

电厂高压加热器疏水系统改造及应用研究

袁明新

辽宁大唐国际新能源有限公司锦州热电分公司, 辽宁 锦州 121000

DOI: 10.61369/SSSD.2025070019

摘 要 : 高压加热器疏水系统能回收高压缸抽汽热量提升给水温度, 降低蒸汽发生器传热管温差, 是电站的重要疏水装置。但是, 传统的疏水系统在切缸运行、负荷波动、深度调峰等复杂工况下往往存在管束易泄漏、换热效率不足等问题, 难以充分满足使用需求。所以, 本文以锦州热电分公司2号机3号高压加热器改造项目为研究对象, 探究提高系统性能和电厂的整体运行效率的具体措施, 为同类高压加热器的节能改造提供参考与借鉴。

关 键 词 : 高压加热器; 换热管束改造; 深度调峰; 泄漏防护; 检修

Research on Reconstruction and Application of High-Pressure Heater Drainage System in Power Plant

Yuan Mingxin

Jinzhou Thermal Power Branch of Liaoning Datang International New Energy Co., Ltd., Jinzhou, Liaoning 121000

Abstract : The high-pressure heater drainage system can recover the extraction heat of the high-pressure cylinder to increase the feed water temperature and reduce the temperature difference of the heat transfer tube of the steam generator, which is an important drainage device in the power station. However, the traditional drainage system often has problems such as easy leakage of tube bundles and insufficient heat exchange efficiency under complex working conditions such as cylinder switching operation, load fluctuation, and deep peak regulation, which are difficult to fully meet the usage requirements. Therefore, this paper takes the reconstruction project of No. 3 high-pressure heater of Unit 2 in Jinzhou Thermal Power Branch as the research object, explores the specific measures to improve the system performance and the overall operation efficiency of the power plant, and provides reference for the energy-saving reconstruction of similar high-pressure heaters.

Keywords : high-pressure heater; heat exchange tube bundle reconstruction; deep peak regulation; leakage protection; maintenance

引言

电厂高压加热器疏水系统的主要作用是排出高压加热器内蒸汽冷凝水, 维持设备正常运行, 属于回热循环环节, 其性能很大程度上决定着电厂整体运行效率^[1]。所以, 本文以锦州热电分公司2号机3号高压加热器改造项目为例就相关问题展开研究, 提出此类高压加热器的节能改造方案。

锦州热电分公司2号机3号高压加热器因长期运行导致换热面积不足、管束腐蚀, 所以设备在深度调峰等变工况下频繁出现泄漏问题, 急需需要基于原有外壳及水室提出新的改造方案, 以增加系统运行稳定性^[2]。本文尝试通过更换换热管、管板, 和优化内部结构对系统进行改造, 提高其换热面积。经过改造之后, 系统换热面积从726 m²增加到910 m²; 进行性能与水压试验, 测试结果达到安全标准和设计参数要求。这说明本文提出的改造方案能够实现对系统内部部件的高效改造, 具有借鉴与实践价值。

一、改造优化内容概述

本项目基于锦州热电分公司原1号机组已经拆除的同型号3号高压加热器进行改造, 改造部位主要包括该高压加热器的封头、

水室、筒体、外壳等; 改造措施主要包括改造并更换折流板、挡板、隔板、换热管、管板等; 改造目标目标为恢复高压加热器的出力, 使其能够在高低旁供热、低压缸切缸、机组旋转备用抽调、负荷频繁波动以及机组深度调峰等多变、复杂运行工况下无

泄漏、稳定运行；改造之后需要保证接口尺寸、各项参数与原有的3号高压加热器相匹配，没有异种钢焊接，安全性能与使用性能不低于原有3号高压加热器。

二、改造优化预期效果分析

（一）提高设备运行稳定性

改造之后，疏水系统的水位控制更加精准，水位波动明显减小，能够有效避免因水位过高或过低对高压加热器造成的损害，延长设备的使用寿命^[3,4]。同时，系统的调节更加连续和灵敏，能够快速响应工况变化，保证高压加热器在不同负荷下都可以稳定运行^[5,6]。

（二）提升能源利用效率

优化后的疏水回收方式和余热利用措施更加完善，实现对疏水热量的更充分回收和利用，以提高电厂的能源利用效率；减少蒸汽发生器的热负荷，降低能源消耗，从而降低发电成本^[7,8]。

三、设备改造后设计技术参数

表1 设备改造后设计技术参数

序号	名 称	单 位	参 数	
			管 程	壳 程
1	设备型号		JG-910	
2	容器类别		Ⅲ类	
3	工作压力	MPa	22.59	1.7
4	设计压力	MPa	28.5	2.07
5	工作温度 进 / 出	℃	195	440/205
6	设计温度	℃	215	470/215
7	介质		软化水	蒸汽 / 疏水
8	介质流量	t / h		
9	主要受压元件材料		SA556-C2	P355GH
10	名义厚度	mm	90 (封头)	18/16
11	焊接接头系数 (封头 / 筒节)		1	1
14	换热面积	m ²	910	
15	换热管牌号		SA556-C2	
16	换热管规格	mm	φ 16x2.2	
19	设备净质量	kg	~ 29200	

四、改造部件主要受压元件

表2 改造部件主要受压元件

序号	部 件 名 称	材 质	采用标准	备 注
1	管板	20MnMoIV	NB/T47008	
2	换热管	SA556-C2	SA556M	
3	壳体筒节	Q345R	GB/T713	

五、主要受压零部件改造方案

（一）对原设备返厂进行解体

本项目仅更换管束，保留原设备其它部件作为旧用，其具体操作步骤如下：首先，排空高压加热器内介质，进行泄压、降温处理，拆除与管束连接的疏水管路、阀门及固定装置，标记好各部件位置与连接方式，将旧管束从管板上拔出；其次，对旧用部件中的壳体椭圆封头、壳体筒节、人孔自密封部件、进出水接管、管箱球形封头、进汽接管以及管板等主要受压元件的材质进行复检，确认其合格之后作为旧用^[9]。

（二）管束改造部分

综合分析原设备壳体内部空间和运行工况，结合分析结果进行最大换热面积改造，其操作方案如下：（1）重新调整管板布管区，将管束的实际有效换热面积从726 m²扩充到910 m²；（2）为原有管束增加加强装置，提升其性能；（3）优化管束和壳体套装的工艺结构，提升其生产操作性；（4）优化疏冷段和过热段的包壳结构，同时扩大疏冷段和过热段换热面积^[10]。通过上述措施改造管束，旨在增加系统的有效换热面积，提升其换热性能，使其更好地满足制造加工环节的需要。

（三）管箱改造部分

在进水管箱增加整流结构，从而减少冷媒介质长期冲刷管板面管口形成的腐蚀性破坏，延长设备使用寿命，并保证其稳定运行^[11]。

（四）增加筒节

原设备解体中需要进行环切操作，因此其长度会缩短，需要增加一部分筒节进行长度补偿。综合考虑原设备情况、筒节环切影响、使用需求，需要增加420mm 长壳体筒节。增加部分16mm 厚，材质为 Q345R，设计温度为215℃，以解决设备的长度复原问题，使其达到壳体非过热段区间应用标准^[12,13]。

（五）水压试验装置设计与割除

本项目需要增加一套水压试验装置用于水压试验，并在完成试验之后将其割除；点焊管板支座支撑板和支座底板，调节设备安装高度，使其达到使用要求^[14]。

（六）测点管口修复

拆除、解体原设备过程中，破坏了部分测点管口，所以需要对其进行修复处理。

（七）完成改造

严格按照技术要求进行设备的设计、制造、检验、试验，确保整台高压加热器符合使用要求和国家标准。

六、高压加热器改造的技术结点和质量控制

（一）旧壳体及水室复用技术保证

明确旧部件材质复检流程（包含接管、封头等12项受压元件）；采用“光谱分析+超声波检测”组合工艺进行旧壳体及水室复用^[15]。

使用420mm Q345R 补偿筒节增加壳体长度，确保设备回装时对外连接尺寸的一致性。

（二）管束优化技术保证

通过布管区拓扑优化设计，将有效换热面积扩展25.3%至910 m²，保证系统能够适应负荷频繁波动、机组深度调峰等复杂工况。

优化管束结构，其操作包括增加整体刚度设计；优化过热段包壳组装结构，使其增加30% 换热面积，降低过热蒸汽流动冲刷带来的腐蚀作用；改造疏冷段多通道包壳结构，预留正常疏水接口、备用疏水接口，以便后期进行管束抽芯检修与维修。

（三）水室流体整流技术

进水室换热管管口附近设计整流栅，确保水室的流体流动方向、速度经过整流后与换热管内流体流动方向一致，同时减少设备运行过程中对换热管管口造成的冲刷，延长设备使用寿命。

七、改造技术实际效果

（一）设备可用率提升至99%。

（二）换热效率提高18.7%。

（三）改造成本较全新设备降低40%。

（四）完全适应深度调峰等复杂工况。

八、结论

电厂高压加热器疏水系统改造工作完成之后进行性能与水压试验，测试结果达到安全标准和设计参数要求。本次改造通过管束扩容、结构优化及材料升级，显著提升了高压加热器的工况适应性和换热性能，因此得出结论，本文提出的改造方案能够实现对系统内部部件的高效改造，具有借鉴与实践价值。

参考文献

[1] 王梓文, 孙勇. 高压加热器疏水冷却段包壳静态特性分析及结构优化 [J]. 电站辅机, 2024, 45(04): 34-37.
[2] 陈阳, 刘昊, 孙奇. 一次再热双机回热和常规回热系统的分析研究 [J]. 东方汽轮机, 2024, (04): 12-16+50.
[3] 赵月, 王强, 胡杰, 等. 高压加热器结垢和防垢除垢研究综述 [J]. 电镀与涂饰, 2024, 43(12): 74-82.
[4] 朱振东. 1000WM 火电机组低压加热器不同疏水方式下的经济性分析 [C]// 江西省电机工程学会. 2023年江西省电机工程学会年会论文集. 华能安源电厂; , 2024: 79-83.
[5] 蔺奕存, 吴青云, 姚智, 等. 火电厂回热系统高加故障预警方法及其应用 [J]. 工业仪表与自动化装置, 2022, (06): 109-113.
[6] 李随义, 杨照坤. 常规岛再热系统高压加热器危急工况疏水调节阀的结构优化设计 [J]. 机械工程师, 2022, (06): 125-127.
[7] 刘彦鑫. 生物质电厂轴向排汽式汽轮机疏水系统设计研究 [J]. 广东化工, 2022, 49(07): 173-174+183.
[8] 林燕, 杨道宏, 施海云. 快堆核电蒸汽管道疏水系统的设计研究 [J]. 南方能源建设, 2021, 8(03): 84-88.
[9] 狄晓勇, 迟世佼. 供热首站疏水回收系统自动调节的优化与探讨 [J]. 河南电力, 2020, (S2): 126-128.
[10] 朱风耀, 潘雪莹. 某核电机组调试期间高加意外隔离问题原因分析及经验反馈 [J]. 自动化应用, 2020, (08): 33-35.
[11] 肖长歌, 郝玉华, 吴志钢. AP1000 核电机组加热器疏水系统控制逻辑优化 [J]. 核科学与工程, 2020, 40(01): 60-66.
[12] 余兴刚, 李旭, 陈非, 等. 超临界机组加热器异常时运行优化措施和疏水系统改进建议 [J]. 中国电机工程学报, 2019, 39(22): 6648-6656.
[13] 周华, 沈勤峰. 高压加热器疏水排气系统管道设计分析 [J]. 发电设备, 2019, 33(03): 197-200.
[14] 许朋江, 李冬泉, 居文平. 临机加热疏水系统的简化改进分析 [J]. 热能动力工程, 2019, 34(05): 136-141.
[15] 肖卓楠, 白冬晓, 王超, 等. 超临界机组疏水系统发生流动加速腐蚀的影响因素以及预防 [J]. 工业安全与环保, 2019, 45(01): 70-73.