

# 高压工频电场对人体的作用及防护

祝永坤, 关立志

(呼伦贝尔电业局, 内蒙古 呼伦贝尔 021008)

〔摘要〕介绍了工频电场对人体的作用, 分析了人体静电感应的产生、人体在高压工频电场中所引起的一些感知现象, 收集了有关国家在高压交流工频电场对人体生态方面影响的研究情况, 提出了带电作业时减少人体静电感应的防护措施。

〔关键词〕工频电场; 静电感应; 带电作业; 防护对策

## 1 人体静电感应

众所周知, 如果用绝缘工具把一段金属导体送入电场中, 导体内的自由电子受到电场的作用, 电子就向电场的反方向做定向移动, 结果使导体两端出现正负电荷。这种电荷又受到外电场的作用而进行重新分布, 在导体上出现一个电势通常称为悬浮电位, 这种现象叫做静电感应。其电位高低与导体所处的位置有关, 距带电导体愈近导体上的悬浮电位就高, 反之就低。

人体与金属相比是个电阻值较高的导体。人体电阻在一般的情况下为  $800 \sim 1\,000 \Omega$ , 由于作业人员脚穿绝缘胶鞋攀杆塔或借助绝缘工具去接近带电导体作业, 使人体脱离了大地电位, 因此处于电场中的人体就会出现一定感应电位。由于人在载流导体附近进行操作活动, 因此也包含着电磁场的电磁效应分量, 但主要的是电场的作用。同样人体电位的高低与人在电场中所处的位置、体表接受电力线的数目即电荷量的多少有关, 距带电体近, 出现的悬浮电位就高。从另一角度分析, 当作业人员进入电场时, 人对带电体、人对大地都形成电容交链耦合, 构成阻容回路, 其容量的大小与人体外形尺寸和人在电场中所处的位置有关, 当身高在

1.7 m 左右的工人脚穿绝缘鞋时一般对地电容在  $50 \sim 300 \mu\text{F}$ , 身穿屏蔽服处在 220 kV 导线等电位的情况下距地面 8~10 m 时, 人对地电容约在  $25 \sim 20 \mu\text{F}$ 。由于电容是个储能元件, 因此当作业人员借助绝缘工具进入电场时, 只要离开杆塔即(大地电位)在人体上就会出现高于地电位的感应电压, 杆塔上的其他作业人员就不能与他直接接触, 否则二人会同时遭受电击造成意外的感电事故。这主要是由于人体离开大地后较高的人体感应电压对处于接地体的人放电所致。而处于杆塔上的人员感应电压的高低除距带电体远近有关外, 还取决于人体对地绝缘电阻的大小。经有关资料和现场实际测量所知, 当作业人员处在 220 kV 线路铁塔平口距中导线 1.6 m 米处时感应电压高达  $800 \sim 1\,700 \text{ V}$ 。工人感到烦恼和担忧的是, 作业中, 在无精神准备的情况下, 人体感应电压由身体某一裸露部位瞬间对接地体放电。这种放电的特点: 放电电压较高, 放电能量较小, 一般是微库仑到毫库仑级, 当间隙空气游离击穿时形成集中的放电通路, 能量释放快。这种冲击性的瞬间暂态电流是很高的, 远超过 1 mA 人体感知水平, 因此会使肌肉感受到针刺似的甚至难以忍受的麻电现象, 给人造成精神紧张和胆怯心理。由于作业人

(4) 巡检要到位。需要巡视检查的设备——走到位置, 巡检时要带上手电筒、测温仪、测振仪, 同时采取耳听、眼看、手摸、鼻嗅等方法, 只有定点定时的巡检到位, 才能发现设备缺陷, 及时消缺, 把一切不安全因素消灭在萌芽状态。

(5) 纪律要严明。一是指工作中一切行动听指挥, 电力生产是环环相扣, 每一道命令都要许多相关的人去执行, 因此要服从生产指挥者的命令, 服从工作程序的命令, 这种服从是不允许有任何条件和代价的, 每一个电力工人都要适应这种需要, 养

成一切行动听指挥的良好习惯; 二是要遵守规章制度, 包括自觉遵守劳动纪律, 不迟到、不早退、不怠工, 服从工作调配, 对工作一丝不苟, 保证前后工序的协调和生产的顺利进行。

“五要”是相互联系、环环相扣、密不可分、缺一不可的, 它要求运行人员不但要有娴熟的业务技能、较高的文化水平, 而且还要有对工作认真负责、一丝不苟的工作态度, 只有这样才能保证电力生产安全连续经济运行。

(收稿日期: 2006-04-08)

员为了到达作业地点去工作,在攀登杆塔的过程中没有保护措施,不论杆塔设备多高完全依靠双手双脚牢固地攀登构件作为人身安全的唯一措施,当人身上的感应电压通过手或手腕的裸露部位对接地体放电的一瞬间,往往会使手在无精神准备的情况下突然离开杆塔构件,可能造成高处坠落的意外人身事故。

## 2 高压工频电场所引起的其他一些感知现象

在高压工频电场中的工作人员除经常碰到比较明显的麻电现象以外,还时常遇到一些其他的感知现象。如:风吹感、蛛网感、嗡声感等,这些现象都说明高压工频电场对人体的感知器官产生反应。特别是等电位作业人员在110 kV以上超高压输变电设备上进行等电位作业时这些现象尤为突出。

### 2.1 风吹感

等电位作业时,等电位人员面部总有较明显的微风吹拂的感觉,这主要是人体表面的电荷在电场力的作用下做功的表现。由于交流电场的集肤效应绝大部分电荷分布在导体表面,尖端是电荷集中的地方,因而尖端的电场强度也最强,会使附近空气分子产生电离,尖端电荷的异性离子跑向尖端,同性离子离开尖端,这样就形成了一股气流,通常称为电风。

当等电位人员进入电场后会使电场发生畸变,电力线被位移后使得等电位作业人员的头部和脚部单位面积的电力线数目增加,也就是说使得电场变形更为严重。

由于人的面部是无屏蔽的裸露部位,面部的鼻子又是尖端,因此电荷密度大,电场也较强,所以感到的风吹感也更为明显。

### 2.2 蛛网感

在高压强电场中由于人的面部没有屏蔽措施,时常还会出现另一种特殊的感觉——蛛网感。这种现象使得作业人员十分烦恼,就像人们爬山野游钻树林时蜘蛛网粘在脸上一样的感觉,这种现象仍是高压电场尖端效应的结果。面部神经在密集游动电荷的作用下产生这种特有的感觉,经实践证明这种现象不仅与电场高低有关而且还与气象条件有很大关系,特别是在夏天高温季节等电位作业人员出汗较多的时候,这种现象更为明显。

### 2.3 嗡声感

当等电位作业人员在超高压输变电设备上进行等电位作业时,经常在身边出现一种嗡嗡响声,特

别是在500 kV线路上作业,这种现象尤为突出,同样使作业人员感到烦恼。有些人讨厌这种噪声竟把头部的屏蔽帽摘掉进行作业,这种作法是不允许的,因为不戴屏蔽帽作业会使人体表面的局部场强增高,身体电流就会增加,对作业人员是不利的。分析这种声音的出现,主要是来自工频交流电场周期性的变化作用到屏蔽服上所引起的机械振动,它的声音与频率恰似通电运行的变压器的嗡声。

## 3 高压交流工频电场对人体的影响

低于240 kV/m的电场强度,虽然不会引起人的不良感觉,但对人体是否有不良影响?尤其是长时间在强电场下的工作人员是否有影响,这是国内外不少人从事研究的课题,尤其是从事带电作业人员探讨的重要问题。国际上对此曾有争论。

美国约翰霍普金斯医科大学对11名带电作业人员进行长达9年的跟踪体检,结论是对人体无影响;德国、法国曾在20 kV/m的场强下对人体和动物进行试验,没有发现生理学生物化学的变化;瑞典关于心理学影响的研究,也没有发现明显的变化。原苏联70年代曾在国际大电网会议上提出高压电场对人体有影响;80年代初,国际大电网会议通报明确,高压线路走廊下的电场不会对人体产生影响。

带电作业在我国兴起至今已有50多年,从事带电作业的现场工人经过几代人在超高压设备上进行几百万次的带电操作还没有发现由于在高压电场中作业产生的不良影响。我国的研究中进行的跟踪体检,作业时心电遥测,结论是无影响,主要是有防护措施。因此,只要防护措施得当,电场不会对人体产生影响。

## 4 带电作业防护措施

(1) 对于220 kV线路杆塔及变电所构架上进行间接作业时(人处于大地电位作业包括杆塔紧螺丝工作)应穿导电鞋,将电场引起的人体电流(暂态及稳态)限制在1 mA以下。

(2) 在超高压输变电设备上进行等电位作业及采用中间电位法的作业必须穿合格的全套屏蔽服,并注意各部连接可靠,作业中不允许脱开。

(3) 攀登500 kV杆塔构架时,人体的静电感应是很强的,为防止人体受电场及电磁波的影响,一定要穿全套屏蔽服作业。最好穿用A型或B型屏蔽服,使人的体表场强限制在15 kV/m以下,流经人体的电流不大于50  $\mu$ A。(收稿日期:2006-05-24)