

# 渭北高原植被水源涵养功能及价值测评

焦彩霞, 孙根年, 任志远

(陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710062)

**摘 要:** 根据陕西植被图, 在 MapInfo 4.0 上建立渭北高原植被类型数据库, 从林冠层、枯枝落叶层、土壤层三个层次分析了渭北高原植被水源涵养的物质质量, 并利用影子工程法、成本估算法等方法对其生态功能进行了货币化评定。结果表明林冠层的截留量为 236378.35 万 t, 枯枝落叶层的截留量为 9761.00 万 t, 土壤层的截留量为 255682.49 万 t, 三个层次总截留量为 501821.84 万 t, 水源涵养总价值量为 336220.63 万元。这对于本地区水资源的合理利用以及生态环境建设有着积极的作用。

**关键词:** 渭北高原; 水源涵养; 功能; 价值量

**中图分类号:** S157; Q948; X24

**文献标识码:** A

陕西省渭北高原位于黄土高原的南部, 是我国典型的生态脆弱区, 由于水源贫乏、水土流失严重, 严重地影响到本区农业生产的发展。在全国及陕西生态规划中, 本区被确定为重点生态保护区, 其森林植被的主要功能为水源涵养。然而, 森林植被的水源涵养量有多少, 折算成货币表示的水源涵养价值量有多大, 至今仍无确凿的数据。本文在 GIS 支持下, 采用水量平衡法、容量折算法等方法计算了植被水源涵养的物质质量, 采用成本核算、市场价格法等方法计算了植被水源涵养的价值量, 为本区植被生态功能及经济价值评估提供了新的数据。

## 1 研究区概况及研究方法

### 1.1 研究区概况

本研究区位于  $107^{\circ}15'E \sim 110^{\circ}36'E$ ,  $34^{\circ}50'N \sim 37^{\circ}34'N$ , 包括延安市的大部分、咸阳市和渭南市的北部, 总面积为 426.52 万  $km^2$ 。年降水量介于 400 mm ~ 700 mm 间, 多年平均降水量为 542 mm, 水资源极为短缺, 人均占有量仅为全国人均占有量的 1/2。地形以塬梁山地为主, 区内沟壑纵横, 主要的山地有子午岭、崂山、黄龙山。土壤类型主要是黄土母质上发育的黄绵土、黄善土、褐土、黑垆土、粗骨土、娄土、红土, 土质较为疏松。渭北高原植被类型包括温带针叶林、温带落叶阔叶林、温带落叶灌丛、温带禾草

杂类草草甸草原、温带丛生禾草典型草原、温带草丛、禾草杂类草草甸、禾草及杂类草盐生草甸、温性黄土地作物落叶果树、暖温性作物落叶果树、暖温性渭河盆地作物落叶果树 11 种。

### 1.2 研究方法

首先, 根据最新的陕西植被图(1999 年), 利用 MapInfo 4.0 对其进行数字化, 建立渭北高原植被类型空间数据库。然后, 在 Lotus 1-2-3 for Windows 5.0 软件包上建立林冠层、枯枝落叶层、土壤层三个层次的专题数据库以及计算模型。最后, 综合野外调查及大量研究, 从林冠层、枯枝落叶层、土壤层三个层次分析了渭北高原植被水源涵养的物质质量, 并对植被生态系统水源涵养功能的价值进行了初步估算(见图 1)。

## 2 植被水源涵养生态功能的测算

目前, 国内外对森林生态系统水源涵养功能的理论研究已趋于成熟, 因此将其研究方法引入到植被生态系统水源涵养功能中来, 从而得到两种研究方法: 一种是植被区域水量平衡法; 一种是根据植被土壤的蓄水力和植被区域的径流量计算<sup>[1]</sup>。本研究是利用第二种方法进行测算, 其计算公式为: 植被水源涵养物质质量 = 林冠截留的降水量 + 枯枝落叶层的降水容量 + 土壤的降水储量。

收稿日期: 2002-03-05。

基金项目: 陕西师范大学校级重点科学基金、陕西省自然科学基金(2000D02)资助项目。

作者简介: 焦彩霞(1977-), 女(汉族), 河北省石家庄市人, 陕西师范大学硕士研究生。

©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

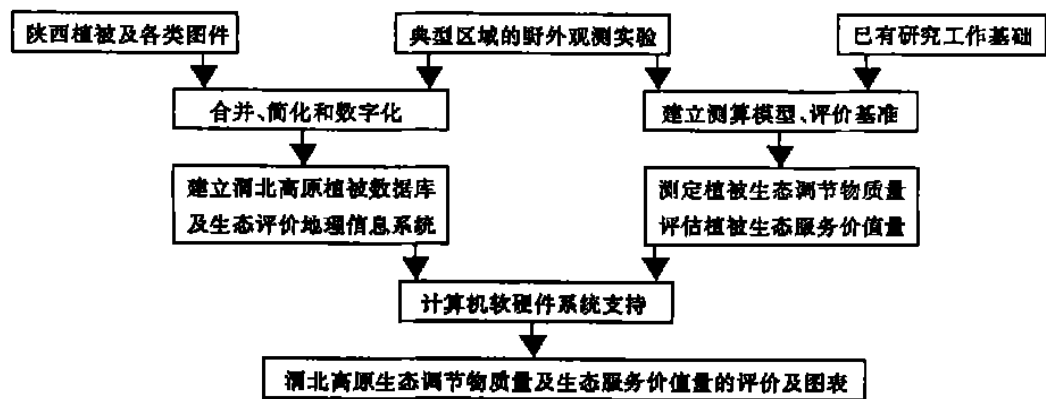


图 1 渭北高原植被水源涵养功能及价值测评研究的技术路线

Fig. 1 The technique route of a study on function and value of vegetation ecosystem water conservation on Weiwei plateau

2.1 林冠层水源涵养物质量的测算

降水进入植被生态系统即进行再分配，第一步就是林冠截留。它是被植被吸附在枝、叶、干表面或积蓄在枝、干凹陷处的水量。影响林冠截留量的因子很多，其中最大的影响因子是降水量。大量的研究表明，林冠截留量与降水量存在着极密切的正相关关系，有的呈直线相关，有的呈幂函数相关<sup>[4]</sup>。其

它的影响因子如降水特性、林冠特征、林分特征、风速等，与林冠截留率(林冠截留量占林外降水量的百分比)有关。因此，在综合大量的研究以及野外调查的基础上，对每种植被类型测定其林冠截留率和多年平均降水量(后者由加权平均法计算而得)，从而得到林冠截留量的计算公式(计算结果见表 1)：林冠截留的降水量=降水量×林冠截留率×面积。

表 1 林冠层水源涵养物质量

Table 1 The substance quantity of water conservation of the forest cap floor

编号	植被类型	总面积 (万 hm <sup>2</sup> )	多年平均降 水量(mm)	林冠截留 率% <sup>[1~4]</sup>	林冠层单位面积 截留量(t/hm <sup>2</sup> )	林冠截留量 (万 t)
12	温带针叶林	17. 16	635. 4	26. 7	1696. 52	29112. 39
31	温带落叶阔叶林	73. 97	593. 9	18	1069. 02	79080. 12
41	温带落叶灌丛	47. 25	576	15	864. 00	40827. 68
51	草甸草原	20. 07	525. 5	4. 5	236. 48	4746. 50
52	温带禾草草原	19. 10	439. 1	3. 5	153. 69	2935. 12
61	温带草丛	32. 89	534. 8	3. 5	187. 18	6156. 87
71	杂类草草甸	1. 00	596. 4	4. 5	268. 38	268. 36
73	盐生草甸	0. 33	514. 4	4. 5	231. 48	77. 35
92	温带黄土地果树	82. 76	469. 7	6. 03	283. 23	23438. 98
101	暖温果树	84. 44	564. 5	6. 83	385. 55	32557. 07
102	暖渭河果树	47. 53	529. 1	6. 83	361. 38	17177. 91

表 1 反映了渭北高原植被生态系统林冠单位面积截留量和林冠截留量的变化特征。林冠单位面积截留量和截留量变化很大，其波动范围分别为153. 69 t/hm<sup>2</sup>~1696. 52 t/hm<sup>2</sup>、77. 35 万 t~79 080. 12 万 t，林冠总截留量为 236 378. 35 万 t。此外，单位面积截留量的变化说明了各种植被类型的林冠截留功能差异较大。

其大小顺序为：温带针叶林> 温带落叶阔叶林> 温带落叶灌丛> 暖温性作物落叶果树> 暖温性渭河盆地作物落叶果树> 温性黄土地作物落叶果树> 禾草杂类草草甸> 温带禾草杂类草草甸草原> 禾草及杂类草盐生草甸> 温带草丛> 温带丛生禾草典型草原。产生如此大的差异主要是由于各种植被生态系

统的地域分布差异决定了多年平均降水量的空间分布, 而植被生态系统的类型是林冠截留率大小的主要决定因素。

2.2 枯枝落叶层水源涵养物质质量的测算

枯枝落叶层是覆盖在土壤表面的由苔藓、植物的凋落物以及动植物体分解而成的死地被物组成, 也称枯落物。枯落物是植被生态系统, 尤其是森林生态系统中最为活跃的, 它不仅是土壤有机养分的

重要来源, 而且在水源涵养功能上具有重要意义。枯落物的水源涵养物质质量与枯落物的种类、厚度、干重、湿度及分解程度等密切相关。一般而言, 枯落物的水源涵养物质质量是其干重的若干倍。引入饱和吸水率的概念, 从而得到其计算公式(计算结果见表2): 枯枝落叶层的降水容量=枯枝落叶层的干重×饱和吸水率×面积。

表2 枯枝落叶层水源涵养物质质量  
Table 2 The substance quantity of water conservation of the litter—fall floor

编号	植被类型	总面积 (万 hm <sup>2</sup> )	干重 (t/hm <sup>2</sup> ) <sup>[5]</sup>	饱和持水率% <sup>[5]</sup>	枯落层单位面积截留量(t/hm <sup>2</sup> )	枯落物截留量(万 t)
12	温带针叶林	17.16	17.95 <sup>[6]</sup>	260 <sup>[6]</sup>	46.67	800.86
31	温带落叶阔叶林	73.97	32.9	166.7	54.84	4057.07
41	温带落叶灌丛	47.2	23.2	157	36.42	1721.19
51	草甸草原	20.0	5.4	43.5	2.35	47.15
52	温带禾草草原	19.10	3.88	36.6	1.42	27.12
61	温带草丛	32.89	3.88	36.6	1.42	46.71
71	杂类草草甸	1.00	4.5	43.5	1.96	1.96
73	盐生草甸	0.33	4.5	43.5	1.96	0.65
92	温带黄土地果树	82.76	8.34 <sup>[7]</sup>	151 <sup>[8]</sup>	12.59	1042.18
101	暖温果树	84.44	9.73	157	15.28	1289.95
102	暖渭河果树	47.53	9.73	157	15.28	726.15

表2反映了渭北高原植被生态系统枯落物单位面积截留量和枯落物截留量的变化特征。二者变化较大, 其波动范围分别为 1.42t/hm<sup>2</sup>~54.84t/hm<sup>2</sup>、0.65万t~4057万t, 枯落物总截留量为9761.00万t。此外, 枯落物单位面积截留量的大小顺序为: 温带落叶阔叶林>温带针叶林>温带落叶灌丛>暖温性渭河盆地作物落叶果树、暖温性作物落叶果树>温性黄土地作物落叶果树>温带禾草杂类草草甸草原>禾草杂类草草甸、禾草及杂类草盐生草甸>温带丛生禾草典型草原、温带草丛, 这说明了各种植被生态系统的单位面积截留量因枯落物贮存量和持水特性的变化而存在着较大差异。

2.3 土壤层水源涵养物质质量的测算

降水通过林冠层、枯枝落叶层的截留后, 到达植被土壤表层, 开始进行第三次分配。土壤中的水分以两种形式贮存, 即吸持贮存和滞留贮存。吸持贮存的水分对蒸发和植被吸收有一定作用, 但对河川径流的调节关系不大。而滞留贮存的作用极大, 特别是在暴雨和大雨时, 它可以阻止水分过快地形成

地表径流流失, 为水分渗透到土壤下层赢得宝贵时间。因此, 为简便起见, 在实际计算植被土壤水源涵养物质质量时, 常常忽略吸持贮存。从而得到土壤降水储量的计算公式

$$Q=\sum_{i=1}^nS_i h_i p_i$$

式中 Q为植被土壤的降水储量, S<sub>i</sub>为i种土壤的面积, h<sub>i</sub>为i种土壤的深度, p<sub>i</sub>为i种土壤的粗孔隙率(非毛管孔隙度), n为土壤的种类数<sup>[3]</sup>。考虑到渭北高原的成土过程以及土壤有效水的深度, 特将各种土壤的深度h<sub>i</sub>定为0.6m(计算结果见表3)。

由表3可见, 土壤单位面积截留量和截留量变化较大, 其波动范围分别为320.4t/hm<sup>2</sup>~924t/hm<sup>2</sup>、122.51万t~68352.35万t, 土壤总截留量为255682.49万t。此外, 土壤单位面积截留量的大小顺序为: 温带落叶阔叶林>温带落叶灌丛>温带针叶林>暖温性渭河盆地作物落叶果树>暖温性作物落叶果树>温性黄土地作物落叶果树>温带禾草杂类草草甸草原>禾草杂类草草甸、禾草及杂类草盐生草甸>温带丛生禾草典型草原、温带草丛。产生

如此大的差异主要是因为土壤结构的不同决定了土壤的非毛管孔隙度的大小。

表3 土壤层水源涵养物质质量

Table 3 the substance quantity of water conservation of the soil floor

编号	植被类型	非毛管孔隙度% <sup>[1]</sup>	土壤单位面积截留量(t/hm <sup>2</sup> )	土壤截留量(万t)
12	温带针叶林	11.35	681	11686.02
31	温带落叶阔叶林	15.4	924	68352.35
41	温带落叶灌丛	13.5	810	38275.95
51	草甸草原	7.46	447.6	8984.18
52	温带禾草草原	5.34	320.4	6119.09
61	温带草丛	5.34	320.4	10538.84
71	杂类草草甸	6.11	366.6	366.57
73	盐生草甸	6.11	366.6	122.51
92	温带黄土地果树	6.34	460	38067.88
101	暖温果树	6.34	540	45598.91
102	暖渭河果树	6.34	580	27570.20

2.4 植被生态系统水源涵养物质质量

通过以上对渭北高原植被生态系统三个层次水源涵养物质质量的测算,从而得到各种植被类型的单位面积水源涵养物质质量和水源涵养总量。由图2可以看到,单位面积水源涵养量呈现一定的空间分布。水源涵养量介于2 000 t/hm<sup>2</sup>~2 500t/hm<sup>2</sup>的植被类型有温带针叶林、温带落叶阔叶林,介于1 000 t/hm<sup>2</sup>~2 000t/hm<sup>2</sup>的植被类型有温带落叶灌丛,二者呈倒V字型分布,主要分布在子午岭、崂山、黄龙山。水源涵养量介于800 t/hm<sup>2</sup>~1 000t/hm<sup>2</sup>的植被类型有暖温性渭河盆地作物落叶果树、暖温性作物落叶果树,其主要分布在洛川塬、渭河平原和黄龙山附近。水源涵养量介于600 t/hm<sup>2</sup>~800t/hm<sup>2</sup>的植被类型有温性黄土地作物落叶果树、温带禾草杂类草

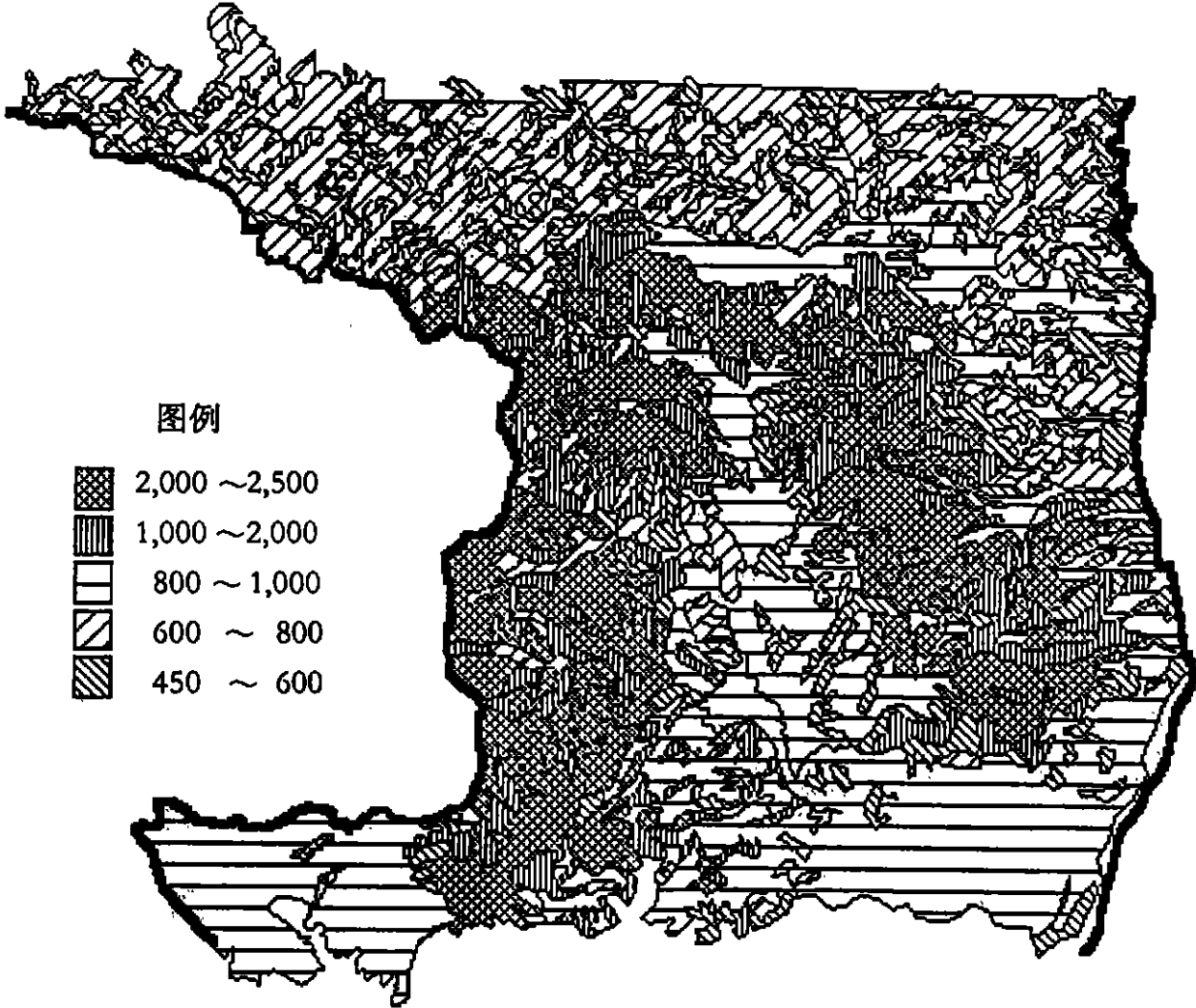


图2 各种植被类型单位面积的水源涵养物质质量(t/hm<sup>2</sup>)

Fig. 2 The substance quantity (t/hm<sup>2</sup>) of all kinds of vegetation water conservation for every area

草甸草原、禾草杂类草草甸、禾草及杂类草盐生草甸, 水源涵养量介于  $450\text{ t/hm}^2 \sim 600\text{ t/hm}^2$  的植被类型有温带草丛、温带丛生禾草典型草原, 主要分布在子午岭、崂山、黄龙山以北。此外, 渭北高原水源涵养总量为  $501\,821.84\text{ 万 t}$ , 各种植被类型涵养总量的大小顺序为: 温带落叶阔叶林 ( $151\,489.54\text{ 万 t}$ ) >> 温带落叶灌丛 ( $80\,824.83\text{ 万 t}$ ) >> 暖温性作物落叶果树 ( $79\,445.93\text{ 万 t}$ ) > 温性黄土地作物落叶果树 ( $62\,549.05\text{ 万 t}$ ) > 暖温性渭河盆地作物落叶果树 ( $45\,474.25\text{ 万 t}$ ) >> 温带针叶林 ( $41\,599.27\text{ 万 t}$ ) >> 温带草丛 ( $16\,742.42\text{ 万 t}$ ) >> 温带禾草杂类草草甸草原 ( $13\,777.83\text{ 万 t}$ ) >> 温带丛生禾草典型草原 ( $9\,081.33\text{ 万 t}$ ) >> 禾草杂类草草甸 ( $636.89\text{ 万 t}$ ) >> 禾草及杂类草盐生草甸 ( $200.51\text{ 万 t}$ )。

3 植被水源涵养价值量的测评

植被水源涵养价值量的计算方法主要有三种: 替代工程法、地下径流增长法和采伐损失法。本研究主要是应用替代工程法, 即影子工程法。其理论基础是假设存在一个蓄水功能与植被水源涵养物质量相同的工程, 那么该工程的价值就可以替代这种植被的水源涵养价值, 其计算公式为

$$V = l \times \frac{Q_1}{Q_g} V_g$$

式中  $V$  为植被水源涵养价值,  $Q_1$  为植被水源涵养的物质质量,  $Q_g$  为某种替代工程的水容量,  $V_g$  为替代水利工程的价值,  $l$  为发展阶段系数(就我国现阶段的发展水平而言,  $l \approx 0.15$ )<sup>[3]</sup>。

根据我国每建设  $1\text{ m}^3$  库容的成本花费为  $0.67$  元, 从而上式可简化为

$$V = 0.67 \times Q_1$$

计算结果见表 4, 表 4 反映了渭北高原植被生态系统单位面积水源涵养价值量和水源涵养价值总量的变化特征。其中, 单位面积水源涵养价值量(三个层次单位面积水源涵养价值量之和)的大小顺序为: 温带针叶林 ( $1\,624.21\text{ 元/hm}^2$ ) >> 温带落叶阔叶林 ( $1\,372.07\text{ 元/hm}^2$ ) >> 温带落叶灌丛 ( $1\,145.98\text{ 元/hm}^2$ ) >> 暖温性渭河盆地作物落叶果树 ( $640.96\text{ 元/hm}^2$ ) >> 暖温性作物落叶果树 ( $630.36\text{ 元/hm}^2$ ) >> 温性黄土地作物落叶果树 ( $506.40\text{ 元/hm}^2$ ) >> 温带禾草杂类草草甸草原 ( $459.90\text{ 元/hm}^2$ ) >> 禾草杂类草草甸 ( $426.75\text{ 元/hm}^2$ ) >> 禾草及杂类草盐生草甸 ( $402.03\text{ 元/hm}^2$ ) >> 温带草丛 ( $341.03\text{ 元/hm}^2$ ) >> 温带丛生禾草典型草原 ( $318.59\text{ 元/hm}^2$ ), 与图 2 的分布完全相同。此外, 渭北高原植被生态系统水源涵养总价值量为  $336\,220.63$  万元, 各种植被生态系统的水源涵养价值总量的变化较大, 其大小顺序与各种植被类型涵养总量的大小顺序完全吻合。

表 4 渭北高原植被生态系统水源涵养的价值量

Table 4 the value of vegetation ecosystem water conservation on Weiwei plateau

编号	植被类型	单位面积水源涵养价值 (元/hm <sup>2</sup> )			水源涵养价值量 (万元)			总价值量 (万元)
		林冠	土壤	枯落物	林冠	枯落物	土壤	
12	温带针叶林	1136.67	31.27	456.27	19505.30	536.58	7829.63	27871.51
31	温带落叶阔叶林	716.24	36.75	619.08	52983.68	2718.24	45796.07	101497.99
41	温带落叶灌丛	578.88	24.40	542.70	27354.55	1153.20	25644.89	54152.63
51	草甸草原	158.44	1.57	299.89	3180.16	31.59	6019.40	9231.15
52	温带禾草草原	102.97	0.95	214.67	1966.53	18.17	4099.79	6084.49
61	温带草丛	125.41	0.95	214.67	4125.10	31.30	7061.02	11217.42
71	杂类草草甸	179.81	1.31	245.62	179.80	1.31	245.60	426.72
73	盐生草甸	155.09	1.31	245.62	51.83	0.44	82.08	134.34
92	温带黄土地果树	189.76	8.44	308.20	15704.12	698.26	25505.48	41907.86
101	暖温果树	258.32	10.23	361.80	21813.24	864.27	30551.27	53228.77
102	暖渭河果树	242.12	10.23	388.60	11509.20	486.52	18472.03	30467.75
总计		371.32	15.33	401.64	158373.5	6539.87	171307.3	336220.63

# 4 结 论

在大量的野外调查以及研究工作的基础上,弄清了渭北高原各种植被类型的水源涵养物质和水源涵养价值量的大小。

1. 各种植被生态系统水源涵养物质存在着较大差异。林冠层单位面积截留量和截留量的变化范围为  $153.69\text{ t/hm}^2 \sim 1\,696.52\text{ t/hm}^2$ 、 $77.35\text{ 万 t} \sim 79\,080.12\text{ 万 t}$ ,总截留量为  $236\,378.35\text{ 万 t}$ ;枯枝落叶单位面积截留量和截留量的变化范围为  $1.42\text{ t/hm}^2 \sim 54.84\text{ t/hm}^2$ 、 $0.65\text{ 万 t} \sim 4\,057\text{ 万 t}$ ,总截留量为  $9\,761.00\text{ 万 t}$ ;土壤层单位面积截留量和截留量的变化范围为  $320.4\text{ t/hm}^2 \sim 924\text{ t/hm}^2$  和  $122.51\text{ 万 t} \sim 68\,352.35\text{ 万 t}$ ,总截留量为  $255\,682.49\text{ 万 t}$ ;三个层次水源涵养总截留量为  $501\,821.84\text{ 万 t}$ 。

2. 植被生态系统单位面积水源涵养价值量和水

源涵养价值总量的变化范围分别为  $318.59\text{ 元/hm}^2 \sim 1\,624.21\text{ 元/hm}^2$ 、 $134.34\text{ 万元} \sim 10\,1497.99\text{ 万元}$ ,三个层次的水源涵养总价值量为  $336\,220.63\text{ 万元}$ 。

## 参考文献:

- [1] 王礼先,王斌瑞.森林生态工程学[M].北京:中国林业出版社出版,2000.
- [2] 周晓峰.中国森林与生态系统.北京:中国林业出版社出版,1999.
- [3] 李金昌.生态价值论[M].重庆:重庆大学出版社出版,1998.
- [4] 温远光,刘世荣.我国主要森林生态系统类型降水截留规律的数量分析[J].林业科学,1995,31(4):289~298.
- [5] 王佑民.中国林地枯落物持水保土作用研究概况[J].水土保持学报,2000,14(4):108~113.
- [6] 刘向东,吴钦孝,赵鸿雁.黄土高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.
- [7] 吴钦孝,刘向东,苏宁虎,等.山杨次生林枯枝落叶蓄积量及其水文作用[J].水土保持学报,1992,5(1):71~76.

# A Study on Function and Value of Vegetation Water Conservation on Weibei Plateau

JIAO Cai-xia,SUN Gen-nian and REN Zhi-yuan

( College of Tourism and Environmental Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an, shaanxi, 710062 China )

**Abstract:** According to the vegetation map of shaanxi, this article, first of all, used MapInfo 4.0 to set up a data base for vegetation types on Weibei plateau, secondly, analyzed the substance quantity of vegetation water conservation from the forest cap floor, the litter-fall floor and the soil floor, finally, used the reflection engineering method and the cost estimated method to appraise the value of the eco-function. The result was that the withholding quantity of the forest cap floor, the litter-fall floor and the soil floor was  $236\,378.35\text{ ten thousand tons}$ ,  $9\,761.00\text{ ten thousand tons}$  and  $255\,682.49\text{ ten thousand tons}$ , the whole withholding quantity of the three floors was  $501\,821.84\text{ ten thousand tons}$ , and all the value of water conservation was  $336\,220.63\text{ ten thousand yuan}$ . This study was useful for the reasonable use for water resources and the building of the ecological environment.

**Key words:** Weibei plateau; water resources conservation; function; value