

一种大水体太阳能自动增氧装置的研发与试验

毛海涛^{1,2}, 王正成¹, 王晓菊^{1,3}, 黄海均⁴, 刘 阳⁴

(1.重庆三峡学院 土木工程学院,重庆 万州 404100;
2.武汉大学 水利水电学院,湖北 武汉 430072;
3.河海大学 环境学院,江苏 南京 210098;
4.新疆农业大学 水利与土木工程学院,新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要:研发一种大水体太阳能自动增氧装置,为大水体的缺氧、水体污染提供一种解决方法。太阳能自动增氧装置由太阳能光伏发电系统、检测与智能增氧系统、自动化驱动系统组成。光伏发电系统充分利用太阳能资源,解决了电能消耗问题;检测与智能增氧系统实现了增氧过程中氧溶解浓度检测 and 智能感应运行;自动化驱动系统通过智能感应信号和电子差速控制系统实现增氧机原地转向、转弯和直行 3 种运动模式的移动,增加了增氧面积。使用太阳能自动增氧装置增氧试验表明,80 min 内 1 m 水深处溶氧量增加 0.79 mg/L,2 m 水深处溶氧量增加 0.78 mg/L,3m 水深处溶氧量增加 0.77 mg/L,4 m 水深处溶氧量增加 0.78 mg/L;改善水质试验表明能有效提高水体溶氧,降低氮磷含量;养殖试验表明,增加鲤鱼产量 35.3%、鲢鳙产量 31.2%。

关键词:大水体;光伏发电;智能增氧;自动化

中图分类号:S969.32 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2019)02-0114-07

在水流速度比较缓慢、氮磷营养盐含量较高、藻类疯长、富营养化的大中型水域常出现水体溶解氧较低的问题(谷序文,2010;吴雅丽等,2014),低溶解氧可能带来高死亡率,对养殖业、水质、水环境带来巨大的威胁(李柯,2010;徐小燕,2009;Boyd C E, 1990)。目前,国内外的增氧措施主要包括生物增氧法、化学增氧法、机械增氧法 3 种(刘晃,2004)。生物增氧需要严格控制浮游植物的生物量和生产力,难度高;化学增氧要消耗大量昂贵的化学物质,造价高(巫道镛,1982);机械增氧法是普遍采用的增氧措施。常用的增氧机械有叶轮式增氧机、水车式增氧机、涌浪式增氧机、微孔曝气式增氧机、螺旋桨式增氧机等(顾海涛,2014)。但上述机械均是定点式三相电源供电,若采用这类装置来提高大中型水域的含氧量,会消耗大量电能资源,此外还存在成本高、氧转移效率低、位置太过固定(周建来,2008)、只能提高小范围内水体的含氧量等不足。刘兴国等(2014)、吴晨等(2014)和田昌凤(2015)针对传统增

氧机的弊端进行了改进,研发的移动太阳能增氧机都是通过固定牵引绳来实现往复运动,增氧范围有所扩大,但仍存在局限。

本文基于上述研究成果,研发一种大水体太阳能自动增氧装置,为大水体的缺氧、水体污染提供一种解决方法。

1 研发方案

1.1 结构设计

本文研发的太阳能自动化水质增氧装置,主要由太阳能发电板、金属支架、蓄电池、圆形浮板、空气泵、软管、伸缩杆、圆形金属框架、砂头、推动器、氧浓度检测装置和氧浓度检测探头构成。圆形浮板将各部分有效拼接成一个整体,简单灵活,便于操作。装置结构示意图 1。

1.2 工作系统

装置工作系统由 3 部分组成:太阳能光伏发电系统、检测与智能增氧系统、自动化驱动系统。

(1)太阳能光伏发电系统 由“斜屋面”式的太阳能电池板、可上下调节的金属支架和蓄电池组成。太阳能电池板由金属支架支撑放置于圆形浮板上,电能储蓄在蓄电池内。

(2)检测与智能增氧系统 由空气泵、输氧软管、伸缩金属杆、圆形金属框架和砂头构成。空气泵置于浮板上,伸缩杆焊接固定在圆形金属框架上,可

收稿日期:2016-12-08 网络出版日期:2017-11-07
基金项目:国家自然科学基金项目(41602367);重庆市科委基础与前沿研究计划项目(cstc2018jcyjAX0673);重庆市教委科学技术研究项目(KJ1601017)。
作者简介:毛海涛,1980 年生,男,博士,教授,从事水利工程与水环境研究。E-mail:maohaitao1234@163.com

调节砂头的高度。输氧软管置于伸缩杆内部,上端与空气泵相连,下端与多个砂头相连,主要将空气泵中的空气输送到水下并由砂头均匀地打散到水中。砂头呈发散性均匀布置,如图 2。

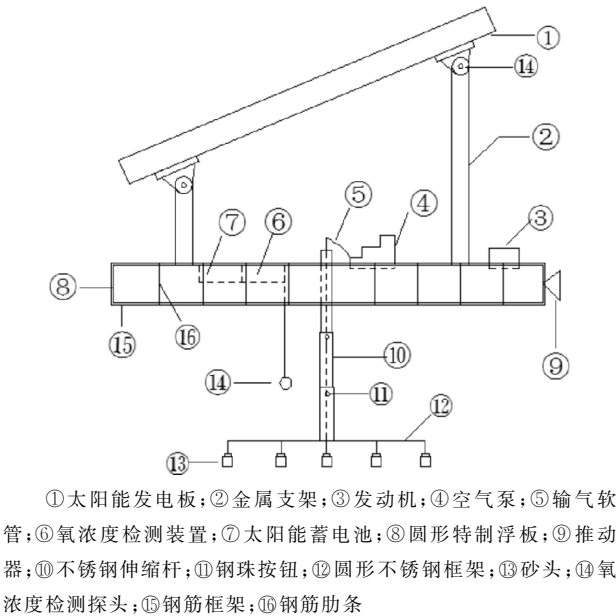


图 1 太阳能自动化增氧装置示意

Fig.1 Schematic diagram of the solar powered automatic aerator

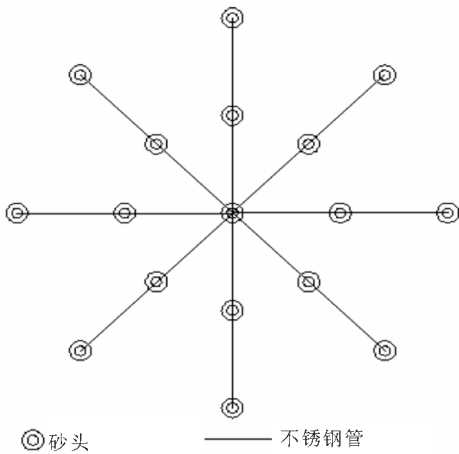


图 2 砂头布置

Fig.2 Arrangement of the aerator heads

(3)自动化驱动系统 由发动机、推动器、氧浓度检测装置和氧浓度检测探头组成。推动器置于浮板一侧并与发动机相连,发动机为整个装置的移动提供动力。检测探头末端放在水中,高度可调节,另一端与氧浓度检测装置相连,可检测不同水深处水体中氧浓度是否达标。

1.3 装置特色

大水体太阳能自动增氧装置以目前已经研制成功的太阳能自动增氧装置为基础,进行优化改造,具有以下特色。

- (1)采用环保 EVA 材料作为浮板材料,浮板呈圆形,能有效地避开障碍物的阻挡。浮板周围包裹了一层橡胶,有一定的抗冲击力。
- (2)整个装置的用电全部来自太阳能发电,能自给自足,节能环保。
- (3)可伸缩的轻质金属管与不锈钢圆环相连,方便装置的安置与收回。砂头均匀地布置在圆形框架上,避免相互缠绕。空气通过砂头呈雾气状扩散在水体中,使水与空气充分接触,提高氧气的溶解量。
- (4)设置氧浓度检测装置,氧浓度的达标与否直接影响到装置是否驱动,并且装置在发动机和推动器的驱动下旋转式移动,提高了装置的灵活性。

2 系统开发

2.1 动力系统

动力系统包括主控电路系统和无线遥控系统。主控电路系统(刘兴国等,2014;吴晨等,2014)使用太阳能发电板及蓄电池作为主要供电电源,通过电源切换继电器来实现供电电源的切换;通过模拟传感器对水体中氧含量的实时检测来判定该水体是否需要增氧及驱动装置的启动。通过无线遥控系统可以对不同水体中溶氧量参数进行设定,以及实现对装置的远程驱动控制。主控电路流程图和遥控电路图如图 3、图 4。

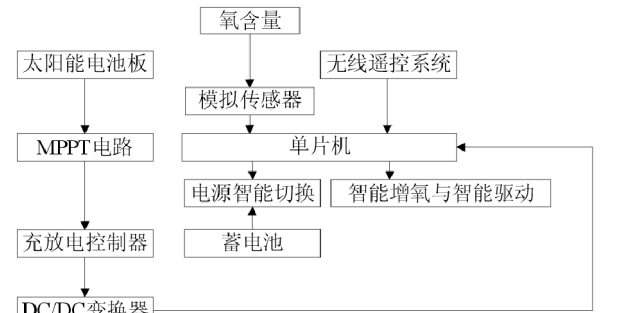


图 3 主控电路流程

Fig.3 Flow chart of the main control circuit

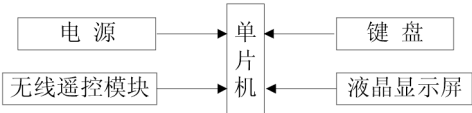


图 4 遥控电路

Fig.4 Flow chart of remote control circuit

2.2 工作系统

(1)太阳能光伏发电系统

太阳能光伏发电系统是由太阳能电池方阵、蓄电池组、充放电控制器、MPPT 电路、DC/DC 逆变器组成。光伏发电系统为整个装置提供电能。装置大约每天运行 9 h,同时保证装置能在 3 个连续阴雨天的条件下正常运行。太阳能方阵功率及蓄电池组容量计算如下:

$$Q_p = I_m HK_{op} C_z \tag{1}$$

$$Q_b = A Q_1 N \tag{2}$$

$$N_p = (Q_b + N Q_1) / Q_p N \tag{3}$$

$$P = P_0 N_p \tag{4}$$

式中, Q_p 为太阳能电池方阵日发电量; I_m 为太阳能电池方阵最佳工作电流; H 为平均日辐射时数; K_{op} 为斜率修正系数,取 1.05~1.20; C_z 为修正系数,取 0.8; Q_b 为蓄电池容量; A 为安全系数,取 1.1~1.4; Q_1 为日耗电量; N 为连续阴雨天数; N_p 为太阳能电池组件并联数; P 为太阳能电池功率; P_0 为太阳能电池组件的额定功率。

通过计算,选用 2 块 60 W/17.6V 单晶太阳能电池板并联,收集及提供能源;选用 2 块 24 Ah/12V 的耐久铅蓄电池并联作为储存及后备能源;选用 2 台额定功率 120 W 的直流驱动电机驱动整个装置的移动;空气泵选用额定功率 120 W 的涡轮空气泵,对缺氧水体进行增氧。

(2)检测与智能增氧系统

1) 系统检测 系统的检测分为太阳能电池方阵电压、电流的检测及对水体中溶氧量检测。太阳能方阵电压、电流的检测选用电量传感器,通过及时、有效地对太阳能电池板方阵电压、电流的测定,来选择主要的供电电源。通过 ULN2003N 控制相关继电器触点来实现太阳能电池方阵与蓄电池的供能切换:当太阳能电池方阵输出电压大于 1.2 倍的负载电压时,太阳能方阵给整个系统供能,又给蓄电池充电;当太阳能电池方阵输出电压小于 1.2 倍的负载电压时,太阳能方阵仅给蓄电池充电,此时,电量传感器判断蓄电池中的电压是否大于 1.2 倍系统负载电压,当电压不足时,等待太阳能电池板收集电量,直到达到 1.2 倍系统负载电压,启动溶解氧传感器。系统检测流程如图 5。

2)智能增氧 系统的智能增氧与水体中溶氧量密切相关。选用 YSI 58 型溶氧测定仪对水体中溶氧量进行检测,溶解氧传感器采集水库中水的含氧量信号并送入信号调理,信号调理将信号转化为电

压信号并经模数转换器送入单片机,单片机连接用于设置密码、溶解氧上下限参数的按键电路,单片机处理信号并控制增氧系统与驱动系统的运作。当单片机检测到目标水体的含氧量小于设定溶氧量参数下限时,则启动增氧系统,同时关闭驱动系统;当目标水体的含氧量大于设定溶氧量参数上限时,则启动驱动系统,同时关闭增氧系统。智能增氧流程如图 6。

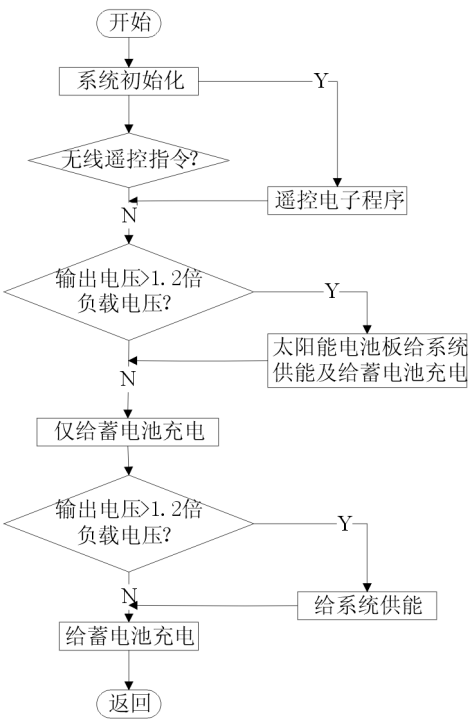


图 5 系统检测流程

Fig.5 Flow chart of the DO measurement system

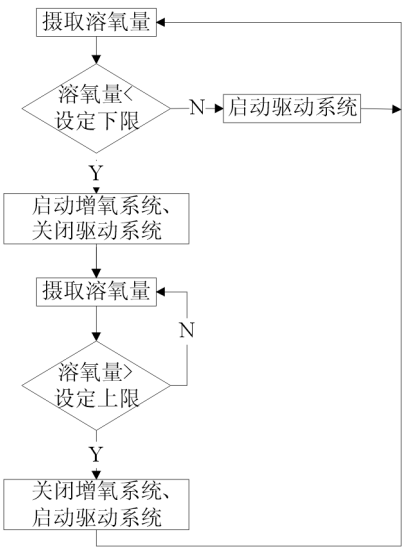


图 6 智能增氧流程

Fig.6 Flow chart of the intelligent aeration system

(3)自动化驱动系统

自动化驱动系统主要由 2 台电机及模糊控制器组成。对于大水域水流速度较慢、水况复杂等实际情况,本装置采用电子差速控制系统来控制装置的移动轨迹,实现对大水域大面积高效增氧。针对大水域复杂多变的水面实际情况,本装置设定了 3 种移动轨迹模式:原地转向模式、围绕某点做半径 R 的转弯模式、直行模式。动力学理论计算关系如下:

$$V=(V_1+V_2)/2$$
$$W=(V_1-V_2)/D$$
$$R=V/W$$
$$R=D(V_1+V_2)/2(V_1-V_2)$$

(5)

(6)

(7)

(8)

式中, V 为装置质心 O 的瞬时线速度, V_1 为左驱动轮的线速度, V_2 为右驱动轮的线速度, W 为横摆角速度, D 为两驱动轮之间的轮距, R 为装置的转弯半径。

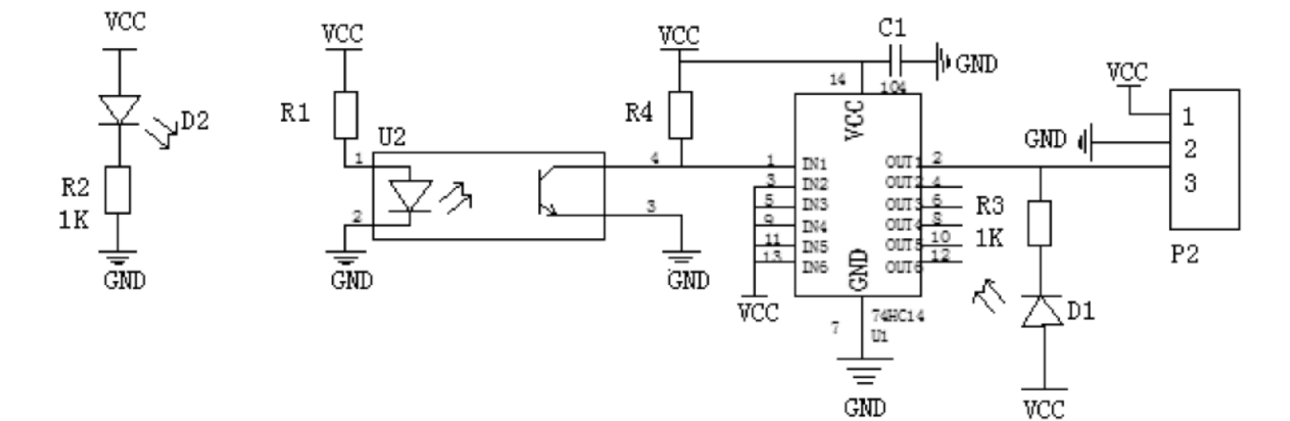
由此,装置具有以下 3 种移动轨迹模式。

模式 1: $V_1=V_2=0$ 时,装置质心 O 的线速度 $V=0$,横摆角速度 $W=-2/D$,转弯半径 $R=0$,这时装置绕质心 O 转动,即原地转向模式。

模式 2:当 $V_1-V_2=0$ 时,装置质心 O 的线速度 $V=V_1=V_2$,横摆角速度 $W=0$,转弯半径 $R\rightarrow\infty$,装置做直线运动,即直行模式。

模式 3:当 $V_1-V_2\neq 0$ 且 $V_1+V_2\neq 0$ 时,装置质心 O 的线速度 $V=(V_1+V_2)/2$,角速度 $W=(V_1-V_2)/D$,转弯半径 $R=\frac{D(V_1+V_2)}{2(V_1-V_2)}$,装置围绕某点做半径 R 的转弯运动。

采用光电管测速仪测量左、右驱动轮的转速,通过模糊协调控制器对 2 个驱动轮进行协调控制。通过模拟试验,建立原地转向模式、围绕某点的转弯模式、直行模式模糊控制规则库,以溶氧量信号为输入变量,以 2 个驱动轮为输出变量,从而达到对装置移动轨迹的控制。光电管测速仪的电路如图 7。



VCC:接入电路;GND:地线或 0 线(公共端);U:集成电路;C:电容;IN:电流输入;OUT:电路输出;D:整流二极管;R:电阻;1 K:电阻值

图 7 光电管测速仪电路

Fig.7 Circuit diagram of the phototube velocimeter

3 试验研究

3.1 增氧效果研究

增氧机增氧效果性能试验参照《增氧机增氧能力试验方法》(中华人民共和国农业部,1999),以直径 6.3 m 的标准水池作为实验平台,水面高度 10.02 m。试验用水为放置 2 d 的自来水,水温 20℃,气压为 101 kPa。增氧机功率为 1.5 kW,检测试验设备为 YSI 58 型溶氧测定仪,该溶氧仪具有自动温度补偿的膜探头,探头位置按照标准要求布放。试验中采用亚硫酸钠作为试验用水消氧剂,氯化钴作为催化剂。

增氧试验于 2016 年 8 月 6 日进行,测试时间为

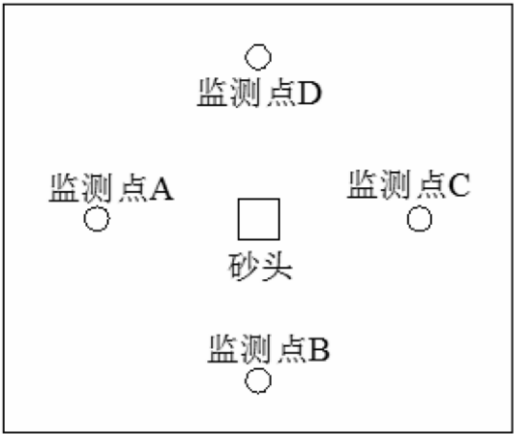


图 8 溶氧量监测点分布

Fig.8 Distribution of DO monitoring points

10:00~11:20,间隔为10 min,共计8次。为了能更精确地测出试验水体的氧含量,在砂头四周合理布置4个监测点A、B、C、D(图8),每个监测点对应4个不同深度(1、2、3、4 m,A、B、C、D的脚标代

表试验水深)各设置1个含氧量检测点,共计16个检测点。
16个检测点的含氧量检测结果见表1。

表1 16个检测点的含氧量
mg/L
Tab.1 Dissolved oxygen concentration at each of the 16 monitoring points (four depths at each site)

时间	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁	DO ₁	A ₂	B ₂	C ₂	D ₂	DO ₂
10:00	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45±0	6.05	6.05	6.05	6.05	6.05±0
10:10	6.75	6.74	6.72	6.73	6.74±0.01	6.35	6.34	6.36	6.35	6.35±0.01
10:20	6.95	6.93	6.93	6.93	6.94±0.01	6.55	6.54	6.57	6.54	6.55±0.01
10:30	7.1	7.11	7.11	7.13	7.11±0.01	6.7	6.72	6.73	6.73	6.72±0.01
10:40	7.15	7.17	7.14	7.16	7.16±0.01	6.75	6.74	6.76	6.74	6.75±0.01
10:50	7.19	7.21	7.18	7.18	7.19±0.01	6.79	6.78	6.78	6.79	6.79±0.01
11:00	7.21	7.23	7.22	7.2	7.22±0.01	6.8	6.81	6.81	6.8	6.81±0.01
11:10	7.23	7.23	7.23	7.22	7.23±0.01	6.81	6.82	6.82	6.81	6.82±0.01
11:20	7.24	7.24	7.24	7.24	7.24±0	6.83	6.83	6.83	6.83	6.83±0.01

时间	A ₃	B ₃	C ₃	D ₃	DO ₃	A ₄	B ₄	C ₄	D ₄	DO ₄
10:00	5.75	5.75	5.75	5.75	5.75±0	5.45	5.45	5.45	5.45	5.45±0
10:10	6.05	6.07	6.04	6.04	6.05±0.01	5.75	5.75	5.75	5.73	5.75±0.01
10:20	6.25	6.27	6.23	6.22	6.24±0.02	5.95	5.95	5.93	5.94	5.94±0.01
10:30	6.42	6.45	6.41	6.41	6.42±0.02	6.1	6.12	6.13	6.12	6.12±0.01
10:40	6.45	6.47	6.46	6.44	6.46±0.01	6.15	6.15	6.14	6.15	6.15±0.01
10:50	6.49	6.49	6.48	6.48	6.49±0.01	6.19	6.19	6.17	6.18	6.18±0.01
11:00	6.51	6.51	6.5	6.51	6.51±0	6.2	6.21	6.2	6.2	6.2±0
11:10	6.52	6.52	6.52	6.52	6.52±0	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22±0
11:20	6.52	6.52	6.52	6.52	6.52±0	6.23	6.23	6.23	6.23	6.23±0

各检测点的含氧量随时间变化曲线如图9。

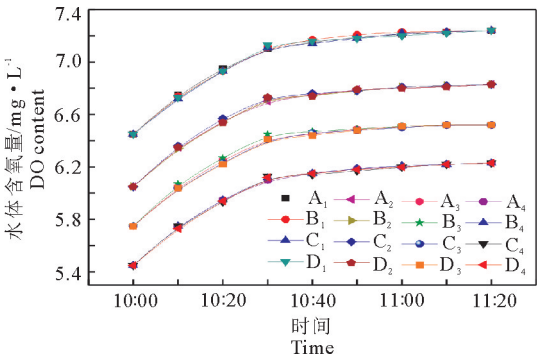


图9 各检测点溶氧量随时间的变化

Fig.9 Increase in DO concentration with aeration time at the 16 monitoring points

同一深度处各点的溶氧量随时间的变化曲线几乎重合,变化规律一致。10:20时3 m深处A₃、B₃、C₃、D₃的含氧量分别为6.25、6.27、6.23、6.22 mg/L,最大差值为0.05 mg/L,其他深度处各点含氧量差值均小于0.05 mg/L。此外,各深度处各点含氧量标准差为0~0.02。同一深度处各点的含氧量相差较小,可见增氧系统能较均匀地增大水体各区域的含氧量,即砂头能地均匀地将空气打散到水中,克服了传统增氧机仅能提高部分区域含氧

量的弊端。此外,随着水体深度的增大,其氧含量也呈下降趋势。

由于同一深度各点溶氧量存在较小的差值,取其平均值,作水深为1~4 m时水体平均含氧量随时间的变化曲线,如图10。

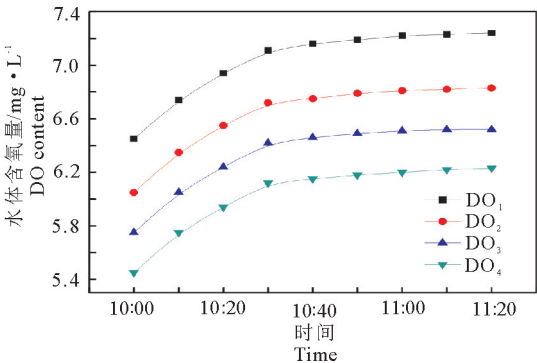


图10 水体平均溶氧量随时间的变化

Fig.10 Variation of average DO concentration at four depths (one site) over time

1 m水深时,水体含氧量由6.45 mg/L增加至7.24 mg/L,80 min内增加0.79 mg/L;2 m水深时,水体含氧量在80 min内由6.05 mg/L增加至6.83 mg/L,增加了0.78 mg/L;3 m水深时,水体溶氧量在80 min内由5.75 mg/L增加至6.52 mg/L,

增加 0.77 mg/L; 4 m 水深时,在 80 min 内增加 0.78 mg/L。

DO₁ ~ DO₄ 曲线的变化趋势较为相近。11 : 00 前含氧量增加较快,DO₁、DO₂、DO₃、DO₄ 分别增加 0.77、0.76、0.76、0.75 mg/L,平均增加 0.013 mg/(L · min);在 11 : 00 后曲线逐渐趋于平缓,DO₁、DO₂、DO₃、DO₄ 分别增加 0.02、0.02、0.01、0.03 mg/L,平均增加速度分别为 0.001、0.001、0.0005、0.0015 mg/(L · min)。

综上所述,4 种不同深度的水体含氧量增加的趋势较为接近,增氧量基本相同(最大相差仅 0.02 mg/L)。由此可见,本太阳能自动增氧装置对上下层水体的增氧效果基本一致,有效克服了叶轮增氧机对上下层水体增氧效果不均匀的弊端,能有效地改善目前深水域缺氧的问题。

3.2 水质改善效果研究

水中各种形态无机和有机氮、磷是水生生物主要的营养元素,为水体营养状况的重要指标,能反映水质的基本状况(赵海超,2011)。藻类在高氮磷含量的水体中会疯长,消耗大量水体中的溶解氧,致使水体颜色发生改变及水质恶化,不利于养殖业及生态环境的可持续发展。

以某一水库为试验场地,检测出未经增氧处理时水体的 TN、TP 分别为 0.614、0.582 mg/L,含氧量为 6.23 mg/L。在该水库安装太阳能自动增氧装置后,测定的含氧量和水体中 TN、TP 值见表 2。

表 2 水体中溶氧及氮磷含量 mg/L

Tab.2 Change in DO, TN and TP concentrations before and after aeration

	DO	TN	TP
安装前	6.23	0.614	0.582
	6.52	0.513	0.543
安装后	6.83	0.412	0.501
	7.24	0.312	0.462

TN 和 TP 含量与 DO 的相关性如图 11。

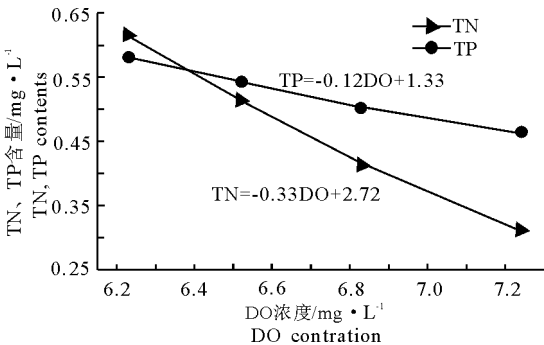


图 11 TN、TP 与 DO 的相关性

Fig.11 Correlation of TN, TP and DO

DO 与 TN、TP 均呈负相关性,随着水体 DO 的增大氮磷含量下降。在水库、湖泊等水面上安装该太阳能自动增氧装置,能有效降低水体中氮磷含量,从而改善水质。

3.3 养殖效果试验

在某池塘中分隔出 A、B 2 个各 600 m² 的池塘进行养鱼试验。其中 A 池塘不做任何处理,在自然状态下养殖;B 池塘中安装太阳能自动化增氧装置。两池塘养殖条件(养殖方式、饲料用量)完全一致,水温 26 ℃ 左右,放养鱼类及规格一致,养殖周期为 6.5 个月。养殖结果如表 3。

表 3 池塘养殖结果

Tab.3 Comparison of aquacultural production in ponds A and B (device installed)

池塘	放养/尾		产量/ kg	
	鲤	鲢鳙	鲤	鲢鳙
A	1050	350	1213.5	263.3
B	1050	350	1641.9	345.45

安装了太阳能增氧装置的 B 池塘中的鲤和鲢鳙产量分别为 1 641.9、345.45 kg,而未安装增氧装置的 A 池塘产量分别为 1 213.5、263.3 kg,B 池塘相比 A 池塘鲤和鲢鳙的产量分别提高了 35.3%、31.2%。

4 结论

本文研究的太阳能自动增氧装置,通过检测与自动化控制系统使增氧效率最大化,利用智能驱动装置使增氧范围更广,覆盖面更大。通过软管多点增氧的方式,使上、下层水体增氧均匀,解决了大多数增氧机不能解决水体底部缺氧及对水体底部增氧效果差的问题,对水体底部有很好的增氧效果,能有效提高鱼类养殖的产量。该装置能有效增加水体的含氧量,降低水体中氮、磷含量,优化水质,有利于改善水体生态环境。

参考文献

谷序文,龚路军,刘全礼,2010. 我国池塘养殖现状与高效健康生态养殖技术[J]. 科学养鱼, (1):80.

顾海涛,土逸清,2014. 我国池塘增氧技术现状与发展趋势[J]. 渔业现代化, 41(5):65-68.

李柯,何凡能,2010. 中国陆地太阳能资源开发潜力区域分析[J]. 地理科学进展, 29(9):1049-1054.

刘晃,2004. 浅谈水产养殖中的增氧方法[J]. 渔业现代化, (2):15-16.

刘兴国,徐皓,张拥军,等,2014. 池塘移动式太阳能水质调控机研制与试验[J]. 农业工程学报, 30(19):1-10.

田昌凤, 刘兴国, 张拥军, 等, 2015. 移动式太阳能增氧机的研制[J]. 农业工程学报, 31(19):39-45.

巫道镛, 1982. 谈各种增氧方法及其效率[J]. 国外水产, (2): 48-49.

吴雅丽, 许海, 杨桂军, 等, 2014. 太湖水体氮素污染状况研究进展[J]. 湖泊科学, 26(1): 19-28.

吴晨, 王海燕, 骆建波, 等, 2014. 太阳能移动式水体增氧装置的设计与试验[J]. 渔业现代化, 41(4): 49-53.

徐小燕, 2009. 太阳能光伏发电增氧驱动系统的研制[D]. 南京:南京农业大学.

赵海超, 王圣瑞, 赵明, 等, 2011. 洱海水体溶解氧及其与环境因子的关系[J]. 环境科学, 37(7):1952-1959.

中华人民共和国农业部, 1999. 增氧机增氧能力试验方法: SC/T 6009-1999[S]. 北京: 中国标准出版社.

周建来, 邱白晶, 郑铭, 2008. 双侧吸气射流增氧机的增氧性能试验[J]. 农业机械学报, 39(8):70-73.

Boyd C E, 1990. Water quality in ponds for aquaculture[M]. Alabama USA: Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University: 482.

(责任编辑 张俊友)

Development and Testing of an Automatic Aeration Device in Large Water Body Based on Solar Energy

MAO Hai-tao^{1,2}, WANG Zheng-cheng¹, WANG Xiao-ju^{1,3}, HUANG Hai-jun⁴, LIU Yang⁴

- (1.Civil engineering institute of Chongqing Three Gorges University, Wanzhou 404100,P.R.China;
- 2.School of Water Resources and Hydropower Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072,P.R.China;
- 3.College of Environment, Hohai University, Nanjing 210098,P.R.China;
- 4.College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052,P.R.China)

Abstract: A decrease in dissolved oxygen (DO) accompanies deteriorating water quality in reservoirs and lakes. Mechanical aeration is the traditional means of mitigating hypoxia and, while effective, it is expensive, requires an external power supply and stationary aeration can result in low oxygen transfer efficiency. In this study, we developed an automatic aeration device, based on traditional mechanic aeration, and tested its effectiveness. Unlike the traditional aerators, this new automatic aeration device is powered by solar energy rather than an external energy supply. In addition to a solar photovoltaic power system, the aeration system includes a DO measurement system, an intelligent aeration system and an automatic drive. The aeration rate is controlled by an intelligent aeration system coupled to the DO sensors. An automatic driving system moves the aerator toward low DO water and increases the area and efficiency of oxygen transfer. Aerator testing showed that the DO concentration at different depths in the large water body clearly increased and the DO level was more uniform at different depths. Within 80 min, the dissolved oxygen at four water depths (1 m, 2 m 3 m, 4 m) increased by 0.79 mg/L, 0.78 mg/L, 0.77 mg/L and 0.78 mg/L, respectively. Aeration also reduces TP and TN and thus can reduce nutrient levels as well as increasing DO in fishponds. Finally, using the automatic aerator increased fish growth rate by 35.3% for common carp and by 31.2% for silver and big head carps. This research and demonstration project helps address both the hypoxia and pollution problems in large water bodies and can increase aquaculture production.

Key words: large water body; photovoltaic aerator; intelligent aeration; automated aeration