

# 浅析电流频率对人体电击伤害的影响

李怀伦

(河北能源职业技术学院基础部 河北 唐山 063004)

触电事故是电流的能量直接或间接作用于人体造成的伤害。电流对人体的伤害虽然是个复杂的问题,但按照能量施加的方式的不同,它对人体的伤害可分为两种类型。即电击和电伤。

电击是电流通过人体内部,人体吸收局外能量受到的伤害。它主要影响呼吸、心脏和各种神经系统,造成人体内部组织的破坏,甚至死亡。电击是全身伤害,但一般不在人身表面留下大面积明显的伤痕。

电伤是电流转变成其他形式的能量对人体造成的伤害。它主要表现为:以电流的热效应为主的对人体外部造成局部伤害,即电能转化成热能造成的电弧烧伤和电灼伤,产生的热量由焦耳楞次定律  $Q = I^2 R t$  来决定。其次是电能转化成化学能或机械能造成的电印记、皮肤金属化和机械损伤等。实际上,在触电事故发生的瞬间,电弧温度可高达 5000 左右,除烧伤人体表面外,还会伤及体内,造成死亡或残废。电伤多是局部性伤害,在人体表面留有明显的伤痕。

一般情况下,两类伤害可能同时发生。实践证明,在低压系统触电事故中绝大部分都是由电击造成的,但从各种类型的触电事故外观来看,给人感觉好像电伤要比电击严重的多。在所有的用电安全手册中虽都已详细地阐明了触电事故的严重程度与通

过人体的电流强度大小、电流通过人体的持续时间、电流通过人体的途径及人体健康状况等因素有关,同时也指出了频率分布在 30 ~ 300 赫兹的电流对身体伤害程度最深,至于为什么在该频率范围内对机器设备运行合理,但对人却有如此大的危险,各参考书和教材都没有做出任何的说明,本文将对该问题做一些浅显的探讨。

## 1. 人体对不同频率电流的反应

人体在电流的作用下,会有麻、针刺、打击、疼痛、痉挛、呼吸困难、血压升高、心跳不规则、心室颤动等感觉或症状。实践证明,不同频率的电流对人的生理作用是不同的,性别不同对不同频率电流的感知阈值、摆脱阈值、室颤阈值也是不同的,不同频率的电流对人体作用的比较,可参考下表:

种 类	工频电流		直 流	10 <sup>4</sup> Hz 电流
	男	女		
平均感知阈值, mA	1.1	0.7	5.2	12
			3.5	8
平均摆脱阈值, mA	16	10.5	76	75
			51	50
室颤阈值(通电时间 1s), mA	50	200		—

由上表可看出,对不同频率的电流男性的人体感知电流和摆脱电流均要高于女性。对于室颤阈值工频电流要低于直流,也就是说,工频电流对人体的

进一步使连接器标准化。在连接器方面,塑料光纤比二氧化硅光纤要简单得多,与金属电缆属于同一级。还必须对连接器进行研究,并实现连接器的标准化。

进一步降低成本。目前正在使用中的金属电缆的市场价格非常便宜,而通信用的塑料光纤成本比较昂贵。虽然由于光纤本身较短,对系统成本影响不太大,但仍是因素之一,限制了塑料光纤的应用。光源与接收器的成本也是重要因素,应当引起适当重视。塑料光纤链路的成本低于金属电缆链路的成本,才会对塑料光纤链路的推广应用起积极的作用。

纳入相应标准。目前已有关于塑料光纤的 AIM<sup>\*</sup> 论坛标准和 IEEE1394. b 标准,但尚未纳入国际和国家的布线标准中,例如 ISO11801、美国 TIA/ EIA568 —A 等,应在适当时间把塑料光纤纳入其中。

总之,由于塑料光纤数值孔径和受光角度较大,光耦合效率较高,易于连接,韧性好,重量轻,易于加工,且成本低廉等,而具有广阔的应用前景。塑料用于通信中是网络界的一大突破,特别是面对现在短距离高速宽带网的发展旺势,塑料光纤将成为新一代短距离高速通信的光传输介质,可望成为光纤入户和光纤到桌面工程理想的首选的材料。

\* AIM 意即异步传输模式,AIM 物理层是 ATM 模型的最下面一层,它由传输会聚子层和物理介质组成,负责信元编码并将信元交给物理介质。

危险也最大。实际上,室颤阈值是引起心室颤动的最小电流值,也是最小的致命电流值,从医学角度讲,心室颤动时,血液中止循环,导致各个器官供血不足或缺血,因而最易使人致命,如果通电时间超过心脏搏动周期,数十毫安的电流通过人体即可能引起心室的颤动,给人造成生命危险。实践表明:心室颤动电流随通电时间增加而减少,其计算方法有两种:

第一种为:  $I = k / t$

式中  $I$ ——室颤阈值, mA;  $t = 0.01s \sim 5s$ ——通电时间,  $K$ ——计算系数, 体重 50kg 取 116、体重 70kg 取 165。

第二种为:  $I = 50 (t - 1s)$  或  $I = 50t (0.01s - t - 1s)$

上式中  $I$ ——室颤阈值, mA;  $t$ ——通电时间, s。

## 2. 不同频率的电流对人体的伤害

统计资料表明,不同频率的电流对人体的伤害程度列于表 1:

表 1

电流频率(Hz)	对人体的伤害
30 ~ 100	有 45 % 的死亡率
125	有 25 % 的死亡率
200 以上	基本上消除了触电的危险

表 2

电流大小范围(毫安)	通电时间	人体生理反应
0 ~ 0.5	连续通电	无感觉
0.5 ~ 5	连续通电	开始有感觉,手腕等处痛感。没有痉挛,可以摆脱电源
5 ~ 30	数分钟以后	痉挛,不能摆脱电源,呼吸困难,血压,是可以忍受的极限
30 ~ 50	数秒到数分	心脏跳动不规则,昏迷,血压高,强烈痉挛,时间过长引起心室颤动
五十至数百	低于心脏搏动周期	强烈冲击,但未发生心室颤动
	超过心脏搏动周期	昏迷,心室颤动,接触部位有电流通过的痕迹
超过数百	低于心脏搏动周期	心脏搏动周期特定的相位触时,发生心室颤动,昏迷,接触部位留有电流通过的痕迹
	超过心脏搏动周期	心脏停止跳动,昏迷,甚至死亡

由表 2 可以看出:在一定的通电时间内,在确定的通电路径下,工频交流在 50mA 以下时,主要表现为电流的内效应,它以电击为主,对人体的神经系统、心脏等组织器官造成一定的伤害,虽然此时伴有共振效应,但电流提供的能量不足以构成生命危险。当电流一旦超过 50mA 达到数百毫安,且通电时间低于心脏搏动周期时,不仅超过室颤动阈值,导致血

液循环中止,而且由于电流提供的能量相对较大,导致部分组织器官共振效应明显,从而引起功能失调,危及生命,况且此时电流相对较大,从而使电流表现为一定的热效应,由此可以看出,触电事故是一个涉及到人体生理变化的复杂过程,电击和电伤二者是同时发生的,彼此之间是没有严格区分的。

## 3. 工频交流电对人体伤害的影响

在对大量的触电事故分析统计中,70%以上死亡者是在对地电压 250V、频率为 50 赫兹的交流电压下触电的。如以触电者人体电阻为 1K 计,在 220V 电压作用下,通过人体的电流是 220mA,这个电流能迅速将人致死。现将频率为 50 赫兹的低压工频交流电对人体的作用材料列于表 2:

液循环中止,而且由于电流提供的能量相对较大,导致部分组织器官共振效应明显,从而引起功能失调,危及生命,况且此时电流相对较大,从而使电流表现为一定的热效应,由此可以看出,触电事故是一个涉及到人体生理变化的复杂过程,电击和电伤二者是同时发生的,彼此之间是没有严格区分的。