

文章编号:1001-1498(2003)02-0189-07

# 不同经营模式的水源涵养林生态防护功能研究

周择福<sup>1</sup>, 林富荣<sup>1</sup>, 宋吉红<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091; 2. 北京林业大学生物学院, 北京 100083)

**摘要:** 在山西五台山研究了不同经营技术措施的水源涵养林的生态防护功能。研究结果表明:油松纯林的林冠截留率最大,桦木纯林的林冠截留率最小;针阔混交林林地的持水量较高,其次为阔叶林、人工针叶林;阔叶林地土壤入渗率较针阔混交林高;经过封禁和封育后的灌木林改良土壤的作用明显;抚育型的林木生长量比封育和封禁型的大。不同经营技术措施的水源涵养林的生态防护功能不同,应根据具体的立地条件和林分结构以及植被类型选择不同的经营模式。

**关键词:** 水源涵养林; 生态防护功能; 经营技术措施;

**中图分类号:** S727.19      **文献标识码:** A

由于人类的频繁活动和其他原因,太行山中、亚高山天然林资源遭到严重破坏,取而代之的是天然次生植被和人工植被<sup>[1,2]</sup>,甚至荒山秃岭。相应地,植被的水源涵养功能及其他生态防护功能也大大降低。为了提高植被的水源涵养功能和其他生态防护功能,在该区采取了各种水源涵养林生态系统恢复与重建的技术措施,包括:植树造林、封山育林、抚育更新、天然次生林改造等<sup>[1~4]</sup>。为了科学评价水源涵养林采取经营技术措施后的生态防护功能,为水源涵养林生态系统的恢复与重建提供科学依据,指导太行山中、亚高山的天然林保护工程,本文对水源涵养林采取经营技术措施后的涵养水源、改良土壤两项功能进行了研究,并对生态系统恢复与重建后的林木生长量进行了对比研究。

## 1 试验地基本情况

试验地位于山西五台山森林经营局门限石林场,行政隶属山西省五台县,该区位于太行山北段西侧,属太行山中、亚高山。海拔1 400~3 058 m,年平均气温6.2~7.2℃,年平均降水量566.8~966.3 mm。降水分配不均,多集中在7—9月,相对湿度70%左右。土壤垂直分布较明显,从低到高依次为山地石灰性褐土(海拔1 300 m以下),山地淋溶褐土(1 300~1 900 m),山地棕壤(1 900~2 500 m),亚高山草甸土(2 500 m以上)。土壤厚度差异较大,干旱阳坡土层较薄,约30 cm,有的不足10 cm,森林土壤和草甸土土层较厚,约30~120 cm。母岩以花岗片麻岩为主<sup>[1,5]</sup>。该区植被有明显的垂直分布特点,海拔1 100~1 800 m为针阔混交林带,针叶树种以油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)为主,其次是华北落叶松(*Larix principis-rupprechtii* Mayr),阔叶树种为天然次生的山杨(*Populus davidiana* Dode)、白桦(*Betula platylla* Suk.)等,呈小片纯林

收稿日期:2002-10-14

基金项目:国家“九五”攻关项目“太行山水土保持林、水源涵养林经营技术研究”(96-007-04-02)的部分内容

作者简介:周择福(1955—),男,山西大同人,研究员。

和针阔混交林。人工栽培有青杨 (*P. cathayana* Rehd.) 等。阳坡大部分为灌丛,主要有毛榛子 (*Corylus mandshurica* Maxim)、三裂绣线菊 (*Spiraea trilobata* L.)、二色胡枝子 (*Lespedeza bicolor* Turcz) 等。海拔 1 800 ~ 2 400 m 为针叶林带,以华北落叶松、云杉 (*Picea meyeri* Rehd. et Wils) 为主,呈大片纯林,在林内或林缘分布有白桦等阔叶树种。灌木主要有山柳 (*Salix characta* Schneid)、美蔷薇 (*Rosa bella* Rehd. et Wils)、二色胡枝子、照山白 (*Rhododendron micranthum* Turcz)、六道木 (*Abelia biflora* Turcz) 等。海拔 2 400 ~ 3 058 m 为亚高山草甸带。

共选择 20 块试验样地的标准地,分别代表不同的植被类型和经营措施,各试验样地的基本情况及所采取的经营措施如表 1。

表 1 试验样地的基本情况

标准地号	试验地位置	海拔/m	坡向	坡度/(°)	主要组成树种	1999 年调查时灌草植被及其盖度	经营措施
1	四方林	1 750	西南	20	二色胡枝子	二色胡枝子、三裂绣线菊、美蔷薇,0.9	封禁
2	四方林	1 720	西北	45	白桦	六道木、山柳、毛榛子、美蔷薇,0.8	桦木封育
3	四方林	1 830	西北	30	华北落叶松	二色胡枝子、毛榛子、三裂绣线菊,0.4	落叶松改造
4	四方林	1 850	西北	30	白桦	六道木、毛榛子、美蔷薇,0.7	桦木封育
5	四方林	1 860	西南	23	三裂绣线菊	三裂绣线菊、二色胡枝子,0.9	封禁
6	四方林	1 850	西北	25	白桦	二色胡枝子、六道木、三裂绣线菊,0.3	桦木抚育
7	四方林	1 780	东北	25	白桦	毛榛子、三裂绣线菊、六道木、美蔷薇,0.5	桦木封育
8	四方林	1 780	西北	35	白桦	山柳、毛榛子、三裂绣线菊、六道木,0.8	桦木封禁
9	四方林	1 850	西北	28	华北落叶松	山柳、毛榛子、三裂绣线菊,0.4	落叶松改造
10	四方林	2 000	西北	25	白桦	美蔷薇、六道木、三裂绣线菊,0.2	桦木抚育
11	四方林	1 850	东北	45	白桦	毛榛子、六道木、三裂绣线菊,0.7	桦木封禁
12	四方林	1 740	东北	30	华北落叶松	毛榛子、二色胡枝子、山柳,0.9	落叶松改造
13	四方林	1 980	东北	15	华北落叶松	毛榛子、三裂绣线菊、二色胡枝子,0.1	抚育更新
14	四方林	2 100	东北	30	10 白桦	山柳、毛榛子、三裂绣线菊、六道木,0.8	封育
15	四方林	2 170	东北	30	9 白桦 1 华北落叶松	毛榛子、三裂绣线菊、美蔷薇、六道木,0.3	抚育
16	四方林	1 740	北	45	8 白桦 2 青杨	毛榛子、二色胡枝子、三裂绣线菊、六道木,0.9	桦-杨封育
17	四方林	1 670	北	23	8 白桦 2 华北落叶松	毛榛子、山柳、二色胡枝子,0.6	抚育
18	四方林	1 640	西北	18	华北落叶松	二色胡枝子、山柳,0.3	落叶松改造
19	门限石	1 560	西北	25	油松林	照山白、二色胡枝子,0.2	油松造林
20	三叉沟	1 680	西北	20	华北落叶松	三裂绣线菊、二色胡枝子,0.2	落叶松造林

## 2 研究方法

**林冠层截水量** 在林内布置简易的雨量筒,通过观测林内降水计算截留率。

**枯落物持水量** 在标准地内选择 20 cm × 30 cm 的小样方收集枯落物并测定枯落物各层的厚度,计算枯落物贮量、最大持水率、最小持水率和持水量。

**林地土壤贮水与入渗** 采用土壤水分物理常规研究方法测定。

**土壤化学性质** 采用野外取混合土样进行室内化学分析,分析土壤中速效 P、速效 K、水解 N 等主要营养元素的含量。

**林木生长量计算方法** 林木生长量用标准木树干解析进行计算。

将以上 20 个标准地归结为 10 种经营模式,经营措施与试验样地号见表 2。

10 种经营模式中,除油松人工林为 30 a 外,其它经营模式的作业时间均为 10 ~ 11 a,即

1988 年完成各项经营措施,数据采集时间为 1998—1999 年。

表 2 不同经营模式的经营技术措施及对应试验样地

经营模式	经营措施	试验样地号
灌木封禁型	对坡度较陡,立地条件较差,乔木难以生长的灌木林地进行封禁管护	1、5
桦木封禁型	对坡度较陡,生态条件脆弱的桦木林进行封禁管护,禁止任何人类活动	8、11
桦木封育型	对桦木林进行封山育林,仅允许少量人类经营活动	2、4、7、14
桦木抚育型	对桦木林进行间伐、割灌木、除草,以培育大径级木材	6、10
桦-杨封育型	对白桦、青杨天然混交林进行封山育林	16
桦-落抚育型	对白桦、落叶松天然混交林进行抚育间伐,除去部分生长较差的白桦,保留落叶松	8、15、17
落叶松抚育型	对落叶松天然林进行间伐、割灌,培育大径级木材	13
落叶松改造型(采伐迹地造林)	原有桦木或其他林分进行皆伐,改造成落叶松人工林,因是采伐迹地造林,立地条件较好,林木生长等各方面均优于荒坡造林	3、9、12、18
落叶松人工林型(荒坡造林)	对宜林荒坡营造落叶松人工林	20
油松人工林型(荒坡造林)	对宜林荒坡营造油松人工林	19

### 3 结果与分析

#### 3.1 水源涵养功能

降水由大气层进入林冠层后被分割为 4 个部分:林冠截持降水量、枯落物持水量、林地土壤蓄水量和入渗量、坡面径流量,森林涵养水源能力表现为前三者之和<sup>[6~9]</sup>。

3.1.1 林冠的截留量 林冠截持降水量除与树种、林分结构有关外,还与降水强度、降水量、降水持续时间等因素有关。一般来说,降水量少、降水时间持续长林冠截持降水量相对大,截留率高。从表 3 可知:各林分林冠层对降水有较大的截留作用,降水量大于 40 mm 时仍能截留 10%;各林分林冠层截留率在降水量较小时相对较大,随着降水量的增加而降低;油松纯林截留率最大,桦木纯林截留率最小。排序为:油松人工纯林 > 落叶松纯林(落叶松抚育型) > 落叶松幼林(落叶松改造型) > 桦木-落叶松林 > 桦木-青杨林 > 桦木纯林,其原因是针叶面积指数大,毛细张力大,而阔叶叶面较大,毛细张力小,另外桦木叶面比较光滑。可见:针叶林林冠层截留量较大,针阔混交林分次之,阔叶林分最小。

表 3 不同经营模式的林冠对降水量的截留情况

经营模式	降水量/mm											
	< 1.0		1.0~5.0		5.0~10.0		10.0~20.0		20.0~40.0		> 40.0	
	0.63		2.58		8.26		15.95		34.32		49.78	
	林冠截留		林冠截留		林冠截留		林冠截留		林冠截留		林冠截留	
	截留率	截留量	截留率	截留量	截留率	截留量	截留率	截留量	截留率	截留量	截留率	截留量
	/ %	/ mm	/ %	/ mm	/ %	/ mm	/ %	/ mm	/ %	/ mm	/ %	/ mm
桦木抚育型	0.44	69.84	0.83	32.17	1.82	22.03	2.28	14.29	3.81	11.10	4.17	8.37
落叶松抚育型	0.51	80.95	0.86	33.33	2.11	25.54	3.16	19.81	5.88	17.13	6.62	13.30
油松人工林	0.54	85.71	0.95	36.82	2.21	26.76	2.30	14.42	5.73	16.70	6.77	13.60
桦-杨封育型	0.47	74.60	0.85	32.94	1.63	19.73	2.10	13.17	4.92	14.33	4.23	8.50
桦-落抚育型	0.49	77.77	0.93	36.05	2.08	25.18	2.95	18.50	5.18	15.09	6.64	13.34
落叶松改造型	0.52	82.54	0.90	34.88	2.13	25.79	3.11	19.50	5.47	15.94	6.50	13.06

3.1.2 林地枯落物持水量 大气降水经过林冠层后到达林地,首先被枯落物层吸持,水源涵养林地一般都保存较好的枯落物层,其吸水量相当可观,因而枯落物持水量是评价水源林水源涵养功能的一个重要指标<sup>[8~10]</sup>。由表 4 可知:林地有较大的枯落物贮量,约为  $20 \sim 50 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,林地枯落物贮量以落叶松纯林(落叶松抚育型)最大,高达  $51.3 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,针叶林以及针阔混交林枯落物贮量较高,即使是 10 年生的落叶松幼林地(落叶松改造和落叶松造林)其贮量也分别高达  $26.47$ 、 $24.6 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ;封禁的灌丛地也有较大枯落物贮量。林地枯落物有较大的持水率,其持水率(指最大持水率)是其本身质量的  $150\% \sim 300\%$ ,按持水率大小排序为:桦-杨封育型、桦木封禁型、桦-落抚育型、桦木抚育型、落叶松改造型、胡枝子灌丛、绣线菊灌丛、油松人工林、落叶松纯林(落叶松抚育型)、落叶松荒坡造林,可见阔叶林、针阔混交林枯落物持水率较高,针叶林较低,灌木枯落物也有较高的持水率,甚至高于针叶林枯落物。

表 4 各主要林分及灌草地枯落物持水量

林分类型 及经营措施	枯落物 总厚度/ cm	未分解 层厚度/ cm	半分解 层厚度/ cm	枯落物 干质量/ g	最大持 水率/ %	最小持 水率/ %	枯落物 贮量/ ( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	枯落物 持水量/ ( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	枯落物 水容量/ mm
桦木抚育型	4	2	2	141.1	217.67	182.18	23.52	51.15	5.115
桦木封禁型	6	3	3	167.3	223.52	178.33	27.89	62.33	6.233
落叶松抚育型	6	4	2	307.8	178.04	119.92	51.3	91.33	9.133
油松人工林	2	1	1	119.3	182.48	162.11	19.88	36.28	3.628
桦-杨封育型	5	2	3	113.4	302.56	263.32	18.9	57.18	5.718
桦-落抚育型	5	3	2	190.5	218.85	188.61	31.75	69.28	6.948
落叶松改造型	4	3	1	158.8	208.97	164.54	26.47	55.31	5.531
落叶松造林	3	2	1	147.6	130.10	88.14	24.6	32.00	3.200
胡枝子灌丛	4	2	2	103.6	202.70	165.74	17.27	35.01	3.501
绣线菊灌丛	4	3	1	117.6	192.94	135.97	19.6	37.82	3.782

枯落物持水量反映了林分枯落物的涵养水源能力。所观测的各种林地枯落物持水量(水容量)为  $3 \sim 9 \text{ mm}$ ,按大小顺序排列为:落叶松纯林(天然林、落叶松抚育型)、桦木-落叶松混交林(桦-落抚育型)、桦木封禁、桦木-青杨林(封育型)、落叶松改造型、桦木抚育型、绣线菊灌丛、油松人工林、胡枝子灌丛、落叶松荒坡造林。所调查的落叶松纯林为天然落叶松林,林龄较大,具有相当丰富的枯落物贮量,因而其持水量较高。相对而言,针阔混交林由于枯落物贮量和持水率都较大,其持水量相对较高,其次为阔叶林分,再次为油松等针叶树种人工林分及灌木林分,在阔叶树种中封禁和封育类型优于抚育类型。

3.1.3 林地土壤持水量 研究表明(表 5),土壤与荒草坡相比具有更好的土壤水分物理性质,更高的暂时贮水量和入渗率。林地暂时贮水量与土层厚度有关,林地土壤暂时贮水量明显高于灌草地,按大小排序为:落叶松改造型、桦木-落叶松抚育型、桦木封禁型、桦木抚育型、落叶松纯林型、桦木-青杨林封育型、油松纯林及灌木林地。落叶松改造型因改造前为天然阔叶林地,再加上造林整地措施,因而林地暂贮水量最高。林地入渗率是荒草坡的  $2 \sim 11$  倍,按大小排序为:落叶松幼林改造型、桦木-青杨林、桦木封禁、桦木抚育、桦木-落叶松抚育型、胡枝子灌丛、油松人工林、落叶松荒坡造林、落叶松纯林抚育型、绣线菊灌丛。总的来看,阔叶林地入渗率较高、针阔混交林地次之,针叶林地较低,落叶松改造型入渗率最高。

表 5 不同林地及灌草地土壤水分物理性质

林地类型	土层厚度 / cm	容重 / (g cm <sup>-3</sup> )	孔隙度 / %			最大持水量 / %	毛管持水量 / %	林地暂时贮水量 / mm	渗透率 / (mm min <sup>-1</sup> )
			总孔隙度	毛管孔隙度	非毛管孔隙度				
桦木封禁型	0~40	0.963	50.860	41.790	9.07	60.43	51.50	34.40	2.38
桦木抚育型	0~60	1.030	49.170	40.630	8.54	52.17	44.45	47.71	2.07
落叶松抚育型	0~50	1.348	45.720	39.602	6.12	41.68	34.72	46.91	0.61
油松人工林	0~40	1.180	44.576	39.496	5.08	49.32	41.40	37.36	1.09
桦-杨封育型	0~45	0.985	46.728	36.498	10.23	40.57	33.11	45.91	2.45
桦-落抚育型	0~60	1.054	47.617	38.467	9.15	47.77	39.51	48.98	2.06
落叶松改造型	0~50	0.953	49.830	40.110	9.72	59.11	48.83	48.98	2.50
落叶松人工林	0~40	1.365	45.087	38.227	6.86	41.83	35.43	34.94	0.64
胡枝子灌丛	0~30	1.102	45.531	36.711	8.82	48.80	38.07	35.47	1.84
绣线菊灌丛	0~30	1.386	45.214	38.194	7.02	38.20	30.13	33.56	0.51
荒草坡	0~25	1.406	40.225	35.225	6.53	36.15	30.25	21.24	0.32

### 3.2 林地土壤的养分状况

森林枯落物的分解增加了土壤有机质,同时植物根系的腐烂能增加土壤孔隙度和微生物和动物的活动,从而使土壤疏松,并增加肥力。由表 6 可知,森林土壤有较好的机械组成,其有机质、速效 P、速效 K、水解 N 等均高于荒草坡,可见林地(包括灌木林地)有较好的改良土壤的作用。有机质含量是土壤肥力的综合反映,表 6 中落叶松改造型林地有机质含量最高,这主要是由于该地立地条件较好,将原有林地进行改造,加速了土壤的熟化。桦木封禁、胡枝子灌丛、绣线菊灌丛、桦木-山杨等类型有机质含量也较高,而这几种类型均为封禁和封育型,可见封禁(封育)能提高林地(灌木林地)土壤有机质含量。有机质含量较低的为落叶松纯林、油松纯林和荒坡造林等类型,这主要是针叶林枯落物较难分解,不利于改良土壤造成的。速效 P、速效 K、水解 N 等指标与有机质含量反映的趋势大体一致。

表 6 各主要植被类型土壤机械组成及化学性质

林分名称及经营类型	土层厚度 / cm	石砾 / %	砂粒 / %	粉(砂)粒 / %	粘粒 / %	有机质 / (g kg <sup>-1</sup> )	速效 P / (mg kg <sup>-1</sup> )	速效 K / (mg kg <sup>-1</sup> )	水解 N / (mg kg <sup>-1</sup> )	pH 值
桦木封禁型	0~40	13.018	34.620	52.696	12.684	71	9.13	297.32	174.75	6.96
桦木封育型	0~60	10.108	32.438	51.288	16.275	56	4.92	233.04	152.36	6.58
落叶松抚育型	0~50	10.830	42.960	43.020	14.020	26	3.88	167.06	79.64	6.70
油松人工林	0~40	11.810	25.320	54.340	20.340	23	4.18	255.94	80.40	7.50
桦-杨封育型	0~45	8.160	33.720	55.500	10.780	69	4.33	257.03	201.11	6.75
桦-落抚育型	0~60	11.560	42.680	42.200	15.120	45	3.69	211.94	146.71	6.50
落叶松改造型	0~50	11.994	31.008	53.950	15.036	75	6.45	209.42	191.41	6.60
落叶松人工林	0~40	15.770	25.980	55.910	18.110	22	3.28	89.57	73.13	7.00
胡枝子灌丛	0~30	13.720	29.520	57.620	12.860	74	4.58	262.00	221.47	6.75
绣线菊灌丛	0~30	20.770	38.360	50.780	10.860	64	4.52	336.93	180.67	7.00
荒草坡	0~25	21.130	36.520	42.350	9.110	17	2.85	88.52	62.05	7.00

注:石砾、砂粒、粉(砂)粒、粘粒的粒径分别为 > 2.00 mm、2~0.05 mm、0.05~0.002 mm。

### 3.3 林木生长量

表 7 表明,落叶松具有最高的胸径平均生长量,年生长量达 0.4 cm 以上,即使林龄接近 50 a 仍有较高的生长量,油松生长量也较高,而白桦林在 30 a 以下生长量较大,40 a 以上生长

量明显减小。从经营类型看(考虑林龄因素),抚育及抚育更新类型胸径生长量大于封育型,封育型大于封禁型,这是因为经过抚育,增加了疏透度,利于林木生长,另外封禁类型适用于坡度较陡、立地条件较差、环境脆弱的地段,因而其生长量较小。从林分结构看,混交林(针阔混交、不同阔叶树种混交)生长量较大。林龄对高生长量的影响较大,幼林高生长较大,林分接近成熟后,高生长减小。桦木 30~40 a 已接近成熟,而落叶松林接近 50 a 仍处于生长旺期。落叶松幼林在当地生长良好,甚至在立地条件较差的荒坡上也有较高的生长量。

表 7 各主要经营模式林木生长比较

林分类型及 经营措施	树种	年龄/ a	密度/ (株 $\text{hm}^{-2}$ )	胸径生长量/cm		树高生长量/m		材积生长量/( $\times 0.01 \text{ m}^3$ )	
				总生长量	平均生长量	总生长量	平均生长量	总生长量	平均生长量
桦木封禁	白桦	28	1 380	9.35	0.333 9	9.40	0.335 7	3.606 9	0.128 8
桦木封禁	白桦	47	1 260	9.55	0.203 2	10.40	0.221 3	4.335 2	0.092 2
桦木封育	白桦	24	1 560	10.91	0.454 6	9.40	0.391 6	5.410 2	0.225 4
桦木封育	白桦	43	990	11.63	0.270 3	10.08	0.234 4	6.904 4	0.160 6
桦木抚育	白桦	47	645	16.20	0.344 5	10.30	0.219 1	10.342 0	0.220 0
桦木抚育	白桦	52	700	16.37	0.314 7	13.10	0.251 9	12.976 0	0.249 5
桦-落抚育	白桦	39	450	12.26	0.314 4	11.10	0.284 6	7.799 4	0.200 0
桦-落抚育	落叶松	27	330	12.59	0.466 3	10.42	0.385 9	6.768 4	0.251 2
桦-杨封育	白桦	25	650	10.77	0.430 6	10.30	0.412 0	4.955 3	0.198 2
桦-杨封育	青杨	27	405	9.28	0.343 7	12.20	0.451 8	4.048 6	0.149 9
油松人工林	油松	31	1 925	11.76	0.379 4	9.10	0.293 5	7.294 4	0.235 3
落叶松抚育更新	落叶松	47	285	20.15	0.428 7	19.00	0.404 3	18.792 0	0.399 8
落叶松改造	落叶松	10	2 850	4.77	0.477 0	5.50	0.550 0	1.159 8	0.116 0
落叶松改造	落叶松	11	2 760	5.73	0.520 9	5.70	0.518 2	1.683 6	0.153 1
落叶松造林	落叶松	10	2 520	4.95	0.495 0	4.80	0.480 0	1.391 2	0.139 1

## 4 结论

(1) 各林分林冠层的截留率随着降水量的增加而降低,截留率由大到小的排序为:油松人工纯林 > 落叶松纯林(落叶松抚育型) > 落叶松幼林(落叶松改造型) > 桦木-落叶松林 > 桦木-青杨林 > 桦木纯林,降雨量为 49.78 mm 时油松人工纯林的截留率高达 13.6%。阔叶林地的入渗率较高,其次是针阔混交林地、针叶林地,入渗率按大小排序为:落叶松幼林改造型、桦木-青杨林、桦木封禁、桦木抚育、桦木-落叶松抚育型、胡枝子灌丛、油松人工林、落叶松荒坡造林、落叶松纯林抚育型、绣线菊灌丛。在水源林建设中应大力发展针阔混交林,推广针阔混交模式。

(2) 在当地存在大量的天然次生林,它们的形成是在原始林分破坏后,天然恢复的白桦、山杨等演替植被,而非顶极的地带性植被,应对其进行改造,引进落叶松、云杉等针叶树种,形成针阔混交林结构,加速演替进程,增加水源涵养林生态系统的稳定性。

(3) 不同的经营类型各有其优点,封禁和封育有利于形成良好的森林结构,林地具有较大的枯落物;而抚育则有利于林木的生长,加快土壤的熟化,利于林木的天然更新;改造则能尽快建立起针阔混交的林分,并实现森林的部分经济效益,因而应根据具体的立地条件和林分结构以及植被类型选择不同的经营模式。

**参考文献:**

- [1] 陈国海,张清华.太行山花岗片麻岩区生态林业工程模式研究[J].林业科学研究,1996,9(增刊):1~19
- [2] 马增旺,毕君.太行山天然次生林主要树种地位指数表的编制[J].山西林业科技,1995(3):13~16
- [3] 张清华,张小泉.山西五台山不同林、灌(草)地水源涵养效益的研究[J].林业科学研究,1996,9(增刊):20~32
- [4] 李铁民.太行山低质低效林改造后的水文效益[J].山西林业科技,2000(3):15~18,25
- [5] 马平安,郭全邦.太行山片麻岩山地植被水土保持效益研究[J].地理学与国土研究,1999,15(3):43~46
- [6] 马雪华.森林水文学[M].北京:中国林业出版社,1993.12~46
- [7] 中野秀章.森林水文学[M].李云森译.北京:中国林业出版社,1983.1~38
- [8] 周学安.水源效益计量及工程建设技术对策研究[M].北京:中国林业出版社,1998.2~35
- [9] 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:科学技术出版社,1995.362~377
- [10] 杨立文,石清锋.太行山主要植被枯枝落叶层的水文作用[J].林业科学研究,1997,10(3):283~288

## Study on Ecological Protective Functions of Water Conservation Forest Managed with Different Measurements

ZHOU Ze-fu<sup>1</sup> LIN Fir-rong<sup>1</sup> SONG Ji-hong<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China;

2. College of Biological Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The ecological protective functions of water conservation forest, which had managed by different technological measures were studied in Wu Tai mountain, Shanxi Province. The results showed that: the canopy interception ratio was the highest in *Pinus tabulaeformis* pure forest and the lowest in *Betula platylla* pure forest. the water-holding capacity was the highest in coniferous and broadleaved mixed forests soil, followed by that in the broadleaved forest soil, and was the lowest in coniferous plantation soil. The water infiltration ratio in broadleaved forest soil was higher than that in coniferous and broadleaved mixed forests soil. The soil improvement effect was obvious in shrub forest after hill closure. The tree increment after treatment by tending measure was higher than by close the land and all close the land measures. The ecological protection functions varied in different technological measures. Different manage patterns should chosen according to the forest stand, the forest structure and the vegetation tapes.

**Key words:** water conservation forest; ecological protective functions; management measures