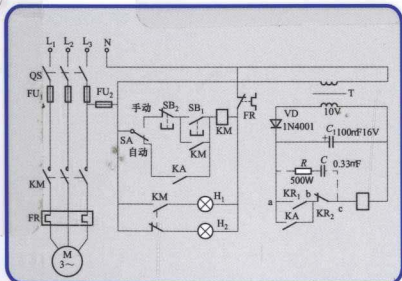
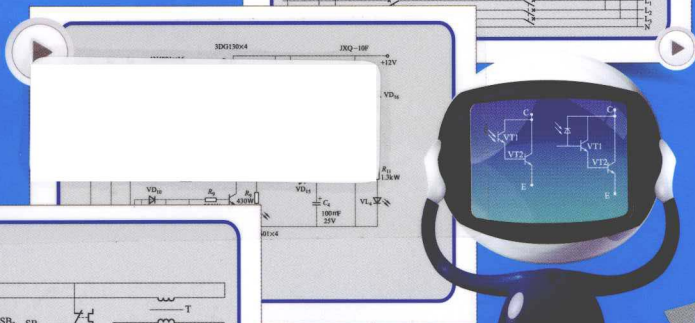
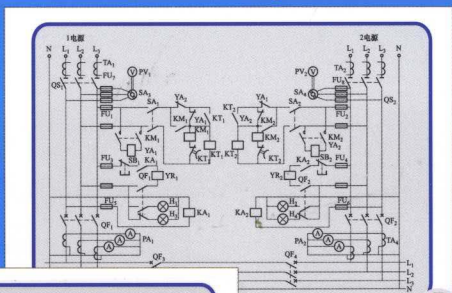


周志敏 纪爱华 编

电工应用电路 易学通

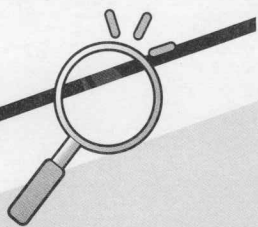
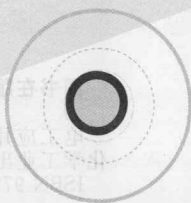
DIANGONG YINGYONG
DIANLU
YIXUETONG



化学工业出版社

周志敏 纪爱华 编

电工应用电路 易学通



化学工业出版社

· 北京 ·

定价：36.00元

ISBN 7-122-11870-0

图书在版编目 (CIP) 数据

电工应用电路易学通/周志敏, 纪爱华编. —北京:
化学工业出版社, 2014. 2
ISBN 978-7-122-19348-3

I. ①电… II. ①周…②纪… III. ①电路-基本知
识 IV. ①TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 307592 号

责任编辑: 宋 辉

文字编辑: 杨 帆

责任校对: 顾淑云 程晓彤

装帧设计: 王晓宇

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: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

850mm×1168mm 1/32 印张 9 $\frac{3}{4}$ 字数 262 千字

2014 年 4 月北京第 1 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: 36.00 元

版权所有 违者必究



随着我国电器工业和电力电子技术的发展,电气控制和自动控制技术的应用领域越来越广泛,由控制器、保护装置、检测仪器、执行器件、软启动器、变频器等构成的电气控制系统,在实现供用电系统自动化和电气控制智能化中处于极其重要的地位。电气控制技术在自动控制领域的广泛应用,保证了生产过程安全、可靠、经济地运行。电气控制电路的运行、维护和检修水平,会直接影响用电设备的安全性和生产过程的可靠性及生产的连续性,这就要求企业电工要掌握电气控制电路的特性、提高操作技能和水平。

本书将电气控制实用电路与电气保护、检测、执行、软启动、变频等技术的应用融为一体,使电工能在识图中掌握电气控制实用电路的原理及特性。书中讲解的电气控制电路具有针对性和实用性,读者在学习的同时可把书中的控制电路直接或部分修改后应用到工作实践中。

本书内容包括控制和保护电器应用电路、固态继电器及应用电路、检测电器应用电路、三相异步电动机控制电路、三相异步电动机降压启动电路、软启动器与变频器应用电路以及自动控制器件应用电路。

本书可供具有初中以上文化水平的电工阅读,还可作为相关电工培训的教材。

本书由周志敏、纪爱华编,周纪海、刘建秀、顾发娥、刘淑芬、纪和平、纪达安、陈爱华等同志为本书编写提供了帮助,本书在资料的收集和技术信息交流上,得到了国内的专业学者和控制电气制造商的大力支持,使本书具有技术先进实用等特点,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,难免有不当之处,敬请读者批评指正。

编者

目录 CONTENTS



电工应用电路 易学通

第 1 章 控制和保护电器应用电路

1 /

1.1 主令电器应用电路	1
1.1.1 按钮的选用	1
1.1.2 万能转换开关型号及技术参数	3
1.1.3 行程开关结构及型号	4
1.1.4 主令电器应用电路	8
1.2 控制继电器应用电路	12
1.2.1 继电器的定义和特性	12
1.2.2 继电器功能及图形符号	12
1.2.3 继电器的选用	16
1.2.4 继电器应用电路	25
1.3 时间继电器应用电路	27
1.3.1 时间继电器分类及特性	27
1.3.2 时间继电器应用电路	32
1.4 断路器应用电路	35
1.4.1 断路器结构	35
1.4.2 断路器应用电路	36
1.5 交流接触器应用电路	38
1.5.1 交流接触器结构与工作原理	38
1.5.2 交流接触器的型号及选用	41
1.5.3 交流接触器的选用	44
1.5.4 交流接触器应用电路	46
1.6 热继电器应用电路	48
1.6.1 热继电器结构与用途	48
1.6.2 热继电器选用及配合	53

1.6.3 热继电器应用电路	55
----------------	----

第2章 固态继电器及应用电路

58 /

2.1 固态继电器结构和特性	58
2.1.1 固态继电器组成及工作原理	58
2.1.2 固态继电器的特性	65
2.2 固态继电器应用电路	66
2.2.1 基本单元电路	66
2.2.2 多功能控制电路	68
2.2.3 单相交流电动机的正反转控制电路	69
2.2.4 三相交流电动机的正反转控制电路	70
2.2.5 基于计算机控制电动机正反转的接口及驱动电路	73

第3章 检测电器应用电路

75 /

3.1 接近开关应用电路	75
3.1.1 接近开关的功能	75
3.1.2 电感式接近开关工作原理及接线	77
3.1.3 电容式接近开关工作原理及接线	80
3.1.4 霍尔接近开关工作原理及接线	84
3.1.5 接近开关应用电路	86
3.2 光敏开关应用电路	88
3.2.1 光敏开关工作原理及分类	88
3.2.2 光敏开关的应用	90

第4章 三相异步电动机控制电路

93 /

4.1 三相异步电动机经典制动控制电路	93
4.1.1 三相异步电动机单向运行控制电路	93

4.1.2	三相异步电动机正、反向运行控制电路	97
4.1.3	三相异步电动机制动控制电路	104
4.1.4	PLC控制三相异步电动机电路	124
4.2	三相异步电动机保护电路	137
4.2.1	三相异步电动机的保护与控制关系	137
4.2.2	三相异步电动机缺相保护电路	142
4.3	PLC控制三相异步电动机电路	152
4.3.1	PLC控制三相异步电动机单向运行控制电路	152
4.3.2	PLC控制三相异步电动机正、反向运行控制电路	157
4.3.3	PLC控制三相异步电动机按一定顺序运行及自动往返电路	160

第5章 三相异步电动机降压启动电路

166

5.1	三相异步电动机启动条件与方式	166
5.1.1	三相异步电动机直接启动条件	166
5.1.2	三相异步电动机降压启动方式	168
5.2	三相异步电动机降压启动电路	169
5.2.1	三相异步电动机串电阻(电抗)降压启动控制电路	169
5.2.2	三相异步电动机手动Y/Δ启动控制电路	171
5.2.3	三相异步电动机自动Y/Δ降压启动控制电路	171
5.2.4	三相异步电动机正反转Y/Δ降压启动控制电路	173
5.2.5	三相异步电动机手动自耦变压器降压启动电路	175
5.2.6	三相异步电动机自动自耦变压器降压启动电路	176
5.2.7	绕线式三相异步电动机转子回路串电阻启动电路	177
5.2.8	绕线式三相异步电动机转子回路串频敏变阻器启动电路	179
5.2.9	PLC控制三相异步电动机Y/Δ启动电路	181
5.2.10	PLC控制三相异步电动机Y/Δ降压启动能耗制动电路	185

第6章 软启动器与变频器应用电路

189

6.1	软启动器应用电路	189
-----	----------	-----

6.1.1	软启动器特性及功能	189
6.1.2	软启动器控制方式	196
6.1.3	软启动器参数计算	201
6.1.4	软启动器应用电路	206
6.2	变频器应用电路	217
6.2.1	变频器工作原理及一般分类	217
6.2.2	变频器结构	222
6.2.3	变频器控制方式	229
6.2.4	变频器工程应用电路	233

第7章 自动控制器件应用电路

248 /

7.1	步进电动机应用电路	248
7.1.1	步进电动机结构及特性	248
7.1.2	步进电动机差异及选用	251
7.1.3	步进电动机应用电路	256
7.2	伺服电动机应用电路	267
7.2.1	伺服电动机结构和特性	267
7.2.2	基于TSTA伺服驱动器启动伺服电动机应用电路	273
7.3	测速发电机应用电路	284
7.3.1	测速发电机结构及特性	284
7.3.2	测速发电机在电磁调速电动机中的应用电路	288
7.4	光敏编码器应用电路	291
7.4.1	光敏编码器结构及特性	291
7.4.2	光敏编码器安装及应用电路	297

参考文献

302 /



1.1 主令电器应用电路

1.1.1 按钮的选用

按钮是一种人工控制的主令电器，主要用来发布操作命令，接通或开断控制电路，控制机械与电气设备的运行。按钮的工作原理很简单，如图 1-1 所示。对于常开触点 [见图 1-1(a)]，在按钮未被按下前，电路是断开的，按下按钮后，常开触点被连通，电路也被接通；对于常闭触点 [见图 1-1(b)]，在按钮未被按下前，触点是闭合的，按下按钮后，触点被断开，电路被分断。由于控制电路工作的需要，一只按钮还可带有多对同时动作的触点 [图 1-1(c)]。



图 解

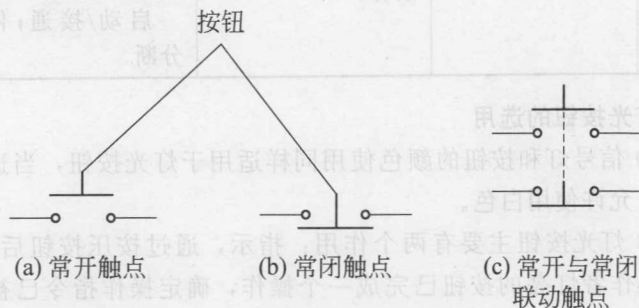


图 1-1 按钮工作原理示意

(1) 按钮颜色选用

在标准中对按钮的颜色和含义规定见表 1-1。

表 1-1 标准中对按钮的颜色和含义规定

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	紧急停机；用于停止/分断；切断一个开关
黄	不正常	在出现不正常状态时操作； 干预	参与抑制反常的状态； 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	正常启动；接通一个开关装置；启动一台或多台设备
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

(2) 灯光按钮的选用

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：指示，通过按压按钮后灯亮，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 万能转换开关型号及技术参数

万能转换开关简称转换开关，主要用于各种控制线路的转换、电压表及电流表的换相、测量、控制、配电设备的远距离控制以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。

万能转换开关是用手柄带动转轴和凸轮推动触点接通或断开，由于凸轮的形状不同，当手柄处在不同位置时，触点的吻合情况不同，从而达到转换电路的目的。万能转换开关单层结构示意图如图 1-2 所示，常见的型号有 LW2 系列、LW5 系列、LW 系列等，LW5 万能转换开关的使用说明如图 1-3 所示。



图 解

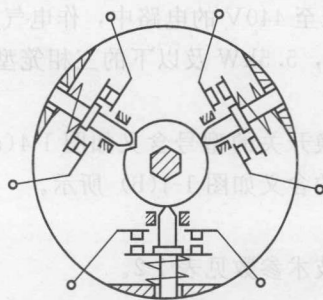


图 1-2 万能转换开关单层结构示意图

LW2 系列由普通型、钥匙型、信号灯型、自复型、定位自复型和自复信号灯型等；LW5 系列分 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16 等 16 种单列转换开关。转换开关按手柄型式可分为旋钮、普通手柄、带定位可取出钥匙的和带信号灯指示等。转换开关按定位型式可分为自复式和定位式，定位角分 30° 、 45° 、 60° 、 90° 等多种。

图解

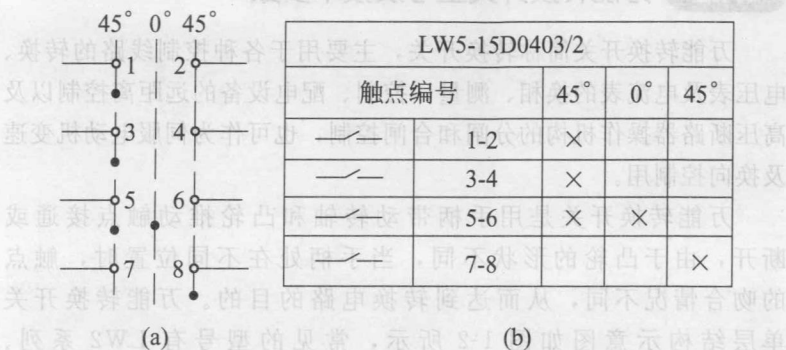


图 1-3 LW5 万能转换开关的使用说明

(1) LW5 系列万能转换开关型号含义

适用范围。 LW5 系列万能转换开关主要用于交流 50Hz, 电压至 500V 及直流电压至 440V 的电路中, 作电气控制线路转换之用, 也可用于电压 380V, 5.5kW 及以下的三相笼型异步电动机的直接控制。

主令控制用转换开关的型号含义如图 1-4(a) 所示; 控制电动机用转换开关型号的含义如图 1-4(b) 所示。

(2) 主要技术参数

转换开关主要技术参数见表 1-2。

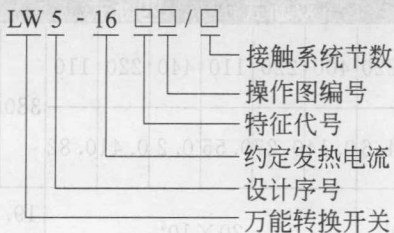
1.1.3 行程开关结构及型号

行程开关 (又称限位开关) 是一种常用的小电流主令电器, 利用生产机械运动部件的碰撞使其触点动作来实现接通或分断控制电路, 达到一定的控制目的。通常, 这类开关被用来限制机械运动的位置或行程, 使运动机械按一定位置或行程自动停止、反向运动、变速运动或自动往返运动等。

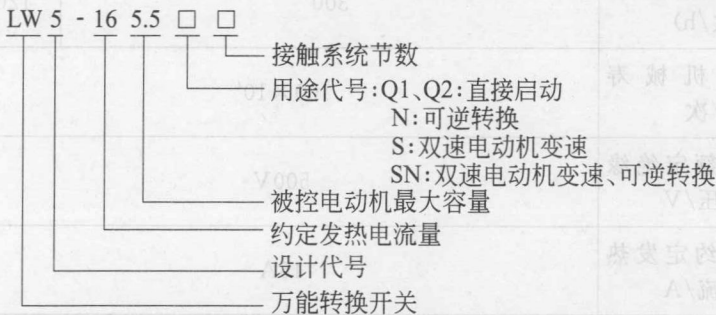
在电气控制系统中, 行程开关的作用是实现顺序控制、定位控



图解



(a) 主令控制用转换开关的型号含义



(b) 直接控制电动机时转换开关型号的含义

图 1-4 转换开关型号的含义

制和位置状态的检测。用于控制机械设备的行程及限位保护。行程开关由操作头、触点系统和外壳组成。

行程开关广泛用于各类机床和起重机械，用以控制其行程并进行终端限位保护。在电梯的控制电路中，还利用行程开关来控制开关轿门的速度、自动开关门的限位、轿厢的上下限位保护。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，为此在电力拖动系统中采用行程开关来实现上述功能。

行程开关可以安装在相对静止的物体（如固定架、门框等，简

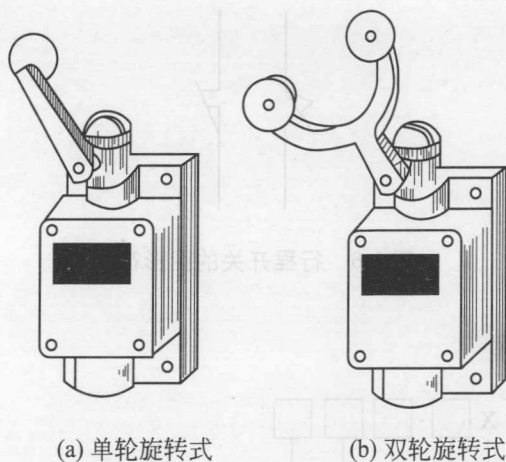
表 1-2 转换开关主要技术参数

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	440	220	110	380	12	380	12
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				
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				500V									
约定发热电流/A				16A									

称静物)上或者运动的物体(如行车、门等,简称动物)上。当动物接近静物时,开关的连杆驱动开关的触点引起闭合的触点分断或者断开的触点闭合。由开关触点开、合状态的改变去控制电路和机构的动作。

(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。JLXK1 系列行程开关的外形、结构如图 1-5 所示。当运动机械的碰块撞到行程开关的滚轮上时,传动杠杆同转轴一起转动,使滚轮撞到碰块上,当碰块被压到一定位置时,推动微动开关快速动作,其常闭触点断开、常开触点闭合;滚轮上的碰块移开后,复位弹簧就使行程开关各部分复位。这种单轮旋转式行程开关不能自动



(a) 单轮旋转式

(b) 双轮旋转式

图 1-5 行程开关的外形、结构图

复位，依靠运动机械反向移动时，碰块碰撞另一侧滚轮时将其复位。

行程开关一般都具有快速换接动作机构，使它的触点瞬时动作，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点的烧灼。

碰块碰撞顶杆时，顶杆向下压迫触点弹簧，当到达一定位置时，触点弹簧的弹力改变方向，由原来向下的力变为向上的力，因此动触点向上跳，使常闭触点断开，常开触点闭合，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，动触点向下跳，使触点复位。

(2) 行程开关型号

行程开关的图形符号如图 1-6 所示，行程开关型号的含义如图 1-7 所示，使用行程开关时，应根据动作要求和触点数目数量来选择。



图解

识图

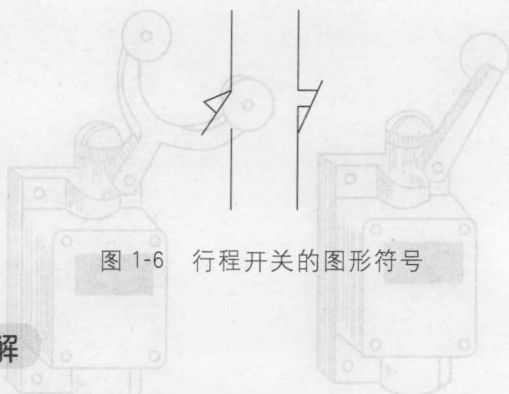


图 1-6 行程开关的图形符号



图解

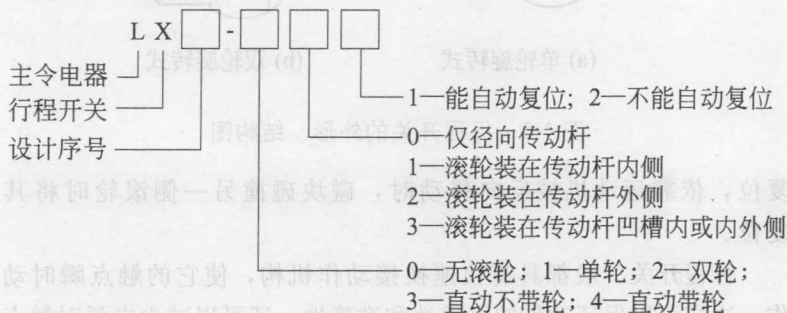


图 1-7 行程开关型号的含义

1.1.4 主令电器应用电路

(1) 按钮及行程开关应用电路

工作台自动往返控制电路图如图 1-8 所示，在图 1-8 所示线路图中，按钮 SB_1 为正方向运行按钮，按钮 SB_2 为反方向运行按钮，按钮 SB_3 为停止按钮。行程开关 SQ_1 、 SQ_2 装在机床床身上，用来控制工作台的自动往返，行程开关 SQ_3 和 SQ_4 用来作终端保护，即限制工作台的极限位置；在工作台的梯形槽中装有挡块，当挡块碰撞行程开关后，能使工作台停止和换向，工作台就能实现往返运

动。工作台行程可通过移动挡块位置来调节，以适应加工不同的工件。该线路的工作原理简述如下：

合上电源开关 QS

按 SB₁ → KM₁ 线圈得电 → 主触点闭合 → 电动机 M 正转 → 工作台向右移动

- 自锁
- 与 KM₂ 联锁



图 1-8 所示电路图中的行程开关 SQ₃ 和 SQ₄ 分别安装在向右或向左的某个极限位置上，如果行程开关 SQ₁ 或 SQ₂ 失灵时，工作台会继续向右或向左运动，当工作台运行到极限位置时，撞块就会碰撞行程开关 SQ₃ 或 SQ₄，从而切断控制线路，迫使电动机 M 停转，工作台就停止移动，行程开关 SQ₃ 和 SQ₄ 在这里实际上起终端保护作用，因此称为终端保护开关或简称终端开关。

按 SB₁，观察并调整电动机 M 为正转（模拟工作台向右移动），用手代替挡块按压 SQ₁，电动机先停转再反转，即可使 SQ₁ 自动复位（反转模拟工作台向左移动）；用手代替接块按压 SQ₂ 再使其自动复位，则电动机先停转再正转。以后重复上述过程，电动机都能正常正反转。若拨动 SQ₃ 或 SQ₄ 极限位置开关，则电动机应停转。

(2) 转换开关应用电路

图 1-9 是目前广泛使用的两台水泵一用一备典型控制线路，图