汽轮机冷端优化对供电煤耗的影响

Effect of Cold End Optimization of Steam Turbine on Power Supply Coal Consumption

黄伟军

Weijun Huang

大唐呼图壁能源开发有限公司
中国·新疆 昌吉 831200
Datang Hutubi Energy Development Co., Ltd.,
Changji, Xinjiang, 831200, China

【摘要】火力发电厂最大的能量损失在汽轮机的冷端系统,而机组运行中突出的问题是冷端系统运行性能达不到设计值,严重影响机组出力 and 能耗水平,而通过对冷端优化运行,降低循环水温度,可有效降低机组供电煤耗。论文通过对汽轮机冷端系统的各个设备性能进行分析,并进行优化运行试验,极大提高了汽轮发电机组的经济性。

【Abstract】The biggest energy loss in thermal power plants is in the cold end system of steam turbines, while the outstanding problem in the units operation is that the performance of the cold end system can not reach the design value, which seriously affects the output and energy consumption level of the units. By optimizing the operation of the cold end, reducing the temperature of circulating water can effectively reduce the coal consumption of power supply of the units. Through the analysis of the performance of each equipment in the cold end system of the steam turbine and the optimization operation test, the economy of the turbogenerator unit is greatly improved.

【关键词】冷端;真空;端差;间冷塔;凝汽器

【Keywords】cold end; vacuum; terminal difference; intercooling tower; condenser

【DOI】10.36012/peti.v1i1.360

1 引言

在火力发电厂中,最大的能量损失在汽轮机的冷端系统,而其性能的好坏对机组的经济性影响非常大,尤其是处于高寒地区的间接空冷机组。本文通过对大唐呼图壁能源开发有限公司 2 台 300MW 亚临界间接空冷机组冷端系统的各个设备性能技术分析,并进行优化运行试验,充分利用冷端系统各个设备的性能,使机组达到最佳运行状态,节能效果显著^[1]。

2 冷端优化的原理

凝汽器真空是机组运行中的一个重要指标值,在汽轮机冷端设备运行时,都要求凝汽器真空有一个最佳值,而机组真空是由机组负荷、循环水温度、循环水流量来决定的,在机组负荷和循环水温度一定时,凝汽器真空随循环水流量改变,而循环水流量的变化直接影响循环水泵的耗电,多启动一台循环水泵运行,循环水流量增大,凝汽器真空升高,但循环水泵的耗电同时也增加,当循环水流量增大,引起的功耗量之差最大时,此时的真空为凝汽器的最佳真空。而在不多启动循环水泵台数的情况下,通过调整间冷塔扇区百叶窗开度,降低循环

水温度,提高机组真空,即可降低循环水泵厂用电率,也使得机组经济性提高^[2]。

3 汽轮机冷端系统各设备的主要技术规范

3.1 凝汽器

凝汽器型号为 N-19200,东方汽轮机厂生产,主要性能参数如下:凝汽器端差:3℃;设计循环冷却水进口水温:35℃(冬季 20~25℃);设计最高循环冷却水进口水温:54~57℃(VWO 流量、背压 28kPa 校核凝汽器面积);冷却水循环水最大温升:9.7℃;循环水量:36 700t/h;循环冷却水进口压力:0.168MPa(g)(正常)、0.254MPa(g)(最大)。

3.2 主机循环水泵

主机循环水泵为兰州水泵厂生产的 1200S22G 型单级、双吸、卧式离心泵,单台循环水泵流量流量:12 240m³/h,每台机组配置 3 台循环水泵。主机循环水泵性能参数如下:

夏秋季工况(一机 3 台循环水泵):流量 36 720m³/h,扬程 21m,转速 740r/min,汽蚀余量 7.4m,泵效率 91%。

春冬季工况(一机 3 台循环水泵):流量 27 504m³/h,扬程

18m, 转速 740r/min, 汽蚀余量 7.4m, 泵效率 89%^[3]。

3.3 间冷塔

间接空冷系统采用钢筋混凝土自然通风冷却塔, 散热器采用竖直环向布置在塔外, 散热器总面积: 1 012 633m²; TRL 工况下散热系数: 29.1W/(m²·K); 每个间冷塔管束数量: 240 片; 每片散热器管束尺寸 ($L \times B \times H$): 2445mm×222mm×15 350mm; 翅片管材质: 碳钢; 翅片材质: 铝。

夏季工况设计环境温度 31.2℃, 进塔水温 64.63℃, 出塔水温 54.51℃, 设计散热量 424.4MW; 额定工况设计环境温度 13.7℃, 进塔水温 44.71℃, 出塔水温 35.04℃, 设计散热量 409MW。

4 冷端优化的方案

2016 年 8 月份, 公司邀请大唐西北科研所对公司间冷塔进行了性能试验测试, 发现 100% 负荷工况下间冷塔冷却系数为 12.54MW/K, 较设计值低 0.14MW/K; 夏季运行时间冷塔散热量为 402.6MW, 较设计值低 21.6MW; 实测循环水流量为 343 000m³/h, 较设计值低 2400m³/h; 夏季 3 台主机循环水泵运行时水阻约为 89kPa, 较设计值高 7.8kPa。而空冷机组夏季无调整措施, 夏季环境温度较高时, 循环水温度也随之升高, 偏离设计值较多, 机组背压较设计值低, 影响机组能耗水平降低, 导致供电煤耗升高。所以, 只能在冬季时通过优化汽轮机冷端运行方式提高机组真空。在往年冬季期间, 为防止循环水温度较低运行造成间冷塔扇区管束受冻, 循环水温度一般维持在 35~48℃ 之间运行, 而 300MW 空冷机组循环水温度每升高 1℃, 影响供电煤耗升高 0.84g/(kW·h); 真空每降低 1kPa, 影响供电煤耗升高 2.09g/(kW·h)。

2019 年 1 月份, 公司对循环水温度按照表 1 要求进行深度优化试验, 分别选取了 60%、70%、85% 三个负荷工况段进行数据对比, 结果如表 2、表 3 和表 4 所示。

表 1 循环水温度要求

环境温度/℃	循环水温度/℃	环境温度/℃	循环水温度/℃
-10~-5	20	-25~-20	28
-15~-10	22	-30~-25	31
-20~-15	25	-30 以下	33

表 2 环境温度在 -10~0℃ 时试验数据

环境温度 -10~0℃ 时		负荷 /MW	环境 温度/℃	循环水 温度/℃	真空 /kPa
试验前	60% 负荷	176	-8.5	35.7	-86.91
		180	-9.1	22.8	-91.09
试验后	70% 负荷	209	-9	35.2	-86.3
		217	-9.7	20.7	-89.98
试验前	85% 负荷	262	-10	38.1	-83.25
		257	-9.8	36.8	-80.06

表 3 环境温度在 -15~-10℃ 时试验数据

环境温度 -15~-10℃ 时		负荷 /MW	环境 温度/℃	循环水 温度/℃	真空 /kPa
试验前	60% 负荷	183	-13.4	39.9	-84.47
		180	-13.1	24.0	-90.71
试验前	70% 负荷	219	-12.4	40.17	-83.09
		217	-11.7	21.6	-89.74
试验前	85% 负荷	255	-14.7	39.8	-83.32
		259	-14.8	22.9	-89.49

表 4 环境温度在 -20~-15℃ 时试验数据

环境温度 -20~-15℃ 时		负荷 /MW	环境 温度/℃	循环水 温度/℃	真空 /kPa
试验前	60% 负荷	180	-16.7	41.7	-83.38
		180	-16.3	25.9	-89.64
试验前	70% 负荷	210	-18.4	43.05	-82
		211	-20.8	28.7	-89.34
试验前	85% 负荷	259	-19.88	45.0	-78.27
		256	-20	28.7	-86.8

5 优化运行后的结论

5.1 环境温度在 -20~-15℃ 时

试验后循环水温度较试验前降低 15.48℃, 真空提高约 7.38kPa, 影响供电煤耗降低约 14.5g/(kW·h)。

5.2 环境温度在 -15~-10℃ 时

试验后循环水温度较试验前降低 17.12℃, 真空提高约 6.35kPa, 影响供电煤耗降低约 13.93g/(kW·h)。

5.3 环境温度在 -10~0℃ 时

试验后循环水温度较试验前降低 13.7℃, 真空提高约 3.93kPa, 影响供电煤耗降低约 9.9g/(kW·h)。

综上所述, 试验后循环水温度较试验前降低约 15.43℃, 真空较试验前提高约 5.9kPa, 总体影响供电煤耗降低约 12.78g/(kW·h)。

6 结语

本文针对高寒地区空冷机组火电厂汽轮机冷端优化分析问题, 从凝汽器和循环水泵的整体角度出发, 对冷端系统的运行特性进行优化, 在循环水泵运行数量不变的情况下, 通过降低循环水温度, 可有效提高机组真空和经济性。

参考文献

- [1] 杨明. 循环水系统冷端优化计算探讨[J]. 广西电力, 2009(2): 71-73.
- [2] 李秀云, 严俊杰, 林万超. 火电厂冷端系统评价指标及诊断方法的研究[J]. 中国电机工程学报, 2001, 21(9): 94-98.
- [3] 吴季兰. 汽轮机设备及系统[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.