

冷风暖风器选型技术探讨

龚少林

西北电力设计院有限公司 陕西 西安 710000

摘要: 为提高机组热效率、节约煤耗、节约水耗,是电厂设计中考虑的一个关键问题。电厂的废热利用是一个重要途径和手段。其中主要废热量来源是汽轮机排汽冷却循环水带走的热量和锅炉排放烟气携带的热量。采用低温省煤器回收热量可提高机组热效率,节约煤耗,并且节水效果显著,符合国家“节能减排”的政策,目前项目都普遍采用,国内外均有一些成功运行的实例。汽轮机循环水废热利用,目前也有项目再考虑,比如高背压凝汽器供热、采用热泵技术利用循环水热量供热等方案。本次我们介绍的另外两种方案:一、二次风间冷塔内吸风和循环水加热冷风方案。从技术的可行性、系统的配置及其关键技术等方面进行介绍,为业主择优提供依据。

关键词: 暖风器;余热利用;废热利用;节能

1 暖风器工作环境

依据陕西延安某电厂气象资料,及锅炉厂要求二次

风温不小于23℃,一次风温不小于30℃。本工程必须设

置暖风器。具体气象资料如下表:

逐月平均统计表

	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	全年
气温(℃)	-6.5	-2.3	3.8	11.3	17.1	21	22.7	20.9	15.7	9.2	1.7	-4.7	9.2
风速(m/s)	1.5	1.7	2	2.2	2.1	1.8	1.5	1.4	1.3	1.4	1.5	1.4	1.7
相对湿度(%)	55	53	53	47	50	58	70	76	76	71	63	58	61
气压(hpa)	901.4	899.1	896.6	893.9	891.9	888.8	887.8	891	896.1	900.2	901.7	902.5	895.9
降雨量(mm)	3.9	4.9	15.8	23.1	43.3	66.2	107.8	115.7	79	33.4	10.6	2.9	506.6

2 旋转式蒸汽暖风器技术方案

目前国内电厂大多采用旋转式蒸汽暖风器加热冷一次风,冷二次风,已达到提高空预器冷风进口温度,避免空预器冷端腐蚀。

本工程若采用辅助蒸汽暖风器需蒸汽量约17.62t/h,采暖时间3240小时,整个采暖季需要蒸汽量57099t,蒸汽按30元/吨,运行费用约171.3万元。

旋转蒸汽暖风器出投资约50万元。

蒸汽式暖风器系统简单、成熟,占地面积小,初投资较小。为目前主流冷风加热方式^[1]。

3 从间冷塔吸风技术方案

锅炉燃烧需要的一次风和二次风通常采用锅炉房外就地吸风,为了保证冬季空预器的进风温度,在北方地区通常要设置一、二风暖风器,采用蒸汽加热,消耗蒸汽,减少发电量。

从废热能量利用角度,我们提出了从间冷塔吸风技术方案,从附表看不同气温条件下间冷塔内温度虽有不同,但是基本上都在30℃以上,高于环境温度25℃以上,能够满足冬季空预器的进风温度。另外仅需要考虑的是冬季启动用暖风器。

本工程要求二次风温不小于23℃,一次风温不小于30℃。

间冷塔的设计数据:

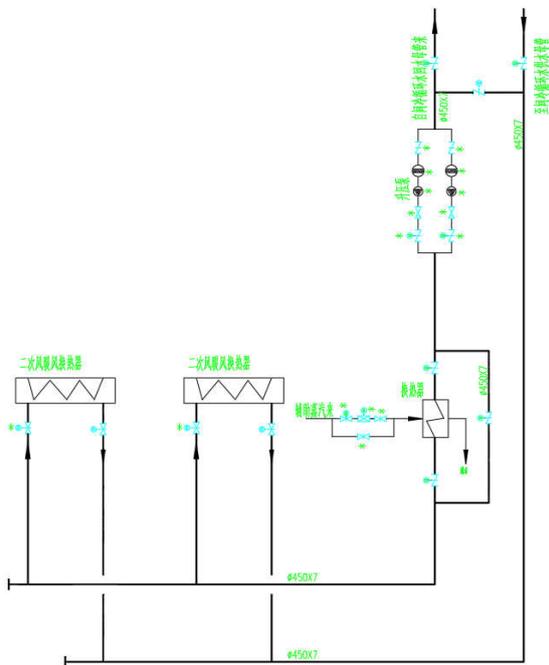
序号	项目	单位	夏季工况	年平均工况
1	环境设计温度	℃	31	13.5
2	汽轮机排热量	MW	509.9	467.8
3	循环水流量	t/h	2x35515	2x35515
4	循环水进塔水温	℃	60.54	40.62
5	循环水出塔水温	℃	49.52	30.18
7	塔内设计温度	℃	53	34

说明：由于间冷塔尚未招标，本工程为采暖机组，冬季汽轮机排汽量较小，冬季为防冻工况。

3.1 间冷循环水加热冷风方案

通过热水暖风器采用间冷循环水（热水）加热一、二次风，为控制暖风器端差，暖风器设置在风机入口。

具体设置如下：在凝汽器回水母管间冷塔前引接一路循环水，经升压泵后送至锅炉暖风换热器用于加热冷一次风和二次风。此系统配置3台50%容量的变频升压泵（两运一备）用于系统升压循环^[2]。在升压泵后还设置蒸汽/循环水换热器，在机组低负荷或冬季余热不足以满足一、二次风风温要求时投入蒸汽/循环水换热器为暖风器换热器提供足量热源。



4 从间冷塔内吸风方案技术经济分析

从间冷塔内，吸风需要分别设置一、二风吸风母管，从锅炉房到间冷塔接近中心位置。

一次风吸风管径3300mm(一根)；送风机吸风管径5500mm（一根）一号机长度：200m;2号机长度250m。

一次风机、送风机间冷塔吸风方案的塔内吸风量：一次风机：370696m³/h；送风机909931m³/h以上数据为单台炉数据，年平均工况占间冷塔进风量的1.2%。本工程为两炉一台方式，两台炉的年平均工况约占间冷塔进风量的2.4%。

塔内吸风对间冷塔内流场的扰动，是否对热空气和烟塔合一烟气的抬升有不利，需要通过数模试验分析；

穿塔对受热面的布置有影响，对塔的高度和大小没有影响。每台炉对塔的密封钢结构影响，增加的材料费

用约25万元。

风机入口增加的阻力在250Pa左右；

年平均工况吸风温度高于环境温度约25℃；

4.1 经济性分析

与常规方案初投资比较表

初投资	数据	投资费用(万元)
一次风风道直径3300mm	92t/114t(4号/3号)	110/137
二次风风道直径5500mm	152t/190t(4号/3号)	182/380
支吊架	80t/100(4号/3号)	96/120
土建支架费用		40
启动暖风器		35
间冷塔密封增加费用		25
投资费用		488/737
常规暖风器		50
投资差		438/687

说明：1.年运行小时数按5033小时计算。2.采暖小时数按3240小时计算。

运行费用比较：

1) 每台炉冬季节约蒸汽节约蒸汽57099t，每吨蒸汽约30元，节约收益约171.3万元。

2) 每台炉风机增加风阻250 Pa，两台风机运行电耗增加：60.4万KWh，增加电费约11.7万元^[3]。

3) 每台炉年节约运行费用159.6万元

4.2 小结

本方案主要一个不确定的技术问题是：塔内吸风对间冷塔内流场的扰动，是否对热空气和烟塔合一烟气的抬升有不利，需要通过数模试验分析；如果没影响或影响不大，从技术上看是可行的；3号炉与常规方案相比初投资增加约687万元，按供热需求考虑运行收益159.6万元/年，增加投资回收期约4~5年；4号炉与常规方案相比初投资增加约438万元，按供热需求考虑运行收益159.6万元/年，增加投资回收期约3年^[4]。

5 间冷循环水加热冷风方案

5.1 技术分析

采用间冷循环水通过空气/水暖风器加热冷一、冷二，暖风器换热面积远大于常规蒸汽暖风器；冬季工况直接代替的是蒸汽暖风器，收益按少耗汽来计算，其他工况是按回收热量收益来计算；分工况计算收益更合理；考虑启动工况，需要在系统中设置蒸汽换热器，来加热循环水；暖风器体积较大，布置起来虽困难，但能实现，需要增加送风机室荷载；系统运行灵活性好^[5]。

5.2 经济分析

暖风器换热面积的计算

一次风风温要求30℃，二次风风温要求23℃。

暖风器的换热系数：42 W/℃.m²

循环水余热回收方案初步计算结果

工况	夏季	年平均	冬季
环境设计温度	26.1	8.9	-10.3
循环水热水温	60.54	40.6	30
循环水冷水	49.52	30.18	25
进风温度	26.1	8.9	-10.3
出风温度	48一次风 40二次风	20一次风 19二次风	20一次风 19二次风
循环水量	411.85	432.99	2586.14
换热面积	3970	4826	13956

建议换热面积按年平均需要选取：一次风暖风器：1342m²

二次风暖风器面积：3484m²

暖风器风侧阻力：550Pa

管道选用循环水道450X7一供一回

暖风器设备价格：4826X160 = 77.2万元

增加一台启动用蒸汽/循环水热交换器：10万元；

增加两台台升压泵：20万元；

管路和阀门投资：26万元；

初投资费用：133.2万元；

配置常规蒸汽暖风器价格：50万元

两台机冬季节约蒸汽19989吨，蒸汽30元/吨，共计59.97万元。

非冬季热量回收多发电：307万KWh；风机增加风阻550 Pa，两台风机运行电耗增加：125.8万KWh；升压泵年耗电量为77万KWh；扣除风机泵和风机的功耗后，增加发电量为：104.2万KWh；如果折算到节约标煤：291吨；折算到燃料费收益：13.5万元^[6]。

经济分析汇总表

初投资	数据	投资费用(万元)
一次风暖风器	1342m ²	21.47
二次风暖风器	3484m ²	55.74
启动用蒸汽/循环水热交换器	100 m ²	10
循环水升压泵(3台)	153KW	20
管路和阀门投资		26

续表：

初投资	数据	投资费用(万元)
送风机室面积增加	482m ²	48.2
投资		181.41万
年收益差		73.47万

5.3 小结

该方案从技术看是可行的，初投资相比传统方案增加131.41万/台机，每年运行收益按节煤方面分析增加：73.4万元，增加投资回收期约2~3年。

结束语

通过对三个方案的技术和经济分析，我们有如下结论：

传统旋转式蒸汽暖风器，初投资最小，占地面积最小，系统简单，运行可靠，但是对于供热机组蒸汽消耗量大，相对经济性较差。

通过吸收间冷塔中热空气，取消传统暖分期，从经济性和可行性都没有原则性问题。主要投资在于冷却塔位置距离风机室的管道长度，另外空冷塔内空气流动性仍需进一步研究与试验模拟。

间冷循环水加热冷风方案，增大了暖风器换热面积，增加循环水泵，增启动蒸汽换热器。结合本工程投资情况，推荐按年平均换热效率优化换热器面积，冬季循环水热量不足部分，可采用蒸汽换热器加热循环水。既能得到较为理想的经济收益，又可以减少投资。

参考文献

- [1]吴洁葵,王志,姚银佩.地温预热防冻井分风导流技术研究及应用[J].黄金,2019,40:433(11):32-34.
- [2]王作盛,张上兵.燃气热水器暖风防冻技术的可行性分析[J].日用电器,2020,169(01):57-60.
- [3]詹明豪.暖通工程风管安装施工工艺探究[J].江西建材,2021(4):111-112.
- [4]杜岩.建筑暖通施工技术中的关键问题分析研究[J].中国标准化,2019(2):30-31.
- [5]詹明豪.暖通工程风管安装施工工艺探究[J].江西建材,2021(4):111-112.
- [6]周金城,刘江淮,王胜利.空分设备冷却水系统技术改造总结[J].低温与特气,2024,42(3):34-37. DOI:10.3969/j.issn.1007-7804.2024.03.009.