

磁混凝工艺在化工废水预处理段的应用

李 政¹, 高健磊², 周子鹏³

(1. 郑州大学综合设计研究院有限公司, 河南郑州 450003; 2. 郑州大学, 河南郑州 450001;
3. 河南工业职业技术学院, 河南南阳 473000)

[摘要] 河南省某化工企业的煤气化废水具有水量较大、污染程度小、细小悬浮物较多的特点, 采用常规的混凝沉淀工艺很难对其进行有效处理。采用磁混凝工艺对原有煤气化废水预处理工艺进行改造。运行结果表明, 改造后处理效果明显改善, 预处理段出水 COD 的 90% 保证率值为 251.5 mg/L, 出水 SS 的 90% 保证率值为 9.6 mg/L, SS 去除率为 85%~95%, 且工艺运行稳定。该工艺段所耗药剂费在 0.058 5~0.109 元/m³。通过磁混凝技术改造, 有效地解决了煤气化废水悬浮物混凝沉淀困难的难点, 并减小了该类细小悬浮物对后续生物处理系统的影响。

[关键词] 煤气化废水; 磁混凝; 悬浮物; 高速沉淀

[中图分类号] X703 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1005-829X(2021)10-0141-04

Application of magnetic coagulation in the pretreatment section of chemical wastewater

LI Zheng¹, GAO Jianlei², ZHOU Zipeng³

(1. Zhengzhou University Multi-Functional Design and Research Academy Co., Ltd., Zhengzhou 450003, China;
2. Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 3. Henan Polytechnic Institute, Nanyang 473000, China)

Abstract: The coal gasification wastewater of a chemical enterprise in Henan Province has the characteristics of large water volume, low pollution, and more fine suspended solids. It is difficult to treat it effectively by conventional coagulation and sedimentation processes. In this paper, the current coal gasification wastewater pretreatment process was reformed by using the magnetic coagulation process. The operation results showed that the treatment effect was obvious after transformation. The 90% guarantee rate of the effluent COD of the pretreatment section was 251.5 mg/L, and the 90% guarantee rate of the effluent SS of the pretreatment section was 9.6 mg/L. The removal of SS was 85%~95%, and its removal rate was relatively stable during operation. The reagent cost of this process section was between 0.058 5~0.109 yuan/m³. Through the technical transformation of magnetic coagulation, the difficulty of coagulation and sedimentation of suspended solids in coal gasification wastewater was effectively solved, and the impact of such fine suspended solids on the subsequent biological treatment system was reduced.

Key words: coal gasification wastewater; magnetic coagulation; suspended solids; quick settling

煤化工行业主要有煤炭焦化、煤气化和煤液化 3 条产业链, 其中煤炭气化是目前发展的重要方向。然而, 在煤化工行业飞速发展的同时, 也伴随着大量废水的产生。煤气化废水主要来源于气化各工段中的洗涤水、洗气水、汽分流水等^[1], 其水质特性为高氨氮, 同时含有氰化物有毒物质, 尤其是其悬浮物浓度较高, 且悬浮物多为超细粉型胶体物质^[2-3]。近年

来, 人们越来越重视对于煤气化废水的处理, 将氨氮、氰化物等指标作为重要的研究对象, 并已具有较为成熟的技术。但是, 研究中忽视了对于煤气化废水中的超细悬浮物质的处理, 多数废水处理站对于该类物质没有进行有效的去除, 导致后续处理单元的处理效率下降甚至失效。

磁混凝技术是在常规混凝沉淀技术的基础上投

加磁粉,使细小的磁粉颗粒作为沉淀析出晶核,使得水中胶体颗粒与磁粉颗粒更容易碰撞脱稳而形成絮体,可大大提高悬浮物的去除效率^[4]。基于此,河南省某化工企业采用磁混凝工艺对原有煤气化废水预处理工艺进行了改造。笔者依托对河南省某化工企业废水站(含煤气化废水预处理段)的改造工程,主要对煤气化废水预处理段磁混凝技术改造方案进行了研究。本改造工程于2019年3月完成施工图设计,2019年10月废水站全部施工完成,2020年3月通水并调试完成。

1 工程概况与现状分析

1.1 原厂概况

本工程废水站进水包括乙二醇系统废水、煤气化系统废水、厂区事故废水、生活污水、循环水系统排污水、除盐车站排污水、再生回用水站排污水等,总设计规模14 400 m³/d,其中煤气化系统废水设计规模2 880 m³/d,其原处理系统流程:原水—气化调节池—一级破氰池—pH调节池—二级破氰池—综合调节池—后续处理单元。由于企业对生产工艺进行了升级改造,出水氰化物浓度较小,不再需要进行破氰处理。为更好地解决悬浮物问题,企业废水站通过技改将破氰池改为混凝沉淀池,投加PAC和PAM药剂对废水进行预处理,通过连续调试运行,发现其处理效果仍然较差,出水浊度较高,细小悬浮物较多,难以去除。

1.2 问题分析

经调查发现,虽然废水站通过技改措施将破氰池改造为混凝沉淀池,并投加了混凝剂PAC(投加量25~50 mg/L),但是废水中超细悬浮物并未得到有效去除,导致后端生化系统中无机细小悬浮物较多,其附着在微生物菌胶团上,使生物系统中的污泥难以絮凝形成絮状或颗粒污泥,从而导致污泥浓度极低,生物系统无法发挥较好的处理效能,使得其他指标(比如COD、TN等)无法得到有效去除,最终导致处理出水水质无法达标。总排放口出水水质较为浑浊,明显可见细小悬浮物。

1.3 煤气化废水进水水质监测数据分析

由于该废水站建设运行时间较短,对于煤气化废水的水质监测数据较少,并且缺少浊度的监测数据。通过对其2018年近1个月的水质监测,得到煤

气化废水的进水水质,见表1。

表1 实测煤气化废水的进水水质

Table 1 The measured influent water quality of coal gasification wastewater

项目	pH	COD/(mg·L ⁻¹)	SS/(mg·L ⁻¹)
最大值	8.58	350.7	290
最小值	7.8	242.0	125
平均值	8.06	306.8	182.5

2 改造方案

2.1 煤气化废水设计进水水质的确定

根据对煤气化废水进水水质的统计分析,并结合90%保证率的数据情况,确定煤气化废水预处理段进水水质:COD≤400 mg/L,SS≤200 mg/L;水量120 m³/h。

2.2 煤气化废水预处理设计出水水质的确定

为满足并减轻后续处理系统对于悬浮物、浊度的负荷,本工程确定煤气化废水预处理出水水质:COD≤320 mg/L,SS≤20 mg/L;水量120 m³/h。

2.3 总体改造方案

由于原有池体仅有2格破氰池可以加以利用,但因其容积较小,很难作为混合、絮凝、反应池所用,因此不采取在现有池体内进行改造。本次改造将原有一级破氰池作为pH调节池,增加现有pH调节池的池容,并将一级破氰池、气化调节池和pH调节池进行联通,方便废水的进出。同时,新增石灰乳投加系统进行pH调节,并增加进水在线监测装置。在破氰池体北侧有一块空地可以作为磁混凝处理单元的建设用地,故本工程在该空地建设磁混凝工艺所需的处理单元和设备间等。同时,为根据不同进水量实时调整加药量,在磁混凝的进水端增加在线检测系统。将原有二级破氰池作为出水池,经磁混凝处理后的出水进入出水池,给予一定的缓冲停留时间,并在池中增加提升泵将废水提升至综合调节池进行下一步处理。

2.4 工艺流程

煤气化废水预处理工艺流程如图1所示。

3 改造工程设计

3.1 工艺特点

磁混凝技术是在传统混凝沉淀技术的基础上发展创新而来,是利用可循环的磁种增强絮凝反应,达到高速沉降的污水处理工艺。该工艺可加快絮体沉

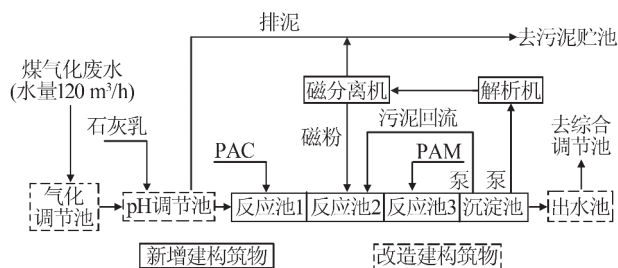


图 1 工艺流程

Fig. 1 Process flow chart

降速度,提高沉淀池的表面负荷,缩短水力停留时间,减小混凝及沉淀池的占地面积,节省投资成本,提高处理效率及出水水质。同时,磁混凝系统内设置了污泥回流系统,使得污泥中的磁粉及混凝剂循环使用,有利于节约混凝剂用量。另一部分含有磁粉的污泥可经高速剪切机对污泥和磁粉进行分离,磁粉经磁回收器回收后重新利用,剩余污泥经污泥泵送入污泥处理系统进行脱水外运处置。

图 2 显示了磁种与絮体的结合过程, 图 3 显示了显微镜下磁种与絮体的结合。

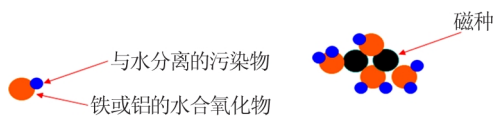


图 2 磁种与絮体的结合过程

Fig. 2 Combination process of magnetic seed and floc

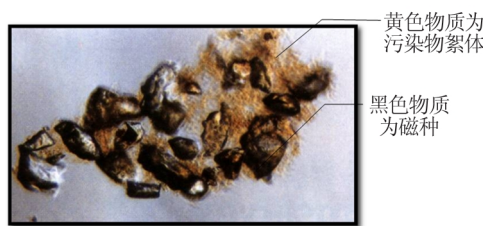


图 3 显微镜下磁种与絮体结合图片

Fig. 3 The combination of magnetic seed and floc under microscope

3.2 工程设计

3.2.1 气化调节池(改造)

气化调节池的主要作用是调节气化废水的水质水量。改造内容:在气化调节池和 pH 调节池底开 2 个方洞,连通气化调节池和 pH 调节池;增加进水在线监测装置。调节池水力停留时间 3.5 h。新增设备:水质在线监测装置 1 套,测定项目为流量、COD、SS。

3.2.2 pH 调节池(改造)

pH 调节池的主要作用是调节气化废水的 pH, 去除水中的重碳酸盐。改造内容: 增加石灰乳投加系统。在该单元投加石灰粉($\text{CaO} > 80\%$), 投加量 100 mg/L 。

3.2.3 出水池(由二级破氰池改造而来)

出水池的主要作用是给予水泵一定的缓冲停留时间。改造内容:增加出水池提升泵进水管,增加2个 $DN\ 200$ 吸水管。新增设备:气化废水出水池提升泵4套(2用2备),水泵类型:卧式离心化工泵;泵参数: $Q=70\text{ m}^3/\text{h}$, $H=10\text{ m}$, $P=4\text{ kW}$

3.2.4 磁混凝反应沉淀池(新建)

磁混凝池的主要作用是利用磁分离技术,通过投加磁粉、PAM 等药剂,提高对悬浮物的沉淀效果。该处理单元包括混凝混合反应池、磁介质混合池、絮凝反应池、磁分离装置、污泥缓冲池/加药系统。设计表面负荷: $16.8 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。加药量: PAC ($\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 30\%$), 正常投加量 15 mg/L , 最大投加量 25 mg/L ; PAM, 投加量 1.0 mg/L , 磁粉补充投加量 $1 \sim 4 \text{ mg/L}$ 。污泥回流比: $10\% \sim 20\%$ 。PAC 混合池 HRT 为 2 min , 磁介质混合池 HRT 为 2.2 min , PAM 混合池 HRT 为 4.5 min , 沉淀池负荷为 $12 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

新增转速为 1 440 r/min 的快速混合搅拌机、磁介质混合搅拌器和絮凝混合搅拌器各 1 台；设置磁回收器 1 台,功率 1.1 kW;解絮机 1 台,功率 4.0 kW;磁种投加泵 2 台(1 用 1 备),流量 1.0 m³/h,扬程 0.1 MPa,功率 0.75 kW;新增铺设内切圆直径为 $D100$ 的六边蜂窝斜管,布置面积 6 m²,厚度 1 mm,斜长 800 mm,倾角 60°;新增中心转动刮泥机 1 台, $P=0.37$ kW;新增 PAC 及 PAM 投加系统各 1 套,含加药罐和投加泵。

4 运行效果及经济分析

4.1 运行效果

2020年3月至4月对预处理段进行了调试运行,出水水质基本稳定。运行效果如图4、图5所示。

运行结果表明,出水 COD 最大值为 305.1 mg/L,平均值为 220.5 mg/L,90%保证率值为 251.5 mg/L;出水 SS 最大值为 15.6 mg/L,平均值为 8.35 mg/L,90%保证率值为 9.6 mg/L。根据实测水质数据,磁混凝工艺对煤气化废水的处理效果明显,处理出水 COD、

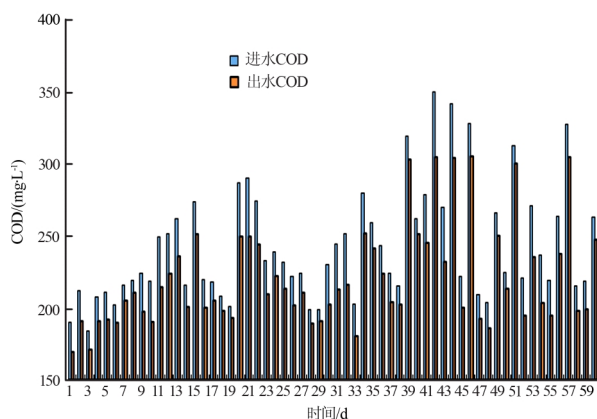


图4 COD水质变化

Fig. 4 COD water quality change

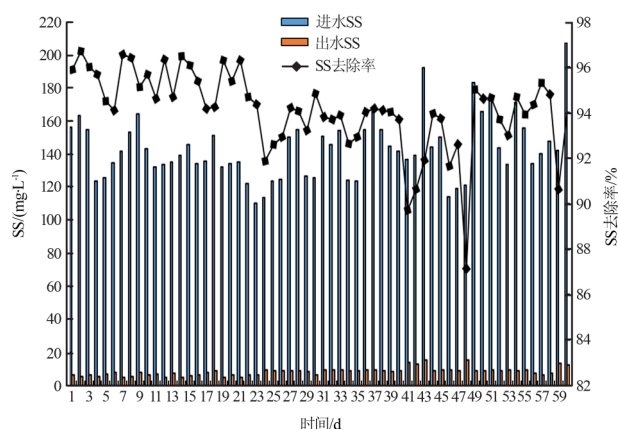


图5 SS水质变化及其去除率

Fig. 5 SS water quality change and removal rate

SS均优于原设计出水值。运行期间,SS去除率在85%~95%,去除率较为稳定。

4.2 经济分析

从本工程预处理段运行情况来看,磁混凝技术主要的运行费用为药剂费。磁混凝技术通过磁分离机及回收装置可以最大量地回收磁粉,减少磁粉消耗量^[5]。根据运行调试投加药剂的情况,投加混凝剂PAC约15~25 mg/L, PAM约0.5~1.0 mg/L。对于磁粉损耗量,其设计值为5 mg/L(最大投加量),而在实际运行过程中磁粉补充量约1.0~4.0 mg/L,小于设计值。

(1)聚合氯化铝(PAC)。为保证正常运行及出水水质达标,本项目采用一级强化工艺,需投加药剂PAC,投加量为0.015~0.025 kg/m³, PAC价格为3 000元/t,则消耗的PAC费用0.045~0.075元/m³。

(2)阴离子聚丙烯酰胺(PAM)。为保证正常运行

及出水水质达标,需投加PAM,投加量为0.5~1 g/m³, PAM价格为20 000元/t,则消耗的PAM费用为0.01~0.02元/m³。

(3)磁粉。一级强化设备磁分离需补充磁粉,其消耗为1~4 g/m³,磁粉价格为3 500元/t,则消耗的磁粉费用为0.003 5~0.014元/m³。

综上,磁混凝工艺段所耗药剂费在0.058 5~0.109元/m³(各地药剂价格相差较大,本工程药剂费按河南洛阳地区药剂价格计算)。

5 结论

本工程针对河南某煤化工企业煤气化废水水质特点及现状,在充分调研及分析的基础上,采用磁混凝技术对其煤气化废水进行预处理。运行结果表明,该技术对于煤气化废水中细小悬浮物有显著的去除效果,处理出水COD的90%保证率值为251.5 mg/L, SS的90%保证率值为9.6 mg/L, SS去除率在85%~95%,且SS去除率较为稳定,表明本改造方案是成功的。

但是值得注意的是,在实际工程实施前,需要对磁混凝系统的PAC、PAM和磁粉投加量进行现场试验,以更好地优化药剂投加量,控制运行成本。必要时可以选择采用回流污泥的措施,有效减少药剂投加量。本工程推算的药剂投加量、沉淀池的表面负荷以及运行调试水质指标等参数对于类似项目的设计参数选取具有一定的借鉴意义。

参考文献

- [1] LUTHY R G. Treatment of coal coking and coal gasification wastewaters[J]. Journal of Water Pollution Control Federation, 1981, 53(3): 325-339.
- [2] KINDZIERSKI W B, FEDORAK P M, HRUDEY S E. Anaerobic treatability of a phenolic coal conversion wastewater after diisopropyl ether extraction[J]. Water Research, 1991, 25(4): 479-484.
- [3] 王菊思, 赵丽辉, 孙建华. 工业污染源复杂污水体系的水质剖析方法[J]. 环境化学, 1986(5): 43-49.
- [4] 施园. 磁混凝澄清工艺在污水厂提标中的应用[J]. 水处理技术, 2018, 44(11): 136-137.
- [5] 黑国祥. CoMag磁混凝工艺在一级A提标改造中的应用[J]. 中国给水排水, 2011, 27(22): 97-99.

[作者简介] 李政(1992—), 硕士研究生, 工程师。电话: 18339900083, E-mail: 18339900083@163.com。

[收稿日期] 2021-07-15(修改稿)