

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2020.01.011

# 电机转速对文丘里混合充氧机工作性能的影响

孙昕<sup>1,2</sup>, 刘兴社<sup>1,2</sup>, 李鹏飞<sup>1,2</sup>, 孙小琴<sup>1,2</sup>, 李轶楠<sup>1,2</sup>

(1. 西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 陕西 西安 710055;

2. 西北水资源与环境生态教育部重点实验室, 陕西 西安 710055)

**摘要:**为了解决传统混合充氧机能耗高、水下安装维护难的问题,研制了新型文丘里混合充氧机,重点研究了电机转速对文丘里混合充氧机工作性能的影响。结果表明,在电机转速200~1400 r/min条件下,文丘里混合充氧机的循环水量与电机转速呈线性关系;建立了基于气泡羽流模型的径向混合水流运动模型,并利用实测流速数据优化了水流的能量损失系数及夹带系数,成功模拟了不同电机转速条件下的径向水流速度分布;研究了不同电机转速条件下的有效混合半径,确定了文丘里混合充氧机的合适安装间距。电机转速400~1200 r/min条件下,当电机转速逐渐增大时,水体复氧速率、氧的总传质系数和氧的传质效率均随之增大,混合充氧性能随之改善。

**关键词:**文丘里混合充氧机;循环水量;速度分布;氧传质;电机转速

中图分类号:X524 文献标志码:A 文章编号:1004-6933(2020)01-0076-06

**Effect of motor speed on working performance of Vacuum-type mixed oxygenator** //SUN Xin<sup>1,2</sup>, LIU Xingshe<sup>1,2</sup>, LI Pengfei<sup>1,2</sup>, SUN Xiaoqin<sup>1,2</sup>, LI Yinan<sup>1,2</sup> (1. School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China; 2. Key Laboratory of Northwest Water Resource, Environment and Ecology of Ministry of Education, Xi'an 710055, China)

**Abstract:** In order to solve the problems of high energy consumption and difficult underwater installation and maintenance of traditional technologies, a new Vacuum-type mixed oxygenator was developed, and the effects of motor speed on its working performance was mainly studied. The results show that the circulating water of the Vacuum-type mixed oxygenator has a linear relationship with the motor speed under the conditions of 200~1400 r/min. A radial mixed flow motion model based on the model of air-bubble flow is established. Based on the measured flow velocity data, the energy loss coefficient and entrainment coefficient of water flow were optimized, and the radial flow velocity distribution under different motor speed conditions is successfully simulated. The effective mixing radius under different motor speed conditions was studied, and the suitable installation space of the Vacuum-type mixed oxygenator was determined. Under the conditions of motor speed 400~1200 r/min, when the motor speed gradually increases, the rate of reoxygen in the water body, the total mass transfer coefficient of oxygen, and the mass transfer efficiency of oxygen all increase, and the performance of Vacuum-type mixed oxygenator was improved.

**Key words:** Vacuum-type mixed oxygenator; circulating water; velocity distribution; oxygen transfer; motor speed

湖泊水库尤其是水深较大的湖库<sup>[1-4]</sup>,水体流动性小,易发生季节性的水体污染,如富营养化、水体色度加大等。混合充氧是目前国内外湖库水质原位改善的主导技术,主要分为机械混合和曝气技术。机械混合主要是利用水泵叶轮或机械搅拌桨产生提升力,将底部水体提升至表层,促进水体循环<sup>[5-6]</sup>。被提升至表层的水体与空气进行表层自然复氧,增

加水体溶解氧浓度,抑制湖泊水库底泥中内源污染物的释放,并给水生生物提供良好的栖息场所。利用机械混合技术混合水体对水质改善有一定效果,但由于其仅靠表层大气自然复氧增加水体溶解氧浓度,充氧效率很低,限制了其应用和发展。曝气主要分为扩散曝气和表面曝气。扩散曝气主要是将空气注入下部水体而实现充氧,同时借助气泡的上升与

基金项目:陕西省科技统筹创新工程计划(2015KTCL-03-15)

作者简介:孙昕(1971—),男,教授,博士,主要从事水质污染控制与模拟研究。E-mail:xinsunn@163.com

膨胀夹带底部水体,实现上下水体的混合,阻止或破坏水体分层<sup>[7]</sup>。表面曝气主要是通过表面搅拌设备在气液表面通过气体夹带作用而达到充氧目的,但单个设备的服务面积较小,噪音较大,实际应用较少<sup>[8-10]</sup>。传统混合充氧设备均不同程度存在能耗高、水下安装维护难的共性问题。本研究主要研发基于文丘里原理的机械混合-表层负压充氧的一体化混合充氧机<sup>[11]</sup>。虽然国外已有一些利用文丘里原理进行水下曝气充氧的实验研究,但都采取离岸水泵和文丘里管先吸入空气,再通过空气扩散管从水下向水体曝气,虽取得了较好的局部水下曝气效果,但混合效果极其微弱<sup>[12-13]</sup>,且安装复杂。本研究将一体化混合充氧机的所有工艺单元全部置于水体表层,安装更为便捷。本研究研制的文丘里充氧机采用电机驱动叶轮提升底部水体至表层水体,强化水体混合;当上升水流经过管径缩小的文丘里管时,产生负压而自然吸入空气,空气经吸气管进入上升管,在上升过程中不断与水剧烈混掺、接触,从而实现曝气充氧。吸入的空气也因上浮而增加水流速度,增加循环水量,加强混合效果。为了探究文丘里混合充氧设备的工作性能,采用自行研制的一体化混合充氧机,系统研究不同电机转速条件下的混合充氧性能,并建立该设备有效混合半径的模型预测方法,旨在为经济高效地控制湖库水体污染提供技术借鉴和应用指导。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验材料

本研究采用的一体化混合充氧机中试系统如图 1 和图 2 所示。混合充氧机置于直径 1 800 mm,高 1 200 mm 的圆形水池内,水池有效水深 1 100 mm。混合充氧机总高度 850 mm,顶部设 JHS-1/60 恒速电机 1 台,搅拌桨叶展直径 70 mm,搅拌轴长度 400 mm;上升筒高度 600 mm,上升筒直径 150 mm;喉管长度 100 mm,喉管直径 50 mm,沿喉管四周开设直径为 10 mm 的进气孔 4 个,喉管与上升筒之间的收缩角为 45°;扩散管长度 150 mm,扩散角 15°。其工作原理为:电机驱动叶轮旋转,提升底部水体依次经过进水管、上升筒、喉管、扩散管至表层,再以轴对称形式向四周扩散(图 2),与底部进水口处抽吸水流共同形成水体循环。当上升水流经过管径缩小的喉管时,产生文丘里效应而形成负压,自动吸入空气,空气经吸气管进入上升管,在上升过程中实现第一次充氧并增大上升流速,经上升管出口的扩散水流通过与空气再次接触而实现第二次充氧。

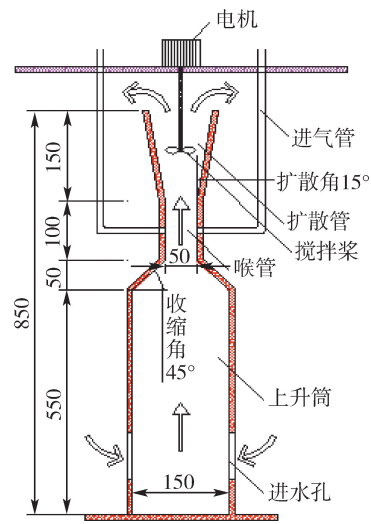


图 1 机械混合充氧机示意图(单位:mm)

Fig. 1 Schematic diagram of mechanical mixed oxygenator

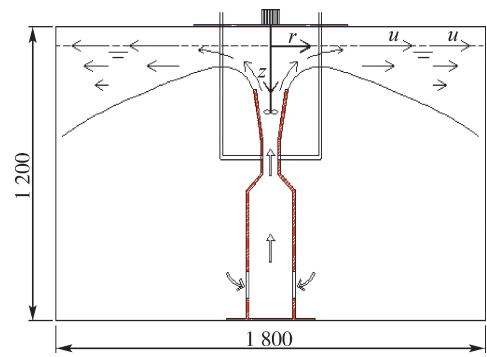


图 2 混合充氧机与水池组合示意图(单位:mm)

Fig. 2 Schematic diagram of the combination of the mixed oxygenator and the water tank

试验所用仪器主要有:超声波流速仪(UVP-DUO 瑞士)1台,UVP-DUO 终端控制计算机 1 台,UVP-DUO 传感器数个,用于测定二维流速场;哈希 HQ30D 便携式溶解氧测定仪 1 台,用于测定水体溶解氧浓度。所用药品主要有亚硫酸钠和硫酸铜,用于快速消除水体溶解氧。

### 1.2 试验方法

a. 在上升筒下部开设 8 mm 的小孔,使直径 8 mm 的探头紧贴上升筒内壁,不影响管内水流流态,在电机转速 200 ~ 1 400 r/min 的范围内,分别通过 UVP-DUO 快速同时测定不同条件下上升筒横断面的水流流速,研究上升筒水流速度与电机转速之间的关系。

b. 混合充氧机出口扩散水流的流态类似于气泡羽流<sup>[14-15]</sup>,但同时伴随有机械提升水流,参考 BREVIK 等的模型公式<sup>[14]</sup>,利用实验数据优化各项参数,预测表面水流流速的径向变化以及扩散范围。

c. 关闭进气孔,投入适量亚硫酸钠在硫酸铜中作为催化剂,开启混合充氧机,均匀溶解药剂,将水

中溶解氧质量浓度消解至 2 mg/L 以下;当水中溶解氧质量浓度 20 min 内稳定不变时,开启进气孔,在不同电机转速条件下,分别利用哈希 HQ30D 便携式溶解氧测定仪每隔 10 min 自动记录溶解氧值。主要以复氧时间、氧的总传质系数、氧的传质效率来探究混合充氧机的充氧性能。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 混合充氧机提水混合性能

在电机转速  $R$  为 200 r/min、400 r/min、600 r/min、800 r/min、1 000 r/min、1 200 r/min、1 400 r/min 时,分别测定了上升筒同一断面的轴向水流流速  $v$ , 结果见图 3;不同电机转速条件下的平均流速见图 4。

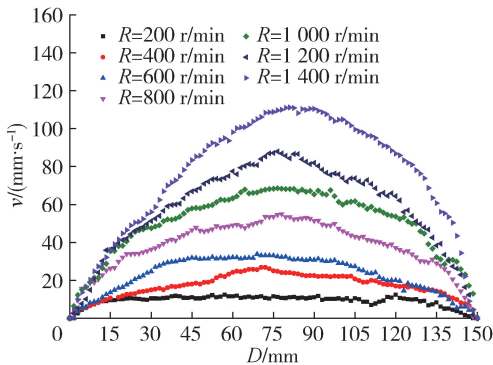


图 3 不同转速下上升筒剖面流速分布

Fig. 3 Velocity distribution of riser under different rotating speed

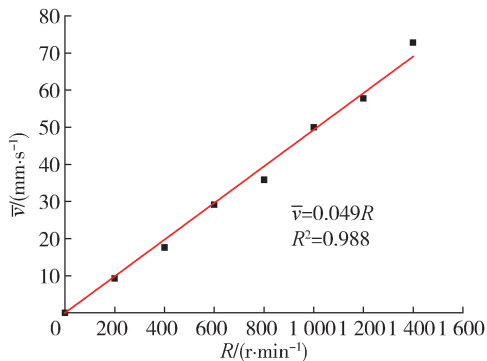


图 4 上升筒流速均值与转速的关系

Fig. 4 Relationship between mean velocity and rotating speed of riser

由于上升筒壁面的摩擦作用,使流速从壁面逐渐增加至上升筒中心处的最大值。随着电机转速的增加,混合充氧机上升筒内对应点处流速总体逐渐增大,即混合充氧机的混合性能逐渐增强。根据图 4 平均流速数据,以电机转速  $R$  为横轴,流速均值  $\bar{v}$  为纵轴,进行了趋势线的拟合,可知上升筒平均流速和电机转速呈一次线性关系,即随着电机转速的增大,混合充氧机的提水量逐渐增大,混合性能逐渐增强。

## 2.2 混合充氧装置混合半径

### 2.2.1 模型参数的优化

为预测混合充氧装置出口水流流速沿径向的变化以及混合充氧装置混合半径,试验对 BREVIK 等流速模型(式(1))的各项参数进行了优化。

$$u_0(r) = v_p \left( \frac{f}{\sqrt{3}\beta} \right)^{\frac{1}{3}} \left( \frac{3}{2b_p^2} r^2 + \frac{3^{1/4} f^{-1/2} - 6\beta}{\beta} \right)^{-\frac{1}{3}} \quad (1)$$

其中

$$b_p = r_0 + h \tan \theta$$

式中: $u_0(r)$  为径向不同半径  $r$  处的速度, mm/s;  $v_p$  为轴向水流到达水体表面的速度, mm/s, 以 UVP-DUO 的实测数据为准;  $b_p$  为初始条件下的  $r$  取值, mm;  $\beta$  为水流夹带系数;  $r_0$  为混合充氧装置出流口半径, mm;  $h$  为混合充氧装置出流口的淹没深度, mm;  $\theta$  为混合充氧装置出流口的扩散角, ( $^\circ$ );  $f$  为轴向水流为水平向水流的能量损失系数。

中心表面轴向水流变为水平向水流存在能量损失,为了探究  $f$  与  $v_p$  的关系,在电机转速为 400 ~ 1 400 r/min 范围内,利用 UVP-DUO 测定了  $v_p$  和表面水平向的初始水流速度  $v_0$ , 见表 1。

表 1 中心表面轴向速度、表面水平初始速度

Table 1 Axial velocity of the central surface and initial horizontal velocity of the surface

$R/(r \cdot \text{min}^{-1})$	$v_0/(\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$	$v_p/(\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$	$f$
400	43.1	49.50	0.87
600	56.5	67.50	0.84
800	77.8	96.75	0.80
1 000	95.4	121.50	0.78
1 200	112.5	150.75	0.75
1 400	124.2	180.00	0.69

根据表 1 数据,以  $v_p$  为横轴,损失系数  $f$  为纵轴,拟合了  $f$  随  $v_p$  的关系如图 5 所示。

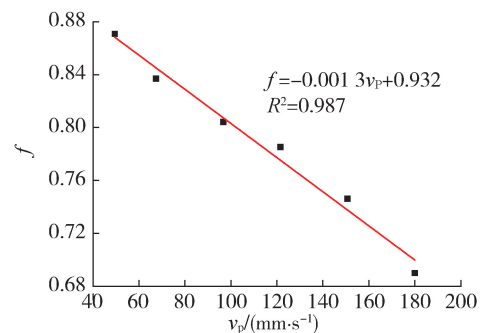


图 5 能量损失系数  $f$  与中心处表面轴向速度的关系

Fig. 5 Relationship between energy loss coefficient and surface axial velocity at the center

根据图 5,  $f$  与  $v_p$  基本负线性相关,相关系数  $R^2 = 0.987$ , 即  $f$  随着  $v_p$  的增大而减小,说明随着上升筒轴向流速的增加,轴向水流变为水平向水流时,

能量损失增大。利用图 5 所示关系,可计算不同电机转速下的能量损失系数。

在不同电机转速下,对水流夹带系数  $\beta$  在 0.05 ~ 0.12 范围内进行取值,分析由  $\beta$  引起的流速相对误差,结果如图 6 所示。根据图 6,  $\beta$  取值在 0.08 ~ 0.09 之间,流速相对误差极小,因此本研究取  $\beta$  值为 0.09。

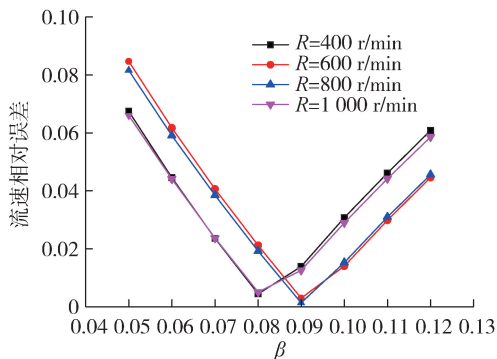


图 6 流速相对误差与夹带系数  $\beta$  的关系

Fig. 6 Relationship between relative error of velocity and entrainment coefficient  $\beta$

### 2.2.2 模型的验证

利用 UVP-DUO 同步测量完整的二维流场,以混合充氧机出流口的中心为径向起点,在电机转速为 400 r/min、600 r/min、800 r/min、1 000 r/min 时分别同时实测了表面水流在径向半径为 350 mm、450 mm、550 mm、650 mm、750 mm 处的流速值,利用上述模型计算了在相同半径处的流速值,结果如图 7 所示。图 7 所示预测值与实测值吻合良好,仅有部分实测值偏大或偏小,可能是由于水流波动性较大以及测定时的误差导致。

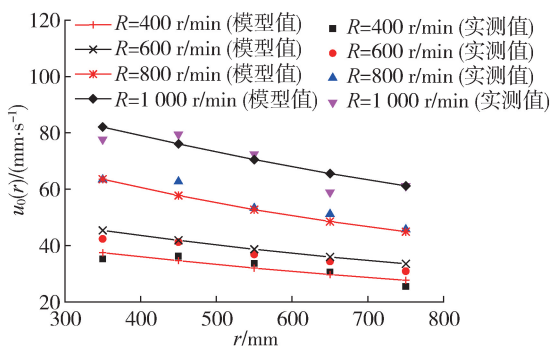


图 7 不同转速下流速的径向分布

Fig. 7 Radial distribution of flow velocity under different rotating speed

### 2.2.3 利用模型对混合半径的预测

由于表面径向水流流速预测值与实测值误差较小,可利用所建模型对混合充氧机的混合半径进行预测。首先计算不同电机转速条件下的上升筒轴向水流速度均值,然后根据表 1 所示数据得到式(2),利用式(2)计算不同电机转速条件下表面水平向初

始水流速度  $v_0$ ;最后利用式(1)计算  $v_0$  的径向分布,取  $v_0 = 0$  的径向距离为混合充氧机的最大混合半径  $L$ ,得到电机转速为 400 r/min、600 r/min、800 r/min、1 000 r/min 时最大混合半径分别为 3 800 mm、5 200 mm、8 300 mm 和 12 000 mm。

$$v_0 = v_{rf} \quad (2)$$

### 2.3 混合充氧机充氧性能

参考文献[16-17]对文丘里进气管充氧性能的研究结果,研究复氧时间、氧的总传质系数、氧的传质效率与电机转速的关系。

采用氧传质方程计算氧的总传质系数  $K_{La}$ :

$$\ln\left(\frac{C_s - C_t}{C_s - C_0}\right) = -K_{La}t \quad (3)$$

式中:  $C_s$  为水中氧的饱和质量浓度, mg/L;  $t$  为充氧时间, min;  $C_0$  为充氧机开始充氧时水体中溶解氧的初始质量浓度, mg/L;  $C_t$  为在充氧时间为  $t$  时水体中溶解氧的质量浓度, mg/L。

氧的传质效率  $O_E$  计算公式为

$$O_E = \frac{O_R V}{N_j} \quad (4)$$

其中

$$O_R = K_{La,20} C_s^*$$

$$N_j = \frac{1}{2} \rho Q_w v_j^2$$

式中:  $O_R$  为氧的传质速率, mg/(L·h);  $V$  为充氧水体的体积,  $m^3$ ;  $N_j$  为充氧机上升筒中水流功率, W;  $C_s^*$  为标准条件下水体中溶解氧的饱和质量浓度, mg/L;  $\rho$  为水的密度,  $kg/m^3$ ;  $Q_w$  为上升筒中水体的流量,  $m^3/s$ ;  $v_j$  为上升筒中流速,  $m/s$ ,  $K_{La,20}$  为温度 20 °C 时的  $K_{La}$  值。

#### 2.3.1 不同转速下所需的复氧时间

电机转速分别为 400 r/min、600 r/min、800 r/min、1 000 r/min、1 200 r/min 时,利用溶解氧仪每隔 10 min 自动记录溶解氧质量浓度,直至溶解氧质量浓度达 8 mg/L 以上,溶解氧质量浓度从 2 mg/L 以下上升至 8 mg/L 以上所需的不同复氧时间如图 8 所示。在固定转速下,随着混合充氧机运行时间的增加,溶解氧质量浓度逐渐增加至饱和溶解氧质量浓度值,并且随着溶解氧质量的升高,增加幅度逐渐减小。随着电机转速的增加,初始溶解氧质量浓度达到饱和溶解氧质量浓度所需时间随之缩短,转速为 1 000 r/min 和 1 200 r/min 所需时间远小于转速为 600 r/min 和 800 r/min 的所需时间。究其原因,随着电机转速的增大,混合充氧机上升筒流速逐渐增加,文丘里喉管处的负压加大,吸入的空气量增加,充氧效果改善。

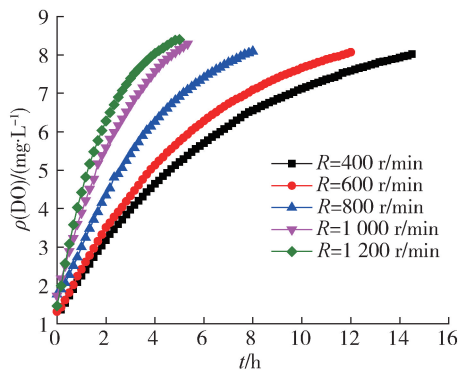


图8 不同转速下溶解氧质量浓度与时间的关系

Fig. 8 Relationship between mass concentration of dissolved oxygen and time under different rotating speed

### 2.3.2 氧的总传质系数

电机转速分别为400 r/min、600 r/min、800 r/min、1000 r/min、1200 r/min时,利用式(3)计算了氧的总传质系数  $K_{La}$ ,结果如图9所示。在固定转速下,随着复氧时间的延长,水体溶解氧质量浓度逐渐升高,  $K_{La}$ 随着复氧时间呈递增趋势。在不同转速下,  $K_{La}$ 随着转速增加而加大,且随着转速的增加,  $K_{La}$ 的增幅更加明显,转速为1200 r/min时,  $K_{La}$ 的变化范围为0.5~1.2,转速为600 r/min时,  $K_{La}$ 的变化范围为0.1~0.3。其原因,一是电机转速的增加,上升筒流速逐渐增加,文丘里喉管处的负压加大,吸入的空气

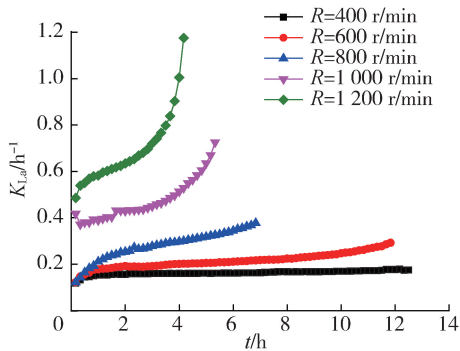


图9 不同转速下氧的总传质系数与时间的关系

Fig. 9 Relationship between total mass transfer coefficient of oxygen and time at different rotating speed

量增加,空气量增大时会在水膜表面产生更为剧烈的紊流,水膜的破坏和更新速度加快,导致氧的传质系数增大;二是曝气量增大时会增加单位时间内水中的气泡数量,进而增大气-水界面的总面积。

### 2.3.3 氧的传质效率

电机转速分别为400 r/min、600 r/min、800 r/min、1000 r/min、1200 r/min时,利用式(4)计算了氧的传质效率  $O_E$ ,见图10。由图10可见,氧的传质效率  $O_E$ 与电机转速  $R$ 成正比,当电机转速  $R$ 从400 r/min增加到1200 r/min时,氧的传质效率从11.8 kg/(MW·h)

增加到24.5 kg/(MW·h)。其原因主要是由于水膜更新速度加快以及水中气泡密度的增大<sup>[18]</sup>。

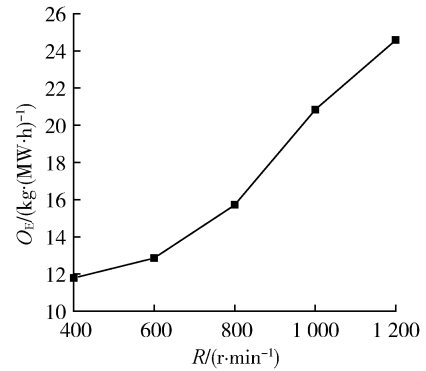


图10 氧传质效率与电机转速的关系

Fig. 10 Relationship between oxygen mass transfer efficiency and motor speed

## 3 结论

a. 电机转速是影响混合充氧机混合性能的主要因素,混合充氧机的提水流量与电机转速呈线性关系。

b. 混合充氧机的充氧性能与喉管处所产生的负压息息相关,直接取决于电机转速;随着电机转速的增大,水体溶解氧浓度达到饱和值所需的复氧时间逐渐减小,氧的总传质系数和氧的传质效率均逐渐增大。

c. 针对混合充氧机的出口扩散水流,建立了径向流速预测模型,并利用实测数据优化了各项参数,成功预测了出口流速的径向变化,模型预测值与实测值吻合良好,由此确定了混合充氧机的最大混合距离。

### 参考文献:

- [1] 朱亮,刘畅,陈琳,等. 基于GIS技术的方便水库面源污染控制方案研究[J]. 水资源保护,2018,34(1):50-57. (ZHU Liang, LIU Chang, CHEN Lin, et al. Study on control scheme for non-point source pollution in Fangbian Reservoir based on GIS technology[J]. Water Resources Protection,2018,34(1):50-57. (in Chinese))
- [2] 华祖林,王苑. 水动力作用下河湖沉积物污染物释放研究进展[J]. 河海大学学报(自然科学版),2018,46(2):95-105. (HUA Zulin, WANG Yuan. Advance on the release of pollutants in river and lake sediments under hydrodynamic conditions[J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences),2018,46(2):95-105. (in Chinese))
- [3] 王寿兵,徐紫然,张洁. 大型湖库富营养化蓝藻水华防控技术发展述评[J]. 水资源保护,2016,32(4):88-99. (WANG Shoubing, XU Ziran, ZHANG Jie. A review of technologies for prevention and control of cyanobacteria blooms in large-scale eutrophic lakes and reservoirs[J]. Water Resources Protection,2016,32(4):88-99. (in Chinese))

- Chinese))
- [ 4 ] 谢艾玲,徐枫,向龙,等.环太湖主要入湖河流污染负荷量对太湖水质的影响及趋势分析[J].河海大学学报(自然科学版),2017,45(5):391-397.(XIE Ailing,XU Feng,XIANG Long,et al.Trend analysis for pollutant load of major rivers around Taihu Lake and its impact on water quality in Taihu Lake [J].Journal of Hohai University (Natural Sciences),2017,45(5):391-397.(in Chinese))
- [ 5 ] LAWSON R, ANDERSON M A. Stratification and mixing in Lake Elsinore, California; an assessment of axial flow pumps for improving water quality in a shallow eutrophic lake [J]. Water Research, 2007, 41 (19) :4457-4467.
- [ 6 ] KIRKE B, GEZAWY A E. Design and model tests for an efficient mechanical circulator/aerator for lakes and reservoirs [J]. Water Research, 1997, 31 (6) :1283-1290.
- [ 7 ] 孙昕,卞晶,解岳,等.曝气诱导内波破坏水库水温分层的过程与效果[J].中国环境科学,2015,35(2):434-441.(SUN Xin, BIAN Jing, XIE Yue, et al. Process and effectiveness of destratification by aeration-induced internal waves in a reservoir [J]. China Environmental Science, 2015, 35 (2) :434-441 (in Chinese))
- [ 8 ] 袁金华,王有乐.清水充氧实验中饱和溶解氧值确定方法的探讨[J].水资源保护,2008,24(2):79-81.(YUAN Jinhua, WANG Youle. Saturation values of dissolved oxygen in oxygenated clean water experiments [J]. Water Resources Protection, 2008, 24 (2) :79-81. (in Chinese)).
- [ 9 ] 沈益,胡南.多种修复技术对城市内河水质及微生物群落的影响[J].水资源保护,2017,33(6):167-174.(SHEN Yi, HU Nan. Effects of various remediation technologies on water quality and microbial community in urban inland rivers [J]. Water Resources Protection, 2017, 33 (6) :167-174. (in Chinese)).
- [ 10 ] KUMAR B, RAO A R. Oxygen transfer and energy dissipation rate in surface aerator [J]. Bioresource Technology, 2009, 100 (11) :2886-2888.
- [ 11 ] 孙昕,任广林,张海涵.间歇式机械混合-表层充氧一体化中试装置:中国,ZL2015109082410[P].2015-12-09.
- [ 12 ] BAYLAR A, OZKAN F, UNSAL M. On the use of venturi tubes in aeration [J]. Clean-Soil Air Water, 2007, 35 (2) :183-185.
- [ 13 ] BAYLAR A, OZKAN F. Applications of venturi principle to water aeration systems [J]. Environmental Fluid Mechanics, 2006, 6 (4) :341-357.
- [ 14 ] BREVIK I, KRISTIANSEN Ø. The flow in and around air-bubble plumes [J]. International Journal of Multiphase Flow, 2002, 28 (4) :617-634.
- [ 15 ] OLSEN J E, SKJETNE P. Modelling of underwater bubble plumes and gas dissolution with an eulerian-lagrangian CFD model [J]. Applied Ocean Research, 2016, 59, 193-200.
- [ 16 ] BAYLAR A, EMIROGLU M E. Air entrainment and oxygen transfer in a venturi [J]. Proceedings of the Institution of Civil Engineers Water & Maritime Engineering, 2003, 156 (3) :249-255.
- [ 17 ] OZKAN F, OZTURK M, BAYLAR A. Experimental investigations of air and liquid injection by venturi tubes [J]. Water & Environment Journal, 2006, 20 (3) :114-122.
- [ 18 ] 孙昕,刘凌炜,段飞飞,等.曝气条件对等温层曝气器充氧性能的影响[J].中国环境科学,2015,35(9):2690-2697.(SUN Xin, LIU Lingwei, DUAN Feifei, et al. Effects of aeration conditions on the oxygenation performance of a hypolimnetic aerator [J]. China Environmental Science, 2015, 35 (9) :2690-2697. (in Chinese) )
- (收稿日期:2019-02-18 编辑:彭桃英)

· 征稿启事 ·

### “黄河流域生态保护和高质量发展”专题征稿

黄河流域生态保护和高质量发展是习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上提出的新的重大国家战略,它同京津冀协同发展、长江经济带发展、粤港澳大湾区建设、长三角一体化发展一样,是重大国家战略。为了响应这一研究热点,《水资源保护》继开展“长江大保护”专题征稿以后,拟开展“黄河流域生态保护和高质量发展”专题征稿,请广大专家、学者积极撰写相关论文,录用文章将在2020年《水资源保护》正刊专栏发表。征稿事项如下:

征稿范围:黄河国家战略面临的机遇、挑战与对策建议,黄河流域生态空间格局及规划,黄河流域湿地生态保护体系建设与水生态系统修复,黄河流域水土流失治理及水土保持建设,黄河流域水资源保护与高效利用,智慧黄河,黄河流域水文水资源变化及对人类活动和气候变化的响应,黄河流域典型河湖水环境评价及水污染综合防治,黄河流域水源地及排污口监督管理与布局优化,黄河流域高质量发展与区域协调发展等。

征稿时间:即日起至2020年6月30日。

论文格式:同《水资源保护》正刊文章,具体要求见 <http://jour.hhu.edu.cn/szybh/ch/index.aspx>。

投稿网址:<http://jour.hhu.edu.cn/szybh/ch/index.aspx>,投稿时请注明“黄河流域生态保护和高质量发展”专题征稿。