

带电作业人员的安全防护

一、电场对人体的影响及其防护

1. 电场对人体的影响

带电作业中所遇到的电场几乎都是不对称分布的极不均匀电场。作业人员在攀登杆塔或变电所构架，由地电位进入强电场的过程中，构成了各种各样的电场，其中主要的电极结构有：[导线—人与构架]、[导线—人与横担]、[引线与人一构架]、[导线与人—横担]、[导线与人—导线]等。由于带电作业的现场环境和带电设备布局的不同、带电作业工具和作业方式的多样性、人在作业过程中有较大的流动性等因素，使带电作业中遇到的高压电场变化多端。带电作业人员在强电场中时，外表会出现以下不适感觉：

(1) 电风感觉。在带电作业中，当外界电场达到一定强度时，人体裸露的皮肤上就有“微风吹拂”的感觉发生。人体在强电场中有风吹的感觉，是因为强电场中的人体会带上感应电荷，而电荷会堆积在表面的尖端部位（如指尖、鼻尖等）是这些尖端部分周围的局部场强得到加强，从而使这里的空气产生游离，出现离子移动所引起的风，这种电风拂过皮肤时人体就会有一种特有的“风吹感”。人体风吹感的大小与电场的强弱有关。经测试证明，人体在良好的绝缘装置上，裸露的皮肤上开始感觉到有微风拂过时的电场强度大约为 240km/m 。低于这个场强，人体不会感到电场的存在。因此。现在已普遍把 240km/m 这个临界场强作为人体对电场的感知水平。(2) 异声感。在交流电场中，当电场强度达到某一数值后，许多人的耳中就会产生“嗡嗡”声。初步分析认为，这是由于交流电场周期变化，对耳膜产生某种机械振动所引起的。(3) 蛛网感。在强电场中，如果人的面部不加屏蔽，也会产生一种特有的“蛛网感”，其感觉是好像面部沾上了蜘蛛网一样的难受。究其原因是尖端效应，使面部的电荷集中到汗毛上，汗毛上的同性电荷所产生的斥力

使一根根的汗毛竖起，在交流电场中，汗毛的反复竖立，牵动了皮肤从而产生了一种特有的异样感。（4）针刺感。当人穿着塑料凉鞋在强电场下的草地上行走时，只要脚下的裸露部分碰到附近的草尖，就会产生明显的刺痛感。

人体皮肤对表面局部场强的“电场感知水平”为 240kV/m，跟据试验研究，人站在地面时头顶部的局部最高场强为周围场强的 13.5 倍。一个中等身材的人站在地面场强为 10kV/m 的均匀电场中，头顶最高处体表场强为 135kV/m，小于人体皮肤的“电场感知水平”。所以，国际大电网会议认为高压输电线路下地面场强为 10kV/m 时是安全的。原苏联规定在地面场强为 5kV/m 以下时，工作时间不受限制，超过 20 kV/m 的地方，则需采取防护措施。我国《带电作业用屏蔽服及试验方法》标准中规定，人体面部裸露处的局部场强允许值为 240kV/m。人体处于导线与地面间空间内时，人体上部接受来自导线的电力线，而下部脚跟等末端却向地面发出电力线。等位线发生两种弯曲，头顶上部向上凸出，脚跟下向下凸出。其电力线的密度头顶和脚跟较大，其它部位也有少量电力线射向人体或发出，但密度很低。所以，作业人员在导线附近作业时，沿着电场纵向的人体凸出部位，其体表场强一定较高。其它部位体表场强不会太高。

2. 电场的防护

带电作业是指在带电的情况下，对输变电设备进行测试、维护和更换部件的作业。要做到带电作业时不仅保证人身没有触电受伤的危险，而且也能保证作业人员没有任何不舒服的感觉，就必须满足下面三条要求：流经人体的电流不超过人体的感知水平 1mA (1000 μ A)。人体体表局部场强不超过人体的感知水平 240kV/m。与带电体保持规定的安全距离。

二、电流对人体的影响及其防护

1. 电流对人体的影响

人体如被串入闭合的电路中，人体就会有电流通过。人体电阻 R_r 一

般按 1000 欧姆计算。人体对工频稳态电流的生理反应可分为：感知、震惊、摆脱、呼吸痉挛和心室纤维性颤动。心室纤维性颤动被认为是电击引起死亡的主要原因。但超过摆脱阈值的电流，也可能致命，因为此时人手已不能松开，使电流继续流过人体，引起呼吸痉挛甚至窒息死亡。电流对人体的伤害，主要是：（1）电击伤，是电流对人体内组织的伤害；（2）电伤，主要是灼伤、电烙伤、皮肤金属化等。所以必须采取各种措施限制通过人体的电流，使其小于引起人体伤害电流的最小值，确保人身安全。

带电作业中，由各种绝缘杆、绳或者水柱等、组成了带电体和接地体之间的各种通道。绝缘材料在内、外因素影响下，也会使通道流过一定的电流、习惯上把这种电流称之为泄漏电流。泄漏电流也是一种对人体伤害比较严重的电流。尤其是经绝缘体表面通过的沿面电流。我们可以通过使用绝缘工具时对其表面进行擦拭，使其表面光洁干净，达到尽可能的减少沿面电流的目的。

绝缘工具因受潮等原因，其体积电阻率及表面电阻率将可能下降两个数量级，泄漏电流将上升两个数量级，达到毫安级水平，会危及人身安全。因此，保持工具不受潮是非常重要的。有一种防泄漏电流伤害的办法是采用泄漏报警器，并联在绝缘工具的尾部，并与大地相连。当泄漏电流达到整定值即发出警报，停止使用。普通绝缘工具在雨天是禁止使用的。特殊的雨天操作杆，由于加装了一定数量的防雨罩，使绝缘杆有效长度内的泄漏路径大大延伸，并保持少数区段的绝缘不被雨淋湿，所以，整个工具的泄漏电流得到有效控制，一般工作状态下的泄漏电流不会超过几百微安。

干燥洁净的绝缘子串，其电阻很高，单片绝缘子的绝缘电阻在 500M Ω 以上，其电容很小，单片约为 50pF，故其阻抗值也很高。绝缘子串的泄漏电流不会超过几十微安。但当绝缘子受到一定程度的污秽，空气相对湿度为过大，泄漏电流可能达到毫安级。当塔上电工在横担一侧摘除绝缘子挂点时，人体就串入到泄漏回路中，泄漏电流将流过人体。防

护的措施是先将泄漏电流短接入地，再摘挂点。穿屏蔽服，并带手套去摘挂点，也可分流泄漏电流，有效地保护人身安全。

等电位作业中，作业人员常接触载流导体或设备，即有负荷电流的导体或设备。在导线上等电位作业时，导线电阻虽然非常小，但导线上负荷电流是很大的，在某两点（例如人体左、右手接触的两点）之间就会有电位差，此电位差较小，如果人穿屏蔽服接触两点，流过屏蔽服的电流很小，一般不需要加以防护。称此电流为旁路电流。如在下列情况下，则应加以防范：（1）在高阻抗载流体（例如阻波器）附近工作；（2）使用导流绳短接空载电容电流；（3）使用短路线短接负载线等。防护的主要措施是使用截面合格、热容量大的导流设备事先将电流短接过去，使工作区内的阻抗降低，无明显的电位差存在，此时工作就不会发生问题。对断接有较高电位差的电容电流，要避免电弧区，或使用密封的消弧设备，免受飞弧的伤害。

2. 电流的防护

（1）低压。绝缘隔离

（2）高压。屏蔽电场、限制流过人体电流

（3）报警装置。防止绝缘工具泄漏电流增大伤人的措施，是在握手前加装警报器，泄漏电流达到告警数值时即发出警报，可停止使用。

（4）短接和旁路。防护的办法是先用短接线将泄漏电流接通入地，再去摘挂点。或者作业人员穿导电服和手套，让它们旁路绝缘子的泄漏电流，也能有效保护人身免受其害。

三、静电感应对人体的影响及其防护

1. 静电感应对人体的影响

当一个不带电的导体接近一个带电体时，靠近带电体的一侧，会感应出与带电体极性相反的电荷，而背离带电体的另一侧，则会感应出与带电体极性相同的电荷，这种现象称为静电感应。线路工作人员以及带电作业人员在电场中工作时，因静电感应可能会遭受到电击。带电作业有两种基本工况，因此遭受的电击也有两种情况。

(1) 人体对地绝缘时遭受的静电感应。在这种情况下，由于人体电阻较小，在强电场中人体可视为导体。当人体对地绝缘时，因静电感应使人体处于某一电位（也即在人体与地之间产生一定的感应电压）。此时，如果人体的暴露部位（例如人手）触及接地体时，人体上的感应电荷将通过接触点对接地体放电，通常把这个现象称为电击。当放电的能量达到一定数值时，就会使人产生刺痛感。穿绝缘鞋的作业人员攀登在线路杆塔窗口时就属于这种工况，由于离带电导线较近，人体上的感应电荷较多，如果用手触摸塔身铁梁时，手上就会产生放电刺痛感。

(2) 人体处于地电位遭受的静电感应。这种情况下，对地绝缘的金属物体在强电场中因静电感应而积聚一定的电荷，而形成一定的感应电压，此时，如果处于地电位的作业人员用手去触摸该物体时，物体上积聚的电荷将会通过人体对地放电，当放电电流达到一定数值时，就会使人遭受电击。地面作业人员在强电场中触摸悬空吊起的大件金具或停电设备上的金属部件时都属于这种工况。

2. 静电感应的防护

静电感应防护可采用下列措施：（1）防止作业人员受到静电感应，应穿屏蔽服，限制流过人体电流，以保证作业安全。（2）吊起的金属物体应接地，保持等电位。塔上作业时，被绝缘的金属物体与塔体等电位，即可防止静电感应。具体防护措施如下：

(1) 在 500kV 线路塔上作业应穿屏蔽服和导电鞋，离导线 10 米以内作业，必须穿屏蔽服和导电鞋。在两条以上平行运行的 500 千伏线路上，即使在一条停电线路上工作，也应穿屏蔽服和导电鞋。

(2) 即使在 110、220kV 线路上作业时，应穿导电鞋，如接近导线作业时，也应穿屏蔽服。

(3) 退出运行的电气设备，只要附近有强电场，所有绝缘体上的金属部件，无论其体积大小，在没有接地前，处于地电位的人员禁止用手直接接触。

(4) 已经断开电源的空载相线，无论其长短，在邻近导线有电（或

尚未脱离电源)时,空载相线有感应电压,作业人员不准触碰,并应保持足够的距离。只有当作业人员使用绝缘工具将其良好接地后,才能触及空载相线。

(5) 在强电场下,塔上带电作业人员接触传递绳上较长的金属物体前,应先使其接地。

(6) 绝缘架空地线应当作有电看待。塔上带电作业人员要对其保持足够的距离。先接地后,才能触碰。

四、紧急救护

(1) 一般要求

(2) 触电急救。迅速脱离电源、伤员脱离电源后的处理、人工呼吸:口对口(鼻)呼吸、体外按压、心肺复苏法;

(3) 抢救过程注意事项

(4) 创伤急救。基本要求、止血、骨折急救、颅脑外伤、烧伤急救。