

# 中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 2014—2012

---

## 生物滤池法污水处理工程技术规范

**Technical specifications for biofilter in wastewater bio-film treatment**

本电子版为发布稿。请以中国环境科学出版社出版的正式标准文本为准。

2012—03—19 发布

2012—06—01 实施

---

环 境 保 护 部 发 布

# 目 次

前 言 .....	I
1 适用范围 .....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义 .....	2
4 污染物与污染负荷.....	4
5 总体要求 .....	5
6 低负荷生物滤池工艺设计.....	6
7 高负荷生物滤池工艺设计.....	8
8 塔式生物滤池工艺设计.....	10
9 曝气生物滤池工艺设计.....	11
10 主要工艺设备和材料.....	18
11 检测与过程控制.....	19
12 主要辅助工程.....	20
13 施工与验收 .....	21
14 运行与维护 .....	25

## 前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》和《中华人民共和国水污染防治法》，防治水污染，改善环境质量，规范生物滤池在污（废）水处理工程中的应用，制定本标准。

本标准规定了采用生物滤池法的污（废）水处理工程的工艺设计、主要工艺设备、检测与控制、施工验收、运行与维护等的技术要求。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

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。

本标准环境保护部 2012 年 3 月 19 日批准。

本标准自 2012 年 6 月 1 日起实施。

本标准由环境保护部解释。

# 生物滤池法污水处理工程技术规范

## 1 适用范围

本标准规定了采用以好氧过程为主的生物滤池工艺污（废）水处理工程的工艺设计、主要工艺设备、检测与控制、施工验收、运行与维护等的技术要求。本标准不适用污（废）水厌氧生物滤池处理工艺。

本标准适用于采用生物滤池法的城镇污水和与城镇污水水质相类似的工业废水处理工程，可作为环境影响评价、设计、施工、环境保护验收及建成后运行管理的技术依据。

## 2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB3096	声环境质量标准
GB8978	污水综合排放标准
GB12348	工业企业厂界噪声标准
GB18918	城镇污水处理厂污染物排放标准
GB/T18920	城市污水再生利用 城市杂用水水质
GB50009	建筑结构荷载规范
GB50011	建筑抗震设计规范
GB50013	室外给水设计规范
GB50014	室外排水设计规范
GB50016	建筑设计防火规范
GB50052	供配电系统设计规范
GB50053	10kV 及以下变电所设计规范
GB50054	低压配电设计规范
GB50069	给水排水工程构筑物结构设计规范
GB50141	给水排水构筑物工程施工及验收规范
GB50187	工业企业总平面设计规范
GB50191	构筑物抗震设计规范
GB50194	建设工程施工现场供用电安全规范
GB50204	混凝土结构工程施工质量验收规范
GB50205	钢结构工程施工质量验收规范
GB50222	建筑内部装修设计防火规范
GB50231	机械设备安装工程施工及验收通用规范
GB50268	给水排水管道工程施工及验收规范

GB50275	压缩机、风机、泵安装工程施工及验收规范
GB50334	城市污水处理厂工程质量验收规范
GB50335	污水再利用工程设计规范
GB50352	民用建筑设计通则
GBJ22	厂矿道路设计规范
GBJ87	工业企业噪声控制设计规范
GBZ1	工业企业设计卫生标准
CJ343	污水排入城镇下水道水质标准
CJJ31	城镇污水处理厂附属建筑和附属设备设计标准
CJJ60	城市污水处理厂运行、维护及其安全技术规程
CJ/T43	水处理用滤料
CJ/T51	城市污水水质检验方法标准
CJ/T221	城市污水处理厂污泥检验方法
CJ/T299	水处理用人工陶粒滤料
CECS265	曝气生物滤池工程技术规程
HJ/T91	地表水和污水监测技术规范
HJ/T250	环境保护产品技术要求 旋转式细格栅
HJ/T251	环境保护产品技术要求 罗茨鼓风机
HJ/T252	环境保护产品技术要求 中、微孔曝气器
HJ/T278	环境保护产品技术要求 单级高速曝气离心鼓风机
HJ/T336	环境保护产品技术要求 潜水排污泵
HJ/T353	水污染源在线监测系统安装技术规范
HJ/T354	水污染源在线监测系统验收技术规范
HJ/T355	水污染源在线监测系统运行与考核技术规范
HJ/T369	环境保护产品技术要求 水处理用加药装置
《建设项目（工程）竣工验收办法》（原 国家计委计 建设[1990]215 号）	
《建设项目竣工环境保护验收管理办法》（原 国家环境保护总局令 第 13 号）	

### 3术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

#### 3.1 生物滤池法 biofilter; biological filter

依靠污（废）水处理构筑物内填装的填料的物理过滤作用，以及填料上附着生长的生物膜的好氧化、缺氧反硝化等生物化学作用联合去除污（废）水中污染物的人工处理技术，常见的包括低负荷生物滤池法、高负荷生物滤池法、塔式生物滤池法和曝气生物滤池法。

### 3.2 低负荷生物滤池 low-rate biological filter , trickling filter

滤料粒径较大、自然通风供氧、且进水 BOD 容积负荷较低（通常不大于  $0.4\text{kg}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ）的一种生物滤池。又称普通生物滤池或滴滤池。

### 3.3 高负荷生物滤池 high-rate biological filter

在低负荷生物滤池的基础上，通过限制进水 BOD 含量并采取处理出水回流等技术获得较高的滤速，将 BOD 容积负荷提高 6~8 倍，同时确保 BOD 去除率不发生显著下降的一种生物滤池。

### 3.4 塔式生物滤池 biotower

构筑物呈塔式，塔内分层布设轻质滤料（填料），污（废）水由上往下喷淋过程中，与滤料上生物膜及自下向上流动的空气充分接触，使污（废）水获得净化的一种生物滤池。

### 3.5 曝气生物滤池 biological aerated filter, BAF

由接触氧化和过滤相结合的一种生物滤池，采用人工曝气、间歇性反冲洗等措施，主要完成有机污染物和悬浮物的去除。

### 3.6 滤料 filtering media

生物滤池中微生物固着栖息、繁殖生长，并对污（废）水中的悬浮物具有物理截留过滤作用的载体。

### 3.7 滤料层 filter bed

在过滤过程中对水中污染物起到有效净化、过滤作用的材料层。

### 3.8 承托层 filter supporting bed

为防止滤料从配水系统中流失，在配水系统与滤料层之间设置的粒状材料层。

### 3.9 出水堰板 effluent weir plate

设置在滤池出水堰处防止滤料流失并且调节出水平衡的装置。

### 3.10 反冲洗时间 backwash time

滤料层反冲洗所经历的时间，单位 min。

### 3.11 空床停留时间 empty bed retention time

污（废）水在生物滤池滤料层所占容积的水力停留时间，单位 h。

### 3.12 反冲洗强度 backwashing rate

反冲洗水或反冲洗空气在单位时间内通过单位面积滤料层的流量，一般以  $\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$  为单位。

### 3.13 气水联合反冲洗 combined water and air backwash

为提高水反冲洗的效果，同时采用空气辅助冲洗的反冲洗方式。

### 3.14 五日生化需氧量容积负荷 $\text{BOD}_5$ -volumetric loading rate

每立方米有效容积单位时间内所能接受的五日生化需氧量，一般以  $\text{kg BOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$  为单位。

### 3.15 硝化容积负荷 nitrification volumetric loading rate

每立方米有效容积单位时间内硝化的氨氮量，一般以  $\text{kgNH}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$  为单位。

### 3.16 反硝化容积负荷 denitrification volumetric loading rate

每立方米有效容积单位时间内反硝化的硝酸盐氮量，一般以  $\text{kgNO}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$  为单位。

### 3.17 水力负荷 surface loading rate , hydraulic loading rate

处理装置每平方米面积每天所能接受的污（废）水水量，一般以  $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$  为单位。

### 3.18 滤速 filtration rate

单位滤池过滤面积在单位时间内的滤过水量，单位  $\text{m/h}$ 。

### 3.19 水力停留时间 hydraulic retention time

填装滤料后，污（废）水通过生物滤池滤料层的实际平均接触停留时间，单位  $\text{h}$ 。

### 3.20 固定布水器 fixed distributor

生物滤池中由固定的布水管和喷嘴等组成的布水装置。

### 3.21 旋转布水器 rotating distributor

生物滤池中由若干条布水管组成的，利用从布水管孔口喷出的水流所产生的反作用力，推动布水管绕旋转轴旋转，达到均匀布水目的的旋转布水装置。

### 3.22 空气扩散器 air diffuser

曝气生物滤池中曝气供氧的空气扩散装置。

### 3.23 滤头 filter nozzle

安装在曝气生物滤池中下部的承托滤板上，用来正常配水、反冲洗配水、反冲洗配气的一种布水、布气装置。

### 3.24 滤板 supporting board

固定专用滤头并承载滤料的、具有一定承载强度和水平精度要求的托板。

### 3.25 回流比 recycle ratio

采用前置反硝化生物滤池脱氮时，硝化液回流量与设计进水流量的比值，一般以百分数计。

## 4 污染物与污染负荷

4.1 进入生物滤池的污（废）水设计水量应按照 HJ/T 91 和 GB50014 的相关规定确定。

4.2 进入生物滤池的污（废）水应具有较好的可生化性， $\text{BOD}_5/\text{COD}_{\text{Cr}}$  宜大于 0.3，pH 值宜为 6.5~9.5，水温宜为  $12^\circ\text{C}\sim 35^\circ\text{C}$ 。污（废）水营养组合比（ $\text{BOD}_5$ :氮:磷）宜为 100:5:1，且水中不应含对微生物有抑制和毒害作用的污染物。

4.3 当进入生物滤池的污（废）水中含有大颗粒悬浮物、油脂、砂砾、纤维物、影响生化处理的物质时，或进水水质与生活污水水质有较大差异，污（废）水可生化性较差时，应根据进水水质采取适当的预处理或前处理。

4.4 当进水水质、水量波动较大时，应设置调节设施。

4.5 污水处理有除氨氮要求时，进水总碱度（以碳酸钙  $\text{CaCO}_3$  计）/氨氮（ $\text{NH}_3\text{-N}$ ）的比值宜不小于 7.14，且好氧池（区）剩余碱度宜大于 70mg/L，不满足上述条件时宜补充碱度。

4.6 污水处理有脱总氮要求时，反硝化要求进水的易降解碳源  $\text{BOD}_5$ /总凯氏氮比值应大于 4.0，总碱度（以碳酸钙  $\text{CaCO}_3$  计）/氨氮（ $\text{NH}_3\text{-N}$ ）的比值宜不小于 3.6，不满足上述条件时，应合理补充碳源或碱度。

4.7 污水处理有除磷要求时，进水  $\text{BOD}_5$ /总磷的比值不宜小于 17.0。生物滤池中对于出水总磷浓度达不到设计要求时，可采用其他方式除磷，如化学除磷等。

4.8 当无试验资料时，生物滤池污水处理工艺的污染物去除率可参考表 1 计算。

表 1 生物滤池污水处理工艺污染物一般去除率

污水类别	主体工艺	污染物去除率/%					
		悬浮物 (SS)	五日生化需 氧量( $\text{BOD}_5$ )	化学需氧 量( $\text{COD}_{\text{Cr}}$ )	氨氮	总氮	总磷
市政污水	预处理+生物滤池	75~98	80~95	80~90	80~95	50~80 (有缺氧单元或区域)	40~80 (有厌氧单元或区域)
工业废水	前处理+生物滤池	75~98	70~90	70~85	—	—	—

注：根据进水水质、出水要求、工艺流程等，生物滤池处理单元之前可以设置不同的预处理或前处理方式。

## 5 总体要求

5.1 生物滤池污水处理工艺宜适用于城镇污水的二级处理。同时也适用于类似市政污水水质的工业废水的生物处理，作为工业废水处理工艺流程的组成部分。

5.2 生物滤池污水处理工艺可单独应用，也可与其它污水处理工艺组合应用。生物滤池工艺流程的选择应根据不同的进水水质及处理要求，通过技术、经济及环境影响等因素综合分析后确定。

5.3 工程设计应符合 GB50013、GB50014、GB50335 等国家现行的有关标准和技术规范的要求。

5.4 生物滤池法的处理构筑物应根据当地气温和环境等条件，采取防冻、防臭、控制蝇虫和防腐蚀等措施，处理构筑物应符合 GB50069、GB50009 和 GB50191 的有关规定。

5.5 应根据工艺运行要求设置检测与控制系统，实现运行管理自动化。

5.6 在污水处理厂（站）建设、运行过程中产生的废气、污水、废渣、噪声及其它污染物的治理与排放，应执行国家环境保护法规和标准的有关规定，防止二次污染。

5.7 污水处理厂（站）的设计、建设应采取有效的隔声、消声、绿化等降低噪声的措施，噪声和振动控制的设计应符合 GBJ87 的要求，机房内、外的噪声应分别符合 GBZ1 和 GB3096 的规定，厂界噪声应符合 GB12348 的规定。

5.8 建（构）筑物应设置必要的防护栏杆，采取适当的防滑措施，并符合 GB50352 的规定。



- 5.9 污水处理厂（站）区建筑物的防火设计应符合 GB50016 和 GB50222 等规范的规定。
- 5.10 污水处理厂（站）的防洪标准不应低于城镇防洪标准，且有良好的排水条件。
- 5.11 污水处理厂厂址选择和总体布置应符合 GB50014 的相关规定。总图设计应符合 GB50187 的相关规定。
- 5.12 污水处理厂附属建筑和附属设备设计应符合 CJJ31 的规定，抗震设计应符合 GB50011 的规定。
- 5.13 城镇污水处理厂应按照 GB18918 的相关规定安装在线监测系统，其他污水处理工程应按照国家或当地的环境保护管理要求安装在线监测系统。在线监测系统的安装、验收和运行应符合 HJ/T 353、HJ/T 354 和 HJ/T 355 的相关规定。

## 6 低负荷生物滤池工艺设计

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 低负荷生物滤池适用于小规模污（废）水处理，并且根据污（废）水的水质条件，滤池前宜设沉砂池、初次沉淀池或混凝沉淀池、除油池、厌氧水解池等预处理或前处理设施。
- 6.1.2 低负荷生物滤池进水的五日生化需氧量值宜控制在 200mg/L 以下，高于此值时，宜将处理出水回流，以稀释进水有机物浓度。

### 6.2 设计参数及要求

- 6.2.1 低负荷生物滤池的平面形状宜为圆形或矩形。
- 6.2.2 低负荷生物滤池的个数或分格数应不少于 2 个，并按同时工作设计。
- 6.2.3 低负荷生物滤池的滤料应耐腐蚀、强度高、比表面积大、空隙率高，尽可能就地取材。一般宜采用碎石、卵石、炉渣、焦炭等无机滤料。用作滤料的塑料制品应具有较好的抗氧化性能。
- 6.2.4 采用碎石类滤料时，应符合下列要求：
- a) 滤池下层滤料粒径宜为 60mm~100mm，层厚 0.2m；上层滤料粒径宜为 30mm~50mm，层厚 1.3m~1.8m；
  - b) 采用碎石类滤料的滤池处理城市污水或与城市污水水质相近的工业废水时，常温下，水力负荷以滤池面积计，宜为  $1.0\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d}) \sim 3.0\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ；五日生化需氧量容积负荷以滤料体积计，宜为  $0.15\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d}) \sim 0.3\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 。

6.2.5 低负荷生物滤池的布水可采用固定布水系统，由投配池、配水管网和喷嘴三部分组成。借助投配池的虹吸作用，使得布水过程自动间歇进行。喷洒周期一般为 5min~15min。安装在配水管上的喷嘴应该高出滤料表面 0.15m~0.20m，喷嘴口径通常为 15 mm~20mm。

6.2.6 低负荷生物滤池应采用自然通风方式进行供氧，滤池底部空间的高度不应小于 0.6m，沿滤池池壁四周下部应设置自然通风孔，其总面积不应小于池表面积的 1%。

6.2.7 低负荷生物滤池的池底应设 1%~2%坡度坡向集水沟，集水沟以 0.5%~2%的坡度坡向总排水沟，总排水沟的坡度不宜小于 0.5%，并有冲洗底部排水渠的措施。

### 6.3 设计计算

6.3.1 滤料总体积，可按下式计算：

$$V = \frac{Q \cdot S_0}{1000 \cdot L_v} \quad (1)$$

式中：

$V$ ——滤料总体积（堆积体积）， $m^3$ ；

$Q$ ——滤池的设计流量， $m^3/d$ ；

$S_0$ ——滤池进水五日生化需氧量， $mg/L$ ；

$L_v$ ——滤池五日生化需氧量容积负荷， $kgBOD_5/(m^3 \cdot d)$ ，宜为  $0.15kgBOD_5/(m^3 \cdot d) \sim 0.3kgBOD_5/(m^3 \cdot d)$ 。

6.3.2 滤池有效面积，可按下式计算：

$$F = \frac{V}{H} \quad (2)$$

式中：

$F$ ——滤池有效面积， $m^2$ ；

$H$ ——滤料层总高度， $m$ ，宜为  $1.5m \sim 2.0m$ ；

$V$ ——滤料总体积（堆积体积）， $m^3$ 。

6.3.3 用水力负荷校核滤池面积，可按下式计算：

$$q = \frac{Q}{F} \quad (3)$$

式中：

$q$ ——滤池的水力负荷 [ $m^3/(m^2 \cdot d)$ ]，宜为  $1m^3/(m^2 \cdot d) \sim 3m^3/(m^2 \cdot d)$ ；

$Q$ ——滤池的设计流量， $m^3/d$ ；

$F$ ——滤池有效面积， $m^2$ 。

## 7 高负荷生物滤池工艺设计

### 7.1 一般规定

7.1.1 高负荷生物滤池适用于中小规模的污（废）水处理，并且根据污（废）水水质条件，滤池前宜设沉砂池、初次沉淀池或混凝沉淀池、除油池、厌氧水解池等预处理或前处理设施。

7.1.2 宜采用单级滤池系统，如原污水污染物浓度较高且对处理水质要求较高时，可采用两级滤池系统。

7.1.3 高负荷生物滤池进水的五日生化需氧量值应控制在 300mg/L 以下，否则宜用生物滤池处理出水回流，回流比经计算求得。当进水污染物浓度较高或者含有一定的对微生物有毒成分的污（废）水时，也应进行回流。

### 7.2 设计参数及要求

7.2.1 高负荷生物滤池的平面形状宜采用圆形。

7.2.2 高负荷生物滤池宜常采用旋转布水装置。

7.2.3 滤料层和承托层的总高度宜为 2.0m~4.0m。当采用自然通风时，滤料层高度不应大于 2.0m；当滤料层高度超过 2.0m 时，应采取人工强制通风措施。

7.2.4 高负荷生物滤池宜采用碎石或塑料制品作滤料，当采用碎石类滤料时，应符合下列要求：

（1）滤池下层滤料粒径宜为 70mm~100mm，厚 0.2m；上层滤料粒径宜为 40mm~70mm，厚度不宜大于 1.8m；

（2）处理城市污水时，常温下，水力负荷以滤池面积计宜为  $10\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})\sim 36\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ；五日生化需氧量容积负荷以滤料体积计，不宜大于  $1.8\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 。

### 7.3 设计计算

7.3.1 滤料总体积，可按下式计算：

$$V = \frac{Q \cdot S_0}{1000 \cdot L_v} \quad (4)$$

式中：

$V$ ——滤料总体积（堆积体积）， $\text{m}^3$ ；

$Q$ ——滤池的设计流量， $\text{m}^3/\text{d}$ ；

$S_0$ ——滤池进水五日生化需氧量， $\text{mg/L}$ ；

$L_v$ ——滤池五日生化需氧量容积负荷， $\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ，不宜大于  $1.8\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 。

7.3.2 滤池有效面积，可按下式计算：

$$F = \frac{V}{H} \quad (5)$$

式中：

$F$ ——滤池有效面积， $\text{m}^2$ ；

$V$ ——滤料总体积（堆积体积）， $\text{m}^3$ ；

$H$ ——滤池滤料层高度，m。

7.3.3 滤池直径，可按下列式计算：

$$D = 2 \times \sqrt{\frac{F}{n \cdot \pi}} \quad (6)$$

式中：

$D$ ——滤池直径，m；

$F$ ——滤池有效面积， $\text{m}^2$ ；

$n$ ——滤池个数。

7.3.4 回流比，可按下列式计算：

$$R = \left( \frac{F \cdot q}{Q} - 1 \right) \times 100\% \quad (7)$$

式中：

$R$ ——回流比，%；

$F$ ——滤池有效面积， $\text{m}^2$ ；

$q$ ——滤池水力负荷， $\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ ，当  $q < 10 \text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$  时，应该加大回流倍数，使得  $q$  达到  $10 \text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$  以上， $q$  通常在  $10 \text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d}) \sim 36 \text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$  之间；

$Q$ ——滤池的设计流量， $\text{m}^3/\text{d}$ 。

## 8 塔式生物滤池工艺设计

### 8.1 一般规定

8.1.1 塔式生物滤池的处理规模不宜超过  $10000\text{m}^3/\text{d}$ ，并且根据污（废）水的水质条件，滤池前宜设沉砂池、初次沉淀池或混凝沉淀池、除油池、厌氧水解池等预处理或前处理设施。

8.1.2 塔式生物滤池进水的五日生化需氧量应控制在  $500\text{mg/L}$  以下，否则处理出水应回流。

### 8.2 设计参数及要求

8.2.1 塔式生物滤池的平面形状宜采用圆形，宜用砖混、钢筋混凝土或钢板制成。

8.2.2 塔式生物滤池直径宜为  $1.0\text{m}\sim 3.5\text{m}$ ，直径与高度之比宜为  $1:6\sim 1:8$ ；滤料层厚度宜根据试验资料确定，宜为  $8\text{m}\sim 12\text{m}$ 。

8.2.3 塔式生物滤池水力负荷和五日生化需氧量容积负荷应根据试验资料确定。无试验资料时，水力负荷宜为  $80\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})\sim 200\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ ，五日生化需氧量容积负荷宜为  $1.0\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})\sim 3.0\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ 。

8.2.4 塔式生物滤池的滤料应采用轻质材料，可采用的有聚乙烯波纹板、玻璃钢蜂窝和聚苯乙烯蜂窝等。

8.2.5 塔式生物滤池滤料应分层，每层高度不宜大于  $2\text{m}$ ，分层处宜设栅条。滤料层与层的间距宜为  $0.2\text{m}\sim 0.4\text{m}$ 。塔顶宜高出滤料层  $0.5\text{m}$ 。

8.2.6 塔式生物滤池各层应设观察孔、取样孔及人孔，并设置相应的操作平台。

8.2.7 塔式生物滤池宜采用自然通风。当污水含有易挥发的有毒物质时，应采用人工通风，尾气应经处理并达到相关标准后才能排放。

8.2.8 大中型塔式生物滤池的布水装置宜采用旋转布水器，小型滤池宜采用固定多孔管或喷嘴布水。

8.2.9 塔式生物滤池底部应设置集水池，集水池最高水位与最下层滤料底面之间的高度不应小于  $0.5\text{m}$ 。集水池水面以上应沿四周设置自然通风孔，其总面积不应小于池表面积的  $7.5\%\sim 10\%$ 。

### 8.3 塔式生物滤池设计与计算

8.3.1 塔式生物滤池滤料总体积，可按下列公式计算：

$$V = \frac{Q \cdot S_0}{1000 \cdot L_v} \quad (8)$$

式中：

$V$ —— 滤料总体积（堆积体积）， $\text{m}^3$ ；

$Q$ —— 滤池的设计流量， $\text{m}^3/\text{d}$ ；

$S_0$ —— 滤池进水五日生化需氧量， $\text{mg/L}$ ；

$L_v$ —— 滤池五日生化需氧量容积负荷， $\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ，宜为  $1.0\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})\sim$

3.0kgBOD<sub>5</sub>/ (m<sup>3</sup>·d)。

8.3.2 滤池有效面积，可按下式计算：

$$F = \frac{V}{H} \quad (9)$$

式中：

$F$  —— 滤池有效面积，m<sup>2</sup>；

$H$  —— 滤料层总高度，m。

$V$  —— 滤料总体积（堆积体积），m<sup>3</sup>。

8.3.3 滤池直径，可按下式计算：

$$D = 2 \times \sqrt{\frac{F}{n\pi}} \quad (10)$$

式中：

$D$  —— 滤池的直径，m；

$F$  —— 滤池有效面积，m<sup>2</sup>；

$n$  —— 滤池的个数。

8.3.4 用水力负荷校核，可按下式计算：

$$q = \frac{Q}{F} \quad (11)$$

式中：

$q$  —— 滤池的水力负荷，m<sup>3</sup>/ (m<sup>2</sup>·d)，宜为 80 m<sup>3</sup>/ (m<sup>2</sup>·d) ~200m<sup>3</sup>/ (m<sup>2</sup>·d)。如不满足，需采用处理水回流稀释。

$F$  —— 滤池有效面积，m<sup>2</sup>；

$Q$  —— 滤池的设计流量，m<sup>3</sup>/d。

## 9 曝气生物滤池工艺设计

### 9.1 一般规定

9.1.1 根据污（废）水的水质条件，曝气生物滤池前宜设沉砂池、初次沉淀池或混凝沉淀池、除油池、厌氧水解池等预处理或前处理设施，进水的悬浮固体浓度不宜大于 60mg/L。

9.1.2 根据处理污染物不同，曝气生物滤池可分为碳氧化、硝化、后置反硝化或前置反硝化等。碳氧化、硝化和反硝化可在单级曝气生物滤池内完成，也可分别在多级曝气生物滤池内完成。

9.1.3 曝气生物滤池应具备防止滤头堵塞和防止滤料流失的措施。

9.1.4 曝气生物滤池宜以钢筋混凝土筑造为主，并考虑防渗、防漏措施。

9.1.5 曝气生物滤池反冲洗排水应根据处理规模、单格滤池每次反冲洗水量等因素，合理设置反冲洗排水缓冲池。

9.1.6 滤池的进、出水液位差应该根据配水形式、滤速和滤料层水头损失确定，其差值不

宜小于 1.8m。

9.1.7 当曝气生物滤池出水悬浮固体满足后续处理或排放标准要求时，可不设沉淀或过滤设施。

9.2 工艺流程及选择

9.2.1 主要去除污水中含碳有机物时，宜采用单级碳氧化曝气生物滤池（以下简称碳氧化滤池）工艺，工艺流程见图 1。

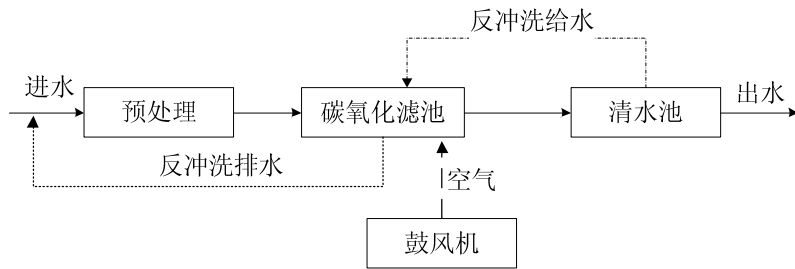


图 1 碳氧化滤池工艺流程

9.2.2 要求去除污水中含碳有机物并完成氨氮的硝化时可采用碳氧化滤池工艺流程，并适当降低负荷；也可采用碳氧化滤池和硝化曝气生物滤池（以下简称硝化滤池）两级串联工艺，工艺流程见图 2。

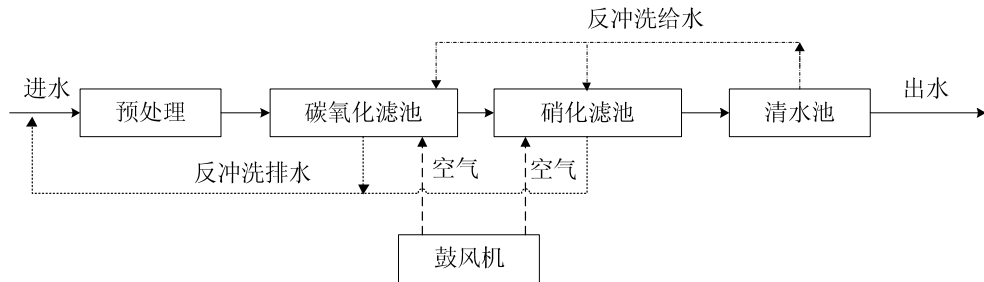


图 2 碳氧化滤池+硝化滤池两级组合工艺流程

9.2.3 当进水碳源充足且出水水质对总氮去除要求较高时，宜采用前置反硝化滤池+硝化滤池组合工艺，见图 3。

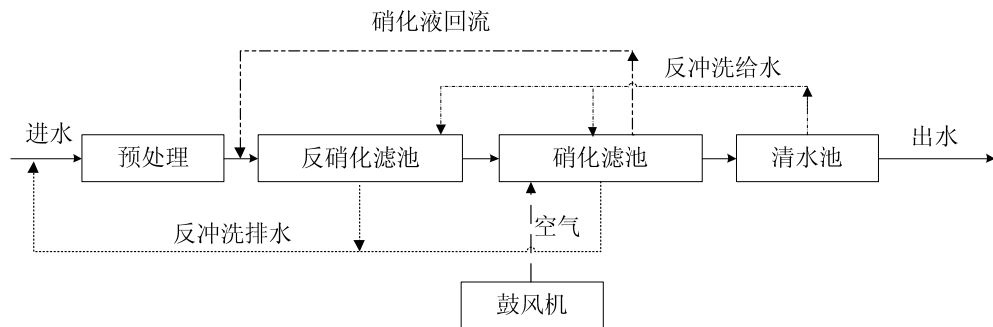


图 3 前置反硝化滤池+硝化滤池两级组合工艺流程

9.2.4 当进水总氮含量高、碳源不足而出水对总氮要求较严时可采用后置反硝化工艺，同时外加碳源，见图 4；或者采用前置反硝化滤池，同时外加碳源，见图 5。前置反硝化的生物滤池工艺中硝化液回流率可具体根据设计  $\text{NO}_3\text{-N}$  去除率以及进水碳氮比等确定。外加碳源的投加量需经过计算确定。

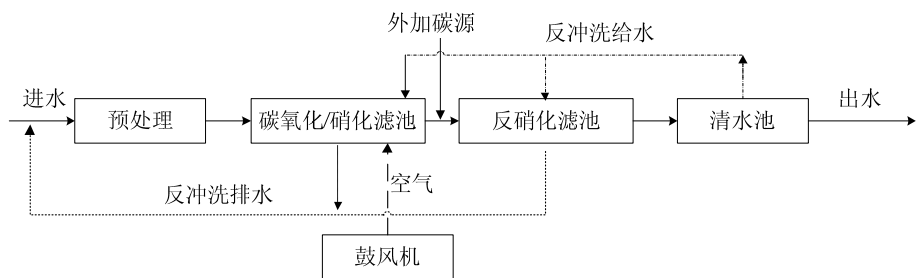


图4 外加碳源后置反硝化滤池两级组合工艺流程

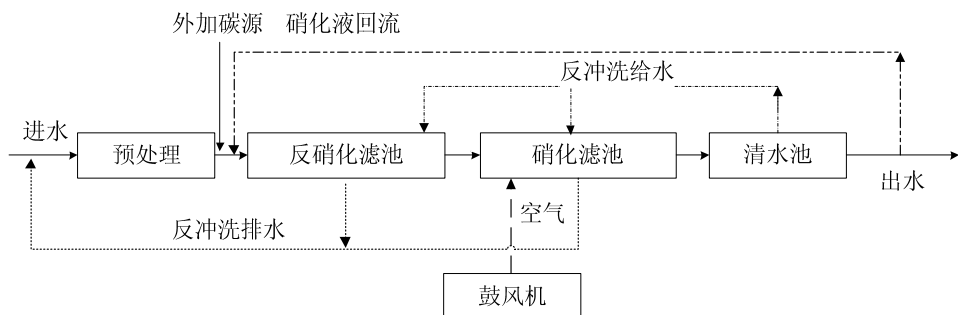


图5 外加碳源前置反硝化滤池两级组合工艺流程

### 9.3 池体设计与计算

#### 9.3.1 一般规定

9.3.1.1 曝气生物滤池宜采用上向流进水。

9.3.1.2 曝气生物滤池的平面形状可采用正方形、矩形或圆形。

9.3.1.3 曝气生物滤池在滤池截面积过大时应分格，分格数不应少于 2 格。单格滤池的截面积宜为  $50\text{m}^2 \sim 100\text{m}^2$ 。

9.3.1.4 曝气生物滤池下部宜选用机械强度高和化学稳定性好的卵石作承托层，并按一定级配布置。

9.3.1.5 出水系统可采用周边出水或单侧堰出水，反冲洗排水和出水槽（渠）宜分开布置。应设置出水堰板等装置，防止反冲洗时滤料流失并且调节出水平衡。

#### 9.3.2 设计参数

9.3.2.1 曝气生物滤池的容积负荷和水力负荷宜根据试验资料确定，无试验资料时，可采用经验数据或按表 2 的参数取值。

表 2 曝气生物滤池工艺主要设计参数

种类	容积负荷	水力负荷（滤速）	空床水力停留时间
碳氧化滤池	$3.0\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d}) \sim 6.0\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$	$2.0\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h}) \sim 10.0\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$	40min~60min
硝化滤池	$0.6\text{kgNH}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d}) \sim 1.0\text{kgNH}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$	$3.0\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h}) \sim 12.0\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$	30min~45min
碳氧化/硝化滤池	$1.0\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d}) \sim 3.0\text{kgBOD}_5/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ $0.4\text{kgNH}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d}) \sim 0.6\text{kgNH}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$	$1.5\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h}) \sim 3.5\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$	80min~100min
前置反硝化滤池	$0.8\text{kgNO}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d}) \sim 1.2\text{kgNO}_3\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$	$8.0\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h}) \sim 10.0\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$	20min~30min



		(m <sup>2</sup> ·h) (含回流)	
后置反硝化滤池	1.5kgNO <sub>3</sub> -N/(m <sup>3</sup> ·d)~3.0kgNO <sub>3</sub> -N/(m <sup>3</sup> ·d)	8.0 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)~12.0 m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> ·h)	20min~30min
注：1. 设计水温较低、进水浓度较低或出水水质要求较高时，有机负荷、硝化负荷、反硝化负荷应取下限值； 2. 反硝化滤池的水力负荷、空床停留时间均按含硝化液回流量确定，反硝化回流比应根据总氮去除率确定。			

9.3.2.2 碳氧化滤池和硝化滤池出水中的溶解氧宜控制为 3.0mg/L~4.0mg/L。

### 9.3.3 池体计算

9.3.3.1 曝气生物滤池池体体积宜按照容积负荷法计算，按水力负荷校核。

9.3.3.2 滤料体积，可按式计算：

$$V = \frac{Q(X_0 - X_e)}{1000L_{VX}} \quad (12)$$

式中：

$V$ ——滤料体积（堆积体积），m<sup>3</sup>；

$Q$ ——设计进水流量，m<sup>3</sup>/d；

$X_0$ ——曝气生物滤池进水  $X$  污染物浓度，mg/L；

$X_e$ ——曝气生物滤池出水  $X$  污染物浓度，mg/L；

$L_{VX}$ —— $X$  污染物的容积负荷，碳氧化、硝化、反硝化时  $X$  分别代表五日生化需氧量、氨氮和硝态氮，取值见表 2，kgX/(m<sup>3</sup>·d)。

注：该公式适用于碳氧化、硝化滤池、反硝化滤池及碳氧化/硝化滤池等类型生物滤池。

9.3.3.3 滤池总截面积，可按式计算：

$$A_n = \frac{V}{H_1} \quad (13)$$

式中：

$A_n$ ——滤池总截面积，m<sup>2</sup>；

$V$ ——滤料体积（堆积体积），m<sup>3</sup>；

$H_1$ ——滤料层高度，m。

9.3.3.4 单格滤池截面积，可按式计算：

$$A_0 = \frac{A_n}{n} \quad (14)$$

式中：

$A_0$ ——单格滤池截面积，m<sup>2</sup>，取值应符合 9.3.1.3 的规定；

$n$ ——滤池格数，个；

$A_n$ ——滤池总截面积，m<sup>2</sup>。

9.3.3.5 水力负荷，可按式计算：

$$q = \frac{Q}{A_n} \quad (15)$$

式中：

$q$ ——水力负荷,  $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ;

$A_n$ ——滤池总截面积,  $\text{m}^2$ ;

$Q$ ——设计进水流量,  $\text{m}^3/\text{d}$ 。

9.3.3.6 滤池总高度为滤料层高度、承托层高度、滤板厚度、配水区高度、清水区高度和滤池超高相加之和。可按下式计算:

$$H=H_1+H_2+H_3+H_4+H_5+H_6 \quad (16)$$

式中:

$H$ ——滤池总高度,  $\text{m}$ ;

$H_1$ ——滤料层高度,  $\text{m}$ , 取值宜为  $2.5\text{m}\sim 4.5\text{m}$ ;

$H_2$ ——承托层高度,  $\text{m}$ , 取值宜为  $0.3\text{m}\sim 0.4\text{m}$ ;

$H_3$ ——滤板厚度,  $\text{m}$ ;

$H_4$ ——配水区高度,  $\text{m}$ , 取值宜为  $1.2\text{m}\sim 1.5\text{m}$ ;

$H_5$ ——清水区高度,  $\text{m}$ , 取值宜为  $0.8\text{m}\sim 1.0\text{m}$ ;

$H_6$ ——滤池超高,  $\text{m}$ , 取值宜为  $0.5\text{m}$ 。

## 9.4 滤料

### 9.4.1 一般规定

9.4.1.1 曝气生物滤池所用滤料应满足如下要求:

- a) 形状规则, 近似球形;
- b) 具有较好的强度; 不易磨损;
- c) 比表面积大;
- d) 亲水性能好;
- e) 不得使处理后的水产生有毒有害成分。

9.4.1.2 曝气生物滤池滤料粒径宜取  $2\text{mm}\sim 10\text{mm}$ 。当采用多个滤池串联时, 对于一级滤池或者反硝化滤池, 宜选用粒径为  $4\text{mm}\sim 10\text{mm}$  的滤料, 对于二级及后续滤池可选用粒径为  $2\text{mm}\sim 6\text{mm}$  的滤料。

9.4.1.3 曝气生物滤池滤料堆积密度宜为  $750\text{kg}/\text{m}^3\sim 900\text{kg}/\text{m}^3$ 。

9.4.1.4 曝气生物滤池滤料比表面积宜大于  $1\text{m}^2/\text{g}$ 。

9.4.1.5 应根据工程实际情况以及用户要求确定曝气生物滤池滤料的有效粒径 ( $d_{10}$ )、不均匀系数 ( $K_{80}$ ) 或均匀系数 ( $K_{60}$ )。

9.4.1.6 小于设计确定的最小粒径、大于设计确定的最大粒径的滤料的量均不应超过 5%(以质量计)。

### 9.4.2 性能参数

滤料相关技术性能参数要求及测定方法可参照 CJ/T43、CJ/T299 的相关规定。

## 9.5 布水布气

### 9.5.1 一般规定

9.5.1.1 曝气生物滤池宜采用小阻力布水系统并宜用专用滤头，在滤料承托层下部设置缓冲配水室。

9.5.1.2 曝气生物滤池专用滤头安装于滤板上，其布置密度应根据工艺特点和滤头性能参数确定，通常不宜小于 36 个/m<sup>2</sup>。

9.5.1.3 曝气生物滤池宜分别设置曝气充氧系统和反冲洗供气系统，曝气量应由计算得到。

9.5.1.4 曝气生物滤池曝气类型宜为鼓风曝气，鼓风曝气系统由曝气风机、布气装置和一系列连通的管道及阀门组成。

9.5.1.5 曝气生物滤池多格并联运行时，供氧风机宜采取一对一布置形式，并设置一定数量的备用风机。风机房装置的设计应符合有关规范规定振动和噪声应符合有关部门规定，机房宜靠近滤池。

9.5.1.6 布气装置可采用单孔膜空气扩散器或穿孔管曝气器，设在承托层或滤料层中，宜采用支架固定或压件固定。

9.5.1.7 布气系统应采取防止水倒流措施。

9.5.1.8 空气扩散器布置密度应根据需氧量要求通过计算后确定。

9.5.1.9 滤池通过配气干管与支管供氧，配气管应根据滤池结构形式合理布置。

### 9.5.2 曝气量计算

9.5.2.1 单位需氧率，可按式计算：

$$q_{Rc} = \frac{a \cdot \Delta S(BOD_5) + b \cdot X_0}{TBOD_5} \quad (17)$$

式中：

$q_{Rc}$ ——单位质量的 BOD<sub>5</sub> 所需的氧量，kgO<sub>2</sub>/kgBOD<sub>5</sub>；

$\Delta S(BOD_5)$ ——曝气生物滤池进水、出水 BOD<sub>5</sub> 浓度差值，mg/L；

$TBOD_5$ ——曝气生物滤池进水 BOD<sub>5</sub> 浓度值，mg/L；

$a$ 、 $b$ ——需氧量系数，kgO<sub>2</sub>/kgBOD<sub>5</sub>。一般， $a$  取 0.82， $b$  取 0.28；

$X_0$ ——曝气生物滤池进水悬浮物浓度值，mg/L。

9.5.2.2 实际需氧量，可按下列公式计算：

$$\text{碳氧化滤池实际需氧量：} \quad R_s = R_c \quad (18)$$

$$\text{硝化滤池实际需氧量：} \quad R_s = R_N \quad (19)$$

$$\text{同步碳氧化/硝化滤池实际需氧量：} \quad R_s = R_c + R_N \quad (20)$$

$$\text{前置反硝化工艺的后置碳氧化滤池实际需氧量：} \quad R_s = R_c + R_N - R_{DN} \quad (21)$$

$$\text{其中：} \quad R_c = \frac{Q \cdot q_{Rc} \cdot TBOD_5}{1000} \quad (22)$$

$$R_N = \frac{4.57 \cdot Q \cdot \Delta S(TKN)}{1000} \quad (23)$$

$$R_{DN} = \frac{2.86 \cdot Q \cdot \Delta S(TN)}{1000} \quad (24)$$

式中：

$R_s$ ——单位时间曝气生物滤池的实际需氧量， $\text{kgO}_2/\text{d}$ ；

$R_c$ ——单位时间内曝气生物滤池去除  $\text{BOD}_5$  的需氧量， $\text{kgO}_2/\text{d}$ ；

$R_N$ ——单位时间内曝气生物滤池氨氮硝化的需氧量， $\text{kgO}_2/\text{d}$ ；

$R_{DN}$ ——单位时间内生物滤池反硝化抵消的需氧量， $\text{kgO}_2/\text{d}$ ；

$Q$ ——设计污水流量， $\text{m}^3/\text{d}$ ；

$q_{rc}$ ——单位质量的  $\text{BOD}_5$  所需的氧量， $\text{kgO}_2/\text{kgBOD}_5$ ；

$TBOD_5$ ——曝气生物滤池进水  $\text{BOD}_5$  浓度值， $\text{mg/L}$ ；

$\Delta S(TKN)$ ——硝化滤池进水、出水凯氏氮浓度差值， $\text{mg/L}$ ；

$\Delta S(TN)$ ——反硝化滤池进水、出水总氮浓度差值， $\text{mg/L}$ ；

4.57——每硝化 1g 氨氮需消耗 4.57g 氧；

2.86——每还原 1g $\text{NO}_3\text{-N}$  可节约 2.86g 氧。

9.5.2.3 水温为  $T$ 、压力为  $P$  时的需氧量，可按下列公式计算：

$$R_0 = \frac{R_s C_{sm}(T)}{\alpha \times 1.024^{T-20} (\beta \rho C_{S(T)} - C_1)} \quad (25)$$

$$C_{sm}(T) = C_{S(T)} \left( \frac{Q_t}{42} + \frac{P_b}{2.026 \times 10^5} \right) \quad (26)$$

$$Q_t = \frac{21 \times (1 - E_A)}{79 + 21 \times (1 - E_A)} \quad (27)$$

$$P_b = P + 9.8 \times 10^3 \times H \quad (28)$$

式中：

$R_0$ ——标准状态下，单位时间曝气生物滤池的需氧量， $\text{kgO}_2/\text{d}$ ；

$R_s$ ——水温为  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) 时，单位时间曝气生物滤池的实际需氧量， $\text{kgO}_2/\text{d}$ ；

$\alpha$ ——氧的传质转移系数，对于生活污水  $\alpha$  值为 0.8；

$\beta$ ——饱和和溶解氧修正系数，对于生活污水  $\beta$  值为 0.9~0.95；

$\rho$ ——修正系数，对于生活污水  $\rho$  值为 1；

$C_{sm}(T)$ ——水温为  $T$  时布气装置在水下深度处至池液面的平均溶解氧值， $\text{mg/L}$ ；

$C_{S(T)}$ ——水温为  $T$  时清水中的饱和和溶解氧浓度， $\text{mg/L}$ ；

$C_1$ ——滤池出水中的剩余溶解氧浓度，宜为 3 $\text{mg/L}$ ~4 $\text{mg/L}$ ；

$T$ ——水温， $^{\circ}\text{C}$ ；

$Q_t$ ——当滤池氧的利用率为  $E_A$  时，从滤池中逸出气体中含氧量的百分数，%；

$P_b$ ——当滤池水面压力为  $P$  时，布气装置安装在滤池液面下  $H$  深度时的绝对压力，Pa；

$E_A$ ——滤池的氧的利用率，%；

$P$ ——滤池水面压力，Pa；

$H$ ——布气装置安装在滤池液面下的深度，m。

9.5.2.4 供气量，可按下式计算：

$$G_s = \frac{R_0}{0.28E_A} \quad (29)$$

式中：

$G_s$ ——鼓风曝气时，标准状态下的供气量， $m^3/d$ ；

$R_0$ ——标准状态下，单位时间曝气生物滤池的需氧量， $kgO_2/d$ ；

$E_A$ ——滤池的氧的利用率，5%~15%；

0.28——标准状态下（0.1MPa、20℃）的每立方米空气中含氧量， $kgO_2/m^3$ 。

## 9.6 反冲洗

9.6.1 曝气生物滤池的反冲洗宜采用气水联合反冲洗，依次按单独气洗、气—水联合冲洗、单独水洗三个过程进行，通过专用滤头布水布气。

9.6.2 反冲洗水宜采用处理后的出水，反洗用水蓄水池应按照滤池单池反洗水量和反洗周期等综合确定。反冲洗周期与滤池负荷、过滤时间及滤池水头损失等相关，通常为 24h~72h。

9.6.3 气水联合反冲洗的冲洗强度及冲洗时间与滤池负荷、过滤时间等有关，可参考表 3 选用。

9.6.4 曝气生物滤池反冲洗排水应根据处理规模、单格滤池每次反冲洗水量等因素，合理设置反冲洗排水缓冲池，缓冲池有效容积不宜小于 1.5 倍的单格滤池反冲洗总水量。

表 3 气水联合反冲洗的冲洗强度及冲洗时间

项目	单独气洗	气水联合冲洗	单独水洗
强度/ $L/(m^2 \cdot s)$	12~25	气：10~15 水：4~6	8~16
时间/min	3~10	3~5	3~10

## 9.7 产泥量

9.7.1 曝气生物滤池产泥量可按照去除有机物后的污泥增加量和去除悬浮物两项之和计算，依据负荷不同而不同，每去除  $1kgBOD_5$  可参考产生污泥量  $0.18kg \sim 0.75kg$  计算。

9.7.2 曝气生物滤池产生的泥水可排入缓冲池，沉淀后可排入滤池之前的沉淀池，整个处理工艺的污泥应合并处理。

## 10 主要工艺设备和材料

10.1 生物滤池法的关键设备和材料主要包括：水泵、污泥泵、鼓风机、曝气机械和布气装置、固定布水器、旋转布水器、滤料、滤头、滤板、各类阀门、管道等。

10.2 所有关键设备和材料均应从工程设计、采购、施工安装、调试验收、运行维护等环节给予严格控制，选择满足工艺要求、符合相应标准的产品。

10.3 水泵、污泥泵应选用节能型，机械密封应无渗漏；鼓风机应优先选用低噪声、低能耗、高效率的产品。

10.4 单级高速离心鼓风机、罗茨鼓风机应分别符合 HJ/T278 和 HJ/T251 的规定；曝气器应符合 HJ/T252 的规定；潜水排污泵应符合 HJ/T336 的规定；细格栅应符合 HJ/T250 的规定；加药装置应符合 HJ/T369 的规定。

10.5 曝气生物滤池的专用滤头应具有防堵可拆洗功能，滤头缝隙应保证滤料不从缝隙中流失。

10.6 曝气生物滤池的配气管应由耐腐蚀、耐高温且韧性强度较好的材料制造。

10.7 曝气生物滤池的滤板宜采用钢筋混凝土或钢制结构，滤板上滤头滤帽缝隙总面积与滤池过滤面积之比宜在 1.2%~2.4%之间。

10.8 曝气生物滤池的滤板采用钢筋混凝土结构时宜选用分体式拼装滤板，并应具有合适的承载强度、水平精度和抗腐蚀性，滤板接缝应采用密封性能好的填充材料密封；在采取足够的措施，满足安装和维护条件下可采取整体现浇结构。

## **11 检测与过程控制**

### **11.1 一般要求**

11.1.1 污水处理生物滤池运行应进行检测和控制，并配置相关的检测仪表和控制装置。

11.1.2 生物滤池的设计应根据工程规模、工艺组合流程、运行管理要求确定检测和控制的内容。

11.1.3 检测仪表和自动化控制系统应保证生物滤池的运行安全可靠、便于运行、改善劳动条件和提高科学管理水平。

11.1.4 计算机控制管理系统宜兼顾现有、新建和规划要求。

11.1.5 参与控制和管理的机电设备应设置工作与事故状态的检测装置。

### **11.2 过程检测**

11.2.1 预处理单元宜设 pH 计、液位计、悬浮物在线测定仪和流量计等。

11.2.2 曝气生物滤池宜设置氨氮、溶解氧、悬浮物及 pH 值在线测定仪。

11.2.3 曝气生物滤池中宜设置感压装置，以测量滤料层上下之间的压差及滤池下部配水室内的压力。

### **11.3 过程控制**

11.3.1 采用生物滤池污（废）水处理工艺的宜采用集中监视、分散控制的自动控制系统，工艺设备的控制一般设置现场、PLC 及中控室控制。

11.3.2 曝气生物滤池宜配备反冲洗及相关控制程序。对于前置反硝化工艺，应能根据进水负荷自动调节回流比和曝气量；当需要外加碳源时或化学除磷时，应能自动计量外加碳源投加量或混凝剂/助凝剂的投加量。

11.3.3 生物滤池控制系统应具备机电设备事故状态下的安全控制功能。

## 11.4 计算机控制管理系统

11.4.1 计算机控制管理系统应具有数据采集、处理、控制、管理和安全保护功能。

11.4.2 计算机控制系统的设计应符合下列要求：

- a) 宜对控制系统的监测层、控制层和管理层做出合理配置；
- b) 应根据工程具体情况，经技术经济比较后选择网络结构和通信速率；
- c) 对操作系统和开发工具要从运行稳定、易于开发、操作界面方便等多方面综合考虑；
- d) 根据企业需求和相关基础设施，宜对企业信息化系统做出功能设计；
- e) 厂（站）级中控室应就近设置电源箱，供电电源应为双回路，直流电源设备应安全可靠；
- f) 厂（站）级控制室面积应视其使用功能设定，并应考虑今后的发展；
- g) 防雷和接地保护应符合国家现行标准的要求。

## 12 主要辅助工程

### 12.1 供电系统

- 12.1.1 供配电系统设计应符合 GB50052 的规定。
- 12.1.2 工艺装置的用电负荷应为二级负荷。
- 12.1.3 应将工艺装置按处理系列分设为双变电系统。
- 12.1.4 工艺装置的高、低压用电电压等级应与供电电网一致。
- 12.1.5 工艺装置的中央控制室的仪表电源应配备在线式不间断供电电源设备（UPS）。
- 12.1.6 工艺装置的接地系统宜采用三相五线制（TN-S）系统。

### 12.2 配电设备

- 12.2.1 变电所低压配电室的配电设备布置，应符合 GB50053 和 GB50054 的规定。
- 12.2.2 工艺装置的变、配电室宜设在负荷较集中的鼓风机房附近。
- 12.2.3 工艺装置的污泥泵等现场控制设备应采用户外防腐、防雨型控制箱，安装在操作平台上便于手动控制。
- 12.2.4 反应池进气管上的阀门等控制设备宜选用防腐、防潮型电气设备。

### 12.3 二次线

- 12.3.1 工艺线上的电气设备宜在中央控制室控制，并纳入工控机系统。
- 12.3.2 电气系统的控制水平应与工艺水平相一致，宜纳入计算机控制系统，也可采用强电控制。

### 12.4 给水、排水和消防

- 12.4.1 当排水条件允许时生物滤池系统宜采用重力流排放。
- 12.4.2 生物滤池系统所在范围的雨水排除应符合 GB50014 的有关规定。
- 12.4.3 生物滤池系统相关设施中消防设计应符合 GB50013、GB50016、GB50222 的有关规定，根据规定配置消防器材。

## 12.5 采暖通风

12.5.1 地下构筑物应有通风设施。

12.5.2 在寒冷地区，处理构筑物应有防冻措施。当采暖时，处理构筑物室内温度可按 5℃ 设计；加药间、化验室和操作室等的室内温度可按 15℃ 设计。

## 12.6 建筑与结构

12.6.1 建筑物应符合 GB50352、GB50011 和 CJJ31 的有关规定。

12.6.2 处理水池等构筑物应设排空设施，排出的水应流入进水井或调节池重新处理。

## 13 施工与验收

### 13.1 一般规定

13.1.1 工程设计、施工单位应具有国家或行业规定的相应的工程设计、施工资质。

13.1.2 应按工程设计图纸、技术文件、设备图纸等组织工程施工，工程的变更应取得设计单位的设计变更文件后再实施。

13.1.3 施工前，应进行施工组织设计或编制施工方案，明确施工质量负责人和施工安全负责人，经批准后方可实施。

13.1.4 施工过程中，应作好材料设备、隐蔽工程和分部分项工程等中间环节的质量验收；隐蔽工程应经过单项验收合格后，方可进行下一道工序施工。

13.1.5 工程整体质量验收应符合 GB50334 的规定；管道工程的施工和验收应符合 GB50268 的规定；混凝土结构工程的施工和验收应符合 GB50204 的规定；构筑物的施工和验收应符合 GB50141 的规定；钢结构工程施工和验收应符合 GB50205 的规定；设备安装等施工和验收应符合 GB50275、GB50231 的规定。

13.1.6 施工使用的材料、半成品、部件应符合国家现行标准和设计要求，并取得供货商的合格证书或检测报告。

13.1.7 工程施工现场供用电安全应符合 GB50194 的规定。

13.1.8 工程项目验收应按照《建设项目（工程）竣工验收办法》和《建设项目环境保护竣工验收管理办法》的要求进行。

13.1.9 工程竣工验收后，建设单位应将有关设计、施工和验收的文件立卷归档。

### 13.2 土建施工

13.2.1 大中型滤池宜采用钢筋混凝土结构，土建施工应重点控制池体的结构强度、抗浮处理、地基处理、池体抗渗处理，满足设备安装对土建施工的要求。

13.2.2 在进行结构设计时应充分考虑池体的抗浮，施工过程中应计算池体的抗浮稳定性及各施工阶段的池体自重与水的浮力之比，检查池体能否满足抗浮要求。

13.2.3 需要在软弱地基上施工、且构筑物荷载不大时，应采取适当的措施对地基进行处理，必要时可采用桩基。

13.2.4 施工过程中应加强建筑材料和施工工艺的控制，杜绝出现裂缝和渗漏。出现渗漏



处，应会同设计等有关方面确定处理方案，彻底解决问题。

13.2.5 土建施工前应认真阅读设计图纸和设备安装对土建的要求，了解预留孔、预埋件的准确位置和做法，对有高程和平面位置要求的设备基础要严格控制及设备要求的误差范围内。

13.2.6 模板、钢筋、钢筋混凝土分项工程应严格执行 GB50204 规定，并符合以下要求：

- (1) 模板架设应有足够强度、刚度和稳定性，表面平整无缝隙，尺寸正确；
- (2) 钢筋规格、数量准确，绑扎牢固应满足连接要求，无锈蚀；
- (3) 钢筋混凝土配合比、抗渗性能、预防碱集料反应、施工缝设置、伸缩缝设置、设备基础预留孔及预埋螺栓位置均应符合规范和设计要求，冬季施工应有保温防冻等相应措施。

13.2.7 现浇钢筋混凝土水池施工允许偏差应符合表 4 有关规定：

表 4 现浇钢筋混凝土水池施工允许偏差

编号	项目		允许偏差/mm
(1)	轴线位置	底板	15
		池壁、柱、梁	8
(2)	高程	垫层、底板、池壁、柱、梁	±10
(3)	平面尺寸（混凝土底板和池体长、宽或直径）	L≤20m	±20
		20m<L≤50m	±L/1000
		50m<L≤250m	±50
(4)	截面尺寸	池壁、柱、梁、顶板	+10 -5
		洞、槽、沟净空	±10
(5)	垂直度	H≤5m	8
		5m<H≤20m	1.5H/1000
(6)	表面平整度（用 2m 直尺检查）		10
(7)	中心位置	预埋件、预埋管	5
		预留洞	10

注：1. 表中 L 为底板和池体的长、宽或直径；H 为池壁、柱的高度。

2. 若设备对钢筋混凝土水池施工允许偏差有特殊要求，以设备要求为准。

13.2.8 处理构筑物应根据当地气温和环境条件，采取防冻措施。

### 13.3 曝气生物滤池滤板施工

曝气生物滤池滤板施工应符合 CECS265 相关规定。

### 13.4 曝气生物滤池的滤头施工

13.4.1 滤头安装前应检查滤板预埋套管内有无杂物堵塞，如有应清理干净，但不得损坏套管内螺纹。

13.4.2 滤头安装完成后，应进行布水、布气均匀性及接口气密性检查。

### 13.5 曝气生物滤池的曝气系统和反冲洗配气管施工

- 13.5.1 曝气系统安装前，应检查和清扫曝气管路及空气扩散器。
- 13.5.2 空气扩散器膜孔安装方向应竖直对向滤板，曝气支管与主管的连接应牢固、密封。
- 13.5.3 安装曝气系统时应避免损坏滤头，曝气系统安装完成后应进行曝气均匀性试验，合格后方可进行卵石和滤料填装。
- 13.5.4 应在滤梁浇注完成后安装反冲洗配气管，安装应水平牢固，各配气支管顶面应在同一水平面上，距滤板底面距离不宜大于 50mm。滤池滤梁浇注前应将反冲洗配气管吊入池内，浇注滤梁时应对反冲洗配气管进行保护。

### 13.6 设备安装与试车

- 13.6.1 设备基础的混凝土标号、基面位置高程应符合说明书和技术文件规定。
- 13.6.2 混凝土基础应平整坚实，并根据设备要求采取隔振措施。
- 13.6.3 预埋件水平度及平整度应符合相关规定。
- 13.6.4 地脚螺栓应按照原机出厂说明书的要求预埋，位置应准确，安装应稳固。
- 13.6.5 安装好的机械应严格符合外形尺寸的公称允许偏差，不允许超差。
- 13.6.6 设备电气接线与仪表自控接线应符合 GB50054 及设备和仪表技术说明书的要求。
- 13.6.7 设备安装完成后应根据需要进行手动盘车、无负荷试车和有负荷试车，重要设备首次启动应有制造商代表在场。
- 13.6.8 各种机电设备安装后试车应满足下列要求：
- a) 启动时应按照标注箭头方向旋转，启动运转应平稳，运转中无振动和异常声响；
  - b) 运转啮合与差动机构运转应按产品说明书的规定同步运行，没有阻塞、碰撞现象；
  - c) 运转中各部件应保持动态所应有的间隙，无抖动晃摆现象；
  - d) 试运转用手动或自动操作，设备全程完整动作 5 次以上，整体设备应运行灵活，并保持紧张状态；
  - e) 运转过程中设备检测电流、电压值符合相关技术说明书要求；
  - f) 各限位开关运转中动作及时，安全可靠；
  - g) 电机运转中温升在正常值内；
  - h) 各部轴承注加规定润滑油，应不漏、不发热。

### 13.7 工程验收

- 13.7.1 生物滤池工程验收包括单项验收和竣工验收；单项验收应由施工单位会同建设单位、设计单位、监理单位共同进行；竣工验收应由建设单位组织施工、设计、监理、勘察、管理及有关单位联合进行，监督部门进行程序监督。
- 13.7.2 单项验收包括单位工程主要部位工程质量验收、单位工程质量验收、设备安装工程单机及联动试运转验收、交工验收、通水试运行验收。单项验收时应按相应的标准进行检验，并填写单项验收记录。
- 13.7.3 水池土建施工完成后应按照 GB50141 的规定进行满水试验，地面以下渗水量应符合设计规定，最大不得超过  $2\text{L}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。

13.7.4 泵站和风机房等都应按设计的最多开启台数作 48h 运转试验，水泵和污泥泵的流量和机组功率应作测定，有条件的应测定其特性曲线。

13.7.5 曝气系统安装应平整牢固、布置均匀，曝气头应无漏水现象，曝气管内应无杂质，曝气量应满足设计要求，曝气稳定均匀。

13.7.6 闸门、闸阀不得有漏水现象。

13.7.7 排水管道应做闭水试验，上游充水管保持在管顶以上 2m，外观检查应 24h 无漏水现象。

13.7.8 空气管道应做强度和气密性试验，24h 压力降不得超过允许值。

13.7.9 竣工验收应提供以下资料：

- a) 施工图及设计变更文件；
- b) 主要材料和制品的合格证或试验记录；
- c) 施工测量记录；
- d) 混凝土、砂浆、焊接及水密性、气密性等试验、检验记录；
- e) 施工记录；
- f) 单项验收记录；
- g) 工程质量检验评定记录；
- h) 工程质量事故处理记录。

13.7.10 竣工验收时应核实竣工验收资料，进行必要的复查和外观检查，并对下列项目做出鉴定，填写竣工验收鉴定书。竣工验收鉴定书应包括以下项目：

- a) 构筑物的位置、高程、坡度、平面尺寸，设备、管道及附件等安装的位置和数量；
- b) 结构强度、抗渗、抗冻的等级；
- c) 构筑物的严密性；
- d) 外观，构筑物的裂缝、蜂窝、麻面、露筋、空鼓、缺边、掉角以及设备、外露的管道安装等是否影响工程质量。

### 13.8 竣工环境保护验收

13.8.1 生物滤池竣工环境保护验收应按《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的规定进行。

13.8.2 生物滤池验收前应结合试运行进行性能试验，试验报告可作为环境保护验收的重要参考，性能试验内容包括：

- a) 统计进出水量、用电量和各分项用电量；
- b) 进出水水质检测分析；
- c) 测定处理效率、运转率；
- d) 计算经济指标：COD<sub>Cr</sub> 或 BOD<sub>5</sub> 去除总量、去除单位 COD<sub>Cr</sub> 或 BOD<sub>5</sub> 的能耗（kW·h/kgCOD<sub>Cr</sub> 或 BOD<sub>5</sub>）、污水处理成本（元/kgCOD<sub>Cr</sub> 或 BOD<sub>5</sub>）、剩余污泥量。

## 14 运行与维护

### 14.1 一般规定

- 14.1.1 生物滤池法污水处理设施的运行、维护及安全管理参照 CJJ60 执行。
- 14.1.2 运行管理应配备专业人员和设备。
- 14.1.3 运行前应制定设备台账、运行记录、定期巡视、交接班、安全检查等管理制度，以及各岗位的工艺系统图、操作和维护规程等技术文件。
- 14.1.4 操作人员应熟悉处理工艺技术指标和设施、设备的运行要求；经过技术培训和生产实践，并考试合格后方可上岗。
- 14.1.5 岗位的工艺系统图、操作和维护规程等应示于明显部位，运行人员应按规程进行系统操作，并定期检查构筑物、设备、电器和仪表的运行情况。
- 14.1.6 工艺设施和主要设备应编入台帐，定期对各类设备、电气、自控仪表及建（构）筑物进行检修维护，确保设施稳定可靠运行。
- 14.1.7 运行人员应遵守岗位职责，坚持做好交接班和巡视。
- 14.1.8 应定期检测进出水水质，并定期对检测仪器、仪表进行校验。
- 14.1.9 运行中应严格执行经常性的和定期的安全检查，及时消除事故隐患，防止事故发生。
- 14.1.10 岗位人员在运行、巡视、交接班、检修等生产活动中，应做好相关记录。

### 14.2 水质检验

- 14.2.1 化验检测人员应经培训后持证上岗，并应定期进行考核和抽检。
- 14.2.2 水质化验检测方法应符合 GB8978、CJ/T51 的规定，污泥检验方法应符合 CJ/T221 的规定。
- 14.2.3 正常运行检测的项目和频率应符合 CJJ60 的规定。

### 14.3 运行控制

- 14.3.1 应加强预处理前处理工序的管理，严格控制生物滤池进水中有机物和悬浮物浓度。
- 14.3.2 应保证生物滤池布气和布水均匀。
- 14.3.3 应定期对曝气器进行检修，强化对滤池的鼓风量以及滤池曝气管路阀门的控制。
- 14.3.4 应根据实际的进水水质、水量和实际运行经验，确定反冲洗所需流速及持续时间、反冲洗周期和方式，对反冲洗过程进行严格控制，提高滤池的反冲洗质量。
- 14.3.5 采用手动控制时，应注意以下方面：
  - a) 反硝化滤池正常工作运行过程中，应根据具体情况，通过控制各进水阀门，调整进水量，确保滤池在工艺设计工况下运行；根据进水水质和水量的变化及时调整药剂投加量，以保证稳定的出水水质。
  - b) 因水温、水质或运行方式的变化而导致出水有机物、氨氮和硝酸盐等浓度升高时，应及时分析原因，针对具体情况，调整系统运行工况，采取措施恢复正常运行。
  - c) 为保证滤池的正常运行，应及时对滤池进行反冲洗，反冲洗时应经常观察反冲洗出

水中污泥颜色、状态、气味等。

14.3.6 采用自动控制时，应注意以下方面：

- a) 自控系统运行前和运行中均需保证系统中设备的正常运行。
- b) 保证自控系统中设置的参数准确无误，并根据滤池运行情况，对参数的设置进行调整。
- c) 滤池在运行中若出现故障，应及时停电检修。故障排除后，首先进行反冲洗运行，而后进入正常工作状态。

#### 14.4 维护保养

14.4.1 操作人员应严格执行设备操作规程，定时巡视设备运转是否正常，包括温升、响声、振动、电压、电流等，发现问题应尽快检查排除。

14.4.2 应保持设备各运转部位的润滑状态，及时添加润滑油及除锈；发现漏油、渗油情况，应及时解决。

14.4.3 根据实际情况，滤料需及时补充，并应及时检查滤头损坏情况。

14.4.4 应定期检查及更换不合格的零部件和易损件。

14.4.5 应做好设备维修保养记录。

14.4.6 应对使用与备用的鼓风机和阀门定期进行维护保养。

14.4.7 应对控制系统定期进行维护保养，并根据实际水质水量情况对自控系统进行改进完善。

14.4.8 应定期对滤池的滤头进行检修和清理，检修前务必做好滤池底部的通风、换气、照明、预防等准备工作，检修过程应严格按照安全规程进行，要特别注意人身的安全，防止伤害事故发生。

---