

目 录

第1章 概论	1	2.6 无填料密闭管式熔断器	56
1 电器的用途与分类	1	2.7 有填料密闭管式熔断器	56
2 电器的主要性能	2	2.8 自复熔断器	60
2.1 电气设备的额定值	2	2.9 常用低压熔丝规格	61
2.2 电器的绝缘及极限允许温升	3	2.10 选用与维护	63
3 电器产品的型号含义	13	3 刀开关	65
3.1 低压电器产品型号含义	13	3.1 用途与分类	65
3.2 高压电器产品型号含义	18	3.2 结构与主要技术参数	66
4 电器的可靠性	19	3.3 开启式负荷开关	69
5 电器的正常工作条件、爬电距离 和电气间隙	20	3.4 封闭式负荷开关	70
5.1 正常工作条件	20	3.5 熔断器式刀开关	73
5.2 爬电距离	21	3.6 熔断器式隔离器	75
5.3 电气间隙	22	3.7 组合开关	77
6 低压电器的外壳防护型式和等级	23	3.8 选用与维修	81
6.1 电器的外壳防护型式	23	4 配电电器之间的选择性保护	81
6.2 电器的外壳防护等级	23	5 模数化终端组合电器	83
7 电器的现状及发展趋势	26	5.1 用途与分类	83
		5.2 结构	85
		5.3 技术数据	85
		5.4 选用	88
第一篇 低压电器		第3章 控制电器	92
第2章 配电电器	27	1 接触器	92
1 断路器	27	1.1 用途与分类	92
1.1 用途与分类	27	1.2 主要技术参数	95
1.2 结构与工作原理	27	1.3 直流接触器	96
1.3 主要技术参数	28	1.4 交流接触器	98
1.4 框架式断路器	28	1.5 真空接触器	104
1.5 塑壳断路器	34	1.6 交流接触器的节能技术	106
1.6 直流快速断路器	42	1.7 选用与维修	109
1.7 漏电保护断路器	43	2 起动器	117
1.8 选用与维修	46	2.1 用途与分类	117
2 熔断器	49	2.2 直接起动器	118
2.1 用途与分类	49	2.3 星-三角起动器	121
2.2 结构与工作原理	52	2.4 自耦减压起动器	124
2.3 主要技术参数	53	2.5 综合磁力起动器	128
2.4 瓷插式熔断器	53	2.6 无触点起动器	128
2.5 螺旋式熔断器	54	2.7 起动方式和起动器的选择	130

2.8 起动机常见故障及处理	133	4.2 结构特点	189
3 继电器	135	4.3 技术数据	190
3.1 用途与分类	135	5 高原电器	190
3.2 主要技术参数	137	5.1 高原低压电器使用环境条件	190
3.3 中间继电器	137	5.2 使用时应注意的问题	190
3.4 时间继电器	140	第5章 低压成套电气装置	191
3.5 热继电器	142	1 用途与分类	191
3.6 电流继电器	149	2 典型产品	192
3.7 温度继电器	152	3 配电屏	193
3.8 微型继电器	153	3.1 常用低电压配电屏	193
4 主令电器	155	3.2 照明配电箱	202
4.1 控制按钮	155	3.3 动力配电箱	205
4.2 微动开关	157	4 成套变电站	207
4.3 行程开关	158	4.1 用途与分类	207
4.4 万能转换开关	159	4.2 技术数据	208
4.5 主令控制器	162	5 抽出式成套开关设备	209
5 其他电器	163	5.1 用途与分类	209
5.1 电阻器	163	5.2 技术数据	211
5.2 频敏变阻器	166	6 无功功率补偿成套装置	221
5.3 电磁铁	168	6.1 用途与分类	221
5.4 电磁离合器	172	6.2 技术数据	221
第4章 特种电器	174	6.3 补偿容量的计算	225
1 防爆电器	174	7 直流成套开关设备	225
1.1 爆炸和火灾危险环境条件	174	7.1 用途与分类	225
1.2 防爆电器的分类与标志	176	7.2 结构	225
1.3 电气设备的防火与防爆	176	7.3 技术数据	225
1.4 火灾报警系统	177	8 维护	231
1.5 防爆电器结构特点	179	第6章 低压电器的常见故障 及其修理	232
1.6 常用防爆电器的技术数据	180	1 电接触与触头的维修	232
1.7 选用	183	2 电磁机构及其故障与处理	235
1.8 防爆防火场所注意事项	185	2.1 电磁机构	235
2 化工防腐蚀电器	185	2.2 常见故障及处理	235
2.1 化工低压电器使用环境条件	185	3 灭弧系统及其故障与处理	236
2.2 结构特点	185	3.1 灭弧装置的种类	236
2.3 主要技术数据	186	3.2 常见故障及处理	237
3 船用电器	186	4 低压电器线圈的修理	238
3.1 船用低压电器使用环境条件	186	4.1 低压电器线圈的重新绕制和换 算方法	238
3.2 结构特点	187	4.2 常用低压电器线圈数据	239
3.3 常用船用电器的技术数据	187	5 修理后的试验	242
3.4 660V、60Hz 电器的使用问题	188		
4 热带电器	189		
4.1 热带低压电器使用环境条件	189		

5.1 有关的国家标准和行业标准	242	5.1 接近开关	273
5.2 试验项目及技术要求	242	5.2 光电开关	275
第二篇 电子电器			
第7章 电子电器基础	245	5.3 晶闸管开关	280
1 概述	245	6 晶闸管接触器	281
1.1 用途与分类	245	6.1 直流接触器	281
1.2 优缺点	245	6.2 交流接触器	281
2 电子电器的组成及主要技术参数 ..	246	6.3 混合式交流接触器	283
2.1 组成电子电器的主要环节	246	7 可编程控制器	283
2.2 主要技术参数	247	7.1 用途与分类	284
3 电子电器的抗干扰和可靠性	247	7.2 结构与工作原理	285
3.1 电子电器的抗干扰	247	7.3 主要技术性能	287
3.2 电子电器的可靠性	248	7.4 常用的编程方式	288
4 鉴别器	248	7.5 选用与维修	290
4.1 用途与分类	248	7.6 现状与发展趋势	292
4.2 工作原理	249	第9章 电子电器的安装、调试	
5 电子电器的现状及发展趋势	249	与故障诊断	293
第8章 电子电器元件	251	1 电子电器中常用的元器件资料	
1 时间继电器	251	与选择	293
1.1 分类	251	1.1 无源元件	293
1.2 R-C 式晶体管时间继电器	251	1.2 晶闸管	297
1.3 数字式时间继电器	256	1.3 半导体分立元件	302
1.4 不对称双稳态触发电路时间继电器	260	1.4 集成电路	317
1.5 电子式时间继电器的选择	260	2 常用元器件的安装	341
1.6 使用时应注意的问题	261	2.1 元器件的检测	341
2 电动机的保护继电器	261	2.2 元器件的成形、插脚与焊接	344
2.1 过载和短路保护继电器	261	2.3 器件管脚的识别	345
2.2 断相保护继电器	262	3 调试技术	345
2.3 漏电继电器	263	3.1 概述	345
2.4 综合保护器	266	3.2 单元调试	346
3 漏电保护电器	266	3.3 整机联调	348
3.1 分类	266	3.4 接地	348
3.2 结构及工作原理	267	4 集成电路在使用中应注意的问题 ..	350
3.3 基本参数	268	4.1 集成运放使用时应注意的问题	350
3.4 技术数据	269	4.2 集成稳压器使用时应注意的问题	353
3.5 漏电保护器的选择	270	4.3 TTL 集成电路在使用时应注意	
3.6 安装、使用和维修	271	意的问题	354
4 触电保安器	273	4.4 CMOS 在使用时应注意的问题	356
5 无触头开关	273	5 晶闸管在使用中应注意的问题	357
		5.1 过压保护	357
		5.2 过流保护	357
		5.3 晶闸管串联使用时的均压	357

5.4 晶闸管并联使用时的均流	358
6 故障诊断技术	359
6.1 通用方法	359
6.2 模拟集成电路故障的诊断	359
6.3 数字集成电路故障的诊断	360
6.4 晶闸管常见故障及其处理方法	360

第三篇 高压电器

第10章 高压断路器	361
1 用途与分类	361
2 型号含义及主要技术参数	363
2.1 型号含义	363
2.2 主要技术参数	363
3 油断路器	363
3.1 概述	363
3.2 结构及工作原理	363
3.3 技术数据	365
3.4 安装、调试和维修	366
4 真空断路器	368
4.1 概述	368
4.2 结构及工作原理	368
4.3 技术数据	369
4.4 调试和维修	371
5 六氟化硫断路器	372
5.1 概述	372
5.2 结构及工作原理	373
5.3 技术数据	373
5.4 维护	375
6 电磁式空气断路器	375
6.1 概述	375
6.2 结构及工作原理	375
6.3 技术数据	375
6.4 维修	376
7 操动机构	376
7.1 概述	376
7.2 典型产品结构及工作原理	378
7.3 技术数据	379
7.4 维修	380
8 高压断路器的选择	382
第11章 其他高压电器	383
1 熔断器	383

1.1 用途与分类	383
1.2 结构及工作原理	383
1.3 技术数据	385
1.4 选用	387
2 隔离开关	388
2.1 用途与分类	388
2.2 结构及工作原理	388
2.3 技术数据	389
2.4 安装调整及故障的处理方法	391
3 负荷开关	392
3.1 用途与分类	392
3.2 结构和工作原理	394
3.3 技术数据	394
3.4 使用时应注意事项	395
4 避雷器	396
4.1 用途与分类	396
4.2 结构及工作原理	396
4.3 技术数据	398
4.4 使用时应注意事项	399
4.5 管式避雷器	401
5 互感器	401
5.1 用途与分类	401
5.2 电压互感器	402
5.3 电流互感器	408
6 高压成套配电装置	417
6.1 用途与分类	417
6.2 结构	417
6.3 技术数据	418
6.4 选用	426
7 组合电器	426
7.1 用途与分类	426
7.2 结构	427
7.3 技术数据	428
8 电力电容器	430
8.1 用途与分类	430
8.2 无功功率的补偿	430
8.3 技术数据	433
8.4 使用时应注意事项	438

附录	441
附录1 电气图用图形符号	441
1 无源元件	441
2 半导体管	442

3 电能的转换	443	附录 3 部分常用电器的外形及安装尺寸	449
4 二进制逻辑单元	446	参考文献	458
附录 2 电器常用名词术语	447		

第 1 章 概 论

1 电器的用途与分类

电器泛指所有用电的器具,通常是指在电能生产、输送、分配和应用过程中起着接通、断开、控制、调节、保护、检测、变换、限制等作用的电工装置、设备和元件。

电器的用途与分类见表 1.1-1。

表 1.1-1 电器的分类及主要用途

分类方法	种 类	主 要 用 途
工作电压	高压电器	用于额定电压在 3kV 以上的电路
	低压电器	用于交流额定电压 1.2kV 以下或直流额定电压 1.5kV 以下的电路
用途	开关电器	用于线路和电气设备需接通和断开的场所。例如断路器、隔离开关、负荷开关、刀开关、接地短路器、熔断器等分配电能用的电器
	控制电器	用于电力拖动系统和自动控制系统。例如电磁起动器、星-三角起动器、自耦减压起动器、频敏起动器、控制继电器、可编程控制器等
	保护电器	用于需过载、短路、雷电和漏电等保护场所。例如熔断器、避雷器、漏电保护器、直流快速断路器等
	计量电器	测量电参数和计量电量。例如互感器、传感器
	限制电器	用于需限制短路电流的场所。例如电抗器、限流式断路器
派生电器	电子电器	用于操作频率高、工作环境恶劣、大规模集成生产系统和计算机控制系统等场所。例如电子继电器、晶闸管接触器、可编程控制器、触电保安器、无触点开关、半导体脱扣器、接近开关
	特种电器	用于防爆和防火、化工防腐蚀、船舶、热带、高原等场所
电器执行功能	有触点电器	用于接通和断开执行功能由触头来完成的场所
	无触点电器	用于接通和断开执行功能由半导体器件来完成的场所
	混合式电器	用于有触点和无触点相结合以提高触头电寿命的场所
结构和工艺	自动化电磁元件	用于自动化系统。例如电磁铁
	成套装置	用于占地面积或空间较小(如车站、高层建筑、配电间)等场所,例如成套变电站、照明配电屏、动力配电屏、电容器屏等
	户内式和户外式	户外式能适应户外的气候条件(如能破冰),例如户内式断路器、户外式断路器、户内式隔离开关、户外式隔离开关
灭弧介质	空气介质	用于低压或中压电器
	真空	用于高压电器
	油介质	
	化学气体	

①各国工作电压等级划分稍有不同,某些国家和地区电压等级的划分见表 1.1-2。

表 1.1-2 各国电压等级的划分

电压等级 国别	低压	中压	高压	特高压	备 注
IEC ^①	≤1kV	—	>1kV	—	IEC38,298,439
欧洲	≤1kV	1~72.5kV	>72.5kV	—	ABB、GEC 等公司的规定
美国	≤1kV	1~100kV	>100kV	—	ANS IC84.1
日本	≤0.6kV	—	0.6~7kV	>7kV	电气设备技 术标准第 3 条
中国	交流<1.2kV 直流≤1.5kV	—	交流>3kV 直流>3kV		

①IEC 是国际电工委员会,为 Internation Electrotechnical Commission 的缩写。

2 电器的主要性能

2.1 电气设备的额定值

- (1)额定电压 见表 1.2-1、1.2-2 和 1.2-3。
(2)额定电流 见表 1.2-4。

表 1.2-1 220V 至 1000(1140)V 交流电力系统及电气设备额定值

三相四线系统或三相三线交流系统标称电压值及电气设备的额定电压值(V)
220/380
380/660
1000 (1140)

- 注:1.1140V 仅限于煤矿井下使用。
2. 表中有斜线“/”的数值,斜线之上为相电压,斜线之下线电压。无斜线者为三线系统线电压。
3. 摘自 GB156—93

表 1.2-2 3kV 及以上三相系统的标称电压及电气设备的最高电压

系统的标称电压 /kV	电气设备的最高电压 /kV	系统的标称电压 /kV	电气设备的最高电压 /kV
3	3.6	110	126(123)
6	7.2	220	252(245)
10	12	330	363
(20)	(24)	500	550
35	40.5	(750)	(800)
66	72.5	—	1200

- 注:1. 括号中的数值为用户要求时使用。
2. 电气设备的额定电压可从表中选取,由产品标准确定。
3. 摘自 GB156—93。

表 1.2-3 交流 380V 及以下和直流 2000V 及以下的电气设备额定值

直流额定电压/V		交流额定电压/V		直流额定电压/V		交流额定电压/V	
优先值	补充值	优先值	补充值	优先值	补充值	优先值	补充值
—	1.2	—	—	60	—	—	60
1.5	—	—	—	72	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	100
—	2.4	—	—	110	—	110	—
3	—	—	—	—	—	—	127
—	4.5	—	—	160	—	—	—
—	5	—	5	220	—	220	—
6	—	6	—	—	—	380	—
—	9	—	—	—	400	—	—
12	—	12	—	440	—	—	—
—	15	—	15	—	630	—	—
24	—	24	—	800	—	—	—
—	30	—	—	1000	—	—	—
36	—	36	—	—	1250	—	—
—	—	—	42	1500	—	—	—
48	—	48	—	2000	—	—	—

注：摘自 GB156—93。

表 1.2-4 电气设备额定电流规定值

A

1	1.25	1.6	2	2.5	3.15	4	5	6.3	8
10	12.5	16	20	25	31.5	40	50	63	80 (75)
100	125 (120)	160 (150)	200	250	315 (300)	400	500	630 (600)	800 (750)
1000	1250 (1200)	1600 (1500)	2000	2500	3150 (3000)	4000	5000	6300 (6000)	8000
10000	12500 (12000)	16000 (15000)	20000	25000					

注： 1、括号内的值,仅限于老产品使用。

2. 摘自 GB156—80。

2.2 电器的绝缘及极限允许温升

2.2.1 绝缘要求

低压电器绝缘耐压试验值见表 1.2-5。

低压电器的绝缘,必须承受表 1.2-6 所列条件 7 个周期的耐潮试验,试验后,电器的绝缘电阻值不能低于表 1.2-7 所示的绝缘电阻值。

表 1.2-5 低压电器绝缘耐压试验值

试验电压/V 试验地点 的海拔高度 h/m	额定绝缘电压 ^① $U_i/V^{\textcircled{2}}$	U_i	60	380	660	800	小开距触头间 ^③	
		≤ 60	$< U_i$ ≤ 380	$< U_i$ ≤ 660	$< U_i$ 800	$< U_i$ ≤ 1200	U_i ≤ 220	220 $< U_i$ ≤ 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

注： 1. 缘应保证在表中所列条件下承受交流 50Hz 试验电压(有效值)历时 1min 而无击穿或闪络现象。
2. 仅指交流额定绝缘电压至 380V, 触头开距不大于 1mm 的触头间。
3. U_i 为产品或部件规定的额定绝缘电压。

表 1.2-6 耐潮试验周期条件

条件 阶段	参数	温度/ $^{\circ}\text{C}$	相对湿度 $\times 100$	持 续 时 间/h	
升 温		30 $\rightarrow$ 40	85~98(试品表面凝露)	1.5~12	共 16
高温高湿		40 $\pm$ 2	95 $\pm$ 3	14~14.5	
降 温		40 $\rightarrow$ 30	85~98	2~3	共 8
低温高湿		30 $\pm$ 2	95 $\pm$ 3	5~6	

注: 产品进行耐潮试验前, 应在试验箱(室)内于 30 $^{\circ}\text{C}$ ~ 35 $^{\circ}\text{C}$ 下进行温度预处理 6h, 然后即行升温加湿。试验周期从升温加湿时开始计算。

表 1.2-7 不同额定绝缘电压下的绝缘电阻值

额定绝缘电压 U_i/V	$U_i \leq 60$	$60 < U_i \leq 660$	$660 < U_i \leq 800$	$800 < U_i \leq 1200$
绝缘电阻值 $1\text{M}\Omega$	1.0	1.5	2.0	2.5

2.2.2 极限允许温升

低压电器零部件极限允许温升见表 1.2-8。在不同海拔高度进行试验时, 其极限温升按表 1.2-9 进行修正。

表 1.2-8 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 复短时工作制 ^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	
	D 级绝缘	90	105	
	F 级绝缘	115	130	
	H 级绝缘	140	155	

(续)

不同材料和零部件名称		极限允许温升/℃		备 注
		长期工作制	间断长期或反复短时工作制 ^①	
各类触头或插头 ^②	铜及铜基合金的自力式触头 ^③ 、插头, 无防蚀层	35		
	铜及铜基合金的他力式触头 ^④ 、插头、无防蚀层	45	65	
	铜及铜基合金的他力式插头、触头, 有厚度 6μm~8μm 的银防蚀层	80	—	
	铜及铜合金的他力式插头、触头, 有厚度 6μm~8μm 的锡防蚀层	60	—	
	银及银基合金触头	以不伤害相邻部件为限 ^⑤		
与外部连接的线端头	接线端头有锡(或银)防蚀层, 应指明引入导体为铝也有锡(或银)防蚀层时	55		热电偶法测量
	接线端头为铜及铜基合金材料, 无防蚀层时当指明引入导体为铜或有防蚀层为铝时	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		
与外部连接的接线端头	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时	80, 还应不伤害相邻部件为限 ^⑥		热电偶法测量
产品内部的导体连接处 ^{⑦⑧}	铝材对铝材, 铜材对铝材紧固接合处, 二者均有锡防蚀层	55		热电偶法测量
	铝材对铝材, 铜材对铝材紧固接合处, 二者均有银防蚀层	69		
	铜材对铜材, 紧固接合处无防蚀层	45		
	铜材对铜材, 紧固接合处二者均有锡防蚀层	60		

(续)

不同材料和零部件名称			极限允许温升℃/		备 注
			长期工作制	间断长期或反复短时工作制 ^①	
产品内部的导体连接处 ^{⑦⑧}	铝材对铜材, 紧固接合处二者均有银防蚀层		以不伤害相邻部件为限 ^⑤		热电偶法测量
	铝材对铝材, 铝材对铜材、铜材对铜材焊接的导体				
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且不伤害相邻部件为限 ^⑤		
	电阻元件		由所用材料决定, 且不伤害相邻部件为限 ^⑤		

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。

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。

⑥电压线圈的温升是指额定工作电压下的稳定值。

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。

表 1.2-9 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	极限允许温升修正值 ^①
$h \leq 500$	0℃
$500 < h \leq 1000$	+2℃
$1000 < h \leq 1500$	+4℃
$1500 < h \leq 2000$	+6℃
$2000 < h \leq 2500$	+8℃

①对高发热电器元件, 其海拔温升修正办法由产品标准或产品技术条件另行规定。

普通高压电器的允许温升见表 1.2-10。

表 1.2-10 普通高压电器的允许温升

序号	电 器 各 部 分 的 名 称	最大允许发热温度/℃		在环境温度为 +40℃ 时的允许温升/℃	
		在空气中	在油中	在空气中	在油中
1	不与绝缘材料接触的金属材料:				
	(1)需要考虑发热对机械强度影响的:				
	a 铜	110	90	70	50
	b 铜镀银	120	90	80	50
	c 铝	100	90	60	50
	d 钢、铸铁及其他	110	90	70	50
	(2)不需要考虑发热对机械强度影响的:				
2	a 铜或铜镀银	145	90	105	50
	b 铝	135	90	95	50
	与绝缘材料接触的金属材料以及由绝缘材料制成的零件,当绝缘材料等级为:				
	Y	85		45	
	A	100	90	60	50
	E	110	90	70	50
	B、F、H 和 C	110	90	70	50
3	最上层变压器油:				
	(1)作为灭弧介质时		80		40
	(2)只作为绝缘介质时		90		50
4	接触连接				
	(1)用螺栓、螺纹、铆钉或其他形式紧固的:				
	a 铜或铝无镀层	80	85	40	45
	b 铜或铝镀(搪)锡	90	90	50	50
	c 铜镀银	105	90	65	50
	d 铜镀银厚度大于 50μm 或镀银片	120	90	80	50
	(2)用弹簧压紧的:				
	a 铜或铜合金无镀层	75	80	35	40
	b 铝或铝合金无镀层		80		40
	c 铜或铜合金镀银	105	90	65	50
	d 银或银合金铜镀银厚度大于 50μm 或镀银片	(120)	90	(80)	50
5	铜编织线(包括紫铜带)	(80)	(85)	(40)	(45)
6	起弹簧作用的金属零件	见注 1			

- 注:1. 最大允许温度不应达到丧失材料弹性,对纯铜此温度 75℃。
2. 被擦掉具有银镀层的接触连接,若接触表面的银镀层被电弧烧灼(露铜),或者在进行机械寿命试验后银镀层的,则其发热温度按没有银镀层时处理。
3. 粉末冶金制件接触的允许发热温度,由制造厂在各种产品技术条件中加以规定。
4. 表中括号内的数值,作为推荐使用值。

2.2.3 低压电器的常用使用类别及其代号

低压电器常用使用类别及其代号见表 1.2-11。

表 1.2-11 低压电器的常用使用类别及其代号

电流种类	使用类别代号	典 型 用 途 举 例	有关产品
交流	AC-1	无感或低感负载,电阻炉	低压接触器和电动机 起动器
	AC-2	绕线转子异步电动机的起动、分断	
	AC-3	笼型异步电动机的起动运转中分断	
	AC-4	笼型异步电动机的起动、反接制动或反向运转、点动	
	AC-5a	放电灯的通断	
	AC-5b	白炽灯的通断	
	AC-6a	变压器的通断	
	AC-6b	电容器组的通断	
	AC-7a	家用电器和类似用途的低感负载	
	AC-7b	家用的电动机负载	
	AC-8a	具有手动复位过载脱扣器的密封制冷压缩机中的电动机控制	
	AC-8b	具有自动复位过载脱扣器的密封制冷压缩机中的电动机控制	
	AC-12	控制电阻负载和光耦器隔离的固态负载	控制电路电器和 开关元件
	AC-13	控制变压器隔离的固态负载	
	AC-14	控制小容量电磁铁负载	
	AC-15	控制交流电磁铁负载	
	AC-20	空载条件下闭合和断开电路	低压开关、隔离器、 隔离开关及熔断器 组合电器
	AC-21	通断电阻负载、包括通断适中的过载	
	AC-22	通断电阻、电感混合的负载,包括通断适中的过载	
	AC-23	通断电动机负载或其他高电感负载	
	AC-23	通断电动机负载或其他高电感负载	
交直流	A	无额定短时耐受电流要求的电路保护	低压断路器
	B	具有额定短时耐受电流要求的电路保护	
直流	DC-1	无感或低感负载,电阻炉	低压接触器
	DC-3	并励电动机的起动、反接制动或反向运转、点动、电动机在动态中分断	
	DC-5	串励电动机的起动、反接制动或反向运转、点动、电动机在动态中分断	
	DC-6	白炽灯的通断	
	DC-12	控制电阻性负载和光耦器隔离的固态负载	控制电路电器和 开关元件
	DC-13	控制直流电磁铁	
	DC-14	控制电路中有经济电阻的直流电磁铁负载	
	DC-20	空载条件下的闭合和断开电路	低压开关、隔离器、 隔离开关及熔断器 组合电器
	DC-21	通断电阻负载,包括通断适度的过载	
	DC-22	通断电阻电感混合负载,包括通断适中的过载(如并励电动机)	
	DC-23	通断高电感负载(如串励电动机)	

2.2.4 接通与分断能力

本节所列表格数据适用于低压电器新设计的产品,对于老产品,其技术数据应符合各产品的技术数据。

(1)熔断器的额定分断能力 交流额定电压在 500V 及以下的工业熔断器的额定分断能力应不低于 50kA;对于额定电压为 380V 的家庭和相似用途的熔断器的额定分断能力应不低于 20kA;对于额定电压为 220V 的熔断器应不低于 6kA。

(2)断路器的额定短路分断能力的分级和接通能力之间的比率 n 见表 1.2-12。

(3)低压开关、隔离器、隔离开关及熔断器组合电器的接通和分断能力见表 1.2-13。

(4)控制电机等用低压电器在不同使用类别下的接通和分断能力见表 1.2-14~表 1.2-17。

(5)控制电路电器和开关电器辅助触头在正常条件和非正常条件下的接通和分断能力见表 1.2-18 和表 1.2-19。

表 1.2-12 断路器的额定短路分断能力的分级和接通能力之间的比率 n

额定短路分断能力的分级 /kA	额定短路分断能力 I_{cn}/kA 有效值	试验电压为额定电压的倍数	要求的最小短路接通能力为 n 倍的 I_{cn}	交流功率因数 $\cos\varphi$	直流时间常数 T/ms
1.5	$I_{on} \leq 1.5$	$1.05 U_e \pm 0.05$	$1.41 \times I_{cn}$	0.95	5
2.3	$1.5 < I_{on} \leq 3$		$1.42 \times I_{cn}$	0.9	5
4.5	$3 < I_{on}$		$1.47 \times I_{cn}$	0.8	5
6	$4.5 < I_{on} \leq 6$		$1.52 \times I_{cn}$	0.7	5
10	$6 < I_{on} \leq 10$		$1.7 \times I_{cn}$	0.5	5
15、20	$10 < I_{on} \leq 20$		$2 \times I_{cn}$	0.3	10
25、30、40、50	$20 < I_{on} \leq 50$		$2.1 \times I_{cn}$	0.25	15
60、70、80、100	$50 < I_{on}$		$2.2 \times I_{cn}$	0.2	15

注：各种型号的断路器的通断能力在技术文件中具体规定。

表 1.2-13 低压开关、隔离器、隔离开关和熔断器组合电器在各种使用类别下的接通和分断能力

使用类别	额定工作电流	接通 ^①			分断			操作循环数
		I/I_e	U/U_e	$\cos\varphi$ 或 $(L/R)/\text{ms}$	I_e/I_e	U_r/U_e	$\cos\varphi$ 或 $(L/R)/\text{ms}$	
AC-20A AC-20B	所有电流	—	—	—	—	—	—	
AC-21A AC-21B	所有电流	1.5	1.05	0.95	1.5	1.05	0.95	5
AC-22A AC-22B	所有电流	3	1.05	0.65	3	1.05	0.65	5
AC-23A AC-23B	$0 < I_e \leq 100\text{A}$	10	1.05	0.45	8	1.05	0.45	5
	$100\text{A} < I_e$	10	1.05	0.35	8	1.05	0.35	3
DC-20A DC-20B	所有电流	—	—	—	—	—	—	
DC-21A DC-21B	所有电流	1.5	1.05	1	1.5	1.05	1	5
DC-22A DC-22B	所有电流	4	1.05	2.5	4	1.05	2.5	5
DC-23A DC-23B	所有电流	4	1.05	15	4	1.05	15	5

①对于交流，接通电流用电流周期分量有效值表示。

表 1.2-14 控制电动机等用低压电器在不同使用类别下的接通和分断能力

使用类别	接 通 和 分 断 (通 断)					
	I_c/I_e	U_c/U_e	$\cos\varphi$ 或 $(L/R)/\text{ms}$	通电时间 ^② /s	间隔时间 /s	操作循环次数
AC-1	1.5	1.05	0.8	0.05	⑥	50
AC-2	4.0 ^②	1.05	0.65 ^③	0.05	⑥	50
AC-3 ^④	8.0	1.05	①	0.05	⑥	50
AC-4 ^④	10.0	1.05	①	0.05	⑥	50
AC-5a	3.0	1.05	0.45	0.05	⑥	50
AC-5b	1.5 ^③	1.05	③	0.05	60	50
AC-6a	根据表 1.2-17, 由 AC-3 的试验参数导出					
AC-6b	⑤					

(续)

使用类别	接 通 和 分 断 (通 断)					
	I_c/I_e	U_c/U_e	$\cos\varphi$ 或 $(1/R)/ms$	通电时间 ^② /s	间隔时间 /s	操作循环次数
AC-7a	1.5	1.05	0.8	0.05	⑥	50
AC-7b	8.0	1.05	①	0.05	⑥	50
AC-8a	6.0	1.05	①	0.05	⑥	50
AC-8b	6.0	1.05	①	0.05	⑥	50
DC-1	1.5	1.05	1.0	0.05	⑥	50 ^①
DC-3	4.0	1.05	2.5	0.05	⑥	50 ^①
DC-5	4.0	1.05	15.0	0.05	⑥	50 ^①
DC-6	1.5	1.05	③	0.05	60	50 ^①
	接 通 ^④					
	I/I_c	U/U_c	$\cos\varphi$	通电时间 ^②	间隔时间	操作循环次数
AC-3	10	1.05 ^⑦	①	0.05	10	50
AC-4	12	1.05 ^⑧	①	0.05	10	50

- ① $I_c \leq 100A$, $\cos\varphi = 0.45$; $I_c > 100A$, $\cos\varphi = 0.35$ 。
- ② 表中所列 0.05s 为最小值, 最大通电时间不超过 0.1s, 若触头在重新断开之前已经完全闭合到底, 则允许时间小于 0.05s。
- ③ 试验用白炽灯作为负载。
- ④ 用一种极性做 25 次, 另 25 次换为相反极性。
- ⑤ 电容性的额定值可由通断电容器试验获得, 或以实验或经验的基础加以确定。表 1.2-17 中给出了一个参考公式作为指南, 这个公式未计及谐波效应产生的热效应, 因此, 用本公式导出的数值应把温升考虑进去。
- ⑥ 见表 1.2-15。
- ⑦ 对 U/U_c , 允许 $\pm 20\%$ 的误差。
- ⑧ 所给的值用于定子接触器, 对于转子接触器, 功率因数为 0.95。
- ⑨ 使用类别 AC-3 和 AC-4 的接通条件也必须验证, 当制造厂允许时, 可与接通和分断试验一起进行试验。此时, 接通电流的倍数为 I/I_c , 分断电流为 I_c/I_e 。25 次操作循环的控制电源电压为额定控制电源电压 U_c 的 110%, 另 25 次为 U_c 的 85%, 间隔时间由表 1.2-15 确定。

表 1.2-15 额定接通与分断能力时分断时流 I_c 和间隔时间之间的关系

分断电流 I_c/A	间隔时间/s	分断电流 I_c/A	间隔时间/s
$I_c \leq 100$	10	$600 < I_c \leq 800$	80
$100 < I_c \leq 200$	20	$800 < I_c \leq 1000$	100
$200 < I_c \leq 300$	30	$1000 < I_c \leq 1300$	140
$300 < I_c \leq 400$	40	$1300 < I_c \leq 1600$	180
$400 < I_c \leq 600$	60	$1600 < I_c$	240

表 1.2-16 控制电动机等用低压电器在不用使用类别下的约定操作性能的接通和分断能力

使用类别	接 通 和 分 断 (通 断) 条 件					
	I_c/I_e	U_c/U_e	$\cos\varphi$ 或 $(L/R)/ms$	通电时间 ^② /s	间隔时间 /s	操作循环次数
AC-1	1.0	1.05	0.80	0.05	③	6000 ^⑬
AC-2	2.0	1.05	0.65	0.05	③	6000 ^⑬
AC-3	2.0	1.05	①	0.05	③	6000 ^⑬
AC-4	6.0	1.05	①	0.05	③	6000 ^⑬
AC-5a	2.0	1.05	0.45	0.05	③	6000 ^⑬
AC-5b	1.0 ^②	1.05	⑦	0.05	④	6000 ^⑬
AC-6	⑩	⑩	⑩	⑩	⑩	⑩
AC-7a	1.0	1.05	0.80	0.05	③	30000
AC-7b	⑩	⑨	①	0.05	③	30000
AC-8a ^⑨	1.0	1.05	0.80	0.05	③	30000
AC-8b	6.0	1.05	0.35	1	⑤	5900
				10	⑥	100
DC-1	1.0	1.05	1.0	0.05	④	6000 ^⑬
DC-3	2.5	1.05	2.0	0.05	③	6000 ^⑬
DC-5	2.5	1.05	7.5	0.05	③	6000 ^⑬
DC-6	1.0 ^②	1.05	⑦	0.05	④	6000 ^⑬

① $I_e \leq 100A$, $\cos\varphi = 0.45$; $I_e > 100A$, $\cos\varphi = 0.35$.

② 表中所列的 0.05s 为最小值, 最大通电时间不超过 0.1s; 若触头在重新断开之前已经完全闭合到底, 则允许时间小于 0.05s。

③ 见表 1.2-15。

④ 间隔时间为 60s。

⑤ 间隔时间为 9s。

⑥ 间隔时间为 90s。

⑦ 试验用白炽灯作为负载。

⑧ 用一种极性做一半次数, 另一半次数换为相反极性。

⑨ 接通为 $U/U_e = 1.0$, 分断为 $U_c/U_e = 0.17$ 。

⑩ 接通为 $I/I_e = 6.0$, 分断为 $I_c/I_e = 1.0$ 。

⑪ 暂空。

⑫ 使用类别 AC-8b 的试验应与 AC-8a 的试验相伴进行, 试验允许在不同的试品上进行。

⑬ 对于人力操作的开关电器, 有载次数占 5/6, 接着进行的无载操作次数占 1/6。

表 1.2-17 控制电动机用低压电器

根据 AC-3 额定工作电流确定 AC-6a 和 AC-6b 工作电流

额定工作电流	由使用类别 AC-3 的额定电流确定
$I_c(\text{AC-6a})$ ——用于通断浪涌电流峰值不大于额定电流 30 倍的变压器	$0.45I_c(\text{AC-3})$
$I_c(\text{AC-6b})$ ——用于通断单独电容器组, 电容器安装处的预期短路电流为 i_k	$i_k \frac{X^2}{(X-1)^2}$ 式中 $X = 13.3 \frac{I_c(\text{AC-3})}{i_k}$ 且 $i_k > 205I_c(\text{AC-3})$

注: 工作电流 $I_c(\text{AC-6b})$ 的最高浪涌电流峰值由下式导出:

$$I_{p\max} = \frac{\sqrt{2}U_c}{3} \cdot \frac{1 + \sqrt{X_c/X_l}}{X_l - X_c}$$

式中 U_c ——额定工作电压; X_l ——电路短路阻抗; X_c ——电容器组的电抗。

本公式有效的条件是: 接触器或起动器电源的电容可忽略不计, 且电容器没有预充电。

表 1.2-18 控制电路电器和开关电器辅助触头在正常条件下的接通和分断能力

使用类别	接通 ^①			分断 ^①			操作参数		
	I/I_c	U/U_c	$\cos\varphi$ 或 $T_{0.95}$	I/I_c	U/U_c	$\cos\varphi$ 或 $T_{0.95}$	操作循环 次数 ^②	每分钟操 作次数	通电时间 /s
AC-12	1	1	0.9	1	1	0.9	6050	6	≥ 0.05
AC-13 ^③	2	1	0.65	1	1	0.65	6050	6	≥ 0.05
AC-14 ^④	6	1	0.3	1	1	0.3	6050	6	≥ 0.05
AC-15 ^⑤	10	1	0.3	1	1	0.3	6050	6	≥ 0.05
DC-12	1	1	1ms	1	1	1ms	6050	6	≥ 0.05
DC-13	1	1	6P ^③	1	1	6P ^③	6050	6	≥ 0.05 ^④
DC-14 ^⑤	10	1	15ms	1	1	15ms	6050	6	≥ 0.05

① 试验量值的允差: 电流为 0% ~ +5%, $\cos\varphi$ 为 ± 0.05 。

② 头 50 次操作循环应在 $U/U_c = 1.1$ 条件下进行。

③ 6P 是经验公式, 它是从代表大多数直流电磁铁负载的上限 $P = 50\text{W}$, 即 $6P = 300\text{ms}$ 的经验关系中求得。对于功率消耗大于 50W 的负载, 可假定是由并联的较小的负载组成。因此, 无论功率消耗值为多少, 300ms 可作为上限值。

④ 如果 $T_{0.95}$ 大于 0.05s, 则通电时间至少为 $T_{0.95}$ 。

⑤ 当分断电流与接通电流不同时, 通电时间与接通电流值有关, 电流从接通电流值降到分断电流值需要适当的时间, 例如: 0.05s。