

海洋光学

N. G. 杰尔洛夫 著

科学出版社

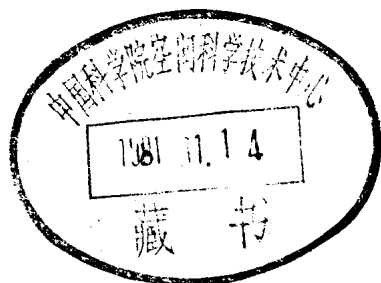
P733.3
JNG

海洋光学

N. G. 杰尔洛夫 著

赵俊生 吴曙初 译

5674/104
(7424/59)



科学出版社

1981

000817

内 容 简 介

本书是 Elsevier 海洋学丛书的第十四卷。它全面、系统地综述了海洋光学的研究内容及发展近况。全书分三部分,共十五章。第一章是总论。第一部分为海水的固有光学性质,包括第二、三章。第二部分为水下辐射能,包括第四—十三章。第三部分为光学方法的应用(包括光学遥感),由第十四、十五两章组成。

本书可用作海洋光学参考书,也可供与海洋光学有关的科技人员参考。对于大学海洋光学课程来说,这是一本合适的教科书。

N. G. Jerlov

MARINE OPTICS

Elsevier Oceanography Series 14

Elsevier Scientific Publishing Company
Amsterdam-Oxford-New York, 1976

海 洋 光 学

N. G. 杰尔洛夫 著

赵俊生 吴曙初 译

责任编辑 赵徐懿

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1981 年 7 月第 一 版 开本: 787×1092 1/32

1981 年 7 月第一次印刷 印张: 8 3/4

印数: 0001—1,560 字数: 194,000

统一书号: 13031·1598

本社书号: 2194·13—17

定价: 1.35 元

译 者 的 话

《海洋光学》是1968年版的《光学海洋学》一书的全面修订本。两种版本的基本格调是一致的,所不同的是新版本增加了1968年至1976年期间的新进展;在所研究的问题的深度及广度方面也有所改观。例如,分子散射理论中的 λ^{-1} 定律,在新书中已精确到 $\lambda^{-1.32}$ 。关于纯海水中可溶性物质,特别是盐度对光散射的影响问题,新书中增添了法国的 Morel 的新近研究成果(见§2.3.2)。在大的方面,增加了用光学遥感技术划分水团、进行污染监测和海洋生产力研究方面的新内容。书中第八章特别指出,由于光学遥感方面需要,目前关于海洋水色的研究已成为海洋光学发展的前沿阵地。由此可见,新技术的出现,一方面刺激了海洋光学本身的发展;另一方面使人们在将海洋当作统一的整体而从各个学科分支的侧面共同来解决海洋中的问题已成为可能。

杰尔洛夫著的这本《海洋光学》的特点是,对整个海洋光学的发展、研究内容和发展方向都作了全面综述。书中所涉到的内容都注出了文献的出处;书末附录五百余篇参考文献,有代表性的文章基本收罗在内。

海洋光学,作为海洋学的独立分支在我国尚属薄弱的一环。由于工作上的需要,接触到杰尔洛夫所著的《海洋光学》一书,认识到它的价值,于是我们决心译出来。译文也许是拙劣的,但是,真实的用心是想通过译文介绍,希望有更多同志来关心海洋光学的发展。如果我们的译文能起到抛砖引玉的作用,那将不胜荣幸之至。

关于专业术语的译名问题,由于国内尚无一本专门的光学术语辞典或词汇可资运用,所以在中文译名方面颇感棘手。本书中光学术语主要是依据 1975 年版《英汉物理学词汇》等。有些术语的译名是在多方商讨后才确定出来的。

译稿承蒙老师束星北教授审订。在译稿修改期间,山东海洋学院于良副教授曾校阅过部分章节并提出了不少宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

因为水平有限,译文一定有不少错误或不妥之处,切望批评指正。

第二版作者原序

随着海洋学各分支的进展，海洋光学也正处于快速发展阶段。新技术的采用，使得提高观测精度和扩展到海洋更大深度上的测量成为可能。如今，较常使用的包括遥感的光学方法，已为划分水团、示踪污染、研究初级生产力等提供了更大的方便。

这第二次全面修增的专论，扩充收集了本领域最新成就并保持了教科书的特色和基本格式。正如第一版一样，并不试图对各类成象系统作专门讨论。作者希望本书成为一本有益的参考书，以资回答大学生及专家们所遇到的一些问题。

在此，请允许我向 Murray Brown 博士，E. Halldén 夫人，N. Højerslev 博士，G. Kullenberg 博士以及哥本哈根物理海洋学协会的 B. Lundgren 先生，K. Nygård，还有 R. Pelt 夫人致以诚挚的谢意。感谢他们给予的最慷慨的协助。

N. 杰尔洛夫

目 录

译者的话	v
第二版作者原序	vii
第一章 绪论	1
§ 1.1 学科的性质	1
§ 1.2 历史记述	1
§ 1.3 专门术语	3

第一部分 海水的固有光学性质

第二章 散射	15
§ 2.1 散射问题	15
§ 2.2 散射仪	15
§ 2.3 由水引起的散射	23
§ 2.4 海水折射率和色散	26
§ 2.5 海洋中的颗粒性物质	28
§ 2.6 粒子散射	33
§ 2.7 体积散射函数	41
§ 2.8 总的散射系数	47
§ 2.9 散射色散	49
§ 2.10 多次散射	51
§ 2.11 散射光的偏振	51
第三章 光束衰减	57
§ 3.1 衰减过程	57
§ 3.2 射束透射率仪	58
§ 3.3 海水的衰减率	63

§ 3.4 荧光	76
----------------	----

第二部分 水下辐射能

第四章 海表面的总入射辐射	81
§ 4.1 频谱分布	81
§ 4.2 偏振	85
第五章 海面反射	86
§ 5.1 理论	86
§ 5.2 漫反射系数的概念	93
§ 5.3 光轮效应	94
§ 5.4 反射率的实验值	94
§ 5.5 反射光的色散	95
第六章 海表面的折射	96
§ 6.1 折射定律	96
§ 6.2 表面辐射率和辐照度的变化	97
§ 6.3 波浪的折射效应	97
第七章 海洋中辐射传输理论	99
§ 7.1 散射光的简单积分	100
§ 7.2 向下辐照度与太阳高度的关系	103
§ 7.3 半经验模式	104
§ 7.4 标量辐照度	105
§ 7.5 辐射传输方程	107
§ 7.6 能见度实验室的辐射率模式	109
§ 7.7 辐射传输理论	111
§ 7.8 向上和向下辐照度的关系	114
§ 7.9 渐近状态	116
第八章 水光测量的技术设备	122
§ 8.1 收集器	122
§ 8.2 检测器	126
§ 8.3 滤光片	128

§ 8.4	定向问题	130
§ 8.5	测试仪器	132
§ 8.6	校准	138
§ 8.7	测量程序	139
§ 8.8	水色计	140
第九章	辐射率	141
§ 9.1	上层辐射率	141
§ 9.2	渐近辐射率分布	147
第十章	辐照度	153
§ 10.1	上层海洋的向下辐照度	153
§ 10.2	光学分类	158
§ 10.3	光量子辐照度	167
§ 10.4	总的向下辐照度 (300—2500 毫微米)	168
§ 10.5	深水层的向下辐照度	168
§ 10.6	垂直面上的辐照度	172
§ 10.7	向上辐照度	172
§ 10.8	标量辐照度	175
§ 10.9	辐照度与太阳高度的关系	176
§ 10.10	底层的影响	181
§ 10.11	辐照度起伏	181
第十一章	水下辐射能的偏振	183
§ 11.1	一般偏振图	183
§ 11.2	观测结果	183
第十二章	能见度	189
§ 12.1	对比度	189
§ 12.2	理论结论	189
§ 12.3	测量结果	192
§ 12.4	场辐射率的能见度	193
§ 12.5	调制传递函数	194
第十三章	海洋的水色	197

§ 13.1	定义	197
§ 13.2	色觉	197
§ 13.3	色度分类	198
§ 13.4	海洋水色理论	200
§ 13.5	海上观察的水色	201
§ 13.6	现场观测的水色	201
§ 13.7	悬浮粒子和黄色物质的吸收	207
§ 13.8	海洋的褪色	208

第三部分 光学方法的应用

第十四章	物理海洋学方面的应用.....	209
§ 14.1	光学应用的对象	209
§ 14.2	反射和折射	209
§ 14.3	粒子的分布	210
§ 14.4	污染研究	226
§ 14.5	光学遥感	227
§ 14.6	黄色物质的分布	228
§ 14.7	荧光分布	230
§ 14.8	色指数	232
第十五章	海洋生物学方面的应用.....	235
§ 15.1	初级生产力	235
§ 15.2	生物发光	244
§ 15.3	动物定向	245
参考文献		246

第一章 绪 论

§ 1.1 学 科 的 性 质

光学海洋学是从光学观点来研究海洋的，它通常被看做海洋学的一个特殊分支。按学科分类，它应属于物理学范畴。因此，其一切被测的量都必须从严格的定义出发。水光学，已在海洋学及有关的领域中得到广泛的应用，而且对于按光学性质划分水团的可能性也引起越来越多的注意。

海水的光学性质，主要是由存在于海水中的各种可溶性和颗粒性的物质来决定的。因此，研究海水中的可溶性和颗粒性物质的光学特性和找出其中的旋光性的成分就成了光学海洋学的首要任务。当然，这必须先对作为纯液体的水本身的性质要有精细的了解。

海洋学和气象学在观点及研究方法上的交流是显著的。这两个领域中，对于决定海空界面上能量交换的物理过程都有着共同的兴趣。从另一方面来说，在海洋与大气中的光传播又是受不同的物理过程支配的。大气主要是散射介质；而在海洋中，吸收和散射则充当着同样重要的角色。如所周知，来自于太阳和天空的总辐射能，在半米的水层中就消失过半。究其原因，主要就在于海水对红外线的强烈吸收。

§ 1.2 历 史 记 述

尽管详细记述整个历史情况越出了本绪言的范畴，然而

战前水光学发展的引人注目之点,可以适当提及。研究的推进与测试技术的发展密切相关,这有历史的明证。例如,早期的测量仅有照相法可用。回溯到 1885 年,当时 Fol 和 Sarasin 在地中海科特达祖尔 (Côte d'Azur) 海区,就是用的照相底片曝光法进行辐射能研究的。值得注意的是,Knudsen (1922) 利用水下摄谱仪照相记录法,在海洋的不同水平面上测量频谱辐射率获得成功。

海洋观测中光电管的引用 (Shelford 和 Gail, 1922), 导致了光学测量技术的改革。本世纪三十年代许多先驱者 (Atkins 和 Poole, 1933; Clarke, 1933; Utterback 和 Boyle, 1933; Pettersson 和 Landberg, 1934; Jerlov 和 Liljequist, 1938; Takenouti, 1940; 以及 Whitney, 1941) 在设计和使用辐射率计与辐照度计方面做了很多工作的。Pettersson (1934) 还设计出现场射束透射率仪和散射仪的最初蓝图。利用散射测量进行深海粒子分布调查,至今还是根据 Kalle (1939a) 原来所提出的方法进行。

Shuleikin (1923, 1933) 发表的一系列论文中,第一次对海水水色作出正确的解释;并且对浑浊介质中光场的结构进行了定量的分析。关于可溶性黄色物质对于光透射及对水色影响的结果,是 Kalle 于 1938 年得到的。Gershun (1936, 1939) 提出了光场的一般理论;同时引入一系列新的光度学概念,例如,在近代理论中所不可缺少的标量辐照度。Le Grand 终于在 1939 年的论文中提出了一套与基本定律联解的水光学分析方法。

持续了三十年关于近海区光透射的研究,成绩真少得令人吃惊。究其原因,部分即在于测量中使用了宽带滤光片所具有的困难所致。然而从 1955 年起,由于光电倍增管和干涉滤光片的采用,局面彻底改观。这项使我们能够高精度地研

究所有光学参数的新技术,为本学科的飞速发展铺平了道路;另外,激光的诞生更产生了强烈的刺激。目前,激光正成为海洋光学研究的有用工具。总之,新技术、新器件的出现,促成了海洋光学向着新纪元突进。此外,光学遥感的出现,更为海洋学家们提供了综观大洋广大区域的本领。

§ 1.3 专 门 术 语

国际物理海洋学协会 (IAPO) 下属的海洋辐射能委员会 (CRES) 认为,在海洋光学中确定一些基本定义是绝对必要的。由该委员会所推荐的那些定义,在某种程度上是参照国际照明委员会 (Commission Internationale d'Éclairage) (Anonymous, 1957) 和国际物理学及电子学词典 (New York, 1956) 所公布的条款确立的;此外,也为海洋光学专用的大量术语提出了恰当的定义。不过,委员会认为,对于象透射、散射和反射这些难以定义的基本概念,给以纯逻辑的导出已越出他们的工作范围。希望深究这些定义问题的读者,参见 Preisendorfer (1960) 所作的解释。

§ 1.3.1 一 般 原 则

确定标准术语的一些基本原则如下:

当研究来自太阳和天空的辐射能时,术语“辐射率”及“辐照度”,认为是基本的;而属于点源的辐射强度这一概念,则很少应用。我们用衰减表示吸收和散射的复合过程而避免用消光这个词。各种仪器的名称都在其测量的量命名后加“计”字或“仪”字,例如辐射率计、辐照度计、散射仪和射束透射率仪(以前称透明度仪)。至于术语“透明度”和“浑浊度”,不作严格定义,它们仍用作水光特性的粗略的指标。

基本术语和符号,海水的性质以及测量仪器及器件等一览表列述如下。图 1 的示意图是对定义的补充说明,兼阐述仪器设计的主要特征。

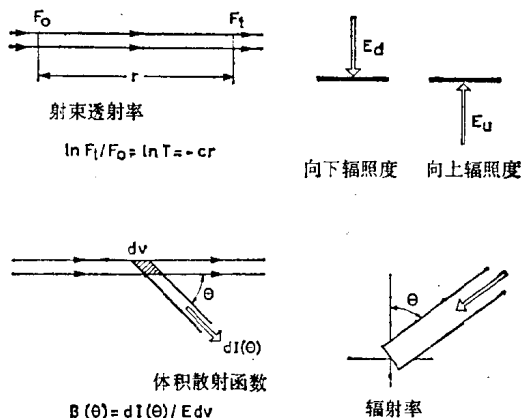


图 1 补充说明海洋特性及基本参量定义的示意图

§ 1.3.2 定 义

基本量

1. 波长: 沿周期波传播方向, 振动位相相同的相继两点间的距离。

(注): 单色辐射能的波长与介质的折射率有关。以后除非另有规定, 波长值都认定是空气中的。

符号: λ

单位: 米 1 毫微米 = 10^{-3} 微米 = 10^{-9} 米

2. 太阳天顶距: 天顶与太阳之间的夹角。

符号: i

3. 辐射能的量值: 辐射传输的能量。

符号: Q

单位: 焦耳; 尔格

$$1 \text{ 尔格} = 10^{-7} \text{ 焦耳}$$

4. 辐射通量: 辐射能的流量的速率。

符号: F

单位: 瓦特

$$\text{关系式: } F = \frac{Q}{t}$$

5. (源沿给定方向上的)辐射强度: 包含给定方向的无限小锥体内, 源或微源所发出的辐射通量与该锥体的立体角的比值。

注: 对非点源的辐射源的情况为在任一面元上所接收的辐射通量与辐射源上的任一点对该面所作的立体角的商, 当商值随面元与辐射源的距离增大而趋于极限时, 此商值定义为非点源的辐射强度。

符号: I

单位: 瓦/立体角

$$\text{关系式: } I = \frac{dF}{d\omega}$$

6. 辐射率: 单位立体角单位发射面积上所发出的辐射通量。

符号: L

单位: 瓦/米²×立体角

$$\text{关系式: } L = \frac{d^2F}{dA \cos \epsilon d\omega}$$

7. (面上任一点的)辐照度: 入射在包含所考虑点的无限小面元上的辐射通量与该面元的面积之比。

符号: E

单位: 瓦/米²

$$\text{关系式: } E = \frac{dF}{dA}$$

8. 向下辐照度：入射在包含所考虑点的水平面的上侧面（0—180°）上的无限小面元上的辐射通量与该面元的面积之比。

符号： E_d

单位：瓦/米²

$$\text{关系式： } E_d = \frac{dF}{dA}$$

9. 向上辐照度：入射在包含所考虑点的水平面的下侧面（180—360°）上的无限小面元上的辐射通量与该面元的面积之比。

符号： E_u

单位：瓦/米²

$$\text{关系式： } E_u = \frac{dF}{dA}$$

10. 垂直面上的辐照度：包含所考虑点的垂直面（90°）上的无限小面元所接收的辐射通量与该面元的面积之比。

符号： E_h

单位：瓦/米²

$$\text{关系式： } E_h = \frac{dF}{dA}$$

11. (面上任一点的)辐射出射度：包含给定点的无穷小面元所发出的辐射通量与该面元的面积之比。

符号： M

单位：瓦/米²

$$\text{关系式： } M = \frac{dF}{dA}$$

12. 辐射通量、辐射率等辐射度参量的频谱分布曲线：辐射度参量随波长或频率变化的频谱曲线。

13. 标量辐照度: 来自四面八方围绕一点分布的辐射率的积分。

符号: E_0

单位: 瓦/米²

$$\text{关系式: } E_0 = \int_{4\pi} L d\omega$$

14. 球面辐照度: 投射于球表面的辐射通量与该表面积之比, 当球心固定而半径趋于零时的极限。

符号: E_s

单位: 瓦/米²

$$\text{关系式: } E_s = F_r / 4\pi r^2$$

式中 F_r 是投射在半径为 r 的球面上的辐射通量。

$$E_s = \frac{1}{4} \times E_0 \text{ [方程 (8)]}$$

海洋的光学性质

15. 反射率: 被反射的辐射通量与入射辐射通量之比值。

符号: ρ

$$\text{关系式: } \rho = F_r / F_0$$

16. 辐照度比(反射比): 海洋中任一深度处的向上和向下辐照度的比值。

符号: R

$$\text{关系式: } R = E_u / E_d$$

17. 透射率: 透过的辐射通量与入射辐射通量的比值(既适用于辐照度亦适于辐射率的形式)。

符号: T

$$\text{关系式: } T = F_t / F_0$$

18. 射束透射率: 参见: 衰减率。