

渤海湾航空遥感的图象分析 ——渤海湾近岸叶绿素 a 分布图*

平 仲 良

(中国科学院海洋研究所)

一、图 象 获 得

1980 年 9 月 6 日, 中国科学院组织十多个部门、几十个单位在津渤地区进行第二阶段环境污染航空遥感监测联合试验第二航次试验, 中国科学院海洋研究所参加了在渤海

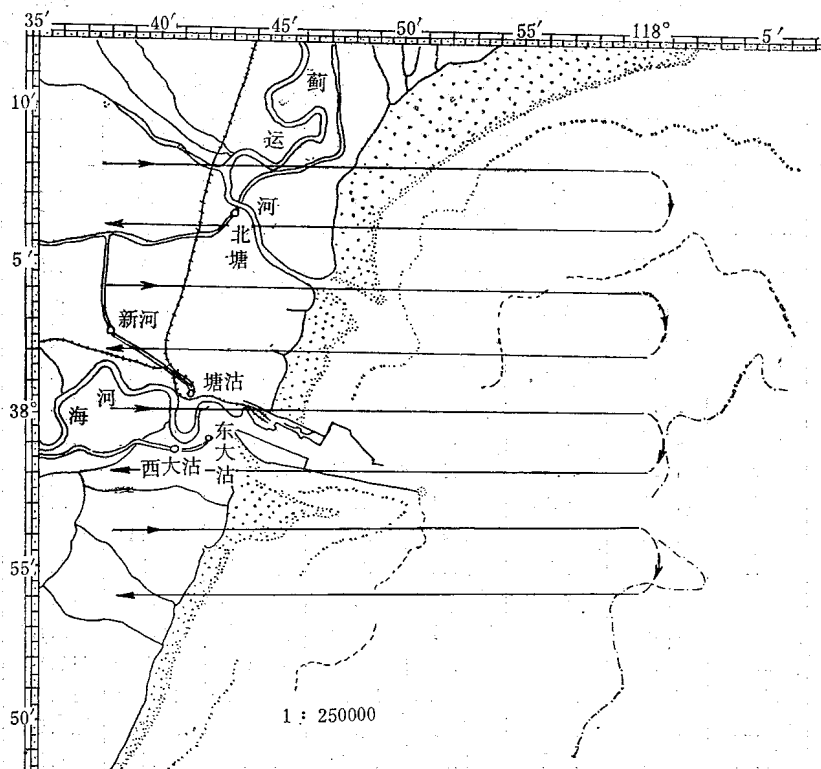


图 1. 津渤地区航空遥感第二阶段第二航次试验飞机航线示意图

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 821 号。
收稿日期: 1981 年 12 月 29 日。

湾海河、蓟运河口的海上试验。这次试验,空中由双水獭 512 飞机装载 RMK 相机进行彩色红外摄影,航高 3800 米,航速 240 公里/小时,摄影比例尺 1:25000,相幅面积 230 毫米×230 毫米,飞行航线示于图 1。海上由“津塘护 1 号”、“交津研 1 号”、“海调 105 号”、“金星”轮等 4 条船只进行同步观测、取样。

二、图 象 分 析

从国内外发表的航空彩色红外相片上可以看到,凡是营养盐充足、叶绿素浓度较高的水体都呈深蓝带紫的颜色,而营养盐贫乏、叶绿素浓度较低的水体则呈浅蓝色。蓝颜色愈深,叶绿素浓度愈高^[5]。由此得到启示,可寻求彩红外相片的光谱反射率与叶绿素 a 浓度之间的定量关系,以绘制叶绿素 a 浓度分布图。

首先,将许多张局部的相片拼接成一张河口试验区的整体镶嵌图,在图上分别找出 9 个相应于海洋实况测量站位的位置。

然后,用 302 型野外分光光度计逐个测量彩红外相片上各站位的光谱反射率。各站位的光谱反射率数据和海洋实测叶绿素 a 浓度数据(单位:毫克/米³)列于表 1¹⁾。

最后,用逐次回归分析法计算海洋实测数据与遥感数据之间的相关系数^[3]。并选择

表 1 海洋实测叶绿素 a 浓度和彩红外相片光谱反射率数据

站 位		2102	2103	2105	2106	2107	2108	2110	2112	2113
海洋实测叶绿素 a 浓度		5.61	3.93	5.28	4.01	6.33	3.31	3.48	3.16	1.44
彩红外相片光谱反射率	波 长	12.52	46.21	15.80	35.14	11.60	52.73	50.27	42.53	58.00
	460									
	480	12.19	44.95	11.17	31.11	8.28	56.22	40.14	41.89	52.73
	500	10.88	39.55	6.08	22.16	5.80	42.53	32.73	34.52	46.77
	520	7.77	31.90	3.87	15.47	3.57	32.95	20.81	21.46	32.14
	540	5.42	24.96	3.45	11.92	2.85	28.93	16.50	16.45	25.11
	560	5.59	21.56	3.72	10.49	2.70	20.64	12.76	13.04	20.87
	580	5.43	16.95	4.07	8.17	2.71	14.61	9.50	9.32	15.18
	600	4.37	13.19	4.01	6.91	2.85	10.90	6.69	7.60	10.77
	620	3.62	10.27	4.00	5.76	2.37	8.09	5.11	5.43	8.28
	640	3.18	9.10	3.63	5.53	2.28	6.75	4.26	4.58	7.34
	660	4.16	10.87	4.31	5.89	2.49	7.72	4.90	5.44	7.65
	680	6.08	13.68	4.87	7.01	3.15	8.95	5.87	6.17	9.00
	700	12.89	23.40	8.00	10.40	6.30	15.25	11.29	11.65	15.40
	720	25.57	37.80	13.50	16.48	12.76	24.39	19.40	19.98	24.98
	740	41.24	53.00	21.86	25.73	21.60	38.88	30.13	29.56	36.77
	760	61.71	66.23	27.28	31.70	28.20	46.15	37.16	38.12	43.20
	780	66.86	75.06	32.09	36.40	34.87	53.04	46.45	43.76	51.39
	800	83.20	86.84	38.58	44.10	48.29	58.36	54.23	53.39	59.28
	820	92.08	95.79	47.02	50.96	55.47	72.40	64.29	61.53	67.60

1) 各站位叶绿素a浓度数据由邹景忠等同志提供,特此致谢。

与叶绿素 a 浓度相关系数较大的 500 毫微米处的反射率与叶绿素 a 浓度建立定量关系。叶绿素 a 浓度的回归方程如下:

$$\text{叶绿素 a (毫克/米}^3\text{)} = 6.33 - 8.47R_{500}$$

R_{500} 是波长为 500 毫微米处相片的反射率。

对上述工作需作如下说明: (1)表 1 中列举的反射率数据,有的较大。原因是相片表面非常光滑,仪器从相片上测得的反射,既包含具有遥感信息的漫反射,又包含与遥感信息无关的非涅尔反射,而仪器从“黑板”(对照标准)上测得的反射只有前者而无后者,因此,反射率较大。从理论上说,非涅尔反射不包含遥感信息,应设法消除;但仪器不具备专门装置,无法消除。相关分析表明,未消除非涅尔反射的反射率数据与海洋实测数据之间仍然存在着较高的相关系数,因此,可以用来建立回归方程。(2)相邻相片有重叠部分,选择在色调、亮度等方面与邻近区比较接近的部分进行测量,尽量避免使用误差较大的边缘部分和存在太阳光反射的部分。(3)相关分析表明,在 460 毫微米处的反射率数据与叶绿素 a 浓度间的相关系数最大,其值为 -93.1%,其次是 500 毫微米处,其值为 -91.3%,再次是 580 毫微米处,其值为 -78.99%。选择 500 毫微米处的反射率与叶绿素 a 浓度建立回归方程,是因为在 302 型仪器上,460 毫微米处的电流信号微弱,由读数造成的误差较大,而 500 毫微米处的电流信号较大,读数造成的误差较小。

三、叶绿素 a 浓度分布图

首先在比例尺为 1:250000 的地图上用经纬线将试验区间隔为面积相等、形状相似的矩形方格^[2]。经线间隔为 1 分,纬线间隔也为 1 分。然后在 1:25000 的镶嵌彩红外相片上,

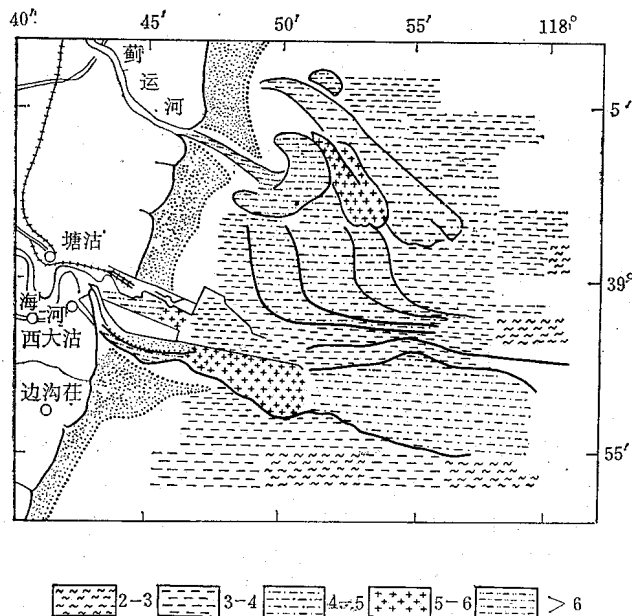


图2 渤海湾近岸叶绿素 a (单位: 毫克/米³)分布图

打上相应的方格。用 302 型野外分光光度计依次测量每一方格波长为 500 毫微米处的反射率 R_{500} , 用前述回归方程计算每一方格的叶绿素 a 浓度, 在 1:250000 地图的相应方格内标出叶绿素 a 浓度。然后规定不同范围叶绿素 a 浓度的不同标志, 得到如图 2 所示的渤海湾近岸叶绿素 a 浓度分布图。并将彩红外相片上呈现的南排污河、蓟运河河水入海后的流线勾划在叶绿素 a 分布图上。

由回归方程计算得到的数据与同步实测数据的比较示于图 3。

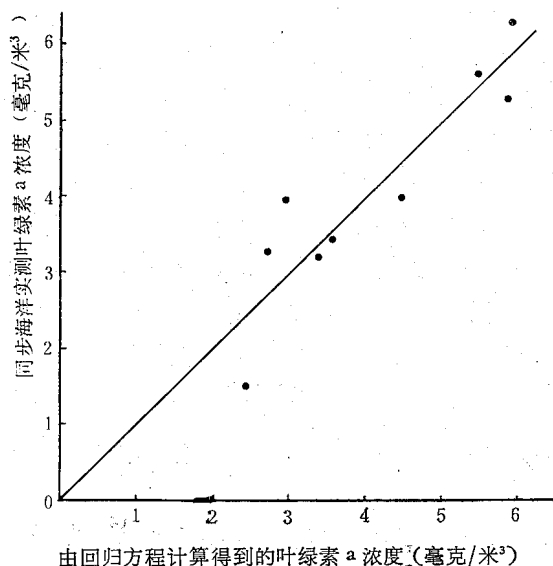


图 3 由回归方程计算得到的数据与同步实测数据的比较

四、结 论

(1) 彩红外相片在光谱的蓝区的反射率与叶绿素 a 浓度之间存在着紧密的负相关关系。在波长为 460 毫微米处, 相关系数为 -93.1%, 在 500 毫微米处为 -91.3%。即蓝色愈深, 反射率的值愈小, 叶绿素 a 浓度愈高。反之亦然。而根据 F. F. Sabins 介绍, 彩色红外胶片是三层彩色透明介质, 其中蓝影象层记录了绿光的反射; 绿影象层记录了红光的反射; 红影象层记录了波长从 700 到 900 毫微米的近红外光的反射^[4]。由此可见, 图象上海水蓝色的深浅, 反映真实海水绿色的深浅。深绿的水体, 叶绿素 a 浓度高, 浅绿色的水体叶绿素 a 浓度低, 这与人们的常识判断是一致的。

海洋叶绿素浓度与红外区反射率的相关系数较小。在红外区, 海水的吸收系数较大, 叶绿素反射的信息大多为海水所吸收, 这是与陆生植物不同的。

(2) 海洋叶绿素 a 浓度, 通常作为一个水域富饶或贫瘠程度的指标, 它与水域的初级生产力呈线性关系^[6]。近年来, 叶绿素 a 浓度又作为评价水质、营养状态、有机污染程度的一个重要环境参量。过高的叶绿素浓度, 预示着发生赤潮的可能性; 过低的叶绿素浓度则可能是有毒物质加入水域所引起的^[3]。在海河、南排污河口, 海水的成分和光学性质受

污水影响,海水的光谱反射率在整个可见光区都很低,因此,前列回归方程不适合于海河、南排污河口的情况。

(3) 彩红外相片显示,深蓝带紫的南排污河河水携带大量污染物质从河口进入海湾,顺河道方向向东南流动;在流动过程中与海水逐渐混合,逐渐扩散,浓度逐渐降低。南排污河河水及其中污染物在海洋的扩散规律,可以用彩红外图表示出来。

污水入海过南堤后,向北推移,进入并越过新港航道。蓟运河水从西北方向进入海湾,受到海水的顶托,呈蘑菇状;在向东南方向扩散的同时,也向北推移。

将 1980 年 5 月 7 日第一阶段试验的热红外图象(原图在中国科学院遥感应应用研究所保存)与 9 月 6 日第二阶段的彩红外图象作一比较,可以看到,海河、南排污河热污染在海湾的扩散形式与海河、南排污河河水扩散形式大致相同。差别仅在热红外图象摄取于高潮位时,海河水出河口不远就越过南堤进入航道,而彩红外图象摄取于低潮位时,海河水出河口沿南堤而下,过南堤顶端才进入航道。

据海流实况测量和 ERTS 图象解译,在渤海湾西北部,海流顺西部近岸向北流动^[1]。此次航空遥感试验揭示,海河、蓟运河河水在向东南扩散的同时向北推移,这与卫星图象揭示的海流方向一致,可以认为是渤海湾沿岸流推动的结果。

(4) 在彩红外相片上,叶绿素浓度高的海河水呈深蓝色,而悬浮泥沙含量高的蓟运河水呈蓝绿色。因此,很容易区别两种不同水质的水体。

参 考 文 献

- [1] 平仲良, 1983. 从 ERTS 图象上观测渤海湾表层流. 海洋与湖沼 14(2):
- [2] Istvan, L. B. and M. T. Eondy, 1977. A 'digital' technique for manual extraction of data from aerial Photography. Proceedings of the Eleventh International Symposium of Remote Sensing of Environment. Volume 2. Environment Research Institute of Michigan. p. 1329—1336.
- [3] Johnson, R. W., 1978. Mapping of chlorophyll a distributions in coastal zones. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* XLIV (5): 1617—1624.
- [4] Sabins, F. F., 1976. Remote Sensing of Environment. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. p. 510—512.
- [5] Skibitzke, H. E., 1976. Remote Sensing of Environment. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. p. 588.
- [6] Steemann, N. E., 1975. Marine photosynthesis. Chapter 9. Elsevier Scientific Publishing Company. pp. 53—65.

ANALYSIS OF IMAGES FROM AERIAL REMOTE SENSING ON THE BOHAI BAY—THE DISTRIBUTION OF CHLOROPHYLL-A OFF THE SHORE*

Ping Zhongliang

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

The results from the joint experiment of remote sensing on the Bohai Bay indicated that there exists a statistical quantitative relationships between the reflectance of the spectral blue region on aerial color infrared photographs and chlorophyll-a in the Bohai Bay. Correlative coefficient between the reflectance at 500 nm and chlorophyll-a concentration is -0.913 .

After analyzing the experimental data, regression equation can be shown as follow: Chlorophyll-a (mg/m^3) $= 6.33 - 8.47 R_{500}$.

The Haihe River water with its high chlorophyll-a content appears deep blue and the Ji-yun River water with its high suspended sediments is blue green on the color infrared photographs. So that it is easy to discriminate the two waterbodies with different water quality on the images.

* Contribution No. 821 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.