

某降噪工程安装间隙声学计算

郑志超

(深圳中雅机电实业有限公司 2007 年)

摘要：某电厂内的自然通风冷却塔采用消声导流片的方法降噪，在设计时考虑到消声导流片安装工艺限制，在消声导流片与钢梁之间留有一定的间隙。这样造成漏声，但影响有多少？是否需要处理？本文用数学模型方法分析此间隙的影响。

关键词：安装间隙；漏声；敏感点；有限元；

中图分类号： **文献标识码：**A

Acoustic Calculation on Assemblage Gaps in a Noise Control Project

ZHENG Zhi-chao

(Industrial Acoustic Company(China) Ltd, Shenzhen 518031)

Abstract: Acoustic splitters were used in noise control project for natural ventilation cooling tower in a power plant. In the interest of assemblage, two gaps were left between the acoustic splitters and the steel beams. Noise would leak from the gaps, but how much affection of these gaps would make? In this paper, the affection of these gaps will be analyzed through mathematical model.

Key words: assemblage gap; sound leak; sensitive spot; finite element ;

1 工程概况

某发电厂内有四座自然通风冷却塔。其中 1#, 2# 冷却塔靠近厂外民居。冷却塔正常运转时，近场声 86dB(A)，离冷却塔最近的厂界点(敏感点，距 1# 冷却塔风口约 17m)的噪声为 79dB(A)，需要进行噪声治理。业主要求：治理后冷却塔对厂界的噪声贡献 $\leq 55\text{dB(A)}$ 。



图 1 工程照片

我公司承担该工程的总体设计并生产供应消声产品。经过综合考虑，决定在 1#, 2# 冷却塔风口处面对厂界的一侧设置消声导流片，图 1 为工程竣工后的照片。工程的关键是能否达到冷却塔噪声对敏感点的贡献 $\leq 55\text{dB(A)}$ 的要求。

2 噪声值及安装间隙

冷却塔风口相对地面的高度约 11m。本工程钢结构采用立柱高 11.8m，相邻立柱的中部和上部有横梁，顶部有型钢连接到冷却塔塔体。

下层的消声导流片摆放在冷却塔水池混凝土围墙上。因安装工艺限制，这一层消声导流片与中横梁间留有约 45mm 的间隙。上层的消声导流片摆放在中横梁上，与上横梁之间留有约 225mm 的安装间隙，如图二所示。

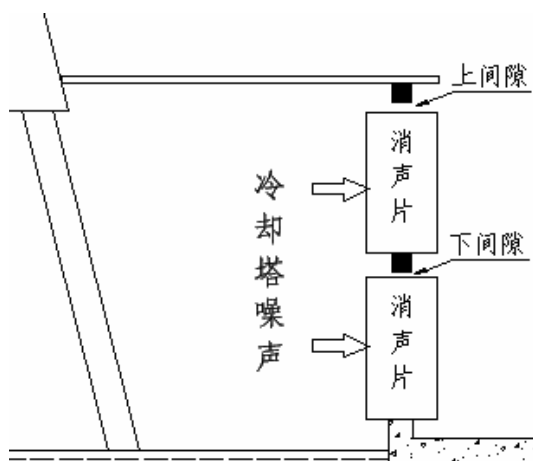


图2 安装间隙示意图

这两条间隙将造成漏声,但 45mm 的间隙比消声导流片的片间距还小,而 225mm 的间隙位于 12m 的高处,这两条间隙的漏声对整体降噪效果的影响有多大?需要对这两条间隙进行处理吗?

3 数学模型分析,预测

冷却塔噪声可以通过消声导流片或安装间隙往外辐射,影响到敏感点。

下面分别计算这两种途径对敏感点的噪声影响,由它们的对数叠加值可判断安装间隙漏声对整体降噪的影响有多大。

3.1 噪声通过消声导流片对敏感点的噪声影响计算

冷却塔噪声通过消声导流片后可以看成一个圆柱面声源。为方便计算,用有限元法把导流片圆柱面声源分成 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的小块声源,由于风口距离敏感点有 17m 的距离,这些小块声源可看成点声源,那么按点声源衰减规律即可计算出每一小块声源对敏感点的声压级贡献,如图 3。叠加这些值就可得到冷却塔噪声通过消声导流片对敏感点的影响。

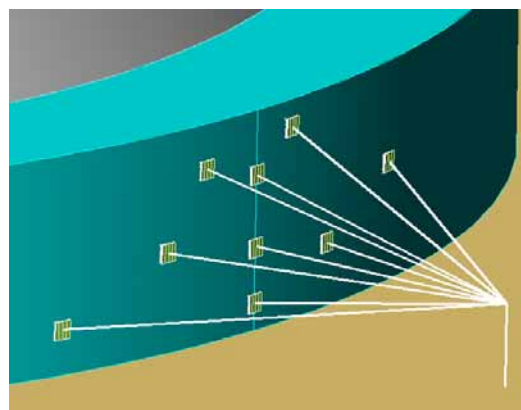


图3 有限元法示意图

在背景噪声忽略的半自由场条件下,上述的每一小块通过消声导流片对敏感点的影响可用以下声学模型计算:

$$L_{pi} = L_{wi} - IL_i - 20 \lg r - b_i - 8$$

L_{pi} ——某一小块声源对敏感点的倍频带声压级的贡献

L_{wi} ——某一小块声源的倍频带声功率级

IL_i ——消声导流片的倍频带动态插入损失

r ——某一小块声源与敏感点的距离,单位:m

b_i ——某一小块声源到敏感点空气的倍频带吸声量

下面以计算最近敏感点的一小块声源为例,说明以上计算方法。

由于每一小块声源都是 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的大小,因此任何一小块的声功率级 L_{wi} 都等于风口处的声压级的数值。笔者在现场测得冷却塔正常运行时风口的声压级值。

本工程采用的消声导流片经专门测试,可得到 8 个倍频带的 IL 。

空气吸收系数取大气温度 30℃,相对湿度为 70% 计算。 r 值按照某一小块与敏感点的几何位置关系计算得到,这里计算的是最近敏感点那一小块声源,那么 $r=17\text{m}$ 。这一小块声源对敏感点声压级影响的计算如下表:

63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
65	65	67	77	79	78	80	78	86
15	13	21	28	43	47	29	18	
33	33	33	33	33	33	33	33	
0	0	0	0	0	0	0	1	
18	20	14	16	5	1	18	28	28

(上表中的数据从上到下分别为 L_{wi} , IL_i , $20\lg r+8$, b_i , L_{pi})

用类似方法计算其他的每一小块声源对敏感点的声压级贡献,通过对数叠加,可计算冷却塔噪声通过消声导流片对敏感点的噪声影响:

63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
44	46	39	42	29	25	44	54	54

3.2 噪声通过安装间隙对敏感点影响计算

安装间隙是两条弧形窄带,它们的宽度远远小于冷却塔到敏感点的距离,可以把上下两条安装间隙看成两条弧线声源,用有限元法,把曲线分成小段,用点声源衰减规律计算每一小段对敏感点的声压级贡献,叠加这些值就可得到冷却塔噪声通过安装间隙对敏感点的影响。

在背景噪声忽略的半自由场条件下,上述的每一小段声源对敏感点的影响可用以下声学模型计算:

$$L_{pi}' = L_{wi}' - 20 \lg r' - b_i' - 8$$

L_{pi}' ——某一小段声源对敏感点的倍频带声压级的贡献

L_{wi}' ——某一小段声源的倍频带声功率级

r' ——某一小段声源到敏感点声功率级与声压级的转换差值

b_i' ——某一小段声源到敏感点空气的倍频带吸声量

由于安装间隙周围是钢结构表面,吸声系数较低,此处的声压级可采用风口声压级计算。据此可得到每一小段的声功率级 L_{wi}' 。 r' 值按照某一小段与敏感点的几何位置关系计算得到。同样,空气吸收系数取大气温度 30℃,相对湿度为 70%的值计算。

根据以上条件,计算两条安装间隙每一小段声源对敏感点的声压级贡献。通过对数

叠加即可得到冷却塔噪声通过这两条安装间隙对敏感点的噪声影响:

63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
35	34	36	46	48	47	49	47	55
41	41	42	52	54	54	55	53	61
44	46	39	42	29	25	44	54	54
46	48	45	54	55	55	56	57	63

上表中四行数据从上到下分别为下间隙对敏感点的声压级贡献值,上间隙对敏感点的声压级贡献值,通过消声导流片噪声贡献值,冷却塔噪声通过消声导流片和安装间隙对敏感点的声压级贡献值(前三行的对数叠加值)。

计算结果表明:

- 1) 安装间隙对敏感点贡献大于 55dB(A),影响工程整体降噪效果。
- 2) 必须封堵安装间隙,并且封堵后敏感点噪声能达到冷却塔对厂界的噪声贡献 ≤ 55 dB(A)的要求。

3.3 图象模拟

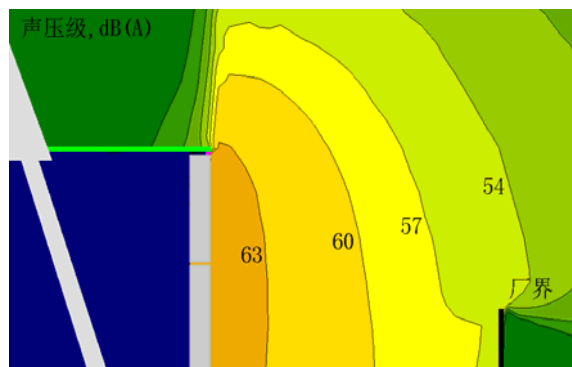


图4 不计安装间隙噪声模拟

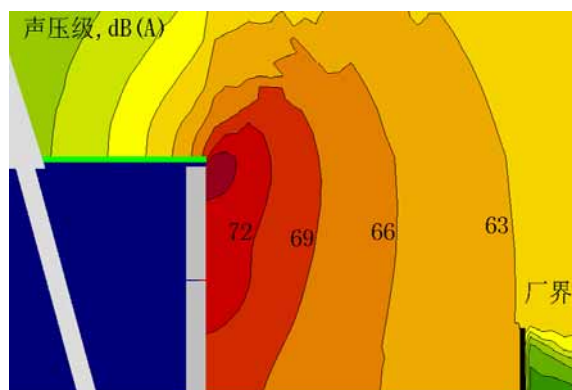


图5 计安装间隙噪声模拟

上面两幅图表达了冷却塔噪声通过降噪设施后的衰减情况，冷却塔在图的左侧，厂界点在右侧。比较两幅图，可见，间隙的漏声不但改变了声场等声线的形状，还降低了工程的整体降噪效果，使厂界敏感点的声压级超出设计目标。

4 比较

在施工期间，笔者到现场测量了封堵安装间隙前后敏感点的声压级：

63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	dB(A)
46	48	45	54	55	55	56	57	63
58	54	51	55	57	57	58	57	64
44	46	39	42	29	25	44	54	54
58	51	50	52	53	51	51	48	58

(上表中四行数据从上到下分别为：冷却塔噪声通过消声导流片和安装间隙对敏感点的噪声贡献计算值，封堵前敏感点测得的等效连续声压级；封堵后对敏感点的噪声贡献计算值，封堵后敏感点测得的等效连续声压级)

封堵前，计算值与测量值的低频噪声差距较大是测量值受现场背景噪声影响。但两者中高频的声压级(对 A 计权声压级贡献较

大)则吻合。

封堵后，计算值与测量值倍频带的差距较大，因为测量值受现场背景噪声影响。

5 结语

噪声治理工程应尽量避免降噪设备存在明显的漏声间隙，但常常由于安装工艺限制不得不造成安装间隙漏声。工程师应使用数学工具进行分析比较，预测安装间隙对工程降噪的影响，及早做好应对措施。

参考文献：

[1]马大猷.噪声与振动控制工程手册[M].北京：机械工业出版社.
[2]方庆川.应用消声片对自然通风冷却塔降噪[M].噪声振动与控制, 2005, 11：320-325

第一作者简介：郑志超（1982 - ），男，广东东莞人，助理工程师，本科，2005 年南京理工大学材料系毕业，现从事噪声治理工程技术工作。Email: zzc@zyme.cn，
电话: 86-755-83793734。