

垃圾渗滤液处理的优化湿地植物组合

陈金发, 卿东红, 阮尚全

(内江师范学院, 内江 四川 641112)

摘要:通过对可应用于垃圾渗滤液处理的主要人工湿地植物进行了优化组合, 并利用层次分析法从技术可行性、经济可行性、环境可行性三个方面进行最优化。得出了可应用于垃圾渗滤液处理的最优湿地植物组合。

关键词:渗滤液; 优化; 湿地植物

中图分类号: X705; X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)01-0146-02

Optimized Combination of Wetland Plants in the Treatment of Leachate

CHEN Jin-fa, QIN G Dong-hong, RUAN Shang-quan

(Neijiang Teachers College, Neijiang, Sichuan 641112, China)

Abstract: By combining the wetland plants which was applied and researched more recently optimize and using AHP to get the best combination by analyzing from technology, economy, environmental feasibility, an optimized wetland plants which can be used in the treatment of leaching is obtained.

Key words: leachate; optimization; wetland plants;

1 前言

人工湿地是人工建造的、可控制的和工程化的湿地系统。人工湿地对废水的净化综合了物理、化学和生物三种作用^[1]。采用该技术处理垃圾渗滤液方面具有出水水质好, 氮磷去除效率高, 投资及运行费用低等优点。如 Craig D. Martin 等采用扩展曝气和表面流湿地系统处理填埋场渗滤液, 能将 COD 从 1 182 mg/L 降至 136 mg/L, 而且对于氨氮、总磷、TSS、TOC、重金属等参数有 64%~99% 的去除率^[2]。

湿地系统由植物、微生物、基质及动物组成。其中湿地植物的选择是湿地系统设计的核心。湿地中的水生植物包括挺水、浮水、沉水植物。目前人工湿地多为挺水植物系统。常用的挺水植物有芦苇、菖蒲、灯心草等, 浮水植物有凤眼莲、水浮莲、浮萍等。张甲耀等人对不同植物的去氮效果进行了研究, 潜流式人工湿地污水处理系统对总氮(TN)的去除率分别为芦苇系统的 49.3%, 茭白系统 45.49%, 无植物系统 38.69%。这说明不同植物具有不同的去污效果。还有研究发现有些植物如宽叶香蒲、芦苇、茭苳和狗牙根具有较强的吸收和富集重金属的能力。茭苳富集重金属能力最强, 宽叶蒲相对较弱^[3]。除了以上所介绍的几种湿地植物外, 可供选择湿地植物还有美人蕉、金鱼藻、水葱等。垃圾渗滤液的成分十分复杂, 不仅含有耗氧有机污染物, 还含有各类重金属和植物营养素(氨氮等)。显然单一品种的植物很难达到去污要求。为了能对更好地去除垃圾渗滤液中的各种污染物, 组合具有不同去污效果的湿地植物以构造不同的湿地系统就显得尤为必要。

2 人工湿地植物优化组合

国内目前研究较多的主要人工湿地植物体系见表 1。

其中有些品种已有实现应用, 如人工芦苇湿地等。垃圾渗滤液的 COD 较高, COD 降解需要根系泌氧能力强的水生植物, 挺水植物具有较强的根系泌氧能力, 故在构建的复合床前段宜选择挺水植物类型。根据植物去除污染物的不同功能及垃圾渗滤液的性质, 进行如下几种的人工湿地植物的优化组合。

- (1) 芦苇 + 凤眼莲
- (2) 灯心草 + 凤眼莲 + 菹草
- (3) 香根草 + 菹草

选取进行组合的几种植物均具有较强的污染物去除能力, 且分布较广。形成的三种优化组合对垃圾渗滤液的主要污染物 COD、N、P、SS 及重金属等均有较好的吸附和降解能力, 理论上均可应用于垃圾渗滤液的处理。

3 湿地植物优化组合的 AHP 最优化

3.1 层次模型的建立^[11]

决策的目标为选择一种在环境可行性、技术可行性、经济可行性上达到最优的综合处置系统, 决策层次结构见图 1。

3.2 构造判断矩阵

针对上一层次某元素, 对每一层次各个元素的相对重要性进行两两比较, 并给出判断, 这些判断用数值表示出来, 写成矩阵形式, 即所谓判断矩阵。

1, 3, 5, 7, 9 分别表示重要性相等、稍重要、重要、强烈重要、极端重要。它们之间的数 2, 4, 6, 8 及各数的倒数有相应类似意义。

对于三个准则(S_1 、 S_2 、 S_3)关于目标 G 的优先顺序, 根据垃圾渗滤液处理的要求与目的, 首先要求环境可行性, 其次是技术可行性, 再次才是经济可行性。三个准则对目标构造的判断矩阵见表 2。

* 收稿日期: 2006-03-13

基金项目: 四川省教育厅重点项目编号(2005A167)

作者简介: 陈金发(1976-), 男, 福建莆田人, 硕士, 讲师, 主要从事固体废物研究, 已发表论文 4 篇。

表 1 人工湿地主要植物体系一览表^{[4][5][6][7][8][9][10]}

类型	种名	形态特征	产地习性	污染物去除功能
	香根草	属于禾本科香根草属。多年生草本植物。根呈网状、海绵状须根,上面着生 0.5~1.5 m 高的直立中空茎。	原产于我国南方、印度、巴西等热带亚热带地区。具有极强生态适应性的抗逆	去除率:CODcr(54.6%);BOD5(93.8%);TN(46.0%);TP(67.9%);Sp(90.2%);NH ₄ -N(49.1%)。
	宽叶香蒲	多年生、水生或沼生草本。高 1~2.5 m。花果期 5~8 月	原产于中国,其野生种分布世界各地	去除率:CODcr(46.9%);BOD5(83.2%);TN(41.0%);TP(69.8%);Sp(84.3%);NH ₄ -N(52.7%)。可吸附和富集 Cu、Cd、Pb、Fe 和油类。国外有成功利用。
	菰(茭白)	多年生挺水植物,植株高 100 cm,基部由于真菌寄生而变肥厚。花果期秋冬	分布我国南北各省区,俄罗斯的西伯利亚,日本也有。生于池塘及沼泽地中	P 积累量(0.23 g/m ²)对 N、P 的净化率分别为 76.3%,76.7%
挺水型	芦苇	多年生湿生草本植物,具粗壮匍匐地下走茎。地上茎秆高 1~5 m;直径 2~20 cm。花果期 7~11 月	分布于南北各省区。全球各温带地区也有分布。生于池沼、河旁湖边,有时在干旱地域中也有生长	去除率:CODcr(52.0%);BOD5(80.8%);TN(53.2%);TP(44.3%);Sp(93.2%);NH ₄ -N(59.3%)。对硫化物、氰化物、酚、石油类、重金属等也有一定的去除作用。
	菖蒲	多年生挺水草本植物。花期 6~9 月,果期 8~10 月。	分布于我国南北各省区。广布世界温带、亚热带。最适宜生长的湿度 20~25%。10% 以下停止生长。	具有较高的 P 积累量(1.95 g/m ²)
	灯心草	多年生湿生草本植物。高 40~100 cm。直径 0.2 mm 左右。	广布全世界,我国各省区均有分布。常生于水旁或沼泽地的环境中,冬季生长良好	对凯氏氮的去除率为 95%以上,氨氮的去除率 80%以上,总磷及 CODcr 去除率为 94%以上
	美人蕉(昙华)	美人蕉科,多年生草本,具肉质根状茎。高半米至 1 m。花期 5~11 月	原产印度及南美。性喜温暖湿润,畏强风和霜害;对氯气及二氧化硫有一定抗性,适合于污染区栽种;一般用分株繁殖	去除率:CODcr(44.5%);BOD5(80.0%);TN(50.0%);TP(69.3%);Sp(88.1%);NH ₄ -N(56.7%)
浮水型	睡莲	多年生水生草本。叶浮于水面,长 5~12 cm,宽 3.5~9 cm。花果期 6~10 月	睡莲属植物全球均有分布。喜温暖湿润、阳光充足的环境,在土质肥沃中、酸性土壤与水质中生长良好。适宜水位 30~80 cm,温度 15~32	其根能吸收水中的铅、汞及苯酚等有害物质,能过滤水中的微生物
	凤眼莲(水葫芦)	多年生水生草本植物,茎短缩,根丛生于节上,须根发达,悬浮于水中,花期 7~10 月。植株高 30~100 cm	原产于南美洲,现广布于我国。适应性很强,喜温暖湿润阳光充足的环境,生长的适宜温度为 16~34	每年每亩可除氮 198 kg、除磷 5.52 kg、另外除铅 15.3 g、锌 98.6 g、铜 27.4 g、砷 58.87 g。能有效降低水中的 BOD、COD
沉水型	金鱼藻	多年生沉水草本植物,有时稍露出水面。茎平滑而细长,长可达 60 cm 左右。花果期 6~9 月	广布我国台湾及大陆各省区,也在世界广泛播种。生于湖泊、池塘、水沟、水库及温泉流水处	对 N、P 的净化率分别为 74.6%和 60.6%。
	菹草(虾藻)	多年生沉水草本,花果期 4~7 月	产于我国南北各省区。世界广布种。生于池塘、水沟、水稻田、灌渠及缓流河水中,水体多呈微酸至中性	对 N、P 的净化率分别为 75.3%、68.6%。良好的水生饲料。

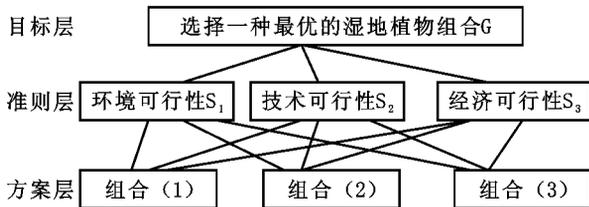


图 1 层次结构图

表 2 准则 Si 对目标 G 判断矩阵

G	S ₁	S ₂	S ₃
S ₁	1	5	3
S ₂	1/5	1	1/3
S ₃	1/3	3	1

3.3 层次单排序及其一致性检验

用方根法计算这三个准则关于目标的排序权值,结果如下:

$$W_1 = 0.637 \quad W_2 = 0.105 \quad W_3 = 0.258$$

排序随机一致性比率为:

$$CR = 0.0332 < 0.10$$

3.4 层次总排序及一致检验

同理可得三个组合对于各个准则的判断矩阵以及排序权值与 CR。各方案排序权值与上述结果共同构成层次总排序结果,见表 3。

表 3 层次总排序结果

	S ₁	S ₂	S ₃	总排序权值
方案(1)	0.188	0.731	0.637	0.361
方案(2)	0.731	0.081	0.105	0.552
方案(3)	0.081	0.188	0.258	0.255

$$CR = 0.048 < 0.10$$

当 CR < 0.10 时,认为层次总排序结果具有满意的一致性。

方案(2)从综合评价来看权值最大,是最优化的湿地植物组合。即灯心草 + 凤眼莲 + 菹草。

4 结论

(1) 利用层次分析法计算评价指标的权数分配,可较大幅度地减少主观因素。如果人的主观判断偏离了客观实际,则 CR 值显示了这种差别,以便判断矩阵作出调整,所以这种方法对于湿地植物组合的优化选择较为适用。

(2) 所得的最优化湿地植物组合灯心草 + 凤眼莲 + 菹草,为挺水植物 + 浮水植物 + 沉水植物的组合。根据现有的单种植物的研究,这个组合对污水中的 BOD、COD、氨氮以及锌、铜、砷等应具有较好的去除作用。理论上可应用于垃圾渗滤液的处理。

(下转第 150 页)

需水量,在此基础上,根据以上计算方法,对北四河下游平原多年平均状况背景下,利用公式(1)~(4)计算其生态环境补水量。对于河道而言,生态环境现状水量也即河道流量扣除生产和生活用水的部分,河道入流量则包括在这部分之内。

首先,计算潮白(新)河生态环境补水量。从图3中可以将潮白(新)河分成3个部分,即

苏庄—黄庄洼河段、黄庄洼湿地、黄庄洼—宁车沽河段,其生态环境补水量计算包括河道上下游和河道与湿地之间的整合。

(1)对于苏庄—黄庄洼河段。现状水量为 $Q = 1.65$ 亿 m^3 ,生态环境耗水量 $E = 0.21$ 亿 m^3 ,生态环境需水量 $W = 2.39$ 亿 m^3 ,则需要补充生态环境水量为 $W_{补1} = W + E - Q = 0.95$ 亿 m^3 。

(2)对于黄庄洼湿地。现状水量为 $W_0 = 0.11$ 亿 m^3 ,生态环境耗水量为 $W_{耗} = 0.64$ 亿 m^3 ,不包含 $W_{耗}$ 的生态环境需水量(主要指非消耗型需水量) $W_3 = 0.48$ 亿 m^3 ,则若河道只对黄庄洼进行非消耗型水量的补给,需另外向黄庄洼湿地补给水量 $W_{补2} = 0.64$ 亿 m^3 。此时,由上游河道进入的水量为 W ,即上游河道生态环境需水量,补给湿地一部分(0.37 亿 m^3)之后,向黄庄洼—宁车沽河道输出的水量为 $W_2 = W - 0.37 = 2.02$ 亿 m^3 。

(3)对于黄庄洼—宁车沽河段。与上游苏庄—黄庄洼河段分析类似,现状水量(黄庄洼出流)为 2.02 亿 m^3 ,生态环境耗水量为 0.80 亿 m^3 ,生态环境需水量仍然为 2.39 亿 m^3 ,故需补水 $W_{补3} = 1.17$ 亿 m^3 。在保证了一个河段及黄庄洼的生态环境需水之后,从宁车沽进入永定(新)河水量为 2.39 亿 m^3 。

依据公式(4),对于潮白河水系,总共的生态环境补水量为

参考文献:

- [1] 杨志峰,崔保山,刘静玲,等. 生态环境需水量理论、方法与实践[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [2] 吴洁珍,王莉红,王卫军,等. 生态环境建设规划中引入生态环境需水的探讨[J]. 水土保持研究,2005,12(1):59-62.
- [3] 张远. 黄河坡高地与河道生态环境需水规律研究[D]. 北京师范大学,2003.
- [4] 刘静玲,杨志峰,肖芳,等. 河流生态基流量整合计算模型[J]. 环境科学学报,2005,25(4):436-441.
- [5] 蒋得江,王答相. 合理安排生态用水是搞好西北生态环境建设的关键[J]. 水土保持研究,2002,9(4):12-15.
- [6] 水利部海河水利委员会. 海河流域水资源及其开发利用调查评价简要报告[R]. 2005.
- [7] Tenant, D L. Instream flow regimes for fish, wildlife, recreation, and related environmental resources [A]. In Orshorn, J F, and Allman, C H (eds). Proceedings of Symposium and Specility Conference on Instream Flow Needs [C]. Bethesda: American Fisheries Society, Maryland, 1976. 359-373.
- [8] 郑红星,刘昌明,丰华丽. 生态需水的理论内涵探讨[J]. 水科学进展,2004,15(5):626-633.

(上接第147页)

参考文献:

- [1] 王宝贞,王琳. 水污染治理新技术、新工艺、新概念、新理论[M]. 北京:科学出版社,2004. 200-253.
- [2] 张虎成,田卫. 人工湿地生态系统污水净化研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备,2004,5(1):11-15.
- [3] 张懿. 城市垃圾填埋场渗滤液的处理技术综述[J]. 重庆环境科学,2000,22(5):63-66.
- [4] 赵家荣,秦八一. 水生观赏植物[M]. 北京:化学工业出版社,2003.
- [5] 傅伟军,唐亚. 植物在人工湿地中的作用及物种选择[J]. 四川环境,2005,24(6):45-49.
- [6] 牛晓君. 我国人工湿地植物系统的研究进展[J]. 四川环境,2005,24(5):45-47.
- [7] 齐玉梅,高伟生. 凤眼莲净化水质及其后处理工艺探讨. 环境科学进展,1999,(4):136-140.
- [8] 高吉喜,叶春,等. 水生植物对面源污水净化效率研究[J]. 中国环境科学,1997,17(3):247-251.
- [9] 赵建刚,杨琼,陈章和,等. 几种湿地植物根系生物量研究[J]. 中国环境科学,2003,23(3):290-294.
- [10] 成水平,况琪军,等. 香蒲、灯心草人工湿地的研究[J]. 湖泊科学,1997,9(4):351-356.
- [11] 程理民,吴江,等. 运筹学模型与方法教程[M]. 北京:清华大学出版社,1999. 246-25.

$$W_{总1} = W_{补1} + W_{补2} + W_{补3} = 2.76 \text{ 亿 } m^3 \quad (5)$$

同样地,通过逐段分析可计算北运河生态环境补水量 $W_{总2} = 3.37$ 亿 m^3 ,从屈家店进入永定河的水量为 2.46 亿 m^3 ;永定河入海口之前的生态环境补水量为 $W_{总3} = 3.84$ 亿 m^3 ,从永定新河入海的水量为 7.08 亿 m^3 。而从北四河下游平原进入河口生态环境需水量需要 6.6 亿 m^3 ,故而可以得到满足。因此,北四河下游平原生态环境补水总量为通过对北四河下游平原生态环境补水总量的精细分析,依此类推可以计算多年平均状况下海滦河流域总的生态环境补水量,这为流域管理机构进行合理有效调水提供了依据。

$$W_{总1} = W_{补1} + W_{补2} + W_{补3} = 9.97 \text{ 亿 } m^3 \quad (6)$$

4 结 论

我国河道生态环境需水与用水研究正处于实施阶段,需要建立一套符合我国国情的有效生态环境用水分配体制^[8]。因而对于类型生态系统和河道上下游生态环境补水量的兼容整合计算不仅关系到计算的准确性,而且也是实践过程中进行生态输水和补水的重要依据。本文通过对河道内生态环境补水量的兼容整合计算研究,利用水量平衡原理,并基于最大值原则,提出了不同整合方式下的生态环境补水量计算方法,并对还滦河流域北四河下游地区的生态环境补水量进行了分析和整合计算。

分析结果表明,通过不同河道之间,河道纵向上下游以及横向河道与湿地、河口的逐次整合,该地区多年平均状况下生态环境补水量大约为 10 亿 m^3 ,这为海滦河流域规划与管理政策的实施提供了有力依据。值得一提的是,当无法达到 10 亿 m^3 的补充水量时,生态环境系统会向何种趋势演化以及该如何进行调控须是一个研究的方向。