ICS 19.020
CCS A 21

中华人民共和国国家标准

GB/T 48463.2—2026

微细气泡技术　环境应用　第2部分：微细气泡射流装置曝气性能测试方法

Fine bubble technology—Environmental applications—Part 2：Test method for evaluating aeration performance of fine bubble jet devices

（ISO 4240-2：2024，MOD）

2026-10-30 发布　　2027-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会　发布

目　　次

前言 …… Ⅲ
引言 …… Ⅴ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 1
4　原理 …… 2
5　测试系统 …… 3
5.1　试剂 …… 3
5.2　设备和仪器 …… 3
6　测试过程 …… 4
6.1　测试准备及条件 …… 4
6.2　微细气泡射流装置的运行 …… 4
6.3　DO 值记录 …… 4
6.4　输入功率测试 …… 5
6.5　数据有效性检验 …… 5
7　计算 …… 6
7.1　总则 …… 6
7.2　标准氧传质系数(k_La_S)计算 …… 6
7.3　标准氧传质速率(SOTR)计算 …… 7
7.4　标准氧曝气效率(SAE)计算 …… 7
7.5　标准氧传质效率(SOTE)计算 …… 7
8　测试报告 …… 8
附录 A（资料性）　结构编号对照一览表 …… 9
附录 B（资料性）　非线性回归拟合数据分析示例 …… 11
B.1　总则 …… 11
B.2　准备 …… 11
B.3　测试步骤 …… 11
B.4　测试结果 …… 11
附录 C（资料性）　微细气泡发生装置氧气曝气性能的测试示例 …… 14
C.1　总则 …… 14
C.2　测试准备 …… 14
C.3　测试程序 …… 14
C.4　不同液气比 R_{lg} 下的测试结果 …… 15
C.5　不同循环频次 C_f 下的测试结果 …… 17
参考文献 …… 21

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。

本文件是GB/T(Z) 48463《微细气泡技术　环境应用》的第2部分。GB/T(Z) 48463已经发布了以下部分：

——第1部分：溶气气浮设备中气泡体积浓度和气泡层厚度的测试方法；

——第2部分：微细气泡射流装置曝气性能测试方法。

本文件修改采用ISO 4240-2：2024《微细气泡技术　环境应用　第2部分：微细气泡射流装置曝气性能测试方法》。

本文件与ISO 4240-2：2024相比，在结构上有较多调整。两个文件之间的结构编号对照变化一览表见附录A。

本文件与ISO 4240-2：2024的技术差异及其原因如下：

——更改了文件的适用范围(见第1章)，以提高可操作性；

——用规范性引用的GB/T 41914.1替换了ISO 20480-1(见第3章)、GB/T 41914.2替换了ISO 20480-2(见第3章)，以适应我国的技术条件、提高可操作性；

——更改了术语“曝气/溶氧”“微细气泡射流装置”“氧传质系数”“溶解氧”“标准氧传质效率”“标准氧传质速率”“循环频次”的定义(见3.1、3.3～3.5、3.7、3.8和3.10)，以提高可操作性；

——将术语“纯氧”更改为“含氧气体”(见3.2)，以提高可操作性；

——增加了术语“饱和溶解氧”“液气比”(见3.6和3.11)；

——增加了氧传质系数(k_La)的测试原理和测试流程(见第4章)，以提高可操作性；

——更改了试剂的规格要求和添加条件(见5.1.1和5.1.2，ISO 4240-2：2024的6.1和6.2)，增加了测试用水要求(见5.1.3)，以提高可操作性和规范性；

——增加了规范性引用的GB 5749—2022(见5.1.3)，以适应我国的技术条件、提高可操作性；

——将标题测试材料更改为设备和仪器(见5.2，ISO 4240-2：2024的5.2)，增加了微细气泡射流装置、泵、泵循环流量计、压力表、进气温度计、功率仪和恒温装置[见5.2a)、b)、c)、d)、h)、i)和j)]，更改了水槽、溶解氧仪器和进气流量计的规格要求[见5.2e)、f)和g)，ISO 4240-2：2024的5.2]，相应更改了测试系统示意图(见图1，ISO 4240-2：2024的图1)，以提高规范性和可操作性；

——增加了循环频次、液气比和泵循环流量的测试准备条件、水温波动范围、脱氧剂和钴催化剂降低初始DO值的步骤与试剂要求、大气压和温度的记录[见6.1b)和c)、e)、f)、g)和h)]，以提高规范性和可操作性；

——更改了微细气泡射流装置的运行要求(见6.2，ISO 4240-2：2024的6.3)，以提高可操作性；

——增加了DO值记录过程中饱和溶解氧数据的数据记录量要求(见6.3，ISO 4240-2：2024的6.4)，更改了测试期间的DO变化图(见图2，ISO 4240-2：2024的图2)，以提高可操作性和规范性；

——更改了输入功率测试要求(见6.4，ISO 4240-2：2024的6.5)，以提高可操作性和规范性；

——增加了重复试验的偏差范围要求，更改了计算氧传质系数(k_La)值的DO数据区间范围，增加了非线性最小二乘回归法拟合及拟合方程决定系数的要求(见6.5，ISO 4240-2：2024的5.4和第7章)，相应更改了溶解氧浓度与时间数据及非线性拟合曲线(见图3)，以提高可操作性和

规范性；

——将标题公式计算过程更改为计算(见第7章，ISO 4240-2:2024第4章)，以提高可操作性；

——更改了公式中的符号表示[见第7章的公式(1)～公式(5)、公式(9)和公式(10)，ISO 4240-2:2024第4章的公式(1)～公式(5)、公式(9)和公式(10)]，以提高可操作性；

——更改了P的解释[见7.4的公式(9)，ISO 4240-2:2024第4章的公式(9)]，以提高可操作性；

——更改了氧气质量流量的计算公式[见7.5的公式(10)～公式(12)，ISO 4240-2:2024第4章的公式(11)～公式(13)]，以提高可操作性和规范性；

——增加了进入微细气泡射流装置的含氧气体实际流量的计算公式[见7.5的公式(13)]，以提高可操作性；

——测试报告中增加了待测试微细气泡射流装置的信息、原始数据集(t，C)及基于数据集进行的非线性最小二乘回归法拟合方程和曲线、k_La_S以及SOTE、SOTR和SAE值的数据图[见第8章的c)、g)和i)]，以提高可操作性和规范性；

——测试报告中更改了应记录的前置工况条件和参数[见第8章的e)，ISO 4240-2:2024第8章的e)、g)和h)]，更改了应记录的水质情况[见第8章的f)，ISO 4240-2:2024第8章的f)]，删除了每次测试开始和结束时的水位、受托单位和盖章[见ISO 4240-2:2024第8章的h)和m)]，以提高可操作性。

本文件做了下列编辑性改动：

——更改了第3章的标题；

——更改了第4章的标题；

——更改了图1的标题；

——增加了非线性回归拟合数据分析示例(见附录B)；

——更新了测试方法示例的步骤和数据(见附录C，ISO 4240-2:2024的附录A)。

本文件由中国科学院提出。

本文件由全国微细气泡技术标准化技术委员会(SAC/TC 584)归口。

本文件起草单位：南京天祺超氧科技有限公司、同济大学、泰州巨纳新能源有限公司、新疆中核天山铀业有限公司、中国石油集团川庆钻探工程有限公司钻采工程技术研究院、北京航空航天大学、宝武水务科技有限公司、常州捷佳创精密机械有限公司、北京交通大学、南京大学、江苏博凌环境科技有限公司、江苏省环保集团宿迁有限公司、沈阳工业大学、南京博纳科学仪器有限公司、中国科学院过程工程研究所、湖北联胜精密制造有限公司。

本文件主要起草人：兰清泉、李攀、丁荣、周根茂、白云海、柳姝、陈琦、任金枝、李新洋、周庆、操召军、李甜、徐军、于杰、臧德业、李兆军、张玉峰。

引　言

近年来，微细气泡技术在多个领域的应用取得显著进展。微细气泡射流装置使用含氧气体曝气方式来提高气液相间的氧气传质效率，广泛应用于水处理和水生态修复等环境工程领域。小型射流装置（≤1 m^3/h）多用于清洁作业；中型射流装置（1 m^3/h～10 m^3/h）常见于水产养殖和农业领域；大型射流装置（≥10 m^3/h）主要用于水处理和水环境修复。微细气泡射流装置可采用射流模式（自吸式）或注入模式（加压供氧）。其操作模式会影响实际的氧传质效率及其能源效率。

为测试微细气泡射流装置的曝气性能，需要一种标准的氧传质测试方法，能应用于所有类型的微细气泡射流装置。

本文件旨在规范微细气泡射流装置曝气性能测试流程。基于本文件测试方法，制造商可提供微细气泡装置的曝气性能指标，有助于工艺设计师设计出满足工程中曝气使用要求的微细气泡装置规模。

GB/T(Z) 48463《微细气泡技术　环境应用》旨在对微细气泡技术环境应用领域中普遍适用的原则和要求进行标准化，拟由四个部分构成。

——第1部分：溶气气浮设备中气泡体积浓度和气泡层厚度的测试方法。目的在于确立一种用在线颗粒计数器测量气泡体积浓度和气泡层厚度的测试方法。

——第2部分：微细气泡射流装置曝气性能测试方法。目的在于确立一种评价微细气泡射流装置曝气性能的测试方法。

——第3部分：藻华去除设施性能现场评估的测试方法。目的在于确立一种评价微细气泡技术去除藻华效果的测试方法。

——第4部分：使用微细气泡清洗去除土壤中油的测试方法。目的在于确立一种评价微细气泡清洗去除土壤中油的测试方法。

本文件的发布机构提请注意，声明符合文件时，可能涉及第5章和第6章相关专利的使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构承诺，他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下，免费许可任何组织或者个人在实施该国家标准时实施专利。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。相关信息可以通过以下联系方式获得：

专利持有人姓名：南京天祺超氧科技有限公司；

地址：江苏省南京市浦口区百合路111-4。

请注意除上述专利外，本文件的某些内容仍可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

微细气泡技术　环境应用　第2部分：微细气泡射流装置曝气性能测试方法

1　范围

本文件描述了微细气泡射流装置曝气性能的测试方法，包括原理、测试系统、测试过程和计算方法等。

本文件适用于以泵作为主动力将水溶液流经具有产生微细气泡结构的装置。其他微细气泡发生装置的曝气性能测试参考本文件。

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 5749—2022　生活饮用水卫生标准

GB/T 41914.1　微细气泡技术　微细气泡使用和测量通则　第1部分：术语（GB/T 41914.1—2022，ISO 20480-1：2017，IDT）

GB/T 41914.2　微细气泡技术　微细气泡使用和测量通则　第2部分：微细气泡属性分类（GB/T 41914.2—2022，ISO 20480-2：2018，MOD）

3　术语和定义

GB/T 41914.1 和 GB/T 41914.2 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

ISO 和 IEC 维护的用于标准化的术语数据库网址如下：

——ISO 在线浏览平台：http://www.iso.org/obp；

——IEC 电工百科：http://www.electropedia.org/。

3.1

曝气　aeration

溶氧　oxygenation

将含氧气体引入水体以提高分子氧含量浓度的过程。

3.2

含氧气体　oxygen-containing gas

具有已知氧气含量的气体。

注：确定氧气含量用于计算标准氧传质效率。

3.3

微细气泡射流装置　fine bubble jet device

以泵作为主动力将水溶液流经具有产生微细气泡结构的装置。

注：例如旋流系统、射流器系统以及文丘里系统等，参照本文件。