中国工程建设标准化协会标准

**曝气生物滤池工程技术规程**

Technical Specification for biological aerated filter engineering

（征求意见稿）

中国计划出版社

中国工程建设标准化协会标准

曝气生物滤池工程技术规程

Technical specification for biological aerated filter engineering

CECS 265

主编单位：中国市政工程华北设计研究总院有限公司

安徽华骐环保科技股份有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期： 2023年 X月 X日

中国计划出版社

2023北京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2021年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2021]11号）的要求，编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订本标准。

本标准共分7章，主要内容包括：总则、术语和符号、总体设计、工艺设计、检测和控制、施工和验收、运行与维护等。

本标准是对《曝气生物滤池工程技术规程》T/CECS 265 : 2009的修订。

本次修订内容主要包括：

1. 调整并规范了部分术语。并增加了术语“异养反硝化”、“自养反硝化”、“混合营养反硝化”、“除磷生物滤池”、“硝化反硝化生物滤池”、“双层滤料生物滤池”、“布水布气系统”、“曝气系统”、“反冲洗系统”；
2. 调整了部分工艺设计参数。对“单格滤池面积”、“滤料填装高度H0”、“清水区高度”、以及“滤池表面水力负荷（滤速）”等设计参数进行了调整；
3. 增加并调整了部分检测和控制内容。增加了滤池液位、工艺段水质检测、及检测点的设置要求；
4. 增加并调整了部分滤板、曝气器施工和安装内容。

本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会城市给水排水专业委员会归口管理，由中国市政工程华北设计研究总院有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给中国市政工程华北设计研究总院有限公司（地址：天津市南开区卫津南路奥体道钻石山星城33号楼5楼；邮编：300381；genganfeng06@cemi.com.cn）。

主编单位：中国市政工程华北设计研究总院有限公司

安徽华骐环保科技股份有限公司

参编单位：上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司

安徽工业大学（生物膜法水质净化及利用工程教育部研究中心）

江苏海峡环保科技发展有限公司

威立雅水务工程(北京)有限公司

江苏京源环保科技股份有限公司

金山环保有限公司

中建生态环境集团有限公司

浙江德安科技股份有限公司

苏伊士水务工程有限责任公司

福州城建设计研究院有限公司

江苏省五环水务工程有限公司

主要起草人：耿安锋 郑 俊 徐文征 丁 磊 裴 坚

平文凯 李武林 张云富 张志和 俞建德

籍文法 卓 雄 李海明 孟 涛 程晓玲

邹伟国 孟冠华 杨 冠 唐孝国 范青如

刘晓静 陈 炜 曹 霞 廖友祥 李 江

顾 坚 郑 杰 沈翼军 张 伟 丁 颖

贾伯林 张 翀 盛谨文 胡兴桥 陈寿彬

主要审查人：

中国工程建设标准化协会

2023年X 月 X日

**目 次**

[1 总 则 1](#_Toc7983)

[2 术语和符号 2](#_Toc1736)

 [2.1 术语 2](#_Toc14961)

 [2.2 符号 5](#_Toc22346)

[3 总体设计 7](#_Toc13901)

 [3.1 一般规定 7](#_Toc5365)

 [3.2 工艺流程 8](#_Toc31687)

[4 工艺设计 12](#_Toc18489)

 [4.1 一般规定 12](#_Toc6279)

 [4.2池型选择 12](#_Toc27487)

 [4.3 设计参数 16](#_Toc10233)

 [4.4滤池设计 18](#_Toc13998)

 [4.5反冲洗系统 24](#_Toc13905)

[5 检测和控制 25](#_Toc28071)

 [5.1 一般规定 25](#_Toc31124)

 [5.2 检测 25](#_Toc5355)

 [5.3 控制 25](#_Toc18107)

[6 施工、调试和验收 26](#_Toc8766)

 [6.1 一般规定 26](#_Toc1932)

 [6.2 施工 26](#_Toc20493)

 [6.3 调试 29](#_Toc28859)

 [6.4 验收 30](#_Toc17879)

[7 运行和维护 31](#_Toc10168)

 [7.1 一般规定 31](#_Toc32618)

 [7.2 运行 32](#_Toc23941)

 [7.3 维护管理 32](#_Toc15381)

[本规程用词说明 33](#_Toc31854)

[引用标准名录 34](#_Toc4918)

[附：条文说明 35](#_Toc17305)

Contents

1 General Provisions 1

2 Terms and Symbols 2

2.1 Terms 2

2.2 Symbols 3

3 Process Flow 6

3.1 General Regulations 6

3.2 Choice of Process Flow 6

4 Design 9

4.1 General Regulations 9

4.2 Structure of Ceramisite Media Filter 10

4.3 Lightweight Media Filter 11

4.4 Designed Parameter 12

4.5 Design Calculations 13

5 Detection and Control 21

5.1 General Regulations 21

5.2 Detection 21

5.3 Control 21

6 Construction and Installation 22

6.1 Preparation for Construction 22

6.2 Construction of Backwashing Pipe for Gas Distributing 22

6.3 Construction of Filter Plate 22

6.4 Construction of Filter Head 22

6.5 Construction of Aerating System 22

6.6 Gravel and Biological Filter Media Filling in Filter 23

7 Debugging and Running 24

7.1 Explanation of Wording in This Specification 25

7.2 List of Quoted Standards 25

7.3 Attached：Explanation of Standard 26

**1 总 则**

1.0.1 为规范曝气生物滤池的设计、施工、安装、调试及运行，做到安全可靠、经济合理、技术先进、保障工程质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于采用曝气生物滤池工艺的城镇污水处理、再生水处理、工业废水处理、微污染水处理工程。

1.0.3曝气生物滤池污水处理工程设计、施工等除应符合本规程的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 2 术语和符号

## 2.1 术语

2.1.1 曝气生物滤池 biological aerated filter

污水生物膜法处理的一种工艺技术，简称BAF。池内填装颗粒状生物滤料作为生物膜载体形成固定床，对污染物进行吸附、氧化、分解和截留过滤，可使污水净化。根据曝气生物滤池内部需氧浓度不同，选择是否设置曝气系统。曝气生物滤池根据功能不同，具体分为碳氧化曝气生物滤池、硝化曝气生物滤池、反硝化生物滤池、碳氧化/部分硝化曝气生物滤池、硝化反硝化生物滤池和除磷生物滤池。

2.1.2 碳氧化曝气生物滤池 biological aerated filter for carbon removal（C）

在好氧条件下，以降解污水中含碳有机物为目的的生物滤池。

2.1.3 硝化曝气生物滤池 biological aerated filter for nitrification（N）

在好氧条件下，以对污水中的氨氮进行硝化为目的的生物滤池。

2.1.4 碳氧化/部分硝化曝气生物滤池 biological aerated filter for carbon removal and partial nitrification（C/N）

在好氧条件下，降解污水中含碳有机物并对氨氮进行部分硝化的生物滤池。

2.1.5 反硝化生物滤池 biological aerated filter for denitrification（DN）

在厌氧或缺氧条件下，以对污水中硝态氮进行反硝化为目的的生物滤池。

注：根据电子供体不同，脱氮机理具体分为异养反硝化、自养反硝化和混合营养反硝化。

2.1.6 异养反硝化 heterotrophic denitrification

异养反硝化细菌利用有机物（如甲醇、乙酸、乙酸钠等）作为能源和电子供体，把硝态氮转化为氮气等气体的过程。

2.1.7 自养反硝化 autotrophic denitrification

自养反硝化细菌利用无机碳（如CO32-、HCO3-等）作为能源,以无机物（如S2-、S2O32-、Fe、Fe2+、H2以及NH4+等）作为电子供体，把硝态氮转化为氮气等气体的过程。

2.1.8 混合营养反硝化 combined heterotrophic and autotrophic denitrification

反硝化细菌以有机物和还原态无机物作为能源和电子供体，同时进行异养和自养反硝化的过程。

2.1.9 除磷生物滤池 biological aerated filter（P）

在厌氧/好氧交替条件下，通过聚磷菌的厌氧释磷和好氧吸磷以去除污水中总磷为目的的生物滤池。

2.1.10 硝化反硝化生物滤池biological aerated filterfor simultaneous nitrification and denitrification (NDN)

在同一池体内通过曝气位置的设置对污水中的氨氮进行硝化和反硝化为目的的生物滤池。

2.1.11 双层滤料生物滤池biological aerated filter (DUO)

带有双层滤料的曝气生物滤池。

2.1.12 生物滤料 filter material

滤料是曝气生物滤池中微生物固着栖息、繁殖生长的载体，同时对污水中的悬浮物具有物理截留过滤作用，一般分重质滤料和轻质滤料两种。

2.1.13 单孔膜空气扩散器 monocular membrane air diffuser

曝气生物滤池中曝气供氧的一种空气扩散装置，按一定间距安装在陶粒滤料层中下部。单孔膜空气扩散器的布置密度应根据工艺所需总供气量及单个曝气器额定通气量经计算后确定。

2.1.14 长柄滤头 long-handled filter head

安装在曝气生物滤池中下部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。污水通过长柄滤头被均匀布置在滤池截面上并均匀流过滤料层，长柄滤头应为大缝隙防堵塞专用滤头。

2.1.15 滤板 support board

一种具有一定承载强度和水平精度要求的托板，起固定长柄滤头和承载滤料荷载的作用，工程中一般宜选用钢筋混凝土或钢结构形式。

2.1.16 布水布气系统 distribution system

曝气生物滤池中，由承托滤板、长柄滤头组成，与配水渠、配水管联用时作为正常布水装置，与反冲洗系统联用时作为反冲洗时的配水、配气装置。

2.1.17 曝气系统 process aeration system

曝气生物滤池中，由曝气鼓风机、曝气分配管路、单孔膜空气扩散器组成的曝气供氧装置。

2.1.18 反冲洗系统 backwash system

曝气生物滤池中，由反冲洗风机、反冲洗水泵、反冲洗配气管、反冲洗配水管组成的反冲洗装置。

2.1.19 栅型稳流板stilling plate

设置在滤池出水堰处减少滤料流失并且调节出水平衡的装置。应选用强度高、性能稳定、抗老化性好、无毒、耐腐蚀的材料。

2.1.20 五日生化需氧量容积负荷 BOD5 volumetric loading rate

曝气生物滤池中，每立方米滤料有效容积单位时间内所能接受的五日生化需氧量，一般以kgBOD5/（m3·d）为单位。

2.1.21 硝化容积负荷 nitrification volumetric loading rate

曝气生物滤池中，每立方米滤料有效容积单位时间内硝化的氨氮量，一般以kgNH4-N/（m3·d）为单位。

2.1.22 反硝化容积负荷 denitrification volumetric loading rate

反硝化生物滤池中，每立方米滤料有效容积单位时间内反硝化的硝态氮量，一般以kgNO-x-N/（m3·d）为单位。

2.1.23 有效容积 effective volume

生物滤池中滤料所占的容积。

2.1.24 水力停留时间 hydraulic retention time

曝气生物滤池中，污水在生物滤料层所占容积的平均停留时间，以小时（h）表示。又称空床停留时间。

2.1.25 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L/(m2·s）为单位。

2.1.26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。

## 2.2 符号

——滤池总面积；

——单格滤池面积；

——进、出滤池的浓度差值；

——反硝化滤池进、出水硝酸盐氮浓度差值；

——设计水温为T℃时，混合液溶解氧饱和浓度的平均值；

—-设计水温为T℃时，清水中饱和溶解氧浓度值；

——进、出硝化滤池凯氏氮浓度差值；

— 反硝化滤池进、出水总氮浓度差值；

——滤池出水溶解氧浓度；

——滤池系统氧利用率；

——标准状态下总供气量；

——生物滤池总高度；

——滤料填装高度；

——空气扩散器在水面下的深度；

——承托层高度；

——缓冲配水区高度；

——清水区高度；

——超高；

——滤板厚度；

——反硝化过程产生的碱度；

——滤池格（座）数；

——空气扩散器处的绝对压力；

——滤池水面处的大气压；

——滤池水力表面负荷；

——容积负荷；

——硝化容积负荷；

——反硝化容积负荷；

——设计污水流量；

——设计污水流量与硝化液回流量之和；

——滤池逸出气体含氧百分率；

—— 硝化液回流比；

——去除单位质量BOD5的需氧量；

——每日去除BOD5的需氧量；

——每日氨氮硝化的需氧量；

——反硝化回收的氧量；

——理论总需氧量；

——标准状态下总需氧量；

——滤池进水悬浮物浓度值；

——滤池进水浓度值；

——设计水温；

——空床水力停留时间；

——滤料的总体积；

——反硝化率；

——氧的水质转移系数；

——饱和溶解氧修正系数；

——修正系数。

#

# 3 总体设计

## 3.1 一般规定

3.1.1 进入曝气生物滤池的设计水量和水质应符合现行国家标准《室外排水设计标准》GB 50014及相关现行标准要求。

3.1.2污水在进入曝气生物滤池前应进行较高程度的预处理，一般设有混凝沉淀、混凝气浮、过滤系统或超细格栅等预处理设施。

3.1.3进入曝气生物滤池的污水应具有良好的可生化性，且不应对微生物具有抑制和毒害作用。

3.1.4 曝气生物滤池根据处理程度不同可分为碳氧化、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，也可在多级曝气生物滤池内完成。

3.1.5工艺流程的选择，应根据不同污水进水水质及处理出水水质要求，并综合考虑各流程的特点和优势，通过技术、经济及环境影响等因素综合比较评估后确定。

3.1.6当采用曝气生物滤池进行硝化时，硝化曝气生物滤池出水剩余总碱度不应低于70mg/L（以CaCO3计），否则应补充池内的碱度。

3.1.7当采用硝化、反硝化生物脱氮工艺时，污水中的五日生化需氧量与总凯氏氮之比应大于4。当污水中碳源不足时宜采用外加有机碳源反硝化生物滤池或采用无机碳源自养反硝化生物滤池。

3.1.8当有除磷需求时，应辅以化学除磷。也可采用厌氧/好氧生物滤池交替运行或诱导结晶技术辅助除磷。

3.1.9当曝气生物滤池出水悬浮固体含量满足后续处理或排放标准要求时，可不设过滤设施。

3.1.10 曝气生物滤池的配电室宜靠近鼓风机房，并应符合《供配电系统设计规范》GB50052的有关规定。

3.1.11曝气生物滤池池内的梁、板、柱应由结构专业设计，其荷载计算应按《建筑结构荷载规范》GB50009的规定执行。

## 3.2 工艺流程

**3.2.1** 曝气生物滤池用于城镇污水处理厂二级处理时：

1.当进水碳源充足且出水水质对总氮去除要求较高时，宜采用反硝化生物滤池和硝化曝气生物滤池组合的前置反硝化两级生物滤池工艺(图3.2.1)：



图3.2.1-1 无外加碳源前置反硝化两级生物滤池工艺

2.当进水总氮含量高、碳源不足而出水对总氮要求较高时，可采用前置反硝化两级生物滤池工艺（图3.2.1-2）、中置硝化三级生物滤池工艺（图3.2.1-3），同时需外加碳源。外加碳源的投加量需经过计算确定。

图3.2.1-2外加碳源前置反硝化两级生物滤池工艺

图3.2.1-3中置硝化三级生物滤池工艺

**3.2.2** 曝气生物滤池用于城镇污水处理厂深度处理，或对既有污水厂提标改造时，根据设计进、出水水质指标情况，可选用外加碳源前置反硝化生物滤池工艺、外加碳源后置反硝化两级生物滤池工艺、外加碳源单级反硝化生物滤池工艺、单级碳氧化曝气生物滤池工艺、单级碳氧化/部分硝化曝气生物滤池工艺(图3.2.2-1、图3.2.2-2、图3.2.2-3、图3.2.2-4、图3.2.2-5)：

1.主要去除污水中总氮、氨氮，出水标准要求较高时，宜采用外加碳源前置反硝化生物滤池工艺（图3.2.2-1）、外加碳源后置反硝化生物滤池工艺（图3.2.2-2）。若磷源不足，还需考虑添加磷源：



图3.2.2-1外加碳源前置反硝化两级生物滤池工艺

图3.2.2-2外加碳源后置反硝化两级生物滤池工艺

2．主要去除污水中总氮（以硝态氮为主）时，宜采用外加碳源单级反硝化生物滤池工艺（图3.2.2-3）：



图3.2.2-3外加碳源单级反硝化生物滤池工艺

3.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工艺(图3.2.2-4)：



图3.2.2-4单级碳氧化曝气生物滤池工艺

4.要求去除污水中含碳有机物并完成氨氮的部分硝化（硝化率60%以下）时，宜采用单级碳氧化/部分硝化曝气生物滤池工艺(图3.2.2-5)：



图3.2.2-5单级碳氧化/部分硝化曝气生物滤池工艺

**3.2.3** 曝气生物滤池用于合流制泵站、初雨调蓄池污水处理时，宜采用混凝沉淀/气浮+曝气生物滤池工艺（图3.2.3-1），根据处理需要，曝气生物滤池可采用碳氧化曝气生物滤池、硝化曝气生物滤池或反硝化生物滤池的单级布置形式，也可采用组合串联的多级布置形式：



图3.2.3-1合流制泵站、初雨调蓄池污水处理工艺

**3.2.4**曝气生物滤池用于城镇污水处理厂**再生水**处理时：

**1.**依据不同的再生水水源及供水水质要求，污水再生处理可采用下列工艺流程（图3.2.4-1）：



图3.2.4-1再生水处理曝气生物滤池工艺

2.根据再生水处理工艺需要，曝气生物滤池可采用碳氧化曝气生物滤池、硝化曝气生物滤池或反硝化生物滤池的单级布置形式，也可采用组合串联的多级布置形式。

3.曝气生物滤池用于再生水处理时，设计、施工、验收及运行管理除应符合本规程外，尚应符合《城镇污水再生利用工程设计规范》GB50335的规定。

**3.2.5** 曝气生物滤池用于工业废水处理处理时：

1.在工业废水中对难降解废水进行深度处理，主要去除污水中难降解含碳有机物时，宜采用高级氧化+曝气生物滤池耦合工艺（图3.2.5-1）：



图3.2.5-1 高级氧化+碳氧化曝气生物滤池耦合工艺

2.当要求去除污水中的总氮（以硝态氮为主）时，反硝化生物滤池宜设置在高级氧化单元的前端。

**3.2.6**曝气生物滤池用于微污染水处理时：

1.当集中式生活饮用水地表水源水质受到以有机物、氨氮为主的轻度污染时，宜采用曝气生物滤池工艺（图3.2.6-1）对城镇给水微污染水进行预处理。曝气生物滤池用于城镇给水微污染水预处理时，设计、施工、验收及运行管理除应符合本规程外，尚应符合《城镇给水微污染水预处理技术规程》CJJ/T 229的规定。



图3.2.6-1 城镇给水微污染水源水预处理曝气生物滤池工艺

2.根据微污染水处理需要，曝气生物滤池可采用碳氧化曝气生物滤池、硝化曝气生物滤池或反硝化生物滤池的单级布置形式，也可采用组合串联的多级布置形式。

# 4 工艺设计

## 4.1 一般规定

4.1.1 曝气生物滤池宜采用上向流进水，也可采用下向流进水。

4.1.2 曝气生物滤池应根据处理水量的大小合理分格，每级滤池不应少于两格，宜为四格及以上。重质滤料生物滤池单格滤池面积不宜大于120m2，轻质滤料生物滤池单格滤池面积不宜大于250m2。当单格滤池反冲洗时，其他格滤池应通过全部流量；同时当单格滤池反冲洗时，其他格滤池出水和反洗清水池储水应满足冲洗用水量的要求。

4.1.3 池型选择应综合考虑进水方式、反冲洗方式、单格面积、滤料种类、滤池构造和平面布置等因素，一般可选用矩形或圆形。

4.1.4 曝气生物滤池多格并联时宜采用渠道和堰配水。

4.1.5 曝气生物滤池工艺曝气与反冲洗用气设备、管路宜分开设置。

4.1.6 曝气生物滤池的池体构造和反洗方式应与所选用的滤料类型相适应。

4.1.7滤料填装高度（H0）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1.6m～4.0m，轻质滤料宜为2.0m～4.5m。

4.1.8清水区高度应根据滤料性能及反冲洗时滤料膨胀率确定，重质滤料宜为1.0m～2.0m，轻质滤料一般不超过2m，设计时应充分考虑反洗过程中反洗水在滤池中的过流速度。

4.1.9配气干管与支管应选取具有耐腐蚀性、耐高温、韧性强度较好的材料。

4.1.10曝气生物滤池应设置降水位反冲洗措施。

4.1.11 曝气生物滤池应设置必要的自动控制系统。

4.1.12 曝气生物滤池用于二级处理时，污泥产率系数可为0.18kg VSS/kgBOD5 ~0.75kg VSS/kg BOD5。

## 4.2池型选择

**I重质滤料曝气生物滤池**

4.2.1重质滤料曝气生物滤池宜选用人工烧结陶粒滤料，布水布气系统宜选用滤板滤头形式。

4.2.2 采用陶粒滤料的曝气生物滤池一般为上向流，可采用下向流进水。根据曝气生物滤池内部需氧浓度不同，选择是否设置曝气系统，实现除碳、硝化、反硝化等各种功能。陶粒滤料的选择按城乡建设行业标准《水处理用人工陶粒滤料》CJ/T299的规定执行。

4.2.3采用陶粒滤料的曝气生物滤池典型结构分为缓冲配水区、承托层及陶粒滤料层区、出水区（图4.2.3）。主体由滤池池体、布水系统、承托层、滤料层、工艺曝气系统（碳氧化、硝化、碳氧化/部分硝化曝气生物滤池）、反冲洗系统、出水系统、自控系统组成。



图4.2.3 典型陶粒滤料滤池结构示意图

1—滤池池体；2—超高区；3—清水区；4—陶粒滤料层；5—承托层；6—单孔膜空气扩散器； 7—滤板；8—长柄滤头；9—缓冲配水区；10—曝气管；11-反冲洗配气管道系统；12—栅型稳流板；13—放空管；14—反冲洗排水槽（渠）；15—反冲洗排水管；16—出水槽（渠）；17 -放气管；18—反冲洗进水管；19—反冲洗进气管；20—进水管；21-降水位管；

4.2.4缓冲配水区内应根据滤池截面积大小、池形结构合理设置反冲洗配气管道系统。

4.2.5缓冲配水区高度宜为1.35m～1.5m，配水区池壁应设检修人孔，池底设置放空集水坑（渠）。

4.2.6出水系统可采用多槽出水或单边出水，反冲洗排水和出水槽（渠）宜分开布置。应设置栅型稳流板等装置，防止反冲洗时滤料流失并且调节出水平衡。

4.2.7滤板宜采用钢筋混凝土或钢制结构，滤板上开孔率应大于5%。

4.2.8滤板采用钢筋混凝土结构时宜选用整体浇筑滤板，并应具有合适的承载强度、水平精度和抗腐蚀性。

4.2.9安装在滤板上的滤头布置密度，反硝化生物滤池不宜小于56个/m2，其它生物滤池不宜小于49个/m2，并应考虑滤头水头损失及堵塞率。

4.2.10长柄滤头应具有防堵可拆洗功能，应保证滤料不会从滤头缝隙中流失。宜选用可从缓冲配水区拆装的形式。

4.2.11工程中承托层宜选用天然鹅卵石，填装时宜按级配自下而上从大到小设置。一般宜按两级设置，自下而上第一级平均粒径宜为16mm～32mm，高度不宜低于150mm；第二级平均粒径宜为8mm～16mm，高度不宜低于100mm。

4.2.12陶粒滤料应具有良好的物理性能和化学性能，工程中宜选用球形多孔滤料。

4.2.13陶粒滤料的平均粒径的选择宜根据进、出水水质和滤池功能确定。硝化、碳氧化滤池宜为3mm～5mm或4mm～6mm，前置反硝化滤池宜为4mm～6mm 或6mm～9mm。当出水对固体悬浮物总量（SS）要求较高时，最后一级滤池内的滤料宜选用小粒径。

4.2.14曝气系统宜采用氧转移效率高、安装方便、不易堵塞、可冲洗、运行稳定的单孔膜空气扩散器。

4.2.15单孔膜空气扩散器布置密度应根据需氧量要求通过计算后确定；单个曝气器设计额定通气量宜为(0.1～0.4)m3/h，每平米滤池截面积的单孔膜空气扩散器布置数量不宜少于36个。

4.2.16滤池通过配气干管与支管供氧，配气干管应根据滤池结构形式合理布置，曝气系统宜根据专业流体模拟软件布置。

4.2.17曝气器的固定方式宜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。

4.2.18曝气生物滤池多格并联运行时，供氧鼓风机宜采取一对一布置形式。

4.2.19曝气风机和反冲洗风机出口处宜根据风机风量、功率大小，设置启动卸荷装置。

4.2.20风机出气管进入滤池前应设置相对滤池液面的超高，超高高度应结合滤床高度、阻力损失综合确定，曝气管超高宜为1.5m～2.0m，反冲洗进气管宜为1.8m～3m。

4.2.21滤池进、出水液位差应根据配水形式、滤速和滤料层水头损失确定，其差值不宜小于1.8m～3.0m。

4.2.22反硝化生物滤池应考虑跌水充氧的影响，宜采用恒水位控制措施。

4.2.23下向流滤池应考虑气水逆向对过水阻力的影响，宜采用驱氮控制措施。

**II轻质滤料曝气生物滤池**

4.2.24 典型轻质滤料滤池结构可分为滤池配水排泥区、轻质滤料层和出水区。主体由滤池池体、进水配水系统、工艺曝气系统、轻质滤料层（单层或双层）、滤板和滤头、反冲洗系统和自控系统组成（图4.2.24-1）。



图4.2.24-1一般轻质滤料滤池结构示意图

4.2.25滤池宜采用气水同向流，滤池反冲洗宜采用气水联合反冲洗或脉冲反冲洗形式。

4.2.26滤料层下部配水排泥区高度应不小于1.3m，滤池超高不应小于0.5m。

4.2.27 轻质滤料粒径宜为3.6mm~5mm。

4.2.28 滤池滤速宜根据污水水质情况、滤层厚度等因素综合确定。

4.2.29 滤池进、出水液位应根据滤速和滤料层水头损失确定，其差值不宜小于1.2m～1.5m。

4.2.30滤池滤板强度应满足在轻质滤料的浮力和过滤时克服滤层阻力的力共同作用下不损坏的要求。

4.2.31 曝气生物滤池出水中的溶解氧宜为6mg/L左右

4.2.32宜采用穿孔管曝气，每平米设孔口8个，孔径3mm~5mm。如若必要，可于填料中加设上层曝气网格，使处理更充分有效。孔口宜布置均匀，同时应有防止穿孔管积水或堵塞的措施。

4.2.33滤板上的滤头布置密度，反硝化生物滤池不宜小于49个/m2，其它曝气生物滤池不宜小于36个/m2，并应考虑滤头水头损失及堵塞率。

## 4.3 设计参数

4.3.1曝气生物滤池的设计流量应按《室外排水设计标准》GB50014中有关规定执行，主要设计参数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4.3.1、表4.3.2、表4.3.3的规定取值。

**表4.3.1 曝气生物滤池处理城镇污水主要设计参数**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 类型 | 功能 | 参数 | 取值 |
| 碳氧化曝气生物滤池（C池） | 降解污水中含碳有机物 | 滤池表面水力负荷（滤速）m3/m2·h（m/h） | 3.0～10 |
| BOD负荷kgBOD/m3·d | 1.5～6.0 |
| 空床水力停留时间min | 40.0～60.0 |
| 碳氧化/部分硝化曝气生物滤池（C/N池） | 降解污水中含碳有机物并对氨氮进行部分硝化 | 滤池表面水力负荷（滤速）m3/m2·h（m/h） | 2.5～10.0 |
| BOD负荷kgBOD/m3·d | 1.2～2.0 |
| 硝化负荷kgNH4-N/m3·d | 0.4～0.6 |
| 空床水力停留时间min | 30.0～80.0 |
| 硝化曝气生物滤池（N池） | 对污水中的氨氮进行硝化 | 滤池表面水力负荷（滤速）m3/m2·h（m/h） | 3.0～12.0 |
| 硝化负荷kgNH4-N/m3·d | 0.5～1.0 |
| 空床水力停留时间min | 30.0～45.0 |
| 前置反硝化生物滤池（per-DN池） | 利用污水中的碳源对硝态氮进行反硝化 | 滤池表面水力负荷（滤速）m3/m2·h（m/h） | 8.0～20.0（含回流） |
| 反硝化负荷kgNO-3-N/m3·d | 0.7～1.2 |
| 空床水力停留时间min | 10.0～30.0 |
| 后置反硝化生物滤池(post-DN池） | 利用外加碳源对硝态氮进行反硝化 | 滤池表面水力负荷（滤速）m3/m2·h（m/h） | 8.0～30.0 |
| 反硝化负荷kgNO-3-N/m3·d | 1.5～3.0 |
| 空床水力停留时间min | 6.0～25.0 |

**表4.3.2 曝气生物滤池处理再生水、微污染水主要设计参数**

| 类型 | 功能 | 参数 | 取值 |
| --- | --- | --- | --- |
| 碳氧化/部分硝化曝气生物滤池（C/N池） | 对二级污水处理厂尾水进行含碳有机物降解及氨氮硝化 | 滤池表面水力负荷（滤速）m3/m2·h（m/h） | 3.0～10.0 |
| BOD负荷kgBOD/m3·d | 1.5～6.0 |
| 硝化负荷kgNH4-N/m3·d | 0.3～0.6 |
| 空床水力停留时间min | 20.0～45.0 |
| 反硝化生物滤池(DN池） | 利用外加碳源对硝态氮进行反硝化 | 滤池表面水力负荷（滤速）m3/m2·h（m/h） | 6.0～12.0 |
| 反硝化负荷kgNO-3-N/m3·d | 0.8～4.0 |
| 空床水力停留时间min | 10.0～30.0 |

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水量确定，反硝化回流比应根据总氮去除率确定。

3、对轻质滤料曝气生物滤池，空床水力停留时间可不必作为主要设计参数进行考察。

4.3.2工业废水采用曝气生物滤池工艺进行深度处理时，设计参数宜根据现场试验确定。

## 4.4滤池设计

### I基本规定

4.4.1生物滤池总高度按下式计算：

 (4.4.1)

式中： — 生物滤池总高度（m）；

 — 滤料填装高度（m）；

— 承托层高度（m）,轻质滤料滤池不含此项；

 — 缓冲配水区高度（m），轻质滤料滤池为配水排泥区；

 — 清水区高度（m）；

 — 超高（m）；

 — 滤板厚度（m）。

4.4.2同功能滤池如多格滤池并联时，单格面积宜按下式计算：



（4.4.2）

式中： — 单格滤池面积（m2）；

 — 滤池总面积（m2）；

 — 滤池格（座）数。

4.4.3曝气生物滤池供气量可按下列公式计算：



(4.4.3-1)

 (4.4.3-2)



(4.4.3-3)



(4.4.3-4)

 (4.4.3-5)

式中： — 标准条件下总供气量（m3/d）；

 — 滤池系统氧利用率（%）；

— 标准状态下总需氧量（kg）；

 — 理论总需氧量（kg/d）；

 — 氧的水质转移系数，生活污水取0.8；

 — 设计水温（℃），一般按25℃；

 — 饱和溶解氧修正系数，生活污水取0.9～0.95；

 — 修正系数，生活污水取1.0；

 — 滤池出水溶解氧浓度（mg/L）；

、 — 20℃、设计水温为T℃时，混合液溶解氧饱和浓度的平均值（mg/L）；

、 — 20℃、设计水温为T℃时，清水中饱和溶解氧浓度值（mg/L）；

— 空气扩散器处的绝对压力（Pa）；

— 滤池逸出气体含氧百分率（%）；

 — 滤池水面处的大气压（Pa）；

— 空气扩散器在水面下的深度（m）。

4.4.4生物滤池实际需氧量宜按下式计算：

碳氧化曝气生物滤池实际需氧量按下式计算：

（4.4.4-1）



（4.4.4-2）

硝化曝气生物滤池实际需氧量按下式计算：



同步碳氧化/硝化曝气生物滤池实际需氧量按下式计算：



（4.4.4-3）

前置反硝化工艺的后置曝气生物滤池实际需氧量按下式计算：

 (4.4.4-4)

其中、、分别按下面公式计算：

(4.4.4-5)

=0.82×CBOD5/TBOD5+0.28×SSi/TBOD5 (4.4.4-6)

 (4.4.4-7)

 (4.4.4-8)

式中：— 理论总需氧量（kgO2/d）；

 — 每日去除BOD5的需氧量（kgO2/d）；

— 每日氨氮硝化的需氧量（kgO2/d）；

— 反硝化回收的氧量（kgO2/d）；

 — 设计污水流量（m3/d）；

—进、出滤池的BOD5浓度差值（mg/L）；

 — 去除单位质量BOD5的需氧量（kgO2/kgBOD5）；

— 滤池进水悬浮物浓度值（mg/L）；

0.82、0.28 — 需氧量系数（经验数值）；

—进、出硝化滤池凯氏氮浓度差值（mg/L）；

4.57 — 氨氮硝化需氧量系数；

 — 反硝化滤池进、出水总氮浓度差值（mg/L）；

 — 滤池进水BOD5浓度值（mg/L）。

4.4.5曝气生物滤池出水溶解氧宜为3～4mg/L。

4.4.6生物滤池宜按容积负荷计算，按水力停留时间校核。

### II碳氧化曝气生物滤池

4.4.7 滤池总面积可按下列公式计算：

1. 按BOD5有机负荷计算：



（4.4.7-1）



（4.4.7-2）

式中： — 滤池总面积（m2）

 — 滤料总体积（m3）

 — 滤料填装高度（m）

 — 设计污水流量（m3/d）

 — 进、出滤池的浓度差值（mg/L）

 — 容积负荷,kgBOD5/(m3·d)

2 按空床水力停留时间法计算：

（4.4.7-3）

（4.4.7-4）

式中：—滤池总面积（m2）

 — 设计污水流量（m3/d）

 — 滤料填装高度（m）

 — 空床水力停留时间（h）

 — 滤池水力表面负荷（m3/m2·h）

### III硝化曝气生物滤池

4.4.8 滤池总面积可按下列公式计算：

1 按硝化容积负荷计算法：

（4.4.8-1）



（4.4.8-2）

式中：

 — 滤池总面积（m2）

 — 滤料的总体积（m3）

 —滤料填装高度（m）

 — 设计污水流量（m3/d）

— 进、出硝化滤池凯氏氮浓度差值（mg/L）

 — 硝化容积负荷,kgNH3-N/(m3·d)

2 按空床水力停留时间计算:

（4.4.8-3）

（4.4.8-4）

式中： — 滤池总面积（m2）

 — 设计污水流量（m3/d）

 — 滤料填装高度（m）

 — 空床水力停留时间（h）

 — 滤池水力表面负荷（m3/m2·h）

4.4.9硝化曝气生物滤池需碱量宜按下式计算：

 (4.4.9-1)

式中： — 设计污水流量（m3/d）

— 进、出硝化曝气生物滤池凯氏氮浓度差值（mg/L）

7.14 — 硝化需碱量系数。

### IV反硝化生物滤池

4.4.10 滤池总面积可按下列公式计算：

1 按反硝化容积负荷法计算:

（4.4.10-1）

（4.4.10-2）

式中： — 滤池总面积（m2）

 — 滤料的总体积（m3）

 — 滤料填装高度（m）。

— 反硝化滤池进、出水硝态氮浓度差值（mg/L）

 — 设计污水流量（m3/d）

— 反硝化容积负荷（kgNO-3-N/m3·d）

2 按空床水力停留时间法计算:

（4.4.10-3）

（4.4.10-4）

式中： — 滤池总面积（m2）

— 设计污水流量与硝化液回流量之和（m3/d）

— 滤料填装高度（m）

 — 空床水力停留时间（h）

— 滤池水力表面负荷（m3/m2·h）

4.4.11滤池硝化液回流比可按下列公式计算：

 (4.4.11-1)

式中： — 硝化液回流比

 — 反硝化率（%）

4.4.12反硝化过程产碱量（以CaCO3计）可按下式计算：

=3.0×CN （4.4.12）

式中：— 反硝化过程产生的碱度(mg/L)

3.0 —反硝化的产碱量系数。

4.4.13反硝化过程回收的氧量可按下式计算：

 RDN=2.86×(4.4.4-13)

式中： —反硝化回收的氧量（mgO2/L）

2.86 —反硝化的产氧量系数

4.4.14进入反硝化滤池的污水BOD5/TKN应大于4，当碳源不足时可添加甲醇、乙酸等碳源，添加量应根据计算或试验确定。投加甲醇作反硝化碳源时，每1毫克硝态氮量（NO-3-N）需要投加的甲醇量可按3毫克计。

## 4.5反冲洗系统

4.5.1生物滤池宜采用降水位-气水联合反冲洗，依次按降水位、气洗、气-水联合洗、清水漂洗进行。快速降水位放空时间宜为2~3min，气洗时间宜为3min～5min；气水联合冲洗时间宜为4min～6min；单独水漂洗时间宜为8min～10min。空气冲洗强度宜为12L/m2·s～40L/m2·s；水冲洗强度宜为4L/m2·s～8L/m2·s。

4.5.2反冲洗水宜利用处理后的净化水，净化水蓄水池应按单池反冲洗用水量、反洗期间产水量及反冲洗规律等综合因素确定。

4.5.3生物滤池反冲洗系统的设置与计算可按《给水排水设计手册》的有关规定执行,并考虑滤料的阻力损失。

4.5.4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。

4.5.5生物滤池反冲洗排水宜先进入缓冲池，缓冲池有效容积不宜小于1.2倍的单格滤池反冲洗总水量。缓冲池根据污水厂抗冲击负荷能力、单格滤池单次反冲洗水量、反冲洗频次等因素合理设置溢流管和反洗废水泵。

4.5.6反冲洗排水缓冲池内污水可排入水厂预处理段沉淀池或二级处理活性污泥法生化池，也可单独设置反洗排水处理系统。设计中需考虑反洗废水回流至前端对冲击负荷的影响。当单独设置滤池反洗排水处理系统时，可采用高效沉淀池、气浮池单元进行泥水分离。

# 5 检测和控制

## 5.1 一般规定

5.1.1 曝气生物滤池系统应根据工程规模、工艺组合流程、运行管理要求设置生产控制、运行管理与安全运行所需要的检测仪表和控制装置。

5.1.2 检测仪表和自动化控制系统应保障曝气生物滤池的运行方便、安全和可靠，改善劳动条件和提高科学管理水平。

5.1.3 计算机控制管理系统宜兼顾改扩建和规划要求。

## 5.2 检测

5.2.1 在曝气生物滤池中应测量滤料层上下之间的压差及滤池下部配水室内的压力。每格滤池应设置水头损失仪或压力变送器，可设置液位计。

5.2.2 反硝化滤池配水井宜设置液位计，进水渠及出水渠宜设置溶解氧、硝酸盐氮检测仪，外加碳源的反硝化滤池宜考虑精准投加控制措施。

5.2.3在曝气生物滤池工艺段内，可至少设置一组（约5~7个）滤池深度方向的取样点，用以实验室检测不同填料深度中的反应情况。

5.2.4 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。

## 5.3 控制

5.3.1 采用曝气生物滤池污水处理工艺的污水处理厂宜采用集中监视、分散控制的自动控制系统，工艺设备宜设置现场、控制系统（PLC或DCS）及中控室控制。具备条件的污水厂可采用具有专家诊断的智慧控制系统。

5.3.2 曝气生物滤池宜通过变频器调节曝气量和回流量。

5.3.3 曝气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。

# 6 施工、调试和验收

## 6.1 一般规定

6.1.1 工程设计、施工单位应具有国家或行业规定的相应资质。

6.1.2 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。

6.1.3 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。

6.1.4 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。

6.1.5 曝气生物滤池工程整体质量验收应符合《城镇污水处理厂工程质量验收规范》GB50334 的规定；管道工程的施工和验收应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268 的规定；混凝土结构工程的施工和验收应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的规定；构筑物的施工和验收应符合《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB50141 的规定；钢结构工程施工和验收应符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205 的规定；设备安装等施工和验收应符合《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》GB50275、《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB50231 的规定。

6.1.6 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。

6.1.7 工程施工现场供用电安全应符合《建设工程施工现场供用电安全规范》 GB50194 的规定。

6.1.8 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。

6.1.9 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。

## 6.2 施工

**I准备**

6.2.1施工前应进行图纸会审，向施工人员进行技术措施和施工方法以及安全注意事项的交底。组织施工人员熟悉图纸，核对图纸尺寸。

6.2.2 施工人员应按设计要求对预留、预埋件进行复核。

**II反冲洗配气管施工**

6.2.3滤池滤梁浇注前应将反冲洗配气管吊入池内，浇注滤梁时必须对反冲洗配气管进行保护。

6.2.4滤板施工完成后，再进行反冲洗配气管安装，并应保证气管安装水平、固定牢固。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30mm。

**III滤板施工**

6.2.5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±10mm、平行度误差±5mm、宽度误差±5mm、垂直度误差±5mm。

6.2.6整浇滤板的生物滤池，预埋钢筋外露长度一般宜为250mm，预埋钢筋的锚固长度符合设计图纸及技术规范要求。

6.2.7滤板安装完成后，滤头固定板的表面应平整，滤板安装后误差（包括滤梁弯曲度）不得大于±5mm，整个池内板面的水平误差不得大于±5mm。在滤板施工结束后，应形成滤板平整度测量记录。

6.2.8曝气生物滤池池内的曝气系统、反洗配气管道系统、穏流栅及水下固定件宜采用不锈钢或其他耐腐蚀材质。

6.2.9滤板浇筑材料及接缝密封材料应灌注均匀、严密、可靠，不得漏气漏水；密封完成后应按规定进行养护，养护期内严禁池内其他作业。

6.2.10生物滤池滤板养护完成后宜进行滤板气密性能试验，不得漏气漏水。试验压力一般宜采用0.02-0.03Mpa，试验时间一般宜选取3-5min，滤头预埋孔位置采取堵头封堵密实。

**IV滤头安装**

6.2.12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。

6.2.13滤头安装完成后，应对滤头安装质量进行抽样复查。

6.2.14滤头安装验收合格后，应进行布水、布气均匀性及气密性检查。在滤池布水布气试验过程中，宜做好影像资料留存。

**V曝气系统施工**

6.2.15曝气系统应按照工艺设计图纸及技术要求进行施工安装。

6.2.16曝气系统安装前，应检查和清扫曝气管路及空气扩散器。

6.2.17单孔膜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。

6.2.18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。投加卵石后二次布水布气合格后填装滤料。

**VI滤池卵石及生物滤料填装**

6.2.19铺设卵石应采取滤池注水填装，并按设计级配自下而上从大到小分层填装，填装完应整平。

6.2.20填装时应避免损坏滤头和曝气系统，装填卵石后应再次进行反洗布气、曝气系统（如有）均匀性检查，以防装填卵石时损坏滤头和曝气系统。

6.2.21卵石填装完成后，应按设计级配和高度填装生物滤料。填装时应注水填装，形成自然级配，填装完成后应将料面均匀平整。

## VII单层轻质滤料填装

6.2.22 铺设单层轻质滤料前，池内应先填充0.8m-1m水。

6.2.23 轻质滤料应通过滤板上方人孔，由人工或者水射器填装。填充过程中，通过控制水位以及适当曝气，直至填料全部填加为止。

6.2.24 单层滤料填装完成，盖上人孔，提高水位至溢流。

## VIII双层轻质滤料（填料）填装

6.2.25 铺设双层滤料（填料）前，池内应先注水至2m左右。

6.2.26 MBBR聚乙烯填料应分多次填加。每次通过滤板上方人孔，由人工填装。每次填装过程中，可通过控制水位和适当曝气联合操作。全部填装完成后，静置一段时间。降低水位至适当处。

6.2.27 聚苯乙烯轻质滤料polystyrene的填充方法，参考VII。

6.2.28 双层滤料填装完成，盖上人孔，提高水位至溢流。

## 6.3 调试

6.3.1 曝气生物滤池调试过程可分为单机调试、清水调试、系统联动调试、生物膜培养、试运行。调试前应编制详细的调试方案。

6.3.2 设备单机调试必须做好应急预案。单机试运转持续时间应在2小时以上，认真记录试运转参数的变化并填写相应的试运转记录。

6.3.3 单机试运转应具备下列条件：

1、机械设备及其附属装置、管线等均已安装完毕。

2、机械设备的安装水平已调整至允许的范围。

3、与安装有关的“几何精度”经检验合格。

4、基础混凝土及二次灌浆层达到设计强度。

5、试运转需要的动力、介质、材料、机具、检验仪器，应符合“试运转”的要求。

6、润滑、液压、冷却、水、气和电气等系统，应符合系统单机试运转要求。

7、对人身或机械设备可能造成损伤的部位，相应的安全设施和安全防护装置应设置完善。

8、对复杂和精密设备，编制的试运转方案或试运转操作规程，应经有关技术主管批准和同意。

6.3.4 清水调试过程应在设计要求下检查单体构筑物的运行状况。生物滤池试运行前与试运有关的土建、安装工作应按设计基本结束，并应具备下列现场条件：

1、与尚在继续施工的有关系统之间已有可靠的隔离或隔绝。

2、上、下水道畅通，保证满足供水和排水的需要。

3、妨碍运行的脚手架已拆除，沟道盖板、梯子平台栏杆齐全，地面平整清洁，运行人员能安全通行。

4、设备与系统挂牌及标识完备准确。

5、具备可靠的照明、通信及消防设施，消防通道畅通。

6.3.5 系统联动调试应在设计条件下检查设备、工艺、自控、远控、保护、联动等系统的性能，并模拟设计工况试运行，试运行时间不小于24小时。

6.3.6系统联动调试时，检查曝气生物滤池的自动运行是否正常，参数设置是否合理，自动反洗的连锁条件是否实现。

6.3.7生物膜培养可采用接种微生物或自然挂膜，培养过程宜选择在合适的水温条件下进行。

6.3.8试运行前应对进出水各项指标以及各工况参数进行检测、记录、统计、分析。调试完成后应根据水量和水质对各设备使用参数进行合理匹配，并应编写调试报告，制定出操作规程。

## 6.4 验收

6.4.1生物滤池工程验收分为施工验收和水质验收。施工验收与水质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。

6.4.2施工验收包括单位工程主要部位工程质量验收、设备安装工程单机及联动试运转验收、通水试运行验收。

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

6.4.4 闸门、闸阀不得有漏水现象。

6.4.5 系统应连续稳定运行7d后方可进行水质验收。

6.4.6 使用方或第三方检测机构应依据生物滤池设计进出水水质要求，检验相关指标，检验合格后应提供相关验收报告。

6.4.7 取样方法应符合GB18918中的规定，水质化验检测方法应符合《污水综合排放标准》GB8978、《城镇污水水质标准检验方法》CJ/T51 的规定。

# 7 运行与维护

## 7.1 一般规定

7.1.1生物滤池污水处理设施的运行、维护及安全管理参照《城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程》CJJ60、《生物滤池法污水污水处理工程技术规范》HJ2014 执行。

7.1.2 运行管理应配备专业人员和设备。

7.1.3 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。

7.1.4 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。

7.1.5 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。

7.1.6 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。

7.1.7 运行人员应遵守岗位职责，坚持做好交接班和巡视。

7.1.8 应定期检测进出水水质，并定期对检测仪器、仪表进行校验。正常运行检测的项目和频率应符合《城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程》 CJJ60 的规定。

7.1.9 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。

7.1.10 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。

## 7.2 运行

7.2.1 运行管理人员应定期进行现场巡查，时间间隔不宜超过2小时。巡查对象包括不限于附属单体加药间、管廊、风机房和反洗泵房等。

7.2.2 运行管理人员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、悬浮物和纤维状物质浓度。

7.2.3 运行管理人员宜定期对曝气器、滤头进行检修，强化对滤池的鼓风量以及滤池曝气管路阀门的控制，保证生物滤池布气和布水均匀。

7.2.4 运行管理人员宜根据实际的进水水质、水量和实际运行经验，确定反冲洗所需强度及各反冲洗阶段的持续时间、反冲洗周期。

7.2.5运行管理人员应对反冲洗过程进行严格控制，记录滤池反洗前后的压力值以及滤池反冲洗时的最大压力值，便于及时调整运行工况。

7.2.6运行管理人员宜定期对滤池进行强制反冲洗，防止出现滤头堵塞、滤层板结。

7.2.7 运行管理人员宜定期对生物滤池各仪表进行检测，定期校核加药系统的理论加药量与实际加药量。

7.2.8 运行管理人员宜根据风机、水泵等设备的运行持续时间及时更换其备用状态。

7.2.9 运行管理人员宜采用PLC自动运行控制，出现故障时也可采用手动控制。

7.2.10为便于厂区工艺运行调整，多级生物滤池组合工艺可进行过程取样，监测各单元滤池的进出水主要污染物去除指标。

## 7.3 维护管理

7.3.1 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。

7.3.2气动装置设备必须定期对空压机、储气罐、空气管路过滤器进行排水。

7.3.3 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。

7.3.4 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。

7.3.5 应定期检查及更换不合格的零部件和易损件。

7.3.6 应做好设备维修保养记录。

7.3.7 应对使用与备用的鼓风机、阀门和行车等定期进行维护保养。

7.3.8 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。

7.3.9 应定期打开人孔对滤池的滤头进行检修和清理，配水室清理属于有限空间作业必须严格执行“先通风、再检测、后作业”的原则，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。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或者“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，正面词采用“可”，反面词采用“不可”；

2 条文中指明应按其他有关标准执行的，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《室外排水设计标准》GB50014

《城镇污水再生利用工程设计规范》GB50335

《城镇给水微污染水预处理技术规程》CJJ/T 229

《供配电系统设计规范》GB50052

《建筑结构荷载规范》GB50009

《水处理用滤料》CJ/T43

《水处理用人工陶粒滤料》CJ/T299

《城镇污水处理厂工程质量验收规范》GB50334

《给水排水管道工程施工及验收规范》GB50268

《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204

《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB50141

《钢结构工程施工质量验收标准》GB50205

《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》GB50275

《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB50231

《建设工程施工现场供用电安全规范》 GB50194

《城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程》 CJJ60

《生物滤池法污水污水处理工程技术规范》HJ2014

《污水综合排放标准》GB8978

《城镇污水水质标准检验方法》CJ/T51

《城市污水处理厂污泥检验方法》CJ/T221

**中国工程建设标准化协会标准**

**曝气生物滤池工程**

**技术规程**

CECS265

**条文说明**

**目 录**

[**1** 总 则 37](#_Toc15805)

[**3 总体设计 37**](#_Toc2859)

[3.1 一般规定 37](#_Toc30004)

[3.2 工艺流程 38](#_Toc13195)

[**4**  工艺设计 39](#_Toc17208)

[4.1 一般规定 39](#_Toc4344)

[4.2池型选择 39](#_Toc30222)

[4.5反冲洗系统 42](#_Toc16537)

[**5**  检测和控制 42](#_Toc18909)

[5.2 检测 42](#_Toc15309)

[5.3 控制 42](#_Toc4526)

[**6** 施工、调试和验收 43](#_Toc18544)

[6.2 施工 43](#_Toc889)

**1总 则**

1.0.2 本条规定了本规程的适用范围。

曝气生物滤池工艺已广泛应用于新建和改、扩建城镇污水处理厂，以及升级改造工业废水处理、微污染水处理工程。

众所周知，水污染和水资源的短缺，已经成为严重制约我国社会经济持续发展和危害社会和谐的突出问题。而城市区域的拓展规划、土地的限制使用、地价的日益飙升等需要一个处理程度较高而占地更省的污水处理新工艺。经过长时期的实践研究表明：曝气生物滤池（下称BAF）工艺是适应我国国情和不可缺少的污水处理工艺之一。

1.0.3 本条指出，本规程未涉及的内容，均应按国家现行有关标准的规定执行。

**3 总体设计**

**3.1 一般规定**

3.1.2曝气生物滤池前预处理设施主要用于去除大颗粒漂（悬）浮物、油脂、砂砾和纤维等，以防止该类物质进入滤池而堵塞长柄滤头，从而影响布水、布气的均匀性；进入滤池的污水中悬浮物平均粒径应小于2.0mm，滤池前应设置栅隙小于2.0mm的细格栅，格栅建议采用内进水孔板格栅；除油主要是防止油脂附着于载体上而影响生物膜的生长。

3.1.3曝气生物滤池处理对象应是可生化的污水。一般认为污水中当BOD5/CODcr＞0.42表明可生化性较好；当BOD5/CODcr＞0.3表明可以生化；当BOD5/CODcr＜0.3表明较难生化，所以进入曝气生物滤池污水的BOD5/CODcr应大于0.3。

同时也限定了进入曝气生物滤池的污水中不应存在对微生物具有抑制和毒害作用的物质。一般在工业废水中存在对微生物具有抑制和毒害作用的化学物质，在采用生物处理工艺时应对这些物质严加控制；由于废水中对微生物具有抑制和毒害作用的化学物质浓度的允许范围目前无统一标准，下表列出的数据可供参考：

表1 对生物处理的有毒有害物质容许浓度表

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 有毒物质名称 | 指标符号 | 允许浓度(mg/L) | 有毒物质名称 | 指标符号 | 允许浓度(mg/L) |
| 铜化合物 | Cu2+ | 1 | 苯 | C6H6 | 300 |
| 锌化合物 | Zn2+ | 5 | 甲苯 | CH3 C6H5 | 200 |
| 铬化合物 | Cr3+、Cr6+ | 10 | 苯胺 | C6H5NH2 | 100 |
| 铅化合物 | Pb2+ | 1 | 苯甲酸 | COOH C6H5 | 150 |
| 砷酸盐、亚砷酸盐 | As2+、As3+ | 0.7 | 酚 | C6H5OH | 1000 |
| 氯化钠 | Nacl | 10000 | 甲酚 | CH3 C6H4OH | ＞5 |
| 氯化钙 | CaCl2 | 20000 | 二硝基苯酚 | (NO2)2 C6H3OH | 20 |
| 硫酸钠 | Na2SO4 | 3000 | 甲醛 | HCHO | 1000 |
| 硫酸镁 | MgSO4 | 10000 | TNT | CH3 C6H2(NO2)3 | ＞40 |
| 硫化氢、硫化物 | H2S | 100 | 二氯甲烷 | CH2Cl2 | 250 |
| 氯化汞 | Hg2+ | 0.01 | 氯仿 | CCl4 | 50 |
| 氰酸根 | CN+ | 50 | 马达油 |  | 100 |

3.1.11曝气生物滤池池内滤板的顶部要承受承托层、滤料和水的重力荷载，底部在滤池反洗时要承受反洗水和气的压力荷载，受力较为复杂，所以池内的梁、板、柱须根据工艺专业提供的池内荷载以及反洗最不利工况的压力荷载，再由结构专业进行具体尺寸及配筋的设计，防止后期使用中梁、板、柱发生破坏。其中各种荷载的计算应按《建筑结构荷载规范》GB50009的规定执行。

## 3.2 工艺流程

**II再生水处理工艺流程**

3.2.4 再生水厂以城市污水厂二级处理出水为水源时，根据《城市污水再生利用 分类》GB/T 18919-2002，不同的再生水用途，水质指标各不相同。采用曝气生物滤池工艺，可充分发挥生物处理与过滤相结合的功能。根据需生物处理的指标不同，曝气生物滤池可采用碳氧化曝气生物滤池、硝化曝气生物滤池或反硝化生物滤池的单级布置形式，也可采用组合串联的多级布置形式。

生物滤池的个（格）数不应少于2个（格），当任一构筑物或设备进行检修、清洗或停止工作时，应能满足供水要求。具体设计应符合《城镇污水再生利用工程设计规范》GB50335的规定。

# 4 工艺设计

## 4.1 一般规定

4.1.2 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，因此要求并联滤池格（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，单格重质滤料滤池面积不宜大于120m2，轻质滤料生物滤池单格滤池面积不宜大于250m2。

4.1.7 根据实践经验，滤料层过高滤床阻力相应增大，加大板结风险，不易运行控制。对于重质滤料滤池，下向流反硝化生物滤池滤料高度宜取下限，上向流反硝化生物滤池滤料高度不宜大于3m。生物滤池集成设备的滤料高度还需结合生产、运输等因素综合考虑。

4.1.8 清水区高度的选择与滤料层高度、滤料性能、反洗强度、反冲洗时膨胀率有关，对于重质滤料滤池，当滤料层较高时或反洗强度较大时，清水区高度宜取上限，出水堰处应设置栅型稳流板等装置。

4.1.9工程中配气管道系统材质一般宜采用不锈钢或玻璃纤维增强型聚丙烯材料。

4.1.10曝气生物滤池随着运行年限日积月累，进水悬浮物以及纤维状物质不可避免聚集在滤头内部至一定程度时造成滤头堵塞，影响正常布水以及反冲洗布水布气。设置降水位反冲洗措施与反冲洗程序联动是对滤头防堵塞的有效解决办法。

4.1.11 曝气生物滤池的控制有条件的应采用自控系统，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。

4.1.12曝气生物滤池产泥量可按照去除有机物、氨氮后的污泥增加量和去除悬浮物两项之和计算。

**4.2 池型选择**

4.2.1 重质滤料材质一般有石英砂、无烟煤、重质矿石、陶粒等。陶粒滤料为人工烧结而成，与其余三种天然滤料相比，具有多孔性、比表面积高、粗糙度和密度适中，易于挂膜，并便于长期安全储存的特点。并且其机械强度高，耐冲刷耐磨损，能有效保证使用寿命。市场上生物滤池普遍采用陶粒滤料为生物载体。

布水布气形式一般有滤管、滤砖、滤板滤头等，根据工程经验，滤板滤头布水布气更均匀，所需的反洗强度低，能耗较低，市场上普遍采用滤板滤头。

4.2.5 因在陶粒滤料滤池正常运行过程中缓冲配水区有可能沉积细小泥沙，同时污水中的短纤维物质在长时间运行后有可能堵塞部分滤头，所以检修人员应定期进入缓冲配水区进行检修和清理，为保证检修、清理方便，结合国内众多工程运行实际，规定了缓冲配水区高度范围，提出了检修人孔及放空集水坑（渠）的设置要求。检修人孔尺寸宜满足滤板模具拆卸操作空间要求。

4.2.6 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。反冲洗时，因滤料处于膨胀状态，少量滤料可能随着反冲洗排水流失。在出水堰处设栅型稳流板，将反冲洗时可能被带至出水口的滤料与稳流板碰撞、消能，流速降低而在该处沉降，并沿斜坡下滑回滤池中，从而有效减少滤料流失。

4.2.8 对陶粒滤料滤池承托滤板的选择，一般应考虑滤板平整度、承载强度、抗腐蚀性、滤头堵塞时的消能及安装维护方便等因素。滤板通常有分体预制滤板、整体浇筑滤板两种，整体浇筑滤板整体平整度更高、平整度易于控制、受力均匀、承载强度大、施工方便，市场上普遍采用整体浇筑滤板。

4.2.9 反硝化生物滤池的滤速普遍高于其他曝气生物滤池，滤头密度增大，开孔比增加，配水系统的水头损失可相应降低，从而有效减少工程所需的水头。

4.2.10为防止纤维状物质堵塞长柄滤头的滤帽，所以长柄滤头在配水室内应便于拆卸，从而在配水区就可清理，避免清掏滤料。

4.2.13滤料粒径的选取原则。滤料粒径的选取应结合单体生物滤池功能、污染物负荷、出水悬浮物控制要求等因素选取。采用碳氧化、硝化、提标改造或深度处理时宜采用粒径较小的滤料，前置反硝化滤池宜采用粒径稍大的滤料。当出水对固体悬浮物总量（SS）要求较高时，最后一级滤池滤料采用小粒径可有效降低出水悬浮物。

4.2.14曝气器的选取应结合系统氧利用率、运行能耗等因素确定，陶粒滤料曝气生物滤池工程中宜采用单孔膜空气扩散器。

4.2.15单孔膜空气扩散器的布置密度根据需氧量、单个曝气器设计额定通气量、最低布置密度综合考虑确定。

4.2.18 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，采取风机一对一布置形式有利于控制运行及提高滤池运行效率。

4.2.19 曝气生物滤池曝气、反冲洗风机的设计应根据设备运行保护原则合理设置卸荷启动装置，使电机可以轻载启动，并应有防止滤池水倒流的措施。

4.2.20 陶粒滤池空气管路系统超高的设置的原则及范围，以防止因空气管路产生负压而导致滤池内水倒流进入风机而损坏设备，宜根据滤料高度合理选择超高。

4.2.21 滤池进、出水液位差直接影响滤池的反洗周期，一般反硝化生物滤池进、出水液位差宜取高值，其他曝气生物滤池可取低值。随着滤料层的升高，液位差相应增大。

4.2.22 反硝化生物滤池采用配水渠、配水堰配水时，如存在跌水充氧，不仅增加碳源成本，也不利于形成缺氧环境。因而宜采取措施避免跌水充氧，采取恒水位控制是有效解决措施。

4.2.23因气水逆向，反硝化产生的氮气积累在滤床中影响滤池的过水能力，需定期驱氮。为避免破坏反硝化厌氧环境，常采用反洗水进行定时驱氮。

4.2.25气水同向流可提高过滤介质纳污能力，使滤料不易堵塞。过滤后的水自滤床顶部收集排出，并与大气接触，这样避免污水直接与大气接触而产生的臭味的现象。

4.2.26 滤料层下部配水排泥区应留有充分的高度，为了反洗过程中，保证滤料有足够的膨胀空间。滤池超高高度为水力设计安全要求，防止滤池溢流。

4.2.27 轻质滤料由均匀的聚苯乙烯珠粒（密度<1）制成，其为微生物生长提供大的表面积。流化床填料基于生物膜原理，由HDPE制成，密度接近水，可保持悬浮状态。该填料为微生物的生长提供大面积的载体。

4.2.29 在正常的运行条件下，生物滤池会像其它类型的滤池一样逐渐被堵塞。堵塞情况通过液位计或压力计监控。当滤池的堵塞程度达到设定值，即滤床的压力差达到设定值时，要进行反冲洗。滤池进、出水液位差直接影响滤池的反洗周期。

4.2.30污水在滤池内通过进、出水的水位差向上通过滤池及悬浮在水中的滤床。悬浮在水中的滤料被滤池上部的滤板阻拦以免随出水而流失。处理后的水通过安装在滤板上的众多滤头流出。所以滤板强度应考虑在多重力的作用下不被损坏。

4.2.31在线测量仪表对出水的氨氮浓度和溶解氧进行测量以调整曝气生物滤池滤池曝气量，出水溶解氧浓度确保硝化反应所需的曝气量充足。

4.2.32 穿孔曝气管直接在空气管道上开孔曝气，薄壁、直通道极大降低了曝气阻力损失，解决了堵塞问题。穿孔曝气管为线状曝气，使布气均匀，并形成竖向环流，使搅拌混合更均匀。穿孔曝气管气泡小，氧利用率和动力效率高。滤池内的曝气系统在每次反冲洗结束前自动清理以免堵塞，清通后的排水直接排入曝气生物滤池滤池的排污系统。

**4.5 反冲洗系统**

4.5.1在每次反洗之前增加降水位运行工况，快速将池内污水自上而下经过滤头内部，冲刷滤帽和滤杆，将截留在滤头中的物质冲出排至池外，实现对滤头的有效冲洗。反洗时布水布气更均匀，可快速使滤池恢复至最佳运行状态，滤池运行更加稳定，大大延长滤池反洗周期。

**5检测和控制**

**5.2 检 测**

5.2.2反硝化生物滤池配水井设置液位计，以便于实现恒水位控制，是避免跌水充氧的有效措施。外加碳源的反硝化滤池，进水渠及出水渠设置硝酸盐氮检测仪，因进水水量、水质存在波动性，宜考虑精准投加控制措施，确保出水稳定达标，并避免过量投加药剂，降低运行成本。

5.2.3滤料层的池壁上由上至下设有多个连接有取样阀的取样口，可供研究不同运行周期，不同进水水质水量情况下各滤料层高度的微生物反应效果，进一步研究生物滤池的反应性能。

**5.3 控制**

5.3.2曝气生物滤池可通过设置的溶解氧检测仪来变频调整曝气风机的风量，也通过变频器来调节回流水泵的回流量，有利于节能降耗、提高滤池运行效率。

5.3.3机电设备处于事故状态下，设备因故障等原因停止运行时，可以自动切换到备用机电设备，并且控制系统报警，直至设备正常后解除；如检测到事故信号，并且无备用机电，控制系统自动停止曝气生物滤池工艺相关设备运行并且报警。

**6施工、调试和验收**

**6.2 施工**

6.2.4滤板施工完成后，再进行反冲洗配气管的安装，配气管宜布置于滤头间距中心，避免和滤头冲突。气管应安装水平、固定牢固，能承受反洗期间的气水冲击。各配气管顶面在同一水平面上，距滤板底面距离不宜大于30mm，将反洗气一次均匀分配至每道滤梁之间，然后通过滤梁顶部空气平衡孔进行二次均匀分配，有利于在滤板底部快速形成均匀的气垫层，确保反洗布气的均匀性。

6.2.6预埋钢筋的露头尺寸、直线度、平行度、垂直度应满足设计要求。

6.2.7通过控制滤板的平整度来控制整座滤池内滤头的平整度，整个池内滤板板面标高安装水平误差应满足设计要求。

6.2.17 单孔膜空气扩散器的膜孔方向竖直对向滤板层，有利于避免污染物沉积在膜片上，堵塞膜孔。曝气支管与主管的连接应牢固、密封，确保能承受反洗时高强度的水气冲击。