

海河口区卫星数据的主成份图像与 实测水质评价图的比较

平 仲 良

(中国科学院海洋研究所)

1986年2月26日收稿

多变量的主成份变换通过分析原始变量之间的相关关系,和对变量的相关系数矩阵内部结构的研究,可找出能反映原变量内在联系的、相互独立的、起主导作用且数目较少的新变量,它起到压缩数据、简化数据结构的作用。经过主成份变换,原变量所包含的信息进行了重新分配,不同信息相应集中在不同主成份上。

本文以1979年5月19日和9月4日的陆地卫星2号数据作主成份变换。经研究,枯水期海水污染状况的信息,集中反映在5月19日卫星数据的第二主成份图像上,而丰水期污水稀释扩散的信息,主要反映在9月4日卫星数据的第一主成份图像上。同时用实测的有机污染数据的多因子综合指数值(一种环境质量的量度)比较、标定由遥感数据计算得到的海河口不同污染等级。

一、卫星数据的主成份图像

在卫星图像上,在海河—南排污河河口区,以(64, 64)采样,取100个像元4个波段的数据作主成份变换。主成份变换的方法在有关著作中有详细介绍^[1],本文不作赘述,仅引出变换的结果。5月19日卫星数据4个主成份矢量为:

$$\xi_1 = 0.364x_1 + 0.831x_2 + 0.373x_3 + 0.194x_4$$

$$\xi_2 = -0.89x_1 + 0.19x_2 + 0.37x_3 + 0.17x_4$$

$$\xi_3 = 0.0413x_1 - 0.114x_2 - 0.298x_3 + 0.947x_4$$

$$\xi_4 = 0.238x_1 - 0.498x_2 + 0.542x_3 + 0.634x_4$$

式中 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 为第四、五、六、七波段的辐射值。

选择5月19日卫星数据的第二主成份图像反映海河口区枯水期污染状况出于如下考虑:

(1) 据国家海洋局第二海洋研究所海河—南排污河交汇处实测的海水光谱反射率曲线与未污染的海水光谱反射率曲线比较,蓝绿波段的反射率较低,红波段与近红外波段的反射率较高^[2]。可见污水降低了蓝绿波段的反射率,抬高了红波段与近红外波段的反射率。

(2) 据作者1984年5月赴现场调查所见,塘沽南排污河西沽泵站水闸以上的水,呈

深棕色,与酱油颜色不相上下,水闸以下由于受海水稀释,呈棕色,与啤酒颜色差不多,说明此种城市污水短波段反射率较低,长波段反射率较高。

(3) 将海河-南排污河交汇处像元 4 个波段的辐射值与海河口区 64、64 采样 100 个像元 4 个波段平均的辐射值比较(图 1),交汇处像元第四波段辐射值比平均值低,而第五、六、七波段辐射值比平均值高,可见污水降低了第四波段的辐射值,抬高了第五、六、七波段的辐射值。

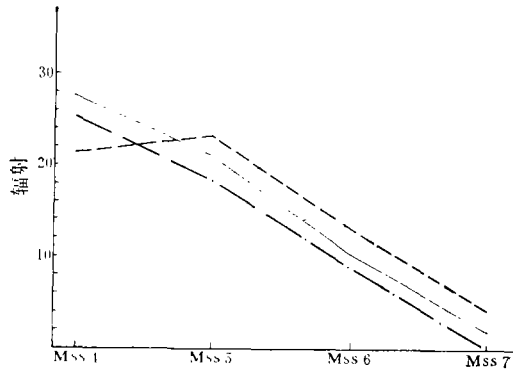


图 1 海河-南排污河交汇处像元 4 个波段辐射值与海河口区 64、64 采样 100 个像元 4 个波段平均辐射值比较。虚线为交汇处像元的辐射值,实线为 100 个像元的平均辐射值。点划线为清水区像元的辐射值。

Fig. 1 Comparing Radiances for 4 bands obtained at the Concourse of the Haihe River and the South Sewerage River with Average Radiances of 100 Pixels (64, 64 Sampling) for 4 Bands Obtained in the Estuary Area of the Haihe River. Dash Line: Radiances Obtained at the Concourse of the Haihe River and the South Sewerage River; Solid Line: Average Radiances of 100 Pixels; Dash Dotted Line: Radiances Obtained in Clear Water Area.

第二主成份与第四波段的辐射值呈负的线性关系,而与第五、六、七波段的辐射值呈正的线性关系,它反映枯水期污水的光学性质,因此,用第二主成份反映海河口区海水的污染状况(图版 II 图 2)。图内已按数值大小分成三级(-8.46—-12.46, -12.46—-16.46, -16.46—-20.46),用三种不同颜色表示不同污染等级。

选择 9 月 4 日卫星数据的第一主成份反映海河口区丰水期污水稀释扩散状况出于如下考虑,因 9 月为丰水期,天津各排污河污水中含有大量悬浮泥沙,呈浑浊泥水流入海湾。浑浊度变化可以反映污水扩散状况。

据报道,国内很多单位作的水体光谱测量,悬浮泥沙使水体光谱反射率提高,悬浮泥沙含量与陆地卫星第五波段的辐射值呈正的线性关系。而 9 月 4 日卫星数据的第一主成份

$$\xi_1 = 0.323x_1 + 0.820x_2 + 0.460x_3 + 0.127x_4$$

与 4 个波段的辐射值呈正的线性关系,且主要与第五波段的辐射值有关,就是说第一主成份反映浑浊泥水的光谱特性,因此,用第一主成份图像反映海河口区海水浑浊度分布(图版 II 图 3)。图 3 也已按数值分级,用不同颜色表示不同浑浊度。图 3 显示了南排污河、永定新河污水入海后稀释扩散状况,除以上二个污水水舌外,渤海湾西部沿岸、湾顶东北角浅滩以及黄河浑浊水舌(图版 II 图 3 下部)都显示了高的浑浊度。

二、多因子综合指数水质评价图

在环境保护界，通常将很复杂的污染数据集中综合成指数形式以评价环境质量。中国科学院海洋研究所《海河口区有机污染及防治途径的研究》课题组，在海河口区水质和底质的环境质量评价研究中使用了这种方法，称为多因子综合指数法。其计算公式为

$$P = \sum P_i = \sum \frac{c_i}{s_i}$$

式中 P 为水质质量指数； P_i 为污染因子 i 的质量分指数； c_i 为污染因子 i 的实测含量； s_i 为污染因子的评价标准。

在水质环境质量评价的研究中，选择了 COD（化学耗氧量）、DO（溶解氧）、TN（总氮）、TP（总磷）、BE（肠道菌数的对数）、LAS（阴离子表面活性剂）六个项目作为海河口区水质有机污染的评价因子。选择这几个项目的原因是，COD、TN、TP 被公认为是引起水质有机污染的主要原因和重要内容；BE 和 LAS 被公认为是海洋受陆源有机污染状况的指标；DO 是海水养殖的关键参数。

图 4 和图 5 为根据渤海湾海河口区枯水期、丰水期各站位多因子综合指数绘制的水质评价图，代表实测状况，以与反映枯

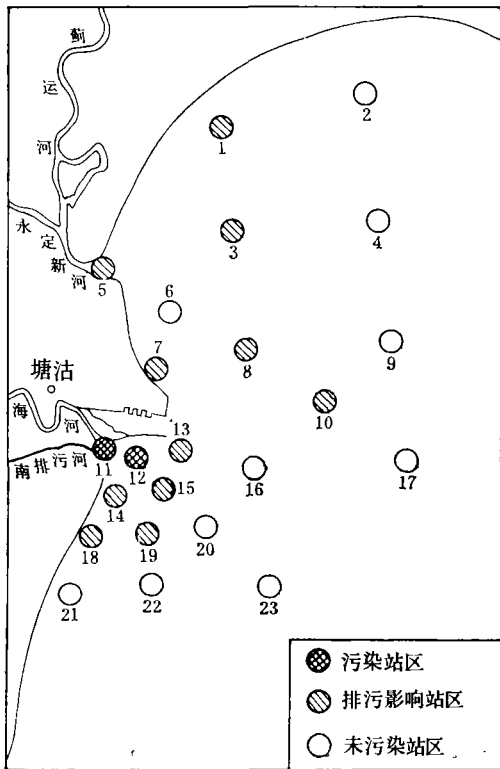


图 4 渤海湾海河口区枯水期各站位多因子综合指数水质评价图。

Fig. 4 The Water Quality Image Assessed with the Multifactor Comprehensive Index of the Pollution Data Measured in May 1984 in the Estuary Area of the Haihe River of the Bohai Bay.

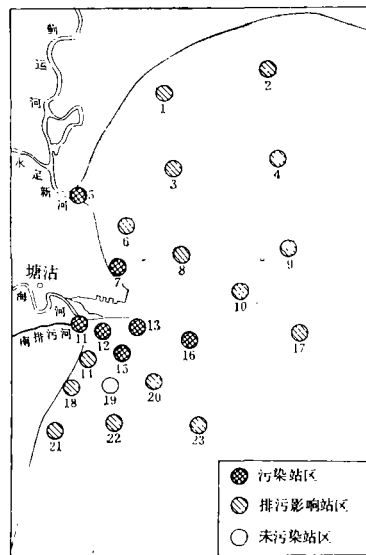


图 5 渤海湾海河口区丰水期各站位多因子综合指数水质评价图。

Fig. 5 The water Quality Image Assessed with the Multifactor Comprehensive Index of the Pollution Data Measured in August 1984 in the Estuary Area of the Haihe River of the Bohai Bay.

水期、丰水期遥感主成份图像比较,并标定遥感数据计算得到的不同污染等级。

三、遥感主成份图像与多因子综合指数水质评价图的比较

在 5 月 19 日(枯水期)主成份图像上,在海河-南排污河河口,呈蓝色,主成份值高,为 $-8.46 \sim -12.46$ 。相应地,在实测水质图上,此区环境质量指数最高,为 $4.833 \sim 12.58$,水质差,污染情况严重。代表有机物含量的 COD、BOD 值为评价标准的 3.36 倍,代表有机营养成分的 TN、TP 值为评价标准的 3.114—5.35 倍,肠道菌数对数为评价标准的 1.12 倍,而浮游植物多样性指数反而较低。这些都是海水受污染的特征。据水质评价图数值,标定主成份图蓝区为污染区。蓝区外为绿区,主成份值为 $-12.46 \sim -16.46$,数值较高。相应地,在实测水质图上可以看到由河口向外,质量指数递减,呈明显的阶梯状,质量指数为 $2.5 \sim 4.833$,区内氮、磷营养盐含量较高,浮游植物生长茂盛,叶绿素 a 浓度较高,标定此区为排污影响区。绿区再向外为棕色区,主成份值为 $-16.46 \sim -20.46$,质量指数低于 2.5,主成份值和质量指数都较低,水质较好,标定为未污染区。从遥感图像与实测图像比较可以看出,遥感显示的不同污染等级与实测污染等级有对应的关系,主成份数值大的地方质量指数也大,地理位置基本相符,由此可见,枯水期卫星数据的主成份图像可以较好地反映污水扩散和海域中不同的污染状况。

在 9 月 4 日(丰水期)卫星数据的第一主成份图像上,在渤海湾西北沿岸,湾顶东北角和图像南部的黄河浑浊水羽,主成份数值高,在海河-南排污河河口、永定新河河口有二股浑浊水舌向海湾内伸展。产生这种图式的原因是,在西部沿岸和东北角浅滩,由于风和波浪等作用,掀起泥沙,使海水含沙量增加,主成份数值提高。而在海河-南排污河河口、永定新河河口,因丰水期河水含有大量泥沙,河水水舌主成份数值也较高。污水入海后稀释扩散,主成份数值降低,污水水舌的不同颜色显示了污水稀释扩散的状况。在丰水期实测水质图上,也可以看到海河-南排污河河口的污水水舌向海湾内部伸展的情况,在水舌范围内质量指数较高。遥感图像显示的海河-南排污河浑浊水舌与实测图像污水水舌在地理位置上接近。但遥感图像显示的永定新河水舌在实测水质图上没有反映。调查区其它部分,即使主成份图像数值较高,实测质量指数也不高。由此可见,丰水期遥感数据的主成份图像与实测水质图并不存在一一对应的关系,只是部份图像反应了污水稀释扩散和海域污染状况。

四、结 语

卫星数据的主成份图像能否反映城市污水在海湾稀释扩散的状况和海域的不同污染等级,首先要对污水的光谱特性进行分析,如某一主成份反映污水的光谱特性,则该一主成份图像能反映这方面的信息。其次,如某一主成份既反映污水的光学性质,同时亦反映其它海洋现象的光学性质,那末图像上既可出现海域污染信息,还可出现其它海洋现象。因此,要合理解释主成份图像,就要先对主成份矢量所反映的物理含义作出正确的解释,才谈得上对图像作出正确的解释,否则会出现很多误判,得出错误的结论。

参 考 文 献

- [1] M. 肯德尔 (中国科学院计算中心概率统计组译),《多元分析》,16—37,科学出版社,1983年。
[2] 许陈忠,陈荣华等,海河—蓟运河河口水域污染扩散状况的航空遥感研究,天津-渤海地区环境遥感论文集,168—172页,科学出版社,1985年。

**Comparison Research Between the Principal Component Image
of Landsat Data of the Estuary Area of the Hai River
with the Water Quality Evaluation Map Measured
in Situ**

Ping Zhongliang

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Abstract

Principal component analysis of Landsat data obtained over the estuary area of the Haihe River in the northwest of the Bohai Bay was performed. The first principal component of Landsat data represents the spectral signature of turbid sea water. The second principal component represents the spectral effect of urban sewage in sea water. The first principal component image of Landsat data received on 4 September 1979 shows the different turbidities of the sea water and the dilution and diffusion of urban sewage in the sea in the rainy season. The second principal component image of Landsat data received on 19 May 1979 is used to show the different polluted gradations of the sea water in the dry season.

The water quality evaluation maps assessed with the multifactor comprehensive index of the organic pollution data measured in situ are used to compare with the principal component images and to calibrate the different polluted gradations obtained from remotely sensed data.

平仲良：海河口区卫星数据的主成份图像与实测水质评价图的比较

Ping Zhongliang: Comparing the Principal Component Image of landsat Data of the Estuary Area of the Hai River with the water Quality Image Measured in Situ

图版 II

Plate II

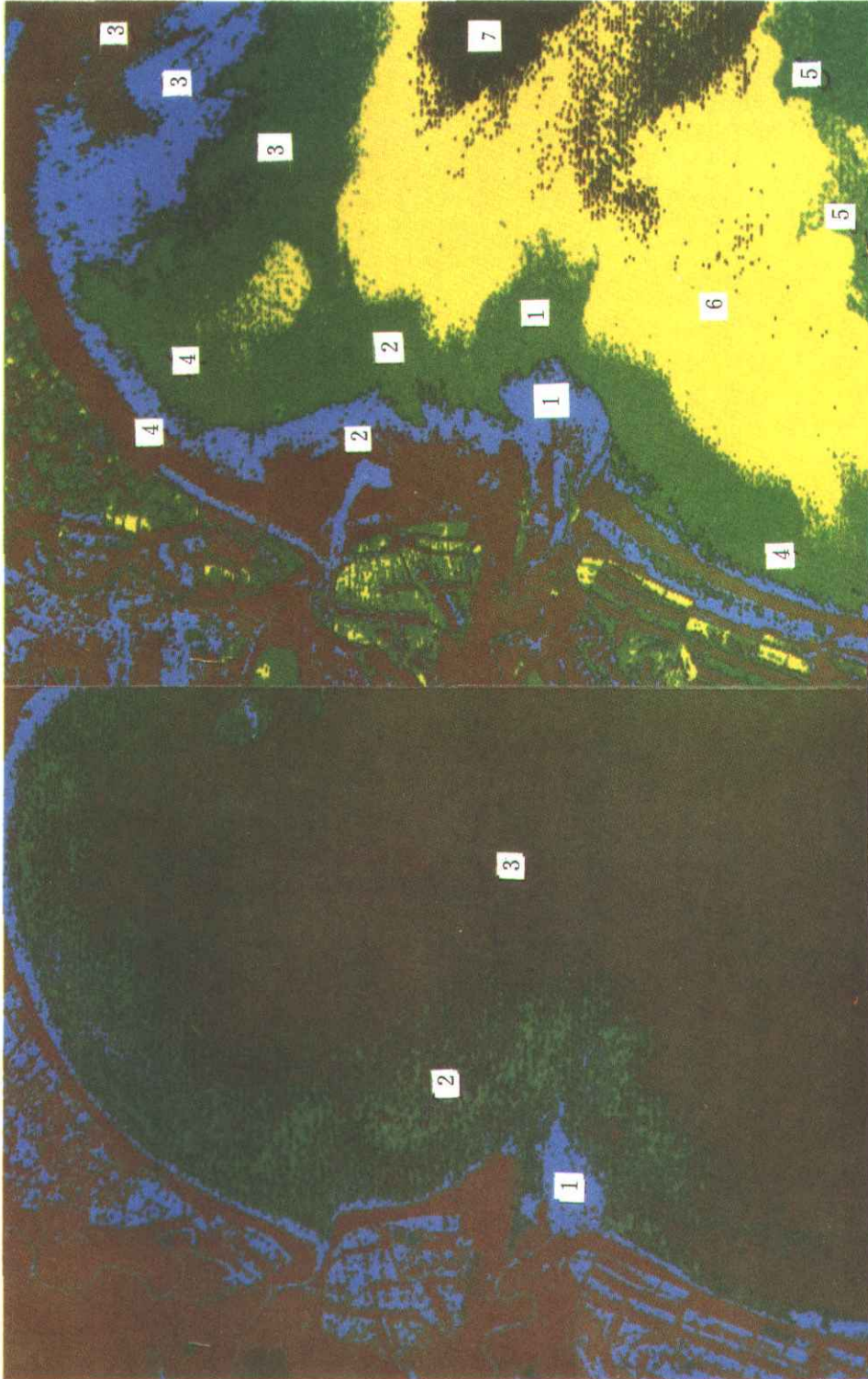


图2 1979年5月19日陆地卫星数据的第二主成份图像，
反映枯水期海河口区海水不同污染等级

1. 污染区 2. 排污影响区 3. 未污染区

图3 1979年9月4日陆地卫星数据的第一主成份图像，
显示丰水期海河口区海水不同浑浊程度

1. 南非污水河舌 2. 永定新河水舌 3. 浅滩 4. 沿岸水
5. 黄河浑水舌 6. 较清海水 7. 清海水