

电工作业安全技术



微信搜索蓝领星球

福特金牛座

第一章 电力系统简介

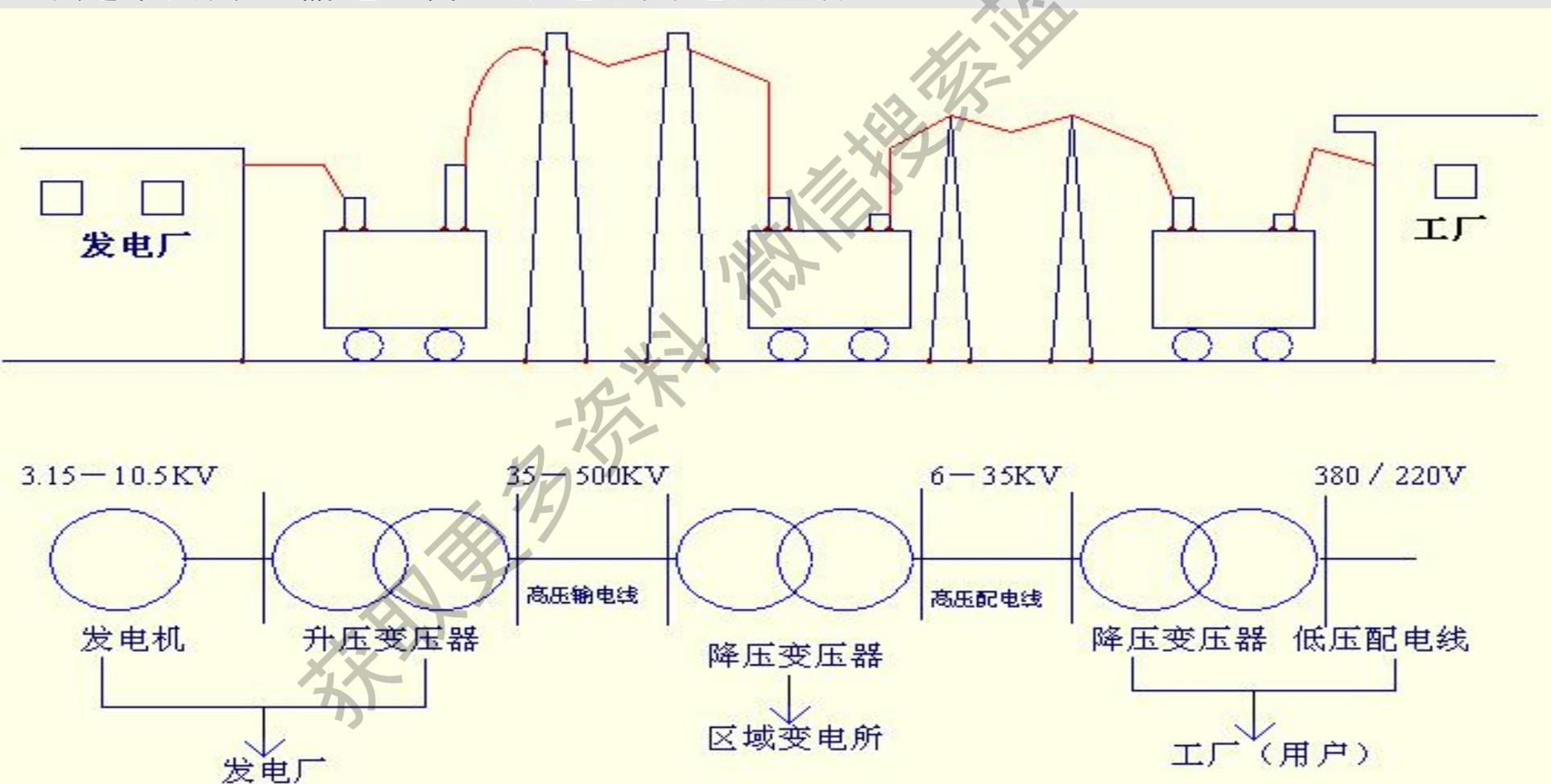
一、电工的任务和作用

电工主要是为电力系统投入运行及应用服务。从发电到用电的许多环节中，都包含了电工的辛勤劳动。

电工承担着供电线路、电力设备、生产设备的电气安装和维修以及变配电系统的值班工作等。

二、电力系统

由包括各种电压等级的电力线路将一些发电厂、升降压变电所和电力用户联系起来的升压输电、降压配电和用电的整体。



(一) 电能的生产、输送和分配

1、发电

发电即电能的生产，生产电能的工厂称为发电厂。发电厂按所用的能源不同，可分为火力发电厂、水力发电厂和原子能发电厂。

目前，世界上由电厂提供的电力，绝大多数是交流电。电力的质量指标除电压外，尚有对频率的质量要求。我国规定电力系统的交流电标准频率为50赫兹，它被称为工频。

2、升压

由于考虑发电机的绝缘结构和运行安全等因素，发电机的输出电压不能很高，一般都在10.5kV以下，要把这样低电压的电能输送到数百公里外，将损耗很多的电能。因此，必须经过升压变压器，将电压升高到35 ~ 500kV。目前我国常用的输电电压等级有：35kV、110kV、220kV、330kV、和500kV等多种。

3、输电

输电是指电力的输送。输电的距离越长，输电电压就要升得越高。一般情况下，输电距离在50km以下的，采用35kV电压；在110km以下的，采用110kV电压；超200 km的，采用220kV或更高的电压。

输电线路一般采用架空线路，不同电压等级的线路采用不同杆塔。35kV线路，通常采用混凝土杆，每个支撑点上用2~4个悬式绝缘子串联起来支撑导线；110kV线路，主要采用铁塔架设，每个支撑点上用

4、变电

变电即变换电网的电压等级。

变电输电电压的变换和配电电压的变换，前者称为变电站（所），后者称为变配电站（所）。如果只具备配电功能而无变电设备的，则称为配电站（所）。

5、配电

配电即电力的分配。

常用的配电电压有10kV或6kV高压和380V/220V

低压两种。用电量大的用户，也可用35kV高压或110kV

6、用电

根据用户用电的性质不同，负荷分为三级：

(1) 一级负荷：对于该级负荷的用户，中断供电将造成人身伤亡，或将损坏主要设备且长期难以修复，会给国民经济带来巨大损失。如大型医院、炼钢厂、石油提炼厂或矿井等。

(2) 二级负荷：对于该级负荷的用户，中断供电将会造成大量产品报废，或致使复杂的生产过程出现长期混乱，或致使生产上造成重大损失，以及中断供电将造成重要公共场所秩序的混乱。如化纤厂、大型体育馆、剧场等。

(3) 三级负荷

除一、二级负荷以外的其它用户，均属三级负荷。

对一、二级负荷，要求供电系统在线路发生故障时，仍保证其连续供电。对三级负荷所提供的电力，允许供电系统在线路发生故障时可暂时停电。

(二) 电工在为电力系统服务的过程中必须做到以下三个保证：

- (1) 确保人身安全，避免触电事故发生。**
- (2) 确保设备安全，避免设备烧毁。**
- (3) 确保电网安全，避免出现大面积停电或电网瘫痪。**

第二章 触电与急救

- 用电事故最常见的是触电和触电引起的伤亡事故。

近年来的职工因工死亡事故统计资料表明：全国触电死亡人数约占工伤死亡总人数的10~15%。在触电死亡人数中，电工约占15%，而用电人员约占85%。

第一节 触电事故种类与方式

触电事故是由电流形式的能量造成的事故，其结构方式和伤害方式有很多不同之处，总体上可划分为两类触电事故、六种触电方式。

一、触电事故种类

按照触电事故的结构方式，触电事故可分为电击和电伤。

1、电击

电击是电流对人体内部组织的伤害，是最危险的一种伤害，绝大多数（大约85%以上）的触电死亡事故都是由电击造成的。

电击的主要特征有：

- (1)伤害人体内部。
- (2)在人体的外表没有显著的痕迹。
- (3)致命电流较小。

按照发生电击时电气设备的状态，电击可分为直接接触电击和间接接触电击：

(1)直接接触电击：是指触及设备和线路正常运行时的带电体发生的电击，也称为正常状态下的电击。

(2)间接接触电击：是指触及正常状态下不带电，而当设备或线路故障时意外带电的导体发生的电击，也称为故障状态下的电击。

2、电伤

电伤是由电流的热效应、化学效应、机械效应等对人体造成的伤害。

(1) **电烧伤** 是电流热效应造成的伤害，分为电流灼伤和电弧烧伤。

电流灼伤是人体与带电体接触，电流通过人体由电能转换成热能造成的伤害。电流灼伤一般发生在低压设备或低压线路上。

电弧烧伤是由弧光放电造成的伤害，分为直接电弧烧伤和间接电弧烧伤。前者是带电体与人体之间发生电弧，有电流通过人体的烧伤；后者是电弧发生在人体附近对人体的烧伤，包含融化了的炽热金属溅出造成的烫伤。

电弧温度高达8000℃以上，可造成大面积、

大

深度的烧伤，甚至烧焦、烧掉四肢及其它部位。

大

电流通过人体，也可能烘干、烧焦机体组织。高

压

电弧的烧伤较低压电弧严重，直流电弧的烧伤较

工

频交流电弧严重。

(2)皮肤金属化：是在电弧的作用下，金属熔化、汽化，金属微粒渗入皮肤，使皮肤粗糙而张紧的伤害。皮肤金属化多与电弧烧伤同时发生。

(3)电烙印：是在人体与带电体接触的部位留下的永久性斑痕。斑痕处皮肤失去原有弹性、光泽，表皮坏死，失去知觉。

(4)机械性损伤：是电流作用于人体时，由于中枢神经反射和肌肉强烈收缩等作用导致的机体组织断裂、骨折等伤害。

二、触电方式

按照人体触及带电体的方式和电流流过人体的途径，电击可分为单相触电，两相触电和跨步电压触电。其它还有，间接接触电压触电、感应电压触电和剩余电荷触电。

1、单相触电

是指人体的某一部位触及单根带电体。此时流过人体的电流路径为：相线→人体→大地→中性点。

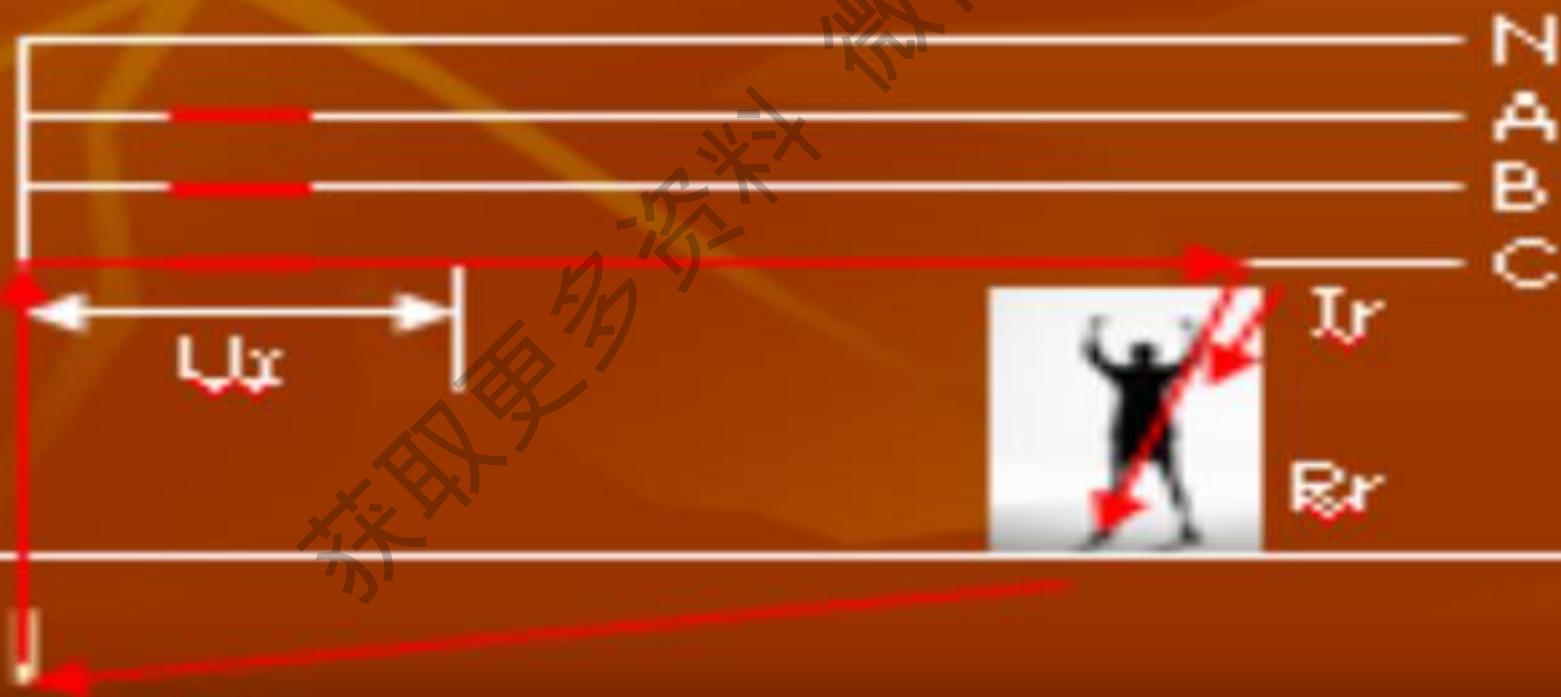
低压电网通常采用变压器低压侧中性点直接接地和中性点不直接接地的接线方式。

(1) 中性点直接接地方式

$$I_r = U_x / (R_g + R_r) = U_x / R_r \quad (R_r \gg R_g)$$

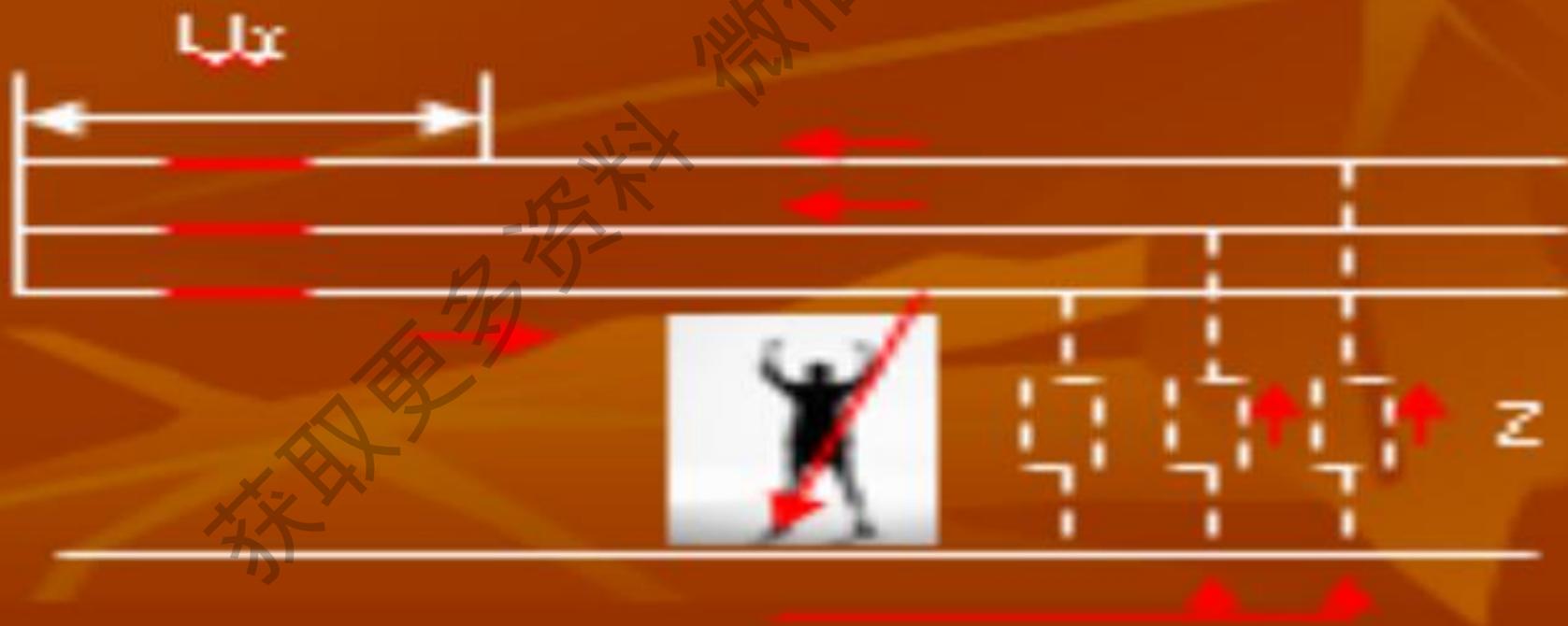
与人体电阻比接地体电阻很小，电压几乎全部加在人体上。

如果穿上绝缘鞋或站在绝缘垫上，通过人体电流就会很小。



(2) 中性点不接地方式

电流经过人体与其他两相的对地阻抗 Z 而形成回路，通过人体的电流 I_r 取决于电压、人体电阻和导线对地绝缘阻抗。如果导线对地绝缘较好，通过人体的电流就会较小。



2、两相触电 人体的两个部位同时接触带电设备或线路中的两根导线。

此时，电流从一根相线通过人体流入另一根相线，构成一个闭合回路。

当发生两相触电时，如线电压为380V，则流过人体的电流高达268mA，只要经过0.186s就可能致人于死地。（50mA·s）但一般发生的几率较小。



3、跨步电压触电

当电气设备发生接地或线路一相落地时，故障电流就会从接地点向四周扩散，形成电压梯度。离接地点越近，电位越高，电位梯度越高；离接地点20米外，电位近似为0。

在20米内，人体两脚之间（0.8米）电位差形成跨步电压触电。跨步电压流过人体两腿， \rightarrow 人体两腿抽筋倒地， \rightarrow 电流流过人体重要器官2秒可能死亡。

“安规”规定，发生接地后，室内不得接近故障点4米内，室外不得接近故障点8米以内；进入时必须穿绝缘靴，戴绝缘手套。

4、间接接触电压触电

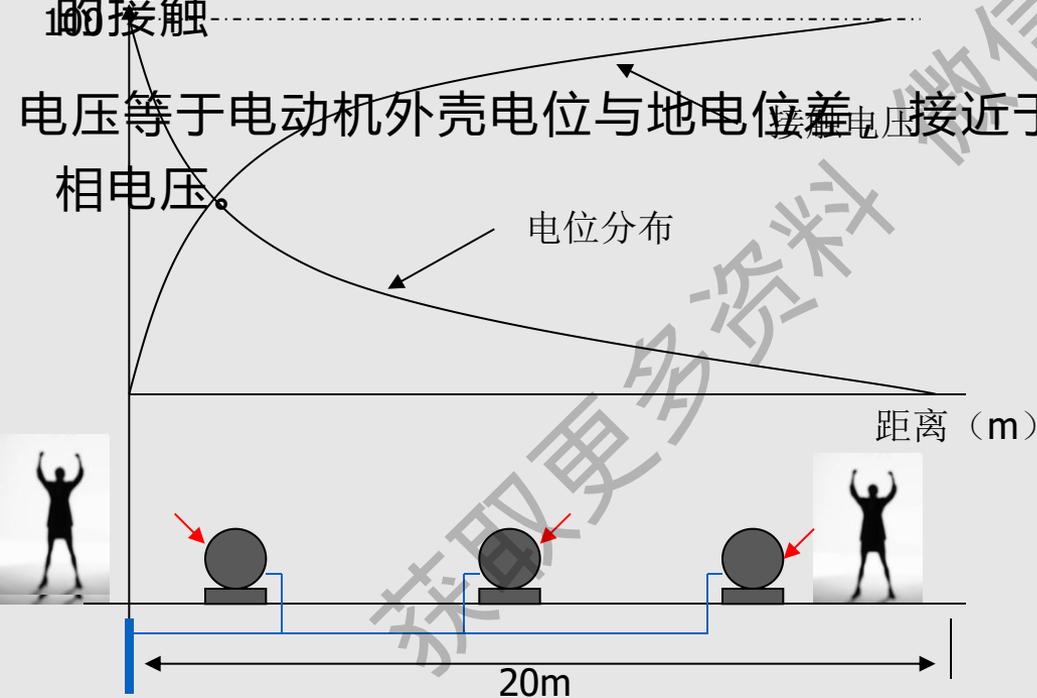
是指人站在发生接地短路故障设备旁边，触及漏电设备的

备的外

壳时，其手脚之间所承受的电压。由接触电压引起的触电称为接触电压触电。

如图：中间电动机绝缘损坏，外壳带电电位相同，但地电位不同，右边人承受的接触

电压等于电动机外壳电位与地电位差，接近于零；左边人承受的接触电压几乎为相电压。



在安装接地网时，应考虑一个车间、一个变电站和生产装置的所有设备均设接地体，或在地面下埋设接地网，这是防止接触电压触电的有效措施。

5、感应电压触电

由于带电体的电磁感应和静电感应作用，会在靠近带电体停电设备或金属导体感应出一定的电压，它的大小决定带电体的电压强度和靠近带电体的平行距离。感应电压触电在实践中常有发生，甚至可能造成死亡。

在强、弱电系统互相靠近的线路上，由于形成感应电压，可能引起弱电系统设备烧毁。

靠近高压的未做接地的金属体，如：金属门窗、金属导线等，由于在强电场的作用下，也会产生感应电压。

6、剩余电荷触电

电容器以及具有一定电容的设备，都有“存储”电荷的能力，停电时，如果人触及就会形成放电回路，“存储”的电荷放电产生的电流流经人体而使人触电。

下述设备其电容性不可忽视

- (1) 电容器
- (2) 电力电缆
- (3) 容量较大的电动机、发电机、变压器等。

对于上述设备，在以下几种情况时，其相间或相对地间，所存在的残余电荷是不可忽视的。

- (1) 在它们刚退出运行时
- (2) 对它们刚做过绝缘测试后
- (3) 对它们刚做过耐压实验后

从安全防护角度而言，对它们进行检修或测试前，先要放电。放电时，一般方法是用放电棒先做各极对地放电，在做极间放电。在做各极对地放电时要轮流反复进行，对于刚退出运行的电容器组，要在原有的自动放电装置上，经过不少于三分
钟的自动放电，然后再补充上述的人工放电，以使残余的电荷放掉。

第二节 电流对人体的危害

1、电流作用机理

电流通过人体时破坏人体内部细胞组织的正常工作，主要表现为生物学效应。电流作用还包括热效应、化学效应、机械效应。

2、作用征象

小电流通过人体，会引起麻感、针刺感、压迫感、打击感、痉挛、疼痛、呼吸困难、血压异常、昏迷、心律不齐、窒息、心室颤动等症状。

低压触电事故，在各用电部门时有发生，一旦发生触电事故，患者往往迅即进入“假死”状态（心跳、呼吸停止），若抢救不及时，就会导致死亡。所以系统地分析影响触电危险程序的因素，熟练掌握正确的现场急救方法是非常重要的，尤其是对触电者的现场急救：

一是要争分夺秒，

二是救治方法要得当，

三是医生诊断为死亡之前，救治必须坚持不间断地进行。

3、影响触电危险程度的因素

触电的危险程度同很多因素有关：

- ①通过人体电流的大小；
- ②电流通过人体的持续时间；
- ③电流通过人体的不同途径；
- ④电流的种类与频率的高低；
- ⑤人体电阻的高低。

其中，以**电流的大小**和**触电时间的长短**为主要因素。

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

(1)通过人体的电流量对电击伤害的程度有决定性的作用。

通过人体的电流越大，人体的生理反应越明显，引起心室颤动所需的时间越短，致命的危险就越大。对于工频交流电，按照通过人体的电流大小不同，人体呈现不同的状态，可将电流划分为三级：

①感知电流（成年男性1.1mA；女性 0.7mA）

是指在一定的概率下通过人体引起人有任何感觉的最小电流。

人对电流最初的感觉是轻微麻抖和刺痛。

②摆脱电流（成年男性16mA；女性 10.5mA）

在一定概率下人触电后能自行摆脱带电体的最大电流。

电流大于感知电流时，发热、刺痛的感觉增强。电流大到一定程度，触电者将因肌肉收缩，发生痉挛而紧抓带电体，不能自行摆脱电源。

③致命电流（30mA以上有生命危险；50mA以上可引起心室颤动；100mA足可致死）

在较短时间内危及生命的电流。

电击致死的主要原因，大都是电流引起心室颤动造成的。心室颤动的电流与通电时间的长短有关。

(2)电流通过人体的持续时间对人体的影响

通电时间愈长，愈容易引起心室颤动，电击伤害程度就愈大，这是因为：

①通电时间愈长，能量积累增加，就更易引起心室颤动。

②在心脏搏动周期中，有约0.1秒的特定相位对电流最敏感。因此，通电时间愈长，与该特定相位重合的可能性就愈大，引起心室颤动的可能性也便越大。

③通电时间愈长，人体电阻会因皮肤角质层破坏等原因而降低，从而导致通过人体的电流进一步增大，受电击的伤害程度亦随这增大。

通电时间长短

触电电流大小与触电时间的乘积（称为电击能量）来反映触电的危害程度，一般超过50mA·s（毫安·秒）时人就有生命危险。

允许电流 mA	50	100	200	500	1000
持续时间s	5.4	1.35	0.35	0.054	0.0135

(3)电流通过人体不同途径的影响

电流流经心脏会引起心室颤动而致死。较大的电流还会使心脏即刻停止跳动，在通电途径中，以从手经胸到脚的通路为最危险，从一只脚到另一只脚危险性较小。

电流纵向通过人体要比横向通过人体时，更易发生心室颤动，因此危险性更大一些。

电流通过中枢神经系时，会引起中枢神经系统失调而造成呼吸抑制，导致死亡。电流通过头部，会使人昏迷，严重时会造成死亡。电流通过脊髓时会使

(4) 电流种类、电源频率对人体的影响

相对于220V交流电来说，常用的50~60Hz工频交流电对人体的伤害最为严重，频率偏离工频越远，交流电对人体的伤害越轻。在直流和低频情况下，人体可以耐受更大的电流值，但高压高频电流对人体依然是十分危险的。

获取更多资料 微信搜索 蓝星地球

电流频率

一般来说，50~60Hz工频交流电对人体伤害最为严重。

电流频率	危害程度	电流频率	危害程度
10~25	有50%的死亡率	120	有31%的死亡率
50	有95%的死亡率	200	有22%的死亡率
50~100	有45%的死亡率	500	有14%的死亡率

(5) 人体电阻高低的影响

人体触电时，流过人体的电流（当接触电压一定时）由人体的电阻值决定，人体电阻越小，流过人体的电流越大，也就越危险。

人体电阻包括体内电阻和皮肤电阻。体内电阻基本上不受外界影响，其数值一般不低于 $500\ \Omega$ 。皮肤电阻随条件不同而有很大的变化，使人体电阻也在很大范围内有所变化。一般人的平均电阻值是 $1000\sim 2000\ \Omega$ 。

获取更多资料 微信搜索 领星球

人体电阻

一般认为人体电阻为1000 ~ 2000欧姆（不计皮肤角质层电阻）与电压的关系

接触电压V	12.5	31.3	62.5	125	220	250	380	500	1000
人体电阻Ω	16500	11000	6240	3530	2222	2000	1417	1130	640
流过电流mA	0.8	2.84	10	35.2	99	125	268	443	

接触电压 V	人体电阻Ω		
	不同条件下人体电阻	皮肤湿润	皮肤浸入水中
10	7000	3500	1200
25	5000	2500	1000
50	4000	2000	875
100	3000	1500	770
250	1500	1000	650

4、触电事故规律

- (1) 触电事故季节性明显，6~9月事故最多；
- (2) 低压触电事故多；
- (3) 携带式设备和移动式设备触电事故多；
- (4) 电气连接部位触电事故多；
- (5) 错误操作和违章作业造成的触电事故；
- (6) 不同行业、不同年龄、不同地域触电事故各不相同。

第三节

触电急救

(一)、触电急救的原则

现场抢救触电者的经验原则是八字方针：迅速、就地、准确、坚持。

迅速——争分夺秒使触电者脱离电源。

就地——必须在现场附近就地抢救，千万不要长途送往供电部门、医院抢救，以免耽误抢救时间。从触电时算起，5min以内及时抢救，救生率90%左右。10min以内抢救，救生率60%。超过15min，希望甚微。

准确——人工呼吸法的动作必须准确。

坚持——只要有百分之一希望就要尽百分之百努力去抢救。

(二)、脱离电源

触电急救，首先要使触电者迅速脱离电源，越快越好。因为电流作用的时间越长，伤害越重。

脱离电源就是要把触电者接触的那一部分带电设备的开关、刀闸或其他断路设备断开；或设法将触电者与带电设备脱离。在脱离电源时，救护人员既要救人，也要注意保护自己。触电者未脱离电源前，救护人员不准直接用手触伤员，因为有触电的危险；如触电者处于高处，解脱电源后会自高处坠落，因此，要采取预防措施。

1、低压设备上的触电

触电者触及低压带电设备，救护人员应设法迅速切断电源。如：

拉开电源开关或刀闸、拔除电源插头；

使用绝缘工具，如干燥的木棒、木板、绳索等不导电的东西解脱触电者；

也可抓住触电者干燥而不贴身的衣服，将其拖开，切记要避免碰到金属物体和触电者的裸露身躯；

也可戴绝缘手套或将手用干燥衣物等包起绝缘

为使触电者与导电体解脱，最好用一只手进行。如果电流通过触电者入地，并且触电者紧经握电线，可设法用干木板塞到其身下，与地隔离，也可用干木把斧子或有绝缘柄的钳子等将电线剪断。剪断电线要分相，一根一根地剪断，并尽可能站在绝缘物体或干木板上进行。

2、高压设备上触电

触电者触及高压带电设备，救护人员应迅速切断电源，或用适合该电压等级的绝缘工具（戴绝缘手套、穿绝缘靴并用绝缘棒）解脱触电者。救护人员在抢救过程中应注意保持自身与周围带电部分必要的安全距离。

3、架空线路上触电

对触电发生在架空线杆塔上时，如系低压带电线路，能立即切断线路电源的，应迅速切断电源，或者由救护人员迅速登杆，束好自己的安全皮带后，用带绝缘胶柄的钢丝钳、干燥的不导电物体或绝缘物体将触电者拉离电源。

如系高压带电线路，又不可能迅速切断开关的，可采用抛挂足够截面的适当长度的金属短路线方法，使电源开关跳闸。抛挂前，将短路线一端固定在铁塔或接地引下线上，另一端系重物，但抛掷短路线时，应注意防止电弧伤人或断线危及人身安全。不论是何线电压线路上触电，救护人员在使触电者脱离电源时要注意防止发生高处坠落的可能和再次触及其他有电线路的可能。

4、断落在地的高压导线上触电

如果触电者触及断落在地上的带电高压导线，如尚未确证线路无电，救护人员在未做好安全措施（如穿绝缘靴或临时双脚并紧跳跃地接近触电者）前，室内不能接近断线点4米，室外不能接近断线点8米的范围内，以防止跨步电压伤人。

触电者脱离带电导线后亦应迅速带至8-10m以外，并立即开始触电急救。只有在确定线路已经无电时，才可在触电者离开触电导线后，立即就地进行急救。

获取更多资料 微信搜索 安全星球

(三)、伤员脱离电源后的处理

1、触电伤员如神志清醒者，应使其就地躺平，严密观察，暂时不要站立或走动。

2、触电伤员神志不清者，应就地仰面躺平，确保其气道通畅，并用5s时间呼叫伤员或轻拍其肩部，以判定伤员是否意识丧失。禁止摇动伤员头部呼叫伤员。

3、触电者受的伤害较严重，无知觉，无呼吸，但心脏有跳动时，应立即进行人工呼吸。如有呼吸，但心脏停止跳动，则应采用胸外心脏挤压法。

获取更多资料 微信搜索 蓝星地球

4、如果触电者受的伤害很严重，心跳和呼吸都已停止，瞳孔放大，失去知觉，则须同时采取人工呼吸和胸外心脏挤压两种方法。

5、做人工呼吸和胸外挤压要有耐心，并坚持抢救，直到把人救活，或者确诊已经死亡时为止。

6、在送医院抢救途中，不能中断急救工作。

获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

(四)、呼吸、心跳情况的判定

1、触电伤员如意丧失，应在10s内用看、听、试的方法，判定伤员的呼吸、心跳情况。

看：伤员的胸部、腹部有无起伏动作。

听：用耳贴近伤员的口鼻处，听有无呼气声音。

试：试测口鼻有无呼气的 airflow。再用两手指轻试一侧（左或右）喉结旁凹陷处的颈动脉有无搏动。

2、触电者死亡的几个象征：

(1)心跳、呼吸停止。(2)瞳孔放大。(3)尸斑。

(五)、心肺复苏

触电伤员呼吸和心跳均停止时，应立即采取心肺复苏法正确进行就地抢救。心肺复苏措施主要有以下三种。

1、通畅气道

触电伤员呼吸停止，重要的是始终确保气道通畅。如发现伤员口内有异物，可将其身体及头部同时侧转迅速用一个手指或两手指交叉从口角处插入，取出异物。操作中要注意防止将异物推到咽喉深部。

通畅气道可采用仰头抬颏法，用一只手放在触电者前额，另一只手的手指将其下颌骨向上抬起，两手协同头部推向后仰，舌根随之抬起，气道即可通畅。严禁用枕头或其它物品垫在伤

2、口对口（鼻）人工呼吸

在保持伤员气道通畅的同时，救护人员用放在伤员额上的手的手指捏住伤员鼻翼，救护人员深吸气后，与伤员口对口紧合，在不漏气的情况下，先连续大口吹气两次，每次1~1.5s，如两次吹气后试测颈动脉仍无搏动，可定断心跳已经停止，要立即同时进行胸外按压。

除开始时大口吹气两次外，正常口对口（鼻）呼吸的吹气量不需过大，以免引起胃膨胀。吹气和放松时要注意伤员胸部应有起伏的呼吸动作。吹气时如

3、胸外按压

(1) 按压位置。正确的按压位置是保证胸外按压效果的重要前提。确定正确按压位置的步骤为：

①右手的食指和中指沿触电伤员的右侧肋弓下缘向上，找到肋骨和胸骨接合处的中点。

②两手指并齐，中指放在切迹中点（剑突底部），食指平放在胸骨下部。

③另一只手的掌根紧挨食指上缘，置上胸骨上，即为正确按压位置。

(2) 按压姿势。正确的按压姿势是达到胸外按压效果的基本保证，正确的按压姿势应符合以下要求：

①使触电伤员仰面躺在平硬的地方，救护人员或立或跪在伤员一侧肩旁，救护人员的两肩位于伤员胸骨正上方，两臂伸直，肘关节固定不屈，两手掌根相叠，手指翘起，不接触伤员胸壁。

②以髌关节为支点，利用上身的重力，垂直将正常成人胸骨压陷3~5cm（儿童和瘦弱者酌减）。

③压至要求程度后，立即全部放松，但放松时救护人员的掌根不得离开胸壁。

④按压必须有效，有效的标志是按压过程中可以触及颈动脉搏动。

(3) 操作频率。

①胸外按压要以均匀度进行，每分钟80次左右，每次按压和放松的时间相等。

②胸外按压与口对口（鼻）人工呼吸同时进行，其节奏为：单人抢救是，每按压15次后吹气2次（15：2），反复进行；双人抢救时，每按压5次后另一人吹气1次（5：1），反复进行。

③按压吹气1min后，应用看、听、试方法在5～7s时间内完成对伤员呼吸和心跳是否恢复的再判定。若判定颈动脉已有搏动但无呼吸，则暂停胸外按压，而再进行2次口对口人工呼吸，接着5s吹气一次。如脉搏和呼吸均未恢复，则继续坚持心肺复苏方法抢救。

④在抢救过程中，要每隔数分钟再判定一次，每次判定时间均不得超过5～7s。在医务人员未接替抢救前，现场抢救人员不得放弃现场抢救。

五、抢救过程中伤员的移动与转院

心肺复苏应在现场就地坚持进行，不要为方便而随意移动伤员，如确有需要移动时，抢救中断时间不应超过30s。

移动伤员或将伤员送医院时，除应使伤员平躺在担架上并在其背部垫以平硬阔木板外，移动或送医院过程中还应继续抢救。心跳呼吸停止者要继续心肺复苏法抢救，在医务人员未接替救治前不能终止。

如伤员的心跳和呼吸抢救后均已恢复，可暂停心肺复苏方法操作。但心跳呼吸恢复的早期有可能再次骤停，应严密监护，不能麻痹，要随时准备再次抢救。初期恢复后，神志不清或精神恍惚、跳动，应设法使伤员安静。

第三章 接触电击防护

第一节 直接接触电击防护

绝缘、屏护、电气间隙、安全距离、漏电保护等都是防止直接接触电击的防护措施。

绝 缘

绝缘就是用绝缘物把带电体隔离起来

绝缘材料：玻璃、云母、木材、塑料、橡胶等

绝缘破坏：击穿、老化、损坏

绝缘检测：兆欧表（摇表）

绝缘指标：绝缘电阻指标和耐压试验指标

间 距

安全距离的大小取决于：

电压的高低、设备类型、安装方式

1、线路间距

2、设备间距

配电装置的布置应考虑设备搬运、检修、操作和试验方便。

3、检修间距

在维护检修中人体及所带工具与带电体必须保持足够的安全距离。

导线与建筑物的最小距离 (m)

线路电压 (kV)	1以下	10	35
垂直距离	2.5	3.0	4.0
水平距离	1.0	1.5	3.0

导线与树木的最小距离 (m)

线路电压 (kV)	1以下	10	35
垂直距离	1.0	1.5	3.0
水平距离	1.0	2.0	

检修间距

低压工作中，人体或其所带的工具与带电体之间的距离不应小于**0.1m**。

在高压无遮拦操作中，人体或其所带工具与带电体之间的最小距离（m）

	10 kV以下	20—35 kV	35 kV
一般情况下	0.7	1.0	
用绝缘杆操作时	0.4	0.6	
在线路上工作时 人与临近带电线的距离	1.0		2.5
使用火焰时，火焰与线	1.5		3.0

第二节 间接接触电击防护

保护接地和保护接零是防止间接接触电击最基本的措施。



保护接地 PE

变压器中性点（或一相）不直接接地的电网内，一切电气设备正常情况下不带电的金属外壳以及和它连接的金属部分与大地作可靠电气联接。

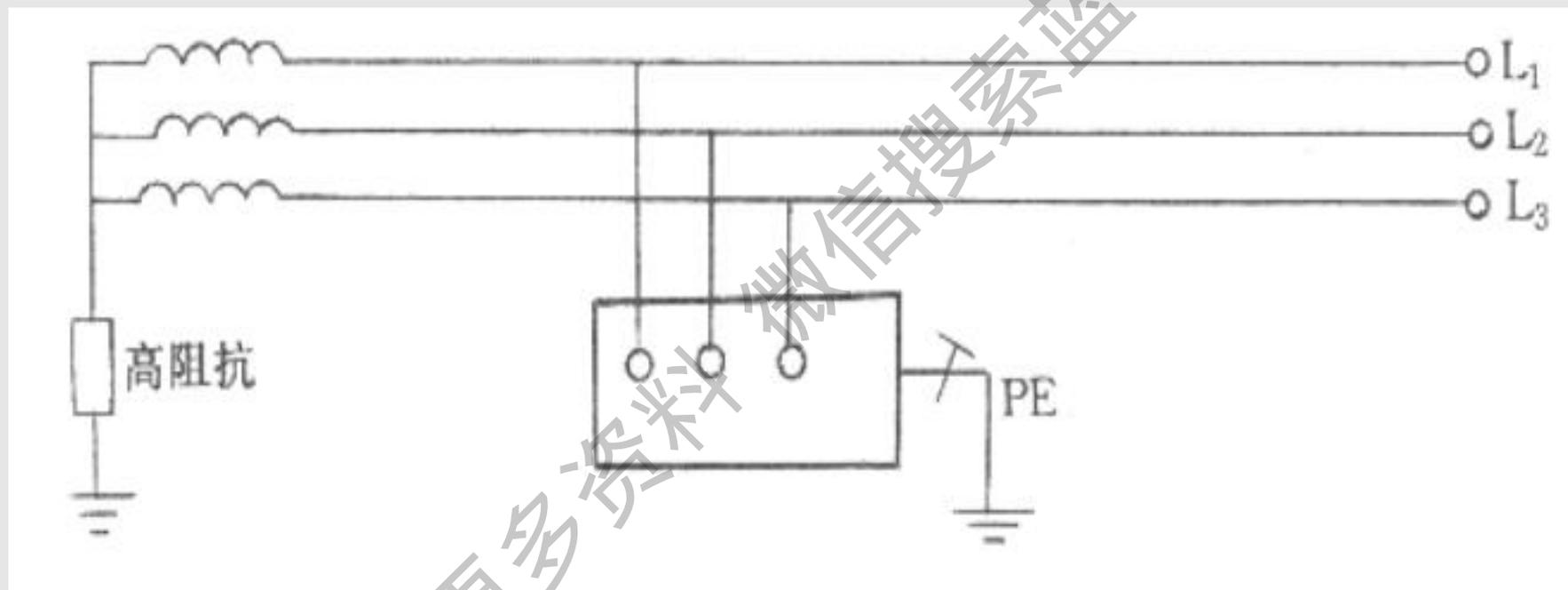
获取更多资料 蓝领星球

保护接地应用范围：

——适用于中性点不接地电网

- 1、电机、变压器、照明灯具、携带式移动式用电器具的金属外壳和底座。
- 2、配电屏、箱、柜、盘，控制屏、箱、柜、盘的金属构架。
- 3、穿电线的金属管，电缆的金属外皮，电缆终端盒、接线盒的金属部分。
- 4、互感器的铁心及二次线圈的一端。
- 5、装有避雷器的电线杆、塔。高频设备的屏护。

IT系统：“I”表示配电网不接地或经高阻抗接地；“T”表示电气设备金属外壳接地。



原理：给人体并联一个小电阻，以保证发生故障时，减小通过人体的电流和承受的电压。

中性点不接地

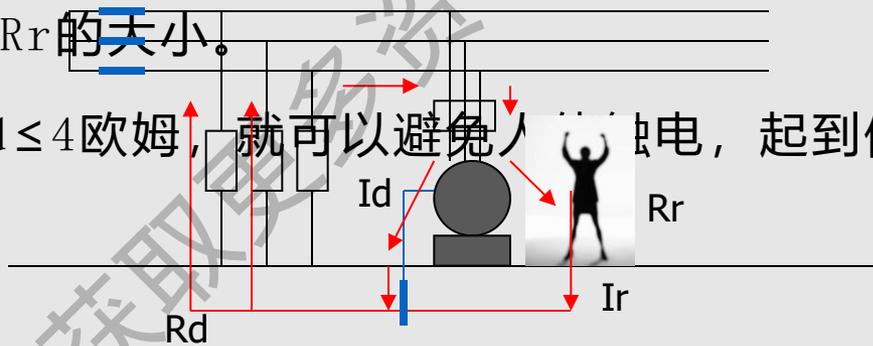
如不采用外壳接地，设备外壳长期带电，对地电压接近相电压。系统漏电流将全部流过人体，造成触电事故。

采用了外壳接地后，接地短路电流将同时延着接地体和人体与电网对地绝缘阻抗形成两条通路。

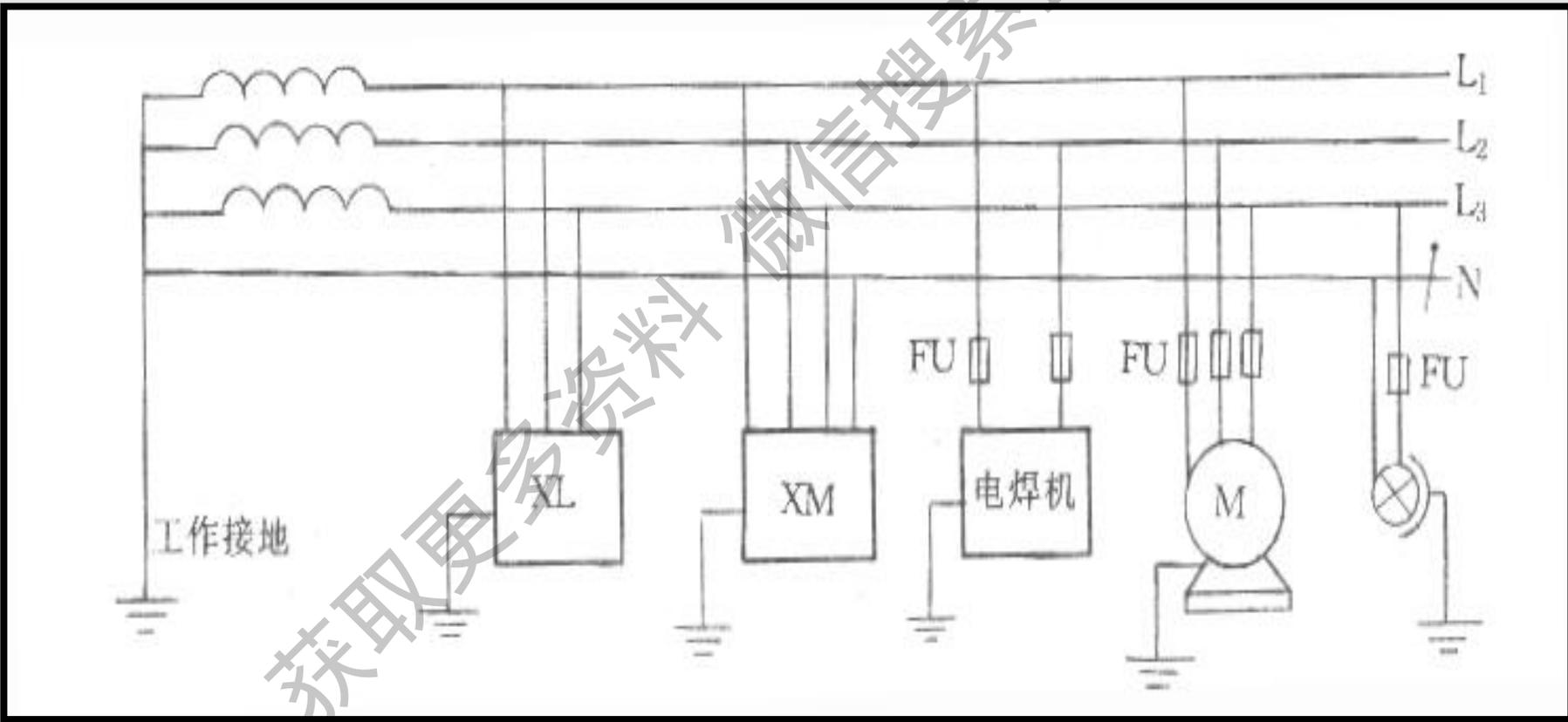
$$I_r / I_d = R_d / R_r$$

R_d 越小，流过人体电流越小，漏电设备对地电压主要决定于接地保护 R_r 的大小。

一般使 $R_d \leq 4$ 欧姆，就可以避免人触电，起到保护作用。



TT系统： 两个“T”分别表示配电网中性点和电气设备金属外壳接地。



中性点直接接地（常见方式）

如不采用外壳接地，通过人体电流为： $I_r = U_x / (R_r + R_o)$

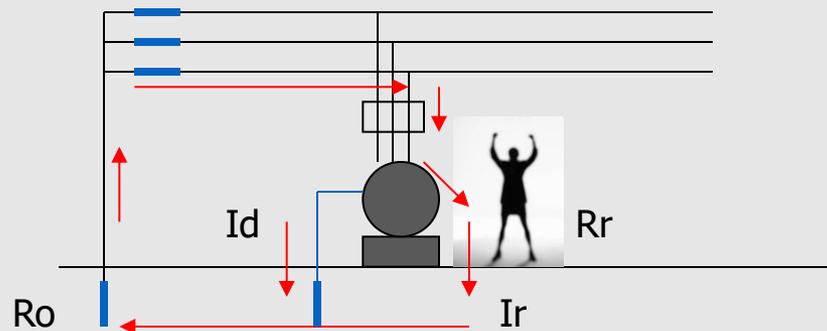
如人体电阻按1000欧姆计，中性点接地电阻 < 4 欧姆，流过人体电流为接近220mA，非常危险。

采用了外壳接地后，接地短路电流约为：

$I_d = 220 / (4 + 4) = 27.5\text{A}$ 不足以使保护动作 (R_d 和 $R_o \ll R_r$) ；
根据电压分布，近似求得作用于人体电压为110V，流过人体电流近似为110mA。

实际使用采取敷设接地网来降低人体接触电压！

外壳不接地危险，接地又不够完善。



保护接零 PE或PEN

保护接零就是在 1 kV 以下变压器中性点直接接地的系统中一切电气设备正常情况下不带电的金属部分与电网零干线可靠连接。

保护接零应用范围：

中性点直接接地的供电系统中，凡因绝缘损坏而可能呈现危险对地电压的金属部分均应采用保护接零作为安全措施。

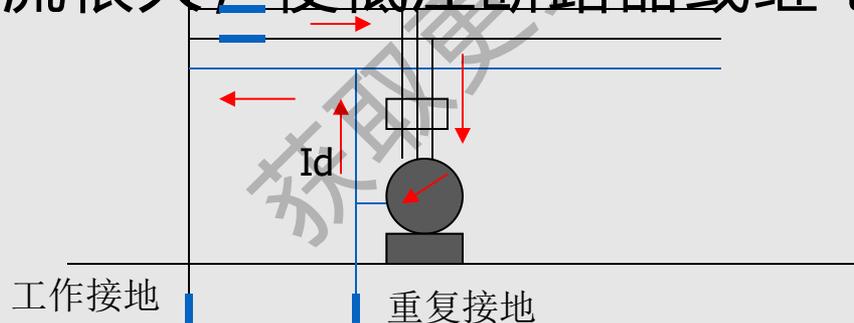
保护零线的线路上，不准装设开关或熔断器。在三相四线制供电系统中，零干线兼做工作零线时，其截面不能按工作电流选择。

保护接零

(1)为防止人身因电气设备绝缘损坏而遭受触电，将电气设备的金属外壳与电网的零线相连接，称为保护接零。

(2)适用于中性点直接接地系统（TN系统）。当采用保护接零时，除电源中性点必须采用工作接地外，零线要在规定的地点采取重复接地。

(3)采用保护接零方式，设备发生外壳漏电，接地短路电流通过该相和零线构成回路，由于零线阻抗很小，短路电流很大，使低压断路器或继电保护动作，切除故障。



保护接零装置的具体要求

(1)采用重复接地，当零线断线后，保护接零设备就成为保护接地设备。

(2)零线上不允许装设熔断器和断路器，防止断开后设备出现相电压引起触电。

(3)为保证保护装置迅速动作，使任一点短路的短路电流均大于保护熔断器额定电流的4倍，大于断路器保护整定电流的1.5倍。

(4)在同一低压电网中（如同一变压器供电电网），不允许将一部分设备保护接地，而将另一部分设备保护接零。当保护接地设备漏电后，由于电压分布，使零线带电（ $U_o = R_o U_x / (R_o + R_d)$ ），所有保护接零设备外壳带电（ $U_o = R_d U_x / (R_o + R_d)$ ）。

(5)使用三眼插座时，不准将插座内的电源零线与接地端串接在一起，否则零线松动或折断，会使设备外壳带电；若零线与地线接反，也会使外壳带电，造成触电事故。

TN系统：

目前，我国地面上低压配电网绝大多数都采用中性点直接接地的三相四线配电网。在这种配电网中，TN系统是应用最多的配电及防护方式。

1、TN系统安全原理

TN系统是电源系统有一点直接接地，负载设备的外露导电部分通过保护导线连接到此接地点的系统，即采用接零措施的系统。字母“T”和“N”分别表示配电网中性点直接接地和电器设备金属外壳接零。设备金属外壳与保护零线连接的方式称为保护接零。该系统当某一相触及设备金属外壳，即形成单相短路，短路电流促使线路上的保护装置动作，断开电源。

2、TN系统的种类及应用

保护接零适用于电压0.23 / 0.4kV低压中性点直接接地的三相四线配电系统。

TN系统有三种类型，即TN-S系统、TN-C-S系统、TN-C系统。其中TN-S系统是有专用保护零线（PE），即保护零线与工作零线（N）完全分开的系统；爆炸危险性较大和安全要求较高的场所应采用TN-S系统；

TN-C-S系统是干线部分保护零线和工作零线前部共用后部分开的系统，低压进线的车间和民用楼房可采用该系统。

TN-C系统是干线部分保护零线与工作零线完全共用的系统，用于无爆炸危险和安全条件较好的场所。

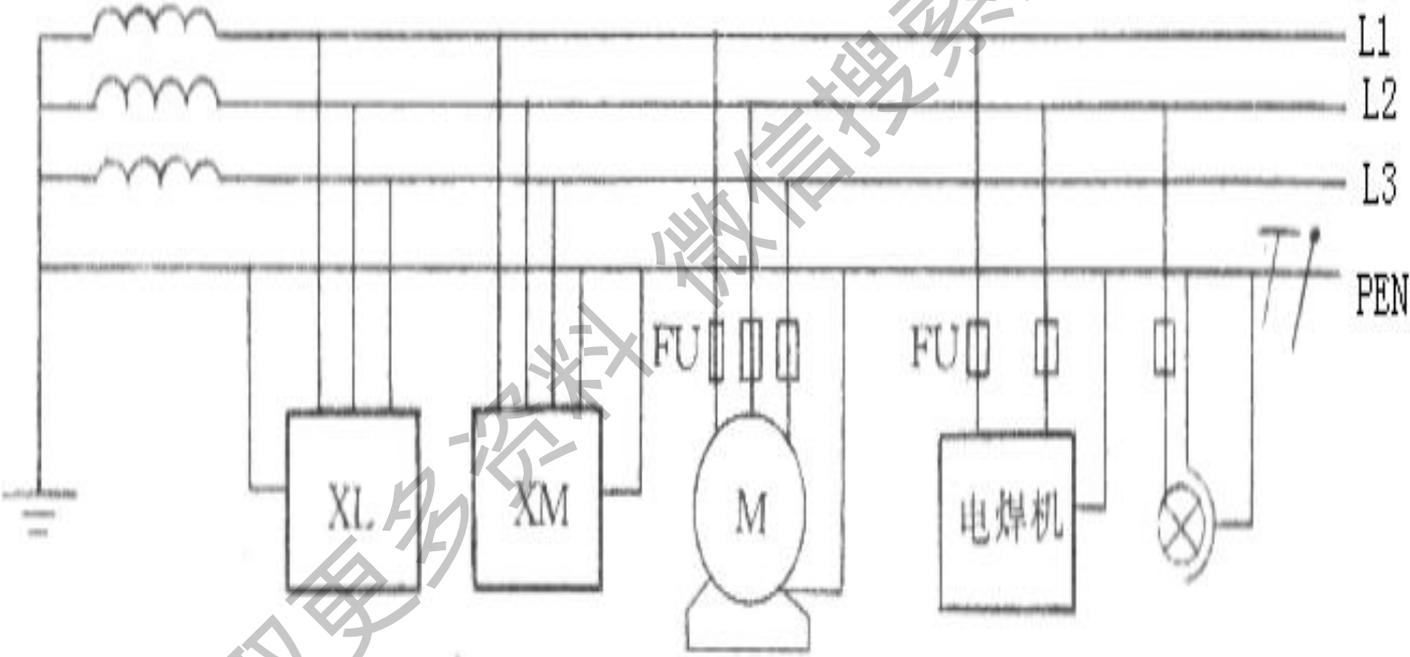
★ 由同一台变压器供电的配电网中，不允许一部分电气设备采用保护接地而另一部分电气设备采用保护

接零，即一般不允许同时采用TN系统和TT系统的混

合运行方式。在这种情况下，当接地的设备相线碰连

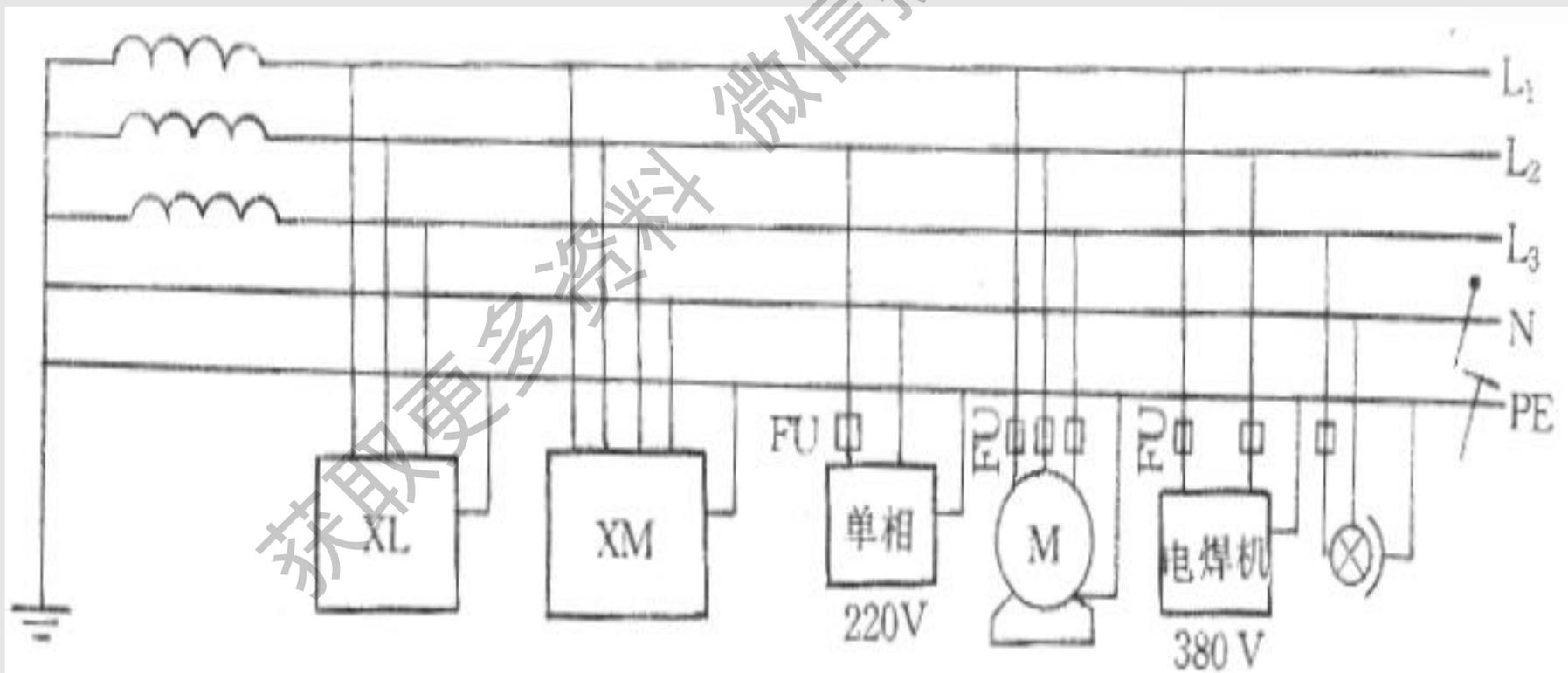
金属外壳时，该设备和零线将带有危险对地电压，足

TN-C 方式供电系统：它是用工作零线兼作接零保护线，可以称作保护中性线，可用 PEN 表示。



获取更多资料 微信搜索 蓝领星球

TN-S 方式供电系统：它是把工作零线 N 和专用保护线 PE 严格分开的供电系统



三相五线制

在三相四线制系统中，零干线除了保护作用外，有时还要流过零序电流。尤其是在三相用电不平衡情况和低压电网零线过长阻抗过大时，即使没有大的漏电流发生，零线也会形成一定电位。另外，用绝缘导线做零线，其机械强度的保证受到一定限制。

因此，在三相四线制供电系统中，把零干线的两个作用分开，即一根线做工作零线（N），另外一根线做保护零线（PE），这就是三相五线制供电。

应用范围：采用保护接零的低压供电系统

执行要求：

- (1) 用绝缘导线布线时，保护零线用黄绿双色线，工作零线一般用黑色线
- (2) 工作零线由变压器中性点瓷套管引出；保护零线由接地体的引出线处引出
- (3) 重复接地按要求一律接在保护零线上
- (4) 对老企业的改造，是逐步实行保护零线和工作零线分开的方法
- (5) 用低压电缆供电的，应选用五芯低压电力电缆
- (6) 在终端处，工作零线 and 保护零线一定分别与零干线相连接。

3、重复接地 RE

TN系统中，保护中性导线上一处或多处通过接地装置与大地再次连接的接地。称为重复接地。

(1) 重复接地的作用：

- a、减轻PE线或PEN意外断线或接触不良时接零设备上电击的危险性。
- b、减轻PEN线断线时负载中性点“漂移”。
- c、进一步降低故障持续时间内意外带电设备的对地电压。
- d、缩短漏电故障持续时间。

(2)、重复接地的要求

a、架空线路干线和分支线的终端、沿线路每1km处、分支线长度超过200m分支处。

b、线路引入车间及大型建筑物的第一面配电装置处（进户处）。

c、采用金属管配线时，金属管与保护零线连接后作重复接地；采用塑料管时另行敷设保护零线并作重复接地。

当工作接地电阻不超过4欧姆时，每处重复接地电阻不得超过10欧姆；当允许工作接地电阻不超过10欧姆时，允许重复接地电阻不超过30欧姆，但不少于3处

4、工作接地 DE

在TN-C系统和TN-C-S系统中，为了电路或设备达到运行要求的接地，如变压器低压中性点的接地。该接地称为工作接地或配电系统的接地。

工作接地的作用是保持系统电位的稳定性，即减轻低压系统由高压窜入低压等原因所产生过电压的危险性。如没有工作接地，则当10kv的高压窜入低压时，低压系统的对地电压上升为5800v左右。

当配电网 单相接地时，工作接地也有抑制

第三节 接地装置

一、接地装置安全要点

接地装置由接地体和接地线组成。接地体分为自然接地体和人工接地体；接地线也分为自然接地线和人工接地线。

1、自然导体的利用

埋设在地下的金属管道（有可燃或爆炸性介质除外）、与大地有可靠连接的建筑物及构筑物的金属结构等自然接地体均可作接地体。

建筑物的金属结构及设计规定的混凝土结构内部的钢筋、生产用的金属管道、配线用的钢管等，均可作自然接地线。