

文章编号:1004-4213(2010)s1-0059-5

高光谱水体吸收-衰减测量仪(AC-S)数据处理技术

张 翀, 陶邦一, 何贤强

(国家海洋局第二海洋研究所 卫星海洋环境动力学国家重点实验室, 杭州 310012)

摘 要:吸收系数和衰减系数是水体的固有光学量,也是水色遥感的基本参数,对于水色遥感建模和反演具有重要的作用.高光谱水体吸收衰减测量仪则是目前国际上原位测量水体吸收和衰减系数的主要仪器.本文详细阐述了该仪器数据处理的原理、方法及步骤,并且将之应用于 2009 年冬季东海航次的测量数据,获得了原位的东海冬季水体吸收和衰减系数分布特征.本文方法可以较好地剔除异常数据,获得高精度的水体吸收和衰减系数数据,可为水色遥感模型开发与验证提供可靠的现场测量数据.

关键词:吸收系数;衰减系数;固有光学量;水色遥感

中图分类号:O433.1

文献标识码:A

doi:10.3788/gzxb201039s1.0059

0 引言

高光谱水体吸收衰减测量仪(AC-spectra, AC-S),是美国 WET Labs 公司生产的可以原位测量水体光吸收和光衰减的仪器.

AC-S 所测量的吸收和衰减系数是水体重要的固有光学量,同时也是水色遥感半分析模型的基本参数.因此,高精度的水体吸收和衰减系数测量数据对于遥感半分析模型的开发具有重要作用.AC-S 因其稳定性好,测量精度高的优点,已被国内外很多的海洋学者用来进行测量海洋水体的光吸收和光衰减^[1-8].付东洋等^[1]对 AC-S 数据进行了温盐校正和散射校正,但由于其是对数据整体进行处理,也就是测量所获得的错误数据也一并进行了处理.这样虽然对整体无碍,但是对数据的使用者来说则增加了一定的麻烦,使用者必须对数据的正误进行判断,而不能专注于对数据的分析应用之上.

本文提出了一个较为系统的 AC-S 数据处理方法,并应用于 2009 年冬季东海航次的 AC-S 数据,获得了原位的东海冬季水体吸收和衰减系数分布特征.处理的过程分为纯水校正、温盐校正、格式转换、异常数据剔除、剖面分离、散射校正及平滑处理.其中纯水校正和温盐校正通过与 AC-S 同一公司出品的 Compass2 软件来进行,后续的步骤则是通过 Matlab 自行编程来进行处理.

1 仪器简介及数据来源

仪器整体可分为 3 个部分,即最上端的控制部分,中间的吸收衰减光路,以及最下面的光源部分(图 1)^[4].AC-S 测量的主要波段为可见光波段,它共选取了 86 个波段来覆盖可见光波段.其中它的两

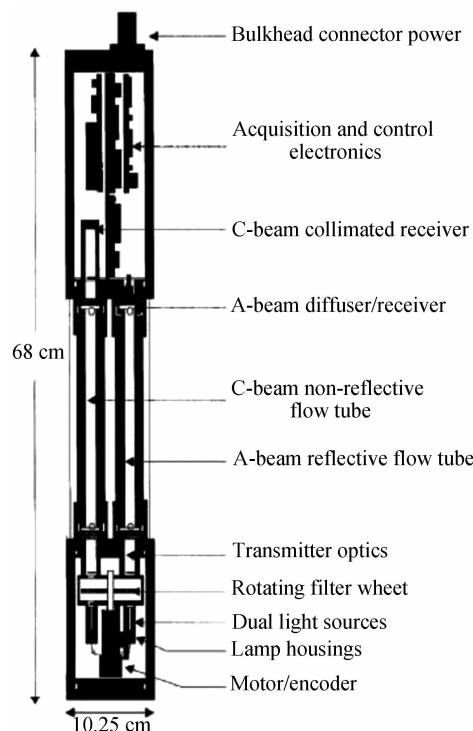


图 1 AC-S 整体结构示意图

Fig. 1 Schematic diagram of AC-S

基金项目:国家重点基础研究发展计划(No. 2009CB421202)和国家自然科学基金(No. 40976110)资助

第一作者:张翀(1986—),男,硕士研究生,主要研究方向为固有光学量. Email: tualatin@yeah.net

导师:何贤强(1978—),男,教授,主要研究方向为海洋彩色遥感及耦合海洋大气系统中的辐射转换.

收稿日期:2010-08-10; **修回日期:**2010-12-30

个光栅切割自同一线性光栅之上,并且在某一波长处有重合,以便保证能完全覆盖可见光部分.

本文所使用的数据来自于 973 计划“中国近海碳收支,调控机理及生态效应”项目的 2009 年冬季航次的东海航段.东海航段共布设了 64 个站点(图 2),其中有 15 个站点由于海况恶劣,AC-S 未能下放,有一个站点无有效数据,故有效数据共有 48 个站点.航行过程中,根据水体状况及测量数据的质量,不定期地对仪器进行标定并跟踪仪器的漂移状况,定标过程遵照仪器的用户手册上的流程进行.

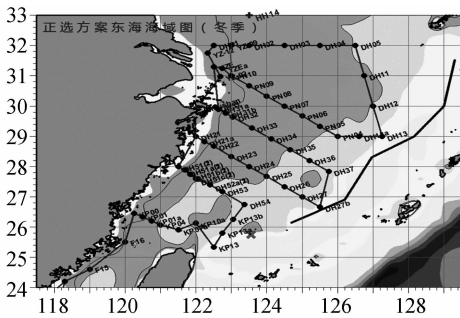


图 2 站点分布图(973 冬季东海航段)
Fig. 2 The distribution of the sampling station

2 AC-S 数据处理方法

本文开发的 AC-S 数据处理方法包括纯水校正、温盐校正、格式转换、异常数据剔除、剖面分离、散射校正和数据平滑等步骤.

2.1 纯水校正

光在水体中传输,不仅受到水体中有色组份和颗粒的吸收和散射影响,与此同时,也会被水分子所吸收和散射.因此,为了得到水体中有色组份和颗粒的吸收和衰减信息,必须扣除纯水本身对光的吸收和散射衰减.所以在对数据做其他处理之前,先进行纯水校正.校正的方法即是通过 Wet Labs 公司的 Compass2 软件进行.选择测量当时所使用的定标文件所制作的水文件(即含有定标文件中关于水的吸收和衰减系数的特定格式的文件),软件即可自动对数据进行水校正.由图 3,可以看出,纯水校正的量

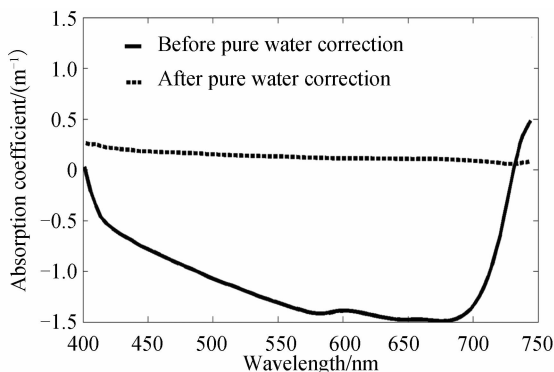


图 3 纯水校正前后对比
Fig. 3 Comparison between the before and after the pure water correction

值比较大.

2.2 温盐校正

仪器的定标系数是在实验室的室温条件下给出的,而与仪器在海上实际使用环境的温度不尽相同.一方面是因为温度的不同,导致仪器的电气参数的改变,从而使仪器的读数发生变化.同时,仪器测量的数据受到温度的影响较大,尤其是近红外波段所受的影响更为明显,因此必须对实测的数据进行温度校正.另一方面,仪器定标时所用的水是超纯水,其盐度和实测的海水的盐度相差较大,因此也需要对所测得的数据进行盐度的校正.温盐校正使用的是 WET Labs 公司的 Compass2 软件.由图 4 可明显看出吸收曲线在近红外波段受温盐影响较大.

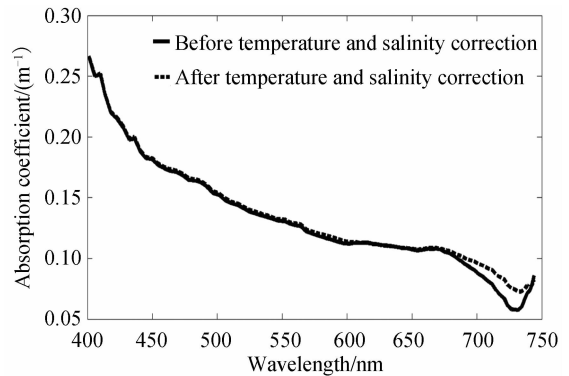


图 4 温盐校正前后对比
Fig. 4 Comparison between the before and after the temperature and salinity correction

2.3 格式转换

将 AC-S 进行温盐校正后的数据进行格式转换,将其转换为后续处理更加方便的数据格式.为了处理方便,将 AC-S 的数据格式统一,并且之后的几步处理中遵循这一格式,不再做更改.

将 AC-S 的数据分为数据矩阵,辅助参数矩阵,以及头文件 3 部分.辅助数据中包括时间、深度、温度和盐度数据.在 ACS 的辅助参数数据的基础上,根据测量时的 ACS 测量参数的设置,计算出仪器的下放和上升的速度,并将其加入至辅助参数矩阵中.另外,在辅助参数之后加上两列标识列,分别标识数据中 a 和 c 的两部分,其内容表征数据的正常或异常.初始化时,将此两列的值均全部设为 N ,表示其所对应的数据为正常数据.统一数据格式后,便可以采用同样的输入输出函数进行数据的读取和存储.

2.4 异常数据剔除

针对异常数据的不同形式,使用不同的分辨方法进行自动剔除.根据对大量实测数据的观察,异常数据主要分为两种,一是吸收系数(a 值)大于衰减系数(c 值),二是由于 AC-S 本身的机械构造所造成

的数据异常.

首先,对于 a 值大于 c 值的数据(见图 5),将同一时刻测量的 a 和 c 的值进行比较,只要某一个波段的 a 值大于 c 值,则该时刻所测得的数据将被判断为异常数据,同时将其所对应的两列标识列的值均设为 Y. 其次,由于 AC-S 在设计之初,仪器内置了两个光栅来使得仪器能够覆盖可见光、近红外的全部波段,在测量时两个光栅将会进行切换. 而 564 nm 和 568 nm 这两个波段,则正是 AC-S 的两个光栅切换的交界处(即两个光栅的一头和一尾),数据的前后两部分会出现较大的偏移(图 6). 对于此种异常数据,采用的是中位值法进行判断. 即对 a 或 c 的 564 nm 和 568 nm 波段进行判断. 对某一时刻的数据,在 564 nm 和 568 nm 前后共取 5 个波段的数据进行差值,取其绝对值,将其值排序后取中间位即第三位的值作为中位值. 再将 564 nm 和 568 nm 的两个波段的数据值进行相减取绝对值,若其值大于 4 倍的中位值,则将其判断为异常数据,同时将所对应的标识列的内容改变. 同一时刻的数据中,若 a 的数据为异常数据,而 c 的不是,则 a 所对应的标识列置为 Y,而 c 所对应的则不变,反之亦然. 在进行数据输出时,异常数据将会全部被赋值为 NaN.

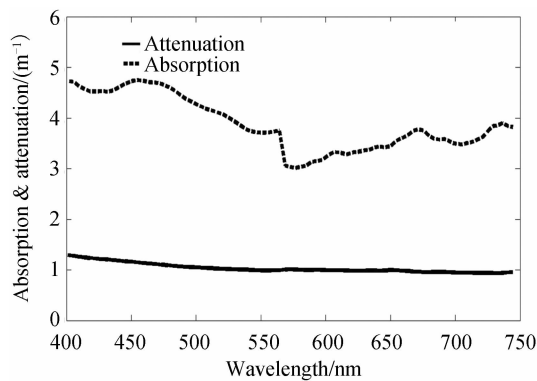


图 5 吸收系数值大于衰减系数值的异常数据
Fig. 5 The abnormal data with absorption coefficient larger than attenuation coefficient

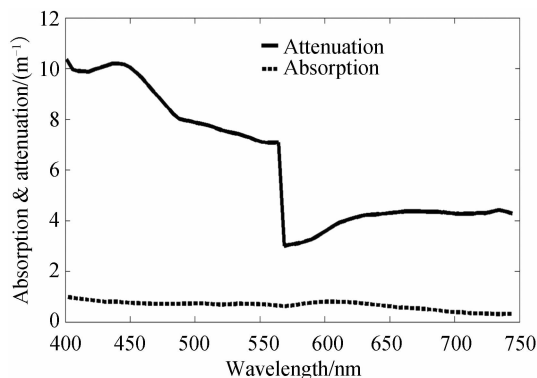


图 6 光栅前后两部分偏移过大的异常数据
Fig. 6 The abnormal data with the larger drift between the before-and-after grating

2.5 剖面分离

深度分离的目的主要是为了进行对比,即同一站点的测量数据的上升面和下降面之间的对比,同时若辅助以适当的辅助参数,即可对水体的成分有一个直观的了解. 深度分离主要是借助辅助数据中的深度数据列对数据进行处理. 在辅助数据中的深度数据列中,取出其深度最大值及其所对应的测量时刻. 得到深度的最大值所对应的测量时刻后,以该时刻为分界线,将数据矩阵,辅助数据矩阵,标识列矩阵分为上下两部分. 将数据矩阵,辅助数据矩阵和标识列矩阵的上半部分(包括深度最大值行)以及头文件合在一起存储为一个文件,而数据矩阵,辅助数据矩阵和标识列矩阵的下半部分及头文件则存储为另一个文件. 至此,即将一个数据文件分为两个文件,一个代表上升剖面,而另一个则代表下降剖面.

2.6 散射校正

散射校正是因为 AC-S 的设计原理所引发的. AC-S 测量吸收值时,光所经过的管路内壁是光滑的石英材质,其可以将由水体成分造成的散射光再次反射回去,以此来近似达到测量所有吸收值的目的. 因此散射校正则主要是针对 a 的数据进行处理,与 c 无关,采用的方法是基线校正法. 将之前处理过的数据读入之后,对 a 的数据进行操作. 将 a 的每一时刻的数据的 715 nm 至 735 nm 波段的值取出,进行相加后取平均值,此值即为基线值. 再将此时刻 a 的所有波段上的值减去这个值,即完成散射校正. 另外,如果 715 nm 至 735 nm 波段值的和为 0,则将 a 的数据统一赋值 eps(即 matlab 中计算机所能辨别的最小值). 图 7 为散射校正的一个实例,可以看出,散射校正的量值比较大,特别是在近海的强吸收水体.

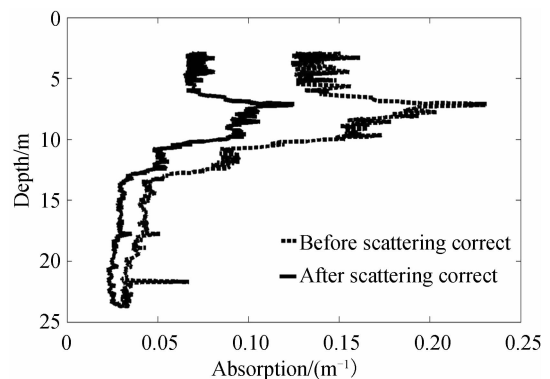


图 7 散射校正前后对比
Fig. 7 Comparison between the before and after the scattering correction

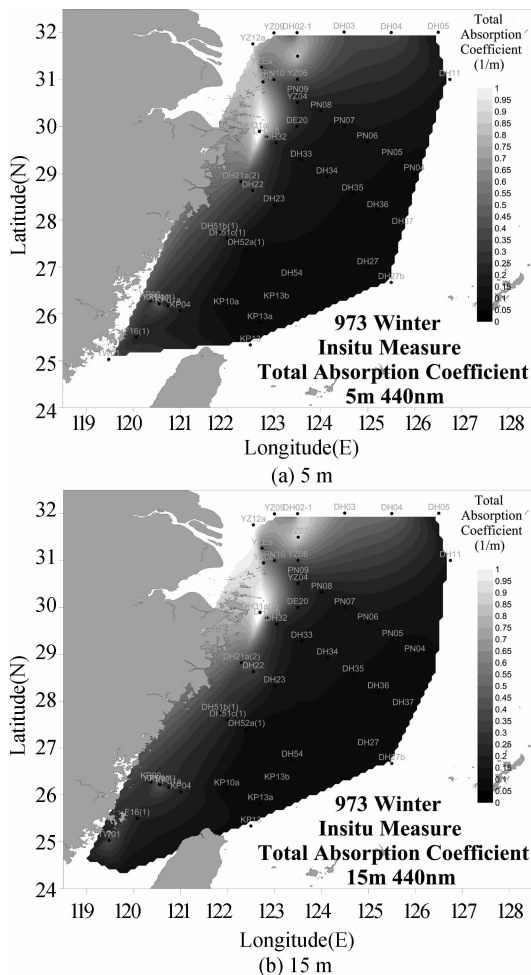
2.7 数据平滑

最后对数据进行平滑处理. 首先对读入的数据进行筛选. 借由标识列数据,将异常数据从总体数据

中进行剔除,而将剩下的数据组成一个新的矩阵进行平滑处理.平滑处理采用的方法是最小二乘法多项式拟合.每个站点将 a 和 c 的各个波段分别取出,分开独立进行平滑处理.

3 应用实例

将本文开发的 AC-S 数据处理方法应用于整个 2009 年冬季航次的东海航段,获得了东海冬季不同水层的吸收和衰减系数分布,见图 8 和图 9.从整体来看,冬季东海海区海水水体呈现出明显的垂直混匀趋势,上下基本一致.同时,吸收和衰减系数的空间分布为由岸向海的梯度递减形式,尤其以杭州湾、长江口入海区域具有最大的吸收和衰减系数,其吸收最大值可达 1.25 以上,衰减系数可达 9.28.



致谢:感谢 973 计划“中国近海碳收支,调控机理及生态效应”项目 2009 年冬季航次光学测试小组全体成员。

参考文献

- [1] FU Dong-yang, DING You-zhuan, TAO Bang-yi. Using and data processing technique of underwater spectral absorption and attenuation meter[J]. *Ocean Technology*, 2009, **28**(3): 101-105.
付东洋,丁又专,陶邦一. 水下光谱吸收衰减仪(AC-S)的使用与数据处理技术[J]. *海洋技术*, 2009, **28**(3): 101-105.
- [2] LI Gang. Calibration for absorption and attenuation meter[J]. *Ocean Technology*, 2005, **24**(3): 120-123.
李刚. 水体吸收衰减系数测量仪定标技术[J]. *海洋技术*, 2005, **24**(3): 120-123.
- [3] WANG Xiao-mei, TANG Jun-wu, SONG Qing-jun, *et al.* A research on statistical retrieval algorithms and spectral characteristics of the total absorption coefficients in the Yellow Sea and the East China Sea[J]. *Oceanology and Limnology*, 2006, **24**(3): 236-242.
- [4] AC-S User's Guide(ac-s) [M/OL]. (2006-2-9) [2010-3-10]. <http://www.wetlabs.com/products/ac/acall.htm>.
- [5] AC-9 Protocol(ac9prot) [M/OL]. (2005-4-11) [2010-3-10]. <http://www.wetlabs.com/products/ac/acall.htm>.
- [6] OKULLO W, SSWNYONGA T. Parameterization of the inherent optical properties of Murchison Bay, Lake Victoria [J]. *Applied Optics*, 2007, **46**, 8553-8661.
- [7] MOBLEY C D. Light and water: radiative transfer in natural waters[M]. San Diego: Academic Press, 1994.
- [8] ZENG Zong-yong, LIU He-lai, JIANG Yu, *et al.* Analysis on effect of beam quality on measurements of scintillation intensity and flow velocity[J]. *Acta Photonica Sinica*, 2007, **36**(10): 1884-1888.
曾宗泳,刘和来,江宇,刘文清,刘建国. 光速质量对闪烁和流速测量的影响分析[J]. *光子学报*, 2007, **36**(10): 1884-1888.

Data Processing Technique for Hyperspectral Absorption and Attenuation Meter

ZHANG Xuan, TAO Bang-yi, HE Xian-qiang

(State Key Laboratory of Satellite Ocean Environment Dynamics, the Second Institute of Oceanography, SOA, Hangzhou 310012, China)

Abstract: The absorption and attenuation coefficients are the inherent optical properties (IOPs) of water, and also the fundamental parameters for the ocean color remote sensing, which play an important role in ocean color remote sensing algorithm development and information retrieval. The hyperspectral water absorption and attenuation meter (AC-S) is the primary instrument which could in-situ measure the attenuation and absorption coefficients of water, in the world. In this paper, the principle, method and steps of the data processing for the AC-S are described in detail. Using the developed method, the in-situ AC-S dataset of the winter cruise of 2009 in the East China Sea are processed, and the in-situ distributions of the water absorption and attenuation coefficients in the East China Sea are derived. The method developed in this paper, could detect and remove the abnormal data efficiently, and obtain accuracy data of the water absorption and attenuation coefficients, which could provide the high quality data for the algorithm development and validation of the ocean color remote sensing.

Key words: Absorption coefficient; attenuation coefficient; inherent optical properties; ocean color remote sensing