

团 体 标 准

T/CSES 75—2022

仿生式过滤浓缩除藻技术指南

Technical guidelines for removal of algae by bionic screening and concentrating

(发布稿)

2022-11-08 发布

2022-11-08 实施

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 总体要求	4
5 工艺设计	5
6 运行管理	7

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。

本文件由中国科学院南京地理与湖泊研究所提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：中国科学院南京地理与湖泊研究所。

本文件主要起草人：冯慕华、柯凡、李文朝、陈开宁、潘继征。

仿生式过滤浓缩除藻技术指南

1 范围

本文件规定了仿生式过滤浓缩除藻技术的总体要求、工艺设计、运行与管理等技术要求。

本文件适用于江、河、湖、库、池塘等天然水体和人工景观水体的仿生式过滤浓缩除藻，可作为仿生式过滤浓缩除藻设备的设计、运行与维护的技术依据。

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 8978 污水综合排放标准

GB/T 14581 水质 湖泊和水库采样技术指导

GB 17888.2 机械安全 接近机械的固定设施 第2部分：工作平台和通道

GB 50052 供配电系统设计规范

GB 50055 通用用电设备配电设计规范

HJ/T 91 地表水和污水监测技术规范

HJ 588 农业固体废物污染控制技术导则

HJ 897 水质 叶绿素 a 的测定 分光光度法

船舶与海上设施法定检验规则（海政法[2016]22号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

藻类发生面积 algal occurring area

水面出现肉眼可见藻类的水域面积。

3.2

饮用水水源地 drinking water sources

提供城镇居民生活及公共服务用水取水工程的水源地域，包括江、河、湖、库等。

3.3

仿生过滤 bionic screen

仿滤食性鱼类游弋于水面吞食过滤浮游生物的原理，在不添加任何药剂的条件下，利用蓝藻团粒的亲水胶体高粘滞特性，在无压条件下通过承载水流的动态渗透实现藻水分离的过程。

3.4

仿生过滤的藻类 bionic screening algae

适用于仿生过滤处理的蓝藻团粒及其相似特性的藻类群体。

3.5

分层装置 separation equipment

集成在载体平台前端的宽幅下颚式结构设备，装置的启闭和进水深度可控制，以分离富藻水层。

3.6

汲藻系统 pumping algae system

大流量汲取表层富藻水，不破坏团粒结构，不造成细胞破碎，并通过管道与布水总管相连的系统。

3.7

鳃式过滤器 gill-like screening system

将利用鱼鳃仿生过滤原理制作的单元筛板密集排列并固定在可以调节倾斜度的框架上构成的过滤装置。

3.8

二次浓缩 secondary concentration

采用摇振、压滤、离心等物理分离手段，浓缩鳃式过滤器分离的浓藻水，得到含水率较低的藻浆/藻泥的过程。

3.9

摇振筛浓缩 sloped vibrating screen

采用倾斜角度较小的斜面筛并经轻微振动，浓缩鳃式过滤器分离的浓藻水，形成藻浆的过程。

3.10

藻浆 high density algae

经过鳃式过滤器分离和二次浓缩获得的半流体状态藻类浓缩物。

3.11

藻泥 algal mud

藻浆经过压力过滤或高速离心脱水产生的固态或半固态藻类浓缩物。一般含水率低于90%。

3.12

仿生式水面藻类清除设备 bionic salvaging algae equipment

以鳃式过滤器为核心单元，具备汲取、分离、浓缩、储运等功能的一体化机械式藻类清除设备。

3.13

智能导藻装置 intellective guide equipment

由自动牵引系统与能充气上浮、排气隐匿的隐没式柔性围隔构成的移动或固定拦挡导流富集水面藻类的装置。

3.14

仿生式除藻系统 bionic salvaging algae system

由仿生式水面藻类清除设备和导藻装置组成的除藻系统。

4 总体要求

- 4.1 仿生式过滤浓缩除藻技术的设计与使用应综合考虑保护目标、藻类水华发生状况（强度、频率及面积）、水文气象条件、藻浆/泥处理要求等因素。
- 4.2 仿生式过滤浓缩除藻技术的设计应遵循效率最大化、工艺最优化、经济合理的原则，以最小成本和能耗获得最佳控制效果。
- 4.3 仿生式过滤浓缩除藻技术的运行可根据藻类水华发生阶段、发生强度和保护区的控藻目标来确定。
- 4.4 仿生式过滤浓缩除藻技术中仿生式水面藻类清除设备和导藻装置的组合方式，应根据藻类水华发生强度、风速、风向等确定，可采用单独运行、联合运行、固定运行、移动运行等方式。

5 工艺设计

5.1 工艺流程

5.1.1 仿生式过滤浓缩除藻技术通过导藻装置拦挡导流富集水面藻类，分层装置分离富含藻类表层水，汲藻系统汲取含藻水，鳃式过滤器进行藻水分离，再经摇振筛等浓缩设备二次浓缩成藻浆/藻泥，进行后续处理。工艺流程见图1。

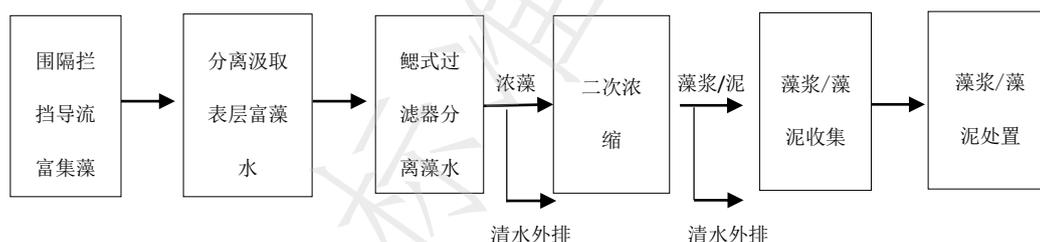


图1 仿生式过滤浓缩除藻工艺流程

5.1.2 根据处理目标，仿生式过滤浓缩除藻技术可设计成水面机动式、固定式、陆上机动式等多种结构和运行方式。

5.2 工艺单元设计要求

5.2.1 导藻装置

5.2.1.1 导藻装置可采用智能导藻装置或其它类型围隔，可设计成固定式或移动式，固定式采取与水流方向固定成一定夹角导流富集藻类；移动式通过自动牵引系统移动导藻或变换角度导藻。

5.2.1.2 智能导藻装置排气隐匿或盘卷收纳，充气运行围隔，宜双向排藻，充排气响应快。

5.2.1.3 导藻装置浮体直径根据控制目标、藻类发生强度、水流特征、风浪条件等因素进行选择。藻类发生强度高，风浪大的区域选择直径大的浮体。浮体直径具有不同尺寸，一般为 200 mm-500 mm。

5.2.1.4 导藻装置墙体滤布材料，根据保护目标、气候条件、风浪条件、泥沙沉积量、藻类发生强度、使用寿命、拦截率等因素进行选择，一般包括橡胶、涤纶、丙纶、滤网等材料。

5.2.2 富藻水层分离汲取

5.2.2.1 采用具有调节汲取深度功能的分层装置。

5.2.2.2 采用能分别调节流量的汲藻系统。

5.2.3 鳃式过滤器分离藻水

- 5.2.3.1 鳃式过滤器滤网宜具有高亲水性、抗菌、不易堵塞等特性，一般可选择不锈钢网。
- 5.2.3.2 鳃式过滤器滤网孔径宜根据过滤藻类团粒直径进行选择，一般可选择 200-400 目。
- 5.2.3.3 固定鳃式过滤器单元筛框架可调节倾斜度。
- 5.2.3.4 鳃式过滤器单元筛处理能力宜大于 $10 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ ，单元筛数量宜根据除藻设备处理能力需求设计。
- 5.2.3.5 鳃式过滤器可根据平台面积大小选择安装一组或多组。
- 5.2.3.6 鳃式过滤器可根据需要选择安装自动清洗组件。

5.2.4 二级浓缩

宜根据处理藻类特点和产出物浓度要求，设计二级浓缩系统，可采用摇振、离心、压滤等浓缩方式。压滤出水符合GB 8978的要求。

5.2.5 藻浆、藻泥收集

- 5.2.5.1 根据产出藻浆浓度特点和后续处理需求，设计产出物储运方式。含水率较大的藻浆，可采用藻浆泵灌装到藻浆囊袋；含水率小的藻泥，可存放在藻泥袋中。
- 5.2.5.2 藻浆囊袋和藻泥袋容积根据除藻量和储运周期设计。

5.2.6 藻浆、藻泥收集

- 5.2.6.1 藻浆、藻泥可直接外运焚烧处理或制作沼气。
- 5.2.6.2 藻浆、藻泥发酵作为农田、林地肥料使用。
- 5.2.6.3 鳃式过滤器滤网宜具有高亲水性、抗菌、不易堵塞等特性，一般可选择不锈钢网。
- 5.2.6.4 藻浆、藻泥处理和处置按 HJ 588 的规定。

5.3 平台设计与动力配置

- 5.3.1 水面机动式宜采用吃水浅、抗风浪、高稳定性的水上工作平台，吃水深度 $<50 \text{ cm}$ ，具有浅水作业适应性，并且满足藻类设备的空间、载荷和动力要求。
- 5.3.2 水上工作平台根据水域条件、航行作业要求等选择平台构建材质，可选择不锈钢、船用钢材、铝材等。平台构建满足船舶与海上设施法定检验规则的要求。
- 5.3.3 固定式平台用于固定鳃式过滤器，可采用水上固定式和陆基固定式，宜采用稳定、平整结构，满足GB 17888.2的相关规定。
- 5.3.4 陆上机动式平台采用车载运输方式，可采用一体式和拆卸式。
- 5.3.5 仿生式除藻系统配备动力，主要为设备推进系统、汲藻系统和二次浓缩系统提供动力。可选择发电机、锂电池、交流电等多种形式。其配电系统符合GB 50052和GB 50055的相关规定。

5.4 设备处理能力

仿生式水面藻类清除设备的处理能力根据处理水量、处理面积选择。目前市场上单套处理能力有 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 、 $300 \text{ m}^3/\text{h}$ 、 $500 \text{ m}^3/\text{h}$ 和 $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ 等多种类型。其中：

- a) 单套处理能力 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 的陆上机动式除藻设备，适用于近岸、水塘等水体除藻；
- b) 单套处理能力 $300 \text{ m}^3/\text{h}$ 的水面机动式除藻设备适用于河道、城市小型湖泊、水塘等小水体除藻，每小时除藻面积为 $10\,000 \text{ m}^2$ ；
- c) 单套处理能力 $500 \text{ m}^3/\text{h}$ 的水面机动式除藻设备适用于中大型湖泊、水库，每小时除藻面积为 $20\,000 \text{ m}^2$ ；

- d) 单套处理能力 1000 m³/h 的水面机动式除藻设备适用于中大型湖泊、水库，每小时除藻面积为 40 000m²；
- e) 固定式除藻设备处理能力可根据具体情况设计鳃式过滤器规模。

6 运行管理

6.1 仿生式除藻系统运行

6.1.1 仿生式除藻作业启动时间，根据保护目标、藻类发生强度和频率等决定。一般为：

- a) 藻类水华发生早期和治理后期，水面出现肉眼可见藻类颗粒时启动除藻作业；
- b) 湖库水源地，水面可见藻类颗粒时启动除藻作业；
- c) 藻类水华暴发期，水面出现藻类聚集条带启动除藻作业，反复除藻直至藻类水华现象消除。

6.1.2 仿生式除藻系统运行频率和工作强度，根据保护目标、藻类水华发生强度、藻类生长速率等因素来决定。

6.1.3 仿生式水面藻类清除设备的规模配置根据水域的保护目标、环境功能、藻类水华发生频率和强度、水域面积、环境条件等确定。一般宜为：

- a) 藻类水华发生早期和治理后期的湖泊低密度藻类控制，仿生式水面藻类清除设备处理能力按藻类发生单位面积 0.1-2 m³/h/万 m² 设计；
- b) 湖库水源地藻类密度高强度控制，仿生式水面藻类清除设备处理能力按藻类发生单位面积 2-8 m³/h/万 m² 设计；
- c) 藻类水华暴发期的水体应急除藻，仿生式水面藻类清除设备处理能力按藻类发生单位面积 8-15 m³/h/万 m² 进行设计；
- d) 仿生式水面藻类清除设备处理能力设计，根据实际藻类发生规律和保护目标进行调整。

6.1.4 仿生式除藻系统根据风速条件确定除藻运行方式，具体如下：

- a) 风速小于 1 m/s 时，宜采用移动除藻；
- b) 风速 1-4 m/s 时，宜采用固定除藻；
- c) 导藻装置布设与风向成一定夹角（最佳角度为 120°或 60°），有利于导流富集藻类；
- d) 移动除藻模式下，仿生式水面藻类清除设备低速往复航行同步清除水面藻类；
- e) 固定除藻模式下，仿生式水面藻类清除设备固定在围隔藻类聚集端除藻。

6.1.5 水上作业用电安全应符合以下要求：

- a) 由专门的电器机械师负责所有电器、机械设备和电路的运行值守、检查维护、维修保养。电器机械师通过培训学习全面掌握设备的详细结构、工作原理、检查维护及维修保养技术；
- b) 所有电器操作必须严格执行电器安全规程，电器故障由电器机械师负责处置和检修。

6.2 仿生式除藻系统维护管理

6.2.1 仿生式水面藻类清除设备的作业系统使用结束后，进行原位喷水清洗。连续作业时，每班结束时，宜进行清洗。其它设备按照要求进行常规保养。

6.2.2 仿生式水面藻类清除设备的滤网出现破损、电路元件出现老化时，及时更换，其它部件和设备出现故障时，及时维修，必要时进行更换。

6.2.3 定期检查智能导藻围隔浮体漏气情况，及时修补或更换浮体。

6.2.4 风力大于 4m/s 时，仿生式水面藻类清除设备不应作业；运行时突遇高强阵风，停止作业。

6.2.5 在台风期、冰冻期、无需在水面拦挡清除藻类期间，智能导藻围隔整体排气隐匿，隐匿期需要防止渔民打鱼破坏。

- 6.2.6 仿生式水面藻类清除设备需要远距离移动或穿越开阔水面，宜由其它船只拖航或护航。
- 6.2.7 每台设备配备经过专业培训的驾驶员、技师、操作人员。

6.3 控藻效果监测

仿生式除藻系统运行时，同步监测保护水域浮游植物数量、叶绿素a、总氮、总磷、透明度等，作业区连续除藻情况下监测频次宜为每日一次，不连续除藻每次除藻作业前后取样分析。全湖区每周监测一次。监测结果可指导仿生式除藻系统运行。有条件的可设置在线监测系统。采样和分析方法遵守GB/T 14581、HJ/T 91、HJ 897的规定。