

T/AHEPI

安徽省环境保护产业协会团体标准

T/AHEPI 11—2022

高效富氧碳纤维生物反应器 水环境治理技术指南

Technical guide for supersaturated oxygenated carbon nanofiber bioreactor

2022 - 12 - 20 发布

2023 - 01 - 03 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总则	2
5 高效富氧碳纤维生物反应器系统设计	2
6 高效富氧碳纤维生物反应器工艺流程设计	6
7 安装、调试与检验	7
8 运行维护	8
参考文献	10

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由安徽中科宇清科技有限公司提出。

本文件由安徽省环境保护产业协会归口。

本文件起草单位：安徽中科宇清科技有限公司、中科宇图科技股份有限公司、北京中科宇清环保有限公司。

本文件主要起草人：邬新海、张学清、姚新、刘锐、杜文凯。

高效富氧碳纤维生物反应器 水环境治理技术指南

1 范围

本文件规定了高效富氧碳纤维生物反应器的组成部分、安装、调试与检验、运行、清洗与维护等要求。

本文件适用于高效富氧碳纤维生物反应器水环境治理技术。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 50014 室外排水设计规范
- GB 50141 给水排水构筑物工程施工及验收规范
- GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范
- GB 50268 给水排水管道工程施工及验收规范
- GB 50275 风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范
- GB/T 3797 电气控制设备
- HJ/T 353 水污染源在线监测系统安装技术规范（试行）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高效富氧碳纤维生物反应器 supersaturated oxygenated carbon nanofiber bioreactor

以碳纤维生态浮床为主体，融入高效富氧技术，加快生化反应进程和提高反应效率的设备或系统。

3.2

高效富氧 supersaturated oxygenated

使用特定的气液混合设备，在高压、高速旋转切割作用下将水与纯氧充分融合，形成超饱和溶氧流体，使水体具有超高的溶氧浓度与强氧化性。

3.3 气液混合器 gas liquid mixer

用于气体与相容性液体混合的仪器。

3.4

碳纤维生态浮床 carbon nanofiber ecological floating bed

漂浮于水中或固定于河床上的，充分利用水体空间生态位和营养生态位的，以生物碳纤维为载体和基质，利用生物碳纤维本身的高比表面积、吸附性、生物亲和性，吸附、接触氧化去除污染物质的高效人工生态系统。

3.5

生物接触氧化法 biological contact oxidation process

指一种好氧生物膜污水处理方法。在有氧条件下，污水与固着在填料表面的生物膜充分接触，通过生物降解作用去除污水中的有机物、营养盐等，使污水得到净化。

3.6

填料 bio-media/carrier

指安装在接触氧化池内为微生物提供栖息和生长的场所，同时能固定微生物的固体介质或载体。

3.7

生物膜 biofilm

指附着生长在填料表面上的具有污水净化功能的膜状微生物聚集体。

3.8

化学清洗 chemical cleaning

利用化学药剂去污染物的过程。

3.9

维护性清洗 maintenance cleaning

为增强设备运行效率，使用低浓度化学药剂进行清洗的过程。

3.10

物理清洗 physical cleaning

利用机械方法来清除设备表面污染物的过程。

4 总则

高效富氧碳纤维生物反应器是结合碳纤维生态浮床与高效富氧技术，加快生化反应进程和提高反应效率的污水净化设备或系统。

4.1 一般规定

4.1.1 高效富氧碳纤维生物反应器主要应用于河道水质提升工程，用于黑臭水体治理工程效果最佳；

4.1.2 高效富氧碳纤维生物反应器不适用于优良水体；

4.1.3 高效富氧碳纤维生物反应器的总体布置应根据厂址地形、气象、地质条件、运行和环境安全等因素，统一考虑整体布局，便于施工、维护和管理，并符合GB50014的有关规定；

4.1.4 在水质和（或）水量变化较大的污水处理系统中，应根据水质和（或）水量的变化调节系统，保证运行的安全性；

4.1.5 当高效富氧碳纤维生物反应器用于寒冷地区时，应符合以下规定：

——处理工艺流程的选择应通过技术经济比较确定，并充分考虑温度的影响；

——易出现冰冻的设备，如室外污水管道、污泥管道、空气管道、闸门、计量堰等，设计中应考虑防寒保温等需要；

——沉砂池、沉淀池等构筑物位于永冻地区时，应根据实际情况确定是否加盖。

5 高效富氧碳纤维生物反应器系统设计

5.1 高效富氧碳纤维生物反应器由碳纤维生态浮床及高效富氧系统两部分组成。

5.1.1 碳纤维生态浮床

5.1.1.1 一般规定

碳纤维生态浮床由固定框架和生物碳纤维填料两部分构成，根据浮床在水体中所处的位置可分为漂浮式、底铺式两种，应根据现场情况及工程要求，选择碳纤维生态浮床类型、规格。

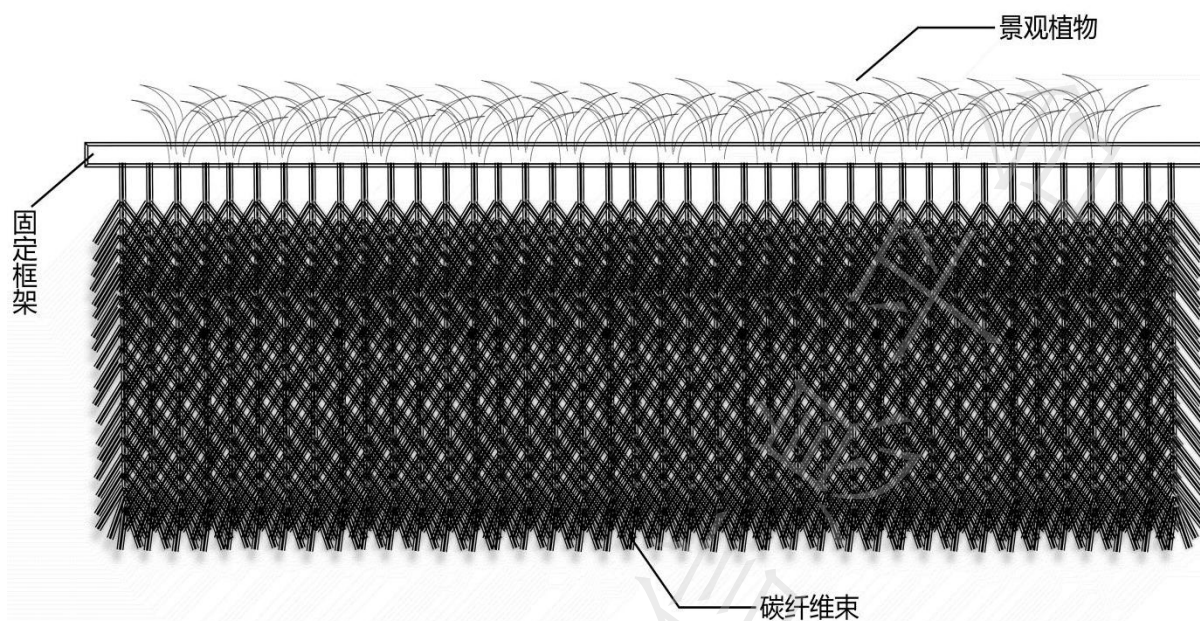


图1 漂浮式碳纤维生态浮床示意图

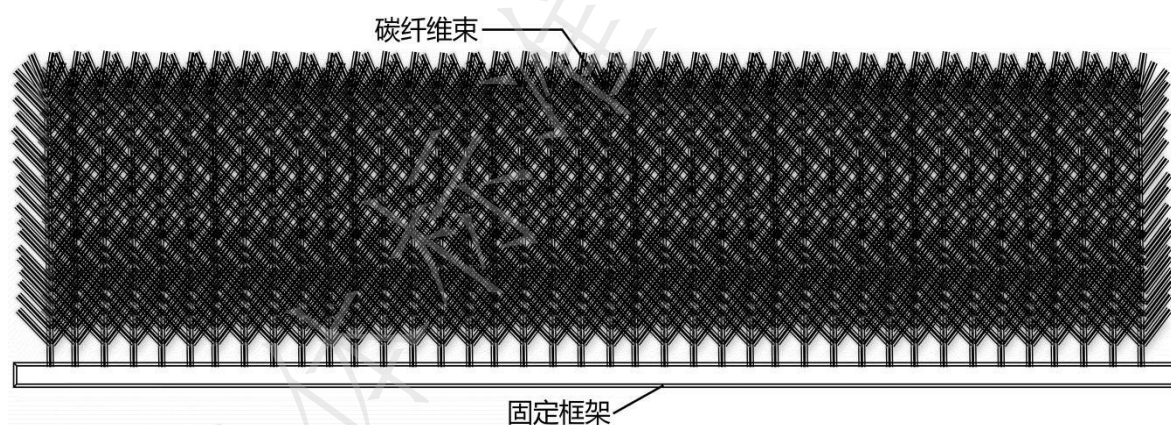


图2 底铺式碳纤维生态浮床示意图

5.1.1.2 生物碳纤维

生态浮床所用碳纤维宜尽可能满足如下要求：

拉伸强度 (GPa)	拉伸模量 (GPa)	断裂伸长率 (%)	直径 (μm)	体密度 (g/cm^3)	线密度 (g/Km)	碳含量 (%)	比表面积 (m^2/m^3) (填充率 10%)
4.92	240	2.1	7	1.80	880	93.2	54000

5.1.1.3 固定方式

漂浮式碳纤维生态浮床固定方式有河岸固定桩固定、河床固定桩固定两种；底铺式碳纤维生态浮床使用河床固定桩固定。

5.1.2 高效富氧系统

高效富氧系统由预处理单元、取水单元、制氧单元、气液混合单元、输水单元、电控单元组成。

5.1.2.1 预处理单元

5.1.2.1.1 一般规定

污水在进入高效富氧系统取水单元之前需进行预处理，预处理单元设施包括格栅、闸门、沉砂池。

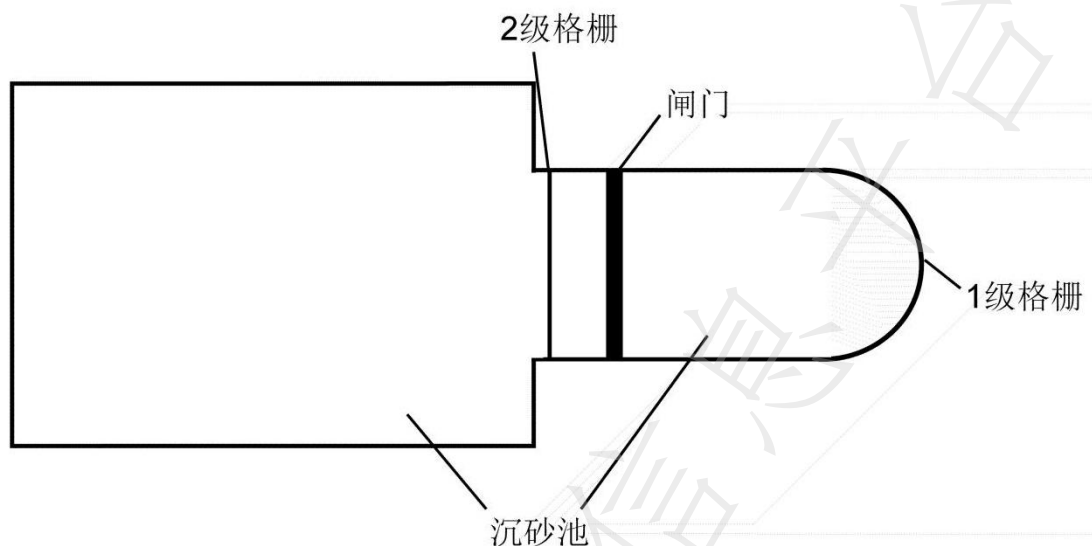


图3 预处理单元一般结构示意图

5.1.2.1.2 格栅

预处理单元格栅有1级格栅、2级格栅两种，格栅的选择与进水水质、实际场地情况等有关，其设计一般有以下要求：

- 格栅的设计和选择应符合GB 50014的有关规定；
- 1级格栅通常设置在预处理单元进水最前端，主要滤除水体中体积较大的漂浮物、砂石等；
- 1级格栅通常设计为弧形，以增大进水量，通常选用镀锌钢板、不锈钢板制成，圆孔，孔径15mm；
- 2级格栅通常设置在闸门之后，取水单元之前，主要滤除水体中体积较小的漂浮物、砂石等；
- 2级格栅通常选用镀锌钢板、不锈钢板制成，圆孔，孔径10mm；
- 格栅污水过栅流速宜根据工程实际情况选定。

5.1.2.1.3 闸门

闸门是为了方便沉砂池清理维护而加设的，闸门设计和选择应根据工程实际情况及相关规定而定。

5.1.2.1.4 沉砂池

沉砂池设计和选择应符合工程实际情况及GB 50014的有关规定。

5.1.2.2 取水单元

取水单元通常指提水泵及配套仪表，其设计应符合以下要求：

- 提水泵及配套仪表选择应根据工程实际情况及相关规定而定；
- 提水泵宜采用潜水泵；
- 提水泵应设有备用，数量不应少于2台；
- 提水泵宜有调节流量的措施，通常设备采用变频控制；
- 取水比例应为河水总流量的1/3到1/2。

5.1.2.3 制氧单元

制氧单元通常包括产氧设备及配套仪表，管路，设计应符合以下要求：

- 制氧单元由空压机、分离装置、纯氧储罐等组成。管路包括供气总管和每个溶氧设备设置的独立的供气管，供气管连接应方便、可靠；
- 根据实际情况及要求，选择不同规格的产氧设备，一般选用制氧机：出口压力0.50MPa，产氧纯度： $\geq 90\%$ 。

5.1.2.4 气液混合单元

气液混合单元包含篮式过滤器、气液混合器、磁化管三部分组成。

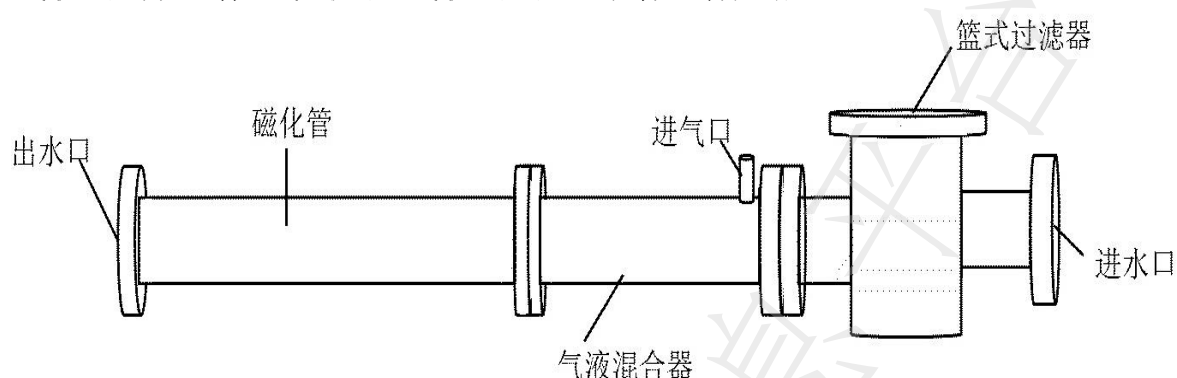


图4 气液混合单元一般结构示意图

5.1.2.4.1 一般规定

气液混合单元设计和数量选择应根据工程实际情况而定。

5.1.2.4.2 篮式过滤器

篮式过滤器安装在气液混合单元最前端，其作用是对进入气液混合器的水流进行过滤，通常篮式过滤器的选择应符合以下要求：

- 篮式过滤器通常选用铸铁或不锈钢材质；
- 篮式过滤器内部滤网通常选用不锈钢材质，孔径5mm；
- 篮式过滤器进、出水口口径应根据工程实际情况而定。

5.1.2.4.3 气液混合器

气液混合器是将氧气流、水流在内部通过高压、高速旋转切割混合形成超饱和和溶氧流体的设备，设计应符合以下要求：

- 气液混合器选用不锈钢材质；
- 气液混合器管径、污水流量应根据工程实际情况而定；
- 气液混合器进水压力通常为0.03-0.1MPa；
- 气液混合器进气压力应大于进水压力；
- 气液混合器进气为氧气时，出水侧超饱和和溶氧流体的溶解氧数值通常 $\geq 30\text{mg/L}$ 。

5.1.2.4.4 磁化管

磁化管位于气液混合器之后，利用强磁场对超饱和和溶氧流体进行磁化，延长超饱和和溶氧流体存续时间，设计应符合以下要求：

- 磁化管管径、污水流量应根据工程实际情况而定；
- 磁化管进水压力通常为0.03-0.1MPa。

5.1.2.5 输水单元

输水单元主要指输水管路及配套管件，应符合以下要求：

——管路支架应安全可靠，便于安装和检修；

——产氧设备、溶氧设备、集水管路、框架和吊架等部件应布局合理，便于安装和检修，并满足工艺和安全要求；

——工艺设计与设备选型应充分考虑结构紧凑、能耗低，其设计应符合GB 50014的有关规定，管道和阀门等组件均应符合相应的标准和规范要求；

——设备、管路之间应由连接可靠、密封性好、耐负压、安装拆卸方便的连接件固定，通常采用不锈钢快速接头或管道连接器固定；

——输水管：DN150-DN500范围内，钢材或PE，耐压0.6MPa。

5.1.2.6 电控单元

电控单元主要指高效富氧系统电气控制系统及配套监控仪表，应符合以下要求：

——高效富氧系统应设置完整的自动化、半自动化、手动控制与监控系统，设置应稳定可靠、便于调整，其设计符合GB/T 3797的有关规定；

——高效富氧系统宜设置独立的在线监测仪表，输水单元宜设置独立的流量、水压等在线检测仪表；制氧单元设置独立的流量、气压、氧气纯度等在线检测仪表；溶氧单元设置独立的流量、水压、溶氧等在线检测仪表；

——自动控制系统宜采用可编程控制器和上位机或触摸屏进行控制，并可根据工艺要求实现设定和调整，满足工艺参数调整的要求；

——自动控制系统应设有可供操作人员手动操作的人机界面以及远程就地系统、报警装置、报表系统、在线检测仪表自校、不间断电源；

——自动控制系统应遵循“集中管理，分散控制”的原则，宜根据工程的重要等级设置系统冗余。

6 高效富氧碳纤维生物反应器工艺流程设计

高效富氧碳纤维生物反应器一般工艺流程如下图所示：

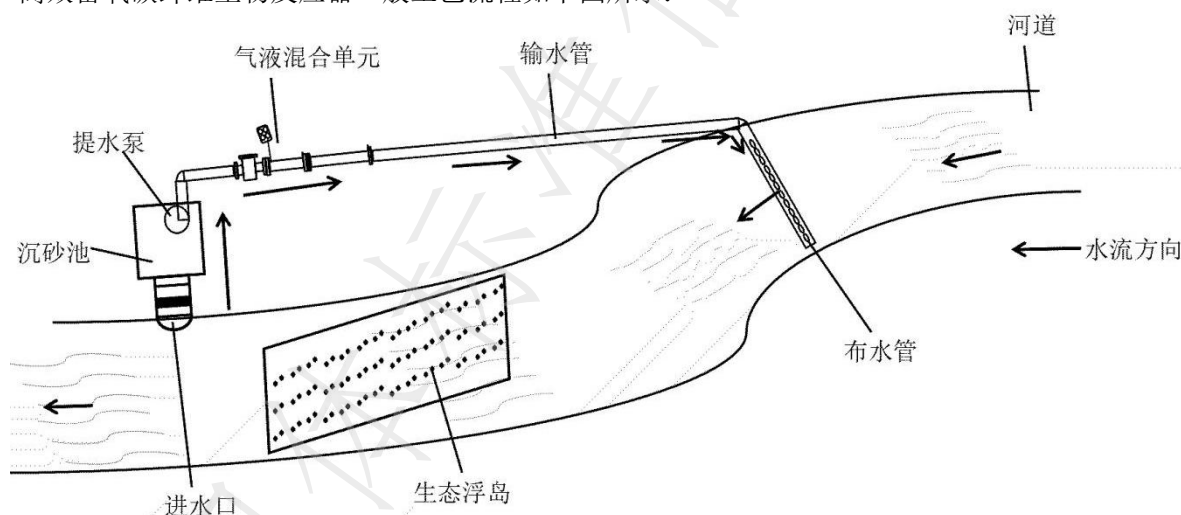


图5 高效富氧碳纤维生物反应器工艺流程示意图

高效富氧碳纤维生物反应器运行流程通常为河道下游取水，溶氧之后，上游出水，在中间进行生化反应，去除污染物质。高效富氧碳纤维生物反应器工程设计，应符合以下要求：

——应综合考虑项目区域范围内的污水产生量、分布情况、发展规划以及变化趋势等因素；

——工程项目主要包括：污水处理构（建）筑物与设备、辅助工程和配套设施等；

——污水处理构（建）筑物与设备包括：预处理、提水泵、制氧设备、气液混合设备单元、输水管道及管件、碳纤维生态浮床；

——辅助工程包括：设备站房、厂区道路、围墙、绿化、电气系统、给排水、消防、暖通与空调、建筑与结构等工程；

——配套设施包括：办公室、休息室、卫生间等生活设施；

——场址选择应符合当地总体发展规划和环保规划的要求，以及综合考虑交通、土地权属、土地利用现状、发展扩建等因素；

——场址选择应考虑自然背景条件，包括土地面积、地形、气象、水文以及动植物生态因素等，并进行工程地质、水文地质等方面的勘察；

——场址应不受洪水、潮水或内涝的威胁，且不影响行洪安全；

- 总平面布置应充分利用自然环境的有利条件，按建（构）筑物使用功能和流程要求，结合地形、气候、地质条件，便于施工、维护和管理等因素，合理安排，紧凑布置；
- 总平面布置厂区的高程布置应充分利用原有地形，符合排水通畅、降低能耗、平衡土方的要求；
- 布水管至进水口之间区域通常称为生化反应区，反应区总长通常为1-2km；
- 碳纤维生态浮床应布置在生化反应区中，靠近进水口；
- 生化反应区可根据工程实际情况采用不同的微生物菌种；
- 布水管出水口溶解氧浓度 $\geq 20\text{mg/L}$ 。

7 安装、调试与检验

7.1 安装前准备

7.1.1 一般规定

- 7.1.1.1 设备安装前，应确认相关的土建工程按GB 50141的有关规定检验合格，并将其内的残留杂物清洗干净。
- 7.1.1.2 对已安装好的管路按GB 50268的有关规定进行检验，检验合格后将管路清洗干净。
- 7.1.1.3 安装前，所有材料、设备、零件和专用工具应准备齐全。

7.2 安装

7.2.1 一般规定

设备安装应符合以下要求：

- 机电设备的施工与安装应符合GB 50231和GB/T 3797的有关规定；
- 在线监测仪器设备的安装应符合HJ/T 353的有关规定；
- 泵和风机的安装应符合GB 50275的有关规定；
- 高效富氧系统各个单元应按顺序逐个安装，管道连接牢固且密封良好；
- 设备、管路装完后，进行检查修复漏点；
- 安装完成后，应将安装过程中产生的杂物清理干净。

7.3 调试

7.3.1 一般规定

设备调试应符合以下要求：

- 通水调试前首先对制氧机等需要加油的设备进行注油；
- 调试前应对泵、自动阀门进行手动确认，确认无误后进行程控确认；
- 调试前应对仪表进行通电检查并完成自控系统的参数设置；
- 对系统管路、阀门、池体等各个环节进行清理检查，确认无污堵和残留物；
- 调试前各项确认无误后进行所有机电设备的空载单机调试；
- 通水调试启动前应进行高效富氧碳纤维生物反应器完整性、管路密封性进行检测；
- 通水调试应从最小功率开始，控制方式应从手动控制逐步过渡到自动控制；
- 通水调试内容应包括设备运行状况、运行效果；
- 通水调试应维持最大功率连续调试运行不少于72h；
- 所有调试过程均应有记录。

7.4 检验

7.4.1 一般规定

检验时应检查下列项目：

- 输水管网水压达到设定值时，系统的可靠性；
- 水泵机组运行状况和扬程、流量等参数；
- 管道、管件、设备的材质与设计要求的一致性；
- 防回流设施的安全性；

- 设备的减振措施及环境噪声的控制；
- 设备接地、防雷等保护功能；
- 电源的可靠性；
- 设备控制与数据传输的功能；
- 设备显示仪表的准确度；
- 生态浮床的稳固性；
- 环境保护检验参考《建设项目竣工环境保护验收管理办法》的有关规定进行；
- 所有检验过程应作质量检验记录，检验合格后应将有关设计、施工及检验的文件立卷归档。

8 运行维护

8.1 富氧碳纤维生物反应器的操作和管理人员应进行岗前培训，熟悉高效富氧碳纤维生物反应器技术、处理工艺、设施、设备的运行要求与技术指标。应建立岗位责任、操作规程、巡检、安全生产、设备维护等运行管理制度。

8.2 运行

设备通常按照以下要求进行运行：

- 设备启动前，应确认仪表、阀门、管路及设备处于正常状态；
- 高效富氧碳纤维生物反应器启动时，应先启动制氧设备，开启进气阀门，之后再启动提水泵；
- 提水泵启动时，应以最小频率启动，逐渐加大泵频率；
- 关闭高效富氧碳纤维生物反应器时，应先关闭提水泵，之后关闭制氧设备及进气阀门；
- 关闭提水泵时应逐渐减频率直至完全停止；
- 高效富氧碳纤维生物反应器运行过程应对水质和运行状态进行监测，按需求调整系统运行参数

和维护计划：

- 高效富氧碳纤维生物反应器运行过程中通常需要实时监测进水压力、流量，产氧纯度，进气压力、流量；
- 高效富氧碳纤维生物反应器运行过程中通常需要定期监测布水管处水体ORP、pH值、溶解氧；
- 高效富氧碳纤维生物反应器运行过程中通常需要定期监测水流量、化学需氧量、氨氮含量、总氮含量、总磷含量等相关的水质参数。

8.3 清洗

8.3.1 一般规定

设备清洗主要针对提水泵、格栅及篮式过滤器，清洗方式有物理清洗、化学清洗两种。

8.3.2 物理清洗

物理清洗是在系统停运状态下进行，清洗对象主要为提水泵、格栅、篮式过滤器，清洗方式为高压气流冲洗、高压水流冲洗、人工清洗三种清洗方式，清洗频率通常按照以下要求进行：

- 1级格栅不设固定清洗时限、按照实际情况灵活进行；
- 2级格栅每月清洗一次；
- 篮式过滤器每半月清洗一次；
- 提水泵每半年清洗一次。

8.3.3 化学清洗

化学清洗是在系统停运状态下进行的维护性清洗，维护性清洗具体操作时应符合以下要求：

- 化学清洗前应制定清洗方案，配制清洗剂时，应对所接触设备、化学试剂认真检查并做好各项安全防护工作；
- 维护性清洗药剂根据现场情况而定，通常为稀盐酸，清洗药液的药量根据实际情况确定；
- 化学清洗的主要对象为潜水泵叶轮、溶氧设备；
- 清洗周期根据水质和系统运行状态确定；

- 化学药剂的储存量应大于1次化学清洗所需的用药量；
- 与药剂直接接触的管路，应满足防化学腐蚀要求；
- 化学清洗完成后，应对被清洗部件进行彻底的物理清洗。

8.4 维护

运用高效富氧碳纤维生物反应器进行污水处理时，其维护应包括日常巡护、高效富氧系统运行稳定性检测、制氧设备维护与保养，提水泵维护与保养，其他配套机电设备与土建构筑物的维护与保养。

8.4.1 日常巡护

日常巡护每日三次，主要针对高效富氧系统运行稳定性、有无异常，电控设备稳定性、有无异常，监测仪表设备有无异常，输水管道完整性，碳纤维生态浮岛完整性，河道漂浮垃圾等，发现问题即刻按照相关处理方案解决。

8.4.2 制氧设备维护与保养

制氧设备维护与保养定期进行，每三个月一次，由制氧设备厂家或专业维护人员进行。

8.4.3 提水泵维护与保养

提水泵维护与保养定期进行，每半年一次，由提水泵厂家或专业维护人员进行。

8.4.4 其他配套机电设备与土建构筑物的维护与保养

其他配套机电设备与土建构筑物的维护与保养视具体情况而定，不做时限规定。

参 考 文 献

- [1] 《城市黑臭水体整治工作指南》；
- [2] 吕鹏翼，罗金学，韩振飞，黄占斌. 生物膜技术在污染河流原位修复中的应用及研究进展[J]. 水处理技术, 2017.
- [3] 王风贺，王国祥，刘波，等. 曝气增氧技术在城市黑臭河流水质改善中的应用与研究[J]. 安徽农业科学, 2012(10): 6137-6138.
-