

分类号_____

密级_____

U D C_____

编号_____

厦 门 大 学

博 士 后 研 究 工 作 报 告

流域水资源开发管理及洪水抗差预报方法研究

姓 名 赵 超

工作完成日期 2008 年 5 月 30 日

报告提交日期 2008 年 7 月 15 日

厦 门 大 学

2008 年 7 月

流域水资源开发管理及洪水抗差预报方法研究

Water resources exploitation management and flood robust forecasting
methods in watershed

博 士 后 姓 名 赵 超

流动站（一级学科）名称 厦门大学环境科学与工程

专 业（二级学科）名称 环境管理

研究工作起始时间 2006 年 7 月 23 日

研究工作期满时间 2008 年 7 月 22 日

厦 门 大 学

2008 年 7 月

厦门大学博士后研究工作报告著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用博士后研究工作报告的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交该报告的纸质版和电子版，有权将该报告用于非赢利目的的少量复制并允许该报告进入学校图书馆被查阅，有权将该报告的内容编入有关数据库进行检索，有权将博士后研究工作报告的标题和摘要汇编出版。保密的博士后研究工作报告在解密后适用本规定。

本研究报告属于： 1、保密（ ）， 2、不保密（）

纸本在 年解密后适用本授权书；

电子版在 年解密后适用本授权书。

（请在以上相应括号内打“”）

作者签名： 日期： 年 月 日

导师签名： 日期： 年 月 日

内 容 摘 要

流域水资源的可持续利用要求水资源的合理开发、科学管理及水灾的有效防治。

水资源的可持续利用需要在水资源利用的规划制定阶段就进行环境影响评价。本文选取流域水电开发规划为案例，在系统总结国内外环境影响评价研究成果的基础上，选择九龙江流域作为研究区域，对流域水电开发规划进行战略环境影响评价。评价结果显示梯级水电规划对流域的不利影响主要表现在减少了河流的输沙量，枯水期增加了流域减水和脱水河段，大型水库库区存在水温分层；加剧了流域水环境的恶化，特别是对减水和脱水河段的影响；梯级水电开发规划严重破坏了流域水生生态系统；对社会经济的影响主要表现在缺乏规模效益、造成移民、淹没耕地。结合评价以及公众参与结果，提出的减缓措施主要是各梯级电站必须严格执行最小下泄流量。评价结论可预防有重大缺陷的水电开发规划的出台和实施对环境造成不良影响，以保证水资源的可持续利用。

流域水环境管理信息系统是实现流域水资源可持续性利用的重要手段。本文以地理信息系统技术、网络技术和数据库技术为支撑，利用河段划分流域控制单元为基本思想，开发出了九龙江流域水环境管理信息系统。系统可实现流域基础信息管理、水质目标管理、容量通量管理、数据管理等功能。系统供管理部门应用，可快速、准确地查询九龙江流域水环境状况，了解各河段的水质超标情况和各河段污染物总量排放状况，有利于切实有效地控制和掌握流域水环境污染范围和区域，便于针对性地对九龙江流域污染源进行排查和治理，实现流域水污染总量控制目标。

水灾的有效防治除了依靠工程措施，还需要依靠非工程措施，如洪水预报技术。本文的研究重点在于把抗差理论引入洪水预报系统，利用抗差方法具有的抗差能力，使许多严重的不正常误差，不能进入预报系统，从而减少系统的污染机会，提高预报系统的稳定性和预报精度。首先根据遥测降雨观测误差分布特征，提出降雨误差三步抗差探测方法，能准确地探测出异常误差的位置并做出修正。然后将抗差理论引入河段马斯京根汇流模型参数估计中，结合汇流模型的物理意义，推导出附有条件的抗差最小二乘估计方法。研究表明无论资料中是否含有异常值，抗差方法都可获得稳定且高精度的参数估值。最后将推导出的含有遗忘因

子的抗差递推最小二乘算法运用到洪水预报实时修正模型中,估计有异常误差下的参数估值,从而提高实时洪水预报精度。

关键词: 可持续发展 水资源 水电规划 环境影响 管理信息系统 抗差理论

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

Sustainable utilizing water resources requirements reasonable exploitation of water resources and effective flood control.

The sustainable use of water resources need to assess environmental impacts at planning stages. Select watershed hydropower engineering plan for the case. The environmental impact assessment for watershed hydropower engineering plan is considered as a kind of strategic environmental assessment (SEA) after summarizing systemically the overseas and domestic research. SEA can analyze, forecast and evaluate the possible environment impacts resulting form hydropower engineering plan, and put forward the countermeasure, which could prevent or alleviate the negative environmental effects and monitor tail. Jiulong River watershed is selected as an example to assess the impacts of hydropower engineering plan. From SEA the negative impacts are identified as following: sediment load reduced, the reaches of diminishing and vanishing water appeared, the water temperature stratified in reservoir zone, water environment increased deterioration, especially in the reaches of diminishing and vanishing water, river ecology was destroyed, plowland was inundated, scal benefit was low. From these results of assessment and public participateion, the measures that could prevent or alleviate the bad environmental effects are suggested.

Water environment management information system is an important tool to achieve the sustainable use of water resources. Based on GIS, network and datebase technology, and adopting the basic idea of control reach carved by monitor cross-sections, water environment management information system of Jiulong River watershed is set up. The system includes functions of geographic information management, water quality management, flux and capacity management, data management. The system can produce the manager to quickly inquire the water environment condition of Jiulong River, understand water quality and pollutants condition, to control and hold water pollution sources of Jiulongjiang River watershed for their treatments accordingly, and achive the goal of water pollution total ammout control .

The effective flood control depends boths on engineering measures and non-engineering measures, for example flood forecasting technique. The robust forecasting methods presented could prevent abnormal outliers from entering the forecasting system, so as to ensure the stability and accuracy of the system. A

three-stepwise robust statistical method combining the robust statistical theory with distribution features of precipitation for detection of abnormal data in telemetry system is described. The results have illustrated the proposed method produces reliable detection results. Then, a conditional robust procedure for estimating parameters of Muskingum routing model by mitigating the influence of the outliers was developed. The study demonstrates that robust estimator has the potential to get stability and high-accuracy estimation regardless of where outliers are. A new robust recursive method of estimating auto-regressive updating model parameters for real-time flood forecasting using weighted least squares with a forgetting factor is described. The method has the potential to give less biased estimates in the presence of outliers.

Key words: sustainable development, water resources, hydropower plan, environmental impact, management formation system, robust theory

目 录

1 绪论	1
1.1 问题的提出	1
1.2 相关领域研究综述	2
1.2.1 流域水电开发规划环境影响评价研究综述.....	2
1.2.2 水环境管理信息系统研究综述.....	11
1.2.3 抗差方法在洪水预报中的应用综述.....	11
1.3 存在的主要问题	12
1.4 研究目的和主要内容	13
1.4.1 研究目的.....	13
1.4.2 主要研究内容和思路.....	13
2 流域水电规划环境影响评价研究	15
2.1 流域水电规划环境影响评价内涵	15
2.2 九龙江流域水电规划分析	16
2.2.1 九龙江流域自然概况.....	16
2.2.2 九龙江流域社会概况.....	19
2.2.3 环境敏感区.....	20
2.2.4 水电开发现状.....	21
2.2.5 水电规划概述.....	22
2.3 九龙江流域水电规划水文影响评价	24
2.3.1 流域概况和水文资料.....	24
2.3.2 水文情势现状分析.....	24
2.3.3 水文情势回顾分析.....	27
2.3.4 水文情势的预测.....	30
2.4 九龙江流域水电规划水环境影响评价	31
2.4.1 水环境现状.....	31
2.4.2 水环境回顾评价.....	33
2.4.3 水环境预测评价.....	41
2.5 九龙江流域水电规划生态环境影响评价	45
2.5.1 水电开发对流域生物资源影响的回顾性评价.....	45
2.5.2 水电开发对生态系统的影响分析.....	46
2.5.3 水电规划对生态的影响预测评价.....	49
2.6 水电规划社会经济影响评价	52
2.6.1 社会经济现状与回顾评价.....	52

2.6.2 社会经济影响评价.....	54
2.7 公众参与	56
2.7.1 公众参与的目的、作用.....	56
2.7.2 公众参与的时间、地点及对象.....	56
2.7.3 公众参与的结果.....	57
2.8 替代方案 and 环境保护对策措施	58
2.8.1 替代方案.....	58
2.8.2 环境影响的减缓措施.....	59
3 九龙江流域水环境管理信息系统	63
3.1 系统开发	63
3.2 系统开发目标和原则	63
3.2.1 系统开发目标.....	63
3.2.2 系统开发原则.....	64
3.3 系统需求分析	64
3.3.1 系统用户.....	64
3.3.2 系统用户需求分析.....	64
3.3.3 系统功能需求.....	65
3.4 系统开发环境和平台	66
3.4.1 开发集成环境的选择.....	66
3.4.2 数据库平台的选择.....	66
3.4.3 GIS 平台的选择.....	66
3.5 数据库设计	96
3.6 系统体系结构设计	67
3.7 系统功能	68
3.7.1 系统总体框架.....	68
3.7.2 系统功能.....	70
4 洪水抗差预报方法	77
4.1 流域简介	78
4.1.1 闽江流域.....	78
4.1.2 漉水水库流域.....	79
4.2 遥测降雨观测误差抗差探测	80
4.2.1 降雨与误差特点.....	81
4.2.2 理想系统设计与误差生成.....	83
4.2.3 遥测降雨观测误差三步抗差探测方法.....	83

4.3 河段汇流参数抗差估计研究	91
4.3.1 参数估计方法.....	92
4.3.2 效果比较.....	94
4.3.3 实例应用.....	98
4.3.4 结论.....	101
4.4 洪水预报实时修正模型的抗差递推算法	102
4.4.1 问题的描述.....	102
4.4.2 RRLS 算法的推导.....	103
4.4.3 实验数据测试.....	106
4.4.4 实例比较.....	111
4.5 小结	112
5 总结和展望	113
5.1 结论.....	113
5.2 不足之处及研究展望.....	114
参考文献	115
致 谢	119
博士生期间发表的学术论文、专著	120
博士后期间发表的学术论文、专著	121
个人 简 历	122
联 系 地 址:	124

厦门大学博硕士学位论文摘要库

1. 绪论

1.1 问题的提出

水是生命之源，水资源是人类和一切生物赖以生存发展的基础，也是国民经济不可缺少的资源。流域水资源的可持续性利用是保障社会经济持续、稳定发展的物质基础。

流域的水资源与人类社会经济可持续发展的关系，可简单归结为：水资源的可持续利用和水灾的有效防治（刘昌明，2002）。

水资源可持续利用是可持续发展框架下水资源利用的一种新模式，是水资源综合开发、利用、保护、防治和管理统一体最合理的利用方式。具体来说，就是既要使水资源开发利用尽量满足社会与经济发展的需要，又要保证水资源开发利用对流域生态环境的影响尽量小，实现水资源的连续性和持久性。同时流域的水环境反映了流域水资源质量的好坏，对流域水环境的及时掌握，对流域内污染源状况的实时监测，也是实现流域水资源可持续利用的重要手段和措施。

水灾是难以根本消除的，无论防治水灾标准如何提高，稀遇的水灾仍然会出现，仍然可能超过防御标准，从而造成灾害损失。所谓“有效防治”主要是指在一定的经济发展阶段、科学技术和财力允许的情况下，尽量减少灾害损失。对洪水灾害的防治一方面依靠工程措施，如修建水库、整治和开挖河道等；另一方面需要依靠非工程措施，如洪水预报技术。

本文的研究就是针对流域水资源与人类社会经济可持续发展相关的两类活动展开。对于水资源可持续利用，本文选取流域的水电开发（建水电站）规划为研究案例，进行规划环境影响评价，确定规划方案是否符合流域水资源可持续利用目标。另外建立流域的水环境管理信息系统，控制和掌握环境污染范围和区域，对流域的水资源质量进行监控和管理；水灾的有效防治，本文的研究重点放在提高洪水预报技术、保证洪水预报精度方面。在笔者博士论文的洪水抗差预报方法的研究成果基础上，进一步提出适宜偏态数据的抗差预报方法和推导出有遗忘因子的抗差递推最小二乘估计方程，提出更具精度保障的洪水抗差预报方法。

1.2 相关领域研究综述

1.2.1 流域水电开发规划环境影响评价研究综述

流域水电开发规划环境影响评价的目的是：贯彻国家保护环境的基本国策和《环境影响评价法》，实施水资源可持续利用战略，预防有重大缺陷的水电开发规划的出台和实施对环境造成不良影响。它不仅仅是提出措施使规划实施后所产生的环境影响最小化，而且更是使规划所可能产生的环境影响最小化，使得水电开发规划成为“可持续规划”。

流域水电开发规划环境影响评价与项目环境影响评价不同，它着眼于环境问题的全局性和根本性，解决那些在规划层次上应处理和能处理的与环境有关的问题，而不是取代项目环境影响评价。在评价的目标思路、方式方法及深度精度方面，流域水电开发规划环境影响评价有着其自身的特点，是从宏观上评价规划的累积性效应。

1.2.1.1 环境影响评价的概念

目前所讲的环境影响评价(Environmental Impact Assessment, EIA)包括三个主要方面：建设项目的环境影响评价、区域开发的环境影响评价以及战略环境评价。战略环境评价(Strategic Environmental Assessment, SEA)是20世纪80年代国际上兴起的环境影响评价形式，是建设项目环境影响评价在战略层面上(政府的政策、计划和规划，简称PPPs)的应用，是实现可持续发展、避免宏观决策失误的重要手段和途径。同传统的项目环境影响评价相比较，战略环境评价具有如下特点：(1) 战略环境影响在决策中更好地考虑了环境与可持续能力的结合；(2) 能比项目影响评价提出更好的预防性措施；(3) 可在决策的更早阶段在更广的范围内考虑替代方案及减缓措施；(4) 能比项目环境影响评价对累积的、间接的、协同的、次生的、时间上拥挤的、空间上拥挤的、长期的和滞后的影响提供更多的评价；(5) 比项目环境影响评价更有可能提出区域及全球性的影响；(6) 考虑到非项目影响；(7) 提供早期公众参与框架，以增加决策的透明度、质量及可接受性；(8) 能够提高人群活动潜在的环境意识；(9) 有利于防止代价昂贵的决策错误；(10) 能够为其它环境问题，将来的政策、计划、规划(PPPs)提供有益的信息。

流域水电规划的环境影响评价是环境影响评价在规划层次的应用，是一种在

规划层次及早协调环境与发展关系的决策手段与规划手段,属战略环境评价范畴(顾洪宾等, 2006; 张平等, 2006; 陈凯麒, 2005; 袁九毅, 2007 等)。

1964 年在加拿大召开的国际环境质量评价会议上,首次提出了“环境影响评价”的概念,70 年代中期,欧美一些发达国家认识到单个项目环境影响评价的不足,开始将环境影响评价的应用扩展到规划层次。到 80 年代初期,又将环境影响评价扩展到政策、规划层次。80 年代末,随着可持续发展战略的提出,具有战略视角的战略环境影响便应运而生,90 年代起,战略环境影响开始得到世界广泛接受,世界环境与发展委员会、欧盟、世界银行、经济合作与发展组织、联合国等组织也都制定了有关文件,推进战略环境评价的开展。目前,欧洲国家战略环境评价主要集中于部门和综合的政策、规划或计划。部门规划已涉及到农业、运输、旅游、能源、森林、废物管理、水资源管理、矿藏开发、政治决议和建设基金等众多领域,而且德国还对科研和技术计划进行战略环境评价。但是直至目前各国很少有正式实施的、通用的战略环境评价技术方法和程序,战略环境评价正处于研究和发展的初级阶段,尚未形成统一、完善的理论体系和有效的评价方法学(王世亮等, 2004)。目前,战略环境评价已经被包括美国、加拿大及欧盟等十几个国家和地区在不同程度上接受并应用于决策领域。

1.2.1.2 国内外战略环境评价的理论研究进展

一、国外战略环境评价理论研究进展

战略环境评价虽然早在 1969 年的美国国家环境政策法已有所体现,但其真正得到世界范围内的广泛接受还是从 80 年代末、90 年代初开始的。特别是从九十年代初,国外对战略环境评价的理论体系做了大量研究,一些发达国家及欧共体、世界银行、经济合作与发展组织等都相继制定了相关的文件,对推进战略环境评价起到了积极的作用。在此期间,许多国家的学者,如英国的 Therivel 等(Therivel et al, 1992, 1993),葡萄牙的 maria rosario partidario(maria rosario partidario, 1996),美国的 Anne(Anne, 1996),比利时的 Lieselote (Lieselote, 1998),德国的 Hauke(Hauke, 1998),及 Geoffrey 和 Lex(Geoffrey and Lex, 1995)等,通过回顾一些现存和提出的战略环境评价系统(特别是美国、荷兰和英国的战略环境评价系统及欧共体关于战略环境评价建议的指令),比较和对照了这些系统,考虑了诸如什么政策、规划和计划应要求战略环境评价,是否他们将被广泛的审核,是否它们应当包含环境货币化评估等问题,对战略环境评价的作用、基本原

理、法律保障、评价对象、评价内容、评价方法等进行了深入的探讨。

(1) 战略环境评价的原则：目前大多数已执行战略环境评价的国家都把战略环境评价的角色与可持续发展的目标相联系。在一些国家中，可持续发展问题作为战略环境评价的隐含背景政策，如美国、瑞典、挪威、芬兰、法国、德国和英国；在其他国家，可持续问题被用作战略环境评价执行的衡量标准和目标，如加拿大、荷兰、丹麦；作为帮助形成支持可持续发展决策的坚强的政策，如澳大利亚、新西兰。战略环境评价应当被考虑作为可持续发展概念的实施方法，而不是简单地从单个项目环境评价再上一个台阶。

(2) 评价对象：目前一些发达国家的战略环境评价评价对象主要分行业、区域和间接的战略环境评价这二种类型。最常见的行业战略环境评价主要有：废物处置、水供应、农业、森林、能源、娱乐和交通战略环境评价；最常见的区域战略环境评价主要有：区域规划、城市规划、再发展规划、社区规划和乡村规划；至于间接的战略环境评价主要有诸如关于科学技术、财经政策等。

(3) 评价主体：目前国外基本上所有的战略环境评价系统均要求政策、计划和规划（PPPs）的制定者准备战略环境评价。例如，美国住房和城市发展部为城市发展规划准备战略环境评价，美国交通部为机场规划等准备战略环境评价。在某些情况下，战略环境评价可能需要主管环境保护机构的帮助，如在荷兰的战略环境评价系统，国家环境保护局将为那些可能产生重大环境影响 PPPs 的战略环境评价提供帮助。

(4) 关于战略环境评价的作用：战略环境评价的实践表明，它可以系统地、综合地评价环境的累积影响；可在早期对政策、规划、计划可能产生的环境影响进行检查，将可持续发展的原则从规划阶段一直贯彻到项目阶段；为决策提供对环境更有利的替代方案；便于实施早期的实质性的公众参与；帮助综合决策的形成。

(5) 战略环境评价的基本内容：目前国外战略环境评价的基本内容主要包括以下几个方面：PPPs 的基本设想和主要目标；PPPs 的环境保护目标和相关环保措施；现存的环境问题，特别是在被保护和敏感区域的环境问题；拟议行为可能产生的环境影响，采取减轻措施和更利于环境的替代方案；监视计划和可能由 PPPs 实施而产生的项目和其他措施。

(6) 战略环境评价的介入时间：目前国际上普遍认为，战略环境评价介入

的时间越早，其所发挥的作用就越大。

(7) 战略环境评价的法律保障：多数国家的战略环境评价的实施是通过立法、政令或其它形式来规定。如 1970 年生效的美国《国家环境政策法》即对战略环境评价的开展作了相关规定，一些州在此基础上制定了地方法规来保证战略环境评价在本地区的实施。1987 年生效的荷兰《环境保护法》规定开展正式的战略环境评价，并在 1989 年通过的《国家环境政策规划》中明确了其工作程序。加拿大于 1990 年以内阁指令的形式要求所有联邦部门对其提交内阁审查的可能产生环境影响的政策和计划议案实施战略环境评价，以确保决策过程中进行系统、综合的环境考虑。英国一直反对将战略环境评价制度化，但它于 1991 年制定的《政策评价与环境》文件中规定的政策评价在程序和方法上类似于战略环境评价，并以内阁名义推荐《政策评价与环境》应用于发展计划、政策议案上。

二、国内战略环境评价理论研究进展

自 20 世纪 90 年代以来，与环评实践相结合，我国的战略环境评价（SEA）步入了快速发展时期。许多学者在 SEA 方面作了有益的探讨（黄昌鸿，1988；高尚宾，1995；毕军和高普辛，1994；丁元竹，1998），如开展我国 SEA 的意义及有关建议；实施 SEA 的可行性及内容；通过实施 SEA 完善第二代 EIA 理论方法以推进我国的可持续发展；SEA 与项目 EIA 的关系；SEA 的技术框架、程序与方法以及 SEA 对于实施环境与发展综合决策的作用等等。同时，一些有代表性的专著也陆续出版，主要有彭应登等编著《区域开发环境影响评价》（1999），尚金城编著的《战略环境评价导论》（2003），尚金城等编译的《战略环境评价》（Therivel, 1992）和《战略环境评价实践》（Therivel, 1996）等。

彭应登与王华东较早从国外引入战略环境评价的概念，论述了战略环境评价产生的原因，通过分析战略环境评价与环境影响评价之间的层次关系，说明了战略环境评价在程序上和方法上的显著特点，指出了开展战略环境评价研究和应用的迫切性与重要意义，提出要借鉴国外战略环境评价的方法来研究区域开发环境影响评价，并指出区域开发环境影响评价应该成为决策手段和规划手段，而累积影响评价应成为核心内容（王华东，1989；彭应登，1995）。尚金城和包存宽介绍了战略环境评价系统组成的五个要素，即评价者、评价对象、评价标准和评价方法，分析了其相互关系及各要素与战略环境评价系统的关系（尚金城和包存宽，2000）。李巍等重点研究了政策评价问题，阐述了政策评价的意义、特点、程序、

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库