

干熄焦余热锅炉技术改造应用与实践

谷峰* 卞富斌

华泰永创(北京)科技股份有限公司 北京 100176

摘要: 本文阐述了干熄焦余热锅炉改造前现状,并分析改造换热效率可行性,同时探讨改造项目、应用与实践、创造的经济效益,从而为焦化行业今后干熄焦余热锅炉的改造奠定基础。

关键词: 干熄焦余热; 锅炉技术; 应用与实践

DOI: <https://doi.org/10.37155/2717-5189-0403-23>

干熄焦工艺可以减少湿法熄焦对环境的污染,回收红焦显热,改善焦炭质量,从而降低配合煤成本,降低高炉焦比,稳定高炉炉况,因此其是国家重点推行的节能减排与循环经济项目。干熄焦工艺利用惰性气体循环与红焦逆向接触,吸收红焦显热,然后利用余热锅炉产生过热蒸汽,用于发电,实现降低污染物排放及能源回收再利用的清洁生产和循环经济目的。余热锅炉是干熄焦工艺的核心设备之一,其技术装备水平和系统运行的稳定性直接影响到干熄焦工艺综合效益。

1 干熄焦锅炉改造现状

干熄焦余热锅炉主要是通过回收焦炭干熄过程中的余热来产生蒸汽,作为推动汽轮机组发电的一种动力。而与此同时锅炉的换热效率、锅炉的安全稳定运行直接影响着发电量的提升。在干熄焦锅炉未改造前,锅炉技术就存在着较多问题。而对于锅炉改造技术而言,其影响因素也同样制约着其发展。

1.1 锅炉运行参数的制约

山钢股份莱芜分公司焦化厂目前有6座焦炉,配套3座干熄焦及干熄焦余热锅炉,其中5#、6#焦炉配套1#干熄焦余热锅炉(次高温次高压),7#、8#焦炉配套2#干熄焦余热锅炉(高温次高压),1#、2#焦炉配套3#干熄焦余热锅炉(高温高压)1#、2#余热锅炉产生蒸汽量约1351/h供1#次高温次高压抽凝25MW干熄焦发电机,3#余热锅炉产生蒸汽量约98t/h供2#高温高压抽凝25MW干熄焦发电机。1#、2#锅炉为次高温次高压参数,与该区域其他机组参数不匹配,1#发电机组检修时,锅炉产汽只能通过减温减压后供厂区使用,剩余部分放散,造成能源浪费。

1.2 备品备件的影响

起初的干熄焦锅炉设计采用自然循环(锅炉水冷壁)与强制循环(强制循环泵加压省煤器、蒸发器至汽包的水汽循环)相结合的方法,强制循环泵,每4年需要保养1次,每次维保费用近60万元/台,且每年耗电量近90万KWh。且备件费、维护费较高,整机备件昂贵(每台备件费用约350万元)。

1.3 锅炉运行造成的损耗

由于1#干熄焦发电机组参数的影响,1#余热锅炉的产汽只能供1#机组使用,春秋季厂区生产用汽量较少,1#干熄焦发电机组抽汽调整受限,导致干熄焦蒸汽部分放散,再加上机组检修时,蒸汽只能通过减温减压后供厂区使用,剩余部分放散。其中2018年因发电负荷受限及机组检修等影响干熄焦减温减压蒸汽量9.33万吨,放散蒸汽量4.57万吨。

1.4 现行工艺存在的问题

现行的锅炉出口烟气温度高达195°C,比设计值高约25°C,严重影响了干熄焦锅炉余热回收效率。从干熄焦行业角度来说,随着干熄焦技术的不断发展,从余热锅炉换热效率和能源消耗方面考虑,高温高压锅炉在国内干熄焦系统得到广泛的推广应用,且技术日趋成熟,优势显著。

*通讯作者:谷峰,1987年7月12号,男,汉族,辽宁鞍山,中级工程师职称,本科学历,研究方向:热力相关,主要从事:干熄焦项目的热力设计工作。

2 锅炉改造的可行性分析

锅炉改造在锅炉原框架不变的情况下,循环系统由强制循环与自然循环相结合改造为自然循环,且锅炉运行参数接近或一致,主要解决锅炉出口温度高、锅炉换热效率低的问题,主要受省煤器换热面积小的原因导致。因此可通过增加省煤器换热面积来解决这一问题。省煤器的结构为螺旋鳍片管。吸收热量的部位为直管、螺旋鳍片。在原有空间不变的情况,通过减小管径、减小螺旋鳍片节距、增大鳍片规格、错层排布、平流变湍流等方式增加换热面积,并通过改变气流的方式进一步提高换热效率。

2.1 锅炉原框架的改造与应用

汽水管道路布置与现有钢结构等配套设施相匹配的可行性:锅炉主体框架为多层拼装钢结构,用于承载锅炉内部管道及外部汽水管道路,共有7层平台,载荷评估可行;锅炉内部集箱及管道的吊梁因主体结构不发生太大变化,部分不需要进行改动;省煤器出口管道走向可按照原锅炉走向进行设计,并做好相关吊架及防振措施的排布;蒸发器部分,光管蒸发器与鳍片蒸发器下降管各一根,与原来变化不大。上升管部分各由原来的1根增加至4根。管道布局发生变化较大,现场查看锅炉3-7层钢结构排布,未发生冲突;过热器、水冷壁、吊挂管系统因仍采取原有的自然循环模式,与现场原有钢结构冲突不大;经过锅炉厂家载荷重新计算和评估,钢结构承载能力满足改造需求,只在部分位置进行适应性改造。

2.2 可行性确定

通过减小螺旋管管径,减小螺旋鳍片节距,增加螺旋鳍片规格的方式,可以增加省煤器炉管的换热面积。整体框架空间一定情况下采取错层排布可以改变气体流动方式,变平流为湍流,进一步提高换热效果。锅炉内部管道及外部汽水管道路和现有钢结构的布置能够匹配,钢结构承载能力满足改造需求。通过从干熄焦余热锅炉技术进步需求和进一步提高锅炉换热效率,以及钢结构利旧等方面进行充分论证,得出结论,改造项目可行。

3 干熄焦余热锅炉改造项目

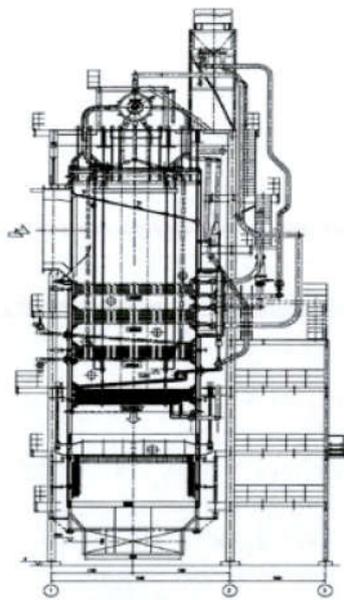


图1 干熄焦余热锅炉改造后总图

(1) 蒸发器及吊挂管系统。在锅炉外部适当位置增加鳍片管蒸发器上集箱,更换鳍片管蒸发器及其吊挂;鳍片管蒸发器最上部两排管子修改为向上偏一定角度(约 30°),且从炉前穿出水冷壁接至鳍片管蒸发器上集箱。鳍片管蒸发器上集箱设置4个上升管接口。在锅炉外部适当位置增加光管蒸发器上集箱,更换光管蒸发器;光管蒸发器上部两排管子向上偏一定角度(约 30°),且从炉后穿出水冷壁接至光管蒸发器上集箱。光管蒸发器上集箱设置4个上升管接口。(更换吊挂管下集箱。在水冷壁左右适当位置开孔,吊挂管下集箱穿出水冷壁。吊挂管下集箱一侧留有下降管

接口。增加蒸发器出口集箱吊挂。(2) 锅筒系统。更换锅筒。设有4个 $\varnothing 219 \times 16$ mm的鳍片管蒸发器上升管接口、4个 $\varnothing 219 \times 16$ mm的光管蒸发器上升管接口、1个 $\varnothing 325 \times 25$ mm鳍片管蒸发器下降管接口、1个 $\varnothing 325 \times 25$ mm光管蒸发器下降管接口、2个 $\varnothing 219 \times 18$ mm前墙水冷壁下降管接口、2个 $\varnothing 168 \times 14$ mm前墙水冷壁上升管接口、4个 $\varnothing 168 \times 14$ mm吊挂管上升管接口,过热器和省煤器接口不变。(3) 省煤器系统。锅炉省煤器炉管的规格为 $\varnothing 38 \times 4.5$,材质20G;鳍片规格为 1.4×16 ,螺旋鳍片节距为12.7;省煤器横向72排,纵向20排,省煤器的面积总计大约 4932m^2 。(4) 管道及支吊架系统。增加鳍片管蒸发器上升管、鳍片管蒸发器下降管、光管蒸发器上升管、光管蒸发器下降管、吊挂管下降管,另需修改吊挂管上升管。对应的支吊架重新设计。(5) 密封系统。增加蒸发器出口穿墙管两处密封罩、吊挂管下集箱穿墙处密封罩。(6) 系统更换。更换全部水冷壁、两级蒸发器及省煤器烟气挡板,一、二次过热器、全部吊顶管,新增两台变频锅炉给水泵等设备。(7) 取样系统。取样为人工取样,取样设备由锅炉厂成套供应。取样系统全部更新。新增阻垢剂加药装置、PH调节加药装置、二级RO增压水泵、保安过滤器、高压泵、二级反渗透装置、超滤水箱、二级反渗透产水水箱、配套附属设备。改造后,锅炉外观尺寸整体保持不变,框架结构基本不变,局部框架区域加固,只是锅炉内、外部水汽管道布局发生变化。改造后的总图见图1,改造后,光管蒸发器和鳍片管蒸发器以及部分水冷壁和吊顶的整体布置和管道尺寸发生变化,一、二次过热器没有变化,省煤器根据面积增加的需要,管径、布局以及鳍片的布局发生变化。

4 锅炉改造应用与实践

此锅炉改造一是锅炉自然循环技术的应用,二是锅炉受热面积适当增加,进一步提高锅炉换热效率。采用蒸汽泵技术,用于冷炉开工初期辅助建立水汽自然循环。通过合理设计蒸发受热面的分布,增大大部分管道直径并进行合理的布局实现了自然循环,且自然循环回路的循环倍率在7-8之间。公辅管道部分,整体改造在主给水管道与过热出口管道之间的整体锅炉结构,充分考虑了原有管道及公辅管道、电缆桥架与新的锅炉汽水管道的冲突问题。

5 综合经济效益

(1) 节约电费。 $3^{\#}$ 干熄焦强制循环泵运行实际电流为185A,年用电为: $W=1.732UI\cos\varphi t=1.732 \times 380 \times 185 \times 0.85 \times 24 \times 330=88.6$ 万KWh,电价均为0.66元/KWh,每年运行电费: $88.6 \times 0.66 \approx 58.5$ 万元。(2) 多产蒸汽效益。锅炉入口温度、排焦温度降低带来的锅炉能效提升,可多产蒸汽3.5吨/小时,年收益约3.5吨/小时 $\times 24$ 小时/天 $\times 330$ 天/年 $\times 117$ 元/吨 ≈ 324 万元(多发电收益: $3.5 \times 250 \times 24 \times 330 \times 0.26=180$ 万元)。(3) 维保及备件费用。强制循环泵设备按厂家要求,每4年需要保养1次,每次保养费用约60万元/台,折算到每年的维护费用 $60 \times 2/4=30$ 万元。强制循环泵备件费用350万元/台。

6 结束语

干熄焦系统强制循环改自然循环科技改造,实现了一个全新的余热锅炉改造新流程,具有极高的推广应用价值,逐步对1#、2#干熄焦锅炉进行改造已纳入计划,届时将实现经济、社会效益的双倍提升。干熄焦锅炉吊装安装时,充分考虑炉管整体的倾斜角度,自然循环的锅炉、过热器、蒸发器、省煤器的安装倾斜角度依次减小,选取吊装的支点依次改变便于从水冷壁穿管为宜。施工单位、施工人员应具备相应的锅炉(拆卸、安装)施工资质,施工前编制科学合理的施工方案,施工人员进入现场前进行相应的安全教育和技术交底,对锅炉内部结构进行仔细研究,对拆除、安装过程中可能发生的风险等发性问题进行充分考虑并制定科学的防范措,确保施工过程的安全。

参考文献:

- [1]李岩,刘晨.干熄焦余热锅炉技术改造应用与实践[C]//2020年(第十四届)焦化节能环保及干熄焦技术研讨会论文集.[出版者不详],2020:20-25.
- [2]杨致林.干熄焦余热发电系统分析与运行优化研究[D].华北电力大学,2015.