

天津翔悦

天津翔悦密封材料有限公司



弗莱希波·泰格
金属波纹管有限公司



温州环球阀门制造有限公司



北新集团建材股份有限公司

云冈热电ACC凝汽器运行

Air Cooling Condenser Running of Yungang Thermal Power Co.Ltd

张继斌

(山西大唐国际云冈热电有限责任公司, 山西 大同 037039)

摘要: 空冷系统的ACC凝汽器冷却能力大小,对汽机真空有很大的影响。因此,ACC凝汽器冷却面积的合适选取,将对汽轮机的带负荷能力有着至关重要的作用。本文通过ACC凝汽器性能试验和冷却面积核算,为凝汽器的运行提供了理论指导。

关键词: ACC凝汽器; 运行; 性能试验; 核算

Abstract: The cooling capability of Air cooling condenser has very great influence on vacuum of steam turbine. So suitable selection of ACC cooling area is essential to output of the turbine. By ACC device performance test and cooling area calculation, This text has offered the theoretical direction to the running of condenser .

Key words: ACC; running; performance test; check and catulation

山西大唐国际云冈热电公司首台2×220MW直接空冷机组, #1机2003年11月11日投产, #2机12月13日投产发电。由于空冷器所占的面积仅为湿冷系统的四分之三, 基建投资比间接空冷投资小, 运行特性好, 既可带基本负荷又能变负荷运行调峰, 而且严寒(-40℃)、4级风(8m/s)以下地区, 空冷系统运行相对稳定可靠, 它是空冷发电机组较好的形式。但这个系统的空冷汽轮机的背压及出力波动范围远大于湿冷汽轮机, 特别是机组夏季ACC凝汽器冷却能力问题, 已严重影响机组的负荷。

1 直接空冷系统概述

众所周知, 电厂空冷技术的最大特点就是节水, 这一特点对在缺水地区建设火电厂时, 对电厂的合理布局, 以有限的水资源扩大建厂容量, 缓解与当地工农业、生活争水的矛盾, 保持当地经济可持续发展具有重要的作用。

一般湿冷机组的发电综合水耗3Kg/KWh左右, 而空冷机组发电综合水耗仅为0.56Kg/KWh, 可以说, 节水效果非常明显。

另一个显著特点, 直接空冷机组防冻效果相对于哈蒙、海勒式间接空机组防冻性能好。

空冷凝汽器分主凝汽器和分凝器两部分。主凝汽器多设计成汽水顺流式, 规格9877×2969×550mm、容积1340L, 设计温度120℃, 设计压力0.045MPa, 它是空冷凝汽器的主体; 分凝汽器则设计成汽水逆流式, 规格9360×2969×550mm, 容积1160L, 设计温度120℃, 设计压力0.045MPa, 可造成空冷凝汽器的抽空气区。

真空抽气系统是直接空冷的关键, 在汽轮机启动和正常运行时, 要使汽轮机低压缸尾部、空冷凝汽

器、排汽管道及凝结水箱等设备内部形成真空。采用的是三台水环式真空泵，出力大、经济性好。冬季一台运行，夏季二台运行。

在直接空冷系统中，空冷凝汽器的布置与厂址处的风向、风速及发电厂矿主厂房朝向都有密切关系。

机组运行与ACC凝汽器模型风洞试验，结果一致。热风再循环问题，机组冬季运行真空影响不突出，机组夏季热风回流对真空影响3~5kPa，已明显表现出来。

机组的空冷凝汽器布置在紧靠汽机厂房的A列柱外侧，与主厂房平行的纵向平台上布置六个单元组，其总长度与主厂房长度基本一致，空冷占地面积 $62 \times 44\text{m}^2$ ，为每个单元组由四个主凝汽器与一个辅凝汽器组成“人”字型排列结构，并在其下部设置7.952米大直径的轴流冷却风机。由于空冷凝汽器布置在汽机房前的高架平台上，平台下仍可布置主变、出线开关、高厂变和凝结水精处理间，空冷凝汽器占地得到综合利用，使得电厂整体占地面积减少。

汽轮机背压变幅大。机组29.4~45kPa背压变，汽轮机排汽直接由空气冷凝，其背压随空气温度变化而变化，大同北方地区一年四季乃至昼夜温差都较大，故要求汽轮机要有较宽的背压运行范围。

2 大同址地理位置和气象条件

2.1 大唐云电厂址地理位置

大同市位于大同盆地北部，三面环山，御河纵贯南北，十里河横穿东西，整个地势为西北高东南低，海拔一般在1000m以上。

山西大唐云冈国际云冈热电公司位于大同市南郊区平旺乡平旺村以东的十里河西岸，距市中心约7km。北临北同蒲电气化铁路和大同至口泉的二级干线公路，南侧是山西晋能硅铁厂，南接大同第一热电厂，北接大同热电有限责任公司，厂址位于十里河西侧的河漫滩和I级阶地上，东南部地势平坦、开阔，西北部为丘陵山区。根据《山西省工程抗震设防烈度图》，大同地区基本地震烈度为7度。厂址地基土上部均为第四系全新统冲积层和人工填土，自上而下由杂填土和粉土、中沙、沙卵石、砂砾石夹粉土及粘性土组成。厂区地下水埋深大于30m。

2.2 厂址气象条件

厂址处气象要素目前采用大同气象站的有关资料。大同气象站位于大同市东门外曹夫楼村。地理位置北纬 $40^{\circ} 06'$ ，东经 $113^{\circ} 20'$ ，观测场海拔标高1066.7 m。气象站位于大同第一热电厂的东侧，直线距离约15km。

本地区属温带大陆性季风气候，四季分明。冬季长而寒冷干燥；春季少雨干旱、风多、风砂大；空气质量较差，夏季短而炎热，雨量集中；秋季雨水少，凉爽宜人。

3 ACC凝汽器面积性能试验

3.1 试验依据

- 1) 直接空冷系统设计和设备技术协议
- 2) 空冷岛试验标准：VGB—R131Me

3.2 试验参数条件

试验时的参数应尽可能接近设计值，允许的偏差如下：

- 1) 入口空气温度 $\geq 5^{\circ}\text{C}$

2) 空冷岛上部边缘的平均风速<3 米/秒

3.3 试验所需测量的参数

对空冷岛进行性能考核试验，测量下列参数是必要的：

- ①汽轮机排汽压力
- ②汽轮机排汽温度
- ③汽轮机排汽焓
- ④汽轮机排汽质量流量
- ⑤大气压力
- ⑥空冷岛入口空气温度
- ⑦环境风速
- ⑧凝结水质量流量和凝结水温度
- ⑨电机接线端的风扇电机功率
- ⑩凝结水箱液位

由于汽轮机的排汽为湿蒸汽，汽轮机的排汽焓无法通过测量汽轮机的排汽压力和温度直接计算出，只有通过测量汽轮机低压缸进汽，五段、六段、七段抽汽的压力和温度获得汽轮机低压缸的实际膨胀曲线，对该曲线进行外推并根据实测的汽轮机排汽压力计算出汽轮机的排汽焓，因此测量汽轮机低压缸进五段、六段、七段抽汽的压力和温度是必要的。

凝结水质量流量可通过现场运行的凝结水流量孔板测得，为获得汽轮机排汽质量流量，必须对各低压加热器和轴封加热器进行热平衡计算，因此测量各低压加热器和轴封加热器的进汽压力和温度、进出口凝结水温度及疏水温度是必要的。

3.4 排汽焓的计算

根据试验实测的汽轮机五段抽汽、六段抽汽、七段抽汽的压力和温度，可计算出上述三点的焓和熵，用最小二乘法可拟合出一条低压缸膨胀曲线（二次曲线），根据拟合出的曲线外推及试验实测的排汽压力，即可算出排汽焓。

3.5 汽轮机排汽量(F_{ex})的确定

$$F_{ex} = F_{con} - F_{D1x} - F_{D2x} - F_{D3x} - F_{DZJ} - F_{SX}, \text{ kg/h}$$

式中

F_{con} —凝结水流量，kg/h

F_{D1x} —#1低加抽汽量，kg/h

F_{D2x} —#2低加抽汽量，kg/h

F_{D3x} —#3低加抽汽量，kg/h

F_{Dzj} —轴加疏水量，kg/h

F_{D1x} —#1低加抽汽量，kg/h

F_{FX} —凝结水箱水位折算流量，kg/h

4 ACC凝汽器冷却表面积核算

4.1 迎风有效面积核算

顺流管束面积/逆流管束面积

$$=18394.85/16808.93=1.0943$$

顺流风机迎风面积=长×宽×折减系数

$$=8890 \times 4 \times 2600 \times 0.91$$

$$=84.134 \text{ m}^2$$

逆流风机迎风面积=长×宽×折减系数

$$=8120 \times 4 \times 2600 \times 0.91$$

$$=76.84 \text{ m}^2$$

顺、逆流风机迎风总面积:

$$84.134 \times 18 \times 2 + 76.84 \times 6 \times 2 = 3121.032 \text{ (m}^2\text{)}$$

4.2 迎风面风速和ACC凝汽器冷却面积计算

根据空冷器以光管外表面为基准的传热系数经验值739~745W/K·m²，取值K_光=739W/K·m²

系数Z=A_光/A_迎=21977.76/3121.032=7.042

传热单元数NTU

$$\begin{aligned} NTU &= \frac{K_{\text{光}} \times A_{\text{光}}}{L C a} = \frac{K_{\text{光}} \times Z \times A_{\text{迎}}}{3600 \times \bar{\rho}_a \times V_{\text{迎}} \times A_{\text{迎}} \times C_a} \\ &= \frac{K_{\text{光}} \times Z}{3600 \times \bar{\rho}_a \times V_{\text{迎}} \times C_a} = \frac{739 \times 7.042}{3600 \times 1.0358 \times 2 \times 0.24} = 2.88 \end{aligned}$$

式中:

$\bar{\rho}_a$ —冷热空气的平均密度 Kg/m³，取1.0358Kg/m³

Ca—冷空气比热 Ca=1005 J/(Kg.K)

V_迎—迎风面风速(m/s)，取值2m/s

散热器效率η由图表查得计算:

$$\eta = 1 - e^{-NTU} = 1 - e^{-2.88} = 0.9438$$

空气通过散热器温升

$$\Delta t_a = (t_1 - t_d) \eta = 41.86^\circ\text{C}$$

根据试验数据核算, 功率=208MW、汽机排汽量=137.09Kg/s、空冷饱和蒸汽量=134.13 kg/s、排汽干度=0.972136 kJ/kg、排汽压力=24.77 kPa、环境温度20.731℃、排汽温度=65.097℃, 凝结水温度=64.166℃进行理论核算, 需要的风机的迎面风速计算值:

热平衡方程得出凝汽器散热量:

$$Q=Do(Hs-Hc)=A_{迎} \times V_{迎} \times \bar{\rho}_a \times Ca \times \Delta ta$$

Do—汽机排汽量, Kg/s

Hs—汽机排汽焓, J/Kg

Hc—ACC凝结水焓, J/Kg

A_迎—ACC迎风面积, m²

V_迎—ACC迎面风速, m/s

$\bar{\rho}_a$ —冷热空气平均密度, Kg/m³

Ca—空气比热, 0.24J/Kg.K

Δta—ACC凝汽器温升

通过上式求得: V_迎=2.36m/s

用校核方法可以推算出, 如果按凝汽器实际有效迎风面积3121.032m²、排汽量Q=131.15Kg/s、迎风面风速2.25/s、环境温度28.84℃和背压由33.42kPa降至16kPa核算, 增加顺流凝汽器冷却面积8890×2600×4×6mm², 相当于每单元再增加一组顺流凝汽器和一台顺流风机, 方能满足工况要求。

4.3 实施办法

通过上述计算可以得出, 凝汽器有效迎风面积偏小, 冷却面积没有达到设计要求。根据机组凝汽器布置情况和可能实施性和风机情况, 综合考虑应增加一单元凝汽器(三组顺流、一组逆流)和相应增加四台风机(三台顺流风机、一台逆流风机)。

5 结束语

空冷机组夏季运行, 由于大同地区风砂大, 环境温度高、真空低, 机组负荷受到一定的限制, 需要从机组真空泵出力、ACC凝汽器设计脏污换热系数、准确核算ACC凝汽器冷却面积、挡风墙的最佳高度和轴流风机出口加装引流导风筒, 以便增加风机流量。以上工作均需进一步理论计算和试验论证。

参考文献

- [1]丁尔谋. 发电厂空冷技术. 北京: 水力电力出版社, 1992. 1~11
- [2]顾志福, 张文宏, 李辉, 彭继业. 电厂直接空冷系统风效应风洞模拟试验研究. 热能动力工程, 2003, 18(2): 159~162
- [3]马义伟. 冷却器设计及应用. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1998. 1~20
- [4]胡尊立. 从Wyodak电厂看严寒缺水地区发展直接空冷的可行性. 中国电力, 2002, 35(9): 10~13
- [5]马义伟. 电站空冷若干专题讨论. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 哈尔滨能源科学与工程学院. 2004. 1~20
- [6]王佩璋. 节水型空冷式火力发电的特点及其经济性研究. 机电信息, 2004(13): 21~23
- [7]宋彦信. 当今世界空冷凝汽器. 电站辅机, 1996, (1): 44~52
- [9]D. G. Kroger, 郭泉. 直接空冷凝汽器风机的运行性能. 山西电力技术, 1996, (1): 54~56
- [10]王佩璋. 我国首台200MW火电直接空冷凝汽器系统的设计与运行. 电力设备, 2004, (9): 34~37
- [11]伍小林, 刘邦泉. 直接空冷机组有关问题探讨. 华北电力技术, 2004, (5): 5~9。

发表时间： 2007-05-22 00:00:00

[\[关闭窗口\]](#) [\[打印文章\]](#) [\[回到顶端\]](#)