

津渤环境遥感专题报告之四

渤海湾海洋环境遥感监测

(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

渤海湾海洋环境遥感监测

主持单位：

国家海洋局

天津市环境保护局

参加单位：

国家海洋局第一海洋研究所

国家海洋局第二海洋研究所

国家海洋局海洋环境保护研究所

国家海洋局海洋技术研究所

国家海洋局北海分局

中国科学院海洋研究所

天津市环境保护监测站

交通部天津水运工程科学研究所

水电部天津水力科学研究所

水电部南京水利科学研究所

石油部海洋石油勘探局

南京大学地理系

目 录

一、引 言	4
二、试验海区海洋学概况	5
三、遥感信息和海洋现场资料的获取	6
四、试验结果分析	8
(一) 石油污染遥感研究	8
(二) 河口污染水扩散遥感研究	15
(三) 海水叶绿素含量遥感研究	23
(四) 海洋地物谱测量与分析	25
(五) 表层流遥感分析	25
五、几点认识	26

附图

内 容 摘 要

本文概略总结 1980 年津渤地区环境遥感试验渤海湾海洋环境监测课题的主要研究成果和基本经验。该课题由国家海洋局和天津市环保局主持，包括海面油溢监测，河口污染水扩散分析叶绿素含量和海洋地物谱测量等项研究题目，采用航空遥感和海面同步观测取样相配合的方法获取数据与资料。

试验结果表明，紫外，可见光和彩色红外摄影方法可以用来纪录海面油溢的存在，粗略估计油溢量。大量航空多光谱像片表明海区漂油现象严重，船舶实测资料证实渤海湾海域已构成石油污染。试验结果还表明，海河口和南排污河口的污染水呈渐宽条带状向海湾中部扩散，在大沽口航道附近长 15 公里、宽 3~5 公里海域内造成了有机物 (COD) 污染。蓟运河口污染水呈蘑菇状向海湾中部扩散，影响范围较大。由解释彩色红外像片得出的二个叶绿素高浓度区与上述污染水范围相吻合。

渤海湾海洋环境遥感监测

一、引言

航空遥感技术对近海海洋环境的监测、评价与研究有着突出重要的意义。这是因为海洋是一个连续、广大和动态的水体，海面上通常又没有明显的地物标志，陆地上常用的观察方法往往不适用于海洋。传统的船测方法只能作不连续的定点观测并且受到视野狭小观测速度慢的限制，越来越不能适应海洋环境动态状况观测，特别是获取执法依据的需要。卫星遥感为在大范围内同步观测海洋提供了很好的途径，但目前卫星遥感系统在空间分辨力，观测重复率和受云盖的限制等方面也不能满足观测近海海洋环境的要求。航空遥感系统具有视野宽广，可进行同步与快速观测、空间与光谱分辨力高、机头灵活，可在高层下飞行等特点，可以解决海洋环境观测与研究传统方法无法解决或难以解决的问题，同时也可以弥补航天遥感的不足，是监测、评价与研究近海海洋环境的有效手段。

利用航空遥感资料对渤海湾近海海洋环境进行分析与研究，是1980年津渤地区环境遥感试验的重要组成部分。本专题由国家海洋局科技司和天津市环境保护局牵头组织，其目的是探索在国内目前条件下的利用遥感技术监测近海海洋环境的可能性和方法，同时尽可能为试验海区水体污染状况评价提供参考依据。

参加本专题现场试验工作的有：国家海洋局第一、第二海洋研究所，海洋环境保护研究所、海洋技术研究所，北海分局、中国科学院海洋研究所、天津市环境保护监测站、交通部天津水运工程科学研究所、水电部天津水利科学所、南京水利科学所、石油部海洋石油勘探

局和南京大学地理系等单位，现场试验包括多阶段多项目的空中遥感飞行和海上同步观测与取样分析。

本文将对这次海洋环境遥感试验取得的基本经验和研究成果进行概略总结与归纳。

二、试验海区海洋学概况

渤海湾位于渤海西部，以滦河口至黄河口联线为其东界，水域面积为 15,914 平方公里，占渤海面积的 20%。平均水深为 18.5 米。沿岸为第四纪松散沉积物，构成典型的淤泥质海岸。有许多河流注入该湾，主要有：黄河、海河、蓟运河、滦河和大清河等，其中黄河、海河、蓟运河（包括永定河）对渤海湾水质有较大影响。黄河的年平均经流量为 440 亿立方米，海河近年来用作河道水库贮水，（容量约 7000 万立方米）在入海口建一防潮闸，为载流而很少开启，因此，海河干流没有正常入海流量。蓟运河为 7.4 亿立方米，其中包括经永定河排入的北京地区工业废水和城市污水。

渤海湾位于中纬度季风区边缘三面环陆，气候上具有显著的“大陆性”特征，有夏雨、冬干、春旱的特点，夏季（7~9月）雨量集中，造成地面大量径流，沿岸排污口为了汛期泄洪，常常造成突发性排污。采然巨量的径流也合在一定程度上加强河口区海水的稀释作用。由于海区水深较浅冬季半年（10-3月）的偏北风，对入海污染物的混合扩散和搬运起着重要作用。

渤海湾水温呈季节性变化。冬季水温低垂直方向分布均匀，等温线大致与岸线平行，水平梯度大，并自东向西递减，沿岸海域出现负温与海冰。夏季水温升高，水平梯度不显著。渤海湾海水盐度偏低，其分布垂直方向较均匀，沿东西方向略呈马鞍型，而天津近岸为 3‰，湾口为 3‰，夏季河口地区盐度可低至 2‰。渤海湾的潮汐基本属于

正规半日潮。潮差为 2 - 3 米，最大 4 米。海湾中部潮流流速可达 $100\text{cm}/\text{sec}$ ，西北部则减弱为 $40\text{cm}/\text{sec}$ 。海湾沿岸流具有风海流性质。渤海环境在海湾水交换中起支配性作用。

渤海湾的渔业资源十分丰富。主要经济鱼类有小黄花鱼、带鱼、墨鱼、鲎鱼和鲈鱼等，虾类中对虾毛虾和白虾的产量都很大。此外还生产多种海蟹和贝类，特别是河口区生物量高，是多种鱼虾回游产卵的重要场所。因此渤海湾是我国主要海洋渔区之一。

渤海湾海底油气资源十分丰富其中 北油田已探明原油储量为 1.1 亿吨，已投入生产性开发。

渤海湾沿岸地区为我国经济较为发达的地区之一，位于海湾顶部的天津市是我国重要工业基地，天津新港为我国第三大海港，是京津以及华北地区的海上门户。沿岸还有胜利油田、大港油田和长芦盐场等对国民经济有着举足轻重影响的企业。

资源开发和生产发展对海洋环境带来了冲击。调查表明，每年排入渤海湾的污染物质数量很大，如有机物（按化学耗氧量 COD 计）达 20 万吨，氨氮 0.4 万吨，磷酸盐 0.03 万吨港池、锚地、航道、沿岸和海底油田则是湾内主要的石油污染源。

本次航空遥感试验选作重点测区是污染源较为集中的海河口——蓟运河口海域，即东经 118° 以西，北纬 $38^\circ 53'$ 与 $39^\circ 08'$ 之间的渤海湾西部海域。

渤海湾西部与沿岸地区略图以及航空遥感试验测区示于图 1。

三、遥感信息和海洋现场资料的获取

渤海湾海洋环境航空遥感现场试验分两个阶段进行，其目的在于获取河口区不同季节污染水扩散状况的遥感信息。

第一阶段于 1980 年 5 月 16 日至 19 日进行，此时为入海河流

的枯水期。试验使用的空中工作平台双水獭遥感飞机和米-8直升机各一架，共飞行三架次。机载传感器为双通道扫描仪一部、多光谱相机二部和光谱辐射计一部。海上工作平台为海洋调查或监测船四艘，即“海调105号”、“津护1号”、“交津研1号”和“海燕号”，先后进行了三个航次的海上同步或准同步观测。观测项目包括水文、气象和海洋光谱等同时采集海水、生物和底泥样品。对这些样品进行了总固体、叶绿素水化学、污染、底质等项实验室分析。

第二阶段于1980年9月6日至16日进行，此时为入海河流的丰水期。空中工作平台同前，共飞三架次，传感器为彩红外摄影用RMK航空像机、多光谱像机和光谱辐射计各一部。海上工作平台增加金星号海洋监测船，海调105由海调106接替总计为五艘。同步观测与取样项目同前。试验用传感器性能与飞行情况列入表1。

除海一定同步观测之外，试验期间还利用101W、302、和日本产SRM-1200型光谱辐射计对不同海水水样、水面油膜、海岸带沙样和土样、各种耐盐植被等地物的光谱特性进行了现场测量，取得了大量数据。

表 1 渤海湾海洋环境航空遥感试验用传感器特性与飞行情况

传感器	双通道扫描仪 (上海技物所)	HDG1 多光谱像机 (海洋一所)	DGP II 多光谱像机 (长春光机所)	Hasselblad 多光谱像机 (遥感所)	101W 光谱辐射计 (海洋二所)	RMK 航空像机 (地质部)
工作谱段 (u)	0.43-0.56 0.53-0.73 10.5-14.40	兰、绿、红 彩色	0.33-0.40 0.50-0.60 0.60-0.70 0.70-1.00	兰、绿、红 近红外	0.4 - 1.0	彩虹外
记录方式	磁带记录	80mm 胶片成像	70mm 胶片成像	胶片成像	曲线	230×230mm 胶片成像
试验区	海河河口	海河河口	河口与平台区	海河河口	海河河口	海河-蓟运河 河口
机型	双水獭	米8	双水獭	双水獭	米8	双水獭
飞行时间	1980.5.17	1980.9.13	1980.5.19	1980.9.16	1980.5.16 1980.9.16	1980.9.6
航高(m)	3000	1000	1500	1600	1000	8880
航速 Km/h	240	120	240	240	180	240

四、试验结果分析

在本专题范围内，对如下课题进行了研究：

1. 近岸海域油污染的遥感监测。
2. 蓟运河、海河口悬浮物及污水扩散特征、范围的研究。
3. 近岸海水叶绿素包量的遥感分析。
4. 海洋污染光谱特性的测量分析。
5. 渤海湾表层流遥感分析。

本节将简略介绍这些课题取得的主要研究成果。

(一) 石油污染遥感研究

在各类海洋污染中，石油污染无论在发生频率、分布广度还是在危害程度上均居首位，对海洋环境质量构成了严重威胁。渤海湾南岸分布着胜利和大港油田，原油年产量占全国的四分之一。海底油田分布在海湾中部，已投入生产性开发。湾顶有京津工业区，天津新港每年来往船只数千条。因此渤海湾是我国潜在的海洋石油源最密集的海区。事实上，海湾内已发生过石油勘探井喷事件，而船舶在港口、锚地和航道内违章排污也屡有发生。实测资料表明，海湾内部分海域海水石油含量最高达 0.166 mg/l ，超过国家水质标准(0.05 mg/l)三倍，已经构成了石油污染。

本次试验在第一和第二阶段均对海洋石油污染航空遥感监测方法进行着重研究。

1. 油膜和含油污水光谱特征

试验期间利用国产 1G1W 光谱辐射计测量了渤海 4 号平台原油、

国产20号船用重柴油和0号轻柴油以及含油污水(含油量为22.78 PPM)的可见光—近红外反射光谱特性。测量结果表明,虽然各种油膜的反射率曲线均没有明显的特征峰存在,但油膜反射率在整个测量谱段内均略高于清洁水体,在短波长范围($0.4\sim 0.5\mu$)内更为明显。含油污水的反射率比清洁水体显著增高,在长波长范围($0.5\sim 0.8\mu$)内更为明显。这说明利用可见光—近红外谱段摄影成像方法记录海洋石油污染是可行的。

试验期间还对不同厚度($0.5, 0.2, 0.1\text{mm}$)油膜的反射率曲线进行了比较,发现在测量范围内它们彼此十分靠近,由此推断、利用可见光—近红外谱段的成像传感器,很难定量测定油膜厚度。

2. 海面油膜多光谱遥感

试验期间对人工布放的渤海湾原油和国产20号重柴油油膜以及海面漂油进行了紫外($0.52-0.38\mu$)、兰($0.40-0.48\mu$)、绿($0.50-0.58\mu$)、红($0.60-0.70\mu$)谱段和彩色红外摄影。结果证明,油膜在各谱段均能成像,但效果不同,紫外谱段能对很薄的油膜成像,效果最佳,兰、绿、红等谱段的效果依次递减。对20号重柴油油膜进行兰、绿、红三谱段同步摄影,照片上的油膜与背景海水间的密度差分别为 $0.12, 0.02$ 和 0.01 。船舶排污形成的油膜常与航迹同时存在,在全色像片上不易区分。但分谱段摄影则可将二者区分开。红谱段对

船舶航迹最敏感，像片上反差大，影像清晰。而兰谱段像片上油膜影像清晰而航迹几乎看不出。通过不同谱段的对比，即可识别油膜与航迹。图2为1980年5月19日15时30分拍摄的渤海4号平台附近海面油膜像片，用紫外谱断（ $0.32 - 0.38\mu$ ）拍摄，可以看到油膜影像十分清晰。

彩色红外摄影对记录海面油膜很有效，而且不同厚度的油膜在像片上的色调也不同。因此有可能据地粗略估计油膜厚度和油溢量。表2列出了彩色红外像片上的油膜影像特征与实地观察结果。

表2 油膜的彩色红外影像特征

1. 序号	影像特点	色调	实际色调	发现地点
1.	油膜 烟云、缕状	绿色	彩虹色	塘沽航道漂油
2.	油膜 旋涡状	深绿色	彩虹色	新港码头油船排污
3.	油膜 烟云、条状	浅兰色	银灰色	海河码头船舶排污
4.	油膜 斑块状	黄绿色	棕褐色、油块	908炼油厂排污口
5.	海水 成片白斑点	黑白色	兰绿色	塘沽海面海水

3. 信息处理技术的应用

海面油膜虽然在可见光各谱段均能成像，但当油膜很薄时有时影像不够清晰。采用假彩色合成或假彩色密度分割技术处理这些像片，可以使油膜影像突现出来，以便量算油溢面积。利用我国现有设备，不难做到这一点。图3为经过假彩色密度分割处理过的海面漂油影响。

原始底片上油膜影像微微可辨，经处理后则清晰而明显，并且可以看出油膜厚度的变化。

4. 油溢量估算方法

利用多光谱像片，可以精确地量算海面油膜面积。对照片进行几何校正之后，可用下式计算油膜实际面积A：

$$A = \left(\frac{h}{f} \right)^2 a$$

式中h为航高，f为像机焦距，a为从照片上测出的油膜面积。

对油膜厚度的估计，是根据不同谱段所能探测到的最小厚度均有一定限度这一原理。当油膜被某一谱段的传感器记录下来，就说明此油膜厚度超过该传感器所能探测的最小厚度。把同步拍摄的不同谱段油膜影像进行对比，就可估计出某一油膜的厚度范围。利用兰谱段（ $0.40 - 0.50\mu$ ）对我国胜利原油、渤海原油、20号重柴油、0号柴油和船舶废油摄影实验测得的最小可检测油膜厚度约为0.5微米。

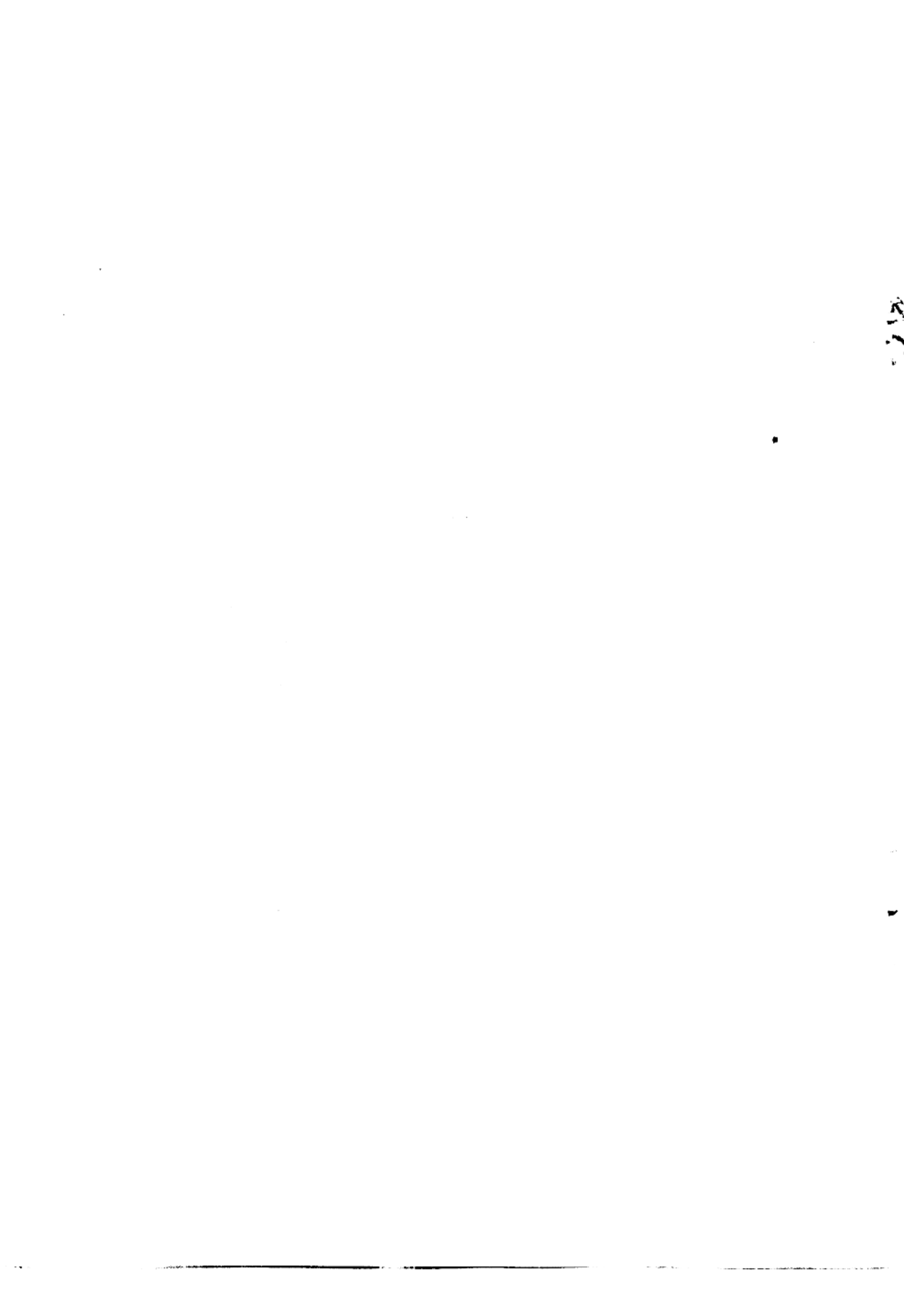
用上述方法估计油溢量虽然比较粗略，但毕竟可以给出一个大致范围。在定量测量传感器（8mm微波辐射计或激光荧光计）尚未成熟之前，有一定实际意义。

5. 试验海区漂油情况

试验期间对海区实际漂油状况进行了遥感监测。从获得的资料来看，试验海区海面漂油现象十分严重。新港港池水面几乎被油膜所复盖，锚地和航道附近均发现大片油膜。从色调和形态上看，油类以废

表 8 遥感试验观测到的海面油膜

序号	位置	拍摄时间	面积 (米 ²)	油膜量 (下限估计) (吨)
1	渤海5号平台	1980.5.19, 15:30	7.4×10^4	37
2	渤海7号平台	1980.5.19, 15:32	3.8×10^4	19
3	新港港地	1980.5.19, 下午	10.3×10^4	51
4	北塘港	1980.9.13, 下午	0.6×10^4	3
5	38°55'36" N, 117°59'12" E	1980.9.13, 15:15	3.3×10^4	16
6	38°55'52" N, 117°51'0" E	1980.9.13, 15:55	0.9×10^4	4
7	38°56'0" N, 117°48'36" E	1980.9.13, 15:58	4.3×10^4	21
8	38°55'0" N, 117°49'0" E	1980.9.13, 16:20	4.0×10^4	20
9	38°56'42" N, 117°47'56" E	1980.9.13, 16:32	8.6×10^4	43



油为主，多为船舶排污造成。蓟运河北塘口也有条带状油膜漂浮。海河口附近海面漂油现象相当严重。以1980年9月13日下午为例，在短短二小时飞行中，就在这里发现五处较大的油膜，最大一块面积达8.6万平方米。图4为海河口附近海面漂油的典型例子，油膜呈蛇曲条状，可以断定为船舶排污所致，油类为船用燃料油。渤海油田的4号和7号平台附近均有大面积漂油，油膜发源于平台呈渐宽条带状。其中4号平台油膜长达975米（见图2），油溢量大于37升。

根据遥感资料测出的油膜面积和油溢量（下限估计值）列入表3。应该指出，由于遥感飞行测区面积有限，这仅是海区漂油中的一小部分。为直观起见，表3中的信息已填入图5。

（二） 河口污染水扩散遥感研究

本课题的现场试验是在第二阶段进行的，遥感飞机航线与海上同步观测站位如图6所示。站位坐标列入表4。该航次飞行是在9月6日碧空条件下于8:00—11:00期间进行的。为了对测区复盖飞行按东西方向共布设了8条航带。用作空中摄影的是RMK相机彩红外胶片组合系统，飞行高度3850米，摄影比例尺约1:2.5万。飞机过境时，a、b、c、d、e五艘调查船分别布设在2101—2113 13个站位上进行同步观测和采样。为了分析的需要，在9月17日相同天气条件下和同样退潮期间里又用小船分别对南排污河口（01）南排污河——海河交汇处（02）以及永定新河和蓟运河汇流处（04）3个测站作了补充观测和取样。

海上的同步观测，除了用101W辐射计从船舷外垂直向下测定现场的海水光谱反射率外，还进行了表面温度、透明度、水色、流速流向、海况、天空状况、能见度、风速风向等的辅助观测，表5列出了

表 4 海上同步观测测站位坐标

	2101	2102	2103	2104	2105	2106	2107
	N39°05'	N39°03'	N39°03'	N39°01'	N39°01'	N39°00'	N38°58'
	E117°53'	E117°49'	E117°53'	E117°49'	E117°53'	E117°59'	E117°49'
	2108	2109	2110	2111	2112	2113	
	N38°58'	N38°56'	N38°56'	N38°55'	N38°54'	N38°54'	
	E117°53'	E117°49'	E117°53'	E118°00'	E117°48'	E117°52'	