

刘新红,高 岩,郭俊尧,等.一种分层收集自然水体释放气体装置的应用效果[J].江苏农业科学,2013,41(5):365-367.

一种分层收集自然水体释放气体装置的应用效果

刘新红,高 岩,郭俊尧,严少华

(江苏省农业科学院农业资源与环境研究所,江苏南京 210014)

摘要:介绍了一种分层收集自然水体释放气体的装置,该装置可以实现连续原位收集水柱剖面特定水层释放的气体,结果可靠,组装与拆卸方便快捷,应用性广,尤其适用于野外自然水体水柱分层释放气体的时空动态研究,特别是水体氮气和氧化亚氮气体释放的研究。

关键词:收集装置;分层水体;释放气体

中图分类号: S237 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)05-0365-03

水体释放气体的成分既包括温室气体如甲烷、二氧化碳、氧化亚氮^[1],又包括脱氮释放的氮气^[2],还包括光合作用的产物氧气等。深入研究水体释放气体的时空动态对于温室气体控制、富营养化水体治理以及水体净化的应用和基础理论的研究都具有重要意义^[3]。然而目前还很少有能够对水体不同层次水柱释放气体进行直接的、原位的收集装置。

漂浮箱法是收集自然水体释放气体的常规方法,漂浮箱法在研究水体释放气体时,是将中空且无底的箱体置于水面上,箱内留存一定量的顶空。然后分时间段采集箱内的气体,对气体的成分进行分析并计算气体释放的通量^[4-5]。由于空气背景中氮气含量高达 78%~79%,这种方法仅可用于水体中释放的甲烷、氧化亚氮的研究。目前采用漂浮箱法开展水体释放气体的研究仅能对整个水柱的释放气体进行采集,不

能用于分层水体释放气体的采集和水柱剖面释放气体特征的研究。而水柱剖面释放气体特征的研究对于阐明水体生态系统演化具有重要的意义。漂浮箱法通过分时间段采集箱内气体的方式来进行研究,实际上是一种估计结果,与水体释放气体的实际结果存在一定的偏差^[6]。

此外,国际上对于水体氮气释放研究的常见方法有质量平衡法、乙炔抑制法、硝态氮损耗法、¹⁵N 同位素标记法以及同位素配对技术^[6-7]。这些方法的研究结果均是估算值,并且质量平衡法还比较粗,准确性低,乙炔抑制法和硝态氮损耗法的研究结果或低估或高估了氮气的释放^[8-9]。¹⁵N 标记法、同位素配对技术还停留在模拟试验阶段,均不适合于野外自然水体试验的开展^[10]。水柱剖面自上而下的物理、化学和生物条件均不相同,因此不同水深部位释放的气体种类和通量会有不同。为了深入研究富营养化水体水柱分层释放气体的特征,本研究介绍了一种适用于水体水柱不同水深层面释放气体的采集装置。

1 采集装置的设计原理

适用于分层收集水体释放气体的装置,是在水柱水体释放气体的收集装置(专利号 201110155238.8)的基础上建立起来的。由图 1 可以看出,该装置包括集气系统和固定系统 2 个部分。

处理是可行的。

参考文献:

- [1]詹 艳,熊 忠,林 衍.铁炭内电解法对兰麻废水的预处理研究[J].工业水处理,2003,23(1):28-31.
- [2]郑 蜻.铁炭微电解处理高浓度乙醇废水研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2007.
- [3]Mills A,Lehunte S. An overview of semiconductor photocatalysis[J]. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry,1997,108: 1-35.
- [4]Guillard C,Lachheb H,Houas A K M,et al. Influence of chemical structure of dyes,of pH and of inorganic salts on their photocatalytic degradation by TiO₂ comparison of the efficiency of powder and supported TiO₂[J]. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry,2003,158:27-36.

收稿日期:2012-11-05

基金项目:国家“973”计划前期研究专项(编号:2012CB426503);国家自然科学基金(编号:31100373)。

作者简介:刘新红(1978—),女,河南孟州人,博士,助理研究员,从事湖泊污染生态学方面的研究。Tel:(025)84390182;E-mail:xhliu2011@126.com。

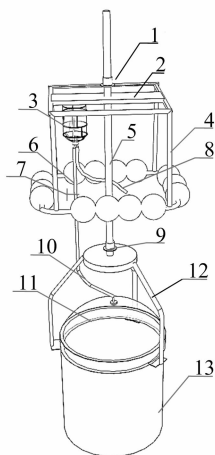
通信作者:严少华,研究员,博士生导师,从事湖泊污染生态学方面的研究。E-mail:shyan@jaas.ac.cn。

调整 pH 值时直接加入 NaOH,对于电导率的贡献是直接的;而其他 2 种因素的影响非常小,这是因为 TiO₂ 光催化氧化仅仅通过矿化影响电导率,铁碳法虽产生离子,但同时也消耗废水本身的带电基团和矿化废水。

从表 3 中可见,较优方案为 A₃B₂C₁,即 pH 值为 9,铁碳质量比为 1:1,1 L 富含农药农业废水中 TiO₂ 投加量为 1 g 时,对富含农药农业废水的处理效果最好。

3 结论

本试验结果表明,铁碳法和光催化氧化法对富含农药农业废水中石油类物质和 TOC 的去除是有效的。富含农药农业废水 pH 值为 9,铁碳质量比为 1:1,1 L 富含农药农业废水 TiO₂ 投加量为 1 g 时,对富含农药农业废水的处理效果最好。说明采用铁碳法和光催化氧化法进行富含农药农业废水



1—固定旋钮1; 2—硬质板; 3—集气瓶; 4—方形浮球支架; 5—连接杆; 6—进气管; 7—两通阀门; 8—排水管; 9—固定旋钮2; 10—排气管; 11—集气罩; 12—集气罩支架; 13—圆柱形有底网罩

图1 分层水体释放气体原位收集装置

集气系统包括集气罩和集气瓶,所述集气罩为可阻止气体交换的中空结构,其顶部开设有排气孔并与排气孔相连的有排气管,排气管上固定有阀门,集气瓶为小口玻璃瓶,瓶口的塞子上固定有进气管、排水管;固定系统包括方形浮球支架、连接杆、固定旋钮,以及集气罩支架,方形浮球支架由浮球底座以及上层支架组成,连接杆可移动地通过固定旋1固定于上层支架,集气罩支架通过固定旋钮连接集气罩和连接杆。

集气瓶固定于方形浮球支架上,连接杆通过其固定旋钮1可上下滑动地固定于方形浮球支架上,集气罩通过连接杆连接部固定于连接杆底部,集气瓶的进气管与采集罩的排气管连通。

通过浮球底座的作用,将整个气体收集装置分为水上部分和水下部分,集气瓶位于水面上,集气罩及圆柱形有底网罩位于水面下。圆柱形有底网罩侧壁由165 μm孔径的纱网围成,允许水体交换但能阻止超过165 μm直径的气泡内外交换。圆柱形有底网罩13的底部是由不透气的板材组成,阻止网罩下方水体以及底泥产生的气体进入网罩内。

2 装置的操作方法

在收集自然水体释放气体时,首先要确定采集的水层深度。在采集接近水底的水柱释放气体时,注意保证采气装置的采集罩底部与底泥之间的距离有5 cm,以免装置摇晃对底泥产生干扰。

然后按照图1所示连接采气装置,首先将方形浮球支架放置于水面上,将连接杆与方形浮球支架连接,连接杆的上端位于水面上,其下部穿过方形浮球支架上部的硬质板,旋紧固定旋钮1对连接杆进行初步固定。然后将集气罩放入水下,把集气罩上方的连接杆连接部与连接杆底端连接并旋紧固定。集气罩上方排气孔连接排气管,排气管的另一端连接两通阀门,并保证两通阀门一直位于水面上,排气管的长度与水体深度一致。此时一边将方形浮球支架上的固定旋钮1缓慢松开,一边抓紧连接杆,缓慢向下移动,当连接杆上的刻度指示下降到指定深度后,将方形浮球支架上的固定旋钮1旋紧,

连接杆不再上下移动。

最后将集气瓶悬挂于方形浮球支架上,进气管与排气管相连,排水管打开并放入水中,检查排气管、进气管、排水管内无残留气泡,最后打开两通阀门进行气体收集。该采气装置采用的排水法进行气体收集,所以预先要将集气瓶中灌满纯水。

随着气体的不断收集,原来充于集气瓶中的水由排水管排出,集气瓶中保存水体释放的气体,从而可以连续、定量采集特定深度水体所释放的气体,并对相应的气体进行分析。

3 采气装置的初步应用及评价

3.1 材料与方法

将该分层采集水柱释放气体的装置应用于江苏省农业科学院的2号蓄水塘,进行分层水体释放气体样品的采集,根据黑白盘对该水体能见度的测定结果,将采样层次分为透光的表层(水深0~50 cm)、不透光的中层(水深50~100 cm)和下层(100~150 cm),采样时间为2012年8月29日至9月1日,采样的同时采用荧光溶氧仪对水体的溶氧值进行分层测定。所采集的气体样品采用岛津GC2010气相色谱仪进行分析,检测器为热导检测器(TCD),电流为70 mA,温度为200℃。高纯氢气作为载气,流速为8 mL/min,外标法定量。对气体样品进行分析后,其中每种组分气体的释放通量计算方法为:

$$E_{\text{gas}} = C_{\text{gas}} \times \rho_{\text{gas}} \times ER_i \quad (1)$$

$$ER_i = (V/S/T) \times 273.15 / (273.15 + t_i) \quad (2)$$

$$V = (W_1 - W_2) / D \quad (3)$$

$$D = 1 - (t + 288.9414) / [508.9292 \times (t + 68.12963)] \times (t - 3.9863)^2 \quad (4)$$

式中: E_{gas} 为水体释放每种气体的通量,mg/(m²·h); C_{gas} 为每种气体的浓度,%; ρ_{gas} 为标准温度标准压力下特定气体的密度,g/L(ρ_{O_2} 为1.429 g/L); ER_i 为标准温度标准压力下水体释放气体的速率,mL/(m²·h); V 为特定时间内收集到的气体体积,mL; S 为集气罩所覆盖水体的面积,m²; T 为收集气体所用时间,h; t_i 为收集气体过程中的平均温度,℃; W_1 为试验开始前装满水的集气瓶重量,g; W_2 为收集气体结束后集气瓶的重量,g; D 为室温(0≤t≤50℃)下水的密度,g/mL。

3.2 结果与分析

对各层次样品中的氧气释放情况分析如图2所示,可以看出表层氧气释放量的日均值为23.4 mg/(m²·h),而中、下层的释放通量分别为1.6、1.0 mg/(m²·h),即氧气的释放集中于水体表层。将所监测的3d内的数据进行比较,结果(图3)可以看出:氧气释放量均表现出表层集中释放的特点,另外从8月29日到8月31日,表层氧气释放量为20.7~27.6 mg/(m²·h),呈增加趋势。将白天和晚上的氧气释放通量进行比较,结果(图4)可以看出:白天的氧气释放量为45.1 mg/(m²·h),远远高于晚上的释放通量10.2 mg/(m²·h)。研究结果与氧气产生自光合作用的现象相符,即在水体表层由于光照的原因光合作用强,而中层和下层无光照,因此几乎没有光合作用。中午的光照强度高于早上和下午,晚上则没有光照,因而白天发生光合作用,而晚上几乎不发生光合作用。中下层水体及晚上各水层水体释放的微量氧气可能来源

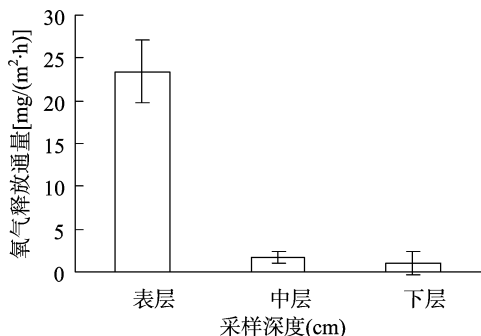


图2 不同层次水柱氧气的释放通量

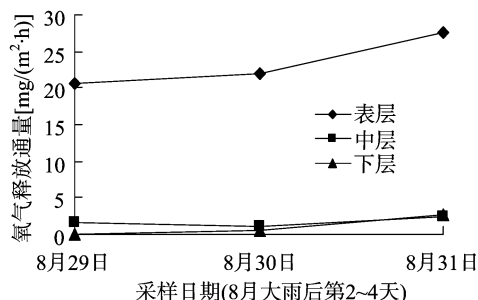


图3 不同采样日期水体氧气释放通量的变化

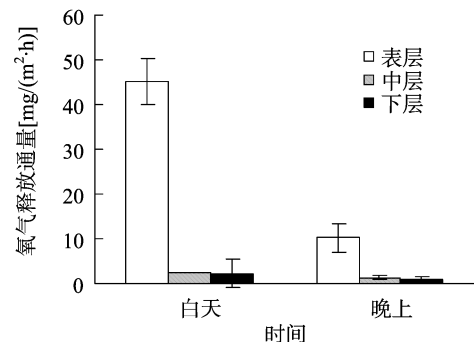


图4 白天和晚上的氧气释放通量

于表层高浓度的溶解氧扩散。另外从采样过程中对水体溶氧值的监测结果(图5)来看,表层水体溶解氧均高于中层和下层,因此氧气释放通量与溶氧监测结果相符。

4 结论

初步应用结果表明,该分层水体释放气体采集装置能够原位收集水体水柱特定水层释放的气体,结果可靠,能够应用于自然水体释放气体的时空动态研究。本研究所介绍的水体水柱分层直接收集释放气体装置,可以实现特定水层释放气体的原位直接收集,且组装与拆卸均方便快捷,应用性广,可以实现不同条件下水体水柱不同水层释放气体的直接收集,

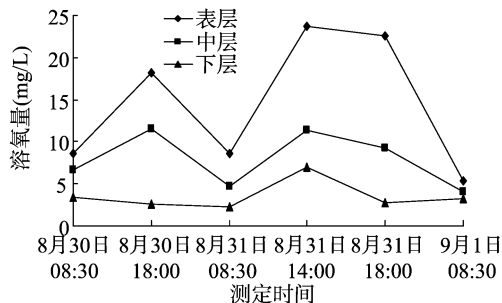


图5 8月30日—9月1日采样水体的溶氧量

尤其适用于野外自然水体水柱分层释放气体的收集和时空动态研究。

参考文献:

- [1] 程炳红,郝庆菊,江长胜. 水库温室气体排放及其影响因素研究进展[J]. 湿地科学,2012,10(1):121-128.
- [2] Zhong J C, Fan C X, Liu G F, et al. Seasonal variation of potential denitrification rates of surface sediment from Meiliang Bay, Taihu Lake, China[J]. Journal of Environmental Sciences, 2010, 22(7): 961-967.
- [3] Gao Y, Yi N, Zhang Z, et al. Fate of $^{15}\text{NO}_3^-$ and $^{15}\text{NH}_4^+$ in the treatment of eutrophic water using the floating macrophyte, *Eichhornia crassipes* [J]. Journal of Environmental Quality, 2012, 41: 1653-1660.
- [4] Duchemin E, Lucotte M, Canuel R, et al. Production of the greenhouse gases CH_4 and CO_2 by hydroelectric reservoirs of the boreal region[J]. Global Biogeochemical Cycles, 1995, 9(4): 529-540.
- [5] 赵炎,曾源,吴炳方,等. 水库水气界面温室气体通量监测方法综述[J]. 水科学进展, 2011, 22(1): 135-146.
- [6] Groffman P M, Altabet M A, Bohlke J K, et al. Methods for measuring denitrification; diverse approaches to a difficult problem[J]. Ecological Applications, 2006, 16(6): 2091-2122.
- [7] 徐徽,张路,商景阁,等. 太湖梅梁湾水土界面反硝化和厌氧氨氧化[J]. 湖泊科学, 2009, 21(6): 775-781.
- [8] Rysgaard S, Risgaard-Petersen N, Nielsen L P, et al. Nitrification and denitrification in lake and estuarine sediments measured by the ^{15}N dilution technique and isotope pairing[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1993, 59(7): 2093-2098.
- [9] Seizinger S P, Nielsen L P, Caffrey J, et al. Denitrification measurements in aquatic sediments; a comparison of three methods[J]. Biogeochemistry, 1993, 23(3): 147-167.
- [10] Steingruber S M, Friedrich J, Gächter R, et al. Measurement of denitrification in sediments with the ^{15}N isotope pairing technique[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2001, 67(9): 3771-3778.