

# 火力发电厂含煤废水处理工程改造及分析

王仁雷, 唐国瑞, 晋银佳, 张山山  
(华电电力科学研究院有限公司, 浙江 杭州 310030)

**摘要:** 介绍了某火力发电厂含煤废水处理工程改造的工艺流程、技术参数、运行成本及效果。该改造工程主要采用电子絮凝+胶凝活化+多介质过滤处理工艺,处理成本(折旧费+电费)约0.58元/m<sup>3</sup>,具有处理技术可靠、运行稳定、操作简便、占地面积小等特点,体现了较好的工程应用价值。

**关键词:** 火力发电厂; 含煤废水; 改造工程; 电子絮凝; 过滤

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)14-0088-04

## Reconstruction and Analysis of Coal Wastewater Treatment Project in a Thermal Power Plant

WANG Ren-lei, TANG Guo-rui, JIN Yin-jia, ZHANG Shan-shan  
(Huadian Electric Power Research Institute Co. Ltd., Hangzhou 310030, China)

**Abstract:** The technological process, parameters, operation cost and effect of a coal wastewater treatment reconstruction project in a thermal power plant were analyzed. The combined process of electric flocculation, gelatinization activation and multi-medium filtration treatment was used in the reconstruction project. The treatment cost including depreciation and electricity cost was about 0.58 yuan/m<sup>3</sup>. It had the characteristics of reliable processing technology, stable operation, simple operation, small area and so on, which showed better practical application value.

**Key words:** power plant; coal wastewater; reconstruction project; electric flocculation; filtration

### 1 工程概况

西南地区某火力发电厂装设2台国产300 MW亚临界机组,原设有2套15 m<sup>3</sup>/h含煤废水处理装置,采用传统化学混凝澄清工艺,因使用效果较差已废弃多年。目前该厂含煤废水来源主要有两路:一路是各输煤栈桥冲洗水,由各排污水泵输送至煤水预沉池;另一路是煤场区域废水,汇集进入煤水预沉池。本次含煤废水改造利用已有的调节池( $B \times L \times H = 5 \text{ m} \times 24 \text{ m} \times 3.8 \text{ m}$ )、回用水池和处理设备基础平台( $B \times L = 6 \text{ m} \times 13.8 \text{ m}$ ),布置改造工程的设备。经技术经济比较后,改造主体工艺采用电子絮凝器+胶凝活化装置+多介质过滤器<sup>[1-2]</sup>。

### 2 设计水量与水质

本次改造设计水量仍为 $2 \times 15 \text{ m}^3/\text{h}$ ,最大水量为设计水量的120%。

设计进、出水水质见表1。

表1 改造工程设计进、出水水质

Tab. 1 Design influent and effluent quality of reconstruction project

项目	pH值	悬浮物/(mg·L <sup>-1</sup> )	备注
进水水质	6~9	≤5 000	短时进水SS ≤8 000 mg/L
出水水质	6~9	≤10	无色

出水水质应符合《火力发电厂废水治理设计技术规程》(DL/T 5046—2006)中关于含煤废水处理

后主要水质控制指标和《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)中关于道路清扫、消防、城市绿化的水质标准。

### 3 工艺流程

从厂区来的各路含煤废水进入煤水预沉池,实现水和煤泥浆的初步分离后自流进入煤水调节池,经蓄水均质后,由调节池的煤水提升泵加压送至电子絮凝器,电子絮凝器内通入电流,悬浮物发生凝聚、破乳、络合等一系列反应,出水进入胶凝活化装置,产生的底部污泥周期性地排至煤水预沉池。上部澄清液溢流至中间水池,再由升压水泵加压提升至多介质过滤器,去除颗粒物。通过在线浊度仪可以实时监测出水水质,达标后的出水贮存在回用水池,用作输煤系统的冲洗水等。另外回用水池中的部分清水可作为多介质过滤器的反洗用水,反洗后废水进入煤水预沉池。煤水预沉池和煤水调节池的底部煤泥可定期进行人工清理,并贮存至煤泥场。含煤废水改造工程工艺流程见图1。

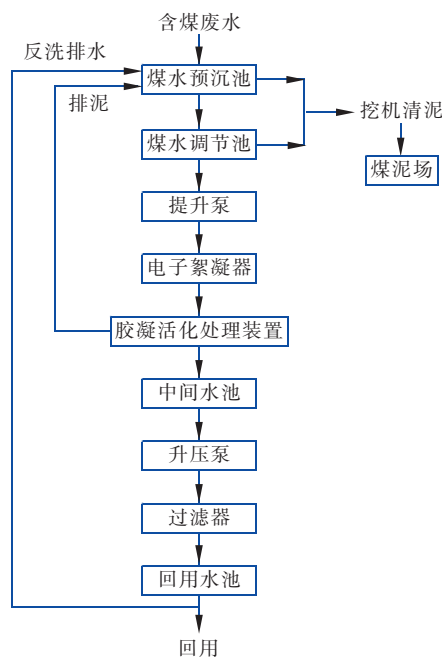


图1 含煤废水处理改造工程的工艺流程

Fig.1 Flow chart of reconstruction process for treatment of coal-containing wastewater

## 4 主要处理装置及参数

### 4.1 煤水预沉池及调节池

设煤水预沉池及调节池各一座,尺寸均为  $B \times L \times H = 5 \text{ m} \times 24 \text{ m} \times 3.8 \text{ m}$ 。煤水提升采用小型浮坞吸水装置,煤水调节池内设置液位计,并与提升泵

联锁,根据水位高低启停水泵。设提升泵3台,2用1备。

### 4.2 电子絮凝器及胶凝活化装置

设1套电子絮凝器,处理水量为  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ ,设计进水  $\text{SS} \leq 5000 \text{ mg/L}$ ,出水  $\text{SS} \leq 1000 \text{ mg/L}$ 。电子絮凝器直径为  $1.5 \text{ m}$ ,长为  $4.1 \text{ m}$ ,额定电压为  $380 \text{ V}$ ,最大运行电流为  $200 \text{ A}$ ,废水停留时间约  $12 \text{ min}$ ,最大水头损失为  $5 \text{ kPa}$ ,设备内部衬胶防腐。设2套胶凝活化处理装置,处理水量为  $15 \text{ m}^3/\text{h}$ ,设计进水  $\text{SS} \leq 1000 \text{ mg/L}$ ,出水  $\text{SS} \leq 100 \text{ mg/L}$ 。废水停留时间约  $120 \text{ min}$ ,最大水头损失为  $1 \text{ kPa}$ 。胶凝活化处理装置为竖流式,竖立圆形结构,直径为  $3.0 \text{ m}$ ,高为  $6.0 \text{ m}$ ,内部碳钢防腐。采用重力排泥,排泥周期为  $8 \sim 12 \text{ h}$ 。该装置不受排泥影响,可连续进行废水处理,实现自动控制。

设中间水池1座,升压泵为立式无自吸密封泵,共3台,2用1备,单泵流量为  $15 \text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为  $0.3 \text{ MPa}$ 。

### 4.3 多介质过滤器

采用压力式自动反清洗多介质过滤器,设计进水  $\text{SS} \leq 100 \text{ mg/L}$ ,出水  $\text{SS} \leq 10 \text{ mg/L}$ 。共分2组,每组设有5台过滤器,处理水量为  $15 \text{ m}^3/\text{h}$ 。单台过滤器直径为  $680 \text{ mm}$ ,高度为  $2600 \text{ mm}$ ,有效过滤面积为  $0.36 \text{ m}^2$ ,滤速为  $10 \text{ m/h}$ ,反洗强度为  $0.72 \text{ m}^3/(\text{min} \cdot \text{m}^2)$ ,最大水头损失为  $1 \text{ kPa}$ 。过滤器进水通过布水器,以接近平流的状态到达填料层。过滤器底部设有蘑菇状的过滤集水器。悬浮物去除率应达到  $90\%$  以上,保证出水  $\text{SS} \leq 10 \text{ mg/L}$ 。

设回用水池1座,回用水泵为立式无自吸密封泵,共3台,2用1备,流量为  $90 \text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为  $0.8 \text{ MPa}$ 。

## 5 工艺特点

### 5.1 电子絮凝工艺

电子絮凝与传统的化学絮凝法相比,无需投加药品,运行维护费用低,处理效果稳定,不会造成二次污染,是一项高效、环保的水处理技术。电子絮凝与传统化学絮凝相比,主要有如下优势:①适用悬浮物范围广( $\text{SS}$ 可在  $100 \sim 10000 \text{ mg/L}$  范围内变化),运行稳定可靠;②投资成本不高,运行成本低;③过滤装置无需设置反冲洗泵,能耗低;④设备装置占地面积小;⑤对环境友好,无需添加药剂,无化学污泥二次污染,煤泥可直接回收。

本次改造电子絮凝器采用下部进水,上部出水,底部排泥。正常运行时,会有正向运行与反向运行的自动切换。电子絮凝器运行电流一般为 50 ~ 200 A,切换周期为 4 ~ 8 h。电子絮凝器排污电动阀在系统停运状态下保持常开,当煤水提升泵运行后,电子絮凝器排污电动阀关闭,关闭后延时 5 ~ 10 min,且进水流量单次累计超过 6 m<sup>3</sup> 时,启动电子絮凝器。电子絮凝器连续运行满 4 ~ 8 h,排污电动阀打开,延时 1 min 关闭。当煤水提升泵停止运行时,停止电子絮凝器,排污电动阀打开。

## 5.2 胶凝活化工艺

为了避免被絮凝的颗粒在脱离电子絮凝环境后在水中重新被充电,必须使颗粒在絮凝过程结束后快速沉降下来,故配置了胶凝活化装置。该装置提高了污泥的浓度,使得活化污泥与悬浮颗粒之间的碰撞次数增加,活化污泥起到了很强的晶核和吸附作用,提高了悬浮物碰撞粘附沉淀的成功率,缩短了沉淀时间。胶凝活化装置底部污泥排入煤水预沉池。上清液蓄积在缓冲区域后被提升至过滤单元。胶凝活化装置排污电动阀停运状态下保持常闭,当煤水提升泵运行后,累积运行 4 ~ 8 h 后打开离心澄清器排污电动阀,延时 1 min 关闭。需注意的是,该装置必须定期排泥,以防止污泥堆积过多,造成板结堵塞管道。

## 5.3 多介质过滤器

多介质过滤器设有三路水管:进水管、出水管和反洗出水管,装有石英砂、无烟煤等滤料构成过滤层。设备有两种运行状态:正常运行、反洗运行。多介质过滤器运行步骤:正常过滤—反洗(1 ~ 5 组依次进行)—正洗—正常过滤循环交替运行。滤速控制在 6 ~ 10 m/h,反洗流速控制在 30 ~ 50 m/h。多介质过滤器进水口液动两位三通阀停运状态下保持失电,进水口保持畅通;清水出水液动阀停运状态下保持失电,处于常开状态。当升压水泵运行,多介质过滤器进入运行状态。升压水泵累计运行 3 ~ 6 h 后,多介质过滤器进入列队反洗状态,清水出水液动阀得电,关闭清水出水阀,每台过滤器进水口液动两位三通阀依次得电(间隔 5 min),切换至反洗口畅通进行反洗排水。

## 6 运行效果

运行实践表明,采用电子絮凝技术出水水质良

好,对废水回用的主要指标 SS 去除率稳定在 97% 以上,完全能满足系统对水质的要求。

电子絮凝系统运行效果见表 2。

表 2 电子絮凝系统运行效果

Tab. 2 Operating effect of electric flocculation system

项 目	SS/(mg · L <sup>-1</sup> )		SS 去除率/%	pH 值	
	进水	出水		进水	出水
2018 年 1 月 12 日	165	3	98.18	7.98	7.90
2018 年 2 月 20 日	228	5	97.81	7.52	7.48
2018 年 3 月 8 日	198	4	97.98	8.05	7.96
2018 年 4 月 16 日	254	7	97.24	8.14	8.10
2018 年 5 月 3 日	367	8	97.82	7.78	7.69
2018 年 6 月 10 日	725	10	98.62	7.45	7.41
2018 年 7 月 5 日	537	9	98.32	7.33	7.32
2018 年 8 月 21 日	389	7	98.20	7.89	7.83
2018 年 9 月 16 日	469	9	98.08	8.04	8.00
2018 年 10 月 10 日	257	5	98.05	8.15	8.09
2018 年 11 月 12 日	308	6	98.05	7.57	7.54
2018 年 12 月 23 日	236	4	98.31	7.66	7.64
2019 年 1 月 5 日	602	8	98.67	7.45	7.41
2019 年 2 月 26 日	360	5	98.61	7.98	7.95
2019 年 3 月 30 日	178	4	97.75	7.72	7.70

## 7 投资及运行成本

该含煤废水改造工程总投资约 180 万元。由于设备全自动运行无需专人看管,系统简单稳定,基本无维护费用,所以运行成本主要包括电费及设备折旧费等。机组年运行时间按 5 500 h 计,含煤废水处理量按 30 m<sup>3</sup>/h 计,运行成本见表 3。

表 3 含煤废水处理运行成本

Tab. 3 Operating cost of coal-containing wastewater treatment

元 · m<sup>-3</sup>

项目	费用	备注
折旧费	0.36	总投资为 180 万元,30 年折旧
电费	0.22	发电成本按 0.38 元/(kW · h) 计
合计	0.58	—

## 8 结论

从该含煤废水处理改造工程运行情况看,在正常工况下,系统出水水质完全满足废水回用要求,因此,含煤废水采用电子絮凝 + 胶凝活化 + 多介质过滤处理工艺在技术上是可行的,具有处理技术可靠、运行稳定、操作简便、占地面积小等特点,该工程为国内火电厂含煤废水改造起到了很好的示范作用。但由于目前国内运行业绩相对较少,积累数据不多,

(下转第 94 页)