

# BIOSMEDI 工艺在微污染原水预处理中的工程应用<sup>\*</sup>

邹伟国 沈裘昌 李正明 徐立顺 王锦华 李春森

**提要** 新型 BIOSMEDI 工艺采用轻质颗粒滤料及与其相适应的脉冲反冲洗方式。工艺具有滤料比表面积大,滤层阻力小,反冲洗周期长,反冲洗耗水和耗气量小,工程投资低,占地面积小等优点。在上海徐泾自来水厂预处理中,滤料粒径为 5~6 mm,采用穿孔管布气,滤池出水反冲洗。结果表明,运行时气水比为(0.5~0.7) 1,反冲洗耗水率低于 1%,滤层阻力不大于 0.5 m,出水水质各项指标得到明显改善。

**关键词** 微污染原水 BIOSMEDI 工艺 轻质滤料滤池

随着人们对水质的要求提高,生物预处理作为一种经济且有效的手段,在水厂逐渐得到推广和应用,为提高水质起到重要作用。上海徐泾自来水厂(7 万 m<sup>3</sup>/d)生物预处理工程采用上海市工程设计研究院新开发的 BIOSMEDI 生物滤池(专利号 ZL 00 2 16746.8),取得了明显的处理效果,下面就该技术的设计和应用情况作简要介绍。

## 1 BIOSMEDI 工艺基本结构及运行过程

### 1.1 基本结构

BIOSMEDI 工艺是一种淹没式上向流生物滤池,其滤料为轻质悬浮球形颗粒滤料。滤池根据需要可采用混凝土或钢制,滤料上部采用多孔滤板阻挡滤料的浮力及运行时的阻力。滤池主要由以下几部分组成:根据原水水质情况设计轻质滤料滤床及与滤料相适应的滤板;为反冲洗设置的独特的脉冲反冲洗系统;配水及均匀出水收集系统;曝气管道系统。根据工程的需要还可增设回流系统及自动控制系统。滤池构造示意图见图 1。

### 1.2 工艺过程

生物滤池为周期运行,从开始过滤到反冲洗结束为一个周期。正常运行时,原水通过进水分配槽进入滤池下部,在布水系统及滤料阻力的作用下使滤池进水均匀。空气布气管安装在滤层下部,采用穿孔布气管进行布气。由于滤料表面附着大量的微生物,利用进水中的溶解氧降解一部分有机物及氨氮,出水由上部集水槽收集。

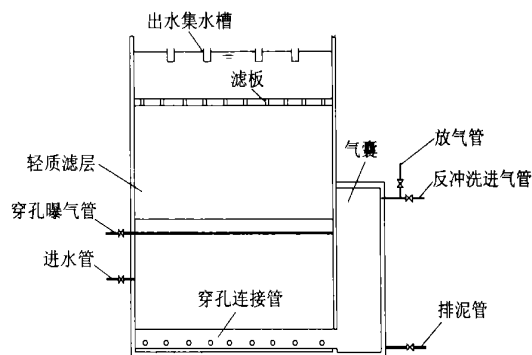


图 1 BIOSMEDI 滤池构造

随着过滤的进行,填料上的生物膜增厚,并截留一部分悬浮物质,此时需要对滤层进行反冲洗。滤池冲洗采用脉冲反冲洗,冲洗过程如下:当某格滤池需要反冲洗时,首先关闭进水阀及曝气管,再打开反冲洗气囊进气管,当气囊中空气达到一定容积后,打开快速放气阀;这时滤池中的水迅速补充至气囊中,导致滤料突然向下膨胀,在水流剪切力作用下,附着在滤料上的悬浮物质脱落;同时通过水的输送作用,把滤池下部沉淀污泥送到气囊中;最后打开排泥阀,利用其他正在运行的生物滤池出水对滤层进行水漂洗,同时排出下部污泥,达到有效清洁滤料的目的。

## 2 工程设计及运行

### 2.1 原水水量及水质

上海徐泾自来水厂生物预处理工程规模为 7 万 m<sup>3</sup>/d。

上海徐泾自来水厂原水采用淀浦河水,水中色度较高,氨氮、亚硝酸盐、耗氧量及铁、锰的含量偏高,进水中氨氮平均值一般约 4~5 mg/L,最高达 7

<sup>\*</sup> 2000 年建设部科学技术计划科研项目。

mg/L 左右,原水中的锰含量约 0.1~0.3 mg/L,最高在 0.4 mg/L 以上,因此决定增加生物预处理工艺以改善原水水质。

2.2 工艺的选择

上海徐泾自来水厂常规处理工艺已经建成,根据水厂预处理场地小,一级泵房富裕扬程小,进水氨氮含量高等特点,要求预处理阻力小,占地面积小,同时处理效率高。生物预处理工艺中填料是影响生物滤池运行的关键,填料的种类决定了处理构筑物的形式、工程投资及运行管理方式。目前常用的填料有弹性填料、陶粒及轻质滤料等。为了指导工程设计和运行,曾对三种不同填料利用某水厂原水对氨氮的预处理效果进行中试,不同生物预处理形式对氨氮去除的部分数据统计见表 1。

试验结果表明:BIOSMEDI 工艺采用颗粒滤料,处理效果相对较好,而且采用气水同向流,具有运行时阻力小,反冲洗设备简单,工程造价低及占地面积小等优点,因此工程中推荐采用 BIOSMEDI 生物滤池预处理工艺(见图 2)。

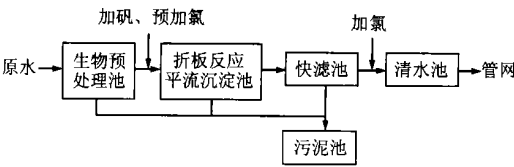


图 2 徐泾自来水厂工艺流程

2.3 生物滤池设计参数

轻质滤料生物滤池共 12 座,成双排布置,中间设走道及控制室,总平面尺寸为 47.65 m×23.3 m。滤池进水设有 XGC-1300 机械细格栅 2 台,以去除较大垃圾。整个滤池设有进水总槽,进水分配溢流堰和出水总槽。滤池通过堰跌落均匀配水,每格滤池有效面积为 6.5 m×6 m,滤池总深度为 5.5 m,

考虑进水氨氮较高,采用滤速为 6.5 m/h,有效水力停留时间为 45 min。每座滤池分为 2 格,两格中间上部设有出水槽,下部设有滤池反冲洗气囊。每格滤池设有 DN300 进水管、DN350 排泥管、DN300 放气管、DN100 曝气管及放空管等。滤料放气采用 DN300 气动快开阀门,便于快速开启。每格滤池上部采用阀门连通,便于反冲洗时滤池上部出水相互补充。滤料采用轻质颗粒滤料,粒径为 5~6 mm,滤层厚度为 2 m。

滤池曝气采用罗茨风机 4 台(3 用 1 备),每台风机流量 20 m<sup>3</sup>/min,功率 30 kW,气水比可根据需要控制为(0.4~1.2) 1。考虑到滤料对气体的剪切及阻挡作用,使氧的利用率大大提高,生物滤池曝气采用穿孔管进行曝气,穿孔管孔径为 3 mm。反冲洗风机 2 台(1 用 1 备),每台风机流量 3 m<sup>3</sup>/min,功率 7.5 kW。

滤池下部沉淀的悬浮物质及滤池反冲洗的生物膜通过穿孔排泥管排至厂区污泥池。

2.4 运行情况

工程于 2003 年 2 月竣工(见图 3),进行设备调试。3 月 13 日开始微生物培养,此时水厂原水水温为 8~14℃,平均运行水量为 5 万~6 万 m<sup>3</sup>/d。到 4 月初,生物预处理对氨氮的去除效果明显上升。4 月 10 日,生物滤池对氨氮的去除已达到设计的去除效果,进水氨氮在 3~4 mg/L 的情况下,出水氨氮在 1 mg/L 以下,微生物培养结束。

工程运行结果表明:经生物预处理后,在进水氨氮 4~5 mg/L 的情况下,水中的氨氮去除率达 80% 左右。在开启 1 台风机的情况下,出水溶解氧能基本在 5 mg/L 以上,水厂沉淀池加药量降低约 20%。同时生物预处理前,水厂出水色度约 10~12 度,经生物预处理后,出水色度约 5~9 度,水厂出水的色

表 1 不同生物预处理形式对氨氮去除的数据统计

时间 (数据数量)	原水氨氮(平均) / mg/L	弹性填料			陶粒滤池			BIOSMEDI 滤池		
		停留时间 / h	氨氮(平均) / mg/L	去除率 / %	滤速 / m/h	氨氮 / mg/L	去除率 / %	滤速 / m/h	氨氮 / mg/L	去除率 / %
0319~0428*(28 组)	0.3~1(0.72)	1	0.1~0.5(0.25)	65	4~8	0.08	88	7~14	0.08	88
0508~0524** (12 组)	0.5~1.2(0.8)	1	0.1~0.42(0.26)	67	7	0.16	80	10.5	0.13	84
0525~0703** (21 组)	0.8~2.5(1.37)	1	0.2~1(0.47)	65	5.5	0.31	77	10.5	0.27	80

注: \* 水温为 12~20℃, \*\* 水温为 20~25℃。



图3 生物预处理滤池实景

度明显降低,水中的嗅味得到明显改善,总体感官性状指标大为改善,工程达到预期效果。

滤池反冲洗频率为4~8 d/次,滤层阻力保持在0.5 m以下。经反冲洗耗水量测定,每次每池反冲洗水量在150~180 m<sup>3</sup>左右,反冲洗耗水量控制在1%以下。

## 2.5 工程效益分析

### 2.5.1 工程投资

生物预处理工程直接投资约为690万元(包括地基处理费用50万元),整个生物预处理工程若不考虑桩基部分则单位直接工程造价约92元/m<sup>3</sup>。

### 2.5.2 处理成本

生物预处理工程的动力费用由两部分组成。一部分是因在常规处理工艺前增加生物预处理工艺,需要一级泵房增加提升1.5 m,另一部分是鼓风机曝气的动力费用,生化池常规运行的气水比只需(0.5~0.7) 1即可。以上两部分动力费用的单位成本约0.87分/m<sup>3</sup>(电费以0.61元/(kW·h)计)。

## 3 讨论

BIOSMEDI生物预处理与常规生物预处理不同,经过较长时间的试验及工程实践,下面对该工程设计过程中的主要方面进行讨论。

### 3.1 滤池滤料

滤料采用特定的轻质颗粒人工合成滤料。滤料比表面积大,价格便宜,化学稳定性好,并可根据不同的水质要求选择合适的粒径。滤料粒径是设计过程中考虑的重要因素,直接影响到滤池的运行和处理效果。粒径偏小,滤料容易从上部穿孔滤板跑失,运行过程中滤层阻力损失增加较快,反冲洗频率增加。反之,则滤料比表面积减少,可能对去除效果存

在一定的影响。因此需要根据原水水质,穿孔滤板缝隙大小及工程运行综合考虑,在本工程中,滤料粒径采用5~6 mm,在工程运行过程中,没有出现滤料流失现象。

该工艺采用颗粒滤料滤池,单位体积内附着的生物量大,增大了生物滤池的容积负荷,使生物滤池去除效率大大提高;另外,在运行过程中,强烈的水、气流作用及周期性的反冲洗,使生物膜内的生物大多停留在细菌、菌胶团、原生生物阶段。一些附着型生物及水生生物难以在滤料内生长,而且由于生物膜厚度较薄,具有较高的活性,有利于对水中污染物的去除。

### 3.2 穿孔滤板

滤池上部出水滤板是影响BIOSMEDI滤池能否正常运行的重要因素。根据工艺的特点,滤板必须满足以下基本要求:滤板需要承受滤料的浮力及反冲洗时产生的阻力;由于滤料粒径较小,滤板需要密封,确保正常运行时滤料不逸出;滤板必须有较大的开孔率,以满足出水要求;滤板长期浸泡在水中,要具有较好的防腐能力。另外,滤板还需考虑便于滤料安装、拆卸,价格便宜等因素。本工程根据要求设计高强度玻璃钢多孔滤板,滤板总开孔率控制在10%以上,运行过程中无滤料跑出,工程达到预定要求。

### 3.3 布气方式

传统的微孔曝气器易堵塞,易损坏。考虑到滤料对气泡的剪切和阻挡作用,有利于氧气的传质,因此设计采用较简单的穿孔布气管。曝气风机为3台,气水比为(0.4~1.2) 1,设计氧利用率取15%。实际运行过程中,在进水氨氮较高的情况下,仅开1台风机,实际运行时气水比为(0.5~0.7) 1,出水溶解氧基本在5 mg/L以上,说明实际氧利用率远高于设计氧利用率。因此该工艺布气可采用穿孔管,不仅可节省工程投资,而且曝气设备维修和管理方便。

### 3.4 滤层阻力

该生物滤池采用气水同向流,在保证去除效果的条件下,可以允许较高的滤速。一方面可提高滤池内传质效果,提高处理效率,降低工程投资及占地面积。另一方面避免了气水逆向流时水流速度和气流速度的相对抵消而造成的能量浪费。另外,本工

艺滤料粒径较均匀,滤层的孔隙率较大,滤池运行时的水头损失较小,因此本工程滤池进水槽水位与滤池出水水位总体设计高差为 0.8 m(包括进水堰跌落和进水管道损失)。由于滤层阻力小,从而能较好地与后续反应沉淀池衔接。

### 3.5 滤池脉冲反冲洗方式

采用脉冲反冲洗方法是本工艺的主要特点之一。由于滤料介质轻,传统的水反冲、气水反冲均难以奏效。该滤池采用独特的反冲洗形式,在滤池下部及侧边设置反冲洗气囊,利用滤池下部的气囊池壁组成泥斗,结合反冲洗气囊及排泥的双重功能。反冲洗时在滤池气囊中充气,达到设定液面后,快速打开放气阀,利用气释放速度较快的特点,形成水流向下反冲洗,经测定水反冲洗强度可达  $80 \sim 100 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ ,在水流的剪切作用下,达到对滤料冲洗的目的。因此,这种反冲洗不需要设置专门的反冲洗水泵及反冲洗贮水池,减少了反冲洗设备,节约工程造价。

## 4 结语

新型 BIOSMEDI 生物预处理工艺以轻质颗粒滤料为介质及与滤料相适应的脉冲反冲洗方式,采用气水同向流,穿孔管布气,对水中有机物、氨氮、锰及色度等有较好的去除效果,能有效降低水中嗅味,同时减少后续处理的混凝剂投加量及氯消耗量,有效改善出水水质,具有工程投资较低,占地面积小,运行管理方便,反冲洗耗水和耗气量小,滤层阻力损失小及与后续处理衔接方便等优点。

## 参考文献

- 1 邹伟国,等. BIOSMEDI 生物滤池处理微污染原水. 给水排水, 2002, 28(2): 5~8

作者通讯处: 200092 上海市中山北二路 901 号

上海市市政工程设计研究院

电话: (021) 65985848-2303

收稿日期: 2003-5-15

## 第三次全国建筑给水排水委员会水消防分会年会暨学术会议论文征集通知

“第三次全国建筑给水排水委员会水消防分会年会暨学术会议”拟于 2004 年 2 月在北京召开。全国建筑给水排水委员会水消防分会是隶属于中国工程建设标准化协会建筑给水排水委员会和中国土木工程学会水工业分会建筑给水排水委员会的学术组织。本次会议的目的是研讨水消防技术的新发展,促进建筑水消防行业的技术交流以及新技术的发展与应用;同时,也为本领域开展对外友好合作提供机会。大会交流的主题为“自动喷水灭火技术与火灾科学”,拟邀请欧美日的消防专家来华讲学,以及《固定消防炮灭火系统设计规范》和《自动喷水灭火施工验收规范》参编人员对规范宣贯,此外还将介绍注册工程师工作的进展情况。会议将出版有国家出版号的论文集,请各位委员及有关专业人士认真撰写论文。

### 1 征集论文的主要内容范围

火灾科学与自动喷水灭火技术  
自动喷水灭火技术  
国内外建筑水消防技术的发展动态(包括译文)  
消防给水系统可靠性设计  
细水雾灭火系统

大空间建筑的水消防、喷头布置探讨

住宅建筑及小区的消防问题

规范和标准的制订介绍

新技术和产品介绍

施工技术

有代表性的工程实例

征集论文截止日期: 2003 年 12 月 30 日

### 2 论文投交

地址: 100089 北京西三环北路 5 号水消防分会

联系人: 黄晓家 电话: (010) 68428811 - 4411

E-mail: huangxiaojia @ippr. net

传真: (010) 68458354

孙巍 电话: (010) 68428811 - 5527

E-mail: sunwei @ippr. net

李竹玲 电话: (010) 68428811 - 4431

拟撰写论文或有出席会议意向者, 请于 2003 年 12 月 30 日前告诉我们, 以便联系。

全国建筑给水排水委员会水消防分会

## ABSTRACTS

**A BOT Project :B Water works of the 6th Waterworks in Chengdu( ) ..... He Weihua ( 1 )**

**Abstract :** This BOT (Build Operation Transfer) project includes the construction of the water purification plant and water transportation line. As a participator of this project the personal experiences of the author are described and some recommendations to similar projects are proposed.

**Tropism of Financing Channels on PFI Construction of Water Supplying Works in China ..... Wang Yi ( 9 )**

**Abstract :** This article analyzes the problem of PFI (Private Finance Initiative) financed by financing capability of civil capital and foreign capital , the different risk that take on and bring to government between civil capital and foreign capital , the status of civil capital in economy and the specialties of water supplying works in China of the main mode of BOT to draw a conclusion that PFI project in water supplying works should be inclined to civil capital.

**Design and Operation of the 1st Wastewater Treatment Plant in Chaozhou City ..... Yu Changyong et al (12)**

**Abstract :** The 1st Wastewater Treatment Plant in Chaozhou City has a designed treatment capacity of 80 000 m<sup>3</sup>/d. A/O (anaerobic-aerobic) Pasveer oxidation ditch is applied in it. The general situations of this project including the configuration and design parameters of the treatment structures , the trial-run and automatic control are presented in this paper. Some particularities of equipment configuration are described and the experience of design and operation is also discussed.

**Technological Sustainable Development of Large Refuse Disposal Yard ..... Lan Jian (16)**

**Abstract :** The technical development and economic feasibility of refuse disposal in Beijing are discussed. Two existing refuse disposal facilities , a land fill yard and an incineration-power generation works are taken into consideration as practical examples. These shall be contributed to decision makers as scientific basis.

**DOKHAVEN Wastewater Treatment Plant in Rotterdam ..... Hao Xiaodi et al (19)**

**Abstract :** DO KHAVEN WWTP in Rotterdam , the Netherlands was designed in late 1970s. Due to a limited space , the plant was constructed underground. The A/B process applied in the plant occupies 1/4 of the space generally required by conventional processes. At the beginning of its operation , gradually tightening-up of the effluent standards forced the process to upgrade. Chemical precipitation for phosphate and nitrogen removal by SHARON and ANAMMOX became the optimal processes for the nutrient removal. Besides , off-gas treatment , automatic control , countermeasures against vibration and noise and safe operation etc. in the plant are all special in engineering design.

**Application of BIOSMEDI Process for Pre-treatment of Slightly Polluted Raw Water ..... Zou Weiguo (30)**

**Abstract :** BIOSMEDI , a process based on light granular filtration media and pulsed backwashing operation , with a lot of advantages such as large filtering specific surface area , low filtering head loss , longer working cycle , low water and air consumption in backwashing stage , low investment and smaller space occupation , was assigned for pre-treatment of slightly polluted raw water. At the constructed facility for Xujing Waterworks in Shanghai , filtering media with grain size 5 ~ 6 mm and perforated pipe for air distribution were designed and the media are backwashed by the output water of the filter. The operating parameters are air/ water ratio 0.5 1 to 0.7 1 and backwashing water consumption below 1 % . Thus the water quality has been improved.

**The Biological Effect of Rapid Filter in Advanced Wastewater Treatment ..... Cao Xiangsheng et al (42)**

**Abstract :** As a common used unit of advanced wastewater treatment , it is considered that the rapid filters remove SS and colloids by way of physico-chemical catchments. The recent experimental research discovered certain biological breakdown of organic substances due to the microorganisms living in the bio-membrane growth on the surface of the filtering media or suspending as activated sludge in the body of the tank. It is observed that most microorganisms are facultative or anaerobic except some aerobic near the inlet of the filter. The biomass shows itself descending along with the flow. And it is believed that the biological role of the filter would be going down gradually to the end of the tank.

**Design on Reconstruction of Pesticide Wastewater Treatment ..... Ma Chengyu et al (45)**

**Abstract :** In reconstruction design of pesticide wastewater treatment for Xinxing Chemical Plant in Hebei Province , the existing biological facility was used and intensive wastewater treatment processes including incineration , distillation , flocculation and sedimentation and clear production process are adopted. This project is successful and the effluent is acceptable to meet the requirement of class I in the national wastewater discharge standard ( GB8978 - 96 ) .