

# 吉县蔡家川流域不同森林植被的林地水源涵养功能

朱继鹏, 王 芳, 高甲荣

(北京林业大学水土保持学院, 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京 100083)

**摘要:** 林地(枯落物层和土壤层)是森林植被水源涵养功能的主体,在水土保持中具有举足轻重的作用。根据蔡家川流域林地枯落物和土壤的分析与测定,研究比较了晋西黄土区不同森林植被的林地水源涵养功能。结果表明,不同植被类型枯落物的最大有效拦蓄量的大小为:虎榛子林(2.85 mm) > 沙棘林(2.38 mm) > 刺槐林(1.88 mm) > 油松 × 刺槐林(1.31 mm) > 油松林(0.77 mm)。不同植被类型 0~60 cm 土层的林地土壤最大拦蓄量为:虎榛子林(248.2 mm) > 油松 × 刺槐林(241.0 mm) > 刺槐林(210.2 mm) > 草地(209.8 mm) > 油松林(198.1 mm)。晋西黄土区不同森林植被的林地水源涵养功能研究,为该区水土保持林的合理经营与利用提供了科学依据。

**关键词:** 黄土高原;水源涵养;森林植被

中图分类号: S 715; Q 948.15

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)01-0111-03

## The Function of Water Conservation of Different Forestlands in Caijiachuan Watershed of Ji County

ZHU Ji-peng, WANG Fang, GAO Jia-rong

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Ministry of Education, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Forestland(litter layer and soil layer)is the principal part of forest to conserve water, and has the important function in soil and water conservation. Based on litter and soil analysis of different forestlands in Caijiachuan watershed, the function of water resources conservation of various forestlands of the Loess Plateau in the west side of Shanxi Province is discussed. The results show, the size of the maximum capability of litter interception in different vegetation types: *Ostryopsis davidiana* (2.85 mm) > *Hippophae rhamnoides* (2.38 mm) > *Robinia pseudoacacia* (1.88 mm) > *Pinus tabulaeformis* × *Robinia pseudoacacia* (1.31 mm) > *Pinus tabulaeformis* (0.77 mm). The maximum water amount of interception in 0~60 cm soil layer in different forestlands is: *Ostryopsis davidiana* (248.2 mm) > *Pinus tabulaeformis* × *Robinia pseudoacacia* (241.0 mm) > *Robinia pseudoacacia* (210.2 mm) grassland (209.8 mm) > *Pinus tabulaeformis* (198.1 mm). The research of water conservation of different forestlands in the west side of Shanxi Province provides scientific evidence for reasonable management and use of soil and water conservation forests.

**Key words:** the Loess Plateau; water conservation; forest vegetation

林地土壤是森林最大的贮水库和水分调节器<sup>[1]</sup>,森林植被对其根系活动层土壤的蓄水、透水和持水性能有较大的影响。用林地土壤的涵蓄量对森林水源涵养功能进行计量化评价,国内外已经进行了大量的工作,并提出了一些适于具体条件的指标<sup>[2-4]</sup>。在森林垂直结构的三个层次中,枯枝落叶层占有重要的地位。由于它直接覆盖地表,防止雨滴打击,并在不断凋落和分解过程中,改善土壤性质,增加降水入渗,对保持水土、涵养水源有巨大的作用。

黄土高原是我国水土流失最严重的地区,几十米上至几百米的黄土层为水土流失提供了物质来源。如何最大限度地使地表径流变为壤中流和地下径流,增加黄土区的降水入渗量,提高黄土区的水源涵养能力,是减少黄土高原水土流失量的最主要措施。根据蔡家川流域不同森林植被枯落物和土壤的试验测定,研究分析了晋西黄土区不同森林植被的水文作用,以期为黄土区水土保持林的合理经营和利用提供科学

依据。

### 1 研究区概况

蔡家川流域位于黄土高原东南部,属山西省西南部的吉县,地理坐标为北纬 36°40',东经 110°37'。蔡家川流域主沟道为义亭河的一级支流,义亭河为黄河一级支流昕水河的支流,流域大体上为由西向东走向,长约 12.15 km,面积 38 km<sup>2</sup>。蔡家川流域主沟道及其部分支沟具有常流水。

该流域属于由暖温带褐土阔叶落叶林向森林草原的过渡地带。据吉县气象站资料,该地区多年平均年降水量为 575.9 mm,最小年降水量仅 365.1 mm,最大降水变率为 43.1%,降水的年内分布也具有明显的典型大陆性特点,其中 6~9 月份降水一般占年降水量的 70% 左右。多年平均年水面蒸发量为 1 724 mm。年平均气温 10℃,10℃ 的积温 3 358 h。绝对最高气温 38.1℃,绝对最低气温 -20.4℃。该

① 收稿日期: 2005-01-21

基金项目: 国家 973 项目(2002CB111503)

作者简介: 朱继鹏(1980-),男,硕士研究生,主要研究方向为流域管理。

流域光照充足,多年平均光照时数为 2 565.8 h,无霜期平均为 172 d。流域中上游植被类型主要为山杨(*Populus davadiana*)、白桦(*Betula platyphylla*)、丁香(*Syringa oblata*)、虎榛子(*Ostryopsis davidiana*)等组成的天然次生林,中游为油松(*Pinus tabulaeformis*)、刺槐(*Robinia pseudoacacia*)、侧柏(*Platycladus orientalis*)等树种组成的人工林及天然草本植被,以及沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、锦鸡儿(*Caragana korshinskii*)等组成的天然次生灌草植被为主。

## 2 研究方法

### 2.1 样地的选设与调查

在蔡家川流域选择土壤条件和森林植被状况具有代表性的地段,设立标准地进行调查和试验。设立了 6 个标准地,标准地面积为 0.06~0.09 hm<sup>2</sup>(表 1)。

### 2.2 枯枝落叶层的调查与测定

①枯枝落叶层层次划分:将枯枝落叶层分为未分解层和半分解层。未分解层为新凋落的枝叶,保持原状,基本未变色,亦未失去原有弹性。半分解层的枝叶变色,失去原有弹性,叶外形完整或成碎屑。②枯枝落叶累积量测定:在样地中机械布设 5 个 1 m × 1 m 的样方,分层按其组成调查枯枝落叶层累积量。③枯枝落叶最大持水率的测定:将枯枝落叶层样品浸入水中 24 h,称其重量并以干物质重计算持水率。

### 2.3 土壤调查及测定

在每个样地内取 5 个部位,各挖 1 个 60 cm 深的土壤剖面进行观测记录。根系主要集中在 40~60 cm 深的土层中,本研究取 60 cm 深度的土壤作为研究对象。分层采集土样,测定容重、含水率、饱和持水率、孔隙度等指标。土壤最大持水量包括土壤自然含水量和最大拦蓄量两部分。

表 1 各调查样地植被特征一览表

标准地号	植被类型	坡度/°	坡位	密度(株·hm <sup>-2</sup> )	树高/m	胸径/cm
1	刺槐	26.5	上	3000	5.6	4.7
2	油松 × 刺槐	25.0	下	1900	2.5	4.5
				800	6.0	5.4
3	油松	27.0	中	6600	3.7	6.7
4	虎榛子	38.0	中	282500	1.3	0.6
5	沙棘	24.5	中	25000	1.1	2.2
6	草地	27.0	中			

## 3 结果与分析

### 3.1 不同森林类型枯枝落叶层的水源涵养作用

森林生态系统中的枯枝落叶层主要是由森林植被凋落物集聚在土壤表面所形成的一个重要覆盖面和保护膜。它不仅是森林生态系统的物质组成部分,经常处于不断输入和逐渐分解的动态变化之中,而且对林地土壤的理化性质、结构及养分状况等方面有显著的影响。因此在大量森林水文作用研究中都将其作为一个重要的水文层次予以关注。

#### 3.1.1 不同林分下枯枝落叶的累积量与组成

枯枝落叶层的累积量主要取决于凋落物的输入量、分解速度和累积年限。在任何时期,林地枯枝落叶层的累积量,都反映了凋落速度和分解速度之间的平衡关系。同时,凋落过程的动态变化也是输入量的一个不容忽视的因素。因此,枯枝落叶层的累积量受树种、林龄及水热条件的制约,当上述因子基本相同时,它又因林分生物产量不同而异。森林群落组成树种不同,林下枯枝落叶层的组成和累积量也不一样。

从表 2 可以看出,油松的枯落物蓄积量明显大于刺槐,

是刺槐的 1.3 倍,这主要是因为油松林枯落物的分解速度慢。无论是油松还是刺槐,叶在枯落物中的比重占有绝对的优势,油松占到了 90% 多,刺槐也接近 80%。由于气候和水分条件的影响,其中又以半分解的落叶为主,刺槐阔叶的分解速度又明显大于油松针叶,刺槐的落叶中有接近 90% 已被半分解,而油松的针叶分解率还没达到 70%,这与落叶的易分解程度有很大关系。其它的枯落物还有枝、皮、果,占油松枯落物总量的 10% 左右,刺槐也只有 20% 左右。

表 2 不同植被类型的林下枯落物蓄积量及组成 t/hm<sup>2</sup>

树种	蓄积量	叶			枝	皮	果	其它
		小计	未分解	半分解				
油松	16.45	15.07	4.85	10.22	0.94	0.03	0.39	0.02
百分率/%	100.00	91.60	32.20	67.80	5.70	0.20	2.40	0.10
刺槐	12.88	10.24	1.22	9.02	2.33	0.06	0.01	0.23
百分率/%	100.00	79.50	11.90	88.10	18.10	0.50	0.10	1.80

本研究所选样地的林分多属幼林阶段,油松主干下部的枯枝经久不落,枯枝向林地输入量小。而在油松中龄林阶段,由于林木密度较大、竞争较为激烈,出现了大片的油松林枯死现象。枯枝在枯落物中所占的比例明显大于幼龄林和成熟林。这一现象告诉我们在造林规划阶段,应注意水分和林木的矛盾关系,选取合适的栽植密度和株行距。

#### 3.1.2 不同植被类型枯枝落叶层的持水能力与有效拦蓄量

表 3 不同植被类型的枯落物最大持水量

植被类型	枯落物厚度/cm	现存蓄积量/(t·hm <sup>-2</sup> )	自然含水率/%	浸泡 24 h	
				持水量/mm	持水率/%
刺槐	1.5~3.0	12.88	156.00	4.1	321.00
油松 × 刺槐	2.3~3.8	13.42	165.00	3.3	386.00
油松	2.0~4.0	16.45	162.00	2.0	343.00
虎榛子	2.0~2.8	15.44	210.00	7.0	453.00
沙棘	1.1~2.6	14.00	193.00	5.8	414.00

枯枝落叶层的持水能力是反映其水文作用的一个重要指标,通常用干物质重的最大持水率来表示。枯枝落叶层的持水能力与本身的结构、分解状况有关,单位面积上枯枝落叶层的持水量还与其累积量有关。据测定,灌木林和针阔叶混交林枯枝落叶层的最大持水能力较强,虎榛子的持水率达到 453%,持水量为 7 mm;针叶林的较弱,油松的持水率仅为 343%,持水量为 2 mm。半分解层的持水率较高,约为分解层的 2 倍。

但最大持水量一般只能反映枯枝落叶层的持水能力,而不能反映其对实际降水的拦蓄状况。因为最大持水量的测定,通常是将枯枝落叶试样浸水 24 h 后测量换算。实际上,林下的枯枝落叶一般不会出现较长时间的浸水条件,降落到枯枝落叶层的雨水,一部分被它拦截,一部分透过枯落物的孔隙很快渗滤到土壤中,而且也没有考虑雨前枯枝落叶的自然含水状况。这里采用最大有效拦蓄量来计算。许多研究结果表明:枯落物的最大有效持水量为最大持水量(浸泡 24 h 的值)80% 左右<sup>[1,5]</sup>。枯落物的最大有效持水量减去自然含水量就是最大有效拦蓄量。不同植被类型枯落物的最大有效拦蓄量如图 1 所示。虎榛子和沙棘林的最大有效拦蓄量最大,分别为 2.85 mm 和 2.38 mm。油松的最大有效拦蓄量最小,仅为 0.77 mm,虎榛子的拦蓄量是它的 3.7 倍。

#### 3.2 林地土壤对降水的涵养能力

在整个森林生态系统中,森林植被根系分布的土壤层是最主要的水分贮存库和水文调节器。通常用土壤层的蓄水能力和渗透性能来评价森林土壤在水源涵养中的作用。森林植被对土壤水文作用的影响主要在于改善土壤结构和孔隙状

况两个方面。

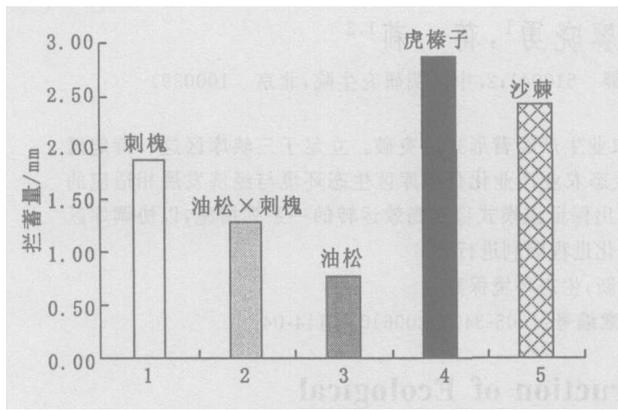


图 1 不同植被类型枯落物的最大有效拦蓄量

表 4 不同植被类型的土壤物理性质

林分	土层/cm	容重/(g·cm <sup>-3</sup> )	总孔隙度/%	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%
刺槐	0~20	1.18	54.50	50.50	4.00
	20~40	1.19	53.00	50.00	3.00
	40~60	1.17	50.50	49.00	1.50
	均值	1.18	52.67	49.83	2.83
油松×刺槐	0~20	1.11	56.40	51.00	5.40
	20~40	1.12	53.20	50.30	2.90
	40~60	1.22	51.00	49.60	1.40
	均值	1.15	53.50	50.30	3.20
油松	0~20	1.01	58.50	49.75	8.75
	20~40	1.12	51.25	49.50	1.75
	40~60	1.14	52.00	51.50	0.50
	均值	1.09	53.92	50.25	3.67
虎榛子	0~20	0.99	58.50	49.00	9.50
	20~40	1.02	56.25	50.75	5.50
	40~60	1.14	54.00	50.25	3.75
	均值	1.05	56.25	50.00	6.25
草地	0~20	1.21	52.10	50.25	5.75
	20~40	1.20	50.75	49.25	1.50
	40~60	1.24	52.75	51.00	1.75
	均值	1.22	51.87	50.17	3.00

### 3.2.1 不同森林植被类型下的土壤物理特性

在成土母质和水热条件基本相似的情况下, 植被状况的差异可以导致土壤水分物理特性有一定程度的变化。植物根系的不断更新, 不但给土壤补充了丰富的有机质, 同时根系腐烂所形成的孔洞有利于提高土壤通透性和涵蓄能力。各类森林植被类型, 因各组成树种不同以及林龄的不同而对林地土壤物理性能的影响表现出一定的差异。表 4 列出了各试验地土壤各土层的容重、总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度。由图 1 中可看出, 虎榛子对土壤的改良作用最好, 总孔隙度均值为 56.25%, 容重为 1.05 g/cm<sup>3</sup>, 非毛管孔隙度为 6.25%。油松对土壤的改良作用也较强, 容重为 1.09 g/cm<sup>3</sup>。草地对土壤的改良作用较差, 总孔隙度均值为 51.87%, 容重为 1.22 g/cm<sup>3</sup>。而且不同植被类型下表层土壤的物理特性显著好于下层土壤, 可见森林对表层土壤的改良作用优于下层土壤。

### 参考文献:

[1] 高甲荣. 长江上游亚高山暗针叶林林地水文作用初探[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(4): 75-79.

表 5 不同植被类型的土壤重量含水率

	土层/cm	刺槐	油松×刺槐	油松	虎榛子	草地
含水率/%	0~20	11.48	11.52	18.79	11.04	10.41
	20~40	11.52	12.17	18.37	10.76	11.04
	40~60	12.91	10.61	19.70	11.58	11.76
	均值	11.97	11.43	18.95	11.13	11.07
饱和持水率/%	0~20	49.30	56.80	77.60	58.80	44.40
	20~40	44.50	51.30	45.90	57.00	42.80
	40~60	43.30	44.50	45.50	50.60	42.70
	均值	45.70	50.87	56.33	55.47	43.30

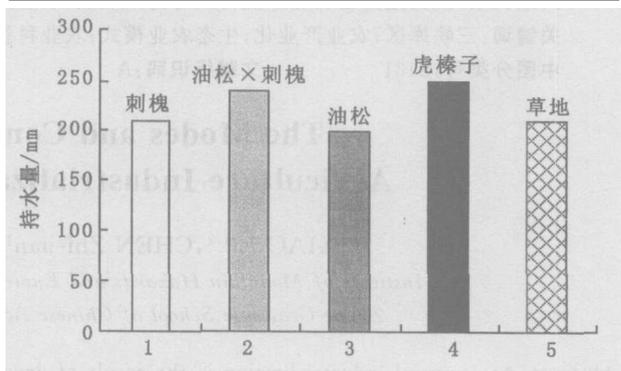


图 2 不同植被类型 0~60 cm 土层的土壤最大拦蓄量

### 3.2.2 不同森林植被类型下土壤的蓄水量

根据土壤的持水能力和非毛管孔隙度, 对各试验地分别按土壤层次计算了含水率和饱和持水率。结果列于表 5。由表中可知, 油松林地的土壤含水率较高, 0~20 cm 深度的土壤含水率为 18.79%。草地的土壤含水率较小, 在 10% 左右, 饱和持水率刚刚超过了 40%。图 2 为不同植被类型 0~60 cm 土层的土壤最大拦蓄量。油松×刺槐林地和虎榛子林地的土壤最大拦蓄量最大, 分别为 241.0 mm 和 248.2 mm; 刺槐林和草地次之, 分别为 210.2 mm 和 209.8 mm; 油松最小, 但相差不大, 为 198.1 mm。不同森林植被浅层土壤最大拦蓄量的大小排序为: 虎榛子 油松×刺槐> 刺槐> 草地> 油松。

## 4 讨论与结论

(1) 通过林地枯落物最大有效拦蓄量的比较, 不同植被类型枯落物拦蓄能力的大小为: 虎榛子林(2.85 mm) > 沙棘林(2.38 mm) > 刺槐林(1.88 mm) > 油松×刺槐林(1.31 mm) > 油松林(0.77 mm)。

(2) 通过分析不同植被类型对土壤物理性质的改良和浅层土壤含水状况, 得到各林地浅层土壤最大拦蓄量的顺序为: 虎榛子林(248.2 mm) > 油松×刺槐林(241.0 mm) > 刺槐林(210.2 mm) > 草地(209.8 mm) > 油松林(198.1 mm)。

(3) 不同森林植被的林地(包括枯落物层和土壤层)最大有效拦蓄量为: 虎榛子林(251.05 mm) > 油松×刺槐林(242.31 mm) > 刺槐林(212.08 mm) > 油松林(198.87 mm)。

(4) 虽然森林枯枝落叶层自身持水性能不强, 比起土壤的涵蓄量来说微不足道, 但枯枝落叶层涵养水源的生态功能除了体现在持水能力上, 它还能有效地减缓或抵消雨滴对林地的直接冲击和减缓径流, 改善土壤尤其是表层土壤的物理性质, 最大程度地发挥林地的水源涵养能力及保持水土的作用。

地的转换。1999~2002 年间耕地面积减少了 43.44 hm<sup>2</sup>, 期间转入耕地面积 1 329.04 hm<sup>2</sup> 主要来自草地, 其中高覆盖度草地占 6.29%、中覆盖度草地占 31.12%、低覆盖度草地占 49.81%; 转出面积 1 372.47 hm<sup>2</sup>, 其中 5.87% 转变为高覆盖度草地、33.94% 转变为中覆盖度草地、38.93% 转变为低覆盖度草地、8.02% 转变为林地、6.95% 转变为未利用地。

结合当地实际分析, 随着社会经济的发展, 人口的增加, 耕地相对面积减少, 大面积开垦宜农未利用地成为一种必然现象, 因此 1990~1999 年间塔河下游耕地面积迅速增长, 动态指数处于非均衡状态, 在一定程度上加速了塔河下游生态环境的急剧恶化。随着国家政策性提出退耕还林、还草计划, 1999~2002 年间耕地动态指数急剧下降, 耕地面积呈减少趋势。

#### 4.2 其他林地

其他林地的面积变化动态指数在 1990~1999 年间高达 0.82 处于极不均衡状态, 期间转入面积 1 255.32 hm<sup>2</sup>, 其中 90.81% 来自盐碱地, 转出面积 120.66 hm<sup>2</sup>, 其中 54.26% 转化为耕地, 33.06% 转化为疏林地。面积变化主要是由盐碱地向其他林地的单边转化, 因此动态指数会比较高, 这一转化过程, 减少了未利用地面积, 增加了植被覆盖度。在 1999~2002 年间其他林地的动态指数下降为 0.59 面积变化处于非均衡状态, 转入面积 44.25 hm<sup>2</sup>, 主要来自耕地和居民地, 其中耕地占 66.85%, 居民地占 26.81%; 转出面积 11.32 hm<sup>2</sup>, 其中 80.16% 转化为草地, 主要是低覆盖度草地, 10.67% 转变为耕地, 9.2% 转变为居民地。基本是以耕地和居民地向其他林地转变为主, 这和国家政策性退耕还林密切相关。这一转变过程对塔河下游生态环境的改善起到了积极的促进作用。

#### 4.3 湖泊、水库坑塘

由于“塔里木河流域管理局”的建立, 制定了相应的政策法规, 增加了水资源的利用效率, 对水资源的利用进行了合理的调配, 整治了河道水库, 因此在 1990~1999 年间水域面积参考文献:

- [1] 王让会, 樊自立. 利用遥感和 GIS 研究塔里木河下游阿拉干地区土地沙漠化[J]. 遥感学报, 1998, 2(2): 137-142.
- [2] 樊自立. 新疆土地开发对生态环境的影响及对策研究[M]. 北京: 气象出版社, 1996.
- [3] 王让会, 宋郁东, 樊自立, 等. 3S 技术在新疆塔里木河下游生态环境动态研究中的应用[J]. 南京林业大学学报, 2000, 24(4): 59-63.
- [4] 吴秀芹, 蒙吉军. 塔里木河下游土地利用/覆盖变化环境效应[J]. 干旱区研究, 2004, 21(1): 38-42.
- [5] 熊惠波, 侯会乔, 等. 扎鲁特旗土地利用变化及其驱动力分析[J]. 农村生态环境, 2002, 18(3): 5-10.
- [6] 刘志丽, 马建文, 陈嘻, 等. 利用 3S 技术综合研究新疆塔里木河流域中下游 11 年生态环境变化与成因[J]. 遥感学报, 2003, 7(2): 146-152.

(上接第 113 页)

- [2] 王佑民. 中国林地水土保持功能研究概况[J]. 水土保持学报, 2000, 14(4): 109-113.
- [3] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 北京: 科学出版社, 1978.
- [4] 孙立达, 朱金兆. 水土保持林体系综合效益研究与评价[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995.
- [5] 余新晓, 赵玉涛, 等. 贡嘎山东坡峨眉冷杉林地物分布及其水文效应初步研究[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(5/6): 14-18.
- [6] 杨会蒲. 黄土丘陵区油松人工林水分生态效益研究[J]. 水土保持研究, 2002, 9(4): 74-79.
- [7] 耿玉清, 王保平. 森林地表枯枝落叶层涵养水源作用的研究[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(5): 49-52.
- [8] 孙志蓉, 张鼎华, 等. 杨树刺槐混交林沙地土壤的水分物理性质[J]. 应用与环境生物学报, 2001, 7(2): 122-125.
- [9] 苏志尧, 陈北光, 等. 广州白云山风景区名胜区几种森林群落枯枝落叶层的持水能力[J]. 华南农业大学林学院, 2002, 23(2): 91-92.
- [10] 赵鸿雁, 吴钦孝, 等. 黄土高原人工油松林枯枝落叶层的水土保持功能研究[J]. 林业科学, 2003, 39(1): 168-172.
- [11] 刘向东, 吴钦孝. 黄土原油松人工林枯枝落叶层水文生态功能研究[J]. 水土保持学报, 1991, 5(4): 87-91.
- [12] 阎文德, 张学龙, 等. 祁连山森林枯落物水文作用的研究[J]. 西北林学院学报, 1997, 12(2): 7-14.
- [13] 曾曙才, 谢正生, 等. 广州白云山几种森林群落生物量和持水性能[J]. 华南农业大学学报(自然科学版), 2002, 23(4): 41-44.

积变化主要是淹没其周边土地实现单方面面积增加, 所以动态指数比较高, 在 1999~2002 年间湖泊和坑塘水库面积比较稳定地与周边盐碱地、沼泽地、草地等进行频繁的相互转化, 因此湖泊和坑塘水库的土地利用动态指数快速降低处于一种极均衡的动态变化过程。

#### 4.4 河渠

1990~2002 年间河渠的动态指数从 0.35 升至 0.68, 从差值图中可以看出 1999~2002 年间水域面积的增加主要分布在铁杆里克以下的旧河道, 由于生态应急输水工程的实施旧有河道复流河渠面积单边增加明显, 因此动态指数升高。

#### 4.5 居民地

居民地面积在塔河下游所占比例较低, 但变化比较剧烈, 尤其是在 1990~1999 年间随着人口增长以及盲目的开荒热, 居民地面积增加了 486.79 hm<sup>2</sup>, 转入面积有 67.85% 来自耕地、28.27% 来自草地主要是中、低覆盖度草地, 其余来自林地、沙地和盐碱地, 转出面积有 76.07% 转变为耕地、20.52% 转变为草地, 其余部分转变为林地和河渠, 因此居民地与耕地、草地间转换密切, 居民地的增加主要是通过占用耕地、草地实现的。1999~2002 年间居民地面积减少, 转出的居民地面积有 51.65% 转变为耕地, 38.08% 转变为草地, 其余的转变为林地。

## 5 结 论

利用 TM 影像与中巴资源卫星影像相结合作为塔河下游土地利用/覆盖变化分析的数据源, 应用 GIS 分析 1990~2002 年 13 年间塔河下游土地利用/覆盖动态变化得出, 1990~2002 年间塔河下游水域、居民地、耕地动态指数较大, 变化剧烈。未利用地动态指数最小, 变化缓慢。耕地、林地、水域、居民地、未利用地呈增长趋势; 草地面积呈减少趋势。总体来看, 塔河下游天然草场退化严重, 土地沙漠化、盐渍化加剧, 成为塔里木河流域生态环境最为恶劣的地区<sup>[6]</sup>。