

凝汽器的经济运行分析及运行中凝汽器真空下降的处理

徐 辉

(南京化学工业园热电有限公司, 江苏 南京 210047)

摘 要: 本文首先依次介绍了影响凝汽器经济性的几个主要因素冷却水进水温度 t_{w1} , 冷却水温升 Δt 和凝汽器的传热端差 δt 对凝汽器经济性的影响和实际运行中的注意事项。然后分析了轴封系统对凝汽器经济性的影响。最后还根据凝汽器的特性曲线分析了变工况下凝汽器的经济运行。

关键词: 传热端差; 变工况; 最佳真空; 真空下降

1 概述

华润电力南京化学工业园热电有限公司一期 #1、2 汽轮机为高压单缸、冲动、双抽汽凝汽式汽轮机, 具有两级抽汽, 通过刚性联轴器直接带动发电机。凝汽器为单壳体、双流程、表面式凝汽器, 该凝汽器由蒸汽室、水室管板、冷却管、中间管板链接、补偿装置及冷凝聚焦器等组成的全焊接结构, 蒸汽室和水室焊接为一个整体, 管束呈汽流向心式的带状组列。

2 凝汽器的经济运行分析

凝汽器的经济运行在机组的经济运行中占有十分重要的地位, 凝汽器压力每升高 1kPa, 会使汽轮机的汽耗量增加 1.5%~2.5%。影响凝汽器压力的因素主要有冷却水进水温度 t_{w1} , 冷却水温升 Δt 以及凝汽器的传热端差 δt 。而 $t_s = t_{w1} + \Delta t + \delta t$, 知道 t_s 就可以求出对应的饱和蒸汽压力, 也就确定了凝汽器的压力 P_c 。 t_s 为蒸汽的凝结温度。

冷却水进水温度在冷却水闭式供水系统中主要决定于冷却水塔或冷却水池的冷却效果。在开式供水系统中完全取决于自然条件, 冬季进水温度低, 真空变高; 夏季进水温度高, 真空就变低。

根据凝汽传热的热平衡方程, 蒸汽在凝结时放出的热量应等于冷却水吸收的热量, 可以推算出冷却水温升 $\Delta t = \frac{520D_c}{D_w}$, 其中 D_c 为进入凝汽器的蒸汽

量, D_w 为冷却水量。增大冷却水量, 则冷却水温升就下降, 凝汽器就可以达到较低的压力。

当负荷一定时, 如果冷却水温升变大, 说明冷却水量不足。这可能时由于凝汽器的管板、铜板被冷却水带进的杂物堵塞。也可能是冷却水吸水井水位太低, 吸不上水, “虹吸”破坏或虹吸管堵塞。还可能是循环水泵运行恶化, 最终使凝汽器的真空降低。因此, 运行中当发现凝汽器端差增大, 应对凝汽器的铜管进行清理, 按时投入胶球清洗装置, 定时对循环水泵进水管上的一次滤网进行冲洗, 减少进入凝汽器循环水中的杂物, 保证有足够的冷却水量。同时应加强对循环水泵运行的监视与调整, 发现循环水压力偏低, 应及时调大循环水泵的叶片角度或把循环水泵切至高速运行, 或者增开一台循环水泵。同时应保持虹吸井有一定的水位, 以保证虹吸不被破坏。

在汽轮机运行状态下, D_c 是无法改变的, 控制冷却水温升的手段只能是改变冷却水量 D_w , 当 D_w 增大时, Δt 下降。在同一个 D_c 下, P_c 将降低, 此时机组的经济性将有所提高, 但也应注意到, 由于 D_w 的增大, 使机组的厂用电也增大了, 运行中应对机组进行试验, 找出机组的最佳真空, 并且保持凝汽器在最佳真空状态下运行。

真空降低会使蒸汽在末级膨胀做功达不到设定值。出力受限, 经济性必然降低的; 机组轴向位移会增加, 影响机组安全运行, 影响低压缸的胀差, 使轴与低压缸的中心偏高, 有可能发生动静碰磨。

端差 δt 的大小主要取决于传热系数 K , 即凝汽器表面的清洁程度和凝汽器内积存的空气量, 凝汽器冷却表面结垢会妨碍传热, 引起端差升高。当真空系统不严密或抽气器工作不正常时, 也会使凝汽

器内积存空气，并在冷却表面形成部分空气膜，同样妨碍传热，使端差升高，所有这些都会使 t_s 增大，使凝汽器压力升高。在运行中当端差达到 $6\sim 8^{\circ}\text{C}$ 以上时，应及时对凝汽器进行清洗，以改善传热效果，还应对机组进行真空严密性试验。如真空严密性试验不合格（每分钟下降大于 0.4kPa ）应查找漏点，及时消除缺陷。由于凝结水过冷，表明蒸汽冷凝过程中，传给冷却水的热量增大；冷却水带走了额外的热量，降低机组的热经济性，因此运行中应控制过冷度在正常范围内（一般是 $0.5^{\circ}\text{C}\sim 1^{\circ}\text{C}$ ）运行应控制凝汽器水位在正常范围内，才能保证过冷度不超标。如发现凝汽器水位上升，应检查补水调整门自动调整是否失灵，如失灵立即切手动调整，再循环门是否被误开，凝泵的变频器是否故障。如发现凝泵电流下降到空载值，出口压力升高，凝水流量下降，则应检查凝水管路上是否有阀门被误关（如低加进、出口门，凝水调整门、隔离门等）。如发现凝水硬度增大，可能是凝汽器铜管漏水，应进行凝器半边隔离查漏。备用泵逆止门不严也可能造成凝器满水，应解除联动，关闭备用泵出口门，隔离备用泵，联系检修人员处理。

此外轴封系统对凝汽真空也有一定的影响。当轴封供汽减少时，会使低压缸轴封不严密，部分空气漏入低压缸，造成凝汽器真空变坏，使凝汽器运行工况恶化，热经济性降低。运行中应及时调整轴封压力在 $0.02\sim 0.03\text{MPa}$ 范围内，保持凝汽器处于最佳真空状态下运行。

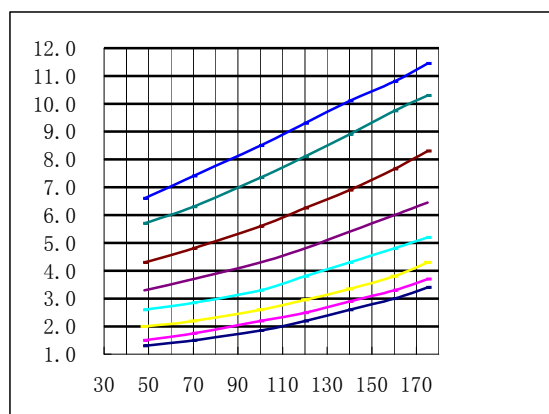


图 1 凝汽器的特性曲线

由凝汽器的特性曲线（图 1）可知，在一定的冷却水量和冷却水进口温度下，凝汽器中的真空将随汽轮机的负荷减少而升高；当汽轮机负荷不变时，

凝汽器的真空将随冷却水进口温度的降低而升高，因此在凝汽器变工况时应及时进行调整，当负荷或水温降低时，可以关小循环水出水门，调小循环泵叶片角度，把循环水泵切至低速运行，减少循环水量，保持凝汽器在最佳真空下运行。

因此运行时，我们要获得最有利真空必须做到：循环水泵、射水泵、凝结水泵的正常运行，定期有人检查它们的电流、流量、振动、轴承温度以及声音正常，而且它们与备用泵之间联锁投上（检修除外）。此外，凝汽器，#2 至#4 低加水位的调整至正常（凝汽器水位是 400mm ，#2~#4 低加是 $+50\text{mm}$ 以内）。还有真空系统相关的空气门要打通，走路正常，没有泄漏。在停机过程中，我们要力求做到真空到 0，转速到 0，轴封到 0。点火真空为 -20kPa ，冲转（或恢复）真空为 -60kPa 左右。这样我们就在真空方面确保了机组的经济运行。

3 运行中凝汽器真空下降的现象及处理

3.1 现象

- (1) 各真空表计显示真空下降，DEH 的 CRT 真空显示下降；
- (2) 汽机低压缸排汽温度升高；
- (3) BTG 盘“真空低”、“低压缸排汽温度高”发生声光报警；
- (4) 负荷有所下降。

3.2 原因

- (1) 循环水泵故障；
- (2) 轴封系统工作不正常；
- (3) 凝汽器热井水位高或满水；
- (4) 真空泵效率下降或故障；
- (5) 真空系统泄漏；
- (6) 稳压水箱断水；
- (7) 旁路系统误动或泄漏。

3.3 处理

- (1) 发现凝汽器真空下降，应查明原因，设法消除：
 - 1) 核对排汽温度、凝水温度，检查负荷是否变动；
 - 2) 当时如有操作应暂时停止操作或恢复原状；
 - 3) 检查轴封压力及轴加运行情况是否正常；
 - 4) 检查循环水进、出口压力，进、出水温度是否正常；

5) 检查真空泵分离器水位, 工作水温, 进口压力是否正常;

6) 检查空气管道;

7) 检查凝汽器水位及凝泵工作是否正常;

8) 检查真空系统是否漏空气(包括低加、抽汽管道、空气管、疏水扩容器、低压缸防爆门、热井放水门等);

9) 检查稳压水箱水位是否正常。

(2) 发现凝汽器真空下降、排汽温度升高, 在查明原因的同时, 应启动备用真空泵。

(3) 凝汽器真空下降至 84kPa 时, BTG 盘“真空低”声光报警, 汽轮机减负荷, 直至报警消失。

(4) 凝汽器真空下降至 73kPa, 汽机自动事故脱扣, BTG 盘“真空低停机”声光报警, 按不破坏真空事故停机处理。保护未动作, 则手动脱扣停机, 按事故停机处理。

(5) 检查循环水系统必要时增开循泵。

1) 循环水压力是否正常, 若循环水压力低, 检查循环水系统是否泄漏、堵塞;

2) 检查凝汽器循环水进出管压力是否正常, 差压高则进行凝汽器胶球清洗;

3) 检查循环水泵运行正常, 否则应切换水泵或启动备用循环水泵保持循环水压力正常。

(6) 检查轴封系统

1) 轴封母管压力低, 则检查各汽源控制站和溢流阀工作是否正常, 否则应及时调整恢复其正常;

2) 若低压轴封母管温度低, 应手动调整恢复其正常;

3) 检查轴封疏水是否正常, 水封是否破坏;

4) 检查凝汽器热井水位是否高于正常值, 若热井水位高, 应尽快查明原因进行处理;

5) 检查低压抽汽法兰、低压结合面及导管是否有漏汽的地方, 如真空系统泄漏使真空下降至汽机停机, 应联系检修处理;

6) 检查真空破坏阀是否误开, 水封是否破坏。

7) 稳压水箱水位过低或断水, 应立即通知化学增开除盐泵, 开大稳压水箱补水门, 根据真空下降情况, 可先增开一台真空泵(亦可瞬时关闭稳压水箱下水门);

8) 排汽温度达 80℃, 开启低压缸喷水;

9) 真空下降停机后, 不得向凝器排汽水。

作者简介:

徐 辉, 南京化学工业园热电有限公司发电部, 值长助理,

E-mail: 935175934@qq.com。