

# 超超临界机组化水系统安装调试过程中的问题及处理方法

江鹏威, 柴伟, 孙国良, 徐宏武

(国电谏壁发电厂, 江苏 镇江 212006)

**摘 要:** 本文介绍了超超临界机组化水设备安装、调试过程中注意事项及一些细节, 并对各个化水专业各个分系统的安装、调试过程中出现的一些问题及解决方法进行了详细的阐述, 对同类型设备安装、调试有一定的借鉴作用。

**关键词:** 安装; 调试; 水汽品质; 精处理

## 0 引言

国电谏壁发电厂 2×1000MW 扩建工程燃煤机组锅炉为: 3040t/h 超超临界参数变压运行螺旋管圈塔式直流炉, 露天布置, 采用机械干排渣方式, 型号: SG-3044/27.64-M535。

汽机采用上海汽轮机有限公司和西门子联合设计制造的单轴、超超临界、一次中间再热、单轴、四缸四排汽凝汽式气轮机, 型号: N1000-26.25/600/600。

发电机为上海汽轮发电机有限公司制造的水氢氢冷却汽轮发电机, 型号: THDF125/67。

## 1 化水系统调试内容

化水系统调试大体可以分四个部分: 原水预处理系统、化学水处理系统、凝结水精处理系统、化学加药与水汽监督。

## 2 原水预处理系统

原水预处理系统水源取自循环水母管, 水源为长江水镇江段, 主要采用传统的混凝→沉淀→过滤工艺。配置 4 座 600m<sup>3</sup>/h 反应沉淀池、4 座 240m<sup>3</sup>/h 空气擦洗滤池、一座污泥沉淀池。整个用水设计采用闭式循环系统, 排污和反洗排水通过污泥沉淀池实现泥水分离, 分别再利用。

### 3.1 原水预处理系统设备调试过程中的问题及处理方法

#### 3.1.1 600m<sup>3</sup>/h 反应沉淀池在调试是出现的问题和解决方法

(1) #1 反应沉淀投运初期出水水质不稳定,

小负荷时出水较好, 随着负荷增大至 400m<sup>3</sup>/h 时出水浊度开始增大, 沉淀区有矾花, 但分布不均匀, 后经检查发现四组集水槽其中两组前后安装高度不在一个水平面上, 导致反应沉淀池偏流, 出水不稳定。通过施工单位对集水槽水平调整后正常。

(2) 根据设计反应沉淀池排出的泥水经污泥沉淀池沉淀分离后, 水池上部清水通过排水泵送至沉淀池反应区重新混凝沉淀, 泥水则通过排泥泵排至厂区浓缩池再分离利用, 达到循环节水目的。但在调试期间发现: 只要排水泵向反应沉淀池排水, 沉淀池出水浊度就上升, 沉淀区有很多细小矾花, 沉淀效果不理想。开始认为是反应沉淀池的负荷增加量与混凝剂加药量增加量不一致, 而导致的出水水质不好, 根据经验判断沉淀区有细小矾花, 一般也是由加药量不足引起的。但是通过排水泵的出力计算水量, 在排水时适当增加了相应加药量, 出水水质没有明显变化, 沉淀区仍有很多细小矾花。在检查排水口时发现, 排水泵至沉淀池的排水口正好在反应区的中部, 排水压头较高, 冲力较大, 把反应区的水打得翻滚, 排水口前一个格反应区明显可以看到大颗粒矾花, 但排水口后一格基本看不大粒矾花。因此出水水质不好的原因是由于排水的冲力把反应区形成的大颗粒矾花全部打碎, 导致沉淀效果不佳。在和设计院沟通后, 把排水口移至反应区的第一格后, 出水正常。

(3) 反应沉淀池在投运一段时间后有时出现以下三种情况: 1) 反应区内水相对较清, 而沉淀区有细小矾花, 出水浊度上升; 2) 反应区泥水相对较浓, 沉淀区有大颗粒矾花上浮, 出水浊度上升; 3) 过渡区水质很清, 但水中有大颗粒矾花, 沉淀区出水正

常。出现上述三种情况主要原因是对反应区和沉淀区的排泥时间没有控制好。每台反应沉淀池共有 8 台排泥阀门,反应区 3 台,沉淀区 4 台,中间过渡区 1 台。出现第一种情况是由于排污时反应区排泥过量,沉淀区排泥正常。因为反应区的活性泥在混凝过程中循环利用,为混凝形成矾花提供晶核,同时减少加药量,如反应区排泥过量,导致混凝反应不能正常进行,无法形成可以沉淀的矾花。第二情况,反应区排泥正常,沉淀区没有及时排泥,因为沉淀区的泥几乎不能利用,当泥位较高时就会在水流的带动下向上浮。第三种情况是由反应区的排泥不及时引起,在水流作用下把泥带至过渡区,沉积在进水配水花墙上。为此,专门通过实验对排泥时间进行了重新规定:沉淀区、过渡区 5 台阀门每 8 小时排一次,每次 2 分钟,反应区 3 台阀门每 24 小时排一次,每次 1 分钟。排泥调整之后出水正常,在满负荷时出水水质也可以达到 1.0NTU 以下。

### 3.1.2 原水预处理变频器调试过程中出现的问题及处理方法

原水预处理共有 7 台泵采用变频器,主要是为了节能和方便调整运行参数,但在夏季运行经常发现变频器跳闸,经查为变频器控制柜排风扇位置安装在底部,变频器的散热主要柜子上部,导致柜体散热不畅,变频器超温跳闸,后联系厂家在柜体顶部加装一排风扇后正常。

### 3.1.3 空气擦洗滤池调试过程中出现的问题及处理方法

原水预处理 4 座  $240\text{m}^3/\text{h}$  空气擦洗滤池反洗调试过程中经常出现跑砂,量比较大,排至污泥沉淀后导致排泥泵卡死烧坏,经现场分析跑砂有两原因:1) 空气擦洗滤池反洗排水挡板安装位置不当,导致反洗时流量太大把石英砂带出来;2) 空气擦洗滤池反洗程序有错。首先和滤池厂家联系后厂家承认反洗第 4 步进气与反洗有误,进气擦洗与反洗不能同时进行。当进气和反洗同时进行,石英砂虑层在气力和水力的共同作用下被带出来,因此对第 4 步进行了程序修改:把进气擦洗和反洗分成两步,进气与反洗不同时进行。然后通过试验对每一台滤池反洗排水挡板进行了调整,控制反洗水流量适当,反洗正常,未出现跑砂现象。

## 4 化学水处理系统

$2\times 1000\text{MW}$  机组没有单独设计水处理厂房,而是在原有化学厂房预留场地增设了  $2\times 150\text{t/h}$  水处理设备。投运后全厂水处理最大连续出力  $450\text{t/h}$ 、总储量  $7000\text{t}$ ,负责全厂  $6\times 330\text{MW}+2\times 1000\text{MW}$  机组的锅炉补给水。

### 4.1 化学水处理系统调试过程中出现的问题及处理方法

水处理系统在调试过程中未出现问题,但安装时对系统进行了一些优化,可供借鉴:为了避免中间水泵故障时一级除盐停运,在阳床与阴床之间加装了直通管道,因为前序预脱盐反渗透装置有较好的除硅效果,在中间水泵故障时一级除盐直通短时间正常运行,阴床不会发生漏硅现象,在生产过程中已证实。此项可以用于同类型的设备。

一级除盐阴阳床及小混床部分气动衬胶隔膜阀,采用开关限位装置:如正洗排水阀、中排阀,便于树脂再生调整,否则需要加手动阀门调整。

## 5 凝结水精处理系统

凝结水精处理设备按中压系统设计,每台机组的前置除铁过滤器按  $2\times 50\%$  设置,不设备用;精处理混床为  $4\times 33\%$ ,三台运行,一台备用。前置过滤器和混床均设置  $100\%$  手动旁路和电动旁路,前置除铁过滤器及混床的电动全旁路阀开、关信号送至主控制 DCS 系统作为监视,每台机组配置一套精处理混床体外再生装置。

### 5.1 凝结水精处理调试过程中的问题及处理方法

(1) 调试期间前置过滤器水压试验不合格,经厂家和施工单位解体后,发现有三个气动蝶阀密封面磨损严重,密封面更换后,水压试验合格。发生此类问题主要原因是在阀门单体调试时阀门开关次数太多,由于管道颗粒物导致密封面磨损。在第二台机组的精处理调试过程中把所有能开的阀门都打开了,先进水大流量冲洗系统,然后调试阀门的灵活性,避免了发生阀门密封面磨损的情况。同时要会同监理做好洁净化施工的过程管理。

(2) 精处理系统中压部分法兰连接处、人孔密封垫和厂家及三公司沟通后改为采用聚四氟材料,低压部分采用耐腐蚀橡胶,调试过程中没有发生法兰连接处泄漏的情况。第二台机组安装过程中坚持用了此种材料,中压系统禁止用纸薄垫。

(3) 整组启动期间发现丁混床出水氢电导率偏

高,出水流量相对偏小,压差相对偏高,会同厂家分析后,怀疑丁混床进水水帽有污堵,导致混床偏流。168 试运行结束后,开人孔门检查发现进水水帽内铁锈污堵,同时水帽内还有大量树脂;进脂管与混床顶部布水板的间隙较大:5mm 左右。原因分析:丁混床位于混床进水管水流方向的末端,调试期间水中的铁锈颗粒物在水流的带动作用下,流至管道末端进入丁混床,堵住部分水帽,导致混床偏流。偏流又会导致树脂扰动悬浮起来,通过进脂管与混床顶部布水板的间隙进入水帽。水帽清理干净,间隙封死后,混床投运正常。

(4)精处理调试期间发生过一次一台前置过滤器反洗进气门关信号不到位,导致前置过滤器进、出水门关闭时退出运行,但前置过滤器电动旁路未开,导致另一台过滤器滤芯超压损坏。分析发现:反洗进气门关信号不到位,前置过滤器进、出水门关闭是为了防止中压水系统倒灌至低压气系统,此逻辑保护是对的,但程控厂家此种情况下没有考虑到过滤器进、出水门关闭与电动旁路门开启联动。厂家修改了此逻辑,并检查整个控制逻辑有无其它漏洞。

## 6 化学加药、汽水取样与水汽品质监督

### 6.1 化学加药系统调试过程中出现的问题及处理方法

化学加药系统调试期间运行比较正常,主要由于设计原因凝水、给水加氨常用泵和备用泵不能同时启动,变频器采用一拖二的方式(变频器故障时两台泵均不能运行),冲管时对加药系统控制方式进行改动,满足两台泵可以同时运行,一台工频、一台变频,确保加药的需要。冲管结束之后厂家对#1 机加药装置控制方式进行改进,常用泵和备用泵可以同时启动,变频器不能控制两台泵,在变频器故障时确保一台泵可以运行。#2 机组加药装置用了 4 台变频器,采用一拖一的方式控制凝水、给水加氨常用泵和备用泵。

### 6.2 汽水取样系统调试过程中出现的问题及处理方法

由于施工单位在取样管敷设时做了一个 U 型弯(没有按规范敷设),导致停炉时取样管内的余水放不尽,管道冻堵,冲管结束后对取样管进行了改接。小管径取样管在水平方向敷设应有一定坡度,膨胀

弯应设在管道垂直方向,如果水平方向需要膨胀弯,应设在管道平行的方向,确保管内余水能放尽,否则冬季停炉时管道很容易冻堵。

### 6.3 汽水品质监督过程

超超临界直流锅炉不像汽包锅炉那样可以进行锅炉排污,不能进行锅内炉水处理。因此给水中带入的杂质进入直流锅炉,必然会在锅炉受热面上沉积或进入汽轮机后发生腐蚀或生成沉积物,从而对机组的安全性及经济性造成危害。由此,机组启动过程严格按照 GB/T12145-2008《火力发电机组及蒸汽动力设备汽水质量》标准进行汽水品质监督。启动期间凝结水精处理系统、加药系统、取样系统均投入运行,整个化学监督工作正常开展。

由于在施工阶段洁净化施工和精细化做得比较好,凝结水精处理系统在冲管阶段就全部具备启动条件,投运较早,给水水质很快达到了下述要求,锅炉具备点火进行受热面的热态冲洗。锅炉点火前给水水质如表 1 所示。

表 1 锅炉点火前省煤器入口水质

项目	数值
氢电导率/( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	0.29
pH 值	9.28
硬度/( $\mu\text{mol}/\text{L}$ )	0
二氧化硅/( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	25
溶解氧/( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	20
铁/( $\mu\text{g}/\text{L}$ )	20

在锅炉启动过程中水温提高到 200℃左右(以锅炉本体水汽系统出口水温为准),调试单位停止了升温并维持锅内水温,并沿高压系统冷态清洗时的循环回路冲洗,使水汽系统中清洗出来的杂质不断被前置过滤器除掉。

经过一段时间后,再次升温使到 250℃左右,并维持温度,继续进行热态清洗。一段时间后,再将水温升到 290℃进行了热态清洗。热态清洗结束时,贮水箱出口水质:铁小于 47  $\mu\text{g}/\text{L}$ 、二氧化硅小于 32  $\mu\text{g}/\text{L}$ , pH 值控制在 9.0~9.6<sup>[2]</sup>。

锅炉热态冲洗结束后,锅炉进行升温升压,蒸汽参数提高后,蒸汽品质很快达到冲转、并网条件。由于化学加药、除氧器、精处理连续正常运行,水质提高很快,168 期间很快达到 GB/T12145-2008《火力发电机组及蒸汽动力设备汽水质量》规定的汽水品质,如表 2 所示<sup>[1]</sup>。

表 2 机组 168 满负荷试验第一天某时段的水质<sup>[2]</sup>

	项目	标准	数值
给 水	硬度/( $\mu\text{mol/L}$ )	0	0
	溶解氧/( $\mu\text{g/L}$ )	$\leq 7$	4.8
	pH 值/(25℃)	9.0-9.6	9.3
	铁离子/( $\mu\text{g/L}$ )	$\leq 5$	3
	氢电导率/( $\mu\text{S/cm}$ )	$\leq 0.15$	0.11
	钠离子/( $\mu\text{g/L}$ )	$\leq 3$	1.35
	二氧化硅/( $\mu\text{g/L}$ )	$\leq 10$	7.9
蒸 汽	钠离子/( $\mu\text{g/kg}$ )	$\leq 3$	1.10
	二氧化硅/( $\mu\text{g/kg}$ )	$\leq 10$	9.2
	氢电导率/( $\mu\text{S/cm}$ )	$\leq 0.15$	0.10
	铁离子/( $\mu\text{g/kg}$ )	$\leq 5$	4.0
凝 结 水	溶解氧/( $\mu\text{g/L}$ )	$\leq 20$	13.6
	硬度/( $\mu\text{mol/L}$ )	0	0
	氢电导率/( $\mu\text{S/cm}$ )	$\leq 0.2$	0.11
	钠离子/( $\mu\text{g/L}$ )	$\leq 3$	1.67
	铁离子/( $\mu\text{g/L}$ )	$\leq 5$	4.1
	铜离子/( $\mu\text{g/L}$ )	$\leq 2$	0.5
	二氧化硅/( $\mu\text{g/L}$ )	$\leq 10$	9.0

6.4 汽水监督过程的问题

(1) 调试初期凝结水溶解氧波动比较大,忽大忽小。汽机专业对凝汽器真空和管道密封性进行了检查,在凝泵入口管道发现一个小孔并进行封堵,并凝结水温度进行调节后,溶解氧有所下降。

(2)在汽轮机冲转前,蒸汽二氧化硅含量较高,特别是再热蒸汽,维持在 80~100  $\mu\text{g/kg}$  下不来,但从高旁回到凝器后,凝水二氧化硅含量反而比较低:

20~30  $\mu\text{g/kg}$ 。怀疑可能是取样管没有冲洗干净,在高温取样架侧开排污门进行排污冲洗(相当于高温蒸汽冲洗)后,降至 30  $\mu\text{g/kg}$ ,符合冲转要求。在冲转后蒸汽二氧化硅含量很快降至 20  $\mu\text{g/kg}$  以下。

7 结论

我国近年超超临界机组在建项目比较多,化学作为一个比较特殊的辅助专业,越来越受到重视,机组在投产后要达到比较好的汽水品质,必须要从施工阶段做好质量管理,特别要注意设备系统安装过程中的一些细节。上述所解决的一些细节上的问题也许可以为同类机组建设提供一定的借鉴作用。

参考文献:

[1] GB/T 12145-2008, 火力发电机组及蒸汽动力设备汽水质量[S].  
[2] 江苏方天电力技术有限公司.国电谏壁发电厂汽水品质监督报告[R].南京:江苏方天电力技术有限公司,2011.

作者简介:

江鹏威(1982—),男,江西都昌人,助理工程师,从事火电厂化学运行管理工作, E-mail : jpw609@yahoo.com.cn。