

# 臭氧曝气技术在河流湖泊水质净化中的运用

杨珊珊

武汉华德环保工程技术有限公司 湖北 武汉 430000

**摘要:** 本文提出了一种河流湖泊水质净化工艺及其专用设备的应用, 所提及的专用设备是一种臭氧曝气技术治理河流湖泊的专用设备, 其采用采用臭氧净化水质, 同时溶入最佳的二级射流设计, 具有净化水质效果好、结构简单、低能耗、无噪音、增氧动力效率高、推动水体流动的特点。该设备的应用可以解决现有治河工艺所存在占地面积大, 投资费用高, 运营费用高等问题。提供了一种对被污染河、湖水体进行直接净化治理的治河新工艺, 在水生态修复领域极具推广价值。

**关键词:** 黑臭水体 水质净化 臭氧曝气 射流曝气 河湖治理

## 1 前言

在历史的长河中, 众多的河湖承载了人类的文明与繁荣, 而现在城市的湖泊与河流兼具“供排水、渔业航运、生态景观、人文环境”等多种复合功能, 其中的生态景观环境功能是基础<sup>[1]</sup>。

流经城市的湖泊河流多为流动性差或者相对静止流动缓慢的水体, 水域面积较小、水环境容量不大、水体的自净能力也较差。随着城市工业化进程的不断加快, 城市的湖泊、河流生态系统承受的压力日益增大, 脏、乱、差等水体黑臭问题越来越显著, 严重影响了城市形象和城市景观, 更影响了沿水居民的生活居住环境。

城市水体黑臭成因有以下几方面: 一是居民生活污水未分流处理, 直接排入城市地表水体; 二是企业工业污水偷排、漏排进入水体, 三是初期雨水径流携带污染物汇入城市雨水管网, 未经处理, 直接排入水体。黑臭湖泊的综合治理, 对于改善城市景观河湖的生态环境与提升其感官品质有着非常的必要性和迫切性<sup>[2]</sup>。

河湖水经过生态整治后, 如不能恢复和提高水中溶解氧的含量, 水体就依然缺少自净能力。水体中溶解氧含量不足, 有机物在厌氧菌的作用下, 产生硫化氢、胺、氨气、硫化亚铁等致黑致臭物质, 引起自然水体黑臭的主要原因之一。同时, 厌氧条件下, 水体中黑色沉积物在甲烷、硫化氢、氨气等难溶于水的气体的托浮作用下, 会重新进入水体, 使水体呈现黑色。当水体受到外界的扰动, 底泥中的污染物又会随底泥的再悬浮而再次进入水体中, 会再次导致水体污染负荷变大。

对水体进行曝气、充氧, 增加水中溶解氧含量, 使其氧缺乏转变为富含氧, 在氧气的作用下, 水中硫化氢、硫化亚铁、氨氮等物质被氧化成氢氧化铁、硝酸盐等物质。氢氧化铁具有很好的沉淀作用, 它在积累水底沉积物

表面会形成较密实的保护层, 可以一定程度上阻止上层的底泥再次悬浮起来, 同时能够降低底泥中污染物向上的扩散、释放的风险, 进而能够消除水体的黑臭。曝气复氧技术在国外河湖治理中被大量利用, 是一种常用的河流污染治理措施<sup>[3]</sup>。1999年在澳大利亚, 利用固定式曝气设备, 对斯旺河支流进行曝气冲氧复氧; 利用机动曝气船, 在2000年对斯旺河进行曝气, 水中的溶氧率都大大提高, 水质也有提升。我国在水生态环境综合整治中, 也多次使用的河流曝气复氧技术。陈伟叶等在实验室内, 对苏州河的黑臭水进行了人工曝气充氧<sup>[4]</sup>试验, 研究表明, 在保证有氧条件二十小时后, 水的臭味基本消除, 水体色度改善明显, COD含量也大幅度降低; 罗固源等的研究表明, 曝气充氧能够抑制对水体中藻类生长, 特别是夜间曝气, 效果尤为显著<sup>[5]</sup>。

## 2 研究的目的和意义

国家和各地方政府针对河湖水污染现状, 出台了各种政策法规, 建立河长制等管理措施, 将水体保护和修复责任到地方政府一把手, 力度之大前所未有的。各地对河湖水的治理投入也大幅度增长, 但受技术限制, 水体修复现状依然不容乐观。曝气复氧技术是增加水体中溶解氧的最有效的方法, 对水体修复意义重大。曝气复氧主要有以下技术: 纯氧曝气技术、鼓风机微孔曝气技术、叶轮吸气及推流式曝气器、水下射流曝气技术等。曝气复氧设备有固定式和移动式两种。现有曝气技术中, 仅有增加溶解氧的单一功能, 效果单一, 能耗又高。河湖水体地域广阔, 治理难度大, 虽经过多年治理, 水环境保护工作进展很大, 但是地表水环境污染情况依然存在, 且很严峻, 根本治理任重道远, 呼唤先进高效新技术, 迫切需要开发出一款臭氧曝气设备。

针对水体富营养化导致的藻类泛滥和溶解氧缺乏导

致的水体黑臭，传统的曝气，仅对水体进行充氧，效率低，功能单一，而臭氧曝气技术可以利用臭氧的强氧化性实现对藻类的有效杀灭、对水中无机物和难以生物降解的有机物进行氧化分解，利用臭氧易溶于水及在水中，且易分解成氧气的特性提高水体的溶解氧，不受水体温度和PH值影响<sup>[6]</sup>，去除水体中的藻类和黑臭效率高，不会造成二次污染。本技术在臭氧曝气的同时，更具有推流的功能，使死水变为活水，流水不腐。

臭氧曝气技术在上海市嘉定区部分河道中已经进行了成功的应用，效果明显，安装便捷，运行稳定，节能客观，反映良好。在市场上臭氧曝气设备应用不多，常见的还是曝气复氧设备。近年全国大中城市大力推进水环境生态修复工程，大部分强调视觉景观上的改善，很多生态修复工程实施后带来了新的生态和环境问题。对于做过截污清淤、水系整治的河湖而言，后期的运营维护，保证水体长治久清显得尤为重要。臭氧曝气设备可作为日常运维手段应用在水投生态修复运营工作工，它能极大地增强河湖的自净能力，消灭臭气、氧化淤泥，防止污染再次的复发。同时对于大量尚未治理的污染河湖，它能迅速低成本地实现河湖净化和还清。

### 3 造流臭氧曝气增氧设备的制造和用途

本臭氧曝气设备是一个系统，创新性的集成了射流曝气造流技术和臭氧发生技术，分为臭氧制作、射流曝气、强磁磁化、二次造流等技术的设备研制。本设备既能推动水体流动，增加水中溶解氧含量，提高水体的自身净化能力，又能利用臭氧的强氧化性，有效杀灭藻类，氧化分解水中无机和有机污染物，高效净化水体，一机多用。能够同时实现人工造流、曝气增氧及臭氧氧化降解污染物、净化水质等三种功能。

#### 3.1 设备结构

该人工造流、臭氧曝气增氧、臭氧氧化污染物同步进行的水体治理专用设备，采用无能耗单极强磁场技术，能够打破水中溶氧溶解率的饱和极限，结合最佳的流体力学，提升了传统曝气增氧设备增加水中氧气浓度极限，同时采用臭氧代替传统空气，具有设备结构简单、能耗低、造流幅度大、增氧效率高同时净化水质，针对传统曝气增氧设备进行了更新换代。结构示意图如图1。

#### 3.2 工作原理

该设备采用涡流泵，叶轮快速运转产生负压，负压将水和混入臭氧的空气不断的吸入泵体内，经过水泵出口进入一级射流器及穿孔板塞，在射流器和穿孔板的作用下水和臭氧充分的混合形成了负压区，完成第一次增氧。在这个过程中，负压源源不断的吸入空气和压力

水，它们在内置穿孔板塞区间剧烈地混合，然后气流通过孔板被破碎分散成很多微小气泡，就形成了气液混合流，产生乳化效果，这个作用促进臭氧分子扩散，加快了溶氧过程。孔板塞区设置单极磁环，产生一个强磁区，经过一级射流喷嘴喷出的气液混合体经过这个区域时，水有极性就会产生电动势，电动势将水带上直流的正电荷，使水分子互相排斥分离，进而使水的表面张力大大降低，增大了水的溶解性，可以溶解更多的可溶性物质，从而提高了氧气和臭氧在水中的溶解率，水中的溶解氧饱和度也得到有效的提升。涡流泵有很好的自吸、气液混合及流体输送能力。涡流泵在工作中，将机械能转化成水体的动能，输送的水与叶片之间发生力的相互作用，产生强烈的涡流和扰动，有利于水和氧气的交换，有利于混合增氧。

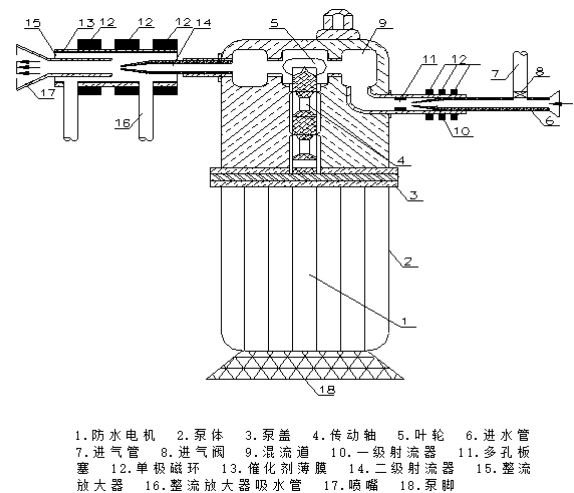


图1 造流臭氧曝气机示意图

在涡流泵强大推力的作用下，水和空气经过一级射流器后混合之后，形成超饱和的溶解氧水，进了入设备中的二级整流放大器，进行进一步的水-水提升和整流放大。气水混合物进入二级射流器的喉管进行二次喷射，高速喷出的气水混合体与通过整流放大器的吸水管吸入的水，经过孔板区域的单极磁环形成强磁区，再次提高了水的溶解性，且在正压区完成了第二轮充氧。气液混合物经过喷嘴进入整流放大器中，该整流放大器为特殊设计的长圆型桶体设计，其空间面积比二级射流放大器截面大二十多倍；同时喷嘴的内管长度和吸水管的进水口阻隔长度，占整流放大器总长度的三分之二，吸水管的进水经整流放大器剩下的三分之一长度通过，在二级射流器强有力的推动冲击作用下，周围的水被源源不断的吸入到整流放大器内，并再次被磁化加速和混合，再一次形成乳化状态，得到增氧后形成匀速的大水流。经

过这一过程, 涡流泵中的水流变成速度均一的大动量水流, 较传统的涡流泵扇面喷射形成的水流相比, 流量大大放大, 增加了二十倍, 设备在水中的造流幅度也增大了数倍。

利用臭氧发生器产生大量的臭氧, 经过上面的作用, 与水充分混合后, 被微小的气泡带动, 与水中的有机物进行反应, 臭氧的强氧化性能够作用在有机物碳碳双键上, 实现对有机污染的氧化降解, 和对水中藻类的有效杀灭。同时臭氧易溶于水及在水中易分解成氧气的特性也能提高水体的溶解氧, 实现水质净化。经过上面一系列的作用, 将曝气增氧、臭氧净化杀菌灭藻和人工造流三种作用一次性整合在同一个设备中。

### 3.3 设备特点

#### 3.3.1 高效率溶氧

采用涡流泵及独特的设计, 使曝气机瞬时吸入大量空气, 空气与水剧烈混合, 形成大量的微小气泡, 降低了水的表面张力, 推高了水对物质的溶解性, 从而提升溶氧率, 大大提高了水体上氧含量。

#### 3.3.2 超大流量造流

采用射流曝气技术, 在射流增强管的作用下, 通过正压区二级射流器, 以及整流放大器相结合的设计, 完成超长造流以及低能耗、高驱动力、大流量的人工造流, 将水体由死水变为活水, 增强流动性。

#### 3.3.3 臭氧净化水质

利用臭氧取代传统的增氧曝气, 提高水的溶解氧浓度。水体中的细微气泡携带臭氧上升, 臭氧与水中有机物的碳碳双键反应, 强氧化性使有机物的分子量变小, 破坏使有机物芳香性消失, 极性得到增强, 可生化性提

升, 起到灭藻的作用, 实现水质的净化。

### 4 结束语

水体修复不是单一技术的存在, 是多种技术的联合作战, 本文所提的河流湖泊水质净化工艺及其专用设备的臭氧曝气设备, 提供了一种低成本臭氧曝气增氧和人工造流同时进行的河湖治理专有技术, 其采用无能耗的单极强磁场技术, 打破水中溶解氧的饱和极限溶解率, 结合流体力学设计, 提升传统曝气增氧设备的充氧极限, 具有结构简单、能耗低、增氧效率高以及作用区域大的优点, 能够促进传统曝气增氧设备更新换代, 而且使低成本治理河流湖泊成为可能。所以本技术设备在水体生态修复领域极具推广价值, 必将会得到广泛应用。

### 参考文献

- [1]王巍巍.城市河流的景观与生态环境的共建[D].北京:北京林业大学, 2007.
- [2]程江, 吴阿娜, 车越, 等.平原河网地区水体黑臭预测评价关键指标研究[J].中国给水排水, 2006, 22(9): 18-22.
- [3]朱广一, 冯煜荣, 詹根祥, 等.人工曝气复氧整治污染河流[J].城市环境与城市生态.2004, 17(3): 30-32.
- [4]陈伟叶, 舜涛, 张明旭.苏州河河道曝气复氧探讨[J].上海环境科学, 2001, 20(5): 233-234.
- [5]罗固源, 周亮, 季铁军, 等.不同磷浓度和曝气方式对淡水藻类生长的影响[J].重庆大学学报: 自然科学版, 2007.
- [6] PLUMMER J D, EDZWALD J K.Effect of Ozone on Disinfection By-Product Formation of Algae[J]. Water Science and Technol.1998, 37(2):49-55.