

浅析 220 kV 户外变电站噪声影响预测

严青, 曾媛, 何清怀

(四川电力设计咨询有限责任公司, 成都 610016)

摘要:以四川某 220 kV 户外变电站为例, 利用 Cadna/A 软件探讨了变电站噪声源特性和不同因素对噪声预测结果的影响, 并与实际监测结果进行比较分析, 结果表明在噪声预测中应充分考虑地形因素、声源的等效设置和频谱效应、地面效应等影响, 以真实地反映变电站主要噪声源的声传播和衰减规律。通过修改预测模型中的相关参数, 可将其应用于同类变电站噪声模拟预测, 具有指导意义, 有利于变电站噪声的预先控制。

关键词:户外变电站; 噪声; 预测; Cadna/A

中图分类号: TM76

文献标志码: A

文章编号: 1000-582X(2014)S2-051-05

随着城市经济的发展, 区域用电负荷激增, 必然导致变电站数量增多。变电站在运行过程中会产生噪声, 且以低频为主, 当噪声超过限值时, 则会影响附近居民的正常生活和工作^[1]。在设计阶段, 为了使变电站建成后噪声影响满足相应标准要求, 需要对变电站站界及附近居民处的噪声进行预测。目前常用的噪声预测软件有 SoundPLAN、Cadna/A 等, 前者在变电站噪声预测建模方面有一定的优越性^[2-3], 但该软件模型中对变电站主要噪声源和传播条件进行了较大程度的简化处理, 无法真实反映变电站主要噪声源的声波辐射和衰减规律。后者较多地用于交通噪声的预测, 在变电站噪声预测方面应用相对较少^[4]。本文利用 Cadna/A 软件, 以四川某户外 220 kV 变电站为例, 分析了变电站的噪声源特性, 探讨了影响变电站噪声预测结果的因素, 指出了变电站噪声预测建模方法的选择, 对变电站的噪声预测具有指导意义。

1 变电站平面布置及其噪声源特性

1.1 变电站平面布置

图 1 为四川某 220 kV 户外变电站的平面布置图, 该变电站已建成投运。变电站为户外布置, 即主变和配电装置均为户外布置, 主变基本位于站址中央, 配电装置位于站址两侧, 变电站已设置围墙高度为 2.3 m。变电站围墙内区域场地平整, 东西侧围墙外区域海拔高程低于站址区域, 南北侧围墙外区

域海拔高程高于站址区域。

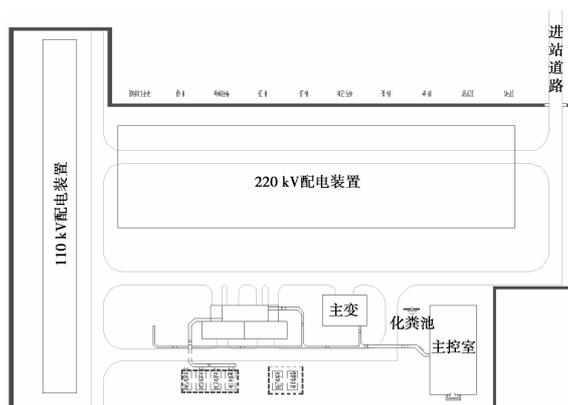


图 1 变电站平面布置图

1.2 变电站噪声源特性

变电站的噪声源主要有 3 大类: 一是电气设备, 如主变压器(含散热器)等; 二是通风散热设备, 包括主控室的散热风机和空调外机等^[5]; 三是母线和金具等。母线和金具等产生的电晕噪声可通过对母线和金具的布置和设计优化进行控制, 因此电晕噪声通常不考虑^[6]。变电站电气设备均以低频噪声为主, 主变噪声频率范围集中在 100~630 Hz 之间^[7], 风机噪声主要为 2 000 Hz 以下的宽频带中低频噪声^[8]。该变电站主变采用油浸自冷冷却方式, 根据《6 kV~500 kV 级电力变压器声级》(JB/T 10088—2004)^[9]和相关生产厂家提供的资料, 变电站主变最

大声功率级 98 dB(A), 风机和空调外机测试最大声功率级为 82 dB(A)。

2 噪声预测理论基础

2.1 Cadna/A 预测软件

Cadna/A 是基于德国 RLS90 通用计算模型的噪声模拟软件, 运行于 Windows 平台、界面友好、功能强大, 其计算原理源于 ISO 9613-2: 1996《Acoustics-attenuation of sound during propagation outdoors》, 广泛用于环境影响评价、建筑设计、交通管理、城市规划等领域^[10]。经原国家环保总局环境工程评估中心认证, 该软件理论基础与《环境影响评价技术导则一声环境》(HJ2. 4-2009)一致, 可以作为中国区域环境噪声预测、评价和控制方案设计的工具软件^[11]。

2.2 噪声传播机理

室外声源向外辐射衰减的影响因素较多, 包括几何发散的衰减, 大气吸收的衰减、声屏障的阻挡衰减和地面效应引起的衰减等, 但其中几何发散衰减和变电站建筑物及围墙的声屏障衰减为主要的衰减方式, 则变电站室外噪声衰减公式^[12]可简化为

$$L_p = L_{p0} - A_{div} - A_{bar}, \quad (1)$$

式中, L_p 为距离噪声源为 r 处的声压级, L_{p0} 为距离噪声源为 r_0 处的声压级, A_{div} 为声源在传播过程中引起的几何衰减, A_{bar} 为建筑物及围墙等阻挡结构引起的声屏障衰减。

其中

$$A_{div} = 20 \lg \frac{r}{r_0},$$

对于不同的噪声源, 经能量叠加后的总噪声级按式(2)计算, 以两个噪声源为例, 其计算公式为

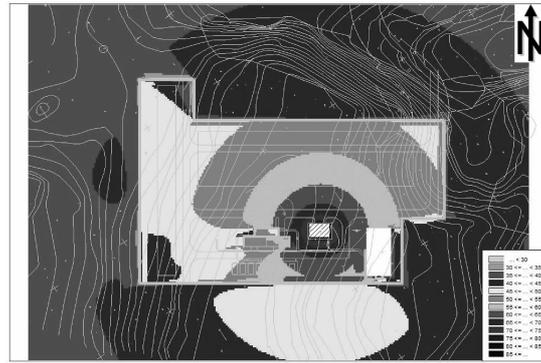
$$L_{pT} = 10 * \lg(10^{0.1 * L_{p1}} + 10^{0.1 * L_{p2}}), \quad (2)$$

式中, L_{pT} 为总声压级, L_{p1} 为第一个噪声源的声压级, L_{p2} 为第二个噪声源的声压级。

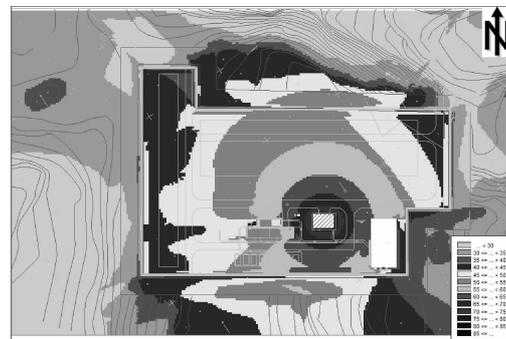
3 变电站噪声预测因素分析

3.1 地形的影响

由于四川特殊的丘陵和山地地形条件的限制, 变电站站址区域往往与周围地形存在一定的高程差, 这个特定的高程差也就形成了天然的地形屏障, 因此合理利用地形因素, 能改善噪声传播状况。图 1(a)、(b)分别为变电站噪声预测时不考虑地形因素和考虑地形因素的噪声预测分布图, 表 1 为变电站不考虑地形因素和考虑地形因素的站界噪声预测最大值。



(a) 不考虑地形因素



(b) 考虑地形因素

图 1 考虑地形因素前后的噪声分布预测情况

表 1 考虑地形因素前后的各侧站界噪声

	预测最大值			
	dB(A)			
	东侧	南侧	西侧	北侧
不考虑地形因素	45.6	45.5	37.7	43.9
考虑地形因素	43.5	45.2	37.6	50.0

由图 1 和表 1 可知, 在站址区域由于场地场平, 因此考虑地形前后站内噪声传播状况基本一致, 但是站内噪声经围墙绕射开始向上、向外传播, 故考虑地形因素后东西侧站外噪声水平整体降低, 而南北侧由于站外地形高于站址处, 故形成了一道天然地形屏障, 使围墙与屏障间局部区域噪声水平增强。变电站北侧站外山体海拔较高, 屏障作用较强, 故与不考虑地形因素相比, 站界处噪声增加了 6.1 dB(A)。为更准确地模拟实际工程中地形因素对噪声分布的影响, 在噪声预测中应尽可能考虑地形因素的影响。

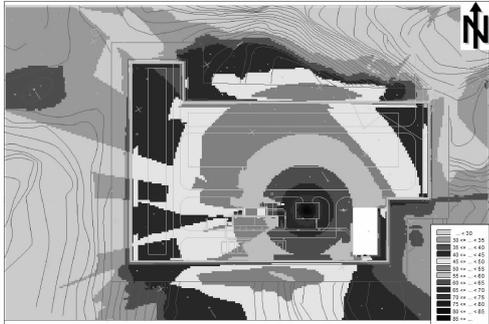
3.2 等效声源设置的影响

变电站声源可根据声源实体大小、变电站平面布置型式及与周围敏感目标的距离情况分别等效设置为点源、线源、面源和体源, 但需保持声源的总体声功率级一致。图 2(a)、(b)、(c)、(d)分别为变电站主变压器等效设置为点源、线源、面源和体源时噪声

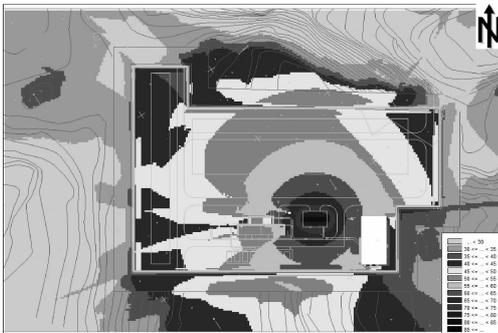
预测分布图,表2为主变压器等效设置为点源、线源、面源和体源时站界噪声预测最大值。

表2 设置等效点源、线源、面源和体源时站界

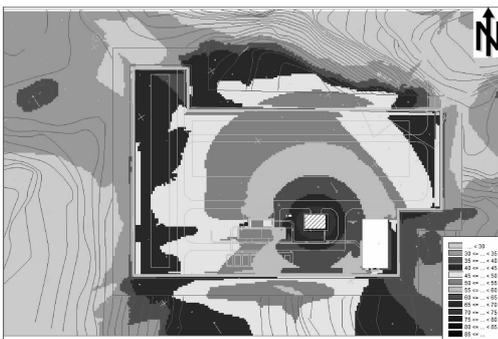
声源	噪声预测值最大值			
	东侧	南侧	西侧	北侧
点源	43.8	45.1	37.7	50.0
线源	43.9	45.1	37.7	49.9
面源	43.5	45.2	37.6	50.0
体源	43.5	41.6	35.6	48.2



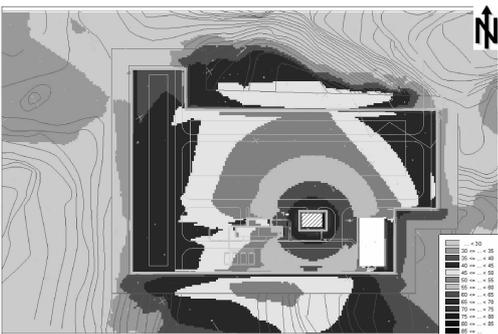
(a)点源



(b)线源



(c)面源

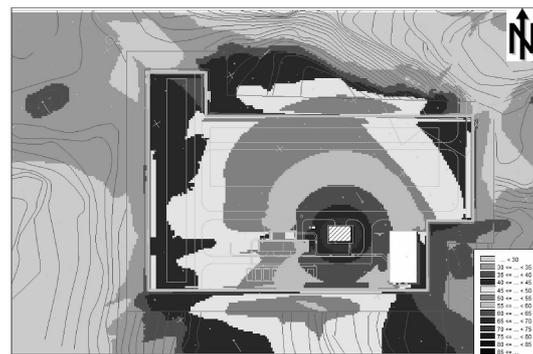


(d)体源

由图1和表2可知,当主变等效设置为点源、线源和面源时,站内外噪声分布情况和站界噪声计算值基本一致,而当设置为体源(即由1个面源和4个垂直面源组合而成)时,垂直面源产生的噪声衰减较快,导致站内外噪声强度总体稍有降低。可见,对于同一噪声源,当保持总声功率级一致时,不管等效为点源、线源和面源时,噪声预测结果均一致,这也与国内其他机构的研究结果一致^[13]。

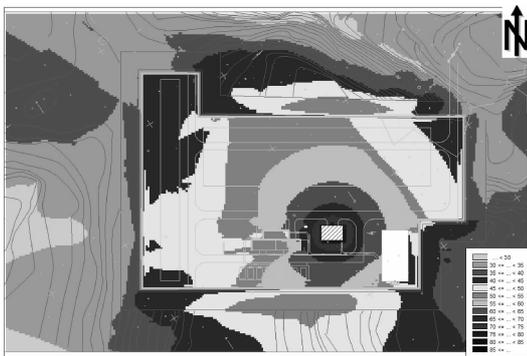
3.3 声源频谱的影响

不同变压器的噪声频谱特性相似,均以低频噪声为主,为准确预测变电站主变产生的噪声影响,需要对其频谱特性进行测定,但根据《变压器和电抗器的声级测定》(GB7328—87)^[14],变压器厂家通常测出距离变压器0.3 m处全部风冷装置和油循环泵均停止运行时和距离变压器2 m处全部风冷装置和油循环泵均投入运行时的声压级值,因此在预测计算中需要据此反推出声源的总声功率级或倍频带声压级,再进行噪声预测分析,其中各倍频带下的声压级合成的声功率级应与反推出的总声功率级相等。图3(a)、(b)为主变采用500 Hz单一频率下总声功率级和倍频带(31.5~8 kHz,以低频噪声为主)声压级的噪声预测分布图,表3为主变采用单一频率和倍频带的站界噪声预测最大值与实测值的对比情况。

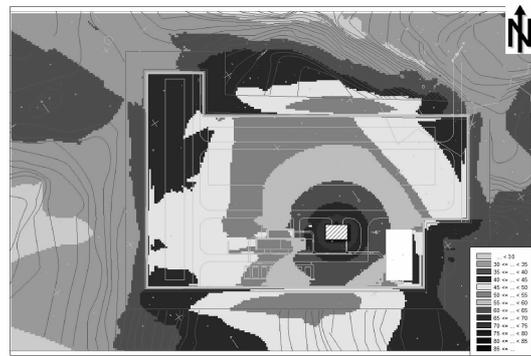


(a)500 Hz单一频率

图2 变电站主变设置等效声源时噪声分布预测情况



(b)倍频带



(a) $\alpha=0$

图 3 主变采用 500 Hz 单一频率和倍频带的噪声分布预测情况

表 3 主变采用单一频率和倍频带的站界噪声预测最大值与实测值的对比情况 dB(A)

	东侧	南侧	西侧	北侧
预测值单一频率	43.5	45.2	37.6	50.0
预测值倍频带	45.9	48.1	39.5	49.4
实测值	47.4	46.8	45.3	46.2

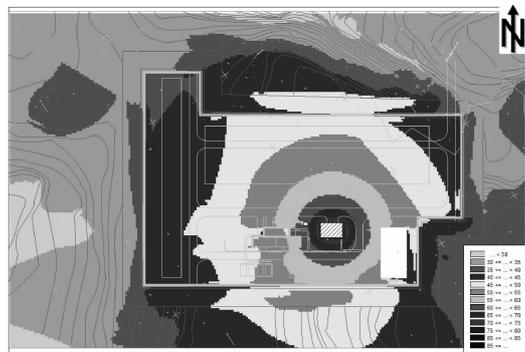
由表 3 可知,当采用倍频带声压级时,变电站除北侧外,其余侧站界总体噪声增大 1.9~2.9 dB(A),这是因为变电站主变噪声以低频为主,在倍频带声压级中考虑了 500 Hz 以下的低频噪声,低频噪声波长较长,在一定范围内随距离的几何发散衰减较慢,故导致变电站除北侧以外站界噪声均增大。而北侧站界噪声由于衰减距离较长,且围墙与主变之间无其他墙体、构筑物等屏障设施,故低频段噪声特性不明显,与单一频率时衰减情况相当。总体来说,与采用单一频率下声功率级相比,采用倍频带声压级时,其站界噪声预测结果与实际监测结果更加吻合,其模拟条件更加符合变电站实际参数情况。

3.4 地面效应的影响

在噪声传播理论公式中,通常只考虑几何发散衰减和屏障衰减,而忽略地面效应引起的衰减,图 4(a)、(b)分别为计算模型中地面吸收系数 $\alpha=0$ 、 $\alpha=1$ 的噪声预测分布图,图 5 为模型中采用不同地面吸收系数时站界噪声预测最大值。

由图 4 可知,当考虑地面效应且地面吸收系数 $\alpha=1$ 时,变电站除南侧以外各侧站界由于距离声源较远,地面效应较明显,故噪声总体水平明显降低,而南侧站界则由于与声源较近,噪声降低幅度较小。

由图 5 可知,除变电站南侧以外各侧站界噪声均随吸声系数增加而降低,吸声系数越大,地面效应



(b) $\alpha=1$

图 4 地面吸收系数 $\alpha=0$ 、 $\alpha=1$ 的噪声分布预测情况

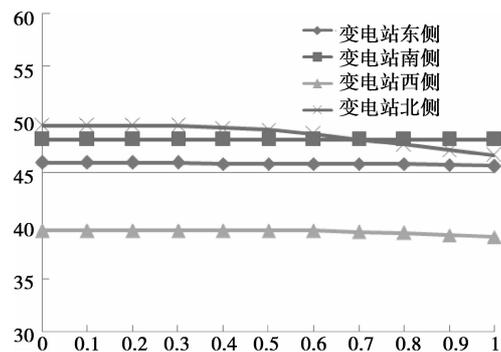


图 5 采用不同地面吸收系数时站界噪声预测最大值

引起的衰减就越大,从而导致噪声值降低,其中北侧站界噪声降低幅度最大,这是由于北侧站界与主变距离较远,地面效应明显,直达声与反射声均有一定程度的降低。

3.5 变电站风机和空调外机噪声的影响

对于不同频率的声波,频率越低,波长越长,则衰减得越慢,反之,则衰减得越快。因此变电站噪声预测通常只考虑主变压器等低频噪声源,而忽略风机和空调外机等宽频带中低频噪声源。当变电站站外敏感目标距离变电站较近,则不得不考虑风机和

空调外机的噪声影响。图 6 为考虑风机和空调外机后噪声预测分布图,表 4 为模型中考虑风机和空调外机前后站界噪声预测值最大值。

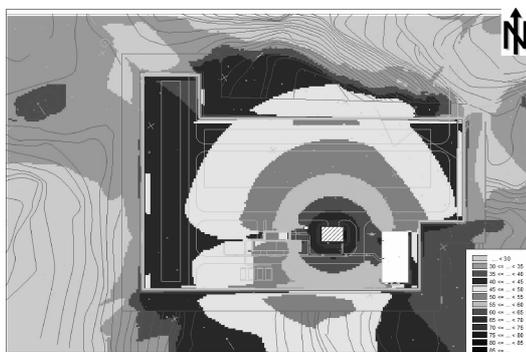


图 6 考虑风机和空调外机后噪声分布预测情况

表 4 考虑风机和空调外机前后站界噪声

	预测最大值				dB(A)
	东侧	南侧	西侧	北侧	
不考虑风机和空调	45.6	48.1	38.9	46.6	
考虑风机和空调	46.0	48.3	39.0	46.7	

由表 4 可知,当考虑风机和空调外机后,变电站各侧站界噪声均略有增加,但增加幅度低于 0.4 dB(A),由于本变电站风机和空调外机均布置于主控楼西侧,受到主控楼和围墙的屏障作用,另外风机和空调外机噪声属于中低频宽频带噪声,随距离的几何发散衰减较快,使得本次模拟中变电站站界噪声增加幅度较小,因此在变电站噪声模拟过程中,应根据风机和空调的分布情况以及与站外敏感目标的位置关系确定是否考虑风机和空调的噪声。

4 结论

综上所述,利用 Cadna/A 软件对变电站噪声分布进行模拟预测时,应考虑以下因素:

1)地形条件对噪声传播的影响,尤其当变电站所处位置地形起伏较大时不能忽视地形条件的影响;

2)主变压器噪声应以声功率级进行确定,当声功率级确定后,声源等效设置为点源、线源、面源均可;

3)变电站主变压器的噪声特性以低频噪声为主,宜采取倍频带声压级进行预测;

4)在模拟预测中应根据实际情况设置场地的地面吸声系数,不应忽略;

5)在模拟预测中应根据风机和空调的分布情况

以及与站外敏感目标的位置关系确定是否考虑风机和空调噪声。

参考文献:

- [1] 李永明,王玉强,徐禄文,等. 变电站噪声预测和仿真分析[J]. 电力建设,2013,34(7):63-67.
- [2] 周建飞,周年光,阳金纯,等. 基于 SoundPLAN 的户内变电站噪声控制优化设计[J]. 电力科技与环保,2013,29(3):50-51.
- [3] 周建飞,周年光,阳金纯,等. 城区变电站噪声控制典型技术[J]. 噪声振动与控制,2011(5):173-177.
- [4] 孙秀敏,张勇,颜森,等. Cadna/A 软件与我国公路交通噪声预测模式在实际应用中的对比分析[J]. 辽宁师范大学学报:自然科学版,2008,31(4):443-445.
- [5] 郭天兰,王洪峰,肖旭亮. 220 kV 变电站噪声水平分析及控制措施[J]. 山西电力,2011(2):7-10.
- [6] 兰碧海,孟超. 变电站电晕噪声的治理措施[J]. 山西电力,2012(S2):44-47.
- [7] 马大猷. 噪声与振动控制工程手册[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [8] 陈江龙. 基于模态分析的汽轮机叶片有限元拓扑结构优化[J]. 电站系统工程,2005,21(1):49-53.
- [9] JB/T 10088—2004 6~500kV 级电力变压器声级[S]. 中国标准出版社,2004.
- [10] Flash T, Hogan H. The coordination of arm movements: an experimentally confirmed mathematical model[J]. The Journal of Neuroscience, 1985, 5(7): 1688-1703.
- [11] 刘培杰,孙海涛,王红卫. 噪声模拟软件 Cadna/A 在交通噪声预测评价中的应用[J]. 噪声控制,2008,32(7): 64-67.
- [12] 吴高强,程胜高,黄磊,等. 户外 220 kV 变电站噪声环境影响预测研究[J]. 噪声振动与控制,2007(3): 135-144.
- [13] 张新宁,杜祥庭,陈新龙. SoundPLAN 软件在特高压交流变电站噪声预测中的应用探讨[C]//四川省首届环境影响评价学术研讨会论文集,成都,2009.
- [14] GB 7328-87 变压器和电抗器的声级测定[S]. 中国标准出版社,1987.

(编辑 詹燕平)