

襄阳护城河水体中溶解氧含量研究

聂国朝

(襄樊职业技术学院, 湖北 襄樊 441021)

摘要: 研究了襄阳护城河水体中溶解氧的日变化特征, 分析了襄阳护城河水体中影响溶解氧含量的因素。结果表明: 襄阳护城河水中溶解氧含量的日变化特征是溶解氧的含量随光照强度的增加而逐渐上升; 襄阳护城河水中消耗溶解氧的因素包括水生生物呼吸耗氧、有机物降解耗氧和底泥耗氧, 其中底泥耗氧是水中溶解氧消耗的主要因素, 占水体中溶解氧消耗的 80% 以上; 护城河水体中溶解氧的增加因素包括空气表面复氧、水生植物和藻类的光合放氧, 其中藻类光合放氧是水中溶解氧的主要来源, 是表面复氧的 10 倍以上。试验结果对于水体中溶解氧的理论研究、水产养殖、水体的自净作用和护城河水的净化措施具有一定的价值。

关键词: 溶解氧; 增氧; 耗氧; 护城河

中图分类号: X522 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2004)01-0060-03

Research on the Diurnal Variation of Dissolved Oxygen in Natural Pond and Its Correlative Factors

NIE Guo-chao

(Scientific Research Department, Xiangfan Vocational and Technical College, Xiangfan 441021, Hubei, China)

Abstract: The author studies the diurnal variation of dissolved oxygen in spring pond and analyses the correlative factors. Results show that the content of dissolved oxygen raises along with the radiation intensity, and achieves the maximum at about 16: 30. The consumption of dissolved oxygen mainly included bio-consumption, degrading of organic compound and the consumption of sediment, of which the sediment consume above 80 percent of the dissolved oxygen consumption. The source of dissolved oxygen mainly include atmospheric respiration and phytoplankton photosynthesis, of which the latter is nearly above 90 percent of the dissolved oxygen source. The result provides some references to the research of dissolved oxygen in water body, aquiculture, self-purification of water body, and the purification of river.

Key words: dissolved oxygen; source; oxygen consumption; city moat

水中溶解氧(DO)的含量是评价水体水质和水体自净能力的重要指标, 水体中的溶解氧含量对于水生生物的生存、水体的自净功能等具有重要的作用。在水产养殖中, 鱼类的生长速度及对饲料的利用率都将随着水中溶氧量的升高而增加, 低氧不利于鱼类生长, 过低的溶解氧甚至还会导致鱼类窒息死亡。在水体的自净功能中, 高浓度的溶解氧有利于污染物的降解, 而溶解氧含量过低会导致水体发黑、发臭。在氧化塘和人工湿地等利用生物降解污染的处理措施中, 溶解氧是影响处理效果的关键因子。

襄阳护城河水体中溶解氧的来源主要包括气-水界面氧气的溶解(表面复氧)、水生植物和藻类的光合放氧, 氧的消耗主要包括水体中有机物的降解、水生生物的呼吸作用及底泥耗氧。有研究认为: 护城河中的溶解氧主要来源于水中浮游植物的光合作用, 空气中的氧气溶解而进入护城河的部分较少, 水中溶解氧的主要消耗途径是底泥耗氧, 水中浮游

植物的呼吸作用等对水中溶解氧含量的影响很小, 而鱼虾等生物的呼吸作用所占的比例更小, 故可忽略。我们试验测定了春季天然大型护城河水体中溶解氧含量的日变化特征, 初步研究了影响护城河水体中溶解氧含量的主要因子, 研究结果对于水体中溶解氧含量的变化规律和影响因素的研究具有一定的理论意义, 对于水产养殖和水的自净过程的研究具有一定的实际价值。

1 材料与方法

试验在襄阳护城河西门桥处的测定, 护城河宽约 250 m, 绕襄阳城一周, 长约 5 000 m, 水源主要为抽取的汉江水、雨水、周围居民生活污水。试验分别在全日照的晴天及阴天的条件下进行。用碘量法测溶解氧。采样时要同时记录水温和气压。如果水样中含有大于 0.1 mg/L 的游离氯, 则应预先加硫代硫酸钠去除。如果含有藻类、悬浮物或活性污泥之类的生活絮

¹ 收稿日期: 2003-06-19
作者简介: 聂国朝(1960-), 男, 湖北广水人, 襄樊职业技术学院研究员, 主要从事环境化学研究。

凝体, 则必须经预处理, 否则会干扰测定的准确性。

水中溶解氧的增加和消耗主要考虑以下过程: 生物呼吸过程 (本试验因鱼虾等生物呼吸作用耗氧极少, 故只考虑浮游植物和水中微生物的呼吸作用); 有机物降解过程; 护城河底泥的耗氧过程; 气-水界面的表面复氧过程; 浮游植物的光合作用过程。

试验设计和测定方法:

(1) 护城河水体中溶解氧含量的日变化特征: 直接用溶解氧测定仪探头插入护城河水体中 (水表面下 10 cm 处) 测定水中溶解氧的变化。

(2) 浮游生物呼吸作用及有机物降解耗氧速率: 取一定体积的护城河水于烧杯中, 在实验室内用液体石蜡将水与空气隔开, 排除了空气的表面复氧; 用黑布遮光, 排除了藻类的光合作用, 连续测定水中溶解氧的变化。

(3) 底泥耗氧速率: 用塑料管插入护城河底泥约 15 cm, 将塑料管中的水隔开, 水面用石蜡油将水与空气隔开, 并用黑布遮光, 测定水中溶解氧的变化。

(4) 水与空气接触的表面复氧量: 将护城河水用离心机去除悬浮物和微生物后, 加热煮沸降低水中溶解氧, 冷却后, 连续测定水中溶解氧含量的变化。

(5) 浮游植物光合作用放氧速率: 用直径约为 20 cm 的塑料管插入护城河底泥约 20 cm, 顶部用黑布遮光, 测定其水中 (水表面下 10 cm 处) 溶解氧的变化, 与 (1) 所测的全日照条件下测定溶解氧含量两者相比即为浮游植物光合作用的放氧量。

水中藻类含量以单位体积的叶绿素含量计算, 叶绿素含量测定: 取适量待测水样, 用离心机分离 10 min, 取离心管底部沉淀物加 95% 的乙醇溶液, 充分研磨, 匀浆用离心机分离 3 min, 提取上层清液, 定容稀释, 选择吸收波长为 645 nm、663 nm 分别测定, 根据公式叶绿素 = $(20.2 \times OD_{645} + 8.02$

$\times OD_{663})$ 计算出叶绿素的含量。

2 结果与分析

2.1 护城河水体中溶解氧含量的日变化特征

护城河水体中溶解氧含量的日变化特征在不同天气条件下有显著的差异。晴天条件下的水中溶解氧含量 (7:30~22:05 平均为 6.57 mg/L) 显著高于阴天条件下水中溶解氧含量 (6.35~16.54 平均为 1.60 mg/L)。且溶解氧的变化趋势也有显著的差异, 在晴天条件下, 随日照强度增加, 水中溶解氧含量逐渐上升, 且溶解氧含量增加速率也逐渐增大, 10:30 至 13:30 时溶解氧含量增加速率达到最大值, 之后呈下降趋势, 这一结果与晴天早晨及傍晚光照较弱, 正午光照最强相吻合; 而在阴天条件下, 水中溶解氧含量几乎不变, 这与阴天气光照弱且无显著变化相吻合; 护城河水体中溶解氧含量的日变化详见图 1。本试验结果表明: 光照强度是影响水体中溶解氧含量日变化的重要因素, 而光照强度是影响浮游植物光合作用的重要因素, 即水生植物光合作用放氧是影响水中溶解氧含量的重要因素和溶解氧增加的主要来源。

晴天溶解氧的最高值出现在约 16:30, 与光强不是同步的, 可能是由于在中午水中的溶解氧未达到饱和, 而在 14:00 左右, 溶解氧已超出水中饱和溶解氧的量, 在 16:00 达到水中溶解氧所能达到的最大值。日出前水中溶解氧含量则最低, 在夜晚, 水中溶解氧主要来源是表面复氧, 溶解氧含量逐渐下降到早晨的 3 mg/L 左右, 说明仅依赖表面复氧是不能保证水中溶解氧含量的平衡。

另外, 在 14:00~16:30 阶段护城河水中溶解氧含量高于该水温条件下饱和溶解氧浓度值, 经多次重复测定证实, 在光照强度较高时, 水中溶解氧浓度确实会出现大于饱和溶解氧浓度值, 即过饱和现象。

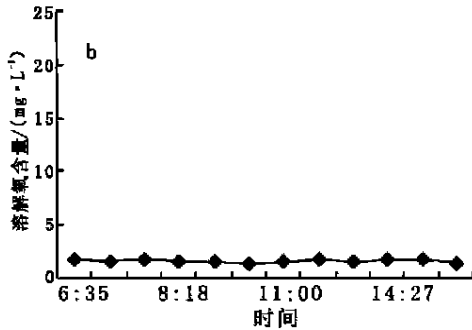
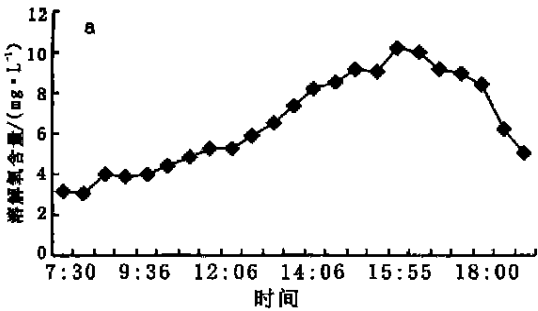


图 1 护城河水体中溶解氧含量的日变化 (a: 晴天, b: 阴天)

2.2 护城河水体中消耗溶解氧的因子分析

2.2.1 水中微生物对溶解氧含量的影响 护城河水体中浮游生物的呼吸及有机物的降解是消耗溶解氧的一个因素。取 500 ml 护城河水在实验室内用石蜡油将水与空气隔开, 排除了空气的表面复氧; 用黑布遮光, 排除了藻类光合作用的影响, 在此条件下, 溶解氧的消耗主要是水中微生物的耗氧。测定水中溶解氧的变化, 结果表明, 水中的溶解氧含量呈极显著的线形下降趋势, 水中微生物呼吸及有机物降解的耗氧速率为 0.004 318 mg/(L · min) (图 2), 水体中微生物的耗氧曲线详见图 2, 而水中饱和溶解氧含量为 7~8 mg/L, 在 5 h 后, 溶解氧含量仍达到 5.48 mg/L, 因此, 水中微生物呼吸及有机物降解耗氧对水中溶解氧含量的影响很小。当然, 耗氧速率与水中微

生物的含量、BOD₅ 有关, 有待于进一步研究。

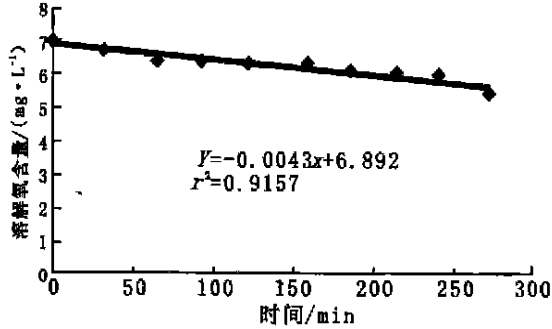


图 2 水体中微生物的耗氧曲线

2.2.2 底泥对水体中溶解氧含量的影响 护城河中底泥的耗氧是消耗溶解氧的一个因素。用塑料管插入护城河底泥约 15 cm, 将塑料管中的水隔开, 水面用石蜡油将水与空气隔开, 并用黑布遮光, 测定水中溶解氧的变化, 在此条件下, 溶解氧的消耗主要包括水中微生物和底泥的耗氧。结果表明, 溶解氧含量呈极显著的

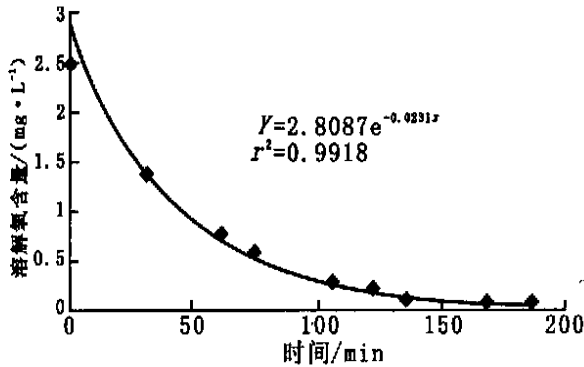


图 3 护城河底泥的耗氧曲线

2.3 护城河水体中增加溶解氧的因子分析

2.3.1 水与空气接触的表面复氧速率对水中溶解氧含量的影响 水与空气接触, 空气中的氧气溶解进入水体的过程即表面复氧。表面复氧是增加水中溶解氧的因素之一。将护城河水用离心机去除悬浮物和微生物后, 加热煮沸降低水中溶解氧, 冷却后, 连续测定水中溶解氧含量的变化, (图 4) 曲线的斜率即复氧速率, 结果表明: 在水中溶解氧含量较低的条件下 (2~3 mg/L), 表面复氧速率达到 0.001 98 mg/(L·min)。可见表面复氧对水中溶解氧含量的影响很小。这一结果与水中溶解氧在凌晨最低是吻合的, 没有光合放氧, 单一的表面复氧不能维持水中溶解氧的平衡, 在夜晚溶解氧含量不断下降。

此外, 表面复氧还与温度、气压、水的物理化学性质及水中溶解氧的浓度有关, 因为在本试验条件下, 表面复氧速率很低, 所以试验中就忽略这些因素。

2.3.2 水中藻类光合放氧对溶解氧含量影响的评估 水生植物(包括藻类)的光合放氧是增加水中溶解氧的另一个因素。在全日照晴天条件下测定水中溶解氧含量的变化; (图

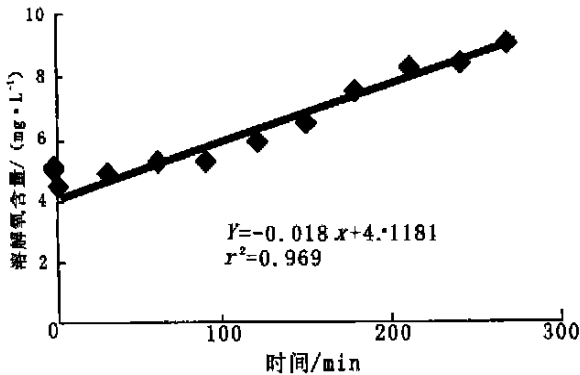


图 5 全日照晴天护城河水溶解氧含量变化曲线(10:00~15:00)

藻类光合放氧速率与光照强度有关, 8:00~18:00 测得的藻类光合放氧速率在 0.001 8~0.026 1 mg/(L·min) 幅度内波动, 护城河水中藻类光合速率随总辐射强度的增加而增加, 相关关系为 $y = 0.000\,045x - 0.008\,36$, $R^2 = 0.781\,2^{**}$ ($n = 11$)。 (图 7) 光补偿点约为 200 W/m²。

指数下降趋势, 耗氧速率为 $DO \cdot 0.023\,1\,mg/(L \cdot min)$, 2.5 h 后, 溶解氧含量接近 0 mg/L, (图 3), 在本试验条件下, 1.45~10.16 mg/L, 即底泥的耗氧速率在 0.033 495~0.234 696 mg/(L·min), 为水中微生物呼吸及有机物降解耗氧速率的 7.8~54.4 倍, 本试验结果表明: 底泥耗氧是水中耗氧的主要因素。

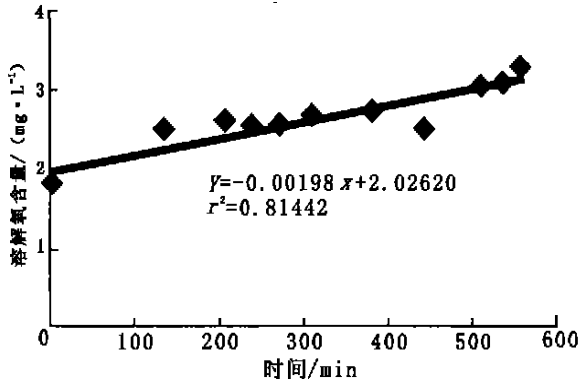


图 4 护城河水的表面复氧曲线

1a) 用直径为 25 cm 的塑料管插入护城河底泥 20 cm, 将塑料管中的水与护城河水隔开, 塑料管顶部用黑布遮光, 排除了水生植物光合作用的影响, 测定塑料管中水溶解氧含量的变化(10:00~15:00); (图 5) 与图 1a 中同时段的溶解氧变化曲线相比, 即水生植物光合作用放氧量。结果表明, 在 10:00~15:00, 全日照条件下水中的溶解氧含量呈线性上升趋势, 达到极显著相关关系, 水中增氧平均速率为 0.018 1 mg/(L·min), 而在黑布遮光条件下, 水中的溶解氧含量呈线性下降趋势, 达到极显著相关关系, 水中耗氧速率为 0.004 3 mg/(L·min), (图 6) 两者相比结果表明 10:00~15:00 水生植物光合作用放氧速率为 0.022 4 mg/(L·min), 是空气表面复氧速率(0.001 98 mg/L·min) 的 11.3 倍, 水生植物的光合放氧速率远大于空气表面复氧速率, 所以水生植物(藻类)的光合放氧是水中溶解氧增加的主要因素。这一结果与图 1 是一致的, 阴天天光照很弱的条件下, 表面复氧仅能使水中的溶解氧含量达到 1.60 mg/L 左右, 这同样说明了没有光合放氧, 单一的表面复氧是不能维持水中溶解氧的平衡的。

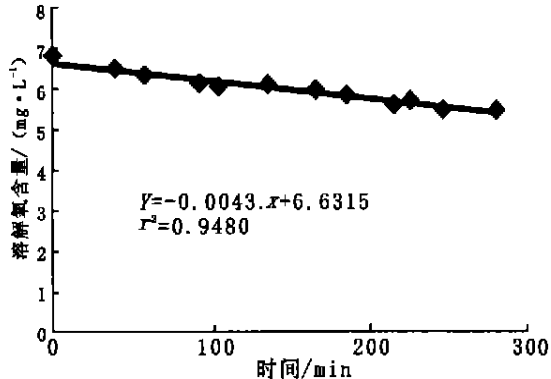


图 6 排除光合放氧后护城河水溶解氧含量变化曲线(10:00~15:00)

当然, 护城河水中藻类光合放氧速率与藻类含量有关, 在本试验条件下, 水中叶绿素含量为 77.83 mg/L, 有关水中藻类含量与光合放氧速率的关系有待进一步研究。

(下转第 112 页)

面建设小康社会提供了一次难得的机遇。山西省政府要在经济结构战略调整的基础上,在替代产业的培育上制定优惠政策,扶持象大棚蔬菜、舍饲养殖、草食畜牧、加工销售、中药材种植、运输、农村经纪人等农村新兴产业的发展,引导农民进城搞二、三产业,其正解决农民的就业、增收等问题,巩固退耕还林(草)成果。

8 生态移民与小城镇建设问题

实施退耕还林的地方大部分是贫困山区,这里人们的综合生活水平很低,特别是就医、饮水、用电、上学等十分困难,为了改变自身及下一代人的命运,头脑灵活、身体强壮的年轻人们举家搬走,使人口本来就少的山区小村变成了真正的“老人村”、“个户村”、“老弱妇幼村”,对退耕还林的整体规划与实施带来一定的难度。为了加快这些地区退耕还林的整体推进,政府应有计划地将人口在百人以下,家户零星分布,基

参考文献:

[1] 姜雪城.生态经济应在西部率先突破[J].半月谈,2003,(4):18- 19.

[2] 李宁波,李晓红.沼气扶贫作用大[N].山西日报,2003- 02- 15: (A2) .

[3] 刘义,白林,陈纲.生态贫民难圆的梦[J].半月谈,2003,(4):6- 10.

本不具备生存条件的村落统一规划、整体搬迁,将原来解决这些村庄修路、用电、上学、饮水等方面的资金集中用于生态移民。并在移民新居建设的同时,根据当地实际,促进形成种植、养殖、城郊企业、综合服务等产业小区,推动移民致富,促进退耕还林的顺利实施。

退耕还林工程是我国林业生态建设史上涉及面最广、政策性最强、规模最大、任务最重、投入最多、群众参与度最广的生态建设工程。是在政府部门统一组织领导,计划发展、土地、林业、粮食、环境、税务等诸多部门协同配合,广大农民直接参与下进行的,关系着国家的生态、地方的发展和农民的利益,需要解决的问题颇多,但只要围绕解决农民的长远生计和经济收入增加的问题去做,这项得人心,顺民意的工程一定会在我国实现山川秀美、全面建设小康社会的宏伟目标上起到其应有的作用。

(上接第 62 页)

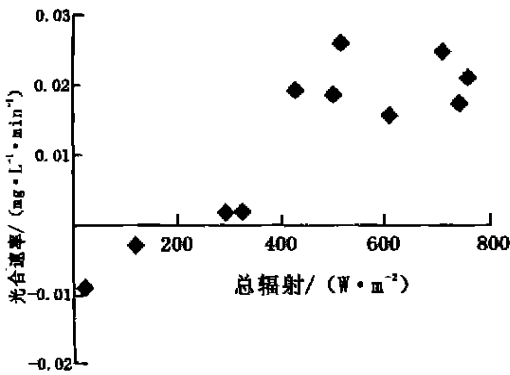


图 7 护城河水中溶解氧含量与光照强度的关系

参考文献:

[1] 崔峰.池塘水中溶解氧变化规律的分析[J].安徽农业技术师范学院学报,1999,13(3):73- 75.

[2] 刘华平,李广源.湘潭市城区湘江段水域纳污能力分析[J].湖南水利水电,2001,(1):37- 38.

[3] 白晓慧,钟卫国,陈群燕,等.城市内河水体污染修复中沉积物的影响与控制[J].环境科学学报,2002,22(5):562- 565.

[4] 罗家海.珠江广州河段局部水体溶解氧低的主要原因分析[J].环境科学研究,2002,15(2):8- 11.

[5] 孙耀,陈聚法,宋云利.虾塘水体中溶解氧的补充量与消耗量及其季节变化[J].中国水产科学,2000,7(1):107- 109.

[6] 陶志红.九龙江西溪水体三氧相关性的研究[J].漳州师范学院学报(自然科学版),1999,12(3):67- 70.

[7] 王庆安,黄时达,孙铁珩.多藻浅水体中 pH 值和溶解氧协同周期性变化初探[J].四川环境,2001,20(2):4- 7.

[8] 黄玉瑶,高玉荣,曹宏任,等.应用草型塘模型生态系统研究化学品的整体生态效应[J].生态学报,1995,15(1):39- 47.

[9] 宋福,赵蔚苓,陈燕卿.华北稳定塘氧平衡的研究[J].环境科学研究,1993,6(5):35- 40.

[10] Middleton, Roderick J, Reeder, Brian C. Dissolved oxygen fluctuations in organically and inorganically fertilized wall-eye (*Stiz ostedion vitreum*) hatchery ponds[J]. Aquaculture, 2003, 219(1- 4): 337- 346.

[11] Rukhovets, L A, Astrakhantsev, G P, Menshutkin, V V, et al. Development of Lake Ladoga ecosystem models: modeling of the phytoplankton succession in the eutrophication process. [J]. Ecological Modelling, 2003, 165(1):49- 78.