

# 冷却塔的落水噪声及防治措施的探讨

倪季良

(西北电力设计院, 西安市, 710032)

**[摘要]** 随着人们对环境质量要求的提高, 冷却塔落水噪声对环境的影响正受到人们的重视。冷却塔噪声的治理目标是将受噪声干扰处的噪声级控制在噪声国家标准允许范围 50~55 dB。具体来说, 用冷却塔落水消能降噪装置进行塔内声源治理; 用声波阻隔技术进行塔外传声途径的治理。通过这 2 条途径降低冷却塔落水噪声对环境的影响。

**[关键词]** 冷却塔 噪声污染 治理措施

中图分类号: X827 文献标识码: B 文章编号: 1000-7229(2003)03-0015-04

## Inquisition into Water Falling Noise of Cooling Tower and Its Prevention Measures

Ni Jiliang

(Northwest China Electric Power Design Institute, Xian City, 710032)

**[Abstract]** With increase of requirements for environment quality attention has been paid to the influence of the water falling noise from the cooling tower on the environment. The target of noise control from the cooling tower is to control the noise level at the place subject to the noise interference within the allowable range of the state standards for the noise, while the standard for the noise level control is 50~55 dB. In practice the noise reduction device for water falling energy consumption for cooling towers is used for control of the noise source within the tower and sound wave isolation technique is used to control the noise transmission path outside the tower. The previous two approaches can reduce the influence of water falling noise from cooling tower on the environment.

**[Keywords]** cooling tower; noise pollution; control measures

随着人们环保意识的增强, 冷却塔的落水噪声对周围环境的影响已引起人们的重视。长时间、高强度的噪声刺激, 将导致听觉损害、听力减弱、产生噪声性耳聋等。此外, 噪声对神经系统、脑功能、心血管系统、消化系统等都有不同程度的损害。噪声国家标准(GB3096-93)规定: 白天噪声允许范围为 50~70 dB; 夜晚为 40~55 dB, 减少冷却塔的落水噪声对周围环境的影响应成为工作的努力方向。

## 1 冷却塔的落水噪声

### 1.1 冷却塔落水噪声的检测

表 1 和图 1 给出了厂家提供的冷却塔实测噪声级及频谱, 测量根据 GB/T14623-93 标准进行。测点高 1.2 m, 距进风口底缘即水池边沿 5 m 处。这是按环板塔基的水池边沿距进风口 3~5 m 的实况而设定的统一测点, 称为“标称测点”。

### 1.2 冷却塔落水噪声的声源特性

冷却塔落水噪声的声源特性如下: (1) 噪声为塔内冷却水对池水大面积、连续的液体间撞击产生的稳态水噪声。噪声源为落水区下的巨大圆形水面, 属于弧形“面声源”。根据已有噪声级随距离而衰减的实测资料, 分析各“点声源”起始位置(进风口为声源边缘)的规律可知, 其等效面声源宽度(长边)约是填料层塔径  $D$  的 0.7 倍。(2) 落水撞击瞬时速度为 7~8 m/s<sup>[1]</sup>。(3) “标称测点”的声源声级为 80 dB 左右。(4) 频谱为音频分布, 呈以高频(1 000~16 000 Hz)及中频(500~1 000 Hz)成分为主的峰形曲线; 峰值位于 4 000 Hz 左右。(5) 声速为 340 m/s。(6) 波长为 0.020~1.360 m, 以 0.085 m 为主。

### 1.3 冷却塔落水噪声的影响范围

#### 1.3.1 声波的距离衰减规律

冷却塔噪声级随距离的衰减特性符合半球面波

表1 部分电厂冷却塔噪声级测量平均值

厂名	冷却塔面积/m <sup>2</sup>	噪声级/dB		倍频程下的噪声级/dB							
		A	C	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
仪化电厂	2 000	80.8	80.3	57.7	60.8	63.6	71.1	72.6	73.6	75.8	73.1
仪化电厂	3 500	82.9	82.2	58.3	58.0	60.7	71.9	74.9	75.8	77.7	74.5
南京热电厂	3 500	83.9	82.8	63.2	63.7	61.0	70.8	74.8	77.1	79.0	76.8
威墅堰电厂	5 000	84.2	83.6	64.8	59.6	56.4	71.5	76.0	75.6	75.8	73.5
吴泾电厂	9 000	85.5	84.3	65.0	62.0	65.0	76.0	78.1	78.0	79.3	75.2

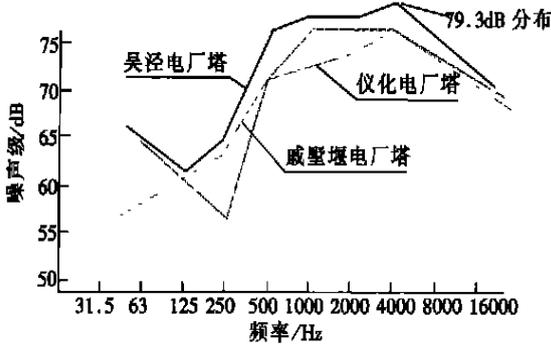


图1 几个电厂不同塔型冷却塔的实测噪声级及频谱

在传播过程中随着能量分布的扩大而衰减的规律,其“点声源”衰减规律为:距离每增加1倍,声能衰减6 dB。衰减规律可用(1)式表示<sup>[2]</sup>。

$$L_1 - L_2 = 20 \lg(r_2 / r_1) \tag{1}$$

式中  $L_1, L_2$  —— 离声源近、远测点的声级, dB;

$r_1, r_2$  —— 近、远测点分别到声源的距离。

当  $r_2 / r_1 = 2$  时,由(1)式算得:  $L_1 - L_2 = 6$  dB。

由于冷却塔声源为一片圆形水面,范围庞大。当人处于距离声源较远的位置时,可将冷却塔视为“点声源”,这种处理方法相对可靠、实用。在距“点声源”较远的位置,只要知道某测点的声级,可根据(1)式求得任一点的声级。

### 1.3.2 冷却塔为“点声源”的起始位置

以目前我国常见的 2 000~9 000 m<sup>2</sup> 的冷却塔为例,即以仪化电厂和吴泾电厂的冷却塔为例。其塔径分别为 50 m 及 107 m,因环形风口的折合面声源宽度  $b$  (长边)按塔径的 0.7 倍计算,约为 35、75 m。它们的“点声源”起始位置(以进风口底缘为起点)为  $b/\pi$  处的位置,即分别为 11.24 m 处。由此可见,在离塔(以进风口底缘为起点)25 m 以外的噪声测点处,所有的冷却塔噪声源都可视为“点声源”。

### 1.3.3 冷却塔噪声影响范围

冷却塔噪声级在工业噪声中不算很大,且随着传播距离的增加而衰减,但由于其声源面大,衰减起始点较远,虽然其声能随距离每增加1倍而衰减6 dB,其影响范围远大于一般性工业噪声。仍以 2 000~9 000 m<sup>2</sup> 的冷却塔为例,在 25 m 处实测声级分别为 71.7 dB 及 77.1 dB,如按点声源的距离每增

加1倍,声能衰减6 dB计,则50 m处的声级应分别为65.7 dB及71.1 dB;100 m处的声级应分别为59.7 dB及65.1 dB;200 m处声级应分别为53.7 dB及59.1 dB;220 m处声级用(1)式计算分别为52.9 dB及58.3 dB。这种冷却塔噪声影响范围,可适用目前的各类冷却塔。

上述是理想条件下简便、粗略的评估方法,在实际环境中,由于受池水水位、淋水密度、地表地形、障碍物分布、塔群分布、风向、风力、气温及其他的影响,各类冷却塔噪声的实际分布及衰减规律会有出入。华东电力设计院2001年4月28日对吴泾电厂9 000 m<sup>2</sup> 冷却塔的落水噪声进行了实测。在距塔220 m以外位置,测得的噪声为55.4~58.3 dB。这个结果与以25 m处实测声级推算出距塔220 m处声级为58.3 dB的结果十分吻合。由于冷却塔声源范围庞大,在距进风口10~25 m范围内,噪声级衰减很慢,这是因为“面声源”距离范围内,声级衰减的理论值为0。但对于尺度很小(1 m左右)的一般性声源,由于不存在“面声源”及“线声源”的衰减形态,所以声级一开始就按“点声源”的衰减速率迅速下降。

## 2 冷却塔噪声的治理

### 2.1 冷却塔噪声的治理目标

大型冷却塔的噪声属于中、高频稳态噪声,声源“标称声级”为80 dB左右。其声源面大、声功率级强,频带宽、中频衰减小、传播距离远,对周围环境的影响力及影响范围较大。对建在市郊的部分电厂,其冷却塔噪声对周围的居民会产生较大的影响。200 m范围内受干扰的噪声级超出了国家标准,位于这些地区的冷却塔噪声应治理。

冷却塔噪声的治理目标是将噪声级控制在国家标准以内。具体来说,对于冷却塔周围有降噪要求的区域,受声点的噪声级可控制在白天60~65 dB,夜晚50~55 dB。此外,由于冷却塔的噪声属于连续、均衡、不分昼夜的稳态噪声,因而,受声点的噪声最好控制为50~55 dB。于是,冷却塔的降噪任务就是使受声点噪声的实测值处于噪声控制标准内。

## 2.2 冷却塔噪声的治理途径

根据噪声发生的机理、传播方式,冷却塔噪声的治理可归结为塔内、塔外 2 条途径。塔内以声源的降噪治理为主;塔外则包含传声途径的声波阻隔(隔声)、声波吸收(含吸收衰减)及距离衰减(声能扩散)等 3 种形式。其中,以声波阻隔辅以声波吸收为塔外治理的主要手段。表 2 为几种冷却塔噪声治理技术在工程中的选用方案。

### 2.2.1 塔内声源的治理

下面叙述用 DY-1 型冷却塔落水消能降噪装置进行塔内声源治理的情况。

(1) 降噪原理。该装置利用斜面消能减噪的原理,即在冷却塔直接撞击水面前,使落水先在斜面上以无声擦贴的接触形式实现缓冲消能减速。这种落水降噪装置隔断了冷却塔落水对水面的直接冲击,实现无声擦贴、粘滞减速、挑流分离、疏散洒落等消能形式的过渡,取得消减落水冲击噪声的治理效果。

(2) 形式结构。冷却塔落水消能降噪装置主要由“支承构架”及“落水消能降噪器”2 部分组成。“支承构架”又可分为漂浮式及固定式 2 种形式。“落水消能降噪器”以六角蜂窝斜管为主要形式,层高 16 cm,由竖向导入段、无声擦贴斜段、粘滞减速

斜段、疏散洒落挑流段等 4 个功能段组成。

(3) 材质选用。漂浮式落水消能降噪装置主要由采用挤拉、注塑或热压工艺成型的塑料件或玻璃钢件(受力件)构成。其特点是便于搬运、易于安装、防腐耐用。固定式落水消能降噪装置上部的支承框架及降噪器的材质与漂浮式相同,不同的是其固定的主、次支承梁系由型钢构成。经防腐处理的型钢(Q235)具有强度高、刚度好的特点。

(4) 降噪效果。标准试验工况下(落差 6 m、淋水密度 8 t/(m<sup>2</sup>·h),冷却塔模拟落水声源与降噪器的声级及频谱测试结果的比较见表 3 及图 2。

表 3 表明:在标准试验工况下,降噪器的声级比模拟落水声源降低了 15.5 dB;图 2 表明:降噪器削去了落水声源的高频成分。

(5) 投资估算。漂浮式落水消能降噪装置的价格为 260 元/m<sup>2</sup>,1 座 4 000 m<sup>2</sup> 冷却塔的漂浮式落水消能降噪装置约需投资 104 万元;固定式落水消能降噪装置的价格为 300 元/m<sup>2</sup>,1 座 4 000 m<sup>2</sup> 冷却塔的固定式落水消能降噪装置约需投资 120 万元。

### 2.2.2 塔外传声途径的声波阻隔技术

(1) 降噪原理。声波传播遇到障碍时会发生反射、透射和绕射。声屏障是在声源与受声点间插入

表 2 冷却塔噪声治理方案

治理途径	降噪类型	降噪形式	降噪原理	降噪效果 /dB	降噪注意事项	适用条件
塔内声源	取消声源形成条件,避免落水直接撞击水面	倾斜组管结构	水击斜面无声擦贴,附着铺展、减速、消能	15	斜面存在 1 个最佳降噪倾角	适用于不允许影响进风量或塔外治理空间不足的新老塔
		多层细眼丝网	水击密集丝网无声切割细化水束,疏散消能	13	层多丝细孔眼小效果就好	同上
		浓密针刺结构	水击密集针刺无声切割细化水束,疏散消能	9	针刺细密效果就好	同上
塔外传播途径	阻隔声波(含吸声功能)	隔声墙屏障	阻隔声源射向受声点的直达声波	5~10	墙体越厚、越高效果越好	应考虑进塔风量不受影响或采取局部布置形式
		隔声堤屏障	同上	5~10	堤身越高,效果越好	不影响进风,适合于塔外治理空间充足的新、老塔。
		隔声建筑	同上	>5	建筑越高,效果越好	在塔边建如库房等无人建筑
	吸声隔声屏	阻隔并吸收声源射向受声点的直达声波	5~10	屏身高,则吸声性能及效果好	应考虑进塔风量不受影响或采取局部布置形式	
	百叶窗或清声罩	“封闭”进风口,阻隔并吸收声源射向受声点的直达、绕射声波	>15	效果与阻力有关	适用于设计中已考虑进风阻力的新塔	
沿程衰减	植树造林	吸收声波衰减声能	2~3/10m (1 000 Hz)	树高林密 精选树种	受声点与声源间存在大片空地	
距离衰减	远离冷却塔	声能在作半球面波扩散中自然衰减	点声源下,距离每加倍,声波衰减 6dB	远离才有效果	生活、办公区宜距冷却塔 150~200 m 以外	
受声点	阻隔声波	隔声门、窗	阻隔声源射向受声点的直达声波及绕射声波	>30	采用质量好的产品	适用于安装通风设施的受噪声影响突出的建筑物

表 3 标准工况下,降噪器的声级与落水声源噪声级的比较

项目	声级/dB		背景/dB									
	A	C	A	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000	16 000
模拟落水声源	81.3	79.0	46.5	52.1	54.5	56.0	66.2	71.3	74.5	76.5	75.6	71.0
降噪器的声级	65.8	67.6	/	54.7	55.0	60.5	62.7	60.8	59.5	54.7	52.9	48.8
上述 2 项之差	15.5	11.4	/	2.6	-0.5	-4.5	3.5	10.5	15.0	21.8	22.7	22.2

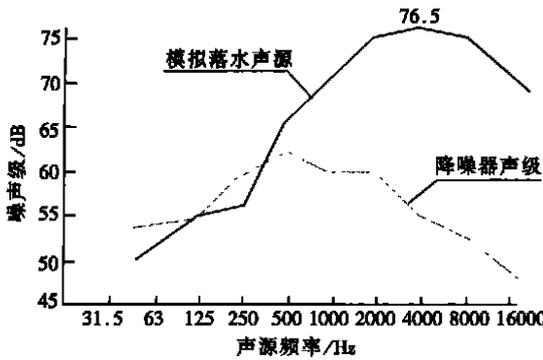


图2 标准工况下,冷却塔落水声源与降噪器的声源频谱

1个设施,以隔断并吸收声源到达受声点的直达声波,使部分声波受阻反射;部分声波吸收衰减后,通过屏体透射和屏顶绕射到达受声点,取得降噪效果。

(2) 形式结构。声屏障的结构可分为地上和地下2部分。地上部分为厚约20 cm屏蔽声波的巨型、连续板式立面(包括斜撑),其顶部为扇形吸声体或内倾式遮檐;地下部分为承重、抗倾覆的基础。屏障的高度及宽度以隔断声源到达受声点的直达声波为最低限度。为提高屏蔽效果,屏障的高度通常不低于进风口的1.3倍;为避免影响进风,屏障离进风口的距离通常不小于进风口高度的2倍。

(3) 材质选用。声屏障的地上部分即屏蔽层可用砖墙、薄钢板、铝合金、玻璃钢、聚碳酸酯等耐老化、抗腐蚀材料;地下部分则以混凝土及钢材为主。

(4) 降噪效果。声波遇到屏障发生绕射会减弱声屏障的隔声作用,而绕射能力与声波的频率有关,所以声屏障的降噪效果与声波的频率即波长有关系。声屏障对于波长短、不易绕射的高频波的屏蔽作用十分显著,可以在屏障后面形成很长的声影区;而对于波长长、具有很强绕射能力的低频波的屏蔽作用则十分有限。也可通过加高屏障来削弱绕射声波对受声点的影响。由于声屏障对高频声波产生明显的屏蔽作用,而冷却塔落水噪声以中、高频成分为主,采用声屏障可隔断并吸收冷却塔声源到受声点的直达声波。

声屏障的降噪效果以声影区中紧挨屏障的局部区域为最好,最高可降噪25 dB。对于该区外的受声点,为取得满意的降噪效果,在不影响进风量时,应加大屏障高度,以取得较好的降噪效果。

(5) 投资及效果的估算。由于缺乏应用实例,只能用以下2个工程的初设报价,供其他工程参考。

扬州电厂2座4 000 m<sup>2</sup>冷却塔,填料层直径为71 m,进风口高7 m,2座塔的部分绕塔的隔声墙总长382 m,墙高9.6 m,包括设计、安装在内总价为246万元。其厂界设计降噪量为19 dB,即由实测的

74 dB降为预期的55 dB。

吴径电厂9 000 m<sup>2</sup>冷却塔,填料层直径为107 m,进风口高10 m,距进风口20 m处布置总长160 m一字形屏障,屏高13 m,总投资为336万元。屏障本身的隔声指数达26.5 dB。220 m远处受声点的设计降噪量为8.2 dB。降噪前,现场测试中的最大噪声级为61.9 dB,设置该屏障后,降为53.7 dB。

### 3 治理设施的技术要求及治理方案的选择

#### 3.1 冷却塔噪声治理设施的技术要求

##### 3.1.1 塔内声源治理设施的技术要求

塔内声源治理设施的技术要求是:(1) 材质耐用、使用年限长、耐疲劳、抗冲击、耐水浸泡、抗冰冻、耐腐蚀、抗老化;(2) 结构合理、消声性能可长期不变、不淤积、不堵塞、不易破碎、不留后患;(3) 安装简便、运行可靠、维修容易;(4) 降噪效果好。

##### 3.1.2 塔外声波阻隔设施的技术要求

塔外声波阻隔设施的技术要求是:(1) 不影响冷却塔的设计进风量,进风阻力小;(2) 材质耐用、防老化、使用年限长、声学屏蔽性能长期不变;(3) 结构合理,抗风压、防倾覆、经济美观、维护方便;(4) 隔声、吸声效果好。

#### 3.2 冷却塔噪声治理方案的选择

选择冷却塔噪声治理方案时,应注意:(1) 以受声点的降噪要求作为冷却塔噪声治理的依据,将受声点所在区域的噪声级标准作为冷却塔噪声治理的目标;(2) 以受声点的治理目标与该点当前噪声级的声级差作为降噪任务;(3) 以受声点的位置分布为依据,选择是全方位治理还是局部定向治理,即塔外声屏障绕塔布置的范围或塔内降噪装置沿塔布置的方式;(4) 根据降噪任务,确定是用单一的治理方法还是多种方法并用;(5) 根据受声点离声源的远近及治理空间的大小,选择合适的降噪方案;(6) 根据技术经济比较、投资规模、维修保养费用、降噪效果、安全可靠、不良副作用、使用年限等因素确定噪声治理方案。

## 4 参考文献

- 1 赵振国. 冷却塔. 北京:水利水电出版社,1996
- 2 [日]公害防止技术法规编委会. 公害防止技术噪声篇. 卢贤昭译. 北京:化学工业出版社,1988
- 3 徐志勤,王 楠. 工业噪声与振动控制. 北京:冶金工业出版社,1999

(责任编辑:王革志)