

问题探讨

燃煤电厂脱硫废水处理系统改进探讨

王 洁^{1,2}, 张国鑫¹, 邬东立¹

(1. 浙江浙能技术研究院有限公司, 浙江 杭州 310003; 2. 浙江大学, 浙江 杭州 310027)

摘要: 脱硫废水处理系统是湿法脱硫工艺的重要组成部分, 可以降低吸收塔浆液中 COD、氟离子、氯离子、悬浮物、重金属浓度, 使脱硫废水达标排放。分析脱硫废水处理在系统设计、调试、运行、维护等方面存在的问题, 并提出相应的改进建议和措施, 如适当增加设计余量, 提高设备可靠性, 加强运行管理维护, 保障脱硫系统的连续、高效、稳定运行。

关键词: 湿法脱硫; 废水处理; 改进; 措施

中图分类号: X701.3

文献标识码: B

文章编号: 1006-8759(2016)02-0035-04

DISCUSSION ON THE IMPROVEMENT OF COAL-FIRED POWER PLANT DESULFURIZATION WASTEWATER TREATMENT SYSTEM

WANG Jie^{1,2}, ZHANG Guo-xin², WU Dong-li²

(1. Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; 2. Zhejiang Energy Group R & D, Hangzhou 310003, China)

Abstract: Desulfurization wastewater treatment system is an important component of wet FGD technology. It can reduce the absorber slurry COD, fluoride, chloride ions, suspended solids, heavy metal concentration, and make desulfurization wastewater meet the discharge standards. This paper analyzed the problems of desulfurization wastewater treatment, including the system design, commissioning, operation, maintenance. Recommendations and solutions were proposed, such as increasing the design margins, improving equipment reliability, enhancing the operational and maintenance management, to ensure the desulfurization system continuous, efficient and stable operation.

Key words: Wet FGD; wastewater treatment; improvement; proposed measures

石灰石-石膏湿法脱硫是目前燃煤电厂应用最广的脱硫工艺^[1], 湿法脱硫工艺中会产生一定量的废水, 脱硫系统排放的废水一般来自石膏脱水和清洗系统、水力旋流器的溢流水^[2,3]等。烟气中氯化物的溶解提高了脱硫吸收液中氯离子的浓度, 氯离子浓度的增高一方面降低了吸收塔的 pH 值, 导致脱硫率的下降和硫酸钙结垢倾向的增大, 另一方面过高的氯离子浓度影响了石膏的品质^[4]。

脱硫废水悬浮物含量高, 其中还含有重金属等污染物、大量的含盐溶解性固体, 如处理不当, 对废水的回用和废水排放都会产生很大的影响。因此, 脱硫系统需要排放一定量的废水来维持脱硫系统的正常运行。

燃煤电厂的脱硫废水处理系统的处理模式基本相同, 采用中和、絮凝、澄清工艺, 调整 pH 值, 去除重金属、有机硫^[5,6]。出水水质除 COD 外, 根据煤种的不同, 氟化物、部分重金属等指标也会接近或超过排放标准。运行过程中出现进水含固量高、澄清器及污泥处理设施负荷过大等问题, 导致总

收稿日期: 2015-07-31

作者简介: 王洁(1984-), 女, 浙江诸暨人, 博士, 从事火电厂烟气脱硫、脱硝技术管理工作。

体设备故障率增加,甚至系统停运。SCR 脱硝后,脱硫废水的氨氮指标升高,因此,解决脱硫废水中存在的共性问题,优化脱硫废水处理设计及运行研究十分必要。

1 脱硫废水处理

1.1 工艺流程

两家电厂采用传统的三联箱脱硫废水处理工艺,其工艺流程如图 1 所示。

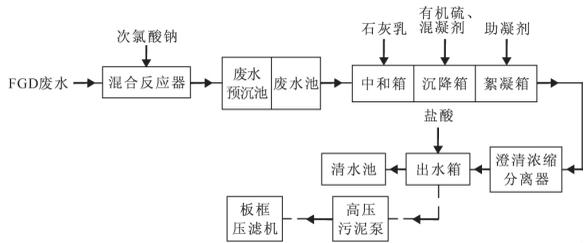


图 1 脱硫废水处理工艺

脱硫废水经过废水预沉池、废水池沉降,然后由废水泵打至三联箱,也有系统不设置预沉池,将脱硫废水直接打入三联箱^[7]。在中和、沉淀、絮凝三联箱中,首先经过中和箱阶段,投加碱性中和药剂,将废水 pH 值调至 9.2 ~ 9.8 之间,大部分重金属生成难溶或微溶的化合物。其次在沉降箱阶段,投加沉淀药剂、混凝剂,通过沉淀药剂对重金属离子进一步去除,形成对应的螯合物,从而去除绝大部分的重金属;投加混凝剂,为悬浮物的混凝沉降提供了必要条件。然后在絮凝箱的出口段,投加助凝剂,形成的絮凝物在澄清池内得以沉降,从而去除大部分的悬浮物。清水在澄清池内溢流至出水箱,通过投加盐酸控制 pH 值在 6 ~ 9 之间,并回用。废水主要回用于灰库的拌灰水箱^[9]。

中和过程中的碱性中和药剂可选熟石灰粉,其主要有以下效果:一是对废水中杂质有凝聚作用;二是 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 能与废水中的 F^- 反应生成 CaF_2 ;三是 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 能与砷反应生成 $\text{Ca}_3(\text{AsO}_3)_2$ 、 $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ 沉淀。运行中先将石灰粉溶解成质量分数为 20% 的溶液,再稀释成 5% 的溶液,然后泵入计量箱作为中和药剂加入中和箱,中和箱内安装搅拌器,可以促进中和反应。

沉淀过程中溶液的 pH 值是金属氢氧化物发生沉淀的重要条件,选择将废水的 pH 值调整在 8.0 ~ 9.0 之间,此时重金属硫化物的溶解度已非常小。沉淀药剂可选 TMT15,能进一步去除重金

属离子。将 TMT15 的原药液(浓度 15%)配成 2% 浓度置于计量箱中,由计量泵加入沉淀箱。

絮凝过程内絮凝剂可采用聚合 FeClSO_4 ,助凝剂可选 PAM(阴离子型聚丙烯酰胺)。将聚合 FeClSO_4 原药(浓度 40%)稀释为 0.75% 置于计量箱,由计量泵加入絮凝箱;PAM 固体配成浓度 0.1% 溶液,由计量泵加入絮凝箱出口管道。

絮凝箱出水溢流经中心下降管进入浓缩澄清器,在下降过程中颗粒由小的分散状态变成絮状沉淀,氢氧化物和硫化物也进一步沉淀。废水出中心下降管向上反折时,形成大的絮状颗粒,在重力作用下沉到浓缩澄清器底部,除小部分污泥由污泥输送泵抽出送入中和箱作为晶种外,其余污泥由污泥输送泵送至板框压滤机脱水。清水经围堰溢流至出水箱,当积蓄到一定量后由出水泵打出系统。

当浓缩澄清器底部污泥存到一定高度时,启动污泥输送泵,将污泥输送至板框压滤机中脱水。压滤机压出的滤液经输送管送至溢流坑,当溢流坑的液位达到设定高位时,启动前污泵,将废水打入中和箱与新来的废水一起进入下一个处理循环;压出的滤饼(含固率约为 45%)由汽车运出。

1.2 运行参数

脱硫废水处理系统一般需要经过反复试验调试,得出一套经济合理的优化运行参数。 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 的加药量由中和箱 pH 值控制:当 pH 值低于 8.5 时,加入 $\text{Ca}(\text{OH})_2$;当 pH 值超过 8.5 时,停止加药。PAM 配成浓度为 0.1% 的原因是 PAM 粉末溶解后具有较大的粘性,且 PAM 溶液聚合能力很强。PAM 的投加位置设在浓缩澄清器的中心下降管处,不能设置在絮凝箱,否则悬浮物在 PAM 的强化凝聚作用下生成的絮凝颗粒会直接沉淀在絮凝箱中。 FeClSO_4 、PAM 与 TMT15 的加药量根据废水水量成比例自动投加。

表 1 脱硫废水处理前后指标分析

项目	处理前	处理后	排放一级标准
pH	4~6	7.65	6~9
悬浮物(mg/L)	45600	36.5	≤70
COD(mg/L)	150	78	≤100
Hg(mg/L)	0.1	0.01	≤0.05
F ⁻ (mg/L)	10.0	1.62	≤10
总 Cr(mg/L)	1.5	0.21	≤1.5

经过处理后悬浮物和重金属浓度有明显降低,各项化验指标都符合《污水综合排放标准》(GB8978-1996)的要求,处理前的 Cl⁻浓度为 7 880 mg/L,处理后 Cl⁻的浓度为 5 600 mg/L。表 1 为燃煤电厂脱硫废水处理系统中,脱硫废水处理前后相关指标的变化情况^[10]。

2 存在的问题

2.1 系统设计问题

不少脱硫废水处理系统在设计时的处理水量按 120% 的处理量设计,但实际运行过程中,由于加药等环节增加了处理水量,实际出水量偏大^[11,12],导致出水箱出力不足。

设置脱硫预沉池及废水池的电厂,在运行过程中发现沉降效果不理想,特别是当系统后续设备停运时间较长时,容易导致满池、溢流。经分析,主要由两方面原因引起:一是脱硫废水的设计容量偏小;二是脱硫预沉池和废水池容量偏小。此外预沉池溢水坝也存在一定的设计问题。预沉池和废水池由溢水坝分隔成两部分,预沉池的液位达到溢水坝后,废水才能进入废水池,意味着只有废水进水的同时才能出水。而预沉池的进水口距离溢水坝较短,仅约 2 m,致使进水时大量来不及沉淀的废水直接进入废水池,导致系统后续设备如澄清器、压滤机等运行压力大。目前预沉池的清理频率约为每月一次,每次清淤需 3 天时间,在此期间,系统将无法接纳脱硫废水。

澄清浓缩分离器斜管内污泥堵塞,导致斜管及其支架变形,搅拌器因底部泥浆淤积严重而电机烧毁。根据设计澄清器搅拌机连续运行,转速为 0.5 r/min。当澄清器内泥位达到 2 m 时,启动高、低压污泥泵,向板框式压滤机输送泥浆。如果泥位过高,超过了斜板的底部位置,就会堵塞斜管,使之变形,同时严重影响澄清效果。从澄清器的结构看,其直径为 9 m,内部斜板除底部支架外,没有其他固定支架。脱硫废水的泥浆比重较大,而澄清池中使用的六角形斜管硬度偏小,导致斜板极易变形,且所有斜板为一个整体,部分变形将影响全局。

2.2 调试运行问题

高、低压污泥泵故障频繁,出口管道振动非常大。废水泵、高、低压污泥泵为立式螺杆泵,这类泵运行时要求不能有软硬异物进入,否则会发生堵

塞、空转等问题,同时要求泵在启动前,出口阀门先打开,防止污泥在泵体内积聚。

实际运行过程中,由于废水池为开式结构,基建也没有清理到位,导致废水泵吸入了石块、塑料纸等异物。对于立式的废水泵,其吸入口在废水池的凹坑内,此处曝气不足,污泥易结块,再被吸入泵体内。此外,立式废水泵底部固定在基座上,每次检修拆装,均需抽干废水池,检修工作量非常大。

高、低压污泥泵也存在由于斜板塑料碎片进入而导致故障的问题。高、低压污泥泵出口管道振动偏大,是由于泵进口管道不规范所致,泵入口最大口径为 DN150,而从澄清器至两台泵入口的管道上,澄清器排泥阀为 DN100,管道多次不规则变径,最小仅 DN50,使得入口污泥量不足,泵间断吸、排泥。

利用螺旋输送机配置石灰粉末, Ca(OH)₂ 粉末对螺旋输送机的磨损较大。配置成 5% 浓度石灰乳,由于冲洗压力不够,容易堵塞。一般在连续运行的时候问题不大,但是在时停时投的时候,特别容易堵塞。随着运行时间的增加,加药管道存在老化现象, FeClSO₄、TMT15 等加药管道容易堵塞。

先前由于压滤机出力不足,导致澄清池内泥浆密度较大,造成搅拌器力矩过载。目前,需要每天人工定期压泥,同时白天、中班期间进行冲洗,保证压滤机运行正常,防止搅拌器过载。此外由于泥位计的设计原因,导致显示不正确。

3 改进措施和建议

3.1 增加系统处理容量

在设计时适当增加废水处理的预留量^[13-15]。增加脱硫废水预沉池和废水池的容积,如有条件可以增加三级沉淀池,通过三级沉淀进一步降低脱硫废水的含固量。脱硫废水中泥浆充分沉降,可以保证废水连续稳定排放,降低废水进入后续系统的含泥量,可减轻澄清器、压滤机的工作负荷,延长系统设备的检修周期。同时,将脱硫废水池中的曝气管改为曝气桶,以避免曝气管堵塞,或者将曝气管设计成母管支管,支管上设置曝气孔,支管排列密度及曝气强度应为普通工业废水的 2~4 倍。

3.2 提高系统设备可靠性

提高澄清浓缩分离器内填料斜板的强度,加固底部支架,增加分区隔离架,在高、低压污泥泵出

口增加至废水池的污泥回流管,消除板框压滤机检修的影响。可在澄清器内搅拌器加装力矩显示器,直接观察搅拌器力矩变化,监视搅拌器是否过载。

在石灰乳箱中加装质量密度计,实时观察石灰乳浓度变化,防止运行人员操作失误,造成石灰乳浓度增大,导致管道严重堵塞。

为提高加药系统的可靠性,可增设一路补水管道,一用一备两路加药补水管道。

将脱硫废水泵改型为自吸泵或其他型式的泵,改善废水泵吸入口位置不佳、检修不便等问题。用地上衬塑管作为脱硫废水疏水管路,适当增加管径,以避免管路堵塞。澄清器出口至高、低压污泥泵进口的管道的管径尽量保持一致,避免出口管道振动过大。增设一路补水管道,一用一备两路加药补水管道,提高加药系统可靠性。

采用具有自动板振打功能的压滤机,同时对泥斗表面进行光滑处理,以避免干泥粘附不能自动脱落,减轻人工清理及车辆的等待。

3.3 加强运行管理维护

定期冲洗加药管道,并检查加药箱内药量。定期维护计量泵和清洗调整 pH 测量电极,以确保加药的准确性。

在停运前及时冲洗石灰乳管道,防止石灰乳在管道内沉积。同时在运行过程中加强对泵前保护格栅的实时检查,及时清除残留物,确保水流通畅。

定期对浆液进行化验,对各部位的浆液浓度、结晶情况、流量进行分析,以确保达到设计值。

4 结语

(上接第 13 页)

化对植被碳储量的影响[J].自然资源学报,2010,25(6):926-938.

[3]Canadell J G.Land use effects on terrestrial carbon sources and sinks[J].Science in China Series C,2002,45(Supp 1):1-9.

[4]Houghton R A,Hackler J L.Sources and sinks of carbon from land-use change in China [J].Global Biogeochem Ical Cycle,2003,17(2):1-11.

[5]方精云,郭兆迪,朴世龙,等.1981-2000 年中国陆地植被碳汇的估算[J].中国科学(地球科学),2007,37(6):804-812.

[6]游和远,吴次芳.土地利用的碳排放效率及其低碳优化[J].自然资源学报,2010,25(11):1875-1886.

[7]Cai Zucong,Kang Guoding,Tsuruta H,et al.Estimate of CH₄ emissions from year-round flooded rice field during rice growing season in China[J].Pedosphere,2005,15(1):66-71.

[8]何勇.中国气候、陆地生态系统碳循环研究[M].北京:气象出版社,2006.

作为湿法脱硫工艺的重要组成部分,脱硫废水处理系统可有效降低吸收塔浆液中 COD、氟离子、氯离子、悬浮物、重金属浓度,使脱硫废水达标排放。针对脱硫废水处理在系统设计、调试、运行、维护等方面问题,可通过增加系统处理容量、提高系统可靠性和加强运行维护管理等措施,保障脱硫系统的连续、高效、稳定运行。

参考文献

- [1] HJ/T 179-2005, 火电厂烟气脱硫工程技术规范 石灰石/石灰-石膏法[S].
- [2] GB/T 21508-2008, 燃煤烟气脱硫设备性能测试方法[S].
- [3] DLT 998-2006, 石灰石-石膏湿法烟气脱硫装置性能验收试验规范[S].
- [4] DLT 986-2005, 湿法烟气脱硫工艺性能检测技术规范[S].
- [5] GB 8978-1996, 污水综合排放标准[S].
- [6] DLT 997-2-2006, 火电厂石灰石-石膏湿法脱硫废水水质控制指标[S].
- [7] 薛建明, 王小明, 刘建民, 等. 湿法烟气脱硫设计及设备选型手册[M]. 北京: 中国电力出版社, 2011.
- [8] 李鹏. 燃煤电厂烟气脱硫系统优化运行[J]. 华电技术, 2014, 36(7): 75-77.
- [9] 胡志光, 杜海红, 常爱玲, 等. 火电厂湿法烟气脱硫废水处理的试验研究[J]. 能源与环境, 2009, (5): 45-46.
- [10] 吕新丰. 宁海电厂脱硫废水处理探讨 [J]. 电力科技与环保, 2011, 27(3): 48-50.
- [11] 王正江, 杨宝红, 王璟, 等. 国产湿法脱硫废水处理系统的研究与应用[J]. 热力发电, 2005, (5):7-10.
- [12] 陈泽峰, 冯铁玲. 电厂脱硫废水处理[J]. 工业水处理, 2006, (3): 86-88.
- [13] 柳杨, 刘德志. 脱硫废水深度处理方法 [J]. 电站系统工程, 2007, 23(5):49-50.
- [14] 刘晓, 周菊花. 燃煤电厂石灰石石膏湿法烟气脱硫废水处理探讨[J]. 湖北电力, 2008, 32(6):112-114.
- [15] 何世德, 李锐, 张占梅, 等. 某电厂烟气脱硫废水处理工艺设计[J]. 环境科学与管理, 2010, (11):84-85.

[9] 石红昕, 穆兴民, 张应龙, 等. 四川省广元市不同土地利用类型的碳排放效应研究[J]. 水土保持通报, 2012, 32(3):101-106.

[10] 谢鸿宇, 陈贤生, 林凯荣, 等. 基于碳循环的化石能源及电力生态足迹[J]. 生态学报, 2008, 28(4):1729-1735.

[11] 蓝家程, 傅瓦利, 袁波, 等. 重庆市不同土地利用碳排放及碳足迹分析[J]. 水土保持学报, 2012, 26(1): 146-155.

[12] 舒娱琴. 中国能源消费碳排放的时空特征[J]. 生态学报, 2012, 32(16):4950-4960.

[13] 何建坤, 刘滨. 作为温室气体碳排放量衡量指标的碳排放强度分析[J]. 清华大学学报:自然科学版, 2004, 44(6):740-743.

[14] 岳瑞锋, 朱永杰. 1990-2007 年中国能源碳排放的省域聚类分析[J]. 技术经济, 2010, 29(3):40-45.