

家庭漂洗废水冲厕回用处理技术研究

李俊¹, 周正伟^{1,2}, 吴军¹, 邵川¹

(1. 南京大学环境学院 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 江苏 南京 210023;

2. 常州大学 环境与安全工程学院, 江苏 常州 213164)

摘要: 对比了混凝沉淀+微滤装置和逆流共聚气浮装置对家庭漂洗废水的处理效果。结果表明,PAC的混凝效果优于PFS;经两种装置处理后,出水均澄清,浊度均为10 NTU左右, $BOD_5 < 12$ mg/L,氨氮 < 7 mg/L;但混凝沉淀+微滤装置占地面积大、不易设备化集成、滤网易堵塞,而逆流共聚气浮装置紧凑易集成,具有良好的应用前景。

关键词: 漂洗废水; 回用; 气浮; 微滤

中图分类号: X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)11-0102-04

Development of Treatment Technology for Household Rinsing Wastewater Reuse

LI Jun¹, ZHOU Zheng-wei^{1,2}, WU Jun¹, SHAO Chuan¹

(1. State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, School of Environment, Nanjing University, Nanjing 210023, China; 2. School of Environmental and Safety Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China)

Abstract: Rinsing wastewater reuse is a common approach to conserve water in households. This research attempted to develop a simple treatment technology and equipment for household rinsing wastewater reuse. The effects of the two kinds of devices, coagulation sedimentation + microfiltration and countercurrent air floatation, were studied. It was showed that PAC had better coagulation effect in comparison with PFS. The effluents of the two treatment processes were both clear with turbidity around 10 NTU, $BOD_5 < 12$ mg/L, and ammonia nitrogen < 7 mg/L. However, the coagulation sedimentation + microfiltration device required a large area and was difficult to integrate into equipment. It also showed tendency of blocking. The countercurrent air floatation device was compact, easy to integrate and demonstrated a good application prospect.

Key words: rinsing wastewater; reuse; air floatation; microfiltration

随着节能环保政策的大力推行,居民的节水意识不断增强,对于家庭用水直接处理回用的需求逐渐增加^[1]。洗衣机漂洗废水约占生活总用水量的12%,其受污染程度低、可生化性差、易于收集,而卫

生间冲厕用水约占总用水量的30%。洗衣机一次排出的漂洗废水大约可以供马桶冲洗20次,节水潜力巨大^[2]。一些家庭收集洗衣、洗浴废水用来冲洗马桶,但贮存量有限,使用也不方便,而且存放时间

基金项目: 南京市科技发展计划项目(2013sd312010); 江苏省高校自然科学研究面上项目(15KJB610001); 常州大学科技项目(ZMF14020051)

稍久则水质变坏并散发出难闻的气味。有学者选用超滤法、膜生物反应器(MBR)和曝气生物滤池(BAF)等处理灰水(洗浴、洗衣、洗菜等洗涤废水,污染程度小、排放量大),但存在设备投资和运行费用高、膜污染、占地面积大等问题,制约了其实际应用^[3,4]。而气浮法能够有效去除悬浮物、油脂等,尤其是气液混合泵的应用可使气浮装置小型化,在家庭灰水处理领域有着良好的发展前景^[5,6]。

笔者对比了混凝沉淀+微滤装置和逆流共聚气浮装置处理家庭洗衣机漂洗废水冲厕回用的效能。

1 试验材料与方法

1.1 试验水质

试验所用灰水取自学生宿舍公共洗衣房排出的洗衣机漂洗废水,其主要污染物为悬浮物、有机物和表面活性剂,而病原微生物、氮、磷含量较低^[7]。漂洗废水浊度为3.9~88 NTU,pH值为7.82~8.20,BOD₅、氨氮、阴离子表面活性剂分别为15~56、4~11、1.1~3.2 mg/L。

1.2 试验装置

图1为混凝沉淀+微滤装置示意,装置材质均为有机玻璃。设计进水量为100 L/h,反应桶直径为30 cm,高为50 cm;竖流沉淀池表面负荷为2 m³/(m²·h),中心管直径为3.5 cm,沉淀池直径为30 cm,总高度为130 cm;微滤装置直径为30 cm,高为35 cm,且内部(四周和底面)固定孔径为0.2 mm的不锈钢滤网。进水泵抽取竖流沉淀池内的上清液,为微滤装置提供过滤动力。

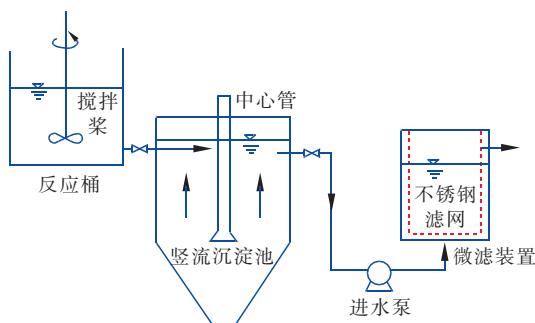


图1 混凝沉淀+微滤装置示意

Fig.1 Schematic diagram of coagulation sedimentation and microfiltration device

图2为逆流共聚气浮装置示意。该装置主体采用DN100的PVC管,高为170 cm,底部管帽密封作为底座,顶部焊接DN200的PVC短管作为集渣槽。装置上端侧壁设有进水口,下端侧壁自下而上

依次设有出水口(编号为0)、回流水口和编号依次为1~6的取样口。进、出水口间距为140 cm,每个取样口间距为20 cm。其中,絮凝剂投加管连接到进水提升泵的进水管,并设有一个止回阀。集渣槽置于气浮反应器的顶部,且其底部设有排渣管。出水自流进入集水箱,其中部分水通过气液混合泵回流,经截止阀减压后进入气浮反应器。

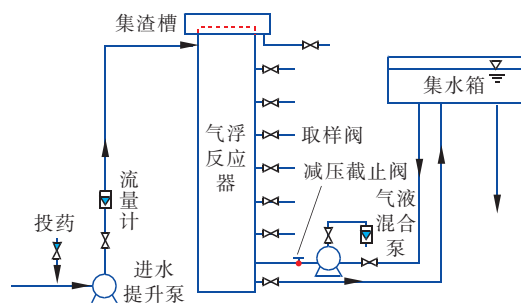


图2 逆流共聚气浮装置示意

Fig.2 Schematic diagram of countercurrent air flotation device

1.3 试验内容和方法

当使用混凝沉淀+微滤装置处理漂洗废水时,在反应桶中投加一定量的PAC,快速搅拌1 min后打开阀门使脱稳的漂洗废水自流进入竖流沉淀池,测定上清液浊度,上清液经进水泵加压后泵入微滤装置,测定出水浊度。每次试验后都对滤网进行反冲洗,使其恢复初始过滤通量。

当使用逆流共聚气浮装置处理漂洗废水时,首先开启回流水进水阀门并启动气液混合泵,待回流水充满气浮反应器后启动进水提升泵。絮凝剂投加管上的止回阀在进水提升泵启动后,由于管道内压力下降而自动开启,从而使得PAC与漂洗废水在进水提升泵中得到充分混合。通过进水阀门和进水流量计调节进水流量,同时控制PAC投加量。调节气液混合泵中回流量和进气量。漂洗废水与回流水在气浮反应器内部发生逆流共聚絮凝反应。漂洗废水中脱稳形成的絮体与回流水中的微气泡结合,在气浮反应器中形成悬浮絮体层从而拦截下行悬浮絮体和上行气泡^[8],处理后的水从出水口流入集水箱中。悬浮物在浮力作用下向上运动至集渣槽,打开集渣槽底部阀门即可将其排出。

1.4 检测方法

由于原水受污染程度轻,悬浮物浓度很低,故选取浊度作为主要衡量指标。辅助指标包括pH值、

BOD₅、氨氮和阴离子表面活性剂。其中,浊度和 pH 值均采用便携式仪器测定,BOD₅ 采用哈希 BOD Trak II 仪器测定,氨氮采用水杨酸分光光度法测定,阴离子表面活性剂采用亚甲蓝分光光度法测定。

2 结果与讨论

2.1 混凝剂的筛选

为了选定一种效果较好的混凝剂并确定其最佳投加量,预先进行混凝沉淀小试。在原水中投加一定量的混凝剂溶液,快速搅拌(混合)1 min,再慢速搅拌(反应)10 min,静置 20 min 后测定其剩余浊度。原水 1 的浊度为 3.9 NTU,pH 值为 7.90;原水 2 的浊度为 9.9 NTU,pH 值为 7.95。选用的混凝剂分别为聚合氯化铝(PAC)和聚合硫酸铁(PFS),投加量分别为 12.5、25、50、75、100、125 mg/L。

结果表明,相同水质、相同混凝剂投加量下,投加 PAC 的出水浊度均低于 PFS 的,所以 PAC 对浊度的去除效果较好。PAC 在处理不同原水时,剩余浊度的变化趋势相同,均随投加量的增加而减小,而且当其投加量为 75 mg/L 时,剩余浊度均小于 1.5 NTU。因此,PAC 的最佳投加量为 75 mg/L。

2.2 混凝沉淀+微滤装置的处理效果

不同批次试验的漂洗废水混凝沉淀效果表明,原水 1、上清液 1、原水 2、上清液 2、原水 3、上清液 3 的 pH 值分别为 8.16、8.08、8.03、7.95、8.30、8.14,浊度分别为 47.0、18.8、46.0、17.0、34.5、13.0 NTU,上清液 1、上清液 2、上清液 3 的沉淀时间分别为 20、25、30 min。在原水中投加 PAC 后,竖流沉淀池底部可见棕色矾花积聚,其上清液澄清,pH 值也略有降低,这系铝盐水解所致。图 3 为不同沉淀时间下微滤装置对浊度的去除效果。

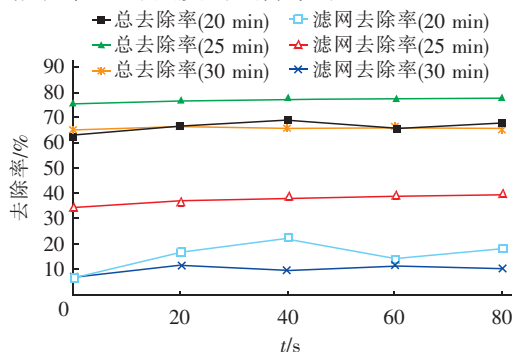


图3 不同沉淀时间下浊度去除率的变化

Fig. 3 Variation of removal rate of turbidity in different settling time

总去除率是指出水相对于原水的浊度去除率,而滤网去除率是指出水相对于上清液的浊度去除率。由图3可知,当沉淀时间为25 min时,浊度的总去除率最高,为75.9%~77.6%。在3种沉淀时间条件下,浊度的滤网去除率和总去除率相比,其所占的份额均不超过50%甚至更低,而且考虑到滤网需要经常反冲洗,给用户带来不便,沉淀时间相对较长才能达到理想效果,因此混凝沉淀+微滤组合工艺并不适用于家庭漂洗废水的处理。

2.3 逆流共聚气浮装置的处理效果

气浮法去除胶体的第一步是使胶体脱离稳定状态,可以通过测定 Zeta 电位进行判断。为了选取一种合适的混凝剂,在烧杯中进行了混凝试验。结果表明,原水 1、2 的 Zeta 电位均为负值,表明胶体带负电,且在 -40 ~ -20 mV 之间,其稳定性一般。投加 PAC 后,Zeta 电位均升高,当 PAC 投加量为 25 mg/L 时,Zeta 电位在零附近,在此情况下胶体会快速凝聚;进一步增加投加量后,Zeta 电位继续升高,达到 10 mV 左右。与此不同,向原水中投加 PFS 后,Zeta 电位升高的速率较小,当其投加量为 25 mg/L 时,Zeta 电位为 -15 mV 左右;投加量提高到 75 mg/L 时,Zeta 电位才勉强升至零附近,胶体脱稳。因此,投加 PAC 能够在较少投加量下使得漂洗废水中的胶体脱稳凝聚。

选取 PAC 作为混凝剂,气浮装置进水流量为 100 L/h,回流量为 20 L/h,气体流量为 0.042 L/min,即气液比为 1:8。试验共取 3 个批次的漂洗废水,气浮装置的处理效果表明,当原水 1、原水 2、原水 3 的 PAC 投加量分别为 25、50、75 mg/L,进水浊度分别为 76、67、43 NTU 时,出水浊度分别为 38、9、11 NTU,对浊度的去除率分别为 50.0%、86.6%、74.4%。

当 PAC 投加量为 25 mg/L 时,出水浊度偏高,且跟烧杯试验的结果不符,这是由于气浮装置中的水流状态跟烧杯中的差别很大,PAC 很难完全混合均匀,所以需要投加更多的混凝剂。当 PAC 投加量为 50 和 75 mg/L 时,出水浊度可以达到 10 NTU 左右。为了减小药剂消耗量,推荐 PAC 的投加量为 50 mg/L。

试验还分析了气浮装置中 PAC 投加量不同时浊度去除率在不同取样口的变化情况,结果如图 4 所示。

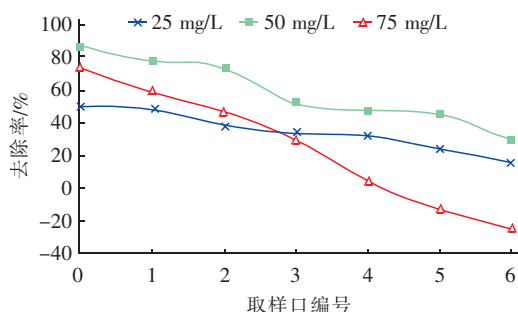


图4 气浮装置中浊度去除率的变化

Fig. 4 Variation of removal rate of turbidity in air floatation device

由图4可知,当PAC投加量为75 mg/L时,在距离进水口<60 cm的范围内水样浊度甚至超过了进水,这应该是形成气泡/絮体共聚悬浮层的缘故。取样口与进水口距离越大,水样的剩余浊度越低,因而设计实际产品时可以适当加大气浮反应器的高度和进、出水口的间距。

2.4 出水水质综合分析

在上述最佳参数下,对若干批次的漂洗废水进行处理。结果表明,混凝沉淀+微滤装置的出水浊度为10~13 NTU, BOD₅、氨氮、阴离子表面活性剂分别不超过12、7、0.8 mg/L;逆流共聚气浮装置的出水浊度为9~11 NTU, BOD₅、氨氮、阴离子表面活性剂分别不超过10、3、0.6 mg/L。两种装置的pH值均为7.5~8.5,嗅味指标均显示无不快感。可以看出,两种装置的出水水质差异不大,但逆流共聚气浮装置在浊度、BOD₅、氨氮和阴离子表面活性剂的去除效果上表现更好。除了浊度和BOD₅略有不足之外,其他指标均达到《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)的要求。

3 结论

① 混凝剂筛选结果表明,PAC的最佳投加量低于PFS,且上清液浊度更低。

② 当混凝沉淀+微滤装置的PAC投加量为75 mg/L,沉淀时间为25 min时,出水浊度为10~13 NTU, BOD₅<12 mg/L,氨氮<7 mg/L。但该装置占地面积大、不易设备化集成、滤网易堵塞,应用前景不佳。

③ 逆流共聚气浮装置运用了气液混合泵技术,占地面积小,有利于设备化集成,悬浮絮体层具有捕集作用,处理效率更高。当进水流量为100 L/h、回流水量为20 L/h、气体流量为0.042 L/min、

PAC投加量为50 mg/L时,出水浊度为9~11 NTU, BOD₅<10 mg/L,氨氮<3 mg/L,具有良好的应用前景。

逆流共聚气浮装置已获得国家实用新型专利授权,专利名称为“一种处理洗衣机漂洗废水和餐厨含油废水的装置”,专利号:201320617732.6,发明人:吴军、李俊等。

参考文献:

- [1] 叶创池. 家庭生活废水回用处理装置浅析[J]. 江西建材,2015,(5):247.
- [2] 阮久丽,于凤,陈洪斌,等. 生活污水分类收集处理的探讨[J]. 中国给水排水,2010,26(8):25-29.
- [3] 陈宇晖,何新辉. 千岛湖某假日酒店供水方式及洗衣废水回用系统方案选择分析[J]. 给水排水,2012,38(S1):354-356.
- [4] 张燕燕,程拥,陈洪斌. MBR和BAF用于以家庭回用为目的的灰水净化研究[J]. 环境工程学报,2016,10(2):623-630.
- [5] 朱兆亮,曹相生,孟雪征,等. 气液混合泵气浮系统处理低浓度二级出水的研究[J]. 中国给水排水,2008,24(1):26-29.
- [6] 仲惟雷,许芝,费庆志. 共凝聚气浮装置的研制及性能试验[J]. 工业用水与废水,2007,38(4):110-112.
- [7] Li F Y, Wichmann K, Otterpohl R. Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses[J]. Sci Total Environ,2009,407(11):3439-3449.
- [8] 汪群慧,张健,翟学东,等. 微气泡气浮与溶气气浮预处理餐饮含油废水的研究[J]. 黑龙江大学自然科学学报,2008,25(6):798-801.



作者简介:李俊(1992-),男,上海人,硕士研究生,主要研究方向为水污染治理。

E-mail: junleenju@163.com

收稿日期:2016-11-28