

天津翔悅

天津翔悅密封材料有限公司



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

韶关电厂200MW汽轮机组真空低的研究与解决

广东省粤电集团韶关发电厂(512132) 周立文

摘要: 通过对韶关电厂200MW机组真空系统的分析, 找出了真空低的原因, 提出了解决方法, 提高了机组的经济性。

关键词: 凝汽器; 真空低; 分析

Abstract: This paper analyses the vacuum system in the 200MW Unit ShaoGuan Power Plant, find the reasons of low vacuum, put forward the ways solving it, and improve the economy of the unit.

Keywords: condenser; low vacuum; analyze

1 设备简介

韶关发电厂9号机组汽轮机为N200-130-535/535超高压、一次中间再热、凝汽式、单轴、三缸、三排汽汽轮机。低压缸排汽量: 420吨/小时, 总排汽面积: 12.4m², 冷却水量: 29300吨/小时, 冷却水温度: 25℃。冷却水温升10℃。

凝汽器为三壳体表面式双流程N-13550-1型凝汽器。总冷却面积13550m², 冷却倍率69.547, 循环水进水温度25℃, 循环水量29300T/H, 排汽压力0.06ata, 凝结水量421.3T/H。

2 真空降低现象

9号机的真空在2004年3月份由92KPa开始逐渐下降, 到5月份时真空已下降到88KPa。做真空系统严密性不及格, 请中试所人员来做在线真空系统严密性查漏, 无发现明显漏点, 多开一台循环水泵也无效果, 且真空继续呈下降趋势。

真空下降, 使排汽压力升高, 可用焓降减少, 热经济性下降, 同时使机组出力下降。为保证机组出力, 不得不增大蒸汽流量, 使机组过压运行, 在用电高峰期, 还必须限制负荷运行。此外, 真空下降导致汽轮机排汽缸温度升高, 汽轮机轴承中心偏移, 机组振动增大, 严重影响了机组的安全和经济运行。

3 原因分析

汽轮机在运行中, 影响凝汽器真空的因素很多, 主要有: 冷却水温度, 冷却水流量, 凝结器铜管表面的清洁状况及真空系统严密性等。

3.1 循环水泵冷却水供水小, 使冷却水温升增大。

冷却水温升 Δt 与进入凝汽器的蒸汽量成正比, 与冷却水量成反比。如果冷却水量不足, 会导致冷却水温升增加, 从而增大排汽温度, 使凝汽器的真空降低。在实际运行过程中, 通常比较统一负荷下凝汽器冷却水温升的大小, 来确定冷却水是否充足。运行经验表明, 如果冷却水温升超过设计值10℃, 一般认为冷却水不足。如9号机带190MW时, 冷却水温升为12℃, 仅比设计值高出2℃, 真空为88KPa, 单从冷却水温升来看, 冷却水量欠缺不明显。200MW机组循环水系统为开式供水系统, 两台机组共有四台循环水泵: #6、#7、#8、#9循环水泵的型号为: 沅江481-25, 设计流量为15120吨/小时。其中#6、#7泵供#1冷却水母管, 供8号机; #8、#9泵供#2冷却水母管, 供9号机。#1、#2母管设有联络门, 便于有循环水泵检修时可减少对系统的影响。机组操作规程规定: 两台机正常运行时开三台循环水泵运行, 单机运行开两台循环水泵运行, 夏天气温高时可开四台循环水泵运行。经广东电力科学研究院人员用超声流量计对在保证机组正常运行的前提下, 单泵流量Q可达8972.029~11330.4m³/h, 为该泵设计流量15120m³/h(扬程为26.8m)的59.33~74.93%, (#8#9循环水泵出口流量进行测试: #8循环水泵出口流量为12300吨, #9循环水泵出口流量为13200吨除去其他循环水的用水), 很难满足凝结器冷却水用水量的需要。

3.2 杂物造成钢管堵塞, 导致换热面积和冷却水通流面积减小

9号机的冷却水供水系统为开式供水系统。由于上游在进行水利建设, 河水杂物较多, 而且较为污浊。河水经循环水泵升压, 到凝结器吸热后, 经虹吸井直接排入北江河。虽然循环水泵入口设有旋转滤网, 但由于滤网尺寸(20mm × 40mm)较大, 仍然有一定数量的杂物及淤泥随循环水进入凝结器钢管内, 造成钢管结垢堵塞。使得流通面积减少, 导致循环水量减少, 从而减少了换热面积, 影响了冷却效果, 造成真空下降。

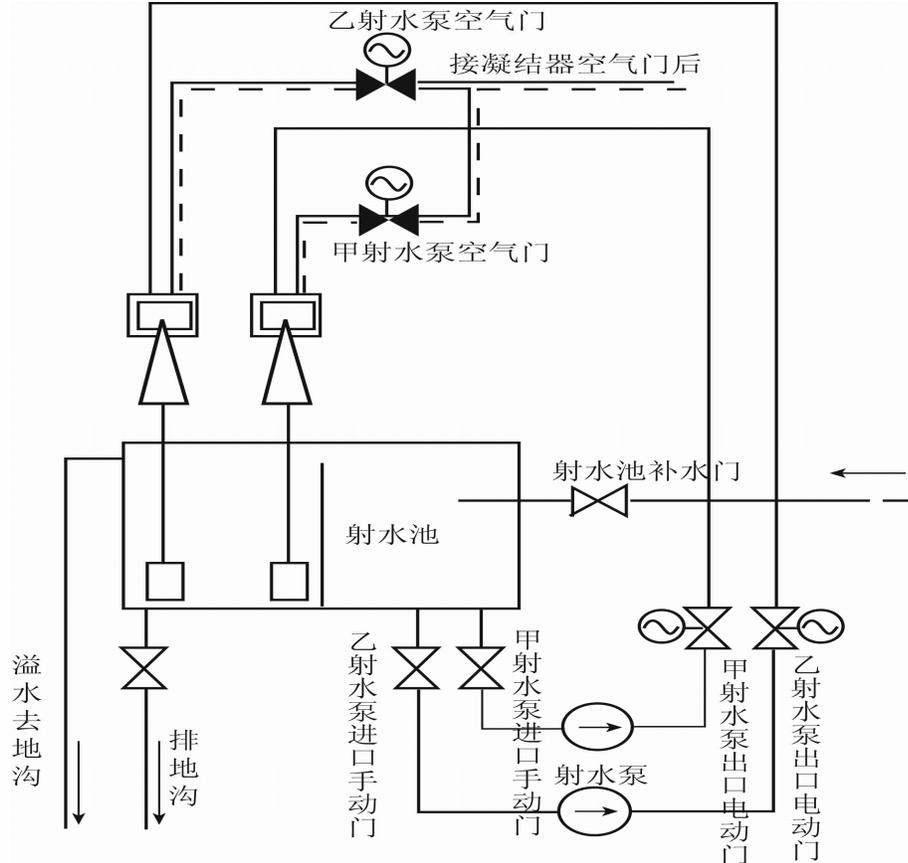
3.3 无胶球清洗系统, 导致钢管内壁结垢

因北江河段河水携带砂粒较多, 凝结器铜管在运行中容易发生铜管与砂粒冲刷减薄导致泄漏的故障, 在2003年12月大修中, 将三台凝汽器铜管全部更换成材质为: TP304, 规格为 $\varphi 25 \times 0.69 \times 9210$ 不锈钢管。但此次大修并没有相应配置凝汽器胶球清洗系统。虽然运行人员定期执行凝汽器反冲洗操作, 但因反冲洗时循环水的压力不够, 只能将部分杂物冲走, 但并不能将钢管内壁的附着物冲走, 从而导致钢管内表面结垢。钢管结垢后, 将会使传热热阻增大, 造成钢管传热恶化, 使凝结器真空下降。这就可以解析为何9号机带190MW时, 冷却水温升为12℃, 仅比设计值高出2℃, 真空只有88KPa了。经过试验, 即使四台循环水泵运行, 增大循环水流量, 但机组真空变化不大: 根本原因是钢管结垢严重, 换热效果差。

3.4 凝汽器严密性差, 漏入凝汽器空气量大

凝结器的真空严密性差, 使凝结器内漏入较多的空气, 当空气积存量超过了抽汽器在工作段内的抽吸能力时, 凝结器内气-汽混合物的总压力增大, 使排汽压力升高, 同时这些不凝结的气体会积聚在钢管表面, 增大热阻, 导致凝结器端差增大, 使真空下降。

3.5 射水池水温高, 影响抽气器抽吸能力

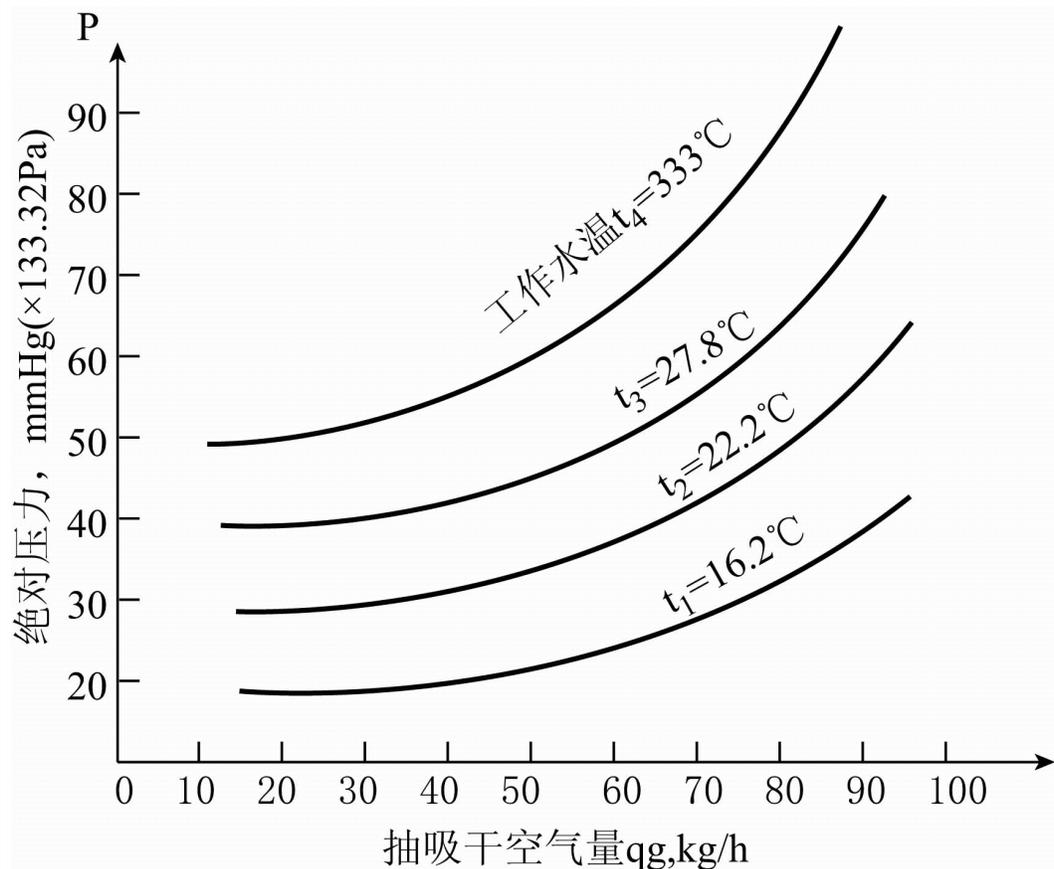


9号机的真空抽气系统为射水抽气系统：由两台卧式射水泵、两个射水抽汽器和1个射水池组成。此类型的抽气系统中，抽气器的运行工况很容易受射水温度的影响。在工作水压力和抽气器抽吸的空气量一定时，随着射水池温度的不断升高，抽气器的抽吸能力将下降，凝结器真空下降，凝结器端差增大，排汽温度升高。这是因为在抽气中高速水流形成相同负压情况下，水温升高后会更多的水发生汽化，由于水蒸气的比容比水大的多，故使混合室压力急剧升高，抽气器抽吸能力下降，凝结器真空必然下降。

4 改进措施

4.1 增大循环水泵供水流量

在2005年8号机大修、2006年9号机小修期间，分别将#6、#8循环水泵叶轮更换成相同型号的新叶轮。更换新叶轮后，#6循环水泵出口压力从改造前的0.24MPa提高到0.275MPa，提高了14.5%，泵机电流从130A上升到180A，上升幅度为



38.5%，#8循环水泵出口压力从改造前的0.24MPa提高到0.275Mpa，提高了14.5%，泵机电流从130A上升到160A，上升幅度为19.5%。（#8循环水泵工作电流由120A上升到139A，#9循环水泵工作电流由125A上升到147A。）

经广东电力科学研究院人员用超声流量计对循环水泵出口流量进行测试：改造后#8循环水泵出口流量为14800吨，#9循环水泵出口流量为15060吨，达到了改造目的，从而解决了冷却水不足的问题。

4.2对凝汽器铜管进行人工机械清洗除垢，同时增加凝汽器胶球清洗系统

利用机组调峰停运的机会，对机组三台凝汽器水室进行检查，发现三台凝汽器铜管均结泥垢严重，有一部分钢管已几乎堵死，严重影响了传热效果，导致凝汽器真空下降。请专业人员进行人工机械清洗凝汽器水室，用高压水枪逐条钢管进行冲洗，历时两天两夜，冲洗出大量的泥浆。所以导致真空下降的根本原因就是：凝汽器钢管结垢，增加了传热热阻，使钢管传热恶化，从而造成9号机真空下降。

4.2.1 9号机在把凝汽器铜管换成钢管时，并没有配置胶球清洗装置，仅按正常的反冲洗工作并不能除去钢管中的泥垢，因此决定在2007年大修期间加装二次滤网及胶球清洗装置可在机组运行中对钢管进行定期清洗，可减少杂物进入凝汽器，将凝汽器钢管内壁的泥垢和浮生物去除，使钢管长期保持清洁，从而达到提高钢管传热系数的目的。

4.2.2 在加装胶球清洗装置前，除执行正常的反冲洗工作外，利用机组停运的机会，请专业人员用高压水逐条钢管进行高压冲洗，及时除去钢管中的泥垢，防止钢管结垢，影响传热效果，以保证冷却效果。

4.2.3 在凝汽器循环水进口处加装二次滤网，减少循环水中浮游生物等杂物。

4.3提高凝汽器严密性

利用机组检修机会，对真空系统进行了灌水严密性查漏工作，灌水高度至汽封洼窝处，发现了高压扩容器至凝汽器疏水管焊口裂纹，#2，#3凝汽器喉部裂纹等大的漏点3处，喉部人孔等小的漏点5处，对有关的裂纹进行补焊处理，同时用新型密封材料针对9号机组凝汽器喉部由于焊缝受剧烈变化热应力的影响而在热负荷发生变化时频繁开裂进行防拉裂软封堵处理。

4.4降低射水池水温

由于射水池溢水管截至虹吸井，运行中无法判断溢流量的大小，在射水池加装一温度表，以供运行人员监视射水池水温是否在正常范围，既可保证射水泵工作正常，又可及时根据水温变化调节射水池补水量，起到节约用水的作用。

在06年9号机大修期间，由于两个射水抽汽器长时间运行和工作水源不清洁及喷嘴进口边材质强度、硬度、耐磨性不够，造成喷嘴边缘冲蚀严重和扩散管局部氧化腐蚀穿孔，使射水抽汽器工作恶化，效率低，并致使射水抽汽器各结合面密封不良，造成运行中有空气进入，影响真空系统的严密性，更换两台射水抽汽器，全部采用不锈钢材料。

5 改进效果

通过上述一系列的改进措施，9号机在06年检修完毕启动后，冷却水温升小于10℃，凝汽器端差为8℃左右，凝汽器真空在90KPa以上，完全能满足机组安全经济运行的要求，大大提高了机组运行的经济性。

6 参考文献：

[1] 简天聪. 汽轮机原理 [M]. 北京：水利电力出版社，1985

[2] 杨善让. 汽轮机凝汽设备及运行管理 [M]. 北京：水利电力出版社，1993

作者简介：周立文，男，工程师，主要从事发电厂运行生产及管理工作，运行部副部长。

通讯地址：广东省韶关发电厂运行部 512132

文章作者：周立文

发表时间：2008-06-04 00:00:00

[关闭窗口] [打印文章] [回到顶端]