

森林水文效应的综合分析

金栋梁, 刘予伟

(长江水利委员会水文局, 湖北 武汉 430010)

摘要: 引用森林水文实验站和国家水文基本站网中的森林流域和非森林流域的实测资料, 进行同步期的对比分析。对于试验小流域或径流场, 总结出林冠截留、树干径流和林地拦蓄的一些统计结果, 并归纳得到可供利用的计算公式。对于大面积森林流域, 主要从基本水文站网中, 森林覆盖率明显不同而其它自然地理条件类似的测站进行对比分析, 当干旱指数小于 1.2 的地区, 森林使年径流增加, 当干旱指数大于 1.2 的地区, 森林使年径流减少。

关键词: 森林流域; 林冠截留; 树干径流; 水文效应; 年径流量

中图分类号: P331 文献标识码: A 文章编号: 1672-643X(2013)02-0138-07

Synthetical analysis of hydrological efficiency on forest cover

JIN Dongliang, LIU Yuwei

(Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan 430010, China)

Abstract: The paper used the hydrological data witch comes from forest and non-forest basin of both forest hydrological test stations and the national general hydrological stations, and carried out contrast analysis. With regard to small watershed, the paper got the conclusional data on canopy interceptions, stemflows and ground losses, and made formulas in order to utilize these data. With regard to large watershed, the national hydrological stations were chosen on different forest cover rates when the geographical conditions were same or similar. Forest watershed make annual runoff increase when the drought index is less than 1.2. and decrease when the drought index is more than 1.2.

Key words: forest watershed; canopy interception; stemflow; hydrological efficiency; annual runoff

利用水文站网的实测水文资料, 选择测站自然地理特性类似而森林覆盖率达有显著差异的流域进行水文要素的对比分析。由于森林生态系统结构的复杂、功能的多样, 而且我国幅员广阔, 要获得不同区域, 不同类型之间必要的可比性, 存在问题, 有些分歧意见仍然存在^[1]。本文通过森林实验站的数据研究。利用水文站网的资料, 对比分析森林对洪枯水、年径流、年降水和水质的影响, 提出可供参考应用的实验分析数据。

1 森林实验站资料分析

森林实验站皆为小面积林区与非林区的对比观测资料, 其特点是地形、岩性、土壤、气候条件十分一致, 可对比性强, 资料可靠。本文选用四川凯江、盐亭、湖北石桥铺、南京紫金山及黑龙江宾县、吉林梨树二道坑等森林实验站的林冠截留、树干集流、林地

拦蓄及部分典型大暴雨的观测资料说明森林对径流影响的实际情况。

1.1 凯江径流实验站和六盘山香水河观测场对森林的实验研究

凯江站于 1959 - 1965 年间曾在流域内的道喜沟小流域、彭家沟径流场、余家庵小流域进行过森林的降雨、截留、径流观测实验^[2]。以余家庵观测时间最长。为了探求林地拦蓄量, 还同时在余家庵(森林)、白龙潭(荒地)、红庙子(耕地)三个观测场进行降雨和径流的平行对比观测。六盘山观测场^[3-4], 位于黄河支流径河的源头, 六盘山自然保护区内的香水河流域内, 面积 400 m², 森林以华北落叶松和白桦林为主, 其覆盖率约 72%。于 2004 - 2005 年间对华北落叶松和白桦林进行林冠截留和树干流下量的观测。

1.1.1 林冠截留与林地拦蓄量 余家庵森林小流域的林冠截留量研究, 曾作过天然现场和人工室内两种实验。在天然现场, 先后采用均匀分布法、典型

收稿日期: 2012-09-26; 修回日期: 2013-03-15

基金项目: 国家“973”计划项目(2012CB417001); 水利部公益性行业科研专项经费项目(201101003)

作者简介: 金栋梁(1922-), 男, 浙江永康人, 教授级高级工程师, 从事水文水资源工作和研究 60 多年。

通讯作者: 刘予伟(1959-), 男, 河南南阳人, 高级工程师, 从事水文水资源工作和负责《水资源研究》杂志编辑多年。

树法和全株截留法等 3 种方法。在室内,先后采用过雨后剪枝称重法、浸水法和人工降雨单枝截留实

验法 3 种方法^[5]。现将上述成果经综合列如表 1。

表 1 余家庵林冠截留量和林地拦蓄量成果表

次雨量	0	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	100	120	160	200
林冠 橡树(阔叶)	0	1.0	2.0	2.8	3.6	5.2	6.6	7.8	9.0	10.0	11.0	12.6	14.0	16.0	17.0
截留 松树(针叶)	0	0.9	1.7	2.4	3.1	4.4	5.6	6.6	7.7	8.5	9.3	10.7	11.9	13.5	14.6
林地拦蓄量	0	0	0	0.4	0.9	2.5	3.9	5.0	6.0	6.8	7.4	8.0			

另外,根据截留量(I_s)与降雨量(P)成比例,截留强度($I_p = dI_s/dt$)与干燥度($r = (I_{SM} - I_s)/I_{SM}$),成比例的假定,可建立一阶微分方程,求解时根据初始条件:降雨量为零时,截留量也为零,可得枝叶截留的理论公式:

$$I_s = I_{SM}[1 - \exp(-kP/I_{SM})] \quad (1)$$

式中: I_s 为一次降雨过程中任意时段的截留量,mm; I_{SM} 为一次降雨量很大时的极限截留量,mm,根据树种和郁闭度决定; K 为比例常数,橡树为 0.2,松树为 0.17; P 为一次降雨量,mm。其中 I_{SM} 和 k 值,各种树种略有差异,可参见表 2。

表 2 各种树种的截留公式参数

树木种类	I_{SM}	k	说 明
橡树林	20	0.20	四川凯江,郁闭度 20%
马尾松	17	0.17	四川凯江,郁闭度 20%
杉树林	20	0.20	湖南,省溪山,郁闭度为 90%
幼松	15	0.18	黑龙江、宾县
苹果林	23	0.21	河北 易县
洋槐林	21	0.21	河北 易县
油松林	20	0.20	河北 易县
白杨林	16	0.18	河北 易县

六盘山观测场分析得出的降雨量(P)与林冠截留(I_s)计算式为:

$$\begin{cases} I_s = 1.0437 \ln(P) + 0.7137 & (\text{华北落叶松}) \\ I_s = 0.7445 \ln(P) + 0.7137 & (\text{白桦林}) \end{cases} \quad (2)$$

1.1.2 树干流下量 树干流下量,随树木的种类而不同,与树干大小也有关系。根据余家庵的资料,树干流下量的经验公式为:

$$\begin{cases} Y = 0.0459P - 0.084 & (\text{橡树}) \\ Y = 0.115P - 0.091 & (\text{松树}) \end{cases} \quad (3)$$

式中: Y 为沿树干流的水量,mm; P 为一次降雨量,mm。

六盘山观测场经验公式为:

$$\begin{cases} Y = 0.0042P - 0.015 & (\text{白松林}) \\ Y = 0.009P - 0.045 & (\text{华北落叶松}) \end{cases} \quad (4)$$

1.1.3 林地拦蓄量 凯江径流实验站设有森林和荒

山对比实验区,除了进行林冠枝叶截留量和树干流下量的观测外,并进行降雨径流的过程观测。从而分析得出林地降雨量的初损和稳渗值。初损值最大时约为 20~30 mm,而稳渗值约为 2.4~4.2 mm/h。

1.2 我国各地区森林实验站资料分析

我国各地区的森林实验站^[2,6],一般只进行降雨径流过程的观测,现将各地较大的暴雨产生的径流量和汇流时间列于表 3。从表 3 可见林区的洪峰流量毫无例外地全部都比非林区为小,而洪峰的汇流时间都有所延长。也就是说,对于小流域而言,森林削减洪峰流量,延长汇流时间是肯定的。

2 大面积森林流域对比分析

利用水文基本站网的资料,根据流域内森林覆盖率明显不同而其它自然地理条件类似的情况下,进行森林的影响分析。在选择对比流域时,要强调流域的可对比性。

2.1 森林对洪水、枯水的影响

大面积森林对洪水、枯水的影响,在一般情况下,多为削减洪峰流量,延长汇流时间,增加枯水流量,径流的年内分配变为均匀,与森林小流域的实验结果一致。因此森林流域内的树木好像是一个个微形水库,它拦截、滞蓄降水,树木越多,森林率覆盖越大,森林削减洪水径流的作用也越大。正如纳什瞬时单位线的参数 n 值(n 值为流域内串连水库个数,水库越多,调节作用越大,洪峰流量越低,汇流时间越长,见图 1)。

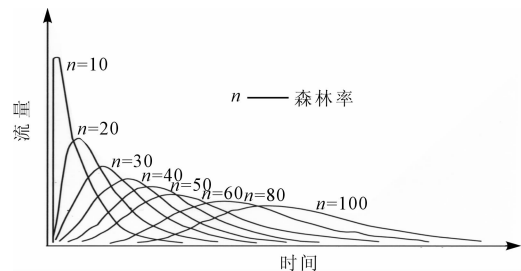


图 1 不同森林覆盖率的流量过程示意图

对于单独洪峰,在次雨量相同的情况下,林区的径流量一般要比非林区的径流量少,也就是一般认

表 4 森林对比流域的基本特征

km², %

流域	河名	站名	集水面积	森林率	自然地理概况
岷江	青岩江	天全	1 934	60	同为常绿阔叶林,红壤黄壤景观带,中山、黄棕壤砂岩页岩与变质岩。
		荣经	2 280	10	
汉江	唐白河	后会	820	灌木林	同为落叶常绿阔叶混交林,黄棕壤与黄褐土景观带。后会低山,半店为深丘。
		半店	674	0	
	南河	台口	1 578	85	同为落叶常绿混交林、黄棕壤黄褐土景观、低山,黄棕壤变质岩类。
		八里望	1 033	10	
		台口	2 048	85	
	青峰镇	2 082	10	壤变质岩类。	
湘江	来水	东江	4 077	50	同为常绿针叶阔叶混交林,红壤黄壤景观带,东江低山,白沙深丘。
	春陵水	白沙	5 322	10	
	消水	江华	2 158	85	同为常绿针叶阔叶林,红壤黄壤景观带,江华山区,道县深丘。
		道县	2 823	10	

逐渐增大,第二次和第三次分别为 0.76 和 0.91,第四次和第五次洪峰径流系数高达 0.98 和 0.99,森林削减洪峰的作用基本消失。

这种削减洪峰流量,延长汇流时间的概念,对于单独的一个森林流域而言,大多数情况下是正确的。但事情不是绝对的,有时由于汇流时间的延长,反而使下游出口断面的洪峰流量行成了迭加,因而增大了洪峰流量。当然这是一种特例。例如图 4,流域 A 的汇流时间为 4 个单位(例如每单位为 3 h 共 12 h),流域内有支流 B,其平均汇流时间原为 2 单位,当 B 流域与整个流域 A 的下垫面条件基本相同时,在断面 A 处形成的洪峰流量主要由第 4 个单位的面积上的净雨构成。此时支流 B 的净雨与 A 处洪峰流量关系不大。当 B 流域全部造林而 A 流域的其它地区保持不变时,假设造林后的汇流时间增加一倍,即由 2 单位变为 4 单位,或由 6 h 变为 12 h,则此时构成 A 流域洪峰流量已包括了 B 流域上第 4 单位的净雨产生的洪峰迭加在内,因而使 A 处的洪峰流量比 B 流域没有森林时还要大。所以对 A 断面而言,森林使流量增大。

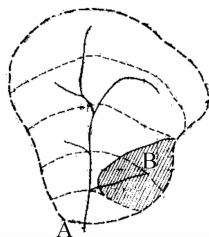


图 4 由 B 流域汇流时间延长造成 A 处洪峰增大示意图

综上所述,森林对洪水的影响是有条件的影响,不能一概而论。对于孤独的一次暴雨过程而言,第

2 场暴雨时,森林可能使洪峰流量增大。或者森林在地区分布上集中在流域下游某一支流时,也会使洪峰比无林时更大。既要看到一般情况下,森林削减洪峰对防洪方面起到良好的作用,也应认识连续洪水或森林所处的特定位置不同,也会使洪峰流量增大,从而加重防洪的负担。

对于林区非林区有关径流年内分配及枯季流量的情况,是森林使径流的年内分配变为均匀,年径流变差系数减小;枯季流量增大。表 5 是对比流域年最小流量模数 $L/(s \cdot km^2)$,所有森林流域的年最小流量模数都比非林区流域大,说明在长江流域森林确有涵养水源的作用。

表 5 长江流域林区与非林区年最小流量模数比较

站名	森林率	最小流量模数	站名	森林率	最小流量模数
后会	灌木林	3.40	江华	85	3.85
坐店	0	0	道县	10	1.09
台口	85	2.80	天全	60	7.50
青峰镇	10	0.58	荣经	16	6.40
东江	50	4.75	白沙	10	1.61

注:最小流量模数单位 $L/(s \cdot km^2)$ 。

森林对枯水径流的影响,在我国长江流域以外地区也有较多的分析研究。如松花江水系 20 个流域 10 年测定结果表明,无林流域春季(枯季)径流仅占全年径流的 6.5% ~ 7.0%,而有林流域(森林覆盖率为 22% ~ 90%),春季径流占全年的 12.5% ~ 31.9%,是无林流域的 4 ~ 32 倍。

海南岛三大流域(南渡江、万泉河、昌化江)地区从 20 世纪 60 年代以来,进行了大量的森林采伐,

森林覆盖率下降 20% ~ 50%, 尽管 70 年代降水量略有增加, 河流的枯水流量仍普遍减少, (减少 14.9% ~ 37.9%), 洪枯比随之扩大, 70 年代为 60 年代的 1.5 ~ 2.0 倍。

发源于天山西部的多林山地的伊犁河, 最低与最高的月平均流量比值为 1: 7, 天山中部的少林山地的精河为 1: 21, 昆仑山无林山地的玉龙喀什河则高达 1: 43, 这也说明森林冰川综合涵养型远远优于

冰川涵养型。

2.2 森林对年径流总量的影响

大面积森林流域对年径流的影响, 随着不同的气候和下垫面条件, 可以得出相反的结果。

在长江流域, 把所选的 6 个对比区(表 5), 进行年降水与年径流相关分析, 从而求得年降水、年径流和年径流系数如表 6 所示, 从表得知, 林区的年径流和年径流系数都比非林区的大^[2]。

表 6 长江流域林区非林区年径流对比分析

流域	河名	站名	集水面积	林率	降水量	径流量	径流系数	附注
岷江	青衣江	天全	1 934	60	1 650	1 510	91	
		荃经	2 286	10	1 840	1 320	71	
汉江	唐白河	后会	820	灌木林	968	365	38	
		半店	674	0	810	130	16	
	南河	台口	1 578	85	720	526	73	
		八里望	1 033	10	787	265	34	
		台口	2 048	85	863	513	60	
		青峰镇	2 082	10	888	329	37	
湘江	来水	东江	4 077	50	1 446	997	69	
	春陵水	白沙	5 322	10	1 450	748	52	
	消水	江华	2 158	85	1 600	1 098	68	道县系指江华 -
		道县	2 823	10	1 450	808	56	大路铺 - 道县区间

中国林科院在岷江上游两个小流域(面积 3.31 km² 和 2.90 km²)进行对比试验。一个是森林覆盖率 70% 的冷杉林, 另一个是采伐迹地的无林沟。测定结果是有林沟的年径流量比无林沟的多 433.7 mm。然后, 对有林沟进行强度采伐, 森林覆盖率只剩 10%, 伐后测定, 年径流量减少 380 mm。

黑龙江松花江水系 20 个流域(面积 101 ~ 170 000 km²)10 年测定的多元回归分析结果^[7], 是森林使年径流增加, 森林覆盖率每增加 1% 年径流量增加 1.46 mm。

在欧洲的喀尔巴阡山南北坡, 根据 36 个流域的分析, 随着森林覆盖率的增加, 年径流也增加, 森林覆盖率每增加 1%, 林区年径流增加 9.4 ~ 11.9 mm。以上是森林使年径流量增加的一系列数据, 以下则是森林使年径流减少的一些数据。

长江流域岷江上游杂谷脑河流域(4 625 km²)和黑水河流域(7 231 km²)经过大量采伐后, 森林覆盖率分别下降 10% 和 15%, 同期的年径流量增加了 24.7 mm 和 26.3 mm。

黄河中游子午岭地区, 各小流域明显表现出年径流量随森林覆盖率的增加而减少。

东北林业大学在帽儿山林区设置 3 个小集水区

(1.47、0.16、0.24 km²), 全是结构相似的天然次生林^[7]。第 1 个作对照, 后两个分别进行 50% 带状采伐和全面皆伐。伐前伐后进行连续测定, 结果是: 采伐后年径流量分别增加 26.7 mm 和 31.3 mm, 径流系数增加 0.4% ~ 2.3%。

陕西刘家河和张村驿站^[10]的对比分析可知, 森林覆盖率增加可减少年径流 35.3% ~ 44.6%。四川西部和云南北部^[11]的亚高山地区, 老龄针叶林采伐后, 流域产水量增加, 即森林使年径流减小的结论。

在国外, 瑞士、美国、前苏联都曾小流域观测到森林使年径流量减少的实例。

国内外许多森林流域的实测资料表明, 森林使年径流量增加, 和森林使年径流量减少都是事实^[12-14]。因此应以科学分析的方法来解决这种完全相反结论的原因。在森林的水文效应中, 起关键作用的是气候因素, 而气候要素中, 最关键的是流域蒸发(E), 而流域蒸发乃由热能条件 - 蒸发能力(E_0)和供水条件 - 降水量(P)所控制。在蒸发能力大的地区, 林地拦截径流有较长时间充分供应流域蒸发之需, 消耗于流域蒸发的水量就多。而在非林地, 径流很快汇入河道流出控制断面, 消耗流域蒸发的量就少, 因此, 林区总径流比非林区小。在蒸发

能力小的地区,林区与非林区高空的降水、蒸发条件差别不大,而林区在林冠高度范围内的夜间和早晨的凝结水却相当大,这实际上是减小林区的总蒸发,因此林区的年总径流量要比非林区大。根据国内干旱指数(蒸发能力 E_0 /年降水量 P)的地区分布观察:凡是干旱指数 $E_0/P > 1.2$ 的地区,森林增加的流域蒸发量必大于森林由凝结水增加的水平降水量。所以森林流域使年径流量减小。反之 E_0/P 小于 1.2 的地区,森林使年径流量增大。例如长江下游安徽省,长江中游河南、湖北、湖南省,长江上游,四川岷江上游选用的林区, E_0/P 都 < 1.2 。黄河中游的渭河和泾河上游 E_0/P 约为 1.2。这些地区森林都使年径流增大。但同为岷江上游的杂谷脑河和黑水河却属于半干旱地带,其 E_0/P 约为 1.5,黄河子午岭一带,黑龙江省部分地区 E_0/P ,也大于 1.2。所以这些地区的森林都使年径流减小。

2.3 森林对降水的影响

森林林冠不断向上空蒸腾大量水汽,使林区上的水汽含量比空旷地为多。另一方面,森林高出地面,阻碍平流空气的移动,气流遇到粗糙起伏的阻碍,就会在动力作用下被迫上升,在林墙附近和林冠上部产生涡旋,这些涡旋加强垂直交换运动,林冠表面湿空气被迅速带到高空,随着高空气温降低,湿空气冷却,水汽凝结,因而增加林区的垂直降水。

森林除了增加垂直降水外,还常常引起水平降水。森林枝叶的总面积大,夜间辐射冷却,往往产生大量凝结降水——雾、露、霜、雨淞、雾淞等。

据美国麻省理工学院气象学家查尼尔的研究指出:植被的变化能使地面反射率发生变化,地面反射的辐射越来越多,被吸收来产生阵雨的热量就减少,他们从理论上证实了植被对降水的增加作用。关于森林增加降水的具体量级,由于自然地理条件的千差万别,森林增加降水的数量也不尽相同。在前苏联卡明草原林区 68 年的观测资料表明森林带中的降雨量比空旷地增加 9%,固体降水增加 37%。瓦尔达依的实验资料增大 5%。

总之,从理论上,从定性上而言,森林增加降水量是古今中外资料所证明了的,但在定量上还需要创造条件,取得可对比性的实验证明资料,并且要对不同的具体情况,作具体分析。

2.4 森林对水质的影响

森林在调节与改善水资源质量方面有独特的作用^[9,15]。它以光合作用调节大气中氧的循环,从而增强了污染大气的自净能力。并以吸附、同化、生

化、杀菌等作用,减轻空气中有毒有害气体和灰尘细菌等的含量,使降水过程中从大气中溶解的污染物质的含量降低。当大气降水经过森林枝叶到达地面后,又经过林地内的枯枝落叶层及地下根系的吸收过滤而净化。

据汉江上游金永河于 2008 年对森林植被观测分析^[15],证明金水河森林能够调节 pH 值,缓解大气降水的酸性环境。降低了大气降水中的 TDS、 COD_{Mn} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、TDP、As、Ba、Cr、Na、Pb、Fe、K、Mn、V 和 Zn 等的含量,净化了水质。

3 讨论和结论

在选择大面积森林和非森林流域作对比研究时,应重视气候因素和下垫面因素的可对比性。对径流影响的主导因素是气候(降水量)和下垫面(地形、土壤、植被)、在进行对比研究时,流域内的下垫面植被(森林)改变了而其它因素特别是气候因素保持基本不变,其对比的结果才有说服力。例如 20 世纪 70 年代末到 80 年代初,岷江上游森林覆盖率由 30% 下降至 18.8%,闻名于世的四川都江堰径流量有所减少^[16],引起有关专家的极大关注,这是由于都江堰上游森林破坏,引起大自然的惩罚。如不采取措施后果不堪设想^[17-18]。对于森林的涵养水源、保持水土、改善环境等作用,是众所周知的。但森林对径流的影响,国内外历来有不同的看法。近几年来,围绕岷江上游径流量出现减少趋势的问题,有人简单地将其归结为都江堰上游地区森林大量采伐的结果。作者从径流形成的主导因素降水量和森林采伐的情况观察,如果降水量保持不变,则径流减少,一定是森林破坏的结果。因此有必要进行岷江上游径流变化趋势和降水变化趋势作出科学的客观全面的同步分析。

设有一个序列的距平 Y ,对时间序列 N ,点绘的线,适于直线,则通过线性回归分析,研究此线的坡度,便是衡量该序列随时间变化的定量数据。降水量和相应的径流量的趋势方程分别为:

$$\begin{cases} Y_p = a + bN \\ Y_r = c + dN \end{cases} \quad (5)$$

式中: Y_p 为降水量系列的距平,即 $(P_i - \bar{P})$; P_i 为系列中第 i 年的降水量; \bar{P} 为降水量系列的均值; N 为时间序列,第 1 年 N 为 1,第 2 年 N 为 2,第 3 年 N 为 3, \dots ; a, b 分别为降水量趋势回归方程的截距和坡度; Y_r 为径流量系列的距平,即 $(R_i - \bar{R})$; R_i 为系

列中第 i 年的径流量; \bar{R} 为径流量系列的均值; c 、 d 分别为径流趋势回归方程的截距和坡度。

直线的斜率 b 、 d 的符号为“+”,则表示系列的变化趋势是增大。若符号为“-”则表示系列变化趋势是减小。而 b 、 d 的数值大小表示系列变化的程度。经分析得到岷江上游紫坪铺站,(即都江堰来水控制站,集水面积为 22 664 km²)。降水径流趋势方程:

$$\begin{cases} \text{降水趋势} & Y_p = 20.66 - 1.53N \\ \text{径流趋势} & Y_R = 26.37 - 1.95N \end{cases} \quad (6)$$

从上述回归方程可知,都江堰的径流量从 20 世纪 50 年代到 80 年代是减少的,因为直线回归方程的斜率为“负”。但与径流相应的降水量趋势也是减少的。所以把都江堰径流减少,完全归结为森林破坏,其根据不足。从这个例子说明应用水文站网资料进行林区和非林区对比分析时,要谨慎处理影响径流的主导因素的变与不变问题。

通常,在说明森林功能时,人们喜欢应用某种形象的比喻,如:抽水机(说明森林的蒸腾作用)、绿色水库(削洪补枯作用)、引水器(能增加降水机会)、地球的肺(CO₂和O₂的吸收和排放)等等。这些形象的比喻,确实对造林护林方面起了显著的宣传效果。但都只能说明它的众多功能中的某一类的一个方面,不够全面,因此,过分注重这种“比喻”,则往往难免产生一叶障目,以偏概全的误解。例如认为森林是水库可以代替水利工程的观点,只看到森林在一般情况下可以削洪补枯,而没有看到在连续洪峰或在特定地区森林的分布位置不同可以使洪峰增大。松花江水系就有森林使枯水径流减少的例子。在特大暴雨(PMP)情况下利用凯江实验站资料通过模型分析^[18],林区的洪量和洪峰仅减少2.79%和0.54%,是微不足道的。长江上游历史上最大洪水发生在1870年,当时的森林覆盖率应该是很大的,却发生了滔天洪水。因此森林的拦洪作用不能估计过份。

森林使年径量增大和森林使年径流量减小,取决于干旱指数(E_0/P),在干旱指数大于1.2的过渡带及干旱半干旱地区,森林使年径流减小,干旱指数小于1.2的润湿及十分润湿带,森林使年径流增加。对于干旱指数的临界确切数字,因为掌握的资料有限,需进一步研究。

有些林区是小面积的观测数据,由于小面积不可能测得地下径流,因此用来作年径流或枯季径流分析依据也有问题,需要具体分析和深入讨论。

总之,森林生态系统所具有削洪补枯,增湿降温,增加降水,改善气候,涵养水源等等多种多样的综合调节功能是何其它工程所无法替代的,一旦失去人类赖以生存绿洲林带,恢复极不容易,呼吁人们要爱护森林,提倡大规模造林绿化,造福后代。

参考文献:

- [1] 穆天民, 窦伯璇, 王绍圣, 等. 关于“确切地估计森林的作用”讨论[J]. 地理知识, 1982(1): 16-19.
- [2] 金栋梁. 森林对水文水资源的影响[J]. 人民长江, 1989(1): 28-35.
- [3] 时忠杰, 王彦辉, 徐丽宏, 等. 六盘山华山松林降雨再分配及其空间变异特征[J]. 生态学报, 2009, 29(1): 76-85.
- [4] 段旭, 王彦辉, 于澎涛, 等. 六盘山分水岭沟典型森林植被对大气降雨的再分配规律及其影响因子[J]. 水土保持学报, 2010, 24(5): 120-125.
- [5] 刘士余, 孙阁, 郭细根. 气候与森林植被变化对水文影响的定量研究进展[J]. 人民长江, 2012, 43(2): 26-29.
- [6] 金栋梁. 水利、水土保持措施对设计洪水的影响[M]. 水利水电工程设计洪水计算手册. 北京: 水利电力出版社, 1995. 10.
- [7] 周晓峰. 正确评价森林水文效应[J]. 自然资源学报, 2001, 16(5): 11-18.
- [8] 史立人. 水土保持是江河治理的根本——关于98长江洪水灾害的思考[J]. 中国水土保持, 1998(11): 13-16.
- [9] 余延年, 祝耀楣. 森林的水文效应[J]. 安徽林业科技, 1983(1): 23-28.
- [10] 兰跃东, 康玲玲. 森林植被和小流域生态修复对水沙变化的影响研究[J]. 水土保持通报, 2010, 30(1): 35-38.
- [11] 张远东, 刘世荣, 顾峰雪. 西南亚高山森林植被对流域产水量的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(24): 7601-7606.
- [12] 黄志刚, 欧阳志云, 李锋瑞, 等. 基于集水区法的森林生态系统影响径流研究进展[J]. 世界林业研究, 2009, 22(3): 36-41.
- [13] 金林, 李养龙. 森林植被对河川径流及泥沙影响的分析[J]. 人民长江, 2008, 39(1): 41-45.
- [14] 杨矛. 都江堰水量减少说明了什么[J]. 中国环境报, 1985. 12. 17
- [15] 卜红梅, 党海山, 张全发. 汉江上游金水河流域森林植被对水环境的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(5): 1341-1348.
- [16] 金栋梁. 都江堰的水量为什么减少[C]//《中国地理学会第四次全国水文论文集. 测绘出版社, 1989: 10-14.
- [17] 郑绍伟, 慕长龙, 陈祖铭, 等. 长江上游森林影响流域水文过程模拟分析[J]. 生态学报, 2010, 30(11): 3046-3056.
- [18] 姚华夏, 袁作新. 森林水文效应的流域数学模拟[J]. 武汉水利电力学报, 1988(1): 27-34.