

# 西双版纳橡胶人工群落林地的地表径流与 地下径流分离方法的研究\*

刘玉洪 张一平 马友鑫 刘文杰 李红梅 沙丽清

(中国科学院西双版纳热带植物园, 昆明 650223)

**摘要** 本文根据西双版纳山地橡胶人工群落林地的集水区测流堰 20 个月的实测资料, 分析研究在西双版纳地区地表径流产生的条件、地表径流和地下径流的特征。最终从集水区测流堰所观测到的总径流量中把地表径流与地下径流分离出来, 并给出在分离地表径流与地下径流的求算过程中应注意的原则和实际操作方法。

**关键词** 西双版纳 地表径流 地下径流 分离方法

在森林水文学的研究中, 径流量的测定是最基本的要求, 一般采用地表径流场设施来观测地表径流。但也有采用集水区径流场测流堰的方法来测定径流量, 采用此法所观测到的径流量, 实际它是总径流量, 其中包括了地表径流量和地下径流量。在建设集水区测流堰时, 如果在年降水量相对较小, 集水区面积也相对不太大的条件下, 可以在工程建设测流堰时就把地表径流与地下径流分流分别测定, 由两部分之和得到总径流量。但是在大气降水量较大, 并且集水区面积也相对较大的样地中, 要在工程建设时就把地表径流与地下径流分流区分开加以分别测定具有一些困难, 而且造价相对也要提高。所以一般就采用观测总径流量, 此方法其优点是工程建设时的造价低观测方便, 不足之处是观测略嫌粗放, 地表径流与地下径流是混合量, 即总径流量。在山地森林水文过程研究的实践中有必要把地表径流与地下径流从总径流量中分离出来, 分别求算。

## 1. 自然概况

集水区径流场试验区在西双版纳热带森林生态站的橡胶人工群落(已定植 5a)试验区样地内, 集水区地形闭合, 平均坡度为  $10^{\circ}$  左右, 集水区面积为  $9.30\text{hm}^2$ , 在其常年出水口处建有一墙坝式三角测流堰, 测流堰采用日记水位计自动记录, 同时在集水区径流场试验样地内观测大气降水量。

本试验区地处西南季风气候区内, 年均温  $21.5^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10^{\circ}$  积温为  $7860^{\circ}\text{C}$ , 年平均相对湿度为 86%, 干燥度为 1.01, 年降水量为  $1557.0\text{mm}$ , 年径流量为  $600.0\text{mm}$ 。

## 2. 地表径流与地下径流特征

### 2.1 地表径流产生的条件

在我们所建立的集水区测流堰观测得到的径流量是总径流量, 即包括了地表径流与

\* 中国科学院“八五”(KJ-85-06)和“九五”(KZ95T-04-02)重大项目资助。

地下径流，是它们二者之和。而在实际情况中，并非所观测到的总径流量均是地表径流与地下径流之和，它有两种情况，一种是只有地下径流而没有地表径流（地表径流为零）的情况，即没有大气降水时和有大气降水但降水量较小而没有地表径流的时段，此类情况在一年占有绝大多数时间；另一种是同时有地表径流与地下径流的情况，即有大气降水造成的地表径流和大气降水已经停止滞后的地表径流量，此种情况在一年中所占时间不多，但是很重要，在本地区一般不会出现有地表径流而没有地下径流的情况。

在观测实践中，因为无大气降水的时段内，实际上不可能有地表径流的产生，而且并非有大气降水就一定产生地表径流，即大气降水量与地表径流量不是一一对应的关系。有大气降水不一定有地表径流量产生，只有在有大气降水并达到一定数量和强度时才可能有地表径流产生，大气降水是产生地表径流量的必要条件。

降水量的大小与产生地表径流有直接的因果关系，一般随大气降水量增加地表径流量也增大。但是地表径流量的大小或有无的影响因素并非唯一是由大气降水量决定，它还要受其它一些因素的调节，如土壤，植被冠面等下垫面的干燥程度等均会影响地表径流的数量多少。例如在西双版纳的雨季前期（5~10月为雨季），1993年5月24日和1994年5月12日分别有35.3mm和21.2mm的大气降水量，由于此时本地区的下垫面特别干燥（本地区11~4月为干季，此期间内大气降水只占年降水总量的15%左右），而没有地表径流产生；在本区雨季盛期（6~8月），下垫面处于最湿润时段，所以可能会在小于10mm降水的条件下也会有地表径流产生，特别是那种短时阵性降水即降水强度大的降水，更利于产生地表径流。

综上所述，地表径流产生的条件首先是要有大气降水；其次是大气降水的性质（降水强度）及降水总量多少也影响地表径流的产生；三是要看土壤，植被等下垫面的干燥程度，它也是影响地表径流多少或有无的因素之一。

## 2.2 地表径流特征

从逐日实测的自记资料可以看出，因为地表径流是大气降水的结果，主要受降水总量、降水强度和下垫面干燥程度等因素的影响，它的产生一般均有突然性，反映在自记记录的径流量过程曲线上出现相应的涨落波动特征。地表径流量的自记过程曲线与降水量的自记过程曲线具有较好的相关性，并且从时间变化特征来看，地表径流过程曲线的涨落波动（即有地表径流产生时）的起止时间一定是滞后于大气降水过程曲线时段。地表径流产生的另一个特征，它随时间变化的过程曲线是可以分为一次一次的不连续出现，但与大气降水出现次数相对应，并且地表径流量产生的次数一般要少于大气降水出现的次数。

## 2.3 地下径流特征

反映地下径流量的时间变化曲线是相对稳定的，其升降有序而且十分缓慢，一般具有增加的速度较减少的速度相对要快。在西双版纳地区地下径流增加的唯一原因是大气降水的补给，它随降水数量的增加而增加，降水强度较小时利于地下径流量的集蓄；同样，地下径流量减少的速度也是随着无降水日的天数增加而增加。在西双版纳的干季（11~4月）期间，有一定数量的大气降水量（占年降水总量的15%左右），一般情况下没有地表径流产生，而且地下径流只是微量增加或没有显著的增加，即地下径流量的年

变化规律从 11 月至 4 月是逐渐递减的。但正是由于这种干季降水的不断补给, 才能使同一水平的地下径流量保持相当一段时间, 即减缓地下径流量减小的速度。

### 3. 地表径流与地下径流的分离

#### 3.1 分离方法

按一般经验, 地表径流与地下径流的区分是用自记记录的径流过程曲线通过作图法来完成计算的, 对一些月或年均值的计算有其优越的特点, 但在逐日逐次降水过程中对应的用作图来计算地表径流, 在实际工作中往往有些不便, 而且工作量相对较大。我们据西双版纳热带山地橡胶人工群落林地集水区 20 个月逐日降水量与径流量的分析, 地下径流量具有相对稳定其升降有序而缓慢等特征, 即地下径流量的变化特征具有一定规律; 但地表径流则有相对的不稳定性, 并且要具有一定的条件 (大气降水), 表现在径流过程曲线上具突然涨落波动, 起伏较大的特征。根据集水区径流总量等于地表径流与地下径流之和, 可得地表径流的计算公式为:

$$R_{\text{地表}} = R_{\text{总}} - R_{\text{地下}}$$

式中:  $R_{\text{地表}}$  为地表径流量;  $R_{\text{总}}$  为总径流量;  $R_{\text{地下}}$  为地下径流量。由此式可知, 总径流量是我们实测值即已知, 那么要计算地表径流量, 只要确定出地下径流量就可以把地表径流量求出, 由此可知地下径流量是上式计算的关键所在。我们认为地下径流的计算首先是数值 (量) 的确定, 是根据大气降水与径流的过程曲线和实践经验综合考虑, 可把它看作一个常数, 它是计算精度的保证; 其次是在实际工作中的可操作性, 即简便可行。

在实践中, 我们求算地表径流的原则是: ①不违反水文气象学原理; ②参考大气降水与总径流过程曲线, 它是计算式的基础; ③根据一些实践经验来判别; ④尽可能的简便易行。

基于上述原理, 在实际计算地表径流的过程中, 操作步骤: 首先根据逐日实测的总径流量和大气降水量资料及观测经验来判定有无地表径流的产生, 如无地表径流产生则地表径流为零, 总径流量等于地下径流量; 其次是在有地表径流产生的时段, 要确定地下径流量的数值 (量), 我们是根据大气降水前与降水之后一段稳定的径流量综合考虑作为地下径流量基准数值代入公式而求算地表径流量。实际上在径流量过程曲线中的峰值部分即为地表径流量, 即总径流量与地下径流量的差值部分就是地表径流量。

此方法依据的原理就是作图法, 只是在求解分离地表径流与地下径流时, 将具体的作图法简化, 而把地下径流作为一基数 (常数), 即在每一次大气降水之后求算地表径流时都要据大气降水与总径流量的自动记录曲线和实践经验来判别, 在有地表径流产生的时段, 把地下径流量作为一个常数代入公式计算, 只是每一次求算的地下径流量常数是不相同的, 每一次它都需从总径流过程曲线中查得, 我们说它是“常数”只是说明在本次有地表径流的时段内它是一个常数。

#### 3.2 实例

西双版纳山地橡胶人工群落林地集水区堰 1993.05 ~ 1994.12 月计 20 个月所实测的径流量, 经求算分离出的地表径流量和地下径流量结果如表 1。在干季期间 (11 ~ 4 月)

地表径流为零或地表径流小于地下径流,只有在雨季盛期的6~8月才有地表径流大于地下径流。地表径流量与地下径流量分别占总径流量的45.3%和54.7%,地表径流量较地下径流量偏小,占地下径流量的83.0%。从表1还可看出,地表径流量在一年内特别集中,如在1994年6~8月三个月的地表径流量占全年地表径流量的92.4%,而7月份一个月就占年地表径流量的38.3%。地表径流量的过于集中使人类对水资源的利用不利,而且大多会带来灾害的出现。

表1 西双版纳橡胶人工群落集水区地表径流与地下径流的年变化

年代	项目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1993	地表径流 (mm)	—	—	—	—	4.6	41.2	64.0	17.6	5.6	7.9	0	0
	地下径流 (mm)	—	—	—	—	3.2	5.8	62.3	46.6	25.5	12.8	10.0	12.2
1994	地表径流 (mm)	0	0	0	0	0	42.2	77.1	66.7	6.3	1.5	0.4	7.2
	地下径流 (mm)	8.1	4.2	3.1	0.5	0.1	27.3	64.5	54.2	24.9	23.9	7.2	16.2

#### 4. 小结

用集水区径流场测流堰测定径流量是一种山地水文试验的实用方法,它使生态系统与集水区界线一致,能相对准确测定集水区生态系统的水分输入和输出,由此获得集水区生态系统中水分循环的主要参数。所以用集水区径流场测定径流量具有较好的代表性。但是一个合理的森林水文观测系统对于径流量一个观测项目来讲,只有集水区径流场一种观测设施是远远不够,特别在对于用集水区径流场观测资料所做的地表径流与地下径流的分离,辅以地表径流场的观测也是必不可少。地表径流场的观测一是可以观测到小尺度的地表径流特征;二是还可以对集水区径流场观测资料中分离出来的地表径流予以旁证或加以订正。

#### 参考文献

- [1] 张一平, 张克映, 马友鑫等. 西双版纳热带地区不同植被覆盖地域径流特征. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 3 (4): 25~30
- [2] 周国逸. 生态系统水热原理及其应用. 北京: 气象出版社, 1997: 32~44
- [3] 刘玉洪, 张克映, 马友鑫等. 西双版纳热带森林地表径流场设计的研究. 土壤侵蚀与水土保持学报. 1999, 5 (6): 56~60
- [4] 刘玉洪, 马友鑫, 刘文杰等. 西双版纳人工群落林地径流量的初步研究. 土壤侵蚀与水土保持学报. 1999, 5 (2): 30~34

第一作者简介: 刘玉洪, 男, 1956年出生, 高级工程师, 站长, 现在中国科学院西双版纳植物园昆明分部(昆明市学府路50号)哀牢山森林生态站工作, 主要从事山地气候与山地森林水文气象研究, 发表论文37篇。

## Study on the dividing of ground and underground runoff in rubber plantation in Xishuangbanna, Southwest China

Liu Yuhong Zhang Yiping Ma Youxin Liu Wenjie Li Hongmei Sha Liqing  
(*Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, The Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223*)

**Abstract** Based on the 20 – month discharge of the rubber plantation in Xishuangbanna, we studied the conditions of ground runoff occurring, and the characteristics of ground and underground runoff. We divided the total runoff observed from the V – notch weir of the studied catchment into ground and underground runoff. We gave the details about the calculation process and the practical method.

**Key words** Xishuangbanna Ground runoff Underground runoff Dividing method