

文章编号:1006-1355(2015)05-0126-04

# 500 kV 地面变电站噪声污染及治理

陈锦栋<sup>1</sup>, 冯苗锋<sup>2</sup>, 李明<sup>1</sup>

(1. 国网上海物资公司电物新电工程分公司, 上海 200438;  
2. 中船第九设计研究院工程有限公司, 上海 200063)

**摘要:** 500 kV 地面变电站的站区面积大, 主要噪声源是 500 kV 变压器, 变压器的数量多, 分布广, 十余台变压器辐射的噪声使变电站边界噪声超标。以一座 500 kV 地面变电站为例, 分析变电站站区边界环境噪声的排放情况, 提出一些在不改变变电站主体前提下的噪声治理技术措施, 可供同类工程设计参考。

**关键词:** 声学; 500 kV 地面变电站; 变压器; 电磁噪声; 噪声污染

中图分类号: O422.6

文献标识码: A

DOI 编码: 10.3969/j.issn.1006-1355.2015.05.026

## Noise Pollution and Control of a 500 kV Ground Substation

CHEN Jin-dong<sup>1</sup>, FENG Miao-feng<sup>2</sup>, LI Ming<sup>1</sup>

(1. State Grid Shanghai Material Company, Dian Wu Xin Dian Engineering Branch,  
Shanghai 200438, China;  
2. China Shipbuilding NDRI Engineering Co. Ltd., Shanghai 200063, China)

**Abstract:** An urban 500 kV substation on the ground usually covers large area, whose main noise sources are from the 500kV transformers. There are more than a dozen transformers widely distributed in the substation. So, noise from those transformers will make the noise in the substation boundary to exceed the critical value. In this paper, taking a 500 kV ground substation as an example, the noise situation in the substation boundary was analyzed, and the noise control technical measures without changing the main condition of the substation were put forward. This work may provide a reference to similar engineering projects.

**Key words:** acoustics; 500 kV ground substation; transformer; electromagnetic noise; noise pollution

500 kV 变电站是超高压变电站, 是城市电网的重点设施, 可分为地面变电站和地下变电站, 早期建造的都是 500 kV 地面变电站, 后期在城区内新建的 500 kV 变电站已经设计建造为地下变电站。500 kV 地面变电站的主变压器都露天安装, 多台 500 kV 变压器的噪声基本无阻挡地直接向四周传播, 使变电站边界的噪声超过相关的国家标准, 如果变电站边界外有敏感建筑物, 噪声传播影响则必然导致环境矛盾和投诉。文中的 500 kV 变电站或变电站均指 500 kV 地面变电站。

500 kV 变电站噪声治理的途径可以分为变电站主体改造及单纯的噪声治理。变电站的主体改造包括把地面变电站改造为地下变电站或室内变电站,

或是把变压器更换为噪声更低的变压器, 都可以使变电站的噪声污染得到彻底或基本上消除。但主体改造的投资巨大, 涉及的因素众多, 就目前来看恐怕只有在变电站所在区域或电网系统有重大变动时才会实施。所谓的单纯噪声治理是指在不改变变电站的主体情况下, 采取适当的噪声治理措施, 也可以取得一定的降噪效果, 这是目前已运行 500 kV 变电站噪声治理的主要方向。

笔者参加了国网上海电力公司关于 500 kV 地面变电站噪声治理的科研课题, 曾对上海市范围内的几座 500 kV 地面变电站进行调研和噪声测试, 其中对某座有居民投诉的 500 kV 变电站进行了比较详细的噪声测试分析, 根据该变电站的具体情况提出相应的噪声治理措施。本文以这座正在实施噪声治理措施的变电站为实例, 分析这座变电站噪声源的分布、噪声源的源强、频率特性及噪声传播情况, 介绍噪声治理措施的设计思路和降噪效果。

收稿日期: 2015-01-08

作者简介: 陈锦栋 (1958-), 男, 江苏阜宁人, 大学本科, 从事火电厂、变电站噪声治理的研究。

E-mail: xdchjd@126.com

## 1 变电站的总体情况

该500 kV变电站是一座新建的超高压地面变电站,规划终期布置6组500 kV主变,现布置了2组500 kV/1 000 MW主变(即1#和3#),每组主变有3台变压器,即A/B/C三相500 kV/334 MW变压器。目前尚有4组主变压器预留位置,终期的6组主变压器由南向北排列在站区中心道路的西侧,依次为5#、1#、2#、3#、4#、6#。主变压器距东侧边界约120 m,距南侧边界约100 m。该变电站的平面布置见图1所示。



图1 变电站的平面布置示意图

每组500 kV主变压器有A相、B相、C相3台变压器,B相位于中间,A相与B相之间、B相与C相之间及A相外侧、C相外侧各有一堵约7 500 mm高、250 mm厚的砖混防爆墙(3#C相北侧没有),故1#主变压器的安装区域有4堵防爆墙,3#主变压器有3堵防爆墙,见图2所示。



图2 500 kV单相变压器与散热器

现投入运行的1#及3#主变压器的A/B/C三相变压器是重庆ABB变压器有限公司生产的强油风冷变压器,散热器安装在变压器的两侧,南侧散热器的下方安装有4台轴流风机(由下往上吹风),北侧散热器的下方安装有2台轴流风机,见图2所示。变压器壳体的外形尺寸约为4 500 mm×3 200 mm×4 200 mm。

该500 kV变电站是架空高压线进出,变压器的

东面是500 kV架空线布置区,西面是220 kV架空线及开关区,站区边界四周有2.4 m高的砖砌实心围墙。

该500 kV变电站的站区面积较大,站区周边都是农田,东侧边界外是一条很窄的道路,道路东面也是农田,但有一个小村庄,距离变电站的边界约100 m。根据项目环境影响报告书的批复,要求该变电站边界达到《工业企业厂界环境噪声排放标准》的2类标准,即变电站边界处昼间的等效噪声 $L_{eq} \leq 60$  dB(A),夜间等效噪声 $L_{eq} \leq 50$  dB(A),居民住宅处的噪声应符合《声环境质量标准》的2类标准。

## 2 变电站的噪声及噪声传播

### 2.1 变电站的噪声现状

该500 kV变电站目前的主要噪声源就是2组主变的6台单相变压器,变压器运行时四侧壳体向外辐射电磁噪声<sup>[1]</sup>,散热器的排风机如果运转也会产生风动力噪声,根据该变电站的某天噪声测试数据分析可知:

(1) 2组主变压器的6台单相变压器壳体四周2.0 m的噪声级大多都在81 dB(A)~85 dB(A),不过个别位置要超过85 dB(A),总体上看变压器的噪声级较高,每台变压器各侧面的噪声级都比较接近,局部点位会高一些或低一些。变压器的噪声不仅与负荷等因素有关,还受到电网中一些其它因素的影响,比如这次在该变电站进行噪声测试时,其附近的一座500 kV变电站中的一组主变压器停运,致使电网中杂波明显,并使该变电站中变压器的噪声增大。

(2) 变电站南边界东段的噪声级在57 dB(A)~62 dB(A),东边界的噪声级在55 dB(A)~57 dB(A),符合或略超过《工业企业厂界环境噪声排放标准》<sup>[2]</sup>中2类标准的昼间限值,不过超过了2类标准的夜间限值,其中南边界东段超标7 dB(A)~12 dB(A),东边界超标5 dB(A)~7 dB(A)。

(3) 变电站东南边界外村庄处的噪声级在49 dB(A)左右,低于《声环境质量标准》<sup>[3]</sup>2类标准的夜间限值,说明村庄处的环境比较安静。但该处噪声的C声级(峰值)超过70 dB,C声级高出A声级20 dB,说明变压器低频噪声的传播影响还是比较明显,人耳也能听到稳定的变压器噪声。

(4) 500 kV变压器辐射的噪声为电磁噪声,属低频噪声<sup>[4]</sup>,排风机运行产生的噪声也属低频噪声。图3是3#主变压器的3台单相变压器的噪声频谱曲线,还包括村庄处的噪声频谱曲线。通过频谱曲线分析可知,村庄处的噪声在100 Hz处有一个显著的声压级峰值,这与变压器电磁噪声的频谱曲线

相吻合,证实了村庄处确实受到变压器电磁噪声的传播影响。

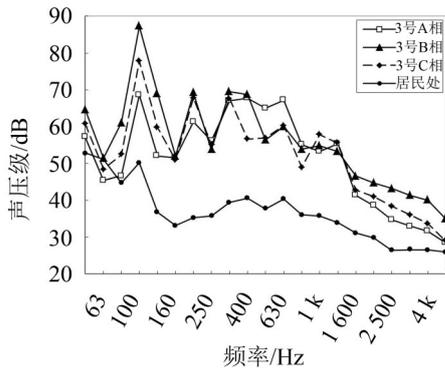


图3 变压器的噪声频谱曲线

## 2.2 噪声传播影响分析

变压器的外形尺寸较大,壳体的四个侧面同时向外辐射电磁噪声,每个侧面相当于一个面声源,而变压器顶面辐射的噪声比四个侧面辐射的噪声要低得多,一般情况下可以忽略。每台变压器壳体辐射的电磁噪声及排风机的风噪声在传播过程中受到防爆墙的阻挡和反射<sup>[5]</sup>,噪声(包括变压器的电磁噪声及排风机噪声,主要是电磁噪声)主要从东、西两个方向向外传播,同时向外传播的还有防爆墙的反射声。当然每台变压器噪声向四周空间的传播是很复杂的,还会向上传播、还绕过防爆墙向南、北方向传播,因此无法用简单的数学公式来计算变压器噪声向各个方向的传播强度及范围,只能采用声学软件进行模拟计算。

根据噪声传播理论,500 kV单相变压器噪声辐射面的面积大,声功率高,且电磁噪声的频率低,因此噪声的传播衰减慢。

6台并排安装的500 kV变压器的噪声同时向东、西两个方向传播,6台变压器的噪声在传播过程中将相互叠加。变电站的东面边界距变压器约为120 m,根据变电站的平面布局及噪声在室外传播的原理可以判断,6台变压器的噪声对东面边界影响最严重的地方是正对着1#B相变压器或3#B相变压器的边界处。

根据6台变压器的布局及其和边界外村庄的相对位置分析,东边界南段及边界外村庄所受到噪声影响主要来自于1#主变压器的3台单相变压器,当然3#主变的3台单相变压器辐射的噪声也有一定的影响。

由于其余边界外没有敏感建筑物,未对这些边界的噪声进行测试,但根据噪声传播理论分析,西面边界的噪声与东面边界噪声接近,而北面边界的噪声与南面边界噪声也都不容乐观,都将有不同程度

的超标。

由于测试时仅有2组主变压器运行,且负荷只有30%左右,如果再安装4组主变压器,且运行负荷再提高的话,边界和村庄处噪声的超标量还会增加。

## 3 噪声治理的设计思路及采取的技术措施

### 3.1 噪声治理的设计思路

从噪声测试及分析结果来看,虽然变电站四周边界的噪声都有不同程度的超标,但只有东南边界外有敏感建筑物即村庄,因此国网上海检修公司要求先采取适当的噪声治理措施,使东边界及南边界东段的噪声达标,使噪声对村庄处的传播影响得到明显的改善,缓解噪声污染导致的环境矛盾,这也是该变电站噪声治理设计的总体思路。

噪声治理技术措施是在变电站的总体形式不改变、噪声源设备即变压器不更换的前提下而采取的单纯噪声治理措施,所采取的噪声治理技术措施不影响变压器的正常运行,符合超高压变电站的安全防护要求,满足风载及全天候环境条件。

在变压器的外围采取一些单纯的吸声、隔声措施,设法使这些措施不影响变压器的运行、检修,并满足500 kV安全防护要求,则实施起来不是很困难,变压器也不需要很长的停运时间,这样就比较容易批准纳入相应的工程计划。

### 3.2 噪声治理技术措施

#### (1) 防爆墙上安装吸声结构

除了变压器直接辐射的噪声外,向边界及村庄处传播的噪声还包括防爆墙的反射噪声,因此在2组主变压器的7堵防爆墙面(正对着变压器的墙面)上安装吸声结构,降低防爆墙面反射噪声的强度,也降低变压器安装处向外辐射的总噪声级,从而降低噪声向边界及边界外村庄传播的强度。吸声结构宜采用泡沫铝板吸声结构,对变压器的低频电磁噪声具有较好的吸声性能,平均吸声系数大于0.75。泡沫铝板吸声结构具有很好的防腐能力和耐候性,满足露天安装的要求。泡沫铝板吸声结构通过轻钢龙骨固定在防爆墙的墙面上,安装方便、快捷。

#### (2) 变压器东侧安装声屏障

2组变压器的东面空间都是敞开的,是噪声向东边界、南边界东段及村庄处传播的主要途径,为降低噪声传播影响,在每台变压器的东面靠近防爆墙的东端设置一堵声屏障,高度约7.5 m(与防爆墙的高度相同),低于架空高压线的安全防护高度。由于每组主变压器的A/B/C三相变压器之间共有4堵或3

堵防爆墙,因此3台单相变压器东面的声屏障可连成一体,实际上是在3台单相变压器的东面设置一排高约7.5 m、长约40 m的声屏障。

根据500 kV变电站的情况,声屏障应设计为装配式结构形式,声屏障由钢立柱及吸声隔声屏体组成,钢立柱固定在混凝土基础上,屏体插入钢立柱的两侧槽中并适当固定。吸声隔声屏体的隔声量大于25 dB(A),吸声面的平均吸声系数大于0.75,并且在100 Hz~400 Hz低频段内的吸声系数也较高,符合变压器噪声的频率特性。为了承受风载,钢立柱设置必要的支撑,支承钢结构设法与防爆墙的结构柱相连。

考虑到声屏障已把3台变压器的东面挡住,为了不影晌变压器的通风散热,声屏障的底部设置一定面积的通风消声窗,消声量大于15 dB(A)。为便于巡检,每台变压器对应的声屏障上可各设置一扇隔声门,隔声量大于25 dB(A)。声屏障设计为拆卸和组装的结构形式,在变压器大修时,可将正对变压器的部分吸声隔声屏体及钢立柱等快速地全部拆除,检修完成后重新组装。

#### 4 降噪效果

在编制该500 kV变电站噪声治理方案时,曾采用Cadna/A声学软件对噪声治理措施的降噪效果进行模拟计算,模拟计算的输入是采用现场勘测及噪声测试数据。图4是采取噪声治理措施后3 m高度的水平声场分布图,3 m相当于边界噪声排放监测点的高度。从图4可以看出,东边界及南边界东段的噪声级都低于50 dB(A),满足2类区标准要求;东南边界外村庄处的噪声级已低于40 dB(A),也优于2类区标准要求,满足1类区的标准要求,可见降噪效果是明显的。

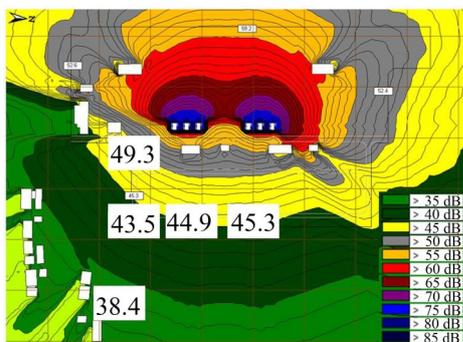


图4 噪声治理后的水平声场分布图

目前噪声治理措施正在实施,其中3#主变压器

的声屏障已经施工完毕,不过防爆墙吸声结构未安装,而1#主变压器的停电还未纳入计划,声屏障和防爆墙吸声结构都未实施,因此暂无法实测到最终的降噪效果。不过仅3#主变压器声屏障实施后进行了噪声测试,测试结果表明声屏障的降噪效果是比较明显的,3#主变压器对应的东边界处的噪声已降至47 dB(A)左右,村庄处的噪声已降至45 dB(A)左右,满足2类区标准要求。此外村庄处噪声的C声级降至60 dB以下,低频降噪效果也很明显。

目前只实施了3#主变压器的声屏障,而如果2组主变压器的噪声治理措施都实施完成后,降噪效果会更好,可使东边界、南边界东段及村庄处的噪声完全满足2类区标准要求,同时村庄处的低频噪声能够得到明显降低。

图5是已经安装完毕的3#主变压器的声屏障,声屏障与防爆墙相连,500 kV的架空高压线从声屏障上方跨过。

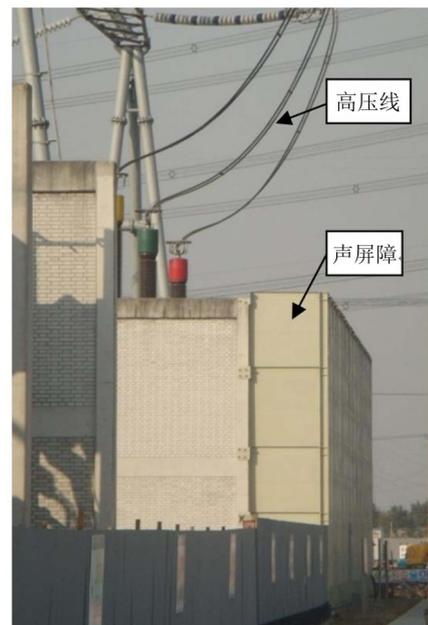


图5 3#主变声屏障

#### 参考文献:

- [1] 袁聪波,黄家彬. 变电站噪声分析及治理[J]. 上海电力, 2002,(4):59-61.
- [2] GB12348-2008,工业企业厂界环境噪声排放标准[S].
- [3] GB3096-2008,声环境质量标准[S].
- [4] 黄青青. 220 kV变压器噪声及其传播特性浅析[J]. 环境工程,2011,(29):330-333.
- [5] 陈锦栋,李明. 220 kV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.