

青岛洪江河生态恢复技术

——建设三级串联人工湿地探究

孙鹏宇 李双喜

中国海洋大学附属中学 山东 青岛 266000

【摘要】：城市的人工湿地是城市生态系统的重要部分，经过笔者的实地调查，发现笔者生活的青岛市洪江河湿地的城阳区拆迁地段污染严重，主要污染源为生活废水，为改善湿地生态环境、促进城市健康发展，促使废水污染源达到《山东省南水北调沿线水污染物综合排放标准》，本文通过对山东青岛洪江河河段的水生态恢复技术进行探讨，为洪江河污染治理、合理利用和优化水生态提出可行的方案：沿河建设多级串联人工湿地。

【关键词】：洪江河；植物；湿地单元；人工湿地

Ecological Restoration Technology of Hongjiang River in Qingdao

-- Research on the Construction of Three-level Series Constructed Wetland

Pengyu Sun, Shuangxi Li

High School Affiliated to Ocean University of China Shandong Qingdao 266000

Abstract: The urban artificial wetland is an important part of the urban ecosystem. After the author's field investigation, it is found that the demolition area in the Chengyang District of the Hongjiang River Wetland in Qingdao City, where the author lives, is seriously polluted, and the main source of pollution is domestic wastewater. Healthy development, to make the wastewater pollution source meet the *Comprehensive Discharge Standard of Water Pollutants along the South-to-North Water Diversion in Shandong Province*, this paper discusses the water ecological restoration technology of the Hongjiang River in Qingdao, Shandong, and proposes for the pollution control, rational utilization and optimization of the water ecology of the Hongjiang River. Feasible plan: Build multi-level series artificial wetlands along the river.

Keywords: Hongjiang River; Plants; Wetland unit; Artificial wetland

1 研究背景

1.1 城市湿地，生态系统的重要组成部分

伴随着城市化发展，越来越多的原始自然湿地被侵占，城市环境问题日益加剧，这使学界逐渐重视湿地在城市规划中的重要性。从理论层面来说，现代城市的发展方向是生态城市、可持续城市，湿地是城市生态系统的核心内容；在实践中，许多地区开展了城市湿地的恢复工程，城市湿地的建设被列为城市生态基础建设的十大战略之一（俞孔坚，2001）。

1.2 青岛市洪江河湿地拆迁区污染严重

青岛洪江河河段，紧邻胶州湾入海口滩涂，处于其上游河段。洪江河发源即墨区途经青岛城阳区，流经自然村落数目众多。洪江河湿地是重要的鸟类栖息地，更是墨水河湿地公园的组成部分，但经实地调查，发现洪江河沿岸排入的污染物主要为生活污水，洪江河的主要问题是水体富营养化，水中氮磷严重超标。表1为具体监测结果。

表1 洪江河上、中游具体监测情况

	位置	监测项目	监测方法	监测结果	量纲
上游	宋化泉、棘洪滩水库	pH	pH 计测定	8.02	--
		CODcr	重铬酸钾氧化法	22.4	mg/L
		TN	过硫酸钾消解-紫外分光光度法	1.82	mg/L
		TP	过硫酸钾消解-钼锑抗分光光度法	0.37	mg/L
中游	即墨城阳区各种拆迁村落	pH	pH 计测定	7.81	--
		CODcr	重铬酸钾氧化法	290.6	mg/L
		TN	过硫酸钾消解-紫外分光光度法	10.31	mg/L
		TP	过硫酸钾消解-钼锑抗分光光度法	1.42	mg/L

2 人工湿地设计

2.1 洪江河人工湿地的构建设想与选址

借势利导设想建设人工湿地的位置，位于城阳区拆迁区段，这里离入海口不远，河道较宽，水流并不湍急，政府为防洪抗汛已经建设各种堤坝有一定自然坡度。另外，河两岸水湾水坑可拓展区域广泛，一方面减少土石方工程、利于排水、降低投资，另一方面可以减少对周围环境产生影响，并且修建湿地公园造景，美化环境。

2.2 设计三级串联人工湿地单元深度净化

人工湿地可按污水在湿地床中流动的方式不同而分为表面流湿地、潜流湿地和垂直流湿地（沈耀良，1999）。本文参考黄逸群（2008）的试验，提出设计三级串联人工湿地处理系统的方案。系统包含预处理系统和人工湿地系统两个部分，设计工艺流程主要是潜流及垂直流湿地串联组合运行。

本文工艺同模拟实验的工艺相似，系统包含预处理系统和人工湿地系统两个部分，也为三级串联湿地，工艺流程如图1。

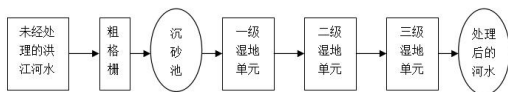


图1 人工湿地工艺流程图

一般人工湿地的长宽不宜过大，一般在3:1以下，常采用2:1，床深D一般取0.6~0.8m，以保证所栽种的根系可以较好地生长。假定横截面积与湿度、有机负荷无关，只受填料的水力学特性影响。一般情况下，通过填料横截面积的平均流速 Q/A_c 不超过8.6m/d为宜，以免对填料根茎结构的破坏。湿地床底坡度取1%~8%，对以砾石为填料的湿地床一般可取1%。系统共3级，总占地面积约9000m²，填料高度60cm，因为选址地点洪江河靠近入海口，但又有合理距离有天然坡度，坡度适宜，减少施工量节约成本，湿地坡度简单修缮设定为1%，完全可以满足处理的需要。系统内种植芦苇、水稗草、香蒲等植物。

3 应用实践及展望

3.1 水力停留时间（HRT）和水力负荷的确定

试验表明湿地连续运行HRT3d和HRT2d情况下的去除效果均比较理想。其中HRT2天TP去除效率好于HRT3天，而HRT3天对COD_{Cr}、NH₄⁺-N去除效果好于HRT2天。对于污水中SS、TN去除，HRT2d与HRT3d去除效果无显著差别。这里取水力停留时间为3天，加强对有机污染物的处理，而通过设计表面流湿地单元增加对TN和TP的去除率。

水力负荷一般不可超过1m³/m²·d，根据文献资料超过0.6m³/m²·d对有机污染物的处理能力将有所降低，所以水力容

积负荷取0.5m³/m²·d。湿地的水流量枯水期控制在约1000m³/d；丰水期最大流量不可超过5000m³/d；平水期为3000m³/d，水量主要靠沉砂池进行调节。

3.2 预处理系统

关于预处理系统包括粗格栅和初沉池。粗格栅主要是防止塑料袋等较大固体废弃物进入湿地。沉砂池主要是沉淀水中大量泥沙、均衡污水水质，防止湿地系统阻塞，影响其正常运行。此外沉砂池也合并了调节池的功能，对污水进行初级处理，主要是调节流量，防止湿地流量过大过小，影响污水处理效果。

3.3 湿地单元概况

3.3.1 湿地单元

湿地处理采用上行流—上行，上行流—下行或下行流—上行流复合水流方式，一级湿地单元水流为上行流，上行进入二级湿地单元，然后二级湿地单元水流方向为竖向流，水流垂直向下，从下一单元底部出水，再从下一级单元上部出水。人工湿地的水流状态是维护系统正常运行，使系统充分发挥净化效果的重要因素。具体构筑物如表2。

表2 人工湿地处理构筑物尺寸表

序号	名称	总尺寸(L×B×H)	有效水深 m	填料高度 m	有效容积 m ³
1	粗格栅	(B×H) 30×2.0	1.5	无	无
2	沉砂池	90.0×30.0×2.0	1.5	无	4050
3	一级湿地单元	90.0×30.0×1.0	0.8	0.6	2160
4	二级湿地单元	60.0×30.0×1.0	0.8	0.6	1440
5	三级湿地单元	60.0×30.0×1.0	0.8	0.6	1440

遵从一般人工湿地的长宽不宜过大，一般在3:1以下，床深D一般取0.6~0.8m的原则，二三级湿地为2:1，因为一级人工湿地为表面流人工湿地，需要较大的长度进行处理，所以选用比例3:1。

3.3.2 一级湿地单元

一级湿地单元不同于二级和三级湿地单元，设计为表面流人工湿地。湿地系统中的磷主要通过微生物和植物的吸收以及填料的物理和化学作用来去除。污水在湿地系统中停留时间长，容易造成污水滞留和厌氧区扩大，容易在湿地系统中造成厌氧，从而抑制微生物的呼吸和嗜磷细菌的降解和吸收。而表面流湿地的氧含量高，对N和P处理效果好，但在有机污染物处理方面，水平潜流湿地的处理效果较好，将不同类型的人工

湿地进行组合,就可以提高系统的处理能力。所以,将一级人工湿地设计为表面流人工湿地,其他两级湿地为潜流及垂直流湿地串联组合,既满足了对有机污染物的高效去除率,又能加强对 N 和 P 的处理效果。

3.4 填料系统

湿地模拟试验成功的应用养殖花草的陶石作为填料,取得了不错的效果,设计的湿地也应用水处理陶粒作为湿地床,主要是增强系统的过水能力和生物膜的附着生长能力,粒径介于 10~30mm 之间。此外为了植物根系能够固着更为稳定,并使湿地可以长期使用,填料中还有土壤基质。具体填料情况如表 3。

表 3 人工湿地填料情况

填料位置		填料材质	装填长度 m	粒径 mm	平均孔隙率%
预 处 理	粗格栅	无	无	无	无
	沉砂池	无	无	无	无
人 工 湿 地	第一级	陶石	0.2	20-30	45.1
		土壤	0.3	无	无
	第二级	陶石	0.5	20-30	45.1
		土壤	0.1	无	无
	第三级	陶石	0.5	10-20	42.6
		土壤	0.1	无	无

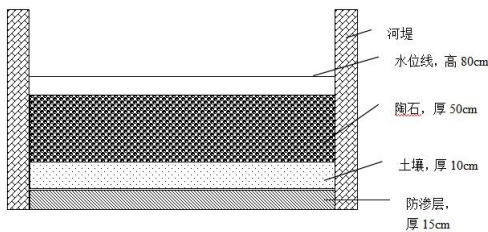


图 2 填料具体布置横截面图

底部防渗层遵循模拟人工湿地试验意见,选取人工湿地防渗基质粉煤灰、煤渣、空心砖以体积比 3:1:1 混合填料作为人工湿地的防渗填料。

参考文献:

- [1] 沈耀良,王宝贞.废水生物处理新技术:理论与应用[M].中国环境科学出版社,1999.
- [2] 俞孔坚,李迪华,潮洛蒙.城市生态基础设施建设的十大景观战略[J].规划师,2001,(06):9-13+17.
- [3] 陈长太,王雪,祁继英.国外人工湿地技术的应用及研究进展[J].中国给水排水,2003,(12):105-106.
- [4] 孙广友,王海霞,于少鹏.城市湿地研究进展[J].地理科学进展,2004,(05):94-100.
- [5] 黄逸群.人工湿地处理城镇生活污水的效用研究[D].山东农业大学,2008.

3.5 人工湿地的植物选择

在人工湿地中,尽可能地增加湿地系统的生物多样性,以提高湿地系统的处理性能,延长使用寿命。选择湿地植物物种时,可根据耐污性、生长适应能力、根系的发达程度及经济价值和美观要求因地制宜确定(陈长太等,2003)。

各湿地植物在本实验中的栽种情况见表 4。

表 4 本实验中各湿地植物种植情况

植物名称	芦苇	水稗草	香蒲
种植位置	第一级	第二级	第三级
种植密度(株/m ²)	30	—	30

人工湿地的植物选择与模拟实验不同。首先,将水葫芦(一种水生植物)移除。水葫芦不能适应高浓度的污水,但在中、低浓度的污水下可以快速生长,可作为人工湿地中后段的种植植物。因此,本设计认为水葫芦放置在调节池(即沉砂池)中不能适应高浓度的污水。水葫芦是一种漂浮在水面上的植物,不易固定,处理效果远不如芦苇等水生植物。水葫芦还容易野生生长,难以控制,容易造成生态污染,因此被遗弃。水生美人蕉在青岛当地很难买到,而且没有香蒲发达的根系,生长期比香蒲长,虽然美人蕉有很好的美化价值,但香蒲更适合青岛的气候特点,而且夏天会生长出棒状花蕾的美化效果,综合选用香蒲代替美人蕉这种水生植物。

4 结论

人工湿地构建研究是国际湿地实践、研究和发展的热点,人工湿地污水处理技术在许多领域内成为传统污水处理工艺的廉价替代方案。目前应用较多的是表面流湿地和潜流湿地。而本文立足洪江河水生态现状,提出对洪江河的水生态进行恢复性建设,对三级串联的人工湿地进行研究论证及实验研究,为洪江河污染治理、合理利用和优化水生态提出可行的方案,其有助于青岛市生态环境发展,促进城市健康发展,推进生态文明建设,为城市湿地研究提供创新借鉴,为建设美丽中国尽一份力。