

文章编号: 1001-1498(2001)06-0595-08

千岛湖常绿阔叶林水文生态效益的研究*

秦 国 峰

(中国林业科学研究院 亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400)

摘要: 1986~ 1993年连续8 a, 设置三角量水堰, 对千岛湖常绿阔叶林的水文动态进行了定位观测。结果表明: 在年降水量1 409.9 mm与年蒸发量907.8 mm的气候条件下, 以苦槠、石栎为建群树种组成的10.8 hm²常绿阔叶林, 小流域年均水流量平均每公顷达4 079 m³, 折合降水量为407.9 mm, 占全年降水量的28.9%。常绿阔叶林小流域, 在多雨季节日水流量为108~ 158 m³, 少雨季节为68~ 86 m³, 干旱季节少于40 m³, 最少的一天水流量为7.9 m³。常绿阔叶林细水长流, 终年不断, 水源涵养功能显著, 具有长期而稳定的水文生态效益。

关键词: 千岛湖; 常绿阔叶林; 定位观测; 水源涵养; 水文生态效益

中图分类号: S715

文献标识码: A

浙江省淳安县境内的千岛湖是兴建新安江水电站而形成的大型人工湖。湖区山地森林覆盖率高达66.3%, 林木郁郁葱葱, 呈现出具有亚热带特色的自然景观。我国亚热带地区幅员辽阔, 带内地区性气候差异大, 大体可分为东西两部, 即中国东部亚热带和西部亚热带。按纬度, 东部又可分为北亚热带、中亚热带和南亚热带^[1]。本项研究设置在千岛湖中的姥山岛, 按森林自然分布区域划分, 属于东部中亚热带常绿阔叶林带。亚热带常绿阔叶林是浙江地带性植被的基本类型之一^[2]。开展千岛湖常绿阔叶林长期的水文定位观测研究, 其目的一是对当地的天然常绿阔叶次生林的水源涵养功能进行一些探索, 二是为千岛湖国家森林公园的库区水源涵养林建设提供一些参考数据。自1986年3月到1993年12月, 定位观测历时8 a, 积累了大量的水文资料, 由于第1年与最后1年部分资料不完整, 故本文以1987~ 1992年6 a的观测数据对常绿阔叶林的水文生态效益予以总结分析, 以供有关方面参考。

1 观测林区自然概况

1.1 地理位置与气候条件

千岛湖姥山岛, 地处29°37' N, 119°03' E。观测林地设在岛的北端, 地貌特征为低山丘陵, 小地形是两坡夹一沟的山坞, 当地叫出水坞, 是湖区的一处库湾山地。海拔高120~ 300 m。观测林地坡向与水流方向为北偏东20~ 60°。气候温暖, 由于千岛湖大面积水体影响, 夏无酷暑, 冬无严寒。年均气温17℃, 7月均温28.9℃, 极端最高温41.8℃, 1月均温5.0℃, 极端最低温-7.6℃; 日平均气温0℃的活动积温6 231℃, 10℃的有效积温5 410℃; 年降水量1 410 mm, 年蒸发量908 mm, 年日照1 951 h。

1.2 岩石与土壤类型

收稿日期: 2001-03-23

基金项目: “七五”国家科技攻关项目“马尾松种子园营建技术的研究”部分内容

作者简介: 秦国峰(1934-), 男, 浙江建德人, 研究员

* 参加本项水文观测工作的还有金国庆、储德裕、汪长平、冯慧群、兰昌林、何宝来、胡东朝等, 在此一并致谢

姥山岛北端的岩石为志留纪紫色砂砾岩。土壤按土类分属于红壤¹⁾。紫色砂砾岩风化发育的土壤,土层厚度为 50~ 80 cm。20 cm 表土层,有机质含量为 4%~ 5%。pH 值 4.8~ 5.5。未曾破坏的林下表土层黑褐色,土质疏松,腐殖质较厚。

1.3 植被类型与建群树种

姥山岛出水坞的常绿阔叶次生林的林相,远观似暗绿色的蘑菇群,浑圆形的树冠像波浪漫布山冈。森林结构比较简单,高度一般在 11~ 15 m,分层现象较为明显,一般可分为乔木层、灌木层和草本层以及藤本植物。植被类型按建群树种,分为青冈 [*Cyclobalanopsis glauca* (Thunb. Oerst.)], 苦槠 [*Castanopsis sclerophylla* (Lindl. Schott.)], 甜槠 [*Castanopsis eyrei* (Champ.) Tutch.], 石砾 [*Lithocarpus glaber* (Thunb.) Nakai] 4 个林组^[3]。苦槠与石砾林都是本地区的地带性植被之一,选作本项水文观测的常绿阔叶林,就是以这两个树种为主共建的种群系。乔木层树木种类较多。林层的伴生树种常绿的有木荷 (*Schinus crenata* Korthals)、樟树 [*Cinnamomum camphora* (Linn.) Presl], 冬青 (*Ilex purpurea* Hassk.), 落叶树种有枫香 (*Liquidambar formosana* Hance)、白栎 (*Quercus albus* L.)、山合欢 [*Albizia kalkora* (Roxb.) Prain] 等。此外还有马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.)、杉木 [*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.] 侵入林层。灌木、藤本、草本植物,常见的有格药铃 (*Eurya muricata* Dunn)、杜鹃 (*Rhododendron simsii* Planch.)、木 [*Loropetalum chinense* (R. Br.) Olin], 山矾 (*Symplocos caudata* Wall. ex A. DC.)、白檀 [*Chamaecereus sylvestri* (Speg.) Britt. & Rose], 构树 [*Broussonetia papyrifera* (L.) Vent.], 掌叶复盆子 (*Rubus chingii* Hu)、美丽胡枝子 [*Lespedeza thunbergii* (DC.) Nakai], 山莓 (*Rubus corchorifolius* L. f.)、雀梅藤 [*Sageretia thea* (Osbek) Johnston], 紫藤 [*Wisteria sinensis* (Simg) Sweet], 多花猕猴桃 [*Actinidia latifolia* (Gardner et Champ.) Merr.], 五节芒 [*Miscanthus floridulus* (Labillard.) Warb.] 以及铁芒萁 [*Dicranopteris linearis* (Burm.) Underw.] 等蕨类植物。

2 水文观测方法

2.1 设置三角量水堰观测水流量

三角量水堰为一等腰三角形缺口,缺口边为锐缘,倾斜面向下游,用砖块水泥砌成。堰口两侧的堰肩宽度及堰槛高度,都应等于过堰最大水深,堰口深应大于最大水深 5 cm。一般常用的为直角三角形量水堰^[4],堰体观测面与结构形式见图 1。

从三角量水堰观测面标尺上观测得到过水深度的数据,通过查对流量表获得单位时间内的水流量。三角量水堰流量表,是在水流形态为自由流时,根据下列公式制定:

$$Q = \frac{8}{15} \mu \sqrt{2g} \times \text{tg} \frac{\Phi}{2} H^{2.5}$$

式中: Q —— 过堰流量 ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$); μ —— 流量系数,约为 0.6; g —— 重力加速度 ($9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$); Φ —— 堰口顶角 ($^\circ$); H —— 过堰水深 (cm)。

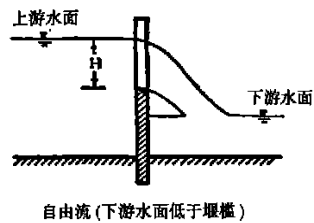
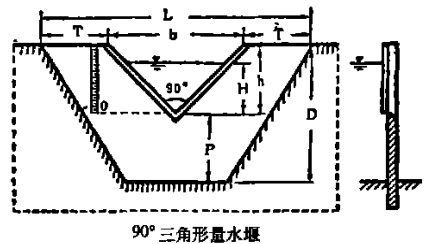


图 1 三角量水堰结构形式

1) 淳安县土壤普查办公室 淳安土壤, 1987.

本三角量水堰顶角为 90° ; 测得过堰水深为 8.8 cm , 查表得知过堰流量为每小时 11.7 m^3 。

2.2 设置小型气象观测站

在常绿阔叶林水文观测区, 设置小型气象观测站, 进行气温、土温、降水、蒸发、风向等常规的气象观测。在三角量水堰观测水流量期间, 主要观测统计每天的降雨量与蒸发量。

2.3 观测林区小流域面积统计

根据 $1:5000$ 地形图计算面积。常绿阔叶次生林区设置 I 号三角量水堰, 小流域面积为 10.8 hm^2 。为了相互比较, 在马尾松种源试验区设置 II 号三角量水堰, 小流域面积 7.2 hm^2 , 上部是阔叶次生林 (2.3 hm^2), 中部是马尾松种源林 (4 hm^2), 右下侧为枇杷园 (0.9 hm^2)。在马尾松收集区(育种园)设置 III 号三角量水堰, 小流域面积 8 hm^2 , 上部是阔叶次生林 (3 hm^2), 下部为马尾松育种园 (5 hm^2)。小流域地形及林种分布见出水坞小流域示意图(图 2)。

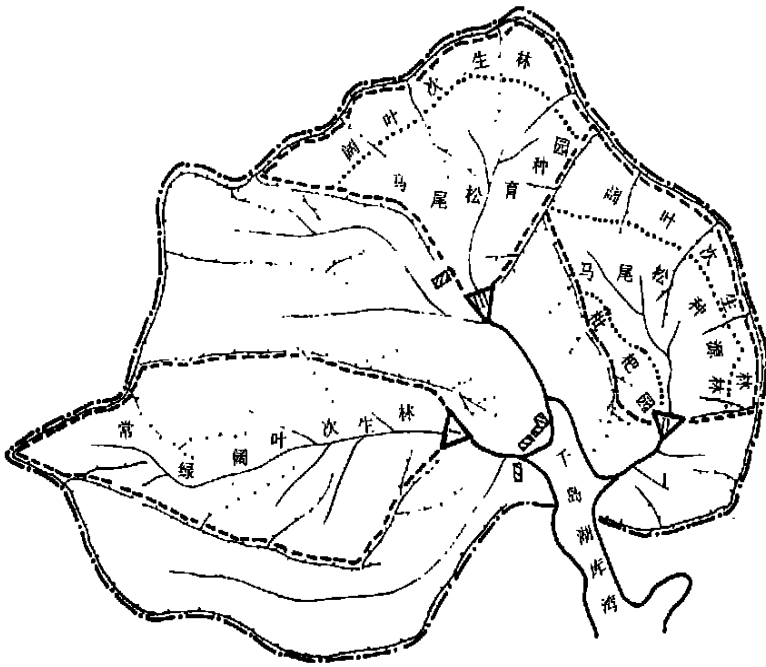


图2 出水坞林地小流域示意 (I、II、III、为3处小流域量水三角堰)

3 结果与分析

3.1 常绿阔叶林的水文动态

3.1.1 林地水分总量概算 林地水流域的水流量, 在无雨期间主要是地下径流, 在降水期间包含地下径流和地表径流两部分。现将每年各月的降水量、蒸发量与水流量列于表 1。表中数据展示了常绿阔叶林小流域水流量的差异与稳定性。按 6 a 观测平均值计, 年均降水量 1409.9 mm , 年均蒸发量 907.8 mm , 是全年降水量的 64.4% 。这里的蒸发量是在林缘附近观测站得的, 与林内的蒸发量不一样。实际上森林水分包含林地蒸发量与林冠蒸腾量两部分, 合称为蒸散量^[5], 一般占年降水量的 $60\% \sim 80\%$ 。常绿阔叶林小流域面积为 10.8 hm^2 , I 号三角量水堰的年均水流量为 44058 m^3 , 折算成降水量为 407.9 mm , 是全年降水量的 28.9% 。马尾松林与其它树种构成的森林相似, 林冠与树干对降水的截留约占全年降水量的 20% ^[6]。

表 1 常绿阔叶林小流域的降水、蒸发与水量

观测年份	项目	月份												合计
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1987	降水量/mm	85.6	80.2	312.9	205.4	137.0	283.4	178.5	126.9	159.6	84.5	38.6	14.6	1 707.2
	蒸发量/mm	29.8	74.3	46.3	92.4	87.8	90.0	102.6	129.5	89.4	53.9	40.8	66.8	903.6
1988	水量/m ³	1 801	1 634	6 995	4 872	2 750	10 682	3 195	1 834	4 455	1 813	2 095	1 818	43 944
	降水量/mm	43.8	158.3	165.2	76.9	206.0	342.0	5.8	145.8	132.0	2.8	3.6	3.2	1 285.4
1989	蒸发量/mm	15.9	10.3	39.7	88.7	73.5	92.4	194.5	179.3	93.7	97.4	70.8	43.7	999.9
	水量/m ³	1 983	4 377	5 285	2 443	3 509	11 472	1 905	2 084	2 519	1 749	1 483	1 410	40 219
1990	降水量/mm	127.7	109.9	136.9	182.9	109.4	172.0	206.0	81.3	200.6	61.1	33.6	40.3	1 461.7
	蒸发量/mm	26.7	31.0	64.2	77.5	84.6	123.7	130.3	120.3	83.1	82.8	53.7	33.8	911.6
1991	水量/m ³	2 203	2 874	5 235	4 936	5 958	5 990	6 542	2 591	4 349	2 201	2 039	2 370	47 288
	降水量/mm	79.5	145.4	81.2	219.0	195.5	233.4	71.0	56.2	99.8	84.0	96.3	32.6	1 293.9
1992	蒸发量/mm	22.1	21.7	49.7	63.6	84.1	121.6	183.3	144.5	69.1	52.9	37.8	29.2	879.6
	水量/m ³	2 099	2 374	2 377	5 921	9 692	9 527	2 269	2 197	2 485	2 897	3 900	3 348	49 086
平均	降水量/mm	58.9	53.5	246.0	357.6	129.1	132.6	16.5	69.4	96.2	9.5	48.4	26.8	1 254.5
	蒸发量/mm	16.5	31.2	30.0	60.2	46.7	88.8	136.8	173.2	109.2	88.9	53.7	26.3	861.5
1992	水量/m ³	3 626	2 726	4 729	9 322	7 546	4 861	2 398	2 279	2 052	2 042	1 999	2 120	45 700
	降水量/mm	39.6	29.0	291.6	123.2	155.5	266.6	189.5	108.6	124.6	18.6	41.2	68.8	1 456.8
平均	蒸发量/mm	37.5	39.8	24.6	84.5	80.8	109.2	140.7	119.7	84.1	72.8	57.5	39.2	890.4
	水量/m ³	1 572	1 098	4 246	1 941	2 041	5 377	7 483	2 120	5 995	2 200	2 012	2 087	38 172
1992	降水量/mm	72.5	96.1	205.6	194.2	155.4	238.3	111.2	58.0	135.5	43.4	43.6	31.1	1 409.9
	蒸发量/mm	24.8	34.7	42.4	77.8	76.3	104.3	148.0	144.4	88.1	74.8	52.4	39.8	907.8
平均	水量/m ³	2 214	2 514	4 811	4 906	5 249	7 985	3 965	2 184	3 643	2 150	2 255	2 192	44 058

3.1.2 各月间水流量的差异 小流域一年中各月份的平均水流量差异很大。例如 6 月份降水量最多,水流量高达 7 985 m³, 10 月份降水量最少,水流量只有 2 150 m³, 两者相差 2.7 倍之多。雨季与旱季间水流量的差异也较悬殊,因水流量的多少与降水量直接相关。在 3~7 月多雨季节,每月水流量 3 659~7 985 m³, 平均为 5 259 m³; 在 8 月到次年 2 月的少雨季节,每月水流量 2 150~3 643 m³, 平均为 2 450 m³。

3.1.3 常年水流量特征 常绿阔叶林小流域的水流量,从未出现过断流。除了降大雨、暴雨时形成地表径流之外,常年包括旱季在内均以地下径流形式,稳定地从林地山涧流出。在 6 a 中出现过 3 次水流量最小的记录。第 1 次在 1990 年 7 月 9 日至 13 日(5 d),过堰水深为 2.1~3.4 cm,日水流量 7.9~26.1 m³;第 2 次在 1991 年 6 月 3 日至 5 日(3 d),过堰水深 3 cm,日水流量 19.1 m³;第 3 次在 1992 年 5 月 22 日至 27 日(6 d),过堰水深 2.8~3.8 cm,日水流量 16.1~34.5 m³。下暴雨时水流量最大,例如 1988 年 6 月 22 日降水量 66 mm,过堰水深 30.6 cm,每小时水流量高达 264 m³。全年多数时间过堰水深 5 cm 左右,每日水流量约 68 m³。雨季过堰水深 6~7 cm,日水流量 108~158 m³;旱季过水深 4 cm 左右,日水流量约 40 m³。小流域的流水长年不断,说明常绿阔叶林具有持久的水源涵养功能。降水量、蒸发量和水流量有代表性的 1989 年全年的水文动态见图 3。

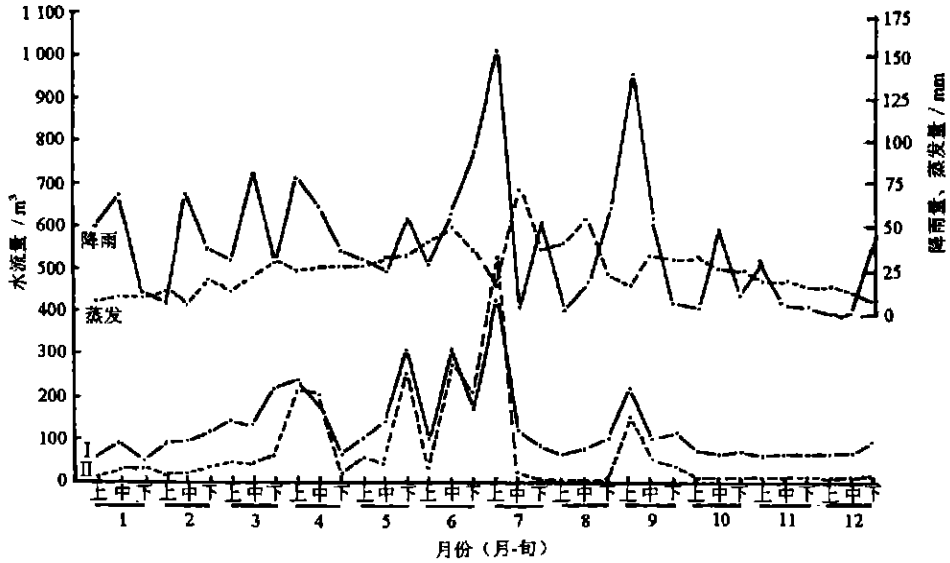


图 3 1989 年常绿阔叶林(I)与马尾松林(II)水流量及降雨量、蒸发量曲线

3.2 常绿阔叶林与马尾松林水源涵养比较

在常绿阔叶林附近的另一处水流域设置 II 号三角量水堰,用以观测马尾松林的水文动态。马尾松观测林于 1984 年造林,1987~1992 年观测的 6 a 间为 4~9 年生,前 3 a 林分尚未完全郁闭,后 3 a 林地基本郁闭。观测结果列于表 2。

表 2 马尾松林小流域的水流量

m³

月份	观 测 年 份						年均
	1987	1988	1989	1990	1991	1992	
1	135	149	392	414	893	21	334
2	548	887	626	1 914	243	72	715
3	4 427	4 390	1 615	1 293	2 966	9 029	3 953
4	3 420	992	4 287	7 924	5 518	1 722	3 977
5	1 854	2 752	3 846	6 872	4 096	1 887	3 551
6	8 121	11 023	5 022	7 907	2 971	6 067	6 852
7	1 484	176	5 669	875	199	8 090	2 749
8	582	164	127	17	3	4	150
9	2 213	453	2 396	0	1	2 621	1 281
10	238	163	189	0	0	2	99
11	211	32	97	401	0	0	124
12	186	11	121	0	0	0	53
全年	23 419	21 192	24 387	27 617	16 890	29 515	23 838

表 2 结果显示: 马尾松林小流域 6 a 的年均水流量为 23 838 m³, 平均每公顷 3 322 m³, 只有常绿阔叶林(平均每公顷为 4 079 m³)的 81.2%; 而且水流量集中在 3~7 月的多雨季节, 这 5 个月水流量达 21 083 m³, 占全年水流量的 88.4%。常绿阔叶林小流域与马尾松林小流域 6 a 各月份的平均水流量比较见图 4。

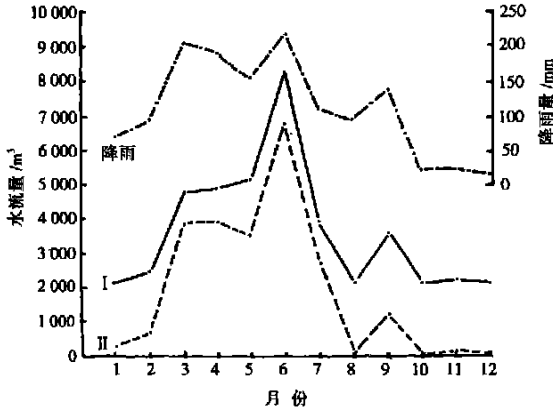


图4 常绿阔叶林(I)与马尾松林(II)水流量比较

图4显示:常绿阔叶林与马尾松林两种林分小流域,由于降水量的影响,各月的水流量变化趋势完全一致,但马尾松林的水流量全年各月均较大幅度低于常绿阔叶林,尤其是冬季水量很小,有的年份还出现枯水断流。马尾松林水流量低的主要原因是:(1)幼林郁闭前,林地裸露,植被稀少,无雨期间地表蒸发量大,降雨时地面没有植被阻挡与吸滞,大量雨水以地表径流形式流失。(2)林分郁闭之后,由于树冠扩大增强了对雨水的截留作用,但到

达林地的雨水仍然成为地表径流。(3)马尾松林的枯枝落叶不易腐烂,吸收储蓄水分的作用较差。(4)由于马尾松林以上特点,加之抚育管理的人为干扰,林分的水源涵养功能比较低。相比之下,常绿阔叶林比针叶林的水源涵养功能大得多。

3.3 常绿阔叶林对地表径流消落的影响

3.3.1 林分小流域的植被状况 林地植被直接影响地表径流的速度及消落时间。(1)I号小流域:面积 10.8 hm^2 ,全部是常绿阔叶次生林,林下灌木与草本较多,枯枝落叶层较厚。无论是雨季还旱季,小流域的水流量常年不断。(2)II号小流域:面积 7.2 hm^2 。上部 2.3 hm^2 为阔叶次生林,占31.9%;中部 4 hm^2 ,占55.6%,为5年生马尾松种源林,株行距 $2\text{ m} \times 2\text{ m}$,每公顷2500株,尚未完全郁闭;右下侧 0.9 hm^2 ,占12.5%,为枇杷园。小流域的水流量不大,旱季常断流。(3)III号小流域:面积 8 hm^2 。上部 3 hm^2 为阔叶次生林,占37.5%;下部 5 hm^2 ,占62.5%,为马尾松育种园,株行距 $3\text{ m} \times 5\text{ m}$,植株为嫁接后2~3a的小树,园地每公顷只有600株,树冠覆盖面积很小。小流域除了下大雨形成径流之外,一般不见山沟里有水流。3处林分小流域概况详见图2。

3.3.2 暴雨后水流量消落过程 现将3个不同植被的小流域,在暴雨当天及以后3d三角量水堰过水量的消落情况进行比较。1988年6月中旬常下大雨,22日下了一场暴雨,雨量达66mm,当天10:00三角量水堰达到最大过水高度。此时开始观测流水量,当天10:00~20:00每小时观测一次,23~25日8:00、14:00、20:00每天观测3次。I号三角量水堰当天过水高度自10:00的27.6cm一直上升到16:00的31.8cm,18:00下降为30.4cm。第2、3、4天的8:00分别为17.2、11.8、9.0cm,降至雨季水流量的正常高度。II号三角量水堰过水高度自29.5cm上升,至14:00达到30.6cm为最高,16:00由29cm开始下降。以后3d,8:00分别为12.6、5cm,降到雨季水流量的正常高度。III号三角量水堰当天10:00过水高度36cm,为最大过水量,此后随即下降,当天20:00即降至25cm。此后3d,8:00分别为7.0、6.2、0cm,3d后山沟里就没有流水了。各林分小流域暴雨后水流消落过程见图5。

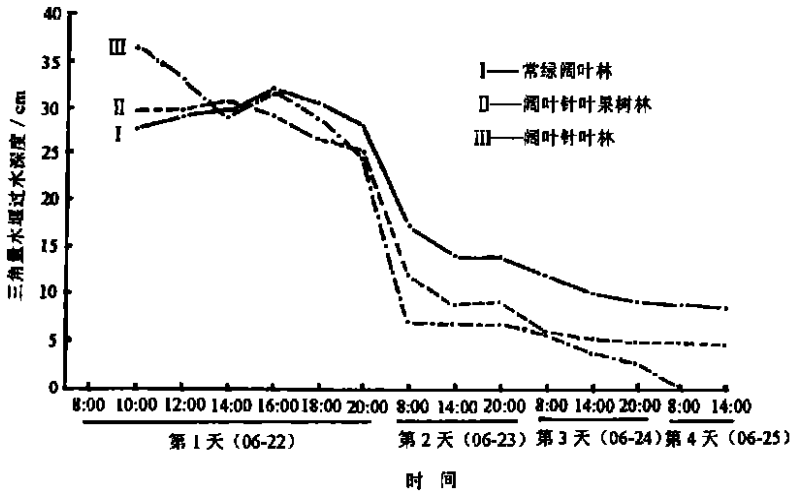


图 5 3 个不同植被小流域暴雨后水流量的消落过程

图 5 显示: I 号常绿阔叶林暴雨后出现的最大过水量时间较滞后, 消落过程也比较缓慢, 从最大到正常过水量的落差最小(22.8 cm); II 号阔叶针叶果树林的过水量最大时段先稍有升高, 很快就呈下降趋势, 但比 I 号下降要快, 从最大到正常过水量的落差也较大(25.6 cm); III 号阔叶针叶林出现最大过水量后, 维持时间很短, 随即就以较快的速度下降, 3 d 时间就从最大到断流, 落差为最大(36.0 cm)。说明地面植被覆盖率大小, 是林地减少径流、储蓄水分的主要因素。常绿阔叶林的林冠稠密、林下灌草多、枯枝落叶层厚, 多层次的植被保护着林地, 吸滞水分减少地表径流, 逐渐地将地表水转变为地下水。这是常绿阔叶林具有较大的水源涵养功能的关键所在。

4 结论与讨论

(1) 常绿阔叶林具有稳定的水源涵养功能。东部亚热带由苦槠、石栎等建群树种组成的常绿阔叶次生林, 水源涵养功能十分显著。按 6 a 观测数据分析, 10.8 hm^2 的林地小流域, 年平均水流量 $44\ 058 \text{ m}^3$, 平均每公顷达 $4\ 079 \text{ m}^3$ (折合降水量 408 mm), 相当于全年降水量 $1\ 409.9 \text{ mm}$ 的 28.9%。林地小流域的流水常年不断, 平均每日的水流量在多雨季节为 $108 \sim 158 \text{ m}^3$, 少雨季节为 $68 \sim 86 \text{ m}^3$, 旱季少于 40 m^3 。6 a 中有 3 a 在高温干旱季节, 出现过 3 次 14 d 的最小水流量, 一般每天 $16.1 \sim 34.5 \text{ m}^3$, 最少的一天为 7.9 m^3 。常绿阔叶林小流域, 除大暴雨与高温干旱等少数时间, 常年的水流量都比较稳定, 显示出常绿阔叶林水源涵养功能的长效性与稳定性。

(2) 常绿阔叶林水文生态效益的特点。以马尾松为主的林地小流域年平均每公顷水流量为 $3\ 311 \text{ m}^3$, 只有常绿阔叶林每公顷水流量 $4\ 079 \text{ m}^3$ 的 81.2%。常绿阔叶林水流量高的原因, 在于其具有较大的截流、渗透、蓄水功能的特点。根据千岛湖库区森林植被的有关研究^[7], 林地持水性能即林地中各水文层次吸持水分能力的总和, 其中包括地上部分(乔、灌、草)、地面部分(枯枝落叶)与地下部分(土壤持水量), 这 3 部分持水性能, 阔叶林均大于马尾松林。阔叶林持水性能强, 主要体现在林冠稠密, 对降雨的截留量较大; 乔、灌、草多层次阻滞雨水; 地被物层厚, 吸滞水量大; 土壤疏松孔性状况好, 容纳水分多。这是阔叶林水源涵养功能优于针叶林的基本原因。

(3)常绿阔叶林蓄水消洪作用强。暴雨过后不同植被覆盖率的林地,产生不同水流量的地表径流或形成洪水。但不论何种森林类型的枯落物,都能加大地表粗糙度,防止或减缓雨水冲刷土壤、保护地表,对降水起着吸滞、阻留和减低流速的作用。枯落层的这些功能充分反映了森林的水文效益。常绿阔叶林的枯落物对一次降雨的有效拦蓄量平均为 $23.6 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 马尾松林为 $20.8 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 前者比后者高 13.5% [8]。本文 3 处林地小流域,正因为植被覆盖率及枯落物多少的差异,暴雨后显示出不同的消洪作用。I 号小流域是常绿阔叶林,林冠完全郁闭,覆盖率达 100%,林下灌草与枯落物较多。暴雨期间的最大过堰水深为 31.8 cm,消落过程缓慢,第 4 天才降到雨季正常过堰水深的 9 cm,过水落差最小为 22.8 cm。II 号小流域是以马尾松为主的林地,未完全郁闭,覆盖率为 80%,林地枯落物较少。暴雨期间的最大过堰水深为 30.6 cm,第 4 天正常过堰水深为 5 cm,过水落差 25.6 cm。III 号小流域为育种园马尾松林,树冠小,林地裸露,覆盖率只有 50%,林地枯落物很少。暴雨期间最大过堰水深 36 cm,消落过程很快,第 4 天即降为零。

(4)加强封山育林维护阔叶林的生态效益。无论是常绿的还是落叶的阔叶林,生态效益都是肯定的。千岛湖库区山地良好的森林植被,主要是通过封山育林而形成。本文经多年定位观测说明,常绿阔叶林的水文生态效益是十分显著的。建议继续加强封山育林,发挥阔叶林更大的生态效益。

参考文献:

- [1] 吴中伦 中国森林 第 2 卷[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999.
- [2] 陈桥驿, 臧威霆, 毛必林 浙江省地理[M]. 杭州: 浙江教育出版社, 1985.
- [3] 陈煜初, 童修耀, 王忠仁, 等. 千岛湖地区阔叶次生林群落学特征初步研究[J]. 浙江林学院学报, 1989, 6(2): 158~ 164.
- [4] 宁夏水利科学研究所 灌区量水手册[M]. 银川: 宁夏人民出版社, 1974.
- [5] 周晓峰, 等 森林生态功能与经营途径[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999.
- [6] 周重光, 俞似军, 章晓光, 等. 千岛湖区马尾松林气候生态效应定位研究[J]. 浙江林业科技, 1990, 10(6): 15~ 26.
- [7] 叶仲节, 何黎明, 蒋秋怡. 千岛湖地区封山育林水源涵养效益[J]. 浙江林学院学报, 1989, 6(2): 131~ 141.
- [8] 沈辛作. 浙江山区森林水文效益浅析[J]. 亚热带林业科技, 1988, 16(1): 39~ 42.

Study on Hydro-ecological Benefits of Evergreen Broad-leaved Forest at the Qiandao Lake Region

QIN Guo-feng

(Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China)

Abstract: Scaled dam's location observation of hydrological dynamics of evergreen broad-leaved forest at the Qiandao Lake region was conducted for 8 consecutive years from 1986 to 1993. A 10.8 hm^2 forest consisting of *Castanopsis sclerophylla* and *Lithocarpus glaber* was selected for trial. From 1987 to 1992, the annual precipitation and evaporation averaged 1 410 mm and 908 mm, while the water flow of this forest averaged $4 079 \text{ m}^3$, which was equal to 407.9 mm or 28.9% of the average annual precipitation, the water flow averaged $108 \sim 158 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ in rainy season, $68 \sim 86 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ in normal season, and less than $40 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ in dry season with the least of $7.9 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$. The evergreen broad-leaved forest has strong water maintenance capacity and forms a sustainable and favorable hydrological ecology.

Key words: the Qiandao Lake region; evergreen broad-leaved forest; location observation; water maintenance; hydro-ecological benefits