



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

可编程控制器应用技术

第三版

● 张万忠 主编
周渊深 主审



化学工业出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

可编程控制器应用技术

第三版

张万忠 主编
周渊深 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以三菱公司 FX_{2N} 系列可编程控制器为对象,介绍了可编程控制器的原理及应用技术。全书共分为入门篇、提高篇、应用篇三篇共十三章,主要内容为可编程控制器的基本工作原理,FX_{2N} 型机的编程元件及各种指令,经验法、状态法及数据处理类指令的编程方法,可编程控制器的输入输出接口技术,可编程控制器网络的通信等。

本书的主要章节都介绍有丰富的编程实例,第十三章还提供了可编程控制器的工程应用实例。本书内容合理,结构严谨,概念准确,易读易懂。

本书可作为高职、高专、成教、电视大学等电类专业、机械自动化类专业应用类课程的教材,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

可编程控制器应用技术/张万忠主编. —3 版.

北京:化学工业出版社,2012.5

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-122-13819-4

I. 可… II. 张… III. 可编程序控制器-高等学校-教材 IV. TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 046949 号

责任编辑:张建茹
责任校对:周梦华

文字编辑:吴开亮
装帧设计:杨 北

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 13 $\frac{3}{4}$ 字数 336 千字 2012 年 8 月北京第 3 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 26.00 元

版权所有 违者必究

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

第三版前言

到 2011 年 4 月，本书出版已有十个年头了。十年来，承蒙广大读者及老师们错爱，本书一直有较好的销量，一些院校始终将本书作为教材使用。本书第二版 2005 年 6 月发行后，被教育部评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，也获得了更多读者的好评。近年来，可编程控制器又有了一些新发展、新技术，PLC 教学也有一些新的要求，为了能进一步满足广大学生及读者需要，更好地为高职高专教学服务，本书进行了改编，作为第三版发行。

本书第三版在保持第二版的基本结构、基本内容不变的前提下，跟踪三菱 FX 系列 PLC 的新发展、新动向、新技术，对三菱 FX_{2N} 系列 PLC 的技术指标作了订正。结合近年来 PLC 教学的新形势、新要求，对全书的内容作了调整及补充，同时删除了二版书中叙述相对落后的内容及一些繁琐的习题。本书的第三版内容更加翔实，编排更加合理，实例更加丰富生动，更有利于教学的组织及学生的自学阅读。

本书由张万忠主编，并编写了前言、第一、二、三、四、八、九章及附录，赵黎明编写了第五章，郑德明编写了第六、七章，金沙编写了第十、十一、十二、十三章，全书由张万忠统稿。

本书由周渊深教授主审。在本书的编写过程中，参考了其他教材及相关厂家的技术资料，在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平所限，书中疏漏和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者
2012 年 4 月

第二版前言

根据教育部高等教育司的要求,化学工业出版社在2001年陆续出版了电类专业教材共20种。此套教材立足高职高专教育培养目标,遵循社会的发展需求,突出应用性和针对性,加强实践能力的培养,为高职高专教育事业的发展起了很好的推动作用。一些教材多次重印,受到了广大院校的好评。通过近四年的教学实践和全国高等职业教育如何适应各院校各学科体制的整合、专业调整的需求,于2004年底对此套教材组织了修订工作。

结合可编程控制器技术快速发展的实际,本次修订中将第一版中的FX机型改为目前市场上更为流行的FX_{2N}机型,这两个机型同属三菱公司的产品,技术上是完全兼容的,且FX_{2N}型是近年来国际市场上的畅销产品,也是三菱公司的代表产品。近年来FX_{2N}系列PLC在技术上不断完善,功能更加强大,在一定程度上代表了国际上可编程控制器技术的发展水平。

本次修订,本书保持了第一版图书的体系结构,保持了以实例介绍说明应用方式等特色,增补了一些FX_{2N}系列机型新增加的实用的指令,如触点型比较、脉冲输出等。还加强了PLC通讯的介绍,使内容更加完善。

遵循“从特殊到一般”的认知规律,第二版仍以一个机型说明可编程控制器的应用技术,力求在把一个机型讲透的基础上,使学生掌握PLC应用中带有普遍性、规律性的知识,培养PLC的工程实践能力。为了体现“从认识到实践,再认识,再实践”的认知过程,本书分为三个层次。即入门篇、提高篇及应用篇。三篇各有侧重,可独立成篇,又相互衔接,层层深入,以满足不同专业,不同层次读者的需要。

本教材内容简洁,选材合理,结构严谨。以工程实例多见长于各类教材。可以较好地满足高职高专教学目标的需要。

本书由张万忠主编,并编写了前言、第一、二、三、四、八、九章及附录,赵黎明编写了第五章,郑德明编写了第六、七章,金沙编写了第十、十一、十二、十三章,全书由张万忠统稿。

本书由周渊深教授主审。在本书的编写过程中,参考了其他教材及相关厂家的技术资料,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平所限,书中疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2005年3月

第一版前言

根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》精神,为满足高职高专电类相关专业教学基本建设的需要,在教育部高教司和教育部高职教育教学指导委员会的关心和指导下,全国石油和化工高职教育教学指导委员会广泛调研,召开多次高职高专电类教材研讨会,组织编写了20本面向21世纪的高职高专电类专业系列教材,供工业电气化技术、工业企业电气化、工业电气自动化、应用电子技术、机电应用技术及工业仪表自动化、计算机应用技术等相关专业使用。

本套教材立足高职高专教育人才培养目标,遵循主动适应社会发展需要、突出应用性和针对性、加强实践能力培养的原则,组织编写了专业基础课及专业课程的理论教材和与之配套的实训教材。实训教材集实验、设计与实习、技能训练与应用能力培养为一体,体系新颖,内容可选择性强。同时提出实训硬件的标准配置和最低配置,以方便各校选用。

由于本教材的整体策划,从而保证了专业基础课与专业课内容的衔接,理论教材与实训教材的配套,体现了专业的系统性和完整性。力求每本教材的讲述深入浅出,将能力点及知识点紧密结合,注重培养学生的工程应用能力和解决现场实际问题的能力。

遵循“从特殊到一般”的认知规律,本教材以日本三菱公司FX₂系列可编程控制器为对象,介绍可编程控制器应用技术。力求把一个机型讲深讲透,并重点说明那些反映可编程控制器应用技术中带有普遍性的东西,以达成学生“举一反三”的能力。为了体现“从认识到实践,再认识,再实践,循环反复”的认知过程,本书分成为三个层次。即入门篇、提高篇及应用篇。入门篇介绍可编程控制器的基本指令及逻辑控制类程序的编程思想。以建立可编程控制器的概貌认识及基本应用能力。提高篇则以功能指令及运算类程序的编制为主。应用篇重在综合型系统的构建、相关程序的编制及工程应用能力的培养。三篇一脉相承,又可独立成篇。以满足不同专业、不同层次读者的需要。

本教材内容简洁,选材合理,结构严谨。为了体现教学的直观、具体特性的要求,本教材安排了大量的教学实例。本书的期望特色为:依照认知规律,着重工程应用能力培养,内容翔实,实例丰富,易学易教,方便自学。

本书由张万忠任主编,并编写了第一、二、三、九、十、十一章及第四章的第二、四、五、六节,第八章的第四节。陈德仪编写了第四章第一、三节,赵黎明编写了第五章,郑德明编写了第六、七章,第八章的第一、二、三节,金沙编写了第十二、十三、十四、十五章,全书由张万忠统稿。

本书由周渊深副教授(博士)主审。在本书的编写过程中,还参考了部分兄弟学校的教材和相关厂家的资料。王民权副教授对本书提出了许多宝贵意见。在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平所限和编写时间仓促,书中疏漏和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2001年4月

目 录

入门篇 可编程控制器应用基础

第一章 可编程控制器概述	1	第三节 FX _{2N} 系列可编程控制器编程元件及功能	31
第一节 可编程控制器的定义	1	第四节 FX _{2N} 系列可编程控制器的基本指令	36
第二节 PLC 之前的工业控制装置	2	第五节 编程规则及注意事项	42
第三节 PLC 的发展过程及未来展望	3	习题及思考题	44
第四节 可编程控制器的特点及应用领域	4	第四章 FX _{2N} 系列可编程控制器基本指令的编程应用	47
第五节 PLC 工业应用的基本模式	6	第一节 可编程控制器的应用开发	47
习题及思考题	7	第二节 常用基本环节的编程	48
第二章 可编程控制器的构成及工作原理	8	第三节 基本指令编程实例及经验编程法	51
第一节 可编程控制器的硬件及功能	8	第四节 FX _{2N} 系列可编程控制器编程软件及程序下载	58
第二节 可编程控制器的软件及应用程序的编程语言	11	习题及思考题	62
第三节 可编程控制器的工作原理	13	第五章 FX _{2N} 系列可编程控制器步进指令及状态编程法	64
第四节 可编程控制器按硬件结构及应用规模分类	16	第一节 状态编程思想及状态元件	64
第五节 可编程控制器的主要性能指标	18	第二节 FX _{2N} 系列 PLC 步进顺控指令应用规则	66
第六节 国内外 PLC 产品简介	19	第三节 FX _{2N} 系列可编程控制器分支、汇合状态转移图及程序编制	69
习题及思考题	20	第四节 非状态编程元件实现的状态法编程	77
第三章 FX _{2N} 系列可编程控制器	21	习题及思考题	78
第一节 FX _{2N} 系列可编程控制器及其性能指标	21		
第二节 FX _{2N} 系列可编程控制器的安装及接线	27		

提高篇 可编程控制器应用技术

第六章 FX _{2N} 系列可编程控制器功能指令概述	81	第二节 四则及逻辑运算类指令及应用	96
第一节 数据类编程元件及存储器组成	81	第三节 移位控制类指令及应用	102
第二节 功能指令的表达形式、使用要素及分类	85	第四节 数据处理类指令及应用	106
习题及思考题	88	第五节 数据处理指令的一般应用场合及编程	110
第七章 FX _{2N} 系列可编程控制器数据处理指令及应用	90	习题及思考题	111
第一节 传送比较类指令及应用	90	第八章 FX _{2N} 系列可编程控制器程序控制指令及应用	113
		第一节 跳转指令及应用	113

第二节	子程序调用指令及应用	116
第三节	中断指令及应用	118
第四节	循环指令及应用	121
第五节	程序控制指令与程序结构	122
	习题及思考题	123
第九章	FX_{2N}系列可编程控制器脉冲	
	处理功能及应用	124
第一节	FX _{2N} 系列可编程控制器的脉冲	
	输出功能及应用	124
第二节	FX _{2N} 系列可编程控制器的高速	
	计数器	128
第三节	FX _{2N} 系列可编程控制器高速计	
	数器指令	132
第四节	FX _{2N} 系列可编程控制器高速计	
	数器应用例	134
	习题及思考题	135
第十章	FX_{2N}系列可编程控制器模拟量	

	处理功能及应用	136
第一节	FX _{2N} 系列 PLC 特殊功能模块的	
	读写指令	136
第二节	模拟量输入模块 FX _{2N} -4AD	137
第三节	模拟量输出模块 FX _{2N} -4DA	141
第四节	模拟量的闭环调节及 PID 指令	
	应用	145
	习题及思考题	151
第十一章	FX_{2N}系列可编程控制器通信	
	技术	153
第一节	网络通信的基本知识	153
第二节	FX _{2N} 系列 PLC 通信用硬件及通信	
	形式	157
第三节	FX _{2N} 系列 PLC 间的简易通信及应	
	用实例	161
	习题及思考题	168

应用篇 可编程控制器的工业应用

第十二章	可编程控制器的工业应用规划	
	技术	169
第一节	PLC 应用开发的内容及步骤	169
第二节	硬件配置	171
第三节	软件设计	172
第四节	输入输出端口的扩展及保护	173
第五节	PLC 应用的可靠性技术	176
	习题及思考题	178
第十三章	可编程控制器在工业控制中	
	的应用	179

第一节	FX _{2N} 系列 PLC 在化工装置控制中	
	的应用	179
第二节	FX _{2N} 系列 PLC 在继电器接触器电路	
	改造中的应用	182
第三节	FX _{2N} 系列 PLC 在组合机床控制中	
	的应用	186
第四节	FX _{2N} 系列 PLC 在恒温水箱控制中	
	的应用	191

附 录

附录 A	FX _{2N} 系列可编程控制器常用特殊	
	软元件	197
附录 B	FX _{2N} 系列 PLC 功能指令总表	201

主要参考文献	210
--------------	-----

入门篇

可编程控制器应用基础

第一章 可编程控制器概述

内容提要：作为通用的工业控制计算机，40 多年来，可编程控制器从无到有，实现了工业控制领域接线逻辑到存储逻辑的飞跃；其功能从弱到强，实现了逻辑控制到数字控制的进步；其应用领域从小到大，实现了单体设备简单控制到胜任运动控制、过程控制及通信控制等各种任务的跨越。今天的可编程控制器正在成为工业控制领域的主流控制设备，在世界工业控制中发挥着越来越大的作用。

本章回顾了可编程控制器的发展过程，介绍了可编程控制器的特点及应用领域，对未来的可编程控制器作了展望。

第一节 可编程控制器的定义

可编程控制器（Programmable Controller）简称 PC，个人计算机（Personal Computer）也简称 PC，为了避免混淆，人们将最初用于逻辑控制的可编程控制器叫做 PLC（Programmable Logic Controller）。本书也用 PLC 作为可编程控制器的简称。

可编程控制器的历史只有 40 多年，但发展极为迅速。为了确定它的性质，国际电工委员会（International Electrical Committee）多次发布及修订有关 PLC 的文件。在 1987 年颁布的 PLC 标准草案中对 PLC 作了如下定义：“PLC 是一种专门为在工业环境下应用而设计的数字运算操作的电子装置。它采用可以编制程序的存储器，用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算等操作的指令，并能通过数字式或模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。PLC 及其有关的外围设备都应按照易于与工业控制系统形成一个整体，易于扩展其功能的原则而设计。”

定义中有以下几点值得注意。

① 可编程控制器是“数字运算操作的电子装置”，它其中带有“可以编制程序的存储器”，可以进行“逻辑运算、顺序运算、计时、计数和算术运算”工作，可以设想可编程控制器具有计算机的基本特征。事实上，可编程控制器无论从内部构造、功能及工作原理上看，都是不折不扣的计算机。

② 可编程控制器是“为工业环境下应用”而设计的计算机。工业环境和一般办公环境

有较大的区别, PLC 具有特殊的构造, 使它能在高粉尘、高噪声、强电磁干扰和温度变化剧烈的环境下正常工作。为了能控制“机械或生产过程”, 它又要能“易于与工业控制系统形成一个整体”。这些都是为办公环境设计的个人计算机不可能做到的。可编程控制器不是普通的计算机, 它是一种工业现场用计算机。

③ 可编程控制器能控制“各种类型”的工业设备及生产过程。它“易于扩展其功能”, 它的程序并不是不变的, 而是能根据控制对象的不同要求, 让使用者“可以编制程序”。也就是说, 可编程控制器较以前的工业控制计算机, 如单片机工业控制系统, 具有更大的灵活性, 它可以方便地应用在各种场合, 它是一种通用的工业控制计算机。

通过以上定义还可以了解到, 相对一般意义上的计算机, 可编程控制器并不仅仅具有计算机的内核, 它还配置了许多使其适用于工业控制应用的器件。它实质上是经过一次工业应用开发的工业控制用计算机。但是, 从另一个方面来说, 由于它是一种通用机, 不经过二次开发, 它不能在任何具体的工业设备上使用。不过, 自其诞生以来, 电气工程技术人员们感受最深的也正是可编程控制器二次开发十分容易。它在很大程度上使得工业自动化设计从专业设计院走进了工厂和矿山, 变成了普通工程技术人员甚至普通电气工人力所能及的工作。再加上体积小、工作可靠性高、抗干扰能力强、控制功能完善、适应性强、安装接线简单等众多优点, 可编程控制器在短短的 40 多年中获得了突飞猛进的发展, 在工业控制中获得了非常广泛的应用。

第二节 PLC 之前的工业控制装置

在 PLC 诞生之前, 工业控制设备主要是以继电器、接触器为主体的电气控制装置。继

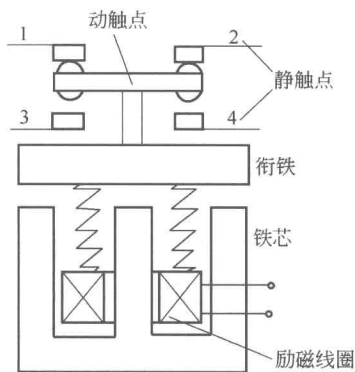


图 1-1 电磁式电器的结构

电器、接触器是一些电磁开关。其结构如图 1-1 所示, 由励磁线圈、铁芯磁路、触点等部件组成。其中触点是接通或断开电路的部件, 依励磁线圈通电前的状态可分为常开和常闭两种类型。线圈通电前呈断开状态的触点为常开触点, 如图中触点 3、4, 呈接通状态的为常闭触点, 如图中触点 1、2。同一只接触器或继电器常有多对常开、常闭触点。当励磁线圈通电, 衔铁在磁力作用下向下运动, 被铁芯吸合时, 常开触点接通, 常闭触点断开, 以完成电路的切换。根据触点的动作特征, 常开触点也叫做动合触点, 常闭触点也叫做动断触点。触点还分为主触点及辅助触点。用于

主电路, 切换较大电流的触点是主触点。用于控制电路,

只能通过较小电流的触点称为辅助触点。图 1-2 所示是使用一只接触器及按钮等电器构成的三相异步电动机单向运转的电路。图 1-2(a) 为主电路, 接触器 KM 的常开主触点控制电动机电源的通断。图 1-2(b) 为控制电路, 由 KM 的线圈, 常开辅助触点及启动按钮 SB2、停止按钮 SB1 组成。控制电路的作用是实现对主电路电器的控制及保护。其逻辑关系如下: 当 SB2 按下时, KM 得电, KM 并联在 SB2 触点上的常开辅助触点动作, 使 KM 在 SB2 松开后仍能保持接通状态, 电机运行。当 SB1 按下时, KM 失电, 电机停车。图 1-3 所示是交流异步电动机可逆运转的电路。图中组成电路的元件仍旧是接触器及按钮, 只是器件的数量及电路连接方法不一样, 电动机从单向运行变成了双向运行。这说明通过继电器、接触器及

其他控制元件的线路连接,可以实现一定的控制逻辑,从而实现生产设备的各种操作控制。人们将由导线连接决定器件间逻辑关系的控制方式称为接线逻辑。为了方便,本书下文中称继电器接触器控制装置为“继电器电路”。

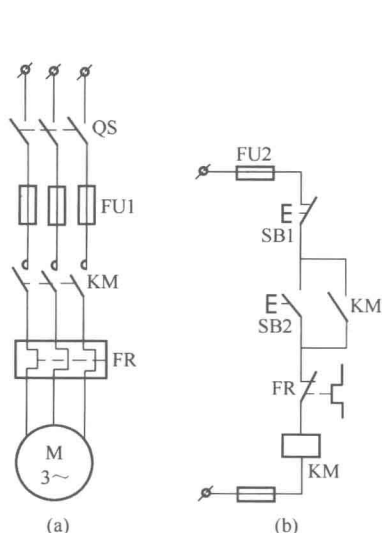


图 1-2 接触器控制异步电动机单向运转电路

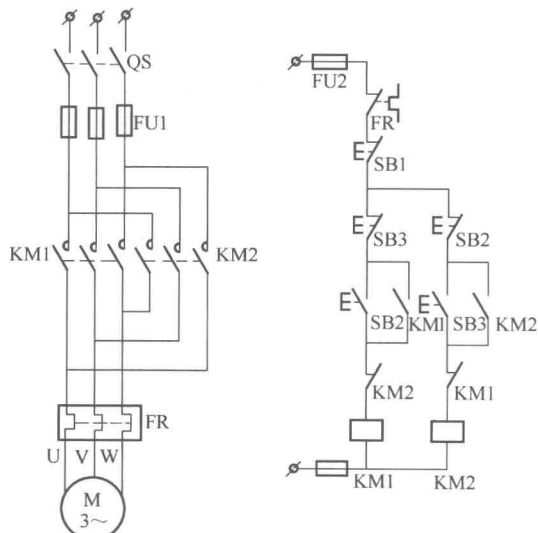


图 1-3 接触器控制异步电动机可逆运转电路

随着工业自动化程度的不断提高,使用继电器电路构成工业控制系统的缺陷不断地暴露出来。首先是复杂的系统使用成百上千个各种各样的继电器,成千上万根导线连接得密如蛛网。只要有一个电器、一根导线出现故障,系统就不能正常工作,这就大大降低了接线逻辑系统的可靠性。其次是这种系统的维修及改造很不容易。特别是技术改造,当试图改变工作设备的工作过程以改善设备的功能时,人们宁愿重新生产一套控制设备都不愿意将继电器控制柜中的线路重新连接。而在 20 世纪 60~70 年代,社会的进步要求制造业生产出小批量、多品种、多规格、低成本、高质量的产品以满足市场的需要,不断地提出改善生产机械功能的要求。加上当时电子技术已经有了一定的发展,于是人们开始寻求一种以存储逻辑代替接线逻辑的新型工业控制设备。这就是后来的 PLC。

第三节 PLC 的发展过程及未来展望

世界上公认的第一台 PLC 是 1969 年美国数字设备公司 (DEC) 研制的。限于当时的元件条件及计算机发展水平,早期的 PLC 主要由分立元件和中小规模集成电路组成,可以完成简单的逻辑控制及定时、计数功能。20 世纪 70 年代初出现了微处理器,人们很快将其引入可编程控制器,使 PLC 增加了运算、数据传送及处理等功能,成为真正具有计算机特征的工业控制装置。为了方便熟悉继电器、接触器系统的工程技术人员使用,可编程控制器采用和继电器电路图类似的梯形图作为主要编程语言,并将参加运算及处理的计算机存储单元都以继电器命名。因而人们称可编程控制器为微计算机技术和继电器常规控制概念相结合的产物。20 世纪 70 年代初是 PLC 诞生阶段。

20 世纪 70 年代中末期,可编程控制器进入了实用化定型发展阶段,计算机技术已全面引入可编程控制器中,使其功能发生了飞跃。更高的运算速度,超小型的体积,可靠的工业

抗干扰设计,模拟量运算、脉冲计数功能及极高的性价比奠定了它在现代工业中的地位。

20 世纪 80 年代初,是可编程控制器普及及产品系列化阶段。在世界第一台可编程控制器的诞生地美国,权威情报机构 1982 年的统计数字显示,大量应用可编程控制器的工业厂家占美国重点工业行业厂家总数的 82%,可编程控制器的应用数量已位于工业自控设备之首。这个时期,可编程控制器发展的最大特点是产品系列化,性能及各类技术指标也日臻成熟,这标志着可编程控制器已步入成熟阶段。

这个阶段世界上生产可编程控制器的国家日益增多,产量日益上升。许多可编程控制器的生产厂家已闻名全世界。这其中有美国 Rockwell 自动化公司所属的 A-B (Allen-Bradley) 公司,GE-Fanuc 公司,日本的三菱公司和立石公司,德国的西门子 (Siemens) 公司,法国的 TE (Telemecanique) 公司等。它们的产品已风行全世界,成为工业控制领域中的著名品牌。

20 世纪末 21 世纪初,是可编程控制器高性能及网络化发展阶段。从控制规模上来说,这个时期发展了大型机及超小型机;从控制能力上来说,诞生了各种各样的特殊功能单元,用于压力、温度、转速、位移等各式各样的控制场合;从产品的配套能力来说,生产了各种人机界面单元、通信单元,使应用可编程控制器的工业控制系统配套更加容易。伴随着工业以太网、现场总线等通信技术的不断进步,可编程控制器也重点发展了网络通信能力,使其在机械制造、石油化工、冶金钢铁、汽车、轻工业等领域的大型工业系统中的应用更加广泛。

中国可编程控制器的引进、应用、研制、生产是伴随着改革开放开始的。最初是在引进设备中大量使用了可编程控制器。接下来在各种企业的生产设备及产品中不断扩大了 PLC 的应用。目前,中国自己已可以生产中小型可编程控制器,但暂无较大影响力及市场占有率的产品。

权威人士预计,21 世纪,可编程控制器会有更大的发展,从技术上看,计算机技术的新成果会更多地应用于可编程控制器的设计及制造上,会有运算速度更快、存储容量更大,组网能力更强的品种出现。从产品规模上看,会进一步向超小型及超大型方向发展。从产品的配套性能上看,产品的品种会更丰富,规格更齐备。完美的人机界面、完备的通信设备会更好地适应各种工业控制场合的需求。从产品的应用特征上来看,PLC 会在定位、伺服、数控等领域发挥更大的作用。从市场上看,各国各自生产多品种产品的情况会随着国际竞争的加剧而打破,会出现少数几个品牌垄断国际市场的局面,会出现国际通用的编程语言。这是有利于可编程技术的发展及可编程产品的普及的。从网络的发展情况来看,可编程控制器和其他工业控制计算机组网构成大型的控制系统是可编程控制器技术的发展方向,目前的计算机集散控制系统 (Distributed Control System) 及现场总线控制系统中已有大量的可编程控制器应用,伴随着计算机网络的进一步发展,可编程控制器作为自动化控制网络或国际通用网络的重要组成部分,将在工业及工业以外的众多领域发挥越来越大的作用。

第四节 可编程控制器的特点及应用领域

一、PLC 的特点

可靠性高及通用性好是 PLC 最重要的特点。

高可靠性是电气控制设备的关键性能。PLC 由于采用现代大规模集成电路技术, 采用严格的生产工艺制造, 内部电路采取了先进的抗干扰技术, 具有很高的可靠性。以三菱公司早期生产的 F 系列 PLC 为例, 硬件平均无故障时间就已高达 30 万小时。一些使用冗余 CPU 的 PLC 的平均无故障工作时间则更长。从软件角度看, PLC 用户程序与系统软件相对独立, 使软件引起的故障大大减少。从 PLC 的机外电路来说, 和同等控制规模的继电器接触器系统相比, 电气接线及开关接点已减少到数百甚至数千分之一, 故障率也就大大降低。此外, PLC 带有硬件故障的自检测功能, 在应用软件中, 也可以编入外围器件的故障自诊断程序, 所以, 整个系统具有极高的可靠性。

通用性好指设备可以应用于各种场合, 各类设备及可以实现各种控制模式。PLC 发展到今天, 已经形成了大、中、小各种规模的系列化产品。可以用于各种规模的工业控制场合。除了逻辑处理功能外, PLC 具有完善的数据运算能力, 还可以用于各种需要数字运算的控制领域。近年来, PLC 新型功能单元的涌现使 PLC 迅速渗透到了定位控制、温度控制、CNC 等各种工业控制中, 加上 PLC 通信能力的增强及人机界面技术的发展, 使用 PLC 组成各种控制系统变得非常容易。

此外, 作为面向工矿企业的控制设备。PLC 与其他工业设备, 如变频伺服系统、数控系统, 过程控制设备接口都十分容易。编程语言中, 梯形图语言的图形符号与表达方式和继电器电路图相当接近, 易为工程技术人员接受。PLC 控制系统的设计、建造工作量小, 与继电器接触器控制装置比较, 维护方便, 改造容易。产品体积小, 重量轻, 能耗低, 性价比高也是 PLC 系统的突出优点。

二、可编程控制器的应用领域

PLC 的应用领域十分广阔, 已广泛应用于钢铁、石油、化工、电力、建材、机械制造、汽车、轻纺、交通运输、环保及文化娱乐等各个行业, 使用情况大致可归纳为如下几类。

1. 开关量逻辑控制

这是 PLC 最基本、最广泛的应用领域, 取代传统的继电器接触器电路实现逻辑控制、顺序控制, 既可用于单台设备的控制, 又可用于多机群控及自动化流水线。如注塑机、印刷机、订书机械、组合机床、磨床、包装生产线、电镀流水线等。

2. 运动控制

PLC 可以用于圆周运动或直线运动的定位控制。除了系列产品中原有的专用定位控制模块外, 近年来整体式 PLC 单元中增强了集成的脉冲输出功能及高速计数功能, 使 PLC 的定位控制能力大大增加, 应用更加广泛。此外, 专用运动控制模块的类型及功能也不断增加, 使 PLC 在各种机械、机床、机器人、电梯等运动控制场合应用更加方便。

3. 闭环过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等模拟量的闭环控制。在采用非总线类检测及控制设备时这些量一般都是模拟量, 在使用 PLC 作为控制装置时需将模拟量 (Analog) 变换为数字量 (Digital) 供 PLC 应用或需将 PLC 计算数据变换为模拟量供 PLC 输出。目前 PLC 厂家都生产与 PLC 配套使用的模拟量转换模块, 直接在整体式 PLC 产品中集成 A/D 和 D/A 转换接口的产品也渐渐多了起来。

PLC 用于过程控制还由于其具有各种运算指令, 能编制各种各样的控制算法程序, 完成闭环控制。PID 调节是一般闭环控制系统中用得较多的调节方法。大中型 PLC 都有专用

的 PID 模块, 小型 PLC 也具有 PID 指令。过程控制能力使 PLC 在冶金、化工、热处理、锅炉控制等场合有非常广泛的应用。

4. 数据处理

现代 PLC 具有数学运算 (含矩阵运算、函数运算、逻辑运算)、数据传送、数据转换、排序、查表、位操作等功能, 可以完成数据的采集、分析及处理。这些数据除可以与储存在存储器中的参考值比较, 完成一定的控制操作外, 也可以利用通信功能传送到别的智能装置, 或将它们打印制表。数据处理一般用于大型控制系统, 如无人控制的柔性制造系统。也可用于过程控制系统, 如造纸、冶金、食品工业中的一些大型控制系统。

5. 网络应用

PLC 通信含 PLC 间的通信及 PLC 与其他智能设备间的通信。随着计算机控制的发展, 工厂自动化网络发展得很快, 各 PLC 厂商都十分重视 PLC 的通信功能, 纷纷推出各自的网络系统。新近生产的 PLC 无论是网络接入能力还是通信技术指标都得到了很大加强, 这使 PLC 在远程及大型控制系统中的应用能力大大增加。

第五节 PLC 工业应用的基本模式

承前所述, PLC 是一种新型的通用的电器控制器, 一种以计算机为内核的电器控制器。作为一个传统的名称, 电器控制器可定义为: 电器及电路构成的用于电气控制的装置。

前边已经说过: 继电器接触器系统是传统的电器控制器。而新型的具有计算机内核的电器控制器 PLC 在工业控制中是如何应用的? 这里有以下三个问题值得强调。

1. PLC 的应用离不开主令电器及执行电器

作为通用的工业控制装置, PLC 必须连接主令电器及控制对象, 也就是说必须接入控制系统。单独的 PLC 不能实现任何控制功能。因此, 和一般的控制装置一样, PLC 必定装配有许多的输入接口、输出接口、通信接口用于连接控制系统中的接触器、电磁阀、按钮、开关、各类传感或各种人机界面设备。

2. PLC 处理的是代表控制系统中事件及数值的存储器数据

作为工业控制计算机, 与普通计算机一样, PLC 工作的根本形式是依程序处理存储器中的各种数据。这些数据是如何存到了 PLC 的存储器中的? 这些数据是些什么数据? 它们代表了什么? 这些问题是使用计算机的人需首先要明确的。

答案很简单: 这些数据是通过 PLC 的输入口送入的, 也可以是事先存入的。输入口送入的是现场实时数据, 事先存入的可以是计算用的辅助数据。这些数据可能是二进制的一位, 也可能是多位二进制或别的数制的数据。但不论是什么样的数据, 都代表了控制过程中各类事件的状态及数量变化。例如某个输入口上连接的 A 按钮的常开触点接通时, 代表这个按钮触点状态的位存储单元置 1, 这个“1”就代表了“A 按钮被按下”这一控制事件。此外, 计算机运行中产生的中间结果也存在存储器中用于下一步的运算。

3. 联系 PLC 系统输入与输出的是应用程序

PLC 正常工作中, 一直在运算着。它是怎样算的, 谁控制它的计算方法, 或者说 PLC 的输入信号是如何能影响输出信号的?

具有计算机工作常识的人都知道, 计算机工作离不开软件。软件决定了计算机的运行方法, 软件联系着 PLC 的输入与输出。这里的软件指由 PLC 应用者根据控制要求编制的应

程序，也存储在 PLC 的存储单元中（存储逻辑）。不同控制目的应用软件应当不同。更改了应用软件也即更改了 PLC 的控制功能。

因此，PLC 工业控制应用的基本模式可以表述为：第一点，像其他的电器控制器一样，可编程控制器必须要接入控制系统电路，即是要与传感器、主令电器、执行电器、通信设备及其他需用的控制设备连接成一体；第二点，硬件连接后还需编制应用软件，表达 PLC 输入与输出间的关系，这样就将控制系统中的事件联系在一起了。

作为 PLC 工业应用模式的模型。图 1-4 是 PLC 的等效电路。图中将 PLC 的工业控制系统分成了输入部分、输出部分及控制部分，图中的虚线框代表 PLC，输入及输出接口接着输入或输出器件。框的中心是 PLC 的应用程序。图顶上的箭头代表了信号从输入传到输出的过程。

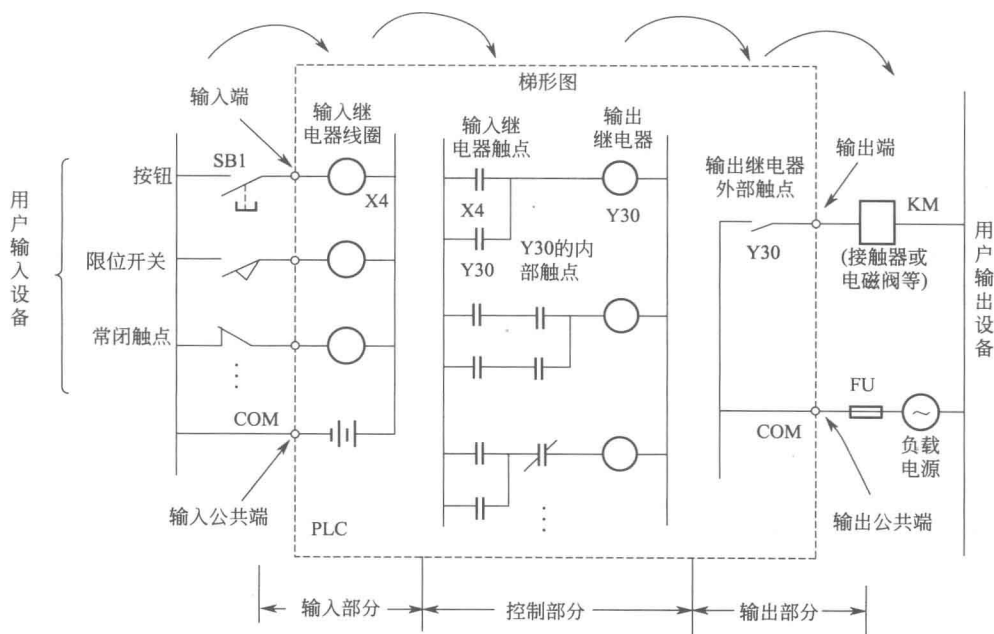


图 1-4 PLC 的等效电路

习题及思考题

- 1-1 为什么说可编程控制器是通用的工业控制计算机？和一般的计算机系统相比，PLC 有哪些特点？
- 1-2 什么是接线逻辑？什么是存储逻辑？它们的主要区别是什么？
- 1-3 继电器接触器控制系统是如何构成及工作的？可编程控制器系统和继电器控制系统有哪些异同点？
- 1-4 可编程控制器的发展经历了哪几个阶段，各阶段的主要特征是什么？
- 1-5 作为通用的工业控制计算机，可编程控制器有哪些特点？
- 1-6 可编程控制器主要应用在哪些领域？
- 1-7 可编程控制器的发展方向是什么？
- 1-8 PLC 工业控制应用的基本模式提示了 PLC 应用的哪些根本点？

第二章 可编程控制器的构成及工作原理

内容提要：和普通计算机一样，可编程控制器由硬件及软件构成。硬件方面，可编程控制器和普通计算机的主要差别在于 PLC 配有许多专门设计、方便与工业控制系统连接的输入输出接口。软件方面和普通计算机的主要差别为 PLC 的应用软件是由使用者编制，用专用语言表达的专用软件。可编程控制器工作时采用应用软件的逐行扫描执行方式，这和普通计算机等待命令工作方式也有所不同。从时序上来说，可编程控制器指令的串行工作方式和继电器电路的并行工作方式也是不同的。

第一节 可编程控制器的硬件及功能

世界各国生产的可编程控制器外观各异，但作为工业控制计算机，其硬件结构都大体相同。主要由中央处理器（CPU）、存储器（RAM、ROM）、输入输出器件（I/O 接口）、电源及编程设备几大部分组成。PLC 的硬件组成结构如图 2-1 所示。

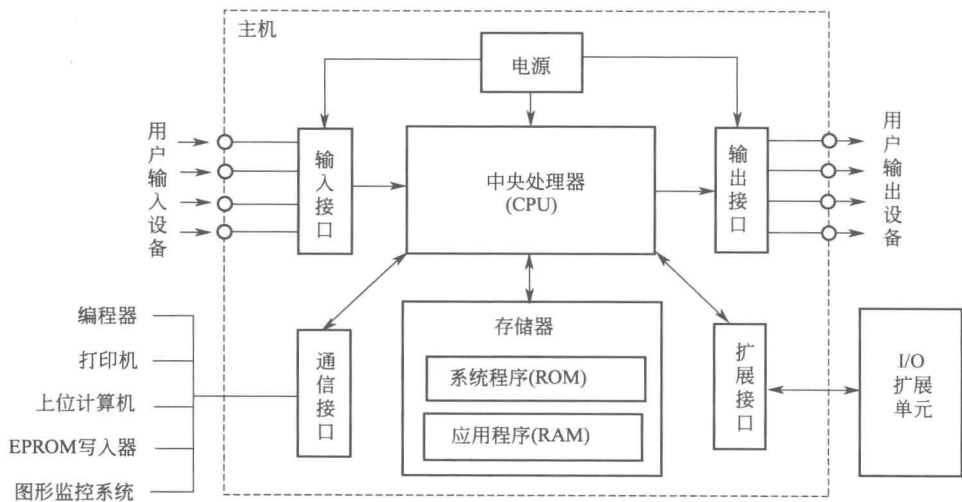


图 2-1 PLC 的硬件组成结构

一、中央处理器（CPU）

中央处理器是可编程控制器的核心，它执行系统程序及用户程序，完成逻辑运算、数学运算、协调系统内部各部分工作、产生各种控制信号，实现 PLC 内部及外部的控制。一般说来，CPU 的位数及运算能力越强，PLC 的功能越强。现在常见的可编程控制器多为 16 位或者 32 位机。为了提高 PLC 的性能，也有一台 PLC 采用多个 CPU 的。