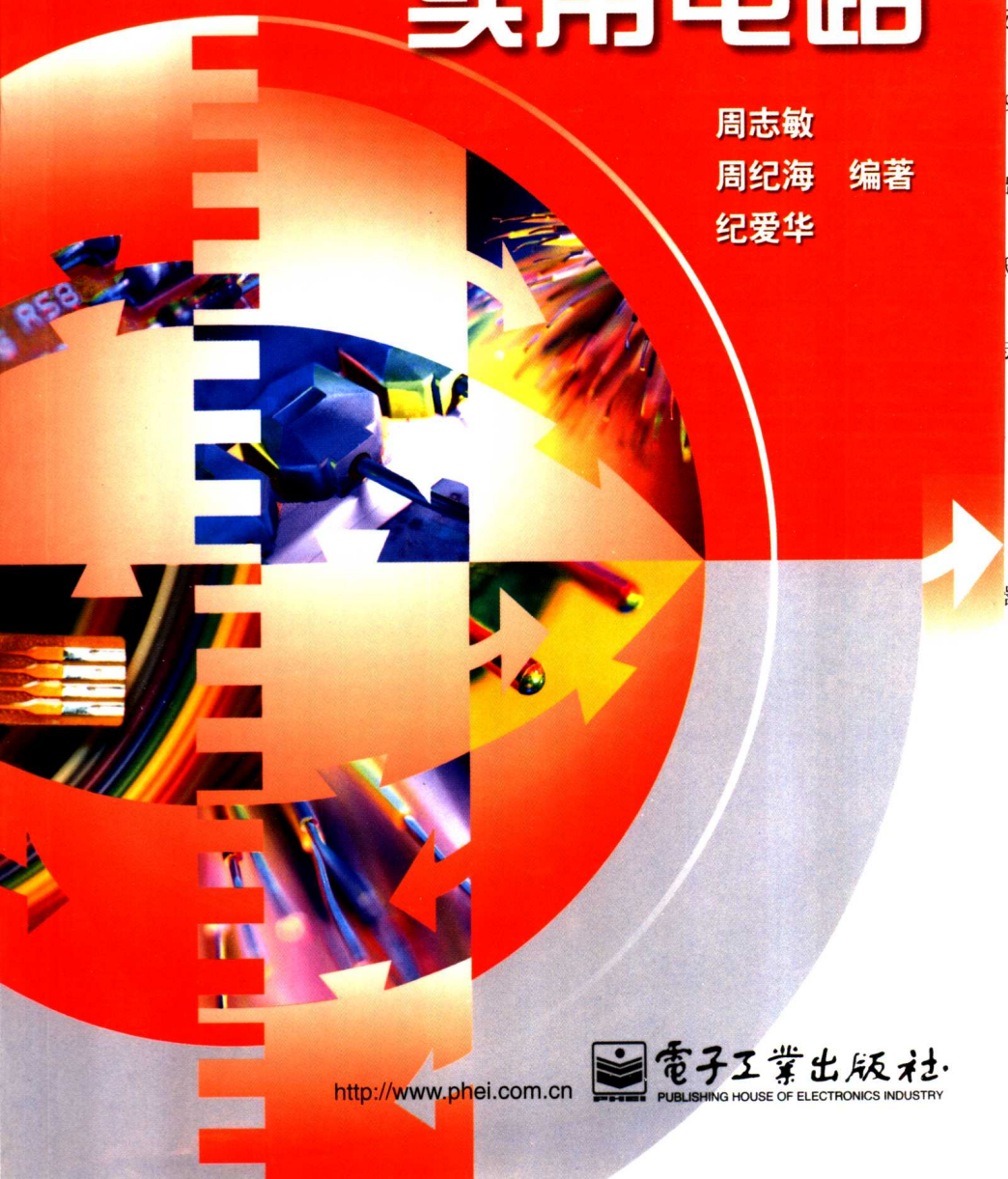


电工控制 实用电路

周志敏
周纪海 编著
纪爱华



电工实用技术系列

电工控制实用电路

周志敏 周纪海 纪爱华 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以工程实用控制电路为例,深入浅出地阐述了控制电器、固态继电器、检测电器、电动机启动电路及自动控制电路等常用电工实用控制电路的设计、应用和识图方法。其内容以初级电工和中级电工的知识为主,同时也兼顾了高级电工的知识领域。

本书可供具有初中以上文化程度的工矿企业和农村电工阅读,也可供相关电工培训和职业技术学院的师生参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电工控制实用电路/周志敏,周纪海,纪爱华编著. —北京:电子工业出版社,2005.11
(电工实用技术系列)

ISBN 7-121-01822-5

I. 电… II. ①周… ②周… ③纪… III. 控制电路—基本知识 IV. TP27

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第116697号

责任编辑:富军 特约编辑:刘汉斌

印 刷:北京天宇星印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:850×1168 1/32 印张:14.375 字数:386.4千字

印 次:2005年11月第1次印刷

印 数:5000册 定价:21.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

随着我国电器工业和电力电子技术的发展,电气自动控制技术的应用领域越来越广泛。由控制器件和检测器件构成的电气控制电路,在供用电系统自动化和电气控制智能化系统中已处于相当重要的地位。电气自动控制技术在生产过程控制领域中的广泛应用,提高了生产过程的安全、可靠、经济运行和自动化水平。同时,电气控制电路的运行、维护和检修水平,也将直接影响到生产过程控制的可靠性和用电设备的安全性。为此,电工应该掌握电气控制技术及其自动控制系统性能和操作技能。

本书在编写中,以电工控制实用电路为主线,将电气控制技术基础知识与电工控制实用电路融为一体,使电工能在识图中掌握电气控制技术的基础知识和控制系统的性能,并可直接将书中的控制电路应用到工作实践中,学用互动,以此来提高电工的电气控制技术水平和操作技能。书中选择的电气控制电路有针对性、实用性及与工程实践相结合,力求简捷,易于设计。读者可以此书为桥梁,系统地了解电气控制电路的基础知识,并掌握控制器件、检测器件和电气控制电路的设计应用、故障诊断及故障的处理方法。

本书在写作过程中,无论从资料的搜集和技术信息的交流上都得到了国内专业学者和同行的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于时间短,加之作者水平有限,书中难免有错误之处,敬请读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 控制电器	1
1.1 主令电器	1
1.1.1 主令电器的概念	1
1.1.2 万能转换开关的用途和分类	3
1.1.3 行程开关的结构和型号	6
1.2 继电器	8
1.2.1 继电器的定义和特性	8
1.2.2 继电器的分类	9
1.2.3 继电器的主要作用	15
1.3 继电器的工程应用	31
1.3.1 继电器的选用	31
1.3.2 继电器的测试	46
1.3.3 继电器的安装和使用注意事项	50
1.3.4 继电器的保护	52
1.3.5 中间继电器应用中的问题分析	55
1.3.6 继电器常见问题的判断步骤	59
第 2 章 固态继电器和应用电路	63
2.1 固态继电器的结构和特性	63
2.1.1 固态继电器的组成及工作原理	63
2.1.2 高速大功率光耦 MOS 固态继电器	69
2.1.3 固态继电器的特点及参数	73
2.2 固态继电器的应用	76
2.2.1 固态继电器的选用	76
2.2.2 固态继电器的应用电路	81

2.2.3	交流固态继电器在电动机可逆运转中的应用	84
2.3	固态继电器市场展望	92
第3章	检测电器和应用电路	94
3.1	接近开关	94
3.1.1	接近开关的分类及功能	94
3.1.2	电感式接近开关	96
3.1.3	电容式接近开关	100
3.1.4	接近开关的应用电路	105
3.2	光电开关	107
3.2.1	光电开关的构成和工作原理	107
3.2.2	光电开关的应用	115
3.3	霍尔开关	117
第4章	电器控制电路	122
4.1	电动机控制电路	122
4.1.1	异步电动机电磁调速(滑差电动机)	122
4.1.2	电动机缺相保护电路	132
4.1.3	三相异步电动机的制动电路	140
4.2	电气控制电路	158
4.2.1	常用电气控制电路	158
4.2.2	线绕型异步电动机控制电路	165
4.2.3	水泵自动控制电路	168
4.2.4	多台电动机启动控制电路设计	169
4.3	变压器冷却控制电路	172
4.3.1	配电变压器降温风机自动投切装置	172
4.3.2	变压器强油循环强风冷却器控制电路	175
第5章	电动机启动电路	180

5.1	电动机的启动条件与方式	180
5.1.1	电动机的启动条件	180
5.1.2	鼠笼形异步电动机直接启动控制电路	190
5.1.3	电动机可逆启动电路	194
5.1.4	电动机直接启动电路	196
5.2	电动机降压启动电路	201
5.2.1	电动机定子串电阻(电抗)降压启动	202
5.2.2	自耦变压器降压启动电路	204
5.2.3	Y- Δ 降压启动控制电路	218
5.3	异步电动机的保护	222
5.3.1	电动机的保护检测方式	222
5.3.2	电动机综合保护器	228
第6章	电动机的软启动和应用电路	245
6.1	软启动器	245
6.1.1	电动机的软启动	246
6.1.2	软启动器的性能特点	248
6.1.3	软启动器的工作原理	252
6.1.4	软启动器的工作方式	255
6.2	典型软启动器及选用	263
6.2.1	WTR 系列软启动器	263
6.2.2	高压软启动器	274
6.2.3	软启动器选用及应用中的问题分析	282
6.3	软启动器的应用	288
6.3.1	XPR1-3000 系列软启动器	288
6.3.2	WJR 旁路型三相电动机软启动单元	304
6.3.3	开关变压器软启动器	312
6.3.4	大型高压电动机热变电阻软启动装置	317

6.3.5 磁控软启动技术	324
第 7 章 自动控制电路	333
7.1 步进电动机	333
7.1.1 步进电动机的分类和驱动器	334
7.1.2 步进电动机驱动器	346
7.2 伺服电动机	368
7.3 测速发电机	376
7.4 光电编码器	380
7.4.1 增量型和绝对值旋转编码器	381
7.4.2 光电编码器在测量角位移中的应用	395
7.4 通用逻辑控制器	397
7.4.1 通用逻辑控制器的特点	397
7.4.2 LOGO!结构和特性	400
7.4.3 基本功能模块和特殊功能模块	404
7.4.4 LOGO! 的工程应用	420
参考文献	449

第1章 控制电器

1.1 主令电器

1.1.1 主令电器的概念

主令电器是一种专门用来发送命令或信号的电器。如果将主令电器接入电路,即可用它接通、分断控制电路,以发送命令或信号,从而达到对生产过程的控制或实现生产过程的程序控制。主令电器的类型主要有按钮、限位开关、微动开关及万能转换开关等。

1. 按钮颜色的使用

按钮主要用于执行或解除某一指令。标准中对按钮的颜色使用和含义规定见表 1-1。

表 1-1 标准中对按钮的颜色使用和含义规定

颜色	含义	说明	举例
红	紧急情况、“停止”或“断电”	在危险状态或在紧急状况时操作、停机	(1) 紧急停机 (2) 用于停止/分断 (3) 切断一个开关
黄	不正常	在出现不正常状态时操作、干预	(1) 参与抑制反常的状态 (2) 避免不必要的变化(事故)
绿	安全、启动或通电	在安全条件下操作或正常状态下准备	(1) 正常启动 (2) 接通一个开关装置 (3) 启动一台或多台设备

续表

颜 色	含 义	说 明	举 例
蓝	强制性	在需要进行强制性干预的状态下操作	复位动作
白	没有特殊含义	一般地引发一个除紧急分断以外的动作	启动/接通, 停止/分断
灰			启动/接通, 停止/分断
黑			启动/接通, 停止/分断

① 红色。表示停止和分断，危险情况下的紧急停止操作。常用于全部停机，停止一台或多台电动机，停止一台设备的某一部分，使电器元件失电，有停止功能的复位按钮。

② 黄色。表示应急、干预。常用于应急操作，抑制不正常情况或中断不正常的工作周期。

③ 绿色。表示启动或接通。常用于一台或多台电动机的启动，一台设备的某一部分的启动，使电器元件得电。

④ 蓝色、黑色、白色。表示在①、②、③项中不含有的任何一种功能。在 GB/T2682—1981 与 IEC60073 中，对蓝、白、灰、黑按钮的使用规定有一些出入。例如，白、灰、黑在 GB/T2682—1981 中不能用于分断操作，而 IEC60073 可以用于除紧急分断以外的任何操作。因为 GB/T2682—1981 的发布时间为 1981 年，IEC60073 的发布时间为 1996 年，加之为与国际接轨，国家标准向 IEC 标准看齐，所以在使用时应以 IEC 标准为主。

在使用过程中，对于一按钮双用的“启动”与“停止”或“上电”与“断电”，交替按压后改变功能的，既不能用红色，也不能用绿色，而应用黑、白或灰色按钮；对于点动或微动要求时应用黑、白、灰或绿色按钮，最好使用黑色按钮；对于“复位”按钮，单一功能时用蓝、黑、白或灰色按钮，同时有停止、断电功能时用红色按钮。

2. 灯光按钮的使用

① 信号灯和按钮的颜色使用同样适用于灯光按钮，当选色困难时，允许使用白色。

② 灯光按钮主要有两个作用：按压按钮后灯亮，告诉操作者灯亮的按钮已完成一个操作，确定操作指令已被执行（解除执行后，灯才能熄灭）；按压后灯灭，确定操作指令已被执行。

③ 灯光按钮不能作为事故按钮。

1.1.2 万能转换开关的用途和分类

万能转换开关简称转换开关，主要用于各种控制电路的转换、电压表及电流表的换相、测量、控制、配电设备的远距离控制及高压断路器操作机构的分闸和合闸控制，也可作为伺服电动机变速及换向控制用。

由于转换开关能够实现对多种和多数量电路的转换，且用途极广，所以被称为万能转换开关。常见的型号有 LW2 系列、LW5 系列等。

LW2 系列转换开关有普通型、钥匙型、信号灯型、自复型、定位自复型和自复信号灯型等。LW5 系列转换开关有 1、2、3、4、…、16 等 16 种单列转换开关。转换开关按手柄形式可分为旋钮、普通手柄、带定位可取出钥匙的和带信号灯指示等。转换开关按定位形式可分为自复式和定位式，定位角分 0° 、 30° 、 45° 、 60° 、 90° 、 180° 等多种。

1. LW5 系列万能转换开关型号含义

LW5 系列万能转换开关主要用于 50Hz 交流电压至 500V 及直流电压至 440V 的电路中，做电气控制电路转换之用，也可用于 380V，

5.5kW 及以下的三相鼠笼形异步电动机的直接控制。

① LW5 系列主令控制用转换开关型号的含义如图 1-1 所示。

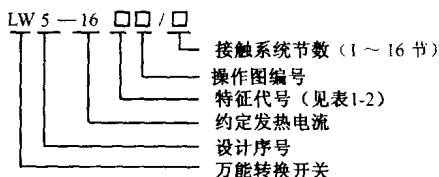


图 1-1 LW5 系列主令控制用转换开关型号的含义

② LW5 系列直接控制电动机用转换开关型号的含义如图 1-2 所示。

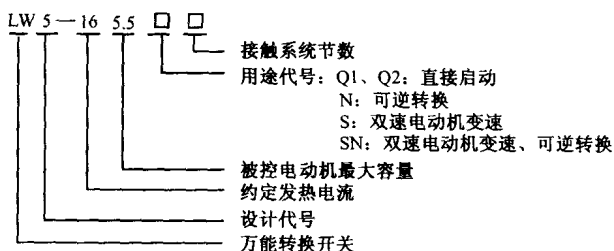


图 1-2 LW5 系列直接控制电动机用转换开关型号的含义

③ LW5 系列转换开关定位特征代号见表 1-2。

表 1-2 LW5 系列转换开关定位特征代号

操作方式	特征代号	操作手柄位置										
自复式	A						0°	45°				
	B					45°	0°	45°				

续表

操作方式	特征代号	操作手柄位置											
定 位 式	C						0°	45°					
	D					45°	0°	45°					
	E					45°	0°	45°	90°				
	F				90°	45°	0°	45°	90°				
	G				90°	45°	0°	45°	90°	135°			
	H			135°	90°	45°	0°	45°	90°	135°			
	I			135°	90°	45°	0°	45°	90°	135°	180°		
	J		120°	90°	60°	30°	0°	30°	60°	90°	120°		
	K		120°	90°	60°	30°	0°	30°	60°	90°	120°	150°	
	L	150°	120°	90°	60°	30°	0°	30°	60°	90°	120°	150°	
	M	150°	120°	90°	60°	30°	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
	N						45°		45°				
	P					90°	0°	90°					
	Q					90°	0°	90°	180°				

2. LW5 系列万能转换开关主要技术参数

LW5 系列万能转换开关主要技术参数见表 1-3。

表 1-3 LW5 系列万能转换开关主要技术参数

项 目	AC—15			DC—13						AC—3	AC—4
				双断式			四断式				
额定工作电压 (V)	500	380	220	400	220	110	400	220	110	380	380
额定工作电流 (A)	2.0	2.6	4.6	0.14	0.27	0.55	0.2	0.41	0.82	12	12

续表

项 目	AC-15	DC-13		AC-3	AC-4
		双断式	四断式		
电寿命 (次)	20×10^4	20×10^4		19.5×10^4	0.5×10^4
操作频率 (次/h)	300				120
机械寿命 (次)	100×10^4				
额定绝缘电压 (V)	500				
约定发热电流 (A)	16				

1.1.3 行程开关的结构和型号

行程开关广泛应用于电力拖动系统中,在有些电力拖动系统中要求按机械部件的位置变化来改变电动机的工作情况。例如,当机械运动部件移动到某一位置时,要求能自动停止、反向运动或改变移动速度等,在电力拖动系统中,通常采用行程开关来实现上述功能。

行程开关(又称限位开关)的工作原理与按钮相似,只是其触头的动作不是由人进行手动操作,而是利用机械的运动部件来操作,如靠挡铁的碰撞而使触头动作。当机械的部件运动到某一位置时,与部件连接在一起的挡铁碰压行程开关,行程开关的触头动作,将机械信号转变为电信号,对控制电路发出接通、断开或变换某些电路参数的指令,以实现自动控制。为了适应各种条件下的操作,行程开关有很多构造形式,常用的有直动式(按钮式)和旋转式(滚轮式)。其中,滚轮式行程开关分为单轮和双轮两种。

1. 行程开关的结构

常用的行程开关有 LX19 和 JLXK1 等系列。各系列行程开关的基本结构相同,区别仅在于行程开关的传动装置和动作速度不同。行程开关的外形结构如图 1-3 所示。

单轮旋转式行程开关,当运动机械的挡铁撞到行程开关的滚轮上时,传动杠杆同转轴一起转动,当撞块被压到一定位置时,推动微动

开关快速动作，其常闭触头断开、常开触头闭合。滚轮上的挡铁移开后，复位弹簧就使行程开关各部分复位。

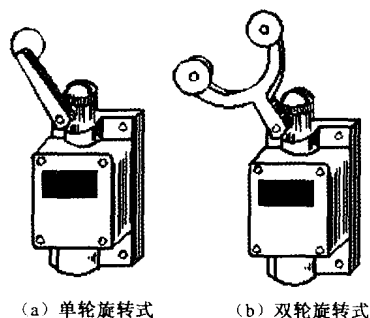


图 1-3 行程开关外形结构

双轮旋转式行程开关不能自动复位，依靠运动机械反向移动时，挡铁碰撞另一侧滚轮时将其复位。

直动式行程开关，当挡铁碰撞顶杆时，顶杆向下压迫触头弹簧。当到达一定位置时，触头弹簧的弹力改变方向，由原来向下的力变为向上的力，使动触头向上跳，常闭触头断开，常开触头闭合，完成了快速切换动作。当挡铁离开顶杆时，顶杆在弹簧的作用下上移，动触头向下跳，使触头复位。

行程开关一般都具有快速换接动作机构，使它的触头瞬时动作，这样可以保证动作的可靠性和准确性，还可以减少电弧对触头的烧灼。

2. 行程开关的型号

行程开关的图形符号如图 1-4 所示。

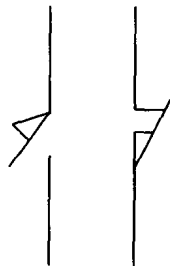


图 1-4 行程开关的图形符号

行程开关型号的含义如图 1-5 所示。

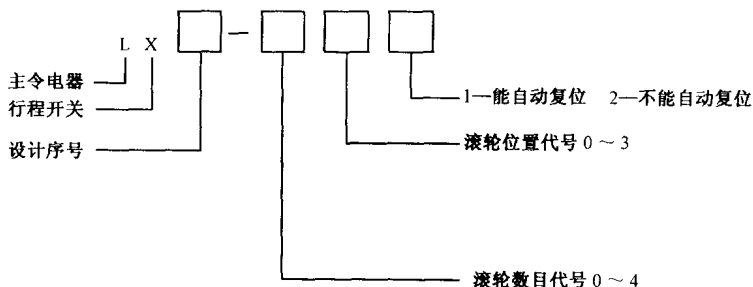


图 1-5 行程开关型号的含义

图 1-5 中，行程开关滚轮位置代号含义如下：

0—反径向传动杆；1—滚轮装在传动杆内侧；2—滚轮装在传动杆外侧；3—滚轮装在传动杆凹槽内或外侧。

滚轮数目代号含义如下：

0—无滚轮；1—单轮；2—双轮；3—直动不带轮；4—直动带轮。

使用行程开关时，应根据动作要求和触头数目来选择。

1.2 继电器

1.2.1 继电器的定义和特性

1. 继电器的定义

继电器是当输入量（或激励量）满足某些规定的条件时能在一个或多个电器输出电路中产生跃变的一种器件。

2. 继电器的继电特性

继电器输入量和输出量之间在整个变化过程中的相互关系称为继电器的继电特性或控制特性。若用 x 表示输入回路的输入量， y 表示输出回路的输出量，如图 1-6 所示，当输入量 x 连续变化到一定量 x_a 时，输出量 y 发生跃变，由 0 增加到 y_a ，此后输入量继续增加，输出量保持不变。相反，当输入量 x 减少到 x_b 时，输出量 y 又突然由 y_a 减少到 0。 x_a 被称为继电器的动作值， x_b 被称为继电器的释放值， y_a 即是继电器的负载。

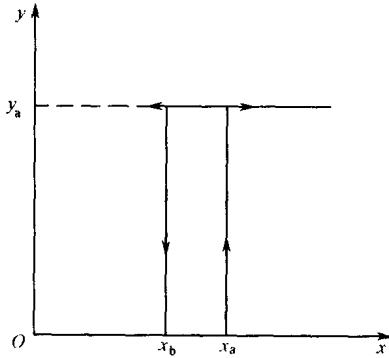


图 1-6 继电器的继电特性

1.2.2 继电器的分类

1. 按继电器的工作原理或结构特征分类

(1) 电磁继电器

电磁继电器是利用输入电路内的电磁铁铁心与衔铁间产生的吸力作用而工作的一种继电器。电磁继电器分为以下几种：