

海绵城市生态滤池系统施工技术研究

柯良锋 吕善勇

中国能源建设集团安徽电力建设第二工程有限公司

DOI:10.12238/btr.v7i5.4510

[摘要] 在传统市政工程中,雨水经过道路排水系统收集后,一般直接排入湖泊中,由于雨水从路面汇入管网过程中,往往会夹杂路面油污等各类杂质,导致排入湖泊的水质不达标,对湖泊生态系统产生严重影响。项目利用“海绵城市”和“城市双修”理念和生态修复措施,采用生态滤池系统对湖泊排口进行末端治理,对初期雨水进行调蓄、渗滞、净化、回用,严格控制和处理来自市政雨水和周围流域的面源污染,结合上游截污和管网提质增效,显著改善湖泊水质,打通城市内部水系、绿地,形成较完整的生态网络。

[关键词] 海绵城市; 生态滤池; 绿色低碳; 仿自然生态系统

中图分类号: F062.2 文献标识码: A

Research on construction technology of sponge city ecological filter system

Liangfeng Ke Shanyong Lv

China Energy Construction Group Anhui Electric Power Construction Second Engineering Co., LTD

[Abstract] In the traditional municipal engineering, rainwater collected by the road drainage system is generally discharged directly into the lake, because the rainwater from the road into the pipeline network process, often mixed with various impurities such as road oil, resulting in substandard water quality into the lake, which has a serious impact on the lake ecosystem. The project uses the concepts of "sponge city" and "urban double repair" and ecological restoration measures, adopts ecological filter system to treat the end of the lake outfall, and carries out regulation, retention, purification and reuse of initial rainwater, strictly controls and treats non-point source pollution from municipal rainwater and surrounding drainage basins, and significantly improves the water quality of the lake by combining upstream pollution interception and pipe network improvement. Open up the water system and green space inside the city to form a more complete ecological network.

[Key words] sponge city; Ecological filter; Green and low carbon; Imitating natural ecosystems

随着城市化进程的加快,传统市政排水系统的雨水管理能力已难以应对日益频繁的极端天气,导致城市内涝、河湖污染等问题日益突出。“海绵城市”概念应运而生,旨在通过构建绿色基础设施,实现雨水的自然积存、渗透和净化。生态滤池系统作为海绵城市建设的关键措施之一,通过引入仿自然生态系统对初期雨水进行净化和调蓄,能够有效去除水体中的有机物、氮、磷及重金属等污染物,从而减少面源污染,改善城市水体质量,具有显著的生态和社会效益。

1 应用介绍

某项目位于安徽省合肥市经开区,主要施工内容为:高压走廊段河道生态化改造范围为桩号4+042~3+150,整治长度892米,(包括:河道整治及沿线排水及管线改造、生态改造、结构构筑物设计等内容);人工湖段:4处生态滤池净化系统,处理规模为3559m³,设置初雨分流管DN400以及配套的6处分流构筑物,设置2处雨水沉淀池和4处沉砂井。

本工程采用生态滤池净化系统对湖泊排口进行末端治理,对初期雨水进行调蓄、渗滞、净化、回用,严格控制和处理来自市政雨水和周围流域的面源污染,结合上游截污和管网提质增效,显著改善湖泊水质,打通城市内部水系、绿地,形成较完整的生态网络。

2 技术特点

(1)通过模拟自然生态系统中的物质循环和能量流动过程,利用微生物、植物和填料等介质,对水中的有机物、氮、磷等污染物进行高效去除和转化。(2)具有较强的环境适应能力,能够适应不同水质、水量和气候条件的变化,都能有效地进行处理和净化。同时,生态滤池中的植物和微生物群落也具有较强的抗逆性,能够在一定程度上抵御外界环境的干扰和破坏。(3)运行能耗低,主要依赖自然光照、温度和风力等进行运转,维护成本低,植物和微生物的生长和代谢过程能够自动完成污水的净化和修复,大大地降低运行成本和能源消耗。(4)通常采用模块化设计,

可根据实际需要进行与其他海绵城市系统进行组合和扩展。在处理规模、处理能力和处理效果等方面都具有较高的灵活性和可扩展性。

3 工艺原理

生态滤池是一种利用水生植物、人工填料和自然环境中的微生物形成的仿自然生态系统,对初期雨水处理净化的技术。结合化学反应和物理过程形成生物膜,利用膜中的微生物对水中的有机物、氨氮等可溶性污染物进行吸附、生物降解等。同时,生态滤池的滤料层和生物膜层也能够吸附和去除水中的悬浮颗粒物和重金属等有害物质,使出水达到排放标准。

4 操作要点

4.1 滤池挡墙及施工场地平整

(1)清理施工区域,确保基础表面平整,注意开挖滤池基坑的尺寸和深度要符合设计要求。(2)按照设计溢流水方向进行开挖,坡面应平整、稳定;并在坡脚设排水明沟和集水井,防止积水对基层原状土的扰动。(3)开挖中,场地标高随挖随测,避免局部超挖和造成基层标高不均匀分布,降低对后续无纺土工布和HDPE防水土工膜铺设的影响。(4)开挖到生态滤池底部,使用小型打夯工具对基层素土进行夯实,夯实系数 $\geq 85\%$,夯实沉降量 $\geq 10\text{mm}$ 。(5)生态滤池池壁安装模板选用止水型对拉螺杆,割除螺杆后用水泥砂浆抹平并进行防水涂料涂刷。(6)生态滤池池壁挡墙一次浇筑成型,若因场地或其他因素无法一次浇筑则需分段施工,施工缝应采取双道防水措施。

4.2 滤池基层细砂找平

(1)在进行回填施工之前,对场地进行准备工作。包括清理施工杂物、场地平整和压实等步骤,确保场地表面平整无杂物。(2)回填施工禁止使用机械在滤池内行走摊铺,防止对基底素土破坏,应人工摊铺。(3)将中细砂均匀地回填至所需区域,回填时需注意避免产生孔洞和不均匀底层,以确保施工质量。(4)采用电动平板振捣器,以纵行或横行不得少于两次反复对回填砂进行振捣。在基坑内分层铺砂,然后逐层振密,分层厚度为15-20cm,分层厚度可用样桩控制。施工时应将下层的密实度经检验合格后才可进行上层施工。(5)铺筑的中细砂应级配均匀,如发现砂窝或石子成堆现象,应将该处砂石挖出,分别填入级配好的砂石。

4.3 无纺土工布、HDPE防水土工膜铺设

(1)用于缝合的线应采用最小张力超过60N的树脂材料,并用与无纺土工布相当或超出的抗化学腐蚀和抗老化能力。任何在缝好的无纺土工布上的“漏针”必须在受到影响的地方重新缝接。(2)采用人工滚铺,铺设布面要平整并适当留有变形余量,通常采用缝合的方法。缝合宽度一般为0.1m以上。所有的缝合必须要连续进行,在重叠之前,无纺土工布必须重叠最少150mm。最小缝针距离织边(材料暴露的边缘)至少是25mm。(3)现场施工的材料不得长时间暴露,并远离火源,储存及配套的施工辅材必须用塑料布遮盖,铺设的无纺土工布、土工膜应尽量避免长时间暴露,避免老化。(4)在铺设过程中,工作人员不得穿对无纺土工

布有损伤的鞋子,不得在铺设现场吸烟和进行其它能损坏无纺土工布的行为。(5)HDPE防水土工膜铺设以前应请专业监理工程师对现场施工条件进行逐一确认,保证滤池内的地面和无纺土工布平整,没有凹凸不平现象,表面无尖刺颗粒、硬杂物等,并对防渗材料的质量(各项性能指标:表面是否有气泡、孔洞、皱纹、破损等)进行严格检查,确认无误后方可进行铺设。

4.4 UPVC渗管开缝、安装

(1)渗管布局需考虑到渗水的排出和分配等多个因素,要尽量减少管道的弯曲和确保管道分支数量满足水处理面积,以确保水处理的适用性,并且易于维修。(2)施工前必须对滤池内基底高程进行复测,检查渗管安装方向是否符合设计要求,并检查防水土工膜、土工布是否符合要求,确认后再行施工。(3)过开缝渗管应在工厂内进行切缝,切缝率大于等于2%,缝宽不宜过大,不得在现场手工开孔,开缝样品需经设计方和相关单位鉴定认可。其中通气管为不开缝,露天安装。(4)渗管安装严格按照设计标高进行敷设,保证水流畅通。排气管应尽量设置在便于固定的位置,如靠滤池侧壁等。开缝管与排气管(不开缝管)的安装时需加强检查,防止混淆。(5)管道连接施工时,应及时清理管内异物。排气管帽及时安装,防止异物进入管道。

4.5 排水区圆砾石回填

(1)选用质量稳定的圆砾石,防止损伤无纺土工布和HDPE防水土工膜和增加透水性。对砾石进行筛分,以确保粒径在2-8mm之间,含泥量 $\leq 1\%$ 。(2)铺筑的圆砾石应级配均匀。如发现砂窝或成堆现象,应将该处圆砾石挖出,分别填入级配好的圆砾石。(3)开缝管位置应回填砾石,以减少细级配区砾石比重。(4)回填施工禁止使用机械在滤池内行走摊铺,防止对基底素土破坏,应采用吊车或人工摊铺。应采用小型电动平板振捣器,进行轻微振捣,防止出现空洞,塌陷情况,尤其是开缝管两侧40cm范围。

4.6 开缝渗管HDPE阻根防渗膜铺设

(1)选用1.5mm厚阻根防渗膜,材料进场使用前,应提供产品检测报告和产品合格证,必要时经检测单位检测,合格后方可使用。(2)清理回填砂表面的杂质和凸起物,确保表面平整。对回填的圆砾排水层的表面进行压实处理,防止HDPE阻根防渗膜下方下陷出现空隙、包管等质量问题。(3)选用80cm宽的阻根防渗膜,对称铺设在透水区(开缝渗管上方)。接长采用双层搭接式熔接,两熔接的HDPE阻根防渗膜重叠部分不得少于10cm。HDPE防水土工膜焊缝熔接强度应大于母材料强度。

4.7 级配滤砂回填

(1)用滤砂对阻根防渗膜人工铺填覆盖稳固,防止大面积回填对防渗膜造成位移。(2)滤砂是滤池系统的核心,应优先考虑滤料粒径的级配分布,其有效粒径范围应该在0-2mm之间,且0.25-0.5mm区间滤砂占比 $> 50\%$,渗透系数 $> 10^{-5}\text{cm/s}$ 。(3)纯天然河砂颗粒级配不稳定,粒径难以符合要求,且含泥量均大于1%。为保证滤砂核心质量指标,对滤砂基材进行二次掺配,对掺配滤砂进行二次冲洗。(4)滤砂运输前,对车辆进行清洗。施工现场堆放点采取下垫、上盖及硬化等防污染措施,防止滤砂二次

污染。施工机具和作业人员的鞋底要进行冲洗,严禁带泥进入滤池。(5)滤砂铺设应合理安排施工顺序,选用吊车或长臂挖机运输送料,人工分层回填,尽量避免施工造成的污染。(6)分层回填完成后,滤池应采取防污染措施,并对现场滤砂进行多点取样,检测颗粒级配是否符合要求。

4.8 芦苇栽植

(1)芦苇栽植前,应对种植基层进行种植土检测,了解土壤的结构、肥力和pH值等指标,对于不符合指标的土质进行调理,以确保种植土质量符合要求。(2)芦苇栽植为最后一道工序,需确保各项附属施工及雨水管网功能正常,滤池内水位应在10-50cm,超水位雨水可经过溢流渠道流入湖泊。(3)根据栽植季节,可选择在已经芦苇木质化以后取苗,此时侧芽萌发的比较迅速,可提高成活率。也可选择用青芦苇直接栽植。木质化芦苇取苗后,去掉顶端叶片,保留35cm的茎秆和10-15cm的根茎,按株行距均为0.2米栽种。(4)芦苇苗需定期进行管养维护,确保滤池内的无杂草竞争养分资源,发现病虫害应及时采取措施进行防治。根据需要,进行适度的修剪以促进健康的生长和防止过度繁殖。

5 技术效益分析

5.1 环境效益

(1)水质净化:生态滤池通过植物、土壤及微生物的协同作用,能够有效去除雨水径流中的悬浮物、有机物、重金属离子及部分病原微生物,显著提高出水水质,减轻水体污染,保护城市水环境安全;(2)改善微气候:生态滤池内的植被能够增加城市绿地面积,减少热岛效应,通过蒸腾作用调节局部小气候,提升居民生活舒适度。(3)生物多样性保护:生态滤池为多种植物、微生物及小型动物提供了适宜的生存环境,促进了生物多样性的增加。

5.2 经济效益

(1)节约排水设施投资:生态滤池作为雨水源头控制措施,减少了雨水径流峰值,降低了城市排水管网的压力,从而减少了排水管网扩建和改造的投资。(2)减少水处理成本:经过生态滤池预处理后的雨水,可直接用于景观湖泊补水、道路清洗等非饮用目的,减少了对清洁水源的依赖,降低了自来水处理及输送成本。(3)促进城市发展:海绵城市理念的推广提升了城市居住环境的品质,增强了房地产项目的吸引力,有助于提升周边地价款

值,促进经济发展。

5.3 社会效益

(1)提高居民生活质量:良好的水环境和优美的城市景观提升了居民的生活品质,增强了居民的归属感和幸福感。(2)增强公众环保意识:生态滤池的建设和运行,使公众更直观地感受到雨水管理的重要性,促进了节水、环保意识的普及。(3)提升城市形象:作为城市生态文明建设的重要展示窗口,生态滤池的建设提升了城市的整体形象。

6 结语

海绵城市生态滤池系统施工技术采用生态滤池系统对湖泊排口进行末端治理,对初期雨水进行调蓄、渗滞、净化、回用,严格控制和处理来自市政雨水和周围流域的面源污染,结合上游截污和管网提质增效,显著改善湖泊水质,打通城市内部水系、绿地,形成较完整的生态网络。本工法关键技术《一种雨水生态滤池》已受理国家实用新型专利,专利号:ZL202421780697.4。

[参考文献]

- [1]朱彬,陈登美.生态滤池中植物对生活污水净化能力的影响及其微生物群落组成[J].环境工程,2020,38(11):85-90.
- [2]肖琳茜.生物法处理生活污水[J].当代化工研究,2018,(11):36-37.
- [3]诸祥胜.生态滤池污水处理技术应用与展望[J].资源节约与环保,2014,(03):105.
- [4]韩润平,张宗培,石杰,等.生态滤池处理城市污水小试研究[J].环境污染治理技术与设备,2005,(07):58-62.
- [5]韩润平,李宏魁,李延虎,等.生态滤池的原理及特点[C]//河南省科学技术协会.科技、工程与经济社会协调发展——河南省第四届青年学术年会论文集(下册).郑州大学,2004:4.
- [6]吴敏,杨健,马运才,等.生物—生态过滤工艺处理城镇污水[J].中国给水排水,2002,(04):37-39.
- [7]杨健,陆雍森,王树乾.绿色生态滤池处理城镇污水的中试研究[J].江苏环境科技,2000,(04):1-3.

作者简介:

柯良锋(1980--),男,汉族,安徽池州人,硕士,高级工程师,研究方向:建筑工程技术。