

中国水论坛 No.5

Chinese Water Forum
No.5

环境变化与水安全

任立良 陈 喜 章树安 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

中国水论坛 No.5

Chinese Water Forum
No.5

环境变化与水安全

任立良 陈 喜 章树安 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书为第五届中国水论坛论文集，全书共分七篇共二十章，即水文模拟与预报、技术方法、水环境理论与分析、水资源利用及水安全理论、应用实践、水利水电工程生态效应以及水文化。“水文模拟与预报”篇包括水循环要素时空变化、水文模型、水文预报、生态水文过程及模拟等；“技术方法”篇包括同位素水文、遥感及 GIS 应用、水文信息采集与处理、系统分析方法等；“水环境理论与分析”篇包括流域生态及环境评价、水质运移模拟、水环境保护理论及方法等；“水资源利用及水安全理论”篇包括水库调度及水能利用、区域水资源可持续利用与配置、洪旱灾害防治及水安全理论等；“应用实践”篇包括流域/区域规划、降雨—径流特征分析、模型应用、区域水资源等。

本书适合水文水资源、环境与生态等方向的专家、学者以及相关科研工程人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

环境变化与水安全 / 任立良, 陈喜, 章树安主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2008
ISBN 978 - 7 - 5084 - 5266 - 1

I. 环… II. ①任…②陈…③章… III. 水资源管理: 安全管理—文集 IV. TV213.4 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 009991 号

书 名	环境变化与水安全
作 者	任立良 陈喜 章树安 主编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	787mm × 1092mm 16 开本 61.5 印张 2127 千字
版 次	2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—1000 册
定 价	128.00 元

凡购买我社图书, 如有缺页、倒页、脱页的, 本社营销中心负责调换

版权所有 · 侵权必究

第五届中国水论坛论文集

《环境变化与水安全》

编 委 会

顾 问	刘昌明	汪集旸	薛禹群	
主 编	任立良	陈 喜	章树安	
委 员	刘 恒	刘九夫	李琼芳	吴吉春
	束龙仓	刘 凌	王慧敏	王 文
	陈元芳	邹 鹰	王 栋	金菊良
	毛凤莲	阮爱东	刘 庆	刘金涛
	李国芳	王加虎	郭志慧	孙 凤

前 言

随着人口的增长和科技水平的提高,人类正以空前的速度和规模改变着自身赖以生存的地球环境,由此产生了一系列的全球环境变化问题:水资源短缺、水灾害频发、水环境恶化、大气中温室气体增加、臭氧层破坏、土地荒漠化、生物多样性丧失、森林减少等,进而威胁着人类经济社会的可持续发展。因此,了解造成全球环境变化的原因,预测其未来趋势和可能产生的各种后果,并制定相应的对策,已成为世界各国的重要课题。

2007年10月刚刚闭幕的党的十七大要求我们深入贯彻落实科学发展观,积极构建社会主义和谐社会,坚持生产发展、生活富裕、生态良好的文明发展道路,建设资源节约型、环境友好型社会,实现速度和结构质量效益相统一、经济发展与人口资源环境相协调,实现经济社会永续发展。《国家中长期科学与技术发展规划纲要》把人类活动对地球系统的影响机制列为国家重大战略需求的基础研究。如何在人与自然和谐的科学科学发展观指引下,充分发挥各自学科特色,开辟环境变化与水安全创新研究领域,揭示面向水安全的环境变化机理,引领学科发展方向,是值得探讨的问题。

中国水论坛(原名“中国水问题论坛”)已成功举办4届,2003年、2004年、2005年、2006年分别由武汉大学、中国科学院地理科学与资源研究所、西安理工大学、郑州大学主办。第五届中国水论坛于2007年11月10~12日在南京召开,由河海大学等单位承办,本届水论坛以“环境变化与水安全”为主题。在众多专家、学者的支持下,本届论坛收到会议论文全文和摘要288篇,经评审本论文集收录了204篇论文,作者涉及科研院所、高校、管理机构等60个单位。

为了进一步开拓国际水文科技交流与合作,积极开展水文科技学术交流活动,配合联合国教育可持续发展10年活动和联合国人类生活用水10年活动,通过联合国教科文组织参与计划的支持,第五届中国水论坛期间联合国教科文组织国际水文计划中国国家委员会在南京举办了水利水电工程生态效应研讨会。

依据论文涉及的内容,本论文集把论文分为七大部分,即水文模拟与预报、技术方法、水环境理论与分析、水资源利用及水安全理论、应用实践、水文化、

水利水电工程生态效应。“水文模拟与预报”部分包括水循环要素时空变化、水文模型、水文预报、生态水文过程及模拟等；“技术方法”部分包括同位素水文、遥感及GIS应用、水文信息采集与处理、系统分析方法等；“水环境理论与分析”部分包括流域生态及环境评价、水质运移模拟、水环境保护理论及方法等；“水资源利用及水安全理论”部分包括水库调度及水能利用、区域水资源可持续利用与配置、洪旱灾害防治及水安全理论、水权、水经济；“应用实践”部分包括流域/区域规划、降雨-径流特征分析、模型应用、区域水资源等。

本论文集的编辑工作得到了水文水资源与水利工程科学国家重点实验室、联合国教科文组织中国全国委员会、联合国教科文组织国际水文计划中国国家委员会、水利部国际合作与科技司、水利部水文局、水利部水资源管理司、河海大学、南京水利科学研究院、南京大学、武汉大学、郑州大学、清华大学跨境水与生态安全中心、云南大学亚洲国际河流中心等单位的大力支持，同时得到了中国水利学会水文专业委员会、水利部水文水资源工程技术研究中心、中国自然资源学会水资源专业委员会、中国水利学会水资源专业委员会、中国地理学会水文地理专业委员会的专家指导和所有论文作者的协助，中国水利水电出版社为本论文集的出版付出了辛勤劳动，还得到国家重点基础研究发展（973计划）项目2006CB400502、2003CB415104的资助，在此一并致谢。

由于时间仓促，编者水平所限，论文集中难免存在不妥之处，欢迎广大读者不吝赐教。

编者

2007年10月22日

目 录

前言

第一篇 水文模拟与预报

第一章 水循环要素时空变化 (3)

- 基于 Hurst 系数的无定河流域降雨时空变异分析 雷红富 谢平 陈广才 李晶 (3)
- 盐城市梅雨特性分析 查红 (8)
- Palmer 干旱指标在老哈河流域干旱分析中的应用 刘晓帆 任立良 徐静 (12)
- 闽江流域南平和福州市区年降雨量时间序列的比较分析 于延胜 陈兴伟 方燕娜 (16)
- 农田蒸散发时间尺度转换研究及应用 李相虎 任立良 王贵作 刘晓帆 (20)
- 湛江蒸发皿蒸发量变化特征及其影响因素分析 谢平 陈晓宏 (25)
- 和田绿洲蒸发量的集对分析模型及应用 张高锋 沈冰 艾则孜 黄领梅 莫淑红 (30)
- 水文统计模型参数不确定性研究 戴荣 雷杨 张晓民 (33)

第二章 水文模型 (38)

- 基于人工神经网络的降雨径流模型研究 邓鹏 李致家 (38)
- 喀斯特流域地貌在分布式水文建模中的分析 姜维东 梁虹 贺向辉 孔兰 李陶琳 (42)
- 基于 TOPMODEL 的东江流域水文模拟 解河海 郝振纯 (46)
- 岩溶地下河流域水文过程初步研究 马婷 郭纯青 唐自威 (51)
- 灰色系统差异信息方法在水文模型比较中的应用研究* 邱艳霞 张翔 李莎莎 罗蔚 (55)
- 考虑水动力参数空间变化的地貌瞬时单位线研究 石朋 芮孝芳 瞿思敏 陈喜 (59)
- 水文系统的复杂性研究 宋松柏 (65)
- 垂向混合产流模型在分析流域人类活动影响中的应用 王涛 包为民 胡海英 元晓华 李荣容 (70)
- BTOPMC 模型与新安江模型在史河上游的应用比较研究 许钦 任立良 (74)
- 垂向混合产流模型的改进及应用 刘轶 李琼芳 邹振华 郭瑾 (78)
- 人水系统模拟的工具: 嵌入式系统动力学模型 左其亭 (82)
- 寒区冻土水文模拟模型研究若干进展 孙颖娜 付强 姜宁 张一丁 (85)
- 对 TOPMODEL 中参数 m 给值方式的改进 吴玲玲 敖天其 冯威 刘占洲 万育安 (89)
- 基于不同分辨率及地形类型的 DEM 空间尺度影响研究 徐静 任立良 刘晓帆 (93)
- 一种新的洪水随机模拟模型在我国南方地区的适用性研究 黄琴 陈元芳 魏琳 王文鹏 (98)

结合地形及土地利用信息的流域汇流研究	刘金涛 张佳宝 (104)
不同空间尺度和地表类型对径流和下渗影响的实验研究	李小雁 (109)
基于 MCMC 的水文模型参数不确定性及其对预报的影响分析	梁忠民 戴荣 蔡晶 (113)

第三章 水文预报 (118)

平原地区洪水预报问题研究	白立影 朱慧雯 (118)
基于灰色微分动态模型的自记忆实时预报	陈向东 夏军 李致家 徐倩 (123)
基于模糊数学的水文预报综合评价方法	盖永岗 熊立华 万民 陈小兰 (128)
基于小波分解的逐月入库径流量预报方案的建立	葛朝霞 顾月红 曹丽青 (132)
基于 L-M 算法的 BP 神经网络在水文预报中的应用研究	尚晓三 王栋 (136)
弹性 BP 神经网络与季节性 AR 模型在水文序列预报中的比较研究	刘畅 王栋 (141)
河段水位预报 RC 电路模型	胡兴艺 (146)

第四章 生态水文过程及模拟 (151)

内陆河流域水文和生态研究思考	宋克超 康尔泗 (151)
若尔盖湿地生态水文模型	刘国东 王焱 蹇依 向学梅 吴媛 (156)
土地利用/土地覆被变化的水文效应	
——以 SWAT 模型在泾河流域的应用为例	王韶伟 徐宗学 (161)
毛乌素沙地主要固沙灌木树干茎流变化研究	杨志鹏 李小雁 刘连友 (167)
贵州典型地区植被与基流特征分析	康薇薇 罗健 郑安明 陈喜 (171)
黑河中游地区景观格局变化及驱动力研究	李传哲 于福亮 刘佳 严登华 尹吉国 (175)
天然羊草群落需水量的计算	刘艳伟 朝伦巴根 贾德彬 李敏 王力飞 (185)

第二篇 技术方法

第五章 同位素水文 (193)

应用碳、氮同位素示踪三峡库区面源污染机理的展望	刘相超 夏军 宋献方 (193)
同位素技术在湖泊水文学中的应用	胡海英 包为民 王涛 瞿思敏 (198)
忻州盆地阳武河洪积扇地下水流动系统的水文地球	
化学过程	韩冬梅 梁杏 靳孟贵 宋献方 武建中 (202)

第六章 遥感及 GIS 应用 (208)

基于遥感影像的流域下垫面变化检测	郑安明 罗健 康薇薇 (208)
东湖水温与气温相互关系研究	王学立 康玲 熊其玲 (212)
遥感影像融合在江苏入海河口治导线中的应用研究	朱月霞 张晓祥 朱晨曦 李彦涛 丁贤荣 (217)
基于组件式 GIS 技术的农村饮水安全决策支持系统研究	倪福全 杨岳林 任化准 (221)
基于组件式 GIS 技术的雅安农村饮水安全预警系统初步设计	任化准 倪福全 (225)
空间信息技术在我国水利信息化建设中的任务	张文江 袁鹏 敖天其 (229)
GIS 支持的东中国海潮汐风暴潮动态模拟研究	姚静 张晓祥 谭亚 陶建峰 丁贤荣 王船海 (234)

GIS 支持下的蓄滞洪区洪水风险图的编制	王军 施晔 蔡晶 (238)
----------------------------	----------------

第七章 水文信息采集与处理

(243)

河道橡胶坝测验断面的应用探讨	宋良红 阎照喜 林琰 (243)
用程序实现等值线图的快速绘制	熊一东 (246)
区域除涝系统智能优化方法研究与应用	张礼兵 金菊良 程吉林 (249)
江苏海岸带信息网络共享平台的设计与实现	张晓祥 郑峰 姚静 (253)
基于 GSM 短消息业务的水情信息传输技术	王鸿杰 陆国宾 薛运宏 (257)
南通市新江海河水闸实时监测与控制系统研究	陈雪梅 (261)
丹江口大坝加高混凝土温度控制研究	田宜龙 夏东海 罗立峰 (265)
河床沉积物渗透系数的对比研究	鲁程鹏 束龙仓 王志华 连煜 王玲 (269)

第八章 系统分析方法

(274)

柔性集成技术及其在水文数据挖掘中的应用	艾萍 陈雅莉 范里 (274)
可变模糊识别方法及在模糊水文学中的应用	陈守煜 袁晶瑄 (278)
白龟山水库汛期直接模糊统计及其应用	袁晶瑄 (284)
考虑气象因素的敏感型神经网络模型及其应用	覃光华 王顺久 (289)
嵌入式系统动力学的原理及实现	沈强 左其亭 (292)

第三篇 水环境理论与分析

第九章 流域生态及环境评价

(299)

河流健康与环境变化影响的对策	夏军 (299)
基于河流生态环境需水测评的农业水资源安全分析	
——以陕北延安地区为例	王丽霞 任志远 李小燕 (304)
健康河流功能分析研究	于纪玉 刘方贵 (309)
河流健康系统分析	嵇晓燕 崔广柏 (313)
三沙湾滩涂的生态服务功能价值评估	姜翠玲 谢向前 (317)
城市水系生态系统服务功能价值评估初探	刘晓丽 赵然杭 曹升乐 (321)
分期 RVA 法的宜昌站生态径流过程分析	于国荣 夏自强 郭文献 吴瑶 (325)
城市水系的景观功能与空间构建	张其成 姚亦锋 束龙仓 (332)
内蒙古乌梁素海水体现状分析和富营养化评价	甄小丽 李畅游 (336)
区域水环境污染风险研究方法初探	窦明 姚堡垒 (339)
农田土壤流失对三沙湾水环境的影响研究	李宁 姜翠玲 (341)
感潮河网区水道的水环境容量计算研究	李莎莎 江涛 陈晓宏 叶爱中 张翔 (345)
突发性污染事故水质危机量化计算理论研究	张泽中 费良军 齐青青 黄强 (349)
主成分分析与聚类分析复合模型在地下水质量评价的应用	李娴 白云鹏 王玲 (353)
漓江桂林市市区段沉积物中有机氯农药污染	王佳 郭纯青 王英辉 (358)
基于临界值的水质灰色关联评价方法	尹君 吴泽宁 (365)

第十章 水质运移模拟 (369)

- 环境低浓度镉暴露下水浮莲体内植物络合素 (PCs) 的响应 王丽娅 王超 孙琴 (369)
- 东南沿海晋江西溪流域产流产沙的 SWAT 模拟 王林 陈兴伟 (374)
- 新安江水库冬季水温分布结构及规律初探 王瑞巧 陆宝宏 王春燕 祁昌军 (377)
- 土壤特性对阿特拉津吸附影响的研究 叶彬 张丹蓉 (383)
- 河道水质模型模拟方法研究 朱慧雯 白立影 (387)
- 河道水质模型对流域面源污染负荷模拟的影响研究 李丹 郝振纯 薛联青 (390)
- 污水灌溉条件下氮素运移及其对地下水的污染
- 机理试验 齐学斌 李平 樊向阳 乔冬梅 黄仲冬 (395)
- 闽江下游感潮河道二维水质模拟研究 刘梅冰 陈兴伟 (401)
- 二滩水库水温时空分布规律初探 祁昌军 陆宝宏 王春燕 王瑞巧 (405)
- 基于 GIS 的区域化农田水氮运移模型 李晓鹏 张佳宝 (412)
- 调引珠江水改善海珠区新滘围水环境的研究 文佩 (417)
- 束水攻沙的理论分析 李煜 汪德耀 谈永锋 (422)

第十一章 水环境保护理论及方法 (426)

- 水质资源价值初步研究 张龙云 曹升乐 (426)
- 黑河工程的环境效益及生态意义 冯起 司建华 刘蔚 苏永红 张艳武 (430)
- 石油开采工业废水处理综述 郭洁 蔡明 (439)
- 洞庭湖水生态环境的演变与保护对策 李强 (442)
- 关于多泥沙河流泥沙高效输送的一点看法 秦毅 曹如轩 陈杰 石宝 (446)
- 关于 1994 年和 1995 年华县站断面严重萎缩原因的探讨 秦毅 李楠 陈杰 石宝 凌燕 (450)
- 三峡水库对葛洲坝下游中华鲟产卵场水力要素影响分析 马颖 李琼芳 邹振华 郭瑾 (454)
- 四川雅安农村饮水安全水质集对分析
- 应用研究 高洋洋 倪福全 卢修元 杨敏 钟俊 任化准 (459)
- Tennant 法在河流生态径流研究中的应用和探讨 郭利丹 夏自强 (464)
- 从水工建筑的角度浅谈现代城市滨水景观
- 设计的一点理念 郝敏 陆宝宏 马全涛 程金彪 陈汝振 兰立伟 张少杰 (468)
- 输变电工程建设中的水土流失及环境敏感区研究 贺亮 刘国东 张新宁 凌文州 (473)
- 长江干流水库修建对其下游水温特性影响的分析 邹振华 李琼芳 夏自强 郭瑾 刘轶 (477)
- CABRM 厌氧池处理复杂化学工业废水的研究 廖杰 谢悦波 宗绪成 (482)
- GIS 技术支持下的厦门岛城市径流氮磷污染负荷 王吉革 朱木兰 (486)
- 西江河 (龙泉驿段) 水质变化分析及趋势预测研究 王丽丽 那金 李定龙 王应军 刘源月 (490)
- 卫河地表水污染对地下水影响关系调查研究 杨大勇 沈兴厚 (495)
- 连云港西大堤工程对海洋环境影响初步探讨 张旭 王超 胡志晖 (500)
- 区域生态补偿机制探讨 张炜 刘凌 蔡瑜 (504)
- 基于水环境保护功能的感潮河网区河道规模论证方法研究与实践
- 以张家港市三千河南延工程规模确定为例 卫臻 崔广柏 薛联清 张磊 李丹 (508)

城市人工水体建设科学问题概述	贾立娟 (511)
----------------------	-----------

第四篇 水资源利用及水安全理论

第十二章 水库调度及水能利用	(517)
----------------------	-------

石泉、喜河梯级水库联合调度研究	畅建霞 张永永 吕玉洁 (517)
水库调度的汛限水位外包线研究	方彬 郭生练 刘攀 张娜 (521)
长江三峡水库管理研究	梁福庆 (525)
九龙江流域洪水调度子系统设计研究	许槐阳 (530)
人类活动对青溪水库防洪影响及对策研究	张洋 李杰友 叶瑞起 (535)
基于可拓方法的黄河干流梯级水库补偿效益方案评价	吕玉洁 黄强 畅建霞 杨文娟 (539)
基于模拟退火遗传算法的水库优化调度研究	张永永 黄强 畅建霞 (544)
水库水沙调度相似性指标体系构建	万新宇 包为民 荆艳东 (549)

第十三章 区域水资源可持续利用与配置	(554)
--------------------------	-------

Game Model Study In Water Market Transaction	Feng Wen-qi (554)
区域水资源可持续利用综合评价研究	郭文献 夏自强 张运鑫 徐建新 (559)
城市雨水资源利用模式与措施探讨	韩建秀 (564)
区域水资源合理配置理论及方法探讨	贺向辉 梁虹 姜维东 孔兰 李陶琳 (568)
喀斯特地区水资源可持续利用驱动力探讨 ——以贵阳市为例	李陶琳 梁虹 戴洪刚 (572)
区域用水效率与节水潜力的能值分析*	吕翠美 吴泽宁 (578)
节水灌溉工程技术与政策管理研究	王振龙 (584)
水资源约束下的山东半岛城市群可持续发展对策	吴佩林 盛可荣 (588)
都江堰灌区节水型社会建设研究	黄晓荣 (594)
水资源需求侧管理绩效综合评价研究	陈志松 王慧敏 (598)
采煤沉陷区水资源综合利用技术研究	王振龙 章启兵 (603)

第十四章 洪旱灾害防治及水安全理论	(607)
-------------------------	-------

我国的水权制度建设	高而坤 刘斌 (607)
泾河高含沙洪水对渭河下游洪灾的影响	凌燕 秦毅 (612)
黄土高原丘陵区土地利用变化的驱动力研究	刘佳 于福亮 李传哲 (617)
区域水资源安全量化方法研究	马月华 方红远 刘彦朵 (625)
可持续发展理念下饮用水源地安全保障规划	齐青青 费良军 张泽中 黄强 (630)
区域水安全战略探析	任黎 董增川 李少华 (633)
国际河流安全问题研究综述	王志坚 夏自强 (636)
论变化环境下的地表水资源评价方法	谢平 陈广才 雷红富 李晶 (642)
水安全综合评价的 IFMM	杨晓华 王伟 邴建强 (647)
变化环境下水资源系统脆弱性评价研究	于翠松 郝振纯 (651)
气候变化对我国水文水资源影响的研究	陈小凤 张利平 (659)

气候变化和土地利用变化对泾河流域生态水文过程的影响	邱国玉 尹婧 熊育久 (663)
贵州降雨特征变化趋势及对生态环境的影响评估	张志才 陈喜 石朋 (668)
区域尺度初始水权分配模型及应用研究	马兴华 左其亭 (673)
合理确定农业水价, 促进水价改革进程	王自英 景明 (678)
水灾害期权设计及其定价模型研究	王慧 王慧敏 (681)

第五篇 应用实践

第十五章 流域/区域规划	(691)
--------------------	-------

县(市)域景观水系规划方法与实证研究	徐慧 朱灵芝 陈江 崔广柏 (691)
浅议新一轮太湖流域防洪规划	杨洪林 章杭惠 (696)
集对分析方法在区域水资源承载力评价中的应用	景林艳 金菊良 周玉良 郭彦 (700)
广州市水资源可持续利用评价	刘德地 陈晓宏 (704)

第十六章 降雨—径流特征分析	(710)
----------------------	-------

济南市小清河流域降雨径流及暴雨洪水特性分析	窦实 曹升乐 (710)
变化环境下的汉中南漳流域水文效应分析	张俊 郭生练 李超群 陈华 (714)
基于灰色动态模型的岷江流域年径流量分析	冯威 敖天其 吴玲玲 (719)
海河流域降水与径流变化趋势分析	王晓霞 徐宗学 黄俊雄 (723)
顺德河网水位变异分析及防洪风险评估	陈广才 谢平 雷红富 李晶 (730)
基于 EMD 技术的乌江洪家渡水电站近 50 年来年径流量 演变多尺度分析	曹丽青 林振山 纪玲玲 (737)
门楼水库降雨径流关系分析	王燕 孙兰兰 田树青 (741)
石羊河流域水文特性	张恒 沈冰 黄领梅 (744)
枫树坝水库降水径流变化及其趋势演变分析	江浩 李杰友 夏红梅 张瑞勋 (749)
无定河流域近 50 年降水特征变化及其对径流的影响	康艳 蔡焕杰 张鑫 宋松柏 (754)

第十七章 模型应用	(758)
-----------------	-------

利用新安江模型模拟沙丘前沿区降雨径流规律的研究	张国辉 江行久 (758)
SWAT 模型在汉江流域产沙模拟中的应用研究	罗蔚 张翔 陈晓丹 (762)
连续小波变换在黄河河口地区水文特性分析中的应用研究	桑燕芳 王栋 刘畅 (766)
基于 SCS 模型的济南小清河流域汇流计算	孙立堂 陈继光 曹升乐 (771)
作物灌水量优化分配决策模型的研究现状及前景	张兵 张建生 史建平 黄文生 郭建江 (774)
南明河流域径流量时间序列预测方法研究	孔兰 梁虹 姜维东 (778)
神经网络在感潮河段洪水水位预报中的应用	赵建波 赵海伟 杨远 (783)

第十八章 区域水资源	(787)
------------------	-------

环境伦理在水资源管理中的作用 ——以陕西省榆林地区为例	刘杰 郑春苗 张茂省 刘华杰 余成 郑力 (787)
--------------------------------------	----------------------------

青岛地区灌溉用水水价调查问卷及分析	龙晓飞 管仪庆 张利茹 (791)
西北干旱区县域节水型社会建设模式初探	钱鞠 王鹏 张新才 高前兆 (794)
——以甘肃省瓜州县为例	沈建 (801)
如皋市农村饮水安全现状及对策	唐春娥 沈冰 莫淑红 (805)
民勤水资源安全问题及保障策略初探	唐自威 梁志坚 郭纯青 (809)
广西玉林藤县大任水库设计洪水复核	王佰伟 曹升乐 (813)
小清河汛期景观水位多目标优选方法应用研究	王静 (816)
漳卫南运河的生态需水量研究	叶泽纲 叶望 (819)
长株潭水资源状况初步分析	张晓伟 沈冰 黄领梅 (826)
民勤绿洲生态需水量研究	陈阿平 李国芳 (830)
南水水库汛期分期研究	王再明 王先甲 (834)
完全信息下水权交易的基本条件与转让费用分析	厚春华 (838)
朝阳市地下水动态变化规律与合理开发利用研究	栗圆圆 郭纯青 马祖陆 (842)
桂林会仙岩溶湿地水文地质条件探讨	刘敏 黄领梅 沈冰 沈彦俊 (846)
和田绿洲地下水埋深空间分布规律研究	江行久 张国辉 (851)
阜新市第二次水资源量评价结论分析	

第六篇 水利水电工程生态效应

第十九章 水利水电工程生态效应	(857)
丹江口水库大坝加高对水温的影响	郭生练 彭虹 刘心愿 (857)
广州市石井河水生态修复试验研究	李青 孙夏平 陶贞 陈晓宏 (864)
生态友好型水库调度的建模	梅亚东 杨娜 (870)
水电开发的绿色投入产出分析	
——以云南省为例	李犇 倪广恒 赵建世 胡和平 (874)
丹江口水库对汉江流域中下游水文生态的影响	胡安焱 郭生练 郭靖 闫宝伟 (881)
石羊河流域生态调水工程可行性分析	李宗礼 冯起 徐德富 司建华 (886)
三门峡水库不同运用方式下的生态径流调控特征研究	毛战坡 刘晓波 李炳花 (892)
引滦工程对滦河下游水生态环境的影响及对策分析	温立成 李卫国 (898)
柔性植物与刚性植物系流特性研究	吴福生 姜树海 (904)
海河流域湿地生态服务价值评价及存在问题分析	王洪翠 罗阳 王道坦 (911)

第七篇 水文化

第二十章 水文化	(919)
水文化研究的现状和展望	李宗新 (919)
水文化研究与教育须双轮驱动	郑大俊 蒲晓东 (926)
从城市与水的关系看水文化的发展	刘兴平 胡凤娟 (931)
学会知河爱河	
——关于《100 条河流湖泊》	顾圣平 贺军 (934)

环境变化与水安全

第一篇

水文模拟与预报

基于 Hurst 系数的无定河流域降雨时空变异分析*

雷红富 谢平 陈广才 李晶

(武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室 武汉 430072)

摘要 基于 Hurst 系数能够反映水文序列长期相关性的原理,结合 R/S 分析方法和分数布朗运动理论,提出一种从整体上识别与检验时间序列变异及其变异程度的分析方法。该法将变异程度划分为 4 个等级:无变异(或弱变异)、中变异、强变异、巨变异;结合 GIS 空间分析方法,建立反映无定河流域年降雨序列的时空变异分布图。结果表明无定河流域大部分面积上的年降雨序列处于无变异或弱变异状态,但也有一部分地区如高镇一带处于中变异状态,而且具有减少的趋势。该结论对于无定河流域的沙漠化治理、水土保持规划、水资源规划等具有重要的指导意义。

关键词 Hurst 系数 降雨 时空变异 无定河流域

1 引言

由于受气候变化和人类活动等因素的影响,水文序列在时间上或空间上往往发生变异,即水文序列的分布形式或(和)分布参数在整个时期内发生了显著变化,表明水文序列不再具有相同的物理成因,其统计规律不满足一致性的要求。目前对水文序列变异的识别与检验方法有很多^[1,2],如对趋势变异的检验有:相关系数检验法、斯波曼(Spearman)秩次相关检验法、坎德尔(Kendall)秩次相关检验法等;对跳跃变异的识别方法有:有序聚类法、Lee-Heghinan 法、秩和检验法、滑动 F 检验法、最优信息二分割模型法、R/S 法、Brown-Forsythe 法、Mann-Kendall 法、Bayesian 法等。上述方法只是从趋势或跳跃一个侧面对序列的变异情况进行分析,没有从整体上(包含周期、趋势和跳跃等)对序列是否发生变异进行判别,也没有对发生变异的序列进行变异程度的划分。另外,这些方法均是从时间的角度来分析序列变异,不能体现水文序列在流域或区域上的空间变异特征。随着“3S”技术的迅速发展,地统计学^[3]方法与 GIS 技术相结合,形成了对空间变异分析更加方便的 GIS 空间分析方法,而 Hurst 系数^[4]能从整体上反映序列长期相关性,这种长期相关性导致了水文序列变异,因而 Hurst 系数能从时间角度整体上对水文序列的变异进行表征。本文将基于 Hurst 系数能够反映水文序列长期相关性的原理,结合 R/S 分析方法和分数布朗运动理论,提出一种从整体上识别与检验水文时间序列变异及其变异程度的分析方法,然后将其与 GIS 空间分析方法相结合来反映流域水文序列的时空变异特征,并用该方法对无定河流域年降雨序列进行时空变异分析。

2 基本原理与方法

首先采用 R/S 分析方法^[5]计算流域各站点某一水文时间序列的 Hurst 系数值,并通过相关函数对 Hurst

* 基金项目:国家自然科学基金资助项目(50579052)。

第一作者简介:雷红富(1983—),男,硕士研究生,主要从事水文水资源方面的研究。E-mail: cijpflx@163.com