

“八五”国家科技攻关

85—19—01—06—02B

# 中亚热带森林林冠截获水分 规律及其模型研究

主要研究人员：欧阳惠 袁正科 徐永胜 谭星林等

主要完成单位：湖南省林业科学研究所

湖南省气象局

湖南省隆回县水保站

湖南省炎陵县气象局

湖南省炎陵县林科所

湖南省安化县林业局

湖南省林业科学研究所

一九九五年五月

## 中亚热带森林林冠截获水份的规律及其模型研究

**摘 要:** 为了解决防护林效益的评价及其结构的选择问题, 我们对16种林分林冠截留进行了半定位的连续观测, 及相应树干径流的测定。我们既通过理论分析建立了相应的理论模型, 并对不同季节的实测资料, 用数理统计的方法建立了6种回归模型, 各种林分, 各个季节所选的最优模型和理论模型完全一致。树冠截留模型为幂函数模型:  $r_p = aR^b$ ; 树干径流模型为对数模型:  $G = a + b \ln R$ 。并将林分特性和生长特性对树冠截留、树干径流模型的影响进行了分离, 由此了解到各种林分树冠截留, 树干径流能力的大小, 为防护林的选择提供了依据。我们采用了非线性、非平衡态动力学方法对树冠截留进行了探讨; 并用谐波分析方法对不同林分、不同季节树冠截留进行了分析。我们在观测中发现林内降水有提前的现象, 并对此专门进行了研究。

**关键词:** 林冠截留、树干径流、模型、非平衡态、谐波分析、林内降水提前

生态经济型防护林体系是一个复杂的林业生态工程, 已作为长江防护林体系的主体纳入了建设的内容。它既是保护和稳定生态环境剧烈变化的主体, 而且也是工程地区经济开发的重要基地。为了保证防护林体系有较高的生态效益和经济效益, 为了防护林类型的组建和结构的优化提供依据, 我们对现有防护林效益进行研究。我们主要进行不同林分林冠对大气中水份的截获及其再分配的研究, 包括林冠截留、树干径流, 林冠对大气中非垂直降水的水滴、雾滴的捕获的研究, 因为降水过程总是在起伏变化, 而且降水过程之间差异又较大, 我们采用了谐波分析方法对林分截留中的林内外降水进行了分析; 为了了解林冠和降水相互作用机理, 我们采用非线性、非平衡动力学方法对林冠截留的稳定性进行了研究; 还对林冠截留、树干径流模型受林分影响和受生长因素影响的参数进行了分离, 这为防护林的选择提供了依

据。

我们在研究方法上，在观测实践中，在理论分析以及研究、总结、分析时，都做过一些前人未做过的工作，攻克了一些技术难关，并有所发现，有所创新，有所突破。经过4年的攻关研究，已经完成了这项研究工作，现将研究成果报告如下：

## 1 研究概况：

### 1.1 林分选择的原则：

1 能代表长江中上游(湖南段)防护林的基本类型，防护林林分结构，林地土壤肥力特征以及防护能力。

2 林分是处于快速生长发育的中龄林；

3 选择能提高水资源有效利用，减轻水旱灾害作用较大的丘陵岗地，以及中低山的防护林；

4 有较大经济价值的林分；

5 便于观测和其他研究操作；

### 1.2 林分测定

除了测定和研究林冠对水份的截获外，还对19种林分的土壤含水量、总孔隙度、毛管孔隙度、容重等进行测定和计算；并在其中3个林分设立了小径流场，对地表径流、含沙量进行测定；另外测定了林分的有关资料：如林分组成、林冠厚度、郁闭度、胸径等。

### 1.3 研究地段的地理位置及其研究的林分类型

1 在雪峰山东麓低山丘陵隆回县七江乡隆回县水土保持站(北纬 $27^{\circ}25'$ ，东经 $111^{\circ}00'$ ，海拔421m)附近及其乌树下乡水土保持林基地(海拔439m)对如下10种林分：马尾松林，马尾松—油茶林、马尾松—白栎林，刺槐纯林，刺槐樟树林，枫香林，枫香马尾松林，柏木杉木林，柏木林，青岗栎林的树冠截留以及树干茎流进行观测。

2 在井岗山西坡炎陵县林科所(东经 $113^{\circ}47'$ , 北纬 $26^{\circ}30'$ , 海拔224m), 邻近炎陵县气象局, 对4种林分进行树冠截留观测: 马尾松—桢楠—栉木林, 马尾松篾竹林, 毛竹林, 湿地松林。并且还对该县桃源洞森林自然保护区(海拔810m)中的钩采林、厚朴—青榨槭林、水竹林、黄荆林进行树冠截留以及树干茎流观测。

#### 1.4 自然特征:

1 隆回县的观测地点成土母岩为花岗岩红壤, 炎陵县观测地点林科所为砂质页岩红壤, 桃源洞为花岗岩黄壤。

#### 2 降水分布背景:

我们于1992年8月起至1993年8月底, 对19种林分进行了树冠截留、树干茎流半定位观测。湖南省这一段时间的降水特点是:

##### (1) 92年秋季降水特点

①9月: 零陵地区南部和郴州地区(除安仁、永兴外)及资水下、沅水下、湘江下游和龙山、澧县、湘阴、平江、浏阳、衡山、常宁等地50—100mm, 其中双牌、临武、桥口、郴州、桂东、汝城大于100mm, 其他部分地方为10—40mm。与常年比较, 除郴州东南部及新宁、双牌、衡山、浏阳、沅江、湘阴偏多2—9成外, 其余大部分地方偏少3—9成。

月内有三次降水过程, 出现在5—8日, 15日, 27日, 有5个站出现暴雨。月雨日4—14天。

②10月: 月内降水特少, 月降水量除龙山达66mm, 桑植51mm, 通道43mm, 醴陵40mm外, 其他地方均低于30mm, 尤其是湘中和湘南南部特少, 不足10mm。湘西西部, 湘西南为20—30mm, 其他地方为10—20mm。汝城最少, 仅1mm。与常年相比全省偏少7—9成, 而汝城只及常年降水量的1%。

③11月: 全省月降水量为3—53mm, 同历年相比偏少5—9成, 邵

阳地区及湘南大部分地区不足10mm，比历年偏少9成，宜章最少，仅3mm；湘西北部、湘中地区及岳阳地区大于20mm，比历年偏少5—7成，古丈最高，也只有53mm；其余地区10—20mm，比历年偏少7—8成。全省大部分地区雨日不足3天，7日下了一场小—中雨，中旬有零星小雨，下旬全省基本无雨。

## (2) 1993年上半年降水特点：

①4月份：我省洞庭湖区大部及湘西北及怀化、邵阳、衡阳三地区大部与零陵地区北部不足100mm，其他地方100—180mm，其中江永、江华、临武、宜章略高200mm，江永261mm为全省之最。与常年相比，除江华、江永、临武、宜章偏多1—2成外，其余大部分地方偏少2—5成，局地偏少6成。月降水日数14—23天，降水时段主要集中在3—5日，9—19日，22—28日，30日。本月有9个站出现暴雨。

②5月份：日降水量湘西、湘北不足200mm，湘中200—300mm，零陵地区300—400mm，其余地区除安仁、永兴、资兴等地不足200mm外，其他均为200—300mm，与常年相比，除零陵地区及郴州地区南部降水偏多外，全省大部分地区降水偏少。吉首、凤凰、溆浦等地降水偏少达5成。本月月初及月底出现了2次大的暴雨天气，汨罗及零陵、郴州部分县市暴雨成灾，全省月雨日20天左右。

③6月份：本月降水极不均匀。湘西北及澧水流域不足150mm，慈利仅64mm，湘西自治州南部、怀化、郴州、益阳部分地区及临湘、洞口、江永等地超过250mm，临湘403mm，为全省之冠，其他地方为150—250mm，与常年相比，湘西北及湘北大部分地方，邵阳、娄底大部分地方，衡阳东部、株洲中部及怀化偏少1—5成，慈利偏少7成，其他地方偏多1—5成。绥宁、宜章、益阳市偏多5—6成，沅江、永兴偏多8—9成，本月5次降水过程分别为5月31日—6月1日、6月3日—4日、

6月11日—14日、6月17日—22日、6月29日—30日，最大日雨量124mm，19日出现在泸溪。月雨日除武岗、怀化市等地偏少1—2天外，其余在部分地区雨日偏多，其中零陵以南偏多3—5天，其余地区偏多1—2天。

④7月份：月降雨量澧水流域最高，为400—600mm，其次是沅水流域，400—500mm；洞庭湖区300—400mm，资水流域200—400mm；湘江上游100—200mm，中游200—300mm，下游300—400mm，永顺643mm，居全省之冠，和历年同期相比，月降水量偏多2倍，汨罗偏多3.8倍。全省7月平均降水量291.2mm；平均雨日15天。降水量异常偏多为历史所罕见。全省有45个站破历史记录，澧水流域全线破纪录；沅水流域70%的地方破记录；资水流域50%站破记录；湘江下游破纪录较多，上游较小。

月内降水量集中于1—9日及18—31日。10—17日全省基本无雨。降雨集中、范围广、强度大，暴雨频繁，是本月降水的特点。月内有46个站所出现了日降水量>100mm暴雨，有172个站次出现了暴雨，有396个站次所出现大一暴雨，平均每个站出现了2次暴雨，4次大一暴雨，最多的站出现5次暴雨；9次大一暴雨。有的连续两天出现暴雨。永顺县18—31日，出现4次暴雨，3次大暴雨，桑植7月23日，日降水量237.9mm，暴雨多，强度猛，也是历史罕见的。

⑤8月份：地域分布不均，且普遍偏少。吉首、怀化、衡阳、株洲市及湘潭市不足100mm；安化、桂东、慈利、东安、绥宁、南岳山为200—300mm，其余为100—200mm。与历年同期相比，资水流域、湘南南部及会同、靖县、娄底、双峰、醴陵、茶陵、龙山、平江、桂东偏多1—7成，其余偏少1—4成。5—8日我省许多地区有大一暴雨。局部地方出现大暴雨。靖县6日降水122.5mm，为要省最大值。花垣、慈利5日降水也在100mm以上。

月雨日，湘南、湘西12-20天，其余10-14天，与历年同期相比，本月月雨日普遍多1-6天。

## 2 测定方法与数据采集

### 2.1 现有不同林分类型林冠截留及其有关数据的测定

当垂直降水落到树冠上，一部分开始用于湿润枝叶表面而被滞留，还有一部分穿透林冠形成林内降水，随着湿润程度加大，林内降水也随之逐渐增加，当一部分枝叶充分湿润时，枝叶上的水膜将聚集形成水滴，落入林下，和林内降水一起被林内雨量测定装置所接受，被自记仪器记录。还有一部分截留的降水沿着枝条、树干流入林地，形成树干径流。

#### 2 观测方法：

选择观测月份，既要考虑降水的季节分配，又要抓住降水的主要时段。元月份左右，因有结冰出现，雨量自记无法记录而未进行观测。因此主要观测时段为92年9--11月及93年3-8月。

林外雨量在森林附近(或上空)，选择一块受地形和森林影响最小的地方测定。我们采用的是虹吸式雨量自记和V型雨量槽相结合测定林内的雨量。

在每个林分中，有2个雨量槽和1个雨量自计。雨量槽用胶管将所接受的降水引入雨量自计。每根雨量槽都穿过所选林分的两棵主要树种树冠边缘、中部及核心部分(并也穿过下木和灌木)。因为雨量槽是沿山坡而倾斜，而雨水又是垂直下降的，雨量槽接受的雨水面积比水平呈放的要小余弦倍，因此其雨量也应作相应处理，才合乎实际情况。具体处理和分析如下：

#### 2.1.1 雨量换算与订正：

$S_2$ ——雨量自计开口面积

$S_1$ ——实际雨量槽受雨面积

雨量自记仪接受的雨量:

$$R = R_1 + R_2$$

$R_1$ ——雨量槽接受的雨量

$R_2$ ——雨量自记接受的雨量

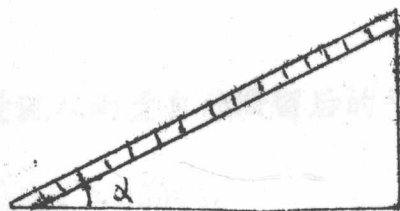


图 一

每一个雨量槽长 8m 宽 20cm, 因为雨量槽倾斜角为  $\alpha$ , 雨量自记开口直径为 20cm, 仪器总的实际接受雨量的面积  $S$  ( $\text{cm}^2$ )。

$$S = 800 \times 20 \times \cos \alpha_1 + 800 \times 20 \times \cos \alpha_2 + S_2$$

$$= 16 \times 10^3 (\cos \alpha_1 + \cos \alpha_2) + 100 \pi$$

$$\text{实际林内单位面积雨量 } r = \frac{S_2}{S} \times R$$

$R$ ——为雨量自记所测得的雨量

### 2.1.2 雨量槽中收集雨量的时间分析

我们将雨量槽整个平面蒙上塑料薄膜, 使雨量槽很少吸收和滞留水分。

一般说来, 雨量被雨量槽接收后流入雨量自记仪的时间要比雨滴直接流入雨量自记仪落后, 根据水文学规律, 其流速:

$$U = C \sqrt{Wi}$$

$$\text{其中 } i = \tan \alpha \quad W = \frac{B}{P}$$

$B$ ——水流横截面积

$P$ ——水流接触雨量槽的宽度

$W$ ——实际上就是相当降落在雨量槽中的雨量深度

$C$ ——雨量槽的粗糙度, 雨量槽薄膜是憎水性的,  $C$  值较大。

假设雨滴均匀落入林中, 雨量槽上沿接受的每块雨量到达雨量自计的时间  $t = l/v$ , 其中  $l$  为雨量槽长度, 而雨量槽下端流入的水量

为0，则整个雨量槽接受的雨量流入雨量自计滞留后的平均时间  $t$  为：

$$t = \frac{l}{2v} = \frac{800}{2 \times 0.3639 \times 100} \quad (l = 800 \text{ cm})$$

因为  $i = \tan a$ ，假设雨量槽的倾斜度  $a = 20^\circ$ ，则  $i = 0.3639$

假设降雨每分钟1毫米(10分钟10毫米)

根据多次试验结果，巴甫洛夫提出一个较完善的结果<sup>[1]</sup>

$$C = \frac{1}{n} W^y \quad n = 0.009 \quad \frac{1}{n} = 100$$

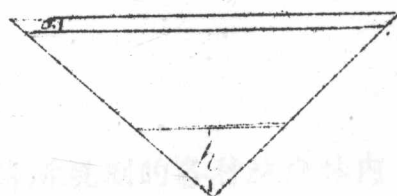
巴甫洛夫不仅提出：当  $W < 1.0 \text{ m}$  时  $y = 1.5$   $n = 0.15$ ，而雨量槽呈V形，开口20cm，每分钟单位长度接受的雨量近似的等于  $20 \times 0.1 \cos a$ 。

如果雨量槽不同部位流入槽底的时间暂时不予考虑。

槽底雨水的深度  $h$  则(槽的开角为  $90^\circ$ )

$$\frac{h \times 2h}{2} = 2 \cos a$$

$$h = 1.37 \text{ cm}$$



$$\text{水力半径 } W = \frac{B}{p} = \frac{h^2}{2\sqrt{2} h} = \frac{h}{2\sqrt{2}} = 0.484 \text{ cm}$$

图二

$$C = 89.7$$

$$\text{流速 } U = 89.7 \times \sqrt{0.484 \times 0.3639} = 37.64 \text{ 厘米/分钟}$$

$$t = \frac{400}{37.64} = 10.6 \text{ 分钟}$$

既使加上V形槽边缘不同部位流到槽中心的时间(按上述方法进行估算只有0.2分钟)，共计也不超过11分钟，在雨量自记中显示得不

明显。因此在分析中不考虑雨量时间滞后的影响。

## 2 树干径流的测定：

(1) 我们在每种林分中心地带选择4株标准木(按林分优势树种胸径平均大小来确定)，进行树干径流的观测，将其观测定值平均作为该林分的树干径流量。

(2) 对所观测标准木树干基部刮去一圈粗皮，用胶管缠绕一部分树干用小钉固定，用沥青封住接触的孔隙，并在胶带邻近树干部分钻一行小孔(使树干截留的水量不易溢出)，再用容器挂在胶管下，盛树干径流的水量。

(3) 每日定时观测一次，在大雨时，再增加一次观测，并用量杯量取。

(4) 观测时段：炎陵县1992年10--11月，1993年3--7月，隆回县1993年4--8月。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同林分林冠截留及模型

#### 3.1.1 不同林分林冠截留量：

为了了解林冠对降水的截留作用，我们将所观测的各种林分林内外降水每小时的平均值按时段列表1。林内雨量大的林分反映了林冠截留的雨量较小，反之亦然。表1中可以看出：①4、5月，是阵性降水较多的季节，隆回县的8种林分，以及炎陵县林科所的3种林分差异很小，但桃源洞森林保护区(钩栗)林林内降水量却很小。②6、8月，各林分之间林内降水量的差异增大；因林外每小时平均降水量增大，各林分林内降水量也变大，但占林外降水量的比例却减少。这主要是气温较高，林冠消耗水分较多所致。③10、11月，大气中每小时平均降水量较小，各林分林内之间降水量差异较大，这主要是该时段大气降水极少，各种林分持水量的差异对林冠截留起着主导作用，致使各

种林分林内降水差异较大。

### 3.1.2 林分年树冠截留量的估算值分析

为了使人们对各种林分林冠截留量有一个初步的了解, 我们根据近一年各种林分林冠截留量观测资料, 以及当地历年平均降水量、平均降水日数估算了各种森林平均一年的林冠截留量(见表2)。表2中说明: ①各种林分林冠截留量大致在800--1100mm之间, 大约占大气降水量的60--80%。②炎陵县较隆回县各种林分林冠截留量大, 这是由于该县年降水量较大, 降水年内分配较均匀所致。③林冠截留量最多的是钩栗林, 这是由于该林分是高大的常绿阔叶林, 枝叶致密, 叶大。④毛竹林林冠截留量较大, 水竹林和黄荆两种灌木林林冠截留量也不小。这对确定防护林结构以及防护要布局均有一定参考作用。⑤各种林分林冠截留量按面积进行推算, 这些林分每一年每公顷林冠截留降水量在90吨至125吨之间。

### 3.1.3 林冠截留模型及其林冠截留能力的比较

林内降水, 过去一般认为只有在枝叶充分吸收水分后, 林内降水才开始出现, 实际上在我们开展研究的亚热带山地、丘陵地, 二者基本上是同时出现, 一部分穿透枝叶而降落, 一部分稍被枝叶滞留后, 即行降落(这与枝叶分布以及树叶的生物学特性有关)。林内降水在我们研究地点, 滞后现象不明显。而且我们在一些林分中, 发现林内降水较林外提前, 说明我们研究的亚热带山地森林, 枝叶对降水过程及其前后空气中的雾滴或水汽能进行捕获。

过去一些林冠截留模型, 大多侧重于考虑叶面积, 而未考虑叶和枝条的性质及其分布, 其中的一些参数很难获得。

许多林冠截留模型, 认定林冠截留的降水部分因蒸发而消耗, 而列有CET项。上面我们已经谈到, 我国亚热带山地森林大多数是枝叶

上凝结水分，而使林内测定降水出现的时间提前。因此原模型该项的符号可能产生了变化，欧阳惠就一定天气形势下，枝叶捕获空气中水滴而造成结冰危害作过研究<sup>[4]</sup>。

我们在建立林冠截留模型时，将森林捕获水滴（或凝结），使林内降水提前的这部分内容我们将在后面介绍，我们对林内和林外降水同时出现，或者在出现滞后的情况下进行分析和建模。

# 1 建立林冠截留量随林外雨量变化的（森林生态系统输入、输出模型）模型

我们可以设每一种树冠截留分量  $G$  随林外雨量呈如下变化（如树干径流）。

$$dG = K_1 (M.A) \frac{dR}{R}, \text{ 积分之, } G = K_1 (M.A) \int \frac{dR}{R}$$

可以推出： $G = K_1 (M.A) [\ln R + C] \dots\dots\dots (3)$

由于各种林分林冠截留量的差异是林分本身的特性（枝叶形状、分布特性、结构、冠形、吸水能力等）和林分生长特性（林龄大小、生长快慢）共同所决定。

我们假设在分析其影响时是相对独立的，这样：

$$K_1 (M.A) = K_1 (M) . A$$

$K_1 (M)$  ——由林分特性所决定，不同林分有不同特性。

$A$  ——由林分生长特性所决定，对于树冠截留主要是树冠厚度和林分郁闭状况所决定，其他都是由二者所决定。因为我们可以假定： $A = f . d$ （ $d$  ——树冠厚度， $f$  ——郁闭度（疏密度））则 (3) 式可以写成。

$$G = K_1 (M) A [\ln R + C] \dots\dots\dots (4)$$

而林冠截留量是树干茎流量、林冠持水量和蒸散量（有时也凝结）的总和。

各分量随林冠截留量而发生变化, 设林冠截留的变化量为

$d(R-r)$ , 而各分量的变化量为  $dG$ ,  $\frac{d(R-r)}{R-r}$  即为单位林冠截留量的变化率, 则

$$dG = K_2(M) \frac{d(R-r)}{R-r}, \text{ 积分之,}$$

$$G = K_2(M) \frac{d(R-r)}{R-r}$$

$K_2(M)$  —— 为林分特性所决定的参数

$$\therefore G = K_2(M) [\ln(R-r) + C] \dots\dots\dots (5)$$

由于林冠截留量为零时, 各林冠截留分量也为零, 即  $c=0$

将 (5) 式代入 (4) 式得:

$$[\ln(R-r)] = \frac{K_1(M \cdot A)}{K_2(M)} (\ln R + C)$$

$$\text{设 } \frac{K_1(M)}{K_2(M)} = K(M)$$

$$\text{则 } \log(R-r) = K(M) \cdot A(\log R) + C \cdot K(M) \cdot A \cdot \log e$$

所以林冠截留模型为: (设  $E = \exp[C \cdot K(M) \cdot A] = a$ )

$$R-r = R^{K(M) \cdot A} \cdot E \dots\dots\dots (6)$$

比较  $K(M)$  值, 就能了解林冠截留能力的大小。

## 2 各种林分的林冠截留变化模型

我们对各种林分的林冠截留随林外雨量的变化在不同季节对 6 种不同曲线进行拟合结果, 均以  $y = ax^b \dots\dots\dots (7)$  拟合效果最好, 相关系数  $R$  接近 1, 离差  $S$  很小,  $F$  值很大远远超过了信度的要求。

(1) 刺槐纯林, 刺槐樟树混交林, 马尾松——油茶林, 马尾松——白栎林的分析。

这4个点均设在隆回水土保持站气象站附近20--100m之间，分析以水土保持站气象观测的雨量资料为林外资料。

我们分两个时段4--6月、7--8月逐时降水和相应各种林冠截留进行6种曲线的拟合(见表3)。所选的 $y=a+b\sqrt{x}$ 、 $y=a+b\sin x$ 两个时段

各林分均不能拟合，而 $y=\frac{1}{a+be^x}$ 各种林分7--8月均不能拟合；而

马尾松——油茶林，刺槐、樟树混交林在4--6月与 $y=ae^{bx}$ 及

$y=\frac{1}{a+be^x}$ 曲线均不能拟合。无论是4--6月还是7--8月，各种林分均

是 $y=ax^b$ 曲线的拟合效果较好，还可以看出：

①7--8月比4--6月林冠截留随降水量的变化的拟合均以 $y=ax^b$ 曲线效果较好。

②而且b值7--8月比4--6月大，这说明该时段林冠截留的能力较大，这主要是该时段枝叶较为繁茂、气温较高所致。

从图3、图4可以看出：(a)5种林分4--6月林冠截留随降水量的变化差异较7--8月份大。

(b)三种马尾松林，4--6月以马尾松—油茶林林冠截留随降水变化最为迅速，马尾松纯林、马尾松—白栎林较小，而后者又略小于前者；7--8月份却相反，以马尾松—油茶林冠截留量随降水量变化最小，马尾松林和马尾松—白栎林较大，而后者大于前者。

(c)4--6月5种林分中刺槐、樟树林树冠截留能力最强，7--8月刺槐林林冠截留能力最强。其中刺槐林又比两种马尾松林大。

③a、b值的分析：这反映了观测林分树冠截留的快慢和多少。

a值：4--6月，这几种林分以刺槐林最大，马尾松——油茶林较小，各种林分差异不大。7--8月，以刺槐、樟树混交林最大，以马尾

松林较小。

b值：4--6月，以马尾松—油茶林较大，马尾松—白栎林最小，7--8月以刺槐林最大，马尾松—油茶林较小。

由a、b值的分析可以看出：7--8月各种林分a值排列顺序和b值的排列顺序相反。同样，4--6月各种林分a值的排列顺序和b值相反。

(2) 马尾松、桢楠—桧木林，马尾松—篾竹林，毛竹林，湿地松林的分析：4个林分测点设炎陵县林科所，其林内雨量资料和附近(30cm)炎陵县气象局的雨量资料，对3月及4、5、6、7月的林冠截留分别对6种曲线进行拟合，其效果均以 $y=ax^b$ 曲线的效果最好。

①从图2、3、4可以看出：林冠截留随降水的变化，无论是3月，还是4、5、6月，均是以马尾松、桢楠林较大，其他三种林分接近，毛竹林又略小，而4--6月份，7月份，都以毛竹林最大，以马尾松—篾竹林最小，各林分差距较大。

②a、b值的分析：

a值：4、5、6月以马尾松、桢楠—桧木林较大，毛竹林较小，3月份也以马尾松、桢楠—桧木林较大，毛竹林次之，马尾松—白栎较小，7月份以马尾松—篾竹林较大，毛竹林较小。

b值：4、5、6月以及7月均是以毛竹林最大，但前3个月以马尾松、桢楠木—桧木要和湿地松要较小，后面7月份却以马尾松—篾林最小。

由以上可以看出3月份a、b值均以马尾松、桢楠—桧木林较大，毛竹林较小，7月份b值以毛竹林较大，a值却以毛竹林较小。

(3) 厚朴林、钩栗林、水竹林、黄荆条林、白栎林的分析：4个林分测点设炎陵县桃源洞。将其和林外降水量对6种曲线进行拟合，以 $y=ax^b$ 的效果最好(相关系数接近1、F、s值也达到信度0.01以上的要求)，其中又以钩栗林拟合效果最好。

①从图6、图7可以看出：这4种林分6月份树冠截留随着林外降水

量的变化极为接近，水竹林略大，7月份以厚朴林最大、水竹林在雨量较小时较小，在雨量较大时又较大，接近厚朴林，钩栗林大于黄荆条林而居中。

② a、b 值的分析：

a 值，6月份除黄荆条林偏小外，其他几种林分极为接近。7月份以钩栗林偏大，以水竹林较小。

b 值：6月份，各种林分极为接近，7月份却以黄荆条林较大，而钩栗林较小，同 a 值相反。

(4) 隆回鸟树下的枫香林、枫香马尾松林、柏木林、柏木、杉木林和青岗栎林等树冠截留随降水量的变化对以上6种曲线进行拟合，均以  $y = ax^b$  拟合效果最好。

图8两种林分极为接近，而枫香纯林又略大于柏木杉木林。

a 值柏木杉木混交林大于枫香纯林，而 b 值是枫香纯林大于柏木杉木混交林。

(5) 在分析时，我们发现林冠截留的几个特征：

① 许多降水过程，当林外雨量减少，而林内降水反而大于林外降水。这是由于林冠雨滴落入接受器，使其量值较大。在拟合曲线时，我们采用5次滑动平均消除掉一些异常过大的现象，使其拟合效果变好。

② 刺槐、樟树林，当林外降水过程特缓时，在该过程中，林内降水有一段空白。

③ 林外降水过程停止后，许多林分的绝大部分降水过程，林内降水还要持续一段时间。

④ 有些林分的一些降水过程，在林外降水未能测量到时，已经测得了林内的降水，也就是说林内降水提前出现。

### 3. 各种林分树冠截留能力的比较

我们将19种林分不同季节树冠截留的降水量同林外降水进行拟合,均以  $y = ax^b$  式效果最好。将(7)式同(6)式进行比较,则

$$R - r = y \quad K(M)d \cdot f = b \exp(K(M)d \cdot f \cdot c) = a$$

可以看出,推出的(6)式同拟合的方程式基本相同。因为

$$K(M) = \frac{b}{d \cdot f}, \quad b \text{ 值已知, } d、f \text{ 均很易测定, 其 } K(M) \text{ 可以求得。}$$

计算各种林分的  $K(M)$  值(附表)进行比较就能了解各种林分树冠截留的能力。因为  $b$  值随季节而不同, 因此我们分林分和季节进行讨论。

$K(M)$  值反映了单位空间树冠截留能力, 且不受树木高矮及层次搭配的影响。将各林分在不同时段的参数  $b$  值和  $K(M)$  值列入表4。表4中可以看出:

(1) 4--6月, 连续性降水较多, 气温也不很高, 虽降水量较历年偏少, 但正处雨季, 总量还是较多。消除生长因素影响后, 隆回水保站的马—油茶林、马—白栎林,  $K(M)$  相等并且大于马尾松纯林, 说明这两种林分树冠截留能力在该时段较马尾松林强。刺槐林略大于马尾松林, 但远小于马尾松—油茶和马尾松—白栎林。刺槐、樟树林又较刺槐纯林小, 说明樟树树冠截留的能力较刺槐小。

(2) 7--8月, 该时段阵性降水多, 而气温是一年中最高的时段。同样两种马尾松林(马—油茶林、马—白栎林)都大于马尾松林。而后者甚至接近刺槐、樟树林, 小于刺槐林。单纯刺槐林分的树冠截留的能力又较单纯马尾松林分大, 但比马尾松加有灌木层次的林分树冠截留的能力要差。

(3) 枫香林、柏木、杉木林(4--6月)树冠截留的能力相当, 但都较马尾松林小。

(4) 一年各时段马尾松、桢楠—桧木林树冠截留能力较马尾松—