

一种综合场站废水多级过滤处理装置及工艺研究与应用

杨 锐

重庆北新融建建设工程有限公司, 重庆 401120

[摘要]在那些地处偏远的区域以及水资源匮乏的地区开展基础设施建设时,综合场站在废水处理方面面临诸多难题。传统的三级沉淀池存在着过滤效果不是很好、沉渣清理起来比较麻烦以及运维成本偏高的种种问题。此次研究尝试并且落实了一种把“三级沉淀粗滤”同“两级罐式精滤”相结合的高效废水处理工艺。在这套工艺当中,在各个沉淀池里面设置了水生芦苇过滤栅栏以及专门用于存放沉渣的沉渣池,而且还很有创意地采用了底面呈反向坡的结构形式,如此一来,便切实有效地提升了粗滤的效果以及沉渣清理的效率。将填充有细石英砂的一级过滤罐和配备有PP棉滤芯的二级过滤罐串联起来,从而达成了对废水进行深度净化的目的。本篇文章较为详尽地阐述了该装置所依据的原理、结构方面的设计情况、具体的工艺流程以及其中的关键技术要点等内容,并且结合实际工程应用的具体案例,对其所产生的经济效益、环境效益以及社会效益展开了剖析。从应用所呈现出来的结果来看,该装置以及其所采用的工艺处理之后的出水水质是能够符合施工养护、车辆清洗等方面回用标准的,基本上实现了废水近乎于零排放的状态,同时还具备着结构较为紧凑、操作起来较为简便、运维成本相对低廉以及绿色环保等一系列特点,进而为类似地区的废水处理以及相似场景下的废水处理给出了较为可靠的可供参考的技术方案以及可以效仿的实践范例。

[关键词]综合场站; 废水多级过滤处理装置; 工艺; 应用

DOI: 10.33142/ec.v8i9.17985

中图分类号: U491

文献标识码: A

Research and Application of a Multi stage Filtration Treatment Device and Process for Comprehensive Station Wastewater

YANG Rui

Chongqing Beixin Rongjian Construction Engineering Co., Ltd., Chongqing, 401120, China

Abstract: When carrying out infrastructure construction in remote areas and water scarce regions, comprehensive stations face many challenges in wastewater treatment. The traditional three-stage sedimentation tank has various problems such as poor filtration effect, difficult sediment cleaning, and high operation and maintenance costs. This study attempted and implemented an efficient wastewater treatment process that combines "three-stage sedimentation coarse filtration" with "two-stage tank type fine filtration". In this process, aquatic reed filtration barriers and sediment tanks specifically designed for storing sediment are installed in each sedimentation tank, and a creative structure with a reverse slope at the bottom is also adopted. This effectively improves the effectiveness of coarse filtration and sediment cleaning. The primary filter tank filled with fine quartz sand and the secondary filter tank equipped with PP cotton filter cartridge are connected in series to achieve the goal of deep purification of wastewater. This article elaborates in detail on the principles, structural design, specific process flow, and key technical points on which the device is based. Combined with specific engineering applications, it analyzes the economic, environmental, and social benefits it generates. From the results presented by the application, it can be seen that the effluent quality of the device and its adopted process can meet the reuse standards for construction maintenance, vehicle cleaning, and other aspects. It basically achieves a state of almost zero discharge of wastewater, and also has a series of characteristics such as compact structure, easy operation, relatively low operation and maintenance costs, and green environmental protection, which provides a reliable technical solution and practical examples for wastewater treatment in similar regions and scenarios.

Keywords: comprehensive station; wastewater multi-stage filtration treatment device; workmanship; application

引言

随着我国基础设施建设不断向那些地处偏远且水资源匮乏的区域推进(如新疆南疆地区),预制梁场以及高速公路综合场站等临时性的施工站点大量涌现。在这些施工站点的生产过程之中,所产生的养护废水、车辆与设备清洗废水以及混凝土残渣废水等一系列废水的处理难题

也日益变得突出起来。要是这些废水没有经过任何处理就径直排放出去,那么这不但会致使水资源遭到极大的浪费,而且还极有可能给当地原本就十分脆弱的生态环境带来严重的污染情况。

过去的废水处理往往依靠的是大型的集中式处理厂又或者是标准的三级沉淀池。不过在那些偏远的地方,

地理环境是比较复杂的，并且经济条件也有一定的限制，水资源还处于短缺的状态，所以大型处理设施在建设以及运营方面所花费的成本是很高的，根本就难以实现广泛的推广。而且常规的三级沉淀池通常都存在着过滤精度不是很好、沉淀效率比较低、沉渣淤积之后清理起来很困难等一系列弊端，这就使得出水的水质变得很不稳定，没办法达到高标准的回用要求，水资源的循环利用率也相对较低。

研发适用小型综合场站、处理高效、运维简便且成本低的废水处理装置及工艺迫在眉睫。本研究深入分析并总结了一种新型综合场站废水多级过滤处理装置及其工艺，希望能给行业提供一套可复制、可推广的方案。

1 综合场站废水处理系统设计

1.1 系统总体架构

本综合场站所采用的废水多级过滤处理系统，其设计遵循着模块化以及一体化的理念。该系统的工艺流程关键环节是“物理沉淀-粗滤-细滤-微滤”这样一个流程。系统是由四个单元有机地串联起来构成的，这四个单元分别是三级沉淀池单元、一级过滤罐也就是细滤单元、二级过滤罐即微滤单元，还有蓄水池以及清水回用单元。各个单元通过 PVC 管道和自动化控制系统相互连接起来，进而形成一个能够连续运行、高效运转并且可以实现闭环运行的废水处理系统。此系统的设计处理能力能够根据场站规模做出适配性的调整，其核心装置所占的面积仅仅只有 $20\sim30m^2$ ，整体结构非常紧凑，特别适合偏远地区以及缺水区域的中小型施工场站去应用。

其工艺流程大致可概括如下：场站收集废水 → 第一级沉淀池（粗滤+沉淀）→ 第二级沉淀池（粗滤+沉淀）→ 第三级沉淀池（粗滤+沉淀）→ 一级过滤罐（细石英砂细滤）→ 二级过滤罐（PP 棉微滤）→ 蓄水池（消毒可选）→ 回用于养护、清洗等。此流程遵循分级处理、逐级净化的原则，以确保最终出水水质符合《城市污水再生利用工业用水水质》（GB/T19923）等标准要求，达成废水的资源化循环利用。

1.2 三级沉淀池结构与工作原理

三级沉淀池在该系统当中属于预处理的核心部分，其主要担负着去除那些大颗粒悬浮物、泥沙还有混凝土碎屑等杂质的任务。

1.2.1 结构设计

池体结构：设有三个依次串联的矩形沉淀池，用 MU10 页岩砖砌筑，内壁抹 2cm 厚防水砂浆防渗漏。单个沉淀池按有效水深 1.2m 设计，容积依水量负荷确定。

沉渣池：在每个沉淀池进水口端底部下挖宽 50cm、深 30cm 的沉渣池区域，边缘设 5cm 高挡渣坎，用于收集

和浓缩沉淀物。

反向坡底面：沉淀池底面用 C25 混凝土浇筑成 2% 坡度的反向坡，坡向沉渣池，利用重力使固体杂质自动滑落汇集到沉渣池，减轻清渣强度。

布水系统：每个沉淀池设两个对角线分布的布水口，进水口在池体一端上部，出水口在对角另一端上部，可延长水流路径，避免短流，强化稳流和沉淀效果。

过滤栅栏：在每个沉淀池距进水口约池长三分之一处（沉渣池后方），竖装一道以直径 10mm 钢筋为框架、内部紧密填入当地一年生水生芦苇（芦苇间距 $\leq 1cm$ ，厚约 3cm）的过滤栅栏，对废水进行初步粗略过滤和吸附处理。

1.2.2 工作原理

废水经过三个沉淀池，水流在池里慢慢流，大的杂质被水生芦苇拦住，小的杂质靠重力沉下去，因为有反向坡，沉的东西会自动到沉渣池，这样能去掉废水里大部分的悬浮固体。

1.3 过滤罐系统设计

经沉淀预处理后的废水，依次进入两级过滤罐进行深度处理。

一级过滤罐（细滤单元）：

（1）结构采用不锈钢材质罐体，尺寸一般为直径 $1.0m \times$ 高 $1.8m$ ，耐腐蚀且结构坚固。

（2）滤料填充方面，罐内自上往下依次填充两种滤料。其中，下层属于支撑层，所填充的是粒径在 $1\sim3cm$ 范围内的砾石，其厚度大概在 $20\sim30cm$ 左右，如此可起到使布水分布均匀以及防止上层细滤料出现流失情况的作用。而上层则为主要的过滤层，填充的是粒径处于 $0.1\sim0.3mm$ 范围内的细石英砂，其填充的高度能够达到罐体有效高度的 $60\%\sim80\%$ 。

（3）其功能是借助石英砂颗粒之间存在的细微孔隙，对经过沉淀池处理之后废水里残留的微米级别的细小泥沙以及悬浮物质予以截留，进而完成细滤这一过程。

二级过滤罐（微滤单元）：

（1）其结构方面，选用轻质塑料罐体，通常尺寸是直径 $0.8m$ 、高 $1.5m$ ，这样的设计便于移动以及后续的维护工作。

（2）滤芯：罐内安装 20 寸 3 芯 PP 棉滤芯，其过滤精度可达 $1\sim5\mu m$ 。

（3）PP 棉滤芯具备深层过滤的功能，能够进一步清除废水里的胶体以及极细微颗粒物等物质，使得出水水质变得清澈且透明，最终达到可回用的标准。

1.4 自动化控制系统设计

为实现系统无人值守、高效节能运行，设计了基于液位反馈的自动化控制系统。

核心组件方面，该系统涵盖的主要部件有液位控制器，

其量程在 0~1.2m 之间，并且具备 IP67 的防护等级；还有潜水泵也就是提升泵，该泵的扬程处于 1.5~2.0mm 这个范围，流量可达到每小时 5m³；防水控制柜也在其中，此控制柜拥有 IP65 的防护等级。

控制逻辑方面，在每个沉淀池的出水口周边去安装潜水泵，并且在池内壁处安装液位传感器。控制器要设定液位启停的上下限，其中启泵液位是 0.5m，而停泵液位为 0.4m。当某一级沉淀池的液位达到 0.5m 的时候，该池的提升泵就会自动启动起来，进而把上清液泵入到下一个处理单元当中；等到液位下降至 0.4m 时，泵又会自动停止运作。这样的设计能够有效地避免出现水泵空转而耗费能量的情况，同时也防止了废水发生溢流的风险，从而达成了流程的自动接力效果。

2 装置的技术特点与优势

本综合场站的废水多级过滤处理装置及工艺，是在剖析传统废水处理弊端、考量偏远缺水地区需求后开展的集成创新。其特点与优势如下：

2.1 高效的多级屏障过滤工艺

该系统运用了“物理沉淀+粗滤+细滤+微滤”这样的多级屏障式处理工艺。每一级处理单元都针对不同粒径的污染物展开靶向去除操作，其分工十分清晰明确，能够实现协同增效的效果。其中，三级沉淀池单元较为高效地去除了大量大颗粒悬浮物，同时还去除了部分胶体物质。一级过滤罐可有效地截留住微米级别的颗粒。二级过滤罐则是凭借 PP 棉滤芯实施终端精滤，以此确保出水最终能够达

到清澈的状态。这样一种递进式的处理模式成功规避了单一处理单元可能出现的过载问题，进而保障了系统即便处于高负荷运行状态之下，依旧能够维持高效且稳定的出水水质，其悬浮物 (SS) 的去除率甚至能够达到 99% 以上。

2.2 创新的结构设计实现便捷清渣

沉渣池与反向坡协同设计，是装置突出创新。沉淀池底部设 2% 反向坡，使沉渣自动滑向集渣坑，清理区域大幅缩减，人工清理效率提升超 80%，清渣时间从数小时缩至十几分钟，减轻劳动强度、降低运维成本。

2.3 绿色环保与低成本运维

装置秉持绿色设计理念，以水生芦苇过滤栅栏为核心滤料，就地取材、成本低、可再生，全生命周期绿色管理，碳足迹低。运行中仅按需投加少量调节药剂，无二次污染风险，运行成本低。

2.4 高度的自动化与可靠性

系统融入液位感应自动控制系统，实现无人值守。液位控制器与提升泵联动，保障水力流程稳定，避免水泵损坏和池体溢流，减少对专业人员依赖。操作人员定期巡检、记录和简单维护即可，降低人工和管理成本，适合偏远地区项目。

2.5 灵活的模块化与强适应性

装置采用模块化设计，关键单元可根据场站废水产量、场地面积和地形灵活布局和设定容量。组件预制生产、现场快速拼装，施工周期短、对现场依赖小，能满足各类中小型施工场站需求，在土地紧张、地形复杂区域优势突出。

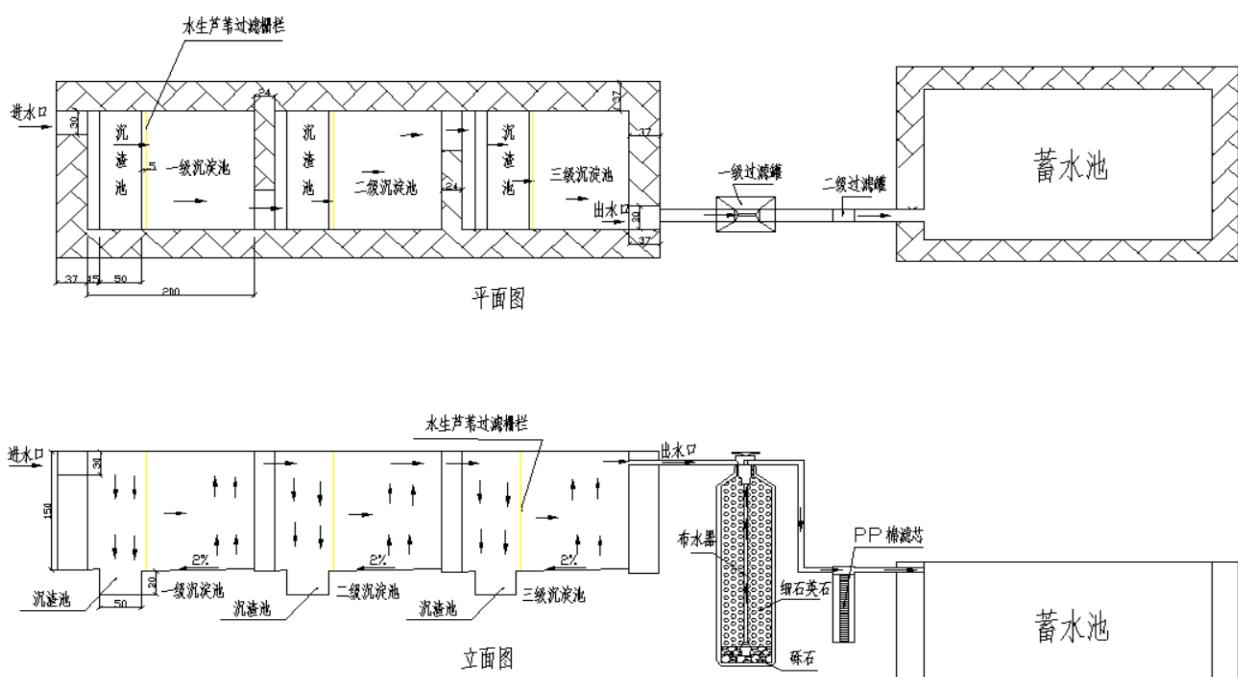


图 1 多级过滤处理装置平面、立面示意图

2.6 显著的经济效益与资源循环利用

该装置把废水当作资源来处理并加以回用,达成了水资源的闭环循环状态。回用水能够应用于混凝土的养护、车辆的冲洗以及场地的降尘等方面,这使得自来水的消耗量以及水费的支出都大幅度地减少了,在水资源紧缺的地区,其意义更是非同寻常。与此所产生的固体废弃物,像沉渣还有废弃石英砂,都是可以实现资源化利用的,比如说可用来做场地的铺垫或者作为建筑回填之用,如此一来,又进一步降低了处置方面的成本以及无害化处理的压力。从全生命周期成本的角度来分析,该装置一般在1~2年的时间内,便可以通过节约水费以及减少外运处理费的方式收回投资,有着颇为显著的经济效益。

综上而言,此装置把高效处理的优势、便捷运维的便利、绿色低碳的特点以及经济可靠特性等全都整合到了一起,它算得上是一款极为契合我国基础设施建设实际需求的废水处理创新技术,在尤其是那些地处偏远且存在缺水情况的地区,该技术的应用价值更是体现得淋漓尽致,它是分布式、小型化以及资源化的典型代表。

3 施工工艺流程与操作要点

基于上述装置结构,其主要施工流程与要点如下:

3.1 施工工艺流程

场地平整与硬化→测量放线→三级沉淀池基坑开挖→沉淀池底板浇筑(含反向坡)→池壁砌筑与抹灰→沉渣池成型→布水口安装→过滤栅栏安装→过滤罐基础浇筑→过滤罐就位与安装→滤料填充(砾石、石英砂、PP棉)→管道连接与密封→控制系统安装与接线→整体注水试漏→设备调试与试运行→正式运行。

3.2 关键操作要点

混凝土浇筑:沉淀池底板选用25cm厚的C25混凝土,在浇筑期间要精准把控2%的反向坡坡度,其偏差须≤0.5%,这可是确保沉渣能够顺利回流的根基所在。

防水处理:在完成池壁的砌筑工作之后,其内壁要涂抹厚度达到2cm的防水砂浆,以此来保证不会出现渗漏的情况,进而有效防范废水对周边土壤造成污染。

过滤栅栏:选用直径为10mm的钢筋来搭建其框架,并且在框架的内部要紧密地填入未发生霉变且直径处于0.8~1.2cm范围之间的一年生水生芦苇,且这些芦苇之间的距离不能超过1cm,如此才能够切实保障过滤的效果。

滤料填充:石英砂填充前需清洗干净,填充时应分层压实,避免出现水流短路通道。

系统调试:调试工作对于确保能够实现自动化运行而言极为关键。在这其中,需要反复去测试液位控制器和提升泵之间的联动是否足够精准,具体来讲就是启泵时液位为0.5m,停泵时液位为0.4m的情况要反复确认,并且还

要通过通水的方式来测试整个系统是否存在渗漏等问题。

4 应用效果与效益分析

该装置及工艺已在新疆等地多个预制梁场项目成功应用。

4.1 处理效果

实际运行所显示的数据说明,经过本系统处理之后的出水情况是这样的:其悬浮物也就是SS的浓度出现了较为明显的降低态势,浊度处于极低的水平,并且pH值能够稳定地保持在中性的范围之内,这些情况都完全符合《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T 19923)当中对于车辆清洗、道路清扫等方面所规定的杂用水水质标准,从而达成了废水资源化的回用目的。

4.2 效益分析

4.2.1 经济效益

节水降费,具体来讲就是达成养护以及清洗用水的循环利用,如此一来便能够大幅度削减新鲜水的取用量,进而节约水资源,同时也能节省水费方面的开支。

降低成本且提高效益:水生芦苇滤料是就地取材的,其成本较低;沉渣集中开展清理工作,使得人工成本有了大幅度的降低;通过自动化运行的方式,能够减少人工值守所耗费的成本,整体而言,其综合运维成本相较于外运处理或者传统频繁清淤的方式要低得多。

废料处置所花费的成本相对来讲是比较低的,其中沉渣能够用于铺路,或者直接运送至弃渣场;废弃石英砂则可以充当建筑填埋材料来使用;PP棉在定期进行更换之后,会交给专业的公司来进行回收处理,所以整个处置过程中的成本是能够实现有效控制的。

4.2.2 环境效益

实现“近零排放”:大幅减少废水排放和周边环境污染。

节约水资源:在缺水地区意义重大,符合国家节水减排环保政策。

绿色材料应用:使用可自然降解的水生芦苇,无二次化学污染,降低环境足迹。

4.2.3 社会效益

提升文明施工形象:规范整洁的废水处理系统是现代工地标准化管理的重要体现。其技术推广所具有的价值在于,能够为那些地处偏远且存在缺水情况的地区在基础设施建设方面给予可反复利用的环保技术方面的解决办法,由此可知,该技术的推广有着十分广阔的前景。

促进地区健康发展:对项目所在地以及其周边的生态环境给予有效保护,让居民的生活条件得以改善,同时使得路地关系更为融洽。

5 结论与展望

此研究着重对综合场站废水多级过滤处理装置以及

相关工艺予以阐述,这无疑是一项针对性颇为明显、创新之处突出并且实用价值颇高的技术。它成功地解决了传统三级沉淀池在过滤效果方面表现欠佳以及清渣存在诸多困难等难题,借助于“三级沉淀(也就是粗滤环节)+一级过滤罐(即细滤环节)+二级过滤罐(属于微滤环节)”这样的工艺流程,从而切实保障出水水质能够稳定地达到相应标准。其中颇具创新性的沉渣池以及反向坡结构方面的设计,也在很大程度上简化了后续的维护工作。

该技术在集成化方面有着较高的达成程度,其占地面积相对较小,并且能够实现自动化运行,运维成本处于较低水平,同时具备绿色环保的特点,特别适宜在那些水资源较为匮乏、环境属于敏感类型以及施工场地受到限制的偏远地区的综合场站去加以运用。从实际的应用情况来看,

该装置以及与之配套的工艺确实称得上是达成施工现场废水朝着“资源化、减量化、无害化”方向转变的有效途径,对于基础设施建设行业朝着绿色可持续发展的目标迈进有着不容忽视的积极意义。

[参考文献]

- [1]陈方折.环境保护中水污染处理技术与再生利用的思考[J].工程技术与应用,2019(24):64-65.
 - [2]周莉阴,任琼,严员英,等.水生植物污水净化概述-以芦苇为例[J].江西林业科技,2011(3):46-48.
 - [3]官杰,高翠玲,贺祥珂,等.PP棉滤芯对饮用水中颗粒物净化效能的研究[J].中国标准化,2021(10):220-224.
- 作者简介: 杨锐 (1988.8—), 男, 汉族, 重庆万州人, 本科, 工程师, 研究方向为公路工程方面的研究。