

“八五”国家科技攻关

85—19—01—06—05

亚流域防护林系统水文效益 计量评价技术研究

主要研究人员： 李锡泉 欧阳惠 张传峰 覃正亚
张玉荣 万晓初 董明治 张建梅

主要完成单位： 湖南省林业科学研究所
湖南省营林局
湖南省气象局
衡阳市林业局
石门县林业局
衡南县林业局

一九九五年九月

5 715

5 亚流域防护林系统

水文效益计量评价技术研究

1 前言

长江中上游的防护林体系是一个以山地系统，环境资源系统和防护林系统组合而成的巨大的生态林业工程，防护林类型是其中的一个基本组成单元。防护林是一种为改善生态环境、涵养水源、保持水土、防风、固沙、调节气候及发挥其防护功能而营造和经营的森林。森林是以林木为主的生态系统，它具有一定的空间和密度，且林木之间，林木与各种生物（植物和动物）之间，以及同各种环境因子之间相互影响，并能影响周围环境的森林植物地理群落。它与一般其它系统相比，往往是具有更为复杂的运动机制，更难测定其运动参数，从方法论上讲，常有三种途径来研究这样的系统，第一种把系统看成是一个“黑箱”，输入和输出的形式来表示系统的行为，最为常用的是统计方法，如回归方程等。这种方法易于操作，颇为流行，但不能了解森林的结构和功能的机理，因此应用于防护林建设技术中，存在一定的缺点。第二种途径建立在系统工程的原理上，从整体观点出发来研究一个自然系统，认为系统是由一些互相连结和互相作用的分量组成，对这个系统研究，首先必须识别或确定它的各个分量，然后是它们的连结关系，一旦完成了系统的这种分解，就有可能测量系统的各种参数，并且用方程来描述分量之间的相互关系，目前认为有以下两种主要方法来进行：一种是分室系统方法，另一种是实验组成成分法，前者主要是用来研究生态系统中各分室的物质与能量的流动，后者主要

集中在复杂的生态过程（如：捕食、竞争等问题）的详细分析上。第三种途径是定性分析方法，由于生态系统的复杂性，人们很难得到系统的全部定量信息，于是提出了定性分析方法。但是，防护林生态系统是一个开放性的系统，物流、能流效益均已远远超出了林业企业的经营范畴，而成为一种社会公益性系统。不同地域、时间、空间和不同的防护林类型，其生态防护效能是不同的，即使是两种完全相同的防护林类型在不同的社会经济背景下，其效能也是不同的，国外一些林业工作者提出的许多方法，亦处于探索之中，我国一些学者采用森林调查规划的方法进行多效益计量评价，也尚未形成通用的方法，本研究是在试验研究的基础上，广泛收集有关资料，采用二种不同途径进行研究、分析。旨在寻求一种合理、方便、实用的计量、评价防护林生态水文效益的方法。

2 研究方法

2.1. 研究区概况及亚流域的选择

2.1.1 试验区概况

研究区为长防林建设区，在湘中、湘南、湘东及湘北澧水亚流域（渫水）设有研究基地。

湘中、湘南以第四纪红壤、石灰岩土壤为主，属中亚热带湿润季风气候，年平均气温 17.4°C ，最高月平均气温 $27-32^{\circ}\text{C}$ ，极端高温 42.2°C ，最低月气温（1月） 4°C ，极端低温 -7°C ，年降水量 $1200-1650\text{mm}$ ，雨旱两季明显，天然植被稀少，大面积为人工杉、松纯林及部分封山培育的混交林，区内人口稠密。

湘东炎陵为低山地区，属山地气候、天然植被完整，土壤多为花岗岩发育的山地红、黄壤，年平均气温 16.3°C ，极端高温 41°C ，极端

低温 -10°C ，多年平均降水量1620mm。

2.1.2 亚流域的选择(溁水概况)

溁水是湖南境内的四大水系之一，溁水在石门镇流入，河长162km，流域绝大部分面积在石门县境内，面积3123.5平方公里(极少面积在湖北省境内)流入处于武陵山北段，由西北向东南方向倾斜，(最高点壶瓶山海拔2099m)向滨湖地区过渡，水文站所在地皂市镇海拔83m。

土壤：上游以沙砾土、沙土为主，粘土次之，中游扁沙土，沙土为主，黄粘土次之，下游扁沙土，沙壤土，粘土各占1/3。

气候：气温由东南向西北递减，皂市最高年平均气温 $16.7-16.8^{\circ}\text{C}$ ，东山峰、壶瓶山等地年平均气温在 $7.9-9^{\circ}\text{C}$ ；年平均降水量在1290--1900mm之间；基本上水热同季。

降水特点：①暴雨：该流域每年都有暴雨发生，(日降水量 $\geq 50\text{mm}$ 称暴雨， $\geq 100\text{mm}$ 称特大暴雨)，暴雨1980年最多13天，1974年最少1天，暴雨主要集中在4--9月，占全年暴雨95%，以6月份暴雨最多，7--8月份次之，暴雨最大出现在泥沙镇，为259.6mm(1982年7月21日)，1980年7月30日--8月3日，全流域出现连续暴雨，其中泥沙镇降水575.6mm，南镇533.3mm，罗坪433.3mm，所街483.3mm，维新场389.9mm，引起山洪暴发，以泥沙、维新最严重。

暴雨分布，西多东少，南多北少，暴雨区年平均5.4天，在南坪河——所街——磨岗隘一线以西，年暴雨日数5.5天以上，其中罗坪、南镇6.5天以上，为最多暴雨地区，暴雨引起山洪暴发，带来洪涝灾害。1960--1982年统计，出现洪涝(4年占61%，以6月份最多，占43%，洪涝一般2年1遇，山洪主要分布在南镇、江坪、南坪，洪涝主要分布在溁水各支流竹溪、商溪、仙阳河。

(2)降水保证率：降水量的保证率 $>1200\text{mm}$ 的有燕子山、皂市、

维新场，这对农林作物生长有利，而 $>1600\text{mm}$ 保证率在 50 % 以上的还有罗坪、泥市、南镇，这说明也易起洪涝危害，附表1。

表1 溧水流域降水保证率

水量级	皂市	维新场	所街	罗坪	泥沙	江坪	南镇
>800		99					
>1000	99	95	99				
>1200	73	76	95	99	99	100	
>1400	47	47	69	94	84	64	100
>1600	21	18	43	68	52	38	63
>1800	4	8	8	42	20	22	47
>2000	4	4	4	21	15	11	26

(3) 干旱：也是该流域主要气象灾害之一，1966--1982年，干旱出现14年占61%，其中特大旱一年，大旱三年，一般干旱10年，按出现季节分，夏旱一年，秋旱7年，夏秋连旱6年，水南渡以上的地区还较轻。

(4) 溧水干流洪水

① 下游(皂市) 1935年7月5日，水位达86.11m，流量 11000m^3 ，1954年6月1日，水位82.39m，流量 5430m^3 ，1969年7月1日，水位82.03m，流量 5220m^3 。

② 中游(樟树洞) 1935年7月5日，水位达107.06m，流量 10800m^3 ，1954年6月13日，水位100.43m。

③ 中游(磨市) 1935年7月5日，水位达137.45m，流量 7890m^3 ，1954年6月13日，水位133.85m，流量 4180m^3 ，1969年7月11日，水位132.83m，流量 3840m^3 。

④ 上游(所市) 1935年7月5日，水位达172.80m，流量 6960m^3 ，

1954年6月13日, 水位166.70m, 流量4140m³, 1969年7月11日, 水位166.53m, 流量3510m³。

⑤上游(泥市) 1904年, 水位228.10m, 1935年7月5日, 水位225.18m, 流量4230m³, 1962年7月7日, 水位224.36m, 流量3350m³。

(5) 溧水干流枯水流量

①下游(皂市) 1959年9月, 水位74.39m, 流量4.72m³, 1966年9月, 水位74.42m, 流量5.08m³, 1972年9月, 水位74.48m, 流量7.33m³, 1974年1月, 水位达74.43m, 流量6.38m³。

②上游(所市) 1959年9月, 水位达150.67m, 流量3.83m³, 1966年9月, 水位150.87m, 流量4.31m³, 1972年9月, 水位150.78m, 流量3.43m³。

③溧水7条支流, 1959年9月有5条流量0.1m³以下, 里山河断流。

由以上说明及有关水土流失资料()表明溧水是洞庭湖水系水旱灾害及水土流失最为严重的地区。因此选择了这样一个落差大, 干排因素相对少的流域作为研究对象。

2.2 研究数据的采集

2.2.1 水量平衡场的建设

在湘中丘陵区选择了国外松林, 櫟、樟混交林, 油茶林, 草坡地四种类型, 建立水量衡场, 基本情况见表2, 面积100m², 场四周设

表2 水量平衡场基本情况

类别	坡向	林龄	郁闭度	平均高HM	平均胸径DM	整地	容重	非毛管孔隙度
湿地松	N.E	13	0.95	8.0	12.8	撩壕	1.27	10.2
混交林	E.N	8	0.9	6.3	10.2	撩壕	1.37	11.4
草坡	W.N	天然	全部覆盖	0.2		无	1.47	6.7
油茶	N.W	12	0.78	2.52	8.1	穴植	1.45	7.3

有不透水的隔水墙，下至土壤母质层，上高出地面10cm，隔断地下、地上水分的交换，地表径流采用顶角为60度的三角形量水堰和自计水位计，测定每次降水过程的起止时间和地面径流的水位高低(cm)，然后根据以下公式计算径流量：

$$T_o = M \cdot H^{2.5}$$

$$T = \sum_{ti=1}^n 1/2 [T_o(1) + T_o(2)] t_1 + \dots + 1/2 [T_o(i) + T_o(i+1)] t_n$$

式中： T_o 为某一水位高度的流量； M 为流量系数，其平均值为0.826； H 为水位高度； T 为某一径流过程的总径流量； t 为相邻两点的时间差；径流场下方挖有一个壤中流观测剖面，设有20cm、50cm、100cm、底层（不透水层）四个观测面，用一个一定面积的不透水的加厚塑料板，四周加卷边，呈“碟”形，底部打一小洞，用乳胶管导出壤中流于桶内，根据观测数据换算出水量平衡场某层的壤中流。

林内降雨按不同树高，不同树冠疏密度比例，选择取5--10个点，采用无反卷边的塑料面盆，漏斗承接林内降雨，用乳胶管将降雨导入桶内，用量筒直接度量，取5--10个点的平均值，然后，换算成水量平衡场的林内降雨量。

树干茎流按平均胸径选择5株标准木，用乳胶管环形缠绕树杆，在紧靠树杆的内侧，剖开小口，用橡皮泥封实，茎流沿着乳胶管流入水桶，用量筒度量。

2.2.2 降水和蒸发的观测

在水量平衡场附近（等雨区内）设有气象观测点，与水量平衡场对等观测，观测内容有降水量，雨强、降水历时、蒸发、地温等项，降水量采用虹吸式和雨量筒观测，蒸发采用20cm的蒸发皿。

2.2.3 径流量和泥沙流失量的测定调查

自测和收集了68个径流场，连续三年的径流观测资料，其中包括次生林、灌丛、乔木、林农间作、林带、不同坡度、坡向、整地方式等；林地土壤有第四纪红壤、紫色土、板页岩发育的黄壤，采用自记和称量两种方法观测，每场降雨过程观测一次，泥沙量按照烘干称重法称重。然后建立泥沙与径流量的回归预测方程。

$$y_{\text{沙}} = 0.000685X + 0.1068 \quad r=0.82$$

2.2.4 土壤物理性质的测定与计算

1、土壤容重测定

采用环刀法测定土壤容重

$$\text{土壤容重} = \frac{\text{环刀内烘干土重}}{\text{环刀体积}}$$

2、土壤总孔隙度测定

采用测定容重的环刀，浸水数小时后，称量，至恒重。

$$\text{饱和含水率}\% = \frac{\text{浸泡后土重} - \text{烘干土重}}{\text{烘干土重}} \times 100$$

$$\text{总孔隙度}(V\%) = \text{饱和含水率} \times \text{容重}$$

3、土壤毛管孔隙度测定

将测定过总孔隙度的环刀置于沙盘上12小量、称重至恒重

$$\text{毛管含水率}(V\%) = \frac{\text{放置后的土重} - \text{烘干土重}}{\text{烘干土重}}$$

$$\text{毛管孔隙度}(V\%) = \text{毛管含水率} \times \text{容重}$$

4、土壤非毛管孔隙度

$$\text{非毛管孔隙度}(V\%) = \text{总孔隙度} - \text{毛管孔隙度}$$

2.2.5 枯枝落叶量及其持水量测定与计算

采用了样方收集和实测资料，采用 $W = a(D^2H)$ 公式，建立回归

方程，预测枝叶年产量。持水量的测定采用雨后收集称重法和浸泡10小时称重，降雨小，侧枯枝落叶没有达到最大含水量，无需测试其含水量。一般以林内产生地表径流为准、现场称重、然后烘干称重计算。

$$\text{枯落物含水量} = \frac{\text{湿重} - \text{干重}}{\text{干重}} \times 100\%$$

2.2.6 林业数据采用石门县94年林业清查资料，土壤剖面采用土壤普查资料，水沙产量资料为石门皂市水文站和所市水文站提供。

2.3 数据处理

①根据水量平衡理论和能量守恒定律建立水量平衡场的平衡方程式： $P = Q + I + F + E$ （数据见表3）

式中： P 为林外降雨量， Q 为林冠截留量， I 为地表径流量， F 为地下渗透量， E 为蒸散量， P 、 Q 、 I 、 F 均为实测值， E 采用平衡差值与蒸发量的回归估算值，其方程， $y = 4.33 + 0.98x$ ， $r = 0.97$ ，然后根据常用计算月蒸散量的哈蒙公式 $E = 0.14 D_o q_t \cdot d$ 检验，两组数据相关紧密，其相关系数达0.967。

式中： D_o 为月可照时数率， q_t 为饱和水气压， d 为一个月的天数。

②对观测和收集的资料进行分类整理，采用主成份的方法对林冠截留进行分析、根据主成分坐标进行简单排序、计算计量指标；采用回归分析对枯枝落叶量、持水量进行回归预测；采用大量的土壤剖面材料进行对比分析，采用C层土壤的物理性质作为林地效益的对照值，计量土壤的调蓄降水效益值。然后对溁水流域进行具体的计量评价。

③运用灰色系统分析的方法，对4次森调资料以及历年水位、流量含沙量等资料，通过累加生成。建立植被变化与各水文要素间的动态模型。

3. 结果分析

3.1 防护林体系水文效益计量技术

防护林是一种以生态防护效益为目的的森林类型，这种森林是以乔木为主体的一个植物群落，这个群落中包括高大的乔木（建群种）以及予之相适应的混生种（灌木、藤草、草本以及其它动植物），由于它们共同影响同一生态环境，虽作用的能力各不相同，但都能产生不同程度的水文效益。防护林的效益是相对于无林地而言的，因此研究防护林的效益计量评价也就是对防护林地比无林地林增加的对生态环境的保护、调控等功能的计量与评价。

在同一自然地理环境条件下，防护林地与无林地具有相同的经纬度，太阳辐射、土壤母岩以及坡度等，唯一不同是防护林地比无林地增加了防护林体系以及由此带来的一系列的对降水的重新分配，枯落物的持水，地表径流的拦蓄，增加土壤渗透，增加拦洪滞瀑的能力，减少自然灾害。，因此，我们的研究，从防护林林冠、枯枝落叶、林地土壤三个不同层次计量防护林体系水文效益。

3.1.1 林冠截留分析及计量

(1) 林冠截留分析

林外降雨遇到林冠，并产生林冠截留。在已往的研究中，有人认为林冠截留的生态效益很小，是一种无效降水^[23]，虽说这一部分降水没能达到地面，但缓和了雨势，削弱了雨强，延长了林内降雨的时间，改善了水分进入林地的状况，增强水分渗入土壤和植被物利用的有效性，从而调节了地表径流，特别是在大雨时，对保持水土，减少洪灾作用十分显著。

对一次降雨而言，截留量随降雨量呈非直线关系增加（见图1），

这是因为林冠截留主要由树木枝叶对雨水的吸附和降雨过程中被截留部分的不断蒸发组成，随着降雨的不断增加，而这种吸附和蒸发又不能迅速增加，截留量达到某一定值时，保持恒定或微小的增加，在同一林地，而不同的林分、林种、防护林类型具有不同的林冠截留量，在不同林地处于同一生长发育阶段

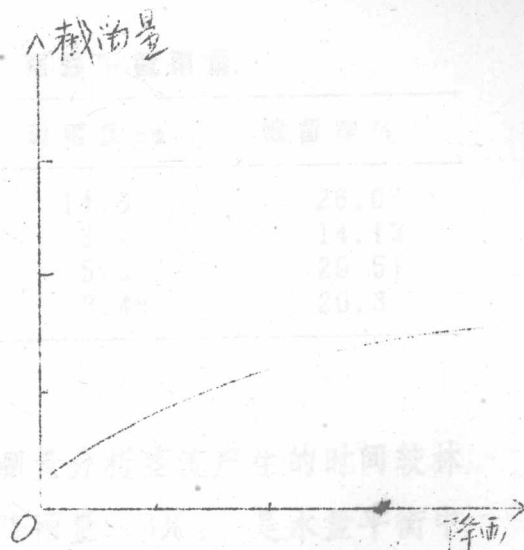


图1 降雨量与截留量

以我们认为，的防护林具有不同林冠截留量，所林分截留量在一定气候背景下，其差异主要是由林分本身的生物特性（种类、枝叶形状、角度、结构、冠形、持水能力等）和林分生长特性（郁闭度（覆盖度）、林龄大小、生长量等共同决定。在亚热带地区（湖南）防护林植物种类繁多，其形态特性各异，截留量也有一定的差异。而作为一个流域、一个县、一个省，全面测定每一种类的截留特性，是不可能的。我们根据欧陆息等（另一专题）的研究，对15种防护林两个时段的生物特性的计算其差异在1.4--0.23之间，其平均值为0.856，标准差为0.25，不够显著。林分的生长特性对截留量影响及模型后面专题论述），一个流域的防护林对年降雨量影响，尚不能定论。而某一场降雨的降雨强度和降雨量与截留量的影响已有许多学者进行过有成效的研究，一致认为^[1,2]林冠截留量随降水量的增加而增加，截留率随降水量的增加而减少，雨量一定时，林冠截留量随降水强度的增加而减少，截留率随降水强度增加而减少，我们选择了几场典型的降雨进行比较，同上述结论是一致的（见表4）。因此，在降雨一定时，林冠截留量的大小主要决定于林冠量的大小（后述）。

表4 10年湿地松在不同雨量、雨强下载雨量

时 间	降水量mm	强度mm/min	截雨量mm	截留率%
92年5月2日	56	0.14	14.6	26.07
92年7月15日	58	0.53	8.2	14.13
93年1月	18	0.07	5.3	29.51
94年6月	17	0.41	3.45	20.3

(2) 树杆茎流分析

通过对10个树种, 47棵树杆茎流观测量分析茎流产生的时间较林内降水晚, 茎流量按算术平均值计算为降雨量5.8%, 是水量平衡中的一个项, 我们又将这47棵观测树的近地横截面积进行了统计, 平均为 113.04cm^2 , 发现树杆茎流量, 远小于 113.04cm^2 面积上的林内降雨量, 而以往计算平衡场面积时并没有将树杆横截面积除外, 因此, 认为在考虑水量平衡时, 树杆茎流可以忽略不计。从理论上分析也是如此, 树杆茎流也是一种经过林冠截留以后的林内降雨, 而这种从树枝杆上汇集的林内降雨的面积无法确定。分枝角度大的树种, 茎流量小, 大部分不沿着枝杆流入林地, 而是在下流途中成为林内降雨, 或

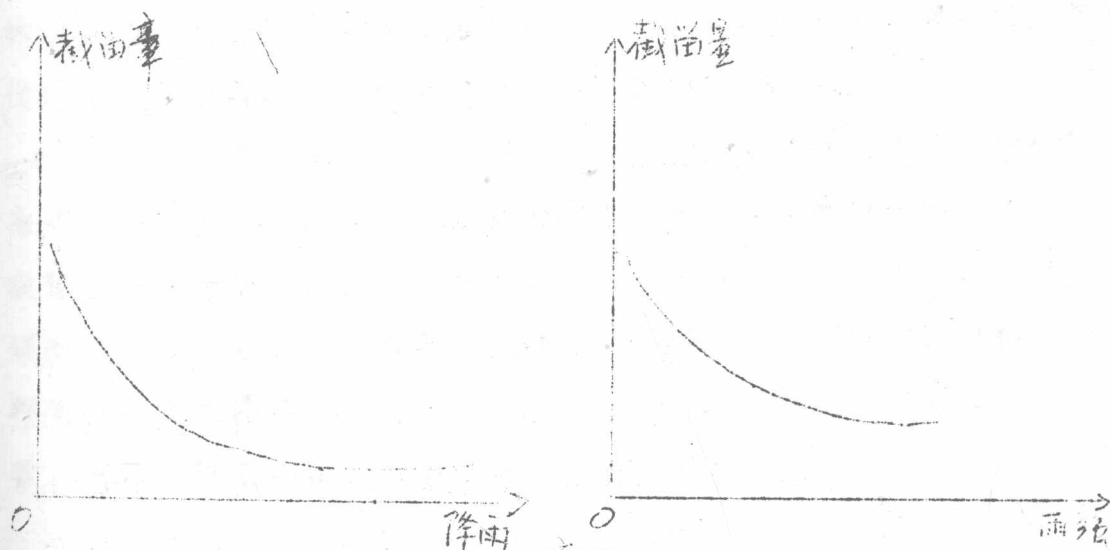


图2 林冠截留量与降雨量、雨强关系

被下层灌木、草本再次截留，分枝角度小的树种、树干茎流大。所以将树杆茎流作为林内水分的收入项，是加大了林内雨量。

(3) 林冠截留计量技术

林冠截留量的计量方法较多，但只有少数几个防护树种截留计量模型，而且只考虑到乔层林冠的郁闭度，没有考虑到灌、草等复层林冠的多重截留作用。不具一般性，实用性差，操作麻烦。

根据截留效益一体化的原则，通过测试分析，并听取和参考有关专家的意见，对影响截留量各指标分析，选择了郁闭度、林冠高、降雨量、降雨强度，作为计量截留指数 N 的主要因子。认为普遍意义上的林冠包括乔层林冠以及藤本、灌木、草本等植物的枝叶，它们对降雨具有相同的截作用，林冠的水平分布的广度用郁闭度（或覆盖度）表示，用 f 表示。

$$f = \text{林地面积} / \text{区域总面积 } F$$

林冠垂直量用林冠高度（林高）表示，用 H 表示。它可以反应林龄大小，树种混交成度，垂直结构以及成熟和演替阶段，而且这两个林学概念通熟易懂易测。降雨量和降雨强度从几年的观测值中选择有代表性的几场雨参加分析。 f 、 H 的乘积为林冠量 N 。

计量指标选定以后，采用主分量分析的方法，把原来多个指标化为几个相互独立的综合指标。对各类防护林，在同降雨条件所产生的截留率进行推导分析，近似地把这些在2维空间中表示出来，从这点到所给定坐标原点的距离就是所对应的各类防护林林冠截留率指数的相对值，之后再通过面积权重法求出整个流域（地块）林冠截留率指数，由此可以求得该地域不同林分林冠截留率有大小。

表5 不同防护林林冠截留

点号	林类	郁闭度	林冠高m	降水量mm	降雨强mm/min	截留率
1	天然钩栗林	0.95	18.5	52.5	0.5	38.4
2	天然次生林	1.00	3.7	52.5	0.5	25.1
3	人工杉木林	0.82	8.2	52.5	0.5	28.5
4	人工松林	0.95	8.0	52.5	0.5	25.6
5	天然松杂林	0.80	10.0	18.3	0.5	17.5
6	人工阔叶林	0.90	6.2	18.3	0.14	19.6
7	油茶林	0.78	0.5	18.3	0.14	20.1
8	荒坡(草地)	0.98	0.2	8.4	0.4	6.6
8	松幼	0.40	1.7	18.3	0.14	13.7
10	裸地	0.00	0.0	18.3	0.14	0.0

表6 特征根及特征向量

主成份特征向量	Y (1)	Y (2)	Y (3)	Y (4)	Y (5)
X=1	0.3463	0.5420	-0.6463	-0.3854	0.1404
X=2	0.3521	0.5348	+0.6645	+0.0902	0.3747
X=3	0.5503	-0.1372	+0.2565	-0.3784	-0.6851
X=4	0.5052	0.0820	+0.2729	+0.7898	-0.0921
X=5	0.4084	0.6282	-0.0126	-0.2762	0.6017
特征根	3.0066	1.2243	+0.6208	+0.1348	0.0134
贡献率%	60.132	24.4867	12.4165	+2.6968	0.2681
累计贡献率%	60.132	84.6181	97.0352	99.7319	100

贡献率是样本点在第 Y_2 个主分量方向上的方差，它代表样本点在这个主分量上的分散程度大小，如果方差值小，说明样本间在坐标 Y_1 方向上分散程度很小，这个主分量在分析样本和数据里所起的作用不大，或可忽略不计。累计贡献率 > 0.8 即可，，因 $Y_{(2)}$ 的累计贡献率为84.68% 于80%，所以我们只选取 $Y_{(1)}$ 、 $Y_{(2)}$ 两个主分量，其余舍弃。这一分析说明影响林冠截量的主要因素是郁闭度，林冠高，即林冠量 N ，而且关系紧密，下面是各样点主成分坐标值。

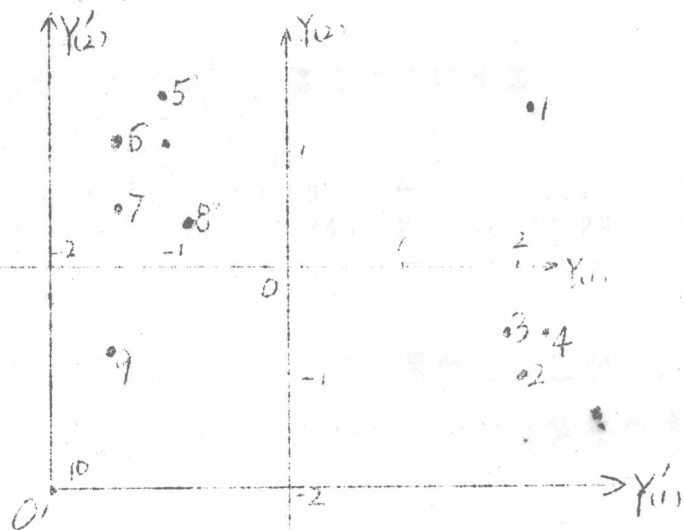


图3 主成分坐标分布

主成份	样 本 点 号									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Y_{(1)}$	2.2297	2.0037	1.9246	2.2019	-1.1269	-1.1840	-1.5127	-0.8588	-1.6537	-2.0236
$Y_{(2)}$	1.4601	-0.9895	-0.6043	-0.6080	1.4925	1.0605	0.5070	0.4574	-0.7902	-1.9876

我们选点10号（裸地）为 $Y_{(1)}$ 、 $Y_{(2)}$ 主分量坐标平面的原点，（即水文效益的机会成本点），根据各样本主分量坐标转移进行计算。求各样点到“原点”的距离，即防护林特征指数：

样点号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
指数值	5.47	4.146	4.18	4.4	3.57	3.16	2.50	2.70	1.25	0
指数相对值P	1.00	0.7579	0.764	0.804	0.6398	0.57769	0.457	0.4936	0.2280	0

按指数相对的大小顺序排列为：天然钩栗林、人工松林、人工杉林、天然次生残林、天然松杂林、人工阔叶林、荒草坡、油茶林、松幼林、裸地。

表7 不同林冠量所对应的特征值及年截留率表

林冠量(N)	20	15	10	7.5	5	0
特征指数(P)	1	0.7374	0.68	0.61	0.5776	0
截留率(%)	38.6	28.316	26.248	23.546	22.29	0

这个定量分析结果与专家们以往的定性分类结果吻合，证明了该方法的正确性和实用性，利用各类防护林特征综合指数P计算整个流

域防护林特征指数的计算公式如下：
$$p = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^n f_i \times p_i$$
，式中p为

流域防护林特征指数；A为流域防护林总面积；n为流域内各类防护林种类数， f_i 为第i种防护林的面积， p_i 为各类防护林特征指数。

防护林特征指数P它从水平和垂直两个方向上反映林冠量的多少，一个地区优良的成熟林以及自然演替的顶极群落，被视为具有最大的林冠特征指数，也就是具有最大的林冠截留量，根据测定，当N充分大时， $P=1$ ，炎陵县天然钩栗林截留率达38.4%，被视为本地区的顶极群落当 $P=0$ 、N也等于0时。所以我们认为一个地区的发育最进化的顶极群落或人工培养的优良成熟林分，其林冠特征值为1，而裸地（无草）的林冠特征值为0，其他一般林地可以类推，便可计量出其林冠截留率。

3.1.2 防护林地枯枝落叶量及持水量计量

林地枯枝落叶是防护林水文效益的第二道防线，防护林涵养水源、保持水土的作用，很重要的部分是借助于林下地表的枯落物。它能防止雨滴直接冲击地表，具有拦截地表径流，增多土壤孔隙度，延长土壤入渗的时间，影响这些功能的直接原因，主要是枯枝落叶量和枯落物的持水特性。

(1) 防护林枯枝落叶量的计量

林地枯枝落叶量具有两重意义，一是防护林每年枯落物的产量，是枯落物的分解特性。

①枯落物年产量的测定

对马尾松、湿地松、杉、柏、木荷、青冈栎、白栎、枫香、槲、槐、苦槠、草本、油茶、毛竹、厚朴等16个树种生物量实测数据，后将其分为：针叶林、针阔混交林、常绿阔叶林、落叶阔叶林四类分，年叶量采用 $W = a(D^{2.13}H)^b$ 公式进行拟合，模型拟合结果为：

$$W_{\text{针}} = 0.023513(D^{2.13}H)^{0.586825}$$

$$R = 0.854$$

$$W_{\text{针阔}} = 0.0267834(D^{2.13}H)^{0.5507977}$$

$$R = 0.843$$

$$W_{\text{常阔}} = 0.0868(D^{2.13}H)^{0.420526}$$

$$R = 0.792$$

$$W_{\text{落叶阔}} = 0.04036(D^{2.13}H)^{0.6043}$$

$$R = 0.784$$

式中：D为林分平均胸径cm，H为林冠高，含藤本、乔、灌、草本。

根据测定叶量占枯枝落叶量的80%，枝、花瓣、果实、树皮、托叶等占15%，其它占5%。

②枯落物分解特性

由于各类防护林树种组成不同，枯枝落叶的组成有很大差别，据调查针叶林枯落物完全分解需2--3年时间，针阔、常绿林需2年，落叶林需1年左右，林冠量大的防护林内光照较弱，热量较少，枯落物分解较慢。反之则分解较快，一个流域的枯落物量可按下式计算：