



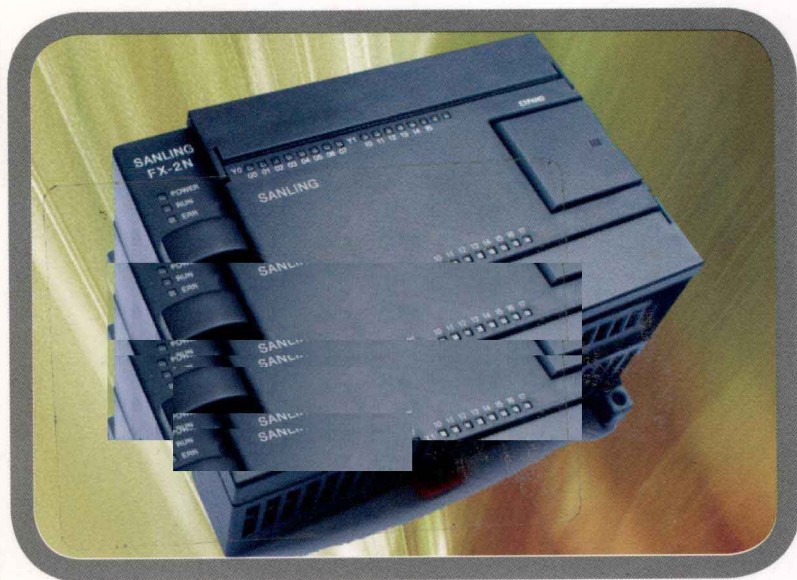
从校园到职场
CONG XIAOYUAN DAO ZHICHANG

PLC技术与应用

——专业技能入门与精通

(第2版)

咸庆信 类延法 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



不能将孤立的程序段，放于由 PLC 及外部设备构成的系统之外进行论证；实例解析不能只有指令讲解而无指令编程应用；不能仅仅给出由指令构成的程序电路，而无对程序电路的详尽说明；PLC 入门，不能避开 PLC 端子的接线与供电、编程软件的基本操作这些基本的内容；讲解 PLC，不能忽略接近开关、旋转编码器、压力传感器等外围器件的配合应用；不能将文本显示屏、变频器、步进电动机等摒于 PLC 的“疆界”之外，结合起来才是它们的存在状态。

所有“不能”的反面，是作者努力的方向，将它们呈献于读者面前。

本书透出了 PLC 编程“原生态”的一面，因而读起来并无枯燥感；本书设身处地地为初学者考虑，能帮助初学者迈过学习 PLC 过程中可能遇到的“坎儿”。

本书可作为高校、职业院校电气自动化专业的教学参考书，也适合广大的电工和从事电气工程的技术人员阅读。

图书在版编目（CIP）数据

PLC 技术与应用：专业技能入门与精通/咸庆信，类延法编著. —2 版.

—北京：机械工业出版社，2011.8

（从校园到职场）

ISBN 978-7-111-35775-9

I. ①P… II. ①咸… ②类… III. ①可编程序控制器 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 180836 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：朱 林 责任编辑：朱 林

责任校对：张 薇 封面设计：路恩中

责任印制：乔 宇

北京瑞德印刷有限公司印刷（三河市胜利装订厂装订）

2011 年 11 月第 2 版第 1 次印刷

184mm×260mm·18.75 印张·463 千字

0001—3000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-35775-9

定价：49.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社 服 务 中 心：(010) 88361066

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销 售 一 部：(010) 68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销 售 二 部：(010) 88379649

读者购书热线：(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前言

《PLC 技术与应用——专业技能入门与精通》一书出版后，它的“平民化”——有几分亲切的程序电路分析的风格，受到读者的肯定与欢迎。作者根据读者反馈意见，对本书相关内容做了适度的增删与调整，以期更契合初入职场的读者需求。

本书所呈现的更多的是 PLC 编程的“原生态”，有一点混沌之气，有一点活泛的景象。书中大部分的程序示例和全部的程序实例，全部来自工程实践，大部分更是现场编程的“急就章”，它已经不再纯粹是理论演绎和推导的产物，不再是就指令而进行指令讲解的 PLC 教科书。它不是完美的，它是带有些微瑕疵的，有时不太按章法的，更近乎一个 PLC 系统组态与编程的过程性揭示。

这是一本作者试着站在 PLC 初学者的角度——不是以导师或讲师的角度为初学者而写的书。它照顾了初学者学习 PLC 所能遇到的“坎儿”——不仅仅是模拟量处理、PID 控制、RS485 通信、文本屏的应用、步进电动机与变频器如何控制等，还包括 PLC 的 I/O 端子如何接线、PLC 的外围器件如接近开关、旋转编码器等如何与 PLC 构成一个有机的整体等，本书都已搭起了易于上步的“小桥梁”。对初到职场的新手，本书兼顾了多知识层面，可由此打下从事自动化控制较为全面的根基。

相对于自动化控制系统，PLC 是系统的一个组成部分，从应用的概念来说，对控制系统构成的有所认识，是应用 PLC 的前提。PLC 外部控制电路的形式、外部控制设备的特性，均决定了 PLC 程序电路的内容。由孤立的程序段和对孤立的指令的解析，很难使我们对程序电路能全面、客观和形象地掌握和认识。比如运算程序，什么时候、什么控制可用到运算指令，运算数据从哪里来，运算结果放在哪里了，运算结果又如何输出？这都是问题，只有将其放在一个整体中，该段算术指令程序电路才彰显出它的实质性构成和功能。本书在分析程序电路时，以系统构成的整体思路为出发点，作出针对实际控制要求的具有思辨特色的程序解析。

在此向促成本书出版的机械工业出版社的编辑老师，我们的朋友们和家人，表示衷心的感谢！

咸庆信 类延法
2011 年 7 月

目 录

前言

第1章 PLC 的电路构成和工作原理 ... 1

1.1 PLC 主机内部电路构成 1

1.2 三菱 FX 系列小型 PLC 2

1.2.1 三菱 FX1N-24MR 外形和各 部件名称 3

1.2.2 FX1N-24MR 端子标记图和 内部/外部控制电路 6

1.2.3 三菱 FX 系列 PLC I/O 端子 内部电路形式 7

1.2.4 三菱 FX 系列 PLC 的编程元件 配置 10

1.2.5 三菱 FX 系列 PLC 编程元件 种类和图形符号说明 11

1.2.6 三菱 PLC 的功能指令 22

1.2.7 FX 系列 PLC 的性能与规格 26

1.3 LS 产电小型 PLC 28

1.3.1 LS 产电 K7M 系列 PLC 29

1.3.2 K7M-DR14UE 型 PLC 端子 标识、内部电路和端子接 线图 30

1.3.3 LS 产电 K7M 系列 PLC 的编程 元件和编程指令的简要说明 33

1.4 编程软件的使用和操作方法 38

1.4.1 学习前期的软、硬件准备 38

1.4.2 从网上下载资料和编程软件 39

1.5 三菱 FX 系列编程器的安装、 操作和使用方法 41

1.5.1 GPPW 编程器的安装方法 41

1.5.2 GPPW 编程器的基本操作方法 ... 43

第2章 PLC 的基本编程方法 56

2.1 电动机起停的简单控制程序 56

2.1.1 控制电路与程序的相同之处 56

2.1.2 控制电路与程序的不同之处 57

2.1.3 更完善的电动机起停控制 电路 59

2.1.4 电动机起停控制还有更简洁 的办法、更简洁的程序吗 65

2.1.5 程序所构成的逻辑条件和 逻辑关系 66

2.2 星—三角减压起动电路的控制 程序 67

2.2.1 星—三角减压起动主电路与常 规控制电路 68

2.2.2 星—三角减压起动程序和 控制电路的易犯错误 68

2.2.3 常规继电器电路图优化后的 程序 71

2.2.4 用置位、复位指令控制星—三角 运行的程序 72

2.2.5 用步进指令控制的程序 73

2.2.6 用对输出点的数值化操作来实 现星—三角减压起动控制 74

2.3 单按钮起停控制程序 75

2.3.1 单按钮继电控制电路 75

2.3.2 经典单按钮控制电动机起停的 程序 76

2.3.3 用 SET/RST 指令或计数器编写单 按钮控制起停的程序 80

2.4 定时器和计数器的配合应用 81

2.4.1 定时器 81

2.4.2 计数器 81

2.4.3 定时器与计数器应用程序 82

2.5 用功能指令编写顺序“暂态”输出 和顺序输出“保持”程序 96

2.6 功能指令——传送指令的应用 105

2.7 功能指令——比较指令的应用 106

2.8 功能指令——算术指令的应用 108

2.9 功能指令——程序流程指令的应用	112	5.1.2 YD204LV4 文本显示屏与 LS 产电、FX 系列 PLC 的连接	195
2.10 功能指令的应用示例——电梯 (运料小车) 控制电路	122	5.2 文本显示屏的操作和使用	196
第3章 PLC 的常用外部设备	130	5.3 PLC 与文本显示屏、编码器、变频器程序实例之一——可调定长自动裁切控制装置	209
3.1 PLC 的功能扩展模块或扩展单元	130	5.3.1 可调定长自动裁切控制装置的系统构成	209
3.1.1 I/O 扩展单元	130	5.3.2 PLC 程序	211
3.1.2 A/D、D/A 模拟量 I/O 模块	132	5.3.3 文本显示屏的画面编辑	211
3.2 PLC 的输入设备	140	5.3.4 程序解析	217
3.2.1 光电开关、接近开关和压力传感器	140	5.4 PLC 与文本显示屏、编码器、变频器程序实例之二——彩钢瓦裁切控制程序	220
3.2.2 旋转编码器	146	5.4.1 系统配线及控制原理	220
第4章 运用步进指令的编程方法	155	5.4.2 PLC 程序与对应画面	223
4.1 步进指令编程的总规则	155	第6章 PLC 与变频器、步进电动机	229
4.2 单序列步进梯形图的编程方法	156	6.1 PLC 与变频器	229
4.3 具有选择序列的步进梯形图编程方法	161	6.1.1 变频器的基本应用	229
4.4 步进程序中的跳步与循环处理方法	164	6.1.2 变频器与 PLC 之间的 RS 485 通信	234
4.5 并行序列电路的处理	166	6.1.3 Modbus 通信协议 (以 K120S 系列 PLC 与伟创 AC60 变频器通信为例)	238
4.6 编写步进控制程序时的其他需注意问题	168	6.2 PLC 与步进电动机	245
4.7 步进控制程序的实例电路分析之一——印铁制罐生产线的罐体自动装箱控制程序	170	6.2.1 步进电动机的性能与作用概述	245
4.7.1 PLC 的 I/O 点数和工步次序的确定	170	6.2.2 PLC 脉冲程序的编写	249
4.7.2 编写控制程序	173	6.2.3 PLC 控制步进电动机程序实例——机件研磨机控制程序	255
4.8 步进控制程序的实例电路分析之二——恒压供水变频—拖四系统装置	177	6.2.4 PLC 控制步进电动机程序实例二——液压铣床控制系统	262
4.8.1 系统设计思路	177	第7章 PID 控制	280
4.8.2 恒压供水变频—拖四系统配线图	178	7.1 PID 控制概述	280
4.8.3 恒压供水变频—拖四系统程序	184	7.2 PLC 的 PID 功能及 PID 指令说明	286
第5章 PLC 与文本显示屏	192	7.3 PID 控制程序实例——4 台水泵恒压供水程序	287
5.1 文本显示屏概述	192	参考文献	294
5.1.1 YD204LV4 文本显示屏基本功能	193		

第 1 章 PLC 的电路构成和工作原理

1.1 PLC 主机内部电路构成

PLC 采用典型的计算机结构，单元电路包括 CPU、RAM、ROM 和输入、输出接口电路等，内部采用总线结构进行数据指令的传输。如果把 PLC 整体电路看作是一个中间处理器或转换器的话，它根据编程者的意图，将各种输入变量（各种输入的开关量信号等）转变为输出变量（各种输出的开关量信号等），从而实施对输出设备的控制。

结合图 1-1 简介各部分的作用：

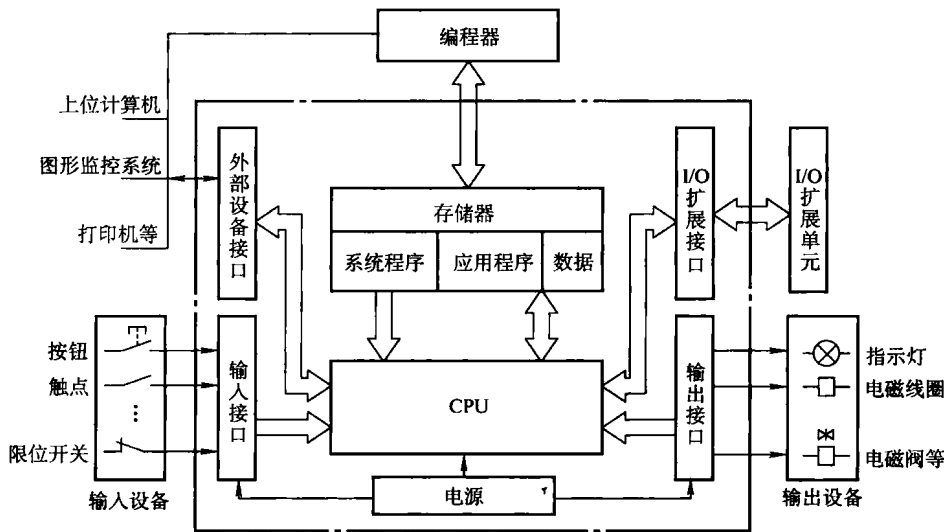


图 1-1 PLC 的典型电路结构图

1. CPU

PLC 的核心器件为 CPU，它是中央处理器的简称，起着神经中枢的作用。PLC 中所用 CPU 多为微控制器，又称为单片机，功能与结构日益完善，将中央处理器（CPU）、随机存取存储器（RAM）、只读存储器（ROM）、中断系统、定时器/计数器以及 I/O 接口电路等主要微型机部件集成在一块芯片上。由于 PLC 功能的特殊性，在微控制器之外，另外扩展了大容量存储器和相应的 I/O 接口电路。

CPU 所完成的任务包括将输入信号送入存储器存储起来；按存放的先后顺序取出用户指令，进行编译；完成用户指令规定的各种操作，将结果送到输出端；响应各种外部设备（编程器、打印机等）的请求。

2. 存储器

存储器用来存放系统程序、用户程序、逻辑变量和其他信息，用于存放各种暂存数据、

中间结果及用户程序：一类为 RAM（随机存取存储器），可以随时由 CPU 对其进行读出与写入；另一类为 ROM（只读存储器），CPU 只能读取而不能写入。用来存放监控程序及系统内部数据，这些程序及数据已由 PLC 厂商在出厂时固化在 ROM 芯片中，不能为用户更改。

3. I/O 接口电路

PLC 通过输入接口电路将开关、按钮等输入信号转换成 CPU 能接收和处理的电压（或频率）信号，输出接口是将 CPU 输出的电压信号（弱电）转换为触点信号（或其他形式的输出信号），供外部控制电路取用。I/O 接口电路起到 PLC 和外部设备之间信号传递的作用。为减小电磁干扰，提高抗干扰性能，I/O 接口电路常采用光耦合电路。

4. I/O 扩展接口

I/O 扩展接口的作用有两个：若主机（带有 CPU）单元的 I/O 点数不够用，再增加一台主机或换用一台 I/O 点数多的主机，在成本上核算不够经济，则通过 I/O 扩展接口电缆与扩展单元相连，以扩展 I/O 接口；PLC 主机的输入、输出电路，只能传输数字开关量信号（指定端口可传输高速脉冲信号），但不能传输模拟信号，若需采集和传输模拟信号，则应加装 A-D、D-A 模块或专用模块，如温度检测模块等，也通过 I/O 扩展接口与主机相连。

5. 电源

PLC 的电源供给是取自交流 220V 市电，经内部整流、滤波后变为 300V 左右直流电，加至开关电源电路，开关电源电路输出 24V、5V 两路直流电压，供给 CPU、存储器和 I/O 接口电路。

6. 编程器接口

利用编程工具（如笔记本电脑），可以输入、检查、修改和调试用户程序，还可以监视 PLC 的工作状态，只需通过一根编程电缆与 PLC 主机连接即可。另外，图形监视器（文本显示屏、触摸屏等）也经编程器接口与 PLC 相连。

通过对 PLC 内部电路构造的了解，我们知道 PLC 是一个具有微型计算机结构的智能化控制器。对内部电路的结构与工作原理只要了解一些就可以了。我们的注意力应该放在外部接口电路上，明白各接口电路的功能和作用，尤其是 I/O 接口电路的功能和特点，以根据生产控制要求选用 PLC 的 I/O 点数和类型。

1.2 三菱 FX 系列小型 PLC

世界上的 PLC 产品可按地域分成三大流派：一个流派是美国产品；一个流派是欧洲产品，如西门子产品；一个流派是日本产品，如三菱产品。美国和欧洲的 PLC 技术是在相互隔离情况下独立研究开发的，因此美国和欧洲的 PLC 产品有明显的差异性。而日本的 PLC 技术是从美国引进的，对美国的 PLC 产品有一定的继承性，但日本的主推产品定位在小型 PLC 上。美国和欧洲以大中型 PLC 而闻名，而日本则以小型 PLC 著称。

日本的小型 PLC 最具特色，在小型机领域中颇具盛名，某些用欧美的中型机或大型机才能实现的控制，日本的小型机就可以解决。在开发较复杂的控制系统方面明显优于欧美的小型机，所以格外受到用户的欢迎。日本有许多 PLC 制造商，如三菱、欧姆龙、松下、富士、日立、东芝等公司，在世界小型 PLC 市场上，日本产品约占有 70% 的份额。此类产品

可称之为日系 PLC 产品。

三菱公司的 PLC 是较早进入我国市场的产品。20 世纪 80 年代末,三菱公司推出 FX 系列,在容量、速度、特殊功能、网络功能等方面都有了全面的加强。

进入 2000 年以后,随着我国私营企业的遍地开花和发展壮大,PLC 的应用量急剧上升,国内一些自动化产品企业抓住了商机,或技术合作或独立开发,生产出中、小型 PLC,如 LS 产电生产的 K120 系列 PLC、台达 PLC、信捷 PLC、力扬 PLC 等。这类 PLC 与我们已经熟悉的日系 PLC 的性能和应用方法非常接近,便于掌握、学习和应用。

如果从 PLC 入门的角度考虑,日系 PLC 梯形图和程序图更接近于实际的电气控制电路图,用于旧的电气控制电路的改造有良好的“可移植性”,也便于电气技术人员实现从实际电路向“虚拟电路”的“无障碍”转化。因而本书编程实例,采用 PLC 型号为 FX 系列 PLC 和 LS 产电的 K120 系列 PLC,本书作者的工程实践中,所经手和经常应用的也是这两种型号的 PLC;采用形象直观的、被编程人员广泛采用的一种编程语言——梯形图来编写程序。读者如有上述任意一种进口或国产 PLC,都可以将本书实例方便地“翻译”——重新写入到 PLC 中,进行试验和学习。在对两种类型 PLC 的学习和应用中,从控制端子接线到指令应用,读者要体会其“大同小异”的意趣。

1.2.1 三菱 FX1N-24MR 外形和各部件名称

三菱 FX 系列 PLC,共有 FX0S、FX1S、FX0N、FX1N、FX2N (FX2NC) 等几大系列,FX0S 和 FX1S 属经济型 PLC,能完成一般控制任务,但使用功能受限,如 I/O 接口不能扩展,功能指令的条数较少等,而 FX0N~FX2N PLC,则允许连接 I/O 扩展模块,功能指令也比较全面。三菱 FX1N-24MR PLC 外形和盖板打开图如图 1-2 和图 1-3 所示。

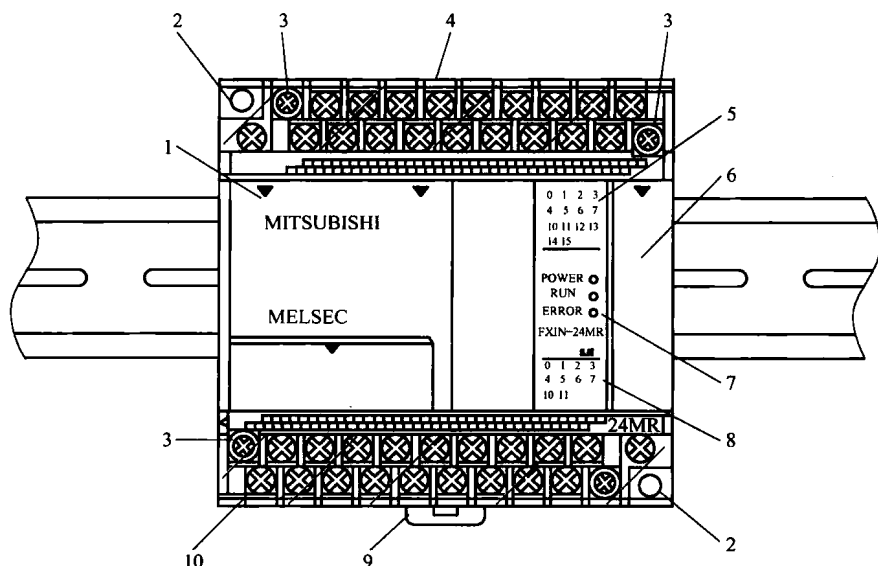


图 1-2 FX1N-24MR PLC 外形

- 1—盖板 2—安装孔 2 个 ($\phi 4.5\text{mm}$) 3—端子排脱卸用螺钉 4—电源、输入信号用端子排
5—输入指示 LED 6—扩展用连接盖板 7—POWER LED (LED 亮时表示通电状态)、
RUN LED (运行时 LED 灯亮)、ERROR LED (程序错误时闪烁, CPU 错误时, 灯亮)
8—输出显示 LED 9—DIN 导轨安装用卡扣 10—供电电源、输出信号用端子排

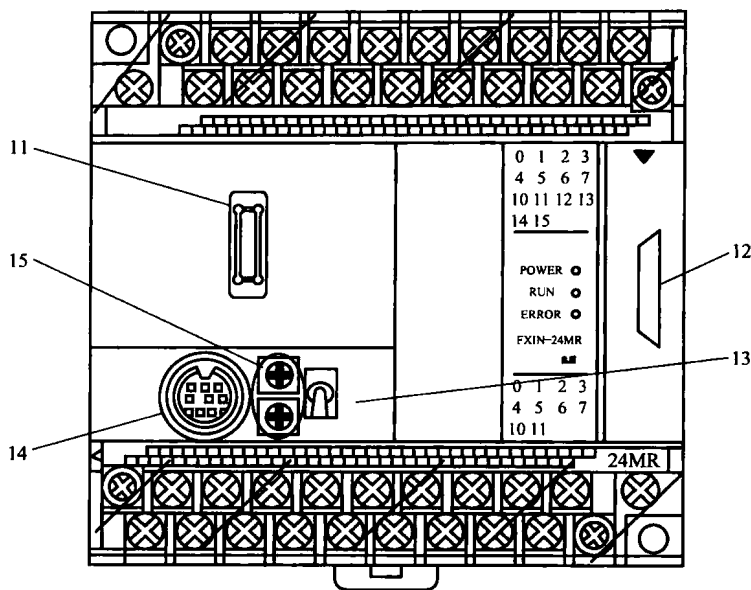


图 1-3 FX1N-24MR PLC 盖板打开图

11—选件连接用插口（存储卡盒等） 12—扩展用连接插口、连接 I/O 扩展、特殊模块等

13—RUN/STOP 用开关 14—GOT 编程设备连接用插口

15—两个模拟电位器（上部：VR1 - D8030，下部：VR2 - D8031）

有几个问题需要简要说明一下：

1) PLC 的型号含义：如图 1-2 中的 PLC 的型号为 FX1N-24MR，其中 FX1N 为系列总称，24MR 则为 I/O 点数和输出类型。图中 PLC 的 I/O 合计点数为 24 点。输入点数为 14 个，可输入 14 路开关量信号（其中 X0、X1 可输入高速计数脉冲信号）；输出点数为 10 个，可输出 10 路继电器触点形式的开关量信号。我们常说的多少点的 PLC，一般是指该 PLC I/O 的合计点数，即 PLC 能处理多少路输入信号和输出多少路控制信号的能力（规格）。MR 的意思：M 意为基本单元，R 指输出类型，意为继电器输出（参见图 1-10 中的图 a）。若 PLC 标注为 FX1N-24MT，则意为 I/O 点数为 24 点、晶体管输出电路形式的 PLC（参见图 1-10 中的图 b）。

2) 端子排脱卸用螺钉的作用：当 PLC 的接线端子排配线完毕，安装于控制盘内，若因某种原因更换或维修 PLC 时，可将端子排脱卸螺钉松开，将端子排与配线一同取下，省去了将配线逐根做标记的麻烦，尤其是在配线根数较多且未套线号的情况下。这样可方便地取下 PLC 主机部件进行代换或维修，而不必重新配线。

3) PLC 盖板上在编程插口附近有一只微型拨动开关，为 RUN（运行）/STOP（停止）开关，拨到 RUN 位置，内部程序处于运行状态，拨到 STOP 位置，内部程序被强制停止。须将开关拨到 STOP 位置，才能进行程序写入或上传；拨至 RUN 位置，投入正常运行，同时 RUN 指示灯点亮。

另外，对 PLC 的运行与停止控制，还可以采用别的方式，如计算机远程控制，由通信程序进行控制。也可编写控制程序，由输入端子进行 RUN/STOP 的控制，程序与接线电路如图 1-4 所示。

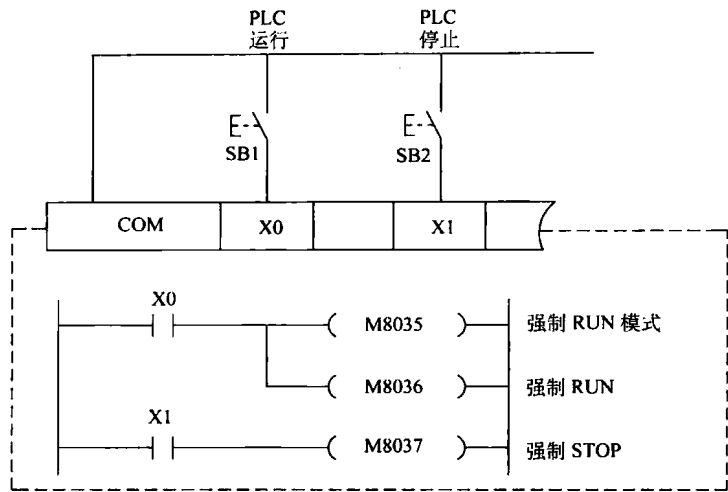


图 1-4 用程序及输入端子控制 PLC RUN/STOP

特殊辅助继电器 M8035、M8036、M8037 被驱动后，进入端子控制 RUN/STOP 模式。其控制方式的设置，是通过程序来进行的——相应的特殊辅助继电器被驱动，CPU 的系统运行模式即被改变。X0 端子为指定 RUN 信号输入，而 STOP 信号则可以从其他任意输入端子输入。

4) 编程插口附近还有上下排列的两只电位器，其对应刻度以 0 ~ 255 的数值数据保存于特殊数据寄存器中。通过以数值形式获取的数据，可指定为定时器的间接指定值，作为电位器型的模拟定时器。电位器 VR1：内部数值存储于数据寄存器 D8030；电位器 VR2：内部数值存储于数据寄存器 D8031；用户调整电位器的刻度位置时，D8030、D8031 两只专用寄存器中的赋值同步改变。这样用户不必修改程序，即可直接调节相应某定时器定时时间的长短。在电动机星—三角减压起动程序段中，可用 VR1、VR2 两只电位器调整星—三角减压起动的转换时间。

图 1-5 为模拟电位器用于定时器时间调节的程序示例。

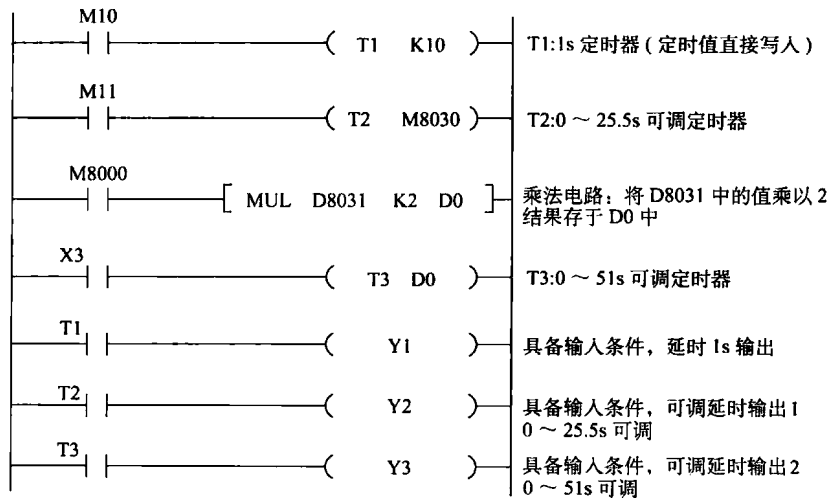


图 1-5 模拟电位器用于定时器时间调节的程序示例

图 1-5 中定时器 T1 的定时时间用常数 K10 直接指定，为延时 1s 的定时器；T2 的定时值间接取自特殊数据寄存器 D8030，其数值对应于 PLC 面板电位器 VR1 的刻度调节，可调节范围为 0~25.5s；因 D8030、D8031 的最大数值为 255，用于 100ms 的定时器的间接定时值时，其最大值为 $0.1s \times 255 = 25.5s$ ，若需更长定时时，可用乘法电路将定时时间成倍延长。数据寄存器 D0 中存储的是两倍的 D8031 内部数值，因而定时器 T3 的定时可调范围为 0~51s。若用 K10 作乘数，则可制作 0~51s 的可调定时器。

1.2.2 FX1N-24MR 端子标记图和内部/外部控制电路

图 1-6 为 PLC 端子标记图，输入端子从 X0~X14（X15 为空端子），共 14 个端子，称为 14 个（直流）输入点；输出 Y0~Y11，共 10 个端子，称为 10 个输出点，为 24I/O（点）PLC。

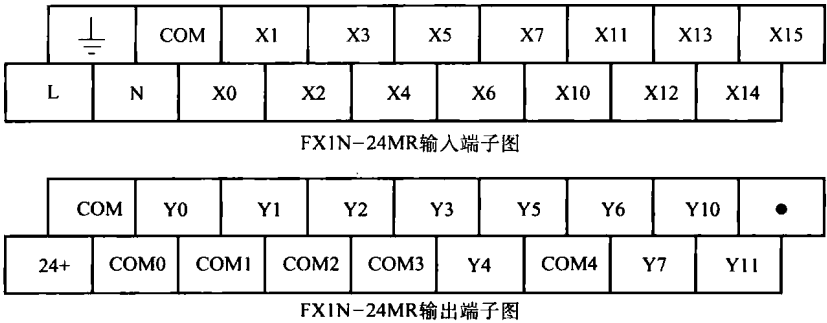


图 1-6 FX1N-24MR PLC 端子标记

对端子排序、标记和控制电路需注意两个问题：

1) 端子标记和排序采用八进制数制，输入端子中没有 X8、X9 或 X18、X19 两个端子，排序规律为 X0~X7，X10~X17，X20~X27 …，输出端子也是如此排序和标记的。在编程中误输入 X9 或 Y9 时，编程软件将给出相关错误提示，拒绝电路输入操作。

2) 输入端子排，只有一个 COM 端子，为输入信号公共端子，当 X0~X15 任一端子与 COM 接通形成输入通路时，都可以形成输入信号。产生输入信号的实质，是输入电路中产生了直流输入电流（见图 1-7）。其中 L、N 为 PLC 供电电源接入端，一般情况下，接市电交流 220V 供电，当然由隔离变压器提供供电或稳压电源提供供电，效果更好。输出端子有 COM0~COM4 共 5 个公共端子，说明输出端子可连接 5 路相互独立的负载电路，其中 Y0、COM0 端子内部为一只独立的继电器常开触点电路，与 Y1~Y11 没有电气联系。Y1 与 COM1、Y2 与 COM2 都为独立的控制输出电路；而 COM3，则为 Y3、Y4、Y5 3 个输出端的共用电路端子，COM4 则为 Y6、Y7、Y10、Y11 4 个输出端的共用电路端子。采用多个输出电路的好处，可适应不同负载电路（供电电压）的灵活连接，如图 1-7 所示。24+、COM 端子间为 24V 直流电压输出，此 24V 在内部为 X 输入端子电路的供电电源，引出后，可作为外接仪器用电源，如用作旋转编码器的直流供电电源。

图 1-7 给出了 4 种输出负载电路的连线，Y6~Y11，所接负载共用 220V 交流供电；Y3~Y5，所接负载共用直流 24V 供电；Y1、Y2 所接负载共用交流 110V 供电，因两个负载电器为进口电器，供电电压级别为交流 110V。因 Y1、Y2 内部电路是独立的，所以需将 COM1 和 COM2 两个端子并联起来，以共用 110V 控制电源。

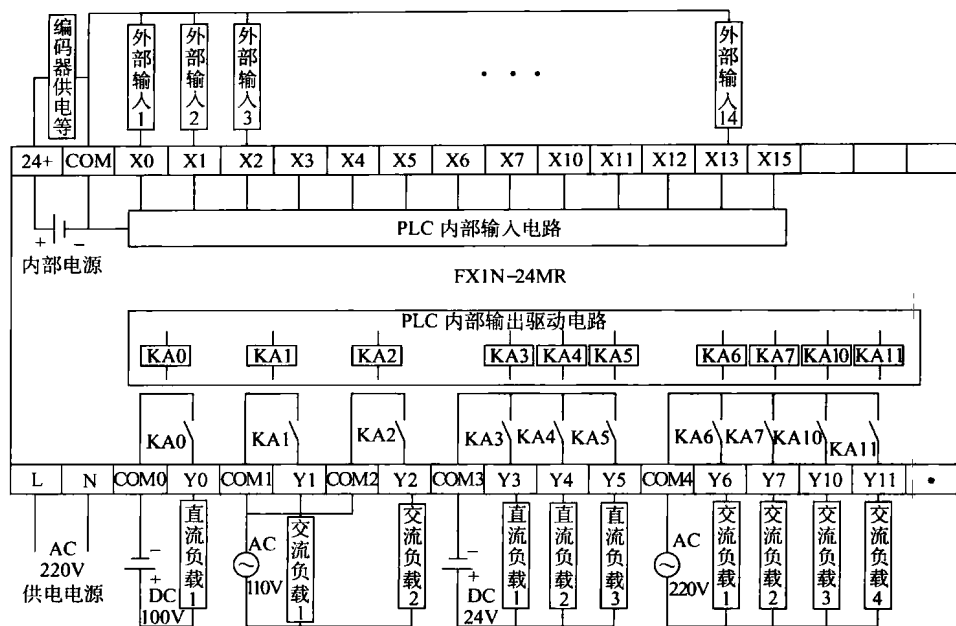


图 1-7 FX1N-24MR 端子排控制电路

由此根据负载电路的供电要求，可灵活安排和分配输出端子。

1.2.3 三菱 FX 系列 PLC I/O 端子内部电路形式

图 1-8 给出了三菱 FX 系列 PLC 输入端子的内部电路。端子 24V、COM 为外接仪表电源输出端，两端子内接由 PLC 内部开关电源提供的 24V 直流电压。24V 电源可作为外接传感器的电源供应，当用户采用光敏管、接近开关或旋转编码器采集位置或长度信号，作为开关量信号输入到 PLC 输入端子时，可由这两个端子提供光电开关、接近开关和旋转编码器的 24V 工作电源，省去了另供工作电源的麻烦。24V 直流供电，同时又作为 X 输入端子的控制电源，COM 又兼作输入信号的公共端子。

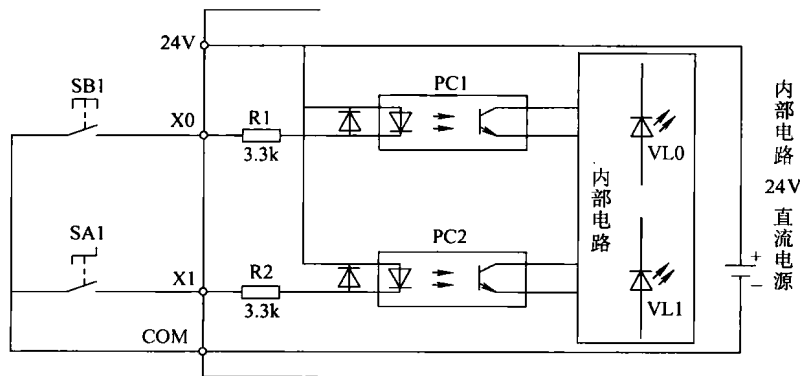


图 1-8 三菱 FX 系列 PLC 输入端子内部电路

当外部控制按钮 SB1 闭合时，即 X0 与 COM 端子闭合时，构成了从 24V 电源正极、光耦合器 PC1 输入侧发光二极管、R1、外接开关触点至 COM（电源负极）的约 7mA 的输入电流通路，PC1 输出侧光敏晶体管受光导通，将 X0 输入端信号传输给后级电路（CPU），同

时 X0 输入端子指示灯点亮,说明 X0 端子已有闭合信号输入。输入信号的响应时间约为 10ms,输入 ON (有效接通) 电流值 $\geq 4.5\text{mA}$,输入 OFF (有效断开) 电流值 $\leq 1.5\text{mA}$ 以下。

PLC 若有 24 点输入,则 X0 ~ X7 这 8 个输入点,输入电流为 7mA; X10 及以后的输入端子输入电流为 5mA,即光耦合器输入串联电阻由 $3.3\text{k}\Omega$ 更换为 $4.3\text{k}\Omega$,而输入点扩展单元的输入端子的输入电流均为 5mA。

由电路结构可看出,当短接 X1、COM 两端子,由输入电流回路的形成产生输入信号, X1 端子指示灯应该点亮;两端子无信号输入 (开路状态) 时,两端子之间电压应为 24V,有信号输入时,两端子之间电压为 0V;两端子内部输入电路正常时,用万用表的 DC50mA 电流档,两表笔测量 X1、COM 端子的流入电流,应为 7mA 左右。大于 10mA 或小于 3mA,都说明端子内部已经损坏,这是一台损坏的 PLC,需要更换或维修了。

看到电路,应该由该电路的特点,想到应用和测量判断的方法,这都是一些小方法,但在日常应用和生产实践中,却非常有用,往往能高效率 and 切实地解决棘手的问题。以上相应参数,恰恰是应该引为注意的地方,如输入 OFF 电流值,当输入设备 (如光电开关) 的漏电流大于 1.5mA 时,会使该路输入信号不能被有效断开,使 PLC 误以为信号输入一直在接通中,导致出现误控制动作。

对输入端子须注意的 4 个问题:

1) 各个输入端子的默认响应时间为 10ms,一般情况下,只能输入 10Hz 级开关信号。但可以通过参数设置,实现更高频率信号的输入,如 60kHz 以下的频率信号。

2) X0 ~ X7 端子,输入电流为 7mA,较大的输入电流,使得光耦合器件的响应速度提升,是实现高速信号传输的硬件基础,因而这 8 个端子可以作为高速信号输入端子,可以输入如旋转编码器等输入的高速脉冲信号。而其他端子,则因输入电路电流较小,不具备高速信号传送的硬件条件,不允许当作高速信号输入端子使用。高速计数的设置和应用请参考 2.4 节的相关内容。当端子被用作高速计数输入时,系统自动执行中断处理,而不必另行编写中断程序。其输入信号响应时间也与扫描时间无关,而自动更新为微秒级的时间。

3) 在对特定信号 (如高速信号或信号中混有干扰脉冲的信号) 输入时,一方面会因电路响应太慢,不能良好捕捉输入信号,另一方面又因电路的滤波时间常数不够,致使混入干扰信号而造成误动作。两者都需要对输入端子的响应时间 (滤波常数) 进行调整。当 PLC 与变频器构成一个系统运行时,变频器的载波干扰有时会窜入 PLC 的输入端子电路,形成错误的输入信号,用参数设置改变和加长响应时间,也许能有效解决干扰问题。通常, X0 ~ X7 或 X0 ~ X17 输入端子具有数字滤波设置功能, FX1S 系列 PLC 可进行 0 ~ 15ms 的设置, FX2N 系列 PLC 则可进行 0 ~ 60ms 滤波时间的设置。

对输入端子滤波常数的变更和设置,是通过向特殊数据寄存器 D8020 中传送、写入新数据来实现的,如图 1-9 所示。编写一段简单程序,便能完成这一任务。D8020 为输入滤波器调整专用数据寄存器,产品出厂之初, D8020 即存储了输入端子滤波常数的相关数据 (如 10ms)。这类特殊数据寄存器,是专用寄存器,不允许被用作其他用途。另外,也可用滤波调整指令 (REFF) 实现对输入信号的刷新和指定滤波时间。

PLC 的输出接口电路,为适应外部设备特性的不同,常用者一般有两种类型。

图 1-10 中给出了三菱 FX1N 系列 PLC 的两种输出电路类型。



图 1-9 对 X 输入端子滤波常数进行设置的程序

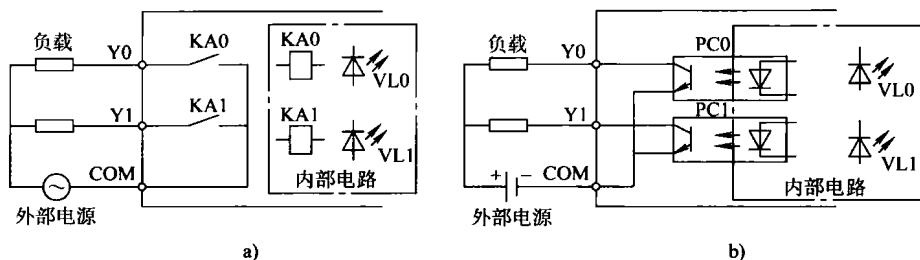


图 1-10 三菱 FX1N 系列 PLC 两种输出电路

a) 继电器输出电路 b) 光耦合器输出电路

1) 继电器输出型, 输出端子为继电器常开触点的引线端。外接负载电路可以采用交流 220V 或直流 300V 以下直流供电, 允许电阻性负载电流在 2A 以内, 电感性负载为 80VA, 灯负载为 100W。电路为机械绝缘方式, 通过继电器线圈的电磁/机械动作, 传递输出控制信号, 继电器线圈得电时, 常开触点闭合, 相应输出指示灯 VL 点亮。响应时间约为 10ms。

2) 晶体管输出型, 输出端子为光耦合器输出侧晶体管的 C、E 极, 外接负载电路需采用直流 5~30V 供电, 电阻性负载电流为 0.5A, 电感性负载为 12VA, 灯负载为 15W。响应时间为 0.2ms 以下, Y0、Y1 两高速输出端子响应时间为 5μs。电路为光耦合绝缘方式, 光耦合器输入侧发光二极管得电发光时, 输出侧晶体管导通, 将控制信号传递到输出端口, 同时相应端子输出指示灯点亮。

继电器输出电路, 由于机械结构的局限性, 有一定的输出延迟时间, 采用晶体管输出电路, 则能大大提高响应速度, 尤其适用于高速频率信号的传输。Y0、Y1 为专用高速脉冲信号输出端子。

只有在运行状态, PLC 的输出端子才有开关信号输出, 相应输出端子的输出指示灯也同步点亮。如果脱开与外部负载电路的连接, 则相应端子指示灯点亮时, 用万用表电阻档测量输出端子与 COM 端子之间电阻值接近零值, 表明端子内部电路处于接通 (输出正常) 状态。在非输出状态下, 输出端子与 COM 之间的电阻值应为无穷大; 在与外部电路连接状态下, 当输出指示灯点亮 (端子在输出状态) 时, 用电压档测量输出端子与 COM 端子之间的电压, 应为 0V。在非输出状态 (端子指示灯熄灭) 时, 输出端子与 COM 端之间的电压值, 应为外部负载电路供电电压值。

信号输出状态下, 输出端子电阻为无穷大, 或电压值为外部负载供电电压值; 在非输出状态下, 输出端子出现一定电阻值 (或处于短路状态), 输出端子间电压值低于供电电压值 (或为 0V), 都说明端子内部电路已经损坏, PLC 已损坏。而凑巧的是, 新购进的 PLC 也可能会有此种故障! ——新购进 PLC 安装使用前须上电验证是否有先天性质量问题!

对输出端子须注意的 4 个问题:

1) 应根据输出端子的电路类型选配外部控制电路的供电类型和元器件类型, 或根据控

制要求选用相应输出类型的 PLC。当需要输出一定频率的电压信号时，必须选用晶体管输出型 PLC。

2) 因逐行扫描方式会造成输出信号的滞后，所以在运算过程中需要最新的输入信号以及希望立即输出运算结果时，可以使用 I/O 刷新指令 REF（见图 1-11）。此指令是“输入立即生效”和“输出立即动作”的命令。

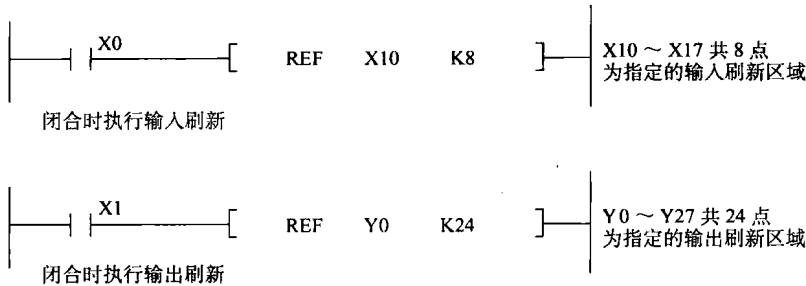


图 1-11 I/O 刷新指令程序示例

3) 晶体管输出电路，也仅有 Y0、Y1 两个端子是指定高速信号输出端子。误用其他端子作为高速信号输出时，因响应时间滞后，会造成输出错误。

4) 某种特殊（故障）情况下，出于保护目的，要求全部输出点为断开状态，可编写程序驱动特殊辅助继电器，使全部输出点 OFF，如图 1-12 所示。

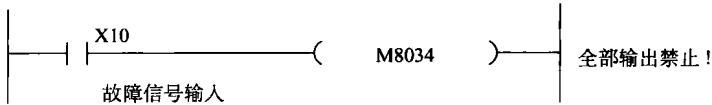


图 1-12 全部输出禁止程序示例

当故障信号产生，特殊辅助继电器 M8034 被驱动时，虽然程序仍在“运行”，但 PLC 的输出信号被全部禁止，Y 全部端子被强制为 OFF 一直到故障信号消失后，输出才被允许。

1.2.4 三菱 FX 系列 PLC 的编程元件配置

三菱 FX 系列 PLC 的编程元件配置表见表 1-1。

表 1-1 三菱 FX 系列 PLC 的编程元件配置表

型号		FX0S	FX1S	FX0N	FX1N	FX2N
种类						
输入继电器 X (按八进制编号)		X0 ~ X17 (不可扩展)	X0 ~ X17 (不可扩展)	X0 ~ X43 (可扩展)	X0 ~ X43 (可扩展)	X0 ~ X77 (可扩展)
输出继电器 Y (按八进制编号)		Y0 ~ Y15 (不可扩展)	Y0 ~ Y15 (不可扩展)	Y0 ~ Y27 (可扩展)	Y0 ~ Y27 (可扩展)	Y0 ~ Y77 (可扩展)
辅助继电器 M	普通用	M0 ~ M495	M0 ~ M383	M0 ~ M383	M0 ~ M383	M0 ~ M499
	保持用	M496 ~ M511	M384 ~ M511	M384 ~ M511	M384 ~ M1535	M500 ~ M3071
	特殊用	M8000 ~ M8255 (具体见使用手册)				

电时，常开触点闭合，常闭触点断开，因而常开触点又称为动合触点，常闭触点又称为动断触点。用基本指令编程，对这 3 类元件线圈和触点的应用，同继电器控制线路是完全一样的；用功能指令对其编程，则可进行批次输出、自动移位、循环输出等的智能化控制。

X 元件称为输入继电器，其数量是固定的，在选定 PLC 型号后，就决定了其数量的多少，PLC 有几个 X 输入端子，就对应几个输入继电器，如上述 FX1S-24MR 型 PLC，输入端子从 X0~X14，共 14 个输入点，也即说明该 PLC 输入继电器有 14 只，其标号为 X0~X7，X10~X15。输入继电器是一个虚拟的继电器元件，又称为软继电器元件。我们见不到实物，只能在梯形图中看到触点，而线圈则是隐形的。说它是虚拟元件，但其控制动作过程是真真切切地在发生的，同真的继电器控制电路并无两样。

Y 元件称为输出继电器，数量也是固定的，PLC 有几个输出点，即有几只输出继电器，元件标号也采用 PLC 输出端子的标号。如 FX1S-24MR PLC 中输出端子 Y0~Y7、Y10~Y11 共 10 个，其输出继电器也有相同标号的 10 只。Y 继电器个数是有限的，程序中一般情况下不允许双线圈输出，即 Y 继电器的线圈数目也是固定的。输出继电器 Y 虽然也称为软继电器元件，但具有与其对应的一个常开输出触点，输出端子即其触点引出端子。因而其硬件输出触点只有一对（常开），但软触点的使用个数却是不受限制的。

辅助继电器在常规继电器控制电路中又称为中间继电器，有时简称“中继”，控制电路中标为 KA 的即是，是继电器控制电路中对主令元件（按钮、开关等）和执行元件（接触器、电磁阀等）的中间信号进行传递与控制的元件，是继电器控制电路中的生力军。做一个实际继电器控制电路，要核计一下，继电器需要几只，每只继电器要用到几对触点，需几对常开和几对常闭触点等。但作为 PLC 编程（软）元件，不仅数量庞大，一般达 500 只以上，如 M0~M499，可任意使用，而且任意一只辅助继电器的触点在使用数量和次数上都是无限制的。

我们将实际的继电器控制电路画成梯形图，下载到 PLC 中，接好按钮、开关等输入电路和继电器、接触器等输出电路，则程序“软电路”会起到继电器控制电路的“硬电路”一样的控制作用，而配线简单——中间继电器控制这一环节为“软电路”所取代。

标号为 M500~M3071 的辅助继电器，为停电保持型继电器，其作用即不是常规继电器控制电路所具有的了。常规控制电路，一旦停电，则所有元件都会恢复原始状态，而 PLC 中所用保持辅助继电器，则工作状态在 PLC 供电中断后也能保持（断电存储作用），如断电前常开触点在闭合状态，在 PLC 重新上电后，该继电器常开触点仍在闭合状态，并不因供电中断而断开，用于停电后需保持原状态的特定控制场合。

另外，当构成多 PLC 系统而 PLC 之间进行通信连接时，一部分辅助继电器被作为连接占用。其具体应用请参阅《FX 通信用户手册》。

还有一类特殊辅助继电器，标号为 M8000~M8255，共 256 只，而常用者不过十几只而已。这些特殊辅助继电器各有其特定的功能，像方便指令一样，对其特定功能进行有效应用，能提供方便的控制，并提高编程效率。这些特殊辅助继电器，其实是为编程提供某些方便的，似乎也可称之为“方便继电器”，它们的触点数也是可以无限量使用的。

特殊辅助继电器，其编号通常与特殊数据寄存器相对应，如 M8000 为运行监控继电器；D8000 为监视定时器，同是用于 PC 状态的监控，如此编号也方便记忆。

特殊继电器的种类如下：