

330MW 火电机组深调期间高加超温异常分析及处理措施

田肖

国能宁夏石嘴山发电有限责任公司，宁夏省嘴山市，753200；

摘要：2020 年 9 月，我国明确提出 2030 年“碳达峰”与 2060 年“碳中和”目标，能源加快向绿色转型，清洁电量的优先消纳必然挤占煤电发电量空间，为确保供电稳定和清洁能源消纳，进一步挖掘火电机组的调峰潜力势在必行。本文针对某 330MW 火电机组在深调改造期间出现的高加超温异常情况进行分析并提出针对性的处理措施。

关键词：火电机组；深度调峰；高加超温；压力容器

DOI：10.69979/3060-8767.24.05.019

引言

高加是一种利用汽轮机抽取蒸汽来加热锅炉给水的装置，可提高电厂的热效率、节约燃料，并有助于机组的安全运行。根据热力学第二定律，热量会自发地从高温物体转移到低温物体。高压加热器为表面式加热器，利用换热管作为传热面，将汽轮机抽取的蒸汽引入加热器壳内，在管外为热交换面，管内流动着给水。当蒸汽凝结放热时，释放的热量通过金属管壁传递给管内的给水，增加给水的温度。高加被分为三个部分：第一部分是过热蒸汽冷却段，利用过热的蒸汽加热即将离开该部分的给水，使得给水的出口温度进一步升高；第二部分是饱和蒸汽凝结段，是加热器的主要传热区，蒸汽在此释放大量的汽化潜热并凝结成饱和疏水，极大地提高了给水的温度；第三部分是疏水冷却段，饱和疏水在设备底部积聚，并在压差作用下进入疏水冷却段。在此段中，饱和疏水再次释放热量，加热新进入高加的给水，完成第三次传热过程。

某火电厂配置两台 330MW 火电机组，高加系统配置 3 台压力容器，一段抽汽（自高压缸来）至#7 高加，二段抽汽（自

中压缸来）经#6 高加外置式冷却器后到#6 高加换热。三台高加均立式安装，#6、7 高加为杭州锅炉厂生产，#6 高加外置式冷却器为四川川锅生产，壳程设计压力 2.5MPa，温度 470℃；管程设计压力 27.5MPa 温度 310℃；筒体材质为 13MnNiMoR，换热管材质为 SA-556M Gr. C2。

1 事件经过

该机组蒸汽冷却器机组正常 50%负荷运行时，#6 高加进汽温度在 229℃（175MW），当机组进入 30%及以下深调时，#6 高加进汽温度开始逐渐升高，出现超温现象，深调 40 分钟后，#6 高加进汽温度超过 270℃，最高上至 438℃，就地测#6 高加进汽管道壁温 386℃。机组开始加负荷后，#6 高加进汽温度开始逐渐降低，负荷未达到 235MW 以上时，#6 高加进汽温度始终保持在 370℃左右，机组负荷带至 235MW 以上后，#6 高加进汽温度开始迅速下降至正常值。

通过调取机组运行曲线参数发现，#1 机组 30%及以下负荷深调时，外置冷却器水侧出入口温差为 0.5℃，给水流量为 259t/h，低于热力平衡图原则系统对应流量 273t/h，20%负荷时外置冷却器水侧出入口温差为 0.17℃，给水流量仅 197t/h。

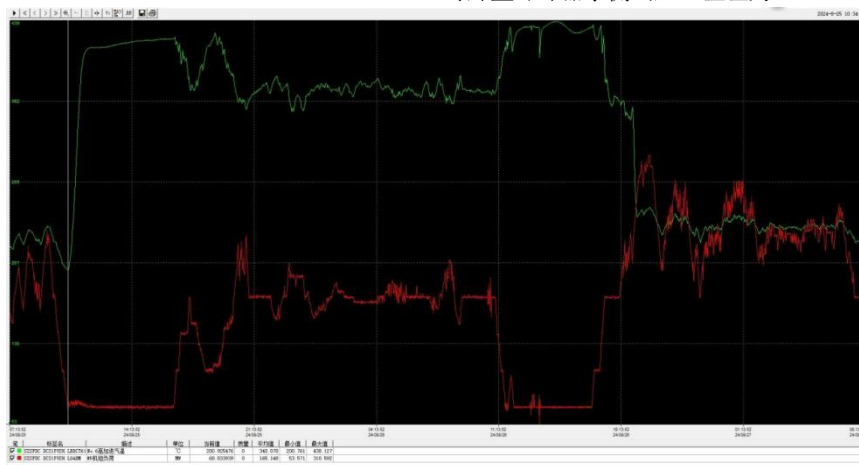


图 1：#1 机组负荷与#6 高加进汽温度曲线

2 原因分析

根据以上数据,对照原则性热力系统图各负荷参数,发现深调时各负荷段给水流量、#6 高加进汽温度及水侧进出口温升、#6 高加外置冷却器水侧温升均偏差较大,具体分析如下:

1. 外置冷却器水侧温升小:机组在减负荷调整过程中,给水流量也逐步下降,当负荷低于 235MW 时,给水流量明显下降,当负荷下降至 30%负荷时给水流量降至 259t/h,在给水流量下降过程中,此时因外置冷却器是立式布置,U 形换热管在给水流量减小到一定程度后因抽汽温度压力未变,导致换热管中的水被过热汽化,聚集在换热管内形成汽阻,引起外置冷却器水侧给水短路,从节流孔板直接流出,汽侧换热较小,从而造成外置冷却器给水进出口温差小。

2. #6 高加进汽管道壁温高:外置冷却器水侧换热管形成汽阻后给水换热管流量降低,汽侧几乎没有换热,导致外置冷却器汽侧温降小,造成#6 高加进汽温度高,水侧进出口温升增大。

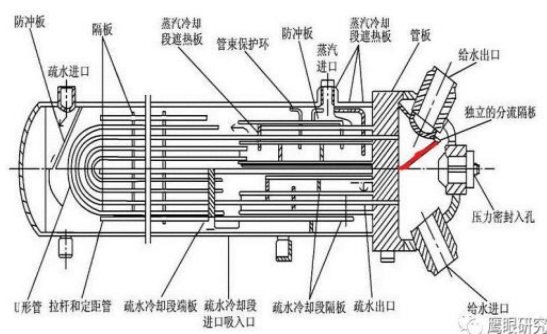


图 2: #6 高加外置冷却器结构

3. 与蒸汽冷却器高压给水相连的高压加热器设备直径 DN1500,为满足进入蒸汽冷却器的给水流速不至于太高,在蒸汽冷却器水室分水隔板上开一个孔,使进入蒸汽冷却器的部分水不流过换热管换热,在高负荷和中负荷时进入蒸汽冷却器换热管给水流量能满足换热要求,蒸汽降温满足要求,低负荷由于隔板开孔处流速降低,大部分水流量直接流过隔板开孔,不能经过换热管,低负荷时蒸汽冷却器出现蒸汽侧超温现象。

通过以上原因分析,认为造成#6 高加进汽超温、外置冷却器水侧出入口水温差小的原因,主要是机组深调时给水流量与高加的抽汽压力严重不匹配造成。

针对机组深调时给水流量与高加的抽汽压力严重不匹配的情况,结合外置冷却器结构,该设备水侧水室设置分水隔板,隔板上为节流孔,节流孔开孔尺寸是厂家按照 50%负荷

以上运行工况下设计制造的,负荷低于 30%后给水流量降低,水流经节流孔直接流出外置冷却器,未经过换热管换热,造成#6 高加进汽侧出现超温。

3 处理方案

外置冷却器原有分水隔板节流孔开孔面积过大,不能适应深调负荷下的给水流量,为保证满足深调负荷的需求,且最大限度兼顾机组高负荷运行时给水温度温升需求,需重新设计分水隔板开孔面积。

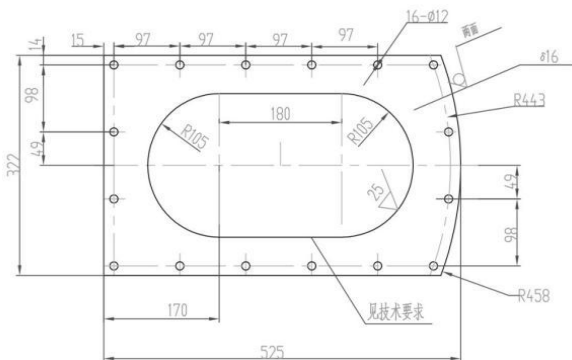


图 3: 原有分水隔板及节流孔尺寸 (mm)

原有分水隔板开孔面积为 72418.5mm²,根据外置式冷却器各负荷阶段运行工况、给水流量等运行参数,结合高加设计尺寸、材质等设计制造参数,综合测算分水隔板开孔缩小至 25709mm²,即在管板上开一个直径 185mm 的圆孔。

4 高加运行管控措施

4.1 高加的投入及退出

高加具有两种启动方式:一是随机启动,也称为冷启动,当给水品质符合要求时,启动给水系统后,当主机负荷达到 10% (高中压缸联合启动) 时即可投入运行;另一种是在主机正常运行时,高加维修完成后再次投入使用,称为热启动。通常情况下,高加应选择随机启动。高加停运时,应按照“从高到低的抽汽压力”顺序逐台停止高加的运行。在退出运行过程中,操作应缓慢进行,避免出现压力突然上升的情况。必要时,可以解除给水的自动控制,减少给水流量以避免压力超过限制。同时,要监控给水温度的变化,并及时调整中间点

4.2 投退注意事项

1. 在启动高压加热器时,应首先投入水侧,然后再投入汽侧;在停止运行时,则应先停止汽侧,再停止水侧。高压加热器在给锅炉上水时应先投入水侧,完成低压下注水后再进行投运。

2. 高加通常应该按照随机组合启动和停止的原则操作, 如果由于某种原因不能按此操作时, 应按照“抽汽压力由低到高”顺序逐台启动各台高加; 而在停止运行时, 则应按照“抽汽压力由高到低”顺序逐台停止各台高加。

3. 绝对禁止有泄漏现象的高压加热器投入运行。

4. 高压加热器在投运前, 必须确保水位计正常运行, 报警信号和保护装置能够正常触发。

5. 只有在给水水质符合要求的情况下, 才可以启动高加系统。

6. 高加启动过程中, 需要控制出口水温的变化率不超过 $3^{\circ}\text{C}/\text{min}$; 而停运过程中, 应控制出水温度的变化率不超过 $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

4.3 高加的经济运行措施

1. 在运行过程中, 应确保加热器进汽压力、温度、出水温度、疏水温度等参数均正常, 并与机组负荷相匹配。

2. 定期检查加热器、抽汽管道、疏水管道是否有泄漏、振动或冲击现象。

3. 经常监测并核对加热器的疏水端差, 高、低加的疏水端差应在 $5\sim 6^{\circ}\text{C}$ 左右, 如果发现端差增加, 应及时分析原因并采取处理措施。

4. 关注机组负荷与加热器疏水调整门开度的关系, 若负

荷恒定而疏水调节门开度增加, 可能意味着加热器钢管泄露。

5. 关注高加的正常疏水调节门开度, 如果发现随着运行时间增长, 门开度增大, 则可能说明正常疏水门被堵塞, 需要隔离清理以保证机组效率。

6. 保证给水质量, 预防高加水侧主管道和抽汽管道结垢。

7. 定期校验就地水位计与 DCS 水位计是否一致, 以防止 DCS 水位计指示不准确导致过度调节或保护误动。

5 结束语

引入回热加热系统是提高汽轮机组运行经济性的重要手段之一。回热加热系统的可靠运行和性能表现直接影响整套机组的经济性, 而加热器的投运率则是关键经济指标之一。面对机组深度调峰、负载快速响应等要求的提高, 也对火力发电设备的安全性提出了更高的要求。

参考文献

- [1] 刘宇. 火电厂集控运行技术的相关问题分析[J]. 当代水电科技, 2024, 1 (2)
- [2] 王宇. 浅析火电厂锅炉运行控制与故障预防[J]. 当代水电科技, 2024, 1 (2)
- [3] 艾波. 发电厂集控运行技术研究[J]. 当代水电科技, 2024, 1 (2)