

项目二

工件识别装置的调试与程序设计

项目一

项目二

项目三

项目四

项目五

项目六

项目七

项目八

在工件的生产和加工过程中经常需要对工件的材质、颜色及性质进行分类，只有识别出工件的种类才能完成后续的生产操作，所以工件的识别是机电一体化设备的一项重要技术指标。

通过工件自动识别装置，系统能够自动识别工件，并自动调用相应的程序进行加工。该装置的自动化程度高，在提高效率的同时能够避免人工出错。随着技术的发展，工件识别装置不断得到改进，被广泛用于智能物流、机器人的视觉系统、智能化无人工厂等多种现代化场合。

THJDME-1 型光机电一体化实训装置是通过传感器来完成工件的识别的。本项目通过完成工件识别装置的调试，帮助学生掌握不同种类传感器的调试方法及不同工件识别程序的设计方法。

学习目标

【知识目标】

- (1) 掌握光电传感器、磁性传感器、光纤传感器、对射传感器的工作原理和安装调试方法。
- (2) 熟悉三菱 3U 系列 PLC 的 I/O 接线端子。
- (3) 掌握三菱 3U 系列 PLC 外部接线规则及方法。
- (4) 熟练掌握三菱 PLC 的编程指令和 SFC 的编程方法。
- (5) 熟练掌握程序调试和故障排除方法。

【能力目标】

- (1) 能够读懂各种传感器的使用说明书，并正确安装、调试不同类型的传感器，熟悉相关标准、规范。
- (2) 学会使用万用表、电工刀、剥线钳、压线钳、尖嘴钳等常用的安装、调试工具及仪器。
- (3) 能够根据控制方案编写程序流程图。
- (4) 熟悉三菱编程软件，能够正确设置语言、通信接口、PLC 参数等。
- (5) 能够制订程序设计的工作计划和检查表。
- (6) 能够通过网络、期刊、专业书籍、技术手册等获取相应信息。

任务描述

某自动化生产线（见图 1-1）加工金属、白色塑料和黑色塑料 3 种工件。在该生产线的终端有一个用以识别 3 种工件的识别装置。接通电源后，按下“启动”按钮，设备启动，皮带输送机以 20 Hz 的频率正转运行，指示灯 HL1 以 1 Hz（0.5 s 亮、0.5 s 灭）的频率闪烁，此时可以从入料口手动放入工件，当皮带输送机的入料口检测到有工件时，指示灯 HL1 变为常亮（表示此时输送机的皮带上有了工件），皮带以 30 Hz 的频率正转运行，将工件送到检测位置，当检测出工件的材质时，皮带输送机停止运行，手动取走工件后，皮带输送机再以 20 Hz 的频率正转运行，准备下一工件的识别。

当检测出工件的材质时，指示灯 HL2 以不同的发光规律来指示工件识别已完成，可以将工件取走。工件取走后，指示灯 HL2 熄灭。HL2 的发光规律如下：

- （1）若工件为金属，则 HL2 以亮 1 s、灭 1 s 的周期频率闪烁。
- （2）若工件为白色塑料，则 HL2 以 2 Hz 的频率闪烁。
- （3）若工件为黑色塑料，则 HL2 不亮。

在工作过程中按下“停止”按钮，设备将在完成当前工件的识别和分拣并恢复到原位后，停止工作。

知识链接

一、安全须知

- （1）安装、接线等操作务必在切断电源后进行，以避免发生事故。
- （2）配线时，配线屑或导电物不可落入 PLC 或变频器内。
- （3）请勿将异常电压接入 PLC 或变频器电源输入端，以避免损坏 PLC 或变频器。
- （4）请勿将 AC 电源接于 PLC 或变频器输入 / 输出端子上，以避免烧坏 PLC 或变频器，应仔细检查接线是否有误。
- （5）在变频器输出端子（U、V、W）上不要连接交流电源，以避免发生意外或发生火灾，应仔细检查接线是否有误。
- （6）当变频器通电或正在运行时，请勿打开变频器前盖板，以免发生危险。
- （7）在插拔通信电缆时，请务必确认 PLC 输入电源处于断开状态。
- （8）勿将饮用水、打火机等带入实验室。
- （9）上电调试前，请举手示意指导教师，指导教师检查合格后方可上电调试。

二、传感器的基础知识

传感器（transducer/sensor）是一种检测装置，能感受被测量的信息，并能将感受到的信息按一定规律转换为电信号或其他所需形式的信息进行输出，以满足信息的传输、处理、存储、显示、记录和控制等需要。

传感器的特点包括微型化、数字化、智能化、多功能化、系统化、网络化。它是实现自动检测

和自动控制的首要环节。传感器相当于人类的神经系统，它的存在和发展让物体有了触觉、味觉和嗅觉等，让物体有了生命。

1. 传感器的分类

(1) 按用途分。传感器按用途分为力敏传感器、位置传感器、液位传感器、能耗传感器、速度传感器、加速度传感器、射线辐射传感器、热敏传感器等。

(2) 按原理分。传感器按原理分为振动传感器、湿敏传感器、磁敏传感器、气敏传感器、真空度传感器、生物传感器等。

(3) 按输出信号分。传感器按输出信号分为模拟传感器、数字传感器、膺数字传感器、开关传感器等。其中，模拟传感器将被测量的非电学量转换成模拟电信号；数字传感器将被测量的非电学量转换（包括直接转换和间接转换）成数字输出信号；膺数字传感器将被测量的信号量转换（包括直接转换和间接转换）成频率信号或短周期信号；当一个被测量的信号达到某个特定的阈值时，开关传感器相应地输出一个设定的低电平或高电平信号。

(4) 按制造工艺分。传感器按制造工艺分为集成传感器、薄膜传感器、厚膜传感器和陶瓷传感器等。

① 集成传感器。集成传感器是采用标准的生产硅基半导体集成电路的工艺技术制造的，通常还用于初步处理部分电路集成在同一芯片上的被测信号。

② 薄膜传感器。薄膜传感器是由沉积在介质衬底（基板）上的相应敏感材料的薄膜形成的。采用混合工艺时，同样可将部分电路集成在薄膜传感器基板上。

③ 厚膜传感器。厚膜传感器是将相应材料的浆料涂覆在陶瓷基片上，涂层形成后进行热处理，使厚膜成形。基片通常是由 Al_2O_3 制成的。

④ 陶瓷传感器。陶瓷传感器是采用标准的陶瓷工艺或某种变种工艺（溶胶、凝胶等），完成适当的预备性操作后，将成形的元件在高温中烧结而成的。

(5) 按测量目的分。传感器按测量目的分为物理型传感器、化学型传感器和生物型传感器。

① 物理型传感器。物理型传感器是利用被测量物质的某些物理性质发生明显变化的特性制成的。

② 化学型传感器。化学型传感器是利用能把化学物质的成分、浓度等化学量转化成电学量的敏感元件制成的。

③ 生物型传感器。生物型传感器利用各种生物或生物物质的特性制成，用以检测与识别生物体内的化学成分。

(6) 按构成分。传感器按构成分为基本型传感器、组合型传感器和应用型传感器。其中，基本型传感器是一种最基本的单个变换装置，组合型传感器是由不同单个变换装置组合而成的，应用型传感器是由基本型传感器或组合型传感器与其他机构组合而成的。

(7) 按作用形式分。传感器按作用形式分为主动型传感器和被动型传感器。

① 主动型传感器。主动型传感器又分作用型传感器和反作用型传感器。此种传感器能对被测对象发出一定的探测信号，能检测探测信号在被测对象中发生的变化，或者由探测信号在被测对象中产生某种效应而形成信号。检测探测信号变化方式的传感器称为作用型传感器，检测产生效应而

形成信号方式的传感器称为反作用型传感器。雷达与无线电频率范围探测器是作用型传感器的实例，光声效应分析装置与激光分析器是反作用型传感器的实例。

② 被动型传感器。被动型传感器只接收被测对象本身产生的信号，如红外辐射温度计、红外摄像装置等。

2. 传感器的组成与图形符号

(1) 传感器的组成。传感器一般由敏感元件、转换元件、变换电路和辅助电源 4 部分组成。敏感元件直接感受被测量，并输出与被测量有确定关系的物理量信号；转换元件将敏感元件输出的物理量信号转换为电信号；变换电路负责对转换元件输出的电信号进行放大调制；转换元件和变换电路一般还需要辅助电源供电。尽管传感器的组成大致相同，但每种传感器的外形还是有很大差别的。常见的机电一体化设备所使用的传感器的外形如图 2-1 所示。



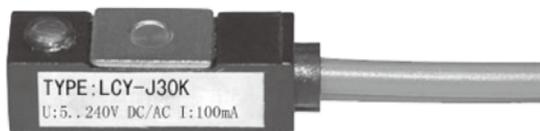
(a) 光纤传感器



(b) 电感式传感器



(c) 漫反射传感器

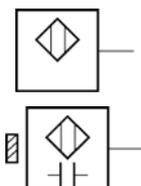
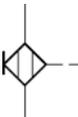
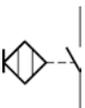
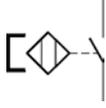
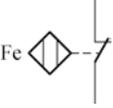
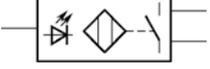


(d) 磁性开关

图 2-1 常见的机电一体化设备所使用的传感器的外形

(2) 常见传感器的图形符号。不同种类传感器的图形符号表示有所不同，根据《电气简图用图形符号 第 7 部分：开关、控制和保护器件》(GB/T 4728.7—2008) 和《机床电气设备及其系统 电路图、图解和表的绘制》(JB/T 2740—2015)，表 2-1 列出了常见传感器的图形符号。

表 2-1 常见传感器的图形符号

序号	图形符号	说明
07-19-01		接近传感器
07-19-02 07-19-03		接近传感器器件方框符号 操作方法可以表示出来 示例：固体材料接近时操作的电容性的接近检测器
07-19-04		接触传感器
07-20-01		接触敏感开关动合触点
07-20-02		接近开关动合触点
07-20-03		磁铁接近动作的接近开关，动合触点
07-20-04		磁铁接近动作的接近开关，动断触点
		光电开关动合触点，光纤传感器借用此符号

3. 工件识别装置所用电感式传感器的调试及接线方法

电感式传感器是将被测测量转换为线圈的自感或互感的变化来测量的装置。由铁心和线圈构成的将直线或角位移的变化转换为线圈电感量变化的传感器，称为电感式位移传感器。这种传感器的线圈匝数和材料磁导率都是一定的，其电感量的变化是由位移输入量导致线圈磁路的几何尺寸变化而引起的。当把线圈接入测量电路并接通激励电源时，就可获得正比于位移输入量的电压或电流输出。

本书中的机电一体化设备的工件识别装置所用电感式传感器的型号为 LE4-1K，输出形式为直流 NPN 三线常开型。LE4-1K 型电感式传感器的外观如图 2-2 所示，LE4-1K 型电感式传感器的尺寸如图 2-3 所示，LE4-1K 型电感式传感器的输出接线如图 2-4 所示，LE4-1K 型电感式传感器的参数说明如表 2-2 所示。



图 2-2 LE4-1K 型电感式传感器的外观

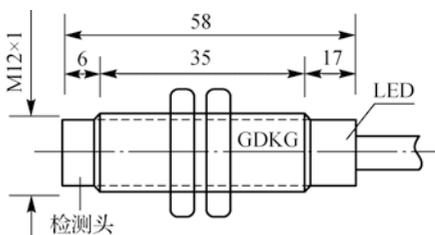


图 2-3 LE4-1K 型电感式传感器的尺寸

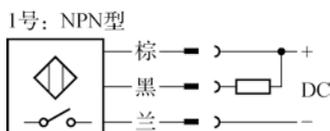


图 2-4 LE4-1K 型电感式传感器的输出接线

表 2-2 LE4-1K 型电感式传感器的参数说明

安装形式	非埋入式	工作电压	直流型: DC 10 ~ 30 V
检测距离	4 mm ± 20%	静态电流	DC 三线型: ≤ 2.5 mA
设定距离	0 ~ 3.2 mm	响应频率	300 Hz
回差值	小于检测距离的 10%	电流输出	200 mA
标准检测体	15 × 15 × 1 铁	防护等级	IP66
残留电压	DC 三线式: ≤ 1.5 V, DC 二线式: ≤ 4 V, AC 二线式: ≤ 8 V		
温度影响	在 -25 °C ~ +70 °C 内, +25 °C 时的检测距离在 10% 以下		
绝缘电阻	≥ 50 MΩ · min (DC 500 V Mega 基准)		
耐压	AC 1 500 V 50/60 Hz 1 min		
抗振动	10 ~ 55 Hz (周期每分钟), 复振幅 1 mm, X、Y、Z 各方向 2 h		

续表

抗冲击	500 m/s ² (50G), X、Y、Z 各方向 3 次
环境温度	工作时: -30 °C ~ +80 °C (未结冰状态下)
	储存时: -30 °C ~ +80 °C (未结冰状态下)
环境湿度	工作时: 35% ~ 95% RH
指示灯	动作显示 (红色 LED)

在工件识别装置中,LE4-1K型电感式传感器安装在生产线1号料槽的位置,用以检测金属工件。当金属工件运动到1号料槽的位置时,会使LE4-1K中的直流NPN三线常开闭合,给PLC一个反馈信号,使PLC控制执行器做出一系列动作。

调试LE4-1K型电感式传感器要注意以下两点:

(1) 检测工件和传感器之间的距离保持在2~4.8mm,距离过小会刚蹭工件,距离过大会使传感器检测不到信号。

(2) 接线时注意棕色接“+”、蓝色接“-”、黑色接“输出”(PLC的输入端)。

4. 工件识别装置所用光电传感器的调试及接线方法

光电传感器是将光通量转换为电量的一种传感器。光电传感器的基础是光电转换元件的光电效应。由于光电测量方法灵活多样,可测参数众多,具有非接触、高精度、高可靠性和反应快等特点,因此光电传感器在检测和控制领域获得广泛的应用。

(1) 光电传感器的工作方式。

① 槽型光电开关。把一个发光器和一个收光器面对面地装在一个槽的两侧组成槽形光电开关。发光器能发出红外光或可见光,收光器在无阻情况下能接收到光。当被检测物体从槽中通过时,光被遮挡,光电开关动作,输出一个开关控制信号,切断或接通负载电流,从而完成一次控制动作。槽型光电开关的检测距离因为受到整体结构的限制一般只有几厘米。

② 对射式光电开关。若把发光器和收光器分开设置,则可使检测距离加大。一个发光器和一个收光器可组成对射分离式光电开关,简称对射式光电开关。对射式光电开关的检测距离可达几米乃至几十米。使用对射式光电开关时,把发光器和收光器分别装在检测物通过路径的两侧,检测物通过时阻挡光路,收光器动作,输出一个开关控制信号。

③ 反光板反射式光电开关。把发光器和收光器装入同一个装置,在装置的前方装一块反光板,利用反射原理完成光电控制作用的光电开关,称为反光板反射式(或反射镜反射式)光电开关。正常情况下,发光器发出的光源被反光板反射回来再被收光器接收到。一旦被检测物挡住光路,收光器接收不到光,光电开关就动作,输出一个开关控制信号。

④ 扩散反射型光电开关。扩散反射型光电开关的检测头里也装有一个发光器和一个收光器,但其前方没有反光板。正常情况下发光器发出的光,收光器是收不到的;当检测物通过时挡住了光,并把部分光反射回来,收光器就收到光信号,输出一个开关信号。

(2) 光电传感器的分类。光电传感器分为漫反射型:一般型或能量型(-8)、聚焦式(-8-H)、带背景抑制功能型(-8-H)、带背景分析功能型(-8-HW)。反射板型:一般型(-6)、带偏振滤波

功能型(-54、-55)、带透明体检测功能型(-54-G)、带前景抑制功能型(-54-V)。对射型;槽型;光纤传感器(塑料光纤型、玻璃光纤型);色标传感器,颜色传感器,荧光传感器;激光测距(三角反射原理型,相位差原理型,时间差原理型);防爆/隔爆型。

(3) 红外线光电开关和光纤传感器。本书中的机电一体化设备的工件识别装置中用到的光电传感器有两种,分别为红外线光电开关和光纤传感器。

① 红外线光电开关。在工件识别装置中,红外线光电开关的型号为SB03-1K,输出形式为直流NPN三线常开型。SB03-1K型红外线光电开关的外观如图2-5所示,尺寸如图2-6所示,输出接线如图2-7所示,参数说明如表2-3所示。



图 2-5 SB03-1K 型红外线光电开关的外观

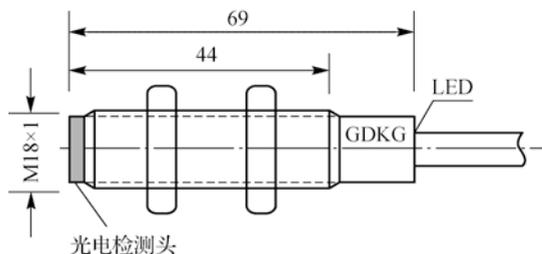


图 2-6 SB03-1K 型红外线光电开关的尺寸

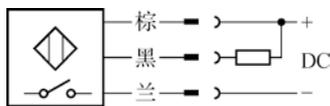


图 2-7 SB03-1K 型红外线光电开关的输出接线

表 2-3 SB03-1K 型红外线光电开关的参数说明

检测距离	漫反射型: 30 cm	工作电压	直流型: DC 10 ~ 30 V
	镜反射型: 2 m		交流型: AC 90 ~ 250 V
	对射型: 5 m (标准规格) 对射型: 10 m (特殊加长)	静态电流	DC 三线型: ≤ 20 mA
回差值	不大于检测距离的 10%	响应频率	200 Hz
指向角	$3^\circ \sim 20^\circ$	电流输出	200 mA
调节方式	对于反射型, 距离可调节	防护等级	IP66
残留电压	DC 三线式: ≤ 1.5 V, AC 二线式: ≤ 12 V		
温度影响	在 $-25^\circ\text{C} \sim +70^\circ\text{C}$ 内, $+25^\circ\text{C}$ 时的检测距离在 10% 以下		
绝缘电阻	≥ 50 M $\Omega \cdot \text{min}$ (DC 500 V Mega 基准)		

续表

耐压	AC 1 500 V 50/60 Hz 1 min		
抗振动	10 ~ 55 Hz (周期每分钟), 复振幅 1 mm, X、Y、Z 各方向 2 h		
抗冲击	500 m/s ² (50G), X、Y、Z 各方向 3 次		
环境温度	工作时: -30 °C ~ +80 °C (未结冰状态下)		
	储存时: -30 °C ~ +80 °C (未结冰状态下)		
环境湿度	工作时: 35% ~ 95% RH		
指示灯	动作显示 (红色 LED)	连接方式	电缆连接 (长度 2 m)

在工件识别装置中, SB03-1K 型光电传感器安装在生产线的传送带入料口处, 用以检测是否有工件放到传送带上。当有工件 (无论是金属还是塑料以及其他材质) 放入入料口, 即有光线变化时, 都会使 SB03-1K 型光电传感器中的直流 NPN 三线常开闭合, LED 红灯亮, 并给 PLC 一个反馈信号, 使 PLC 控制执行器做出一系列动作。

调试 SB03-1K 型光电传感器要注意以下两点:

- a. SB03-1K 型传感器的安装位置要和工件下落的位置在一条直线上, 以便于光的反射。
- b. 接线时注意棕色接“+”、蓝色接“-”、黑色接“输出”(PLC 的输入端)。

② 光纤传感器。光纤传感器的基本工作原理是将来自光源的光经过光纤送入调制器, 使待测参数与进入调制区的光相互作用后, 导致光的光学性质 (如光的强度、波长、频率、相位、偏振态等) 发生变化, 成为调制的信号光, 再利用被测量对光的传输特性施加的影响, 完成测量。

a. 光纤传感器的测量原理。

• 物性型光纤传感器的测量原理。物性型光纤传感器是利用光纤对环境变化的敏感性, 将输入物理量变换为调制的光信号。其工作原理基于光纤的光调制效应, 即光纤在外界环境因素 (如温度、压力、电场、磁场等) 改变时, 其传光特性 (如相位与光强) 会发生变化的现象。因此, 如果能测出通过光纤的光相位、光强变化, 就可以知道被测物理量的变化。这类传感器又被称为敏感元件型或功能型光纤传感器。激光器的点光源光束扩散为平行波, 经分光器分为两路: 一路为基准光路, 另一路为测量光路。外界参数 (温度、压力、振动等) 引起光纤长度的变化和相位的光相位变化, 从而产生不同数量的干涉条纹, 对它的模向移动进行计数, 就可测量温度或压力等。

• 结构型光纤传感器的测量原理。结构型光纤传感器是由光检测元件 (敏感元件) 与光纤传输回路及测量电路所组成的测量系统。其中, 光纤仅作为光的传播媒质, 所以又称为传光型或非功能型光纤传感器。

b. 光纤传感器的类型和特点。根据光受被测对象的调制形式不同, 光纤传感器可以分为强度调制型、偏振态制型、相位制型、频率制型。光纤传感器与传统的各类传感器相比, 其是用光作为敏感信息的载体, 用光纤作为传递敏感信息的媒质, 具有光纤及光学测量的特点, 有一系列独特的优点, 如电绝缘性能好, 抗电磁干扰能力强, 非侵入性, 高灵敏度, 容易实现对被测信号的远距离监控, 耐腐蚀, 防爆, 光路有可挠曲性, 便于与计算机连接。

c. E3X-ZD11 型光纤传感器。工件识别装置所用的光纤传感器的型号为欧姆龙生产的



微课
光纤传感器 1



微课
光纤传感器 2

E3X-ZD11。其输出形式为直流 NPN 三线常开型。E3X-ZD11 型光纤传感器的外观如图 2-8 所示, E3X-ZD11 型光纤传感器的尺寸如图 2-9 所示, E3X-ZD11 型光纤传感器的输出接线如图 2-10 所示, E3X-ZD11 型光纤传感器的各部分名称和功能如图 2-11 所示。



图 2-8 E3X-ZD11 型光纤传感器的外观

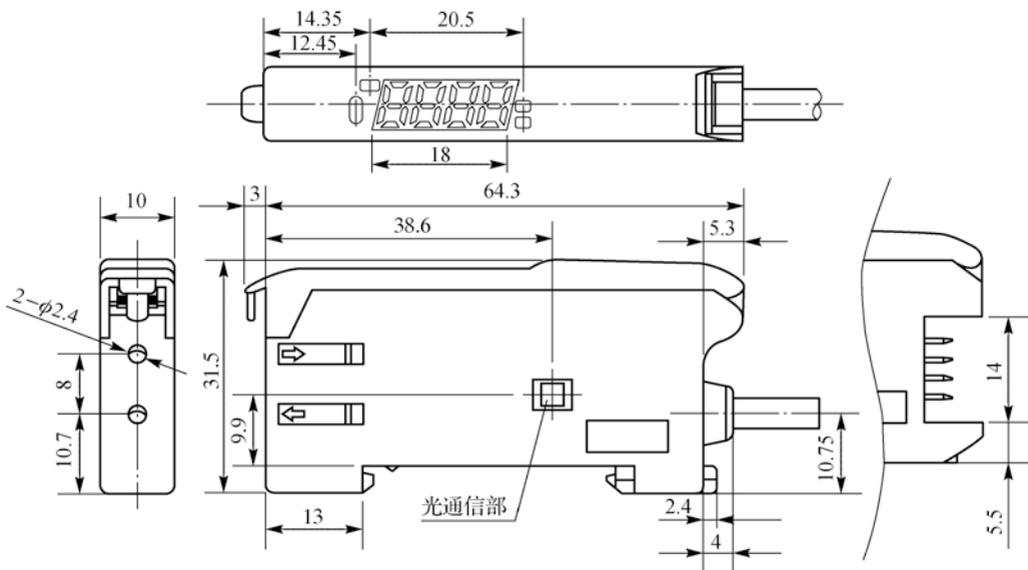


图 2-9 E3X-ZD11 型光纤传感器的尺寸

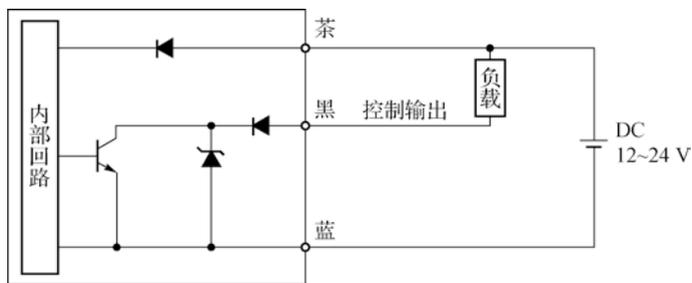


图 2-10 E3X-ZD11 型光纤传感器的输出接线

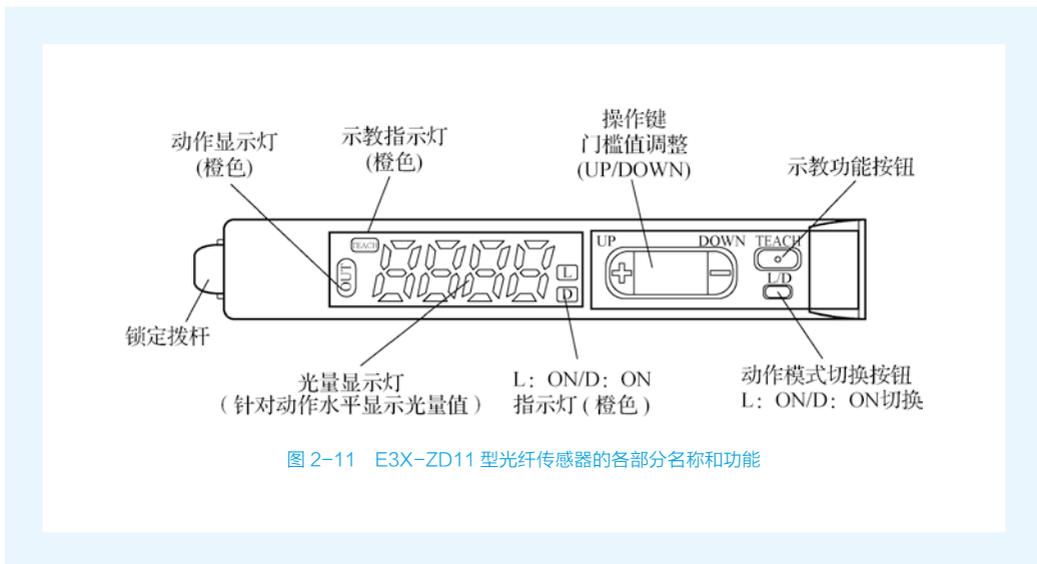


图 2-11 E3X-ZD11 型光纤传感器的各部分名称和功能

E3X-ZD11 型光纤传感器的参数设定如下：

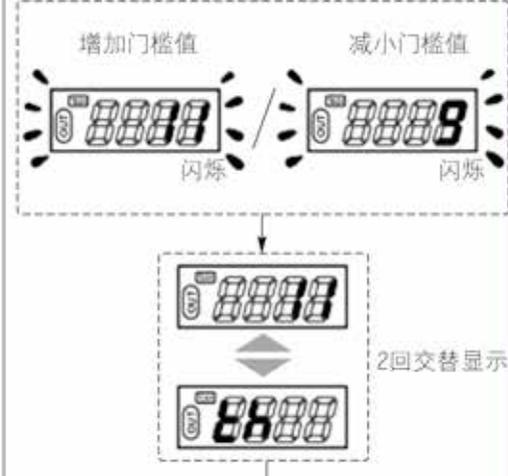
- 动作模式设定。选择入光时 ON 或者遮光时 ON，可用切换按钮设定动作模式，如表 2-4 所示。

表 2-4 使用切换按钮设定动作模式

操作键	显 示		操作说明
L/D	L: ON→D: ON	D: ON→L: ON	L: NO: 入光时ON L/D表示灯: L点灯 D: NO: 遮光时ON L/D表示灯: D点灯
	<p>2回交替显示</p>	<p>2回交替显示</p>	
		(出厂时设定为L: ON)	返回受光量表示

• 阈值调整。在工作状态下用 UP/DOWN 键进行设定，通过数码显示确认阈值，如表 2-5 所示。

表 2-5 阈值调整

操作键	显 示	操作说明
		<p>按下UP或DOWN键，可显示当前的阈值：阈值标记与阈值交替显示5回后，恢复到正常显示光量值的界面状态。</p>
		<p>按下UP键，增加阈值；按下DOWN键，降低阈值； ※通过长按可改变数字增加速度。</p>

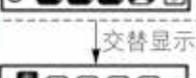
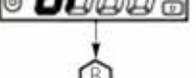
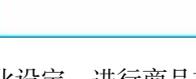
• 工件有无的示教。首先分别检出工件有和无2点，然后将动作水平设定在中间点，如表2-6所示。

表 2-6 工件有无的示教

操作键	显示	说明	显示	说明
TEACH 		在有工件的状态下按TEACH键，进入示教模式：按住TEACH键3 s，进入2点示教模式		显示第1点示教结果
				
				显示第2点示教结果
				
				显示第2点示教后最终设定的门槛值
				
TEACH 		在无工件的状态下按TEACH键，完成2点示教		返回受光量表示
				

• 自动示教。检测规定时间内的变化，将动作水平设定在最大的中间点和最小的中间点。此方法最适用于检出工业流水线上连续移动的工件。自动示教如表 2-7 所示。

表 2-7 自动示教

操作键	显示	说明	显示	说明
TEACH 				
				
				显示最小阈值
				
				显示最大阈值
				
				显示自动示教后最终设置的阈值
				
				返回受光量表示

按TEACH键保持3 s以上，等出现Auto字母显示后，使检出物通过。放开TEACH键，自动示教完成。

- 商品初始化设定。进行商品初始化设定，可使商品设置恢复到出厂时的状态，如表 2-8 所示。
- 错误显示。发生各种错误时会显示相应信息，可参考表 2-9 所示内容进行处置。

表 2-8 商品初始化设定

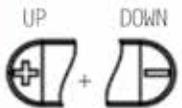
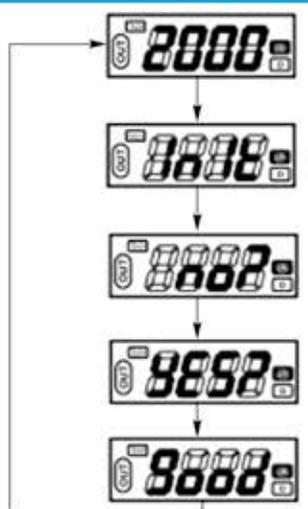
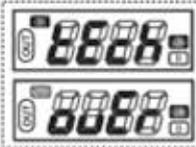
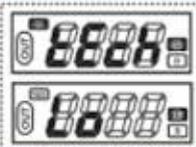
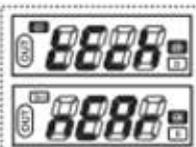
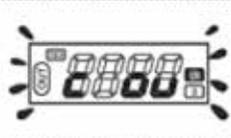
操作键	显示	操作说明
  	 <p>显示 3 s</p> <p>当显示“no?”时按 TEACH 键,就可返回到设定初始化前的光量显示模式</p>	<p>同时按 UP 键和 DOWN 键 5 s 以上</p> <p>按 UP 键或 DOWN 键,切换至显示“YES?”</p> <p>按 TEACH 键,若显示“good”,则表示商品设置恢复到出厂时的状态</p>

表 2-9 错误显示

显示	分析与处置
 <p>交替显示 2回</p>	<p>OVER错误</p> <p>受光量过大。因为已将门槛值设定为最小灵敏度,所以要在确认动作状态后再使用。根据需要,可在重新改善光纤单元的设置后再次实施示教</p>
 <p>交替显示 2回</p>	<p>LOW错误</p> <p>受光量过小。因为已将门槛值设定为最大灵敏度,所以要在确认动作状态后再使用。根据需要,可在重新改善光纤单元的设置后再次实施示教</p>
 <p>交替显示 2回</p>	<p>NEAR错误</p> <p>变化过小。因为存在着不恰当的动作的可能性,所以应在确认动作状态后再使用</p>
 <p>闪烁2回</p>	<p>数控错误</p> <p>闪烁存储数据错误。 重新示教,调整门槛值等</p>
 <p>闪烁2回</p>	<p>过电流错误</p> <p>在控制输出中有过电流流动。 请确认负载是否合适、有无短路</p>

三、指示灯控制程序

在工业生产中，指示灯作为指示信号被广泛使用。例如，在工厂里，绿灯一般代表正常运行，红灯一般代表报警故障，等等。在机电一体化设备调试过程中，信号灯会以不同的频率指示不同的运行方式和工作状态，所以指示灯控制程序的编写至关重要。

1. 指示灯 1 Hz 闪烁

指示灯 1 Hz 闪烁，即闪烁周期为 1 s，即亮 0.5 s 灭 0.5 s。三菱 PLC 中有许多特殊功能的寄存器，如 M8011（10 ms 时钟脉冲）、M8012（100 ms 时钟脉冲）、M8013（1 s 时钟脉冲）、M8014（1 min 时钟脉冲）。所以，编制一个 1 Hz 闪烁程序有两种方法：用特殊功能寄存器和用定时器，如图 2-12 和图 2-13 所示。

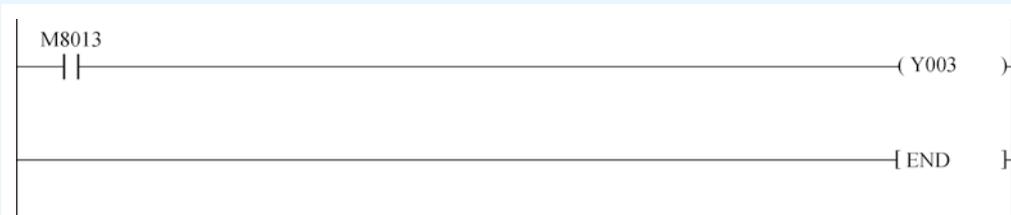


图 2-12 用特殊功能寄存器编制 1 Hz 闪烁程序



图 2-13 用定时器编制 1 Hz 闪烁程序

2. 指示灯 2 Hz 闪烁

指示灯 2 Hz 闪烁，即闪烁周期为 0.5 s，即亮 0.25 s 灭 0.25 s。三菱 PLC 中 10 ms 通用定时器为 T200 ~ T245，共 46 点。这类定时器是对 10 ms 时钟累积计数，设定值为 1 ~ 32 767，所以其定时范围为 0.01 ~ 327.67 s。指示灯 2 Hz 闪烁程序如图 2-14 所示。



微课
PLC 控制警
示灯闪烁 1



微课
PLC 控制警
示灯闪烁 2



微课
PLC 控制警
示灯闪烁 3

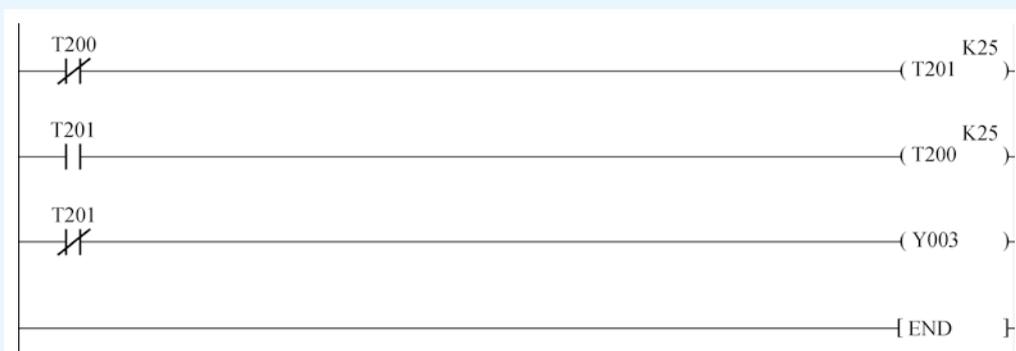


图 2-14 指示灯 2 Hz 闪烁程序

3. 指示灯亮 1 s 灭 1 s

指示灯亮 1 s 灭 1 s 闪烁程序如图 2-15 所示。

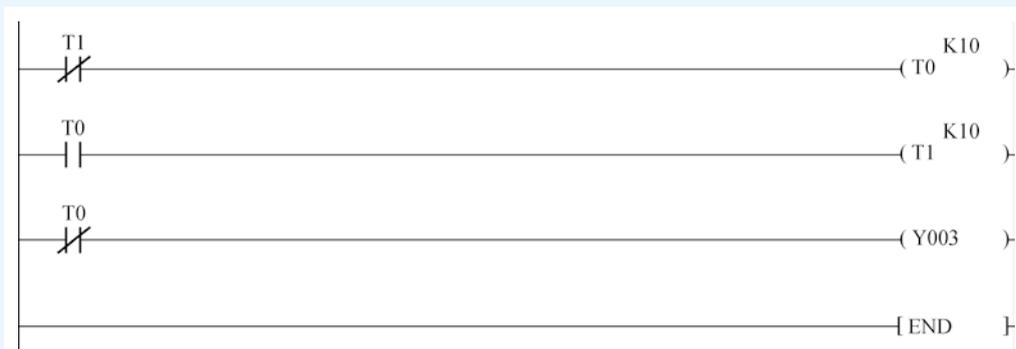


图 2-15 指示灯亮 1 s 灭 1 s 闪烁程序

四、三菱 PLC 的 SFC 编程方法

顺序功能图 (sequential function chart, SFC) 是一种新颖的、按工艺流程图进行编程的图形化编程语言,也是一种符合国际电工委员会 (IEC) 标准,被首选推荐用于 PLC 的通用编程语言。因此, SFC 在 PLC 的应用领域中得到广泛的推广和应用。

1. SFC 编程的优点

SFC 编程具有以下优点:

- (1) 在程序中可以直观地看到设备的动作顺序。因为 SFC 程序是按照设备 (或工艺) 的动作顺序编写的,所以程序的规律性较强,容易读懂,具有一定的可视性。
- (2) 在设备发生故障时能很容易找出故障所在位置。

(3) 不需要复杂的互锁电路, 更容易设计和维护系统。

2. SFC 的组成和运行规则

(1) SFC 的组成。SFC 是用状态元件描述工步状态的工艺流程图, 通常由步 (初始步、活动步、一般步)、动作和命令、有向连线、转移条件等组成。

① 步。步是指控制系统的一个工作状态。在三菱 FX 系列 PLC 中, 把步称为状态, 即一步就是一个工作状态。

② 有向连线。有向连线是状态与状态之间的连接线。它表示状态被激活的先后顺序。

③ 转移条件。转移条件是一个逻辑信号, 如按钮、开关、传感器、定时器、计数器等逻辑开关变量。

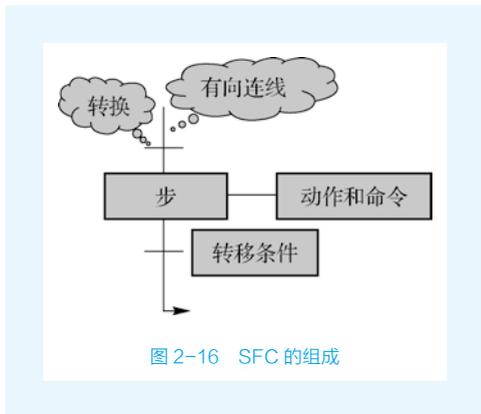


图 2-16 SFC 的组成

步 + 该步工序中的动作和命令 + 有向连线 + 转移方向和转移条件 = SFC, 如图 2-16 所示。

(2) SFC 程序的运行规则。从初始步开始执行, 当每步的转移条件成立时, 就由当前步转为执行下一步, 在遇到 END 时结束所有步的运行。

3. SFC 的设计方法

在 FX 系列 PLC 中, 每一个状态或者步用一个状态元件表示。S0 为初始步, 也称为准备步, 表示初始准备是否到位; 其他为工作步。

状态元件是构成状态转移图的基本元素, 是 PLC 的软元件之一。FX2N 共有 1 000 个状态元件, 其分类、编号、数量及用途如表 2-10 所示。

表 2-10 FX2N 的状态元件

分 类	编 号	数 量	用 途
初始状态	S0 ~ S9	10	用作 SFC 图的初始状态
返回状态	S10 ~ S19	10	在多运行模式控制中, 用作返回原点的状态
通用状态	S20 ~ S499	480	用作 SFC 图的中间状态, 表示工作状态
掉电保持状态	S500 ~ S899	400	具有停电保持功能, 停电恢复后需继续执行的场合
信号报警状态	S900 ~ S999	100	用作报警元件

注 1: 状态元件的编号必须在指定范围内选择。

注 2: 各状态元件的触点在 PLC 内部可自由使用, 次数不限。

注 3: 在不用步进顺控指令时, 状态元件可作为辅助继电器在程序中使用。

注 4: 通过参数设置, 可改变一般状态元件和掉电保持状态元件的地址分配。

(1) 单流程控制的 SFC。一个控制过程可以分为若干个阶段, 这些阶段称为状态或者步。状态与状态之间由转移条件分隔。当相邻两状态之间的转移条件得到满足时, 就实现状态转换。状态转

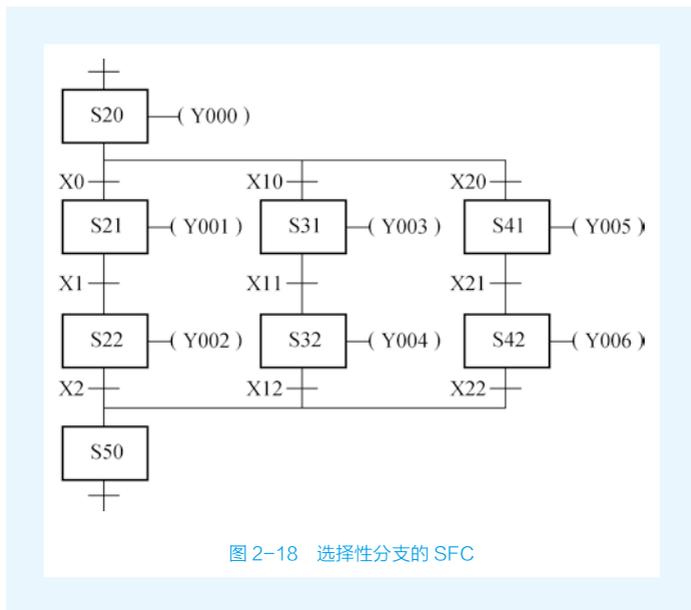
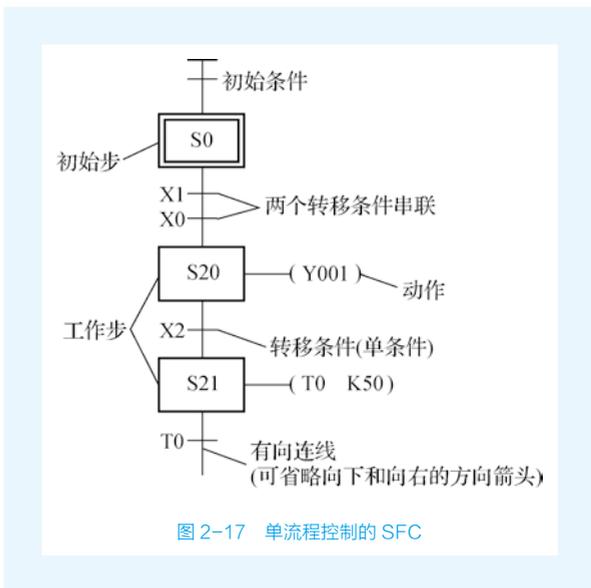
移只有一种流向的称为单分支流程顺控结构。

如图 2-17 所示, 初始步 S0 没有驱动动作, S20 为其转移目标, X0、X1 为串联的转移条件; 在 S20 步中, Y001 为其驱动动作, S21 为其转移目标, X2 为其转移条件。

步与步之间的有向连线表明流程的方向。步与步之间的状态转换需满足两个条件: 一是前级步必须是活动步, 二是对应的转移条件要成立。满足上述两个条件就可以实现步与步之间的转换。值得注意的是, 一旦后续步转换为活动步, 前级步就要复位成为非活动步。

这样, 状态转移图的分析就变得条理十分清晰, 无须考虑状态之间繁杂的关联关系, 可以理解为: “只干自己需要干的事, 无须考虑其他。” 这同时也方便了程序的阅读理解, 使程序的试运行、调试、故障检查与排除变得非常容易, 这就是步进顺控设计法的优点。

(2) 选择性分支的 SFC。从多个分支流程中选择执行某一个单支流程, 称为选择性分支结构, 如图 2-18 所示。图中 S20 为分支状态, 该状态转移图在 S20 步以后分成了 3 个分支, 供选择执行。



当 S20 步被激活成为活动步后, 若转移条件 X0 成立, 则执行左边的程序; 若转移条件 X10 成立, 则执行中间的程序; 若转移条件 X20 成立, 则执行右边的程序。转移条件 X0、X10 和 X20 不能同时成立。

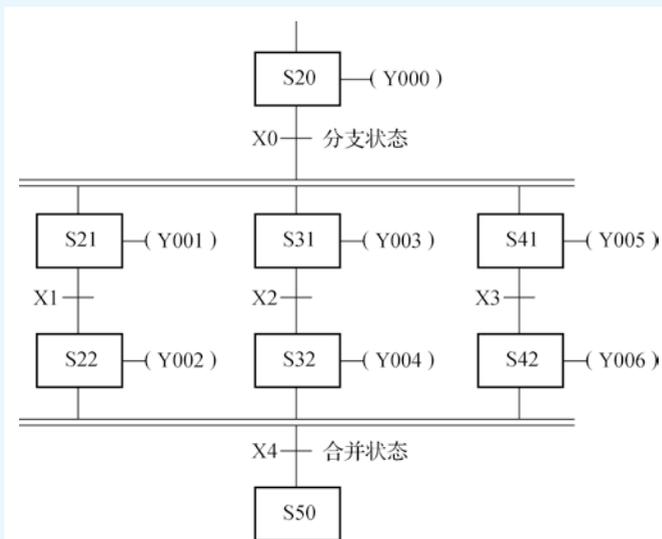


图 2-19 并行分支的 SFC

S50 为汇合状态，可由 S22、S32、S42 任一状态驱动。

(3) 并行分支的 SFC。并行分支结构是指同时处理多个程序流程，如图 2-19 所示。图中，当 S20 步被激活成为活动步后，若转移条件 X0 成立，则同时执行左、中、右 3 个分支程序。

S50 为汇合状态，由 S22、S32、S42 三个状态共同驱动，当这三个状态都成为活动步且转移条件 X4 成立时，汇合转换成 S50 步。

并行分支、汇合处的编程原则是先集中处理分支转移

情况，然后依顺序进行各分支程序处理，最后集中处理汇合状态。

并行分支结构最多能实现 8 个分支的汇合。在并行分支、汇合处不允许有图 2-20 (a) 所示的转移条件，而必须将其转化为图 2-20 (b) 所示的结构后再进行编程。

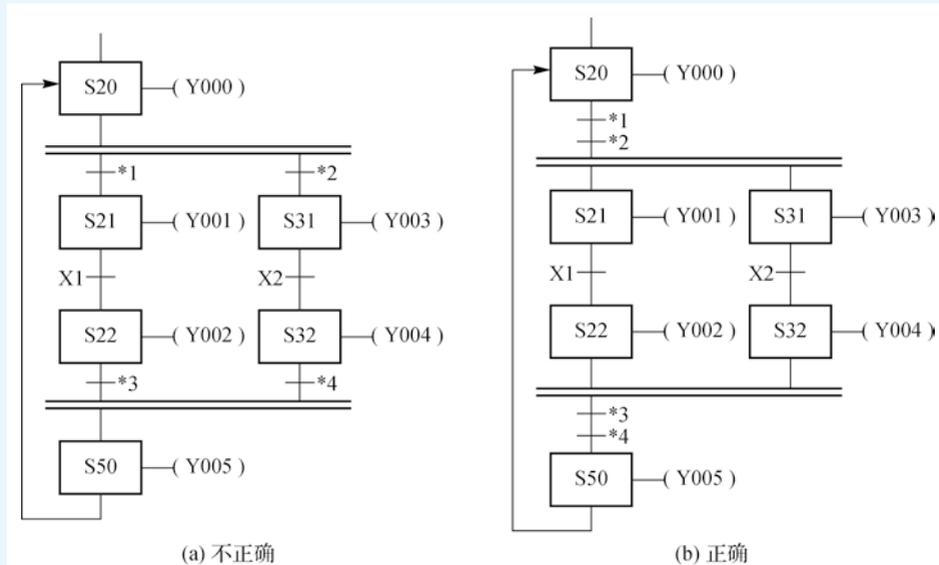


图 2-20 并行分支、汇合处的编程

任务实施

一、编程准备

在编制控制程序前，应准备好编程所需的技术资料，并做好工作现场的准备工作。

1. 技术资料

- ◆ 充分了解实训模块，如图 2-21 所示。
- ◆ 充分理解端子接线图，如图 2-22 所示。

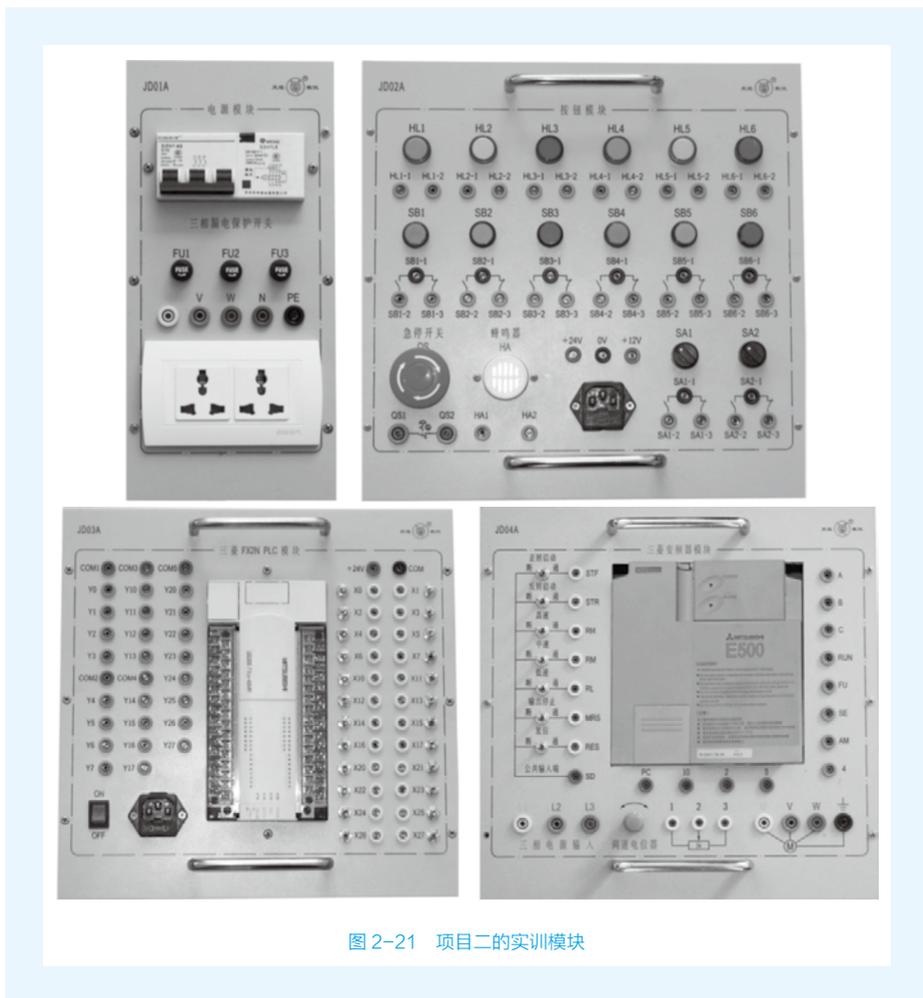


图 2-21 项目二的实训模块

(1) 电源模块。三相四线 380 V 交流电源经三相电源总开关给系统供电，设有保险丝，具有漏电和短路保护功能；提供单相双联暗插座，可以给外部设备、模块供电，并提供单、三相交流电源，同时配有安全连接导线。

(2) 按钮模块。提供红、黄、绿 3 种指示灯（DC 24 V），复位、自锁按钮，急停开关，转换开关、蜂鸣器；提供 24 V/6 A、12 V/5 A 直流电源，为外部设备提供直流电源。

(3) 变频器模块。系统采用三菱 E540 系列高性能变频器，三相交流 380 V 电源供电，输出功率为 0.75 kW；具有八段速控制制动功能、再试功能以及根据外部 SW 调整频率和记忆功能；具备电流控制保护、跳闸（停止）保护、防止过电流失控保护、防止过电压失控保护。

(4) PLC 模块。PLC 模块采用日本三菱 FX3U-48MT（AC/DC/晶体管输出）主机，内置数字量 I/O（24 路数字量输入 /24 路晶体管输出）。每个 PLC 的输入端均设有输入开关。PLC 的输入 / 输出接口均已连接到面板上，方便用户使用。

2. 工作现场

(1) 列出 I/O 分配表。根据任务分析，可得出输入元件有 5 个，分别为“启动”按钮、“停止”按钮、入料口检测光电传感器、料槽一电感式传感器、料槽二光纤传感器；输出元件有 3 个，分别为 HL1 指示灯、HL2 指示灯及变频器（正转高速和正转低速）。所以，选择 PLC 的输入点数应为 5 个，输出点数应为 5 个，如表 2-11 所示。

表 2-11 I/O 分配表

序 号	I（输入）		O（输出）	
	地 址	说 明	地 址	说 明
1	X0	“启动”按钮	Y0	变频器 STF
2	X1	“停止”按钮	Y1	变频器 RH
3	X2	光电传感器	Y2	变频器 RM
4	X3	电感式传感器	Y3	指示灯 HL1
5	X4	光纤传感器	Y4	指示灯 HL2

(2) 画出电气控制原理图。本任务的输入 / 输出元件只比项目一多了传感器和指示灯，请仿照项目一的电气控制原理图，结合传感器的国标绘制方法，根据表 2-11 画出电气控制原理图。

(3) 根据电气控制原理图安装电路。进行电气线路连接之前，首先确保电源开关处于断开位置，然后按下列顺序依次进行：

① 将电源警示灯、传感器和三相异步电动机的连线连到接线排合适的位置。注意将动力线和信号线分开。

② 按照电气控制原理图先接 PLC 输出回路和电源警示灯的连线，再接 PLC 输入回路的连线。

③ 按照电气控制原理图完成变频器和三相异步电动机的连线。

④ 连接各模块电源线。

⑤ 电路检查。按照项目一的电路检查方法进行通电前的检查和通电后的检查及调整。

按钮模块接线如图 2-23 所示，PLC 模块接线如图 2-24 所示，变频器模块接线如图 2-25 所示，传感器与接线端子接线如图 2-26 所示，整体接线如图 2-27 所示。

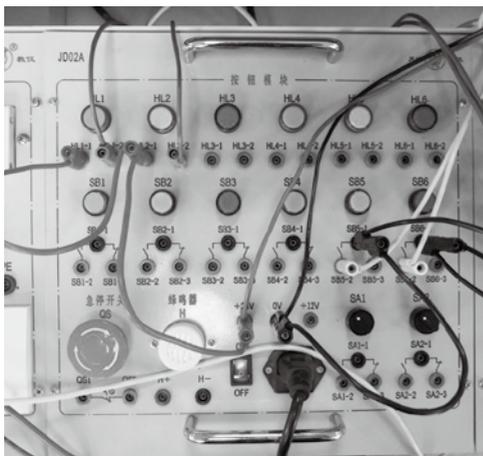


图 2-23 项目二的按钮模块接线

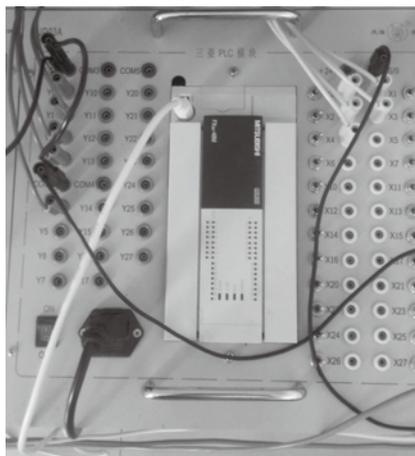


图 2-24 项目二的 PLC 模块接线

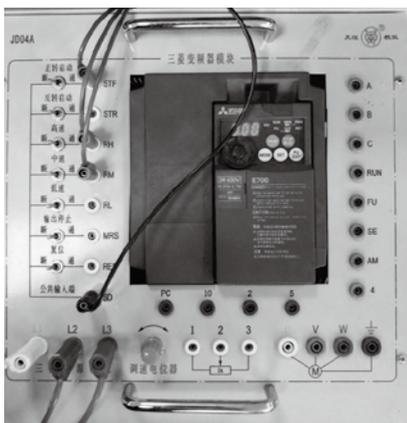


图 2-25 项目二的变频器模块接线

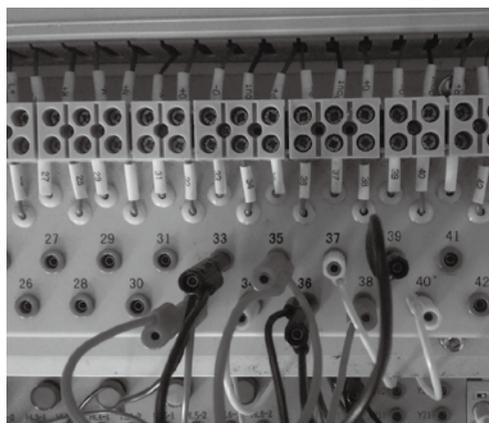


图 2-26 项目二的传感器与接线端子接线

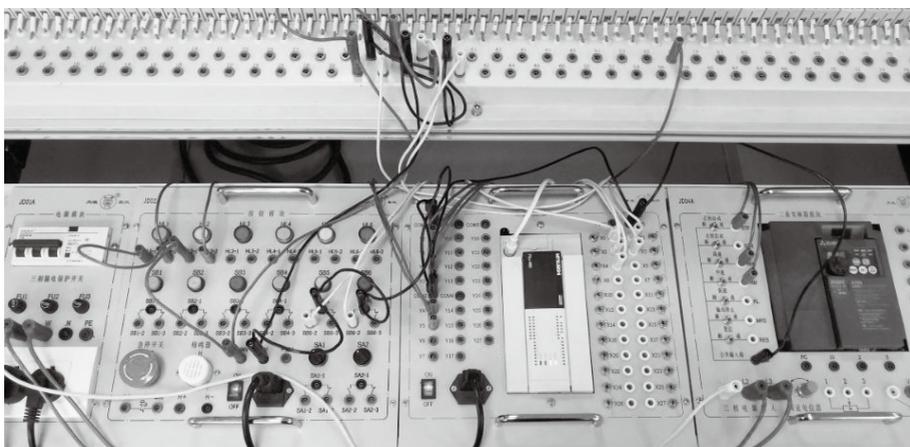


图 2-27 项目二的整体接线

(4) 设置变频器参数。本项目的任务要求有两种运行速度：高速 30 Hz 和低速 20 Hz。请按照项目一的变频器参数设置方法设置该项目的变频器参数，并将相应的参数值填入表 2-12，将表 2-12 填写完整。

表 2-12 项目二需要设置的变频器参数

序号	参数代号	参数值	说明
1			
2			
3			
4			

二、程序设计步骤

1. 分析控制要求

根据工作过程分析，控制主要有两项要求：一项是皮带输送机的运行要求，另一项是指示灯的控制要求。

根据工作过程描述，皮带输送机的运行方式可用图 2-28 表示。



图 2-28 项目二的皮带输送机的运行方式

根据工作过程描述，指示灯的控制要求如下：

HL1：设备启动时检测到 HL1 以 1 Hz 闪烁；传送带上有工件时，HL1 常亮。

HL2：检测到金属时，HL2 亮 1 s 灭 1 s；检测到白色塑料时，HL2 以 2 Hz 闪烁；检测到黑色塑料时，HL2 不亮。工件被取走后，HL2 熄灭。

通过分析可以看出整个控制流程是按照设备的动作顺序来完成的，所以比较适合用 SFC 编程。对于不同材质的工件，指示灯的指示不同，所以可选用选择性分支的 SFC。

2. 绘制主程序和 SFC 程序流程图

主程序中必须包含 SFC 驱动条件，最好将启停程序放到主程序中。

绘制 SFC 流程图时需要注意每一步的转移条件和执行步。选择分支的条件和条件汇合需要按照要求给定。SFC 流程图如图 2-29 所示。

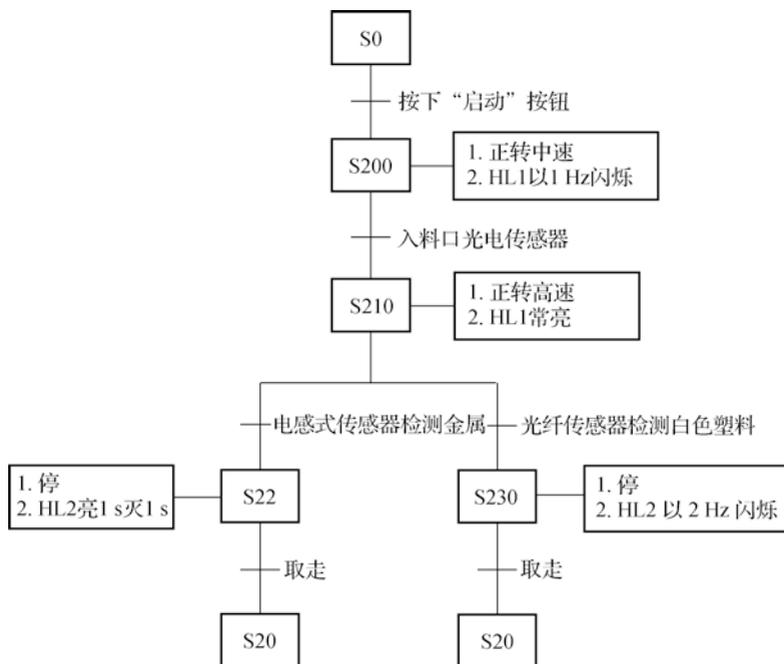


图 2-29 项目二的 SFC 流程图

3. 编写程序

程序主要包括两部分：主程序和 SFC 程序。同学们根据上述程序分析及 SFC 流程图，自行编写程序。图 2-30 ~ 图 2-32 给出参考程序。图 2-33 是将 SFC 转化成梯形图的整体程序，仅供参考。

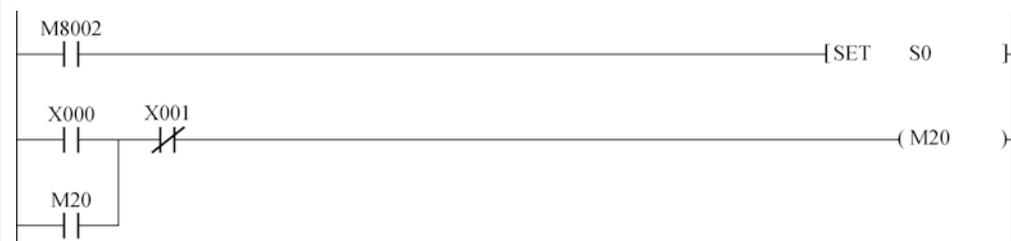


图 2-30 启停标志

No	块标题	块类型
0	梯形图主程序	梯形图块
1	工件识别SFC流程	SFC块
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		

图 2-31 标题块

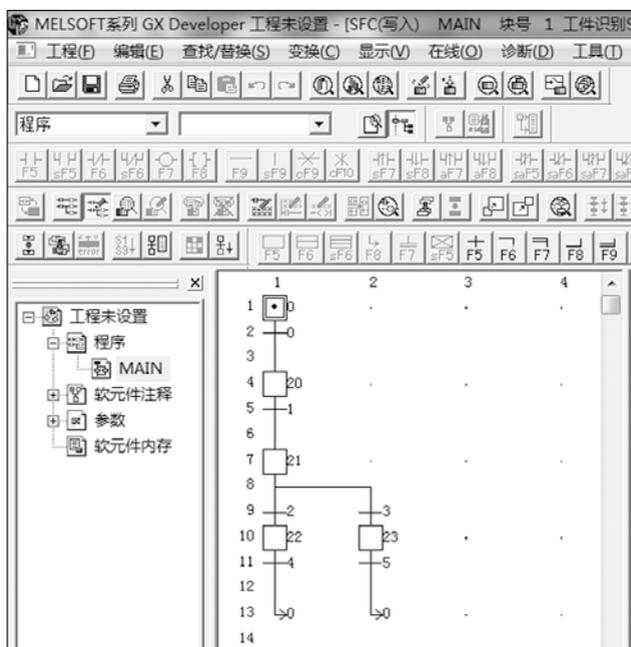


图 2-32 项目二的 SFC 程序

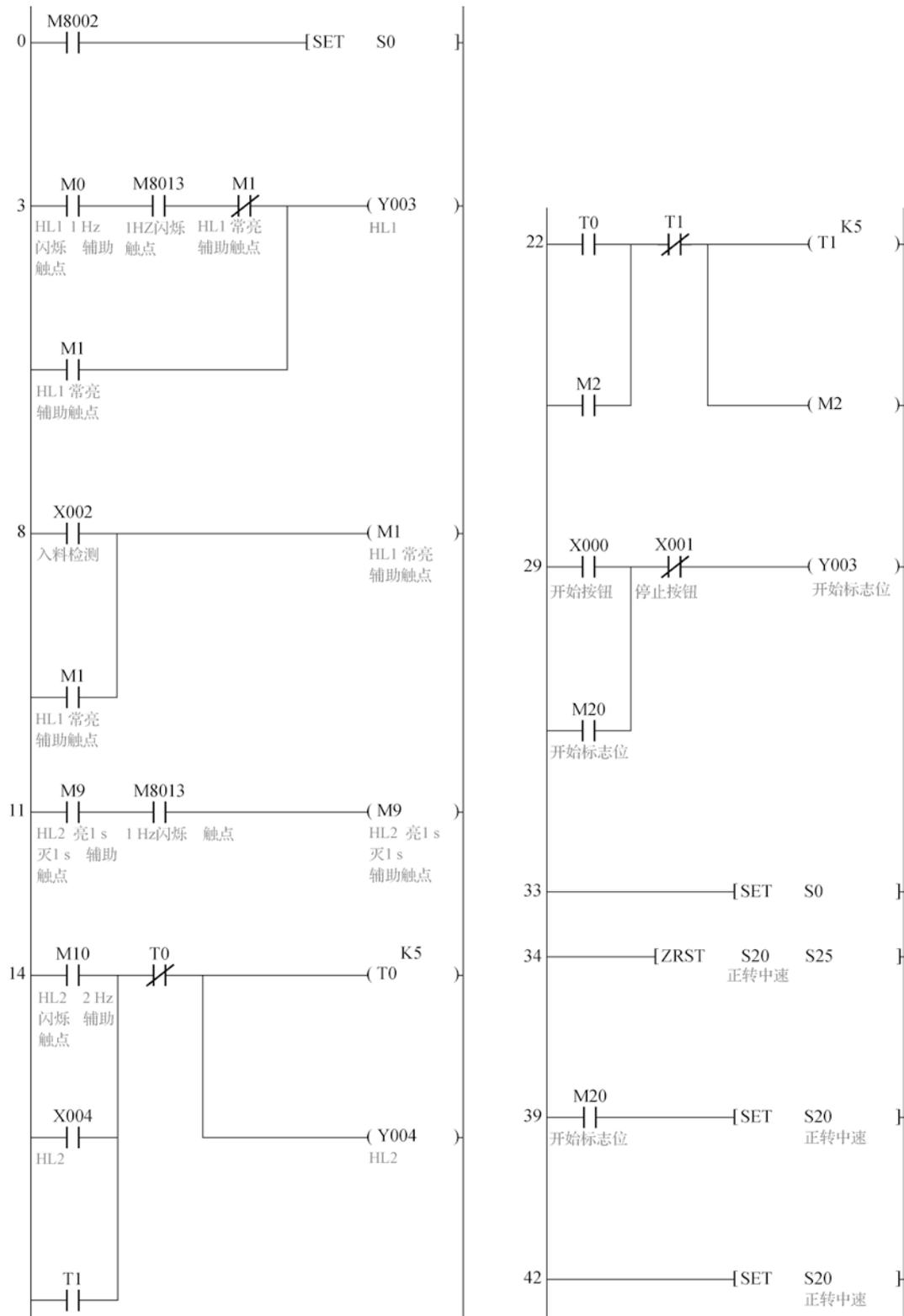


图 2-33 将 SFC 转化成梯形图的整体程序

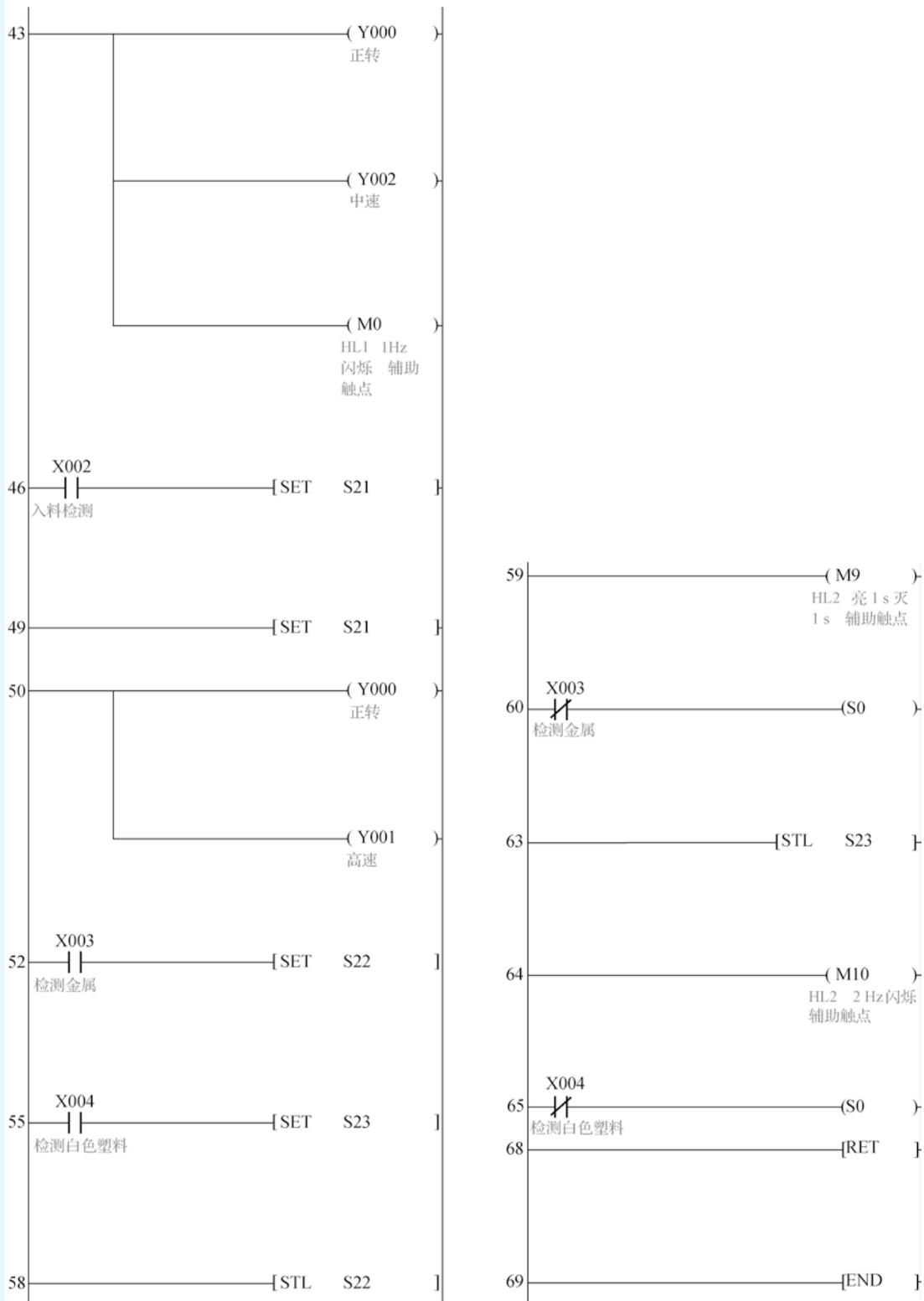


图 2-33 将 SFC 转化成梯形图的整体程序 (续)

4. 下载调试程序

检查电路正确无误后，将程序写入 PLC。调试程序功能时要根据工作过程的要求逐项检查各项指标是否达标。具体步骤如下：

- (1) PLC 达到 RUN 状态时，按“启动”按钮，查看皮带输送机的频率及 HL1 灯的指示信息。
- (2) 往入料口放入一个工件，查看皮带输送机的频率及 HL1 灯的指示信息；当检测出工件的材质时，查看皮带输送机的频率及 HL2 灯的指示信息。
- (3) 取走工件后，查看皮带输送机的频率及 HL1 灯的指示信息。
- (4) 一种工件检测结束后，再检测另外两种工件，重复上述过程。
- (5) 测试“停止”按钮。

如果每一步都符合任务要求，说明程序完全符合工作过程要求；否则应查明原因，修改后重新调试。

三、检查评估

1. 展示

展示各小组计划的实施结果。各小组派代表解释本组计划的实施结果，由其他小组和教师来评价计划是否安全合理。

2. 任务考核标准

项目二的任务考核标准如表 2-13 所示。

表 2-13 项目二的任务考核标准

考核项目	考核内容	配 分	考核要求及评分标准	得 分
工艺	接线	5 分	按电气原理图接线且正确	
	布线工艺	5 分	工艺符合标准	
系统与程序 设计及输入	I/O 配置	5 分	I/O 配置合理	
	梯形图设计	20 分	能实现控制要求 15 分，有创新意识 5 分	
	程序编写与输入	5 分	符合编程规则且输入正确	
调试与运行	程序调试与运行	20 分	会排除故障 10 分，符合控制要求 10 分	
调试记录	按照调试要求完成，并且正确	20 分	记录内容 10 分，思考题 10 分	
安全文明意识	正确使用设备和工具，无操作不当引起的事故	10 分	教师掌握	
团结协作精神	小组成员分工协作、积极参与	10 分	教师掌握	
实际总得分				

知识拓展

(1) 如果将本项目的指示灯闪烁都换成两盏灯交替闪烁 1 s, 该如何实现? 请同学们动手写出小程序。

(2) 学完了工件识别装置的调试与程序设计, 同学们可以通过互联网或者其他资讯平台查找一个工件识别装置的应用实例, 并填写调查报告(见表 2-14)。

表 2-14 工件识别装置的应用调查报告

(1) 工件识别装置的应用场合。
(2) 该装置用到哪些传感器? 这些传感器的基本用法是什么?
(3) 该装置的控制器是什么? 如何进行控制?
(4) 你觉得该装置有改进的可能吗? 该如何改进?