

plc与变频器控制

李善峰 主编



四川大学出版社



责任编辑:梁 平
责任校对:陈 怡
封面设计:原谋设计工作室
责任印制:王 炜

图书在版编目(CIP)数据

PLC 与变频器控制 / 李善峰主编. —成都: 四川大学出版社, 2014. 5

ISBN 978-7-5614-7699-4

I. ①P… II. ①李… III. ①plc 技术—中等专业学校—教材②变频器—中等专业学校—教材 IV. ①TM571.6
②TN773

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 108356 号

书名 PLC 与变频器控制

主 编 李善峰
出 版 四川大学出版社
地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行 四川大学出版社
书 号 ISBN 978-7-5614-7699-4
印 刷 四川五洲彩印有限责任公司
成品尺寸 185 mm×260 mm
印 张 10.75
字 数 260 千字
版 次 2014 年 6 月第 1 版
印 次 2014 年 6 月第 1 次印刷
定 价 21.00 元

版权所有◆侵权必究

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。
电话:(028)85408408/(028)85401670/
(028)85408023 邮政编码:610065
◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。
◆网址:<http://www.scup.cn>

前 言

突显职教特色，以内涵发展和改革创新为主线，提高职业教育教学质量，这是目前职业教育工作的一种思路。围绕这个思路，职业教育界正如火如荼地进行着课程改革，其中，教材的改革显得尤为重要。在日常的技能教学中，我们发现了很多问题，也进行了很多思考，并在实际教学中进行了一些尝试，本教材正是这些思考和尝试的积累。本教材内容选取紧贴生产实际，并与相关职业标准相对接；知识学习和技能训练与产业、企业、岗位需求相对接。

本教材以三菱公司的 PLC 主流机型 FX2N 和变频器 FR-E700 为主要对象，设计了 6 个实训项目，包括 PLC 和变频器的基础知识、编程软件的使用、PLC 和变频器在生产实际中的一些基本控制及应用。按照“以项目为载体，任务引领，工作过程导向”的职业教育教学理念，基本上每个项目都按照项目式教学进行内容编排，包括学习目标、任务描述、相关知识、任务分析、任务实施、归纳总结、联系思考和知识拓展，力求让技能教学在学生动手中进行，力求让学生的学习紧紧地和生产实际结合在一起。本教材选择的项目都是从生产实际中收集来的基本控制案例，整个项目的教学过程基本上就是生产实施的过程。教材中并不强调知识的系统性，而是更加注重如何完整地完成任务，注重培养学生的相关职业能力。对于完成项目涉及的相关知识则以知识链接的方式呈现。

由于编者水平有限，书中难免存在纰漏和不足之处，恳请读者指正和谅解。

编 者



目 录

项目一 电动机基本控制电路的设计与调试·····	(1)
任务一 电动机单向点动—连续运行 PLC 控制电路的设计与调试 ·····	(1)
任务二 电动机单按钮启停 PLC 控制电路的设计与调试 ·····	(20)
任务三 电动机正反转 PLC 控制电路的设计与调试 ·····	(29)
任务四 电动机 Y— Δ 启动 PLC 控制电路的设计与调试 ·····	(39)
任务五 多台电机顺序启动控制与调试·····	(47)
项目二 流水灯的设计与调试·····	(60)
任务一 4 盏流水灯逐灯显示电路的设计与调试 ·····	(60)
任务二 4 盏流水灯隔灯显示电路的设计与调试 ·····	(69)
项目三 变频器控制三相异步电动机·····	(76)
任务一 变频器控制三相异步电动机运行·····	(76)
任务二 变频器多段速度的设置·····	(88)
项目四 传送带输送机与分拣机构安装与调试·····	(95)
任务一 传送带输送机与分拣机构的安装与调试·····	(95)
任务二 用触摸屏控制传送带输送机与分拣机构·····	(112)
项目五 搬运机械手的安装与控制·····	(134)
任务 安装控制搬运机械手·····	(134)
项目六 机电一体化实训装置的安装与控制·····	(144)
任务 模拟自动生产线推料、取料、传送、分拣·····	(144)
附 录·····	(158)
FX 系列 PLC 的编程元件·····	(158)
变频器简单模式参数表·····	(165)
参考文献·····	(166)



项目一 电动机基本控制电路的设计与调试

学习目标

- ★ 掌握 PLC 的基本结构和工作原理
- ★ 掌握 PLC 内部输入、输出继电器的功能和使用方法
- ★ 能使用软件 GX Developer 进行简单编程
- ★ 理解 PLC 的常用指令的应用
- ★ 理解电路“保持”的工作原理，能实现电路的“保持”
- ★ 能用 PLC 完成电动机单向—连续运行控制电路的设计与调试
- ★ 能用 PLC 完成电动机单按钮启停控制电路的设计与调试
- ★ 能用 PLC 完成多台电动机顺序启停控制电路的设计与调试
- ★ 能用 PLC 完成电动机正反转控制电路的设计与调试
- ★ 能用 PLC 完成电动机 Y— Δ 降压启动控制电路的设计与调试
- ★ 掌握 PLC 内部中计数器、定时器、辅助继电器的功能及应用

任务一 电动机单向点动—连续运行 PLC 控制电路的设计与调试

一、任务描述

在实训台上用 PLC 完成三相异步电动机单向点动—连续运行控制电路的设计与调试。

二、任务分析

按下启动按钮 SB2，电动机得电启动并保持，按下停止按钮 SB1，电动机失电停转，按下点动按钮 SB3 时可实现调整位置的点动控制。当出现过载时电机立即停转，



实现过载保护。继电器控制系统电路原理图见图 1-1。

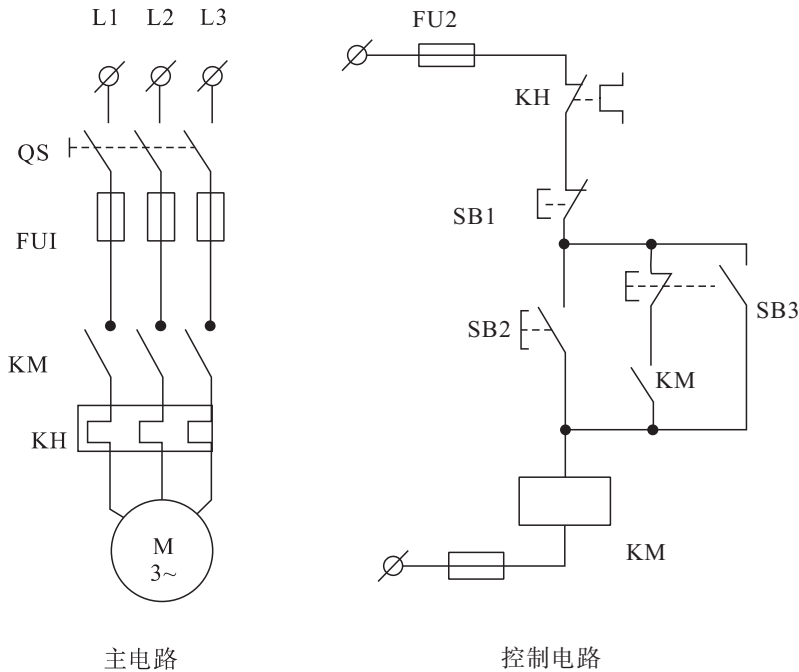


图 1-1 电动机点动—连续控制电路图

用 PLC 控制时，通过外部按钮 SB1、SB2、SB3 将要求电动机启动、点动、停止的信号送到 PLC 的输入端子上，通过控制程序，由 PLC 控制接在 PLC 输出端子上的接触器线圈 KM 得电或失电，使接触器 KM 主触头闭合或断开，控制电动机启动或停止工作。当电路过载时，由热继电器 KH 将过载信号送入 PLC，再通过内部程序控制接触器 KM 得电或失电，对电动机实现过载保护。PLC 的主电路与继电控制主电路一样，控制电路中，停止按钮 SB1、启动按钮 SB2、点动按钮 SB3、热继电器 KH 触点作为 PLC 的信号输入部件分别接一个输入点，KM 线圈作为 PLC 的输出执行部件接一个输出点。根据所接的输入输出点及控制要求编写控制程序。

三、相关知识

1. PLC 结构及工作原理

(1) PLC 的定义。

可编程控制器简称 PLC，它是一种稳定性、可靠性要求较高的工业计算机。1987 年国际电工委员会（IEC）对 PLC 做出了以下定义：PLC 是一种专门在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置，它采用编制程序的存储器，在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、定时、计数和算数运算等操作的指令，并能通过数字或模拟式的输入和输出控制各种类型的机械生产过程。PLC 及其有关指令的外围设备都应按照易于与工业控制系统形成一个整体、易于扩展其功能的原则设计。



(2) PLC 的特点。

① 可靠性高。

PLC 是专为工业控制设计的，内部采用了屏蔽、滤波、光电隔离等抗干扰措施，外部与大规模的继电控制系统相比，电气接线及开关触点减少，故障大为降低，平均故障时间间隔可达 2 万~5 万小时。PLC 带有故障自我检测功能，出现故障可及时发出报警信号，整个控制系统具有很高的可靠性。

② 功能强大，适应性强，应用灵活。

PLC 发展到今天，其生产厂家已经形成了大、中、小规模及系列化产品。有各种扩展模块，可用于各种规模的工业控制场合。具有逻辑运算和数据运算功能。

③ 程序设计、改造容易。

PLC 作为工业用控制计算机，是面向工矿企业的工控设备。它接口容易，梯形图编程语言与继电—接触器控制电路相似，容易被工程技术人员接受和掌握，编程软件易于掌握。PLC 减少了控制设备的外围接线，使控制系统设计施工周期减少，维护方便，改造时外部接线不需做太大的改变，只需要对程序稍加修改即可。

(3) 三菱 FX2N 型 PLC 控制面板的组成 (见图 2-1)。

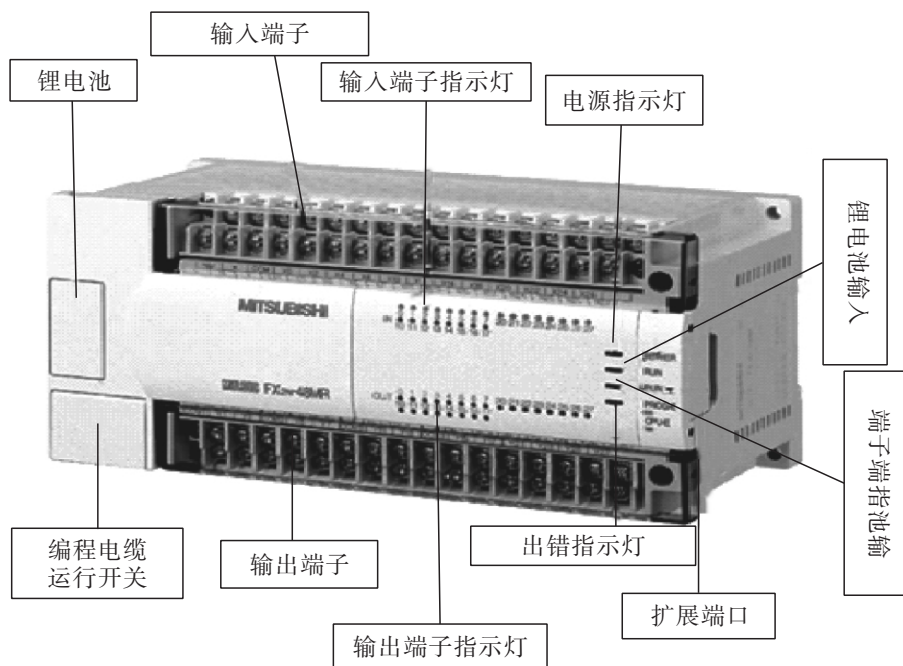


图 1-2 三菱 FX2N 型 PLC 控制面板结构图

① 输入端。

PLC 输入接线端子分为电源输入端、输入公共端 (COM 端)、输入接线端子 3 部分。

电源输入端：接线端子 L 接电源的相线，N 接电源的中线，PE 接地，为 PLC 提供



工作电压。

输入公共端（COM 端）和输入接线端子：在 PLC 控制系统中，各种按钮、行程开关和传感器等主令电器直接接到 PLC 输入端子和公共端子 COM 之间。每个 PLC 输入接线端子的内部都对应一个电子电路，即输入接口电路，也即每一个输入接线端子内部对应一个输入继电器。

三菱 FX2N 的输入接线端子用文字符号 X 表示，采用八进制编号方法。基本单元输入继电器的编号是固定的，扩展单元和扩展模块从基本单元最靠近处开始，按顺序进行编号。如基本单元 FX2N-48M 输入继电器的编号为 X0-X7、X10-X17、X20-X27，如果有扩展单元和扩展模块输入继电器，其编号从 X30 开始。输入继电器只能由外部信号驱动，不能由内部指令驱动。

②输出接线端。

PLC 输出接线端子可分为 24V 直流电源输出端、公共端和输出接线端子。

24V 直流电源输出端：用于传感器或其他小容量负载的供给电源。

公共端和输出接线端子：在 PLC 控制系统中，各种接触器、继电器的线圈，各种指示灯、电磁阀等电器通过自带的交流电源接到 PLC 输出端子和公共端子上。每个 PLC 输出接线端子的内部都对应一个电子电路，即输出接口电路，也即每一个输出接线端子内部对应一个输出继电器。

三菱 FX2N 的输出接线端子用文字符号 Y 表示，也采用八进制编号方法。与输入继电器一样，基本单元输入继电器的编号是固定的，扩展单元和扩展模块从基本单元最靠近处开始，按顺序进行编号。

注：当 PLC 所带负载的电源种类及电压等级相同时，可共用一个输出公共端，否则不能共用同一个公共端。

③操作面板。

操作面板包括 PLC 工作方式选择开关、可调电位器、通信接口、选件连接用插口等。

④状态指示栏。

状态指示栏分为输入状态指示、输出状态指示、运行状态指示。

(4) PLC 内部结构。

① CPU（中央处理单元）：CPU 类似于人体大脑，是 PLC 的控制中枢。由控制电路、运算器、寄存器组成，它们能接收并存储用户程序和数据，具有自检功能。

②存储器：主要由 ROM、RAM、EEPROM 三部分组成，用于存放系统程序、用户程序及工作数据。

③输入输出接口电路：PLC 与被控对象间传递输入和输出信号的接口部件。输出电路有三种：继电器输出、晶体管输出、晶闸管输出。

④电源：通过 PLC 内部配有的一个专有开关稳压电源，可将外部电压转化为 PLC 内部所需工作电压，并为外部输入元件提供 24 V 直流电源。

(5) 工作原理。

PLC 的工作原理与继电器接触器控制十分相似。PLC 输入、输出端口类似于继电



器接触器控制电路中的控制按钮和执行继电器，只是其对应的逻辑控制关系是由程序实现的。

PLC 中有大量的各种继电器，如输入/输出继电器、辅助继电器、定时器、计数器等，这些继电器不是真正的继电器，而是由计算机的存储器来模拟的，所以称之为软继电器或软元件，PLC 的等效电路如图 1-3 所示。

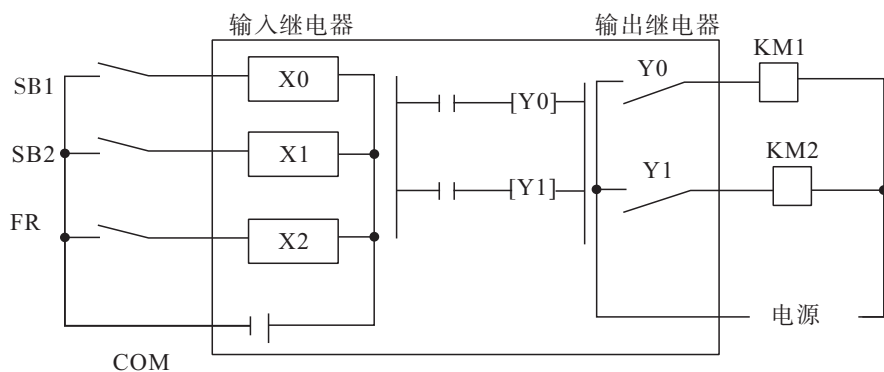


图 1-3 PLC 的等效电路图

PLC 等效电路分为三个部分，分别为输入电路、输出电路和内部逻辑电路。输入电路和输出电路是我们实际连接的。内部逻辑电路是通过编写程序来完成的。

若 SB1 闭合，则输入电路中的输入继电器 X0 得电，得电的 X0 可通过内部逻辑电路来控制输出继电器 Y0 工作，Y0 工作则输出端口 Y0 接点闭合，从而使执行线圈 KM1 得电。这一工作过程类似于图 1-4 所示的继电器接触器控制电路，即用输入信号控制输入继电器，再由输入继电器来控制输出继电器，最后由输出继电器去控制相应的外部执行电器工作。

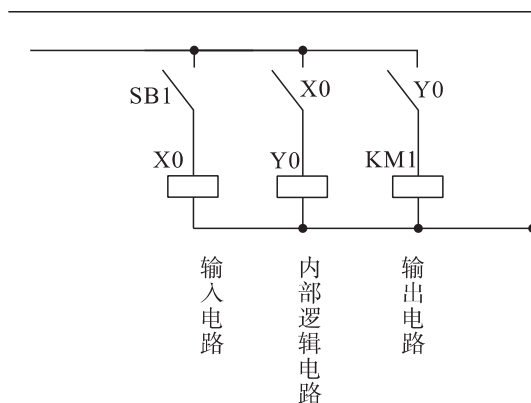


图 1-4 PLC 等效电路对应的继电器接触器控制电路

PLC 控制与继电器接触器控制的不同在于：用输入继电器控制输出继电器的控制不是通过实际硬件电路完成的，而是通过 PLC 软件程序实现的。PLC 可对内部工作状态和参数进行监控和修改，当电路控制功能发生改变时不需重新接线，只需改变控制程



序即可。PLC 的软元件的接点数没有限制，可多次多处重复使用。

PLC 工作过程是一个不断循环扫描的过程，每一个扫描周期分三个阶段，如图 1-5 所示。

输入采样。PLC 先扫描所有输入端子，将各输入端子的状态存入相应的输入映像寄存器中。此时输入映像寄存器被刷新。输入采样结束后，转入用户程序执行和输出刷新阶段。在这两个阶段中，即使输入状态和数据发生变化，I/O 映象区中的相应单元的状态和数据也不会改变。

程序处理。PLC 按先左后右、先上后下的顺序逐行读取各触点的状态，并进行逻辑运算。当有输入、输出状态时，PLC 先从输入映像寄存器和元件映像寄存器中读取数据，然后根据用户程序进行逻辑运算，再将逻辑运算结果存入元件映像寄存器中，直到扫描到 END 指令。

输出刷新。根据输出映像寄存器的当前值，对输出继电器的状态进行刷新，使输出继电器驱动其他负载。

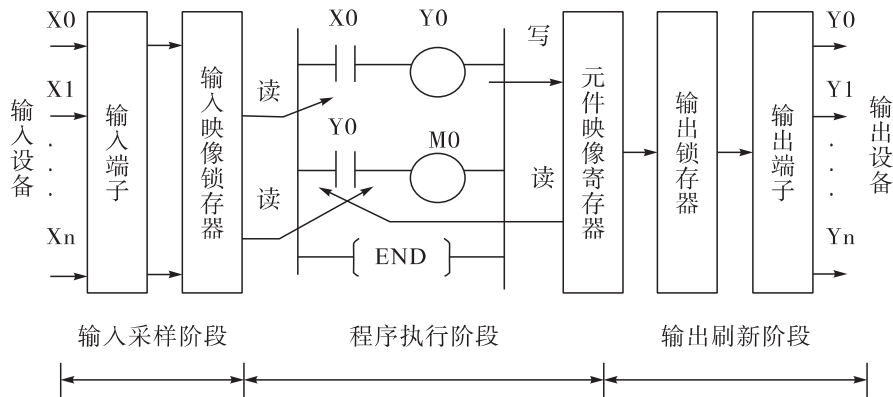


图 1-5 PLC 工作过程示意图

2. 三菱 FX 系列 GX Developer 编程软件的使用

(1) GX Developer 的安装。

首先安装三菱自动化软件工作平台 Environment of MELSOFT，将含有软件的光盘插入光盘驱动器，打开 GX Developer 的 ENVMEL 文件夹，然后双击 setup 文件开始安装。再安装三菱 PLC 编程软件 GX Developer，打开 GX Developer 文件夹，双击 setup 文件，按照软件安装向导提示可完成安装工作。

(2) 计算机与 PLC 通信的硬件连接。

计算机与 PLC 通信设备是一根 RS-232 电缆，电缆的一端接在计算机 RS232 口上（串口），另一端接在 PLC 的 RS-422 通信口上。软件安装完成并连接好硬件设备后，选择正确的计算机通信口（COM1 或 COM2）即可实现通信。

(3) GX Developer 的使用。

① GX Developer 启动。

方法 1：双击桌面 GX Developer 快捷图标。




方法 2: 单击“开始”→“所有程序”→“MELSOFT 应用程序”→点击 GX Developer 图标。

② 建立新工程。

GX Developer 启动后, 就可以建立新工程了。建立新工程的操作方法如下。

方法 1: 单击初始界面菜单栏中“工程(F)”菜单, 并在下拉菜单中选择“创建新工程(N)”, 弹出“创建新工程”对话框, 如图 1-6 所示。

方法 2: 单击“标准工具栏”中的“”图标按钮, 弹出“创建新工程”对话框, 如图 1-6 所示。

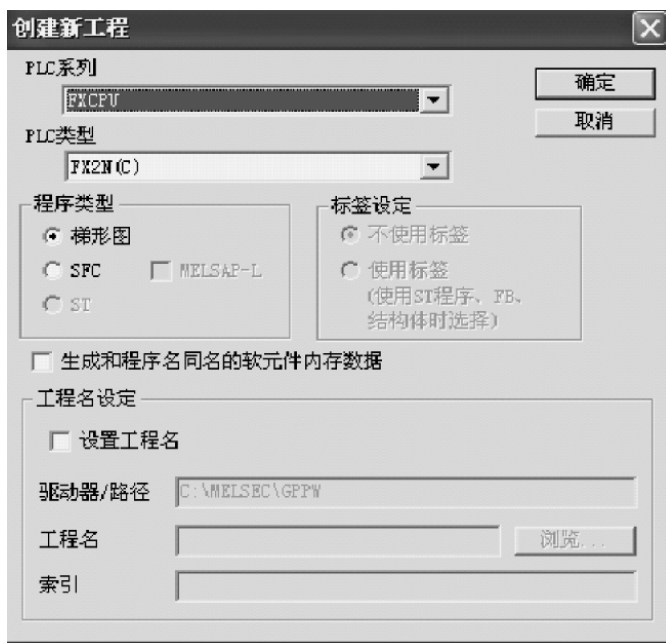


图 1-6 “创建新工程”对话框

根据实际的 PLC 类型选择所需的型号, 本书所用的 PLC 为三菱 FX2N 型, 在“PLC 系列”栏选择“FX CPU”; “PLC 类型”栏选择“FX2N (C)”; “程序类型”选项组选择“梯形图”单选按钮; 如果想改变新工程名, 则在“工程名设定”文本框中选中“设置工程名”前的复选框, 改变工程名和工程保存的默认路径。各项内容选择完成后, 单击“确定”按钮, 出现 GX Developer 程序编辑的主界面, 到此就可以进行梯形图编程, 如图 1-7 所示。

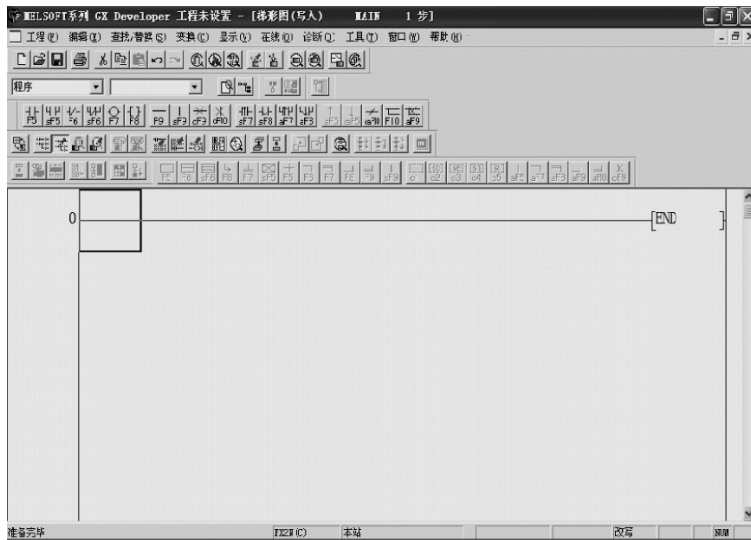


图 1-7 编程软件主界面

③ 保存新工程、打开工程、删除工程。

保存、打开、删除工程的基本操作方法与文档编辑软件 Word 基本相同。当梯形图程序编写完成后，对新工程进行保存，在菜单栏“工程 (F)”菜单下有“保存工程 (S)”和“另存工程为 (A)”两种保存方式。“保存工程 (S)”命令是在默认路径的情况下进行保存，覆盖原有的程序，而“另存工程为 (A)”命令可以改变保存的路径和工程名，进行重新保存。单击“保存工程 (S)”或“另存工程为 (A)”命令，弹出“另存工程为”对话框，进行选择后，单击“保存”按钮，完成工程的保存。当需要打开原有的工程时，选择菜单栏“工程 (F)”菜单下的“打开工程 (O)”命令。弹出“打开工程”对话框，选择需要打开的工程名，单击“打开”按钮，完成工程的打开。当需要删除工程时，选择菜单栏“工程 (F)”菜单下“删除工程 (D)”命令，弹出“删除工程”对话框，选择需要删除的工程名，单击“删除”按钮，完成工程的删除。工程的保存、打开操作还可以使用工具栏中相对应的工具图标，进行快捷操作。

(4) 用 GX Developer 编写梯形图程序的操作。

在画梯形图时，使用最多的是如图 1-8 所示的“梯形图标记”工具栏。



图 1-8 “梯形图标记”工具栏

下面以图例说明用 GX 编程软件编制梯形图的方法和步骤。


①常开触点 X000 的输入：用鼠标单击“”图形符号或按 F6 快捷键，弹出图 1-9 所示的“梯形图输入”对话框。在“触点选择”栏旁的下拉列表框中有可选择的常开、常闭、线圈等符号，选择常开触点，并在光标闪烁空白处输入元件号，如图 1-10 所示。



图 1-9 “梯形图输入”对话框



图 1-10 常开触点 X000 输入示意图

完成后单击“确定”按钮，GX Developer 编程软件的主界面如图 1-11 所示。

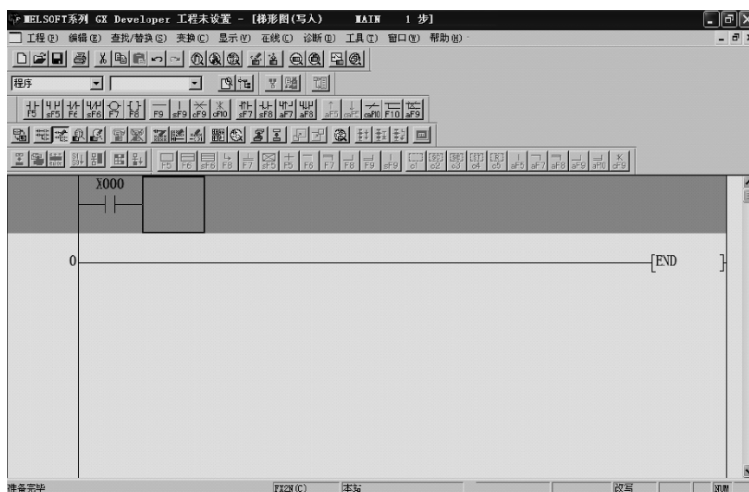


图 1-11 输入 X000 后编程软件的主界面


②常闭触点 X001 的输入：用鼠标单击“”图形符号或按 Shift+F5 组合键即弹出图 1-9 所示的“梯形图输入”对话框，其操作方法同常开触点的输入，如图 1-12 所示。



图 1-12 常闭触点 X001 输入示意图



完成后单击“确定”按钮，此时 GX Developer 编程软件的主界面如图 1-13 所示。

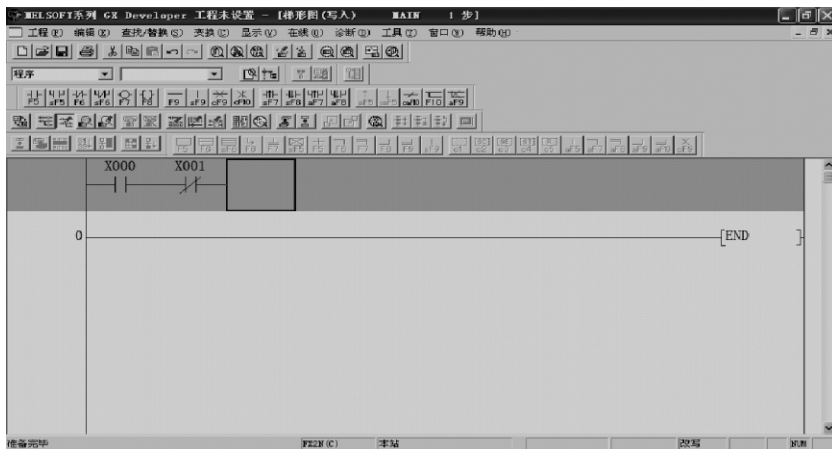


图 1-13 输入 X001 后编程软件的主界面

③输出线圈 Y000 的输入：用鼠标单击“ F7”图形符号或按 F7 快捷键，操作方法同常开触点的输入，如图 1-14 所示。



图 1-14 输出线圈 Y000 输入示意图

④画横线、删除横线、画竖线、删除竖线的输入方法：当需要进行横向连接时，将鼠标移到需要画横线的位置，然后单击图形符号“ F9”或按 F9 快捷键，出现图 1-15 所示的“横线输入”对话框，单击“确定”按钮后，横线输入完毕。




图 1-15 “横线输入”对话框



如果要删除所绘制的横线或删除原先已有的横线，只要用鼠标选中需要删除的线段，然后单击图形符号 F9或按 Ctrl+F9 组合键，出现图 1-16 所示的“横线删除”对话框，单击“确定”按钮后，横线就被删除了。






图 1-16 “横线删除”对话框



画竖线和删除竖线的方法与画横线和删除横线基本相同。画竖线时用鼠标单击图形符号  或按 Shift+F9 组合键, 出现“竖线输入”对话框, 单击“确定”按钮后, 竖线输入完毕; 删除竖线时, 按 Ctrl+F10 组合键, 出现“竖线删除”对话框, 单击“确定”按钮后, 竖线就被删除。

⑤画线输入、画线删除的输入方法: 当需要输入(或删除)分支线时可应用画线输入(或画线删除)命令, 用鼠标单击“”图形符号或按 Alt+F10 组合键, 此时“梯形图标记”工具栏符号处于选中的状态, 在需要画分支线的位置按住鼠标“左键”拖到合适的位置, 即可完成分支线的输入。删除画线的方法同输入画线的方法, 此时鼠标应单击“”图形符号或按 Alt+F9 组合键。

⑥梯形图程序变换: 当梯形图程序输入完毕时, 程序呈现灰色状态, 选择菜单栏下的“变换(C)”命令或按 F4 快捷键或按“程序”工具栏的程序变换图“”或者“”, 变换后程序呈现白色状态。

⑦梯形图程序检查: 梯形图程序变换后, 可以进行程序检查。选择菜单栏“工具(T)”菜单下的“程序检查(P)”命令或按“程序”工具栏的程序检查图标“”, 弹出“程序检查(MAIN)”对话框, 单击“执行”按钮对 MAIN 主程序进行检查, 如果空白处显示“MAIN 没有错误”, 说明梯形图程序正确。


⑧梯形图程序保存: 梯形图程序变换、检查完成后, 可以保存该程序, 选择“工程(F)/保存工程(S)或另存工程为(A)”, 或者单击工具栏图标“”就可以保存程序。选择“工程(F)/保存工程(S)或另存工程为(A)”后, 出现图 1-17 所示的“另存工程为”对话框。



图 1-17 “另存工程为”对话框

对话框中, 在“工程的驱动器”下拉列表中选择保存在哪个盘上, 全部选择完成后单击“保存”按钮, 完成工程的保存。



⑨程序下载：计算机连接好 PLC 后，拨动 PLC 面板上的转换开关，将 PLC 的状态模式改为“STOP”。选择“在线”菜单栏下“PLC 写入 (W)”命令，弹出图 2—16 所示对话框。选中对话框中“程序”下的“MAIN”前的复选框，然后单击“执行”按钮。单击“执行”按钮，会出现“PLC 写入”程序进度的显示框；程序写入完毕，单击“确定”按钮，梯形图程序就下载到了 PLC，如图 1—18 所示。

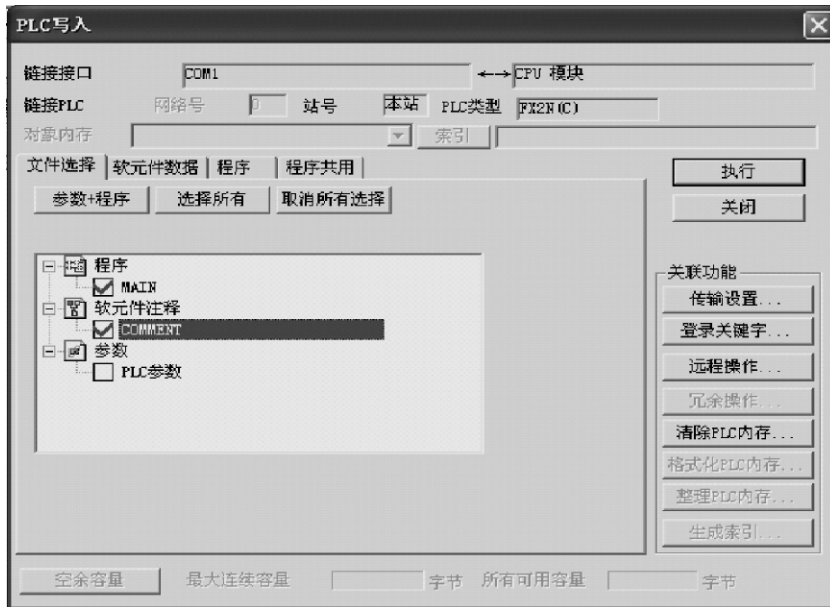


图 1—18 “PLC 写入”对话框

⑩运行监控：在程序调试、运行过程中，可以对运行过程、触点的动作情况进行监控。选择菜单栏“在线 (O)”→“监视 (M)”→“监视模式 (M)”命令或按 F3 快捷键，进行实时监控。当进入监控方式时，触点、线圈如果是闭合的，就会出现蓝色的框表示状态，其他都处于断开或不动作的状态，当在监控时，需要修改梯形图程序，则需要切换到“监视 (写入模式)”。

3. 触点连接和线圈的驱动



触点与左母线的连接、线圈的驱动梯形图与功能见表 1—1。

表 1—1 触点连接和线圈的驱动梯形图及功能表

助记符	逻辑功能	梯形图表示	操作元件	程序步
LD	取常开触点	常开触点与左母线相连 	常开触点与左母线相连	1
LDI	取常闭触点	常闭触点与左母线连接 	X、Y、M、S、T、C	1




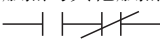
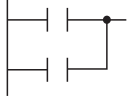
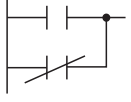
续表1-1

助记符	逻辑功能	梯形图表示	操作元件	程序步
OUT	线圈输出	驱动线圈输出 	Y、M、S、T、C	不定
END	程序结束		无	1

4. 触点串、并联

触点串、并联梯形图符号和功能见表1-2。

表1-2 触点串、并联梯形图及功能表

助记符	逻辑功能	梯形图表示	操作元件	程序步
AND	与	常开触点与其他触点串联 	X、Y、M、S、T、C	1
ANI	与非	常闭触点与其他触点串联 	X、Y、M、S、T、C	1
OR	或	常开触点与其他触点并联 	X、Y、M、S、T、C	1
ORI	或非	常闭触点与其他触点并联 	X、Y、M、S、T、C	1

四、任务实施

1. 确定 PLC 输入/输出的点数

(1) 确定 PLC 输入点数。

根据任务的控制要求，需要给系统分配一个启动按钮、一个停止按钮和一个过载保护，所以输入 PLC 的控制信号为三个，即给 PLC 分配三个输入端子。

(2) 确定 PLC 输出点数。

根据系统功能要求，控制电动机的运转和停止只需要控制交流接触器（实验台用一只指示灯代替交流接触器）的断开和吸合，因此输出控制分配一个 PLC 输出端子即可。

2. 列出输入/输出地址分配表

根据输入/输出确定的点数，具体分配输入/输出地址，见表1-3。