

# 渤海湾海水光谱特性的数值分析\*

平 仲 良

(中国科学院海洋研究所)

自然界各种物体,都有表征其自然属性的光谱特性。地物的光谱特性是遥感图象定性判读的依据之一,它作为一种遥感信息也直接用于定量测定和制图。

海水中悬浮物质的数量和性质影响海水的颜色和海水的光谱特性。反之,根据海水的光谱特性可以测定水中悬浮物质的数量和性质。1974年, S. D. Duntley 首先从海洋叶绿素的光谱效应,提出根据海水的光谱反射率曲线,用卫星传感器测定水中叶绿素 a 浓度的理论<sup>[1]</sup>。1978年, R. W. Johnson 建立了航空遥感的光谱数据与沿岸带海洋叶绿素 a 浓度之间的数学关系,并绘制了叶绿素 a 的分布图<sup>[2,3]</sup>。1979年, R. W. Johnson 建立了光谱数据与悬浮泥沙含量之间的数学关系,并绘制了悬浮泥沙的定量分布图<sup>[3,4]</sup>,等等。本文的目的即是要建立一种方法,用国产 101W 光谱辐射计记录的遥感数据,计算海域悬浮泥沙、叶绿素 a 浓度、水色等水质参数。

1980年5月16日至19日,由中国科学院组织,由中国科学院海洋研究所、国家海洋局第一海洋研究所、第二海洋研究所、交通部天津水运科学研究所、水利部天津水利科学研究所等单位参加,在天津塘沽的海河和蓟运河口进行津、渤地区第一次环境污染航空遥感监测联合试验。在此次试验中用机载 101W 光谱辐射计记录海水的光谱辐射曲线,作者以此计算海水的光谱反射率曲线,用逐次回归分析法建立海洋实测数据(悬浮泥沙、叶绿素 a 浓度、水色等)与海水光谱反射率数据之间的数学关系。实验基本是成功的,由回归方程计算的结果与海洋实测数据之间的相关系数约为 0.7。如果对研究海域的每一个子域的辐射值作光谱扫描,作出定量的分布图也是可行的。

## 一、实验方法

1980年5月16日,进行第一航次试验。空中由米格-8直升飞机装载 101W 光谱辐射计记录海水的光谱辐射曲线。海上由津塘护 1 号、交津研 1 号、海调 106 号和海燕号四艘船只进行海上光谱、水文、气象同步观测和水样、底样的采集作业。对同步观测采集的样品进行了总固体量、叶绿素、水化学、污染、底质等项目的实验室分析。

飞机的飞行航线和船舶的航线及站位示于图 1。飞行高度为 2000 米、1000 米和 500 米。机载 101W 光谱辐射计记录了 8 个站位、3 个飞行高度的光谱辐射曲线,示于图 2。101W 光谱辐射计波长检测范围为 400—1000 毫微米。这次研究、分析仅使用 500 米高

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 746 号。  
本刊编辑部收稿日期: 1981 年 6 月 12 日。

度的数据。

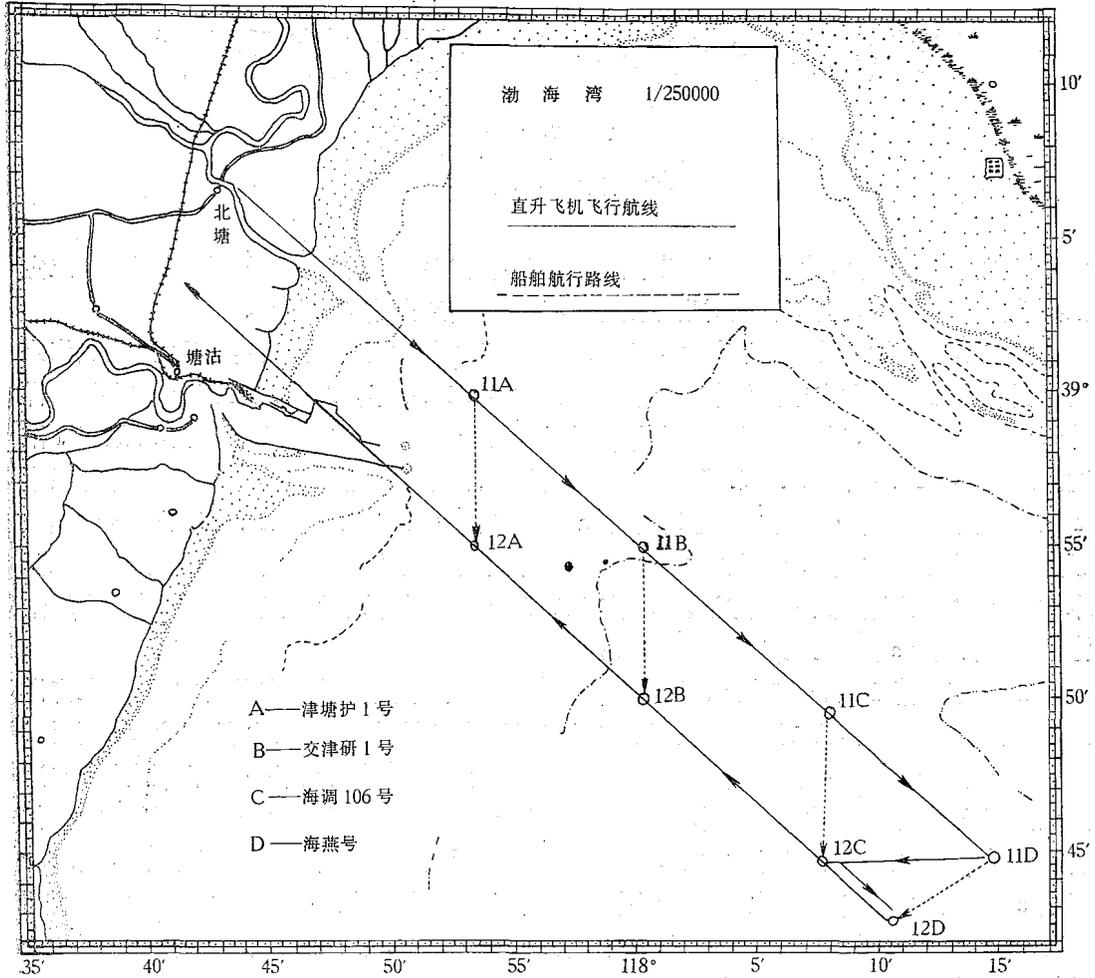


图1 第一航次航线和站位示意图

## 二、数据分析与结果

海水的光谱反射率  $R_{\lambda\text{海水}}$  由计算得到,其值为:

$$R_{\lambda\text{海水}} = \frac{I_{\lambda\text{海水}}}{I_{\lambda\text{标}}} \times R_{\lambda\text{标}}$$

$R_{\lambda\text{海水}}$ ——海水的光谱反射率

$I_{\lambda\text{海水}}$ ——101W 光谱辐射计记录的海水的辐射值

$I_{\lambda\text{标}}$ ——在相同光照条件下 101W 光谱辐射计记录的标准板的辐射值

$R_{\lambda\text{标}}$ ——标准板的反射率

8 个站位的海水光谱反射率数据和相应的海洋实况测量数据列于表 1。

用逐次回归分析法逐个计算各个波长的遥感数据与海洋实测数据(悬浮泥沙含量、叶

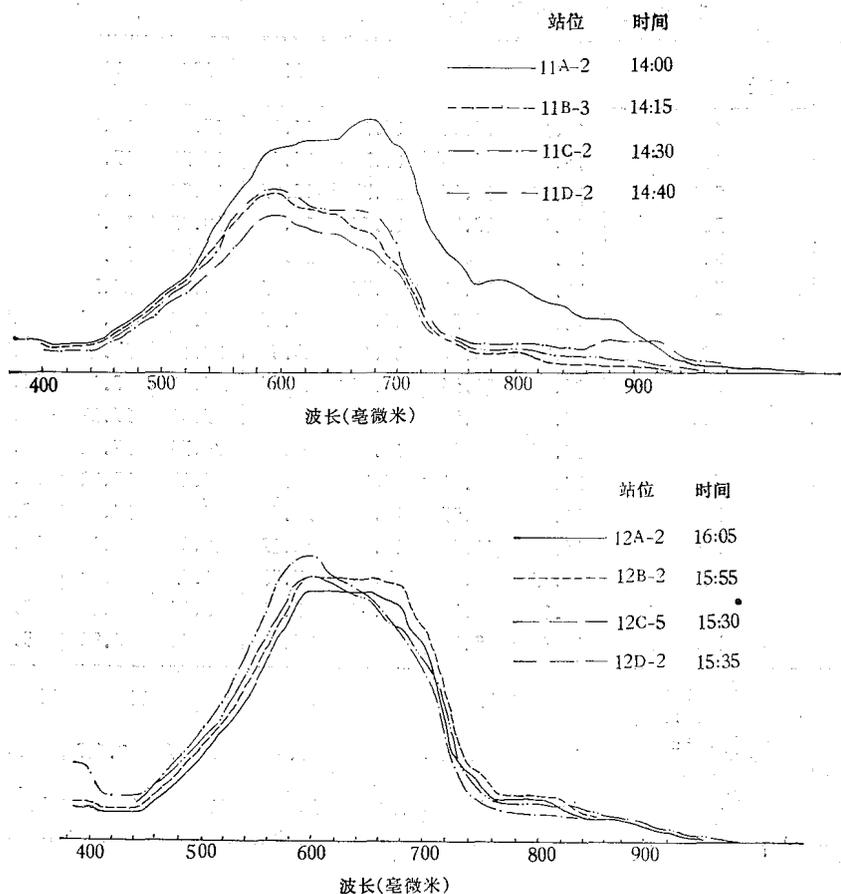


图 2 8 个站位的海水光谱辐射曲线

绿素 a 浓度、水色)之间的相关系数,选择相关系数最大的某波长的遥感数据与海洋实测数据建立回归方程,以建立两者之间的数学关系。

悬浮泥沙含量与 760 毫微米处的反射率呈正相关关系,且相关系数最大,因此,选择此波长处的反射率建立回归方程。叶绿素 a 浓度与 480 毫微米处的反射率呈负相关关系(叶绿素 a 浓度增加,蓝波段反射率降低,为叶绿素的光谱效应),与 620 和 740 毫微米处的反射率呈正相关关系,其相关系数较邻近几个波长为大,因此选择 480 毫微米,620 和 740 毫微米处的反射率建立回归方程。水色与 740 毫微米处的反射率之间的相关系数最大,因此,选择此波长处的反射率建立回归方程。

逐次回归分析的结果列于表 2。

悬浮泥沙含量的回归方程为:

$$\text{悬浮泥沙 (毫克/升)} = -16.51 + 1566.53R_{760}$$

叶绿素 a 浓度的回归方程为:

$$\text{叶绿素 a (毫克/米}^3\text{)} = 4.249 - 60.863R_{480} + 30.316R_{620} - 1.092R_{740}$$

水色的回归方程为:

$$\text{水色(号码)} = -11.76 + 69.38R_{740}$$

表 1 8 个站位的海水光谱反射率数据与海洋实况测量数据

项 目	站 位	11A	11B	11C	11D	12A	12B	12C	12D
	波 长								
海 水 的 光 谱 反 射 率	460	15.13	14.81	14.19	14.83	15.83	16.26	15.27	14.48
	480	15.62	15.26	14.79	15.57	16.71	17.03	17.45	14.96
	500	19.17	16.26	16.72	17.07	18.53	18.47	19.77	15.99
	520	18.12	17.52	17.64	18.38	19.37	19.50	21.03	17.39
	540	20.32	19.46	19.01	20.30	21.92	21.88	23.48	17.87
	560	23.03	22.07	20.75	23.87	24.49	24.72	25.85	20.96
	580	24.34	23.53	23.00	25.67	27.43	27.35	28.91	23.58
	600	25.78	23.67	23.11	25.69	28.16	28.35	28.59	23.83
	620	25.38	21.55	21.25	23.95	27.01	27.18	24.87	21.73
	640	24.83	20.58	20.43	22.81	27.01	27.27	23.80	20.81
	660	24.06	19.08	19.04	22.80	26.74	27.32	22.02	18.87
	680	24.12	18.81	18.19	22.36	26.29	27.22	20.16	18.20
	700	21.80	16.57	16.75	21.57	24.29	24.60	17.56	16.79
	720	15.92	11.69	12.15	13.17	19.63	20.13	13.03	12.71
	740	13.57	6.58	7.21	7.50	11.47	12.23	6.62	6.75
760	11.11	5.20	6.87	5.82	8.96	9.41	5.61	5.50	
780	10.82	5.09	6.80	5.63	8.58	8.96	5.31	5.10	
海 洋 实 况 测 量	悬浮泥沙 (毫克/升)	160	40	80	40	100	140	140	60
	叶绿素 a (毫克/米 <sup>3</sup> )	2.287	1.987	0.927	1.613	2.627	1.687	0.976	2.056
	水 色 (号码)	21	15	15	20	21	19	14	19

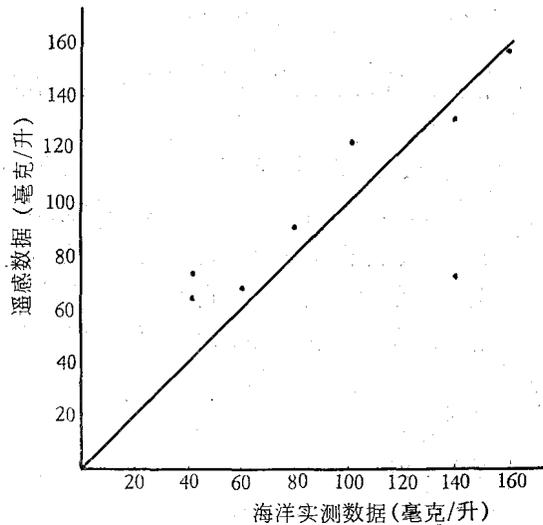


图 3 悬浮泥沙的遥感数据与海洋实测数据

海洋实测数据沿回归线呈随机分布。悬浮泥沙的实测数据沿回归线的分布情况示于图 3, 叶绿素 a 的分布情况示于图 4, 水色的分布情况示于图 5。

表 2 逐次回归分析的结果

水质参数	回归方程中使用的波长	遥感数据与海洋实测数据之间的相关系数	海洋实测数据范围
悬浮泥沙	760 毫微米	0.73	40—160 毫克/升
叶绿素 a	480, 620, 740 毫微米	0.67	0.927—2.627 毫克/米 <sup>3</sup>
水色	740 毫微米	0.70	14—21

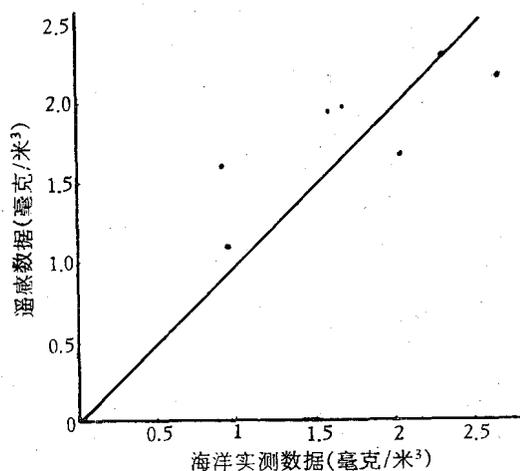


图 4 叶绿素 a 的遥感数据与海洋实测数据

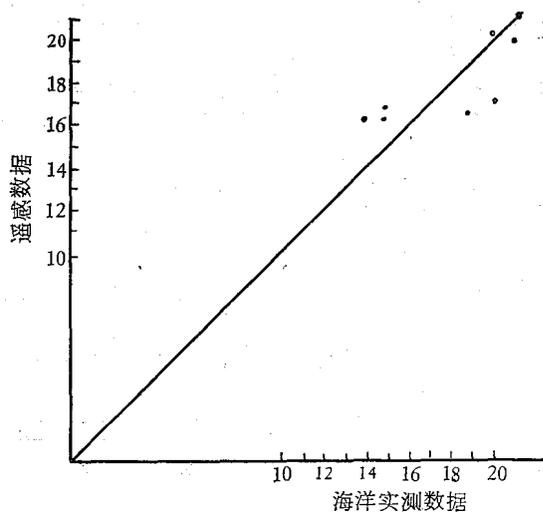


图 5 水色的遥感数据与海洋实测数据

### 三、结语与讨论

1. 近岸,海水中悬浮泥沙含量多,海水光谱的红区、红外区反射率高,泥沙量与  $R_{760}$  呈较好的线性关系。水色号码也大,水色号码与  $R_{740}$  呈较好的线性关系。离岸,海水中悬浮泥沙含量少,海水光谱的红区、红外区反射率低,水色号码也小。

2. 近岸水,叶绿素 a 浓度高,悬浮泥沙的含量也高。 $R_{480}$  与叶绿素 a 浓度呈负相关关系,但两者之间的相关系数很小,因为叶绿素的信息大多为悬浮泥沙所覆盖,叶绿素的光谱效应不甚明显。 $R_{620}$  与叶绿素 a 呈正相关关系。 $R_{740}$  与叶绿素 a 的相关系数很小,虽然叶绿素在红外区有很高的反射率,但反射的能量大部为水分子吸收,因此,  $R_{740}$  在回归方程中起的作用很小。

3. 101W 光谱辐射计由于元件(电光倍增管)的质量关系,其灵敏度在不同波长处差别很大,红区较高。

由于仪器的精度较低,在换算成反射率的过程中又会带来误差,海洋实测数据的测量误差也较大,因此,遥感数据与海洋实测数据之间的相关系数仅为 0.7 左右。但基本上能反映两者之间的协变关系。仪器和海洋实况测量数据的精度有待进一步提高。

## 参 考 文 献

- [1] Duntley, S. O., 1974. Detection of ocean chlorophyll from earthorbit. In *Ocean Color Analysis* (SIO Ref. 74-10). pp. 1-37.
- [2] Johnson, R. W., 1978. Mapping of chlorophyll a distributions in coastal zones. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 44(5): 617-624.
- [3] ———, 1979. Monitoring the temporal dispersion of a sewage sludge plume. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 45(6): 763-768.
- [4] ———, 1979. Multispectral analysis of ocean dumped materials. Proceedings of the Eleventh International Symposium on Remote Sensing of Environment. Vol. 2, p. 1619-1624.
- [5] ———, 1980. Remote sensing for water quality and biological measurements in coastal waters. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 46(1): 77-85.

## DATA ANALYSIS OF SPECTRAL SIGNATURES OF SEA WATER IN THE BOHAI BAY\*

Ping Zhongliang

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

### ABSTRACT

A Series of aerial remote sensing experiments were conducted from May 16 to 19, 1980 by Academia Sinica in the Bohai Bay to monitor pollution effect, the first one being made on May 16, 1980.

Sea water spectral radiances were measured by a 101W spectral radiance meter aboard a Meeg-8 helicopter, sea truth measurements and sampling were made from four boats. These sea truth measurements include suspended sediments, chlorophyll concentrations, water color and other water quality parameters.

Stepwise Regression Analysis was used to determine regression equations relating the sea truth measurements (include suspended sediments and chlorophyll a concentrations and water color etc.) to sea water reflectances. Spectral reflectance data at 760 nm were used for counting suspended sediments; for chlorophyll a, data at 480 nm, 620 nm, 740 nm were used; for water color data at 740 nm were used. The correlation coefficients (measurement of relative change between remotely sensed data and sea truth measurements) were about 0.7.

\* Contribution No. 746 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.