

水土流失区土地利用动态的遥感监测*

——以晋西三川河流域为例

乔玉良

(山西省农业遥感应用科学研究所)

1991年10月10日收稿

摘 要

本文以晋西三川河流域为试验区,利用不同时期的航空像片,采取集群抽样法,借助计算机建立信息数据库,并统计计算和辅助制图,进行土地资源动态监测,查清这一中型流域23年来土地利用动态变化情况及水土保持综合治理效益。

关键词 航空像片 集群抽样 土地利用 动态监测

根据山西省水土保持综合治理工作的需要,于1988年,我们利用1958年的黑白航空像片(以下简称航片)与1981年的彩色红外航片,对晋西三川河流域进行了土地利用结构动态分析。调查采用航片集群抽样法,并借助计算机统计分析与机助制图。结果表明:该流域从50年代末到80年代初的23年期间,以农田基本建设为中心的水土保持综合治理,取得了显著效益,土地利用结构发生了明显变化。

一、研究区概况及信息源

晋西三川河流域包括方山、离石、中阳、柳林4个县,总面积5484平方公里。水土流失严重的黄土丘陵占60%,土石山林区占40%。地表为梁峁状黄土丘陵,支离破碎,土地利用以农耕为主,有坡地、梯田、河川地或沟坝地,散乱分布。其它类型还有林地、草地、荒草地等,土地利用状况颇为复杂,是黄河中游水土保持重点治理区之一。

信息源有:1. 1981年拍摄的1:20000彩色红外航片1700张,像幅为23×23厘米(航高为4240至4390米,焦距150毫米);2. 1958年拍摄的1:50000黑白航片325张,像幅为18×18厘米;3. 全流域1:50000及1:250000地形图各一套;4. 各县土地利用详查、概查资料一套,作为成果校核参考。

二、分类系统

为了使研究所得数据便于与国家、省级土地利用统计数字相对比,主要采用省级土地

* 此项研究得到费健雄同志指导,王毅敏、杨运恒等同志参加了部分工作,在此致谢!

利用分类方案,并根据本区土地利用特征及研究方法的特点,对某些地类作了适当的调整和补充。分类系统如下:

1. 耕地
 11. 平耕地
 111. 沟川地
 112. 沟坝地
 113. 河滩地
 114. 梯田
 115. 垣地
 - 12 坡耕地
 121. 有埂坡耕地
 122. $<15^{\circ}$ 坡耕地
 123. 15° — 25° 坡耕地
 124. $>25^{\circ}$ 坡耕地
2. 低覆被裸露沟坡
 21. 裸露沟底
 22. $<45^{\circ}$ 裸沟坡
 23. 45° — 60° 裸沟坡
 24. $>60^{\circ}$ 裸沟坡
 25. 稀疏荒草坡
3. 有植被沟坡
 31. 人工林
 32. 天然林
 33. 疏林
 34. 灌木林
 36. 牧草地
 37. 枣林
 38. 果园
4. 居民及工矿用地
5. 水域占地
6. 交通用地

三、研究方法和工作步骤

(一) 研究方法

利用 1958 年与 1981 年的两期航片,采取集群抽样布点判读方法,通过计算机对判读数据建立数据库,进行统计运算,机助制图。得出三川河流域 4 个县 23 年间土地利用结构动态详细数据与点位变化图。

集群抽样是数理统计抽样方法的一种。它先将研究对象的总体分成若干个群,以各群分别抽取样点,然后根据样本调查资料来估计总体的平均数或某种特征单元的总频率。

调查以县为总体进行。为了简化流程,我们以航片分群,即每张航片为一群。在每张航片的有效面积内抽取一定数量的样点,判读每一样点的土地利用属性,然后分别统计县或土壤侵蚀分区各地类的样点数,并进行高差修正,最后根据县或区各地类的样点数计算它们所占的面积。

(二) 工作步骤

1. 航片定位

首先制作 1:25 万三川河流域工作底图,内容主要包括县界、主要水系、县城所在位置以及转绘土壤侵蚀类型分区的界线(图 1),选择底图图框的左上角作为坐标原点,建立坐标系;其次找出研究区每张航片的像主点,并准确转刺到 1:5 万地形图上,然后再转刺到 1:25 万工作底图上,得出研究区航片布点图。从该图可以得知每张航片像主点的位置

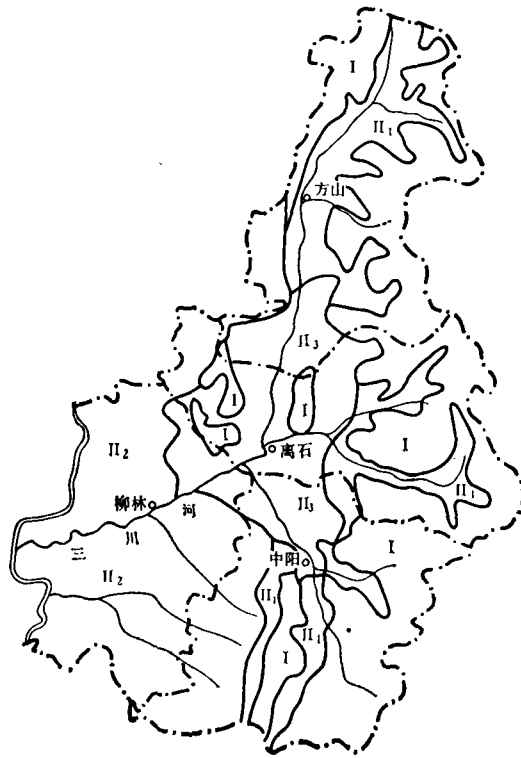


图 1 三川河流域土壤侵蚀分区图

I——土石山区； II——黄土丘陵区； II₁——黄土丘陵区(1)； II₂——黄土丘陵区(2)；
II₃——黄土丘陵区(3)

Fig. 1. Soil erosion division of Sanchuan Valley

及其所属县和土壤侵蚀类型区。

2. 分群及抽样

本次研究为大面积成数抽样,采用围绕像主点集中布设样点代替全面等距离布点,具体作法是用固定透明模片以像主点为中心布设 25 个点,点间距为 0.5 厘米。

抽样总点数的多少决定于最小地类的成数及允许误差。

3. 样点地类判读

根据航片影像特征,在立体放大镜下判读模片采样孔内的土地利用属性,采样孔直径为 0.6 毫米。彩色红外航片影像信息丰富,各种土地利用类型的影像特征明显、直观。判读时,为便于两套航片对比分析,在黑白航片点位判读的同时,进行相应的彩色红外航片的点位判读。这样两套航片同名点位一一对应,分别作出记录。全流域黑白航片与彩色红外航片各抽取对比样点 8 122 个。坡度的判读,使用了特制的坡度尺,在立体镜下对像片进行坡度分级判读。

4. 航片判读的数据记录

每张航片抽样判读 25 个点,记录每种土地利用类型所占的点数,同时根据 1:25 万航

片像主点的布点图,记录每张航片的编号、高程带、所属县或土壤侵蚀分区及航片中心点的 x 、 y 坐标值。

利用上述方法对黑白和彩色红外两套航片,分别逐张判读和记录,得到 1958 年和 1981 年两套航片抽样判读的原始资料。

5. 各土地利用类型的面积统计计算

为使统计计算工作快速准确,此项工作借助计算机完成。具体方法包括数据库的建立、高差修正、面积计算等,统计计算均按照有关规程进行。

6. 航片抽样精度的估算

统计每张航片每个地类点的成数平方和,再按下式计算抽样误差。

$$E = \sqrt{\frac{1.96 \frac{(1-f) \sum (P_{ie} - P_i)^2}{m(m-1)}}{P_i}}$$

$$= \sqrt{\frac{1.96 \frac{(1-f)}{m-1} \left(\frac{\sum P_{ie}^2}{m} - P_i^2 \right)}{P_i}}$$

式中: E 为抽样误差;

f 为面积抽样比 $= \frac{A_{抽}}{A_{总}}$ ($A_{抽}$ 为每种地类抽取面积; $A_{总}$ 为每种地类总面积);

m 为航片群数;

P_i 为每张航片(群)每地类点代表的面积;

P_{ie} 为每地类点代表的面积均值。

检查结果表明: 主要地类,如耕地、有植被沟坡、低覆被裸露沟坡等一级地类抽样精度均在 90% 以上,二级地类在 80% 左右。

7. 计算机辅助制图

通过对 1958 年和 1981 年的各地类数值差异分析,可以得出某县(或区)的土地利用状况变化情况,但不能体现土地利用状况空间分布特征以及这两个年份之间的空间分布上的差异。为此我们进行了计算机辅助制图。

(1) 工作底图的数据获得及数据库建立

首先在 1:25 万三川河流域工作底图上,通过已建立的坐标系统,对流域行政界线和主要水系利用读点采样的方法,分别读出它们的明显拐弯处的点位坐标,并按顺序编号记录。利用 dBASE III 数据管理系统,分别建立流域边界数据库文件和水系数据库文件。4 个县城的位置,也用读点方法获得点位数据,并形成新的文件。这样就可以利用三个数据库的文件资料,作出包括流域边界、水系、县城三个要素的工作底图。

(2) 各土地利用现状类型的计算机自动制图

利用每张航片像主点的 x 、 y 坐标进行定位,每个制图单元的含义是该张航片判读 25 个点中某种土地利用类型的面积值,并且将面积分若干等级,用不同的颜色来表示等级差异,所以每个制图单元的数值含义不是指航片中心点的土地利用类型的面积数,而是代表每张航片一个小区域内某种土地利用类型的面积值。

根据上述方法,最后产生出下列 1958 年与 1981 年两套图件,每套有下列图件:

- ①耕地分布图; ②梯田分布图; ③坡耕地分布图; ④低覆被裸露沟坡分布图; ⑤植被分布图; ⑥人工林分布图; ⑦居民用地分布图。

以上土地利用类型面积计算机制图的程序用高级 BASIC A 语言编写,在 IBM 型微机上实现,整个统计计算和绘图均在一个大程序内通过菜单选择来进行,程序的结构如图 2。

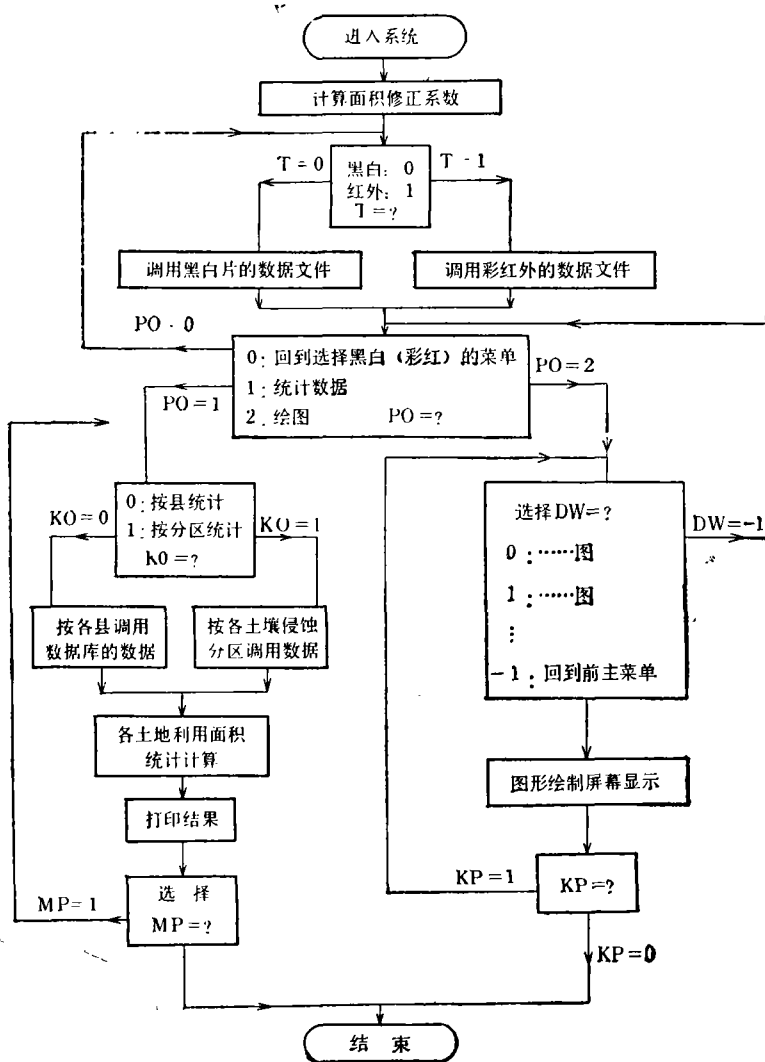


图 2 三川河流域土地利用类型计算机分析系统结构框图

Fig. 2 Flowchart of landuse classification by computer in Sanchuan Valley

四、讨 论

(1) 全流域土地利用动态分析

表 1 晋西三川河流域土地利用变化表
Table 1 Landuse change in Sanchuan Valley (单位：万亩)

动态分析	地类	耕地			低覆被		有植被沟坡							居民、水域、道路	
		小计	平耕地	坡耕地	裸沟坡	小计	人工林	天然林	灌木林	牧草地	枣林	果园	小计	居民占地	
															差数
全流域合计	1958 年	284.6	44.9	239.1	123.2	392.3	2.5	127.4	179.4	77.0	5.9	0.1	23.1	7.1	
	1981 年	274.4	78.5	195.9	113.9	409.5	16.5	135.1	166.9	80.2	9.2	1.6	24.8	9.4	
	差数	-9.5	33.6	-43.2	-9.3	17.2	14.0	7.7	-12.5	4.7	3.3	1.5	1.7	2.3	
	%	-3.3	74.8	-18.1	-7.5	4.4	5.6倍	6.0	-7.0	6.6	55.9	15 倍	7.4	32.4	
土石山区	1958 年	43.0	4.2	38.8	6.9	284.6	0.6	122.2	135.9	25.8		0.1	3.2	1.0	
	1981 年	40.1	4.8	35.2	6.6	284.3	2.0	115.4	126.0	26.4		0.1	3.1	1.0	
	差数	-2.9	0.6	-3.6	-0.3	-0.3	1.4	7.6	-9.9	0.6			0.1		
	%	-6.7	14.3	-9.3	-4.3	-0.1	2.3倍	6.2	-7.3	2.3			3.1		
黄土丘陵区	1958 年	241.0	40.7	200.3	120.0	107.7	1.9	5.2	43.5	51.2	5.9		19.9	6.1	
	1981 年	234.4	73.7	160.7	107.3	125.2	14.5	5.3	40.9	53.8	9.2	1.5	21.7	8.4	
	差数	-6.6	33.0	-39.6	-12.7	17.5	10.7	0.1	-2.6	2.6	3.3		1.8	2.3	
	%	-2.7	81.1	-19.8	-10.6	16.2	6.7倍	1.9	-6.0	5.1	55.9		9.0	37.7	

注：三川河流域总面积为 822.6 万亩。

23年间,三川河流域4个县的土地利用结构发生重要变化的地类有耕地、有植被沟坡及低覆被裸露沟坡,其次是居民工矿用地及其它(详见表1)。其中耕地减少9.5万亩,低覆被裸沟坡减少9.3万亩,有植被沟坡增加17.2万亩,居民及工矿用地增加2.3万亩。减少的耕地和低覆被裸沟坡主要转变为林、草、园地和居民工矿用地。这种地类间的转变累计18.8万亩,占流域总面积2.2%,从间隔23年的时间来看,变化幅度虽不很大,但已表明三川河流域的生态环境在向好的方向转化。

耕地中发生变化最显著的是坡耕地减少和平耕地的增加。平耕地中主要是梯田的增加,增长幅度高达7.2倍,其次是沟川地、沟坝地;坡耕地的大面积减少,除部分修建梯田外,其余大部分还林还草,少量转为居民工矿及交通用地。耕地总的面积虽然有所减少,可是质量却明显提高。

23年间,有植被沟坡增加17.2万亩,主要是人工林的增加,扩大5.6倍。见图版I图1图2,图1为1958年基本没有人工林,图2为1981年的彩色红外片,红色为人工林区,其次是天然林,疏林及草地。枣林和果园也均有增加,唯有灌木林有所减少,总的来看,森林覆盖率是增加的,由14.2%提高到16.2%。

三川河流域大面积的坡耕地转变为平耕地及林草大幅度增加,是60、70年代大规模以农田基本建设为中心的水土保持综合治理的成果。在这期间4县粮食亩产由88斤增至201斤。按省水保所提供的各地类土壤侵蚀模数估算,由坡地改梯田,裸沟坡变成有植被沟坡,每平方公里可减少土壤侵蚀量721方,全流域共减少土壤侵蚀量385万方。

(2) 土石山区与黄土丘陵区的变化差异

1. 土石山区(I) 23年间耕地减少6.7%,且全是坡耕地,减少的坡耕地有16.7%建成梯田,83.3%种草造林;而黄土丘陵区(II)耕地仅减少2.7%,减少的耕地中83.3%建成了梯田,16.7%转为林草地。23年间土石山区平耕地增加14.3%,黄土区增加81.1%。

2. 土石山区无论是低植被覆盖的裸沟坡,还是林、灌、草、园地等有植被覆盖的沟坡,甚至居民、工矿、水域、道路的变化幅度,其相对比例或绝对数值都远远低于黄土区。土石山区造林的自然条件要比黄土区优越,但23年间仅造林2万亩,加上同期增加的2万多亩天然林,森林覆盖率仅提高1.4%;而黄土区23年间人工造林12.7万亩,森林覆盖率提高2.5%;23年间土石山区基本没有发展园地,牧草地仅增加2.3%,而黄土区不仅发展了3.3万亩枣林,1.5万亩果园,牧草地还增加了5.1%。

(3) 黄土丘陵区动态变化分析

根据土壤侵蚀特征,黄土丘陵区又划分为三个小区,分述如下:

1) 黄土区(II₁) 位于三川河上游及河道两侧紧接土石山区的中等覆盖的极强度侵蚀区(图1),包括方山县的开府、马坊、方山、麻地会、圪洞、下昔、离石县的小神头、千年、吴城、马头山周围及中阳县的枝柯、刘家坪等地,面积138.2万亩,占黄土区总面积的28.5%,该区的变化特点是:

① 耕地变化较小,23年共增加沟川地、沟坝地、梯田3万亩;河滩地、坡耕地减少2.6万亩,总耕地面积增加0.4万亩;

② 低植被覆盖的裸沟坡增加1.4万亩,扩大9.1%,植被覆盖度降低了4.3%,虽然

营造了 0.4 万亩人工林,发展了 1.6 万亩草地,但灌木林却减少 4.3 万亩。

人类对土地的不合理经营,历史沿革下来的毁灌开荒恶习,是该地区土地利用逆向不合理退化的主要原因。

2) 黄土区 (II₂) 位于流域中心部位,也是流域工农业经济发展的中心,包括干流两侧河川区的梁峁低覆盖剧烈侵蚀区。范围主要包括离石县大武、西属巴、王家沟、田家会、交口、店坪和中阳县金罗及南川河以东地区。面积 121.47 万亩,占黄土区的 1/4。该区 23 年土地利用变化的特点是:

① 耕地减少 7.1%,是流域中耕地减少比例和数量最大的一个区。坡耕地建成梯田 11 万亩,裸沟底建成沟坝地 0.3 万亩,梯田增加 11 倍,沟坝地增加 46.2%,是流域中把坡耕地建成平耕地数量最大的一个区。

② 低覆被裸沟坡大幅度减少,有植被沟坡大面积增加。23 年间该区人工林增加 4.5 万亩,扩大 6.6 倍;灌木林增加 2.3 万亩,扩大 38.9%;果园(枣林)增加 0.8 万亩,增加 1 倍。

③ 居民工矿用地增加 57%,其中离石县城区面积由 1958 年 1631 亩(见图版 I 图 3)增至 1981 年的 6035 亩(见图版 I 图 4),增加 2.7 倍。水域减少 10%,道路增加 12%。

由于该区土地利用结构变动的主体是坡耕地转向梯田,裸沟坡转变为林、灌、园地等有植被沟坡,这是黄土区土地利用结构趋向合理化的最好途径。

3) 黄土区 (II₃) 位于流域西部,靠近黄河,大部分属柳林县的梁峁、宽梁峁或峁状低覆盖剧烈侵蚀区,面积 225.1 万亩,占流域总面积的 46.4%,将近一半。本区土地利用变化的特点是:

① 耕地减少幅度最小,减少的耕地面积主要为居民地、道路、枣林和果园占用,还有部分草地开垦为耕地。

② 耕地内平耕地增加 2.6 倍,其中沟川地增加 26.5%,沟坝地增加 90.7%,梯田增加 9.4 倍,由于 1958 年底数低,平耕地增加的绝对量仍大大低于黄土区 (II₂) (详见表 2)。

表 2 不同黄土区土地利用结构比较表

Table 2 Comparison of landuse texture in various loess region

		平耕地占耕地百分数 (%)	植被覆盖率 (%)	裸沟坡占总面积 (%)
黄土区 (II ₁)	1958 年	27.3	35.6	11.2
	1981 年	31.0	34.0	12.2
黄土区 (II ₂)	1958 年	22.2	20.2	22.8
	1981 年	42.3	26.5	19.5
黄土区 (II ₃)	1958 年	7.3	15.3	31.7
	1981 年	19.3	19.0	28.9

③ 耕地中坡耕地减少 22.3 万亩,有 18.3 万亩修建梯田,4 万亩造林。由于粮食需求的压力,没有多退耕,但也没有开荒。这和黄土区 (II₂) 大面积退耕还林,黄土区 (II₁) 集

表 3 不同黄土区林、灌、草占总面积的比例变化一览表

Table 3 Proportion of the total area made up by forest, brush and grass

		林地(%)	疏林地(%)	灌木林(%)	草地(%)	枣林(%)	果园(%)
黄土区 (II ₁)	1958 年	2.6	1.1	23.5	8.4		
	1981 年	2.8		20.3	9.4	0.1	0.07
黄土区 (II ₂)	1958 年	0.8	1.2	4.9	14.4	0.3	
	1981 年	4.5		6.8	14.1	0.5	0.7
黄土区 (II ₃)	1958 年	0.4		1.9	10.6	2.4	
	1981 年	3.2	0.03	2.0	9.9	3.4	0.24

中毁灌开荒的情况不同(见表 3)。

从表 2、表 3 可以看出,黄土区 (II₃) 与黄土区 (II₁) 和黄土区 (II₂) 相比,不论在沟川地、梯田等平耕地比例,还是在植被覆盖率等方面都要差一个等级。人工林比例居中,枣树是本区特产。

五、结 语

1. 利用航片集群抽样法进行土地资源调查,同逐张航片解译、转绘成图、量算面积的方法相比,有简便、节约、快速的特点,亦适用于复杂的地形及土地利用状况,因样点的航片地类判读准确,即使是黑白航片也可取得较好判读效果。

2. 利用计算机进行统计计算,同利用人工方法计算相比,速度快,工作量大大减少,并且可以把数据库与区域信息系统连接调用,为区域开发研究提供土地利用类型的空间分布规律,以及变化特征。

3. 监测结果表明,23 年间三川河流域水土保持治理取得了一定成效,土地利用结构发生了明显变化。平耕地逐年增加(包括沟川地年递增 350 亩,沟坝地年递增 565 亩,梯田年递增 14 090 亩)。人工林年递增 6 090 亩,天然林年递增 1 217 亩;而坡耕地与低覆被裸沟坡逐年减少,坡耕地年递减 18 780 亩,裸沟坡年递减 4 043 亩。这种转变显示生态环境开始向好的方向转化,意味着该流域已经走上控制水土流失,综合发展社会主义大农业的康庄大道。只是局部地区有毁灌开荒,又难按高标准修成梯田,发生土地利用不合理逆向转化的现象,应引起有关部门足够重视。

4. 本课题受信息源限制,监测周期为 23 年有些过长。我们认为不同资源类型应有不同的最佳监测周期,农业用地 5 年,林业用地 10 年,牧草地则以 3 年为宜,对于密集投资的重点治理地区,应视投资强度确定其监测周期。

参 考 文 献

- [1] F. 洛茨等著(林昌庚、沙琢等译),森林资源清查,中国林业出版社,1985。
- [2] 全国农业区划委员会,土地利用现状调查技术规程,测绘出版社,1984。
- [3] 林业部调查规划院编,森林调查手册,林业出版社,1984。
- [4] 唐宗楨: 利用新旧航片对比分析监测林地类型变化,森林调查规划,第 3 期(总 31 期),1979。

DYNAMIC MONITORING OF LANDUSE USING REMOTE SENSING IN SOIL-EROSION REGION

Qiao Yuliang

(Research institute of Remote Sensing Application in Agriculture, Shanxi Province)

Abstract

Aero-photographs were used in land Resource monitoring of Sanchuan River Valley in western Shanxi Province. To apply group sampling method and aided by information system for statistical calculation and ancillary mapping, the dynamic changes of land resources during the past 23 years were revealed. The water and soil conservation measures were also evaluated in the survey.

Key words Aero-photograph group sampling landuse Dynamic monitoring



图 1 1958年无人工林



图 2 1981年红色为人工林



图 3 1958年离石城区



图 4 1981年离石城区