

基于 S2000 光谱仪的小型海面高光谱辐射计的研制

陈永华¹, 李思忍²

(1. 青岛科技大学, 山东 青岛 266042; 2. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071)

摘要:将普通的小巧型 S2000 光谱仪组装改造成用于海面测量的高光谱辐射计, 安装在船只等移动平台上进行原位测量, 可以获得向下辐照度和向上辐亮度的实验数据。阐述了整体设计思路, 说明了其光路结构, 光学采集单元分为光谱辐照度光学探头和光谱辐亮度光学探头。叙述了通过机械结构的调整来更准确地测量离水辐亮度, 并给出了基于计算机进行显示和存储的编程软件。此系统获得的试验测量结果可以为海洋学研究提供充分的现场光学数据, 有一定的实用价值。

关键词: 光谱辐射计; S2000 光谱仪; 设计与制作; 辐照度; 辐亮度

中图分类号: P715.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2009)03-0001-03

海水的物理、化学和生物过程影响海水的光学性质, 反过来, 通过研究海洋光学性质的特性和时空变化, 可以了解海洋的物理、生物过程, 并为赤潮诱发机制研究、海洋初级生产力研究、渔业水产生态环境研究等提供关键的基础数据^[1]。这就要求对海水具体剖面层, 尤其是海表面能够快速准确地进行大量的现场生物光学观测。S2000 型光谱仪是 Ocean Optics 公司生产的一种小型、模块化的光纤光谱仪, 使用高灵敏度 2048 像素线型 CCD 阵列探测器, 可接收经光纤传输过来的光信号, 并通过内部安装的光栅进行分光后投射在探测器阵列上进行光电转换, 它的频率响应范围在 450~1 100 nm, 覆盖可见光(380~750 nm)和近红外(750~3 000 nm)的部分波段, 具有尺寸微小、灵活方便和光谱频带响应范围宽等特点^[2]。为此, 作者在 S2000 光谱仪的基础上, 制作配置了光学采集和电气控制单元, 并设计了数据显示和存储软件, 研制了一种实用的小型高光谱辐射计。

的由传感器等构成的光学采集单元, 集成控制部件位于在岸上或船上使用的操作控制盒内, 还有传输用光纤等。另外实验过程中还需要配以计算机进行显示和数据的存储。图 1 为各部分实物。

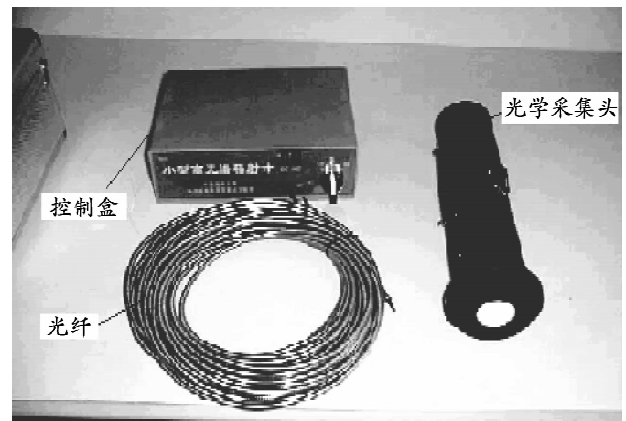


图 1 小型海面高光谱辐射计

Fig. 1 The actual mini-type spectroradiometer

系统总体结构是以光的采集、传输、转换和显示记录为主线, 辅以必要的元件连接构造而成的。图 2 为测量系统内部结构和测量原理的示意。

1 系统组成与工作原理

1.1 系统组成

小型高光谱辐射计硬件总体上包括以下三大模块: (1) 光学探头; (2) 集成控制部件; (3) 计算机显示系统与数据处理软件。光学探头是现场测量用

收稿日期: 2006-11-28; 修回日期: 2009-01-06

基金项目: 国家 863 计划项目(2008AA09Z113); 青岛市科技计划项目(07-2-3-3-JCH)

作者简介: 陈永华(1976-), 男, 山东枣庄人, 博士研究生, 从事海洋监测技术研究, 电话: 0532-88622449, E-mail: yonghuachen@yahoo.cn

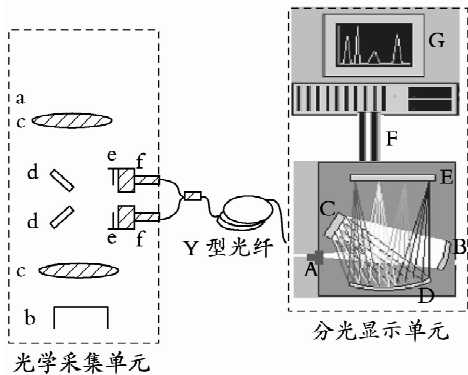


图2 小型海面高光谱辐射计光学结构和测量原理

Fig. 2 The optical structure and measure principle of the mini-type spectroradiometer

a. 朗伯体; b. 平行光管; c. 汇聚透镜; d. 全反镜; e. 遮光器; f. 光纤耦合器; A. 光纤耦合器; B. 准直凹面镜; C. 平面光栅; D. 聚焦凹面镜; E. 光电转换器; F. 数据传输线; G. 计算机

a. cosine collector; b. collimator; c. lens; d. reflector; e. baffle; f. fibre coupler; A. fiber coupler; B. collimating mirror; C. grating; D. focusing mirror; E. detector; F. data transmission line; G. computer

1.2 工作原理

辐射计所要测量的光学量包括下行辐照度 E_d 和上行辐亮度 L_u 两部分^[3]。从图2也可以看出,光学采集单元分为两部分,上半部分为光谱辐照度光学探头,它是由朗伯体(余弦集光器)、防水玻璃、聚焦透镜和全反镜等组成。由太阳射向海面的下行光经过余弦集光器收集后,由汇聚透镜进行汇聚,再经全反镜反射到光纤耦合器,最后耦合进Y型光纤。光学采集单元的下半部分为光谱辐亮度光学探头,它是由窗口玻璃、平行光管、聚焦透镜和全反镜等组成。海表面反射的上行光经过平行光管准直后由会聚透镜会聚,再经全反镜反射到光纤耦合器,也耦合进Y型光纤。辐照度和辐亮度的差别在于:辐照度的收集采用 2π 立体角的余弦集光器,而辐亮度的收集采用的是视场光阑。辐照度中的余弦集光器将向下照射的光转换为漫散射光,余弦集光器采用Teflon(聚四氟乙烯)作为漫射材料,用石英玻璃作为衬底,不仅具有足够的抗压强度,而且还具有较高的短波透过率。辐亮度光阑使探测器接收到的光辐射被光阑限制在一定的视场内^[4]。

两路光耦合进光纤的选通,靠遮光器的开合来实现对其中之一的选择。光纤传输的光通过连于光纤另一端的光纤耦合器耦合进光谱仪后,先经过准直凹面镜变成平行光后,照到平面光栅上进行分光,经光栅衍射后再次由凹面镜反射,照到光电二极管阵列上进行光电转换。此部分转换后的电信号传输到计算机先要进行模数转换,再显示和存储。

2 自阴影效应的控制和离水辐亮度的测量

海水光场分布是由海水的固有光学参数决定的,光学仪器以及测量船只的存在将对其周围的光场分布产生干扰,导致测得的辐射值与真值不相等,这种影响称为仪器的自阴影效应^[5]。要使自阴影效应的误差减小,传感器的直径必须严格限制,这就要求传感器尽可能小型化。设计中尽可能的选用小的贴片元器件,以便降低仪器的功耗,减小仪器的体积。最终的设计结果是:光学探头的直径为40 mm,仪器的总高度为50 cm,这种小型化设计有效地减小了仪器的自阴影效应。再者,在测量光辐射量时,仪器应该在测量船体的向阳一侧,而且船体的侧面要尽量与太阳光的方向垂直,这样才可以将船体对被测水体光场的影响减小到最低程度。测量向下辐照度 E_d 的装置通常放在仪器系统的顶部,所以仪器系统不会给 E_d 测量产生阴影影响;但是,测量离水辐亮度就不一样了,当太阳的天顶角为 θ_0 时,水面向上辐亮度 L_u 沿与Z轴成 θ' 角的方向向外出射,到了水面之后离水辐亮度 L_w 将沿与Z轴成 θ 角的方向向外出射^[6]。

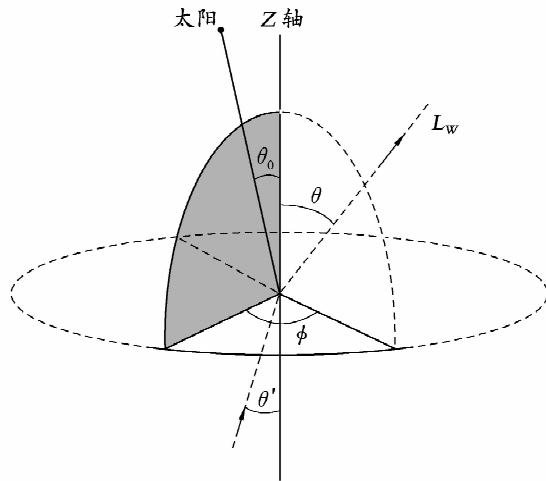


图3 离水辐亮度传播方向示意图

Fig. 3 Sketch of radiate direction from leave-water radiance

为了准确地测得此离水辐亮度,要求光学采集单元的下半部分亦与Z轴成 θ 的方向放置,且此角度是随着太阳天顶角 θ_0 的变化而变化的。为此,我们将光学采集单元的下半部分——光谱辐亮度光学探头设计成可以在 $0\sim 90^\circ$ 内旋转任意角度的活动单元。

3 数据显示与处理软件

数据线通过USB接口将传输来的光谱电信息

进入计算机,再通过 S2000 自带软件进行模数转换后,为了更好的在显示器上进行显示和后台存储,作者用 Visual Basic 计算机语言进行了编程,以达到良好的显示和存储光谱数据的目的。显示上,添加了 RichTXT 控件将光谱波段和测量响应值对应进行显示,如下图右半部分;除此之外,为了更直观的将测量强度响应值与光谱波段对应起来,我们在窗体上添加了 Picture 控件,然后用后台命令在其上画出了

二维平面坐标,其中横坐标为光谱波段,纵坐标为光谱强度响应值。这样就可以根据传输来的光谱波段和对应的光谱强度响应值,应用打点(Point)和画线(Line)等命令将测量结果直观地进行实时显示^[7]。实验结果的储存是以文本文件的方式进行的,且存储路径可以选择。控制按钮采用下拉式菜单,里面包含控制存储等各类命令。如图 4 所示。

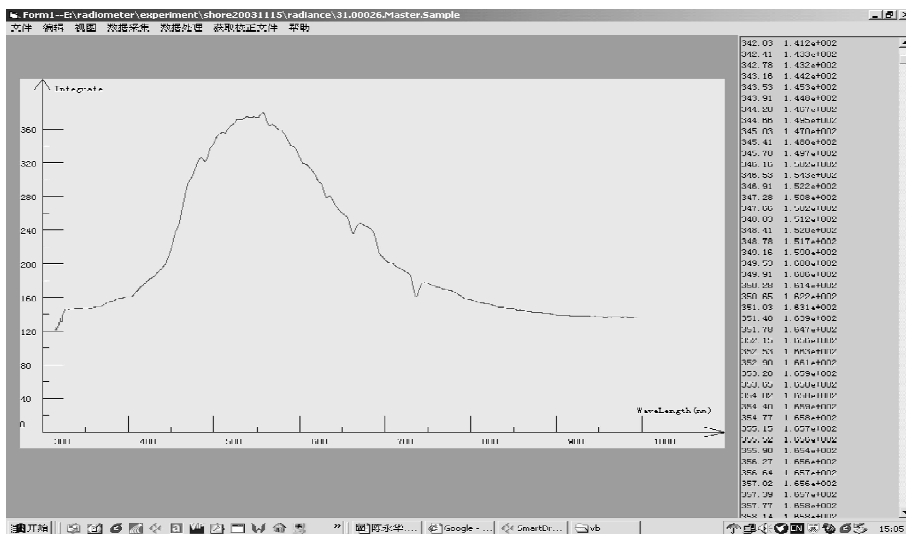


图 4 小型高光谱辐射计现场测量时软件显示界面图

Fig. 4 Display interface of the software using the mini-type spectroradiometer

图 4 中的光谱曲线是 2005 年 11 月在青岛近海现场测量离水辐亮度时得到的,它反映了当时近海面海水反射日光的情况。

4 总结

小型高光谱辐射计是以 S2000 普通光谱仪为核心进行组构而成的,主要用于海表面下行光谱辐照度和上行光谱辐亮度的测量。光谱响应范围为 340~1 024 nm,光谱分辨率为 0.33 nm,采样积分时间为 3~100 ms,AD 转换精度是 12 位。除了可以进行现场反演海洋的物理、生物过程,又可用来进行水色卫星遥感现场光辐射测量的后校正和解译水色遥感产品等。

参考文献:

[1] 王勇,刘智深,张凯临,等.海面光谱辐射计系统研制

及遥感反射比的测量[J].青岛海洋大学学报(自然科学版),2001,31(5):795-800.

[2] halma group company. S2000 Spectrometer Data Sheet [EB/OL]. <http://www.oceanoptics.com/technical/engineering/S2000OEMDataSheet.pdf>, 2005-08-10.

[3] 曹文熙,郭永飞,杨跃忠,等.多波段水下光谱辐射计[J].高技术通讯,2002,12(1):96-101.

[4] 李彩,柯天存,曹文熙,等.锚链式水下多光谱辐射计的设计[J].光学技术,2004,30(6):665-668.

[5] 吴廷芳,曹文熙.水下光辐射测量的阴影效应及其校正方法研究[J].海洋学报,2003,25(1):42-51.

[6] Olszewski J, Kowalczu P. Sky glint correction in measurements of upward radiance above the sea surface[J]. Oceanologia, 2000, 42(2): 251-262.

[7] 李光明,杨谊,喻德旷,等.中文 Visual Basic 6.0 程序设计教程[M].北京:冶金工业出版社,2001.

(下转第 9 页)