

变电站电磁环境研究现状综述

高世刚¹, 岳斌^{2*}, 李军²

¹国网甘肃省电力公司电力科学研究院, 甘肃 兰州

²兰州城市学院, 地理与环境工程学院, 甘肃 兰州

Email: goshegun@163.com, *yb_gs@163.com

收稿日期: 2020年11月6日; 录用日期: 2020年12月2日; 发布日期: 2020年12月9日

摘要

为了解输变电工程对周围环境的电磁污染影响状况, 以不同等级输变电工程为研究对象, 探讨变电站和输电线路的工频感应电场强度和磁场强度数值的变化。结果表明, 常见的110 kV和220 kV变电站及输电线路的电磁辐射数值均满足国家相关法律法规要求, 对周围的电磁环境影响不大, 但是750 kV特高压变电站及输电线路对周边的电磁环境有较大影响, 建议变电站在建设的过程中采取接地、屏蔽、种植植物隔离带等措施, 尽可能减少工频电磁场、噪声对环境的影响。

关键词

电磁环境影响, 工频磁场, 工频电磁, 环境污染, 变电站

Summary of Research Status of Substation Electromagnetic Environment

Shigang Gao¹, Bin Yue^{2*}, Jun Li²

¹Electric Power Research Institute, State Grid Gansu Electric Power Company, Lanzhou Gansu

²Colloge Geography and Environmental Engineering, Lanzhou City University, Lanzhou Gansu

Email: goshegun@163.com, *yb_gs@163.com

Received: Nov. 6th, 2020; accepted: Dec. 2nd, 2020; published: Dec. 9th, 2020

Abstract

In order to study the electromagnetic pollution caused by power transmission and transformation projects to the surrounding environment. Different levels of power transmission and transformation projects are the research objects to discuss the numerical changes of the power frequency

*通讯作者。

文章引用: 高世刚, 岳斌, 李军. 变电站电磁环境研究现状综述[J]. 环境保护前沿, 2020, 10(6): 839-844.

DOI: 10.12677/aep.2020.106101

induced electric field and magnetic field strength of substations and transmission lines. It is indicated the electromagnetic radiation values in common 110 kV and 220 kV substations and transmission lines meet the requirements of relevant national laws and regulations, and have little impact on the surrounding electromagnetic environment. However, the 750 kV UHV substation and transmission lines have a great impact on the surrounding electromagnetic environment. Therefore, it is suggested that the substation should take such measures as grounding, shielding and planting plant isolation belts in the construction process to minimize the impact of power frequency electromagnetic field and noise on the environment.

Keywords

Electromagnetic Environmental Impact, Power Frequency Magnetic Field, Power Frequency Electromagnetic, Environmental Pollution, Substation

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着科学技术的快速发展和电力设施的广泛建设,电磁环境影响作为一个新的环境问题已经引起世界各国的高度关注,各国不断加强电磁辐射污染防治防护领域的工作。世界卫生组织(WHO)极为重视电磁辐射与人体健康问题,随着公众环保意识也不断提高,对于输变电工程电磁环境影响的投诉日益增多,因此,了解不同等级输变电系统的电磁特点及其对环境的影响是非常必要的。许多人对此作了不同的研究,刘茵[1]等人对上海市某 110 kV 输变电工程的电磁影响进行了预测与分析,发现满足一定变电站建设和输电线路架线要求的前提下,110 kV 输变电工程其附近的电磁环境影响符合环境保护要求。李静静[2]等人以宁波市建设某 220 kV 输变电工程为研究对象,预测及评价了 220 kV 输变电工程电磁环境影响,侯云[3]等人对湖南省 4 座 500 kV 变电所和 5 条 500 kV 输变电路工频电磁场强度进行了现场监测,初步弄清了湖南省 500 kV 高压输变电工程工频电磁辐射的现状,并就其对环境的影响作了分析,提出了预防措施。以上研究均取得了一定的成果,但是仅仅谈论了某个地区某个千伏数变电站电磁环境的影响,对于不同地区、不同千伏数变电站电磁环境研究甚少。综合部分文献 110 kV、220 kV 和 750 kV 不同变电站电磁环境数据,对比分析工频电、磁场强度数据,研究不同千伏等级变电站电磁环境影响的共性及差异。

2. 电磁环境污染因素

变电站的电磁产生来源于主变压器、高压断路器、隔离开关、电压(电流)互感器、高压电抗器、高压电容器以及母线、高压避雷器等部件在运行过程中产生的电磁影响综合而成[4]。变电站内高压设备的上层有互相交叉的带电导线,下层有各种高压电气设备以及连接导线,电极形状复杂、数量多,在其周围形成了一个比较复杂的高交变工频电磁场,这种电磁场对周围产生静电感应;同时,高压输电线路工作时,随着电压等级升高,相对地面产生的静电感应逐渐增大,从而形成电磁环境影响[5] [6] [7]。因此,高压变电站和高压输电线路是电磁场污染产生的两个主要因素。

3. 变电站电磁环境研究现状

为了探讨不同等级变电站所产生的电磁场对周围环境的影响,我们对目前部分地区不同电压等级输变电工程中高压变电站和输电线路不同距离点的电场强度和磁场强度文献资料进行了查阅与分析,根据

其中数据总结了工频电场强度和磁场强度随距离的变化特点, 见表 1~3。

3.1. 110 kV 输变电工程的电磁环境研究现状

目前有关 110 kV 输变电工程中变电站和输变电线路的电磁环境影响研究有关文献见表 1。通过相关文献可知, 110 kV 输变电工程中变电站的工频电场强度一般情况下随距离的增加而逐渐降低, 但是也有个别特殊情况, 例如胡麻营 110 kV 变电站工频电场随距离增加先升高(在 20 m 处出现最大值)后又呈降低趋势。工频磁场强度的变化趋势与电场强度的变化趋势大体相同, 距离围墙越近, 其测量值越大, 但是 110 kV 茅兰沟变电站工频磁场水平分量最大值为 $1.34 \times 10^{-2} \mu\text{T}$, 出现在距围墙 35 m 处。110 kV 输变电系统中输变电线路的工频电场强度和磁场强度均随距离的增加而逐渐降低。从文献数据可知, 110 kV 变电站和输电线路附近地面工频电磁场强度相对较低, 其周围电磁场水平符合《电磁环境控制限值》(GB8702-2014)中推荐的以 4 kV/m (千伏/米)作为居民区工频电场、以 0.1 mT (毫特斯拉)即 100 μT (微特斯拉)作为磁感应强度(工频磁场)的评价标准。

Table 1. The variation of electric field intensity and magnetic field intensity in literatures studied at 110 kV power transmission and transformation engineering

表 1. 110 kV 输变电工程研究文献中电场强度和磁场强度变化

编号	文献标题	变电站		输变电线路			
		监测环境	电场强度变化 (V/m) 及最大值处(m)	磁场强度变化 (μT) 及最大处(m)	监测环境	电场强度变化 (V/m) 及最大值处 (m)	磁场强度变化 (μT) 及最大处(m)
1	110 kV 输变电工程电磁辐射的产生及防治[5]	110 kV 上板城变电站: 地形平坦, 没有高大建筑物及树木, 母线构架侧围墙以外至 40 m 处, 正常运行	垂直: 6.6~124.2 (围墙 0 m 处)	垂直: $1.33\sim 2.72 \times 10^{-2}$ 水平: $1.28\sim 1.44 \times 10^{-2}$ (围墙 5、15 m)	垂直于线路方向进行测量, 测点间隔为 5 m, 顺次测至线路外 40 m, 正常运行	垂直: 12.7~1163.2 (进线起始点)	垂直: $2.55\sim 6.68 \times 10^{-2}$ (距起点 5 m 处) 水平: $1.45\sim 6.17 \times 10^{-2}$ (进线起始点)
		110 kV 茅兰沟变电站: 地形平坦, 没有高大建筑物及树木, 母线构架侧围墙以外至 40 m 处, 正常运行	垂直: 5.43~20.6 (围墙 0 m 处)	垂直: $1.60\sim 1.82 \times 10^{-2}$ (围墙 0 m 处) 水平: $1.18\sim 1.34 \times 10^{-2}$ (围墙 35 m)			
		110 kV 胡麻营变电站: 地形平坦, 没有高大建筑物及树木, 母线构架侧围墙以外至 40 m 处, 正常运行	垂直: 4.29~17.3 (围墙 20 m 处)	垂直: $1.32\sim 1.45 \times 10^{-2}$ (围墙 0 m 处) 水平: $1.18\sim 1.31 \times 10^{-2}$ (围墙 0 m)			
2	常见输变电工程电磁环境影响分析[8]	110 kV 某变电站: 正变电站向南衰减断面, 正常运行	81.2~438.6 (站向南 5 m 处)	4.0~14.0 $\times 10^{-2}$ (站向南 5 m 处)	正变电站向南衰减断面, 正常运行测点间隔为 5 m, 顺次测至线路外 50 m, 正常运行	9.6~217.4 (进线起始点)	1.00~7.00 $\times 10^{-2}$ (边导线正下方起始点)
3	基于 NBM 550 的 110 kV 变电站电磁辐射研究[9]	110 kV 新郑市城后变电站: 四面地势平坦、无树木, 围墙 5 m 处开始进行监测, 测量间距为 5 m, 直至围墙外 50 m 处, 正常运行	1~227.3 (北侧墙外 5 m)	0.1~46.2 $\times 10^{-2}$ (东侧墙外 5 m)			

Continued

4	110 kV 变电站电磁环境的污染监测与应对方法 [10]	110 kV 九峰变电站周边 500 m 内居民点	4.4~129	$4\sim 15 \times 10^{-2}$	送电线路走廊 两侧 30 m 内居住点	6.2~836	3~18
---	-------------------------------	---------------------------	---------	---------------------------	------------------------	---------	------

3.2. 220 kV 输变电工程的电磁环境研究现状

目前有关 220 kV 输变电工程的电磁环境影响研究有关文献见表 2。从表 2 数据中可以看出, 正常运行情况下 220 kV 变电站及输电线路的工频电、磁场数据均随着监测点与变电站距离的增加呈现降低的趋势, 其工频电场强度和磁场强度的最高值会出现在变电站 0~10 m 范围内; 从列出的数据中还可以看到, 所选文献中 220 kV 输变电工程中变电站的工频电场强度在 1~2175 V 范围内, 磁场强度在 0.019~1.95 μT 内, 输变线路的工频电场强度集中 0.3~2010 V, 而磁场强度在 0.062~3.22 μT 内, 对周围的电磁环境影响不大, 较弱的磁场对生态影响也会较小。

Table 2. The variation of electric field intensity and magnetic field intensity in literatures studied at 220 kV power transmission and transformation engineering

表 2. 220 kV 输变电工程研究文献中电场强度和磁场强度变化

编号	文献标题	变电站		输变电线路			
		监测环境	电场强度变化(V/m)及最大值处(m)	磁场强度变化(μT)及最大值处(m)	监测环境	电场强度变化(V/m)及最大值处(m)	磁场强度变化(μT)及最大值处(m)
1	220 kV 拟建输变电工程环境影响评价分析 [11]	220 kV 某城区, 典型的商业居住人口稠密地区, 正常运行	2175 (敏感点处电场强度 1.5 m 高度)	0.978 (敏感点处电场强度 1.5 m 高度)			
2	220 kV 输变电工程电磁辐射对环境的影响分析 [12]	220 kV 山西省某典型电场, 正常运行	1~592 (围墙外 10 m 处)	0.019~1.058 (围墙外 0 m 处)	沿垂直于线路方向进行, 测点间距为 5 m, 顺序测至边相导线地面投影点外 200 m 处止	11~2010 (距中心 0 m 处)	$6.2\sim 322.2 \times 10^{-2}$ (距中心 5 m 处)
3	泉州地区输变电工程电磁辐射环境影响分析 [13]	220 kV 埭边(临港)变电站, 周围的工频磁场测量最大值为起点, 相邻两测点间距为 5 m, 依次测至 50 m 处为止, 正常运行	208.2~804.5 (围墙起点处)	0.086~1.95 (围墙起点处)	同变电站电磁变化监测条件	11.75~133.9 (围墙起点处)	$8.8\sim 56.2 \times 10^{-2}$ (围墙起点处)
4	220kV 输变电工程电磁辐射环境影响研究 [14]				宜昌 220 kV 郭飞线, 四周是水田视野开阔无高大植被、高山和建筑物阻挡	0.3~1.78 (距中心 3 m 处)	0.89~2.81 (距中心 0 m 处)

从上述数据可以看出, 正常运行情况下 220 kV 变电站及输电线路的工频电、磁场数据均随着监测点与变电站距离的增加呈现降低的趋势, 其工频电场强度和磁场强度的最高值会出现在变电站 0~10 m 范围内; 从列出的数据中还可以看到, 所选文献中 220 kV 输变电工程中变电站的工频电场强度在 1~275 V 范

围内, 磁场强度在 0.019~1.95 μT 内, 输变线路的工频电场强度集中 0.3~2010 V, 而磁场强度在 0.062~3.22 μT 内, 对周围的电磁环境影响不大, 较弱的磁场对生态影响也会较小。

3.3. 750 kV 输变电工程的电磁环境研究现状

目前有关 750 kV 输变电工程的电磁环境影响研究主要文献见表 3。从此表数据可以看出, 750 kV 变电站及输电线路的工频电、磁场强度的最高值会出现在变电站 0~50 m 范围内, 这个数值比 110 kV 和 220 kV 输变电工程中工频电、磁场强度最高值出现的范围要大; 750 kV 变电站及输电线路的工频电、磁场强度值也会随着监测点与变电站距离的增加逐渐降低, 但是 750 kV 输变电工程易对周边环境产生较大电磁污染。例如, 750 kV 兰州东变电站主变压器侧至 GIS 设备的馈线下方最大工频电场强度达到 7900 V, 750 kV 桥湾变 - 酒泉换流站高祁 I 线北侧边相导线外 5 m 处最大工频电场强度达到 6247 V, 均超出环境保护评价标准限值[15] [16] [17], 而工频感应磁场强度一般均小于国内外环境保护评价标准限值。

Table 3. The variation of electric field intensity and magnetic field intensity in literatures studied at 750 kV power transmission and transformation engineering

表 3. 750 kV 输变电工程研究文献中电场强度和磁场强度变化

编号	文献标题	变电站		输变电线路			
		监测环境	电场强度变化(V/m)及最大值处(m)	磁场强度变化(μT)及最大处(m)	监测环境	电场强度变化(V/m)及最大值处(m)	磁场强度变化(μT)及最大处(m)
1	750 kV 兰州东官亭变电站工程工频电磁场测量[18]	750 kV 兰州东变电站, 自 A 相变压器防火墙起向 C 相变压器, 测至 64 m, 正常运行	1600~7900 (主变压器侧至 GIS 设备的馈线下方)	垂直: 0.15~1.10 (防火墙 20 m 处) 水平: 0.49~1.00 (防火墙 50 m 处)	线路进入变电站最后两个档距, 该处地势平坦, 自线路导线中相地面投影处起, 测量间距 1 m, 测量至 50 m 处	5350 (距中相导线投影 21 m 处)	
2	750 kV 银川东变电站电磁环境测试与分析[19]	750 kV 银川东变电站, 围墙 5 m 的地方布置, 间距 5 m, 测至围墙外 50 m 处, 正常运行	19.9~329.7 (西墙外 10 m)	0.059~0.938 (西墙外 10 m)			
3	750 kV 新疆维吾尔自治区输电工程电磁辐射环境影响评价[20]	750 kV 新疆维吾尔自治区输电工程, 在地势相对平坦、远离树木, 围墙外距离围墙 5 m 为起点, 间距 5 m, 测至围墙外 50 m 处, 正常运行	61.74~1144.88 (北墙外 5 m)	0.020~0.422 (东墙外 5 m)			
4	多回同走廊 750 千伏高压输电线路电磁环境影响调查与分析研究[21]				750 kV 桥湾变 - 酒泉换流站, 地广人稀, 戈壁荒滩, 中项导线档距中央弧垂最低处为原点, 测点间距 5 m、测至 I 回线路边导线外 50 m	834.3~6247 (高祁 I 线北侧边相导线外 5 m)	0.135~1.189 (II 线中相导线对地投影处)

4. 结论

不同规模变电站电磁场强度不同, 电压等级越高的变电站对周围电磁环境影响越大。正常运行情况

下 110 kV、220 kV 和 750 kV 变电站及输电线路的工频电、磁场数据均随着电压数的增加呈现升高的趋势；不同等级的高压变电站，其工频电场强度和磁场强度的最高值会出现在变电站 0~20 m 范围内，电压等级越低，该范围越小；无论电压是多少，其输变电工程的工频电场强度和磁场强度一般情况下随着监测点与变电站距离的增加逐渐降低；常见的 110 kV、220 kV 变电站及输电线路的工频电磁场强数值均可以满足国家相关法律法规要求，对周围的电磁环境影响不大，但是 750 kV 变电站电磁设备附近及输电线路路边相下的工频电场值较高；正常运行情况下，不同高压变电工程，对环境的影响主要体现在工频电场方面，而工频磁感应强度一般均小于国内外环境保护评价标准限值。高压输变电工程所产生的工频电场、磁场对人身安全、健康以及周围环境在环评和设计确定的环境防护距离外，影响程度较低。

参考文献

- [1] 刘茵, 曾庆龙. 110 kV 输变电工程电磁环境影响预测及分析评价[J]. 环境保护与循环经济, 2018(8): 62-64.
- [2] 李静静, 徐向红, 唐旻. 220 kV 输变电工程电磁环境影响预测及评价[J]. 环境与发展, 2018(2): 12-13.
- [3] 侯云, 彭继文. 500 kV 输变电工程电磁辐射现状及预防[J]. 湖南电力, 2005, 25(3): 19-21.
- [4] 施利波, 董礼, 陶松. 变电站一次设备功能及安全研究[J]. 科学与财富, 2013(6): 1.
- [5] 翟俊玉, 张运国. 110 kV 输变电工程电磁辐射的产生及防治[J]. 东北电力技术, 2004(3): 32-34.
- [6] 夏义好. 六安市 220 kV 输变电工程电磁辐射污染的环境影响分析及防治对策[J]. 大科技, 2015(9): 2.
- [7] 郑经伦. 220 kV 变电站电磁辐射监测及防范措施研究[J]. 资源节约与环保, 2017(5): 40-42.
- [8] 赵秉华, 危明飞, 廖诚, 熊璇. 常见输变电工程电磁环境影响分析[J]. 能源研究与管理, 2014(4): 40-42.
- [9] 张岩. 基于 NBM550 的 110 kV 变电站电磁辐射研究[J]. 河南教育学院学报(自然科学版), 2019, 28(1): 54-58.
- [10] 邹坚. 110kV 变电站电磁环境的污染监测与应对方法[J]. 中国高新技术企业, 2014(26): 109-110.
- [11] 郭磊, 李媛, 丁国君, 张远. 220 kV 拟建输变电工程环境影响评价分析[J]. 环境技术, 2016(12): 30-34.
- [12] 郭欣, 张晓鹏. 220 kV 输变电工程电磁辐射对环境的影响分析[J]. 电力学报, 2009, 24(3): 259-260.
- [13] 郑建兴. 泉州地区输变电工程电磁辐射环境影响分析[J]. 低碳技术, 2017(9): 109-111.
- [14] 谢安, 史郁, 周旋. 220 kV 输变电工程电磁辐射环境影响研究[J]. 环境科学与技术, 2009, 32(2): 189-193.
- [15] 国家环境保护局. 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[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999.
- [16] 宋晓红. 电网输变电系统电磁环境影响初探[J]. 电力环境保护, 2007, 23(2): 54-56.
- [17] 环境保护部辐射环境监测技术中心. GB8702-2014 电磁环境控制限值[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2014.
- [18] 万保权, 张广洲, 路遥, 黄常元, 孙涛. 750 kV 兰州东官亭输变电工程工频电磁场测量[J]. 高电压技术, 2007, 33(5): 41-45.
- [19] 李晔. 银川东 750 kV 变电站电磁环境测试与分析[J]. 宁夏电力, 2008(6): 17-20.
- [20] 买买提吐逊·玉素甫, 王志煌, 买买提热夏提·买买提, 赵其文. 新疆部分地区输变电工程电磁辐射环境影响评价[J]. 职业与健康, 2019, 35(14): 1979-1984.
- [21] 李晨晖. 多回同走廊 750 千伏高压输电线路电磁环境影响调查与分析研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州理工大学, 2019.