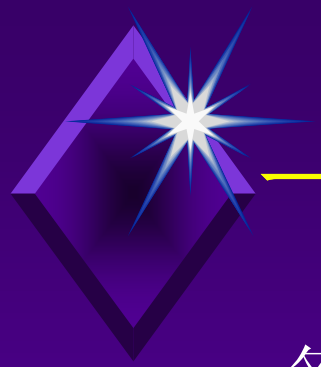


水环境及污染遥感调查

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

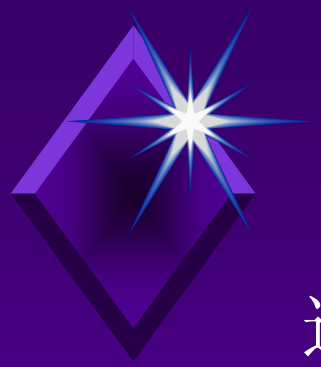


一、水环境与污染

各种遥感图像上反映最明显的是水体、水系、土壤含水量以及植被、农作物等与水有关的空间信息。因此遥感用于研究水文、水资源和水环境，是遥感技术应用中效果最显著的领域之一。

水环境调查的内容包括水域变化(包括淡水及海水水域)、水体的富营养化、水体的泥沙污染、废水污染，水体油污染及热污染等，用户需要针对不同的专题调查内容，选择合适的遥感图像进行调查，在资源环境遥感的各个领域中，水环境遥感远比陆地资源遥感复杂。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



这是因为，一般来讲水体的影像处于低灰阶区，整体像元亮度值偏低，而且整个水体像元的亮度值变化的动态范围较窄，在遥感影像上水体几乎为黑、灰色调，水体内部肉眼可辨的信息量较小，这些都会给水环境调查带来不少困难。但在某些特殊情况下，水体的色调会发生变化，例如水体的色调会因水体的深浅程度、水体的混浊程度、光照条件及遥感通道的影响而变化很大。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



一般来说，对可见光的影像而言，当水体混浊、浅水沙底及水面结冰，或是光线恰好反射至镜头时，水体影像会呈现浅灰色或白色的亮色调；而当水体较深或水体为泥底时，其影像色调较深；对彩红外影像而言，由于水体对近红外波强烈的吸收作用，水体影像的色调相应地呈现为黑色，与周围地物可形成明显界线，易于识别；另外在一些特殊情况下，若水体受到某种性质及某种程度的污染，这种水体变异信息也会在遥感影像上通过水体影像色调的变化体现出来。

总之，水体的主要判读标志为色调，另外，还可结合形态、纹理等特征进行判读。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



1、水的空间分布形式

地表水 — 江、河、湖、水库、塘、渠等（海洋有一定的深度，不划为地表水）

地下水 — 浅层水、基岩裂隙水、岩溶水

大气水 — 降雨

生物水 — 生物体内的水：植物、动物

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

2、水的补给、径流、排泄

水是运动的，水的补给、径流、排泄形成水的循环运移。

补给 — 大气降水补给地表水、地下水（主要来源）

地表水补给地下水

地下水补给地表水（如泉水）

径流—地表水在重力作用下，通过江、河、湖、渠等通道流动。地下水在重力作用下或外界压力下以渗流、直流方式在地下流动，如含水砂层，孔隙度大，渗流；岩溶以直流方式流动，与地表水流动一样。

排泄—地表水（江、河、湖等），可排泄入海、入地下；地下水在地下流动，遇到一定条件，如岩层、断裂等，可溢出地表或被人工取出。如洪积扇表面看不到水，但其有一个溢出带。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



3、水的溶解与矿化、有机化

水可溶解很多物质，即使很难溶解的某些金属在水的长期作用下，也可溶解。

①无机物溶于水，使水矿化 — 有益矿化与有害矿化

有益：矿泉水（形成含有某种元素的矿化水），对人体有益。

有害：水中溶解了砷有毒，当水中氟过高时，可引起氟中毒，使人体的钙降低，而导致氟斑牙或骨硬化或稀疏变形。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



② 有机物溶于水，使水有机化 — 有益、有害

有机物溶解在水里，叫有机化（富营养化），如肥水、果汁、饮料等。 有机的物质如苯（剧毒）喝进去就会死。

有益：HOD 三株口服液。

③ 微生物生存于水中，使水富营养化 — 有益、有害

有害：细菌（大肠杆菌、污染的水）— 对人有害

有益：乳酸菌 — 对人有益

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



4、水的污染与自净

水溶解物质的同时，相应地也带来了污染。

① 水的污染

a、大气降水将空气中的有机物、无机物带入水中，进入地表水、地下水

在我国许多工业城镇，工厂的废气排入太空，污染了城市大气，当降雨时，大气中悬浮的硫酸根、硝酸根等离子又溶于雨水返回地面，污染地表水和地下水，其害无穷。

b、固体废物（垃圾）被水溶解，冲刷入地表水和地下水

如城市垃圾，常常堆放在城市周围，而我国处理能力低，在大气降水中，被雨水冲刷，将有机、无机物等有害物质冲入江、河、水库或渗入地下，造成地表水、地下水的污染。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



c、工业废水排入地表水和渗流入地下水

是当前相当严重的问题，工业生产需要水，同时又造成大量废水排泄到河里，流到地下，造成地表水及地下水的污染，如石油化工厂、日用化工厂、造纸厂、钢铁厂、冶炼、贵金属的厂矿，大量有害废水、废物排入江河湖中。

d、生活废水排入地表水和渗流入地下水

日常生活用水，如洗衣水（含重金属铅）、冲洗汽车用水、冲刷粪便用水等排入江、河、湖或地下水中，造成水体污染。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

② 水的自净

在一定条件下，水具有一定的自净能力。

a、水中悬浮物可以沉淀

悬浮物有胶溶的，有水中浮的，水中的悬浮物在一定条件下可沉淀，当水流速减慢时，流动的水静止一段时间后沉淀。

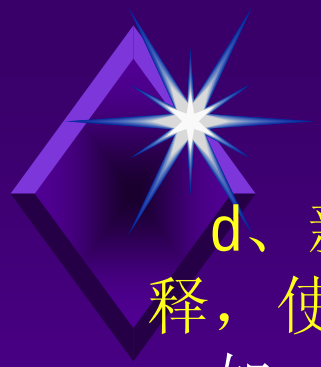
b、水中溶解物可以离析出来

水中的矿物质在一定条件下，如当地下水表露时，压力、温度变化，可离析出来。如溶于水的碳酸氢钙，在一定温度环境下，可离析出碳酸钙。

c、在生物作用下，水有一定的自净能力

水中生物（植物、动物）可吸收溶于水中的矿物和有机物。如池塘中溶解了大量的有机物，使水很肥，植物就可吸收有机物，随着植物的死掉，沉入水底，使水得到净化。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



d、新水源补给污染水，未污染水补给污染水，使水得到稀释，使局部污染水自净。

如：很脏的水库，经过几场大雨，又干净了。

天津市：用滦河水冲刷污染严重的海河水。

这些过程都可使水自净，但都要时间，都要条件，当条件和时间都不满足时，或者说，污染快于自净时，污染加速、加重，需要人工干预。

当污染超过自净能力时，污染加剧，产生一个恶性循环。

当污染不超过自净能力时，能够恢复。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

二、地表水遥感调查

1、水体的光谱特征

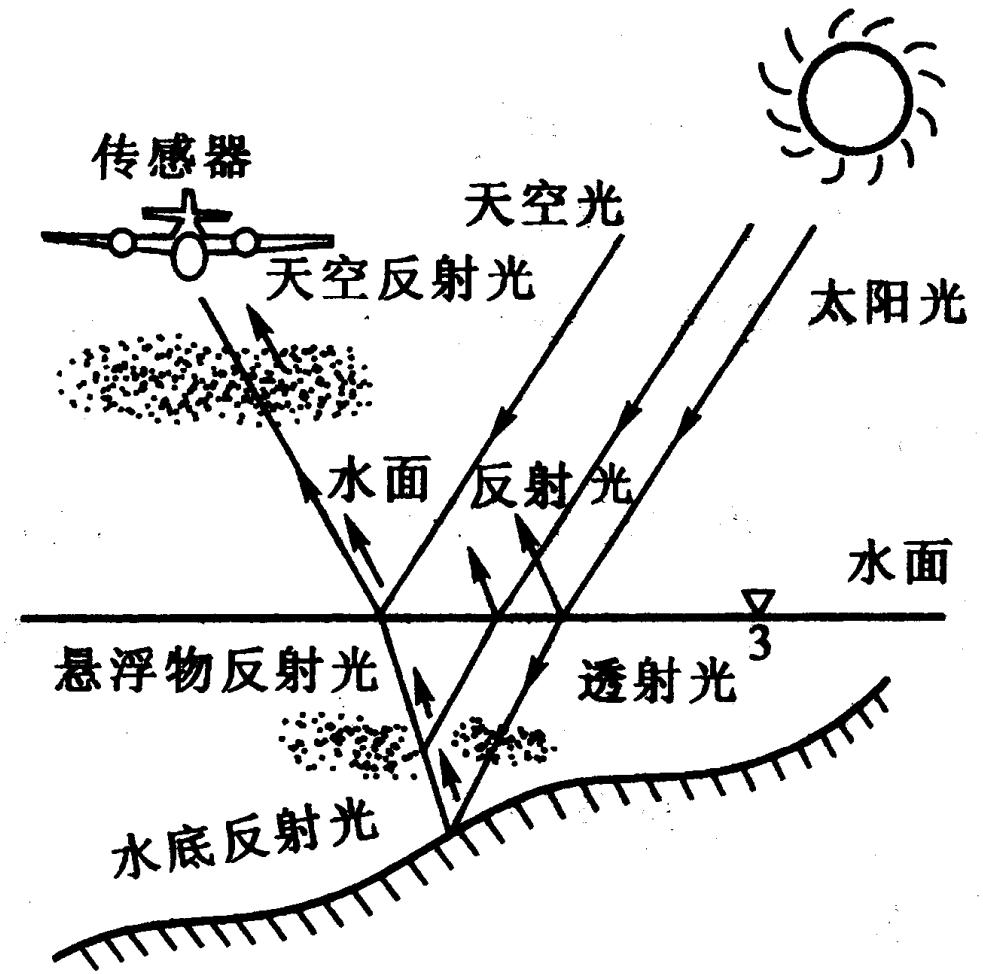


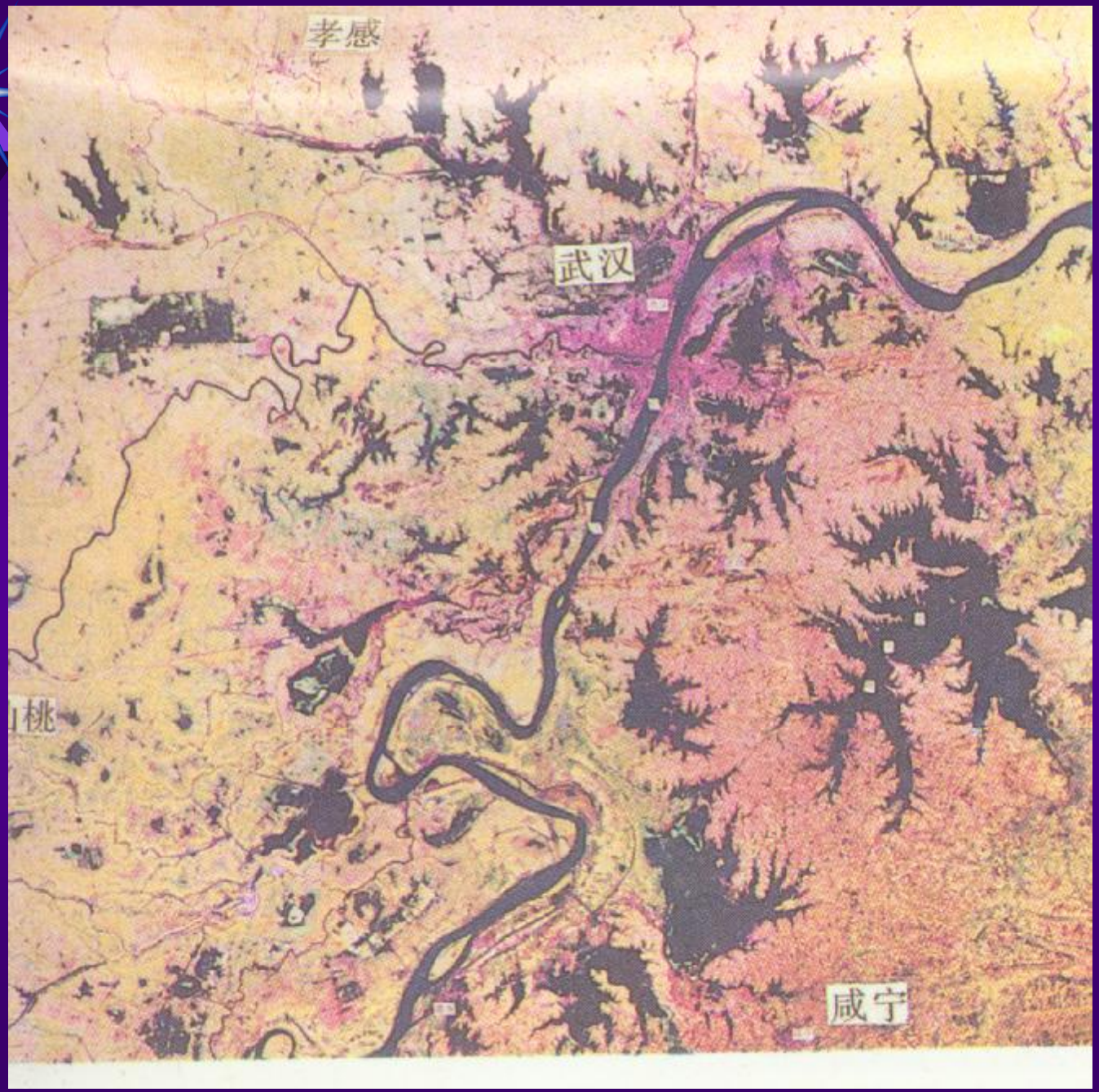
图 7.14　水中光的组成示意图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



太阳光照射到水面，少部分（约占3.5%）被水面反射回空中，大部分入射到水体。入射水体的光，又大部分被水体吸收，部分被水中悬浮物（泥沙、有机质等）反射，少部分透射到水底，被水底吸收和反射。被悬浮物反射和被水底反射的辐射，部分返回水面，折回到空中。因此遥感器所接收到的辐射就包括水面反射光、悬浮物反射光、水底反射光和天空散射光。由于不同水体的水面性质、水体中悬浮物的性质和含量、水深和水底特性等不同，从而形成传感器上接收到的反射光谱特征存在差异，为遥感探测水体提供了基础。

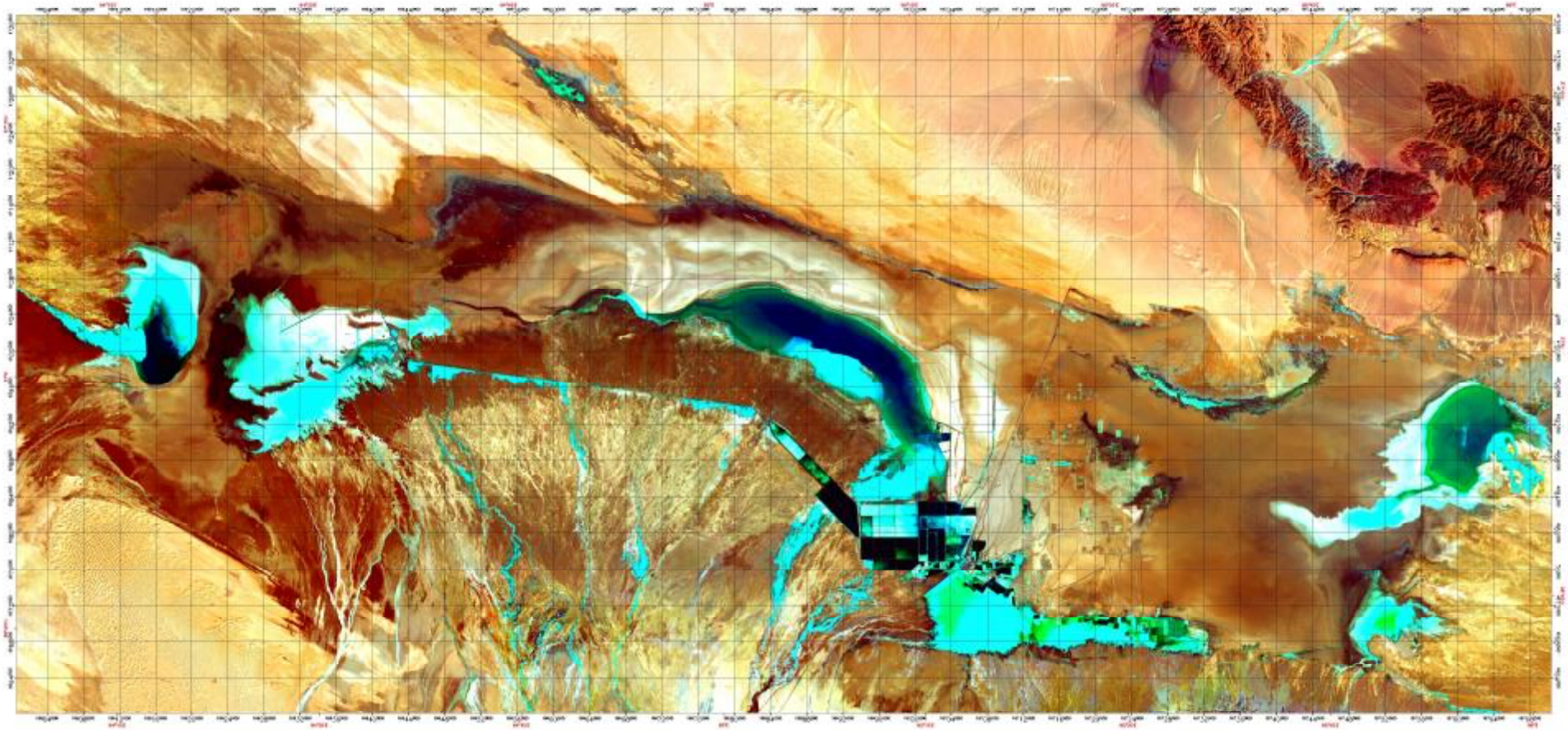
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

青海察尔汗盐湖卫星遥感影像图（2003.02）

比例尺　1:20万



中国地质大学（北京）

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

2、水体界线的确定

波段和片种的选择：

TM4、MSS7等近红外的遥感影像上，水全吸收，清澈的水体呈黑色，水陆边界清晰，有利于水边线的确定。

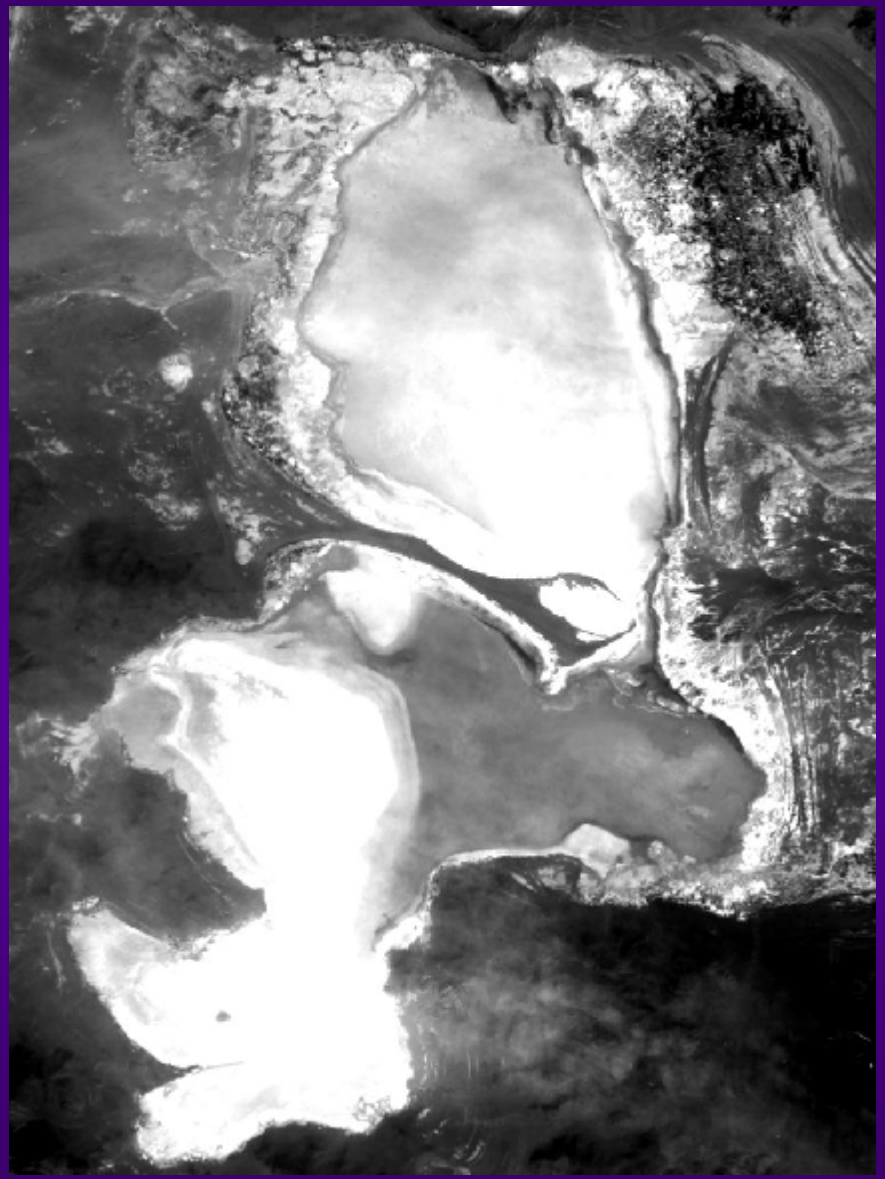
彩红外图像上，水体呈兰绿色，和周围地物有着明显的界线。

雷达图像：水在微波1mm～30cm内的发射率较低，约为0.4%。平坦的水面，后向散射很弱，因此侧视雷达影像上，水体呈黑色。故用雷达影像来确定洪水淹没的范围也是有效的手段。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



TM4



TM1

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



TM741



TM432

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

3、水体的动态监测

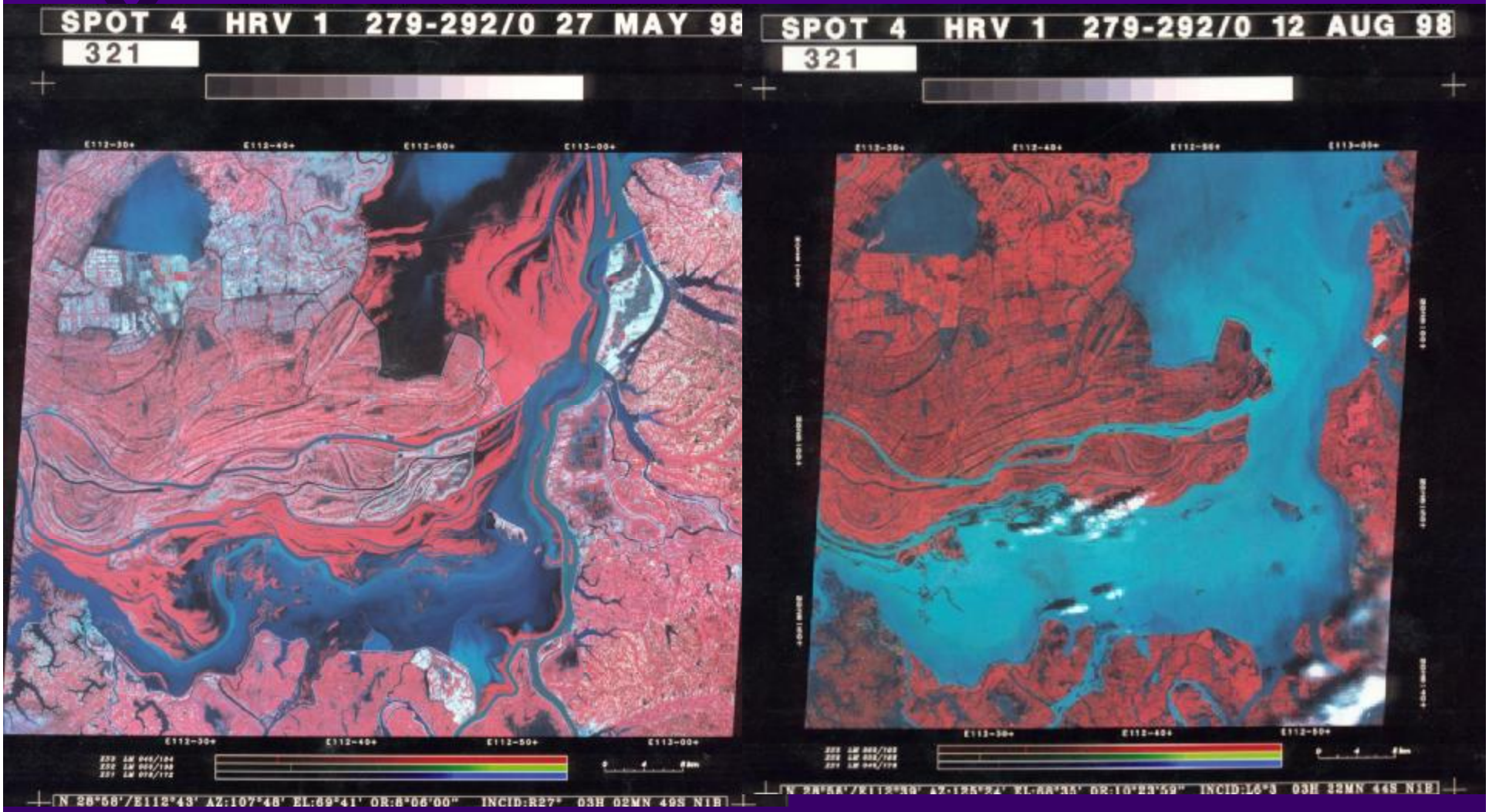
不同季节或不同时期进行遥感调查可监测水体随时间或季节变化。

采用多时相遥感图像，就可有效地对水体进行动态监测。如河流的变迁，通过判读与牛轭湖相联系的古河道，进一步分析河流演变的过程。为预测崩岸、淤积等地质灾害，监测和规划防洪工程，规划港口、航道和治河工种程，规划河流水资源和管理工种程服务。

如湖泊的发展趋势（面积扩大、减少），对湖泊或水库调蓄洪、水资源管理、渔业和水生生物资源开发利用有重要意义

对洪水可实时监测，提供洪涝灾害面积、作物绝收面积，为国务院和省有关部门组织抗灾自救，及时地提供灾情信息。

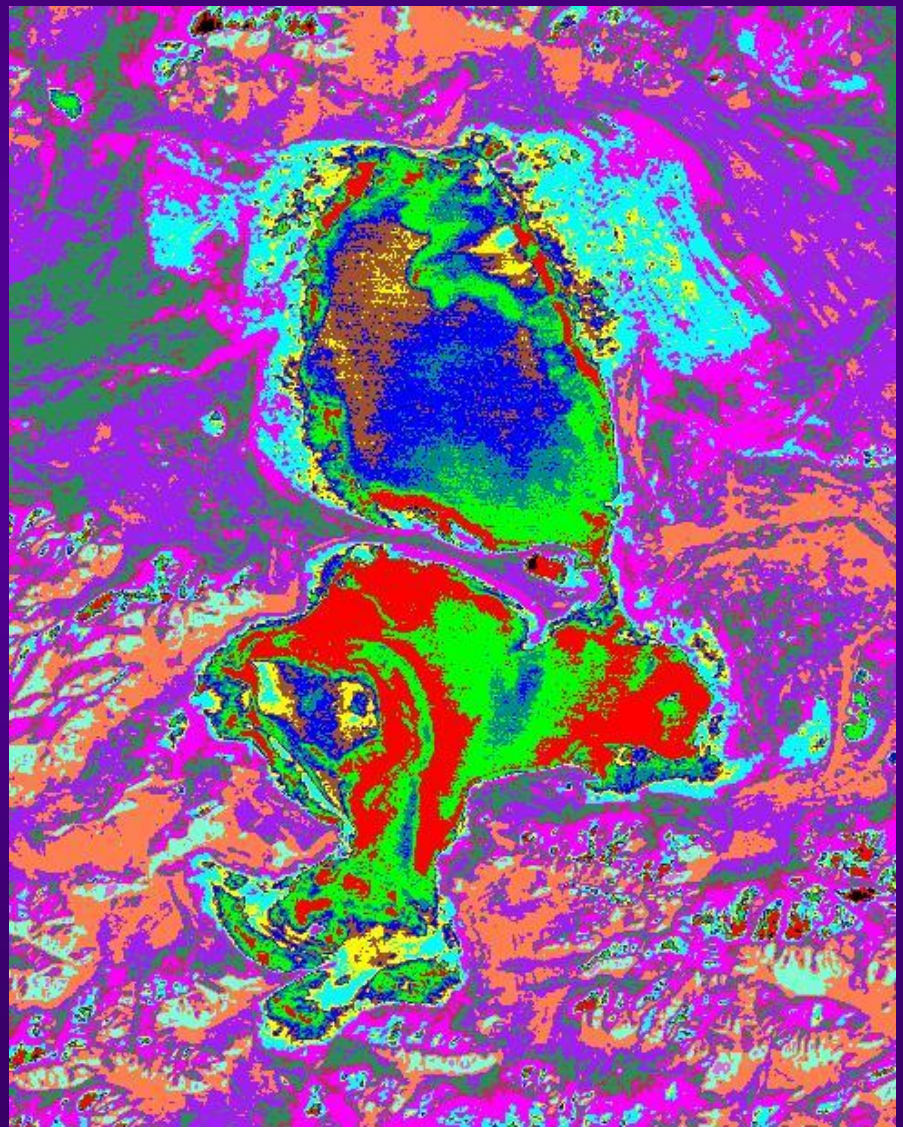
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

4、水温的探测

水体的热容量大，在热红外波段有明显特征。根据热红外传感器的温度定标，可在热红外影像上反演出水体的温度。



TM6

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



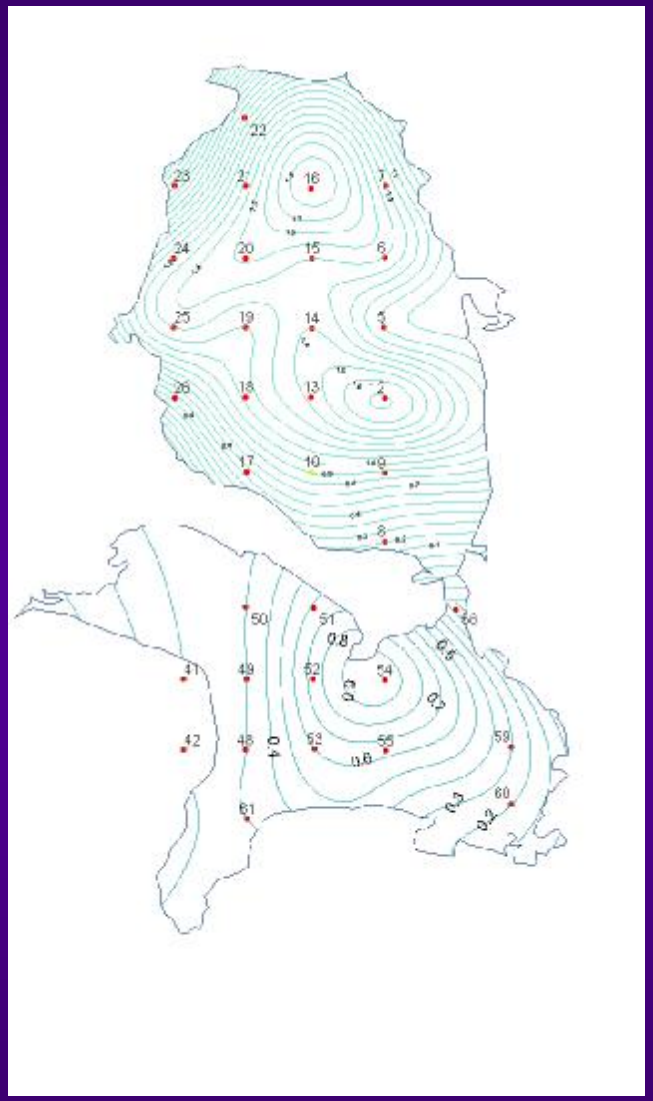
5、水深的探测

蓝光波段对平静、清澈的水体有较大的透射能力，并且水底反射波也较强。这时蓝光波段影像上的灰度可反映水深。如云南腾冲地区的侍郎坝水库，利用0.4～0.5μm遥感影像的灰度值与少量实测水深资料建立灰度 — 水深关系模型，作出了该水库的等深线图。

水深的探测受泥沙、污染以及气候条件等因素的影响较大，故应用时应综合考虑，根据不同条件，建立分析模型。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

盐湖水深遥感方法与模型（以西藏扎布耶盐湖为例）



扎布耶盐湖
2000年水深等值线分布图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

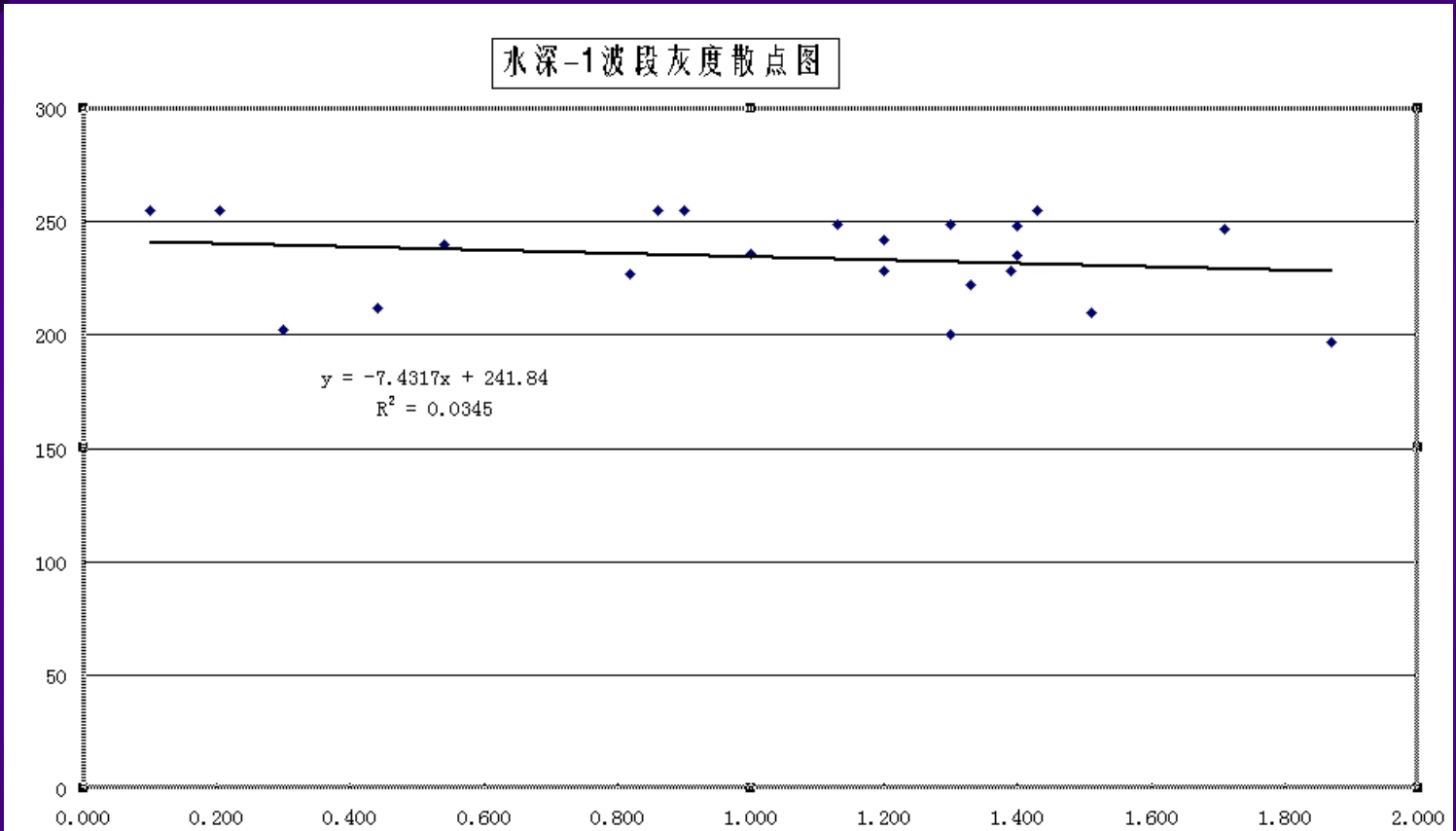
盐湖水际线提取



2000年扎布耶盐湖TM7水域分布图像

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

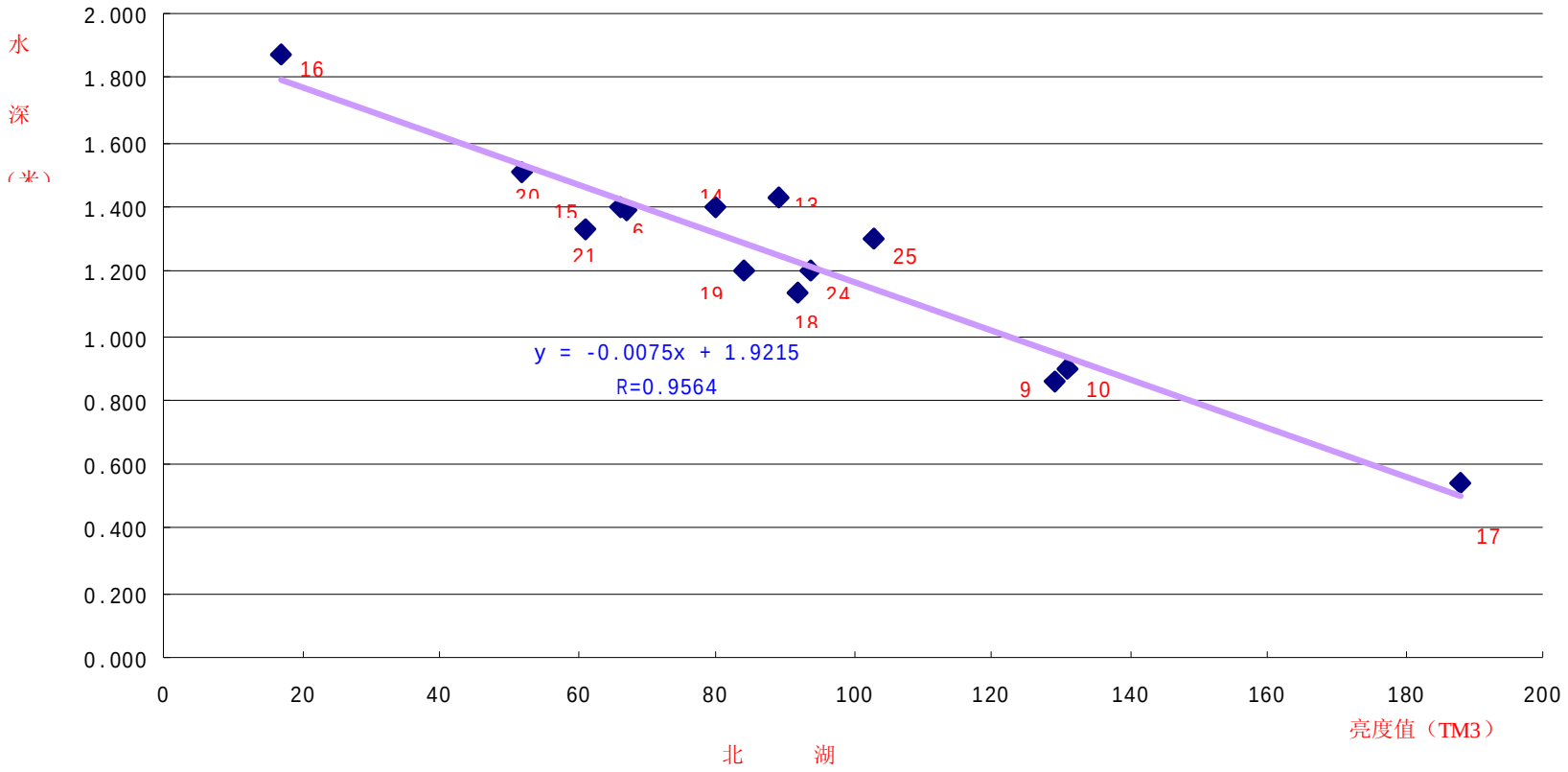
水深与各波段的相关分析：



北湖　1 波段

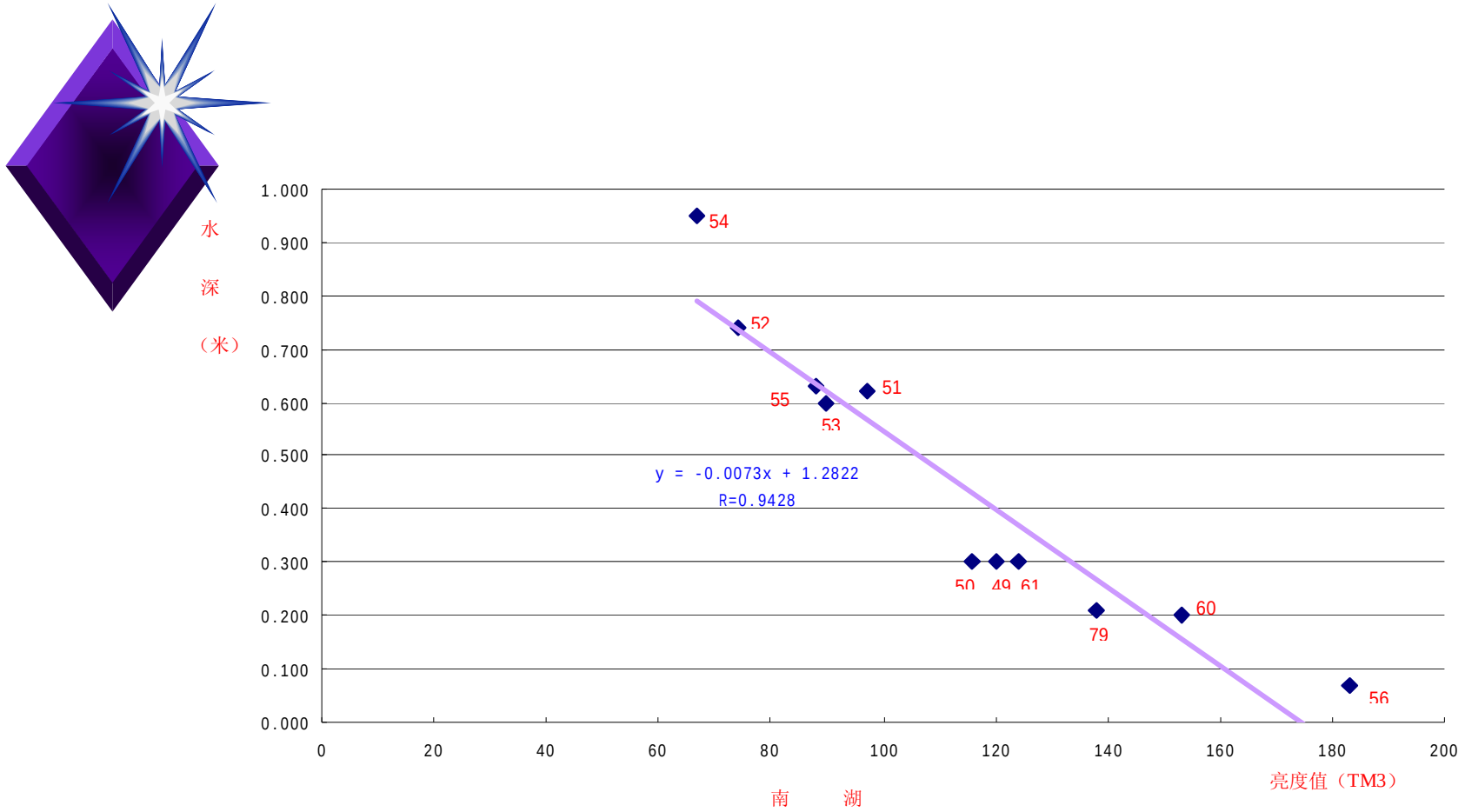
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

水深与各波段的相关分析：



TM3亮度水深相关图（北湖）
（曲线、方程、观测点、相关系数）

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



TM3亮度水深相关图（南湖）
（曲线、方程、观测点、相关系数）

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

2、水深反演

控制点点号	图象值（TM3）	实测值（米）	反演值（米）	绝对误差（米）	相对误差（%）
6	67	1.390	1.419	0.029	2.086
9	129	0.860	0.954	0.094	10.930
10	131	0.900	0.939	0.039	4.333
13	89	1.430	1.254	-0.176	-12.308
14	80	1.400	1.322	-0.078	-5.571
15	66	1.400	1.426	0.026	1.857
16	17	1.870	1.794	-0.076	-4.064
17	188	0.540	0.512	-0.028	-5.185
18	92	1.130	1.232	0.102	9.026
19	84	1.200	1.292	0.092	7.666
20	52	1.510	1.532	0.021	1.391
21	61	1.330	1.464	0.134	10.075
24	94	1.200	1.216	0.016	1.333
25	103	1.300	1.149	-0.151	-11.615

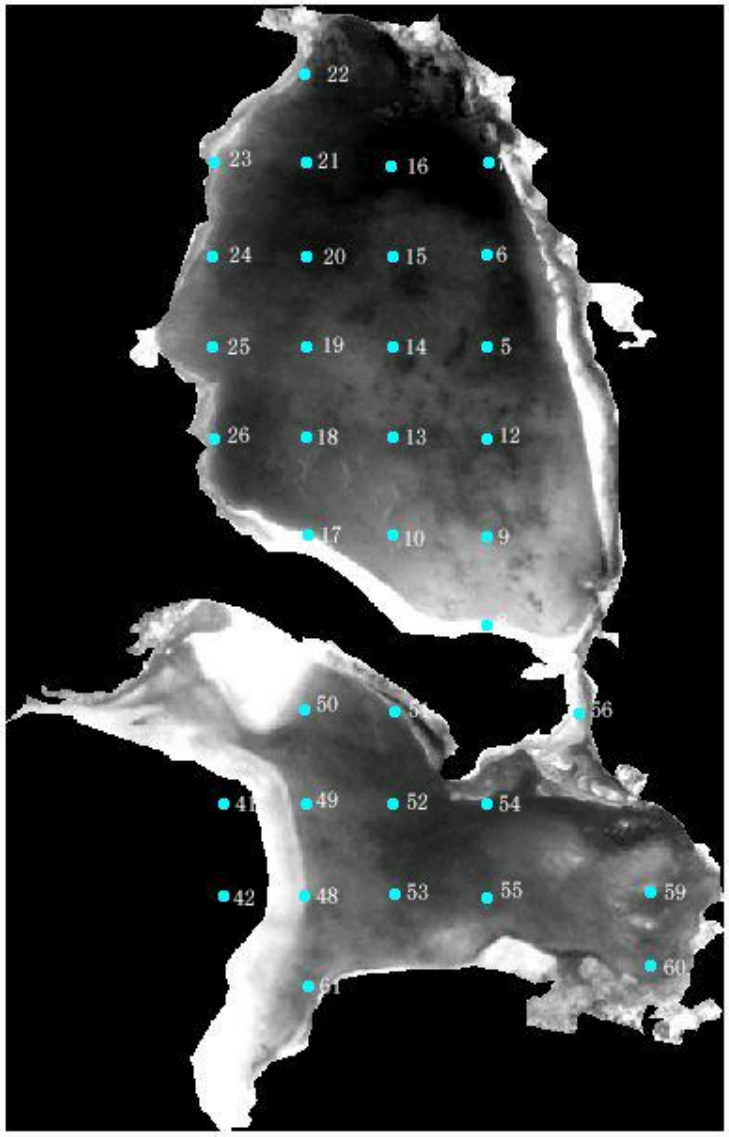
水深反演值（北湖）

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

控制点点号	图象值（TM3）	实测值（米）	反演值（米）	绝对误差（米）	相对误差（%）
49	120	0.300	0.406	0.106	35.333
50	116	0.300	0.435	0.135	45.000
79	138	0.210	0.275	0.065	30.952
61	124	0.300	0.377	0.077	25.667
51	97	0.620	0.574	-0.046	-7.419
52	74	0.740	0.742	0.002	0.270
53	90	0.600	0.625	0.025	4.167
54	67	0.950	0.793	-0.157	-16.526
55	88	0.630	0.640	0.010	1.587
56	183	0.070	-0.054	-0.124	-177.143
60	153	0.200	0.165	-0.035	-17.500

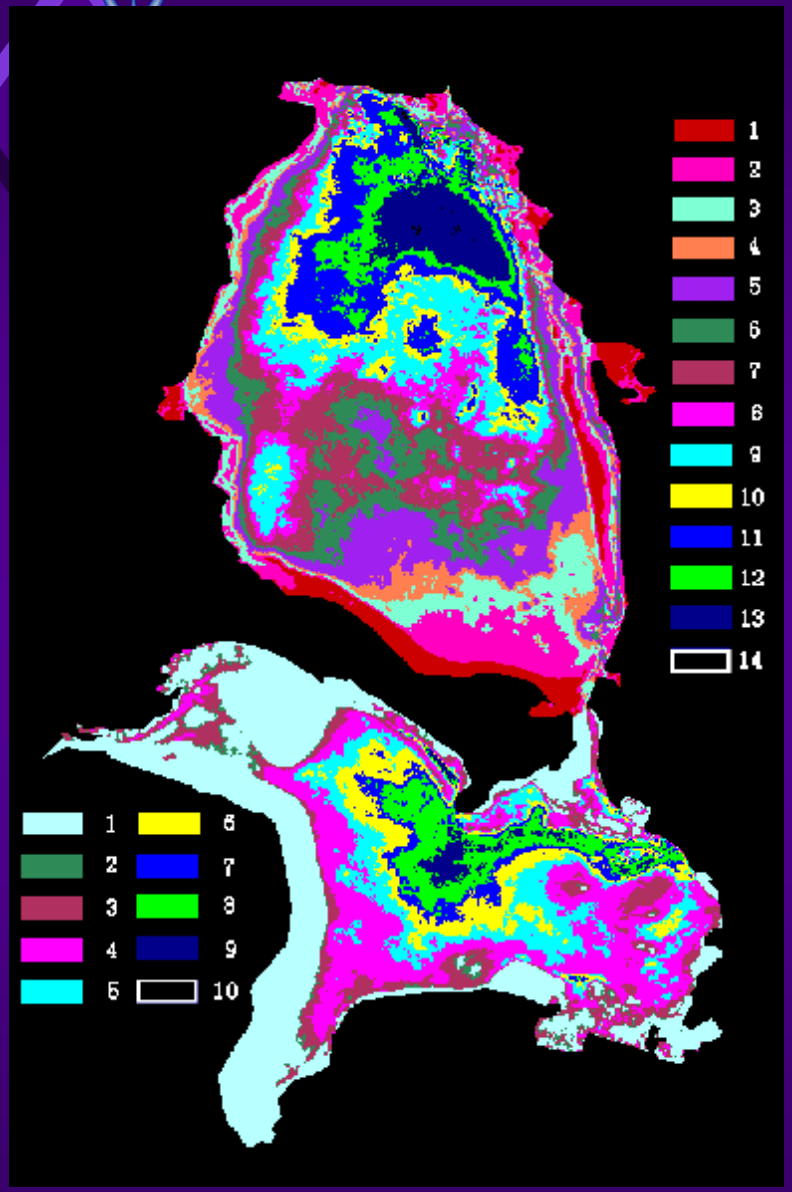
水深反演值（南湖）

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



2000年扎布耶盐湖水深反演值图像
（附观测点、点号）

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



2000年扎布耶盐湖水深彩色密度分割图

图　例

（单位：m）

北湖：1、0.0090～0.2481 红　色
2、0.2481～0.6940 红粉色
3、0.6940～0.8570 绿玉色
4、0.8570～0.9710 珊瑚色
5、0.9710～1.1640 紫　色
6、1.1640～1.2520 深绿色
7、1.2520～1.3290 褐　色
8、1.3290～1.3820 粉　色
9、1.3820～1.4500 浅蓝色
10、1.4500～1.4990 黄　色
11、1.4990～1.5910 蓝　色
12、1.5910～1.6660 绿　色
13、1.6660～1.8110 深蓝色
14、1.8110～1.9215 黑　色

南湖：1、0.0000～0.1188 灰蓝色
2、0.1188～0.1560 深绿色
3、0.1560～0.3290 褐　色
4、0.3290～0.5290 粉　色
5、0.5290～0.6230 浅蓝色
6、0.6230～0.6990 黄　色
7、0.6990～0.7500 蓝　色
8、0.7500～0.8120 绿　色
9、0.8120～1.0495 深蓝色
10、1.0495～1.2822 黑　色

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

水深遥感模型

$$\begin{cases} TM3 \\ Y=-aX+b \end{cases}$$

其中 X为TM3图像像元亮度值

Y为盐湖水深

a、b为系数（正值）

该模型的系数a、b可由一组实测样本来确定，它适用的条件是洁净、高浓度复杂成分卤水以及尽量均匀的湖底物质性状。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

6、盐度的探测

1、 盐度与各波段的相关分析

2、总盐度与比值图像的相关分析及信息提取

总盐度与1/4、 2/5、 3/4、3/5、3/7等的相关分析

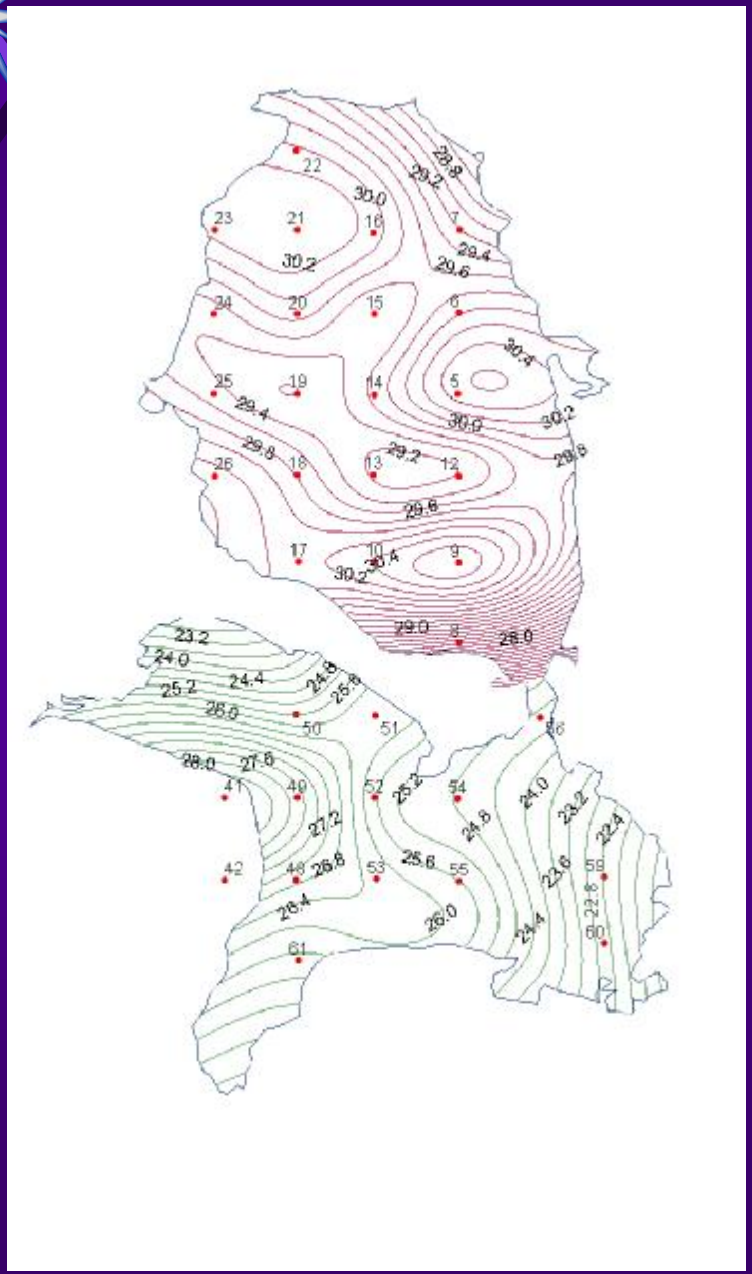
3、 3/4、3/5、3/7主成分分析信息提取

343537主成分分析的第一组分相关分析

4、总盐度反演

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

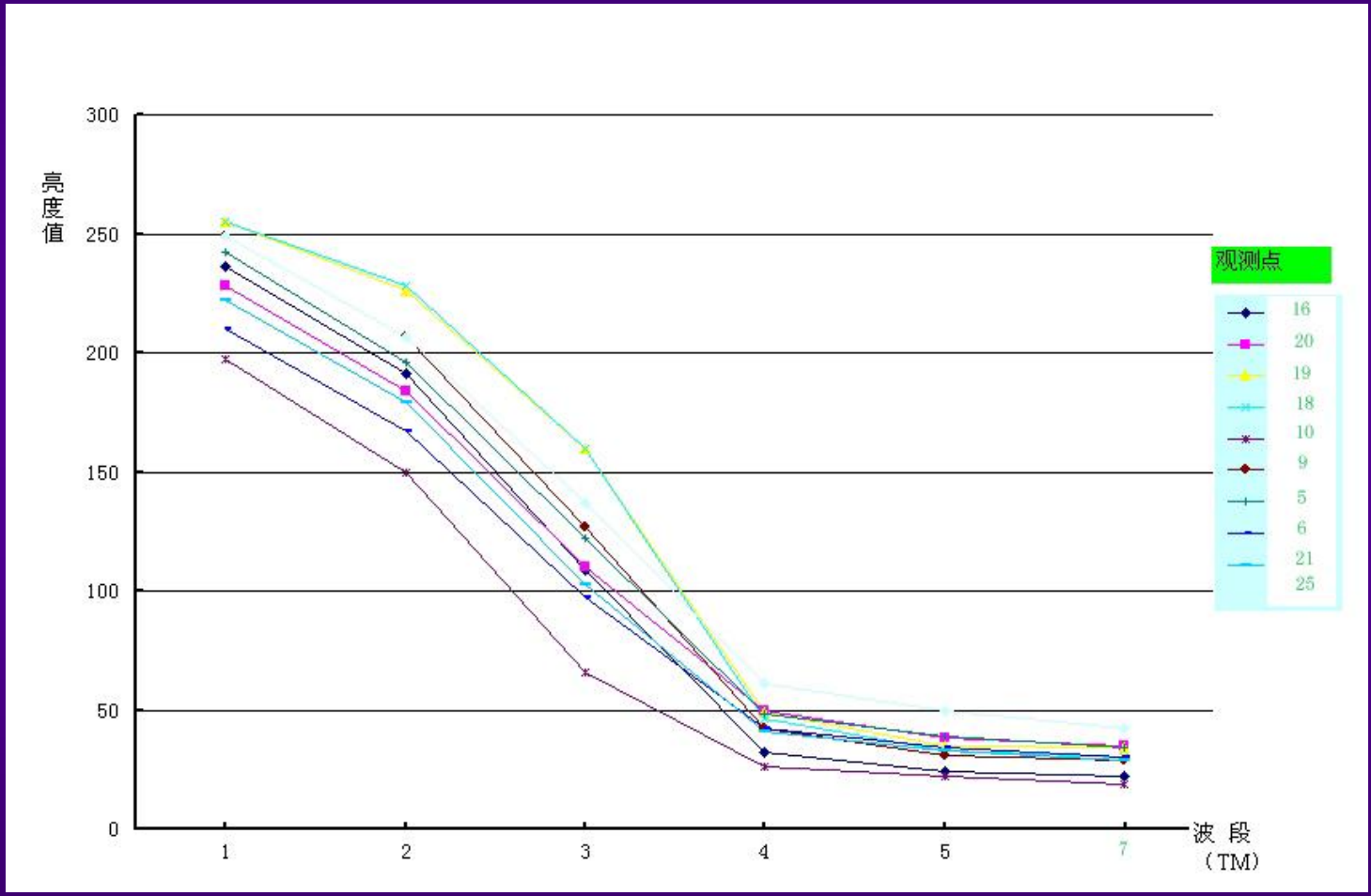
卤水总盐含量遥感方法与模型



扎布耶盐湖
2000年总盐含量等值线分布图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

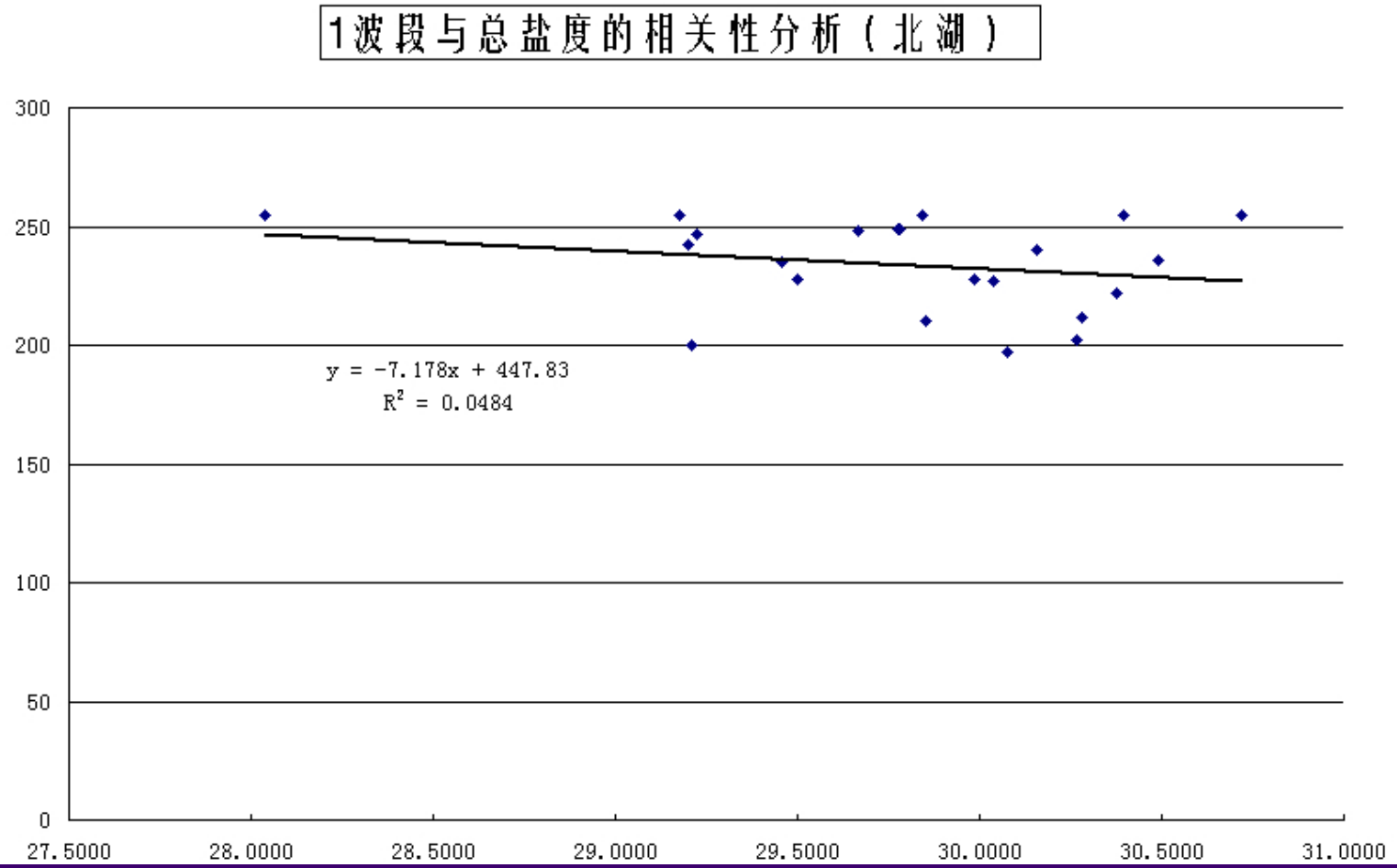
波谱信息提取



扎布耶盐湖（北湖）不同观测点波段特征曲线

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

盐度与各波段的相关分析



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

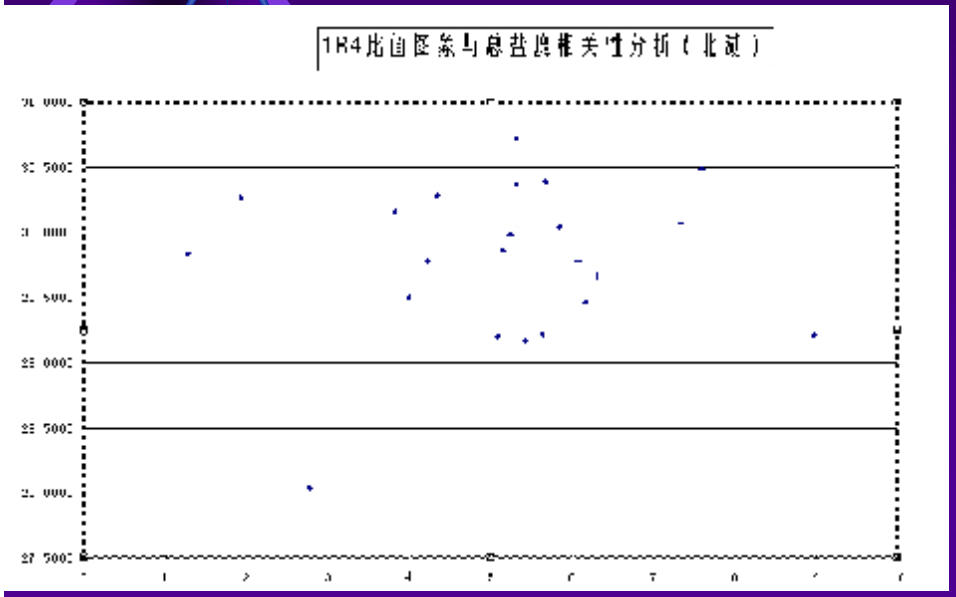
总盐度与比值图像的相关分析及信息提取

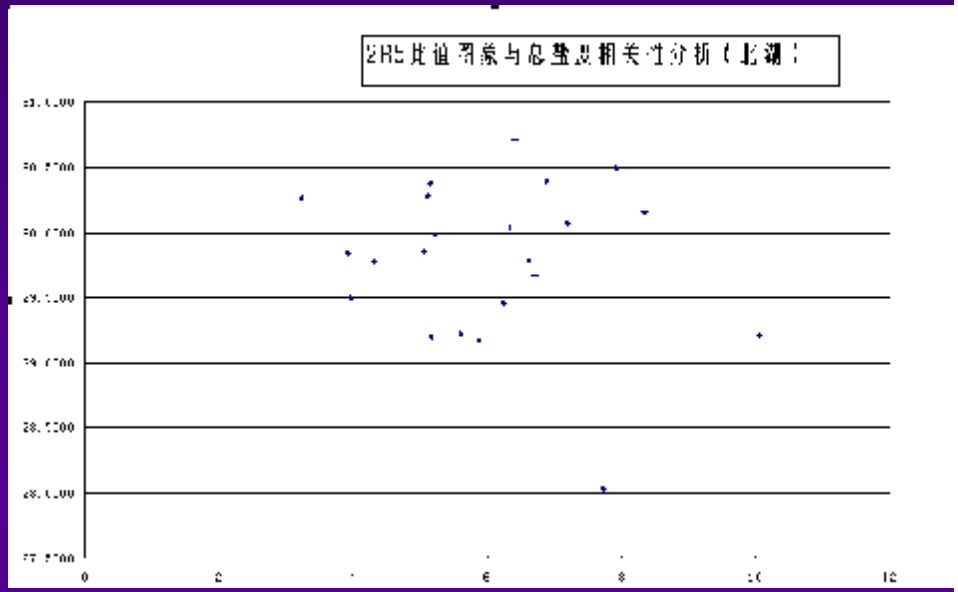
扎布耶盐湖卤水总盐含量指数信息提取：

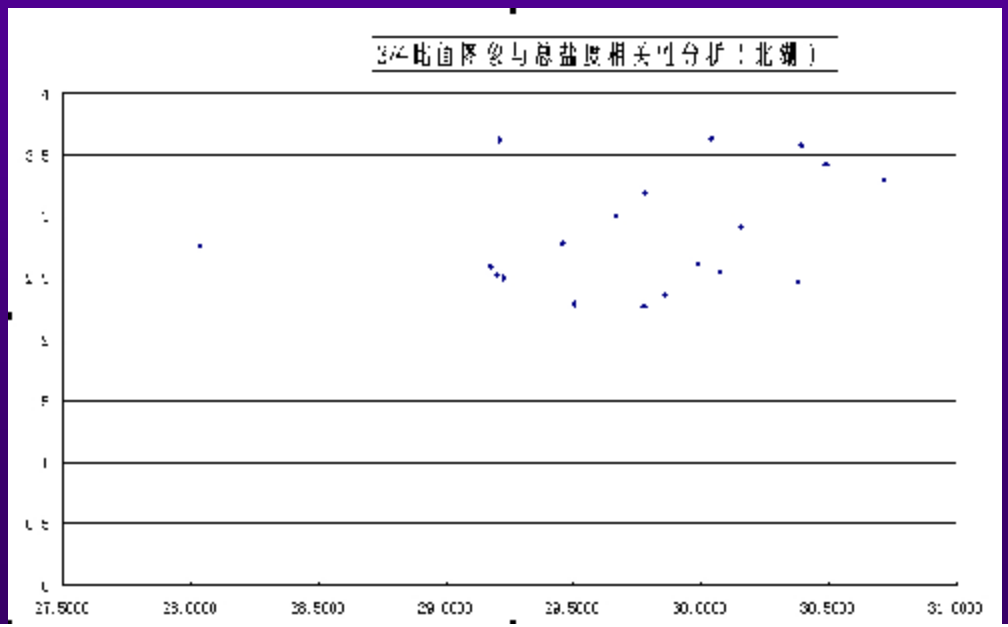
依据盐指数定义，可得到扎布耶盐湖的盐指数NS，即 NS=TM3/TM7。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

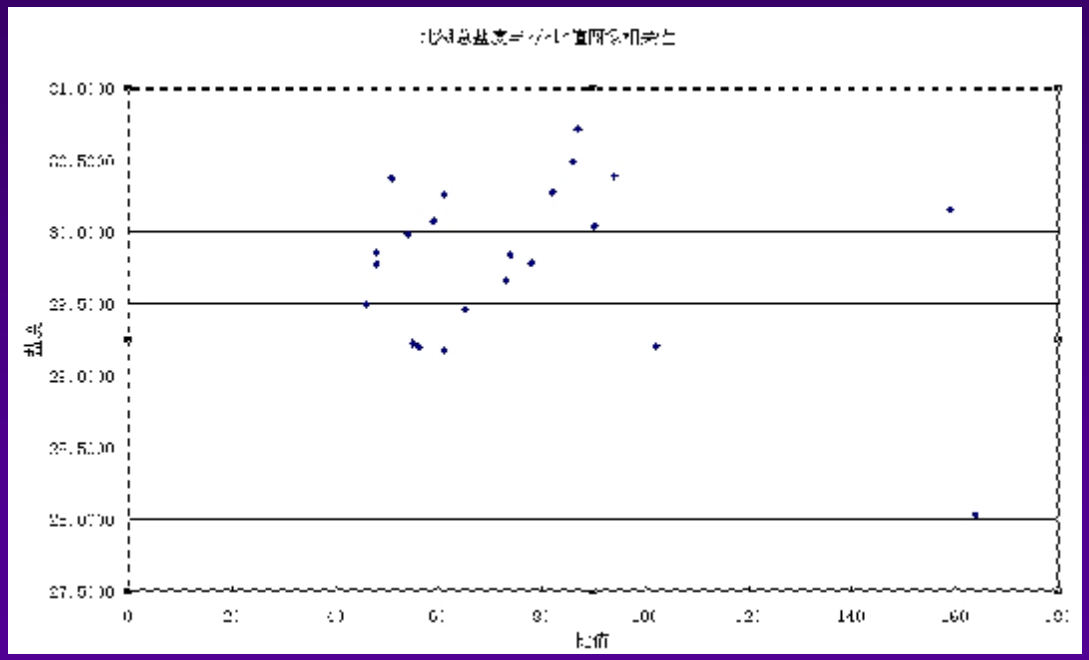
总盐度与比值图像的相关分析及信息提取

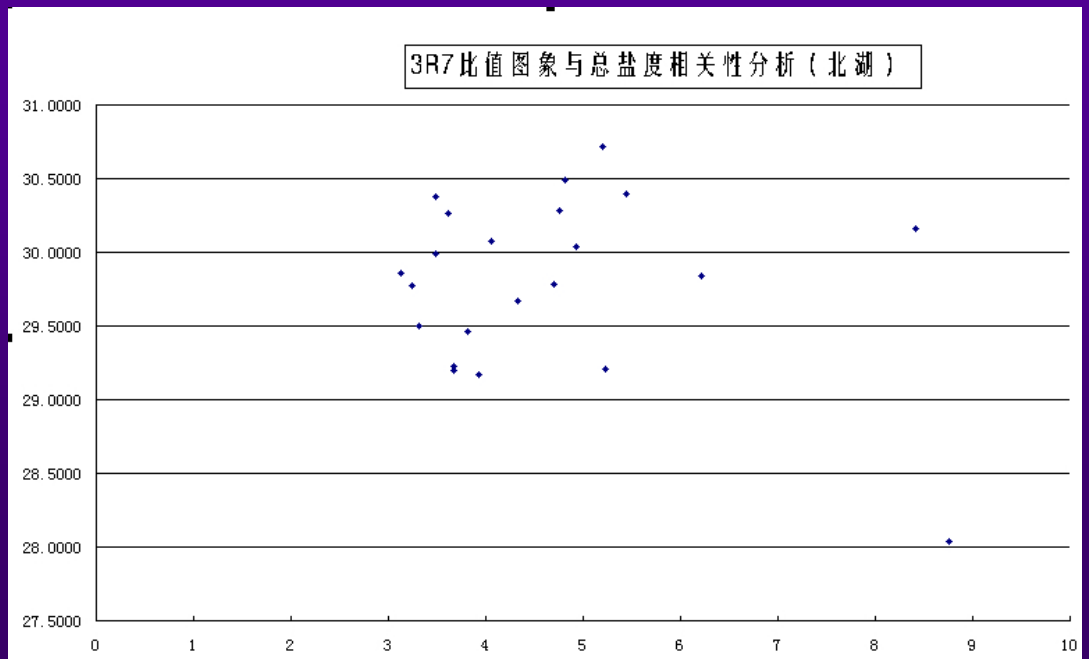






PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn





PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



扎布耶盐湖总盐含量信息分离：

采用了主成分分析法（PCA）对（TM3/TM7、TM3/TM4 、TM3/TM5）进行了分析，即PCA（TM（3/7、3/4、3/5））， 得到三个组分的图像数据，即PC1、PC2、PC3

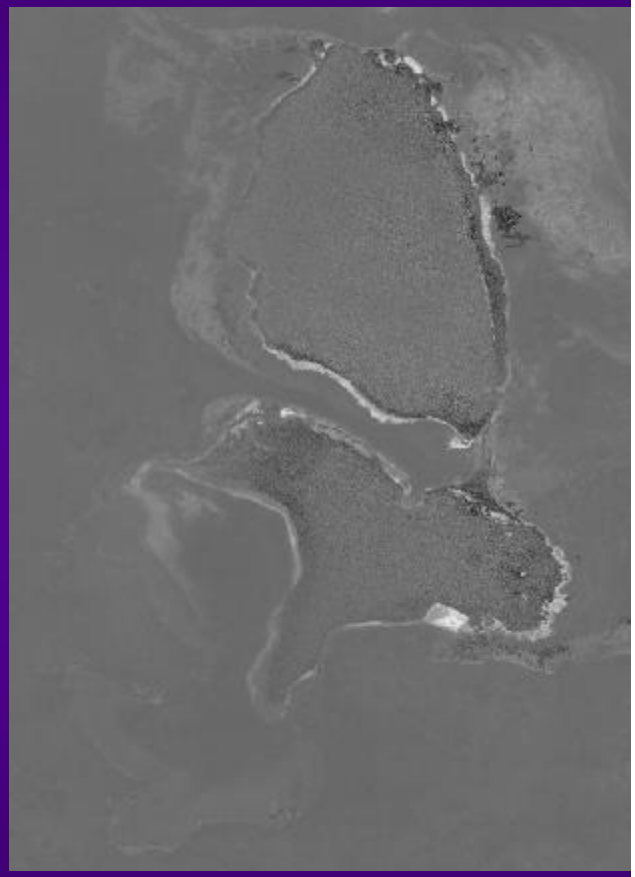
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



2000年扎布耶盐湖
PCA（TM（3/7、3/4、3/5））PC1



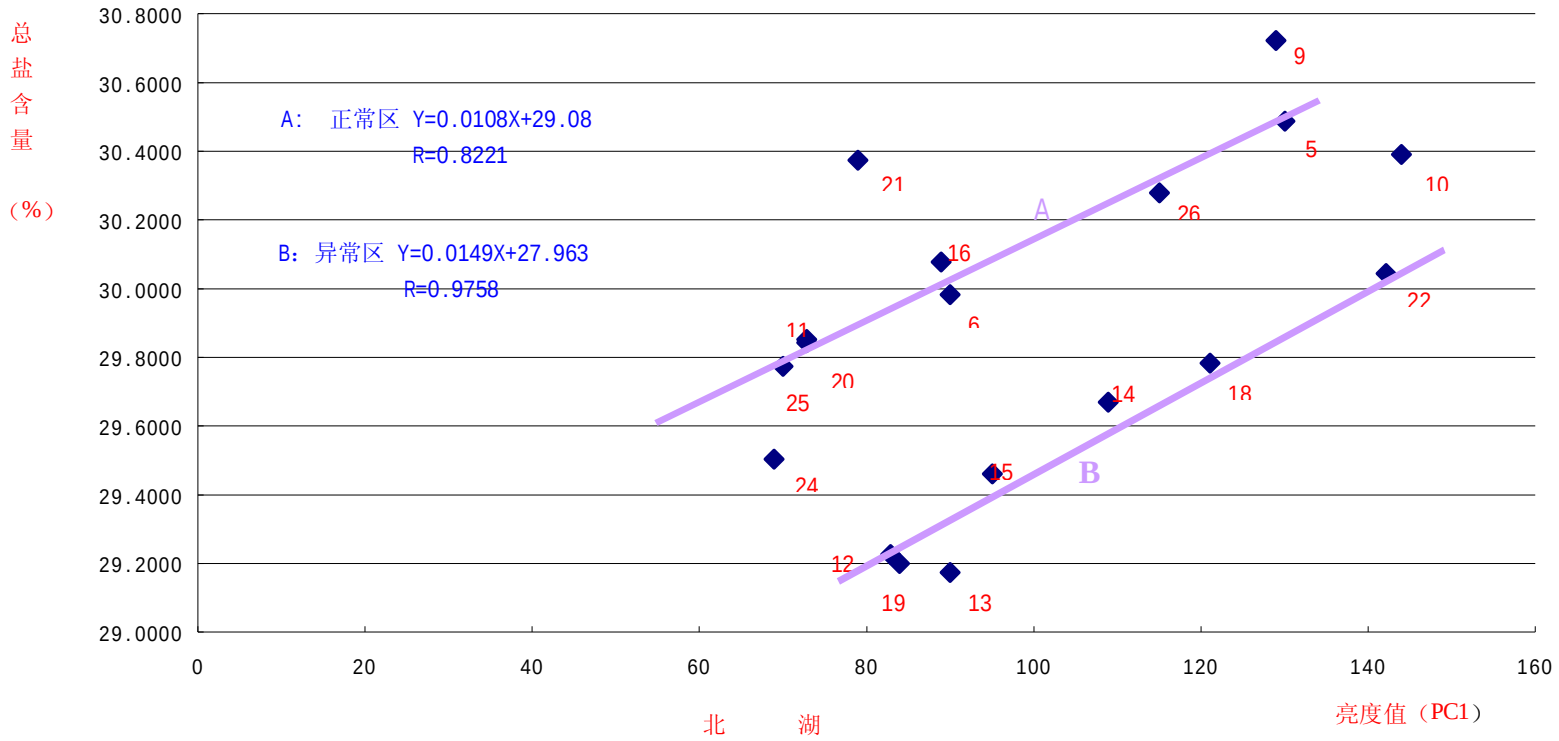
2000年扎布耶盐湖
PCA（TM（3/7、3/4、3/5））PC2



2000年扎布耶盐湖
PCA（TM（3/7、3/4、3/5））PC3

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

2、卤水总盐含量相关分析



北湖总盐含量相关图
(曲线、观测点、相关系数、方程)

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

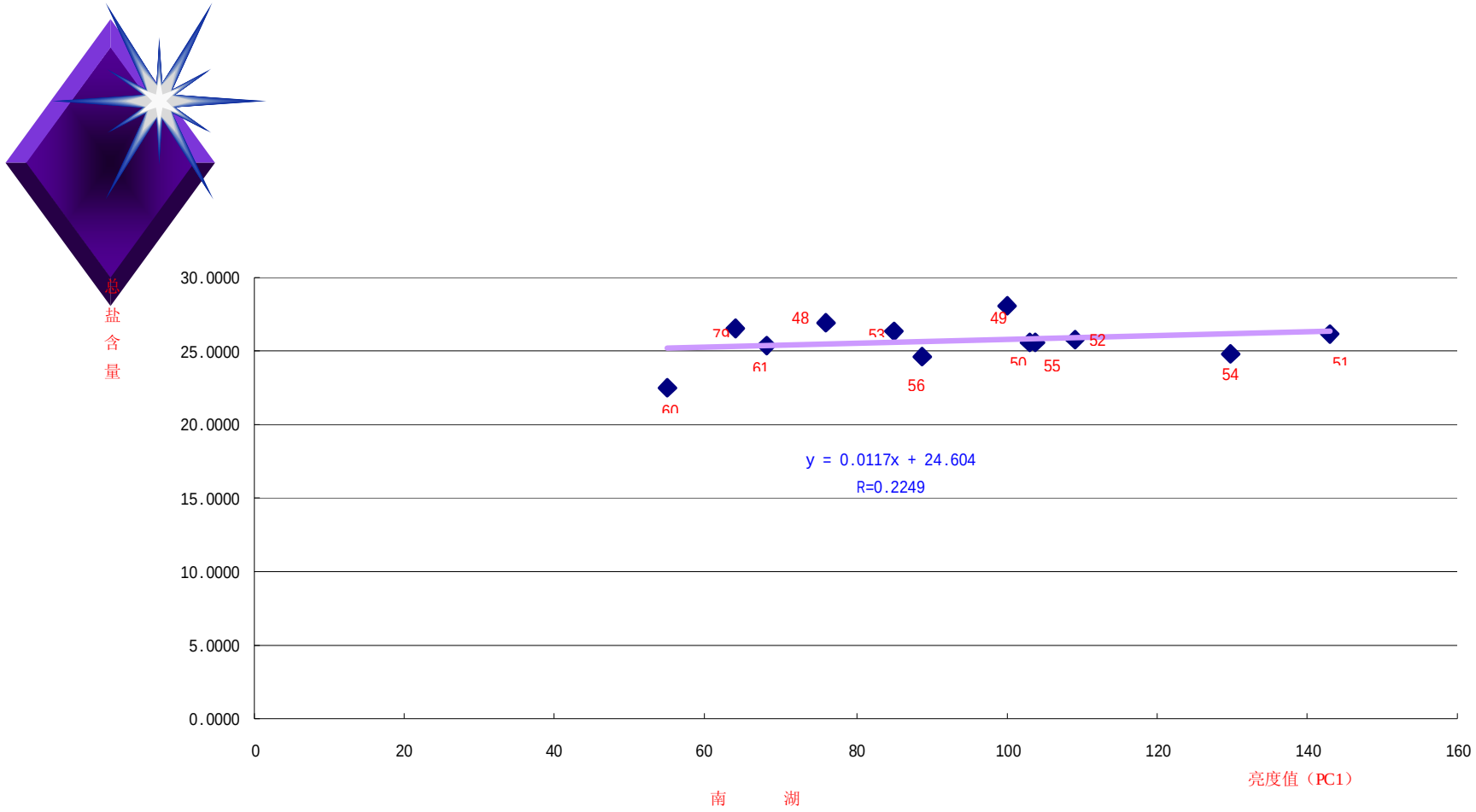


图 南湖总盐含量相关图
(曲线、观测点、相关系数、方程)

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

总盐度反演：

	控制点点号	图象值（PC1）	实际值	反演值	绝对误差	相对误差（%）
正常区	5	130	30.4895	30.4840	-0.0055	-0.0180
	6	90	29.9868	30.0520	0.0652	0.2174
	9	129	30.7177	30.4732	-0.2445	-0.7960
	10	144	30.3939	30.6352	0.2413	0.7939
	11	73	29.8420	29.8684	0.0264	0.0885
	16	89	30.0764	30.0412	-0.0352	-0.1170
	20	73	29.8547	29.8684	0.0137	0.0459
	21	79	30.3763	29.9332	-0.4431	-1.4587
	24	69	29.5015	29.8252	0.3237	1.0972
	25	70	29.7771	29.8360	0.0589	0.1978
	26	115	30.2812	30.3220	0.0408	0.1347
异常区	12	83	29.2244	29.1997	-0.0247	-0.0845
	13	90	29.1745	29.3040	0.1295	0.4439
	14	109	29.6666	29.5871	-0.0795	-0.2680
	15	95	29.4589	29.3785	-0.0804	-0.2729
	18	121	29.7833	29.7659	-0.0174	-0.0584
	19	84	29.2010	29.2146	0.0136	0.0466
	22	142	30.0400	30.0788	0.0388	0.1292

总盐含量（%）反演值（北湖）

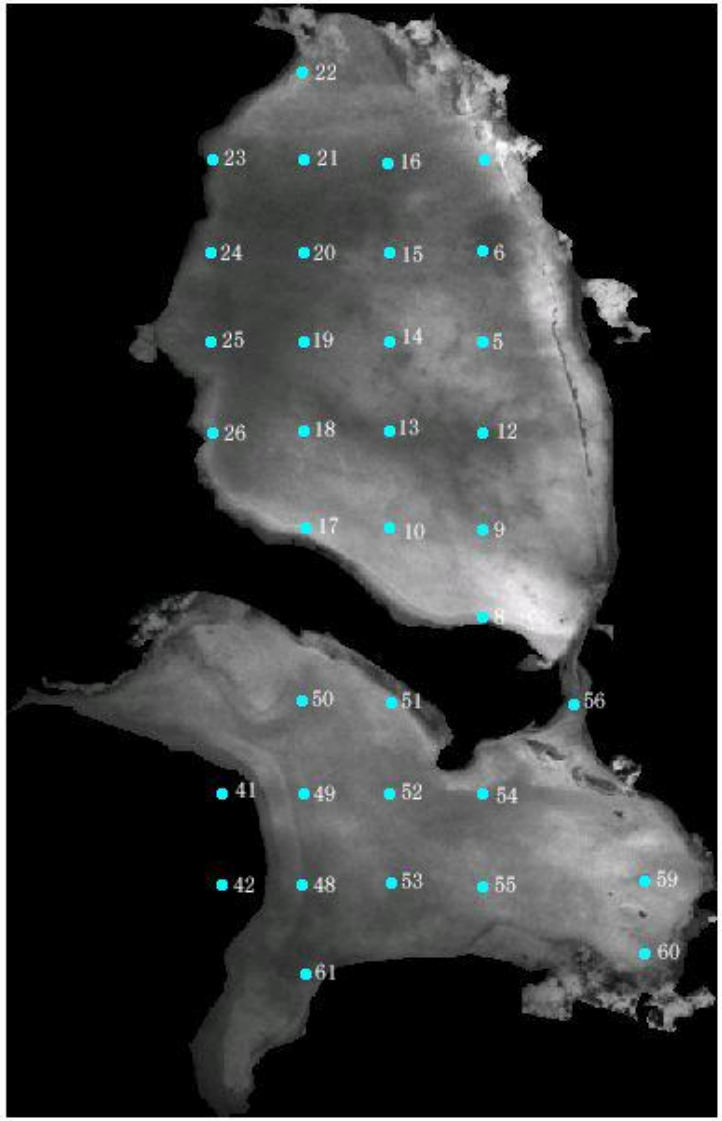
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



控制点点号	图象值（PC1）	实测值	反演值	绝对误差	相对误差（%）
48	76	26.8789	25.4932	-1.3857	-5.1553
49	100	28.1594	25.7740	-2.3854	-8.4711
50	103	25.5970	25.8091	0.2121	0.8286
51	143	26.2488	26.2771	0.0283	0.1078
52	109	25.6893	25.8793	0.1900	0.7396
53	85	26.2728	25.5985	-0.6743	-2.5665
54	130	24.7619	26.1250	1.3631	5.5048
55	104	25.6044	25.8208	0.2164	0.8452
56	89	24.6558	25.6453	0.9895	4.0132
60	55	22.5538	25.2475	2.6937	11.9434
61	68	25.4758	25.3996	-0.0762	-0.2991
79	64	26.4915	25.3528	-1.1387	-4.2984

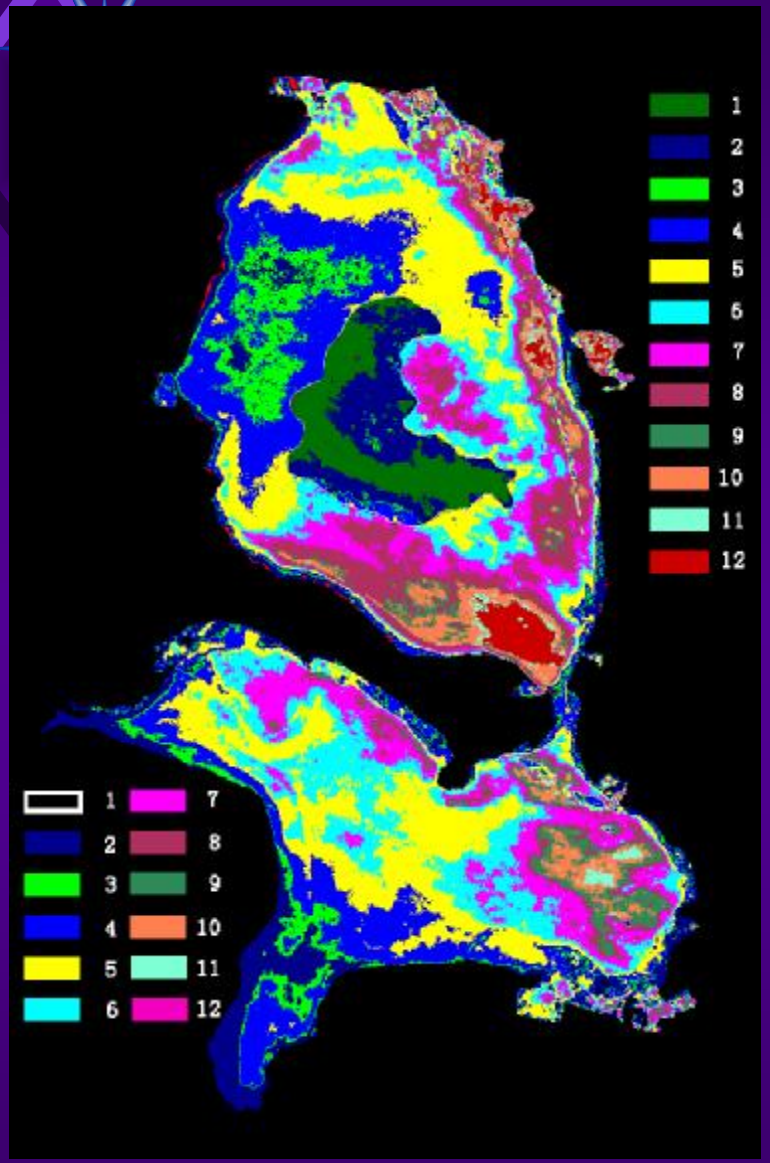
总盐含量（%）反演值（南湖）

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



扎布耶总盐含量反演值图像
（附观测点、点号）

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



2000年扎布耶总盐（%）含量彩色密度分割图

北湖：1、29.0800～29.4243 墨绿色
2、29.4243～29.7685 深蓝色
3、29.7685～29.8260 绿 色
4、29.8260～30.0160 蓝 色
5、30.0160～30.2950 黄 色
6、30.2950～30.4570 浅蓝色
7、30.4570～30.6040 粉 色
8、30.6040～30.8500 褐 色
9、30.8500～30.9000 深绿色
10、30.9000～31.0980 珊瑚色
11、31.0980～31.1830 绿玉色
12、31.1830～31.8340 红 色

南湖：1、24.6040～24.9696 黑 色
2、24.9696～25.3352 深蓝色
3、25.3352～25.4120 绿 色
4、25.4120～25.6220 蓝 色
5、25.6220～25.8940 黄 色
6、25.8940～26.0690 浅蓝色
7、26.0690～26.2650 粉 色
8、26.2650～26.3450 褐 色
9、26.3450～26.5030 深绿色
10、26.5030～26.6810 珊瑚色
11、26.6810～27.1634 绿玉色
12、27.1634～27.5290 红粉色

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



总盐含量遥感模型

通过上述的遥感方法得到如下总盐含量遥感模型：

NS（TM（3/7）、TM（3/4）、TM（3/5））

即 PCA（NS）→ PC1

Y=aX+b

式中 NS 为一组三维盐指数

PCA 为主成分分析方法

PC1 为PCA（NS）第一组分图像

X 为PC1图像亮度值

Y 为总盐含量

a、b 为系数（正值）

该模型的系数a、b可由一组实测样本来确定，它适用的条件是：洁净高浓度复杂成分卤水以及尽量均匀或区块均匀的湖底物质性状和湖水补给条件。

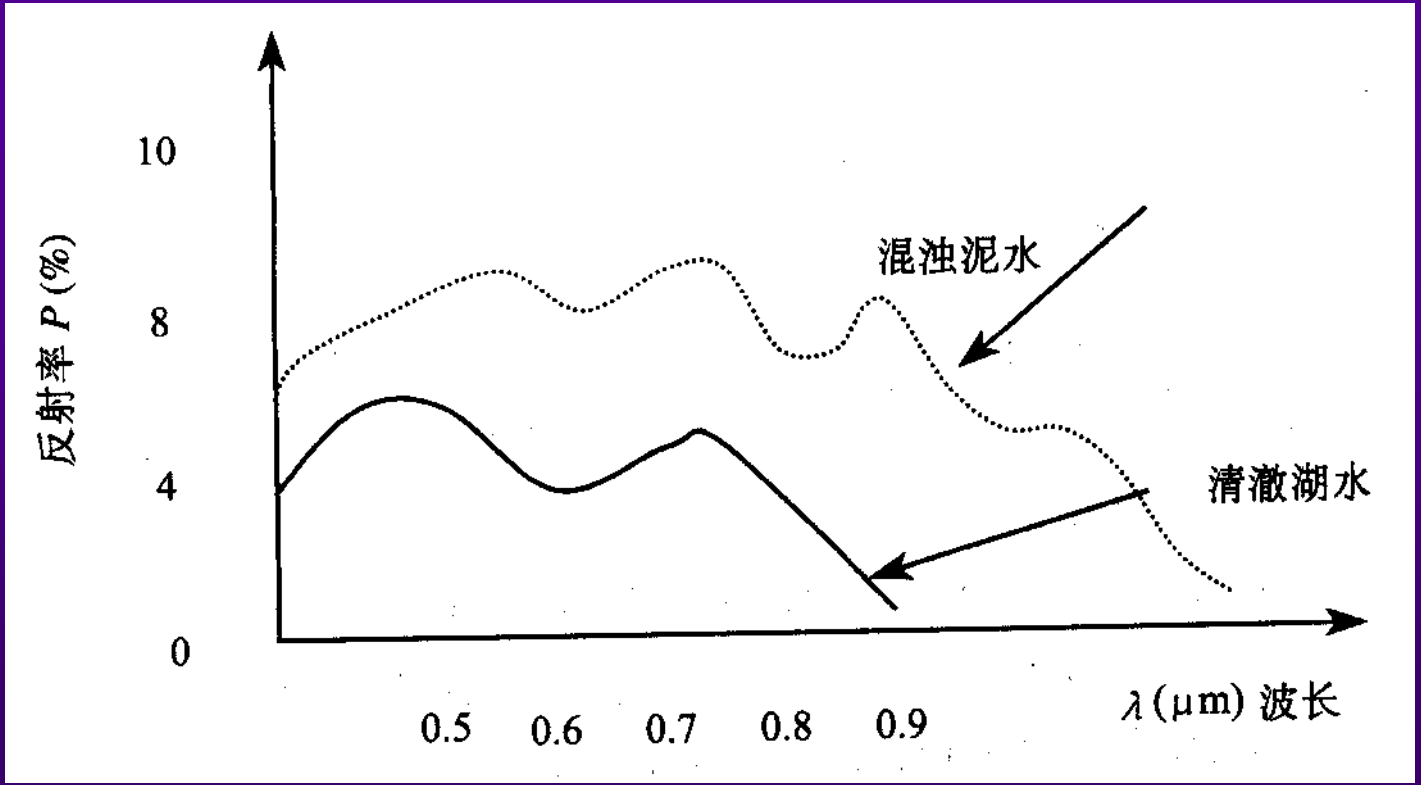
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

三、水污染遥感调查

1、污染水的波谱特征

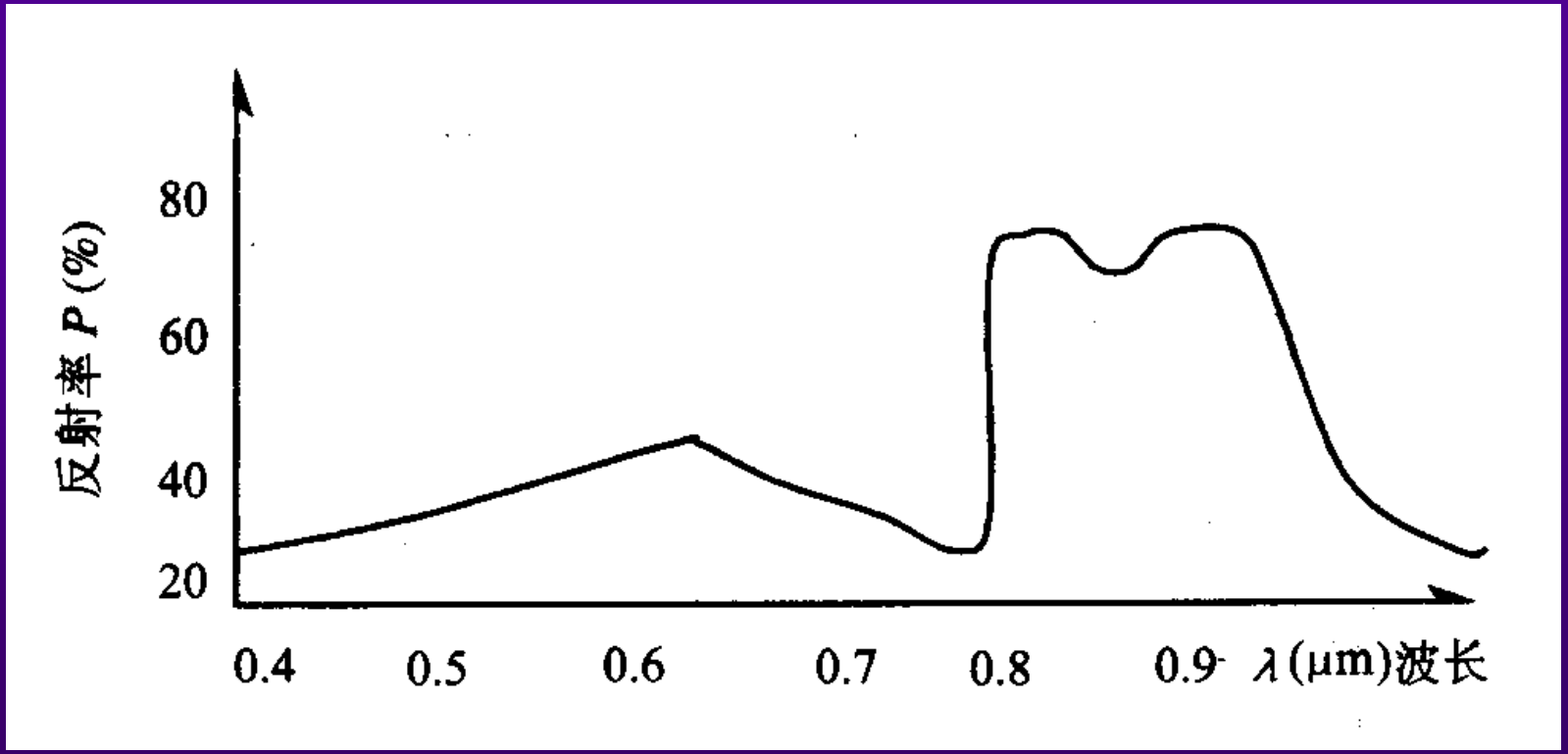
对水体的遥感监测是以污染水与清洁水的反射光谱性能研究为基础的。

水中悬浮物微粒会对入射进水里的光发射散射和反射，增大水体的反射率。悬浮物含量增加，水体反射率也变大。



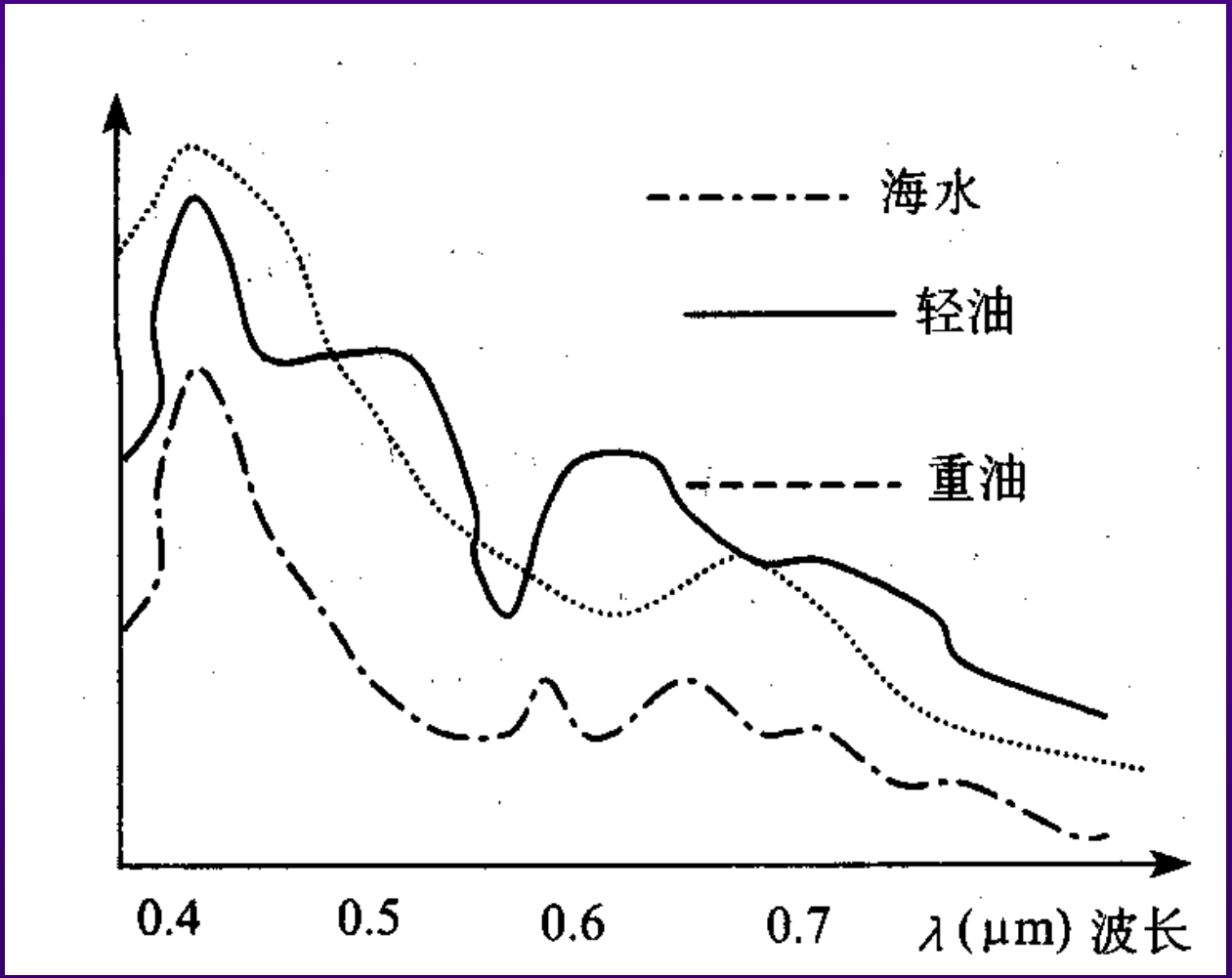
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

水体里浮游植物大量繁生是水质富营养的显著标志。由于浮游植物体内含的叶绿素对近红外光具有显著的“陡坡效应”，使那些浮游植物含量大的水体兼有水体和植物的反射光谱特征。在可见光波段，反射率较低；在近红外波段，反射率明显升高。



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

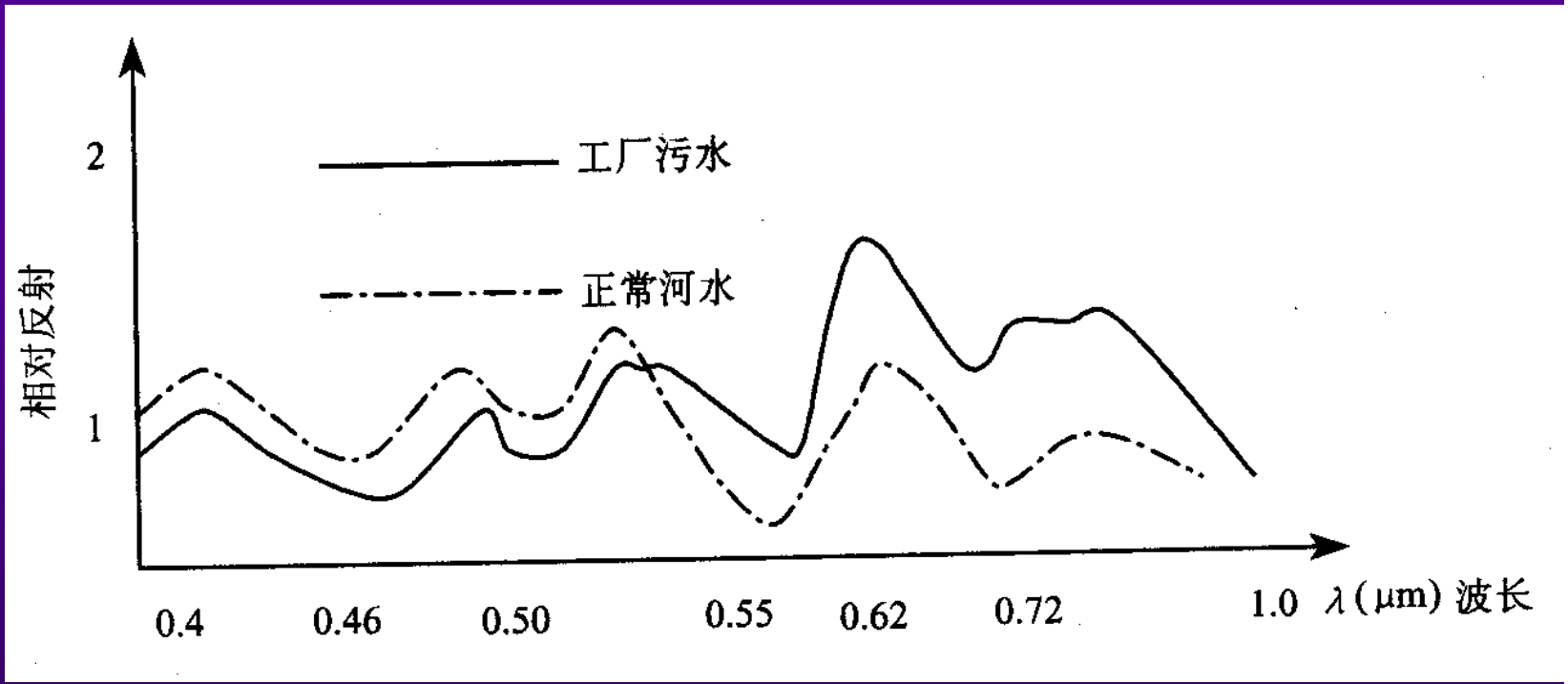
石油污染是一种经常见到的水体污染现象。水体里污油浓度越高，散射光越强。油膜的反射率较水体高，但油膜的发射率远低于水体，在热红外图像上呈深色调。



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

城市大量排放的工业废水和生活废水中带有许多有机物，它们在分解时耗去大量溶解氧，使水体发黑发臭。当有机物严重污染水体时，水色漆黑，污染程度轻一些的呈现各种各样灰黑色调。在遥感像片上，这些水体的反射率很低，呈现为浊黑色条带。

工厂的热排水造成的污染 — 热污染，用热红外图像监测。



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

2、水污染的类型

污染类型	生态环境变化	遥感影像特征
泥沙污染	水体浑浊	在MSS5像片上呈浅色调，在彩红外片上呈淡蓝、绿、绿白、灰白色调，呈条带状、漩涡状
石油污染	油膜覆盖水面	在紫外、可见光、近红外、微波图像上呈浅色调，在热红外图像上呈深色调，为不规则斑块状，在彩红外图像上为绿、青绿色调
废水污染	水色水质发生变化	单一性质的工业废水随所含物质的不同色调有差异（酸性工业废水在MSS5上为浅色调，化学废液在彩红外图像上为灰蓝、绿、黄绿色，农药污染水在彩红外图像上为淡蓝绿色），城市污水及各种混合废水在彩红外像片上为黑色
热污染	水温升高	在白天的热红外图像上呈白色或白色羽毛状，也称羽状水流，在彩红外像片上为深兰色中有白色浪花
富营养化	浮游生物含量高	在MSS7图像上呈浅色调，在彩红外图像上呈红褐色或紫红色
固体漂浮物	水质变腐	各种图像上均有漂浮物的形态

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

2、水污染的类型

(1)水体的富营养化

当生物体所需的氮、磷、钾等营养物质在湖泊、河口、海湾等缓流水体中大量富集，从而引起浮游生物及藻类(主要是蓝绿藻)等的大量迅速繁殖，造成了水质恶化、水体的溶解氧含量下降，导致鱼类及其他生物大量死亡的现象称为水体的富营养化，属于水体污染的一种，会给水产养殖业带来很大的麻烦，利用遥感技术调查富营养水体的数量及分布位置及其被污染的程度，可及时地采取有效措施进行补救。

对水体富营养化进行遥感调查所使用的资料一般选用彩红外影像，这是因为对于纯净或较为纯净的水体而言，在彩红外波段，有着很强的吸收作用，反射及发射作用很小，因而在彩红外影像上表现为黑色；而当水体富营养化后，水体中的藻类及浮游植物中含有的叶绿素对近红外波段具有非常明显的“陡坡效应”，即在近红外波段具有很高的反射率。这时的水体，由于兼有了水体和绿色植物的光谱特征，在彩红外图像上会呈现红褐色或紫红色。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



13.5 武汉汤逊湖水体分布图像

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

(2)水体泥沙污染

对水体进行泥沙污染的调查和研究，对防治水土流失工作的开展具有一定的重要意义，如在90年代初，我国就已采用遥感技术来有效地、宏观地研究黄河流域的水土流失情况。

水体泥沙含量的增加会使水体的反射率整体提高随着水体中悬浮泥沙颗粒的增加，水体的反射量会逐渐增加，同时水体的波谱反射特性曲线中的反射峰亦会随之向长波方向移动，称为红移。但由于水体在0.93～1.13μm附近对红外辐射吸收强烈，所以反射通量急剧衰减，反射峰移到0.8μm附近便停止移动。小于0.6μm的短波辐射由于反射通量降低和受水分子瑞利散射效应的干扰，不适宜作悬浮泥沙浓度的判定波段。定量判读悬浮泥沙浓度的最佳波段应选在0.65～0.85μm之间。总之，含泥沙的水体在黑白影像上比洁净水体的颜色亮，一般呈灰白色，在彩红外影像上，含泥沙水体呈现淡蓝色或淡绿色，而洁净水体，无论是在黑白影像还是彩红外影上色调都比较深。根据图像上水体灰度变化情况即可推测水体受污染的程度。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

(3)水体油污染的遥感调查

这里所指的水体油污染主要是指海上或港口的石油污染。造成石油污染的原因是多种多样的，如船舶漏油、海洋石油开采产生的石油污染等，石油污染所造成的危害十分严重，是当今沿海国家十分重视的一个环境问题，利用遥感技术能够有效地探测出海洋石油污染的位置和范围，海水石油污染的程度和污染源的位置。

同前面提到的几种水体污染的调查一样，海洋石油污染的遥感调查也必须依据调查目标与调查背景之间的光谱反射特性的差异来选择合适的遥感影像，这里的调查目标是指石油，背景指海水，也就是说必须根据海水和油膜的光谱反射特性的差异以及水、油膜的光谱特性来选择合适的遥感波段 。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

目前，探测石油污染的方法很多，一种是利用0.3～0.4μm的波段影像进行调查，因为石油在这个波段的反射率较低；另外，也可利用位于0.28～0.4μm的紫外光波段影像进行调查，在这个波段内，被石油污染的海水面由于表面覆有一层油膜，会产生荧光效应，比未污染海水在这个波段内的反射率要高，所以在紫外像片上，覆有油膜的海水(即被污染海水)会呈现白色调；在可见光的蓝色光波段范围内，石油的反射率也比纯净海水在相应波段的反射率高，并且油膜还会有闪烁现象；在常温下石油的发射率远小于海水的发射率，在远红外波段，石油污染区比未污染海水的反射率低，因此在远红外影像上，石油污染区呈现深色调。

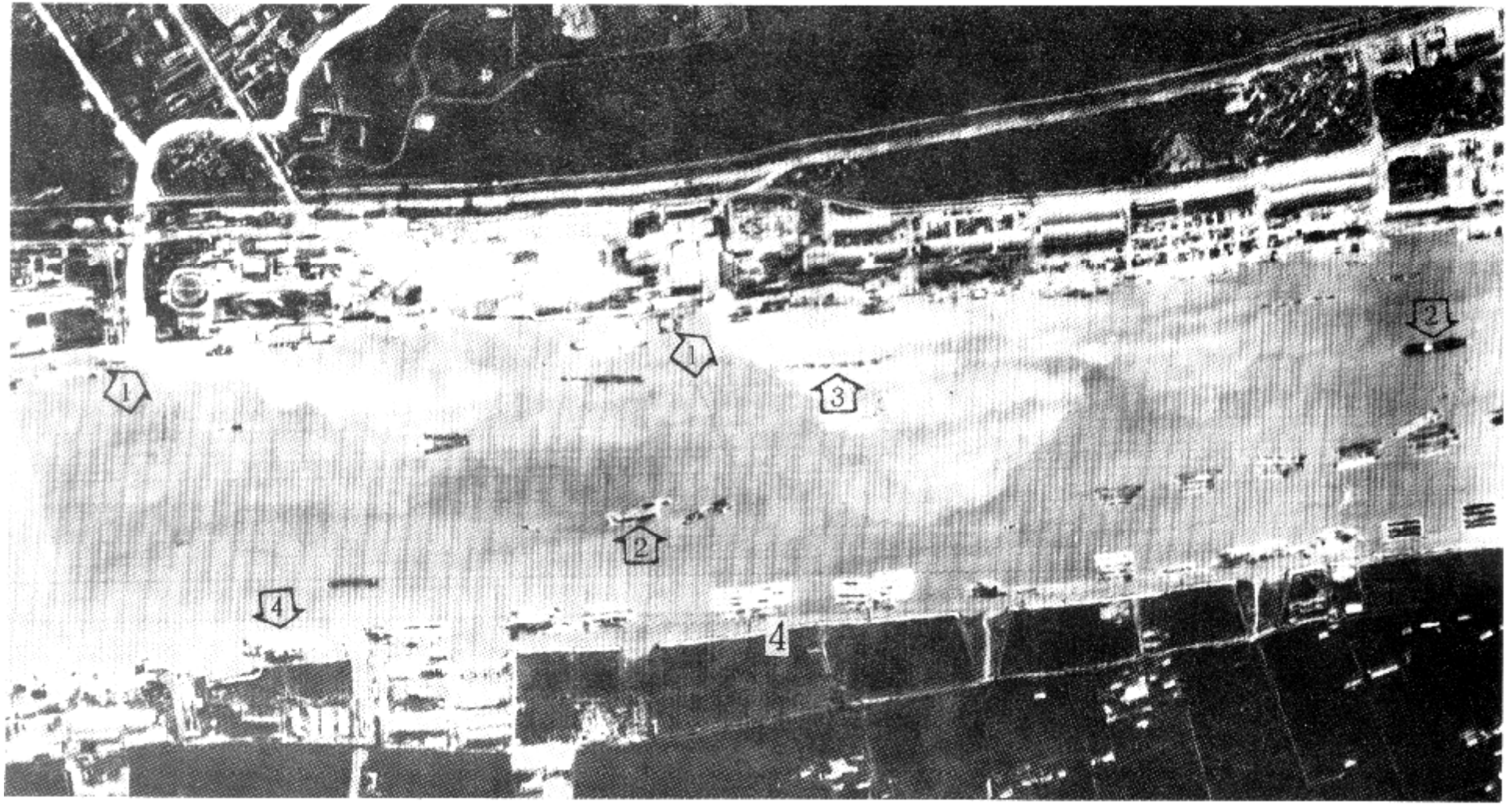
依照上述方法，便可判断被调查区域的海水是否受到石油污染，并且可在影像上勾绘出被石油污染的海水的界线，通过面积量算的方法求出界线内的图斑面积，再乘以水面测定的油膜厚度就可以估算出排污量。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



利用伪彩色密度分割影像可清楚地看到排油源和油污染的扩散范围。因为靠近排油源的区域受污染程度重，而远离排油源的区域受污染程度较轻，依此可以追踪石油污染源，确定事故责任人，依法追究法律责任，但如果经过调查发现污染不是来自人类活动，而是来自于海底的自然漏油，则有助于人类发现新的海底油田。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

(4)合流排放的废水污染

合流排放的各种工业污水和城市生活污水，往往含有硫化物等多种化学物质，混合后会发生化学反应，使水体呈黑褐色。农村及城市的废水污染已成为当前水体污染中最普遍、最严重的一个问题，它给农业灌溉及居民生活及生态环境用水带来了非常严重的影响。

废水污染的遥感调查是以洁净水为调查背景，以各种不同成分的工业用水和生活用水为调查目标，依据目标与背景之间的光谱反射特性差异，来对废水污染的性质、范围、程度、来源等作出判断。

不同成分的污水在影像上表现出不同的特征。在色调上污水与纯净水中存在较大差异，同时，其温度也往往不同于背景水温，在热红外扫描影像上能很好地显示出被污染水与背景水的温度差异。例如火力和原子能发电厂、炼铁厂、炼油厂排出的冷却污染水比环境水温在夏季要高出7–8℃左右，因而这些污水在多光谱图像和热红外图像上会有明显的反映。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

用光学密度分割仪或用计算机进行密度分割，就可定出热水污染的范围和污染的等级、程度。同时如果利用多时相的遥感影像对同一被调查区域进行跟踪调查，还可以求出热水污染的扩散方向和扩散速度

另外低浆废液、酸、碱水、农药污水等在彩红外图像上都有明显的反映，同样可以依据纯净水的影像特征与此类污水的影像特征之间的差异做出定性分析，确定污染类型和来源，同时亦可确定污水排放范围，估算污水排放量，为环保部门提供污水治理的基本资料和基础数据

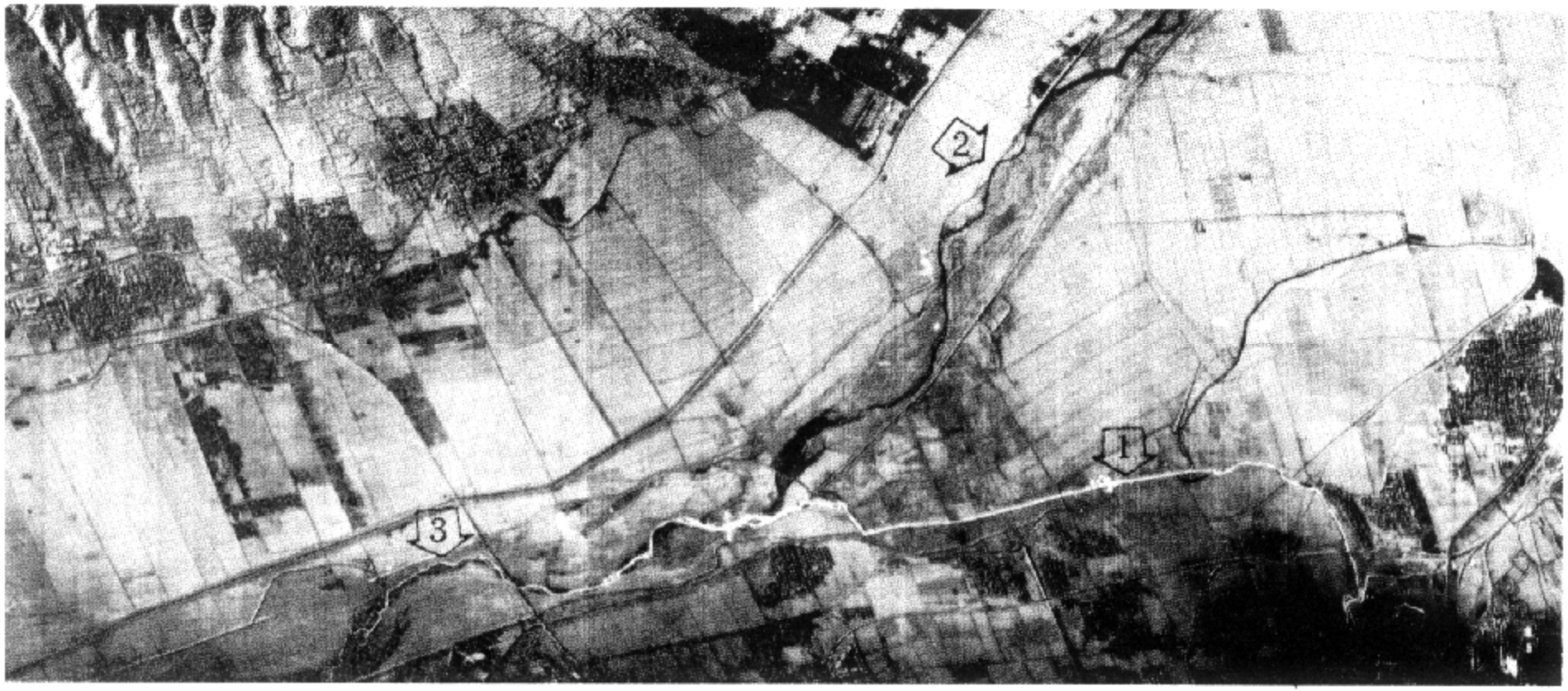
以上是调查目标(废水)与背景(洁净水)在色调上的差异，有助于对污染水的类型作出定性分析以及对污水排放量做出定量分析。另外，污水的排放点、扩散方式、稀释混合等特征也是识别污水的重要标志。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

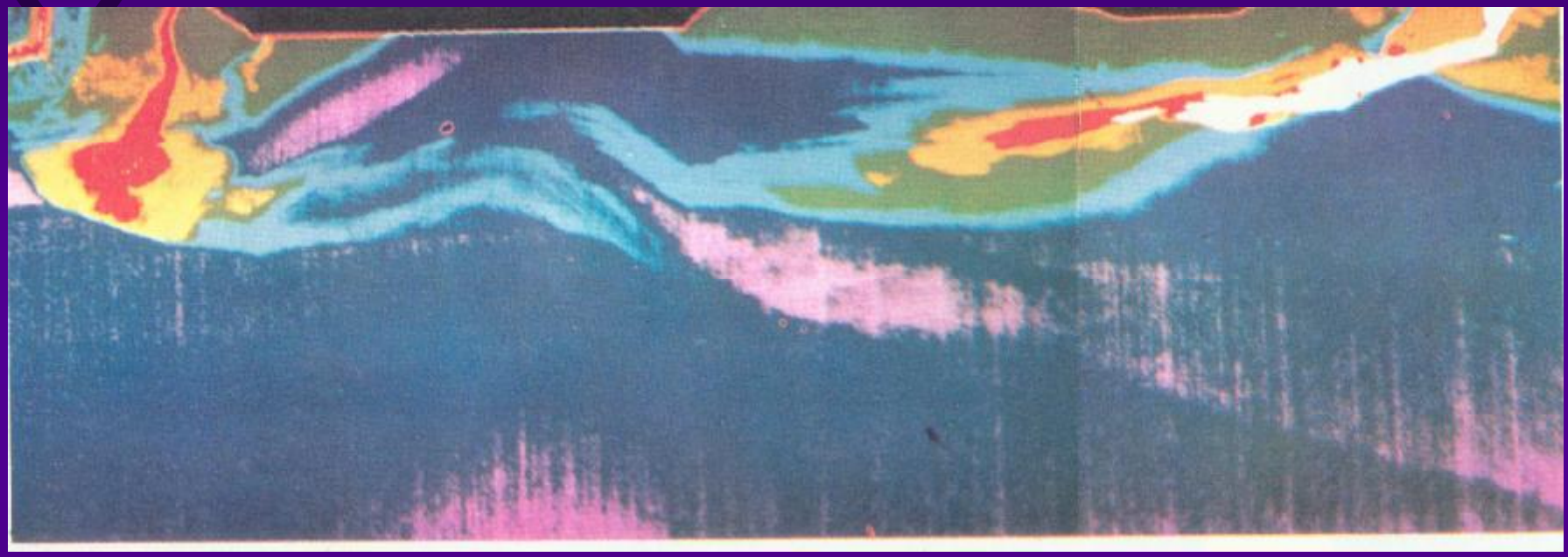


污水的排放口一般与污染源(如化工厂等)相距不远，或与渠道相通，并且排放口周围污染水体的浓度较高，污水扩散特点有以下几种情形：①在静止水体中，影像上显示的浅色污染区的色调以排放口为中心，呈半圆形或喇叭形的扩散状态向外逐渐变暗，最终与周围水体的色调一致。②在流动的水体中，图像上显示的污染区位于排污口的下游，且面积不大，这是因为污水在流水的作用下迅速扩散的缘故。⑤在河口地区，由于潮水的周期性涨落，污水的扩散形态也会发生变化，特别是当潮水上涨时，排污口的污水连成一片，一旦退潮，就会形成与排污口失去联系的离源浊流。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



(5)水体热污染

水体热污染是由于含热废水如热电厂徘放出的冷却水，大量排入天然水体而造成的。水体热污染不仅会危及水体中生物的生长，而且引用热污染水灌溉农田时，也会对农作物的生长造成不良影响。热污染的调查一般均是利用远红外也就是热红外影像来进行，在热红外影像上，受热污染的水体温度高，发射的能量多，相应地在热红外影像上呈现浅色调，而背景——洁净水体由于温度低则呈深色调。对热红外影像进行伪彩色密度分割即可有效地定性、定量地确定出热污染范围、热污染的等级以及热污染源，即色调最浅的中心区域即为污染源，周围水域的色调则随着污染程度的降低而不断加深。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



(6)水体中固体漂浮物

固体漂浮物污染是由于将生活垃圾丢弃在水体中，或者是洪水带来的各种动植物的残骸漂浮在水体中，并在回水区或静水区集聚，腐烂发酵使水体变质造成的污染。利用遥感技术对固体漂浮物进行调查，除了应用色调作为判读标志来区分调查目标(固体漂浮物)和背景(水体)外，还可以利用影像的纹理特征来进行辅助调查，因为固体漂浮物的纹理与水体的纹理存在很大的差异，水体一般表现为细纹理，而固体漂浮物一般为粗纹理。在遥感影像上把握住目标与背景二者之间在色调与纹理特征等方面的差异就很容易发现固体漂浮物的聚集区。利用计算机进行识别时，还可预先对影像进行边缘增强等处理，以提高识别效果。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

四、地下水遥感监测

目前，大规模地寻找、开发、管理地下水是解决许多城市缺水的主要途径。而常用的、传统的寻找地下水的方法，工作量大，成本较高，而且有时受地形条件及视野的限制，在实地很难发现一些宏观的重要的水文地质现象，而直接影响到勘察的效率。

应用遥感技术探查地下水资源的主要方法是：基于地表各种水文地质现象对电磁波的响应特性，从解译区域水系、地貌、岩性构造、土壤、植被与各种表征地下水富集状况和水文地质现象的影像特征入手，分析地下的补、径、排条件，以达到查明地下水分布情况及富集状况之目的。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



1、地下水的解译标志

① 色调标志

各种地物的图像色调有时会与找水有关。如平原古河道中，富水的河流相沉积蕴藏着孔隙泉水，毛细管作用使包气带土壤湿化，其反射率就要降低，形成暗色带状图像色调，如再加耕地沿带排列，往往是在平原古河道找水的标志。

② 热标志

水的比热比一般地物要大，能保持相对均一的温度。在4.5 ～ 5.5μm，8～14μm的热辐射图像上，白天温度比背景低，呈冷色调（暗色），晚上又比背景高，呈暖色调（浅色）。这种昼夜色调差所反映的热标志可用于找泉水。

③ 植物标志（喜湿植物分布特征）

植物的生长不能缺少水分，利用干旱区的井泉植物群落、半湿润区喜水植物群落，可以找到良好的地下水露头。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



④ 地质地貌标志

地下水贮存有多种地质地貌，如构造盆地、向斜构造、单斜构造中的含水层。当水分补给条件较好时，因断层切割或含水岩层不利于重力水下渗时，容易形成承压水。这一类型的地下水应通过岩性构造来判读。各种基岩上部的裂隙中，沉积岩层的裂隙中，雨水易于积聚形成裂隙潜水。分析裂隙系统与构造交汇，对寻找这一类型的地下水是必要的。

总之，根据地下水的埋藏分布规律，利用遥感图像的直接和间接判读标志，可以有效地寻找地下水。一般来说，遥感图像所显示的古河床位置，基岩构造的裂隙及其复合部位、洪积扇的顶端及其边缘、自然植被生长状况好的地方可找到地下水。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

2、浅含水层

主要指平原地区河流相或湖相沉积地层中的富水层。如古河道、河漫滩、湖相沉积平原，水位很浅，一般在0.5～3m±。

（1）古河道

具有多元结构的河流相沉积地层，因而地下水易于富集。

形状特征：在航空黑白全色图像及黑白红外图像上呈浅灰至浅黑色的透镜状、条带状图形，其上农田、村庄密布，表现出蛇曲状的线性特征。

色调特征：无论在可见光、近红外或热红外遥感图像上，古河道与其周围背景之间总表现出较明显的色调差异，这主要是由于古河及其地面土壤湿化造成的。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

（2）富水河流地貌

不仅古河道富含浅层地下水，那些经常洪水泛滥和为河流扫荡的地带，如河漫滩、河流冲积平原等地往往埋藏着浅层地下水。这是由于这些地带同样存在着易于地下水富集的多元相河流沉积地层。

河漫滩：常发育在较宽阔的河谷地带，由河水长期游荡和旁蚀两岸而形成。应用航空片可以详细地显示河漫滩的许多微地貌特征。如沙堤、迂回扇、牛轭湖、废弃河道、低洼地、阶地等。可根据土壤湿化形成的细微影像差异，圈定地下水的相对富集地段。

河流冲积平原：是指平原地区自第四纪以来为较大的江河冲淤形成的平坦、开阔的地带。如冲积平原的古河道和洪积扇中的古洪流河道。热红外图像可能对古河道和古洪流河道的解译更有效，这是因为富水古河道可能造成地表温度的差异。

另外，利用融雪、喜湿植物分布特征等寻找浅层地下水，雪总是在有地下水渗出的地方首先融化的。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

3、基岩裂隙水

基岩裂隙水，埋深大，按岩性及地质构造分布，以岩性判读、构造裂隙判读为特征：

① 岩性判读（形状与色调，水系模式，地貌与植被）

② 构造裂隙判读：

含水特征：扭性断裂：一般弱含水。在风化作用下，裂隙扩张，含水性及导水性均增强。

张性断裂：可形成大的含水带，富水性及导水性均好。

压性断裂：一般含水及导水性都较差，在风化作用下裂隙张开，有一定的含水性。

遥感判释：色调、形态、水系、地貌.....

一般的岩石破碎，裂隙多，含水，用合适的波段通过一定的图像处理，找基岩的破碎带、断裂。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



4、岩溶水：

贮存和运动于可溶性岩层空隙中的地下水称为岩溶水。

岩溶地貌判读：溶斗、溶蚀盆地、溶蚀槽台、峰丛、盲谷、地下河。

岩溶水富集区的遥感分析：

① 根据地貌形态分析富水带

在遥感图像上，如见溶斗、溶蚀盆地等成串珠状分布，则说明其下有构造裂隙发育，并一般沿该裂隙溶蚀成较宽的地下河道，地下水储量是一般较丰富。

② 根据地质构造分析富水带

一般说来，构造裂隙愈发育，岩溶亦愈发育，富水情况也就愈好。因此在张性断裂带、压性断裂影响带、断裂交汇带往往是岩溶水的富集区。此外，褶皱轴部一般较翼部富水。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



③ 根据岩性土壤分析富水带：

一般说来，纯灰岩分布区较不纯灰岩分布区富水。这是由于纯灰岩区常发育岩溶管道含水层，吸收大气降水也多，故富水性强。不纯灰岩分布区，多为溶隙水分布，其水量不及岩溶管道水量大。

对于大气降水等气候条件相同的某一地区，一般可根据航空像片判读岩溶地貌的发育程度来分析可溶岩的纯度。通常纯灰岩分布区较不纯灰岩区岩溶地貌发育。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn