

中国西部地区土地利用/土地覆盖近期动态分析

郑丙辉¹, 田自强¹, 王文杰², 李子成¹

(1. 中国环境科学研究院河流与海岸带环境研究室, 北京 100012; 2. 中国环境监测总站, 北京 100029)

摘要:在野外调查和资料收集的基础上,利用遥感(RS)和地理信息系统(GIS)技术,对中国西部地区 12 个省(直辖市)1995 年和 2000 年的 6 种土地利用/覆盖类型的遥感数据进行了制图及其叠加分析。结果表明:(1)对 13300 个土地利用/覆盖类型的图斑判读中,平均正确率 92.92%。同时对西部各省级土地利用/土地覆被动态及更新成果进行的准确程度检查中,共获取全部 6 个一级类型的动态图斑 138746 个。地类更新平均准确率 97.71%,勾绘图斑界线的准确率 99.85%。(2)制图区域国土面积近 673 万 km²,占全国土地面积的 70%。其中,耕地面积 5 年来增加了 120.65 万 hm²,比 1995 年增长了 2.41%;林地面积 5 年来减少了 61.50 万 hm²,比 1995 年减少了 0.61%;草地面积减少了 119.65 万 hm²,比 1995 年减少了 0.59%;城镇建设用地和水域面积 5 年来分别增加了 19.25 万 hm² 和 17.04 万 hm²,比 1995 年增加了 1.36% 和 1.44%。另外,作为西部地区主要生态环境问题之一的土地沙漠化和土地盐碱化,由于近年来的连续干旱以及油田开发等人为干扰的加剧,5a 来不可利用地面积扩大了 24.28 万 hm²,其中草地沙化面积占到 26.94%。

关键词:中国西部地区;遥感;地理信息系统;土地利用/覆盖变化;动态分析

Analysis of recent land usage and survey in Western China

ZHENG Bing-Hui¹, TIAN Zi-Qiang¹, WANG Wen-Jie², LI Zi-Cheng¹ (1. Chinese Research Academy of Environmental Sciences River and Coastal Environment Research Center, Beijing 100012, China; 2. China National Environmental Monitoring Center 100029, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(5): 1078~1085.

Abstract: From 1995 to 2000, field data collections using Remote Sensing (RS) and Geographic Information System (GIS) have been conducted in 12 provinces of China's western regions. The land usage and 6 types of vegetation coverage show an average accuracy of 92.92%. Dynamic patches of the land usages and vegetation coverage types of the western provinces are analyzed. A total of 138746 of dynamic patches are obtained; and contains all major vegetation coverage types. The average reliability reaches as high as 97.71% for the classification on the dynamic land usage types and 99.85% for the demarcation of patch boundaries. The investigation shows that (1) cultivated land has increased by 1206500 hectares in recent 5 years, i. e., 2.41% larger than that in 1995; (2) The forested and grass areas have decreased by 615000 and 1196500 hectares, 0.61% and 0.59% less than that in 1995, respectively; (3) The urban and wetland areas have increased by 192500 and (4) The environmental issues on desertification and salification in Western China have worsen. Unusable area has been increased by 242800 hectares in these regions due to droughts, oil explorations and other human activities, in which the desertification area occupies 26.94%.

Key words: Western China; remote sensing; geographic information system; land usage and land coverage change; dynamic analysis

文章编号: 1000-0933(2004)05-1078-08 中图分类号: Q14, S154.1, X171 文献标识码: A

随着全球变化研究的深入开展,人类活动对环境变化的影响已越来越引起各国科学工作者的广泛关注,尤其是人类的生存与发展对土地的开发利用以及由此引起的土地覆盖变化被认为是全球环境变化的重要组成部分和主要因素^[1~4]。特别是随着

基金项目:科技部科技基础性专项研究资助项目;国家“973”资助项目(2002CB412409)

收稿日期:2003-07-31;修订日期:2003-11-09

作者简介:郑丙辉(1963~),男,浙江省天台县人,博士,主要从事水文学和遥感方面的研究。E-mail:zhengbh@craes.org.cn

Foundation item: The programme of The technological basic research of the Ministry of Science and Technology; National grants (No. 2002CB412409)

Received date: 2003-07-31; Accepted date: 2003-11-09

Biography: ZHENG Bing-Hui, Ph. D., mainly engaged in hydrology and RS. E-mail: zhengbh@craes.org.cn

遥感技术发展步伐的加快,国际上利用遥感(RS)技术与地理信息系统(GIS)技术进行了大量卓有成效的资源环境调查工作,如土地利用/土地覆盖分类^[5-9]、土地利用/土地覆盖制图^[10-12]、作物估产^[13-15]、生物多样性保护^[16-19]、水土资源调查等^[20-22]。

我国经过 3 个五年计划的连续科技攻关,遥感和地理信息系统技术已形成了相当的科学积累,遥感应用取得了重大进展。“八五”期间,中国科学院和农业部合作,完成了“中国资源环境遥感宏观调查与动态”的研究;“九五”期间,中国科学院承担并实施完成了全国范围的土地资源及其生态环境背景的遥感调查与监测。国家环境保护总局也于 2000 年开始了“中国西部地区生态环境现状调查”的任务,力图在短时间内为国家提供指导国民经济重大宏观决策的资源环境地理分布数据和相应的图件及专题研究成果。本研究作为“中国西部地区生态环境现状调查”的一部分,结合遥感和地理信息系统技术对中国西部地区 1995~2000 年来的土地利用/覆盖动态变化及其成因进行了分析。为掌握西部地区土地利用/土地覆盖的空间分布、利用现状、数量动态等方面积累基础数据;为指导西部地区的经济及生态环境的持续、协调、健康发展提供较为准确和真实的土地利用动态信息。

1 研究区域及研究方法

1.1 研究地自然地理概况

西部地区幅员辽阔,地形复杂,气候类型多样。按照中国自然地理区划原则,将西部地区由北向南依次划分为西北、西南和青藏高原地区^[23]。该区域南起云南和广西省两省南部,北至新疆和内蒙古自治区北部横跨近 32 个纬度,东起内蒙古东部,西至新疆西部,纵穿近 52 个经度。自南向北,随着太阳辐射与气温的变化,依次出现热带、亚热带、暖温带、温带、寒温带等五个温度带。按降水量的多少,将西部地区降水量由东南向西北依次划分为 $\geq 1600\text{mm}$ 的湿润区,800~1600mm的半湿润区,400~800mm的半干旱区,200~400mm的干旱区和 $\leq 100\text{mm}$ 的极干旱区五条降水带;西部地区地貌类型可划分为山地、丘陵、台地、平原和高原五大类,其地貌绝大部分属第一、二级阶梯之上,青藏高原属第一级阶梯。

1.2 研究方法

1.2.1 数据的收集、预处理工作

(1)数据的收集 尽量收集与制图区有关的各种文献资料(包括中国环境监测总站 1995/1996 年土地利用/土地覆被数据库);购置西部地区 1999/2000 年的 Landsat-5(82 景)、Landsat-7 的影像数据(246 景)以及 CBERS-1 的 CCD 数据(9 景)。数据选择时相基本保证东北地区 5 月下旬至 6 月中旬或 8 月下旬至 9 月中旬图像,西南北部地区选择 3 月上旬或 10 月下旬图像,西南部地区选择冬季图像,西北地区选择初夏或初秋季节图像;主要应用软件包括 Intergraph Image Analyst 遥感图像处理分析系统、ERDAS 图像处理系统和 ESRI ArcView 3.1 地理信息系统。

(2)数据的预处理 使用 Intergraph Image Analyst 遥感图像处理软件,对接收后的遥感数据进行包括辐射校正、几何校正、图像增强、图像镶嵌和色彩平衡等的加工处理。

1.2.2 野外调查工作 野外调查时间为 2000 年 9~11 月份。野外调查 调查过程中携带卫片、地形图及卫片,对研究区域进行全面调查。利用 GPS 定位,拍照、记录确定的土地覆盖类型,并与卫星影像图比较分析。每种景观类型最少有 3 个考察点。同时考察了所有的控制点,并进行了精确定位拍照、记录。调查位置尽可能准确地标注在地形图上。

1.2.3 图像判读、矢量图生成与图斑面积量算

(1)土地利用/土地覆被类型判读 首先输入影像栅格文件,按行政区(或流域)边界对该文件进行切割,划分成若干作业区,并标出作业区图框和图名,随后进行分块作业。然后在 ArcView GIS 3.1 软件环境下,以影像栅格文件作为判读背景(底层),通过人机交互方式,分层提取土地利用/土地覆被类型的边界和属性以及重要线状地物等目标土地利用/土地覆被类别。最后根据影像的色调、形状、位置、大小、阴影、纹理及其它间接判读标志,识别目标土地利用/土地覆被类型,绘制土地利用/土地覆被类型边界,并赋以属性。

(2)矢量图的生成及叠加 ①在 ArcView GIS 3.1 软件中将图像目视解译结果存为 *.shp 文件。②在 ARC/INFO 下键命令 shapearc 生成土地利用/覆被类型图斑图层、属性代码注记图层、重要线状地物图层等的 ARC/INFO Coverage 格式数据。③启用 Arcedit 模块编辑各图图形,配准起控制作用的图廓 TIC 点。④根据基本信息源深加工处理者提供的坐标,生成 TIC 点坐标与图像数学基础一致的空 Coverage,并将 Coverage 恢复成图像所固有的投影坐标系统。⑤在 Arcedit 里对相邻图幅接边。⑥参照有关资料图件用土地类型图提取地理单元图斑并确定图斑属性。⑦在土地类型图和景观生态单元图上逐图斑赋给属性代码。在重要线状地物图上逐线条赋给属性代码。⑧启动[ARC]用 Project 命令将所有图件全部转成全国统一的等面积割圆锥投影坐标系统。⑨景观生态类型图经查错修改确认无误后,与行政区划图统一图廓边,最后用 CLEAN 建立拓扑关系。⑩启动[ARC]用 Union 命令将 1995/1996 年和 1999/2000 年两期土地利用/土地覆盖类型图进行叠加。

1.2.4 土地利用/土地覆被类型遥感调查类型的划分 依据调查目的及西部地区土地的自然生态和利用属性,将研究区土地利用/覆被类型划分为耕地、林地、草地、城建用地、水域和不可利用地等 6 大类和 25 小类^[10]。

1.2.5 动态分析的数据基础和技术方法 动态分析是基于中国环境监测总站 1995/1996 年土地利用/土地覆被数据库和本次

调查的 1999/2000 年土地利用/土地覆被现状数据,同时应用了中国科学院“九五”项目有关的土地利用/土地覆被遥感调查技术方法及部分数据库研究成果^[24,25],进行两期数据比较分析,说明在总体上各省、市、区的土地利用/土地覆盖的变化。利用 GIS 技术,对两个年份空间数据进行迭加分析,说明各生态单元的覆盖类型变化和产生变化的原因,从而说明 5a 来西部地区生态环境的演变特点。具体工作流程如下图 1 所示。

(1) 土地利用/覆盖变化与转化动态模型 土地利用覆盖变化研究中,除掌握变化的数量和幅度外,对土地覆盖类型间的竞争关系进行分析十分必要。在不同时期,受自然和人文因素的制约,土地覆盖的方式发生改变。各种土地覆盖类型转化的分布情况、主导方向速度都不同。土地覆盖的动态演变是土地覆盖格局在时间序列上的变化,各类型的相互转化过程对初期土地覆盖状态有一定的依赖性。本研究通过对各期土地覆盖图进行叠加,求得研究时段内土地类型转化的数量,构建土地覆盖转化动态模型,反映不同类型间的转化趋势和速度。也表现了土地覆盖变化的类型及其空间分布,据此可以求得土地覆盖类型相互转化的数量关系转移矩阵 B :

$$B = \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & \dots & B_{1n} \\ B_{21} & B_{22} & \dots & B_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ B_{n1} & B_{n2} & \dots & B_{nn} \end{bmatrix}$$

式中, B_{ij} 为土地覆盖类型 i 转化为 j 的面积; n 为土地覆盖类型数目。

如果令 $P_{ij} = B_{ij}/B_i$, 其中 B_i 为土地覆盖类型 i 在 k 时期的面积, $B_i = \sum_j B_{ij}$, 则可以构成转移比率矩阵 P :

$$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix}$$

式中, P_{ij} 为土地覆盖类型 i 转化为 j 的转移比率,反映研究时段内不同土地覆盖类型要素的相互转化状况。转移比率矩阵的每一个元素有以下特点: (1) $0 \leq P_{ij} \leq 1$, 即各元素为非负值;

(2) $\sum_{j=1}^n P_{ij} = 1, i = 1, 2, \dots, n$, 即每行元素之和为 1。

2 结果分析

2.1 1995~2000 年西部地区土地利用/覆盖变化总体状况

5 年来西部地区各区土地利用/土地覆盖类型面积均有不同程度变化,增加的耕地总面积 $12.06 \times 10^4 \text{hm}^2$ (图 2)。其中西北地区地域辽阔,占到西部地区总土地面积的 51.22%,具备开发耕地的条件。对荒地的大量开发以及在黄河沿岸开发沙地的结果,使得该地区耕地面积增长迅速,5 年来增加耕地面积 $112.66 \times 10^4 \text{hm}^2$,占到西部地区总耕地增加面积的 92.74%。西北地区地处我国的干旱、半干旱地带,水资源的多寡是决定土地覆盖状况的关键因素,在水资源较丰富地区进行的大面积开垦,给该地区生态环境的维持与改善带来巨大压力。西南地区自然条件较好,土地开垦历史悠久,现有可供开发的土地资源有限,同时随着社会经济的发展,城建用地面积的不断扩张对耕地的占用,使得部分地区耕地面积呈相对减少的趋势。

新开垦的耕地面积对林地和草地的大量占用以及人口的不断增长对木材需求量的增加,使得西部地区林地和草地面积 5 年来分别减少了 $61.50 \times 10^4 \text{hm}^2$ 和 $119.65 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。林地面积减少的趋势以森林覆盖率较高的西南地区较为明显,占西部地区林地减少总量的 58.19%;另外,西北地区的内蒙古自治区林地面积减少显著,因其东部为木材蓄积量丰富的大兴安岭山地,对森林的采伐使得自治区林地面积 5 年来减少了 $29.18 \times 10^4 \text{hm}^2$,分别占到自治区 1995 年林地面积及西部地区林地总减少量的 1.74% 和 47.45%;草地面积的减少趋势以西北地区及青海省较为明显,总减少面积为 $128.43 \times 10^4 \text{hm}^2$;同时也要看到,随着国家退耕还林、还草等水土流失治理措施的实施,部分区域的森林及草地覆盖率有所增加。如西北局部地区的森林覆盖率及西南地区的草地覆盖率分别增加了 43233hm^2 和 253089hm^2 。

随着社会经济、人口的持续增长,西部地区城市建设用地总体呈不断扩张的趋势,5 年来增加了 192447hm^2 。其中以自然环境条件较好的西南地区经济发展较快,城镇用地面积增加了 67339hm^2 。西北地区的部分区域由于土地沙漠化导致的居民点迁移等因素,城建面积有所减少;国家和地方政府为缓解西部地区,特别是西北地区的水资源短缺问题,加大了对蓄水工程的投资

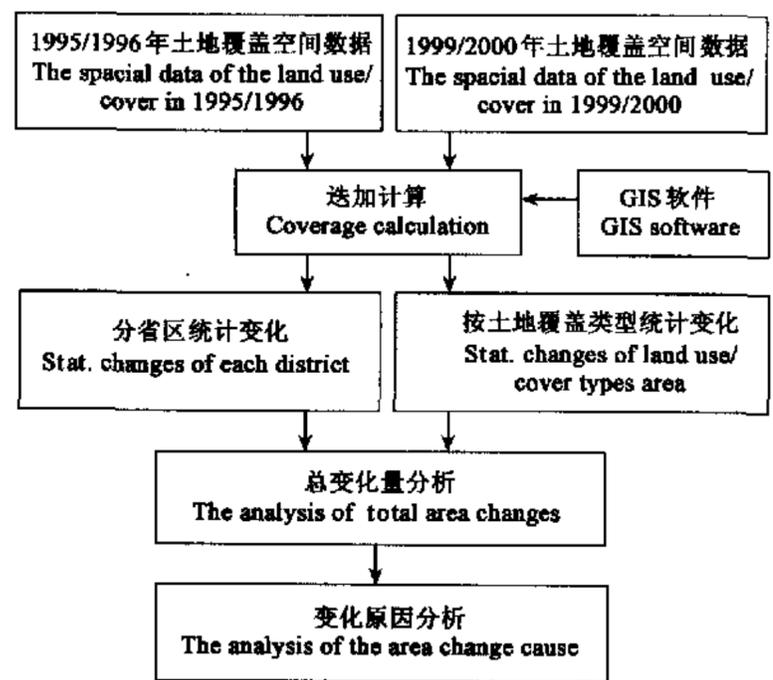


图 1 中国西部地区土地利用/覆盖变化流程图

Fig. 1 The land use and land cover change flow chart of Western China

力度。5年来水域面积增加 169780 hm²,其中西北地区占到 90.34%;土地覆盖面积的缩小所带来的是草地沙化、土地盐碱化等一系列生态环境问题。西部地区不可利用土地增加 24.28×10⁴hm²,其中生态系统脆弱的西北地区增加的不可利用地面积为 26.49×10⁴hm²。因此,具有生态价值的自然斑块覆盖率不断缩小以及由此带来的不可利用土地面积的扩大,反映出西部地区生态质量总体呈下降趋势。

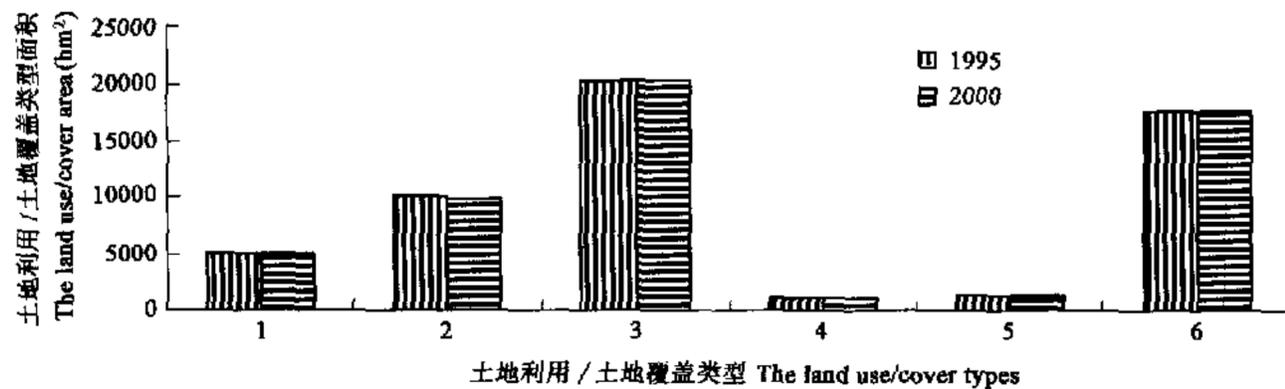


图2 中国西部地区1995年和2000年土地利用/土地覆盖类型比较

Fig. 2 The land use and land cover area comparison between 1995 and 2000 of Western China

1. 耕地 Cultivated land 2. 林地 Forest area 3. 草地 Grassland 4. 水域 Water area 5. 城建用地 Urbanland 6. 未利用地 Unused land

2.2 分省土地利用/覆盖类型面积变化特点

将1995年和2000年两个时相的土地利用/土地覆盖类型图叠加分析,得到西部地区12年来的土地利用/土地覆盖类型的面积变化。结果表明,各区因社会经济发展水平不一,自然条件各异,土地利用/土地覆盖类型的面积变化各不同;6种土地利用/土地覆盖类型面积之间的转入、转出结果也存在较大差异(表1)。

2.2.1 耕地面积的变化 将耕地划分为水田和旱地两种类型。遥感分析结果表明,西部地区增加的耕地面积以处于干旱、半干旱气候区的西北地区所占比例最大,旱地增加量远大于水田。5年来,西部地区耕地面积增加 191.07×10⁴hm²,同期减少 70.42×10⁴hm²,净增加了 2.41%。其中内蒙、新疆和宁夏自治区具备开发为耕地的荒地较多,近年大面积垦荒造成耕地面积扩大。宁夏在黄河沿岸大量开发沙地,将自然条件艰苦的西海固干旱贫困山区人口移民。青海省耕地增加的绝对量不大,但与本省已有耕地面积比较仍有较大增加。3个自治区增加的耕地面积分别为 62.30×10⁴hm², 39.42×10⁴hm²和 8.09×10⁴hm²比1995年分别增加了 6.99%、8.74%和 6.02%;陕西、云南、贵州和广西由于自然条件较好,土地开发利用程度高,耕地增加量少于 1.0%。甘肃河西走廊近年由于移民开发荒地,使得耕地净增面积较大;四川和重庆可开发的土地面积有限,随着城建用地面积扩张对耕地的占用,使得两省市耕地面积5年来分别减少了 16380hm²和 12320hm²。

2.2.2 林地面积的变化 遥感分析结果表明,西部地区5年来实际减少林地面积 614980hm²,比1995年减少 0.61%。其中内蒙古、四川、贵州和云南较为明显,分别减少 29.18×10⁴hm², 14.16×10⁴hm², 11.52×10⁴hm²和 87.69×10³hm²,森林覆盖率比1995年分别下降 1.74%、0.85%、1.20%和 0.38%。由于森林砍伐后的更新、恢复措施跟不上,很多砍伐迹地已成为草地。西南四川、贵州和云南3省位于长江、澜沧江等大江上游地区,生态环境条件的优劣,对本地区乃至全国生态环境有重要影响。1998年以后随着国家开始的退耕还林、还草等水土流失治理政策的实施,部分省市林地面积有所增加,如新疆、甘肃和陕西林地面积分别增加了 18513hm², 13893hm²和 10827hm²。森林覆盖率分别增加了 0.52%、0.36%和 0.23%。

2.2.3 草地面积的变化 与林地变化情况相似,5年来西部地区草地整体面积减少 119.65×10⁴hm²,占原有草地总面积的 0.59%。草地分布的变化区域性明显。西北地区位于我国的干旱、半干旱地带,生态系统脆弱。由于对该地区荒地的大量开垦,新疆、内蒙古和宁夏3省草地减少显著,分别为 687840hm², 505453hm²和 75500hm²,草地沙化严重。西南地区位于我国的湿润、半湿润气候区,自然条件优越,植被恢复迅速。云南、贵州和四川3省草地面积增加明显,分别为 66673hm², 70833hm²和 11558hm²,以高、中覆盖度草地类型为主。同时也要看到,草地面积的增加部分来自于采伐迹地。

2.2.4 水域面积的变化 西部地区5年来水域总面积增加了 17.04万hm²,水库坑塘等人工水利设施的大幅度增加是水域面积增加的直接原因。其中以西北地区增加的水域面积最大,为 15.34万hm²。西北地区气候较干旱,水资源短缺,兴修水利是该地区保证水源供给的主要途径。除甘肃、宁夏外,内蒙古、青海、新疆的水域面积分别增加了 47620hm², 19959hm²和 80847hm²。西南地区位处长江、澜沧江等大江上游地区,水资源丰富,考虑卫星影像的季相差异因素,5年来水域面积应无较大变化。

2.2.5 城镇、农村居民点和工矿用地面积的变化 长期以来受以干旱、半干旱气候特征为主的自然条件的制约,西部地区社会经济不甚发达,城市化程度较低。5年来各省区城市建设用地虽有所增加,但发展缓慢且不均衡。其中以自然条件较好的西南地

区发展较快,增加的城建用地面积为 67339 hm²,占到西部地区城建用地增加面积的 34.40%;西北地区的新疆维吾尔自治区受油田开发等因素的影响,城建用地面积增加较快,占到西部地区城建用地增加面积的 35.72%。同时也要看到,因水库建设移民、土地沙漠化居民迁移使得西北部分地区经济发展缓慢,城建用地面积增量较小,局部区域呈逐渐缩小趋势。

表 1 西部各省、市、区土地利用/土地覆盖类型面积变化量

Table 1 The translation of land use/cover area each province or municipality of Western China

省、市、区 District	变化面积(hm ²) Changed area	耕地 Cultivated land	林地 Forest area	草地 Grassland	水域 Water area	城镇用地 Urban land	未利用地 Unused land
重庆 Chongqing City	A	14607	20600	17700	120	0	0
	B	2287	18007	16953	393	15393	0
	C	-12320	-2593	-753	267	15393	0
甘肃 Gansu province	A	30620	6433	81073	6407	7	21273
	B	60113	20327	39473	4953	9313	11647
	C	29487	13893	-41607	-1460	9307	-9627
广西 Guangxi Province	A	4633	135480	16060	7700	313	0
	B	25680	122167	1220	11667	3453	0
	C	21040	-13313	-14840	3973	3140	0
贵州 Guizhou province	A	8687	137653	25313	67	27	0
	B	45787	22453	96147	1260	6100	0
	C	37100	-115200	70833	1193	6073	0
内蒙古 Inner Mongolia	A	306687	370787	2212813	55200	0	417593
	B	929693	78987	1707360	102820	5780	538440
	C	623007	-291800	-505453	47620	5780	120853
宁夏 Ningxia municipality	A	34700	9533	129920	12513	427	33067
	B	115580	6220	54420	17527	6613	19800
	C	80880	-3313	-75500	5013	6187	-13267
青海 Qinghai Province	A	9220	23313	304000	46073	607	72267
	B	46887	20647	217080	66033	14013	90820
	C	37673	-2667	-86920	19960	13407	18553
陕西 Shanxi Province	A	49713	12973	68273	26067	860	8273
	B	53420	23793	31587	25713	22547	9100
	C	3707	10827	-36687	-353	21687	827
四川 Sichuan Province	A	45687	175527	27560	1693	260	67
	B	29307	33893	143140	12753	31693	0
	C	-16380	-141633	115580	11067	31433	-67
新疆 Xinjinag municipality	A	185507	43087	939427	48487	813	174427
	B	579727	61600	251580	129333	69553	299947
	C	394220	18513	-687840	80847	68747	125520
云南 Yunnan Province	A	14180	125860	37307	253	20	0
	B	22247	38167	103987	1907	11313	0
	C	8067	-87693	66673	1653	11300	0
合计 Total area	A	704247	1061240	3859460	204567	3327	726967
	B	1910727	446260	2662947	374347	195773	969753
	C	1206480	-614980	-1196513	169773	192447	242786

* A 转出面积 Transfer-out area; B 转入面积 Transfer-in area; C 面积变化量 Changed area

2.2.6 未利用地面积的变化 我国做为世界上沙漠分布广泛的国家之一,其沙漠面积主要分布在西北地区。不可利用土地类型以沙地最为明显,同时草场沙化也是其主要特征。遥感分析结果表明,反映土地退化的沙地、盐碱地面积在大量增加。5年来整个西部地区不可利用地面积增加 $24.28 \times 10^4 \text{hm}^2$,其中以新疆、内蒙古两个自治区草场沙化面积最多,分别为 $12.55 \times 10^4 \text{hm}^2$ 和 $12.09 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。

2.3 土地利用/覆盖类型面积变化原因分析

由于区域自然条件及经济发展水平差异较大,对土地的利用方式和利用程度差异不同,土地利用/土地覆盖变化的过程相差很大。

2.3.1 耕地面积变化原因分析 西部地区耕地转出因子多样,5年来共转出耕地面积 $70.42 \times 10^4 \text{hm}^2$ 。其中城建用地面积对耕地的大量占用是耕地面积减少的主要原因之一,占总耕地转出面积的 22.40%;随着国家水土流失治理政策的实施和区域生

态恢复建设的开展,退耕还草和撂荒弃耕,使得耕地变为草地面积在总耕地转出中占 51.42%,其中,内蒙古和新疆所占比例最大,分别达到 $28.65 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和 $117.52 \times 10^4 \text{ hm}^2$;青海、重庆、广西和云南耕地主要集中在自然条件较好的局部地区,仅有少量草地的增加是退耕还草的结果。在退耕还林及调整产业结构过程中,耕地改为果园使得减少的耕地面积占总耕地转出面积的 8.24%。另外,部分地段的土地沙漠化、土地盐碱化及沼泽化也是耕地面积减少的原因之一,占耕地总转出中面积的 13.00%。

耕地面积转入原因分析 西部地区转入的耕地总面积为 $191.07 \times 10^4 \text{ hm}^2$,净增耕地面积 $120.64 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。草地开垦是耕地增加的主要来源,本因子引起的耕地增加面积为 $129.09 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占总耕地转入量的 69.45%。其中,以新疆、内蒙古和宁夏开荒面积最大,分别为 $53.60 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 、 $54.12 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 和 $71.7 \times 10^3 \text{ hm}^2$;其次为毁林开荒或果园由于效益下降砍去果树改为耕地的面积,本因子引起的耕地增加面积为 $41.61 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占耕地总转出面积 22.38%,其中内蒙古占到 14.98%。由以上分析表明,耕地的增加是以草地开荒和林地园地的破坏为代价的。另外,沙地改良变为耕地面积为 $12.71 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。其中内蒙古、新疆和宁夏分别为 83127 hm^2 、 18033 hm^2 和 15807 hm^2 ,本因子引起的耕地增加在总耕地转入中占 6.84%。

2.3.2 林地面积变化原因分析 西部地区林地转出面积 $106.12 \times 10^4 \text{ hm}^2$,其中耕地面积的大量增加是林地缩小的主要原因之一。由于近年来经济林果销售难及价格下滑造成的经济效益低下,部分果园果树砍伐改为耕地,此因素转成耕地的面积占林地转出总面积的 46.70%。其中,又以内蒙古最为突出,占到林地转出总面积的 31.25%,其后依次为贵州、四川、广西和云南四省区;同时林地退化形成的草地类型也是林地减少的另一个重要原因之一,本因子引起的林地减少在西部地区总林地减少中占 50.30%,以四川、贵州、云南和内蒙古较为突出。另外,因水利工程建设等占用林地现象在局部地区时有发生,但转出的林地面积在总量上并不明显。

林地面积转入原因分析 西部地区 5 年来共转入林地面积 $44.63 \times 10^4 \text{ hm}^2$,在草地上植树造林是林地面积增加的主要原因,占转入林地总面积的 74.76%。其中以云南、四川、新疆和内蒙古等省区植树造林面积较大。其次是退耕还林及耕地栽种经济林木,占转入林地总面积的 19.48%,以新疆、内蒙古等省份最为突出,分别达到 16800 hm^2 和 16100 hm^2 。青海由于土地利用/土地覆盖程度较低且经济林发展条件限制,没有耕地改为林地现象。

2.3.3 草地面积变化原因分析 西部地区草地转出总面积 $385.95 \times 10^4 \text{ hm}^2$,开荒是草地减少的主要原因之一,占到草地转出总量的 54.86%,以新疆、内蒙古两省区最为严重,分别占到 41.55% 和 41.95%;其次各省区荒山造林面积均有不同程度的增加,占到草地转出总量的 8.77%;同时也要看到,西地区由草地面积的减少换来的耕地面积的大量增加导致了局部地区草地生态系统的破坏,草地沙化严重,不可利用地面积增加了 $70.12 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占西部地区草地转入不可利用地面积的 29.80%。其中西北地区的内蒙古、宁夏和新疆草地沙化面积分别占 3 个自治区草地总转出量的 40.74%、15.87% 和 24.17%。

西部地区草地转入总面积 $266.29 \times 10^4 \text{ hm}^2$,转入的草地面积主要来自退耕还草还牧以及干旱、半干旱地区耕地沙化后肥力下降弃耕撂荒等因素形成的草地类型,占草地转入总量的 29.00%;同时对西北地区进行的沙地治理工作也初见成效,由不可利用地转成的草地面积占草地总转入量的 29.16%,其中内蒙古由沙地转成的草地面积占到不可利用地转成草地面积的 67.42%;与林地减少对应,由采伐迹地上形成的草地也是草地面积增加的重要原因之一,占到草地转入面积的 38.75%,主要发生在四川、云南、贵州和内蒙古等省区。另外,西北地区湖泊萎缩和沼泽枯竭形成的草地面积也是草地增加的因素之一,占到草地转入面积的 3.09%。

2.3.4 城镇建设用地面积变化原因分析 西部地区 5 年来城建用地面积增加了 $19.40 \times 10^4 \text{ hm}^2$,城建用地面积的增加是以耕地面积的大量减少做为代价。统计分析结果表明,由耕地转入城建用地的面积占到城建用地增加总量的 75.34%。如重庆、四川、云南、宁夏、陕西等省区耕地占用量分别占到各自区域城建用地增加面积的 91.55%、95.92%、89.66%、81.35% 和 84.70%。其次为草地转成的城建用地面积,占到城建用地增加量的 14.16%,这种现象在西北地区较为普遍。

2.3.5 不可利用地面积变化原因分析 西部地区 5 年来转出的不可利用地面积为 $72.70 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。对西北地区沙地治理的结果,使得增加的草地面积占不可利用地转出面积的 56.16%;其中内蒙古和新疆增加的草地面积分别占到各自区域不可利用地转出面积的 62.74% 和 39.47%;另外开发成为耕地的未利用地在总未利用地转出量中占 21.16%,增加的耕地面积仍集中分布于西北地区;由于西北地区河滩沙地和水库库区沙地被淹没变为水域,以及由此而引起的地下水位抬高,沙地变为沼泽地引起的沙地减少量占不可利用地转出量的 18.38%。另外新疆、甘肃和陕西 3 省区近年在风沙区种植灌木治理流沙以及在河滩地开发种植果树减少的沙地密集占总不可利用地减少量的 2.05%。

土地沙漠化、盐碱化是西部地区主要环境问题之一,其动态变化是西部干旱地区生态环境变化的一个最直接标志之一。西部地区由部分草地、耕地、林地和水域 4 种土地利用/土地覆盖类型退化后形成的不可利用地面积为 $96.98 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。与转出的不可利用地面积相比,增加了 $24.28 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。其中草地沙化造成不可利用地的增加面积为 $80.56 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占不可利用地转入面积的 83.07%。其中内蒙古和新疆 2 个自治区草地沙化面积占到西部地区草地沙化面积的 57.80% 和 29.69%,宁夏、青海也存在不同程度的草地沙化现象。其次由于油气资源开发和近年的连续干旱,西北部风沙区耕地弃耕沙化较为严重,耕地沙化面

积占沙地总增加量的 9.92%。另外内陆干旱区的土地盐碱化引起的沙地面积的增加也占到沙地总增加量的 5.7%。草地严重沙化以及土地盐碱化面积的不断扩大是导致西北地区生态环境不断恶化的主要根源。

2.4 遥感数据精度验证及评价

数据质量控制与质量保证是保障遥感数据具有客观性、准确性和可用性的关键。因此,本项目组内专门成立质量检查组,分别在数据加工处理的精度控制(包括数据库精度、定位精度、ETM+图像数据的影像质量)、地形图应用的质量控制、人机交互判读的质量控制、外业检查、验证和数据质量的评估等技术和管理的 5 个方面采取多种措施,严把质量关,使遥感调查结果达到应有的数据精度。

2.4.1 外业检查及验证 本次遥感调查过程中的外业检查、验证主要采纳了国家科技部重大科技项目《遥感、地理信息系统、全球定位系统技术综合应用研究》历经半年多所取得的外业检查成果,使本次西部遥感调查有了基础保障。外业调查累计行程 75271km,平均每省 2509km。共检查土地利用/覆盖类型的图斑 13300 个,正确 12358 个,平均判读正确率 92.92%(表 2)。

表 2 土地利用/土地覆被数据库修改前后的准确率比较

Table 2 The compare of fore-and-aft modification of the land use and cover database

项目 Item	耕地 Cultivated land	林地 Forest area	草地 Grassland	水域 Water area	城镇用地 Urban land	未利用地 Unused land	总合格率 Eligible ratio(%)
修改前外业 Fieldwork	94.94	90.13	88.16	96.32		95.72	92.92
修改后内业 Modified work	99.22	98.31	98.49	98.29	97.41	99.81	98.72
比较结果 Result	+4.28	+8.18	+10.33	+1.97	+1.69	+4.09	+5.80

经过外业实地检查,土地利用室内判读图斑总准确率在 90%以上的省、市、自治区共计 25 个,占 83.33%。其中耕地类型准确率在 95%以上的省、市、自治区共计 25 个,占 83.33%。城乡居民点和工矿建设用地准确率在 90%以上的省、市、自治区共计 27 个,占 93.10%;林地准确率在 90%以上的有 19 个,占 67.86%;草地准确率在 90%以上的有 14 个,占 53.85%。其余依次是水域和未利用土地。

2.4.2 数据质量的评估 数据加工过程中,质量检查组对西部各省级土地利用/土地覆被动态及更新成果进行包括图斑定性和图斑界线勾绘的准确程度检查。共获取全部 6 个一级类型的动态图斑 138746 个。结果表明,全国耕地、城镇类型动态图斑更新准确率分别为 99.1%和 98.9%,其它地类更新准确率在 96.9~98.9%之间,平均 97.71%。勾绘图斑界线的准确率 99.85%。

3 结论

对西部地区 6 种土地利用/土地覆盖类型动态变化进行了遥感调查比较分析,其中耕地及城建用地面积分别增加了 $120.65 \times 10^4 \text{hm}^2$ 和 $19.25 \times 10^4 \text{hm}^2$,比 1995 年增加了 2.41%和 1.36%;林地和草地面积分别减少 61.50 万 hm^2 和 119.65 万 hm^2 ,比 1995 年减少了 0.61%和 0.59%,水域面积增加 16.98 万 hm^2 ,比 1995 年增加 1.44%;不可利用土地增加 24.28 万 hm^2 ,比 1995 年增加 0.21%。以上分析结果表明,反映人类对自然生态系统干扰程度的耕地和城建用地面积均有所增加,而以反映生态环境质量较高的林地和草地覆盖率均有较大幅度的下降。同时,因生态环境恶化而未能利用的土地不断增加。因此,中国西部地区生态环境质量总体呈下降趋势。其土地利用/土地覆盖类型动态变化所带来的生态环境变化特点如下:

(1) 耕地增加以毁林、毁草为代价 西部地区农业耕地面积基本是以毁林、毁草的途径持续增加。其中毁林开荒面积占耕地增加量的 22.38%,毁草开荒面积占耕地增加量的 69.45%。同期退耕还林、还草等水土流失治理区域及生态恢复建设使得耕地变为草地面积仅为毁林、毁草开荒的 12.9%和 26.0%。其中以内蒙古、新疆和宁夏 3 个自治区面积增加最大,分别增加了 6.99%、8.74%和 6.02%,内蒙古、新疆虽开垦土地面积大,但撂荒弃耕数量大,生态恢复困难。

(2) 林地退化为草地和不可利用地,生态功能呈下降趋势 5a 间西部地区植树造林面积仅为毁林面积的 30%,同时毁林退化为草地面积占林地总减少量的 50.3%,退化为沙荒地面积占林地总减少量的 1.07%。采伐迹地植被恢复困难,森林生态系统功能下降。以西南地区的云南、贵州和四川最为典型,森林砍伐成为草地面积分别为 10.36 万 hm^2 、14.19 万 hm^2 和 9.04 万 hm^2 ,同期植树造林面积仅为 3.38 万 hm^2 、2.45 万 hm^2 和 0.69 万 hm^2 。

(3) 草地退化使生态系统更加脆弱 西部地区草地面积的增加一方面来自于退耕还草、还牧等生态恢复建设的结果,另一方面来自于西北地区耕地沙化、水土流失严重区域因肥力下降弃耕撂荒等因素使耕地成为草地的面积,该类草地覆盖度低下,极易沙化。整个生态系统形成了从林地耕地化、林地灌丛化、林地草地化、草地沙化的一个链锁过程,生态质量下降。

(4) 城市发展占用大量优质耕地、草地 城市建设用地的扩大是以耕地面积的缩小为代价,这种情况在自然环境条件较好的西南地区较为普遍。其次为草地转成的城建用地面积,占到城建用地增加量的 14.16%,这种现象在西北地区较为普遍。

References:

- [1] Adams J A, et al. Classification of multispectral images based on fractions of endmembers-application to land-cover change in the Brazilian

- Amazon. *Remote Sensing of Environment*, 1995, **52**:137~154.
- [2] Chen S P, Zhao Y S. *Geography analysis with remote sensing*. Beijing: Surveying and Mapping Press, 1990. 147~167.
- [3] Fresco L, Leemans R, et al. *Land use and cover change (LUCC) open science meeting proceedings*. Cartografic de Catalunya, 1997.
- [4] Meyer W B, Turner II B L. *Change in land use and land cover: A global perspective*. London: Cambridge University Press, 1994.
- [5] Gong P, Marceau D. A comparison of spatial feature extraction algorithms for land-use mapping with SPOT HRVdata. *Remote Sensing of Environment*, 1992, **40**:137~151.
- [6] Gong P, Howarth P J. Land-use classification of SPOT HRVdata using a cove-frequency method. *International Journal of Remote Sensing*, 1992, **13**(8):1459~1471.
- [7] Gopal, Sucharita, et al. Neural Network Classification of Global land Cover from a 1° AVHRR Data Set. *Remote Sensing of Environment*, 1999, **67**(2):230~243.
- [8] Muchoney D, Borak J, et al. Application of the MODIS global supervised classification model to vegetation and land cover mapping of Central America. *International Journal of Remote Sensing*, 1998, **21**(6):1115~1138.
- [9] Turner B L II, Shole D. Land-use and land-cover change: science/research plan. IGBP Report No. 35 and HDP Report No. 7. *Stockholm and Geneva*, 1995.
- [10] Serwan M, Baban J, et al. Mapping Land use/cover distribution on a mouritainous fropical island using remote sensing and GES. *International Journal of Remote Sensing*, 2001, **2**(10):1909~1918.
- [11] Saarchi S S, Nelsin B, et al. Mapping land cover types in the Amazon Basin using L Km JERS-1mosaic. *International Journal of Remote Sensing*, 2000, **21**(6):1201~1234.
- [12] Scott J M, Jennings M D. Large-area mapping of biodiversity. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 1998, **85**:34~47.
- [13] Loveland T R, Merchant J W. Development of a land-cover characteristics databaes for the conterminous U. S. *P E & Remote Sensing*, 1991, **57**: 1453~1463.
- [14] Riebsame W E, Parton W J, et al. Integrated modeling of land use and cover change. *Bioscience*, 1994, **44**(5):350~356.
- [15] Turner M G. *Land use changes and net primary production in the Georgia*. U. S. A. landscape, 1987. 1936~1982.
- [16] Davis F W, D M Stoms J E, et al. An information systems approach to the preservation of biological diversity. *Geographical information system*, 1990, **1**:55~78.
- [17] Skole D, Tucker C. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: satellite data from 1978~1988. *Science*, 1993, **260**:1905~1910.
- [18] Stoms D M, Estes J E. A remote sensing research agenda for mapping and monitoring biodiversity. *Remote Sensing*, 1993, **10**:1839~1860.
- [19] Liu J Y. *Macro-scale survey and dynamic study of natural resources and environment of China by remote sensing*. Chinese Scientific and Technical Press, 1996.
- [20] Xu G H. *Remote sensing theory and its technical application for renewable resources in the Three North Shelter forest region*. Beijing: China Forestry Publishing House, 1994. 43~45.
- [21] Shanghai Normal University, et al. *Physical geography of China*. Beijing: People Education Publishing House, 1979.
- [22] Liu J Y, Zhuang D F, et al. Land-cover classification of China: Analysis of AVHRR imagery and Geo-physical data. *International Journal of Remote Sensing*, 2003, **24**(12): 2485~2500.
- [23] Liu J Y, Liu M L, et al. The land-use and land -cover change database and its relative studies in China. *Journal of Geographical Sciences*, 2002, **12**(3):275~282.
- [24] Liu J Y, Liu M L, et al. Study on spatial pattern of land-use change in China during 1995~2000. *Science in China*, 2003, **46**(4): 373~384.
- [25] Liu J Y, Zhuang D F, et al. A study on the spatial-temporal dynamic changes of land-use and driving forces analyses of China in the 1990s. *Geographical Research*, 2003, **12**(1):1~12.

参考文献:

- [2] 陈述彭,赵英时. 遥感地学分析. 北京: 测绘出版社, 1990. 9~65.
- [19] 刘纪远,等. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1996. 1~119.
- [23] 刘纪远,刘明亮,邓祥征,等. 中国土地利用/土地覆盖变化数据库及相关研究. 2002, **12**(3):275~282.
- [24] 刘纪远,刘明亮,庄大方,等. 1995~2000年中国土地变化空间模型. 中国科学, 2003, **46**(4):373~384.
- [12] 刘纪远,张增祥,庄大方. 20世纪90年代我国土地利用变化时空特征及其成因分析. 地理研究, 2003, **22**(1):1~12.
- [20] 徐冠华. 三北防护林地区再生资源遥感的理论及其技术应用. 北京: 中国林业出版社, 1994. 43~45.