

燃机电厂机械通风冷却塔群噪声治理方案研究

曾少雁, 吕小兰, 吕春玲, 罗海中

引用本文:

曾少雁, 吕小兰, 吕春玲, 等. 燃机电厂机械通风冷却塔群噪声治理方案研究[J]. 南方能源建设, 2021, 8(4): 73–78.

ZENG Shaoyan, L Xiaolan, L Chunling, et al. Research on Noise Abatement Schemes of Mechanical Ventilation Cooling Tower Groups in the Gas Turbine Power Plant[J]. *Southern Energy Construction*, 2021, 8(4): 73–78.

相似文章推荐 (请使用火狐或IE浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

大型逆流式自然通风高位收水冷却塔的应用研究

Application Research on Large Counter-flow Natural Draft High Level Water Collection Cooling Tower

南方能源建设. 2017, 4(1): 109–112 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2017.01.021>

大型自然通风冷却塔抗震仿真分析

Seismic Simulation of Large Natural Draft Cooling Tower

南方能源建设. 2015, 2(z1): 101–104 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2015.S1.022>

城市型燃机电厂景观设计浅析

Elementary Analysis of Landscape Design for Urban Gas Turbine Power Plant

南方能源建设. 2016, 3(4): 82–87 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.04.017>

某百万级核电站冷却塔配置研究与优化

Allocation and Optimization of the Cooling Tower About 1 000 MW NPP

南方能源建设. 2016, 3(3): 48–53 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.03.010>

基于损伤塑性模型的核电站超大型冷却塔损伤分析

Damage Analysis of Nuclear Power Plant Super Cooling Tower Based on Damage Plastic Model

南方能源建设. 2015, 2(z1): 105–107 <https://doi.org/10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2015.S1.023>

燃机电厂机械通风冷却塔群噪声治理方案研究

曾少雁[✉], 吕小兰, 吕春玲, 罗海中

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: [目的] 随着人们环保意识的提高, 燃机电厂降噪成为燃机项目环保关注的重要内容。冷却塔群作为燃机电厂一个庞大的工业建筑群体, 如何降低其噪声, 减少其对厂内及厂外环境的影响, 成为现今燃机电厂环保降噪设计的重点。[方法] 分析了冷却塔噪声特点, 以东莞某燃机电厂冷却塔群布置为例, 采用SoundPLAN噪声模拟软件对冷却塔群进行了建模。[结果] 根据模拟结果, 分析了冷却塔群不同降噪方案的降噪效果, 提出各降噪方案的优缺点。[结论] 所提冷却塔群降噪方案可供后续同类电厂设计参考。

关键词: 燃机电厂; 机械通风冷却塔群; 片式消声器; 阵列式消声器; 噪声控制

中图分类号: TM621; TB535

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2021)04-0073-06

开放科学(资源服务)二维码:



Research on Noise Abatement Schemes of Mechanical Ventilation Cooling Tower Groups in the Gas Turbine Power Plant

ZENG Shaoyan[✉], LÜ Xiaolan, LÜ Chunling, LUO Haizhong

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute, Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: [Introduction] With the improvement of people's awareness of environmental protection, noise control in the gas turbine plant has become important in environmental protection. As a huge industrial building group of the gas turbine plant, how to reduce its noise and its impact on the environment inside and outside the plant has become the focus of environmental protection and noise reduction design of the gas turbine plant. [Methods] After analyzing the noise characteristics of the cooling tower, taking the layout of cooling tower group in Dongguan gas turbine power plant as an example, the cooling tower group was modeled by SoundPLAN. [Results] According to the simulation results, the noise control effects of different schemes of cooling tower groups are analyzed, and the advantages and disadvantages of each noise control scheme are put forward. [Conclusion] The proposed noise reduction scheme of the cooling tower group can be used as a reference for the design of similar power plants in the future.

Key words: gas turbine power plant; mechanical ventilation cooling tower groups; chip muffler; array muffler; noise control

2095-8676 © 2021 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI. This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

南方地区特别是广东省内由于夏季长且气候炎热, 除部分供热机组和小型燃气机组外, 9F及以上等级燃气机组的冷却塔数量较多, 需采用冷却塔群的方式布置, 一般采用双排式布置。本文以东莞某燃机电厂一期冷却塔群为例, 探索冷却塔群噪声治理的方法, 供同类型工程参考。

本文采用德国 Braunstein Bemdt GmbH 公司开发的专业模拟分析软件 SoundPLAN 进行模拟预测

和分析。该软件是德国 Braunstein Bemdt GmbH 公司于 1986 研发, 软件已经拥有三十年的应用历史, 全球拥有 3 800 多用户, 是国际噪声预测软件领域使用最广泛的软件^[1]。

1 机械通风冷却塔群结构组成

冷却塔是燃机电厂冷却系统的主要设备之一, 是维持汽轮机出口背压, 并使热力系统实现朗肯循

环,直接影响着机组和电厂的热经济性和运行可靠性^[2]。燃机电厂常用的机械通风冷却塔是双面进风机械通风冷却塔,其结构如图1所示,冷却水经配水管送入配水系统,依次通过配水区、填料区和雨区与空气进行换热,经过雨区后落入塔底的集水池中完成换热过程。塔顶出风口处设置了风机,风机由电机驱动。

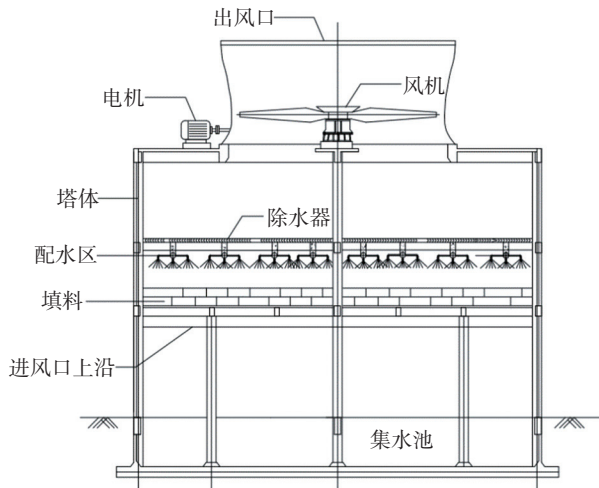


图1 机械通风冷却塔结构示意图

Fig. 1 Structural diagram of the mechanical ventilation cooling tower

2 机械通风冷却塔群噪声特点

机械通风冷却塔群噪声由以下几部分组成:

1) 顶部轴流风机产生的空气动力性噪声,主要由旋转噪声和涡流噪声组成,分为进风噪声和排风噪声两部分,其中排风噪声通过顶部风口直接向外传播,进风噪声则透过填料层向下传播,并最终通过进风口向外传播;在风机风筒出风口 45° 方向 1 m 处的噪声水平为 $85\sim 88\text{ dB(A)}$ 。

2) 淋水噪声:此部分噪声由水的势能撞击冷却塔中的填料和集水池产生,在进风口外 1 m 处的噪声水平为 $88\sim 90\text{ dB(A)}$ ^[2-5]。

3) 电机、传动部件及减速箱等产生的机械噪声。

4) 由风机、电机及减速机引起冷却塔塔壁及顶部平台振动,产生固体传声噪声。

机械通风冷却塔群噪声分为进风口噪声和排风口噪声两部分,其中进风口噪声以淋水噪声为主,属于中高频噪声;排风口噪声为大型轴流风机噪

声,主要是由于冷却塔巨大的叶片所产生,低频噪声成份较为严重,且由于其位于高处,因此传播距离远。在冷却塔排风口风机噪声和进风口淋水噪声由于声源体积大、噪声源强大,是燃机电厂噪声治理的重中之重。

3 模型建立

东莞某燃机电厂一期两套M701F4燃机热电联产工程共设置了10座机械通风冷却塔,每5座一组,两组平行放置,进风形式为双侧进风。冷却塔群布置于一期厂区东北侧,最东侧距离东厂界 19 m ,东厂界采用 2 m 高砖围墙。冷却塔群紧靠东侧厂界,其噪声对东侧厂界影响最大,因而在建立模型及模拟范围时,仅对该区域进行建模和模拟分析,冷却塔群进风口按 85 dB(A) 的体源,排风口按 85 dB(A) 的面源进行设定,并在厂内和厂外各设置了3个高度为 1.5 m 的接收点,建立的模型见图2。

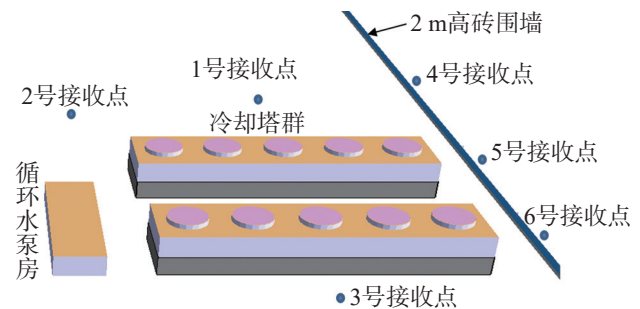


图2 冷却塔群模拟模型

Fig. 2 Simulation model of cooling tower groups

不采取任何降噪措施的情况下,东莞某燃机电厂一期双排冷却塔群模拟结果如图3所示。以下模拟结果均只考虑了冷却塔群噪声源的噪声贡献值,未考虑背景噪声及周边环境的现状影响。

各接收点噪声值如表1所示。

可见,两组冷却塔噪声的叠加使得冷却塔群部分区域噪声强度加大,噪声影响的范围扩大,相比单排冷却塔的治理难度更高。

4 常用的噪声治理设施

针对冷却塔群进、排风噪声,常用的噪声治理设施主要有消声器和隔声屏障。

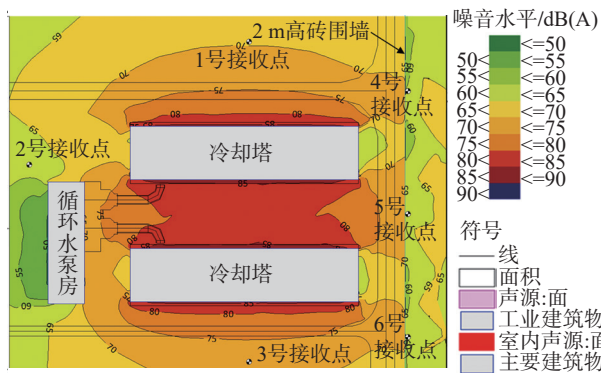


图 3 机械通风冷却塔群噪声模拟效果图

Fig. 3 Noise simulation effect diagram of mechanical ventilation cooling tower groups

表 1 厂内及厂界各接收点模拟噪声值(未采取措施)

Tab. 1 Simulated noise value of receiving points in the plant and at the plant boundary (without noise control)

接收点	1号接收点	2号接收点	3号接收点	4号接收点	5号接收点	6号接收点
噪声值 dB/A	69.5	60.8	70.1	55.7	57.6	55.7

4.1 消声器

消声器是一种既能使噪声得到有效的衰减又能保证气流正常通过的一种设备, 如果消声器仅能满足消声要求, 而不能满足设备工艺要求, 该消声器的设计是失败的。

工程上最常用的消声器类型为阻性片式消声器, 它具有性能稳定、设计计算可靠、综合性价比高优点。片式消声器沿气流方向消声导流片长度为 1~3 m, 单片厚度为 100 mm、150 mm 以及 200 mm, 冷却塔用片式消声器实质上是按照一定间距敷设于冷却塔周围的消声导流片^[6-7]。

阵列式消声器是在片式消声器基础上发展而来的新型消声器, 在原理上两者都属于典型的阻性消声器。阵列式消声器由消声柱及固定框架结构组成。消声柱由入口导流端、中间吸声段及出口导流端组成^[8-9], 消声单元尺寸通常为 200×200 mm 至 300×300 mm, 消声单元两端设有圆弧形导流罩, 消声单元由铝合金穿孔板+离心玻璃棉组成。

阻性消声器的消声量与消声器的湿周周长 P 成正比, 与消声器截面的同流面积 S 成反比。在任意尺寸条件下, 如果要保持相同的流通比, 阵列式结构的消声体的单元厚度恒大于片式结构的消声片, 通道宽度恒小于片式结构的片间距, 因此, 采用阵

列式结构, 消声的频率范围比片式结构更宽, 低频更低, 高频更高; 只要流通比不大于 75%, 其吸声周长恒大于片式结构, 因此, 在任何频率, 其消声量都大于片式结构, 价格也略高于片式消声器。

4.2 隔声屏障

声屏障的作用是阻挡直达声的传播, 隔离透射声, 并使绕射声有足够的衰减。当声波撞击到声屏障的壁面上时, 会在声屏障边缘产生绕射现象, 而在屏障背后形成“声影区”。

工程上常用的隔声屏障是玻璃纤维棉金属结构, 由镀锌钢板+玻璃棉板(玻璃丝布包裹)+鱼鳞铝合金孔板组成^[10-11]。

5 机械通风冷却塔群噪声治理方案比选

根据工程总平面布置方案以及厂界噪声标准的要求不同, 双排冷却塔群可采取以下 3 种噪声治理方案。

5.1 方案 1: 双侧进风消声器+排风消声器

1) 进风口设置进风消声器, 设计消声量大于 15 dB (A), 消声器长度 1.5 m, 双侧总阻力损失 < 30 Pa, 可采用片式或阵列式消声器, 如图 4 所示。

2) 排风口设置排风消声器, 设计消声量大于 20 dB (A), 消声器高度 2 m, 阻力损失 < 20 Pa, 可采用片式或阵列式消声器, 如图 4 所示。

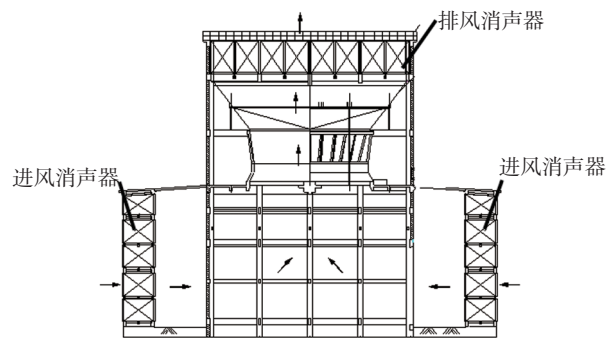


图 4 机械通风冷却塔群降噪装置示意图

Fig. 4 Schematic diagram of noise control device of mechanical ventilation cooling tower groups

为保证极限温度下, 冷却塔群正常运行, 消声片设计为可推拉、可拆卸型。冷却塔群塔体本身和进排风消声器外轮廓的维护结构采用混凝土结构, 保证其具有足够的隔声量, 满足冷却塔群整体降噪要求。

机械通风冷却塔群采用进、排气消声器的降噪方式,冷却塔进、排风口需要预留检修通道以供检修,风通过消声器时速度前后不一样,检修通道可以起到风混合作用,为了避免检修通道漏声,检修通道需要具备隔声作用,建议选用隔声板组装成阻抗通道^[12-14]。

主要工程量:进风消声器20套共3 326 m³,消声器支撑钢结构180 t;排风消声器10套共7 612 m³,消声器固定钢结构168 t。

实施方案1后的降噪效果见图5,各接收点噪声值见表2。与降噪前相比,厂内及厂界的噪声值均有了很大的降低,中电投横琴岛多联供燃气能源站项目冷却塔采用此降噪方案,降噪效果明显,可满足厂界达到2类标准的要求。

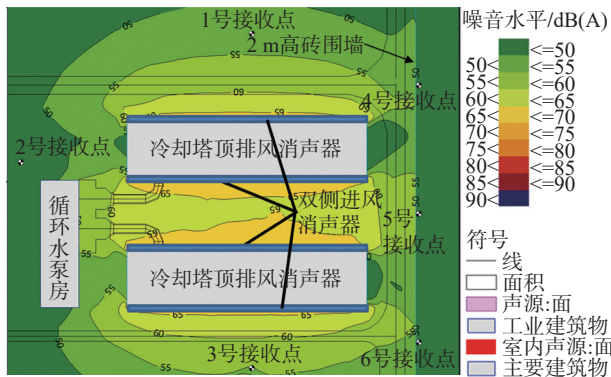


图5 实施方案1降噪措施后的模拟效果

Fig. 5 Simulation effect after implementing scheme 1 noise control measures

表2 厂内及厂界各接收点模拟噪声值(方案1)

Tab. 2 Simulated noise value of receiving points in the plant and at the plant boundary (scheme 1)

接收点	1号接收点	2号接收点	3号接收点	4号接收点	5号接收点	6号接收点
噪声值/dB(A)	52.7	42.5	54.7	43.7	46.2	38.5

方案优点:降噪效果优,不仅厂内噪声环境有很大改善,厂界可达到2类标准的夜间限置50 dB(A)的要求。

方案缺点:投资及运行费用高,降噪设施阻力大,增加冷却塔风机电耗较多,对冷却塔运行影响较大。

5.2 方案2:外侧进风消声器+两塔端部消声阻隔+塔顶围蔽

1) 双排冷却塔群外侧进风口设置进风消声器,

设计消声量大于20 dB(A),消声器长度2 m,阻力损失<20 Pa,可采用片式或阵列式消声器。塔内侧进风口不设置消声器。

2) 双排冷却塔群端部设置消声阻隔,采用消声器墙进行阻隔,高度不低于冷却塔进风消声器高度,设计消声量大于20 dB(A),消声器厚度2 m。

3) 双排冷却塔群顶部排风口不设置排风消声器,采用砖墙或隔声屏障板进行围蔽,围蔽高度高出风机最高点3 m以上。

塔顶可采用200 mm厚加气块砖墙进行围蔽,平均隔声量为43.2 dB^[4],隔声量满足要求。也可采用隔声屏障墙体进行围蔽隔声,隔声屏障设计权隔声量 $R_w \geq 30$ dB,吸声系数 ≥ 0.80 ,隔声屏障采用轻质金属复合隔声屏做法,即:1.2 mm镀锌钢板+100 mm厚32 kg/m³玻璃棉板(玻璃丝布包裹)+0.8 mm鱼鳞铝合金孔板。但由于隔声屏障的金属外板颜色与冷却塔塔体混凝土颜色很难做到一致,采用隔声屏障围蔽塔体外观上下会略有区别,在无特殊要求的情况下,建议采用砖墙围蔽,将塔顶围蔽与冷却塔做成一体。

主要工程量:进风消声器10套共2 218 m³,两塔端部消声器390 m³,消声器支撑钢结构130 t;塔顶围蔽隔声屏障板或砖墙3 616 m²,隔声屏障钢结构277 t(砖墙围蔽采用钢筋混凝土结构)。

实施方案2后的降噪效果见图6,各接收点噪声值见表3。与降噪前相比,厂内冷却塔外侧及厂界的噪声值均有了很大的降低,但冷却塔之间区域噪声环境与降噪前一致,珠海市钰海天然气热电联产工程项目冷却塔采用此降噪方案,满足厂界达到3类标准的要求。

方案优点:厂内及厂界区域降噪效果好,投资较低,阻力较小。

方案缺点:因排风口未设置消声器,上部围蔽将声音阻隔抬高,可能造成距厂界一定距离外的区域噪声超标,厂外有噪声敏感的居民点时谨慎采用。

5.3 方案3:厂界隔声屏障+排风消声器

1) 双排冷却塔群进风口不设置进风消声器。

2) 排风口设置排风消声器,设计消声量大于20 dB(A),消声器高度2 m,阻力损失<20 Pa。

3) 靠近冷却塔厂界设置7 m高隔声屏障,2 m

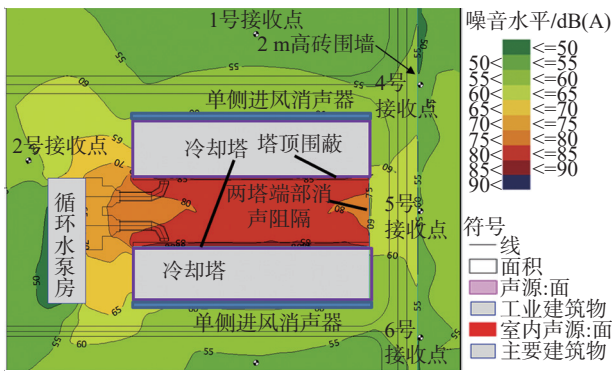


图6 实施方案2降噪措施后的模拟效果

Fig. 6 Simulation effect after implementing scheme 2 noise control measures

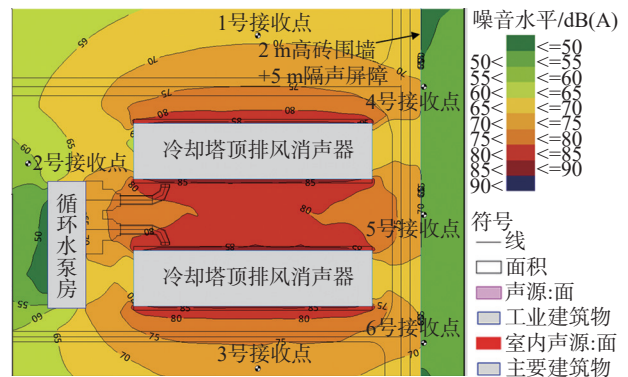


图7 实施方案3降噪措施后的模拟效果

Fig. 7 Simulation effect after implementing scheme 3 noise control measures

表3 厂内及厂界各接收点模拟噪声值(方案2)

Tab. 3 Simulated noise value of receiving points in the plant and at the plant boundary (scheme 2)

接收点	1号接收点	2号接收点	3号接收点	4号接收点	5号接收点	6号接收点
噪声值/dB(A)	53.0	58.3	54.5	52.0	55.0	52.0

表4 厂内及厂界各接收点模拟噪声值(方案3)

Tab. 4 Simulated noise value of receiving points in the plant and at the plant boundary (scheme 3)

接收点	1号接收点	2号接收点	3号接收点	4号接收点	5号接收点	6号接收点
噪声值/dB(A)	68.9	59.0	71.8	51.1	53.1	51.1

以下采用砖墙, 2 m 以上采用隔声屏障, 隔声屏障形式同方案2。

主要工程量: 排风消声器 10 套共 7 612 m³, 消声器固定钢结构 168 t; 隔声屏障 2 415 m², 隔声屏障钢结构 185 t。

但由于隔声屏障长度很大, 对厂区整体景观会造成较大影响, 在隔声屏障附近会造成一定的压抑感。为减少长距离隔声屏障造成的压迫感, 隔声屏障的中间位置可设计为透明结构, 同时在涂装上进行适当的美化设计, 如采用与周边环境融合较好的浅色系外观, 可使隔声屏障能更好地融合到整体景观内。

实施方案3后的降噪效果见图7, 各接收点噪声值见表4。与降噪前相比, 厂界的噪声值有降低, 但厂内噪声环境与未采取降噪措施基本一致, 没有得到有效改善, 但厂界可满足达标要求, 不会出现厂界外一定距离后又超标的情况, 适合厂外有敏感点的项目。华能东莞燃机电厂一期项目冷却塔采用此降噪方案, 实测厂界噪声值为 50 dB (A)。

方案优点: 投资较低, 不增加占地, 阻力较小。

方案缺点: 厂内噪声环境较差, 厂界高屏障景观较差, 运行一段时间后受到冷却塔水汽影响, 塔顶降噪设施可能出现腐蚀情况。

从模拟结果来看, 以上3种方案均能起到不错的降噪效果, 若项目厂界标准要求达到2类以上, 建议采用方案1; 若厂界标准要求仅需达到3类及以下, 建议选用方案2或方案3。

6 结 论

随着人们环保意识提高, 燃机电厂的噪声污染问题日益受到重视, 针对燃机电厂最大的噪声群冷却塔群采用不同的降噪方式, 既与项目所在地区声环境质量要求、项目周边环境敏感性有关, 也与项目投资及景观要求等项目实际情况息息相关, 本文提出了几种降噪方案并分析其优缺点, 供同类型项目降噪设计参考。

参考文献:

[1] 徐传勇. 基于 SoundPLAN 软件在火力发电厂噪声治理中的应用分析 [J]. 能源与环境, 2020(6): 2-6.
 XU C Y. Application analysis of SoundPLAN software in noise control of thermal power plants [J]. Energy and Environment, 2020(6): 2-6. .
 [2] 许成录, 孙永胜. 大型燃气机组冷却塔降噪设计分析 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2019(16): 78-79.
 XU C L, SUN Y S. Noise control design and analysis of cooling tower of large gas turbine units [J]. Urban Construction Theory Research (Electronic Edition), 2019(16): 78-79.
 [3] 黄玮珍. 城市燃气热电厂噪声综合治理研究 [J]. 能源与节

- 能, 2019(11): 85-88.
HUANG W Z. Study on comprehensive noise control of urban gas-fired thermal power plants [J]. Energy and Energy Conservation, 2019(11): 85-88.
- [4] 李春太. 机力通风冷却塔噪声控制 [J]. 中国环保产业, 2019(10): 44-49.
LI C T. Noise control of mechanical ventilation cooling towers [J]. China Environmental Protection Industry, 2019(10): 44-49.
- [5] 冯晶晶, 尤坤运, 黄青青. 电厂大型机力通风冷却塔噪声控制浅析 [J]. 中国环保产业, 2019(10): 32-36.
FENG J J, YOU K Y, HUANG Q Q. Analysis on noise control of large mechanical ventilation cooling tower in power plant [J]. China Environmental Protection Industry, 2019(10): 32-36.
- [6] 吕玉衡. 噪声控制与建筑声学设备和材料选用手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
LÜ Y H. Materials handbook of noise control & architectural acoustics [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2011.
- [7] 郭富民, 高德申, 赵佰波, 等. 冷却塔片式消声器阻力特性的数值模拟研究 [J]. 电力勘测设计, 2021(增刊1): 47-52.
GUO F M, GAO D S, ZHAO B B, et al. Numerical study on the resistance characteristics of fin muffler for cooling tower [J]. Electric Power Survey & Design, 2021(Supp. 1): 47-52
- [8] 赵传辉, 韦红旗, 伍豪, 等. 阵列式消声器对自然通风逆流湿式冷却塔性能的影响 [J]. 发电设备, 2021, 35(2): 94-100.
ZHAO C H, WEI H Q, WU H, et al. Effects of array mufflers on performance of a natural draft counter-flow wet cooling tower [J]. Power Equipment, 2021, 35(2): 94-100.
- [9] 林来豫, 孙凯. 各类消声器的性能差异及设计选择建议 [J]. 暖通空调, 2018, 48(11): 69-74.
LIN L Y, SUN K. Performance differences and design selection of mufflers [J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2018, 48(11): 69-74.
- [10] 范潜, 龙江. 声屏障几种类型和材料的特点 [J]. 黑龙江交通科技, 2020, 43(7): 241-242.
FAN Q, LONG J. Characteristics of several types and materials of sound barriers [J]. Heilongjiang Jiaotong Keji, 2020, 43(7): 241-242.
- [11] 任斌. 声屏障工程施工组织设计与造价分析 [J]. 工程经济, 2020, 30(8): 9-12.
REN B. Construction organization design and cost analysis of sound barrier engineering [J]. Engineering Economy, 2020, 30(8): 9-12.
- [12] 严加真, 王少云, 高宏俊. 冷却塔噪声治理 [J]. 中国环保产业, 2020(11): 63-65.
YAN J Z, WANG S Y, GAO H J. Noise control of cooling tower [J]. China Environmental Protection Industry, 2020(11): 63-65.
- [13] 周学锋, 程兴平, 彭文川, 等. 基于粒子群优化算法的冷却塔群噪声控制方法 [J]. 西安工程大学学报, 2019, 33(5): 568-574.
ZHOU X F, CHENG X P, PENG W C, et al. Noise control method of cooling tower group based on particle swarm optimization [J]. Journal of Xi'an Polytechnic University, 2019, 33(5): 568-574.
- [14] 赵玉. 发电机组冷却塔噪声治理探讨 [J]. 广东电力, 2011, 24(8): 100-103.
ZHAO Y. Discussion on disposal of noise in cooling tower of generators [J]. Guangdong Electric Power, 2011, 24(8): 100-103.

作者简介:

曾少雁 (通信作者)

1980-, 女, 广东汕头人, 高级工程师, 华南理工大学硕士, 主要从事发电厂环保专业设计工作 (e-mail) zengshayoyan@gedi.com.cn。



曾少雁

吕小兰

1975-, 女, 山西天镇人, 高级设计总工程师, 正高级工程师, 浙江大学硕士, 主要从事发电厂设计研究和设计管理工作 (e-mail) lvxiaolan@gedi.com.cn。

吕春玲

1974-, 女, 甘肃敦煌人, 高级工程师, 中国地质大学博士, 主要从事发电厂环保专业设计工作 (e-mail) lvchunling@gedi.com.cn。

罗海中

1981-, 男, 广东河源人, 高级工程师, 昆明理工大学硕士, 主要从事发电厂环保专业设计工作 (e-mail) luohai-zhong@gedi.com.cn。

(责任编辑 李辉)