文章编号：2097-096X(2023)-01-0047-08

新型鼓风式机械通风冷却塔进风口阻力优化

辛文军[1]，朱　晴[2]，李陆军[2]
(1. 深圳中广核工程设计有限公司，广东 深圳　518172；2. 中国水利水电科学研究院，北京　100038)

摘要：鼓风式机械通风冷却塔常应用于核电厂重要厂用水系统，为了提高其安全性，提出了一种新型鼓风式冷却塔，但由于结构复杂，其阻力特性不同于常规的鼓风式机械通风冷却塔。针对新型鼓风式机械通风冷却塔的阻力问题，通过三维模型研究了塔内阻力构成，进而确定进风口的优化方案。结果表明，初始方案冷却塔的各部分阻力中，从进风口防飞射物的过滤网至风机外罩入口的阻力最大(约占 32.7%)。优化方案在满足防飞射物入侵的前提下，通过调节进风口相关尺寸，使塔入口至网面的阻力系数占比降低了 4.8%，网面至风机入口的阻力系数占比降低了 1.8%。

关键词：鼓风式；机械通风冷却塔；数值模拟；阻力；优化
中图分类号：TL334　　**文献标识码：**A　　**doi：**10.13244/j.cnki.jiwhr.20210306

1　研究背景

内陆或临海核电厂，受制于厂址条件，重要厂用水系统一般采用机械通风冷却塔进行冷却。机械通风冷却塔，分为抽风式和鼓风式。与抽风式机械通风冷却塔相比，鼓风式机械通风冷却塔，由于风机布置在冷却塔进风口，耐腐蚀性、抗震性能更好，因此被广泛地应用[1]。

目前，针对机械通风冷却塔的冷却性能，展开了大量的研究。单个机械通风冷却塔性能主要受到湿球温度、循环水量和冷却风量的影响，而塔群则受到布置方案、周围建筑物和山体的影响[2]。为了提高机械通风冷却塔冷却性能，刘增晟[3]提出了一种带有高位收水装置机械通风冷却塔；王鉴[4]提出通过优化循环水流量分配和风机运行方案；李欣[5]针对单侧进风机械通风冷却塔提出了采用非等高布置填料以及导风管等方法以改善冷却性能。常亮等[6]开展了鼓风式机械通风冷却塔群的热风回流研究，发现不同运行方式的热回流率差异明显，且受环境风向的影响较大。

机械通风冷却塔的经济性，也受到研究人员的关注。徐正等[7]针对 2×1000 MW 湿冷机组，采用“年费用最小法”比较了自然通风冷却塔与机械通风冷却塔方案，并分析了机力塔的适用条件。胡少华等[8]针对滨海核电站提出了三种塔型，通过对经济性、噪声影响等方面进行分析对比。在环境影响方面，郭瑞萍等[9]针对不同地址的核电厂，研究了不同配置的机械通风冷却塔雾雨扩散的特点。

在阻力方面，赵顺安等[10]研究了填料高度、出口收缩段高度以及其与水平的夹角对鼓风式机械通风冷却塔性能的影响，发现较高的填料高度有利于填料断面风速均匀分布，出口收缩段高度及水平夹角的增加可降低整塔的阻力系数。解明远[11]研究了机械通风冷却塔中不同类型的风机以及风筒对冷却塔阻力的影响。

上述研究大多是关于抽风式机械通风冷却塔的冷却性能方面，目前针对鼓风式机械通风冷却塔的冷却性能和安全性能的研究较少。以提高安全性为基础，本文提出了一种新型鼓风式冷却塔，即在进风口增设了风机室，以防止外来物的入侵，但这将增大冷却塔的阻力，降低冷却性能，因此本文在阻

收稿日期：2021-12-10；网络首发时间：2023-01-06
网络首发地址：https://kns.cnki.net/kcms/detail/10.1788.TV.20230106.1337.002.html
基金项目：冷却塔动态节能运行控制系统(01882102)
作者简介：辛文军(1979-)，高级工程师，主要从事冷却塔工艺研究。E-mail：xinwenjun@cgnpc.com.cn
通讯作者：李陆军(1981-)，博士，教授级高级工程师，主要从事冷却塔工艺研究。E-mail：lilujun2008@126.com

力特性研究的基础上，提出了优化方案，并对优化后的机械通风冷却塔阻力特性进行分析。

2 研究对象

鼓风式机械通风冷却塔的外形示意图如图 1，其主要尺寸参数见表 1。冷却塔的进风口设有风机机房，以及防小型飞射物的墙和网；墙壁厚度为 1.0 m。为保证外界小型飞射物不能碰触到风机及其外罩，进风口高度为 2.8 m，由入口至平面网的流道宽度为 2.0 m，风机入口距离防飞射物网面距离为 3.86 m。风机房内底部标高为 1.0 m。

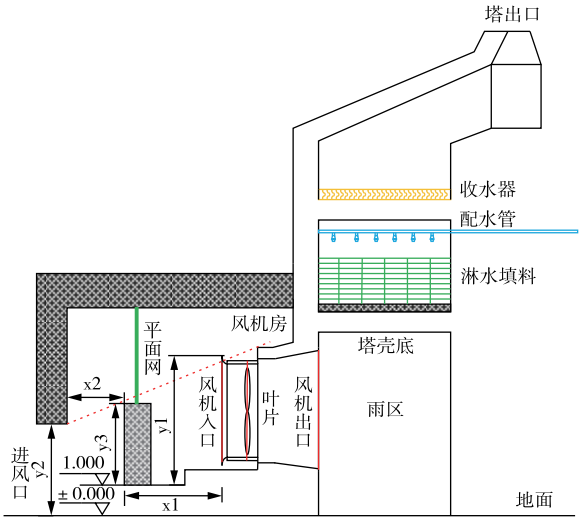


图 1 鼓风式机械通风冷却塔外形示意图

Fig.1 The shape of the blower type mechanical ventilation cooling tower

表 1 冷却塔主要尺寸参数表

Table 1 Main dimension parameters of cooling tower

名称	尺寸
冷却塔的顶部标高	18.5 m
冷却塔出口	6 m×2.1 m
填料底部标高	6.15 m
填料高度	1.5 m
填料面积	6 m×6 m
风机叶片长度	1.4 m
风机罩进口直径	3.4 m
风机罩出口直径	3.7 m
进风口高度	2.8 m

3 数值计算

3.1 控制方程 机械通风冷却塔在机组负荷、气象条件及循环水量稳定运行时，塔内外空气流场按稳态计算，空气运动方程见参考文献[12-13]。填料区可采用 Fluent 的多孔介质模型，填料的阻力损失系数如下：

$$\xi_f = \frac{2A_p \gamma_a v^m}{\rho v^2 H_f} \tag{1}$$

式中：ξ_f为填料阻力系数；A_p和 m 为实验常数；γ_a为空气比重，N/m^3；v 为填料断面平均风速，m/s；H_f为填料高度，m。填料区阻力系数是通过填料试验得到，填料阻力室内试验结果已经包含了填料和喷淋区的阻力。雨区采用离散离子模型(DPM 模型)，空气对雨滴的阻力按照下式进行分析。

$$\frac{\mathrm{d}\vec{u}_p}{\mathrm{d}t} = F_D(\vec{V} - \vec{u}_p) + \frac{\vec{g}_x(\rho_p - \rho)}{\rho_p} \tag{2}$$

$$F_D = \frac{18\mu}{\rho_p d_p^2} \frac{C_D Re}{24} \tag{3}$$

$$C_D = \frac{24}{Re}(1 + b_1 Re^{b_2}) + \frac{b_3 Re}{b_4 + Re} \tag{4}$$

式中：$\vec{u}_p$为粒子速度矢量，m/s；$\vec{V}$ 为空气速度矢量，m/s；$\vec{g}_x$为粒子的加速度矢量，m/s^2；ρ_p为雨滴的密度，kg/m^3；d_p为雨滴直径，m；C_D为雨滴阻力系数；b_i为经验系数。

3.2 网格划分 鼓风式机械通风冷却塔的总格数为 60 格，每 8 或 12 格为一单元，每两格为一个组，

如下图 2 所示，每两格的出口靠在一起，本文的研究对象为其中一格冷却塔。

采用 GAMBIT 网格划分软件建立三维模型。对于机械通风冷却塔，一般当计算区域的尺寸为冷却塔高度的 5 倍时，区域大小对阻力特性影响较小。本文中计算区域高度为 500 m，约为冷却塔高度的 27 倍。图 3 给出了网格计算模型的整体透视图，冷却塔位于整个计算区域的左侧中心，计算域为 500 m×1000 m×500 m，由于研究对象为其中一格冷却塔，因此左侧面为对称边界。冷却塔的网格模型见图 3，网格模型中包括风机的外壳、填料区域、风机房、冷却塔出口。

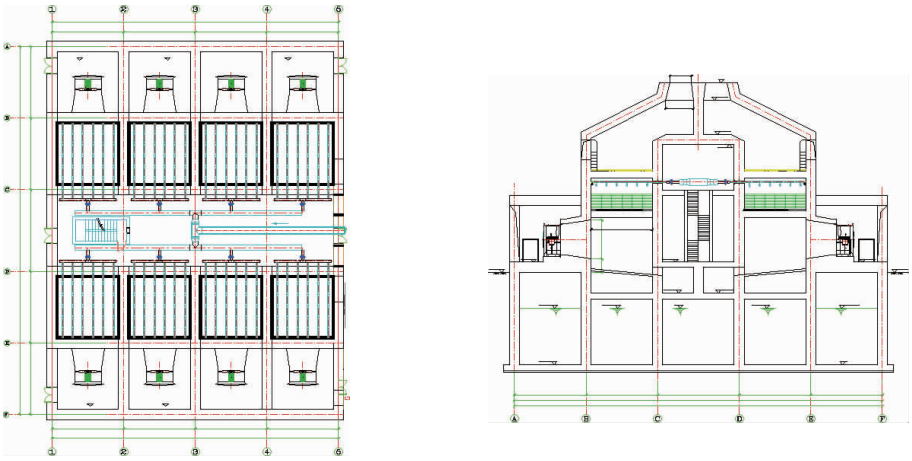
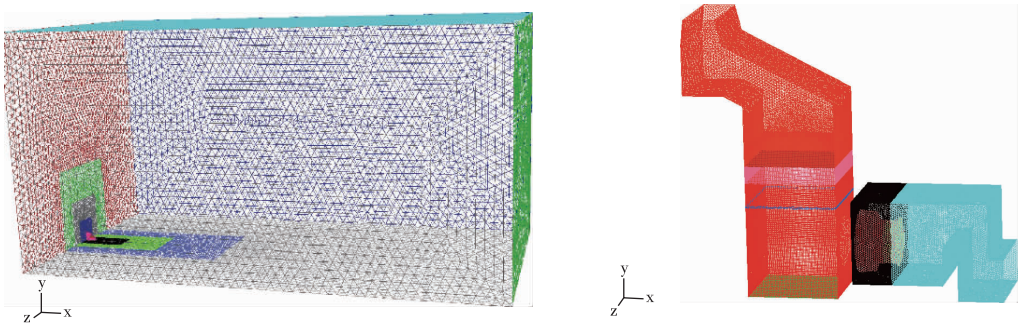


图 2　冷却塔塔群布置

Fig.2　The arrangement of cooling towers



(a) 整个计算域网格　　(b) 冷却塔网格

图 3　分析模型中的网格

Fig.3　The mesh of numerical model

由图 4 可知，网格数量从 150 万增大至 340 万，阻力基本不随网格数量而改变，为同时满足计算精度与计算资源的要求，最终使用的网格模型数量为 240 万。

3.3　边界条件　计算区域分为冷却塔内和外两个区域。对于塔外区域，底面为绝热边界，左侧面为对称边界，其他面的边界为压力出口边界。塔的壳体外壁设置成绝热边界。当采用标准 $\kappa-\varepsilon$ 湍流模型时，还需设定 κ 和 ε 的边界[14]。根据 UDF，将其边界设置为如下形式：

$$\frac{\partial K}{\partial n}=0,\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial n}=0 \tag{5}$$

塔内区域，塔的壳体和地面为绝热壁面，采用无滑移边界条件。填料顶部为雨滴发射面，可以设置循环水量等参数。进风口、塔的出口设置成内部边界，填料区

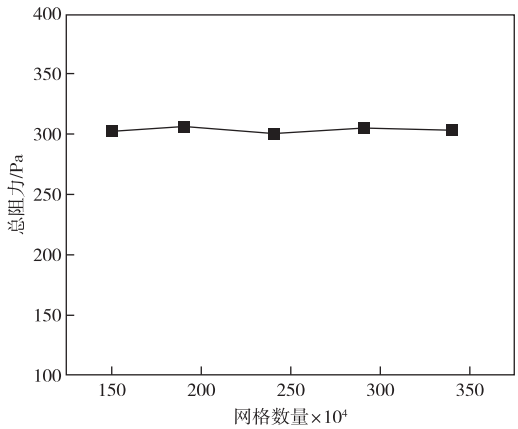


图 4　网格无关性检查

Fig.4　The independence of mesh number

域设置为多孔介质区域。在模型中将风机切割成风机入口和风机出口，并都设置为速度入口边界，如图 5 所示。气象及运行条件见表 2。

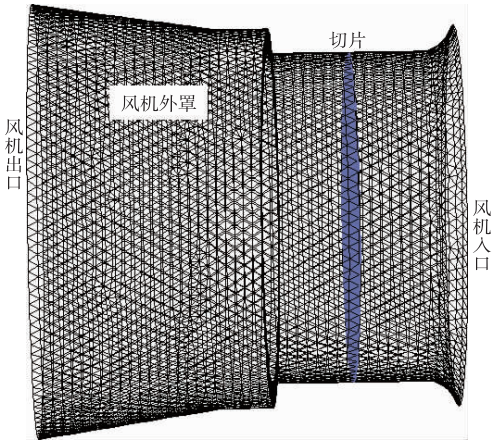


图 5　风机模型图

Fig.5　The model of fan

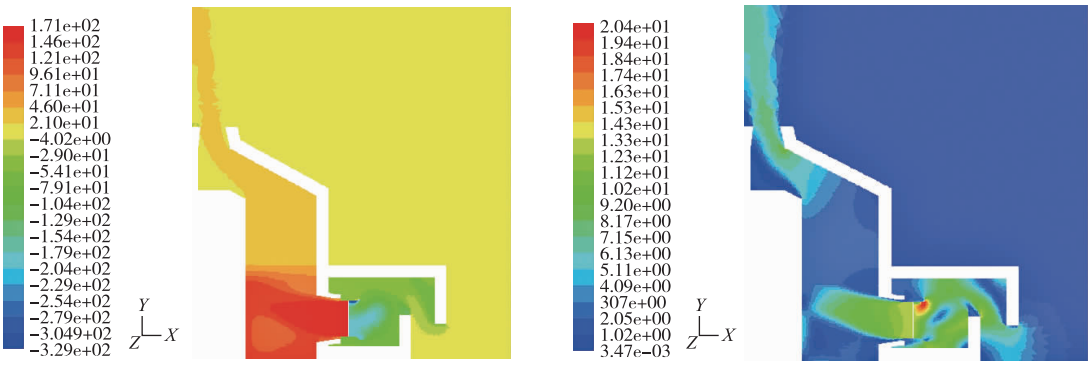
表 2　气象及运行条件参数表

Table 2　Meteorological and operational parameters

设计工况	THA
大气压/hPa	1004.6
干球温度/℃	27
湿球温度/℃	25
进塔水温/℃	42.65
淋水密度/(t/h/m^2)	6.7 ~12.0
填料断面风速/(m/s)	1.6~3.0

4　结果分析

4.1　初始方案　以填料断面风速 2.2 m/s 的工况为例进行分析。图 6 为初始方案的流场分布，该新型机械通风冷却塔的进风口处阻力较大。由速度分布可见，进风口处的气流以较大的速度斜向进入冷却塔，到达顶面后方向偏转，此时的速度接近 10 m/s。



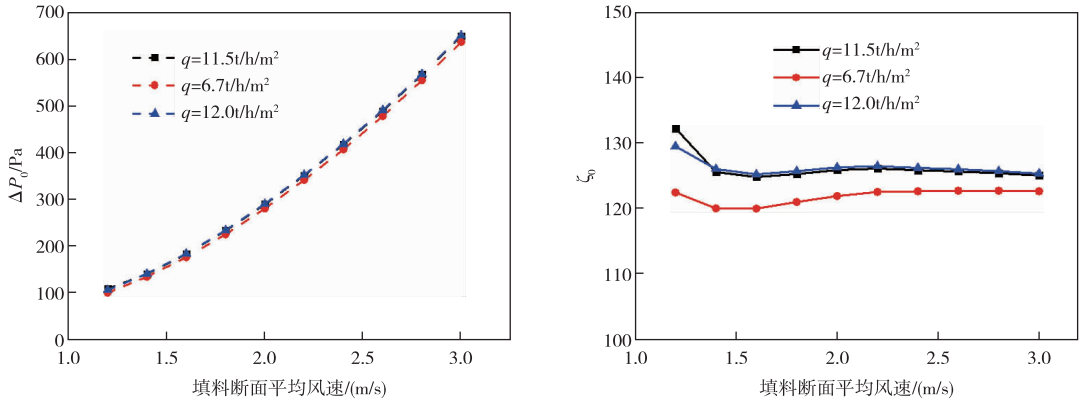
(a) 总压分布（单位：Pa）　　(b) 速度分布（单位：m/s）

图 6　初始方案流场分布

Fig.6　The flow field of the original design

通过对比数值结果与实测结果[15]进行数值模型的验证，实测结果网前静压的平均值为-33 Pa，数模中网前静压的平均值为-32.6 Pa，数值结果和实测结果的网前静压差异为-1.2%，二者可以较好的吻合，说明数值模型可靠。

图 7 为不同淋水密度条件下冷却塔总阻力和总阻力系数随填料断面平均风速的变化。冷却塔的总阻力(图 7(a))随填料断面风速(即通风量)增加而增加，二者呈二次方关系。淋水密度越大，冷却塔总阻力越大，但淋水密度对冷却塔总阻力影响较小(6%~2%)；当填料断面风速在设计风速 2.2~2.6 m/s 时，淋水密度由 6.7 t/h/m^{2}增加至 12.0 t/h/m^2，冷却塔总阻力增加 3%。当填料断面风速大于1.4 m/s 时，冷却塔总的阻力系数(图 7(b))随填料断面风速增大，而略有增加。淋水密度越大，冷却塔总的阻力系数越大，但二者的变化幅度较小(约 11%~2%)。当填料断面风速在设计风速 2.2~2.6 m/s 时，淋水密度由 6.7 t/h/m^{2}增加至 12.0 t/h/m^2，冷却塔总阻力系数增加 3%~4%。



(a) 总阻力　　(b) 总阻力系数

图 7　不同淋水密度条件下总阻力和总阻力系数随填料断面平均风速的变化

Fig.7　The variation of total pressure and total pressure coefficient with the velocity of fill under different water-spraying densities

根据冷却塔的布置方案可知，冷却塔内部空气流动压力损失由以下部分构成：外界近似静止的空气流至冷却塔入口断面的压力损失、冷却塔入口至网面(防飞射物的过滤网)的压力损失、网面至风机入口的压力损失、风机压力损失、雨区阻力、填料区域压力损失、填料顶面至配水管的压力损失、配水管至收水器的压力损失、收水器至冷却塔出口的压力损失、冷却塔出口损失(动能损失)。图 8 给出了淋水密度 11.5 t/h/m^{2}不同位置或构件的阻力系数。冷却塔的阻力主要包含以下几部分，网面至风机入口(约占 32.7%)，填料区域(约占 18.6%)，风机进口至出口包括风机入口至风机叶片(11.7%)和风机叶片至风机出口(3.0%)(合计约占 14.7%)，雨区阻力包括风机出口至塔壳底(9.9%)和塔壳底至填料底(2.9%)(合计约 12.8%)。综合考虑优化空间与优化难度，选择对网面至风机入口的相关尺寸进行优化。

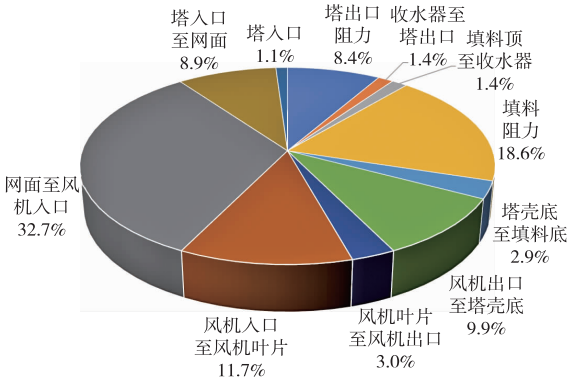


图 8　不同位置或构件的阻力系数

Fig.8　The pressure coefficient of different position or component

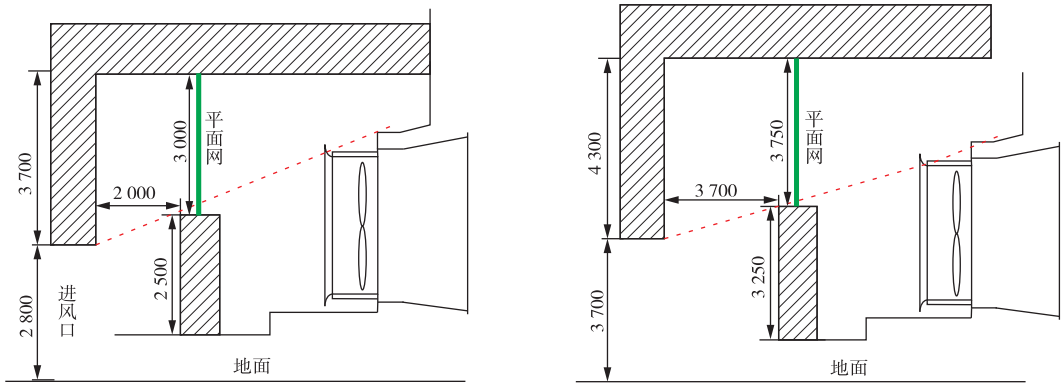
4.2　优化策略　为了降低由平面网至风机入口处的压力损失，则需降低平面网断面的风速，即增大其进风面积，同时应兼顾防止飞射物的入侵的功能。因此网面及周围墙体极限位置如图 9 中红色虚线所指示，相关尺寸应满足下式：

$$\frac{x_1}{x_2}=\frac{y_1-y_3}{y_3+1-y_2} \tag{6}$$

进一步分析进风通道可知，进风面积最小位置为风机进口墙壁内侧至网面底部墙外侧距离(x_2)，因此增大 x_2使网面高度、x_2和 y_2尽量保持相同或接近。此时空气通道内流速保持均匀，减少动能损失，降低进风口的阻力。具体的优化方案如下：进风口高度 y_2调整至 3.7 m，风机进口墙壁内侧至网面底部墙外侧距离 x_2增加至 3.7 m，网面高度为 3.75 m，网面底部墙体高度增加至 3.25 m，风机室顶部墙上移 1.5 m(墙体内侧标高为 8 m)。

4.3　优化方案阻力特性　以填料断面风速 2.2 m/s 的工况为例，对阻力进行分析。图 10 为优化方案的流场分布，优化后进风口的阻力减小。由速度分布可见，进风口处的气流速度有明显减小，到达风机房顶面转向时的速度不超过 4.5 m/s，可有效减小进风口阻力。

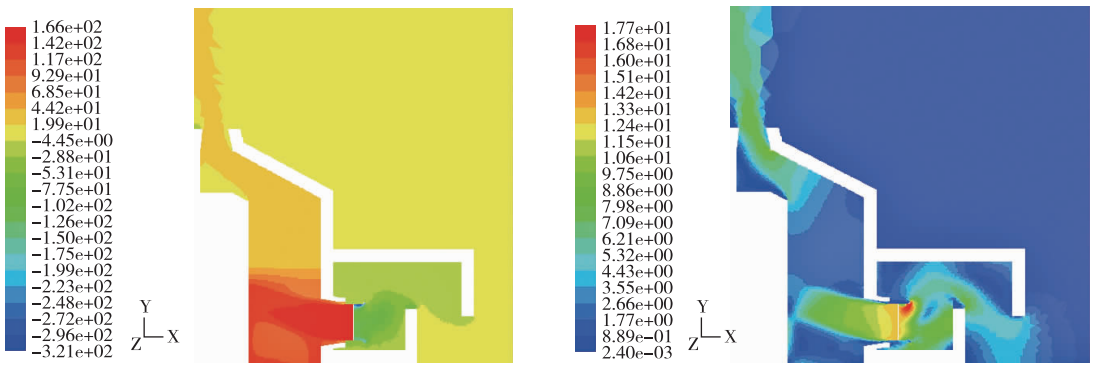
图 11 为淋水密度 12.0 t/h/m^{2}条件下，原始方案和优化方案冷却塔总阻力对比。进风口尺寸优化后，冷却塔总阻力明显减少，减少幅度为 18%~22%，减少幅度随填料断面风速增大而增大。



(a) 原始方案　　(b) 优化方案

图 9　优化前后尺寸对照(单位：mm)

Fig.9　Size comparison before and after optimization



(a) 总压分布（单位：Pa）　　(b) 速度分布（单位：m/s）

图 10　优化后流场分布

Fig.10　Flow field before and after optimization

图 12 给出了优化后不同位置或构件的阻力系数占比。此时，冷却塔的阻力主要是网面至风机入口(约占 30.9%)、填料区域(约占 20.6%)、雨区阻力包括风机出口至塔壳底(12.7%)和塔壳底至填料底(3.5%)(合计约 16.2%)和风机进口至出口包括风机入口至风机叶片(10.5%)和风机叶片至风机出口(3.6%)(合计约占 14.1%)，优化前后各部分阻力占比的差异汇总于表 3。优化后塔入口至网面阻力占比降低了 4.8%，网面至风机入口阻力占比降低了 1.8%，外界空气至冷却塔入口断面的阻力占比降低了 0.3%。

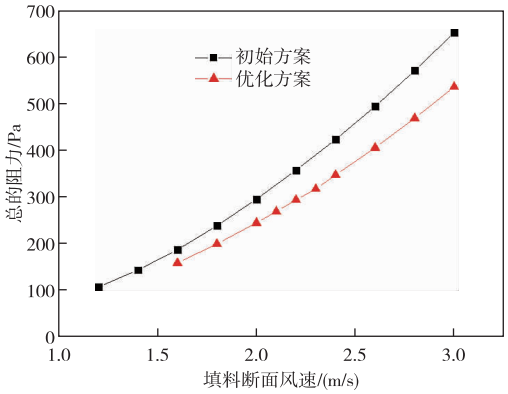


图 11　优化方案和初始方案的总阻力对比

Fig.11　Total pressure before and after optimization

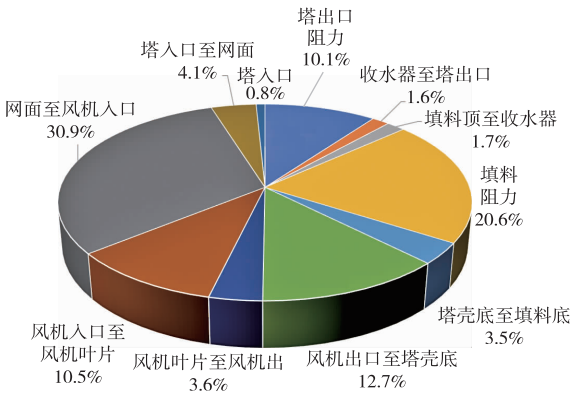


图 12　优化后不同位置或构件的阻力系数

Fig.12　The pressure coefficient of different position or component after optimization

表 3　初始方案和优化方案各部分阻力占比

Table 3　The resistance propotion of each part before and after the optimization

位置	初始方案	优化方案	减小值
外界空气至冷却塔入口断面	1.1%	0.8%	0.3%
冷却塔入口至网面	8.9%	4.1%	4.8%
网面至风机入口	32.7%	30.9%	1.8%
风机	14.7%	14.1%	0.6%
雨区	12.8%	16.2%	-3.4%
填料区域	18.6%	20.6%	-2.0%
填料顶面至收水器	1.4%	1.7%	-0.3%
收水器至冷却塔出口	1.4%	1.6%	-0.2%
冷却塔出口	8.4%	10.1%	-1.7%

5　结论

本文针对新型鼓风式机械通风逆流式冷却塔的塔型阻力特性，建立了三维流场数值模型，分析了不同工况条件下的冷却塔总阻力及各部件的阻力占比。在满足防飞射物入侵的条件下，对进风口进行了优化设计，主要研究结论如下：

(1)冷却塔的总阻力随填料断面风速增加而增加，二者呈二次曲线的关系。

(2)淋水密度越大，冷却塔总阻力越大，但淋水密度对冷却塔总阻力影响较小(6%~2%)。

(3)初始方案(优化前)中冷却塔的阻力主要是网面至风机入口(约占 32.7%)、填料区域(约占 18.6%)、风机进口至出口(约占 14.7%)和雨区(约占 12.8%)。

(4)将进风口高度调整至 3.7 m，风机进口墙壁内侧至网面底部墙外侧距离增加至 3.7 m，网面高度为 3.75 m，网面底部墙体高度增加至 3.25 m，风机室顶部墙上移 1.5 m，该方案具有较好的优化效果。

(5)优化后塔入口至网面阻力占比降低了 4.8%，网面至风机入口阻力占比降低了 1.8%，外界空气至冷却塔入口断面的阻力占比降低了 0.3%。

参　考　文　献：

[1]　赵云，胡光忠，高一飞，等. 新型底部鼓风式冷却塔的传热性能研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报，2019，17(6)：407-413.（ZHAO Yun，HU Guangzhong，GAO Yifei，et al. Study on heat transfer performance of a new bottom bower cooling tower[J]. Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research，2019，17(6)：407-413.（in Chinese））

[2]　李龙. 机械通风冷却塔变工况节能分析[J]. 节能，2019，38(9)：67-70.（LI Long. Energy-saving analysis of mechanical ventilation cooling tower under variable conditions[J]. Energy Conservation，2019，38(9)：67-70.（in Chinese））

[3]　刘增晟. 机械通风冷却塔热力特性的三维数值模拟研究[D]. 长沙：长沙理工大学，2018.（LIU Zengsheng. Study on three dimensional numerical simulation of process characteristics of draft mechanical cooling tower[D]. Changsha：Changsha University of Science and Technology，2018.（in Chinese））

[4]　王鉴. 机械通风空冷系统热力性能分析及设计[D]. 北京：华北电力大学(北京)，2018.（WANG Jian. Performance analysis and design of mechanical ventilation air cooling system[D]. Beijing：North China Electric Power University，2018.（in Chinese））

[5]　李欣. 侧风环境下机械通风冷却塔的三维热力特性与性能优化[D]. 济南：山东大学，2020.（LI Xin.

Three dimensional thermal characteristics and performance optimization of mechanical draft counter flow cooling tower in crosswind condition[D]. Jinan: Shandong University, 2020. (in Chinese))

[6] 常亮，李陆军，李海燕. 鼓风式机械通风冷却塔热气回流研究[J]. 核动力工程，2017(1)：38-41. (CHANG Liang, LI Lujun, LI Haiyan. Research on hot moist air reflow of forces draft cooling tower[J]. Nuclear Power Engineering, 2017(1): 38-41. (in Chinese))

[7] 徐正，李金海，张景波. 机械通风冷却塔在2×1000MW湿冷机组中的应用研究[J]. 河北工业科技，2014，31(1)：5-9. (XU Zheng, LI Jinhai, ZHANG Jingbo. Application of mechanical-draft cooling tower in 2×1000MW wet cold generator set[J]. Hebei Journal of Industrial Science and Technology, 2014, 31(1): 5-9. (in Chinese))

[8] 胡少华，高新新，张龙洲，等. 滨海核电厂海水冷却塔选型配置研究[J]. 给水排水，2020，56(10)：72-75. (HU Shaohua, GAO Xinxin, ZHANG Longzhou, et al. Research of type selection and configuration of seawater cooling tower in coastal nuclear power plant[J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 56(10): 72-75. (in Chinese))

[9] 郭瑞萍，杨春林，潘昕怿，等. 不同核电厂址机械通风冷却塔雾羽大气扩散特征研究[J]. 科技导报，2016，34(15)：72-82. (GUO Ruiping, YANG Chunlin, PAN Xinyi, et al. Plume dispersion in atmosphere from mechanical ventilation cooling tower in different nuclear power plant sites[J]. Science & Technology Review, 2016, 34(15): 72-82. (in Chinese))

[10] 赵顺安，李红莉，毋飞翔. 鼓风式机械通风冷却塔空气动力特性数值模拟研究[J]. 水动力学研究与进展A辑，2015，30(3)：259-264. (ZHAO Shunan, LI Hongli, WU Feixiang. Numerical simulation research on aerodynamic characteristics of the forced draft mechanical cooling tower[J]. Chinese Journal of Hydrodynamics, 2015, 30(3): 259-264. (in Chinese))

[11] 解明远. 机械通风冷却塔风筒内流动特性三维数值模似[D]. 北京：中国水利水电科学研究院，2018. (XIE Mingyuan. Three-dimensional numerical simulation of flow characteristics in a mechanical draft cooling tower [D]. Beijing: China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2018. (in Chinese))

[12] 赵顺安. 冷却塔工艺原理[M]. 北京：中国建筑工业出版社，2015：16-26. (ZHAO Shunan. The principle of cooling towers[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2015: 16-26. (in Chinese))

[13] 李满，徐士倩，李陆军，等. 主辅机共塔条件下间接空冷塔流场特性分析[J]. 中国水利水电科学研究院学报，2021，19(2)：221-228. (LI Man, XU Shiqian, LI Lujun, et al. Numerical analysis of fluid dynamics of main-auxiliary combined indirect cooling tower[J]. Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2021, 19(2): 221-228. (in Chinese))

[14] 余志林，李贵雷，赵顺安. 直接空冷凝汽器V型布置与A型布置防风能力对比研究[J]. 中国水利水电科学研究院学报，2020，18(2)：143-148. (YU Zhilin, LI Guilei, ZHAO Shunan. Numerical comparative study of the leeward axial performance of A-shaped layout and V-shape layout at an air-cooled condenser[J]. Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2020, 18(2): 143-148. (in Chinese))

[15] 李陆军. 核级机械通风冷却塔热力阻力特性试验研究报告[R]. 北京：中国水利水电科学研究院，2021. (LI Lujun. Experimental research report on thermal resistance characteristics of nuclear-grade mechanically ventilated cooling tower[R]. Beijing: China Institute of Water Resources and Hydropower Research, 2021. (in Chinese))

（下转第63页）

Research on key technologies of site flat engineering for island large energy project

FANG Mingbao[1], TIAN Kun[1], LI Shoulong[2]

(1. *State Nuclear Power Zheneng Nuclear Energy Co., Ltd., Hangzhou* 310012, *China*;

2. *CCCC Third Consulatants Co., Ltd., Shanghai* 200032, *China*)

Abstract: Based on an island nuclear power project practice and related background materials, this paper proposed and analyzed the key technologies in the land leveling design of the large island energy project. For the protection of the mountain cutting slope, the corresponding stability analysis method was suggested, and the applicable comprehensive protection method, together with dynamic design and the information-based construction as auxiliary measures, was determined according to different slope conditions. According to the requirements for the use of the dike, reasonable design standards were determined, while the dike body structure, the protection layer structure and the ground improvement method were selected through a comprehensive comparison, and the related vibration control measures for the explosive replacement method was proposed. In view of the characteristics of widely varied soft soil thickness and thick backfill layer, suitable ground improvement standards were set, the ground improvement method was selected through a comprehensive comparison, and suggestions for reducing the differential settlement were proposed. In the interaction between the water intake and drainage structure and the land formation, the influence of the total and differential settlement on the internal forces of the intake and drainage pipe and culvert structure was mainly considered, and suggestions on the ground improvement for the pipes and culverts in the backfill area were proposed through numerical simulation analysis. This study can provide a reference for the land leveling design of similar large island projects.

Key Words: island; large energy project; land leveling; key technology; mountain cutting protection; dike; ground improvement; settlement

(责任编辑：祁　伟)

(上接第 54 页)

Inlet resistance optimization of a new type of mechanical ventilation cooling tower

XIN Wenjun[1], ZHU Qing[2], LI Lujun[2]

(1. *Shenzhen China Nuclear Power Design Co. Ltd., Shenzhen* 518172, *China*;

2. *China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing* 100038, *China*)

Abstract: A blast-type mechanical ventilation cooling tower is often used in important plant water system of nuclear power plant. In order to improve its safety, a new type of air-blast cooling tower is proposed. However, because of its complex structure, its resistance characteristics are different from those of a common mechanical ventilation cooling tower. The resistance problem of a new type of mechanical ventilation cooling tower was studied by using a three-dimensional model, and the composition of the resistance in the tower was analyzed, so as to determine the optimal scheme of the air inlet. The results show that in the initial cooling tower, the resistance from the filter to the fan inlet is the largest (about 36%). In the optimization model, the percentage of the resistance coefficient from the tower inlet to the filter is reduced by 4.8% and that from the filter to the fan inlet is reduced by 1.8% by adjusting the area of the cross section of the inlet under the premise of preventing the invasion of flying object.

Key Words: blower type; mechanical ventilation cooling tower; numerical simulation; resistance; optimization

(责任编辑：王学凤)