

# 高速过滤技术在太原北郊污水处理厂回用工程中的应用

管 满

(太原市市政工程设计研究院, 太原 030002)

**摘要** 太原市北郊污水处理厂污水回用工程处理规模 4 万 m<sup>3</sup>/d, 设计工艺采用高速过滤技术, 介绍了过滤方案的选择和比选情况, 比较了双层滤池和高速滤池(D 型滤池)两种设计方案, 包括其占地面积、处理效果、投资及处理成本等, 最终确定了高速滤池的设计方案。实际运行情况表明, 采用高速滤池工艺, 系统运行稳定, 出水水质良好, 优于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准。

**关键词** 城市污水 深度处理 回用 高速滤池 气水反冲洗 彗星式滤料

## 0 前言

城市污水作为一种可以再生利用的水资源, 具有水量大、集中, 水质水量相对稳定等特点。将城市污水处理厂出水, 经过适当的深度处理后, 作为城市杂用水、工业冷却用水、景观水体补充水, 是解决北方城市水资源短缺的可靠途径, 可以实现水资源优化配置, 减少城市对优质饮用水水资源的消耗, 增加可利用的再生水资源总量, 同时可使污水无害化, 改善生态环境状况, 防止水体污染。目前, 北方地区大中城市在新建或扩建改造二级污水处理厂时正逐渐增加污水深度处理设施, 以此来增加污水的再生利用, 太原市北郊污水处理厂改扩建工程在这方面取得了成功的经验。

## 1 污水处理厂概况

太原北郊污水处理厂建成于 1959 年, 是华北地区最早建成的城市污水处理厂, 处理规模为 1 万 m<sup>3</sup>/d, 主要处理太原市北部迎向地区的工业废水和生活污水, 出水排入汾河。20 世纪 80 年代和 90 年代分别进行了两次技术改造, 出水回供太钢作为高炉循环冷却水。

随着城市污水量的不断增加以及污水资源化的需求, 原有的处理能力和处理工艺都无法满足要求。2003 年开始对北郊污水处理厂进行改扩建, 设计规模为 8 万 m<sup>3</sup>/d, 工程分两期建设, 一期工程规模为 4 万 m<sup>3</sup>/d, 处理后的出水主要作为城西水系和汾河景区的景观补充水。二级处理部分采用 Orbal 氧化沟工艺; 深度处理部分采用微絮凝过滤工艺, 工艺流程见图 1。

二级出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 B 标准, 深度处理部分执行一级 A 标准。深度处理进水水质见表 1。

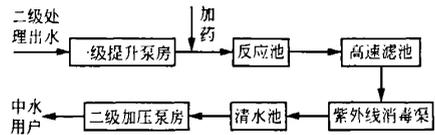


图 1 深度处理工艺流程

表 1 深度处理设计进出水水质

指标	进水/mg/L	出水/mg/L
SS	≤20	≤10
BOD <sub>5</sub>	≤20	≤10
COD <sub>Cr</sub>	≤80	≤50
NH <sub>3</sub> -N	≤8(15)	
TN	≤20	≤10
TP	≤1.5	≤0.1

## 2 过滤方案比选

本工程深度处理部分确定采用微絮凝过滤工艺, 其核心部分是过滤, 直接影响出水水质、工程投资和占地面积。过滤技术作为污水深度处理工艺中的主要技术, 有多种形式, 但其基本原理是相同的, 主要是通过滤料、滤布或滤膜截留悬浮物和絮体。一般膜技术多用在对水质要求高的处理工艺中, 比较有代表性的是微滤膜法、超滤膜法、纳滤膜法、半透膜法以及反渗透膜法。上述技术通常组合在一起用于除盐, 其特点是出水水质好、投资大、运行成本

高、管理复杂。一般当出水作为城市杂用水和景观用水时,多不采用膜技术作为处理方案,普遍采用均质滤料滤池以及纤维滤料滤池。近几年,在北美地区应用广泛的滤布滤池也开始在国内污水回用工程中得到应用。

## 2.1 滤池选择原则

滤池选择的原则是满足出水水质要求、技术成熟、经济合理、运行管理方便、处理成本低、占地少。由于北郊污水处理厂改扩建工程是在原有厂址上进行,二级处理部分需重新建设,并且处理规模由原来的 $1\text{万 m}^3/\text{d}$ 扩至 $8\text{万 m}^3/\text{d}$ ,再加上新增 $4\text{万 m}^3/\text{d}$ 的深度处理,用地十分紧张,因此在滤池的选择上重点考虑占地少的滤池形式。

## 2.2 滤池形式选择

### 2.2.1 双层滤料滤池

双层滤料滤池在污水深度处理工程中得到了较为广泛的应用,它具有出水水质稳定,反冲洗效果好,滤料价格低、寿命长、级配合理,反冲洗净度高,耗水量少,便于组织货源的优点。在《污水再生利用工程设计规范》(GB 50335—2002)中,将该滤池作为主要的推荐滤池形式。双层滤料滤池一般采用的滤料为无烟煤和石英砂。滤料厚度:无烟煤宜为 $300\sim 400\text{ mm}$ ,石英砂宜为 $400\sim 500\text{ mm}$ ,滤速宜为 $5\sim 10\text{ m/h}$ ,滤池工作周期宜采用 $12\sim 24\text{ h}$ 。

本方案共设滤池3组,每组设有4座滤池。单座滤池有效过滤面积为 $18\text{ m}^2$ 。滤速 $8\text{ m/h}$ ,滤料从上至下为无烟煤和石英砂,两种滤料的厚度均为 $400\text{ mm}$ ,共计 $800\text{ mm}$ 。反冲洗周期为 $12\text{ h}$ ,采用气水联合反冲,水冲洗强度为 $15\text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ ,冲洗时间为 $8\text{ min}$ ,气冲洗强度为 $20\text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)$ ,冲洗时间为 $15\text{ min}$ 。反冲洗可通过时间控制和液位控制两种方法来完成。每组滤池设置在一个封闭的净水车间。净水车间平面尺寸为 $45\text{ m}\times 18\text{ m}$ ,配水系统采用小阻力配水系统。为了保证除磷效果和混凝效果,投加聚合氯化铝作为混凝剂,投加量为 $20\text{ mg/L}$ 。

由于双层滤料滤池占地比较大,北郊污水处理厂现有占地面积无法满足要求,因此,需要另行征地 $11\text{ 亩}$ ( $1\text{ 亩}=667\text{ m}^2$ )。

### 2.2.2 高速滤池(D型滤池)

北方广大地区,一年内低温延续时间长,且原水

浊度低,给处理带来困难。随着水温的降低,水的粘滞度增加,絮凝速度降低,颗粒沉速减慢;原水浊度的减少,使絮凝过程中颗粒碰撞的概率降低,影响絮凝过程的进行,即使加大混凝剂的投加量,仍难以达到要求的水质。为了取得满意的水质,需要提高滤池的过滤精度。另一方面,为了提高产水量,减少构筑物尺寸,节约土地和基建投资,希望滤池能够实现高速过滤。首先从滤料的选择上入手。

从滤料上看,水流“通道”(过滤介质间的空隙)大,则滤速大且颗粒下移趋势大;而“通道”小,则过滤精度高但阻力大,从而滤速小。因此滤料和滤床特点是滤池过滤效果好坏的决定因素。

从滤床上看,一是滤床横断面(水平)上空隙率均匀性要高,二是滤床纵断面(垂直)空隙率分布由上而下逐渐减少。同时具备这两个条件是得以实现高速和高精度过滤的保证。滤床横断面上空隙率均匀性高,确保了过滤时水流通道大小一致性好,其直接效率是截污量均匀,水流短路现象得以避免。空隙率沿滤床纵断面呈上大下小的梯度分布有利于过滤分离过程,滤料的构型应使得这种分布更趋合理,即滤床上部脱附的颗粒很容易在下部窄通道的滤床中被捕获而截流。因此,滤床横断面空隙率均匀性和纵断面的合理梯度变化是确保高速过滤和高精度过滤得以同时实现的关键。

另外,在选择滤料时也应充分考虑其反冲洗效果,应保证附着在滤料表面的固体颗粒很容易脱落,提高滤料的洗净度,并减少反冲洗耗水量。

在D型滤池中采用的滤料是具有不对称分形结构的“彗星式纤维滤料”,它将纤维滤料截污性能好的特征与颗粒滤料反冲洗效果好的特征相结合,而滤床横断面空隙率均匀性和纵断面的合理上疏下密的梯度,确保了高速过滤和高精度过滤得以同时实现,并自适应形成上疏下密的理想滤床结构。

滤池形式采用高速滤池,恒定水位,滤床上恒压,滤层上水位低,减少了土建工程,絮凝物不易被搅拌。滤板采用楔形滤板,具有自洁功能,反冲洗效果好。表面扫洗,高效快速清除不洁物,对其他滤池单元无水力冲击,节省反冲洗用水。配水系统采用小阻力配水系统,配置长柄滤头。

表2 深度处理过滤工艺技术经济比较结果

项目	双层滤料滤池	高速滤池(D型滤池)
处理效果	采用双层滤料,主要以过滤为主,通过不同的滤料级配颗粒进行拦截,对于2~5 μm的颗粒去除率在10%~15%,对于粒度为10~20 μm的颗粒去除率在65%~70%,为了保证较好的出水水质,必须提高混凝效果,增加投药量	采用慧星式纤维滤料,属于非线性结构,滤层上部以吸附为主,滤层下部以过滤为主,二者共同对颗粒进行拦截。对于2 μm颗粒的去除率为95%左右,出水浊度低于5 NTU,因此能够获得很好的出水水质
占地面积	占地19亩,其中需要新征地11亩	不需要征地,原有的土地满足要求
运行管理	可实现自动化控制管理,能通过时间控制和液位控制实现自动反冲洗	可实现自动化控制管理,能通过时间控制和液位控制实现自动反冲洗
反冲洗耗水量	工作周期为12 h,水冲强度为15 L/(s·m <sup>2</sup> ),冲洗时间为8 min,共需要反冲洗水量3 110 m <sup>3</sup> /d,冲洗水采用深度处理出水,按深度处理水售价1.2元/m <sup>3</sup> 计,则每天由于反冲洗用水损失3 732元,全年共计136万元	工作周期为10 h,反冲洗水量为194.4 m <sup>3</sup> /h,每次冲洗时间为20 min,则共需反冲洗水量为1 244 m <sup>3</sup> /d,冲洗水采用深度处理出水,按售价1.2元/m <sup>3</sup> 计,则每天由于反冲洗用水损失1 492元,全年共计54.46万元
处理成本	处理成本0.249元/m <sup>3</sup> ,经营成本0.172元/m <sup>3</sup>	处理成本为0.208元/m <sup>3</sup> ,经营成本0.142元/m <sup>3</sup>
工程投资	第一类费用投资1 050万元。另需增加征地费330万元(以30万元/亩计,该费用不包括在第一类费用中)	第一类费用投资为954万元,无征地费用

滤池滤速为23.15 m/h;单格滤池的过滤面积为9 m<sup>2</sup>;滤料层厚度为800 mm;滤料层上部水深为1.25 m,工作周期为10 h,强制滤速为30.79 m/h。处理水量为4万 m<sup>3</sup>/d,共设8格滤池,每两格为一组,共用一个进水孔和反冲洗出水渠。4组滤池并联为一座整体构筑物,设置在一个平面尺寸为30 m×24 m的封闭净水车间内。

滤池采用气水联合反冲洗,反冲洗时间为先水冲2~3 min,再气水反冲15 min,最后再水冲2~3 min,总反冲时间20 min。水冲强度为6 L/(s·m<sup>2</sup>),气冲强度为20 L/(s·m<sup>2</sup>),表面扫洗水强度为1.4~2.8 L/(s·m<sup>2</sup>)。

### 2.3 方案比选

如前所述,北郊污水处理厂是在原有的厂址基础上进行重建,用地紧张。根据《城市污水处理工程建设标准》的规定,现有的面积只能满足二级处理用地要求。在可研和初设阶段,通过对构筑物进行合理布局,在厂区西南端节约出8亩土地可供深度处理工艺使用,再向厂区周边征用土地存在相当的困难。因此在设计方案选择上,节约用地成为方案选择的一个重要因素。设计中从工艺处理效果、占地面积、运行管理、工程投资等方面进行了详细的技术、经济比较,比较结果见表2。

### 3 运行效果

北郊污水处理厂改扩建工程于2006年5月投

入运行,经过一年半左右的运行取得了较为理想的效果。运行初期,由于二级处理部分排泥量少,导致生物除磷效果下降,从而增加了深度处理部分的化学除磷负担,导致投药量增加。经过半年多的调试,开始趋于稳定。详细水质监测结果见表3。

表3 深度处理进出水水质监测结果

指标	进水	出水
浊度/NTU		2~3
SS/mg/L	12~16	2~3
BOD <sub>5</sub> /mg/L	10~15	4~5
COD <sub>Cr</sub> /mg/L	38~60	25~35
TN/mg/L	14~16	10~12
TP/mg/L	1.3~1.5	0.4~0.5

从表3的出水水质来看,各项出水水质指标都优于GB 18918—2002一级A标准,特别是SS的去除率均达到80%以上,进一步证明了高速滤池极强的截污效果。

通讯处:030002 太原市旱西关街北二条9号

电话:(0351)2685821

E-mail:gmy.ang@163.com

收稿日期:2008-01-18

修回日期:2008-09-16

# 高速过滤技术在太原北郊污水处理厂回用工程中的应用

作者: [管满, Guan Man](#)  
作者单位: [太原市政工程设计研究院, 太原, 030002](#)  
刊名: [给水排水](#) [ISTIC](#) [PKU](#)  
英文刊名: [WATER & WASTEWATER ENGINEERING](#)  
年, 卷(期): 2008, 34(11)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_jsps200811046.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_jsps200811046.aspx)