

第十章 低 压 开 关

第一节 一 般 参 考 资 料

一、概 述

低压开关是低压电器的主要品种之一，包括自动空气开关、接触器、起动器等。

低压电器的用途十分广泛，品种很多，一般可归纳为十二大类：即刀开关、熔断器、自动开关、控制器、接触器、起动器、控制继电器、主令电器、电阻器、变阻器、调整器、电磁铁及其他。低压电器按主要控制对象，可划分为两大系统，用于电力传动系统的为低压控制电器：如继电器、接触器、主令电器、变阻器、控制器、电磁铁等；用于低压电力网配电系统的为低压配电电器：如刀开关、熔断器、自动开关等。根据工作条件低压电器可分为：一般工业企业用、船用、矿用、化工用、航空用和牵引用等。低压电器产品型号类组的代号，是由两个汉语拼音字母表示，见表10-1-1，如框架式自动开关为DW、交流接触器为CJ、磁力起动器为QC。

表 10-1-1 低 压 电 器 产 品 型 号 类 组 代 号

代号	名称	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z
H	刀开关和转换开关				刀开关				封闭式负荷开关		开启式负荷开关						熔断器式开关	转换开关					其他	组合开关
R	熔断器			插入式					汇流排			螺旋式	密闭式					快速	有填料			限流	其他	
D	自动开关											照明	灭磁					快速			框架式	限流	其他	塑壳式
K	控制器							鼓形							平面				凸轮				其他	
C	接触器							高压		交流					中频			时间	通用				其他	直流
Q	起动器	按钮		磁力						减压								手动		油浸		星三角	其他	综合
J	控制继电器											电流					热	时间	通用		温度		其他	中间
L	主令电器	按钮								接近开关	主令控制器							主令开关	足踏开关	旋钮	万能转换开关	行程开关	其他	
Z	电阻器		板形元件	冲片元件	铁铬铝带			管形元件										烧结元件	铸铁元件			电阻器	其他	

续表

代号	名称	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	T	U	W	X	Y	Z
B	变阻器			旋臂式								励磁			频敏	启动		石墨	启动调	油浸起	液体起	滑线式	其他	
T	调整器				电压																			
M	电磁铁					阀用										牵引					起重		液压	制动
A	其他		保护式	插销	灯				接线盒			铃												

矿用低压电器根据不同的瓦斯与煤尘条件，可选择使用不同的防爆电气设备，其类型与标志如表10-1-2，在矿用低压电器中最广泛使用的是隔爆型电气设备。

表 10-1-2 矿用低压电器防爆措施的类型和标志

类	型	防	爆	标	志
	防爆安全型			K A	
	隔 爆 型			K B	
	防爆充油型			K C	
	防爆通风、充气型			K F	
	安全火花型			K H	
	防爆特殊型			K T	

二、低压电器使用环境条件

低压电器使用在无爆炸危险、也无腐蚀金属和破坏绝缘的气体及导电尘埃的介质中。其基本使用环境条件见表10-1-3。

表 10-1-3 低 压 电 器 基 本 使 用 环 境 条 件

环 境 因 素		单 位	在标准海拔下的额定值			
			1000 m	1500 m	2000 m	2500 m
空 气 最 低 压 力		mbar	880	830	780	735
		mmHg	>656	619~656	581~619	548~581
空 气 温 度	最 高	℃	40	37.5	35	32.5
	最 低		-30	-30	-30	-30
	年 平 均		20	17.5	15	12.5
	日 平 均		30	27.5	25	22.5
	最大日变化		35	32.5	30	27.5
空气最大相对湿度(25℃时)		%	90	90	90	90
太阳辐射最大强度		Cal/cm ² ·min	1.4	1.4	1.4	1.4
最大降雨强度		mm/min	3	3	3	3
1米深土壤最高温度		℃	27	25.5	24	22.5
冷却水最高温度		℃	33			22.5
倾 斜		deg	5			
振 动 和 冲 动			无			

隔爆型电器是在具有爆炸性混合物的介质中使用。矿用隔爆电气设备规定周围介质温度为35℃；周围空气相对湿度为95%；有规定安装方位动作性能受重力影响的隔爆型电器，其安装倾斜度应不大于15°。

三、低压电器绝缘的电气强度

(一) 电气间隙和漏电距离

为了使电器具有可靠的绝缘能力，在电器结构中任何部位的电气间隙和漏电距离，均应符合表10-1-4的规定。

表 10-1-4 电 气 间 隙 和 漏 电 距 离

额定电压 V	额定电流≤60 A				额定电流>60 A			
	电气间隙 mm		漏电距离 mm		电气间隙 mm		漏电距离 mm	
	C	D	a	b	C	D	a	b
至60	2	3	2	3	3	5	3	4
60~250	3	5	3	4	5	6	5	8
250~380	4	6	4	6	6	8	6	10
381~500	6	8	6	10	8	10	8	12
501~660	6	8	8	12	8	10	10	14
交流661~750	10	14	10	14	10	14	14	20
直流661~800	10	14	10	14	10	14	14	20
交流751~1000	14	20	14	20	14	20	20	28
直流801~1200	14	20	14	20	14	20	20	28

注：1. 电气间隙按零部件的作用和所处的位置分为：

C—带电零部件之间、带电零部件与金属零部件或接地零部件之间；

D—带电零部件与易碰零部件之间（易碰零部件是指容易被操作者触及的金属零部件，如电器的外壳、操作手柄、底架或底板等。这类零部件在正常情况下是不带电的，如果未接地，在绝缘损坏情况下可变成带电体）。

2. 漏电距离按绝缘材料、结构型式与使用位置分为a、b两类，见表10-1-5。

3. 当电气间隙D栏数值大于a栏或b栏所规定的相应漏电距离时，从带电零部件至易碰零部件的漏电距离必须不小于电气间隙。

4. 电器的主电路、控制电路及辅助电路的电气间隙和漏电距离分别按其额定电压及额定电流选取。

5. 主电路带电零部件与控制电路或辅助电路带电零部件之间的电气间隙和漏电距离，应按电器的较高额定电压及额定电流选取。

6. 表中所列数值，不适用于受电弧作用的部份及电器在分断位置时，同一极动、静触头之间的分开距离。

表 10-1-5 漏 电 距 离 类 别

类 别	绝 缘 材 料	结 构 型 式	使 用 位 置
a	电瓷件、玻璃及云母制品	有筋或无筋	任 意 角 度
	热固性塑料：如胺基塑料、酚醛塑料及玻璃布板等①	有 筋	任 意 角 度
		无 筋	垂 直 位 置②
b	胺基塑料、酚醛塑料、玻璃布板等①	无 筋	水 平 位 置②
	酚醛纸板、酚醛布板、石棉板等①	无 筋 与 有 筋	任 意 角 度

① 抗漏电性能相同的其他绝缘材料。

② 漏电距离所处的位置有两种，水平的和垂直的，在X轴线上两侧<80°区域内为水平位置；>80°的区域内为垂直位置。

隔爆型电器的内部元件是在普通型低压电器元件的基础上派生出来的，因此，隔爆电

器的制作除应满足普通型低压电器的有关要求外,还应满足现行的“防爆电气设备制造检验规程”的规定。有关隔爆型电器的空气间隙与漏电距离的规定,见本分册第一专集第三章第三节。

(二) 低压电器绝缘的耐压

低压电器的绝缘应能承受表10-1-6所列条件下的试验电压(有效值)历时一分钟而无击穿或闪络现象。

表 10-1-6 低压电器绝缘耐压试验值

产品或部件规定的额定 绝缘电压(u_1) V 电器试验地点 的海拔高度(h) m	$u_1 \leq 60$	$60 < u_1 \leq 380$	$380 < u_1 \leq 660$	$660 < u_1 \leq 800$	$800 < u_1 \leq 1200$	小开距触头间①	
						$u_1 \leq 220$	$220 < u_1 \leq 380$
$0 < h \leq 500$	1200	2400	3000	3600	4200	750	1200
$500 < h \leq 1000$	1150	2300	2850	3450	4050	700	1150
$1000 < h \leq 1500$	1100	2200	2750	3300	3850	650	1100
$1500 < h \leq 2000$	1050	2100	2600	3150	3650	600	1050
$2000 < h \leq 2500$	1000	2000	2500	3000	3500	550	1000

① 仅指交流和直流额定绝缘电压至380伏,触头开距不大于1毫米的触头间。

在做交流耐压试验前后,都应对耐压试验的绝缘部位作绝缘电阻测量,不同电压下的绝缘电阻值应不低于表10-1-7所列数值。

表 10-1-7 不同电压下的绝缘电阻值

额定绝缘电压 (u_1) V	$u_1 < 60$	$60 < u_1 \leq 660$	$660 < u_1 \leq 800$	$800 < u_1 \leq 1200$
绝缘电阻值 M Ω	1	1.5	2.0	2.5

(三) 耐潮试验

为考核低压电器在潮湿空气长期侵袭下的绝缘性能,应在试验箱内作连续七个周期的加温降温及加湿试验,每个周期为24小时,每周期的试验条件见第九章表9-1-10所示。

做耐潮试验的低压电器,绝缘耐压试验与绝缘电阻测定应在耐潮试验结束后进行。

矿用低压电器耐潮试验的周期和条件与普通低压电器相同,经过七个周期耐潮试验后的绝缘电阻值,对矿用低压电器应不低于0.5兆欧。测量绝缘电阻后30分钟内进行耐压试验时应无击穿或闪络现象。耐潮试验后电气设备应能保持正常的工作性能。

四、低压电器的允许温升

表 10-1-8 低压电器零部件的极限允许温升

不同材料和零部件名称		极限允许温升 $^{\circ}\text{C}$		备 注
		长期工作制	间断长期或反复 短期工作制①	
绝缘线圈及 包有绝缘材料 的金属导体	A级绝缘	65	80	电压线圈②及多层电 流线圈用电阻法测量, 金属导体用热电偶法测 量
	E级绝缘	80	95	
	B级绝缘	90	105	
	F级绝缘	115	130	
	H级绝缘	140	155	

不同材料和零部件名称		极限允许温升℃		备 注	
		长期工作制	间断长期或反复短期工作制①		
各类触头或插头⑤	铜及铜合金的自力式触头③插头、无防蚀层		35		温度计法或热电偶法测量
	铜及铜合金的他力式触头④、插头、无防蚀层		45	65	
	铜及铜合金的他力式插头，有厚度6~8微米的银防蚀层		80	—	
	铜及铜合金的他力式插头，有厚度6~8微米的锡防蚀层		60	—	
	银及银合金触头		以不伤害相邻部件为限⑧		
与外部连接的接线端头	接线端头有锡或银防蚀层，当指明引入导线为铝也有锡（或银）防蚀层时		55		温度计法或热电偶法测量
	接线端头为铜及铜基合金材料，无防蚀层，当指明引入导体为铜或有防蚀层的铝时		45		
	接线端头为铜及铜基合金材料，有锡防蚀层，当指明引入导体为铜也有锡防蚀层时		60		
	接线端头为铜及铜基合金材料，有银防蚀层，当指明引入导体为铜也有银防蚀层		80 还应不伤害相邻部件为限⑥		
产品内部的导体连接处⑦⑧	铝对铝，铜对铝紧固结合处，二者均有锡防蚀层		55		热电偶法测量
	铝对铝，铜对铝紧固结合处，二者均有银防蚀层		60		
	铜对铜，紧固接合处，无防蚀层		45		
	铜对铜，紧固接合处，二者均有锡防蚀层		60		
	铜对铜，紧固接合处，二者均有银防蚀层		以不伤害相邻部件为限⑥		
	铝对铝，铝对铜，铜对铜焊接的导体		以不伤害相邻部件为限⑥		
其他	浸入有机绝缘油中工作的部件		60		温度计法或热电偶等法测量
	操作时手接触的部件	金属材料	15		
		绝缘材料	25		
	起弹簧作用的部件		以不伤害材料的弹性及相邻部件为限⑥		
	电阻元件		由所用材料决定且不伤害相邻部件为限⑥		

- ① 主要用于间断长期工作制或反复短时工作制的电器, 如用于长期工作制时, 其线圈温升按间断长期或反复短时工作制允许温升值考核;
 ② 电压线圈的温升是指额定工作电压下的稳定值;
 ③ 自力式触头指由触头(包括触桥)材料本身产生弹力作接触压力的触头;
 ④ 他力式触头指依靠其他弹性材料产生接触压力的触头;
 ⑤ 对有主弧触头的电器, 其弧触头的温升以及熔断器触刀、触座的温升由产品标准或产品技术条件另行规定;
 ⑥ 如相邻部件为绝缘材料, 则极限允许温升按表中相应等级线圈的极限允许温升;
 ⑦ 高发热元件(如电阻元件、熔断器、热元件等)连接处的极限允许温升由产品标准或产品技术条件另行规定;
 ⑧ 与发热部件相邻近的绝缘材料耐热等级低于 A 级(如热塑性塑料)时, 则其极限允许温升为该材料连续耐热温度与 40℃之差。

低压电器发热零部件的极限允许温升应符合表10-1-8的规定，在不同海拔高度时，其极限允许温升应按表10-1-9进行修正。

表 10-1-9 试验地点海拔高度不同时低压电器零部件的极限允许温升修正(增加)值

试验地点的海拔高度 (h)m	$h \leq 500$	$500 < h \leq 1000$	$1000 < h \leq 1500$	$1500 < h \leq 2000$	$2000 < h \leq 2500$
极限允许温升修正值①	0℃	+2℃	+4℃	+6℃	+8℃

① 对高发热电器元件(如电阻器等)其海拔温升修正办法在产品标准或产品技术条件另作规定。

隔爆型电器散热条件差，在选用或派生矿用电器元件时应具有一定的温升裕度，因此，装入壳内的电器元件要考虑降容，其数值应通过试验决定。

第二节 低压开关的结构与维修

一、自动空气开关

自动空气开关主要是作为低压配电系统中的配电开关，作不频繁操作之用。自动空气开关切断系统短路故障的能力叫极限分断能力，极限分断能力是衡量自动空气开关的主要指标之一。自动空气开关如采用与电动机发热特性相匹配的过电流保护特性，也可作保护电动机用。常用的自动空气开关有框架式自动空气开关(DW型)与塑料外壳式自动空气开关(DZ型)。

框架式自动空气开关有一钢制或塑料压制框架，所有部件，包括触头系统、灭弧室、自由脱扣机构、传动机构、分励脱扣器、欠压脱扣器、过电流脱扣器、辅助开关等都安装在框架上，并大都是设计成可拆卸式，以便于安装和制造。由于框架式自动开关的极限通断能力较高，因此，要求有良好的接触系统和灭弧室。大容量接触系统的触头多采用双档或三档触头；为了提高触头的动热稳定性，触头导电回路布置成有电动补偿作用，使自动空气开关可设计成较小的接触压力；开关的灭弧室多为去离子栅式或复式灭弧室，为了进一步增强熄弧能力，降低飞弧距离，在去离子栅上面增设了灭焰栅。额定电流600安以下开关，一般具有电磁传动机构，额定电流为1000安以上者，一般具有电动机传动机构，不论何种电传动，都兼有操作手柄，以备检修或电传动故障时使用。操作机构有贮能和非贮能闭合两种，对极限通断能力高的自动开关采用贮能闭合的操作机构。

常用的框架式自动空气开关有DW10、DW5等系列。DW10系列框架式自动开关的额定电压为380伏，50赫，额定电流等级为：200、400、600、1000、1500、2500、4000安，其中2500安的触头采用两组1500安的触头元件并联，4000安的触头采用三组1500安的触头元件并联。DW5系列自动空气开关是具有较高分断能力与有理想三段保护特性的自动空气开关，能实现选择性保护的要求。DW5型开关的额定电压为380伏，50赫，额定电流为400、600、1000、1500安，其中1000安和1500安的结构及外形尺寸均相同，只是触头容量不同。

塑料外壳式自动开关是把触头系统、灭弧室、操作机构及脱扣器等主要部件都安装在一个由塑料压制的外壳(分底壳和盖两部份)内。它可作为配电支路负载端开关、电动机保护用自动开关及照明用自动开关。在不考虑选择性断开情况下，也可做电源总开关。由于此开关主要用于保护电动机，所以过电流脱扣器多采用热双金属片和电磁脱扣器串联以

达到两段保护特性；触头消弧系统多数采用简单的单档触头与去离子栅灭弧室；大容量开关操作机构采取贮能闭合，闭合速度较快，保证了较高的通断能力。50安以下的自动开关通断能力很小，则采取非贮能闭合，操作方式大多是手动，有板动式和按钮式两种。大容量的塑料外壳式自动开关，必要时可加装失压脱扣器，分励脱扣器和电动机传动操作机构等。

常用塑料外壳式自动开关有DZ10、DZ5等系列，前者额定电流为100、200、600安，后者额定电流为10、20、25、50安，其中10、25安为单极，20、50安为三极。

(一) 自动空气开关的结构

1. 接触系统

接触系统是自动空气开关的执行元件，应能分断和接通短路电流及负载电流，并有多次接通、分断电路后不致严重磨损触头的电寿命和长期通过额定电流而温升不超过允许值的散热性能。

常用的触头有插入式、桥式和对接式。插入式触头只适合于不产生电弧的接触处，常作自动空气开关板后出线的插入式连接，其特点是通过巨大短路电流时，有电动补偿作用，能有效防止触头弹开。桥式触头有两个接触点，因增加了一个断点，有助于灭弧，可简化灭弧室结构，并省去了主回路的软连接，但要做成自动定位的结构，使双断点触头同时接通和分断，小容量开关经常采用。框架式自动空气开关大多采用对接式触头。对接式触头有一对动静触头，为了降低电弧对触头的破坏作用，大电流对接式触头常制成双档触头（即主触头与弧触头）或三档触头（即主触头、副触头与弧触头），小电流触头则做成单档触头。三档触头在断开负载时先断开主触头，然后断开副触头，最后断开弧触头，电弧在弧触头之间熄灭，如图10-2-1所示。随着触头材料的改善和结构的改进，现在大容量的自动空气开关也多采用双档触头。主触头材料大都采用纯银，弧触头用银钨合金；或用陶冶合金制造。

对接式触头在分合的过程中应有0.2~1.5毫米的滑动作用，以擦破触头表面的氧化膜（对铜触头），改善铜触头表面的导电性能；单档触头在闭合时的导电位置与分断时的电弧位置不应在同一点上，应有2~10毫米的距离，以防止电弧烧伤导电部位；触头非同期合闸的距离应小于0.5毫米；动静触头的偏移应不大于1毫米；动触头与灭弧室的内壁距离应小于2毫米。

触头需要调整与检查的参数主要有四个：即开距、超行程、初压力、终压力。触头开距是触头完全断开时动、静触头之间的最短距离，开距在保证电弧可靠熄灭的条件下应尽量小一些，以减少工作气隙、衔铁行程、电磁铁尺寸以利于减少触头的振动。双档触头弧触头的开距在15~70毫米之间，以弧触头刚接触时主触头之间的距离为主触头开距，约为4~6毫米。触头超行程是指触头开始接触到动触头再向前走的一段距离，它保证主触头在磨损1/2~1/3时仍能可靠接触，过大的超行程在一定吸力特性下使触头初压力降低，不利于

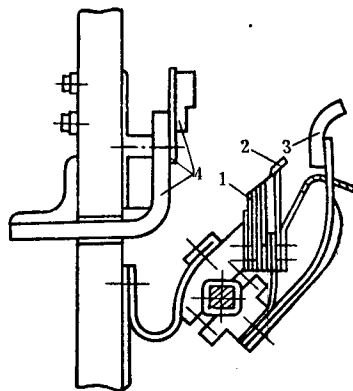


图10-2-1 单断点对接式触头结构图

1—主触头；2—副触头；3—弧触头；
4—静触头

减少振动，一般主触头超行程在2~6毫米之间。触头处于闭合位置时的压力叫触头终压力，它主要是使运行时触头温升不超过允许值，同时使主触头在通过短路电流时不会因电动力推斥产生跳动而熔焊。动静触头刚接触时的压力叫触头初压力，一定数值的初压力可以降低动、静触头开始碰撞时的反弹，即所谓碰撞时的第一次跳动，以减少触头的振动和电磨损。

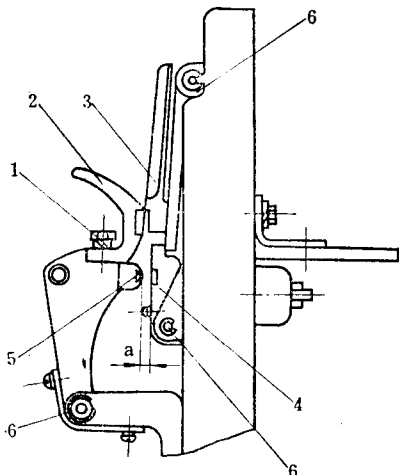


图 10-2-2 自动空气开关触头系统图

1—弧触头固定螺钉；2—动弧触头；3—静弧触头及导弧板；4—静主触头；5—动主触头；6—导电轴销

电动补偿有斥力补偿与吸力补偿两种，电动补偿是提高通断能力的有效措施，因此要保持原产品布置的电流流通途径，使故障电流所产生的电动力不是减小而是增加触头的压力。

载流母线的经济电流密度选用在1.5~3安/毫米²之间，软联接的经济电流密度约为2~5安/毫米²之间，并注意使大电流载流母线所产生的磁通不通过铁磁物质而闭路，以防止因涡流损耗而使温升过高。

图10-2-2所示为DW5-1000、1500型自动空气开关的触头系统，该触头为双档触头，主触头材料为纯银，弧触头材料为银钨合金。触头系统的回路具有电动补偿作用，主回路磁场足以使电弧吹入灭弧室内。该触头系统采用了以导电轴销为主，软连接为辅的导电方式。在导电轴销与轴之间有软线连

接，导电轴销材料为黄铜并镀银。图中a为弧触头刚接触时，主触头的开距。

2. 灭 弧 室

电弧按电压降不同可分为三部份：阴极压降、阳极压降与弧柱压降。阴极压降约为10伏，但区域很薄形成了高电场，使阴极发射的电子加速并与中性气体分子碰撞而游离导电；弧柱部份的电压降与电弧长度成近似直线关系，弧柱内部高温所产生的热游离与消游离平衡以保持电弧导电；阳极区与阴极区相同，电位梯度升高以接受带电离子。为了使电弧熄灭必须使弧隙内的消游离速度超过游离速度，采取的途径是拉长电弧，加强电弧的冷却以提高离子复合速度而加强消游离，使电弧电压超过外施电压而把电弧熄灭。用这种长弧灭弧原理制造的灭弧室有纵向窄缝灭弧室、纵向宽缝灭弧室、纵向曲缝（迷宫式）灭弧室、横向绝缘栅片灭弧室等。

在自动空气开关中应用较广的是横向金属栅片灭弧室，即利用短弧灭弧原理制作的灭弧室。横向金属栅片灭弧室是用金属栅片将电弧截成串联的若干段短弧，利用近阴极效应以建立较高的起始介质恢复强度。所谓近阴极效应即当电流过零反向时，每个短弧建立起几十伏至几百伏的介质强度，使起始介质恢复强度增大，同时电弧与栅片接触时增加了散热，有利于灭弧。横向金属栅片又称去离子栅多用作交流灭弧室。栅片材料，一般用镀铜的铁片，镀铜的目的是为了防锈与增加传热性能。为了限制电弧火花喷出距离，在灭弧室出口处装置许多短的横向金属片形成灭焰栅，以冷却喷出的气体限制电弧和弧焰喷出的距离。图10-2-3为金属栅片灭弧装置。

塑料外壳式自动开关，也多采用金属栅片灭弧。严格地说，其灭弧室仅是栅体部份，

而塑料外壳才是灭弧室的室壁，由它来承受电弧热能所产生的压力和散发电弧的热量。栅片的数目除满足近极压降的要求外更主要的是尽可能增大热容量，使熄灭电弧时，灭弧室温度不致太高。用灭焰栅片可降低飞弧距离，灭焰栅片的材料可用金属的也可用绝缘材料。灭弧室受高温作用时应能产生有利于灭弧的气体，如使用钢纸板、三聚氰胺等材料。

3. 操 动 机 构

自动空气开关的合闸、跳闸是由操动机构来实现的，自动开关的操动机构包括传动机构和自由脱扣机构两部份。

1) 传动机构 自动空气开关的传动机构可以用手动或电动来操作。所有传动机构都可以直接用手柄或杠杆（包括高空杠杆操作）操作，大、中容量的自动开关兼有电动操作，1000安及以上的自动开关多用电动机合闸操作，中容量开关用电磁铁合闸操作。自动开关合闸的方式可分为贮能闭合和非贮能闭合两种，贮能闭合是预先将一弹簧压缩，然后利用弹簧释放的能量使触头闭合，其优点是保证恒定的闭合速度，使其与操作速度无关。贮能的办法可以用手柄扳动贮能如DZ10型开关，也可以用电动机贮能或电磁铁贮能，如DW型开关。用电动机贮能可以在较长的时间内把储能弹簧拉紧，所以功率不大，大容量开关经常采用。用电磁铁操作需要较大的传动功率，故仅用于中容量的开关，为了减少电磁铁在合闸时的冲击，多采用直流电源。

图10-2-4所示为DW5-400自动空气开关的纵剖图及凸轮操作机构原理图，该型开关用手柄并兼电磁铁合闸。手动合闸机构由手柄、凸轮、以及焊在贮能转轴8上的滚子所组成（右图），开关合闸时将操作手柄向逆时针方向空转约120°，使凸轮扣住滚子，然后凸轮带动滚子顺时针方向转动约100°，使贮能轴向反时针方向转动约52°以使机构再扣，同时使贮能弹簧贮能，如果将手柄继续顺时针转动20°，滚子就从凸轮滑脱，转轴8释放，弹簧17放能，而完成一次闭合操作。

电磁铁操作机构是由电磁铁、电动合闸杠杆6和贮能轴8所组成，当通电后动铁心向上运动时带动电动合闸杠杆6向顺时针方向转动，电动合闸杠杆6的另一端迫使焊在贮能转轴8上的拐臂向反时针方向转动，同样使机构进入再扣位置，贮能弹簧贮能。当合闸电磁铁电源切断时动铁心释放，贮能弹簧亦立即放能，完成一次闭合操作。

电动合闸是由中间继电器完成。在正常情况下，电源向电容器充电。当按下合闸按钮时，合闸按钮的常闭接点开断，使电容器与电源脱离，合闸按钮的常开接点闭合，使电容器向中间继电器放电。中间继电器通电动作，其常开接点闭合，使电磁铁与电源接通，操作机构贮能。当电容器电压低到中间继电器释放电压时，电磁铁断电，开关闭合。在电容器的放电回路中，串联有行程开关的常闭触头，当开关在闭合位置时，常闭触头处在断开位置，即使按下按钮亦不会使开关重复操作。

2) 自动脱扣机构 自动脱扣机构的功能是实现传动机构和触头系统之间的联系。自

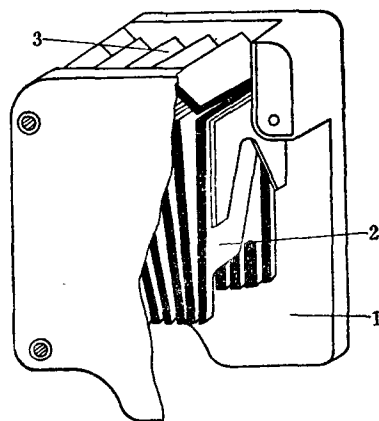


图 10-2-3 自动空气开关横向金属栅片灭弧装置

1—灭弧室；2—灭弧栅片；3—灭焰栅片

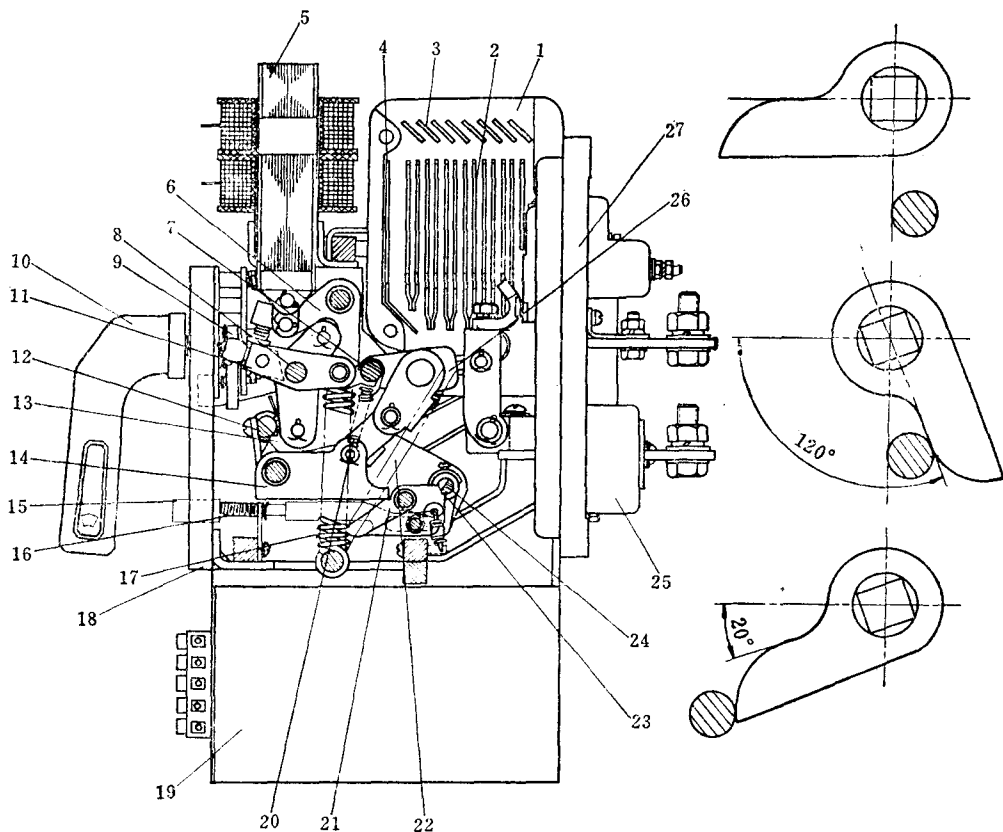


图 10-2-4 DW5-400自动空气开关纵剖图及凸轮操作机构原理图

1—灭弧室壁；2—U形栅片；3—灭焰栅片；4—栅片；5—合闸电磁铁；6—电动合闸杠杆；7—主轴；8—贮能轴；9—手动合闸凸轮组；10—手柄；11—贮能臂；12—限位半轴；13—闭合杠杆；14—U形杠杆；15—脱扣按钮；16—脱扣杆；17—贮能弹簧；18—面板；19—控制保护部分电气盒；20—复位弹簧；21—再扣板；22—断开弹簧；23—脱扣指；24—脱扣抽头；25—互感器；26—绝缘连臂；27—触头系统

自动脱扣机构再扣时，传动机构应带动触头系统一起运动，并使触头闭合。当脱扣之后，即解除了传动机构与触头系统之间的联系，传动系统的运动可与触头系统无关。自动脱扣机构是在电路发生短路、过载、失压以及用分励线圈操作时立即脱扣，使断路器打开，从而切断电路。

自由脱扣机构可分为三类：第一类为过死点的可掣杠杆对偶构成，使可掣杠杆越过死点，杠杆即由刚性变为可掣而脱扣。第二类是由几个搭钩零件搭配而成，当消除其中一个搭扣时，即行脱扣。第三类是消除自由脱扣机构的任何一个支点而达到自由脱扣。自动空气开关采用第三类自由脱扣机构。

框架式(DW型)自动开关的纵剖图如图10-2-4所示,有关自由脱扣机构部份见图10-2-5。图中所示有剖面线的轴为定轴转动,无剖面线的为轴销。贮能转轴1焊上四个拐臂组成刚体,其中两个拐臂上带动两根贮能弹簧,另两拐臂为固定销6和滚子18之用。当贮能转轴1向逆时针方向转动时,复位弹簧8便收缩,即复位,带动复位顶杆21也向反时针方向旋转,而顶杆22却向顺时针方向转动,当复位顶杆21转到一定位置,便扣入再扣板

19的缺口上,再扣弹簧17收缩带动再扣板顺时针方向转动,而半轴14在扭簧的作用下便顺时针方向转动进入再扣板的缺口处顶住再扣板,使机构再扣。

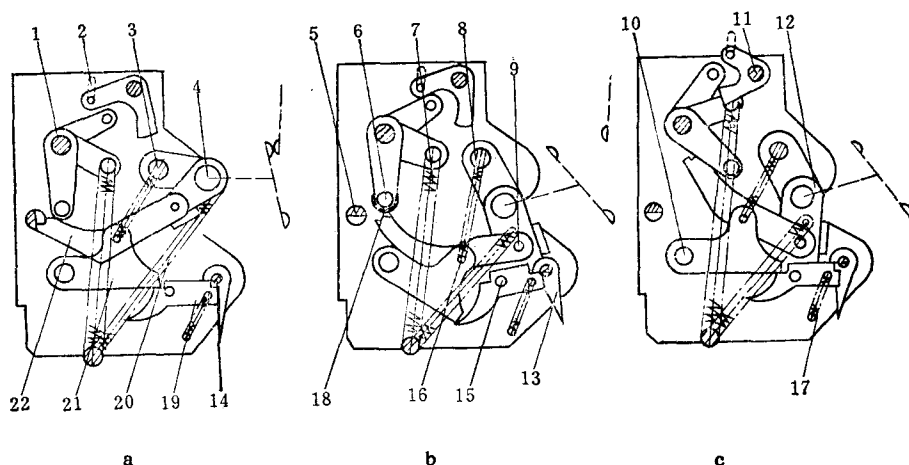


图 10-2-5 自由脱扣机构图

a—闭合位置; b—分闸位置; c—再扣储能位置

1—储能转轴; 2—电动连杆; 3—输出转轴; 4—光轴; 5—限位半轴; 6—销; 7—储能弹簧; 8—复位弹簧; 9—销; 10—复位转轴; 11—轴; 12—U形连杆; 13—脱扣指; 14—半轴; 15—再扣转轴; 16—销; 17—再扣弹簧; 18—滚子; 19—再扣板; 20—分闸弹簧; 21—复位顶杆; 22—顶杆

若储能转轴1继续向反时针方向旋转,储能簧7拉伸到已贮存了足够使机构闭合触头的能量时,储能转轴1释放返回,储能簧迅速放能给顶杆22以冲击力,因半轴14,复位顶杆21,再扣板19全部扣死,销16由原来活动铰链变为死铰链,这样顶杆22以销16为轴反时针方向转动,推动U形板12带动光轴4,这样储能簧所放出的能量通过双四连杆机构获得较大的力,克服触头压力和电力等使触头闭合。

分闸时只需要将固死在半轴14上的脱扣指13往反时针方向推动,再扣板便向反时针旋转和复位顶杆21脱离,复位顶杆21便迅速向反时针转动,而使触头分闸。

塑料外壳式自动空气开关(DZ10系列)的自由脱扣机构见机构原理图10-2-6所示。该图为机构闭合位置。以手搬动,储能闭合开关动作分为再扣、合闸、断开和自由脱扣四部份,闭合与分断用同一个弹簧实现,不需要专门的分闸弹簧,但需人力再扣,且再扣力比闭合力还大。

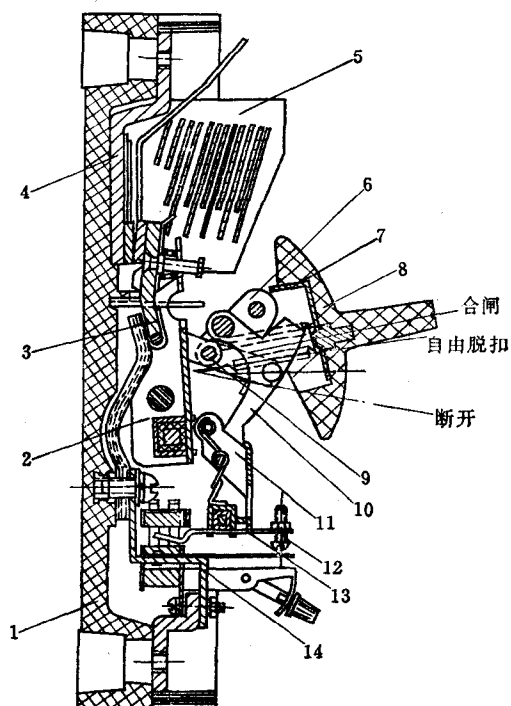


图 10-2-6 DZ10系列自动空气开关机构原理图

1—基座; 2—支架; 3—动触头; 4—静触头; 5—灭弧室; 6—夹板; 7—杠杆; 8—手柄; 9—连杆; 10—跳扣; 11—锁扣; 12—调整螺钉; 13—牵引杆; 14—脱扣器

4. 脱扣器

自动空气开关中最普遍使用的有过电流脱扣器、失压脱扣器和分励脱扣器三种。

1) 过电流脱扣器: 它是感受过电流或短路电流的元件, 在短路或过载时使自动开关动作。理想的过电流脱扣器应具有三段保护特性, 即在过载时具有长延时动作, 短路时短延时动作, 特大短路电流时瞬时动作。按过电流脱扣器的结构类型可分为以下几种。

(1) 双金属片脱扣器具有过载长延时的保护特性, 可作为电动机保护之用, 为提高热继电器动、热稳定性, 可与速饱和互感器配合使用。如在DZ10、DZ5塑料外壳式自动开关中采用。

(2) 电磁式脱扣器为瞬时动作脱扣器, 作短路保护之用, 如DW10型自动开关中所采用。为了达到延时动作需要加装延时装置, 如DW2采用钟表式擒纵机构的延时装置, DW5-1000、1500采用空气室阻尼式延时装置, DZ5-50采用液压浮动心式延时装置等。

(3) 半导体脱扣器是具有三段保护特性的过电流保护装置, 在DW5-400型自动开关中采用。半导体保护装置必须与电磁式脱扣器配合才能成为一个完整的脱扣装置。所以半导体保护装置的执行元件可用电磁式分励脱扣器、失压脱扣器, 触发后的讯号使其动作, 自动开关断开。

2) 分励和失压脱扣器: 它们是失压或欠压后使开关动作的保护装置, 其结构与电磁式脱扣器相似, 仅把电流参数换成电压, 多采用螺管或U型磁系统。失压脱扣器一般必须保证在额定电压75~110%下长期工作, 当电压降至40%时释放。释放电压的选择与电动机的种类与负载的性质有关。为了使失压脱扣器做成延时动作, 可用空气阻尼、钟表机构、或半导体等。

(二) 维护与检修

1. 自动开关应经常保持清洁, 经常清除零件表面的灰尘和黑烟, 特别应注意绝缘零件表面的清洁, 以免绝缘性能变坏, 发生表面闪络或击穿等现象。

2. 凡是活动的零件及有摩擦的零件都应涂润滑油, 以改善零件的磨损, 避免引起卡住现象。

3. 所有紧固零件均应紧固, 不应有松动现象。磨损坏了的零件应及时更换。

4. 触头的接触表面应保持光洁, 如有烧毛的斑点, 应用细锉将凸出部分锉去(不要用砂布擦), 保持表面平整。如需除去灰尘、黑烟则可用蘸有汽油的棉丝进行擦洗。

5. 单档触头烧损严重时, 或触头磨损到原来厚度1/3时, 应更换新的触头, 但必须进行调整, 使开距、初压力、终压力、超行程、三相同同时接触性、线接触长度等应符合产品的技术规定。双档触头更换弧触头时, 也要作调整, 使弧触头的开距、初压力、终压力、三相同同时接触性、线接触长度、以及弧触头刚接触时主触头的开距等符合规定要求。

6. 灭弧罩及栅片上的烟灰应经常擦除, 栅片间不应有熔接现象存在。更换长期未用的灭弧罩前必须烘干, 以保持绝缘良好。灭弧罩更换后应不妨碍触头运动, 开关闭合和断开时不应有碰擦栅片、罩壁的现象, 灭弧罩装好后应测量绝缘电阻, 其值不低于0.5兆欧。

7. 常见故障及处理方法见表10-2-1。

表 10-2-1 常 见 故 障 及 处 理 方 法

序号	故障现象	原因	处理方法
1	手动操作自动开关, 触头不能闭合	1. 失压脱扣器无电压或线圈烧坏 2. 贮能弹簧变形, 导致闭合力减小 3. 反作用力弹簧力过大 4. 机构不能复位再扣	1. 加上电压或更换线圈 2. 更换贮能弹簧 3. 重新调整弹簧反作用力 4. 调整脱扣面至规定值
2	电动操作自动开关, 触头不能闭合	1. 操作电源电压不符 2. 电磁铁拉杆行程不够 3. 电动机操作定位开关失灵 4. 控制器中整流管或电容器损坏 5. 电源容量不够	1. 更换电源 2. 重新调整或更换拉杆 3. 重新调整定位 4. 更换整流管或电容器 5. 更换操作电源
3	有一相触头不能闭合	开关的一相连杆断裂	更换连杆
4	分励脱扣器不能使自动开关分断	1. 线圈短路 2. 电源电压太低 3. 脱扣面太大 4. 螺丝松动	1. 更换线圈 2. 更换电源电压或升高电源电压 3. 重新调整脱扣面 4. 将松动螺丝拧紧
5	失压脱扣器不能使自动开关分断	1. 反力弹簧变小 2. 若贮能释放, 则贮能弹簧变小 3. 机构卡死	1. 调整弹簧 2. 调整贮能弹簧 3. 消除卡死原因
6	起动电动机时自动开关立即分断	过电流脱扣器瞬时整定电流太小	1. 调整过电流脱扣器瞬时整定弹簧 2. 空气式脱扣器, 阀门可能失灵或橡皮膜破裂
7	自动开关工作一段时间后分断	1. 过电流脱扣器, 长延时整定值不对 2. 热元件或半导体延时电路元件变质	1. 更换调整 2. 更换新元件
8	失压脱扣器噪音	1. 反力弹簧力太大 2. 铁心工作面有油污 3. 短路环断裂	1. 重新调整 2. 清除油污 3. 更换衔铁或铁心、短路环
9	自动开关温度过高	1. 触头压力过分降低 2. 触头表面过分磨损或接触表面过分变坏 3. 二个导电零件连接处螺丝松动	1. 调整触头压力或更换弹簧 2. 更换触头, 清扫接触面, 不能更换者, 更换整台自动开关 3. 拧紧松动螺丝
10	辅助触头不通	1. 辅助开关的动触桥卡死或脱落 2. 辅助开关传动杆断裂或滚轮脱落	1. 拨正或重新装好触桥 2. 更换传动杆和滚轮或更换整只辅助开关
11	半导体过电流脱扣器误动作使自动开关断开	在寻故障时确认半导体脱扣器本身无故障后, 在大多数情况可能是别的电器动作产生巨大的电磁场脉冲错误触发半导体脱扣器	需要仔细寻找引起错误触发的原因, 例如大型电磁铁的分断、接触器的分断、电焊设备等, 找出错误触发源, 予以隔离或更换线路

二、接 触 器

接触器广泛地应用于电力传动系统中, 可频繁地接通和分断带有负载的主电路或大容量的控制电路, 主要控制对象是电动机, 也可用于控制其他电力负载, 如电热器、电照明、电焊机、电容器等。在一定操作频率下 (150、300、600、1200次/时) 的电寿命是接触器的主要技术指标之一。接触器的额定电压为交流380伏, 50赫, 直流440伏及以下, 额

定电流交流为：5、10、20、40、60、100、150、250、400、600安。直流为：40、100、150、250、400及600安。

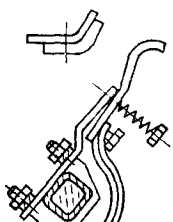
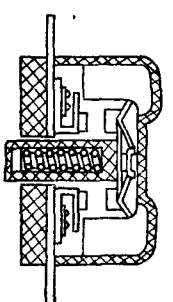
接触器系列产品有：CJ8、CJ10、CJ12、CZ0等。CJ8、CJ10为一般任务交流接触器（CJ8为沈低生产，CJ10为全国统一设计产品，CJ10Z为上海人民电器厂产品）。CJ12为重任务接触器（CJ12B为上海开关厂改进消弧系统后产品）；CZ0直流接触器。

接触器的主要结构包括：接触系统、灭弧系统、电磁系统等。

（一）结构

1. 触头与灭弧系统 接触器的触头采用指式触头与桥式触头，其结构与特点如表10-2-2所示。各系列接触器的触头参数与吸引线圈数据见表10-2-3、表10-2-4和表10-2-5所示。

表 10-2-2 接触器触头结构形式与特点

结构型式	简 图	用 途	特 点
单断点指式触头		用于中大容量或特大容量(800安以上)的交流接触器	1. 合分过程中有滚滑运动，能清除触头表面的氧化物，接触较可靠，故材料可用铜或铜合金触头材料 2. 触头压力大，动稳定性高 3. 触头参数较易调节 4. 由于一个断口，触头开距大，从而增大磁系统和整个接触器的体积 5. 冲击能量大，联接螺钉多，有软联接，影响机械寿命的提高 6. 分断临界电流燃弧时间长 7. 触头有滚滑运动，机械磨损大
双断点桥式触头		600 安以下交流接触器及中小容量直流接触器	1. 灭弧效果好，小容量交流接触器，可利用电流过零时两个断点的近极效应，可靠熄弧，不用装特殊灭弧装置 2. 触头开距小，结构紧凑，体积小 3. 冲击能量小，无软联接，联接螺钉少，有利于提高机械寿命 4. 触头材料必须用银或银基合金 5. 接触压力小，动稳定性能较低 6. 触头参数不能调节

接触器中常用的灭弧方式见表10-2-6。表中所述各类灭弧装置各有优缺点，在实际应用中很少采用单纯一种灭弧装置，而是采用综合性的灭弧装置。

2. 电磁系统 接触器的电磁系统由磁路与线圈组成，磁系统的结构型式可分成以下几种：衔铁作直线运动的称为直动式，因衔铁与铁心形状不同又可分为单Ⅱ直动式、单Ⅲ直动式、双Ⅱ直动式、双Ⅲ直动式、直动螺管式等；衔铁作旋转运动的称为拍合式，因衔铁与铁心形状不同又分为双Ⅱ拍合式、双Ⅲ拍合式、单Ⅱ拍合式、单Ⅲ拍合式、衔铁围绕棱角转动拍合式、衔铁围绕轴转动的拍合式等、如图10-2-7所示。直动式与螺管式磁系统常用在工作条件较轻的交流接触器，Ⅲ型Ⅱ型拍合式磁系统用在交流正常工作与繁重工作的接触器，直流接触器多采用围绕棱角与围绕轴转动的拍合式磁系统。

表 10-2-3 C J 系 列 交 流 接 触 器 触 头 参 数 表

项目 型号	主 触 头				联 锁 触 头			
	额定电压 V	额定电流 A	开 距 mm	超行程 mm	初压力 kg	终压力 kg	开 距 mm	
							常 开	常 闭
C J 8 系列		10	≥2	≥1.5	≥0.115	≥0.15	≥2	—
		20	≥4	≥1.5	≥0.23	≥0.38	≥3	—
	380	40	≥4.5	≥1.5	≥0.60	≥0.76	≥3	—
		100	≥4.5	≥2.5	≥1.98	≥2.43	≥2.5	—
		150	≥5.5	≥3	≥2.7	≥3.06	≥2.5	—
C J 10 系列		5	3~3.3	1.6~2.2	0.11~0.13	0.15~0.16	3~3.3	—
		10	3.4~4.1	1.8~2.2	0.16~0.20	0.20~0.24	3.9~4.6	—
		20	3.6~4.5	2~2.4	0.36~0.44	0.45~0.55	4.4~5.1	1.8~2.6
		40	4.4~5.1	2.3~2.7	0.72~0.88	0.855~1.045	4.9~5.6	2~2.8
	380	60	4.5~5	2.8~3.3	1.3~1.6	1.6~2	3~3.6	2.2~3
		80	4.5~5	2.8~3.3	1.35~1.65	1.62~1.98	3~3.6	1.8~2.6
		100	5~5.5	2.7~3.3	2~2.4	2.4~3	3~3.6	—
		150	5.5~6	3.2~3.8	2.7~3.3	3~3.8	3~3.6	0.104~0.128
								0.104~0.128
								0.104~0.128
C J 12 系列		100	9~11	2.5~3.5	1.35~1.65	2~2.5	4~5	2~3
		150	10~12	5~6	2.15~2.65	2.9~3.5	4~5	2~3
	380	250	12~14	5~6	3.6~4.4	5~6	4~5	2~3
		400	13~15	7.5~8.5	5.4~6.6	8.1~9.9	4~5	2~3
		600	15~17	9.5~10.5	8.5~10.5	12.1~14.9	4~5	2~3
								2~3

表 10-2-4 C J 系列 交流 接触器 线圈 数据

项 目 型 号	极 数	交 流 吸 引 线 圈 (50赫)								直 流 线 圈										
		线 径 mm				匝 数				起 动 线 圈				保 持 线 圈						
		36V	127V	220V	380V	36V	127V	220V	380V	线 径 mm	匝 数	48V	110V	220V	48V	110V	220V			
		48V	110V	220V	48V	110V	220V	48V	110V	220V	48V	110V	220V	48V	110V	220V				
C J 8 系列	C J 8-10	0.31	0.17	0.12	0.09	850	3000	5000	9000	—	0.17	0.12	—	3000	5000	—	—	—	—	
	C J 8-20	0.49	0.27	0.20	0.15	530	1910	3300	5700	—	0.25	0.18	—	2000	4000	—	—	—	—	
	C J 8-40	0.59	0.31	0.23	0.18	320	1150	2000	3450	—	0.27	0.20	—	2000	3000	—	—	—	—	
	C J 8-100	1.5	0.69	0.51	0.38	129	525	910	1570	0.59	0.38	0.29	510	1100	1820	0.15	0.10	0.08	2700	
	C J 8-150	1.5	0.93	0.69	0.51	117	413	715	1235	0.69	0.44	0.31	530	1100	1820	0.20	0.14	0.10	2600	
C J 10 系列	C J 10-5	—	—	—	0.08	—	—	—	11000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	C J 10-10	0.31	0.16	0.12	0.09	830	2920	5070	8750	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	C J 10-20	0.51	0.29	0.21	0.16	533	1890	3260	5660	0.41	0.27	0.17	500	970	1000	0.15	0.13	0.08	3100	
	C J 10-40	0.59	0.31	0.23	0.18	340	1200	2080	3600	0.57	0.33	0.23	350	590	1200	0.17	0.11	0.08	2570	
	C J 10-60	1.2	0.62	0.47	0.35	180	637	1100	1900	0.51	0.35	0.25	720	1500	2500	0.16	0.11	0.08	2500	
	C J 10-80	1.2	0.67	0.53	0.38	180	635	1100	1900	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	C J 10-100	1.4	0.60	0.51	0.38	149	525	910	1570	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	C J 10-150	1.5	0.93	0.69	0.51	114	400	695	1200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
C J 12 系列	C J 12-100	2.3	—	—	0.59	0.44	—	—	1150	1980	—	0.47	0.33	—	1700	3300	—	0.25	0.17	—
	4.5	—	0.93	0.72	0.55	—	460	800	1370	—	0.44	0.31	—	2100	4000	—	0.23	0.15	—	
	C J 12-150	2.3	—	0.80	0.64	0.47	—	595	1010	1750	—	0.44	0.31	—	1900	3600	—	0.35	0.23	—
	4.5	—	0.93	0.72	0.55	—	460	800	1370	—	0.44	0.31	—	1600	3200	—	0.35	0.25	—	
C J 12 系列	C J 12-250	2.3	—	1.20	0.96	0.74	—	332	540	940	—	—	0.38	—	4500	—	—	—	0.27	—
	4.5	—	1.35	1.08	0.83	—	283	430	740	—	—	0.38	—	4500	—	—	—	0.27	—	
	C J 12-400	2.3	3.28	1.74	1.35	1.00	64	225	390	675	—	0.72	0.51	—	2910	5500	—	0.38	0.27	—
	4.5	—	2.10	1.62	1.20	—	196	340	586	—	0.80	0.51	—	2540	5200	—	0.44	0.31	—	
C J 12 系列	C J 12-600	2.3	—	—	1.50	1.12	—	—	292	505	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	4.5	—	—	1.95	1.45	—	—	240	415	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

注: 1. 接触器分为交流控制 (C J 8, C J 10, C J 12 系列) 与直流控制 (C J 8-Z, C J 10-Z, C J 12-Z 系列) 两种, 交流控制用交流吸引线圈, 直流控制用直流线圈。
C J 8-10 与 C J 8-10 Z 的线圈系交流通用。

2. 直流线圈为双绕组线圈 (启动线圈与保持线圈) 两个线圈共用一个骨架。启动时由常闭联锁接点把保持线圈短接, 启动完了常闭接点打开两个线圈串联。C J 8-10、20、40 Z, 只有一个启动线圈由串联经济电阻代替保持线圈, 经济电阻的数值 C J 8-10 Z: 110 伏时用 2.5 欧, 10 瓦, 220 伏时用 8.2 欧 10 瓦; C J 8-20 Z: 110 伏用 1 欧 25 瓦, 220 伏用 3.5 欧 25 瓦; C J 8-40 Z 与 C J 8-20 Z 相同。