

津渤环境遥感专题报告之三

水 环 境 遥 感 分 析

(1980—1983)



中国科学院环境科学委员会
天津市环境保护局

一九八三年十二月

津渤地区水环境遥感分析

主持单位：

中国科学院遥感应用研究所

协作单位：

天津环境保护研究所

天津环境保护监测站

汉沽、塘沽环境监测站

内 容 提 要

天津环境遥感试验过程中，对水环境作了分析研究，本文是几个研究报告的综合。文中列举许多事实，说明由于水体受污染后，引起一系列物理的，化学的和生物的特征变化。这些变化，有的是在遥感图象上可以直接看到，有的可以通过间接标志来发现。

遥感对水环境的研究具有自己独特的方法和表达形式，它和常规环境监测方法相配合，可以从另一个角度来研究环境，为环境质量评价提供科学论证。

目 录

一前 言	1
二、水环境航空遥感试验仪器及胶片	1
三、水环境的光谱特征	2
四、海河及其水质状况	5
(一) 海河的热污染	5
1. 热污染遥感监测手段和方法	5
(1) 监测时机的选择	6
(2) 高低温定标的选择	7
2. 热污染判读标志	7
3. 海河热污染时空分布	8
4. 热废水来源及其有害物质	11
5. 海河热污染对环境的影响	12
(1) 淤塞航道	12
(2) 加快蒸发速度	13
(3) 影响热机效率、加大能源消耗	13
(4) 对生态的影响	14
(5) 加速化学反应	18

6. 经验和建议	18
(二) 海河水的某些化学特征	20
(三) 海河及水体污染的生物效应	24
1. 四新纱厂排水口	24
2. 造纸厂废渣场的渗出水	24
3. 第三炼钢厂生活排水	25
4. 农田沥水影响	25
5. 粮油储炼厂排污泵站	25
(四) 海河口的污染	25
五、蓟运河下游污染分析	29
六、天津地区的古河道	31
七、结束语	34

津渤地区水环境遥感分析

(专题研究综合报告)

一、前 言

随着生产的发展，人们向水环境排放越来越多的废弃物以至有毒物质，水环境的质量处于受破坏的过程中。

污水排入水体，改变着水的物理、化学和生物的特征，影响到饮用水和工业、农业用水的质量。水对人必须是无害的，现在已经有各种方法监测水污染的状况，遥感也是一种具有自己特点的监测水污染的手段。

从1980年起，中国科学院遥感应用研究所在天津及渤海湾地区进行了水污染遥感试验研究。在城市地区及海湾港口区进行遥感试验，国内尚无现成经验可以遵循，但通过试验，还是取得了不少成果，为今后进一步开展类似工作打下了基础。

二、水环境航空遥感试验仪器及胶片

水环境及其污染状况的遥感试验是环境质量评价的一部分。环境质量评价可以用定点取样分析的方式进行，来追溯水污染源的位置。也可以用对一个水系或水系的一部分进行污染分析，即线状的方式进行，来分析水系受污染的程度。随着环境工作的开展，也出现了对整个区域的环境进行研究的必要性。在这方面遥感可以发挥大面积同时快速探测的特点。

天津、渤海湾地区水环境及其污染的研究涉及范围包括天津市区及塘沽地区。使用的是RMK航空摄影机及彩色红外胶片，DS-1230红外扫描仪和回放出的彩色密度分割图象。

RMK航摄影机摄影波段是0.4~0.8微米，胶片采用国产航空彩色红外胶片（又称180胶片或HCJ-2片）。彩色红外胶片片基上涂有感绿、感红和感红外三个感光层，可获得鲜艳的彩色红外影象，胶片结构如图1。三个感光层均感蓝光，在飞机上摄影作业时，常用深黄滤色镜（黄-18，雷登12）吸收兰色光（见图2）。这种彩色红外片能满足水环境及其污染的某些监测要求，效果良好。在一张用这种胶片印出的彩红外象片上，其彩色并不是环境目标的真实彩色，而是人为的假彩色。虽然和环境目标原来的颜色不同，但却增强了影象的色调反差，提高了影象表达能力，从而环境目标更加轮廓清楚，易于识别，在水体污染监测上能起重要作用。彩色红外象片善于表现水体，使水域范围及其污染特征显得非常清楚。

三、水环境的光谱特征

不同的水环境目标反射太阳辐射的光谱曲线是各种各样的。光谱曲线特征的不同，反映水目标的本质，这种本质是由该目标的物理特性、化学成分和生物作用的不同而引起的。

在整个遥感试验过程中，对河流、洼塘作了光谱测试和部分的采样分析。当水体受污染时，光谱曲线的特征会出现变化，从这种变化上可分析出水污染的某些状况。

光谱测试用的是国产新天-101W型地物光谱仪。测量光谱的步骤是将光谱仪对准水体，测得光谱反射记录曲线，再用同样方法随着测出标准白板（ BaSO_4 ）的光谱反射，并假定两次测量时段内太阳总辐射保持不变。对记录曲线进行整编后即得出光谱反射率曲线。这种曲线，经实地调查，可说明水质的某些污染特征。

城市污水排入河道，由于污水的影响，使水体发黑或成灰褐色。天津市卫津河即是如此，其他污水河也是这样。这种水体在光谱测试

范围内反射率都较低，反射率曲线无大的起伏变化，只是各种不同程度的污染水体，其反射率的水平(%)不同而已(图3)。

污水光谱反射率一般都缺少变化，而净水(如天津水上公园)光谱反射率曲线就不同。水上公园的净水，目视颜色呈黄绿色，因此在0.55~0.65微米处有一个较宽的反射峰。在红外波段，由于水中藻类的缘故，有一个红外反射峰出现在0.85微米处(图4)。

在工厂污水、农田弃水及工业废渣的影响下，水体中悬浮物质增加，水体的反射率就较正常水体为高。图5是清洁河水和含有悬浮物质的池塘混水的光谱曲线。可以明显地看出，由于悬浮物质的影响，混水的反射率较清水高。

如果水体受油污染影响，其反射光谱能量较一般河水能量要大些(图6)。当水体中含有足够的氮、磷成分时，常有浮游藻类繁殖，出现另一种光谱特征，有浮游藻类的水体，在近红外波段上，有一个较大的反射峰(图7)。表1是图7中表明的鱼池中藻类的数量鉴定值。

表1 水体中浮游藻类总量统计

光谱测试地点	时 间	主要浮游藻类	总量(万个/升)
赵沽里鱼池	1980.9.12	直链藻、鼓藻、 四角藻、大头藻	283
宁园鱼池	1980.9.12	针杆藻、弓形藻、 直链藻	201

当水体中悬浮物数量不大时，水体底质光的反射作用就起作用。图8中曲线1是一般河水的光谱曲线，反射率很低，且没有明显的起伏变化。曲线2是水体底部有碱渣，就出现较大的反射能力。

综上所述，水体由于物理、化学和生物特性的不一致，光谱反射率曲线是很不相同的。水体光谱反射率的这种差别，是遥感监测水质变化的物理依据，而航空彩色红外摄影就可以用象片上的不同颜色反映光谱的这些差异。水体的光学特征，现已知受水的物理和生物的影响较大，受化学组分的影响较小。因此，遥感器对捕捉水体的物理变化和生物变化比较有效，而对化学特性进行监测效果不显著。水面油膜，泥沙，热排水，有机污水，化学废渣及有色废液，浮游植物等在彩色红外图象上都能反映。表2列出了各种污染类型及其在彩色红外象片上的表现。

表2 1:1万彩色红外象片上天津地区水污染判读特征

项 目 污染类型	污 染 来 源	影 象 彩 色	影 象 纹 理
油 污 染	船舶排放、炼油厂、工厂排污口	绿、青绿	条状、块状，烟云状
悬浮泥沙	农田沥水，河流输沙	淡兰，绿，浅绿、白色	条带状，漩涡状
热 排 水	工厂排放冷却水	白、白灰	羽状，絮状、波纹状
有机污水	工厂、居民区排放	黑、灰黑	条带、墨迹状
浮游植物	工厂、居民排污及农田沥水引起富营养化	鲜红、淡红、红褐、浅褐	条状、块斑状
化学废渣	化工厂，机械厂排放	灰兰、绿、黄绿	喇叭状，块状
化学废液	化工厂及人工投放	由污染物色调决定	因排放源而异
生活垃圾	垃圾堆废物	灰黑、黑色	墨迹状

四、海河及其水质状况

海河是天津市工、农业和生活用水的主要水源。1958年在海河入海口处兴建防潮闸后，使海水和海河水“咸淡分家”；而后又修建了南北排污河，城市和工业污水一般不再流入海河，做到“清浊分流”；从而使海河水质基本上有所好转。

海河从天津三岔口开始，直到塘沽新港入海，由于建闸，实际上是一个河道型水库。海河的两端，一头是天津市工业区，另一头是塘沽新港码头区。海河中段海河两岸也有一些工业单位，海河在两端及中段工业排污影响下，仍有一定的水质污染。

(一) 海河的热污染

海河沿岸目前值得注意的是有一些工厂仍在排放含热废水。热废水来源于发电厂、钢铁厂、化工厂、纺织厂和造纸厂，以发电厂排放的为最多，带来的害处也最大。含热废水排入水体，使水体温度升高，从而引起水质的物理、化学和生物的变化，当超过允许的热排放标准时，就构成热污染。“热”，不像浓烟浊水那样容易被人们发觉，但它伴随现代工业的发展已存在多年了。国际、国内屡有热污染事故发生。美国俄亥俄州的申达斯克河，1967年因热污染死鱼30多万尾，1978年又死鱼25万多尾。1978年夏季江苏的望虞河，由于望亭电厂排放的热废水，使该河及其相通的河网地区鱼类和育珍蚌大量死亡，河两岸水稻也减产。1978~1979年辽宁的大伙房水库，因辽宁电厂含热废水的排入，也发生了大量死鱼情况。今后随着工业的不断发展，电厂装机容量不断增长以及核电站的增多，热污染将成为未来水体污染的重要内容。因此，从节约能源和保护水源的角度出发，研究水体的热污染是有其重要意义的。

1. 热污染遥感监测手段和方法

物理学上已知，任何物体其温度高于绝对零度（ -273°C ）时，就辐射红外线。热废水由于其温度较自然水体温度高，能辐射较强的红外能量，形成热差异。利用这种热差异，可以用红外扫描仪从遥感飞机上探知其存在，并用可见形式记录成象。

红外扫描仪记录的是水面表层的辐射温度，被测对象即使有较小的温度差异也会显示出来。由于飞行高度而引起的大气的影响，水表面的温度被红外扫描仪测得的比实际的要低。

1980年天津环境遥感期间，5月、9月、12月共飞行了三次。使用的是国产高分辨力红外扫描仪，美制DS-1230红外扫描仪，日制ER-2007等遥感器，对海河全线的温度进行了空中监测，在地面进行了同步观测以及昼夜连续观测。同时也采集了水样和底泥样品进行化验分析和现场实地验证。对红外图象进行了处理和分析判读。从图象看，DS-1230红外扫描的效果最好，记录的磁带可回放成黑白扫描图象；也可回放成温度梯度彩色等密度分割图象，进行定量分析工作。国产高分辨力红外扫描仪所获得的图象，比例尺较大，对热污染源分布和热污染扩散特征的研究很方便。缺点是没有温度定标，为了补充这一不足，在飞行时曾用自动记录的红外测温仪沿航迹记录其温度，并在地面上同步测温。

利用红外扫描仪监测热污染的优点是快速、效率高，可以迅速取得大面积水域的平均辐射能量。即获得的是瞬时信息，形象直观，便于圈定污染水域的范围及污染状况，研究热污染对环境的影响和开展热污染评价。

（1）监测时机的选择

使用红外扫描仪监测水体热污染在时间上应避免选择温差过大的时候。天津地区，春秋两季比夏、冬季更宜于进行红外扫描飞行。春

秋两季无雨或少雨，海河水量较稳定，地表温差较小。夏季多雨，河水量变动较大，地表温差也较大。冬季河面结冰时，与热废水相比温差也较大。就一天24小时来看，也应尽量避免出现温差较大的时候。其中以清晨最理想，因为这时没有太阳辐射干扰、地表温差小。

(2) 高低温定标的选择

这是取得满意的热图象的关键。高低温定标应该以飞行时或飞行前后当地地表温差的监测数据为标准，切忌定得偏高或偏低。如定标偏低，将使高温目标的信息被淹没。如1980年12月12日，塘沽地区的红外扫描图象低温定标为 -12°C 、 -10°C 、 -7°C ，高温定标为 $+5^{\circ}\text{C}$ ，整个定标都偏低了，使得凡是未结冰的水体均呈白色，分辨不出河面的温度差别，因而无法发现热污染源。定标偏高，将使低温目标的信息出现不了。所以在飞行前，应对河水的自然温度，废热水温度，地表温度等作详细的现场实测和调查，以供遥感飞行时确定高低温定标时参考。

以上两点（监测时机和高低温定标）如果选择得当，就能以最少的飞行架次，获得最多样的水体热信息。

2. 热污染判读标志

红外扫描热图象记录的是地表温度的差异。在热图象上，地表辐射能量大的表现为色调浅，小的表现为色调深。废热水属于前者。

在黑白热图象上，废热水通常呈白色或浅灰色的羽毛状，称热水羽流。羽流两侧有时可看到热水与较冷水相混合时形成的带旋涡状形迹。水体水面的色调随时间而异。在白天扫描获得的图象上，水面呈深灰色或黑色，因为白天水体的温度较地面温度为低。在黑夜飞行扫描获得的图象上，由于水体温度较地面温度为高，水体就呈浅灰色或白色（见图9）。

在热图象上,有时也出现不是由于热而形成的浅色调,这时形状因素就成为判读的重要标志。热水的形状通常为羽状或流动絮状。如图 10-1 所显示那样,污水池的黑色油膜也是浅色调,但其形状成不规则的散在斑块。污水池在有风情况下,由于风的推动,表层温度较高的水常被吹向彼岸,在热图象上显示白色调,而下层水温较低,呈灰色色调,而且形状不规则,成碎絮状(图 10-2)。由于风浪的影响使水体混浊也可能出现浅色调,形状似弥漫的雾状或黑白相间的絮状(图 10-3)。排洩污水的沟渠,由于水色暗褐,吸收太阳光热能力强,污水温度较高,呈明显的浅色条状(图 10-4)。

3. 海河热污染源时空分布

根据污染源分布、扩散范围、热水排放量、对环境的影响等因素,海河热污染情况可分为下列 5 段。

新红桥——解放桥。轻度热污染段。

解放桥——邢家圈。严重热污染段。

邢家圈——葛沽。中度热污染段。

葛沽——新河船厂。无热污染段。

新河船厂——大闸。重度热污染段。

海河热污染源具体位置及其分段见图 11,热排水口的情况见表 3。

新红桥——解放桥段有两个热污染源,热污染程度较轻,其中新红桥——北开铁路桥离热污染源较远,因此把本段水温作为海河自然水温。

解放桥——邢家圈段是天津市区河段,图 12 是该段的热图象。本段全长 18 公里,两岸有许多工厂,其中直接污染源 14 个(水口共 26 个),间接污染源 7 个,间接污染源是通过北月牙河向海河排

表 3 海河及月牙河沿岸各工厂取排水情况一览表

项 目 名 称	水口 数量	取 水 来 源	温 升	排 水 量	排 水 种 类	在 图 象 上 可 见 程 度	备 注
毛纺一厂	1	海 河	6℃	1,200 T/日		明 显	直接排入
第三发电厂	1	海 河	10℃			明 显	直接排入
第一发电厂	1	海 河	10℃	907,992 T/日	锅炉冷却水 化学车间废水	明 显	直接排入
食品一厂	2	海河、井水	① 6℃ ② 11℃	10,000 T/日(夏) 1,000 T/日(冬)	冷 却 水	可 见	直接排入
棉 二	1	海 河	10℃	52,800 T/日(夏) 47,040 T/日(冬)	空调冷却水	可 见	直接排入
棉 一	3	海河、井水	① 10℃ ② ③	62,400 T/日	空调冷却水	可 见	直接排入
红旗化工厂	1	海 河				可 见	直接排入
四新纱厂	2	海河、井水 自 来	① 6℃ ② 7℃	19,200 T/日	空调冷却水	明 显	直接排入
棉 五	2	海 河	① 6℃ ② 3℃	2,160 T/日(①) 192 T/日(②)	空调冷却水	明 显	直接排入
第一炼钢厂	5	海河、井水 自 来	① 13℃ ② 5.4℃ ③ 6℃ ④ 4℃	282,219 T/日	化铁炉冷却水 脱模、淬渣	明 显	直接排入
棉 四	2	海 河	① 7℃ ② 9℃	55,200 T/日	空调冷却水	可 见	直接排入
棉 三	3	海 河	7℃	48,000 T/日	空调冷却水	可 见	直接排入
钢 丝 厂	1	海 河		1,446 T/日	冷 却 水	未 见	直接排入
冷 冻 厂	2	海 河	① 7℃ ② 10℃	9,936 T/日 19,872 T/日	空调冷却水	未 见	直接排入

接上表

三 炼	1	海河、井水	9℃	6,050 T/日	电炉冷却水	明	显	直接排入
军粮城电厂	1	海河、井水	9℃	656,000 T/日	冷却水	明	显	直接排入
硫酸厂	1	海河		9,600 T/日	锅炉冷却水	可	见	直接排入
大沽化工厂	3	海河		21,600 T/日	冷却水	明	显	直接排入
天津碱厂	3	海河		131,440 T/日	冷却水	明	显	直接排入
908厂	1	海河			冷却水	明	显	直接排入
盐场化工厂	1	海河			冷却水	明	显	直接排入
型钢厂	1	海河			冷却水	可	见	直接排入
津东化工厂	1	地下水		902 T/日	冷却水	可	见	直接排入
总计	40		平均8.8℃	234.62万吨/日				
金属制品厂	1	海河		4000 T/日	冷却水	可	见	间接排入
二 炼	1	海河、井水	7℃ (夏) 50℃ (冬)	2,500 T/日 (夏) 200 T/日 (冬)	机氧机冷却水	明	显	间接排入
三 炼	1	海河、井水	7℃ (夏) 50℃ (冬)	6,500 T/日	冷却水	明	显	间接排入
耐火材料厂	1	自来水		85 T/日	冷却水	可	见	间接排入
耐火材料分厂	1	自来水		170 T/日	冷却水	可	见	间接排入
型钢厂	1					明	显	间接排入
一机床	1	海河		8-10 T/日	铸造用冲砂水	可	见	间接排入

放含热废水。热排水总量 152.67 万吨/日，在第一发电厂和第一炼钢厂热排水口处水温都较高。图 13 是用多日期热图象上的辐射温度绘制的海河市区段的温度变化图。从图上可以看出解放桥附近温度较低，大光明以后温度开始升高，到崔家码头以后温度又下降。这一段温度上升是由第一发电厂和第一炼钢厂的含热废水引起的。从多日期热图象中也看出，海河市区段在春、夏季较自然水温高出 5-7℃，冬季较自然水温高 9-15℃，这一情况也由空中和地面温度实测所证明。

邳家园——葛沽段即军粮城河段，长约 19 公里，热排水量 65 万吨/日，主要热污染源是军粮城的乡发电厂、硫酸厂和津东化工厂。其中以军粮城发电厂为主要热污染源（图 14）。据 1980 年冬季图象上看到，军粮城发电厂排水口附近温度在 9℃ 以上，热水向上游扩散 3 公里，向下游扩散 7-8 公里。海河军粮城段是中度热污染段。

葛沽——新河船厂河段未见热污染源，是一个无热污染河段。

新河船厂——海河大闸段即塘沽河段，长约 14 公里（见图 15），热排水量为 16 万吨/日。全段共有热污染源 4 个，热排水口 8 个，基本上都是化工厂的冷却水，热水中常夹有悬浮物及油、酸、碱等废液，为重度热污染河段。

4. 热废水来源及其有害物质

据调查所知，向海河排放的热废水有发电厂、钢铁厂和化工厂的冷却水以及纺织厂的空调水。由于管理制度不完善，热废水中还夹杂有酸、碱、油、汞、砷、铁、氨氮以及悬浮物等。发电厂排放的主要是汽轮机的冷凝水，温度高，水量大，有时还含有一定量的油、酸、碱、砷等物。钢铁厂排放的热废水主要来自平炉、转炉和高炉的冷却水，以及淬渣、浇锭的热废水，温度 20°-30℃，夏季可高达 50℃，热废水常含有铁、汞、硫酸盐和重碳酸盐等污染物。化工厂排放的热

水主要是冷凝水，并含有悬浮物和污染物。纺织厂的热排水主要是空调水，常年温度在 $15 - 20^{\circ}\text{C}$ 之间，有时还含有淀粉、氨氮等有机物。

5. 海河热污染对环境的影响

(1) 淤塞航道

河水因热废水的排入，水温升高，水的密度和粘滞系数下降（见表4），而粘滞系数又与河水中颗粒物的沉降速度成反比。因此，水

表4 水温和水的密度及粘滞系数的关系

温 度	密 度	运动粘滞系数
$^{\circ}\text{C}$	克/毫升	10^{-6} 米/秒
0	0.99984	1.790
5	0.99997	1.515
10	0.99970	1.300
15	0.99910	1.140
20	0.99820	1.000
25	0.99704	0.891
30	0.99565	0.806
35	0.99406	0.727
40	0.99224	0.659

温高就减小了河水携带泥沙颗粒物的能力，促成泥沙加快沉积。图16是第二炼钢厂的热排水口象片，可看到水口附近蛇头形沉积物。据不完全统计，每年从海河中挖去泥沙28-51万 M^3 。1980年的清淤数