

引射器在高参数供热系统中的应用

林益明, 贾宏禄, 卢 锋

(江苏利港电力有限公司, 江苏 江阴 214444)

摘 要:介绍了引射器在某电厂高参数供热系统中的实际应用情况, 即在某电厂 1~4 号机组供热系统引射器安装后调试过程中发现的问题以及解决方法。同时介绍了影响引射器经济运行的因素和运行注意事项。

关键词:引射器; 高参数; 供热; 机组负荷; 冷再蒸汽抽吸率

中图分类号:TK284

文献标识码:B

文章编号:1009-0665(2011)04-076-04

随着国家节能减排政策的推进, 节能减排的标准不断提高, 低参数高能耗的供热锅炉被淘汰的越来越多, 采用高参数机组的抽汽用于集中供热的改造不断增加, 为使供热改造机组现有蒸汽或抽汽压力和热用户要求压力的匹配, 也为了提高供热经济性, 引射器在集中供热系统中的应用越来越广泛。

1 设备概况及参数

1.1 系统和设备概况

某电厂对外供热改造的 4 台机组属于亚临界参数的 350 MW 机组, 设计为各机组分列、单元运行方式。1 号、2 号机组相同, 3 号、4 号机组相同, 特性稍有差异, 机组特性对供热系统影响的差别主要是在相同负荷下汽机高排压力(冷再压力)约相差 0.5 MPa。机组在 175~350 MW 区间运行时对应实际主汽压力控制曲线为: 1 号、2 号机组主汽压 14~16.7 MPa; 3 号、4 号机组主汽压 11.2~16.7 MPa。1—4 号机组正常运行负荷 50%~100% 额定负荷(ECR), 1 号、2 号机组对应的实际高排压力(冷再压力) 1.8~3.5 MPa, 3 号、4 号机组对应的实际高排压力(冷再压力) 2.5~4.0 MPa。

供热用汽方要求的电厂供热系统的出口参数为: 汽压 4.85 ± 0.2 MPa, 温度为 312 ± 5 °C。这样高的供热参数, 供汽采用机组高压缸排汽是不能满足要求的。解决方法一是采用将机组主蒸汽减温、减压后直接供热的方式, 另一种是采用引射器(压力匹配器)用高参数的主蒸汽抽吸低参数的冷再蒸汽(汽轮机高缸排汽)进行压力匹配满足供热汽压, 在引射器前先对主蒸汽进行减温, 通过对主蒸汽减温及主蒸汽和低温的冷再蒸汽混合满足供热汽温要求。最后确定的正常供热方式采用先用混合式减温器对主蒸汽减温, 再用引射器(压力匹配器)用高参数的主蒸汽抽吸低参数的冷再蒸汽进行压力匹配的方式供热, 另设置一台减温减压器对主蒸汽直接

进行减温、减压供热的方式作为备用供热方式。供热系统流程如图 1 所示。

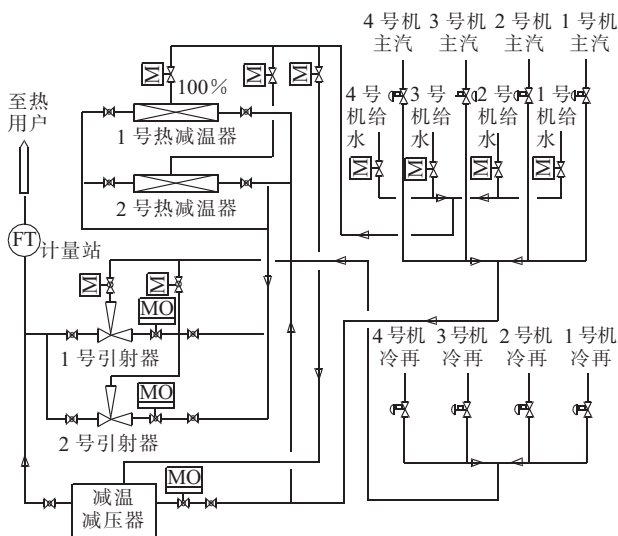


图 1 供热系统流程

设计供热系统分别从 4 台机组的主汽系统、冷再系统抽出蒸汽并列成炉前供热母管, 从机组 8 号高加后主给水系统抽出减温水并列成供热减温水母管。主汽、冷再汽和减温水各经过 1 根总管送至供热设备间, 主汽经过混合式减温器(2 台 100% 容量)减温后作为引射蒸汽进入引射器(2 台 50% 容量), 再热蒸汽在引射器中被引射后与主汽混合通过汽压匹配满足供热汽压要求。每台引射器共有 3 组喷嘴, 每台供热引射器的 3 组喷嘴对应 3 路冷再进汽门, 引射器运行中冷再进汽门优先开的顺序是 ACB。就是说引射器开度约 1/3 后第 2 只喷嘴才工作, 对应的冷再进汽门 C 才能抽到蒸汽。另外, 主蒸汽源还可以通过 100% 容量的减温、减压器作为备用供热汽源单独或并列供热。供热蒸汽用 1 根供热总管经过计量间后送到用户。供热设备间后供热管为碳钢管, 引射器出口混合蒸汽参数: 出口压力为 4.85 ± 0.2 MPa; 出口温度为 312 ± 5 °C。对外供热参数: 4.8 MPa; 305 °C; 最大供汽量 129 t/h。

供热方案是以 1 号、2 号机组为主,3 号、4 号机组为辅。根据供热负荷决定是 2 台机组同时供热还是 3 台机组同时供热。抽汽设备间的常用运行方式是:1 台减温器和 2 台引射器同时运行,减温、减压器自动热备用。

1.2 设备参数

引射器设计参数如表 1 所示;减温器设计参数如表 2 所示^[1]。

表 1 引射器和减温器设计参数

型号	TPM16.6/4.1-4.85-65A
引射蒸汽流量/(t·h ⁻¹)	33~59
引射蒸汽温度/℃	约 387
引射蒸汽压力/MPa	11.5~16.6
被引射蒸汽流量/(t·h ⁻¹)	39(最大)
被引射蒸汽温度/℃	338~300
被引射蒸汽压力/MPa	4.1~2
引射器流量/(t·h ⁻¹)	20~65
引射器出口压力/MPa	5

表 2 减温器设计参数

型号	JW540/350-130A
减温器入口汽温/℃	538
入口蒸汽压力/MPa	11.5~16.6
入口蒸汽流量/(t·h ⁻¹)	50~90
出口蒸汽温度/℃	约 387
出口蒸汽压力/MPa	11.5~16.6
出口蒸汽流量/(t·h ⁻¹)	66~110
减温水温度/℃	280~233
减温水压力/MPa	15~21

2 引射器和供热系统初次投用后遇到的问题

2.1 引射器的工作原理

引射器主要由引射喷嘴、接受室、混合室和扩压室等部分组成。高压引射汽体(主汽)经喷嘴加速后进入接受室,将接受室内低压汽体冷再汽引射带入混合室。主汽和冷再汽在混合室内进行动量交换和充分混合后,经扩压室减速增压进入供热母管。接受室内冷再汽被大量带走,压力下降,于是不断有冷再汽补充进来,从而完成了输送和加压的功能。

2.2 初次投用后遇到的问题

在设备安装冷态调试完成后,进行了供热系统设备的热态调试运行,在整个热态调试运行过程中,遇到了以下各类问题。

- (1) 2 台机组主汽供热调门同时投自动供热时,主汽调门有流量(抢开度)的现象。
- (2) 在小供汽量下供热以及机组低负荷下(冷再压力低)时引射器抽不到冷再蒸汽。

- (3) 2 台机组的冷再供热调门均打开同时供热时,因为机组的冷再供热蒸汽引出管上没有逆止门,负荷高(冷再压力高)机组的冷再汽会窜入负荷低(冷再压力低)的机组,造成安全隐患。
- (4) 引射器上的冷再蒸汽逆止门不严,运行时主汽会倒汽到冷再供热母管,可能引起冷再供热母管的严重超压。
- (5) 2 台引射器同时投自动运行时,2 台引射器抢负荷,只有 1 台引射器能正常调压。
- (6) 因为小供汽量、以及负荷低于 300 MW(1 号、2 号机组 330 MW)下引射器基本抽不到冷再蒸汽,所以运行中机组冷再供汽调门关闭,引射器前的冷再蒸汽母管中蒸汽不流动,汽温降低(在 260℃左右)。但满足抽到冷再蒸汽条件并打开机组冷再供汽调门时会使引射器出口汽温快速、大幅度下降。
- (7) 只有在“三高”的情况下引射器才能抽到冷再蒸汽,也就是主汽压力高、负荷高(1 号、2 号机组≥330 MW,3 号、4 号机组≥300 MW)、供热流量高(≥50 t/h)。
- (8) 备用减温减压器热备用时,出口温度下降,主要是备用减温减压器不过汽,管道中蒸汽冷却。
- (9) 目前的运行方式会导致冷再间互相串汽,主要原因是每台机组的冷再供热管路没有设计逆止门,双机以上并列运行时,负荷高的机组,因其再热汽压力也高,会串汽到另外一台锅炉的冷再系统或 7 号高加,如果高排逆止门不严,也有可能串入汽轮机;另外,由于电厂 1 号、2 号与 3 号、4 号机组有不同的设备供应商来供货,机组型号不同,相同机组负荷下的冷再压力也偏差较大,引起冷再供热量的不平衡。
- 2.3 喷嘴改造前采取的运行措施
- (1) 供热流量不超过 80 t/h 时 2 台机组主汽同时供热。1 台机组主汽供热调门全开,另 1 台保持一定通汽量热备用(以不限制引射器供热量依据)。考虑 3 号、4 号机组冷再压力高原因,目前采用的是 3 号、4 号机组主汽供热。
- (2) 运行中发生 1 台供热机组跳闸时,为保障对外供热的连续性,及时开大(全开)另 1 台供热机组的主汽供热调门供热,检查供热设备间引射器、减温器如不能满足供热流量要求,及时地投用其他机组供热。
- (3) 为防止机组之间冷再蒸汽窜汽,供热机组负荷低于 300 MW 时机组冷再供热调门关闭备用。供热机组负荷升高,且机组冷再压力超过引射器喉部压力时打开该机组冷再供热调门,原则上只用一台机组供冷再蒸汽。

(4) 机组至供热的减温水管上有逆止门, 目前未发现逆止门不严造成机组之间给水的互窜, 所以运行中 2 台供热机组的减温水电动门全开。

(5) 每班打开供热机组冷再供热调门 15~20 min 预热管道。当机组冷再压力满足引射器抽冷再蒸汽条件, 在打开机组冷再供热调门或定期打开供热机组冷再供热调门预热管道时应缓慢、小幅, 使母管有一个暖管过程, 防止造成管道水击或引射器出口温度大幅度下跌。

(6) 1 号(2 号)引射器大开度手动方式运行主供, 2 号(1 号)引射器自动方式调压运行。

(7) 修改有关逻辑, 正常情况下备用减温、减压器在投入热备用方式时, 调压门保持 2%~3% 的开度, 减温水调门在自动, 这样可以使备用减温、减压器始终有少量蒸汽通过, 处于随时可用的真正热备用状态。

(8) 运行中注意监视供热系统各处压力、温度和机组的有关参数及报警, 以便尽早发现并及时处理机组间的窜汽、主汽向冷再供热母管(机组)的窜汽, 以及供热设备间设备的故障, 防止造成管道超压、超温以及相关机组的故障。

(9) 停运机组做好防止通过供热系统接口疏水门、空气门造成汽轮机进冷汽(气)的措施。并注意重点监视停运机组汽缸上下缸温度变化、冷再管路压力、温度变化。

3 引射器喷嘴及系统改造后的运行情况及存在问题

3.1 引射器检查及改造情况

(1) 因为这么高参数的引射器制造厂是首次设计、制造, 发现问题后, 生产厂家重新进行了喷嘴设计、制造, 引射器压缩比由原 16 MPa:4 MPa 改成 12 MPa:3 MPa, 同时引射器入口弧度稍作处理, 入口弧度角有所变化。由设备制造商对 1 号、2 号供热引射器喷嘴进行了更换。

(2) 电厂在 1—4 号机组冷再供热引出管上各加装一只机械逆止门(装在机组冷再汽供热电动后隔绝门之后)。

(3) 检查引射器时发现 2 台引射器入口的 6 只冷再蒸汽逆止阀阀芯全部脱落, 在更换引射器喷嘴的时候对逆止阀机构进行了改进, 以防止阀芯再次脱落。

3.2 改造后运行情况

引射器喷嘴及系统改造后运行工况有明显好转, 抽吸低参数冷再蒸汽的能力有很大提高。

(1) 引射器喷嘴更换后的试验证明机组满负荷

工况下, 引射器进口主汽压力在 12~16 MPa 之间变化时对抽吸冷再蒸汽没有明显影响。冷再蒸汽抽吸率在 30% 左右。

(2) 供热机组在 300 MW 负荷以下运行时, 引射器进口主汽压力对冷再蒸汽抽吸率有较明显的影响。280~290 MW 负荷下, 引射器进口主汽压力在 12~16 MPa 之间变化时, 对应的冷再蒸汽抽吸率在 8.2%~22% 之间变化。所以在低负荷工况下运行时, 适当保持较高的主汽供热母管压力对抽吸冷再蒸汽有利。

(3) 试验证明供热机组负荷(冷再汽压)对冷再蒸汽抽吸率影响非常大。如图 2 所示(以 4 号机为例), 供热机组负荷越高, 机组冷再汽压就越高, 供热引射器抽吸到的冷再蒸汽越多。改造后引射器抽吸冷再蒸汽对应的机组负荷临界点大幅度下降, 3 号、4 号机组已经由 300 MW 下降到 200 MW。另外安排进行了抽吸 2 号炉冷再蒸汽的试验, 试验证明 1 号、2 号机组负荷 210 MW 时也能抽到冷再蒸汽。还进行了在额定负荷下使用机组冷再供热调门变冷再供热母管压力试验, 试验均证明冷再蒸汽压力越高越有利于抽吸冷再蒸汽。所以在正常运行中保持供热机组冷再供热调门全开、不节流状态下供热经济性好。

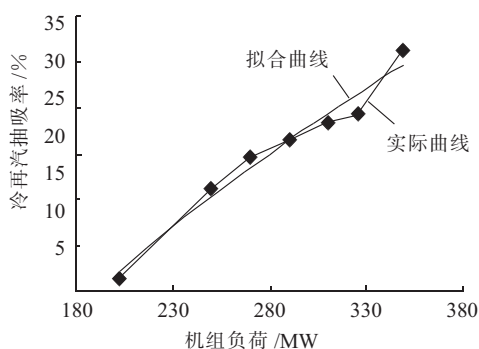


图 2 机组负荷与冷再蒸汽抽吸率对应曲线

(4) 供热蒸汽流量对冷再蒸汽抽吸率的限制仍较大, 虽然抽吸冷再蒸汽的供热流量临界点已经由喷嘴改造前的 50 t/h 下降到 40 t/h 左右, 但仍是制约冷再蒸汽抽吸率的主要因素。

(5) 机组的冷再蒸汽供热引出管上增加逆止门后, 当几台机组冷再蒸汽供热门同时打开后未发现机组之间有窜汽现象。所以正常运行中同时供热机组的冷再蒸汽供热调门可以全开, 这样既保证安全性, 也提高了供热经济性。

(6) 引射器上的冷再蒸汽逆止门重新装复后运行正常, 不再发生引射器运行时主汽倒汽到冷再供热母管现象, 安全性有很大提高。

(7) 引射器在机组满负荷、75% 负荷、50% 不同

负荷下设计的冷再蒸汽抽吸率分别是:58.5%左右、35.4%左右、7.7%左右。但本次在满负荷、280 MW 负荷、50%负荷下试验的实际冷再蒸汽抽吸率分别是:30%左右、22%左右、0%。

3.3 引射器喷嘴及系统改造后存在的问题

- (1) 供热蒸汽流量对冷再蒸汽抽吸率的限制仍然相对较大,40 t/h 的供热流量(设计出力的 61.5%)以上才能够抽吸到冷再蒸汽,在小流量下供热经济性差。
- (2) 引射器喷嘴磨损较严重、易损坏,引射器喷嘴及连杆使用一段时间后性能下降,冷再蒸汽抽吸率下降,影响供热经济性。
- (3) 设备机械部分缺陷多。

3.4 建议

- (1) 为了最大幅度的使用冷再蒸汽供热,供热机组的冷再供热调门要全开,不节流。可以通过在机组冷再蒸汽管上加装逆止来防止不同负荷机组之间冷再蒸汽窜汽。所以在设计时机组冷再蒸汽管上的调压门是可以取消的。
- (2) 供热机组的主汽压力供热调门要全开,不节流。

(3) 进一步优化引射器喷嘴的设计来提高冷再蒸汽抽吸率,提高引射器喷嘴的加工工艺,稳定引射器喷嘴性能。

4 结束语

引射器应用在高参数供热系统中,可以通过增加在高压缸做过功的冷再蒸汽在供热中的份额,提高供热经济性。但要经过精确计算、试验后确定喷嘴尺寸,选择合适的喷嘴尺寸可以使引射器有较好的特性和冷再蒸汽抽吸率。而且引射器采用螺栓连接,可以在运行中更换不同特性的喷嘴,对于提高供热经济性有积极的作用。

参考文献:

[1] 江苏利港电力有限公司. 一、二期机组供热运行规程[S]. 2010.

作者简介:

林益明(1974-),男,江苏溧阳人,工程师,从事发电运行主管工作;
贾宏禄(1956-),男,山东平阴人,工程师,从事热动力工作;
卢峰(1969-),男,江苏宜兴人,工程师,从事集中控制运行工作。

Application of Ejector in High Parameter Heat Supply Systems

LIN Yi-ming, JIA Hong-lu, LU Feng
(Jiangsu Ligang Electricity Co., Ltd., Jiangyin 214444, China)

Abstract: The practical conditions of ejector applied in the high parameter heat supply system of one thermal power plant, such as the problems occurred during the installation and adjustment process are introduced in the paper, and important announcements as well as factors having effects on economic operation are also presented in detail.
Key words: ejector; high parameter; heat supply; load; steam suction ratio

变电站运行时产生噪声有多大?

众所周知,变电站运行时,主变压器、电抗器、配电装置会产生电磁噪声,冷却风机以及通风风机会产生的空气动力噪声,这些噪声主要是中低频噪声。

我国目前所生产的变压器其噪声值能控制在 60~75 dB,室内变电站由于对变压器的性能指标要求较高,因此以往采用的变压器的噪声值通常控制在 65 dB 以下;而断路器正常运行时很少产生噪声,而当其动作时,瞬时噪声值最高可达 100 dB,但仅仅发生在设备操作的时候;电抗器声级值一般为 60~65 dB。

室内变电站由于需要将所有的电气设备安置于一栋建筑物内,因此对各种电气设备所发出的噪声有隔离效果,正常情况下能削减 20 dB,使得其厂界处的噪声不超过 50 dB。

我国现行的《工业企业厂界噪声标准》(GB 12348-90)中对工业企业项目(高压变电站也属于其中)的噪声排放有明确的要求,在居住商业混合区执行 II 类标准,即昼间≤60 dB,夜间≤50 dB。如变电站建成后其厂界处的噪声不能满足这一标准,是不能投入运行的。

综合以上的分析我们可以得出这样一个结论:变电站产生的噪声是可以满足国家相关法律法规要求的。