

文章编号: 1671- 251X(2011)01- 0052- 03

超高压输电线地面电场的测量、计算及分析

付朝国, 孙岩洲

(河南理工大学电气工程与自动化学院, 河南 焦作 454003)

摘要: 利用电磁辐射分析仪 PMM 8053B 与工频电磁场探头 EHP-50C 对某地区 500 kV 超高压输电线的电场强度进行了实际测量; 应用等效电荷法对该地区空旷地带的电场强度进行了模拟计算。通过 Matlab 软件对比计算结果与实测结果后得出, 采用等效电荷法计算电场强度所得结果与实测数据基本一致; 建筑物中以及树林下的电场强度远小于空旷地带。

关键词: 超高压输电线; 电磁辐射; 电场强度; 等效电荷法

中图分类号: TD601 **文献标识码:** A

Measurement, Calculation and Analysis of Ground Electric Field of
Super High-voltage Transmission Line

FU Chao-guo, SUN Yan-zhou

(School of Electrical Engineering and Automation of Henan Polytechnic University,
Jiaozuo 454003, China)

收稿日期: 2010- 09- 25

基金项目: 国家自然科学基金项目(50974053)

作者简介: 付朝国(1981-), 男, 江西南昌人, 硕士研究生, 主要
研究方向为高压电磁兼容的应用。E-mail: guoqiang19841204@
tom.com

要求^[7]。可见, 采取这些措施进行岩体强度加固是有效的。在采取这些措施时要注意以下几点:

(1) 由于 C 区内云母片岩岩体质量较差, 岩石松散破碎, 已无必要对表层岩体进行加固治理, 所以采用滑体削坡减载的方法。削坡时要保证清扫平台的宽度, 必要时采取超前支护措施, 对于削坡后局部不稳定的坡段应采取加固措施。

(2) 坚持“边开挖, 边防护”的原则, 靠帮边坡形成后, 应及时采取加固措施; 对于大的清扫平台进行注浆加固。要加强边坡变形监测, 掌握边坡变形动态, 平时安排专人对边坡进行认真检查, 发现隐患必须及时处理, 确保施工安全。矿上必须安排人员对边坡上部打锚杆进行加固, 对边坡上有裂隙的地方必须采用水泥进行浇筑加固^[8]。

(3) 爆破震动是影响边坡稳定性的主要因素, 应尽量减小生产采掘爆破对边坡岩体的扰动, 保留原岩的原始强度, 在靠界处采用预裂控制爆破方式。预裂爆孔间距为炮孔直径的 10 倍, 不耦合装药系数

为 2~4, 预裂孔超爆时差为 75 ms。

参考文献:

- [1] 孙玉科, 杨志法, 丁恩保, 等. 中国露天矿边坡稳定性研究 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1999.
- [2] 訾建萍, 朱令起, 张大伟, 等. 黑山铁矿露天采场边坡稳定性分析 [J]. 矿业快报, 2008(8): 74-76.
- [3] 王发东, 刘治中. 弓长岭露天铁矿某段边坡变形破坏分析及预测 [J]. 金属矿山, 2005(11): 17-19.
- [4] 蔡美峰, 何满潮, 刘东燕. 岩石力学与工程 [M]. 北京: 科学出版社, 2007: 388.
- [5] WONG F S. Slope Reliability and Response Surface Method [J]. Journal of Geotechnical Engineering, 1995, 111(1): 32-53.
- [6] 祝玉学. 边坡可靠性分析 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1993: 135.
- [7] HOEK E, BRAY J W. 岩石边坡工程 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1983.
- [8] 李海蒙, 李军财, 蔡美峰, 等. 某矿山边坡滑坡分析及综合治理技术研究 [J]. 中国矿业, 2006(6): 58-60.

Abstract: By PMM 8053B electromagnetic radiation analyzer and EH P-50C electromagnetic field probe with power frequency, electric field intensity of 500 kV super high-voltage transmission line was measured in some area and electric field intensity in open zone of the area was calculated by use of equivalent charge method. Through comparing the measured and calculated results by use of Matlab, conclusions were gotten that the calculated results are mainly consistent with the measured ones and electric field intensity in buildings and woods is far less than the one in open zone.

Key words: super high-voltage transmission line, electromagnetic radiation, electric field intensity, equivalent charge method

0 引言

毗邻居民住宅区高压线的工频电磁场是否会对长期生活在其环境中的居民产生有害影响^[1-4]、如何防护电磁污染、如何进行环境评价等^[5-6] 问题目前已成为整个社会普遍关心的问题。已有很多科研人员对输电线周围的电磁污染问题做了大量的研究工作^[7-10]。本文以 500 kV 典型超高压输电线路为例, 对超高压线路下居民房内和桃树林电场强度的实际测量值与运用等效电荷法得出的计算值进行比较, 并针对如何减小电磁辐射提出防护建议。

1 监测仪器布置

对河南省焦作市某 500 kV 超高压输电线路两处特殊地段的电场强度进行测量, 线路为同塔双回路垂直架设的 500 kV 电压等级输电线路, 导线型号为 $4 \times \text{LGJ}400/35$, 线路地线用 GJ-70, 子导线按方形四角分布, 分裂间距为 450 mm, A、B、C 相导线与地面距离分别为 39.4 m、28 m、17.4 m。测量原点设在档距中央中线弧垂最低点的地面投影处(居民房大约在档距中间), 每隔 5 m 设置一个监测点, 测量距地面 1 m 高处的电场强度。居民房(离测量原点 10 m, 由 2 栋小平房中间加一个石棉瓦顶棚连接, 靠近高压线处有个小院子, 房子总长约 30 m)、桃树林和 500 kV 线路分布如图 1 所示。由原点向左测量所得的数据为居民房实测数据, 向右测量所得的数据为桃树林中的实测数据。在测量居民房中的电场强度时, 房间的电器设备正常工作, 根据 FARAG A S 等对于电器设备工作状态产生电磁场的研究表明, 电器设备对于电磁环境的影响在 1 m 之外表现得很小^[10]。现场测量时采用 PMM 8053B 电磁辐射分析仪和工频电磁场探头 EHP-50C, 电场强度可直接读出。测量时监测人员应尽量远离测试点, 以免干扰仪器正常工作。

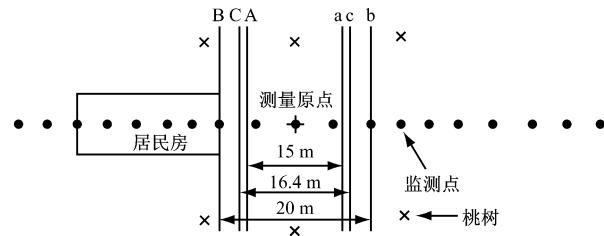


图 1 居民房、桃树林和 500 kV 线路分布俯视图

2 理论计算与实测数据分析

2.1 理论计算方法

输电线下的工频电场计算一般采用等效电荷法。等效电荷法基于电磁场唯一性定理, 将电极表面连续分布的自由电荷或介质分界面上连续分布的束缚电荷用一组离散化的模拟电荷予以等值替代, 只要这组电荷能保证原来给定的边界条件不变, 就可以利用叠加原理将离散的模拟电荷在空间所产生的场量进行叠加, 得到与原连续分布电荷等效的空间电场分布^[11]。图 2 为应用等效电荷法计算 P 点电场强度的示意图, 其中 $i_1 \sim i_6$ 为地面实际导线上的电荷, $i'_1 \sim i'_6$ 为 $i_1 \sim i_6$ 的镜像电荷。

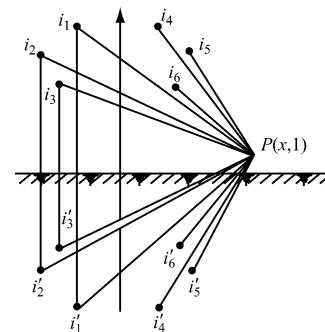


图 2 等效电荷法计算电场强度示意图

针对图 1 的测量场景, 在计算时示意图将输电线路简化为无限长且平行于地面, 并把地面视为良导体, 同时考虑到地面电场强度最大的情况, 计算时线对地高度通常取最大弧垂时导线的最小对地高度。本文仅对空旷地带的电场强度进行理论计算,

所得结果如表 1 所示。

表 1 空旷地带的电场强度理论计算值

与原点距离/m	0	5	10	15	20	25
理论值/(kV·m ⁻¹)	6.684	6.561	5.823	4.346	2.754	1.529
与原点距离/m	30	35	40	45	50	
理论值/(kV·m ⁻¹)	0.727	0.248	0.111	0.241	0.323	

2.2 实测数据

分别测量空旷地带、居民房及桃树林的电场强度, 结果如表 2 所示。

表 2 空旷地带、居民房及桃树林的电场强度实测数据

与原点距离/m	空旷地带		居民房		桃树林中	
	$E/(kV \cdot m^{-1})$					
0	6.712	6.647	1.631			
5	6.355	5.114	0.927			
10	5.998	1.674	0.403			
15	4.321	1.457	1.570			
20	2.616	0.002	0.095			
25	1.818	0.002	0.033			
30	0.738	0.004	0.274			
35	0.508	0.014	0.320			
40	0.614	0.002	0.266			
45	0.361	0.120	0.346			
50	0.197	0.182	0.377			

2.3 仿真分析

根据表 1 和表 2 数据, 用 Matlab 插值方法对数据进行处理, 所得曲线如图 3 所示。

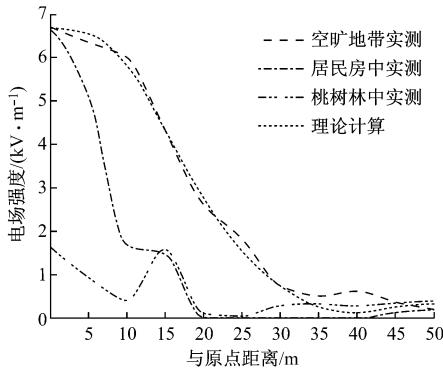


图 3 Matlab 绘制曲线

由于砖石结构的房屋墙壁内和顶部有一定的水分与钢筋, 且与大地连接导通, 这相当于提高了零电位, 必然导致工频电场减小。从图 3 可看出, 在居民房中(10~40 m), 电场强度最大为 1.674 kV/m, 远小于工频电场限值(4 kV/m)。同时由于树枝与树叶表面有许多微小的细孔, 这些细孔通过管道与地下的树根相通, 细孔与管道中充满着溶解液, 这样整棵树就是一个导体且与零电位地相连接, 使桃树林

中的电场强度也得到了大幅度的减小, 最大电场强度值仅为 1.631 kV/m; 在 15 m 处电场强度达到了一个极大值, 这是因为在 15 m 处有一小块空旷地带。产生上述情况的原因是树木对其下面的空间起到屏蔽作用。由此得出, 对居住在高压线附近的居民, 在居民房周围种上适当高度的树木可减小电场强度, 从而降低电磁辐射干扰。

3 结论

(1) 由仿真结果可知, 采用等效电荷法计算输电线地面电场是可行的, 所得计算结果与实际测量值基本一致, 在误差允许范围内。

(2) 随着距离的增加, 超高压输电线路下电场强度逐渐减小, 并且树木和居民房对电场强度起削减作用。

(3) 根据 HJ/T 24—1998《500 kV 超高压送变电工程电磁辐射环境影响评价技术规范》、DL/T 5092—1999《110~500 kV 架空送电线路设计技术规范》中有关于工频电场限值(4 kV/m)的规定, 从计算和实测数据来看, 该地区的安全距离大约在距输电线中心 17 m 外。

参考文献:

- [1] 张运洲. 对我国特高压输电规划中几个问题的探讨 [J]. 电网技术, 2005, 29(19): 19-22.
- [2] 张启春, 阮江军, 喻剑辉. 高压架空线下空间场强的数学模型 [J]. 高电压技术, 2000, 26(1): 19-21.
- [3] 邹澎. 高压输电线下有建筑物时工频电场的数学模型 [J]. 中国电力, 1997(3): 13-15.
- [4] 舒印彪, 赵丞华. 研究实施中的 500 kV 同塔双回紧凑型输电线路 [J]. 电网技术, 2002, 26(4): 49-51, 74.
- [5] 张伟. 高压、超高压交流输电线路电磁环境的研究 [J]. 水利电力机械, 2007, 29(1): 47-50, 63.
- [6] 邵方殷. 我国特高压输电线路的相导线布置和工频电磁环境 [J]. 电网技术, 2005, 29(8): 1-7.
- [7] 孙朋, 张晓冬. 高压线工频电场数学模型及仿真 [J]. 电力建设, 2005, 26(4): 39-42, 50.
- [8] 傅中, 张必余. 500 kV 同塔双回线路感应电压和电流的仿真与研究 [J]. 电力建设, 2007, 28(7): 31-33.
- [9] 杨志祥, 孙岩洲, 王俊峰. 220 kV 架空线路工频电磁场分析 [J]. 电力建设, 2009, 30(12): 28-31.
- [10] FARAG A S, DAWOUD M M, SELIM S Z, et al. Electromagnetic Field in the Home [J]. Power Frequency Electric Machines and Power System, 1998, 26(7): 749-776.
- [11] 国际大电网会议第 36.01 工作组. 输电系统产生的电场和磁场 [M]. 北京: 水利电力出版社, 1994.