遥感技术在北京周边资源与环境监测中的应用

杨清华，曾福年，曹文玉，齐建伟，范景辉
（中国国土资源航空物探遥感中心，北京　100083）

摘要：北京周边地区是近一二十年环境退化较严重的地区，特别是由于资源过度开发利用所引起的土地利用和土地覆被变化的生态环境问题十分突出。以遥感技术、地理信息系统和全球定位系统技术为手段，利用1991或1992年、2001或2002年2期的遥感影像，辅以土地利用现状图及与生态建设等相关资料，通过外业调查验证，快速、准确地获取北京周边地区51个县级辖区，总土地面积为23万km^2的土地利用现状和近10 a的土地利用动态变化及与生态环境相关的土地退化，以反映生态建设工程的实施效果，为北京周边地区资源合理利用和生态环境建设与规划提供了科学依据。

关键词：遥感技术；资源与环境；土地退化；监测
中图分类号：TP 79：X87　**文献标识码**：A　**文章编号**：1001－070X(2007)04－0076－05

0　引言

近年来，随着“人口、资源、环境”之间的矛盾日益尖锐，世界各国政府都大力加强资源与生态环境监测系统的建设。我国“全国生态环境建设规划”和“全国生态环境保护纲要”也明确提出要完善生态环境监测和信息服务体系。因此，快速、准确地获取覆盖全国及重点地区的资源利用动态变化及相关生态环境变化信息，是国家实现资源合理利用和生态环境建设与规划的重要保障。

遥感技术的优势在于能准确地记录不同时期地物及环境的历史状况和变迁，通过对比，能客观地提取目标的性质、分布数量和空间位置等信息，以此为依据，可以发现地区的资源与环境变化状况和变化趋势，从而为国家和地方资源利用与环境保护政策的制定提供科学依据。

北京周边地区是近一二十年环境退化较严重的地区，特别是由于资源过度开发利用所引起的土地利用和土地覆被变化的生态环境问题十分突出。其中耕地、园地、林地、草地、建设用地、水域以及盐碱、沼泽地等土地利用类型的变化直接影响了北京周边地区的环境状况，如每年的沙尘暴等环境灾害给该地区带来了巨大的经济损失和不良社会影响。因此，调查北京周边地区近一二十年的资源与环境状况及变化，具有十分重要的意义。

1　监测区状况

北京周边地区主要包括部分风沙源头区、传输区和屏障区，其范围涉及陕西榆林，河北张家口、承德，山西大同、朔州和忻州，内蒙乌兰察布盟、锡林郭勒盟、赤峰等地区的51个县级辖区，总土地面积为23万km^2，总人口1 440万(图1)。整个监测区分5个牧区，25个农牧交错区，21个农区。

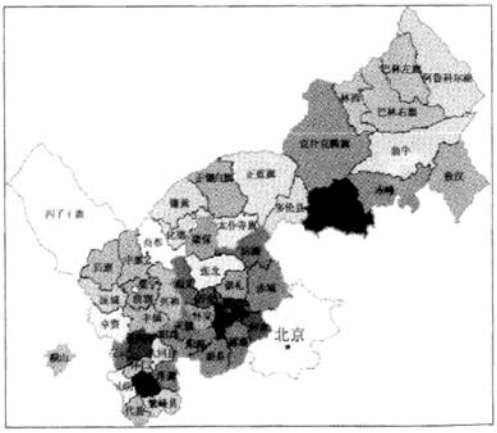

图1　北京周边地区资源与生态环境遥感监测范围

监测区域地跨温带大陆性气候和大陆性季风气候区，气候变化较为明显。北部和西北部的第三纪沉积物和第四纪黄土母质易形成较大的黄土区和沙漠区，如监测区域陕北和晋北黄土高原，内蒙阿鲁科尔沁沙漠、浑善达克沙漠等，这些黄土区和沙漠区

收稿日期：2007－08－20

万方数据

是北京地区沙尘暴的重要源头之一。该区年均气温12.6 ℃以下,年降雨量在200~750 mm以下,但降雨集中,降雨强度大,外加区域地势比降大,土质疏松,水蚀型外应力地质作用和重力侵蚀作用强烈,水土流失严重甚至发生滑坡和泥石流。

监测区分布有黄河、海河、滦河及西辽河等内陆河流水系,流经京津地区的山前洪冲积倾斜微倾斜平原,汇入渤海湾。由于地下水位较深且在逐年下降,加之常年干旱,河水流经区域土壤次生盐渍化问题也较为严重。牧区人们过度放牧,农区大量耕地开垦,农牧区二者兼有,导致近几十年土地大量裸露,经过常年风蚀和雨水的冲击,形成大量沙化和水蚀土地。

2 技术路线

以遥感、地理信息系统和全球定位系统技术为手段,利用1991或1992年、2001或2002年2期4个时相的遥感影像,辅以土地利用现状图与生态建设等相关资料,通过外业调查验证,快速、准确地获取监测区土地利用现状和近10 a的土地利用动态变化、与生态环境相关的土地退化及反映生态建设工程实施效果的数据(如图2所示)。

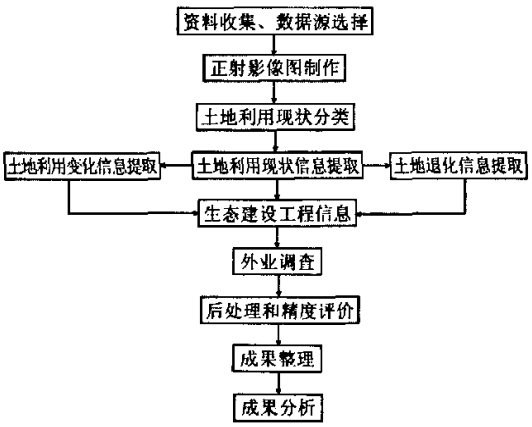

图2　技术流程

3 技术方法

3.1 数据源选取

采用Landsat-5/7卫星多光谱数据,对部分农区或农牧区辅以SPOT-2/4卫星全色波段数据。数据选取的要求为：处理级别1级(1A或1B),云覆盖小于10%,无雪,无噪声和条痕。时相主要考虑选择有利于土地利用判读解译的季节,原则上选取4个时相的数据,分别为：1991或1992年5~6月和8~9月,2001或2002年5~6月和8~9月。

为了提高影像解译精度,在数据源的选取上对部分农区或农牧区选择了SPOT-4或SPOT-2的10 m全色波段数据,用于与TM多光谱数据的融合。SPOT数据时相为2001或2002年8~9月,且完整覆盖县级行政辖区。本次监测共订购SPOT数据30景,完整覆盖赤峰市、怀安、宣化和张家口等几个区县。

3.2 基础底图处理

监测中采用的基础图件包括1:5万(1:10万)地形图、DEM和县级土地利用现状图,分别用于遥感数据纠正的参考基准和土地利用信息分类的参考资料。数据处理的技术指标如下：

扫描分辨率：300DPI；

扫描数据格式：TIF或BMP；

扫描数据类型：8 bit灰度或24 bit彩色；

纠正方法：逐格网纠正法(有完整格网点时采用),整图双线性纠正法(无格网点时采用)。

纠正限差：农区、农牧区1:5万图件最大10 m,牧区1:10万图件最大20 m。

输出DRG/LUDRG分辨率：1:5万图件为5 m,1:10万图件为10 m。

DEM数据为遥感数据的正射纠正提供数字高程模型,对其处理包括数据的拼接、格式转换和生成,为土地利用的解译判读提供参考的坡度图。

3.3 正射影像图制作

正射影像图制作主要包括纠正、镶嵌、融合、色彩调整及标准分幅等步骤。

4 信息提取

4.1 土地利用现状提取

利用2001或2002年遥感影像,结合土地、地形等辅助资料信息,按照"土地分类(试行)"标准,解译判读二级土地利用类型,其中与生态相关的地类(如沙地和盐碱地等)解译至三级地类,最后,编制监测区域的土地利用现状图。

4.2 土地利用变化监测

在土地利用现状遥感分类的基础上,通过对2001或2002年、1991或1992年2个时相的卫星遥感数据对比分析,提取近10 a来土地利用的变化信息。

土地利用变化信息提取主要采用图像差值、主分量变换和多源数据融合等处理技术,使发生变化的部分从背景影像中显现出来,此步骤能实现快速发现明显变化信息。

4.3 土地退化监测

土地退化遥感监测由2部分内容组成：一是按

万方数据

土地利用类型进行划分，如沙化耕地、沙化林地、沙化草地等，包括沙化、盐碱化和水蚀 3 种退化类型，反映农用地质量的退化状况；二是按土地利用的变化类型进行划分，分为耕地、林地、草地变为沙地、盐碱地和湿地减少，反映土地利用的动态退化内容。

进行土地退化监测时，一方面在 2001 年（或 2002 年）卫星遥感影像数据基础上，依据遥感影像退化图斑的特征，结合土壤图、坡度图及土地利用现状图等辅助信息，依照退化（沙化、盐渍化、水蚀）技术指标分析提取沙化土地、盐渍化土地和水蚀土地；另一方面提取土地利用变化监测中与退化有关的变化图斑，制作土地退化遥感监测图。

4.4 生态环境建设工程监测

以县为单位获取监测区内生态环境建设工程，特别是国家投资的重大生态建设工程的实施状况图件和相关资料，分析工程实施范围内生态环境的改善程度，制作反映国家投资建设的大型生态工程项目的范围内生态环境建设实施状况图。

根据调查统计，监测区生态工程建设采取的措施主要是退耕还林、还草，封山育林，飞播造林及草场围栏等。监测的内容主要是生态工程建设范围内草地、林地的改善程度，因而，监测方法为对比前后 2 时相的遥感影像，分析工程范围内土地利用变化及土地覆被的改善状况，以评价生态工程实施的效果。

5 外业调查方法

外业调查为遥感影像的判读解译提供可靠的依据，验证监测成果的精度；同时，调查当地与生态环境相关的有关气候、水文、生态建设及人口、经济等状况，为北京周边地区资源与生态环境状况的分析提供基础资料。根据实际工作的需要，外业调查没有逐县进行，而是根据地形地貌及农、牧、林业分布状况，选择若干典型区县进行。对部分未实地调查的区县，在内业基本完成后，邀请县土地局对县土地利用状况了解的业务人员携带有关资料与监测技术人员对监测成果进行检查、讨论，并形成有关修改意见。

6 监测成果

通过对河北、山西、内蒙和陕西 51 个县级行政区的生态监测，最终获得有关数据、表格、图件和文字报告等各方面成果。

6.1 数据成果

数据成果可分为 2 类：与空间矢量图形同时生成的原始属性数据和在各原始数据基础上针对各县、各监测区所作的汇总数据。主要包括土地利用现状属性数据、土地利用退化属性数据、土地利用变化属性数据和生态工程监测区属性数据。

6.2 图件成果

图件成果为各县 1∶5 万和 1∶10 万标准分幅的 TM 影像，以栅格（TIF）和矢量（E00）2 种文件格式存储；此外，还有各县土地利用现状遥感监测图、土地利用动态遥感监测图、土地退化遥感监测图以及生态环境建设工程实施状况遥感监测图等图件。

7 监测成果分析

7.1 成果精度分析

（1）各县图斑属性精度平均达 94.8%。具体到各个地类，不同地区因地貌特征的不同而存在一定的差异：牧区因地类相对单一，其属性精度较高，各县平均达到 95%；农牧区中，由于存在大量耕地、牧草地交错和轮作情况，加上干旱少雨，地表植被覆盖率低，导致耕地、林地、牧草地的判读精度相对要低，其中林地因存在大量灌木林，且其覆盖率很低，因而较耕地、草地又更低，耕地、牧草地平均 87%，林地平均 86.5%；农区地块较大，其主要地类耕地、林地、未利用地分布规律明显，因而该区域判读精度较牧区低，但又要高于农牧交错区。

（2）外业调查验证的图斑位置精度均高于 92%。说明在利用当前遥感数据源的情况下，图斑界线走向准确，界线准确可确保面积准确性。

（3）根据对抽样区县面积误差评价结果，牧草地整体判读精度高达 96.8%，就单个地类而言，耕地分类面积精度在 80% ~85% 之间，园地精度高于 85%，林地精度约 90%，牧草地、居民点、沙地和盐碱地精度均高于 90%。

7.2 监测数据分析

7.2.1 土地利用现状分析

（1）牧草地。牧草地是监测区内面积最大的土地利用类型，约 1 159.58 万 hm^2，占监测区土地总面积的 51%，主要分布在监测区的内蒙古高原和坝上高原。60% 以上的牧草地都与风蚀沙化有关，并分布在沙质甚至和沙砾质干旱草原区。监测区的现有牧草地的质量普遍不高，在改善生态环境后，有待于提高牧草地的质量。

（2）耕地。耕地是监测区内面积仅次于牧草地的第 2 大土地利用类型，约 482.40 万 hm^2，占监测区土地总面积的 21%，主要分布在监测区西南部高原和盆地中。监测区的耕地在农牧交错地带大多受风沙的危害，需要采取生物工程措施加以保护，内蒙

万方数据

古高原和坝上高原中的劣质耕地或已退化的耕地则需要退耕还林还草,减少耕地面积的比例。

(3)林地。林地面积约292.59万hm^2,占监测区土地总面积的13%,主要分布在大兴安岭、燕山、恒山及阴山山脉地区。整个监测区内的林地面积比例太少,特别是内蒙古高原和坝上高原上风蚀沙地中的林地,无论是质量还是数量上均不足以防治风蚀危害。治理环北京地区的沙尘,尤其要注意内蒙古高原浑善达克沙地和科尔沁沙地南部的植树造林,因为它们是距离北京地区最近的沙尘源头之一。

(4)园地。园地面积约为7.93万hm^2,仅占监测区土地总面积的0.35%,而且大部分是涿鹿、怀来等盆地地区近10 a来将劣质耕地改种果树所增加的面积。监测区内尚存在大量的山前洪积台地和冲洪积平原,发展园地还有相当的潜力。

(5)沙地。这次遥感监测的沙地仅指缺少植被覆盖的活动沙丘,约66.70万hm^2,占监测区土地总面积的3%。固定、半固定沙丘多生长有灌木丛和荒草,调查时都定性为牧草地。

监测区的沙地主要分布在北部的四子王旗—镶黄旗—正镶白旗—正蓝旗—克什克腾旗—翁牛特旗一线,属浑善达克沙地的一部分。除此之外,位于北京西北的宣化、张家口及怀来等地存在一片片的原生沙地,并且在这些原生沙地中还有相当一部分流动沙丘。

(6)盐碱地。监测区内的盐碱地面积较小,只有10.18万hm^2,占监测区土地总面积的0.45%。因此,盐碱引起的土地退化不是监测区内严重的生态环境问题。

(7)沼泽地。监测区内沼泽地面积约为3.69万hm^2,占监测区土地总面积的0.16%,主要分布在克什克腾北部、正蓝旗和多伦的接壤处、围场西北部,总体分布在高原与山地的交接洼地处,而且是土地通透性较差,易于积水的部位。

除了上述沙地、盐碱地、沼泽地等未利用土地外,监测区还有其它未利用地总共181.15万hm^2,占监测区土地总面积的8%。

(8)建设用地。监测区约有建设用地43.46万hm^2,占监测区总土地面积的1.90%。在大同盆地和燕山山脉地区的河谷平原和阶地上建设用地分布较为密集,规模较大;山区的居民点沿沟谷分布,规模小而分散。内蒙古高原上的建设用地更是小而分散,即使是县旗政府所在地的建设用地比例也很小。

(9)其它土地利用类型。在监测区的未利用土地中,还有总面积为34.86万hm^2的其它土地利用类型,包括水域、滩涂和苇地等,它们对生态环境起重要的调节作用,但面积小,仅占监测区总土地面积的1.5%。其中河流水面约为3.87万hm^2,占监测区土地总面积的0.17%;湖泊水面约0.96万hm^2,占总面积的0.4%;滩涂21.13万hm^2,占总面积的0.93%;苇地0.23万hm^2,占总面积的0.01%。

7.2.2　土地利用变化状况分析

(1)耕地及牧草地之间的转化。在耕地转化类型中,耕地转为牧草地的面积约有48万hm^2,占耕地减少面积总量的76%,占牧草地增加面积的77%,占地类单向变化面积总量的37%。

(2)耕地与林地之间的转化。耕地转为林地的面积约为10.70万hm^2,占耕地减少总量的17%,占林地增加总量的37%,占地类面积单向变化总量的87%;退耕还林空间分布主要表现在阴山山脉及周边地区的察哈尔右翼中旗和后旗北部、商都南部、化德东部、察哈尔右翼前旗、兴和、丰镇,其次是科尔沁沙地及周边农牧交错区的南部和中部,坝上高原的太仆寺、沽源、康保等地区。林地转为耕地的面积约为1.49万hm^2,占林地减少总量的44%,占耕地增加总量的11%,占地类面积单向变化总量的1%。

(3)牧草地与林地之间的转化。牧草地转为林地的面积约为16.05万hm^2,占牧草地减少总量的36%,占林地增加总量的55%,占地类面积单向变化总量的12%;退牧还林空间分布主要是在科尔沁沙地及周边地区以及坝上高原的多伦和围场等地。林地转为牧草地的面积约为1.42万hm^2,占林地减少总量的42%,占牧草地增加总量的2%,占地类面积单向变化总量的1%。

(4)牧草地与沙地之间的转化。牧草地转为沙地的面积约有14.27万hm^2,占牧草地减少面积总量的32%,占沙地增加面积的99%,占地类单向变化面积总量的11%。

(5)耕地与盐碱地之间的转化。耕地转为盐碱地的面积约470.42 hm^2;盐碱地转为耕地的面积约1 046.10 hm^2,占盐碱地减少总量的48%,占地类面积单向变化总量的0.08%。

(6)牧草地与盐碱地之间的转化。牧草地转为盐碱地的面积约5 942.86 hm^2,占牧草地减少总量的1%,占盐碱地增加总量的63%,占地类单向变化面积总量的0.45%。主要分布在察哈尔右翼前旗南部、太仆寺旗西部等地。盐碱地转为牧草地的面积约251.44 hm^2,占盐碱地减少总量的12%,占地类面积单向变化总量的0.02%。

(7)湖泊水面与盐碱地之间的转化。湖泊水面转化为盐碱地的面积约2 516.39 hm^2,占湖泊水面减少面积总量的14%,占盐碱地增加面积总量的27%,占地类面积单向变化总量的0.2%。主要分

万方数据

布在察哈尔右翼前旗南部、镶黄旗北部等地。盐碱地转化为湖泊水面 173.16 hm^2，占盐碱地减少总量的8%，占湖泊水面增加面积总量的11%。

(8)滩涂与耕地之间的转化。滩涂转为耕地的面积约为6 745.63 hm^2，占滩涂减少量的47%，占耕地增加量的5%，占地类单向变化面积总量的0.5%。

(9)耕地与居民点之间的转化。耕地转为居民点工矿用地约有 1.48 万 hm^2，占耕地减少总量的2%，占居民点工矿用地增加总量的77%，占地类面积单向变化面积总量的1%。主要发生在大同盆地，尤其是大同市和大同县，燕山山脉西部的张家口、怀来等地。居民点用地转为耕地的面积约422.21 hm^2，占居民点工矿用地减少面积总量的79%，占耕地减少总量的0.32%，占地类面积单向变化总量的0.03%。

7.2.3 土地退化状况

土地退化的主要类型，如风蚀、水蚀和自然退化等现象及其强度在遥感图像中都有较好的显示。能建立较好的土地退化类型及其强度的图像判读标志，实现其定性、定位和定量分析(表1)。

表1 监测区土地退化面积统计

	合计	沙化土地				盐渍化土地			水蚀土地			
		小计	沙化耕地	沙化林地	沙化牧草地	小计	盐渍化耕地	盐渍化牧草地	小计	水蚀耕地	水蚀林地	水蚀牧草地
退化面积/万 hm^2	1 049.62	833.31	88.36	24.08	720.87	9.07	2.32	6.75	190.30	42.61	36.91	110.78
占总退化面积比例/%	98.4	79.3	8.4	2.3	68.6	0.8	0.2	0.6	18.3	4.0	3.5	10.8

8 结论

(1)从调查图件及其统计数量上看，10 多 a 来，区内各类土地利用类型的增减和分布状况预示着整体恶化、局部好转的生态环境发展趋势已经开始得到控制，环北京监测区退耕还林还草所带来的生态环境效益比较明显。农业区的平地耕地保持稳定，但高原、丘陵、台地和山地的耕地，由于实施退耕还林还草而大量减少；林地和园地面积呈增加趋势；居民建筑及工矿用地小幅度增加；未利用土地开发治理有一定的成效；但是，内蒙古和坝上高原牧草地资源还在继续遭受到严重的风沙危害，生态环境仍然比较恶劣，生态环境治理工作仍很艰巨。

(2)监测区内，土地退化面积比例较高，占监测区土地总面积的46%，其中风蚀的沙化牧草地是环北京监测区土地退化的主要表现形式，也是影响北京地区沙尘天气的主要来源。

(3)监测区内土地利用变化、土地退化情况与自然条件存在着很大的相关性，并随空间变化而出现明显的水平和垂直地带性的空间分布规律。监测区的土地利用变化及土地退化的总体分布，在宏观上受大兴安岭—阴山山脉的地形地貌控制，随海拔高程变化而变化。总的来说，内蒙古高原干旱草原生态区变化最剧烈，阴山山脉农牧交错生态区和坝上高原农牧生态区变化次之，大同盆地及周边地区农业生态区变化相对较弱。

(4)监测区城市扩展与工矿建设对土地利用变化和土地退化的影响有限，但土地利用和土地退化受国家及地方的政策影响较大。在相同时期内，凡是采取生物措施进行治理的地区，沙漠化土地空间范围就有所减少。据遥感数据分析测算，约有 10% 的沙漠化土地得到逆转。近年来，党中央、国务院提出了“封山植树(草)，退耕还林，以粮代赈，个体承包”的政策措施，向内蒙古投入的生态建设资金是前 20 a 投入的总和，以保障和鼓励退耕还林还草的顺利进行。此外，开展封山育林、发展农田防护林网等诸多措施来维护、恢复、发展环北京地区的植被资源，使天然林和人工林得到了前所未有的发展及保护，环北京地区植被资源减弱的势头被很好控制。

感谢：本文编写过程得到了国土资源部地籍管理司、中国土地勘测规划院、中国国土资源航空物探遥感中心、中国测绘科学院等单位领导和专家的支持和帮助，在此表示衷心感谢！

参考文献

[1] 全国农业区划委员会. 土地利用现状调查技术规程[S]. 1984.

[2] 中华人民共和国行业标准(TD/T1010). 土地利用动态遥感监测规程[S]. 1999.

[3] 杨清华，齐建伟，孙永军. 高分辨率卫星遥感数据在土地利用动态监测中的应用研究[J]. 国土资源遥感，2001，(4)：20－26.

[4] 中华人民共和国国土资源部. 2000 年度土地利用动态遥感监测成果汇编[M]. 北京：测绘出版社，2001.

[5] 国土资源部. 全国土地分类(试行)[S]. 2003.

(下转第 84 页)

万方数据

测结果具有很强的时效性。

参考文献

[1] 赵魁义,星宿海. 扎陵湖与鄂陵湖区沼泽[J]. 中国沼泽志,1999,(10):544-546.

[2] 郭军宁. 治理三江源的生态环境刻不容缓[N]. 中国气象报,2006-09-25.

[3] 王少军. 黄河源区两湖生态环境遥感分析[EB/OL]. http://www.iea.cass.org.cn.

[4] 赵玉灵,聂洪峰,杨金中,等. 环勃海湾—莱州湾地区湿地现状遥感调查[J]. 国土资源遥感,2007,(1):86-88.

AN INVESTIGATION OF WETLAND CHANGES BASED ON MULTI-REMOTE SENSING DATA

TIAN Su-rong, SUN Yong-jun, LI You-gang, PAN Chun-mei

(*China Aero Geophysical Survery and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing* 100083, *China*)

Abstract: Exemplified by wetland investigation in Zhaling Lake and Eling Lake areas, the authors used remote sensing multidate method to investigate wetland changes along the Yellow River basin, built wetland data base of three periods, and employed statistical data from the data base to probe into the causes for the changes of lakes, rivers and marshes.

Key words: Remote sensing technology; Remote sensing image; Wetland inverstigation

第一作者简介:田素荣(1953-),女,主要从事地质遥感与 GIS 应用研究。

(责任编辑:肖继春)

(上接第 80 页)

THE APPLICATION OF REMOTE SENSING TECHNOLOGY TO ENVIRONMENT AND RESOURCES MONITORING IN THE PERIPHERAL AREAS OF BEIJING

YANG Qing-hua, ZENG Fu-nian, CAO Wen-yu, QI Jian-wei, FAN Jing-hui

(*China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing* 100083, *China*)

Abstract: In the past 10-20 years, the peripheral areas of Beijing have suffered increasingly serious environmental degradation, because especially of the excessive exploitation of resources caused by land use and the land cover change. The change of such land use types as cultivated land, grade plot, forest land, grassland, construction land, water area and saline alkali land, and wetlands directly impacts the environmental situations of these areas. With remote sensing technology, geographic information system technology, and global positioning system technology as the means, the two phases of remote sensing images in 1991 or 1992, 2001 or 2002 as the basis, and the current land use map and other related materials such as ecological construction as the supplementary materials, the authors, through field investigation and inspection, accurately obtained the land-use status of over 230 000 km^2 land area all over the 51 county areas around Beijing and the land use dynamic changes as well as land degradation in the past 10 years associated with ecological environment and ecological construction, which reflects the effect of ecological construction. The data obtained provide scientific basis for the reasonable utilization of resources and the construction and planning of the ecological environment.

Key words: Remote sensing technology; Resources and environment; Land degradation; Monitoring

第一作者简介:杨清华(1964-),男,教授级高级工程师,主要从事微波遥感技术方法与应用、土地利用动态监测方法与应用、遥感地质找矿和地质灾害等领域研究。

(责任编辑:肖继春)

万方数据