

## 基于 RS 和 GIS 技术的坝上地区土地利用/覆盖动态监测

周小成<sup>1,2</sup>, 武法东<sup>2</sup>, 田明中<sup>2</sup>, 田淑芳<sup>2</sup>

(1. 福州大学福建省空间信息工程研究中心, 福州 350002; 2. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083)

**摘要:** 以 1987 年和 1999 年 TM 遥感图像为数据源, 在 ERDAS 8.4 遥感图像处理软件和 ArcInfo 8.02 地理信息系统软件的支持下, 获取了坝上研究区两期土地利用/覆盖图。在此过程中, 提出和建立了研究区土地利用/覆盖遥感图像分类体系; 通过计算机自动分类和分类后人工解译纠错相结合的图像分类提取方案, 提高了图像分类提取的效率和精度。动态监测结果表明: 从 1987~1999 年的 12 年期间, 坝上地区土地利用/覆盖动态度由大到小的顺序为: 居民建设用地> 林地> 高覆盖度草地> 水体> 沙盐碱地> 低覆盖度草地> 耕地。其中面积增加的是居民地、林地、高覆盖草地和耕地; 面积减少的是沙盐碱地、水体和低覆盖度草地。从 1987~1999 年的 12 年期间, 研究区的沙盐碱地面积从 1 985.89 km<sup>2</sup> 减少到 1 250.75 km<sup>2</sup>, 减少了 37.02%, 年动态度为 -3.08%。坝上东部沙漠化得到遏制, 而西部张北、康保一带沙盐碱化土地有所扩展。

**关键词:** 动态监测; 土地利用/覆盖变化(LUCC); RS, GIS 技术; 坝上地区

**中图分类号:** F301.24; TV 79 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2004)03-0017-04

## Study on Dynamic Monitoring Land Use/Cover Change in Bashang Area Based on RS and GIS Technique

ZHOU Xiao-cheng<sup>1,2</sup>, WU Fa-dong<sup>2</sup>, TIAN Ming-zhong<sup>2</sup>, TIAN Shu-fang<sup>2</sup>

(1. Spatial Information Research Center of Fujian Province, Fuzhou University, Fuzhou 350002, China;

2. Faculty of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The authors obtained two land use/cover plots that is supported by remote image process software ERDAS 8.4 and Geographic Information System (GIS) software Arcinfo 8.02 by taking TM data in 1987 and 1999. Classification system of land use/cover is established and a scheme taken in classification information of image by combining automatic classification of computer and post-classification of manual interpretation based on remote image is executed. The scheme, according to practice, improved efficiency and precision of classification of remote sensing image. The result, according to dynamic monitoring, is as follows: Land use dynamic degree from maximum to minimum in 1987 and 1999 is residential land > woodland > thick grass > water > desert and salina > thin grass > cropland. Those increased types are residential land, woodland, thick grass and cropland; and those decreased are desert and salina, water and thin grass. The achievement of preventing and controlling desertification is remarkable in study area. According to Statistics, desert and salina decreased from 1 985 km<sup>2</sup> to 1 250.75 km<sup>2</sup>, decreased by 37.02%. Dynamic degree of per year of desert and salina is -3.08%. Desert and salina land change, however, is not consistent in the east and west of study area. Desertification is being contained in east and enlarging in west.

**Key words:** dynamic monitoring; land use/cover change (LUCC); RS, GIS technique; Bashang area

### 1 引言

河北坝上张家口、承德地区是北京、天津的上风水区, 是风沙侵袭京津的主要沙源地和 wind 道。坝上地区的主要问题

是由于过度农垦所造成的沙质草原风蚀及斑点状流沙蔓延的风蚀沙化<sup>[1]</sup>。坝上地区脆弱的生态环境加上悠久的历史发展, 特别是现代人口的剧增和土地过度开发, 资源环境问题十分突出, 使得土地利用/覆盖类型快速变化和土地退化。

收稿日期: 2004-04-29

基金项目: 河北省国土资源厅项目支持

作者简介: 周小成(1977-), 男, 陕西渭南人, 2003年6月毕业于中国地质大学(北京)第四纪地质学专业, 获硕士学位, 现为福州大学福建省空间信息工程研究中心助研, 研究方向: 遥感与地理信息系统应用与开发。

对坝上地区的土地利用/覆盖状况进行动态监测,将是实施京津风沙源生态环境工程的重要内容,这必将为政府制定宏观政策,正确确定坝上地区的土地利用结构,提出改善坝上地区生态环境的措施和建议提供有力的决策支持。

河北省国土资源厅重点项目:“河北坝上地区土地沙化成因机理及防治对策”的目标之一,即运用诸如 RS、GIS 和 GPS 等高新技术,建立坝上地区土地利用动态监测信息系统,实现以“3S”为代表的新技术新方法在土地利用动态监测中的应用研究。本文是这一项目的前期研究成果。

## 2 研究区概况

河北省北部面积狭小的高原是蒙古高原的一部分,习称坝上高原,总面积 18 202 km<sup>2</sup>。包括康保、沽源、张北的全部和尚义、丰宁、围场的一部分。地貌比较复杂,大体上包括山地、丘陵、高原及沙地等几个重要类型。年平均气温- 0.3~ 3.5,无霜期 80~ 110 d,年平均降水量 400 mm 左右,冬春季干旱,大部分降水集中在夏季的 6~ 9 月,人口密度平均 106.7 人/km<sup>2</sup>。

坝上地区位于内蒙古浑善达克沙地南缘,是一条近东西向、狭长的农牧交错带。坝上高原平均海拔 1 200~ 1 500 m,因此坝上地区成为京津乃至华北地区的生态屏障。

此次研究选择近 10 多年来土地利用/覆盖变化(LUCC)显著的沽源县及其邻区为研究区。包括沽源县全境、丰宁县的坝上部分、张北和康保县的绝大部分以及内蒙太仆寺旗和多伦县部分地区。研究区地理范围大致为东经 114.35~ 116.45,北纬 41.00~ 42.20,总面积约 24 900 km<sup>2</sup>。

## 3 研究方法与技术路线

本项目研究充分利用遥感技术(RS)、地理信息系统(GIS)和全球定位系统(GPS)为代表的“3S”技术对坝上地区土地利用/覆盖状况进行监测与分析。

以 TM 数据为主要数据源,同时,收集研究区自然环境和社会经济方面的专题图件和数据资料。首先通过遥感图像计算机分类和人工目视解译纠错相结合的方法获取土地利用/覆盖变化信息;其次利用地理信息系统的空间分析技术进行土地利用/覆盖动态变化分析。

表 1 坝上地区土地利用/覆盖分类体系及 TM 4、7、3 影像特征

土地类型	含义	TM 影像特征
耕地	包括水田、旱地	几何特征较规则,且边界清晰,红白色,浅绿色。较均一,空间上呈网络状
林地	包括天然林和人工林和灌丛林地	边界自然圆滑但不规则,红色、红褐色,色调较均匀
高覆盖度草地	覆盖度> 50%	面状,条带状,边界清晰,深青色,结构均一
低覆盖度草地	覆盖率 5%~ 50%、沙化草地以及裸岩石砾地	不规则斑块,灰蓝、青灰,结构较均一
居民及建设用地	包括居民地及工矿交通用地	影像呈现明暗不均的紫蓝色。色调青灰、杂乱,纹理结构粗糙。交通用地成线性延伸
水体	包括湖淖、水库	面状,连界清晰,蓝色,深蓝色
沙盐碱地	其中沙地指有沙丘覆盖,植被覆盖度< 5%的土地类型;盐碱地包括那些盐渍化耕地	其中沙地呈片状条带状,特征明显,边界清晰,白色,色调不均匀,结构均一 盐碱地形态上特征明显,边界清晰;色调粉红、粉白;纹理结构均一

### 4.4 遥感图像计算机分类

#### 4.4.1 非监督分类

首先,我们用非监督分类对两期 TM 4、7、3 彩色合成的

## 4 遥感图像土地利用/覆盖变化信息的提取

动态监测选用的数据源为 1987 年 5 月 12 日和 1999 年 5 月 29 日两时相 TM 遥感图像。由于在 5 月份,耕地、林地、草地和沙地等地物在 TM 图像上所反映的信息量最大,差异性也较大,容易判别;同时,同比例尺、同时相卫星影像的动态监测功能很强<sup>[2]</sup>。遥感图像土地利用/覆盖变化信息提取的过程如下:

### 4.1 遥感图像几何校正

TM 图像的几何校正是在 ERDAS 8.4 软件上完成的,首先从 1:10 万地形图上选取一组控制点对 1999 年 TM 影像进行几何校正,然后利用校正好的 1999 年 TM 影像对 1987 年 TM 影像进行坐标配准。几何校正选用二次多项式,图像重采样选择双线性内插法。图像几何校正和配准精度控制在 1.5 个像元内。两期 TM 图像转换成统一的坐标,采用的投影为高斯-克吕格(GK)投影,中央经线为 117°。

### 4.2 遥感图像的增强处理

对比分析 TM 图像 7 个波段各自的特点,选取了 TM 4、7、3 这一彩色合成方案。具体的方法是,对 TM 4、7、3 三个波段分别进行直方图均衡化,然后对应红、绿、蓝作假彩色合成。假彩色合成的图像突出了植被、水体、沙地及各类地物、地形和地貌的差异。在合成图像上,沙地为浅色调,水体是深蓝色调,林地是红色调,草地为灰绿色调。

### 4.3 坝上地区土地利用/覆盖分类体系的建立

徐全洪(2000)等<sup>[3]</sup>研究了华北地区土地资源在 TM 图像上的特征和判读标志。在这一研究的基础上,根据我们的野外调查和室内判读建立研究区土地利用/覆盖分类体系及影像标志(表 1)。

本课题研究重点在于农牧交错带地区的耕地、草地、沙化盐碱化土地、林地之间的空间交替演变情况,本着保证分类精度的目的,没有必要将指标划得过细。

因此,笔者认为在分类精度基本相同的情况下,将研究区的土地类型划分为耕地、林地、高覆盖度草地、低覆盖度草地、居民及建设用地、水体、沙盐碱地 7 大类型对坝上这一显著农牧交错带地区的研究更有价值。分类体系中的沙盐碱地实际上指代了研究区的荒漠化土地。

图像进行了预分类。

分类结果表明,林地和高覆盖度草地得到了很好的区分,但沙地和盐碱地由于光谱类似不易区分。耕地和低覆盖

度草地有一定混分。由于研究区东部地貌海拔高差多在 500 m 以上, 使得水体和山体的阴影存在大量混分现象。

4.4.2 监督分类

(1) 植被指数的引入。由于植被指数具有可以增强对高低覆盖度草地的区分程度, 而且具有消除山体阴影的影响<sup>[4]</sup>。在此, 引入正交植被指数(PVI), 该指数可以将地形和土壤的影响缩小到最小<sup>[5]</sup>, 其公式为:

$$PVI = 0.939(NIR) - 0.344(R) + 0.09$$

式中: NIR —— TM 4; R —— TM 3

在非监督分类获得感性认识的基础上, 采用了经过上式获得的 PVI 图像与原 TM 4、7、3 彩色合成图像一起参与监督分类。

(2) 训练区的选择。在选择训练区的过程中, 参照 1:10 万地形图、植被图、坝上部分县的土地利用现状图、研究区遥感图像非监督分类结果以及野外土地利用调查所获得的 GPS 调查点数据。其中通过大量的野外 GPS 定位信息, 大大提高了所选训练区的准确性<sup>[6]</sup>。

通过不断计算训练区的均值向量(M)和误差矩阵( )来提纯训练区, 直到达到预期纯度为止。训练区选择好后, 采用最大似然判别函数进行监督分类。

4.5 分类结果后处理

引入植被指数后的监督分类结果表明: 水体、林地、高覆盖度草地都得到了较好的分类效果; 由于“异物同谱”和“同

谱异物”的现象, 使得原本应该为低覆盖度草地的地方误分为了居民地, 以及原本应该为耕地的地方误分为低覆盖度草地或沙盐碱地。为此我们有必要进行分类结果后处理, 具体步骤是:

(1) 运用 ERDA S8.4 的过滤功能(eliminate)虑除面积小于 16 个象元的图斑;

(2) 运用 ERDA S8.4 对第一步得到的结果图进行栅格矢量的转换, 得到 ArcInfo 8.02 的 coverage 矢量文件;

(3) 将 TM 4、7、3 合成图像在 ArcInfo 8.02 中以背景显示, 然后叠加转换获得的矢量文件。利用 ArcInfo 8.02 的编辑功能借助 TM 背景图像对矢量文件的提取错误进行修订、查漏补缺。

(4) 人工纠错解译完后, 利用 ArcInfo 8.02 的拓扑工具(build)对土地利用专题图层进行拓扑重建。

此次项目要求遥感监测的结果能满足制作 1:20 万土地利用/覆盖图的目的, 过滤掉面积小于 16 个象元的图斑完全满足这一要求<sup>[7]</sup>。最后将土地利用图层导入 ArcView 3.2 中进行制图输出(图 1、图 2)。

5 土地利用/覆盖变化监测结果

利用 ArcInfo 8.02 的统计功能, 对编辑处理后的各个土地利用/覆盖类型的面积进行了统计, 统计结果见表 2。

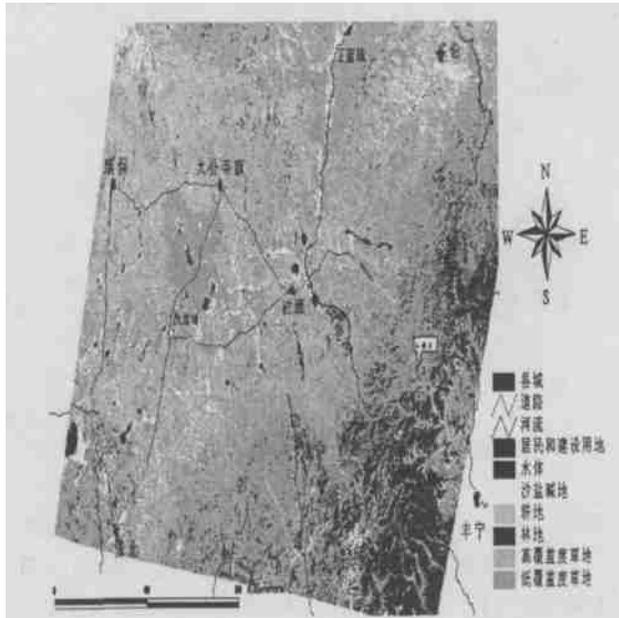


图1 研究区1987年土地利用/覆盖状况

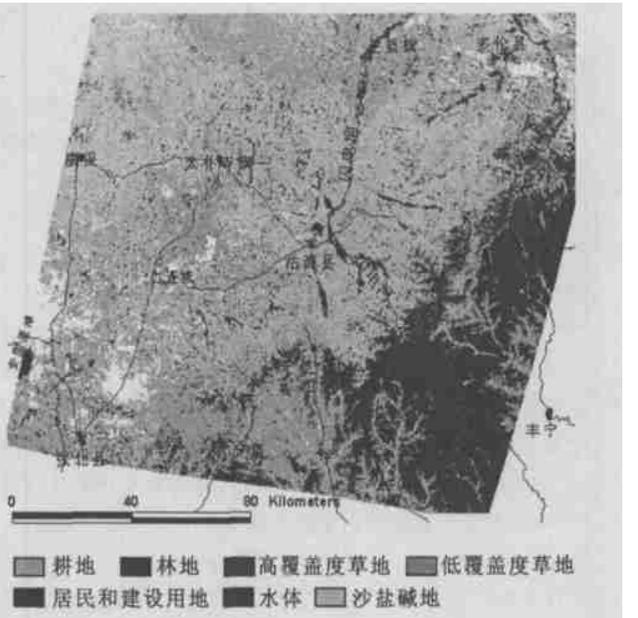


图2 研究区1999年土地利用/覆盖状况

表2 研究区土地利用/覆盖地类面积和变化监测统计结果

地类名称	1987年/km <sup>2</sup>	1999年/km <sup>2</sup>	增加面积/km <sup>2</sup>	增加幅度	年动态度/%
耕地	4557.63(18.326%)	5538.90(22.488%)	981.26	21.53%	1.79
林地	2686.64(10.803%)	5406.68(21.951%)	2720.04	101.24%	8.44
高覆盖度草地	1791.48(7.204%)	2995.05(12.16%)	1203.57	67.18%	5.60
低覆盖度草地	13448.83(54.078%)	8807.20(35.757%)	-4641.63	-34.51%	-2.88
居民及建设用地	252.38(1.015%)	552.24(2.242%)	299.86	118.81%	9.90%
水体	146.66(0.590%)	79.71(0.324%)	-66.94	-45.65%	-3.80%
沙盐碱地	1985.89(7.985%)	1250.75(5.078%)	-735.15	-37.02%	-3.08%

注: 表中土地动态度是指某研究区一定范围内土地利用类型的数量变化。其表达式为:  $LC = (U_b - U_a) / U_a \cdot 1/T \cdot 100\%$  式中 LC 为研究时段内某一土地覆盖类型动态度,  $U_a, U_b$  分别为研究初期及研究期末土地覆盖类型数量, T 为研究期长。当 T 的时段设定为年时, LC 就是某种土地覆盖类型的年度变化率。表中括号中的数字为该地类占地类总面积的百分比, 增加幅度指的是 12 年动态度。

### 6 土地利用/覆盖变化结果分析

对比分析表 2、图 1、图 2 可以得到如下认识:

在 1987~ 1999 年 12 年间,无论是数量上还是空间分布上,研究区的土地利用/覆盖状况都有了明显的变化。其中面积增加的地类是耕地、林地、高覆盖度草地、居民及建设用地;面积减少的地类分别为低覆盖度草地、水体和沙盐碱地。面积变化最大的是低覆盖度草地,12 年间从 13 448.83 km<sup>2</sup> 减少到 8 807.20 km<sup>2</sup>,减少了 4 641.63 km<sup>2</sup>。土地利用动态度最大的是居民及建设用地,年动态度达 9.90%;动态度最小的是耕地,为 1.79%。

居民和建设用地是坝上研究区面积增幅最大的土地利用类型。12 年间面积增加了一倍多,达 118.81%,通过空间叠加分析发现,坝上研究区几个县城的面积都有较大幅度的扩展。居民及建设用地的增加主要表现为对草地的侵占。变化显著的是交通用地的增加,以及公路沿线城镇用地的扩展。

耕地面积从 4 557.63 km<sup>2</sup> 增加到 5 538.90 km<sup>2</sup>,增加了 21.53%。耕地面积的增加与人口的增加密切相关。耕地减少的地带主要位于张北县北部地区,减少的耕地主要转化为沙盐碱地和低覆盖度草地。耕地增加的区域主要位于康保县城北部和沽源到多伦县之间的地带,主要来自对低覆盖草地的开垦。

林地面积从 2 686.64 km<sup>2</sup> 增加到 5 406.68 km<sup>2</sup>,增加了 101.24%,这一数据证明坝上地区 12 年间植树造林的成绩是值得肯定的。研究区林地分布极不平衡,林地集中分布在丰宁县到沽源县之间的坝缘地带。林地增加的地带主要位于丰宁小坝子乡到闪电河源头、白河源头连线地带,以及闪电河河道沿线,主要由草地转化而来。

草地总面积从 15 240.31 km<sup>2</sup> 减少到 11 802.25 km<sup>2</sup>,减少了 22.559%。但高覆盖度草地和低覆盖度草地面积的变化不一致。高覆盖度草地从 1 791.48 km<sup>2</sup> 增加到 2 995.05 km<sup>2</sup>,增加了 67.18%;低覆盖度草地从 13 448.83 km<sup>2</sup> 减少到 8 807.20 km<sup>2</sup> 减少了 34.51%。区域草地分布变化差异也较大,增加的高覆盖度草地主要由低覆盖度草地转化而来,主要分布在沽源县东部和南部,以及太仆寺旗附近。草地面积的较良性变化主要是“九五”期间,我国推行“退耕还林还草、封山绿化、以粮代赈、个体承包”政策,实施生态环境建设

#### 参考文献:

[1] 田魁祥,马七军. 草业恢复与沙漠化防治[M]. 北京: 气象出版社, 2001.

[2] 香宝,银山. TM 1 5 万卫片在内蒙古科右前旗耕地变更调查中的应用[J]. 国土与自然资源研究, 2000, (1): 33- 35.

[3] 徐全洪,赵艳霞,刘芳圆. 华北地区土地资源数据层面建立[J]. 地理学与国土研究, 2000, 16(4): 68- 72.

[4] 邝生爱,田淑芳,程博. 农牧交错带土地沙化遥感监测[J]. 国土资源遥感, 2002, (2): 10- 14.

[5] 梅安新,彭望祿,秦其明,等. 遥感导论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.

[6] 史培军,宫鹏,李小兵,等. 土地利用/覆盖变化研究方法与实践[M]. 北京: 科学出版社, 2000.

[7] 侯英雨,何廷波. 利用 TM 数据监测岩溶山区城市土地利用变化[J]. 地理学与国土研究, 2001, 17(3): 22- 25.

[8] 赵晓丽,张增祥,邹亚荣,等. 中国华北地区土地利用动态变化特点分析[J]. 国土资源遥感, 2002, (2): 24- 27.

和综合治理工程的结果<sup>[8]</sup>。

水体面积从 146.66 km<sup>2</sup> 减少到 79.71 km<sup>2</sup>,12 年间减少了 45.65%。这说明多年以来气候的持续干旱,蒸发量和降水量的不协调对水体面积的影响是非常大的。利用 ArcView 3.2 的叠加分析功能可以得到水体的变化分布图(图 3)。由图 3 可见,研究区水体减少的区域主要位于九连城乡附近,很多湖潭萎缩、干涸,转化为沙盐碱地。同时,可以看到,沽源县城北部的三个大湖潭儿的面积却有不同程度的增加。

沙盐碱地面积从 1 985.89 km<sup>2</sup> 减少到 1 250.75 km<sup>2</sup>,减少了 37.02%。这和多伦地区的沙化监测结果是一致的<sup>[4]</sup>。由图 3 可以看到,尽管 1987~ 1999 年 12 年间研究区沙盐碱地的面积总体呈现减少的趋势,但在不同的区域又有不同的变化。在张北县城到安固里淖和九连城乡一带,沙盐碱地面积强烈扩展。根据实际野外调查发现,这一地带沙盐碱地的扩展以土地盐碱化为主。另外,研究区东部闪电河河道两侧的沙盐碱地已经大量减少。对比图 1 和图 2 发现,减少的沙盐碱地主要转移为林地。沙盐碱地空间分布的这种差异变化特点对政府进一步制定防治沙化的措施必将提供有力的决策支持。

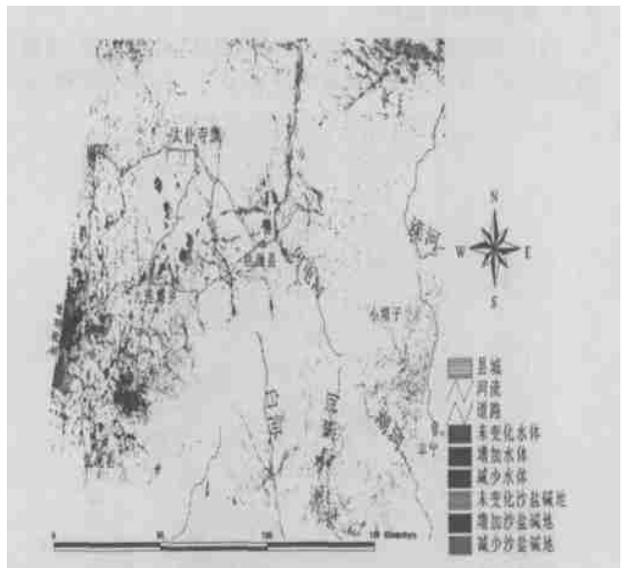


图 3 1987 年和 1999 年沙盐碱地和水体进行叠加分析结果  
总之,研究区耕地、林地、草地的空间变化是影响土地沙盐碱化变化的三个主要因素。土地沙盐碱化的变化与耕地的变化呈正相关,与林地牧草地的变化呈负相关<sup>[1]</sup>。