

张灿强 著

Response of Streamflow to Climate Change
and Land Use and Land Cover Change

气候变化与土地利用/覆被变化的 水文响应



化学工业出版社

丁以明 王 白

Response of Streamflow to Climate Change
and Land Use and Land Cover Change

气候变化与土地利用/覆被变化的 水文响应



化学工业出版社

· 北京 ·

《气候变化与土地利用/覆被变化的水文响应》是作者对太湖地区西苕溪小流域进行研究的成果总结。

全书共分为7章,内容主要包括绪论、流域土地利用、覆被变化与景观格局分析、流域降水径流变化及其关系分析、径流对气候变化和人类活动的响应、基于InVEST模型的流域径流模拟、未来情景的水文水资源响应、结论与展望。

本书可供水文水资源科学、资源科学、地理科学、环境科学与工程、水利工程、水土保持工程等领域的人员阅读使用,也可供高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

气候变化与土地利用/覆被变化的水文响应/张灿强
著. —北京:化学工业出版社,2014.3
ISBN 978-7-122-19671-2

I. ①气… II. ①张… III. ①气候变化-影响-环境
水文学②土地利用-影响-环境水文学 IV. ①X143

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第020392号

责任编辑:袁海燕 陈丽
责任校对:宋玮



出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 装:北京云浩印刷有限责任公司
710mm×1000mm 1/16 印张8 彩插4 字数138千字
2014年5月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:58.00元

版权所有 违者必究

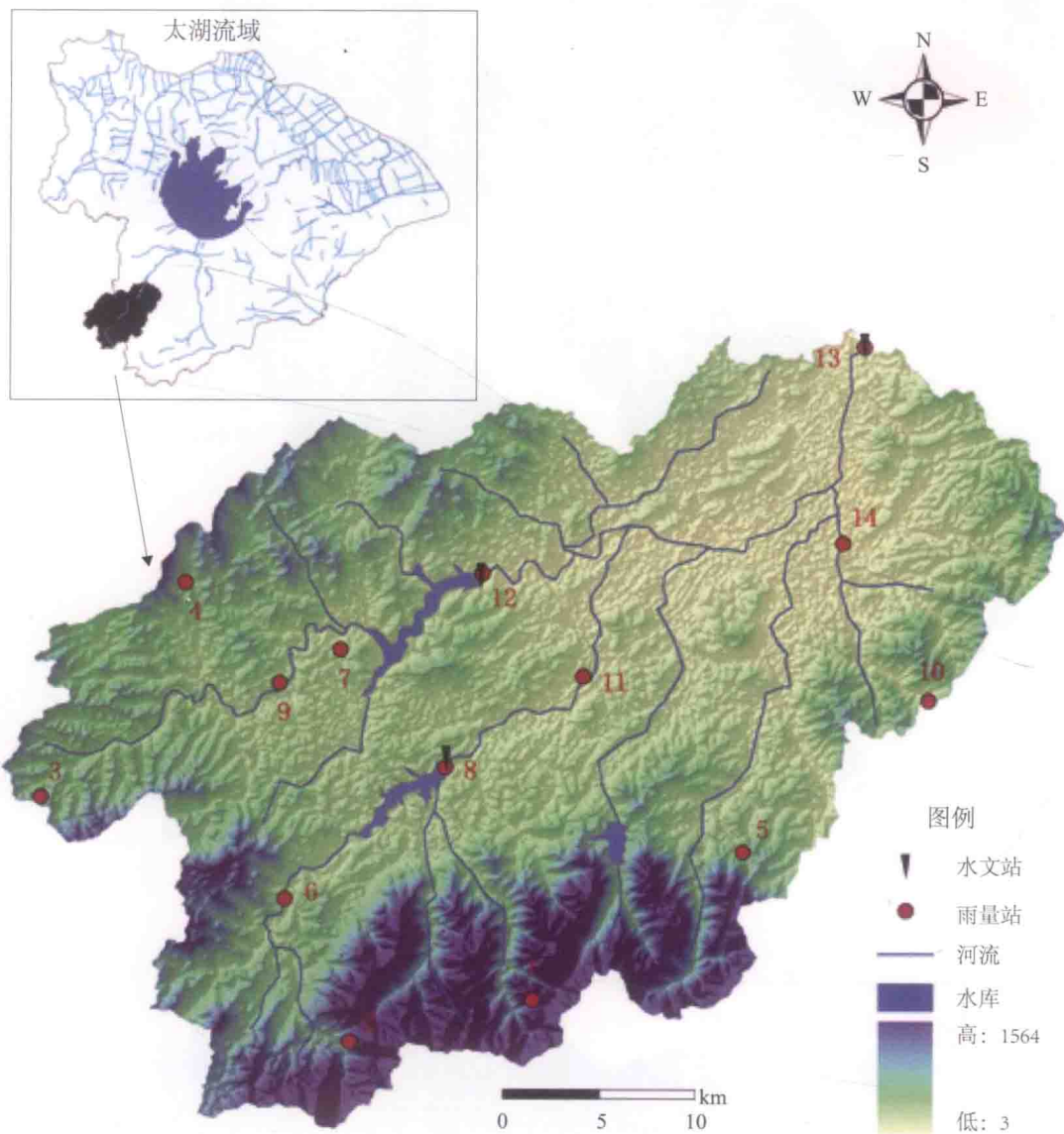


图2-1 流域地理位置

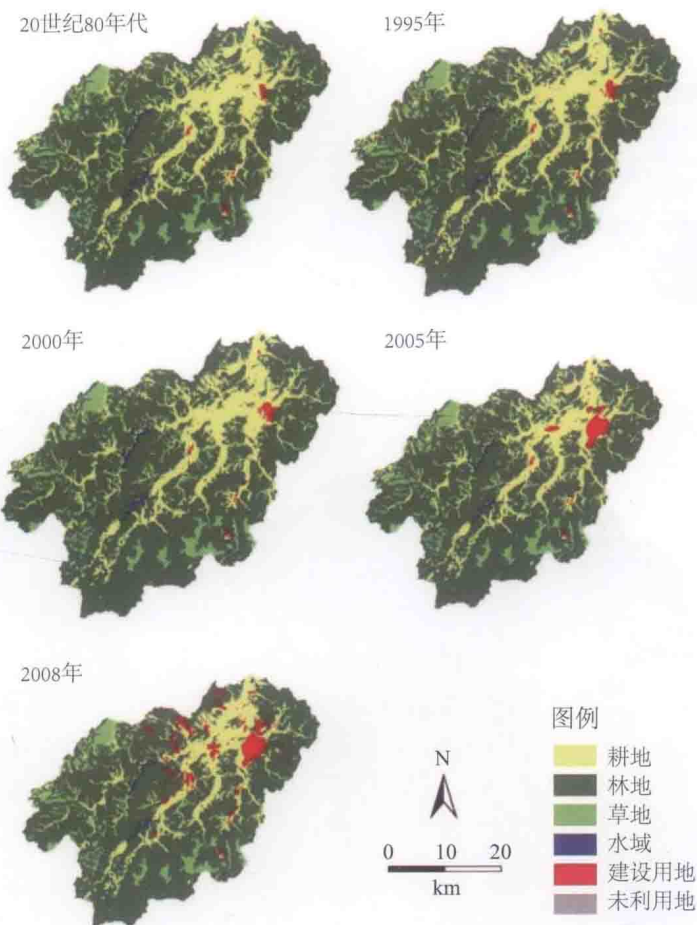


图2-3 流域各期土地利用/覆被图

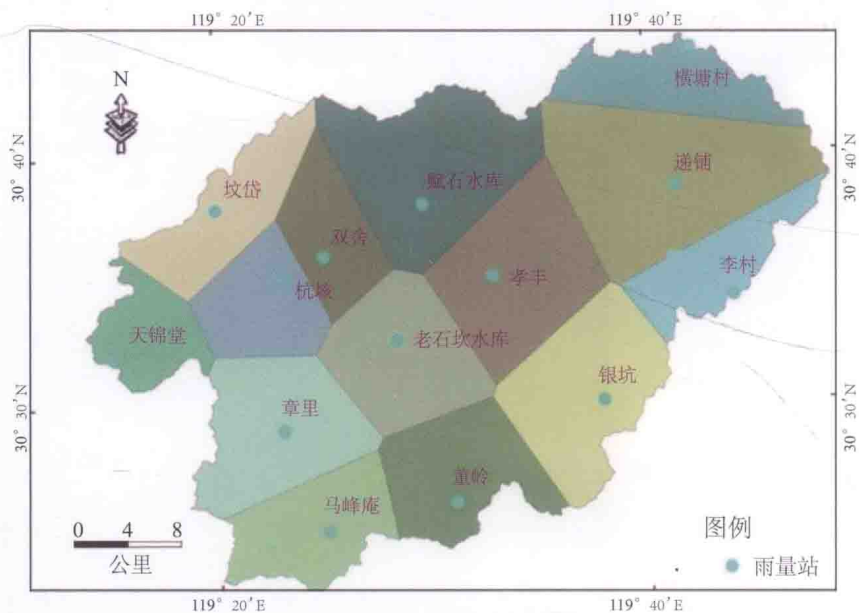


图3-4 雨量站及其控制区域图

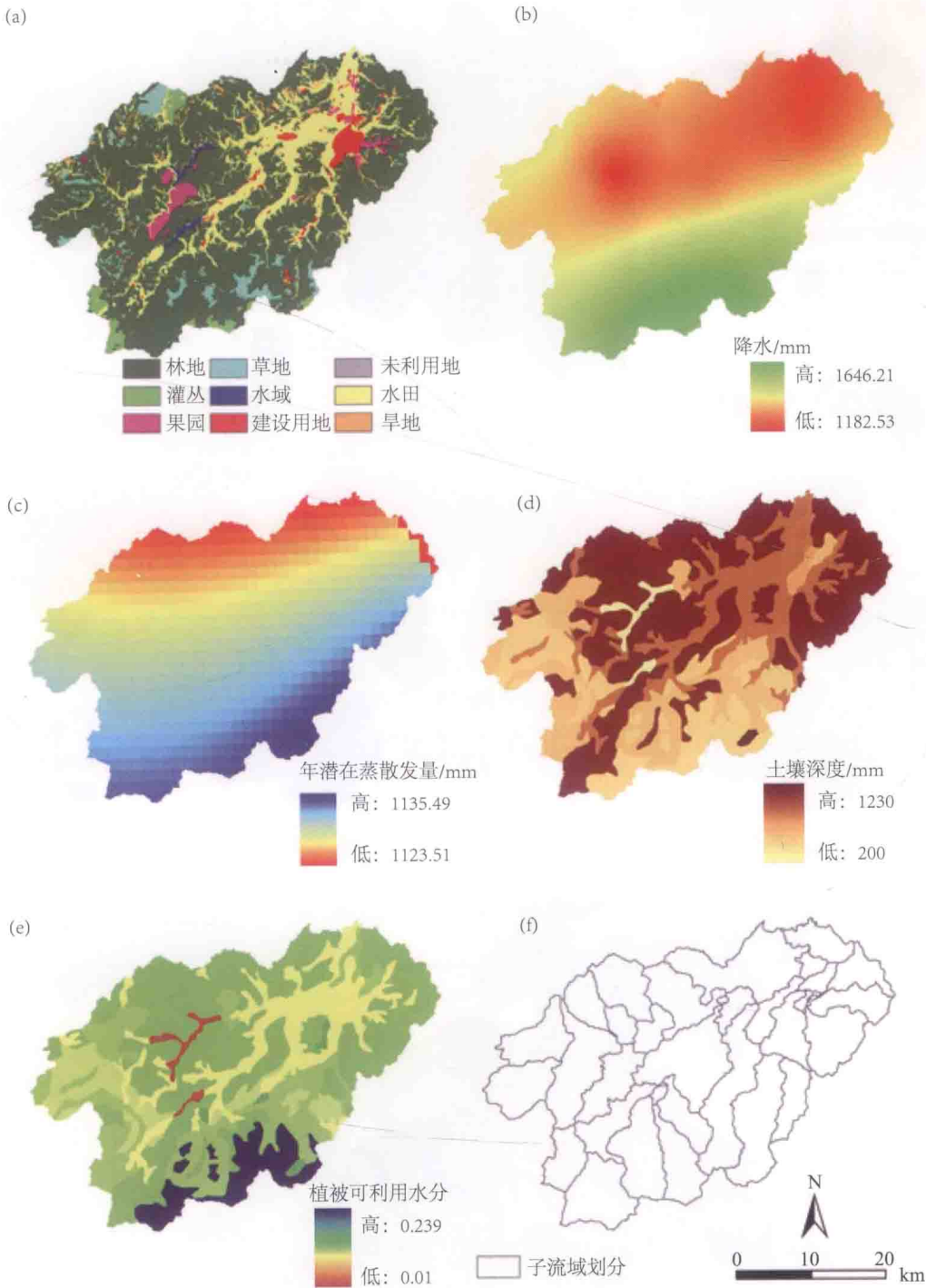


图5-2 InVEST模型主要数据

(a)土地利用/覆被；(b)年均降水量；(c)年潜在蒸散发量；(d)土壤深度；
(e)植被可利用水分；(f)流域及子流域划分

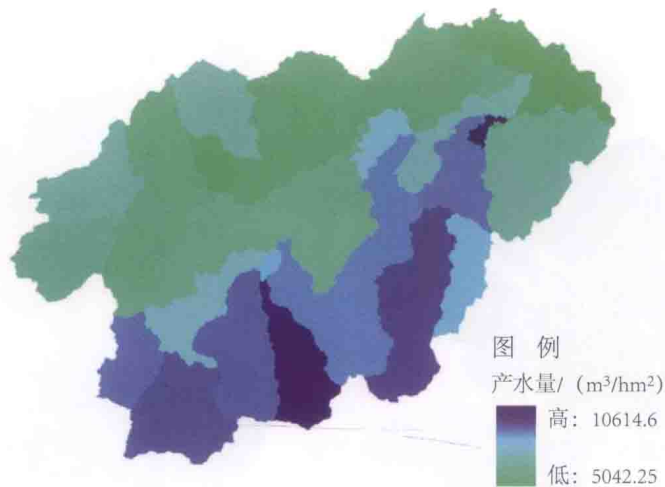


图5-4 流域产水分布

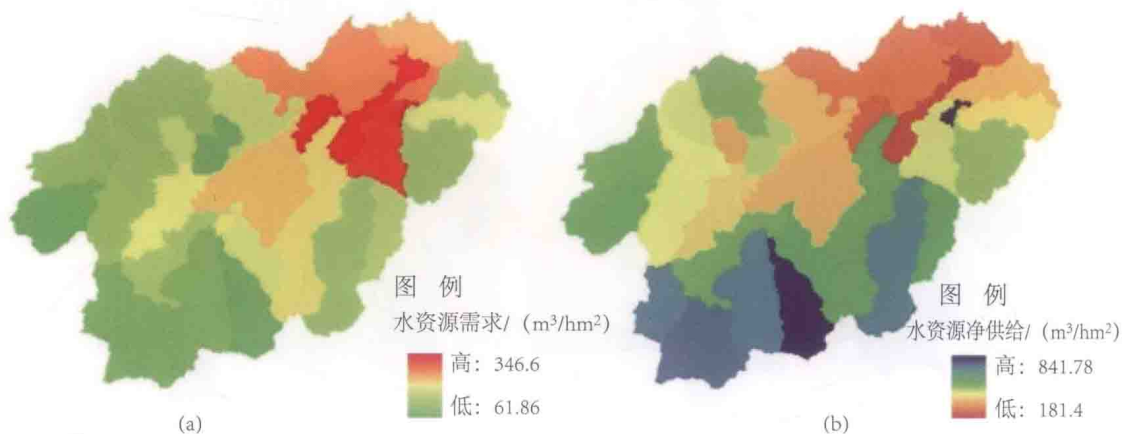


图5-5 流域水资源需求与净供给

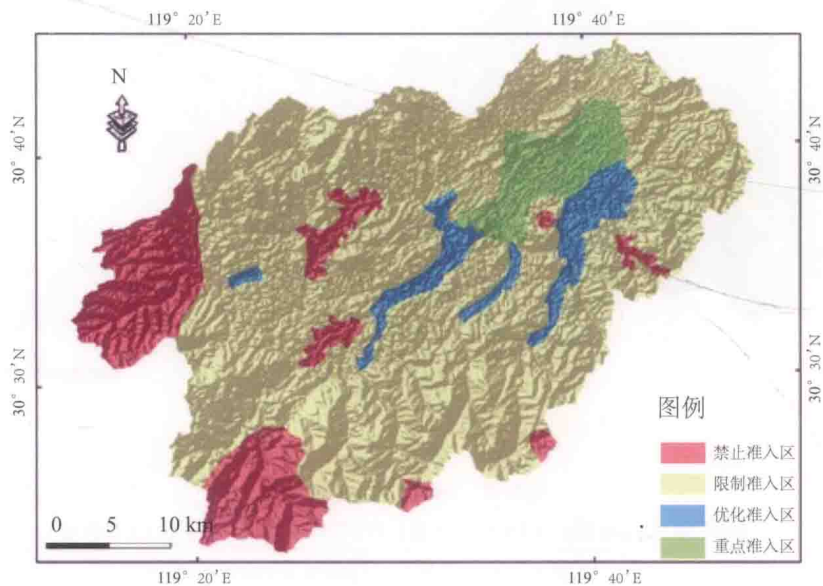


图6-2 研究区生态环境功能区划

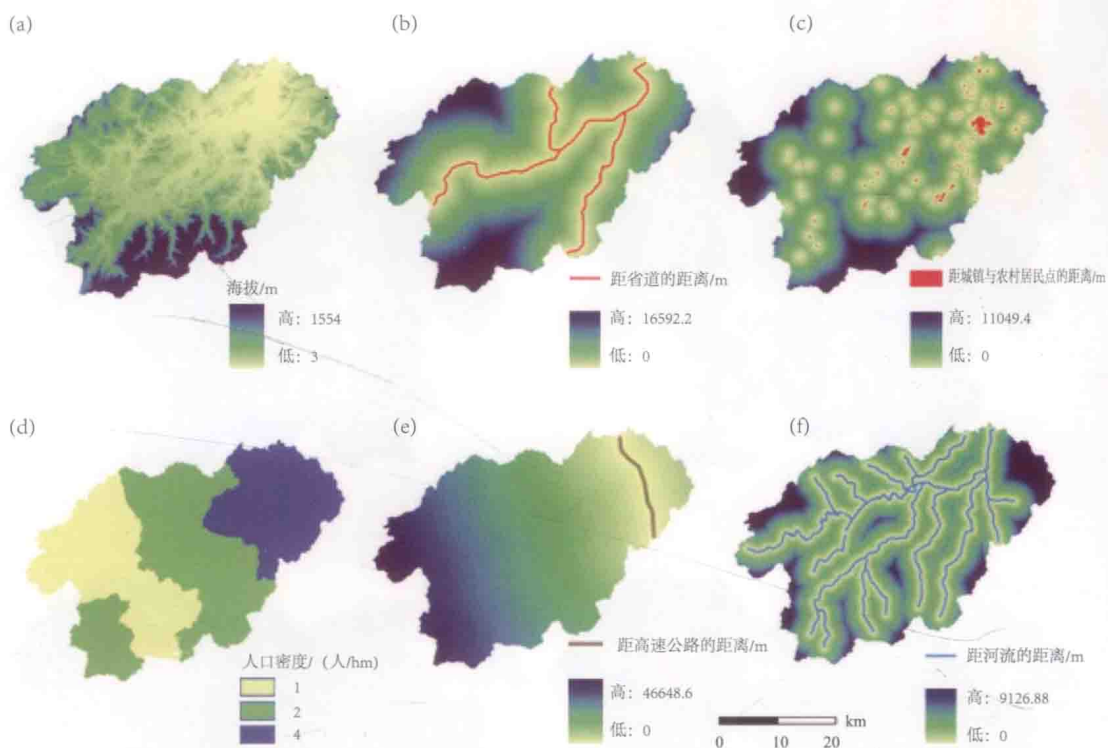


图6-3 驱动因子空间图

(a) 海拔；(b) 距省道的距离；(c) 距农村和城镇居民点的距离；
(d) 人口密度；(e) 距高速公路的距离；(f) 距河流的距离

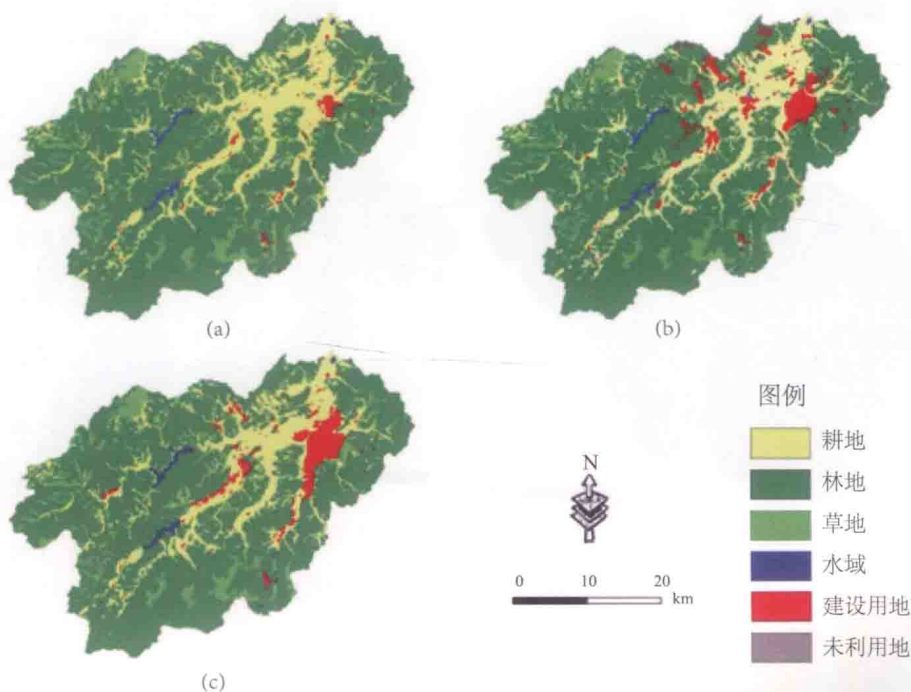
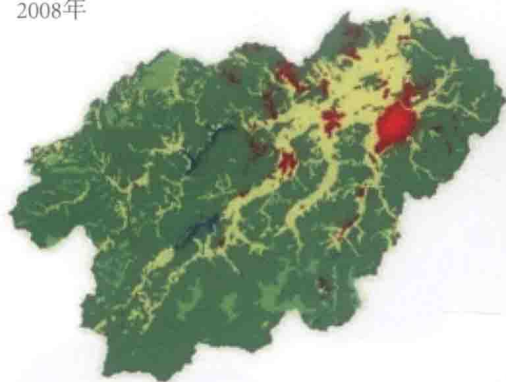


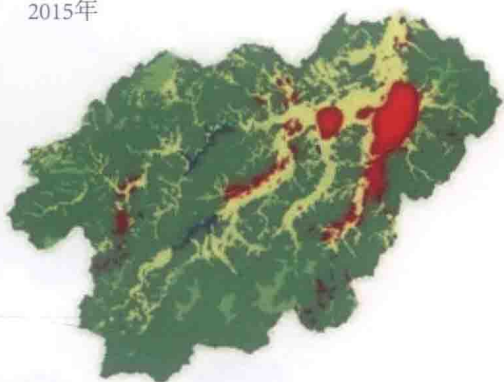
图6-4 实际与模拟土地利用图

(a) 2000年实际土地利用图；(b) 2008年实际土地利用图；(c) 2008年模拟土地利用图

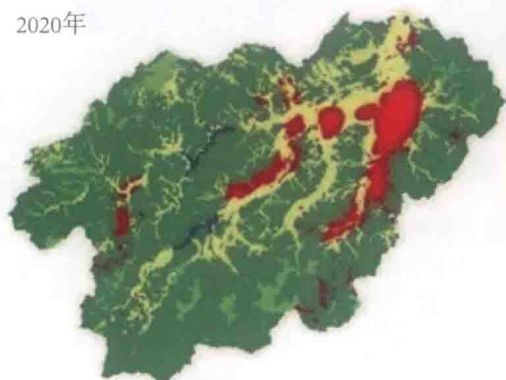
2008年



2015年



2020年



2025年



2030年

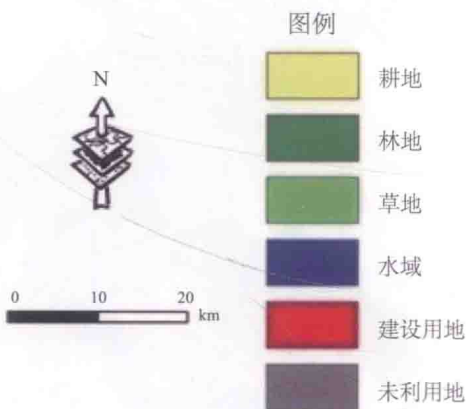
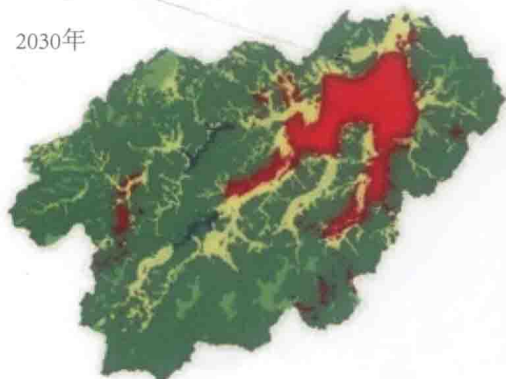


图6-8 现状增长情景流域土地利用格局

2008年

2015年

2020年

2025年

2030年

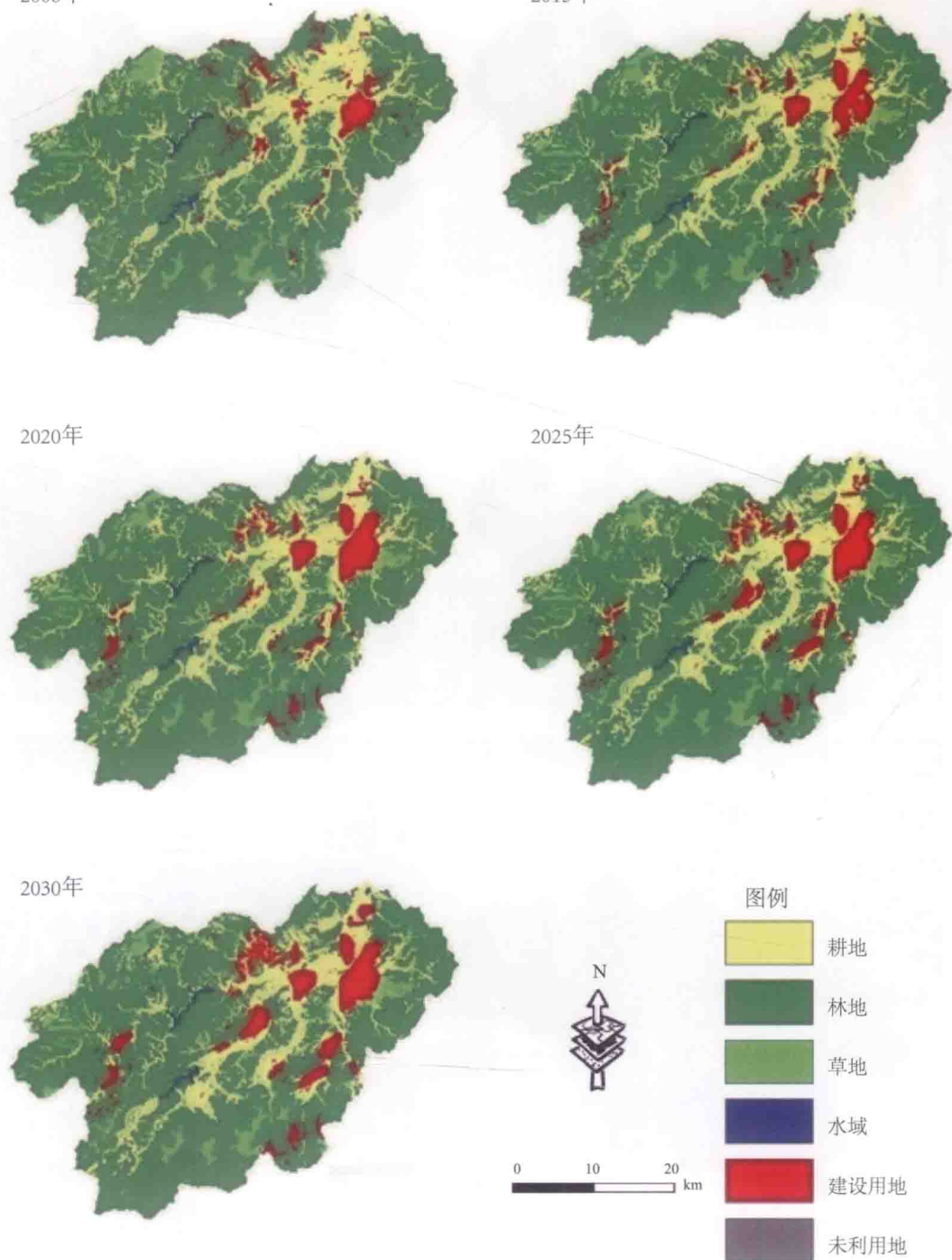


图6-9 规划发展情景流域土地利用格局

2008年

2015年

2020年

2025年

2030年

图例



0 10 20 km

图6-10 生态保护情景流域土地利用格局

序

随着科学技术的进步,人类改造自然的能力空前加强,地球表面的土地利用/覆被状况发生了巨大变化,影响了地表的产汇流机制,深刻扰动着天然水循环过程。此外,全球气候变化的幅度和频率大大增加,直接影响降水、蒸发、径流、土壤含水量等水文要素。应对气候变化、实现水资源可持续利用是人类共同面临的重大课题。在此背景下,“变化环境下的水文循环研究”成为全球水系统项目等多个国际研究机构的重要科学问题和研究热点,全球变化与可持续的水资源管理也被我国列为重大科学研究计划的内容之一。

在气候变化和人类活动的双重影响下,流域水循环过程变得更为复杂,尤其在人类活动频繁、水生态环境扰动较大的流域,深入认识水循环规律,对水土资源综合管理和社会经济可持续发展具有重要意义。然而,必须认识到,开展变化环境下的水循环研究带有综合性和复杂性,涉及水文、地理、气候、生态等多个学科和领域,这给相关研究带来不小的困难。

张灿强是我指导的博士研究生,自2009年考入中科院地理科学与资源研究所以后,他系统学习了生态学、资源科学、水文水资源、GIS等基本理论知识,加上他有经济学专业背景,在跨学科研究方面具备一定的能力。他全程参与了国家水体污染控制与治理科技重大专项“太湖流域水生态功能分区与质量目标管理技术示范研究”,在参与课题研究过程中,他逐渐认识到流域水循环呈现明显的“天然-人工”二元演化特征,在博士论文中他抓住气候变化和土地利用/覆被变化这两个关键影响因素,选择太湖上游西苕溪小流域开展水文水资源响应研究。在写作过程中,他克服种种困难,首先数据收集是一项繁琐而艰巨的任务,不仅涉及降水、径流、气温、土壤、土地利用/覆被、社会经济等数据,而且这些数据需要较长时间序列。其次是模型与方法选择,在综合比较的基础上,他采用众多的分析方法和模拟模型,既包括传统经典的模型也包括国际上最新开发的模型。值得欣慰的是,张灿强的论文做了一些有意义的探索性工作。首先,他通过划分径流响应的基准期和变

化期，构建气候变化对径流的驱动模型，有效区分了气候变化和人类活动对径流的影响。其次，他将水文模型与土地利用模拟模型和气候变化分析模型耦合使用并进行情景分析，为变化环境的水文水资源响应研究提供了一套有效的工具。当然，他的研究也有一些不足之处，如气候变化和土地利用/覆被变化对水循环的影响机理等尚有待进一步深入研究。

希望本书的出版对水文水资源和气候变化相关研究以及水土资源综合管理提供一定的参考和借鉴。

特为之序。

中国工程院院士

李文华

2013年11月

前言

气候变化和人类活动驱动的土地利用/覆被变化深刻扰动着流域水循环过程,并引发一系列资源、环境与生态效应。目前人类正面临全球气候变化的巨大挑战,中国也不例外,此外,中国的城市化进程史无前例,城市面积和规模不断扩张。开展变化环境的水文响应研究对深入认识流域水循环过程具有重要意义,同时也是进行流域水土资源综合管理与可持续利用以及采取气候变化适应对策的理论基础和现实需求。

太湖流域是我国经济最发达、大中城市最密集的地区之一,同时也面临着水环境污染、水生态恶化等突出问题。西苕溪小流域位于太湖上游,是太湖重要的水源地之一,在气候变化和人类活动的双重影响下,流域的自然水循环过程发生变化。本书以西苕溪小流域为研究区,研究气候变化和土地利用/覆被变化对水文水资源的影响,主要创新性工作包括:①气候变化和人类活动对径流影响的区分。通过突变分析和降水-径流双积累曲线,划分了径流响应的基准期和变化期,构建气候变化对径流的驱动模型,有效区分了气候变化和人类活动对径流的影响。②基于流域水文模型的径流模拟与空间分析。本书引入 InVEST 模型中的产水量模型,通过参数本地化和反复校验,对径流进行了模拟与分析,在此基础上进行了流域水资源供需的空间分析。③气候变化与土地利用/覆被变化对水文水资源影响的耦合方法研究。本书将 CLUE-S 模型、BCC/RCG-WG 天气发生器与 InVEST 产水量模型耦合应用,模拟分析不同土地利用情景和气候情景的水文水资源变化。

本书共分为 7 章,第 1 章绪论,主要介绍本书的研究背景、目标、内容和思路以及国内外相关研究进展。第 2 章分析了该流域自 20 世纪 80 年代以来 30 多年的土地利用/覆被变化特征,利用景观指数法,揭示了流域景观格局变化。第 3 章对流域 35 年的径流量和降水量变化进行趋势检验,并分析降水径流的相互关系。第 4 章通过构建气候变化对径流的驱动模型,并划分径流响应的基准期和变化期,定量评估了气候变化和人类活动对径流影响的贡献率。第 5 章引入 InVEST 产水量模型,对径流量进行了模拟,并对水资源

供需进行了空间分析。第6章对流域未来的气候变化和土地利用变化进行了情景分析,模拟了不同情景的水文水资源变化。第7章总结了本书的主要研究结论和创新点,指出不足之处和后续研究方向。

本书在博士学位论文的基础上完善而成,从选题、构思到写作,都得益于恩师李文华院士的悉心指导和严格要求。李先生德高望重、平易近人,百忙之中一直关心我的学习、生活和工作,先生精湛的学术造诣、严谨的治学精神和宽容慈爱的人格魅力,是我今后生活和工作的宝贵财富。博士三年的学习生活还得到谢高地研究员、闵庆文研究员、于贵瑞研究员、黄河清研究员、甄琳研究员、张彪博士、刘某承博士等的指导和帮助。感谢安吉县农业局、水利局等领导在数据收集上给予的帮助,还要感谢诸多同窗好友,与他们的讨论使我在理论基础和研究方法上都有很大提高。毕业后有幸进入农业部农村经济研究中心工作,感谢单位领导和同事的支持和帮助,特别感谢杜珉研究员对本书出版的资助。感谢化学工业出版社在本书出版上给予的支持,同时也鼓励自己在农业生态保护与可持续发展领域开展探索与研究

工作。

由于作者水平和时间有限,不妥之处在所难免,恳请读者批评指正!

张灿强

2013年11月于北京砖塔胡同

»»» 目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 气候变化和人类活动的水文影响是水循环研究的热点和难题	1
1.1.2 把握变化环境下的水循环规律是进行流域水土资源综合管理的基础	2
1.2 国内外相关研究进展	3
1.2.1 气候变化的水文水资源响应研究	3
1.2.2 土地利用/覆被变化的水文水资源响应研究	4
1.2.3 国内外文献评述	11
1.3 主要研究内容与思路	12
1.3.1 研究目标和主要内容	12
1.3.2 研究思路和技术路线	14
第 2 章 流域土地利用/覆被变化与景观格局分析	15
2.1 研究区域概况	15
2.1.1 自然地理概况	15
2.1.2 社会经济条件	18
2.2 流域土地利用/覆被动态变化	19
2.2.1 土地利用/覆被结构及其变化	19
2.2.2 土地利用转移分析	21
2.3 流域景观格局评价	23
2.3.1 景观格局分析方法	23
2.3.2 景观格局指数选择	25
2.3.3 景观格局演化特征	26

2.4 小结	28
第3章 流域降水径流变化及其关系分析	29
3.1 Mann-Kendall 趋势检验	29
3.2 径流及其趋势分析	30
3.2.1 径流的年际变化	30
3.2.2 径流的年内变化	30
3.2.3 径流的变化趋势检验	34
3.3 降水及其趋势分析	34
3.3.1 流域平均降水量计算	34
3.3.2 降水的年际变化	36
3.3.3 降水的年内变化	37
3.3.4 降水的变化趋势检验	38
3.4 降水-径流关系分析	40
3.4.1 降水-径流的年际关系	40
3.4.2 降水-径流的年内关系	43
3.5 小结	45
第4章 径流对气候变化和人类活动的响应	47
4.1 径流突变分析	47
4.1.1 突变检验方法	47
4.1.2 流域径流突变点	49
4.2 气候因子对径流变化的影响	51
4.2.1 径流对降水的响应	51
4.2.2 径流对气温的响应	51
4.2.3 气候变化对径流的驱动	52
4.3 人类活动对径流的影响	57
4.3.1 水利建设与农田灌溉	57
4.3.2 生产与生活用水	58
4.3.3 人类活动对径流影响的特征参数	60
4.4 气候变化与人类活动对径流影响的区分	62