

电磁场及其对人体的效应与防护

Effect by EMF (Electromagnetic Field) on Human Body and Protection

李如虎 陆红
Li Ruhu Lu Hong

(广西电力工业局 南宁市民主路6号 530023)

(Guangxi Electric Power Bureau, 6 Minzhu Road, Nanning, Guangxi, 530023)

摘要 介绍高压输电线路及电气设备附近电磁场量值的大小和交变电磁场对人体生理影响的试验及调查研究结果,其结论是现有的和将来计划建设的工业设施所产生的电磁场,对人体不会产生危害健康的、不可恢复的生物生理影响。但并不是说电磁场对人体就完全没有效应,不需要防护,本文也介绍了电磁场的其他效应及其防护问题。

关键词 电磁场 生理影响 电磁场屏蔽

Abstract This paper introduced the magnitude of the EMF in the neighborhood of extra-high-tension equipments and transmission lines and then, the tests and investigations about the physiological effect on human body by the alternating electromagnetic field (EMF). It was concluded that there would not be any physiological and biological effect which may be non-recoverably harmful to the human health by the EMF from existing and planned industrial facilities. However, it is not to say that there isn't any effect at all and no protection is required. Other effects and protections about the EMF's were also introduced.

Key words Electromagnetic field, physiological effect, electromagnetic field shielding

在广西天生桥—平果—来宾—梧州直到广东,以及岩滩—平果 500 kV 超高压输电线路相继投入运行以后,关于超高压输电线路电磁场对人体的影响及其防护问题,已越来越为人们所关心。如天广线投入运行不久,该线路 #364~#365 杆塔档距间邻近那务村的村民就以信访的方式反映该村村民受 500 kV 线路电磁场的影响使村民身体健康受到损害,并影响了日常生活。江苏省江都—兴化 220 kV 线路于 1993 年 10 月投入运行后数日,有关部门就收到了线路沿线个别村民的人民来信,反映“线路跨越房屋时危及群众安全问题”。

高压输电线路及电气设备附近电磁场

在电气设备附近,特别是在高压输电线路下方,当人接触某一对地绝缘的金属物件时,特别是当该金属物件又长又大的时候,在接触瞬间会出现小火花,在手指尖的接触处会出现一种使人不愉快的刺痛感。

在高压线路下方撑开金属骨架的伞,人也会有感觉。这说明在电力设备和架空线路附近存在着某种能量场,这就是电磁场。电磁场的存在还可以从人和动物毛发的颤动和皮肤表面的刺痛感觉出来,正因为这样,人和动物都不乐意停留在已达到感觉临界值的高电场区。

对高压电气设备和高压线路下的电场强度我国一些供电局测量的结果见表 1。

线路电场强度与电压等级、杆型、杆高、导线排列方式、测量点位置、气象条件、周围环境等诸多因素有关。由表 1 可见,线路电压越高,电场强度就越大。国外测量结果还证实,电压相同的线路,下导线对地距离越小,电场强度也越大。选择合适的杆塔高度,调整输电线路各相导线对地距离,同时使导线具有最好的相序排列,可以降低输电线路下的地面场强。

输电线路附近的房屋内,由于房屋的屏蔽,电场可降到无房屋时电场强度的 1/10~1/20。国外几个实测例子说明,即使在 400 kV 双回线路中心线下,一层楼房室内与人同等高度处的场强只有 0.1

~0.2 kV/m; 两层楼房楼下的场强几乎为零。根据武汉高压研究所对邻近 500 kV 天广线路的那务村村

表 1 线路杆塔上电场强度的测量结果

Table 1 Measurement of electrical field intensity on line towers

测量单位 Measured by (Measurer)	线路电压 等级 Line voltage grade (kV)	杆塔上电场 强度 Electrical field intensity on the tower (kV/m)	备注 Remark
北京供电局 Electrical Power Supply Co. in Beijing 昆明供电局 Electrical Power Supply Co. in Kunming	220	10~30 (个别部位>30)	
长沙电业局 Electrical Power Supply Co. in Changsha	220	7.5~17.5	偏低
咸阳供电局 Electrical Power Supply Co in Xianyang	330	20~30	
北京供电局 Electrical Power Supply Co in Beijing	500	30~40	
长沙电业局 Electrical Power Supply Co in Changsha	500	60~80	偏高

说明:上述场强都发生在杆塔上导线附近或横担某个位置,只有外线工人和带电作业人员才会接触到这么大的电场。

民日常生活环境的测量结果,可能接触的场强最大值为 1.24 kV/m,人体的感应电流为 17.7 μ A,室内场强为 0.03 kV/m;对 220 kV 江兴线路正下方附近村民生活环境的测量结果,可能接触的场强最大值仅为 0.24 kV/m,人体感应电流仅为 2.6 μ A,室内场强为 0.03 kV/m。而人们在普通照明设备附近就有 0.1~0.15 kV/m 的场强值,也就是说,即使没有超高压输电线路,在低压用电设备附近,也会有同一数量级的电场强度。即使没有低压电气设备,在好天气下,自然界也有 0.1~0.15 kV/m 的持续电场存在;而当雷

广西科学 1995 年 5 月 第 2 卷第 2 期

雨来临时,这一场强将会迅速增加,在雷云下的地面场强可高达 20 kV/m。因此,人们总是处在一个电磁场的环境中,既有自然界的,也有人为了。两者的区别不是幅值的大小,而是电力设备产生的电磁场具有工频交变的特性。

2 交变电磁场对人体生理影响的试验和调查研究

前苏联的柯莎诺娃(Колчанова)于 1972 年在国际大电网会议上首先提出经常暴露在 400 kV 和 500 kV 开关站的工作人员在电场作用下有头痛、疲乏、性功能衰退等症状,因而为开关站的工作人员规定了场强的限值:在电场小于 5 kV/m 处工作,时间不受限制;在电场大于 5 kV/m 工作,工作时间受限制。文章发表之后,整个西方学术界受到震惊,并就此开始了世界范围的研究。由享有世界声誉的几个实验室及研究院进行研究结果,并得到 1980 年国际大电网会议代表,包括前苏联学者在内的公认,一致认为“现有高压线下产生的电场对人体无害”“工频电场的危害效应以前估计过高”。这在当时对于那些过于担心电场对人体可能产生危害作用,反对建设高压线的舆论起了缓和作用,解决了人们思想上的不必要的疑虑,并解决了由此引起的纠纷。

当时几个著名的试验包括前西德的浩夫(Hauf)教授在试验室中模拟 50 Hz 的交变电场($E=20$ kV/m)和磁场($B=3 \times 10^{-5}$ T),让志愿者(年龄 25 岁左右的男女大学生)在试验室中每天无拘无束地静坐在一张桌子前做事或阅读 3 小时,然后作检查,除血液中白细胞、绝对嗜中性白细胞和网状红细胞有所增加(但仍在生理限度内)外,其他参数没有任何差异;胆固醇和甘油三酸酯都在正常值范围内波动(1%~3%);心电图、脑电图、血压都正常,只是脉率下降(一个健康的人安稳地静坐 3 小时后,脉率肯定要下降的,因此不能认为是电磁场的影响);试验者中主观上都没有感觉痛苦和头疼。因此浩夫认为:50Hz 交流电磁场对人体健康无影响。浩夫的学生对志愿暴露在交变电场中,通过人的机体 200 μ A 电流(该电流值大于人体在高压线路电场下的电流值)的人员进行试验,也没有发现人的生理参数有任何改变。

在电工研究所的试验室内,对志愿急性暴露在场强为 15~20 kV/m 电场中的人员作检查的结果表明,所有人员的机能状态和工作效率都是良好的,工作差错次数在正常的工作精确度范围内。在暴露的当

天,少数人主诉疲乏、厌烦、恶心,且观察到某些激素参数有变化,但还不足以证实电场可能是一种产生应激反应的因素。

美国的新格威德(Smgewald)和戈温霍文(Kovwenhoven) 1962年开始,对美国从事高压带电作业的10人,作历时9年的医学跟踪调查,共进行了7次严格的体格检查,都没有发现他们的健康状况由于经常处于高压电场中而受到任何不良的影响。联合国劳工卫生安全协会常设技术委员会主席恩列克·马尔保森(D·Malboysson)医生从1972年至1975年4年时间内对从事变电站和高压线路工作的84人与在低压线路和电表安装工作的94人进行了生物化学对比试验,没有发现两者有多大差别。马尔保森医生还对76名带电作业工人进行医疗检查,也没有发现他们的健康状况由于他们所从事的工作而导致的任何不良影响。因此他指出,这样强度的电磁场对人体没有产生长期的不良影响。法国的斯特龙匝(Strumfa)调查了居住在200~400 kV高压设备附近区域内的70名工作人员及其家属和居住在远离高压设备125 m以外的74户共525人的健康情况。结果表明这两部分人没有明显差别。我国东北电力试验研究院和沈阳市劳动卫生与职业病研究所对东北地区924名带电作业人员进行健康检查,也没有发现由于高压电磁场的作用而产生的病态反应。我国在500 kV平武线筹建时,武汉高压研究所与同济医科大学、湖北省电力局共同组成科研协作组,开展了历时十多年的工频电场对生态影响的研究工作,其中包括在生态试验室内的平行平板电场中进行了动物暴露试验;对接触电场的工作人员进行了8年之久的健康状况动态观察;对500 kV线路产生的电磁场对小学生智力影响的测定;500 kV线路走廊卫生学调查等。研究结果表明,在我国目前超高压线路产生的电场对人体未发现特异性变化。

此外,在美国、意大利和法国,还有人用动物在高达100 kV/m的电场下做试验,都未发现电磁场对动物有什么不良影响。

关于电磁场对机体的可能影响,已引起了广泛的重视,多数文献就所观察到的生物生理效应,倾向于没有影响;即使有影响,也是极轻微的、可恢复的、在正常范围内的,远不能引起病理的影响,这已为国际大电网会议所公认。国际大电网会议理事会秘书长于1980年签署的发给世界各国的通知中说“……过去对电场的危险影响作了过高的估计,现在对电场临界值的规定(即不得超越的界限)应远高于现存的电场,因而有很大的安全裕度……”。因此可以说,现

有高压输电线路下的电磁场对人体无害。

3 电磁场的防护

虽然电磁场对人体不会产生危害健康的、不可恢复的生物生理影响,但并不是说电磁场对人体就完全没有效应。例如,处在电场强度为10 kV/m的无畸变电场中的带电作业工人,在没有接触带电的导体之前,他可能感觉不到这个电场的存在。如接触带电导体后,会感到有风吹感(似微风吹拂面部的感觉)、蛛网感(似蛛网粘在脸上的感觉)、嗡嗡声感(似有嗡嗡的声音的感觉)和蚁咬感(似蚂蚁咬的感觉),其感觉的程度与流过人体的电容电流大小以及诸如皮肤的潮湿、皮肤有无损伤和电流流过人体的部位等因素有关。它可以使人感到不舒服。在某些特高压或超高压输电线路下或变电站内,即使不是像带电作业那样靠近带电导线,工作人员也可能感觉到毛发轻微的颤抖和刺痛。当接地的人员接触电场中不接地的大型金属物体时,会有类似触电的感觉。其感受程度,视流经人体的该金属物体的电容电流大小而定,也就是说与该金属物体所处电场大小和其体积有关。上述情况如果发生在高空,可能引起间接的事故,如使工具或著仪器、甚至作业者本人从高空跌落。所以,对长时间在强电场下作业的人员来说,对电场应有所防护。

前苏联规定:跨越道路和经常会接近的地方,电场强度不得超过10 kV/m;非居民区但有可能接近的地方,电场强度不得超过15 kV/m;很难接近的地方,对电场的限制可放宽到不超过20 kV/m;而对电场强度不超过5 kV/m的地方,不限制人们在其内的停留时间。在目前建成的超高压线路下,电场强度通常不超过5 kV/m左右。全世界数十万公里这样的线路所提供的特别广泛和有意义的运行数据,说明这些线路是完全无害的。

在前捷克斯洛伐克,对最大允许电场强度的要求是:运行电压为750 kV或以上的输电设施周围离地面1.8 m处的电场强度不应超过15 kV/m;在输电线路与道路(人行小径除外)的交叉点离地面1.8 m处的电场强度不应超过10 kV/m。在上述标准内,工作人员在其附近暴露的时间没有限制,规定比较宽。而在日本,限制电场强度的主要理由是因为在撑开的伞上有感应(称“伞效应”),给人不舒服的感觉。因此,在人们易接近的地方,场强限制在3 kV/m以内,要求比较严格,在这些地方往往需要装置屏蔽线。目前在我国尚无这方面的标准,建议尽快地制定出合乎我国国情的工频电场允许场强标准和有关的静电感应是则。

除了对电场强度作出限制外,一般都利用法拉第筒原理(即电场中金属筒内的场强为零的原理)对电场作有效的防护。用导电的金属丝与纤维混纺,或者用导电纤维织成布料做成的屏蔽服,就是一个很好的法拉第筒。作业人员穿上后,在屏蔽服内(也就是在人体表面)的电场强度就很小了。例如我国研制的A型屏蔽服,屏蔽系数为99.8%,即使在750 kV/m架空线路上等电位作业,导线表面电场强度高达1410 kV/m,但穿屏蔽服后人体表面只有2.82 kV/m。所以我国带电作业规程规定,无论在哪一级电压等级进行等电位作业,等电位人员都必须穿全套屏蔽服。攀登500 kV线路电杆或变电站构架,也应穿屏蔽服,以防护电场并减弱其对人体的感应电压。

4 电场的其他效应及防护

电场除上述对人体有效应外,在下述场合仍有不良影响,需要防护。

4.1 电场中车辆的感应电流

当电场频率为50 Hz时,车辆感应电流的典型数值(频率为60 Hz时这些数值应乘1.2)为:小型汽车:0.05 mA/kV/m;大型汽车:0.1 mA/kV/m;卡车:0.2 mA/kV/m;公共汽车、大卡车:0.25 mA/kV/m。这样,一辆公共汽车停放在750 kV线路下(场强为8~10 kV/m),在最坏情况下,理论上可以计算出其持续接触电流为2.0~2.5 μ A。因此,当人接触不接地停留在电场下的汽车时会有麻电的感觉,为防止人体麻电或者汽车油箱可能着火,停留在强电场中的汽车应接地。

4.2 电场下的金属线和围栏

国外许多大农场,特别是葡萄园,都采用水平延伸的铁线作架子。如果它们处在高压线路下,就可能产生mA级的稳态感应电流。如一根长200 m、直径2 mm、距离地2 m、处在10 kV/m电场中的铁线,理论计算得感应电流为9.2 mA。与上述同样条件,但间距为50 cm的4根平行延伸的金属线,理论计算感应电流可高达20 mA。当人们接触这些铁架子时,不可避免地会造成麻电,甚至类似触电。其防护的办法是可靠接地。

如果是延伸的金属围栏,其对地电容比延伸的金属线还大得多。为了避免单独一个接地点有意外断开

的危险,采用每隔约20 m的多点接地,常常是可取的。

4.3 对加油站的危险及防护

如果加油站靠近线路,当加油站给油箱加油的时候,如加油管的喷咀和油箱的注油孔间,接触是断续的话,产生的火花就有足够的能量点燃石油气蒸汽,造成着火。在英国进行的大量调查研究指出,一辆大型车辆即使在4 kV/m的电场下,其感应电压通常也会超过感应电压的安全极限值800 V,从而可能引起着火。所以,当没有静电屏蔽设施时,加油站决不应设在超高压线路下或紧靠近线路。一座由金属或钢筋混凝土制成的屋顶,就有很好的屏蔽作用。

4.4 对某些高灵敏度电子仪器及其类似设备

电磁场引起人们关心的另一个问题,是电磁场对处于其中的某些高灵敏度电子仪器和类似设备如微伏记录仪,计算机或计算机辅助设备,特别是对心脏起搏器工作的干扰,会使这些仪器和设备失灵。对心脏起搏器可能造成长期失灵的后果。

电场还可能引爆电雷管,使爆破装置误炸。这在我国带电修补导线作业时曾多次发生过。

对电场防护的唯一办法是可靠屏蔽。

参考文献

- 1 电场对生物影响研究. 广西南宁供电局, 湖南高压送变电维修公司. 译法国通用电气公司评论专刊.
- 2 高压交流电场对带电作业人员影响的医学跟踪研究. 湖南省水电局译. IEEE, 1973, 1 (7/8).
- 3 东北电力局技术改进局. 高压场强试验报告. 电力技术报导, 1976.
- 4 黄方经. 工频500 kV超高压输电线路电磁场强度对机体的影响及其防护措施. 武汉医学院.
- 5 高压带电作业人员健康检测报告. 武汉医学院、武汉高压研究所、武汉供电局联合研究报告.
- 6 关于高压线路个别地段危及群众安全的调查报告. 武汉高压研究所.
- 7 水利电力部科学技术情报室, 国外带电作业. 1973.
- 8 水电部电调度研究所. 500千伏线路静电感应问题. 1976, 6月.
- 9 水电部科研所. 高电压技术译文选辑(四), 1975, 8.
- 10 水电部武汉高压研究所. 高电压技术, 1977, 2.
- 11 电力技术. 1980, 12.
- 12 重庆大学. 高压放电对生态影响译文集. 1985, 10.

(责任编辑:梁积全、莫鼎新)