# 1999—2009 年青海省德令哈市土地利用/覆盖变化特征

任秀金，盖艾鸿，宋金蕊
（甘肃农业大学 资源与环境学院，甘肃 兰州 730070）

**摘　要**：以 1999 年的 ETM 数据和 2009 年的矢量数据为数据源，在 RS 和 GIS 技术的支持下，分析了青海省德令哈市 1999—2009 年土地利用/覆盖的时空变化特征，并借助马尔科夫模型，预测了德令哈市未来 20 a 的土地利用/覆盖演变趋势。结果表明，德令哈市土地利用类型以草地为主。在 1999—2009 年这 10 a 中，草地面积减少最多，减少部分主要退化成未利用地；未利用地减少面积仅次于草地，减少部分主要转化成林地；耕地减少面积位居第 3，减少部分主要转化成林地；林地增加面积最多，主要来自耕地和未利用地的转化；耕地的空间动态度最大，其次为林地。在未来 20 a 中，德令哈市耕地和草地的面积会持续减少，林地和建设用地的面积将继续增加。

**关键词**：土地利用/覆盖；空间动态；演变趋势；马尔科夫模型；德令哈市
**文献标识码**：A　　**文章编号**：1000-288X(2014)05-0248-06　　**中图分类号**：F301.24
DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.05.052

# Change Characteristics of Land Use/Cover in Delhi City of Qinghai Province from 1999 to 2009

REN Xiu-jin, GAI Ai-hong, SONG Jin-rui
(*College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu* 730070, *China*)

**Abstract**: Based on RS and GIS, taking the ETM data in 1999, vector data in 2009 as the data source, the temperal-spatial change characteristics of land use/cover of Delhi City in Qinghai Province from 1999 to 2009 were analyzed, and the evolution trend of land use/cover in the next 20 years was predicted with the Markov model. The results showed that, grass land was the main type of land use, the area of grassland reduced largestly, and the reduced area degenerated to unused land. The area of unused land reduced was next only to grassland, and the reduced area mainly transformed to woodland. The area of arable land reduced next to unused land, and the reduced area also mainly transformed to woodland. The area of woodland increased at most, mainly from the conversion of arable land and unused land. The degree of spatial dynamics of arable land was the biggest, followed by woodland. In the next 20 years, the area of arable land and grassland in Delhi City will continue to decrease, and woodland and construction land continue to increase.

**Keywords**: land use/cover; spatial dynamics; evolution trend; Markov model; Delhi City of Qinghai Province

土地利用/覆盖变化不仅客观记录了人类改变地球表面特征的空间格局，还再现了地球表面景观的时空动态变化过程[1]，自 1995 年，IGBP(国际地圈生物圈计划)和 HDP(国际全球环境变化人文因素计划)联合提出“土地利用/覆盖变化(land use and land coverage change, LUCC)”研究计划以来，土地利用/土地覆盖变化研究一直是全球环境变化研究的前沿与热点问题[2-4]。研究土地利用/覆盖的动态变化，有助于了解所研究区域的土地利用变化的机制，从而加强土地资源的合理开发和利用，改善区域生态环境，实现土地资源的可持续发展[5-6]。

随着西部大开发步伐的加快和柴达木循环经济区的建立，德令哈市作为青海省第 3 大城市，并且位于兰州—西宁—德令哈—格尔木发展轴线上，在未来区域发展中必然有较大的机遇，因此，本文借助 RS 和 GIS 技术，对 1999—2009 年德令哈市土地利用/覆盖变化特征进行分析，并利用马尔科夫模型对德令哈市未来 20 a 土地利用的动态演变过程进行了预

收稿日期：2013-08-19　　修回日期：2013-10-23
资助项目：海西州国土资源局“青海省海西州土地整治规划”(037-036164)
作者简介：任秀金(1987—)，女(汉族)，山东省德州市人，硕士研究生，研究方向为土地信息管理。E-mail:caddie2007@163.com。
通信作者：盖艾鸿(1967—)，男(汉族)，甘肃省平凉市人，博士，硕士生导师，副教授，主要从事遥感与地理信息系统方面的研究。E-mail:gaiah@gsau.edu.cn。

测,以期为德令哈市各级土地管理部门制定土地管理政策提供一定参考。

## 1　研究区概况

德令哈市是青海省海西蒙古族藏族自治州州政府所在地,位于柴达木盆地东北边缘,宗务隆山南麓,东临天峻县、乌兰县,南与都兰县相接,西与大柴旦毗邻,北临甘肃省,处于东经 96°15′—98°15′,北纬 36°55′—38°22′,是青海省东进西出,连接新疆、西藏、甘肃等广大西部地区的重要枢纽。境内地势北高南低,地形复杂,地貌多变,平均海拔 3 000 m,属典型的大陆性高原气候,干旱少雨,年平均降水量 140～190 mm,太阳辐射强,光照充足,日照率 72%。

2009 年末,德令哈市辖河东、河西、火车站 3 个街道办事处和怀头他拉镇、柯鲁柯镇、尕海镇 3 个镇以及蓄集乡,全市总人口 7.33 万人,其中城镇人口 29 167 人。汉族人口 52 677 人,少数民族人口 29 167人,少数民族人口中,蒙古族和藏族人口居多。2009 年末,全市完成地区生产总值 26.99 亿元。

## 2　数据来源及处理

### 2.1　数据来源

本研究采用的数据包括德令哈市 1999 年 ETM 遥感影像图、德令哈市全国第二次土地利用调查数据库,2009 年 1∶50 000 地形图以及 1996—2011 年德令哈市统计摘要等。

### 2.2　数据处理

为了减小遥感数据中存在的误差,提高数据的可判读性,首先,在 Erdas 9.2 系统中对数据影像进行投影变换、校正、重采样、数据融合以及图像增强处理,使控制点中误差在 1 个像元内。然后,根据土地资源分类标准[7],结合数据源特点和德令哈市的实际状况,将德令哈市土地利用分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用地。参照有关土地详查图件和外业调查数据,对预处理过的遥感影像进行监督分类,分类后再对同物异谱或者同谱异物的混淆部分进行人工目视解译,得到较为满意的结果,并对分类结果做聚类和去除分析。对 2009 年数据进行野外实地调查验证,正确率为 96.23%,1999 年的数据通过与相关历史资料对比,分析精度约为 86.59%,均满足土地利用分析精度(附图 12)。最后,把 shp 格式的图件转化成 img 格式,在 Erdas 9.2 系统中利用 Model 工具进行两幅影像的叠加(1999 年分类影像乘 10 加 2009 年分类影像[8]),将叠加结果转成 Caverage 数据后,在 ArcGIS 9.3 属性表中进行面积统计,得到德令哈市 1999—2009 年土地利用/覆盖类型转移矩阵(表 2)。

### 2.3　分析方法

运用数学统计分析与定量分析相结合的方法,从土地利用/覆盖数量变化、空间变化和状态指数变化 3 方面来定量分析德令哈市 1999—2009 年土地利用/覆盖变化特征,并引入马尔科夫模型对德令哈市未来 20 a 的土地利用格局进行预测。

## 3　结果分析

### 3.1　土地利用/覆盖数量变化

土地利用类型的数量可以反映研究区的土地利用结构,而土地利用类型在不同时期的数量变化又能直观的反映土地利用的总体趋势。通过对德令哈市 1999 和 2009 年两期影像的分类结果进行统计,得到德令哈市 1999 和 2009 年土地利用结构变化情况如表 1 所示。

表 1　1999－2009 年德令哈市土地利用结构变化

| 土地利用类型 | 1999 年 | | 2009 年 | | 变化面积/hm² | 年变化率/% |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 面积/hm² | 所占比例/% | 面积/ hm² | 所占比例/% | | |
| 耕 地 | 12 980.26 | 0.47 | 10 058.77 | 0.36 | －2 921.50 | －2.250 7 |
| 林 地 | 86 051.41 | 3.10 | 105 624.68 | 3.80 | 19 573.27 | 2.274 6 |
| 草 地 | 1 499 512.47 | 54.01 | 1 485 346.24 | 53.50 | －14 166.23 | －0.094 5 |
| 水 域 | 102 847.50 | 3.70 | 103 052.27 | 3.71 | 204.78 | 0.019 9 |
| 建设用地 | 6 209.60 | 0.22 | 6 571.74 | 0.24 | 362.14 | 0.583 2 |
| 未利用地 | 1 068 917.76 | 38.50 | 1 065 865.30 | 38.39 | －3 052.46 | －0.028 6 |

由附图 12 和表 1 可知,1999 年德令哈市的土地利用类型主要是草地和未利用地,分别占总面积的 54.01%和 38.50%,其次是水域,占总土地面积的 3.70%,建设用地比例最小,仅为 0.22%;由附图 12 和表 1 可知,2009 年德令哈市的土地利用的类型仍然是草地和未利用地为主,分别占总面积的 53.50%和 38.39%,说明德令哈市后备土地资源比较丰富;其次是林地,占总面积的 3.80%;所占比例最小的依

然是建设用地，比例为 0.24%，客观反映出德令哈市城镇化水平不高，城市基础设施相对落后的状况。

从土地利用结构变化上看，1999—2009 年这 10 a 中，林地的面积变化最大，增加了 19 573.27 $hm^2$，年变化率也最大，为 2.28%，说明林地在这 10 a 中急剧增长；草地的变化面积次之，减少了 14 166.23 $hm^2$，但年减少率不高，为 0.094 5%，说明草地在这 10 a 中变化相对缓慢，这是草地面积基数大的缘故；耕地面积减少了 2 921.50 $hm^2$，建设用地面积增加了 362.14 $hm^2$，在这 6 类土地利用类型变化面积中分别排第 4 和第 5 位，但是耕地年减少率为 2.250 7%，仅次于林地，排第 2 位，建设用地年增加率为 0.583 2%，居第 3 位，说明这 10 a 中，耕地数量的减少程度和建设用地的增加程度比较剧烈；水域的变化面积最小，年变化率也最低。产生这种土地利用结构变化的原因，一方面是 2000 年以来，西部大开发政策和青海省退耕还林(草)工程的实施以及柴达木循环经济园的建立，都在一定程度上改变了德令哈市的土地利用结构，另一方面，沙化、自然灾害等自然原因和草场过度放牧、开垦等人为因素也是德令哈市土地利用结构变化不可忽视的因素。

### 3.2 土地利用/覆盖空间变化

3.2.1 *土地利用/覆盖类型转化过程* 为了更好的分析土地利用/土地覆盖格局的时空演变过程，通过转移矩阵可以定量说明土地利用/覆盖类型的转化方向[9-11]，德令哈市 1999—2009 年土地利用类型转化过程见表 2。

结合表 2，从转出方向分析可以得出：1999—2009 年，转出面积最多的是未利用地，转出面积 17 844.52 $hm^2$，主要转化成林地，转出面积 15 327.85 $hm^2$ 占未利用地转出面积的 85.9%，说明德令哈市在这 10 a 中封山育林、荒山荒地造林成效显著[12]；其次转化成耕地，转出面积 1 502.34 $hm^2$，占未利用地转出面积的 8.42%，这是因为 2005 年以来，德令哈市实施了一些土地整理项目，适度开发了部分宜耕未利用地。草地转出面积 14 893.92 $hm^2$，仅次于未利用地的转出面积，主要转化成未利用地，一方面是因为德令哈市荒漠面积比较大，且气候干燥，风沙频繁，导致草地沙化，另外，过度放牧和病虫害也加剧了草地的退化[13-14]。耕地转出面积 4 996.95 $hm^2$，排名第 3 位，主要转化为林地，这主要是政府实行“退耕还林(草)”政策的结果。从转入方向分析可以得出：林地的转入面积最大，为 20 201.40 $hm^2$，主要来自未利用地，占林地转入面积的 75.88%，其次来自耕地 4 836.94 $hm^2$，占林地转入面积的 23.94% ，这是德令哈市实施退耕还林、封山造林的结果[15]。未利用地的转入面积为 14 792.06 $hm^2$，次于林地，主要来自草地的退化。建设用地的转入面积最小，为 435.33 $hm^2$，主要来自草地和未利用地，这是因为德令哈工业园区和一些农村居民点占用的主要是牧草地和撂荒地。

表 2 1999－2009 年德令哈市土地利用/覆盖类型转移面积 $hm^2$

| 项目 | | 2009 年 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 耕地 | 林地 | 草地 | 水域 | 建设用地 | 未利用地 | 合计 |
| 1999 年 | 耕地 | 7 983.31 | 4 836.94 | 72.24 | 0.09 | 64.71 | 22.97 | 12 980.26 |
| | 林地 | 61.44 | 85 423.28 | 179.38 | 1.35 | 15.72 | 370.24 | 86 051.41 |
| | 草地 | 284.59 | 22.68 | 1 484 618.55 | 9.09 | 206.13 | 14 371.43 | 1 499 512.47 |
| | 水域 | 220.28 | 11.18 | 7.87 | 102 598.00 | 3.60 | 6.57 | 102 847.50 |
| | 建设用地 | 6.81 | 2.75 | 41.61 | 1.17 | 6 136.41 | 20.85 | 6 209.60 |
| | 未利用地 | 1 502.34 | 15 327.85 | 426.59 | 442.57 | 145.17 | 1 051 073.24 | 1 068 917.76 |
| | 合计 | 10 058.77 | 105 624.68 | 1 485 346.24 | 103 052.27 | 6 571.74 | 1 065 865.30 | 2 776 519.00 |

3.2.2 *土地利用变化空间动态度* 为了更直观的反映研究区土地利用的空间变化，本研究引入单一土地利用空间动态度和综合土地利用空间动态度。

单一土地利用空间动态度 $R_{ss}$[16] 的表达式如下：

$$R_{ss}=\frac{\Delta U_{\text{in}}+\Delta U_{\text{out}}}{U_a}\times\frac{1}{T}\times 100\% \quad (1)$$

式中：$\Delta U_{\text{in}}$——研究时间段 $T$ 内其他土地类型转变为该土地类型的面积之和($hm^2$)；$\Delta U_{\text{out}}$——研究时间段 $T$ 内某一土地类型转变为其他土地类型的面积之和($hm^2$)；$U_a$——研究初期某一土地利用类型的面积($hm^2$)。

综合土地利用空间动态度 $R_{ts}$[17] 的表达式如下：

$$R_{ts}=\frac{\sum_{i=1}^{n}(\Delta U_{\text{in}-i}+\Delta U_{\text{out}-i})}{2\sum_{i=1}^{n}U_{\text{ai}}}\times\frac{1}{T}\times 100\% \quad (2)$$

式中：$\Delta U_{in-i}$——研究时间段 $T$ 内其他土地类型转变为 $i$ 土地类型的面积之和($hm^2$)；$\Delta U_{\text{out}-i}$——研究时间段 $T$ 内 $i$ 土地类型转变为其他土地类型的面积之和($hm^2$)；$U_{ai}$——研究初期 $i$ 土地利用类型的面积($hm^2$)。

通过表 2 计算出德令哈市 1999—2009 年土地利用变化空间动态度(表 3)。

表 3　1999－2009 年德令哈市土地利用变化空间动态度　%

| 土地利用类型 | 单一土地利用空间动态度 $R_s$ | 综合土地利用空间动态度 $R_s$ |
|---|---|---|
| 耕 地 | 5.45 | 0.14 |
| 林 地 | 2.42 | |
| 草 地 | 0.10 | |
| 水 域 | 0.07 | |
| 建设用地 | 0.82 | |
| 未利用地 | 0.31 | |

由表 3 可知,耕地的空间动态度最大,为 5.45%,其次是林地,为 2.42%,水域的空间动态度最小,为 0.07,说明在这 10 a 中,相较于其他土地利用类型,耕地和林地这两种土地利用类型输入和输出转化频繁,而水域的变化则相对稳定。德令哈市 1999—2009 年的综合土地利用空间动态度为 0.14%,整体上变化不是很明显。

### 3.3　马尔科夫模型预测

马尔科夫模型是基于 Markov 过程理论而形成的预测事件发生概率的一种方法,常用于具有无后效性特征地理事件的预测[18],即每次状态的转移都只与前一时刻的状态有关,而与过去的状态无关[19-21]。在实际应用中,土地利用类型动态演变具有马尔科夫过程的特点:(1) 一定区域内,不同的景观类型具有相互转化的可能。(2) 各类型之间的转化过程有一些难以用函数关系准确描述的事件[18]。土地利用类型预测结果的精确度主要受马尔科夫转移概率矩阵的影响[18-21],而土地利用类型之间相互转化的面积或者比例即为转移概率,表达式如下:

$$P(t)=P(t-1)P_{ij}=P(0)^{T}P_{ij}^{(n)} \tag{3}$$

$$P_{ij}=\frac{A_{ij}}{A_i} \tag{4}$$

式中:$P(t)$——将来 $t$ 时的土地利用类型的状态概率向量;$P(0)$——某种土地利用类型的初始状态矩阵;$P_{ij}$——土地利用类型 $i$ 转变为 $j$ 的转移概率向量;$A_{ij}$——土地利用类型 $i$ 转化为土地利用类型 $j$ 的面积($hm^2$);$A_i$——土地利用类型 $i$ 在研究时间段内的初始面积($hm^2$);$n$——初始时刻到 $t$ 时刻的转移次数。

在本文中,将 1999 年德令哈市各土地利用类型所占的面积比作为初始状态矩阵[22],即 $P(0)=[0.36\quad 3.80\quad 53.50\quad 3.71\quad 0.24\quad 38.39]$;将表 2 中数据代入公式(4),求得转移概率矩阵(表 4)。

根据马尔科夫预测模型的相关理论,以 1999 年为初始状态向量,2009 年为一级状态向量,在保持现有的土地利用政策和当前人类干扰活动不变的情况下[22-23],以 10 a 为步长,在 Matlab 7.1 的支持下,预测德令哈市 2019 和 2029 年的各土地利用类型的面积变化(表 5)。

表 4　1999－2009 年德令哈市土地利用/覆盖类型转移概率矩阵

| 土地利用类型 | 耕 地 | 林 地 | 草 地 | 水 域 | 建设用地 | 未利用地 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 耕 地 | 0.615 0 | 0.372 6 | 0.005 6 | 0.000 0 | 0.005 0 | 0.001 8 |
| 林 地 | 0.000 7 | 0.992 7 | 0.002 1 | 0.000 0 | 0.000 2 | 0.004 3 |
| 草 地 | 0.000 2 | 0.000 0 | 0.990 1 | 0.000 0 | 0.000 1 | 0.009 6 |
| 水 域 | 0.002 1 | 0.000 1 | 0.000 1 | 0.997 6 | 0.000 0 | 0.000 1 |
| 建设用地 | 0.001 1 | 0.000 4 | 0.006 7 | 0.000 2 | 0.988 2 | 0.003 4 |
| 未利用地 | 0.001 4 | 0.014 3 | 0.000 4 | 0.000 4 | 0.000 1 | 0.983 3 |

表 5　2019 和 2029 年德令哈市各土地利用类型面积变化　%

| 土地利用类型 | 耕 地 | 林 地 | 草 地 | 水 域 | 建设用地 | 未利用地 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2019 年 | 0.296 6 | 4.455 8 | 52.997 7 | 3.716 5 | 0.248 9 | 38.280 7 |
| 2029 年 | 0.257 8 | 5.081 7 | 52.501 4 | 3.722 9 | 0.257 5 | 38.171 1 |

由表 5 可知,在未来 20 a,德令哈市 6 种土地类型中,耕地、草地和未利用地仍有下降的趋势,林地和建设用地会不断增加,而水域基本保持不变。建议有关部门应采取有关措施,切实加强耕地和草地的保护,适度开发未利用地,合理控制城市建设用地的规模,确保德令哈市健康可持续发展。

## 4　土地利用与覆盖变化的驱动力分析

驱动力是导致土地利用方式和目的发生变化的主要自然因素和社会经济因素[24]。自然因素是人类一切活动的前提,主要包括地质、地貌、土壤、植被、气候和水文等方面的因素。社会经济因素是基于这一前提所发生的人类的社会经济行为[25]。

### 4.1 自然因素

自然环境是人类一切活动发生的场所，不同的自然条件下适宜人类社会活动的方式是不同的[25]。德令哈市位于柴达木盆地东北边缘，宗务隆山南麓，平均海拔 2 980 m，地势北高南低，境内地形以平原、丘陵、高山为主。全市属于典型的高原大陆性气候，干旱少雨，降水量少而蒸发量较大。气温较低，温差日变化大，无霜期短，霜冻、干旱等灾害性天气频繁。土壤有机质含量低，土壤中普遍含盐、偏碱。植被主要为荒漠植被和草甸植被。生态环境脆弱，病虫灾害严重，草地退化和土地沙漠化现象严重[26-28]。

### 4.2 经济和社会发展因素

4.2.1 *城市化与经济发展速度的加快* 城市化水平和经济发展速度是影响土地利用结构变化的主导因素，城市化和经济发展速度的加快，使城市规模不断扩大，这必然导致工矿企业、城市建设及交通建设用地需求不断增加，同时要占用大量的其他类型土地。

2009 年德令哈市国内生产总值为 26.99 亿元，比 1999 年增加了 22.94 亿元，10 a 间增加了 5 倍；总人口由 1999 年的 5.65 万人增加到 2009 年的 7.23 万人，城镇人口由 1999 年的 3.13 万人增加到 2009 年的 4.27 万人，城市化水平由 55%提高到 60%。同一时期城市建设用地迅速的扩张，占用了一部分耕地、草地和未利用地。另外，城市的扩展，在某种程度上也破坏了生态环境，使某些土地趋向荒漠化。

4.2.2 *宏观政策的影响因素* 德令哈市是 1988 年经国务院批准，在原德令哈镇的基础上建立起来的县级市，起步较晚，市政设施基础较差，并且由于没有总体规划，乱建、乱占现象比较严重。1989 年德令哈人民政府成立，立即着手编制《德令哈市城市总体规划》，并于 1900 年开始实施，在很大程度上引导了德令哈市的发展。1999 年以来，随着西部大开发战略的实施，国家在投资项目、税收政策和财政转移支付等方面加大对西部的支持，逐步建立起长期稳定的西部开发资金渠道，尤其是 2005 年，国家把柴达木循环经济区列入“十一五”规划，建立了以两碱化工、锶化工、新型建材产业为主的德令哈市工业园区，导致城镇建设用地和交通用地规模迅速扩张。与此同时，《青海省“退耕还林(草)”总体规划(2002—2010 年)》的实施，促使了德令哈市各种土地类型面积的相互转化。

## 5 结论

本文利用 Erdas 9.2 和 ArcGIS 9.3 软件对德令哈市 1999 年遥感影像数据和 2009 年矢量数据进行处理，分析了 1999—2009 年德令哈市土地利用/覆盖变化特征，并采用马尔科夫预测模型预测了德令哈市未来 20 a 的土地利用/覆盖类型格局。

(1) 从土地利用/覆盖数量变化情况来看，1999—2009 年德令哈市土地利用/覆盖面积变化最大的是林地，年增长率也最大；其次是草地，呈减少状态，但是年减少率偏低；耕地和建设用地的面积变化位于 4，5 位，但是年变化率居第 2 和第 3 位；水域的面积变化和年变化率都最小。

(2) 从土地利用/覆盖空间变化情况来看，1999—2009 年这 10 a 中，几乎各个地类都发生了转化，其中：转出面积最大的是未利用地，其次是草地，耕地居第 3 位；转入面积最大的是林地，其次是未利用地，耕地排名第 3 位。单一土地利用空间动态度排行为：耕地＞林地＞建设用地＞未利用地＞草地＞水域。

(3) 通过马尔科夫模型预测德令哈市未来 20 a 的土地利用/覆盖变化趋势：林地和建设用地将持续增长，且耕地和草地减少幅度较大，因此，为了实现德令哈市土地资源可持续利用，建议相关部门在未来的土地管理中，采取保护耕地和草地的措施，适当加大宜农未利用地的开发，严格规范城乡建设用地。

[ 参 考 文 献 ]

[1] 杜子璇，刘忠阳，陈怀亮，等. 1993—2003 年郑州市土地利用/覆被变化特征研究[J]. 气象与环境科学，2007，30(1)：49-50.

[2] 张连民，毛任钊，翟正丽，等. 基于 RS 与 GIS 的石家庄市区土地利用/土地覆被变化研究[J]. 干旱地区农业研究，2008，26(6)：246-247.

[3] 胡光印，董治宝，王文丽，等. 近 30 a 玛曲县土地利用/覆盖变化监测[J]. 中国沙漠，2009，29(3)：457-458.

[4] 张华，张勃. 国际土地利用/覆盖变化模型研究综述[J]. 自然资源学报，2005，20(3)：422-423.

[5] 李彩霞，孙虎. 大同市土地利用/覆盖动态变化研究[J]. 土壤通报，2010，41(2)：282-283.

[6] 吴莉，侯西勇，许新良，等. 山东沿海地区土地利用和景观格局变化[J]. 农业工程学报，2013，29(5)：207-208.

[7] 田光进，庄大方，刘明亮. 近 10 年中国耕地资源时空变化特征[J]. 地球科学进展，2003，18(1)：31-32.

[8] 莫宏伟. 基于 GIS 的关中地区土地利用变化及土地生态安全动态研究[D]. 西安：陕西师范大学，2010.

[9] 吴琴，常庆瑞，刘梦云，等. 基于 TM 影像的黄陵县土地利用变化动态监测[J]. 干旱地区农业研究，2008，26(3)：243-244.

[10] 尹黎明，卢玉东，潘剑君. 基于 RS 和 GIS 的南川市土地利用/覆盖变化研究[J]. 土壤，2006，38(2)：177-178.

[11] 周兴东,于胜文,赵长胜. 徐州市土地利用/覆盖动态变化分析[J]. 测绘通报,2008(1):34-35.
[12] 王永莉. 青海省德令哈地区造林绿化节水技术[J]. 中国城市林业,2012,10(4):50-52.
[13] 魏生柱. 德令哈市草地利用现状及对策[J]. 青海草业,2010,19(2):15-30.
[14] 才仁. 德令哈市人工草地发展情况调查[J]. 青海草业,2010,19(2):35-38.
[15] 王海秀. 德令哈市退耕还林发展现状、存在问题及对策[J]. 防护林科技,2009,91(4):80-81.
[16] 陈文波,崔丽娟,赵小汎. 江西新建县土地利用时空动态特征分析[J]. 应用生态学报,2006,17(5):873-877.
[17] 罗格平,周成虎,陈曦. 干旱区绿洲土地利用与覆被变化过程[J]. 地理学报,2003,58(1):63-72.
[18] 刘淑燕,余新晓,李庆云,等. 基于 CA-Markov 模型的黄土丘陵区土地利用变化[J]. 农业工程学报,2010,26(11):297-303.
[19] 徐春迪. 基于 GIS 和 RS 技术宝鸡市金渭两区土地利用变化及趋势分析[J]. 干旱地区农业研究,2009,27(5):242-243.
[20] 黎治华,高志强,高炜,等. 中国 1999—2009 年土地覆盖动态变化的时空特点[J]. 农业工程学报,2011,27(2):315-316.
[21] 周秋文,苏维词,陈书卿. 基于景观指数和马尔科夫模型的铜梁县土地利用分析[J]. 长江流域资源与环境,2010,19(7):770-776.
[22] 白晓娟,赵雨森. 基于 RS 与 GIS 的哈尔滨市土地利用格局演变及其预测研究[J]. 林业资源管理,2010(2):103-106.
[23] 陈楠,杨武年,韩丽,等. 四川省广安市土地利用/覆盖遥感动态变化研究[J]. 地理空间信息,2011,9(6):96-98.
[24] 王莉,卫海燕,凤鹏,等. 基于遥感影像的西安地区土地利用变化分析[J]. 资源开发与市场,2010,26(7):589-592.
[25] 江晓波,孙燕,周万村,等. 基于遥感与 GIS 的土地利用动态变化研究[J]. 长江流域资源与环境,2003,12(2):130-136.
[26] 赵串串,董旭,辛文荣,等. 柴达木盆地土地沙漠化现状分析与治理对策研究[J]. 水土保持通报,2009,29(1):196-199.
[27] 张学元. 青海高寒地区沙化土地治理途径的研究[J]. 中南林业调查规划,2006,25(3):11-22.
[28] 孟新星. 德令哈地区生态建设规划与模式探讨[J]. 中国农业信息,2011(7):101-102.

(上接第 247 页)

[5] 车涛,李新. 1993—2002 年中国积雪水资源时空分布与变化特征[J]. 冰川冻土,2005,27(1):64-67.
[6] Waldner P A, Schneebeli M. Effect of snow structure on water flow and solute transport [J]. Hydrological Processes, 2004,18( 7):1271-1290.
[7] 唐克丽,史立人,史德明,等. 中国水土保持[M]. 北京:科学出版社,2004:146-150.
[8] Martínez-Casasnovas J A, Ramos M C, Ribes-Dasi M. Soil erosion caused by extreme rainfall events: Mapping and quantification in agricultural plots from very detailed digital elevation models [J]. Geoderma, 2002,105(1/2):125-140.
[9] 焦剑,谢云,林燕,等. 东北地区融雪期径流及产沙特征分析[J]. 地理研究,2009,28(2):233-243.
[10] Zuzel J F, Allmaras R R, Greenwalt R. Runoff and soil erosion on frozen soils in northeastern Oregon[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1982,37(6):351-354.
[11] 王鹏,穆振侠. KM 河流域融雪径流与积雪面积—气温关系分析[J]. 水资源与水工程学报,2013,23(4):28-31.
[12] 孟令钦,李勇. 东北黑土区沟蚀研究与防治[J]. 中国水土保持,2009(12):40-42.
[13] 范昊明,武敏,周丽丽,等. 融雪侵蚀研究进展[J]. 水科学进展,2013,24(1):146-152.