

T/AHEPI

安徽省环境保护产业协会团体标准

T/AHEPI 0017—2026

浮游动物流式显微成像智能分析仪技术要求

Technical specifications for zooplankton flow imaging microscopy intelligent analyzer

2026 - 01 - 16 发布

2026 - 02 - 16 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 仪器原理	2
5 技术要求	2
5.1 仪器组成	2
5.2 性能要求	3
6 性能指标及检测方法	3
6.1 性能指标	3
6.2 检测条件	3
6.3 试剂	4
6.4 实验样品	4
6.5 样品定值	4
6.6 检测方法	4
7 输出信息	6
8 检测规则	6
8.1 出厂检测	6
8.2 检测项目	6
9 包装、运输和储存	6
9.1 标志	6
9.2 操作说明书	6
9.3 包装	6
9.4 随机文件	6
9.5 运输	7
9.6 储存	7
附录 A (资料性) 浮游动物流式显微成像智能分析仪性能测试原始记录表	8

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有可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由合肥综合性科学中心环境研究院提出。

本文件由安徽省环境保护产业协会归口。

本文件起草单位：合肥综合性科学中心环境研究院、中国科学院合肥物质科学研究院、安徽省生态环境监测中心、安徽省巢湖管理局湖泊生态环境研究院、安徽省巢湖管理局生态环境监测中心、安徽省合肥生态环境监测中心、安徽省立医院、安徽省铜陵生态环境监测中心、安徽大学，合肥师范学院、皖江新兴产业技术发展中心、安徽蓝盾光电股份有限公司、安徽环光科技有限公司、合肥中科环境监测技术国家工程实验室有限公司。

本文件主要起草人：殷高方、赵南京、张敏、唐晓先、刘刚、何前锋、姚晓波、翟志勇、王界、胡丽、戴庞达、徐学哲、胡翔、刘洋、张付海、张劲松、唐晓菲、朱超、陈曜、干健、贾仁庆、黄朋、董鸣、张靖泽、袁昌彪、陶佳敏、梁天泓、韩小斌。

浮游动物流式显微成像智能分析仪技术要求

1 范围

本文件规定了浮游动物流式显微成像智能分析仪术语和定义、仪器原理、技术要求、性能指标及检测方法、输出信息、检验规则、包装、运输和储存等要求。

本文件适用于浮游动物流式显微成像智能分析仪的设计、生产、使用和性能检测。

本文件是对现行标准的补充，文件中涉及的具体技术要求不具有限制性内容，适用于同类型智能分析设备。

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/T 191 包装储运图示标志

GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验A:低温

GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B:高温

GB/T 4208 外壳防护等级(IP代码)GB/T 191-2008包装储运图示标志

GB/T 4798.4 电工电子产品应用环境条件 第4部分:无气候防护场固定使用

GB/T 13306 标牌

GB/T 13384 机电产品包装通用技术条件

GB/T 15479 工业自动化仪表绝缘电阻、绝缘强度技术要求和试验方法

HJ 1296 水生态监测技术指南湖泊和水库水生生物监测与评价（试行）

HJ 1216 水质 浮游植物的测定0.1mL计数框 显微镜计数法

JJF 1001 通用计量术语及定义

JJF 1094 测量仪器特性评定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

流式 flow

通常指流式细胞术在生态学研究中的应用，其核心是通过流体动力学聚焦和光学检测系统，对悬浮液中的生物颗粒（如微生物、浮游生物、细胞等）进行高通量、单细胞水平的快速分析，以解析生态系统的种群结构、功能多样性和生理状态。

3.2

浮游动物尺寸 phytoplankton size

浮游动物尺寸是指浮游动物个体或群体的形态学特征参数，通常以体长、体积或生物量表示，在显微图像识别领域使用外接矩形框对角线的物理尺寸。

3.3

浮游动物计数准确率 phytoplankton counting accuracy

浮游动物计数准确率是指在特定样本中，通过标准化方法正确识别和统计浮游动物个体或类群的比例，通常以绝对误差、相对误差或置信区间量化，在显微图像识别领域以人工目测定性定量分析结果作为基准真值，对比评估分析设备测定结果的浮游动物计数准确率。

3.4

浮游动物识别准确率 phytoplankton identification accuracy

浮游动物识别准确率是指通过标准化技术流程对浮游动物样本实施分类学鉴定时，其物种级或功能群级识别结果与真实分类的吻合程度。在显微图像识别领域以人工目测定性定量分析结果作为基准真值，对比评估分析设备测定结果的浮游动物识别准确率。

4 仪器原理

浮游物流式显微成像智能分析仪通过微流控技术使样本逐个通过检测区，经物镜放大后，由高速成像相机捕获浮游动物形态、粒径等多维度参数。分析仪搭载智能自适应聚焦系统，可根据样本浓度与流速动态调整成像参数，保障图像清晰。内置深度学习计算单元，依托海量标注数据实现精准分类识别，还能通过学习新样本迭代算法、自我优化，最终实时处理并存储数据，完成水体中浮游动物的自动识别与计数。其基本组成单元和运行原理如图1所示。

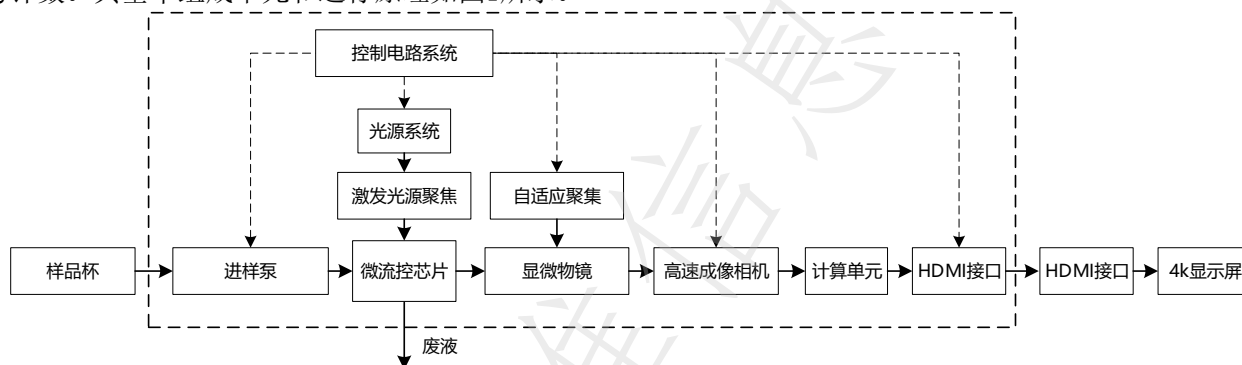


图1 仪器的基本组成单元

5 技术要求

5.1 仪器组成

浮游物流式显微成像智能分析仪主要由光源系统、显微成像系统、流式进样系统、操作终端、通信系统、数据存储系统和外观组成。

5.1.1 光源系统

光源系统主要由明场白光灯源、太阳花散热器、阿贝聚焦镜系统构成，明场白光灯源用于照亮待测物体、太阳花散热器用于明场白光灯源的散热、阿贝聚焦系统用于明场白光的聚焦。

5.1.2 显微成像系统

显微成像系统主要由成像物镜、聚焦筒镜、CCD 相机、调焦平台以及流通池构成。其中，成像物镜的功能是对待测物体进行放大成像；聚焦筒镜负责对物镜出瞳的光路进行聚焦；CCD 相机用于收集经物镜所成的像；调焦平台则用于实现精准对焦；流通池用于待测样品流动通过。

5.1.3 流式进样系统

流式进样系统主要由蠕动泵、电机夹管阀以及样品池构成，蠕动泵用于将样品池样品吸入流通池成像后排出；夹管阀主要用于管道的闭合与张开；样品池用于存放待测样品。

5.1.4 操作终端

操作终端由电脑显示器和控制软件组成，计算单元安装自主研发的浮游物流式显微成像智能分析仪配套操作软件，通过连接电缆操控主机，并实时显示主机回传的测量结果。

5.1.5 通信系统

连接电缆为通用HDMI连接线，实现主机和操作终端的信息传输。

5.1.6 数据存储系统

数据存储系统主要用于管理和保存两类核心数据：一是显微图像数据，涵盖原始采集图像及后期处理结果，用于支撑检测结果的可视化展示与过程溯源；二是数据库文件，记录样品的基础采样信息（如采样点位、采样时间、水体类型等）以及浮游动物的关键属性数据（如种属分类结果、个体数量、种群密度、个体尺寸及尺寸分布等），为后续的数据统计分析科学研究提供可靠支撑。

5.1.7 外观

由底座和外壳两部分组成。外观机箱具有内部结构、显示屏、开关按键和通信接口等组件装配功能。

5.2 性能要求

5.2.1 光源系统应满足以下要求：

- a) 光源连续稳定可调，能够实现 32 级光强可调；
- b) 自然白光光源色温范围 4100K~4200K，额定功率 3W~5W，可输出 $0\text{ K}\sim 20000\mu\text{mol photon}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 环境光照。

5.2.2 显微成像系统应满足以下要求：

- a) 物镜放大倍率 $4\times$ ，数值孔径不大于 0.2；
- b) 相机分辨率不低于 4k，像元尺寸大小为 $3.45\mu\text{m}$ ；
- c) 筒镜的焦距 200mm；
- d) 调焦平台的调节精度不低于 $5\mu\text{m}$ ；
- e) 样品池体积大于 40mL，带有搅拌功能，且搅拌电机转速不低于 500r/min。

5.2.3 流式进样系统应满足以下要求：

- a) 蠕动泵的最大转速为 400Rpm，适配管道内径尺寸为 3.2mm；
- b) 夹管阀的工作压力为 1~5Bar；
- c) 流通池外侧尺寸为 $4\text{mm}\times 4\text{mm}$ ，内侧尺寸为 $1.5\text{mm}\times 0.3\text{mm}$ ；
- d) 流通池材料为石英玻璃且成像面的粗糙度低于 0.0008。

5.2.4 外观机箱应满足以下要求：

- a) 装配内部结构、开关按键和通信接口等组件；
- b) 强度高、耐腐蚀、耐高温性能。

6 性能指标及检测方法

6.1 性能指标

在浮游动物尺寸 $100\mu\text{m}\sim 2\text{mm}$ 基本检测范围内，按照本文件 6.5 规定的方法进行实验，浮游物流式显微成像智能分析仪性能必须满足表 1 要求。

表1 浮游物流式显微成像智能分析仪性能指标要求

指标名称	性能指标	检测方法
浮游动物尺寸范围	$100\mu\text{m}\sim 2\text{mm}$	6.5.1
浮游动物识别准确率	$\geq 85\%$	6.5.2
浮游动物识别种属	四类（30 个种属）	6.5.3
浮游动物（优势种属）识别准确率	$\geq 90\%$	6.5.4
浮游动物计数准确率	$\geq 95\%$	6.5.5
测量速度	$10\sim 50\text{mL}/\text{min}$	6.5.6

6.2 检测条件

6.2.1 工作电源

AC (220±10) V/50Hz或DC (24±6) V。

6.2.2 测量环境温度

$0^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

6.2.3 水样温度

5℃~40℃。

6.3 试剂

6.3.1 按照 HJ 1296 规定，轮虫类浮游动物采用鲁哥氏碘液固定，鲁哥氏碘液配置方法参照 HJ 1216，枝角类和桡足类则采用福尔马林溶液固定，福尔马林溶液采用市售 10%浓度的福尔马林试剂。

6.3.2 按照 HJ 1216 规定的鲁哥氏碘液制备要求，称取 60g 碘化钾，溶于 100ml 水中，再加入 40g 碘，充分搅拌使其完全溶解，加水定容至 1000ml，转移至棕色磨口玻璃瓶，室温避光保存。规定中涉及试剂及要求见表 2。

表2 试剂及要求

名称	要求
碘 (I ₂)	分析纯
碘化钾 (KI)	分析纯
去离子水	18.25MΩ·cm

6.4 实验样品

6.4.1 按照 HJ 1296 中采样方法进行浮游动物定量及定性样品采集。

6.4.1.1 定量样品：轮虫定量样品采水量以 1L 为宜，定量样品采集后立即加入鲁哥氏碘液固定，将轮虫全部定量样品室温静置 24h~48h，吸取上清液，直至样品沉淀物处于 50ml 标记线左右。枝角类、桡足类样品通过采水器采集 20L 样品，经 25 号浮游生物滤网浓缩到 40mL，并在浓缩后的样品添加 10% 福尔马林溶液固定。

6.4.1.2 定性样品：应在定量样品采集结束后采集定性样品。使用 25 号浮游生物网采集原生动物和轮虫定性样品，使用 13 号浮游生物网采集枝角类和桡足类定性样品；监测轮虫、枝角类和桡足类时，可仅用 25 号浮游生物网（6.1.1）进行定性样品采集。在水体表层至 0.5 m 水深处以 20 cm/s~30 cm/s 的速度做“∞”形往复、缓慢拖动约 1 min~3 min，将浮游生物网提出水面，定性样品被收集在网底部容器中，将底端出口伸入 100 ml 具塞聚乙烯瓶打开底端活塞开关收集定性样品。样品采集完后应及时清洗浮游生物网。

6.5 样品定值

按照 HJ 1296 规定的样品处理方法：

- 轮虫：通过微量移液器准确吸取 1ml 样品，置于 1ml 浮游生物计数框内，在显微镜 20×物镜下全片计数于人工识别。同一样品取样计数 2 次，2 次计数结果的相对偏差应在 ±15% 以内，否则应补充取样计数，计算相对偏差在 ±15% 以内的 2 次计数结果的平均值；
- 枝角类，桡足类：浓缩样品中的枝角类和桡足类应全部计数，残体不计数。当样品中枝角类和桡足类的密度过高时，建议稀释后再计数。每次计数用微量移液器吸取 5ml 样品，置于 5ml 浮游生物计数框，在显微镜 4×或 10×物镜下计数于人工识别，计算多次计数结果的总数。

6.6 检测方法

按照 JJF 1001 和 JJF 1094 规定，对浮游动物尺寸范围、浮游动物计数准确率、浮游动物识别准确率、浮游动物（优势种属）识别准确率、浮游动物识别种属、测量速度六项指标进行定义。

6.6.1 浮游动物尺寸范围

6.6.1.1 利用浮游动物显微荧光成像智能分析仪对测试水样进行三次测量，记录测量结果中浮游动物图像外接矩形框对角线像素数量，依据浮游动物显微荧光成像智能分析仪像素尺寸与实际物理尺寸的转换公式（1）得到像素的物理尺寸 P。

$$P = (\text{pix} \times U) / T \dots\dots\dots (1)$$

式中：pix—图像像素大小；
U—仪器显微成像系统 CCD 相机的像元尺寸；
T—仪器显微成像系统的放大倍率。

6.6.1.2 根据对角线像素数量及像素物理尺寸,按公式(2)计算浮游动物图像外接矩形框对角线尺寸,即浮游动物尺寸 S 。

$$S = P \times \sqrt{2} \times n \dots\dots\dots (2)$$

式中: p —像素的物理尺寸;

n —浮游动物图像外接矩形框对角线像素数量。

6.6.1.3 统计测量结果中浮游动物最大尺寸,即仪器测量浮游动物尺寸范围的上限;统计测量结果中浮游动物最小尺寸,即仪器测量浮游动物尺寸范围下限。

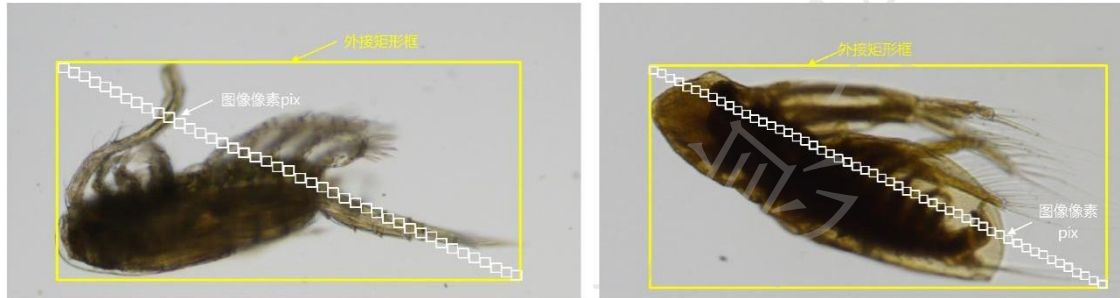


图2 浮游动物尺寸测量示意图

6.6.2 浮游动物计数准确率

6.6.2.1 利用浮游物流式显微成像智能分析仪对测试水样进行三次测量,记录每次仪器测量的浮游动物数量,与三名人员人工鉴定(参照《水生态监测技术要求 淡水浮游动物(试行)》)的浮游动物数量平均值对比,利用(3)式计算每次测量结果的计数准确率。

$$A_{Ci} = \left(1 - \frac{|C - C_0|}{C_0}\right) \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中: A_{Ci} —每次测量结果的识别准确率;

C —每次仪器测量的浮游动物数量;

C_0 —浮游动物数量平均值。

6.6.2.2 利用(4)式计算三次测量结果计数准确率平均值得到仪器计数准确率。

$$\bar{A}_C = \sum_{i=1}^3 A_{Ci} / 3 \dots\dots\dots (4)$$

式中: \bar{A}_C —三次测量结果计数准确率平均值;

A_{Ci} —每次测量结果的识别准确率。

6.6.3 浮游动物识别准确率

6.6.3.1 利用浮游物流式显微成像智能分析仪对测试水样进行三次测量,对测量结果中所有浮游动物图像进行人工鉴定,统计每次测量结果中识别正确浮游动物数量与识别浮游动物数量,按公式(5)计算每次测量结果的识别准确率。

$$A_{Ii} = \frac{n}{N} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中: A_{Ii} —每次测量结果的识别准确率;

n —识别正确浮游动物数量;

N —识别浮游动物数量。

6.6.3.2 利用(6)式计算三次测量结果识别准确率平均值得到仪器的识别准确率。

$$\bar{A}_I = \sum_{i=1}^3 A_{Ii} / 3 \dots\dots\dots (6)$$

式中: \bar{A}_I —三次测量结果识别准确率平均值;

A_{Ii} —每次测量结果的识别准确率。

6.6.4 浮游动物(优势种属)识别准确率

利用浮游物流式显微成像智能分析仪对测试水样进行测量,依据人工镜检结果筛选出优势度达到0.02以上的浮游动物优势种属,按6.6.3计算仪器所测每种浮游动物(优势种属)识别准确率,取平均值获得仪器的浮游动物(优势种属)识别准确率。

6.6.5 浮游动物识别种属

通过查看浮游动物流式显微成像智能分析仪内置数据库浮游动物种属数量，然后利用浮游动物流式显微成像智能分析仪对不同来源测试进行测量，统计测量结果中准确识别的浮游动物种属数量，当测量结果中浮游动物种属数量达到仪器内置数据库浮游动物种属数量的70%以上，判定仪器内置数据库浮游动物种属数量真实有效。

6.6.6 测量速度

取特定体积V测试水样加入烧杯，将浮游动物流式显微成像智能分析仪进样管道插入待测水样，仪器通电稳定后，点击仪器操作界面的“运行”，开始测量并计时，待测量结束时记录测量时间，按公式(7)计算单位时间测量的样品体积，即测量速度。换测试样品重复五次，取五次测量速度的算数平均值为仪器的测量速度。

$$v = \frac{V}{t} \dots\dots\dots (7)$$

式中：v—测量速度；
V—特定体积测试水样；
t—测量时间。

7 输出信息

输出信息主要包括浮游动物定量样品分析记录表和前几种优势动物的个体密度柱状分布图。其中，定量样品分析记录表汇总了样品的基本信息、各动物的总个体数、动物个体密度以及不同类别的个体密度等详细数据；个体密度柱状分布图则直观展示了优势动物之间的密度差异，便于对群落结构特征进行对比分析。

8 检测规则

8.1 出厂检测

仪器由制造厂质量检验部门检查，判定合格后出具合格证书才能出厂。

8.2 检测项目

检验项目根据5.2和6.1执行。

9 包装、运输和储存

9.1 标志

按照GB/T 191规定，每台仪器应在适当醒目的位置固定产品铭牌。产品铭牌应标出标准代号、仪器型号、名称、量程范围、出厂编号、制造日期、厂名等。

9.2 操作说明书

仪器的操作说明书应符合 GB 9969.1，至少包括以下内容：现场安装条件及方法、仪器操作方法、常见故障处理、日常维护说明及其他注意事项等。

9.3 包装

仪器包装应符合 GB/T 191 中的规定，并应满足运输和安全要求。

9.4 随机文件

随机文件应包含：

- a) 装箱单；
- b) 产品合格证；
- c) 仪器使用说明书；

d) 备件及附件清单。

9.5 运输

仪器外包装应标注运输注意事项及要求。在运输中应防止受到强烈冲击，雨淋及曝晒。

9.6 储存

仪器应贮存于环境温度 $-20^{\circ}\text{C}\sim 45^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于85%。不得有腐蚀性气体和腐蚀性物品。

全国团体标准信息平台

附 录 A
(资料性)
浮游动物流式显微成像智能分析仪性能测试原始记录表

检测日期: _____

仪器编号: _____

表A.1 测试样品_____仪器测量结果记录表

	门类	属种	尺寸 (μm)	仪器识别数量	识别正确数量	人工镜检数量			优势种属
1									<input type="checkbox"/>
2									<input type="checkbox"/>
3									<input type="checkbox"/>
4									<input type="checkbox"/>
5									<input type="checkbox"/>
6									<input type="checkbox"/>
7									<input type="checkbox"/>
8									<input type="checkbox"/>
9									<input type="checkbox"/>
10									<input type="checkbox"/>
11									<input type="checkbox"/>
12									<input type="checkbox"/>
13									<input type="checkbox"/>
14									<input type="checkbox"/>
15									<input type="checkbox"/>
16									<input type="checkbox"/>
17									<input type="checkbox"/>
18									<input type="checkbox"/>
19									<input type="checkbox"/>
20									<input type="checkbox"/>
21									<input type="checkbox"/>
22									<input type="checkbox"/>
23									<input type="checkbox"/>
合计									/

注：仪器内置数据库包含四类、31个种属的浮游动物。

表A.2 仪器测量速度记录表

测量次数	1	2	3	平均值
时间 (min)				
测量速度 (mL/min)				

注：测试样品体积为400mL。