

苏州运河水质的 TM 分析*

李旭文 季耿善 杨 静

(江苏省环境科学研究所)

1991 年 11 月 20 日收稿

摘 要

本文利用苏州地区陆地卫星 TM 数据和同期的地面水质监测资料建立了 TM 图像遥感水质模型,并将该模型应用于 TM 可见光彩色合成图像的分割处理,得到苏州地区水质空间分布图像。结合苏州运河水网的水文及水污染特征对遥感水质空间分布图像作了分析。结果表明 TM 数据真实地反映了苏州地区水质的空间分布规律,并得到当地环境监测部门的验证。

关键词 陆地卫星 TM 水质 环境监测 图像处理

苏南大运河水污染十分严重。我们选取京杭大运河苏州段陆地卫星 TM 数据对水质作了初步监测。根据苏州运河水流流向、工厂污染源分布、运河水污染类型的特点对 TM 多波段数据作了处理和分析,得到了环境水质监测参数和 TM 数据的相关模型,并依据相关模型对苏州运河水系作了计算机图像处理,提取了水质空间分布信息。

一、苏州运河的水质概况

苏州是秀丽的江南水乡城市和风景旅游胜地。由于工业的发展,水环境污染问题日益严重,每天有几十万吨工业废水和生活废水排入作为苏州水网主要干流的京杭大运河苏州段中。这些废水很多不符合排放标准,导致运河水质严重恶化。昔日清澈的河水如今变黑发臭,市区河段鱼虾已经绝迹,使风光旖旎的姑苏城大为失色。

(一) 苏州运河水网的水文特征

苏州运河水网河道纵横,互相贯通。由于地处平原,地势平缓,因此流速缓慢。苏州市东北濒临阳澄湖,东面有金鸡湖、独墅湖,南面有石湖、澹台湖。外城河是苏州市的环城河。苏州水网的进水河道有胥江(太湖来水)、苏州运河北段、上塘河、山塘河、十字洋河、元塘河等 6 条。进水量以胥江最多,占 70%。出水河道有京杭运河苏州段南段,娄江,相门塘和葑门塘(流入金鸡湖与独墅湖)。整个水网的地势是西、西北高,东、东南低。

京杭大运河是过境河流和重要的补给水源。胥江发源于太湖,在横塘桥附近和京杭运河北段交汇后再经泰让桥流入外城河(图 1)。苏州外城河的水流和水量特征为:

(1) 底坡平坦,水面坡降小,流速缓慢、正常水位 2.8—3.0 米;

* 本文的工作得到了盛学良同志的帮助,特此铭谢。al Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki>

(2) 河道宽窄悬殊, 更使苏州运河水体流速减缓;

(3) 进水以泰让桥为多, 占 70% 以上, 出水以觅渡桥为主, 坝基桥次之, 常导致外城河东段滞流。外城河流量南线多于北线。泰让桥、觅渡桥和坝基桥三处基本上控制了外城河的进出水量, 反映了外城河流态。

(二) 苏州运河水质的空间分布特征

根据前人研究成果和历年监测断面水质资料, 可看出苏州运河水质的空间分布特点:

(1) 太湖的来水(胥江)水质较好, 一般好于国标^[2] III 类水。

(2) 苏州外城河水污染严重, 为 V—VI 类水, 外城河南线泰让桥—人民桥—觅渡桥一线水质整体上略好于东北线齐门—坝基桥—相门—葑门一线。

(3) 觅渡桥以南至宝带桥, 工厂较多(溶剂厂、化工厂、染料厂等)水质差, 多为 VI 类水。

(4) 尹山桥以南运河水因自净和太湖水的补给, 水质较好, 为 III 类清洁水。

(5) 城区以西及西北运河受华盛、红叶造纸厂两大污染源影响, 水质为 V—VI 类。

(三) 苏州运河水污染类型

苏州运河水体以有机污染为主, 废水主要来自造纸、化工、食品等行业和城市居民生活污水。反映有机污染的水质监测指数: 高锰酸盐指数 (COD_{Mn})、生化耗氧量 (BOD_5) 严重超标。

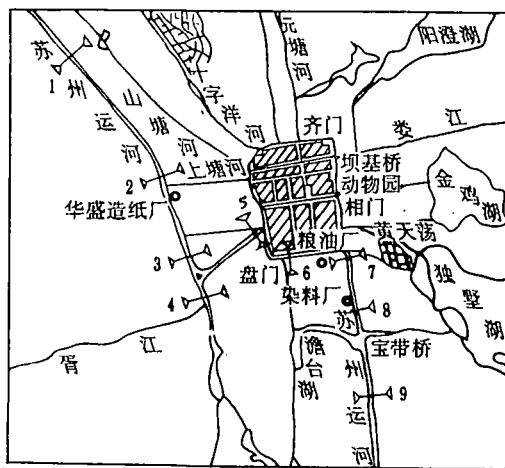


图 1 苏州运河水系及水质监测断面位置图

1. 黄天泾 2. 枫桥兵营 3. 轻化仓库 4. 横塘桥 5. 泰让桥
6. 人民桥 7. 觅渡桥 8. 农科所 9. 尹山桥

Fig. 1 Map of the Suzhou canal system showing the water quality sampling sites.

二、陆地卫星 TM 数据的计算机处理

上述水质空间分布规律在卫星遥感图像上也能得到较佳的反映。为了了解定量反映程度, 利用苏州地区 1986 年 7 月的 TM 多波段图像和水质监测数据进行了以运河水质为研究专题的计算机图像信息提取处理。数据处理的流程为:

(1) CCT 磁带子区读取 苏州子区大小为 678 扫描行 \times 712 像元, 共读了六个波段(未包括热红外)的数据。

(2) 多波段数据的彩色合成显示 从图像数据集中挑选三个波段作彩色合成, 观察和分析运河水体在图像上的颜色和亮度变化特点。然后选取对水体光谱特征有良好反映的波段组合。经观察和比较, 发现 TM_3 (红)、 TM_2 (绿)、 TM_1 (蓝) 合成图像, 反映的

水体明暗变化与苏州运河水质空间分布特点较一致,见图版 I 图 2。图像上 1 为华盛造纸厂,2 为粮油加工厂,3 为苏州动物园,4 为黄天荡水产养殖场,5 为宝带桥,7 为城市污水入湖口,8,9,A 为金鸡湖西、东和中采样点,B、C 为独墅湖西、东采样点,D 为苏州染料厂。由于原始数值的动态范围较窄,在显示时对图像的反差作了拉伸。拉伸参数见表 1。

表 1 彩色合成图像自动拉伸阈值

Table 1 The cutoff and saturation thresholds for the color composite

	TM ₃ (R)	TM ₂ (G)	TM ₁ (B)
下截阈值	0	14	49
上截阈值	53	48	110

(3) 水体分布信息的提取 水体在 TM₅ 近红外波段上辐射吸收强烈,图像上辐射数值较低,和城镇、植被、土壤等地类有明显的差别。根据这一特点,选取 TM₅ 为水体分离波段,提取出了水体的空间分布信息。在 TM₅ 数据的一维直方图上(图 3),绝大多数水体像元的辐射数值小于 25,而其它地类像元的辐射数值一般都大于 25。因此 $DN_T = 25$ 是一良好的水体分离阈值,以 DN_T 对 TM₅ 作二值化运算:

$$TM_5(I,J) \begin{cases} \leq DN_T & \text{则 } B(I,J) = 1 \\ > DN_T & \text{则 } B(I,J) = 0 \end{cases}$$

式中 (I,J) 为像元的行、列号,B 为反映水体分布的二值图像。

(4) 各监测断面处水体辐射数值特征的计算 得到了水体分布信息之后,再参考地面监测断面位置图,在图像上圈出了断面处的水体像元训练区,并计算了它们的 TM 各波段均值(表 2)。一般

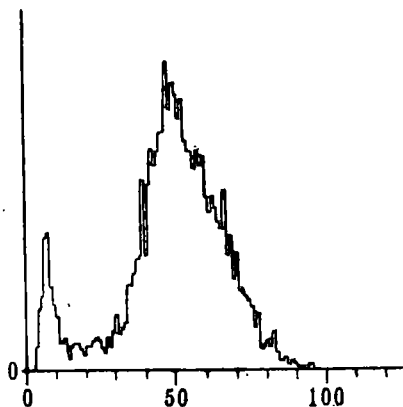


图 3 TM₅ 直方图

Fig. 3 Histogram of TM band 5

要包括 3 个以上像元,以 3—9 个为佳,这样才有准确、充分的代表性。

(5) TM 图像辐射数值和地面水质监测数据回归模型的建立 从 TM 多波段数据的彩色合成显示的亮度和水质空间分布规律可以看出,它们有很好的对应关系,亮度暗的水体段水质差。为了定量地研究遥感数据和地面水质数据之间的相互关系,收集了同步的水质监测数据(表 3),数据项包括 pH、水温、溶解氧(DO)、生化耗氧量(BOD)、化学耗氧量(COD_{Mn})、酚、总悬浮物(TSS)、氨氮(NH₃-N)、亚硝酸盐氮(NO₂-N)、硝酸盐氮(NO₃-N)等。以水质参数为自变量、遥感数据为因变量作了一系列回归分析。

回归分析的结果表明图像数值与 pH、水温、酚等参数相关性很差,红外波段的数据同所有的水质参数相关性也不明显,而可见光波段同其它水质参数有一定的相关。例如,

表 2 水体各波段辐射均值和合成图像的亮度成份 I 以及可见光波段均值 \overline{TM}_{123}

Table 2 Band means, Intensity component and Interband mean for TM visible bands

断面名称	TM ₁	TM ₂	TM ₃	TM ₄	TM ₅	TM ₇	I	\overline{TM}_{123}
黄花泾	82.21	34.17	33.40	38.28	12.34	4.96	158.15	49.93
枫桥兵营	86.79	38.79	37.00	35.24	17.61	8.39	167.74	54.19
轻化仓库	82.26	35.47	33.88	34.72	12.19	4.91	165.06	50.54
横塘桥	90.67	40.93	41.87	35.07	29.73	17.20	231.75	57.82
泰让桥	87.17	38.00	36.67	32.17	22.00	12.67	176.50	53.95
觅渡桥	82.27	35.27	31.09	19.27	12.55	6.41	161.29	49.54
人民桥	83.18	35.57	33.29	33.57	13.71	7.50	148.75	50.68
农科所	77.74	32.20	28.66	39.84	15.16	5.86	134.15	46.20
尹山桥	85.63	38.51	35.10	39.84	14.93	5.27	179.33	53.08

表 3 水质数据和有机污染综合指数值 A (1986 年 7 月 15 日)

Table 3 Water quality data and organic pollution index A

断面名称	pH	水温/℃	DO	BOD	COD	酚	总悬浮物 TSS	NH ₃ -N	O ₂ -N	NO ₃ -N	A
黄花泾	7.4	30.0	1.9	5.9	9.9	0.003	23	0.37	0.078	0.98	3.115
枫桥兵营	7.3	30.0	0.9	3.9	8.2	0.000	58	0.63	0.088	0.02	2.792
轻化仓库	7.3	30.0	0.8	3.9	8.6	0.002	22	0.64	0.121	0.68	2.888
横塘桥	7.8	30.6	6.0	2.5	2.9	0.000	86	0.08	0.042	1.01	-0.012
泰让桥	7.4	30.2	1.0	1.7	8.4	0.002	51	0.63	0.107	0.682	2.255
人民桥	7.3	30.0	0.3	4.4	9.3	0.003	48	0.89	0.180	0.60	3.48
觅渡桥	7.4	30.2	0.5	6.0	9.1	0.002	54	1.72	0.020	0.01	4.637
农科所	7.4	30.4	0.7	7.1	12.5	0.284	34	1.70	0.246	0.18	5.418
尹山桥	7.4	29.1	2.1	2.7	6.8	0.002	35	0.75	0.131	0.98	2.138

注: 单位均为毫克/升, 化学耗氧量为 Mn 法。

可见光三波段均值和监测参数的回归方程为:

$$\overline{TM}_{123} = 49.6413 + 1.3492DO \quad r = 0.71$$

$$\overline{TM}_{123} = 58.5022 - 1.5903BOD \quad r = -0.8523$$

$$\overline{TM}_{123} = 67.9174 - 1.2064COD \quad r = -0.9228$$

$$\overline{TM}_{123} = 46.2691 + 0.1205TSS \quad r = 0.7150$$

$$\overline{TM}_{123} = 54.7183 - 3.1552(NH_3-N) \quad r = -0.59$$

$$\overline{TM}_{123} = 54.8235 - 27.2901(NO_2-N) \quad r = -0.55$$

$$\overline{TM}_{123} = 49.8428 - 3.3877(NO_3-N) \quad r = -0.4119$$

根据苏州运河属有机污染的实际情况, 还重点作了遥感数据和有机污染综合指数 A 的回归分析。A 是一项能客观地反映有机污染程度的指标。它综合了 DO、BOD、COD 和 NH₃-N。其定义为^[1]:

$$A = \frac{\text{BOD}}{\text{BOD}_0} + \frac{\text{COD}}{\text{COD}_0} + \frac{\text{NH}_3\text{-N}}{\text{NH}_3\text{-N}_0} - \frac{\text{DO}}{\text{DO}_0}$$

式中 BOD、COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 DO 为实测值； BOD_0 、 COD_0 、 $\text{NH}_3\text{-N}_0$ 和 DO_0 为标准值，分别取 4 毫克/升、6 毫克/升、1 毫克/升和 5 毫克/升。表 3 给出了各断面的 A 值。根据环境监测中水质评价分级实践^[1]， A 和对应的水体有机污染程度见表 4。

表 4 有机污染综合指数 A 和对应的有机污染程度

Table 4 Values of the organic pollution index and the associated pollution levels

A	≤ 1	1—2	2—3	3—4	4—6	> 6
水污染程度	水质较好	一般	轻污染	中污染	重污染	严重污染

经统计分析得到下列遥感数据与 A 的回归方程：

$$\text{TM}_1 = 90.8262 - 2.2281A \quad \gamma = -0.92$$

$$\text{TM}_2 = 41.1347 - 1.5463A \quad \gamma = -0.89$$

$$\text{TM}_3 = 41.5399 - 2.3548A \quad \gamma = -0.96$$

$$\text{TM}_4 = 36.8326 - 0.8795A \quad \gamma = -0.22$$

$$\text{TM}_5 = 24.9976 - 2.8190A \quad \gamma = -0.75$$

$$\text{TM}_7 = 13.8381 - 1.9233A \quad \gamma = -0.71$$

$$\overline{\text{TM}}_{123} = 57.8332 - 2.0429A \quad \gamma = -0.94$$

$$I = 219.4812 - 16.9445A \quad \gamma = -0.9647$$

从以上回归方程的相关系数可以看出 $\overline{\text{TM}}_{123}$ 和 DO、BOD、COD、TSS 有一定的相关。与 DO、TSS 呈正相关，与 COD、BOD 呈负相关。最显著的是 TM 各可见光波段、 $\overline{\text{TM}}_{123}$ 以及 $\text{TM}_3(\text{R})$ 、 $\text{TM}_2(\text{G})$ 、 $\text{TM}_1(\text{B})$ 彩色合成图像的亮度成份 I 和 A 有很好的相关性，几乎都高于 0.90。这说明 TM 的可见光波段能良好地反映苏州运河各监测断面的水质。 I 中综合了三个可见光波段的信息，因此也表现了最好的相关性。

(6) 水质空间分布信息的提取 建立的回归模型可以作为苏州运河水质分布信息提取的依据。以遥感数据 I 和 A 为例，根据其回归方程和表 4 的 A 值范围计算不同污染程度水体的遥感因变量 I 的阈值，再以这些阈值用于图像 I 的假彩色密度分割。表 5 是分割 I 时所用的阈值，图版 I 图 4 是分割后的遥感水质类别图像。图像上红为严重污染水 (VI 类)，绿为重污染 (V—VI 类)，蓝为中等污染水 (IV—V 类)，黄为轻度污染水 (III—IV 类)，紫为清洁水 (II—III 类)。

表 5 图 2 的亮度成份 I 的分割阈值

Table 5 DN thresholds for the intensity component of Fig. 2

A	< 1	1—3	3—4	4—6	> 6
I	≥ 203	170—202	152—169	118—151	≤ 117

三、分析和讨论

(一) 水质遥感信息和水质监测数据的关系分析

水体污染状况可通过许多物理、化学和生物的参数来反映,水质的改变可引起水体物理性状及光谱特征的变化,这便是用遥感方法研究水污染的依据。在苏南大运河苏州段,生活污水和工厂排放的废水以有机污染为主。表 3 的数据也反映出大多数监测断面的 DO 含量极低,甚至低于地面 V 类水标准^[2]; COD、BOD 则较高,这也说明水体中还原性物质较多。水体有机污染越重,其外观颜色也越深。水色异常在遥感图像上有灵敏的反映,对有机污染的水体而言,有机污染越重,其在遥感图像上的亮度越暗,两者之间存在明显的对应关系。对 TM 可见光三个波段的均值 (\overline{TM}_{123}) 与水质参数的回归分析表明, \overline{TM}_{123} 和 COD 相关性最好,达 -0.93; 其次是 BOD, r 为 -0.85; 与 DO 也表现了一定程度的正相关。COD, BOD, DO 都从一定的侧面反映了水体有机污染状况,因此选择综合 COD, BOD, DO 的指数 A 与遥感数据回归,有更全面客观的意义。 A 和 \overline{TM}_{123} 的相关系数达 -0.94; TM_1 为 -0.92; TM_2 略低,但也达 -0.89; 和 TM_3 的相关性最好,相关系数达 -0.96。据 Bharagava 研究^[3], 反映水质的最佳波长在 650—700 毫微米附近, TM_3 的波长范围为 630—690 毫微米,完全处在最佳波长范围内, TM_3 和 A 的良好相关性验证了这一结论。因此,对水质遥感而言,可见光波段尤其是红光波段是较理想的,含有丰富的水质信息。

在红外区域, TM 数据和 A 的相关性变弱,其中 TM_4 波段只有 -0.22, 几乎不相关; TM_5 ($r = -0.75$)、 TM_7 ($r = -0.71$) 虽比可见光波段低,但也表现出一定程度的相关。

值得指出的是 A 的所有的相关系数都为负值。亦即水质越差, TM 图像上的辐射数值也越低,这与人眼的实际感觉是相符合的。

(二) 水质空间分布的图像判读与分析

苏州运河水质的空间分布特点在图版 I 图 4 上得到清晰准确的呈现。在图上不同的颜色代表了不同的水质类别,他们的对照关系见表 6。

表 6 图像上颜色和对应的水质类别

Table 6 Assignment of colors to water quality categories

颜 色	红	绿	蓝	黄	紫
A	>6	4—6	3—4	1—3	<1
水 质	VI	V—VI	IV—V	III—IV	II—III

苏州市外城河东段在图像上呈红和绿色,其中动物园和相门附近的水体多呈红色,表明水污染十分严重。外城河的北线也多为红和绿色,因此水质也很差(V—VI 类)。外

城河南线盘门—人民桥—觅渡桥一带总体上呈蓝色(IV—V类水),但局部地段也有绿色影像(V类),例如位于人民桥和觅渡桥之间的粮油厂(图1)附近就呈绿色(图版I图4)。觅渡桥是外城河南线水和东线水的交汇处,水质的差异十分明显:南线水以蓝色表示,而东线的水为绿色,表明东线水比南线水要差。苏州外城河的流态特征证实了上面的分析。觅渡桥往南,到了苏州染料厂和农科所一带又出现绿色的影像,水质变差,为V—VI类水。再往南到了宝带桥,水质的差异更为明显:宝带桥以南和西侧的澹台湖水体影像呈黄色,水质较好(III类);宝带桥以东流向独墅湖的斜港河呈绿色,水质为V类。

苏州运河西北段总体上呈蓝色,水质较差。华盛造纸厂(图1)往南水质按理应较差,但纸厂排放废水中大量碱性泡沫流提高了TM图像的辐射数值,造成了较高的亮度。TM成像时,苏州运河水质也偏好。从当时(1986年7月)的水质监测数据来看(表3),位于其下游的轻化仓库监测断面A值为2.888,有机污染也不算太严重。另外,从横塘桥到泰让桥之间的运河斜段以及泰让桥—盘门一段(图1)在图4上水质也偏好(黄色影像占多数,为IV—V类)。泰让桥断面的监测数据中(表3),有机污染指数A为2.255,比轻化仓库还略好一些。

胥江的太湖来水总体上呈紫-黄色,属III类水。由于胥江是苏州运河重要的水补给源,根据前述的苏州运河水网的水文特征,当苏州运河西北段的水和它在横塘镇处交汇后再流向苏州市外城河时,水质自然要改善一些,这就是横塘桥—泰让桥运河斜段水质偏好的原因。娄江是外城河北线和东线水的流出河道,水质也很差,在图版I图4上呈红色,属VI类水。

对比上面的判读分析结果和苏州运河水质概况,可以发现两者基本上一致。遥感图像上反映的水质空间分布与变化特点和地面实况相当符合,局部河段(如横塘桥—泰让桥段以及枫桥兵营—轻化仓库段)在图像上反映的水质比一般情况下的水质要好,同期的水质监测数据也证实了其准确性和可信性。

(三) 影响水体的 TM 辐射数值的因素

自然界水体的反射特性受到许多因素的影响,水质参数是其中的一部份,其它还包括水的表面反射(镜面反射)、波浪、水深、水体底质(砂砾、淤泥、岩石)、藻类、叶绿素含量等。卫星传感器对水体光谱辐射的响应是这些物理、化学、生物因素综合作用的结果。对于具体的水体而言,起决定作用的只是诸多因素中的一项或几项,其它因素只起次要作用。为了抓住问题的本质,简化其复杂性,可以忽略次要因素而把注意力放到对主要因素的分析上。

按照水体光谱辐射主导影响因素的不同,这里对运河水体以及苏州运河水网中的湖泊、水塘、水产养殖场作概要的分析。

(1) 运河水体 光谱辐射受有机污染影响,与水质参数特别是COD、BOD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 等关系密切。运河属航运河道,水较深,透明度小,底质对光谱的影响极微。

(2) 湖泊、水塘和水产养殖场 小的湖、塘和一些水产养殖场水体的光谱辐射和水深、底质、水生植物、叶绿素含量等关系密切。这些因素综合作用使卫星传感器接收的光谱辐射变化较大。但是通过地面实况的调查发现有有机污染状况也是影响这些水体类型光

谱辐射值的重要因素。例如,苏州城东南的黄天荡水产养殖场利用了来自外城河东线、经葑门流入的城市污水养鱼,在图版 I 图 4 上它呈红色,属于很差的水质。不过其中所含的主要是鱼类能摄入的有机营养物质,而毒性成分(如汞、砷、铜)较少。

较大的湖面在图像上表现出的水质各有不同。图版 I 图 4 上金鸡湖呈红-绿色,水质表现为 V—VI 类;独墅湖主体呈绿-蓝色(V 类水),湖西呈绿色,而湖东出现了蓝色,反映出从湖西向湖东水质有改善的趋势。总体上金鸡湖的水质要略逊于独墅湖。苏州市的大量废水经相门塘和葑门塘两条河道排入这两湖,在湖中经稀释、扩散,因此从西向东水质自然要改善。同期的水质监测数据(表 7)也和遥感水质信息相吻合,利用 GB3838-88 对 COD_{Mn} 作水质评价,金鸡湖、独墅湖的水质均为 V 类或劣于 V 类,而且独墅湖的水质总体上比金鸡湖好。从湖西到湖东,DO 增高, COD_{Mn} 降低, $\text{NH}_3\text{-N}$ 也呈减少的趋势,水质逐渐改善。

表 7 1986 年 7 月金鸡湖、独墅湖采样点的监测数据

Table 7 Water quality data for the sampling sites on Jinji and Dushu lakes in July, 1986

湖 名	采样点	DO	$\text{NH}_3\text{-N}$	COD_{Mn}	COD_{Mn} 单项水质评价
金鸡湖	湖西	7.4	0.19	12.3	>V
	湖中	8.9	0.12	11.8	>V
	湖东	9.1	0.14	10.1	>V
独墅湖	湖西	9.0	0.88	9.4	V
	湖东	9.2	0.12	9.1	V
	大堤口*	6.2	0.96	9.4	V

* 大堤口位于湖西污水入湖口。

为了了解水深及湖底底质是否有影响,还分析了两湖的等深线资料。两湖岸线的高程为 2.9 米,湖底平均为 -0.5 米,湖深为 3.0—3.5 米左右。这样大的深度再加上较差的水质,可见光的能量难以穿透水体。同运河干道的情形很类似,可以排除水下地形、底质等因素而认为水质是影响 TM 光谱辐射数值的主要因素。

由上面的分析可见陆地卫星 TM 可见光波段的数据不仅对运河水质有良好的反映,而且对金鸡湖、独墅湖这类污染较重的湖面也能准确地探测水质,并能真实客观地反映其空间差异和分布状况。

四、结 语

上述对苏州运河水质分析可以形成以下认识:

(一) 陆地卫星 TM 1—3 可见光波段的图像数据可以良好地反映以有机污染为特征的苏州运河的水质,有机污染程度同可见光波段图像的辐射数值有密切的相关关系。

(二) TM 图像反映的水质空间分布特征同地面实况一致,得到了地面监测资料的验证。分布规律为外城河重于苏州运河西北段;宝带桥以南和胥江水质较好;外城河北、东

线污染重于南线。大的湖面如金鸡湖、独墅湖的水质也得到正确的反映。

(三) 由于水体在 TM 上的光谱辐射值受到许多因素的影响, 根据运河水质资料建立的回归方程不完全适用于其它类型的水体, 但可用于同景的具有相同水污染特征的其他运河段(无锡、常州、镇江)。本文的工作证明了以有机污染为主的运河水质的可遥感性。

(四) 对于大面积水域如湖泊等的水质划区, 卫星遥感图像可提供形象真实的水质分布信息, 是水域功能规划的重要资料。

参 考 文 献

- [1] 方子云主编, 水资源保护工作手册, 河海大学出版社, 1988。
- [2] 中华人民共和国地面水环境质量标准 (GB 3838-88)。
- [3] D. S. Bhargava, 调查河流水质的超低空遥感(译文), 《测绘科技动态》(6), 32—36, 1985。
- [4] Khorram, S., Use of Ocean Color Scanner data in water quality mapping, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 47, No. 5, pp. 667—676., 1981.
- [5] Carpenter, D. J., and Carpenter, S. M., Modeling inland water quality using Landsat data, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 13, pp. 345—352, 1983.
- [6] Prangmsma, G. J., and Roozekrans, J. N., Using NOAA AVHRR imagery in assessing water quality parameters, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 10, No. 4 and 5, pp. 811—818., 1989.

WATER QUALITY MAPPING FROM LANDSAT THEMATIC MAPPER DATA

Li Xuwen Ji Gengshan Yang Jing

(*Environmental Science Research Institute, Jiangsu Province*)

Abstract

The object of this study was to use remotely sensed LANDSAT Thematic Mapper data, combined with the concurrent in situ water quality data, for the assessment and mapping of water pollution level in the area of Suzhou, Jiangsu Province. The water quality parameters of interest included: (1) Dissolved oxygen (DO); (2) Biochemical oxygen demand (BOD); (3) Chemical oxygen demand (COD); and (4) Organic pollution index A. Based on the statistical analysis of the relationship between TM digital values and the water quality parameters of 9 sampling sites on the Southern Grand Canal, a series of regression models were developed and examined for validity. The most effective model was chosen and extended to the entire study area to map the water quality with signature from the 3 Thematic Mapper visible bands. The spatial distribution of water quality information in this study area was color-coded via digital image processing techniques and successfully verified by the local environmental monitoring station.

Key words Landsat TM water quality Environmental monitoring Image processing



图2 彩色合成图像

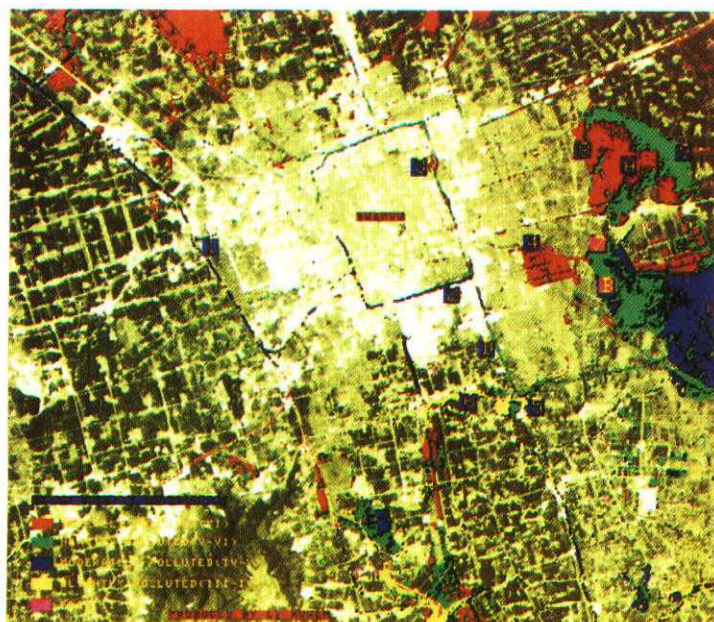


图4 水质空间分布图像