



森林、土壤和水

天然林水文生态效益的小流域研究

李昌华 编著

中国林业出版社

森林、土壤和水

——天然林水文生态效益的小流域研究

李昌华 编著

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

森林、土壤和水：天然林水文生态效益的小流域研究/李昌华编著. —北京：中国林业出版社，2006

ISBN 7-5038-4345-4

I. 森… II. 李… III. ①小流域-天然林-森林水文学-研究②小流域-天然林-生态学-研究③小流域-天然林-土壤学-研究 IV. S718.54

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 020734 号

出版 中国林业出版社 (100009 北京西城区德内大街刘海胡同7号)

网址 www.cfph.com.cn

E-mail cfphz@public.bta.net.cn 电话: (010) 66184477

发行 新华书店北京发行所

印刷 中国农业出版社印刷厂

版次 2006年5月第1版

印次 2006年5月第1次

开本 787mm × 1092mm 1/16

印张 11.25

字数 300千字

印数 1~1000册

定价 50.00元

前 言

本人早年从东北农学院毕业之后，曾短期从事过农业土壤方面的教学和研究。后来转为研究森林土壤和杉木人工林，并有机会初游我国南方的湖南、福建、江西、广东、广西、贵州、海南、云南和浙江各省和自治区的部分山区，并在湖南从事杉木的定位研究。当时由于学术水平低下，思想狭隘，十来年的南方工作虽然也提高了一些地理知识，但却没有明确认识到当地山区的现实生态破坏问题。1978年以后，由于参加了中国科学院南方山区综合科学考察队林业方面的考察，又有机会重回南方各地特别是回到江西工作。把参加这次考察的结果和从前在南方各地山区的定位研究所得，以及游历中所见结合起来，开始认识到我国南方各地山地丘陵生态破坏及其所引起的水文生态灾害的严重程度。在写了几篇有关这方面的调查报告和评论之后，开始有了一个研究山地森林的生态效益，特别是水文生态效益的想法，因为当时已经初步认识到这类研究可能是减轻我国南方山地丘陵区水文生态灾害的一项基础工作。同时也认识到这也是在我国还很少被开拓的一个研究领域，工作将会遇到重重困难，其结果如何？很难预料。如果开展，也只能是尽力为之而已。

困难首先是时间问题。实际上，当有了这一想法时，对我个人来说确实太晚了。岁月蹉跎，年华虚度，当时已经接近退休年龄，而这一想法并不是三年五年就能实现的事情。何况当时还有在任的研究任务。于是只好决定把这一想法的正式尝试放在退休以后。在退休之前，利用一些业余时间尽量做一些策划、预备观测和研究方法的探索。

其次是经费问题。试想这样一个长期的野外研究，肯定需要大量研究经费，不是几万或几十万就能解决的问题。按照我国的体制，不用说退休之后，就是在职的普通研究人员，要想申请到哪怕是短期自选项目的资助，也是很不容易的事情。在即将退休的1988年，本人曾申请到一项国家自然科学基金的资助，研究结果也包括在本书之内（第九章的前半部分）。但在退休之后，就再没有这种可能。这样，如果决心开展这一尝试，就要靠个人收入来支撑，于是这一尝试就成了现在事实上的自愿者项目。

就是要开展志愿者项目，除了要解决时间和经费问题之外，也还要有野外工作条件，包括研究场地、设施、器材和生活条件等的准备，也要有研究能力的准备。幸好，在我快要退休之前，所在单位给我安排了一次到日本京都大学农学部林学教室（系）的短期交流访问。这次访问不但是一次学习森林生态和森林水文的良好机会，而且在这次访问中，又促成了所在单位与日本京都大学农学部林学教室（系）的合作项目“中国南方森林的生态学和水文学研究”。合作项目的实施地点就选在江西省的九连山自然保护区和兴国县的大获村。这也是我退休之前进行工作的中国科学院九连山森林生态研究站的野外工作

点。合作项目从1987年初开始直到2002年初结束,历时15年。在这中间我本人虽然于1989年初退休,但由于所在单位的照顾和需要,我自始至终参加了这一合作项目,而且也是中方研究人员中惟一自始至终的参加者。

合作项目的促成对我来说是尝试自愿者项目的一个良好机遇。合作项目主要是进行理论基础研究,研究内容偏重于小流域森林生态系统的区系组成、养分循环和水分平衡。自愿者项目则主要是进行应用基础研究,偏重于小流域生态系统的水文生态效益。两者虽各有侧重,但研究对象同是小流域的植被、森林、土壤和水文,可以在大体相同的野外场地范围内进行。这样就可以使自愿者项目不必单独考虑场地以及生活和工作条件等问题。某些研究设施和观测资料也可以在一定程度上共用。这就可以使自愿者项目在经费和工作量上都有一定程度的节省。

本书内容所涉及的原生林小流域研究点和荒山林小流域研究点的野外工作大体上始于1985年,结束于2002年。经过七八年的策划和准备,又经过十几年的正式野外观测和几年的资料整理,前后历经20多年,本书终于有了初稿和出版的可能。除了我本人的工作和经费投入之外,本书之得以初步完成,更重要的是得到有关各方面的大力支持和协助。

第一是日本京都大学的4位学者的帮助。他们都是合作项目1998年以前的日方主持人或主要参加者。这4位学者中有两位是林学家,即京都大学的两位教授堤利夫先生和岩坪五郎先生。另有两位是水文学家,即目前的日本名古屋大学教授福嶋义宏先生和日本东京大学教授铃木雅一先生。这4位学者既是我的同行,也是我学术上的良师益友。不但在学术上给志愿者项目以支持,而且提出各种建议和对研究方法等给以具体指导,有的在经费、设施和器材等方面以个人身份给以资助。

第二是为志愿者项目提供野外研究场地的九连山自然保护区和兴国县城岗乡大获村上荷林村民小组。也应该提到在这方面给以支持的兴国县和城岗乡两级政府和县水土保持局。没有这些特别宝贵的野外研究场地和基本条件,本书的初步完成是不可想象的。

第三是我本人退休前的所在单位。2000年以前是中国科学院自然资源综合考察委员会。在这之后是由该单位参加整合而成的中国科学院地理科学与资源研究所。所在单位的各级领导对我本人的研究工作给予各种照顾,特别是在我本人退休之后。

在本书初步完成之际,仅对以上3个方面以及其他有关方面的领导和朋友们表示衷心的感谢。再有就是在我退休之后一直和我共同从事本书研究的野外水文和气象观测工作的唐茂聪工程师,在此对他的勤恳努力、认真负责以及长期安于艰苦山林野外生活的精神表示深深的敬意。

本书是一项集体工作的成果,当然本书体现的是我个人的思路。希望本书的出版能稍稍有助于增进我国学术界和社会上对森林、土壤和水之间的关系以及对天然林小流域在森林防灾中和其他生态条件改善方面的作用的“理性”理解。书的内容有很大的尝试和探索性质,又是匆匆写成,肯定会有不当之处,敬请各位读者多提宝贵意见。如果我尚有天年,一定加以改进和补充。

李昌华

2006年元月于北京

目 录

前 言

第一章 绪论	(1)
第一节 引言	(1)
第二节 基本研究方法	(2)
一、实验小流域方法	(2)
二、典型小流域之间的对比方法	(3)
第三节 原生林小流域的基本状况	(6)
一、概述	(6)
二、气候	(8)
三、植被	(9)
第四节 荒山林小流域的基本概况	(15)
一、概述	(15)
二、气候状况和水文季节的划分	(16)
三、植被概况	(18)
第二章 小流域的表流和山洪的形成	(20)
第一节 山洪的概念、危害和分布	(20)
第二节 小流域山洪形成的条件	(21)
第三节 表流的分离	(22)
第四节 原生林小流域的表流和山洪	(23)
一、原生林小流域的年表流量	(23)
二、原生林小流域的日表流量与日雨量之间的关系	(24)
第五节 荒山林小流域的表流和山洪	(25)
一、荒山林小流域的年表流量	(25)
二、荒山林小流域的日表流量与日雨量之间的关系	(25)
三、荒山林小流域日表流量占日雨量百分比和日表流量占日流量百分比与日雨量之间的关系	(28)
四、荒山林小流域日雨量的表流率和日流量的表流率与日雨量之间关系的统计结果	(32)
五、荒山林小流域的暴雨山洪系数	(34)
六、荒山林小流域山洪的汇集	(35)
第六节 荒山林小流域暴雨流出的观测实例分析	(36)

一、短时一般性山洪流出·····	(36)
二、一般性山洪流出·····	(36)
三、破坏性山洪流出·····	(37)
第七节 原生林小流域暴雨流出的观测实例分析·····	(38)
一、较弱雨强的暴雨流出·····	(38)
二、有中等雨强的暴雨流出·····	(38)
三、降雨时间集中的大暴雨流出·····	(39)
第三章 小流域的降雨渗入·····	(41)
第一节 概述·····	(41)
第二节 小流域的降雨渗入率与雨强之间的关系·····	(42)
第三节 小流域的降雨渗入率与日雨量之间的关系·····	(44)
一、原生林小流域的降雨渗入率与日雨量之间的关系·····	(46)
二、荒山林小流域的降雨渗入率与日雨量之间的关系·····	(46)
第四章 小流域的降雨流出调节·····	(50)
第一节 小流域的小时流量与小时雨量之间的关系·····	(50)
一、荒山林小流域的小时流量与小时雨量之间的关系·····	(50)
二、原生林小流域的小时流量与小时雨量之间的关系·····	(52)
第二节 小流域的日流量与日雨量之间的关系·····	(54)
一、荒山林小流域的日流量与日雨量之间的关系·····	(54)
二、原生林小流域的日流量与日雨量之间的关系·····	(56)
第三节 小流域的旬流量与旬降水量之间的关系·····	(58)
一、荒山林小流域的旬流量与旬降水量之间的关系·····	(58)
二、原生林小流域的旬流量与旬降水量之间的关系·····	(61)
第四节 小流域的月流量与月降水量之间的关系·····	(63)
第五节 小流域的旱季以及旱季各月的流量与降水量之间的关系·····	(66)
一、荒山林小流域的旱季以及旱季各月的流量与降水量之间的关系·····	(66)
二、原生林小流域的旱季以及旱季各月的流量与降水量之间的关系·····	(67)
第六节 一年内小流域日流量的稳定性·····	(71)
第五章 小流域的降水林冠截留·····	(75)
第一节 概述·····	(75)
第二节 原生林小流域林冠截留量的估算·····	(76)
一、样地的基本状况·····	(76)
二、林外降雨量和林内降雨量·····	(77)
三、树干流量的观测·····	(81)
四、林冠截留率以及年林冠截留量的估算·····	(84)
第三节 荒山林小流域林冠截留量的估算·····	(86)
一、样地的基本状况·····	(86)
二、林外降雨量和林内降雨量·····	(87)
三、树干流率的观测和估算·····	(87)

四、林冠截留率	(89)
五、年林冠截留量的估算	(89)
第六章 小流域的水平衡	(91)
第一节 概述	(91)
第二节 小流域的年水平衡	(92)
一、小流域的年水平衡表	(92)
二、小流域年流量与年降水量之间的关系	(92)
三、年差数与年降水量之间的关系	(93)
四、年消耗水量的推定	(94)
五、小流域的年流出系数以及其与年降水量之间的关系	(95)
第三节 小流域的月流出系数及一年中各月的水平衡状况	(96)
第七章 原生林小流域的流出曲线和滞容水量	(98)
第一节 概述	(98)
一、小流域滞容水量和流量水平的概念	(98)
二、小流域的流出曲线	(99)
三、小流域滞容水量的推定	(99)
第二节 原生林小流域的流出曲线和推定滞容水量	(100)
一、原生林小流域的流出曲线	(100)
二、原生林小流域的推定滞容水量	(101)
第三节 原生林小流域的推定滞容水能力	(103)
第四节 原生林小流域部分实际观测结果对流出曲线特性的认证	(105)
第五节 原生林小流域推定滞容水能力的校验实例	(108)
一、小流域一次降雨增水的流量水平推定增高值	(108)
二、非暴雨的增水和流出	(109)
三、暴雨增水	(110)
四、暴雨流出	(112)
五、旱季的暴雨增水及流出	(112)
第八章 荒山林小流域的流出曲线和滞容水量	(115)
第一节 荒山林小流域的流出曲线和滞容水量的特性	(115)
第二节 关于荒山林小流域的推定滞容水能力	(117)
第三节 荒山林小流域部分实际观测结果对流出曲线特性的认证	(119)
一、小雨、中雨和大雨的流出状况	(119)
二、连降暴雨时的流出状况	(119)
三、短时大暴雨的流出状况	(120)
四、小流域的增水曲线分析	(121)
第四节 荒山林小流域推定滞容水量的年内变化曲线及其与原生林小流域的比较	(125)
第九章 小流域的土壤侵蚀量	(129)
第一节 原生林小流域的土壤侵蚀量研究	(129)

一、研究方法	(129)
二、量水堰沉沙池和静水池中固体物沉积量、沉积物的有机质含量和矿质部分的机械组成	(130)
三、堰口流出水中的固体物含量以及固体物中的有机质含量和矿质部分的机械组成	(132)
四、原生林小流域年侵蚀量的估算	(135)
第二节 荒山林小流域的土壤侵蚀量研究	(136)
一、研究方法	(136)
二、量水堰沉沙池中的泥沙沉积量及机械组成	(137)
三、荒山林小流域堰口泥沙流出量和年泥沙流出量的估算	(138)
第三节 土壤侵蚀与地表状况之间关系和土壤侵蚀与径流状况之间关系的分析	(142)
一、土壤侵蚀与地表状况之间的关系	(142)
二、小流域侵蚀量的年际差异与年降水量之间的关系	(143)
三、土壤侵蚀与径流状况之间的关系	(144)
第十章 小流域的土壤水文物理性质和土壤水分含量的季节动态	(148)
第一节 原生林小流域的土壤水文物理性质	(148)
第二节 原生林小流域的土壤水分季节动态	(151)
第三节 荒山林小流域的土壤水文物理性质	(155)
第四节 荒山林小流域的土壤水分季节动态	(157)
第五节 关于小流域土壤水文物理性质和土壤水分状况对小流域水文特性影响的分析	(161)
一、关于小流域的降雨渗入与土壤因素之间的关系	(161)
二、关于小流域土壤的持水能力和土壤的森林生物水分条件	(162)
三、小流域的滞容水能力与土壤的水文物理性质及其下层风化物深厚程度之间的关系	(163)
第十一章 问题讨论	(165)
第一节 关于原生林小流域调节径流和涵养水源功能机理的讨论	(165)
一、森林枝叶群体直接作用论	(165)
二、类海绵层及其深厚的下层土壤和风化物作用论	(165)
三、原生林小流域生态系统两个主要组成部分之间的相互关系	(166)
四、人为影响与原生林小流域的森林演替和土壤变化	(166)
第二节 关于流域中茂密森林的存在是能增加还是能减少径流量的讨论	(167)
一、关于森林增雨问题	(167)
二、流域中茂密森林的存在是能增加还是能减少径流量	(167)
三、问题的复杂性	(168)
参考文献	(169)

第一章

绪论

第一节 引言

本书是在野外条件下用现代小流域方法，多年观测和比较研究天然林生态系统调节径流和涵养水源作用及其机理的初步的和阶段性的研究总结。天然林选择的是我国在天然状态下曾经分布最广，但后来由于人为作用而目前已经残存很少的南方森林植被——常绿阔叶林的原生林小流域，对比小流域选择的是与位于同一常绿阔叶林中心乡土区域内，但常绿阔叶林及其次生林由于受到多次严重破坏退化演替而形成的，植被以低疏松林为主的荒山林小流域。

本书内容主要涉及自然界的3个方面——森林、土壤和水，具体内容则属于天然林的水文生态效益，在学科和研究类别上本书的研究似应属于森林水文学或生态水文学的应用基础研究范畴。主要涉及4个学科，即生态学、森林学、土壤学和水文学。当然，这4个学科都与自然地理学密切相关。本书的第一章是对研究的总的说明。第二章至第四章大体上属于径流调节，包括对短期流出和长期流出的调节。第五章至第八章大体上属于水平衡和水源涵养。第九章和第十章为径流和水源涵养与土壤侵蚀和土壤水文物理性质之间的关系。第十一章为问题讨论。本书的研究主要并不是为了直接应用的目的，而是为了进行研究方法的探索，典型小流域的观测分析以及森林和土壤与径流和涵养水源之间的因果关系论证。

实验流域的研究在世界上大概只有百年左右的历史，最早可能于1911年开始于美国。至今世界上可能已经有数百个或更多这样被研究过或正在研究的实验流域。这些实验流域分布在许多国家，包括极其不同的自然条件和社会条件。其面积小的只有 1hm^2 左右，较大的可以有数百公顷，少数的可以大到 1000hm^2 。虽然实验流域似乎愈大愈好，但是流域愈大，选择和运作起来也更为不易（中野秀章，1983）。

实验流域研究是一种带综合性和自然性的野外研究，许多国外研究者都体会到它的复杂性质。这包括以下几个方面。

- ①要在复杂的野外自然条件下选择流域而不能是人为控制的流域、场地或室内设施。
- ②目前已有的野外观测方法和野外测定方法还不够完善，甚至很不完善，不易得到准确的数据。已有的研究资料也不丰富。
- ③需要尽量准确的常年和多年不间断的野外观测。
- ④因为它的主要受益者是弱势群体，所以一般不容易有较充分的投入。更何况一般也不认为它属于高科技领域。

⑤要把不同地点的和几个单方面或单学科的测定资料综合到一起而写出一个较为理想的研究报告是很不容易的。

有的国外水文学者曾直言，这种流域研究常常需要花费很多的经费，要付出长期艰辛的野外劳作，但却很难得出值得信赖的研究结果，更不要说经济回报了。所以，特别是在国内，虽然也有人认识到实验流域研究有很大的实践意义，但却特别冷清。这种现状是完全可以理解的。

一般来说，在人工控制条件下的径流研究是多数水文学者所采用的方法，包括水文实验室和水平衡场等方法。研究资料也已相当丰富。然而，无论人工控制条件下的径流研究方法有多少优越性，也不可能完全代替野外的实验流域方法。所以无论如何，实验流域的方法总是应该有人进行尝试和探索。由于本书的研究是自愿者项目，所以选择了这种国内研究者很少有人直接从事的、需要长期野外直接观测的实验流域方法。这是因为，研究时间的长短少受限制。而且，如果有了某种结果，对促进国内本研究领域的进展，也许有某种益处。

中国是一个生态破坏相当严重因而生态灾害也相当频发的国家。水文生态灾害也是如此。政府部门每年都在严阵以待，必要时甚至全力以赴。然而从已发表的一些专业性文章来看，对于天然林的水文生态效益的认识仍然是比较笼统的，不少是停留在“森林有涵养水源、调节径流和保持水土的功能”和“森林是一个绿色水库”等概念性提法上，少有具体的国内研究数据。实际上，森林作为一个生态系统，它处在各种不同的环境条件下，其本身也是各种各样、千差万别的。其水文生态作用，当然也会是具体的和不同的。因此，总的来说，在中国，对于森林的水文生态作用的认识，目前似乎仍处于一个以“感性认识”为主的阶段。看来，如果要增加“理性认识”的程度，也许应该多开展一些这方面的研究工作。中国地域广袤，在自然条件和社会条件方面都有自己的特殊性。中国似乎也应该努力建立起自己的水文生态林业和森林水文防灾的应用基础研究领域。

第二节 基本研究方法

在第一节中已经述及，本书研究的主要基础是野外的自然流域观测。具体来说，在本书的研究进行过程中，主要是采用两项基本方法，即实验小流域方法和不同条件的实验小流域之间的对比方法。下面分别加以说明。

一、实验小流域方法

因为在简化的流域水平衡公式中有两项，即蒸发蒸腾量和地层的渗漏量是目前还难以哪怕是大体上在野外具体测定的，而水平衡表应包括流域的水收入和水支出的各项目的数据（一般以水年为单位）。所以，过去的径流实验流域研究方法的最大问题是难以编出水平衡表（中野秀章，1983）。其结果是，不但小流域的水平衡表不完全，难以校验长期观测的准确程度，而且，各流域之间的各项有关径流的观测结果也不易进行准确的相互比较。

在大约 20 世纪 50~60 年代，美国的 Hubbard Brook 森林实验站的研究者们在应用实验小流域进行研究时发现，如果研究对象是一个下伏坚固岩层或者是某些其他不透水基岩

的小流域,就可能很方便地对其进行某些定量的水文研究。在这种条件下,由于小流域的渗漏量基本为零,如以水年为单位,则小流域的水平衡简化公式为: P (年降水量) = Q (年流量) + L (年损失量)。其中年损失量或称年消耗水量,主要是地表和植被的蒸发蒸腾量再加上林冠截留量。简化公式中的年降水量、年流量和林冠截留量是可以测定的,于是余下的一项蒸发蒸腾量就可以用减量法估算出来(Likens G E 等, 1977)。目前这一方法已逐渐为世界各国的有关研究者所应用。本书的研究采用的就是这种方法。小流域是脊、坡和小溪谷等小地貌成分的自然综合体,是陆地水文的一个自然集水基础单位。以小流域为单位来研究森林生态系统的径流调节和水源涵养作用可能更符合自然界的实际状况。

本书的研究采用的小流域方法的要点如下:

①选择有下伏坚固不透水岩层的小流域,在出口处的出露基岩上修建量水堰,并在其附近建立降水量等的气象要素观测场,以进行常年的流量、降水量和其他气象要素的观测。然后用实际观测资料对降水的流出状况和降水与流量之间的关系进行分析。量水堰用浆砌石块修建,用细砂水泥双层抹面。除两个沉沙池和一个静水池外,用三角形(90°角)的过水刃口测定水位。堰板用钢板制成,刃口高0.6~1m(图1-1),用自计水位计及人工定时两种方式配合观测水位的变化。用水位 H (m)按下式计算出流量 Q (m³/s)。

$$Q = KH^{2.5}$$

$$K = 1.354 + \frac{0.004}{H} + 0.34 \left(\frac{H}{2.5} - 0.09 \right)^2$$

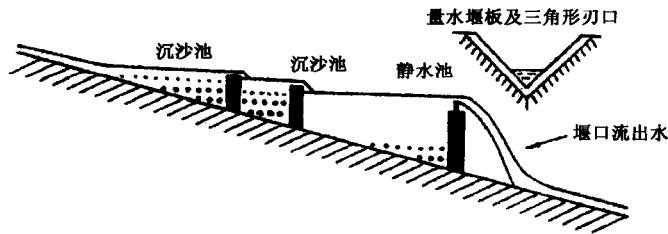


图1-1 实验小流域的量水堰示意

②降水用自计雨量计和人工量测雨量筒两种方式配合观测。人工量测每日3次。雨量和流量一般均用mm表示。日降雨强度的分级是按日降雨量0.1~10mm为小雨,10.1~25mm为中雨,25.1~50mm为大雨,50.1~100mm为暴雨,100.1~150mm为大暴雨,>150mm为特大暴雨(朱乾根等,1981)。除非加以说明,文中所谓1日的流量或雨量,按观测惯例,是指自当日8:00至次日8:00。

水位自计纸的规格是每小时为1.2cm横格,每2cm水位变化为1cm竖格。雨量自计纸规格是每小时为1.6cm横格,1mm雨量为1cm竖格。降水的林冠截留量所用方法见本书第五章。

二、典型小流域之间的对比方法

本书的研究目标主要是从森林、土壤和水文3个方面来说明原生的天然林小流域的水

文生态效益, 或者说是水文生态作用或功能。为了达到这一目标, 本书的研究采用的是对比的方法, 就是既研究原生林小流域的森林、土壤和水文状况, 同时也采用基本相同的观测方法研究其他自然条件基本相同, 但原生林已被彻底破坏的荒山林小流域的森林、土壤和水文状况, 然后将两类小流域的水文状况加以对比。

1. 研究的代表区域以及这一区域的山地丘陵自然景观破坏程度分级

本书研究所代表的区域大体为北至长江, 南至北回归线, 西至云贵高原, 东至东海这一范围内的丘陵山地。本区域以山地丘陵为主, 但一般山势不高, 只有不多的山头海拔超过 1000m。西部最高的猫儿上(南岭越城岭)和东部最高的黄岗山(武夷山脉), 海拔都只稍稍超过 2000m。这里在生物—气候上属同一分区, 一些中国学者认为是中亚热带, 而一些国外学者则认为类似于同属东亚季风气候的日本暖温带。在原生条件下, 本区域海拔 1000~1200m 以下, 为常绿阔叶林的中心乡土, 曾大面积分布有茂密高大的带雨林性质的常绿阔叶林。就在这一区域内, 本书的研究选择出进行对比的典型的实验小流域。

在选择出进行对比研究的典型实验小流域之前, 于 20 世纪 80 年代初作者曾对本代表区域的丘陵山地进行过自然景观破坏程度分级的研究。选择地点是江西省泰和县, 这一地区在本区域内总的来看生态破坏程度是有代表性的。丘陵山地自然景观破坏程度属中等程度。丘陵山地占全县总面积的 67.5%, 其余为平原、水面、道路、城市、村镇及其他。泰和县丘陵山地自然景观破坏程度共分为 6 级:

- 0 级: 原生级——一般为原生的常绿阔叶林林地;
- 1 级: 极轻微破坏级——生长良好的阔叶杂木林地或针阔叶混交林地;
- 2 级: 轻微破坏级——包括次生杂木林地、竹林地、优良杉木林地和山地草甸地;
- 3 级: 中等破坏级——包括普通杉木林地、普通马尾松林地和不垦复油茶林地;
- 4 级: 严重破坏级——包括垦复油茶林地、低价马尾松林地、灌丛地、草坡、果园、茶园、桑园和乌柏林地;
- 5 级: 极严重破坏级——包括裸地和因侵蚀特别严重而植被稀疏的土地。

在泰和县的丘陵山地中, 0 级的面积非常之小。1 级有一定的面积, 主要是人口稀少的远山。两级相加占丘陵山地面积的 28.9%。其次 2 级占 5.7%, 3 级占 18.3%, 4 级占 41.5%, 5 级占 5.6%。对全县山地丘陵总的自然景观破坏评价是中等程度, 但严重破坏级和极严重破坏级相加所占面积已接近丘陵山地的一半。从破坏原因来分析, 1 级和 2 级大体上是用材林地, 3 级、4 级和 5 级大体上是长期利用的薪炭林地和长期开垦利用的农林用地以及因而荒废的土地。上述情况可能大体与本节研究的代表区域的实际相符合。

2. 典型实验小流域的选择

由于研究力量有限并出于对比研究的考虑, 在上述本书研究的代表区域内研究对象选择的是在破坏程度分级上两类极端类别的典型实验小流域。一类是 0 级, 即原生的天然林小流域, 其中常绿阔叶林占绝大部分。另一类是 5 级 + 4 级, 即由生长不良的低疏马尾松林和裸地组成的严重侵蚀的荒山林小流域。在本书以后的章节中, 将前者简称为原生林小流域, 将后者简称为荒山林小流域。

原生林小流域的研究点选在位于江西省龙南县南部的九连山自然保护区和与其相邻的九连山林场。这里有相当面积的林相很好, 生长茂密高大而且分布海拔较低的常绿阔叶林, 可能是本书研究代表区域内最具典型性的常绿阔叶林区。荒山林小流域的研究点选在

江西省兴国县大获村。兴国在本书研究的代表区域内是属于一个自然景观破坏程度偏重的县份，是全国知名的水土保持重点县，大获村一带在兴国县内又是水土流失特别严重的部分。实验小流域研究点分布地的九连山和兴国的地理位置示意如图 1-2。

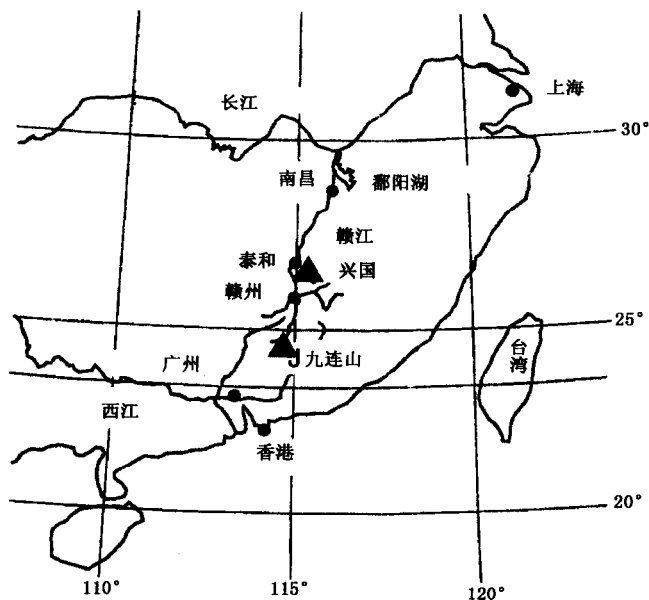


图 1-2 实验小流域所在地的地理位置示意

对于在自然景观破坏程度分级上的两种极端类型的小流域进行观测和比较研究之后，对其中间类型的情况就大体上可以推论。当然，如果有需要和有力量，可以再对中间类型进行研究。

3. 原生林小流域和荒山林小流域之间对比基础的分析

本书的研究是一种野外自然条件下的研究而非人为控制条件下的研究。选择来进行对比的典型小流域的对比基础条件不可能是完全相同的或非常理想的，只能是尽量在自然界中选择对比基础条件大体相似的实验小流域而已。对本书的研究所选择的原生林小流域和荒山林小流域在本章第三节和第四节中还要进行比较详细的说明。在这里先对它们之间的对比基础条件做一些评价和分析。

(1) 气候条件 原生林小流域和荒山林小流域的气候条件是相似的，特别是年降水量及其年内各月的分配状况和各类雨强降雨出现的频率。年平均气温及各月平均气温的变化也大体相同。其他气候条件虽然也较相似，但也出现某些不大的差异。例如年平均相对湿度虽然也很相近，但月平均相对湿度的变化则稍有不同。原生林小流域各月平均相对湿度 2~9 月均超过 85%，12 月则降至 80% 以下，月间较差达 12%。荒山林小流域各月平均相对湿度均为 80%~86%，月间较差为 6%。从月降水量的小差异上也可以看出，原生林小流域 4~6 月雨季较之荒山林小流域更稍稍湿润一些，而秋、冬旱季则有较荒山林小流域更稍稍干燥一些倾向。这种差异可能是由于原生林小流域的海拔稍高，纬度稍低，而荒山林小流域则纬度稍高，海拔稍低所致。

(2) 地形和地质条件 荒山林小流域和原生林小流域同属丘陵山地,前者海拔高度大约在350~430m之间,后者海拔高度大约在620~900m之间。虽然总的来看,都在350~900m之间,但也确有一定的差异。然而对于本书的研究代表区域来说,几乎不可能选到海拔再低的典型原生林小流域。从岩石地质条件来看,原生林小流域和荒山林小流域之间也有差异。原生林小流域的基岩是以青灰色板岩为主的浅变质岩系,荒山林小流域的基岩则是花岗岩。原生林小流域的浅变质岩系风化物 and 土壤的质地偏于黏性,相对比较,耐侵蚀力稍强。而荒山林小流域的花岗岩风化物及土壤的质地则偏于砂性和砾性,耐侵蚀力较弱。

4. 评价

对本书研究所选择的两类实验小流域的对比基础进行评价,可以概括为以下3点。

①小流域的主要对比方面是由于自然景观的破坏程度所引起的水文生态状况的差异。从这一主要方面来看,一类小流域是0级,另一类小流域则是严重破坏级和极严重破坏级的复合体,所以选择似乎是合适的。

②两类实验小流域的对比基础自然条件基本上是一致的,这表现在两类小流域分布在一个自然分区内,相距不远,均属赣江的主要支流贡水流域。小流域的形态结构也相同。对于水文研究来说,降水状况和气温状况是最主要的对比基础自然条件,这两类小流域在这方面很相似。相对湿度方面也大体相似。海拔高度均在350~900m之间,其为常绿阔叶林分布的中心海拔高度。特别是采用同样的研究方法,所以初步认为进行观测数据对比的基础是存在的。当然,由于小流域是在自然界中选择的,难以达到完全理想。在所选择的二类小流域之间,其对比的基础自然条件也有某些不同,这影响到对比的结果也是可能的。为了解决这一问题,在本书中,不但对研究的水文生态结果进行对比,同时也对产生这一结果的原因进行分析。这一方面可以避免研究所得到的水文生态结果对认识产生误导,同时这也是研究者的责任,即应尽量做到既有研究结果,又有结果产生原因的分析或讨论。

③本书的研究虽然是采用实验流域的对比方法,但对两类小流域并不同等看待。从本书以后的内容就可以看出,原生林小流域是作为对比的主要方面,所以观测的时间比较长,投入比较多,观测资料也更丰富一些。对荒山林小流域则作为对比的次要方面。把生态破坏程度为0级的原生林小流域作为研究的重点,这是本书研究主导思想的一个重要方面,即研究原生林小流域的主要目的是“道法自然”,而研究荒山林小流域的主要目的则是“总结教训”。

第三节 原生林小流域的基本状况

一、概述

本书的研究共涉及3个原生林实验小流域,即1号小流域、2号小流域和3号小流域。3个小流域位于江西省龙南县九连山自然保护区虾蚣塘保护站和九连山国营营林林场下湖分场附近,约为 $24^{\circ}32' \sim 24^{\circ}33'N$ 和 $114^{\circ}27' \sim 114^{\circ}29'E$,海拔高度在620~920m之间,见图1-3和图1-4。

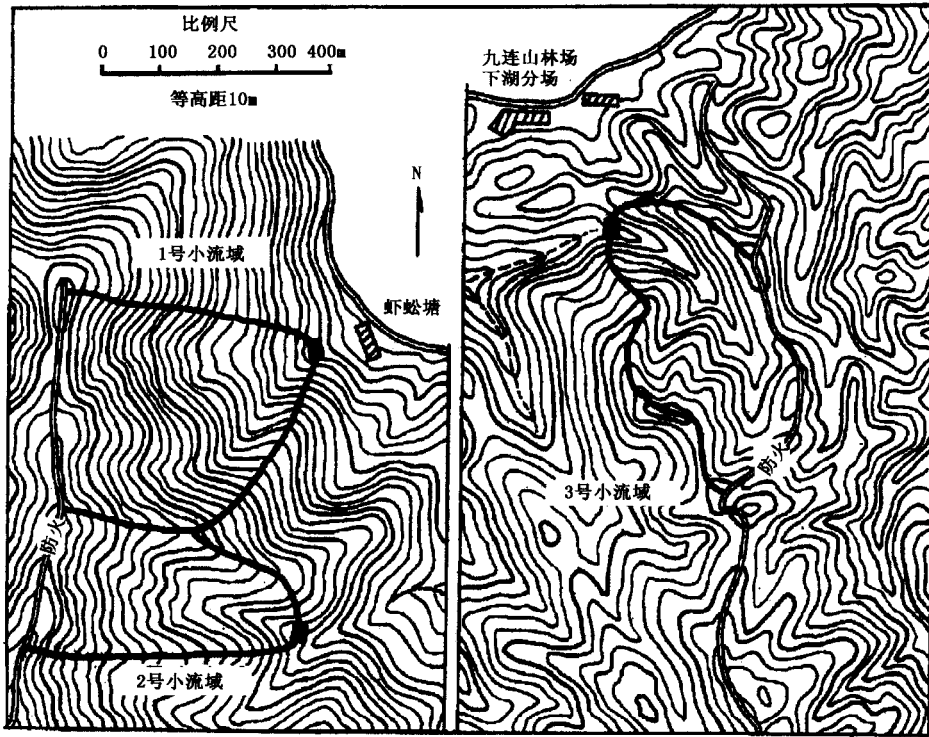


图 1-3 原生林实验小流域概图

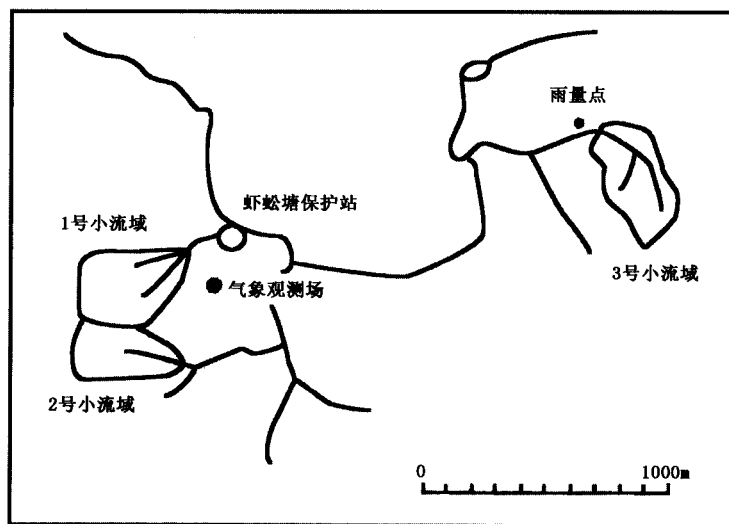


图 1-4 原生林实验小流域分布示意

这里是属于南岭的九连山的北坡起伏山地。观测小流域的母岩为寒武系和前寒武系的浅变质岩系，以青灰色砂岩和板岩为主。土壤为山地红黄壤，具有较厚的腐殖质层，厚度

一般为 15~25cm。土层也较厚，一般大于 50~100cm。植被为常绿阔叶林，覆盖率 96% 以上。生长良好，是一种多树种、多层次和多类型的天然阔叶林，上层林层平均高度可达 20m 以上。以壳斗科的常绿树种为建群种，常混有一般不超过 1/4（按株数）的落叶树种以及少量马尾松 *Pinus massoniana* 和杉木 *Cunninghamia lanceolata*。实验小流域的基本状况列于表 1-1。

表 1-1 原生林实验小流域的基本状况

小流域号	流域面积 (hm^2)	海拔高度 (m)		朝向	林况
		低	高		
1	14.4	620	890	NE	常绿阔叶林
2	8.5	720	920	E	常绿阔叶林
3	10.0	780	900	NW	经择伐恢复中的常绿阔叶林

从观测资料分析，1 号小流域因量水堰修建在致密混石黏性淤积层上而不是在出露的基岩上，所以表现出明显的漏水，即流量偏小而差数偏大。与 2 号和 3 号小流域相比较，其流量偏小（或差数偏大）250~800mm。这大体上推测为漏水量，即平均日漏水量约为 0.7~2.2mm。大体上有年降水量愈大则漏水量愈多的倾向。因此，1 号小流域的数据不用于年水平衡以及旱季流出的分析，而只用于泥沙流出研究以及雨季的暴雨增水、流出的过程分析。

二、气候

气象观测场设在九连山自然保护区虾蚣塘保护站附近，距 1 号和 2 号小流域各约为 100m 和 500m，位于山坡中部偏下的一块伐除林木后的空地上。空地面积很大，周围是常绿阔叶林的分布区。观测场围栏面积 16.5m × 14m，经人工平整而成。海拔高度约为 610m。此外，在 3 号小流域量水堰前约 30m 处另设有一个雨量点，海拔高度约为 780m。气象观测场 15 年平均的年平均气温 16.7℃，年降水量 1954.6mm，年平均相对湿度 85%，年水面蒸发（小型）836.9mm。主要气象要素的各月平均值见表 1-2 和图 1-5。

总的来说，这里是四季分明和湿润温暖的季风气候。10 月上旬至翌年 3 月多受北方季风的影响，其余时间则

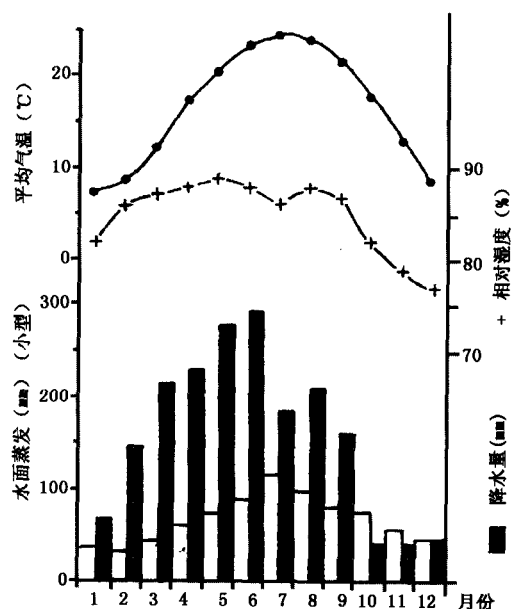


图 1-5 气象观测场各月的平均气温、降水量、平均相对湿度和水面蒸发（小型）（1982~1996 年的 15 年平均值）