

板式换热机组运行常见问题与解决对策分析

孟楠 王蕊

(洛阳双瑞精铸钛业有限公司 河南 洛阳 471000)

摘要: 板式换热机组具有智能化、占地空间少、换热效率高等优点,结合制造经验与问题总结,从板式换热器、阀门、水泵、温度、压力等相关几大类进行分析,阐述了问题的表现形式,并给出了解决措施。

关键词: 换热机组; 问题分析; 解决对策

0 引言

近年来,随着中国城市化进程的加快,城镇集中供暖的需求也不断提高。在一系列国家政策支持及市场调节机制的作用下,目前集中供暖正在朝以下方面发展:由分散的小型燃煤锅炉向高效环保的城市热电联产转变;由低温低压向节能高效的高温高压转变;由粗放的热源直供用户向通过换热器供热的精细间接供热转变;由原来需要专人值班管理的手动模式向智能高效的无人值守方向转变。

板式换热机组是实现小区集中供暖的核心设备,承担向用户输送热量的职责,是实现城镇集中供暖不可缺少的环节。板式换热机组是一套高度集成的热交换组合装备,包含有换热器、阀门、水泵等及一整套自动控制系统。出厂前已按具体项目情况进行精确计算与设计,机组运输至现场后只需连接市政供热主管网、小区庭院二次网及补水管道,调试合格后即可实现无人值守运行。近年来国家相继组织相关单位编写并发布了《GB/T29466-2012 板式热交换器机组》、《GB/T28185-2011 城镇供热用换热机组》等文件,作为板式换热机组的技术指导规范,但主要规定了换热机组的设计计算原理、制造、检验等技术要求,机组运行过程中遇到的各种问题与解决手段依赖于各设备厂家与热力公司的经验积累。结合多年板式换热器与换热机组的制造经验与问题总结,就换热机组运行常见的故障进行分析,并探讨解决对策。

1 板式换热器常见问题分析

板式换热器由一系列具有一定波纹形状的金属片叠加而成,四周由胶垫压紧密封,此种结构的优点是换热效率高、结构紧凑、维修拆洗方便,但缺点是换热器易堵塞、易泄露。

1.1 换热器的堵塞

直观表现为换热器进出口压差过大,正常运行状态下板式换热器进出口压差一般为0.1MPa以下,发生堵塞时进出口压差达0.15MPa以上,并伴随有二次侧供水温度不达标现象。发生堵塞的主要原因是热水中水垢与杂质含量过高,城市一次网热水由大型隔压换热站供应,由于一次管网整体长度大,会产生少量铁锈等杂质;庭院二次网内的水按照规范

应为软水器软化后的水,但软水器出水缓慢,注满二次网全部管道需要2~3天,大型小区时间更久。实际施工过程中,经常由于供暖工期紧迫,直接灌入自来水,带入大量水垢杂质;此外二次网管道正式供暖前应隔离换热器进行冲洗,去除施工过程中遗留的泥沙、铁锈、焊渣等杂物,但这一过程也往往省略。解决换热器堵塞的问题,应重视水质问题,提前规划好工期,给管道冲洗与二次网灌注软水预留3~4天时间,确保供暖水质合格。

1.2 换热器的泄露

分为内漏和外漏。内漏主要由于板片的穿孔所致,板片多由304、316L薄板压制而成,相邻板片波纹顶端相互交叉形成大量的支承触点,杂质易聚集,介质中的Cl⁻、S²⁻大量附着,引起缝隙腐蚀与点蚀;解决该问题,降低水中Cl⁻、S²⁻较难实现,切实可行的办法是一方面适当提高水流速度,降低杂质聚集与离子附着,另一方面综合考虑耐用性与经济性,选用抗离子腐蚀更强的316L板片代替304板片。换热器的外漏产生原因较多,一方面板片密封胶垫的质量不合格、使用年限过长等均可造成胶垫密封失效,另一方面换热器前阀门开启过快,造成水锤,瞬间压力高于板式换热器的承压能力,导致外漏。解决该问题,一方面加强质量管控,密封胶垫材质、性能参数达到规范标准,另一方面需防止阀门快开快关,可采用在换热器表面粘贴警示标语等措施。

2 阀门常见问题分析

换热机组一次侧、二次侧主关断处、循环泵、补水泵进出口、换热器进出口、排污口等部位均需要配置阀门,起到关断、调节的作用。

2.1 止回阀失效

止回阀安装于补水泵出口与循环泵出口,补水泵出口止回阀失效的表现是补水泵停止运转后,二次网掉压严重;循环泵出口止回阀失效的表现为一台泵运转时,另一台泵反转。止回阀失效的主要原因是水中杂质卡在阀瓣,止回阀关不严,可将止回阀拆除进行清理,若清理后仍关不严,则为阀瓣变形等缺陷,需更换止回阀。

2.2 阀门泄露

换热机组常用阀门为球阀、蝶阀，球阀价格更高，但阻断性能好；蝶阀密封面较小，夹杂有杂质或轻微变形即可导致阀门泄露，造成维修不便，严重的会损害换热站内设备。

2.3 排气阀失效

排气阀安装于换热机组最高处，一般使用自动排气阀，将机组与管道内的空气排除；若排气阀失效，机组内积聚的气泡发生强烈破碎、重聚等行为，易导致水锤，损坏机组设备。排气阀失效的主要原因是水中杂质堵塞排气孔，应经常检查排气阀，损坏的及时更换。

2.4 过滤器堵塞

若一次侧供水过滤器发生了堵塞，直观表现为一次侧温差大于正常值，且二次侧供水温度偏低；若二次侧回水过滤器发生了堵塞，直观表现为二次侧温差大于正常值。过滤器两侧一般装有压力表，可通过检查压力表进行判断，维修时需暂停机组运行，拆除过滤器滤网进行清理。

3 水泵常见问题分析

换热机组配备的水泵有两类，二次管网循环泵与补水泵。循环泵是二次网热水循环的动力来源，将高温热水压送到各个末端热用户。循环泵一般采用一用一备模式，其中一台发生故障时，应能报警并且另一台循环泵能自动投入运行。补水泵用于补充二次网水量，并维持恒压点压力值恒定，避免热水无法到达管道末端及高层用户。换热机组中通常设置两台补给水泵，常规情况下一用一备，极端条件下两台全开。供暖季运行过程中，水泵发生的主要问题有噪音大、出口压力不足等问题。

3.1 水泵噪音大

一方面是由于水泵使用一段时间后零件产生了磨损，及风扇罩松动，另一方面原因是水泵减震措施不足，导致泵体运行时的震动。解决上述问题，一方面要注重水泵的保养，定期加润滑油，易损件及时更换；另一方面水泵安装时应加减震措施，在水泵安装孔下面增加橡胶减震垫，专业厂家生产的水泵减震器效果更佳。

3.2 水泵出口压力不足

主要表现为循环泵满频率运转，二次供回水达不到设计压差；或补水泵满频率运转，二次侧依然达不到设计补水压力。在核对水泵铭牌、参数无误后，较大可能为水泵内存有气体，导致水泵达不到额定出力，可在运行状态下将水泵叶轮壳处的排气嘴打开排气，若出现“嘶嘶”声，很快有水喷出，代表气体已排出。

3.3 补水泵频繁补水

表现为停止运转后二次侧压力快速下降，首先应检查是否补水泵出口止回阀失效，先停止补水泵运行，关闭补水泵

入口阀门，打开补水泵出口处排气阀，如果有水排出，说明补水泵前的止回阀失效，需要清理或更换；若止回阀无问题，则为二次侧管网出现泄露，需逐段进行检查维修。

4 温度、压力相关问题分析

供暖季换热机组运行过程中，最常见的问题是温度、压力异常的问题。

4.1 二次侧供水温度不达标

出现该问题时，即使一次侧阀门全开，二次侧循环泵满负荷运行，二次侧温度仍不达标。结合多年经验进行分析，一方面可能是由于板换选型面积过小造成的，没有足够的换热面积承担相应的换热负荷，且随着供暖时间的延长，换热器板片表面会附着污垢，极大降低换热系数，造成换热能力不足；另一方面可能是由于热源不足造成的，如一次网热源水温太低、管道太细等均会导致无法提供足够的热源给换热机组，导致二次侧水温达不到要求。要解决上述问题，一方面应按照实际运行参数对换热器重新进行校核计算，结合多家热力公司的运营参数来看，一次网实际供水温度往往大幅度低于设计温度，如设计院设计图纸时往往给一次网的供水温度设定于 110°C ~ 120°C 范围，属于高温高压热水，实际运行时温度为 90°C 左右，若按前者参数进行换热器选型计算，极易导致换热器换热面积偏小；另一方面应加强对换热器板片的清洗工作，每个供暖季结束时，组织人员清洗换热器表面的水垢等杂物，提高换热效果。

4.2 温差偏大

若一次侧温差偏大，则可能是由于一次侧流量过小，在二次侧负荷一定的情况下，一次侧流量越小则温差越大，此时应检查一次侧阀门否全开，电动调节阀开度是否合适，若电动调节阀开度太小，则应修改设置参数；若二次侧温差偏大，则表明二次侧流量过小，二次管网与末端散热器散失大量热量，回水温度过低，此时可重新设置参数，增大循环泵频率，加大二次网流量；若循环泵满负荷运转二次侧温差仍过大，则表明循环泵选型偏小，需要更换水泵。

4.3 压差偏大

供回水压差偏大最常见的原因是换热器或过滤器堵塞，此时应检查换热器进出口压力表、一过滤器前后压力表显示是否异常；二者的清洗均需暂停机组运行，进行拆洗。若非上述原因，则可能是由于管路堵塞，该问题解决较为繁琐，需逐段进行试水排除。

4.4 二次侧超压

系统初运行时，二次侧温度比较低，在补水达到定压值后，随着温度的不断提升，一方面水的体积膨胀，另一方面管道中积存的空气体积也会膨胀，二次系统的压力也会随之上升。

(下转第93页)

$$G_a = \frac{G_{ia} \times Q_{ia}}{Q} \quad (7)$$

G_{ia} 、 Q_{ia} 分别是注入系统平均重量污染度和平均流量, Q 为试验流量(即流过被测滤清器的流量)。根据公式(7), G_a 可以理解为, Q_{ia} 流量为的污染液, 与 $(Q-Q_{ia})$ 的污染度为0的理想试验油混合稀释后的浓度。在 M_m 的计算式公式(6)中, G_a 代表了试验初始时滤清器上游的污染度, G_r-G_a 与 $(G_r+G_a)/2$ 分别代表下游和上游取样点试验过程的平均污染物质量浓度。然而首先, 由于注污系统的油液与试验系统油液在油箱1中混合, 而非在管路中直接混合, 因此滤清器上游的实际污染物浓度, 并不由注污系统与试验系统的流量比值所决定。故 G_a 只是一个纯理论定义的物理量, 并非系统油液实际浓度, 以 G_a 表示试验初始时滤清器上游的重量污染度, 理论误差较大。部分研究者在研究中, 采用了将污染液与试验油液在管路中混合的方案, 此时可认为 G_a 与实际上游污染物浓度一致, 但该方案只应用在研究中, 尚未纳入标准。其次, 随试验的进行, 由于被测滤清器不可能滤除全部污染物, 下游返回的油液有污染物残余, 油箱中油液即滤清器上游油液的污染物浓度会逐步积累升高, 到试验终止时升至 G_r , 如公式(8)所示。然而, 对于下游污染物最终浓度(设为 d), 可以进行公式(9)推导:

$$G_r = \frac{G_{ia} \times Q_{ia} + d \times (Q - Q_{ia})}{Q} = \frac{G_a \times Q + d \times (Q - Q_{ia})}{Q} = G_a + \left(1 - \frac{Q_{ia}}{Q}\right) d \quad (8)$$

$$d = \frac{Q}{Q - Q_{ia}} (G_r - G_a) > G_r - G_a \quad (9)$$

故下游污染物的最终浓度大于 G_r-G_a 。考虑到这点, 计算下游取样点平均污染物浓度时, 并没有如上游取样点那样乘以 $1/2$ 。加之如前所述, 标准台架下 G_a 并非污染物的实际初始浓度, 故难以判断计算值与理论值偏差的大小关系。此外, 管路中污染物浓度与时间并非完全线性关系, 用初始重量污

染度与最终重量污染度的平均值作为整个试验过程上游污染物浓度的平均值, 也会带来理论误差。综上可知, 颗粒计数法 GB/T 35363-2017 中对纳污容量, 其计算方法只能实现近似估算, 理论误差较大, 在取样流量较大时体现尤其明显, 而称重法 QC/T 918-2013 的计算方法理论上更加精确。究其原因, 颗粒计数法只在试验开始与结束时对污染物质量浓度进行测量, 且污染液与取样都是连续的, 这些增加了理论计算表述的难度。

第二, 颗粒计数法对试验油的干净程度要求非常高, GB/T 35363-2017 中要求试验系统的油液循环后 $\geq 10 \mu\text{m}$ 的污染物浓度应小于 15mL , 这对图2所示中绝对滤清器9的要求提高, 且大大增加了试验准备时间。

第三, 颗粒计数器采用光学检测原理, 精密性要求更高, 成本相对较高。

综合而言, 颗粒计数法相较于称重法在应用方面仍具有很大优势。

2 结语

本文对称重法和颗粒计数法这两种滤清器过滤效率的标准检测方法针对真实工况和针对多级滤清器系统的两种非标准检测方法进行了介绍与分析比较。颗粒计数法比称重法更能体现当代发动机对滤清器的性能要求。此外, 颗粒计数法在过滤效率检测方面误差因素引入少, 检测更加精确。虽然颗粒计数法在纳污容量检测精度和仪器成本方面稍有劣势, 对试验油清洁程度的要求也更高, 但其相较于称重法仍具有核心的不可替代的优势。

参考文献:

- [1] 郭玉林, 方雯. 发动机排放指标的提高对滤清器过滤性能的要求[J]. 内燃机, 2009(02):44-48.
- [2] 雍兵, 郭伦. 一种高效适合国IV及国V排放的新型燃油滤清器[J]. 内燃机与配件, 2015(07):28-30.
- [3] 郁海刚. 国四排放标准的实施对燃油滤清器性能检测的影响[J]. 南方农机, 2015,46(04):66-68.

(上接第90页)

此时, 应打开二次侧系统的泄水阀进行泄压, 同时关注排气阀是否能正常排气, 及时维修更换。

5 结语

综上所述, 换热机组在供暖运行时的故障问题多种多样, 整体可分为换热器、阀门、水泵、系统温度与压力等相关四大类, 需根据故障特点进行判断, 针对性的维修。同时, 各类型故障不是相互独立的, 往往互有交叉, 相互影响, 相关人员应熟知换热机组原理与各部件位置与作用, 才能做到出现问题及时发现、及时解决。

参考文献:

- [1] 闫秀媛. 智能型板式换热机组的性能特点及应用[J]. 中国

新技术新产品, 2015(15):18.

- [2] 刘俊成. 全自动板式换热机组的设计选用[J]. 科学技术创新, 2019(6):191-192.

- [3] 邱小亮, 林创辉, 彭雨, 等. 人字形板式换热器板片结构参数对流动型式的影响分析[J]. 洁净与空调技术, 2014(4):11-15.

- [4] 张亚明, 夏邦杰, 董爱华. 板式换热器板片穿孔失效分析[J]. 腐蚀科学与防护技术, 2011,23(6):525-527.

- [5] 栗胜伟. 旋启式止回阀的改进设计方法探析[J]. 工程技术, 2020(12):139-140.

作者简介: 孟楠(1989-), 男, 汉族, 河南洛阳人, 硕士, 助理工程师, 研究方向: 板式换热器的设计与开发。