

600 MW 超临界机组节水降耗改造实践

吴小惠

(湖南华电长沙发电有限公司,长沙 410203)

摘 要:湖南华电长沙发电有限公司超临界机组在节能创效中针对自身设备的情况,提出了一系列净水、除盐、精处理系统的节水降耗改造方案。对改造方案实施流程进行了介绍,对实施效果及相应经济效益进行了分析。认为方案实施后,效果较好,该改造方案可为同类型电厂相应改造提供参考。

关键词:超临界机组;节水降耗;改造;经济效益;沉淀池

中图分类号:TM 621.8 **文献标志码:**B **文章编号:**1674-1951(2017)04-0060-03

1 问题的提出

火力发电企业耗水量大,排水量也大,水资源过度利用造成的短缺和水污染问题日益严重,水成为火力发电企业发展的重要制约因素。由此可见,火力发电厂要做到节能降耗必须将控制用水和回水利用当作重点治理项目之一。随着国内节能降耗形势的发展,火力发电企业在锅炉烟气余热利用、循环水回收利用、节水节能等方面都提出新的举措。但对于已建成的电厂来说,受场地等条件限制,一些大型技术改造项目实施起来有较高难度。本文结合湖南华电长沙发电有限公司(以下简称长沙发电公司)在净水、除盐、精处理等系统的节水降耗改造实践,对改造中出现的问题进行细致地分析和梳理,对比改造前后的经济效益,为其他同类型电厂进行同类项目改造提供借鉴和参考。

2 改造背景

长沙发电公司是华电集团在湖南的大型火力发电企业,现有 2 台容量为 600 MW 的燃煤超临界机组,机组配套有净化站设备、2 列除盐补给水制水设备和 2 套中压凝结水精处理设备。净化站设备、除盐制水设备由湖南华迪电力环保工程有限公司成套提供,凝结水精处理设备由华电水处理技术工程有限公司成套提供。

净水设备流程:源水升压泵→反应沉淀池配水井→反应沉淀池→无阀滤池配水井→工业消防水池→无阀滤池→生活水池/化学水池。

除盐制水设备流程:化学水池→化学水泵→3 层过滤器→逆流再生阳离子交换器→除碳器→中间水箱→中间水泵→逆流再生阴离子交换器→混合离子交换

器→除盐水箱→除盐水泵→主厂房凝结水补水箱。

凝结水精处理设备在水汽系统中流程:凝结水泵→前置过滤器→高速混床→轴封加热器。

上述系统流程中:(1)净水设备中有 3 台型号为 ISG 250-250、出力为 650 t/h 的源水升压泵工频运行;(2)反应沉淀池采用混合絮凝沉淀水处理工艺,聚合氯化铝为凝聚剂,每 8 h 用药 100~125 kg 且浅层排泥;(3)容积为 2×1 500 m³ 工业消防水池、400 m³ 化学水池、200 m³ 生活水池长期高液位溢流;(4)除盐补给水制水设备自 2007 年投产以来未进行床体内部检查维修;(5) #1、#2 机组锅炉定排坑水送入精处理废水池再由废水泵送入工业废水池处理排放。

3 改造实践流程

3.1 源水升压泵变频改造

净化站设备源水升压泵供水至 #1、#2 工业消防水池、化学水池、生活水池,在改造前水池长期处于高液位溢流状态。考虑工业消防水池用水量和溢流浪费水量较大,将变频连锁于工业消防水池的液位。长沙发电公司 #1、#2 工业消防水池均分为大小池,4 个池子分别安装有液位计,在进行源水升压泵变频连锁依据取液位值存在分歧,后经调查研究:长沙电厂 #1、#2 工业消防大池供水至小池,其液位较为稳定,变频连锁不够及时, #1 工业消防小池主供机组工业用水, #2 工业消防小池主供厂区消防用水,工业用水量较大,水位波动频繁,同时 #1 小池液位计的灵敏性和准确性较其他液位计高,故将源水升压泵变频连锁 #1 工业小池液位。改造前为确保工业消防水池供水充足,3 台源水升压泵长期满负荷高电流运转。改造后对 #1 源水升压泵加装变频器(#2 源水泵变频待后续加装,确保设备可定期轮换),频率与工业小池液位计连锁,连锁液位可自行设置但要保证水池液位不偏低、不溢流。

3.2 反应沉淀池相关技术操作改变^[1-2]

3.2.1 反应沉淀池相关技术操作改变原理

长沙发电公司反应沉淀池采用混合絮凝沉淀水处理工艺,采用斜板斜管沉淀池,池子分为进水区、斜板斜管沉淀区、出水区和排泥区,在反应区中:

$$v_s = \frac{q_v}{bh_0},^{[3]}$$

式中: v_s 为水平流速, m/s ; h_0 为沉淀池的水深, m ; q_v 为处理水量, m^3/s ; b 为沉淀池断面宽度, m 。

由上述式子可以看出,在处理水量 q_v 相同的情况下,沉淀池的断面宽度 b 是固定的,沉淀池积泥越多意味着水深 h_0 越小,则 v_s 水平流速越大,水中的悬浮颗粒沉降时间越短,不足够与水分离而同水一起溢流,导致出水浊度增大。故长沙发电公司在排泥方式上选择深层排泥,确保反应沉淀池水深深度。

反应沉淀池反应区混凝剂的剂量是影响混凝效果的重要因素^[4]。图 1 所示为混凝剂剂量与出水剩余浊度之间的关系。曲线分成 3 个区域:第 1 区,因剂量不足,尚未起到脱稳作用,剩余浊度较高;第 2 区,因剂量适当,产生快速凝聚,出水剩余浊度急剧下降;在第 3 区,剂量继续增加,出水剩余浊度不再明显降低。在相关技术操作改变前,长沙发电公司在反应沉淀池出水浊度增加时,采用的是单一增加混凝剂聚合氯化铝的质量,而通过图 1 可以看出,增加剂量到第 3 区后,出水剩余浊度不再明显的降低,而混凝剂聚合氯化铝的过量加入还会导致沉淀池自身出水含盐量增大,从而增加后续除盐系统的工作量。长沙发电公司在深度排泥的基础上,依据季节和源水水质分析结果减小加药量,确保控制混凝剂加药量与出水浊度在曲线图 m 点这个最佳混凝剂计量处。

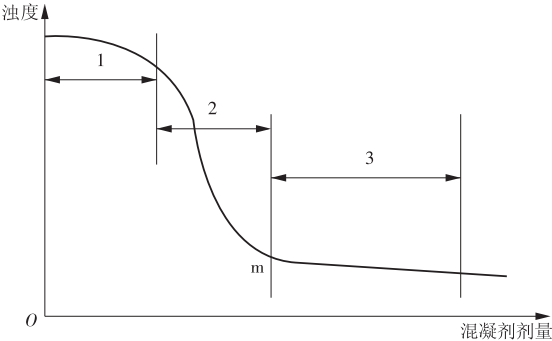


图 1 凝剂剂量与出水剩余浊度关系曲线

3.2.2 反应沉淀池相关技术改变操作

源水→(加药)列管式混合器混合→翼片隔板絮凝→接触絮凝沉淀→工业消防水池、无阀滤池,该源水净化沉淀处理能力为 $2 \times 650 \text{ t/h}$,出水浊度 $< 10 \text{ FTU}$ 。对其进行技术操作方面的改造:(1)2015

年 #1 机组小修期间,对 #1, #2 反应沉淀池斜板冲洗和大排泥操作,为后期技术改造提供良好设备运行基础;(2) #1, #2 反应沉淀池每 8 h 浅层排泥改为前、后夜深度排泥,每个沉淀池 7 个排泥阀分区排放;反应区 3 个排泥阀择其一,沉淀区 4 个排泥阀逐一排放;排泥时间由原来每个阀门开启 1 min 延长至 10 min;(3)反应沉淀池絮凝剂聚合氯化铝每班(8 h)加药量由 100 ~ 125 kg 初期减少为 50 kg,冬天依据湘江水质改变为 25 kg。

3.3 净化站系统节水改造

3.3.1 净化站节水改造方案和回水水质分析

净化站节水改造需要考虑到定排坑来水分离处理和水质分析,同时对循环水浓缩倍率进行分析。长沙电厂将双机磨煤机轴瓦冷却水、减速机冷却水、润滑油站冷却水、仪用空气压缩机冷却水等洁净水直排雨排水系统改为收集到定排坑系统,而对污水进行分离改造,引至电除尘排污坑,以免对定排坑收集的洁净水造成二次污染。2014 年 4 月定排坑洁净水和净化站工业消防水水质分析对比见表 1。

表 1 定排坑洁净水与净化站工业消防水水质分析对比

参数	工业消防水池	定排坑
浊度(≤10 NTU)	0.95	1.78
pH 值	7.46	7.43
温度/℃	12.4	17.0
毒性	无	水汽循环水含氨水

由表 1 中数据可以得出,回收至定排坑的洁净水水质较干净,浊度低,达到净化站出水水质要求,pH 值也较正常情况略偏高,非酸性,不会对管道造成大面积腐蚀,但因含氨水,有一定毒性不可回收至反应沉淀池系统污染后续生活水,而是回收至工业消防水池和化学水池,而进入化学水池在水温上有所提高,在冬季一定程度上提高了补给水设备周期制水量。净化站节水改造中溢流墙拆降和无阀滤池加旁路都在一定程度上降低了机组运行工业用水供应不足的生产风险。

3.3.2 净化站节水改造

长沙发电公司净化站系统改造流程如下:(1)从 #1 机组定排坑排水泵出口接管道至净化站化学水池和 #1 工业消防水池。管道进化学水池前加装调节阀,进 #1 工业消防水池前加装手动门,过马路段对管道架空,其余管地埋。(2)对现有的化学、生活水池进水管分别加装电动调节阀和浮球阀。(3)无阀滤池增加旁路管道。(4) #2 工业小池至 #1 工业小池溢流墙降低 2 m。改造如图 2 所示。

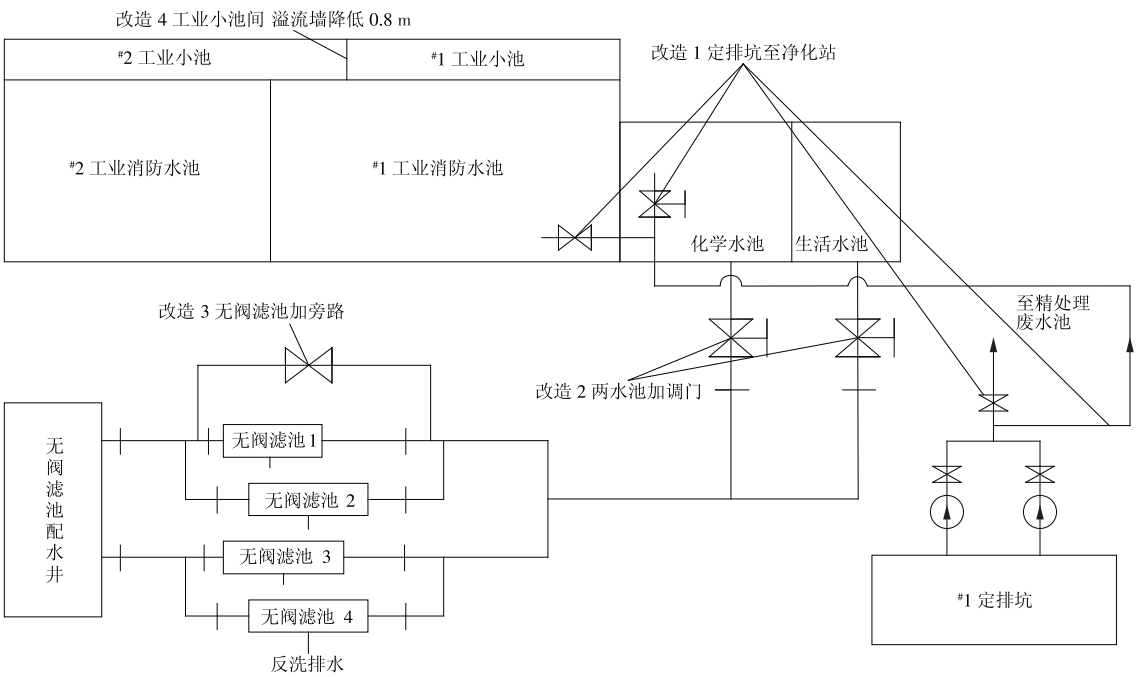


图 2 净化站系统节水改造

3.4 除盐、精处理系统内部检修及树脂补加^[2]

长沙发电公司除盐系统自 2007 年投运以来,未曾对该系统床体内部结构进行全面的检修工作,在 2015 年 #1 机组小修期间对 #1, #2 系列除盐系统内部元件加固,同时更换已变形、易造成树脂跑漏的中间排水装置,对阴阳床树脂补加。针对精处理高速混床检修内部水帽布水装置,补加树脂。在补加树脂时需要对树脂进行预处理,树脂补加量应达到相应设备的规定脂位,降低树脂再生酸、碱耗^[5]。

4 实施效果和经济效益

长沙发电公司 2015 年 5 月小修结束,相应的技术和设备改造完成,实施效果与 2014 年 6—12 月份进行同期对比见表 2。

由表 2 中数据可知,经节水改造后长沙电厂 2015 年发电水耗 6—12 月同比 2014 年普遍降低,化学耗电量 2015 年同比也有所下降(其中 9,10,11 月同比 2014 年偏高是因为期间 #1, #2 机组启、停较为频繁)见表 3。

由表 3 中数据可得出,2014 年 6—12 月聚合氯化铝总用量 73.540 t,2015 年为 32.488 t,同比减少 41.052 t,7 个月降低大宗药品成本 87 440.76 元。同时对照月份中可以看出,虽源水用量明显下降,但 2015 年每吨源水每月聚合氯化铝均消耗量为 14.22 g,明显小于 2014 年的 23.94 g。以上可观的经济效益是在确保反应沉淀池出水水质明显提高的前提下取得的,现反应沉淀池出水浊度为 0.5~2.5 FTU,相比较之前 4~5 FTU 水质得到明显改善。

表 2 源水升压泵变频改造水电耗对比

时间		发电水耗/ [m ³ · (MW · h) ⁻¹]	化学耗电率/%
6 月	2014	停机	0.448
	2015	0.97	0.105
7 月	2014	2.27	0.128
	2015	1.27	0.099
8 月	2014	2.17	0.080
	2015	1.10	0.046
9 月	2014	1.46	0.044
	2015	1.31	0.080
10 月	2014	1.36	0.047
	2015	1.46	0.125
11 月	2014	1.20	0.064
	2015	1.11	0.110
12 月	2014	1.00	0.103
	2015	0.92	0.073

表 3 净化站反应沉淀池排泥方式技改成效对比

时间	聚合氯化铝用量/t	源水处理量/t
6 月	2014 4.40	180 000
	2015 6.73	287 343
7 月	2014 14.28	763 968
	2015 4.75	417 963
8 月	2014 12.45	710 030
	2015 5.05	453 591
9 月	2014 12.28	473 948
	2015 2.93	287 727

(t),按 3 100 元/t 计算,每年增加液氨费用 52 万元。

5 存在的问题及解决方案

#9 机组超低排放改造后,机组负荷超过 280 MW(纯凝工况)时,出现增压风机过流问题,原因分析及解决方案如下。

5.1 超低排放改造后 168 h 试运行情况

2016 年 10 月 28 日, #9 机组参数为:电负荷, 281 MW;蒸汽流量,880 t/h;氧量,2.3%;总风量, 1 003 t/h;净烟气流量,1.454 × 10⁶ m³/h;A 引风机动叶开度,67%;B 引风机动叶开度,78%;增压风机静叶开度,90%;电机电流,201 A(198 A 额定)。

5.2 增压风机过流原因分析

经测试,增压风机出力达到额定出力时(现有增压风机在锅炉最大连续出力(BMCR)工况的压升为 1 850 Pa,设计选型(TB)点工况的压升为 2 220 Pa),脱硫系统阻力约为 2 600 Pa。各段阻力分别为:合金托盘阻力 590 Pa,喷淋层阻力 600 Pa,除雾器阻力 1 040 Pa。

合金托盘的阻力包含吸收塔入口的阻力,托盘存在 500~800 mm 的“带液”运行,实际运行阻力在设计范围内。喷淋层的阻力设计值为 800 Pa,流场模拟 593 Pa,喷淋层增加了 1 层 DL 板(共 3 层 DL 板),实际运行阻力在设计范围内。除雾器设计阻力为 350 Pa,实际运行阻力远超设计值。从而得出结论,除雾器阻力超过设计值是增压风机过流的主要原因。

(上接第 62 页)

续表

	时间	聚合氯化铝用量/t	源水处理量/t
10 月	2014	9.68	459 571
	2015	2.88	259 839
11 月	2014	9.28	470 497
	2015	5.08	284 193
12 月	2014	11.18	597 588
	2015	5.08	294 047

5 结束语

长沙发电公司针对净化站、水处理、精处理系统一系列节水降耗取得显著成效,尤其是经济效益更是值得同类型火力发电企业借鉴。电厂化学专业在节水降耗上主要依靠合格回水补充工业和消防用水、降低净化站预处理凝聚剂用量、降低水处理和精处理树脂再生酸碱耗来实现,故与长沙发电公司同类型火力发电企业可依据以上内容结合自身设备条

5.3 增压风机过流解决方案

经技术讨论分析,计划采用调整上 2 层除尘除雾装置旋流板角度的方案,在保证烟尘排放指标的前提下,将除雾器阻力降到 550 Pa 左右,以解决增压风机过流的问题。

截至 2017 年 4 月 21 日,调整上 2 层除尘除雾装置旋流板角度的工作完成, #9 机组启动后,额定负荷(300 MW)下,测量除雾器阻力由原来的 1 060 Pa 降到 650 Pa,增压风机电流为 296 A(额定 298 A),可以满足机组满负荷需求。

6 结束语

华电能源股份有限公司牡丹江第二发电厂 #9 锅炉进行超低排放改造后,污染物排放质量浓度大幅度降低,企业环保效益、社会效益明显;同时,由于国家超低环保电价补贴的落实,企业经济效益也明显提高,极大地提升了在当前煤炭市场严峻形势下的市场竞争力。

参考文献:

[1]杜雅琴.火电厂烟气脱硫脱硝设备及运行[M].北京:中国电力出版社,2014.
[2]蒋文举.烟气脱硫脱硝技术手册[M].北京:化学工业出版社,2012.

(本文责编:刘芳)

作者简介:

杨旭昊(1978—),男,黑龙江牡丹江人,高级工程师,从事热能动力方面的工作(E-mail:yangxuhao2008@163.com)。

件进行相应的技术改造,以期在节水降耗方面取得较好的经济效益。

参考文献:

[1]陈志和.电厂化学设备及系统[M].北京:中国电力出版社,2006.
[2]王勇.离子交换树脂污染及复苏处理[J].冶金动力,2010(3):75-78.
[3]李培元.火力发电厂水处理及水质控制[M].北京:中国电力出版社,2008.
[4]周柏青,李培元,陈志和.火力发电厂水处理及水质控制[M].北京:中国电力出版,2008.
[5]詹约章,余建飞.离子交换树脂再生时酸碱耗高的原因分析及解决对策[J].工业水处理,2010,30(5):81-83.

(本文责编:齐琳)

作者简介:

吴小惠(1987—),女,福建漳平人,助理工程师,从事电厂发电运行部化学运行方面的工作(E-mail:350646547@qq.com)。