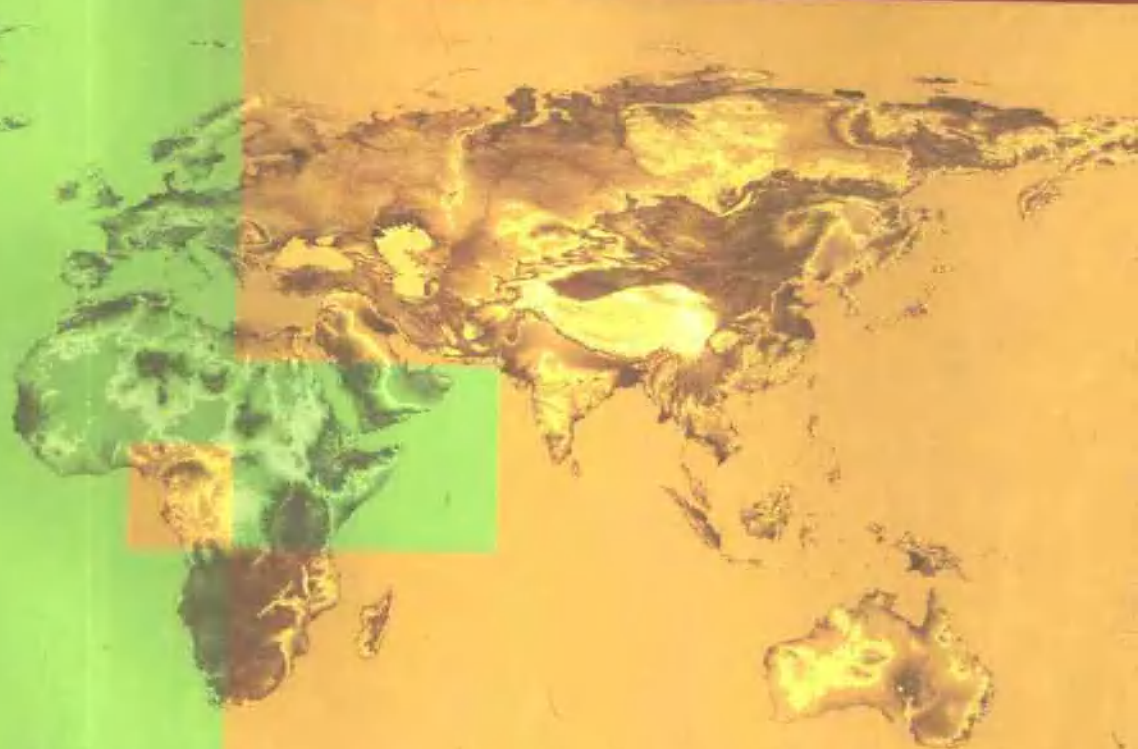


中国地理学会自然地理专业委员会 编

土地覆被变化 及其环境效应



星球地图出版社

土地覆被变化及其环境效应

中国地理学会自然地理专业委员会 编

星球地图出版社

2002年7月 北京

内容简介

本文集汇编了我国近年来土地利用和土地覆被变化(LUCC)研究的最新成果。内容涉及土地利用和土地覆被变化的研究进展与方法、驱动机制与环境效应,区域生态-生产优化结构,自然地理及相关学科的研究成果。

本书可供地理科学、环境科学、资源科学和生态学以及有关基础和应用学科的研究人员、大专院校师生及技术和管理人员参考。

土地覆被变化及其环境效应

中国地理学会自然地理专业委员会 编

星球地图出版社出版

新华书店发行

三河艺苑印刷厂印刷

787x1092 毫米 16 开本 36 25印张

印数 1-2000

2002 年 7 月第一版 2002 年 7 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-80104-739-7/k 502

定价: 39.80 元

序

全球环境变化与可持续发展是当今世界最引人注目和关切的重大问题，受到各国政府、科学界和社会公众的重视。这两个问题都与陆地表层系统中自然因素和人文因素的作用密切相关。全球环境变化研究自然和人文因素作用下发生的环境变化及其区域响应，而土地利用和土地覆被变化研究则是其中的热点和前沿领域。自 20 世纪 90 年代以来，土地利用与土地覆被变化研究围绕 IGBP 和 IHDP 的科学计划，开展了土地利用和土地覆被变化的分类系统、动态监测、动力机制、环境影响评价、区域和全球模型等方面的工作，取得了显著进展。

我国地处欧亚大陆东部，面临浩瀚的太平洋，三大地势阶梯和季风气候造就了青藏高原区、西北干旱区和东部季风区并列的空间格局，既有自南而北由赤道热带至寒温带的温度带变化，又有从东南向西北由湿润到干旱的水分梯度递变。这种地理地带性规律明显的、复杂的自然环境为全球环境变化研究构建了广阔的舞台；而中国悠长的历史、众多的人口和 50 多年来的快速变化又为土地利用和土地覆被变化的深入探讨提供了丰富的素材，可谓得天独厚。

我未专门做土地利用与土地覆被变化的研究工作，但有幸先浏览了此次会议组织者汇编的论文集初稿，从中学习了许多知识，初步了解我国在这一领域所取得的新成果。所收集的论文大多结合各自研究实践，重视理论和方法的探讨，阐述土地利用与土地

覆被变化的特征，揭示其驱动力机制与环境效应，提出有关结构优化的思考等。作者们针对研究区域中存在的问题提出了若干有建设性的发展建议和对策措施。这些都有助于在土地覆被变化及其环境效应领域的成果交流，丰富我们对土地覆被变化规律的认识。

土地利用与土地覆被变化研究一方面符合学科发展的前沿领域，是土地系统分析与评价、土地质量指标体系建立与生态环境效应预测的重要科学基础。另一方面，它要密切联系国家目标，和区域可持续发展结合起来，其研究成果要落实到土地利用的可持续性，重视土地管理在保护自然资源和生态环境中的作用。由于所涉及的研究现象非常复杂，不同时空尺度的数据资料来源不一，有关驱动力的分析也有很大差别。因而，土地利用与土地覆被变化领域的跨学科综合研究是十分必要的。

自然地理各分支学科、地理学与生态学之间需要交流和合作，自然科学与社会科学之间更需要开展合作，促进彼此渗透和互相融合。自然科学与社会科学之间要开展有效的综合研究，需要有共同的概念和语言，能联合提出研究计划和建议，发挥各自的长处和优点，在子项目中允许各自领域取得优异成果，要有长期合作的意愿和许诺，并有良好的交流和个人接触等。按照黄秉维先生的说法，就是要有一组人经常工作，彼此了解，逐渐变成一个彼此相识、能指臂相使的研究集体。虽然目前受体制结构、管理机制、学科传统以及人员素质等的限制，要组成有效的合作研究群体并不容易，而实现跨学科的综合研究更不是一朝一夕就能奏效的。但是我们应当认识到跨学科研究是理势所至，要朝这一方向努力，逐步拓展综合研究的内涵，探索在不同时空尺度下综合集成的理论与方法，将我们的研究水平提高一步，以加深对陆地

表层系统格局与过程相互耦合的认识，将其与全球环境变化和区域可持续发展密切结合起来。

这次中国地理学会自然地理专业委员会联合全国和地方的有关科研和教学的 8 个学术团体和单位，组织召开以“土地覆被变化及其环境效应”为主题的学术研讨会，得到同行学者的热烈响应。这种组织形式有利于不同部门单位人员之间的互相理解和接触，有助于不同学科领域之间的彼此交流与渗透，将促进跨学科的综合研究工作，是值得提倡和积极支持的。我希望自然地理学工作者能够继续发扬互相学习、促进交流、加强联合的良好风尚，为发展陆地系统科学的综合研究、关注人类家园的美好未来做出积极的贡献。



2002 年 6 月 18 日 北京

郑度，中国科学院院士、中国科学院地理科学与资源研究所研究员、中国科学院地理研究所原所长、中国地理学会自然地理专业委员会前任主任。

前 言

环境和资源是人类生存发展的依托，建立环境、资源与社会经济协调发展体系，则是实现可持续发展目标的关键，良好生态环境建设则是基础。人类自诞生以来的 200 万年，尤其是文明历史的几千年中，与资源环境的关系经历了史前被动适应、历史早期轻度利用、近代超载利用时期，目前正步入协调发展建设的起步时期。土地覆被和土地利用的时空变化，反映了人类与资源、环境的历史过程，是人地关系的一面镜子。因此，土地覆被与土地利用变化被视为当代科学研究的热点与前沿。以“土地覆被变化及其环境效应”为主题开展学术交流，旨在把握学科前沿动态、展示研究成果、提高认识、促进深化、拓宽领域、加快科学创新步伐，为学科研究理论提升、方法改进及为国家建设服务。

中国地理学会自然地理专业委员会，联合国际地圈·生物圈计划中国委员会土地利用/覆被变化工作组(CNC-IGBP-LUCC)、全国高等院校综合自然地理教学研究会和全国生物地理研究会等 8 个学术团体，将于 2002 年 8 月在云南昆明召开“土地覆被变化及其效应”学术讨论会。此次学术会议得到国家自然科学基金委员会地球科学部和星球地图出版社的支持，由云南师范大学旅游与地理科学学院承办。成立了由李秀彬、申元村、张镱锂、熊若蔚、明庆忠组成的会议筹备组和由申元村、张镱锂、明庆忠、王秀红、张洪业、张明、朱连奇、李香云、张蕾娜、周小萍、汪树华等组成的文集编辑组。文集内容分为 6 大部分：理论、方法创新及国内外研究进展；土地覆被/土地利用变化过程及其驱动机制；土地

覆被/土地利用变化与环境演变；土地覆被/土地利用变化与生态—生产优化结构；山地/高原土地利用与环境变化；自然地理及相关学科研究。体现了我国综合自然地理，尤其是土地覆被/土地利用变化研究的新进展。在论文审选中，申元村、张荣祖、黄荣金、杨勤业、张镱镱、陈田、谢高地、张洪业、李丽娟、王立新、朱会义、石培礼、刘彦随、刘盛和、王秀红、张明、朱连奇、摆万奇、闵庆文、鲁春霞、章予舒等先生承担了大量工作；张镱镱负黄全书统稿。在此，向在本书编辑中给予热情支持和帮助的各位专家、学者和先生致衷心感谢。这次会议收到近百篇论文，由于篇幅限制，仍有不少论文没能选进文集中来，谨表歉意。

自然地理专业委员会自 1962 年成立以来的半个世纪里，在前辈科学家黄秉维、林超、赵松乔、陈传康、郑度等组织下，坚持继承、发展、创新的优良传统，先后召开了“中国综合自然区划”、“自然地理过程”、“土地系统科学”、“国土整治”、“区域可持续发展”、“资源产业化开发”、“生物地理与土壤地理研究”、“生物资源和土壤资源保护与利用”、“全球变化区域响应研究”学术讨论会，并相编出版了 11 册论文集(见封 2、3)，展示了我国自然地理学者积履开展学科集设、服务国家和社会需求的足连。在人委进入知识经济、科技创新的 21 世纪里，相信自然地理学在实现国家可持续发展目标中，一定能取得更为辉煌的成绩。

中国地理学会自然地理专业委员会

2002 年 6 月 18 日

中国地理学会自然地理专业委员会编 学术会议论文集目录

- 1 《中国地理学会 1962 年自然区划讨论会论文集》，北京：科学出版社，1964
会议名称： “自然区划”学术讨论会。
会议时间： 1962 年 6 月 5-13 日
会议地点： 大连
主办单位： 中国地理学会，成立了中国地理学会自然地理专业委员会
- 2 《自然地理学与国土整治》，北京：科学出版社，1988
会议名称： 自然地理学与国土整治
会议时间： 1986 年 5 月下旬
会议地点： 北京市
主办单位： 中国地理学会自然地理专业委员会
- 3 《生物地理和土壤地理研究》，北京：科学出版社，1990
会议名称： 首届全国生物地理和土壤地理学术讨论会
会议时间： 1987 年 12 月 16-20 日
会议地点： 福州
主办单位： 中国地理学会自然地理专业委员会
承办单位： 福建师范大学地理系
- 4 《自然地理学与中国区域开发》，武汉：湖北教育出版社，1990
会议名称： 自然地理学与中国区域研究和资源开发
会议时间： 1988 年 11 月 1-4 日
会议地点： 武汉市
主办单位： 中国地理学会自然地理专业委员会
承办单位： 华中师范大学地理系
- 5 《生物和土壤资源利用与保护》，北京：科学出版社，1993
会议名称： 第三次生物地理与土壤地理学术讨论会
会议时间： 1992 年 9 月 10-14 日
会议地点： 西安
主办单位： 中国地理学会自然地理专业委员会
承办单位： 西北大学地理系
- 6 《区域开发理论与实践》，北京：中国商业出版社，1994
会议名称： 建设地理暨武陵地区综合开发
会议时间： 1994 年 5 月 27-31 日
会议地点： 湖南省永州市
主办单位： 中国地理学会自然地理专业委员会
承办单位： 湖南省零陵地区行政公署，湖南师范大学地理学

1994.5.24

中国地理学会自然地理专业委员会编 学术会议论文集目录

- 7 《自然地理学与建设地理学》(内部), 北京: 北京大学出版社, 1994
会议名称: 自然地理学与建设地理学
会议时间: 1991 年 11 月 8~23 日
会议地点: 陕西省渭南
主办单位: 中国地理学会自然地理专业委员会
承办单位: 陕西省渭南行署计划委员会
- 8 《区域可持续发展研究》, 北京: 中国环境科学出版社, 1997
会议名称: 区域可持续发展
会议时间: 1996 年 11 月 6~10 日
会议地点: 郑州市
主办单位: 中国地理学会自然地理专业委员会, 人文地理专业委员会, 经济地理专业委员会
承办单位: 河南省地理研究所
协办单位: 河南大学
- 9 《资源产业化开发与生态环境建设》, 北京: 中国环境科学出版社, 1999
会议名称: 资源产业化开发与生态环境建设
会议时间: 1998 年 10 月 10~14 日
会议地点: 西安
主办单位: 中国地理学会自然地理专业委员会
承办单位: 陕西师范大学旅游与环境学院
- 10 《全球变化区域响应研究》, 北京: 人民教育出版社, 2000
会议名称: 全球变化的区域响应与自然地理学创新
会议时间: 2000 年 10 月 13~15 日
会议地点: 长沙
主办单位: 中国地理学会自然地理专业委员会
承办单位: 湖南师范大学国土学院
- 11 《土地覆被变化及其环境效应》, 北京: 星球地图出版社, 2002
会议名称: 土地覆被变化及其环境效应
会议时间: 2002 年 8 月 18~25 日
会议地点: 昆明
主办单位: 中国地理学会自然地理专业委员会和 CNC-IGBP-LUCC 工作组等
承办单位: 云南师范大学旅游与地理科学学院

目 录

序	郑度 (1)
---	--------

前言	中国地理学会自然地理专业委员会 (iv)
----	----------------------

土地利用/土地覆被变化研究综述和方法探讨

土地覆被变化的水文水资源效应研究

——社会需求与科学问题	李秀彬 (1)
-------------	---------

近年来我国土地利用/覆被变化研究的进展	倪绍祥等 (7)
---------------------	----------

西北地区土地利用/土地覆被若干理论与实践问题	伍光和等 (16)
------------------------	-----------

土地覆盖侵蚀动态的遥感、GIS 与灰色预测模型研究

——以南方山地丘陵区为例	张佳华等 (22)
--------------	-----------

现实植被的质与量

——一种基于生物多样性评价的植被变化研究方法	李迈和等 (27)
------------------------	-----------

土地利用/覆被变化研究的新视角——土地利用转型	龙花楼 (36)
-------------------------	----------

土地利用/覆被变化对生物多样性的影响	丘君等 (42)
--------------------	----------

土地整理生态评价的原理探讨	王军等 (51)
---------------	----------

喀斯特地区土地整理中景观生态学方法的应用

——以重庆市涪陵区荒田片区为例	刘宗群等 (57)
-----------------	-----------

锡林河流域草原植被生长季特征时间的卫星遥感分析	温刚等 (65)
-------------------------	----------

研究土地劳动力承载能力的意义和途径	张洪业等 (71)
-------------------	-----------

城镇地价指数编制的研究	杨肖丽等 (78)
-------------	-----------

土地利用/土地覆被变化及其驱动机制

中国近期土地利用变化的空间格局与驱动力分析	刘纪远等 (88)
-----------------------	-----------

中国西部地区土地利用业化态势分析	何书金等 (99)
------------------	-----------

洞庭湖区近 10 年土地利用/覆盖时空变化特征	李仁东等 (107)
-------------------------	------------

区域土地利用结构空间分异研究——以鲁西北地区为例	王秀红 (116)
--------------------------	-----------

河西走廊土地利用/覆被变化研究——以张掖绿洲为例	蒙古军等 (123)
--------------------------	------------

滇西北怒江流域土地覆盖变化特征分析	王金亮等 (130)
-------------------	------------

小流域土地综合分区与利用初步研究	明庆忠等 (141)
------------------	------------

梭磨河流域土地利用变化分析	陈军锋(148)
北京市土地利用变化的空间格局初步研究	庄大方等(156)
北京城市边缘区土地利用变化的空间分析	刘盛和(164)
广西南宁市土地利用/覆被变化及其机制分析	周兴(176)
我国耕地变化特征与驱动因子分析	吕昌河(181)
近50年我国北方农牧交错区的耕地变化及其政策因素分析	
——以赤峰市为例	张永民等(187)
中国特大城市土地集约利用探讨	谈明洪等(197)
土地利用变化动态模型研究	
——以北京市门头沟区永定镇为例	程锋等(207)
土地利用/土地覆被变化与环境演变	
如何定量评价土地利用的可持续性	蔡运龙等(215)
环渤海地区土地利用变化的未来趋势	来会议等(226)
天山北麓50年绿洲扩张与生态环境变化	程维明等(235)
区域土地利用与生态环境演化分析	黄淑芳等(246)
长江口潮滩表层沉积物有机微污染物分布	
及其生态风险评价	刘敏等(251)
西苕溪流域土地利用/覆被变化及其水环境效应研究	于兴修等(259)
河南省洛宁县森林覆被及其变化的分形分析	马建华等(269)
人类活动对城市植被的影响——以广州为例	管东生等(277)
土地利用/土地覆被变化与区域生态-生产优化结构	
东南沿海经济区土地利用变化的特点与调整策略	
——以闽东南经济开放与开发区为例	朱鹤健(285)
中国的生态地理区域与黄土高原的植被恢复	杨勤业(293)
黄土高原有效防治水土流失, 加快生态环境建设步伐	
途径与对策研究	申元村(300)
土地利用/覆被变化与生态-生产结构优化	
——以黄河三角洲“台田-鱼塘”开发的效应为例	许学工等(310)
Hemeroby, PNV与退耕还林地植被重建	杨健等(318)
流域生态系统管理与生态补偿	陈利顶等(325)

基于土地覆被变化的流域生态安全格局分析	
——以内蒙古皇甫川流域为例	唐海洋等 (334)
新疆艾比湖区生态环境退化与改善对策	陈亚宁等 (340)
荒漠环境植丛与生态建设	黄培祐 (346)
土地覆被变化与可持续发展	张文祥等 (353)
福建沿海地区生态农业发展模式研究	巫丽芸 (358)
西北干旱区生态农业可持续发展研究	
——以新疆维吾尔自治区新和县为例	张军涛 (363)
山西省耕地可持续利用的思考	马义娟 (369)
耕地单产波动对区域生态系统变化的指示研究	
——以河北省承德市为例	闫永路等 (376)
从降水资源看黄土高原地区的植被生态建设	闵庆文等 (384)
山地/高原土地利用与环境变化	
兰州至西宁铁路沿线区域土地利用和景观格局变化	张镜铨等 (393)
小兴安岭人工云冷杉林凋落物层土壤动物群落动态研究	殷秀琴等 (403)
皖南地区农业生态系统土壤动物群落多样性研究	王宗英 (410)
庐山森林土壤动物群落研究	汪权芳等 (419)
苏州环太湖山地资源开发与生态环境变化的研究	单鹏飞等 (428)
福建高夷平面山区自然资源可持续利用问题	黄义雄等 (433)
自然地理及其它相关学科研究	
中国区域地理改革趋向	赵济 (439)
加入 WTO 后的中国征用土地管理	刘卫东 (444)
自然地理学发展的历史与动态初探	邓宏兵 (450)
我国西北地区几个生态问题及其对策	林媚珍 (457)
中国西部地区沙漠化现状及防治建议	苏志珠 (463)
云州水萍流域水文特征分析	张蕾娜 (472)
河北坝上农牧复合生态系统中土壤性状变化特征	赵焯等 (479)
可持续发展的自然资源价值核算方法探讨	葛京凤等 (485)
塔里木河流域源流区水资源系统不确定性分析	
——基于 III 型乘法频率曲线	李香云等 (492)
基于灰色模型优化的区域稻谷单产动态分析	晏建明 (500)

福建省城镇建设用地经济效益分析	韦素琼等 (508)
土壤有机质光谱响应特征性研究	沙晋明等 (512)
山东历史时期人口的增长与天然植被的消逝	赵善伦 (520)
山西省入境旅游市场竞争态分析	李景宜 (525)
云南迪庆碧塔海、纳帕海、属都海旅游可持续发展研究	陈颖等 (530)
雍正末年陕境黄土高原民、屯土地数字试解	侯雨坚 (537)
大地等效电导率研究与城镇建筑	陈洪卿等 (548)
中国地理学会自然地理专业委员会委员名单	(553)
中国地理学会自然地理专业委员会会议文集目录	封 2-3

土地覆被变化的水文水资源效应研究

——社会需求与科学问题

李秀彬

中国科学院地理科学与资源研究所 北京 100101

1 引言

自 1990 年代国际上全球环境变化研究领域开始普遍重视土地利用/土地覆被变化 (LUCC) 以来, LUCC 环境效应方面的研究工作主要集中在对碳循环和物理气候等全球尺度环境变化的影响上。近年来, LUCC 在区域尺度上的环境效应得到了学术界的重视^[1-4]。这一方面是由于 LUCC 过程的区域差异很大; 更重要的原因在于生态建设往往通过改变土地利用方式实现, LUCC 区域环境效应的评估与国家可持续发展战略决策关系重大^[5]。

地表覆被的变化通过对蒸发的影响直接作用于水文过程。此外, 植被类型、植被盖度、土地利用方式也对流域产流有很大的影响。LUCC 通过与流域水文过程的联系, 进而影响到以水为纽带的地表物质的迁移。加上政策和市场因素往往通过土地利用方式的改变作用于资源环境系统, 因而 LUCC 的水文效应模拟成为区域资源问碳、环境问题及生态问碳上政策分析的重要手段。

本文在对国内外相关研究工作综述的基础上, 对这方面的社会需求和科学问题进行探讨。旨在促进国内自然地理学领域对土地覆被变化环境效应的研究。

2 社会需求

1998 年夏季长江流域和松花江流域大洪水两个灾害事件发生以后, 传媒和学术界普遍将原因归结为土地利用/土地覆被的变化, 政府大力推行上游地区退耕还林还草政策。然而, 也有学者对此提出质疑, 认为 LUCC 的作用有被夸大之嫌^[6]。其实, 有关森林水文效应的争论长期存在^[7-9]。在我国, 以 1980 年代初黄秉维发表的“碳切地估计森林的作用”和“再谈森林

的作用”两篇论文以及围绕这些论文的论争，在学术界和政府管理部门的影响最大^[10,11]。这一争论也不只限于中国^[12]。孟加拉国、欧洲中西部地区发生大洪水后，国外舆论也多把原因简单地归结到喜马拉雅山区和阿尔卑斯山区的土地利用和土地退化^[13]。2000年，FAO就此争论召开了“土地-水关系”的网上国际学术研讨会^[14]；国际农业研究磋商小组（CGIAR）也出版了有关争论的评述文章^[15]；IGBP/IHDP-LUCC项目最近也把土地与水的关系列为该核心项目的优先科学问题^[16]。

一般来讲，植被覆盖度的增大，在雨季会增加截留量，在旱季会增加蒸散发。其结果可能加重季节性的土壤水分亏缺，使总径流和枯水径流减少。如果这一假设成立，那么又引发了另一个问题：我国目前的生态建设均以上游水土保持为首要目标，以退耕还林还草和荒山造林为主要措施。已有学者提出疑问：这些措施会否造成下游地区可用水资源量的减少^[17]？要知道，人口稠密的大城市多分布在下游地区，而水资源短缺已经成为阻碍我国城市发展最为严重的资源问题。像北京、天津等北方城市，生活用水主要依赖集水区下游的水库。然而，近年来上游河流入库水量减少，水库可用水资源量频频告急。我国各级政府为了促进经济持续增长，目前正大力推进加快城市化的各种政策。假如不考虑其他水源和用水结构的变化，城市化可能会进一步加重水资源的紧缺。

土地利用与水的关系，始终密不可分。水多成洪，作物受淹；地下水位高，盐碱成害；地下水位低，干旱加重。生产生活用水增加，留给生态的水资源减少；上游用水增加，留给下游的水资源减少。因此，相关决策应该综合各方面的得失，做到兼顾资源和生态，统筹上游和下游。这是人人皆知的道理，然而如何做到，则需要科学的评估。上述第一个问题，涉及到如何评估土地覆被变化的洪水灾害效应；第二个问题涉及到如何评估土地覆被变化的水资源效应。此外，我国目前存在的许多严重的环境问题，也需要土地利用变化水文水资源效应的评估。例如，平原地区地下水位的下降、河湖水库的污染等，都与土地利用变化关系密切。然而，无论哪一个问题，都是多种因素相互交织、错综复杂。定量地评估各种因素的影响程度，从“有无逻辑”到“程度分析”，是科学探索的关键所在。

3 科学问题

土地覆被变化在整个流域上水文效应的早期研究大都采用试验流域的方法^[9]，包括：（1）控制流域法，即尽量选取条件相似的相邻流域，采用相同的方法进行平行水文观测。一定的时期后，将其中的一个流域保持原状（控制流域），对其余流域进行短期或连续的实验处理（处理流域）。然后根据处理前后控制流域与处理流域水文要素的变化，来分析土地覆被变化对水文效应的影响；（2）单独流域法，即同一流域的标准期与处理期比较；

(3) 平行流域法, 即选择除植被条件外, 其它水文条件大致相同的几个相邻流域, 对径流情况及各种径流特征值直接进行比较; (4) 多数并列流域法, 即在同一地区尽可能地选择自然条件不同的多个流域进行同样的水文观测, 用获得的水文资料进行回归分析、方差分析、主因子数量化解析等。

试验流域法把土地覆被水文效应的评估带入科学的途径^[7]。但这种方法也有其局限性。试验流域通常为小流域, 采用的分析方法多为统计方法; 野外影响水文效应的因素错综复杂, 难以抓住主要因子, 即使找到也难以控制, 研究周期长, 可对比性差; 而且无论哪种对比都不严格, 找两个条件完全相同的流域是不可能的。即使是同一个流域, 在用于对比的两个标准期内流域的各种条件也不会完全相同^[9]。关键问题是, 试验流域的方法难以像农田对比试验那样做到那么多的组合, 而山地立地条件的多样性又远比农田复杂, 理论上要求更多的条件组合^[17]。

另一种方法是特征变量的时间序列分析法。即针对一个流域, 选择较长时间段上反映土地覆被变化水文效应的特征参数, 尽量剔除其他因素的作用, 从特征参数的变化趋势上评估土地覆被变化的效应。无论是直接影响蒸发, 还是延迟产流, 从较长时间尺度上讲, 土地覆被变化的水文效应最终表现在流域水量平衡的蒸发分量上。因此, 反应蒸发分量的径流指数 (RC) 不失为一个较好的反应 LUCC 水文效应的工具^[4]。许多学者用这一水文特征参数评估十年际 LUCC 的水文效应^[4,6]。与此方法类似, 也可绘制降水量与径流量在连续时间段上的双累积曲线, 查看曲线的拐点是否与土地利用/土地覆被变化的时间吻合。

特征变量时间序列法虽简便易行, 却也很容易造成“误判”。因为径流系数或者流域蒸发的变化有可能是由人类的土地利用引起, 也可能是土壤湿度、大气蒸发需求 (包括辐射和气温)、降雨强度类型等自然因素以及这些因素的综合效应造成的。我们在长江上游梭磨河流域的研究, 发现该流域自 1960 到 2000 年间 0~10mm 降水日数和降水量减少, 15~25mm 降水日数和降水量增加。气候上的这种变化与土地覆被变化一样, 都对径流系数的增大具有贡献^[18]。在这种情况下, 特征变量时间序列法对于土地覆被变化水文效应的评估, 就难以发挥作用了。

试验流域和特征变量时间序列法的局限性可以部分地借助室内模拟实验和数学模型模拟的手段来克服。就模型手段而言, 研究流域水文过程的数学模型自 1960 年代以来, 随着计算机技术的发展, 有了长足的进步^[19]。例如, 基于 GIS 技术的具有物理基础的分布式模型、基于水文响应单元 (HRU) 的经验性模型以及半分布式的地形指数模型^[20-25]。

然而, 用模型模拟手段评估土地覆被变化对流域水文过程的影响, 只是在最近几年才吸引了更多学者的注意^[19]。有些研究者研制一些专门针对土地覆被变化水文效应评估的模型, 例如国际应用系统分析研究所 (IIASA)