

附件三：

污水生物膜法处理工程技术规范—生物滤池法

（征求意见稿）

编制说明

《污水生物膜法处理工程技术规范—生物滤池法》编制组

目 录

1	任务来源	1
2	标准制定必要性	1
3	主要工作过程	1
4	国内外相关标准研究	2
5	同类工程现状调研	3
6	主要技术内容及说明	8
7	标准实施的环境效益与经济技术分析	21
8	标准实施建议	21

1 任务来源

国家环境保护总局办公厅《关于开展 2008 年度国家环境保护标准制修订项目工作的通知》（环办函【2008】44 号）下达《污水生物膜法处理工程技术规范——生物滤池法》标准制订计划，项目序号 370，项目编号 1453.9。

本标准主要起草单位：中国环境保护产业协会、清华大学、安乐工程有限公司、安徽国祯环保节能科技股份有限公司、北京城市排水集团有限责任公司、北京市环境保护科学研究院。

2 标准制定必要性

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》等法律法规，规范污水生物滤池处理工程的规划、设计、施工、验收和运行管理，达到防治水污染，改善和保护环境，提高人民健康水平和保障安全的要求，特制定本规范。

环境保护标准化是我国环境保护的一项重要的发展战略，建立与国际接轨的环境工程服务技术标准体系和环境技术评估体系，是当前加快环境保护标准化步伐的一项重要任务。它对于提升我国环境工程服务业的国际竞争能力，规范环境工程服务业市场，保证环境工程建设和运行管理质量，为环境管理提供技术支撑和保障具有重要意义。

生物滤池是污水处理领域中最早和最广泛应用的工艺之一，该工艺具有处理效果好、运行稳定、剩余污泥量低等特点。生物滤池又分为低负荷生物滤池（滴滤池）、高负荷生物滤池、塔式生物滤池以及曝气生物滤池等多种不同工艺类型。目前现有生物滤池设计的方法主要是参照有关部门制定的城市污水等相关的部分工程建设设计规范，且系统性差，整体上讲污水处理中生物滤池标准化工作仍是一个薄弱环节，因此，本项工作具有重要意义。

本规范属于环境污染治理工艺方法规范，是国家环境标准体系中环境工程技术规范的一个组成部分。本规范的制定将为生物滤池的设计、建设、运行、维护全过程服务以及环境监督管理的标准化提供技术支撑。

3 主要工作过程

2008 年 3 月～2009 年 5 月，成立编制小组，收集国内外相关的技术标准、规范等资料，调研国内相关工程情况，编写开题报告。

2009 年 5 月 7 日，在北京由环境保护部科技标准司主持召开了开题论证会。会上，环境保护部污染司、北京市市政工程设计研究总院、中国环境科学研究院、北京市环境保护科学研究院、北京城市排水集团有限责任公司、中国纺织工业协会、南开大学、环境保护部环境标准研究所等相关单位专家和代表听取了编制单位的开题报告，并通过该标准的开题论证。

2009年5月~2010年10月编写规范的征求意见稿初稿,并在编制组内部进行多次讨论、研究,并在征求专家的意见后,按照《环境保护标准编制出版技术指南(HJ 565-2010)》的规定,最终形成征求意见稿。

4 国内外相关标准研究

4.1 国内相关标准研究

我国污水生物膜法处理技术相关标准主要有《滤池气水冲洗设计规程(CECS 50:93)》、《给水排水设计手册》第二版第五册、《室外排水设计规范(GB50014-2006)》、《曝气生物流化池设计规程(CECS 209:2006)》、《曝气生物滤池工程技术规程(CECS 265:2009)》。

《滤池气水冲洗设计规程(CECS 50:93)》于1993年由中国工程建设标准化协会批准。该规程对气水冲洗方式、配气配水系统的构造和设计计算、水和气的供应、冲洗水的排除等进行了规定。

《给水排水设计手册》第二版第五册由北京市市政工程设计研究总院主编,于2004年出版。该手册中对普通生物滤池、高负荷生物滤池、塔式生物滤池、生物接触氧化池(淹没式生物滤池)、生物转盘、生物流化床、厌氧生物滤池、厌氧生物流化床、炉渣填料生物接触氧化法曝气生物流化池(ABFT)十类生物膜法工艺的构造、设计参数、计算公式、示例等进行了简要叙述。这些规定专门针对市镇生活污水的处理,能够对相应工程设计和建设起到一定作用。

《室外排水设计规范(GB50014-2006)》由上海市市政工程设计研究总院主编,于2006年由中华人民共和国建设部发布。该规范中污水处理部分的生物膜法一节对生物接触氧化池、曝气生物滤池、生物转盘、生物滤池、塔式生物滤池五种生物膜法工艺的进水要求、构造、滤料、设计负荷等进行了简要规定,其中生物滤池部分包含了低负荷生物滤池和高负荷生物滤池。这些规定专门针对市镇生活污水的处理,能够对相应工程设计和建设起到一定作用。

《曝气生物流化池设计规程(CECS 209:2006)》由上海市市政工程设计研究总院主编,于2006年由中国工程建设标准化协会批准。该规程对曝气生物流化池的适用范围、工艺布置、池体构造、载体和设计参数选取和设计计算进行了规定,能够供相应工程建设设计、施工、使用单位采用。

《曝气生物滤池工程技术规程(CECS 265:2009)》由中国市政工程华北设计研究总院和马鞍山市华骐环保科技有限公司主编,于2009年由中国工程建设标准化协会批准。

该规程对曝气生物滤池的适用范围、工艺流程选择、池体构造、设计参数选取和设计计算、检测和控制、施工和安装、调试和运行进行了规定，其中池体构造中分别介绍了陶粒滤料滤池和轻质滤料滤池，能够供工程建设、设计、施工、使用单位及工程技术人员采用。

4.2 国外相关标准研究

国外生物滤池相关研究和应用范围包括生活污水、雨水径流、有毒有害气体等，生物滤池的概念也有了很大扩展，包括生物沼泽地、植物缓冲带、人工湿地、土地处理系统。目前，国外针对雨水径流、单户生活污水、气体处理的生物滤池已经制定了一些指南、工业标准等指导性文件，但是针对本规范中提及的若干种生物滤池，国外仍没有成型的可以参考和标准。

5 同类工程现状调研

5.1 实例 1：A 污水处理厂

A污水处理厂一期工程是国内是以BOT模式运营的污水处理厂，污水处理量为 4 万吨/d，纳污面积为 2.8 平方公里，并于 2003 年 12 月正式竣工和投产。A污水处理厂采用水解和二段曝气生物滤池工艺，出水水质达到GB18928-2002 一级B标准。详细工艺流程图如图 1所示。

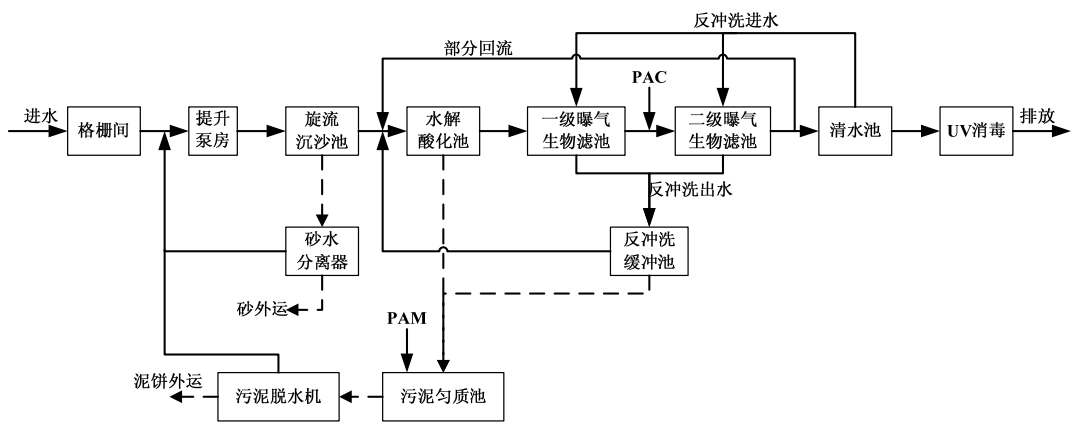


图 1 A 污水处理厂工艺流程图

市政污水由城区排水管（渠）收集后经排水总管送至该污水处理厂进行处理。由于污水中含有大量粒径较大的颗粒物，为确保污水处理厂进水泵及后续处理工段的正常运行，在污水进入处理设施前设置机械回转式粗格栅，栅渣外运。经机械粗格栅处理后的污水自流进入进水泵房的集水池，经潜水泵提升至细格栅，经 2 台栅距为 2mm 的转鼓式细格栅，再进入旋流沉砂池。栅渣经无轴螺旋输送机收集后送至厂外处置，旋流沉砂池池底的砂由气力提砂装置提升至砂水分离器，进行污水和砂的分离，被分离的污水重新返回集水池，砂子外运。

污水经除砂处理后，经分配井进入 4 座并联运行的水解酸化池。水解酸化池的作用是最大限度地截留污水中的悬浮物并对其中的部分有机物进行转化和降解，一方面减少后续曝气生物滤池的 SS 截留量，以延长滤池的反冲洗周期；另一方面，提高污水的可生化性，同时使污泥减容和稳定化。

水解酸化池的出水经配水槽进入一段曝气生物滤池进行有机物的降解和部分硝化作用。在该段滤池中，污水中的有机污染物成为附着生长在滤料表面上的好氧微生物新陈代谢的营养物，而部分氨氮则成为亚硝化菌和硝化菌的营养物。第一段曝气生物滤池出水再进入第二段曝气生物滤池进行硝化处理。在该段滤池中，优势生长着亚硝化菌和硝化菌，这两种细菌对有机物浓度较低的第一段曝气生物滤池出水中的氨氮进行彻底硝化。第二段曝气生物滤池出水经紫外线消毒装置消毒后，出水达标对外排放。

A 污水处理厂在曝气生物滤池的基础上设置脱氮除磷工艺，即在一段滤池出水中加入 PAC，在二段滤池中起到除磷的功效；同时二段滤池出水部分回流集水井，通过水解池泥层进行反硝化作用，实现脱氮的功能。

水解酸化池中的污泥定期排入污泥均质池，由单螺杆泵提升至污泥浓缩脱水一体机进行脱水处理，脱水后的泥饼外运处置。曝气生物滤池的反冲洗排水排至反冲洗排水缓冲池，由泵将沉淀上清液提升至水解酸化池前的分配井，污泥浓缩脱水一体机的滤后液和脱水机房的地面冲洗废水经管道汇集至提升泵房集水池，再进入污水处理系统进行处理。

A 污水处理厂曝气生物滤池单元主要的设计参数及具体设计结果分别见表 1、表 2；整个污水处理厂的污水处理效果、工程造价及工程技术经济指标见表 3、表 4、表 5。

表 1 主要设计参数选取

BOD ₅ 容积负荷[kg/(m ³ ·d)]	2.84kgBOD ₅ /(m ³ ·d)	
NH ₃ -N 容积负荷[kg/(m ³ ·d)]	0.7kgNH ₃ -N/(m ³ ·d) (15℃时)	
单池面积	46.24m ²	
滤池滤速	9.92m/h	
滤池总高度 H ₀	一段 7.3m/二段 6.1m	
H ₀ =H+h ₁ +h ₂ +h ₃ +h ₄	滤料层高度 H	一段 3.8m /二段 2.6m
	配水室高度 h ₁	1.5m
	承托层高度 h ₂	0.3m
	清水区高度 h ₃	1.0m
	超高 h ₄	0.7m
反冲洗	反冲洗时间	30-40 min
	反冲洗强度	v _水 =15m/h, v _气 =50m/h
	反冲洗周期	一段 24h/二段 48h

表 2 曝气生物滤池具体设计结果及设备选型

进出水系统			
进水方式	池底进水	出水方式	栅型稳流器、单堰出水
滤池结构			
池体形状	正方形		
结构形式	钢筋混凝土		
池体数量	16 个，每段 8 个		
池体尺寸	一段 6.8m×6.8m×7.3m；二段 6.8m×6.8m×6.1m		
滤料层			

滤料名称	圆形陶粒	滤料层高度	一段 3.8m； 二段 2.6m
滤料特性	形状	圆形	
	材质	陶粒	
	粒径	3mm-6mm	
	比表面积	1.0 m ² /g -1.5m ² /g	
	密度	0.9 g/cm ³ -1.0g/cm ³	
承托层			
材质	卵石		
承托层高度	0.3m		
布水系统（配水系统）			
配水方式	滤板+配水滤头		
布气系统			
曝气方式	穿孔管曝气		
布气装置	穿孔管		
布气装置安装位置	承托层		
风机选择	三叶罗茨风机		
风机具体参数	Q=50m ³ /min； H=6.5mH ₂ O； N=75KW（2 用 1 备） Q=35m ³ /min； H=5.5mH ₂ O； N=55KW（2 用 1 备）		
反冲洗系统			
反冲洗方式	气水联合反冲洗		
反冲洗时间	30 min -40min		
反冲洗强度	v _水 =15m/h， v _气 =50m/h		
反冲洗耗水量	1000m ³ /h		
所用设备名称 及具体参数	反冲洗水泵		
	Q=420m ³ /h； H=20m； N=18.5KW（2 用 1 备）		

表 3 A 污水处理厂二级 BAF 工艺进水、出水水质（单位：mg/L）

指标	设计进水水质	实际进水水质	设计出水水质	实际出水水质
BOD ₅	150	87.0	≤20	7.51
COD _{Cr}	250	226	≤60	27.8
SS	200	164	≤20	8.54
NH ₃ -N	30	27.4	≤15	6.95

表 4 工程造价分析表

序号	项目		造价
1	材料费用	滤料	363.79 万元
2		钢筋	493.5 万元
3		混凝土	450.3 万元
4		其他	115.79 万元
5	设备费用	鼓风机	139.01 万元
6		泵	96.98 万元

7		布气装置	188.76 万元
8		管道	323.1 万元
9		其他	749.4 万元
10	总建设费用		3969 万元
11	生产运行费用	药剂	PAM 2.8kg/吨干泥
12		电力消耗	0.195 度/m ³
13		其他	0.75 吨干泥/万吨水

表 5 主要技术经济指标汇总表

序号	项目	单位	指标值
1	单位水量投资	元/m ³	1066
2	单位生产总成本	元/m ³	0.62
3	用地指标	m ² /m ³	0.484
4	单位水量电耗	度/m ³	0.195

5.2 实例 2：B 污水处理厂

B 污水处理厂一期工程于 1999 年建成投产，设计规模为 10 万 m³/d，污水经预处理后直接深海排放。随着城市规模和经济的快速发展，2005 年 B 污水处理厂对一期工程进行了扩建。B 污水处理厂二期汇水区域面积约 35 km²，设计规模为 14 万 m³/d，总投资 2.44 亿元。该厂吨水工程造价为 1742 元/m³，吨水处理成本为 0.64 元/m³，其中药剂费 0.45 元/m³，电费 0.09 元/m³，人工费 0.10 元/m³。

B 污水处理厂采用了高效沉淀工艺和上向流曝气生物滤池工艺为主的污水处理工艺。详细污水处理工艺流程如图 2 所示。

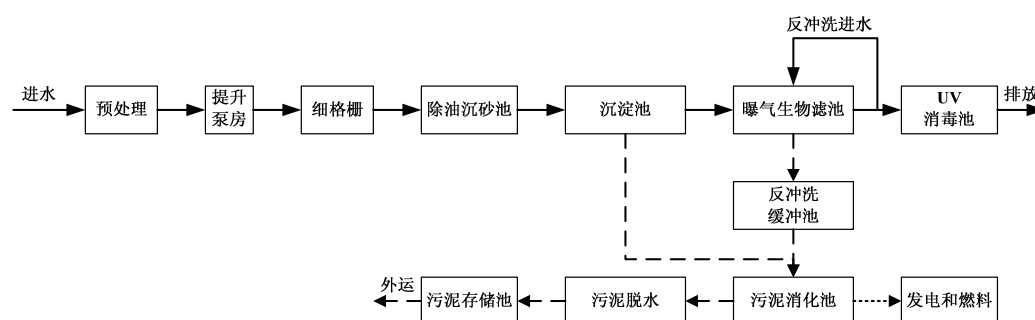


图 2 B 污水处理厂工艺流程

预处理主要为粗格栅；提升泵房内安装有 4 台离心泵，每台的提升流量为 2 900 m³/h，提升扬程为 14 m，其中 2 台离心泵配备变频器，其余 2 台离心泵软启动；细格栅间隙为 6 mm，栅宽为 1500 mm，安装角度为 55°，配套螺旋输送压榨机直径为 280 mm。

除油沉砂单元含 2 组平行曝气沉砂池，池型为矩形，每个池子末端设有储砂斗和油脂收集槽。配有 10 台潜水曝气机（ $Q = 30 \text{ m}^3/\text{h}$ ， $N = 3 \text{ kW}$ ），2 套除油刮砂机（宽 6 m，有效水深 3.4 m， $N = 1.8 \text{ kW}$ ）。4 台排沙泵，2 用 2 备。

高效斜管澄清及沉淀工艺主要用于去除大部分悬浮物、部分有机污染物及大部分磷。工艺以 FeCl_3 为混凝剂，PAM 为助凝剂，进行化学混凝、絮凝、斜管沉淀。该部分含 3 组平行单元，每部分均集混合池、絮凝池、沉淀及污泥浓缩池于一体。混合池有效尺寸 $3.4\text{ m} \times 3.05\text{ m} \times 7.45\text{ m}$ ，最小 HRT 为 1.82 min，池中配有快速搅拌器（ $D = 1250\text{ mm}$ ， $N = 2.2\text{ kW}$ ）；絮凝池有效尺寸 $12\text{ m} \times 6.5\text{ m} \times 6.42\text{ m}$ ，最小 HRT 11.8 min，池内装有 2 套慢速搅拌器（ $D = 2500\text{ mm}$ ， $N = 1.5\text{ kW}$ ），导流筒、反旋流挡板和十字导流板。沉淀和污泥浓缩池主要由进水区、加强沉淀区、污泥捕获区和斜管澄清区组成。进水区设有浮渣收集管和 1 台浮渣泵用于浮渣的收集和排放。加强沉淀区可使密度较大的 SS 直接在污泥捕获区沉淀，可去除大约 80% 的 SS。污泥捕获区为池子的下半部，四角用混凝土填充成 55° 的斜坡，使污泥易流向池底。每池配有 1 套中心传动带栅条刮泥机（ $D = 11.9\text{ m}$ ， $N = 2.2\text{ kW}$ ）和 2 台排泥泵（1 用 1 备， $Q = 80\text{ m}^3/\text{h}$ ， $H = 15\text{ m}$ ， $N = 15\text{ kW}$ ）。斜管澄清区由 2 套斜管、1 套支撑系统及澄清收集系统组成，斜管开口尺寸为 80 mm ，与水平成 60° 安装，斜管长为 1.5 m 。为了适应进水质、水量的变化，沉淀池底部的部分污泥回流至混合池，回流比 3%~4%，以形成絮凝层，增加结晶核，减少混凝剂的耗量，提高絮凝体的密度。每组池配置 1 台污泥循环泵（ $Q = 80\text{ m}^3/\text{h}$ ， $H = 10\text{ m}$ ， $N = 15\text{ kW}$ ）。

该厂曝气生物滤池单元由进水渠、滤池主体、鼓风机、出水渠、清水池、反冲洗出水缓冲池组成。曝气生物滤池的有效面积为 1848 m^2 ，分为 8 座平行生物滤池；滤池内填充轻质滤料，厚 3.5 m ，堆积体积约 7200 m^3 ，平均粒径 6 mm ，相对密度小于 1。单座生物滤池有效尺寸为 $13.81\text{ m} \times 16.7\text{ m} \times 8.12\text{ m}$ ，最大滤速为 7.7 m/h ，最小水力停留时间为 1.05 h ，回流比 40%。 COD_{Cr} 负荷为 $3.66\text{ kg COD}_{\text{Cr}}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ， BOD_5 负荷 $2.0\text{ kg BOD}_5/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ， $\text{NH}_3\text{-N}$ 负荷为 $1.17\text{ kg NH}_3\text{-N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。特殊的是，曝气生物滤池进水包括沉淀池出水、滤池自身反冲洗出水沉淀上清液、及曝气生物滤池出水回流水（回流比为 40%）。

曝气生物滤池具有同步硝化反硝化和过滤的功能。由于使用淹没悬浮式颗粒滤料，且过滤方向和曝气方向相同，因此滤床呈压紧状态，增强了滤床对悬浮物的截留能力。滤料表面形成的生物膜中，表面含有硝化作用的自养型细菌，内层有反硝化作用的异养型细菌，当污水通过滤床时，能够实现同步硝化反硝化。滤料的阻拦可以延长气泡与水的接触时间，提高了氧传递效率。

正常的设计负荷下，每天对每个滤池单元进行一次 20min 左右气水联合反冲洗，反冲洗水采用过滤后出水。反冲洗水流方向与正常的过滤方向相反，且采用重力流，不需要反冲洗水泵。

该污水厂设计进、出水水质如表 6 所示，其他参数的最高允许排放浓度按照《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB 18918-2002）的一级 B 标准执行。2007 年 5 月份的运行数据表明（见表 7），出水 COD_{Cr} 、 BOD_5 、SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 平均浓度分别为 58.1 mg/L 、 13.52 mg/L 、 15 mg/L 、 14.14 mg/L 和 0.62 mg/L ，达到 GB 18918-2002 的一级 B 标准。

表 6 设计进、出水水质

项目	进水/ mg/L	出水/ mg/L	去除率/%
COD _{Cr}	400	≤60	≥85
BOD ₅	250	≤20	≥92
SS	250	≤20	≥92
NH ₃ -N	42	≤15	≥64.3
TP	10	≤0.5	≥95

表 7 污水处理厂运行效果

项目	进水/ mg/L	出水/ mg/L	去除率/%
COD _{Cr}	524.64	58.1	88.16
BOD ₅	232.95	13.52	94.12
SS	248.66	15.0	94.0
NH ₃ -N	44.59	14.14	67.26
TP	5.49	0.62	88.71

6 主要技术内容及说明

6.1 规范的一般性内容的说明

6.1.1 制定本技术规范的目的和适用范围的说明

生物滤池是污水处理领域中最早和最广泛应用的工艺之一，生物滤池又分为低负荷生物滤池（滴滤池）、高负荷生物滤池、塔式生物滤池以及曝气生物滤池等工艺类型。

目前生物滤池设计主要是参照有关部门制定的城市污水等相关的部分工程建设设计规范，整体上与环境工程领域标准化工作具有差距。因此，针对不同的污水特点及处理目标，提出科学合理的设计要求和规定是十分必要的。为贯彻《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》等法律法规，规范污水生物滤池处理工程的规划、设计、施工、验收和运行管理，达到防治水污染，改善和保护环境，提高人民健康水平和保障安全的要求，特制定本规范。

6.1.2 规范性引用文件的说明

本规范引用了相关技术法规和标准，主要有以下四方面：

（1）现有污染物排放和污水回用标准，包括：《污水综合排放标准》（GB8978）、《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918）、《城市污水再生利用 城市杂用水水质》（GB/T18920）、《城市区域环境噪声标准》（GB3096）、《工业企业厂界噪声标准》（GB12348）等；

（2）工程设计规范，包括：《室外排水设计规范》（GB50014）、《污水再利用工程设计规范》（GB50335）、《给水排水工程构筑物结构设计规范》（GB50069）、《工业企业总平面设计规范》（GB50187）等。

计规范》(GB50187)、《城镇污水处理厂附属建筑和附属设备设计标准》(CJJ31)、《供配电系统设计规范》(GB50052)、《10KV 及以下变电所设计规范》(GB50053)、《低压配电装置及线路设计规范》(GB50054)、《建筑设计防火规范》(GB50016)、《建筑抗震设计规范》(GB50011)等;

(3) 设备与材料的技术要求, 包括:《环境保护产品技术要求 旋转式细格栅》(HJ/T250)、《环境保护产品技术要求 罗茨鼓风机》(HJ/T251)、《环境保护产品技术要求 中、微孔曝气器》(HJ/T252)、《环境保护产品技术要求 单级高速曝气离心鼓风机》(HJ/T278)、《环境保护产品技术要求 潜水排污泵》(HJ/T336)等;

(4) 设施施工、验收和运行管理相关的技术要求, 包括:《建设项目工程竣工验收办法》、《建设项目竣工环境保护验收管理办法》、《城市污水处理厂运行、维护及其安全技术规程》(CJJ60)、《城市污水水质检验方法标准》(CJ/T51)、《地表水和污水监测技术规范》(HJ/T91)、《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB50268)、《给水排水构筑物施工及验收规范》(GB50069)、《混凝土结构工程施工及验收规范》(GB50204)等。

6.2 总体设计的说明

6.2.1 关于生物滤池法预处理

国内外相关资料和应用表明, 污水进入生物膜处理构筑物前, 应强化沉淀、厌氧水解等预处理, 减少进水的悬浮含量和有机物的浓度, 从而防止滤料堵塞, 保证处理构筑物的正常运行。当进水水质或水量波动大时, 应设调节池, 停留时间根据一天中水量或水质波动情况确定。

6.2.2 关于生物滤池法脱氮系统污水的水质规定

(1) 污水的五日生化需氧量与总氮之比是影响脱氮效果的重要因素之一。异养性反硝化菌在呼吸时, 以有机基质作为电子供体, 硝态氮作为电子受体, 即反硝化时需消耗有机物。青岛等地污水厂运行实践表明, 当污水中五日生化需氧量与总氮之比大于 4 时, 可达理想脱氮效果; 五日生化需氧量与总氮之比小于 4 时, 脱氮效果不好。五日生化需氧量与总氮之比过小时, 需外加碳源才能达到理想的脱氮效果。外加碳源可采用甲醇、乙酸盐或其他含易生物降解的有机碳物质, 它被分解后产生二氧化碳和水。由于城镇污水水量大, 外加甲醇的费用较大, 有些污水厂将淀粉厂、制糖厂、酿造厂等排出的高浓度有机废水作为外加碳源, 取得了良好效果。当五日生化需氧量与总氮之比为 4 或略小于 4 时, 根据实际污水中悬浮物(SS)的含量可不设初次沉淀池或缩短污水在初次沉淀池中的停留时间, 以增大进生物反应池污水中五日生化需氧量与氮的比值。

(2) 一般地说, 反硝化菌和硝化细菌生长的最佳 pH 值在中性或弱碱性范围, 当 pH 值偏离最佳值时, 反应速度逐渐下降, 碱度起着缓冲作用。污水厂生产实践表明, 为使好氧池的 pH 值维持在中性附近, 池中剩余总碱度宜大于 70mg/L。每克氨氮氧化成硝态氮需消耗 7.14g 碱度, 大大消耗了混合液的碱度。反硝化时, 还原 1g 硝态氮成氮气, 理论上可回收

3.57g 碱度，此外，去除 1g 五日生化需氧量可以产生 0.3g 碱度。出水剩余总碱度可按式计算，剩余总碱度=进水总碱度+0.3×五日生化需氧量去除量+3×反硝化脱氮量-7.14×硝化氮量，式中 3 为美国环境保护局推荐的还原 1g 硝态氮可回收 3g 碱度。当进水碱度较小，且无法满足脱氮要求时，应外加碱性药剂，以保证工艺过程对碱度的要求。

6.2.3 关于生物滤池法化学除磷方法

当出水总磷浓度不能满足排放要求时，宜辅以化学除磷；除磷药剂一般可以选用铝盐或铁盐，投加位置可设在滤池前的预处理段，强化除磷；也可设在最后一级生物滤池的进水口处投加药剂，通过进水水流的混合作用完成混合，在滤池中通过絮凝和过滤实现除磷。若在生物滤池进水处直接投加除磷药剂应合理控制药剂投加量，并充分考虑滤池的截污能力和对反冲洗周期的影响。

6.2.4 生物膜法的处理构筑物采取防冻、防臭和蝇虫控制等措施

在寒冷地区，生物膜法的处理构筑物设计中应考虑必要的防冻设施，以确保冬季的处理效果。生物膜法处理构筑物的除臭一般采用生物过滤法、湿式吸收氧化法去除硫化氢等恶臭气体，塔式生物滤池可采用顶部喷淋。生物滤池易孳生滤池蝇，可定期关闭滤池出口阀门，让滤池滤料淹水一段时间以杀死幼蝇。

6.2.5 生物滤池工艺控制系统

生物滤池工艺设置相关的检测、控制、运行管理自动化系统有利于提高滤池运行的效率及污水处理厂的自动化程度，对设备、运行故障应设置有效的报警及保护措施。

6.3 低负荷生物滤池设计的条文说明

6.3.1 低负荷生物滤池适用条件的规定

低负荷生物滤池由于处理负荷相对较低，占地面积较大，易堵塞，并且散发臭味，产生滤池蝇，在使用上受到限制，但是对于污水量较小的中小城镇，尤其是经济不太发达的城镇，仍然有较大的应用价值。实际使用中，宜用于小城镇污水处理或水质与城镇污水水质类似的中小规模工业废水处理。

6.3.2 低负荷生物滤池池型和滤料

低负荷生物滤池由池体、滤料、布水装置和排水系统等四部分组成，可为圆形，也可为矩形。

目前常用碎石和塑料材料作为滤料，制造塑料滤料的材料包括，聚乙烯、聚苯乙烯、聚酰胺等。由这些材料制成的滤料如波纹板、多孔筛装板、塑料蜂窝等具有比表面积大和空隙率高的优点，比表面积一般为 $100\text{ m}^2/\text{m}^3 \sim 200\text{ m}^2/\text{m}^3$ ，空隙率高一般为 80%~90%。

6.3.3 低负荷生物滤池选用碎石类滤料的生物滤池设置要求及设计参数

日本有关的设计指南规定，低负荷生物滤池水力负荷为 $1\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d}) \sim 3\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，五日生化需氧量负荷不应大于 $0.3\text{ kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ；美国污水厂设计手册规定，低负荷生物滤池水力负荷为 $0.9\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d}) \sim 3.7\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，五日生化需氧量负荷 $0.08\text{ kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d}) \sim$

0.4kgBOD₅/ (m³·d)。

6.3.4 低负荷生物滤池布水设备

生物滤池的布水，应使污水均匀分布在整个滤池表面上，这样有利于提高滤池的处理效果。布水装置可采用间歇喷洒布水系统或旋转式布水器。多采用旋转式布水器，该装置由固定的进水竖管、配水竖管和可以转动的布水横管组成。每根横管的断面积由设计流量和流速决定，一般用 2 根或 4 根，水力驱动布水器的旋转。

6.3.5 低负荷生物滤池通风构造

低负荷生物滤池通风效果是影响处理效率的重要因素，前苏联规范规定池底部空间高度不应小于 0.6m，沿池壁四周下部应设自然通风孔，其总面积不应小于滤池表面积的 1%。

6.3.6 低负荷生物滤池的底板坡度和冲洗底部排水渠。

前苏联规范规定底板坡度为 1%，日本设计指南规定底板坡度为 1%~2%。为排除底部可能沉积的污泥，规定应有冲洗底部排水渠的措施，以保持滤池良好的通风条件。

6.4 高负荷生物滤池设计的条文说明

6.4.1 高负荷生物滤池的适用条件

生物滤池占地面积较大，在规模上收到限制，有资料报道，高负荷生物滤池处理规模不宜超过 50000m³/d。

6.4.2 高负荷生物滤池系统设计

高负荷滤池在确定流程时，应该决定是否用初次沉淀池，采用几级滤池，是否采用回流等，选择回流方式及回流比等问题。

单级运行系统如图 3 所示，图 3 (a) 为单级直流系统，要求有完善的预处理工艺，也适用于低负荷生物滤池，图 3 (b)、(c)、(d) 均为单级回流系统。图 3 (b) 的处理水回流至生物滤池前，用以加强水力负荷，又不加大初沉池的容积，本系统在废水污染浓度高时采用，应用较为广泛。图 3 (c) 的回流水取自二沉池前和二沉池后，采用本系统能够减轻二沉池的负荷，但滤池的滤料间的孔隙度应当较大，否则易于堵塞。图 3 (d) 是生物滤池出水直接回流到生物滤池前，可加大水力负荷，又利于生物接种，促进生物膜更新。

当采用多级滤池系统时，据相关资料，第一级生物滤池处理效率可达 70%，第二级处理效率可达 20%，第三、四级的处理效率很低，在 5%左右。所以，高负荷生物滤池多采用二级处理系统，这种系统多在原废水污染物浓度较高，并且对处理出水水质要求也较高时采用。由于采用多种回流方式，因此二级高负荷生物滤池也有多种系统。二级运行系统见图 4。图 4 (a)、(b) 均为二级直流系统。二级串联工作的生物滤池的优点是：滤层深度可适当减小，通风条件好，两次布水充氧，出水水质较好。缺点是增加提升动力，加大了占地面积。一般第一级生物滤池采用粒径较大的滤料，后一级采用粒径较小的滤料。图 4 (c) 和 (d) 是二级回流系统。

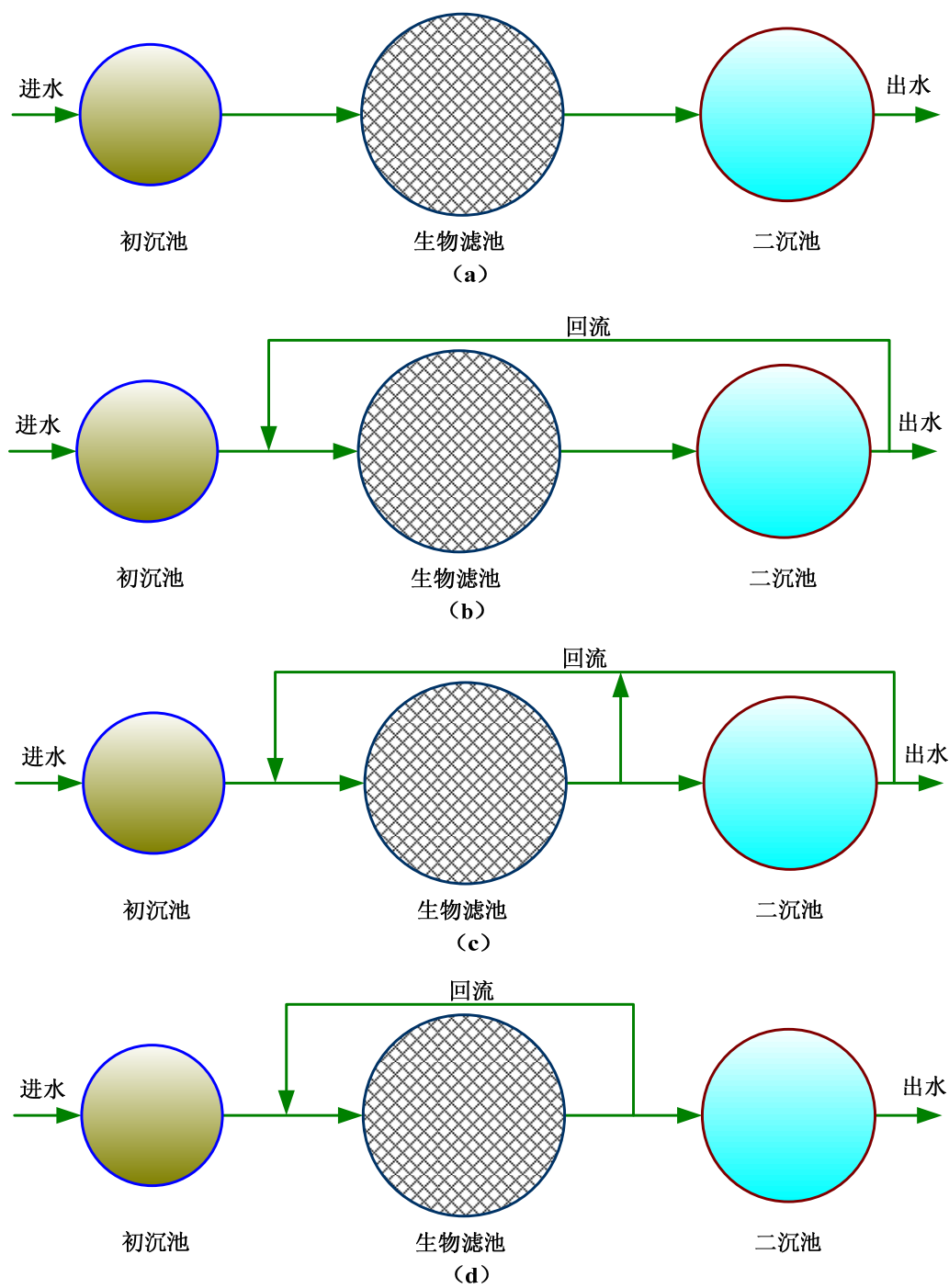


图 3 高负荷生物滤池单级运行系统流程图

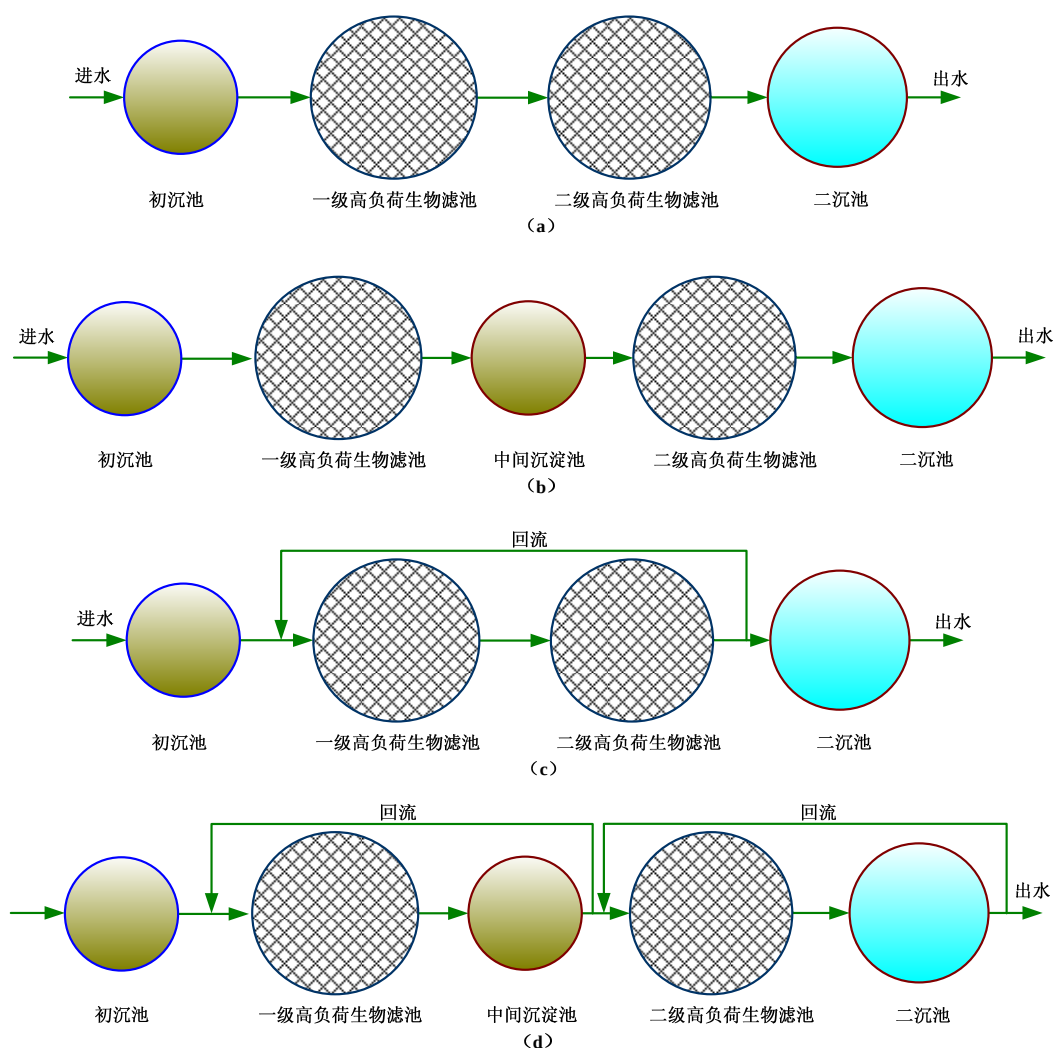


图 4 高负荷生物滤池二级运行系统流程图

6.4.3 高负荷生物滤池系统回流

采用回流的优点是：（1）增大水力负荷、促进生物膜的脱落、防止堵塞；（2）废水被稀释，降低了基质浓度；（3）促进生物膜的生长；（4）提高进水的溶解氧；（5）防止滤池滋生蚊蝇。

回流的方式很多，可以采用直接回流或通过二沉池后再回流，采用的回流比一般为 50%~300%，但有时也高达 500%或 600%，应根据实际情况进行充分的试验后确定。

6.4.4 高负荷生物滤池布水设备

高负荷生物滤池多采用旋转式布水器，该装置由固定的进水竖管、配水竖管和可以转动的布水横管组成。布水器可由水力驱动。每根横管的断面积由设计流量和流速决定。布水横管的根数取决于滤池和水力负荷大小，水量大时可采用 4 根，一般用 2 根。

6.4.5 关于高负荷生物滤池的设计参数

高负荷生物滤池的水力负荷和容积负荷，日本指南规定水力负荷为 $10 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 25 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ，五日生化需氧量容积负荷不应大于 $1.2 \text{ kgBOD}_5/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。美国污水厂手册规定水力

负荷为 $10 \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d}) \sim 35 \text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，五日生化需氧量容积负荷为 $0.4 \text{ kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d}) \sim 4.8 \text{ kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 。国外生物滤池设计标准见表 8、表 9。

采用塑料制品为滤料时。滤层厚度、水力负荷和容积负荷可提高，具体设计数据应根据试验资料而定。当生物滤池水力负荷小于规定的数值时，应采取回流；当原水有机物浓度高于或处理水达不到水质排放标准时，应采用回流。

表 8 生物滤池设计标准（摘自 美国设计标准）

负荷范围	低	中	一般	高
有机物的容积负荷 [$\text{gBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$]	200 80~400*	200~450 240~480*	450~750 400~480*	>750 >480*
水力负荷 (m/h)	大约 0.2	0.4~0.8	0.6~1.2	>1.2
预计 BOD_5 出水浓度 (mg/L)	<20	<25	20~40	30~50

* 为美国污水厂手册数据。

表 9 生物滤池典型负荷（摘自 英国设计标准）

处理要求	工艺类型	滤料的比表面积 (m^2/m^3)	容积负荷		水力负荷 [$\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$]
			$\text{gBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$	$\text{gNH}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$	
部分处理	高负荷	40~100	0.5~5	——	0.2~2
碳氧化/硝化	低负荷	80~200	0.05~5	0.01~0.05	0.03~0.1
三级硝化	低负荷	150~200	<40 mgBOD/L^*	0.04~0.2	0.2~1

* 为进水浓度。

6.5 塔式生物滤池设计的条文说明

6.5.1 塔式生物滤池池体结构

塔式生物滤池由塔身、滤料（也称填料）、布水系统以及通风、排水装置组成。据国内资料，为达到一定的出水水质，在一定塔高限值内，塔高与进水浓度成线性关系。处理效率随着滤料层总厚度的增加而增加，但当滤料层总厚度超过某一数值后，处理效率提高极微，因而是经济的。故本条规定，滤料层厚度宜根据试验资料确定，一般宜为 $8 \text{ m} \sim 12 \text{ m}$ 。

6.5.2 关于塔式生物滤池设计负荷

美国污水厂手册介绍塑料滤料塔式生物滤池的五日生化需氧量容积负荷为 $4.8 \text{ kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ，法国手册介绍塑料生物塔式滤池的五日生化需氧量容积负荷为 $1 \text{ kg}/(\text{m}^3\cdot\text{d}) \sim 5 \text{ kg}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 。

6.6 曝气生物滤池设计的条文说明

6.6.1 曝气生物滤池工艺设置预处理设施

曝气生物滤池工艺对进水悬浮物浓度和有机物浓度都有要求。对悬浮物要求比较高，一般要求在 $150 \text{ mg}/\text{L}$ 以下，否则曝气生物滤池的反冲洗将会非常频繁。要降低曝气生物滤池进水的悬浮物浓度，就必须做好曝气生物滤池工艺前的预处理工序。

对于城镇污水，曝气生物滤池的进水 COD_{Cr} 大于 $800 \text{ mg}/\text{L}$ 时，应强化预处理，如混凝沉淀等。对于工业废水，当进水 COD_{Cr} 大于 $1500 \text{ mg}/\text{L}$ 时，建议在曝气生物滤池前增加厌氧

或水解酸化处理单元，以降低曝气生物滤池的有机负荷，同时也可节省能耗，降低运行费用。当经过预处理后，有机物浓度仍较高时，可采用滤池出水回流加以稀释。

6.6.2 曝气生物滤池的设置

曝气生物滤池中，当同时要求去除有机物和营养物时，通常第一级曝气生物滤池以碳氧化为主，第二级曝气生物滤池主要对污水中的氨氮进行硝化，第三级曝气生物滤池主要为反硝化除氮。根据其组合形式可分为碳氧化+硝化滤池+反硝化滤池组合、前置反硝化+碳氧化/硝化滤池和碳氧化/硝化滤池+后置反硝化两段组合形式，也可以在第二级滤池的出水中投加碳源和铁盐或者铝盐同时进行反硝化脱氮除磷。

6.6.3 曝气生物滤池池型、结构、滤池分格及单格面积设置

曝气生物滤池的池型有上向流曝气生物滤池（池底进水，水流与空气同向运行）和下向流曝气生物滤池（滤池上部进水，水流与空气逆向运行）两种。

曝气生物滤池结构一般可采用圆形、正方形和矩形。在同样的面积下，圆形周长比正方形少 12%。当滤池数为两个及两个以上时，正方形或矩形可以共用池壁，对于共用池壁的正方形或矩形滤池，池形的长宽比对造价也有影响，正方形的周长比矩形要小，所以正方形滤池所需的建筑工程量最少。

根据国内外采用曝气生物滤池工艺的污水处理厂设计和运行经验，为保证一座滤池在反冲洗时污水处理厂仍能正常运行，同时在一座滤池进行检修时污水处理厂不停运，因此要求同一功能的曝气生物滤池格（座）数不应少于两格（座），另外还应考虑当一座滤池进行反冲洗时，其余滤池应能承受全部流量和水质的冲击；反冲洗清水池容积的确定应保证反冲洗时清水池储水量及其它运行滤池出水量之和能满足单格滤池冲洗时的最大用水量。从运行经济性和反冲洗均匀性方面考虑，单座滤池面积过大将会增加反冲洗时的供水量和供气量，同时不利于布水和布气的均匀，所以在滤池截面积过大时必须分格。一般，单格滤池截面积越小，则布水、布气越均匀，反冲洗时的供水量、供气量也越少，但单格滤池截面积减小，会使整个滤池的土建工程量增加，从而使土建工程投资增加。对于中等规模的城市污水处理厂，单格滤池的截面积一般应控制在 $50\text{ m}^2\sim 100\text{ m}^2$ 之间。

6.6.4 曝气生物滤池滤料

曝气生物滤池的滤料应选择强度大、不易磨损、孔隙率高、比表面积大、化学物理稳定性好、易挂膜、生物附着性强、比重小、耐冲洗和不易堵塞的材料。可选用滤料有多种，如，多孔陶粒、无烟煤、火山岩滤料、石英砂、塑料等，但必须满足对滤料的要求。滤料的粒径关系到处理效果的好坏和运行周期的长短。粒径越小，处理效果越好，但因其孔隙小易被堵塞，使运行周期缩短，引起反冲洗水量增加，并给运行管理带来麻烦。滤料粒径的选择取决于进水水质和设计的反冲洗周期和滤池功能。硝化、碳氧化滤池宜为 $3\text{ mm}\sim 5\text{ mm}$ 或 $4\text{ mm}\sim 6\text{ mm}$ ，前置反硝化滤池宜为 $4\text{ mm}\sim 6\text{ mm}$ 或 $6\text{ mm}\sim 9\text{ mm}$ 。当对悬浮物浓度去除要求较高时，最后一级滤池内的滤料粒径宜选用 $1.8\text{ mm}\sim 2.5\text{ mm}$ 。

6.6.5 曝气生物滤池池体构造与所选滤料类型

曝气生物滤池的滤料分为两类：重质滤料（比重大于 1）和轻质滤料（比重小于 1），规范中主要对采用重质滤料的曝气生物滤池进行规定。

典型重质滤料滤池结构分为缓冲配水区、承托层及滤料层区、出水区。工艺主体由滤池池体、布水及布气系统、承托层、滤料层、工艺曝气系统、反冲洗系统和出水系统组成，示意图见图 5。

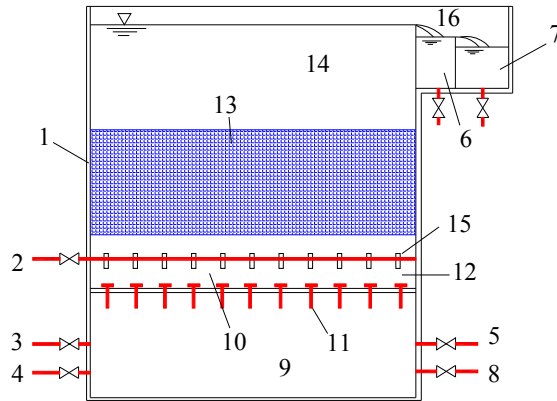


图 5 典型重质滤料滤池结构示意图

1—滤池池体；2—工艺曝气管；3—反冲洗进气管；4—进水管；5—反冲洗进水管；6—反冲洗排水槽（渠）；7—出水槽（渠）；8—放空管；9—缓冲配水区；10—承托层和滤板；11—专用滤头；12—承托层；13—滤料层；14—清水区；15—空气扩散器；16—出水堰

典型轻质滤料滤池结构分为滤池配水排泥区、轻质滤料层、出水区组成。工艺主体由滤池池体、进水配水系统、工艺曝气系统、滤料层、滤板（网）和滤头，以及反冲洗系统组成，示意图见图 6。

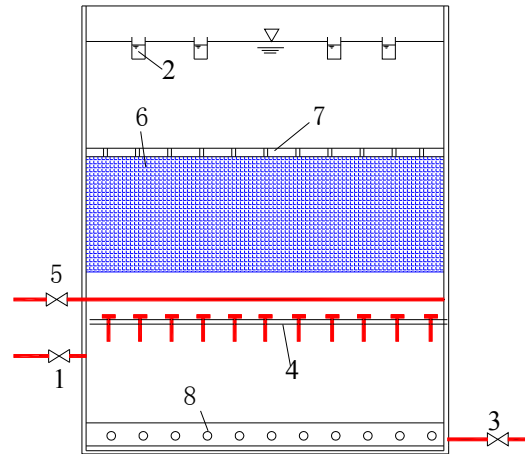


图6 典型轻质滤料滤池结构示意图

1—进水及反洗水管；2—出水槽；3—排水（泥）管；4—滤板和滤头；5—曝气管
6—滤料层；7—滤板（网）；8—排（水）泥连接孔

6.6.6 关于曝气生物滤池的池体高度

为保证进入滤池的污水均匀流过滤料层，在滤料承托层下部设计有缓冲配水室，其高度一般为 1.2 m~1.5m。考虑到滤头和配水室内布水管、布气管的安装方便以及便于配水室的清洗，缓冲配水室高度通常为 $H=1.5\text{m}$ ，并在配水室池壁设置检修人孔；另外，考虑到滤池反冲洗时滤料的膨胀，在滤料层上部保证有 0.8 m~1.0m 的清水区。

6.6.7 关于曝气生物滤池承托层

曝气生物滤池承托层采用的材质应具有良好的机械强度和化学稳定性，一般选用卵石作承托层。用卵石作承托层其级配见下表 10。

表 10 卵石承托层级配

自上而下	卵石直径 (mm)	卵石层高度 (mm)
	2~4	50
	4~8	100
	8~16	100

6.6.8 关于重质滤料滤池的出水系统

工程中应根据处理规模、单池面积、池形等因素合理设置出水形式。为防止正常出水和反冲洗排水混杂，反冲洗排水与正常排水槽（渠）宜分开设置。为了工艺布置方便，工程中采用单侧堰出水较多，在出水堰口处设置栅形稳流板，以将反冲洗时可能被带至出水口处滤料与稳流板碰撞，导致流速降低而在该处沉降，并下滑回滤池中。

6.6.9 关于不同功能类型曝气生物滤池主要设计参数选取的原则和参考数据范围

规范正文“表 2 曝气生物滤池工艺主要设计参数”中，所列数据为城市污水采用生物滤池工艺时的设计参数，对于类似于城市污水水质的其它污水采用生物滤池工艺时可参考，但待处理污（废）水水质与城市污水水质差别大时，其设计参数应通过试验确定。

(1) 曝气生物滤池一般采用两种负荷：污染物容积负荷 $[\text{kg}/(\text{m}^3\cdot\text{d})]$ 和水力负荷 $[\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})]$ 。容积负荷取值的确定与进水水质和出水水质要求有关，应根据原水性质及处理要求选取合适的容积负荷值。

(2) 曝气生物滤池主要用于碳氧化时，当要求出水 BOD_5 为 $10\text{mg/L}\sim 20\text{mg/L}$ ，五日生化需氧量容积负荷推荐值为 $3.5\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})\sim 5.0\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ；当要求出水 BOD_5 为 $5\text{mg/L}\sim 10\text{mg/L}$ 时，五日生化需氧量容积负荷推荐值为 $2.5\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})\sim 3.2\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 。

(3) 曝气生物滤池主要用于碳氧化并且硝化时，五日生化需氧量容积负荷宜小于 $3.0\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 。有研究表明，当五日生化需氧量容积负荷取值大于 $3.0\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 时，氨氮的去除受到抑制，当五日生化需氧量容积负荷取值大于 $4.0\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 时，氨氮的去除明显受抑制。

(4) 出水 COD_{Cr} 在 60mg/L 左右时，进水负荷应控制在 $4.0\text{ kgCOD}_{\text{Cr}}/(\text{m}^3\cdot\text{d})\sim 5.0\text{kgCOD}_{\text{Cr}}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ，出水 COD_{Cr} 在 50mg/L 以下时，进水负荷应当小于 $3.0\text{kgCOD}_{\text{Cr}}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 。

(5) 曝气生物滤池有硝化和反硝化脱氮要求时还应考虑硝化容积负荷和反硝化容积负荷, 分别以 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3\text{-N}$ 计。20℃时, 硝化和反硝化的最大容积负荷分别为小于 $2.0\text{kgNH}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 和 $5.0\text{kgNO}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$; 推荐值分别为 $0.3\text{kgNH}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})\sim 0.8\text{kgNH}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 和 $0.8\text{kgNO}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})\sim 4.0\text{kgNO}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 。

(6) 滤速增加对 COD_{Cr} 的去除不利, 主要是由于停留时间过短, 部分非溶解性有机物尚未降解就直接排出, 因此碳氧化曝气生物滤池滤速的取值应当略低, 推荐的数值为 6m/h 。

(7) 在一定的容积负荷范围里, 滤速的提高不但不会降低曝气生物滤池的去除率, 而且还可提高硝化处理能力。主要原因有三, 一是高滤速增强了滤池内部的传质效率, 使得空气、污水和生物之间有了更多的接触机会; 二是高滤速下生物膜的更新速度加快, 促进了生物活性的增强; 三是在低滤速下, 滤料底层往往在短时间堵塞, 使得反冲洗周期缩短, 而频繁的反冲洗对繁殖速度较慢的硝化细菌极为不利。

曝气生物滤池应用中, 当需要脱氮, 但进水碳源不足时, 需投加碳源, 而当投加量较大时, 运行费用会较高。为了解决这一问题, 有些工程应用中将反硝化池 (DN 池) 置于硝化池 (N 池) 前, 将部分出水回流, 形成了前置反硝化工艺, 其具有以下优点:

- (1) 利用污水中的有机物质作为反硝化碳源, 减少外加碳源投加量;
- (2) 有机物在 DN 池去除, 保证了碳氧化/硝化滤池 (C/N 池) 的硝化能力;
- (3) 系统的曝气量相对减少;
- (4) 污泥产量相对减少。尤其运行费用较低的优点使得其越来越受到重视。

对于 BOD_5 充足且需要进行脱氮的城市污水, 从运行成本的角度考虑, 前置反硝化工艺更为优越。

后置反硝化工艺更适合应用在以下两个场合:

- (1) 用于工业水比重较高, BOD_5 含量明显偏低的情况;
- (2) 用于污水厂的升级改造: 如某些早期建设的污水处理厂未考虑硝化指标, 出水中 BOD_5 含量较低, 氨氮含量却较高。

为避免除碳对硝化的影响, 后置反硝化应在预处理阶段去除一部分 BOD_5 , C/N 池设计滤速在 $6\text{m/h}\sim 10\text{m/h}$ 为宜, 硝化负荷应满足: 当进水 BOD_5 浓度大于 60mg/L 时, 约为 $0.3\text{kgNH}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$, 当进水 BOD_5 浓度在 $20\text{mg/L}\sim 50\text{mg/L}$ 时, 约为 $0.6\text{kgNH}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$, 当 BOD_5 浓度在 20mg/L 以下时, 约为 $1.0\text{kgNH}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 。如以甲醇作为外加碳源, DN 池中甲醇的投加量约为 $3.3\text{kgCH}_4\text{O}/\text{kgNO}_3\text{-N}$ 。

设计推荐的反硝化负荷为 $0.4\text{kgNO}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})\sim 0.5\text{kgNO}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$, 滤速大于 10m/h , 进水 $\text{BOD}_5/\text{NO}_3\text{-N}$ 最好在 6 以上。通常 DN 池对 BOD_5 的去除率不超过 60%, 对 COD_{Cr} 的去除率不超过 70%, 剩余的 COD_{Cr} 会进入到硝化反应器。为了确保 N 池的硝化性能 (大于 $0.5\text{kgNH}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$), COD_{Cr} 负荷不应超过 $2.0\text{kgCOD}_{\text{Cr}}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 。

6.6.10 关于曝气生物滤池的滤池池体的计算

目前在工程上,由于利用容积负荷法对曝气生物滤池进行设计计算的方法比较成熟,所以曝气生物滤池池体的设计建议采用容积负荷法计算方法。

按容积负荷法计算的设计参数包括五日生化需氧量容积负荷、氨氮容积负荷和硝态氮容积负荷,设计时应根据原水性质、处理要求及所选曝气生物滤池类型选取容积负荷类型和合适的容积负荷值。同时,在根据所选容积负荷类型进行计算并确定滤池总截面积后,还需用水力负荷(或滤速)进行校核。

滤料层高度宜结合占地面积、处理负荷、风机选型和滤料层阻力等因素综合考虑确定,重质滤料宜为 2.5m~4.5m,轻质滤料宜为 2.0m~4.0m。

清水区高度应根据滤料性能及反冲洗时滤料膨胀率确定,重质滤料滤池宜为 1.0m~1.5m,塑料球形滤料滤池宜为 0.6m~1.0m。

6.6.11 关于曝气生物滤池布水方式

曝气生物滤池的布水系统应采用小阻力形式,目前工程中采用的布水系统主要有滤头布水、穿孔承托板布水和穿孔管布水等三种形式。在滤头布水方式中,气和水通过滤头混合,从滤头的缝隙中均匀喷出。这种方式在给水处理滤池中和国外的曝气生物滤池中已有采用,但要求施工严格,造价相对较高。穿孔承托板有良好的布水布气作用,但若冲洗不当,会使承托层发生移动,搅乱承托层和滤料层。穿孔管布水系统的水头损失较大,曝气氧的利用率较低,同时在滤池中比较容易堵塞。但施工方便,造价低。

在设计时应根据工程的规模和反冲洗形式等实际情况进行选择。根据调研研究,城镇污水处理宜采用滤头布水方式。考虑到曝气生物滤池采用气-水联合反冲洗,滤头宜采用专用滤头。专用滤头在正常运行时起均匀布水作用,在反冲洗时起布水、布气作用。

6.6.12 关于曝气生物滤池的布气系统

曝气生物滤池的布气系统包括曝气充氧系统和进行气/水联合反冲洗时的供气系统,两者宜分别设置。多格曝气生物滤池并联运行时,每座滤池截污能力、运行阻力、配水均匀性都存在差异,宜采取风机一对一布置形式,以利于控制运行及提高滤池运行效果。

6.6.13 关于曝气生物滤池的布气装置

在常见的布气装置中,空气扩散器要求具有空气扩散效果好、氧的利用率高、在滤池中不易堵塞等特点。穿孔管曝气器施工方便、造价低,但氧的利用率较低,在滤池中比较容易堵塞。同时穿孔管极易造成布气不均,导致滤料易板结。目前常用的空气扩散器,如单孔膜空气扩散器实践的效果较好。空气扩散器的数量需根据计算得到,并进行合理布置。按照工程经验,一般每平方米滤池截面宜布置 36~50 个空气扩散器。

单个空气扩散器额定通气量宜为 $0.2 \text{ m}^3/\text{h} \sim 0.3 \text{ m}^3/\text{h}$,每平米滤池截面积上空气扩散器布置数量不宜少于 36 个;采用穿孔管时孔口设计流速不宜小于 30m/s。固定方式可采用支架固定或压件固定,支架或压件应选用强度和耐腐蚀性较好的材质。

6.6.14 关于曝气生物滤池的反冲洗方式

当滤池滤床水头损失达到 0.7~1.2m（下向流滤池）时，应及时进行反冲洗。曝气生物滤池反冲洗通过滤板和固定其上的专用滤头来实现，由单独气冲洗、气水联合反冲洗、单独水洗三个过程组成。

6.6.15 关于曝气生物滤池反冲洗排水的处置

曝气生物滤池反冲洗排水具有周期间断性、时间短、瞬时水量大的特点，不能直接排入预处理系统，以免造成对预处理系统的冲击；工程应用中一般宜设置缓冲池，反冲洗排水先进入缓冲池，然后通过提升或自流均匀进入预处理系统，减少瞬时大水量对系统的水力负荷冲击。为防止反冲洗排水对预处理系统的瞬时冲击，本条规定了生物滤池反冲洗排水宜先进入排水缓冲池，再定量、连续排入预处理系统，还规定了反冲洗排水缓冲池容积的确定办法。

6.7 配套设备与材料的说明

规范正文在“9 主要工艺设备和材料”中，对生物滤池配套设备与材料提出了一系列技术要求，主要包括：

- （1）列举了采用生物滤池法使用的关键设备，提出对关键设备进行重点控制。
- （2）对关键设备提出了最基本的技术性能要求，这些性能要求体现了先进的技术水平。
- （3）对关键设备的采购和安装提出了技术要求，对防止这些关键工程环节产生不安全因素起到规范性作用。
- （4）详细地规定了设备选型时的技术依据和应采用的制造标准，以及主要的技术参数。
- （5）特别提出了对机械设备运转噪声的控制要求和防治措施。

另外，规范正文“9 主要工艺设备和材料”中，9.6 和 9.7 关于曝气生物滤池承托滤板的开孔率及滤板的选择形式、性能和密封要求，应满足：

- （1）开孔率应结合配水均匀性、配水阻力等因素综合确定；
- （2）一般应考虑滤板平整度、承载强度、抗腐蚀性、滤头安装维护方便等因素，重质滤料滤池承托滤板宜选用分体式拼装滤板，不宜选用整体浇铸滤板。

6.8 工程施工与验收技术要求的说明

与其他类型的滤池相比，曝气生物滤池结构较复杂，因此需要注意以下几点：

- （1）滤板安装前应对滤梁进行检查。整池滤梁顶面水平度误差应小于 5mm、直线度误差应小于 10mm、平行度误差应小于 5mm、宽度误差应小于±5mm、垂直度误差应小于 5mm。
- （2）滤梁上预埋螺栓的技术要求。预埋螺栓宜采用不锈钢 304 及以上材质，露头尺寸一般宜为 150mm~160mm，直线度、平行度、垂直度要求可参考滤梁设计技术要求。
- （3）重质滤料滤池滤板安装完成后整池的安装技术应符合《滤池气水冲洗设计规程（CECS50）》要求。水平误差超出规定范围时易造成反冲洗不均匀，滤池运行效率降低。
- （4）滤板安装后的固定方式应保证滤板工作时受力均匀且牢固，选择材料应具有一定的强度、耐腐蚀性、易于安装施工等。

(5) 滤板施工完毕后的接缝密闭性检验方法。滤板接缝密闭性测试前应进行表观检查,如嵌缝是否平整、有无气孔与裂纹、压板是否平稳牢固等,在检查合格后方可进行测试。测试时将全部滤头座拧上堵头,往池内注入超过滤板顶面约 20 cm 深的水,然后开动反洗风机,通过排气阀调整滤板下压力,测试压力一般宜采用 0.02Mpa~0.05Mpa,试验时间一般宜选取 3min~10min,所有接缝均无气泡冒出为合格

(6) 关于滤头安装完成后的检验要求。专用滤头安装完成后,应向滤池内注水,水面应超出滤头高度 50mm,然后从滤池进水管正常进水,进水时间 2min~3min,观察从滤头释放而形成的水花是否均匀。

(7) 关于曝气系统施工过程的安全保护及安装质量检验。曝气系统安装完成后应向滤池内注水,水面高度应超出空气扩散器 150mm,启动正常曝气风机,观察水面气泡是否均匀。

(8) 关于反冲洗配气管的施工安装顺序、安装要求及保护措施。反冲洗配气干管和分配器内空气流速一般取 5m/s~10m/s,配气支管空气流速一般取 5m/s。反冲洗配气管的施工除符合本规程的技术要求外,还应符合《滤池气水冲洗设计规程(CECS50:93)》。

6.9 对运行维护技术要求的说明

本标准针对日常运行管理要求,对设备的维护保养也提出了相关的技术要求。相比于传统活性污泥法工艺,曝气生物滤池法比较复杂,因此要求操作人员需至少包括一名接受过良好相关培训、有相关工艺知识的工程师,此外,须有传统污水处理技术的硝化、反硝化、曝气等方面的经验及知识。

7 标准实施的环境效益与经济技术分析

标准内容体现了生物滤池法污染治理的全过程控制,对保证达标排放,进而保护环境,促进循环经济发展起到推动作用。本标准推荐的处理工艺均为当前国内外广泛使用的工艺,有大量的工程实例为佐证,是成熟、可靠、经济、实用的工艺技术,标准实施后可带来以下效益:

(1) 有利于国家相关环保政策的贯彻执行,从技术层面确保实现使用生物滤池法达标排放,减低环境污染,实现环境效益;

(2) 工艺技术路线与我国当前的经济、技术发展水平相适应的,符合广大业内人士的经济承受能力。

(3) 生物滤池法工程设计、施工、验收及运行管理等环节的技术应用规范化,保证工程质量,提高工程运行效益。

8 标准实施建议

8.1 与现行法律法规及其它相关标准的关系

本技术规范属于环境污染治理工程技术规范中的治理工艺技术规范,是国家环境标准体

系之环境工程技术规范的一个组成部分，应与《重点污染源治理工程技术规范》和《污染治理设施运行规范》配套使用，将为生物滤池法及其组合工艺的污水或工业废水处理工程的环境影响评价、设计、施工、验收及建成后运行与管理提供技术依据。

8.2 实施本标准的管理措施及建议

为了推行本标准的实施，改善现在生物滤池法处理工程的市场状况，使废水处理状况得以改进，需要国家和地方政府实施一系列生物滤池法工艺的相关政策和污染治理设施运行管理的政策，强化污染设施运行监管力度；需要政府采用鼓励措施，调动企业采用接触氧化工艺的的积极性，从源头消减、控制污染物。同时，建议各级环境保护部门及相关监督管理部门在环境影响评价、建设项目环境保护管理、排污许可证管理和日常环境监督管理等各项工作中积极采用本技术规范，以加强对环境保护设施的监管。

此外，由于本规范为首次制定，随着环保要求的发展及生物滤池污水处理技术本身的发展，适应新的状况的生物滤池工艺和设计参数也会不断被提出、论证和应用，这要求本规范在实施过程中也要与时俱进，根据需要进行相应的调整和修订，使其不断满足环境保护和管理的需要。