONTR 键，屏幕显示为：

```

00001  T000
A OFF  0100

```

再监视 DM0000 通道，依次按下 DM、“0”和 MONTR 键，显示为：

```

D0000  00001  T000
0000   A OFF  0100

```

观察以上操作可见，第一个被监视对象的显示在屏幕左边，当监视第二点或通道时，第一个被监视对象的显示就向右移动。当监视的对象为 4 个时，第一个被监视对象就移出显示屏（移到内部寄存器中），这时显示屏上的内容与寄存器中的内容形成一个环，可以用 MONTR 键从左边再调出环上的某一个。显示屏显示 3 个，寄存器存储 3 个，因此最多可以同时监视 6 个点或通道。如果要监视 7 个对象，则最先被监视的那个就被挤出且丢失。

(2) 如果显示器最左边显示的是点，则可以强迫将其置为 ON 或 OFF。如果

最左边显示的是通道、TIM/CNT、DM 等，则可以改变他们的值。

(十二) 强制置位/复位

在监控、编程方式下的强制置位/复位，常用于程序调试中。使用 SET 或 RESET 键，可以把 I/O 点和 IR、HR 的位及 TIM/CNT 等的状态强制置为 ON 或 OFF。这种操作分为强制置位/复位和持续强制置位/复位两种情况。

在监控方式下可执行强制置位/复位和持续强制置位/复位操作。

1. 强制置位/复位操作

若需要把某段程序中的输出线圈 01000 强制置为 ON，其操作为：

依次按下 CLR、OUT、“1”、“0”、“0”、“0” 键后，屏幕显示

```
00000
OUT      01000
```

按 MONTR 键监视 01000 的状态，屏幕显示

```
01000
A OFF
```

按下 SET 键，屏幕显示

```
01000
A ON
```

当松开 SET 键时，01000 又变为 OFF。

2. 持续强制置位/复位操作

若需要把某段程序中的 01000 持续强制置为 ON，其操作为：

依次按下 CLR、OUT、“1”、“0”、“0”、“0” 键，屏幕显示为

```
00000
OUT      01000
```

按 MONTR 键监视 01000 的状态，显示为

```
01000
A OFF
```

依次按 SHIFT 和 SET 键，则持续显示

```
01000
A ON
```

再按 NOT 或 RESET 键时，01000 又变为 OFF。

如果对 TIM/CNT 执行强制 ON/OFF 操作时，应注意：在强制 ON 时，是把 TIM/CNT 的当前值置为 0000，而在强制 OFF 操作时，是恢复 TIM/CNT 的设定值；强制 ON/OFF 操作时，要按住 SET 和 RESET 键不松手。

第六章 PLC 的应用实例与系统接线

第一节 PLC 的应用实例

一、自动生产线产品检查

自动生产线可对产品进行检查,发现次品时应及时将其剔除,其工作示意图如图 6-1-1 (a) 所示。传送带每传送一个合格的产品,产品检出传感器发出一个脉冲信号,当有次品出现时,次品检出传感器检测发出一个脉冲信号。等过了 6 个由次品检出传感器发出的信号后,等待在相应位置上的电磁机构输出 0500 动作,把次品分选出来,并由次品剔除确认传感器检测次品已被分离出来。按钮用来复位,也可以用次品剔除确认传感器的动合触点自动复位。

自动生产线产品检查及剔除时序图及梯形图如图 6-1-1 (b) (c) 所示。

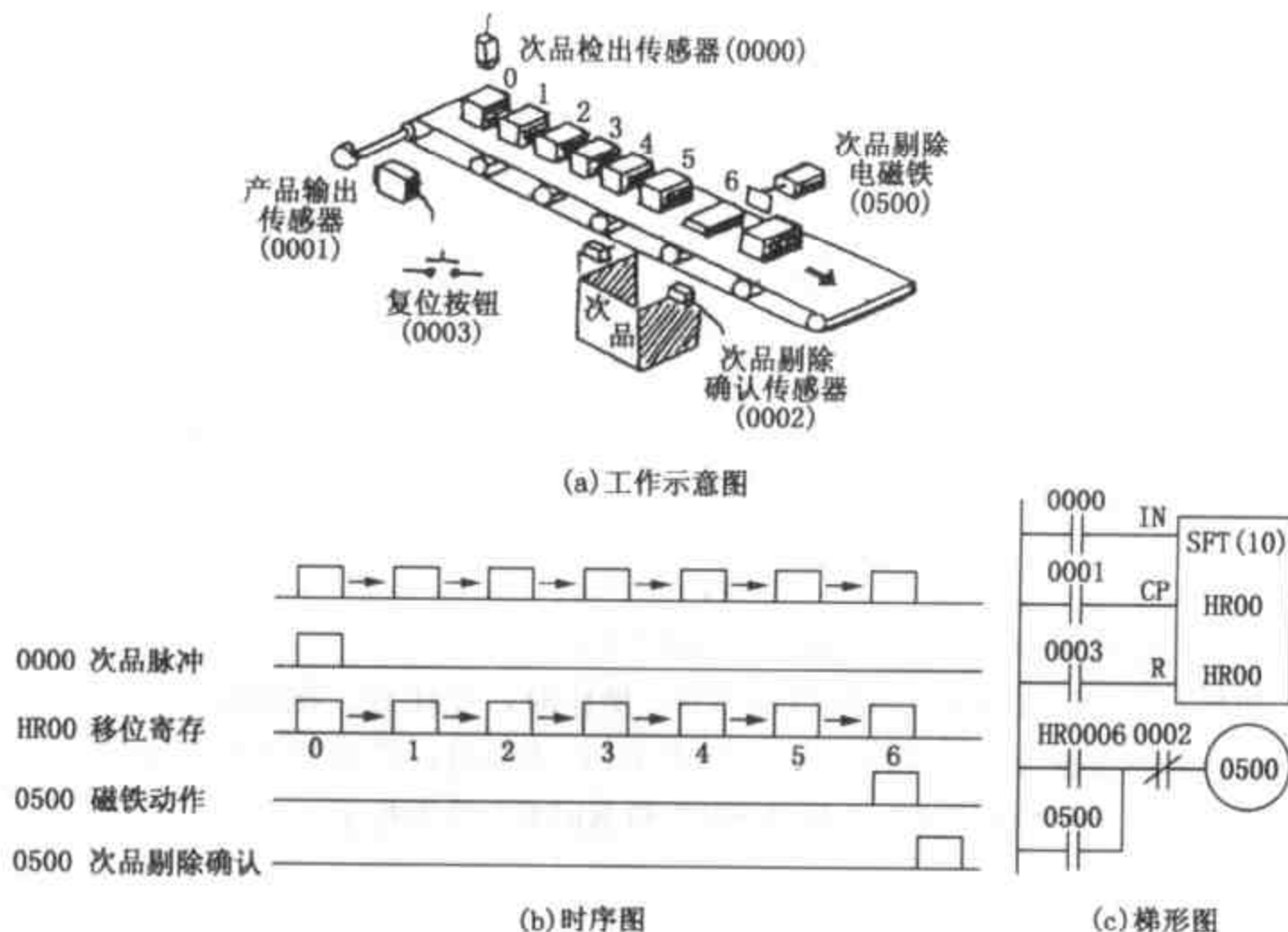


图 6-1-1 自动生产线产品检查

自动生产线 PLC 控制 I/O 分配如下：

(1) 输入端。

次品检出传感器	0000	次品剔除确认传感器	0002
产品检出传感器	0001	系统复位按钮	0003

(2) 输出端。

次品剔除电磁铁	0500
---------	------

二、生产线检测瓶签

用生产线检测瓶子是否无标签，并将无标签的瓶子通过机械手拿开，这是装瓶、贴签、包装生产线上的部分控制环节。图 6-1-2 所示为其工作示意图和梯形图。

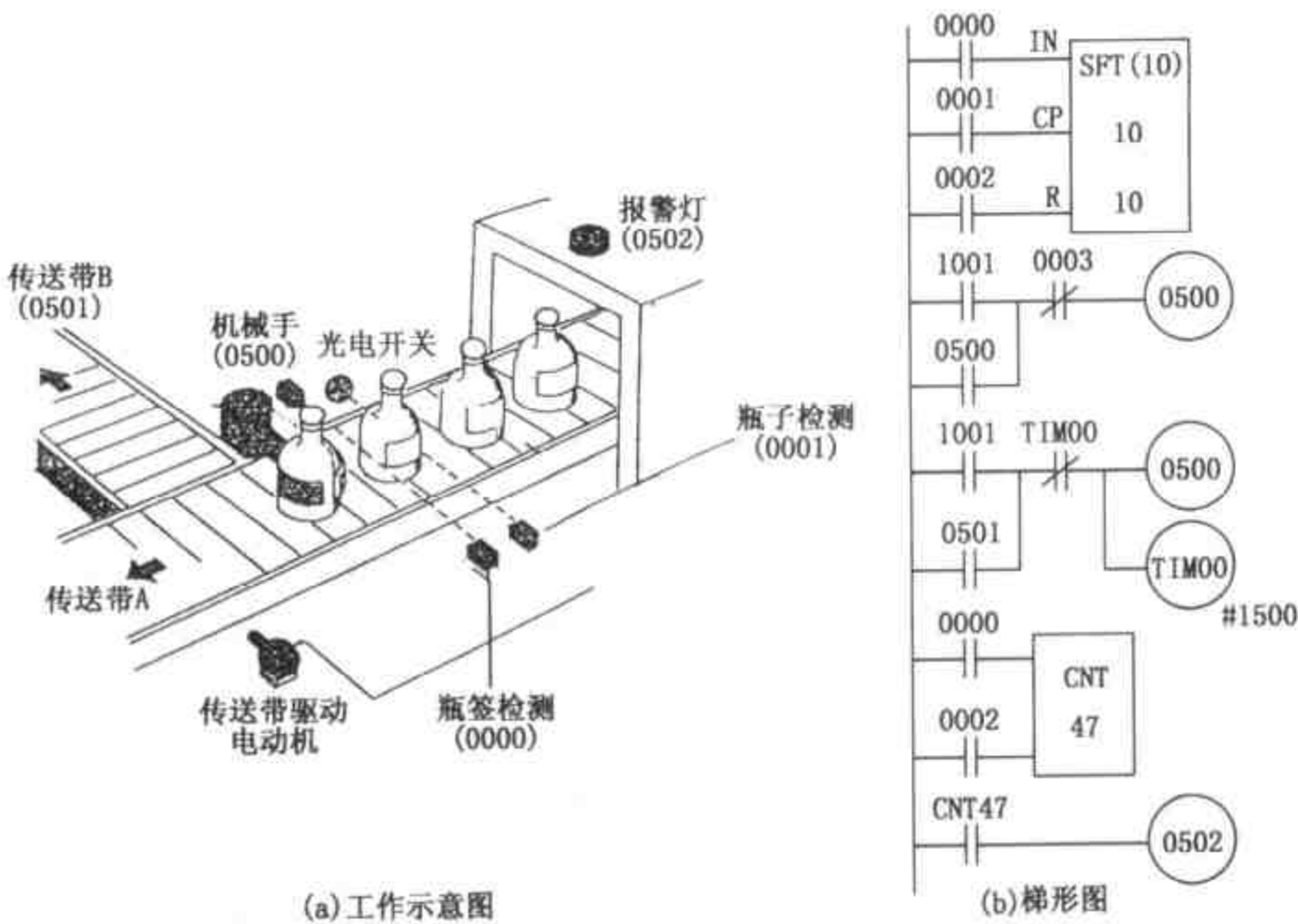


图 6-1-2 生产线检测瓶签

当传送带 A 在电动机拖动下向前运动时，光电开关传感器配合瓶签进行检测。若检测到有无标签的瓶子出现，PLC 机就控制一个机械手把这个瓶子拿开，放到另一个传送带 B 上，同时还对无标签瓶子进行计数。若计数值到达预设值，则报警灯亮。

生产线瓶签检测 PLC 控制 I/O 分配如下：

(1) 输入端。

标签检测	0000	停止	0002
瓶子检测	0001	机械手原始位置检测	0003

(2) 输出端。

机械手	0500	报警灯	0502
B号传送带电机	0501		

梯形图中用了移位寄存器 (SFT) 的指令, 该指令由数据输入 (0000)、时钟输入 (0001) 和复位输入 (0002) 组成, 指定的数据通道为 10。当检测到无标签瓶子时, 瓶标签传感器得到一个信号, 它们对应的输入 0000 号触点动作一次, 动断触点打开后又闭合, 将其状态存入通道 10 的点 1000。在瓶子检测信号 0001 到来时, 通道 10 的点 1000 的状态便移到 1001, 表示检测到无标签瓶。与此相应的继电器 0500 通电并自锁, 控制机械手把无标签瓶从传送带 A 上拿走, 并将其放在传送带 B 上。

在机械手把无标签瓶拿走并返回到其原始位置后, 机械手返回原位传感器并得到信号, 其对应输入触点动作, 动断触点打开一下又复原, 0500 失电, 机械手停动。继电器 1001 导通时, 系统还产生输出 0501 去起动传送带 B, 把无标签瓶运走, TIM00 同时动作, 15s 后 TIM00 的动断触点打开, 使 0501 失电, 传送带 B 停车。输入 0000 和 0002 还分别用作计数器的计数输入和复位输入。当计数器通过 0000 的开、闭动作收到计数输入为 5 (5 个无标签瓶) 时, 计数器使输出 0502 点亮报警器指示灯。

三、顺序起、停多台电机控制

物料输送系统通常由多台输送设备 (如皮带输送机、螺旋输送机等) 先后连接组成。正常工作时, 要求系统中各电动机按逆工艺流程方向依次起动。为防止其中一台设备故障停运造成物料堵塞, 各电动机须有前后运行互锁: 正常停车时, 为尽快出清物料, 减少设备空转时间, 要求各电动机按顺序工艺流程方向依次停止。可以利用 PLC 的两组时间继电器轮流定时接通, 即分别依次起、停多台电动机来控制这些设备。

顺序起、停多台电动机控制梯形图如图 6-1-3 所示。0001 点接起动按钮, 0002 点接停止按钮, 0003 点接紧急停止按钮。

起动时, 0001 触点接通辅助继电器 1001 并保持, 同时预警回路发出声光信号。10s 后, 时间继电器 TIM01 的动断触点断开预警回路, 动合触点短时接通单数编号的输出继电器 0501、0503、0505, 其中只有 0501 得电并保持。输出继电器 0502、0504、0506 由时间继电器 TIM02 的动合触点接通, 此时 TIM02 尚未得电, 因此输出继电器 0502、0504、0506 不会得电。TIM01 得电后随即失电, 5s 后 TIM02 短时接通, 其动合触点同时接通双数编号的输出继电器 0502、0504、0506, 但只有串联在 0502 回路中的 0501 动合触点接通, 所以 0502 得电并自保。直到最后一台电动机起动后, 动断触点 0506 断开 1001 线圈自保持回路, TIM01、TIM02 不再工作, 起动过程结束。

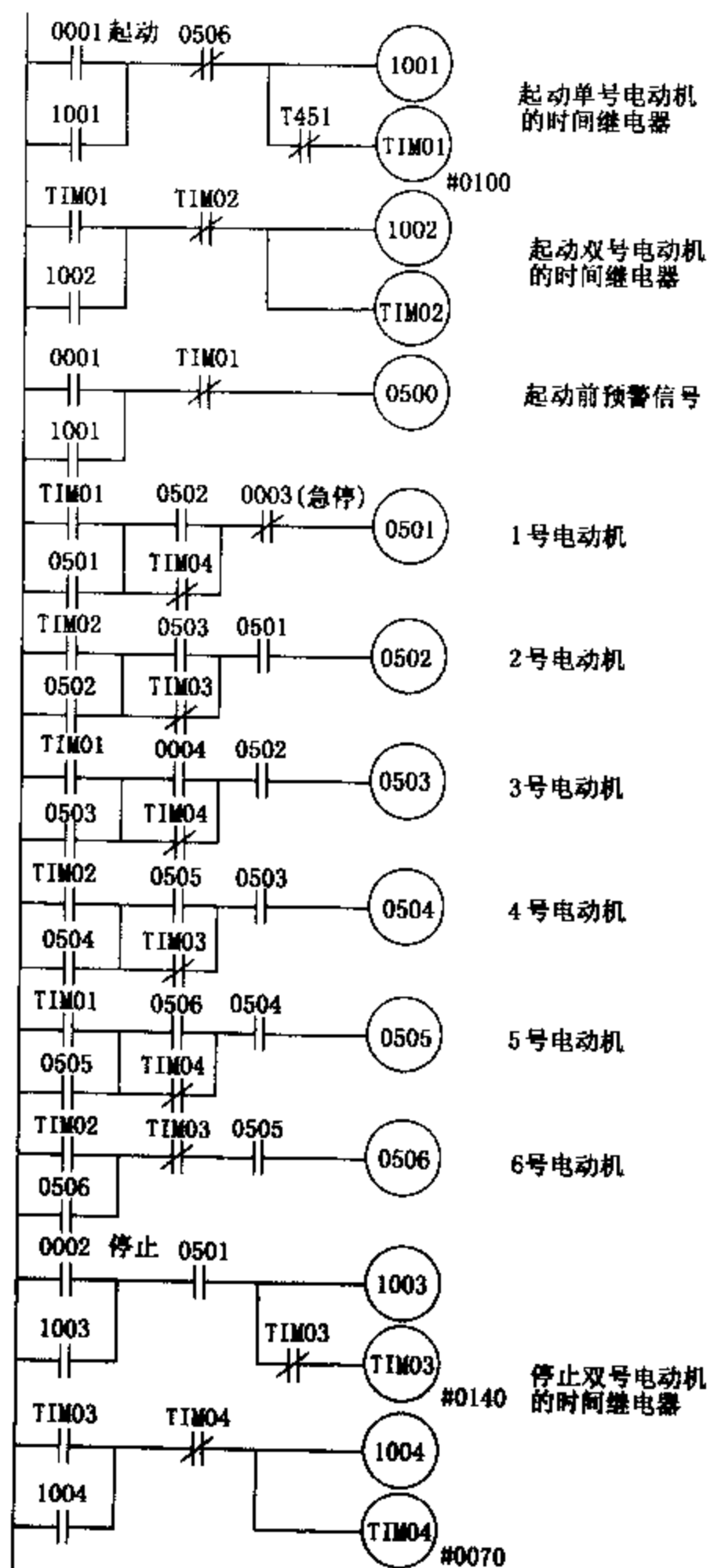


图 6-1-3 顺序起、停多台电动机

顺工艺流程方向依次停止、接通 0002 动合触点，使 TIM03、TIM04 轮流工作。当 TIM03 的动断触点断开时，它只能切断 0506 回路，0502、0504 回路中 TIM03 动断触点被 0503、0505 的动合触点短路，不能使 0502、0504 失电。0503、0505 不受 TIM03 控制，故只有 0506 失电。等到 TIM04 工作时，只能断开 0505，依次类推直到切断 0501 为止。

有故障时，紧急停止按钮接通 0003，可从前到后瞬间停运全线。

TIM01、TIM02 接通的时间间隔由电动机起动时间的长短而定。TIM03、TIM04 的时间间隔由输送系统的长度和速度而定。

四、仓库自动超声、光电控制门

利用 PLC 可以控制仓库门自动打开和关闭，以便让一个接近大门的物体（汽车等）进入或离开仓库。利用两套不同的传感系统来控制门的开放和关闭，如图 6-1-4 所示。

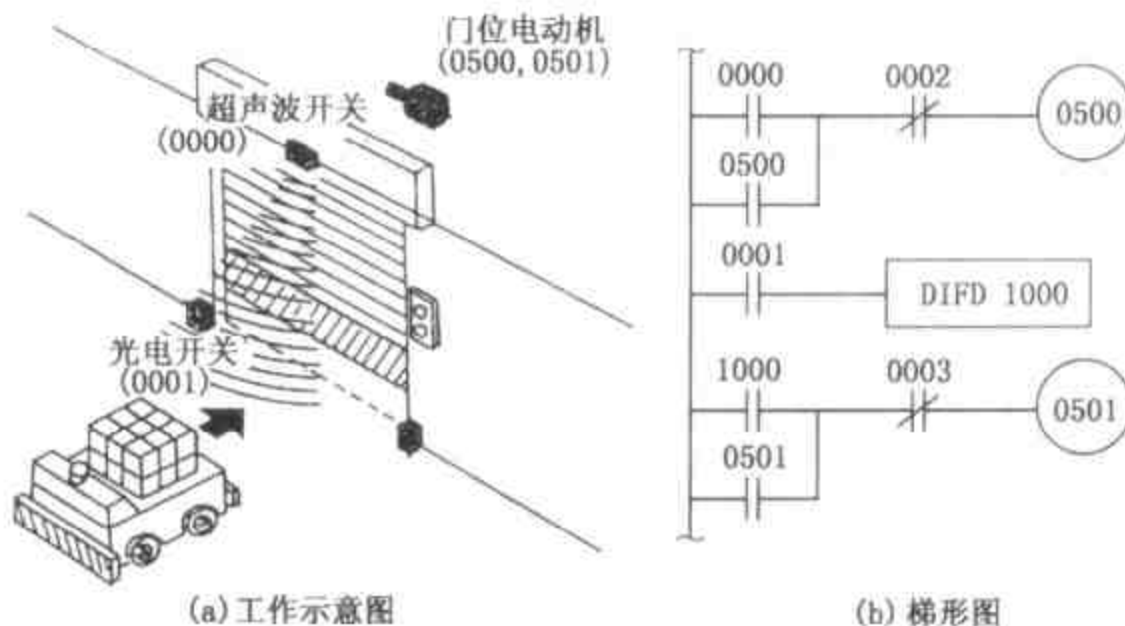


图 6-1-4 仓库自动超声、光电控制门

超声开关发射声波，当物体（如汽车）进入超声开关的作用范围时，超声开关便检测出物体反射的回波。

光电开关由内光源和接收器两个元件组成。光源连续地发光，由接收器接收。若车辆或其他物体遮断了光束，则光电开关（对应输入 0001）便检测到这一车辆或物体。

作为对来自这两个开关输入信号的响应，PLC 产生输出控制信号去驱动仓库门电动机，从而实现门的开放和关闭。PLC 还接收来自两个附加开关的输入信号，一个检测门行程的上限，另一个检测门行程的下限。

仓库自动超声、光电控制门 I/O 分配如下：

(1) 输入端。

超声开关	0000	门行程的上限检测开关	0002
光电开关	0001	门行程的下限检测开关	0003

(2) 输出端。

升门	0500	降门	0501
----	------	----	------

来自超声开关的输入信号 0000 与检测门行程上限的行程开关信号相“与”。输入继电器 0000 接通时，0500 输出一个信号去起动电动机把门打开。当门提升到上限位置时，限位开关 0002 号由闭合变为断开，从而停止输出 0500 信号，使电动机停止拖动门上升。

与此同时，来自光电开关的输入信号 0001 接通下降沿微分指令，其结果是使分配给 DIFD 指令的内部辅助继电器 1000 仅在一个扫描周期内在输入 0001 的下降沿导通。内部辅助继电器 1000 与检测门行程下限的行程开关相“与”，因此当内部辅助继电器 1000 导通时，在一个扫描周期内“与”条件成立。在此期间，输出 0501 导通，接通电动机，使仓库门落下。当门落到下限位置时，限位开关 0003 号由动断变为断开，使电动机停止拖动门下降。当再检测到有车辆临门时，又重复开始的动作。

五、自动送料小车控制

送料小车在最左端装料时压下行程开关 QS_1 ，25s 后装料结束，开始右行。当小车碰到行程开关 QS_2 时，右行停止并卸料，35s 后卸料完毕并开始左行。当小车再次碰到行程开关 QS_1 后停止左行并装料。这样装料、右行、卸料、左行不停地循环工作。直到按下停止按钮 QS_3 后，整个过程完全停止。按钮 SB_1 和 SB_2 分别用来起动小车右行和左行。

自动送料小车控制 I/O 分配如下：

(1) 输入端。

右行起动按钮 SB_1	00010	左行终端行程开关 QS_1	00013
左行起动按钮 SB_2	00011	右行终端行程开关 QS_2	00014
停止按钮 SB_3	00012		

(2) 输出端。

右行接触器 KM_1	01001	左行接触器 KM_2	01002
装料接触器 KM_3	01003	卸料接触器	01004

小车控制梯形图如图 6-1-5 所示。为了达到小车自动停止的目的，在控制小车右行的 KM_1 的输出线圈电路中和控制小车主行的 KM_2 的输出线圈电路中分别串入了 00013 和 00014 的动断触点。为了使小车自动起动，将控制装、卸料延时的定时器 TIM000 和 TIM001 的动合触点分别与手动起动右行和左行的 00010 和 00011 的动合触点并联，即分别以控制装料延时的定时器 TIM000 的动合触点来控制小车自动起动右行，而用控制卸料延时的定时器 TIM001 的动合触点来控制小车自动起动左行。当小车主行或右行结束时，用限位开关 00014 和 00013 的动合触点分别接

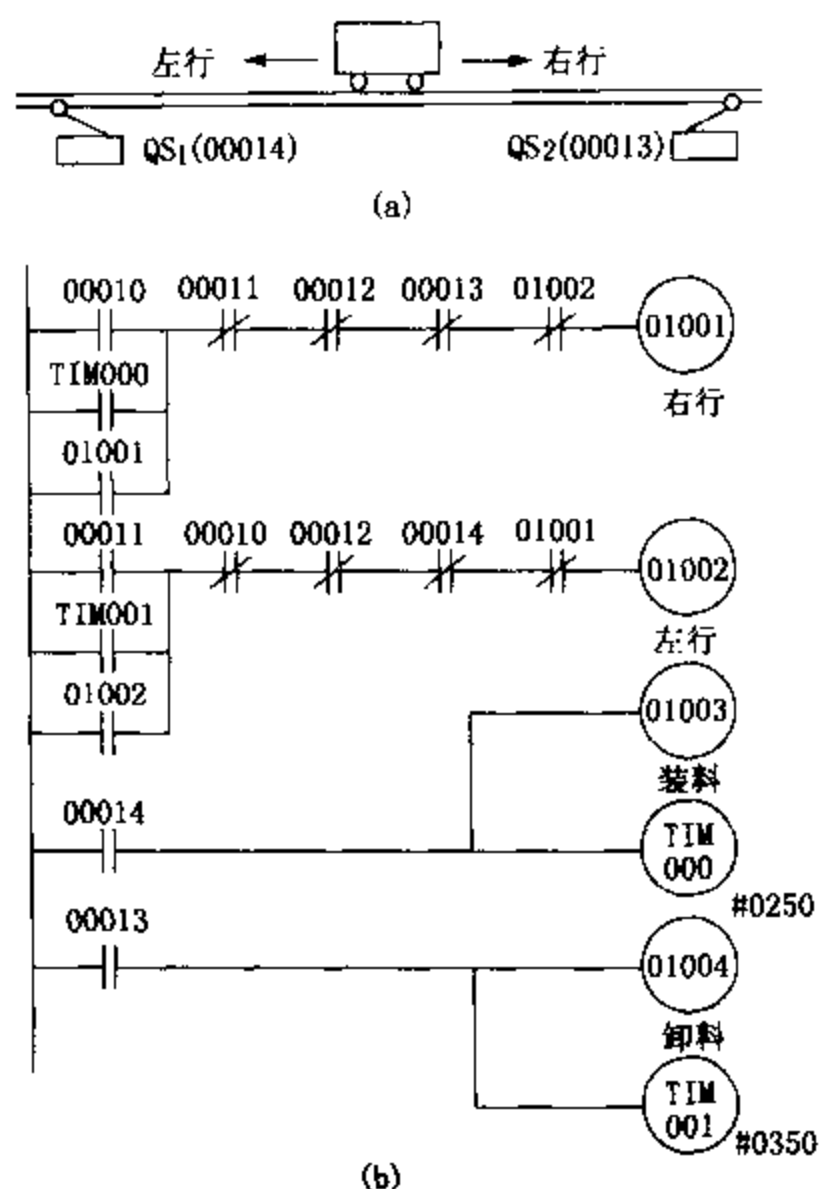


图 6-1-5 自动送料小车控制系统

通装料、卸料电磁阀和相应的定时器。

当小车主行结束，压下限位开关 00014 时，其动断触点使 01002 输出线圈电路断开，小车停止左行；而其动合触点又使 01003 和 TIM000 线圈接通，开始装料和延时。25s 后 TIM000 的动合触点闭合，起动小车主行。00014 断开后停止装料。右行的停止、卸料过程以及自动起动左行的方向与上面基本相同。当按下按钮 00012 后小车停止运动。

六、分段传送带电动机控制

分段传送带是使那些只载有物体的传送带运转，没有载物的传送带停止运行，即在传送物体的整个过程中，传送带是分段工作的。

图 6-1-6 中，金属板正在传送带上传送，其位置由接近开关传感器检测，接近开关安放在两段传送带相连接的地方，一旦金属板进入接近开关的检测范围，传感器将检测到的物体信号送入 PLC 的输入端，经处理后 PLC 发出控制信号，使下一个传送带的电动机投入工作。当金属板移出检测范围时，定时器开始计时。在达到预定的时间后，上一个传送带电动机便停止运行。

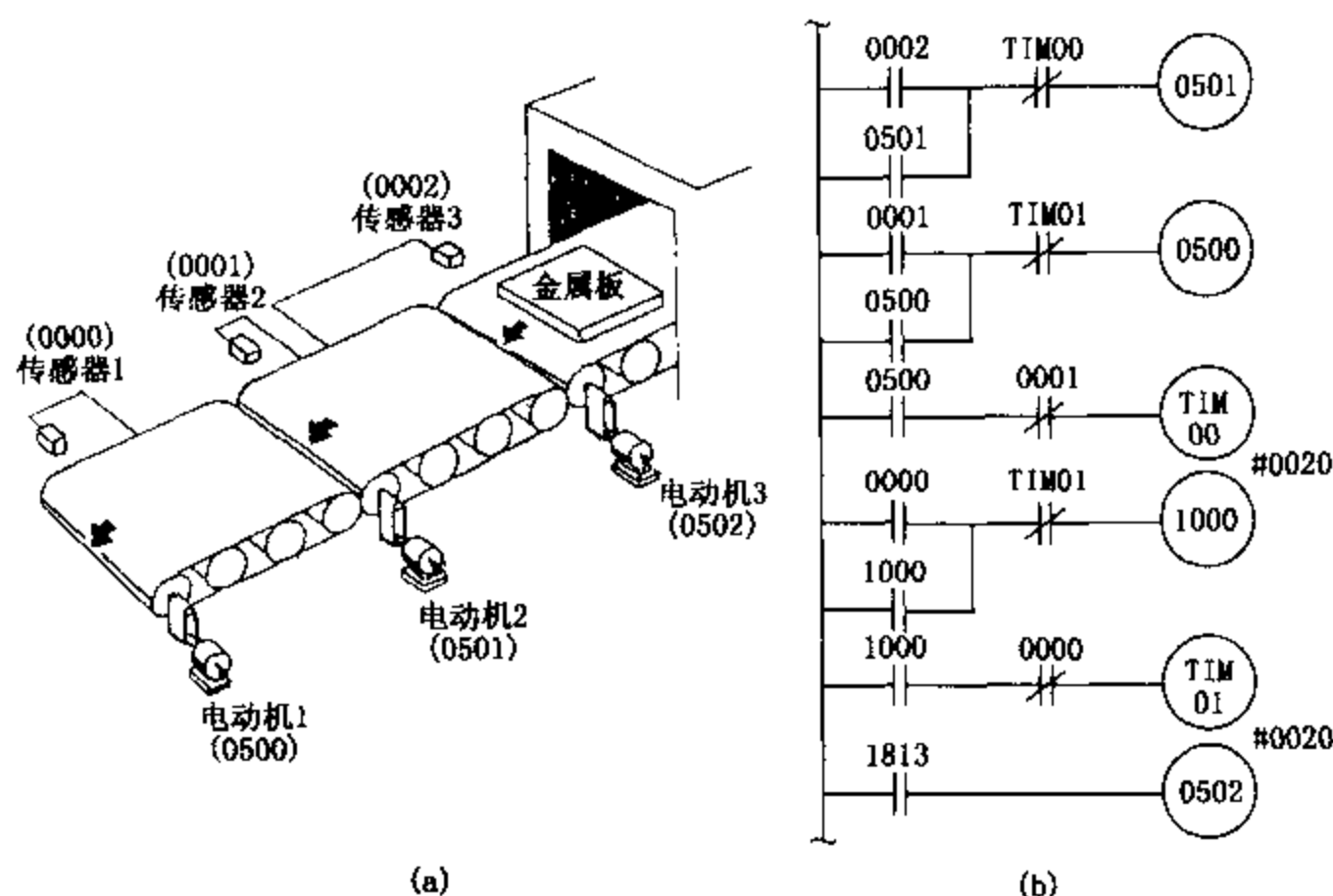


图 6-1-6 分段传送带电动机控制

分段传送带电动机控制 I/O 分配如下:

(1) 输入端。

传感器 1	0000	传感器 3	0002
传感器 2	0001		

(2) 输出端。

电动机 1	0500	电动机 3	0502
电动机 2	0501		

金属板是按照传感器 3、2、1 的顺序被检测，梯形图中第一个输入信号来自传感器 3，输入继电器 0002 的动合触点导通，电动机 2 起动。

当传感器 2 的输入触点 0001 导通时，输出 0500 起动电动机 1。当金属板离开电动机 2 拖动皮带，进入电动机 1 拖动的皮带时，传感器 2 对应的 0001 触点复原，起动 TIM00，2s 后 0501 失电，电动机 2 停止。这时传感器 1 对应的 0000 触点闭合，使继电器 1000 动作，指挥下一级的机构工作。当金属板离开电动机 1 拖动的皮带时，传感器 1 对应的 0000 复原，起动 TIM01，2s 后继电器 0500 和 1000 都失电，电动机 1 也停止。

七、轧钢机钢坯轧制

轧钢机钢坯轧制自动控制系统如图 6-1-7 所示。

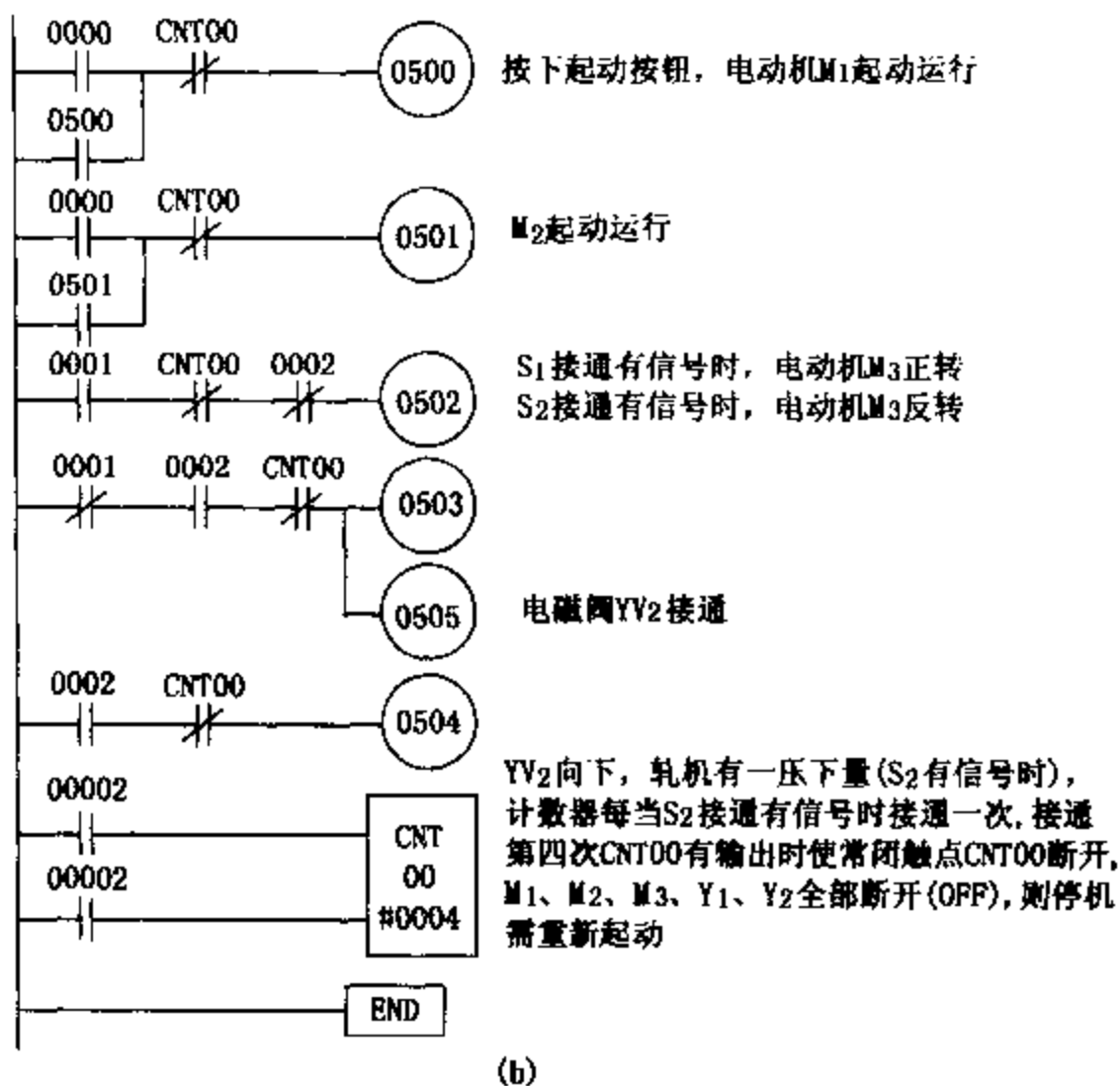
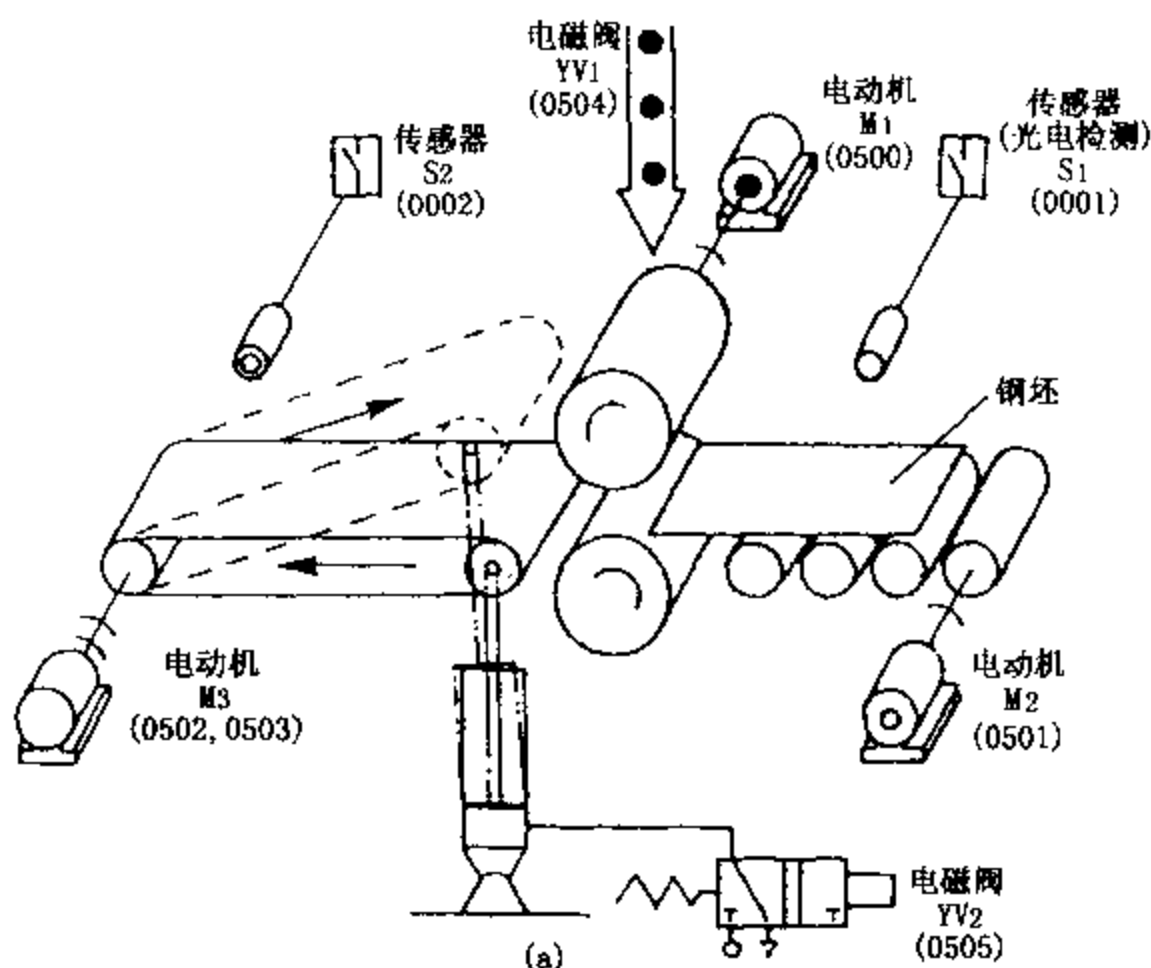


图 6-1-7 轧钢机钢坯轧制控制

按下起动按钮，电动机 M_1 、 M_2 同时运行将钢坯送入轧滚，通过传感器检测出钢坯到达的信号，使 S_1 接通，电动机 M_1 正转。 S_1 信号消失后，传感器 S_2 检测出钢坯到达的信号，并使开关 S_2 接通，电磁阀 YV_2 动作，电动机 M_3 反转，电磁阀 YV_1 动作，使轧滚向下有了一个压下量。 S_1 信号消失后， S_1 有信号，电动机 M_1 正转， S_1 信号消失……重复上述过程，直至 YV_1 第三次向下后，若 S_2 有信号，则停机，需重新起动。

轧钢机钢坯轧制控制 I/O 分配如下：

(1) 输入端。

起动按钮	0000	传感器 S_2	0002
传感器 S_1	0001		

(2) 输出端。

电动机 M_1	0500	电动机 M_1 (反转)	0503
电动机 M_2	0501	电磁阀 YV_1	0504
电动机 M_3 (正转)	0502	电磁阀 YV_2	0505

八、自动售货机控制

自动售货机在投入硬币后能自动完成售货、找零等工作，其动作要求为：

(1) 可投入 1、5 或 10 元硬币（这里讲的硬币是一种假定的情况）。

(2) 当投入的硬币总值等于或超过 12 元时，汽水按钮指示灯亮；当投入的硬币总值超过 15 元时，咖啡按钮指示灯都亮。

(3) 当汽水按钮灯亮时，按汽水按钮，则汽水排出 7s 后自动停止，同时汽水指示灯闪烁 7s。

(4) 当咖啡按钮灯亮时，按咖啡按钮，则咖啡排出 7s 后自动停止，同时咖啡按钮指示灯闪烁 7s。

(5) 当投入硬币总值超过按钮所需钱数（汽水 12 元，咖啡 15 元）时，找零指示灯亮，表示找零动作。

自动售货机 PLC 控制梯形图如图 6-1-8 所示。

自动售货机 I/O 分配如下：

(1) 输入端。

1 元投入口	0000	咖啡按钮	0003
5 元投入口	0001	汽水按钮	0004
10 元投入口	0002	计数手动复位	0007

(2) 输出端。

咖啡出口	0500	汽水按钮指示灯	0505
汽水出口	0501	找零指示灯	0508
咖啡按钮指示灯	0504		

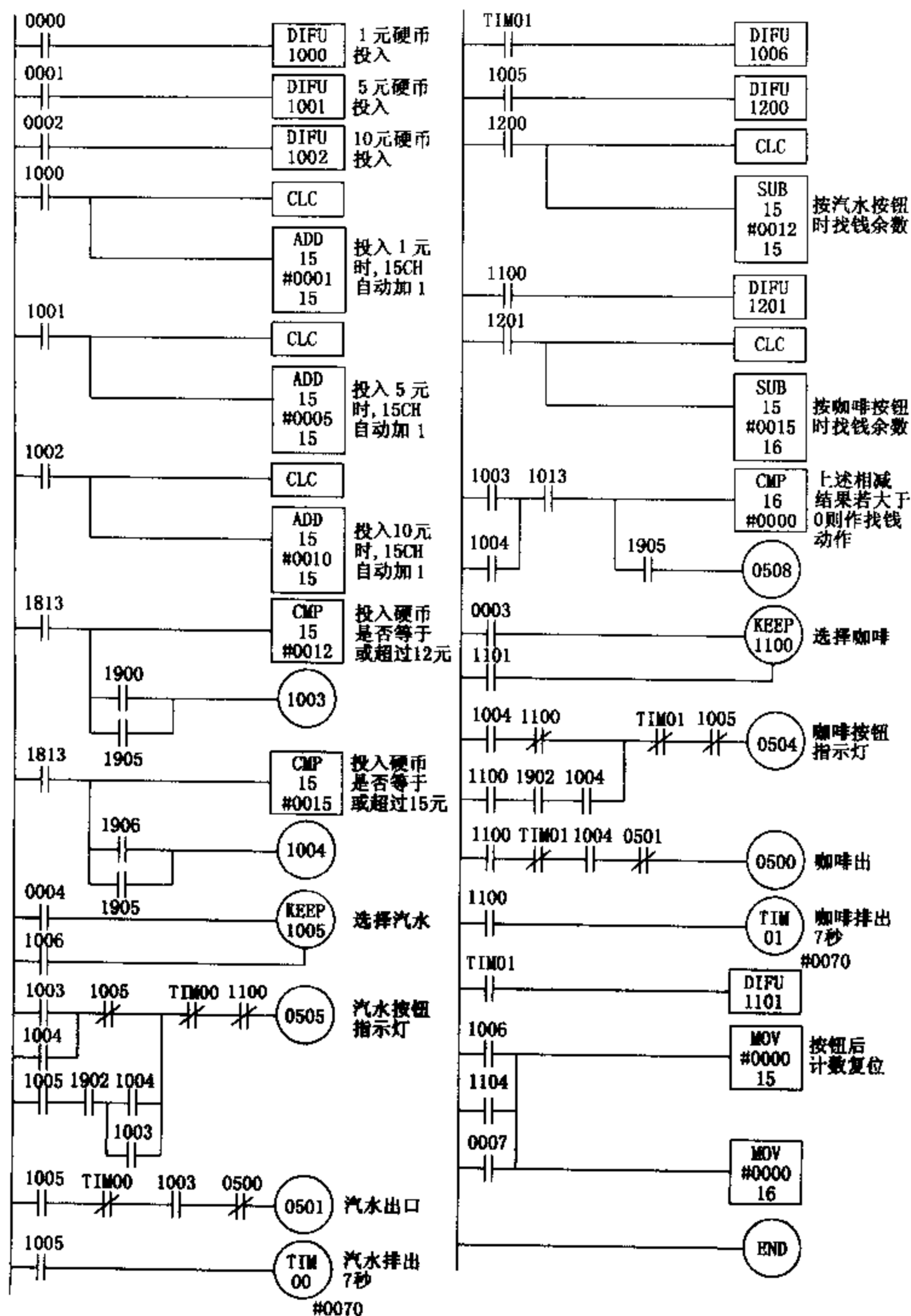


图 6-1-8 自动售货机梯形图

九、折板机控制

U 型板折板机可以把金属板折成如图 6-1-9 (a) 所示的形状, 其结构示意图如图 6-1-9 (b) 所示。模板两端的形状不同, 加工出来的 U 型板的折角形状就不同, 折角的大小由左右限位开关的位置决定。在气压的推动下, 模板与模板座一起下移或上移, 当模板下移压紧板料后, 工作平台上的左、右折板在气压机构的推动下, 把板料加工成 U 型。

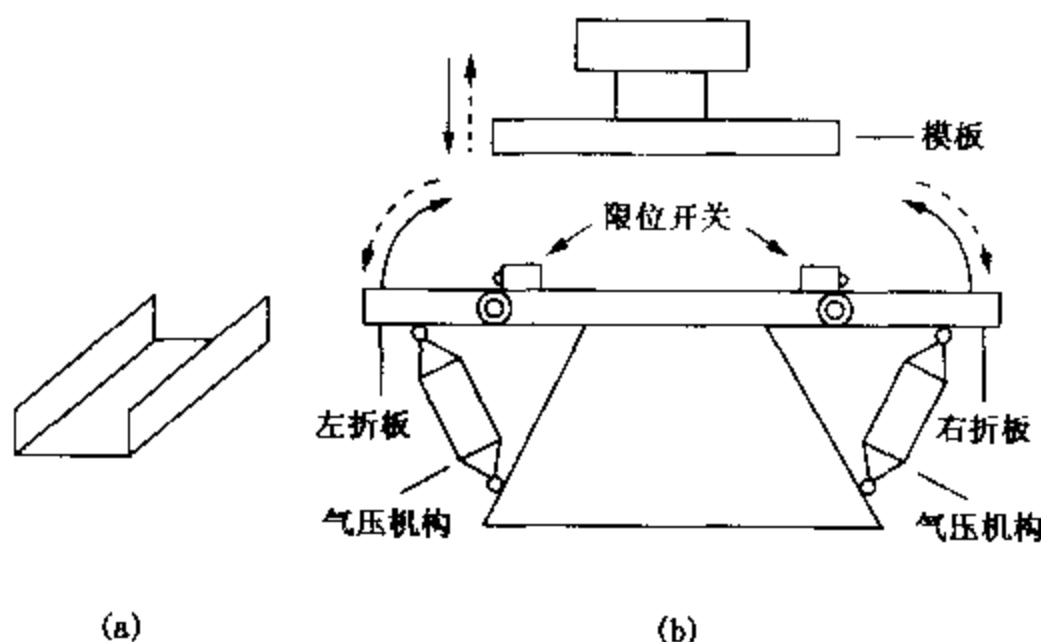


图 6-1-9 U 型板折板机的结构及动作示意图

U 型板折板机的加工工艺过程如图 6-1-10 所示。

折板机的控制分为单步和单周期两种方式。在单步方式下, 按一次操作按钮执行一个工作步。在单周期方式下, 按一次操作按钮连续完成一个加工周期的各工作步后自停, 加工过程循环。模板下移和上移用双线圈的电磁阀控制, 一个线圈通电时模板上移, 另一个线圈通电时模板下移。左、右折板上折和折回各用一个两线圈的电磁阀控制, 当电磁阀的一个线圈通电时折板上折, 另一个线圈通电时折板返回。两个折板必须都上折到位才能开始保压。折板机运行过程中可以停机。完成一个加工过程自动停机时, 模板应在上方原位, 左、右折板应返回到水平原位。停机再开机时, 模板和左、右折板都在原位, 但模板上移和折板的折回动作不能同时启动, 以免两者发生摩擦而损坏模板和折板。自动运行和手动操作过程中, 按操作按钮时不应出现误动作。

折板机控制 I/O 分配如下:

(1) 输入端。

操作按钮	00000	左折板上折限位开关	00004
方式选择开关	00001	右折板上折限位开关	00005
复位按钮	00002	模板下移限位开关	00006
起动/停车开关	00003		

(2) 输出端。

模板下移电磁阀线圈	01000	左折板返回电磁阀线圈	01003
左折板上折电磁阀线圈	01001	右折板返回电磁阀线圈	01004
右折板上折电磁阀线圈	01002	模板上移电磁阀线圈	01005

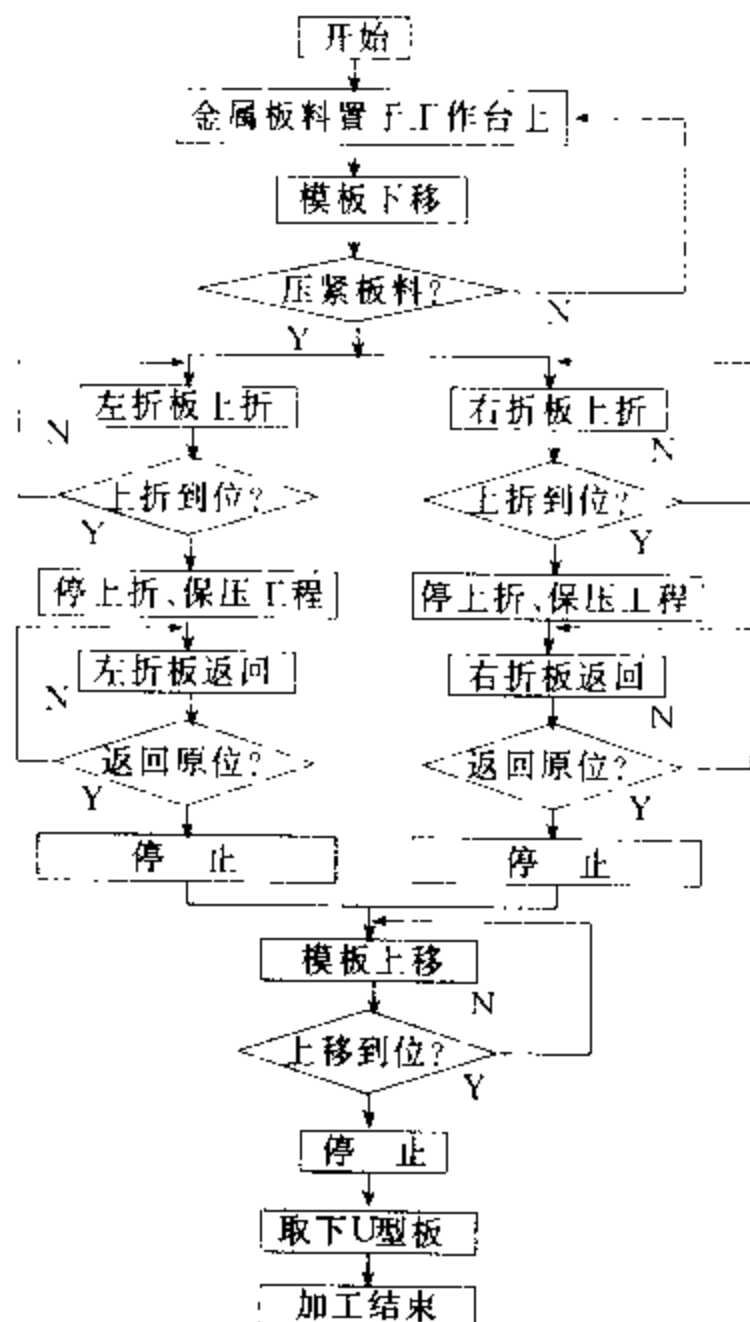


图 6-1-10 折板机工艺流程图

折板机的梯形图如图 6-1-11 所示。折板机能完成复位、单周期加工、单步加工、误操作禁止等控制。

1. 复位

复位操作是针对开机时模板和折板不在原位进行的操作。在单步加工状态下 (00001 为 OFF) 可以进行复位操作, 自动运行时不能进行复位操作。按下复位按钮不放, 移位寄存器 211 通道被复位, 并且 20004 被置位, TIM002 开始计时。0.5s 后将 HR0000 置位, 为板料加工做好准备, 01003 和 01004 均为 ON, 两个折板开始返回。为了避免模板和折板相互摩擦, 要自折板开始返回 1s 后, 再让模板起动上移, 因此设置 TIM004 定时 1s, 定时时间到时, 模板开始上移。当模板和

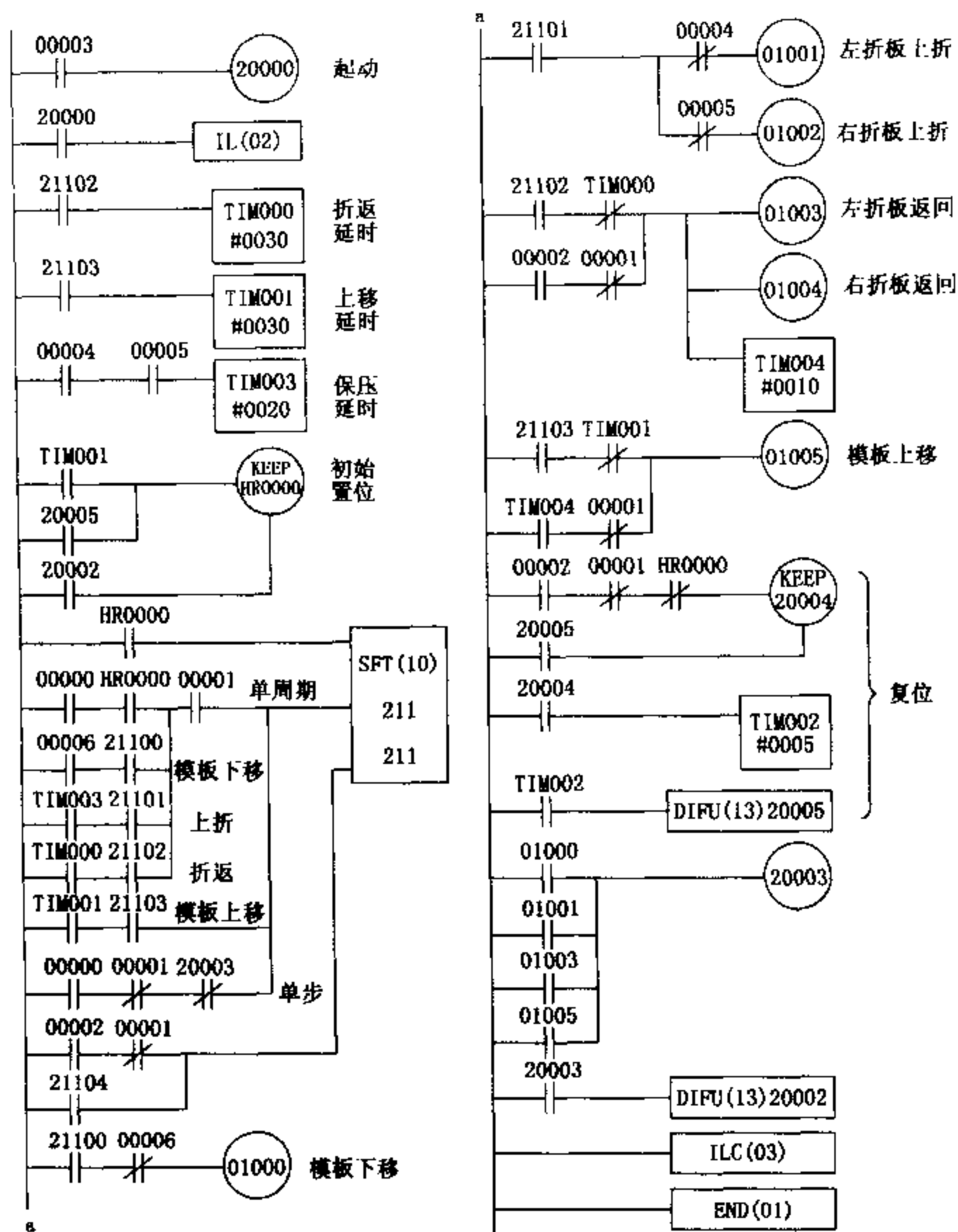


图 6-1-11 U 型板折板机梯形图

折板都返回原位时，可以松开复位按钮。

2. 单周期加工

模板和折板都返回原位时，将剪好的板料放在平台上，接通单周期加工开关，动合触点 00001 闭合，使 SFT 的移位脉冲输入端接通，而单步运行方式被禁止。按一下操作按钮 00000，第一次执行移位，21100 和 01000 均为 ON，则模板开始

下移：20003 为 ON 并通过 20002 将 HR0000 复位，使下一次移位时移位输入为“0”。模板下移到位压下限位开关 00006，一方面使 01000 为 OFF，模板下移停止并压紧板料；另一方面输入一个移位脉冲，使 21100 为 OFF、21101 为 ON，于是 01001 和 01002 为 ON，两个折板开始上折。当两个折板上折到位时，压动限位开关 00004 和 00005，使 01001 和 01002 均为 OFF，折板上折停止。另外，当 00004 和 00005 均为 ON 时，TIM003 开始计时，进行 2s 保压。TIM003 计时到，输入一个移位脉冲，使 21101 为 OFF，21102 为 ON，则 01003 和 01004 均为 ON，折板开始返回，TIM000 进行折板返回计时。TIM003 定时时间到，输入一个移位脉冲使 21102 为 OFF、21103 为 ON，01003 和 01004 为 OFF，折板返回停止；01005 为 ON 使模板开始上移，TIM001 开始对模板计时。TIM001 计时到，输入一个移位脉冲使 21103 为 OFF、21104 为 ON。这时，01005 为 OFF，模板上移停止；TIM001 为 ON，将 HR0000 置位，为下一次加工做好准备；21104 为 ON，使移位寄存器复位，一块板材就加工结束了。

3. 单步加工

单步加工应将方式开关拨在单步位，动合触点 00001 断开，自动方式被禁止，单步方式被允许。按一下操作按钮，00000 ON 一次，输入一个移位脉冲，21100 和 01000 均为 ON。模板开始下移，同时 20003 ON 并通过 20002 将 HR0000 复位，使下一次移位时输入的是“0”。当模板下移到位压限位开关 00006 时，模板下移停止并压紧板料。再按一下操作按钮 00000，又输入一个移位脉冲，21100 为 OFF，21101 为 ON，使 01001 和 01002 均为 ON，两折板开始上折。折板上折到位压限位开关 00004 和 00005 时，01001 和 01002 均为 OFF，使折板上折停止，同时 TIM003 开始计时进行 2s 保压。2s 后再按一下操作按钮，又输入一个移位脉冲，21101 为 OFF，21102 为 ON，于是折板开始返回，TIM000 进行返回计时。TIM000 计时到，01003 和 01004 均为 OFF，折板返回停止。再按一下操作按钮，又输入一个移位脉冲，21102 为 OFF，21103 为 ON，于是模板开始上移，TIM001 开始模板上移计时。TIM001 计时到，输入一个移位脉冲使 21103 为 OFF，21104 为 ON，则 01005 为 OFF，模板上移停止；21104 为 ON，使移位寄存器复位；TIM001 为 ON，将 HR0000 置位，为下一次加工做好准备。

4. 误操作的禁止

(1) 单步加工时误动作的禁止。单步加工误动作禁止是指当按一下操作按钮，且正在执行某步加工的过程中又误按了一下操作按钮时，不会产生误动作。因为每一步起动时按一次按钮 00000 后，对应各个步，分别使 01000、01001、01003、01005 为 ON，都能使 20003 为 ON，其动断触点断开。所以在某步运行过程中误按操作按钮 00000 时，不会再输入移位脉冲，也就避免了误动作。

由手动开关产生的信号一般都可能产生抖动，如按一次按钮因抖动而连续发出几个脉冲信号。为了避免由这种现象造成的误动作，采取的措施是：将动断触点

20003 与 00000 串联, 由于 00000 第一次 ON 就使 20003 为 ON, 其动断触点断开, 这样 00000 的后几次 ON 就不会起作用了。

(2) 单周期加工时误动作的禁止。第一次按下操作按钮 00000, 设备启动后, 01000 为 ON, 20003 为 ON, 并通过 20002 将 HR0000 复位, 00000 与 HR0000 的动合触点串联后连接在移位寄存器的移位脉冲输入端。在整个加工过程中, 由于 HR0000 的动合触点总是断开的, 即使误按操作按钮 00000, 也不会产生错误的移位脉冲输入, 所以由误按操作按钮而产生的误动作不会出现。

在设备运行过程中, 其他动作部件误撞动操作按钮的情况也是难免的。由上述分析可知, 即使发生这些情况, 也能避免误动作。

十、十字路口交通灯控制

图 6-1-12 是十字路口交通灯示意图。在十字路口的东、西、南、北各个方向装红、绿、黄灯各一套。

交通信号灯正常时的时序图如图 6-1-13 所示。当起动开关接通时, 首先是南、北红灯亮并维持 25s, 在南、北红灯亮的同时, 东、西绿灯也亮, 但只维持 20s。20s 到时, 东、西绿灯闪亮 3s 后熄灭, 东、西黄灯再亮 2s, 然后东、西黄灯熄灭, 东、西红灯亮, 同时南、北红灯熄灭, 南、北绿灯亮。东、西红灯亮并维持 30s。南、北绿灯亮并维持 25s, 25s 到时, 南、北绿灯闪亮 3s 后熄

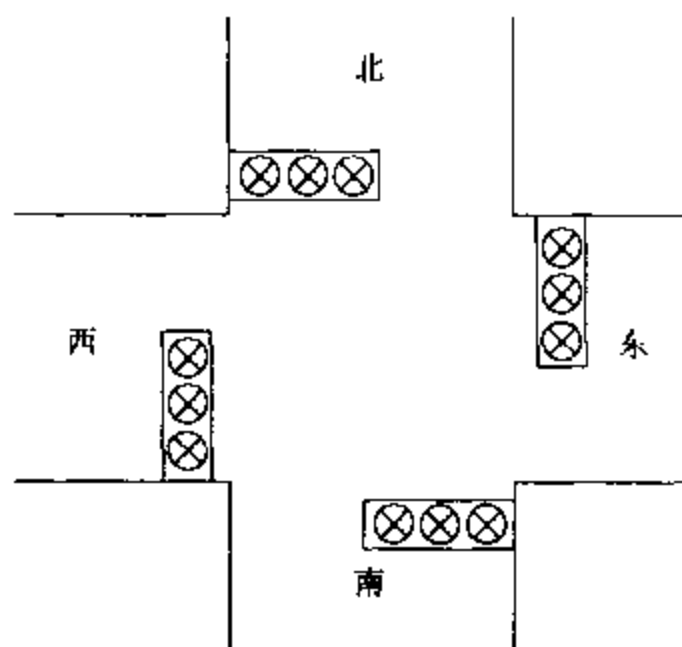


图 6-1-12 十字路口交通信号灯示意图

灭, 南、北黄灯再亮 2s。2s 到时, 南、北黄灯熄灭, 南、北红灯亮, 同时东、西红灯熄灭, 东、西绿灯亮, 开始第二周期的动作。以后周而复始地循环。绿灯或红灯闪亮的周期为 1s (即亮 0.5s, 熄 0.5s)。当起动开关断开时, 所有信号灯熄灭。

当发生急车要求强行通过时, 急车强通控制时序图如图 6-1-14 所示。

急车强通信号受急车强通开关的控制。有急车来时, 将该方向急车强通开关接通, 无论原来信号灯的状态如何, 一律强制让急车方向的绿灯亮, 使急车放行, 直至急车通过为止。

急车一过, 将急车强通开关断开, 信号灯的状态立即转为急车放行方向上的绿灯闪 3 次, 随后按正常时序控制。

急车强通信号只能响应一路方向的急车, 若两个方向先后来急车, 则响应先来的一方, 随后再响应另一方。

十字路口交通灯控制 I/O 分配如下:

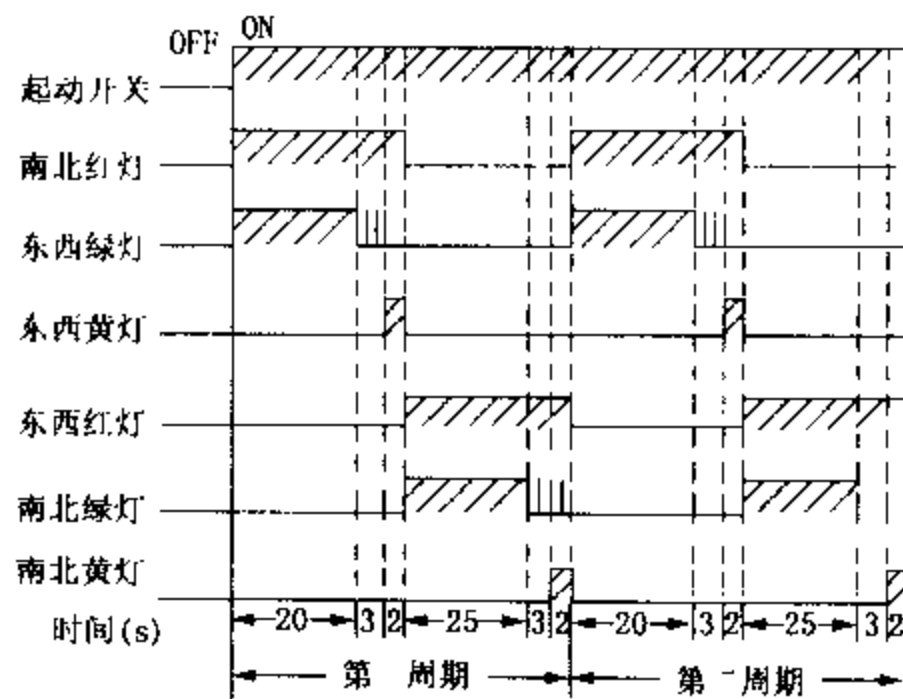


图 6-1-13 十字路口交通信号灯控制时序图

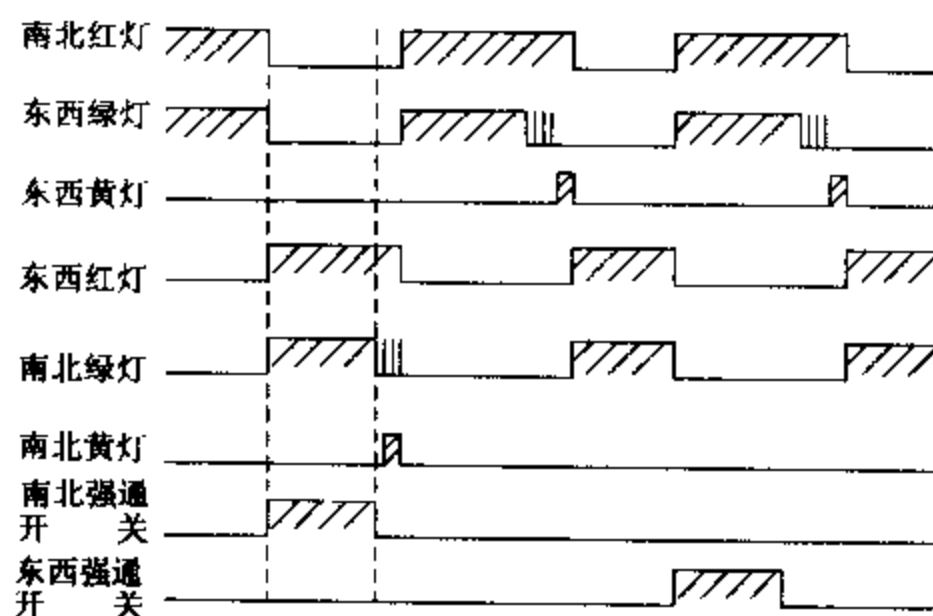


图 6-1-14 急车强通控制时序图

(1) 输入端。

起动开关	00000	南北急车强通开关	00002
东西急车强通开关	00001		

(2) 输出端。

南北绿灯	01000	东西绿灯	01004
南北黄灯	01001	东西黄灯	01005
南北红灯	01002	东西红灯	01006

为了便于理解，首先编制正常时序控制程序，在此基础上再增加急车强通控制程序。

1. 正常时序控制程序

正常时序控制的梯形图如图 6-1-15 所示。供信号灯闪光控制用的方波发生器由定时器 TIM505 和 IR 继电器 20100 组成, 方波发生器产生周期为 1s (接通 0.5s, 断开 0.5s) 的方波脉冲。

当起动开关合上时, 00000 接通, 使 01002 和 01004 接通, 南北红灯亮、东西绿灯亮, TIM050 开始计时 (计时时间为 20s)。计时时间到, TIM050 的动合触点闭合, 其动断触点断开, 通过 20100、TIM051 使 01004 按照 20100 的通断周期通断, 东西绿灯闪光, TIM051 开始计时。当东西绿灯闪 3 次 (时间为 3s) 时, TIM051 计时到, 其动断触点断开, 使 01004 断开, 东西绿灯闪光熄灭。TIM050 的动合触点闭合使 01005 接通, 东西黄灯亮, TIM052 开始计时 (计时时间为 2s)。计时时间到时 TIM052 的动断触点断开, 使 01002、01005 断开, 南北红灯熄灭、东西黄灯熄灭。TIM052 的动断触点闭合, 使 01006 和 01000 接通, 东西红灯亮、南北绿灯亮, TIM053 开始计时 (计时时间为 25s)。计时时间到时 TIM053 的动合触点闭合, 其动断触点断开, 通过 20100 和 TIM054 的动断触点使 01000 按照 20100 的通断周期通断, 南北绿灯闪光, TIM054 开始计时。计时 3s 到时 TIM054 的动断触点断开, 使 01000 断开, 南北绿灯闪光熄灭。TIM054 的动合触点闭合, 使 01001 接通, 南北黄灯亮, TIM055 开始计时 (计时时间为 2s)。计时时间到时 TIM055 的动断触点断开, 使 01006 和 01001 断开, 东西红灯和南北黄灯熄灭, 同时使 TIM050、TIM051、TIM052、TIM053、TIM054、TIM055 计时器全部复位 (断开), 于是 TIM052 的动断触点及 TIM050 的动断触点都闭合, 分别使南北红灯亮和东西绿灯亮, 开始第二周期的动作, 以后周而复始地进行。

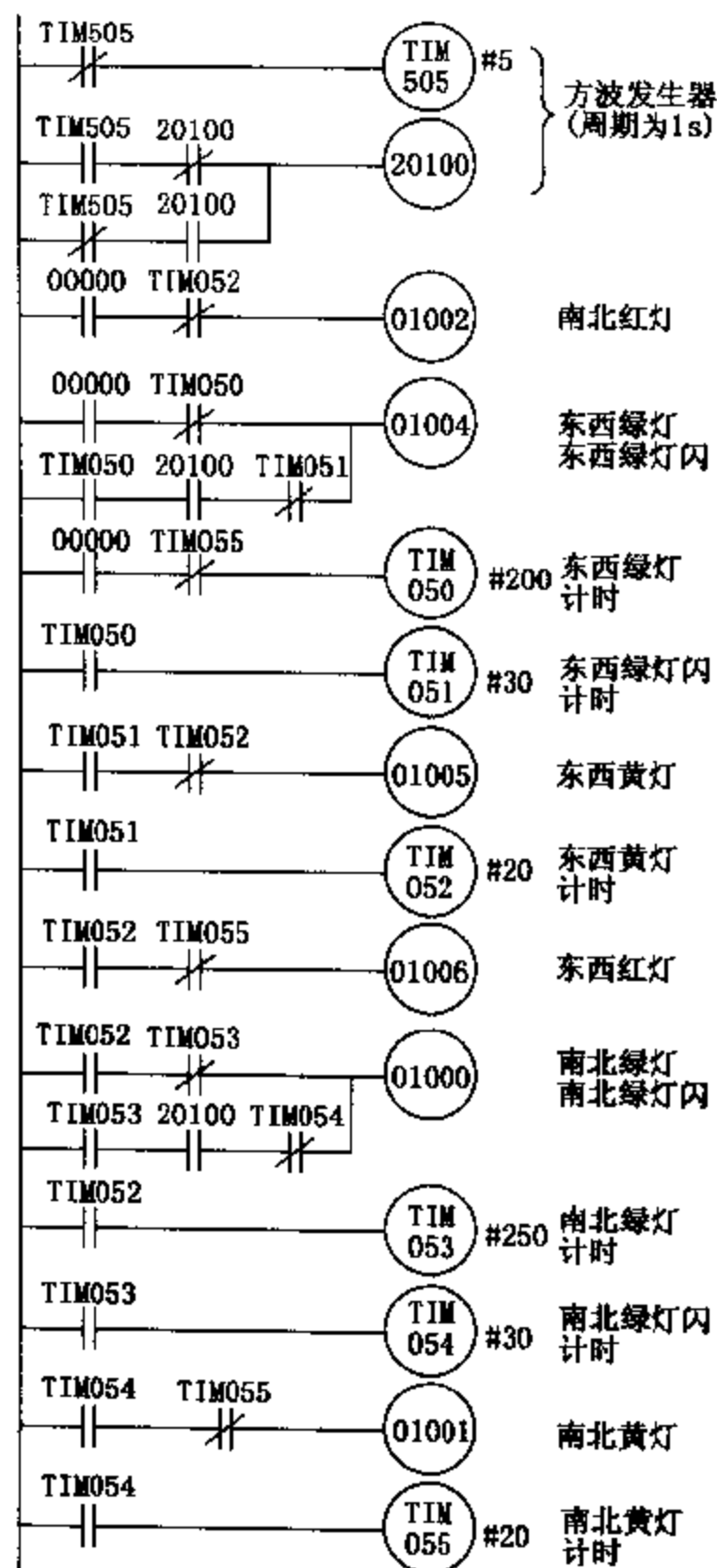


图 6-1-15 十字路口交通灯正常时序梯形图

当起动开关 00000 断开时, 01002、01004 及全部计时器断开, 使全部输出继电器断开, 全部信号灯熄灭。

2. 增加急车强通控制程序

在图 6-1-15 所示的正常时序控制梯形图的基础上增加急车强通控制, 其梯形图如图 6-1-16 所示。图中, 用 20200 和 20201 实现东西、南北急车强通互锁, 以保

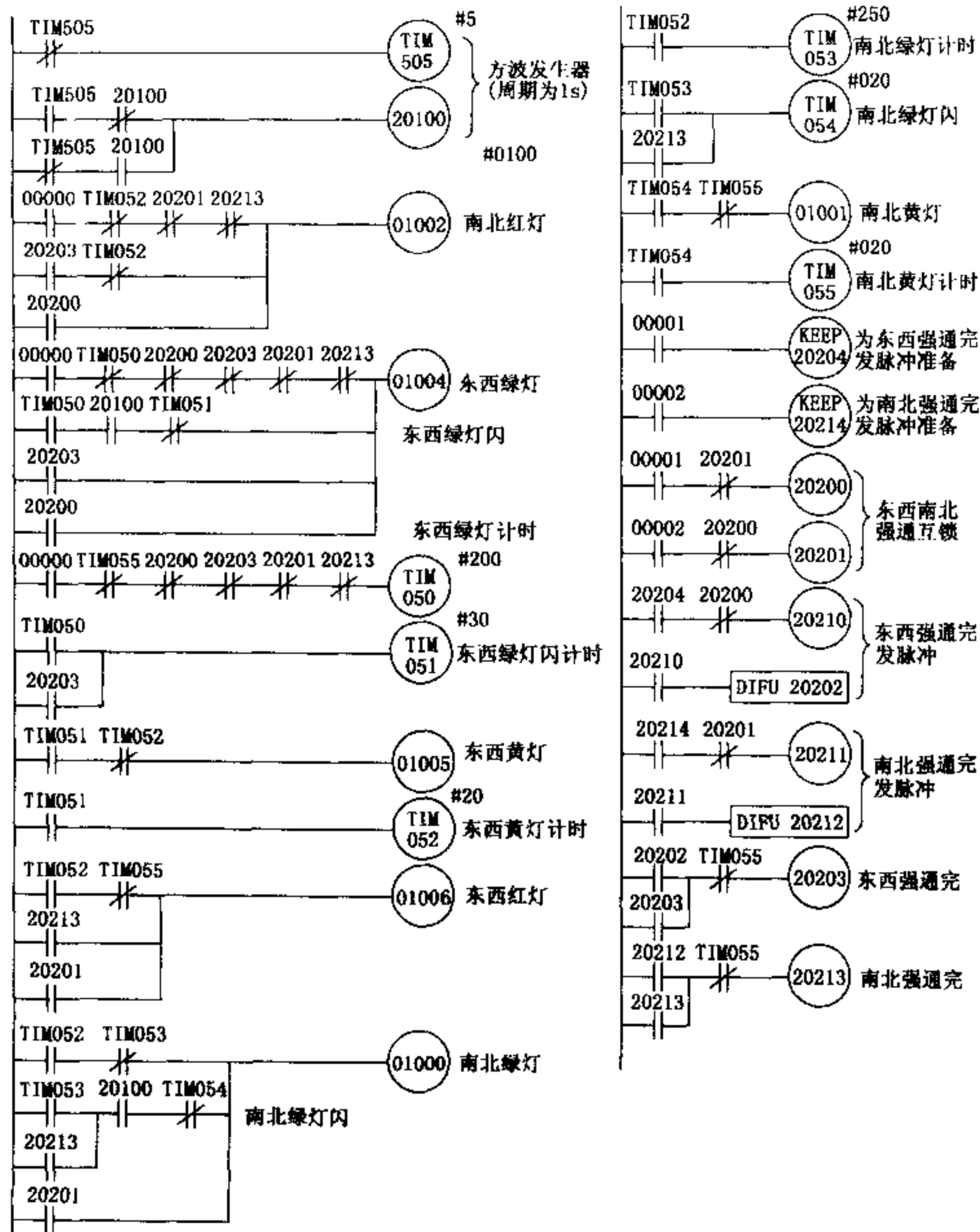


图 6-1-16 急车强通控制梯形图

证只响应一路方向的急车。为了保证在急车强通完时发一信号，使信号灯按照急车强通完后的时序动作，用 20210、20202 实现在东西强通完（即 00001 断开）时由 20202 发一脉冲，用 20211、20212 实现在南北强通完（即 00002 断开）时由 20212 发一脉冲。为了避免在 PLC 刚投入运行时 20210 和 M211 就接通，使 20202 和 20212 错发脉冲，这里设置了 20204 和 20214。当强通信号接通（即 00001 或 00002 接通）时，20204 或 20214 被置位，20204 的动合触点闭合或 20214 的动合触点闭合，为急车强通完成后发脉冲做准备，急车强通完后，20202 或 20211 才发脉冲。为了使 20202 和 20211 发出的脉冲信号变为持续接通信号，这里设置了 20203 和 20213，它们通过自己的动合触点实现自保。当强通完成后的动作进行完最后一步，即 TIM055 计时到时，TIM055 的动断触点断开，使 20203 和 20213 断开，按正常时序控制从头开始运行。

当东西急车强通开关合上时，00001 接通，20200 的动断触点断开，使 TIM050、TIM051、TIM052、TIM053、TIM054、TIM055 计时器全部断开。20200 的动合触点闭合，使 01002 和 01004 接通，南北红灯亮、东西绿灯亮，让东西急车放行。

当东西急车强通开关断开时，20200 断开，20210 接通，20202 发出脉冲，使 20203 接通并自保，20203 的动断触点断开，使“东西绿灯”支路及“东西绿灯计时”支路断开。20203 的动合触点闭合，使 01002 继续接通，南北红灯继续亮，使“东西绿灯闪”支路及“东西绿灯闪计时”支路接通，TIM051 开始计时。当东西绿灯闪 3 次（时间为 3s）时，TIM051 计时到，其动断触点断开“东西绿灯闪”支路，其动合触点接通 00205 及 TIM052，东西黄灯亮并计时，以后按正常时序动作。当动作进行完最后一步，即 TIM055 计时到时，TIM055 的动断触点断开，使 20203 断开，按正常时序控制从头开始运行。

同理，当南北急车强通开关合上时，00002 接通，20201 接通，20201 的动断触点断开，使 TIM050、TIM051、TIM052、TIM053、TIM054、TIM055 计时器全部断开。20201 的动合触点闭合，使 01006 和 01000 接通，东西红灯亮、南北绿灯亮，让南北急车放行。

当南北急车强通开关断开时，00002 断开，20201 断开，20212 发出脉冲，使 20213 接通并自保，20213 的动断触点断开，使 TIM050 及其他计时器继续断开。20213 的动合触点闭合，使 01006 继续接通，东西红灯继续亮，使“南北绿灯闪”支路及“南北绿灯闪计时”支路接通，TIM054 开始计时。当南北绿灯闪 3 次（时间为 3s）时，TIM054 计时到，其动断触点断开“南北绿灯闪”支路，其动合触点接通 01001 及 TIM055，南北黄灯亮并开始计时。当 TIM055 计时到时，其动断触点断开，使 20213 断开，按正常时序控制从头开始运行。

3. 用步进指令按单流程编程

如果把南北方向和东西方向信号灯的動作过程看成是一个顺序動作过程，那么其中的每一个时序同时有两个输出，一个输出控制南北方向信号灯，另一个输出控

制东西方向信号灯。这样就可以按单流程进行编程，其流程图如图 6-1-17 所示，梯形图如图 6-1-18 所示。

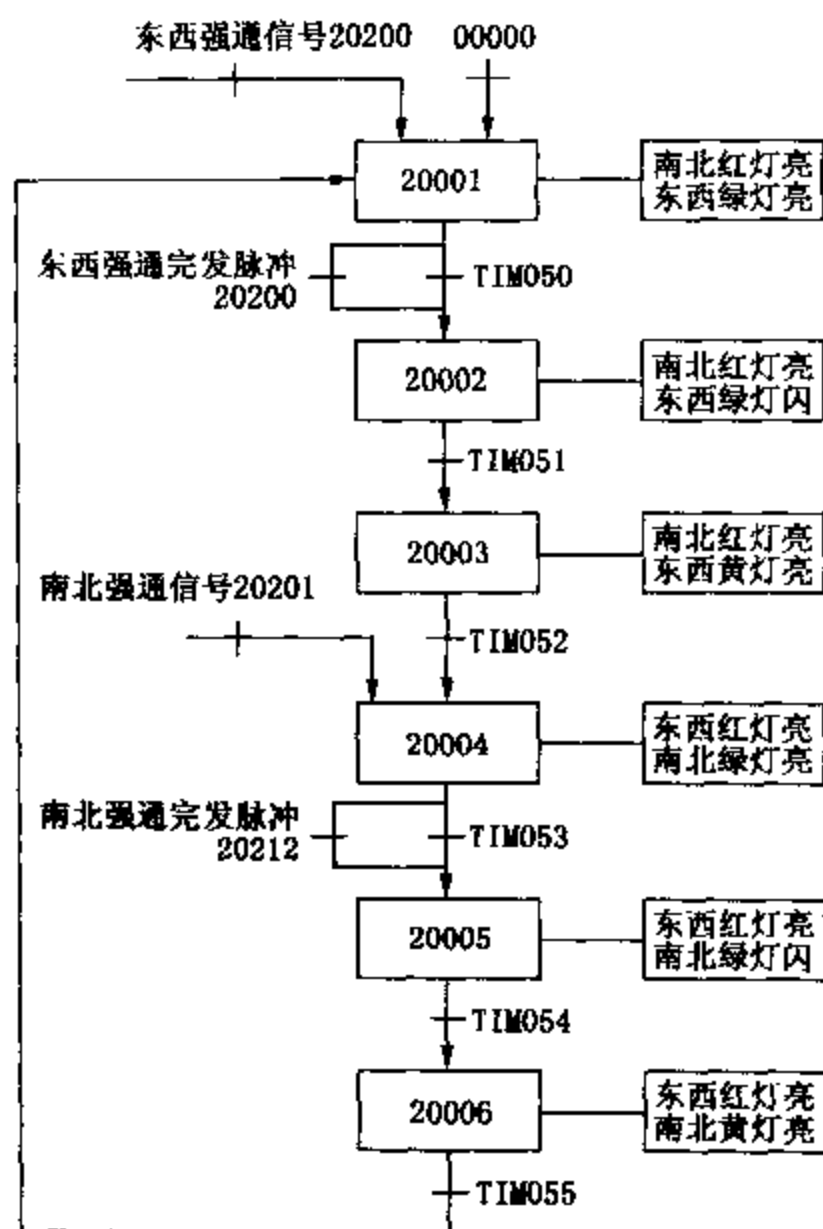


图 6-1-17 按单流程编程的功能表图

(1) 正常时序控制程序。

当起动开关合上时，00000 接通，进行第一工步 23001、01002、01004 接通，南北红灯亮，东西绿灯亮，TIM050 开始计时。TIM050 计时到，第一工步复位，进行第二工步 23002……以后每当时限条件满足时，状态转移，进行下一工步。当进行最后一工步 23006 时，TIM055 进行最后一工步计时，TIM055 计时到后，程序又重新从第一工步开始循环。

当起动开关断开时，00000 的动断触点闭合，其动合触点断开，将所有工步状态清零，使全部输出继电器断开，全部信号灯熄灭，同时为下一次起动做好准备。

(2) 急车强通控制程序。当东西急车强通开关合上时，00001 接通，20200 接通，20205 产生一个强通脉冲，将 23001~23006 清零，使正常时序控制的全部输出断开。在东西急车强通期间，20200 始终接通，其动合触点闭合，将 23001 置位，南北红灯亮、东西绿灯亮，让东西急车放行。20200 的动断触点断开，使 TIM050 停止计时。

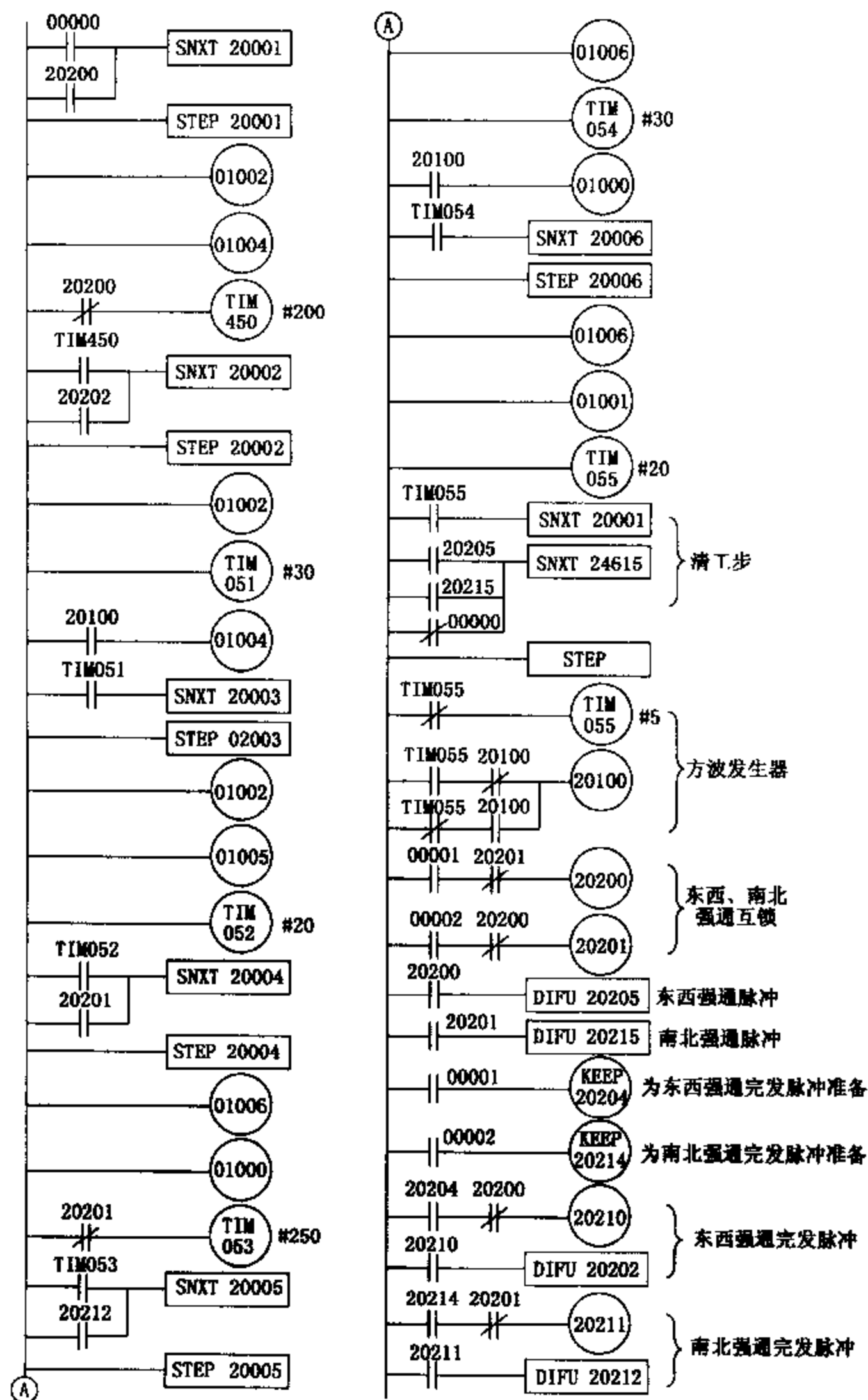


图 6-1-18 按单流程编程的步进梯形图

东西急车强通后,将东西急车强通开关断开时,00001 和 20200 断开,20202 产生一个脉冲,其状态转移到 23002。由 20100 产生的周期为 1s 的方波脉冲使 01004 通断 3 次,即东西绿灯亮闪 3 次(时间为 3s)后,TIM051 计时到,其状态转移到 23003。以后按正常时序继续工作。

同理,当南北急车强通开关合上时,00002 接通,20201 接通,20015 产生一个强通脉冲,将工步程序中止,使正常时序控制的全部输出断开。在南北急车强通期间,20201 始终接通,其动合触点闭合,将 23004 置位,东西红灯亮、南北绿灯亮,让南北急车放行。20201 的动断触点断开,使 TIM053 停止计时。

南北急车强通后,当南北急车强通开关断开时,00002 断开,23212 产生一脉冲,其状态转移到 23005。23100 使 01001 通断 3 次(即南北绿灯闪 3 次)后,TIM054 计时到,其状态转移到 23006。以后按正常时序继续工作。

十一、专用机床的控制

半精镗专用机床是用来加工汽车发动机连杆的专用设备,它由左/右滑台、左/右动力头、工件定位夹具、液压站、左/右主轴电动机等组成。左/右滑台及工件的夹紧和放松动作由液压提供动力。对连杆的加工要求精度很高,在加工时,要一面两销定位,同时装卡两个工件,对两个工件同时加工。其加工工艺流程图如图 6-1-19 所示。

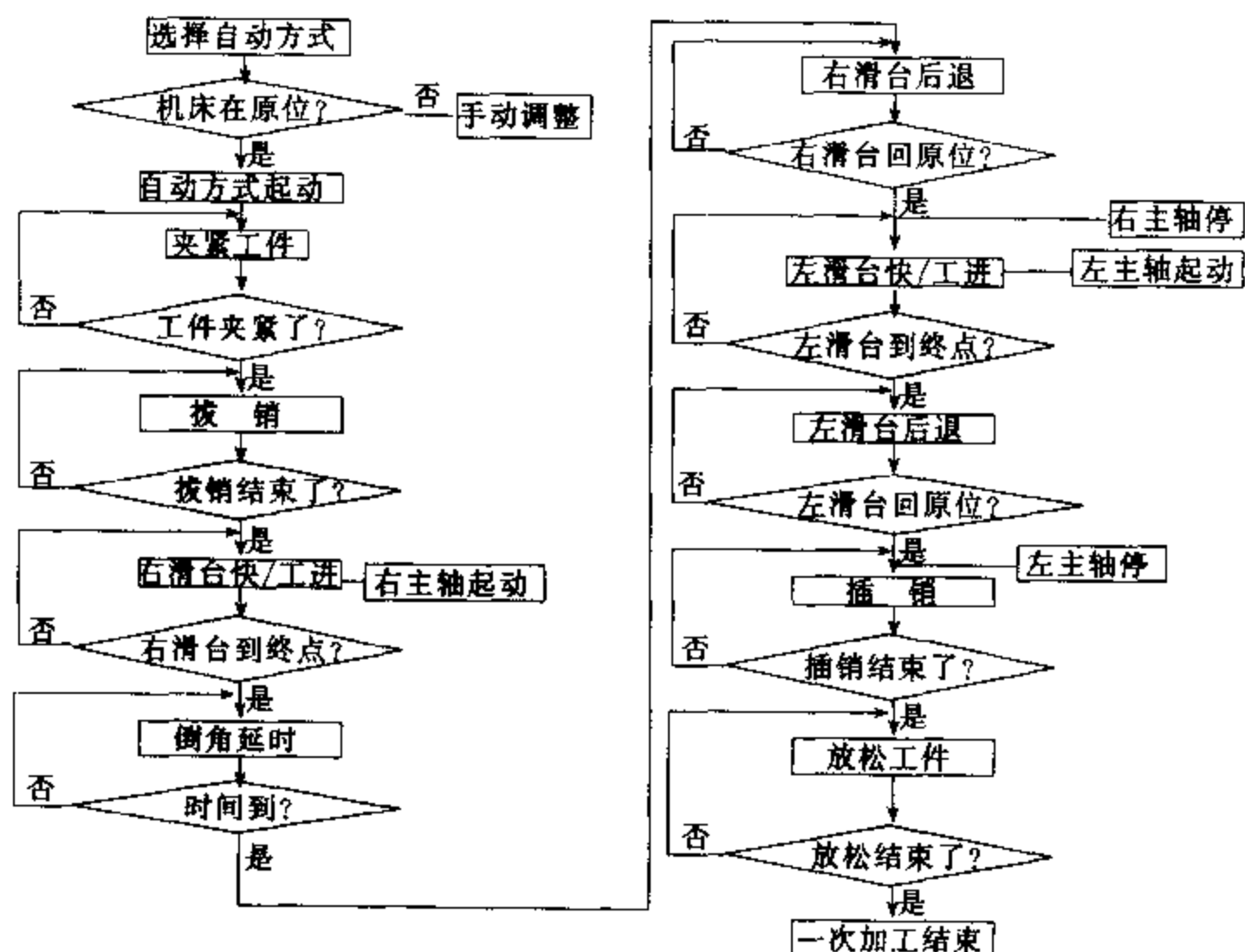


图 6-1-19 专用机床加工流程图

机床的初始状态是左/右滑台停在原位、左/右主轴停转，同时装卡两个工件，人工认销后，起动机床并夹紧两工件。工件夹紧后压力继电器动作时，开始自动拔销。拔销完毕，右动力头在右滑台的带动下快进，同时右主轴启动。当右滑台快进到位时，压下液压行程调速阀，自动转为工进速度，开始对工件右面的两个大孔和两个小孔进行加工。工进速度行进到终点，4孔同时倒角。倒角延时完毕，右滑台快退回原位自停，同时右主轴停转，接着左动力头在左滑台的带动下快进，同时左主轴启动。当左滑台快进到位时，压下液压行程调速阀，自动转为工进速度，开始对工件左面的两个大孔和两个小孔进行加工。工进速度行进到终点，4孔同时倒角。左滑台快退回原位自停，同时左主轴停转。接着进行自动插销的操作，当插销到位时自动放松工件。工件放松到位时，人工取下工件，一次加工过程结束，此时机床处于初始状态。欲进行下一次加工，要重复上述过程。

半精镗专用机床有两种控制方式，一种用于加工工件，另一种用于两个动力头位置的调整、插销/拔销等操作。机床必须处于初始状态时，自动方式才可以启动。为了给操作人员以提示，这里设置了机床的初始状态显示。为了防止误操作，在启动自动运行方式时，必须同时按住两个按钮（SB₇和SB₈）。在手动夹紧工件时，也须同时按住两个按钮（SB₁和SB₂）。启动自动运行时，处于插销状态下不能启动右滑台前进，必须在拔销后才能启动。当自动方式结束一个循环且对两个连杆加工完后，机床处于初始状态。

专用机床的 I/O 分配如下：

（1）输入端。

自动/手动方式选择开关 S	00000	工件夹紧压力继电器 SP ₀	00101
手动夹紧工件操作按钮（1）SB ₁	00001	右滑台压力继电器 SP ₁	00102
手动夹紧工件操作按钮（2）SB ₂	00002	左滑台压力继电器 SP ₂	00103
手动放松工件操作按钮 SB ₃	00003	工件夹紧到位限位开关 ST ₁	00104
手动插销操作按钮 SB ₄	00004	拔销到位限位开关 ST ₂	00105
手动拔销操作按钮 SB ₅	00005	右滑台终点限位开关 ST ₃	00106
启动主轴按钮 SB ₆	00006	右滑台原位限位开关 ST ₄	00107
自动方式启动按钮（1）SB ₇	00007	左滑台终点限位开关 ST ₅	00108
自动方式启动按钮（2）SB ₈	00008	左滑台原位限位开关 ST ₆	00109
左/右滑台进手动操作按钮 SB ₉	00009	插销到位限位开关 ST ₇	00110
左/右滑台退手动操作按钮 SB ₁₀	00010	工件放松到位限位开关 ST ₈	00111

（2）输出端。

原位指示灯 HL	01000	左滑台快进/工进电磁阀 YV ₃ 线圈	01005
右主轴接触器 KM ₁ 线圈	01001	左滑台快退电磁阀 YV ₄ 线圈	01006
左主轴接触器 KM ₂ 线圈	01002	夹紧电磁阀（1）YV ₅ 线圈	01007
右滑台快进/工进电磁阀 YV ₁ 线圈	01003	放松电磁阀（1）YV ₆ 线圈	01100
右滑台快退电磁阀 YV ₂ 线圈	01004	夹紧电磁阀（2）YV ₇ 线圈	01101

放松电磁阀 (2) YV ₃ 线圈	01102	拔销电磁阀 YV ₁₁ 线圈	01105
夹紧电磁阀 (3) YV ₉ 线圈	01103	插销电磁阀 YV ₁₂ 线圈	01106
放松电磁阀 (3) YV ₁₀ 线圈	01104		

由于半精镗专用机床控制中使用了较多的电磁阀, 为说明各电磁阀的工作状态, 将各工步时电磁阀的状态列表, 如表 6-1-1 所示。“+”表示电磁阀线圈接通, “(+)”表示电磁阀接通后保持接通状态。

表 6-1-1 各工步时电磁阀的状态

	YV ₁	YV ₂	YV ₃	YV ₄	YV ₅	YV ₆	YV ₇	YV ₈	YV ₉	YV ₁₀	YV ₁₁	YV ₁₂
夹紧					+		+		+			
拔销					(+)		(+)		(+)		+	
右快进	+				(+)		(+)		(+)			
右工进	(+)				(+)		(+)		(+)			
右快退		+			(+)		(+)		(+)			
左快进			+		(+)		(+)		(+)			
左工进			(+)		(+)		(+)		(+)			
左快退				+	(+)		(+)		(+)			
插销					(+)		(+)		(+)			+
松开					(+)	+		+		+		

压力继电器 SP₀ 从工件夹紧到位开始的全部加工过程中一直保压, 其触点动作, 当放松工件时触点复位。SP₁ 右工进达到一定压力时其触点动作, 右快退时触点复位。SP₂ 左工进达到一定压力时其触点动作, 左快退时触点复位。

图 6-1-20 是半精镗专用机床 PLC 控制梯形图。参考流程图、控制方式以及 I/O 分配和各工步时电磁阀的状态, 可以加深对梯形图程序的理解。

十二、搬运机械手控制

(一) 机械手的工作方式

利用液压控制的机械手动作示意图如图 6-1-21 所示, 其任务是把左工位的工件搬运到右工位。机械手的工作方式分为手动、单步、单周期和连续四种。

单周期方式工作是指机械手在原位 (压在左限位开关和上限位开关上), 按一次操作按钮机械手下降到左工位, 压动下限位开关后停止。接着机械手夹紧工件上升到原位, 压动上限位开关后自停; 然后机械手开始右行直至压动右限位开关后停

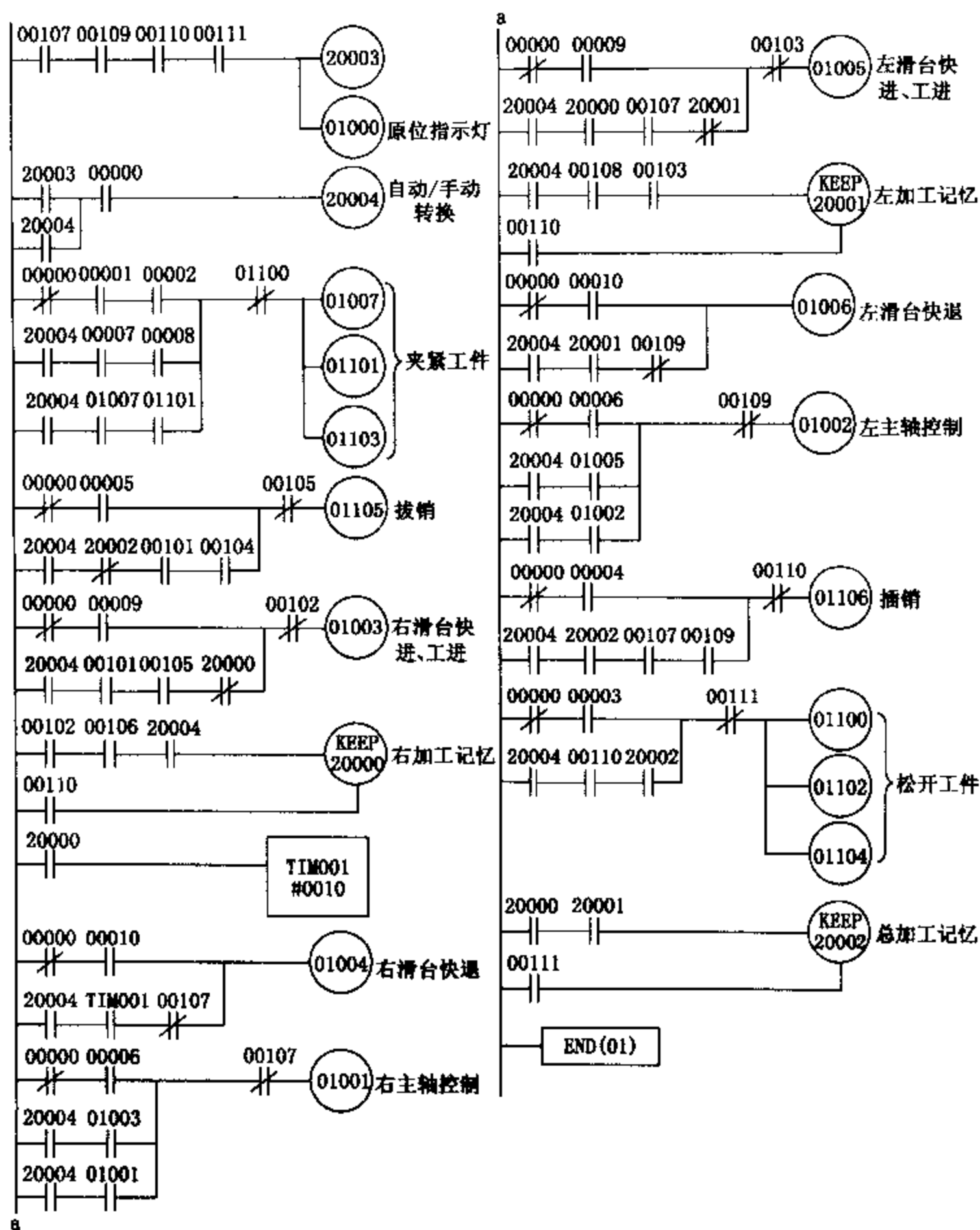


图 6-1-20 半精镗专用机床梯形图

止。接着机械手下降，下降到右工位压动下限位开关（两个工位用一个下限位开关），然后机械手开始左行直至压动左限位开关后停止。至此一个周期的动作结束，再按一次操作按钮则开始下一个周期的运行。

连续方式工作是指起动后机械手反复运行上述每个周期的动作过程。

单步方式工作是指每按一次操作按钮，机械手完成一个工步。

手动方式工作是指按下按钮则机械手开始一个动作，松开按钮则停止该动作。

根据各步的工作不同，对于机械手各工作步的控制有不同的要求。机械手上升或下降的动作使用上、下限位开关进行控制，上升/下降的动作用一个双线圈的电磁阀控制。为了确保夹紧和放松动作的可靠性，对夹紧和放松动作进行定时，并设置夹紧和放松指示。夹紧和放松动作由单线圈的电磁阀控制。机械手的左/右运动都必须到位，以确保在左工位取到工件并在右工位放下工件。左/右行的动作由双线圈的电磁阀控制。

自动方式（连续、单周期、单步）时，按一次操作按钮开始运行，此后再按操作按钮均属错误操作，程序对错误操作不予响应。

机械手控制的 I/O 分配如下：

（1）输入端。

操作按钮	00000	升/降选择	00100
停车按钮	00001	紧/松选择	00101
下降限位	00003	左/右选择	00102
上升限位	00004	手动方式	00103
右行限位	00005	单步方式	00104
左行限位	00006	单周方式	00105
光电开关	00007	连续方式	00106

（2）输出端。

下降电磁阀线圈	01000	左行电磁阀线圈	01004
上升电磁阀线圈	01001	原位指示灯	01005
紧/松电磁阀线圈	01002	夹紧指示灯	01006
右行电磁阀线圈	01003	放松指示灯	01007

（二）机械手动作流程

机械手动作流程图如图 6-1-22 所示。图 6-1-23 是手动控制程序的梯形图。

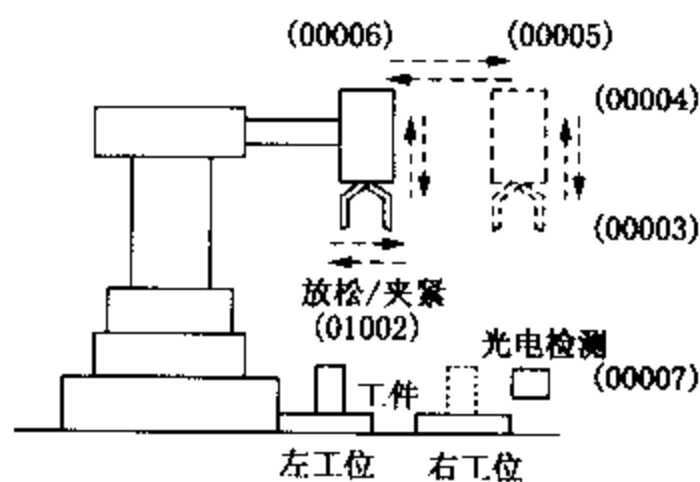


图 6-1-21 机械手动作示意图

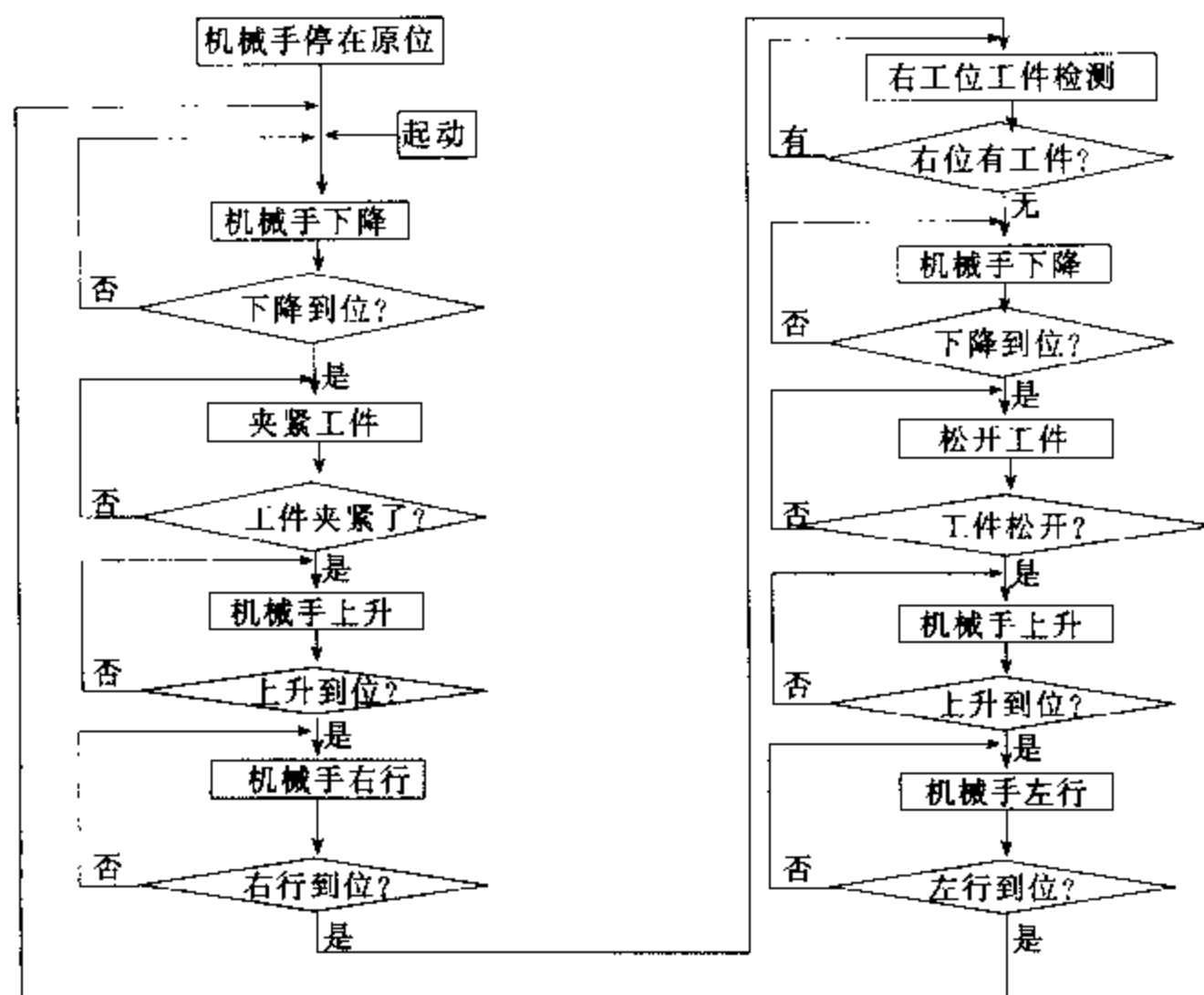


图 6-1-22 机械手自动运行流程图

1. 手动方式下的升/降控制

手动控制机械手的升/降、左/右行、工件的夹紧/放松操作，是通过方式开关、操作和停车按钮的配合来完成的。进行机械手升/降操作时，要把选择开关拨在升/降位，使 00100 接通。

按下操作按钮时输入点 00000 接通，则 01000（下降电磁阀线圈）接通使机械手下降，松开按钮则机械手下降停止。机械手下降至最低位时压动下限位开关 00003 并停止。

按下停车按钮时输入点 00001 接通，则 01001（上升电磁阀线圈）接通使机械手上升，松开按钮则机械手上升停止。机械手上升至最高位时压动上限位开关 00004 并停止。

2. 手动方式下的夹紧/放松控制

只有机械手停在左或右工作位且下限位开关 00003 受压（其动合触点接通）时，夹紧/放松的操作才能进行。动作选择开关拨在夹紧/放松位，使输入点 00101 接通。

机械手停在左工作位且此时有工件时，按下操作按钮有以下动作：首先 01002 被置位，机械手开始夹紧工件，01006 接通，夹紧动作指示灯亮，表示正在进行夹

紧的动作；接着 TIM002 开始夹紧定时，当定时时间到且夹紧动作指示灯灭时，方可松开按钮，此时 01002 仍保持接通状态，TIM002 被复位。

机械手停在左工作位且此时有工件时，按下操作按钮有以下动作：首先 01002 被复位，机械手开始放松工件，01007 接通，放松动作指示灯亮，表示正在进行放松的动作；接着 TIM003 开始放松定时，当定时时间到且放松动作指示灯灭时，方可松开按钮，此时 01002 仍保持断开状态，TIM003 被复位。

3. 手动方式下的左/右行控制

把动作选择开关拨在左/右位，使输入点 00102 接通。

右行的操作为：按下操作按钮 00000，01003（右行电磁阀线圈）得电使机械手右行，松开按钮则机械手停；当按住操作按钮不放时，机械手右行到位压动右限位开关 00005 并停止。

左行的操作为：按下操作按钮 00001，01004（左行电磁阀线圈）得电使机械手左行，松开按钮则机械手停；当按住操作按钮不放时，机械手左行到位压动左限位开关 00006 并停止。

（三）机械手控制梯形图

图 6-1-24 所示为机械手自动控制程序梯形图。

1. 连续运行方式控制

连续运行方式的起动必须从原位开始。如果机械手没停在原位，要用手动操作让机械手返回原位。当机械手返回原位时，原位指示灯亮。方式选择开关拨在连续位且输入点 00106 接通，使 21000 置位、SFT 的移位脉冲输入端接通。移位接触器

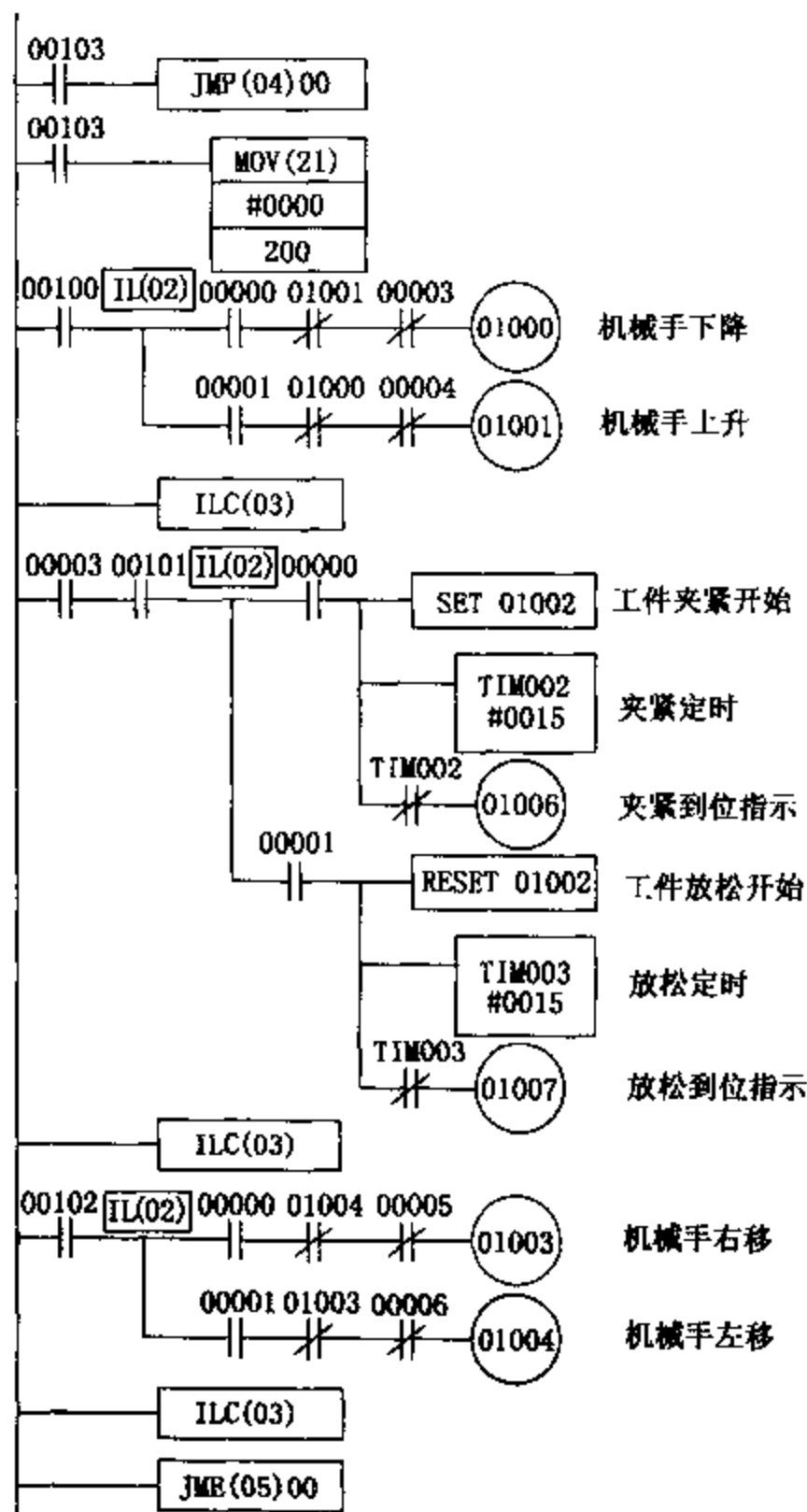


图 6-1-23 机械手的手动控制程序梯形图

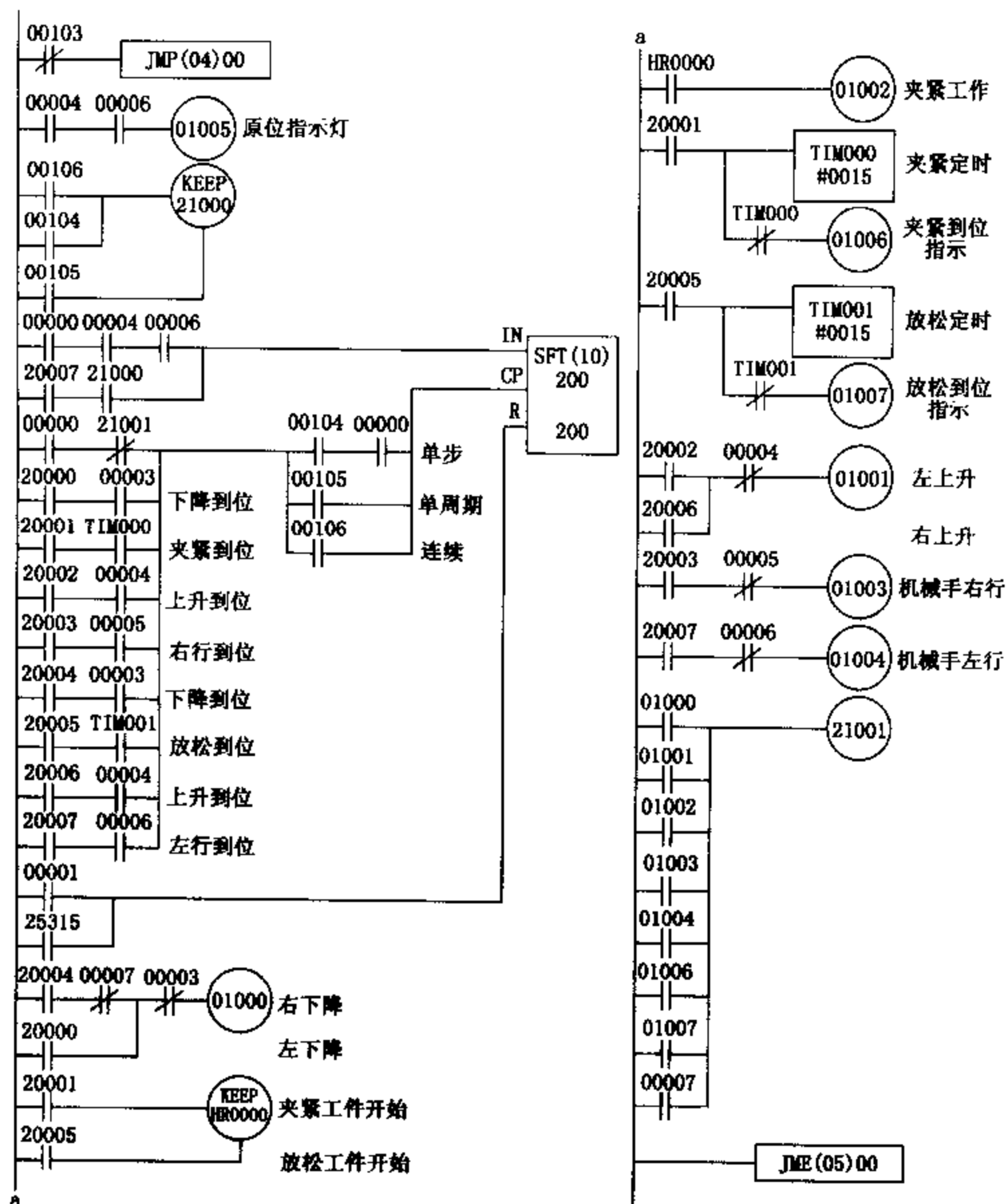


图 6-1-24 机械手自动控制梯形图

通道 200 是由 25315 或停止按钮 00001 进行复位的。

由于机械手在原位，上限位开关和左限位开关受压，动合触点 00004 和 00006 都闭合。所以按一下操作按钮，则向移位寄存器发出第一个移位脉冲。第一次移位使 20000 为“1”，从而使 01000 为接通，机械手开始下降，且 00004 和 00006 均变为断开。

当机械手下降到左工位并压动下限位开关时，00003 的动合触点闭合，于是移位寄存器移位一次。由于机械手离开了原位，且串联在移位输入端的动合触点 00000、00004 和 00006 都是断开的，所以这次移位使 20000 变为“0”，而 20001 为“1”。

20001 为“1”使 HR0000 置位，01002 接通，工件夹紧动作开始。在夹紧时夹紧动作指示灯亮，使夹紧定时器 TIM000 开始定时。当定时时间到（即夹紧到位）时，夹紧指示灯灭，移位寄存器又移位一次，使 20001 变为“0”，而 20002 为“1”。

20002 为“1”使 01001 接通，机械手开始上升。当机械手上升到原位时，压上限位开关 00004 使 01001 断电，上升动作停止，同时移位寄存器又移位一次，使 20002 变为“0”，而 20003 为“1”。

20003 为“1”使 01003 接通，机械手开始右移。当机械手右移到位时压右限位开关 00005，使 01003 断电，右移动作停止，同时移位寄存器又移位一次，使 20003 变为“0”，而 20004 为“1”。

20004 为“1”时，若检测到右工位没有工件，且光电开关的动断触点 00007 接通，那么 01000 再次接通，自此机械手开始下降。当机械手下降到右工位压动下限位开关 00003 时，使 01000 断电，下降动作停止，同时移位寄存器又移位一次，使 20004 变为“0”，而 20005 为“1”。若检测到右工位有工件，使动断触点 00007 断开，则机械手停在右上方不动。只有拿掉右工位的工件，机械手才开始下降。

20005 为“1”使 HR0000 和 01002 复位，工件放松动作开始。在放松时使放松动作指示灯亮，放松定时器 TIM001 开始定时。当定时时间到（即放松到位）时，放松指示灯灭，而移位寄存器又移位一次，使 20005 变为“0”，而 20006 为“1”。

20006 为“1”使 01001 再次接通，机械手开始上升。当机械手上升到位时压动上限位开关 00004，使 01001 断电，上升动作停止，同时移位寄存器又移位一次，使 20006 变为“0”，而 20007 为“1”。

20007 为“1”使 01004 接通，机械手开始左移。当机械手左移到位时压左限位开关 00006，使 01004 断电，左移动作停止，同时移位寄存器又移位一次。由于 20007 和 21000 一直为接通，所以 SFT 的数据输入端为“1”。这样，本次移位使 20000 又变为“1”，随之开始了下一个周期的运行。

2. 单周期运行方式的控制

由于方式选择开关拨在单周期位时使 00105 接通，其动合触点闭合使 21000 被复位。所以当机械手运行到一个循环的最后一步结束，且 20007 和左限位 00006 为

接通时,因 21000 已断开而使 SFT 的数据为“0”,不能使 20000 再置位,因此只能在一个周期结束时停止运行。要想进行下一个周期的运行,必须再按一次操作按钮。

3. 单步运行方式的控制

单步方式时, SFT 的移位输入端是动合触点 00104 与 00000 的串联,所以按一次操作按钮发一个移位脉冲,机械手只完成一步的动作就停止。例如,当 20000 接通机械手下降到位时,00003 被接通,此时若不再按一下操作按钮,则移位信号不能送到 SFT 的移位输入端,因此机械手只能在一步结束时停止运行。

由于方式选择开关拨在单步位,00104 接通,其动合触点闭合,使 21000 被置位。当机械手运行到一个循环的最后一步结束(即 20007 和 00006 接通)时,由于移位输入端 20007 和 21000 接通,所以若再按一次操作按钮能使 20000 再置位,即进入一个周期的第一步。

4. 自动方式下误操作的禁止

连续、单周期、单步都属于自动方式的运行。在自动运行过程中,为了防止误操作,01000~01007(除 01005)及 00007 中总有一个接通,使 21001 总接通。由于动合触点 00000 和动断触点 21001 串联在移位寄存器的移位脉冲输入端,那么在自动方式第一次按起动按钮开始运行后,如果又误按了一下起动按钮 00000,则程序不会响应。这是因为第一次按起动按钮后,01000 即接通,且使 21001 接通,其动断触点 21001 断开,此后再按起动按钮,移位脉冲也不会送达 SFT 的 CP 端。同样其他各步也能保证 21001 接通,所以起动后误按操作按钮不会造成误动作。

5. 手动和自动方式转换时的复位

由于手动和自动方式的切换是由 JMP/JME 指令实现的,当 JMP 的执行条件由接通变为断开时,JMP 与 JME 之间的各输出状态保持不变。所以在手动方式与自动方式切换时,一般要进行复位操作,以避免出现错误动作。

由于自动运行方式必须是机械手停在原位时才能起动,所以经过手动复位后,使 01000~01007(除 01005)都被复位。若在自动运行过程中欲停机,应按停车按钮 00001 对 200 通道进行复位,也间接地对 010 通道进行了复位。

在自动运行过程中,若未按停车按钮直接将方式开关 00103 拨到手动位,则 200 通道中的状态将保持。当手动操作完毕再转到自动状态时,200 通道的原状态就会导致误动作。为防止这种现象的发生,在手动控制程序中采取了复位措施。由于 200 通道被复位,因此切换时不会出现误动作。

十三、三种液体自动混合控制

三种液体自动混合装置示意图如图 6-1-25 所示, Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 为电磁阀, M 为搅拌电动机, H 为加热器, L_1 、 L_2 、 L_3 为液面传感器(液面淹没时其动合触点接通), T 为温度传感器(当混合液体温度达到某一指定值时其动合触点接通)。

三种液体自动混合控制要求如图 6-1-26 所示。

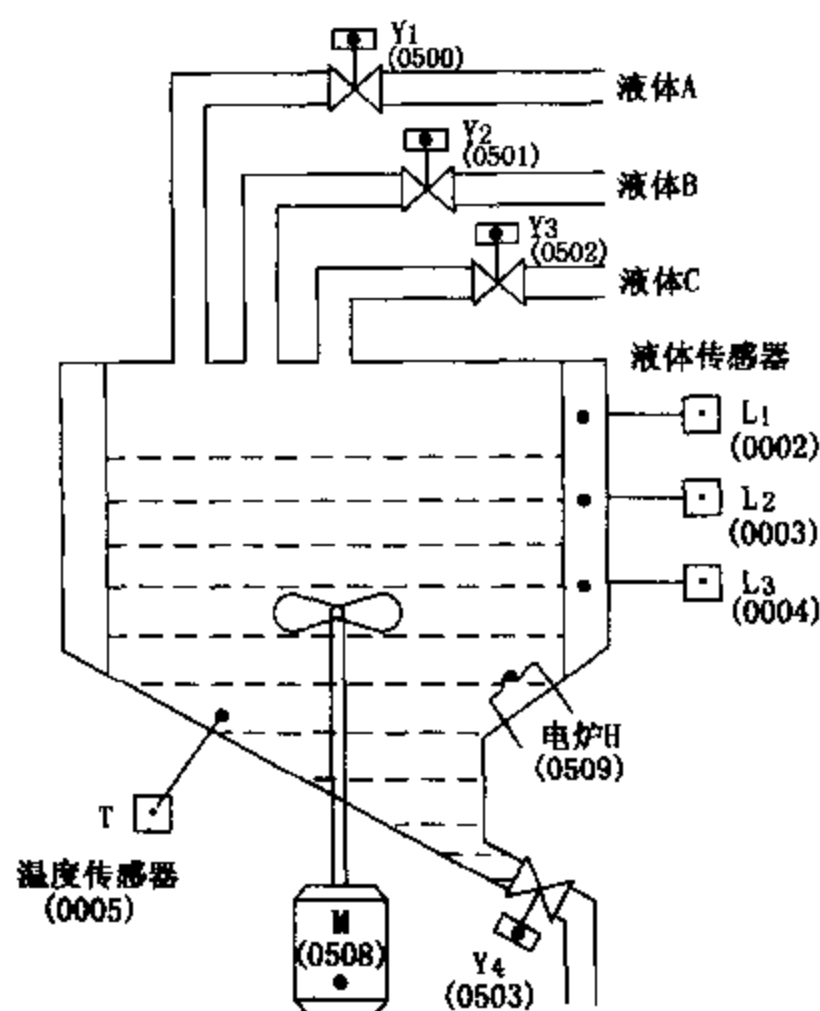


图 6-1-25 三种液体自动混合示意图

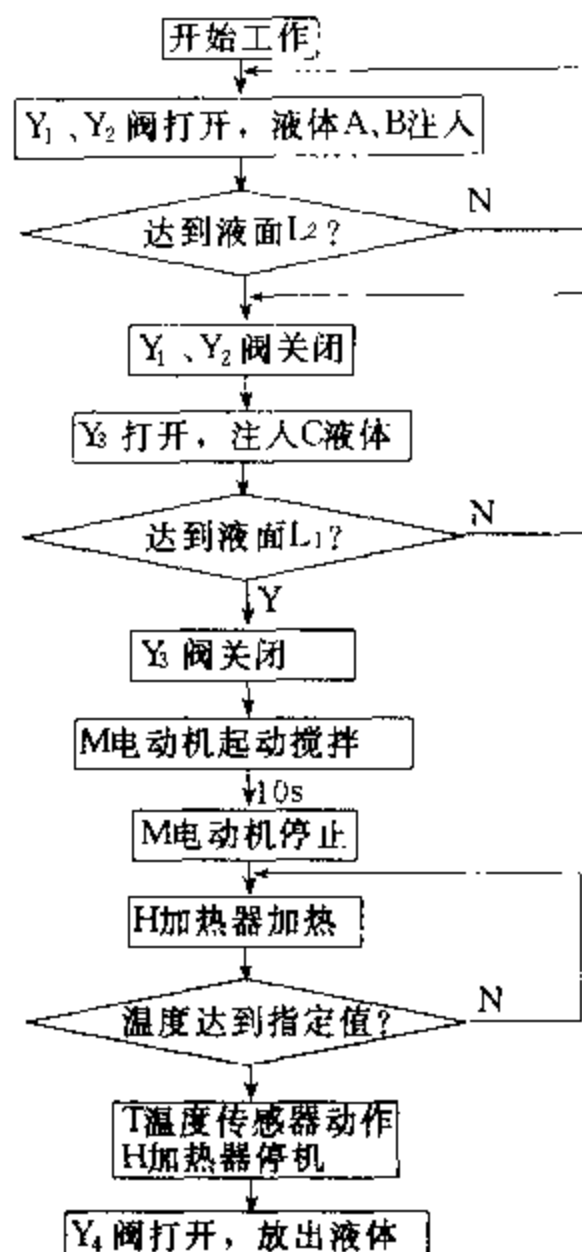


图 6-1-26 三种液体自动混合控制流程图

三种液体混合控制 I/O 分配如下：

(1) 输入端。

起动按钮 SB ₀	0000
停止按钮 SB ₁	0001
液面传感器 (1) L ₁	0002

液面传感器 (2) L ₂	0003
液面传感器 (3) L ₃	0004
温度传感器 T	0005

(2) 输出端。

电磁阀 (1) Y ₁	0500
电磁阀 (2) Y ₂	0501
电磁阀 (3) Y ₃	0502

电磁阀 (4) Y ₄	0503
电动机 M	0508
加热器 H	0509

因为自动混合装置原有继电器-接触器控制线路，且工作较稳定、功能完善，所以可将继电器的控制电路图直接转换成 PLC 的梯形图。原继电器-接触器系统控制如图 6-1-27 所示，图中括号内为对应 PLC 梯形图中的接点和器件符号。时间继电器 KT₁、KT₂ 用定时器 TIM00、TIM01 代替；继电器 KA₄ 用后沿微分指令 DIFD 代替；KA₀~KA₅ 用前沿微分指令 DIFU 代替；KA₆ 用锁存继电器 KEEP 1115 代替；自锁触点 KA₆ 省略；自锁与机械互锁触点 KM₁、KM₂、KM₃、KM₄、

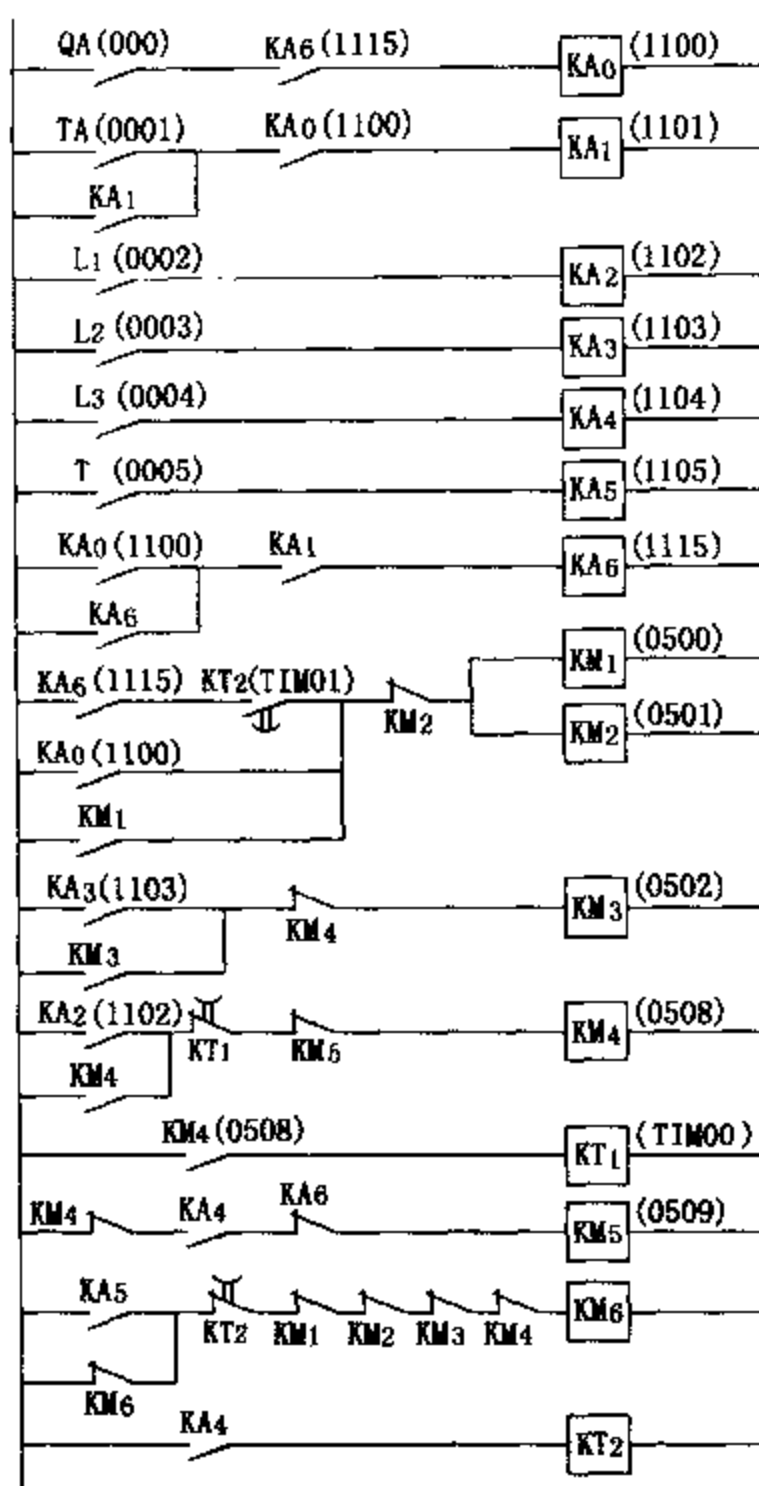


图 6-1-27 系统控制原理图

KM₅、KM₆ 省略。其 PLC 梯形图如图 6-1-28 所示。

另外一种编程方法是使用移位寄存器指令 SFT，在设计的梯形图中使用了保持继电器。在移位指令之前，用传送指令 MOV，将一个十六进制四位常数 0001 送到保持继电器 HR0 通道中，使保持继电器 HR000 为 ON。移位寄存器所移的五位为 HR000~HR004，如图 6-1-29 所示。用移位寄存器设计的梯形图如图 6-1-30 所示。

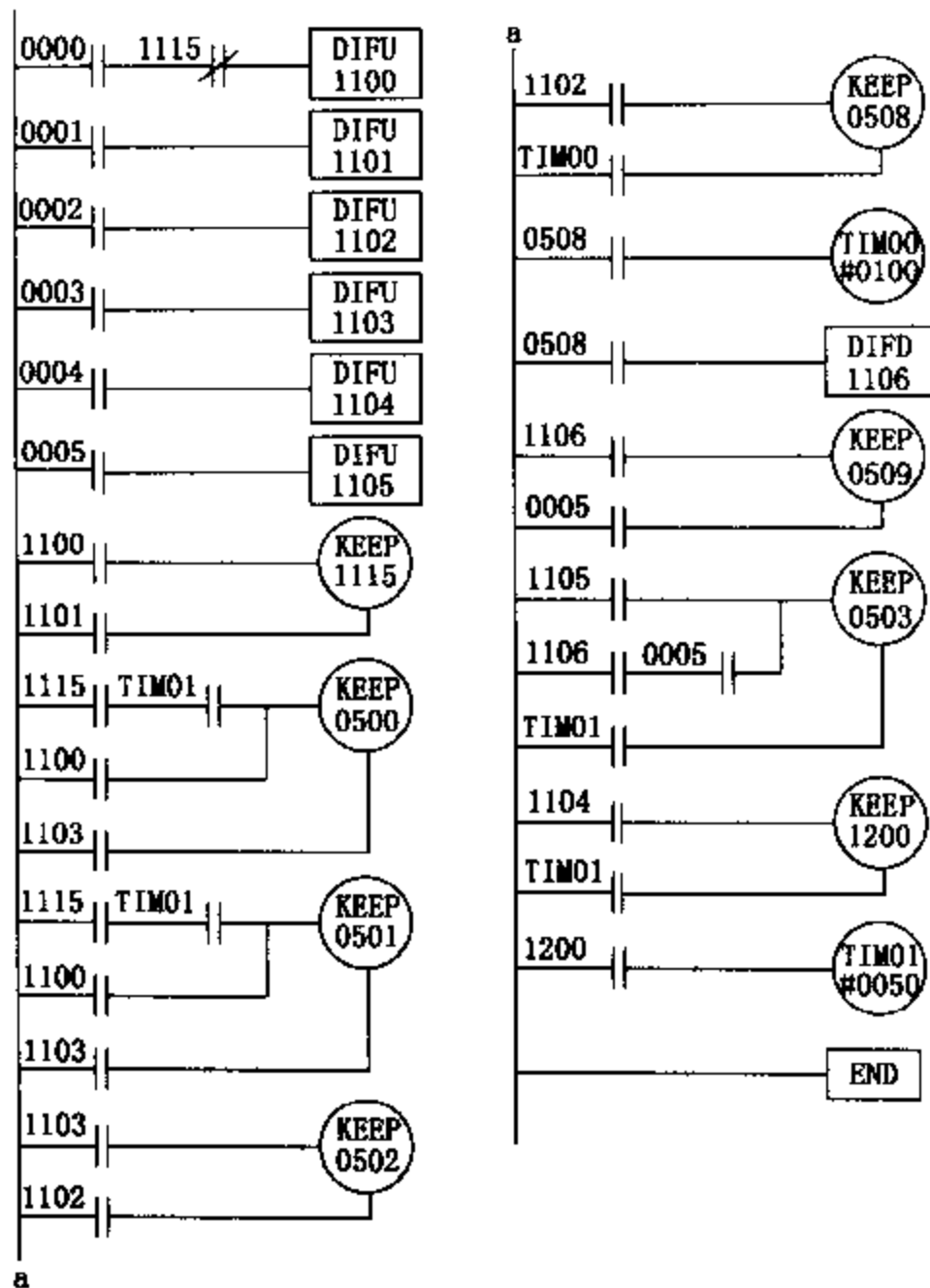


图 6-1-28 液体自动混合控制梯形图

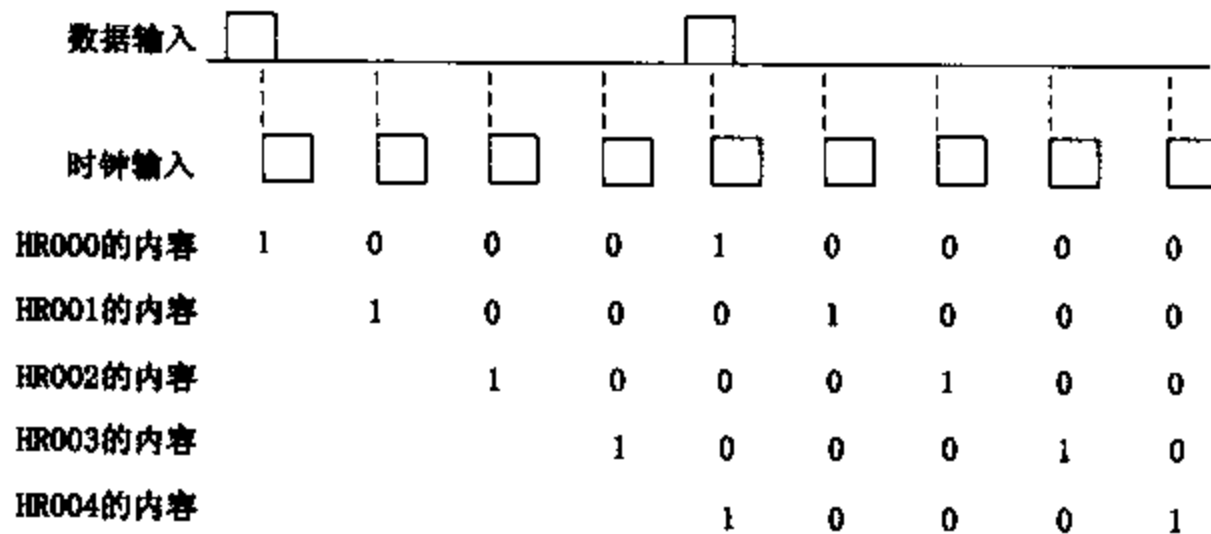


图 6-1-29 移位寄存器移位示意图

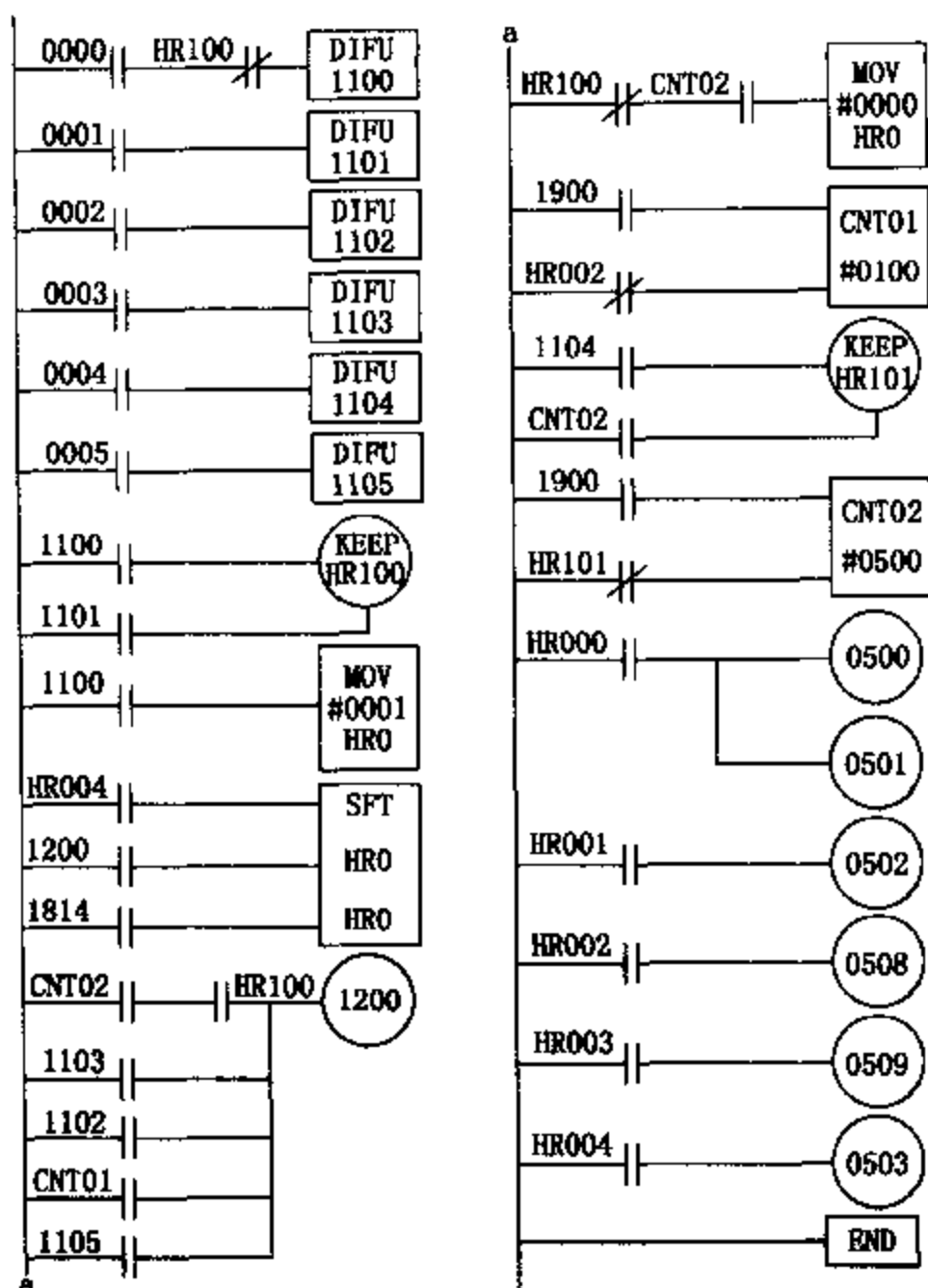


图 6-1-30 用移位寄存器设计的梯形图

第二节 欧姆龙 PLC 的安装与系统接线

一、C 系列 P 型机的硬件安装

(一) 安装位置与环境

PLC 必须选择安装符合国家电气标准的外罩。为避免附近控制屏或电气装置产生的干扰, 安装时应满足下列条件: 采用封闭的防尘箱; 与高频设备安装在一起时, 其外罩必须接地; 不要把 PLC 与高压设备安装在同一罩壳里; 尽可能远离高压线和动力线路; 不要把 PLC 安装在发热源的上面; 垂直安装的 PLC, 应保证空气能最大限度地流动, 同时防止脏物从通风道掉入机内。

安装时的环境应满足下列条件: 环境温度 $0\sim 55^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $35\%\sim 85\%$ (无

凝固)；应防止周围粉尘严重侵入，特别是盐类、金属粉末等（PLC 为非防尘防水结构）；避免安装在异常振动或冲击场所，避免阳光直射；不能和产生强干扰的设备使用同一电源；不能装在强电场、磁场环境。

(二) 基本单元、扩展单元与安装尺寸

C28P、C40P、C60P 的主机和扩展单元与 C20P 相似，表 6-2-1 列出了各机型的尺寸数据，单位为 mm。

表 6-2-1 各机型的尺寸数据

型 号	长	宽	高
C20P	250	110	114
C28P	250	110	114
C40P	300	110	114
C60P	350	140	114

在实际应用中，如果 PLC 主机（CPU）的输入、输出点不够，则应加装扩展单元。在安装主机（CPU）和扩展单元时，若两者水平安装，CPU 必须在 I/O 扩展单元的左边，如图 6-2-1 所示。若两者垂直安装，CPU 必须在 I/O 扩展单元的上边，如图 6-2-2 所示。各单元之间应留有足够的间隙，如表 6-2-2 所示，单位为 mm。

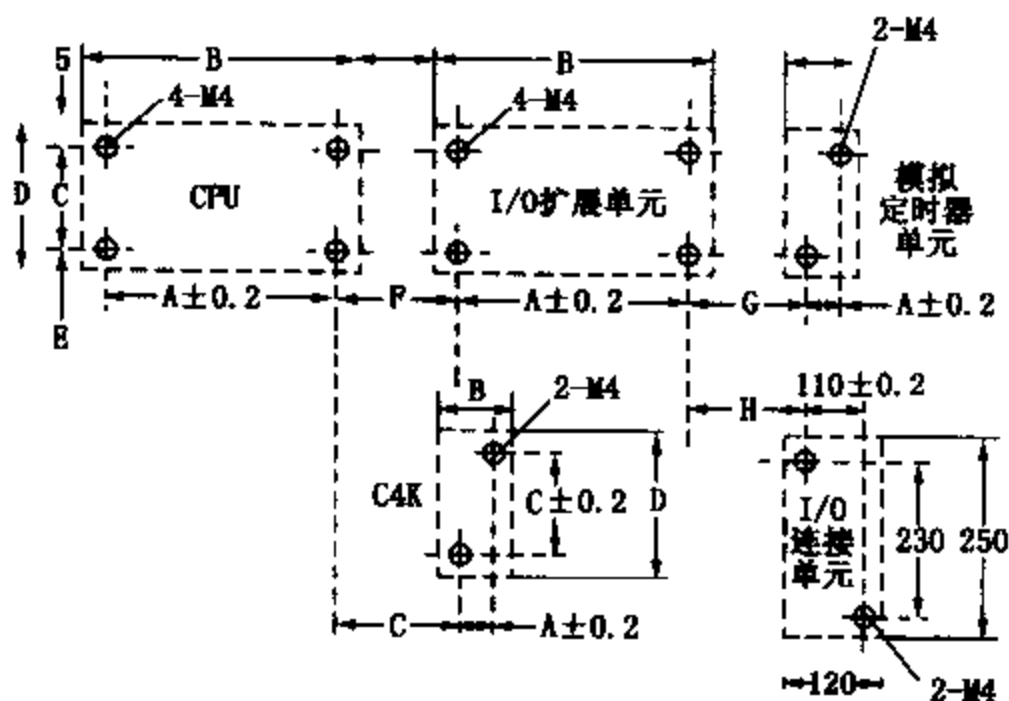


图 6-2-1 CPU 和扩展单元水平安装

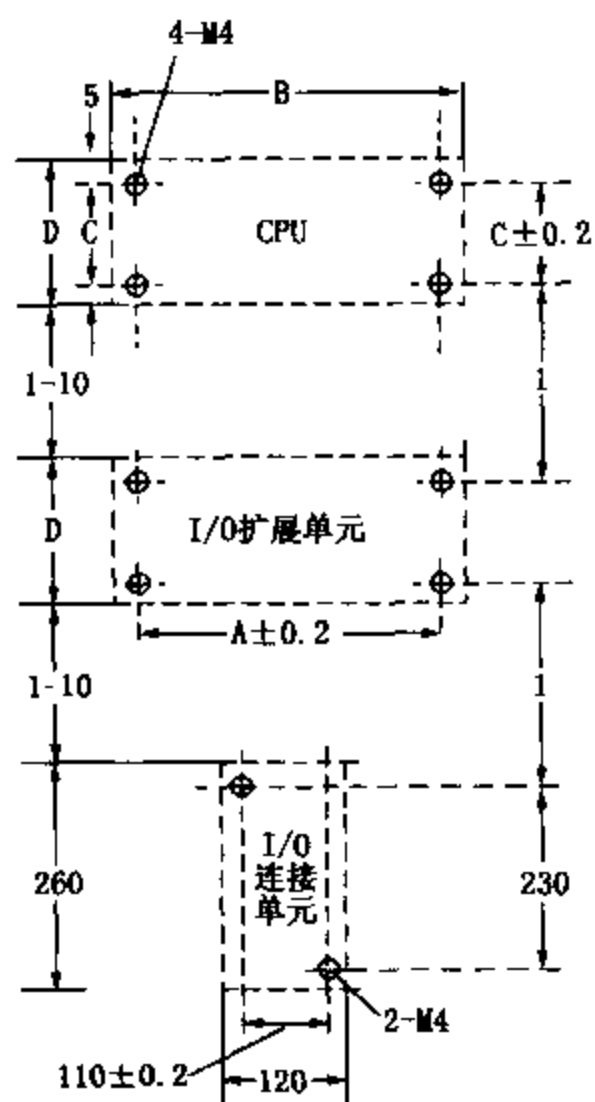


图 6-2-2 CPU 和扩展单元垂直安装

表 6-2-2 各单元间间隙

型 号		A±0.2	B	C±0.2	D	E	F	G	H	I
CPU	C20P	240	250	100	110	5	15~40	15~35	20~40	80~130
	C28P	240	250	100	110	5				
I/O 单元	C40P	290	300	100	110	5				
	C60P	340	350	120	140	15				
I/O 单元	C16P	145	155	100	110	5				
	C4K	31	40	100	110	5				
时间单元	C4 K - TM	31	40	100	110	5				

(三) 注意事项

(1) PLC 电源应选用双绞线，线径大于 2mm。如选用扩展单元，主机和扩展

单元要共用一个开关，即同时上电或断电。

(2) PLC 接地端一般不接地，若需要接地，应接专用地线。按标准线径 2mm (螺钉 4mm)，接地电阻 $\leq 100\Omega$ ，接地点应靠近 PLC。

(3) 输入信号线不要超过 30m，输入、输出走线要分开，并与动力线保持 200mm 以上距离。

(4) PLC 若直接安装在金属板上，底部应垫绝缘层，以防干扰。

(5) 紧急停止线路应在 PLC 输出电路的外部切断。

(6) 调试时，不能带电插拔编程器和电缆，以防止损坏器件。

(7) PLC 输出是逻辑输出的结果，负载电源要外接，并加装快速熔断器保护。

(8) 当 PLC 带上感性负载时，在输出继电器断开瞬间，电感上会感应几千伏的高压反电动势，引起触点产生电火花，这样既易损坏 PLC 的输出继电器，又会产生内部干扰。所以感性负载拉弧严重时建议增加浪涌吸收电路。高压反电动势及浪涌抑制电路接线如图 6-2-3 所示。

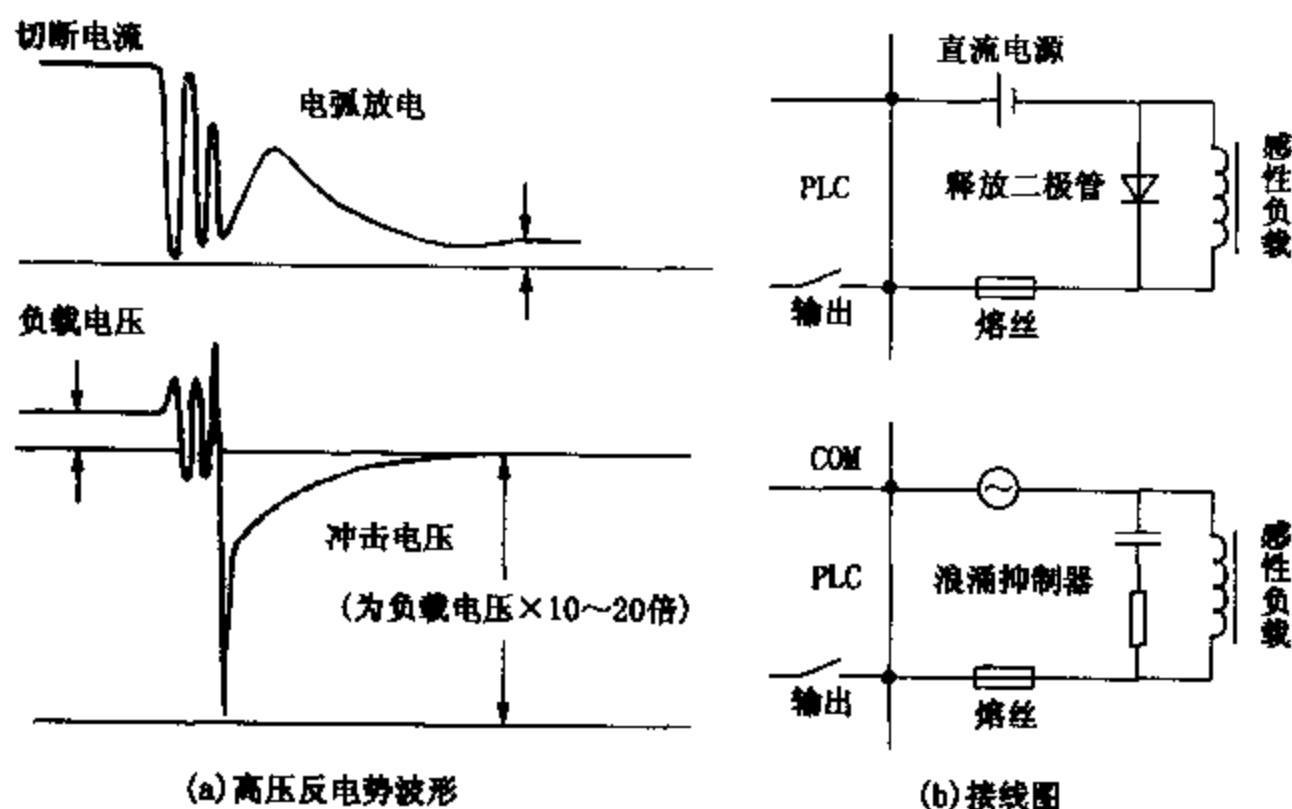


图 6-2-3 高压反电动势及浪涌抑制电路灭弧接线

一般产品配有专用高压反电动势及交、直流浪涌抑制器，若要自制可参照下列参数选择：直流释放二极管选用反向耐压大于 2 倍电源电压、正向通态电流大于负载电流平均值的二极管；RC 吸收电路中，电阻 R 选用 $(100\sim 200)\Omega/1W$ ，电容 C 选用 $(0.1\sim 0.2)\mu F/630V$ 。

(四) 解决干扰的方法 (见表 6-2-3)

表 6-2-3 解决干扰的方法

干 扰 因 素	解 决 方 法
电压波动过大	外装稳压器
电源干扰	采用隔离变压器
高频电压干扰	装滤波器
公共接地端干扰	独立接地
感性负载浪涌干扰	在电感负载两端并接浪涌抑制器
输入信号线感应干扰	将信号线与高压电缆、动力线分开, 或用屏蔽线
电磁接触器干扰	拉开与接触器间距离或装屏蔽罩

二、C 系列 P 型机的系统接线

(一) 电源与接地线

一般情况下, PLC 的输入端与输出端不采用同一种电源, 常见的有直流 24V、交流 200~240V 电源。在可能的情况下, 对 PLC 系统的输入装置、输出负载、CPU 和扩展 I/O 单元可采用单独的电源供电。

接地线至少要用 2mm 的专用地线与 GR 端 (主机面板上的端子) 连接, 接地阻抗小于 100Ω , 接地线的长度不超过 20m。LG 端 (主机面板上的端子) 是噪声滤波的中性端子, 通常不要求接地, 但当电气干扰成为影响主机正常工作的问题时, 该端子应该与 GR 端短接在一起。如果地线和其他设备共用, 或者将接地线短接在一个建筑物的大金属结构上, PLC 可能会受到不利的影响。

为了防止干扰经电源线或输入端口窜入 PLC 内部, 接线应如图 6-2-4 (a) 所示, 图 6-2-4 (b) 所示接线方式应禁止采用。

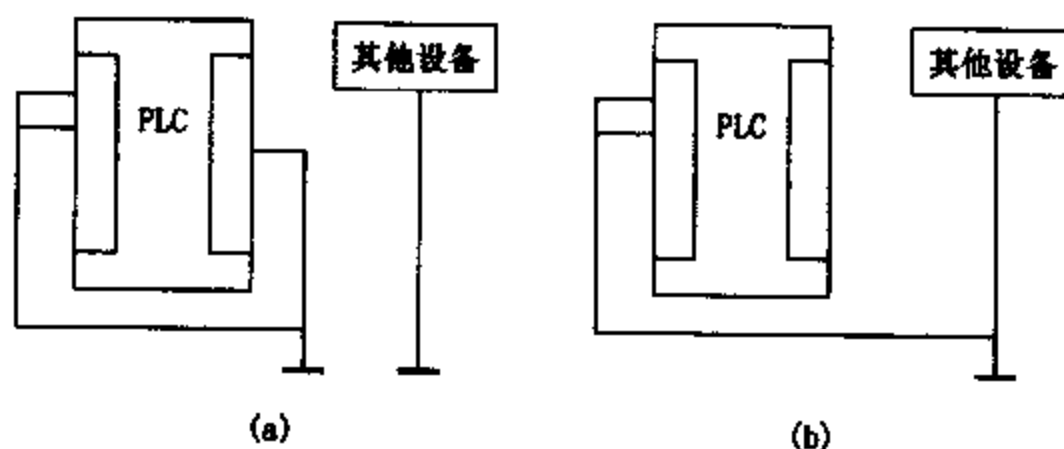


图 6-2-4 接地线的接线方式

（二）输入端接线

输入端接线是通过外部设备（一般是触点）将额定电压加到 PLC 输入端和与其对应的 COM 端上，其接线如图 6-2-5 所示。

图 6-2-5（a）中的外部设备可以是手动开关、行程开关、热继电器、接触器的触点及各种传感器的触点等。电源电压根据 PLC 机型和输入设备来确定。

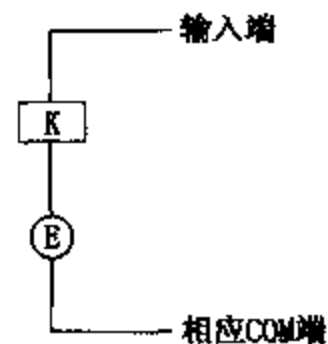


图 6-2-5 输入端接线

（三）输出端接线

输出端接线是由输出负载与电源串联接在 PLC 输出端和与其对应的 COM 端上，如图 6-2-6 所示。负载可以是接触器的线圈、电磁阀、信号灯，也可以是其他执行电器。电源应由 PLC 的三种输出方式和负载共同决定。常见的输出方式分别是继电器输出、晶体管输出和晶闸管输出。

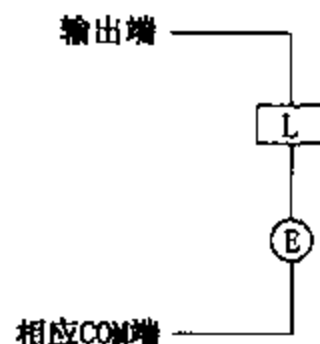


图 6-2-6 输出端接线

继电器输出方式要求负载电源一般为交流 220V 或直流 24V。

晶体管输出方式要求负载电源一般为直流 5~24V。

晶闸管输出方式要求负载电源一般为交流 100~120V 或直流 200~240V。

当使用晶体管输出时，负载电源（直流）的负极接对应的输出公共端 COM。如果是感性负载，需在负载（L）两端并联一个续流二极管，以保护 PLC 输出端的晶体管，连接时二极管的负极接电源正极，如图 6-2-7 所示。

对于使用交流电源供电产生的噪声，可在负载两端并联一个 RC 滤波器，如图 6-2-8 所示。对于使用直流电源供电产生的噪声，可在负载两端并联一个二极管，如图 6-2-9 所示。

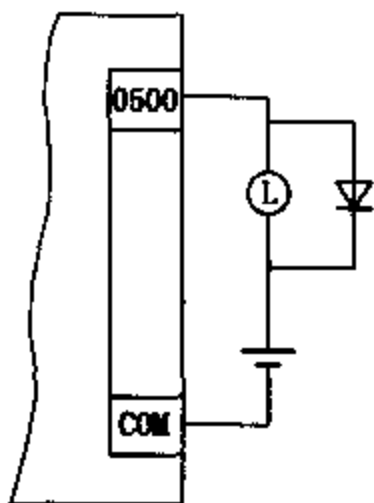


图 6-2-7 晶体管输出感性负载接线

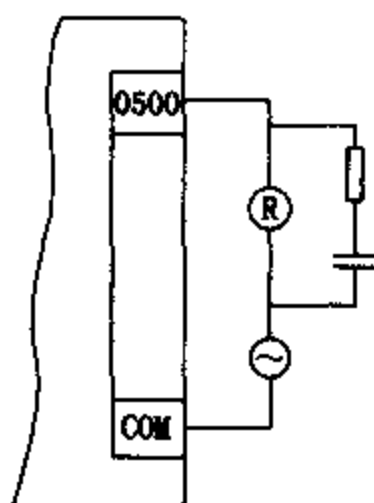


图 6-2-8 具有滤波器的输出接线

三、CPM1A 的系统接线

(一) 输入端接线

1. 按钮、行程开关类输入元件的连接

当 CPM1A-40CDR 输入端连接按钮、行程开关这类开关性负载时，输入端接线示意图如图 6-2-10 所示。图中只画出了 000 通道的部分输入点与按钮的连接，001 通道的接线方法与其相似。电源 U 可接在主机 24V 直流电源的正极，COM 接电源的负极。

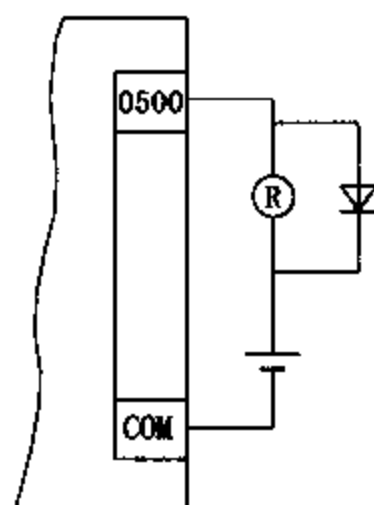


图 6-2-9 具有二极管的输出接线

2. 拨码器的连接

如果系统中某些数据需要经常修改，可使用 4 位

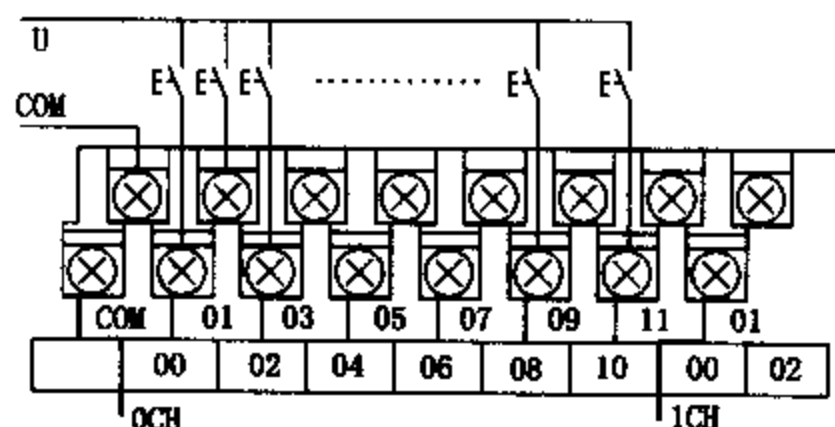


图 6-2-10 输入端接线示意图

拨码开关组成拨码器与 PLC 连接，在 PLC 外部进行数据设定。图 6-2-11 是一位拨码开关的示意图，一位拨码开关能输入一位十进制数的 0~9，或一位十六进制数的 0~F。拨码器与 PLC 的连接如图 6-2-12 所示。

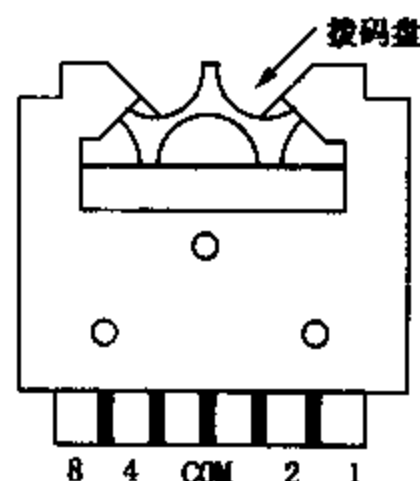


图 6-2-11 一位拨码开关示意图

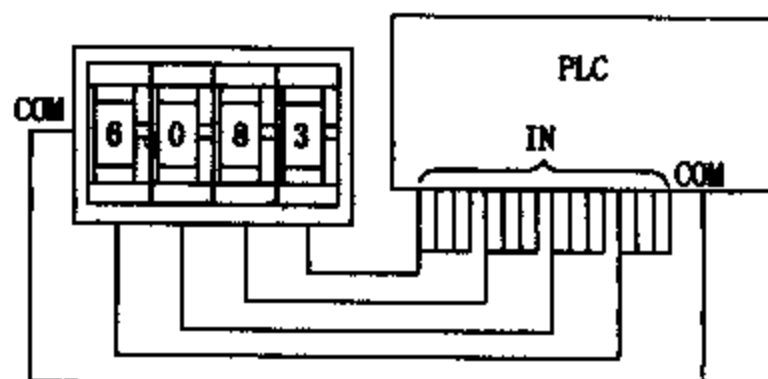


图 6-2-12 拨码器与 PLC 连接示意图

拨码器与 PLC 的接线示意图如图 6-2-13 所示。图中 4 个虚线框是 4 个拨码器的等效电路，4 个拨码器分别用来设定千、百、十、个位数，利用每个拨码开关的拨码盘调整各位拨码开关的值。例如，要设定数据为 6083 时，把千位拨码器拨为 6，此时千位中对应 8、1 的开关断开、对应 4、2 的开关闭合，则该位数字输入为 0110；把百位拨码器拨为 0，此时百位中所有开关均断开，则该位数字输入为 0000；把十位拨码器拨为 8，此时十位中对应 4、2、1 的开关均断开，对应 8 的开关闭合，则该位数字输入为 1000；把个位拨码器拨为 3，此时个位中对应 8 和 4 的开关均断开，对应 2、1 的开关闭合，则该位数字输入为 0011。

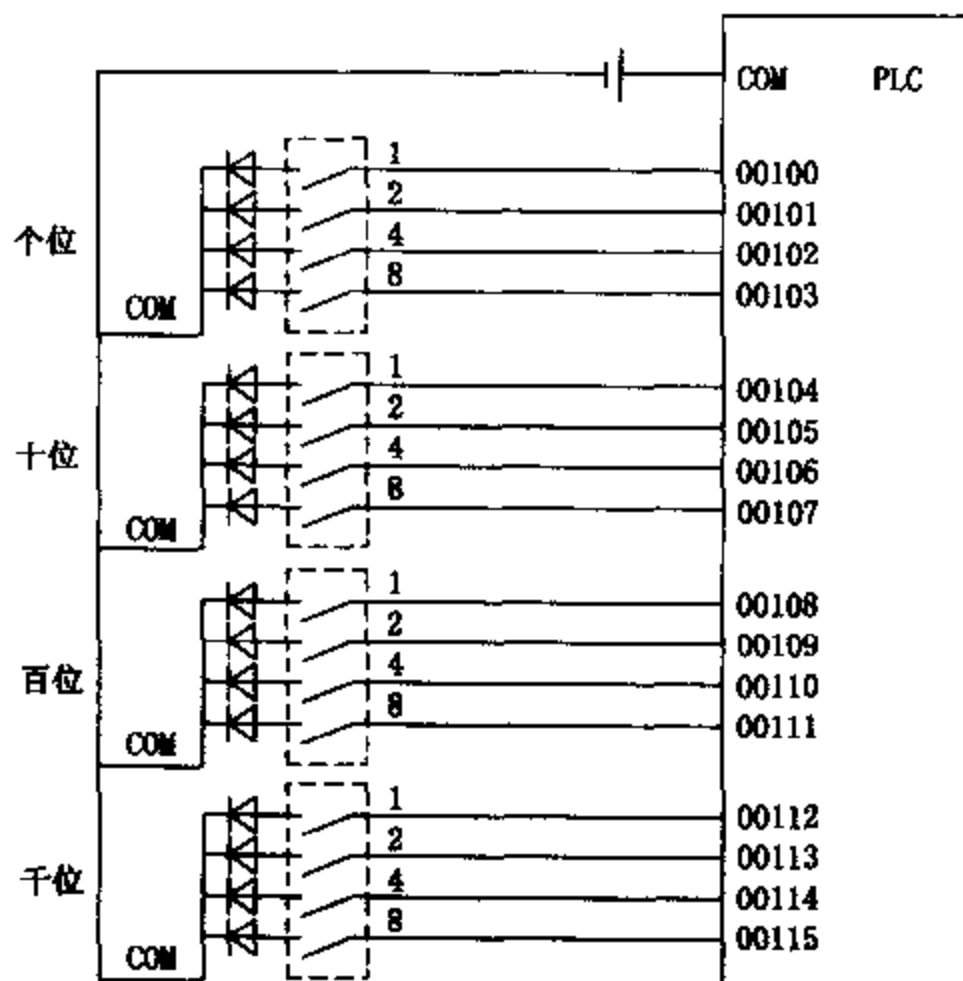


图 6-2-13 拨码器与 PLC 接线示意图

如果 PLC 的输入通道只有 12 位（不足 16 位），在用拨码器进行大于 3 位数字的数据设定时可以占用 2 个输入通道。这时用一个通道接收低 3 位数字，用另一个通道的 4 个位接收最高数字。编程时可用 MOV 指令将低 3 位数字传送到目的通道的 00~11 位中，而用位传送指令 MOV B 或数字传送指令 MOVD 将最高位数字传送到目的通道的 12~15 位中。

3. 旋转编码器的连接

旋转编码器可以提供高速脉冲信号。不同型号的旋转编码器，其输出脉冲的相数可能不同。有的编码器输出 A、B、Z 三相脉冲，有的只有 A、B 相而没有 Z 相，最简单的只有 A 相。图 6-2-14 是输出三相脉冲的 E6A2-C 系列旋转编码器与

CPM1A 的连接示意图。编码器有 5 条引线，其中 3 条是脉冲输出线，1 条是 COM 端线，1 条是电源线。编码器电源的“-”要与编码器的 COM 端连接。CPM1A 的 DC 24V 电源的“+”要与 PLC 输入侧的 COM 端连接，DC 24V 电源的“-”要与编码器电源的“-”相接。编码器的电源可以外接，也可直接使用 PLC 的 DC 24V 电源。

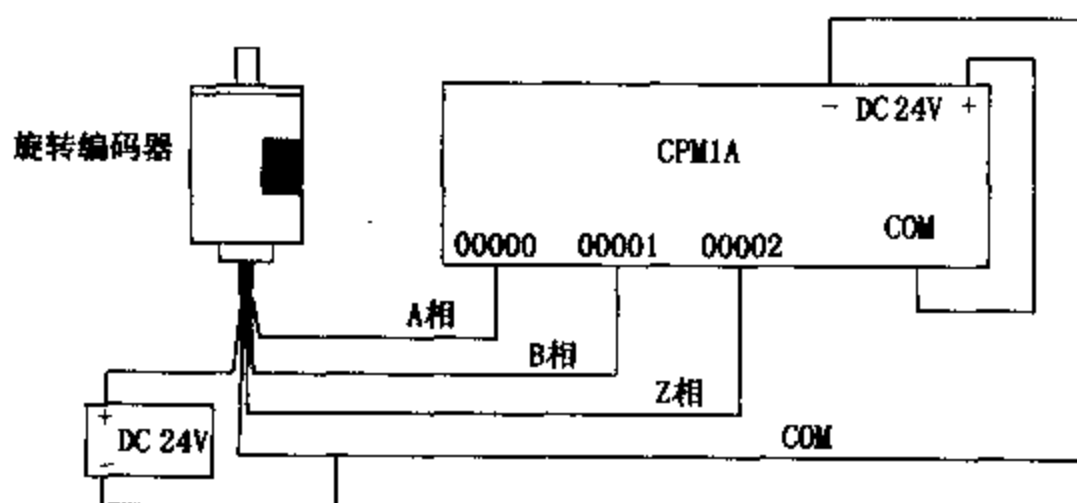


图 6-2-14 旋转编码器与 CPM1A 的连接示意图

4. 传感器类元件的连接

随着 PLC 更加广泛地应用在自动控制系统中，其输入信号除了按钮、行程开关提供的开关量以外，还有各类传感器提供的信号。传感器的种类很多，其输出方式也各不相同。当接近开关、光电开关等两线式传感器的漏电流较大时，可能出现错误的输入信号而导致 PLC 的误动作；当漏电流不足 1.0mA（00000～00002 不足 2.5mA）时可以不考虑其影响；当漏电流超过 1.0mA（00000～00002 超过 2.5mA）时，要在 PLC 输入端并联一个电阻 R，如图 6-2-15 所示。R 的估算方法为：

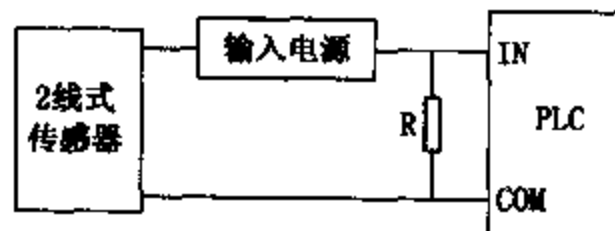


图 6-2-15 输入设备有漏电时的接线

$$R < \frac{Z_i \times 5.0}{I \times Z_i - 5.0} \text{ k}\Omega$$

$$P > \frac{2.3}{R} \text{ W}$$

式中， I 为漏电流（mA）； Z_i 是 PLC 的输入阻抗（kΩ），其值根据输入点的不同而存在差异； P 是 R 的功率；5.0 是 PLC 的 OFF 电压。

图 6-2-16 是各种输出方式的传感器与 PLC 的连接方法。

（二）输出端接线

PLC 输出端的接线，可根据其电压类型和等级，组成具有相同公共端的一组

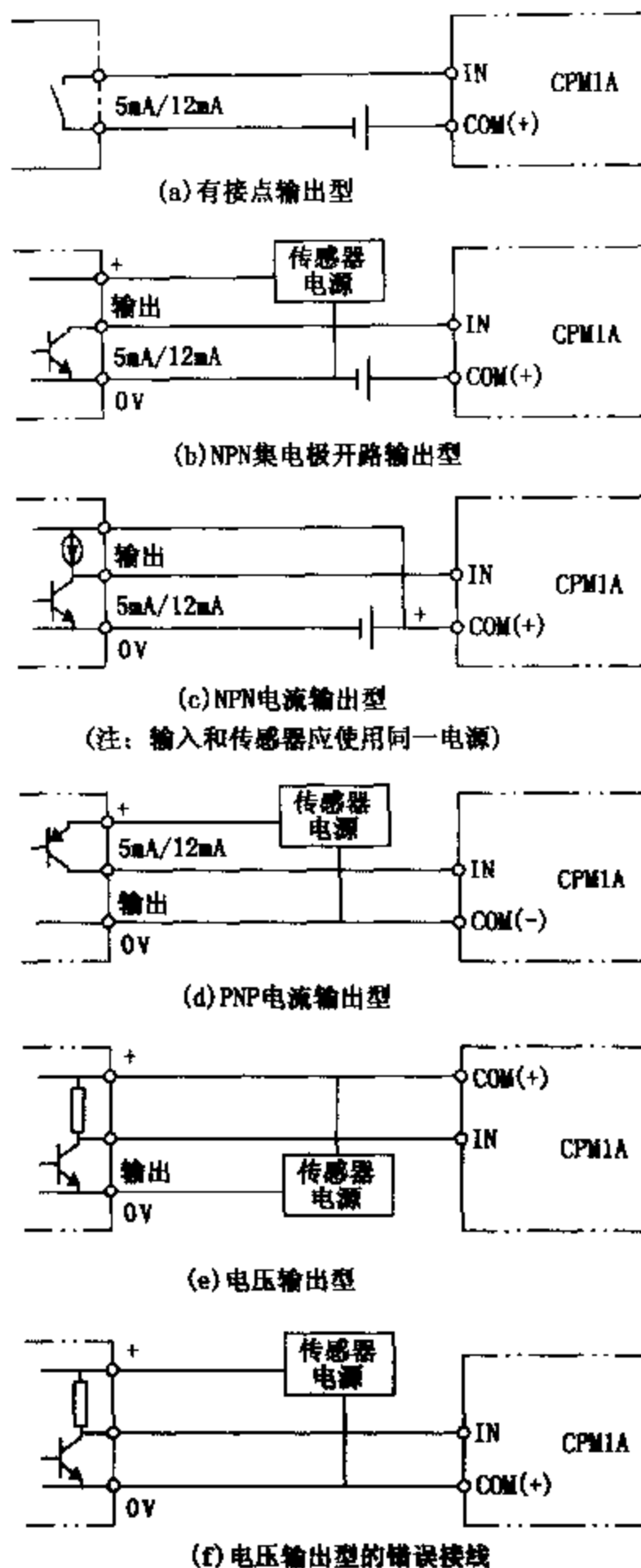


图 6-2-16 各种输出方式的传感器与 PLC 的连接

输出点。要根据负载电压的类型和等级来决定是否分组连接。图 6-2-17 所示为 CPM1A-40CDR 与输出设备的连接方法。图中只画了 010 通道的输出点与负载的连接，011 通道的连接方法与之相似。图示接法是负载具有相同电压的情况，所以各组的公共端连在一起，否则要分组连接。

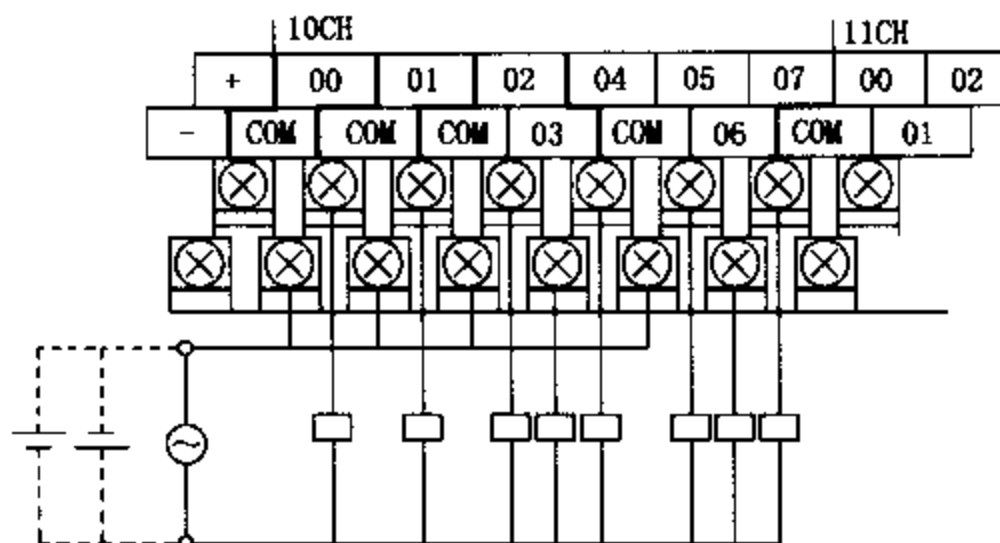


图 6-2-17 输出端接线示意图

要注意 PLC 与感性负载的连接方法。若是直流负载，则要与该负载并联二极管，如图 6-2-18 (a) 所示。并联的二极管可选 1A 的管子，其耐压要大于负载电源电压的 3 倍。接线时要注意二极管的极性，若是交流负载，则要与负载并联阻容吸收电路，如图 6-2-18 (b) 所示。阻容吸收电路的电阻可取 $51 \sim 120 \Omega$ ，电容可取 $0.1 \sim 0.47 \mu\text{F}$ ，电容的耐压要大于电源的峰值电压。输入和输出的 COM 端不能接在一起。

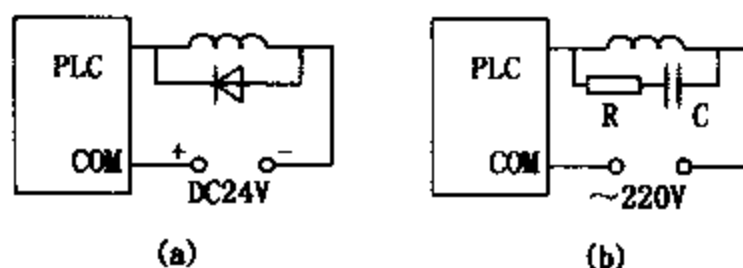


图 6-2-18 感性负载时的接线

PLC 的晶体管输出型和晶闸管输出型有较大漏电流，尤其是晶闸管输出型。当接上负载时可能出现输出设备的误动作，所以要在负载两端并联一个旁路电阻 R ，其阻值可由下式确定：

$$R < \frac{U_{\text{ON}}}{I} \text{ (k}\Omega\text{)}$$

式中， U_{ON} 是负载的开启电压 (V)； I 是输出漏电流 (mA)。

（三）电源的连接

PLC 的电源包括 CPU 单元、I/O 扩展单元的电源和输入端及输出端的电源。输入/输出端、CPU 单元及 I/O 扩展单元最好分别采用独立的电源供电。图 6-2-19 是 CPU 单元、I/O 扩展单元及输入/输出端电源的接线示意图。

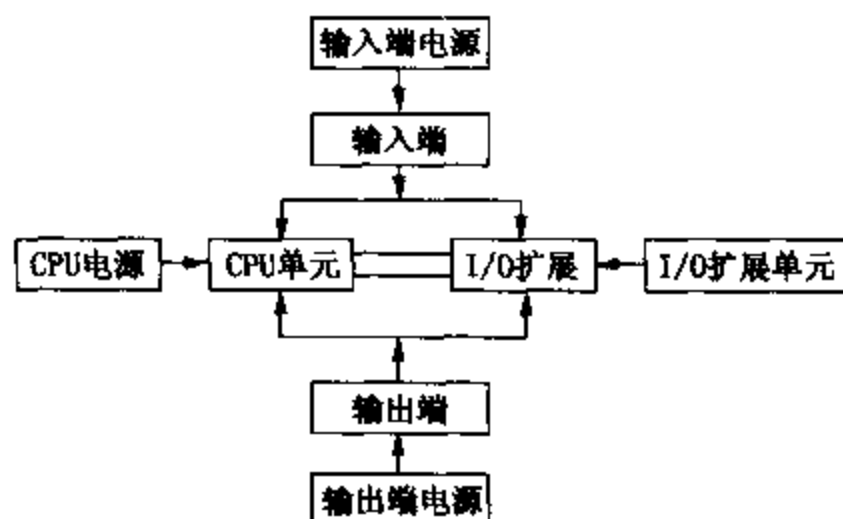


图 6-2-19 PLC 各种电源连接示意图

第七章 PLC 系统故障的诊断与排除

PLC 是一种现场工业控制设备, 广泛应用于各种控制领域, 它是以弱电信号工作的电子设备, 也就不可避免地存在着适应环境能力差的固有弱点。PLC 的优点之一是具有高度可靠性。虽然制造厂家采取了各种措施来提高可靠性, 使机器无故障时间可达到 4 万~5 万小时, 但无故障时间长并不等于说是绝对无故障, 使用不当或环境条件恶化, 仍然会增加故障率。根据国外权威机构统计, PLC 控制系统中的故障分布情况是: CPU 单元故障占 5%; I/O 单元故障占 15%; 系统布线故障占 5%; 输出设备故障占 30%; 输入设备故障占 45%。由此可见, PLC 本身的 20% 故障中, 大多是由恶劣环境造成的, 而 80% 的故障是用户使用不当造成的。随着 PLC 产品数量的增加和应用范围的不断扩大, 用户学习和掌握 PLC 故障诊断技术的问题, 也显得日渐重要和迫切。

PLC 自身具有故障诊断的功能, 但其诊断功能和故障显示的内容有限。有些 PLC 的用户手册上给出了故障检查流程图, 如 SYSMAC-C200H 的故障总体检查流程图 (见图 7-1-1)。这些资料极为重要, 应熟悉并深刻理解它, 但这只是检查步骤, 具体处理起来还会遇到许多现实困难。

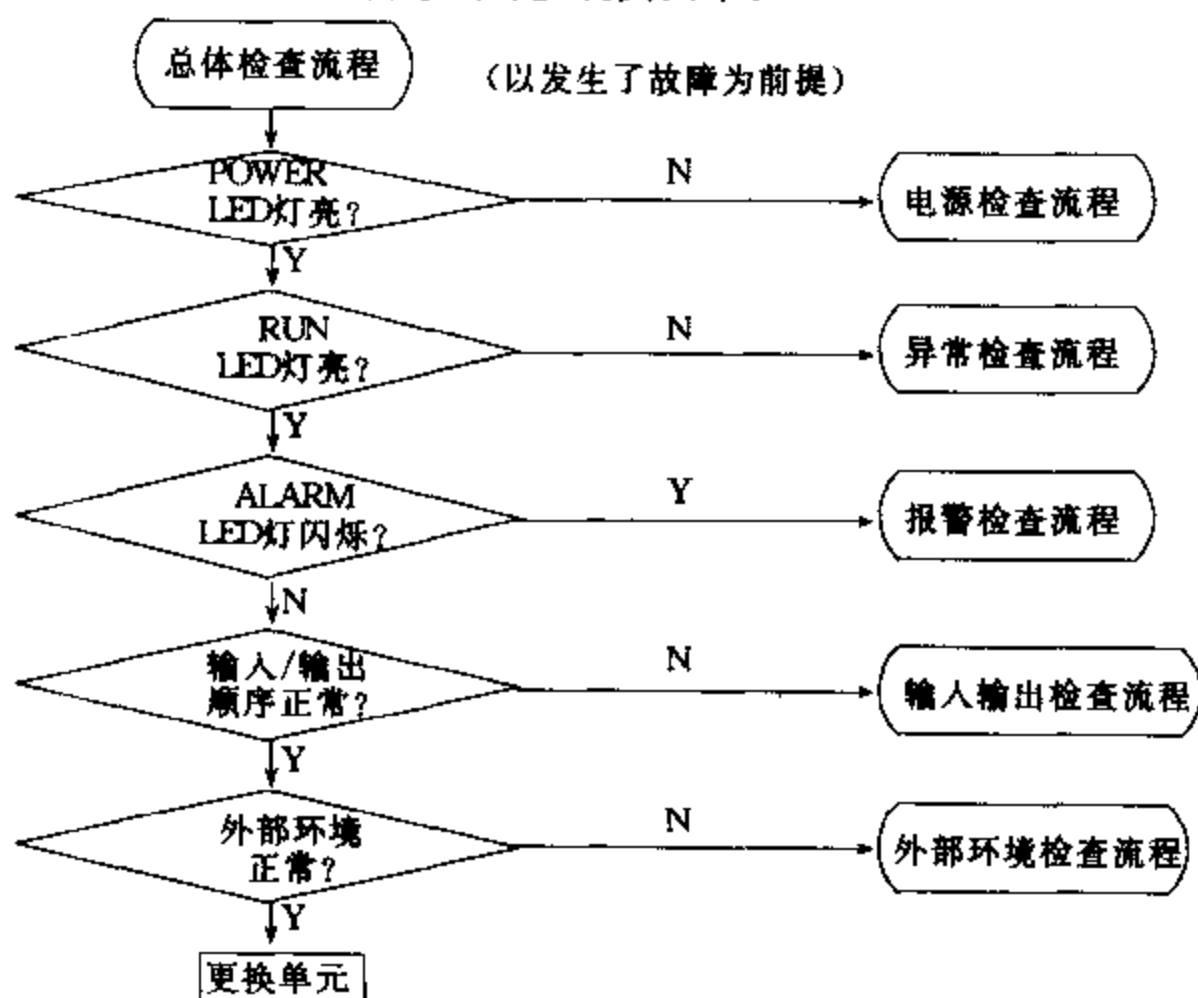


图 7-1-1 PLC 故障总体检修流程图

用户的具体情况千差万别，PLC 的系统设计技术也不尽相同。因此，用户在了解故障现象及故障原因的基础上，从控制系统设计开始就要考虑采取有效措施，尽量把故障率限制在最低限度。

第一节 PLC 故障的分类及诊断方法

一、PLC 常见故障的分类

(一) 故障的分类及诊断步骤

PLC 故障现象的分类及故障原因如表 7-1-1 所示，图 7-1-2 是故障诊断步骤框图。

表 7-1-1 PLC 故障现象的分类及故障原因

故障现象	故障原因
停机	CPU 异常报警，存储器异常报警，输入输出异常报警，扩展单元异常报警
程序不执行	全部程序不执行，部分程序不执行，计数器等误动作
程序内容变化	长时间停电引起变化，电源 ON/OFF 操作引起变化，运行中发生变化
输入/输出不动作	输入信号没有读入 CPU，CPU 没有发出输出信号
写入器不能操作	没有按下特定键或操作不当，完全不动作
扩展单元不动作	只有特定的输入/输出不动作，全部不动作
PROM 不能运转	没有接通 PROM，出现错误

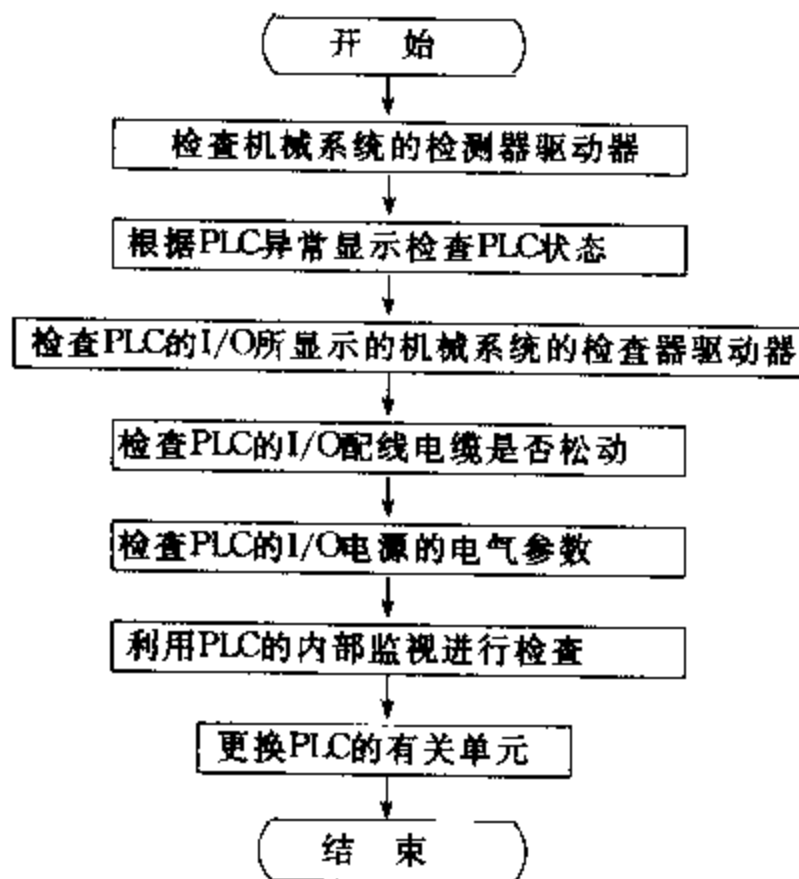


图 7-1-2 故障检查步骤框图

（二）故障诊断要点

1. CPU 异常

CPU 异常报警时，应检查 CPU 单元连接于内部总线上的所有器件。具体方法是依次更换可能产生故障的单元，找出故障单元，并作相应处理。

2. 存储器异常

存储器异常报警时，如果是程序存储器的问题，重新编程后故障现象会反复出现。这种情况可能是噪声的干扰引起程序的变化，否则应更换存储器。

3. 输入 / 输出异常，扩展单元异常

发生这类报警时，应首先检查输入 / 输出单元和扩展单元连接器的插入状态和电缆连接状态，确定故障发生在某单元之后，再更换该单元。

4. 不执行程序

一般情况下可依照输入→程序执行→输出的步骤进行检查。

（1）输入检查是利用输入 LED 指示灯识别，或用写入器构成的输入监视器检查。当输入 LED 不亮时，可初步确定是外部输入系统故障，再配合万用表检查。如果测出电压不正常，就可确定是输入单元故障。当 LED 亮而内部监视器无显示时，则是输入单元、CPU 单元或扩展单元的故障。

（2）程序执行检查是通过写入器上的监视器检查。当梯形图的接点状态与结果不一致时，则是程序错误（如内部继电器双重使用等）或是 PLC 内部的运算部分出现故障。

（3）输出检查可用输出 LED 指示灯识别。当运算结果正确而输出 LED 指示错误时，则是 CPU 单元、I/O 接口单元的故障。当输出 LED 亮而无输出时，则可判断是输出单元或外部负载系统出现了故障。

5. 部分程序不执行

检查方法与“不执行程序”项相同。如果计数器、步进控制器等的输入时间过短，会出现无响应故障，这时应校验输入时间是否足够大，校验可按“输入时间 > 输入单元的最大响应时间 + 运算扫描时间 × 2”的关系进行。

6. 电源短时停电使程序内容消失

这时除了检查电池外，还要进行下述检查：

（1）通过反复通断 PLC 本身的电源来检查。为使微处理器正确启动，PLC 中设有初始复位电路和电源断开时的保存程序电路，这种电路发生故障时不能保存程序，所以可用电源的通断进行检查。

（2）如果在更换电池后仍然出现电池异常报警，可判定是存储器或外部回路的漏电流异常增大所致。

（3）电源的通断总是与机械系统同步发生，这时可检查机械系统产生的噪声影响。因为电源的断开是常与机械系统运行同时发生的故障，绝大部分是电机或线圈所产生的强噪声所致。

7. PROM 不能运转

先检查 PROM 插入是否良好，然后确定是否需要更换芯片。

8. 电源重新投入或复位后动作停止

这种故障是噪声干扰或 PLC 内部接触不良所致。噪声原因将在后续内容中讨论，对结构原因则可通过轻轻敲打 PLC 机体进行检查，还要检查一下电缆和连接器的插入状态。

二、PLC 故障的类型及诊断方法

(一) PLC 常见故障的类型

一般 PLC 的基本单元面板上都有指示发光二极管，利用它的亮灭可提示用户设备故障的类型。例如欧姆龙 CPM1A 系列 PLC，通过其主机上的 LED 发光二极管就可判断故障，如图 7-1-3 所示。

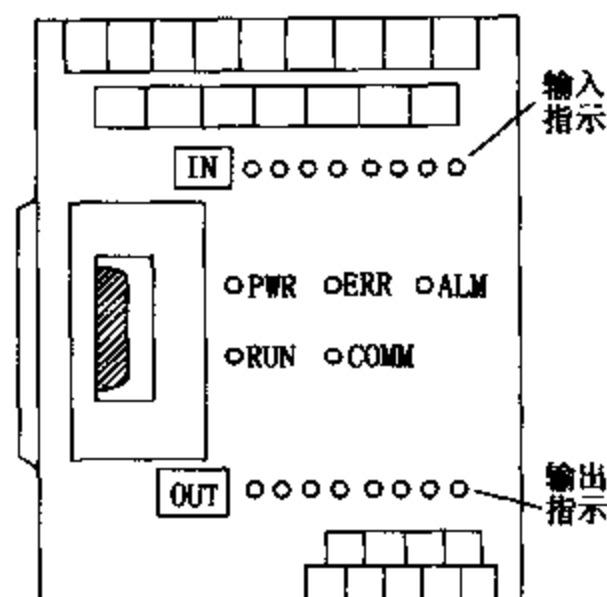


图 7-1-3 CPM1A 面板示意图

1. 电源指示 (PWR)

当 PLC 电源接通时，发光二极管 LED 亮，说明电源正常，PLC 可以进入工作状态。

2. 运行指示 (RUN)

当编程器上的状态开关扳在监控 (MONITOR) 位置时，主机的运行 (RUN) 开关合上，表明此时 PLC 处于运行状态，运行 (RUN) 指示灯亮。也就是说，当主机运行、监控状态正常时，RUN 灯一直亮，PLC 处于编程或运行异常时灯灭。

3. 严重错误和警告性错误指示灯 (ERR/ALM)

当 PLC 正常运行时，该灯不亮，如果 PLC 程序出现严重错误，指示灯常亮不灭，此时 PLC 停止工作并且不执行程序。PLC 出现警告性错误时，LED 闪烁，但 PLC 继续执行程序。

4. 输入指示灯

如果输入正常，输入端子对应指示灯亮；如果未输入信号而输入指示灯亮，则可以判断是该输入模块出了故障。

5. 输出指示灯

当输出指示灯亮，其对应输出通道的输出继电器正常工作时，说明输出部分工作是正常的。若仅仅输出指示灯亮但输出继电器并不动作，说明输出部分有故障，可能是输出触点由于过载、短路而烧毁，也有可能出现了其他故障。

(二) PLC 故障诊断方法

当 PLC 发生故障时，必须及时找到发生故障的部位，检查故障产生的原因，判断故障是否可能由其他设备引起，并分析它们相互之间的关系，才能有的放矢地

把故障排除掉。下面以通俗易懂的流程图形式，介绍寻找 PLC 各种不同故障的基本思路和方法。

(1) PLC 故障检查总流程图如图 7-1-4 所示。

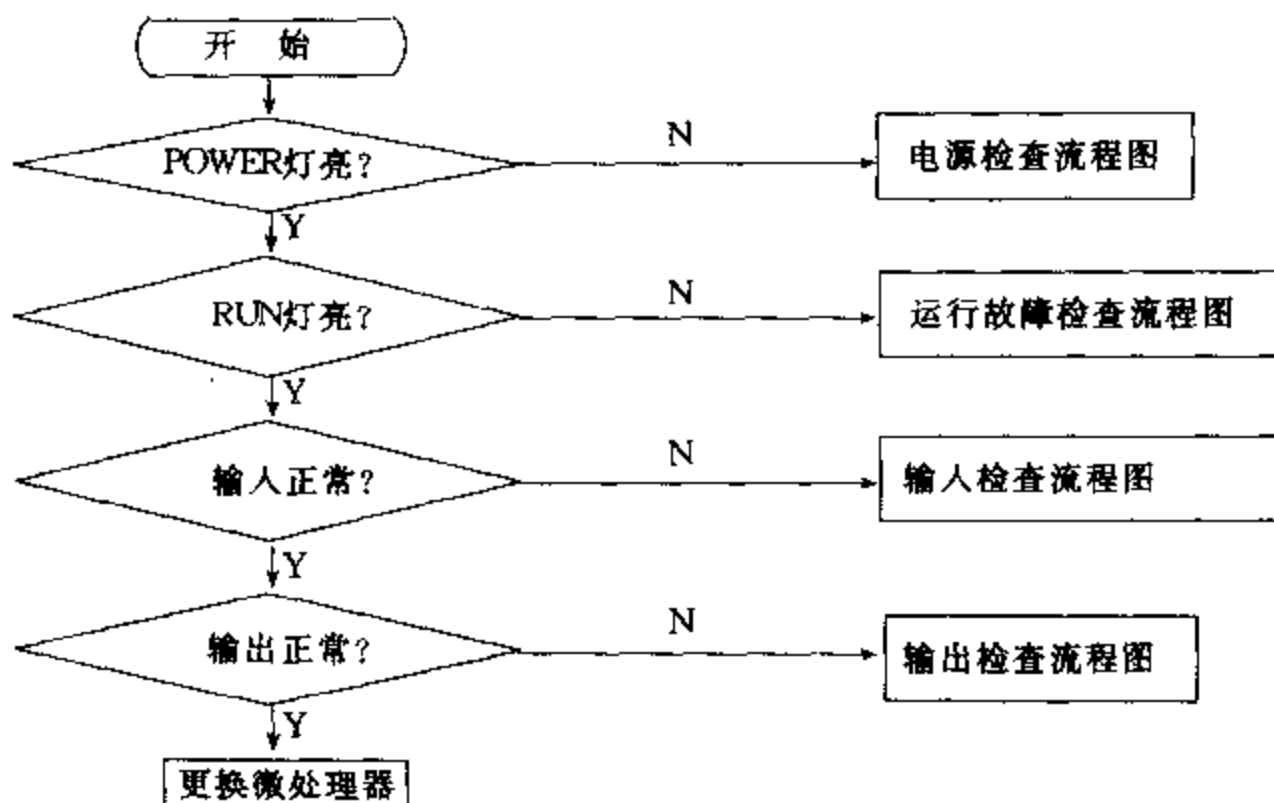


图 7-1-4 PLC 故障检查总流程图

(2) 电源故障检查流程图如图 7-1-5 所示。

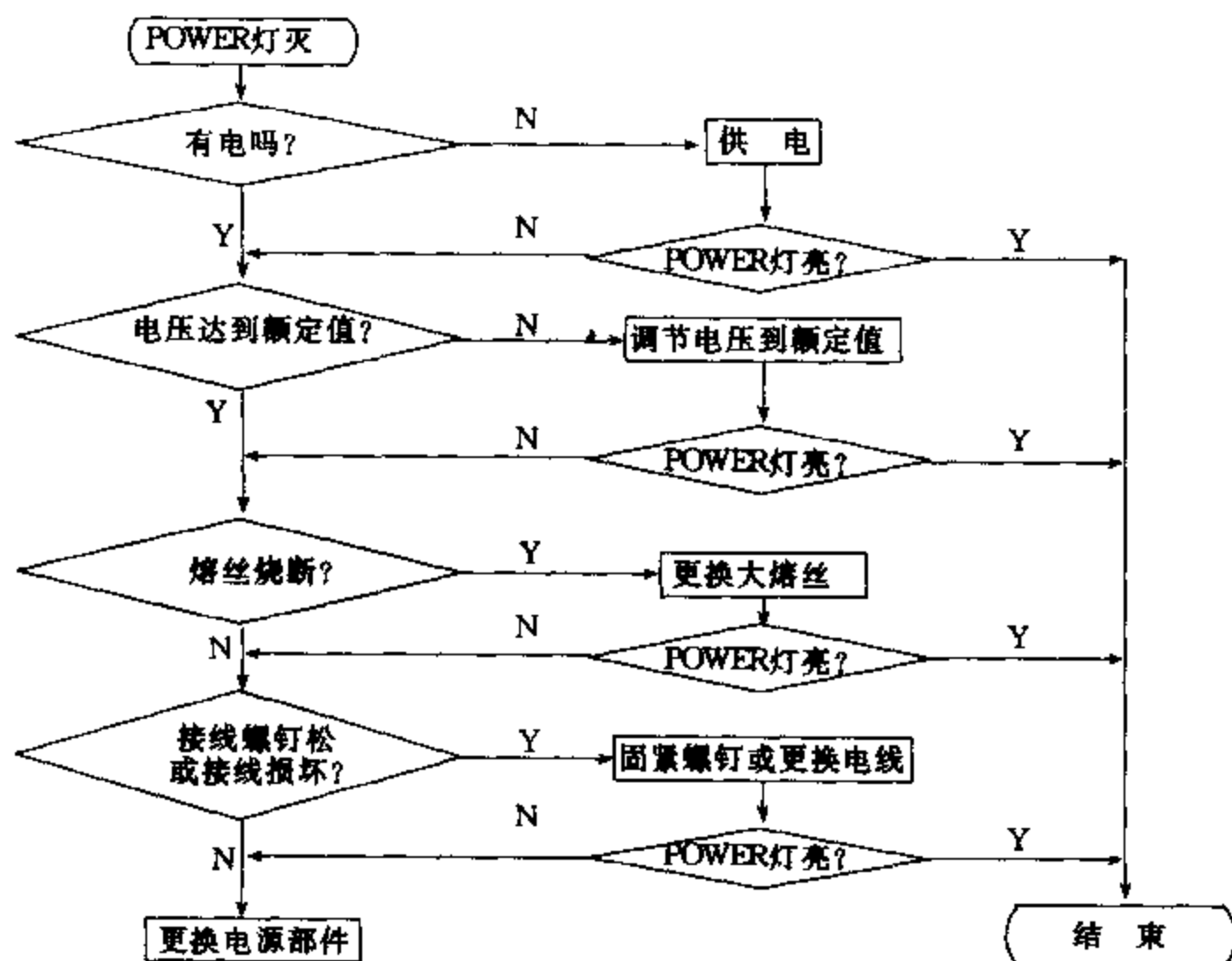


图 7-1-5 电源故障检查流程图

(3) 运行故障检查流程图如图 7-1-6 所示。

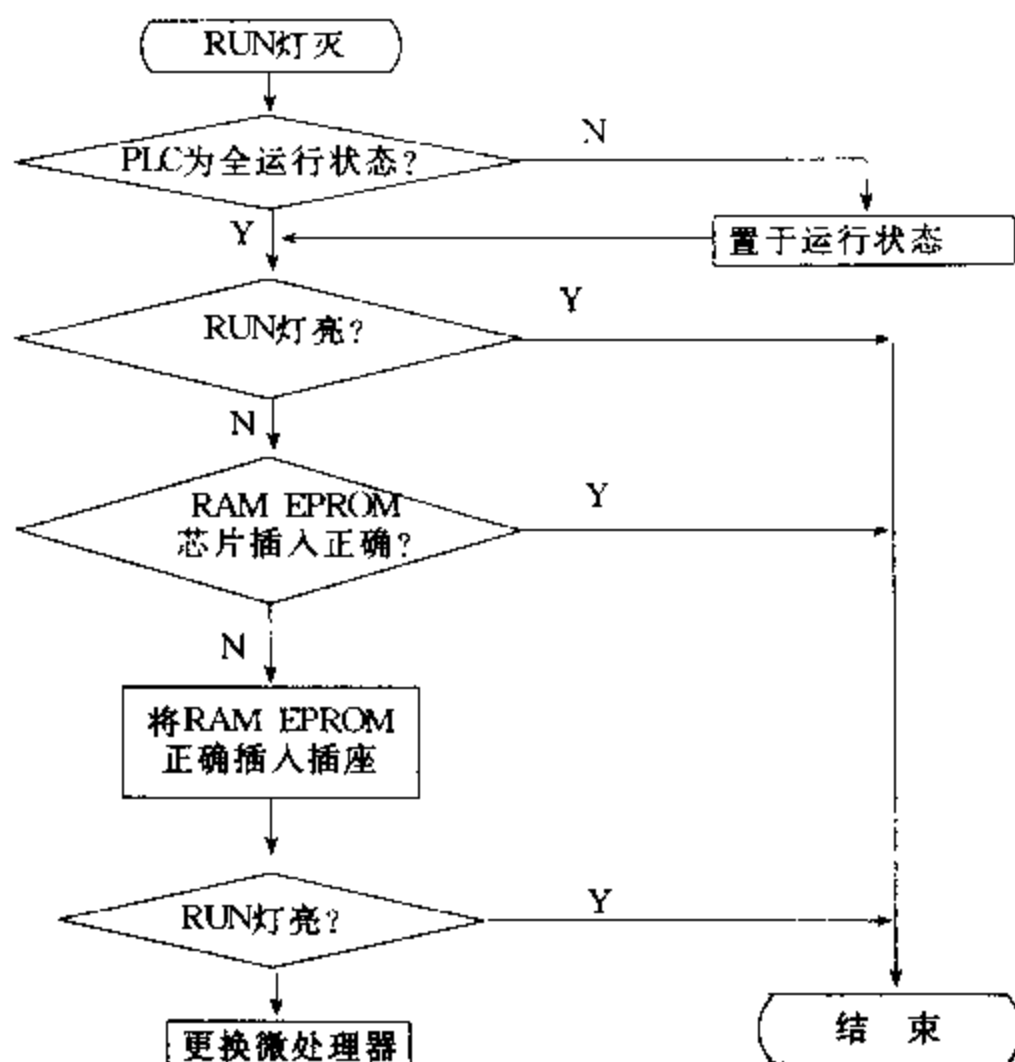


图 7-1-6 运行故障检查流程图

(4) 输入故障检查流程图如图 7-1-7 所示。

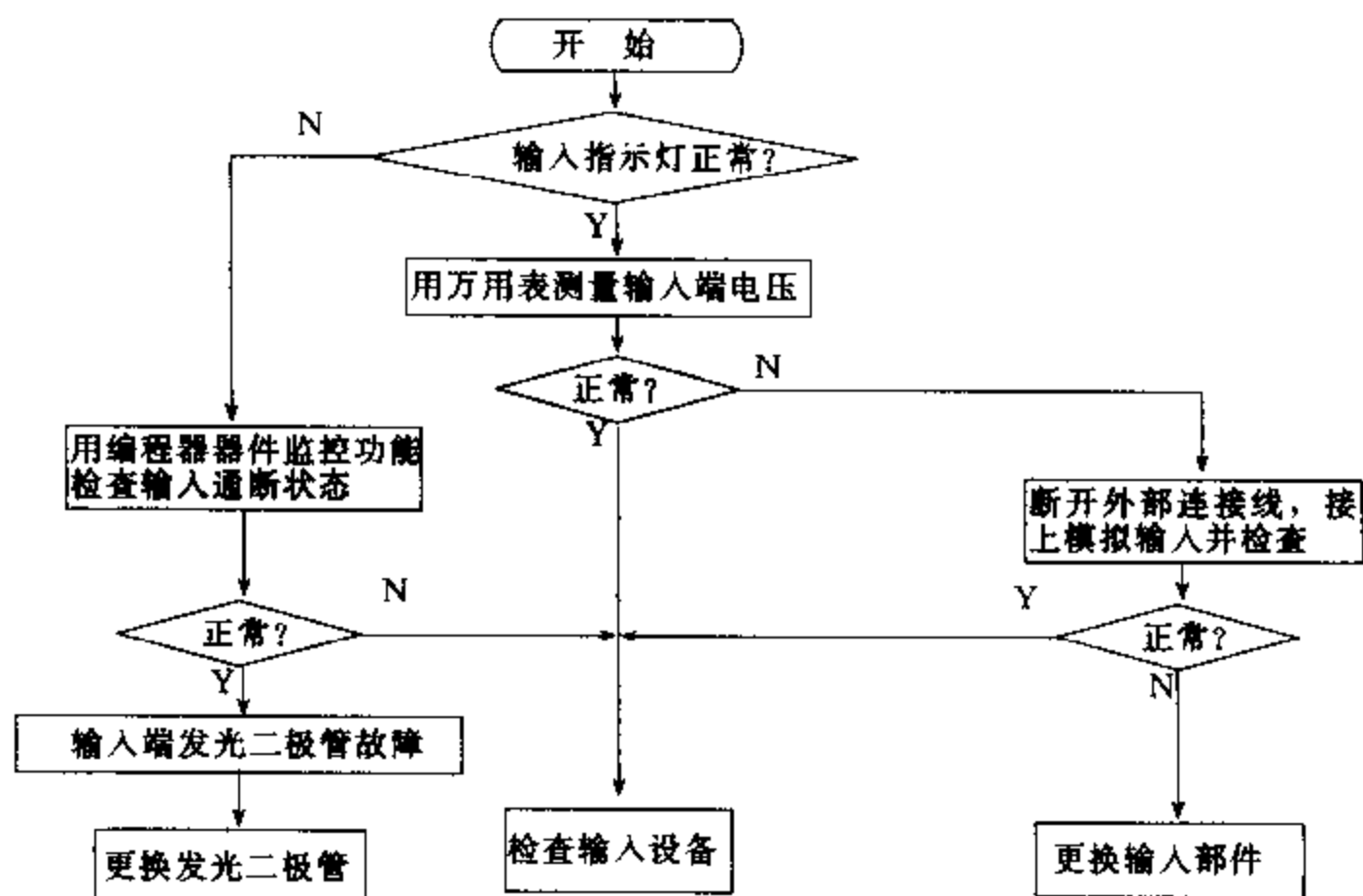


图 7-1-7 输入故障检查流程图

(5) 输出故障检查流程图如图 7-1-8 所示。

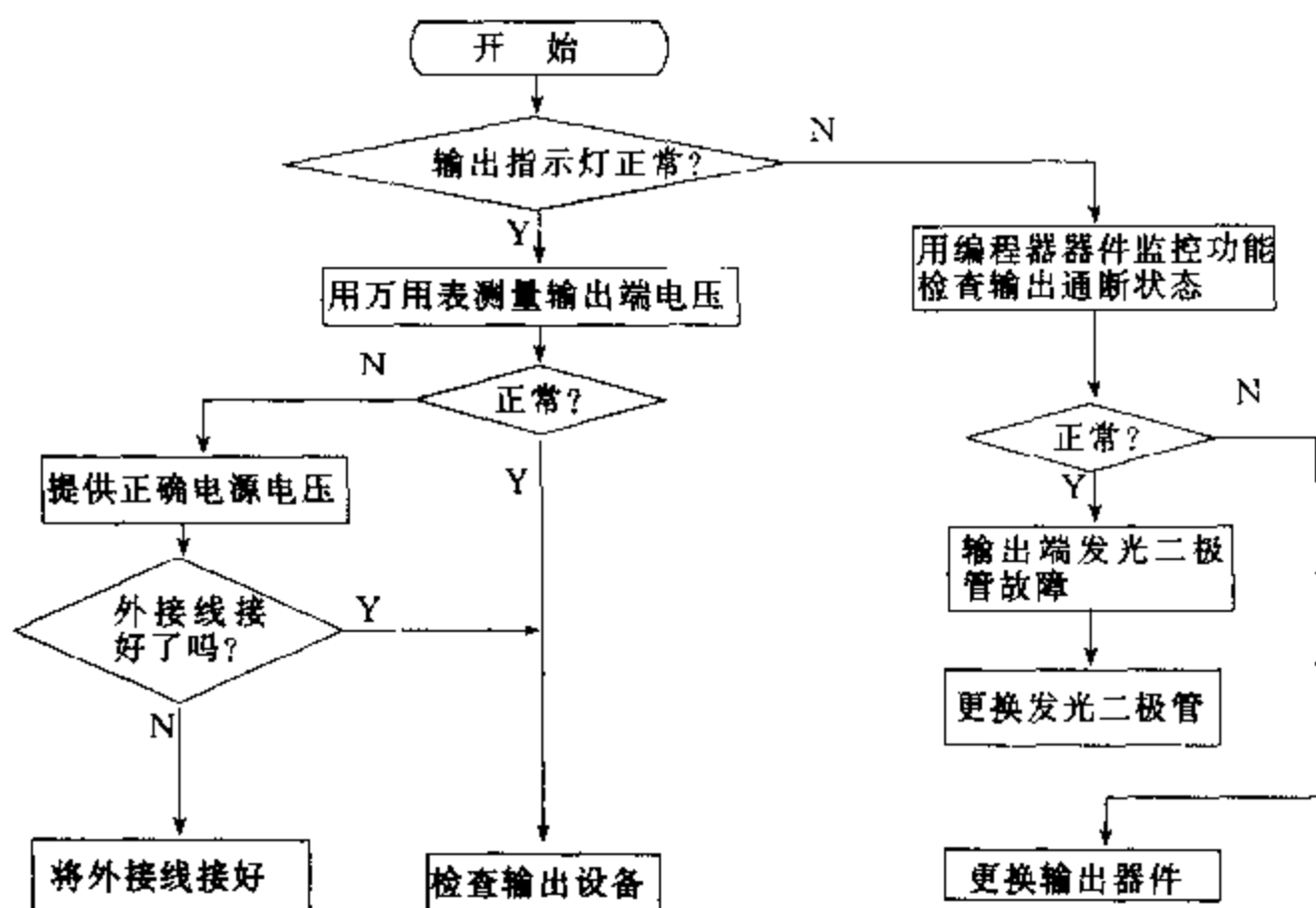


图 7-1-8 输出故障检查流程图

综上所述，根据 PLC 控制系统中 CPU 面板上的指示，先确定故障在哪一模块上，然后再确定故障的具体部位。检查的方法是按电源→系统运行→输入的顺序逐一进行。

三、锂电池的维护

锂电池放电寿命约 5 年左右。不管其工作条件如何（用或没有用 EPROM），建议每 5 年换一次锂电池。当电池的电压逐渐降低到一定值时，LED 指示灯（在基本单元上）便点亮。换电池必须在短时间内完成，只有这样，PLC 内部的用户程序才不会丢失。

第二节 PLC 的硬件故障诊断与排除

一、系统硬件故障诊断与排除

PLC 硬件故障与所选用的机种及工作环境的关系很大，当系统发生故障时，应正确区分是硬件还是软件故障。因此要能够根据现场的现象，正确判断故障类

型，为进一步维修做好准备。

(一) PLC 的硬件故障诊断

下面以 PLC 硬件故障为中心，按硬件结构分出故障种类，指出故障现象并分析故障产生的原因，如表 7-2-1 所示。

表 7-2-1 PLC 硬件故障诊断表

故障部位	故障现象	故障原因	备注
CPU 单元	误运算	噪声干扰，电源电压剧烈变化，CPU 故障	主要表现在输出 ON/OFF
	运算滞后	CPU 故障，存储器故障，程序语法错误，语句过长，噪声引起的 CPU 误动作	
存储器单元	程序消失	IC-RAM 性能不良，IC-RAM 插座接触不良，电池电压降低，电池接触不良，写入错误。	
	部分程序变化	噪声干扰引起 CPU 误动作，噪声干扰引起外部设备误动作，存储器不良故障，外部设备无操作，电源异常引起 CPU 误动作	
电源单元	过电流造成熔丝熔断或产生过电压	CPU、I/O 单元内部器件故障产生过电流，金属屑落入引起短路，电源单元内的稳压控制电路故障	
输入单元	输入的 ON 或 OFF 状态保持不变	输入单元的器件故障，外部输入信号线断线、短路。	轻轻敲击 PLC，故障有再现性时可判断为接触不良所致
	输入信号全部不能读入	输入单元的连接器接触不良，输入电源故障或断线，CPU 的输入器件不良，扩展单元、扩展机架的连接电缆故障或断线，COM 端子上外部接线脱落	
	输入信号不稳定	印刷电路板焊接不良，输入单元的器件故障，连接器、电缆接触不良，输入信号设备的输出配线故障	

续表

故障部位	故障现象	故障原因	备注
输出单元	特定的输出部分无输出	继电器输出接点接触不良, 晶体管、双向晶闸管输出截止时产生故障, 因负载侧产生的渗漏、噪声容易引起过电压, 负载的过电流、短路引起反复的冲击电流会导致熔丝疲劳, 印刷电路板上线路断裂, 输出寄存器或逻辑电路的器件故障, 输出侧配线断线、脱线	
	特定输出一直保持 ON 状态	继电器输出接点熔焊, 晶体管、双向晶闸管不能截止, 输出寄存器或逻辑电路的器件故障	
	全部无输出	CPU 单元上的输出器件故障, 扩展电缆、机架故障, 输出单元连接器接触不良, 输出电源故障、断线, COM 端子上的配线断线、脱落	
机架部分	全部输出都不动作或特定的扩展机架、单元不动作	扩展电缆、连接器接触不良或短路, 印刷电路板接触不良、短路, 机架或单元用设定开关接触不良、设定错误, CPU 故障, 扩展侧的电源故障	

(二) 硬件故障诊断的基本方法

1. 发生异常时的识别

发生故障时, 为了迅速查出故障原因并予以及时处理, 在切断电源和复位之前, 必须识别以下两点:

(1) 机械动作状态。向运行人员了解机械部件的运行情况, 若是运行过程中突然停止或失控, 只是某些特定动作运转不良; 若是开始运转时就完全不能动作, 肯定是有几种特定的动作运转不良。

(2) 观察 PLC 显示内容。观察电源、RUN、输入/输出指示灯, 检查 PLC 自诊断结果的显示内容。这里要特别注意, 如果出现了异常, 通过切断电源或进行复位操作, PLC 上的异常显示会消失, 就无法了解 PLC 的故障状态。

2. 异常状态的识别

为了识别异常状态如何变化, 可以将开关从“RUN”位置切换至“STOP”位置, 经短暂复位再切换至“RUN”位置开关或保持在“RUN”位置不变, 切除 PLC 电源后再投入运行。

经过上述操作后, 如果 PLC 返回初始状态并能正常运转, 就可判定并不是 PLC 硬件故障或软件异常, 而是外部原因所致, 如噪声干扰、电源异常等。

3. 判断是否硬件故障

PLC 硬件故障具有持续性和重复性，其判断方法是切断后再接通 PLC 电源或复位操作。若通过几次重复试验都发生了相同的故障，则可判定是 PLC 本身的硬件故障。经过上述操作后，如果故障不能再现，就说明是外部环境干扰或是瞬时停电所致。

确定是硬件故障后，除了考虑硬件本身问题外，还要考虑环境温度是否偏高或偏低、元器件安装是否牢固、开关的设置有无错误、外部配线是否良好等因素。

4. 判断是否程序错误

PLC 程序错误引起的故障具有再现性。例如控制内容进行到某步后，对后面无控制作用，或在某阶段出现异常输出，或是应该输出的反而无输出等。这种故障在初期反复试车中就可发现。但是，当特定的输出设备运行不良或配线有问题时，也会发生同样的故障现象，所以在试车时要全面细致地进行检查。

5. 判断是否外部原因

PLC 控制系统发生异常时，一般容易引起怀疑的是 PLC 本身出了问题。实际上，由于外部因素引起的异常往往占有相当大的比例。外部干扰、瞬时停电等引起的故障，属于偶发性或随机性故障，是在一些特定条件下才会出现的故障，应属外部原因。其主要检查项目如下：

(1) 检查输入/输出设备状态。安装不当、调整不良或行程开关等的触点接触不良，在运行初期很难发现，运行一段时间后才会暴露出问题。

(2) 检查配线。输入/输出配线有可能断路、短路、接地，也可能与其他导线相碰。

(3) 噪声、浪涌。在特定机械运转或与其他设备同步运转过程中出现的故障，应在 PLC 外部或 PLC 侧采取抗干扰措施。

(4) 电源异常。这包括电源电压过高或过低、临时停电、瞬时停电、供电系统上的噪声源等。

以上前两种情况的故障是断续性的，容易查找。

6. 故障的产生与外部工作同步

判断噪声、瞬时停电等外部原因最有效的方法，就是了解 PLC 之外生产设备的工作状态，分析故障现象是否与外部工作状态同步。若故障现象与被控对象的特定状态同步发生，说明该故障与被控对象有关。另外故障现象也会与其他生产设备和特定状态同步发生，如：特定的输出断电停止时；特定的输出通电工作时；其他设备特别是大容量设备通电或断电时；叉车开过时；无线电收发机工作时；PLC 柜上日光灯起动时；高频设备工作时；打开 PLC 柜门时；附近增设其他设备时；某些设备改造竣工后；焊接作业时；雷电天气时；工厂照明瞬时亮度减弱时等。这些现象对我们进行判断都有参考意义。

二、CPU 单元的故障诊断与排除

(一) PLC 的内部结构

PLC 的内部构成要素是以微处理器为中心的 IC 及 LSI，一旦发生故障，用户就难以修理。但在了解 PLC 的内部结构并掌握其故障现象后，用户可有针对性地采取有效应急措施。图 7-2-1 所示为 PLC 的一般内部结构。

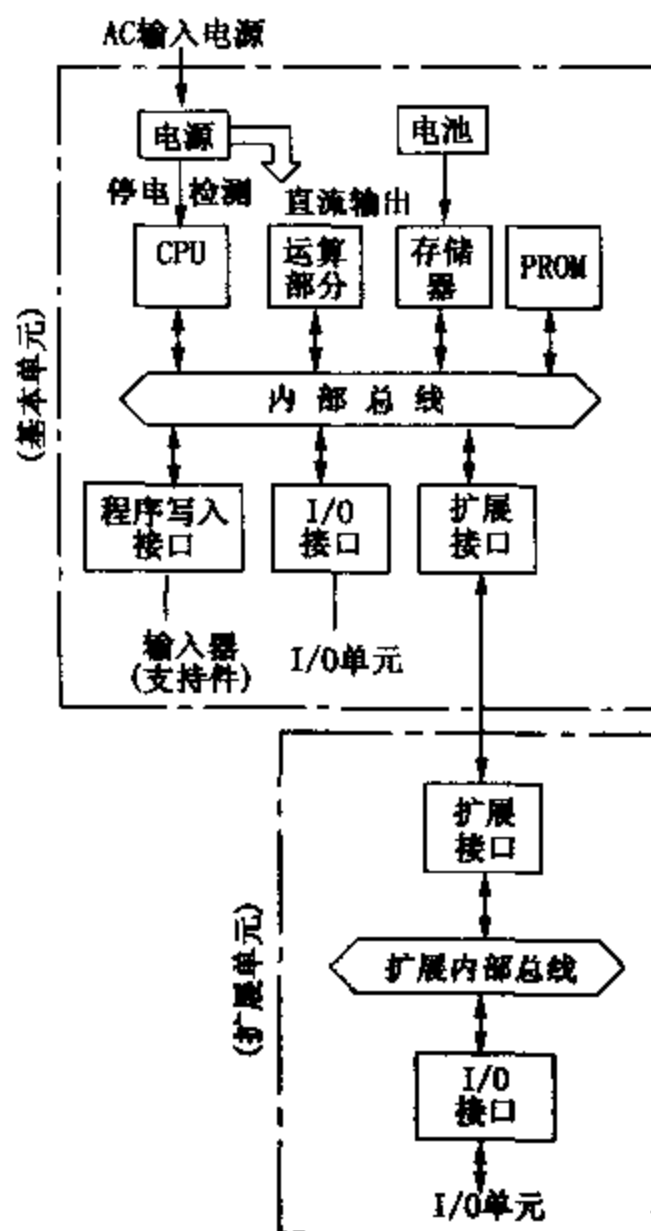


图 7-2-1 PLC 内部结构图

(二) 故障原因及处理方法

CPU 的故障原因分为外部原因和内部原因。

外部原因有：电源电压波动；电源瞬时停电；电源长时间停电；环境湿度变化；环境温度变化；振动、噪声冲击；程序设计错误；使用操作错误等。

内部故障原因及诊断如表 7-2-2 所示。

表 7-2-2 CPU 的内部故障原因及处理方法

故障现象	故障原因	处理方法
CPU 故障	CPU 异常报警，微处理器故障，接于内部总线上的器件故障（指对内部总线有影响的器件），总线断路、短路，微处理器的外部回路故障（如振荡回路、复位回路）等，程序变化	更换故障单元
运算部分故障	指令执行错误，指令不执行	当影响到内部总线信号时，会引起 CPU 故障，应更换运算部分
存储器故障	程序存储器和内部继电器故障，存储器芯片耗电异常增大时电源不能支持造成程序消失	更换存储器或整个 CPU 单元
电池故障	电压降至一定值或无电压	更换电池
程序写入接口故障	程序不能写入，不能监视	当影响到内部总线信号时，会引起 CPU 故障，应更换之
I/O 接口故障	输入信号不能输入，输出信号不能输出	更换 I/O 接口
扩展接口故障	输入信号不能输入，输出信号不能输出	更换基本单元或扩展单元上的接口
电源部分故障	5V 系统本身故障时 PLC 整机停止工作，5V 以外系统故障时则输入或输出不动作，停电检测回路故障时在电源断开后引起程序存储器损坏	更换电源

三、I/O 单元的故障诊断与排除

（一）输入单元的故障诊断

输入单元故障的主要原因是：工作环境的影响；半导体器件的时效变化；噪声源、感应源的影响；输入单元电气规格选择不当等。输入单元故障原因及处理方法见表 7-2-3。

表 7-2-3 输入单元故障原因及处理方法

故障现象	故障原因	处理方法
输入全部不接通 (动作指示灯不亮)	外部输入电源未接通	接通电源
	外部输入电源电压过低	加额定电源电压
	接线端子螺丝松动	紧固之
	端子板连接器接触不良	连接线可靠插入端子板锁紧, 或更换端子板连接器
	输入回路不良	更换单元
输入全部不关断	输入回路不良	更换单元
特定编号继电器的输入不接通	输入器件不良	更换器件
	输入配线断线	更换输入配线
	外部输入的接通时间过短	调整输入器件
	端子板连接器的接触不良	充分插入、锁紧或更换之
	端子螺丝松动	紧固之
	输入回路不良	更换单元
	程序的 OUT 指令中误用了输入继电器号	修改程序
特定编号继电器的输入不关断	程序的 OUT 指令中误用了输入继电器号	修改程序
	输入回路不良	更换单元
输入不规则的 ON/OFF 动作	外部输入电源电压过低	加额定电源电压
	噪声引起误动作	采取抗噪措施
	端子螺丝松动	紧固之
	端子连接器接触不良	充分插入、锁紧或更换之
输入动作指示灯不亮 (动作正常)	LED 损坏	更换单元

(二) 输出单元的故障诊断

输出单元的故障现象、故障原因及处理方法见表 7-2-4。

表 7-2-4 输出单元故障原因及处理方法

故障现象	故障原因	处理方法
输出全部不接通	未加负载电源	加电源
	负载电源电压过低	加额定电源电压
	保险丝熔断	更换保险丝
	端子板连接器接触不良	充分插入、锁紧或更换之
	接线端子螺丝松动	紧固之
	输出回路不良	更换单元
	I/O 总线插座接触不良	更换单元
输出全部不关断	输出回路不良	更换单元
特定编号继电器的输出不接通（动作指示灯灭）	输出信号接通时间过短	修改程序
	程序中输出继电器编号重复使用	修改程序
	输出回路不良	更换单元
特定编号继电器的输出不接通（动作指示灯亮）	输出单元器件不良	更换输出器件
	端子螺丝松动	紧固
	输出配线有断线	检查输出配线
	端子连接器接触不良	充分插入、锁紧或更换之
	输出回路不良	更换电路
	输出继电器不良	更换继电器
特定编号继电器的输出不关断（动作指示灯亮）	输出继电器不良	更换继电器
	存在有漏电流或残余电压，致使输出不能关断	更换负载或加泄漏电阻
特定编号继电器的输出不关断（动作指示灯亮）	程序 OUT 指令的继电器编号重复使用，	修改程序
	输出回路不良	更换单元
输出不规则的 ON/OFF	输出电压过低	加额定电源电压
	噪声引起误动作	采取抗噪措施
	程序 OUT 指令的继电器编号重复使用	修改程序
	端子螺丝松动	紧固之
	端子板连接器的接触不良	充分插入、锁紧或更换之
输出动作指示灯不亮（动作正常）	LED 坏了	更换单元

四、PLC 的噪声故障

作为工业现场控制设备的 PLC，不但所处的工作环境恶劣，而且所处的电气环境更为恶劣。除了前述的电磁场和静电等电气环境外，更为严重的则是噪声干扰问题。为提高 PLC 的可靠性，制造厂家在硬件和软件方面都采取了很多抗噪措施，使 PLC 控制系统的故障率大大降低。所以在一般使用环境下，只要按照使用说明书指定的方法使用和操作，不需采取特殊措施，均可正常运行。在强噪声恶劣环境下，在控制系统设计阶段就要考虑一定的抗噪措施，以提高 PLC 的可靠性。

（一）噪声三要素

噪声影响系数的三个要素：噪声源及其强度；耦合媒体及其耦合强度；受噪体的抗噪性。它们之间可用公式表达为：

$$\text{噪声影响系数} = \frac{\text{噪声强度} \times \text{耦合强度}}{\text{受噪体的抗噪性}}$$

由此可知，为了减小噪声影响系数，可从减小式中的分子或增大分母入手。受噪体就是我们使用的 PLC。减小分子就是要设法减小噪声源的强度和耦合强度，最有效的办法是消除噪声源，但有些噪声源却无法消除，只能把它减小到一定程度，如电磁线圈。这时，应分析噪声的耦合媒体和传输途径，并采取有效措施防止噪声侵入，如加装屏蔽、接入噪声滤波器等。

1. 噪声源

工业现场中产生噪声的因素很多，如继电器触点和开关放电、继电器线圈和电磁铁线圈断电时产生的浪涌电压、空中电磁波等，都是噪声源。另外，如果把电源也看成是一种信号的话，那么电源电压的波动或瞬停，也是一种噪声源。典型噪声源如表 7-2-5 所示。

表 7-2-5 典型噪声源

分 类	内 容
放电噪声	由放电现象产生的噪声，触点间的电弧放电，静电产生的火花放电，直接雷击
过渡现象噪声	由电压、电流剧烈变化产生的噪声，晶闸管的电弧噪声，电源投入时的冲击电流，感性负载断开时产生的浪涌电流，电力线路开闭时的操作过电压，感应雷
无用信号	其他设备上的有用信号对 PLC 来说是多余无用的信号，无用电波
反射噪声	信号线的阻抗失配，反射波
接地电流	接地电流产生的共阻噪声

2. 噪声侵入途径和耦合媒体

噪声侵入 PLC 的途径有电源、I/O 部分、大地和空中等, 另外噪声还会以空中电磁感应或静电感应、导线等作为耦合媒体侵入 PLC, 如表 7-2-6 所示。

表 7-2-6 噪声耦合媒体

媒 体	内 容
导线	通过导线传播侵入 PLC
空间	辐射, 放射电磁场产生的干扰
	静电电容, 导线间的寄生电容产生的干扰
	电磁感应, 导线间的互感产生的干扰

(二) 共模噪声和常模噪声

1. 共模噪声

接地(大地)与电源、输入/输出配线之间的噪声所产生的电位差, 侵入 PLC 内部回路便会引起误动作, 这种噪声称为共模噪声, 如图 7-2-2 所示。共模噪声是由于各种外部信号与内部回路间的寄生电容 C_s 在充放电时, 引起内部回路上电压剧烈变化所产生的一种噪声。对于这种噪声, 用户无法采取更有效的措施, 而完全取决于 PLC 制造厂家所采取的措施。共模噪声源有各导线上感应电弧产生的噪声、高电位的感应电压、电波、静电等。

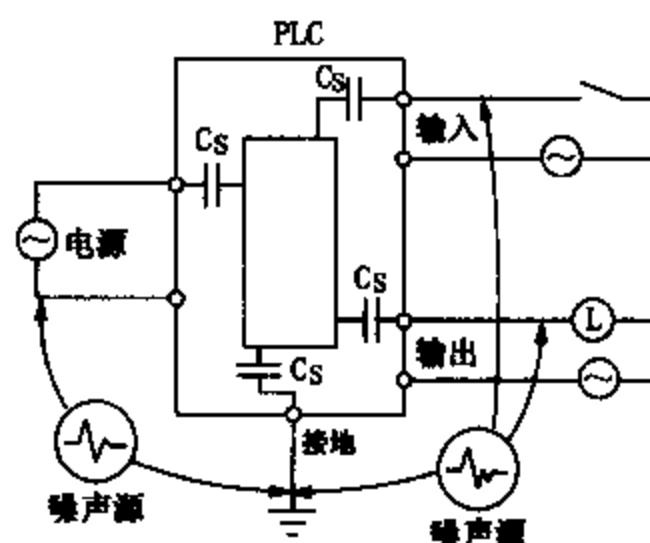


图 7-2-2 共模噪声

共模噪声强度取决于寄生电容 C_s , 金属外壳接地的 PLC 机, 共模噪声要弱一些, 所以接地是降低这种噪声的主要途径。

2. 常模噪声

常模噪声是施加于电源、输入/输出配线之间的一种噪声, 也称线间噪声, 如图 7-2-3 所示。这种噪声主要是接于线路上的感性负载产生的反电势产生的。从电源侧来看, 噪声源来自接在电源系统中的感性电气设备; 从输出系统来看, 噪声源就是 PLC 所控制的感性负载。

常模噪声对 PLC 的干扰比共模噪声要小。用户所能采取的抗噪措施, 主要是用来抑制常模噪声的, 如加噪声滤波器、隔离变压器、浪涌限制器等。

(三) 噪声故障状态

1. 功能停止

PLC 机的全部功能停止时, 如果通过复位操作又可恢复正常工作, 则这种现

象大多数是由电源瞬时停电所致，以及高频设备的电波干扰等原因。

2. 误运算

CPU 的误运算故障，大多数是由噪声干扰引起的，可通过自诊断显示判断。具体方法是保持误运算状态，使 PLC 处于“RUN”状态进行程序检查、误输入检查和输入/输出检查，以确定故障范围。

3. 程序变化

噪声过强会引起 CPU 误动作或程序变化，若连接着外部设备时，则外部设备也会误动作而使程序变化，最好的办法是使程序固化在 ROM 内。

4. 误输入、误输出

误输出故障多由误输入引起，而误输入的故障原因中，感应电势的影响比噪声干扰更为严重。感应电势发生在交流输入上，断开输入端测量输入电压就可判断。

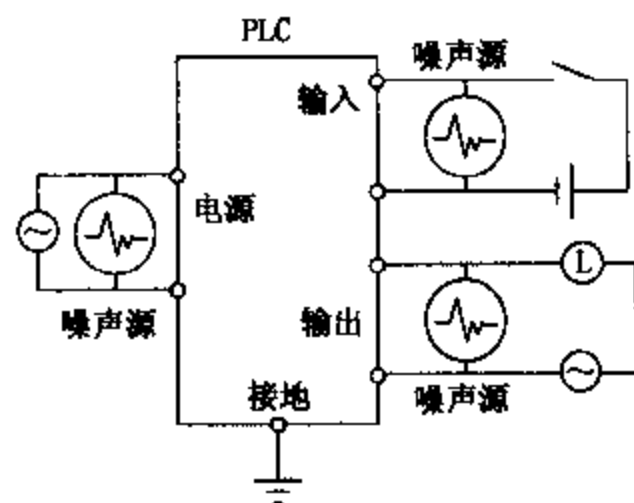


图 7-2-3 常模噪声

参考文献

1. 宫淑贞等编著. 可编程序控制器原理及应用. 北京: 人民邮电出版社, 2002
2. 路林吉等编著. 可编程序控制器原理及应用. 北京: 清华大学出版社, 2002
3. 袁任光编著. 可编程序控制器 (PC) 应用技术与实例. 广州: 华南理工大学出版社, 2001
4. 汪道辉主编. 逻辑与可编程控制系统. 北京: 机械工业出版社, 2001
5. 常斗南等主编. 小型可编程序控制器原理与实践. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1993
6. 余雷声主编. 电气控制与 PLC 应用. 北京: 机械工业出版社, 1996
7. 朱绍祥等编译. 可编程序控制器 (PC) 原理与应用. 上海: 上海交通大学出版社, 1990
8. 张风珊主编. 电气控制及可编程序控制器. 北京: 中国轻工业出版社, 1999
9. 耿文学, 华熔编. 微机可编程序控制器原理、使用及应用实例. 北京: 电子工业出版社, 1992