

生物扰动实验系统(AFS)的基本结构和工作原理*

THE BASIC STRUCTURES AND OPERATIONAL PRINCIPLES OF THE ANNULAR FLUX SYSTEM (AFS)

张志南 周 宇 韩 洁 于子山

(青岛海洋大学 266003)

依据“中-美”关于浅海生态系统动力学联合研究计划,并在国家自然科学基金项目和国家攀“B”项目的支持下,一种新型生物扰动实验系统(Annular Flux System, AFS)于1998年11月在青岛海洋大学海洋生态动力学实验室成功地运转并顺利地开展了预备实验和第一阶段实验。该系统既可在实验室内也可在现场条件下实验,是研究沉积物-海水界面物质通量的有效实验手段。本文是该实验系统系列研究结果之一,目的是对该实验系统的基本结构和工作原理作一介绍,为沉积物-海水界面通量的研究提供有效的实验手段。

1 基本结构

生物扰动实验系统(AFS)由3部分构成,即环形水槽、微电机及控制板和 OBS-3 型浊度传感器组成。

1.1 环形水槽

环形水槽由 PVC 材料制成,包括底盘、内壁、外壁、中轴和驱动盘(见图1)。水槽的内壁直径为44 cm,外壁直径为64 cm。内、外壁由防水粘合剂牢牢粘在底盘上,构成一个宽10 cm、底面积0.17 m²、最大高度40 cm和最大容量68 L的水槽。水槽外壁上装有固定环,内壁上装有支架,用以固定微电机和光电测速器。外壁上还贴有标尺,以便在实验过程中控制水槽内海水的总体积。

1.2 微电机及控制板

一台12 V直流微电机装在内壁的旋转轴上,由电缆通过中轴连接到外面的调速器(也由12 V直流电驱动),微电机的主要功能是转动由塑料制成的驱动盘。驱动盘与水接触面宽度为9 cm,以保证在驱动盘边缘与水槽的内、外壁之间有0.5 cm的间隙,使驱动盘上、下的水可以自由地交换和混合。驱动盘高度可调,实验时可根据具体要求来调整驱动盘距底盘的距离(有10, 20, 30 cm 3个位置可供选择)。

1.3 OBS-3 型传感器

OBS-3 型传感器全称是光学反射式传感器(Optical Back Scatter Sensor),由12 V直流电驱动。其工作原理是:探头末端有一个激光发射和接收装置,当电源接通后,探头向水中发射激光,当光速遇到水中的悬浮颗粒时,即被反射,由反射回来的激光量和强度,以电压值显示在数字式万用表上,然后再通过经验公式将所有电压值(V)换算为悬浮颗粒的浓度(mg/L)。

生物扰动实验系统的附件还有调速器、稳压电源、蓄电池、数字式万用表和抽滤系统等。

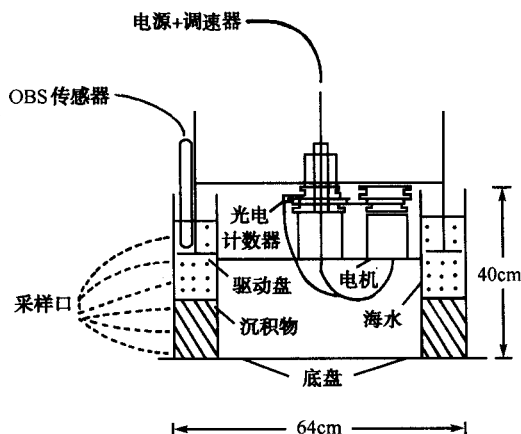


图1 水槽的基本结构

2 工作原理

在水槽的外壁上装有两对进、出水口,高度分别为距离底盘20, 30 cm,安装方向为外壁的切线方向,以尽可能地减少进出水时所产生的湍流。当这两对

* 国家自然科学基金项目 49676300, 49790104 号; 国家攀登计划 B(PDB6-7-3) 资助项目。英国普里茅斯海洋研究所的 J. Widdows 博士为该系统提供全部技术支持和协作并亲临现场指导和帮助, 特此致谢。
收稿日期: 1999-08-31; 修回日期: 1999-09-10

进、出口全部封闭时,水槽可以作为一个封闭的系统独立运转。在水槽的外壁上还设置了7个纵向排列的采样孔,距盘分别为3,6,10,15,20,25和30 cm,用以采集水样。

实验中需要的侵蚀水流和剪切力是由一个旋转的驱动盘获得的。驱动盘面光滑,靠驱动盘转动时与水层的磨擦力来产生平稳的循环水流,以尽量避免湍流的发生。驱动盘可产生1~84 r/min的转速,相当于水流速度1~50 cm/s(10 r/min≈6 cm/s),该速度范围大体上可代表浅海内湾侧平流的速度。驱动盘转动产生的水流速度每3 s在调速器上显示一次。便于调控流速,OBS则是每秒显示一次。调速器上装有时间复位按钮,可随时将时间回零,使实验时间简便易行。在调速器内还装有蜂鸣器,每15 s鸣响一次,提醒实验者及时记录所需数据。

3 实验程序和操作

3.1 未受扰动沉积物样品的采集

在刚退去潮水的泥滩,将配套制作的4个不锈钢取样器插入沉积物,深度为8~10 cm,将活动底片插入底部封闭,套上固定钢箍后取出,置入大型盛样盘内,立即运回实验室。

沉积物取样同时按海洋调查规范同时取3个大型动物样品和2个小型动物样品,以作生物背景对比。同时,取100~200 g沉积物样供作粒度分析。

3.2 实验动物的准备

大型滤食性贝类的采集和实验室充气培养24 h,选取进出水管充分伸展的健康个体按一定数量分批投入水槽的沉积物内。

3.3 实验室程序

3.3.1 实验前的准备工作包括将沉积物完整地移入水槽,泵入新鲜海水至38 cm处,安装驱动盘和OBS传感器。

3.3.2 实验系统的启动及运转 打开开关,控制转速使海水流速保持在5 cm/s,历时1 h,按预定程序以每10 min间隔记录水槽内OBS的读数:t0~t60,对照缸内OBS读数:t0,t30,t60。

3.3.3 空白测定结束后,放置滤食性贝类进行重复操作。

4 数据处理

4.1 自然沉降速率,也称作清除率(Clearance rate, CR)可用以下公式计算:

$$CR(L/h) = (V_f) \times (\ln C_1 \rightarrow \leftarrow - \ln C_2) \times t$$

上式, V_f 为水槽中水体的总体积,单位为L; t 为实验周期,单位为h; C_1 和 C_2 分别为生物沉降阶段开始和结束时水中悬浮颗粒的体积。

4.2 生物沉降率指由大型滤食性贝类的存在而导致水体中颗粒的清除率。显然,将水槽内的清除率减去对照缸内的清除率就得出净生物沉降率(简称Net biodeposition rate, NBR),计算公式如下:

$$NBR(g/(m^2 \cdot h)) = (CR_f - CR_c) \times SPM_w \rightarrow \leftarrow \times (1/S_f)$$

上式, CR_f 为水槽中的清除率(单位:L/h); CR_c 为对照缸中的清除率(单位:L/h); SPM_w 为空白海水水样中的悬浮颗粒重量(单位:g/L),由抽滤~烘干~称重程序获得; S_f 为实验水槽的底面积(单位为 m^2 , $S_f = 0.17 m^2$)。上式所得是整个水槽中所有扰动生物的生物沉降率总和,若将该值除以生物的个体数,即得出该种扰动生物单个个体的生物沉降率NBRind。

4.3 侵蚀和再悬浮过程,将水槽中的水流速度调至10 cm/s,并持续15 min,每15 s记录一次OBS传感器的读数,然后以每次增加5 cm/s的间隔重复以上操作,直至40 cm/s完成水流侵蚀,停止实验。

沉积物-海水界面水流产生的切应力(Shear press)按下列经验公式进行测算:

$$P(PSa) = 0.0008x^2 - 0.0006x \rightarrow \leftarrow + 0.0052, (r^2 = 0.99)$$

上式, x 为距离沉积物表面1 cm处的平稳侵蚀水流的速度(cm/s)。

当水槽中的水体流速逐渐增加且超过某种沉积物的耐受阈值即临界侵蚀流速(Critical Erosion Velocity)后,沉积物表面颗粒因沉积物/海水界面水流的切应力增加而导致再悬浮。依据水体中悬浮颗粒值SPM和OBS读数之间的关系式,可研究水流侵蚀率(Erosion rate, ER)的变化规律。当水流在某一流速保持稳定时,某一采样时刻的侵蚀率的计算公式如下:

$$ER(mg/(m^2 \cdot s)) = [(SPM_c - SPM_i)/15] \rightarrow \leftarrow \times (V_w/0.17)$$

上式, SPM_c 为某一时刻的SPM值; SPM_i 为上一采样时刻的SPM值; V_w 为水槽中水体的总体积。

以上数据均采用ECOFLAT软件在586微机上处理。

5 讨论与结论

5.1 利用该扰动系统,1998年11月在胶州湾的流亭泥质滩潮间带成功地进行了预备性实验,英国普里茅斯海洋研究所的 Widdows 博士亲临现场指导并对实验数据逐一校对和验证。1999年1月和4月在唐岛湾的高潮带和中潮带使用该系统以杂色蛤和缢蛭为扰动生物开展了第一阶段的生物沉降实验,由于该扰动实验系统的技术全部由英国引进,关键部件如 OBS-3 型浊度传感器和微电机从美国 CA 公司进口,水槽在青岛海洋仪器厂加工制作,整机组装、调试、运转、验收均在青岛海洋大学内进行。Widdows 博士提供数据处理软件,整个系统功能稳定、数据可靠,与国外同类工作具有可比性^[4]。

5.2 国际上生物扰动的现场观测与研究虽已有较长历史^[3],但生物扰动的实验研究不过是 10 余年的事情^[1],Black 和 Paterson 1997 年将现有生物扰动实验系统归并为两类,即大型系统,如“Sea Carousel”适合于平方米的尺度^[1,3,4],和小型系统适合于平方厘米的尺度,大型系统能更全面、更完整的反映整体的实验进程,而小型系统则可为研究者提供更详细的信息,即当沉积物的物理性质和生物群落在空间尺度上发生微细变化时,应用小型系统则更能准确地掌握其动态变化,但整体的代表性较差。该系统综合了这

两类系统的优点,环形的水流设计和无限的流长,在沉积物界面上展现了宽阔的边界层,且适中的大小尺寸便于搬运,很适用于现场的实验研究^[3]。现有结果表明,环形生物扰动实验系统,设计先进,运转性稳定,为我国沉积物-海水界面通量的研究提供了一种有效的研究手段。

主要参考文献

- 1 Amos, C. L. *et al.*. The stability of a winter-profile mudflat, Humber estuary, Yorkshire, U. K.. In: Black, K. S., Paterson, D. M. & Cramp, A. (eds) *Sedimentary Processes in the Intertide Zone*. Geological Society. London: Special Publication, 1998. 139, 85~97
- 2 Black, K. S. & Paterson, D. M.. *Journal of Marine Environmental Engineering*, 1997, 4: 43~83
- 3 Widdows, J. *et al.*. *Coastal and Shelf Science*, 1998, 46: 27~38
- 4 Widdows, J. *et al.*. 1998b. Use of in situ Flume to Quantify Particle Flux (Biodeposition Rates and Sediment Erosion) For an Intertidal Mudflat in Relation to Changes in Current Velocity and Benthic Macrofauna. In: Black, K. S., Paterson, D. M. and Cramp, A. (eds.) *Sediment Processes in the Intertidal Zone*. Geological Society. London: Special Publications, 1998b, 139: 85~97