

《水处理用节能型鳃式微孔曝气器》

编制说明



二〇二二年六月

目录

一、项目背景	1
二、标准编制的必要性	2
三、国内外相关标准情况	2
四、标准编制的基本原则和技术路线	6
五、主要技术内容	7
六、工作条件及安装	23
七、曝气器检测	35
八、生产、标志、包装、运输、储存	37
九、应用案例	38
十、经济效益分析	46
十一、用户证明	47



一、项目背景

（一）任务来源

2021年12月，普民环保科技有限公司向中华环保联合会提交了《水处理用节能型鳃式微孔曝气器》立项申请表，经专家评审，2022年1月此项团体标准获得批准立项，项目信息在全国团体标准信息平台网站(<http://www.ttbz.org.cn>)予以公示。

普民环保科技有限公司是本标准的技术负责单位，并承担总体编写任务，中华环保联合会负责标准的过程管理，参编单位有中国标准化研究院，其他参与单位有中国光大水务集团有限公司、中国水环境集团有限公司、青岛水务集团有限公司、中国市政工程中南设计研究总院有限公司、中国市政工程华北设计研究总院有限公司、中国市政工程西南设计研究总院有限公司等企事业单位。

（二）鳃式微孔曝气器研制过程

2008年-2010年，第一代鳃式微孔曝气器研制成功，并对曝气器性能指标在建设部给水排水设备产品质量监督检验中心进行了检测，各项指标均优于标准要求；

2011年-2016年，不断优化产品结构，第七代产品研制成功，并在威海水务集团高区污水处理厂二期提标改造项目中进行应用，使用效果良好，节能显著；

2017年-2019年，加大对鳃式微孔曝气器的研发力度，产品升级至第十代，在青岛水务集团城阳双元污水处理厂三期扩建项目中安装使用，运行稳定，节能显著；

2020年1月-2021年12月，产品升级至第十一代，对产品进行性能指标测试，并在青岛海泊河污水处理厂、贵阳金阳污水处理厂、西安第十二污水处理厂、河北大厂县污水处理厂进行了应用试验，使用效果良好。

2021年11月-12月，编制水处理用节能型鳃式微孔曝气团标立项申请表，并于12月向中华环保联合会提交了立项申请表。

2022年1月，《水处理用节能型鳃式微孔曝气》获得批准立项，并在全国团体标准信息平台网站公示。

2022年2月-3月，起草标准初稿和编制说明，并提交中华环保联合会进行审定。

二、标准编制的必要性

（一）完善微孔曝气器产品标准，促进行业发展

刚玉曝气器和橡胶膜曝气器是微孔曝气器的主要类型，也是水处理行业应用最多的两种曝气器，两种曝气器均有相关标准。水处理用节能型鳃式微孔曝气器是一种新型结构的微孔曝气器，完全不同于刚玉曝气器和橡胶膜曝气器，现有曝气器标准不适用于水处理用节能型鳃式微孔曝气器，团体标准的制定可以解决当下标准缺失的问题，促进行业健康可持续发展。

（二）有利于生态环境的保护，节能减排，加速实现“双碳”目标

目前节能型鳃式微孔曝气器有两项发明专利，七项实用新型专利，并被山东省科技厅鉴定为国际领先水平，使用过程中风机运行能耗低于同等产品 30%以上。团体标准对产品环保指标要求，不得低于强制性国家标准的相关技术要求。制定团体标准，有助于提高行业整体对生态保护的贡献，更好地履行社会责任。

（三）有效推广节能型鳃式微孔曝气器科学技术成果

国家相关政策多次指出，支持行业协会商会将专利等科技成果融入团体标准，推动技术进步。水处理用节能型鳃式微孔曝气器可以通过团体标准的作用，以短时间内在众多会员单位中进行推广，让消费者更快享受到先进的产品。

（四）增加水处理行业曝气器产品的通用性和可替换性

水处理用节能型鳃式微孔曝气器团体标准申请，可以统一不同污水处理企业选用的曝气产品的通用性和可替换性。降低消费者从一家企业商品切换到另一家企业商品的成本，降低社会资源的不必要浪费，提高社会整体经济效益。

（五）为国家标准及今后的国际标准的制定提供基础

团体标准在广泛实施后，有机会升级为国家标准，为国家标准的制定提供基本的应用数据支持，为今后国际标准的申请制订打好基础。

三、国内外相关标准情况

（一）国内外曝气器概况

污水处理方法，可分为物理处理、化学处理和生物处理三种。生物氧化处理法是目前世界上普遍采用的一种经济有效、无污染的污水处理方法，其原理是利

用微生物的代谢作用，将污水中的有机污染物转化为稳定的无害物质。

曝气是污水处理系统不可缺少的环节，曝气设备主要分为鼓风曝气设备，潜水射流曝气设备，表面曝气设备，市政污水处理系统最常用的是鼓风曝气设备。

鼓风曝气设备将鼓风机输送的空气分散到水体中，转化成溶解氧供微生物新陈代谢利用，根据曝气器的微孔孔径大小可分为中大孔曝气器，微孔曝气器和其他形式曝气器。其中微孔曝气器是市场最常用普遍使用的曝气设备。

污水处理厂里的曝气池一般深 6 米以上，曝气装置安装在池底，曝气装置将鼓风机输送的空气转化成溶解氧时，首先要克服 60kPa 以上的水压，因此，曝气装置的性能指标是决定鼓风机数量及功率的关键因素之一，也是决定污水处理厂电耗高低的重要条件。

1.橡胶膜曝气器

橡胶膜微孔曝气器是 20 世纪 80 年代研制的新型曝气器装置，由橡胶膜片和支撑体组成的气体扩散器，在通气条件下，在水中可产生直径小于或等于 3mm 的气泡。空气通过橡胶膜片是，其上孔缝张开，停止供气时，孔缝闭合。

橡胶膜曝气器最常用的材质是 EPDM（三元乙丙橡胶），该材质具有耐久性好、抗老化性强、亲水性好等特点，该种材质曝气器的优点主要有：①曝气气泡直径小，氧利用率高；②气泡扩散均匀；③曝气稳定性好，耐腐蚀性强；④耐温性能好，EPDM 的耐温可达 176℃。橡胶膜曝气器主要管式、盘式、板式等形式。

由于橡胶膜曝气器材质和打孔方式的特点，传统橡胶膜曝气器存在以下缺陷：①易堵塞：生物结垢或粘性物质生长，纤维物质附着缠绕，以及污水中的油脂滞留、氧化铁屑或碳酸盐的沉淀结钙等，都易使橡胶膜微孔发生堵塞。②膜片易撕裂：为增加单位面积微孔数量，橡胶膜表面微孔密布，在较大风压下，易引起撕裂。③易老化：橡胶膜材质决定了其在污水状态下，易发生脆化硬化，弹性减弱，易出现老化破损。④投资大：橡胶膜曝气器阻力损失大，需配备大功率风机，服务面积较小，搅动性能差，需要布置的密度较大，工程投资较大。⑤能耗高：橡胶膜曝气器阻力损失大，风机运行压力大，能耗高。⑥运行维护复杂，成本高：由于橡胶膜曝气器材质及微孔形式的特点，需周期性进行甲酸冲洗或间歇性适当加大气量冲洗，加大了后期运行维护成本，影响了污水处理厂正常生产作业。

2.陶瓷、刚玉曝气器

刚玉曝气器是主要由刚玉原砂（以高铝矾土主要原料，经高温冶炼和球磨机加工而成的 30 目~80 目不规则圆柱形颗粒，其三氧化二铝含量≥95%）和高温粘土（俗称高岭土，耐火温度约 1700℃）添加成孔材料及粘合剂充分混合均匀后，经机械挤出或者压制成型后再经 1300℃ 高温烧结而成的三氧化二铝含量不低于 75% 的微孔体。

刚玉曝气器具有以下优点：①结构简单，一体型只有三个部件，装配速度快，池底安装调试容易；②密封性能好，防止不同材料接触不紧密，造成漏气现象；③表面积大，经测算表面积增加近 75%，增大了曝气量，提高充氧效率；④适用于腐蚀性较强的、污泥量大的环境。

刚玉微孔曝气器材质及微孔形成的特点，存在以下缺陷：①微孔易结垢堵塞，污水中粘性物质易滞留在微孔；②阻力损失大，由于微孔形成特点，导致气泡的路径较长，增加了阻力；③维护复杂，使用寿命短，刚玉曝气器需要定期进行酸洗，微孔一旦堵塞，性能指标下降明显，影响污水处理厂正常作业；④服务面积小，安装密度大。

（二）曝气器相关标准概况

德国、美国等国家和地区是研制曝气器技术比较成熟的国家，尤其是橡胶膜材质的曝气器，德国和美国已有非常成熟的技术和测试标准。并且不同的生产厂家制定了产品的安装、调试、维护手册。美国制定的《Measurement of Oxygen Transfer in Clean Water》也是我国现在曝气器性能测试过程中计算方法的参考对象。

我国的微孔曝气设备技术主要学习德国、美国的技术，各部门也制定了许多相关标准，具体如表 3.1 所示。

表 3.1 我国制定曝气器相关标准

序号	标准名称	编号	发布时间	发布单位	标准类型
1	污水处理用微孔曝气器	CJ/T 3015.1—1993	1993 年 5 月	中华人民共和国建设部	城镇建设行业标准
2	双环伞型曝气器	CJ/T 3015.3—1995	1995 年 12 月	中华人民共和国建设部	城镇建设行业标准
3	曝气器清水充氧性能测定	CJ/T 3015.2—1993	1993 年 5 月	中华人民共和国建设部	城镇建设行业标准

4	污水处理用可张中、微孔曝气器	CJ/T 3015.4—1996	1996年	中华人民共和国建设部	城镇建设行业标准
5	中、微孔曝气器	HCRJ 0311—1998	1998年5月	国家环境保护总局	环境保护行业标准
6	环境保护产品技术要求射流曝气器	HJ/T 263—2006	2006年4月	国家环境保护总局	环境保护行业标准
7	环境保护产品技术要求散流式曝气器	HJ/T 281—2006	2006年7月	国家环境保护总局	环境保护行业标准
8	环境保护产品技术要求中、微孔曝气器	HJ/T 252—2006	2006年4月	国家环境保护总局	环境保护行业标准
9	微孔曝气器清水氧传质性能测定	CJ/T 475—2015	2015年3月	住房和城乡建设部	住房和城乡建设部
10	水处理用刚玉微孔曝气器	CJ/T 263—2018	2018年4月	住房和城乡建设部	城镇建设行业标准
11	水处理用橡胶膜微孔曝气器	CJ/T 264—2018	2018年4月	住房和城乡建设部	城镇建设行业标准

从表 3.1 中可看出，国家制定的相关曝气器标准主要是按照曝气器的材质分、曝气器的微孔形式进行分类制定的。2015 年山东省环境保护厅联合山东省质量技术监督局联合发布了《环境保护技术产品污水处理用微孔曝气器 DB37/T 2668—2015》地方标准，这是山东省首次针对曝气产品制定地方标准，标准中将曝气器分为普通型和节能型两种类型。同时还制定了《化学消氧法曝气器清水充氧性能测试方法 DB37/T 2667—2015》地方标准，规范了曝气器在清水中测试性能指标的计算方法。

（三）国内曝气器性能测试概况

目前，国内外对曝气器性能指标的测试都是在清水中进行的，世界上还没在污水中测试曝气器性能指标的成熟系统和计算方法。目前我国的计算方法主要参

考标准《微孔曝气器清水氧传质性能测定 CJ/T 475-2015》，该标准接近与美国的计算方法《Measurement of Oxygen Transfer in Clean Water》。

四、标准编制的基本原则和技术路线

（一）标准定位

本标准是对微孔曝气器的种类的丰富和补充，对水处理用节能型鳃式微孔曝气器的性能指标进行约定，从而提高微孔曝气器的性能要求，能更好的推进曝气设备行业的技术发展，促进节能型曝气产品的研发使用，符合我国节能减排和双碳政策。

（二）编制原则

首先遵循问题导向原则，针对污水处理行业曝气环节能耗高的现象，为了实现曝气环节的节能减排，降低污水处理成本，落实双碳政策，编制该标准有助于鳃式微孔曝气器的推广应用。

二是科学合理原则，立足第三方检测中心出具的检测报告的基础上及产品在各大污水处理厂应用的实际数据的基础上，制定符合实际的指标要求。

三是补充完善原则，本标准可对现有的微孔曝气器的标注进行补充和完善，使微孔曝气器的分类更加全面多样，促进微孔曝气器行业的金属进步。

（三）编制工作的技术路线

本指南标准将在对国内外相关标准调查和分析的基础上，研究制定相应的技术要求，进而制定出适合水处理用节能型鳃式微孔曝气器的性能指标，为完善微孔曝气器分类提供技术支持，技术路线如图 4.1 所示。

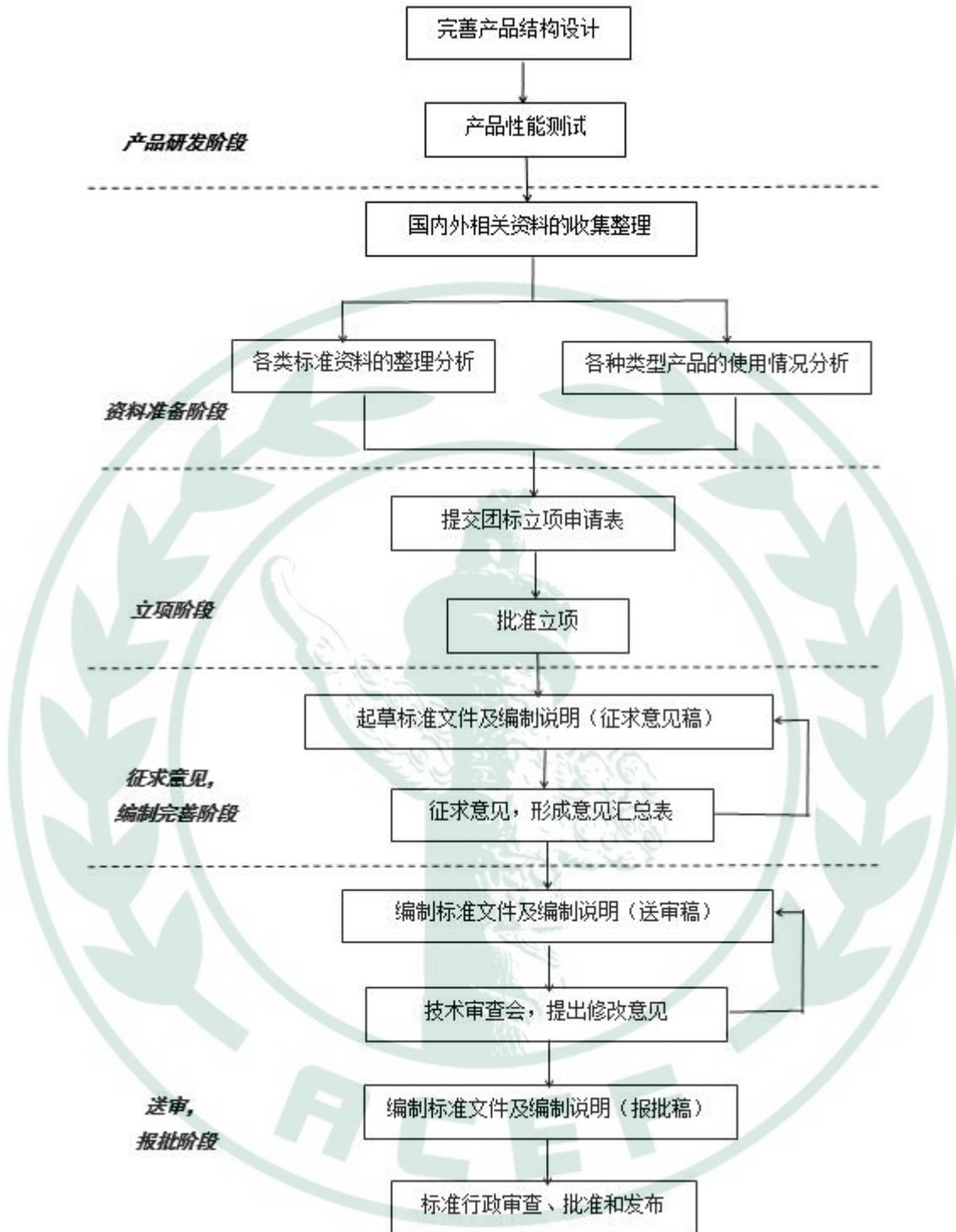


图 4.1 技术路线图

五、主要技术内容

(一) 标准适用范围

针对现有微孔曝气器标准的不完善, 本标准规定了水处理用节能型鳃式微孔

曝气器术语和定义、结构形式和型号、工作条件、要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存。

（二）关于术语和定义

为了使标准内容易于理解，本标准规定了 9 个术语和定义。具体如下：

1. 鳃片

仿生鱼鳃形状，由高分子复合材料注塑成型的圆形环片。环片上刻有类似鱼鳃丝的气体通道。

2. 呼吸结构

仿生鱼鳃滤水和排异的机理，制成具有伸缩功能的部件，将鳃片有机连接。根据气压变化，可自主调节鳃片间距，防止微孔堵塞的结构。

3. 鳃式微孔曝气器

由鳃片和支撑结构、呼吸结构和安装结构组成的气体分散器，在通气条件下，在水中可产生直径小于或等于 2 mm 的气泡，具有自清洗功能。

4. 标准状态

大气压为 101.325kPa、水温为 20 ℃的状态。

5. 标准氧传质速率

曝气器在标准状态、测试条件下，单位时间内向溶解氧浓度为零的水中传递的氧气质量，单位为 kg/h。。

6. 标准氧传质效率

曝气器在标准状态、测试条件下，单位时间内传递到水中的氧气质量占曝气器供氧量的百分比，以%表示。

7. 标准曝气效率

曝气器在标准状态、测试条件下，消耗单位有用功传递到水中的氧气质量，单位为 kg/(kW·h)。

8. 标准通气量

曝气器在标准状态、测试条件下，单位时间内充入水中的标准空气量，单位为 m³/h(标准状态)。

9. 阻力损失

101.325kPa大气压条件下，一定大小的通气量通过曝气器前后的压力差，单位为Pa。

(三) 产品介绍

1. 结构

针对传统曝气装置的缺陷，我公司技术团队，于2008年仿生鱼鳃的结构与机理，研发出第一代水处理用节能型鳃式微孔曝气器。该产品打破了传统曝气膜的设计理念，采用仿生学原理，模拟鱼鳃结构，由许多带有鳃腺的“鳃片”，叠加组成曝气主体，鳃片结构示意图如图5.1所示。这种鳃式曝气膜通过“鳃腺”取代了“微孔”，技术特征是彻底改变了曝气膜片的结构，将传统曝气膜片“化整为零”，使曝气膜片具有“呼吸”功能。鳃式曝气独创的“呼吸”功能，可将异物排除，解决了传统膜片撕裂、堵塞等现象，从结构上彻底解决了传统橡胶膜曝气器存在的缺陷。



图 5.1 鳃片结构示意图

水处理用节能型鳃式微孔曝气器为管式结构，主要由鳃片，支撑结构——六波峰管，安装结构——底座，底座分螺纹式底座和卡箍式底座，呼吸结构——端盖、固定螺母等结构组成，如图5.2-5.3所示。

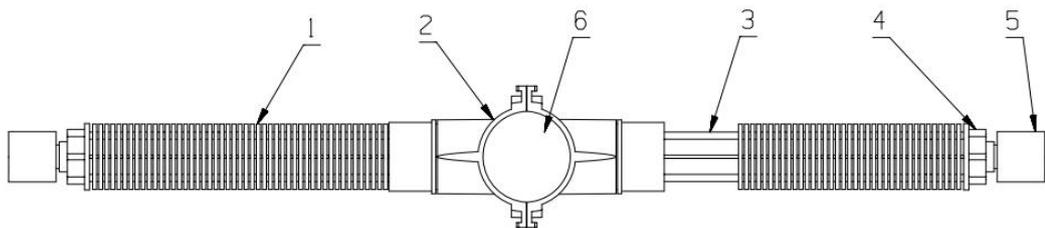


图5.2 鳃式微孔曝气器结构示意图（卡箍式底座）

1-鳃片；2-卡箍式底座；3-六波峰管；4-端盖；5-固定螺母；6-布气管道

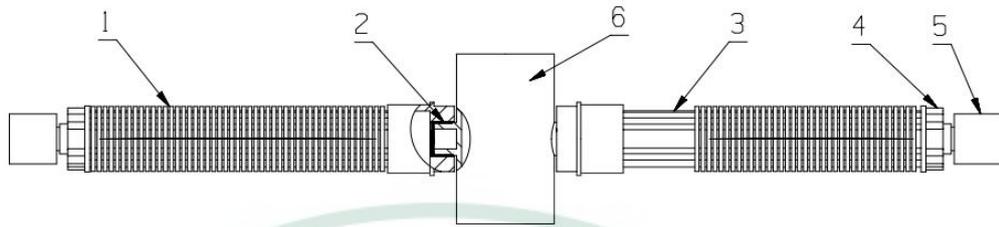


图5.3 鳃式微孔曝气器结构示意图（螺纹式底座）

1-鳃片；2-螺纹式底座；3-六波峰管；4-端盖；5-固定螺母；6-布气管道

2.材质

鳃式微孔曝气器的各零部件以丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)为主料，经模具注塑而成。塑料ABS的热变形温度为 $93\sim 118\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，制品经退火处理后可提高 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。ABS在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时仍能表现出一定的韧性，可在 $-40\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内使用。因此，鳃式微孔曝气器的工作环境温度范围可为 $4\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

3.生产

鳃式微孔曝气器各零部件均通过模具经注塑而成，如图5.4，可实现自动化生产，产品组装过程简单，组装完成的产品的的气密性进行质量抽检，如图5.5所示。



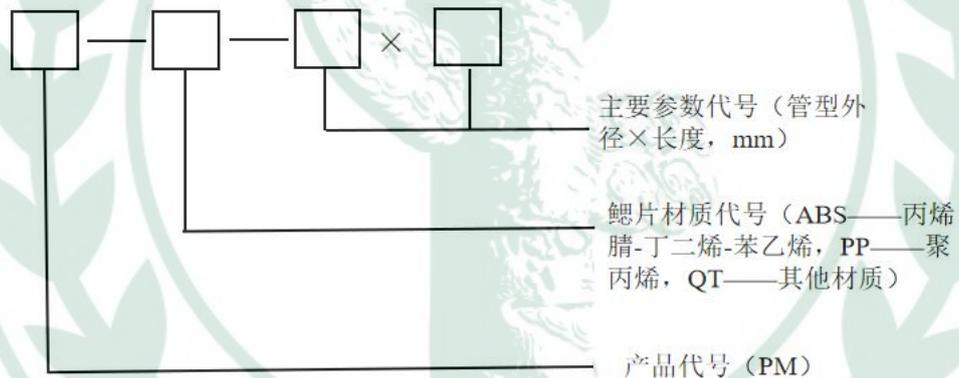
图 5.4 鳃式微孔曝气器零部件生产



图5.5 鳃式微孔曝气器气密性测试

(四) 产品系列

水处理用节能型鳃式微孔曝气器的结构型式为微孔曝气器,应用场景有好氧池、曝气沉砂池、MBR膜池、MBBR填料筛网处等。产品型号按照下列方式进行标记:



示例 1:

外径 60mm、长度 560mm 的用于沉砂池的鳃式微孔曝气器标记为 PM-BQ-60×560。

示例 2:

外径 60mm、长度 270mm 的用于氧化沟的鳃式微孔曝气器标记为 PM-QT-60×270。

水处理用节能型鳃式微孔曝气器有螺纹连接和卡箍式连接,可实现生物池池底安装和可提升式安装。

(五) 产品创新性

水处理用节能型鳃式微孔曝气器相比传统曝气器具有以下技术优势:

1.自主呼吸功能, 不易堵塞

鳃式微孔曝气器相比传统微孔曝气器具有呼吸功能，可实现自动清洗，在实际应用过程中不需要增加清洗装置。呼吸功能的运动原理：鳃式微孔曝气器的呼吸结构由端盖、固定螺母和鳃片组成，曝气器正常工作状态下，鳃片处于压紧状态，间距最小，保证气泡直径最小，当鳃片之间有污泥或其他异物进入，曝气阻力加大，曝气器内压力加大，端盖可横向运动，鳃片之间的间距变大，异物在气流作用下被吹出，曝气器恢复正常工作状态。鳃式微孔曝气器自有的呼吸功能，可减少曝气器额外的清洗装置和管道，减少设备运行时的故障率，减少传统曝气器需进行酸洗导致的停产现象。

2.高分子复合材料、产品寿命长

鳃式曝气装置零部件选用的材质为一次注塑成型的高分子复合材料，具有抗老化性强、产品结构稳定、耐磨抗菌、设备运行平稳、使用寿命长等显著特点。

3.膜片微孔数量多，氧利用率高

相同显微镜面积里，传统橡胶膜盘式曝气膜片微孔数量是 6 个，传统橡胶管式曝气膜片微孔数量是 9 个，鳃式曝气器曝气膜片的微孔数目是 198 个，分别是传统橡胶膜盘式曝气膜片的 33 倍、传统橡胶管式曝气膜片的 22 倍，通气能力发生根本性地变化。

4.开放型微孔，阻力损失小

国家标准要求微孔橡胶膜曝气器的阻力损失 $\leq 4800\text{Pa}$ ，由于鳃式曝气器的微孔为固定敞开式，通气阻力小，最小可达到 1640Pa，比橡胶膜产品减少 70%以上。

5.节能效果显著，实现节能 30-40%以上

由于鳃式曝气器的阻力损失远小于传统曝气器，通气能力大于传统曝气器，在风机等设备的选择上可以选择小功率设备，因此在设备的投资及后期的运营方面有明显的节能效果。

(六) 鳃式微孔曝气器的外观尺寸要求

水处理用节能型鳃式微孔曝气器为管式结构，主要由鳃片、支撑结构、呼吸结构、安装系统组成。曝气器尺寸应符合设计图纸的要求，外观应完好无裂纹。

鳃片以丙烯腈-丁二烯-苯乙烯(ABS)为主要材料，表面应光滑，不应有裂纹。鳃片尺寸偏差应符合表 5.1 的规定。

表5.1 鳃片鳃片尺寸偏差

项目	允许偏差
外径	±0.05%
内径	±0.05%
厚度	±0.05%
微孔	±0.01%

(七) 产品性能指标

1. 零部件性能指标

鳃式微孔曝气器各零部件的性能指标应符合表 5.2 的规定。

表 5.2 其他零部件的性能指标

测试项目	单位	指标
拉伸屈服应力	MPa	≥35.0
冲击强度	J/m	≥118.0
球压痕硬度	N/mm ²	≥63.0
维卡软化温度	°C	≥80.0

2. 充氧性能和阻力损失

鳃式微孔曝气器的充氧性能指标和阻力损失应符合表 5.3 的规定。

表5.3 鳃式微孔曝气器性能指标

指标	单位	参数
标准通气量	m ³ /h	2-20
标准氧传质效率	%	≥38
服务面积	m ²	1-2
阻力损失	Pa	≤2000
标准氧传质速率	kg/h	≥0.2
标准曝气效率	kg/(kW·h)	≥9.7
曝气器微孔数量	个/cm ²	≥100

水处理用节能型鳃式微孔曝气器在建设部给水排水设备产品质量监督检验中心检测结果显示，在标准气量为 2 m³/h，测试面积为 0.5 m²，测试水深为 6 m 的测试条件下，鳃式微孔曝气的标准氧转移速率为 0.221 kg/h，标准氧转移效率为 39.55%，标准曝气效率为 10.642 kg/kWh，阻力损失为 1380 Pa；在标准气量为 4 m³/h，测试面积为 0.5 m²，测试水深为 6 m 的测试条件下，鳃式微孔曝气的标准氧转移速率为 0.429 kg/h，标准氧转移效率为 38.321%，标准曝气效

率为 10.304 kg/kWh，阻力损失为 1650 Pa；标准气量为 6 m³/h，测试面积为 0.5 m²，测试水深为 6 m 的测试条件下，鳃式微孔曝气的标准氧转移速率为 0.616 kg/h，标准氧转移效率为 36.684%，标准曝气效率为 9.789 kg/kWh，阻力损失为 1980 Pa。标准《环境保护产品技术要求 中、微孔曝气器 HJ/T 252-2006》对微孔曝气器的氧利用率要求大于等于 20%，充氧能力大于等于 0.13 kg/h，标准曝气效率大于等于 5.0 kg/kWh，阻力损失小于等于 3500 Pa。标准《水处理用刚玉微孔曝气器 CJ/T 263-2018》对管式刚玉微孔曝气器（有效直径×有效长度[60（含）-70（含）×750]规定，标准通气量为 2 m³/h 时，标准氧转移速率大于等于 0.2 kg/h，标准氧转移效率大于等于 37%，标准曝气效率大于等于 9.7 kg/kWh，阻力损失小于等于 2500 Pa；标准通气量为 4 m³/h 时，标准氧转移速率大于等于 0.37 kg/h，标准氧转移效率大于等于 33%，标准曝气效率大于等于 8.5 kg/kWh，阻力损失小于等于 3500 Pa；标准通气量为 6 m³/h 时，标准氧转移速率大于等于 0.5 kg/h，标准氧转移效率大于等于 30%，标准曝气效率大于等于 7.7 kg/kWh，阻力损失小于等于 4500 Pa。标准《水处理用橡胶膜微孔曝气器 CJ/T 264—2018》中对管式橡胶膜微孔曝气器（有效直径×有效长度 62×650）规定，标准通气量为 4 m³/h 时，标准氧转移速率大于等于 0.38 kg/h，标准氧转移效率大于等于 34%，标准曝气效率大于等于 8.8 kg/kWh，阻力损失小于等于 3500 Pa；标准通气量为 6 m³/h 时，标准氧转移速率大于等于 0.52 kg/h，标准氧转移效率大于等于 31%，标准曝气效率大于等于 7.9 kg/kWh，阻力损失小于等于 4500 Pa；标准通气量为 8 m³/h 时，标准氧转移速率大于等于 0.62 kg/h，标准氧转移效率大于等于 28%，标准曝气效率大于等于 7.1 kg/kWh，阻力损失小于等于 5000 Pa。

通过与现有标准对比，鳃式微孔曝气器各项指标均优于标准。

建设部给排水设备产品质量监督检验中心
检验结果汇总

No: 2010-16 共 2 页 第 2 页

序号	检验项目	标准 或指标要求	检验结果		检验结论
			标准 通气量	标准 通气量	
1	充氧能力 (kg/h)	≥0.13	0.397	0.561	合格
2	氧利用率(%)	≥20	35.469	33.404	合格
3	理论动力效率 (kg/(kW·h))	≥5	7.939	7.471	合格
4	阻力损失(Pa)	≤5000	1640	1720	合格
5	外观质量	外观无裂纹, 曝气器布气均匀。	布气均匀, 符合要求		
6	外形尺寸	直径 70mm×长 480mm (有效长度 360mm)	符合要求		
7	密封性能	正常曝气时, 非曝气孔部位不得漏气。	符合要求		
8	测试条件	水深 6m, 服务面积 0.5 m ² /个; 标准气量 4 Nm ³ /h/个、6Nm ³ /h/个; 气压 0.0616、0.0617 Mpa; 水温 19.1-20.2; 气温 20.2。			
9	备注	表中指标要求为 HJ/T256-2006《环境保护产品技术要求 中、微孔曝气器》行业标准对直径为 178-200 mm 的陶瓷、刚玉板型微孔曝气器, 在水深 4 m, 标准通气量 2 Nm ³ /h/个, 服务面积 0.5 m ² /个测试条件下的指标要求。本检验为水深 6 m, 标准通气量 4、6 Nm ³ /h/个, 服务面积 0.5 m ² /个, 参照行业标准执行。 电导率 1.01 ms/cm, 总固体 0.50 g/L。 环境温度 19.7-20.8℃, 环境大气压 101.55-102.17 kPa。			

校对: 刘芳 检验: 袁永斌
本中心地址: 天津市河西区气象台路 99 号 邮政编码: 300074 电话: 022-23545381 23545391

建设部给排水设备产品质量监督检验中心
检验结果汇总

No: 2015-2 共 2 页 第 2 页

序号	检验项目	标准 或指标要求	检验结果		检验结论
			标准 通气量	标准 通气量	
1	充氧能力 (kg/h)	≥0.13	0.390		合格
2	氧利用率(%)	≥20	34.853		合格
3	理论动力效率 (kg/(kW·h))	≥5	7.807		合格
4	阻力损失(Pa)	≤5000	1560		合格
5	外观质量	外观无裂纹, 曝气器布气均匀。	布气均匀, 符合要求		
6	外形尺寸	直径 70mm×长 500mm (有效长度 360mm)	符合要求		
7	密封性能	正常曝气时, 非曝气孔部位不得漏气。	符合要求		
8	测试条件	水深 6m, 服务面积 0.5 m ² /个; 标准气量 4 Nm ³ /h/个; 气压 0.0616 Mpa; 水温 10.9-11.5℃; 气温 19℃。			
9	备注	表中指标要求为 HJ/T256-2006《环境保护产品技术要求 中、微孔曝气器》行业标准对直径为 178-200 mm 的陶瓷、刚玉板型微孔曝气器, 在水深 4 m, 标准通气量 2 Nm ³ /h/个, 服务面积 0.5 m ² /个测试条件下的指标要求。本检验为水深 6 m, 标准通气量 4 Nm ³ /h/个, 服务面积 0.5 m ² /个, 参照行业标准执行。 电导率 0.98 ms/cm, 总固体 0.49 g/L。 环境温度 16.3-16.5℃, 环境大气压 103.21-103.26 kPa。			

校对: 刘芳 检验: 马磊伟
本中心地址: 天津市河西区气象台路 99 号 邮政编码: 300074 电话: 022-23545381 23545391

图 5.6 第一代鳃式微孔曝气器检测报告 图 5.7 第七代鳃式微孔曝气器检测报告

建设部给排水设备产品质量监督检验中心
检验结果汇总

No: 2022-9 共 4 页 第 4 页

序号	检验项目	标准 或指标要求	检验结果		检验结论
			标准 通气量	标准 通气量	
1	充氧能力 (kg/h)	≥0.50	0.616		合格
2	氧利用率(%)	≥30	36.684		合格
3	标准曝气效率 (kg/(kW·h))	≥7.7	9.789		合格
4	阻力损失(Pa)	≤4500	2250		合格
5	外形尺寸	直径 60mm×长 570mm (有效长度 430mm)	符合要求		
6	密封性能	微孔曝气器密封部位在工作压力下不应漏气。	符合要求		
7	测试条件	水深 6m, 测试池面积 0.5m ² /个; 标准通气量 6m ³ /h/个; 气压 0.0594Mpa; 水温 11.7-12.0℃; 气温 14.9-15.2℃。 表中指标要求为 CJ/T263-2018《水处理用刚玉微孔曝气器》行业标准对有效直径(60含)-70(含)mm×有效长度 750mm 的管式刚玉微孔曝气器, 在水深 6m, 标准通气量 6m ³ /h/个, 测试池面积 0.3 或 1m ² /个测试条件下的指标要求。 本检验为水深 6m, 标准通气量 6m ³ /h/个, 测试池面积 0.5m ² /个, 由于受曝气器类型未出台相关标准, 参照 CJ/T263 行业标准执行。 电导率 0.71ms/cm, 总固体 0.36g/L。 环境温度 14.4-16.0℃, 环境大气压 102.79-102.81kPa。 注: 测试采用流量计为余氯瓶内流量仪 L2B-25F (计量范围 1-10m ³ /h), 出厂编号 43F。 采用游标卡尺测定为美国 YSI 公司 58-230V (测量范围 0-20mg/L), 出厂编号 40342674, 06M1663, 07F101713, 检定机构: 天津市计量监督检测科学研究院, 证书编号: FYLh21056966, FYLh21056964, FYLh21056965。			
8	备注				

校对: 印和 检验: 张康
本中心地址: 天津市河西区气象台路 99 号 邮政编码: 300074 电话: 022-23545381 23545391

建设部给排水设备产品质量监督检验中心
检验结果汇总

No: 2022-9 共 4 页 第 2 页

序号	检验项目	标准 或指标要求	检验结果		检验结论
			标准 通气量	标准 通气量	
1	充氧能力 (kg/h)	≥0.20	0.221		合格
2	氧利用率(%)	≥37	39.550		合格
3	标准曝气效率 (kg/(kW·h))	≥9.7	10.642		合格
4	阻力损失(Pa)	≤2500	1650		合格
5	外形尺寸	直径 60mm×长 570mm (有效长度 430mm)	符合要求		
6	密封性能	微孔曝气器密封部位在工作压力下不应漏气。	符合要求		
7	测试条件	水深 6m, 测试池面积 0.5m ² /个; 标准通气量 2m ³ /h/个; 气压 0.0586Mpa; 水温 13.1-13.2℃; 气温 14.6-14.8℃。 表中指标要求为 CJ/T263-2018《水处理用刚玉微孔曝气器》行业标准对有效直径(60含)-70(含)mm×有效长度 750mm 的管式刚玉微孔曝气器, 在水深 6m, 标准通气量 2m ³ /h/个, 测试池面积 0.5 或 1m ² /个测试条件下的指标要求。 本检验为水深 6m, 标准通气量 2m ³ /h/个, 测试池面积 0.5m ² /个, 由于受曝气器类型未出台相关标准, 参照 CJ/T263 行业标准执行。 电导率 0.70ms/cm, 总固体 0.35g/L。 环境温度 10.9-11.9℃, 环境大气压 102.38-102.39kPa。 注: 测试采用流量计为余氯瓶内流量仪 L2B-25F (计量范围 1-10m ³ /h), 出厂编号 43F。 采用游标卡尺测定为美国 YSI 公司 58-230V (测量范围 0-20mg/L), 出厂编号 40342674, 06M1663, 07F101713, 检定机构: 天津市计量监督检测科学研究院, 证书编号: FYLh21056966, FYLh21056964, FYLh21056965。			
8	备注				

校对: 印和 检验: 张康

建设部给排水设备产品质量监督检验中心
检验结果汇总

No: 2022-9 共 4 页 第 3 页

序号	检验项目	标准 或指标要求	检验结果		检验结论
			标准 通气量	标准 通气量	
1	充氧能力 (kg/h)	≥0.37	0.429		合格
2	氧利用率(%)	≥33	38.321		合格
3	标准曝气效率 (kg/(kW·h))	≥8.5	10.304		合格
4	阻力损失(Pa)	≤3500	1980		合格
5	外形尺寸	直径 60mm×长 570mm (有效长度 430mm)	符合要求		
6	密封性能	微孔曝气器密封部位在工作压力下不应漏气。	符合要求		
7	测试条件	水深 6m, 测试池面积 0.5m ² /个; 标准通气量 4m ³ /h/个; 气压 0.0590Mpa; 水温 11.5-11.9℃; 气温 14.9℃。 表中指标要求为 CJ/T263-2018《水处理用刚玉微孔曝气器》行业标准对有效直径(60含)-70(含)mm×有效长度 750mm 的管式刚玉微孔曝气器, 在水深 6m, 标准通气量 4m ³ /h/个, 测试池面积 0.5 或 1m ² /个测试条件下的指标要求。 本检验为水深 6m, 标准通气量 4m ³ /h/个, 测试池面积 0.5m ² /个, 由于受曝气器类型未出台相关标准, 参照 CJ/T263 行业标准执行。 电导率 0.76ms/cm, 总固体 0.38g/L。 环境温度 14.1-14.5℃, 环境大气压 102.79-102.80kPa。 注: 测试采用流量计为余氯瓶内流量仪 L2B-25F (计量范围 1-10m ³ /h), 出厂编号 43F。 采用游标卡尺测定为美国 YSI 公司 58-230V (测量范围 0-20mg/L), 出厂编号 40342674, 06M1663, 07F101713, 检定机构: 天津市计量监督检测科学研究院, 证书编号: FYLh21056966, FYLh21056964, FYLh21056965。			
8	备注				

校对: 印和 检验: 张康

样品名称: 鳃式曝气器
型号规格: 直径 60mm×长 570mm (有效长度 430mm)
受检单位: 普提环保科技有限公司
检测项目: 阻力损失、充氧能力、氧利用率、标准曝气效率

1、阻力损失

(1) 测试结果

标准通气量 (m ³ /h·个)	1	2	3	4	5
阻力损失 (Pa)	1380	1650	1840	1980	2120
标准通气量 (m ³ /h·个)	6	7	8	9	10
阻力损失 (Pa)	2250	2380	2520	2650	2740

(2) 阻力损失与气量的关系

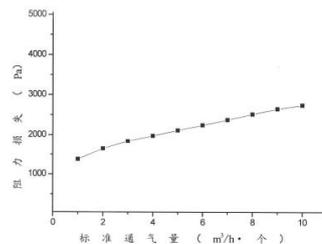


图 5.8 第十一代鳃式微孔曝气器检测报告

3. 充氧性能指标测试原理和方法

曝气充氧过程属于氧传质过程，在氧由气相向液相传递过程中，阻力主要来自与液膜，液膜氧传质微分方程式见式（1）。将式（1）积分并整理可得式（2）或式（3），氧总传质系数可按式（2）或式（3）计算：

$$\frac{dc}{dt} = K_{La}(C_{\infty}^* - C) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\ln(C_{\infty}^* - C) = \ln(C_{\infty}^* - C_0) - K_{La} \cdot t \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$C = C_{\infty}^* - (C_{\infty}^* - C_0)\exp(-K_{La} \cdot t) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

C——与曝气时间 t 相对应的水中溶解氧浓度值，单位为毫克每升（mg/L）；

t——曝气时间，单位为分钟（min）；

K_{La} ——曝气器在测试点处的氧总传质系数，单位为每分（1/min）；

C_{∞}^* ——时间趋于无限大，测试点达到稳定状态时的饱和溶解氧浓度值，单位为毫克每升（mg/L）；

C_0 ——测试点在时刻为零时的溶解氧浓度值，单位为毫克每升（mg/L）。

4. 充氧性能测试方法

采用非稳态测定法，测试水池中的水不进不出，以氯化钴为催化剂，亚硫酸钠为脱氧剂，将水中溶解氧降至零后曝气使之达到稳定状态。

可采用静态启动两种测试方法，静态启动是指测定时先加药脱氧，待溶解氧降至零后开始曝气；动态启动是在启动曝气的同时加药脱氧。

在测试装置种选取上、中、下 3 个溶解氧浓度测试点，测试点 1 在测试装置水面以下 0.50 m 处，测试点 2 在测试装置 1/2 水深处，测试点 3 在测试装置池底以上 0.50 m 处。各测试点距测试装置池壁不应小于 0.60 m（测试装置宽或直径小于 1.20 m 时，测试点应位于池中心）。对于较大的测试装置或者现场清水测试，在水平方向和垂直防线均应设置溶解氧测定仪，测点不应小于 4 个。

记录曝气阶段不同时刻的水中溶解氧浓度值，得到每个测试点的溶解氧浓度随时间的变化关系，按式（3）采用非线性回归法处理数据，得到 K_{La} 。

5. 充氧性能测试步骤

(1) 第一步测试

- ①安装好待测曝气器；
- ②提前 0.50 h 开启溶解氧测定仪预热，对溶解氧测定仪进行校准；
- ③将溶解氧测定仪安装到制定测试点；
- ④待测装置中注水至所需液位高度；
- ⑤测试用水可采用自来水，TDS 应不超过 2000 mg/L，测试水温宜在 10~20 °C；
- ⑥一次完整的测试过程中，水温变化不应大于 2 °C；
- ⑦测量并记录水温、TDS 浓度及溶解氧浓度值；
- ⑧药剂投加：
a) 催化剂的投加。催化剂宜使用化学纯的氧化钴水合物 ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)，或硫酸钴 (CoSO_4)。水中 Co^{2+} 浓度应保持在 0.10 mg/L~0.50 mg/L，催化剂宜配成溶液后均匀加入测试装置种，测定过程不更换测试用水时，可投加一次催化剂。
b) 亚硫酸钠的投加。脱氧剂宜使用试剂纯或工业纯的亚硫酸钠，亚硫酸钠中不宜含有钴杂质。脱氧剂的加入应使测试装置中所有位置的溶解氧浓度降低到 0.50 mg/L 以下的时间大于 2 min。亚硫酸钠宜采用溶液的形式投加，溶液量不得超过测试水体积的 0.2%。也可直接投加粉末状药剂，应确保药剂均匀分散于水中。亚硫酸钠的投加量计算式 (4)：

$$G = 7.88 \times V \times C \times K \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- G——亚硫酸钠的投加量，单位为克 (g)；
- V——测试装置内水的体积，单位为立方米 (m^3)；
- C——测试时水中的溶解氧浓度值，单位为毫克每升 (mg/L)；
- K——考虑到药剂中杂质等而设的安全系数，可取 1.2~1.50。

- ⑨启动供气装置；
- ⑩数据记录：

a) 溶解氧浓度记录。采用记录仪自动记录，当溶解氧浓度在 10 min 内变化小于 0.10 mg/L 或 5 min 内基本保持不变时停止记录，截取饱和溶解氧浓度 20%~30% 部分的测试数据进行计算。

b)其他数据记录。测试过程应保持通气量恒定，在每次测试开始和结束时记录气体流量和气体温度、压力、水温、环境温度和大气压等。

结果分析。按式（2），作 $\ln(C_{\infty}^*-C)$ 随时间 t 的变化图， $\ln(C_{\infty}^*-C)$ 随时间 t 的变化率即为 $-K_{La}$ ，该值作为后续测试的初始 K_{La} 值。

(2) 第二次测试

- ①测量并记录水温、TDS浓度及水中溶解氧浓度值；
- ②按第一次测试时药剂投加要求再次进行药剂投加；
- ③启动供气装置；
- ④数据记录：

a) 溶解氧浓度记录。溶解氧浓度从溶解氧浓度不为0时开始计时，测试持续时间不小于 $4/K_{La}$ ， K_{La} 为第一次测试所得数据。

b) 其他数据记录同第一次测试。

6.数据处理

(1) 标准氧总传质系数

根据第二次测试记录的溶解氧浓度随时间的变化关系，选取测试条件下20%饱和溶解氧值至测试结束时的所有溶解氧浓度值，计算出氧总传质系数 K_{La} 和稳定溶解氧浓度 C_{∞}^* ，标准氧总传质系数计算见式（5）：

$$K_{Las} = K_{La} \times \theta^{(20-T)} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

K_{Las} ——标准状态、测试条件下，曝气器氧总传质系数，单位为每分（1/min）；

K_{La} ——测试水温条件下，曝气器氧总传质系数，单位为每分（1/min）；

θ ——温度修正经验系数，可取 1.024；

T ——测试期间的水温，取测试过程中的平均温度，单位为摄氏度（℃）。

(2) 标准氧传质速率

标准氧传质速率计算见式（6）~式（10）：

$$SOTR = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n SOTR_i \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$SOTR_i = \frac{60}{1000} \times K_{Las_i} \cdot C_{\infty 20i}^* \cdot V \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$C_{\infty 20i}^* = \frac{C_{\infty i}^*}{\tau \Omega} \dots\dots\dots (8)$$

$$\tau = \frac{C_{st}^*}{C_{s20}^*} \dots\dots\dots (9)$$

$$\Omega = \frac{P_b}{P_{b0}} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

SOTR——标准氧传质速率，单位为千克每小时（kg/h）；

SOTR_i——测试点处的标准氧传质速率，单位为千克每小时（kg/h）；

K_{La_{si}}——某一测试点的标准氧总传质系数，单位为每分（1/min）；

V——测试装置中水的体积，单位为立方米（m³）；

C_{∞20i}^{*}——标准状态下测试点的饱和溶解氧浓度值，单位为毫克每升（mg/L）；

C_{∞i}^{*}——测试点稳定状态饱和溶解氧的估算值，单位为毫克每升（mg/L）；

τ——温度修正系数；

Ω——压力校正因子；

C_{st}^{*}——101.325 kPa 大气压、测试水温下的饱和溶解氧浓度值，单位为毫克每升（mg/L）；

C_{s20}^{*}——标准状态下的饱和溶解氧浓度值，单位为毫克每升（mg/L）；

P_b——测试时气体的绝对压力，单位为千帕（kPa）；

P_{b0}——101.325 kPa。

(3) 标准曝气效率

标准曝气效率计算见式（11）~式（13）：

$$SAE = \frac{SOTR}{NT} \dots\dots\dots (11)$$

$$NT = \frac{q_b \times P}{3600 \times 1000} \dots\dots\dots (12)$$

$$q_b = q_{b0} \sqrt{\frac{T_b P_{b0}}{T_{b0} P_b}} \dots\dots\dots (13)$$

式中：

SAE——标准曝气效率，单位为千克每千瓦时[kg/(kW·h)]；

SOTR——标准氧传质速率，单位为千克每小时（kg/h）；

N_T ——曝气充氧过程中所耗理论功率，单位为千瓦（kW）；

P ——进气管的气体压力，单位为帕（Pa）；

q_b ——气体的实际流量，单位为立方米每小时（ m^3/h ）；

q_{b0} ——测试时转子流量计的刻度流量，单位为立方米每小时（ m^3/h ）；

P_{b0} ——101.325 kPa；

P_b ——测试时气体的绝对压力，单位为千帕（kPa）；

T_b ——测试时气体的绝对温度，单位为开尔文（K）；

T_{b0} ——刻度标定时绝对温度，293.15 K。

（4）标准氧传质效率

标准氧传质效率的计算见式（14）、式（15）：

$$SOTE = \frac{SOTR}{W_{O_2}} = \frac{SOTR}{0.28 \times q} \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$q = q_b \frac{T_s P_b}{T_b P_s} \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中：

$SOTE$ ——标准氧传质效率，%；

W_{O_2} ——空气中氧气的质量流量，单位为千克每小时（kg/h）；

q ——1个标准大气压、20℃气温时，曝气装置的通气量，单位为立方米每小时（ m^3/h ）；

q_b ——气体的实际流量，单位为立方米每小时（ m^3/h ）；

P_b ——测试时气体的绝对压力，单位为千帕（kPa）；

T_b ——测试时气体的绝对温度，单位为开尔文（K）；

T_s ——293.15 K；

P_s ——101.325 kPa。

（5）阻力损失

将曝气器放入测试装置中，连接好管路。加水至睡眠超过曝气器顶部 20 cm，通入测试所需气量，该气量应与测试水深的实际气量相同，用 U 形压力计测量通气阻力，对于通过接口连接的曝气器阻力损失测定，应加测在相同通气量时接口本身的阻力损失、

曝气器阻力损失计算见式（16）：

$$RL = H - h \times 10 \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中：

RL——曝气装置阻力损失，单位为帕（Pa）；

H——U形压力计测试所得压力，单位为帕（Pa）；

h——曝气器中心距水面的距离，单位为毫米（mm）；

（八）鳃式微孔曝气器获得的成果

水处理用节能型鳃式微孔曝气器已有完整的产品体系，经国家权威检测机构检测，该产品具有氧利用率高、曝气效率强、阻力损失小，产品寿命长等特点，各项性能指标均优于国家标准，已获得国家 2 项发明专利（如图 5.2），多项实用新型专利（如图 5.3），1 项外观设计专利证书（如图 5.4）；2013 年在山东省科技厅组织的鉴定会上鉴定为国际领先水平（如图 5.5）。



图 5.9 发明专利



图 5.10 实用新型专利



图 5.11 外观设计专利

成果登记	登记号	
	批准日期	

科学技术成果鉴定证书

鲁科鉴字 [2013] 第 124 号

成果名称: 高效节能鳃式微孔曝气器的研制

完成单位: 山东普民环保科技有限公司

鉴定形式: 会议鉴定
 组织鉴定单位: 山东省科学技术厅 (盖章)
 鉴定日期: 2013 年 12 月 12 日
 鉴定批准日期: 2013 年 12 月 17 日

国家科学技术委员会
一九九四年制

鉴定委员会专家测试报告

受鉴定委员会委托, 测试组审核了由建设部给排水设备产品质量监督检验中心、山东省社会公正计量行出具的检验报告, 其主要性能指标达到相关标准要求, 予以认可。

测试组长: [签字] 成员: [签字]

_____ 年 ____ 月 ____ 日

鉴定意见

受山东省科技厅委托, 济南市科技局于 2013 年 12 月 12 日主持召开了由山东普民环保科技有限公司完成的“高效节能鳃式微孔曝气器的研制”科技成果鉴定会。鉴定委员会听取了项目组的有关报告, 审查了相关资料, 观看了现场演示, 经质询和讨论, 形成鉴定意见如下:

- 1、鉴定资料齐全、完整, 符合鉴定要求。
- 2、项目产品采用刻有沟槽的“鳃片”替代传统曝气膜片, 大幅度增加了单位曝气膜面积的微孔数量; 曝气器的微孔为固定敞开式, 膜片开闭可调节, 氧的利用率和理论动力效率高, 曝气系统阻力小, 有效降低能耗, 节能效果明显。
- 3、该曝气器结构设计合理, 具有自动清洗功能, 能有效解决传统曝气器存在的微孔易堵塞、膜片易撕裂等问题, 使用寿命长。
- 4、该曝气器经山东省社会公正计量行、建设部给排水设备产品质量监督检验中心检验, 主要技术性能指标优于相关标准要求, 经用户使用, 反映良好, 具有广阔的推广应用前景。

鉴定委员会认为: 该项目成果创新性突出, 其综合性指标处于同类产品的国际领先水平。

建议: 进一步优化配套系统的研究。

鉴定委员会主任: [签字] 副主任: [签字]

_____ 年 ____ 月 ____ 日

主持鉴定单位意见

同意鉴定委员会意见

主管领导签字: [签字] (盖章)

_____ 年 ____ 月 ____ 日

组织鉴定单位意见

同意鉴定委员会意见

主管领导签字: [签字] (盖章)

_____ 年 ____ 月 ____ 日

图 5.12 科技鉴定证书

六、工作条件及安装

(一) 工作条件

水处理用节能型鳃式微孔曝气器可用在污水处理过程中的好氧过程、曝气沉砂池、MBR 膜池、MBBR 填料池以及其他需要曝气的过程。

(二) 安装

水处理用节能型鳃式微孔曝气器有多种连接底座, 可满足多种安装方式, 可

实现曝气池底部安装和提升式安装。

1.技术交底

首先，同业主确认设备安装土建施工资料，涵盖图纸、土建施工技术要求；其次，根据项目要求提前编制施工图纸、施工要求等同业主进行技术确认，现场勘测情况和规范对应情况以函件形式告知相关方；

最后，进场施工前会同业主及监理有关部门对土建、吊运、施工通道、杂物清理等方面，现场勘测和规范对应情况以函件形式告知相关方。

(1) 土建施工条件确认

依据业主提供土建资料、《给水排水构筑物工程施工及验收规范 GB 50141》、《混凝土结构工程施工质量验收规范 GB 50204》、《混凝土质量控制标准 GB 50146》对现有的土建情况进行条件勘察及确认，对存在异议问题及时提出。对土建条件的具体要求如表 6.1 所示：

表 6.1 土建条件偏差要求

序号	项 目		允许偏差 mm	检验方法	检查范围	
					范围	点数
1	高程	底板	±10	水准仪检查	每座池	5 点
2	池体的长、宽或直径	L≤20 m	±20	激光水平扫名义、线坠与钢尺检查		长、宽或直径各 2 点
		20 m<L≤50 m	±L/1000			
		L>50 m	±50			
3	预留洞口 (套管)	水平位置	设计图纸相符	吊线、钢尺		5 点

注：L 为池体的长、宽或直径

对相邻关联曝气池底部标高偏差不超过 10 mm，平整度参照土建偏差参照表。

(2) 施工图纸确认

依据施工规范、现场施工提交对设计图纸进行确认，编制施工图纸，关于管路施工设计尽量采用直连或 45°连接，减少使用 90°弯头连接方式以减少空气阻力。

(3) 施工培训

组织施工单位相关人员就项目现场施工条件、安全措施、业主管理要求、安装技术要求做系统交底培训，形成《施工培训记录表》。

(4) 物质交付确认

根据项目需要所购置的物资在交付施工单位时做物资确认，物资确认后保管、存放交由施工单位负责，形成《物资交接单》。

(5) 池内环境清理

在曝气系统安装之前,必须清除曝气池内的所有废物,如石头、金属残片和木块等。如池内有积水必须采取排水措施，避免因池内有水无法放线、划线和钻孔工作。

2.安装方式一——螺纹连接

(1) 在 ABS 材质曝气支管上的开孔并粘接鞍座须预先在工厂内制作完成才运到工地现场(孔径 $\Phi 20$ mm,孔距通常选择 500 mm 或 950 mm) 孔直径公差 ± 0.1 mm,垂直方向公差为 ± 0.5 mm，水平方向公差为 ± 0.5 mm;

(2) 据施工技术要求，进行标高划线、吊线，根据曝气器布置调整划线、标点数量，原则每一组不低于 5 个点的标高，管路采用可调节支架固定，间距 1000 mm 一个，支架可调节高度 100-150 mm，采用不锈钢 316 螺栓固定在池底上，固定完成后，调整至统一标高；

(3) 铺设空气主管路、支管路时依据划线施工，同时增加管路轴向拉线，确保管路轴向直线度，偏差不超过 2 L/1000；

(4) 管路粘结组装时，对粘结部位进行预组装，再确认标高、水平尺寸达标后进行粘结。在粘结时，采取划线、标点等方式确保管路粘结径向尺寸准确，粘结前检查清理管道杂物；

(5) 管路粘结完成后，进行支架固定并依据表一尺寸偏差进行水平、高度调节；

(6) 管路安装铺设完成后，对管路进行吹扫、试压，防止残留杂物堵塞曝气器、检查有无粘结泄露，吹扫试压时间不低于 10 分钟。

(7) 曝气器安装，具体安装部位如图 6.1 所示。

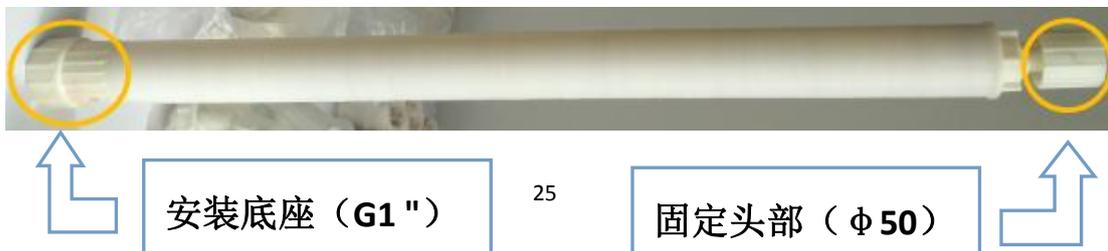


图 6.1 螺纹安装部位

根据管路高度、水平采用水准仪划线、吊线，以此为曝气器安装参照线，具体安装步骤如下：

- a.将支管马鞍座螺纹处清理干净无杂物，正向缠绕生料带 2-4 圈；
 - b.将曝气器从包装袋中取出，检查底部螺纹处无异物后开始安装。安装时一手握住底部、一手握住头部对中马鞍座螺纹，正向拧入直至用手拧不动完成；（注意：安装采用螺纹顺时针旋入安装，再拧入初始若不能灵活旋入请检查有无对中）
 - c.曝气器安装完成后，用水平尺放在曝气器的鳃片处进行找平；
 - d.根据曝气器安装位置，在头部垂直下方固定头部安装支架：支架底部为 304 材质 M12 膨胀螺栓固定，支架固定完成后确保其中心对应曝气器头垂直中心位置；
 - e.调节曝气器头部固定支架，应保证曝气器的末端水平度偏差符合表一偏差要求；
 - f.头部支架水平调整完成后，用帮扎带将曝气器头部固定在支架上。
- 曝气器安装完成后，应符合表 6.2 的偏差要求。

表 6.2 曝气器安装偏差要求

序号	项 目		允许偏差 mm	检验方法
1	池底水平空气管	平面位置	10	尺量检查
		标高	±5	水准仪与直尺检查
		水平度	2 L/1000	水平仪检查
2	曝气池同一组曝气器标高差		±10	水准仪与直尺检查
3	两曝气池曝气器标高差		±10	水准仪与直尺检查
4	管式曝气器	水平度	±5	水平仪检查
		标高差	5	水准仪与直尺检查

注：L 为曝气器长度

曝气器安装过程中严禁敲打、弯曲等不良行为，同时对已安装的曝气器做好

安全防护，防坠物跌落、长时间日光暴晒等导致曝气器损伤。

3.安装方式二——卡箍连接

(1) 在 ABS 曝气支管（曝气支管选用 DN80 外径 Φ 90 mm）上对称开孔须预先在工厂内制作完成才运到工地现场(孔径 Φ 30 mm，孔距参考设计图纸) 孔直径公差 \pm 0.1 mm,垂直方向公差为 \pm 0.5 mm，水平方向公差为 \pm 0.5 mm。

(2) 根据施工技术要求，进行标高划线、吊线，根据曝气器布置调整划线、标点数量，原则每一组不低于 5 个点的标高，管路采用可调节支架固定，间距 1500 mm 一个，支架可调节高度 100-150 mm，采用不锈钢 316 螺栓固定在池底上，固定完成后，调整至统一标高；

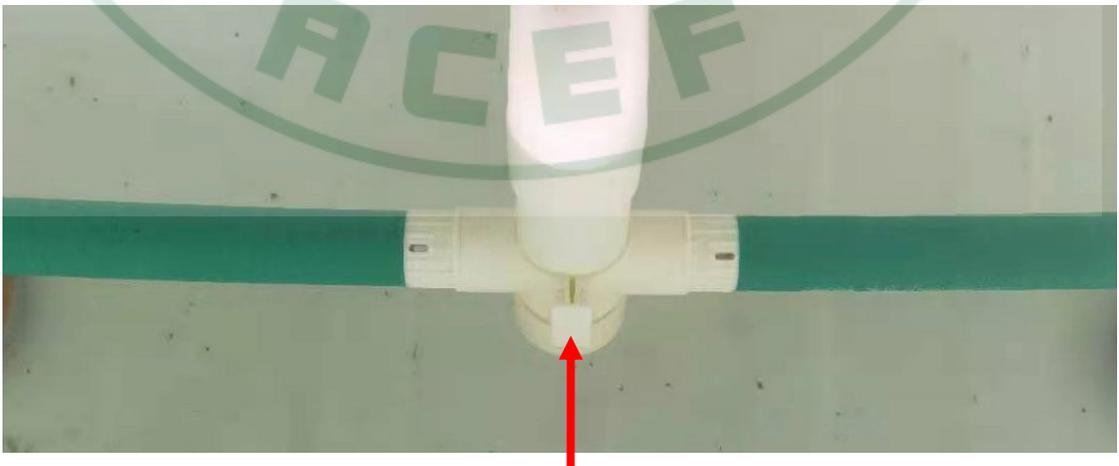
(3) 铺设空气主管路、支管路时依据划线施工，同时增加管路轴向拉线，确保管路轴向直线度，偏差不超过 2 L/1000；

(4) 管路粘结组装时，对粘结部位进行预组装，再确认标高、预安装曝气器后，将水平尺放在曝气器的鳃片处进行检查水平，尺寸达标后进行粘结。在粘结时，采取划线、标点等方式确保管路粘结径向尺寸准确，粘结前检查清理管道杂物；此安装步骤影响后期曝气器的安装效果及使用性能，请特别注意。

(5) 管路粘结完成后，进行支架固定并依据表一尺寸偏差进行水平、高度调节；

(6) 管路安装铺设完成后，对管路进行吹扫、试压，防止残留杂物堵塞曝气器、检查有无粘结泄露，吹扫试压时间不低于 10 分钟；

(7) 曝气器安装



两侧固定卡销或螺钉进行安装

图 6.2 卡箍式安装示意图

根据管路高度、水平采用水准仪划线、吊线，以此为曝气器安装参照线，具体安装步骤为：

- a. 将支管开孔处清理干净无杂物
- b. 将曝气器从包装袋中取出，检查产品正常无破损后开始安装。
- c. 将 O 型圈（氟橡胶外径 40x3mm）粘结到曝气器底部凹槽中。
- d. 将两根曝气器卡槽对接到管路的开孔中，上端插入固定销进行预固定，然后用水平尺检查曝气器的平衡度进行微调，保证曝气器的末端水平度偏差符合表一偏差要求后，将固定销内部涂抹 ABS 胶水，安装到位，完成固定。安装完成后，偏差应符合表 6.2 的要求。

表 6.3 卡扣连接偏差要求

项 目		允许偏差 mm	检验方法
池底水平空气管	平面位置	10	尺量检查
	标高	±5	水准仪与直尺检查
	水平度	2 L/1000	水平仪检查
曝气池同一组曝气器标高差		±10	水准仪与直尺检查
两曝气池曝气器标高差		±10	水准仪与直尺检查
管式曝气器	水平度	±5	水平仪检查
	标高差	±5	水准仪与直尺检查

在安装曝气器时严禁敲打、硬力弯曲等不良行为，同时对已安装的曝气器做好安全防护，防坠物跌落、防长时间日光暴晒等导致曝气器损伤。

4.池底固定安装

- (1) 池底安装位置找平，曝气主管找平、粘结，如图 6.3 所示。



图 6.3 池底安装步骤 1 图片

(2) 曝气主管三通位置校准、高度调节、固定，如图 6.4 所示。



图 6.4 池底安装步骤 2 图片

(3) 曝气支管定位、打孔、固定、调平，如图 6.5 所示。



图 6.5 池底安装步骤 3 图片

(4) 曝气支管水平复核，如图 6.6 所示。



图 6.6 池底安装步骤 4 图片

(5) 曝气器 O 型圈安装、曝气器安装，如图 6.7 所示。



图 6.7 池底安装步骤 5 图片

(6) 曝气器水平度调整、水平度复核，如图 6.8 所示。



图 6.8 池底安装步骤 6 图片

(7) 曝气器安装完成、支管尾端连接，如图 6.9 所示。



图 6.9 池底安装步骤 7 图片

5. 可提升式安装

(1) 曝气主管就位、拼接、焊接，如图 6.10 所示。

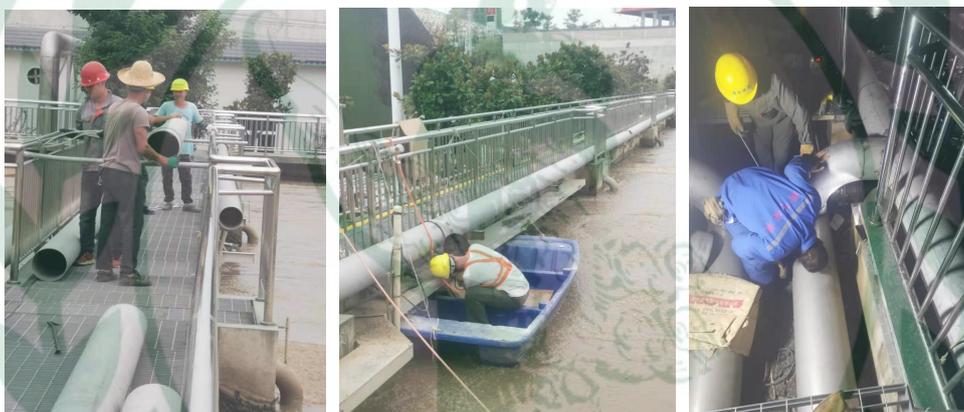
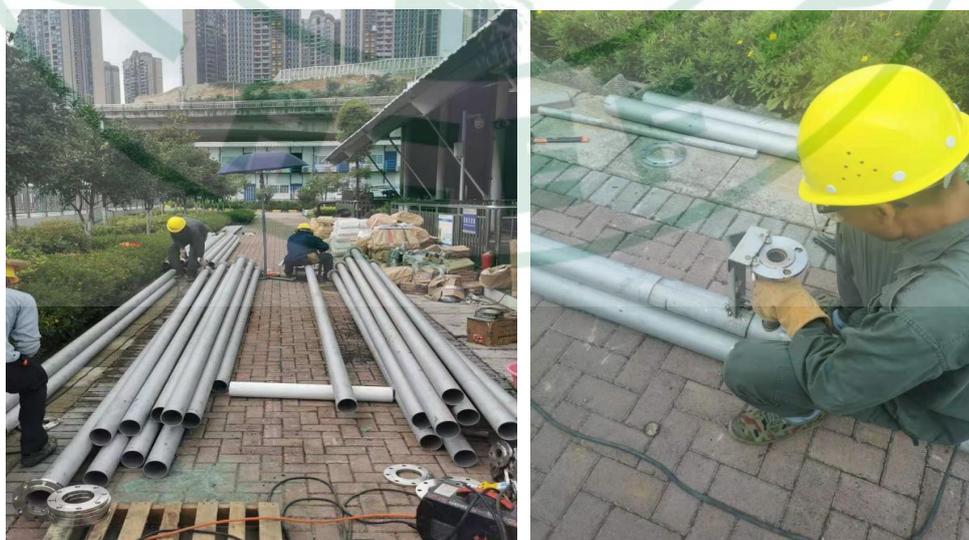


图 6.10 可提升式安装步骤 1 图片

(2) 曝气支管（含法兰短管）下料、拼接、焊接、就位，如图 6.11 所示。



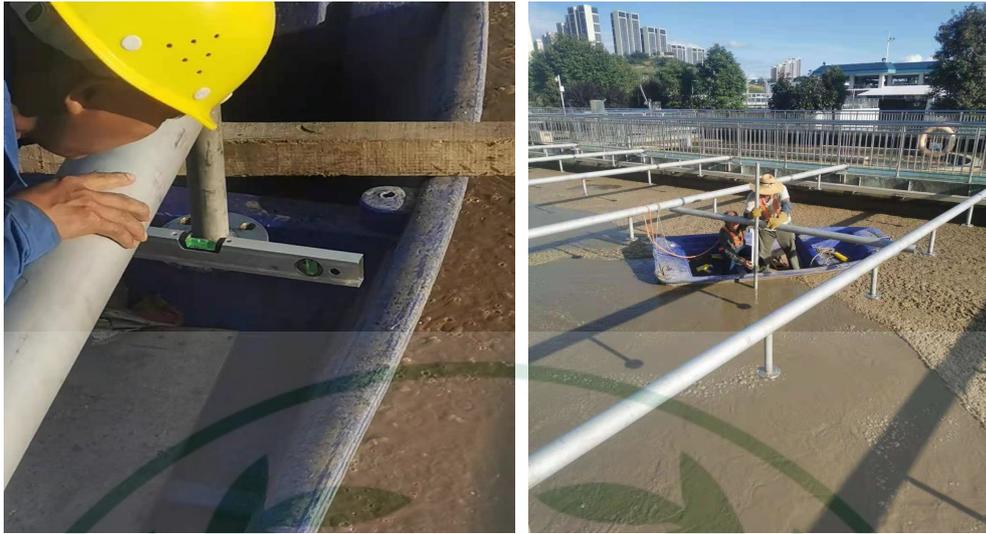


图 6.11 可提升式安装步骤 2 图片

(3) 竖管下料、拼接、焊接、就位，如图 6.12 所示。

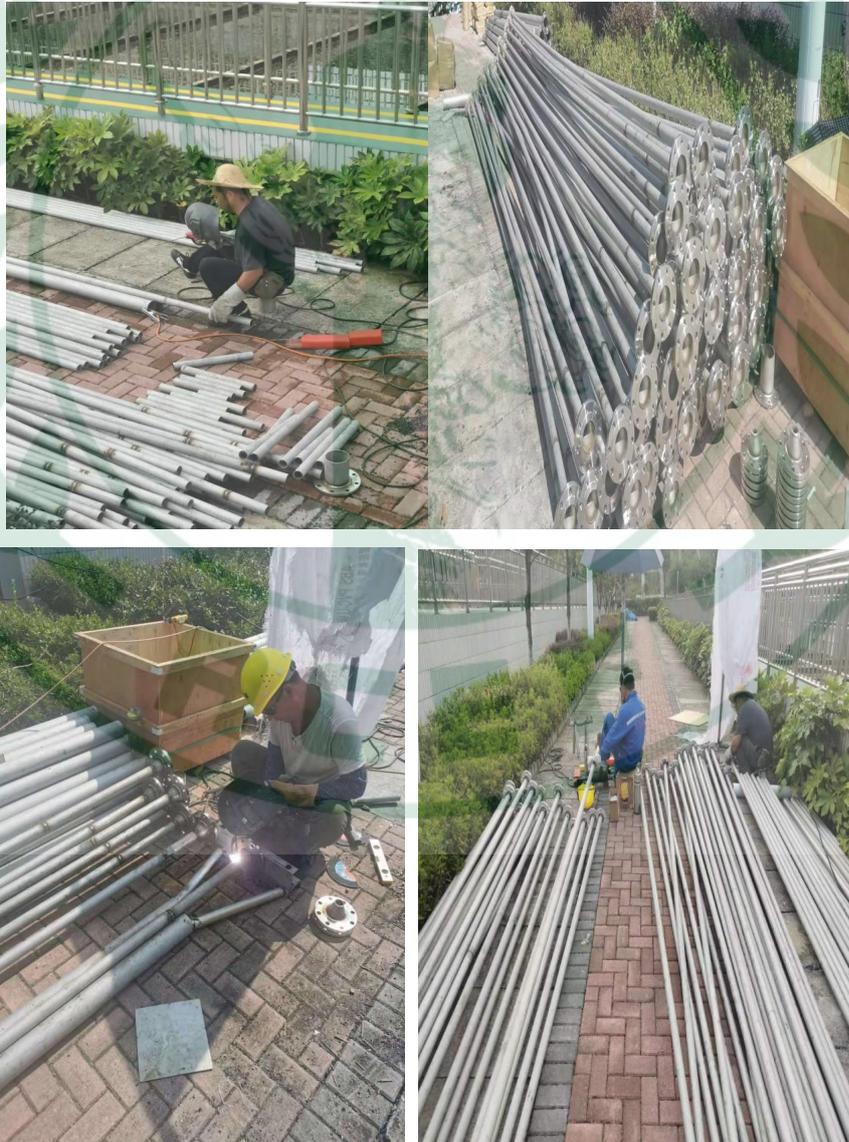


图 6.12 可提升式安装步骤 3 图片

(4) 鳃式曝气器组装，如图 6.13 所示



图 6.13 可提升式安装步骤 4 图片

(5) 鳃式曝气器与布气竖管对接，如图 6.14 所示。

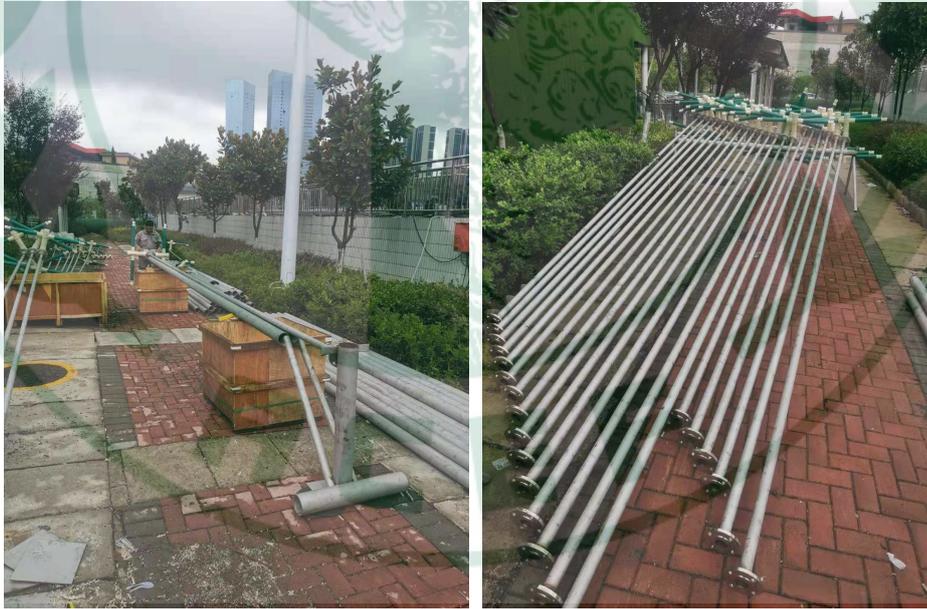


图 6.14 可提升式安装步骤 5 图片

(6) 竖管顶部法兰与曝气支管法兰短管对接，如图 6.15 所示。



图 6.15 可提升式安装步骤 6 所示

(7) 通气实验调试，如图 6.16 所示。



图 6.16 可提升式安装步骤 7 所示

(五) 调试

调试过程主要针对整个曝气系统的检查，即清水试验。主要检查和确保空气分配管之间、曝气器与空气分配管之间的气密性和牢固度、曝气器曝气的均匀性，具体调试步骤如下：

- (1) 确认曝气池中无杂物、纤维物等，若有及时清理干净；
- (2) 注入清水，清水高度以高出曝气器顶部 20 cm 为宜；
- (3) 启动风机，将每一组支管阀门开启到最大，然后逐步减小阀门开度，直到调整到低气量曝气器曝气均匀时停止，同时对阀门开启度做以标识记录，按组或单一池进行调节；
- (4) 根据曝气均匀性，对局部气量较大、不曝气等现象的曝气器做好记录，

并因此对曝气器、管路进行水平调节直到曝气均匀一致；

(5) 以上步骤无问题后，再次进水，当水位高于曝气器 1 m 时，加大气量，每根曝气器的标准通气气量为 2 m³/h 以上，再次观察曝气效果，期间可以根据实际生产需要，进行气量开度调节。



图 5.23 曝气器清水调试

(六) 运行注意事项

曝气器正常使用期间，除跳闸、鼓风机故障等客观原因，禁止停气，如现场工作需要必须减小气量，可进行微曝。如果现场必须停气，连续停气时间不得超过 30 分钟；

若停气后再次通气，必须开启排气阀进行通气检查，以检查停气期间管路异物情况。排气阀保持开启状态 10 分钟左右，直至排气管无异物排出。

定期开启排气阀门进行通气检查，一周三次为宜，确保管路和曝气器干燥畅通。

供气系统内应该无油、无尘、无溶剂，供气风机应该定期清洁更换滤网，管道内最高空气温度不能高于 60 ℃。

为确保曝气系统能保持长期稳定的曝气效果，气体流量应刚好保持所需的溶氧量，调节流量时注意不得超过曝气器的一般供气范围。

七、曝气器检测

(一) 外观检测

产品外观应逐个检测，每个产品的外观应完整、无裂痕、无损坏。

曝气器的尺寸用 0.01 mm 精度游标卡尺检测或用 0.5 mm 精度的直尺检测。

(二) 密封性能检测

将水处理用节能型鳃式微孔曝气器组件装进测试池，开启空压机，以0.15 MPa气压进行测试，在最小和最大气标准通气量下，各保压1 min，密封部位应无漏气现象。

每批由同型号、同尺寸、同成分、同一工艺并在基本相同的时段和条件下制造的产品组成。根据本行业曝气器生产情况，宜为每1000件水处理用节能型鳃式微孔曝气器为一个检验批。按GB/T 2828.1—2012规定执行，检验水平取II,接收质量限AQL=1.5,以正常检验一次抽样方案及转移规则进行检验时，应符合下表7.1的规定。

表7.1 尺寸及密封性能检测抽样方法

批量 N	检验水平	样品量字码	样本量	接收质量限 AQL	
				1.5	
				Ac	Rc
16-25	II	C	5	0	1
26-50	II	D	8	0	1
151-280	II	G	32	1	2
281-500	II	H	50	2	3
501-1200	II	J	80	3	4
1201-3200	II	K	125	5	6
3201-10000	II	L	200	7	8

不合格品数小于或等于接收数(Ac=3)时，该批产品可接收；不合格品数大于或等于拒收数(Re=4)时，该批产品不可接收。

(三) 阻力损失检测

按GB/T 2828.1—2012规定，检验水平取S-2,接收质量限AQL=6.5,采用正常检验二次抽样方案及加严、放宽、暂停等二次抽样方案的转移规则进行检验时，应符合表7.2的规定。

表7.2 阻力损失检验抽样方法

批量 N	检验水平	样品量字	样本	样本量	累计样本量	接收质量限 AQL
						6.5

		码				Ac	Rc
16-25	S-2	A					
26-50	S-2	B	第一	2	2	0	1
			第二	2	4	1	2
151-280	S-2	C	第一	3	3	0	2
			第二	3	6	1	2
281-500	S-2	C	第一	3	3	0	2
			第二	3	6	1	2
501-1200	S-2	C	第一	5	5	0	2
			第二	5	10	1	2
1201-3200	S-2	D	第一	5	5	0	2
			第二	5	10	1	2

产品阻力损失检测结果应符合判定要求。当第一样本中发现的不合格品数介于第一接收数(Ac=0)与第一拒收数(Re=2)之间时，执行第二样本检验。将两次样本检验中的不合格品数相加，相加的结果小于或等于第二接收数(Ac=1)时，该批产品可接收；两次不合格品数相加的结果大于或等于第二拒收数(Re=2)时，该批产品不可接收。

八、生产、标志、包装、运输、储存

(一) 生产

鳃式微孔曝气器的零部件为高分子复合材料注塑成型，核心部件的组装目前已实现全自动化生产，从生产技术控制产品质量，并做到每根产品必检确保产品的合格率。

(二) 标志

品标志应包括下列内容：

- (1) 制造厂名及商标；
- (2) 产品名称及型号标记；
- (3) 产品生产批号。

合格证上应标明产品名称、规格型号、检验日期。

（三）包装

1.包装标志的内容

- （1）产品名称和数量；
- （2）箱号；
- （3）箱体最大外形尺寸[长×宽×高，mm×mm×mm（m×m×m）]；
- （4）净重与毛重（kg）；
- （5）起吊点；
- （6）中华人民共和国制造（国内发运不需加此标志）。

2.随产品包装的文件

- （1）产品合格证书；
- （2）使用说明书；
- （3）装箱清单；
- （4）安装图；
- （5）其他有关技术资料。

（四）运输

产品运输过程中应防尘，不应曝晒、沾油污、剧烈撞击和重压。

- 1.纸箱要横向平放，叠加高度不得超过4箱，以防产品挤压损伤；
- 2.产品装车后，做好产品固定，防止运输途中因跌落致产品受损；
- 3.运输产品做好防碰撞、防潮湿、防淋水等因素受损；
- 4.产品装卸严禁抛扔，防止产品跌落、碰撞受损。

（五）贮存

产品在运输及贮存过程中应防尘，不应暴晒、沾油污、剧烈撞击和重压。产品应贮存在阴凉、干燥、通风的环境中，并应满足防火要求，且不应与油类物质接触。贮气气温宜在0℃以上。

九、应用案例

（一）威海水务集团高区污水厂

2016年在威海水务集团高区污水厂二期提标改造工程项目中，使用了第七代鳃式曝气装置，该水厂总设计水量8万立方/天，分为两组曝气池，其中一组曝气池安装鳃式曝气器4334套，另一组曝气池安装橡胶膜盘式曝气器10840套，鳃式微孔曝气器的数量仅为传统橡胶膜盘式曝气器的40%。该项目经过五年多的运行，曝气均匀，溶解氧稳定，节能效果显著，比传统橡胶膜曝气器节能30%以上。该项目2017年被山东省环保厅、山东省财政厅列为新型高效节能设备示范项目并奖励200万元。

(二) 青岛水务集团城阳双元污水处理厂

2019年第一季度，第十代鳃式曝气装置在青岛水务集团城阳区双元污水处理厂三期扩建（十万吨/天）项目中安装使用。鳃式微孔曝气装置安装使用后，运行稳定、高效，由原设计的四用两备共六台风机降为实际运行一用一备两台风机，实现节能40%以上。



图 9.1 曝气安装



图 9.2 清水调试

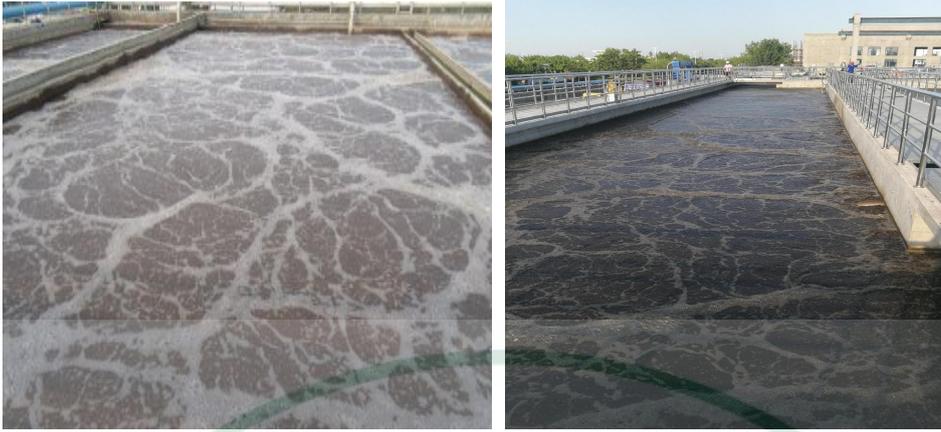


图 9.3 正常运行

(三) 青岛水务海泊河污水处理厂

2020 年 10 月对曝气池进行了改造，该曝气池共 4 万方，其中一个处理能力为 2 万立方的曝气池原来安装橡胶膜管式曝气器 1008 套，改造后，安装鳃式微孔曝气器 680 套，与传统橡胶膜曝气器相比，曝气设备使用量减少了 32.5%。因运行效果优异，另外一组 2 万立方的曝气器也于 2021 年 12 月份进行改造。

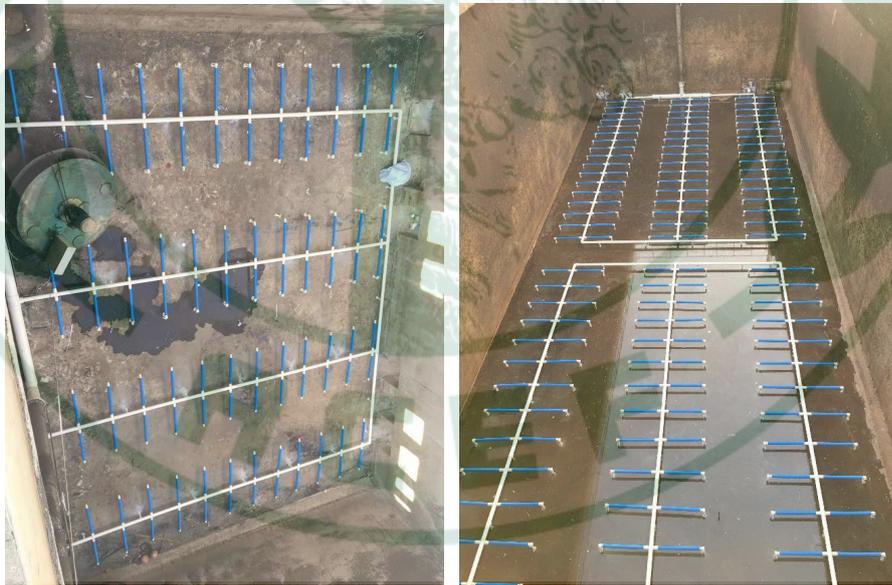


图 9.4 曝气器安装



图 9.5 正常运行

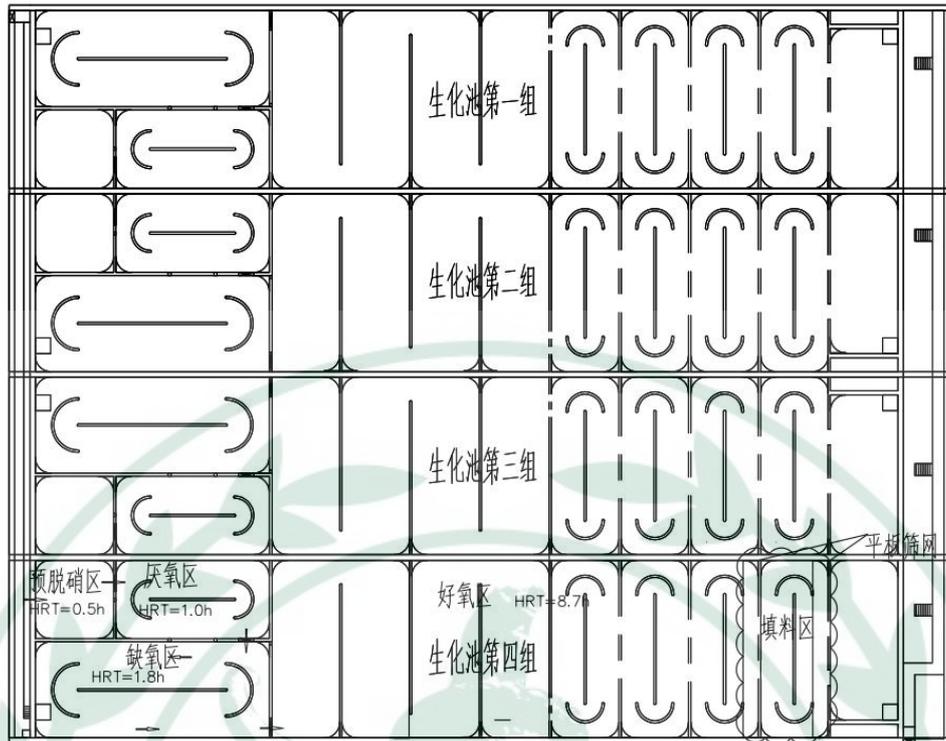
（四）中国水环境集团贵阳市新庄二期二阶段再生水厂

2020 年 12 月贵阳市新庄污水处理厂二期扩建工程，设计处理量为 16 万方，其中生化池共分为四组并联运行，原设计传统盘式橡胶膜曝气器数量 3503 套，采用鳃式曝气器数量安装数量 1209 套，曝气设备使用数量节省了 65%。目前该水厂正式通水 1 年时间内，鳃式曝气器风量节省 47%，能耗节省 33.3%。

贵阳新庄二期（二阶段）再生水厂，设计处理量为 16 万 m^3/d ，生化池为四组并联运行，分别为 1#，2#，3#，4#生化池，3#生化池安装传统橡胶膜曝气器 3503 个，单个曝气器风量为 $0.953 \text{ m}^3/\text{h}$ 。2020 年 12 月，4#生化池安装鳃式曝气器 1202 根，单个曝气器的风量为 $1.509 \text{ m}^3/\text{h}$ ，截至现在，已经正常运行 16 个月。

生化池分为预脱硝区 ($\text{HRT}=0.5 \text{ h}$)、厌氧区 ($\text{HRT}=1.0 \text{ h}$)、缺氧区 ($\text{HRT}=1.8 \text{ h}$)、好氧区 ($\text{HRT}=8.7 \text{ h}$)，第四组采用鳃式曝气器，并在第四组末端加装平板筛网，投加 MBBR 填料。厂区采用两台相同风机，通过一根主气管分别给 1#、2#、3#、4#生化池进行供气，风机参数：风量： $235 \text{ m}^3/\text{min}$ 、风压： 0.93 bar 、功率 355 kW 。厂区出水标准执行一级 A。通过对比 3#、4#池体的池体出水水质、溶解氧浓度、曝气风量、气水比等指标，计算得出鳃式曝气器节能效果。

生化池工艺图：



第一二三组采用盘式橡胶膜曝气器，第四组曝气采用鳃式曝气器，并在第四组末端加装平板筛网。

图 9.6 新庄二期再生水厂生化池平面图

2021 年 1 月份，新庄二期（二阶段）再生水厂开始通水运行，系统记录参考 9 月 1 日至 11 月 24 日相关溶解氧、进气风量、出水水质等数据。以下数据均为期间平均值。

1. 进出水水质对比

期间生化池进水 COD 浓度为 330 mg/L，氨氮浓度为 13.7 mg/L；

3#生化池出水 COD 浓度为 14 mg/L，氨氮浓度为 0.980 mg/L；

4#生化池出水 COD 浓度为 16 mg/L，氨氮浓度为 1.03 mg/L。

两组生化池出水水质均能满足相关标准排放且浓度较低，差异不大。

2. 溶解氧浓度对比

3#生化池末端溶解氧浓度为：2.39 mg/L；4#生化池末端溶解氧浓度为：2.79 mg/L，4#生化池的末端溶解氧浓度明显优于同比 3#生化池。4#生化池的溶解氧浓度比 3#生化池高出 17%。

3. 曝气风量对比

3#生化池曝气风量为：3340 m³/h；4#生化池曝气风量为：1814 m³/h，4#生化池的曝气风量显著低于 3#生化池。4#生化池的曝气风量仅是 3#生化池的 54%。

4. 气水比对比

3#生化池气水比为：2.96；4#生化池气水比为：1.64，4#生化池的气水比低于3#生化池。4#生化池的气水比是3#生化池的55%。

5. 能耗对比

单台风机的总风量为96.6 m³/min，从风机曲线图可得出，单台风机的运行功率为191.5 kW，其中3#生化池的曝气风量占比为64.8%，曝气功率为124.1 kW，4#生化池的曝气风量占比为35.2%，曝气功率为67.4 kW，4#生化池的能耗仅是3#生化池的54%。

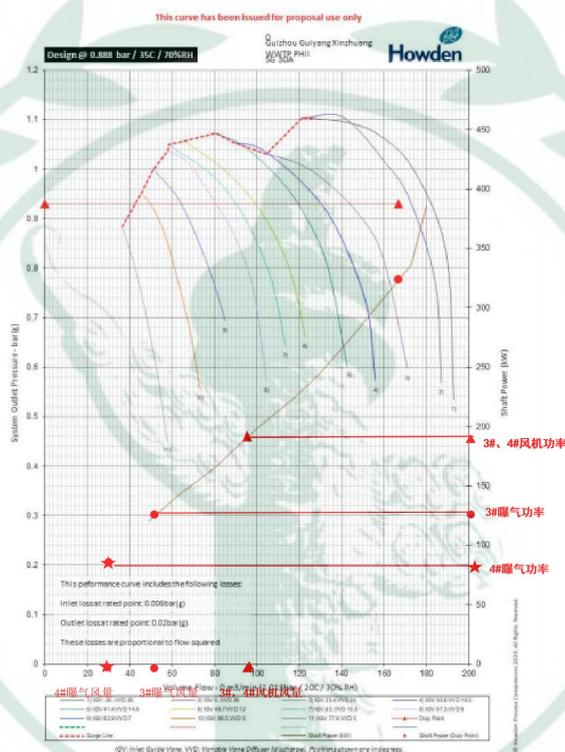


图 9.7 风机曲线图

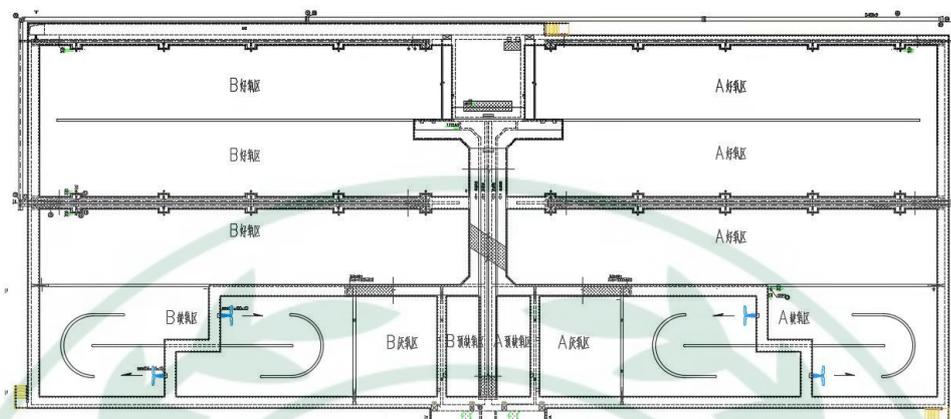
通过以上数据对比，可看出，在保证出水水质达标的前提下，鳃式曝气器利用了较少的风量，实现了较高的溶解氧浓度。通过对比，鳃式曝气器使用的风量为传统曝气器的54%，风量节省46%，因此可得出鳃式曝气器比传统曝气器节能46%。

(五) 贵阳金阳二期再生水厂

贵阳金阳二期再生水厂，设计处理水量为5万 m³/d，生化池为A、B两组并联运行，其中A生化池安装鳃式曝气器1272套，单个曝气器风量为1.76 m³/h，B生化池安装传统橡胶膜曝气器2169套，单个曝气器的风量为1.09 m³/h。A、

B 两组生化池分别用相同型号的风机单独供气。出水标准执行一级 A 标，其中 COD、氨氮执行地表 IV 类。

生化池的工艺图：



A 好氧区采用鳃式微孔曝气器，B 好氧区采用盘式橡胶膜曝气器。

图 9.8 贵阳水厂生化池平面图

2021 年 9 月，鳃式曝气器安装调试完成，开始运行。11 月 10 日-11 月 21 日对 A、B 两组生化池的运行数据进行采集，数据采集分为两个阶段：

11 月 10 日-11 月 16 日，A、B 风机开度相同，11 月 17 日-11 月 21 日，A 池风机开度为 85%，B 池风机开度为 90%，记录两组生化池的溶解氧、风量、能耗、出水氨氮等数据，对比分析各指标平均值。

1.进、出水水质对比

(1) 11 月 10 日-11 月 16 日：A 池出水氨氮浓度为 0.32 mg/L；B 池出水氨氮浓度为 0.35 mg/L；

(2) 11 月 17 日-11 月 21 日：A 池出水氨氮浓度为 0.38 mg/L，B 池出水氨氮浓度为 0.26 mg/L。

两组生化池出水水质均能满足相关标准排放且浓度较低，差异不大。

2.溶解氧浓度对比

(1) 11 月 10 日-11 月 16 日（A、B 两台风机开度相同）

A 池的溶解氧浓度为 4.926 mg/L，B 池的溶解氧浓度为 3.941 mg/L，A 池的溶解氧浓度比 B 池高出 25%。

(2) 11 月 17 日-11 月 21 日（A 风机开度比 B 风机开度减少 5%）

A 池的溶解氧浓度为 1.79 mg/L，B 池的溶解氧浓度为 1.63 mg/L，A 池的

溶解氧浓度比 B 池高 9.8%。

3.曝气量对比

(1) 11月10日-11月16日 (A、B 两台风机开度相同)

A 池的曝气风量平均值为 38.2 m³/min，B 池的曝气风量平均值为 38.13 m³/min，两组生化池的曝气风量基本相同。

(2) 11月17日-11月21日 (A 风机开度比 B 风机开度减少 5%)

A 池的曝气风量平均值为 36.33 m³/min，B 池的曝气风量平均值为 41.56 m³/min，A 池曝气风量是 B 池曝气风量的 87%。

4.风机运行电耗对比

(1) 11月10日-11月16日 (A、B 两台风机开度相同)

A 池风机的功率为 49.6 kW，B 池风机的功率为 52.3 kW，A 池风机功率比 B 池低 5.2%。

(2) 11月17日-11月21日 (A 风机开度比 B 风机开度减少 5%)

A 池风机的功率为 43.9 kW，B 池风机的功率为 50 kW，A 池风机功率比 B 池低 12.2%。

A、B 两组生化池风机开度相同时，A 池的溶解氧浓度比 B 池高 25%，风机功率比 B 池低 5.2%；A 池风机开度比 B 池风机开度降低 5%时，A 池的溶解氧浓度比 B 池高 9.8%，风机功率比 B 池低 12.2%。由以上数据对比可看出鳃式曝气器可以用较低的电耗，较少的风量实现较高的溶解氧浓度，比传统曝气器节能。



图 9.9 金阳水厂曝气池运行照片

(六) 西安第十二污水厂

西安第十二污水厂项目新建项目一阶段处理量为 5 万 m³/天。已经顺利中标并签订合同，安装鳃式微孔曝气器 2044 根，现场安装人员克服疫情、隔离等条件影响，完成项目安装，进入调试阶段。



图 9.10 西安第十二污水厂项目照片

(七) 河北大厂县污水厂

河北大厂县污水厂新建项目处理量为 1.5 万 m³/天已经中标并签订合同进行施工，安装鳃式微孔曝气器 784 套，我方于 2022 年 1 月份完成曝气设备的安装。安装过程中因工期紧急，现场安装人员紧跟土建进度，配合业主验收，圆满完成此次安装任务，正在进行设备进水调试。



图 9.11 河北大厂县污水厂曝气器安装照片

十、经济效益分析

2020 年我国城镇生活污水处理能力可达到 2.05 亿立方/日，污水处理厂在解决水污染问题的同时，也是高耗能行业。城镇污水处理厂运行成本中电耗占到 40%~60%，其中，曝气环节能耗最大，又占到总电耗的 50%以上。根据数据统计，全国污水处理厂的平均吨水电耗为 0.3 kW·h，每年仅曝气环节需耗电 112.2 亿 kW·h。

鳃式微孔曝气器通过在污水处理厂的实际应用数据显示，可实现节电30%~40%，同时还能减少风机等设备的投资费用，减少曝气系统的运行维护费用。

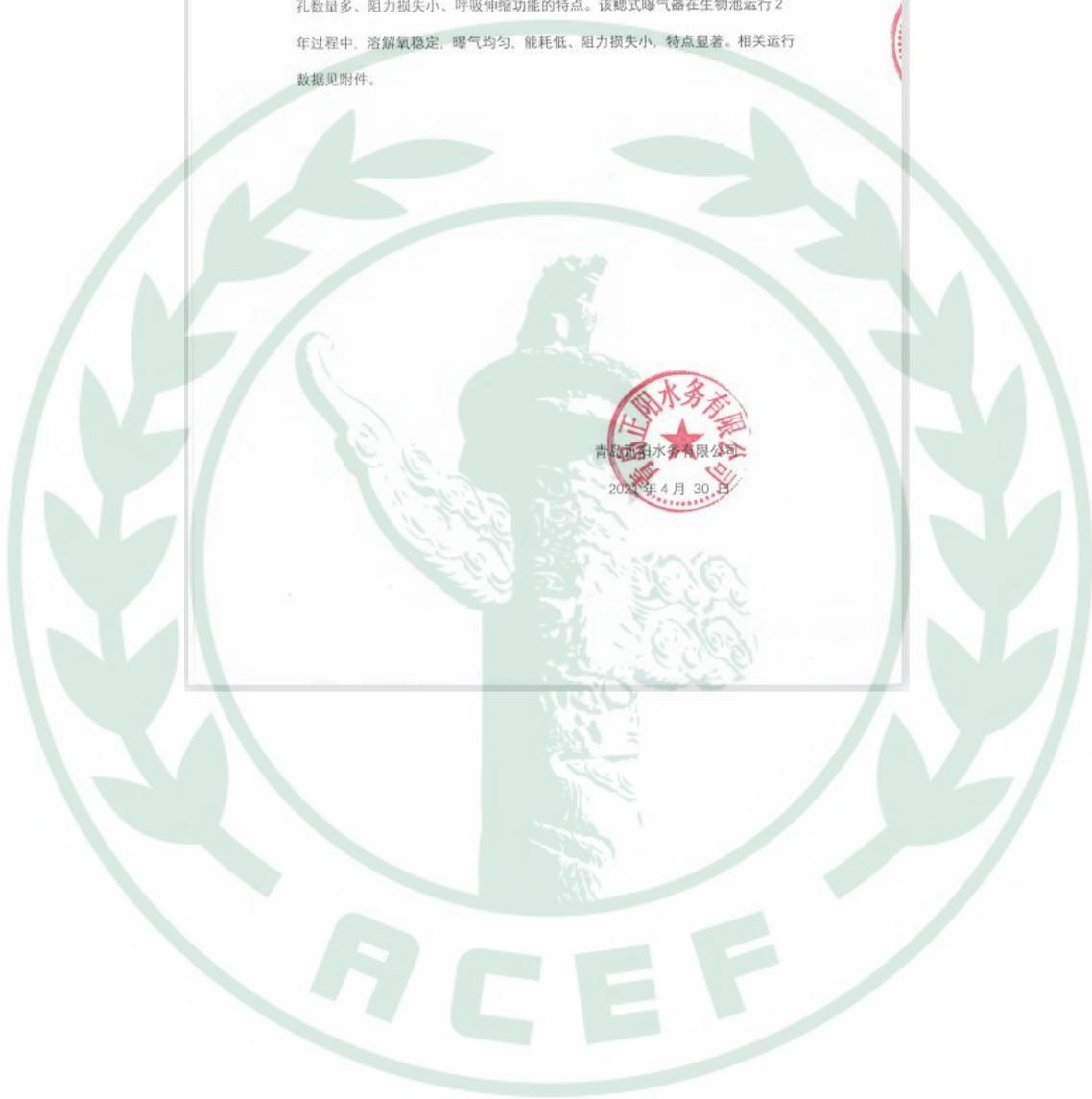
以目前国内城镇污水每吨污水处理平均耗电约0.3 kW·h/吨，电费0.6元/wh，曝气环节占总电耗的50%，鳃式曝气器节能30%计算，国家统计局每千瓦时供电消耗标准煤0.32千克，每吨标准煤燃烧产生CO₂2.62吨。以全国生活污水处理能力2.05亿立方/天计算，使用鳃式微孔曝气，每年可节省电耗33.7亿kW·h，减少标准煤的使用107.96万吨，每年减少二氧化碳排放量282.2万吨。另外除了污水厂项目单纯安装鳃式曝气器来运行的常规应用方式，还可以将鳃式曝气器、风机、智能曝气控制等综合作为整体曝气系统工艺包，采用合同能源管理的方式来推行鳃式曝气系统，从而获得节电收益，响应国家关于节能减排、低碳发展的方针政策。

十一、用户证明

(一) 青岛正阳水务有限公司使用报告

青岛城阳城区污水处理厂生物池运行报告

我公司在青岛城阳城区污水处理厂二期项目和三期项目1号生物池中采用的盘式橡胶膜曝气器，设计水量均为5万吨/天，盘式橡胶膜曝气器具备密闭微孔特点。三期扩建2、3号生物池项目中采用普民环保科技有限公司的第十代LAT高效节能（鳃式微孔）曝气装置，设计水量均为5万吨/天，该曝气装置具备微孔数量多、阻力损失小、呼吸伸缩功能的特点。该鳃式曝气器在生物池运行2年过程中，溶解氧稳定，曝气均匀，能耗低、阻力损失小，特点显著。相关运行数据见附件。



附件一:

指标	三期 2 号	三期 3 号
处理水量 (m ³ /d)	30000	36000
曝气方式	鯉式曝气器	
处理工艺	五段 Bardenpho 生物池+MBR	
污泥浓度 (mg/L)	9854	9622
溶解氧 (mg/L)	0.90	1.11
进水 COD (mg/L)	235	235
出水 COD (mg/L)	18	18
进水总氮 (mg/L)	30	30
出水总氮 (mg/L)	10	10
有效水深 (米)	7	7
风机数量 (台)	1	
风机功率 (kW)	171	
处理电耗 (度/千吨)	260.7	
电费单耗 (元/吨)	0.157	
曝气电耗 (度/d)	4443.2	
千吨水曝气电耗 (度/千吨)	69.2	
曝气电费单耗 (元/吨)	0.041	

注: 2 号和 3 号生物池共用一台风机, 记录 2021 年一季度平均数据



ACEF

附件二:

指标	二期	三期1号
处理水量 (m ³ /d)	45000	40000
曝气方式	橡胶模曝气器	
处理工艺	三段 AO	四段 AO+MBR
污泥浓度 (mg/L)	8816	8773
溶解氧 (mg/L)	1.08	1.78
进水 COD (mg/L)	229	235
出水 COD (mg/L)	21	18
进水总氮 (mg/L)	29	30
出水总氮 (mg/L)	9	10
有效水深 (米)	5	6
风机数量 (台)	2	1
风机功率 (kW)	165	193
处理电耗 (度/千吨)	246.3	259.5
电费单耗 (元/吨)	0.148	0.156
曝气电耗 (度/d)	7988.1	4013.1
千吨水曝气电耗 (度/千吨)	181.9	137.5
曝气电费单耗 (元/吨)	0.109	0.087

注: 记录 2021 年一季度平均数据。



ACEF

(二) 青岛绿盟环境科技有限公司使用报告

鳃式微孔高效节能曝气器应用证明

我公司在某造纸厂的污水处理改造项目中安装使用了类鳃式曝气器。

由于造纸废水成分复杂，水质恶劣，在运用生化法进行处理时对曝气设备要求较高，传统的曝气器如橡胶膜曝气器，在造纸废水中膜片老化快，结钙晶体导致微孔堵塞，经常出现曝气器不曝气或膜片撕裂等故障，曝气效果差，并且给厂家增加了额外的维修费用。

该项目中安装的 PM500 型类鳃式曝气器的微孔数量是橡胶膜曝气器的 50 倍，通气量大、阻力损失小、氧利用率高，有效解决了传统曝气器的弊端。通过使用现场发现鳃式曝气器主要有以下优势：(1) 类鳃式曝气器服务面积大，节省三分之一的曝气器使用量；(2) 类鳃式曝气器阻力损失小，可降低鼓风机压力，节省能耗；(3) 类鳃式曝气器具有自动清洗功能，可有效解决造纸废水结钙晶体对曝气器的损害，降低故障发生率，减少维修费用。

安装类鳃式曝气器给我公司以及造纸厂都带来了可观的经济效益：经初步计算，该项目使用类鳃式曝气器比使用传统曝气器可给我公司额外增加近 5 万元的收益；对于造纸厂可减少设备维修费 2 万余元/年，节省电费 5 万余元/年。

济南绿盟环境科技有限公司

2012年8月9日

(三) 邹平城市污水处理厂

我厂于2011年6月小批量安装了鳃式微孔曝气器并与德国橡胶膜曝气器对比，运行一年半后，认为该产品性能稳定、故障少、曝气充分，阻力损失小，特点显著。因此我们在2012年11月18日将1#氧化沟中全部安装了鳃式微孔曝气器1144支。

一厂有三条相同的氧化沟，其中1#沟安装鳃式曝气器，2#、3#沟分别安装两款德国曝气器。三条沟三月份运行平均数据如下：

指标	1#沟	2#沟	3#沟
进水COD (mg/L)	338.1	338.1	338.1
污泥浓度 (mg/L)	6.19	7.42	5.38
进水量 (m ³ /h)	847.3	797	746
气量 (m ³ /h)	4139	4070	4197
溶解氧 (mg/L)	5.8	5.59	4.75
出水COD (mg/L)	34.3	35	36
出水氨氮 (mg/L)	0.391	0.416	0.412
电度	6.94	8.3	7.42

对比的结论

- 1、使用鳃式曝气器可以达到一级A排水标准；
 - 2、在使用同样风量的条件下，鳃式曝气器处理的污水量更多，比2#沟多6.3%，比3#沟多13.6%；
 - 3、鳃式曝气器的进气阀门开启度仅为3#沟气阀的25%，说明鳃式曝气器阻力损失小，可降低风机压力；
 - 4、在3月31日1#沟与3#沟进水量相同（接近正常负荷水量）并且出口溶解氧都在8.0以上时，供风量差距显著，鳃式曝气器使用风量比橡胶膜少24.66%。考虑到适当增加气量提高搅拌能力，节气量按减半计算，即鳃式曝气器节能至少12.33%。
- 附：污水处理厂部分运行数据表

邹平城市污水处理厂
2013年6月16日

(四) 青岛麦岛污水处理厂

用户使用报告

项目名称	青岛麦岛污水处理厂 1#曝气沉砂池工艺改造项目
产品名称	鳃式曝气器
用户使用意见	<p>普民环保科技有限公司于 2011 年 3 月承接了我公司名下的麦岛污水处理厂“1#曝气沉砂池工艺改造”项目,将原来的潜水曝气机更换成该公司自主研发的新型曝气器—鳃式曝气器,共安装 50 套,运行效果良好。</p> <p>1# 曝气沉砂池改造前曝气系统故障率高,需经常维修,影响了污水处理厂的正常运行,原来安装的潜水曝气机噪声大、耗电量大,增加了污水处理的用电成本。经过改造后,使用了低功率的空压机,降低了噪声,减少了用电量;鳃式曝气器运行效果稳定,故障率明显下降,显著提高了污水处理质量。</p> <p>目前,鳃式曝气器已在曝气沉砂池中正常使用了 8 年时间,性能稳定。</p>

