

凤眼莲对无锡电影胶片厂含银废水净化生产性应用实例*

戴全裕 陈源高

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

张珩 皮宇 郭耀基

(无锡电影胶片厂)

摘 要

本文报道了凤眼莲对无锡电影胶片厂含银废水的净化生产性应用试验结果: (1) 污水停留时间为 49 h 时, 氧化沟出水中的银净化率为 98.0% 到 100% (未检出); (2) COD 的去除率为 54.58%; (3) 混浊度的去除率为 68.9%; (4) NH_4^+-N 和 PO_4^{3-} 的去除率分别为 45.55% 和 34.3%。该法已被该厂采纳应用, 并取代了原来的活性炭吸附和 O_3 氧化三级处理, 年节约运转费用 12.5 万元。

关键词 凤眼莲, 净化; 含银废水; 生产性试验

目前, 关于利用凤眼莲 (*Eichhornia crassipes*) 净化有机废水和重金属废水已有很多报道^[1,3-7], 但是专门利用水生植物来净化含银废水则尚未见到报道。

银是属于贵金属, 在影业系统、现代工业以及科学研究中有着广泛的用途。银在地壳中的平均含量仅为 0.1 g/t, 有人估算, 再过 30—50 年, 银的自然资源有枯竭的危险^[2]。据试验, 4 ppb 的银离子就能使鱼类 50% 致死^[2]。

关于银在植物体内的富集研究国外早有报道 (Ramage, 1930)^[8], 如忍冬属 (*Lonicera*) 的某些种为银的积累者 (Horovitz, 1974)^[7]。据 Wolverton 等报道 (1975), 凤眼莲在化学废水中对银的富集量 (DM) 可达 113 ppm, 但仍未见有伤害症状^[6]。这说明植物对银具有很强的净化和富集能力。为了探索凤眼莲对含银废水的净化规律, 本文于 1987—1989 年开展了这方面的研究, 并已应用于生产实际。

一、条件和方 法

1. 氧化沟植物净化生产性试验条件

氧化沟是该厂活性污泥法处理后的排水渠道, 全长 99.6 m, 最大宽度为 5.8 m, 最小宽度为 3.55 m, 平均宽度 4.52 m, 水深约 0.5 m, 有效植物净化面积为 450.2 m², 周围为石堤。试验前水质发臭、混浊, 其中底泥含银量达 0.1—0.3% 左右 (占干重), 原水体银浓

度0—5 ppb。试验含银废水由废水井(含银)打入沉淀池,然后经过控制阀用潜水泵打入氧化沟,最后流入氧化塘和太湖(见图1)。供试验用的凤眼莲为人工培育,平均高度(水上部分)为32 cm,平均根长为29 cm,生物量约10—11 kg/m²(鲜重)。试验日期:1988年11月17—23日,最高气温20℃,最低气温5℃(根据当地气象台资料)。测定项目有Ag、COD、混浊度、NH₄⁺-N、NO₂⁻-N、NO₃⁻-N、PO₄³⁻和pH等。

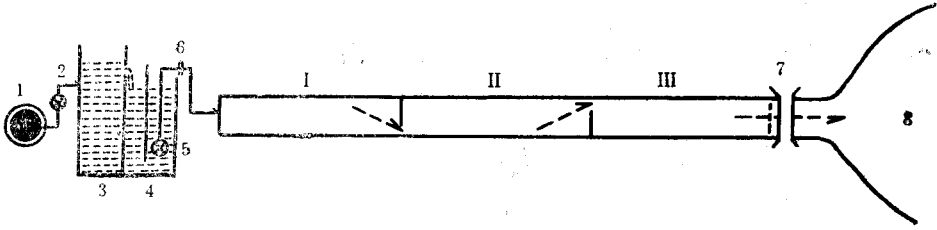


图1 氧化沟植物净化生产性试验示意图

Fig. 1 Production test on the purification of Silver-containing wastewater with aquatic plants in oxidation ditch 1: 银污染源 Silver-containing wastewater 2,5: 提水泵 Water pump 3,4: 沉淀池 Precipitation pool 6: 调节阀 Adjusting valve 7: 桥 Bridge 8: 氧化塘 Oxidation pond I, II, III: 植物净化级数 Purifying stage → 水流方向 Flow

2. 多级串联混合处理条件

为了生产上应用的需要,除做了该厂氧化沟植物净化生产性应用试验外,还对原活性污泥处理装置进行了生化曝气和植物净化多级串联混合处理研究,其目的是探索混合处理与单独生化活性污泥法处理的效果比较。具体做法是:保持原活性污泥法正常的生化曝气系统,即在该系统的调节池(水面220 m²,水深4 m)和二沉淀池(80 m²,水深4 m)的空旷水面上放养凤眼莲,然后按日处理1200—1500吨含银废水量运行,试验是否能提高原有废水处理设备的效果?(详见图1)。测定项目有:Ag、Cd、总Cr、COD、混浊度、全磷、硫化物、洗涤剂 and 油污等。

二、生产性试验结果

(一) 氧化沟试验

该试验目的是企图通过水生植物净化来加强氧化沟对含银废水中污染物的自净作用,从而取代该厂原运转费用昂贵的“活性炭吸附+O₃氧化”的三级处理(见图1)

1. 对银的净化率

试验结果:当打入氧化沟的含银废水流量为4.1 t/h,银浓度为35.6—45.0 ppb,污水停留时间为36 h时,氧化沟I级出水银的净化率达88.8%—91.1%,平均值90.0%;II级出水银的净化率达89.9%—100%,平均值95.0%;III级出水银的净化率达100%(未检出)。当含银废水流量为3.0 t/h,银浓度为40.8—207.8 ppb,停留时间为49 h时,则氧化沟I、II、III级出水银的净化率分别为84.4%,94.6%和98.0%(表1)。这说明凤眼莲对银的净化率是很强的,完全可以取代该厂原来的“活性炭吸附+O₃氧化”的三级

处理, 同时对保护太湖水源不受重金属污染具有积极意义(无锡电影胶片厂位于太湖的北岸)。

表1 氧化沟凤眼莲对银的净化率生产性试验结果(1988年)

Table 1 Purification rate of Ag with water hyacinth in production test

日期 (月·日) Date (month·day)	进水流量 Volume of flow (t/h)	进水银浓度 Content of Ag (ppd)	停留时间 Detention time (h)	I级出水 1st. stage effluent		II级出水 2nd. stage effluent		III级出水 3rd stage effluent	
				C ¹⁾ (ppb)	R ²⁾ %	C ¹⁾ (ppb)	R ²⁾ %	C ¹⁾ (ppb)	R ²⁾ %
11.17	3.0	104.8	49	21.0	80.0	11.0	89.5	6.0	94.3
11.18	3.0	207.8	49	76.0	63.4	10.0	95.2	0.0	100
11.19	3.0	60.4	49	0.0	100	0.0	100	0.0	100
11.20	3.0	73.6	49	12.0	83.7	5.0	93.2	3.0	95.6
11.21	3.0	40.8	49	2.0	95.1	2.0	95.1	0.0	100
均值 Mean	3.0	97.4	49	22.2	84.4	5.6	94.6	1.8	98.0

1) C: 浓度 Concentration; 2) R: 净化率 Purification rate

2. 对浊度的去除率

由于凤眼莲具有发达的根系, 因而对废水中各种悬浮固体和有机物皆具有很强的吸附能力和凝聚作用, 从而使水质透明度有明显改善。生产性试验表明: 当污水进水流量为 4.1 t/h, 浊度为 8°—12°, 停留时间为 36 h 时, 则氧化沟 I 级、II 级和 III 级出水浊度分别降至 3°—4°; 若污水停留 49 h, 进水浊度为 7.5°—18° 时, 则氧化沟 I 级、II 级、III 级出水浊度的去除率分别达 52.2%、65.9% 和 68.9%。经过上述处理的水, 其水质透明度已达自来水水平(自来水浊度为 3°—5°)(见表 2)。

表2 氧化沟凤眼莲对浊度的去除率生产性试验结果(1988年)

Table 2 Removal efficiencies of the turbidity with water hyacinth in production test

日期 (月·日) Date (month·day)	进水流量 Volume of flow (t/h)	进水浓度 Content of Ag	停留时间 Detention time (h)	I级出水 1st. stage effluent		II级出水 2nd. stage effluent		III级出水 3rd stage effluent	
				浊度 Turbidity	R%	浊度 Turbidity	R%	浊度 Turbidity	R%
11.17	3.0	18°	49	12°	33.3	6.0°	66.7	5.5°	69.4
11.18	3.0	18°	49	4.5°	75.0	3.5°	80.6	3.5°	80.6
11.19	3.0	10°	49	4.0°	60.0	3.0°	70.0	3.0°	70.0
11.20	3.0	8.5°	49	4.0°	52.9	3.5°	58.8	3.0°	64.7
11.21	3.0	7.5°	49	4.5°	40.0	3.5°	53.3	3.0°	60.0
均值 Mean	3.0	12.5°	49	5.8°	52.2	3.9°	65.9	3.6°	68.9

3. 对 COD 的去除率

COD 是含银废水监测的主要指标之一。许多影业系统工厂感到采用“生化处理”方法降解 COD 指标并不十分理想。经试验, 水生植物净化对含银废水中 COD 的降解有良好的作用, 例如当氧化沟废水流量 4.1 t/h, 进水 COD 浓度为 69.63—71.68 mg/l, 停留时

间为 36 h 时,经凤眼莲净化后,其氧化沟 I、II、III 级出水 COD 的去除率分别为 20.29%, 33.41% 和 44.84%,若改变废水流量为 3 t/h,停留时间为 49 h,进水 COD 浓度为 67.58—79.87 mg/l 时,则 I、II、III 级出水 COD 的去除率分别达 18.26%, 40.48% 和 54.58% (见表 3)。

表3 氧化沟凤眼莲对COD的去除率生产性试验结果 (1988年)

Table 3 Removal efficiencies of COD with water hyacinth in production test

日期 (月·日) Date (month·day)	进水流量 Volume of flow (t/h)	进水浓度 Content of Ag (mg/l)	停留时间 Detention time (h)	I 级出水 1st. stage effluent		II 级出水 2nd. stage effluent		III 级出水 3rd. stage effluent	
				C(mg/l)	R%	C(mg/l)	R%	C(mg/l)	R%
11.17	3.0	71.68	49	63.49	11.43	51.2	28.57	30.72	57.14
11.18	3.0	79.87	49	55.30	30.76	40.96	48.72	23.67	64.10
11.19	3.0	71.68	49	57.34	20.00	40.96	42.86	34.82	51.42
11.20	3.0	67.58	49	61.44	9.01	40.96	39.39	30.72	54.54
11.21	3.0	71.68	49	57.34	20.00	40.96	42.86	38.91	45.72
均值 Mean	3.0	72.50	49	58.98	18.26	43.01	40.48	32.77	54.58

(二) 多级串联混合处理效果

多级串联混合处理主要指用活性污泥法处理,在沉淀池和调节池内种植凤眼莲,与此同时生化曝气继续进行,以这种方式试验来看能否提高原有设备对含银废水的处理效果。试验于 1989 年 7 月进行(5 月中旬种植凤眼莲),分上、中、下旬采样分析,结果表明:种凤眼莲与不种凤眼莲其水质有明显变化,与 1988 年同期处理水质相比(含银废水浓度和排水量基本一致),其中对银的去除率提高了 5 倍,油污去除率提高了 6.25 倍,铬去除率提高 22 倍,镉提高 2.27 倍,COD 提高 0.9 倍,混浊度去除率提高 0.2 倍,全磷去除率提高 1.27 倍,硫化物去除率提高 2.8 倍,合成洗涤剂去除率提高了 0.4 倍。这说明,对低浓度的含银废水来说,若采用水生植物净化与生化曝气法相结合,其效果要比没有种水生植物时水质要好得多。这不仅可以大大增加原有污水处理设备的污染物负荷(即增加污水处理能力),同时也大大提高了出水的水质标准。由此看出上述生产性应用研究是完全成功的。

目前该法已被无锡电影胶片厂采纳应用,已取代了原来价值昂贵的“活性炭吸附 + O₃ 氧化”三级处理,年节约运转费用 12.5 万元。另外,还充分利用了氧化渠、氧化塘水面,大大提高了废水处理的水质质量,有效地保护了太湖水质不受或少受重金属——银污染。同时根据该厂发展生产的需要,上级主管部门和环保系统已批准了由比利时引进的“阿克发——X 光感光材料”新的工艺流程线,均与此研究成果的实际应用分不开的。

三、讨 论

1. 据试验,凤眼莲对含银废水净化,一般气温在 20—35℃ 为宜,过低净化率显著降

低,过高又会影响到对银毒性的抗性能力,易引起失水而枯死的现象。长江流域一带的含银废水工厂可以从5月底到11月上旬期间采用此法,其有效净化时间达6个月左右。

2.关于含银废水处理浓度问题,本项研究进行了对不同类型废水中银对凤眼莲伤害阈值的探讨,结果为:凤眼莲未出现可见伤害的临界剂量: AgNO_3 为 $1\text{ppm} \times 120\text{h}$, $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ 和 AgBr 为 $2\text{ppm} \times 120\text{h}$ 。凤眼莲的急性伤害阈值为: AgNO_3 为 $8\text{ppm} \times 24\text{h}$ 或 $2\text{ppm} \times 72\text{h}$; $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ 为 $16\text{ppm} \times 24\text{h}$ 或 $8\text{ppm} \times 48\text{h}$ 或 $4\text{ppm} \times 72\text{h}$; AgBr 为 $20\text{ppm} \times 48\text{h}$ 。由此可以看出,不同形态的银对凤眼莲的毒性是不同的,其毒性大小次序为 $\text{AgNO}_3 > [\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-} > \text{AgBr}$ 。这为选择凤眼莲处理含银废水浓度范围提供了科学依据。对于高浓度的含银废水可以采用物理、化学法或活性污泥法,而对低浓度的含银废水,则可采用水生植物净化法。目前据了解,国内大多数含银废水处理达不到国家排放标准(一级排放水规定含银量不得超过 0.5ppm ,二级水不得超过 1ppm),一般都在 $3-7\text{ppm}$ 以上。若采用水生植物净化法,与原有方法相结合,问题就能很好解决。

3.通过上述生产性应用研究,证明采用凤眼莲来净化低浓度的含银废水是行之有效的,不仅可以取代运转费用昂贵的“活性炭吸附”和“ O_3 氧化”等三级处理,而且与活性污泥法相结合使用还可大大提高原有废水处理设备的效能,间接地扩大了生产能力,减少了运转或投资费用。另外,还可起到美化环境,调节小气候的作用。

参 考 文 献

- [1] 丁树荣, 1984: 高产水生维管束植物在城镇污水资源化中的作用及其发展前景, 中国环境科学, 4(2)10—15。
- [2] 王恩伟, 1986: 摄影材料中银回收技术, 四川科学技术出版社, 1—17, 73—201。
- [3] 胡肄慧等, 1981: 凤眼莲等水生植物对重金属污水监测和净化作用的研究, 植物生态学与地植物学丛刊, 5(3) 187—191。
- [4] 戴树桂等, 1987: 凤眼莲对污水中重金属的净化, 环境化学, 6(2) 43—49。
- [5] 戴全裕, 1983: 水生高等植物对太湖重金属的监测及其评价, 环境科学学报, 3(3) 213—221。
- [6] 戴全裕、张玉书, 1988: 凤眼莲对重金属的吸收与其喂鱼后二次富集状况的初步研究, 水产学报, 12(2) 135—144。
- [7] Horovitz, C.T.Schock and L.A.Horovitz-kisimova, 1974: The content of scandium, thorium, silver and other trace elements in different plant species. Plant Soil. 40: 397—403。
- [8] Ramage, H., 1930: Mushrooms—Mineral content, Nature. 126: 279。
- [9] Wolverton, B.C.et al., 1975: Water hyacinths and Alligator weeds for Removal of Silver, Cobalt, and Strontium from Polluted Waters. NASA. TEch. Memo. TM-X-72727。

THE PRODUCTION TEST ON THE PURIFICATIONS OF
Ag IN WASTEWATER BY WATER HYACINTH
(*EICHHORNIA CRASSIPES*) IN
WUXI CINEFILM FACTORY

Dai Quan-yu

Chen Yuan-gao

(*Nanjing Institute of Geography and Limnology, Academia Sinica*)

Zhang Hen

Pi Yu

Guo Yao-ji

(*Wuxi cinefilm factory, China*)

Abstract

Production test on the purifications of Ag in wastewater by water hyacinth in Wuxi cinefilm factory was reported. The main results obtained are summarized as follows:

- 1) The Ag removal efficiency in ditch effluent is from 98.0% to 100% (i. e. trace) with 49 hr. retention.
- 2) The COD removal efficiency in ditch effluent is 54.58%.
- 3) The turbidity removal rate in ditch effluent is 68.9%.
- 4) The $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, PO_4^{3-} are 45.55% and 34.3%.
- 5) The results showed that the purification procedure of aquatic plant is successful. This method has been adopted to treat wastewater contaminated with Ag in Wuxi cinefilm factory, replacing the previous procedure of activated carbon and O_3 . The new purification measure saved the factory 125000 Yuan annually.

Key words *Eichhornia crassipes*; Purification; Ag in wastewater; Production test