

低成本修复治理河道、景观湖、水产养殖、娱乐泳池黑臭水质又有高科技专利新武器
—————“气动超声波微纳米气泡增氧器及多频超声波除藻耦合净水设备系统”

技术说明

(广州绿澄环保设备有限公司专利权人--樊利华)

【I】气动超声波微纳米气泡增氧器净水设备系统技术说明:

气动超声波微纳米气泡增氧器及多频超声波除藻耦合净水设备系统是专利权人消化吸收九十年代日本千代田之晴岛浮岛超声波除藻装置高端技术而改进、创新设计的新型“气动超声波微纳米气泡增氧器及多频超声波除藻仪耦合净水设备”，它吸收了日本浮岛超声波除藻装置所有的优点，克服了它的缺点，并降低了2倍投资成本和降低了2-3倍运行费用；新装置除了能够抑制水华、控制藻类生长，去除杀灭藻类；而且可以通过新发明装载于浮动船体上，在水下移动的间歇脉冲气动机械震荡式超声波微纳米气泡增氧器提供水体大量0.1微米-10微米牛奶微细气泡，空气中的氧气能充分溶解到水中，比常规气浮机和潜水曝气机、表面曝气机提高了100-1500倍的溶氧率；使氧气在水体中停留时间长（HRT2-4小时），可将（1）无营养的纯瘦水（即淡绿色、水中易生长丝状藻类和水生植物的淡青色河水，浮游生物很少）、（2）富营养型的黑臭水（即A黑墨色或黑绿色污染水，天热时浮起一层绿膜，以双鞭子、裸藻门藻类为主，水中浮游植物较多；B红棕色污染水，即以裸甲藻、多甲藻类为主，在阳光照射下发红发臭；C蓝绿色污染水，即以颤藻、鱼腥藻、微囊藻等蓝藻类为主，易产生毒性大的硫化氢，常积于池角、水呈蓝绿色，奇臭难闻，滋生蚊虫，严重污染环境；）变成有营养的好水（溶氧饱和的富氧净化水），富氧净化水可以消除腐败物，低成本去除COD、氨氮、硫化氢等臭味，迅速修复生物和生态系统；

★耦合净水设备系统结构分为五个部分：

- 1) 浮岛船体装置：含玻璃钢材料或PP塑料浮筒、挡雨棚、螺旋桨推流器、方向转舵
- 2) 能源产生及动力供给装置：含柴油发动机或太阳能电池或储电池，空压机，气管、电柜；
- 3) CNR-50 气动超声波微纳米气泡增氧器装置：含不锈钢腔体、超声波震荡片、调频旋钮、聚能器、喇叭释放筒、气量调节器、安装法兰底座、压力进气口、污水入口、微纳米气泡水出口、压力表、水流量计、气动阀、DO在线溶氧仪、浊度仪、PH/PT水温度仪；
- 4) LC-50 多频超声波除藻装置：含浮筒、（180度）双面超声波发射器、多频超声波电源；
- 5) 超声波膜生物反应器：含不锈钢槽体、超声波清洗装置、硝化/反硝化池、调频旋钮、风机、气量调节器、安装底座、进气口、自吸泵、反洗泵、污水入口、水出口、膜组、消毒池、压力表、水流量计、气动阀；

注：如果采用高密度水养殖（如养殖龟、鳖、虾、景观金鱼），则要考虑水生动物粪便、氨氮的处理，需要配置“微气泡增氧器+多频超声波除藻+硝化反硝化-膜生物反应器”超声波加微生物集成净水系统，先采用多频超声波去除藻类、苯类、粪便、蛋白、胶体有机物；再用硝化反硝化优势菌去除氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、有机物胶体，最后用超滤膜过滤去除细菌、病毒、颗粒、沉淀污泥回流到反硝化池消解去除。

【II】超声波净水设备系统技术发展历史:

随着社会的发展，人们在工农业及日常生活中，向水体中排放大量的 **N、P** 污染物，使得水体富营养化加剧。目前，水体富营养化问题已经称为全球的环境问题，特别对于发展中国家尤为严重。截止 **2000** 年底，我国的湖泊机会全部都处于富营养或者重富营养化状态，从而导致了藻类的大量繁殖，形成水华，严重污染水质。对于藻类的控制与去除技术归结起来主要有两个方面：

一是针对水体的藻类抑制，包括生物控制、换水法、化学法及底泥疏浚法；

二是在水厂通过采用一定的净水工艺来提高藻类的去除率，包括化学药剂法、气浮、直接过滤和生物处理法等。但是在安全性、经济性和除藻效率等方面并不能完全达到要求。随着超声波技术以及声化学的不断发展，将超用于除藻抑藻方面日益引起人们的重视，超声抑藻除藻技术以其清洁、高效、反应条件温和、速度快等显著特点，在藻类控制领域有着广阔的应用前景。**[1]** 将对超声波除藻抑藻的原理进行简单阐述，并将对目前国外的研究现状做综述性的说明。为没有接触过该技术的研究者，提供一定的准备知识。

1、作用机理 超声波系频率在 **15kHz~10MHz** 的声波，由一系列疏密相间的纵波构成，超声波作用机理与其在水中产生的空化效应自由基反应有关。

1.1 空化效应：超声波在水体中的传播过程存在一个正负压强的交变周期。在正压相位时其对分子挤压使水的密度增大；负压相位时又使水分子稀疏离散，水的密度减小。当振幅足够大时，负压相位下水子间的平均距离会超过水的临界分子距离，使水体的连续性遭到破坏，并形成空化核；空化核迅速长大形成空泡，在随后的正压相位时这些空化泡又被迅速压缩甚至崩溃，这就是超声空化效应。空化过程分为两种类型，稳态空化和瞬态空化。稳态空化中空化泡寿命长，体积变化绕平衡点呈周期性震荡，不发生崩溃；瞬态空化则在一定的超声波条件下，空化泡急剧膨胀和收缩，并发生崩溃。空化效应：自由基反应空化泡崩溃瞬间可 **4000K100MPa** 的局高温高压环境，即所谓的“热点”。该“热点”持续数微秒后又以 **109K / s** 的冷却率冷却，并伴随强烈的冲击波和速度超过 **100m / s** 的微射流，空化泡在膨胀时充电，闭合时放电发光。因此空化效应实质上又引发了三种不同的物化效应：热效应、机械效应和光效应。

1.2、热效应：热效应形成的高温、冲击波和微射流形成的高梯度剪切力以及空化泡在膨胀、闭合崩溃过程中充放电产生的强电流作用，都会使溶有空气和有机物的水体产生各种各样的自由基。如高压环境下水被分解产生 **OH、HO2·** 和 **H·** 自由基，溶解在水体中的空气也可发生自由基裂解反应生成 **H·** 和 **NO** 自由基，这些自由基可进一步引发有机分子的断链、自由基的转移和氧化还原反应，尤其是 **OH**，可无选择性的氧化绝大多数有机物。

1.3、触变反应：超声波作用可使介质质点进入振动状态，从而增强液态介质的质点运动，加速质点传递作用。可以引起生物组织结合状态的改变，如引起粘滞性降低，造成细胞液变稀，细胞质沉淀等，当声强过高时，触变效应是不可逆变化，会对组织造成损伤。

2、常用实验 2.1 常用超声设备 目前用于超声波除藻抑藻研究实验的主要设备是：超声波发生器。

超声波发生器是一种能产生超声波的电源，它的作用是把我们的市电（**220V** 或 **380V**，**50** 或 **60Hz**）转换成与超声波换能器相匹配的高频交流电信号。可以分为以下几类：**1.**频率可调超声波发生器。功率从“**0**”~**3000**瓦功率可调频率从 **20KHZ~40KHZ** 可调的超声波发生器。**2.****100W/300W** 超声波发生器。**3.**小功率超声波发生器。控制箱采用微电脑控制的它激式线路，频率自动跟踪与传统控制箱相比，具有工作稳定靠、超声功率连续可调，能最大限度地发挥换能器的潜能。工作率自动跟踪，使输出匹配更佳，功率更加强健，效率更高。**4.**高频超声波发生器、**5.**大功能超声波发生器、由超声波发生器产的高于 **28KHZ** 音频电信号，通过换能器的压电逆效应转换成同率的机械振荡，

3、20世纪90年代日本开始进行超声波抑藻杀藻技术的研究，目前在日本千叶湖、晴岛进行了较大规模的试验。我国中科院超声波研究所、广州市环境保护科学研究所-广州绿城环保科技有限公司、广东省环科院-广州绿澄环保设备有限公司、清华大学、电子五所等单位也进行了一定研究。初步结果表明，适当频率和强度的超声波处理5min就可以严重抑制藻类生长(减少30-50%)。高效、迅速、简单、无二次污染等显著优点使得超声波抑藻杀藻具有很大的吸引力。(但是南方温度高，只用多频超声波除藻装置，1-2天即蓝藻疯长，超声波抑藻除藻速度比不过蓝藻疯长速度，需超声波抑藻杀藻与气动超声波微纳米气泡增氧器耦合作用，才能事半功倍，才能去除50-70%COD)

4、超声波是指振动频率大于15KHz以上的，其每秒的振动次数(频率)甚高，超出了人耳听觉的上限(20000Hz)，人们将这种听不见的声波叫做超声波。超声波是物理介质中的一种弹性机械波，和电、磁、光等同样是一种物理能量形式，超声和可闻声本质上是一致的，它们的共同点都是一种机械振动，通常以纵波的方式在弹性介质内会传播，是一种能量的传播形式，其不同点是超声频率高，波长短，在一定距离内沿直线传播具有良好的束射性和方向性。超声波能在水中产生一系列接近于极端的条件，如超过重力加速度几万倍的质点加速度，空化泡破裂产生的瞬间高温和高压(4000K,500大气压)、急剧的放电，以及强烈的冲击波和射流等。由此衍生的二次波、辐射压、声捕捉、自由基、氧化剂等也可能较大程度地改变介质性质。

超声波在传播时，方向性强，能量易于集中；能在各种不同媒质中传播，且可传播足够远的距离；超声波是一种波动形式，它可以作为探测与负载信息的载体或媒介(如B超等用作诊断)；超声波同时又是一种能量形式，当其强度超过一定值时，它就可以通过与传播超声波的媒质的相互作用，去影响，改变以致破坏后者的状态，性质及结构(用作治疗)。可在气体、液体、固体、固熔体等介质中有效传播；超声波会产生反射、干涉、叠加和共振现象。超声波在液体介质中传播时，可在界面上产生强烈的冲击和空化现象。

根据超声波这种特点，日本科学家于1997年发明了第一台原始超声波除藻设备，美国科学家于1998年发明了第二台原始超声波除藻设备，比利时科学家于1999年发明了第三台超声波除藻设备，其主要目的是解决开放性水域中的水藻问题。超声波可能的抑藻杀藻机理有：破坏细胞壁、破坏气胞、破坏活性酶。高强度的超声波能破坏生物细胞壁，使细胞内物质流出，这一点已在工业上运用。藻类细胞的特殊构造是一个占细胞体积50%的气胞，气胞控制藻类细胞的升降运动。超声波引起的冲击波、射流、辐射压等可能破坏气胞。在适当的频率下，气胞甚至能成为空化泡而破裂。同时，空化产生的高温高压和大量自由基，可以破坏藻细胞内活性酶和活性物质，从而影响细胞的生理生化活性。此外，超声波引发的化学效应也能分解藻毒素等藻细胞分泌物和代谢产物。超声波作用受多种因素影响，其中最重要的是频率和强度，

★超声波有以下技术特点：(1)、高科技超声波灭藻杀菌，防止水藻再生。(2)、对水中生物无害，维持水域的生态平衡，无二次污染。(3)、独家专利，已在日本、欧美各国广泛使用，能耗低，效果显著。(4)、使用范围广泛，不同系列产品可适应不同的需求。(5)、能耗低

超声波除藻的原理：发明人通过对超声波的多年研究。掌握了运用特殊频率的超声波所产生的震荡波，作用于水藻外壁并使之破裂、死亡，以达到消灭水藻平衡水环境生态的目的。超声波抑藻杀藻机理是：破坏细胞壁、破坏气胞、破坏活性酶。藻类细胞的特殊构造是一个占细胞体积50%的气胞，气胞控制藻类细胞的升降运动。超声波引起的冲击波、射流、辐射压等可以破坏气胞。在适当的频率下，气胞成为空化泡而破裂；同时，空化产生的高温高压和大量自由基，可破坏藻细胞内活性酶和活性物质，从而影响细胞的生理生化活性。此外，超声波引发的化学效应也能分解藻毒素等藻细胞分泌物和代谢产物。

(1) 气动超声波微纳米气泡增氧器装置设计参数说明：

根据低频超声波可产生（100--5000 纳米）微纳米气泡这种特点，中国广州绿澄环保设备有限公司于 2009 年发明了第一台采用气动或液动式超声波微纳米气泡增氧器；可选用太阳能、沼气、柴油、水位差能作动力；

1) 气动超声波微纳米气泡增氧器装置需控制气动超声波的声功率、频率、声强域值、气水比、曝气强度、水流量、气压、水初始水温（5-40℃）、PH 值、超声波增氧器的工作姿势、超声波起停时间,达到高效节能最佳工作点（使 COD 去除率达到 50-70%）；气动超声波微纳米气泡增氧器具有微曝气增氧降解有机污染物 COD、氨氮、硫化氢、消化污泥功能和微气浮去悬浮物 SS 及胶体的功能；

1、气动超声波发生器：型号 CNR-50 三套（配 6 个超声波发生器）

频率：10-150kHz 可调控脉冲式；空压机：1.5kw/380v 三套

2、气动超声波能量转换器： 超声波钛锰震簧片，

直径：D65m m（双不锈钢）长度：360m m，微纳米气泡粒径：0.1um—20um 可调；

重量：5500g 电缆长度：8m（防水线缆）

3、每套静止超声波辐射范围：圆周 15M-130M ，配 6 套，可辐射水面长 350 米，宽 35 米，平均水深约 2.6 米；

组成：含不锈钢腔体、超声波震簧片、调频旋钮、聚能器、喇叭释放筒、气量调节器、安装法兰底座、压力进气口、污水入口、微纳米气泡水出口、压力表、空压机、水流量计、气动阀、DO 在线溶氧仪、浊度仪、PH/PT 水温度仪、电缆线、控制箱 。

专利产品优点：

- (1)修复环境所需时间短；
- (2)修复工程对周围环境没有影响；
- (3)修复技术资金需要最小；
- (4)不产生二次污染；
- (5)原位修复可使污染物在原地被清除，操作简便；
- (6)运行成本很低，只要传统治污方法的 10%左右。

(2) LC-50 超声波除藻装置 (Ultrasonic algae removing device)

超声波具有除藻抑藻的功能，其主要机理是：水在超声波辐射作用下，产生“空化效应”，水在该“空化效应”下经历交替的振荡、扩张、压缩、崩溃等一系列动力学循环过程，产生瞬时的、微观的高温（>5000K），高压（>5×10⁷ PA），形成热点（Hotopot）。持续数微秒后，热点瞬时冷却，并伴随有强烈的冲击波和达到 100m/s 的微射流，这就为有机物和藻类创造了一个极端的物理环境。使水的 O-H 键断裂，而生成过氧化氢，从而开辟化学反应通道，增大化学反应速度，使水中的污染物在高温、高压和羟基自由基的作用下降解，超声波对水体脉冲作用，对藻类的共振作用，水通过专门设计的潜入水体中的超声波换能器向水中发射的特定频率的脉冲声波。水是声波的良好导体，这种高频波在水中传布，衰减很少，可以穿得很远，如一个 20V\20-100W 的超声波装置的有效发射半径为 100~180m，有效发射角度为 180 度。藻类细胞在超声波特定频率作用下，产生共振，使细胞

膜振裂，藻类即自行衰退灭亡，先上浮后下沉。同时超声波技术还可以处理多种细菌、病毒和所有真菌。超声波产生的许多羟基自由基对藻类分泌的藻毒素有降解作用，不会引起二次污染，对其它水生生物、人类无毒害作用。

LC-50 超声波除藻装置设计参数说明：

- 节能效果明显，在 **8-15** 个工作日即可体现。
- 设计新颖、结构简单，故障率低
- 超声波频率自动跟踪，自动保护功能
- 弯曲振动全方位模式除藻，藻类的去除率在 **80-90%**以上
- 操作简便、使用安全、效率高、持续性强，方便维护。

技术参数：

1、电源/信号发生器：型号 LC-50 ， 配三套（3 个超声波发生器）

功率可调输出：**10-100W** 频率：**28-42kHz**

可控脉冲式发射超声波净重约：**2.2 公斤**

2、压电变频能量转换器：CV3，PZT 锆钛酸铅压电陶瓷 ， 配三套

直径：**58m m**（双不锈钢）长度：**125m**

重量：**1250g** 电缆长度：**8m**（防水线缆）

3、超声波辐射范围：圆周 20M-180M

组成：双头发射筒、浮漂筒、电缆线、控制箱

产品优点：

- (1)修复环境所需时间短；
- (2)修复工程对周围环境没有影响；
- (3)修复技术资金需要最小；
- (4)不产生二次污染；
- (5)原位修复可使污染物在原地被清除，操作简便；
- (6)运行成本很低，只要传统治污方法的 **10%**左右。

(3) 一体化超声波-膜生物反应器 **CMBR** 设备简介

一体化超声波-膜生物反应器污水处理设备（**Ultrasonic Membrane bio-reactor**，简称 **CMBR**），它是广州绿澄环保设备有限公司以超滤膜技术+微生物酶分解氨氮、脱磷及消解藻类、粪便蛋白技术+超声波在线清洗技术集成成一体创新型膜生物反应高级污水处理技术,是 **21** 世纪末发展起来的污水资源再生利用高新技术。**CMBR** 设备（与常规污水处理设备比较，省去二沉池、砂滤、碳滤池、污泥浓缩池、消毒池等处理单元，使占地省，污泥产量很少，吨水运行费节省 **2** 倍，操作简单）。设备内置好氧槽的微生物以摄取污水中的表面活性剂、**BOD5,COD** 有机污染物作为营养物质，通过生物新陈代谢，放出 **CO2** 气体,净化污水。设备内置（微滤）有超滤膜及超声波在线动态清洗装置，超滤膜过滤时超声波聚焦在线清洗，能产生快速交替双频空化作用（微米气泡聚能气爆作用）冲击破碎快速剥离膜组表面微生物胶泥及粉碎膜孔内部支承层附着的无机结垢污泥，防止膜表面闭塞、孔堵塞、滤饼层的形成及预防膜吸附性污染，并定时超声波声流触变振动强化冲洗，使膜丝产生超声波节涌

流效应剥离去除污垢，快速使膜恢复产水通量。设备还能有效去除难降解有机物和表面活性剂，滤除全部病毒和细菌（对环境无任何污染的消毒处理），出水无须经三级处理即可直接回用（回用水可用于冲洗道路、洗车、养鱼、浇花草树木等等）。由于出水安全性高且经济有效，符合国内相关标准的要求，大大扩大了污水资源再生利用的适用范围。

备注：广州绿澄环保设备有限公司产品已通过广东省环保部门认证证书和国家建设部标准化环保产品推荐证书。该环保产品已获得在广州市质量技术监督局备案，并获得了国家知识产权局 **3** 个国内领先的油污水处理技术设备发明专利：

- 1) 超声波震动膜生物反应器污水处理设备；
- 2) 超声波破乳-油水分离器污水处理设备；
- 3) 气动超声波高效脱氮、脱硫、除藻污水处理装置；

该处理工艺特点：

- * 占地面积少：结构紧凑，外型美观（一体化）。
- * 自动化程度高：采用电脑 **PLC** 控制实现自动远程控制，无需人员值守。可手动/自动灵活选择操作，操作维护简易方便
- * 处理工艺高效先进稳定可靠：生物处理技术、超声波清洗技术、膜处理技术都是国内外先进成熟可靠稳定处理工艺技术。
- * 防堵塞功能：本设备配有膜压力传感器、污染度传感器、超声波在线清洗技术装置，与其他常规 **MBR** 膜生物处理法相比，减少了反冲洗频率、清洗药剂、消毒剂用量，解决了膜易堵塞难题，延长膜组件的 **3** 倍使用寿命。
- * 减少运行费用：减少膜的更换，无需药剂，降低污泥处理费（无污泥排放，无需压滤机，污泥量少，可实现基本无剩余污泥排放）。
- * 处理效果显著：有效去除苯类、酚类、油污、氨氮、蛋白、**BOD、COD、SS**、细菌、色度及其它有害物质，出水顺畅澄清安全达标排放或回用，无二次污染。
- * 中水回用：经处理后的中水可用于养鱼、浇灌、冲洗道路、洗车、景观水等。
- * 对于旧有污水处理厂进行改造的仅需增设 **MBR** 膜组、超声震动装置。

3.3 设计处理效果预测

预测各段构筑物处理效果如下表所示(PPM)表 2:

项 目		COD	BOD5	氨氮、蛋白
原水	进水	500-2450	200-1200	50-150
水解污水调节池	出水	2350	1100	140
	去除率	4%	8%	7%
反硝化池	出水	2100	1000	70
	去除率	11%	9%	50%
一级生物接触氧化 硝化池池	出水	210	50	7
	去除率	90%	95%	90%
二级生物接触氧化 硝化池池	出水	42	1.5	1.4
	去除率	80%	70%	50%
CMBR 池	出水	≤21	≤0.6	≤0.28
	去除率	50%	60%	≥80%
中水消毒池	出水	≤20	≤0.5	≤0.2
总去除率	总排水口	99.2%	99.95%	≥99.96%

(1) 项目景区概况

景区长 350 米，宽 35 米，大约 12250 平方米的水面积，平均水深约 2.6 米，其水质直接受到市政管外生活污水的影响。

(2) 现场采样监测水质情况

B 景区由于藻类繁殖使水体缺氧，水体黑臭是有机物污染的一种极端表现，也是有机物腐败而造成的。当藻类大量繁殖和死亡，使有机污染物进入水体，在好氧微生物的生化作用下，消耗了水体中大量的氧气，这时水体

转化成缺氧状态，致使厌氧细菌大量繁殖，藻类等有机物腐败、分解、发酵使水体变黑、变臭。水质监测结果见下表。

PH	DO	COD _{cr}	BOD ₅	NH ₃ -N	TP
6.3	≥1.2	≤65	≤27	≤6.1	≤2.2

B 景区水体呈黑灰色，水的表面呈现少量浮油和底泥上浮物，检测表明，景区水水体检测指标有机污染物 **COD_{cr}**、**BOD₅** **TP** 及氨氮超标，有腥臭味，水质处于劣 **V** 类，属轻度黑臭景区水。

项目建设期第一期目标

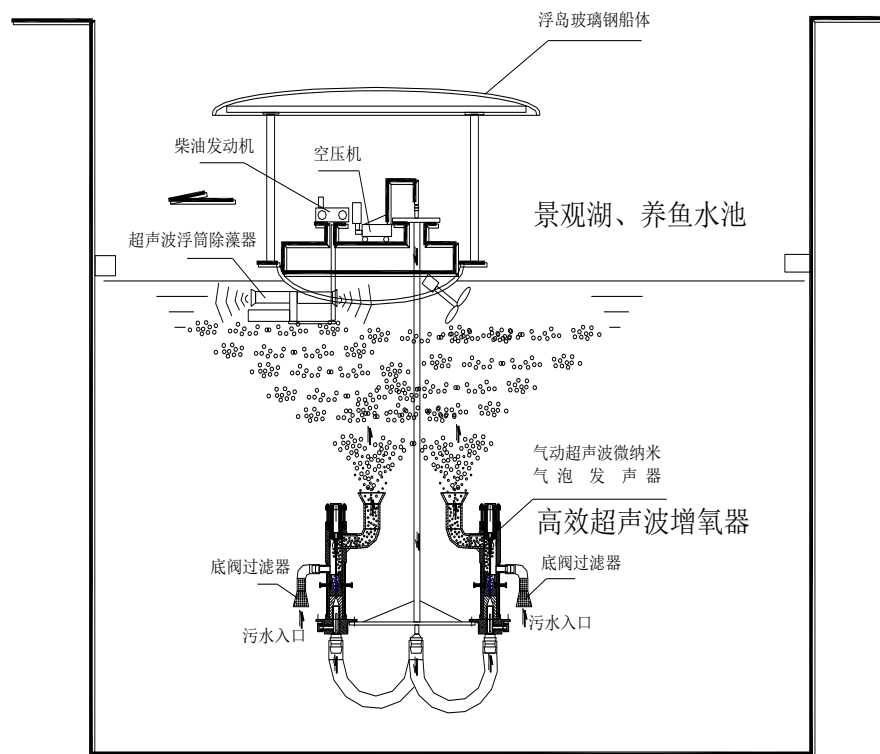
生态修复的前 **45** 天，水生生物出现并达到不黑不臭。景区水水质检测常规指标 **DO**、**COD_{cr}**、**BOD₅**、**NH₃-N**、**TP** 或者直接达到生态修复《地表水环境质量标准》（**GB3838—2002**）**v** 类水质的验收标准。

项目建设期第二期目标

生态修复 **90** 天，主要水质指标稳定达到生态修复达到《地表水环境质量标准》（**GB3838—2002**）**v** 类水质的验收标准。（见下表）

表 4-2 生态修复第二期（**90** 天）水质指标要求 单位：**mg/L**

DO	COD _{cr}	BOD ₅	NH ₃ -N	TP
≥2.0	≤40	≤10	≤2.0	≤0.4



国家专利局注册号：
ZL201020561835.1
专利权人：樊利华

浮岛玻璃钢船体

气动超声波微纳米气泡增氧器及
超声波浮筒除藻耦合装置系统

1)、水库水池长 **40** 米，宽 **10** 米，大约 **400** 平方米的水面积，平均水深约 **2.5** 米
400 平方米的水面积配 4 套、单套尺寸：直径 **65xh350mm**
 国产配置材料：**sus304L**

2)、高密度鱼养殖水池长 **40** 米，宽 **10** 米，大约 **400** 平方米的水面积，平均水深约 **2.5** 米
400 平方米的水面积配 4 套、单套尺寸：直径 **65xh350mm**、每套循环水量 **7.5** 立方米/H；
P=850W/380V
 国产配置材料：**sus304L**