



教育部高职高专规划教材

电气控制技术 实训指导

● 马应魁 主编
李贵山 主审



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

电气控制技术实训指导

马应魁 主编

李贵山 主审

化学工业出版社

教材出版中心

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电气控制技术实训指导/马应魁主编. —北京: 化学工业出版社, 2001. 6

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-3298-6

I. 电… II. 马… III. 电气控制-高等学校: 技术学校-教材 IV. TM921.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 039153 号

**教育部高职高专规划教材、
电气控制技术实训指导**

马应魁 主编 李贵山 主审

责任编辑: 张建茹 王丽娜

责任校对: 凌亚男

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010) 64982530

(010) 64918013

购书传真: (010) 64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷
三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 8½ 字数 203 千字

2001 年 7 月第 1 版 2006 年 3 月北京第 3 次印刷

ISBN 7-5025-3298-6/G·861

定 价: 15.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内 容 提 要

本书是和周庆贵主编的《电气控制技术》相配套的实训指导教材。由基本技能、提高环节,综合能力训练(电气控制线路的设计、安装等)和新知识四部分组成。全书共分十个实训课题,在传统内容的基础上增加新型电器如固态继电器、晶体管式时间继电器、数字化时间继电器数控机床基础知识等内容。对机床控制电路的故障分析采用流程图化,清晰明了,便于掌握。内容实用性强,通过实训培养学生的动手能力和工程设计能力。本书也可单独选用,自成体系。

本书可作为高职、高专、成教,电大电类及相关专业电气控制技术课程的实践教学用书,也可供从事工厂电气控制设备设计、维修的工程技术人员参考。

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分吸取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的意见》精神,为满足高职高专电类相关专业教学基本建设的需要,在教育部高教司和教育部高职教育教学指导委员会的关心和指导下,全国石油和化工高职教育教学指导委员会广泛开展调研,召开多次高职高专电类教材研讨会,组织编写了20本面向21世纪的高职高专电类专业系列教材,供工业电气化技术、工业企业电气化、工业电气自动化、应用电子技术、机电应用技术及工业仪表自动化、计算机应用技术等相关专业使用。

本套教材立足高职高专教育人才培养目标,遵循主动适应社会发展需要、突出应用性和针对性、加强实践能力培养的原则,组织编写了专业基础课程的理论教材和与之配套的实训教材。实训教材集实验、设计与实习、技能训练与应用能力培养为一体,体系新颖,内容可选择性强。同时提出实训硬件的标准配置和最低配置,以方便各校选用。

由于本套教材的整体策划,从而保证了专业基础课与专业课内容的衔接,理论教材与实训教材的配套,体现了专业的系统性和完整性。力求每本教材的讲述深入浅出,将知识点与能力点紧密结合,注重培养学生的工程应用能力和解决现场实际问题的能力。

实训教材由四部分组成:第一部分为基本技能,其中包括常用低压电器的认识和使用,典型电路的接线和线路图设计等;第二部分为提高环节,主要内容为各种机床电路的故障分析及排除等;第三部分为综合能力训练,要求学生熟练掌握机床电路故障排除的技能,并具有根据现场控制要求进行小型工程设计的能力。第四部分为新知识补充,在传统内容的基础上增补了新型电器的有关知识和数控加工初步内容,介绍了常用的固态继电器、晶体管式时间继电器和数字式时间继电器、漏电保护器、接近开关等内容,还提供了部分新型电器的技术数据,供广大师生查阅。

本书共分十个实训。实训一、实训二由王立宪编写;实训三由孙琴梅编写;实训四、五由殷培峰编写;实训六、七、八、九及附录由马应魁编写;实训十由周庆贵编写。该书由马应魁任主编。本教材由李贵山主审。

由于编者水平有限,书中难免存在不少缺点和不足之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2001年4月

目 录

第一部分 基本技能	1
实训一 常用低压电器	1
实训二 电气图的绘制	19
实训三 电气基本控制电路的安装与调试	24
3.1 单向旋转控制电路	24
3.2 三相异步电动机可逆旋转控制电路	27
3.3 三相异步电动机Y—△降压启动控制电路	29
3.4 三相异步电动机能耗制动控制电路	31
3.5 两地点动控制电路	33
3.6 三相异步电动机反接制动控制电路	36
第二部分 提高环节	39
实训四 机床控制线路中的故障检修方法	39
实训五 典型机床故障分析及排除	43
5.1 M7130平面磨床电气控制	43
5.2 Z3040型摇臂钻床的电气控制	50
5.3 X62W万能铣床的电气控制	58
5.4 T68型卧式镗床电气控制	66
5.5 起重机的电气控制电路	74
第三部分 综合能力训练	80
实训六 电气控制线路的设计	80
实训七 电气控制线路的工艺设计训练	87
实训八 电气控制线路的安装及调试	90
第四部分 新知识补充	97
实训九 新型器件	97
实训十 数控加工入门	112
10.1 步进电动机的脉冲分配及驱动	112
10.2 零件加工程序编制	115
附录1 电气技术常用文字符号	119
附录2 电气图常用符号	121
参考文献	127

第一部分

基本技能

实训一 常用低压电器

一、实训理论基础

按照我国现行规定,低压电器是指工作在交流 1200V 以下或直流 1500V 以下电路中的电器。低压电器种类繁多,用途广泛,随着电子技术的迅猛发展,新品种不断涌现,这里主要介绍电气控制系统中的常用低压电器。

(一) 熔断器

熔断器是一种最简单有效的保护电器。主要由熔体和安装熔体的熔管两部分组成。使用时,它串联在所保护的电路中,当电路正常工作时,熔体允许通过一定大小的电流而不熔断;当电路发生短路或严重过载时,熔体中流过很大的故障电流,当电流产生的热量使熔体温度上升到熔点时,熔体熔断切断电路,从而达到保护电路的目的。熔断器的图形符号和文字符号见附录。

1. 常用类型及适用场合

常用熔断器的主要类型有 RC1A 系列瓷插式熔断器、RL1 系列螺旋式熔断器、RM10 系列无填料封闭管式熔断器、RT0 系列有填料封闭管式熔断器等。

RC1A 系列瓷插式熔断器的结构如图 1-1 所示,一般适用于交流 50Hz、额定电压 380V、额定电流 200A 以下的低压线路末端或分支电路中,作为电气设备的短路保护及一定程度上的过载保护之用。

RL1 系列螺旋式熔断器的外形及结构如图 1-2 所示,主要适用于控制箱、配电屏、机床设备及震动较大的场所,作为短路保护元件。

RM10 系列无填料封闭管式熔断器的外形及结构如图 1-3 所示,一般适用于低压电网和成套配电装置中,作为导线、电缆及较大容量电气设备的短路或连续过载保护用。

RT0 系列有填料封闭管式熔断器的外形及结构如图 1-4 所示,主要适用于短路电流很大

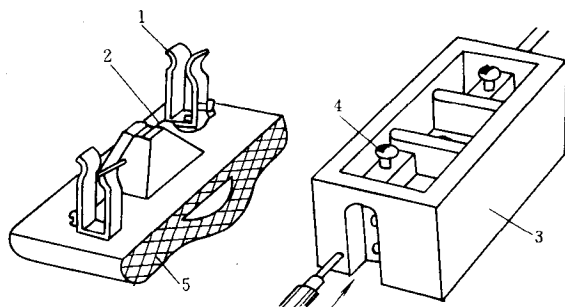


图 1-1 RC1A 系列瓷插式熔断器

1—触头; 2—熔丝; 3—外壳;
4—螺钉; 5—瓷盖

的电力网络或低压配电装置中。

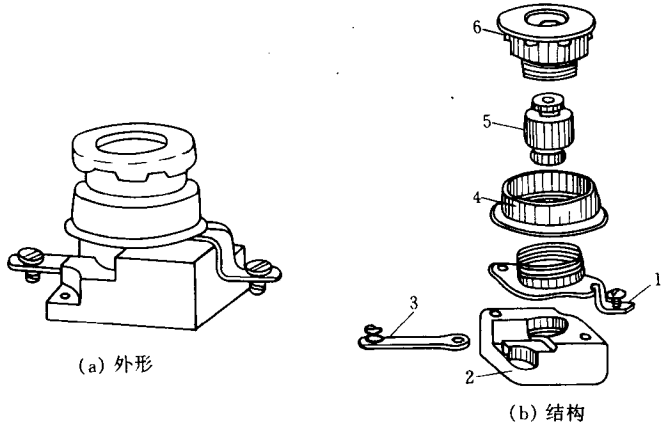


图 1-2 RL1 系列螺旋式熔断器

1—上接线端；2—瓷底；3—下接线端；4—瓷套；5—熔断器；6—瓷帽

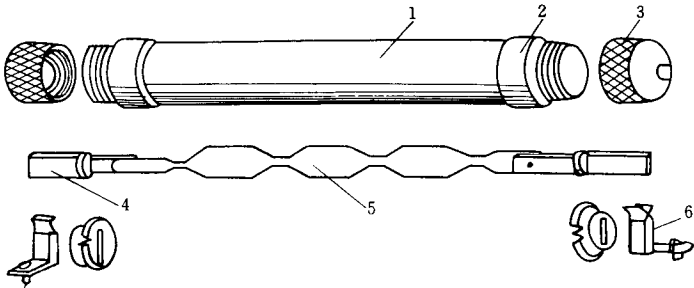


图 1-3 RM10 系列无填料封闭管熔断器

1—钢纸管；2—黄铜管；3—黄铜帽子；4—插刀；
5—熔体；6—夹座

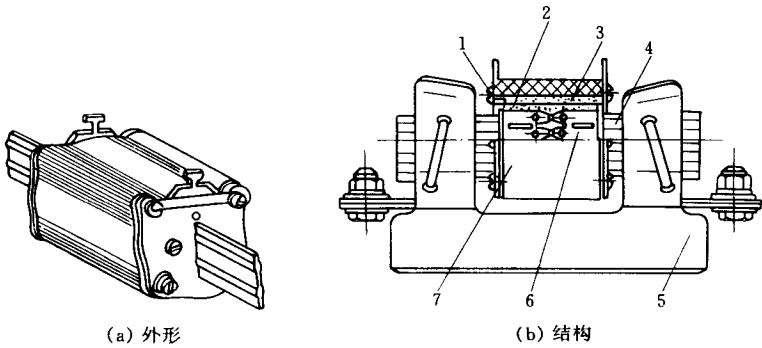


图 1-4 RT0 有填料封闭管熔断器

1—熔断指示器；2—石英砂填料；3—指示器熔丝；4—插刀；
5—底座；6—熔体；7—熔管

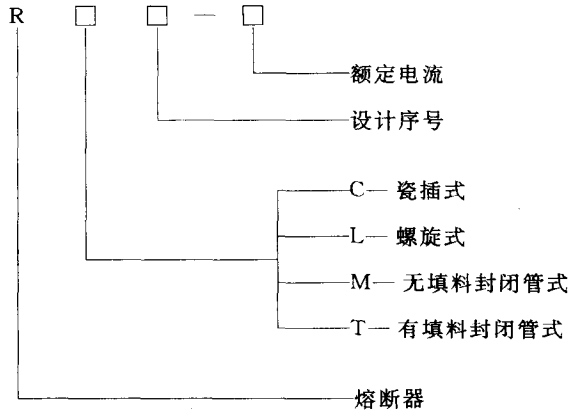
2. 技术数据及型号含义

常用熔断器的技术数据见表 1-1 所示。

表 1-1 常用熔断器技术数据

种 类	额定电压/V	额定电流/A	熔体额定电流等级/A
RC1A 系列 瓷插式熔断器	380	5	2、4、5
		10	2、4、6、10
		15	6、10、15
		30	15、20、25、30
		60	30、40、50、60
		100	60、80、100
		200	100、120、150、200
RL1 系列 螺旋式熔断器	500	15	2、4、5、6、10、15
		60	20、25、30、35、40、50、60
		100	60、80、100
		200	100、125、150、200
RM10 系列 无填料封闭管式 熔断器	交流 220、380、500 直流 220、440	15	6、10、15
		60	15、20、25、35、45、60
		100	60、80、100、
		200	100、125、160、200
		350	200、225、260、300、350
		600	350、450、500、600
RT0 系列 有填料封闭管式 熔断器	380	100	30、40、50、60、80、100
		200	80、100、120、150、200
		400	150、200、250、300、350、400
		600	350、400、450、500、550、600
		1000	700、800、900、1000

型号含义：



3. 熔断器的故障排除

熔断器的常见故障及排除方法见表 1-2 所示。

表 1-2 熔断器常见故障及排除方法

故 障 现 象	可 能 原 因	排 除 方 法
电动机启动瞬间，熔体便熔断	① 熔体电流等级选择太小 ② 电动机侧有短路或接地 ③ 熔体安装时受到机械损伤	① 更换合适的熔体 ② 排除短路或接地故障 ③ 更换熔体
熔体未断，但电路不通	① 熔体或接线端接触不良 ② 紧固螺钉松脱	① 旋紧熔体或接线 ② 旋紧螺钉或螺帽

(二) 低压开关

低压开关是一种用来隔离、转换以及接通和分断电路的控制电器。低压开关的图形符号和文字符号见附录。

1. 常用类型及适用场合

常用低压开关的主要类型有 HK2 系列开启式负荷开关、HZ10 系列组合开关、DZ20 系列自动空气开关等。

HK2 系列开启式负荷开关（又称瓷底胶盖刀开关）的结构如图 1-5 所示，主要适用于一般的照明电路和功率小于 5.5kW 电动机的控制电路中。

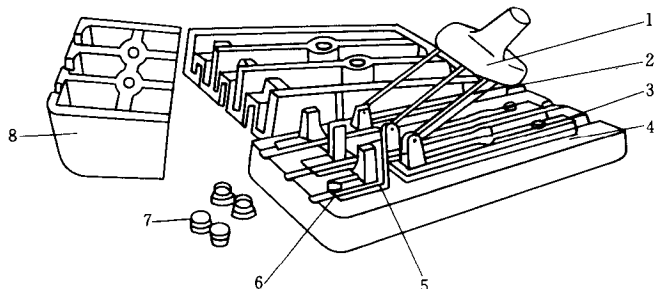


图 1-5 HK2 系列瓷底胶盖刀开关

1—瓷柄；2—动触头；3—出线座；4—瓷底；5—静触头；6—进线座；
7—胶盖紧固螺钉；8—胶盖

HZ10 系列组合开关（又称转换开关）的外形及结构如图 1-6 所示，一般适用于机床电气控制线路中作为电源的引入开关，也可以用来不频繁地接通和断开电路、换接电源和负载以及控制 5kW 以下的小容量异步电动机的正反转和星三角启动。

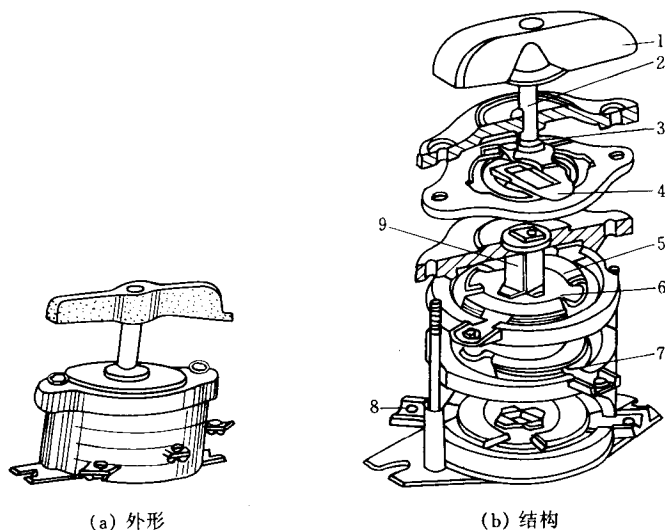


图 1-6 HZ10 系列组合开关

1—手柄；2—转轴；3—弹簧；4—凸轮；5—绝缘垫板；6—动触片；
7—静触片；8—接线柱；9—绝缘杆

DZ20 系列自动空气开关（又称自动空气断路器）的结构如图 1-7 所示、动作原理如图 1-8 所示，它集控制和多种保护功能于一身，用途广泛，除能完成接通和分断电路外，还能对电路或电气设备发生的短路、严重过载及失压等进行保护，同时也可用于不频繁地启动电动机。

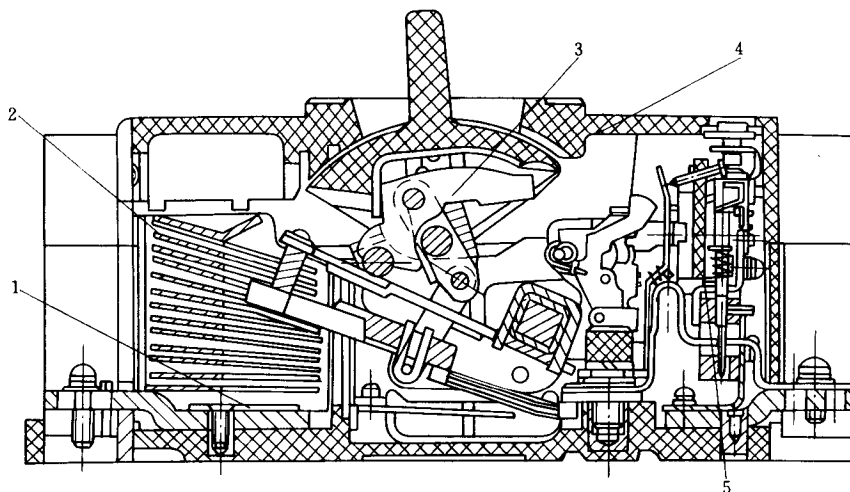


图 1-7 DZ20 系列自动空气开关结构图

1—触头；2—灭弧罩；3—机构；4—外壳；5—脱扣器

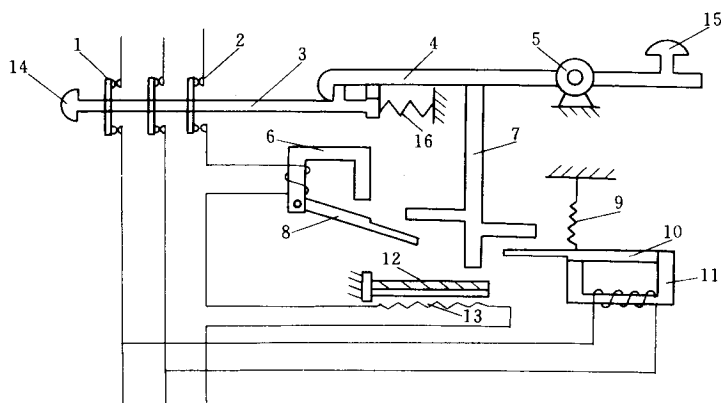


图 1-8 自动空气开关原理示意图

1—动触头；2—静触头；3—锁扣；4—搭钩；5—转轴座；6—电磁脱扣器；
7—杠杆；8—电磁脱扣器衔铁；9—拉力弹簧；10—欠压脱扣器衔铁；
11—欠压脱扣器；12—热双金属片；13—热元件；14—接通按钮；
15—停止按钮；16—压力弹簧

2. 技术数据及型号含义

常用低压开关的技术数据见表 1-3～表 1-5 所示。

表 1-3 HK2 系列开启式负荷开关技术数据

型 号	额定电流/A	极 数	额定电压/V	可控制电动机 最大容量/kW	熔 丝 规 格
					熔体线径/mm
HK2	10	2	250	1.1	0.25
	15	2	250	1.5	0.41
	30	2	250	2.0	0.56
	15	3	500	3.2	0.45
	30	3	500	4.0	0.71
	60	3	500	5.0	1.12

型号含义：

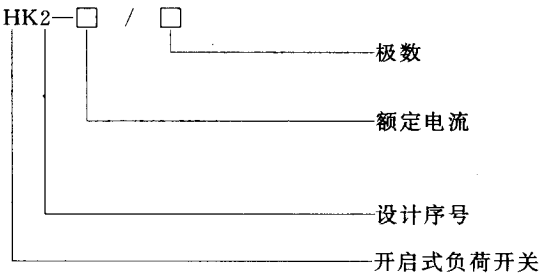


表 1-4 HZ10 系列组合开关技术数据

型 号	额定电压/V	额定电流/A	级 数	可控制电动机最大 容量/kW
HZ10-10	直流 220 交流 380	6	1	3
HZ10-25		10	2, 3	5.5
HZ10-60		25		
HZ10-100		60		
		100		

型号含义：

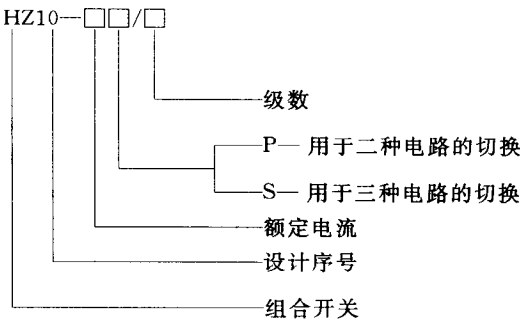
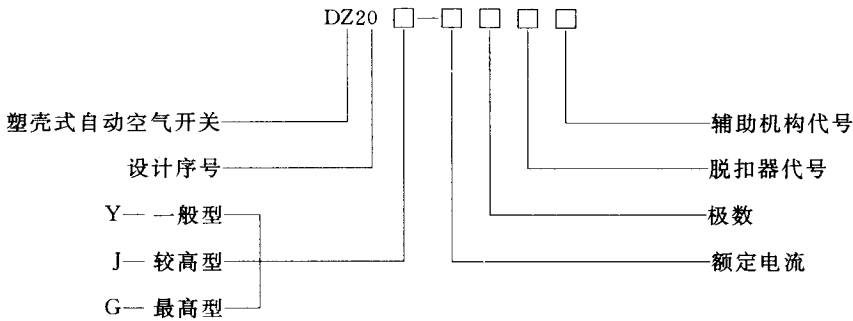


表 1-5 DZ20 系列自动空气开关技术数据

型 号	额定电流 /A	机械寿命/ 电寿命 /次	过电流 脱扣器 范围 /A	短路通断能力					
				交 流			直 流		
				电压 /V	电流 /kA	cosφ	电压 /V	电流 /kA	时间常 数/s
DZ20Y-100	100	8000/4000	16	380	18	0.30	220	10	0.01
DZ20J-100			20		35	0.25		15	
DZ20G-100			50		75	0.20		20	
			63						
DZ20Y-200	200	8000/2000	80		25	0.25		20	
DZ20J-200			100		35	0.25		20	
DZ20G-200			160		70	0.20		25	
			180						
DZ20Y-400	400	5000/1000	200		30	0.20	380	20	
DZ20J-400			250		42	0.25		25	
DZ20G-400			315		80	0.20		30	
			350						
DZ20Y-630	630	5000/1000	400		30	0.25		25	
DZ20J-630			500		50	0.20			
DZ20Y-1250	1250	3000/500	630		50	0.20		30	
			800				65		
DZ20J-1250	1000								
			1250						

型号含义：



3. 空气开关的故障排除（见表 1-6）

表 1-6 低压开关常见故障及排除方法

种类	故障现象	可能原因	排除方法
刀 开 关	合闸后，控制电路一相或两相无电源	① 静触头弹性消失，开口过大，使静动触头接触不良 ② 熔丝熔断或虚连 ③ 静动触头氧化或生垢 ④ 电源进出线头氧化后接触不良	① 更换静触头 ② 更换或紧固熔丝 ③ 清洁触头 ④ 清除氧化物
	闸刀短路	① 外接负载短路，熔丝熔断 ② 金属异物落入开关内引起相间短路	① 排除负载短路故障 ② 清除开关内异物
	动静触头烧坏	① 开关容量太小 ② 拉闸或合闸时动作太慢，造成电弧过大，烧坏触头	① 更换大容量开关 ② 改善操作方法

续表

种类	故障现象	可能原因	排除方法
组合开关	手柄转动后内部触头未动	① 手柄上的轴孔磨损变形 ② 绝缘杆变形 ③ 手柄与轴或轴与绝缘杆配合松动 ④ 操作机构损坏	① 调换手柄 ② 更换绝缘杆 ③ 紧固松动部件 ④ 修理
	手柄转动后,动静触头不能同时通或断	① 触头角度装配不正确 ② 触头失去弹性或接触不良	① 重新装配 ② 更换触头或清除氧化层或污垢
	接线柱间短路	因铁屑或油污附着在接线柱间,形成导电层,将胶木烧焦,绝缘损坏后而形成	更换开关
自动空气开关	不能合闸	① 电源电压太低 ② 热脱扣器的双金属片未冷却复原 ③ 锁链和搭钩衔接处磨损,合闸时滑扣 ④ 杠杆或搭钩卡阻	① 将电源电压调到规定值 ② 待双金属片复位后再合闸 ③ 更换锁链及搭钩 ④ 检查并排除卡阻
	电流达到整定值时开关不断开	① 热脱扣器双金属片损坏 ② 电磁脱扣器的衔铁与铁心距离太大或电磁线圈损坏 ③ 主触头熔焊后不能分断	① 更换双金属片 ② 调整衔铁与铁心的距离或更换新品 ③ 检查原因并更换主触头
	电流未达到整定值,开关误动作	① 整定电流调得过小 ② 锁链或搭钩磨损,稍受震动即脱钩	① 调高整定电流值 ② 更换磨损部件
	开关温升过高	① 触头表面过分磨损,接触不良 ② 触头压力过低 ③ 接线柱螺钉松动	① 处理接触面或更换触头 ② 调整触头压力 ③ 拧紧螺钉

(三) 主令电器

主令电器是在自动控制系统中用来发送控制指令或信号的操纵电器。主令电器的图形符号和文字符号见附录。

1. 常用类型及适用场合

常用主令电器的主要类型有 LA18、LA19、LA20 系列按钮开关, LX19、JLXK1 系列行程开关, LJ、LXJ、LXU 系列接近开关等。

LA18、LA19、LA20 系列按钮开关主要适用于控制电路中,发出手动指令去控制其他电器(接触器、继电器等),再由其他电器去控制主电路,或者转移各种信号。以 LA18、LA19 系列为例其外形及结构如图 1-9 所示。

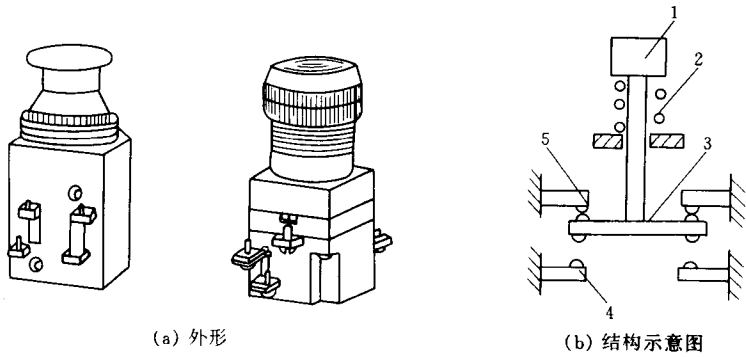


图 1-9 按钮开关

1—按钮帽; 2—复位弹簧; 3—动触头; 4—常开触点的静触头;
5—常闭触点的静触头

LX19、JLXK1 系列行程开关主要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。以 JLXK1 系列为例其结构及动作原理如图 1-10 所示。

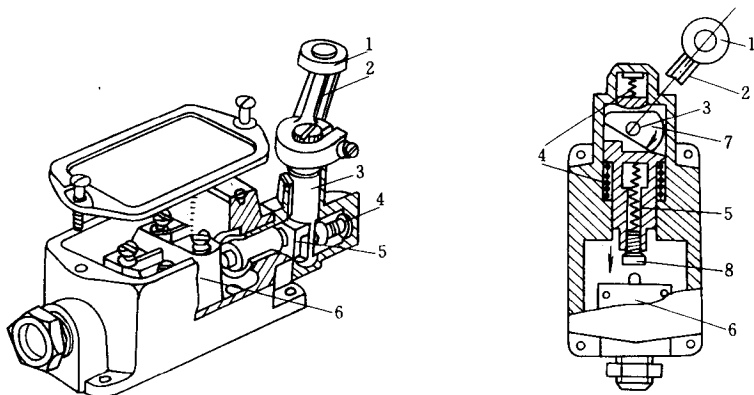


图 1-10 JLXK1 系列行程开关结构和动作原理

1—滚轮; 2—杠杆; 3—转轴; 4—复位弹簧; 5—撞块;
6—微动开关; 7—凸轮; 8—调节螺钉

2. 技术数据及型号含义

常用主令电器的技术数据见表 1-7~表 1-9 所示。

表 1-7 常用按钮开关技术数据

型 号	型 式	触头数量		信 号 灯		额定电压、 电流和控 制容量	按 钮	
		常开	常闭	电压/V	功率/W		钮数	颜 色
LA18-22	一般式	2	2			电压: 交流 380V 直流 220V 电流: 5A 容量: 交流 300V·A 直流 60W	1	红绿黄白黑
LA18-44	一般式	4	4				1	红绿黄白黑
LA18-66	一般式	6	6				1	红绿黄白黑
LA18-22J	紧急式	2	2				1	红
LA18-44J	紧急式	4	4				1	红
LA18-66J	紧急式	6	6				1	红
LA18-22X ₂	旋钮式	2	2				1	黑
LA18-22X ₃	旋钮式	2	2				1	黑
LA18-44X	旋钮式	4	4				1	黑
LA18-66X	旋钮式	6	6				1	黑
LA18-22Y	钥匙式	2	2				1	锁芯本色
LA18-44Y	钥匙式	4	4				1	锁芯本色
LA18-66Y	钥匙式	6	6				1	锁芯本色
LA19-11A	一般式	1	1				1	红绿蓝黄白黑
LA19-11J	紧急式	1	1				1	红
LA19-11D	带指示灯式	1	1	6	<1		1	红绿蓝白黑
LA19-11DJ	紧急带指示灯式	1	1	6	<1		1	红
LA20-11	一般式	1	1				1	红绿黄蓝白
LL20-11J	紧急式	1	1				1	红
LA20-11D	带指示灯式	1	1	6	<1		1	红绿黄蓝白
LA20-11DJ	带灯紧急式	1	1	6	<1		1	红
LA20-22	一般式	2	2				1	红黄绿蓝白
LA20-22J	紧急式	2	2				1	红
LA20-22D	带指示灯式	2	2	6	<1		1	红黄绿蓝白
LA20-22K	开启式	2	2				2	白红或绿红
LA20-3K	开启式	3	3				3	白绿红
LA20-2H	保护式	2	2				2	白红或绿红
LA20-3H	保护式	3	3				3	白绿红

型号含义：

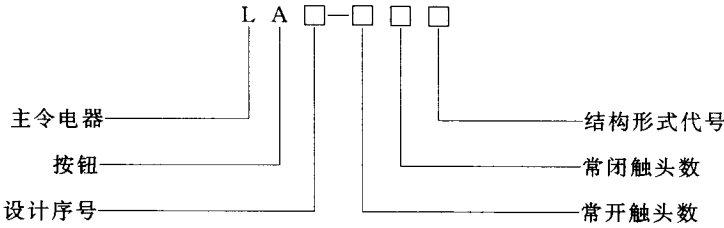


表 1-8 LX19 和 JLXK1 系列行程开关技术数据

型 号	额定电压 额定电流	结 构 特 点	触头数(副)		工作行程	超行程	触头转换 时间 /s
			常开	常闭			
LX19	380V 5A	元件	1	1	3mm	~20°	≤0.04
LX19-111		单轮，滚轮装在传动杆内侧，能自动复位	1	1	~30°	~20°	
LX19-121		单轮，滚轮装在传动杆外侧，能自动复位	1	1	~30°	~20°	
LX19-131		单轮，滚轮装在传动杆凹槽内，能自动复位	1	1	~30°	~15°	
LX19-212		双轮，滚轮装在 U 形传动杆内侧，不能自动复位	1	1	~30°	~15°	
LX19-222		双轮，滚轮装在 U 形传动杆外侧，不能自动复位	1	1	~30°	~15°	
LX19-232		双轮，滚轮装在 U 形传动杆内外侧各一，不能自动复位	1	1	~30°	~15°	
LX19-001		无滚轮，仅径向传动杆，能自动复位	1	1	<4mm	3mm	
JLXK1-111	500V 5A	单轮防护式	1	1	12°~15°	≤30°	≤0.04
JLXK1-211		双轮防护式	1	1	~45°	≤45°	
JLXK1-311		直动防护式	1	1	1~3mm	2~4mm	
JLXK1-411		直动滚轮防护式	1	1	1~3mm	2~4mm	

型号含义：

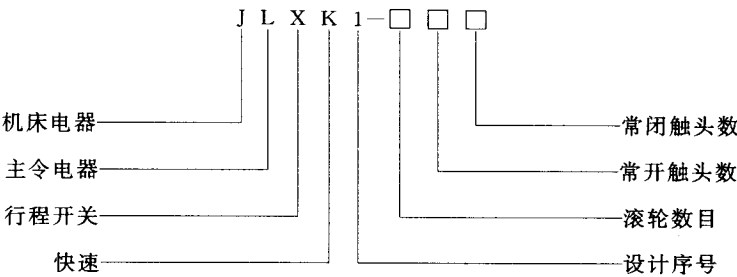


表 1-9 LXJ3 系统接近开关技术数据

型 号	交流电 源电压 /V	输出电压/V		输出电流 /mA	应 答 距 离 /mm	动作距离允 许整定范围 /mm	重复定 位精度 /mm	最高工 作频率 /(次/s)	感应面 方向
		“1” 态	“0” 态						
LXJ3-5	110~220	≤10	≥95%U ₀	最大 100	5	5~7	≤0.03	10	顶端
LXJ3-10				最小 20	10	10~12	≤0.05		底端
LXJ3-15					15	15~17	≤0.10		左端 右端 四个方向 任意调节