

漓江上游植被类型的水文特征与功能评价

吕仕洪, 向悟生, 李先琨, 区智

(广西壮族自治区中国科学院广西植物研究所, 广西 桂林 541006)

摘要: 漓江上游植被包括针叶林、阔叶林、竹林、灌丛和草丛等 5 种类型。不同植被类型之间的水文特征与功能有较大差异, 主要表现在对降水再分配、水量平衡和水文综合调节功能等的差别上。森林对河川径流的调节作用随森林水文功能的变化而变化。在评价各种植被类型水文功能的基础上, 指出常绿阔叶林是亚热带水文功能最佳的植被类型。针对漓江面临的生态问题和漓江上游森林植被功能现状, 提出相应的生态恢复对策。

关键词: 漓江上游; 植被类型; 水文特征; 生态功能评价; 对策

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2002)05-0024-05

中图分类号: S715

Hydrological Characteristics and Ecological Function Estimation of Upper Reaches of Lijiang River

LU Shi-hong, XIANG Wu-sheng, LI Xian-kun, OU Zhi

(Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuang Autonomous Region and
the Chinese Academy of Science, Guilin 541006, China)

Abstract The vegetation in upper reaches of Lijiang river could be divided into five elementary types, such as coniferous forest, broadleaf forest, mao bamboo forest, shrub wood and herb. The hydrological characteristics and functions of different vegetation types are variable, and it differs mainly in reallocation of precipitation, equilibrium of water and hydrological comprehensive adjusting ability. The forest adjusting function on rivers runoff alters as the forest hydrological function changing. On the basis of estimating the hydrological function of different vegetation types, it could be concluded that broadleaf forest is the best vegetation type of sub-tropical hydrological function. The ecological rehabilitation strategies are suggested according to the problem of Lijiang river faced and forest vegetation function condition of Lijiang river upper reaches.

Keywords upper reaches of Lijiang river; vegetation types; hydrological characteristics; ecological functions estimation; strategies

漓江发源于广西兴安县的猫儿山, 全长 214 km, 流经桂林市的兴安、灵川、阳朔、平乐等县及桂林市区, 是桂林山水的纽带和桂林市旅游业的黄金水道乃至生命线^[1-2]。漓江上游(桂林水文站以上)的流域面积 2 762 km², 其中碎屑岩中低山和丘陵区的面积可达 1 839.2 km², 占 67%。漓江上游虽然仅占漓江流域总面积的 48.5%, 径流量却占总径流量的 67%, 是漓江河水的主要来源。

水是漓江的灵魂, 没有水就没有秀丽的漓江风景。但是, 由于漓江属于雨源性河流, 其径流主要由降水形成, 直接受气候尤其是降水量的影响, 因而年际和季节变化十分明显。据报道, 近 20 a 来, 由于漓

江上游水源地遭受严重破坏以及工农业的快速发展, 漓江面临枯水期加长, 年最小流量下降和含沙量增大等生态问题, 河水流量和质量不断下降, 对桂林旅游业和工农业产生非常不利的影响, 引起了各级政府的高度重视, 不少专家和学者亦从不同角度探讨漓江治理的问题^[1-3]。从 1986 年开始至今, 漓江补水和航道整治等工程治理已取得初步成效, 与此同时, 如何加快漓江流域生态恢复尤其是漓江上游森林植被的恢复, 亦成为人们关注的焦点和漓江综合治理的重点研究方向。

森林具有调节气候、保持水土、涵养水源和美化环境等多种生态功能和效益, 其功能和效益的大小取

收稿日期: 2002-07-10

资助项目: 中国科学院生命科学与生物技术特别支持费项目(STZ-00-10)

作者简介: 吕仕洪(1968-), 男(汉族), 广西玉林人, 助理研究员, 从事植物引种驯化和生态学领域的研究工作。电话(0773)3550076。

E-mail: ecology@gl.gx.cninfo.net

决于森林的数量、结构和特征,其中首先取决于森林覆盖率^[2]。随着人们对森林水文研究的深入,森林植被涵养水源和调节河川径流的机理及作用逐渐为人们所认识。因此,研究漓江上游主要植被类型的水文特征,探讨森林植被变化对其水文功能影响的基本规律,科学评价漓江上游现存森林植被的水文功能,同时针对漓江面临的生态问题,提出恢复及提高森林水文功能的生态恢复对策,对保护漓江这一珍贵旅游资源和桂林市国民经济的可持续发展,有着极为重要的意义。

1 漓江上游的主要植被类型

漓江上游地处广西东北部,气候温暖湿润,加之地形起伏较大,植物种类十分丰富,植被类型复杂,除常绿阔叶林为代表的阔叶林外,还分布着面积较大的针叶林、竹林、灌丛和草丛等^[4-6]。

1.1 针叶林

针叶林包括天然林和人工林,面积 $1.24 \times 10^5 \text{ hm}^2$,约占土地总面积的 27% (兴安、灵川 2 县 1999 年森调资料,下同),主要分布在海拔 700 m 以下的低山、丘陵台地的山坡和山脊上,在猫儿山、海洋山 1400~2000 m 的山地也有分布。天然林位于海拔 1400 m 以上的中山地带,主要由南方铁杉、长苞铁杉和广东松等树种组成,混生少量的阔叶树种如广西木莲、深山含笑等。人工林以马尾松、杉木为优势树种,多以纯林的形式分布在低山、丘陵和台地上。主要灌木种类有映山红、柃木和柃木,草本有铁芒萁、狗脊和白茅等。

1.2 阔叶林

阔叶林的面积 $1.02 \times 10^5 \text{ hm}^2$,占土地总面积的 22.5%,主要分布在海拔 1700 m 以下的山地上,猫儿山和海洋山的中山地带具有较为完整的天然林,而在低山和丘陵则以次生林为主。阔叶林包括常绿阔叶林和常绿落叶阔叶混交林,常绿阔叶林是漓江上游的地带性植被,为物种最丰富和结构最复杂的森林类型,分布在海拔 400~1300 m,以壳斗科的栲属、石栎属和栗属、樟科的楠木属、润楠属和樟属以及山茶科的木荷属、杜英科的杜英属等高大乔木为优势种;常绿落叶阔叶混交林则分布在海拔 1300~1700 m,上层以水青冈、檫树、枫香和鹅掌楸等落叶树种占优势,常绿树种有深山含笑、广西木莲和锥栗栲等。在天然阔叶林中,灌木层种类较多,但覆盖度不大,除乔木幼树幼苗外,常见的还有山矾、尾叶山茶、中华里白和淡竹叶等。

1.3 竹林

漓江上游是广西重要的竹子产区之一,竹林面积较大,约为 $3.47 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占土地总面积的 7.7%,主要分布在海拔 700 m 以下,最高可达 1000 m。毛竹是竹林中最重要的种类,以人工林为主,常为单层水平郁闭,林相整齐,结构单一,高度一般为 10~20 m。下层灌木和草本种类较少,盖度不大,主要有枫香、拟赤杨、樟树等乔木幼树和少量灌木等。

1.4 灌丛

灌丛包括次生灌丛和原生灌丛,面积 $4.30 \times 10^4 \text{ hm}^2$,占土地总面积 9.5%。次生灌丛是森林植被不断遭受破坏后形成的次生植被,多见于低山和丘陵,以桃金娘、映山红、盐肤木等为主;原生灌丛是由于环境条件恶劣而形成的天然植被,仅分布在海拔较高的山顶和山脊上,种类有广西越桔、吊钟花等。

1.5 草丛

草丛面积 $4.53 \times 10^4 \text{ hm}^2$,约占土地总面积的 10%,在山地较为集中而丘陵较为零星,以多年生的亚热带中生性高草和中草占绝对优势,如五节芒、野枯草、铁芒萁、金茅等。此外,还混生一些灌木和乔木幼树,如映山红、桃金娘、牡荆等。

2 亚热带主要植被类型的水文特征与功能特点

植物与水的关系是相互作用的关系。自然界的水分以降水或其它形式输入到森林或其它生态系统后,在植被层、枯落层和土壤层的作用下,经过了截留、分配、蒸散和径流等输入输出过程。在这一过程中,不同植被类型因树种组成以及群落结构等方面的差异,对降水再分配与调节作用等差别较大,表现出不同的水文特征和水文生态功能。

2.1 不同植被类型的降水截留与再分配

亚热带森林是由林冠层、灌草层、枯落物层和土壤层等层次组成的自然生态系统。降落到森林中的雨水,一部分被林冠层截留和吸收,大部分在经过林下灌草层、枯落物层和土壤层时分别被各层截留,剩余部分水量则形成地表径流和壤中流,从而完成降水的再分配。

2.1.1 林分截留 林分截留指林冠层、林下灌草层和枯落物层等层次截留降水的合称^[7]。林冠截留是林分截留的第一步,降落到林冠层枝叶上的部分雨水,被分为林冠截留雨量、林冠滴下雨量和树干茎流雨量 3 个部分。林冠截留雨量为截留在枝叶表面的雨量,其主要取决于林分郁闭度,但在郁闭度 (0.7~0.9) 相近的情况下,同一地区不同林型的差异不显著^[8]。亚

热带森林的林冠截留量达 134.2~442.3 mm/a, 约占林外降水量的 11.4%~34.34%。树干茎流在降水截留与分配中比较特殊,一方面它来源于林冠截留,另一方面在到达地面后,或者被枯落物层和土壤层截留,或者形成地表径流等。树干茎流^[8,9]主要与树皮吸水性能、分枝角度、树干胸径以及立木密度等有关。在郁闭度相近时,不同林型的树干茎流量差异极为显著^[8]。亚热带主要林型的树干茎流量为 6.2~66.7 mm/a, 约占林外降水量的 0.5%~3.3%, 以毛竹林最大,约为其它林型的 3~10 倍,常绿阔叶林次之,针叶林最小。

林下灌草层、灌丛和草丛的截留雨量与盖度成正比。此外,由于林冠层的影响,林下灌草层截留还受林分郁闭度的制约并与其成负相关,其截留量约为林冠截留量的 1/10 强^[8]。相比而言,无林冠层的灌丛截留量大于草丛,如在雨强同为 30 mm/h 时,两者截留量分别为 0.36 mm 和 0.14 mm, 差异比较明显^[10]。

枯落物具有较强的吸持水性能,其截留雨水取决于数量和持水率。枯落物量与群落生产力及其分解特性有关,而持水率与其组成成分、特性、质地及分解程度有关^[11],如苔藓 587%, 针叶 17%, 软阔叶 38%, 硬阔叶 250%, 枝干 152%。亚热带气候条件优越,森林枯落物量极为可观,但灌丛和草丛较低,如常绿阔叶林、针叶林的枯落物现存量分别达 24.7 t/hm² 和 21.6 t/hm², 灌草丛仅为 9.1 t/hm², 而最大贮水量分别为 54.7 t/hm², 46.6 t/hm² 和 16.3 t/hm²。

2.1.2 土壤截留 土壤是森林和其它生态系统截留雨水的主要场所,林冠穿透水的 70%~80% 被土壤截留^[8]。土壤孔隙是土壤截留雨水的功能结构。因此,土壤截留量取决于孔隙度的大小和数量,以非毛管孔隙的影响较大。亚热带森林土壤具有良好的孔隙结构和较高的孔隙度,如常绿阔叶林、毛竹林、杉木林和马尾松林的土壤非毛管孔隙度^[8]分别为 18.2%, 16.4%, 15.5% 和 9.0%, 平均达 14.75%, 而灌草丛仅 6.4%。森林土壤的最大蓄水量平均达 3 652.1 t/hm², 其大小顺序是常绿阔叶林>毛竹林>杉木林>马尾松林>灌草丛。

2.2 不同植被类型的水量平衡

把降水作为收入,蒸散和径流作为损失,这种收支过程称为水量平衡,水量平衡随森林植被而异^[7]。在亚热带,自然降水为主要收入量,蒸发散和径流为主要输出量。因此,各植被类型的水量平衡可表达为:

$$E = P - R - S$$

式中: P ——降水量; E ——蒸散量; R ——径流量; S ——土壤蓄水年际变化量,常常忽略不计。

蒸散包括植物表面的蒸发和蒸腾以及林地蒸发。林分截留除极小部分被植物吸收外,绝大部分用于植物体和枯落物层的蒸发,因此,植物蒸发量与林分截留量几乎相等,规律亦基本相同。由于乔木的蒸腾作用强于灌木或草本植物,因而森林蒸腾量大于灌丛或草丛。在植被层和枯落物层的庇护下,加上植物的蒸腾和蒸发使林内保持较高的湿度,与空旷地和灌草丛地相比,林地蒸发量大大减少,如在郁闭度为 0.7 时,有枯落物层的林地蒸发量仅为无枯落物覆盖林地的 65.48%, 为空旷地的 34.36%^[8]。森林生态系统的蒸散以植物蒸散为主,而灌草丛则以地面蒸发为主。

径流包括地表径流、壤中流和地下径流,其中地表径流和壤中流合称快速径流,地下径流又称为基流。地表径流按产流形式分为超产流和蓄满产流,其数量除与降水特性有关外,植被类型、地被物数量以及土壤渗透性等也是重要因素。据周国逸^[11]等研究,不同林型由于林冠层、群落结构、地被物厚度和土壤结构的差异,地表径流汇流时间和数量、最大流量值及持续时间等特征存在较大差异。土壤层是森林—土壤系统涵养水源的主要场所,土壤下渗水量是否超过蒸散量是衡量各植被类型涵养水源功能高低的重要尺度^[7]。从表 1 可以看出^[2],常绿阔叶林的土壤年下渗水量约占年降水量的 46.3%, 是亚热带涵养水源功能最好的植被类型,而马尾松林最差,甚至低于采伐迹地。

表 1 不同植被类型的水量平衡 mm

植被类型	降水量	林冠截留蒸发量	植物蒸腾量	地面蒸发量	地表径流量	土壤下渗水量
杉木林	1 537.9	230.4	390.4	227.9	104.2	584.4
马尾松林	1 248.0	191.4	371.3	289.5	143.2	252.6
阔叶林	1 947.0	238.6	438.6	252.1	115.4	902.3
毛竹林	1 399.3	212.0	—	—	—	493.8
灌草丛	1 946.9	—	87.5	800.4	383.3	675.8

注: ① 阔叶林指常绿阔叶林; ② 灌草丛为采伐迹地。

2.3 亚热带主要林型的水文功能特点

森林具有多种生态服务功能,其中以保持水土、涵养水源、削洪平枯、净化水质等功能为主的生态效益是其最大价值量体现^[2]。在自然状态下,处于成熟的、具有多层结构的亚热带森林,通过林冠层、枯落物层和土壤层等层次的调节而具有较高的水文功能^[8]。由于树种组成以及群落特性的差异,各林型的水文生态功能差别较大(表 2)^[8]。从表中看出,林下土壤层是森林水文功能的中心部位,而土壤通透性又是决定其功能大小的关键。

表 2 亚热带主要林型的水文功能特征 mm

林 型	林冠一次 降水截留	枯落物 截留	非毛管孔 隙贮水	水文综合 调节能力
常绿阔叶林	1. 30	3. 02	108. 40	112. 70
毛竹林	3. 52	1. 54	102. 66	107. 72
针阔混交林	1. 80	2. 30	83. 82	87. 92
杉木林	1. 68	1. 85	76. 27	79. 80
马尾松林	1. 28	2. 91	58. 50	62. 77

常绿阔叶林是亚热带的地带性植被和自然演替的顶极群落类型,具有最丰富的植物种类和最稳定的群落结构,以中生性和阴生性的高大乔木树种为主构成的上层林冠,林分郁闭度高,凋落物产量及现存量较大,持水率高,并且因其分解较快而有利于形成土壤非毛管孔隙,使土层具有良好的蓄水性能。因此,常绿阔叶林具有较强的水文调节功能,是亚热带水文功能最好的植被类型。

亚热带针叶林多为人工林,以马尾松、杉木等树种为主,单层郁闭,林下灌草植物较为丰富,枯落物现存量较多,但持水率较低,分解亦较慢,特别是杉木人工林,由于人为干扰,林下植被稀少,枯落物现存量少,土壤结构性较差,土壤渗透能力和持水能力较低,其水文功能介于常绿阔叶林和灌草丛之间。

灌丛和草丛是森林遭受彻底破坏或消失后形成的次生植被,两者不仅完全丧失了林冠层的水文功能,而且枯落物量少,土壤结构恶化,土壤渗透性和持水功能低,是水文功能最差的植被类型。

与森林的其它功能一样,森林水文功能既决定于森林性质,也与群落结构状况紧密相关,相同林型以多层结构林分的水文功能较强。此外,森林水文功能还受植被演替的影响,如森林退化会导致水文功能减弱;反之,森林恢复会使水文功能增强。因此,森林群落结构或性质的变异均会引起水文功能发生增强或削弱的变化。

2.4 亚热带森林对河川径流的调节作用

河川径流由地表径流、壤中流和地下径流组成,地表径流和壤中流为快速径流,是洪水的主要组成部分;地下径流又称为基流,是维持河川径流基本流量的成分^[8,13]。如前所述,森林生态系统的水文功能是森林及其林下土壤对自然降水综合作用的结果。从整个流域来说,森林及其土壤层对降水的截留、拦蓄和消耗,对河川径流起到削洪平枯的调节作用。这种作用包括两个方面:(1)推迟或延长产汇流时间,削减洪水流量和延缓洪峰流速;(2)调节径流季节分配,增加旱季枯水流量。在降水发生时或者多雨季节,森林的乔、灌、草和枯落物等层次对降水的截留、蒸散以

及林地土壤的涵蓄,延缓和减少了快速径流量及其流速,即降低洪水流量和流速;在少雨季节,森林土壤含蓄的大量水分,以均匀、稳定的地下径流形式补给河水,使河川径流保持相对稳定、均衡的状态。总之,森林通过调节径流的时空分配,使河川径流在空间上和时间上趋向平均化。

森林对河川径流调节能力的高低是整个流域森林水文功能的综合反映,它同样取决于森林的性质、结构和数量。因此,整个流域的森林性质、结构和数量等的较大变动会引起河川径流的时空分布发生较大变化。

3 漓江上游植被的水文功能评价与生态恢复对策

3.1 漓江上游森林的水文功能现状

1999年森林调查表明,次生性是漓江上游森林资源的最大特点,其特征可归结为“四多四少”和“一高一低”,即次生林多,原始林少;针叶纯林多,阔叶混交林少,两者面积之比约为 1.3:1.0;用材林多,防护林和经济林少,三者比例为 7:2:1;中幼林多,成熟林少;森林覆盖率高,达 61.3%,单位蓄积量低,仅为 33.92 m³/hm²,绝大多数属于低质低效的林分。

只注重工程治水和片面追求森林覆盖率,不注重森林群落结构及其功能的恢复,是漓江枯水期问题至今不能得到根本解决的重要原因。纵观近年来森林资源的变化趋势,漓江上游的森林覆盖率及总蓄积量虽呈回升态势,但这种回升主要依赖于人工用材林资源的增加。相反,以常绿阔叶林为主的水源林因遭受严重破坏而面积大幅度减少,导致森林总体质量仍处于低水平且略有下降,如单位蓄积量已由 1988年时的 37.86 m³/hm²降至 1999年的 33.92 m³/hm²。天然林被人工用材林或者次生林取代后,树种单一,群落结构简化,郁闭度下降,水文功能降低。据测定,漓江上游的林地土壤年下渗水量多在 0.40 m 以下,仅为常绿阔叶林的 40% 左右^[2]。

3.2 提高漓江上游森林水文功能的生态恢复措施

恢复生态学是 20 世纪 80 年代逐渐兴起并引起重视的生态学热点之一,它主要研究由于自然和人类的原因而遭受破坏的自然生态系统的恢复和重建^[14]。森林功能决定于森林性质和结构,而漓江上游森林水文功能低下的根本原因在于森林群落的退化和层次简单化。因此,要提高漓江上游森林水文功能,必须利用其丰富的植物资源及较强的自我恢复能力,采取积极有效的生态恢复措施,改变树种组成结构,增加森林结构层次,促使其向多层次、水文功能较强

的森林群落发展。提高漓江上游森林水文功能的生态恢复措施主要有封山育林、林分改造和人工造林等。

(1) 封山育林 在中山地带和部分低山丘陵地区,分布着较大面积的、人为干扰程度较轻、群落结构保存较好和自然恢复能力较强的次生阔叶林和针阔混交林,封山育林可使这些林分得到长时期的休养生息,经自然演替恢复为结构复杂、功能较强的常绿阔叶林或其它森林类型。

(2) 林分改造 林分改造主要以改变树种组成、改造林分性质和增加森林结构层次为目的,适用于层次少、郁闭度小、生长量低和自然恢复能力差的林分。在低山和丘陵地区,大部分针叶林和次生阔叶林郁闭度小,单位蓄积量低,生长较差,需经林分改造以改善群落结构和促进乔木或其它植物的生长。林分改造包括林下造林和透光抚育等措施,前者指在林下定植或播种适生树种或其它植物种类,如在针叶林下定植阔叶树种和播种豆科植物等;后者用于乔木生长受到抑制的林分,通过透光抚育促进乔木树种的生长,促使这些林分向功能较高的复层林演替。

(3) 人工造林 人工造林适用于退化严重的灌草丛生态恢复。由于灌草丛生态环境恶劣,自然恢复能力极差,必须依靠人工造林来改善,选择适生耐瘠的先锋树种和灌草种类构建先锋群落,启动和恢复植被群落自然演替,为形成复杂的森林群落结构打下了良好的基础。

4 结 语

漓江上游的植被类型多样,各植被类型具有不同的森林水文特征和功能特点。层次较多、结构复杂的常绿阔叶林、针阔混交林、针叶林和竹林具有较高的水文功能,以常绿阔叶林最佳,而灌草丛较低甚至完全丧失。森林对河川径流的调节作用取决于整个流域森林水文功能的高低。因此,在加强对天然林保护的基础上,利用漓江流域丰富的植物资源,采取积极有效的生态恢复措施,对现有低效林分进行改造和抚

育,改善林分结构,提高林分质量,建立以常绿阔叶林为主、水源涵养功能较强的森林体系,提高森林水文功能及其它生态功能,对维护漓江流域的生态平衡、促进桂林市旅游业和国民经济的可持续发展有着十分重要的意义。

致谢:桂林市林业局提供 1999 年森林调查数据,在此谨表谢意。

[参 考 文 献]

- [1] 茹锦文,等.漓江流域整治的综合研究[M].桂林:广西师范大学出版社,1988.
- [2] 邓世宗,等.广西森林水文及流域治理论文集[C].北京:中国气象出版社,1994.
- [3] 胡淙淳.悠悠漓江待丰盈——聚焦漓江补水工程[N].桂林日报,2002年3月18日(第一版).
- [4] 中国植被编辑委员会.中国植被[M].北京:科学出版社,1980.
- [5] 王献溥,李信贤.广西兴安苗儿山保护区的植被[J].广西植物,1986,6(1-2):79-91.
- [6] 中国科学院南方山区综合考察队第二分队.南方山区综合科学考察专辑——桂东北山区资源合理开发利用[M].北京:农业出版社,1988.
- [7] 中野秀章著,李云森译.森林水文学[M].北京:中国林业出版社,1983.
- [8] 刘世荣,等.中国森林生态系统水文生态功能规律[M].北京:中国林业出版社,1996.
- [9] 黄承标,等.广西亚热带主要林型的树干茎流[J].植物资源与环境,1994,3(4):10-17.
- [10] 李先琨,等.广西水土流失重点区域生态恢复试验研究[J].水土保持通报,1997,17(6):1-6.
- [11] 周国逸,等.小良试验站3种生态系统水量平衡研究[J].生态学报,1995,15(增刊A):223-229.
- [12] 王佑民.中国林地枯落物持水保土作用研究概况[J].水土保持学报,2000,14(4):108-113.
- [13] 周晓峰.中国森林与生态环境[M].北京:中国林业出版社,1999.
- [14] 余作岳,彭少麟.热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学[M].广州:广东科技出版社,1996.