机组改造后锅炉再热器出口蒸汽超温的应对策略

曾恕钢，黄宇星

（四川川润动力设备有限公司，四川自贡643000）

摘要：为满足生产经营需求，对两台600MW的超临界燃煤直流锅炉机组进行抽汽供热改造，但锅炉再热器出现出口蒸汽超温的问题，增加减温水的使用量、降低再热器侧烟气挡板可调节的余度，机组安全稳定运行的隐患增大。利用不锈钢板包裹低温换热器受热面管子的方式对其进行改造，在负荷相近的情况下可以有效降低减温水的使用量、提升再热器侧烟气挡板可调节的余度、有效控制锅炉再热器出口蒸汽超温现象，大大提升机组的供热抽汽能力。

0引言

某热电公司一期发电机组为两台600MW的超临界燃煤直流锅炉[1]。该锅炉型号为HG-1913/25.4-Ym ^{3}，为单炉膛结构，采用将汽轮机高压缸排汽引入一级再热器加热，然后返回至汽轮机中压缸内继续做功的一次再热方式。机组锅炉利用Π形布置方案，采用全钢架构、全悬吊结构进行露天布置，锅炉排渣采用固态排渣的方式。

由于生产经营的需要，对该机组进行高中压抽汽供热改造，改造后的主蒸汽管道、热段再热蒸汽管道和冷段再热蒸汽管道的抽汽供热设计供热量分别为120t/h、200t/h、120t/h。改造后的抽汽供热同时发生在主蒸汽管道处和冷段再热蒸汽管道处，导致在额定工况下锅炉的燃煤量增加、再热系统内的蒸汽流量降低，锅炉炉膛出口处的烟气温度出现上升现象，进而导致再热器出口蒸汽的温度超过原有的设计值。为保证锅炉的供热满足使用需求、锅炉稳定安全运行，需要对再热器系统进行蒸汽温度降温改造。

1应对锅炉再热器出口蒸汽超温现象的改造方案

1.1改造前运行状况分析

经抽汽供热改造后，2×600MW超临界燃煤直流锅炉机组在抽汽工况下，采用同时对锅炉主蒸汽管道、再热器热段管道和再热器冷段管道进行抽汽的方式进行供热[2]。在实际运行时，通过对机组数据以及运行方式的采集得知，主蒸汽管道以及再热器冷段管道的抽汽量最大可达到200t/h，对比额定工况下再热器的蒸汽流量，最大抽汽量占比可达到13%。在该抽汽供热情况下，再热器内的蒸汽流量急剧减少，再热器侧的烟气调节挡板在使用时开度仅为5%、已处于几乎全关的状态，不存在可调节的余量。为保证运行的稳定与安全，使用减温水对再热器进行减温调节时，调节水的水阀已经全部打开，在满负荷的情况下，减温水的用水量巨大、已达60t/h，此时已无法再采取相应的措施对再热器蒸汽温度进行进一步调节。并且在部分工况下，在高温再热器中再热器的部分合金钢金属管子的温度过高，存在超过设计温度的超温现象，为再热器运行带来了严重的安全隐患[3]。

为解决超温现象的出现，保证机组的安全运行，通过对锅炉进行多方的调研、设计与论证，拟改造设计方向为阻隔立式低温再热器吸热，即对立式低温再热器进行改造，在其外部增设不锈钢板，用不锈钢板对立式低温再热器进行包裹，降低立式低温再热器的吸热量，从而通过对吸热阻隔减少立式再热器蒸汽温度的上升。同时，可以减少再热器侧烟气挡板全关的现象，提升其开度，并可以有效降低降温调节用水的水量，从而保证和提高机组锅炉在运行时稳定性、安全性以及经济性。锅炉再热器系统设计及运行参数表见表1。

表 1　锅炉再热器系统设计参数

参数		主蒸汽流量/(t/h)	再热器进口蒸汽流量/(t/h)	再热器减温水量/(t/h)	再热器侧烟气挡板开度/%
锅炉最大连续出力工况		1912	–	0	33.6(烟气比例)
锅炉额定工况		1784	–	0	38.7(烟气比例)
75%最大连续出力工况		1433.6	–	0	55.7(烟气比例)
实际工况运行参数	602 WM	1745.7	–	65.9	5.0
	480 MW	1390	1316.8	60.96	5.5
	440 MW	1268	–	65.4	–

1.2改造方案可行性

立式低温再热器的结构为对流式受热面，其主要利用对流的方式进行换热，通过加装不锈钢板对其进行包裹后，利用不锈钢板的阻隔可以有效降低立式低温再热器的换热能力，不锈钢板包裹住地再热器管屏的换热途径减少，仅能够通过接触导热的方式进行换热，并由于不锈钢板的包裹，接触导热的方式也受到阻碍[4]。立式低温再热器在改造前的设计换热面积为794.7㎡，换热不受阻隔，换热面积占比为100%，在进行不锈钢包裹改造后，立式低温再热器的换热面积降低为388.9m ^{3}，由于受到不锈钢的包裹，换热面积占比由原有的100%降低至49%。

根据超临界燃煤直流锅炉原设计方案，在额定工况下立式低温再热器工作介质的温度升高指标约为230°C。在采用不锈钢包裹改造方案后，立式低温再热器的换热面积占比为49%。即可等同于换热能力为改造前的49%，通过对热力数据以及指标进行计算可知，对比改造前立式低温再热器工质温升30°C，改造后立式低温再热器工质温升降低约为14°C，对比改造前立式低温再热器减温水量60t/h，改造后立式低温再热器减温水量可降低25t/h，不影响高热再热器出口的蒸汽温度。通过不锈钢包裹改造后，解决了减温水最大化使用以及再热器侧烟气挡板最大化关闭的问题，因此为这两种调节手段留出了可调整的空余，即可通过这两种调节方式进一步对再热器出口蒸汽温度进行控制，解决再热器出口蒸汽温度超温问题。

1.3具体改造方案

根据2×600MW超临界燃煤直流锅炉机组的实际运行情况可知，由于进行抽汽供热改造后，满足供热需求时抽汽量较大，使得再热器侧烟气挡板已接近全关，进一步调节的余量不大，并且需要减温水阀全开，使得再热器所需的减温水流量过大，因此为再热器安全、稳定的运行埋下隐患，在低负荷工况下机组出现安全问题的风险更大。考虑到热段再热蒸汽管道抽汽不会对锅炉的运行产生影响以及立式低温再热器的换热方式以及布置形式，此次改造的方向为最大限度遮挡立式低温再热器受热面、阻断换热途径，从而实现降低再热器换热能力、控制再热器温度的目的。

为保证立式低温再热器的完整性以及能够稳定运行，此次改造不改变其现有结构，利用现有的设备附件及设备结构，将不锈钢板固定在立式低温再热器上，包裹与覆盖再热器的受热面合金钢管，进而降低再热器对流换热的能力，实现控制再热器温升的目标。考虑到经济性以及立式低温器在各负荷情况下的最高温度，改造使用的包裹不锈钢板材料选择06Cr19Ni10[5]，可以满足最高温度不超过760°C的使用需求。

本次改造过程中，对立式低温再热器受热面管子的包裹范围为：以最上方立式低温再热器出口弯头和最下方管屏的变节距弯头结构作为包裹边界，对包裹边界以内的受热面管子进行包裹，包裹部分高约5300mm。由于包覆管套与立式低温再热器受热面管子之间存在一定空隙，为了防止飞灰等杂物落入、造成设备运行的安全隐患，需要对受热面管子包裹部分的顶端进行密闭处理。密闭时采用防火保温棉对顶端进行封堵，封堵长度约为300mm。

2改造效果对比与分析

在对低温再热器受热面管子进行不锈钢包裹改造后，经过现场的调试，在锅炉稳定抽汽供热运行下，对改造前后的锅炉运行参数进行了统计（表2）。

表 2　改造前后机组运行参数

项目	实际工况/MW	主蒸汽流量/(t/h)	再热器进口蒸汽流量/(t/h)	再热器减温水量/(t/h)	再热器侧烟气挡板开度/%
改造前	587	1 715.3	1 602.8	66.4	5.5
	485	1 389.1	1 316.2	60.96	5.5
改造后	571	1 677.17	1 665.95	39.22	20.21
	508	1 524.29	1 342.33	53.23	19.3

为验证改造效果，对比主管道蒸汽流量相近、即负荷相近的工况下改造前后的效果。

（1）在改造前，实际工况为587WM时，主蒸汽流量为1715.3t/h，改造后实际工况为571MW时主蒸汽流量为1677.17t/h，两者负荷相近；改造前再热器进口蒸汽流量为1602.8t/h，计算抽汽量为112.5t/h，改造后再热器进口蒸汽流量为1565.95t/h，计算抽汽量为111.22t/h，两者抽汽量接近，可视为相近负荷，从而用于改造效果的对比。经对比可知，改造后再热器减温水流量为39.22t/h，对比改造前66.4t/h的流量减少27.18t/h，改造后再热器侧烟气挡板的开度为20.21%，比改造前的5.5%开度增加了14.71%。通过负荷相近情况下、抽汽量相近情况下的对比可知，此次改造有以有效降低再热器减温水流量、提升再热器侧烟气挡板的开度[6]，可显著改善此部分的运行情况。

（2）改造前，实际工况为485WM时，其主蒸汽流量为1389.1t/h、再热器进口蒸汽流量为1316.2t/h、抽汽量为73.9t/h，此时地再热器减温水量为60.96t/h，烟气侧挡板开度为5.5%。在改造后，实际工况为508WM时，其主蒸汽流量为1524.29t/h、再热器进口蒸汽流量为1342.33t/h、抽汽量为182.59t/h，此时地再热器减温水量为53.23t/h，烟气侧挡板开度为19.3%。在相近再热器减温水量的情况下，可知改造后的烟气侧挡板开度要优于改造前，且抽汽量要远大于改造前，因此可知改造可显著提升超临界燃煤直流锅炉机组的供热抽汽能力[7]。

因此，本次通过包裹不锈钢板对机组再热器系统进行蒸汽温度降温改造的方式，可使得机组在满足抽汽供热需求下，明显优化机组安全稳定的运行情况。

3结束语

由于供热需求的增加，对机组进行抽汽供热改造，致使锅炉再热器出口蒸汽出现超温现象，为机组的稳定运行带来一定安全隐患。利用不锈钢板包裹立式低温换热器的受热面管，可以减少对流换热的途径、削弱换热器的换热能力，进而有效控制换热器温升现象，解决锅炉再热器出口蒸汽超温的问题。该改造方案没有损坏低温换热器设备的整体性，可随时拆除、恢复，为机组锅炉的安全生产与稳定运行提供保障。

参考文献

[1]陈爆.660MW超临界燃煤直流锅炉运行效率的影响因素及对策[J].建材发展导向（上），2018，16（2）：7-8.

[2]郑飞，陈晓利，高继录，等.抽汽供热机组深度调峰灵活性改造技术研究[J].汽轮机技术，2021，63（2）：144-146，150.

[3]王永启.减温水过量对锅炉运行的影响[J].中国化工贸易，2018，10（1）：200.

[4]赵炜炜，楼玉民，彭以超，等.超超临界锅炉低温再热器垂直段频繁爆管原因分析[J].热力发电，2020，49（2）：121-126.

[5]罗敏.06Cr19Ni10高压不锈钢管热弯曲及装焊工艺[J].中国重型装备，2022（3）：43-46，51.

[6]彭晓军.锅炉尾部烟气热能阶梯利用系统控制策略研究[J].特种设备安全技术，2022（1）：21-22，33.

[7]陈啸，李国庆，刘利.基于EBSILON对某汽轮机组抽汽供热方式的比较研究[J].山西电力，2022（3）：55-59.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/208620.html