

松华坝水源地坡面水土保持林对水沙关系影响及其贮水能力分析

刘一龙^{1a}, 杨具瑞^{1b}, 李慧^{1a}, 柏绍光²

(1. 昆明理工大学 a. 电力工程学院; b. 现代农业工程学院, 云南 昆明 650500;

2. 云南省水文水资源局 昆明分局, 云南 昆明 650051)

摘要: 通过对松华坝水源地径流与泥沙变化规律分析。利用松华坝水源保护区 1982 - 2010 年的 LANDSAT TM 遥感图像, 采用 ENVI 遥感图像处理方法估算出该流域多年水土保持林地面积变化情况, 并按不同坡度进行分类。通过双方数据的对比分析, 得到径流含沙量与水土保持林覆盖率呈指数关系, 水土保持林覆盖率越高, 径流含沙量越低。本文采用扣除负功能法对水土保持林计算森林实际贮水能力, 由此得出松华坝地区水土保持林平均年实际贮水量为 1.1344 亿 m³。

关键词: 水土保持林覆盖率; 坡度; 3S 技术; 水沙关系; 贮水量

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2013)04-0115-04

Influence of soil and water conservation forest on runoff and sediment's relationship and analysis of its water storage capacity in water source slope at Songhua dam

LIU Yilong^{1a}, YANG Jurui^{1b}, LI Hui^{1a}, BAI Shaoguang²

(1a. Faculty of Electric Power Engineering; 1b. Faculty of Modern Agricultural Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500 China; 2. Kunming Branch,

Hydrology and Water Resources Bureau of Yunnan Province, Kunming 650051, China)

Abstract: Through the analysis of the variation of runoff and sediment of Songhua dam water source, the paper used the LANDSAT TM remote sensing image of Songhua dam water source protection area from 1982 to 2010 and estimated the changes of soil and water conservation forest area in the basin for many years by using ENVI remote sensing image processing method, and classified according to different slope. Through the comparison analysis of obtained data, it got the conclusion that sediment concentration of runoff and soil and water conservation forest coverage is exponential relation, the higher the degree of soil and water conservation forest coverage, the lower the sediment concentration of runoff. Using the deduction negative function method to calculate the actual water storage capacity of forest, it got the result that the average annual actual storage capacity of soil and water conservation forest in Songhua dam area is 113.44 million m³.

Key words: coverage of soil and water conservation forest; slope; 3S technology; relationship between water and sediment; water storage

松华坝省级水源保护区位于昆明市东北面的嵩明、官渡两县(区)内, 位于东经 102°45' ~ 102°59', 北纬 25°10' ~ 25°28' 之间, 南北长 36 km, 东西宽 24 km, 总面积 62 980 hm²。松华坝水库坝高 47 m, 总库容 0.68 亿 m³, 年区域径流量正常年为 2.1 亿 m³。该区域是盘龙江的发源地, 属滇池的汇水区之一。

保护区植被以华山松为主, 其次是沅江栲和灌木丛^[1]。水源地的地表径流所能挟带的泥沙量, 与地表径流的流速、地面被覆状况、坡度、表层土壤的抗冲性等物理性质密切相关, 从坡面进入沟道的泥沙会破坏河流环境并对水质有一定影响^[2], 为此, 本研究以松华坝水源地水土保持林为对象, 对坡度水

收稿日期: 2013-03-01; 修回日期: 2013-04-03

基金项目: 水利部公益项目(201101042)

作者简介: 刘一龙(1987-), 男, 湖南常德人, 在读硕士研究生, 研究方向为水工结构分析理论及其工程应用。

通讯作者: 杨具瑞(1964-), 男, 云南昆明人, 教授, 研究方向为农业水利工程。

土保持林对水沙关系的影响及贮水能力进行分析,为提高水库水源涵养能力、改善饮用水水质,提供科学的指导,计算结果对松华坝水源地的保护和建设具有支持作用。

1 松华坝水源保护区坡度水土保持林地监测方法

1.1 遥感测量

1.1.1 数据来源 计算松华坝水源地植被覆盖度使用了四种数据源:LANDSAT TM 遥感影像,DEM图,流域矢量边界。遥感测量所需的松华坝地区LANDSAT TM 遥感影像,通过国际科学数据平台,中科院对地观测与数字地球中心,马里兰大学等数据网站获取,LANDSAT TM 遥感影像是现在世界上利用最广泛的地球观测数据,松华坝水库所在区域行列号为 129-42、129-43,云量低于 5%。DEM图,土地利用类型图和流域矢量边界通过 ENVI 遥感影像处理方法自行解译得出。

1.1.2 数据处理 利用 ENVI、ARCGIS 等软件对 LANDSAT TM 遥感影像进行几何校正,图像配准,裁剪、镶嵌等处理。几何纠正是为了消除影像中的地物相对于真实位置的误差;图像配准是对取自不同时间、不同传感器或者不同视角的同一场景的两幅图像或者多幅图像匹配的过程,去除这些差别,从而配准图像;利用已有的流域边界对 129-42、129-43 两张 LANDSAT TM 遥感影像进行裁剪,再将二者进行镶嵌处理,为之后的遥感影像的解译过程打下坚实的基础。

1.1.3 技术路线 本研究利用 GPS 在松华坝水源

地进行实地考察,通过 GPS 得到采样点的经纬度信息和实际的土地利用类型情况,再对照经纬度将采样点输入,在处理好的 LANDSAT TM 遥感影像上标记出样点的位置,按照样点的实际土地利用类型定义分类模板,然后在分类后处理的过程中进行反复修改,最终得到一个比较准确的分类模板。本文采用监督分类方法,进行计算机自动分类,根据这一地物类型不同的光谱信息建立不同的模板名称,根据国家综合遥感分类系统,将松华坝水源地分为六大类:林地、耕地、园地、水域、居民点及工矿用地、未利用土地^[3]。

再对分类图像进行反复修改后,得到最终的松华坝土地利用类型图,再对这 7 年的分类图像进行分类精度评价,分类评价是以 GPS 调查点和发表过的已知数据作为依据。这 7 年的综合分类精度分别为 87.43% (1982)、88.56% (1986)、84.32% (1992)、86.35% (1996)、90.06% (2001)、91.36% (2006)、89.75% (2010),都符合了最低允许判别精度 0.7 的要求。按照《土地利用现状调查规程》我们将坡地分为 $< 2^\circ$ 、 $2^\circ \sim 6^\circ$ 、 $6^\circ \sim 15^\circ$ 、 $15^\circ \sim 25^\circ$ 、 $> 25^\circ$ 五种坡度等级。利用 Arcgis1.0 把国家基础信息中心标准 1:50000 的 DEM 数据生成坡度数据,再将其进行格式转换,利用 Combine 函数将土地利用栅格数据与坡度数据进行叠加,从而统计出各个坡度上的土地利用类型和面积^[3]。

1.1.4 松华坝水源保护区植被覆盖度遥感测量结果 本文采用 1982-2010 年的每隔 4 年或 6 年的 LANDSAT TM 遥感影像,采用 ENVI 遥感影像处理方法,对 TM 图象进行解译(图 2),得到松华坝地区 1982 年到 2010 年水土保持林面积变化情况如表 1。

表 1 松华坝水库多年水土保持林面积变化情况

年份	1982	1986	1992	1996	2001	2006	2010
水土保持林面积	21806.7	23892.5	27240.1	29181.4	34163.6	37031.7	39775.9
占总面积百分比	34.6	37.9	43.3	46.3	54.2	58.8	63.2

利用 ENVI 遥感影像处理方法,分别对 1992、2001^[3] 和 2010 年的林地按坡度进行分类,分为 $< 2^\circ$ 、 $2^\circ \sim 6^\circ$ 、 $6^\circ \sim 15^\circ$ 、 $15^\circ \sim 25^\circ$ 、 $> 25^\circ$ 五类,得出数据如表 2,图 1。在对松华坝流域多年遥感图像的分析基础上,对松华坝流域的水土保持林地面积进行估算,并按坡度进行分类(以 2010 年为例)。

2 水土保持林地对水沙关系影响

2.1 松华坝水源地水土保持林面积变化分析

根据表 1,得到松华坝流域水土保持林地面积

变化情况如图 3,从图 3 看出,在 1982-2010 年水土保持林地面积逐渐增加。这是由于松华坝水源地保护区建立以来,通过飞播造林,人工造林和退耕还林等措施,耕地和草地开始减少,森林面积增加,使该地区林地得到显著提高^[4],1992-2010 年间林地面积累计增加了 12 535.87 hm²。水土保持林覆盖度由 1982 年的 34.6% 增加到 2010 年的 63.2%。

根据表 2,得到松华坝流域 1992-2010 年不同坡度水土保持林地分布及其变化,从表 2 看出,坡度小于 2° 和坡度在 $2^\circ \sim 6^\circ$ 之间的林地面积增加较快,

表 2 1992、2001、2010 年不同坡度水土保持林地分布及其变化 hm^2

坡度	分类面积			分类面积变化	
	1992	2001	2010	1992 - 2001	2001 - 2010
< 2°	2291.10	3669.21	5159.47	1378.11	1490.20
2° ~ 6°	1973.20	2781.39	3694.70	808.19	913.32
6° ~ 15°	7261.33	9538.19	11605.08	2306.86	2066.89
15° ~ 25°	9456.06	11195.39	12147.02	1739.33	951.63
> 25°	6258.36	6949.48	7169.61	691.12	220.14
合计	27240.03	34163.64	39775.9	6923.61	5612.26

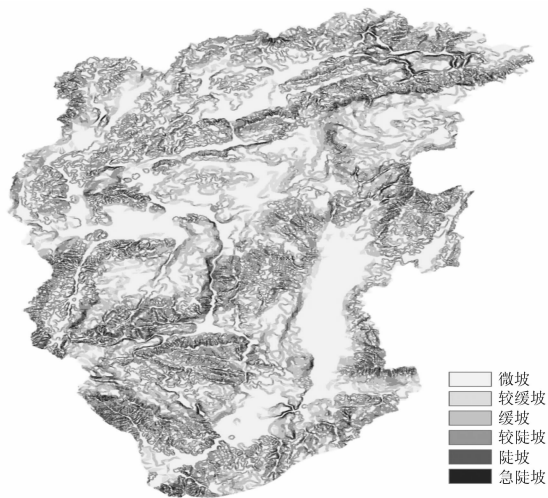


图 1 松华坝流域坡度图

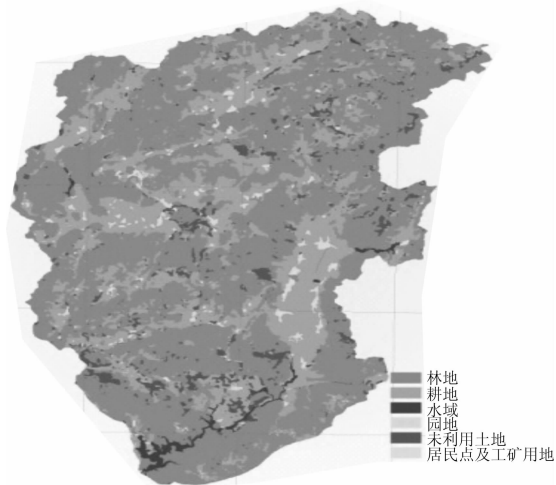


图 2 松华坝 2010 年遥感解译图

主要是松花坝水源保护区建立以来,实施飞播造林,人工造林,并且对保护区内的人口及工矿企业进行搬迁,因此草地、居民点及工矿用地以及未利用土地开始大量向林地转化,导致林地面积增加;坡度在 6° ~ 15° 和 15° ~ 25° 范围内的林地面积也有显著提高,引起这一变化的主要原因是退耕还林以及封山育林措施的实施,据统计松华坝水源保护区 1982 -

2010 年累计实施退耕还林 3 253.33 hm^2 ,大量的耕地转化为林地,封山育林对林地起到保护作用,有效控制了乱砍滥伐现象,致使该坡度区域林地面积大量增加;坡度大于 25° 范围内的林地面积增长较慢,因为坡度较大的地区,一直是传统林区,主要地物类型就是森林,加上封山育林措施的实施,人为作用很少,在自然状态下森林缓慢增长。

表 3 2010 年松华坝水源地水土保持林

坡度	不同坡度面积分类		m^2, hm^2
	象元个数	单位面积	
< 2°	57327	30 × 30	5159.47
2° ~ 6°	41052	30 × 30	3694.70
6° ~ 15°	128945	30 × 30	11605.08
15° ~ 25°	134967	30 × 30	12147.02
> 25°	79662	30 × 30	7169.61
合计	441954		39775.88

2.2 松华坝流域径流与泥沙关系变化分析

随着松华坝地区自然和人为条件的改变,致使该区域径流与泥沙的关系也发生了相应的变化。根据松华坝流域 1982 - 2010 年 29 年的径流与泥沙资料分析,得到松华坝水资源保护区径流和泥沙 1982 - 2010 年的变化趋势如图 4。

对 1982 - 2011 年 30 年的径流深和含沙量采用最小二乘法处理,得到径流深与含沙量的函数关系式:

$$y = 0.1068e^{(0.0076x)} \quad (1)$$

式中: x 为径流深; y 为含沙量。

从(1)式可以看出,松华坝水源保护区径流深与含沙量呈指数关系,即随着径流增加,含沙量逐渐增大。

2.3 坡度水土保持林对水沙关系影响分析

根据 1982 - 2010 年径流泥沙资料,得到松华坝水源保护区含沙量变化情况如图 5。从图 5 看出,1982 - 2010 年含沙量的变化情况与水土保持林的面积变化情况正好相反,1982 - 2010 年径流的含沙量在逐渐减少。这说明水土保持林有明显减少径流含沙量的作用,水土保持林地的面积越大,径流的含沙量就越低。通过对水土保持林覆盖度分析发现,随着的水土保持林覆盖度的变化,径流含沙量也开始变化。根据相关数据统计,得到水土保持林覆盖度与径流含沙量变化趋势图如图 6。

从图 6 可以看出,水土保持林覆盖度的提高能够有效降低含沙量。根据这一阶段的径流含沙量和水土保持林覆盖度数据进行曲线拟合,得出松华坝水源地径流含沙量与水土保持林覆盖度的函数关系式:

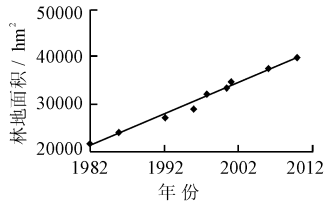


图3 1982-2010年松华坝水源林地面积变化图

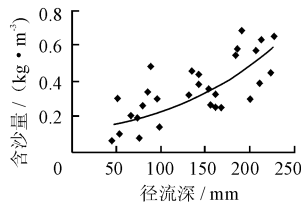


图4 1982-2010年松华坝水源径流与泥沙关系图

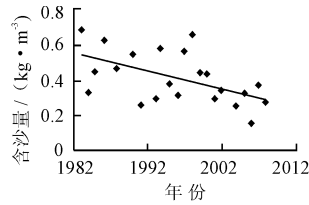


图5 1982-2010年松华坝流域径流含沙量变化图

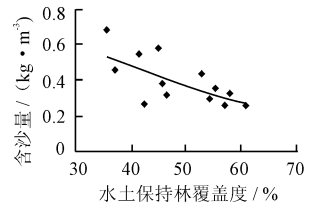


图6 水土保持林覆盖率与径流含沙量变化趋势图

$$y = 1.3781e^{-0.0267x} \quad (2)$$

式中: y 为径流含沙量; x 为水土保持林覆盖率。

从式(2)看出,径流含沙量与水土保持林覆盖率呈指数关系。说明随着水土保持林覆盖度的增加,径流含沙量随之减少。

3 松华坝水土保持林贮水能力分析

水土保持林水源涵养能力是指林地土壤的拦截、渗透与储藏雨水的能力,从整个降雨过程来看,雨水降落到地面以后,一部分被植被的枝叶截留,这一部分水量从叶面蒸发到大气,不能被贮存,比如森林的林冠截留等。松华坝地区的水保持林大多为针阔叶混交林,针阔叶混交林平均植被截留率为29.5%^[5],通过水土保持林的雨水称为植被内降雨,根据植被内降雨量的研究成果,植被内降雨量和截留率的关系式如下^[6]:

$$p_{\text{内}} = p_2(1 - \varepsilon) \quad (3)$$

式中: $p_{\text{内}}$ 为植被内降雨量; p_2 为降雨量; ε 为植被截留率。

松华坝地区水土保持林地面积为39 775.9 hm²,多年平均降雨量为957 mm,根据(3)式计算得出,松华坝地区水土保持林地植被内降雨量为687.38 mm。

由于重力的作用,植被内降雨会不停的通过土壤渗入地下,或者因为水分饱和而产生地表径流。但是根据松华坝地区多年降雨径流资料,迄今最大一次连续降雨量为119.2 mm,而这个数字远低于林冠截留量、土壤贮水深度与枯落物贮水深度之和155.4 mm^[4],因此可以认为林地土壤不产生地表径流。据统计松华坝地区的年蒸散量占年降雨量的比率为40.7%^[4],本文采用扣除负功能法对水土保持林计算森林实际贮水能力,把年降雨量比率定为100%,则松华坝地区水土保持林实际贮水能力(%) = 年降雨量比率 - 树冠截留率 - 蒸散量 = 100% - 29.5% - 40.7% = 29.8%。森林实际贮水

深度 = 年降雨量 × 森林实际贮水能力 = 957 mm × 29.8% = 285.2 mm,所以年贮水量为2 852 m³/hm²。

全区(39 775.9 hm²)年贮水量 = 2 852 m³ × 39 775.9 = 1.1344 亿 m³,得出松华坝水源保护区水土保持林地平均年实际贮水量为1.1344 亿 m³。

4 结 语

本文利用松华坝水源地多年的LANDSAT TM遥感影像,运用3S技术估算出松华坝水源地多年坡度水土保持林面积变化情况,结果表明水土保持林覆盖率呈现逐年上升的趋势。再对松华坝水源地径流与泥沙变化规律进行分析,通过双方数据对比分析,得到主要结论如下:

(1)径流含沙量与水土保持林覆盖率呈指数关系,即 $y = 1.3781e^{-0.0267x}$,水土保持林覆盖率越高,径流含沙量越低。

(2)采用扣除负功能法对水土保持林计算森林实际贮水能力,由此得出松华坝地区水土保持林平均年实际贮水量为1.1344 亿 m³。

参考文献:

- [1] 柏绍光,方绍东,黄英,等.昆明城市水系统安全研究[M].昆明:云南科技出版社,2011.3.
- [2] 王先礼.水土保持学[M].第一版.中国林业出版社,1995.7.
- [3] 董铭,史正涛,李滨勇,等.松华坝水源保护区土地利用/土地覆被变化研究[J].云南师范大学学报,2011,31(2):73-78.
- [4] 陈文尊,陈慧泉.昆明市松华坝水源涵养林贮水功能的评价[J].云南林业调查规划,1993,21(01):34-37.
- [5] 关品高.昆明市松华坝水源区森林植被类型及水源涵养量估算研究[J].山东林业科技,2011,41(2):57-59.
- [6] 余新晓,甘敬,等.水源涵养林研究与示范[M].北京:中国林业出版社,2007.4.