

300MW 机组高压加热器运行分析

Operation Analysis of High Pressure Heater of 300MW Unit

宋金锐

Jinrui Song

国家能源蓬莱发电有限公司 中国·山东 蓬莱 265600

National Energy Penglai Power Generation Co., Ltd., Penglai, Shandong, 265600, China

摘要: 论文论述了 300MW 机组高压加热器的基本结构与运行分析, 针对高压加热器的泄漏与预防进行了深入探讨, 并提出了保证高压加热器正常运行的措施与对机组经济性的相关影响。

Abstract: This paper discusses the basic structure and operation analysis of the high-pressure heater of 300MW unit, probes into the leakage and prevention of the high-pressure heater, and puts forward the measures to ensure the normal operation of the high-pressure heater and the related impact on the unit economy.

关键词: 高压加热器; 概况; 泄漏; 异常分析; 运行措施; 经济性

Keywords: high pressure heater; overview; leakage; anomaly analysis; operation measures; economy

DOI: 10.12346/peti.v4i3.6723

1 高压加热器概况

高压加热器, 是汽轮机回热系统的主要组成设备, 为管壳式结构, 其工作原理为利用汽轮机里已经做了部分功的蒸汽来加热给水, 以提高整个循环的热效率。蓬莱电厂两台机组汽轮机的高压加热器采用三台单列卧式表面加热器。

1.1 高压加热器结构

高压加热器结构如图 1 所示。

①过热蒸汽冷却段。过热蒸汽冷却段位于高压加热器水侧流程的最末端, 由挡流隔板、遮热板等将该部位空间封闭, 加热抽汽从该空间为起点, 沿着与给水相反的方向流经传热面将热量传递给水, 蒸汽自身的过热度降低, 可以将给水加热至高于该抽汽压力下的饱和温度, 因此高压加热器的上段差可以为负值。

②凝结段。蒸汽凝结段也是高压加热器的主加热区, 是用蒸汽凝结时放出的汽化潜热加热给水, 由于高压加热器为表面式加热器, 加热蒸汽与被加热的给水不直接接触, 而是

利用热对流的方式传递热量, 此过程中会产生一定量的不凝结气体, 不凝结气体由设置于管束中心部位的排气管排出, 以防止降低传热效果^[1]。

③疏水冷却段。疏水冷却段位于给水流程的起始端, 是一个由隔板、挡板等密封的一个空间, 疏水吸入口位于最下端。顾名思义, 该段的作用是冷却疏水, 进一步利用疏水的热量来加热给水。高压加热器正常运行中必须要保证一定的水位, 既要避免水位过高淹没部分管段造成加热器出力不足, 又要避免水位过低造成疏水管带汽排挤下一级加热器抽汽而造成热效率降低。

1.2 高压加热器端差增大的危害

高压加热器端差是衡量其运行正常与否的关键指标, 端差异常不但说明高压加热器运行工况恶劣, 更是影响整个机组的经济性, 此外还可能伴随着产生受热面超温、轴向推力增大, 甚至汽轮机水冲击等严重危害机组安全的现象。

【作者简介】宋金锐(1988-), 男, 中国山东乳山人, 本科, 工程师, 从事火电汽轮机运行研究。

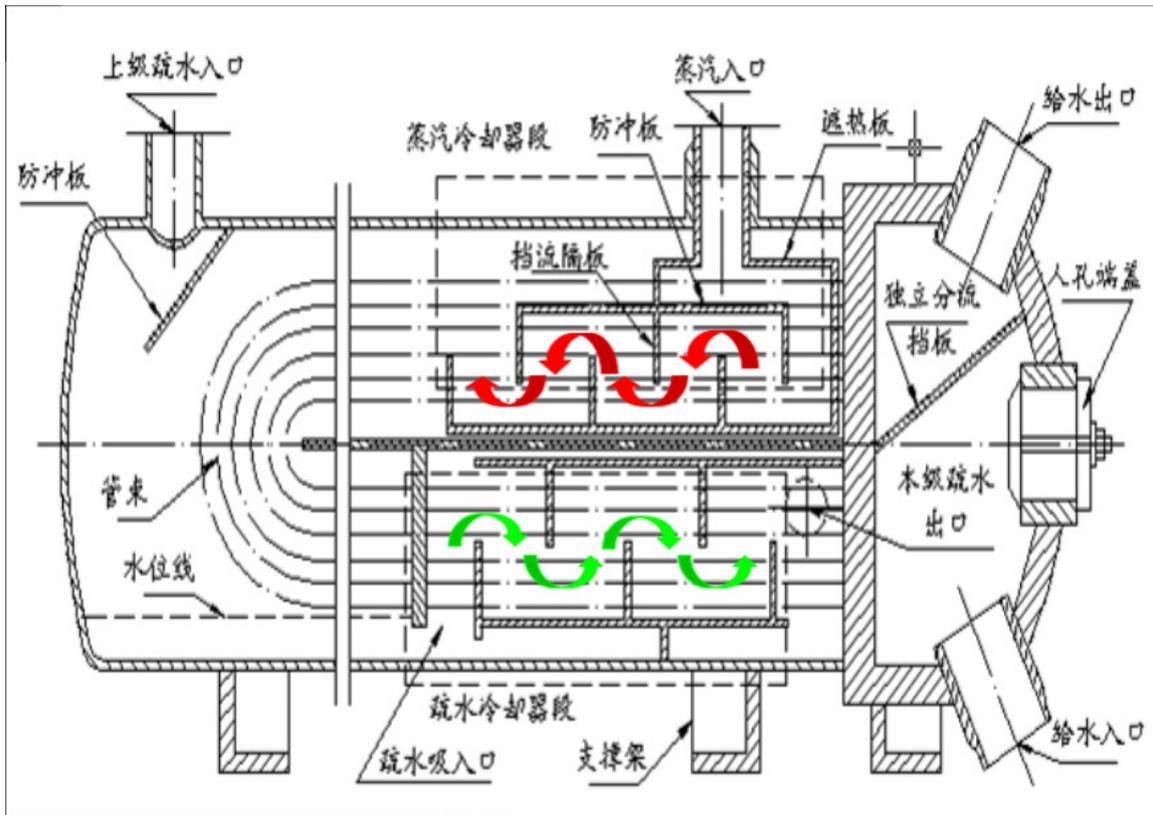


图1 高压加热器结构

2 高压加热器端差异常增大原因分析

2.1 高压加热器设计制造、检修维护、正常运行失误

①高压加热器的设计制造存在缺陷。主要表现为高加内部管系的管子与管板之间采用的胀管与焊接工艺不恰当，管口胀接力不够，管系与隔板接触部位存在焊接减薄现象，存在安全隐患。

②检修维护方面，对泄漏管焊接未严格按照厂家说明书进行操作，焊接工艺差，造成堵管焊口部位再泄漏现象频繁发生。堵管时未进行周围管子封堵，由于原泄漏管道的高压给水的冲刷，其周围管子管壁极易发生减薄现象，如果不及时封堵，运行中也很容易发生泄漏现象，造成高加频繁泄漏，影响其端差异常增大。

③正常运行方面，特别是高加启停时，控制给水温度变化率超标。高加管系与管板由于厚度不同，加热或冷却时其膨胀、收缩的速度就会不同，其接合面就会产生一个热应力，当这种应力过大或多次交变，就会损坏高加管系与管板的结合面，使原有缺陷扩大，造成管子端口泄漏^[2]。

2.2 高压加热器内部汽侧泄漏

过热蒸汽冷却段隔板泄漏，造成部分蒸汽未通过过热段而直接“短路”进入凝结段，使给水未得到充分加热，端差增加。

2.3 高压加热器水质不合格

给水水质不合格，含盐量超标，长期运行后会在加热器管子内外表面形成以氧化铁为主的污垢，影响传热效率，使给水无法加热到额定值，同时使加热蒸汽的热量利用率降低，疏水温度升高，造成加热器给水端差增大。

2.4 高压加热器内部积气

高加投运时未按照规程规定开启启动排气、正常运行中运行排气开启开度小，或是高加排气管设计位置不合理、不能及时排除高加正常运行中的不凝结气体，导致高压加热器汽侧阻力增加，内部换热系数下降，同样会导致加热蒸汽的热量利用率降低，高压加热器端差增大。

2.5 高压加热器水位影响因素

高压加热器正常运行中必须保证一定的水位，当水位低于正常值，也就是疏水口未能被疏水淹没时，会造成高加疏水带汽，疏水温度升高，导致高压加热器端差增大，同时也影响整个系统循环热效率。

2.6 高压加热器内部水侧泄漏

高压加热器进水室与出水室之间的隔板泄漏，部分未经加热的给水直接由进水室“短路”到出水室，降低了高压加热器的出水温度，使加热器端差增大。该缺陷极易在高压加热器上发生，当高加临修时应考虑顺便进行水室隔板检查。

2.7 系统阀门故障

如抽汽电动门、逆止门未全开；汽侧安全门漏汽；高加放水门不严或误开等。

3 高加泄漏的分析

3.1 高加泄漏的原因

加热器能否正常的投入运行对机组的煤耗影响非常大，由于加热器在设计、生产、安装、检修和运行过程中的多方面原因，在实际的生产运行中，加热器往往因为泄漏的原因投入率比较低，尤其是高压加热器。现在的加热器内部普遍采用管板式，这种结构的优点是外形较小、占地面积小、结构紧凑合理，建造费用低并且管束的阻力小；其缺点主要是再生产过程中对管子和管板之间的连接加工工艺要求比较高。在实际运行中，管子与管板的结合部位对温度的变化比较敏感，对于运行人员在投退加热器时的温升速度和温降速度要求非常严格，由于高加属于静止设备，内部没有转动机械，在实际的运行生产中，运行人员一般对其的巡视检查不很重视，但实际上，高温加热器的工作环境却非常的恶劣，温度的变化比较剧烈，高压加热器位于给水泵的出口，承受着比汽包压力还高的压力，基本上属于火力发电厂中压力最高的设备，同时高加又承受着一定给水与蒸汽的温差，高加的管子与管板的连接处是工作条件最恶劣的部位，同时也是最容易泄漏的部位^[3]。在高加的投入和退出过程中，由于加热器投退工况时的变化很大，温差变化比较快，造成加热器急冷急热，如果运行人员升温或降温速度过大，就会在成很大的热冲击，管子和管板的结合处就容易产生比较多的热应力，造成结合面胀口引起泄漏。

但值得引起重视的是，加热器投退过程中，加热器中各个管束的温度变化是不均匀的，因此为了防止投退过快，对加热器产生较大的热应力，缩短加热器的使用寿命，运行人员应该严格地按照运行规程进行升温 and 降温操作，以保证温升速度和温降速度在规定的范围内，电厂的运行管理部门要对该项操作做出考核与评价。

高压加热器的泄漏原因，主要是在投退过程中温升速度和温降速度过快，导致管子和管板承受较大的热应力，引起结合面的焊口或胀接处造成损坏，引起加热器端口出现泄漏现象，当汽轮机或高加泄漏水位高，造成高加突然停运时，如果高加的汽侧突然关闭，但水侧依然运行，这时应为高加的管子管壁非常薄，而管板比较厚，这时就会造成管子冷却的速度比管板块的多，导致管子与管板的结合处损坏引起泄漏，因此各个电厂对温降率都有非常严格的规定。另外还有很多企业发现，在机组正常运行时高加的运行是非常正常的，但在机组停运后或是停运高加后，当再次启动机组或投

入加热器时却发现高加泄漏了，实际上高加的泄漏不是在机组停运后或是启动机组、投运高加时造成的，主要原因是机组停机过程中或停运高加过程中，因为降温速度过快，造成高加内部形成较高的热应力，从而引起高加泄漏。

当加热器的管板变形严重时，也会引起高加出现泄漏现象，高加在运行过程中，水侧的压力很高，但温度却较低，而汽侧则是温度高，压力低，特别是有内置疏水冷却器的加热器，其两侧的温差更大，这时假如加热器在制造中存在管板厚度不够时，将会造成管板变形，加热器的管板中心部位会向压力低的一侧鼓出，而在水侧则会形成凹陷，当汽轮机的负荷发生变化时，高加汽侧的压力和温度则会随之而发生变化，甚至会超过高加水侧的额定压力，这些变化都会造成加热器管板的永久性变形。如果高加在运行中存在汽侧的进汽门不严，则会在高加退出运行后，进入蒸汽继续加热水侧；假如水侧的安全门失灵或不能正常动作，则会造成水侧的压力升高，引起管板变形造成加热器泄漏。

加热器的泄漏点如果在管子的本身，一般是管子受到冲刷腐蚀、给水 pH 值过低形成溶氧腐蚀、管子振动或管材不良的原因引起的，加热器的管子的出口段形成侵蚀的主要原因是蒸汽因为冷却造成湿度增大引起侵蚀，加热器的管子进口出现侵蚀的主要原因是给水的 pH 值过低或温度过高引起的。

3.2 防止高加发生泄漏的措施

①高加生产时一定要选用合格的管子，确保管板的厚度满足要求。

②防止加热器管子本身出现的泄漏的措施：运行中要加强给水 pH 值得调整和监督，按照制度做好给水的化学除氧，确保运行中给水的溶解氧合格，运行中要确保蒸汽冷段的蒸汽有过热度，控制好高加的水位，避免出现水位过低的现象，当发生高加泄漏时要及时退出高加运行进行检修，避免坚持运行出现冲刷的现象发生。

③要提高检修质量，完善检修制度，在高加堵管时，要提高堵头的焊接质量，防止运行后再次开焊。

④运行方面当执行高加的投退操作时，要严格执行操作票制度，按照规程要求控制温升、温降率，对运行人员提出严格的要求，运行期间注意监视高加水位，确保高加水位控制在合理的范围内，水位过低或过高时要及时进行相应的调整。

4 保证高压加热器正常运行的措施

4.1 关于高加泄漏

发现高加停运时应及时停运处理，并按照厂家说明书进行正确的堵漏焊接工艺，对不确定的管束应同样进行封堵，

避免其被冲刷减薄而频繁泄漏。同时,应建立高压加热器堵漏台账,对堵管数要严格控制,堵管率超限时应更换新的高压加热器。

4.2 及时排除高加内不凝结气体

应按照规程规定,高加投运时及时开启高加启动排气门,正常运行时连续排气门保持足够的开度,以排除高加内不凝结气体,确保高加正常运行。

4.3 高加启停时控制好温度变化率

高加启停时操作不易过快,避免加热管系与管板接合面受到很大的热应力冲击,引发管子与管板接合面间泄漏。

4.4 加热器水位监视

加热器运行时要保持一定的水位,如果水位异常,应多方面进行检查分析:检查系统运行是否正常,给水流量是否发生波动;检查高加正常疏水调阀、危急疏水调阀动作是否正常;是否有上级或下级加热器故障退出等等,并及时进行处理,保证高加水位正常。

4.5 加强化学水质管理

加强化学水质管理,确保高加给水水质合格,避免高加管壁结构影响换热效率。

4.6 避免严重过负荷工况运行

过负荷运行时,高加进汽量加大,蒸汽在过热蒸汽冷却段中速度增大很多,激发局部管束振动,造成局部管束疲劳损坏。

5 高压加热器运行情况对机组经济性的影响

高压加热器的正常运行与否不仅影响回热系统,也同时影响整个热力循环系统的循环热效率,主要体现在端差、压阻、热损等影响。控制高压加热器运行工况稳定,是运行管理、节能优化等运行分析管理的重要项目,而在这些因素中,传热端差的影响尤其大^[4]。蓬莱电厂#1机组高压加热器端差的设计值与实际值的对比如表1所示,可见,三台高加的上端差和下端差都与设计值存在一定的差距,特别是#2高

加上端差近期较大,导致机组的经济性下降。

表1 蓬莱电厂#1机组高压加热器端差的设计值与实际值的对比

名称	#1 高压加热器	#2 高压加热器	#3 高压加热器
负荷	300MW		
设计上端差	-1.5℃	0℃	0℃
设计下端差	5.6℃	5.6℃	5.6℃
实际上端差	0.547℃	8.385℃	2.16℃
实际下端差	8℃	9.4℃	8.93℃

如#2高压加热器上端差由8℃降低至0℃,#3高压加热器上端差由2℃降低至0℃,可提高给水温度约10℃,根据300MW机组耗差分析法大约可降低机组供电煤耗1.0g/(kW·h),对机组经济性影响可观。

6 结语

高压加热器运行状况对机组经济性和安全性影响非常显著,针对高加运行中发生的异常,应该结合具体状况进行判断并相应处理,使高压加热器在接近设计性能参数的状态下运行,对内部故障的高加,应考虑尽早解列检查并处理,同时对运行中的高加要加强运行调整,保证其各项运行参数良好,确保机组安全、经济运行。

参考文献

- [1] 陈庆辉.300MW机组高压加热器运行经济性分析与改进措施[J].热力发电,2006(8):38-41.
- [2] 马福荣.300MW机组高压加热器运行分析[J].电站辅机,1996(3):6-8+10.
- [3] 向涛.300MW机组高压加热器运行分析[J].甘肃电力技术,2004(5):25-27.
- [4] 王树志.300MW机组高压加热器运行分析[C]//全国火电大机组(300MW级)竞赛第三十八届年会论文集,2010.