

普通高等教育机电类规划教材

机械工程及自动化 简明设计手册(下册)

卜云峰 主编
朱兴龙 周 军 副主编



机械工业出版社
China Machine Press

普通高等教育机电类规划教材

机械工程及自动化简明 设计手册

(下 册)

主 编 卜云峰
副主编 朱兴龙 周 军
参 编 侯志伟
主 审 王隆太



机械工业出版社

本手册是为高等工科院校机械工程及自动化专业学生学习机械设计、机械制造技术及装备、控制技术应用等主干课程和进行课程设计和毕业设计而编写的。由于资料新颖、简明实用、内容完整、价位适中,因此可作为学生学习和课程设计时的案头书,并做到人手一册。

本手册分上、下两册。上册内容包括机械运动方案设计、机械传动设计、液压与气压传动系统设计、专用刀具设计、机械制造工艺设计、机床夹具设计、机床主轴变速箱设计以及常用标准和规范;下册介绍可编程序控制器、计算机控制技术和数控技术应用等内容。该手册立足于实用,除必要文字说明外,主要以图表形式出现,并采用最新国家标准。每章都有设计示例和工作图,并附设计题选。

本手册可供普通高等学校机械工程及自动化专业师生使用,亦可供工厂有关工程技术人员和高等职业技术教育院校、夜大、函授大学相近专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程及自动化简明设计手册.下册/卜云峰主编.一北京:机械工业出版社,2001.2

普通高等教育机电类规划教材

ISBN 7 111 08883 2

I 机… II 卜 III ①机械工程-高等学校-教材②机械设计:计算机辅助设计 高等学校 教材 IV.TH

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 18659 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:王世刚 版式设计:霍永明 责任校对:申春香

封面设计:姚毅 责任印制:路琳

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·9.125 印张·353 千字

0 001 - 4000 册

定价 25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主任委员：邱坤荣

副主任委员：黄鹤汀

左健民 高文龙

王晓天 蔡慧官

秘 书：周骥平

委 员：(排名不分先后)

沈世德 周骥平

徐文宽 唐国兴

韩雪清 戴国洪

李纪明 吴建华

鲁屏宇 王 钧

赵连生

序

人类满怀激情刚刚跨入充满机遇与挑战的 21 世纪。这个世纪是经济全球化、科技创新国际化的世纪，是新经济占主导地位的世纪，是科学技术突飞猛进、不断取得新突破的世纪。这个世纪对高等教育办学理念、体制、模式、机制和人才培养等各个方面都提出了全新的要求，培养的人才必须具备新思想新观念、不断创新、善于经营和开拓市场、有团队精神等素质。

机械高等工程教育是我国高等教育的重要组成部分，21 世纪对它的挑战同样是严峻的。随着现代科学技术的迅猛发展，特别是微电子技术、信息技术的发展，它们与机械技术紧密结合，从而形成传统制造技术、信息技术、自动化技术、现代管理技术等相交融、渗透的先进制造技术，使制造业和制造技术的内涵发生了深刻的变化。面向 21 世纪的机械制造业正从以机器为特征的传统技术时代迈向以信息为特征的系统技术时代。制造技术继续沿着 20 世纪 90 年代展开的道路前进。制造技术和自动化水平的高低已成为一个国家或地区经济发展水平的重要标志。而目前我国制造技术与国际先进水平还有较大差距，亟需形成我国独立自主的现代制造技术体系。面对这一深刻的变化和严峻的形势，我们必须认真转变教育思想，坚持以邓小平同志提出的“三个面向”和江泽民同志提出的“四个统一”为指导，以持续发展为主题，以结构优化升级为主线，以改革开放为动力，以全面推进素质教育和改革人才培养模式为重点，以构建新的教学内容和课程体系、深化方法和手段改革为核心，努力培养素质高、应用能力与实践能力强、富有创新精神和特色的复合型人才。

基于上述时代背景和要求，由国家机械工业局教编室、机械工业出版社、江苏省教育厅（原江苏省教委）、江苏省以及部分省外高等工科院校成立了教材编审委员会，并组织编写了机械工程及自动化专业四个系列成套教材首批 29 本，作为向新世纪的献礼。

这套教材力求具有以下特点：

(1) 科学定位。本套教材主要用于应用型本科人才的培养。

(2) 强调实际、实践、实用，体现“浅、宽、精、新、用”所谓“浅”，就是要深浅适度；所谓“宽”，就是知识面要宽些；所谓“精”，就是要少而精，不繁琐；所谓“新”，就是要跟踪应用学科前沿，跟踪技术前沿，推陈出新，反映时代要求，反映新理论、新思想、新材料、新技术、新工艺；所谓“用”，就是要理论联系实际，学以致用。

(3) 强调特色。就是要体现一般工科院校的特点、特色,符合一般工科院校的实际教学要求,不盲目追求教材的系统性和完整性。

(4) 以学生为本。本套教材尽量体现以学生为本、以学生为中心的教育思想,不为教而教,要有利于培养学生自学能力和扩展、发展知识能力,为学生今后持续创造性学习打好基础。

当然,本套教材尽管主观上想以新思想、新体系、新面孔出现在读者面前,但由于是一种新的探索以及其它可能尚未认识到的因素,难免有这样那样的缺点甚至错误,敬请广大教师和学生以及其他读者不吝赐教,以便再版时修正和完善。

本套教材的编审和出版得到了国家机械工业局教编室、机械工业出版社、江苏省教育厅以及各主审、主编和参编学校的大力支持和配合,在此,一并表示衷心感谢。

普通高等教育机械工程及自动化专业机电类规划教材编审委员会

主任 邱坤荣

2001年元月于南京

前言

目前全国高等工科院校机械工程及自动化专业的课程体系和教学内容有了很大变革,按照应用型人才培养目标的要求,拓宽专业口径,强化专业方向,突出实践能力、突出应用性,重视培养学生的技术开发能力、科技成果的转化能力和多项工艺技术的整合能力,各校都开设了“机械设计”“机械制造装备”及“控制技术应用”等课程,并有课程设计或大作业。但至今尚无一本这方面完整的设计手册,致使学生设计时无所遵循。现有的一些设计手册随着技术标准的更迭也亟待更新,同时这些手册大多价格昂贵,学校藏书的复本数有限,给学生设计带来不便,妨碍了教学质量的提高。为此给学生配备人手一册、资料新颖、简明实用、价位适中的《机械工程及自动化简明设计手册》,是工科院校学生课程设计和毕业设计的迫切需要。本书就是在这样的背景下组织编写的,并经国家机械工业局教材编辑室审定为普通高等教育机电类规划教材之一,可供普通高等工科院校、高等职业技术教育院校、夜大、函授大学机械设计及制造、机械制造工艺与设备、机械电子工程(机电一体化),以及塑性成型工艺及设备等专业师生使用,也可供工厂有关技术人员及中等专业学校师生做参考。

本手册立足于实用,在编写方式上力求做到简明扼要,便于查阅。除必要的文字说明外,主要以图表形式出现,并采用最新国家标准。

本书由机械设计、机械制造工艺及装备设计和控制技术应用三部分组成。全书共分十章,前面两章为机械运动方案设计与机械传动设计,第三章为液压与气压传动系统设计,第四章为专用刀具设计,第五章和第六章为机械制造工艺设计及机床夹具设计,第七章为机床主轴变速箱设计,第八章为可编程序控制器的应用,第九章为计算机控制技术的应用,第十章为数控技术的应用。各章都有设计示例和工作图,并附课程设计题选。必须指出,机械制造工艺装备中常用的量具与模具,因已有专门设计手册出版,故本书没有列入。读者如需设计,可查《刀量模具设计简明手册》(叶伟昌主编,北京:机械工业出版社1999年3月出版)。

本手册由淮阴工学院担任主编,并分上、下两册出版。上册由叶伟昌任主编,谢家瀛、林岗任副主编;下册由卜云峰任主编,朱兴龙、周军任副主编。其中第一章由刘远伟、王贤民编写,第二章由王贤民、陈辽军编写,第三章由秦永法编写,第四章及附录由叶伟昌、程伟编写,第五章由吴永祥、林朝平、林岗和邢西哲编写,第六章由俞庆、黎汉杰编写,第七章由谢家瀛、李益民编写,第八章由朱兴龙编写,第九章由周军编写,第十章由卜云峰、侯志伟编写。全书由叶

伟昌和卜云峰定稿总成。

本书上、下册分别由沈世德和王隆太两位教授主审。黄鹤汀教授对本书总体框架及编写提纲提出了许多极有价值的意见。此外，吴建华、王兴渤、任成勋、胡红玉、王泰、宗国成、周昌龄参与了编写提纲讨论并对本手册也提供了宝贵意见，宋国成还提供了相关实例，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限和编写时间仓促，手册中难免有误漏欠妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

2001 年 1 月

目 录

序

前 言

第三篇 控制技术的应用	1
-------------------	---

第八章 可编程序控制器的应用	1
----------------------	---

第一节 常用 PLC 产品及性能简介	1
--------------------------	---

第二节 常用 PLC 的编程指令系统和应用系统开发环境	32
-----------------------------------	----

第三节 PLC 应用实例	46
--------------------	----

第四节 PLC 应用系统课程设计题选	57
--------------------------	----

第九章 计算机控制技术的应用	60
----------------------	----

第一节 概述	60
--------------	----

第二节 MCS—51 系列单片机控制系统设计	61
------------------------------	----

第三节 8098 单片机控制系统设计	101
--------------------------	-----

第四节 8086/8088 微机控制系统设计	119
------------------------------	-----

第五节 工业控制计算机控制系统设计	146
-------------------------	-----

参考文献	157
------------	-----

第十章 数控技术的应用	159
-------------------	-----

第一节 数控加工的基础知识	159
---------------------	-----

第二节 数控加工程序的手工编制	172
-----------------------	-----

第三节 数控加工程序的自动编制	181
-----------------------	-----

第四节 典型的数控装置	211
-------------------	-----

第五节 电气伺服系统	220
------------------	-----

第六节 普通机床的数控化改造	231
----------------------	-----

第七节 数控技术的应用课程设计题选	255
-------------------------	-----

参考文献	258
------------	-----

附录 A	259
------------	-----

一、SINUMERIK802S 系统接线及信号说明	259
---------------------------------	-----

二、SINUMERIK802S 输入输出接线原理	264
--------------------------------	-----

附录 B 常用芯片简介	265
-------------------	-----

第三篇 控制技术的应用

第八章 可编程序控制器的应用

第一节 常用 PLC 产品及性能简介

一、三菱 F、F1、F2、FX2 及 A 系列 PLC

(一) F 系列 PLC

F 系列 PLC 属于小型整体式结构，仅有开关量控制功能，具有 20 条指令。三菱公司后来推出的 F1、F2 和 FX2 系列 PLC 的指令系统与 F 系列的兼容。所以，学会 F 系列，将为 F1、F2、FX2 系列和别的 PLC 的学习打下基础。

F 系列 PLC 一共有三种不同单元，即基本单元、扩展单元和特殊单元。基本单元内有中央处理器（CPU）、存储器和输入/输出接口电路等，每个控制系统必须有一个基本单元。要增加 I/O 的点数，可连接扩展单元。要增加控制功能，则可连接相应的特殊单元，如高速计数单元、模拟量单元等。

1. F 系列 PLC 的型号

为了满足用户的不同要求，F 系列 PLC 有多种型号规格，表示方法如下：F—①②③④，其中：①表示输入/输出总点数；②表示本单元的类型：M 为基本单元，E 为扩展单元；③表示输出类型：R 为继电器输出，T 为晶体管输出，S 为晶闸管输出；④表示电源电压种类：V 为 100/110V 交流，E 为 220/240V 交流，D 为 24V 直流。

例如：F—40MR—E 的 PLC 表示该产品输入/输出总点数为 40，继电器输出，电源为交流 220/240V。

2. 基本单元和扩展单元及组合

基本单元又称为主机，F 系列 PLC 基本单元的类型如表 8-1 所示。

扩展单元又叫做扩展机，它没有中央处理器，不能单独使用，只能通过扁平电缆与主机相连，以增加输入输出点数。扩展单元的外形与基本单元相似，扩展单元的类型如表 8-2 所示。

表 8-1 F 系列 PLC 基本单元的类型

型 号	输入点数	输出点数	扩展接口数
F—12M	6	6	1
F—20M	12	8	1
F—40M	24	16	2
F—60M	36	24	2

表 8-2 F 系列 PLC 扩展单元的类型

型 号	输入点数	输出点数	扩展接口数
F—10E	4	6	1
F—20E	12	8	1
F—40E	24	16	2

根据需要,可采用基本单元和扩展单元的组合,构成不同输入输出点数的 PLC 控制系统。表 8-3 列出了 80 点以下的各种组合方法,组合时基本单元和扩展单元的输出形式可以不同,例如,基本单元的输出形式可以是继电器,而扩展单元的输出形式可以是晶体管或者晶闸管。F 系列 PLC 最大 I/O 点数为 120 点,可任意组合。

表 8-3 F 系列 PLC 基本单元和扩展单元的组合

总点数	输入点数	输出点数	组 合
22	10	12	F—12M + F—10E
30	16	14	F—20M + F—10E
32	18	14	F—12M + F—20E
40	24	16	F—40M 或 F—20M + F—20E
50	28	22	F—40M + F—10E
60	36	24	F—60M 或 F—40M + F—20E
60	32	28	F—40M + F—10E + F—10E
70	40	30	F—60M + F—10E
80	48	32	F—40M + F—40E 或 F—60M + F—20E

3. 主要技术特性和输入输出方式

(1) 总体技术特性 F—20M 与 F—40M 这两种型号为 F 系列中最常用的,

现把这两种型号的总体技术特性和数据列于表 8-4 中。

表 8-4 F 系列 PLC 总体技术特性和数据

项 目		F—20M	F—40M
电 源	功耗	<11VA	<25VA
	电压	AC100~110V, AC200~220V 50/60Hz	
计 时	点数	8 点	16 点
	设定位数	2 位	3 位
	设定范围	0.1~99s	0.1~999s
计 数	点数	8 点	16 点
	设定方式		
	设定范围	1~99	1~999
辅助继电器		64 个 (其中 16 个有掉电保持功能)	192 个 (其中 64 个有掉电保持功能)
用户存储器容量	数制	八进制	十进制
	数量	477	890
运 算	指令	继电器符号	
	速度	100 μ s/步序 (平均)	45 μ s/步序 (平均)
可 靠 性 措 施 和 情 况	电池保护	锂电池, 可连续使用五年, 保持 RAM 程序	
	瞬时停电补偿	<20ms 瞬间停电可不出错继续运行	
	抗电平干扰能力	1000V, 1 μ s	
	耐振动能力	10~55Hz, 0.5mm, 最大 2g (重力加速度)	
	CPU 出错自诊断	程序监视器, 求和检验	
	电池电压监视	电压不足指示灯显示	
一 般	环境温度	0~+55℃ (储存温度 -15~+65℃)	
	环境湿度	85%RH 以下 (无结露)	
	绝缘电阻	>5M Ω (DC500V)	
	绝缘耐压	AC1500V 1min	
	外形尺	255mm $\times$ 80mm $\times$ 100mm	305mm $\times$ 110mm $\times$ 110mm
	重量	1.5kg	2.3kg

(2) 输入技术特性和数据 F 系列 PLC 的输入技术特性和数据如表 8-5 所示。

表 8-5 F 系列 PLC 的输入技术特性和数据

项 目		DC24V	AC110V	AC220V
额定输入电压		DC24 $\pm$ 4V (内部供电)	AC100/110V 50/60Hz	AC200/220V 50/60Hz
输入阻抗		约 3.7k Ω	约 9.6k Ω /50Hz	约 21.2k Ω /50Hz
工作电流	断 $\rightarrow$ 通	DC 最小 4mA	AC 最小 8mA	AC 最小 7mA
	通 $\rightarrow$ 断	DC 最大 1.5mA	AC 最大 3mA	DC 最大 3mA
响应时间	断 $\rightarrow$ 通	约 10ms	约 15ms	约 15ms
	通 $\rightarrow$ 断	约 5ms	约 8ms	约 8ms
隔离		光电隔离		
指示		当有输入时发光二极管亮		

(3) 输出技术特性和数据 F 系列 PLC 的输出技术特性和数据如表 8-6 所示。

表 8-6 F 系列 PLC 的输出技术特性和数据

项 目		继电器输出 AC100V, 200V DC24V	晶闸管输出 AC100V, 200V	晶体管输出 DC24V
额定输出电流 (电阻负载)		2A/1 点	1A/1 点	1A/1 点
			4A/8 点合计	4A/8 点合计
最大负载	电感性	80VA	50VA (AC100V)	24W (DC24V)
			100VA (AC200V)	
	灯泡	100W	100W	3W
	冲击电流	10A/周期	10A/周期	DC3A
最小负载	电感性		1.6VA (AC200V)	
			0.4VA (AC100V)	
	灯泡		1W (AC200V)	
			0.5W (AC100V)	
响应时间	通 $\rightarrow$ 断	约 5ms	<1ms	1ms
	断 $\rightarrow$ 通	约 10ms	最大 10ms	<1ms
隔离		继电器隔离	光控隔离	光耦合
指示		当继电器接通时发光二极管亮	当晶闸管接通时发光二极管亮	当晶体管接通时发光二极管亮

(4) 接线端子及功能 表 8-7 为 F—40MR 的接线端子及功能。

表 8-7 F-40MR 型 PLC 的接线端子及功能

端子	功 能	说 明
0 100 200	电源	AC110V/120V AC220V/240V
DC24V+ DC24V-	电源（当输入器件需要电源时）	DC24V $\pm$ 8V
A* B	出错检验输出（PC 内有一对触点）	在正常运行状态，A、B 触点接通。若电噪声干扰等原因使 CPU 出错时切断。可用于紧急停车电路或报警，输出负载 $<35\text{VA}$
E	接地	连至接地点（ $<100\Omega$ ）。接控制柜的地，不可与大功率设备共用一个接地点）
RUN	运行状态	起动操作
STOP	停止（全部输出断开，定时器和 128 个辅助继电器全部复位。但全部计数器和 64 个辅助继电器仍然保持）	停止任何操作。STOP 端接通，所有输出均断开。但推荐在紧急停车时，在外部另外接一些紧急停车的器件，作为支持备用
400~413 500~513	输入端子	
430~437 530~537	输出端子	
COM1 COM2 COM3 COM4	输出端子的公共点	430~433 共用 434~437 共用 530~533 共用 534~537 共用
24+ GND	DC24V 正极 DC24V 负极	各输入器件（如接近开关）需 24V 电源时用。 GND 在 PC 内部与 COM 点接通，不应接地

（二）F1、F2 系列 PLC

三菱公司的 F1 系列 PLC 在我国使用得很多。

F1 系列的最大 I/O 点数为 120 点，可由基本单元和扩展单元组合而成。F1 系列 PLC 基本单元和扩展单元的类型如表 8-8 所示。

表 8-8 F1 系列 PLC 的基本单元与扩展单元

基本单元		F1—12M	F1—20M	F1—30M	F1—40M	F1—60M
扩展单元	F1—10ER		F1—20E		F1—40E	F1—60E
输入点数	4	6	12	16	24	36
输出点数	6	6	8	14	16	24
功耗	18VA	18VA	20VA	22VA	25VA	40VA
DC24V 输出电流	0.1A	0.1A	0.1A	0.1A	0.1A	0.2A

F2 系列 PLC 基本单元和扩展单元的类型如表 8-9 所示。

表 8-9 F2 系列 PLC 的基本单元与扩展单元

基本单元				F2—20M	F2—40M	F2—60M
扩展单元	F1—10ER	F2—8EYR	F2—12EX	F2—20E	F2—40E	F2—60E
输入点数	4	0	12	12	24	36
输出点数	6	8	0	8	16	24
功耗	18VA	15VA	10VA	20VA	25VA	40VA
DC24V 输出电流	0.1A			0.1A	0.1A	0.2A

F1、F2 系列的扩展单元可以通用。选用不同的基本单元和扩展单元，F1 和 F2 系列可以分别组成 51 种和 43 种不同 I/O 点数的组合。

F1 系列 PLC 指令的平均执行时间为 $12\mu\text{s}$ 。用户程序存储器容量为 1K 步。它增加了两条用于顺序控制的指令、大量的功能指令和编程元件。有一个 6 位高速加/减计数器。最高计数频率为 2kHz。F1 系列有两个输入点用硬件可以检测出脉宽为 $200\mu\text{s}$ 的脉冲信号。有 8 个输入点的滤波时间常数可以用程序在 0~60ms 之间设定。

表 8-10 为 F1 系列 PLC 一般技术指标。

表 8-10 F1 系列 PLC 一般技术指标

电 源	AC100~110V/200~220V + 10% ~ - 15%，50/60Hz 单相电源，可瞬时失效 10ms
环境温度	0~55℃
环境湿度	45%~85% RH（无凝露）
防震性能	JIS C 0911 标准，10~55Hz，0.5mm（最大 2g，3 轴向各 2 次）
防冲击性能	JIS C 0912 标准，（10g，3 轴向各 3 次）
抗噪声能力	1000V 峰—峰值， $1\mu\text{s}$ ，30~100Hz（噪声模拟器）
绝缘耐压	AC1500V，1min（接地端与其它端子间）
绝缘电阻	$5G\Omega$ ，DC500V（接地端与其它端子之间）
接地电阻	小于 100Ω （如接地有困难，可以不接）
环境	无腐蚀性气体，无导电粉末、微粒

F1 系列 PLC 基本单元的功能技术指标如表 8-11 所示。

表 8-11 F1 系列 PLC 基本单元功能技术指标

执行方式	存储程序，反复执行，集中输入/集中输出
指令	基本逻辑指令 20 条，步进指令 2 条，功能指令 87 条
程序存储器	机内 CMOS RAM（电池后备） EPROM/EEPROM 匣（选件）共 1000 步
辅助继电器	192 点（有保持功能 64 点）+ 特殊辅助继电器 16 点
状态寄存器	40 点（有电池保持）
定时器	0.1~999s 定时器 24 点，0.01~99.9s 定时器 8 点，减延时接通定时器
计数器	1~999 减计数器 30 点，1~999999 加/减计数器（2kHz）1 点
掉电保护电池	锂电池（寿命约 5 年）
自诊断	程序检查（求和检查，语法检查，电路检查） 程序监控定时器，电池电压，电源电压监视等

F1 系列 PLC 输入技术指标如表 8-12 所示。

表 8-12 F1 系列 PLC 输入技术指标

输入方式	NPN 集电极开路晶体管，无源触点
隔离	光电耦合器隔离
输入电压/电流	机内电源 DC24V（内部供电）/7mA
工作电流	断→通：DC4mA 以上，通→断：DC1.5mA 以下
响应时间	断→通，通→断：约 10ms（8 点可在 0~60ms 变化）
动作指示	输入接通时 LED 亮

F1 系列的输出技术指标与 F 系列的基本相同。

F1、F2 系列 PLC 的主要性能如表 8-13 所示。

表 8-13 F1、F2 系列 PLC 主要性能

型 号		F1	F2
主要特点		微型系统	
规格		箱式	
最大 I/O 点数		120 点	
控制系统		循环扫描	
编程语言		逻辑符号（语言）	
指令数	基本指令	20	
	应用指令	87	
扫描速度		12 μ s/步	7 μ s/步
程序容量	内部 RAM	1K 步	2K 步
	选配		
数据寄存器		64 点	192 点
定时器/计数器		32/32 点	
特殊功能单元			
高速计数器		Built-in 1ph 1kHz	F2—40AC 2.2ph 2kHz
位置控制		F2—30GM 1 通道	
A/D 变换器		F2—6A—E 4 通道	
D/A 变换器		F2—6A—E 2 通道	
显示器	发光二极管	F—20DU—SET	
	阴极射线管		
	液晶显示器	MAC50/F	
计算机连接	RS232	F2—232GF	
编程设备			
轻便编程器		F1—20P—E, F2—20P—E, FX—20P—E	

(续)

型 号	F1	F2
图形编程器	GP—80F—E	
个人计算机	MELSEC MEDOC	
网络		
类型	MELSECNET/MINI	
接口	F—16NT/NP—E	
通信速度	1.5Mbps	
最大站数	32 站	
工作站区间	50m/100m	

F、F1、F2 系列的输入电路为汇点式。继电器型输出电路一般为每组 4 点的汇点式，少数型号的输出为分隔式。

(三) F、F1、F2 系列的特殊单元

用模拟量单元 F2—6A—E 后可进行模拟量控制，其中一台 F2—6A—E 可处理 4 路 A/D、2 路 D/A。一台 30 点以上的主机可以带三个模拟量单元，共计可处理 12 路 A/D、6 路 D/A，且不占用开关量的点数。用定位控制单元 F2—30GM 后可进行位置控制、驱动伺服电机或步进电机。

1. F—4T—E 模拟定时器

F—4T—E 有 4 个定时器，每个定时器的设定值可以用螺丝起子在 0.1～600s 之间调整。时间范围分为 0.1～1s/1～10s/6～60s/60～600s4 档。各档用设置输出开关的方法进行选择。

2. 模拟量输入/输出单元 F2—6A—E

该单元将输入的模拟量转换为数字量，在 PLC 的基本单元内对这些数据进行处理，并通过该单元将处理结果转换为模拟量，去控制外部执行机构。

其技术特性如表 8-14 所示。

3. 位置控制单元 F—20CM 和 F2—30GM 用于定位控制。

F1、F2 系列 PLC 还可以使用下列的特殊单元：可程序凸轮开关单元 F2—32RM、M—NET/MINI 通讯接口单元 F—16NT/NP、数据输入接口 F2—20DU、数据输入/输出单元 F2—40DT。

(四) FX2 系列 PLC

FX2 系列 PLC 是三菱公司近年来推出的高性能小型整体式 PLC。它由基本单元、扩展单元、扩展模块和特殊适配器组成，系统的最大 I/O 点数为 256 点。