

脱硫废水零排放工艺技术的工程应用研究

黄文康 荀建勋

河南神火煤电股份有限公司 河南永城 476600

摘要: 本文以某电厂对其脱硫废水的处理进行了研究, 并对各项工艺进行比较分析。

关键词: 脱硫废水; 预处理; 工艺技术

引言

2018年修定的《发电厂废水治理设计规范》规定了电厂废水处理设施的设计规范, 新增多条废水设计要求, 逐步在推动脱硫废水实现零排放, 从而达到节约用水、降低水耗、减少污染、保护水环境目的, 更是避免对燃煤电厂主系统带来隐患。燃煤电厂均在通过优化脱硫运行控制, 深挖运行潜力, 提高脱硫塔浆液氯离子含量等措施, 减少脱硫废水排放量。

1、工程概况

1.1 工程简介

本项目进水水质为脱硫废水, 水质具体情况如表1所示。

表1 设计进水水质

项目	进水水质
TDS	35000
悬浮物	15000
活性二氧化硅	100
Ca ²⁺	5800
Mg ²⁺	3800
总铁	8
钾离子	100
钠离子	1500
硼离子	180
锰	200
Cl ⁻	20000
SO ₄ ²⁻	2600
TDS	35000
亚硝酸根	20
氟离子	20
COD _{cr}	600
BOD ₅	200

鉴于脱硫废水在不同季节水质变化较大, 在进行水质选取时要充分考虑水质最差的情况, 因此, 所选水质为冬季水质。

1.2 工艺流程

结合业主的需求, 本项目工艺流程采用“预处理工艺→膜浓缩工艺→固化处理工艺”预处理工艺: 脱硫二级旋流器→预沉池→调节池→两级反应池。系统中设置具有曝气功能的调节池, 有利于将具有还原性的物质(如亚硫酸根、亚铁离子、有机物等)氧化, 同时降低COD。由于来水水质中有重属离子、氟离子, 而且硫酸根离子不高, 故初沉后需要加石灰来去除重属离子、氟离子。而调节池中的水会通过泵提升到两级反应池中, 通过添加石灰、氢氧化钠、有机硫和混凝剂, 将水质中重属离子、氟离子、部分硫酸根及镁离子去除。预处理主要在于减少结垢因子, 降低膜浓缩系统结垢风险。膜浓缩工艺: 双介质过滤器→超滤系统→纳滤系统→反渗透系统。两级反应池出水通过提升泵提升至双介质过滤器中, 双介质过滤器可以去除水质悬浮物杂质, 再通过超滤进一步确保进入纳滤的水质。纳滤将二价离子、COD与一价离子分离。纳滤产水进入反渗透系统进一步提高了系统回收率, 随后纳滤浓水排放至脱硫塔。膜浓缩系统不但可以保证产水水质满足要求, 而且还可以减少后续固化处理的水量, 减少后续运行投资。

1.3 各单元参数

预沉池: 1座, Φ11×6.5m, 碳钢衬玻璃钢材质; 配套刮泥机和排泥泵。调节池: 1座, V=700m³, 混凝土结构。调节池一方面用来均质、降低来水中的悬浮物, 排泥, 另一方可通过昼夜温差来降低水温; 配套曝气装置和提升泵。污泥浓缩池: 2座, Φ11.5×8m(一级)和Φ3.2m(二级), 碳钢衬玻璃钢材质。反应池: 2台, V=105m³(一级), V=69m³(二级); 每个反应池分三个小单元格, 碳钢衬玻璃钢材质, 各级均设置搅拌器, 搅拌器转速变频可调。

多介质过滤器: 3台, 2用1备, 直径DN1800, 碳钢衬胶材质, 采用气水联合反洗模式。单台多介质过滤器累计流量达300m³, 自动进行一次停机反洗; 配套反洗风机和反洗水泵。超滤装置: 1套, Q=45m³/h, 回收率90%, 采用外

压中空纤维膜,膜净膜通量 $\leq 50\text{LMH}$;全量过滤,但要考虑错流运行措施;配套清洗装置和反洗装置。超滤每运行50min,自动进行一次反洗,每运行20个周期,自动进行一次加强碱反洗,每3次碱反洗进行1次加强酸反洗。

纳滤装置:1套, $Q=32\text{m}^3/\text{h}$,回收率80%~85%。采用分盐效果好的纳滤膜,膜通量 $\leq 18\text{LMH}$,采用6芯膜壳,膜壳排列比为7:4;和反渗透装置共用1套清洗装置。一级反渗透装置:1套, $Q=19\sim 26\text{m}^3/\text{h}$,回收率50%~60%。

2、运行情况

本脱硫废水系统经过调试后运行稳定,系统出水水质良好,满足系统设计的要求,各段进出水水质情况如表2所示。

表2 主要系统产水水质

项目(单位)	超滤	纳滤	一级反渗透	二级反渗透
进水流量 (m^3/h)	45~50	45~50	36~40	25~32
产水流量 (m^3/h)	45~50	36~40	25~32	18~22
回收率(%)	90	80~85	65~70	80~90
产水电导率 (ms/cm)	30~35	28~32	0.5~0.7	0.03~0.06
浓水电导率 (ms/cm)	/	45~50	70~90	/
一段进水压 力(MPa)	/	0.85~1	4.5~6	0.8~1

说明:(1)系统各段进出水口设置流量计和压力变送器,可自动监测各项指标。预沉池进水流量约为30~40 m^3/h ,预沉池底部沉降比控制较好,未出现积泥现象。反应池系统进水流量为63~68 m^3/h ,控制pH值在10.5~11,有利于镁离子的去除,系统运行良好。(2)超滤稳进水和产水水量基本保持不变,系统稳定运行,回收率控制在90%左右;出水浊度控制在0.1NTU以下,出水SDI ≤ 2 ,满足纳滤进水水质要求。超滤设置错流排放口,当进水水质较差时,可采用错流过滤,确保膜运行效果。(3)当纳滤进水流量为45~50 m^3/h 时,浓水流量为9~10 m^3/h ,浓水电导率为45~50 ms/cm 时,浓水排放至纳滤浓水箱,回收至脱硫塔。纳滤系统运行回收率为80%~85%,满足设计要求。为了防止还原性物质对膜氧化,纳滤和一级反渗透,在进水前均设置了还原剂加药装置,进水ORP控制在 $\pm 300\text{mv}$ 左右。纳滤装置二价离子截留率约为95%,一价离子透过率约为96%,分盐效果较好,有利于提高后续蒸发结晶盐的纯度。(4)一级反渗透进水导电为28~32 ms/cm ,浓水流量为12~16 m^3/h ,浓水电导率为70~90 ms/cm ,系统回收率为65%~70%,比原设计要高,浓水TDS大于

设计数值,系统脱盐率约为98%。二级反渗透进水导电率为500~700 $\mu\text{S}/\text{cm}$,产水电导率为30~60 $\mu\text{S}/\text{cm}$,浓水流量为4~6 m^3/h ,浓水回收至纳滤水箱,系统回收率为80%~90%,可通过浓水手动门就地调节;系统产水TDS $\leq 300\text{mg}/\text{L}$,系统脱盐率约为94%,满足系统设计的要求。(5)本系统选取的纳滤膜、一级反渗透膜和二级反渗透膜均表现出较高的脱盐率和回收率等性能,系统进水压力基本稳定,运行期间未发生设备故障、膜污堵等问题,维护工作和清洗频率符合预期要求。整个系统各项指标均通过在线仪表检测,实现了无人值守,系统运行稳定,各项指标达到原来设计数值。

结论

脱硫废水零排放工艺是一个系统工程,系统的有效运行依赖于工艺的合理性,以及所有设备选取的科学性。脱硫废水零排放工艺设计时需要考虑以下关键因素:

(1)水质水量变化波动大,设计时需考虑富余量。脱硫废水水质是脱硫废水零排放工艺设计的重要依据。脱硫废水与煤种、脱硫工艺、烟气成分、灰份、吸收剂、电厂污泥耦合发电燃用污泥种类及燃用污泥量等多种因素有关,其水质具有不稳定性,因此,对于脱硫废水设计时要考虑系统和设备具有足够的适应性及缓冲能力。

(2)加药量控制。根据来水水质,尽量减少石灰的投加量,建议软化以双碱法(氢氧化钠+纯碱)为主,以免引入过多钙离子,导致碳酸钠的加药量增加,进而也加大了污泥的处置量。反应加药系统设置流量计、pH计、液位计、浊度计等,计量泵加药量与进水水质水量进行联锁,加药泵均为变频控制。系统通过检测pH、水量和液位等,自动调整系统运行参数,以实现加药量的精准控制,从而节省药剂,减少运行成本。

(3)材质选取。脱硫废水水质较差,建议系统低压部分设备采用耐腐蚀材质,高压部分材质采用2205和2507双相钢材质,其中2205PRE为35左右,2507PRE为46左右,整个系统的材质选择均不得低于规范和行业惯例。

(5)水温影响。温度对膜通量的影响主要在于当温度升高时,水黏度下降,扩散性提高,产水通量会增加,且会加快水中溶解盐的扩散,提高膜的脱盐率;温度越低,系统所需要的压力越高。但一般膜最大的耐受温度在45 $^{\circ}\text{C}$ 左右,当水温过高时,会影响膜的寿命。因此,脱硫废水经过预处理后有时水温会较高,进入超滤前建议设置冷却器,将温度控制在25 $^{\circ}\text{C}$ 左右,以保证膜的性能达到最佳状态。

参考文献:

- [1]高韧. 基层水行政执法工作有关问题探讨[J]. 治淮,2019(11):46-47.
- [2]林平军. 基层水管单位发展现状及存在问题的对策[J]. 中国集体经济,2011(10):76+141.
- [3]赵孝荣,俞桂平,王哲. 浅议新形势下基层水行政执法工作的整合[J]. 江苏水利,2010(04):36-38.