



职业教育电工电子类基本课程系列教材

电力拖动实验

胡家炎 主 编



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

基本功

职业教育电工电子类基

电力拖动实验

胡家炎 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

为满足社会对高技能人才的迫切需求,职业学校要坚持“提高学生动手能力,强化实验实训教学”的办学宗旨,本书正是在这一背景下编写的。全书共分三章,第一章主要介绍电力拖动实验所需的常用低压电器,第二章介绍电力拖动实验项目,第三章介绍安全用电基本知识。本书按从易到难的顺序,具体介绍了交流电动机的启动方式、可逆运转、制动和调速等实验内容,还设置了部分直流电动机控制电路实验项目。为了巩固实验成果,拓宽学生视野,每个实验项目都编设了思考与练习题。

本书的特点是实用性强和利用率高。在实验项目和内容的选定上充分考虑到职业学校的现有条件和学生基础,减少了理论篇幅,突出了学生动手能力和独立思考能力的培养。本书不仅可作为电力拖动课程的实验教材,还可作为其他相关课程的配套用书,也可作为电工技术培训教材和城乡电工的自学用书。

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

电力拖动实验/胡家炎主编. —北京:电子工业出版社,2015.5

ISBN 978-7-121-25994-4

I. ①电… II. ①胡… III. ①电力传动—实验—中等专业学校—教材 IV. ①TM921

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第094009号

策划编辑:杨宏利 投稿邮箱:yhl@phei.com.cn

责任编辑:杨宏利 特约编辑:李淑寒

印 刷:三河市华成印务有限公司

装 订:三河市华成印务有限公司

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

开 本:787×1092 1/16 印张:10.25 字数:262.4千字

版 次:2015年5月第1版

印 次:2015年5月第1次印刷

定 价:24.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

随着科学技术的不断发展,工业企业自动化、机械化程度将越来越高,电力拖动技术的应用也越来越广泛。为了促进本专业课程的学习,使学习者做到理论联系实际,提高学习兴趣,并遵循以就业为导向、以能力为本位的职业教育指导思想,更好地培养学生的操作技能和实践能力,特编写《电力拖动实验》,希望为本专业课程实验教学起到有效的指导作用。

众所周知,电能是当今世界应用最广泛的一种能量形式。而电力拖动是用电能去驱动和控制各类生产机械和动力装置的专门技术。凡是有使用电动机的场所,都离不开电力拖动技术的应用。电力拖动专业技术不仅应用于工业企业,而且应用于矿山机械、交通运输、建筑、院校等各行各业。电力拖动课程也是职业院校电类专业和机械专业不可缺少的专业课程。有些类似课程尽管在名称上有差异,但技术内容还是大同小异的。本书编撰内容的选定根据电力拖动课程技术的特点分为三章内容进行撰写。第一章主要介绍电力拖动控制电路中常用的低压电器。该部分内容主要使学生对常用低压电器的结构、原理、选用原则加深理解,为电力拖动实验奠定良好的基础。第二章内容主要围绕电动机的各种工作状态,并结合生产实践的需要和职业学校的条件,按从易到难的顺序,选择了实用性较强的二十二个项目进行研究。每个项目以实验目的、原理说明、实验设备、实验内容、注意事项、实验成绩评定等内容进行撰写。第三章主要介绍安全用电基本知识。同时,为了巩固实验教学成果,每个实验项目都编设了思考与练习题,用以拓展学员的思路,从实践中加深对实验课题电气原理的理解。各实验项目的实验设备可利用电力拖动实验台及带有电力拖动挂箱的电工实验台进行实验,也可利用安装板、电器元件组装成控制电路进行实验。

本书既可作职业院校电力拖动实验课的教科书,又可作特种作业培训中心低压电工作业操作证考试培训班学员用书和维修电工技能培训教材,也可供电气技术爱好者和机床电气调试维修人员参考。该书可与《电力拖动》、《电机与电气控制》、《电机与拖动基础》、《电工与电子技术》、《电机拖动与控制技术》、《维修电工技术》、《机床电气设备运行与维修》等教科书配套使用。

本书由胡家炎主编,完成文字手稿后由胡媛、章亮同志担任文字录入、图表编制和初稿编辑与校对工作。本书经过了国家电网黄山供电公司陈绩生老师认真审阅,在此表示衷心感谢。另本书在图样编辑过程中得到了何贤海、程祖乐、许君老师的热情协助,在此也表示诚挚谢意。由于编写过程时间仓促,编者水平有限,如有不妥之处敬请各位读者批评指正。

2014年5月

读者意见反馈表

书名：电力拖动实验

主编：胡家炎

责任编辑：杨宏利

感谢您购买本书。为了能为您提供更优秀的教材，请您抽出宝贵的时间，将您的意见以下表的方式（可发 E-mail :yhl@phei.com.cn 索取本反馈表的电子版文件）及时告知我们，以改进我们的服务。对采用您的意见进行修订的教材，我们将在读书的前言中进行说明并赠送您样书。

个人资料

姓名_____电话_____手机_____E-mail_____

学校_____专业_____职称或职务_____

通信地址_____邮编_____

所讲授课程_____所使用教材_____课时_____

影响您选定教材的因素（可复选）

内容 作者 装帧设计 篇幅 价格 出版社 是否获奖 上级要求

广告 其他_____

您希望本书在哪些方面加以改进？（请详细填写，您的意见对我们十分重要）

您希望随本书配套提供哪些相关内容？

教学大纲 电子教案 习题答案 无所谓 其他_____

您还希望得到哪些专业方向教材的出版信息？

您是否有教材著作计划？如有可联系：010-88254587

您学校开设课程的情况

本校是否开设相关专业的课程 否 是

如有相关课程的开设，本书是否适用贵校的实际教学_____

贵校所使用教材_____出版单位_____

本书可否作为你们的教材 否 是，会用于_____课程教学

感谢您的配合，请将该反馈表寄到下面地址，或发 E-mail :yhl@phei.com.cn 索取电子版文件填写。

通信地址：北京市万寿路 173 信箱 杨宏利 收 电话：010-88254587 邮编：100036

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为，歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第一章 常用低压电器	(1)
第一节 开启式负荷开关	(1)
第二节 转换开关	(2)
第三节 自动开关	(3)
第四节 按钮开关	(7)
第五节 行程开关	(8)
第六节 熔断器	(10)
第七节 接触器	(13)
第八节 热继电器	(17)
第九节 时间继电器	(20)
第十节 速度继电器	(23)
第十一节 电流继电器	(24)
第十二节 电压继电器	(25)
第二章 电力拖动实验项目	(27)
实验一 三相交流异步电动机点动和自锁控制	(27)
实验二 具有过载保护功能的三相交流异步电动机单向运转控制	(31)
实验三 三相交流异步电动机正反转控制	(35)
实验四 具有联锁功能的三相交流异步电动机正反转控制	(38)
实验五 双重联锁三相交流异步电动机正反转控制	(43)
实验六 三相交流异步电动机顺序控制	(46)
实验七 三相交流异步电动机串电阻降压启动控制	(49)
实验八 接触器控制的电动机星-三角降压启动控制	(52)
实验九 时间继电器控制的电动机自动星-三角降压启动控制	(56)
实验十 三相笼式异步电动机全波整流能耗制动控制	(59)
实验十一 三相笼式异步电动机半波整流能耗制动控制	(63)
实验十二 工作台自动往返控制	(66)
实验十三 双速电动机调速控制	(71)
实验十四 接触器控制的自耦变压器降压启动控制	(76)
实验十五 双速交流异步电动机自动变速控制	(80)
实验十六 星-三角降压启动、全波整流能耗制动控制	(84)
实验十七 双重联锁正反转启动能耗制动控制	(89)
实验十八 他励直流电动机串电阻启动控制	(94)
实验十九 他励直流电动机正反转控制	(98)

实验二十 串励直流电动机正反转控制	(103)
实验二十一 串励直流电动机自励式能耗制动控制	(108)
实验二十二 并励直流电动机电枢反接正反转控制	(112)
第三章 安全用电基本知识	(117)
第一节 触电的种类和方式	(117)
第二节 安全防护措施	(119)
第三节 接地与接零保护	(126)
第四节 触电急救	(131)
第五节 防火防爆安全要求	(134)
第六节 线路检修安全要求	(139)
第七节 维修电工安全技术问题简答	(142)
实验课时分配表	(152)
参考文献	(153)

第一章

常用低压电器

常用低压电器是组成电力拖动控制电路的基本元件。所谓低压电器通常是指工作在交流 1000V、直流 1200V 及以下的电器。低压电器分为配电电器与控制电器两大类。配电电器以开关类电器为主，多数用于主电路中；控制电器以接触器、继电器、主令电器为主，除接触器外，多数用于控制电路中。由于低压电器的种类繁多，下面将对电力拖动控制电路中最常用的低压电器做简单介绍。

第一节 开启式负荷开关

1. 开关简介

开启式负荷开关也称瓷底胶盖刀开关。开关以 HK 系列为主，不设专门的灭弧设备，采用胶木盖防止电弧灼伤人手，但操作者在拉合闸过程中必须动作迅速，使电弧尽快熄灭。该开关在内部装设了熔丝，具备短路保护功能。该开关有二极、三极之分，额定电流有 15A、30A、60A 三种规格。二极的通常用于一般电路作为隔离或负荷开关，三极的可控制 5.5kW 以内交流电动机的正常运行。该类开关在安装时，应特别注意，不可倒装，即闸刀在合闸状态时，手柄应向上，以防误合闸

2. 开关外形图

二极开启式负荷开关外形图如图 1-1 所示。



图 1-1 二极开启式负荷开关外形图

第二节 转换开关

1. 开关简介

转换开关又称组合开关，属于手动控制电器。该类开关的结构特点是用动触片代替闸刀，采用旋转操作方式。有单极与多极之分，可作为电源开关，或用于控制 5.5kW 以下电动机的启动、停止和反转。转换开关的种类较多，其中有 10A、25A、60A、100A 等多种规格，额定电压为直流 220V、交流 380V。Hz10—25/3 型转换开关表示该开关额定电流为 25A，有 3 对动、静触片，手柄能沿左右方向旋转，每次旋转 90° 则带动 3 对动、静触片接通或断开，从而控制三相电源的通断。Hz10 系列转换开关额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

还有一种转换开关是 LW 系列，称为万能转换开关。其结构由多层凸轮和与之对应的触点及底座叠装而成。由于这类开关挡位多，触点多，触点功能多，故有“万能”之称。该类开关常用于控制小容量电动机的启动、停止、调速和正反转，也可作为电压表、电流表的换相开关。

2. 开关外形图

常用转换开关外形图如图 1-2 所示。

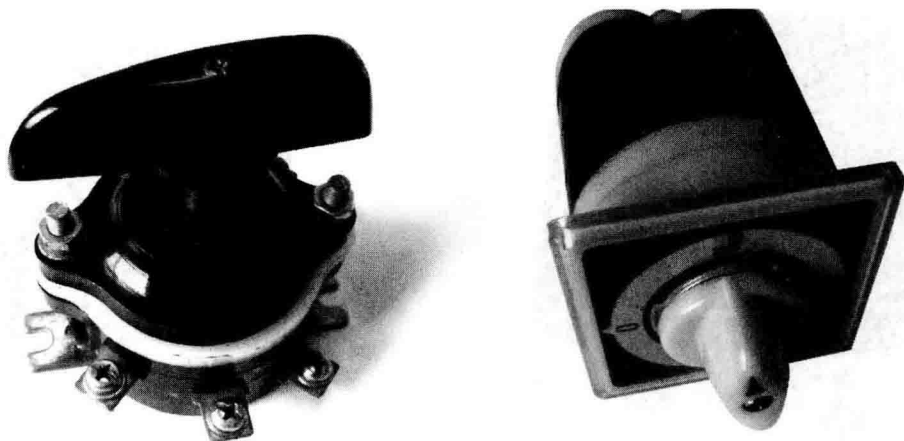


图 1-2 常用转换开关外形图

第三节 自动开关

自动开关又称自动空气开关或自动空气断路器。自动开关除了接通和分断负荷电路外，还具有过载、短路、失压等保护功能。如在电路中出现以上三种故障，自动开关会自动切断电源，故有“自动”之称。其特点是分断能力强、操作安全。自动开关有塑壳式（装置式）、框架式（万能式）两种。

1. 结构

自动开关的结构因类型的不同差异较大，但基本的保护功能、结构特点还是相似的。常用的塑壳式自动开关有 DZ5、DZ15、DZ20、DZX 等系列，该类开关额定电流在 630A 以内，大部分开关只有过载和短路保护功能，欠压保护功能只在用户有特殊需要时才设置。其主要结构由动、静触片，灭弧室，热脱扣器，电磁脱扣器，操作机构及外壳等部分组成。DZ5 系列塑壳式自动开关外形图如图 1-3 所示。

万能式自动开关的结构特点是所有零部件均安装在框架上，故又称框架式

自动开关。该类开关要用于低压电路中不频繁接通和分断容量较大的电路。其额定电流从 200A 起，可达到 2500A 甚至 4000A。该类开关一般都有过载、短路、欠压三种保护功能，操作方式有手动式和电动式两种。

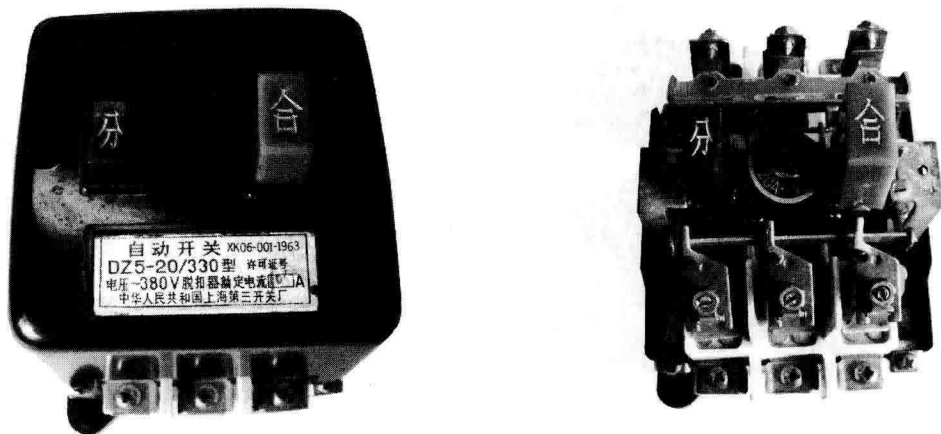
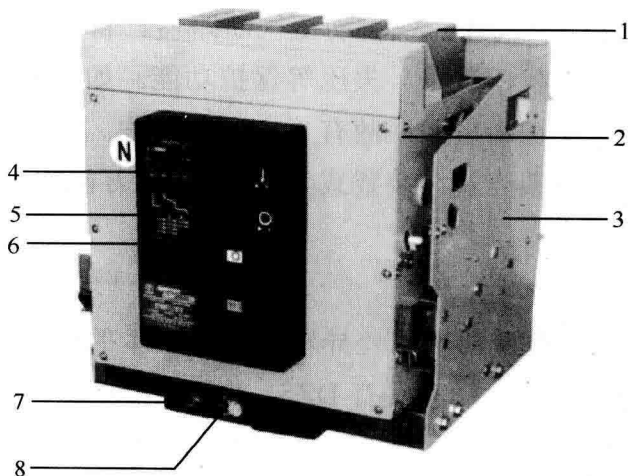


图 1-3 DZ5 系列塑壳式自动开关外形图

常用万能式自动开关有 DW10、DW15 等系列，DW 型自动开关有手动式和电动式。电动式中又有普通型和智能型，智能型万能式自动开关外形图如图 1-4 所示。



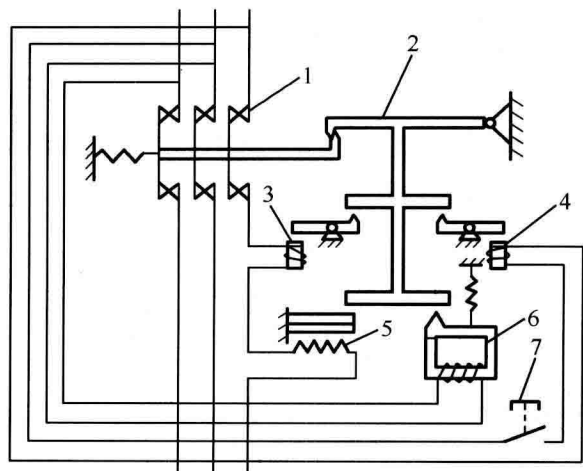
1—天弧罩；2—开关本体；3—抽屉座；4—合闸按钮；5—分闸按钮；6—智能脱扣器；

7—摇匀柄插入位置；8—连接/试验/分离指示

图 1-4 智能型万能式自动开关外形图

2. 自动开关工作原理

自动开关原理图如图 1-5 所示。



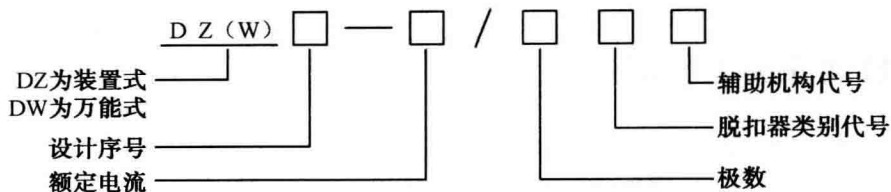
1—主触头；2—搭钩；3—电磁线圈；4—分励线圈；5—发热元件；6—失压脱扣器；7—分励按钮

图 1-5 自动开关原理图

自动开关过载保护由热脱扣器完成，短路保护由电磁脱扣器完成，欠压保护由欠压脱扣器完成。三极开关的主触头、电磁线圈、发热元件串联在主电路中。手动合闸时，主触头由锁扣勾住搭钩，克服弹簧拉力保持闭合状态，电路正常运行。电路过载时，发热元件热量增大，双金属片受热弯曲严重，将杠杆顶开分断主触头，实现过载保护。当电路出现短路故障时，过大的短路电流通过电磁脱扣器的电磁线圈，使衔铁迅速吸合，撞击杠杆，顶开搭钩，瞬时断开主触头，起到短路保护作用。欠压保护脱扣器中的欠压线圈并联在主电路中。电压正常时，欠压脱扣器中的动、静铁芯吸合，弹簧拉伸；电源电压严重下降时，动、静铁芯中电磁吸力不足，衔铁被弹簧拉开，撞击杠杆，将搭钩顶开，分断主电路，从而实现欠电压保护。

3. 自动开关型号含义

自动开关型号含义如图 1-6 所示。



辅助机构代号：0 表示无辅助触头，2 表示有辅助触头，3 表示有欠压线圈，7 表示既有欠压线圈又有辅助触头。

脱扣器类别代号：1 表示热脱扣器，2 表示电磁脱扣器，3 表示复式脱扣器。

注：由于自动开关型号较多，有些生产厂家以企业标准来确定型号，因此选型时要认真阅读产品说明书。

图 1-6 自动开关型号含义

4. 自动开关的选用

自动开关的选用要考虑较多因素，但最主要的还是额定电流和热脱扣器整定电流的选择。自动开关额定电流和额定电压应不小于电路的正常工作电流和工作电压。热脱扣器整定电流与被控电动机额定电流和其他负载电流一致，必要时可偏大一点，一般不宜超过 1.15 倍，否则过载保护功能会下降。作为总开关的自动开关热脱扣器电流可以再大一点，但也不应超过所有负载的额定电流之和。电磁脱扣器瞬间动作整定电流的选择，分两种情况。用于控制照明电路时，电磁脱扣器瞬间动作整定电流一般取负载电流的 3~6 倍；用于电动机保护时，装置式自动开关电磁脱扣器整定电流为电动机启动电流的 1.7 倍。不过一般情况下，用户可以不提电磁脱扣器的整定电流，开关生产厂家通常以 10 倍热脱扣器整定电流来确定。由于电磁脱扣器整定电流是做短路保护的，即使瞬间动作电流整定值偏大一点也同样能起到保护作用。

万能式自动开关热脱扣器整定电流应等于或略大于电路中负载电流之和；电磁脱扣器整定电流宜选取电动机启动电流的 1.3 倍，如用于多台电动机总保护，电磁脱扣器整定电流为容量最大的电动机启动电流的 1.3 倍，再加上其余电动机额定电流之和。

自动开关整定电流的选择原则是既要考虑保护效果，又不能造成误动作；同时，还要考虑配合上、下级开关的保护特性，不允许因本级保护开关不动

作而导致越级跳闸的现象发生。

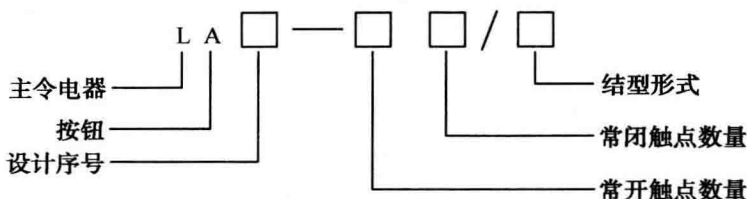
第四节 按钮开关

按钮开关简称按钮，是一种手动电器。它适用于交流 500V、直流 440V、电流为 5A 及以下的电路。由于按钮的额定电流较小，所以它只适用于二次电路，不适用于直接控制主电路。

按钮的型号规格较多，常用的有 LA2、LA18、LA19、LA20 等系列。其结构主要由按钮帽、复位弹簧、常闭触点、常开触点、接线桩及外壳组成。

1. 常用按钮的型号含义

常用按钮的型号含义如图 1-7 所示。



结构形式：K—开启式，H—保护式，Y—钥匙式，J—紧急式，

D—带灯式，X—旋钮式，S—防水式，F—防腐式

图 1-7 常用按钮的型号含义

2. 按钮开关的选用

按钮开关有不同的触点数量和触点形式，所以可分为常开按钮、常闭按钮和复合按钮。复合按钮在使用时既用常开触点，又用常闭触点。按动时常闭触点断开，常开触点闭合，不过常开常闭触点的动作有一微小的时间差，即常闭触点先断开，常开触点再闭合；松开时常开触点先复位，而后常闭触点再复位。因此，按钮的选用应先考虑好型号，再根据使用场合的要求，结合按钮的特点进行综合考虑。一般情况下，常开按钮用做电动机的启动按钮，常闭按钮用做电动机的停止按钮。普通按钮有两对常开触点、两对常闭触点，特殊情况下还可以组合成六对常开触点或六对常闭触点。另外在实际应用时，还要考虑按钮

颜色，一般启动按钮用绿色，停止按钮用红色，特殊结构形式应根据使用要求进行合理选定。

3. 按钮开关外形图

LA18 型按钮开关外形图如图 1-8 所示。



图 1-8 LA18 型按钮开关外形图

第五节 行程开关

行程开关又叫位置开关，属于主令电器的一种。其作用和按钮开关相同，都是对控制电路发出接通与断开及信号转换等指令的电器。所不同的是按钮靠手动操作，而行程开关靠生产机械的某些运动部件对它的传动部位发生碰撞而令其触点动作、分断或转换电路，从而限制生产机械的行程、位置或改变运动状态。因此，它是电气自动化中不可缺少的低压电器。行程开关的型号规格也很多，但根据使用场合的不同，一般分为普通场合用和机床控制电路用两大类。常用的有 LX2、LX19 和 JLXK1 等系列。

1. 常用行程开关型号含义

常用行程开关型号含义如图 1-9 所示。

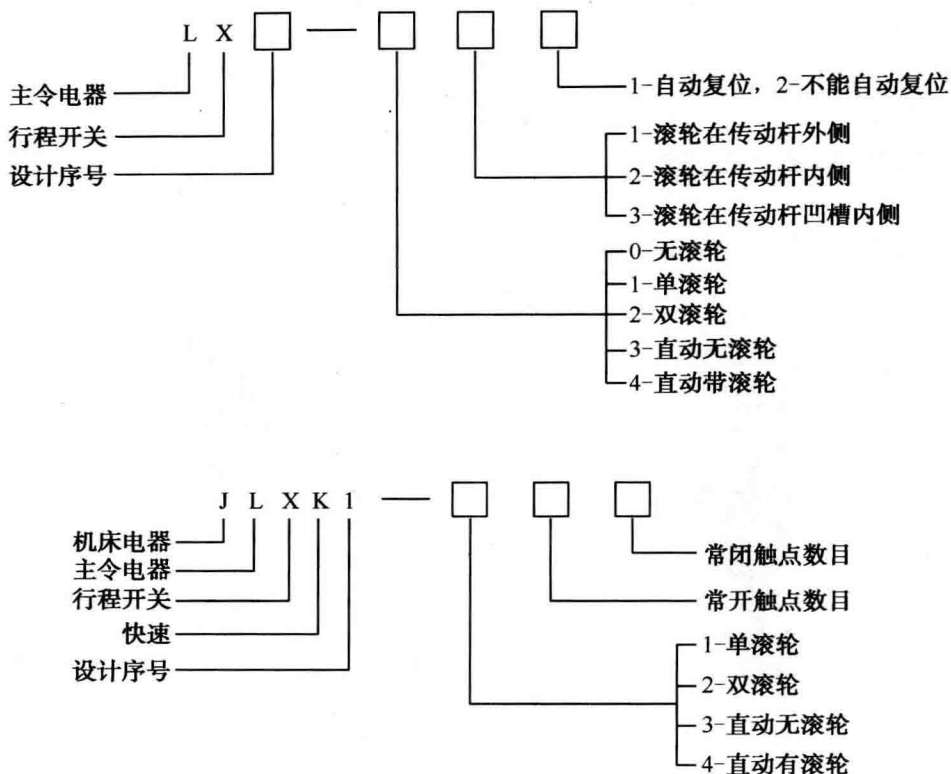


图 1-9 常用行程开关型号含义

2. 行程开关的选用

行程开关的选用应根据使用现场的要求与条件、被控制电路的特点来综合考虑。行程开关与生产机械的碰撞有不同的形式，常用的碰撞形式有直动式（即按钮式）与滚轮式（即旋转式）。而滚轮式又分为单滚轮式和双滚轮式两种。单滚轮式具有自动复位功能，运动中的挡块碰撞单滚轮后，行程开关触点立即动作，即常闭触点断开，指令生产机械停车，同时常开触点闭合，接通需要控制的电路。当挡块移开滚轮位置时，行程开关触点就立即复位，为下一次动作做准备。但双滚轮行程开关一般不具备自动复位功能。在使用中，当生产机械挡块碰撞第一个滚轮时，行程开关触点动作，发出信号指令；当生产机械挡块离开滚轮后，触点不能自动复位，必须等到生产机械挡块碰撞第二个滚轮时，触点方能复位。因此，用户一定要仔细了解使用场合的需要，再根据开关的特点，选择合适的行程开关型号。

另外，行程开关在使用时，要严格控制安装质量。安装位置要精确，切不可