

基于循环经济的水葫芦人工湿地探究

李玲¹, 朱红钧²

(1. 江苏广播电视大学 直属学院 河海教学点, 南京 210098;

2. 河海大学 环境科学与工程学院, 南京 210098)

摘要: 从循环经济的基础上, 探究水葫芦人工湿地处理污水的可行性, 使得水葫芦人工湿地系统在贯彻循环经济的宗旨下达到处理污水的有效性。提出了一种基于循环经济理念的方案, 并叙述该系统的运行模式。

关键词: 循环经济; 水葫芦; 人工湿地

1 什么是循环经济

循环经济是针对经济的不断发展施于资源和环境的压力而提出的一种新的经济发展模式, 是运用生态环境学规律来指导人类社会的经济活动, 用“资源—产品—再生资源”的循环理念重构经济运行过程, 最终实现最优生产、最适消费、最少废弃, 是一种以资源的高效利用和循环利用为核心, 按照“减量化、再利用、资源化”的原则, 以推进资源节约、资源综合利用和清洁生产为重点, 以“低消耗、低排放、高效率”为基本特征, 贯彻可持续发展理念的经济增长模式, 是对原先“大生产、大消费、大废弃”的经济模式的根本变革。

2 水葫芦的生物学特性

水葫芦(Water Hyacinth), 又名风眼莲(*Eichornia crassipes*)、洋水仙、水生风信子, 英文俗名为Waterhyacinth; 学名: [*Eichornia crassipes* (Mart.) Solms.]; 属单子叶植物纲(Monocotyledoneae), 百合目(Liliflorae), 雨久花科(Pontederiaceae)^[1]。原产于南美洲^[2], 一般分布于南纬 32° 和北纬 32° 之间的世界大部分地区^[3]。

该物种大都生长在池塘水沟、池沼等水体中, 属雨久花科风眼莲属的多年生漂浮水生草本植物。1901 年作为花卉引入我国, 目前水葫芦广泛分布于河流、湖泊和水塘中, 是我国目前分布最广的外来物种之一^[4]。其叶为深绿色, 叶柄膨大成浮囊状、基部具有透明膜质的鞘状苞片; 由于它的茎中海绵组织发达, 气囊大量充气, 所以能成为直立或漂浮草本植物; 其根须发达, 长 15—30cm, 并悬垂于水中; 夏季开花, 穗状花序, 有 6-12 朵花, 花冠蓝紫色, 漏斗状 6 裂, 花开后一两天就凋谢了, 种子在水中成熟并排入水体中^{[5][6]}。

水葫芦性喜高温、对水域有较强的适应性和耐寒力, 最适生长水温为 25—35℃, 30—35℃时生长最快。水温下降到 8℃左右时生长停止。宜在静水或缓慢流动的水面生长, 能耐荫蔽, 在微弱的光照下就能生长, 对酸和碱不敏感, 对水质肥瘦要求不严。其繁殖能力尤其

惊人，一棵水葫芦，在两个月内能繁衍出上千个后代。

3 人工湿地(constructed wetlands)

人工湿地是依据土地处理系统及水生植物处理污水的原理，由人工建立的具有湿地性质的污水处理生态系统。这种湿地系统是在一定长宽比及地面坡度的洼地中，由土壤和按一定坡度充填一定级别的填料(如砾石等)混合结构的填料床组成，并在床体的表面种植具有处理性能好、成活率高、抗水性强、生长期长、美观且具有经济价值的植物，它与在水中、填料中生存的动物、微生物形成一个独特的动植物生态环境，污水流经床体表面和床体填料缝隙时，通过过滤、吸附、沉淀、离子交换、植物吸收和微生物分解等实现对污水的高效净化处理^[7]。

人工湿地按污水在湿地床中流动的方式和主要植物类型不同而分为 6 种类型或系统见表 3-1。

表 3-1 人工湿地污水处理分类及其特点
(Classification and characters of different constructed wetland)

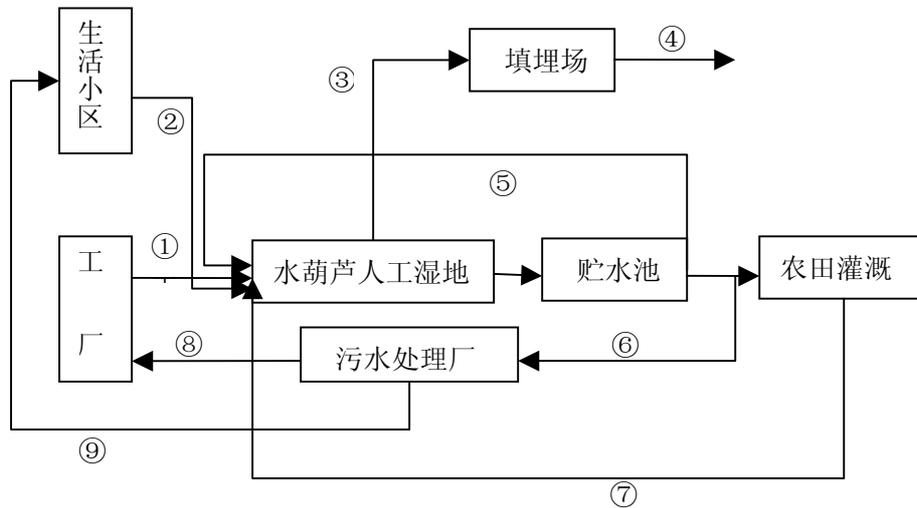
分类方式	人工湿地种类	特点
水流方式	地表流湿地 Surface Flow Constructed Wetlands	类似于自然湿地，污水以较慢速度从湿地表面流过，污染物的去除依靠植物根茎的拦截作用以及根茎上生成的生物膜的降解作用。
	潜流湿地 Subsurface Flow Constructed Wetlands	污水从一端水平流过填料床，其由一个或多个填料床组成，床体填充基质，床底设防水层。水力负荷与污染负荷较大。对 BOD、COD、SS 及重金属等处理效果好
	垂直流湿地 Vertical Flow Constructed wetlands	污水从湿地表面纵向流入填料床底，床体处于不饱和状态，氧通过大气扩散与植物根传输进入湿地，硝化能力强
	浮水大型植物系统	以浮水植物为主，植物繁殖能力强，可通过光合作用由根系向水体放氧，可通过植物吸收有效去除 N、P 及重金属等污染物；浮水植物目前主要用于 N 和 P 的去除和提高稳定塘的效率

主要植物	挺水大型植物系统	以挺水植物为主，植物根系发达，可通过根系向基质送氧，使基质中形成多个好氧、兼性厌氧、厌氧小区，利于多种微生物繁殖，便于污染物的多途径降解；目前人工湿地主要指挺水植物系统
	沉水植物系统	以沉水植物为主，该系统还处于试验阶段，主要用于初级处理与二级处理后的精处理

人工湿地选择的植物必须适应当地的土壤和气候条件，否则，难以达到理想的处理效果。例如在向陆的浅滩地区通常分布有季节性、突发性的植物品种，而在常年淹水的地区则通常分布有大量的沉水植物。在热带地区浮萍属(Lemna)中的水萍(duckweed)、凤眼兰属(Eichhorhia)中的凤眼蓝(water hyacinth)、大浮属(Pistia)中的水浮莲(water lettuce)等都被当地用来和稳定塘一起处理污水^[8~10]。在滇池地区，小叶浮萍具有较强的生长适宜性，在许多池塘均都能发现^[11~15]。李亚治进行的水葫芦-水草人工湿地研究发现^[16]，在气温变化不大的南方地区，水葫芦-水草人工湿地废水处理系统运行稳定且受季节变化的影响较小。除此之外，每个地区不同季节水生植物的处理效果也不一样。K.R.Reddy等研究了凤眼莲等几种水生植物净化污水的能力，结果发现，夏季除磷效果最好的是凤眼莲和egeria，冬季除磷效果最好的是水鳖和浮萍^[17]。虽然考虑的因素很多，但主要考虑以下几个方面：耐污能力强、去污效果好；适合当地环境；根系的发达程度；有一定的经济价值。

4 一种水葫芦人工湿地系统的方案及运行模式

水葫芦人工湿地系统属于浮水大型植物系统，在温度适宜的中南部地区是非常可取的一种湿地系统。该系统投资少，操作简单，运行成本低，对污染水体中 N、P 有很好的去除效果，并且运行十分稳定。



注：①工厂废水；②生活污水；③定期收割后的水葫芦送填埋场；④发酵产生沼气可回收利用；⑤循环处理；⑥送污水厂深度处理；⑦农田污水（含 N、P 肥）；⑧向工厂供水；⑨向小区供水。

图 4-1 水葫芦人工湿地模型

设计出上图模型，将工厂和小区的污水通过管道通到水葫芦人工湿地进行处理；由于水葫芦的繁殖能力很强，需要定期收割过剩的水葫芦，以防过于拥挤而造成营养元素及供氧的不足从而导致水葫芦的腐烂，收割后的水葫芦送填埋场填埋，填埋后发酵产生的沼气则可回收利用；由湿地处理后的水输入贮水池缓冲，贮水池的水一部份送往农田灌溉，一部分通往污水厂深度处理，剩下大约 50%的水再输到人工湿地循环处理；农田灌溉后的污水中含有大量的有机 N、P 元素，可以通过回收引到水葫芦人工湿地进行净化；输往污水处理厂的水则经过深度处理后通过管道供给工厂生产和小区生活。

在该系统中，约一半的水在贮水池和湿地之间循环处理以达到较好的处理效果，从而减轻后续污水厂的处理压力，大大削减其处理的成本；水葫芦湿地中定期收割后的水葫芦有一定的毒性，送至填埋场是很好的出路，所产生的沼气为我们提供了清洁的能源；贮水池的水用于农田灌溉，解决了部分地区灌溉缺水的问题，也降低了农田灌溉用水的成本，而灌溉后的水中含有大量的有机 N、P 元素，引到水葫芦人工湿地进行净化处理可以减轻农业用水污染，也为水葫芦提供了丰富的 N、P 等营养物质。

5 结论

上述水葫芦人工湿地系统在处理效率高的前提下贯彻了循环经济的理念，从多角度降低了各方面的经济成本，是可以提倡的湿地运行模式，尤其在缺水和温度适宜的地区该系统具

备良好的运行潜力。

参考文献:

- [1] 段 惠, 强 胜, 吴海荣, 林金诚. 水葫芦[Eichhornia crassipes (Mart.) Solms.]. 杂草科学, 2003, 2: 39~40.
- [2] De Groote H.O. Ajuonu, S.Attignon et al. Economic impact of biological control of water hyacinth in Southern Benin. *Ecological Economics*, 2003, 45: 105~117
- [3] 严国安, 任南, 李益键. 环境因素对凤眼莲生长及净化作用的影响. *环境科学与技术*, 1997, 64(1): 2—5
- [4] 吴虹月, 包维楷, 王安, 操卫平. 外来物种水葫芦的生态环境效应. 2004.4 世界科技研究与发展, 专题: 环境污染及治理, Vol.26 NO.2: 25-29.
- [5] 邹秀文. 水生花卉[M]. 北京: 金盾出版社, 1999.
- [6] 彭青林. 水葫芦的开发利用. *生物资源, 资源开发与市场 (resource Development & Market)*, 2003, 19(1): 32-33.
- [7] 梁继东, 周启星, 孙铁珩. 人工湿地污水处理系统研究及性能改进分析[J], *生态学杂志*, 2003, 22(2): 49-55.
- [8] Costa R H R, Bavaresco A S L, Medri W. et al. Tertiary treatment of piggery waste in water hyacinth ponds[J]. *Water Science and Technology*, 2000, 42(10): 211~214.
- [9] Kone D, Seigne C, Holliger C. Assessing design criteria for a water lettuce-based wastewater treatment system for BOD₅ removal under Sahelian climatic conditions[A]. In Preprints 5th Int. Con. On Waste Stabilization Ponds[C]. Auckland, NA, 2002, 191~199.
- [10] NhapiI, DaluJ, SiebelMA, etal. Anevaluation of duck weed-based pond system as an alternative option for decentrlised treatment and reuse of wastewater in Zimbabwe[J]. *Water Science and Technology*, 2003, 48(2): 327~333.
- [11] 杨文龙. 滇池内环境水生植物除磷除氮研究[J]. *云南环境科学*, 1992, 2(11): 5~9.
- [12] 吴玉树, 余国莹. 根生沉水植物菹草对滇池水体的净化作用[J]. *环境科学学报*, 1991, 11(4): 411~415.
- [13] 吴玉树, 李森林. 水生维管束植物对滇池水体的净化效应[J]. *生态学报*, 1988, 8(4): 346~349.
- [14] 曹萃禾. 四种生态类型的水生维管束植物净化能力的研究[J]. *水产科学*, 1990, 9(3): 6~10.
- [15] 刘庆系. 漂浮水生植物对污水处理的研究[J]. *农业环境保护*, 1991, 10(3): 99~103.
- [16] 李亚治. 水葫芦水草人工湿地系统在再生浆造纸废水处理中的应用研究[J]. *环境工程*, 2000, 18(6): 15~16.
- [17] 吴献花. 人工湿地处理污水的机理[J]. *玉溪师范学院学报*, 2002, 18(1): 103~105.

Probing into constructed wetland with Water Hyacinth based on the Cyclic Economy

Li Ling¹, Zhu Hongjun²

1 Jiangsu radio and TV university

2 Hohai university

Abstract

Based on the Cyclic Economy, probing into the feasibility of depurating the sewage by constructed wetland with Water Hyacinth, bringing the system into validity depending on the Cyclic Economy, giving a scheme and depicting the running pattern.

Keywords: Cyclic Economy; Water Hyacinth; Constructed Wetland

作者简介: 李玲, 女, 1985年12月生, 汉, 江苏南京, 江苏广播电视大学直属学院河海教学点, 研究方向: 环境经济。

中国城镇水网
www.chinacitywater.com