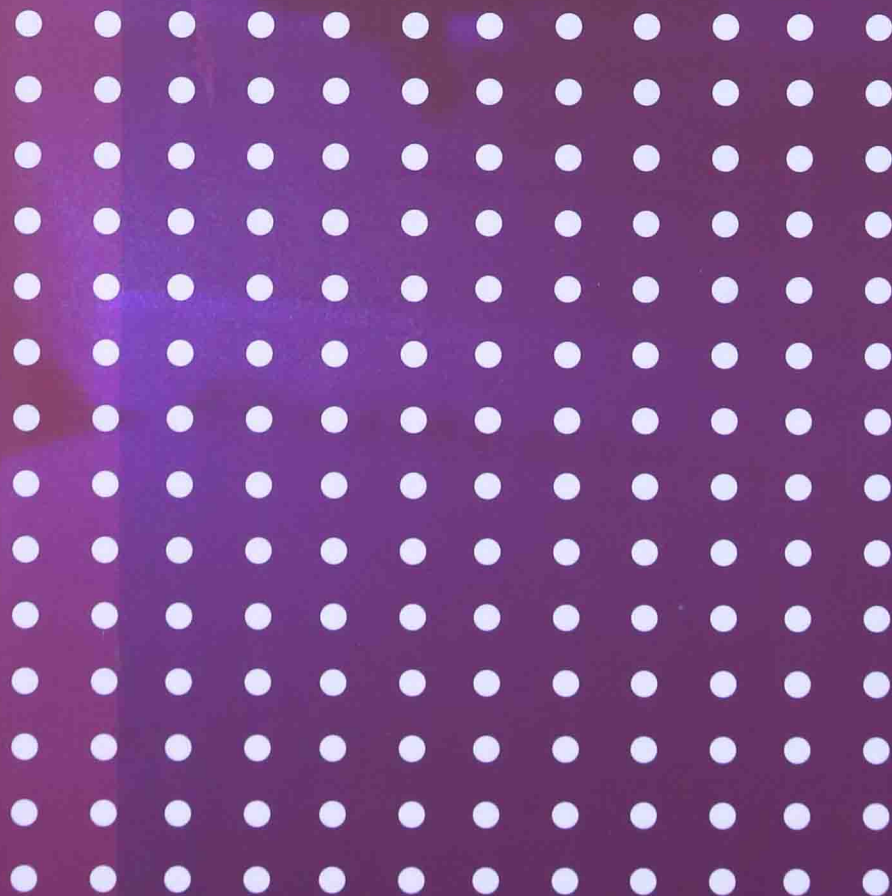


21世纪高等学校电子信息工程规划教材

电控技术与PLC

李中年 编著



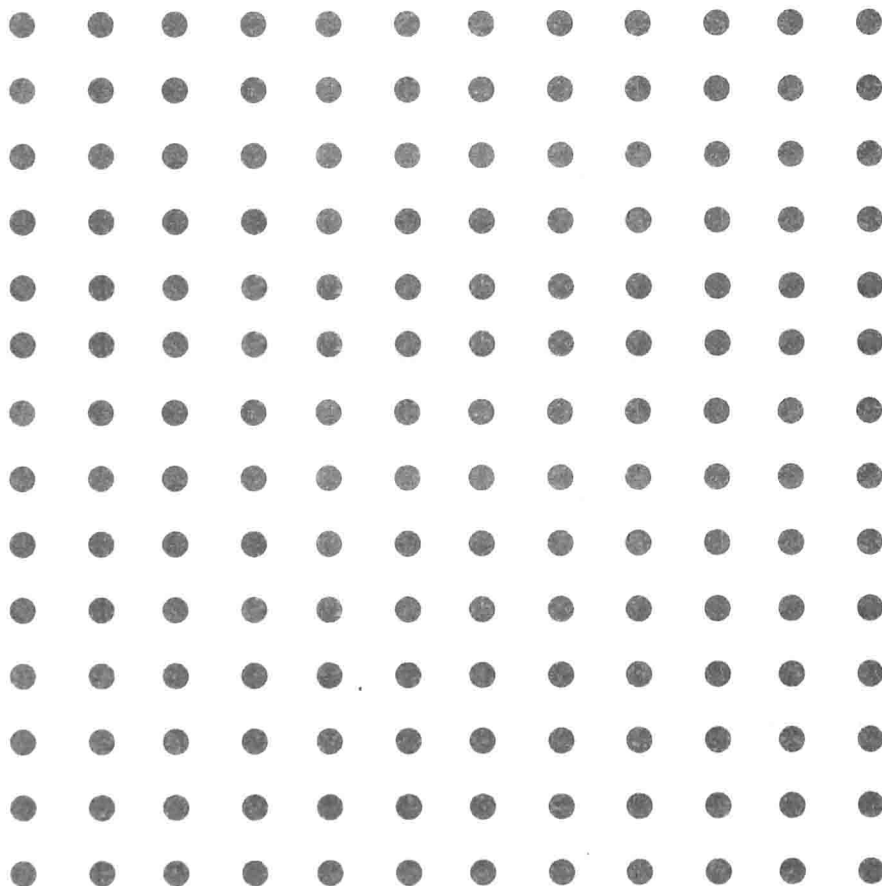
清华大学出版社



21世纪高等学校电子信息工程规划教材

电控技术与PLC

李中年 编著



清华大学出版社

内 容 简 介

本书理论联系实际,面向应用技术,切入工程真境,着重论述电气控制工程中常用低压电控器件和 PLC 的工作原理、应用案例、运用方法与关键技术。

全书共分为 10 章,内容包括常用低压有触点电控器件应用方法与技术,无触点电控器件应用方法与技术,PLC 应用方法与技术,典型监控、监护、监测、监视环节的分析与设计,典型电控系统的分析、综合、组成与实现以及实际工程中的经典案例。

本书体系新颖、内涵丰富,数据确切、图表规范,主题鲜明、条理清楚;语句流畅、深入浅出、通俗易懂,并且各章附有丰富多样的练习题。

本书既可作为高等学校电气类、电子类、自动化类、新能源应用技术类及机电类专业大学生的教材,也可作为相关工程技术人员的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电控技术与 PLC/李中年编著.--北京:清华大学出版社,2014

21 世纪高等学校电子信息工程规划教材

ISBN 978-7-302-37428-2

I. ①电… II. ①李… III. ①PLC 技术—电气控制系统 IV. ①TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 170776 号

责任编辑:魏江江 赵晓宁

封面设计:傅瑞学

责任校对:李建庄

责任印制:宋 林

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:三河市少明印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:31.25 字 数:775 千字

版 次:2014 年 12 月第 1 版 印 次:2014 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:54.50 元

产品编号:038202-01

出版说明

随着我国高等教育规模的扩大和产业结构调整的不断深入,社会对高层次应用型人才的需求将更加迫切。各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,合理调整和配置教育资源,在改革和改造传统学科专业的基础上,加强工程型和应用型学科专业建设,积极设置主要面向地方支柱产业、高新技术产业、服务业的工程型和应用型学科专业,积极为地方经济建设输送各类应用型人才。各高校加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的力度,从而实现传统学科专业向工程型和应用型学科专业的发展与转变。在发挥传统学科专业师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势的同时,不断更新其教学内容、改革课程体系,使工程型和应用型学科专业教育与经济建设相适应。

为了配合高校工程型和应用型学科专业的建设和发展,急需出版一批内容新、体系新、方法新、手段新的高水平电子信息类专业课程教材。目前,工程型和应用型学科专业电子信息类专业课程教材的建设工作仍滞后于教学改革的实践,如现有的电子信息类专业教材中有不少内容陈旧(依然用传统专业电子信息教材代替工程型和应用型学科专业教材),重理论、轻实践,不能满足新的教学计划、课程设置的需要;一些课程的教材可供选择的品种太少;一些基础课的教材虽然品种较多,但低水平重复严重;有些教材内容庞杂,书越编越厚;专业课教材、教学辅助教材及教学参考书短缺,等等,都不利于学生能力的提高和素质的培养。为此,在教育部相关教学指导委员会专家的指导和帮助下,清华大学出版社组织出版本系列教材,以满足工程型和应用型电子信息类专业课程教学的需要。本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本原则和特点:

(1) 系列教材主要是电子信息学科基础课程教材,面向工程技术应用的培养。本系列教材在内容上坚持基本理论适度,反映基本理论和原理的综合应用,强调工程实践和应用环节。电子信息学科历经了一个多世纪的发展,已经形成了一个完整、科学的理论体系,这些理论是这一领域技术发展的强大源泉,基于理论的技术创新、开发与应用显得更为重要。

(2) 系列教材体现了电子信息学科使用新的分析方法和手段解决工程实际问题。利用计算机强大功能和仿真设计软件,使电子信息领域中大量复杂的理论计算、变换分析等变得快速简单。教材充分体现了利用计算机解决理论分析与解算实际工程电路的途径与方法。

(3) 系列教材体现了新技术、新器件的开发应用实践。电子信息产业中仪器、设备、产品都已使用高集成化的模块,且不仅仅由硬件来实现,而是大量使用软件和硬件相结合的方法,使产品性价比很高。如何使学生掌握这些先进的技术、创造性地开发应用新技术是本系列教材的一个重要特点。

(4) 以学生知识、能力、素质协调发展为宗旨,系列教材编写内容充分注意了学生创新能力和实践能力的培养,加强了实验实践环节,各门课程均配有独立的实验课程和课程

设计。

(5) 21 世纪是信息时代,学生获取知识可以是多种媒体形式和多种渠道的,而不再局限于课堂上,因而传授知识不再以教师为中心,以教材为唯一依托,而应该多为学生提供各类学习资料(如网络教材,CAI 课件,学习指导书等)。应创造一种新的学习环境(如讨论,自学,设计制作竞赛等),让学生成为学习主体。该系列教材以计算机、网络 and 实验室为载体,配有多种辅助学习资料,可提高学生学习兴趣。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量和建设力度,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21 世纪高等学校电子信息工程规划教材编委会

联系人: 魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前 言

现代电控技术,是引人入胜、令人陶醉的热门科学技术之一,亦是当今高等学校培养和造就相关专业高端技术人才的主干课程。

作者本着“寓培养能力于传授知识之中”的思想组织题材,遵循“注重创新智能、强化动手技能”的宗旨建构体系,依据“广而新,少而精”的原则确定深度和广度;并以“与时俱进、推陈出新”的理念生成内涵。从而使该书既具有“下里巴人”的基调,又蕴涵“阳春白雪”的音韵,十分便于因材施教,雅俗共赏。全书起点适当、重点突出、难点分散,非常便于教学与自学;各章之间的组合犹如“积木式”结构,既可一脉相承、融为一体,也可分章独立、组成联体,非常适合不同专业和不同层次的读者学习。

本书是作者长期在该学科第一线进行教学与科研的实践结晶,为推进高等学校教学改革与精品教材建设所作。

本书分为两大部分共 10 章。前一部分(第 1~第 5 章)主要论述传统的常用低压有触点式电控器件和半导体式电控器件运用方法与应用技术,以及典型监控、监护、监测、监视环节和电控系统经典案例的分析、设计、组成与实现;后一部分(第 6~第 10 章)主要论述 PLC 的组成原理、指令系统、编程要领、运用方法、应用案例与关键技术。考虑到现在绝大多数高等学校的 PLC 实验实训室或者实验实训中心所用的 PLC 机种,依然是三菱 FX2N 系列 PLC 占主导地位并且还将会保持相当长一段时间(业界人士预测至少五六年)才有可能更新换代,所以本书仍然以这种 PLC 为题材编写后一部分。其实,学会一种典型 PLC 机种的运用方法与应用技术后再学习其他机种 PLC 运用方法与应用技术就触类旁通了。

本书在编写过程中参考了许多文献与资料,在此向这些文献和资料的作者们表示衷心的感谢!

限于作者的学识水平,书中如有错误和不妥之处,诚希使用此书的教师和读者不吝指正。

作 者

2014 年 10 月

目 录

第 1 章 常用有触点电控器件	1
1.1 概论	1
1.1.1 电控器件的功用	1
1.1.2 电控器件的分类	1
1.1.3 电控器件的符号	1
1.2 手动开关	8
1.2.1 闸刀开关	8
1.2.2 转换开关	10
1.2.3 按钮开关	10
1.2.4 凸轮控制器	12
1.2.5 主令控制器	13
1.3 机械式行程开关	14
1.3.1 直线型行程开关	14
1.3.2 旋转型行程开关	15
1.3.3 微动型行程开关	15
1.4 电磁式电控器件	16
1.4.1 接触器	16
1.4.2 中间继电器	21
1.4.3 时间继电器	21
1.4.4 速度继电器	24
1.5 其他继电器	25
1.5.1 温度继电器	25
1.5.2 压力继电器	27
1.5.3 液位继电器	28
1.6 驱动电器	28
1.6.1 电磁阀门器	28
1.6.2 电磁离合器和电磁制动器	31
习题	34
第 2 章 电控系统有触点保护电器	37
2.1 概论	37

2.1.1	保护电器的功用	37
2.1.2	保护电器的分类	41
2.2	短路保护电器	42
2.2.1	普通熔断器	43
2.2.2	快速熔断器	48
2.3	过载保护电器	52
2.3.1	双金属片热继电器	52
2.3.2	PTC 热敏电阻式热继电器	59
2.4	限压保护电器	62
2.4.1	过电压保护电器	62
2.4.2	欠电压保护电器	66
2.5	限流保护电器	67
2.5.1	过电流保护电器	68
2.5.2	欠电流保护电器	72
2.5.3	软启动器	73
2.6	断路器与漏电保护电器	79
2.6.1	低压断路器	79
2.6.2	漏电保护电器	85
	习题	90
第 3 章	常用半导体式电控器件	93
3.1	概论	93
3.1.1	半导体式电控器件的特点	93
3.1.2	半导体式电控器件的发展	94
3.1.3	半导体式电控器件的类型	94
3.2	半导体式时间继电器	97
3.2.1	通电延时型半导体式时间继电器	99
3.2.2	断电延时型半导体式时间继电器	100
3.2.3	带瞬动触点的通电延时型时间继电器	102
3.3	半导体式行程开关	103
3.3.1	高频振荡停振型行程开关	105
3.3.2	差动变压器型行程开关	106
3.4	半导体式保护电器	108
3.4.1	半导体式过流保护器	108
3.4.2	半导体式过电压保护器	115
3.4.3	半导体式欠电压保护器	119
3.4.4	半导体式超温保护器	122
3.4.5	半导体式漏电保护器	124
3.4.6	半导体式断相保护器	127

3.4.7 半导体式低压断路器	131
习题	133
第4章 电控系统的典型控制环节	136
4.1 概论	136
4.1.1 电控电路绘图准则	136
4.1.2 电控电路读图方法	137
4.2 电控系统的基本控制环节	140
4.2.1 电控系统的通电控制环节	140
4.2.2 电控系统的断电控制环节	141
4.2.3 电控系统的基本保护环节	142
4.3 对电动机电控的环节	145
4.3.1 电动机点动运行电控环节	145
4.3.2 电动机长期单向运行直接启停电控环节	146
4.3.3 电动机正反转运行电控环节	147
4.3.4 电动机限流启动电控环节	149
4.3.5 电动机制动电控环节	153
4.3.6 电动机调速电控环节	159
4.3.7 电动机分处电控与集中电控环节	167
4.3.8 多台电动机的制约电控环节	169
4.3.9 电动机驱动工作台的行程电控环节	170
4.4 常用机械驱动装置的电控环节	171
4.4.1 机械滑台电控环节	172
4.4.2 机械动力头电控环节	173
4.4.3 机械手电控环节	175
4.5 常用液压驱动装置的电控环节	177
4.5.1 一次“进—工—退”电液控制环节	178
4.5.2 多次“进—工—退”电液控制环节	180
4.5.3 终端停留无进给电控环节	182
4.5.4 跳跃循环电控环节	182
习题	186
第5章 电控系统的设计	189
5.1 概论	189
5.1.1 电控系统设计的基本方略	189
5.1.2 电控系统设计的一般步序	196
5.2 电控系统的经验设计法	198
5.2.1 设计方法	199
5.2.2 设计举例	199

5.3	电控系统的逻辑设计法	203
5.3.1	设计方法	204
5.3.2	设计举例	207
5.4	电控元器件参数计算及选择方法	214
5.4.1	元器件的参数计算	214
5.4.2	元器件的选择方法	216
5.5	电控元器件布置与接线设计	221
5.5.1	元器件的组合与布置设计	221
5.5.2	元器件的接线设计及图表汇编	223
	习题	224
第 6 章	可编程控制器的组成原理	228
6.1	可编程控制器的基本知识	228
6.1.1	PLC 的发展	228
6.1.2	PLC 的定义	229
6.1.3	PLC 的特性	229
6.1.4	PLC 的外形	229
6.1.5	PLC 的分类	229
6.1.6	PLC 的指标	231
6.1.7	PLC 的型号	231
6.1.8	PLC 的运用	232
6.2	PLC 的硬件结构	233
6.2.1	微处理器	233
6.2.2	存储器	233
6.2.3	输入接口	235
6.2.4	输出接口	236
6.2.5	扩展接口	237
6.2.6	通信接口	238
6.2.7	外设接口	238
6.2.8	电源设施	238
6.2.9	编程器	238
6.3	PLC 的软件设施	238
6.3.1	PLC 的编程语言	239
6.3.2	PLC 的编程器件	240
6.4	PLC 的工作原理	247
6.4.1	PLC 的基本工作过程	247
6.4.2	PLC 的扫描工作方式	248
6.4.3	PLC 的 I/O 处理规则	249
6.4.4	PLC 的 I/O 滞后现象	249

6.4.5 PLC 的中断处理方法	250
习题	250
第 7 章 PLC 的指令系统	255
7.1 PLC 的基本指令及运用	255
7.1.1 取左母线连触点指令	255
7.1.2 激励软器件线圈指令	255
7.1.3 触点串联(“与”)指令	256
7.1.4 触点并联(“或”)指令	257
7.1.5 块并联(块“或”)指令	257
7.1.6 块串联(块“与”)指令	258
7.1.7 栈操作指令	258
7.1.8 主控指令	259
7.1.9 置位和复位指令	260
7.1.10 脉冲输出指令	261
7.1.11 软触点动作生成的脉冲跳变指令	263
7.1.12 取反指令	265
7.1.13 空操作指令	265
7.1.14 程序结束指令	266
7.2 PLC 的步进顺控指令及运用	266
7.2.1 状态转移图的架构	266
7.2.2 状态转移图的结构类型	268
7.2.3 步进顺控指令	269
7.2.4 状态转移图转换成状态梯形图的方法	270
7.2.5 步进顺控程序设计方法	271
7.3 PLC 的功能指令及运用	279
7.3.1 概述	279
7.3.2 程序流控制指令	280
7.3.3 比较和传送指令	284
7.3.4 二进制算术指令	289
7.3.5 基本逻辑运算指令	292
7.3.6 循环移位指令	293
7.3.7 开环移位指令	296
7.3.8 数据处理指令	300
7.3.9 高速处理指令	304
7.3.10 方便指令	311
7.3.11 外部 I/O 设备指令	314
7.3.12 外围设备指令	321
7.3.13 模拟量处理指令	323

7.3.14	浮点数运算指令	324
7.3.15	时钟运算指令	327
习题	330
第 8 章	PLC 电控系统设计方法与基本单元	335
8.1	PLC 电控系统设计概论	335
8.1.1	PLC 电控系统设计的基本原则	335
8.1.2	PLC 电控系统设计的主要内容	335
8.1.3	PLC 电控系统设计的一般步序	336
8.1.4	PLC 电控系统硬件设计方略	336
8.1.5	PLC 电控系统软件设计方略	340
8.2	节省 PLC 输入输出点数的设计方法	341
8.2.1	节省 PLC 输入点数的设计方法	341
8.2.2	节省 PLC 输出点数的设计方法	344
8.2.3	PLC 输入输出端点的分配方法及要领	345
8.2.4	PLC 的安全防护设施	346
8.3	PLC 电控系统编程规则	347
8.4	常用的 PLC 电控单元	350
习题	375
第 9 章	PLC 的通信	378
9.1	PLC 通信的基本知识	378
9.1.1	PLC 的通信方式	378
9.1.2	PLC 的通信接口	379
9.1.3	PLC 的通信介质	382
9.1.4	PLC 的通信网络	384
9.1.5	PLC 的通信协议	385
9.2	FX 系列 PLC 通信接口模块	386
9.2.1	FX2N-232-BD 通信接口模块	386
9.2.2	FX2N-485-BD 通信接口模块	387
9.3	PLC 同工控设备之间的通信设施	388
9.4	PLC 同 PLC 之间的通信	390
9.4.1	FX 系列 PLC 的 1:1 通信	390
9.4.2	FX 系列 PLC 的 N:N 通信	396
9.5	FX 系列 PLC 无协议通信	406
9.5.1	无协议通信功能	406
9.5.2	用 RS 指令进行串行无协议通信	406
9.5.3	关于 PLC 通信格式的设置	407
9.5.4	用 PLC 控制打印机的数据通信实例	408

9.6	PLC 和变频器的通信	410
9.6.1	通信接口及其连接	410
9.6.2	通信协议	411
9.6.3	PLC 同变频器通信的相关技术参数	415
9.6.4	PLC 同变频器通信控制实例	417
9.7	PLC 同计算机之间的通信	420
9.7.1	PLC 同计算机通信的基本设施	420
9.7.2	PLC 同计算机通信的典型网络系统	421
9.7.3	PLC 同计算机通信的实例	423
9.8	三菱 CC-Link 网络的应用	426
9.8.1	CC-Link 网络的功用特性	427
9.8.2	CC-Link 网络的应用实例	428
	习题	430
第 10 章	PLC 电控系统应用实例	435
10.1	PLC 电控系统在机床电气控制方面的应用	435
10.1.1	卧式车床 PLC 电控系统	435
10.1.2	专用组合铣床 PLC 电控系统	436
10.2	PLC 电控系统在楼宇电气控制方面的应用	441
10.2.1	豪宅别墅 PLC 自动监控管理系统	441
10.2.2	中央空调冷冻泵节能运作 PLC 电控系统	442
10.3	PLC 电控系统在数据通信控制方面的应用	445
10.3.1	PLC 同变频器通信的电控系统	445
10.3.2	基于 CC-Link 通信设施的电泳涂装生产自动线 PLC 电控系统	447
10.4	PLC 电控系统在伺服装备方面的应用	453
10.4.1	三相步进电动机的 PLC 电控系统	453
10.4.2	伺服电动机的 PLC 电控系统	454
10.5	PLC 电控系统在生活设施方面的应用	459
10.5.1	“生活/消防”双恒压供水 PLC 电控系统	460
10.5.2	5 层楼电梯 PLC 电控系统	467
	习题	479
	参考文献	483

第 1 章 常用有触点电控器件

本书中所论述的常用有触点电控器件是指常用的低电压(即工作在交流 1200V 和直流 1500V 以下)电工器件,其具有的触点是看得见、摸得着的机械式触点;其功用是对电气系统的具体电气电路进行“通断开闭”,以对电气系统实现监视、监测、监护、监控。

本章着重介绍常用低压有触点电控器件的基本结构、工作原理、主要功用及其符号,以便正确选择和合理运用电控器件及相关器件组成所需的电控系统。

1.1 概论

电控器件不仅可以用来控制电能及电信号的传输、分配、调节和变换,而且还可用来对电能及电信号的应用过程进行实时监测、故障诊断和安全保护,是实现电控系统工作自动化和智能化的重要部件。

常用的机械式电控器件,其通断电流的触点直观可见并可及,因此通常称为有触点电控器件。一般工作电压在 1200V 以下电路中的电控器件,习惯上称为低压电控器件。

电控器件实质上也是一种电气设备、装置及部件,其品种规格繁多。本节概要介绍常用低压有触点电控器件的功用、类型划分、图形符号和文字符号。

1.1.1 电控器件的功用

一般而言,电控器件依据输入的相关信号(如电压信号、电流信号、温度信号、速度信号、时间信号、力信号等各种物理信号),控制电路的通断,这是电控器件的基本功用。简言之,电控器件就是各种各样的电路“开关器件”。

1.1.2 电控器件的分类








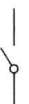

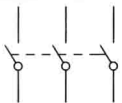



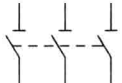



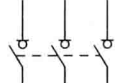



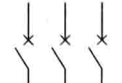
由于电控器件的种类繁多,因此分类方式也很多。例如,按电控器件通断电流的触点机理划分,可分为有触点电控器件和无触点电控器件;按电控器件的动作机理划分,可分为手动电控器件和自动电控器件;按电控器件的工作电压划分,可分为低压电控器件和高压电控器件;按电控器件的功能划分,可分为智能型电控器件和非智能型电控器件等多种分类方式。并且对同一种电控器件,还可细分它们的类型。

1.1.3 电控器件的符号

电控器件的图形符号和文字符号必须规范绘制与书写,即必须遵循国家标准的相关规

定,采用现行新国标制定的符号。国家标准局参照 IEC(国际电工委员会)颁布的有关标准,制定了电气设备相关国家标准:《电气图用图形符号》(GB/T 4728.1~.13—1985~2000)、《电气技术用文件的编制》(GB/T 6988—1997)以及《电气技术中的文字符号制订通则》(GB/T 7159—1987),并且规定自 1990 年 1 月 1 日起,电气控制线路中的图形符号和文字符号必须符合最新的国家标准。表 1-1 中示出了一些常用电控器件及相关器件的图形符号和文字符号。

表 1-1 电控电路中常用器件图形符号和文字符号

名称	图形符号 (GB/T 4728.6— 2000)	文字符号 (GB/T 7159— 1987)	名称	图形符号 (GB/T 4728.2— 1998.7—2000)	文字符号 (GB/T 7159— 1987)
交流发电机		GA	接地一般符号		E
交流电动机		MA	保护接地		PE
三相笼式电动机		MC	接机壳或接底板		
三相绕线转子感应式电动机		MW	单极控制开关		SA
直流发电机		GD	三极控制开关		SA
直流电动机		MD	单极隔离开关		QS
直流伺服电动机		SM	三极隔离开关		QS
交流伺服电动机		SM	负荷开关		QS
直流测速发电机		TG	三极负荷开关		QS
交流测速发电机		TG	断路器		QF
步进电动机		M	三极断路器		QF

此外,《电气技术中的文字符号制订通则》(GB/T 7159—1987)对单字母文字符号、双字母文字符号、辅助文字符号及补充文字符号均有指定含义。

单字母文字符号将各种电气设备、装置和器件划分为 23 大类,每大类指定一个字母表示,如用 F 表示保护器件类,K 表示继电器与接触器类,R 表示电阻器件类等,参见表 1-2。

表 1-2 单字母符号

字母符号	种 类	举 例
A	组件、部件	分离元件放大器、磁放大器、激光器、微波激射器、印制电路板;本表其他地方未提及的组件、部件
B	变换器(从非电量到电量或相反)	热电传感器、热电池、光电池、测功计、晶体换能器、送话器、拾音器、耳机(受话器)、自整角机、旋转变压器
C	电容器	
D	二进制单元、延迟器件、存储器	数字集成电路和器件、延迟线、双稳态元件、单稳态元件、磁心存储器、寄存器、磁带记录机、盘式记录机
E	杂项	光器件、热器件;本表其他地方未提及的器件
F	保护器件	熔断器、过电压放电器件、避雷器
G	发电机电源	旋转发电机、旋转变频器、电池、振荡器、石英晶体振荡器
H	信号器件	光指示器、声指示器
J	—	—
K	继电器、接触器	—
L	电感器、电抗器	感应线圈、线路陷波器 电抗器(并联和串联)
M	电动机	—
N	模拟集成器件	运算放大器、模拟/数字混合器件
P	测量设备、试验设备	指示、记录、积算、测量设备、信号发生器、时钟
Q	电力电路的开关器件	断路器、隔离开关
R	电阻器	可变电阻器、电位器、变阻器、分流器、热敏电阻
S	控制电路的开关器件、选择器	控制开关、按钮开关、限位开关、选择开关、选择器、拨号接触器、插接器
T	变压器	电压互感器、电流互感器
U	调制器、变换器	鉴频器、解调器、变频器、编码器、逆变器、变流器、电报译码器
V	电子管、半导体管	电子管、气体放电管、晶体管、晶闸管、二极管
W	传输通道、波导、天线	导线、电缆、母线、波导、波导定向耦合器、偶极天线、抛物面天线
X	端子、插头、插座	插头和插座、测试塞孔、端子片、电缆封端和接头
Y	电气操作的机械器件	制动器、离合器、气阀
Z	终端设备、混合变压器、滤波器、均衡器、限幅器	电缆平衡网络、压缩扩展器、晶体滤波器、网络

双字母文字符号由上述单字母文字符号尾随一字母组成,用以表征电气设备、装置和器件的名称,并且常用该名称英文缩写字母表示(表 1-3)。

表 1-3 常用双字母符号

类别	名称	符号	类别	名称	符号
A	电桥 晶体管放大器 集成电路放大器 磁放大器 电子管放大器 印制电路板 抽屉柜 支架盘	AB AD AJ AM AV AP AT AR	P	电流表 (脉冲)计数器 电度表 记录仪器 时钟、操作时间表 电压表	PA PG PJ PS PT PV
B	压力变换器 位置变换器 旋转变换器(测速发电机) 温度变换器 速度变换器	BP BQ BR BT BV	Q	断路器 电动机保护开关 隔离开关	QF QM QS
E	发热器件 照明灯 空气调节器	EH EL EV	R	电位器 测量分路表 热敏电阻器 压敏电阻器	RP RS RT RV
F	具有瞬时动作的限流保护器件 具有延时动作的限流保护器件 具有延时和瞬时动作的限流保护器件 熔断器 限压保护器件	FA FR FS FU FV	S	控制开关 选择开关 按钮开关 液体标高传感器 压力传感器 位置传感器 转数传感器 温度传感器	SA SA SB SL SP SQ SR ST
G	同步发电机、发生器 异步发电机 蓄电池 变频器	GS GA GB GF	T	电流互感器 控制电路电源 变压器 电力变压器 磁稳变压器 电压互感器	TA TC TM TS TV
H	声响指示器 光指示器 指示灯	HA HL HL	V	电子管 控制电路电源 整流器	VE VC
K	瞬时接触继电器 交流接触器 瞬时有或无触点继电器 互锁接触继电器 双稳态继电器 接触器 极化继电器 簧片继电器 延时有或无触点继电器 逆流继电器	KA KA KA KL KL KM KP KR KR KT KR	X	连接片 测试插孔 插头 插座 端子板	XB XJ XP XS XT
M	同步电动机 可作为发电机或电动机用电机 力矩电动机	MS MG MT	Y	电磁铁 电磁制动器 电磁离合器 电磁吸盘 电动阀 电磁阀	YA YB YC YH YM YV