

利用遥感资料对白洋淀水域变化 进行定量分析的探讨

王长耀 张金胜 胡征宇

(中国科学院遥感应用研究所)

1986 年 7 月 26 日收稿

一、问题的提出

白洋淀位于北京、天津、保定之间,是华北平原上现存常年积水的较大湖淀。

古白洋淀形成于新第三纪上新世末期,属于包括海河流域中、下游和渤海湾北部沿海地区在内的平原北部古湖盆地的一部分。到了第四纪以后,由于发源于太行山的几条大古河系的影响,遂分离形成了白洋淀。以后,随着古代地质的变迁,白洋淀也经历了一系列变化,其水域面积时而扩张,时而收缩。直至古黄河流经这一地区起,古白洋淀开始解体,向着近代白洋淀泊发展,逐渐形成了独立水系。但是,白洋淀的真正形成是在北宋和清朝年间。在北宋年间,随着塘泺防线的修建和塘堤的建立,使得历史时期淀区的大小淀泊串通成一体,始形成了水域连片的白洋淀面貌。直到清朝,通过对白洋淀进行蓄水、疏竣、通航、圩田,以及发展水生养殖等一系列措施后,才使本区成为鱼、苇、粮,航四业兴旺,有“北国江南”之称的鱼米之乡¹⁾。在当时,白洋淀的水域面积是比较大的,但是至清末以后,特别是廿世纪六十年代以来,这个被誉为“华北明珠”的白洋淀,面积迅速减小,近几年还连续出现干淀,使之濒临于湮废的危险境地。

白洋淀的形成和演变在历史上和现代都受着自然条件和人为因素的影响,而白洋淀水域的扩张和萎缩反过来又对该区的生态环境,以及国民经济和社会发展起重要作用。因此,为了对白洋淀进行综合治理,近年来,有关专家和学者对该区进行了大量调查研究,取得了一系列成果。他们认为白洋淀迅速萎缩的原因有以下几个¹⁾:

- (1) 近年来华北地区气候干旱,降雨量偏少;
- (2) 上游建造水库过多,截流过大,造成入淀水量减少,且出现了汛期充足,早期完全无水供给的状况;
- (3) 来自上游的泥沙淤积,使淀底升高并出现沙丘,造成淀泊范围缩小,蓄水能力下降;
- (4) 淀区本身用水管理不善,汛期向下游弃水过多,淀区内蓄水较少;淀周围地区农田灌溉用水过度,加快了淀内蓄水的耗废;

1)白洋淀国土经济研究会编,白洋淀国土经济初步研究(初稿),1984年3月。

(5) 由于干旱影响及水质污染严重,水产资源大幅度下降,围湖造田加速,耕地面积不断扩大,使湖泊面积缩小。

在以上各因素中,影响白洋淀萎缩的主导因素是自然因素,还是人为因素,目前,说法不一。为了研究白洋淀地区水域环境的动态变化,我们利用了白洋淀地区的多个时期的航天和航空遥感资料,对该区水域动态变化模式进行了初步的分析和探讨。

二、资料的获取

1. 原始资料

根据对国内已有遥感资料的调查,我们在研究白洋淀水域变化时,采用了枯水期的遥感资料,即 1961—1984 年的三次黑白航空像片,和两次陆地卫星图像(表 1, 图版 III 图 1 和 2)。另外,我们还收集了白洋淀地区的自然地理资料和近年来的水文气象资料。

表 1 多时期影像资料统计表

Table 1 Table of multi-date remote sensing image

类 型	比 例 尺	摄 取 时 间
黑白 航空 像片	1:2.5 万	1961.3
	1:3.5 万	1971.5
	1:4.5 万	1979.5
MSS	1:20 万	1975.5
TM	1:20 万	1984.10

表 2 土地覆盖类型及判读标志

Table 2 Category of land cover and interpretation key

类 型	含 义 及 判 读 标 志
1. 淀泊水体	湖泊中积水部分。在黑白航空像片上为深灰至黑色,图斑色均匀,常有镜面反射形成的白亮斑,在两种卫星图像上为深蓝色。
2. 湖滩地	介于湖岸与水缘之间,或水体中突出的沙丘,未曾开垦过的土地。没有经济作物生长,黑白航空像片上呈灰色。图斑颜色均匀。卫星影像反映灰绿色。
3. 河流渠道	天然河流与人工建筑的大型引、排水渠道,黑白航空像片上为黑色长条型。两种卫星图像上为深蓝色浅条。
4. 耕地	用于种植业的各种耕地,包括果园和小片林地。黑白航空像片上反映灰色或灰黑色调,可见沟渠、田埂等耕作痕迹,两种卫星图像上色调为红色,也可见沟渠、田埂痕迹。
5. 苇地	长有芦苇的无水或浅水地域。黑白航空像片上为灰、黑不均,互相夹杂的色调。常组成一个个圆斑点。两种卫星影像上均为深红色,无耕作痕迹的圆斑。
6. 荒地	曾被开垦过,但由于种种原因已弃耕的土地。像片上多反映为一定几何形状,可见残留的田埂,渠道等痕迹,常可见白色的小路穿插其中。黑色航空像片上为浅灰色。两种卫星像片上为浅灰绿色。
7. 居民用地	村镇及农村工副业用地。黑白航空像片上可见到房屋等人工建筑。两种卫星像片上为较浅的白黄绿相间的颜色。其中中常夹有小红点。

从三个时期的航空像片和 MSS 卫星影像摄取的时间看,都是在春季的枯水期,这就

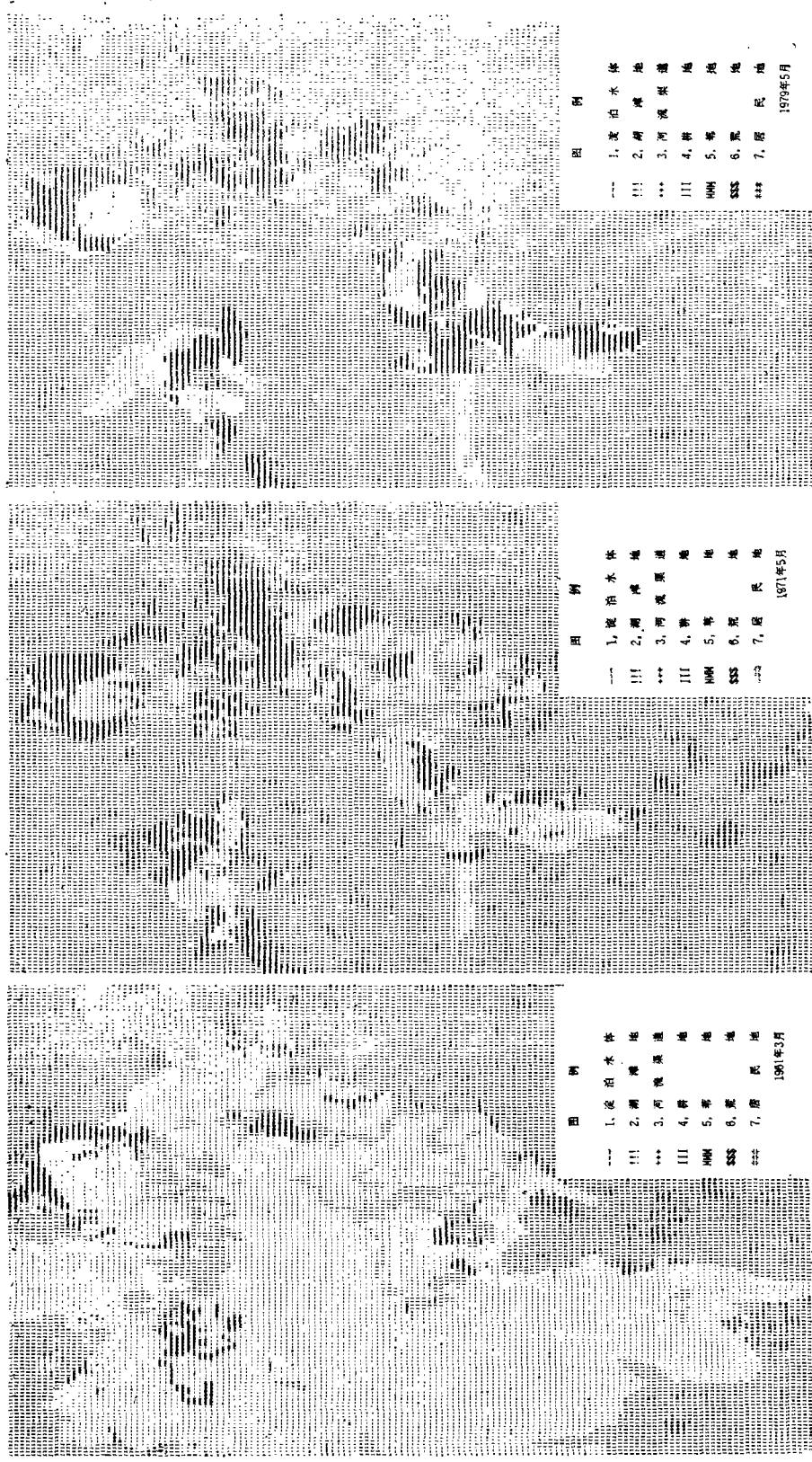


图 3 白洋淀水域变化机助分析图
Fig. 3 Maps aided by computer in Baiyangdian lake

具备了对比分析不同年份水域动态变化的前提条件。至于 TM 图像，虽然摄取时间是在洪水季节，但由于白洋淀已处于干枯状态，洪水对水面变化影响不大，因此，从某种意义上看，也可以用它与航空像片进行对比。

2. 数据取得

根据白洋淀水域环境的自然条件，我们将该区的土地覆盖划分为七种类型(表 2)。

为了便于研究白洋淀的水域动态变化，我们将研究区按地理座标，在 1:5 万地形图上划分成网格单元大小为 5 mm × 5 mm (相当于实地距离 250 m × 250 m) 的网格^[2]，然后将网格图以及不同时间的航空像片和卫星像片，逐张放在 ZOOM 平面转绘仪平台上，逐网格、按七种土地覆盖类型编码判读，完成数据采集工作。然后将数字采集结果，输入 PDP 11/23 计算机辅助制图系统，经计算机统计分析，打印出三个不同年份的白洋淀水域变化(图 3) 和数据(表 3)。

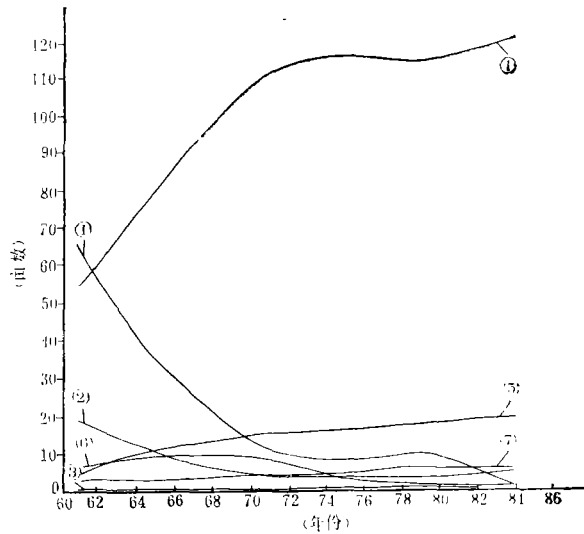


图 4 各种土地覆盖类型随年份变化的曲线图 (曲线的编号同表 2 的类型序号)

Fig. 4 Area change plot of seven categories of land cover from 1961 to 1984.

表 3 从不同影像中得到的土地覆盖类型的数据

Table 3 Area of seven categories of land cover on multi-date remote sensing image

影像类型		土地覆盖类型	淀泊水体	湖滩地	河流渠道	耕地	苇地	荒地	居民用地
		面积(公顷)							
航空像片	1961 年		265546	78499	1606	219334	22878	28986	12065
	1971 年		44504	17149	4249	444892	62791	37979	17339
	1979 年		42721	15517	4325	464052	68824	8650	24813
MSS 图像 (1975 年)			33485	15880	4104	471022	68038	14617	21757
TM 图像 (1984 年)			4140	21368	4225	487765	80616	7163	26054

三、数据分析

(一) 各种土地覆盖类型的变化趋势

利用计算机对白洋淀地区三次航空像片和两次卫星像片进行分析的结果表明, 该区从 1961—1984 年的 23 年间, 各种环境因素发生了急剧变化。

1. 水面不断变化

从表 3 和图 4 可知, 白洋淀水面面积 23 年间的变化可分三个阶段, 1961 年 3 月份(旱季)至 1971 年及 1979 年至 1984 年(雨季), 水面缩小速率较大, 分别减少了 21.8 万公顷和 3.6 万余公顷, 1971—1979 年, 少有波动, 变化速率较小, 仅减少 1.6 千余公顷, 即由原来的 26.5 万公顷缩小到 0.4 万余公顷, 累计减少 25.9 万余公顷。另据有关资料记载, 1983 年、1984 年和 1985 年连续出现干淀, 整个白洋淀几乎不复存在。

2. 耕地面积不断扩大

从图 4 可知, 耕地面积变化与水体面积变化的趋势正好相反。1961—1984 年耕地增长了两倍, 面积增加 26.7 万余公顷, 其中 1961—1971 年增加迅速, 耕地面积增加 22.3 万余公顷, 1971—1984 年增加较少, 约增加 4.5 万公顷。

3. 居民点不断扩大

图 4 还表明, 该区居民点的占地面积, 1961—1984 年间成直线上升, 约扩大 1.4 万多公顷, 比 1961 年约增加了两倍。

4. 其它土地覆盖类型的变化

本区苇地和湖滩地总的来说变化不大; 水工用地除 1971 年前增加较大外, 以后变化较小; 荒地的分布, 23 年来呈明显下降的趋势。

(二) 相关分析

为了分析白洋淀水域变化的原因, 我们选择 1961—1984 年五个影响因素较大的参数, 进行了多变量相关矩阵分析。这五个参数中, Y 为因变量, 表示从遥感资料中得到的不同年份的水域面积; 其余为自变量, X_1 表示从遥感资料中得到的不同年份的耕地面积, X_2 表示从遥感资料中得到的不同年份的居民用地的面积, X_3 为所用影像各年份的入淀水量(亿立方米), X_4 为所用影像各年份的年均降雨量。表 4—7 为它们的原始数据和计算结果。

表 6 和表 7 两个相关矩阵, 分别为水面面积与其它 4 个因素的相关系数和它们同水面面积的相关系数矩阵。从这些相关矩阵分析可知, 耕地和居民点的发展与水面面积变化呈负相关; 入淀水量和降雨量与水面面积变化呈正相关。其中, 入淀水量与水面面积的相关系数为 0.97, 这说明入淀水量的变化与近年来气候干旱有一定关系, 但入淀水量的多寡除受降雨量多少的影响外, 上游截流及沿途工农业用水等人为因素起着更大的作用。

1. 水利建设的影响

解放前, 洪涝、旱、碱灾害严重地威胁着大清河流域, 农业生产低而不稳。解放后, 开展了大规模的水利建设。在山区, 1958 年以来建成了王快、西大洋等 6 座大型水库, 10

表 4 相关分析的原始数据表

Table 4 Firsthand date for correlative analysis

Y	X_1	X_2	X_3	X_4
656156.0	541969.0	29813.0	7.6962	684.20
109969.0	1099313.0	42844.0	9.1449	558.20
82740.0	1163880.0	53760.0	0.9232	357.00
105563.0	1146656.0	61313.0	1.7488	779.80
10230.0	1205250.0	64380.0	0.9232	330.30

表 5 Y 与 X_1, X_2, X_3, X_4 的相关系数表Table 5 Table of correlative coefficient for Y(water area) versus X_1 (farm land), X_2 (residential land), X_3 (input water content), X_4 (rain fall)

$R \times 1$	$R \times 2$	$R \times 3$	$R \times 4$
-0.99748	-0.85912	0.96878	0.49662

表 6 Y 对 X_1, X_2, X_3, X_4 的相关系数矩阵表Table 6 Table of correlative coefficient matrix for Y versus X_1, X_2, X_3, X_4

$R_y \times 1$	$R_y \times 2$	$R_y \times 3$	$R_y \times 4$
-0.99743	-0.85912	0.96878	0.49662
-0.03205	-0.52126	0.24352	0.09155
0.18794	-0.10026	-0.33567	-0.66071
0.33644	0.65287	-0.30636	1.54274
1.39071	2.17198	-1.52969	-2.36728

表 7 X_1, X_2, X_3, X_4 对 Y 的相关系数矩阵表Table 7 Table of correlative coefficient matrix for X_1, X_2, X_3, X_4 versus Y

$R \times 1y$	$R \times 2y$	$R \times 3y$	$R \times 4y$
-0.99748	-0.85912	0.96878	0.49662
0.00214	0.02212	-0.02007	-0.24702
0.13700	0.26014	-0.10849	0.13426
0.26214	0.53497	-0.39278	-0.18609
1.54437	1.26485	-1.47723	-0.62790

座中型水库和 134 座小型水库, 这些水库控制了大清河支山区面积的 83%, 北支山区的 10.3%。水库的建立提高了水的利用率, 起到了防洪作用, 但却相应地减少了白洋淀的来水量。例如 1957 年和 1971 年两年, 降雨量分别为 515 毫米和 500 毫米, 且年内分配相近。但 1957 年入淀水量为 8.65 亿立方米, 而 1971 年仅有 2.14 亿立方米, 约减少水量 6.51 亿立方米, 比 1957 年减少了 3/4。其次, 由于在白洋淀下游疏浚河道, 加大下泄流量,

虽然改变了白洋淀流水不畅、经常发生水灾的状况,但却放走了很大一部分水量。换句话说,在白洋淀地区治水工作中,上蓄、中疏、下排的结果,造成了中、下游平原地区水资源的重新分配,致使河道断流,淀泊干涸。

2. 工农业用水迅速增加的影响

近代以来,大清河流域,尤其是保定地区人口不断增加,灌溉面积不断扩大,1955年以来就增加了104.8万公顷。灌溉面积的扩大,城市工业的发展,使用水量迅速增加,加上连年不断地围淀造田等,大大地加速了白洋淀的衰亡进程。据资料记载,1950—1984年,白洋淀共干淀9次,且频率越来越高。

四、结 语

综上所述,白洋淀近期迅速萎缩的原因,除自然因素的影响外,还同人们长期为治理本区的洪涝灾害而执行的上蓄、中疏、下排的方针有着密切关系。因此,要恢复和保存白洋淀,唯一的途径是合理解决补给水源问题。由于总的来说,本区水源不足,虽然近期内可依靠各大水库和北支拒马—白沟河系的来水,但从长远看,则需引黄或引江才能解决白洋淀的水源问题¹⁾。在未来研究重新恢复白洋淀时,应吸取历史经验,从上下游,淀内外多种自然因素和社会因素综合考虑,合理规划,促进该区生态环境向良性循环发展。

参 考 文 献

- [1] 肖嗣荣,白洋淀流域降水的气候特征,地理学与国土研究,1(6),1985。
- [2] Robert C. Maggio, A Geographic data Base for texas pecan, photogrammetry engineering and remote sensig, Vol. 4a, No. 1, January 1983.

1) 河北省国土经济学研究会等,白洋淀综合治理方案,白洋淀综合治理方案讨论会文集,1985年8月。

Quantitative Analysis of Water Body Change Using Remote Sensing Data in Baiyangdian Lake

Wang Changyao

(Institute of Remote Sensing Application, Academia Sinica)

Abstract

Baiyangdian lake is one of Largest lakes in the North China plain. Recently, its water area has gradually decreased year by year. Since 1984, this lake has almost dried up. The change of water body makes a notable impact on eco-environment and economy development in this region.

In order to study on water body change, a geographically referenced data base of land cover of this area was compiled from topographic map at a scale of 1:50,000. The grid cell size is 250×250 metre. The airphotos and Landsat images for MSS and TM were acquired in same season, but different years (1961—1984), and were optically transformed to the grids map using ZOOM Transformer. Meanwhile, the interpretation of each remote sensing image was conducted cell by cell based on seven coded categories of land cover. All data were entered into PDP 11/23 computer system. The graphics by compute processing were used to present the distribution and change of land cover. The result shows that the cultivated land has increased by 40,000 hectare, conversely the water area has want down 43333.3 hectare in this area from 1961 to 1984.

Through correlative matric analysis which consisted of factors affecting the change of water area in Baiyangdian lake, it can prove that the expanding of cultivated land and residential area have negative correlation with water area, the amount of entering water and the rainfall positively correlated with water area. Among which the correlation coefficient (R) between the amount of entering water and water area is 0.97. This demonstrates that the increase of water consumption of city industry and expanding of irrigation area are important factor on the cutting-off for water supply and the drying up for water body of lake in dry season.

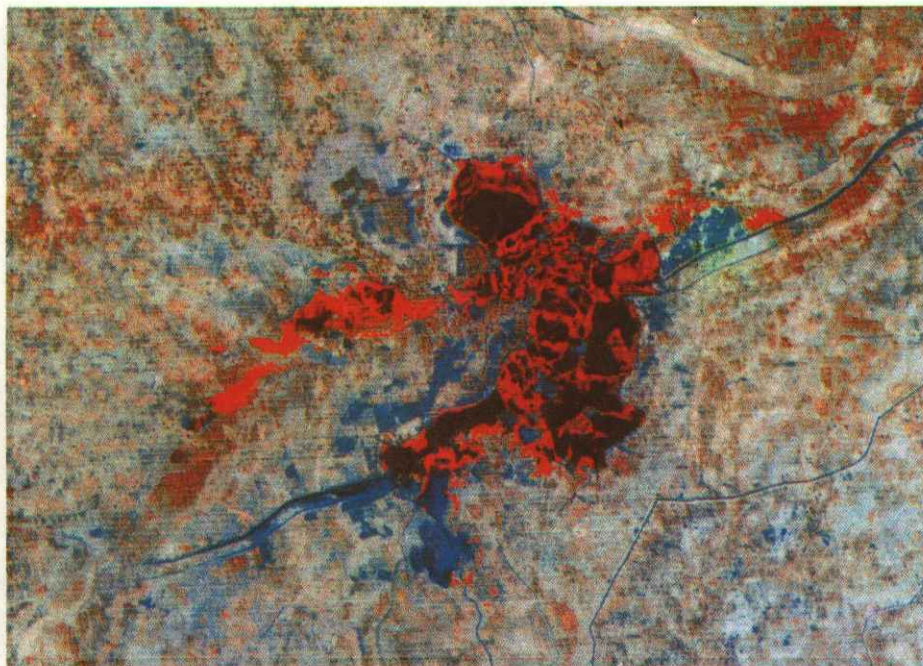


图 1 白洋淀的Landsat MSS 图像 (1978)

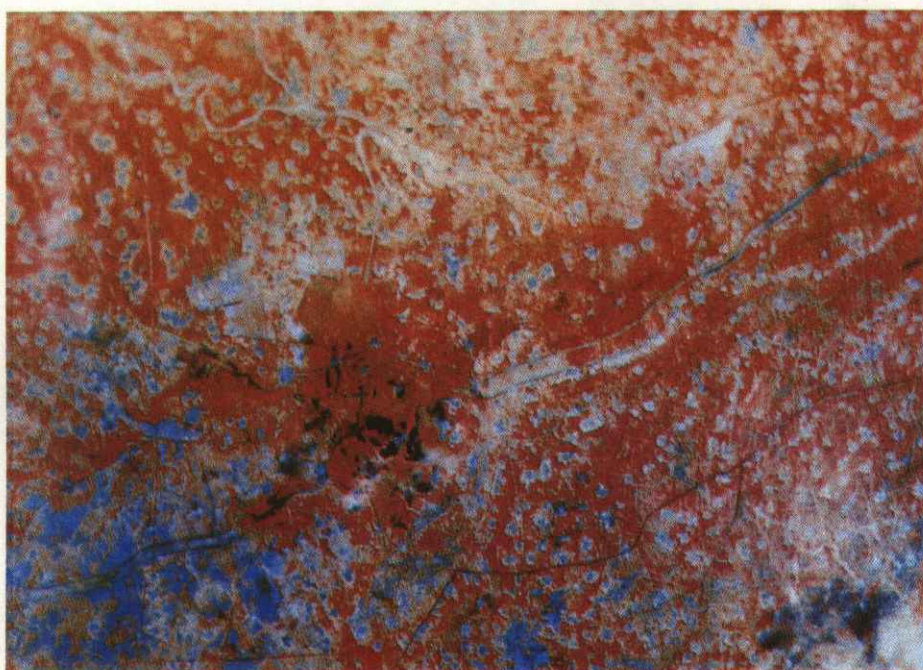


图 2 白洋淀的Landsat TM 图像 (1984)