

1110/2



# 电工安全问答

内部资料

# 电工安全技术问答

汪泽民

冶金部安全技术研究所情报室

冶金部安全技术情报网

1986年12月

# 目 录

第一章	触电与急救(问答一至二十).....	(1)
第二章	安全操作(问答二十一至三十九).....	(10)
第三章	安全测试(问答四十至六十).....	(21)
第四章	安全维修(问答六十一至七十).....	(33)
第五章	保护接地(问答七十一至八十五).....	(40)
第六章	断路灭弧(问答八十六至一百零四).....	(47)
第七章	其他电气安全问题 (问答一百零五至一百一十九).....	(70)

## 第一章 触电与急救

### (一) 为什么要重视电气安全?

为实现四个现代化，我国的科学技术正在突飞猛进地向前发展。无论在工业、农业以及人民生活方面，电的用途越来越广泛，只有掌握了电的性能，才能做到安全用电，电具有哪些特点？（1）传输迅速快（30万Km/S）；（2）形态特殊，“看不见，听不着，摸不得”；（3）网络性强，若干个电站联结成一个整体，局部故障就可能波及整个电力网，“发、供、用”在一瞬间同时完成；（4）事故的可能性与危害性较大，如伤害人体，爆炸着火，损坏设备，影响生产甚至造成整个企业、城市以及地区处于瘫痪状态，其后果往往是很严重的。因此，除了直接从事电气工作的人员，必须熟悉电气安全技术外，其他人员也需要懂得一些电气安全常识，以免发生事故。

### (二) 电为什么能伤害人?

人体是导电的，相当于一个电阻。当一定的电压施加于人体时，就会产生一定的电流流过人体。在这个电流的作用下，人体内的组织细胞，尤其是心脏和中枢神经系统将受到破坏。这种由于电流直接流过人体所造成的伤害，叫做“电击”，这是最具有致命危险的。

另一种伤害叫做“电灼伤”。“电灼伤”时，电流并没有流过人体，它是当人位于电气设备的附近，由电弧造成的灼伤。由于电弧的温度很高（电弧中心温度高达3000°C以

上)，而且往往在电弧中夹杂着金属熔粒，侵入人体，严重时要进行切肢治疗，成为残废。

在许多情况下，呈现出上述两种的综合触电现象。

### (三) 对人体有危害的常见电源有哪几种？

(1) 交流电——它是指常用的 $50\text{Hz}$ 交流电源。分高压和低压两种，当一相对于地的电压高于 $250\text{V}$ 时为高压，否则为低压。此外，还有“安全电压”，其值为 $36\text{V}$ 。

(2) 直流电——它是将交流电用电动发电机组或控硅整流后获得的，其用途也越来越广泛。在某些生产工艺方面要求采用直流电作为动力电源，如高炉上料卷扬机，平炉铸锭吊车，各种轧钢机，无轨电车，电解电镀工艺等。此外，在高压电气设备的预防性试验方面，也常常采用直流作为试验电源。

(3) 静电——它是一种处于静止状态的电荷，可由非导体的摩擦、电容器充电和静电感应产生。其实用范围比较狭小，在工业上的使用有电除尘、静电喷漆等。它也能造成伤害。

(4) 雷电——它是大自然的一种静电现象，当具有不同性质的电荷的雷云进行中和放电时，成为雷电，雷电分为云对云放电和云对大地（包括地面建筑物）放电两种。雷云对大地进行直接放电叫做“直击雷”，放电瞬间将产生数万或数十万安培之巨大电流。当雷云在高压输电线路路上感应起很高电位的电荷，或者在雷电流流过的附近电器线路路上感应起的高电位电荷，对某一点放电时，叫做“感应雷”。这两种雷对人身和设备都具有很大威胁，必须搞好防雷保护。

以上所述的四种电，都能造成对人体的伤害。不过，为

害最多的还是常用交流电，这是我们要着重加以研究的。

#### （四）多大电流对人的生命有危险？

电能否对人造成伤害，要看流过人体的电流值的大小。如医学方面对人体进行电疗、绘制心电图等都有电流在人体内流动，而人只有某些感觉，甚至连一点感觉也没有，可见，触电与电流大小有关。以常用50Hz交流电为例，流过人体的电流值及所产生的伤害为：

5~10mA时——麻木；

10~20mA时——轻度昏迷；

20~50mA时——休克；

50~100mA时——死亡；

（以上是利用动物进行间接试验的数据，只供参考）

#### （五）不同周波的电源对人体的危害是否相同？

根据事故统计和动物试验说明，常用的50Hz交流电最危险。频率越高时，危险性反而降低，这是由于高频电流对人体组织细胞的电解游离作用减弱的缘故。频率比50Hz低时，相对来说，危险性也低一些，比如直流50mA对人体的危害与50Hz交流10mA的相同。因此，直流电触电致死的情况，比交流电要少得多。

#### （六）触电时间长短不同，其危害相同吗？

触电者接触带电部分最初一瞬间，表皮角质层没有破坏，人体电阻较大，通过人体的电流较小。当触电时间增长角质层失去时，人体电阻大大减少，通过人体的电流剧增。故触电时间越长，危害越大，比如当人体流过10mA电流

时，在5秒钟内不会造成伤害；20mA时，则不会超过2秒钟，50mA以上时，只能一触即离，否则就有生命危险。

### （七）触电的部位不同，其危害是否相同？

触电伤害的程度与电流通过人体之途径有关，通过脑及心脏的途径是最危险的，电流使神经麻痹而使心脏停止跳动。从手（或头部）到脚，大约有10%的电流通过心脏；从手到手，大约有3%，从脚到脚，也还有0.4%的电流通过心脏。因此，最严重的是从手（或头部）到脚。但认为从脚到脚没有关系的看法也是不对的，因为作用于双脚的电流将引起脚肌肉痉挛，以致使人站立不稳而倒地，从而造成电流流经全身。

### （八）人体电阻大约有多少？

人体的电阻值，因人而异，大致的范围约为1000~10000Ω。就是同一个人，其电阻值也不是固定不变的。它和手脚是否潮湿、出汗，皮肤是否粗糙以及人的精神状态、疲劳程度等有关，但主要还是由皮肤层的电阻决定的。

### （九）低压触电与高压触电有无区别？

低压触电，是当人体直接接触及带电体时发生的。这时有电流流过人体，接触部位的皮肤被电流烧穿，形成更为良好的接触，因而接触电阻减小，电流增大。此时，触电者很难自行摆脱电源。这种触电现象，人们通常叫做“粘住”。

高压触电时的现象有所不同，往往属于“电弧放电”，电压越高这种现象越明显。这是由于电压较高，在带电体周围空间所形成的电场范围较大，电场强度较强。当人体向带

电体移动，尚未触及带电体之前，达到一定的空间间隙时，高压电就开始对人体进行空间放电，形成电弧而烧伤人体。此种情况下，人体自然摆脱电源的可能性较大。这种触电现象，人们通常叫做“弹开”。因此，相对来说，高压触电时烧伤者较多，低压触电时死亡者较多，道理就在这里。

#### (十) 低压变压器中性点为什么要接地？

(1) 为了使每相对地电位保持稳定，中性点接地能使中性点的电位始终处于“零电位”。否则，当发生单相接地故障时，其余两相对地的电压将升高，最高可达到相电压的 $\sqrt{3}$ 倍，将烧毁接于其他两相的电气设备，使故障扩大。

(2) 一般配电变压器高压侧(如10KV)是不接地的，一旦发生异常过电压将高低压线圈之间的绝缘击穿，或者在正常运行时，变压器内部的绝缘损坏，都可能使高电压串入低压回路中来，这对设备和人身都是危险的。因此，低压侧中性点接地，就能起到保护作用，保证低压回路的电压不致于异常升高。

#### (十一) 当触及中性点不接地变压器的导线时，能否触电？为什么？

常见的3~35V电压等级的变压器中性点是不接地的。如果认为“既然不接地，人触及时电流不会构成回路，不会触电”，这种看法是不对的，是不全面的。虽然主电流不成回路，无法流通，但是仍然有三种可能的附属电流要流过人体：

(1) 电容电流——由于变压器绕组和线路(尤其电缆线路)对地有电容存在，当人触及某一相时，等于将这一相进



行了对地短接,该相电容电流通过人体进行瞬间放电,同时,其余两相的电容电流也通过人体流通。这种电容电流的大小与路线长短有关。比如常见的10KV,95mm<sup>2</sup>三芯电缆每公里的电容电流达到1A左右,足以使人丧命。

(2) 泄漏电流——一般这个电流值很小,正常时只有1mA以下,不会造成伤害。但如果绝缘老化或严重受潮时,绝缘电阻大大降低,泄漏电流增大后,仍然存在危险。

(3) 由静电产生的对地放电电流——变压器的一次和二次绕组之间,相当于一个电容器的两极,有静电感应现象存在,其静电荷经过人体对地放电,形成电流。

因此,变压器中性点不接地的系统,也是不允许触摸的。事实上,常见的所谓“高压触电”事故,大多数都是在这种情况下发生的。

## (十二) 交流电缆或电容器停电后,为什么还会有电?

对交流电路来说,当开关断开的瞬间电流并非立即切断,仍然通过电弧保持电流继续流通。对于纯电阻回路,因为电阻不储存电磁能量,所以很容易断开。可是,对于电缆和电容器来说,有电容电流存在,纯电容电流是超前于电压90°的,所以,当电流为零的瞬间而电压却正好是最大值,其电荷被残留下来成为静电。因此,无论电缆或电容器停电后,必须进行放电,才能触摸。

## (十三) 直流电缆线路停电后,为什么也会有电?

直线路残余静电荷的产生原理与交流不同。直流电缆相当于一个直流电容器,送电时,线芯对金属外皮之间有束缚电荷存在。当负荷电流切断后,这种电荷成为静电残存下

来。因此，直流电缆线路，在停电后也要进行放电。

#### （十四）高压架空线路停电后，为什么有时还有电？

其电的来源有四种可能：（1）和该线路有关的联络线没有真正断开；（2）由邻近的其它线路产生的感应电压；（3）残余静电荷；（4）在雷雨天气时，由雷云感应的电荷等。因此，高压架空线路在停电作业时，在电源端的出口和作业点的两侧必须挂临时接地线，方能开始作业。

#### （十五）低压保险器为什么在人身触电时，不起“保险”作用？

低压保险器又叫低压熔断器，其作用是为了防止因短路或过负荷时烧坏设备，以及为了尽快地切除故障点而不影响其他线路的继续供电。在低压线路上发生人身触电事故时，触电电流一般只有零点几安培，而熔丝最小的规格也在1 A以上。显然，在人身触电时，保险丝不会熔断，因而它不可能起到这种“保险”作用。

#### （十六）常见的10KV高压架空线发生断线（一相）落地故障时，为什么电源开关不跳闸停电？

常见的10KV供电线路是属于中性点不接地系统。如果发生一相断线并落地时，通过接地点的电流，仅仅是电容电流，其值很小，一般只有几安培，远远低于其负荷电流。因此，电源端的继电保护装置不可能动作，开关不致于跳闸停电。一旦发现高压电线落地情况，人不要走近它；如果正好落在人附近、距人10 m以内时，则应赶快撤离到距断线头10 m以外的地方去，撤离时不得跨步奔走，而应当采用单足或并

足跳跃式行进，之后，应该一方面保护现场，一方面电话联系有关方面进行停电检修。

### （十七）交流电焊机的空载电压，也能造成触电伤亡吗？

常用的交流弧焊机的空载电压有65~70V，焊接时电压下降到30V左右。五十年代初，我国某钢铁厂曾发生一起交流弧焊机触电事故，当时天阴下雨，有两位新工人争抢电焊把使用时，一人不慎抓住电焊把的夹头，当即触电死亡。因此，为了安全和节电，电焊机应大力推广装设“无载自动断电装置”。

### （十八）移动式临时工业照明，为什么要使用安全行灯变压器？

电线因经常移动破皮漏电及移动时临时工作不慎触及带电的部位的机会较多，因此，为了防止触电，不宜直接使用220V电源，要经过一台小型的220/36V的行灯变压器，将电压降到36V，较为安全。比如前几年，在某钢厂曾经发生一次因使用220V临时工作照明灯，造成触电死亡事故。在特别潮湿场所或大型金属器内，以及周围均属良好导体的环境中工作的，还要求将电压降至12V。

### （十九）从一些触电事故中，可以吸取哪些教训？

例（一）某变电所值班员利用用户申请停电检修的机会，进行一台10KV高压开关柜的清扫工作，将油开关切断后，却忘记拉开母线隔离开关，也没有进行验电，结果触电死亡。教训：（1）必须认真执行操作规程；（2）装设网

门与隔离开关之间的安全联锁装置。

例（二）某水泵站一位青年工人，利用休班时间洗衣服，当他去收取晒洗的衣服时，不幸触电死伤。电从何来？有些奇怪！经过详细调查发现：当天气温较高，在平房休息室里，接用一台临时电风扇，电线接头处也用黑胶布包扎了，但没有包扎好，产生漏电，通过一个金属挂勾将电传至整个平房的铁梁上。晒衣服用的铁线，一头拴在屋檐下的铁梁上，一头拴在树枝上，结果将22V电压串至铁线上。当他用手去抓铁线时，当即触电倒下。被人发现时，触电者还一直抓握着有电的铁线，触电时间过久死亡。教训：（1）凡进行任何电工作业，首先要做到安全可靠，确保施工质量；（2）金属屋梁应予接地，一旦漏电，自动断开电源。

例（三）某配电室电工，为了配合电源侧停电检修，进行本配电室的变压器扫清工作。事先在变压器的10KV侧挂上一组临时接地线，但在工作中途，发现地线夹子对清扫工作有妨碍，就将地线夹头拿掉两相，这时又碰巧送电联系工作不周到，突然来电，使正在清扫的三位同志触电受伤，其中一人残废。教训：（1）停送电联系工作，一定要确保准确无误；（2）施工未完，不得拆除临时地线。

例（四）某机械厂一名职工下班后到港渠用撑网搬鱼，将网设置在10KV架空线下面。有一次起网时，突然网角从支杆上滑掉两个，网杆上升触及高压线，这时，他用手抓住铁线打算将网拉下来，当场触电倒地，其儿子急忙上前去拉，父子二人触电死亡。教训：（1）不得在高压线下面进行某些有可能触及高压线的作业；（2）抢救人员不得在触电者脱离电源之前直接接触，以免扩大事故。

## (二十) 触电急救应注意些什么？

1、要尽快地断开电源，或采取安全紧急措施，使触电者脱离电源。

2、当触电者未脱离电源之前，救护者不得直接接触。

3、若触电者在高处，断开电源之前要做好防止摔伤的措施。

4、要就地立即进行人工呼吸，并注意以下几点：

(1) 将触电者抬至空气流通场所，解开衣扣，清除口中唾液，拉出舌头，若有假牙，应予以取掉。

(2) 立即连续进行人工呼吸，呼吸次数平均每分钟1次。

(3) 用力不宜过猛，及防止造成内伤。

(4) 若触电者呈现出自行呼吸的苗头时，应稍停一下人工呼吸，进行观察。

(5) 只有医生在场。才能做出“无救”的结论。否则，应继续进行。

## 第二章 安全操作

### (二十一) 怎样扑灭变压器失火及其它电力火灾？

变压器是大油量设备，失火时很可能是油引起的，切忌用水灭火，因为油比水轻，会浮在上面到处蔓延燃烧，扩大火势。因此，只能用砂子和四氯化碳灭火。

对于其他电力火灾，也只能用砂子和四氯化碳扑灭，不能用水和泡沫灭火器，因为水和泡沫灭火器喷出的泡沫易把电传到灭火者身上来（当未切断电源时），造成触电事故。

## (二十二) 高压隔离开关, 为什么不能带负荷操作?

隔离开关只能断开电源, 它本身没有消弧装置, 不能用于切断或闭合负荷电流。否则, 将会产生大量电弧, 造成弧光短路爆炸事故。这类误操作事故, 曾发生多次, 要引起注意。防止办法, 一是要严格执行操作规程, 二是要装设断路器与隔离开关之间的机械或电气连锁装置。

## (二十三) 母线隔离开关与出口隔离开关是什么样的操作顺序? 为什么要按这样的顺序操作?

送电时的操作顺序是, 先合母线隔离开关, 后合出口隔离开关。因为, 当没有连锁装置时, 假设由于疏忽先合上了断路器, 那么在合母线隔离开关时, 因为出口隔离开关未合上, 还不会产生问题。后合出口隔离开关时, 如果发生故障烧坏出口隔离开关, 继电保护装置就会动作, 使断路器跳闸, 故障就不致于蔓延到母线上去。同时, 修理出口隔离开关也比较方便, 不象修理母线隔离开关那样, 整段母线需要停电。

停电时操作顺序则相反。

## (二十四) 跌落保险器的三相操作, 有无一定顺序? 为什么?

送电时, 应先合两端的(即A相和C相)。停电时, 则应先拉开中间的一相(B), 后拉两端的。因为操作第二相时, 才是切合变压器的激磁电流, 而激磁电流是滞后于电压 $90^\circ$ 的, 故灭弧比较困难, 火花比较大一些。为了防止引起相间短路, 在操作第二相时使中间的一相始终处于断开状

态，两边的距离大一些，较为安全。

**(二十五) 正常分列运行的两台10KV/380V变压器，在倒换负荷时，应该怎样操作？为什么？**

当需要停下一台变压器又不影响生产时，首先将两台变压器通过低压母线分段开关，进行暂时并列运行，然后拉开需要停运的变压器二次刀闸，最后切断变压器一次油开关。不宜先切油开关后拉刀闸。因为如果变压器一次侧油开关已切断，而二次刀闸未拉开，则这台变压器二次侧就成为另一台变压器的负载，将返流很大的感性电流，再用二次刀闸去切断它，就有灭不了弧而造成短路放炮的危险。

**(二十六) 变压器并联运行的条件是什么？**

(1) 原边电压和付边电压的变比相同：并联运行的两台变压器的原边绕组并联在一公共母线上，付边绕组也是并联在一公共母线上，倘两台变压器的变化不同，则付绕组的电压不同，变比小的变电器付绕组电压较高，所以在两台变压器的付绕组之间将产生环流，且在原绕组间也感应有相应的环流（环流只受变压器的短路阻抗限制），当变比相差较大时，环流很大，足以破坏变压器的正常工作。因此，要求变比不要超过0.5%。

(2) 短路电压（亦即阻抗电压）相同：在同一负载电流时，短路电压大的变压器的电压降较大，而付边电压是相等的，这就迫使短路电压大的变压器减少负载电流以减少电压降，造成负载不足；迫使短路电压小的变压器增大负载电流以增加电压降，从而造成了过载，容易烧坏变压器。

尚需指出，倘负载分配与变压器容量选择适当（容量

大、短路电压小的变压器担负较大负载，容量小、短路电压大的变压器担负较小负载），还是可以并列运行的。

(3) 线圈结线组别相同：结线组别不同，付边电压相位就不同，将在绕组间产生很大的电势差和很大的环流（数倍于额定电流），烧坏变压器，所以属于不同结线组别的变压器，如奇数结线组与偶数结线组，根本不允许并联运行；同属奇数组别的变压器，只有适当调换外部结线头后，方可并联运行；同属偶数组别的变压器，如相差 $120^\circ$ 或 $240^\circ$ ，须调换外接线头，如相差 $60^\circ$ 、 $180^\circ$ 或 $300^\circ$ 时，则必须调换内部接线后才可并列运行。

(4) 变压器在安装后，以及在进行过有可能使相位变动的工作后（例如拆过出线），必须经过定相，定相步骤如下：

- 1) 将两变压器原边接入电源，付边仅接一相，如C—相。
- 2) 测量电压 $U_{BB}$ 、 $U_{AA}$ ，若都等于零，即表示相位相同。

(二十七) 油开关（指少油式）在合闸时，若发现大量喷油、冒烟或声光现象，允许切断上一级油开关而不切本身，为什么？

这种故障往往发生在大容量机组的起动过程中。由于开关的操作机构失灵或调整不当，造成合闸时接触不严，甚至类似重锤式操作机构极易发生的“挑担”现象，在动静触头之间产生强烈的电弧，引起喷油和冒烟，当发现这种故障时，应立即手动补充合闸，若不成功，即迅速切断上一级油开关（如受电开关）。这时，千万不能切断本身油开关。否



则，易发生爆炸事故，因为少油式开关的油量已大汽化，大大降低了原来的灭弧性能。

**（二十八）低压自动开关或接触器没有消弧罩时，能否进行切、合闸，为什么？**

当切断负荷电流时，不可避免地要产生电弧，消弧罩的作用就是为了迅速有效地熄灭电弧。否则，在切断弧路时，电弧将可能扩大成为相间短路或烧坏开关，甚至会引起低压系统过电压。因此，消弧罩不齐备或破损的开关，不能进行操作，修复后才能使用。

**（二十九）大电流低压闸刀开关，能否在其额定电流下合切闸？为什么？**

不能。因为大电流的闸刀开关是只起隔离作用的。比如400 A的闸刀开关，指它能受通过400 A的负荷电流，并不是它能切断400 A的负荷电流。因为它没有消弧装置，只能配合自动开关或接触器使用。不过，一般允许切断50 A以下的电流，因为这时的电弧较小，虽然没有消弧装置，仅靠电弧的被拉长也能熄灭。

**（三十）消弧线圈的闸刀开关，为什么当系统有接地故障时不允许拉开？**

消弧线圈常用于10KV或35KV中性点不接地的系统。在10KV系统的电容接地电流超过20 A时，必须装设消弧线圈，调整其感性电流使之与容性接地电流相补偿；从而消灭或减少接地故障点的电流及其电弧，对防止系统过电压很有好处。由此可见，装设消弧线圈的目的在于系统有接地故障时起