

海水中叶绿素 *a* 含量的连续走航测定*

王 荣 鲁北伟· 余家栋†

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

†(青岛大学环境系, 青岛 266071)

提要 介绍一种适用于各种船只的海水叶绿素含量连续走航自动测定系统, 它包括海水取样、荧光测量、数据采集和数据处理单元。这一系统已用于1994年在东海的两个航次的考察。数据采取的间隔可根据研究项目的需要确定, 在东海的考察中, 确定的间隔为1s, 实际是每0.1s取一个数据, 记录每秒钟间隔内的平均值, 共获得60万个观测值, 得出的平面分布与传统的站位上采水样观测结果的总趋势一致, 但走航观测的结果更详细, 包括从几十米至十几公里各种尺度的叶绿素 *a* 含量的空间分布变化。因此这一系统为在各种尺度(从米级到船只的最大航程)上研究叶绿素的分布提供了一种有效手段。由于是自动连续测定、测定结果自动记录和存储, 数据可以直接用于计算或制图。给出了用这一系统测定的东海表层水叶绿素 *a* 的平面分布图。

关键词 叶绿素 *a* 走航测定

叶绿素含量是反映海水中浮游植物生物量(biomass)或现存量(standing crop)的一项重要观测项目, 也是计算初级生产力的基础。传统的方法, 即定点采水、抽滤、萃取、然后测定的方法, 虽然准确可靠但费时, 测点不可能太密。这对呈斑状(patchiness)分布的浮游植物来讲, 代表性就很差了。弥补这一缺陷的方法是变点测为线测。1966年, Lorenzen 提出了连续测量活体内叶绿素含量的方法, 使海水叶绿素含量走航连续观测技术得以发展(Lorenzen, 1971; Platt, 1972a, 1972b; Denman, 1976; Fasham et al., 1976; Horwood, 1978; Derenbach et al., 1979; Strass, 1990, 1992)。观测方法有两类: 一类是将荧光计装在拖体上, 信号通过电缆传输到船上; 一类是连续采水, 由船上的荧光计测定。本文介绍的系统属于后者, 它所需设备相对简单, 容易实现。这一系统的成功运行填补了我国在自动连续观测海水叶绿素含量方面的空白。

1 系统概述

1.1 设计方案

海水叶绿素含量走航连续观测系统的设计方案是: 从船底连续汲取海水, 现场海水连续和恒定地进入荧光光度计样品室, 测定海水中浮游植物活体细胞的荧光强度, 测定结果经模数转换由主计算机记录。这个系统由4个相对独立的单元组成: (1) 取样单元: 使海水自动、连续、均匀、无气泡、无混合、时序地进入样品测试室; (2) 测量单元:

* 国家自然科学基金资助项目, 49276265号。王荣, 男, 出生于1934年5月, 研究员。

收稿日期: 1995年7月28日, 接受日期: 1996年1月26日。

将通过样品室的海水中的叶绿素含量的信息有效地提取出来,转换成相应的模拟电压信号;(3)数据采集单元:将模拟信号数字化,实施 A/D 转换和数值滤波,对数据按时序作存储分配,并定时地按时序先后以文件方式向主计算机通讯;(4)主计算机(上位机)单元:按时序方式存储整个航程的测量结果。因此适应海上颠簸条件的主计算机内的海量外存将是一个资料库。在走航间隙,可以利用主计算机的处理能力,分析测量结果,打印研究报告。实物的各单元采取灵巧组件方式,适于在调查船上安装和拆解。本装置各单元间的关系见图 1。

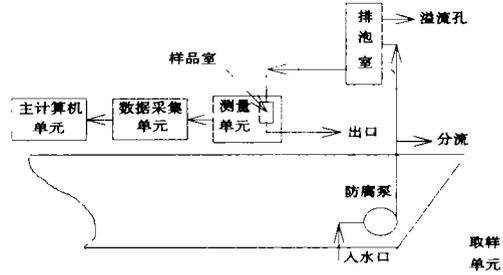


图 1 走航式海水叶绿素含量测定系统

Fig.1 Diagram of continuous flow measurement system for chlorophyll concentration

1.2 取样单元

这是一个水泵和管路系统。为了方便,从机舱冷却水入口(最好开在船首部以减少船体的干扰和污染)接出一条管路,连接一台玻璃钢的耐腐蚀水泵,出水管通实验室。海水进入实验室前要经过分流,控制流量。分流后的海水经过排泡室排除气泡后再进入荧光光度计样品室。流量通过排泡室水位高度形成的静水压力和连通样品室的软管的管径控制。整个管线应尽可能短以减少时滞和由于海水在流动中与管壁摩擦造成的混和,由管道入口到样品室的时滞修正由主计算机软件进行。

1.3 测量单元

测量单元是一台荧光光度计。本装置使用的荧光光度计为美国 TURNER DESIGNS 公司的 10-000 R 型现场荧光光度计。这台仪器本身具备测定活体细胞的能力。它的光学系统(激发光路、发射光路和参比光路)通过三等分旋转遮光盘,使光对同一只光电转换器件发生调制,以便电子学线路充分提取反映叶绿素含量的有用信息,抑制干扰。本研究除对电子线路、样品室和进出水口稍作修改外,其他未作改动。

1.4 数据采集单元

1.4.1 硬件结构 这一单元可以看做是“模拟电信号”与“数值数据”之间的一个接口,它负责将模拟信号数字化,实施 A/D 转换和数值滤波,对数据按时序作存储分配,并定时地按时序先后以文件方式向主计算机通讯。因为这个接口本身也是微处理机,故把存储数据文件的微型计算机简称主计算机或上位机。

数据采集单元功能比较专一,硬件采用单片 CPU,考虑到 A/D 转换和向主计算机发送数据文件的通讯要求,数据采集单元的硬件结构必须具有:采集测量单元数据的功能,对数据作出数值滤波处理的功能,定期向主计算机发送数据文件的通讯功能,对测量单元的模拟信号实施 A/D 转换的功能。这意味着,把 A/D 端口和通讯端口纳入采集单元之中,故在硬件上统称“接口”电路。在选用 SCB-31-II 型 8031 系列单片功能板的基础上扩充一些其它电路,使接口单元的硬件能可靠地工作。需要扩充的硬件电路有:(1)用增益为 +1,输出界定在 +0V 到 +5V 之内的高输入阻抗运算放大器隔离

0809 对模拟信号源的影响, 因为它的输入电阻不太高。(2) 对于量程信号源, 用扁平电缆直接传送数字信号到 CPU8031 的端口 3, 中间由 74LS373 作缓冲。(3) 内部振荡器接受测定单元的同步荧光信号, 并触发采样周期。(4) 增加 1488, 1489 芯片, 向主计算机实施 RS-232-C 的 EIA 电平转换。(5) +12V, +5V 直流稳压电源。

1.4.2 软件设计 软件设计的任务是对 SCB-31-II 功能板上的 ROM 写入调试好的目标程序, 这里采用了在 IBM-PC 机上的 8031 程序开发工具。采集数据使用分组采集、数值过滤、顺序存取的方式。通讯数据使用随机文件(记录长度为 2)的格式。数据区有两块, 第一块是采样区, 首址 0CH, 末址 20H, 双字节数据 10 个低位字节是模拟/数字转换值(00-FFH), 高位字节是量程位指示。其位格式如下表:

b: +7, +6

b: +0

not used	over	$\times 1 / \times 100$	$\times 31.6$	$\times 10$	$\times 3.16$	$\times 1$
not used	↑	↑	↑	↑	↑	↑
not used	K	S	J	H	G	F

此外, 将 10 个 AD 数值中最大者置入 08H; 最小者置入 09H; 这 10 个数值的和的高字节置入 0AH, 低字节置入 0BH。对分组的 10 个数值作数值滤波处理, 从和中减去最大与最小值, 对其余 8 个数值求平均, 作为有用采样值, 以双字节字长顺序存入第二块数据区。若发现 $b_1 + 5 = 1$, 整组数据无效, 以 FFFFH 值存入第二数据区, 向主计算机表示此值因过量程而必须剔除。第二数据区首址 4100H, 末址 45AFH 共 1200 字节, 共用 600 个数据单元, 一旦数据区满, 将向主计算机按字节传送, 并按向主计算机传送的时间(年、月、日、时、分、十秒)构成文件名, 建立记录长度为 2 的随机文件。

1.5 主计算机单元

这里的主计算机是个人计算机, 由于它接收汇总来自单片计算机的数据文件并加以分析计算, 故称为主计算机。其工作原理从略。从硬件考虑, 海上颠簸振动严重, 而硬盘是数据的主存设备, 故使用硬盘耐震性较好的便携式个人机, 本研究选用 AST 386sx 膝上机。存储程序用 QBASIC 编程, 主要功能是通过 RS-232-C 异步串口 COM1: 接收接口电路发送的长度为 2 的 600 个记录的随机文件, 按接收发生时的年、月、日、时、分、十秒组成文件名存入硬盘。数据采集单元约 1s 采一组(10 次)数据, 得一条记录, 故 600 个记录的随机文件的时间间隔约 10min, 在 15 节的走航速度下, 每个记录的距离间隔约 8m。随机文件名的时间性十分重要, 对应航海记录, 可以根据文件名解算出相应的一段测线, 再通过计算程序, 根据叶绿素含量/电压转换标定值, 从记录值计算出该测线上叶绿素含量的变化, 由多个文件的计算结果进一步计算出叶绿素含量的平面分布。

2 系统的标定

测量单元对样品室单位时间内通过海水中的叶绿素含量所测得的荧光强度, 不仅与叶绿素含量有关, 还与流速、叶绿素浓度、浮游植物的种类组成、光源与滤光片的组配等有关。因此需要在设定的系统条件下用提纯的叶绿素 *a* 和现场海水提取的叶绿素 *a* 来标定观测系统。首先用提纯的叶绿素 *a* (美国 Sigma 公司) 按常规方法(略)标定荧光光度计, 在走航观测过程中定时地(每天 2—4 次)从样品室出水口取水样, 记录荧光光度计

实时读数, 水样经过滤、抽提测定叶绿素 *a* 浓度。当叶绿素含量变化大时应增加取样。根据所获数据作出标定曲线, 作为本航次荧光读数换算叶绿素浓度的依据。

3 观测实例

1994年4月, 在执行国家自然科学基金委员会重点项目“东海陆架边缘海洋通量研究”和面上项目“长江口及邻近海域生物生产过程研究”的海上考察时, 首次使用了这一系统。在10条断面上, 获得60万个观测值。计算得出的平面分布与传统的站位上采水样分析结果的总趋势一致, 但走航观测的结果更详细, 还观测到从几十米至十几公里各种尺度的叶绿素 *a* 含量的空间分布变化, 见图2—图4。研究它们与相应尺度的物理、化学过程的关系将有助于深入了解浮游植物分布的受控机制。

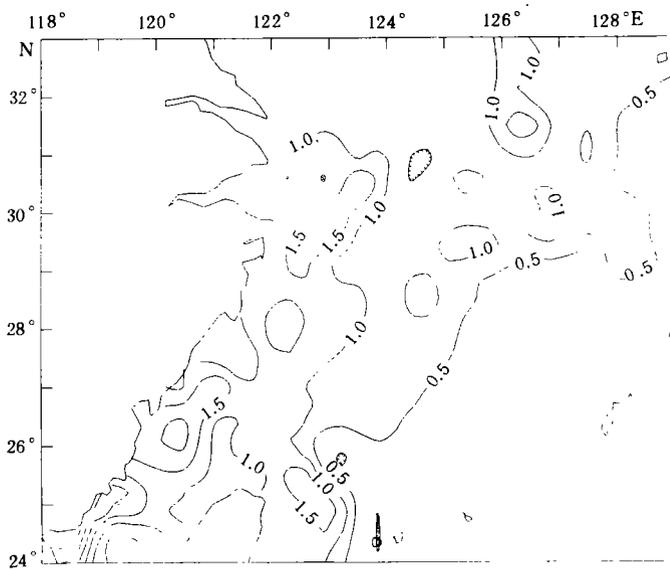


图2 东海表层水走航连续观测叶绿素 *a* 含量的平面分布

Fig.2 Distribution of surface layer chlorophyll *a* concentration in the East China Sea by continuous flow measurement

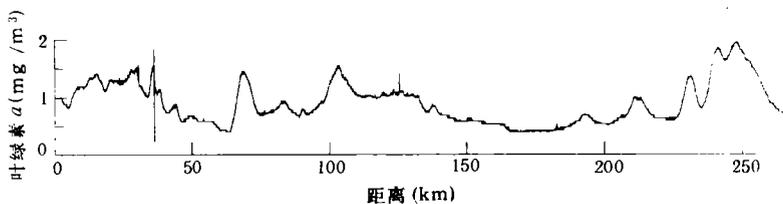


图3 东海表层水叶绿素 *a* 含量大、中尺度空间变化

Fig.3 Large and middle scale spatial variation of surface layer chlorophyll *a* concentration in the East China Sea

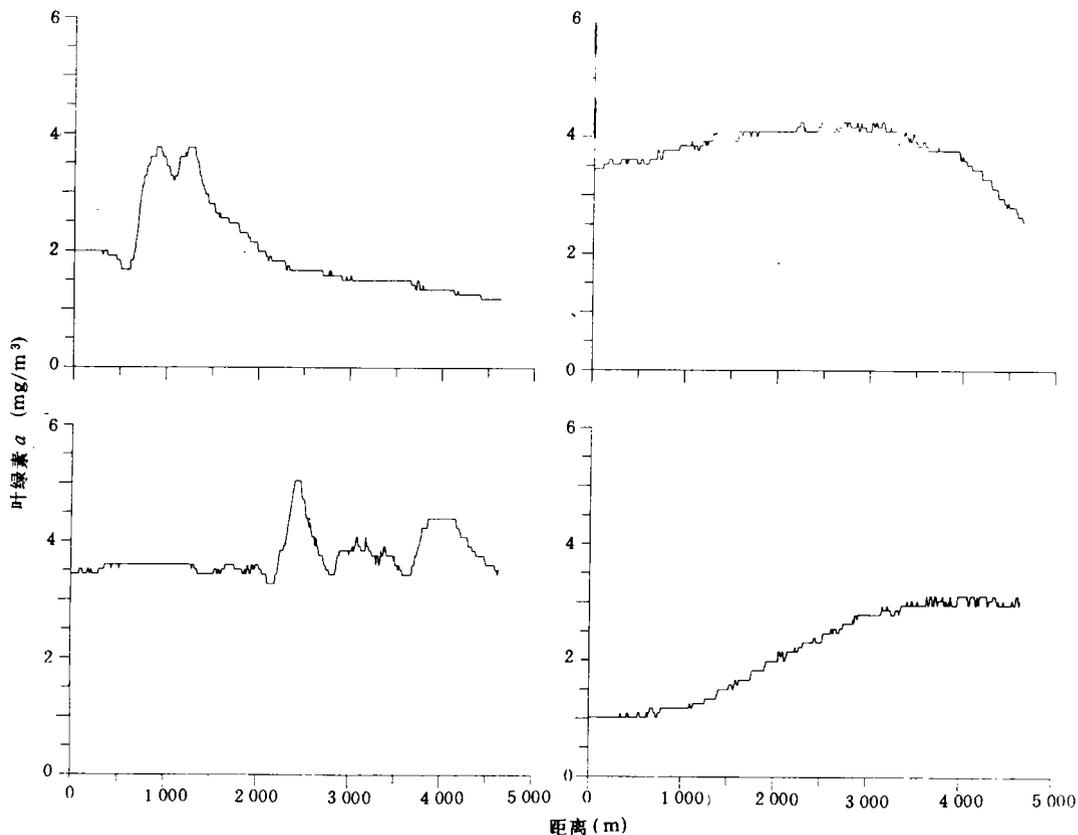


图 4 东海表层水叶绿素 a 含量小尺度空间变化

Fig.4 Small scale spatial variation of surface layer chlorophyll a concentration
in the East China Sea

参 考 文 献

- Denman, K. L., 1976, *Deep-Sea Res.*, **23**: 539 — 550.
 Derenbach, J. B. et al., 1979, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **1**: 187 — 193.
 Fasham, M. J. R. et al., 1976, *Deep-Sea Res.*, **23**: 527 — 538.
 Horwood, J. W., 1978, *J. Mar. Biol. Assoc. U. K.*, **58**: 487 — 502.
 Lorenzen, C. J., 1966, *Deep-Sea Res.*, **13**: 223 — 227.
 Lorenzen, C. J., 1971, *J. du Conseil*, **34**: 18 — 23.
 Platt, T., 1972a, *Deep-Sea Res.*, **19**: 183 — 188.
 Platt, T., 1972b, *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **33**: 8.
 Strass, V., 1990, *Deep-Sea Res.*, **37**: 525 — 540.
 Strass, V., 1992, *Deep-Sea Res.*, **39**: 75 — 96.

CONTINUOUS FLOW MEASUREMENT OF CHLOROPHYLL *a* CONCENTRATION IN THE SEA

Wang Rong, Lu Beiwei, Yu Jiadong[†]

(*Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071*)

(*Department of Environment, University of Qingdao, Qingdao 266071*)

Abstract This paper presents a newly developed system of continuous flow measurement of near-surface chlorophyll concentration in the sea, which can be used in a variety of ships. It consists of a water sampling unit, fluorescence measuring unit, data collecting unit, and data processing unit. The system was successfully employed during two cruises in the East China Sea in 1994 and showed the advantages in overcoming the insufficient sampling by stationary observation. The time interval of data recording can be set arbitrarily according to the purpose of the research. For our study the setting was one second. In fact the system took measurement every 0.1 second but recorded the average of all measurements during one second. This system provides a useful approach to study the chlorophyll distribution on a variety of spatial scales, from meters to the ship's maximum range. The data automatically measured and recorded can be directly used for further processing. Samples are given to show the distribution patterns of near-surface chlorophyll *a* distribution and patchiness on transects.

Key words Chlorophyll Continuous flow measurement