

江西某 110 kV 老旧户外变电站降噪措施研究

代小敏¹,石维韬²,毛梦婷¹,周金泉¹,伍发元¹

(1. 国网江西省电力有限公司电力科学研究院,江西 南昌 330096;2. 新不伦瑞克大学,加拿大新不伦瑞克)

摘要:针对江西某 110 kV 老旧户外变电站噪声扰民情况,开展主要噪声源、厂界和敏感点噪声监测。基于监测结果分析噪声声源特征和传播途径,提出噪声治理措施,利用仿真软件分析措施实施前、后的声场分布情况,仿真结果表明,该降噪措施实施后,变电站厂界噪声和周围高层居民楼噪声排放值均可达标,为居民区内 110 kV 变电站噪声控制工作提供了参考。

关键词:户外变电站;声场分布;噪声治理;声学优化

中图分类号:TM 63 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-348X(2024)06-0017-04

0 引言

随着社会经济的快速发展和城市化进程的不断加快,变电站的建设呈现出越来越向城镇和居民生活区靠近的趋势^[1-3],因此噪声污染的问题受到越来越多的社会关注,噪声超标投诉时有发生,已经成为电网城市化建设的主要问题^[4-6]。

城区的户外变电站一般为露天设计,由于生产工艺相对落后和运行时间较长,导致变压器声源较高,同时存在吸声隔声设施老化破损,对变压器噪声的屏蔽作用较弱的现象,导致变电站的噪声污染问题较为突出^[7]。有不少学者采取 BOX-IN 封闭隔声罩,对变压器进行噪声控制^[8],但是这种装置整体构造较为复杂;从声源上分析,变压器噪声以低频噪声为主^[9-11],变压器磁致伸缩效应引起铁心振动,铁心以交流电流频率的两倍为基频进行振动并产生噪声,这是变压器噪声产生的主要原因,当变压器交流电流的基频为 50 Hz 时,铁心振动和噪声的基频均为 100 Hz;文献[12]中阐述了运行站内的噪声来源、降噪措施以及运行期噪声影响评价,明确了隔声屏障方案可以有效降噪。

目前主要在噪声源、传播途径和受体三方面^[13-15],对变电站噪声进行控制分析。基于变电站不同的电压等级、布置类型、周围环境状况等情况,采取的噪声治理方案应具有针对性和适用性。文中以江西省某位于居民集

聚区且厂界噪声超标的 110 kV 户外变电站为例,分析了该变电站噪声源强污染特征及频谱特征,探讨了各种噪声治理措施对该变电站的适用性,提出适合该变电站的降噪措施,并基于噪声预测模型,评估其降噪效果。

1 噪声扰民原因分析

该站厂界区域较小,安装有两台主变,场区西侧 1、2 号主变旁各安装有约 5 米高的声屏障,现场可见部分区域声屏障沉降、玻璃棉外露现象。场区平面布置和测点布设情况如图 1 所示。

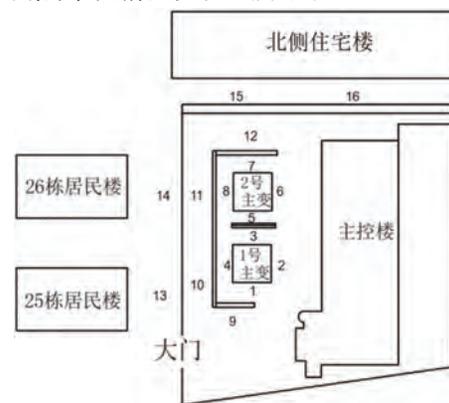


图 1 现场平面布置和测点布设图

1.1 噪声测试

依据 GB3096—2008《声环境质量标准》、GB12348—2008《工业企业厂界环境噪声排放标准》和 GB/T15190—2014《城市区域环境噪声适用区划分技术

收稿日期:2024-08-11

作者简介:代小敏(1991),硕士,工程师,研究方向为综合能源系统稳定分析与优化控制。

规范》的规定,该站厂界和西、北侧居民楼执行2类声环境功能区排放标准,即昼间 60 dB(A),夜间 50 dB(A)。

依据 GB/T 1094.10—2022《电力变压器第 10 部分:声级测定》的规定,采用 AWA6228+噪声仪进行测试,选定距离变压器基准发射面 1 m 远处,作为声源测试的轮廓线,在主变四周 1/2 高度处分别设置一个测点。为了掌握原有声屏障的降噪效果,选择在原声屏障外 1 m、高 1.2 m 处进行噪声测试,测试结果如表 1 所示。

表 1 1、2号主变、声屏障外噪声测试结果

测点编号	噪声值 dB(A)
1	69.5
2	69.2
3	70.4
4	72.9
5	72.3
6	71.9
7	69.8
8	70.5
9	62.9
10	63.2
11	61.8
12	59.4

为了掌握变电站厂界和敏感点噪声达标情况,对西、北侧居民楼内投诉点和厂界进行了昼间、夜间噪声测试,测试结果如表 2 所示。

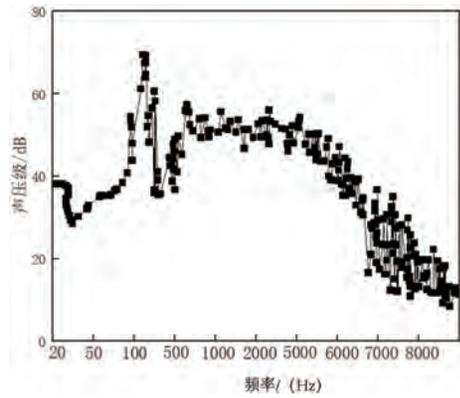
表 2 1、2号主变噪声测试结果

测点编号	噪声值 dB(A)	
	昼间	夜间
13	58.8	52.7
14	57.5	54.0
15	56.7	54.2
16	56.9	53.7
25 栋居民楼内投诉点	55.5	51.2
26 栋居民楼内投诉点	56.6	51.6
北侧住宅楼内投诉点	54.1	52.5

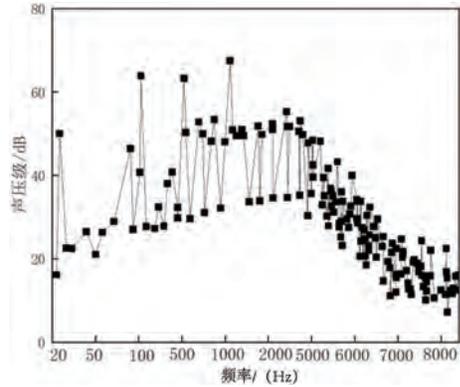
由表 2 可见,变电站北、西侧厂界和居民楼内投诉点夜间噪声均超出排放标准限值 50 dB(A)。

1.2 原因分析

根据变压器本体噪声产生机理可知,变压器硅钢片的磁致伸缩变化周期为电源周期的一半,变压器本体振动引起的噪声和绕组振动产生的噪声为电源频率的 2 倍(即 100 Hz)为基频^[16]。分别选取 2 台变压器正面中间位置代表性测点作 FFT 频谱图,如图 2 所示。结果表明:2 台变压器噪声能量主要集中在 500 Hz 以下低频区域,峰值频率主要包括 100 Hz、200 Hz、300 Hz、400 Hz、500 Hz,低频噪声传播衰减慢、影响范围广,不易被吸收且不易被隔离,在噪声源强较高且无建筑物遮挡时,易造成厂界及周围环境保护目标噪声超标。



(a) 1号变压器



(b) 2号变压器

图 2 两台变压器的噪声频谱图

该站投运已有 20 余年,变电设备老化,厂界区域较小,居民楼距离变电站厂界最近处仅 3.2 m,噪声衰减距离不够,居民受噪声影响较大。

为了分析变电站周围敏感点超标原因,首先根据噪声实测结果及变电站布局情况,建立 110 kV 变电站声场仿真模型,如图 3 所示;由于变压器周围防火墙、地面、主控室表面均为硬质混凝土,声屏障主要为铝合金材料,再赋予不同材料的物理属性,网格大小需满足计算频率范围要求;将模型导入进行 BEM 声学仿真分析。治理前的变电站声场分布如图 4 所示。

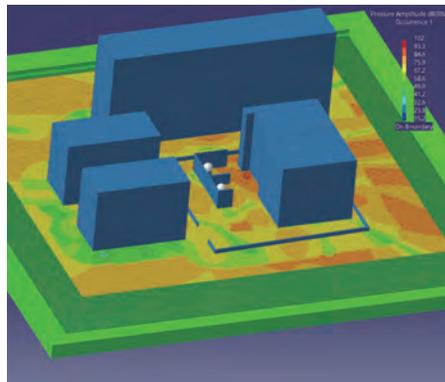


图 3 变电站声场仿真模型

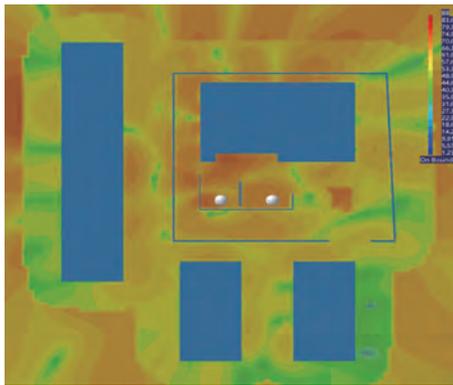


图4 治理前变电站声场分布图

2 噪声治理

2.1 重新修建并架高声屏障

由于原有声屏障出现老化沉降现象,降噪效果无法满足要求,而更换变压器投入较大,在不停电作业的前提下,采取声屏障阻断噪声传播途径更为经济可行。因此考虑在原声屏障位置,重新修建并架设高声屏障。

根据 HJ/T 90—2004《声屏障声学设计和测量规范》的规定,通过筛选多个方案的插入损失,确定了适用于该站的声屏障最优尺寸,即高为 9 m(含顶部 1 m 折板),长度为 60 m。

声屏障采用铝纤维板+90 mm 中间腔+聚酯纤维吸声板+100 mm 背腔的复合低频吸声结构,如图 5 所示,100~500 Hz 平均吸声系数可达到 0.78 以上,具有良好的吸声性能。

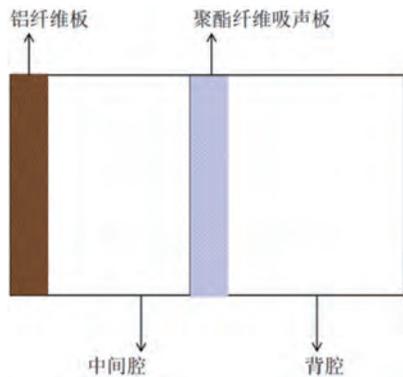


图5 复合低频吸声结构

重新修建并架高声屏障后,该站厂界各测点及敏感点噪声预测值如表 3 所示,变电站声场分布如图 6 所示。由此可见,厂界及西侧居民楼内夜间噪声排放已达标,北侧住宅内投诉点噪声值仍不能满足要求,因此,考虑对原有防火墙进行吸声改造。

表3 重新修建声屏障并架高后夜间噪声测试结果

测点编号	改造前	改造后
13	52.7	48.7
14	54.0	50.1
15	54.2	49.2
16	53.7	48.7
25 栋居民楼内投诉点	51.2	48.5
26 栋居民楼内投诉点	51.6	48.6
北侧住宅楼内投诉点	52.5	51.2

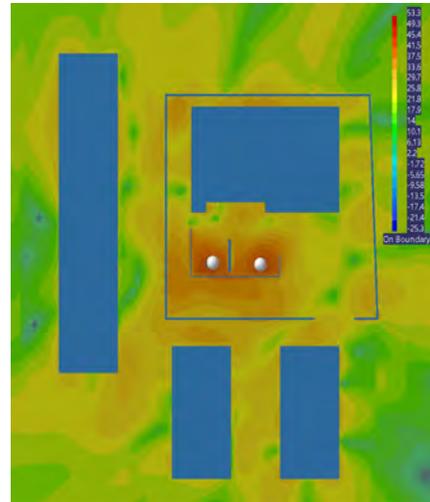


图6 重修修建并架高声屏障后仿真图

2.2 重新修建防火墙

原有防火墙未考虑吸隔声性能。玻璃棉保温材料属于 A 级防火材料,防腐防潮、经济性较好,且低频吸声系数大,吸声性能好。因此利用该材料制成隔声罩吸隔声板材,能有效地阻隔噪声的外传和扩散,以减少噪声对环境的影响^[7];设计中还可以充分利用隔声罩顶部空间作为复合结构空腔,隔声罩外壳一般用 2~3 mm 厚的钢板,或根据现场实际噪声情况调整,内侧铺设玻璃棉吸声构件,以吸收声音并减弱空腔内的噪声。该产品可制成模块化组件现场组装,可快速拆卸和安装,不需担心吸声材料受损。

因此,在改造原有声屏障的基础上,重新修建防火墙,采取该措施后,该站厂界各测点和敏感点噪声预测值如表 4 所示,变电站声场分布如图 7 所示。由此可见,厂界及西侧居民楼内夜间噪声排放已全部达标。

表4 重新修建防火墙后夜间噪声测试结果

测点编号	改造前	改造后
13	48.7	46.7
14	50.1	47.8
15	49.2	48.9
16	48.7	47.3
25 栋居民楼内投诉点	48.5	47.7
26 栋居民楼内投诉点	48.6	46.5
北侧住宅楼内投诉点	51.2	48.2

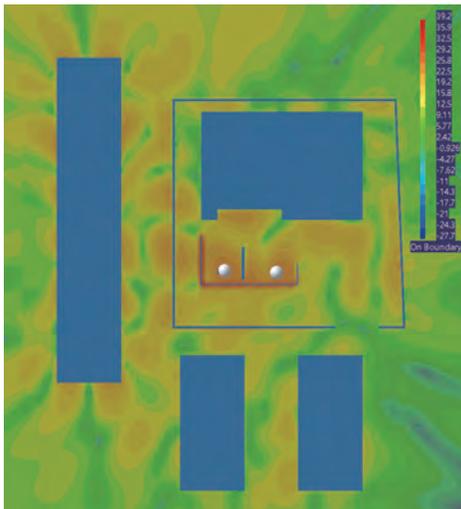


图7 重新修建防火墙后的变电站声场分布

3 结语

主变压器噪声源强和户外布置方式不合理是引起变电站厂界噪声超标的主要原因^[18]。文中以江西省某市居民集聚区的某110 kV户外变电站为例,对该变电站主要噪声源、厂界和敏感点噪声进行了监测,结果表明,其厂界和敏感点多处夜间噪声超标,且噪声源能量主要集中在500 Hz以下低频区域,波峰频率为100 Hz的整数倍。基于现行环保法、环境税法的要求,以及为切实保障人民群众的合法权益,对该变电站进行噪声治理是必要且迫切的。在分析该站噪声超标原因的基础上,提出了重新修建并架高声屏障和改造现有防火墙的综合措施,仿真分析结果表明该措施能使该变电站厂界噪声和敏感点噪声达到标准要求,有效解决了噪声扰民问题。

参考文献:

[1] 王磊磊,张嵩阳,姚德贵,等.变电站铁心电抗器振动与可

听噪声研究综述[J].高压电器,2019,38(9):27-33.

[2] Hu S, ChenW, ZhaoR, et al. Applicability evaluation of noise reduction materials in substation[J]. IOP Conference series earth and environmental science,2021,692(2):022052.

[3] 苏喆靖,黄薇.探析变电站噪声问题及治理措施[J].节能与环保,2019(6):61-63.

[4] 杜乐.锡盟1 000 kV变电站噪声治理措施研究[D].呼和浩特:内蒙古大学,2018.

[5] 周建飞,周年光,阳金纯,等.城区变电站噪声控制典型技术[J].噪声与振动控制,2011,31(5):173-177.

[6] 邵阿红.低频环境噪声对人影响程度的实验研究[J].科学技术与工程,2009,9(17):5257-5262.

[7] 张国英,刘辉,谢连科,等.换流变电站可听噪声频谱分析与控制技术[J].中国电力,2016,49(1):166-173.

[8] 刘辉,尹建光,张国英,等.110 kV户外变电站噪声污染分析与治理方案[J].广东电力,2018,31(12):12-19.

[9] 周建国,李莉华,杜茵,等.变电站-换流站与输电线路噪声及其治理综述[J].中国电力,2009,42(3):75-78.

[10] 高扬.变电站声场特性及噪声分布预测研究[D].保定:华北电力大学,2014.

[11] 樊小鹏,李丽,黄成吉,等.变电站噪声污染分析与控制[J].噪声与振动控制,2014,34(5):120-124.

[12] 彭飞,陈凌琦,石雪梅,等.隔声屏障在变电站降噪中的应用[J].电力与能源,2022,43(3):223-227.

[13] 奚晓勤.变压器噪声产生的原因及降低噪声的措施[J].华东电力,2012,40(4):687-688.

[14] 甘建.降低变压器噪声的措施和技术要点[J].贵州电力技术,2004(10):30-31.

[15] 余磊.变压器噪声的产生与影响因素探讨[J].装备制造技术,2010(10):184-185.

[16] 陈锦栋,李明.露天变电站的噪声污染及其控制简析[J].噪声与振动控制,2013,33(5):102-106.

[17] 王晓峰,李薇,金冬春.变电站噪声控制技术研究进展[J].电力科技与环保,2017,66(6):34-37.

[18] 罗超,查智明,潘娟琴,等.变电站主变噪声的距离衰减特性[J].电力科技与环保,2013,29(2):4-6.