

园博会清渠如许地块垂直人工湿地系统设计

吴 昊

北京土人城市规划设计股份有限公司 北京 100086

摘 要: 以整个工程中的清渠如许景观子项作为研究对象,对垂直净化湿地进行论述和研究。效法“梯田”处理竖向落差和坡地关系,利用表潜流交替的净化原理,将城市中水从顶层逐级跌落,曝氧,过滤,发挥人工湿地的高效性,对污水处理厂生产的中水进行二次净化,最终提高尾水的排放标准(由污水排放标准一级A类提高到地表水水质标准Ⅲ类水)。

关键词: 垂直生态湿地;复合生态滤池;中水净化;高效节能

Design of composite ecological filter system of the plot

Wu Hao

Beijing Native Urban Planning and Design Co., Ltd. Beijing Haidian 100086

Abstract: The vertical purification wetland is discussed and studied in the whole project. Example “terrace” treatment vertical drop and slope relationship, using surface current alternating purification principle, the city water fall from the top, oxygen, filtration, play to the efficiency of artificial wetland, the sewage treatment plant production of water secondary purification, eventually improve the tail water discharge standard (by sewage discharge standard class A to surface water quality standard III class I I water)

Keywords: Vertical ecological wetland; composite ecological filter; medium water purification; high efficiency and energy saving

一、工程概况

该工程地点:河北省邯郸市复兴区,总占地面积4242亩,其中核心游览区面积1838亩,规划设计范围东侧紧邻西外环路,西抵南水北调干渠,南至邯武快速路,北至新邯武公路(309国道)。本子项由场地北侧309国道的中水加压泵站引入中水水源,中水压力值为0.5MPa,水质标准为一级A类。经园区DN150中水主管网供给至西南侧处理场地内,场地高差为17m。

二、设计思路及方案

2.1 设计思路

本设计采用复合生态湿地系统,将表流湿地与垂直潜流湿地交替设置,通过场地高差,利用水的重力流向,实现污水进入表流湿地内溶解氧、进入潜流湿地消耗氧的效果,将充分利用水体微生物好氧—厌氧的特性,达到水质净化的效果。

作者简介: 吴昊,1984.06-,男,汉族,辽宁省瓦房店市,本科,助理工程师,研究方向:给水排水工程。

2.2 设计方案

2.2.1 进出水水质

景观水系补给水采用中水,水质为《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB 18918-2002中一级A排放标准。

人工湿地对有机物及P净化效果较优,对TN效果较不稳定。出水水质指标采用《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)中Ⅲ类水标准,项目设计出水水质标准如表。

表1 设计出水水质(单位:mg/L)

水质指标	COD _{Cr}	BOD ₅	氨氮	TP
《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级A	50	10	5	0.5
《地表水环境质量标准》Ⅲ类	20	4	1.0	0.2

2.2.2 污染物目标分析

选择P作为目标污染物,原因如下:

净化难度:TP最高,同等去除率需求下TP的面积要求最大,P净化的同时有机物同时可得到净化;

生态意义:经典的藻类分子式为C₁₀₆H₂₃₆O₁₁₀N₁₆P,1g

藻类需要0.009gP, 0.063gN, P为限制性因子;

环境因素: 淡水生态系统一般缺P, 海洋生态系统容易缺N;

污染危害: 磷是浮游植物大量繁殖的关键条件;

修复难度: 自然水体修复过程中, 水体对N削减的响应时间5~10年, 对P削减的相应时间10~15年。

2.3 设计计算

2.3.1 污染物净化系数

湿地设计主要基于污染负荷和水力负荷两方面展开, 设计过程以污染负荷进行设计, 以水力负荷进行校核。

人工湿地对P的净化去除大致遵循污染物一阶反应动力学, 公式如下。

$$K_A = \frac{Q}{A} [\ln(C_{in} - C_e) - \ln(C_{out} - C_e)] \quad (1)$$

公式(1)中: K_A 为P面积去除速率常数, 单位 m/d ; Q 为水量, 本工程为 $5000m^3/d$; A 为湿地面积, 本工程为 $52400m^2$; C_{in} 为设计进水水质, 本工程为 $0.5mg/L$; C_{out} 为设计出水水质, 本工程为 $0.2mg/L$; C_e 为P平衡浓度, 取 $0.02mg/L$ 。

2.3.2 湿地面积估算

基于污染物净化系数, 计算清渠如许构建相应湿地的净化水力负荷如下表2。

经水力负荷校核, 各设计值符合《人工湿地污水处理工程集水规范(HJ 2005-2010)》相关要求。

表2 清渠污染物净化系数

湿地类型	氧化塘	水平表流	水平潜流	垂直流
清渠如许面积	52400m ²			
净化系数	0.04	0.06	0.16	0.25
可处理水量 (m ³ /d)	2137	3206	8574	13356
水力负荷 (m ³ /m ² ·d)	0.041	0.061	0.164	0.255
水力负荷校核 (HJ2005-2010)		<0.1	<0.5	0.4-0.8

结合各类型湿地的水力负荷, 清渠如许系统建议湿地类型的构型为: 氧化塘10%; 水平表流40%; 水平潜流40%; 垂直流10%。

则理论上可净化水量如下表3, 为 $6267m^3/d$; 即使考虑污染物浓度降低带来的净化效率衰减, 也符合净化 $5000m^3/d$ 的需求。

表3 清渠如许系统理论湿地类型的构型分布

湿地类型	氧化塘	水平表流	水平潜流	垂直流	总计
湿地面积 (m ²)	5240	20960	20960	5240	52400
水力负荷 (m ³ /m ² ·d)	0.041	0.061	0.164	0.255	
处理水量 (m ³ /d)	215	1279	3437	1336	6267

三、净化效果预计

3.1 停留时间测算

湿地净化系统实际容积约为 $14787m^3$, 计算如下表4。

系统处理水量为 $5000m^3/d$ 时, 停留时间约为3d, 符合《人工湿地污水处理工程技术规范(HJ 2005-2010)》对水利停留时间的要求。

表4 湿地净化系统实际容积

湿地类型	氧化塘	水平表流	水平潜流	垂直流	总计
湿地面积 (m ²)	5240	20960	20960	5240	52400
设计深度 (m)	0.5	0.3	0.6	1.0	
有效孔隙率 (%)	100	100	33	33	
实际容积 (m ³)	2620	6288	4150.08	1729.2	14787.28

3.2 TP出水浓度测算

根据各类型湿地的相对面积比例, 湿地净化系统的综合“P面积去除速率常数” $K_A=0.04*0.1+0.06*0.4+0.16*0.4+0.25*0.1=0.117$ 。

根据公式(1)计算得出:

1、当处理水量为 $5000m^3/d$ 时, 出水TP浓度为 $0.17mg/L$;

2、当处理水量为 $8000m^3/d$ 时, 出水TP浓度为 $0.25mg/L$;

3、当处理水量为 $10000m^3/d$ 时, 出水TP浓度为 $0.28mg/L$;

4、当处理水量为 $12000m^3/d$ 时, 出水TP浓度为 $0.31mg/L$;

5、当处理水量为 $15000m^3/d$ 时, 出水TP浓度为 $0.34mg/L$;

3.3 出水污染物浓度测算

根据湿地系统对有机物、氮、磷的净化机制, 有机物净化效果略好于磷净化, 而氨氮净化效果将差于磷净化。预计出水水质如下。

表5 出水污染物浓度预测

水质指标		COD _{Cr}	BOD ₅	氨氮	TP
进水水质		50	10	5	0.5
不同净化水量的出水水质	5000m ³ /d	17	4	2	0.17
	8000m ³ /d	24	5	3	0.25
	10000m ³ /d	26	5	3	0.28
	12000m ³ /d	30	6	4	0.31
	15000m ³ /d	32	6	4	0.34

四、工程设计

4.1 水源引入

因市政中水水压压力较大、且山顶环廊部分为游

客活动重要节点,无法设置调蓄池、因此改用DN400 HDPE高密度聚乙烯管道作为泄压配水管道,使场地内五条湿地路由均匀配水。

4.1.1 表流湿地

表流湿地设计水深为0.3–0.5m,塘底高程由进水口端坡向出水口端,湿地塘以500mm厚粗砂作为基质,种植水生美人蕉、再力花、梭鱼草等植物,塘底采用三布两膜防水土工布作为防水层,基础素土夯实,夯实系数大于94%。该区域以好氧区为主,有效去除水中不溶性BOD₅和SS。

4.2 水平潜流湿地

水平潜流湿地塘底同样采用三布两膜防水土工膜作为防水层,基础素土夯实,夯实系数大于94%,填料层为400mm厚粒径20–40铁矿渣。进水口端与出水口段设粒径50铁矿渣,敷设De160穿孔花管配水、收水。上部设透水土工布,同时设300mm厚种植土,种植黄菖蒲、水葱、芦竹等半水生植物。

4.3 垂直上行潜流湿地

垂直上行潜流湿地与水平潜流湿地的基础、基质、防水种植层做法一致,取消端口配水,以底部敷设穿孔花管管网配水的方式,利用场地高差将上一级湿地来水压入管道,注满湿地层后溢流至下一级湿地。穿孔花管主管管径De160,支管管径为De50,沿塘底每2m均布,孔径Φ6,间隔0.5m。

4.4 系统运行

人工湿地污水处理系统从启动到成熟及正常运行,需经历两个阶段。

启动阶段:植物的生长、微生物的数量种类、生物膜的附着都处于发展阶段、处理效果暂不稳定,随着时

间推移各方面趋于成熟。

成熟阶段:植物由亚株成长为成株,根系发育完善、微生物种群数量保持动态平衡,生物膜覆盖整个湿地滤床,水质处理效果趋于稳定。

因人工湿地随各地气候温度不同,该周期形成时间存在差异,通常需要2年左右时间。

五、结论

因邯郸地属温带大陆性气候,四季温度差异明显、冬季湿地处理效果受结冰降雪等因素影响。水质净化过程中,起关键作用的微生物在繁殖与生存方面同样面临该问题,潜流湿地的覆土层使这一问题得以解决,保证第二年湿地处理能力的快速恢复,过冬植物,若存在冻病虫害造成的死亡可采取补植的方式恢复。

夏季雨水高发期,也可通过场地内设置的溢流口及时排入北侧湖体。因雨水水体内营养含量低,可考虑雨停后补充中水,更换水质,保证滤床上微生物生物膜的稳定。

因此,本设计很合理的避免了自然环境对人工生态湿地处理率的影响。

参考文献:

- [1]《尾水人工湿地设计与实践》魏俊,韩万玉,杜运领等编著
- [2]《污水自然处理工程技术规程》CJJ/T 54-2017
- [3]《城镇污水再生利用工程设计规范》GB 50335-2016
- [4]《人工湿地污水处理工程技术规范》HJ 2005-2010
- [5]《城市污水再生利用 景观环境用水水质》GB/T 18921-2019
- [6]《地表水环境质量标准》GB 3838-2002
- [7]《全国民用建筑工程设计技术措施给水排水》(2009版)