

自然通风逆流湿式冷却塔填料阶梯型布置研究

李元

阳江核电有限公司

DOI:10.12238/pe.v2i2.7606

[摘要] 本文提出了阶梯型填料布置的方式,阶梯型填料分为内层、中层及外层。在保证总材料量不变的情况下,减小内层的高度,并将内层减小的填料加入到外层中。通过计算发现,冷却塔采用阶梯型布置方式后,填料下表面的速度提升非常明显,在大部分范围内的速度都要高于均匀型填料。同时改造后填料下表面进口连续相温度及湿度都更低,低温度及低湿度的冷空气有助于强化两相间的换热及传质,达到提升填料层整体换热能力,提高冷却塔性能的目的。

[关键词] 湿式冷却塔; 传热传质; 阶梯型填料; 冷却能力

中图分类号: TL172 **文献标识码:** A

Research on the stepped arrangement of packing in natural ventilation countercurrent wet cooling tower

Yuan Li

Yangjiang Nuclear Power Corp. Ltd

[Abstract] This paper proposes a ladder packing arrangement. The stepped packing is divided into inner layer, middle layer and outer layer. Under the condition that the total material content is constant, the height of the inner layer is reduced, and the inner layer reduced filler is added to the outer layer. Through the calculation, it is found that the speed improve of the surface of the fill is very obvious after cooling tower is arranged in the ladder type, and the speed in most range is higher than that of the uniform type fill. At the same time, the continuous phase temperature and humidity of inlet surface are lower, and the cold air with low temperature and low humidity can help to strengthen the heat transfer and mass transfer between the two phases, so as to improve the overall heat transfer capacity of the fill. Therefore, the ladder type filler can strengthen the heat and mass transfer capacity between two phases and improve the performance of cooling tower.

[Key words] Wet cooling tower; heat and mass transfer; ladder type fill; cooling capacity

引言

自然循环通风逆流湿式冷却塔常见于火电站及核电站中,它的作用是用来冷却来自电站汽轮机冷端凝汽器水侧中的高温循环水进而保证汽轮机的安全平稳经济运行。因此,十分有必要通过技术改造手段来提升冷却的总体冷却能力,这也是本文主要的研究内容。

在自然循环通风逆流湿式冷却塔内部,填料层是影响整体换热能力非常重要的部件,填料层冷却能力的优劣直接关系到冷却塔性能,因此,强化填料层传热传质能力是湿冷塔研究方面的一个重要课题。当今热电厂汽轮机配套的冷却塔内部的填料形式都为均匀布置形式,此种方式并不能最大程度上发挥填料装置的换热能力,因为填料层径向上的连续相空气温度分布非常不一致,而填料下部的循环水液滴的温度分布也有着较大的差别,若想要增强填料层的传热传质能力,应尽最大可能的对填

料层进行“扬长避短”处理,在冷却塔塔内两相间换热能力强的地方加高填料层,而在两相间换热能力弱的地方减小填料层的高度,使冷却塔的整体冷却性能得到提升。^[1]

1 背景及研究的目的和内容

根据流体力学传热传质理论的特点,构建适用于冷却塔热力计算的数值模型,通过数值计算的方式研究填料采用阶梯型布置对冷却塔效率的影响,这可为电站实际运行及冷却塔改造提供一定的技术支持。

1.1 主要内容如下

(1) 本文参照电站冷却塔的实际尺寸规范,并采用参数化几何建模的方式以1:1等比例绘制自然循环通风逆流湿式冷却塔的物理模型。

(2) 对改造前的湿式冷却塔进行数值计算,分析塔内温度场、速度场及湿度场的分布情况,总结出不能完全发挥冷却塔

内两相间传热传质的区域,并针对该区域提出填料层非均匀布置方式,来提高冷却塔总体的冷却能力。

(3)基于填料层径向不能最大程度发挥换热能力的缺点,本文对冷却塔填料层采用阶梯型布置方式,分析了采用阶梯型填料对塔内流场的影响,并与冷却塔采用均匀填料的出塔水温进行了对比,验证填料非均匀布置的优越性。

2 模型的建立

精确的物理模型是计算结果准确的保证。本文物理模型的建立根据电站冷却塔技术规范进行参数化绘制,并采用先进的ICEM CFD前处理软件进行冷却塔网格的生成。而为了获取较为精确的冷却塔相关参数,本文通过现场实验的方式来获取正在运行的冷却塔的进塔水温、出塔水温及大气温度等相关参数。

合理的物理模型是计算精确度的保证。自然循环通风逆流湿式冷却塔的模型建立严格参照电站冷却塔技术规范执行,以1:1等比例进行绘制。采用三维几何建模参数化方式进行冷却塔模型划分,该电站冷却塔的总冷却塔面积为5500m²,冷却塔塔壁形状被双曲线形,建模时,冷却塔的进风口上部半径与水池底部半径保持一致,均为42.854m。^[2]

3 阶梯型填料对冷却塔热力性能的影响研究

自然循环通风逆流湿式冷却塔中换热最强的部件为填料层,填料的冷却性能直接决定着湿冷塔的总降温。当今大多数热力发电厂填料的布置形式多为均匀形式,但是这种布置形式会导致填料层温度及湿度分布严重不均,因此该种布置形式并不能够完全发挥填料的传热传质特性。若要使湿式冷却塔发挥最大效能,就要对均匀形式的填料进行优化研究,在低空气温度及低空气湿度的填料下截面增高填料层高度,使高温循环水液滴获得更高的传热传质强度,而在高空气温度及高空气湿度的填料区适当减小填料层高度,这样可以使冷却塔填料层“扬长避短”,进而增强湿式冷却塔的总体冷却能力。

3.1 填料阶梯布置形式的提出

要使湿式冷却塔发挥最大效能,就要对均匀形式的填料进行优化研究,在填料下截面增高填料层高度,使高温循环水液滴获得更高的传热强度,在填料上截面适当减小填料层高度,进而增强湿式冷却塔的总体冷却能力。

填料层按照径向距离及传热传质强度可划分如下三个区域:图3-1。

(1)填料层-10 m~+10m区间,此区间内冷空气的温度及湿度都较大,这将减小该填料的传热传质,因此该区间的填料层的热质传递能力较弱,此区域应该减小填料层高度尽可能采用“避短”策略,此处填料高度减小到0.3m,此区间标记为内层。

(2)填料层±10m~±20m区间,该区间内连续相冷空气的温度及湿度相对于-10m~+10m时有所降低,此区间的两相间的传热传质强度要稍大于最内层区域,因此在此区间的填料层的高度保持1.0m不变,此区间标记为中层。

(3)填料层±20m~±40m区间,在该区间上连续相冷空气的温度及湿度都非常低,虽然在±30m之后,冷空气的温度及湿度

都有所上升,但是它的温度及湿度都要小于内层,而与中层的温度及湿度几乎相同,所以这段填料层区域应尽量加高,进而达到“扬长”的效果,此处的填料高度增加到1.35m,此区间标记为外层。

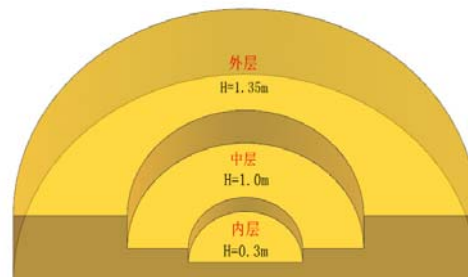


图3-1 填料阶梯布置形式

3.2 采用阶梯型布置方式塔内与均匀布置方式的比较

从图3-2中可以看到,填料在采用阶梯型布置区间0m~35m内速度提升很大。改造前后速度曲线的变化规律也基本相同,在0m~15m径向区间时,两者的速度都在减小,而在15m~35m之后,填料下截面的速度开始上升,在径向距离35m之后两者的填料下截面速度继续下降,在40m处速度减小到最小值,在径向距离35m之后均匀布置的填料下截面速度要大于阶梯型布置填料的速度。在径向距离0m~20m区间内的速度值则要远大于均匀布置形式的填料。填料层对进塔空气存在着阻力作用,当高度变小时,填料层对进塔空气的阻力将会减小进而导致内层区间的速度增强,强化两相间的换热能力。而外层填料因为高度增加,填料对进塔空气的阻力增加,进而导致在35m半径之后阶梯填料下截面的速度小于均匀填料。当采用阶梯型填料后,填料下截面的速度在大部分区间内都要强于均匀填料下截面速度,而速度的增加将会提升离散相液滴与连续相冷空气之间的传热传质能力,从而增强冷却塔性能。^[3]

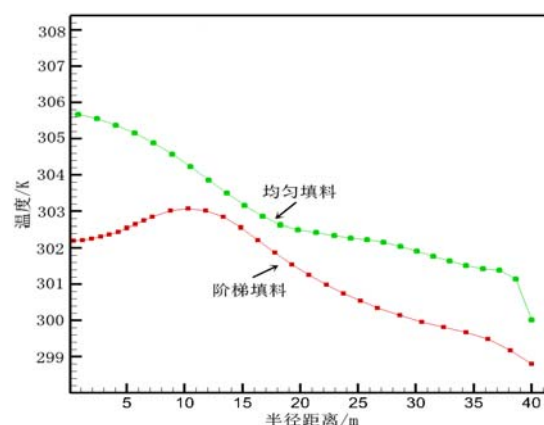


图3-2 改造前后填料下截面速度分布曲线

从图3-3中可以看出阶梯型填料下截面在区间0m~10m时,温度分布比较平滑,没有均匀填料温度曲线陡峭,在半径大于10m之后,阶梯型填料下截面温度曲线的斜率与均匀填料下截面温

度曲线斜率基本持平, 总体上看, 在填料采用阶梯型布置后, 填料下截面上的温度分布更为均匀, 在整个截面上的温度都要小于均匀填料。在湿式冷却塔内部, 循环水高温液滴的换热量与连续相冷空气温度之差成正比关系。因此可以推断出, 当填料层采用阶梯型布置后, 同等大小的填料层截面上连续相冷空气的温度比均匀填料的更小, 离散相与连续相之间的传热量将会更大, 这样就可以尽最大可能的使用湿式冷却塔内的巨大空间, 强化两相间的换热能力, 进而使冷却塔出塔水温降低更多, 增强冷却塔冷却效率。

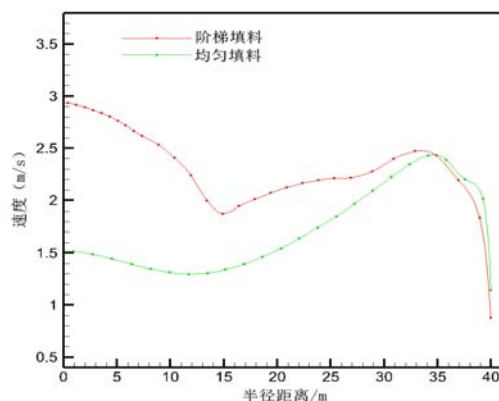


图3-3改造前后填料下截面温度分布曲线

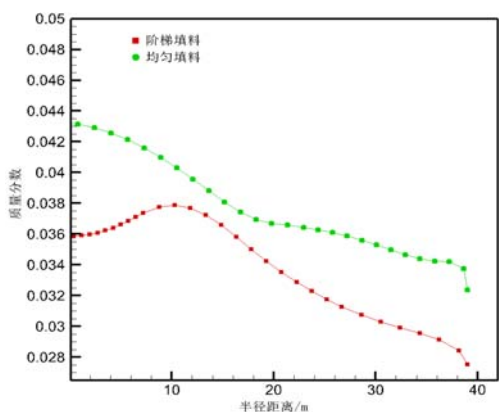


图3-4 改造前后填料层下截面质量分数的对比

从图3-4中可知, 采用阶梯型填料下截面的质量分数分布要小于均匀型填料, 说明阶梯型填料有助于减小填料底部的质量分数。阶梯型填料的下截面的质量分数分布要比均匀形的少, 可以强化离散相循环水液滴与连续相冷空气之间的换热, 质量传递可利用塔内的巨大空间, 增强两相传热传质, 达到提高冷却

塔冷却能力的目的。

通过ANSYS FLUENT数值计算得出了阶梯型填料下截面的速度、温度及质量分数的变化情况, 同时将阶梯填料与均匀填料的各参数变化进行了对比。发现冷却塔采用阶梯型填料能够提高塔内的速度, 降低连续相温度及湿度, 冷却塔的总温度降幅升高。因此采用阶梯型填料有助于增强冷却塔的冷却能力。

4 结论

本文以电站汽轮机配套的湿式冷却塔为切入点, 探讨如何通过填料层的优化布置来提高冷却能力, 在研究过程中得出了如下结论:

(1) 在湿式冷却塔的运行过程中, 塔内的参数场都是沿着冷却塔的中心线轴对称分布的, 速度从进风口到中心线逐渐减小, 连续相温度及湿度逐渐增大, 与速度分布的规律呈现相反趋势。

(2) 当将均匀填料改造成阶梯填料后, 填料层下截面的速度在大部分范围内有较大提升, 但是在靠近塔壁约5m处, 阶梯填料下截面速度要稍小于均匀填料下截面速度。并且无论采用哪种填料布置方式, 靠近塔壁处的连续相空气都会产生旋涡, 会恶化两相间传热传质。

(3) 采用阶梯型填料后, 填料层下截面的温度及湿度相较于均匀填料有明显的降低, 低温度及低湿度的冷空气有助于离散相液滴与连续相空气之间的传热传质, 进而增强冷却塔性能。

(4) 阶梯型填料层的喷淋区及底部雨区的温度降幅与均匀填料喷淋区及雨区的温度降幅差距很小, 但是在填料层中温度降幅两者的差距较大, 均匀型填料为5.9K, 阶梯型填料为6.76K。采用阶梯型填料布置方式后, 相较于均匀型填料的冷却塔总温度降幅增加了0.78K, 说明阶梯型填料可以增强冷却塔效率。

[参考文献]

- [1]李秀云,林万超,严俊杰,等.冷却塔的节能潜力分析[J].中国电力,1997,(10):34-36.
- [2]刘明.自然通风湿式冷却塔配水特性及气动特性的数值分析[D].济南:山东大学,2004.
- [3]周兰欣,蒋波,陈素敏.自然通风湿式冷却塔热力特性数值模拟[J].水利学报,2009,40(02):208-213.

作者简介:

李元(1982-),男,汉族,广东省深圳市人,工程硕士,阳江核电有限公司,工程师,研究方向:核安全监督管理。