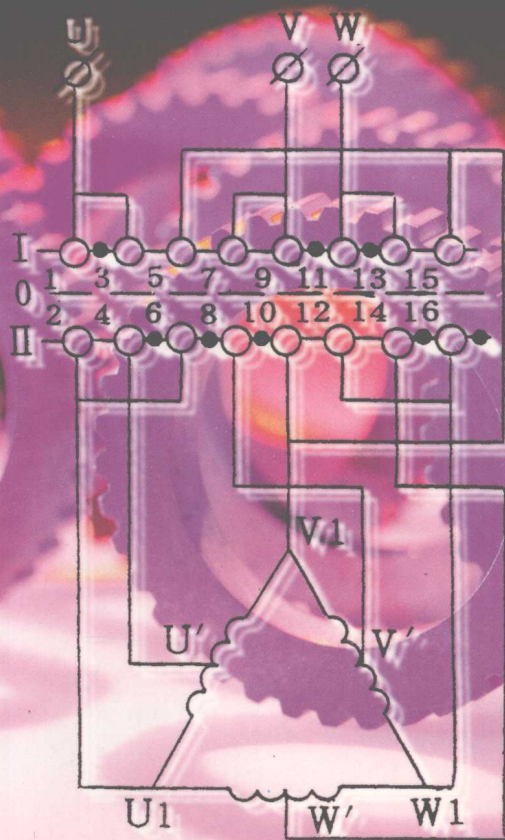


中等职业技术教育规划教材

设备电气控制及维修

谭有广 主编



机械工业出版社
China Machine Press

中等职业技术教育规划教材

设备电气控制及维修

主编 谭有广

参编 何贵 史作有 李建兴 谭有广

主审 陈达昭



机械工业出版社

本书是根据机械工业部中等专业学校机械设备维修与管理专业协作筹备组于1994年8月在贵阳审定的“设备电气控制与维修教学大纲”编写的。

本书主要内容有：常用低压电器、基本环节电路、典型设备电气维修及可编程控制器的应用等。根据专业特点，本书以设备的使用与维修为重点，强化了对设备的故障分析与处理方面内容的介绍，并根据我国当前机电一体化发展的特点，对设备电气控制电路设计方法及可编程控制器应用也作了系统介绍。本书所使用的电路图形及文字符号均采用最新国家标准。

本书作为中等专业学校机械设备维修与管理专业教材，也可供其他技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

设备电气控制及维修/谭有广主编. —北京:机械工业出版社,
1999.12 重印
中等职业技术教育规划教材
ISBN 7-111-04902-0

I. 设… II. 谭… III. ①电气控制-理论-专业学校-教材②
电气控制系统-维修-专业学校-教材 IV. TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 69260 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:王海峰 倪少秋 版式设计:霍永明

责任校对:杨春蕊 封面设计:方 芬 责任印制:路 琳

济南新华印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 6 月第 1 版第 8 次印刷

787mm×1092mm 1/16·14 印张·343 千字

定价:18.00 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、88379646

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是根据机械工业部中等专业学校机械设备维修与管理专业协作筹备组于 1994 年 8 月在贵阳审定的设备“电气控制与维修教学大纲”编写的。

本书以设备的使用与维修为重点，系统介绍了常用低压电器，控制电路基本环节及典型设备的电气控制等。根据本专业特点，本书强化了故障分析和处理方面的内容，以增强维修方面的力度，并根据我国当前机电一体化发展特点，对电气控制电路的设计方法及可编程序控制器的应用也作了系统的介绍。本书所使用的图形符号、文字符号及电路图的绘制均采用最新国家标准。

全书共五章。内容包括：常用低压电器、基本环节电路、典型设备维修及可编程序控制器的应用等。

本书为中等专业学校机械设备维修与管理专业教材，也可供其它专业师生及从事现场工作的技术人员参考。

本书由黑龙江机械制造学校谭有广主编。参加本书编写的有：贵州省机械工业学校史作有（第二章）、四川省机械工业学校何贵（第三章），福建机电学校李建兴（第四章及附录 C）、黑龙江机械制造学校谭有广（第一章、第五章、附录 A 及附录 B）。

本书由重庆机器制造学校高级讲师陈达昭主审。

由于编者水平有限，错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

目 录

前言

第一章 常用低压电器	1
第一节 低压电器的基本知识	1
第二节 熔断器	5
第三节 手控电器及主令电器	7
第四节 接触器	13
第五节 继电器	16
第六节 断路器与电动机的 综合保护	28
习题	32
第二章 继电器接触器控制基本 环节电路	33
第一节 三相笼型异步电动机的全压起动 控制电路	33
第二节 三相笼型异步电动机的减压起动 控制电路	38
第三节 三相绕线转子异步电动机的起动 控制电路	43
第四节 三相异步电动机的电气制动 控制电路	46
第五节 直流电动机的控制电路	50
第六节 其它典型环节的控制电路	57
习题	62
第三章 常用机械设备的电气控制	65
第一节 卧式车床的电气控制	65
第二节 平面磨床的电气控制	68
第三节 摇臂钻床的电气控制	73
第四节 铣床的电气控制	77
第五节 镗床的电气控制	83
第六节 组合机床控制电路	90

第七节 桥式起重机的电气控制	98
第八节 电动葫芦和梁式起重机的 电气控制	115
第九节 机床电气故障的诊断方法和 步骤	117
习题	119
第四章 可编程序控制器	120
第一节 概述	120
第二节 小型可编程序控制器的 指令系统	129
第三节 可编程序控制器的 程序设计	138
第四节 可编程序控制器的应用	146
习题	159
第五章 电气控制电路设计基础	161
第一节 电气控制电路设计的 主要内容	161
第二节 电动机的选择	162
第三节 电气控制电路的设计	169
第四节 电器元件的选择	173
第五节 电气控制系统图	179
第六节 电气设备的施工设计	184
第七节 机床电气控制电路设计举例	188
习题	190
附录 A 常用电气图形及文字符号 新旧对照表	191
附录 B 常用低压电器技术数据表	199
附录 C 编程器的使用	216
参考文献	220

第一章 常用低压电器

低压电器是设备电气控制系统的基本元件,要想能够分析各种设备电气控制系统的工作原理,处理一般故障及维修,必须掌握低压电器的基本知识和常用低压电器的结构及工作原理,并能对常用低压电器元件进行选择、使用和调整。

第一节 低压电器的基本知识

低压电器通常是指工作在交流电压小于 1.2kV、直流电压小于 1.5kV 的电路中,起接通、切断、保护、控制或调节作用的电气设备。

一、低压电器的分类及组成

低压电器种类繁多,按其用途可分为:

(1) 低压配电电器 这类电器包括刀开关、转换开关、熔断器和断路器^①。它们主要用于低压配电系统中,对系统进行控制和保护,使系统在发生故障的情况下动作准确、工作可靠。当系统中出现短路电流时,产生的热效应不会损坏电器。

(2) 低压控制电器 这类电器包括接触器、继电器及各种主令电器等,主要用于设备电气控制系统。要求这类电器工作可靠,寿命长,而且体积小,重量轻。

按低压电器的动作方式可分为:

(1) 自控电器 这类电器依靠电器本身的参数变化或外来信号(如电流、电压、温度、压力、速度、热量等)而自动接通、分断电路或使电动机进行正转、反转及停止等动作,如接触器及各种继电器等。

(2) 手控电器 这类电器依靠外力(人工)直接操作来进行接通、分断电路等动作,如各种开关、按钮等。

按电器的执行机能还可分为有触点电器和无触点电器。

低压电器一般都有两个基本部分:一部分是感受部分。它感受外界信号,作出有规律的反应。在自控电器中,感受部分大多由电磁机构组成,在手控电器中,感受部分通常为电器的操作手柄;另一部分是执行部分,如触点连同灭弧系统。它根据指令执行接通、切断电路等任务。另外,对于自动开关类的低压电器,还具有中间(传递)部分。它的任务是把感受和执行两部分联系起来,使它们协同一致,按着一定的规律动作。

二、灭弧装置

各种有触点电器都是通过触点的开、闭来通、断电路的。触点接通电路时,存在接触电阻,引起触点温升;触点分断电路时,由于热电子发射和强电场的作用,使气体游离,从而在分断瞬间产生电弧。开关电器在开断电路时产生的电弧,一方面使电路仍旧保持导通状态延迟了电路的开断,另一方面会烧损触点,缩短电器的使用寿命,所以不少电器采取了灭弧措施,归纳起来主要有以下几种:

① GB2900.18—82《电工名词术语 低压电器》曾并用自动开关,专业标准 JB1284—85 已改用断路器。

1. 电动力灭弧 如图 1-1a、b、c 所示。当触点断开时，在断口中产生电弧，根据右手螺旋定则，产生如图所示的磁场，此时电弧可以看作一载流导体，又根据电动力左手定则，对电弧产生图示电动力，将电弧拉断，从而起到灭弧作用。

2. 磁吹灭弧 为了加强弧区的磁场强度，可采用如图 1-1d 所示的串联线圈磁吹装置。由于磁吹线圈产生的磁场经过导磁片，磁通比较集中，电弧将在磁场中产生更大的电动力，使电弧拉长并拉断，从而达到灭弧的目的。这种灭弧装置，由于磁吹线圈同主电路串联，所以其电弧电流越大，灭弧能力就越强，并且磁吹力的方向与电流方向无关，故一般都用于直流电路中。

3. 纵缝灭弧 纵缝灭弧是依靠磁场产生的电动力将电弧拉入用耐弧材料制成的狭缝中，以加快电弧冷却，达到灭弧的目的，如图 1-1e、f。

4. 栅片灭弧 如图 1-1g 所示，当电器的触点分开时，所产生的电弧在电动力的作用下被拉入一组静止的金属片中。这组金属片称为栅片，是互相绝缘的。电弧进入栅片后被分割成数段，并被冷却以达到灭弧目的。

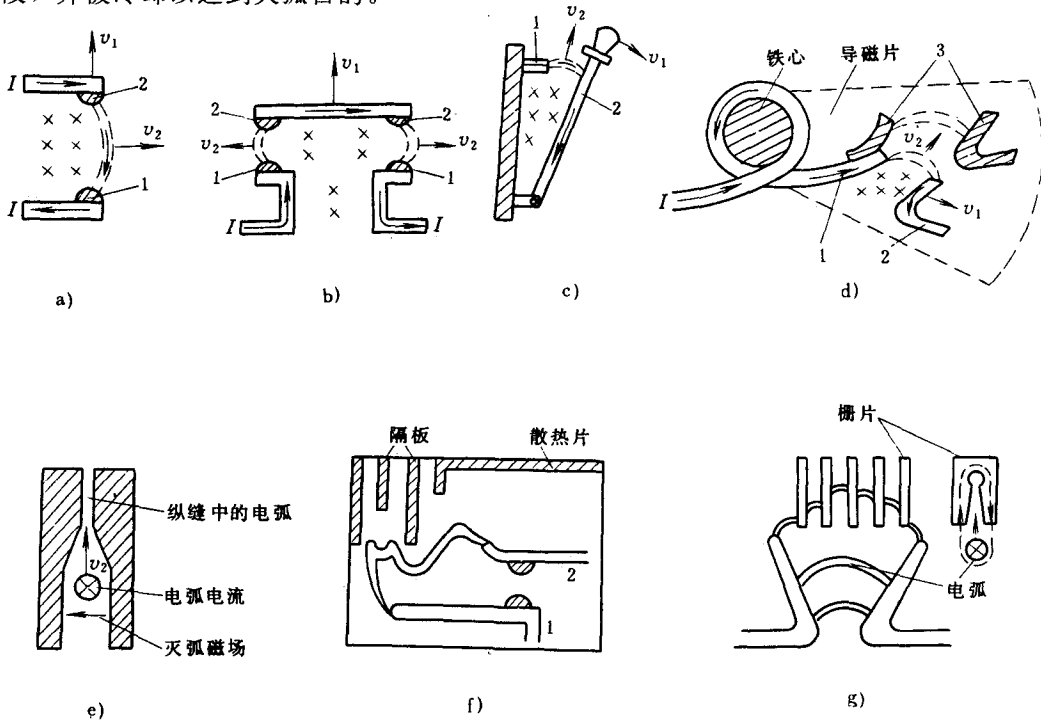


图 1-1 灭弧措施

1—静触点 2—动触点 3—引弧角

v_1 —动触点移动速度 v_2 —电弧在电磁力作用下的移动速度

5. 熔断器的灭弧 有些熔断器为了加快熔断速度，将熔片制成变截面的形状，如图 1-2 所示，放在密封的管内，管内充满石英砂。当出现短路电流时，熔片在狭颈处熔断，气化形成几个串联短弧，熔片气化后产生很高的压力，此压力推动弧隙中游离气体迅速向周围石英砂中扩散，并受到石英砂的冷却作用，从而有较强的灭弧能力。

三、电磁机构

电磁机构的作用是将电磁能转换成机械能并带动触点闭合或断开。

(一) 结构形式

电磁机构通常采用电磁铁的形式，由吸引线圈、铁心（亦称静铁心或磁轭）和衔铁（也称动铁心）三部分组成，如图 1-3 所示。其工作原理如下：

当线圈通入电流后，磁通 Φ 通过铁心。衔铁和工作气隙形成闭合回路，如图中虚线所示。因衔铁受到电磁力，便吸向铁心，但衔铁的运动受到反作用弹簧的拉力，故只有当电磁力大于弹簧反力时，衔铁才能可靠地被铁心吸住。电磁吸力应大于弹簧反力，以便吸牢，但吸力又不宜过大，过大会在吸合时使衔铁与铁心产生严重撞击。

电磁铁有各种形式。铁心有 E 形、U 形。动作方式有直动式和转动式。它们各有不同的机电性能，适用于不同的场合。图 1-4 列出了几种常用铁心的结构形式。

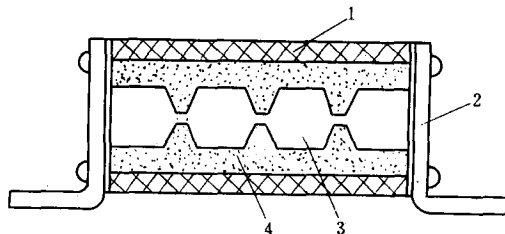


图 1-2 熔断器的灭弧

1—熔管 2—端盖及接线板 3—熔片 4—石英砂

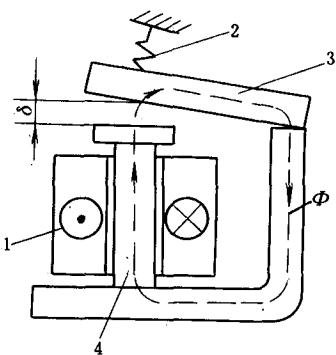


图 1-3 电磁机构示意图

1—线圈 2—弹簧 3—衔铁 4—铁心

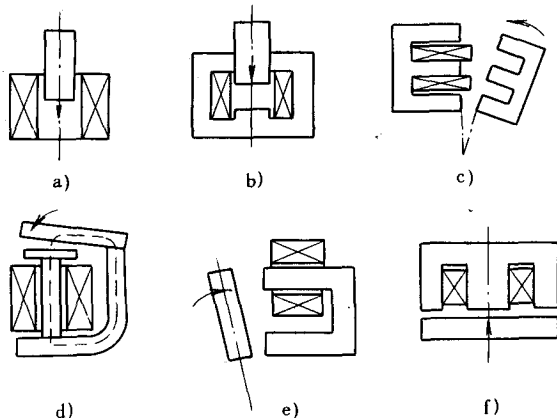


图 1-4 电磁铁心的结构形式

直流励磁的电磁铁和交流励磁的电磁铁在结构上也不相同。直流电磁铁在稳定状态下通过恒定磁通，铁心中没有磁滞损耗和涡流损耗，也就不产生热量，只有线圈是产生热量的热源。因此，直流线圈通常没有骨架，且成细长形，以增加它和铁心直接接触的面积，从而使线圈产生的热量通过铁心散发出去。交流铁心中因为通过交变磁通，铁心中有磁滞损耗和涡流损耗，所以产生热量。为此，一方面铁心用硅钢片叠成，以减少铁心损耗，另一方面将线圈制成短粗形，并由线圈骨架把它和铁心分开，以免铁心的热量传给线圈，使其过热烧坏。

大多数电磁铁的线圈跨接在电源电压两端，获得额定电压吸合，称电压线圈。其电流值由电路电压和线圈本身的电阻或阻抗所决定。由于电压线圈匝数多、导线细、电流小而匝间电压高，所以一般用绝缘性能好的漆包线绕制。当需要反映主电路电流值时，常采用电磁线圈串入主电路的接法。当主电路电流超过或低于某一规定值时，铁心动作，故称其为电流线圈。通过电流线圈的电流不由线圈本身电阻或阻抗决定，而由电路负载的大小决定。由于主电路电流比较大，所以线圈比较粗，匝数比较少，所以，常用较粗的紫铜条或铜线绕制。

交流电磁机构工作时，其线圈电流是由线圈本身阻抗决定的，该阻抗受铁心磁路的影响。当线圈通电，铁心未吸合时，阻抗小、电流大，铁心吸合后，阻抗大，电流小，故交流电磁

机构吸合瞬间存在一个类似电动机的“起动电流”，如果通、断电过于频繁，会使线圈过热，并且，一旦衔铁被卡住吸合不上时，铁心线圈还有被烧毁的危险。而直流电磁机构其线圈电流是由其本身纯电阻决定的，与铁心磁路无关，所以，工作时即使衔铁被卡住，也不会影响线圈电流。因此，直流电磁铁运行可靠、平稳、无噪声，一般用于较重要的控制场合。

（二）交流电磁铁的分磁环

对于单相交流电磁机构，一般在铁心端面上安置一个铜制的分磁环（或称短路环），以便改善工作状况，如图 1-5 所示。因为电磁机构的磁通是交变的，而电磁吸力与磁通的平方成正比，当磁通为零时，吸力也为零，这时衔铁在弹簧反力作用下被拉开，磁通大于零后，吸力增大，当吸力大于反力时，衔铁又吸合，在如此反复循环过程中，衔铁产生强烈的振动和噪声。振动会使电器寿命缩短，使触点接触不良、磨损或熔焊。所以为了消除振动，单相交流电磁机构必须加分磁环。在铁心端面安置了分磁环后，将气隙磁通 Φ 分成了 Φ_1 和 Φ_2 两部分，其中， Φ_2 穿过分磁环，在环内产生感应电动势、感应电流，产生磁通 Φ_k ， Φ_k 分别与 Φ_1 、 Φ_2 相量相加，使穿过气隙的磁通成为 Φ_{1k} 、 Φ_{2k} ，它们不仅相位不同而且幅值也不一样。由这样两个磁通产生的电磁力 F_{1k} 、 F_{2k} 就不再同时通过零点，如图 1-5 所示。如果分磁环设计得比较理想，使 $\varphi=90^\circ$ ，并且 F_{1k} 、 F_{2k} 近乎相等，这时，合成磁力就相当平坦，只要最小吸力大于弹簧反力，衔铁就会被牢牢吸住，不会产生振动和噪声。

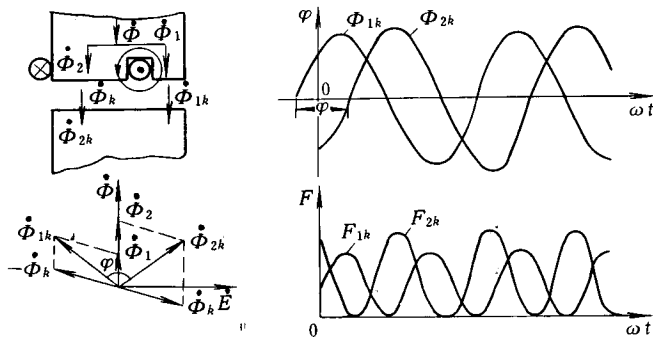


图 1-5 交流电磁铁分磁环

如果分磁环设计得比较理想，使 $\varphi=90^\circ$ ，并且 F_{1k} 、 F_{2k} 近乎相等，这时，合成磁力就相当平坦，只要最小吸力大于弹簧反力，衔铁就会被牢牢吸住，不会产生振动和噪声。

四、低压电器的主要参数

因为电器要可靠地接通和分断被控电路，所以对电器提出了各种技术要求。例如：触点在分断电路时要有一定的耐压能力以防止漏电或绝缘击穿，因而电器应有额定电压这一基本参数；触点闭合时，要存在一定的接触电阻，负载电流在接触电阻上产生的压降和热量不应过大，因此对电器触点规定了额定电流值。另外有些配电电器担负着接通和分断短路电流的任务，于是相应规定了极限分断能力、使用寿命等。

下面仅介绍控制电器几个常用主要技术参数，供选用电器时参考。

1. 额定电压和额定电流 额定电压是指在规定条件下，能保证电器正常工作的电压值，通常指触点的额定电压。选用电器时，其工作电压应小于该额定电压值，有电磁机构的控制电器还规定了电磁线圈的额定电压，如接触器，其线圈额定电压应与工作电压相等，以保证其可靠工作。

额定电流是根据电器的具体使用条件确定的电流值。它和工作电压、额定工作制（见本章第四节），触点寿命、使用环境等因素有关，同一开关电器在不同的使用条件下，可以规定出不同的电流值。

2. 通断能力 通断能力是以非正常工作负载时能接通和断开的电流值来衡量的。接通能力是指开关闭合时不会造成触点熔焊的能力。断开能力是指开关断开时能可靠灭弧的能力。

3. 寿命 包括机械寿命和电寿命。机械寿命是指电器在无电流的情况下能操作的次数；

电寿命是指电器在有负载电流情况下, 按规定的使用条件, 不需修理或更换零件时的操作次数。

第二节 熔断器

熔断器在低压配电线路中主要做为短路保护用。它具有结构简单、体积小、重量轻、工作可靠、价格低廉等优点, 所以, 在强电、弱电系统都得到广泛的应用。

一、熔断器的原理及保护特性

熔断器主要由熔体和放置熔体的绝缘管或绝缘底座(亦称熔壳)组成。熔体是熔断器的核心, 主要是由铅、铅锡合金、锌、铜及银质等材料制成的丝状或片状物。熔丝的熔点一般在 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 左右。当熔断器串入电路时, 负载电流流过熔体, 熔体温度上升, 当电路正常工作时, 其发热温度低于熔化温度, 故长期不熔断。当电路发生过载或短路时, 电流大于熔体允许的正常发热电流, 使熔体温度急剧上升, 超过其熔点而熔断, 从而分断电路, 保护了电路和设备。熔体熔断后, 更换上新熔体, 电路可重新工作。

每个熔断体都有一个额定电流值, 熔体允许长期通过额定电流而不熔断。当通过熔体的电流为额定电流的 1.3 倍时, 熔体熔断时间约在 1h 以上; 通过 1.6 倍额定电流时, 应在 1h 以内熔断; 通过 2 倍额定电流时, 熔体差不多是瞬间熔断。由此可见, 通过熔体的电流 I 与熔断时间 t 具有反时限特性, 如图 1-6 所示。熔断器做为电路的短路保护元件是非常理想的, 但不宜作为电动机的过载保护, 因为交流电动机的起动电流很大, 要使熔体在电动机起动时不熔断, 其熔体额定电流选择要比电动机的额定电流大很多, 这样, 电动机运行中过载时, 熔断器就不能起到过载保护作用。

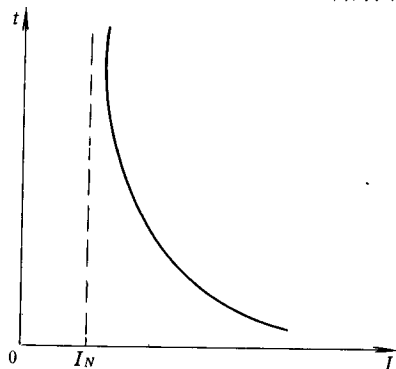


图 1-6 熔断器的保护特性

二、熔断器的主要技术参数

在选择熔断器时, 主要考虑以下几个主要技术参数:

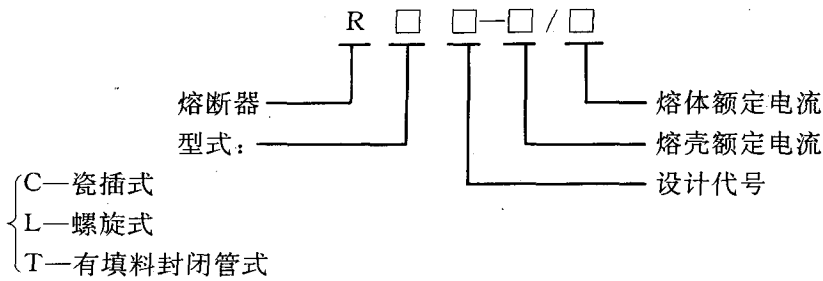
1. 额定电压 这是从灭弧角度出发, 规定熔断器所在电路工作电压的最高极限。如果熔断器的实际工作电压超过该额定电压, 一旦熔体熔断时, 可能发生电弧不能及时熄灭的现象。

2. 熔体额定电流 这是指熔体长期通电而不会熔断的最大电流。厂家生产的熔体有大小不同的若干标准值, 选用时可根据负载电流的大小来选定。

3. 熔断器额定电流 这是熔断器长期工作所允许的由温升决定的电流值。该额定电流应不小于所选熔体的额定电流。并且在此额定电流范围内的不同规格的熔体可装入同一熔壳内。

4. 极限分断能力 指熔断器所能分断的最大短路电流值。它取决于熔断器的灭弧能力, 与熔体的额定电流大小无关。一般有填料的熔断器分断能力较高, 可大至数十到数百千安。较重要的负载或距离变压器较近时, 应选用分断能力较大的熔断器。

熔断器型号的意义:



三、熔断器的选用

选用熔断器时主要选择熔断器类型和熔体额定电流。熔断器类型应根据控制系统的要求来确定,熔体额定电流则应根据负载的性质来选择,一般:①电炉、照明等负载,熔体额定电流应大于或等于实际负载电流;②电动机负载,熔体额定电流应等于电动机额定电流的1.5~2.5倍。

四、几种常用的熔断器

1. 瓷插式熔断器 它是一种最常见的结构简单的熔断器。其外形结构如图1-7所示,广泛用于中、小容量的控制系统。

常见的瓷插式熔断器有RC1A系列。其额定电压为380V,额定电流有5、10、15、30、60、100、200A七个等级。其技术数据见附表B-1。

2. 螺旋式熔断器 其外形结构如图1-8所示。它由熔管及支持件组成,熔管内装有熔丝,并充满石英砂,是一种有填料封闭管式熔断器。其体积小,更换熔体方便,同时还有熔体熔断的指示装置,熔体熔断后,带色标的指示头弹出,便于发现并更换。

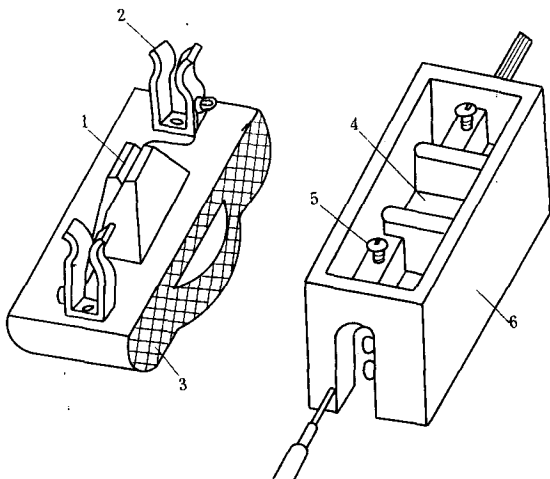


图 1-7 RC1A 系列瓷插式熔断器

1—熔丝 2—动触头 3—瓷盖 4—空腔
5—静触头 6—瓷座

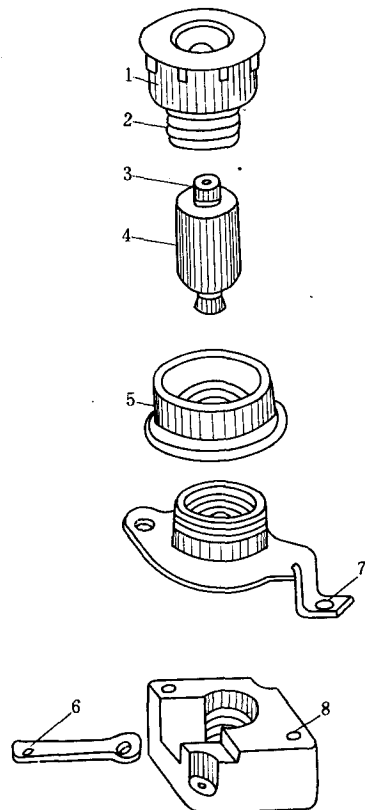


图 1-8 RL1 系列螺旋式熔断器

1—瓷帽 2—金属管 3—指示器 4—熔管
5—瓷套 6—下接线管 7—上接线端 8—瓷座

目前全国统一设计的螺旋式熔断器有 RL6、RL7（取代 RL1、RL2）、RLS2（取代 RLS1）等系列。RL6 系列电流有 25、63、100、200A 四个等级，RL7 系列有 25、63、100A 三个等级，RLS2 系列有 30、63、100A 三个等级。RLS2 系列是螺旋式快速熔断器，用于半导体器件的保护。其技术数据见附表 B-1。

3. 有填料封闭管式熔断器 这是一种大分断能力的熔断器，广泛用于供电线路及要求分断能力较高的场合，如发电厂或变电所的主回路及电力变压器出线端的供电线路、成套配电装置中。这种熔断器断流能力强，使用安全，分断规定短路电流时，无声光现象，并有醒目的熔断标记，同时，它还附有活动的绝缘手柄，可在带电情况下调换熔体。

有填料封闭管式熔断器的常见型号有 RT12、RT14、RT15、RT17 等系列。其中 RT14 系列有 20、32、63A 三个等级，RT12 有 20、32、63、100A 四个等级，RT15 系列有 100、200、315、400A 四个等级，RT17 有 1000A 的等级。其技术数据见附表 B-1。

熔断器的一般图形符号及文字符号如图 1-9 所示。

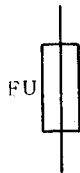


图 1-9 熔断器的图形及文字符号

第三节 手控电器及主令电器

这类电器包括刀开关、转换开关、按钮、行程开关（位置开关）和主令控制器等，属于非自动切换的控制电器。它们在控制电路中执行发布命令、改变系统工作状态等任务。

一、刀开关

刀开关是一种手控电器，主要用来手动接通或断开交、直流电路。刀开关按极数分有单极、双极与三极几种，一般由刀片、触点座、手柄和底板组成。如胶盖开关和铁壳开关装有熔断器，兼有短路保护功能。刀开关的一般图形符号及文字符号如图 1-10 所示。

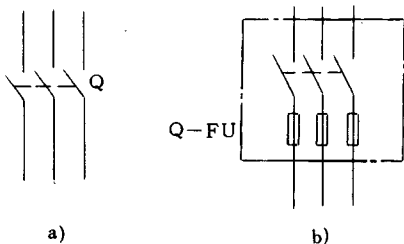
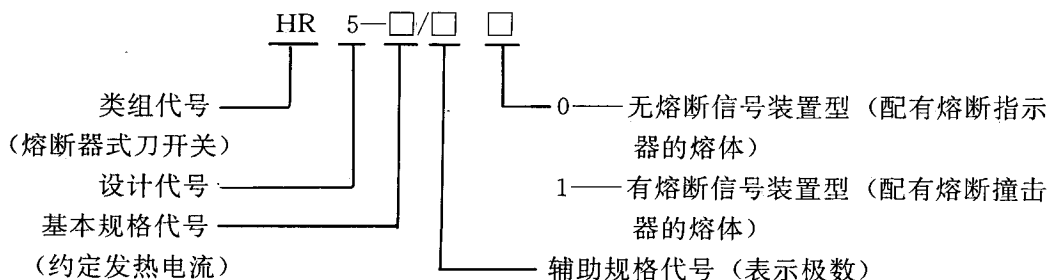


图 1-10 刀开关的图形及文字符号

a) 刀开关 b) 带熔断器的刀开关

1. 胶盖刀开关 胶盖刀开关主要用于工频 380V、60A 以下的电力线路中，作为一般照明、电热等回路的控制开关，也可作为分支线路的配电开关。三极胶盖刀开关适当降低容量时也可直接用于不频繁起动的小型电动机。常用系列有 HK1、HK2 系列。其技术数据见附表 B-2。

2. 铁壳开关（熔断器式刀开关） 铁壳开关适用于配电线路，作电源开关、隔离开关及电路保护用，一般不用于直接通断电动机。常用的型号有 HR5、HH10、HH11 等系列。型号意义如下：



HR5 系列开关由底座和盖两大部分组成, 底座由钢板制成, 其上装有插座组、灭弧室和极间隔板。塑料盖的背面卡装有熔断体, 盖兼做操作手柄, 拉动盖的上部把手, 它就绕底座下部铰链旋转而通断电路。

开关底座有片状弹簧, 使开关具有快速闭合和断开的功能。灭弧室具有防止电弧吹向操作者和防止发生闪路的作用。

有熔断信号装置的开关侧面还装有 LX19K 位置开关, 当某熔体熔断时, 熔断撞击器弹出, 通过传动轴, 触动位置开关, 以便发出信号或切断电动机电路, 防止电动机缺相运行。其技术数据见附表 B-3。

二、组合开关

组合开关也是一种刀开关, 不过它的刀片 (动触片) 是转动的, 比刀开关轻巧且组合性强, 因此, 可用于不同线路。

组合开关由若干分别装在数层绝缘件内的双断电桥式动触片、静触片 (它与盒外接线相联) 组成。如图 1-11 所示, 动触片装在附加有手柄的绝缘方轴上, 方轴随手柄而旋转, 于是动触片也随方轴转动并变更其与静触片分、合位置。所以, 组合开关实际上是一个多触点、多位置、可以控制多个回路的主令电器, 故亦称转换开关。

组合开关可分为单极、双极和多极三类。其主要参数有额定电压、额定电流、极数、允许操作次数等。其中额定电流有 10、20、40、60A 等几个等级。常用型号 HZ5、HZ10、HZ15 等系列, 引进生产的德国西门子的 3ST、3LB 系列组合开关也有应用。

组合开关在电气原理图中的画法如图 1-12 所示。图中虚线表示操作位置, 若在其相应触点下涂黑圆点, 即表示该触点在此操作位置是接通的, 没有涂黑点则表示断开状态。另一种是用触点通断状态表来表示, 表中以 “+” (或 “×”) 表示触点闭合, “-” (或无记号) 表示分断。

组合开关型号意义:

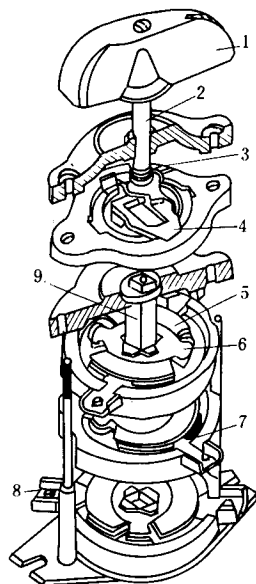


图 1-11 HZ—10/3 型组合开关

1—手柄 2—转轴 3—弹簧 4—凸轮
5—绝缘垫板 6—动触点 7—静触点
8—接线柱 9—绝缘方轴

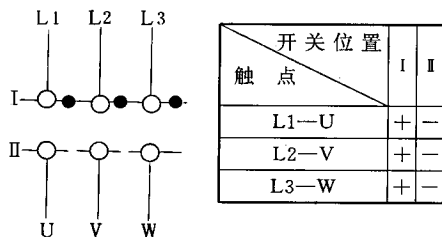
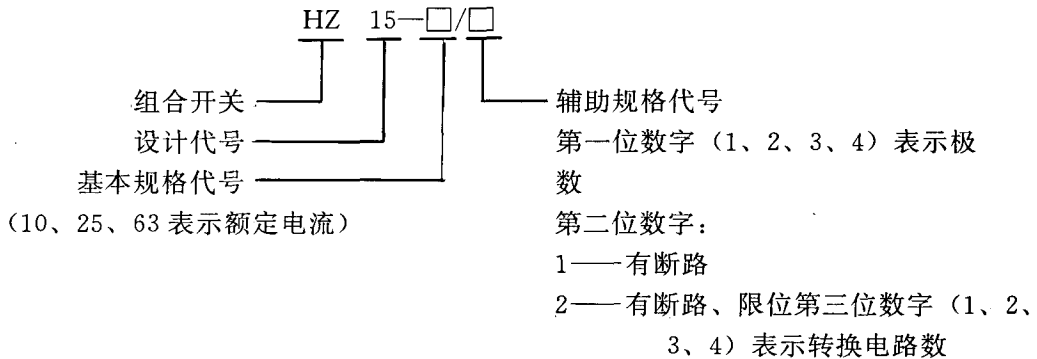


图 1-12 组合开关的图形符号



主要技术数据见附表 B-4。

三、万能转换开关

万能转换开关是具有更多操作位置和触点，能换接多个电路的一种手控电器。由于它能控制多个回路，适应复杂电路的要求，故称“万能”转换开关。

典型的万能转换开关如图 1-13 所示。它由触点座、凸轮、转轴、定位机构、螺杆和手柄等组成，并由 1~20 层触点底座叠装起来。其中每层底座均可装三对触点，并由触点底座中的凸轮(套在转轴上)来控制三对触点的接通和断开。由于凸轮可制成不同的形状，因此，转动手柄到不同位置时，通过凸轮的作用，可使各对触点按所需的变化规律接通和断开，以适应不同的线路需要。

表征万能转换开关特性的有额定电压、额定电流、手柄形式、触点座数、触点对数、触点座排列形式、定位特征代号、手柄定位角度等。常用的万能转换开关有 LW8、LW6、LW5、LW2 等系列。

万能转换开关主要用于控制电路换接，也可用于小容量电动机不频繁起动、换接或改变转向等。

万能转换开关型号意义：

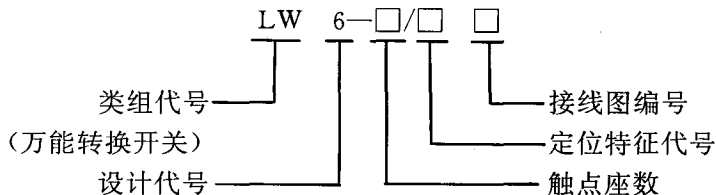
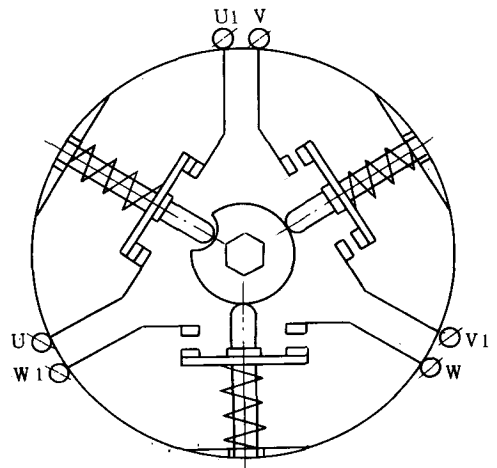


图 1-13 LW6 系列万能转换开关结构示意图



如 LW6—3/B097 型万能转换开关，共有三个触点座，每个触点座内有三对触点，总共有九对触点，定位特征代号为 B (手柄有三个位置)，接线图编号 097，从产品样本手册查得触点通断状态如图 1-14 所示，左边是用于电动机变速控制的接线图。其主要技术数据见附表 B-5。

四、控制按钮

控制按钮主要用于操纵接触、继电器或电气联锁电路，以实现对各种运动的控制，是一

种接通或分断小电流的主令电器。

图 1-15 为控制按钮结构图，常态（未受外力）时，在复位弹簧 2 作用下，静触点 3、7 与动触点 4 闭合，称常闭（动断）触点。静触点 5、6 与动触点 4 分断，称常开（动合）触点。当按下按钮帽 1 时，动触点 4 先和静触点 3、7 分断，然后再和静触点 5、6 闭合。

控制按钮的主要技术数据如下：规格、结构形式、触点对数和颜色。其规格一般为交流额定电压 500V，允许持续电流 5A。其结构型式有多种，以适于不同的工作场合，如紧急式装有红色突出蘑菇形钮帽，以便紧急操作；旋钮式用手旋转操作；钥匙式为使用安全起见，须用钥匙插入方可转动操作；指示灯式，在透明钮帽内装有指示灯，以做信号显示。按钮帽有红、绿、黑、黄、白、蓝等多种颜色，以供不同场合选用。按钮的图形符号及文字符号如图 1-16 所示。

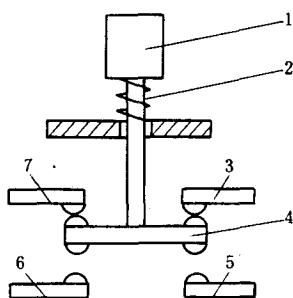


图 1-15 LA19 系列控制按钮结构示意图

1—按钮帽 2—复位弹簧 3、5、6、7—静触点 4—动触点

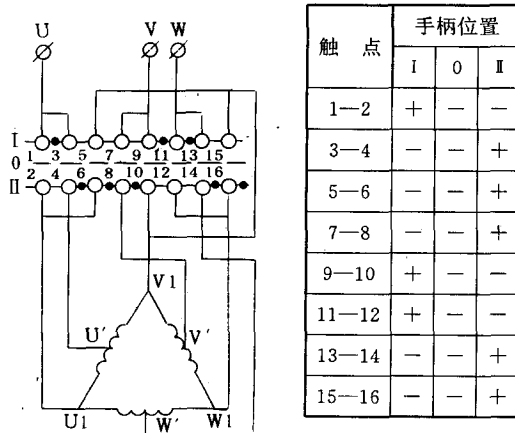


图 1-14 LW6—3/B097 用于电动机变速控制的接线方法

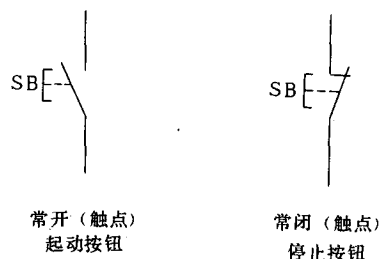
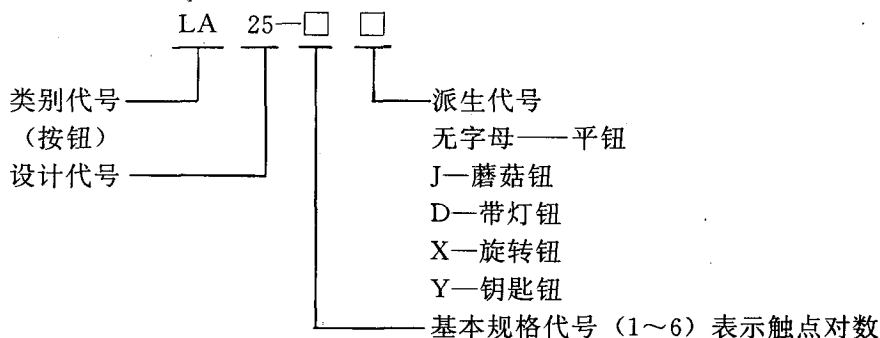


图 1-16 按钮的图形及文字符号

按钮的常用型号有 LA2、LA10、LA18、LA19、LA20、LA25 等系列。引进生产的有德国 BBC 公司的 LAZ 系列。

按钮的型号意义：



LA25 系列按钮是全国统一设计的新型号。它采用组合结构插接连接方式。其接触系统采用独立的接触单元，用户可以根据需要任意组合常开、常闭触点对数，最多可以组成六个单

元。常用按钮的技术数据见附表 B-6、附表 B-7。

五、位置开关

位置开关又称行程开关或限位开关，能将机械信号转换为电信号，以实现机械运动的控制。通常这类开关被用来反映机械动作或位置，并能实现运动部件极限位置的保护。

位置开关的种类很多，按运动形式可分为直动式和转动式；按结构可分为直动式、滚动式和微动式。下面仅介绍几种常用的结构形式。

1. 直动式位置开关 图 1-17 为直动式位置开关结构图。其动作原理与控制按钮类似，只是它用运动部件上的撞块来碰撞位置开关的推杆。其优点是结构简单、成本较低，缺点是触点的分合速度取决于撞块移动的速度。若撞块移动速度太慢，触点就不能瞬时切断电路，使电弧在触点上停留时间过长，易于烧蚀触点。因此，这种开关不宜用于撞块移动速度小于 0.4m/min 的场合。

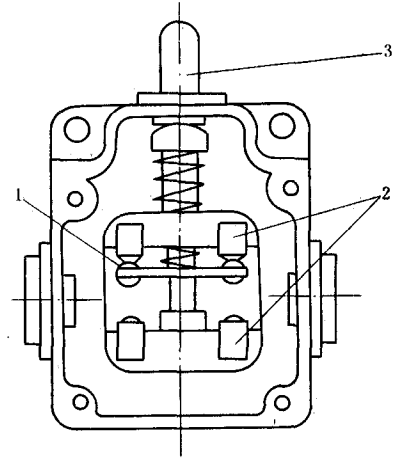


图 1-17 直动式位置开关

1—动触点 2—静触点 3—推杆

2. 微动开关 为克服直动式结构的缺点，微动开关采用具有弯片状弹簧的瞬动机构，如图 1-18 所示。当推杆压下时，弓簧片发生变形且储存能量并产生位移，当达到预定临界点时，弹簧片连同动触点产生瞬时跳跃，从而使（常开）触点接通，（常闭）触点断开。同样，减少操作力，弹簧片向相反方向移动到另一临界点时，触点便瞬时复位。采用瞬动机不仅可以减轻电弧对触点的烧蚀，而且也能提高触点动作的准确性。

微动开关体积小、动作灵敏，适合在小型电器及电气设备中使用，但由于推杆允许行程小，结构强度不高，因此，在使用时必须对推杆的最大行程在机构上加以限制，以免压坏开关。

3. 滚轮旋转式位置开关 为克服直动式位置开关的缺点，还常采用如图 1-19 所示的滚轮旋转式结构。

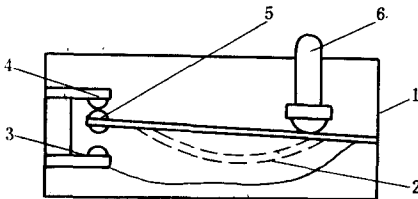


图 1-18 LX31 微动开关结构示意图

1—壳体 2—弓簧片 3—常开触点 4—常闭触点
5—动触点 6—推杆

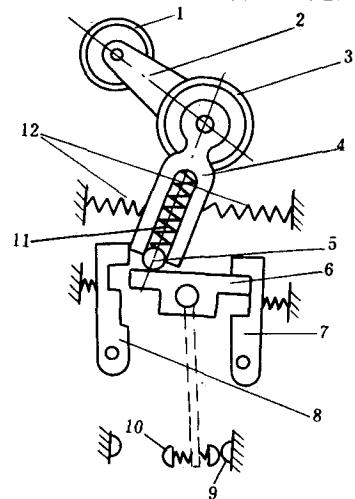


图 1-19 滚轮旋转式位置开关

1—滚轮 2—上转臂 3—转轮 4—推杆 5—滚球
6—操纵件 7、8—摆杆 9—静触点 10—动触点
11—压缩弹簧 12—弹簧

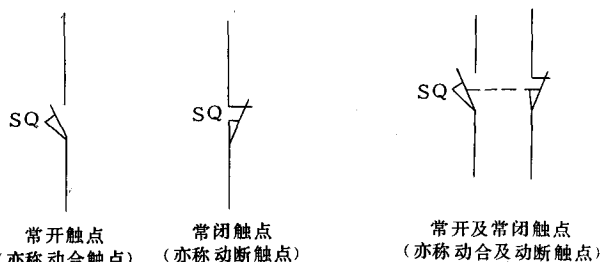
当滚轮 1 受到向左的外力作用时, 上转臂 2 向左下方转动, 推杆 4 向右转动, 并压缩右边弹簧 11, 同时下面的小滚球 5 也很快沿操纵件 6 向右转动, 小滚轮滚动又压缩弹簧 10, 当滚球 5 走过操纵件 6 的中点时, 弹簧 10 使操纵件 6 迅速转动, 因而使动触点 10 迅速与右边静触点 9 分开, 并与左边的静触点 9 闭合, 这样就减少了电弧对触点的烧蚀, 并保证了动作的可靠性。这类开关适用于低速运动的机械。

上述位置开关有两种结构形式, 即单轮结构和双轮结构。

(1) 单轮结构 其原理如上所述, 当外力作用于滚轮时, 触点动作; 外力撤除时, 触点便自动复位, 故称可复位结构。

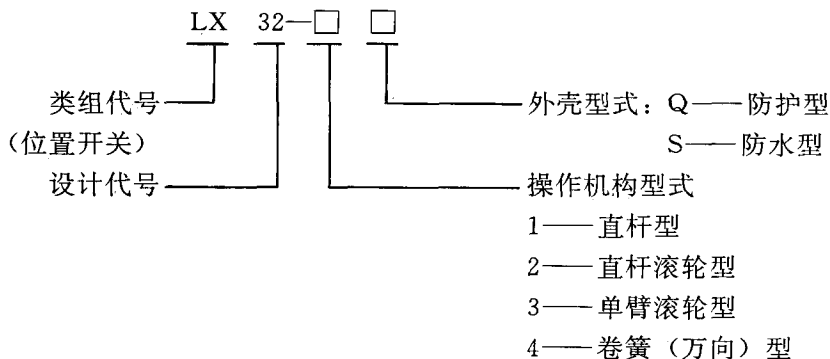
(2) 双轮结构 工作原理和单轮相似, 只是其头部 V 形摆件上有两个互成 90° 的两只滚轮。当外力作用于其中一滚轮时, 其相应触点动作, 外力撤除时, 其滚轮和触点保持动作后状态, 要想复位, 必须以同力作用于另一只滚轮。因此, 该结构称不可复位结构。

位置开关的图形及文字符号如图 1-20 所示。



4. 位置开关的技术参数和型号举例

位置开关的主要技术参数有额定电压、额定电流、触点换接时间、动作力、动作角度或工作行程、触点数量等。结构型式中有自动复位(如直动式、微动式及单轮旋转式)和非自动复位(如双轮结构)两种。常用型号有 LX32、LX33、LX31 系列, 另外还有 LX19、LXW-11、JLXK1 (快速型)、LX5、LX10 等系列。国外引进生产的有 3SE (德国西门子公司) 和 831 (法国柯赞公司)。位置开关的型号意义如下:



位置开关的有关技术参数见附表 B-8~附表 B-11。

六、接近开关

接近开关是一种非接触型检测开关。它克服了有触点位置开关可靠性差、使用寿命短和频率低的缺点, 采用了无触点电子结构型式, 因而具有工作可靠、操作频率高及能适应恶劣工作环境等特点, 因而在工业生产方面逐渐得到广泛应用。

从工作原理来分, 接近开关有高频振荡型、电容型、感应电桥型、永久磁铁型、霍尔效应型等, 其中以高频振荡型为常用。高频振荡型接近开关的工作原理是以高频振荡线路为基础的, 如图 1-21 所示。振荡器振荡后, 在开关的感应面上产生交变磁场, 当金属物体接近感应面时, 金属体产生涡流, 吸收了振荡能量, 使振荡减弱以致停振。两种不同的状态振荡与