

1997 年 8 月台湾浅滩南部边缘海域主要光学要素的多周日变化分析^{*}

张学斌¹ 胡建宇¹ 张彩云¹ 陈照章¹ 林奋强¹
梁洪星² 洪建胜²

(¹ 厦门大学亚热带海洋研究所 361005)

(² 福建海洋研究所 厦门 361012)

提要 通过对 1997 年 8 月中旬在台湾浅滩南部边缘海域所获得的光学参数数据进行分析,对水下辐照度、光束衰减率和光束透射率等主要光学参数的多周日变化规律及其形成机制进行了探讨。认为调查期间,台湾浅滩南部的水下辐照度自上而下表现出了很好的规律性和一致性,各层的辐照度随时间呈峰谷型分布,与太阳辐射强度规律符合得较好;不同时刻的光束衰减率的垂直分布基本相似,往往在 30 m 层上下出现一个峰值。光束透射率与光束衰减率存在反相关关系。

关键词 光学要素,台湾浅滩南部边缘海域,多周日变化

由于条件所限,以往一般只能借助透明度盘和水色计来进行海区透明度和水色的测量,并以此来大致说明该海区的光学特性。随着海洋光学调查仪器的发展,现在已经可以对海区进行多种光学参数的测定了,如:光束衰减率、光束透射率、海面照度、水下辐照度(向上辐照度、向下辐照度)等。对于台湾浅滩南部海区来说,光学参数的测量与研究少见报道。1997 年 8 月中旬,作者在台湾海峡南部海区进行了一次综合性海洋调查,并在台湾浅滩南部边缘的两站位(9701 站和 9704 站)进行了多周日定点观测,获取了部分光学测量资料。

1 站位及数据来源

两站位分布如图 1,9701 站(119°00′05″E, 20°39′02″N)位于台湾浅滩的东南端,平均水深 58 m。9704

站(118°09′03″E, 22°24′06″N)位于台湾浅滩南部边缘的偏西处,平均水深 69 m。调查船从 8 月 11 日 12 时至 8 月 14 日 12 时对 9701 站进行了 72 h 的观测,而对 9704 站从 8 月 14 日 18 时至 17 日 6 时进行了 60 h 的连续观测,采样间隔 3 h。

两站位所获取的数据均来自于美国 Sea Bird 公司的 SBE19 CTD 所附辐照度计和透射率计。

2 光束衰减率与光束透射率的多周日变化分析

自然光在海水中的衰减较快,这主要是由于海水

^{*} 国家自然科学基金重点资助项目 49636220 号。

收稿日期:1998-08-01;修回日期:1998-10-30

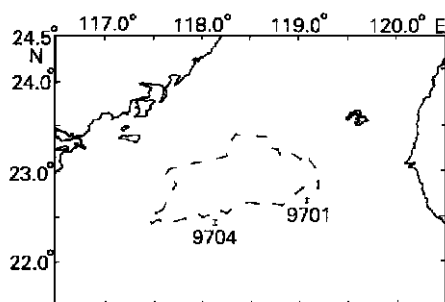


图1 调查站位

Fig.1 Locations of investigated stations

的散射和吸收作用造成的[3]。设辐射通量 ϕ 经过厚度为 dl 的水层后,其损耗为 $d\phi$,因而 $d\phi = -c\phi dl$,其中 c 是光束衰减率。事实上,不同波长的光在水中的散射和吸收亦不同,因而其光束衰减率亦不同,本文采样的透射率计使用了定波长(480 532 或 660 nm)作为光源来进行测量,所测的光束衰减率实际上对于该波长光波而言的。

从不同时刻两站位的光束衰减率的垂直分布来看,其垂直分布大体相似,即在表层及近表层(大约厚度为 20 m),光束衰减率随深度基本保持不变,其值略大于 0.6 m^{-1} ,尔后逐渐增至峰值($0.8 \sim 1.3 \text{ m}^{-1}$),随后降至略高于 0.6 m^{-1} ,并在以下约 10 m 的厚度内保持该值,而在近底层(50 m 上下)处表现出增大的趋势(如图 2)。

由于光束衰减率主要是由水中溶解的和悬浮的有机和无机颗粒所决定的,所以当联系同时获得的叶绿素浓度数据来看,在绝大多数时刻,光束衰减率与叶绿素浓度从表层至 40 m 层(有时会深至 50 m,而浅至 35 m)随深度的变化趋势大体相同。只是在近底层光束衰减率表现出增加的趋势,而叶绿素往往表现为减小或不变的趋势。光束衰减率达到峰值时的深度恰恰也是叶绿素浓度达到最大值的深度。而且若叶绿素达到峰值时的浓度较大,则光束衰减率达到峰值时的值也较大。显然这说明了该光束衰减率峰值是由于在该深度层上浮游植物大量聚集,从而引起光在该深度层衰减增大的缘故。光束衰减率在近底层附近存在增大趋势的现象在其他海区也有出现^[1,2],应是由于海水对海底沉积物扰动作用和沉积物本身的扩散作用引起的。

参考同期所获得的温盐数据^①,又可发现光束衰减率的峰值和叶绿素浓度的峰值恰好出现在温盐跃层之中,并且两站位大部分时刻的数据中这几项要素的分布都吻合得较好,如图 2 9704 站 15 日 21 时这几项参数的垂直分布,可发现出其中有很好的对应关系。这是因为浮游植物往往易在跃层上下附近聚集,而浮游植物的聚集必然带来一些有机碎屑和其他颗粒物等悬浮物,这样势必增加了对光的衰减,因而光束衰减率上升。

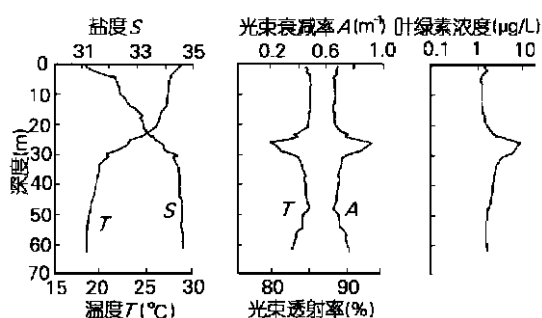


图2 9704 站 15 日 21 时各要素的垂直分布

Fig.2 Parameters' vertical distribution in Station 9704 at 21:00, 15th August

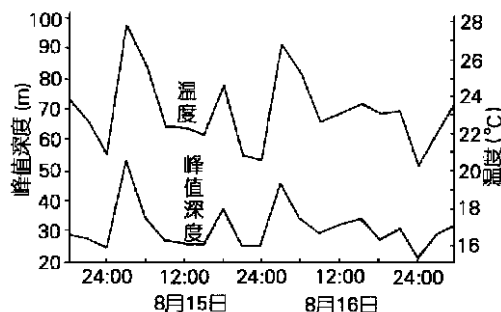


图3 9704 站光束衰减率峰值深度和 30 m 层温度变化随时间变化情况

Fig.3 Time-series variation of optical attenuation's peak depth and temperature at 30 m layer in station 9704

图 3 给出了 9704 站 60 h 内光束衰减率出现峰值的深度随时间变化的情况,可以看出,光束衰减率峰值大部分出现在 30 m 上下。图中还给出了该站 30 m

① 张学斌等,1998,1997 年 8 月台湾浅滩南部边缘海域温盐要素多周日变化分析。

层温度随时间变化的情况,可看出二者之间存在着完全的对应关系。作者1998年已指出30 m层的温盐变化规律是由其所处的特殊地形和各层的流况所决定的,30 m层温盐的变化实际上反映了温盐跃层的变化情况。30 m层温度上升,盐度下降意味着温盐跃层下降,从而使得与跃层深度相对应的叶绿素浓度峰值和光束衰减率峰值出现的深度相应地也下降。从图3中还可看出,光束衰减率峰值出现深度在1周内基本呈二峰二谷分布,其成因应与温盐跃层的浮动以及温盐跃变的成因相同。

9701站光束衰减率的垂直分布规律大体与9704站相同,不同之处在于在有些时刻在上层表现为两部分光束衰减率均匀分布的水体的迭加,而这两部分水体的光束衰减率以表层为大,而下面的那部分较小。图4为13日6时9701站的各要素的分布,从图中可看出,这两部分光束衰减率相对均匀的水体恰好对应作者1998年文章中所指出的上层高温低盐水和中层高温中盐水,因而该分布性质当是由水体来源不同所造成的,而这也为作者文章中的水体分类提供了一个光学上的佐证。

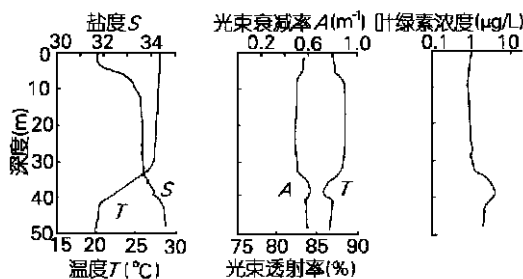


图4 9701站8月13日6时各要素的垂直分布

Fig. 4 Parameters' vertical distribution in station 9701 at 6:00a.m., 13th August

依《海洋调查规范》[5],光束透射率 T 定义为垂直光束透射辐通量与入射辐通量的比值,当水层均匀时,光束透射率 T 和光束衰减率 c 存在以下关系: $T = e^{-cdl}$ (c 和 dl 的定义同上)。因而光束衰减率越大,光束透射率越小,光束衰减率的峰值处,便是光束透射率的谷值处(如图2.4所示)。 T 的垂直分布规律与 c 的相反,即:表层及次表层(约20 m)保持不变,约85%,尔后减至谷值,随后增至85%左右,并在以

下10 m层左右的厚度内保持该值,在近底层(50 m)附近表现出减小的趋势。

3 太阳辐照度多周日变化规律分析

太阳辐射在通过大气的过程中会受到散射和吸收等作用影响,未被吸收的太阳辐射以直达辐射和散射辐射两种形式射达海面,二者之和即为到达海面的总辐射,它与太阳高度、大气透明度和云量云状的关系很密切,不同地点(纬度)和不同季节也明显不同^[3]。到达海面的太阳辐射一部分被海面反射回大气,而另一部分才是真正进入海水中的辐射能。

作者所利用的辐照度计是用于测定水下所获得的太阳辐射强度的大小,它实际上只是测定波长在400~700 nm之间的水下辐照度,并未测量所有波长的水下辐照度,但由于太阳辐射主要集中在可见光波段,因而用该仪器所获得的数据来代表太阳辐照度是可行的。

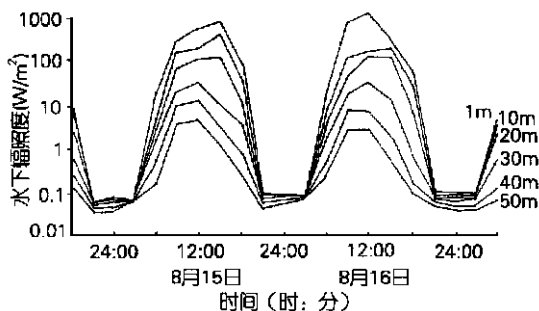


图5 9704站各层水下辐照度随时间变化情况

Fig. 5 Underwater irradiance's variation with time in different layers of Station 9704

图5给出了9704站0~50 m层60 h内水下辐照度随时间变化曲线,从图中可看出水下辐照度自上而下各层表现出了很好的规律性和一致性。由于采样间隔为3 h,因而较难对其时间性作准确描述,这里只是对其大致的规律进行描述:水下辐照度表现为峰谷波动分布,自夜间21时至次日凌晨3时辐照度处于谷值,且多在3时出现极小值,从3时起至6时,开始逐渐增大,而6~12时迅速增大,12时开始进入峰值阶段,峰值会维持到15时左右,在12时或15时到达最大值,随后辐照度迅速下降,至21时进入低谷阶段。

前面已经提到过了,到达海面的太阳辐射包含直

达和散射两种形式,而直达辐射主要受大气透明度和太阳高度的影响,其中太阳高度对太阳辐射的影响遵守朗伯定律^[4]:射达水平面上的太阳辐射能与太阳高度的正弦成正比,即太阳高度越小,等量的太阳辐射能散布的面积越大,因而单位表面积所获得的太阳辐射能就越小。散射辐射也与太阳高度有关,太阳高度增加时,直达辐射增加,散射辐射也随之增加,反之亦然。因而可认为达到海面的太阳辐射受太阳高度的影响,中午太阳高度最大,因而太阳辐射也最强,凌晨2、3时太阳高度最小,因而太阳辐射也最弱。由此看来,作者所测的水下辐照度的变化规律与此符合得很好。

由于水下辐照度是由上述规律决定的,因而在天气状况(云况、云状等)基本不变的情况下,水下辐照度当主要由太阳高度所决定,具有较好的周日重复性。

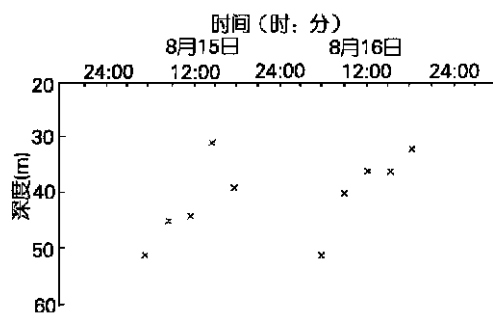


图6 9704站 $Z_{0.01}$ 深度随时间变化情况

Fig.6 Variation of $Z_{0.01}$ with time in station 9704

由于散射和吸收的作用使得太阳辐射进入海水中后迅速衰减。在海洋学上,为了表征太阳光在各海区的衰减情况,定义了 $Z_{0.01}$ 深度,即表面太阳辐射1%所在的深度,它相应于透光带的深度^[1]。图6为9704站 $Z_{0.01}$ 深度的分布,21时、24时和3时未列出来是因为在这些时刻,太阳辐照度从上至下的变化较

小,即使在60m层的水下辐照度仍有表层的20%左右,无法确定 $Z_{0.01}$ 深度。从图6中可看出,上午的 $Z_{0.01}$ 深度往往较深,而中午以后较浅,这也说明了上午时间水下辐照度随深度衰减相对较慢,而中午以后则较快。

4 小结与讨论

4.1 调查期间台湾浅滩南部海域两站位的光束衰减率垂直分布表现为:表层以下约20m层内光束衰减率保持相对一致,约 0.6 m^{-1} 左右,尔后逐渐增至峰值,随后减小至 0.6 m^{-1} 左右并在以下10m的厚度内保持该值,近底层(50m)附近光束衰减率表现为增加的趋势。光束衰减率的峰值处也即叶绿素峰值出现处,处于温盐跃层之中,它们之间存在很好的对应关系。

4.2 水下辐照度自表层至底层表现出了很好的规律性和一致性,呈峰谷波动分布,正午到达峰值,而子夜到达谷值,水下辐照度有较好的周日重复性。

4.3 有些要素的周日重复性较好,而其他则较差,变化显得较为杂乱,是事实就是如此,还是采样时间不够长,没有达到其重现周期呢?这还有待于进一步的调查和研究来验证。

参考文献

- 1 钟其英等。南沙群岛及其邻近海区综合调查报告(1)(下卷),北京:科学出版社,1989。424~434
- 2 钟其英、郭运孝等。台湾海峡中、北部海洋综合调查报告,北京:科学出版社,1988。189~199
- 3 叶安乐、李凤歧。物理海洋学,青岛:青岛海洋大学出版社,1992。54~56
- 4 胡建宇。物理海洋学基础教程,厦门:厦门大学出版社,1995。212~214
- 5 国家技术监督局,海洋调查规范——海洋声、光要素调查,北京:中国标准出版社,1992。15~22

ANALYSIS ON THE MULTI-DAYS CHANGE OF OPTICAL PARAMETERS IN THE SOUTHERN MARGINAL AREA OF THE TAI WAN SHOALS IN AUGUST 1997

ZHANG Xue-bin¹ HU Jian-yu¹ ZHANG Cai-yun¹ CHEN Zhao-zhang¹ LIN Fei-qiang¹
LIANG Hong-xing² HONG Jian-sheng²

(¹*Institute of Subtropical Oceanography, Xiamen University 361005*)

(²*Fujian Institute of Oceanology, Xiamen 361012*)

Received; Aug.,1,1998

Key Words: Optical parameters, The southern marginal area of the Taiwan Shoals, Multi-days change

Abstract

Through analysis on the optical parameter data obtained in the southern marginal area of the Taiwan Shoals in the middle August 1997, we get the multi-days change rules of some main optical parameters such as underwater irradiance, optical attenuation and transmission, and deduce the forming mechanism. During the investigation period, the variation of underwater irradiance in this area is regular and consistent from upper layer to lower layer, with peak-valley alternatively distributional feature, which accords with the irradiation of the sun. The vertical distribution of attenuation is similar, usually having a peak value at about 30 m layer. 🌊

(本文编辑:张培新)