



世界水谷文库

变化环境下 生态水文效应模拟

——以淮河上游土地利用变化为例

李琼芳 / 著

 河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS



世界水谷文库

变化环境下 生态水文效应模拟

——以淮河上游土地利用变化为例

李琼芳 / 著

 河海大学出版社
HOHAI UNIVERSITY PRESS

· 南京 ·



水文与水资源

图书在版编目(CIP)数据

变化环境下生态水文效应模拟：以淮河上游土地利用变化为例 / 李琼芳著. -- 南京：河海大学出版社，2019.10

(世界水谷文库 / 张阳，周海炜主编)

ISBN 978-7-5630-6154-9

I. ①变… II. ①李… III. ①水文环境—生态效应—研究 IV. ①X143

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 235629 号

不贵在外变
生态水文效应模拟
——以淮河上游土地利用变化为例

书 名	变化环境下生态水文效应模拟——以淮河上游土地利用变化为例
书 号	ISBN 978-7-5630-6154-9
责任编辑	代江滨
特约编辑	隋亚安
特约校对	刘思贝
装帧设计	徐娟娟
出版发行	河海大学出版社
地 址	南京市西康路 1 号(邮编:210098)
电 话	(025)83737852(总编室) (025)83722833(营销部)
经 销	江苏省新华发行集团有限公司
排 版	南京布克文化发展有限公司
印 刷	虎彩印艺股份有限公司
开 本	718 毫米×1000 毫米 1/16
印 张	13.75
字 数	247 千字
版 次	2019 年 10 月第 1 版
印 次	2019 年 10 月第 1 次印刷
定 价	68.00 元

《世界水谷文库》编委会

顾问 徐 辉 张建云 苏东水 费广泰 皇甫圆周
郑声安 刘春生 刘志彪 崔广柏 郑大俊
夏自强 蒋 明 吕 珍 游赞培 刘海洋
谢德逊(美国) 习沙瓦(老挝) 阿迪喀瑞(尼泊尔)
莫利(爱尔兰) 伊文(法国) 望月邦彦(日本)

主 任 张 阳 周海炜

副主任 李琼芳 黄德春 于 金

编 委 (按姓氏笔划)

丁 源	于 金	丰景春	孔德安	卢 健
田 鸣	史安娜	史 虹	冯峻林	
安东尼奥(巴西)		孙金华	孙拴国	
劳 尔(美国)		苏宗伟	杨文斌	李尚武
李 婕	李琼芳	李惠颖	吴先满	吴彦俊
佐 松(老挝)		余菲菲	汪 群	张长征
张玉峰	张 华(加拿大)		张 阳	张 斌
阿努沙湾(老挝)		陈军冰	纽儿衮(俄罗斯)	
范新南	金 旸	周 勇	周海炜	
泽米尔(巴基斯坦)		钟 勇	顾宏斌	
高久保丰(日本)		郭 骅	唐 震	黄永春
黄德春	康承业	董 超	曾建生	戴长雷
鞠茂森	魏曙辉			

秘书长 张长征 史 虹

序 一

“治水兴利,永远的使命担当”

纵观历史,“水”书写着无尽的故事:兴水利、除水害,人治水,水利人;“水”影响着社会的生产发展与进步,是治国安邦的大事;上善若水,善利万物,普下利物沐群生;“水哲学”影响着千百代中国人的思维模式。河海大学因水而生、缘水而为、顺水而长,始终站在我国水利科技及教育前沿。100多年来,我校肩负着“治水兴邦”的历史使命,紧密围绕“水利特色、世界一流”的战略定位,以“引领水科学发展、保障国家水安全”为己任,扎根中国大地办大学,遵循“大项目产生大成果”的思路,基础研究与应用研究齐头并进,深度参与大江大河综合治理,参与三峡工程、小浪底、南水北调等水利水电工程及沿海开发、现代交通工程建设等重大科学问题与关键技术研究,为国家和世界的水利事业发展输送了大批高层次的专业人才,把成果书写在祖国乃至世界的各处山川河海。可以说“哪里有水,哪里就有河海人奋斗的身影;哪里有水,哪里就有河海大学做出的贡献”。

近年来,我校积极落实国家“双一流”建设,始终坚持“质量是生命线,特色是核心竞争力”的发展理念,以国家重大需求、世界一流水准为牵引,积极构建以一流学科为核心的学科体系,坚持和落实立德树人根本任务,围绕国家重大需求开展科学研究和社会服务,建设水教育、水科技、水论坛世界高地,以一流学科建设带动全校整体水平提升,各方面工作呈现出蓬勃向上的势头,在社会各界树立了良好的河海口碑。

治水兴利,是河海大学永远的使命担当,也是每个河海人奋斗的目标。

“世界水谷,打开世界的大门”

世界水谷是以“水”为核心的战略协同体、国家级水教育科研基地、世界性水文化活动的平台,致力于“水”领域的社会、经济、文化、生态发展。河海大学世界水谷研究院由多家机构联合组建,秉持“上善若水、上德若谷”的宗旨,是定位于水特色的高端智库,以“学术研究、政府智囊、服务社会”为目标,致力于研究水安全、水资源、水环境、水生态、水文化与社会经济发展的重大理论和实践问题,为政府、企业和社会提供智力支撑。研究院致力于水生态文明建设、创意创新创业、企业国际化与“一带一路”倡议三大研究领域,多次与周边国家开展合作研究、跨境教育与人才培养等,承担国家社科基金重大项目等近百项,发表论文数百篇,获批省部级创新团

队数支,提交的多项建议被国家和地方政府采纳,在水经济管理领域形成了较高话语权。

我国是名副其实的国际河流大国,而相关各国形势复杂多变,问题多样,迫切需要开展跨界河流研究。多年来,河海大学世界水谷研究院和商学院积极响应国家“一带一路”战略倡议,在金砖国家合作、澜湄国家合作、中非合作等重大国际合作中发出了河海声音,做出了河海贡献。由河海大学主办、世界水谷研究院和商学院承办的世界水谷论坛和海外中国论坛已开展了四届,2018年的第四届世界水谷论坛(万象)和第四届海外中国论坛(曼谷)聚焦了“澜湄合作”热点问题和战略机遇,促进中国与澜湄流域国家跨境协同,提出了“跨界协同、成果共享、文化交融”的水谷倡议。

世界水谷聚焦我国水领域,服务全球水建设,打造世界级高端智库。

“协同创新,拥抱未来的发展”

江苏高校协同创新中心(世界水谷与水生态文明)对推动河海大学文科类学科发展,驱动涉水人才、科技、创业、金融、产业、文化等诸多高端要素集聚,提升涉水要素协同创新,抢占全球新的治水制高点都将发挥着重要作用,为进一步形成“世界水谷”文化,确定涉水领域“话语权”,打造成为世界性智库奠定了基础。中心会进一步明确战略定位及建设思路,“立足江苏、走向全国、面向世界”,密切服务长江大保护、“一带一路”、河长制等重大国家战略,发挥协同创新的优势,体现协同体的特色。

世界水谷与水生态文明协同创新中心将结合协同单位在世界水谷建设中的优势和需求,进一步加强“世界水谷”建设,发扬“世界水谷”文化。《世界水谷文库》体现了河海大学的战略定位和目标追求,承载了河海大学的百年水文化精神,以战略协同理论指导实践,将“水哲学”与“水科学”相融合,探索“政产学研金文”多主体、多要素的协同创新模式,将为我国以及世界更多地区的水治理与水发展提供理论方法指导与借鉴。

徐辉教授

河海大学校长、世界水谷研究院理事长
江苏高校协同创新中心(世界水谷与水生态文明)建设委员会主任

2019年10月27日

序 二

欣闻张阳教授和周海伟教授牵头的《世界水谷文库》第一批著作即将出版面世,其中作为引领的是张阳教授的《战略协同理论和实践:世界水谷和海外中国》一书,在此表示诚挚祝贺!

《战略协同理论和实践:世界水谷和海外中国》的“世界水谷”部分以“水文化”为主线,其主旨是打造世界性水文化创意、创新、创业平台。另一部分“海外中国”是以“一带一路”之水为媒,构建中国特色的海外协同体。现代管理之父彼得·德鲁克曾说过,管理者要做的是激发和释放人本身固有的潜能,创造价值,为他人谋福祉。那么,对整个管理学来说,也是激发全人类共同发展的创造性,创造共赢价值,为全人类谋福祉。而此书提出的“世界水谷和海外中国”很好地诠释了创新性思维与为世界创造价值的统一,以“水”为发展线索,通过创新发展模式,实现世界范围内的战略协同发展。以理论指导实践,实践结果又反作用于理论创新。可以说,这本书蕴含着东西方文化的大智慧,以“水特色”与“水文化”为脉络,实现理论与实践的有效契合。

东方管理文化是积蓄两千多年思想精华的、经过无数次实践检验的智慧结晶,是极具应用价值的宝贵精神文化财富。我自幼学习中国传统文化,在中华传统经典的熏染下成长,逐渐养成以中国优秀传统文化为代表的东方管理文化的思维方式。一方面感叹东方管理文化的博大精深、海纳百川;另一方面,又为东方管理文化不为世界更多国家、地区所知而感到可惜。不是叹惜东方管理文化得不到全世界的推崇,而是希望我们的东方管理文化也能够帮助更多国家、企业甚至个人找到更加适合的思维方式和行为模式。为此,我几十年致力于研究东方文化中的管理思想,力求将东方经典中的人文哲学与管理思想注入当代管理学的科研与应用当中,于是,众人齐心协力创立了一门新的学科——东方管理学,在学术界也形成东方管理学派。所谓东方管理学,并不是东方文化中的管理思想一家独大,而是在以东方管理思想为核心的基础上,积极吸纳西方优秀的管理思想而形成的一门融合东西方文化的新学科。数十年间,吾与张阳教授、周海伟教授等东方管理学的同仁共同举办了共23届的世界管理论坛、东方管理论坛、华商管理论坛等,为的就是推动东方管理学研究走向世界,其中张阳教授、周海伟教授对东方管理学之战略管理文化的形成和发展贡献功不可没。而此书中“世界水谷和海外中国”追求多主体多要素协同发展,也正体现了东方管理在“和合”的基础上寻求发展的思维模式,体现

了“人为为人”的东方管理学的精神内核,也通过“水”作为桥梁,将东西方水文化进行了更加具体的发展运用。

我在东方管理学领域研究多年提炼出来的“三为思想”(以人为本,以德为先,人为为人)有着强大的生命力,世界水谷思想与东方管理学的“三为”思想是内在契合的。“世界水谷”以水为核心,其文化根基是中国传统水文化,使中国的传统思想又在一个新的领域发扬光大,体现了水奉献万物而不求索取的文化根基。上善若水,水为万物之源。水之包容,承载着其对人类社会的伟大贡献。水有人性,人亦有水性,水谷之“水”,不仅在于水科学,还在于水哲学,名为水,实为人,追求“人水和谐”,达到了“以人为本”的深度;上德若谷,谷为流水汇集之地。世界水谷之“水”,被赋予人性化的品质,以水之灵动育人之创意,以水之包容育人之胸怀,以水之不竭育人之坚韧。世界水谷关于书院的想法,以修身为重,培养学生实现治国、平天下的理想与能力,亦让我感受到中国传统人文思想在大学兴起的星星之火正成燎原之势,不胜欣喜;世界水谷倡导的管理模式及其政、产、学、研、金、文六大主体协同发展的战略协同模式,以自身的发展带动整个产业系统的发展,亦让我看到“人为为人”对于一个产业、一个学科领域发展的重要意义。此书中的“海外中国”理论最初以东方管理学为思想根基,让我感到十分欣慰,对于中国企业来说,走出去并不容易,如何探寻走出去、走进去、走上去的可持续发展确实十分重要。此书基于中国管理实践,既有理论创新,又有中国特色。希望国内同仁能够借鉴此书智慧,立足中国特色,更加注重政、产、学、研、金、文的协同,这对于促进经济发展,增加世界福祉,提升中国在国际上的影响力都有着十分重大的意义。

创新是时代前进的必然要求,发展是时代进步的必然结果。以理论创新助力实践发展,是人类社会不断创造新辉煌的不竭动力。“世界水谷和海外中国”不是将眼光放在仅考虑部分区域、部分国家的发展,而是以独特的视角,从所处的文化环境中,提炼出“水文化”这一主线,立足本土文化,创新发展模式,助力世界范围的大发展、大繁荣。不仅仅用活了东方管理文化的精髓,也积极容纳世界上其他优秀管理理念,做到既包容又独特的战略协同理论与实践的共同发展。由此,理论与实践相互得到印证与升华,东方与西方协同得到发展,从而为人类命运共同体建设以及为全人类进步做出贡献!

上善若水,上德若谷。衷心祝愿《世界水谷文库》为吾国吾民和世界发展不断贡献新知!

苏东水,东方管理学派创始人
复旦大学首席教授、东方管理研究中心主任

2019年10月28日

序 三

古往今来曰“世”，上下四方曰“界”，上善若“水”、上德若“谷”是曰“世界水谷”。

河孕育文明，海凝聚智慧。世界水谷起源于百年河海大学，诞生于中国南京将军山与牛首山之谷。世界水谷以“水”为核心元素，秉持“上善若水、善利万物”的宗旨，遵循“政产学研金文”协同创新的基本模式和“智库、论坛、书院、三创”四轮驱动的发展模式，以战略协同为基本理论，以论坛为汇聚平台，构建水特色智库，设立水文化书院，推动世界性创意创新创业。

水润万物，谷纳百川。“海外中国”泛指中国在境外的战略协同体，海外中国模式是指驱动多主体多要素在海外特定空间和战略层面实现协同集聚，表现为在“一带一路”倡议下，为满足沿线国家社会经济发展中对技术、资本、人才、项目、文化的多重需求，以及我国产能合作、产业结构调整的内生发展需要，整合各界资源助力中国“走出去”和当地发展，构建中国特色海外战略协同体。

《世界水谷文库》的特色在于“知行合一”：一是理论指导实践落地，以水哲学与水科学为出发点并提出“水学”思想，将战略协同提升到更高的理论层次，构建“政产学研金文”多主体、多要素的协同创新模式，以“世界水谷”和“海外中国”为实践对象；二是实践助力理论创新，从“智库、论坛、书院、三创”的实践中提炼经验，为运用战略协同思想解决其他复杂科学问题提供方法论支撑。

本文库的一个设想是提出建立“水学”，即从战略层面整合现有关于水的哲学思想与科学理论的专门学问。水学的研究对象包括水哲学、水科学，以及水哲学与水科学协同的学问，即“水学=水哲学+水科学+水哲学与水科学协同”。由此，水学以“人水和谐”为战略使命，以儒家、道家、法家等东方哲学思想与马克思主义等西方哲学体系为智慧源泉，以水文学、水资源、水环境、水安全、水工程、水经济、水法律、水文化、水信息、水教育等科学知识为科学基础，通过多思想、多学科、多主体、多要素的战略协同，引导人类世界追求“天人合一”的战略愿景。

本文库旨在实现三个目标：其一，以战略协同为理论基础并聚焦“水”问题和“一带一路”建设问题，为探索“如何实现战略协同”这一难题开展理论创新；其二，

以“世界水谷”和“海外中国”为对象,构建富有特色的应用和实践方案;其三,梳理总结以往的研究成果和实践经验,为未来的理论和实践探索奠定基础。

张阳,世界水谷创始人

河海大学商学院教授 世界水谷研究院院长

江苏高校协同创新中心(世界水谷与水生态文明)主任

2019年10月26日于南京市将军山-牛首山之谷

序 四

中国的水问题始终与国家的兴衰联系在一起,治水与治国联系在一起。历史上我国以农业立国,水在农业发展以及国家发展中居于基础地位,洪旱灾害成为贯穿历史的水问题,因此,强调“治水兴邦”。新中国成立以来,我国进行了大规模的水利建设,从各流域的大规模水利工程建设到三峡、南水北调等大型水利工程建设,中国的水行业取得了巨大的成就,同时,一套比较完整而富有特色的水行业管理体系也建立起来。然而进入 21 世纪后,我国社会经济高速发展,加上全球化挑战、科技革命、环境生态问题等一系列战略影响,社会经济发展与水资源关系变得高度复杂化,传统水问题没有得到彻底解决,新的水问题开始涌现或加剧,如突发性水污染事件频发、不同范围的洪旱灾害频发、水资源供需日益紧张、水生态安全受到威胁,水管理问题已经成为管理研究的重要问题。同时,与水资源保护与利用相关的社会经济活动发生了巨大变化,政府、企业以及其他各类社会组织在水治理方面形成了丰富多彩而又复杂的行业体系,水行业的概念已经从传统的水利行业拓展为水利、水电、水务、水港、水环境、水生态、海岸、海洋等一系列涉水行业,形成巨大的基础建设、科技创新、投融资、社会消费市场。技术创新、市场创新、企业创新层出不穷,呈现出巨大的发展活力。因此,从历史、全局的高度关注水行业面临的问题,基于宏观的政治、经济、社会与科技发展背景展开水行业的研究成为迫切任务。

河海大学商学院作为一个以水利为特色的大学商学院,充分利用河海大学多学科综合优势,长期以来扎根水行业开展经济与管理问题的教育和研究,已经形成了丰富的成果和自己的研究特色,培养了大批水行业管理人才,成为我国水经济与管理研究的重镇。河海大学商学院自 1983 年成立管理工程系以来获得了快速发展,是我国改革开放以来最早设立商学学科的高等院校之一。三十多年来,河海大学商学院以“河海特色、世界知名”为战略定位,以“国际化、高层次、入主流、有特色”为发展路径,励精图治、开拓创新,现已成为拥有管理学、经济学两大学科门类,融工商管理、管理科学与工程、应用经济学三个主干一级学科为一体,设有博士后流动站,拥有博士、硕士(含 MBA、MPAcc、工程管理硕士等)、学士等多层次、多类型人才培养能力和科学研究、社会服务、文化传承创新能力的高水平商学院。

河海大学商学院与水利管理部门、水利行业企业建立了长期合作的战略关系,

深度参与到我国水行业的发展之中,对于我国水行业的发展有着深刻的理解。由此,河海大学商学院较早地开展了水行业的研究工作,具有“世界水谷”与水生态文明协同创新中心、国际河流研究中心等在内的近 15 个与水经济管理相关的省部级平台,承担了“十一五”科技支撑计划课题《南水北调工程建设与管理关键技术研究》、国家社科重大课题《中国与周边国家水资源合作开发机制研究》《中国与湄公河流域国家环境利益共同体建设研究》《跨境水资源确权与分配方法及保障体系研究》《保障经济、生态和国家安全的严格水资源管理制度体系研究》以及各类国家和省级基金项目,拥有教育部创新团队《国际河流战略与情报监测研究》等国家及省部级团队,长期为水利部、流域机构、省市水利系统以及水利行业企业提供咨询服务,并涉及水电、水务、港口、交通、水环境、海洋等一系列水行业经济与管理问题的研究,同时拓展到水行业国际投资、国际经济、跨国经营等问题研究。基于这些成果积累,河海大学商学院推出系列研究著作,以期呼唤更多更好的水行业研究成果,为中国水行业的发展提供服务,推进中国水行业的健康发展。

河海大学商学院院长 周海炜教授

2019 年 10 月 28 日

前言

本书以促进流域生态环境保护与生态文明建设为目标,针对土地利用变化的生态水文效应开展机理探索与模拟技术创新,定量揭示了土地利用变化对流域蒸散发能力、产水、产沙、产污的影响规律。

本书第一章综述了蒸散发模型、水文模型、泥沙模型、水质模型以及土地利用变化的生态水文效应等方面的研究进展;第二章重点分析了淮河上游径流情势、泥沙负荷、河流水质以及土地利用/覆被的变化规律;第三章构建了考虑植被动态生长过程的双源蒸散发能力计算模型,并通过对比由彭曼蒸散发模型计算得到的息县站成果以及分析与息县站实测水面蒸发值的关系,验证了模型的适用性;第四章构建了基于双源蒸散发能力计算模型的多时间尺度分布式新安江模型,通过模拟计算淮河上游大坡岭以上流域不同时间尺度的产水过程,验证了模型的适用性,并进一步分析了模型计算时间步长的变化对次洪模拟的影响;第五章在耦合新安江模型与土壤侵蚀模型的基础上构建了多时间尺度分布式水沙模型,通过模拟计算淮河上游大坡岭以上流域不同时间尺度的产沙过程,验证了模型的适用性,并分析了模型计算时间步长的变化对次洪产沙模拟的影响;第六章通过改进 SWAT 模型,建立了基于水文响应单元的水文-水质耦合模型,通过模拟计算淮河上游息县站的氮、磷变化过程,验证了模型的适用性;以第二章和第三章的研究成果为基础,第七章探明了淮河上游息县站以上流域土地利用变化对不同时间尺度蒸散发能力的影响;以第二章和第四章的研究成果为基础,第八章剖析了淮河上游大坡岭站以上流域土地利用变化对流域产水特性的影响;以第二章和第五章的研究成果为基础,第九章解析了淮河上游大坡岭站以上流域土地利用变化对产沙特性的影响;以第二章和第六章的研究成果为基础,第十章揭示了淮河上游息县站以上流域土地利用变化对产污特性的影响。全书由李琼芳同志负责撰写,虞美秀同志参与了第八章、第九章部分内容的撰写,陈启慧同志参与了第二章、第十章部分内容的撰写,张静怡同志参与了第一章、第三章部分内容的撰写,郭利丹同志参与了第一章、第二章部分内容的撰写,方秀琴同志参与了第二章部分内容的撰写,蔡涛博士参与了

第三章、第六章、第十章部分内容的撰写,鞠彬硕士参与了第四章、第五章、第九章部分内容的撰写,马俊超硕士参与了第四章、第八章部分内容的撰写,邹宏荣硕士参与了第五章部分内容的撰写,闫方秀硕士参与了第三章、第九章部分内容的撰写,陈芸芸硕士参与了第四章、第八章部分内容的撰写,周正模博士参与了第七章部分内容的撰写,南京水利科学研究院丰华丽、王立群、陆海明、曹阳等同志也对第二章、第十章部分研究给予了大力支持。周正模、曾天山、韩幸烨、杜尧、和鹏飞等博士研究生以及宋耘、顾佳帅、沈红霞、倪志楠等硕士研究生参加了部分文字和图表的整理工作。

本书研究成果的获得得到了国家自然科学基金“基于新安江模型的淮河上游土地利用变化对产水产沙影响的模拟研究”、水利部公益性行业科研专项“基于河流健康保护的流域土地利用模式研究”的资助。此外,江苏省“世界水谷”与水生态文明协同创新中心对本书出版给予了大力支持,在此一并表示感谢。

作者

2019年7月

目录

Contents

第一章 绪论	001
1.1 背景及意义	001
1.2 文献综述	002
1.2.1 蒸散发计算模型研究	002
1.2.2 水文模型研究	003
1.2.3 泥沙模型研究	004
1.2.4 水质模型研究	004
1.2.5 土地利用变化的生态水文效应研究	006
第二章 淮河上游生态水文情势及土地利用变化分析	008
2.1 研究区域概况	008
2.1.1 息县站以上流域	009
2.1.2 大坡岭站以上流域	010
2.2 径流情势变化分析	013
2.2.1 分析方法	014
2.2.2 天然和实测流量变化	018
2.2.3 径流变化突变点	020
2.2.4 径流情势变化	022
2.3 泥沙负荷变化分析	030
2.3.1 分析方法	030
2.3.2 趋势分析	031
2.3.3 周期性分析	031
2.4 河流水质变化分析	033

2.4.1	数据来源	033
2.4.2	河流水环境总体状况	034
2.4.3	河流监测断面不同水质指标变化趋势分析	035
2.4.4	氨氮与总磷指标月变化规律分析	038
2.4.5	河流污染成因分析	040
2.5	土地利用变化分析	043
2.5.1	息县站以上流域	043
2.5.2	大坡岭站以上流域	047
第三章 考虑植被动态生长过程的双源蒸散发能力计算模型的构建及应用		
		052
3.1	模型构建	052
3.1.1	植物生长模型	052
3.1.2	彭曼蒸散发模型	055
3.1.3	双源蒸散发模型	057
3.1.4	植物生长模型与双源蒸散发模型的耦合	059
3.2	模型应用	060
3.2.1	资料收集与处理	060
3.2.2	模型计算结果与分析	063
第四章 基于双源蒸散发模型的新安江模型的构建及应用		068
4.1	模型构建	068
4.1.1	新安江模型	068
4.1.2	双源蒸散发模型与新安江模型的耦合	070
4.2	模型应用	071
4.2.1	基于DEM的流域数字水系的建立	071
4.2.2	资料收集与处理	073
4.2.3	模型精度评判标准	075
4.2.4	模型参数的率定与检验	076
4.2.5	模型计算结果与分析	090
4.3	计算时间步长的变化对次洪模拟的影响分析	090

第五章 基于新安江模型的多时间尺度分布式流域泥沙负荷计算模型的构建及应用 094

5.1 模型构建 094

5.1.1 流域泥沙概念模型 094

5.1.2 流域泥沙负荷计算模型 099

5.2 模型应用 099

5.2.1 资料收集与处理 099

5.2.2 模型精度评判标准 100

5.2.3 模型参数的率定与检验 101

5.2.4 模型计算结果与分析 104

5.3 计算时间步长变化对次洪产沙模拟的影响分析 114

5.3.1 1 h 计算时间步长模拟结果 114

5.3.2 时间步长变化对模型参数的影响分析 118

5.3.3 时间步长变化对次洪模拟精度的影响分析 119

第六章 基于 SWAT 模型的水文水质耦合模型的构建与应用 122

6.1 模型构建 122

6.1.1 引言 122

6.1.2 水文模型 122

6.1.3 泥沙负荷计算模型 130

6.1.4 面源污染负荷计算模型 133

6.2 流域空间离散化 136

6.2.1 数字水系的构建 136

6.2.2 基于 DEM 的流域河网水系提取 136

6.2.3 子流域的划分 138

6.2.4 水文响应单元的生成 139

6.3 模型应用 139

6.3.1 资料收集与处理 139

6.3.2 模型参数的率定与验证 142

6.3.3 模型计算结果与分析 148