

# 项目一 基于变频器的电动机速度控制系统设计

## 项目引入

随着工业经济的发展，能源消耗也随之快速增长，碳排放居高不下，全球变暖，环境的破坏引发了灾难，使未来可能面临着不可预知的后果。中国提出碳中和的路线图，力争在 2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和。

电机在我们生活的社会中无处不在。例如空调设备、电梯、机床、传送带、立体停车场等等。搭载电机的设备的耗电量占全球总耗电量的 46%。变频器作为电机驱动和节能装置，工业中有大量的需求，那么变频器是如何控制电机实现调速运行降耗节能的呢？通过本项目的学习大家会有所领悟。

## 任务 1 变频器的认识

### 任务描述

根据变频器实物，阐述变频器铭牌信息及主要参数含义，查询并填写不同型号变频器的铭牌信息。

### 任务目标

以认识变频器为学习内容，通过对三菱变频器外部结构和铭牌的学习，使学生熟悉变频器，掌握其铭牌信息及主要参数。

#### 1. 知识目标

- (1) 熟悉变频器的外部结构、防护形式及散热方式。
- (2) 熟悉变频器的操作单元、显示内容及键盘设置。
- (3) 掌握变频器的铭牌信息、型号标识及主要参数。

#### 2. 技能目标

- (1) 能准确识别变频器的铭牌及型号。

(2) 能正确读取变频器的主要参数。

### 3. 素质目标

- (1) 培养学生信息查询、收集、筛选、整理的能力；
- (2) 培养学生爱岗敬业、团结协作的职业态度和精益求精的工匠精神；
- (3) 培养学生科技报国的家国情怀和使命担当。

## 任务分析

本任务主要是认识三菱变频器铭牌以及变频器整体结构，能通过铭牌了解变频器参数。通过教师的讲授以及引导学生学习和训练，同时学生也可以借助查阅有关资料和网络资源来完成本任务。

## 任务准备

### 1.1.1 变频器的结构

变频器是利用功率型半导体器件的通断作用，将固定频率的交流电转换为可变频率的交流电。在电气传动控制领域，变频器的作用非常重要，应用也十分广泛，目前从一般要求的小范围调速传动到高精度、快响应、大范围的调速传动，从单机传动到多机协调运转，几乎都可以采用变频技术。变频器可以调整电动机的频率，实现电动机的变速运行，以达到节电的目的；变频器可以使电动机在零频率、零电压时逐步启动，减少对电网的冲击；变频器可以使电动机按照用户的需要进行平滑加速；变频器可以控制电气设备的启停，使整个控制操作更加方便可靠，延长电器的使用寿命；变频器可以优化生产工艺过程，通过PLC或其他控制器实现远程速度控制。

变频器的内部结构相当复杂，除了由整流、滤波、逆变组成的主电路外，还有以微处理器为核心的运算、检测、保护、驱动等控制电路。但对大多数用户来说，只是把变频器作为一种电气设备的整体来使用。

三菱FR-E700系列变频器的结构都基本相同，整体外形为半封闭式，从外观上看，它们主要由操作面板、端盖、器身和底座组成。三菱FR-E740系列变频器的外形如图1-1-1所示，其拆分结构如图1-1-2所示。

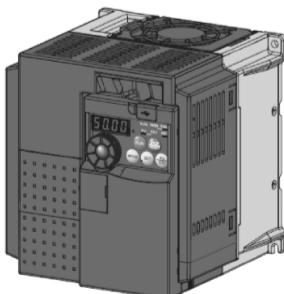


图1-1-1 三菱FR-E740系列变频器的外形

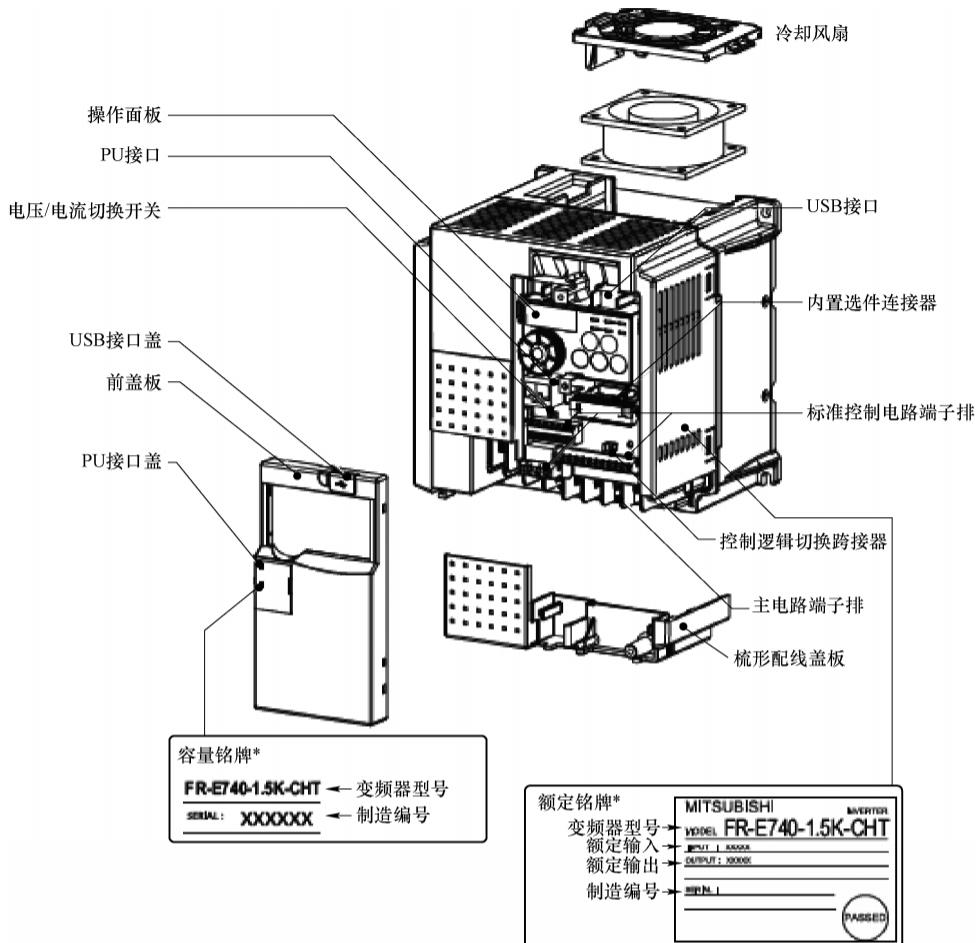


图 1-1-2 三菱 FR-E740 系列变频器的拆分结构

### 1.1.2 变频器的铭牌

铭牌是选择和使用变频器的重要依据和参考，其内容一般包括厂商的产品型号、编号或标识码、基本参数、电压级别和标准、可适配电动机容量等。三菱 FR-E700 系列变频器铭牌的设计非常独特，在变频器的器身上贴有大小两个铭牌，大铭牌是额定铭牌，主要用于标识变频器的机型、额定参数和功率指标；小铭牌是容量铭牌，主要用于标识变频器的机型和容量。大小铭牌主要作用之一是方便用户识别变频器，如图 1-1-2 所示。

### 1.1.3 技术规格及主要性能

技术规格及主要性能一般都标注在铭牌的醒目位置上，它是选用变频器的主要依据。变频器的型号含义如图 1-1-3 所示。

#### 1. 输入侧的额定值

变频器输入侧的额定值主要是指输入侧交流电

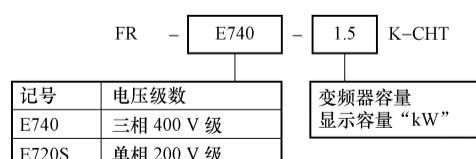


图 1-1-3 变频器的型号含义



源的相数和电压参数。在我国中小容量变频器中，输入电压的额定值有以下几种（均为线电压）。

380 V/（50~60 Hz）三相：主要用于绝大多数设备中。

230 V/50 Hz 三相：主要用于某些进口设备中。

230 V/50 Hz 单相：主要用于民用小容量设备中。

此外，对变频器输入侧电源电压的频率也都做了规定，通常都是工频 50 Hz 或 60 Hz。

三菱 FR-E700 系列变频器的型号、电压、适用电动机功率如表 1-1-1 所示。

**表 1-1-1 三菱 FR-E700 系列变频器的型号、电压、适用电动机功率**

型号	电压/V	适用电动机功率/kW								
		0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15
FR-E740-□K-CHT	三相 400	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	5.5	7.5	11	15
FR-E720S-□K-CHT	单相 200	0.1	0.2	0.4	0.75	1.5	2.2			

## 2. 输出侧的额定值

(1) 额定输出电压。由于变频器在变频的同时也要变压，所以额定输出电压是指变频器输出电压中的最大值。在大多数情况下，它就是输出功率等于电动机额定功率时的输出电压值。

(2) 额定输出电流。其是指变频器允许长时间输出的最大电流，它是用户选择变频器的主要依据。

(3) 额定输出容量。其是指变频器在正常工况下的最大容量，一般单位是 kV·A。

(4) 适用电动机功率。变频器规定的适用电动机功率，单位是 kW。

(5) 过载能力。其是指变频器输出电流超过额定电流的允许范围和时间，大多数变频器都规定为 1.5 倍额定电流和 60 s 或 1.8 倍额定电流和 0.5 s。

## 3. 变频器的频率指标

### 1) 频率范围

频率范围指变频器输出的最高频率和最低频率。各种变频器规定的频率范围不尽一致，三菱 FR-E700 系列变频器的频率范围为 0.2~400 Hz。

当看到三菱 FR-E700 系列变频器的频率范围的数据时，对于一个变频器的初学者来说，马上就会感到疑惑。假设用三菱变频器驱动一台 4 极三相异步电动机，那么当变频器输出频率为 0.2 Hz 时，电动机的同步转速只有 6 r/min，显然这个转速比爬行还要慢得多。在变频器低频输出时，普通电动机靠安装在轴上的外扇或转子端的叶片进行冷却，若速度降低则冷却效果下降，因而不能承受与高速运转相同的发热，必须降低负载转矩或采用专用的变频器驱动电动机。当运行频率为 400 Hz 时，电动机的同步转速高达 12 000 r/min，这是普通电动机机械强度所无法承受的速度；并且在 6~12 000 r/min 这样一个宽广的速度调节范围内，变频器驱动电动机可在任意转速点上稳定工作。

当电动机运转频率超过 60 Hz 时，应注意以下问题：

(1) 机械和装置在高转速下运转的可能性（机械强度、噪声、振动等）；

- (2) 电动机进入恒功率输出范围，其输出转矩要能够维持工作；
  - (3) 要充分考虑轴承寿命问题；
  - (4) 对于中等容量以上的电动机特别是2极电动机，在60 Hz以上运转时要特别注意。
- 2) 频率精度

频率精度指变频器输出频率的准确度，用变频器实际输出频率与给定频率之间的最大误差与最高工作频率之比的百分数来表示。例如，三菱FR-E700系列变频器的频率精度（数字端子）为0.01%，这是指在-10~15℃温度下通过参数设定所能达到的最高频率精度。

例如，用户给定的最高工作频率为 $f_{\max} = 120 \text{ Hz}$ ，频率精度为0.01%，则最大误差为

$$\Delta f_{\max} = 120 \times 0.01\% = 0.012 \text{ (Hz)}$$

通常，由数字量给定时的频率精度约比模拟量给定时的频率精度高一个数量级。

### 3) 频率分辨率

频率分辨率指变频器输出频率的最小改变量，即每相邻两挡频率之间的最小值。

例如，当工作频率为 $f_x = 25 \text{ Hz}$ 时，如果变频器的频率分辨率为0.01 Hz，则

上一挡频率为

$$f_x = 25 + 0.01 = 25.01 \text{ (Hz)}$$

下一挡频率为

$$f_x = 25 - 0.01 = 24.99 \text{ (Hz)}$$

对于数字控制的变频器，即使频率指令为模拟信号，输出频率也是有级给定。这个级差的最小单位名称为频率分辨率。变频器的分辨率越小越好，通常取值为0.01~0.5 Hz。例如，分辨率为0.5 Hz，那么23 Hz的上一挡频率应为23.5 Hz，因此电动机的动作也是有级的跟随。在某些场合，级差的大小对被控对象影响较大。例如，造纸厂的纸张连续卷取控制，如果分辨率为0.5 Hz，4极电动机1个级差对应电动机的转速差就高达15 r/min，结果使纸张卷取时张力不匀，容易造成纸张卷取断头现象；如果分辨率为0.01 Hz，4极电动机1个级差对应电动机的转速差仅为0.31 r/min，显然这样极小的转速差不会影响工艺要求。

## 1.1.4 变频器选型

### 1. 变频器类型的选择

变频器有许多种类型，主要根据负载的要求进行选择。

#### 1) 流体类负载

各种风机、水泵和油泵都属于典型的流体类负载，负载转矩与速度的二次方成正比。选型时通常以价格低为主要原则，选择普通功能型变频器，只要变频器的容量与适用电动机的功率相等即可。目前，已有为此类负载配套的专用变频器可供选用。

#### 2) 恒转矩负载

如挤压机、搅拌机、传送带、厂内运输电车、起重机的平移机构和启动机构等都属于恒转矩负载，其负载转矩与转速无关。为了实现恒转矩调速，常采用具有转矩控制功能的高功能型变频器。

对不均性负载（其特性是：负载有时轻，有时重），应按照重负载的情况来选择变频器



容量，例如轧钢机械、粉碎机械、搅拌机等。

对于大惯性负载，如离心机、冲床、水泥厂的旋转窑等，应该选用容量稍大的变频器来加快启动，避免振荡，并需配有制动单元以消除回馈电能。

### 3) 恒功率负载

恒功率负载的特点是需求转矩与转速大体成反比，但其乘积（即功率）却近似保持不变。如机床的主轴和轧机、造纸机、薄膜生产线中的卷取机和开卷机等。

选择时尽量缩小恒功率范围（以满足生产工艺为前提），以减小电动机和变频器的容量，降低成本。当电动机的恒转矩和恒功率调速的范围与负载的恒转矩和恒功率范围相一致，即“匹配”，电动机的功率和变频器的容量均最小。

## 2. 变频器品牌型号的选择

变频器是变频调速系统的核心设备，它的质量品质对于系统的可靠性影响很大。选择品牌时，质量品质尤其是与可靠性相关的质量品质，显然是重点要考虑的方面。

品牌选择依据：产品的平均无故障时间、经验和口碑。

型号选择依据：由已经确定的变频调速方案、负载类型以及应用所需要的一些附加功能决定。

两者关系：确定型号时的选择原则有时也会影响品牌的选择，如果应用所需要的功能或者控制方式在某品牌的各型号变频器上都不具备时，则应该考虑更换品牌。

## 3. 变频器规格的选择

### 1) 按照标称功率选择

一般而言，按照标称功率选择变频器只适合作为初步投资估算的依据，在不清楚电动机额定电流时使用。对于恒转矩负载可以放大一级估算。例如，90 kW 电动机可以选择 110 kV·A 变频器。

在按照过载能力选择时，可以放大一倍来估算。例如，90 kW 电动机可选择 185 kV·A 变频器。对于流体类负载，一般可以直接将标称功率作为最终选择依据，并且不必放大。例如，75 kW 风机电动机可以选择 75 kV·A 的变频器。

### 2) 按照电动机额定电流选择

对于多数的恒转矩负载新设计的项目，可以按照公式  $I_{\text{evf}} \geq K_1 I_{\text{ed}}$  选择变频器规格。式中， $I_{\text{evf}}$  为变频器额定电流； $I_{\text{ed}}$  为电动机额定电流； $K_1$  为电流裕量系数，可取 1.05~1.15，一般情况下取最小值，以电动机持续负载率不超过 80% 来确定。启动、停止频繁的系统应该考虑取最大值。

### 3) 按照电动机实际运行电流选择

这种方式适用于改造工程，对于原来电动机已经处于“大马拉小车”的情况，可以选择功率比较合适的变频器以节省投资。可以按照公式  $I_{\text{evf}} \geq K_2 I_{\text{d}}$  选择变频器规格。式中， $K_2$  为电流裕量系数，可取 1.1~1.2，在频繁启停时应该取最大值； $I_{\text{d}}$  为电动机实际运行电流，指的是稳态运行电流，对电动机运行电流进行实际测量时应该针对不同工况做多次测量，取其中最大值。

### 4) 按照转矩过载能力选择

变频器的电流过载能力通常比电动机转矩过载能力低，因此，按照常规配备变频器时电

动机转矩过载能力不能充分发挥作用。

采用变频器对异步电动机进行调速时，在异步电动机确定后，通常根据异步电动机的额定电流来选择变频器，或者根据异步电动机实际运行电流（最大值）选择变频器。

## 任务实施

本书以型号为 FR-E740-0.75K-CHT 的三菱变频器为例，每组 1 台。

### 1. 识别变频器铭牌

**操作要求：**三菱 FR-E740 系列变频器铭牌如图 1-1-2 所示。观察铭牌，记录信息，包括品牌型号、出厂编号、容量、基频、输入电压的变化范围、输入电源相数、输出电流、频率调节范围等，填写表 1-1-2。

表 1-1-2 变频器铭牌记录表

品牌及系列号	型号	容量	输入电压	输入频率
输入电源相数	输入电流	输出电压	输出频率范围	输出电流

### 2. 识别变频器整体结构

**操作要求：**观察变频器的整体结构，画出外形结构图，并对重点部位用文字进行标注。

**注意：**在移动变频器时，一定要轻拿轻放，不要使变频器跌落或受到强烈冲击，以防塑料面板碎裂。在搬运变频器时，不要握从前盖板或设定用的旋钮，这样会造成变频器掉落或故障。

## 任务评价与总结

### 1. 任务学习考核评价要求及评分标准参考见表 1-1-3

表 1-1-3 考核评价表

考核内容	考核要求	配分	评分标准	自评	互评	师评	总评
变频器铭牌识别	1. 正确识读变频器铭牌参数； 2. 能按要求填写并阐述铭牌参数含义。	60	1. 参数识读错误，扣 5 分/处； 2. 参数填写错误，扣 4 分/处； 3. 参数含义阐述错误，扣 4 分/处；				
资料查询能力	1. 能搜索查询不同品牌变频器数据； 2. 合理选择变频器。	30	1. 能根据要求合理选择变频器，扣 10 分/处；				

续表

考核内容	考核要求	配分	评分标准	自评	互评	师评	总评
职业素养	1. 遵守安全文明生产规程; 2. 科学严谨、耐心专注和求真务实的工程素养; 3. 团结协作，沟通交流。	10	1. 不按操作规范操作，每违反一项规定，扣3分； 2. 发生安全事故，成绩按0分处理；				

## 2. 任务总结

对于一个初学者而言，如何学习和掌握变频器相关知识是一个有难度的问题。在学习中除了要掌握一定的基础知识，还要有理论学习后的实践操作。在理论方面，要多看变频器方面的书籍，了解变频器的工作原理、参数含义及控制方式，要知道《使用手册》的大概内容是什么。在实践方面，要多了解与变频器相关的资讯，多参与变频器项目的实践，结合实践的特殊要求多动手操作，并注重现场经验的积累。有条件的话，可以参加一些变频器、PLC培训机构组织的学习，通过有针对性的培训，使自己的综合实践能力在短期内得到快速提升。另外，上网浏览或直接参与工控方面的论坛也是快速学习的一个好途径。

# 任务 2 变频器的安装

## 任务描述

根据变频器实物，完成变频器本体正确安装以及变频器主电路的电气连接。

## 任务目标

### 1. 知识目标

- (1) 了解变频器的内部结构，掌握变频器的拆装要求。
- (2) 了解变频器的外部接口，熟悉变频器的接线端子。
- (3) 了解变频器的工作原理。

### 2. 技能目标

- (1) 能识别变频器的接线端子。
- (2) 能对变频器进行拆装。
- (3) 能完成变频器的主电路电气接线。

### 3. 素质目标

- (1) 培养学生信息查询、收集、筛选、整理的能力；

- (2) 培养学生团结协作的职业素养和积极主动的学习习惯;
- (3) 培养学生细心严谨的工作态度和精益求精的工匠精神;
- (4) 培养学生节能降耗的环保意识和安全规范的职业准则。

## 任务分析

本任务主要是变频器本体的安装和主电路电气接线操作。通过教师的讲授以及示范操作引导学生学习和训练，学生也可以学会查阅有关资料和网络视频来完成本任务。

## 任务准备

变频器的电路一般由主电路、控制电路和保护电路等部分组成。主电路用来完成电能的转换（整流和逆变）；控制电路用以实现信息的采集、变换、传送和系统控制；保护电路除用于防止因变频器主电路的过压、过流引起的损坏外，还应保护电动机及传动系统等。

变频器的内部结构相当复杂，除了由整流、滤波、逆变组成的主电路外，还有以微处理器为核心的运算、检测、保护、驱动等控制电路。但对大多数用户来说，只是把变频器作为一种电气设备的整体来使用，因此，可以不必探究其内部电路的深奥原理，但对变频器基本了解还是必要的。

### 1.2.1 主电路

电压型变频器主电路原理图如图 1-2-1 所示。由图 1-2-1 可以看出，交—直—交变频器（通用变频器主要采用交—直—交变频，也有交—交—直变频）主电路实际上是整流电路和逆变电路的组合。整流电路将工频交流电整流，经不同方式的储能元件滤波后得到稳定的直流电，逆变电路根据不同的控制方式逆变产生频率和电压可变的交流电。

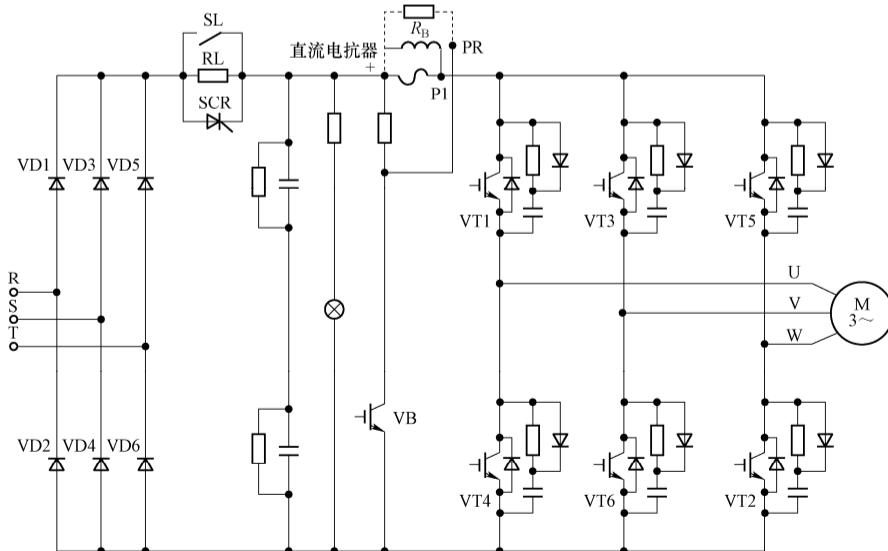


图 1-2-1 电压型变频器主电路原理图

## 1. 整流电路

电网侧整流电路的作用是把三相（也可以是单相）交流电整流成直流电。整流电路按使用的器件不同分为不可控整流电路和可控整流电路。不可控整流电路使用的元件为功率二极管，控制简单、成本也较低；可控整流电路可采用晶闸管整流器等。

## 2. 中间电路（中间直流环节）

变频器的中间电路有滤波电路和制动电路等。

### 1) 滤波电路

虽然利用整流电路可以从电网的交流电源得到直流电压和直流电流，但是这种电压和电流含有频率为电源频率 6 倍的纹波，则逆变后的交流电压、电流也产生纹波。因此，必须对整流电路的输出进行滤波，以减少电压或电流的波动，这种电路称为滤波电路。

#### (1) 电容滤波。

通常，用大容量电容对整流电路输出电压进行滤波。由于电容量比较大，一般采用电解电容。二极管整流器在电源接通时，电容中将流过较大的充电电流（亦称浪涌电流），有可能烧坏二极管，必须采取相应抑制浪涌电流的措施。

采用大容量电容滤波后再送给逆变器，这样可使加于负载上的电压值不受负载变动的影响，基本保持恒定。该变频电源类似于电压源，因而称为电压型变频器。电压型变频器逆变电压的波形为方波，而电流的波形经电动机负载滤波后接近于正弦波。三菱 FR-E740 系列变频器采用电容滤波。

#### (2) 电感滤波。

采用串联大容量电感对整流电路输出电流进行滤波，无功功率将由该电感来缓冲，称为电感滤波。由于经电感滤波后加于逆变器的电流值稳定不变，所以输出电流基本不受负载的影响，电源外特性类似电流源，因而称为电流型变频器。电流型变频器逆变电流的波形为方波，而电压的波形经电动机负载滤波后接近于正弦波。

电流型变频器的一个较突出的优点是，当电动机处于再生发电状态时，回馈到直流侧的再生电能可以方便地回馈到交流电网，不需要在主电路内附加任何设备。电流型变频器常用于频繁急加减速的大功率电动机的控制，在大容量风机、泵类节能调速中也有应用。

### 2) 制动电路

变频调速系统中通过降低变频器的输出频率实现减速及停车。在降速瞬间，电动机的同步转速随之下降，但转子转速由于机械惯性并未马上下降。当同步转速小于转子速度时，电动机电流的相位改变  $180^\circ$ ，电动机从电动状态变为发电状态。与此同时，电动机轴上的转矩变为制动转矩，电动机的转速迅速下降，处于再生制动状态。再生制动形成的电流被电容器吸收，形成电容器侧“泵升电压”，使直流母线电压升高，对变频器形成危害。

异步电动机在再生制动区域（第二象限）运行时，再生能量首先存储于储能电容器中，使直流电压升高。一般来说，由机械系统（含电动机）惯量所积蓄的能量比电容器能存储的能量大，中、大功率系统需要快速制动时，必须用可逆变流器把再生能量反馈到电网侧，这样节能效果更好；或设置制动单元（开关管和电阻），把多余的再生能量消耗掉，以免直流通路电压的上升超过极限值。当制动较快时，电容器电压升得过高，装置中的“制动过电压

“保护”将动作，以保护变频装置的安全。在工业变频器中，基于再生能量的制动方式有三种：

(1) 能耗制动。由并联在直流回路上的其他传动系统吸收或由直流回路中人为设置的与电容器并联的“制动电阻”耗散，内接或外接制动电阻的位置如图 1-2-1 所示，其接线示意图如图 1-2-2 所示。

电压检测装置用于检测电容器两端的电压(直流母线电压)。当检测到该电压高于某一值时(有些变频器如施耐德 ATV71 可以设定这一电压)，制动功率管 VT 饱和导通，直流电压通过制动电阻放电，使直流母线电压下降。

制动电阻目前有两种形式，一是波纹电阻，二是铝合金电阻。阻值有一定范围，太大功率就小，制动不迅速，太小又容易烧毁开关元件。有的小型变频器的制动电阻内置在变频器中，但在高频率制动或重力负载制动时，内置制动电阻的散热不理想，容易烧毁，因此使用大功率的外接制动电阻。选用制动电阻时，要选择低电感结构的电阻器，连线要短，并使用双绞线。

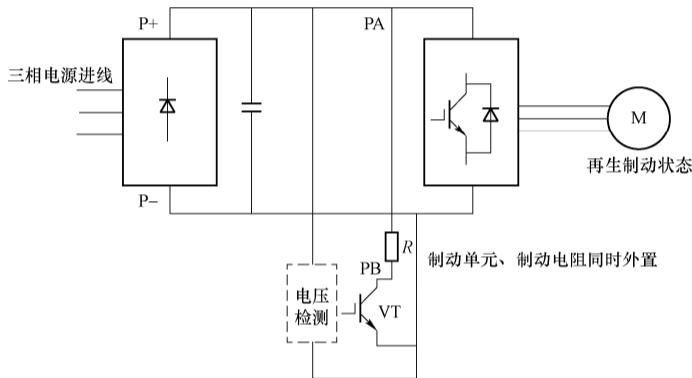


图 1-2-2 能耗制动接线示意图

(2) 直流制动。异步电动机定子通直流电制动时，转子切割固定磁场产生与转速方向相反的力矩，即制动力矩，实现电动机的制动。这种制动可以用于要求准确停车的情况或启动前制止电动机由外界因素引起不规则旋转(如引风机负载叶片的旋转)的情况，此制动方式不能频繁使用。

(3) 回馈制动。通过回馈单元把回馈到中间直流回路的制动能量送到电网。回馈制动的最大优点是节能效果好，能连续长时间制动，但控制复杂、成本高，只有电网稳定、不易发生故障的场合才采用。这种方式在高性能的变频器控制系统中已经得到广泛应用。

前两种工作状态称为动力制动状态；第三种工作状态称为回馈制动状态(又称再生制动状态)。应该注意，这是从整个系统角度视再生电能是否能回馈到交流电网而定义的两大类工作状态。在这两类状态下，异步电动机自身均处于再生发电制动状态。

### 3. 逆变电路

逆变电路也称为逆变器，负载侧的变流器为逆变器，最常见的结构形式是利用 6 个半导体主开关器件组成的三相桥式逆变电路。逆变电路中，有规律地控制逆变器中主开关器件的通与断，可以得到任意频率的三相交流电。以图 1-2-3 为例说明其工作原理，电路中输入直流电压 E，逆变器的负载是电阻 R。当将开关 S1、S4 闭合，S2、S3 断开时，电阻上得到左正右负的电压；间隔一段时间后将开关 S1、S4 打开，S2、S3 闭合，电阻上得到右

正左负的电压。

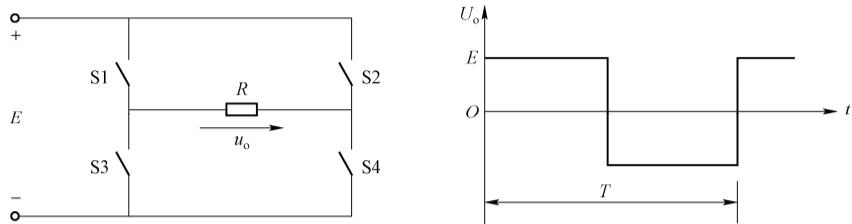


图 1-2-3 逆变电路工作原理

以频率  $f$  交替地切换 S1、S4 和 S2、S3，在电阻上就可以得到所需的电压波形。实际应用中最常见的逆变电路的结构形式是利用 6 个功率开关器件（GTR、IGBT、GTO 等，现在多用绝缘栅双极型晶体管 IGBT）组成的三相桥式逆变电路，有规律地控制逆变器中功率开关器件的导通与关断，可以得到任意频率的三相交流输出。

为使逆变器输出电压波形趋于正弦波，常采用 SPWM（Sinusoidal Pulse Width Modulation）方式，变频器中常用全数字控制方式实现 SPWM。

三菱 FR-E740 系列 0.4K~3.7K 变频器的主电路端子如图 1-2-4 所示。

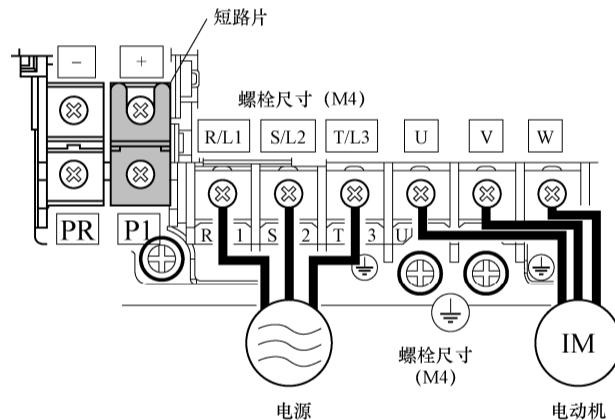


图 1-2-4 三菱 FR-E740 系列 0.4K~3.7K 变频器的主电路端子

变频器主电路的接线示意图如图 1-2-5 所示。

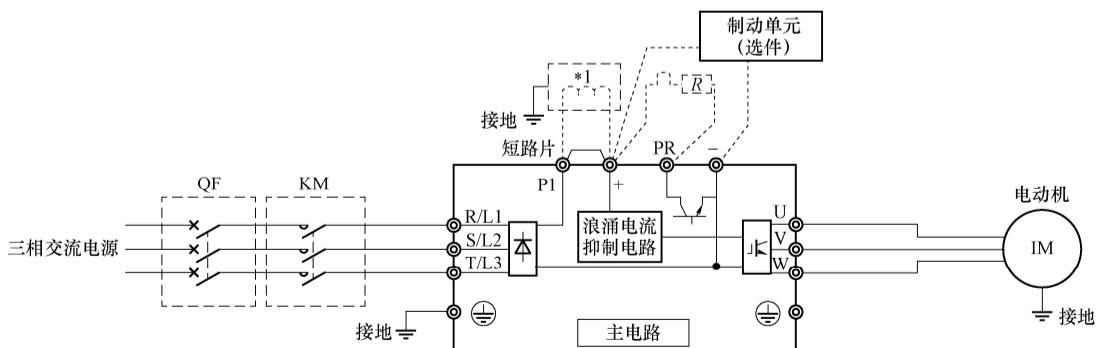


图 1-2-5 变频器主电路的接线示意图

\*1. 直流电阻抗，连接直流电阻抗时，请取下 P1 和+之间的短接片。

## 1.2.2 控制电路

变频器控制电路原理图如图 1-2-6 所示，三菱 FR-E740 系列变频器控制电路接线示意图如图 1-2-7 所示。

目前使用的异步电动机变频调速系统主要有 4 种类型，即恒压频比控制的调速系统、转差频率控制的调速系统、矢量控制的调速系统、直接转矩控制的调速系统。本节仅介绍三菱 FR-E740 系列变频器采用的恒压频比控制的调速系统。

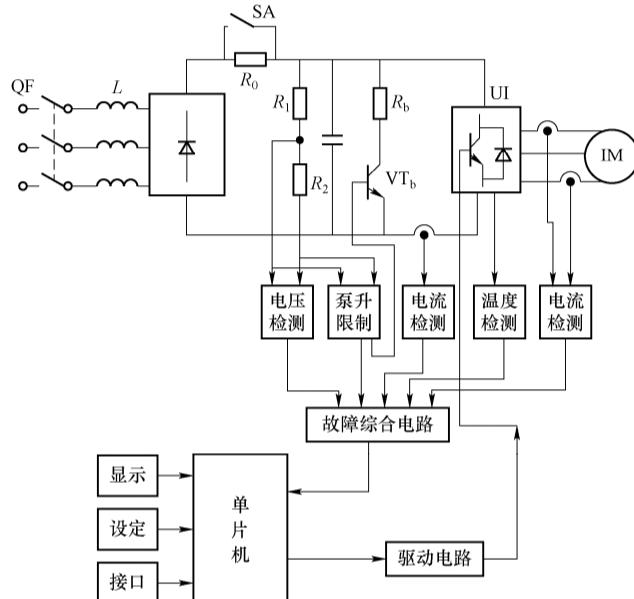


图 1-2-6 变频器控制电路原理图

恒压频比控制 ( $U/f$  控制) 是使变频器的输出在改变频率的同时也改变电压，通常是使  $U/f$  为常数，这样可使电动机磁通保持一定，在较宽的调速范围内使电动机的转矩、效率、功率因数不下降，使电动机保持恒定的最大转矩。实际实现中，考虑电动机的固有损耗，往往采用进一步的措施以提高电动机的低频转矩。 $U/f$  控制方式的控制思路清晰，实现成本较低，为各种通用型变频器所普遍采用，但采用该控制方式的变频器未能充分考虑负载的影响，所以只应用于对精度要求不高的场合。

在额定转速以下调速时，希望保持电动机中每极磁通量为额定值。如果磁通下降，则异步电动机的电磁转矩  $T_e$  将减小。这样，在基速以下时，无疑会失去调速系统的恒转矩机械特性。另外，随着电动机最大转矩的下降，有可能造成电动机堵转。反之，如果磁通上升，又会使电动机磁路饱和，励磁电流将迅速上升，导致电动机铁损大量增加，造成电动机铁芯严重过热，不仅会使电动机输出效益大大降低，而且由于电动机过热，造成电动机绕组绝缘性能降低，严重时，有烧毁电动机的危险。因此，在调速过程中不仅要改变定子供电频率，而且还要保持（控制）磁通恒定。

根据保持（控制）磁通恒定的方法不同，产生了恒压频比控制方式和转差频率控制方式，下面介绍  $U/f$  控制方式的理论基础。



从电动机转速公式可以看出，只要改变定子电压的频率 $f_1$ 就可以调节转速 $n$ 的大小了，但是事实上只改变 $f_1$ 并不能正常调速，为什么呢？

由电动机学可知

$$E_g = 4.44 f_1 N_1 K_{N_1} \Phi_m \quad (1-2-1)$$

$$T_e = C_m \Phi_m I'_2 \cos \phi_2 \quad (1-2-2)$$

式中  $E_g$ ——气隙磁通在每相中感应电动势有效值（V）；

$N_1$ ——定子每相绕组串联匝数；

$K_{N_1}$ ——基波绕组数；

$\Phi_m$ ——每极气隙主磁通量（Wb）；

$T_e$ ——电磁转矩（N·m）；

$C_m$ ——转矩常数；

$I'_2$ ——转子电流折算到定子侧的有效值（A）；

$\cos \phi_2$ ——转子电路的功率因数。

如忽略定子上的内阻压降，则有

$$U_1 \approx E_g = 4.44 f_1 N_1 K_{N_1} \Phi_m \quad (1-2-3)$$

式中  $U_1$ ——定子相电压。

于是，主磁通为

$$\Phi_m = \frac{E_g}{4.44 f_1 N_1 K_{N_1}} \approx \frac{U_1}{4.44 f_1 N_1 K_{N_1}} \quad (1-2-4)$$

假设保持  $U_1$  不变，只改变  $f_1$  调速。对于确定的电动机  $N_1$  和  $K_{N_1}$  为常数，倘若调节  $f_1 \uparrow$ ，则  $\Phi_m \downarrow$ ，由式 (1-2-2) 可知  $C_m$  为常数， $T_e \downarrow$ ，这样电动机的拖动能力会降低，对恒转矩负载会导致转子电流  $I_2$  增大，定子电流随之增大，一方面绕组过热，另一方面会因拖不动而堵转；倘若调节  $f_1 \downarrow$ ，则  $\Phi_m \uparrow$ ，这样会引起主磁通饱和，励磁电流急剧升高，会使定子铁芯损耗急剧增加。这两种情况都是实际运行中所不允许的。

由上可知，只改变频率  $f_1$  实际上并不能正常调速。在调节定子供电频率  $f_1$  的同时，调节定子供电电压  $U_1$  的大小，通过  $U_1$  和  $f_1$  的配合实现不同类型的调频调速。在基准频率（一般 50 Hz）以下常采用恒磁通变频控制方式，当频率  $f_1$  从基准频率向下调节时，需同时降低  $E_g$ ，使  $E_g/f_1 = \text{常数}$ ，保持  $\Phi_m$  不变，即气隙磁通感应电势与频率之比为常数。因感应电势难以直接控制，忽略定子压降，认为定子相电压  $U_1 \approx E_g$ ，则  $U_1/f_1 = \text{常数}$ ，这就是恒压频比的变频控制方式。

恒压频比控制在低频时，由于  $U_1$  和  $E_g$  都较小，定子阻抗压降所占的分量比较显著，不能忽略，同时，会引起机械特性曲线中的最大转矩下降。这时，可人为地把电压  $U_1$  升高，提高  $U/f$  比，以便近似地补偿定子压降和转矩。但并不是  $U/f$  比取大些就好，补偿过分，电动机铁芯饱和严重，励磁电流  $I_0$  的峰值增大，可能会引起变频器因过电流而跳闸。

恒压频比控制的异步电动机变压变频调速系统是一种比较简单的控制系统。按控制理

论的观点进行分类时,  $U/f=C$  控制属于转速(频率)开环控制系统, 这种系统虽然在转速控制方面不能给出满意的控制性能, 但是这种系统有着很高的性能价格比。因此, 在以节能为目的的各种用途中和对转速精度要求不高的各种场合得到了广泛的应用。同时还需要指出, 恒压频比控制系统是最基本的变压变频调速系统, 性能更好的系统都是建立在这种系统的基础之上。为了方便用户选择  $U/f$  值, 变频器通常都是以  $U/f$  控制曲线的方式提供给用户选择的。

三菱 FR-E740 系列变频器控制电路接线示意图。

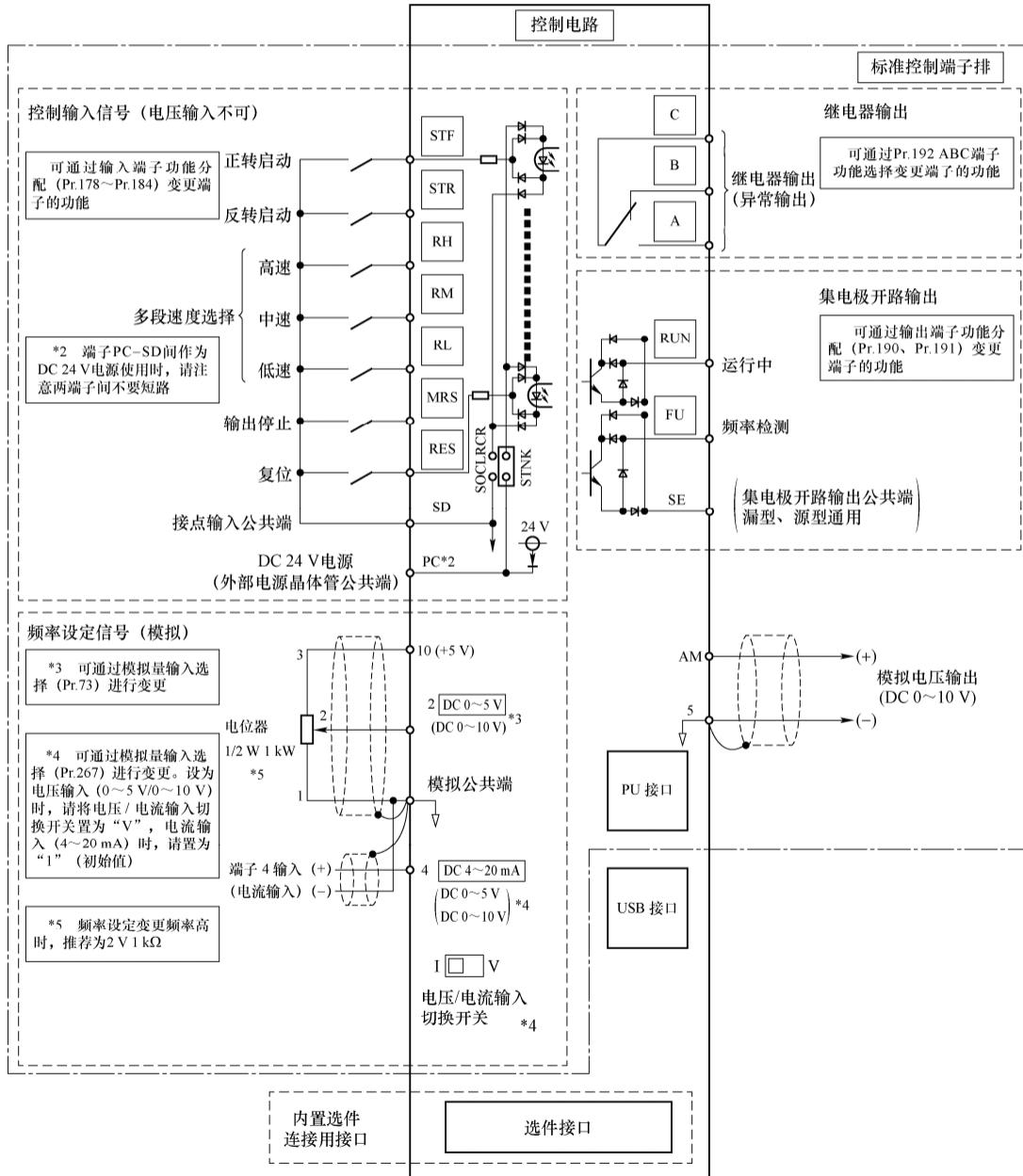


图 1-2-7 三菱 FR-E740 系列变频器控制电路接线示意图

### 1.2.3 外围电路

变频器的运行离不开外围设备，要根据实际需要选择与变频器配合工作的各种外围设备。正确选择变频器的外围设备主要有以下几个目的：

- (1) 保证变频器驱动系统的正常工作；
- (2) 提高对电动机和变频器的保护；
- (3) 减小对其他设备的影响。

图 1-2-8 所示为三菱变频器与电源、电动机的实际连接。在实际应用中，图 1-2-8 中所示的电器并不一定全部都要连接，有的电器通常是选购件，有时还须增加断路器。

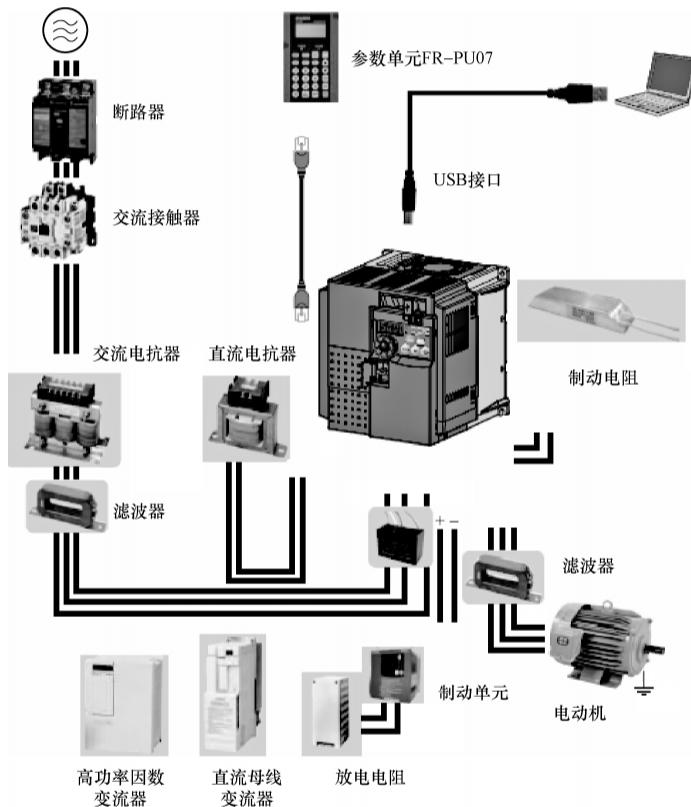


图 1-2-8 三菱变频器与电源、电动机的实际连接

#### 1. 断路器

断路器的功能主要是用于电源的通断，在出现过电流或短路事故时自动切断电源，防止发生过载或短路时大电流而烧毁设备的现象；在检修用电设备时起隔离电源的作用。新型断路器都具有过电流保护功能，选用时要充分考虑电路中是否有正常过电流，以防止过电流保护功能的误动作。

在断路器单独为变频器配电的主电路中，属于正常过电流的情况有以下几种：

- (1) 变频器在刚接通电源的瞬间，对电容器的充电电流可高达额定电流的 2~3 倍。
- (2) 变频器的进线电流是脉冲电流，其峰值经常超过额定电流。

(3) 一般通用变频器允许的过载能力为额定电流的 150%，持续运行 1 min。

因此，为了避免误动作，断路器的额定电流  $I_{QN}$  一般按下面公式估算：

$$I_{QN} \geq (1.3 \sim 1.4) I_N \quad (1-2-5)$$

式中  $I_N$ ——变频器的额定电流。

在电动机要求实现工频和变频的切换控制电路中，因为电动机有可能在工频下运行，故应按电动机在工频下的启动电流来进行选择，即

$$I_{QN} \geq 2.5 I_{MN} \quad (1-2-6)$$

式中  $I_{MN}$ ——电动机的额定电流。

## 2. 接触器

### 1) 接触器的主要功能

(1) 可通过按钮开关等方便地控制变频器的通电与断电。

(2) 变频器发生故障时，可自动切断电源。

### 2) 接触器的选用

根据接触器所连接位置的不同，其型号的选择也不尽相同。

#### (1) 变频器输入侧接触器。

由于接触器自身并无保护功能，不存在误动作的问题，因此选择的原则是：主触点的额定电流  $I_{KM1}$  只需大于或等于变频器的额定电流，即

$$I_{KM1} \geq I_N \quad (1-2-7)$$

#### (2) 变频器输出侧接触器。

在变频/工频切换的控制电路中，需要在变频器的输出侧连接接触器。因为变频器的输出电流并不是标准的正弦交流电，含有较强的高次谐波，其有效值略大于工频运行时的有效值，故主触点的额定电流  $I_{KM2}$  大于 1.1 倍的额定电流，即满足

$$I_{KM2} \geq 1.1 I_N \quad (1-2-8)$$

## 3. 电抗器

### 1) 电源输入侧交流电抗器

接在电网电源与变频器输入端之间的输入交流电抗器，其主要作用是抑制变频器输入电流的高次谐波，明显改善功率因数和实现变频器驱动系统与电源之间的匹配。输入交流电抗器为选购件，在以下情况下可考虑接入交流电抗器：

(1) 变频器所用之处的电源容量与变频器容量之比为 10:1 以上。

(2) 同一电源上接有晶闸管变流器负载或在电源端带有开关控制调整功率因数的电容器。

(3) 三相电源的电压不平衡度较大 ( $\geq 3\%$ )。

(4) 变频器的输入电流中含有许多高次谐波成分，这些高次谐波电流都是无功电流，使变频调速系统的功率因数降到 0.75 以下。

(5) 变频器的功率大于 30 kW。

接入的交流电抗器应满足以下要求：

(1) 电抗器自身分布电容小。

(2) 自身的谐振点要避开抑制频率范围。

(3) 保证工频压降在 2%以下，功率要小。

交流电抗器的型号规定：ALC-□，其中，□为所用变频器的容量，如 132 kV·A 的变频器应该选择 ALC-132 型电抗器。

### 2) 变频器输出侧交流电抗器

接在变频器输出端和电动机之间的输出交流电抗器，其主要作用是降低变频器输出中存在的谐波产生的不良影响，包括以下两方面内容：

(1) 降低电动机噪声。利用变频器进行调节控制时，由于谐波的影响，电动机产生的电磁噪声和金属音噪声将大于采用电网电源直接驱动的电动机噪声。通过接入电抗器，可以将噪声由 70~80 dB 降低到 5 dB 左右。

(2) 降低输出谐波的不良影响。当负载电动机的阻抗比标准电动机小时，随着电动机电流的增加有可能出现过电流、变频器限流动作，以至于出现得不到足够大转矩、效率降低及电动机过热等异常现象。当这些现象出现时，应该选用输出交流电抗器使变频器的输出平滑，以减小输出谐波产生的不良影响。

输出交流电抗器是选购件，当变频器干扰严重或电动机振动时可考虑接入。通常，以下两种情况要使用输出交流电抗器：

(1) 当变频器和电动机的距离较远（通常大于 30 m）时，线路的分布电容和分布电感随着导线的延长而增大，而线路的振荡频率会减小。当线路的振荡频率接近于变频器的输出电压载波频率时，电动机的电压将可能因进入谐振带而升高，过高的电压可能击穿电动机的绕组。因此，要接入输出交流电抗器。

(2) 当电动机的功率大于变频器的容量时要接入输出交流电抗器。

### 3) 直流电抗器

直流电抗器接在整流桥和滤波电容之间，由于其体积较小，因此许多变频器已将直流电抗器直接装在变频器内。直流电抗器用于改善电容滤波造成的输入电流畸变、改善功率因数、减少及防止因冲击电流造成的整流桥损坏和电容过热。当电源变压器和输入电线综合内阻较小（变压器容量大于电动机 10 倍以上）、电网变频器频繁动作时都需要使用直流电抗器。直流电抗器可将功率因数提高至 0.9 以上。直流电抗器除了提高功率因数外，还可削弱在电源刚接通瞬间的冲击电流。如果同时配用交流电抗器和直流电抗器，则可将变频调速系统的功率因数提高至 0.95 以上。

## 4. 滤波器

变频器的输入和输出电流中都含有很多高次谐波，这些高次谐波除了增加输入侧的无功功率、降低功率因数（主要是频率较低的谐波电流）外，频率较高的谐波电流以各种方式把自己的能量传播出去，形成对其他设备的干扰，严重的甚至可能使某些设备无法正常工作。

滤波器就是用来削弱这些高频率谐波电流的，以防止变频器对其他设备造成干扰。滤波器主要由滤波电抗器和电容组成。应注意的是，变频器输出侧的滤波器中，电容器只能接在电动机侧，且应串入电阻，以防止逆变器因电容的充、放电而受冲击。

滤波器由各相的连接线在同一个磁芯上按相同方向绕 4 圈（输入侧）或 3 圈（输出侧）构成。需要说明的是，三相的连接线必须按相同方向绕在同一个磁芯上，从而其基波电流的

合成磁场为 0，因而对基波电流没有影响。

对防止无线电干扰要求较高及要求符合 CE、UL、CSA 标准的使用场合，或变频器周围有抗干扰能力不足的设备等情况下，均应使用滤波器。安装时注意接线尽量缩短，滤波器应尽量靠近变频器。

### 5. 快速熔断器

#### 1) 快速熔断器的作用

快速熔断器在主电路中的作用是当电路中有短路电流（8~10 倍及以上的额定电流）时起短路保护作用。快速熔断器的优点是熔断速度比低压断路器的脱扣速度快。熔断器的缺点是可能造成主电路缺相。

#### 2) 快速熔断器的选用

快速熔断器的熔断电流  $I_{FN}$  一般用如下公式估算：

$$I_{FN} \geq (1.5 \sim 1.6) I_N \quad (1-2-9)$$

式中  $I_N$ ——变频器额定电流。

## 1.2.4 变频器的安装

#### 1) 安装环境

(1) 环境温度：变频器运行环境温度为  $-10 \sim 40^{\circ}\text{C}$ ，避免阳光直射。

(2) 环境湿度：变频器运行环境的相对湿度不超过 90%（无结露）为宜。

(3) 振动和冲击：机械振动和冲击会引起电器接触不良。可采用的避免措施有提高控制柜的机械强度，远离振动源和冲击源，使用抗振橡皮垫固定控制柜，定期检查和维护。安装场所的周围振动加速度应小于  $0.6 g$  ( $1 g = 9.8 \text{ m/s}^2$ )。

(4) 电气环境：控制线应有屏蔽措施，母线与动力线要保持不小于 100 mm 的距离，产生电磁干扰的装置与变频器之间应采取隔离措施。

(5) 其他条件：变频器应安装在不受阳光直射、无灰尘、无腐蚀性气体、无可燃性气体、无油污、无蒸汽和滴水等环境中；变频器应用的海拔高度应低于 1 000 m。

#### 2) 安装方式

##### (1) 墙挂式安装。

用螺栓垂直安装在坚固的物体上，不应平装或上下颠倒。因变频器在运行过程中会产生热量，必须保持冷风通畅，周围要留有一定的空间。

##### (2) 柜式安装。

控制柜中安装是目前最好的安装方式，可以起到很好的屏蔽作用，同时也能防尘、防潮、防光照等。控制柜中安装分为单台变频器安装和多台变频器安装。

## 1.2.5 变频器接线

### 1. 主电路

#### 1) 主电路接线

变频器主电路的基本接线如图 1-2-8 所示。变频器的输入端和输出端绝对不允许接错，



如果将电源进线接到变频器的输出端，无论哪个逆变器导通，都将引起两相间的短路而将逆变器烧坏。如果将 380 V 的线电压接入额定电压 220 V 的变频器，轻则击穿滤波电容（如三菱 FR-D720S 系列变频器为单相 220 V 供电），重则烧坏整流模块。而将 220 V 接入额定电压 380 V 的变频器，也不能正常工作，变频器不工作，显示报警参数为欠电压。

为了防止触电和减少电磁噪声，在变频器主端子排上设有接地端子。接地端子必须单独可靠接地，接地端子电阻要小于  $1\Omega$ ，而且接地线应尽量用粗线，接线应尽量短，接地点应尽量靠近变频器。当变频器和其他设备或有多台变频器一起接地时，每台设备都必须分别和地线相接，不允许将一台设备的接地端和另一台设备的接地端相接后再接地。

### 2) 主电路线径选择

#### (1) 电源和变频器之间的导线。

和同容量普通电动机的导线选择方法基本相同，考虑到变频器输入侧功率因数往往较低，应本着宜大不宜小的原则。

#### (2) 变频器与电动机之间的导线。

决定输出导线线径的主要因素是导线电压降  $\Delta U$ ，计算公式为

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3}I_N R_0 L}{1000} \quad (1-2-10)$$

式中  $I_N$ ——变频器额定电流；

$R_0$ ——每米导线电阻；

$L$ ——导线长度。

### 3) 注意事项

(1) 在变频器与电源线连接之前应先完成电源线的绝缘测试。

(2) 确保与电源电压是匹配的，不允许把变频器连接到电压更高的电源上。

(3) 在接通电源前必须确信变频器的接线端子的盖子已盖好。

(4) 电源和电动机端子的连接时要保证一定的绝缘气隙和漏电距离。

变频器的设计是允许它在具有较强电磁干扰的工业环境下运行，如果安装质量良好就可以确保安全和无故障运行。

## 2. 控制电路接线

避免控制信号线与动力线平行布线或捆扎成束布线；易受影响的外围设备应尽量远离变频器安装；易受影响的信号线尽量远离变频器的输入、输出电缆；当操作台与控制柜不在一处或具有远方控制信号线，要对导线进行屏蔽，并特别注意各连接环节，以避免干扰信号窜入。

### 1) 开关量控制线

控制中如启动、停止、多段速控制等的控制线，都是开关量控制线，建议控制电路的连接线采用屏蔽电缆。

### 2) 模拟量控制线

模拟量控制线主要包括输入侧的频率给定信号线、反馈信号线和输出侧的频率信号线、电流信号线两类。模拟信号的抗干扰能力较低，必须使用屏蔽电缆。

## 任务实施

当变频器上电时,请不要打开前盖板,否则可能会发生触电事故。在前盖板及配线盖板拆下时,请不要运行变频器,否则可能会接触到高压端子和充电部分而造成触电事故。即使电源处于断开时,除接线检查外,也不要拆下前盖板,否则,由于接触变频器带电回路可能造成触电事故。接线或检查前,请先断开电源,经过 10 min 等待以后,务必在观察到充电指示灯熄灭或用万用表等检测剩余电压安全以后再进行。不要用湿手操作开关、碰触底板或拔插电缆,否则可能会发生触电事故。

本次任务采用型号为 FR-E740-0.75K-CHT 的三菱变频器,每组 1 台。

### 1. 变频器的安装与端盖拆装

#### 1) 前盖板的拆装

功率为 7.5 kW 以下的变频器前盖板拆装时将前盖板沿箭头所示方向向前面拉,将其卸下,如图 1-2-9 所示。



拆卸变频器前盖板和  
配线盖板

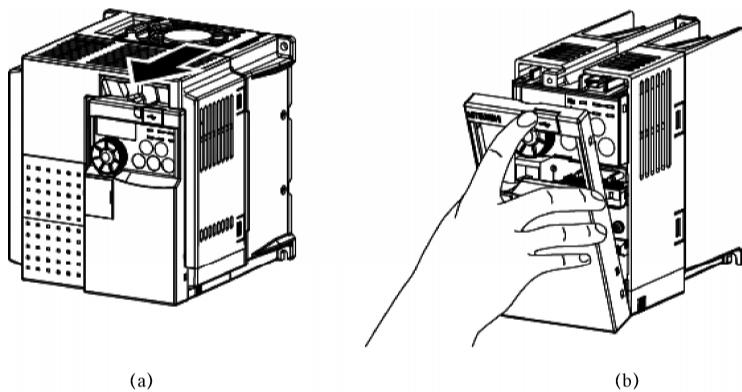


图 1-2-9 前盖板拆卸示意图

安装时将前盖板对准主机正面笔直装入,如图 1-2-10 所示。

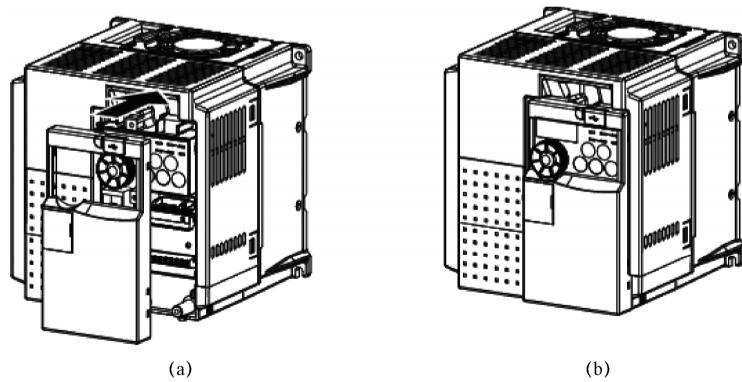


图 1-2-10 前盖板安装示意图

## 2) 配线盖板的拆装

将配线盖板向前拉即可简单卸下。安装时请对准安装导槽将配线盖板装在主机上，如图 1-2-11 所示。

## 3) 变频器的安装

变频器在安装柜内安装时取下前盖板和配线盖板后进行固定，如图 1-2-12 所示。

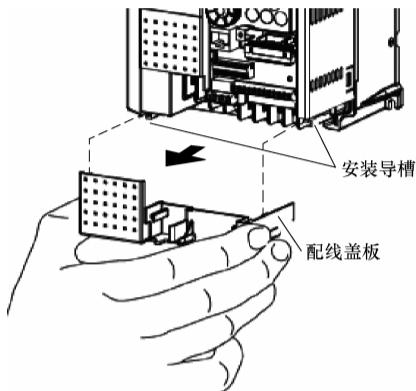


图 1-2-11 配线盖板拆装示意图

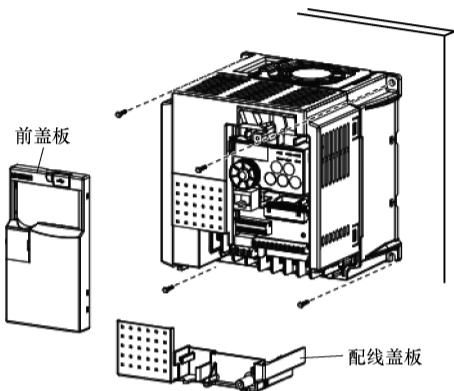
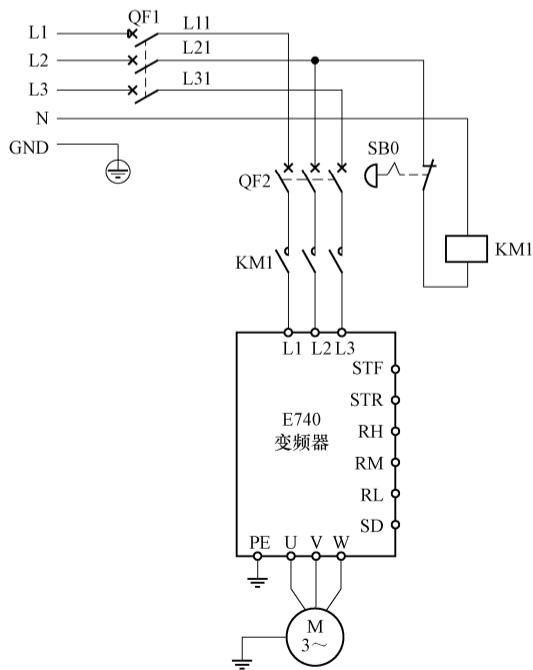


图 1-2-12 变频器的安装示意图

## 2. 主电路接线

(1) 根据任务要求画出变频器主电路接线电气原理图，三菱 FR-E740 系列变频器主电路接线如图 1-2-13 所示。在这个原理图中为了变频器运行过程中安全，增加了单独控制变频器的空气开关和用一个急停按钮控制的交流接触器来控制输入端的电源。



变频器安装与  
主电路接线

图 1-2-13 三菱 FR-E740 系列变频器主电路接线

(2) 根据电气接线原理图, 打印线号管, 套好线号管。用剥线钳剥除导线, 用压线钳压好冷压端子。

(3) 打开前端盖, 从控制柜门板的 L1、L2、L3 引导线到变频器的输入端 L1、L2、L3, 变频器的输出端 U、V、W 到电动机, 电动机采用三角形接法, 完成主电路电气接线。检查无误后, 盖好端盖, 上电测试。特别注意: 变频器的输入端和输出端不能接反, 否则会烧坏变频器的 IGBT。

## 任务评价与总结

1. 任务学习考核要求及评分标准参考见表 1-2-1

表 1-2-1 考核评价表

考核内容	考核要求	配分	评分标准	自评	互评	师评	总评
变频器安装	1. 变频器与电机电气连接图绘制正确; 2. 元器件安装正确、接线规范正确。	90	1. 变频器与电机电气连接图绘制错误, 扣 5 分/处; 2. 元件松动扣 2 分/处, 损坏扣 4 分/处, 错、漏线扣 2 分/处, 错、漏编号扣 1 分/处, 反圈、压皮、松动, 扣 2 分/处。				
职业素养	1. 遵守安全文明生产规程; 2. 科学严谨、耐心专注和求真务实的工程素养; 3. 团结协作, 沟通交流。	10	1. 不按操作规范操作, 每违反一项规定, 扣 3 分; 2. 发生安全事故, 成绩按 0 分处理; 3. 漏接接地线一处扣 5 分。				

## 2. 任务总结

在安装和接线过程中要注意职业素养的培养, 主要体现在以下几方面:

- (1) 在松脱或紧固螺钉时, 一定要沿着面板的对角线均匀用力, 防止操作单元因受力不均而翘起; 螺钉也不要拧得过紧, 以防碎裂或滑丝。
- (2) 不要在带电情况下进行变频器的拆装, 不要使变频器跌落或受到强烈撞击。
- (3) 当安装操作面板时, 操作单元要先插入卡口, 再推入锁住, 不可平行插入。
- (4) 在变频器与电源线连接之前应先完成电源线的绝缘测试。
- (5) 在接通电源前必须确信变频器的接线端子盖已盖好, 前盖板安装要牢固。
- (6) 防止螺钉、电缆碎片或其他导电物体或油类等可燃性物体进入变频器。
- (7) 确保与电源电压是匹配的, 不允许将变频器连接到电压更高的电源上。特别注意: 变频器的输入和输出不能接反, 输入电压的等级要符合铭牌要求, 否则可能烧坏变频器。

## 任务3 变频器的面板操作

### 任务描述

根据变频器实物，学习和训练变频器面板操作内容，操作变频器面板设置常用参数，操作变频器面板实现变频器控制电动机点动、启停和正反转。

### 任务目标

#### 1. 知识目标

- (1) 了解变频器调试方式，熟悉变频器的操作面板、显示内容及按键设置。
- (2) 掌握变频器 BOP 操作面板调试的方法、步骤。
- (3) 掌握变频器控制三相异步电动机参数、频率参数、运转指令参数等主要参数的含义。

#### 2. 技能目标

- (1) 能够进行变频器和三相异步电动机的电气接线。
- (2) 能够正确设置变频器参数。
- (3) 能够通过操作面板控制电动机启动/停止、正转/反转、加速/减速，监视变频器参数的变化。

#### 3. 素质目标

- (1) 培养学生信息查询、收集、筛选、整理的能力；
- (2) 培养学生团结协作的职业素养和积极主动的学习习惯；
- (3) 培养学生细心严谨的工作态度和精益求精的工匠精神；

### 任务分析

本任务主要是变频器的面板操作。通过教师的讲授以及示范操作引导学生学习，学生也可以查阅有关资料和网络视频来完成本任务。

### 任务准备

#### 1.3.1 E740 变频器基本操作

##### 1. E740 变频器的操作面板

使用变频器之前，首先要熟悉它的面板显示和键盘操作单元（或称控制单元），并且按

使用现场的要求合理设置参数。FR-E740 系列变频器的参数设置，通常利用固定在其上的操作面板（不能拆下）实现，也可以使用连接到变频器 PU 接口的参数单元（FR-PU07）实现。使用操作面板可以进行运行方式、频率的设定，运行指令监视，参数设定，错误表示等。E740 变频器的操作面板如图 1-3-1 所示，其上半部为面板显示器，下半部为 M 旋钮和各种按键。它们的具体功能分别如表 1-3-1 和表 1-3-2 所示。

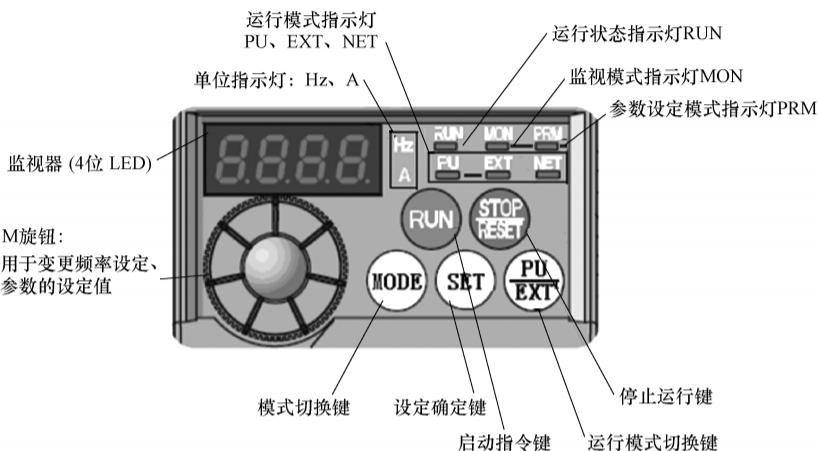


图 1-3-1 E740 变频器的操作面板

表 1-3-1 旋钮、按键功能

旋钮和按键	功    能
M 旋钮 (三菱变频器旋钮)	旋动该旋钮用于变更频率设定、参数的设定值。按下该旋钮可显示以下内容： 监视模式时的设定频率； 校正时的当前设定值； 报警历史模式时的顺序
模式切换键 MODE	用于切换各设定模式。和运行模式切换键同时按下也可以用来切换运行模式。长按此键（2 s）可以锁定操作
设定确定键 SET	各种设定的确定。此外，当运行中按此键则监视器出现以下显示： 运行频率—输出电流—输出电压—运行频率
运行模式切换键 PU/EXT	用于切换 PU/外部运行模式。 使用外部运行模式（通过另接的频率设定电位器和启动信号启动的运行）时请按此键，使表示运行模式的 EXT 指示灯处于亮灯状态。 切换至组合模式时，可同时按 MODE 键 0.5 s，或者变更参数 Pr.79
启动指令键 RUN	在 PU 模式下，按此键启动运行。 通过 Pr.40 的设定，可以选择旋转方向
停止运行键 STOP/RESET	在 PU 模式下，按此键停止运转。 保护功能（严重故障）生效时，也可以进行报警复位

表 1-3-2 运行状态显示

显示	功能
运行模式指示灯	PU: PU 运行模式时亮灯; EXT: 外部运行模式时亮灯; NET: 网络运行模式时亮灯
监视器 (4 位 LED)	显示频率、参数编号等
监视数据单位指示灯	Hz: 显示频率时亮灯; A: 显示电流时亮灯。 (显示电压时熄灯, 显示设定频率监视时闪烁)
运行状态指示灯 RUN	当变频器动作中亮灯或者闪烁; 其中: 亮灯——正转运行中; 缓慢闪烁 (1.4 s 循环) ——反转运行中; 下列情况下出现快速闪烁 (0.2 s 循环): 按键或输入启动指令都无法运行时; 有启动指令, 但频率运行状态显示指令在启动频率以下时; 输入了 MRS 信号时
参数设定模式指示灯 PRM	参数设定模式时亮灯
监视模式指示灯 MON	监视模式时亮灯

## 2. 变频器的运行模式

由表 1-3-1 和表 1-3-2 可见, 在变频器不同的运行模式下, 各种按键、M 旋钮的功能各异。所谓运行模式是指对输入到变频器的启动指令和设定频率的命令来源的指定。一般来说, 使用控制电路端子、在外部设置电位器和开关来进行操作的是“外部运行模式”, 使用操作面板或参数单元输入启动指令、设定频率的是“PU 运行模式”, 通过 PU 接口进行 RS-485 通信或使用通信选件的是“网络运行模式 (NET 运行模式)”。在进行变频器操作以前, 必须了解各种运行模式, 才能进行各项操作。

FR-E740 系列变频器通过参数 Pr.79 的值来指定变频器的运行模式, 设定值范围为 0、1、2、3、4、6、7; 这 7 种运行模式的内容以及相关 LED 指示灯的状态如表 1-3-3 所示。

表 1-3-3 运行模式的内容以及相关 LED 指示灯的状态

设定值	内容	LED 显示状态 (灭灯: 亮灯)
0	外部/PU 切换模式, 通过 PU/EXT 键可切换 PU 与外部运行模式。 注意: 接通电源时为外部运行模式	外部运行模式:  PU 运行模式: 
1	固定为 PU 运行模式	

续表

设定值	内容		LED 显示状态 (■：灭灯 □：亮灯)	
2	固定为外部运行模式；可以在外部、网络运行模式间切换运行		外部运行模式：  网络运行模式： 	
3	外部/PU 组合运行模式 1			
	频率指令	启动指令		
	用操作面板设定或用参数单元设定，或外部信号输入【多段速设定，端子 4-5 间 (AU 信号 ON 时有效)】	外部信号输入 (端子 STF、STR)		
	外部/PU 组合运行模式 2			
	频率指令	启动指令		
	外部信号输入 (端子 2、4、JOG、多段速选择等)	通过操作面板的 RUN 键或通过参数单元的 FWD、REV 键来输入		
6	切换模式可以在保持运行状态的同时，进行 PU 运行、外部运行、网络运行的切换		PU 运行模式：  外部运行模式：  网络运行模式： 	
7	外部运行模式 (PU 运行互锁)：X12 信号 ON 时，可切换到 PU 运行模式 (外部运行中输出停止)；X12 信号 OFF 时，禁止切换到 PU 运行模式		PU 运行模式：  外部运行模式： 	

变频器出厂时，参数 Pr.79 设定值为 0。当停止运行时用户可以根据实际需要修改其设定值。修改 Pr.79 设定值的一种方法是：按 MODE 键使变频器进入参数设定模式；旋动 M 旋钮，选择参数 Pr.79，用 SET 键确定之；然后再旋动 M 旋钮选择合适的设定值，用 SET 键确定之；两次按 MODE 键后，变频器的运行模式将变更为设定的模式。

图 1-3-2 所示为设定参数 Pr.79 的一个例子，该例子把变频器从固定外部运行模式变更为组合运行模式 1。

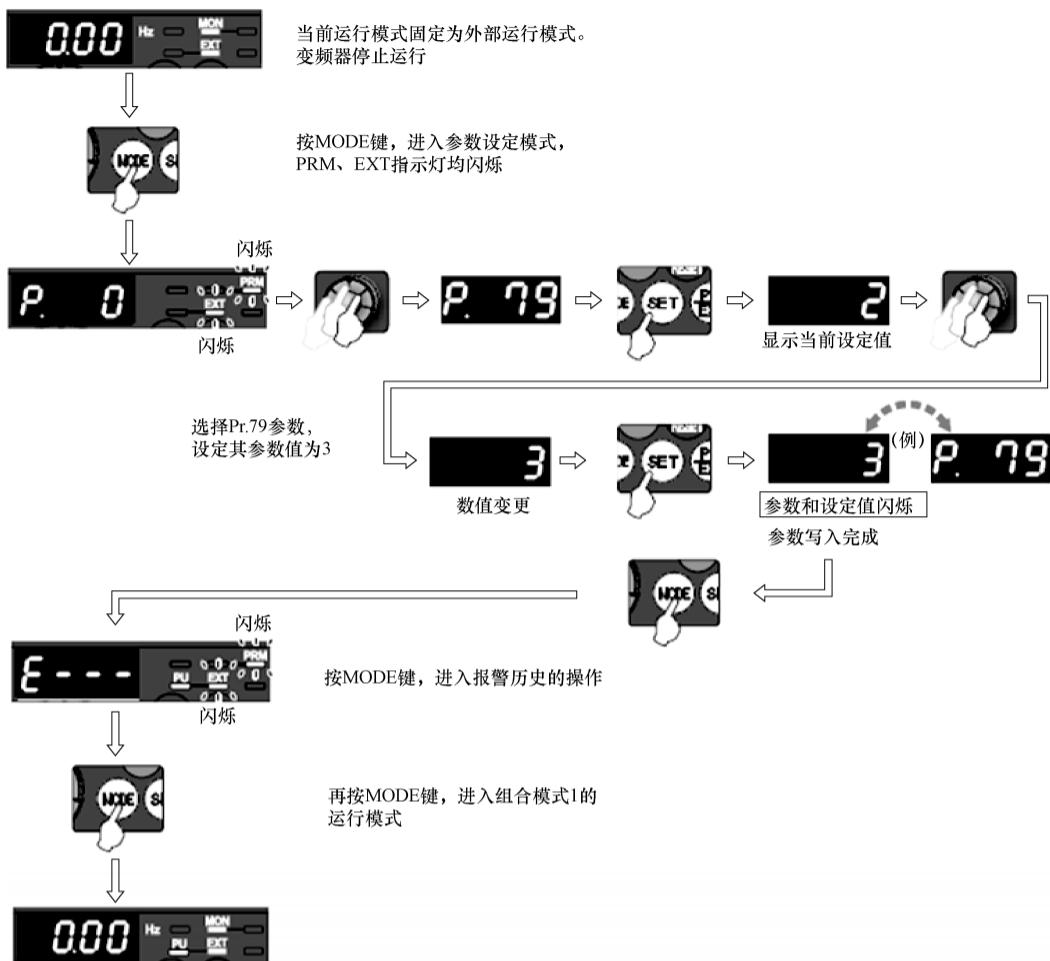


图 1-3-2 变频器的运行模式变更示例

### 1.3.2 变频器参数设置

#### 1. 运行指令方式

变频器的运行指令方式是指通过指令控制变频器的基本运行功能，这些功能包括启动、停止、正转与反转、正向点动与反向点动、复位等。变频器的运行指令方式有操作面板控制、端子控制和通信控制三种类型。这些运行指令方式必须按照实际的需要进行选择设置，同时也可以根据功能进行方式的切换。

##### 1) 操作面板控制

操作面板控制是变频器最简单的运行指令方式，用户可以通过变频器操作面板上的运行键、停止键、点动键和复位键、正反转切换键直接控制变频器的运行。

操作面板控制的最大特点就是方便实用，操作面板既可以控制变频器，同时又能起到故障报警功能，能够将变频器是否运行、是否故障报警的信息告知用户，用户能直观地了解变频器是否确实在运行中，是否在报警（过载、超温、堵转等）以及故障类型。

## 2) 端子控制

端子控制是指变频器通过其外接输入端子从外部输入开关信号（或电平信号）来进行控制的方式。这时，外接的按钮、选择开关、继电器、PLC 或 DCS 的继电器模块替代了操作面板上的运行键、停止键、点动键和复位键，可以远程控制变频器的运行。在众多品牌变频器的端子中有三种具体表现形式：

(1) 上述几个功能都是由专用端子实现，即每个端子固定为一种功能。这种方式在早期的变频器中使用较为普遍。

(2) 上述几个功能都是由通用的多功能端子实现，即每个端子都不固定，可以通过定义多功能端子的具体内容来实现。

(3) 上述几个功能除正转、反转功能由专用固定端子实现外，其余如点动、复位、使能融合在多功能端子中实现。现在大部分变频器使用这种方式。

## 3) 通信控制

通信控制的运行指令方式，在不增加线路的情况下，只需修改上位机给变频器的传输数据即可对变频器进行正反转、点动、故障复位等控制。

利用变频器的通信控制方式可以组成单主站/单从站或单主站/多从站的通信控制系统，利用上位机软件可实现对网络中变频器的实时监控，完成远程控制、自动控制，以及实现更复杂的运行控制，如无限多段程序运行。

常规的通信端子接线分为四种：

- (1) 变频器 RS-232 接口与上位机 RS-232 接口通信；
- (2) 变频器通过 RS-232 接口连接调制解调器 MODEM 后再与上位机相连；
- (3) 变频器 RS-485 接口与上位机 RS-485 接口通信；
- (4) 以太网通信。

## 2. 频率给定

改变变频器的输出频率就可以改变电动机的转速。要调节变频器的输出频率，变频器必须提供改变频率的信号，这个信号称为频率给定信号，所谓频率给定方式就是供给变频器给定信号的方式。

### 1) 常用频率参数

- (1) 给定频率。

用户根据生产工艺的需求所设定的变频器输出频率称为给定频率。

- (2) 输出频率。

输出频率是指变频器实际输出的频率。

- (3) 基准频率。

基准频率也叫基本频率，一般以电动机的额定频率作为基本频率的给定值。这是因为若基准频率设定低于电动机额定频率，则当给定频率大于基准频率，电动机电压将会增加，输出电压的增加将引起电动机磁通的增加，使磁通饱和，励磁电流发生畸变，出现很大的尖峰电流，从而导致变频器因过流而跳闸。若基准频率设定高于电动机额定频率，则电动机电压将会减小，电动机的驱动负载能力下降。

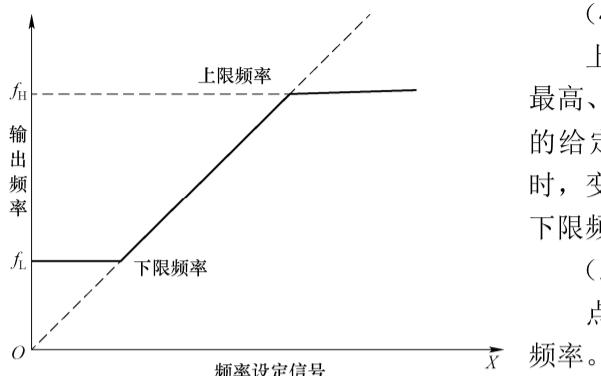


图 1-3-3 变频器上下限频率限定曲线

**(4) 上限频率和下限频率。**

上限频率和下限频率分别指变频器输出的最高、最低频率，常用 $f_H$ 和 $f_L$ 表示。当变频器的给定频率高于上限频率或者低于下限频率时，变频器的输出频率将被限制在上限频率或下限频率，如图 1-3-3 所示。

**(5) 点动频率。**

点动频率是指变频器在点动运行时的给定频率。

**(6) 载波频率 (PWM 频率)。**

变频器大多采用 PWM 调制的形式进行频率调节，也就是说 PWM 变频器输出的电压是一系列脉冲，脉冲的宽度和间隔均不相等，其大小取决于调制波（基波）和载波（三角波）的交点。

**(7) 启动频率。**

启动频率是指电动机开始启动时的频率。给定启动频率的原则：在启动电流不超过允许值的前提下，拖动系统能够顺利启动。

**(8) 多挡转速频率。**

由于工艺上的要求不同，很多生产机械在不同的阶段需要在不同的转速下运行，例如铣床主轴变速箱有 15 挡。为方便这种负载，大多数变频器均提供了多挡转速频率控制功能，也简称为多段速。

常见的形式是在变频的控制端子中设置若干个开关，用开关状态的组合来选择不同挡频率。例如，三菱 FR-E740 系列变频器用 RH、RM、RL、REX 输入开关信号的不同组合可选择 15 个频率段。

**(9) 跳跃频率。**

跳跃频率也叫回避频率，是指不允许变频器连续输出的频率，常用 $f_J$ 表示。

变频器在预置跳跃频率时通常预置一个跳跃区间，区间的下限是 $f_{J1}$ 、上限是 $f_{J2}$ ，如果给定频率处于 $f_{J1}$ 与 $f_{J2}$ 之间，变频器的输出频率将被限制在 $f_{J1}$ 。变频器跳跃频率曲线如图 1-3-4 所示。

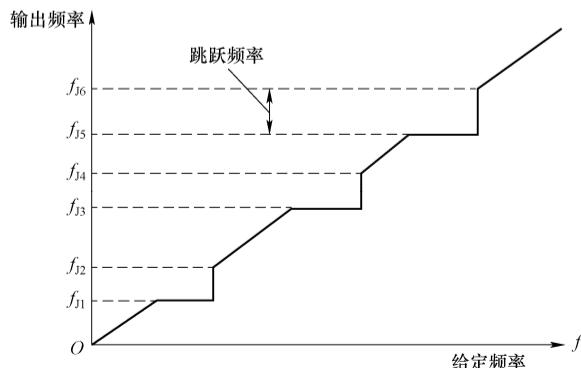


图 1-3-4 变频器跳跃频率曲线

## 2) 频率给定方式

与运转指令方式相似，变频器主要有三种频率给定方式可供用户选择，三菱 FR-E740 系列变频器是通过参数 Pr.79 实现的。

### (1) 面板给定方式。

设置 Pr.79=0、1、3 时，三菱 FR-E740 系列通过旋转 M 旋钮可以给定频率。

### (2) 端子给定方式。

设置 Pr.79=0、2、4 时，通过外部的模拟量或数字量输入给定端口，可以将外部频率给定信号传送给变频器。

① 电压信号：一般有 0~5 V、0~±5 V、0~10 V、0~±10 V 等。

② 电流信号：一般有 0~20 mA、4~20 mA 两种。

③ 开关信号：用开关状态的组合来选择不同挡频率。

FR-E740 系列变频器通过参数 Pr.73、Pr.267 以及电压/电流输入切换开关，可以实现 0~5 V、0~10 V、4~20 mA 的可逆或不可逆运行。

### (3) 通信给定方式。

设置 Pr.79=2 或 6 时，由计算机或其他控制器通过通信接口进行给定。

## 3. 启动、制动控制方式

### 1) 加速特性

根据各种负载的不同要求，变频器给出了各种不同的加速曲线（模式）供用户选择。变频器的加速曲线有线性方式、S 形方式和半 S 形方式等，如图 1-3-5 所示。

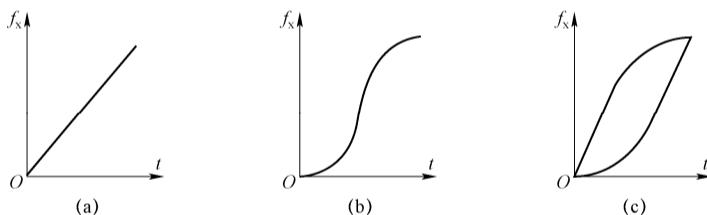


图 1-3-5 变频器加速特性曲线

(a) 线性方式；(b) S 形方式；(c) 半 S 形方式

### (1) 线性方式。

在加速过程中，频率与时间呈线性关系，如图 1-3-5 (a) 所示，如果没有特殊要求，一般的负载大都选用线性方式。

### (2) S 形方式。

初始阶段加速较缓慢，中间阶段为线性加速，尾端加速度逐渐为零，如图 1-3-5 (b) 所示。

### (3) 半 S 形方式。

加速时一半为 S 形方式，另一半为线性方式，如图 1-3-5 (c) 所示。

## 2) 启动方式

变频器启动时，启动频率可以很小，加速时间可以自行给定，这样就能有效解决启动电流大和机械冲击的问题。

**加速时间：**是指工作频率从 0 上升至基本频率所需要的时间。各种变频器都提供了在一定范围内可任意给定加速时间的功能。

**给定加速时间的基本原则：**在电动机的启动电流不超过允许值的前提下，尽量地缩短加速时间。

### 3) 减速特性

拖动系统的减速和停止过程是通过逐渐降低频率来实现的。

减速时间是指给定频率从基本频率下降至 0 所需的时间。

减速模式和加速模式相仿，也有三种方式：

(1) 线性方式。

在减速过程中，频率与时间呈线性关系。

(2) S 形方式。

在开始阶段和结束阶段，减速过程比较缓慢，而在中间阶段，则按线性方式减速。

(3) 半 S 形方式。

减速过程成半 S 形。

### 4) 制动方式

变频器使电动机停车制动有以下几种方式：

(1) 由外部端子控制。

三菱变频器将 Pr.79 设置为 EXT 外部端子控制，参数 Pr.250 设置端子 STF 和 STR 的断开制动时间。

(2) 由 BOP 控制。

三菱变频器将 Pr.79 设置为操作面板 PU 控制，点动操作面板上  按键，即可停车。

(3) 直流注入制动。

三菱变频器的直流注入制动时可对参数 Pr.10、Pr.11、Pr.12 分别用于设置直流制动动作的频率、时间和电压。

(4) 复合制动。

为了进行复合制动，应在交流电流中加入直流分量，制动电流可由参数设定。

(5) 用外接制动电阻进行动力制动。

用外接制动电阻进行制动时，按线性方式平滑、可控地降低电动机的速度。

## 任务实施

在变频器拖动电动机投入运行前，需要对变频器的一些常用参数进行设置。下面就面板控制变频器的运行参数设置进行操作。通过变频器的面板控制变频器的运行，只需要将主电路连接好即可，三菱 FR-E740 系列变频器主电路接线如图 1-2-13 所示。

### 1. 参数清除（恢复出厂设置）

对于初学者，在重新对变频器参数进行规划设计时，可以将变频器参数恢复为出厂默认

值（以下简称为初始值），这样可以免去一些不必要的参数检查工作。或者如果用户在参数调试过程中遇到问题，并且希望重新开始调试，可用参数清除操作方法实现。即在 PU 运行模式下，设定 Pr.CL 参数清除、ALLC 参数全部清除均为“1”，可使参数恢复为初始值（如果设定 Pr.77 参数写入选择“1”，则无法清除）。参数清除操作，需要在参数设定模式下，用 M 旋钮选择参数编号为 Pr.CL 和 ALLC，把它们的值均置为 1，参数全部清除的操作示意如图 1-3-6 所示。



变频器恢复出厂设置

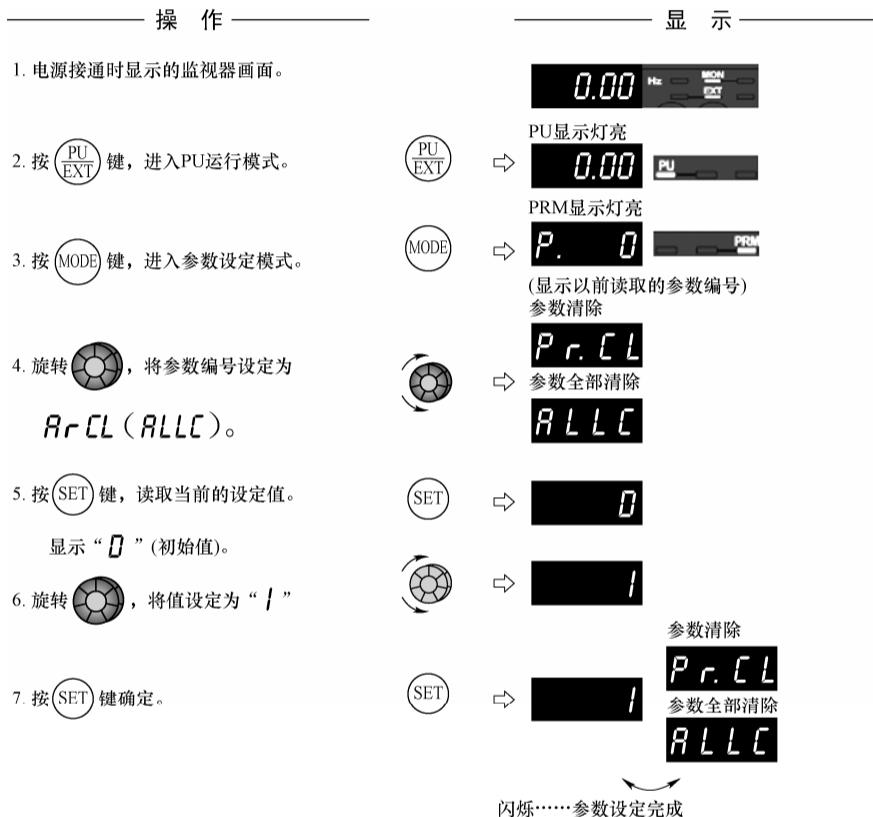


图 1-3-6 参数全部清除的操作示意

## 2. 参数的设定

变频器参数的出厂设定值被设置为完成简单的变速运行。如需按照负载和操作要求设定参数，则应进入参数设定模式，先选定参数号，然后设置其参数值。设定参数分两种情况，一种是停机 STOP 方式下重新设定参数，这时可设定所有参数；另一种是在运行时设定，这时只允许设定部分参数，但是可以核对所有参数号及参数。图 1-3-7 所示为参数设定过程的一个例子，所完成的操作是把参数 Pr.1（上限频率）从出厂设定值 120.0 Hz 变更为 50.0 Hz，假定当前运行模式为 EXT/PU 切换模式（Pr.79=0）。



BOP 面板操作参数设置

FR-E740 系列变频器有几百个参数，实际使用时，只需根据使用现场的要求设定部分



参数，其余按出厂设定即可。一些常用参数，则是应该熟悉的。下面介绍一些常用参数的设定。关于参数设定更详细的说明请参阅 FR-E740 系列变频器使用手册。

### 1) 输出频率的限制 (Pr.1、Pr.2、Pr.18)

为了限制电动机的速度，应对变频器的输出频率加以限制。用 Pr.1 (上限频率) 和 Pr.2 (下限频率) 来设定，可将输出频率的上、下限位。当在 120 Hz 以上运行时，用参数 Pr.18 (高速上限频率) 设定高速输出频率的上限。

### 2) 加/减速时间 (Pr.7、Pr.8、Pr.20、Pr.21)

各参数的意义及设定范围如表 1-3-4 所示。

表 1-3-4 各参数的意义及设定范围

参数号	参数意义	出厂设定	设定范围	备注
Pr.7	加速时间	5 s	0~3 600/360 s	根据 Pr.21 加减速时间单位的设定值进行设定。初始值的设定范围为 0~3 600 s、设定单位为 0.1 s
Pr.8	减速时间	5 s	0~3 600/360 s	
Pr.20	加/减速基准频率	50 Hz	1~400 Hz	
Pr.21	加/减速时间单位	0	0/1	0:0~3 600 s, 单位: 0.1 s; 1:0~360 s, 单位: 0.01 s

设定说明：

- (1) 用 Pr.20 为加/减速的基准频率，在我国就选为 50 Hz。
- (2) Pr.7 加速时间用于设定从停止到 Pr.20 加减速基准频率的加速时间。
- (3) Pr.8 减速时间用于设定从 Pr.20 加减速基准频率到停止的减速时间。

### 3) 电子过电流保护 (Pr.9)

为了防止电动机过载，Pr.9 提供了电子过电流保护值设置，其初始值为变频器的额定电流，设置范围为 0~500 A。一般将其值设置为电动机额定电流，对于 0.75 kW 或以下的产品，应设定为变频器额定电流的 85%。

### 4) 电动机的基准频率 (Pr.3)

设定电动机的基准频率，初始值为 50 Hz，设置范围为 0~400 Hz。首先应确认电动机铭牌上的额定频率，如果铭牌上的频率为 60 Hz 时，Pr.3 的基准频率一定要设定为 60 Hz。

### 5) 启动指令和频率指令的选择 (Pr.79)

面板控制电动机运行 Pr.79 参数可以设置为 0 或者 1。

在本任务中要求按照表 1-3-5 所示参数对变频器参数进行设置。

表 1-3-5 参数设置

参数号	参数意义	设定值	参数号	参数意义	设定值
Pr.1	上限频率	60 Hz	Pr.9	电子过电流保护	0.6
Pr.2	下限频率	2 Hz	Pr.13	启动频率	0.5 Hz
Pr.3	基准频率	50 Hz	Pr.14	适用负载选择	1
Pr.7	加速时间	3	Pr.15	点动频率	10 Hz
Pr.8	减速时间	2	Pr.20	加/减速基准频率	50 Hz



图 1-3-7 变更参数的设定值示例

### 3. 变频器参数监视

三菱变频器的监视模式有三种，即频率监视、电流监视、电压监视。在监视模式下，按下SET键可以循环显示输出频率（频率指示灯亮）、输出电流（电流指示灯亮）和电压（指示灯都不亮），如图1-3-8所示。可以通过参数设置变更监视内容。



BOP 面板操作运行演示



图 1-3-8 变频器参数监视

## 任务评价与总结

1. 任务学习考核评价要求及评分标准参考见表 1-3-6

表 1-3-6 考核评价表

考核内容	考核要求	配分	评分标准	自评	互评	师评	总评
系统安装	1. 变频器与电机电气连接图绘制正确； 2. 元器件安装正确、接线规范正确。	40	1. 变频器与电机电气连接图绘制错误，扣 5 分/处； 2. 元件松动扣 2 分/处，损坏扣 4 分/处，错、漏线扣 2 分/处，错、漏编号扣 1 分/处，反圈、压皮、松动，扣 2 分/处。				
系统调试运行	1. 变频器参数设置； 2. 操作系统软硬件，调试运行，分析运行结果； 3. 排除调试过程中出现的故障。	50	1. 变频器参数设置错误，扣 2 分/处； 2. 调试系统通电操作错误，不按规范操作，扣 3 分/次； 3. 调试中不能排除故障，分析结果错误，扣 2 分/处。				
职业素养	1. 遵守安全文明生产规程； 2. 科学严谨、耐心专注和求真务实的工程素养； 3. 团结协作，沟通交流。	10	1. 不按操作规范操作，每违反一项规定，扣 3 分； 2. 发生安全事故，成绩按 0 分处理； 3. 漏接接地线一处扣 5 分。				

## 2. 任务总结

### FR-E740 系列变频器运行常见故障及检测

#### 1. 报警（错误代码：Err）

检查要点：

RES 信号是否为 ON。

在外部运行模式下，试图设定参数。

运行中，试图切换运行模式。

在设定范围之外，试图设定参数。

PU 和变频器不能正常通信。

运行中（信号 STF、SRF 为 ON），试图设定参数。

在 Pr.77（参数写入禁止选择）参数写入禁止时，试图设定参数。

#### 2. 过电流断路（错误代码：E.OC2、E.OC3）

检查要点：

负荷是否有急速变化，输出是否短路。

电动机是否急减速运行，输出是否短路，电动机的机械制动是否过早。

### 3. 过电压断路（错误代码：E.OV1、E.OV2、E.OV3）

检查要点：

加速度是否太小。

负荷是否有急速变化。

是否急减速运行。

### 4. 过载断路（错误代码：E.THM、E.THT）

检查要点：

电动机是否在过负荷状态下运行。

### 5. 欠压保护（错误代码：E.UVT）

检查要点：

有无大容量的电动机启动，P 和 P1 之间是否接有短路片或直流电抗器。

## 任务 4 基于 PLC 的变频器多段速运行控制系统设计

### 任务描述

为调试设备，需设计一个传送带调试控制系统的程序，其控制要求如下：按下按钮 SB1，电动机以 30 Hz 频率正转，5 s 后以 25 Hz 反转，10 s 后以 40 Hz 反转，5 s 后以 15 Hz 正转，5 s 后以 20 Hz 正转直到按下按钮 SB2 电动机停止运行。

### 任务目标

#### 1. 知识目标

- (1) 掌握变频器的数字量端子的配线原理。
- (2) 掌握利用变频器外部数字量端子实现电动机点动、正反转、多段速控制的相关参数设计。
- (3) 掌握利用变频器外部模拟量端子控制电动机转速的相关参数设计。

#### 2. 技能目标

- (1) 能够进行变频器外部数字量端子的配线。
- (2) 能够正确设置外部端子控制变频器运行的参数。
- (3) 能够通过变频器外部数字量端子实现电动机点动、正反转、多段速控制。
- (4) 编程软件 GX Works3 的使用。

#### 3. 素质目标

- (1) 培养学生信息查询、收集、筛选、整理的能力；
- (2) 培养学生团结协作的职业素养和积极主动的学习习惯；

- (3) 培养学生细心严谨的工作态度和精益求精的工匠精神;
- (4) 培养学生思考分析判断的能力和勇于创新的创新精神。

## 任务分析

根据任务要求和查阅有关资料，我们知道利用控制变频器运行的主要有以下几种方式：

- (1) 利用 PLC 的开关量信号控制变频器。
- (2) 利用 PLC 的模拟量信号控制变频器。
- (3) PLC 采用 RS-485 的 MODBUS-RTU 通信方式控制变频器。
- (4) PLC 采用现场总线通信方式控制变频器。
- (5) PLC 采用 RS-485 无协议通信方法控制变频器。

本任务中我们要实现多段速的控制。在实际工业现场，为了能够实现远程操作，变频器提供外部端子控制方式，变频器的外部端子控制运行也有很多种情况，比如可以通过操作面板设定频率，外部按钮实现启动指令；也可以通过面板操作运行（RUN），通过模拟信号进行频率设定（电压/电流输入）；还可以通过外接硬件开关实现启动运行指令和频率组合指令等。本任务主要是采用 PLC 输出的开关量信号控制变频器实现对变频器的多段速控制。通过教师的讲授以及引导学生学会查阅有关资料完成本任务。

## 任务准备

### 1.4.1 认识变频器外部端子

#### 1. 三菱 FR-E740 系列变频器的外部端子分布

三菱 FR-E740 系列变频器的外部端子分布如图 1-4-1 所示。

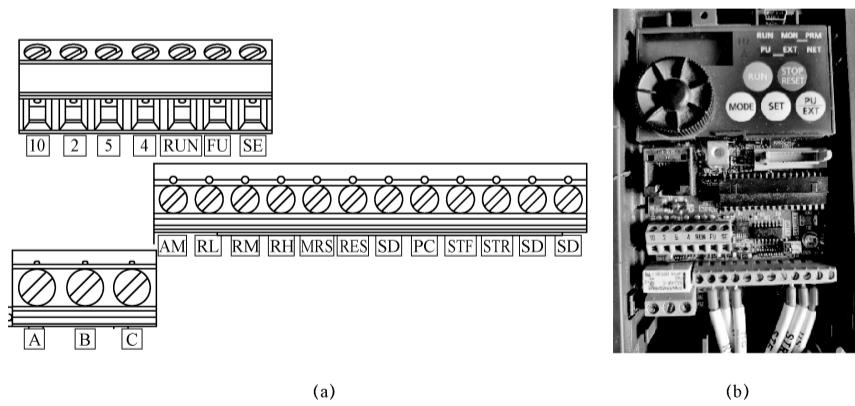


图 1-4-1 三菱 FR-E740 系列变频器的外部端子分布

(a) 分布图; (b) 实物图

三菱 FR-E740 系列变频器外部输入端子功能如表 1-4-1 所示。外部端子 2、4、5、10 的功能是固定的，部分端子可以通过 Pr.178~Pr.184、Pr.190~Pr.192（输入/输出端子功能

选择参数)选择端子功能。通过选择不同外部输入端子，并进行相应的参数设计可以实现对电动机正反转、多段速控制。

表 1-4-1 三菱 FR-E740 系列变频器外部输入端子功能

端子记号	端子名称	端子功能说明	额定规格
STF	正转启动	STF 信号为 ON 时为正转指令，为 OFF 时为停止指令	
STR	反转启动	STR 信号为 ON 时为反转指令，为 OFF 时为停止指令	
RH/RM/RL	多段速选择	用 RH、RM 和 RL 信号的组合可以选择多段速度	
MRS	输出停止	MRS 信号为 ON (20 ms 以上) 时，变频器输出停止。用电磁制动停止电动机时用于断开变频器的输出	
RES	复位	复位用于解除保护回路动作时的报警输出。使 RES 信号处于 ON 状态 0.1 s 或以上，然后断开。初始设定为始终可进行复位。但进行了 Pr.75 的设定后，仅在变频器报警发生时可进行复位，复位所需时间约为 1 s	输入电阻 4.7 kΩ； 开路时电压为 DC 21~26 V； 短路时电流为 DC 4~6 mA
SD	接点输入公共端 (漏型)	接点输入端子 (漏型逻辑)	
	外部晶体管公共端 (源型)	源型逻辑时应当连接晶体管输出 (即集电极开路输出)，将晶体管输出用的外部电源公共端接到该端子时，可以防止因漏电引起的误动作	
	DC 24 V 电源公共端	DC 24 V 0.1 A 电源 (端子 PC) 的公共输出端子与端子 5 及端子 SE 绝缘	
PC	接点输入公共端 (漏型)	漏型逻辑时应当连接晶体管输出 (即集电极开路输出)，将晶体管输出用的外部电源公共端接到该端子时，可以防止因漏电引起的误动作	电源电压范围 DC 22~26.5 V； 容许负载电流 100 mA
	外部晶体管公共端 (源型)	接点输入端子 (源型逻辑) 的公共端子	
	DC 24 V 电源公共端	可作为 DC 24 V、0.1 A 的电源使用	
10	频率设定用电源	作为外接频率设定 (速度设定) 用电位器时的电源使用	DC 5 V 容许负载电流 10 mA
2	频率设定 (电压)	如果输入 DC 0~5 V (或 0~10 V)，在 5 V (10 V) 时为最大输出频率，输入输出成正比。通过 Pr.73 进行 DC 0~5 V (初始设定) 和 DC 0~10 V 输入的切换操作	输入电阻 (10±1) kΩ 最大容许电压 DC 20 V
4	频率设定 (电流)	如果输入 DC 4~20 mA (或 0~5 V, 0~10 V)，在 20 mA 时为最大输出频率，输入输出成比例。只有 AU 信号为 ON 时端子 4 的输入信号才有效 (端子 2 的输入将无效)。通过 Pr.267 进行 4~20 mA (初始设定) 和 DC 0~5 V、DC 0~10 V 输入的切换操作。电压输入 (0~5 V/0~10 V) 时，请将电压/电流输入切换开关切换至 “V”	电流输入的情况下：输入电阻 (233±5) Ω； 最大容许电流 30 mA。 电压输入的情况下： 输入电阻 (10±1) kΩ； 最大容许电压 DC 20 V
5	频率设定公共端	是频率设定信号 (端子 2 或 4) 及端子 AM 的公共端子，请不要接大地	

## 2. 多段速运行模式

在外部操作模式或组合操作模式 2 下，变频器可以通过外接的开关器件的组合通断改变输入端子的状态来实现。这种控制频率的方式称为多段速控制功能。

FR-E740 系列变频器的速度控制端子是 RH、RM 和 RL。通过这些开关的组合可以实现三段、七段的控制。转速的切换：由于转速的档次是按二进制的顺序排列的，故三个输入端可以组合成三段至七段（0 状态不计）转速。其中，三段速由 RH、RM、RL 单个通断来实现，七段速由 RH、RM、RL 通断的组合来实现。使用外部端子手动模式控制三菱 FR-E740 系列变频器多段速运行的接线图如图 1-4-2 所示。

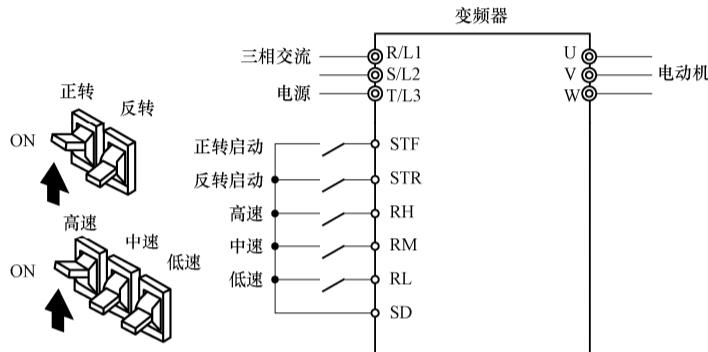


图 1-4-2 三菱 FR-E740 系列变频器多段速运行的接线图

七段速的各自运行频率则由参数 Pr.4~Pr.6（设置前三段速的频率）、Pr.24~Pr.27（设置第四段速至第七段速的频率）对应的控制端状态及参数关系决定，如图 1-4-3 所示。

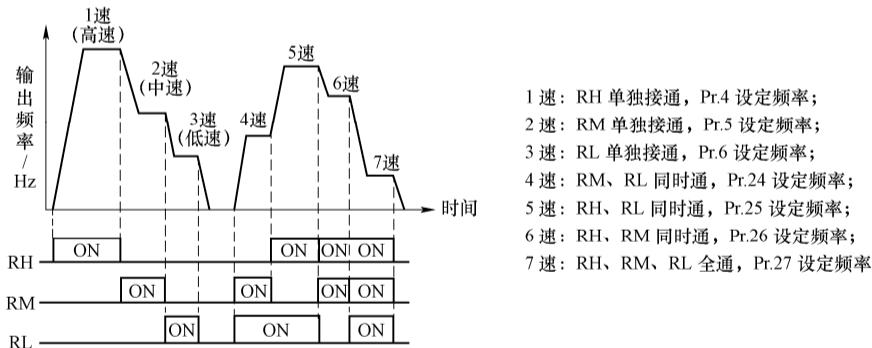


图 1-4-3 多段速控制对应的控制端状态及参数关系

多段速度在 PU 运行和外部运行中都可以设定，运行期间参数值也能被改变。三速设定的场合（Pr.24~Pr.27 设定为 9 999），两速以上同时被选择时，低速信号的设定频率优先。

如果把参数 Pr.183 设置为 8，将 RMS 端子的功能转换成多速段控制端 REX，就可以用 RH、RM、RL 和 REX 通断的组合来实现 15 段速。详细的说明请参阅 FR-E740 系列变频器使用手册。

### 1.4.2 FX5UCPU 模块认识

#### 1. FX5UCPU 模块

(1) FX5UCPU 模块的正面结构如图 1-4-4 所示。

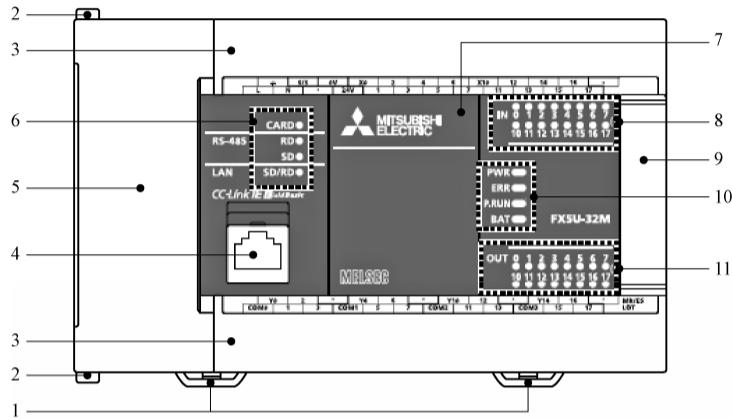


图 1-4-4 FX5UCPU 模块的正面结构

FX5UCPU 模块外部各部分名称和功能如表 1-4-2 所示。

表 1-4-2 FX5UCPU 模块外部各部分名称和功能

编号	名称	内容
1	DIN 导轨安装用卡扣	用于将 CPU 模块安装在 DIN46277 (宽度: 35 mm) 的 DIN 导轨上的卡扣
2	扩展适配器连接用卡扣	连接扩展适配器时, 用该卡扣固定
3	端子排盖板	保护端子排的盖板。接线时可打开此盖板作业, 运行 (通电) 时, 请关上此盖板
4	内置以太网通信用连接器	用于连接支持以太网的设备的连接器。(带盖)关于详细内容, 请参照 MELSEC iQ-FFX5 用户手册 (以太网通信篇)
5	上盖板	保护 SD 存储卡槽、RUN/STOP/RESET 开关等的盖板。内置 RS-485 通信用端子排、内置模拟量输入输出端子排、RUN/STOP/RESET 开关、SD 存储卡槽等位于此盖板下
6	CARD LED	显示 SD 存储卡是否可以使用。灯亮: 可以使用或不可拆下; 闪烁: 准备中; 灯灭: 未插入或可拆下
	RD LED	用内置 RS-485 通信接收数据时灯亮
	SD LED	用内置 RS-485 通信发送数据时灯亮
	SD/RD LED	用内置以太网通信收/发数据时灯亮
7	连接扩展板用的连接器盖板	保护连接扩展板用的连接器、电池等的盖板。电池安装在此盖板下

续表

编号	名称	内容
8	输入显示 LED	输入接通时灯亮
9	次段扩展连接器盖板	保护次段扩展连接器的盖板。将扩展模块的扩展电缆连接到位于盖板下的次段扩展连接器上
10	PWR LED	显示 CPU 模块的通电状态。灯亮：通电中；灯灭：停电中或硬件异常
	ERR LED	显示 CPU 模块的错误状态。灯亮：发生出错中或硬件异常；闪烁：出厂状态、发生错误中、硬件异常或复位中；灯灭：正常动作中
	P.RUN LED	显示程序的动作状态。灯亮：正常动作中；闪烁：PAUSE 状态；灯灭：停止中或发生停止错误中
	BAT LED	显示电池的状态。闪烁：发生电池错误中；灯灭：正常动作中
11	输出显示 LED	输出接通时灯亮

(2) 打开正面盖板的状态。

FX5UCPU 模块打开盖板后内部结构如图 1-4-5 所示。

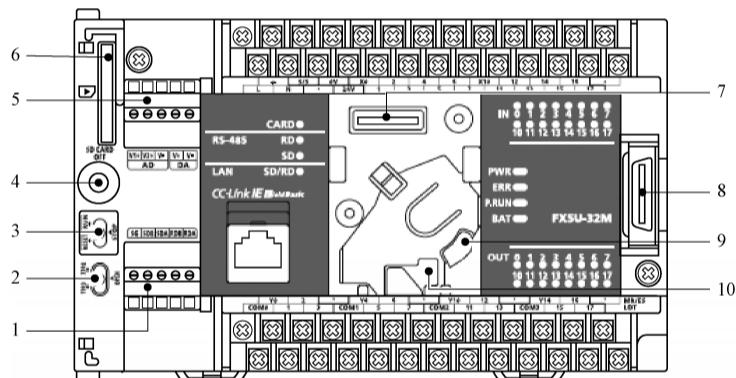


图 1-4-5 FX5UCPU 模块打开盖板后内部结构

其各部分名称和功能如表 1-4-3 所示。

表 1-4-3 FX5UCPU 模块内部结构各部分名称和功能

编号	名称	内容
1	内置 RS-485 通信用端子排	用于连接支持 RS-485 的设备的端子排
2	RS-485 终端电阻切换开关	切换内置 RS-485 通信用的终端电阻的开关
3	RUN/STOP/RESET 开关	操作 CPU 模块的动作状态的开关。 RUN：执行程序； STOP：停止程序； RESET：复位 CPU 模块（倒向 RESET 侧保持约 1 s）
4	SD 存储卡使用停止开关	拆下 SD 存储卡时停止存储卡访问的开关
5	内置模拟量输入输出端子	用于使用内置模拟量功能的端子排

续表

编号	名称	内容
6	SD 存储卡槽	安装 SD 存储卡的槽
7	连接扩展板用的连接器	用于连接扩展板的连接器
8	次段扩展连接器	连接扩展模块的扩展电缆的连接器
9	电池座	存放选件电池的支架
10	电池用接口	用于连接选件电池的连接器

## 2. FX5UCPU 模块功能

FX5UCPU 模块功能如表 1-4-4 所示。

表 1-4-4 FX5UCPU 模块功能

功能		内容
固件更新功能		使用 SD 存储卡更新该模块固件版本的功能
扫描监视功能 (看门狗定时器设置)		通过监视扫描时间，检测出 CPU 模块的硬件及程序的异常
时钟功能		用于事件履历功能、数据记录功能中的日期等系统执行功能中的时间管理
运行中写入	运行中梯形图块更改	以梯形图为单位将在工程工具上的梯形图编辑画面中编辑的部分写入 CPU 模块，可将横跨多个位置编辑的内容同时写入 CPU 模块
中断功能	多重中断功能	在中断程序执行时发生了其他原因的中断的情况下，根据设置的优先度，中断优先度低的程序的执行，执行其执行条件成立且优先度高的程序
PID 控制功能		通过 PID 控制指令进行 PID 控制
恒定扫描		将扫描时间保持在一定时间的同时，反复执行程序
远程操作	远程 RUN/STOP	将 CPU 模块的 RUN/STOP/RESET 开关保持为 RUN 位置的状态下，从外部将 CPU 模块置为 RUN/STOP/PAUSE 状态
	远程 PAUSE	
	远程 RESET	在 CPU 模块处于 STOP 状态时，通过外部操作对 CPU 模块进行复位
软元件/标签存储器区域设置		设置软元件/标签存储器各区域的容量
软元件初始值设置		以无程序方式将程序中使用的软元件设置到软元件中
锁存功能		电源 OFF→ON 等情况时，也会对 CPU 模块的软元件/标签的内容进行停电保持
存储卡功能	SD 存储卡强制停止	即使正在执行使用了 SD 存储卡的功能，也可在不切断电源的情况下停止使用 SD 存储卡
	引导运行	在 CPU 模块的电源 OFF→ON 时或复位时，将保存在 SD 存储卡内的文件传送至 CPU 模块自动判别的传送目标存储器
软元件/标签访问服务处理设置		通过参数对 END 处理中实施的软元件/标签访问服务处理的执行次数进行设置

续表

功能		内容
数据记录功能		以指定的间隔或任意时机采集数据，且将采集的数据作为文件保存到 SD 存储卡中
RAS 功能	自诊断功能	CPU 模块自身诊断有无异常
	出错解除	批量解除发生中的继续运行型出错
	事件履历功能	CPU 模块对于 CPU 模块、扩展板、扩展适配器执行的操作或已发生的出错重采集、保存。已保存的履历可按照时间系列确认
安全功能		防止因第三方的非法访问对计算机中保存的用户资源和 FX5 系统中模块内的用户资源进行盗用、篡改、误操作、非法执行等
高速输入输出功能	高速计数器功能	使用 CPU 模块及高速脉冲输入输出模块的输入，可执行高速计数器、脉冲宽度测定、输入中断等功能
	脉冲宽度测定功能	
	输入中断功能	
	定位功能	使用 CPU 模块的晶体管输出及高速脉冲输入输出模块，可进行定位动作
	PWM 输出功能	使用 CPU 模块的晶体管输出及高速脉冲输入输出模块，可进行 PWM 输出
内置模拟量功能*1	模拟量输入功能	模拟量输入 2 点、模拟量输出 1 点内置于 FX5UCPU 模块中，可进行电压输入/电压输出
	模拟量输出功能	
内置以太网功能		通过 MELSOFT 产品及 GOT 之间的连接、Socket 通信及 FTP 的文件传送等以太网相关的功能
CC-Link IE 现场网络 Basic 功能		通过通用以太网实现主站和从站之间通信的功能
串行通信功能		是简易 PLC 间链接、MC 协议、变频器通信功能、无顺序通信等串行通信相关的功能
MODBUS RTU 通信功能		可连接支持 MODBUS RTU 的产品，可使用主站及从站功能

### 1.4.3 GX Works3 软件简单使用

#### 1. GX Works3 软件创建程序流程及画面构成

##### 1) 流程图

图 1-4-6 所示为从创建程序到在 CPU 模块上执行的流程图。

##### 2) GX Works3 启动

(1) 双击桌面  图标，打开 GX Works3 软件。

(2) 单击 Windows 的开始菜单→“MELSOFT Application (MELSOFT 应用程序)”→“GX Works3”打开 GX Works3 软件。

##### 3) GX Works3 的画面构成

启动软件后，将显示全体的画面构成，如图 1-4-7 所示。该画面为显示工作窗口及各折叠窗口时的状态。



GX WORKS3 软件安装

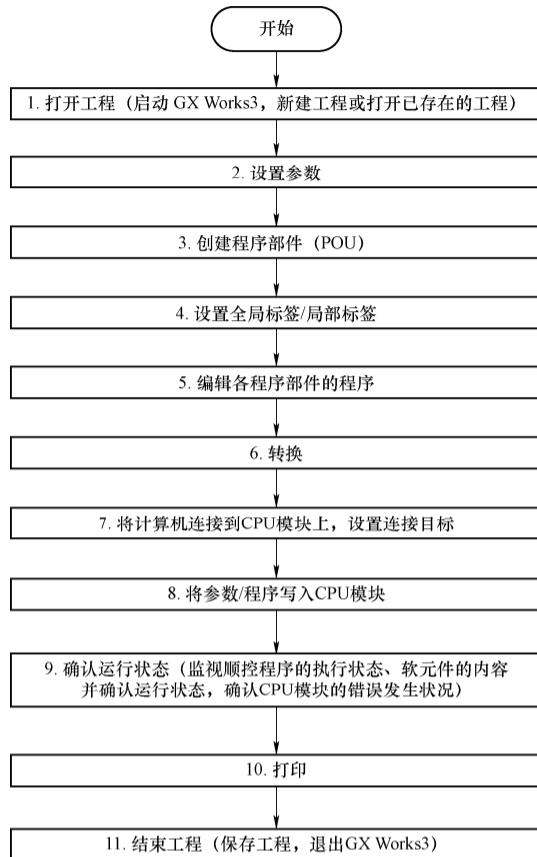


图 1-4-6 从创建程序到在 CPU 模块上执行的流程图



图 1-4-7 GX Works3 的画面构成

## 2. 创建工程文件

### 1) 新建工程

安全工程需要用户认证功能的用户信息，因此，新建工程时会要求用户登录。除安全工程外其余工程新建过程如下：单击“Project（工程）”→“New（新建）”，设置各项目，单击“OK（确定）”按钮。选择程序语言时有梯形图、ST、FBD/LD 和不指定几种不同的选择，如图 1-4-8 所示。



工程创建打开保存删除



图 1-4-8 新建工程

**注意：**选择了 GX Works3 所不支持的系列“QCPU（Q 模式）、LCPU、FXCPU”时，会启动 GX Works2 以新建工程，且仅在安装有 GX Works2 时会自动启动。

### 2) 打开工程

读取保存在计算机硬盘中的工程。另外，在工程中登录有用户信息时，需要用户认证。打开已有工程过程如下：“Project（工程）”→“Open（打开）”，设置各项目，单击“Open（打开）”按钮，如图 1-4-9 所示。



图 1-4-9 打开工程

**注意：**打开正由其他用户编辑的工程时可以通过只读方式打开。但是无法使用保存工程及机型/运行模式更改。对由 GX Works2 创建的工程，通过 GX Works3 进行机型更改后打开。仅支持通用型 QCPU/通用型高速类型 QCPU/FXCPU ( FX3U/FX3UC ) 的工程。

### 3) 保存工程

将工程保存至计算机的硬盘等。

工程保存有工程另存为和保存工程两种不同的保存模式。其操作过程分别为单击“Project (工程)”→“Save As (另存为)”和单击“Project (工程)”→“Save (保存)”，设置各项目，单击“Save (保存)”按钮，如图 1-4-10 所示。

### 4) 删除工程

删除保存在计算机硬盘中的工程。

其操作过程为单击“Project (工程)”→“Delete (删除)”。如图 1-4-11 所示，选择要删除的工程，单击“Delete (删除)”按钮。



图 1-4-10 保存工程

## 3. 创建数据

### 1) 新建数据

在工程中新建数据。其操作过程为在菜单栏单击“Project (工程)”→“Data Operation (数据操作)”→“Add New Data (新建数据)”或在导航窗口中选择工程然后右键单击快捷菜单“Add New Data (新建数据)”，如图 1-4-12 所示。



工程数据创建



图 1-4-11 删除工程

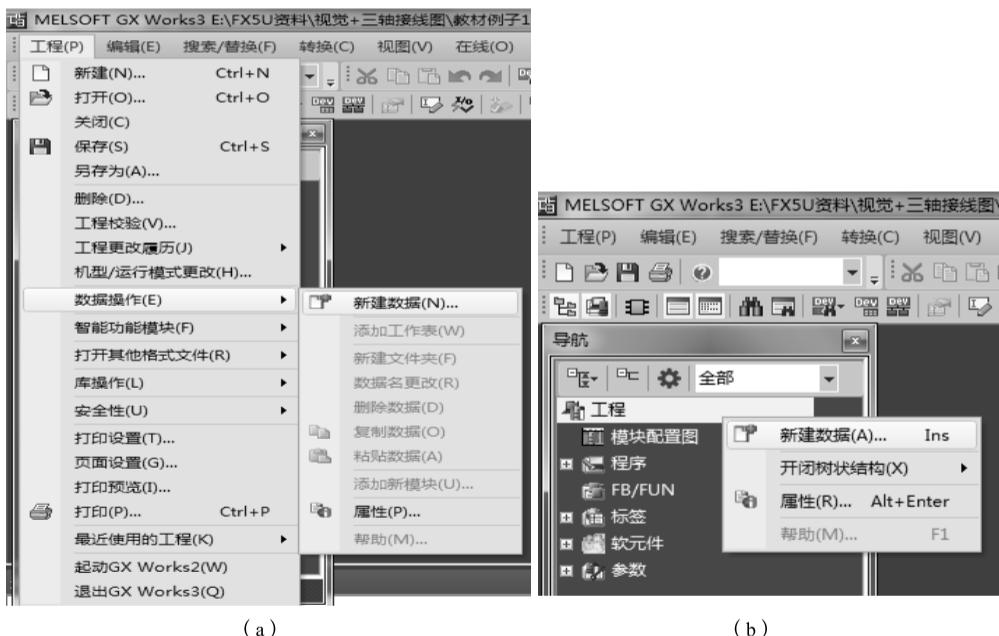


图 1-4-12 新建数据 (1)

在图 1-4-12 中单击“新建数据 (A) …”，出现如图 1-4-13 所示界面，设置各项目，单击“OK (确定)”按钮。主要数据类型有程序块、FB、函数、通用软元件注释、各程序软元件注释、全局标签、结构体、软元件存储器、软元件初始值、程序文件、FB 文件、FUN 文件。选择了不同的数据类型会出现不同的界面，如图 1-4-13 所示。数据类型为 FB、FB 文件、函数时的设置项目，请参照相关手册。

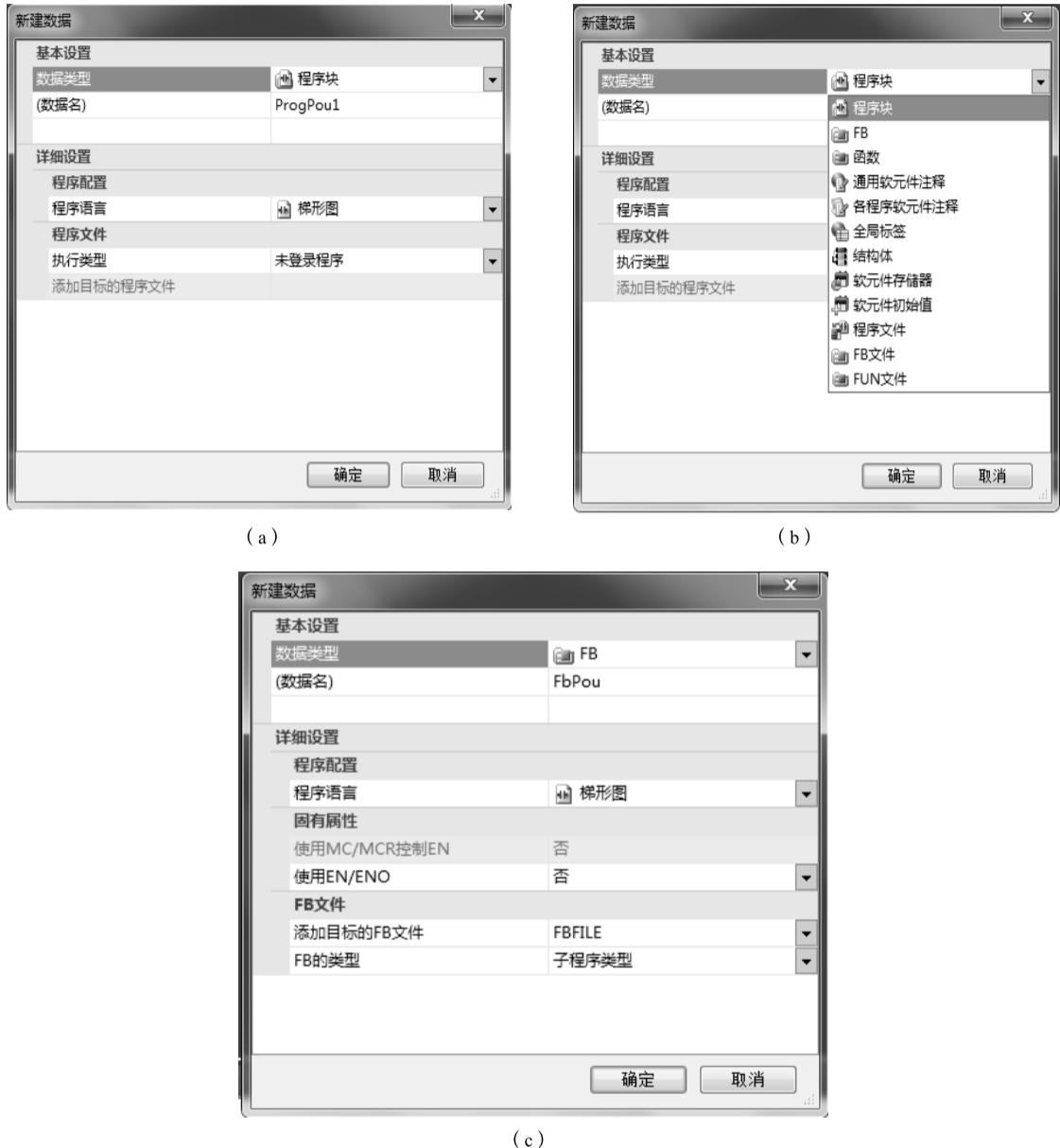


图 1-4-13 新建数据 (2)

**注意：**

- (1) 通过新建添加了 FB、函数的数据时，FB 文件、FUN 文件将变为未转换状态。
- (2) FB 文件、FUN 文件从转换完成状态变为未转换状态时，使用了 FB、函数的所有程序均将变为未转换状态。
- (3) 程序文件中不可同时存在 SFC 数据和 SFC 以外（梯形图、ST、FBD/LD）的程序块。

## 2) 数据属性

显示文件夹、参数、程序等数据的属性。此外，还可以为各数据添加标题及注释。其操作过程为在菜单栏单击“Project（工程）”→“Data Operation（数据操作）”→“Properties（属性）”或在导航窗口中选择工程然后右键单击选择快捷菜单“Properties（属性）”，如图 1-4-14 所示。

设置各项目，单击“OK（确定）”按钮。

## 4. 工程的机型/运行模式更改

将编辑中的工程更改为其他机型/运行模式。

工程更改履历中登录有履历的情况下，机型/运行模式更改后履历仍旧保持。对于 RnP CPU 系列机型可以只更改运行模式，而不改机型。远程起始模块不支持机型/运行模式更改。

其操作过程为：单击“Project（工程）”→“Change Module Type/Operation Mode（机型/运行模式更改）”，出现如图 1-4-15 所示画面，在图中选择要更改的机型/运行模式，单击“OK（确定）”按钮。通过工程校验对更改后的工程和更改前的工程进行比较，确认更改点。根据更改后的机型/运行模式，编辑各数据。

**注意：**

(1) 执行机型/运行模式更改后，将无法返回原数据，应事先保存好工程数据之后再执行。此外，更改后的工程会变为未保存的状态。

(2) 使用了 CPU 模块的模块标签时，机型更改前的模块标签将被删除，并添加机型更改后的模块标签。因此，机型更改后有时需要修正程序。



图 1-4-14 数据属性操作



图 1-4-15 工程的机型/运行模式更改

## 5. 模块配置图的创建和参数设置

在 GX Works3 中，通过模块配置图可以像装配实际的机器一样设置可编程控制器的参数，还可以像 GX Works2 那样通过导航窗口设置参数。

通过使用模块配置图，可以简单地进行以下操作：

- (1) 可可视化显示实际的可编程控制器系统的配置；
- (2) 各种模块的参数设置；
- (3) 批量输入起始；
- (4) 批量输入默认点数；
- (5) 电源容量/输入输出点数的检查；
- (6) 系统配置的检查。

但 FX5U 不支持批量输入起始、批量输入默认点数、电源容量/输入输出点数的检查。

### 1) 模块配置图的创建和配置

该功能是以与实际系统相同的配置，在模块配置图中配置模块部件（对象）。GX Works3 的模块配置图中可以创建的范围为工程的 CPU 模块所管理的范围。

双击导航窗口上的“Module Configuration Diagram（模块配置图）”，对于 FX5UCPU 直接将需要的模块从部件选择对话框中拖拽到连接位置即可，需要什么模块就拖拽什么模块，同时会在左边的导航栏的参数中显示出该模块的名称，在配置详细信息栏显示该模块的详细配置，如图 1-4-16 所示。

对于 GX Works3 支持的 MELSEC iQ-R 和 Q 系列模块的对象，从部件选择窗口中选择主基板，并拖放到模块配置图上。从部件选择窗口中再选择其他模块，并拖放到配置的基板模块上。拖放过程中，可配置的位置会高亮显示。

### 2) 参数的设置

要使可编程控制器动作，必须对各模块的参数进行设置。这里的参数设置主要有系统参数、CPU 参数、模块信息及远程口令四种，如图 1-4-17 所示。



模块添加及参数  
设置操作

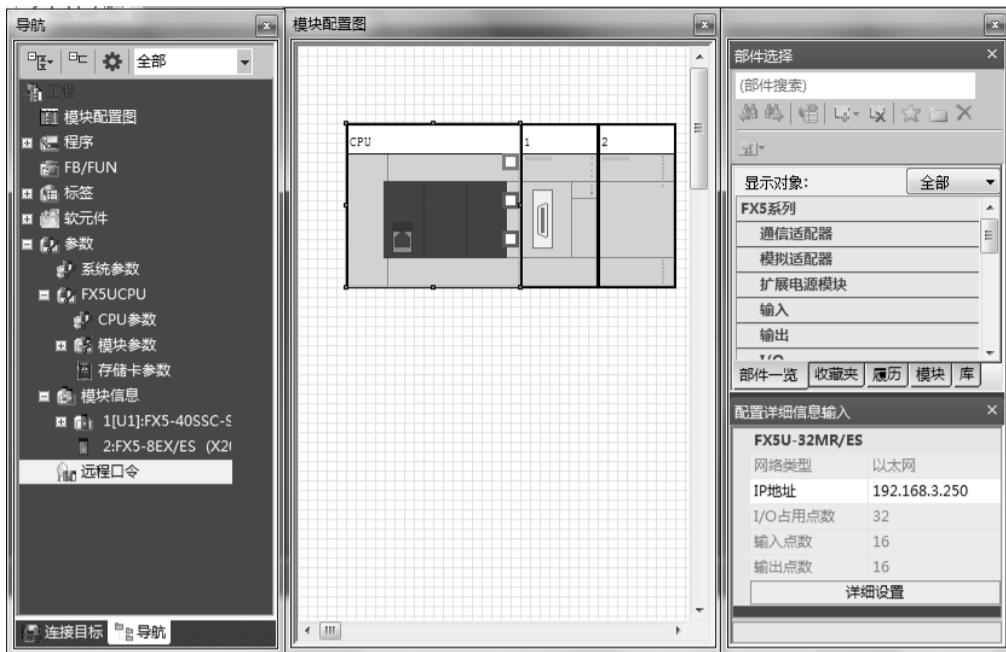


图 1-4-16 模块配置

系统参数、CPU 参数及模块信息会按不同的目的显示参数项目。需要设置某个参数时就双击导航窗口对应的选项，会弹出不同的参数设置界面。

系统参数设置是指对系统的模块配置等系统配置所需的项目进行设置。这里的“系统”，在 RCPU 中指的是由扩展电缆连接的一系列主基板模块、扩展基板模块、RQ 扩展基板模块构成的系统；在 FX5CPU 中指的是由连接到 CPU 模块的模块、适配器构成的系统。系统参数设置主要有设置 I/O 分配设置、多 CPU 设置、模块间同步设置等与系统整体相关的参数。

CPU 参数设置是设置 CPU 模块自身功能的动作内容。注意 FX5UCPU 和其他系列的 PLC 在这个参数设置上的不同。FX5UCPU 中模块参数包含了以太网端口、485 串口、高速 I/O、输入响应时间、模拟输入、模拟输出、扩展插板几方面。

模块信息参数设置是对支持 GX Works3 的 MELSEC iQ-R 系列/MELSEC iQ-F 系列/Q 系列的输入/输出模块和智能功能模块的参数进行设置，包含各模块的初始设置值及刷新设置。参数分“Module Parameter(模块参数)”与“Module Extended Parameter (模块扩展参数)”两种。

**模块参数：**是输入/输出模块及智能功能模块中设置的参数，包含各模块的初始设置值及刷新设置。

图 1-4-17 参数设置

模块扩展参数：是特定的智能功能模块中设置的参数，与模块参数分开读取、写入。

## 6. 计算机与 CPU 模块之间的连接

### 1) 以太网电缆直接连接

以太网电缆直接连接如图 1-4-18 所示。



计算机与 PLC 模块以太网直连设置操作



图 1-4-18 以太网电缆直接连接

直接连接计算机与 CPU 模块时的步骤如下：

- (1) 使用以太网电缆连接计算机与 CPU 模块。
- (2) 从工程工具菜单中选择“在线”→“当前连接目标”，出现如图 1-4-19 所示画面。
- (3) 在图 1-4-19 中，选择“其他连接方法”选项及其按钮，弹出如图 1-4-20 所示“连接目标指定 Connection”画面。



图 1-4-19 简易连接目标设置画面

- (4) 在图 1-4-20 画面中，单击“CPU 模块直接连接设置”按钮，出现如图 1-4-21 所示“CPU 模块直接连接设置”画面。



图 1-4-20 “连接目标指定 Connection”画面

(5) 在图 1-4-21 中与 CPU 模块的连接方法上选择“以太网”，单击“是”按钮，又返回到图 1-4-19 所示画面。

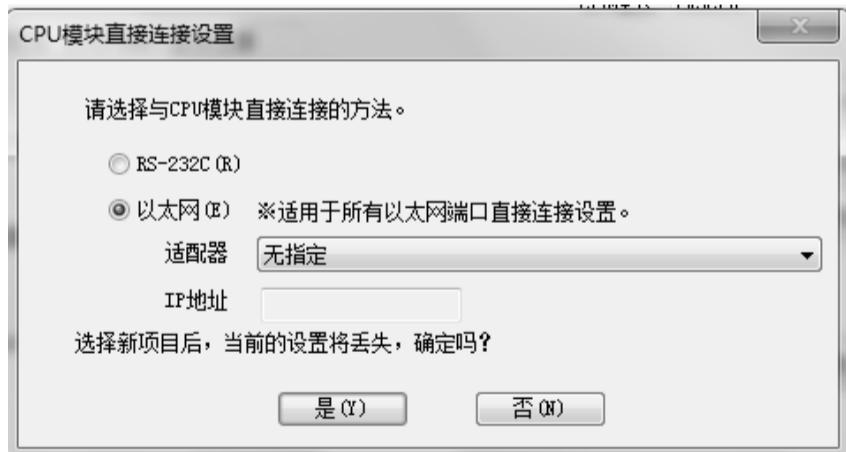


图 1-4-21 “CPU 模块直接连接设置”画面

(6) 在图 1-4-19 中，单击“通信测试”按钮，确认能否与 CPU 模块连接。连接成功画面如图 1-4-22 所示。如果连接不成功会提示可能不成功的原因，根据这些原因进行修改设置再测试，直到连接成功。



图 1-4-22 CPU 连接成功画面

## 2) 以太网电缆经由集线器连接

以太网电缆经由集线器连接如图 1-4-23 所示。

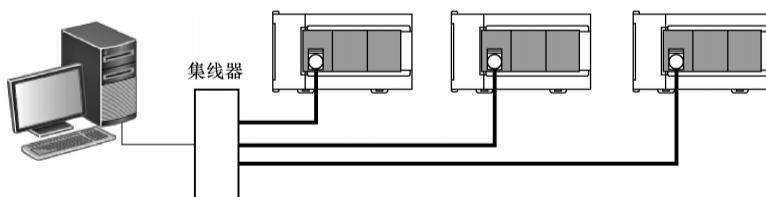


图 1-4-23 以太网电缆经由集线器连接

经由集线器连接以太网时，需要对计算机和 CPU 模块进行设置。经由集线器连接计算机与 CPU 模块时的步骤如下：

### (1) CPU 模块侧的设置。

#### ① 模块参数的设置。

选择导航窗口→“参数”→“FX5UCPU”→“模块参数”→“以太网端口”→“基本设置”→“自节点设置”，如图 1-4-24 所示。



计算机与 PLC 模块以太网经由路由器连接操作



图 1-4-24 “模块参数以太网端口”设置画面

在图 1-4-24 中：

第一步：设置 CPU 模块侧的 IP 地址，单击“应用”按钮。

第二步：进行连接设置。在图 1-4-24 “模块参数以太网端口”画面，选择“基本设置”→“对象设备连接配置设置”→“详细设置”→“以太网配置（内置以太网端口）”，如图 1-4-25 所示。

第三步：在图 1-4-25 中将右侧的“模块一览”的“MELSOFT 连接设备”拖放到画面左侧，在“协议”中选择适合对方设备的协议。然后单击画面上方的“反映设置并关闭”按钮，画面返回图 1-4-24 所示画面，单击“应用”按钮（单击应用相当于保存了刚才的设置内容）。



图 1-4-25 “以太网配置”画面

## ② 写入 CPU 模块。

将已设置的参数写入 CPU 模块。在工程工具的菜单中选择“在线”→“写入至可编程控制器”，会弹出如图 1-4-26 所示“在线数据操作”画面。填写一些相关参数后，单击右下角的执行按钮就可以写入 CPU 模块了。向 CPU 模块写入参数后，通过电源 OFF→ON 或复位将参数设为有效。



图 1-4-26 “在线数据操作”画面

写入的数据有些选项要注意，在图 1-4-26 中左上角有“参数+程序”“全选”“全部解除”可以快捷选择，也可以打开树状结构进行选择，还可以进行存储容量的检查。

### (2) 工程工具侧的设置。

工程工具的设置在“连接目标指定 Connection”画面进行，如图 1-4-20 所示。

第一步：将计算机侧 I/F 设置为“Ethernet Board（以太网插板）”。

第二步：将可编程控制器侧 I/F 设为“PLC Module（CPU 模板）”。双击画面上的“CPU 模块”弹出如图 1-4-27 所示画面，在图 1-4-27“可编程控制器侧 I/F CPU 模块详细设置”画面中选择“经由集线器连接”选项，按右侧画面内容输入 CPU 模块侧的 IP 地址或主机名。主机名设置为在 Microsoft Windows 的 hosts 文件中设置的名称。单击“确定”按钮，返回图 1-4-20“连接目标指定 Connection”画面。



图 1-4-27 “可编程控制器侧 I/F CPU 模块详细设置”画面

注：在图 1-4-27 “可编程控制器侧 I/F CPU 模块详细设置”画面使用“搜索”按钮后，可以搜索连接的 CPU 模块的 IP 地址，对“IP 地址”进行设置。

第三步：在图 1-4-20 “连接目标指定 Connection”画面双击画面的“No Specification（无其他站指定）”设置其他站点指定，弹出如图 1-4-28 所示画面，在该画面中根据使用环境进行设置。

### 3) 使用 RS-232C 电缆

使用 RS-232C 电缆连接如图 1-4-29 所示。



图 1-4-28 以太网电缆经由集线器连接详细设置

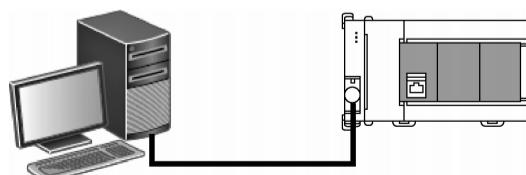


图 1-4-29 使用 RS-232C 电缆连接

RS-232C 电缆连接计算机与 CPU 模块时的步骤如下：

- (1) 使用 RS-232C 电缆（使用 RS-232C 电缆连接时，需要扩展插板或扩展适配器）连接计算机与 CPU 模块。
- (2) 从工程工具的菜单选择“在线”→“当前连接目标”，出现如图 1-4-20 所示画面。
- (3) 在图 1-4-20 “连接目标指定 Connection”画面中，单击“CPU 模块直接连接设置”按钮，出现如图 1-4-21 所示画面。
- (4) 在图 1-4-21 中与 CPU 模块的连接方法选择“RS-232C”，单击“是”按钮，又返回到图 1-4-20 所示画面。
- (5) 在图 1-4-20 “连接目标指定 Connection”画面中，单击“通信测试”按钮，确认能否与 CPU 模块连接。

## 7. 程序编写举例

下面以图 1-4-30 所示的程序为例，说明程序编写以及下载仿真的完整过程。

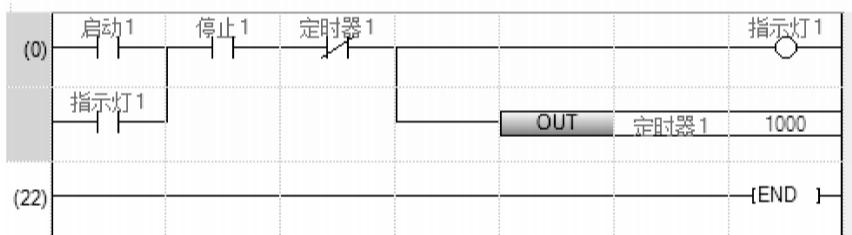


图 1-4-30 示例程序

(1) 双击桌面 GX Works3 软件图标，打开软件。

(2) 将窗口布局恢复为初始状态。

从工程工具的菜单选择“在线”→“窗口”→“将窗口布局恢复为初始状态”→单击“是”按钮，如图 1-4-31 所示。

(3) 建立一个工程。

从工程工具的菜单选择“Project(工程)”→“New(新建)”→新建工程画面→选择 FX5CPU 系列→选择 FX5U 机型→梯形图程序语言→单击“确定”按钮，如图 1-4-32 所示。

工程名是在保存或另存为时输入，这里主要以梯形图为例讲解，有关 ST、FBD/LD 可参考相关资料。

(4) 标签登录。

标签是可对名称和数据类型进行任意声明的变量。

如果在程序中使用标签，编写程序时可忽略软元件和缓冲存储地址。因此，即使在模块配置不同的系统中，使用了标签的程序也可以轻松地重新被使用。

在这个例子中我们先进行标签的登录设定，然后再进行梯形图程序的编写；当然也可以不使用标签编辑器，而在编写程序时登录标签设定。

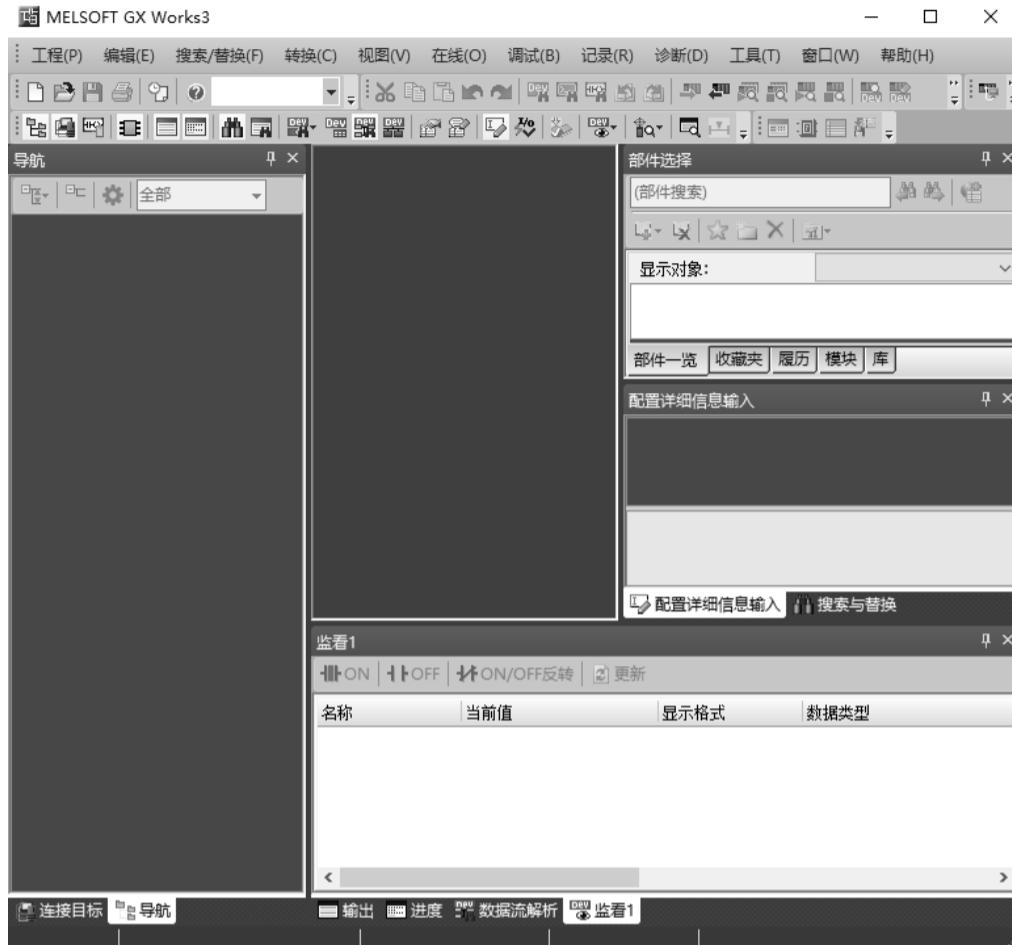


图 1-4-31 GX Works3 软件开始画面

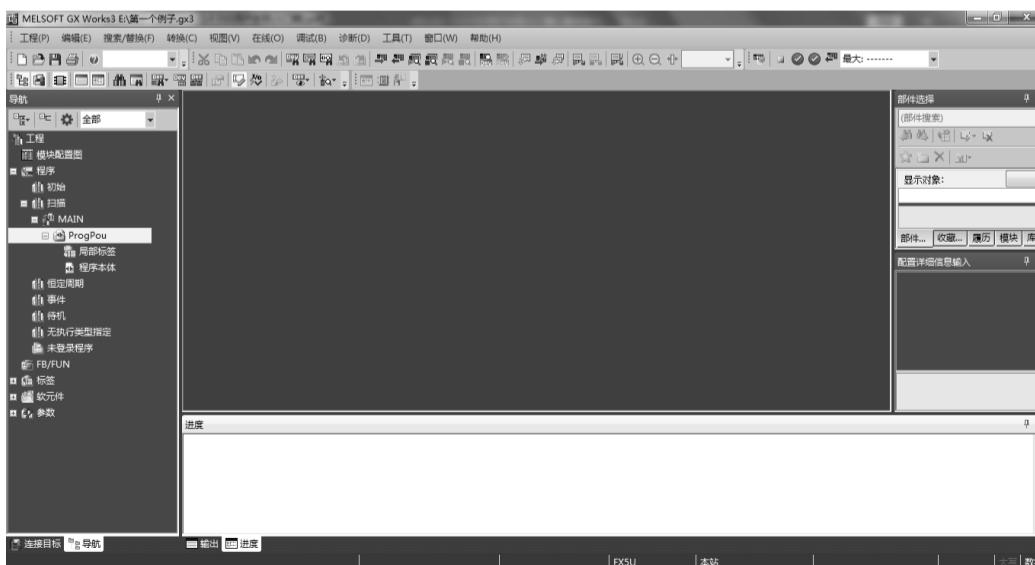


图 1-4-32 建立新工程画面

本例中既可以使用局部标签也可以使用全局标签，为了方便本例采用全局标签，操作过程为：选择导航窗口“Label（标签）”→“Global label（全局标签）”→“global label（全局标签）”→在“标签名”栏中输入“启动1”→单击“数据类型”栏右侧的按钮后，显示“数据类型选择”画面→指定标签的数据类型。本示例中，选择“位”后，单击“确定”按钮→单击“类”栏右侧的倒三角形后，在下拉列表中选择“VAR\_GLOBAL”→将鼠标选中“分配（软元件/标签）”栏的空白处，输入软元件 X10。

程序示例中的其他标签：“停止1”“指示灯1”“定时器1”也以同样的方法登录完成，注意不同的数据类型和类的选择，完成后如图 1-4-33 所示。



图 1-4-33 全局标签设置

#### (5) 梯形图输入。

打开梯形图输入编辑窗口的步骤：选择导航窗口→程序→扫描→“MAIN ProgPou”→程序本体。

有三种方式可以输入梯形图程序，一是直接通过“梯形图”工具栏（图 1-4-34）将所需的梯形图符号插入到需要的位置；二是通过菜单栏的编辑下拉菜单的梯形图符号选项将所需的梯形图符号插入到需要的位置；三是通过整个画面右侧的部件选择窗口将所需的梯形图符号插入到需要的位置。



图 1-4-34 工具栏图标

下面主要讲第三种方式。

① 从部件选择窗口选择部件，拖放到梯形图编辑器中要配置的位置。本示例中，将“LD”配置到梯形图编辑器中，如图 1-4-35 和图 1-4-36 所示。

② 双击图 1-4-36 中已插入的部件，弹出如图 1-4-37 所示画面，单击“扩展显示”按钮，弹出如图 1-4-38 所示画面。

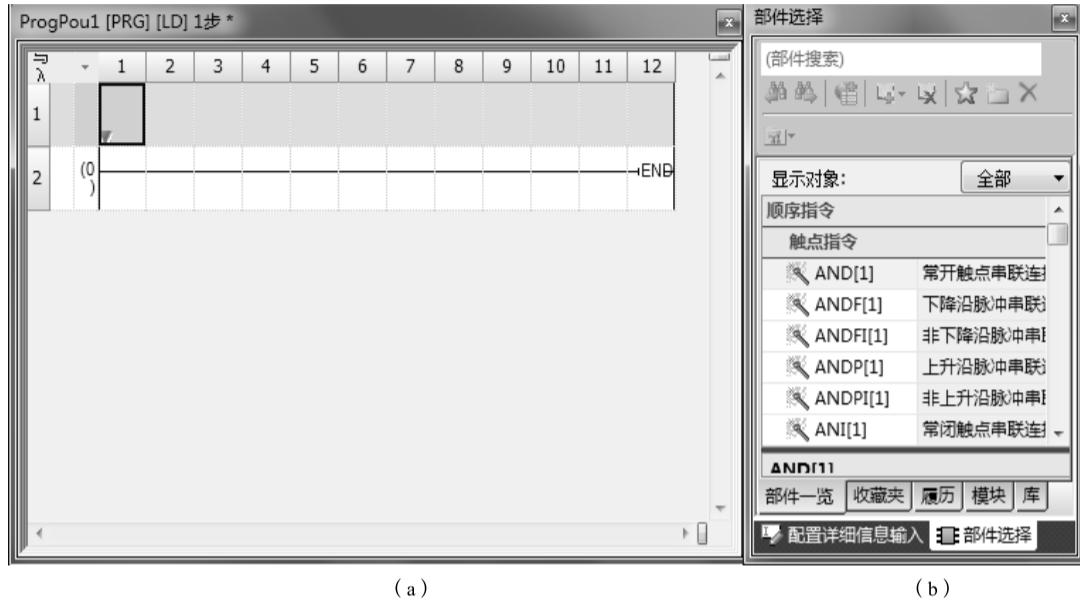


图 1-4-35 梯形图编辑画面（1）

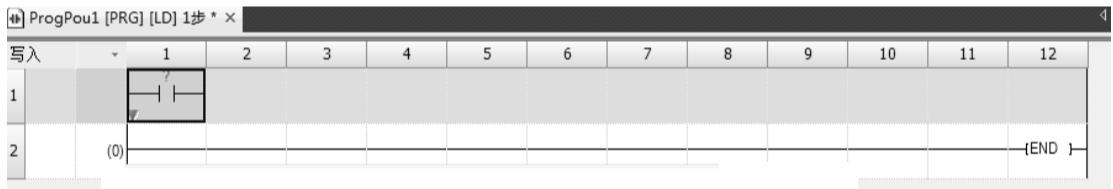


图 1-4-36 梯形图编辑画面（2）



图 1-4-37 梯形图编辑画面（3）

③ 在图 1-4-38 “梯形图输入”画面中指定操作数。本示例中，在“软元件/标签”的“s”栏中输入“启动 1”或者只输入“启动”，然后从显示的候补中选择要输入的项目。本示例中，选择“启动 1”，单击“确定”按钮。“启动 1”的 a 触点被插入程序。最后结果的画面如图 1-4-39 所示。

④ 程序示例中的其他梯形图也以同样的方法插入，最后得到本例的梯形图如图 1-4-40 所示。



图 1-4-38 梯形图编辑画面 (4)

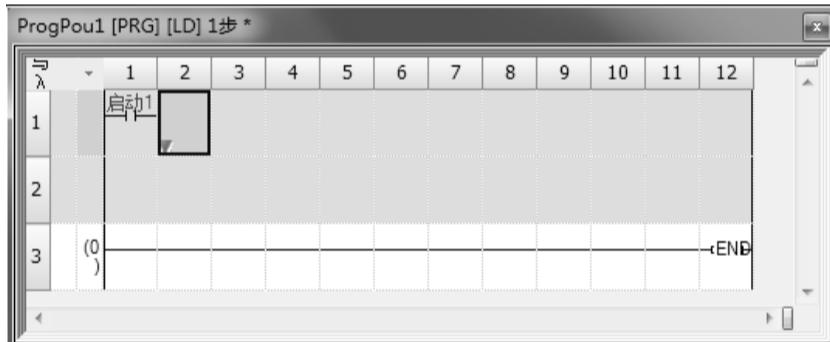


图 1-4-39 梯形图编辑画面 (5)

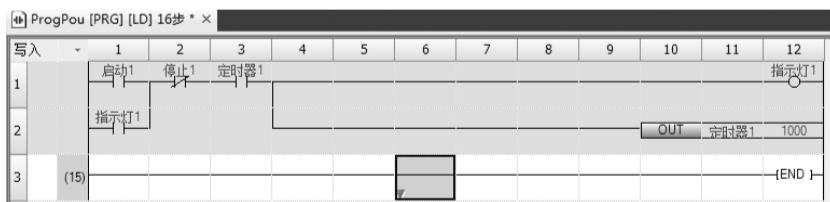


图 1-4-40 梯形图编辑画面 (6)

#### (6) 程序的转换。

只有经过转换没有错误的程序才可以下载到 PLC 中执行。

程序转换操作步骤为：

① 选择菜单中的“转换”→“转换”或“全部转换”。

② 执行转换后，即确定已输入的梯形图，完成后画面的灰色显示变为白色，如图 1-4-41 所示。

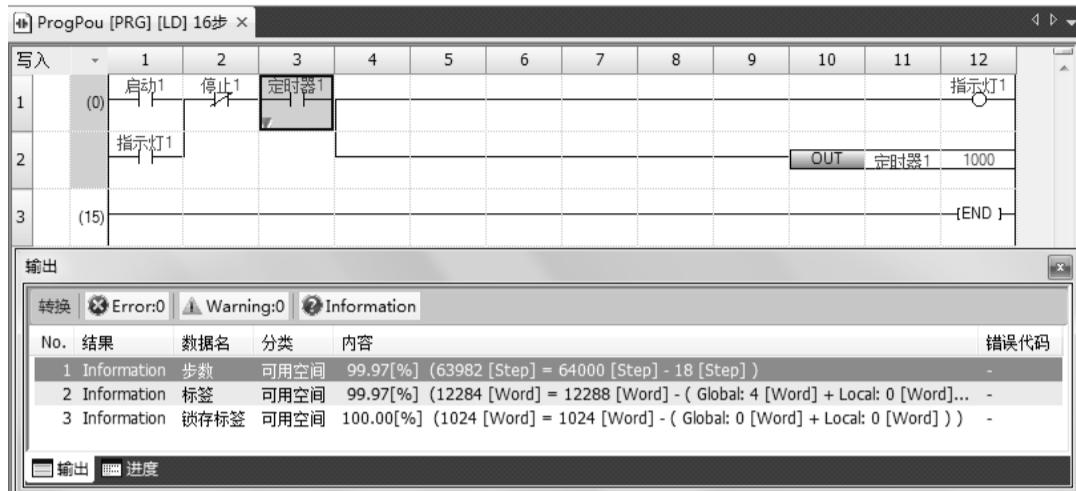


图 1-4-41 梯形图程序转换画面（1）

注：如果程序中有标签等错误，在没有定义“停止 2”的标签时就转换程序会提示有错误，如图 1-4-42 所示。

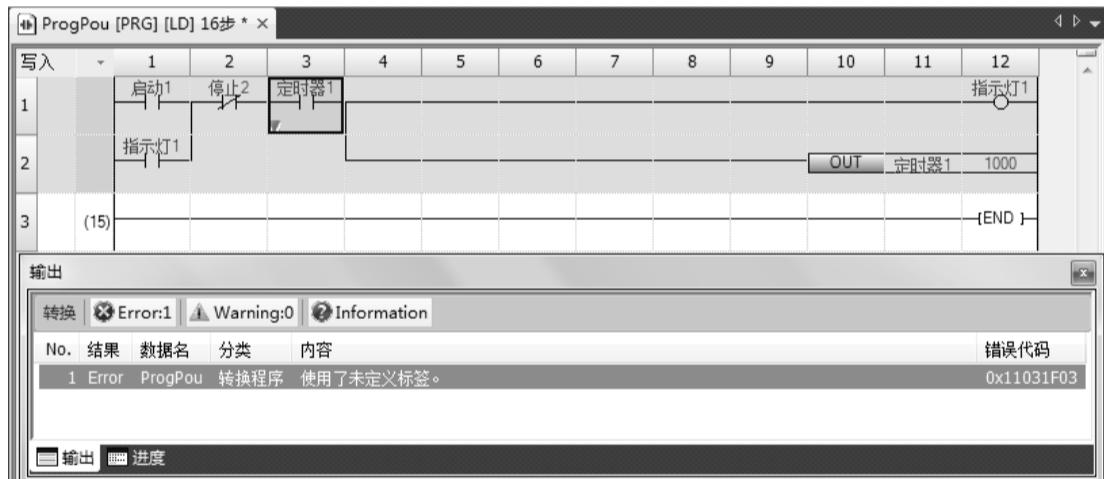


图 1-4-42 梯形图程序转换画面（2）

### (7) 工程的保存。

保存已创建的工程。

操作步骤为：选择菜单中的“工程”→“另存为”或“存为”→在弹出的“另存为”画面中保存文件名为“第一个例子”的文件，如图 1-4-43 所示。

### (8) 写入 CPU 模块。

将设置的参数和编写的程序写入 CPU 模块。

操作步骤为：

选择“在线”→“写入至可编程控制器”，会弹出如图 1-4-44 所示“在线数据操作”画面。



图 1-4-43 工程程序保存



图 1-4-44 “在线数据操作”画面

填写一些相关参数后，单击右下角的执行按钮就可以写入 CPU 模块了。向 CPU 模块写入参数完成后，弹出如图 1-4-45 所示“写入至可编程控制器”画面，写入完成后单击画面中的“关闭”按钮，再单击图 1-4-44 所示“在线数据操作”画面中的“关闭”按钮，完成写入操作。

## (9) CPU 模块的复位。

使用 CPU 模块前面的 RUN/STOP/RESET 开关，对 CPU 模块进行复位。通过电源 OFF→ON 或复位，将参数设为有效。

如图 1-4-46 所示，以 FX5UCPU 模块为例，操作步骤为：

- ① 将 RUN/STOP/RESET 开关拨至 RESET 侧保持 1 s 以上。
- ② 确认 ERR LED 闪烁多次后熄灯。
- ③ 将 RUN/STOP/RESET 开关拨回 STOP 位置。

## (10) 程序的执行。

使用 RUN/STOP/RESET 开关，执行已写入的程序。

如图 1-4-46 所示，以 FX5UCPU 模块为例，操作步骤为：

- ① 将 RUN/STOP/RESET 开关拨至 RUN 侧。
- ② 确认 P.RUN LED 亮灯。



图 1-4-45 “写入至可编程控制器”画面

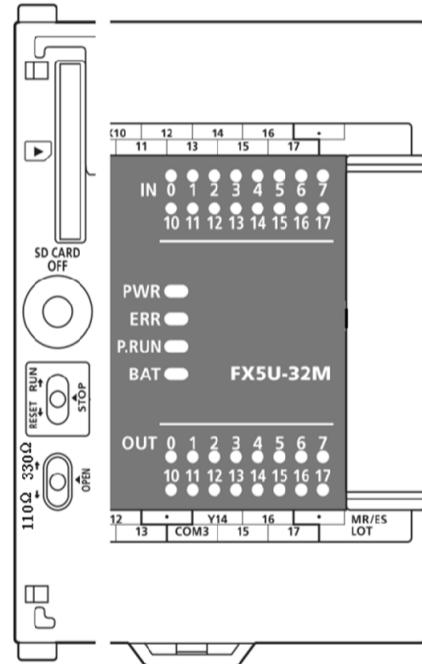


图 1-4-46 CPU 模块的复位与程序执行

## (11) 程序的监视。

在工程工具上确认程序的动作，监视有两种方式进行确认。

- ① 通过监视状态栏进行确认。

通过工具栏上的监视状态栏，确认 CPU 模块的 LED 状态和扫描时间。

操作步骤为：

a. 选择菜单中的“在线”→“监视”→“监视开始”，弹出如图 1-4-47 所示画面，图中各部分的含义如表 1-4-5 所示。

b. 确认 CPU 模块的 LED 状态和扫描时间。图 1-4-48 所示为正在运行的监控状态情况。

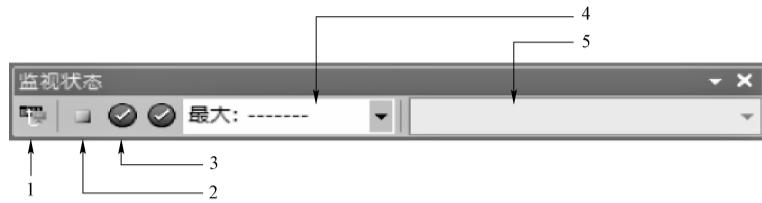


图 1-4-47 程序的监视状态 (1)

表 1-4-5 程序监视状态说明

编号	项目	内容	显示内容	详细内容
1	连接状态	显示与 CPU 模块的连接状态	■ (彩色)	连接 CPU 模块时
			■ (灰色)	未连接 CPU 模块时
2	CPU 动作状态	显示通过 CPU 模块的 RUN/STOP/RESET 开关或工程工具的远程操作的 CPU 模块的动作状态。 单击图标，即显示“远程操作”画面	▶	RUN
			■	STOP
			■	PAUSE
3	ERROR 状态	显示 CPU 模块的 ERROR LED 的状态。 单击图标，即显示“模块诊断”画面	✓	ERROR 熄灯
			① ↔ ②	ERROR 亮灯
			① ↔ ② ↔ ③	ERROR 闪烁
4	扫描时间状态	可通过下拉列表对扫描时间的当前值、最大值、最小值进行切换显示		
5	监视对象选择	监视对象选择监视 FB 程序时，指定监视对象的 FB 实例		

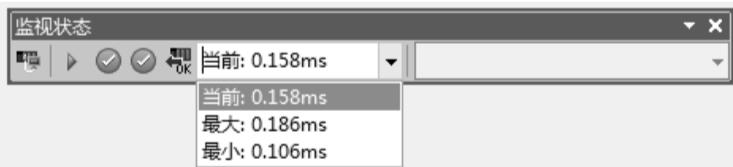


图 1-4-48 程序的监视状态 (2)

② 通过梯形图编辑器进行确认。

通过梯形图编辑器确认触点和线圈的 ON/OFF，以及字软元件和标签的当前值。

操作步骤为：

a. 选择菜单中的“在线”→“监视”→“监视开始”。

b. 确认程序上的触点和线圈的 ON/OFF，以及字软元件和标签的当前值。如图 1-4-49 所示，图中标识为 (1) 的部分为显示触点和线圈的 ON/OFF 状态，标识为 (2) 的部分为显示单字型/双字型数据的当前值。图 1-4-50 所示为监视到的具体画面。

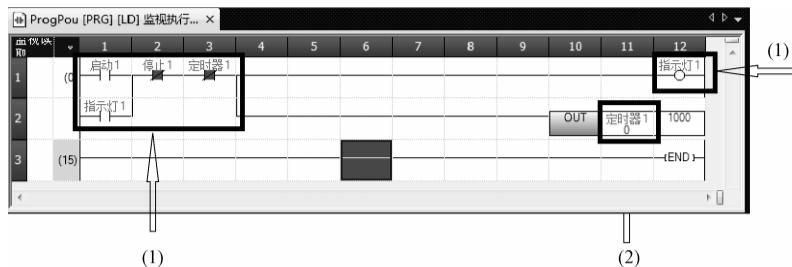


图 1-4-49 程序监视画面 (1)

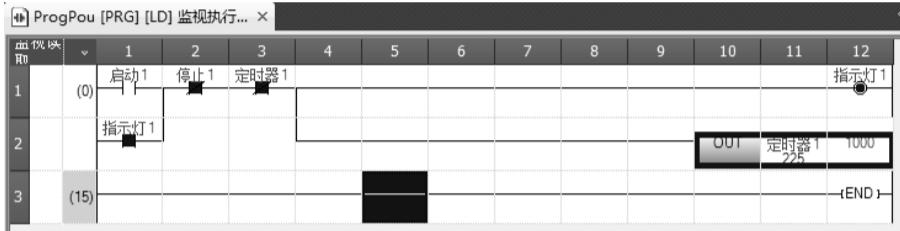


图 1-4-50 程序监视画面 (2)

### (12) 程序的模拟。

模拟功能是指使用计算机上的虚拟可编程控制器对程序进行调试的功能。模拟功能需要使用 GX Simulator3，无须连接 CPU 模块即可进行调试，便于在实际设备上运行程序前进行确认。

GX Simulator3 可进行三种模拟：模拟 CPU 模块（本机）系统、模拟多 CPU 系统、模拟 CPU 模块与简单运动控制模块的系统。这里主要讲述第一种 CPU 模块（本机）系统的模拟，其他两种可参考相关资料。

操作步骤为：

① 选择菜单中的“Debug（调试）”→“Simulation（模拟）”→“Start Simulation（模拟开始）”（或直接单击工具栏的“模拟开始”图标），弹出如图 1-4-51 和图 1-4-44 所示“在线数据操作”画面。

② 在图 1-4-44 “在线数据操作”画面中勾选要写入的数据，单击右下角的“Execute（执行）”按钮，就可以模拟写入 CPU 模块了。向 CPU 模块写入完数据后，会弹出如图 1-4-45 所示“写入至可编程控制器”画面。

③ 依次单击图 1-4-45、图 1-4-44 里面的“关闭”按钮，结束模拟数据写入。这时原来的程序编辑界面就转化为如图 1-4-49 所示的监视执行状态。

④ 监视过程中，在选择梯形图编辑器单元格的状态下，按下“Shift+双击”或按下“Shift+Enter”，即可更改当前值，出现如图 1-4-50 所示画面。

⑤ 模拟结束，选择“Debug（调试）”→“Simulation（模拟）”→“Stop Simulation（模拟停止）”（或直接单击工具栏的“模拟停止”图标）。

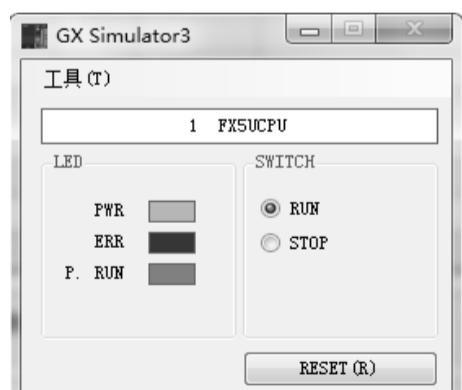


图 1-4-51 程序模拟仿真操作画面

## 任务实施

根据本任务的要求，结合学过的知识和技能，按照以下流程完成本项目任务。

### 1. 根据控制要求确定输入/输出端子地址分配

本系统主要由 FX5U-32MR、FR-E740 变频器、三相异步电动机、按钮、接触器等组成，输入/输出端口地址分配如表 1-4-6 所示。

表 1-4-6 输入/输出端口地址分配

输入		输出	
启动按钮 SB1	X0	正转 STF 输出	Y10
停止按钮 SB2	X1	反转 STR 输出	Y11
		高速 RH 输出	Y12
		中速 RM 输出	Y13
		低速 RL 输出	Y14

### 2. 画出控制系统原理图并完成硬件连接

为了安全，在变频器的电源进线端增加一个交流接触器并用紧急停止按钮 SB0 控制它，整个系统原理图如图 1-4-52 所示。根据工艺规范要求连接好硬件设备。

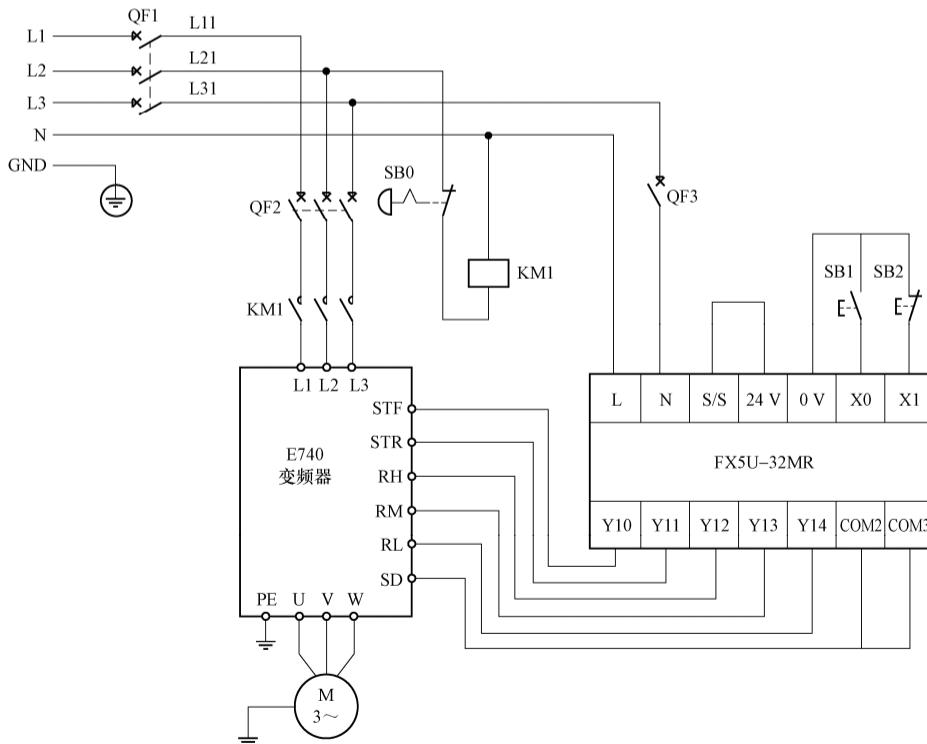


图 1-4-52 整个系统原理图

### 3. PLC 程序编写及下载

本任务的程序不是很复杂，主要利用 PLC 的输出端子去控制变频器的正反转端子和高中低 RH、RM、RL 三个端子。按照前面的方法步骤建立一个项目，完成程序的编写。本项目任务的参考程序如图 1-4-53 所示。

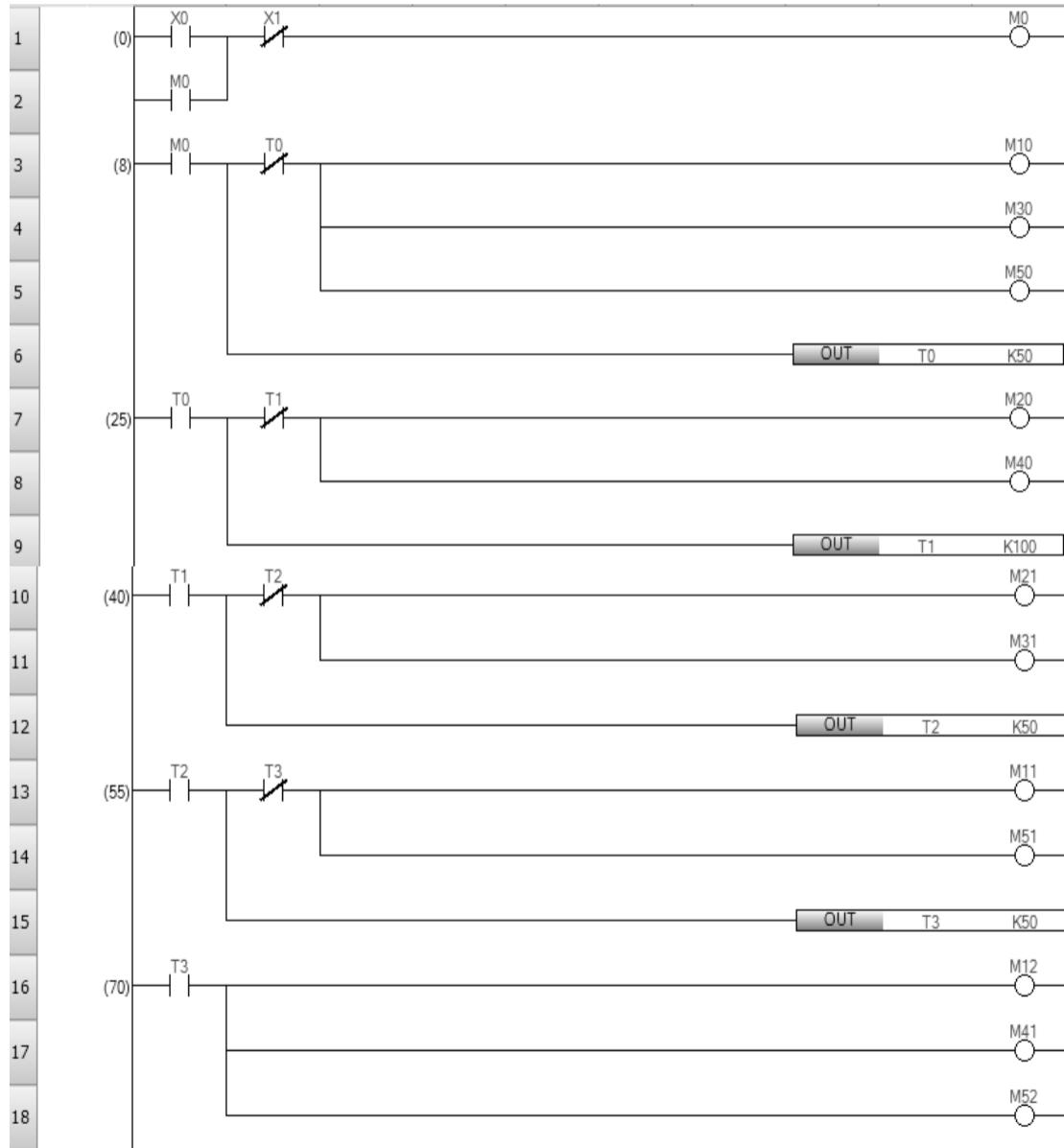


图 1-4-53 本项目任务的参考程序

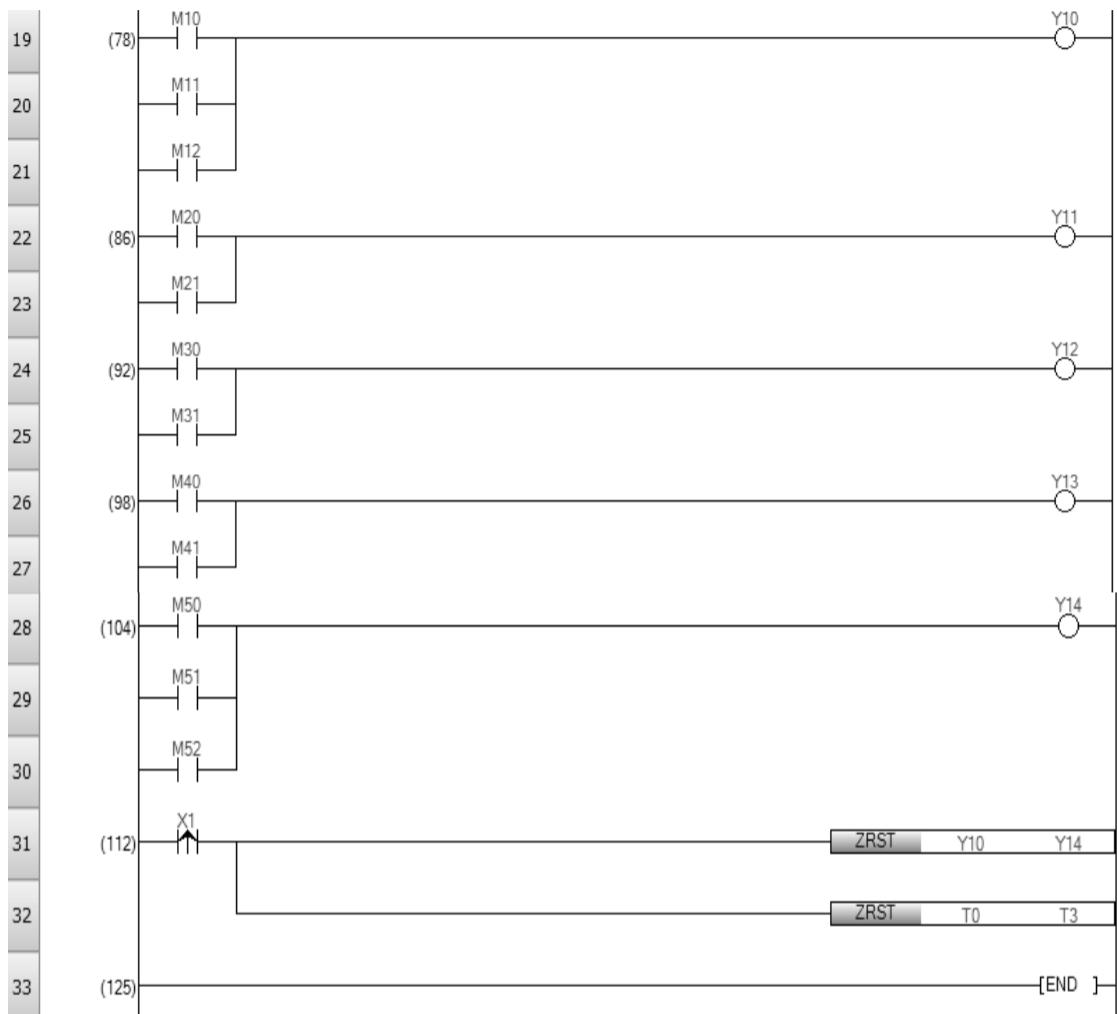


图 1-4-53 本项目任务的参考程序（续）

#### 4. 变频器参数设置及程序下载

本项目任务有五种频率速度和加减速时间参数，采用 PLC 输出信号控制变频器，变频器参数设置如表 1-4-7 所示。设置完成后关掉变频器电源等待一会儿再次上电以激活设定参数有效。将编写好的 PLC 程序及触摸屏程序下载到 PLC 中。

表 1-4-7 变频器参数设置

参数号	设定值
Pr4	40 Hz
Pr5	25 Hz
Pr6	15 Hz

续表

参数号	设定值
Pr24	20 Hz
Pr25	30 Hz
Pr7	2 s
Pr8	2
Pr79	2

## 5. 系统调试

在调试程序时一定要弄清楚操作的过程，按规范操作。注意观察运行过程中电动机和变频器的变化情况。

### 任务评价与总结

1. 任务学习考核评价要求及评分标准参考见表 1-4-8

表 1-4-8 考核评价表

考核内容	考核要求	配分	评分标准	自评	互评	师评	总评
系统设计 安装	1. I/O 分配表正确合理； 2. 电气原理图绘制正确； 3. 元器件安装正确、接线规范正确。	30	1. I/O 分配表错误，扣 5 分； 2. 电气原理图绘制错误，扣 5 分/处； 3. 元件松动扣 2 分/处，损坏扣 4 分/处，错、漏线扣 2 分/处，错、漏编号扣 1 分/处，反圈、压皮、松动，扣 2 分/处。				
程序编写	1. 触摸屏画面设计； 2. PLC 程序编写。	40	1. 触摸屏画面设计软元件关联不正确，不能实现触摸屏控制功能，扣 3 分/处； 2. PLC 程序不能实现功能，扣 3 分/处。				
系统调试 运行	1. 变频器参数设置； 2. 操作系统软硬件，调试运行，分析运行结果； 3. 排除调试过程中出现的故障。	20	1. 变频器参数设置错误，扣 2 分/处； 2. 调试系统通电操作错误，不按规范操作，扣 3 分/次； 3. 调试中不能排除故障，分析结果错误，扣 2 分/处。				
职业素养	1. 遵守安全文明生产规程； 2. 科学严谨、耐心专注和求真务实的工程素养； 3. 团结协作，沟通交流。	10	1. 不按操作规范操作，每违反一项规定，扣 3 分； 2. 发生安全事故，成绩按 0 分处理； 3. 漏接接地线一处扣 5 分。				

## 2. 任务总结

不同变频器的多段速控制输入信号端子可能不一样，但实质都一样，这种调速都是一种有级的调速，本项目中 FR-E740 系列变频器多段速运行控制的实质是通过 PLC 的输出去控制变频器的 RH、RM、RL 以及 STF、STR 这些端子如何控制电动机以不同的频率和旋转方向运行。实际上变频器除了用 PLC 的输出来控制以外还完全可以利用硬件按钮的输入信号来控制，实质都是一样的；大家也可以想一想要想实现超过 7 种速度的调速我们应该怎么做呢？在实际工作中我们要根据需求以及经济性进行合理的选择。

# 任务 5 基于 Modbus 通信的变频器调速系统设计

## 任务描述

设计一定子检测传送系统中电机运行监控系统。具体要求如下：为了监视和控制电机的运行，在触摸屏上可以进行启动和停止控制；可以设定电机运行的频率和方向并实时显示在触摸屏上；同时显示运行时电机绕组电压和电流大小，并记录电机正转累计总时间和反转累计总时间。

## 任务目标

### 1. 知识目标

- (1) 熟悉三菱变频器专用通信协议和 MODBUS 通信协议。
- (2) 熟悉三菱变频器人机界面的基本知识。
- (3) 熟悉 PLC 控制变频器的工作原理。

### 2. 技能目标

- (1) 会设置通信参数。
- (2) 能使用 GT Designer3 软件编写触摸屏程序。
- (3) 能编写通信控制变频器的 PLC 程序。

### 3. 素质目标

- (1) 培养学生信息查询、收集、筛选、整理的能力；
- (2) 培养学生团结协作的职业素养和积极主动的学习习惯；
- (3) 培养学生细心严谨的工作态度和精益求精的工匠精神；
- (4) 培养学生思考分析判断的能力和勇于创新的创新精神。

## 任务分析

根据任务要求和查阅有关资料，我们知道利用通信来控制变频器运行的方式很多，如采用 RS-485 的 Modbus RTU 通信方式，采用 RS-485 的无协议通信方式，采用 CC-Link 的现场总线通信方式等等很多种。由于 FX5UPLC 有支持外部通信设备（变频器通信）的专用直接操作指令 IVCK（频器的运行监视）、IVDR（变频器的运行控制）、IVRD（读出变频器的参数）、使用也很方便，所以本任务我们采用专用指令来实现变频器的通信控制。通过教师的讲授以及引导学生学习和训练，同时学生也可以借助查阅有关资料和网络资源来完成本任务。

## 任务准备

对于大规模自动化生产线，变频器数量较多，电动机分布距离不一致。使用 RS-485 通信控制，仅通过一条通信电缆连接就可以完成变频器的启动、停止和频率设定，并且很容易实现多电动机之间的同步运行。这种系统成本低，信号传输距离远，抗干扰性强。PLC 通信控制变频器结构如图 1-5-1 所示。

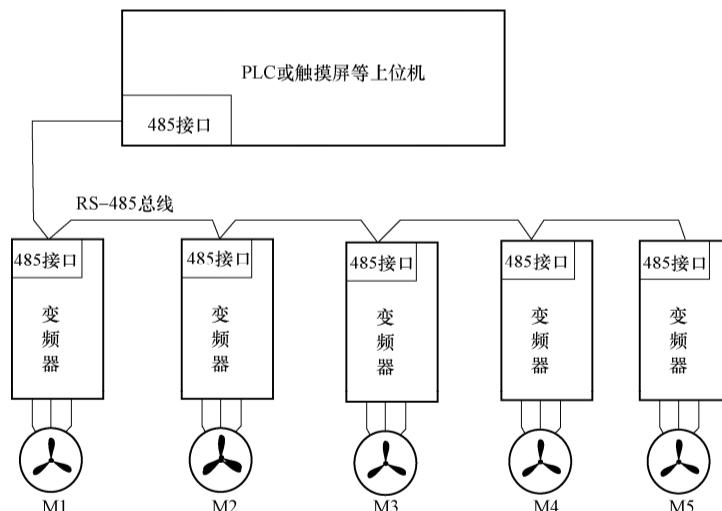


图 1-5-1 PLC 通信控制变频器结构

FR-E740 系列变频器具有 PU 接口，可以用通信电缆连接个人计算机和 PLC 实现通信，用户可以通过客户端程序对变频器进行操作、监视或读写参数。FX5U PLC 具有内置 RS-485 通信接口，与变频器以 RS-485 通信方式连接，最多可以对 16 台变频器进行运行监控、各种指令以及参数的读出/写入的功能。

## 1.5.1 MODBUS 通信

### 1. MODBUS 通信概述

MODBUS 协议最初由 Modicon 公司开发，在 1979 年末该公司成为施耐德自动化（Schneider Automation）部门的一部分，现在 MODBUS 已经是工业领域全球最流行的协议之一。此协议支持传统的 RS-232、RS-422、RS-485 和以太网设备。许多工业设备，包括 PLC、DCS、智能仪表等都在使用 MODBUS 协议作为它们之间的通信标准。有了它，不同厂商生产的控制设备可以连成工业网络，进行集中监控。

MODBUS 是全球第一个真正用于工业现场的总线协议。为更好地普及和推动 MODBUS 在基于以太网上的分布式应用，目前施耐德公司已将 MODBUS 协议的所有权移交给 IDA（Interface for Distributed Automation，分布式自动式接口）组织，并成立了 MODBUS-IDA 组织，为 MODBUS 今后的发展奠定了基础。在中国，MODBUS 已经成为国家标准 GB/T 19582—2008。

MODBUS 可以支持多种电气接口，如 RS-232、RS-485 和以太网等；还可以在各种介质上传送，如双绞线、光纤和无线介质等。

我们通常所说 RS-485 通信，只是说明了一种通信的硬件电气接口性能，而不是仅仅意义上所说的通信协议。RS-485 通信接口是 RS-422A 通信接口的变型。RS-422A 是全双工通信，有两对平衡差分信号线，至少需要 4 根线用于发送和接收；RS-485 为半双工通信，只有一对平衡差分信号线，不能同时发送和接收，最少时只需要两根线。由于 RS-485 通信接口能用较少的信号连线完成通信任务，并具有良好的抗噪声干扰性、高传输速率（10 Mbit/s）、长传输距离（1 200 m）和多站功能（最多 128 个站）等优点，因此在工业控制中得到了广泛的应用。

### 2. MODBUS 通信模型

MODBUS 是 OSI 参考模型第 7 层上的应用层报文传输协议，它在连接至不同类型总线或网络的设备之间提供客户机、服务器通信。MODBUS 的通信模型如图 1-5-2 所示。

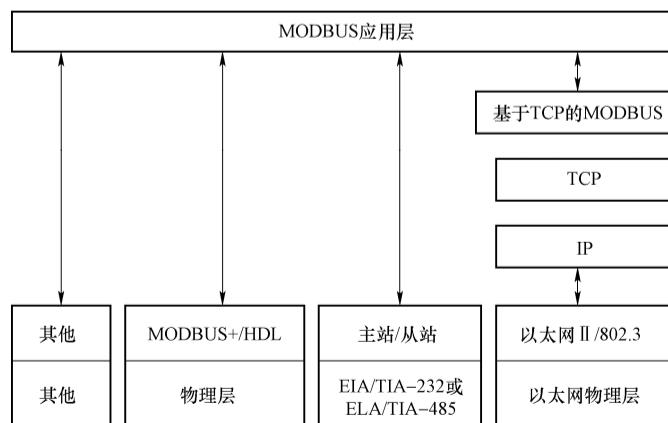


图 1-5-2 MODBUS 的通信模型

目前，MODBUS 包括标准 MODBUS、MODBUS TCP 和 MODBUS Plus（MODBUS+）3 种形式。标准 MODBUS 形式指的是在异步串行通信中传输 MODBUS 信息。MODBUS Plus 指的是在一种高速令牌传递网络中传输 MODBUS 信息，采用全频通信，具有更快的通信传输速率。MODBUS TCP 就是采用 TCP/IP 和以太网协议传输 MODBUS 信息，属于工业控制网络范畴。

### 3. MODBUS 的传输模式

MODBUS 定义了 ASCII（美国信息交换标准代码）模式和 RTU（远程终端单元）模式两种串行传输模式。在 MODBUS 串行链路上，所有设备的传输模式（及串行口参数）必须相同，默认设置必须为 RTU 模式，所有设备必须实现 RTU 模式。若要使用 ASCII 模式，需要按照使用指南进行设置。在 MODBUS 串行链路设备实现等级的基本等级中只要求实现 RTU 模式，常规等级要求实现 RTU 模式和 ASCII 模式。

#### 1) RTU 模式

使用 RTU 模式，消息发送至少要以 3.5 个字符时间的停顿间隔开始。传输的第一个域是设备地址，可以使用的传输字符是十六进制的 0~9，A~F。网络设备不断侦测网络总线，包括停顿间隔时间内，当第一个域（地址域）接收到时，每个设备都进行解码以判断是否发往自己的。在最后一个传输字符之后，一个至少 3.5 个字符时间的停顿标定了消息的结束。一个新的消息可在此停顿后开始。

整个消息帧必须作为一连续的流传输。如果在帧完成之前有超过 1.5 个字符时间的停顿时间，接收设备将刷新不完整的消息，并假定下一个字节是一个新消息的地址域。同样，如果一个新消息在小于 3.5 个字符时间内接着前个消息的开始，接收设备将认为它是前一消息的延续。这将导致一个错误，因为在最后 CRC 域的值不可能是正确的。典型的 RTU 消息帧结构如表 1-5-1 所示。

表 1-5-1 典型的 RTU 消息帧结构

起始符	设备地址	功能代码	数据	LRC 校验	结束付出
3.5 个字符	8 bit	8 bit	$n$ 个 8 bit	16 bit	3.5 个字符时间

例如，从 1 号站的 2000H 寄存器写入 12H 数据的 RTU 消息帧格式，如表 1-5-2 所示。

表 1-5-2 MODBUS RTU 消息帧格式

段 名	例子（HEX 格式）	说 明
设备地址	01	1 号从站
功能代码	06	写单个寄存器
寄存器地址	20	寄存器地址（高字节）
	00	寄存器地址（低字节）
写入数据	00	数据（高字节）
	12	数据（低字节）
CRC 校验	02	CRC 校验码（高字节）
	01	CRC 校验码（低字节）

这里完整的 RTU 消息帧为 01H 06H 20H 00H 00H 12H 02H 01H。

## 2) MODBUS 的功能码

MODBUS 协议定义了公共功能码、用户定义功能码和保留功能码 3 种功能码。

公共功能码是指被确切定义的、唯一的功能码，由 MODBUS-IDA 组织确认，可进行一致性测试，且已归档为公开。

用户定义功能码是指用户无须 MODBUS-IDA 组织的任何批准就可以选择和实现的功能码，但是不能保证用户定义功能码的使用是唯一的。

保留功能码是某些公司在传统产品上现行使用的功能码，不作为公共使用。MODBUS 的功能码定义如表 1-5-3 所示。

表 1-5-3 MODBUS 的功能码定义

功能码	名称	作用
01	读线圈状态	取得一组逻辑线圈的当前状态 (ON/OFF)
02	读输入状态	取得一组开关输入的当前状态 (ON/OFF)
03	读保持寄存器	在一个或多个保持寄存器中取得当前的二进制值
04	读输入寄存器	在一个或多个输入寄存器中取得当前的二进制值
05	写单个线圈	强置一个逻辑线圈的通断状态
06	写单个寄存器	把具体二进制值装入一个保持寄存器
07	读取异常状态	取得 8 个内部线圈的通断状态，这 8 个线圈的地址由控制器决定，用户逻辑可以将这些线圈定义，以说明从机状态，短报文适宜于迅速读取状态
08	回送诊断校验	把诊断校验报文送从机，以对通信处理进行评鉴
09	编程 (只用于 484)	使主机模拟编程器作用，修改 PC 从机逻辑
10	控询 (只用于 484)	可使主机与一台正在执行长程序任务的从机通信，探询该从机是否已完成其操作任务，仅在含有功能码 09 的报文发送后，本功能码才发送
11	读取事件计数	可使主机发出单询问，并随即判定操作是否成功，尤其是该命令或其他应答产生通信错误时
12	读取通信事件记录	可使主机检索每台从机的 MODBUS 事务处理通信事件记录。如果某项事务处理完成，记录会给出相关错误
13	编程 (184/384 484 584)	可使主机模拟编程器功能修改 PC 从机逻辑
14	探询 (184/384 484 584)	可使主机与正在执行任务的从机通信，定期探询该从机是否已完成其程序操作，仅在含有功能码 13 的报文发送后，本功能码才发送
15	强置线圈	强置一串连续逻辑线圈的通断
16	预置多寄存器	把具体的二进制值装入一串连续的保持寄存器
17	报告从机标识	可使主机判断编址从机的类型及该从机运行指示灯的状态
18	884 和 MICRO84	可使主机模拟编程功能，修改 PC 状态逻辑

续表

功能码	名称	作用
19	重置通信链路	发送非可修改错误后，使从机复位至已知状态，可重置顺序字节
20	读取通用参数（584 L）	显示扩展存储器文件中的数据信息
21	写入通用参数（584 L）	把通用参数写入扩展存储文件或修改之
22~64	保留作扩展功能备用	
65~72	保留以备用户功能所用	留作用户功能的扩展编码
73~119	非法功能	
120~127	保留	留作内部作用
128~255	保留	用于异常应答

MODBUS 协议是为了读写 PLC 数据而产生的，主要支持输入离散量、输出线圈、输入寄存器和保持寄存器 4 种数据类型。MODBUS 协议相当复杂，但常用的功能码也就简单的几个，主要是功能码 01、02、03、04、05、06、15 和 16。

#### 4. FX5U PLC MODBUS RTU 通信指令

##### 1) FNC276—ADPRW/MODBUS 读出与写入指令

ADPRW 指令用于和 MODBUS 主站所对应从站进行通信（数据的读出/写入）的指令。在 MODBUS 主站中同时驱动多个 ADPRW 指令时，一次只执行 1 个指令。当前指令结束后，执行下一个 ADPRW 指令。ADPRW 指令格式如图 1-5-3 所示。

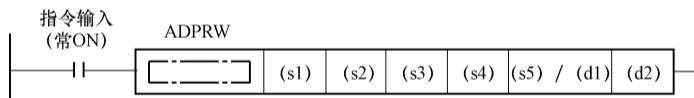


图 1-5-3 ADPRW 指令格式

s1：表示本站或从站的站号，其取值范围为 00~20 H。

s2：表示功能代码，其取值范围为 01H~06H、0FH、10H。

s3：表示与功能代码对应的功能参数，其取值范围为 0~FFFFH。其具体含义如表 1-5-4 所示。

s4：表示与功能代码对应的功能参数，其取值范围为 1~2 000。其具体含义如表 1-5-4 所示。

s5/d1：表示与功能代码对应的功能参数。其具体含义如表 1-5-4 所示。

d2：输出通信执行状态的起始位软元件编号。通信执行状态（d2）依照 ADPRW 命令的通信执行中/正常结束/异常结束的各状态进行输出。通信执行状态输出软元件（d2）中与各通信状态相应的动作时间和同时动作的特殊继电器如表 1-5-5 所示。

表 1-5-4 各功能代码所需的功能参数（部分）

s2: 功能代码	s3: MODBUS 地址	s4: 访问点数	s5/d1 数据储存软元件起始	
01H 线圈读取	0000H~FFFFH	访问点数: 1~2 000	对象软元件	D • R • M • Y • S
			占用点数	(S4+15) ÷16
02H 输入读取	0000H~FFFFH	访问点数: 1~2 000	对象软元件	D • R • M • Y • S
			占用点数	(S4+15) ÷16
03H 保持寄存器读取	0000H~FFFFH	访问点数: 1~125	对象软元件	D • R
			占用点数	S4
04H 输入寄存器读取	0000H~FFFFH	访问点数: 1~125	对象软元件	D • R
			占用点数	S4
05H 1 线圈写入	0000H~FFFFH	0 (固定)	对象软元件	D • R • K • H • X • Y • M • S 0=位 OFF, 1=位 ON
			占用点数	1 点
06H 1 寄存器写入	0000H~FFFFH	0 (固定)	对象软元件	D • R • K • H
			占用点数	1 点
0FH 批量线圈写入	0000H~FFFFH	访问点数: 1~1 968	对象软元件	D • R • K • H • M • X • Y • S
			占用点数	(S4+15) ÷16
10H 批量寄存器写入	0000H~FFFFH	访问点数: 1~123	对象软元件	D • R • K • H
			占用点数	2 点

表 1-5-5 特殊继电器

操作数	动作时间	同时动作的特殊继电器
(d2)	命令动作时 ON, 命令执行中以外 OFF	SM8800 (通道 1)、SM8810 (通道 2)、 SM8820 (通道 3)、SM8830 (通道 4)
(d2) + 1*2	命令正常结束时 ON, 命令开始时 OFF	SM8029
(d2) + 2*2	命令异常结束时 ON, 命令开始时 OFF	SM8029

编程注意：

(1) 在 MODBUS 主站中使用 ADPRW 指令时, 请将驱动接点保持 ON 状态直到 ADPRW 指令结束 (M8029 为 ON)。

(2) 在 MODBUS 主站中同时驱动多个 ADPRW 指令时, 一次只执行 1 个指令。当前指

令结束后，执行下一个 ADPRW 指令。

(3) 对于使用 ADPRW 命令的对象通道，必须在 GX Works3 中进行 MODBUS 主站的设置。未进行设置时，即便执行 ADPRW 命令也不动作（也不发生出错）。

## 2) MODBUS RTU 串行通信的设定

FX5U PLC 的 MODBUS 串行通信设置通过 GX Works3 设置参数。主要设置内容有基本设置、固有设置、MODBUS 软元件分配、SM/SD 设置。

### (1) 基本设置。

使用 CPU 模块时设置过程如下：

选择“导航窗口”→“参数”→“FX5UCPU”→“模块参数”→“485 串行口”。协议格式选择为“MODBUS\_RTU 通信”时，会显示如图 1-5-4 所示画面，进行奇偶效验、停止位和波特率设置。



图 1-5-4 MODBUS RTU 串行通信的基本设置

### (2) 固有设置。

MODBUS RTU 串行通信的固有设置如图 1-5-5 所示。

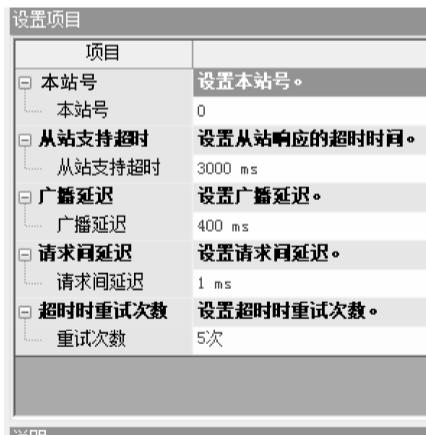


图 1-5-5 MODBUS RTU 串行通信的固定设置

### (3) MODBUS 软元件分配。

MODBUS 软元件分配及具体设置画面如图 1-5-6 所示。

### (4) SM/SD 设置。

SM/SD 设置如图 1-5-7 所示。

### 3) 示例

主站对从站进行软元件读取/写入的程序如图 1-5-8 所示。



图 1-5-6 MODBUS 软元件分配及具体设置画面



图 1-5-7 SM/SD 设置

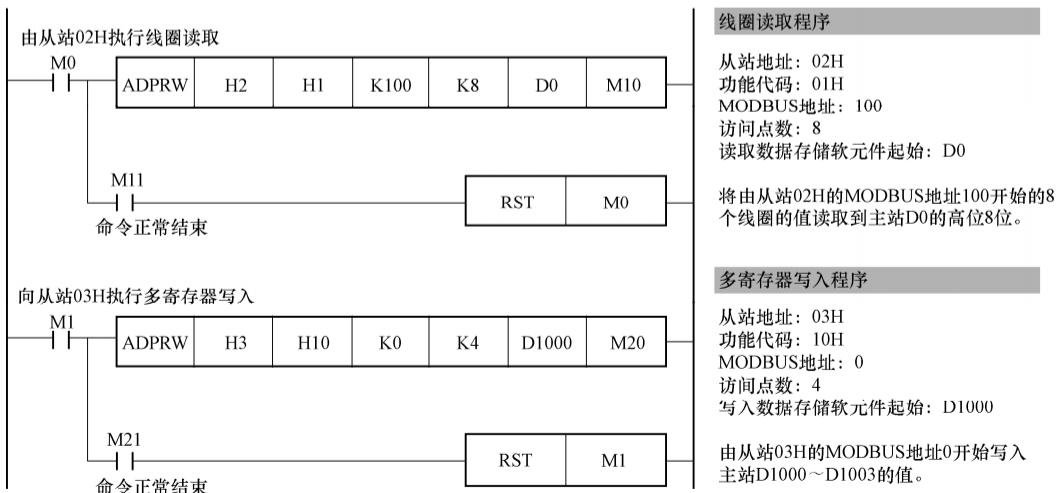


图 1-5-8 主站对从站进行软元件读取/写入的程序示例

### 1.5.2 三菱变频器专用通信功能

变频器通信功能，就是以 RS-485 通信方式连接 FX5U PLC 与变频器，最多可以对 16 台变频器进行运行监控、各种指令以及参数的读出/写入的功能。

#### 1. 系统构成

FX5U PLC 的内置 RS-485 端口、通信板、通信适配器，都可以使用变频器通信功能用内置 RS-485 端口默认为通道 1。FX5U PLC 的内置 RS-485 系统示意图如图 1-5-9 所示。

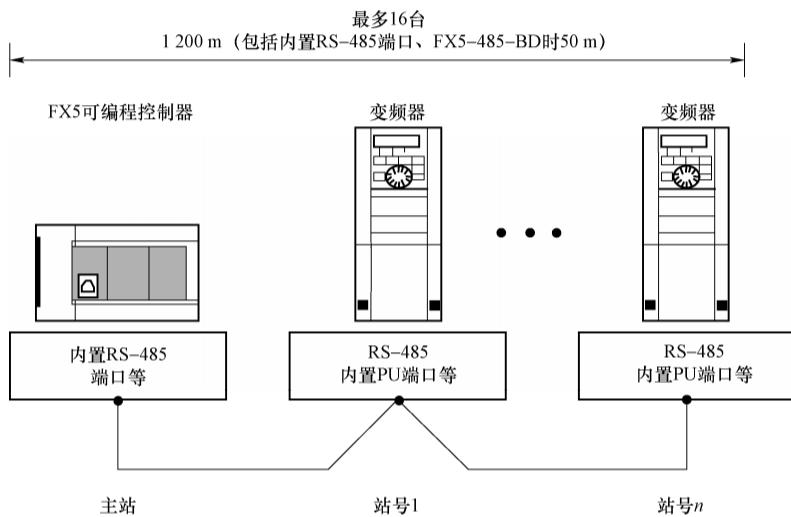


图 1-5-9 FX5U PLC 的内置 RS-485 系统示意图

#### 2. 通信规格

变频器通信功能的通信规格及性能如表 1-5-6 所示。

表 1-5-6 变频器通信功能的通信规格及性能

项目	规格
连接台数	最多 16 台
传送规格	符合 RS-485 规格
最大总延长距离	使用 FX5-485 ADP 时：1 200 m 以下； 使用内置 RS-485 端口或 FX5-485-BD 时：50 m 以下
协议格式	变频器计算机链接
控制顺序	启停同步
通信方式	半双工双向
波特率	4 800/9 600/19 200/38 400/57 600/115 200 b/s

续表

项目		规格
字符格式		ASCII
	起始位	1 位
	数据长度	7 位/8 位
	奇偶校验	无/奇校验/偶校验
	停止位	1 位/2 位

### 3. 变频器的指令代码和参数

在变频器通信指令中，根据数据通信的方向和参数的写入/读出方向，有 6 种指令，如表 1-5-7 所示。

表 1-5-7 变频器的指令代码和参数

指令	功能	控制方向
IVCK	变频器的运行监视	可编程控制器←变频器
IVDR	变频器的运行控制	可编程控制器→变频器
IVRD	读出变频器的参数	可编程控制器←变频器
IVWR	写入变频器的参数	可编程控制器→变频器
IVBWR	变频器参数的成批写入	可编程控制器→变频器
IVMC	变频器的多个指令	可编程控制器↔变频器

#### 1) 变频器的运行监视指令 IVCK

该指令是在 PLC 中读出变频器的运行状态。IVCK 指令梯形图如图 1-5-10 所示。

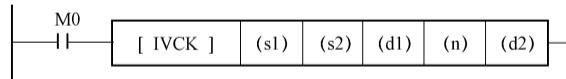


图 1-5-10 IVCK 指令梯形图

功能：对于通信通道 (n) 中所连接的变频器的站号 (s1)，在 (d1) 中读出对应 (s2) 的指令代码的变频器运行状态。

各参数含义：指令中各参数内容如表 1-5-8 所示。

表 1-5-8 IVCK 指令参数

操作数	内容	范围	数据类型
(s1)	变频器的站号	K0~31	无符号 BIN 16 位
(s2)	变频器的指令代码	见表 1-5-9	无符号 BIN 16 位
(d1)	保存读出值的软元件编号		无符号 BIN 16 位

续表

操作数	内容	范围	数据类型
(n)	使用通道	K1~4	无符号 BIN 16 位
(d2)	输出指令执行状态的起始位软元件编号		位

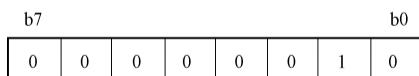
表 1-5-9 s2 参数内容

变频器指令代码（十六进制数）	读出内容
H7B	运行模式
H6F	输出频率/转速
H70	输出电流
H71	输出电压
H72	特殊监控
H73	特殊监控的选择 No.
H74、H75、H76、H77	异常内容
H79	变频器状态监控（扩展为 16 bit 数据形式）
H7A	变频器状态监控（8 bit 数据形式）
H6D	读出设定频率（RAM）
H6E	读出设定频率（EEPROM）
H7F	链接参数的扩展设定
H6C	第 2 参数的切换

H79 和 H7A 代码中前 8 位中各位的含义如下：

- b0: RUN (变频器运行中);
- b1: 正转中;
- b2: 反转中;
- b3: SU (频率到达);
- b4: OL (过载);
- b5: 没定义;
- b6: FU (频率检测);
- b7: ABC (异常)。

例如：如果读出 H79 或 H7A 代码中的值为 H02，则表示变频器的状态为处于正转。



示例：在 FX5U PLC（通道 1）中读出变频器（站号 0）的状态（H7A），并将读出值保存在 M100~M107 中，输出（Y0~Y3）到外部。读出内容：变频器运行中用 Y0 输出指示灯表示、正转中用 Y1 输出指示灯表示、反转中用 Y21 输出指示灯表示、发生异常用 Y3 输出指示灯表示，如图 1-5-11 所示。

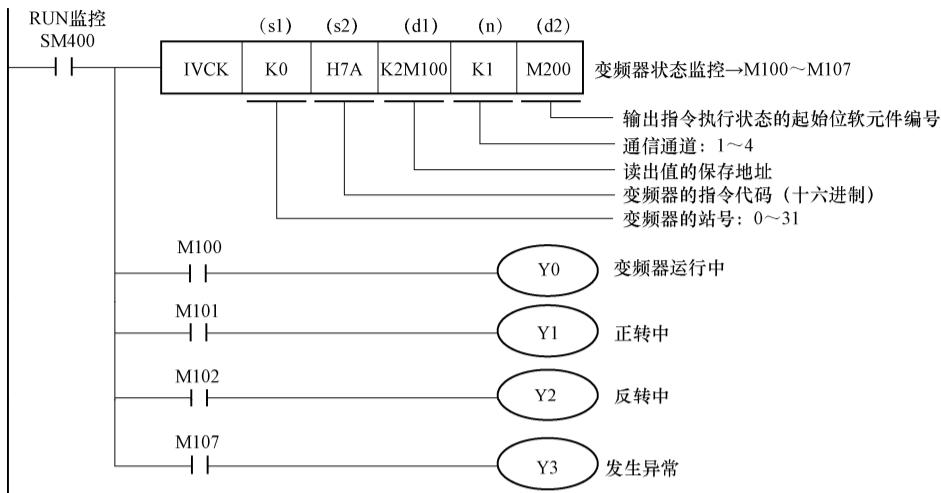


图 1-5-11 IVCK 指令示例

## 2) 变频器的运行控制指令 IVDR

该指令是在 PLC 中写入变频器运行所需的设定值。IVDR 指令梯形图如图 1-5-12 所示。



图 1-5-12 IVDR 指令梯形图

功能：对于通信通道 (n) 中所连接的变频器的站号 (s1)，向 (s2) 的指令代码写入 (s3) 设定值。

各参数含义：IVDR 指令参数如表 1-5-10 所示。

表 1-5-10 IVDR 指令参数

操作数	内容	范围	数据类型
(s1)	变频器的站号	K0~31	无符号 BIN 16 位
(s2)	变频器的指令代码	见表 1-5-11	无符号 BIN 16 位
(s3)	向变频器的参数中写入的设定值，或者保存设定数据的软元件编号		无符号 BIN 16 位
(n)	使用通道	K1~4	无符号 BIN 16 位
(d)	输出指令执行状态的起始位软元件编号		位

表 1-5-11 s2 参数内容

变频器指令代码（十六进制数）	写入内容
HFB	运行模式
HF3	特殊监控的选择 No.
HF9	运行指令（扩展为 16 bit）
HFA	运行指令 8 bit
HED	写入设定频率（RAM）

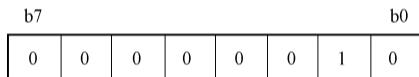
续表

变频器指令代码（十六进制数）	写入内容
HEE	写入设定频率（EEPROM）
HFD	变频器复位
HF4	异常内容的成批清除
HFC	参数的清除、全部清除
HFF	链接参数的扩展设定

HF9 和 HFA 代码中前 8 位中各位的含义如下：

- b0: RUN (变频器运行中);
- b1: 正转中;
- b2: 反转中;
- b3: SU (频率到达);
- b4: OL (过载);
- b5: 没定义;
- b6: FU (频率检测);
- b7: ABC (异常)。

例如：如果写入到 HF9 或 HFA 代码中的值为 H02，则表示让变频器的状态为正转运行。



示例：将变频器启动时的初始值设为 60 Hz，通过 FX5U PLC（通道 1），利用切换指令（可以通过触摸屏上的按钮）对变频器（站号 3）的运行速度（HED）进行速度 1（40 Hz）、速度 2（20 Hz）的切换。写入内容：D10=运行速度（初始值：60 Hz、速度 1:40 Hz、速度 2:20 Hz），如图 1-5-13 所示。

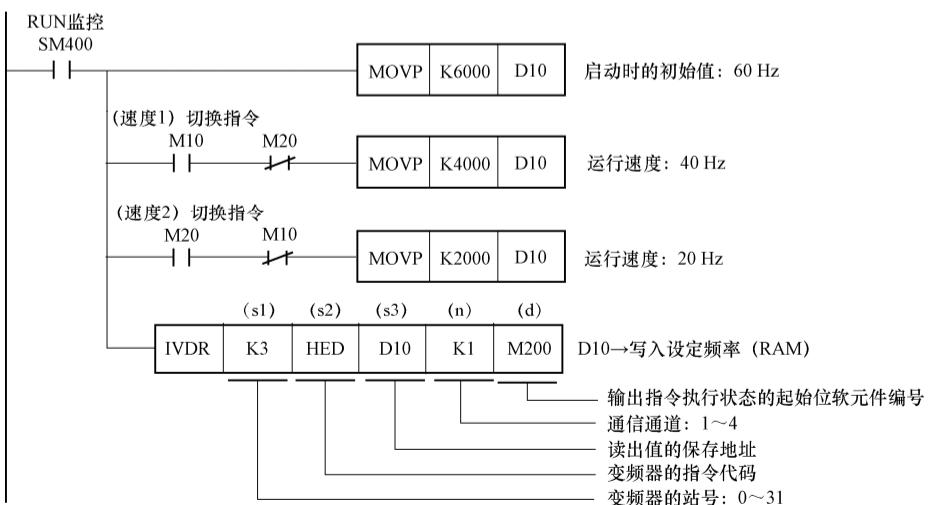


图 1-5-13 IVDR 指令示例

## 3) 读出变频器的参数指令 IVRD

该指令是在 PLC 中读出变频器的参数。IVRD 指令梯形图如图 1-5-14 所示。

功能：从通信通道 (n) 中所连接的变频器的站号 (s1)，在 (d1) 中读出参数编号 (s2) 的值。



图 1-5-14 IVRD 指令梯形图

各参数含义：指令中各参数内容与 IVCK 完全相同，如表 1-5-8 所示。

示例：在 FX5U PLC（通道 1）中，在保存用软元件中读出变频器（站号 6）的参数值，如表 1-5-12 所示。这个程序示例是使用变频器 F700P 系列的第 2 参数指定代码的程序。有关其他第 2 参数代码可查阅相关参考资料。IVRD 指令梯形图程序如图 1-5-15 所示。

表 1-5-12 IVRD 指令参数

参数编号	名称	第 2 参数指定代码	保存用软元件
C2	端子 2 频率设定的偏置频率	902	D100
C3	端子 2 频率设定的偏置	1902	D101
125	端子 2 频率设定的增益频率	903	D102
C4	端子 2 频率设定的增益	1903	D103

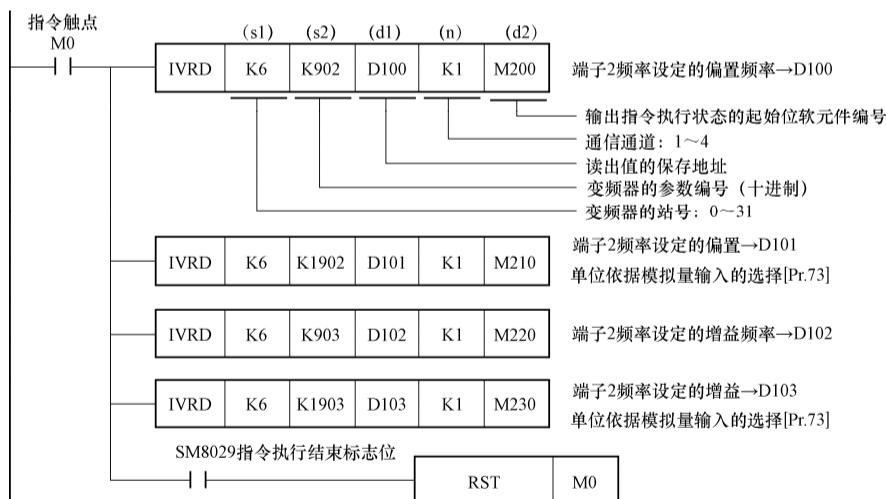


图 1-5-15 IVRD 指令梯形图程序

## 4) 写入变频器的参数指令 IVWR

该指令是从 PLC 向变频器写入参数值。IVWR 指令梯形图如图 1-5-16 所示。

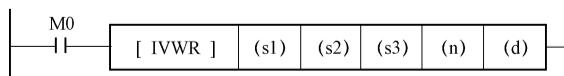


图 1-5-16 IVWR 指令梯形图

功能：在通信通道（n）中所连接的变频器的站号（s1）的参数编号（s2）中写入（s3）的值。  
各参数含义：IVWR 指令参数如表 1-5-13 所示。

示例：针对变频器（站号 6），从 FX5U PLC（通道 1）在表 1-5-13 所示的参数中写入设定值。这个程序示例是使用变频器 F700P 系列的第 2 参数指定代码的程序。IVWR 指令梯形图程序如图 1-5-17 所示。

表 1-5-13 IVWR 指令参数

参数编号	名称	第 2 参数指定代码	写入的设定值
C2	端子 2 频率设定的偏置频率	902	10 Hz
C3	端子 2 频率设定的偏置	1902	100%
125	端子 2 频率设定的增益频率	903	200 Hz
C4	端子 2 频率设定的增益	1903	100%

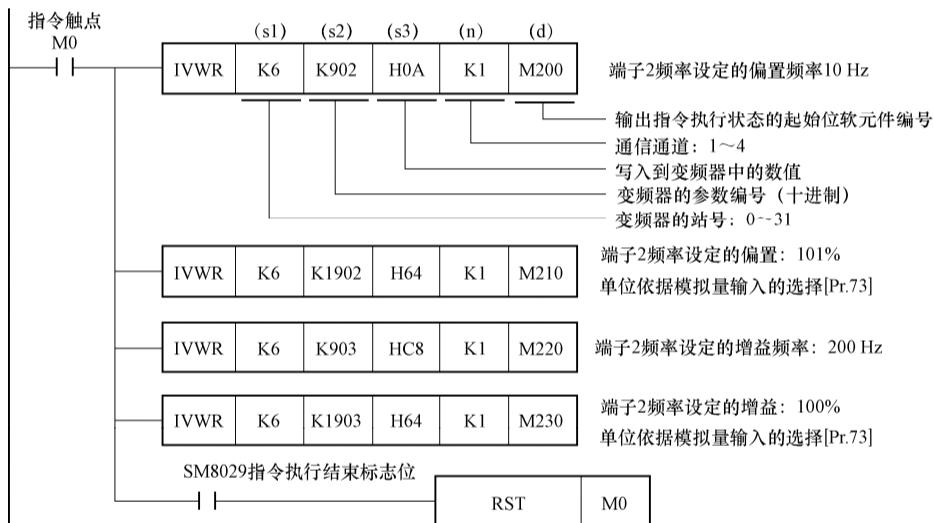


图 1-5-17 IVWR 指令梯形图程序

### 5) 变频器参数的成批写入指令 IVBWR

该指令是成批地写入变频器的参数。IVBWR 指令梯形图如图 1-5-18 所示。

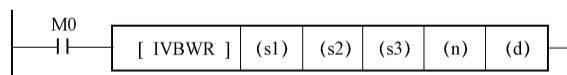


图 1-5-18 IVBWR 指令梯形图

功能：对于通信通道（n）中所连接的变频器的站号（s1），以（s3）中指定的字软元件为起始，在（s2）中指定的点数范围内，连续写入要写入的参数编号以及写入值（2 个字/1 点）（写入个数没有限制）。

各参数含义：IVBWR 指令参数如表 1-5-14 所示。

表 1-5-14 IVBWR 指令参数

操作数	内容	范围	数据类型
(s1)	变频器的站号	K0~31	无符号 BIN 16 位
(s2)	变频器的参数写入个数		无符号 BIN 16 位
(s3)	写入到变频器中的参数表的起始软元件编号		无符号 BIN 16 位
(n)	使用通道	K1~4	无符号 BIN 16 位
(d)	输出指令执行状态的起始位软元件编号		位

示例：从 FX5U PLC（通道 1）向变频器（站号 5）写入以下参数：上限频率（Pr.1）：120 Hz，下限频率（Pr.2）：5 Hz，加速时间（Pr.7）：1 s，减速时间（Pr.8）：1 s。具体写入地址与写入内容为：参数编号 1=D200、2=D202、7=D204、8=D206、上限频率=D201、下限频率=D203、加速时间=D205、减速时间=D207。IVBWR 指令梯形图程序如图 1-5-19 所示。

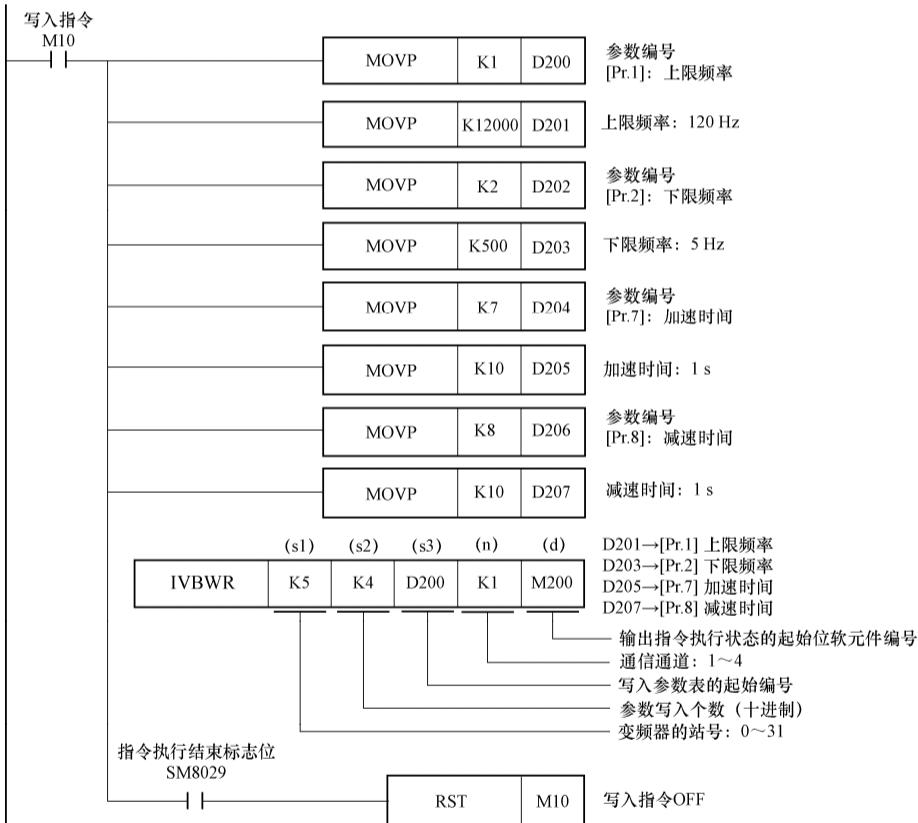


图 1-5-19 IVBWR 指令梯形图程序

### 6) 变频器的多个指令 IVMC

该指令是向变频器写入 2 种设定（运行指令和设定频率）时，同时执行 2 种数据（变频器状态监控和输出频率等）的读出。IVMC 指令梯形图如图 1-5-20 所示。

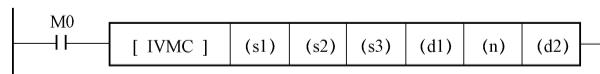


图 1-5-20 IVMC 指令梯形图

功能：对于通信通道（n）中所连接的变频器的站号（s1），执行变频器的多个指令。在（s2）中指定收发数据类型，在（s3）中指定写入变频器中的数据的起始软元件，在（d1）中指定从变频器读出的数值的起始软元件。

各参数含义：IVMC 指令参数如表 1-5-15 所示。

表 1-5-15 IVMC 指令参数

操作数	内容	范围	数据类型
(s1)	变频器的站号	K0~31	无符号 BIN 16 位
(s2)	变频器的多个指令收发数据类型的指定	见表 1-5-16	无符号 BIN16 位
(s3)	写入到变频器中的参数数据的起始软元件		无符号 BIN 16 位
(d1)	保存从变频器读出的读出值的起始软元件		无符号 BIN 16 位
(n)	使用通道	K1~4	无符号 BIN 16 位
(d2)	输出指令执行状态的起始位软元件编号		位

收发数据类型，根据（s2）收发数据类型的设定，被指定的有效发送数据 1、2 及接收数据 1、2 时按照 16 位还是 8 位形式表示，如表 1-5-16 所示。

表 1-5-16 s2 参数

(s2) 收发数据类型 (十六进制数)	发送数据（向变频器写入内容）		接收数据（从变频器读出内容）	
	数据 1 (s3)	数据 2 [(s3) + 1]	数据 1 (d1)	数据 2 [(d1) + 1]
0000H	运行指令（扩展）	设定频率（RAM）	变频器状态监控 (扩展)	输出频率（转速）
0001H				特殊监控
0010H		设定频率（RAM、 EEPROM）		输出频率（转速）
0011H				特殊监控

示例：从 FX5U PLC（通道 1）向变频器（站号 0）写入（s3）：运行指令（扩展）、（s3）+1：设定频率（RAM）；读出（d1）：变频器状态监控（扩展）、（d1）+1：输出频率（转速）。具体要求如下：

（1）收发类型代码：H0000 即以 16 位数据形式写入和读出。

（2）（s3）：运行指令（扩展），利用正转指令（M21）、反转指令（M22）指示变频器进行正转、反转，写入内容：D10=运行指令（M21=正转指令、M22=反转指令）。

（3）（s3）+1：设定频率（RAM），将启动时的初始值设为 60 Hz，利用切换指令切换速度 1（40 Hz）、速度 2（20 Hz）；写入内容：D11=运行速度（初始值：60 Hz、速度 1:40 Hz、速度 2:20 Hz）。

（4）（d1）：变频器状态监控（扩展），将读出值保存于 M100~M115 中，输出 Y0~Y3 到外部；读出内容：D20=变频器状态监控（扩展）（变频器运行中=M100、正转中=M101、反转中=M102、发生异常=M115）。

（5）（d1）+1：输出频率（转速），读出输出频率（转速）；读出内容：D21=输出频率（转速）。

IVMC 指令梯形图程序如图 1-5-21 所示。

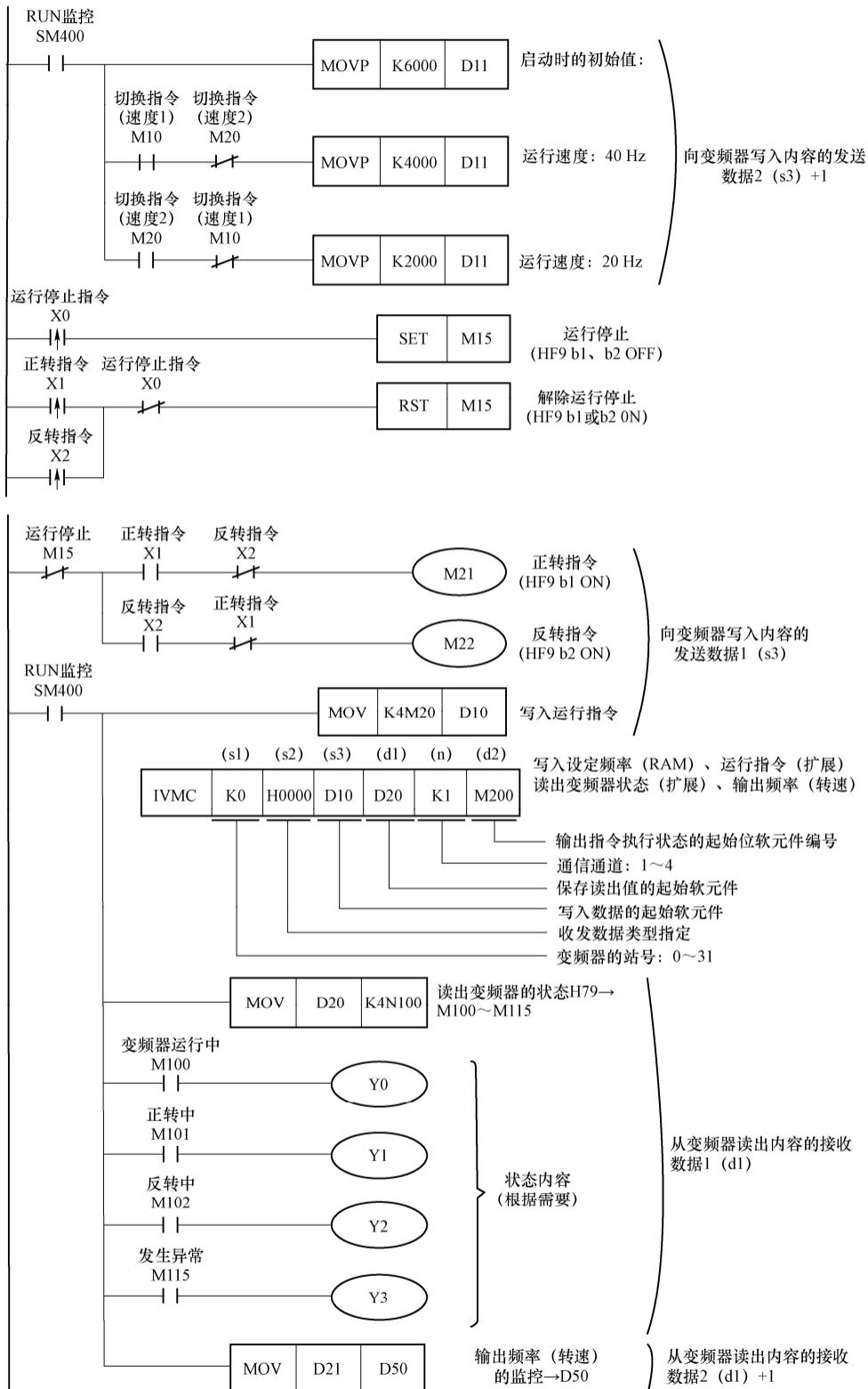


图 1-5-21 IVMC 指令梯形图程序

### 7) 专用指令使用说明

(1) 变频器通信指令的驱动触点处于 OFF→ON 的上升沿时, 开始与变频器进行通信。与变频器进行通信时, 即使驱动触点变为 OFF 也会将通信执行到最后。当驱动触点一直为 ON 时, 执行反复通信。

(2) FX5U PLC 的变频器通信指令通过操作数 (d) 或者 (d2) 指定输出通信执行状态的软元件。该软元件是根据变频器通信指令正在执行的通信/正常结束/异常结束各状态, 进行输出的位软元件(占用 3 点)可以通过指定的位软元件确认状态。不论是正常结束还是异常结束, 在变频器通信指令执行结束时 SM8029 都置 ON, 而 (d) +2 或 (d2) +2 只在异常结束时置 ON, 因此可以判断正常结束/异常结束。

(3) 指令的同时驱动以及通信的处理, 在正在通信的串行口中, 如果同时驱动多个指令, 则在与当前的变频器通信结束后, 再执行程序中的下一个变频器通信指令的通信, 如图 1-5-22 所示。



图 1-5-22 专用指令使用示例

### 1.5.3 FR-E740 采用 RS-485 (PU 口) 通信参数设定

在使用变频器的 PU 接口进行通信时, 无论是使用三菱变频器专用协议或 MODBUS-RTU 协议, 都可以进行参数设定、监视等操作。为使控制器 PLC 能够与变频器通信, 必须在变频器上进行通信规格的初始设定。这里变频器作为从站只接收数据进行运行。MODBUS 协议使用专用的信息帧, 在主设备与从设备间进行串行通信。专用的信息帧具有能读取和写入数据的功能, 使用这一功能可以从变频器读取或写入参数、写入变频器的输入指令以及确认运行状态等。FR-E740 采用 RS-485 (PU 口) 主要通信参数如表 1-5-17 所示。

表 1-5-17 FR-E740 采用 RS-485 (PU 口) 主要通信参数

参数编号	名称	初始值	设定范围	内容
Pr.117	PU 通信站号	0	0~31 (0~247) <sup>①</sup>	变频器站号指定: 1 台控制器连接多台变频器时要设定变频器的站号
Pr.118	PU 通信速率	192	48、96、192、384	通信速率: 设定值×100, 即通信速率设定为 192 时通信速率为 19 200 b/s

续表

参数编号	名称	初始值	设定范围	内容		
Pr.119	PU 通信停止位长	1		停止位长	数据位长	
			0	1 bit	8 bit	
			1	2 bit		
			10	1 bit	7 bit	
			11	2 bit		
Pr.120	PU 通信奇偶校验	2	0	0 无奇偶校验		
			1	1 奇校验		
			2	2 偶校验		
Pr.123	PU 通信等待时间设定	9 999	0~150 ms	设定向变频器发出数据后信息返回的等待时间		
			9 999	用通信数据进行设定		
Pr.124	PU 通信有无 CR/LF 选择	1	0	无 CR、LF		
			1	有 CR		
			2	有 CR、LF		
Pr.549	协议选择	0	0	三菱变频器（计算机链接）协议		
			1	MODBUS-RTU 协议		

说明：

上述参数在 Pr.160 用户参数组读取选择 = “0” 时可以设定。

注①：Pr.549 = “1” (MODBUS-RTU 协议) 时为括号内的设定范围。当主设备作为地址 0 (站号 0) 进行 MODBUS-RTU 通信时，为广播通信，变频器不向主设备发送应答信息。需要变频器回复信息时，请设定 Pr.117 PU 通信站号 ≠ 0 (初始值 0)。

在使用 MODBUS-RTU 通信时，变频器预先在保持寄存区域(寄存器地址 40001~49999) 中对各变频器的数据进行了分类。通过访问被分配的保持寄存器地址，主设备可以与作为从设备的变频器进行通信。保存寄存器主要有两大类作用：一个是系统环境变量写入和读取，另一个是实时监视数据用。FR-E740 系列变频器通信系统环境变量寄存器如表 1-5-18 所示。

表 1-5-18 FR-E740 系列变频器通信系统环境变量寄存器

寄存器号	定义	读取/写入	备注
40002	变频器复位	写入	写入值可任意设定
40003	参数清除	写入	写入值请设定为 H965A
40004	参数全部清除	写入	写入值请设定为 H99AA
40006	参数清除 <sup>①</sup>	写入	写入值请设定为 H5A96
40007	参数全部清除 <sup>①</sup>	写入	写入值请设定为 HAA99
40009	变频器状态/控制输入命令 <sup>②</sup>	读取/写入	参照表 1-4-9 所示内容

续表

寄存器号	定义	读取/写入	备注
40010	运行模式/变频器设定 <sup>③</sup>	读取/写入	参照表 1-4-10 所示内容
40014	运行频率 (RAM 值)	读取/写入	根据 Pr.37 的设定, 可切换频率和转速的转速单位是 1 r/min
40015	运行频率 (EEPROM 值)	写入	

注①: 无法清除通信参数的设定值。

注②: 写入时作为控制输入命令来设定数据, 读取时作为变频器的运行状态来读取数据。

注③: 写入时作为运行模式设定来设定数据, 读取时作为运行模式状态来读取数据。

M40009 变频器状态/控制输入命令如表 1-5-19 所示。

表 1-5-19 M40009 变频器状态/控制输入命令

Bit	定义	
	控制输入命令	变频器状态
0	停止指令	RUN (变频器运行中) <sup>②</sup>
1	正转指令	正转中
2	反转指令	反转中
3	RH (高速指令) <sup>①</sup>	SU (频率到达)
4	RM (中速指令) <sup>①</sup>	OL (过载)
5	RL (低速指令) <sup>①</sup>	0
6	0	FU (频率检测) <sup>②</sup>
7	RT (第 2 功能选择)	ABC (异常) <sup>②</sup>
8	AU (电流输入选择)	0
9	0	0
10	MRS (输出停止) <sup>①</sup>	0
11	0	0
12	RES (复位) <sup>①</sup>	0
13	0	0
14	0	0
15	0	异常发生

注①② ( ) 内的信号为初始状态下的信号。

M40010 运行模式/变频器设定寄存器的含义如表 1-5-20 所示。

表 1-5-20 M40010 运行模式/变频器设定寄存器的含义

模式	读取值	写入值
EXT	H0000	H0010
PU	H0001	—
EXT JOG	H0002	—
PU JOG	H0003	—
NET	H0004	H0014
PU + EXT	H0005	—

常用的实时监视寄存器如表 1-5-21 所示。

表 1-5-21 常用的实时监视寄存器

寄存器	内容	单位
40201	输出频率/转速	0.01 Hz/1
40202	输出电流	0.01 A
40203	输出电压	0.1 V
40205	频率设定值/转速设定值*1	0.01 Hz/1
40207	电动机转矩	0.1%
40208	变频器输出电压	0.1 V
40209	再生制动器使用率	0.1%
40210	电子过电流保护负载率	0.1%
40211	输出电流峰值	0.01 A
40212	变频器输出电压峰值	0.1 V
40214	输出电力	0.01 kW
40215	输入端子状态 *2	—
40216	输出端子状态 *3	—
40220	累计通电时间	1 h
40223	实际运行时间	1 h

#### 1.5.4 GS2107 触摸屏基础

本次任务使用的是三菱公司推出的 GOT Simple 系列，型号为 GS2107。

##### 1. 结构

###### 1) GS2107 的外形结构

GS2107 的正面和背面结构如图 1-5-23 所示。

图 1-5-23 (a) 中 1 为显示部分，显示应用程序画面及用户创建画面；2 为触摸面板，用于操作应用程序画面及用户创建画面内的触摸开关。

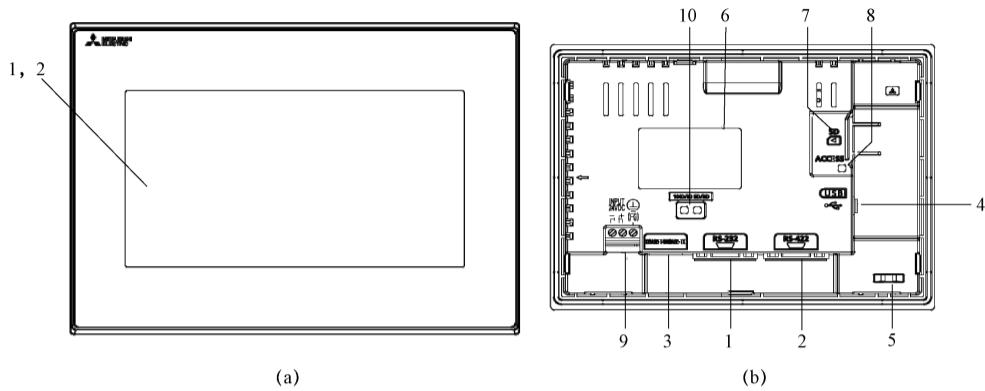


图 1-5-23 GS2107 的正面和背面结构

(a) 正面；(b) 背面

图 1-5-23 (b) 中各部分名称和规格如表 1-5-22 所示。

表 1-5-22 GS2107 名称规格

序号	名称	规格
1	RS-232 接口	用于与连接设备（可编程控制器、微型计算机、条形码阅读器、RFID 等）连接，或者与计算机连接（OS 安装、工程数据下载、FA 透明功能）（D-Sub 9 针公）
2	RS-422 接口	用于与连接设备（可编程控制器、微型计算机等）连接（D-Sub 9 针母）
3	以太网接口	用于与连接设备（可编程控制器、微型计算机等）的以太网连接（RJ-45 连接器）
4	USB 接口	数据传送、保存用 USB 接口（主站）
5	USB 电缆脱落防止孔	可用捆扎带等在该孔进行固定，以防止 USB 电缆脱落
6	额定铭牌（铭牌）	记载型号、消耗电流、生产编号、H/W 版本、BootOS 版本
7	SD 卡接口	用于将 SD 卡安装到 GOT 的接口
8	SD 卡存取 LED	点亮：正在存取 SD 卡；熄灭：未存取 SD 卡时
9	电源端子	电源端子、FG 端子 [用于向 GOT 供应电源（DC 24 V）及连接地线]
10	以太网通信状态 LED	SD RD：收发数据时绿灯点亮；100 M：100 Mb/s 传送时绿灯点亮

## 2) 接口

GS2107 接口实物外形如图 1-5-24 所示。

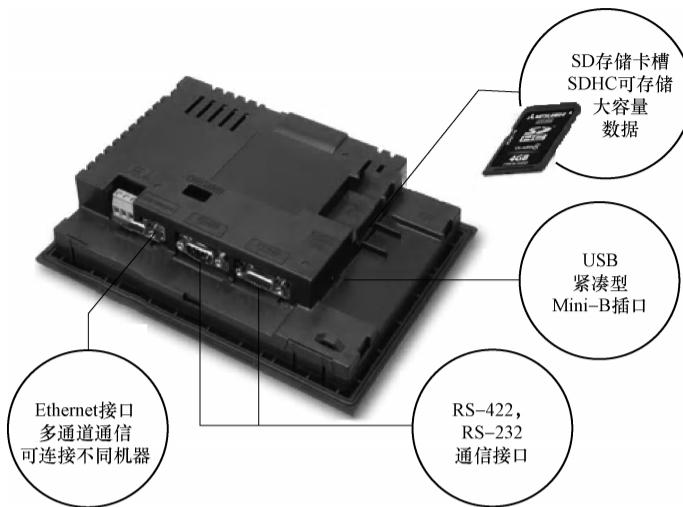


图 1-5-24 GS2107 接口实物外形

## 2. 性能规格

GS2107 触摸屏的性能规格如表 1-5-23 所示。

表 1-5-23 GS2107 触摸屏的性能规格

项目		规格
GS2107-WTBD		
显示部分	种类	TFT 彩色液晶
	画面尺寸	7 英寸
	分辨率	800×480 [点]
	显示尺寸	W154 (6.06) ×H85.9 (3.38) [mm] (英寸)
	显示字符数	16 点字体时：50 字×30 行（全角）(横向显示时)
	显示色	65 536 色
	亮度调节	32 级调整
背光灯		LED 方式（不可以更换），可以设置背光灯 OFF/屏幕保护时间
触摸面板	方式	模拟电阻膜方式
	触摸键尺寸	最小 2×2 [点]（每个触摸键）
	同时按下	不可同时按下（仅可触摸 1 点）
	寿命	100 万次（操作力 0.98 N 以下）
存储器	C 驱动器	内置快闪卡 9 M 字节（工程数据存储用、OS 存储用）
		寿命（写入次数）10 万次

续表

项目		规格
		GS2107-WTBD
内置接口	RS-422	RS-422、1CH 传送速度：115 200/57 600/38 400/19 200/9 600/4 800 b/s 连接器形状：D-Sub 9 针（母）；用途：连接设备通信用； 终端电阻：330 Ω 固定
	RS-232	RS-232、1CH 传送速度：115 200/57 600/38 400/19 200/9 600/4 800 b/s 连接器形状：D-Sub 9 针（公）；用途：连接设备通信用、条形码阅读器，连接计算机用
	以太网	数据传送方式：100BASE-TX、10BASE-T；1CH 连接器形状：RJ-45（模块插孔）；用途：连接设备通信用、连接计算机用
	USB	依据串行 USB（全速 12 Mb/s）标准、1CH；连接器形状：Mini-B； 用途：连接计算机用
	SD 卡	依据 SD 规格 1CH；支持存储卡：SDHC 存储卡、SD 存储卡； 用途：软件包数据上载/下载、日志数据保存
蜂鸣输出		单音色（长/短/无可调整）
保护构造		IP65F（仅面板正面部分）
外形尺寸		W206 (8.11) × H155 (6.11) × D50 (1.97) [mm] (英寸)
面板开孔尺寸		W191 (7.52) × H137 (5.40) [mm] (英寸) (横向显示时)
质量		约 0.9 kg (不包括安装用的金属配件)
对应软件包 (GT Designer3 的版本)		Version1.104J 以后

## 1.5.5 GT Designer3 使用

### 1. GT Designer3 简介

GT Designer3 是 GOT2000 系列、GOT1000 系列和 GS 系列触摸屏用的画面创建软件。该软件可以进行工程创建、模拟仿真、与 GOT 间的数据传送。该软件能进行以下操作：



安装 GT DESIGNER3

#### 1) 工程创建

GT Designer3 中，使 GOT 动作的数据是以工程为单位进行管理的。对创建的工程设置在 GOT 中显示的画面或在 GOT 中动作的功能等。

#### 2) 模拟仿真

使用 GT Designer3 在计算机中对 GT Designer3 中正在创建的工程进行 GOT 操作的模拟。通过 GT Designer3 单体也可以对 GT Designer3 中已创建的工程进行模拟。通过 GT Designer3 单体模拟时，可对 GOT2000 系列、GOT1000 系列和 GS 系列触摸屏的工程进行模拟。

### 3) 数据传送

将创建的工程、GOT 运行所需的数据从 GT Designer3 写入 GOT 中；此外，将 GOT 中积累的资源数据从 GOT 读取至 GT Designer3。

## 2. 启动 GT Designer3

从三菱电机官网下 GT Designer3 软件进行安装，安装完成后，如果要使用 GS21 系列的触摸屏，再安装一个插件文件 GS Installer 以便于在建立工程时可以选择到 GS 系列的型号。安装完成后在桌面上生成一个图标。

### 1) GT Designer3 启动

#### (1) 第一种启动方法。

第一步：单击 Windows 的开始菜单的“全部程序”→“MELSOFT 应用程序”→“GT Works3”→“GT Designer3”后，即启动 GT Designer3，(Windows7 时)，如图 1-5-25 所示。



图 1-5-25 GT Designer3 启动

第二步：在图 1-5-25 “工程选择”对话框中选择操作。

#### (2) 第二种启动方法。

双击桌面上的图标，打开 GT Designer3 软件，出现如图 1-5-25 所示画面进行选项操作。

### 2) GT Designer3 的画面结构

GT Designer3 的画面结构如图 1-5-26 所示。

图 1-5-26 中各部分简要说明如下，窗口具体功能可参考相关手册。

#### (1) 标题栏。

显示软件名。根据编辑中的工程的保存格式，会显示工程名（工作区格式）或带完整路径的文件名（单文件格式）。

#### (2) 菜单栏。

可以通过下拉菜单操作 GT Designer3。

#### (3) 工具栏。

可通过按钮等操作 GT Designer3。

#### (4) 折叠窗口。

可折叠于 GT Designer3 窗口上的窗口。折叠位置可定制。

#### (5) 编辑器页。

显示工作窗口中显示的画面编辑器或窗口的页。

#### (6) 工作窗口。

会显示画面编辑器、“环境设置”窗口、“GOT 设置”窗口等。

#### (7) 画面编辑器。

配置图形、对象，创建要在 GOT 中显示的画面。

#### (8) 状态栏。

根据鼠标光标的位置、图形、对象的选择状态，会显示不同内容。

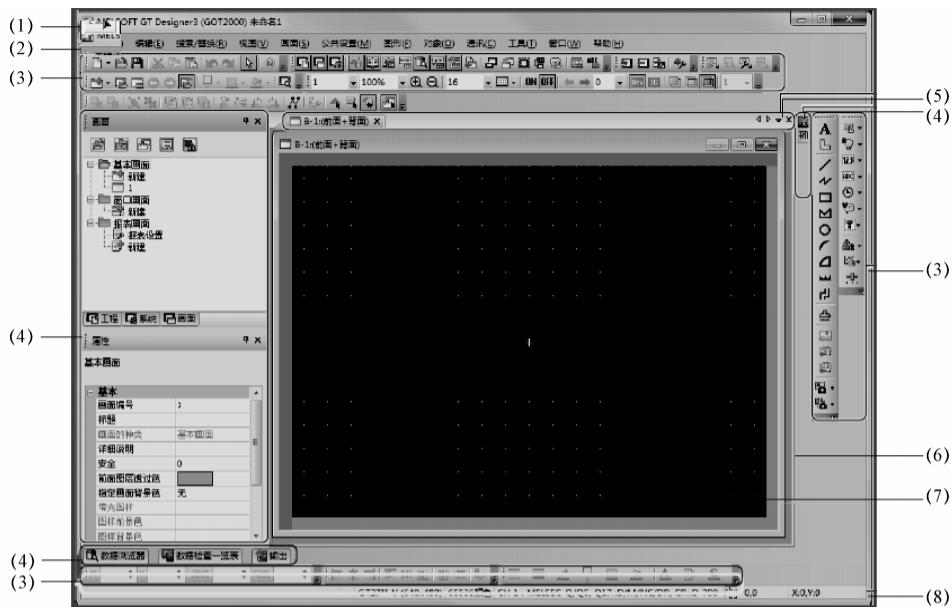


图 1-5-26 GT Designer3 画面结构

### 3. 创建工程

工程的创建方法有新建和引用保存的工程进行创建两种。引用保存的工程进行创建实质是通过关键字等条件，从保存的工程中搜索可以引用的工程，在搜索到的工程的基础上创建工程。

新建工程有使用向导和不使用向导两种方式。使用向导按照流程进行必要的设置就可以完成，默认设置下，显示为向导方式。我们一般以向导方式为主。

#### 1) 使用向导创建

第一步：在图 1-5-25 所示“工程选择”画面中，单击对话框的“新建 (N) ...”按钮，或者在图 1-5-26 所示画面中选择“工程”→“新建”→“新建”菜单，即弹出“新建工程向导”对话框，如图 1-5-27 所示。



GT DESIGNER3 操作演示

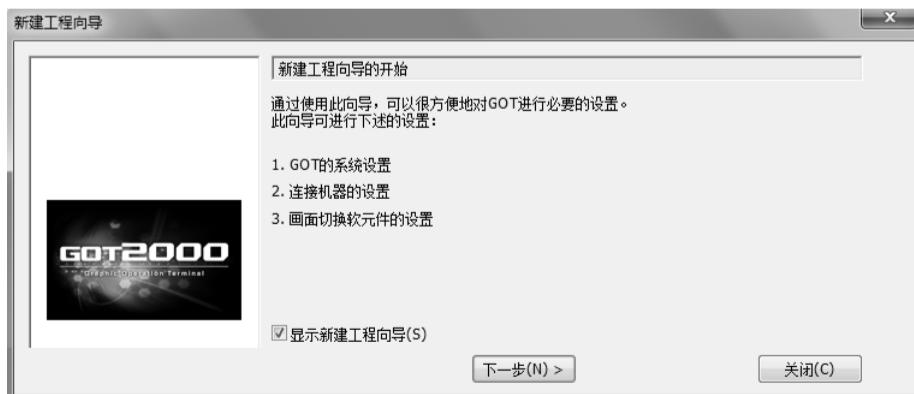


图 1-5-27 GT Designer3 向导创建工程 (1)

第二步：单击图 1-5-27 中“下一步”按钮，出现如图 1-5-28 所示画面。



图 1-5-28 GT Designer3 向导创建工程 (2)

“系列”：选择 GOT 的系列，可选择 GOT2000 系列、GOT1000 系列、GS 系列三种。

“机种”：选择 GOT 的机种。本次任务使用的是 GS 系列，在 GS 系列中只有一种“GS21\*\*-W (800×480)”选择，与所选机种对应的 GOT 型号，可以在“对应型号”中确认。同时选择触摸屏是横向放置，语言设置为中文。

第三步：在图 1-5-28 中设置“系列”“机种”“设置方向”“语言”后，单击“下一步”按钮，出现如图 1-5-29 所示画面。

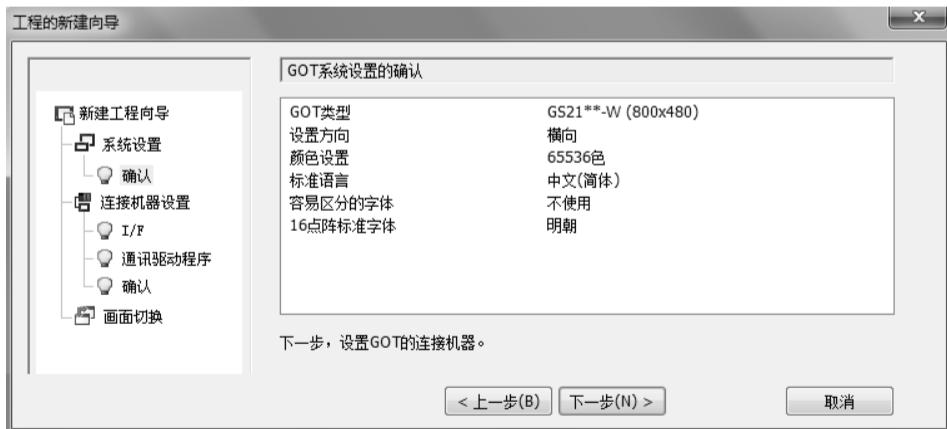


图 1-5-29 GT Designer3 向导创建工程 (3)

第四步：确认图 1-5-29 中设置的内容，单击“下一步”按钮，出现如图 1-5-30 所示画面。



图 1-5-30 GT Designer3 向导创建工程 (4)

第五步：在图 1-5-30 中设置“制造商”“机种”，单击“下一步”按钮，出现如图 1-5-31 所示画面。

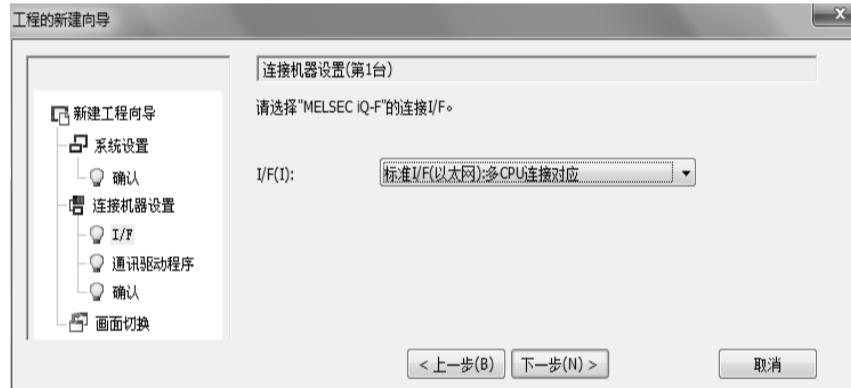


图 1-5-31 GT Designer3 向导创建工程 (5)

第六步：在图 1-5-31 中选择 “I/F”，选择连接机器的 GOT 接口，单击 “下一步” 按钮，出现如图 1-5-32 所示画面。注意接口形式主要有三种：RS-232 接口、RS-422 接口、以太网接口，我们要根据实际的情况做出选择，在本次任务中 GS2107 与 FX5U PLC 采用以太网接口形式。

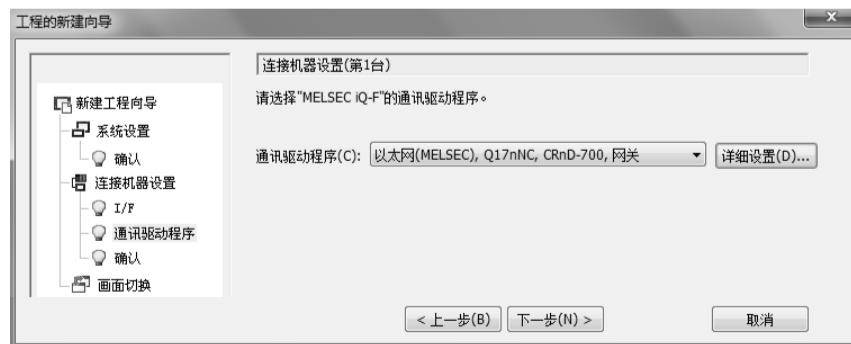


图 1-5-32 GT Designer3 向导创建工程 (6)

第七步：在图 1-5-32 中设置“通讯驱动程序”。根据 GOT 和连接机器的连接形式，选择使用的通讯驱动程序。可选的通讯驱动程序因“制造商”“机种”“I/F”的设置而异。请根据使用的连接机器、连接形式进行设置。单击“详细设置”按钮可以显示“详细设置”对话框，如图 1-5-33 所示。单击“下一步”按钮，出现如图 1-5-34 所示画面。



图 1-5-33 GT Designer3 向导创建工程 (7)

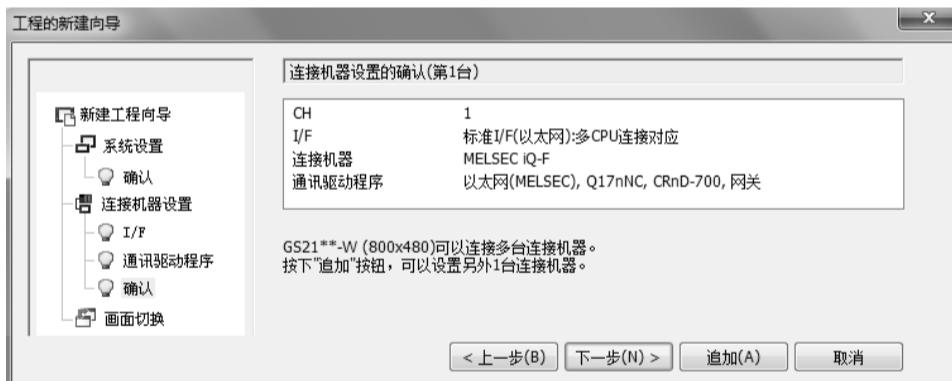


图 1-5-34 GT Designer3 向导创建工程 (8)

第八步：在图 1-5-34 连接机器的设置完成后，单击“下一步”按钮，出现如图 1-5-35 所示画面。GS2107 可以连接多台连接器，如果需要设置第 2 台以后的连接机器时，可单击“追加”按钮，重复第五步操作。

第九步：在图 1-5-35 中设置基本画面和必要画面的切换软元件，并单击“下一步”按钮，出现如图 1-5-36 所示画面，也可在“环境设置”窗口中设置画面切换软元件。

“基本画面”用于设置基本画面的画面切换软元件。“重叠窗口”用于设置重叠窗口 1→2 的画面切换软元件，GS2107 仅可设置重叠窗口 1→2 的画面切换软元件。“叠加窗口”用于设置叠加窗口 1→2 的画面切换软元件。“对话框窗口”用于设置对话框窗口的画面切换软元件。



图 1-5-35 GT Designer3 向导创建工程 (9)



图 1-5-36 GT Designer3 向导创建工程 (10)

第十步：在图 1-5-36 中确认通过向导设置的内容，单击“结束”按钮即完成设置。至此使用导向的工程建立完成，进入到如图 1-5-26 所示的画面进行编辑。

## 2) 不使用向导

第一步：选择“工具”→“选项”菜单，即弹出“选项”对话框，如图 1-5-37 所示。在对话框的“操作”页中进行了取消“显示新建工程向导”的勾选或者勾选“新建时进行机种设置”的设置时，新建工程后即显示“机种设置”和“连接机器设置”对话框。

第二步：进行以下任意一种操作，即弹出“机种设置”对话框，如图 1-5-38 所示。

- (1) 单击“工程选择”对话框的“新建”按钮。
- (2) 选择“工程”→“新建”→“新建”菜单。

第三步：在图 1-5-38 中进行必要设置，然后单击“确定”按钮。



图 1-5-37 GT Designer3 非向导创建工程 (1)



图 1-5-38 GT Designer3 非向导创建工程 (2)

第四步：工程创建完成后，即弹出“连接机器设置”窗口，如图 1-5-39 所示。

第五步：选择要连接的机器的制造商、机种、GOT 的接口、通讯驱动程序，并单击“确定”按钮。

第六步：选择“公共设置”→“GOT 环境设置”→“画面切换/窗口”菜单，即弹出“环境设置”窗口的“画面切换/窗口”，如图 1-5-40 所示。

第七步：设置基本画面和必要画面的切换软元件，并单击“确定”按钮。至此工程建立完成。



图 1-5-39 GT Designer3 非向导创建工程 (3)



图 1-5-40 GT Designer3 非向导创建工程 (4)

#### 4. 对 GOT 进行读取和写入

##### 1) 设置通信方式

(1) 通过 USB 电缆通信。

单击“通讯”→“通讯设置”菜单，弹出“通讯设置”对话框，如图 1-5-41 所示。



图 1-5-41 USB 电缆通信设置

在图 1-5-41 中进行如下设置：

- ① 在“GOT 的连接方法”中选择“GOT 直接”。
- ② 在“计算机侧 I/F”中选择“USB”。

然后单击“确定”按钮。

(2) 通过以太网通信。

单击“通讯”→“通讯设置”菜单，弹出“通讯设置”对话框，如图 1-5-42 所示。



USB 连接 GS2107  
触摸屏操作



图 1-5-42 以太网通信设置

在图 1-5-42 中进行如下设置：

- ① 在“GOT 的连接方法”中选择“GOT 直接”。
- ② 在“计算机侧 I/F”中选择“以太网”。
- ③ 设置“GOT IP 地址”与“周边 S/W 通讯用端口号”。

然后单击“确定”按钮。



以太网连接 GS2107  
触摸屏操作

## 2) 数据写入 GOT

向 GOT 写入时，通过以下方法显示对话框：

(1) 选择“通讯”→“写入到 GOT”菜单，弹出“通讯设置”对话框，进行计算机-GOT 间的通讯设置。参照前面进行相应的通讯设置。

(2) 显示“与 GOT 的通讯”对话框，如图 1-5-43 所示。在“写入数据”中选择“软件包数据”，并单击“写入选项”按钮。有关写入选项对话框的选择操作可参考查阅相关资料。



图 1-5-43 数据写入 GOT

## 3) 从 GOT 中读取数据

传送数据的读取在“与 GOT 的通讯”对话框中进行，如图 1-5-44 所示。

- (1) “GOT 侧”的设置。
- (2) 设置“计算机侧”。
- (3) 单击“GOT 读取”按钮。



图 1-5-44 从 GOT 读取数据

## 5. 常用对象编辑

### 1) 开关

开关是 GT Designer3 工程中用到最多的元件，包括以下几种：位开关、字开关、画面切换开关、站号切换开关、扩展功能开关、按键窗口显示开关和键代码开关。

#### (1) 位开关。

位开关用于将位软元件设为 ON、OFF，有如下几种功能：

- ① 将指定位软元件设为 ON (置位)，即按一下就一直接通，如图 1-5-45 所示。

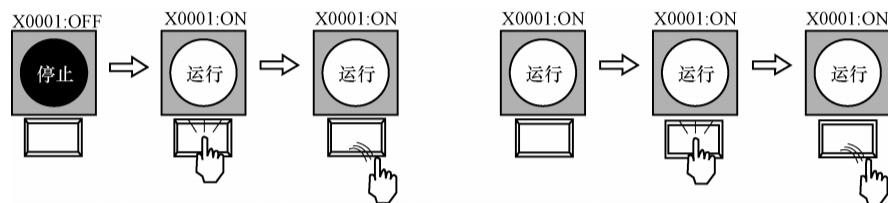


图 1-5-45 位开关 ON 时状态示意

- ② 将指定位软元件设为 OFF (复位)，即按一下就立即复位，如图 1-5-46 所示。

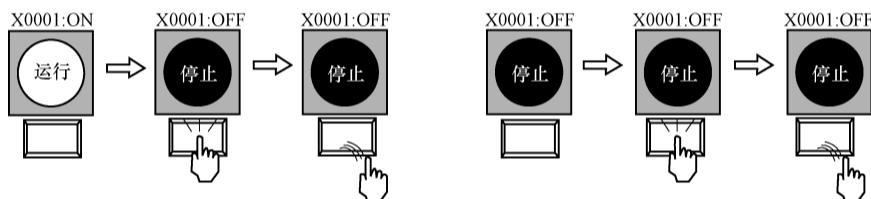


图 1-5-46 位开关 OFF 时状态示意

- ③ 反转指定位软元件当前的状态 (ON↔OFF) (反转)，即将当前开关的状态进行反转，从 0→1 或 1→0，如图 1-5-47 所示。

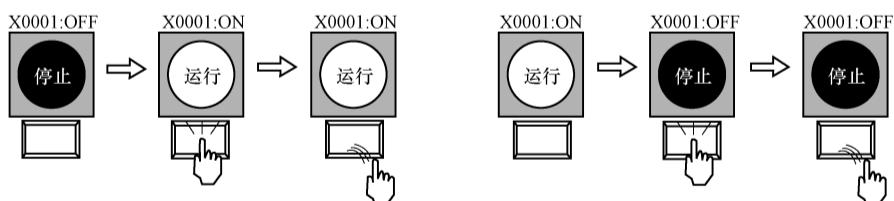


图 1-5-47 位开关 ON↔OFF 时状态示意

- ④ 将指定位软元件设为仅在触摸开关为触摸状态 ON (点动) 时，即需要一直按住时才会接通，如图 1-5-48 所示。

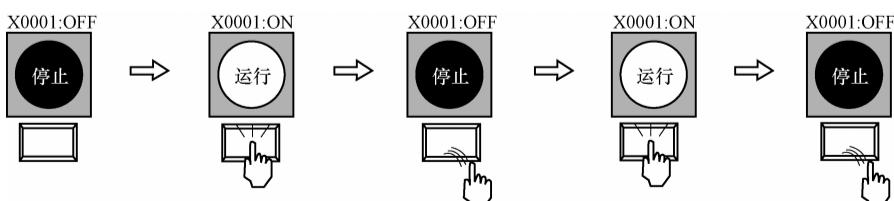


图 1-5-48 位开关点动时状态示意

## (2) 字开关。

字开关用于更改字软元件的值，如图 1-5-49 所示。有如下几种功能：

- ① 向指定字软元件写入设置的值（常数）。
- ② 向指定字软元件写入设置字软元件的值（间接软元件）。
- ③ 向指定字软元件写入设置字软元件的值 + 常数（常数 + 间接软元件）。

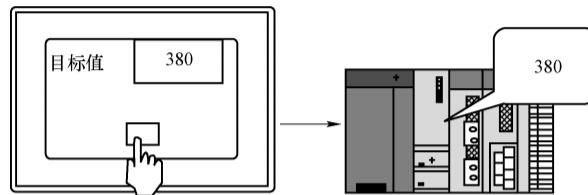


图 1-5-49 字开关示意

## (3) 画面切换开关。

画面切换开关用于切换基本画面、窗口画面，如图 1-5-50 所示。有如下几种功能：

- ① 切换至上次显示的基本画面编号的画面。
- ② 切换至指定的画面编号的画面。
- ③ 通过指定位软元件的 ON、OFF，切换至指定画面编号的画面。
- ④ 指定字软元件的当前值符合所设置的条件式时，切换至指定画面编号的画面。

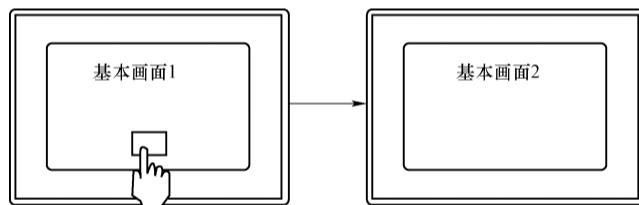


图 1-5-50 画面切换开关示意

## (4) 站号切换开关。

站号切换开关用于将当前监视的对象的软元件切换到其他站号的相同软元件，如图 1-5-51 所示。有如下几种功能：

- ① 切换监视目标到指定的站号。
- ② 通过指定位软元件的 ON、OFF，切换监视目标到指定的站号。
- ③ 指定字软元件的当前值符合所设置的条件式时，切换至指定的站号。

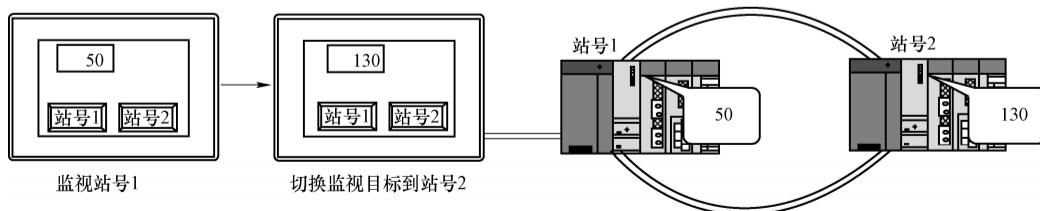


图 1-5-51 站号切换开关示意

(5) 扩展功能开关。

扩展功能开关用于切换至实用菜单、扩展功能等的画面，如图 1-5-52 所示。

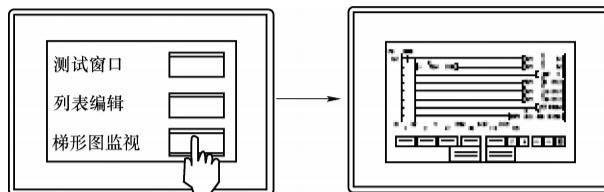


图 1-5-52 扩展功能开关示意

(6) 按键窗口显示开关。

按键窗口显示开关用于使指定的按键窗口显示在指定的位置或者使光标显示在指定的对象上，如图 1-5-53 所示。

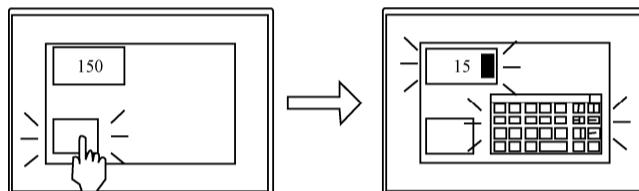


图 1-5-53 按键窗口显示开关示意

(7) 键代码开关。

键代码开关用于对数值输入、字符串输入的按键输入、报警显示、数据列表显示、报警进行控制，如图 1-5-54 所示。

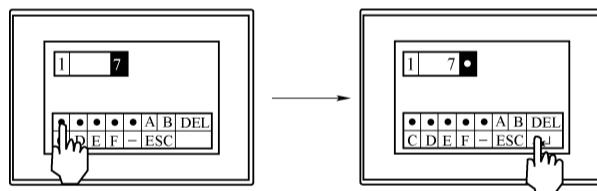


图 1-5-54 键代码开关示意

## 2) 指示灯

指示灯同样是工程中必不可少的一个元件，通过设置指示灯可以显示设备是否运行以及在设备出现故障时进行报警。

(1) 位指示灯。

位指示灯可以通过位软元件的 ON、OFF 来控制指示灯的亮灯、熄灯，如图 1-5-55 所示。

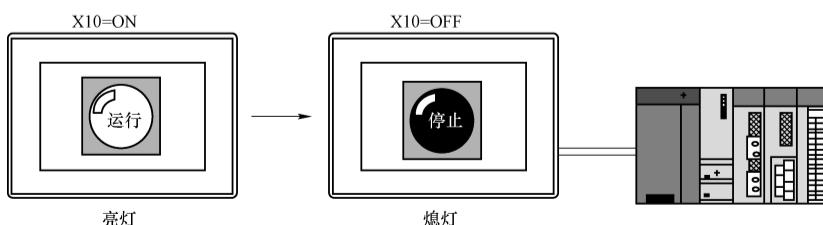


图 1-5-55 位指示灯示意

## (2) 字指示灯。

字指示灯通过字软元件的值来更改指示灯亮灯颜色，如图 1-5-56 所示。

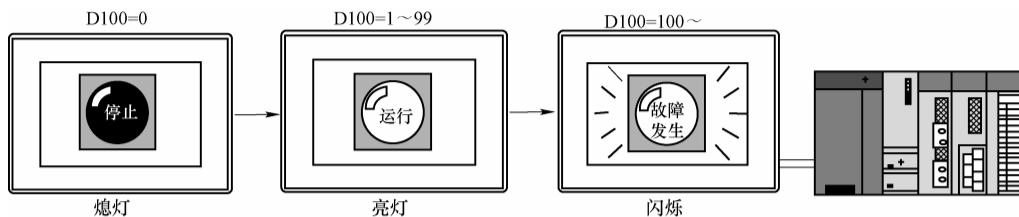


图 1-5-56 字指示灯示意

## 3) 数值显示与输入

数值显示可以在触摸屏上显示出 PLC 程序中寄存器的数值，从而起到监视生产的作用。

## (1) 数值显示。

将软元件中存储的数据以数值的形式显示到 GOT 中，如图 1-5-57 所示。

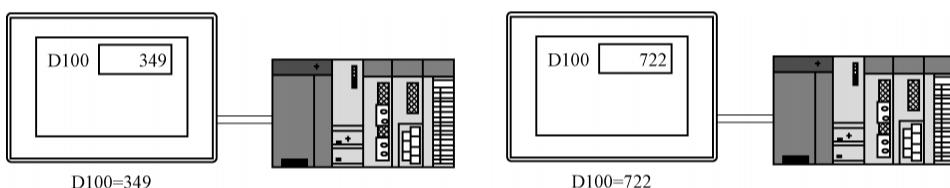


图 1-5-57 数值显示示意

## (2) 数值输入。

将 GOT 中输入的任意值写入软元件的功能。

## ① 通过输入用按键输入数值。

输入用按键可以使用按键窗口或者使用在触摸开关中分配键代码而创建的按键。通过画面上配置的触摸开关输入如图 1-5-58 所示。通过按键窗口输入如图 1-5-59 所示。

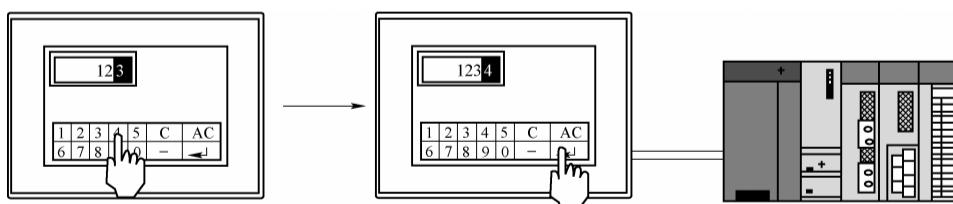


图 1-5-58 通过画面上配置的触摸开关输入

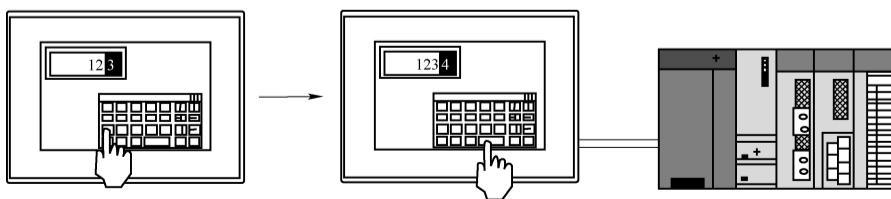


图 1-5-59 通过按键窗口输入

② 通过条形码阅读器或 RFID 输入数值，如图 1-5-60 所示。

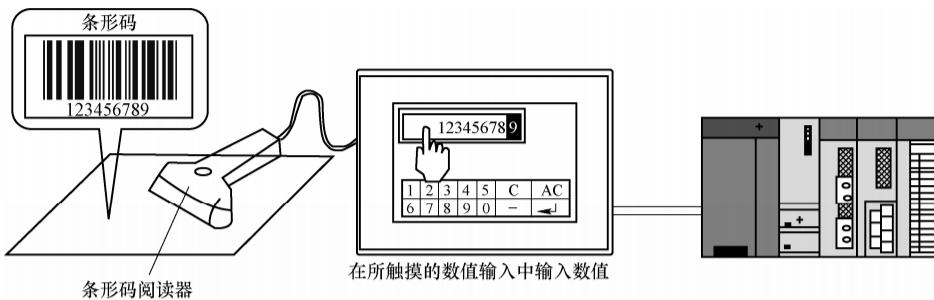


图 1-5-60 阅读器数值输入示意

#### 4) 字符串显示与输入

##### (1) 字符串显示。

字符串显示可以将存储在字软元件中的数据视作字符代码（ASCII 代码、移位 JIS 代码、GB 代码、KS 代码、Big5 代码）以显示字符串，如图 1-5-61 所示。

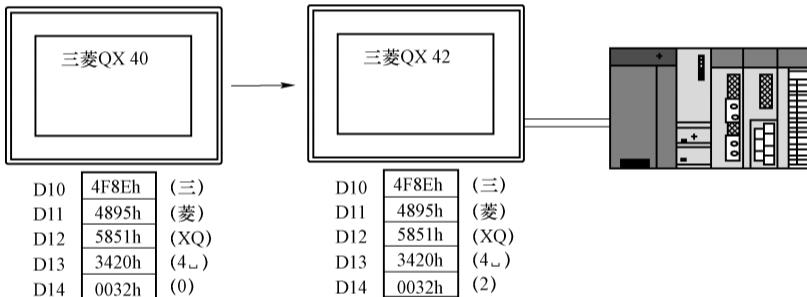


图 1-5-61 字符串显示示意

##### (2) 字符串输入。

字符串输入是指以字符代码（ASCII 代码、移位 JIS 代码、GB 代码、KS 代码、Big5 代码）的方式将输入的文本写入字软元件中。

##### ① 通过输入用按键输入文本。

输入用按键可以使用按键窗口或者使用在触摸开关中分配键代码而创建的按键。通过画面上配置的触摸开关输入如图 1-5-62 所示。通过按键窗口输入如图 1-5-63 所示。

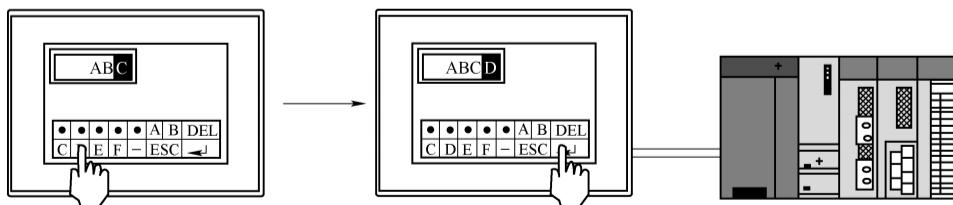


图 1-5-62 通过画面上配置的触摸开关输入

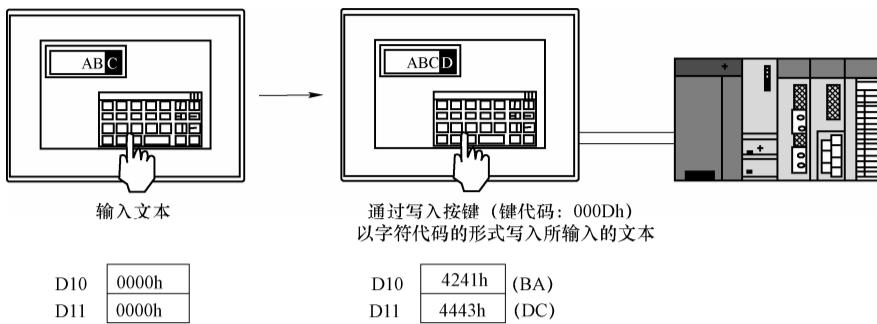


图 1-5-63 通过按键窗口输入

② 通过条形码阅读器或 RFID 输入数值，如图 1-5-64 所示。

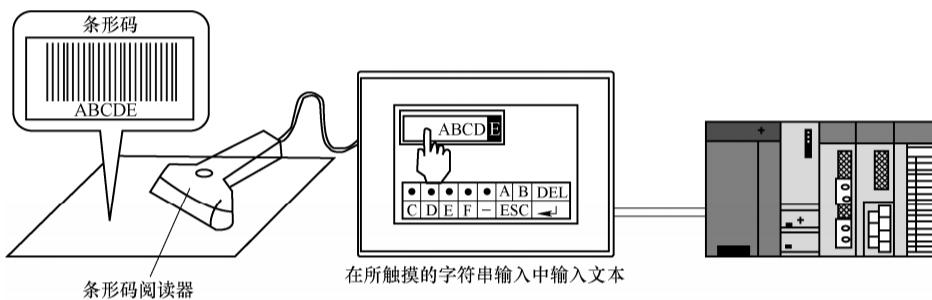


图 1-5-64 阅读器字符串输入示意

### 5) 日期和时间显示

通过设置该元件，可以使触摸屏的相应位置上显示日期和时间，如图 1-5-65 所示。

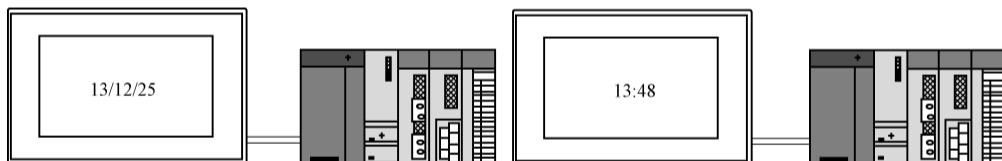


图 1-5-65 日期和时间显示示意

### 6) 注释显示

通过设置该元件，可以显示出位或字软元件对应的注释。

#### (1) 注释显示（位）。

显示与位软元件的 ON、OFF 相对应的注释的功能，如图 1-5-66 所示。

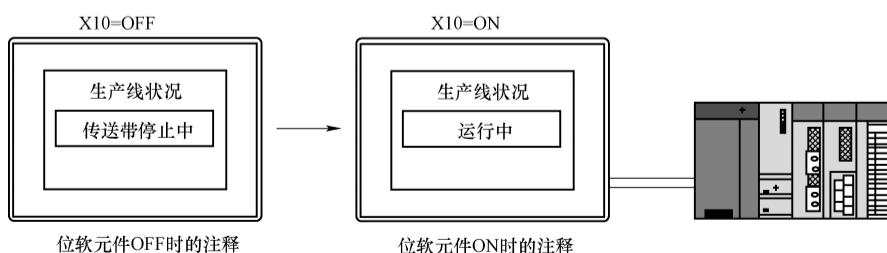


图 1-5-66 注释（位）显示示意

(2) 注释显示(字)。

显示与字软元件的值相对应的注释，如图 1-5-67 所示。

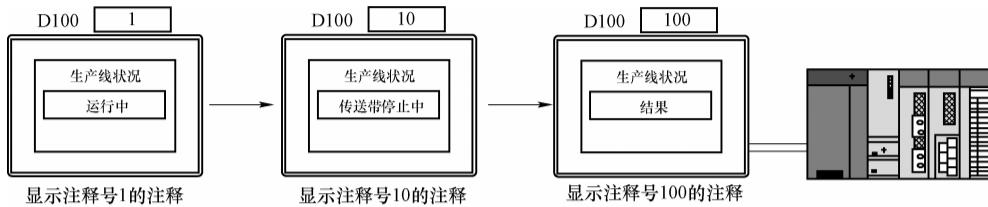


图 1-5-67 注释(字)显示示意

(3) 注释显示(简单)。

不进行软元件设置而显示注释，如图 1-5-68 所示。

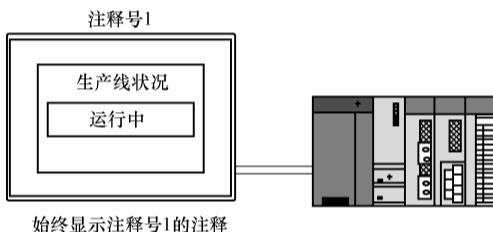


图 1-5-68 注释显示示意

## 任务实施

根据本任务要求，结合学过的知识和技能，按照以下流程完成本项目任务。

(1) 根据控制要求画出控制系统原理图并完成硬件连接。

本系统主要由 FX5U-32MR、FR-E740 系列变频器、三相异步电动机、按钮、接触器等组成。为了安全，在变频器的电源进线端增加一个交流接触器并用紧急停止按钮 SB0 控制它，整个系统原理图如图 1-5-69 所示。采用两线制或四线制的 RS-485 接线图如图 1-5-70 所示。根据工艺规范要求连接好硬件设备。

(2) 触摸屏画面设计。

根据本项目任务要求，触摸屏组态画面有三个位开关按钮(“停止 SB0”“正转 SB1”“反转 SB2”)，两个位指示灯(正转指示灯和反转指示灯)，八个字符串显示(设定运行频率和监测运行频率)，两个时间显示。在数据关联时“停止 SB0”“正转 SB1”“反转 SB2”分别与 M300、M301、M302 关联；正转指示灯、反转指示灯分别与 M310、M311 关联；频率输入数值显示与 D200 关联，频率输出数值显示与 D202 关联。通信控制变频器运行界面如图 1-5-71 所示。

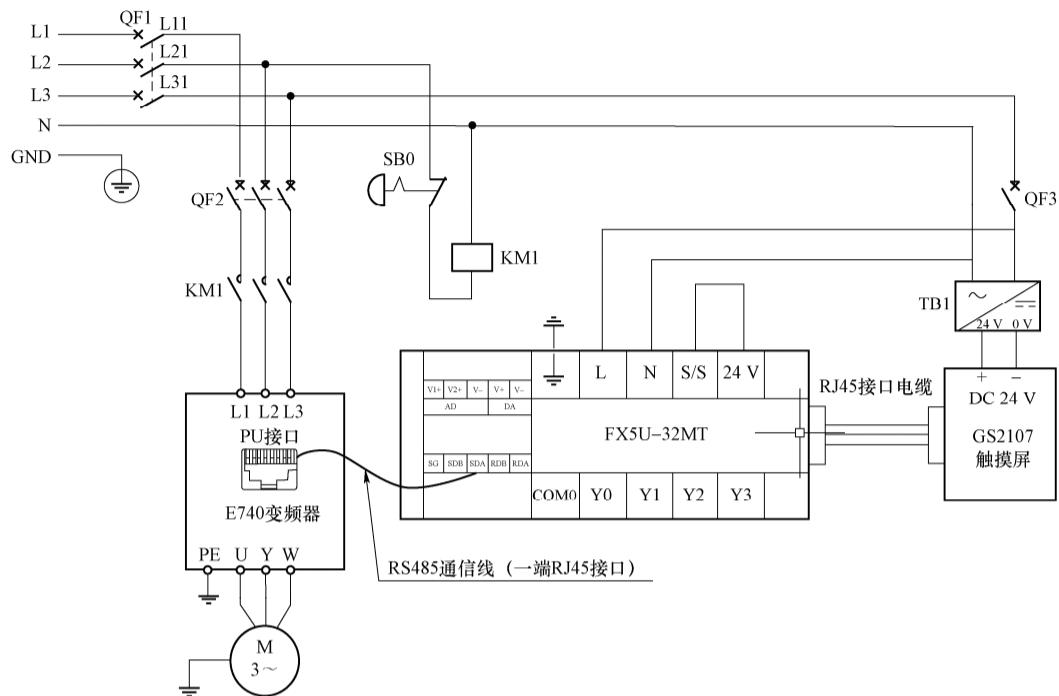


图 1-5-69 整个系统原理图

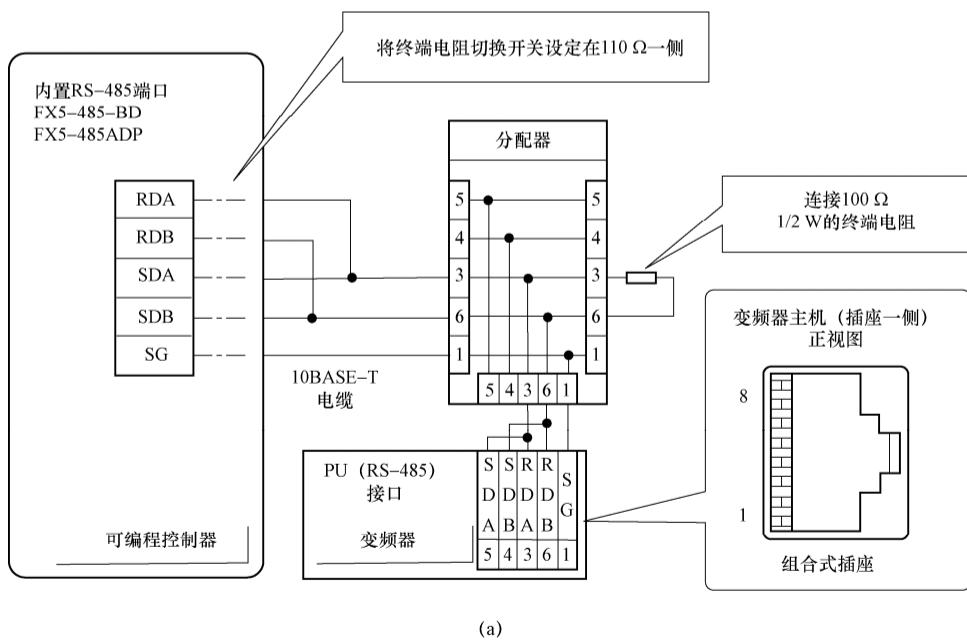


图 1-5-70 RS-485 接线图

(a) 两线制连接一台变频器

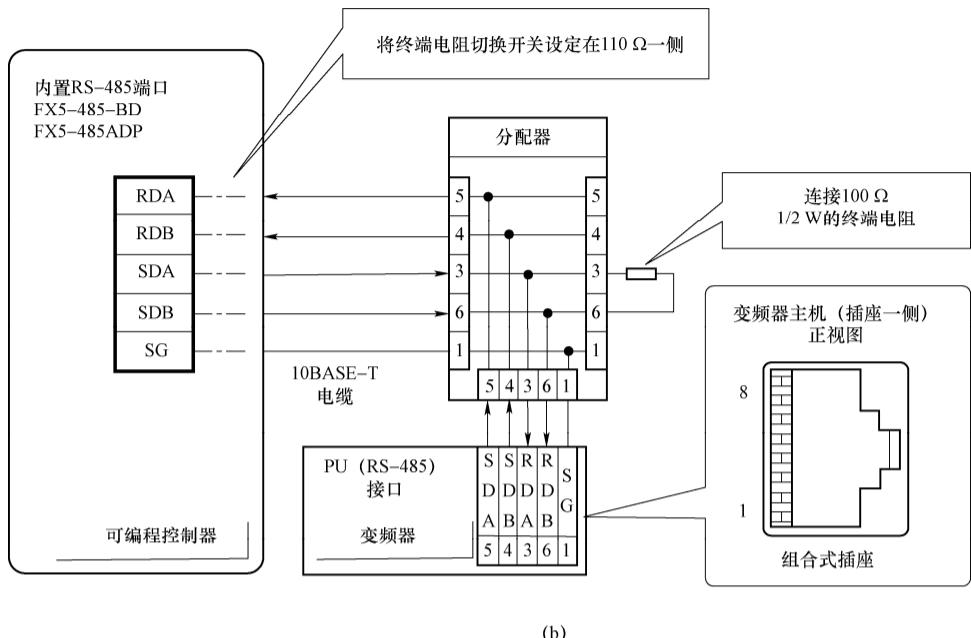


图 1-5-70 RS-485 接线图（续）

(b) 四线制连接一台变频器

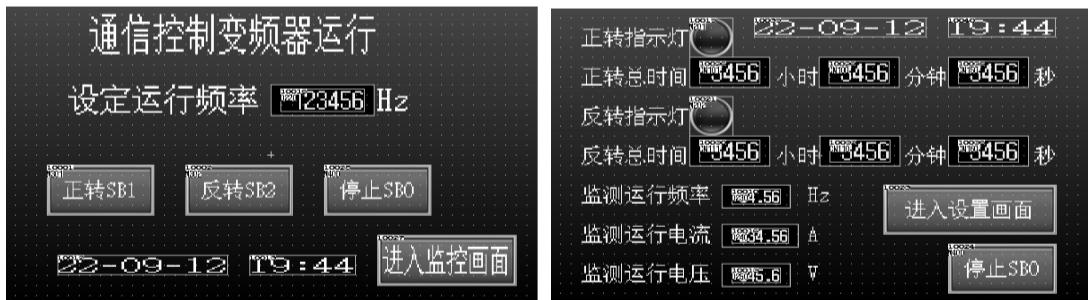


图 1-5-71 通信控制变频器运行界面

## (3) PLC 程序编写。

本任务我们既可以用 MODBUS RTU 通信的 ADPRW 指令来实现，也可以使用变频器专用指令中的 IVMC 指令来实现控制要求，使用 IVMC 这一条指令就可以实现写入和读出多个通道的频率以及其他变频器的信息。梯形图程序如图 1-5-72 所示。



通信控制变频器运行程序  
通讯参数设置

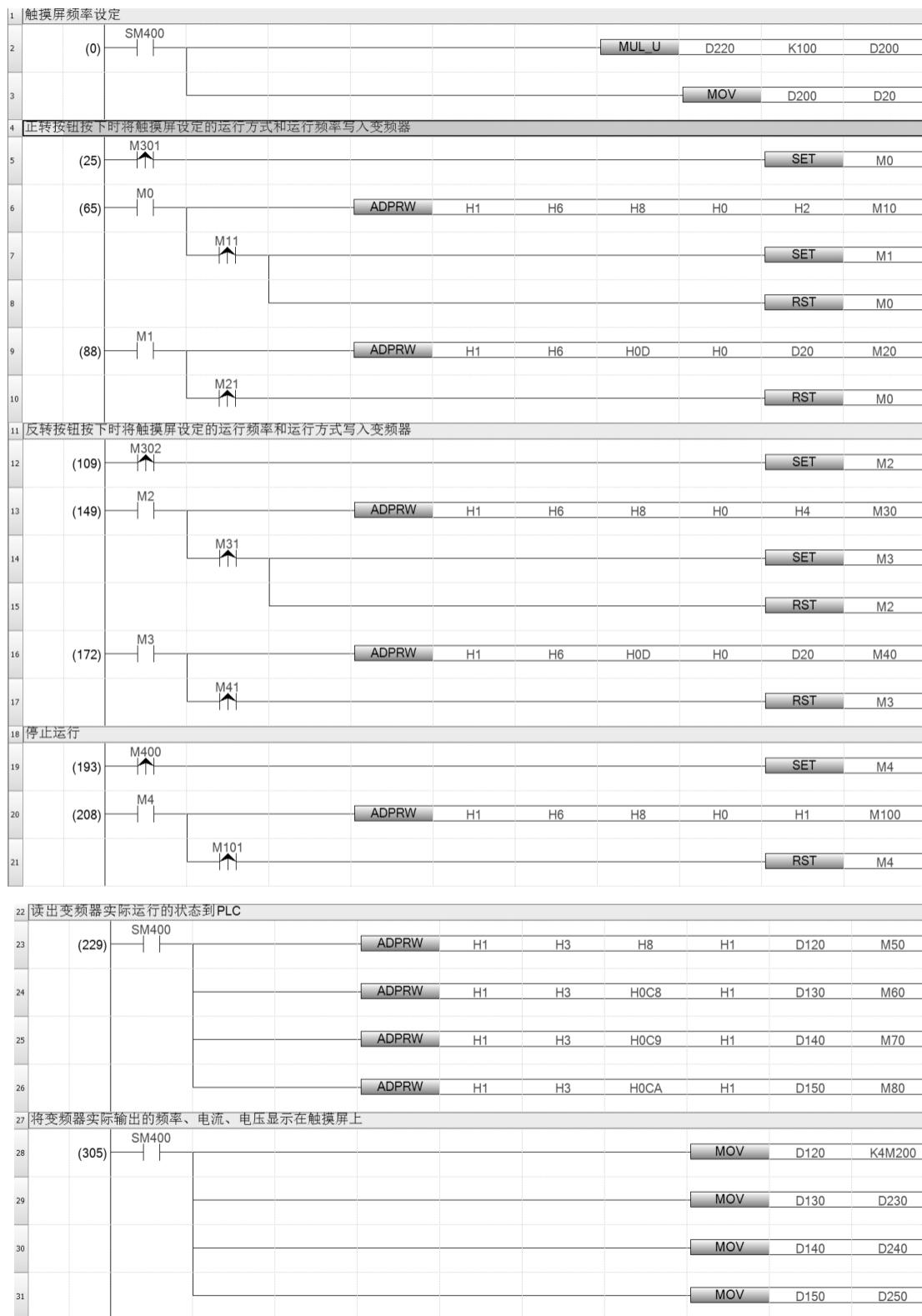


图 1-5-72 梯形图程序

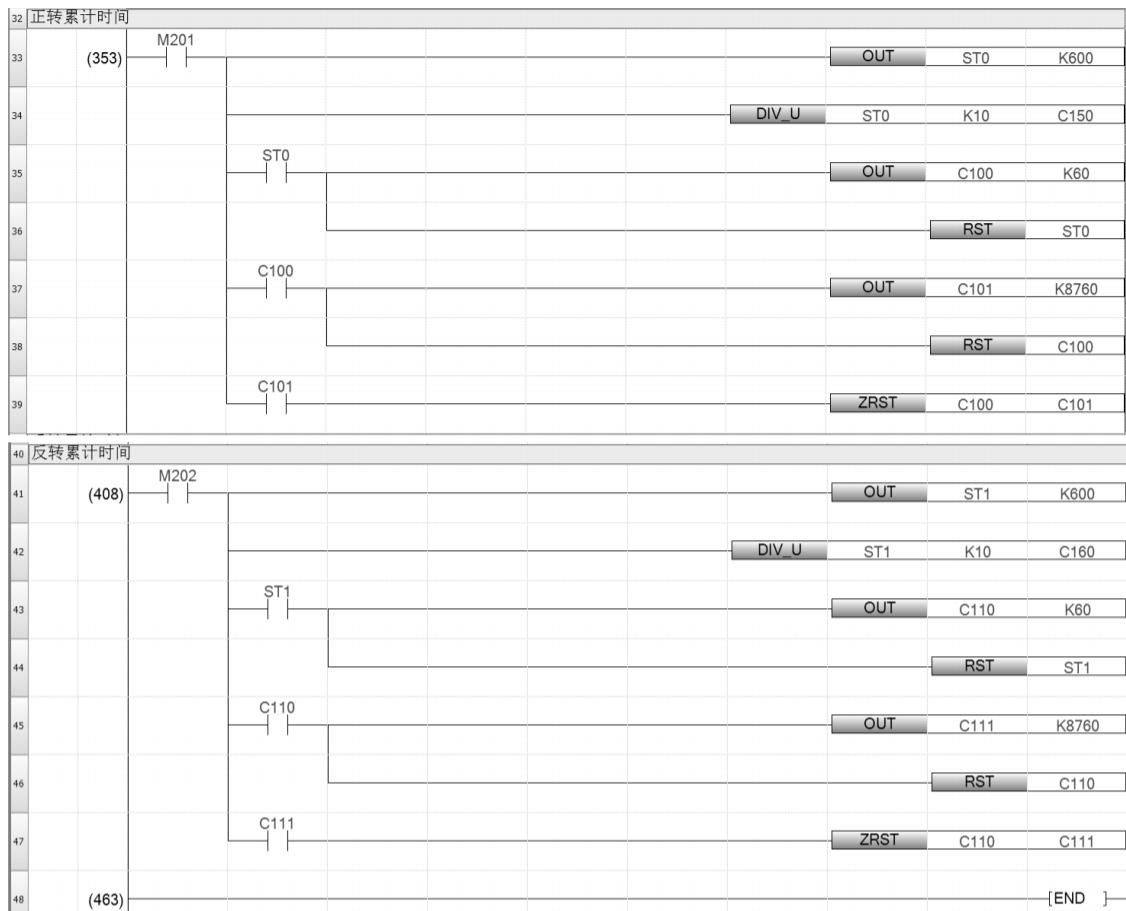


图 1-5-72 梯形图程序 (续)

(4) 设备上电，变频器参数按照表 1-5-24 所示设置，触摸屏和 PLC 程序下载，系统整体调试。

表 1-5-24 变频器参数设置

参数编号	设定值
Pr117	1
Pr118	96
Pr119	11
Pr120	2
Pr123	999
Pr124	2
Pr549	1

## 任务评价与总结

1. 任务质量考核要求及评分标准参考见表 1-5-25

表 1-5-25 任务质量评价表

考核内容	考核要求	配分	评分标准	自评	互评	师评	总评
系统设计 安装	1. I/O 分配表正确合理; 2. 电气原理图绘制正确; 3. 元器件安装正确、接线规范正确。	30	1. I/O 分配表错误, 扣 5 分; 2. 电气原理图绘制错误, 扣 5 分/处; 3. 元件松动扣 2 分/处, 损坏扣 4 分/处, 错、漏线扣 2 分/处, 错、漏编号扣 1 分/处, 反圈、压皮、松动, 扣 2 分/处。				
程序编写	1. 触摸屏画面设计; 2. PLC 程序编写。	40	1. 触摸屏画面设计软元件关联不正确, 不能实现触摸屏控制功能, 扣 3 分/处; 2. PLC 程序不能实现功能, 扣 3 分/处。				
系统调试 运行	1. 变频器通信参数设置; 2. 操作系统软硬件, 调试运行, 分析运行结果; 3. 排除调试过程中出现的故障。	20	1. 变频器通信参数设置错误, 扣 2 分/处; 2. 调试系统通电操作错误, 不按规范操作, 扣 3 分/次; 3. 调试中不能排除故障, 分析结果错误, 扣 2 分/处。				
职业素养	1. 遵守安全文明生产规程; 2. 科学严谨、耐心专注和求真务实的工程素养; 3. 团结协作, 沟通交流。	10	1. 不按操作规范操作, 每违反一项规定, 扣 3 分; 2. 发生安全事故, 成绩按 0 分处理; 3. 漏接接地线一处扣 5 分。				

## 2. 任务总结

在本任务中我们使用专用通信指令的方式来实现变频器的运行控制, 通过这个任务的实施让我们对通信控制变频器的运行有了了解, 为今后在实际的变频器通信控制打下基础, 但是我们要明白通信方式有多种多样, 一定要根据控制要求选择最合适的方式, 比如可以单独使用触摸屏直接通过 RS-485 串行通信而不采用 PLC 就可以直接控制多台变频器的运行。

MODBUS/TCP 与 MODBUS/RTU 的比较:

(1) MODBUS/RTU 和 MODBUS/TCP 两个协议的本质都是 MODBUS 协议, 都是靠 MODBUS 寄存器地址来交换数据。

(2) MODBUS/RTU 和 MODBUS/TCP 所用的硬件接口不一样, MODBUS/RTU 一般采用串口 RS-232C 或 RS-485/422, 而 MODBUS/TCP 一般采用以太网口。

(3) 现在市场上有很多协议转换器, 可以轻松地将这些不同的协议相互转换, 如 Intesisbox 可以把 MODBUS/RTU 或者 MODBUS/ASCII 转换成 MODBUS/TCP。

(4) 标准的 Modicon 控制器使用 RS-232C 实现串行的 MODBUS。MODBUS 的 ASCII、

RTU 协议规定了消息、数据的结构、命令和就答的方式，数据通信采用 Master/Slave 方式。

(5) MODBUS 协议需要对数据进行校验，串行协议中除有奇偶校验外，ASCII 模式采用 LRC 校验，RTU 模式采用 16 位 CRC 校验。

(6) MODBUS/TCP 模式没有额外规定校验，因为 TCP 协议是一个面向连接的可靠协议。

(7) TCP 和 RTU 协议非常类似，只要把 RTU 协议的两个字节的校验码去掉，然后在 RTU 协议的开始加上 5 个 0 和一个 6 并通过 TCP/IP 网络协议发送出去即可。

### 拓展阅读

通过项目学习我们掌握了变频器通过多段速和通信两种不同的方法都可实现电机的调速控制，为节约能源减少二氧化碳的排放有着重要的贡献作用。2020 年，我国第 75 届联合国大会上就曾庄严宣告：2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和，这彰显了负责任大国的使命、责任与担当，我们应该感到自豪和荣耀并为之而努力奋斗；养成安全与质量意识，求真务实、积极探索、勇于创新实践的科学精神。

### 课后练习

#### 一、填空题

- 变频器输入侧的额定值主要是指输入侧交流电源的（ ）、（ ）。
- 输出侧的额定值主要是指（ ）、（ ）、（ ）、（ ）、（ ）这几个方面。
- 变频器的频率指标中频率范围是指（ ）。
- 变频器有许多种类型，主要根据负载的要求进行选择，常见的负载类型有（ ）、（ ）、（ ）。
- 对于多数的恒转矩负载新设计的项目，可以按照公式  $I_{evf} \geq K_1 I_{ed}$  选择变频器规格。式中， $I_{evf}$  为变频器额定电流； $I_{ed}$  为电动机额定电流； $K_1$  为电流裕量系数，其取值范围为（ ）。
- 变频器主要由（ ）、（ ）、（ ）组成。
- 主电路实际上是（ ）和（ ）的组合。
- 整流电路的作用是（ ）。
- 变频器的中间电路有（ ）、（ ）等。
- 逆变电路也称为（ ），最常见的结构形式是利用 6 个半导体主开关器件组成的（ ）逆变电路。
- 为使逆变器输出电压波形趋于正弦波，常采用（ ）方式，变频器中常用全数字控制方式实现。
- 目前使用的异步电动机变频调速系统主要有 4 种类型，即（ ）、（ ）、（ ）、（ ）。
- 变频器正确选择外围设备主要有以下几个目的：（ ）、（ ）、（ ）。
- 为了防止触电和减少电磁噪声，在变频器主端子排上设有接地端子。接地端子必须单独可靠接地，接地端子电阻要小于（ ），而且接地线应尽量用（ ），接线应尽量（ ），接地点应尽量（ ）变频器。

15. 一般来说，FR-E740 变频器使用控制电路端子、在外部设置电位器和开关来进行操作的是（ ）模式，使用操作面板或参数单元输入启动指令、设定频率的是（ ）模式，通过 PU 接口进行 RS-485 通信或使用通信选件的是（ ）模式。

16. FR-E700 系列变频器通过参数（ ）的值来指定变频器的运行模式，当设定值 1 时，其处于（ ）模式。

17. FR-E740 变频器要想参数清除恢复出厂设置必须先将参数（ ）设置为 1 才可以。

18. 当 FR-E740 变频器参数 Pr.79=（ ）时，通过旋转 M 旋钮可以给定频率。

19. 当 FR-E740 变频器参数 Pr.79=（ ）时，通过外部的模拟量或数字量输入给定端口，可以将外部频率给定信号传送给变频器。如果是电压信号，一般有（ ）、（ ）、（ ）、（ ）等。如果是电流信号，一般有（ ）、（ ）两种。

20. 当 FR-E740 变频器参数 Pr.79=（ ）时，变频器频率由计算机或其他控制器通过通信接口进行给定。

21. Pr.7 参数的功能是用于（ ）设定，其含义是（ ）。

22. 三菱 FR-E740 变频器的外部端子中 STF 的功能是（ ）。

23. 三菱 FR-E740 变频器的外部端子中 STR 的功能是（ ）。

24. 三菱 FR-E740 变频器的外部速度控制端子 RH、RM 和 RL 通过组合最多可以（ ）的控制。

25. 如图 1 所示，读懂图，根据图填空。如果想要 5 速为 35Hz，则需要设定的参数是（ ）同时需要将（ ）端子接通。

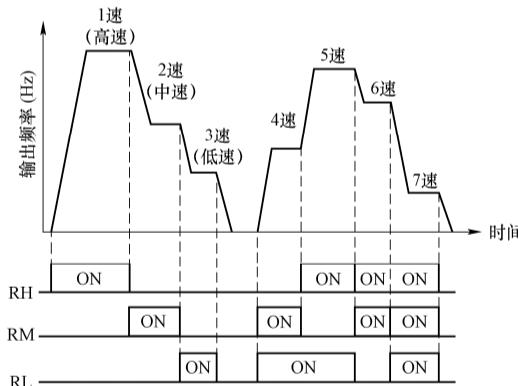


图 1

26. FX5U CPU 模块内置（ ）通信用端子排、内置模拟量输入输出端子排。

27. GX Works3 软件编程计算机与 FX5U CPU 模块之间的连接主要有（ ）和（ ）两种形式。

28. FX5U CPU 模块内置独立的（ ）轴 200kHz 的脉冲输出内置定位模块。FX5UPLC 具有支持变频器通信的专用直接操作指令（ ）、（ ）、（ ）。

29. Modbus 协议最初由 Modicon 公司开发出来，Modbus 可以支持多种电气接口，如（ ）、（ ）和（ ）等。

30. 目前，Modbus 包括标准 Modbus、（ ）和 Modbus Plus3 种形式。

31. Modbus 定义了（ ）模式和（ ）模式两种串行传输模式。  
 32. Modbus 协议相当复杂，但常用的主要功能码有（ ）。  
 33. ADPRW 指令格式及功能如图 2 所示。

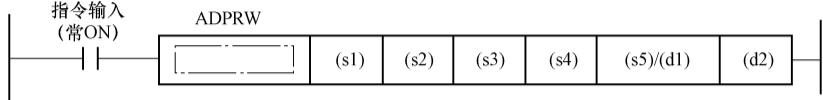


图 2 ADPRW 指令格式及功能

- s1 表示的是（ ）；本站或从站的站号。  
 s2 表示的是（ ）；功能代码。  
 34. GS2107 触摸屏的接口有（ ）、（ ）、（ ）类型。  
 35. 开关是 GT Designer3 工程中用到最多的元件，主要包括以下几种：（ ）、（ ）、（ ）以及站号切换开关、扩展功能开关、按键窗口显示开关和键代码开关。  
 36. GT Designer3 工程中指示灯主要有（ ）、（ ）。