



工业自动化实用技术丛书

GONGYE ZIDONGHUA SHIYONG JISHU CONGSHU

三菱系列

PLC

快速入门与实践

■ 周丽芳 罗志勇 罗萍 岂兴明 主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



工业自动化实用技术丛书

GONGYE ZIDONGHUA SHIYONG JISHU CONGSHU

三菱系列

PLC

快速入门与实践

■ 周丽芳 罗志勇 罗萍 岂兴明 主编

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

三菱系列PLC快速入门与实践 / 周丽芳等主编. —
北京: 人民邮电出版社, 2010. 7
(工业自动化实用技术丛书)
ISBN 978-7-115-22731-7

I. ①三… II. ①周… III. ①可编程序控制器 IV.
①TM571.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第056734号

内 容 提 要

本书主要介绍三菱公司 FX 系列和 Q 系列 PLC 的硬件资源、指令系统等基础知识, 详细讲解了相关编程软件的安装和使用方法、PLC 控制系统的设计方法与步骤, 并通过 6 个综合实例介绍了三菱系列 PLC 在控制领域的应用与开发方法。本书采用“图”、“表”、“文”相结合的方法, 使书中的内容通俗易懂又不失专业性。

本书可供工程技术人员自学使用, 还可作为相关专业培训的参考教材。

工业自动化实用技术丛书

三菱系列 PLC 快速入门与实践

-
- ◆ 主 编 周丽芳 罗志勇 罗 萍 岂兴明
责任编辑 张 鹏
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京铭成印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 25
字数: 607 千字 2010 年 7 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2010 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-22731-7

定价: 45.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

前 言

可编程控制器（PLC）以微处理器为核心，将微型计算机技术、自动控制技术及网络通信技术有机地融为一体，是应用十分广泛的工业自动化控制装置。PLC 应用技术具有控制能力强、可靠性高、配置灵活、编程简单、使用方便、易于扩展等优点，不仅可以取代继电器控制系统，还可以进行复杂的生产过程控制以及应用于工厂自动化网络，它已成为现代工业控制的四大支柱技术（可编程控制器技术、机器人技术、CAD/CAM 技术和数控技术）之一。因此，学习、掌握和应用 PLC 技术已成为工程技术人员的迫切需求。

本书从 PLC 技术初学者自学的角度出发，由浅入深地从入门、提高、实践三方面介绍三菱 FX 系列和 Q 系列 PLC 的基础知识和应用开发方法。本书在编写时力图文字精练，分析步骤详细、清晰，且图、文、表相结合，内容充实、通俗易懂。读者通过对本书的学习，可以全面快速地掌握三菱系列 PLC 的应用方法。本书适合广大初中级工控技术人员自学之用，也可供技术培训及在职人员进修学习使用。

全书分为基础篇、提高篇、实践篇，共 13 章。

基础篇包括第 1 章至第 4 章。第 1 章、第 2 章分别对 FX 系列和 Q 系列 PLC 的硬件和性能进行了描述，第 3 章和第 4 章对 FX 系列和 Q 系列 PLC 的指令系统进行了详细说明。

提高篇包括第 5 章至第 9 章。第 5 章叙述了三菱编程软件 FX-GP/WIN-C 和 GX Developer 的安装、使用方法，第 6 章分析了 PLC 控制系统的设计，第 7 章详细分析了 FX 系列 PLC 的通信及编程，第 8 章分析了 Q 系列 PLC 的串行通信的特点、连接及编程，第 9 章对三菱 PLC 网络系统进行了详细说明。

实践篇在上述两部分内容的基础上，以涉及众多行业的丰富实例介绍了 PLC 的编程应用技术，包括第 10 章至第 13 章。第 10 章为物料分拣控制系统，第 11 章为机械手运动控制系统，第 12 章为自动药片装瓶控制系统，第 13 章为污水净化处理控制系统。

本书由周丽芳、罗志勇、罗萍、岂兴明主编，参加编写及相关实验工作的还有重庆邮电大学周红松、赵晓霞、张明龙、安超、钟丰灿、朱冬、陈柯、邢朝阳、周微、刘其琛、杨健等，在此对他们的辛勤工作表示感谢。

由于我们的水平有限且编写时间仓促，书中如有疏漏之处欢迎广大读者提出宝贵的意见和建议。

编 者

目 录

基 础 篇

第 1 章 FX 系列 PLC 的硬件与性能	3
1.1 FX 系列 PLC 概述	3
1.1.1 FX 系列 PLC 简介	3
1.1.2 FX 系列 PLC 性能比较	4
1.2 FX1S 系列 PLC	5
1.2.1 FX1S 系列 PLC 的特点与规格	5
1.2.2 FX1S 系列 PLC 的基本功能	7
1.2.3 FX1S 系列 PLC 的性能与扩展	8
1.3 FX1N 系列 PLC	10
1.3.1 FX1N 系列 PLC 的特点与规格	10
1.3.2 FX1N 系列 PLC 的功能与扩展	12
1.4 FX2N 系列 PLC	15
1.4.1 FX2N 系列 PLC 的特点与规格	15
1.4.2 FX2N 系列 PLC 的功能与扩展	19
1.5 FX3U 系列 PLC	23
1.5.1 FX3U 系列 PLC 的特点与规格	23
1.5.2 FX3U 系列 PLC 的功能与扩展	25
1.6 本章小结	28
第 2 章 Q 系列 PLC 的硬件与性能	29
2.1 Q 系列 PLC 概述	29
2.1.1 Q 系列 PLC 简介	29
2.1.2 Q 系列 PLC 性能比较	30
2.2 Q 系列基本型 PLC	31
2.2.1 CPU 与系统性能	31
2.2.2 电源规格与电源模块	34
2.2.3 基板与扩展电缆	36
2.2.4 组成模块	38
2.3 Q 系列高性能型 PLC	42



2.3.1 CPU 与系统性能	42
2.3.2 组成模块与扩展	46
2.4 Q 系列过程控制与运动控制系统	51
2.4.1 过程控制 CPU 简介	51
2.4.2 运动控制 CPU 简介	52
2.5 Q 系列多 CPU 与冗余系统	54
2.5.1 多 CPU 系统简介	54
2.5.2 冗余系统简介	57
2.6 本章小结	59
第 3 章 FX 系列指令系统	61
3.1 编程元件说明	61
3.1.1 编程元件总览	61
3.1.2 编程元件说明	63
3.2 基本指令	69
3.2.1 逻辑取、与、或及输出指令 (LD、LDI、OUT、AND、ANI、 OR、ORI、INV)	69
3.2.2 堆栈指令 (ANB、ORB、MPS、MRD、MPP)	71
3.2.3 边沿信号指令 (PLS、PLF、LDP、LDF、ANDP、ANDF、 ORP、ORF)	72
3.2.4 置位复位指令 (SET、RST)	74
3.2.5 主控指令 (MC、MCR)	75
3.2.6 其他指令 (NOP、END)	76
3.3 应用指令	76
3.3.1 程序流程指令	76
3.3.2 传送指令	83
3.3.3 比较与移位指令	88
3.3.4 数据运算指令	94
3.3.5 代码处理指令	98
3.3.6 高速处理指令	104
3.4 本章小结	111
第 4 章 Q 系列指令系统	112
4.1 Q 系列概述	112
4.1.1 指令系统	112
4.1.2 编程元件说明	114
4.1.3 基本指令系统	116
4.2 应用指令系统	121
4.2.1 基本应用指令	121

4.2.2 数据链接指令	123
4.2.3 QCPU 操作及冗余系统指令	125
4.2.4 其他应用指令	128
4.3 本章小结	137

提 高 篇

第 5 章 三菱编程软件	141
5.1 FX-GP/WIN-C 编程软件	141
5.1.1 软件概述	141
5.1.2 软件的安装	145
5.1.3 梯形图编辑	147
5.1.4 查找及注释	155
5.1.5 在线监控与诊断	157
5.2 GX Developer 编程软件	160
5.2.1 软件概述	160
5.2.2 参数设定	162
5.2.3 梯形图编辑	164
5.2.4 查找及注释	168
5.2.5 在线监控与仿真	172
5.3 本章小结	175
第 6 章 PLC 控制系统设计	176
6.1 PLC 梯形图程序的设计	176
6.1.1 梯形图编程的特点	176
6.1.2 梯形图编程要点	178
6.1.3 典型梯形图程序	182
6.1.4 梯形图程序设计实例	185
6.2 顺序功能图设计	187
6.2.1 SFC 设计规则与要点	187
6.2.2 SFC 程序结构	195
6.3 步进梯形图编程	201
6.3.1 步进梯形图基本指令	201
6.3.2 步进梯形图编程要点	205
6.3.3 SFC 编程实例	207
6.4 本章小结	217
第 7 章 FX 系列 PLC 的通信	218
7.1 通信扩展板的性能与连接	218



7.1.1 RS-232 通信扩展板	219
7.1.2 RS-422 通信扩展板	221
7.1.3 RS-485 通信扩展板	222
7.2 通信扩展板的编程	223
7.2.1 RS 指令的编程	223
7.2.2 RS 指令的执行过程	225
7.2.3 RS 指令编程实例	229
7.3 通信模块的性能与连接	233
7.3.1 232IF 的特点与性能	233
7.3.2 232IF 的连接要求	234
7.3.3 232IF 的数据通话模式	237
7.4 通信模块的使用与编程	240
7.4.1 232IF 模块参数说明	240
7.4.2 编程实例	246
7.5 本章小结	248
第 8 章 Q 系列 PLC 的串行通信	249
8.1 QJ71C24N 的特点与性能	249
8.1.1 模块外形	249
8.1.2 主要特点与功能	251
8.1.3 基本性能	252
8.2 QJ71C24N 的连接	253
8.2.1 RS-232 的连接	253
8.2.2 RS-422 的连接	255
8.3 QJ71C24N 的使用与编程	258
8.3.1 ONDEMAND 指令	259
8.3.2 OUTNT 指令	260
8.3.3 INPUT 指令	261
8.3.4 BIDOUT/BIDIN 指令	262
8.3.5 SPBUSY 指令	262
8.3.6 CSET 指令	263
8.4 本章小结	263
第 9 章 三菱 PLC 网络系统	264
9.1 三菱 PLC 以太网	264
9.1.1 功能与特点	264
9.1.2 网络体系结构	270
9.2 MELSEC NET/H 链接网	271
9.2.1 MELSEC NET/H 的组成与特点	271

9.2.2 MELSEC NET/H 的功能	275
9.3 CC-Link 现场总线系统	281
9.3.1 CC-Link 现场总线介绍	281
9.3.2 CC-Link 系统构成	282
9.3.3 CC-Link 的特点与功能	282
9.3.4 CC-Link 的结构、性能与连接	284
9.4 CC-Link 通信协议	289
9.4.1 CC-Link 网络通信方式	289
9.4.2 CC-Link 的设置与定义	293
9.5 本章小结	294

实 践 篇

第 10 章 物料分拣控制系统	297
10.1 物料分拣系统工艺控制要求	297
10.2 控制系统硬件设计	298
10.2.1 PLC 的选择	298
10.2.2 传感器的选择	298
10.3 控制系统软件设计	299
10.3.1 控制系统 I/O 分配	299
10.3.2 软件设计	300
10.3.3 程序逻辑测试	306
10.4 本章小结	309
第 11 章 机械手运动控制系统	310
11.1 控制系统工艺要求	310
11.2 控制系统硬件设计	310
11.2.1 控制系统元件选型	310
11.2.2 电气原理图	313
11.3 控制系统软件设计	315
11.3.1 控制系统 I/O 分配	315
11.3.2 安全及保护部分	317
11.3.3 位置检测及控制部分	321
11.3.4 速度控制部分	327
11.3.5 触摸屏显示及参数设置	332
11.3.6 掉电保持功能的实现	334
11.3.7 零位确认及参数保存	336
11.3.8 手动控制功能的实现	336
11.4 本章小结	337

第 12 章 自动药片装瓶控制	338
12.1 自动药片装瓶系统工艺控制要求	338
12.2 控制系统硬件设计	339
12.3 控制系统软件设计	341
12.3.1 自动药片装瓶控制系统设计流程图	341
12.3.2 软件设计	341
12.4 本章小结	353
第 13 章 污水净化处理控制系统	354
13.1 污水净化处理系统工艺控制要求	354
13.1.1 污水净化处理系统工艺介绍	354
13.1.2 污水净化处理系统设备控制要求	355
13.2 控制系统硬件设计	356
13.3 控制系统软件设计	365
13.3.1 控制系统 I/O 分配	365
13.3.2 软件设计	365
13.4 本章小结	387
参考文献	388

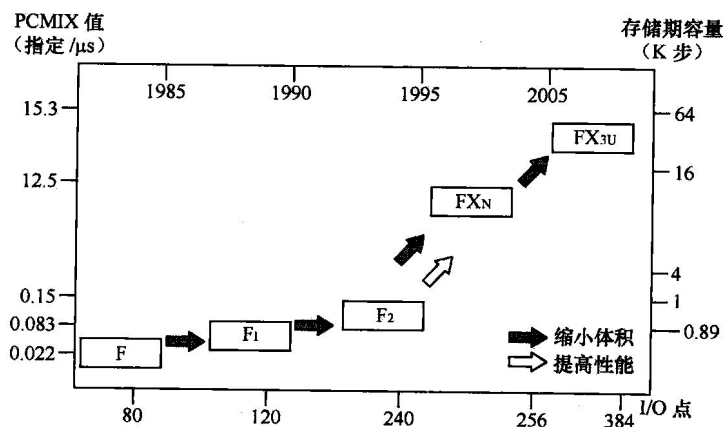
基础篇

第 1 章 FX 系列 PLC 的硬件与性能

第 2 章 Q 系列 PLC 的硬件与性能

第 3 章 FX 系列指令系统

第 4 章 Q 系列指令系统



第 1 章 FX 系列 PLC 的硬件与性能

FX 系列 PLC 是由三菱公司近年来推出的高性能小型可编程控制器，已逐步替代三菱公司原 F、F₁、F₂ 系列 PLC 产品。其中 FX₂ 是 1991 年推出的产品，FX₀ 是在 FX₂ 之后推出的超小型 PLC，近几年来又连续推出了将众多功能凝集在超小型机壳内的 FX₀S、FX₁S、FX₀N、FX₁N、FX₂N、FX₂NC 等系列 PLC，具有较高的性能价格比，应用广泛。它们采用整体式和模块式相结合的叠装式结构。

1.1 FX 系列 PLC 概述

1.1.1 FX 系列 PLC 简介

由上可知，FX 系列 PLC 是三菱公司从 F 系列、F₁ 系列、F₂ 系列发展起来的小型 PLC 系列产品，系列产品的发展历程如图 1.1 所示。

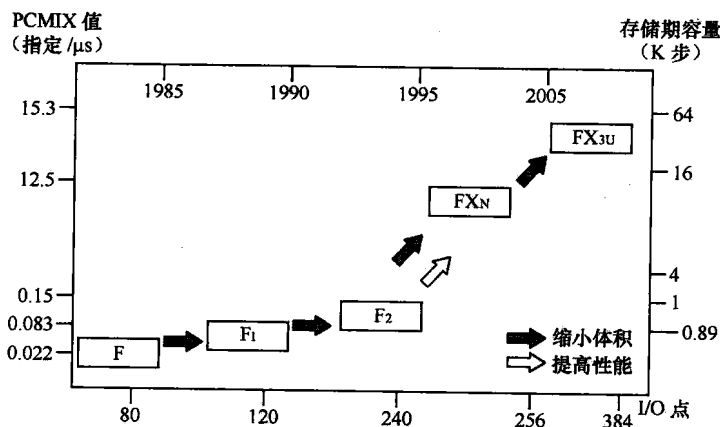


图 1.1 FX 系列 PLC 的发展历程

FX 系列 PLC 产品，包括 FX₁S/1N/2N/3U 4 种基本类型（早期还有 FX₀ 系列产品），适合于大多数单机控制的场合，是三菱公司 PLC 产品中用量最大的一种 PLC 系列产品。

在基本结构方面，4 种 PLC 产品中，FX₁S 为整体式固定 I/O 结构，最大 I/O 点数为 40 点，I/O 点不可扩展；FX₁N/2N/3U 为基本单元加扩展的结构形式，可以通过 I/O 扩展模块增加 I/O 点，扩展后 FX₁N 最大 I/O 点数为 128 点，FX₂N 最大 I/O 点数为 256 点，FX₃U 最大 I/O 点数为 384 点（包括 CC.Link 连接的远程 I/O）。

在 FX₁N/2N/3U 系列产品中，还有 FX₁NC/2NC/3UC 3 种变形系列产品。FX₁NC/2NC/3UC 与



FX1N/2N/3U 的主要区别在 I/O 连接方式 (外形结构) 与 PLC 电源上。

FX1NC/2NC/3UC 系列产品的 I/O 连接采用的是插接方式 (FX1N/2N 系列为接线端子连接), 其体积更小, 价格也较 FX1N/2N/3U 低。在 PLC 电源输入上, FX1NC/2NC/3UC 系列只能使用 DC24V 输入 (FX1N/2N 系列允许使用 AC 电源)。在其他性能方面, 两类产品无太大区别, 因此, 本书将不对 FX1NC/2NC 系列产品作另外介绍 (FX3UC 除外)。

1.1.2 FX 系列 PLC 性能比较

在 FX1S/1N/2N/3U 4 种基本类型中, PLC 性能依次提高, 特别是用户程序存储器容量、内部继电器、定时器、计数器的数量等方面均依次大幅度提高。

在通信功能方面, FX1S 系列 PLC 一般只能通过 RS-232C、RS-485、RS-422 等标准接口与外部设备、计算机以及 PLC 之间进行数据通信。FX1N/2N/3U 系列产品则在 FX1S 的基础上增加了现场 AS-i 接口通信功能与 CC-Link 网络通信功能。另外, FX1N/2N/3U 还可以与外部设备、计算机以及 PLC 之间进行网络数据的传输, 通信功能得到进一步增强。

图 1.2 所示为 FX1S/1N/2N/3U 4 种 PLC 的主要性能与基本参数在存储器容量和通信连接上的区别。有关性能的说明如表 1.1 所示。

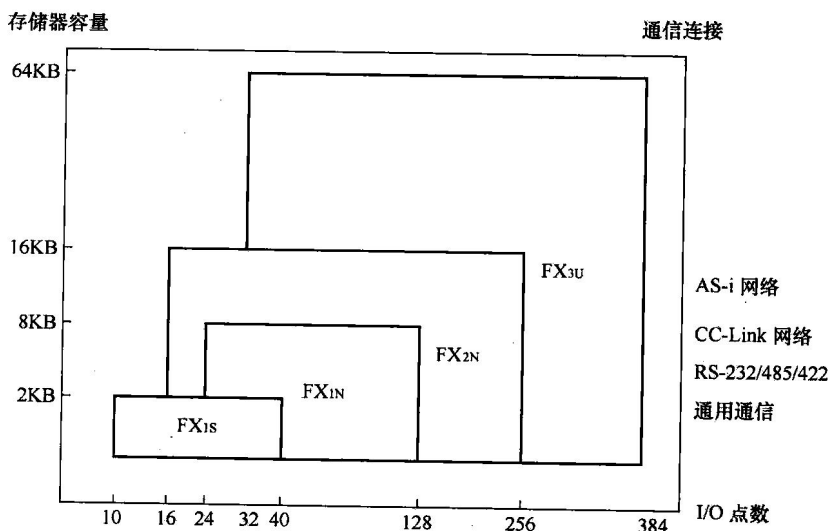


图 1.2 FX1S/1N/2N/3U 基本性能比较图

表 1.1

FX1S/1N/2N/3U 基本参数表

项 目		基 本 参 数			
		FX1S	FX1N	FX2N	FX3U
电源	AC100~240V 电源	●	●	●	●
	DC12V 电源	—	●	—	—
	DC24V 电源	●	●	●	—
输入	DC24V 输入	●	●	●	●
	AC100V 输入	—	—	●	—

续表

项 目		基 本 参 数			
		FX1S	FX1N	FX2N	FX3U
输出	继电器输出	●	●	●	●
	晶体管输出	●	●	●	—
	双向晶闸管输出	—	—	●	—
I/O 扩展		—	●	●	●
标准功能	脉冲输出	●	●	●	●
	PID 控制	●	●	●	●
	浮点运算	—	—	●	●
	函数运算	—	—	●	●
	高速计数	●	●	●	●
	简易定位	●	●	●	●
显示单元		●	●	—	●
功能模块	模拟量 I/O 模块	—	●	●	●
	定位模块	—	—	●	●
	高速计数	—	—	●	●
	ID 系统	—	—	●	—
	MELSEC-I/O Link	—	●	●	—
	CC-Link	—	●	●	●
	CC-Link/LT	—	●	●	●
	MELSEC NET/MINI	—	●	●	—
通信	简易 PLC 连接	●	●	●	●
	并联连接	●	●	●	●
	RS-232 通信	●	●	●	●
	计算机连接	●	●	●	●

注：① 表中的 I/O 性能是指基本单元的 I/O 性能，不包括扩展模块。

② “●”代表有此功能，“—”代表无此功能。

1.2 FX1S 系列 PLC

1.2.1 FX1S 系列 PLC 的特点与规格

FX1 系列 PLC（包括 FX1S/IN/INC 等）是三菱 FX 系列 PLC 中体积最小、功能最精简、I/O 点

数最少、扩展性能最低的 PLC 产品，可以称为微型 PLC 系列产品。产品以较高的性能价格比，将 PLC 的应用拓展到了传统由于体积、价格等方面原因而无法应用 PLC 进行控制的领域。

1. FX1s 系列 PLC 的特点

- ① 采用整体式固定 I/O 型结构，PLC 的 CPU、电源、输入/输出安装于一体，结构紧凑、安装简单。
- ② 运算速度快，每条基本逻辑控制指令为 $0.55\sim 0.77\mu\text{s}$ ，每条应用指令为 3.7 至几百微秒，可以实现高速控制。
- ③ 编程指令、编程元件较丰富，性能价格比高。
- ④ 具有内置式扩展功能模块与功能板，系统具有一定的扩展性能。

2. FX1s 系列 PLC 的基本规格

FX1s 系列 PLC 根据 I/O 点的不同，有 10/14/20/30 共 4 种基本规格。基本规格中，根据 PLC 电源的不同，可以分为 AC 电源输入与 DC 电源输入两种基本类型；根据输出类型，可以分为继电器输出与晶体管输出两种类型。因此，本系列 PLC 共有 16 种不同的产品可以供用户选择。

图 1.3 所示为 FX1s 系列 PLC 的型号中各参数的含义。以 FX1s-30MR-001 为例：PLC 基本型号为 FX1s，I/O 点数确定为 16 点输入/14 点输出，单元代码为 M，输出类型为继电器输出，电源类型为交流电源型 PLC。

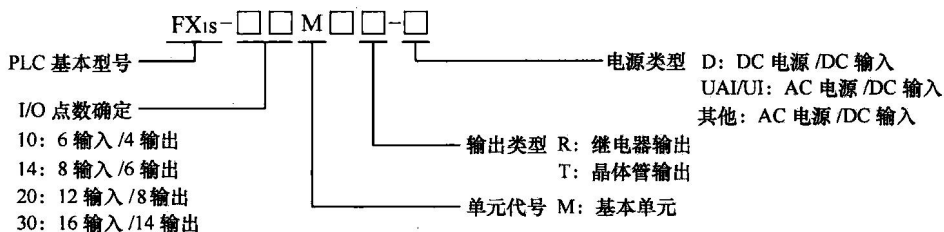


图 1.3 FX1s 系列 PLC 的型号参数

(1) 电源规格

FX1s 系列 PLC 根据 I/O 点的不同，对电源的容量要求有所不同，具体如表 1.2 所示。

表 1.2 FX1s 系列 PLC 电源规格表

项目	AC 电源型				DC 电源型			
	FX1s-10	FX1s-14	FX1s-20	FX1s-30	FX1s-10	FX1s-14	FX1s-20	FX1s-30
额定电压	AC 100~240V				DC 24V			
允许额定电压范围	AC 85~264V				-15%~+10%			
额定频率	50/60Hz				—			
电源熔断器	250V/1A				250V/0.8A			
电源消耗	19VA	19VA	20VA	21VA	6W	6.5W	7W	8W

(2) 输入规格

FX1s 系列 PLC 只有直流汇点输入一种输入方式, 有关汇点输入的连接方式与内部线路原理可以参见本书第 4 章。由于 FX1s 系列 PLC 无输入扩展模块, 全部输入端的规格统一, 具体参数如表 1.3 所示。

表 1.3 FX1s 系列输入规格表

项 目	AC、DC 电源型
输入信号电压	DC24V, -15%~+10%
输入信号电流	输入 X0~X7: 7mA/24V; 输入 X10~X17: 5mA/24V
输入 ON 电流	输入 X0~X7: $\geq 4.5\text{mA}/24\text{V}$; 输入 X10~X17: $\geq 3.5\text{mA}/24\text{V}$
输入 OFF 电流	$\leq 1.5\text{mA}$
输入响应时间	一般输入 $\approx 10\text{ms}$; X0/X1: $\geq 10\mu\text{s}$; X2: $\geq 50\mu\text{s}$
输入信号形式	接点输入或 NPN 集电极开路输入
输入隔离电路	光电耦合
输入显示	输入 ON 时, 指示灯 (LED) 亮

(3) 输出规格

FX1s 系列 PLC 有继电器输出与直流晶体管输出两种输出方式。由于 FX1s 系列 PLC 无输出扩展模块, 全部输出端的规格统一, 具体参数如表 1.4 所示。

表 1.4 FX1s 系列输出规格表

项 目	继电器输出	晶体管输出
输出电压	AC 电源: $\leq 250\text{V}$; DC 电源: $\leq 30\text{V}$	DC5~30V
最大输出电流	电阻负载: $\leq 2\text{A}/\text{点}$	电阻负载: $\leq 0.5\text{A}/\text{点}$; $\leq 0.8\text{A}/4\text{点}$
驱动感性负载容量	$\leq 80\text{VA}/\text{点}$	$\leq 12\text{VA}/\text{点}$
驱动电阻负载功率	$\leq 100\text{W}/\text{点}$	$\leq 15\text{W}/\text{点}$
输出开路漏电流	—	0.1mA/30V
输出最小负载	2mA/DC5V	—
输出响应时间	$\approx 10\text{ms}$	一般输出 $\leq 0.2\text{ms}$; Y0/Y1 为 $5\mu\text{s}$
输出隔离电路	触点机械式隔离	光电耦合隔离
输出显示	输出线圈 ON 时, 指示灯 (LED) 亮	光电耦合 ON 时, 指示灯 (LED) 亮

1.2.2 FX1s 系列 PLC 的基本功能

(1) 逻辑运算与编程功能

FX1s 系列 PLC 可以将 27 条基本的逻辑处理指令、2 条步进梯形图指令与 85 种 167 条应用指令, 用于顺序控制与应用编程, 用户程序的最大存储容量为 2000 步。FX1s 可