

《电世界》杂志社 编

集资深专家多年经验
针对现场问题，为您指点迷津
围绕设备操作，为您解答解惑

CHANGYONG GAODIYA
DIANQISHEBEI
XIANCHANG CAOZUO
YINANJIEDA

常用高低压电气设备 现场操作疑难解答

低压电器分册



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

TM52

9

常用高低压电气设备 现场操作疑难解答 低压电器分册

《电世界》杂志社 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

在高低压电气设备的使用过程中会遇到许多问题,而《电世界》杂志“读者信箱”专栏就旨在解答读者工作实践中遇到的技术难题,内容涉及电气技术的各个领域。为满足广大读者的需要,现对2005年前该专栏的内容按照高压电器、低压电器和电机进行分类,遴选精彩部分,编写一套《常用高低压电气设备现场操作疑难解答》,分为高压电器分册、低压电器分册和电机分册三册,以飨读者。

本书为《常用高低压电气设备现场操作疑难解答 低压电器分册》。全书共分7章。分别为低压电器设备、电力拖动、电子元器件和自动控制装置、电焊设备和电热设备、电工仪器仪表、蓄电池和干电池、电气照明和家用电器等内容。

本书可供从事低压电器生产、运行、检修等电工人员、技术人员使用,也可供相关专业的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

常用高低压电气设备现场操作疑难解答. 低压电器分册/
《电世界》杂志社编. —北京:中国电力出版社,2006

ISBN 7-5083-4154-6

I. 常... II. 电... III. 低电压-电气设备-问答
IV. TM-44

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第015131号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2006年5月第一版 2006年5月北京第一次印刷
850毫米×1168毫米 32开本 16.25印张 444千字
印数0001—3000册 定价30.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前言



《电世界》杂志创刊于1946年，是国内历史最悠久的电气技术月刊。《电世界》坚持“综合性、实用性、普及性”的办刊方针，内容贴近生产、贴近实际，深受广大从事电气工作的科技人员、技术人员和院校师生的喜爱。

长期以来，上海市电机工程学会编辑委员会在编辑出版《电世界》的同时，还出版了《电动机文辑》、《电世界信箱选集》、《大楼的电气照明工程安装》、《电气事故的分析与处理》、《电子实用线路》、《家用电冰箱原理与维修》、《工矿企业电气设备典型线路》、《电工测验500例》、《工厂实用电动机调速技术》、《电工作业安全技术》、《新编电工问答2200例》等《电世界》丛书，深受广大读者欢迎。

“读者信箱”专栏是《电世界》的特色栏目之一，旨在解答读者工作实践中遇到的技术难题，是《电世界》为读者构建的免费咨询服务平台。多年来，“读者信箱”专栏来信踊跃，内容涉及电气技术的各个领域，深受广大读者的欢迎。值此《电世界》创刊60周年之际，我们对2005年前该专栏的内容按专业进行分类，遴选精彩部分，汇编成《常用高低压电气设备现场操作疑难解答》，以飨读者。同时，也为《电世界》创刊60周年献礼。

本书《常用高低压电气设备现场操作疑难解答》共分高压电器分册、低压电器分册和电机分册三本。

本分册即为低压电器分册，以低压电器、电力拖动、电子器件、电焊设备、电热设备、电工仪器仪表、蓄电池、照明及家用电

器为主要内容。这些内容是读者工作实践中常见的技术难题，得到了许多专家的支持，他们为“读者信箱”付出了辛勤的劳动，在此谨向陈培国、余维张、刘炳彰、邱民德、施凉奎、张宗桐、王常余、俞松尧、郝鸿安、蔡敏琦、吴国忠、汪鸿生、盛焕炯、王晋、吴识今、刘 星、陆建功、邬志和等同志表示感谢。

本分册由陆弘任主编，郑伟明、马船红、冯维泰参加编写。

《电世界》杂志社

2006年3月

目 录

前言

 低压电器	1
1.1 基本概念	1
1.1.1 高海拔和使用环境对低 压电器的影响	1
1.1.2 频率对低压电器的影响 ..	1
1.1.3 触头焊接和接触电阻测 量	2
1.2 接触器	3
1.2.1 线圈	3
1.2.2 短路环	7
1.2.3 触头	9
1.2.4 铁心	11
1.2.5 交流接触器无声节电运 行	12
1.3 低压断路器	17
1.3.1 低压断路器脱扣器	17
1.3.2 断路器的选用	19
1.3.3 漏电断路器	22
1.4 熔断器和刀开关	24
1.4.1 熔断器	24
1.4.2 刀开关	26
1.4.3 铁壳开关	27
1.5 继电器	27
1.5.1 电流、电压继电器	27
1.5.2 冲击继电器	29
1.5.3 时间继电器	30
1.5.4 保护继电器	31
1.5.5 直流继电器	32
1.5.6 汽车截流继电器	33
1.5.7 固态继电器	34
1.6 其他低压电器	36
1.6.1 异步电动机起动装置	36
1.6.2 电磁铁	37
1.6.3 检漏器	40
1.6.4 发爆器	41
1.6.5 电流换相开关	42
1.7 低压开关柜	43
1.7.1 母线排的安装方式	43
1.7.2 元件选用	45

2 电力拖动 47

- 2.1 笼型异步电动机起动** ... 47
 - 2.1.1 起动原理及参数 47
 - 2.1.2 直接起动 50
 - 2.1.3 电阻起动 52
 - 2.1.4 Y— Δ 起动 53
 - 2.1.5 自耦变压器和电抗器起动 55
 - 2.1.6 软起动器起动 59
 - 2.1.7 起动故障及起动器修理 62
- 2.2 笼型异步电动机控制电路和元件选择等** 66
 - 2.2.1 控制电路和元件选择 66
 - 2.2.2 运行 71
 - 2.2.3 制动 76
 - 2.2.4 保护 84
- 2.3 变频器和笼型异步电动机变频调速** 90
 - 2.3.1 变频调速原理和参数 90
 - 2.3.2 变频器选用和运行 97
 - 2.3.3 变频器控制电路 103
- 2.3.4 变频器电流、电压的测量 111
- 2.3.5 变频器维护与检修 114
- 2.3.6 变频笼型异步电动机 ... 122
- 2.4 绕线转子异步电动机起动** 124
 - 2.4.1 电阻起动 124
 - 2.4.2 频敏变阻器起动 132
- 2.5 绕线转子异步电动机调速、运行** 138
 - 2.5.1 调速 138
 - 2.5.2 运行 140
- 2.6 其他电动机电力拖动** 148
 - 2.6.1 电磁调速电动机起动和运行 148
 - 2.6.2 双速电动机起动和运行 151
 - 2.6.3 三相异步换向器电动机起动和运行 155

3 电子元器件和自动控制装置 158

- 3.1 晶体管、二极管、发光二极管** 158
 - 3.1.1 晶体管 158
 - 3.1.2 二极管 159
 - 3.1.3 发光二极管 160
- 3.2 晶闸管** 161
 - 3.2.1 原理和基本参数 161
 - 3.2.2 实际应用和维修 167
- 3.3 集成电路** 175
 - 3.3.1 原理和基本参数 175
 - 3.3.2 实际应用和维修 189
- 3.4 整流电路** 192
 - 3.4.1 二极管整流电路 192
 - 3.4.2 晶闸管整流电路 197

3.4.3 整流电路比较及调压、 保护	201	3.5.1 控制器和控制电路	205
		3.5.2 电子设备	208

3.5 自动控制装置 205

电焊设备和电热设备 212

4.1 电焊设备的使用 和改制	212	和改制	241
4.1.1 使用	212	4.5.1 使用	241
4.1.2 改制	215	4.5.2 电炉设备用变压器、电 热丝和控温电路等	247
4.2 交流电焊机	216	4.5.3 改制	253
4.2.1 结构和使用的	216	4.6 中频电炉	254
4.2.2 运行中的故障	222	4.6.1 中频电源装置	254
4.2.3 计量	225	4.6.2 中频电炉的使用	264
4.3 直流电焊机	228	4.6.3 中频电炉的故障 和维修	269
4.3.1 结构和使用的	228	4.7 其他电炉	274
4.3.2 运行中的故障	232	4.7.1 高频加热设备	274
4.4 其他焊机	238	4.7.2 工频加热设备	277
4.4.1 点焊机	238	4.7.3 加热炉和电阻炉	279
4.4.2 对焊机	239	4.7.4 电弧炉	285
4.4.3 埋弧焊机	240	4.7.5 淬火炉	287
4.4.4 氩弧焊机	240		

4.5 电炉设备的使用

电工仪器仪表 290

5.1 常用电工测量仪表	290	5.2.1 功率表	321
5.1.1 基本概念和结构	290	5.2.2 功率因数表	324
5.1.2 电流表	297	5.2.3 相序表和相位表	329
5.1.3 电压表	301	5.2.4 接地电阻测试仪	331
5.1.4 万用电表	304	5.2.5 示波器	334
5.1.5 兆欧表	315	5.2.6 电桥	337
5.2 其他电工测量仪表 和仪器	321	5.2.7 温度计和控温仪	339
		5.2.8 测电笔	341

5.2.9 转速表	343	5.4.5 选配错误的电能表接线	392
5.3 电能表	345	5.4.6 无功电能计量	394
5.3.1 基本概念	345	5.5 仪用互感器	398
5.3.2 电能表的读数与误差	349	5.5.1 与电能表配用时的倍率	398
5.3.3 单相电能表及其使用	352	5.5.2 按电能表容量的选配方	402
5.3.4 三相三线 and 三相四线有功电能表	356	5.5.3 配用互感器后的误差	406
5.3.5 特种电能表	360	5.5.4 与电能表配套时的接线和故障	409
5.3.6 校验	364	5.6 电能计费 and 计费修正	416
5.4 有功电能表的接线 and 无功计量	369	5.6.1 企业电价计费	416
5.4.1 接入单相线路的电能表接线	369	5.6.2 高压计量箱用电计量	419
5.4.2 接入三相三线制线路的电能表接线	372	5.6.3 电能表计量问题	423
5.4.3 接入三相四线制线路的电能表接线	377	5.6.4 接线错误时的计费修正	428
5.4.4 错误接线分析	384	5.6.5 功率因数 and 无功电能计量	436
 蓄电池 and 干电池	439		
6.1 铅酸蓄电池	439	6.2.1 主要性能指标	453
6.1.1 主要性能指标	439	6.2.2 使用	454
6.1.2 充放电	441	6.3 干电池	457
6.1.3 使用	444	6.3.1 锌-锰干电池	457
6.1.4 维护和检修	448	6.3.2 锂电池	459
6.2 碱性蓄电池	453		
 电气照明 and 家用电器	460		
7.1 白炽灯	460	7.1.2 使用	461
7.1.1 工作原理	460	7.1.3 故障与检查	463

7.2 荧光灯	464	7.5.4 碘钨灯	492
7.2.1 工作原理	464	7.6 照明线路	493
7.2.2 使用	466	7.6.1 线路敷设	493
7.2.3 节能	467	7.6.2 线路保护	494
7.2.4 安装	471	7.6.3 线路故障与检查	495
7.2.5 故障与检查	474	7.7 灯具选用	497
7.3 高压汞灯	476	7.7.1 照度测量	497
7.3.1 工作原理	476	7.7.2 灯具寿命	497
7.3.2 使用	478	7.7.3 频率不同时灯具的 选用	498
7.3.3 故障与检查	481	7.7.4 工厂照明灯具	499
7.4 高压钠灯	484	7.7.5 体育场、商场、仓库 照明灯具	502
7.4.1 工作原理	484	7.8 家用电器	505
7.4.2 使用	486	7.8.1 洗衣机	505
7.4.3 故障与检查	488	7.8.2 家用稳压器	506
7.5 霓虹灯、镝灯、氙灯、 碘钨灯	490	7.8.3 插头、插座和接线 颜色	507
7.5.1 霓虹灯	490	7.8.4 电铃	508
7.5.2 镝灯	491		
7.5.3 氙灯	492		

① 低 压 电 器

● 1.1 基本概念

1.1.1 高海拔和使用环境对低压电器的影响

【问】 高海拔对低压电器有什么影响？怎样处理？

【答】 高海拔对低压电器的绝缘强度、温升及分断能力等均有不同程度的影响。温升随海拔增高而递增，每增高 100m，温升增加 0.1~0.5K，一般在 0.4K 以下。但气温随海拔升高而递减，每升高 100m，气温降低 0.5K。因此海拔对温升的影响可以为气温的降低值所补偿。在大气中灭弧的低压电器，分断能力往往比电器的额定分断能力小。只有在实际需要分断能力非常接近电器的额定分断能力时，才需考虑选用分断能力较大的电器。低压电器的电气间隙和漏电距离的击穿强度随海拔增高而降低，一般为每 100m 递减 0.5%~1%，最大值不超过 1%。使用在高海拔地区时应适当提高其击穿强度。

1.1.2 频率对低压电器的影响

【问】 原来按 60Hz 设计的带有电磁线圈的电器，能否用在 50Hz 的电源上？反过来是否可以？为什么？

【答】 在电器的电磁线圈电路中，电势平衡方程式一般都可近似地写成

$$U = -E$$

$$E = k_f W \phi$$

式中 U ——交流电源的电压；

E ——由主磁通所产生的感应电势；

k ——比例常数；

f ——电源频率；

W ——电器线圈的匝数；

ϕ ——主磁通。

由此可知，当电源电压 U 和线圈匝数 W 一定时，频率和主磁通的乘积应为常数，即频率和主磁通值成反比。

当频率 60Hz 的电器设备用在 50Hz 时，按上述原理，主磁通应增加到原来的 $\frac{6}{5}$ 倍。于是铁心过饱和，励磁电流大大增加，铁损也大大增加。这样，电器线圈导体中的电流也会超过其额定值而烧毁。

当频率由 50Hz 改为 60Hz 时，主磁通应减少到原来的 $\frac{5}{6}$ 倍。此时，虽无铁心过饱和之虑，但由于电器的电磁吸力与磁通值的平方成正比，所以，磁通减小后，引起电器电磁吸力的降低，将不能正常工作。

1.1.3 触头焊接和接触电阻测量

【问】 用气焊熔焊银片触头时，应如何保证质量？

【答】 银片可用气焊方法焊到铜的触桥（或触杆）上。但对于磷铜或黄铜的触桥，要防止气焊时因退火而性能变软或脆裂。若用湿布包住不焊部位再进行气焊，则可有所改善。

【问】 现有 660V、250A 真空接触器一台，请介绍测量触头间接触电阻的方法？

【答】 测量断路器、接触器的接触电阻，方法有：

(1) 压降法。根据国家标准，通过直流 100A 测量触头两端的压降，然后用欧姆定律计算出接触电阻值。

(2) 双臂电桥法。可直接测读接触电阻值，但所得数值不甚准确。专用的仪器有 JZ—1 型接触电阻测试仪等。

● 1.2 接触器

1.2.1 线圈

【问】 使用的交流接触器线圈经常烧坏，有哪些原因？如何处理？

【答】 接触器线圈发热烧坏的故障原因有：

(1) 接触器线圈通以交流电的，线圈中的励磁电流的大小和气隙成正比，一般在衔铁释放位置时电流为最大。当接触器因转动机械部分磨损后动作不灵活时，则衔铁吸不上，线圈中由于长期流过的起动电流，使其发热而烧坏。

(2) 由于反作用弹簧的作用力过大，使衔铁不能闭合，线圈也会发热烧坏。

(3) 线圈额定电压与线路电压不符。如工作电压过低或触头的压力过大，会造成电磁吸力不足以克服反作用力而使线圈烧坏。

(4) 由于机械擦伤或附有导电尘埃而使线圈部分短路发热烧坏。

根据以上各种烧坏的故障原因，进行研究分析后予以消除。对于衔铁吸不上的故障，可以调整工作电压，减小弹簧反力，或校正动作机构等方法来解决。对于线圈部分短路烧坏的故障，则应更换线圈，并经常保持清洁以防止故障。

【问】 如何修复接触器的线圈？

【答】 要正确计算接触器的线圈参数是麻烦的，而且很难在一次计算中得到可靠的结果。所以，尽可能不要用计算的方法。最简单可靠的方法则是根据原来的匝数、线径重绕。一般的线圈上都有一块标牌，注明匝数和线径；如果没有或看不清，可仔细将原来的线圈拆下，边拆一层边记下一层匝数，再测量一下线径，便可得到线圈数据了。如果旧线圈已经没有了，可先凭经验或其他简单方法估算一只线圈（匝数为 W ）套到铁心上，装好后通电试验。最好有一个调压器，试出最低的吸上电压 U_m 。如果 U_m 在线圈额定电压 U

的 70% ~ 80% 之间, 表明匝数正好, 只要不发热, 线径和匝数就可以不变。否则, 需要的匝数 W' 可按下式估算, 即

$$W' = \frac{(0.7 \sim 0.8) U}{U_m} \times W$$

线径可根据铁心的窗口面积和第一次试绕的情况来估计, 既不要绕不下, 也不要过小, 因为线圈的温升不完全决定于线径。绕好的线圈再作试验, 如果常温时在 80% 额定电压以下能够吸上, 长期通入额定电压时又不发热, 表示线圈设计可用。如果发热而 U_m 又比 80% U 小得多, 可适当增加线圈匝数和减小路径; 反之, 如温升较低, 且 80% U 吸不上, 可适当减少线圈匝数。当然, 这样试验出来的线圈数据不够理想, 对性能和寿命可能有很大影响, 只能达到勉强使用的目的。

【问】 一台自耦减压起动箱在运行中, 由于电源电压过低 (350V 以下), 箱内所配的 CJ12B—250/3 型交流接触器的线圈多次烧毁。最严重的一次是因线圈烧毁而引起明火, 导致箱内其他电气配件及控制线着火烧毁。请问有何解决办法?

【答】 CJ12 系列交流接触器的使用说明书上明确指出, 产品如在 (85% ~ 105%) U_N (额定电压) 的范围内运行, 是绝对不成问题的。为此, 题中所述产品的工作电压为 350V, 即等于 92% U_N , 这是在规定范围内运行, 应该是允许的。至于造成接触器的吸引线圈经常烧毁的起因, 还须从其他途径上予以诊断。例如交流接触器的遮极线圈 (俗称短路环) 有否出现断裂现象, 其控制电路是否正常等。

【问】 (1) 有一控制电路交流控制电压 380V (见图 1-1), 要在 780m 处再设一副开、停按钮, 用 RVV16 × 1mm² 导线连接。调试时发现按下按钮 SST, 接触器 K 得电; 按下按钮 SSTP1, K 不失电。拆开端子 2、3, K 仍不失电, 按 SSTP, K 失电。请问是何原因? 应如何解决?

(2) 多芯控制电缆一根接电源一端，另外空的线对电源另一端均有较高电压。请问是何道理？

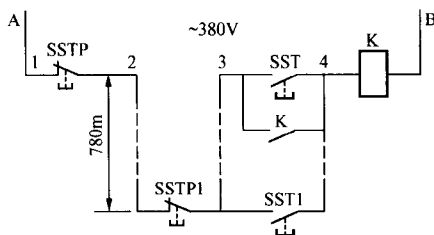


图 1-1 控制电路

【答】 (1) 控制电压用交流 380V 和控制电路过长 (780m) 时，应考虑长电缆的电容电流对接触器释放的影响，尤其是目前大量的节能型接触器的应用，接触器的维持吸合电流相当小，更容易发生接触器不失电的毛病。同样，如果信号灯也是用 380V 的话，尤其是安装节能型的信号灯时，则是红绿灯一起亮，使你分辨不清接触器是处于运行状态还是断开状态。解决以上问题的方法：可将控制电路和信号灯回路的控制电压均采用交流 220V 试试看。

(2) 多芯控制电缆一根接电源，另外空的线虽未接电源，但若另一端接负载，则可通过负载传来高电位。当然，若空的线的两端均空着，则不可能有高电压产生。

【问】 为什么同型号的交流接触器，线圈控制电压要分等级？为什么有的线圈控制电压虽不同，但控制的电动机功率大小却一样？

【答】 交流接触器实际使用时，其线圈是接在控制电路中的。控制电路电源电压的种类和大小由用户根据控制系统的要求和方便来选择。常用的额定控制电源电压有交流 380、220、110、36V，故交流接触器线圈的控制电压也要分相应的等级来满足实际使用的需要。

交流接触器主触头的额定值只与所控制的电动机功率有关，而

与线圈的控制电压大小无关。同一型号的交流接触器，即使其线圈控制电压不同，可控制的电动机功率大小都是一样的。

【问】 现有三个计算交流接触器线圈的公式：

$$W = 32 \cdot \frac{U}{S} \quad (1)$$

$$W = \frac{45}{B} \cdot \frac{U}{S} \quad (2)$$

$$W = \frac{8}{0.155} \cdot \frac{U}{S} \quad (3)$$

式中 W ——线圈匝数；

U ——工作电压，V；

S ——铁心截面， cm^2 ；

B ——铁心磁通密度，一般取 $0.70 \sim 0.75\text{T}$ 。

用这三个公式计算出来的结果相差很大，究竟哪个公式计算较正确？

【答】 这三个公式的基本原理相仿，只是式（2）中系数的分母多了一个变量 B ，而式（1）和式（3）中把 B 值及漏磁等因素都已作为常数集中反映在一个系数里，这就限制了式（1）、式（3）的使用范围。若计算的条件与原公式的条件差距较大，则计算结果自然不对。

实际上精确地计算磁路是十分复杂的，通过忽略各种因素的计算公式总是难以得到准确答案的，均须通过反复计算、试验、改进才能得到满意的结果。由于匝数相差 5%，机械寿命就有可能相差 50% 以上，所以简化公式算出的匝数只能勉强使用而达不到原设计要求。因此，修理时一般不要变更原来的设计数据。

【问】 接触器线圈的铭牌已经丢失，从铁心形状能否辨别出是交流还是直流？如原是直流，现想改为交流，怎样改？

【答】 接触器中的电磁铁一般能从外形上辨别出是交流还是直流。因为一般交流电磁铁为了减小在交变磁通过零点时产生的振

动，往往在铁心的极面上嵌有短路的铜圈。直流电磁铁一般采用整块的铁心，但也有用硅钢片叠成的。

直流电磁铁改成交流电磁铁，除了考虑改绕线圈外，还要考虑铁心所用的磁性材料。如果原铁心为软钢，则当使用在交流时，铁心损耗比用硅钢片大，会发生铁心过热的现象，所以不能使用。

1.2.2 短路环

【问】某单位用 CJ12—400、CJ12—600 型交流接触器上的短路环经常烧断，断后噪声很大。用 $\phi 2.25\text{mm}$ 的圆铜漆包线做成原短路环样后换上，噪声消失。但用不了几个月，故障又出现。请问这是什么原因？

【答】一般交流接触器在设计时考虑为消除铁心的噪声，在极面上加一短路环。短路环的设计应全面考虑其分磁后的效果及其本身的短路电流和容许温升。这与短路环在极面上所占有的面积、环的截面积、环的电阻等参数有关。你将一任意截面的铜线代用，往往不能符合原设计的要求，因此可能会因短路电流使铜线本身发热烧断。

短路环的截面是根据要求的电阻值大小决定的，而电阻值与其他参数的配合，是根据接触器吸力脉动最小和平均吸力增加的条件决定的。通常短路环的电阻值可按下式决定，即

$$R = (0.2 \sim 0.4) \frac{2\pi f \mu_0 (S_1 + S_2)}{\delta_1}$$

$$S_1/S_2 \approx 1/2 \sim 1/3$$

式中 S_1 ——铁心端面没有被短路环包围的面积；

S_2 ——铁心端面被短路环包围的面积；

μ_0 ——空气磁导率；

δ_1 ——短路环所包围的铁心端面与衔铁之间的空气隙。

当短路环所包围的截面确定后，短路环包围这块面积的周长 L 可以算出。这样，就可求出短路环的导体截面

$$S = \rho \frac{L}{R}$$