

博斯腾湖西岸表面流人工湿地强化处理措施研究

乔沪¹, 迪丽努尔·阿吉^{1,2*}, 李平平¹, 邓占海³, 王光明⁴

(1. 新疆师范大学地理科学与旅游学院, 新疆乌鲁木齐 830054; 2. 新疆干旱区湖泊环境与资源重点实验室, 新疆乌鲁木齐 830054; 3. 博湖县金海育苇有限责任公司, 新疆博湖 841400; 4. 新疆博湖县环境保护局, 新疆博湖 841400)

摘要 在对博斯腾湖西岸表面流人工湿地的设计和运行情况进行实地调查的基础上, 对人工湿地进水的的水质特点及人工湿地运行过程中存在的问题进行分析, 最后对人工湿地的强化处理措施进行总结。

关键词 博斯腾湖; 表面流人工湿地; 强化处理

中图分类号 S181.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2016)29-0039-02

Study on Surface Flow Constructed Wetland Strengthening Treatment at West Bank of Bosten Lake

QIAO Lu¹, DILINUER · Aji^{1,2*}, LI Ping-ping¹ et al (1. School of Geographic Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi, Xinjiang 830054; 2. Xinjiang Laboratory of Lake Environment and Resources in Arid Zone, Urumqi, Xinjiang 830054)

Abstract Based on field investigation of design and operation of surface flow constructed wetland at west bank of Bosten Lake, water quality characteristics of inlet and existing problems in operation of constructed wetland were analyzed, strengthening treatment measures were summarized at last.

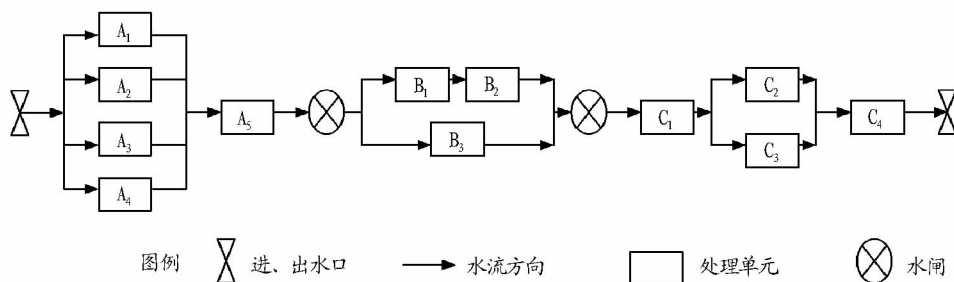
Key words Bosten Lake; Surface flow constructed wetland; Strengthening treatment

人工湿地是 20 世纪 60 年代兴起的一种生态的污水处理技术, 其污水处理是通过植物吸收、微生物降解、基质吸附及其之间的相互作用共同完成的; 按其布水方式的不同可分为表面流人工湿地、潜流人工湿地和垂直流人工湿地。表面流人工湿地由于其具有建设成本低、运行维护简单、运行费用低等优点已被广泛应用于生活污水、工业废水等的处理^[1-4], 其也被认为是处理农业面源污染最有效且可行的工程措施^[5]。我国对人工湿地的大规模研究始于 20 世纪 80 年代, 目前其也被广泛应用于多种污水的处理, 但由于其起步较晚, 在实际应用过程中仍存在一些^[1-3]。基于此, 笔者在对博斯腾湖西岸表面流人工湿地进行实地调查和试验研究的基础上, 总结前人研究成果, 针对博斯腾湖西岸表面流人工湿地存在的问题提出强化处理措施, 以期博斯腾

湖流域水污染的治理提供科学依据。

1 博斯腾湖西岸表面流人工湿地概况

博斯腾湖西岸表面流人工湿地(以下简称人工湿地)位于博斯腾湖大湖西岸落霞湾地区, 面积 2 255 hm²。工程因地制宜, 将人工湿地分为 3 级, 12 个处理单元, 第 1 级共有 5 个处理单元(图 1 中 A₁ ~ A₅), 面积 904 hm²; 第 2 级共有 3 个处理单元(图 1 中 B₁ ~ B₃), 面积 684 hm²; 第 3 级共有 4 个处理单元(图 1 中 C₁ ~ C₄), 面积 667 hm²。人工湿地的进水来自东风干排、东大罕干排和哈拉因干排。如图 1 所示, 进水依次经过第 1、第 2 和第 3 级人工湿地的各处理单元, 最后排入湖滨湿地。人工湿地植物为芦苇, 基质为当地土壤, 水力停留时间 84 d, 平均水深 30 ~ 50 cm。每年 4—10 月为人工湿地运行期, 11 月—翌年 3 月为人工湿地的维护期。



注: A₁ ~ A₅ 面积分别为 109, 124, 88, 86, 497 hm²; B₁ ~ B₃ 面积分别为 164, 174, 346 hm²; C₁ ~ C₄ 面积分别为 200, 200, 127, 140 hm²。

Note: A₁ - A₅ area 109, 124, 88, 86, 497 hm²; B₁ - B₃ area 164, 174, 346 hm²; C₁ - C₄ area 200, 200, 127, 140 hm².

图 1 人工湿地工艺流程

Fig. 1 Technological process of constructed wetland

2 人工湿地进水水质特点

人工湿地进水来自东风干排、东大罕干排、哈拉因干排, 各排渠的排水以农田排水为主, 生活污水和工业废水所占比重较小。该研究于 2015 年 4—10 月对人工湿地的进水进行了连续 7 个月的水质监测, 结果如表 1 所示。由表 1 可以看

基金项目 新疆维吾尔自治区科技支撑计划项目(201533111)。
作者简介 乔沪(1989-), 男, 河南巩义人, 硕士研究生, 研究方向: 自然资源开发与规划。* 通讯作者, 教授, 博士, 从事干旱区湿地水文研究。
收稿日期 2016-08-26

出,人工湿地进水水质波动较大,总氮(TN)、总磷(TP)的浓度远超出V类水标准,化学需氧量(COD)、生化需氧量(BOD)浓度也达到V类水标准^[6],平均矿化度属于咸水^[7]。矿化度中 SO_4^{2-} 所占比重最大,属于硫酸型矿化。

表1 人工湿地进水特征统计

Table 1 Inflow characteristic statistics of constructed wetland

项目 Items	最小值 Minimum value mg/L	最大值 Maximum value mg/L	均值 Mean mg/L	标准差 Standard deviation mg/L	变异系数 Variation coefficient
TN	4.15	24.84	13.10	7.10	0.54
TP	0.67	5.28	2.36	1.86	0.79
COD	8.20	72.36	39.18	23.35	0.60
BOD	1.05	9.30	6.09	3.12	0.51
矿化度 Mineraliza- tion of water	1 992.00	9 014.30	4 470.59	2 308.61	0.52
Ca^{2+}	57.86	222.78	125.45	58.67	0.47
Na^+	224.36	1 600.21	820.38	461.08	0.56
K^+	18.27	62.31	35.57	18.45	0.52
Mg^{2+}	76.20	415.30	209.15	109.52	0.52
Cl^-	316.76	1 431.50	872.72	443.05	0.51
SO_4^{2-}	548.68	2 667.00	1 341.67	656.06	0.49
CO_3^{2-}	2.97	30.33	14.25	8.54	0.60
HCO_3^-	277.60	473.60	388.62	74.17	0.19

3 人工湿地存在的问题

3.1 进水浓度过高 由表1可以看出,人工湿地的进水中主要污染物浓度均已达到或超过V类水标准,矿化度也较高,属于咸水,人工湿地作为一种生态系统,其对进水中污染物浓度的承受能力有限,过高的进水浓度可能对人工湿地植物和微生物造成伤害,从而影响人工湿地对污水的处理效果。

3.2 处理单元面积过大 表面流人工湿地的湿地床长度一般为20~50 m^[1],按长宽比为1:1计算,其最大面积为2 500 m²,在博斯腾湖西岸表面流人工湿地中,最小的处理单元面积为86 hm²,最大的处理单元面积达497 hm²,面积显然过大。处理单元面积过大不利于人工湿地的管理和维护,同时也容易产生死水现象,使人工湿地不能得到充分利用,降低了人工湿地对污水的处理效果。

3.3 水力停留时间过长 博斯腾湖表面流人工湿地的设计水力停留时间为84 d,在人工湿地中,污水在进入人工湿地前3 d污染物特别是有机污染物浓度下降明显,3 d之后污染物浓度下降缓慢^[8-9]。水力停留时间过长会导致人工湿地不能得到充分利用,同时过长的水力停留时间也可能使基质吸附的污染物被释放到水中,从而造成出水水质下降。

3.4 缺乏水质监测 在人工湿地运行过程中,水质监测是保证人工湿地正常运行的重要措施,该研究的调查结果显示,博斯腾湖西岸表面流人工湿地运行过程中并未进行水质监测,这将对人工湿地的运行造成影响,同时出水水质也难以保障。

3.5 冬季污水无法处理 博斯腾湖位于我国西北内陆地区,该地区冬季气温较低,而表面流人工湿地水体与空气直

接接触,强烈响应气温变化,进入冬季后,人工湿地将由于气温低结冰而无法运行,因此博斯腾湖西岸表面流人工湿地的运行期为4—10月,11月—翌年3月人工湿地停止运行进入维护期,此时各排渠的排水无法处理,将会被直接排入博斯腾湖。

4 人工湿地的强化处理措施

4.1 增加预处理设施 针对博斯腾湖西岸表面流人工湿地进水浓度大的特点,应在人工湿地进水口处设置初沉池和厌氧塘等预处理设施以降低进水浓度,确保人工湿地的正常运行,同时应在进水矿化度较高的季节在人工湿地前端埋设纤维束,使盐分在纤维束上结晶,该措施可有效降低进水矿化度^[10]。

4.2 缩小单元面积,增加单元数量 缩小人工湿地各处理单元的面积,同时缩短水力停留时间,避免因单元面积过大和水力停留时间过长造成死水和出水水质下降,同时应增加串联单元的数量,使整个人工湿地的水力停留时间保持在原有的84 d左右,从而保证盐分的充分去除。

4.3 改良人工湿地基质,强化对TP的去除 人工湿地进水中TP的浓度较高,已远超出V类水的标准,而表面流人工湿地对磷的去除效果普遍较差,因此,人工湿地需对进水中的TP进行强化处理。人工湿地对磷的去除主要依靠基质吸附。有研究表明,在人工湿地中使用钙、铁、铝含量较高的基质对磷进行去除,其去除效果优于普通基质,沙子、石灰石、钙硅石、沸石、白云石、浮石、炉渣、矿渣等被认为是人工湿地除磷的良好基质材料^[11],因此建议在人工湿地基质中添加炉渣、沙子等对基质进行改良,同时适当投放石灰石可提高对水中TP的去除效果。

4.4 加强水质监测 人工湿地进水浓度对人工湿地污水处理效果影响较大,博斯腾湖西岸表面流人工湿地进水浓度波动较大,在人工湿地运行过程中应加强对水质的监测,保证人工湿地对污水的处理效果,同时由于人工湿地进水中硫酸盐的浓度较大,在人工湿地对硫酸盐的去除过程中会产生大量硫化氢(H_2S)气体,这可能会造成人工湿地水中 H_2S 浓度过高。 H_2S 浓度过高会对植物造成伤害,从而影响人工湿地对污水的处理效果,因此在人工湿地运行过程中也应加强对 H_2S 的监测。

4.5 增设潜流人工湿地 表面流人工湿地的特点使其在北方的冬季难以运行,但潜流人工湿地在增加保温措施之后在北方冬季也可正常运行^[12],因此可在已有的表面流人工湿地旁增设潜流人工湿地,以解决冬季排渠污水的处理问题。

参考文献

- [1] 王世和. 人工湿地污水处理理论与技术[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 1-183.
- [2] 尹军, 崔玉波. 人工湿地污水处理技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006: 5-10.
- [3] 李娟, 张龙庄, 段亮, 等. 人工湿地废水处理技术的研究现状及展望[J]. 南方农业学报, 2011, 42(1): 69-73.
- [4] 张清. 人工湿地的构建与应用[J]. 湿地科学, 2011, 9(4): 373-379.
- [5] 曹笑笑, 吕宪国, 张仲胜, 等. 人工湿地设计研究进展[J]. 湿地科学, 2013, 11(1): 121-126.

年青龙湾水库养殖量为 800 t,其中,网箱养殖量为 200 t,网箱养殖面积为 6 000 m²,库湾拦网面积为 2 000 m²。度假区青龙湾水库之外的水产养殖量按 200 t 计算,度假区水产养殖量合计为 1 000 t。根据《全国第一次污染源普查——水产养殖排污系数手册》提供的数据,单位产量排污系数 COD 28.48 g/kg,TN 28.33 g/kg,TP 4.08 g/kg;计算可得度假区内水产养殖污染负荷^[5],即水产养殖年产量 1 000 t,COD 排放量 28.48 t/a,TN 排放量 28.33 t/a,TP 排放量 4.08 t/a。

3 污染物排放总量及入库总量

3.1 污染物排放总量 据以上计算结果,汇总得到度假区污染物排放总量(表 5)。

表 5 度假区污染物排放量

Table 5 Pollutant emissions quantity in the resort area t/a

污染源 Pollution sources	COD	TN	TP	固体废弃物 Solid wastes
工业源 Industrial source	51.60	10.30	1.40	200 000.00
生活源 Life source	336.29	114.70	8.59	3 794.18
农业化肥 Agrochemical fertilizer	598.80	52.36	16.66	1 251.60
畜禽养殖 Livestock and poultry breeding	1 596.74	327.76	21.48	51 198.11
水产养殖 Aquaculture	28.48	28.33	4.08	0

3.2 水污染物入库总量 入库的水污染物是影响水库水质

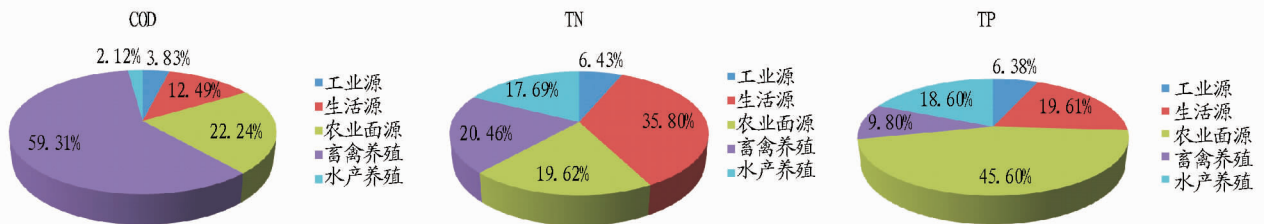


图 1 度假区各类水污染物贡献率

Fig.1 Contribution rate of various types of water pollutants in the resort area

4 结语

该研究结合青龙湾旅游度假区实际情况,从工业、生活、农业面源、畜禽养殖、水产养殖五大污染源出发,通过对度假区污染源排放及污染负荷现状的分析,基本确定各污染源入库的 COD、TP 和 TN 贡献率,为管理部门实施科学的决策提供了理论依据。

参考文献

- [1] 张振克,孟红明,殷勇. 中国水库环境面临的主要问题及其对策[J]. 科技导报,2006,24(12):82-84.
- [2] 刘爱萍,刘晓文,陈中颖,等. 珠江三角洲地区城镇生活污染源调查及其排污总量核算[J]. 中国环境科学,2011,31(S1):53-57.
- [3] 单中超. 大伙房水库水环境现状及变化趋势[J]. 辽宁城乡环境科技,2004,24(4):20-21.
- [4] 姜辉. 崂山区饮用水源地污染状况分析及防治初探[D]. 青岛:中国海洋大学,2006.
- [5] 梁秀,张翔,刘建峰,等. 长湖纳污能力及水产养殖污染负荷估算[J]. 水资源保护,2015,31(3):78-83.
- [6] 韩晓霞,朱广伟,吴志旭,等. 新安江水库(千岛湖)水质时空变化特征及保护策略[J]. 湖泊科学,2013,25(6):836-845.
- [6] 中国环境科学研究院. 地表水环境质量标准:GB3838—2002[S]. 北京:中国环境科学出版社,2002.
- [7] 中国地质调查局. 水文地质手册[M]. 2版. 北京:地质出版社,2012:102.
- [8] 熊家晴,杨洋,郑于聪,等. 表面流人工湿地对高含量有机污染河水的去除效果研究[J]. 水处理技术,2013,39(7):69-72.
- [9] 何蓉,周琪,张军. 表面流人工湿地处理生活污水的研究[J]. 生态环境,2004,13(2):180-181.

的根本原因。根据《全国水环境容量核算指南》,结合区域的实际情况,分别确定各类污染物的入库系数,即工业污水和水产养殖入库系数为 1.0;进入农田径流后的 COD 最终约有 50.00% 进入水库,入库系数为 0.5;农田化肥流失的 N、P 由于土壤再吸附等原因未完全入库,按照流失量的 60.00% 计算入库量;畜禽养殖污染的 COD、TN 和 TP 入库系数分别按 50.00%、10.00% 和 10.00% 计算;山区水网密布,农村居民大多居住在河流水库附近,生活污染入库系数按 50.00% 计算。

将各污染负荷的计算结果汇总后得到度假区各污染物的排放总量,再结合确定的入库系数可以得到入库污染负荷量(图 1)。从图 1 可见,区域内 COD 入库(河)的主要贡献来源于畜禽养殖,贡献率为 59.31%;其次是农业面源,占 22.24%;再次是生活源,贡献率占 12.49%。工业源和水产养殖所占比例合计为 5.95%。区域内 TN 入库(河)的主要贡献来源于生活源,贡献率为 35.80%;其次为畜禽养殖污染,贡献率为 20.46%;再次为农业面源与水产养殖污染,贡献率分别为 19.62% 和 17.69%,工业源所占比例最小,贡献率仅 6.43%。度假区 TP 入库(河)的主要贡献来源于农业面源^[6],贡献率为 45.60%;其次为生活源,贡献率为 19.61%;再次为水产养殖,贡献率为 18.60%;最后为畜禽养殖和工业源,贡献率分别为 9.80% 和 6.38%。

- [10] 陈明辉. 人工湿地系统氯离子分布特征及其综合生态效益研究[D]. 长春:吉林大学,2012:40.
- [11] 夏宏生,汤兵. 人工湿地除磷技术[J]. 四川环境,2005,24(1):83-86,123.
- [12] 朱林,刘建卫,孙宏伟,等. 寒冷地区污水深度处理的人工湿地设计[J]. 水电能源科学,2013,31(12):195-197,232.

(上接第 40 页)