



关于大型热网加热器选型及使用过程中常见问题的一些建议

随着城市集中供热的普及发展，热网加热器在大型电厂中的应用越来越普遍，尤其在北方城市，单台 30 万及以下装机总量机组如不改供热将面临淘汰关停，供热改造和热网首站扩容项目越来越多，单台热网加热器的换热面积越来越大，单台加热器换热器面积在 1500 m² 以上的热网加热器已经很多，有的甚至单台加热器换热面积高达 3000 m² 以上。受加热器选型、设备生产厂家经验水平不以及各热电厂工况复杂多样、设备运行参数常常与设计工况不符等因素影响导致的热网加热器泄露问题给电厂设备检修带来诸多负担。热网首站的安全稳定运行关系着一个地区千家万户的采暖，是重要的民生问题。如何通过合理选型，如何根据各自实际工况做出运行调整有效避免热网加热器在供暖季发生泄露成为一个容易被忽视却又极为重要的问题。

我公司山东舜业压力容器有限公司是国内热网加热器主要生产厂家。国内首台核电机组外供热项目、国内首台百万机组改供热项目等均采用我公司热网加热器产品，同时保持着如华能济南黄台发电厂等城市核心热源点单个电厂 5000 万供热面积 14 台热网加热器连续 8 个采暖季无一根换热泄露的骄人纪录。我个人也走访了上百家热电企业与相关技术管理及热网运行人员做了大量沟通交流，分析总结了以下经验提出几点建议供大家参考。

1. 大型热网加热器换热管壁厚不易太薄。

热网加热器首站汽侧阀门受布置空间限制影响往往采用的是电动硬密封蝶阀，国产普通大口径硬密封蝶阀严密性不佳，加热器汽侧容易隔离不严，加热器上过热段换热管有时处于干烧状态。近汽侧换热管受高温蒸汽冲刷严重，很多原加热器换热管壁厚太薄仅为 1.0mm，换热管与管板焊接接触面较小，焊接强度不够，尤其是近蒸汽口侧换热管与管板焊口容易开裂泄露；新改造热网加热器选型时进气温度 200℃ 以上时，近汽侧前四排-五排换热管壁厚 < 1.5mm 其余部分换热管壁厚 < 1.2mm。对于单台换热面积 1000 m² 以下的热网加热器选型时，为了提高疏水冷却段换热效率，疏水冷却段换热管（管板下半部）换热管壁厚也可选用 1.0mm 壁厚。很多朋友会考虑增加壁厚会影响传热效果，这个担心没有必要，首先专业厂家选型一般都留有足够余量，只要换热面积重充足完全没必要担心加热器出力不足。另外为了提高疏水换热效果有效降低疏水问题，还可以考虑加热器做内置包壳设计，提高蒸汽的利用率。我公司有相关节能型热网加热器设计专利，目前这种设计已得到广泛应用，节能效果明显，实际运用案例中下端差仅为 2℃，效率高、节能效果显著。

2. 热网加热器应尽量选用焊管而没必要选用无缝管。

热网加热器的应用是伴随着城市集中供热的广泛普及，而老的加热器设计参照标准往往是针对锅炉用无缝钢管的并没有结合小口径焊管技术发展情况，设计院为用户提供的招标采购技术规范书也往往是套用了原来其他项目的技术规范要求。实际上较早的加热器用管一般采用的换热管壁厚在 2.0mm 甚至更厚，而现在随着不锈钢换热管的大量应用、低价中标采购办法的普遍性，如果招标技术规范书没有对换热管壁厚做规定的情况下，换热管选型越用越薄，有的甚至低于 1.0 壁厚。不锈钢无缝管是以不锈钢钢胚为原材料采用冷拔工艺加工成型。钢胚质量很难保证不说，换热管壁厚越薄工序越多，加工周期越长，工艺越难掌握换热管壁厚的均匀程度，换热管承压能力也就无从保障。1.0mm 壁厚下的无缝管国内没有几家能保障换热管的生产质量，甚至根本不生产。不锈钢焊管是以大型钢厂不锈钢钢带为原材料，如宝钢、太钢、浦项钢铁生产的成品基料钢带厚薄均匀，材质均匀，利用高频激光焊机一次性连续焊接，在线成型在线探伤，工艺已经非常成熟，焊口质量完全可以保障，加工周期和

造价也大大降低。从我所知道的行业内热网加热器泄露案例来看，没有一例是因为不锈钢焊管焊缝开裂导致的，目前选用不锈钢焊管的热网加热器也实际是热网加热器选型的主流，只要选用热网加热器焊管专业生产厂家的产品完全可以保障换热管质量。如常州法力诺焊管、江苏迈尔斯通、浙江久立特材等换热管生产厂家的产品质量都是可以得到保障的。

3.大型热网加热器不易采用 U 型管形式。

U 型管热网加热器虽然可以有效避免由于加热器筒体材料与换热管材料材质不同带来的膨胀量不同对管板焊口的胀裂或者拉裂，但热网循环水水质无法得到保障时热网加热器不易采用 U 型管形式。国内热网循环水系统往往失水量较大，完全采用除盐水代价太高不太现实。尤其新管网接入时往往管道冲洗不彻底甚至为赶工期不进行冲洗吹管，热网首站虽然设置有除污装置仍不能避免管道中的泥沙焊渣等进入加热器，附着在换热管表面，换热器换热效率降低，换热器管内流速也发生较大变化。如果加热器采用 U 型管设计，加热器结垢堵在 U 型弯处极难清洗，换热器管内流通面积减小，管内流速增大，造成加热器管束运行过程中产生振动，这种振动一是可以造成换热管与支撑板之间的摩擦，也会使换热管与管板焊口处于长期疲劳状态。所以个人认为热网加热器更应该多采用直管双端固定管板型式的热网加热器，但为了保证由于筒体与换热管材质不同带产生膨胀量能被吸收，加热器选型应设置膨胀节。

4.热网加热器的管板尽可能采用爆炸复合管板。

早期热网加热器选型时有很多加热器换热管采用的是碳钢管也有采用铜管的，管板采用的 16Mn 锻件，现在热网加热器主流设计以不锈钢换热管为主，根据循环水中氯离子含量高低可选用不锈钢 304、不锈钢 316L，氯离子含量特别高的还有可能需要选用钛合金不锈钢管以避免水质差腐蚀换热管，但很多技术规范没有对管板的材质选择进行明确要求，直接要求了 16Mn 碳钢锻件。换热管与管板的焊口是碳钢与不锈钢的直接焊接，这样一来虽然不锈钢管不会被腐蚀，但碳钢管板就很容易被腐蚀，焊口质量同样得不到保障，容易发生泄露。建议加热器管板采用复合管板，基层材料可以采用碳钢 16Mn 锻件，复合层材质与换热管同材质，复合层厚度不低于 6mm。

5.热网加热器一般设有两个进汽口。

热网加热器设置两个进气口主要是因为热网加热器换热管，筒体较长，分别设置两个进汽口，双端同时进汽可以让进汽均匀，避免加热器单端过热导致热应力释放不均衡。另外现在电力生产系统供热扩容改造方式多样，汽源参数不一，在这里提醒大家但凡有条件尽量不要把热网加热器用汽管道和其他系统尤其是小汽轮机用汽管道设置为同一根母管；同时要避免同一台热网加热器两个进气口同时进气的压力、温度等参数差异较大。比如热网抽气供热和小机排气的供热不应共用同一台热网加热器，一方面小机排气参数较低是接近微负压的乏汽，如与高参数抽气同时进同一台热网加热器小机排气很难被消化利用进而影响小机运行。

6. 需要根据实际工况和外网负荷需求通过调整疏水液位针对性调整加热器运行状态。

电厂热网运行人员本身按照运行规程来运行热网加热器本身没有错，但热网运行特点和主机系统运行有着很大的区别，主机设备的运行是变负荷的同时变流量，但热网加热器的运行方式往往是变负荷的时候流量没有大的变化，只是通过调整蒸汽进气量调节出水温度进而调整运行负荷。热网加热器的选型是按照设计院或者业主给定的工况选型，供回水温度往往按 50℃ -110℃，60℃-120℃或者 70℃-130℃选型是按照满负荷状态，汽侧管口入口设计流速在 40-50m/s。热网加热器的运行在采暖季一般分为三个阶段：投运初期、极寒期、供

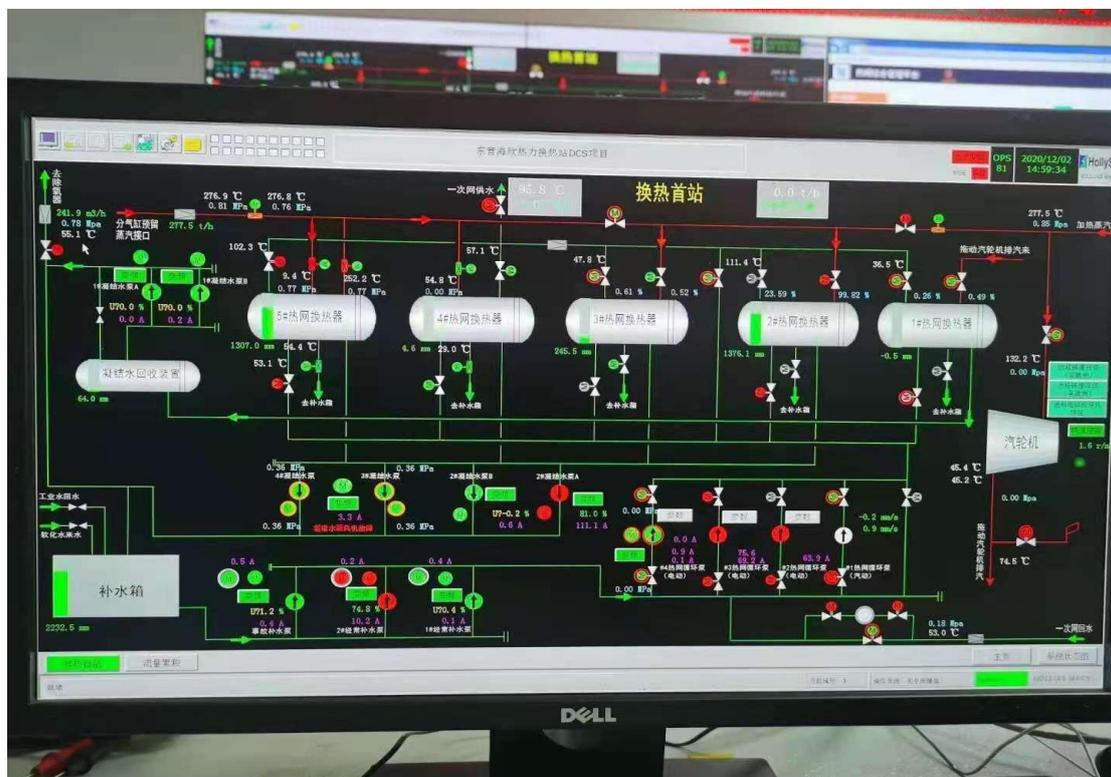
暖末期。热网加热器投运初期外网热负荷需求往往达不到设计需求，多数电厂供热首站存在进气压力低于给定工作压力，供回水温度及换热两也远低于设计值与设计工况偏离较大。实际运行时电厂是根据下游热力公司需求进行调度。汽侧阀门开度很小，大马拉小车，有的阀门开度还不足 25%，进气口阀门蒸汽节流现象明显，此时蒸汽以斜吹紊流状态进入加热器同时因为阀门开度小、蒸汽量小而换热面积过大，蒸汽沿防冲板两侧进入加热器后瞬间扩容冷凝。此时的汽侧压力接近负压，经计算蒸汽流速高达近 200 m/s。此时加热器汽侧噪音较大让人难以忍受。因为换热管与支撑板之间有一定间隙，高流速的蒸汽对进汽口两侧的换热管带来强烈冲蚀，并引发高频振动，损伤换热管最终导致换热管或换热管与管板连接焊口破裂，极大的危害热网系统安全稳定运行。鉴于以上情况，强烈建议热网运行人员要根据自身热网系统情况做出针对性的运行调整，尤其是不能用固定思维完全按照厂家或者设计院最初提供的疏水液位定值运行。根据供暖初期、极寒期、供暖末期的负荷变化特点，在初期和末期要尽可能的提高疏水液位，找到既能维持出水温度，又尽可能可以让进气调门全开的液位值点，最大限度减小来汽和加热器内部的压差避免微负压运行，进而减小蒸汽进入换热器的流速，避免加热器换热管系的强烈高频振动，同时使疏水畅通。

由于个人资历有限，理解不对不足之处还望朋友们提出自己的看法。



山东舜业压力容器有限公司
张锋 18325411666
扫描左侧微信二维码添加微信
申请加入神州热电、天下热力、
设计圈技术交流群！

后附：部分用户使用证明



用户证明

东营海欣热力供应有限公司采用舜业专利产品节能型热网加热器，已安全稳定运行两个采暖季。疏水液位调节至高高液位 1300mm，低噪音运行。加热蒸汽进汽压力 0.8Mpa，温度 275℃，供暖回水温度 53.1℃时，疏水温度 55.1℃。热网加热器端差在 2℃左右运行，节能效果明显！

东营海欣热力供应有限公司

2021年4月28日



用户使用证明

我公司华能济南黄台发电有限公司自 2013 年 11 月相继采购使用山东舜业压力容器有限公司汽水热网加热器共计 14 台套，设计供热面积 5300 万 m²，截至目前汽水热网加热器未出现任何管束泄漏等异常，运行时间最长的汽水换热器已连续安全稳定运行 8 个采暖季，所有设备各项运行指标达到或优于设计要求，舜业公司汽水热网加热器产品使用安全、质量可靠！

华能济南黄台发电有限公司策划部

2021 年 5 月 5 日



用户使用证明

我公司华能威海发电有限责任公司自 2013 年以来先后采购山东舜业压力容器有限公司热网加热器共计 12 台套, 供热面积 1600 万平方米, 截至目前未出现换热管泄漏, 各项运行指标达到或优于设计要求, 连续 8 个采暖季安全稳定运行。

山东舜业公司产品质量可靠, 用安全、可靠的运行事实证明舜业品质, 值得信赖!

华能威海发电有限责任公司生产部

2021 年 5 月 5 日

