

# 晋西黄土区森林流域水量平衡研究

杨海军

孙立达 余新晓

(水利部松辽水利委员会·长春市·130021) (北京林业大学水土保持学院·北京市·100083)

## 提 要

该文采用对比流域的方法,定量地分析了水量平衡要素:降雨量、蒸发散量、截留量、径流量的分配规律及各要素之间的数量关系和植被条件对水量平衡要素的影响,在此基础上制定了流域水量平衡分配表。研究结果表明:到达水土保持林生态系统的降水主要分配在蒸发散量、林冠截留量、极少量的地表径流上,并得出为了充分发挥黄土区水土保持林的水源涵养作用,必须采用多种方法来抑制水土保持林的蒸发耗水,使更多的水分拦蓄在土壤——转换层中这一结论,并为营造更新水土保持林提供了理论依据。

关键词: 流域水量平衡 蒸发散量 降雨量 对比流域

## Study of the Water Balance for Soil and Water Conservation in Forests West-north Shanxi Province

*Yang Haijun*

*(Commission of Songliao Water Conservancy, Changchun, 130021)*

*Sun Lida Yu Xinxiao*

*(College of Soil and Water Conservation, BFU, Beijing, 100083)*

## Abstract

With the help of comparison between watersheds, we analysed quantitatively the main element of water balance; distribution among rainfall, evapotranspiration, interception and volume of runoff, the quantitative relationship among the elements and the affect by forest condition; hence we worked out a list of water balance. The result is: the rainfall to the water and soil prevention forest is chiefly distributed in evapotranspiration, interception of the tree crowns and on a small quantity of surface rainfall. Also we have this result; in order to make full use of the function of water prevention of west-north in Shanxi, we must adopt kinds of methods to prevent the evaporation loss of water in the water and soil prevention forest, and make more water stored in soil. At the same time we offered the theoretical basis for planting and renewing the water and soil prevention forest.

**Key words** water balance evapotranspiration rainfall comparison between watersheds

水循环和水量平衡是森林水文学的基本问题,也是森林水文学研究的重要基础,同时也是营造水土保持防护林的理论依据。目前各国从不同角度研究了林分的水量平衡,但是,系统地研究黄土区森林流域水量平衡的例子还没有。不同林种的水量平衡,只是从某一点出发研究了降雨分配规

律,然而要全面地研究水的分配规律,正如关君蔚教授指出的那样,水量平衡是研究森林涵养水源机理的基础,问题是建立多大范围和多长时间的水量平衡。我们认为应重点研究森林覆盖的小流域——森林流域,探讨在小流域范围内,森林对降雨的截持和滞蓄作用,即森林对水量平衡各要素的影响作用,森林涵养水源的机理。

### 一、研究区自然概况

研究区设置在晋西黄土残塬沟壑区中部——山西省吉县境内的红旗林场。地理位置为东经 110°45'~100°48', 北纬 36°00'~36°05', 海拔 950~1 370m, 年平均降水量为 575mm, 7~9 月份的降雨量占全年降水量的 59.46%。但多以暴雨形式出现。年平均水面蒸发量为 1 723.90mm。年平均气温为 10℃。土壤为碳酸盐褐土,天然植被已被破坏殆尽,目前恢复形成的天然植被是以干旱和半干旱灌木和草本植物占优势,乔木树种主要有刺槐、油松;灌木树种主要有虎榛子、沙棘。

### 二、研究方法

采用流域对比法,即选择两个流域(常选在邻近流域)它们除植被类型不同外,其它条件如地形、地质、土壤、气象、流域面积等基本相同或相似。对比流域应选择在地面分水线和地下分水线重合的闭合流域,沟长、比降比较接近,沟的方向最好一致。通过对比观测水量平衡各分量因子,来定量地说明水土保持林的防护作用。

根据以上原则,在山西省吉县红旗林场范围内选择了两对对比流域,流域分布情况见图 1,流域基本情况见表 1。

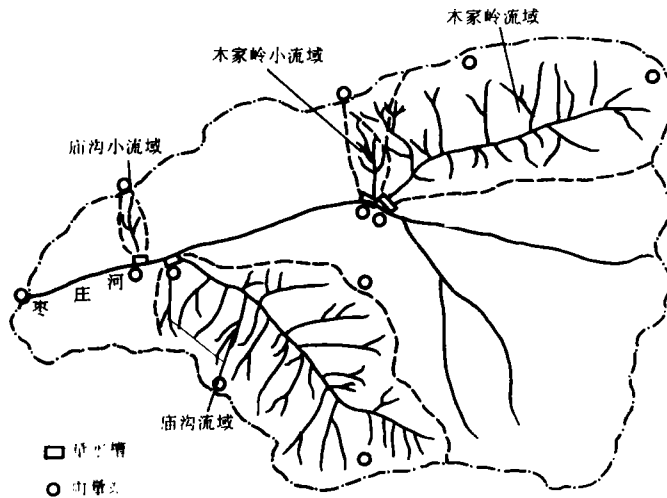


图 1 对比流域分布情况

表 1 对比流域基本情况

流域名称	流域面积 (km <sup>2</sup> )	流域长度 (m)	流域宽度 (m)	河流比降	活立木蓄积量 (m <sup>3</sup> )	主要树种
庙沟小流域	0.06	450	138.7	0.32		
木家岭小流域	0.08	680	131.8	0.26	466.94	刺槐、杜梨、沙棘
庙沟流域	1.60	2 250	719.0	0.05	1 771.97	刺槐、油松、山杨
木家岭流域	1.40	2 000	698.4	0.06	4 676.38	刺槐、油松、山杨

### 三、研究结果及分析

#### (一)对比流域水量平衡公式和流域水量平衡分配情况

本文以 1988 年、1989 年、1990 年 3 年实测的数据为基础,把每年 4 月至 10 月作为一个水文

年,进行流域水量平衡分析。

表2 流域水量平衡分配表

流域名称	水量平衡要素	1988年	1989年	1990年	
木家岭流域	收入	$P$	337.50	338.40	394.80
		$P_t+P_d$	272.36	266.31	307.94
		$I$	65.14	72.08	86.86
	支出	$R$	5.39	8.36	7.96
		$ET$	388.13	389.16	454.02
	贮留变动误差	$\Delta W$	-45.64	-46.96	-58.82
		$\epsilon$	10.38	12.16	8.36
庙沟流域	收入	$P$	338.60	341.80	396.40
		$P_t+P_d$	271.56	273.10	300.87
		$I$	67.04	68.70	95.53
	支出	$R$	8.47	10.12	12.16
		$ET$	348.76	369.14	459.82
	贮留变动误差	$\Delta W$	-9.00	-25.31	-82.95
		$\epsilon$	9.63	12.15	-7.37
木家岭小流域	收入	$P$	337.50	338.40	394.80
		$P_t+P_d$	265.50	259.70	295.92
		$I$	81.00	78.70	98.88
	支出	$R$	3.68	4.16	5.32
		$ET$	408.38	402.70	446.12
	贮留变动误差	$\Delta W$	-65.93	-57.77	-45.36
		$\epsilon$	8.63	10.69	11.28
庙沟小流域	收入	$P$	399.00	342.40	397.60
		$P_t+P_d$	329.61	328.70	383.04
		$I$	10.19	13.70	14.56
	支出	$R$	5.86	9.75	6.98
		$ET$	282.03	294.46	286.27
	贮留变动误差	$\Delta W$	41.55	26.83	93.66
		$\epsilon$	-10.36	-11.36	-10.69

以对比流域为基础,研究3年期间的流域水量平衡,因为以热量平衡法测定蒸发散量,对于以一年为期的水量平衡来讲,林冠截留量包含在总蒸发散量之中,因此收入项为降雨量( $p$ ),支出项为径流量( $R$ )和蒸发散量( $ET$ ),除此之外,还有此期间流域土壤贮存水量变化量( $\Delta W$ )。因此可把上述对比流域水量平衡公式简化为: $P-R-ET=\Delta W$ 这一水量平衡公式,根据水量平衡场计算结果,推算对比流域水量平衡,其成果见表2。

由表2可以看出,降雨量在各不同流域分配的数值发生了变化,木家岭有林流域的蒸发散量明显的多于少林庙沟流域和庙沟小流域,并且其值明显的高于同期降雨量。而对于几乎无林的庙沟小流域,蒸发散量值大致与同期降雨量相同。以径流量比较来看,少林流域明显的多于有林流域,但径流量相对于蒸发散量来讲仅为很少的一部分,这样的分配数量关系表明:流域降雨量主要分配在蒸发散量和少量地表径流上,而有林流域的蒸发散量值多于降雨量,这说明降雨量满足不了同时期林木生理蒸腾和林地蒸发需要,需要耗去前几年土壤贮存的水分,而少林的庙沟小流域,蒸发散量大致等于同期降雨量,土壤水分得到了少量补给,这样的分配规律表明:在黄土区以小流域为单元营造水土保持防护林时,应尽量减少林木蒸发散量,而减少蒸发散量的根本原因就在于减少林木密度和乔木造林密度,以蒸发散量少的灌木补充乔木密度,只有这样才能减少水土流失,使少量的天然降水量尽量多地贮存在土壤之中,供林木循环利用。

的天然降水量尽量多地贮存在土壤之中,供林木循环利用。

## (二)对比流域降雨量、径流量及蒸发散量的关系

1. 降雨量与径流量的相关关系。根据实测的降雨量与径流量资料点绘成图2、图3。从图2、图3可以看出,降雨量与径流量之间存在着密切关系。总的趋势是径流量随降雨量增加而增加。因研究区属超渗产流区,除少数次降雨量小和历时短的大雨、强、暴雨外,总体符合这一规律。

2. 降雨量与蒸发散量的关系。对四个对比流域的降雨量与蒸发散量点绘成相关图,图2、图3。从图2、图3可知,蒸发散量随降雨量的增加而增加,而木家岭流域、木家岭小流域、庙沟流域等有林流域的蒸发散量增加趋势高于同期降雨量。反之,庙沟小流域蒸发散量与降雨量大致成45°直线

关系增加,前者可能是林木强大的蒸腾影响的结果。

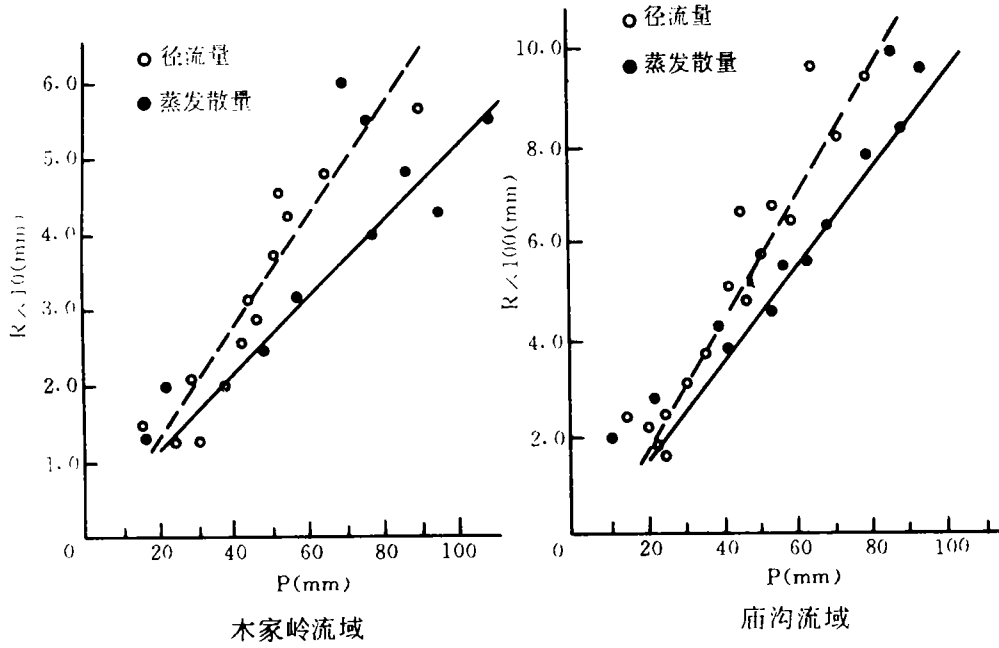


图2 降雨量与径流量、蒸发散量

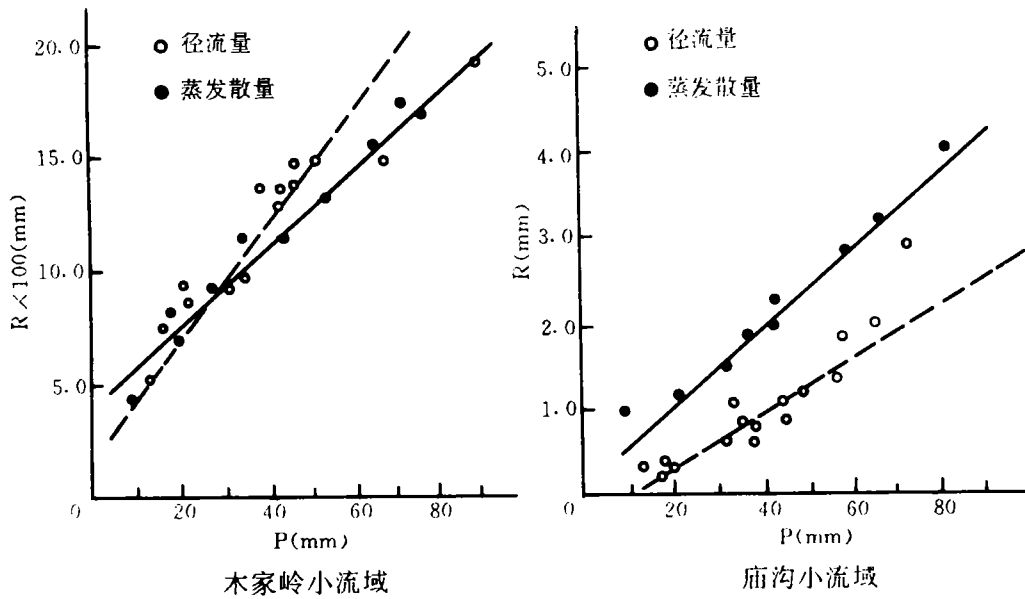


图3 降雨量与径流量、蒸发散量

### (三) 植被条件与水量平衡

1. 植被条件对径流量及洪水径流过程线的影响。为了研究水土保持防护林的效益,以少林流域庙沟流域和多林流域——木家岭流域;近无林流域——庙沟小流域和近郁闭的木家岭小流域为对比流域来研究水土保持林对水量平衡各要素的影响。同时将观测的四个对比流域的径流量资料绘

成图 4。

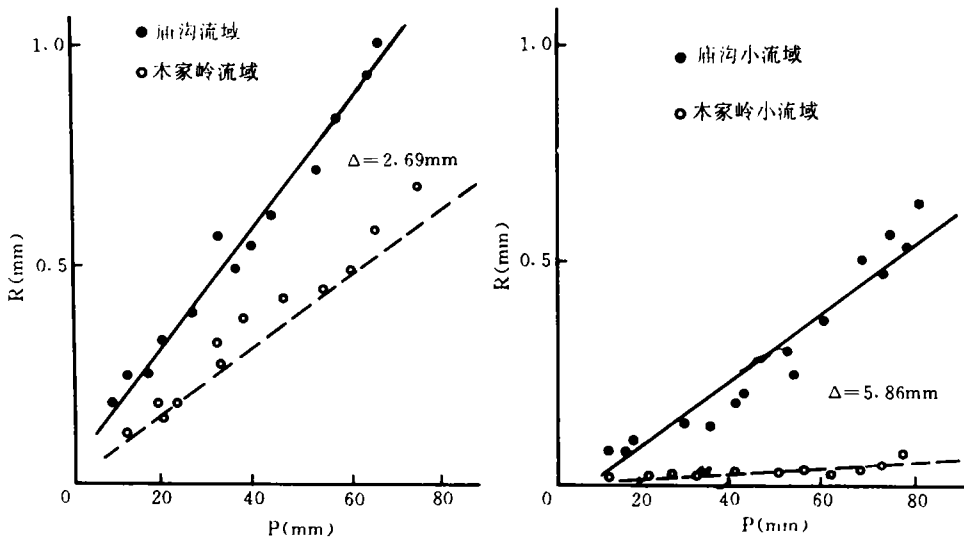


图 4 有林和少林流域降雨量和径流量

从图 4 可以看出,少林的庙沟流域的径流量明显高于有林的木家岭流域,两点间的间距即为径流量增加部分,同时近无林的庙沟小流域径流量明显多于近郁闭的木家岭小流域,两点间的间距明显多于庙沟流域和木家岭流域。由此可知,由于人工林的建成,使水量平衡要素之一的径流量发生明显变化,使得少量天然降水拦蓄在流域之中。除此之外,水土保持林对洪水径流汇集过程也有明显减缓作用,具体表现在对洪水径流过程线的影响上。将观测到的洪水径流过程线绘成图 5。

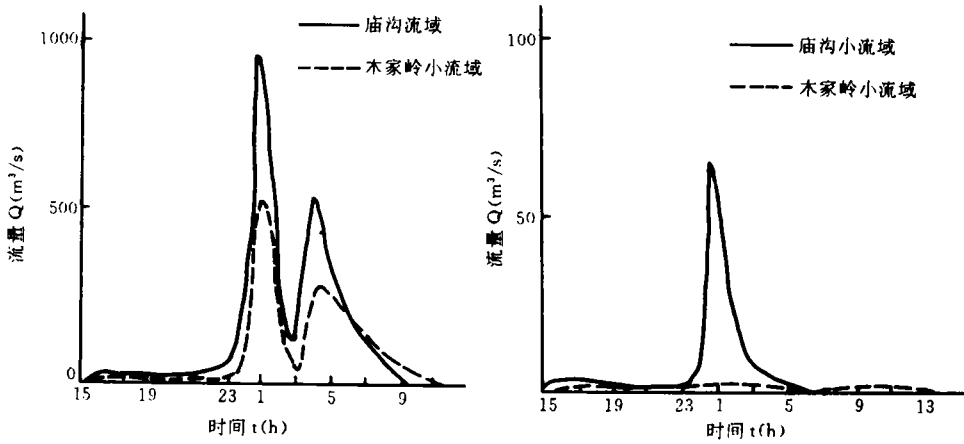


图 5 1989 年 7 月 23 日洪水过程线

从图 5 可以看出,水土保持林具有推迟和延长洪水径流汇集始末时间及削减洪水径流总量的作用。

2. 植被条件对流域蒸发散量的影响。把实测的近郁闭的木家岭小流域和无林的庙沟小流域的实测蒸发散量数据绘成图 6。由图 6 可知,森林流域蒸腾耗水明显高于无林流域,这表明林木蒸腾耗水是水循环过程中的重要支出项,也是导致黄土区干旱的因素之一。

#### 四、讨 论

通过对黄土区水土保持林地生态系统和流域水分循环的研究,确定了流域的水量平衡方程,并制定了流域的水量平衡表。研究表明:大气垂直降水量是黄土区水土保持林地唯一的水分输入量,蒸发散量是最为重要的水分输出项,林冠截留量也是重要输出项,其值远大于地表径流量,本研究区的地表径流接近可以忽略不计的程度。林地的蒸发散量已经超

过了同期的降水量,由此可知,晋西黄土区雨季的林地耗水量超过了林地土壤贮水量,雨季林地土壤均未得到降水的补给,只有近无林的小流域得到了少量补给,林地土壤雨季,土壤亏缺量很大。

由此可知晋西黄土区人工林对土壤具有干化作用。这是由于人工林地林木强烈的蒸腾作用和根系深层吸水作用所致,这种干化作用在干旱年份表现非常突出,这种干化作用的结果使黄土区林分只能依赖当年的降水生长发育,所以在黄土区充分发挥林分的水源涵养作用,就需要减少林分的蒸发散量,抑制林地蒸发,减少仅有的降水以地表径流的形式流失,因此在黄土区水土保持林营造中,应采用径流林业或工程措施等抗旱造林技术。并且应控制和适当降低造林密度,选用抗旱力强、耗水量较少的树种,这样才能避免人工林存在不断恶化自身生长的水分条件,从而形成生长缓慢、生长量受控于降水量的“小老头树”的局面。

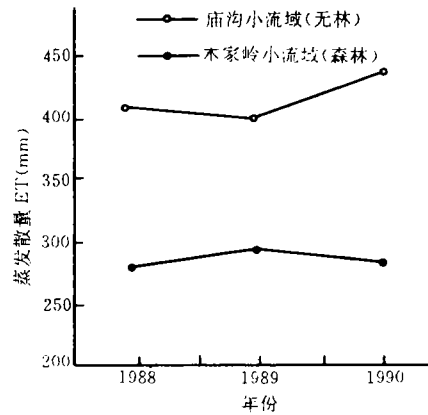


图 6 有林和无林对比流域蒸发散量变化

(上接第 7 页)

在苹果产业的推动之下,农田水利基本建设和交通运输建设也飞速发展。近年,国家、集体投资 1 430 万元,劳动积累工 950 万个,建设标准化方田 22.6 万亩,新修基本农田 4 万亩,并且打井建抽水站,使农田灌溉面积恢复到 52 万亩,荣获全国水利建设先进县称号。同时,还采取国家、集体投资和农民集资的形式,拓宽境内公路干线 45km,修筑沥青、水泥路面 85km,沙石路面 827km,一改昔日“行路难”的状况,使苹果运输风雨无阻。

#### 五、小 结

1. 水土保持措施的配置,首先,必须结合实际,因地制宜,充分利用和开发当地自然资源优势,水土保持才能为千百万农民所接受,变为他们的自觉行动,方能加快水土流失治理速度。

2. 其次,水土保持措施配置必须突出经济效益,不但要使农民“粮油”不缺,也要“钱”不缺,寓水土保持生态效益于经济效益之中,水土保持才能保持强劲的后劲。