

# 青海湟水流域植被覆盖度时空变化分析

王兮之<sup>1</sup>, 陆 龙<sup>2</sup>, 梁钊雄<sup>1</sup>

(1. 佛山大学 资源环境系, 广东 佛山 528000; 2. 兰州工业研究所, 兰州 730050)

**摘 要:** 利用 2001–2009 年的 MODIS 遥感数据与归一化植被指数的像元二分模型, 并结合湟水流域的地形特征数据, 分析流域内植被覆盖度时空变化动态特征。结果表明: 湟水流域的植被覆盖度空间分布差异十分显著, 基于地形特征的脑山区 (69.47%)、浅山区 (56.46%) 和川水区 (45.43%) 植被覆盖度地带性特点明显; 近 9 年来湟水流域总体植被覆盖度略有下降, 尤其是高植被覆盖度减少了 17.23%, 而较高植被覆盖度增加了 12.15%; 脑山区的高植被覆盖度与较高植被覆盖度之间转换剧烈, 浅山区的各级植被覆盖度都相对稳定, 川水区的中植被覆盖度与较低植被覆盖度之间转换明显。

**关键词:** 植被覆盖度; NDVI; MODIS; 湟水流域

中图分类号: X171.4

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)06-0172-05

## Analysis on Temporal-spatial Change of Vegetation Coverage in Huangshui Watershed

WANG Xi-zhi<sup>1</sup>, LU Long<sup>2</sup>, LIANG Zhao-xiong<sup>1</sup>

(1. Department of Resources and Environment, Foshan University, Foshan, Guangdong 528000, China;

2. Lanzhou Industry Research Institute, Lanzhou 730050, China)

**Abstract:** Using the 250 m resolution of MODIS-NDVI data from 2001 to 2009, as well as combining with di-midiate pixel model and terrain data of Huangshui watershed, the characteristics of dynamic changes of vegetation cover were analyzed in the past 9 years in this paper. Results showed that spatial pattern vegetation cover was obviously different of whole watershed. Based on terrain feature, vegetation coverage had obvious eco-geographical distribution characteristics of high mountain region (69.47%), middle mountain region (56.46%) and loess hill region (45.43%). The average vegetation coverage of the whole area was slightly decreased over the last 9 years. The high vegetation coverage decreased by 17.23%, and upper vegetation coverage increased by 12.15%. Analyzing spatial changing characteristics of vegetation cover in the whole study area, we can see that most sharply transforms were represented between high and upper vegetation coverage in high mountain region, relative stabilization of middle mountain region, also obviously transform of loess hill region.

**Key words:** vegetation coverage; NDVI; MODIS; Huangshui watershed

植被覆盖度是指植被在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比<sup>[1-2]</sup>, 它反映了地表植被分布规律, 对探讨植被分布影响因子, 分析评价区域生态环境, 及时准确地掌握植被动态变化至关重要, 也是评价环境生态条件优劣的一个主要指标。近年来随着遥感对地观测技术的发展, 应用遥感数据估算大范围的植被覆盖度得到广泛应用。像元二分法就是通过建立植被覆盖度和全植被覆盖、纯土壤覆盖之间的关系模型来计算植被覆盖度的方法。相关研究表明,

即使不经过大气纠正, 利用此模型也可以对植被动态变化做出可靠的估算<sup>[3-4]</sup>。MODIS 卫星数据空间分辨率较高, 时间分辨率高, 实时性强, 成像范围大, 资源来源均匀、连续, 获取成本低, 在宏观区域植被覆盖研究中更具优势<sup>[5]</sup>。本文利用 2001–2009 年 250 m 分辨率的 MODIS-NDVI 数据与地形特征数据, 对湟水流域的植被覆盖度时空变化进行分析, 研究结果将有助于了解该流域植被覆盖动态变化及生态环境响应, 为湟水流域生态环境评价以及流域水资源综合

收稿日期: 2010-05-28

资助项目: 国家自然科学基金项目 (31070426)

作者简介: 王兮之 (1971–), 男, 甘肃省兰州市人, 博士, 副教授, 主要研究流域生态学。E-mail: Wangxizhi71@163.com

管理和可持续发展提供决策支持。

## 1 流域概况

湟水河是青海省东北部最主要河流,也是黄河上游的最大支流。该流域位于北纬  $36^{\circ}20' - 38^{\circ}25'$ , 东经  $100^{\circ}42' - 103^{\circ}15'$ , 流域面积  $32\,900\text{ km}^2$ , 海拔  $5\,197 \sim 1\,578\text{ m}$ , 属青藏高原与黄土高原过渡地带。湟水流域西起日月山,与青海湖内陆水系相接;北依祁连山,和河西走廊内陆水系相邻;南以拉脊山为界,与黄河干流水系相邻;东连甘肃省黄河支流庄浪河水系。大地构造属祁连山褶皱带,地质条件复杂,水系分布独特,由西北向东南走向的祁连山、达坂山和拉脊山三条平行的山脉和其间的两条谷地组成了湟水干流和支流大通河<sup>[6]</sup>(图 1)。湟水干流与大通河形成了两种截然不同的自然景观共处于一个流域的独特格局。

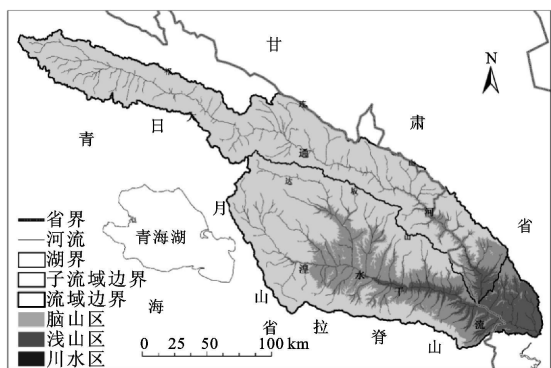


图 1 湟水流域位置图

湟水流域内由于相对高差大,气温、降水、植被、土壤随地形、海拔高度的不同有明显的差异。当地根据地形、气候、土壤、植被及农业特点不同分为 3 种地貌单元,即脑山区、浅山区和川水区,脑山区属半湿润区,浅山区和川水区属半干旱地区。脑山区约占流域面积的  $2/3$ ,植被较好,局部山坡伴生天然林木,放牧草场占有很大比重;浅山区地表黄土覆盖,植被稀少,水土流失严重,川水区为干流的河谷地带,一般由多级阶地构成,村庄、工厂、公路、农田多分布于 II—IV 级阶面上,气候温和,耕作历史悠久,灌溉设施较为完善,作物产量较高<sup>[7]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 数据处理

根据 SRTM(分辨率为  $90\text{ m}$ )地形数据并借助 ArcGIS 的水文分析模块功能,确定湟水流域及其子流域边界。基于流域的地形特征划分研究区为脑山区( $2\,700\text{ m}$  以上)、浅山区( $2\,200 \sim 2\,700\text{ m}$ )与川水区( $2\,200\text{ m}$  以下)<sup>[8]</sup>的分布和范围(图 1)。

遥感数据采用美国 LPDAAC (Land Process Dis-

tributed Active Archive Center) 提供的 MODIS 植被指数产品 MOS13Q1,该数据为  $250\text{ m}$  分辨率的  $16\text{ d}$  合成植被指数(NDVI)。NDVI 对于叶绿素含量比较敏感,更好地反映植被的冠层结构<sup>[9]</sup>,本研究使用了 2001—2009 年 8 月共计 9 个时相的 NDVI 数据。

### 2.2 植被覆盖度估算

利用像元二分模型估算植被覆盖度。采取基于 NDVI 的像元二分模型法反演植被覆盖度,即假定每个像元所对应的地表单元上仅存在两种覆盖类型,分别是植被和背景裸地,每个像元的归一化植被指数 NDVI 是植被和裸地所对应的 NDVI 值的加权和,而其权值即为这两种覆盖类型在像元内的面积百分比。由此得出植被覆盖度的计算公式<sup>[4]</sup>:

$$F_c = (\text{NDVI} - \text{NDVI}_{\min}) / (\text{NDVI}_{\max} - \text{NDVI}_{\min}) \quad (1)$$

式中:  $F_c$ ——所求的植被覆盖度; NDVI——像元的归一化植被指数。  $\text{NDVI}_{\min}$ ——纯裸地覆盖像元的最小值,理论上应该接近于零;  $\text{NDVI}_{\max}$ ——纯植被覆盖像元的最大值,理论上应该接近于 1。实际应用中  $\text{NDVI}_{\min}$  和  $\text{NDVI}_{\max}$  都是从 MODIS 数据获取的,式(1)中的  $\text{NDVI}_{\min}$  和  $\text{NDVI}_{\max}$  分别为研究区内 NDVI 的最小值和最大值。

将计算得到的植被覆盖度按照以下标准分级: I 级(低植被覆盖度):  $0 \sim 20\%$ ; II 级(较低植被覆盖度):  $20\% \sim 40\%$ ; III 级(中植被覆盖度):  $40\% \sim 60\%$ ; IV 级(较高植被覆盖度):  $60\% \sim 80\%$ ; V 级(高植被覆盖度):  $80\% \sim 100\%$ 。进行分级处理,获得湟水流域的植被覆盖度分级图,并基于流域和地形特征统计与分析研究区内植被覆盖度时空变化情况。

## 3 结果分析

### 3.1 流域植被覆盖度

根据湟水流域的地形特征,分别统计计算流域内不同子流域和不同地形区域的植被平均覆盖度及空间分布变化,如表 1、图 2 所示。

植被覆盖度统计结果表明,湟水流域 2001 年植被平均覆盖度为  $68.77\%$ , 2009 年为  $65.07\%$ ,从 2001—2009 年植被覆盖度略有起伏但总体呈下降趋势;大通河和湟水干流的植被平均覆盖度变化趋势与整个流域一致,但大通河流域的植被平均覆盖度比湟水干流植被平均覆盖度大约高  $1\% \sim 6\%$ 。流域内基于地形特征的不同区域的植被平均覆盖度差异显著,脑山区、浅山区和川水区 9 a 的平均覆盖度分别为  $71.87\%$ 、 $57.54\%$  和  $42.79\%$ ,脑山区和浅山区的植被平均覆盖度总体呈下降趋势,而川水区的植被平均覆盖度总体略有增加。

表 1 2001- 2009 年湟水流域植被平均覆盖度统计

流域	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	2008 年	2009 年
大通河	70.57	66.92	72.72	65.32	68.27	69.82	67.23	68.89	65.85
湟水干流	67.29	60.71	70.88	61.65	66.06	65.01	65.59	68.21	64.44
湟水河	68.77	63.54	71.68	63.30	67.05	67.19	66.30	68.49	65.07
脑山区	74.11	69.23	76.40	68.68	72.17	73.33	70.66	72.74	69.47
浅山区	59.19	52.19	63.54	53.43	58.32	55.26	58.57	60.94	56.46
川水区	42.73	38.25	48.02	37.53	40.99	39.15	44.83	48.15	45.43

湟水流域 2001- 2009 年植被覆盖度空间分布及变化情况(图 2) 结合图 1 所示可知, 流域内高植被覆盖度与较高植被覆盖度主要分布在大通河中、上游河流两岸和湟水干流上游各支流水源区; 中度植被覆盖度与较低植被覆盖度主要分布在大通河上游与出水

口附近以及湟水干流中下游地区; 低植被覆盖度主要分布在大通河中游的最北部。脑山区以高植被覆盖度与较高植被覆盖度为主, 浅山区以中植被覆盖度与较高植被覆盖度为主, 川水区以中植被覆盖度与较低植被覆盖度为主。

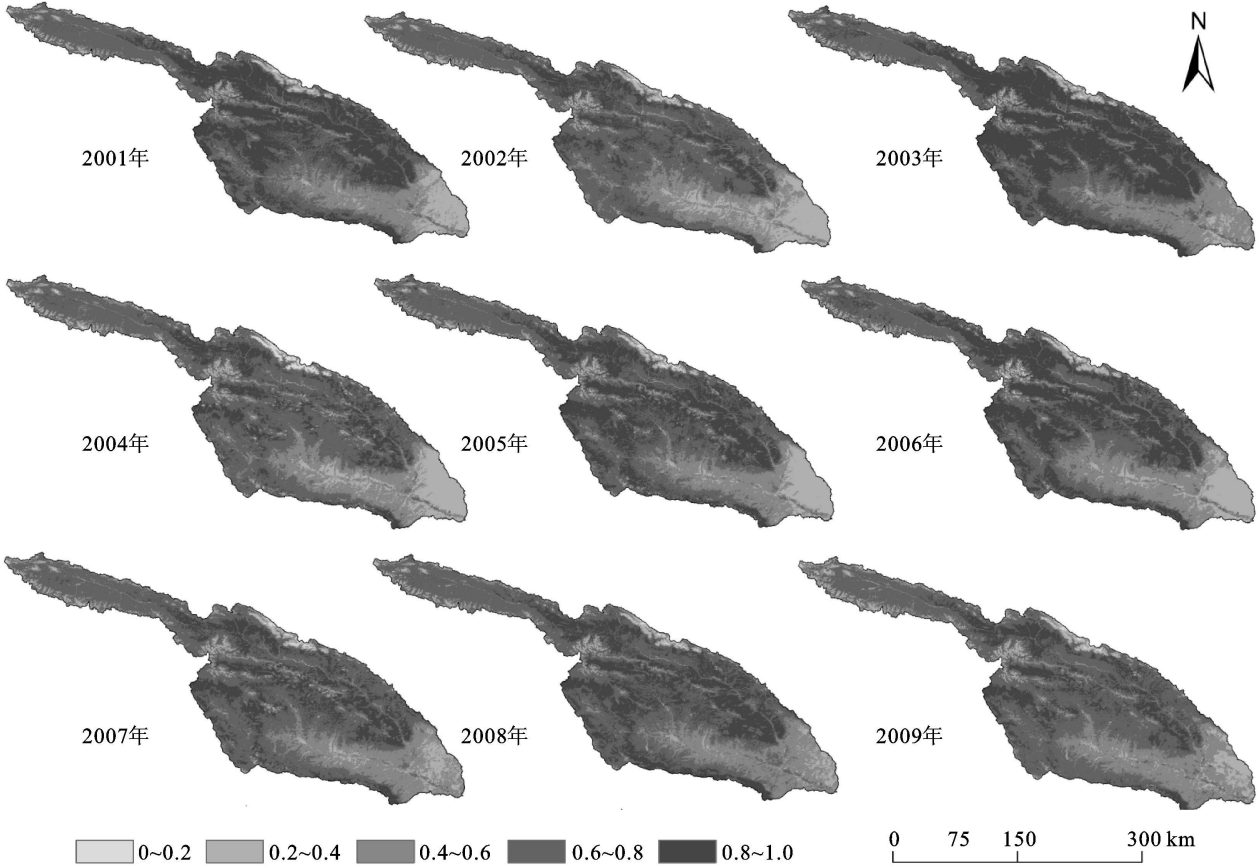


图 2 2001- 2009 年湟水流域植被覆盖度变化

3.2 流域植被覆盖度变化

3.2.1 湟水流域植被覆盖度变化 湟水流域以较高植被覆盖度、高植被覆盖度和中植被覆盖度为主, 9 a 的平均植被覆盖度分别占整个流域的 46.78%、23.75% 和 20.38%, 而低植被覆盖度和较低植被覆盖度共占 9.09%。流域 2001- 2009 年植被覆盖度变化如图 3 所示, 9 a 来较高植被覆盖度与高植被覆盖度的数量变化剧烈, 高植被覆盖度呈明显较少趋势, 而较高植被覆盖度增加显著; 中度植被覆盖度数量表现为缓慢增加状态; 较低植被覆盖度数量略有变化, 呈

总体减少趋势; 流域植被覆盖度总体表现为减少态势。湟水流域的植被覆盖度总体空间分布基本不变, 但不同植被覆盖度转换较明显, 尤其高植被覆盖度与较高植被覆盖度之间的转变显著。

3.2.2 湟水干流与大通河流域植被覆盖度变化 由图 2 可知, 湟水干流和大通河流域的植被覆盖度差异明显。湟水干流以较高植被覆盖度、中植被覆盖度和高植被覆盖度为主, 9 a 的平均植被覆盖度分别为 43.57%、25.41% 和 21.74%, 而低植被覆盖度和较低植被覆盖度共占 9.28%; 大通河流域以较高植被

覆盖度、高植被覆盖度和中植被覆盖度为主,9 a 的平均植被覆盖度分别为 50.61%、26.17% 和 14.49%,而低植被覆盖度和较低植被覆盖度共占 8.73%。从 2001–2009 年两子流域各级植被覆盖度的变化较大且也有一定差异。湟水干流的高植被覆盖度和较低植被覆盖度表现为减少态势,而较高植被覆盖度增加明显,中植被覆盖度数量略有增加而较低植被覆盖度却略有减少;大通河流域的高植被覆盖度减少趋势十分显著而较高植被覆盖度增加趋势较明显,中植被覆盖度是略有增加而较低植被覆盖度却略有减少。两子流域植被覆盖度的总体变化与湟水流域一致,但变化的数量与程度上有显著差异。

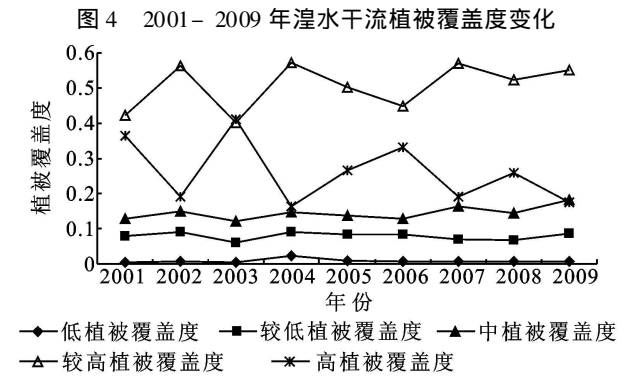
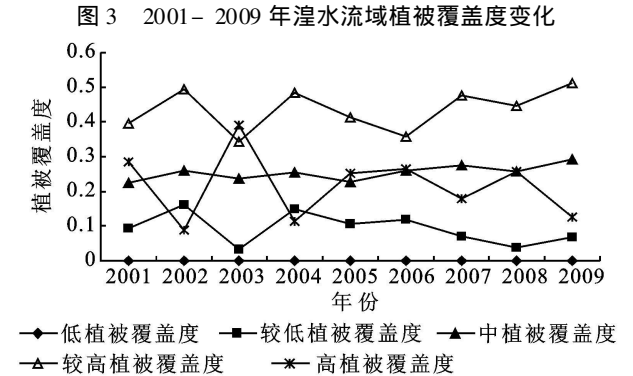
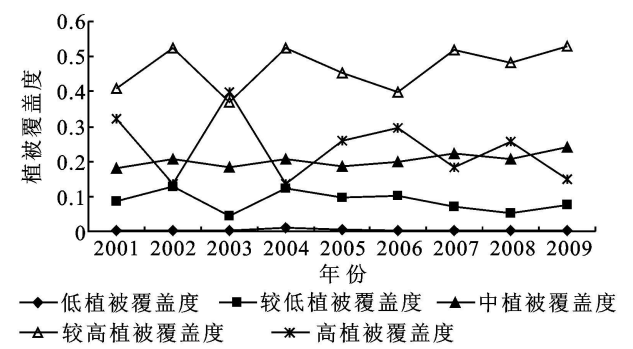


图 5 2001–2009 年大通河流域植被覆盖度变化

3.3 基于地形特征的湟水流域植被覆盖度特征

3.3.1 流域植被覆盖度特征 根据湟水流域的地形特征,即分别对脑山区、浅山区和川水区的植被覆盖度变化情况。脑山区以较高植被覆盖度、高植被覆盖度和中植被覆盖度为主,9 a 的平均植被覆盖度分别

占整个流域的 54.35%、30.87% 和 9.72%,而低植被覆盖度和较低植被覆盖度共占 5.05%;浅山区以中植被覆盖度和较高植被覆盖度为主,9 a 的平均植被覆盖度分别占整个流域的 49.39% 和 35.12%,而中植被覆盖度、低植被覆盖度和较低植被覆盖度共占 15.49%;川水区以较低植被覆盖度和中植被覆盖度为主,9 a 的平均植被覆盖度分别占整个流域的 51.01% 和 43.11%,而较高植被覆盖度、高植被覆盖度和低植被覆盖度共占 5.88%。

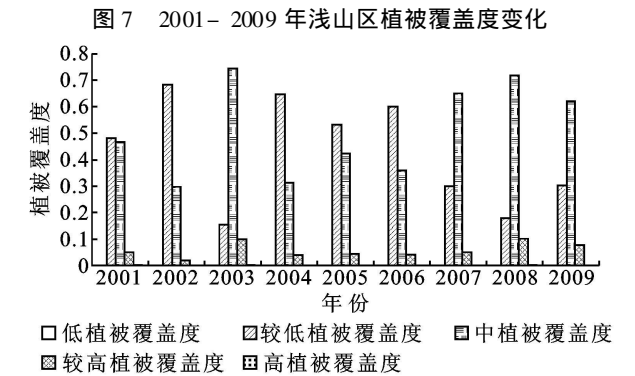
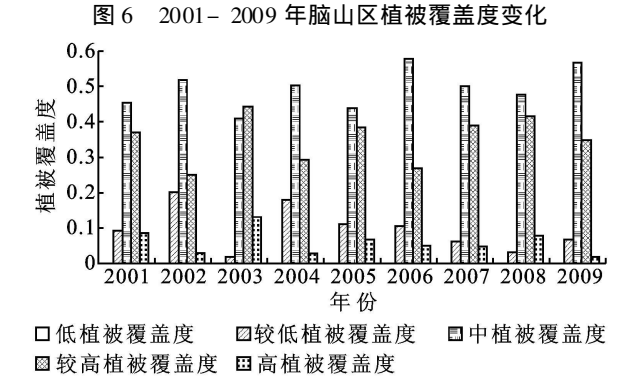
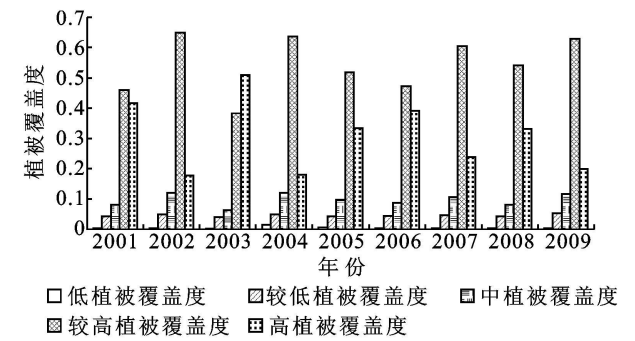


图 8 2001–2009 年川水区植被覆盖度变化

3.3.2 植被覆盖度变化 湟水流域内脑山区、浅山区和川水区植被覆盖度及其变化差异十分显著。由图 6–8 可知,从 2001–2009 年脑山区的高植被覆盖度减少趋势显著,而较高植被覆盖度增加趋势明显,中植被覆盖度、较低植被覆盖度和低植被覆盖度基本保持不变,表明脑山区的高植被覆盖度和较高植被覆盖度之间转换较大;浅山区的高植被覆盖度和较低植被覆盖度呈减少趋势,而中植被覆盖度增加趋势明

显, 较高植被覆盖度虽有一定起伏但保持相对稳定; 川水区的中植被覆盖度减少趋势明显, 而较低植被覆盖度增加趋势显著, 较高植被覆盖度虽有一定起伏变化, 但保持基本稳定, 表明川水区的中植被覆盖度和较低植被覆盖度之间转换剧烈。

## 4 结论

以 2001– 2009 年的 MODIS– NDVI 和地形数据为基础, 分析湟水流域基于流域和地形特征的植被覆盖度时空分布与变化。湟水流域以较高植被覆盖度、中高植被覆盖度与高植被覆盖度为主。湟水干流和大通河流域的植被覆盖度空间分布差异显著, 湟水干流以较高植被覆盖度、中植被覆盖度和高度植被覆盖度为主; 大通河流域以较高植被覆盖度、高植被覆盖度和中植被覆盖度为主。基于地形特征的湟水流域植被覆盖度分布地带性特点明显, 脑山区以高植被覆盖度和较高植被覆盖度为主; 浅山区以较高植被覆盖度和中度植被覆盖度为主; 川水区以中度植被覆盖度和低植被覆盖度为主。

近 9 a 来湟水流域植被覆盖度变化总体呈下降趋势, 尤其是较高植被覆盖度与高植被覆盖度之间的数量变化剧烈, 即高植被覆盖度呈明显较少而较高植被覆盖度显著增加。湟水干流的高植被覆盖度和较低植被覆盖度表现为减少, 而较高植被覆盖度明显增加; 大通河流域的高植被覆盖度减少, 明显而较高植被覆盖度增加; 脑山区的高植被覆盖度减少, 而较高

植被覆盖度增加, 浅山区的高植被覆盖度和较低植被覆盖度减少而中植被覆盖度增加, 川水区的中植被覆盖度减少, 而较低植被覆盖度增加。

### 参考文献:

[1] Gitelson A A, Kaufmn Y J, Stark R, et al. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 80 (1): 3457-3470.

[2] 祁燕, 王秀兰, 冯仲科, 等. 基于 RS 与 GIS 的北京市植被覆盖度变化研究[J]. 林业调查规划, 2009, 34(2): 1-4.

[3] 阳小琼, 朱文泉, 潘耀忠. 基于修正的亚像元的植被覆盖度估算[J]. 应用生态学报, 2008, 19(8): 1860-1864.

[4] 李苗苗, 吴炳方, 顾长珍, 等. 密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J]. 资源科学, 2004, 26(4): 153-159.

[5] Price J C. Comparing MODIS and ETM+ data for regional and global classification[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 86(4): 1835-1852.

[6] 李万寿, 席占平. 湟水流域水源地基本特征与保护对策[J]. 水资源保护, 2005, 21(4): 15-21.

[7] 李书堂. 湟水流域径流与泥沙特征的初步分析[J]. 陕西水利, 2008(3): 64-65.

[8] 邱玉, 周建中, 马林. 湟水流域地表水资源特征[J]. 水资源与水工程学报, 2007, 18(6): 98-102.

[9] Huete A, Justice C, Leeuwen W V. Modis Vegetation Index (MOD13) Version 3. Algorithm Theoretical Basis Document [EB/OL], [Http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd\\_mod13.pdf](http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod13.pdf), 1999.

(上接第 171 页)

在磷矿开采废弃地上进行灌草丛群落的人工恢复时, 除栽种废弃地自然演替中出现的优势多年生草本植物和小灌木外, 还应配置研究区耐贫瘠、干旱、萌生性强, 护坡、护土效果良好和生长迅速的其它藤、灌植物, 以实现对裸露地的水土截留, 保证恢复植被的成活率, 短期内有效的提高物种多样性和地表植被覆盖度, 为后续灌木林地的演替和恢复打好基础。但灌草丛的土壤抗侵蚀性仍然很差, 水土流失情况仍然严重, 恢复后应进一步加强封育管理, 待土壤水肥状况改善后, 尽快增植其它乔灌木种, 以增加土壤抗侵蚀性, 恢复其森林生态系统的功能。

### 参考文献:

[1] 卞正富, 张国良, 胡喜宽. 矿区水土流失及其控制研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(4): 31-36.

[2] 蓝崇钰, 束文圣, 孙庆业. 采矿地的复垦[M]//陈昌笃. 持续发展与生态学. 北京: 中国科技出版社, 1993: 132-138.

[3] Dudka S, Adriano D C. Environmental impacts of metal ore mining and processing: a review[J]. Journal of Environmental Quality, 1997, 26: 590-602.

[4] Wong M H. Environmental impacts of iron ore tailings: the case of Tolo Harbour, HongKong[J]. Environmental Management, 1981, 5: 135-145.

[5] 吕福军, 王晓辉. 通辽市科尔沁区适宜林种结构和树种配置的探讨[J]. 内蒙古民族大学学报: 自然科学版, 2003, 18(1): 50-52.

[6] 云南大学生态地植物研究室. 昆明西山青岗栎(Cyclobalanopsis glaucooides)群丛的初步研究[C]//昆明: 云南大学学术论文文集. 1965.

[7] 杨礼攀, 王宝荣, 杨树华. 抚仙湖流域区磷矿开采废弃地植物群落演替的研究[J]. 西部林业科学, 2004, 33(1): 94-98.