

聊城电厂新厂冷却塔填料形式比选

张东文

(山东电力工程咨询院 ,山东 济南 250013)

摘要 对聊城电厂新厂冷却塔备选填料——差位正弦波塑料填料和横凸纹陶瓷填料进行技术经济比较 ,给出了各种气象条件下两种填料的热力计算结果 ,并按工程经济使用年限 20 a 和 30 a 分别计算了两种填料的总投资和年费用 .认为聊城电厂新厂冷却塔采用这两种填料在技术上都是可行的 ,塑料填料初期冷却水温低 ,年费用较低 ,应用广泛 ;陶瓷填料综合性能好 ,使用寿命长 ,但年费用较高 ,实际效果有待考验 ,最后推荐本工程采用塑料填料 .

关键词 冷却塔 ;陶瓷填料 ;塑料填料 ;填料比选
中图分类号 :TU522.04 文献标识码 :B 文章编号 :1006-7647(2005)S2-0065-02

聊城电厂新厂循环水系统为单元制二次循环供水系统 ,每台机组配 1 座 8 500 m² 逆流式双曲线自然通风冷却塔和 3 台循环水泵 ,夏季、春秋季 3 台循环水泵运行 ,冬季 1 台循环水泵运行 .额定工况下冷却倍率为 55 ,夏季、春秋季节的循环水量为 67 940 m³/h (含辅机用水量 4 000 m³/h) ,冬季的循环水量为 51 955 m³/h (含辅机用水量 4 000 m³/h) .根据国家电力公司的意见 ,对聊城电厂冷却塔填料进行认真的调研 ,并对差位正弦波塑料填料和横凸纹陶瓷填料进行技术经济比较 ,最后推荐出本工程采用的填料形式 .

1 填料比选依据

根据 NDCJ5—88《 水工技术规定 》,聊城电厂新厂冷却塔填料的选择依据为年费用最小 ,即将投资按规定的回收率分摊至每一年中 ,加上一年的水泵耗电费、微增功率引起的补偿电费及年维修费用组成等额定成本 ,其值最小者方案为最优 .本文计算结果中年费用值不是各方案的实际值 ,而是各方案比较的相对值 ,各方案中的相同部分对比较结果无影响 ,所以该部分未计入计算结果中 .寒冷季节冷却塔采用外围配水半塔运行时 ,此工况冷却塔的出水温度均按 15℃ 控制 ,对机组出力影响很小 ,此季节不参与比较 .

2 填料的比选

2.1 气象条件

聊城电厂新厂气象条件见表 1 .

表 1 聊城电厂新厂气象条件				
季 节	干球 温度/℃	湿球 温度/℃	相对 湿度/%	大气 压力/hPa
夏季日平均频率为 10%	29.10	26.9	84	998.0
夏季平均(6,7,8 月)	25.87		74	1001.3
春秋季节平均(4,5,9,10 月)	17.30		67	1011.4
冬季平均(3,11 月)	6.60		64	1019.6
寒冬季平均(1,2,12 月)	-0.63		63	1023.3

2.2 机组热力数据及凝汽器设计资料

a. 机组主要热力数据见表 2 .

表 2 机组主要热力数据						
工 况	发电机 端功率/ kW	主机 凝汽量/ (t·h ⁻¹)	小机 凝汽量/ (t·h ⁻¹)	平均排汽 焓差/ (kJ·kg ⁻¹)	主机凝 汽器压 力/kPa	总排 汽量/ (t·h ⁻¹)
额定 (THA)	600 003	1080.4	66.2	2 190.75	4.90	1 146.6
夏季 (TRL)	600 073	1145.8	82.0	2 217.4	11.80	1 227.8

注 ①表中数据均为一台机组的数据 ;②机组是由上海汽轮机有限公司制造的 600 MW 亚临界中间再热凝汽式汽轮机 ,低压缸末级叶片长度 905 mm ,汽轮机最高允许背压值 18.6 kPa .

b. 凝汽器设计资料 .①型式为双背压、双壳体 ,对分单流程表面式 .②凝汽器按汽轮机最大连续工况设计 ,循环水冷却温度为 20℃ ,高背压为 5.39 kPa ,低背压为 4.4 kPa .③凝汽器能在最大负荷以及循环水温 33℃ 下连续运行并保证除氧要求 .④凝汽器管束清洁系数为 0.85 .主凝结段管材为 HSn70-1B ,顶部圆周段和空冷区为 BFe30-1-1 ,长为 11 180 mm ,管径为 28 mm ,数量为 1 个 .⑤凝汽器管子总有效面积为 36 000 m² .

2.3 经济因素

①发电成本价为 0.245 元/(kW·h). ②微增出力按发电成本的 0.8 计 ,为 0.196 元/(kW·h). ③火电厂经济使用年限为 20 a 或 30 a . ④折算投资回收系数 $Cr = \frac{i(1+i)n}{(1+i)^n - 1}$. 投资利润率 $i = 12\%$, $n = 20$ a 时 , $Cr = 13.39\%$; $n = 30$ a 时 , $Cr = 12.41\%$. ⑤检修费用 :塑料填料为投资的 2.5% ,陶瓷填料为投资的 1.4% . ⑥机组利用小时数 . 全年利用小时数为 5500 h 其中夏季 1467 h ,春秋季 1704 h ,冬季 862 h ,寒冬季 1467 h . ⑦物价上涨指数为 4% .

2.4 填料热力、阻力特性.

差位正弦波塑料填料和横凸纹陶瓷填料的安装高度分别为 1.0 m 和 1.5 m ,冷却数分别为 $1.81\lambda^{0.61}$, $1.592\lambda^{0.52}$ (λ 为参数) . 两种填料阻力计算公式为

$$\Delta P/r = Av^m$$
$$A = A_xq^2 + A_yq + A_z$$
$$M = M_xq^2 + M_yq + M_z$$

式中 $\Delta P/r$ 为阻力 ; A 为系数 ; v 为填料断面的平均风速 ; q 为淋水密度 . 差位正弦波塑料填料的阻力系数为 : $A_x = 0.00019379$, $A_y = 0.029448$, $A_z = 0.832$, $M_x = -0.00082281$, $M_y = 0.0056078$, $M_z = 2$. 横凸纹陶瓷填料的阻力系数为 : $A_x = 0.00024455$, $A_y = 0.01601$, $A_z = 0.710$, $M_x = -0.00005564$, $M_y = -0.01873$, $M_z = 2$.

各种气象条件下 ,采用两种填料的热力计算结

表 3 600 MW 机组配 8500 m² 冷却塔两种填料的热力计算结果

气象条件		冷却倍率	冷却水温/℃	端差 1/℃	排汽压力 1/kPa	端差 2/℃	排汽压力 2/kPa	平均排汽压力/kPa	微增电量/ 万 kW·h	微增电费/万元
塑料填料	夏季频率为 10% 的气象条件	55	32.30	4.43	8.204	4.27	10.680	9.372		
	夏季平均气象条件(6 7 8 月)	55	27.93	4.54	6.556	4.39	8.600	7.523	1709.57	335.08
	春秋季平均气象条件(4 5 9 ,10 月)	55	23.33	4.70	5.118	4.52	6.776	5.897	706.38	138.45
	冬季平均气象条件(3 ,11 月)	41	15.45	5.94	3.943	5.13	5.609	4.712	12.15	2.38
陶瓷填料	夏季频率为 10% 的气象条件	55	32.63	4.42	8.343	4.26	10.858	9.529		
	夏季平均气象条件(6 7 8 月)	55	28.13	4.54	6.605	4.38	8.671	7.577	1745.22	342.06
	春秋季平均气象条件(4 5 9 ,10 月)	55	23.84	4.66	5.253	4.51	6.957	6.053	831.77	163.03
	冬季平均气象条件(3 ,11 月)	41	16.79	5.94	4.130	5.13	5.780	4.931	9.62	1.89

表 4 600 MW 机组配 8500 m² 冷却塔采用不同填料的经济比较

使用 年限 及材料		年微 增电量/ 万 kW·h	年微增 电费/ 万元	供水高 度高 0.5 m 增加全 年费用 /万元	填料 费用/ 万元	铸铁 篦子 费用/ 万元	运输 费用/ 万元	安装 费用/ 万元	淋水架 构多 配筋费 用/万元	填料 更换费 用(现 值)/万 元	总投 资(现 值)/ 万元	年固定 费用/ 万元	年维修 费用/ 万元	年费 用值/ 万元	年费用 差值/ 万元	一次 性投 资/ 万元
20 a	陶瓷 填料	2586.61	506.98	10.72	376.21	160	76	34	12	0	658.21	88.13	9.21	615.04	58.73	658.21
	塑料 填料	2428.10	475.91	0	285.09	65	8	12	0	135.87	505.96	67.75	12.65	556.31	0	370.09
30 a	陶瓷 填料	2586.61	506.98	10.72	376.21	160	76	34	12	0	658.21	81.68	9.21	608.59	47.59	658.21
	塑料 填料	2428.10	475.91	0	285.09	65	8	12	0	200.63	570.72	70.83	14.27	561.0	0	370.09

(下转第 72 页)

果分别见表 3.

2.5 费用计算

a. 填料费用 . 差位正弦波塑料填料组装体质量为 26 kg/m³ ,8500 m² 冷却塔高度为 1 m ,总质量为 221 t ,按 12000 元/t 计 ,费用为 265.2 万元 . 粘合剂质量为 13.26 t ,按 15 元/kg 计 ,费用为 19.89 万元 ,差位正弦波塑料填料总费用为 285.09 万元 .

横凸纹陶瓷填料有两种 :250 mm × 250 mm × 100 mm 型 ,有 1374037 块 ,每块按原价 2.55 元计 ; 310 mm × 310 mm × 100 mm 型 ,65892 块 ,每块按原价 3.92 元计 ,两种陶瓷填料费用合计为 376.21 万元 .

b. 运输费用 . 两种填料按汽车运距均为 400 km 计算 ,运输费按每公里 0.4 元/t 计 ,陶瓷填料的装车费按 3 元/t 计 .

c. 安装费用 . 陶瓷填料的安装费按 40 元/m² 计 ,塑料填料的安装费按 13 元/m² 计 .

d. 铸铁箅子费用 . 铸铁箅子按 2500 元/t 计 . 600 MW 机组配 8500 m² 冷却塔 ,采用差位正弦波填料时 ,铸铁箅子总质量为 260 t ;采用陶瓷填料时 ,铸铁箅子总质量为 640 t .

2.6 经济比较

根据 NDGJ5—88《火力发电厂水工设计技术规范》经济比较中工程的经济使用年限为 20 a ,陶瓷填料使用年限为 30 a ,经济比较按工程经济使用年限 20 a 及 30 a 分别进行 ,比较结果见表 4 .

灰厂,渗透液经测定对冷却水循环系统不会造成腐蚀后,返回循环冷却水系统。

2.3 其他系统

化学水处理系统包括二级除盐系统和反渗透系统等。废水主要包括离子交换再生废水、过滤器反洗废水和反渗透系统的浓排水等。废水中的硬度、 Cl^- 浓度较高, pH 变化大,水质较差,较好的回用方案是作为冲灰系统的补水。煤场废水的污染物较为单一,主要是 SS 以及微量重金属的污染。若循环使用,则微量的重金属离子可以不处理,只处理 SS 是容易的。使用高效混凝剂处理 SS,可以使煤场废水形成闭路循环,不排污水。含油废水水量小,污染物单一,可以作为原煤加湿系统和冲灰系统的补水。当作为原煤加湿系统的补水时,油污可以作为燃料烧掉,作为冲灰系统的补水时,油污被粉煤灰吸附。杂用水系统包括厂区生活用水、机房杂用水和厂区杂用水等,这类用水对水质没有特殊要求,废水的污染物浓度不高,废水既可以作为冲灰系统的补水,也可以处理后再用。

(上接第 66 页)

3 结 论

a. 横凸纹陶瓷填料的冷却水温比差位正弦波塑料填料的冷却水温略高,夏季频率为 10% 时,与差位正弦波塑料填料冷却水温相差 0.33°C ,但均小于 33°C ,考虑到冷却塔寿命期内,陶瓷填料冷效稳定而塑料填料老化变形会造成冷效下降,两者冷效效果基本相当。工程经济使用年限按 20 a 计算时,陶瓷填料较塑料填料总投资高 152.25 万元(1 台机组,下同)已包括 10 a 后塑料填料的更换费用,年费用高 58.73 万元;工程经济使用年限按 30 a 计算时,陶瓷填料较塑料填料总投资高 87.49 万元(已包括 10 a 后和 20 a 后塑料填料的更换费用),年费用高 47.59 万元。这主要因为排汽压力的差距导致年微增电费增加,填料高度不同导致循环水泵耗电增加,反映在实际运行中的机组热耗增加。

b. 两种填料在技术上都是可行的。塑料填料的优点在于初期冷却水温低,年费用低,在全国应用广泛,山东省早期投产的邹县、石横、华德和黄台等共计 16 台 30 万 kW 及以上机组均采用了塑料填料,运行情况良好,平均运行寿命在 12 a 左右。陶瓷填料的优点在于综合性能好,使用寿命长,免于中途更换带来的麻烦,但年费用高,目前山东省采用的有潍坊、十里泉电厂共计 4 台 30 万 kW 的机组,运行基本稳定,但运行时间较短有待进一步考验。结合聊城电厂

3 结 语

节约用水和减少外排废水是火电厂水务管理的目标,通过对火电厂用水和排水的水质特征研究,采取合理的节水工艺和中水回用技术,实现火电厂用水的资源化管理,最终使火电厂的废水零排放。火电厂废水零排放的实施,不仅保护了电厂所在地的环境,同时还节约了用水,为水资源短缺、能源密集、环境污染日趋严重的地区带来巨大的经济效益。

参考文献:

[1] 刘希波. 火电厂水务管理[M]. 北京:中国电力出版社, 1998.
[2] 李贺全. 火电厂循环冷却水节水技术初探[J]. 华北电力技术, 2003(6): 9-12.
[3] 波克罗斯基 B H. 火力发电厂废水处理[M]. 北京:水利电力出版社, 1986.
[4] 王翔, 王佩璋. 大型火电厂高浓缩倍率循环冷却水处理技术与实践[J]. 电站辅机, 1999, (1): 25-33.

(收稿日期 2005-09-15 编辑 熊水斌)

新厂循环水系统的实际情况,推荐本工程采用塑料填料。

(收稿日期 2005-09-13 编辑 骆超)

《河海大学学报(自然科学版)》征订启事

《河海大学学报(自然科学版)》是以水资源开发、利用与保护为重点的综合性学术期刊,主要刊登本校在水资源、水文、地质、测量、水利工程、水电工程、水运工程、海洋及海岸工程、水工结构、工程力学、水力学及河流动力学、岩土工程、计算机科学、电力工程、电子技术及自动化工程、工业与民用建筑、管理工程、水利经济、环境工程、机械工程等学科方面的科研成果、学术论文、学术讨论、研究动态等学术性文章,可供上述有关专业的科技工作者及大专院校师生阅读和参考。

本刊创办于 1957 年,是全国中文核心期刊,在国内工程技术界和学术界有较大影响,曾获全国高校科技期刊优秀编辑出版质量奖以及中国期刊方阵“双效期刊”、江苏省优秀期刊、全国水利系统优秀期刊称号。

本刊每逢单月出版,国内外公开发行。邮发代号 28-63,每期定价 12.00 元,全年 6 期共 72 元。欢迎广大读者在全国各地邮局订阅或直接与编辑部联系。联系地址:南京市西康路 1 号《河海大学学报(自然科学版)》编辑部,邮政编码:210098。联系电话:025-83786343。