

内部教材

PLC 应用技术

王开 主编

茂名职业技术学院
茂名市五金厂

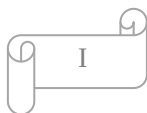
内 容 提 要

本书内容共分 4 个项目，分别是：电动机典型 PLC 控制系统设计与安装、PLC 顺序控制系统的设计与安装、PLC 复杂功能控制系统的设计与安装、PLC 通信控制系统的设计与安装。

本书以项目—任务的形式编写，将工业生产中常用电气控制系统分解为 25 个学习任务。以工作任务为导向，采用相关理论知识与实际操作技能相结合的项目训练模式。边做边学是本书的最大特点。

目录

项目一 电动机典型 PLC 控制系统设计与安装	I
任务一 PLC 点动 PLC 控制系统设计与安装	1
任务二 应用 PLC 实现电动机自锁控制.....	12
任务三 应用 PLC 实现点动与自锁混合控制.....	16
任务四 应用 PLC 实现顺序启停控制	19
任务五 应用 PLC 实现正反转控制	23
任务六 应用 PLC 实现电动机Y—△启动控制	27
任务七 应用 PLC 实现单按钮启动/停止控制	30
任务八 高速计数器的一般应用程序.....	35
项目二 PLC 顺序控制系统的设计与安装	40
任务一 应用单流程模式实现 3 台电动机顺序启动控制	40
任务二 应用选择流程模式实现运料小车控制	45
任务三 应用并行流程模式实现交通信号灯控制	48
任务四 应用综合流程模式实现电动机 3 速控制	52
项目三 PLC 复杂功能控制系统的设计与安装	57
任务一 应用数据传送指令实现电动机的 Y—△启动控制	57
任务二 应用触点比较指令实现彩灯循环控制	62
任务三 应用算术运算指令实现功率调节控制	65
任务四 应用组件比较指令实现不同规格的工件分别计数	70
任务五 应用时钟控制功能实现马路照明灯控制	73
任务六 应用循环指令编写求和程序	76
任务七 应用跳转指令实现手动/自动工作方式选择控制	79
任务八 应用子程序调用指令编写应用程序	82
任务九 组装 5 人竞赛抢答器.....	85
任务十 应用 BCD 码指令实现停车场空车位数码显示	88
项目四 PLC 通信控制系统的设计与安装	93
任务一 实现 2 台 PLC 相互启动/停止控制	93
任务二 实现 2 台 PLC 综合计数控制	99
任务三 实现 3 台 PLC 相互启动/停止控制	103



项目一 电动机典型 PLC 控制系统设计与安装

可编程序控制器（简称 PLC）是综合应用计算机技术、自动控制技术和通信技术的工业自动化控制装置，目前广泛应用于各类工业控制设备。PLC 的控制功能是通过用户程序实现的，用来编写用户程序的指令可分为基本指令、步进指令和功能指令三大类，其中基本指令的程序梯形图与电气控制线路类似，分析电路功能的方法也基本相同。基本指令通常包括取指令、触点串联/并联指令、线圈输出指令、置位/复位指令、定时器/计数器应用指令等。

任务一 PLC 点动 PLC 控制系统设计与安装

任务引入

电动机点动控制要求是：按下点动按钮，电动机启动；松开点动按钮，电动机停止。图 1.1 所示为 PLC 点动控制线路，PLC 输入/输出端口分配见表 1.1。

表 1.1 PLC 点动控制输入/输出端口分配表

输 入			输 出		
输入继电器	输入元件	作 用	输出继电器	输出元件	作 用
X0	SB（常开按钮）	点动	Y0	KM	控制电动机

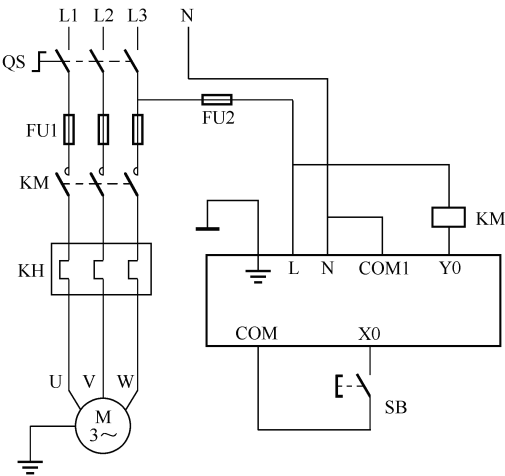
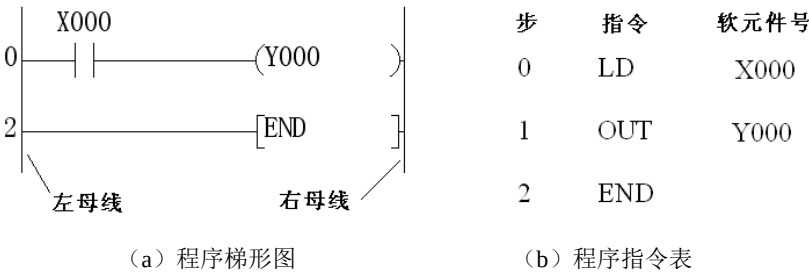


图 1.1 PLC 点动控制线路

根据点动控制要求编写的 PLC 控制程序如图 1.2 所示。图 1.2（a）为程序梯形图，图 1.2（b）为程序指令表。PLC 程序指令表由程序步、指令助记符和软元件号（或参数）构成。



（a）程序梯形图

（b）程序指令表

图 1.2 PLC 点动控制程序

项目二 PLC 顺序控制系统的设计与安装

生产设备的机械动作往往是按一定顺序进行的，针对这种顺序控制，PLC 指令系统中有两条步进指令，利用步进指令可以方便地编写比较复杂的顺序控制程序。

任务一 应用单流程模式实现 3 台电动机顺序启动控制

任务引入

某设备有 3 台电动机，控制要求是：按下启动按钮，第 1 台电动机 M1 启动；运行 5s 后，第 2 台电动机 M2 启动；M2 运行 15s 后，第 3 台电动机 M3 启动。按下停止按钮或发生过载故障时，3 台电动机全部停止。控制电路如图 2.1 所示，PLC 输入/输出端口分配见表 2.1。

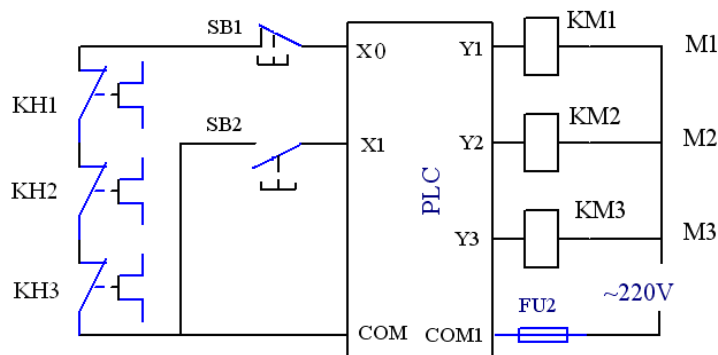


图 2.1 3 台电动机顺序启动控制电路图

表 2.1 输入/输出端口分配表

输 入			输 出		
输入继电器	输入元件	作用	输出继电器	输出元件	控制对象
X0	KH1、KH2、KH3	过载保护	Y1	接触器 KM1	电动机 M1
	SB1（常闭按钮）	停止	Y2	接触器 KM2	电动机 M2
X1	SB2（常开按钮）	启动	Y3	接触器 KM3	电动机 M3

3 台电动机顺序启动的工序图和状态流程图如图 2.2 所示。

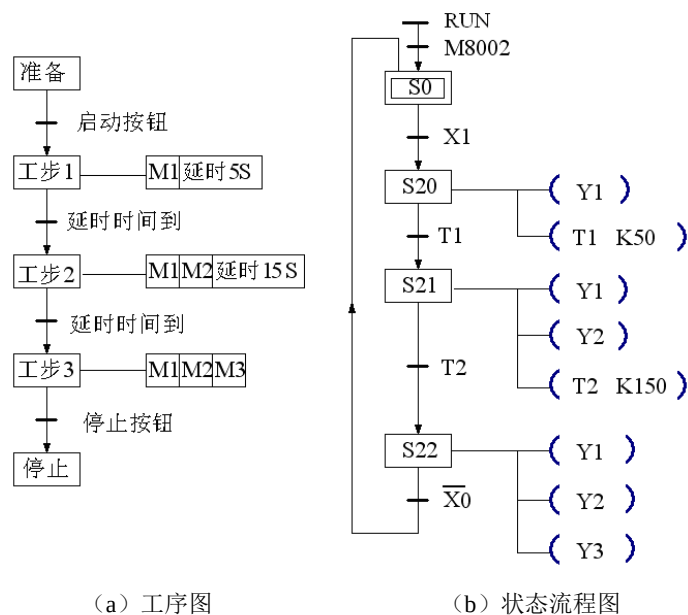


图 2.2 3 台电动机顺序启动工序图和状态流程图

如图 2.2 (b) 所示状态流程图中包含 S0、S20、S21 和 S22 四个状态继电器。其中，S0 是初始状态继电器，用双线方框表示，一个步进程序至少要有个初始状态，初始状态对应步进程序运行的起点，通常利用初始脉冲 M8002 进入初始状态。而 S20、S21 和 S22 是通用状态继电器，用单线方框表示，3 台电动机顺序启动控制流程图中各状态继电器的控制功能见表 2.2。

表 2.2 S0~S22 状态继电器的控制功能

状态继电器	控制功能	状态继电器	控制功能
S0	M1、M2、M3 停止	S21	M1、M2 运转
S20	M1 运转	S22	M1、M2、M3 运转

相关知识

一、工序图

工序图是整个工作过程按一定步骤有序动作的图形，它是一种通用的技术语言。绘制工序图时要将整个工作过程依工艺顺序分为若干步工序，每一步工序用一个矩形框表示，两个相邻工序之间用流程线连接，当满足转移条件时即转入下一步工序。

例如，从图 2.2 (a) 所示的工序图可以看出，整个工作过程分为准备、工步 1、工步 2、工步 3 和停止 5 个工步，每个工步之间的转移需要满足特定的条件（按钮指令或延时时间）。

二、状态流程图

状态流程图是在工序图的基础上利用状态继电器 S 来描述顺序控制功能的图形，也是设计步进指令程序的依据。状态流程图主要由状态继电器、控制对象、有向连线和转移条件组成。从图 2.2 (b) 所示的状态流程图可以看出，3 台电动机顺序启动属于单流程结构，即所有的状态转移只有一个方向，而没有其他分支路径。

1. 状态继电器

FX_{2N} 系列 PLC 的状态继电器共有 1 000 个点，分为 5 类，见表 2.3。

表 2.3 状态继电器 S 分类

初始状态继电器	回零状态继电器	通用状态继电器	保持状态继电器	报警状态继电器
共 10 点	共 10 点	共 480 点	共 400 点	共 100 点

S0~S9	S10~S19	S20~S499	S500~S899	S900~S999
-------	---------	----------	-----------	-----------

当状态继电器置位时，称为活动状态；当状态继电器复位时，称为非活动状态。当状态继电器依据条件转移时，下一个状态继电器被置位，而当前状态继电器则自动复位，并不需要设置复位指令 RST。

2. 控制对象

状态继电器方框右边用线条连接的负载线圈为本状态下的控制对象。当状态继电器为活动状态时，其控制对象通电；当状态继电器为非活动状态时，其控制对象断电。若要在状态继电器复位后仍然保持负载线圈通电，必须使用线圈置位指令 SET。

3. 有向连线

有向连线表示状态继电器的转移方向。在画状态流程图时，将代表各状态继电器的方框按先后顺序排列，并用有向连线将它们连接起来。表示从上至下或从左至右这两个方向有向连线的箭头可以省略。

4. 转移条件

状态继电器之间的转移条件用与有向连线垂直的短划线和触点代号来表示，可以是单个常开触点或常闭触点，也可以是它们的组合。

三、步进指令 STL、RET

步进指令 STL、RET 的助记符、逻辑功能等指令属性见表 2.4。

表 2.4 **STL、RET 指令**

助记符	指令名称	功能	操作元件	步数
STL	步进开始	步进指令的开始行，建立临时左母线	S	1
RET	步进结束	步进指令结束，返回主母线		1

步进指令的使用说明：

1. STL 指令是步进开始指令，STL 指令建立临时左母线，负载线圈可以连接临时左母线，对于与临时左母线连接的触点要使用“取”指令。
2. RET 是步进结束指令，其功能是返回到主母线的位置，RET 仅在最后一个状态继电器的末行使用一次。

任务实施

一、编写控制程序

根据图 2.2(b)所示状态流程图编写的 3 台电动机顺序启动步进指令程序如图 2.3 所示，程序工作原理如下：

项目三 PLC 复杂功能控制系统的设计与安装

PLC 是一种工业控制计算机，具有计算机系统特有的运算控制功能。PLC 的功能指令主要包括数据传送与比较、算术运算、程序流程控制、数码显示等。利用 PLC 的功能指令，可以实现较复杂的控制。

任务一 应用数据传送指令实现电动机的 Y—Δ启动控制

任务引入

三相交流异步电动机 Y—Δ降压启动控制线路如图 3.1 所示，PLC 输入/输出端口分配见表 3.1。要求应用数据传送指令编写电动机 Y—Δ降压启动程序，并具有启动/报警显示，指示灯在启动过程中亮，启动结束时灭。如果发生电动机过载，停机并且灯光报警。

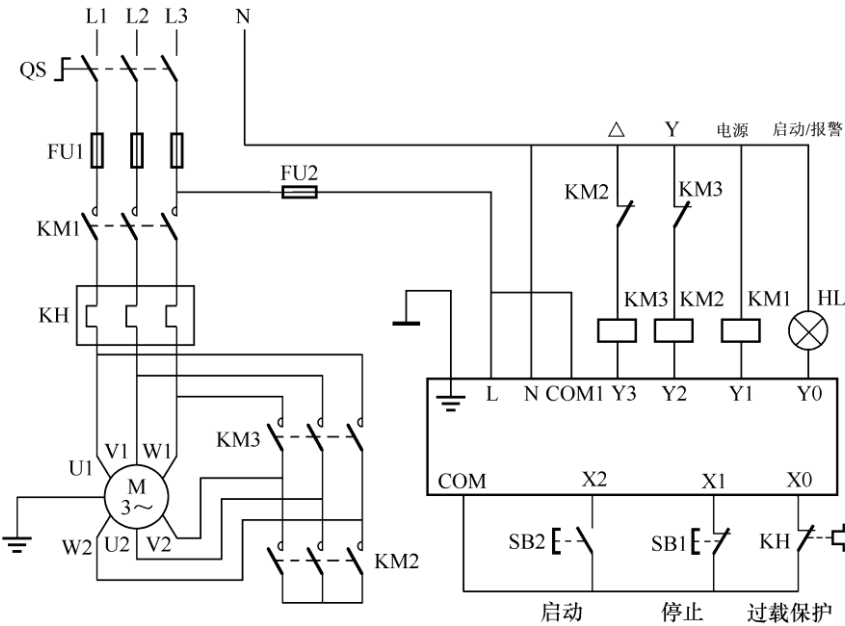


图 3.1 电动机 Y—Δ降压启动控制线路

表 3.1 输入/输出端口分配表

输 入			输 出		
输入继电器	输入元件	作用	输出继电器	输出元件	作用
X0	KH（常闭触头）	过载保护	Y0	指示灯 HL	启动/报警
X1	SB1（常闭按钮）	停止	Y1	接触器 KM1	接通电源
X2	SB2（常开按钮）	启动	Y2	接触器 KM2	Y 形连接
			Y3	接触器 KM3	Δ形连接

相关知识

一、位元件与字元件

1. 位元件

只具有接通或断开两种状态的元件称为位元件。常用的位元件有输入继电器 X，输出继电器 Y，辅助继电器 M 和状态继电器 S。例如 X0、Y5、M100 和 S20 等都是位元件。

对位元件只能逐个操作，例如，取 X0 的状态用取指令“LD X0”完成。如果取多个位元件状态，例如取 X0~X7 的状态，就需要 8 条“取”指令语句，程序较繁琐。将多个位元件按一定规律组合成字元件后，便可以用一条功能指令语句同时对多个位元件进行操作，将大大提高编程效率和处理数据的能力。

2. 字元件

字元件是处理数据、储存数据的元件，包括位组件和寄存器。FX 系列 PLC 的字元件最少 4 位，最多 32 位。字元件范围见表 3.2。

表 3.2 字元件范围

符 号	表 示 内 容
KnX	输入继电器位元件组合的字元件，也称为输入位组件
KnY	输出继电器位元件组合的字元件，也称为输出位组件
KnM	辅助继电器位元件组合的字元件，也称为辅助位组件
KnS	状态继电器位元件组合的字元件，也称为状态位组件
T	定时器 T 的当前值寄存器
C	计数器 C 的当前值寄存器
D	数据寄存器
V、Z	变址寄存器

(1) 位组件。多个位元件按一定规律的组合叫位组件，例如输出位组件 KnY0，K 表示十进制，n 表示组数，n 的取值为 1~8，每组有 4 个位元件，Y0 是输出位组件的最低位。KnY0 的全部组合及适用指令范围见表 3.3。

表 3.3 KnY0 的全部组合及适用指令范围

指令适用范围		KnY0	包含的位元件最高位~最低位	位元件个数
n 取值 1~8 适用 32 位指令	n 取值 1~4 适用 16 位指令	K1Y0	Y3~Y0	4
		K2Y0	Y7~Y0	8
		K3Y0	Y13~Y0	12
		K4Y0	Y17~Y0	16
	n 取值 5~8 只能使用 32 位指令	K5Y0	Y23~Y0	20
		K6Y0	Y27~Y0	24
		K7Y0	Y33~Y0	28
		K8Y0	Y37~Y0	32

位组件的最低位可以任选，但为了避免混乱，建议采用 0 结尾的位元件，例如用 X0、Y10、M50 等作为位组件的最低位。

(2) 数据寄存器 D、V、Z。数据寄存器主要用于存储运算数据，可以对数据寄存器进行“读出”和“写入”操作。FX 系列 PLC 的数据寄存器全是 16 位（最高位为正负符号位，0 表示正数，1 表示负数）。地址编号相邻的两个数据寄存器可以组合为 32 位（最高位为正负符号位），在指令语句中确定低位元件编号后，高位元件编号的数据寄存器自动被占用。通常低位数据寄存器用偶数地址编号，如图 3.2 所示。

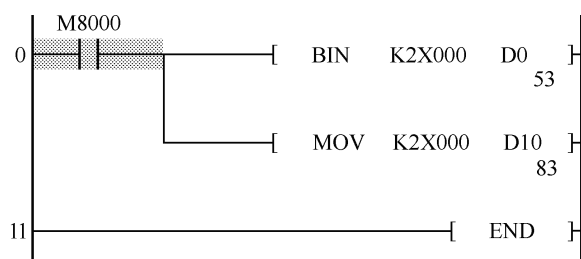


图 3.40 BIN 指令应用

拨码开关的优点是能直观、方便和准确地输入十进制数据，缺点是占用 PLC 过多的输入端口。例如，两位拨码开关就需要 8 个输入端。

练习题

1. 写出十进制数码 0~9 对应的七段显示代码。
2. 写出下列各数的 8421BCD 码。

K35 K2345 K987 K5679

3. 某生产线的工件班产量为 80，用两位数码管显示工件数量。用接入 X0 端的传感器检测工件数量，工件数量小于 75 时，绿灯亮；等于和大于 75 时，绿灯闪烁；等于 80 时，红灯亮，1 分钟后生产线自动停止。X1/X2 是启动/停止按钮，Y20 是生产线输出控制端，Y21 是指示灯输出端。试设计 PLC 控制线路和控制程序。

项目四 PLC 通信控制系统的设计与安装

在工业生产中，相对独立设备通常采用 PLC 单机控制模式，但对于分布在生产流水线各处的 PLC，则通过 PLC 通信来实现联网控制模式，从而使整条生产线按工艺流程统一动作。

任务一 实现 2 台 PLC 相互启动/停止控制

任务引入

某生产线控制系统使用主站/从站两台 PLC 联网控制，在 FX_{2N} 基本单元上安装 FX_{2N}-485-BD 通信板，其控制线路如图 4.1 所示，PLC 输入/输出端口分配见表 4.1 和表 4.2。

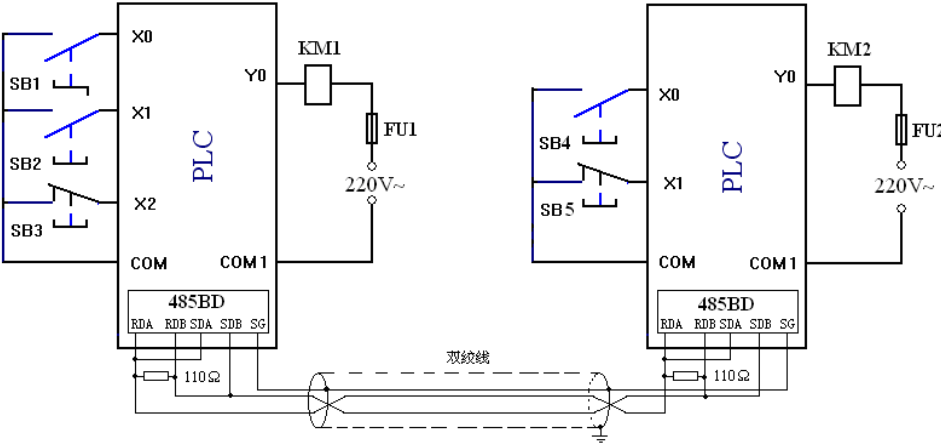


图 4.1 主站/从站 PLC 控制线路

表 4.1 主站 PLC 输入/输出端口分配

输 入			输 出	
输入端	输入元件	作 用	输出端	输出元件
X0	SB1（旋钮）	X0=0 单机控制，X0=1 联网控制	Y0	KM1
X1	SB2（常开按钮）	单机：启动 Y0；联网：启动生产线		
X2	SB3（常闭按钮）	单机：停止 Y0，联网：停止生产线		

表 4.2 从站 PLC 输入/输出端口分配

输 入			输 出	
输入端	输入元件	作 用	输出端	输出元件
X0	SB4（常开按钮）	单机：启动 Y0；联网：无功能	Y0	KM2
X1	SB5（常闭按钮）	单机：停止 Y0；联网：停止生产线		

生产线控制要求如下：

（1）主站 SB1 为“单机/联网”控制方式选择开关。当 X0=0 时为单机控制方式，当 X0=1 时为联网控制方式。

(2) 单机控制方式用于生产线各处设备独立进行调整生产工艺。在单机控制方式下，主站/从站 PLC 的启动/停止按钮分别控制各自的输出端 Y0。

(3) 联网控制方式用于生产线的正常运行。在联网控制方式下，生产线只能从主站启动，当按下主站启动按钮 SB2 时，主站 PLC 的输出端 Y0 通电，从站 PLC 的输出端 Y0 延时 10s 后通电。当分别按下主站、从站的停止按钮 SB3 或 SB5 时，主站 PLC 和从站 PLC 的输出端 Y0 同时断电，生产线停机。

相关知识

一、通信板 FX_{2N}-485-BD

PLC 通信是通过硬件和软件结合来实现的，三菱 FX 系列 PLC 的通信板 FX_{2N}-485-BD 如图 4.2 所示。

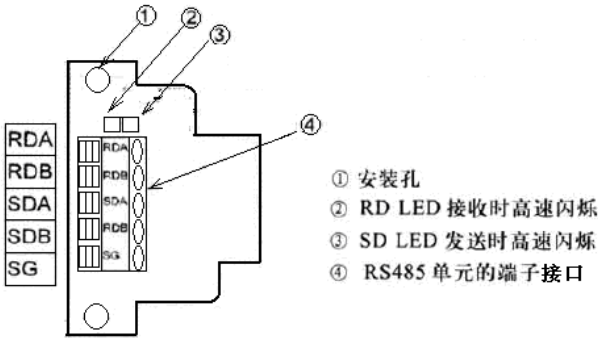


图 4.2 通信板 FX_{2N}-485-BD

FX_{2N}-485-BD 通过 RS-485 通信接口和双绞线组成串行通信网络，具有传输速度快、传输距离远、组网简便和性能稳定等特点，其特性见表 4.3。

表 4.3 FX_{2N}-485-BD 特性表

项目	内容
传输标准	RS-485 和 RS-422
传输距离	最大 50 米
LED 指示	SD、RD 在发送或接收数据时高速闪烁
通信方式	半双工
波特率	并联链接：19 200 b/s； N:N 网络：38 400 b/s
通信协议	专用协议、无协议、并联链接、N:N 网络
电源	DC 5V/60mA
绝缘性	无绝缘

二、并联链接的通信配置与共享位软元件

1. 并联链接的通信配置

并联链接是指两台 FX_{2N} 可编程控制器通过通信板 FX_{2N}-485-BD 联网，并分别设置为主站和从站。并联链接有两种接线方式，一种是用 1 对屏蔽双绞线相连，终端电阻为 110 欧姆；另一种是 2 对屏蔽双绞线相连，终端电阻为 330 欧姆，如图 4.3 所示。图中通信板称为 485BD，SDA 和 SDB 为发射数据端，RDA 和 RDB 为接收数据端，SG 为设备接地端，终端电阻 R 的作用是为了消除在通信电缆中的信号反射。

映到网络中其他 PLC 中，因此，数据可供所有 PLC 共享，且所有单元的数据都能同时完成更新。

二、判断 N：N 网络通信故障

N：N 网络通信正常时，FX_{2N}-485-BD 通信板上的两个 LED 指示灯都在清晰地闪烁；当 N：N 网络通信异常时，可通过 LED 指示灯亮灭状态来判断故障（见表 4.15）。

表 4.15 LED 显示状态与故障状态

LED 显示状态		故障状态
RD	SD	
闪烁	灯灭	正在执行数据接收，但是发送不成功
灯灭	闪烁	正在执行数据发送，但是接收不成功
灯灭	灯灭	数据发送和接收都不成功

练习题

1. 在 N：N 网络中，主从站号是由哪个软元件设定的？
2. 在 N：N 网络中，从站点的总数是由哪个软元件设定的？
3. N：N 网络有哪几种模式？各种模式下位元件和字元件的使用范围相同吗？
4. N：N 网络最多可以连接多少台 FX 可编程控制器？
5. 某系统有 3 个工作站，控制要求如下，试编写各站 PLC 程序。
 - （1）主站 0#输入端 X0~X3 和 X4~X7 分别控制从站 1#和从站 2#的输出端 Y0~Y3。
 - （2）从站 1#输入端 X0 接通的次数等于或大于 5 时，控制主站输出端 Y0 状态 ON；从站 1#输入端 X1 对计数器清 0。
 - （3）从站 2#输入端 X0 接通的次数等于或大于 5 时，控制主站 0#输出端 Y1 状态 ON；从站 2#输入端 X1 对计数器清 0。