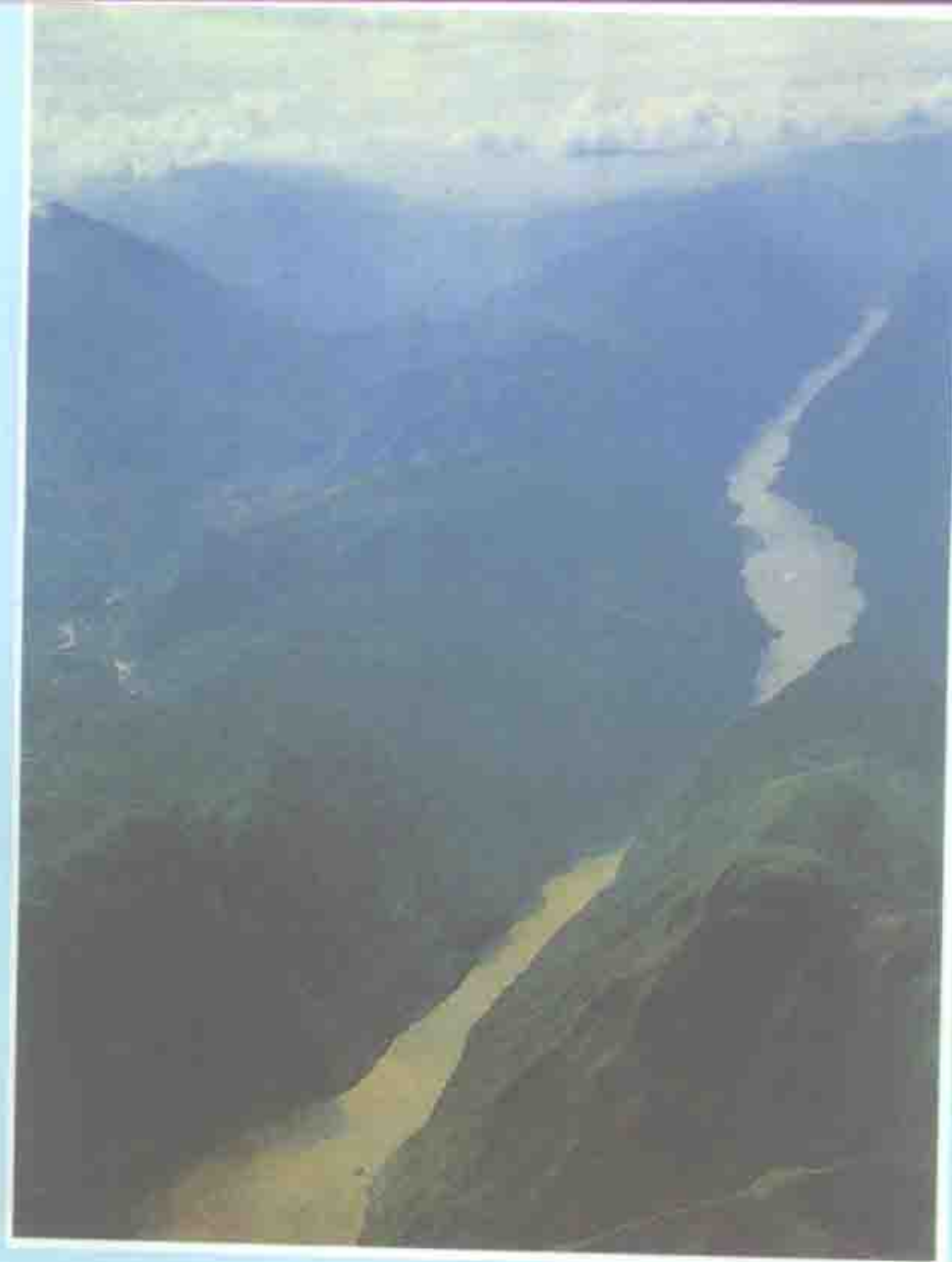




长江三峡库区水土流失 对生态与环境的影响

杜榕桓 史德明 袁建模 等 编著

科学出版社

三峡工程与生态环境

长江三峡库区水土流失 对生态与环境的影响

杜榕桓 史德明 袁建模等 编著

科学出版社

1 9 9 4

7638/34

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

《三峡工程与生态环境》系列专著共 9 册，是中国科学院主持的国家“七五”攻关课题“三峡工程对生态与环境的影响和对策研究”成果的理论总结。

本书是系列专著之一。书中对三峡工程兴建前后的环境地质，特别是滑坡、崩塌、泥石流、河流泥沙、水土流失、库岸边坡稳定度及水库诱发地震等灾害性环境地质问题进行了分析研究，并作出预测评价；结合三峡工程不同蓄水方案及其与环境地质的相互影响进行剖析，提出相应的对策；通过试点研究实例，探索了优化库区生态环境的途径。

本书可供环境科学、地学等学科研究人员、三峡水电工程建设决策管理部门和高等院校有关师生参考。

三峡工程与生态环境 长江三峡库区水土流失 对生态与环境的影响

杜榕桓 史德明 袁建模等 编著

责任编辑 吴三保

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

北京东华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1994 年 9 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

1994 年 9 月第一次印刷 印张：11 1/2 插页：3

印数：1—900 字数：263 000

ISBN 7-03-003669-7/P·692

定价：12.70 元

《三峡工程与生态环境》
编辑委员会

主 编 陈国阶

副主编 徐 琪 杜榕桓

编 委 (按姓氏笔画为序)

王大生 刘逸农 史德明 朱海虹 陈伟烈

陈鸿昭 邹家祥 沈焕庭 罗秉征 徐小清

曹文宣 黄时达 舒光复 蔡述明

《三峡工程对生态与环境的影响和对策研究》
项目专家组

组 长 马世骏

成 员 (按姓氏笔画为序)

方子云 刘建康 刘培桐 刘瑞玉 孙鸿冰

关君蔚 陈吉余 沈坩卿 吴国昌 侯学煜

席承藩 谢家泽 傅国伟 蔡宏道

长江三峡库区水土流失对生态与环境的影响

- 承担单位** 中国科学院成都山地灾害与环境研究所
中国科学院南京土壤研究所
中国科学院成都生物研究所
- 参加单位** 中国科学院成都山地灾害与环境研究所
中国科学院南京土壤研究所
中国科学院成都生物研究所
中国科学院测量与地球物理研究所
中国科学院武汉岩土力学研究所
- 负责人** 杜榕桓 史德明 刘照光
- 参加人员** 杜榕桓 袁建模 李德基 刘新民 兰肇声
段金凡 林立相 (中国科学院成都山地灾害与环境研究所)
史德明 杨艳生 梁 音 吕喜玺 (中国科学院南京土壤研究所)
杨启修 刘莉华 王小颖 王清泉 刘惠卿 (中国科学院成都生物研究所)
张赤军 江顺先 刘根友 孙晓明 蒋福珍
时 青 郝晓光 方 剑 李 雄 任 康
黄金水 (中国科学院测量与地球物理研究所)
彭光忠 付少兰 丁多文 王 立 蒋梅英 (中国科学院武汉岩土力学研究所)
- 主要作者** 杜榕桓 史德明 袁建模 杨启修 江顺先
彭光忠
- 专著统稿** 杜榕桓 史德明 袁建模

《三峡工程与生态环境》序言

随着人类社会经济的发展，水资源越来越宝贵。对其合理利用和保护，已受到社会广泛的重视。现代水资源利用和水利工程建设的重要特征是：①利用方向从单向走向综合。除了灌溉、发电之外，还与防洪、城市供水和调水、渔业、旅游、航运、生态与环境保护等多目标决策相联系，一水多用。②水利工程建设的数目越来越多，工程的规模从不断扩大到加以适当控制。本世纪30年代美国建成的装机容量为310万千瓦的胡佛大坝，是当时世界上最大的水电站；尔后，埃及阿斯旺、美国大古力以及原苏联古比雪夫、布拉茨克等，几百万至近千万千瓦的大型水电站相继建成；现在建设中的巴西伊泰普水电站装机容量达1 260万千瓦。但自此之后，几无超过1 000万千瓦的水电站开工，并有不少拟议中或建设中的大型水利工程，或缓建或下马。③从单项工程建设，逐步发展成流域综合开发，如美国田纳西流域与科罗拉多河流域的开发，前者在1 000多公里的河段上建设50多座大坝，后者也有近30座大坝，形成坝、库、渠、管，干支配套，各区域大、中、小工程相互协调的体系。④水利建设部门的经营职能多样化。除水电外，还兼营火电、核电，兼营旅游、农业灌溉、水上运动、航运、垦殖等，成为综合开发实体或庞大的产业体系。

由于水资源开发利用的强度和速度越来越大，对环境的影响日益增强。人类对水资源的利用，并不总是有利的；历史上得不偿失的工程并不罕见，一般是一项工程既有利，也有弊。为了更好地利用水资源，化害为利，对水利工程的论证、预测和环境影响评价已越来越受到人们的重视。国际大坝会议，连续几届的主题都是环境影响问题，而环境保护部门和生态学界，对水利建设引起的环境问题更为关切。自从1969年美国率先实行建设项目环境影响评价制度以来，其基本思路、理论、方法和实践已普遍为各国各类建设项目的评估、论证所接受并获得迅速发展。当前水利工程环境影响研究的基本动向有三：

(1) 人们对水利建设与环境相互关系的思维空间和实践领域，经历了由点（工程）到线（河段、河流梯级开发）到面（库区生态与环境研究）到体（流域、自然、生态、环境、经济的复合大系统研究）的发展演化，体现了开发的整体化、系统化和综合化。

(2) 水利环境影响研究，已从单学科发展到多学科协同攻关。水利环境问题源于水利工程，水利学是其母体，而现在已发展到大气物理、水文、生物、医学、生态、环境科学、化学、地质、农学等众多自然学科参加，社会学、经济科学、人口学、政策科学、文物、考古、旅游等学科或部门积极参与，形成以生态学和环境科学为中心的跨越自然科学、社会科学和数学、技术科学等众多门类学科联合攻关的综合研究。

(3) 从着重现状评价，发展到现状评价与长远预测相结合；从质量评价发展到经济评价；从单纯影响评价发展到对策、实施、反馈、再对策的完整过程。水利工程引起的环境问题不再是以建设工程开始为结束，而是与工程的寿命同始终；不是以作出评价为目标和终结，而是坚持长期观测，将生态与环境效益作为工程的长远效益和目标之一。

工程建设项目的环评是从环境保护角度对拟建项目进行评审、把关和督促。其主要任务是分析建设项目对生态与环境可能引起的影响,预测这些影响给未来的生态与社会经济带来的变化和后果,提出相应对策。环评不仅丰富了建设项目论证的内容,而且是提高建设项目论证水平和决策科学化的重要步骤,对提高建设项目的经济效益、社会效益和环境效益都有重要意义。它是我国环境保护法规定的必须履行的程序,其利在当代,功在千秋,从根本上说,与建设项目和经济建设的目标是一致的。

三峡工程举世瞩目,随着工程的提出、调查和论证工作断断续续的进行,几十年来,对于长江及三峡工程有关的地质、地貌、水文、土壤、水生生物、鱼类资源、陆生生物、湖区环境、河口环境等,都先后开展了调查研究,积累了一定的资料,摸清了一些自然规律。这对于三峡工程的环境影响研究,无疑起着先行、奠基作用。

但是,以往的许多调查研究,即使是直接为三峡工程论证服务的,与现代观念的环境影响研究相比,仍然是很不够的。一方面,以往的研究,未能自觉按环境影响研究的要求来组织课题,缺乏统一的设计和规划,所取得的一些成果和资料,无法系统满足工程论证的需要和反映这方面工作的水平。另一方面,以往环境影响研究在三峡工程论证、设计中的作用和地位,未受到应有的重视,成果对工程论证的参与程度是有限的。

真正比较自觉地对三峡工程的环境影响开展研究是80年代以后的事。1984年11月,国家科学技术委员会在成都召开长江三峡工程科研工作会,正式将“三峡工程对生态与环境的影响及其对策研究”作为三峡工程前期重大科研项目之一。根据此次会议要求,中国科学院于1984年冬成立了该项研究的领导小组及其办公室,设置11个二级专题、63个子专题,组织了一支包括38个单位、700多人的多学科科技队伍,开展本课题的(前期)研究。经过两年的努力,于1987年7月完成“三峡工程对生态与环境的影响及对策前期研究”,并于青岛通过国家科学技术委员会聘任的以马世骏教授为首的专家组的评审,达国际先进水平。鉴于三峡工程对生态与环境的影响是长期的、极其复杂的,前期研究虽然取得巨大成绩,但与问题的复杂性相比,尚存在许多未被认识的领域;对有的问题虽有所认识,但只知其然而不知其所以然,更未能提供良好对策。经1987年6月在北京、1987年7月在青岛两次请专家组论证,国家计划委员会、国家科学技术委员会、中国科学院及时地将此项研究又列入“七五”国家重大科技攻关课题。此项延续研究共设置8个专题、24个子专题,共投入300多人。在课题实施过程中,研究组曾参与1987年、1989年和1990年有关三峡工程的多次讨论和论证。于1991年1月又由以马世骏教授为首的专家组进行评审鉴定,给予成果总体上达国际先进水平的评价。接着研究组于1991年10月至1992年2月,参加中国科学院环境评价部与长江水资源保护局的合作,编写了《三峡水利枢纽环境影响报告书》。1991年3月,研究组部分成员还参加了国务院三峡工程论证委员会《生态与环境》专题预审专家组,提出生态与环境影响的预审意见,提交国务院论证委员会作最后决策参考。

长江三峡工程对生态与环境的影响及其对策研究的成果分两次出版。前期科研成果,在98篇研究报告(360万字)的基础上,先后出版《长江三峡工程对生态与环境的影响及其对策研究论文集》(180万字,科学出版社,1987)、《长江三峡工程对生态与环境的影响及对策研究》(50万字,科学出版社,1988)、《长江三峡生态与环境地图集》

(科学出版社, 1989)。上述成果获得中国科学院科学技术进步奖一等奖(1989年)。

本次延续研究的成果编辑成《三峡工程与生态环境》系列专著, 共分为9本, 全面总结了8年来中国科学院在三峡工程对生态与环境影响及其对策研究方面的丰富成果, 集中介绍与三峡工程相关的主要生态与环境问题, 论述如何使有利影响得到合理利用, 不利影响得到减免或改善, 以及对未来工程管理和长江流域生态环境建设的对策, 提出需要作长期研究的问题。这套系列专著是前期研究成果的延伸、深化和新的开拓。它与前期的科研工作相比, 在研究深度、广度和解决实际问题方面, 可以说有着突破性的进展。这主要表现在:

(1) 基础信息扎实丰收 01 专题比较彻底地摸清了三峡库区陆生植物种类、植物区系和植物类型。从重庆到三斗坪系统地作了17个垂直剖面样带; 评估工程淹没植物损失的经济量; 整理出《三峡库区植物名录》, 包括对库区几乎是全部植物的180科、885属、2 895种植物的生境、分布、海拔高度、利用价值、区系等9项指标进行较详细、精确的描述; 摸清库区有经济植物资源2 102种, 特有植物30种; 在涪陵、奉节、三斗坪三个点上编绘了1:5万植被图; 探索了库区主要农业生态类型及其优化模式。02 专题对长江干流、湘江、洞庭湖和石门水库进行了4年共26航次的考察, 航程3.5万余公里, 收集到各类标本6 000余号, 鱼卵、鱼苗6万余件, 统计渔获物9 000余公斤, 实例数据57 000个, 收集水文数据约3万个。确定长江白暨豚数量不足200头, 查清白暨豚、中华鲟、胭脂鱼、白鲟等珍稀水生生物的生境及活动规律, 掌握三峡工程对它们的影响及保护方法。03 专题完善了对四湖地区地下水位的定点观测, 共取得数据4.5万个; 基本查清三峡工程对土壤潜育化、沼泽化影响的现状、潜在威胁范围和程度。用测距精度为10米的雷达定位, 重新测量了洞庭湖湖盆地形, 并结合自20年代以来该湖的地形资料、沉积物测年和沉积速率资料, 定量评价了三峡工程对洞庭湖湖面、荆江三口分流口门、河道和入江三角洲的影响。采用GPY浅地层剖面仪测量鄱阳湖湖盆地区断面150公里, 在1:2.5万地形图上重新量算和核校了数千个湖底高程, 编制了1:40万和1:50万鄱阳湖湖底地形图。在1:2.5万大比例尺湖底地形图上, 按1956年黄海高程分区逐段分层量算了鄱阳湖不同水位的湖区面积和容积, 求算出符合实际的水位、面积和容积的关系。04 专题对长江河口进行两次海上考察, 共作了48个断面的水文、水化学和沉积环境调查。完成三航次生物、初级生产力河口调查; 对709份样品进行鉴定、分析、定量计算; 对虾、蟹资源进行了三次大面积的渔船拖网调查, 共完成96网次, 基本摸清了三峡工程对河口区水域盐度锋面、余流、盐度、冲淡水面积的影响; 在河口三角洲进行大范围土壤、地下水定点观测, 取得数据14 356个, 基本探明三峡工程可能引起的水、土(盐)系统的变化, 进一步论证了土壤盐渍化潜在威胁的范围和程度。05 专题在库区选定涪陵市作城市径流闭合小区, 进行较长期地表径流污染定量观测, 对农田径流对水体污染的影响也进行了实地观测实验, 计算出库区污染排放总量、主要污染物、污染负荷、污染强度、污染带范围和等级等。还在秭归县拟新迁的县城地址茅坪乡进行医学本底调查, 获数据近万个。06 专题查清了库区有滑坡、崩塌214处, 总体积13—15亿立方米; 库区泥石流沟271条; 查明各类土壤侵蚀强度及其产沙量, 计算出库区土壤侵蚀总量约1.67亿吨, 年入江泥沙量约4 000万吨, 其中以农地侵蚀量为最大, 达9 450万吨/年, 占库区总侵蚀量的60%; 年入库泥沙量也以农地为最高, 占库区年入库泥沙总量的

46.16%。07 专题在库区土地承载能力研究中,曾三次到野外调绘的训练区约 4 000 个,处理卫星遥感数据 2 亿多个,遥感图像处理的覆盖面积达 11.8 万平方公里,编绘了 1:10 万《长江三峡地区地面覆盖类型遥感数据监督分类图》;利用 SPOT 卫星影像最新信息修编了 1:10 万《三峡地区土地利用现状图》和 1:10 万《长江三峡地区土地自然坡度图》。在上述工作基础上,配合大量地面工作和其他多种信息编制成 1:10 万《长江三峡地区土地资源评价图》。分别用计算机-数字化量测法和光电量测仪对土地资源评价图和土地利用现状图近 5 万个图斑进行量测,取得各地类和不同坡度级土地的面积,整理出《三峡地区土地资源数据册》和《三峡地区土地自然坡度、高程和利用数据表》。

(2) 对策研究有新的开拓 本次研究集中力量回答工程上马不上马,何时上马的问题,加强定点和典型区实例研究,成果可为未来工程施工、管理、调控等所应用。01 专题突出了三峡自然保护区的规划。02 专题对在湖北石首天鹅洲建立白鱔豚半自然保护区进行了可行性研究。通过大量本底调查、预测,为未来白鱔豚保护区的建立和运转奠定了基础,是拯救和保护白鱔豚的一项适当而可行的措施。03 专题对中游平原湖区因“四水”(降水、地面水、地下水、土壤水)矛盾而产生的土壤潜育化、沼泽化进行研究。通过作物渍害与土壤水和地下水关系的调查,布置不同项目试验的分析与观察,对土壤潜育化、沼泽化潜在影响的程度和范围作出评估,提出大系统与小系统相结合,工程建设与生态建设相结合的治水改土对策和措施。06 专题在朱衣河流域自然、资源、环境、灾害、经济的本底调查基础上,对未来发展预测、经济投入、防治对策等提出具体可行的措施,为未来三峡库区的综合整治提供样板。07 专题提出并实践了以卫星遥感数据计算机分类为主要手段进行大规模资源调查评价的技术方案,完成面积等于一个省的遥感数据机助资源分类与制图,经多点复检验证,大类型划分精度达 84%,界线精度达 86%。为今后省级规模,特别是地面复杂地区使用这种技术提供了实例。在查明现有耕地的基础上,采用点面结合,既考虑耕地类型的空间结构和质量评价,又有多点试验结果作依据,较科学地计算出库区耕地增产的潜力。在开县和秭归县移民环境容量研究中,针对各自移民任务、县情和存在问题,作出综合社会经济发展与移民安置规划,并提出了具体方案 and 对策。

(3) 移民环境容量研究获得进展 百万移民是三峡工程论证、设计和建设中必须十分慎重考虑和处理的问题。前期研究对移民环境容量研究较晚,认识比较肤浅,未能满足移民对生态与环境影响研究的要求。这次研究下了较大力量和投资,比较彻底地摸清了库区的土地资源,并结合其他方面的资料对移民与环境容量的关系作了较系统的研究。07 专题在土地资源评价图基础上,把库区土地资源分为 21 个地类、36 个地组、244 个地型。基于 9 种土地评价因素,用等差指数法将土地分为 8 等,其中 1—4 等地为农地和宜农地,5—7 等地为宜林地,8 等地为特殊用地(城镇、道路、沙洲、水面等);摸清了库区各类土地面积,特别是后备宜农土地资源的数量、质量和分布。结合多点增产潜力试验,对目前库区与建坝后超过 25°陡坡耕地退耕后土地承载能力的变化作了多方案比较。经研究指出库区土地已经过垦,后备宜农土地资源紧缺,不宜再提倡开荒种粮;大面积荒山草坡应发展大农业,开展综合利用、多种经营;移民缺粮应由国家统筹解决等观点已被国家采纳,作为移民安置的指导原则。在开县、秭归县、万县和万县市移民区研究中还编制了大量由第一手调查资料为基础的移民环境容量的图件。06 专题在大量调

查、研究、实验的基础上,编制了《三峡库区不同土地利用土壤侵蚀量图》、《三峡库区土壤侵蚀泥沙潜在危害图》、《三峡库区侵蚀土壤退化图》,作为移民搬迁和生态控制的参考图件;在朱衣河流域综合治理研究中,应用计算机编制了该流域地貌、地质、土壤侵蚀等大比例尺基本图件,为移民搬迁与区域经济同步发展提供科学依据。

(4) 新规律的发现和新方法的创立有所突破 本次研究,在突出应用性的同时,依靠扎实的研究基础和基础资料的积累,发现了不少新规律。02 专题发现,以往认为松滋口家鱼的产卵活动自 4 月至 7 月上旬,现发现其繁殖季节有滞后现象,这主要取决于亲鲟性腺的成熟状况、水质和河床底质,而与水位涨落和含沙量无明显相关,还发现胭脂鱼仔鱼孵出后死亡率最大为静卧期。04 专题在河口鱼类资源的研究中,解决了狭颚绒螯蟹亲体运输、饲喂和孵化等问题,获得了狭颚绒螯蟹的形态学特征,填补了我国学术上的一个空白。同时,分析了长江口及邻近海区几种蟹的幼体密度分布,这在我国还是第一次。研究中各专题、子专题普遍应用数学模型,进行定量和动态分析,使传统生物学、地理学、环境学和生态学研究,提高到一个新水平,而且创立了新方法。01 专题应用生态系统的食物链结构,探索了库区主要农业生态类型的优化途径,建立了以农林牧相结合的多种优化模式,使生态系统的经济效益与生态效益得到很大的提高。03 专题利用数值模拟方法预测了三峡工程对洞庭湖和鄱阳湖水情的动态影响,发展了一种流体力学和统计相结合的方法,能根据流域降水及河道水位、面积、流量资料自动选定有关参数;并随时补充最新实时资料,能很好重演历史过程(包括极端过程),可进行水情动态预测、河道二维、湖泊三维水动力学模拟,具有创造性。04 专题就三峡工程对宝钢河段盐度变化的影响预测,应用统计方法、波谱方法和数值分析法等建立数学模式,对相关规律进行动态、定量的描述;应用逐步多元回归分析方法探索河口环境因子变化与渔业资源变化的关系。利用三维分析,探索河口区无脊椎动物资源的时空变化规律,同时利用国际上渔业管理方面最新推出的模式,对主要的虾、蟹生长、死亡、补充等特征进行模拟。05 专题对库区岸边污染带提出新的定义和鉴别标准,具有创新性和更符合实际的应用性。07 专题根据社会、经济、生态学等 15 个指标,通过聚类分析,把库区分为 4 个农业生态功能区。

(5) 综合评价的探索向高层次发展 08 专题在综合评价研究中,在理论上突出价值观在综合评价中的指导作用;在环境评价中引入和发展了环境资源论、资源有限论、环境经济观、环境机会成本等理论与概念;提出了包含评价对象、时间动态序列、影响识别系统的多维动态、综合评价体系、环境质量指标与影响程度及时效的概念;建立了环境质量与影响的转换公式。在综合评价模型和方法上,在水利工程环境评价上,首次提出了应用布尔矩阵分类评价法,解决二次影响的定量评价问题;发展了多元回归与系统重构分析相结合方法;应用变权函数法突出影响评价重点;建立了生态环境预警模式,深化影响评价内容;运用自然景观价值评价法对三峡自然景观进行定量评价,应用和发展区域环境计算机图形模拟技术,以及环境影响对策的 DNA 有效性评价模型、环境影响时空分布模型等。在影响评价、趋势预测和可靠性研究中,应用模糊数学、灰色系统理论、概率论等进行定量分析,应用现代经济学理论和方法进行经济评价;还就工程引起的生态环境问题进行治理投资与效益分析,提出三峡工程与长江流域生态建设、环境保护的宏观战略、对策体系、实施方案和投资优化等问题。

《三峡工程与生态环境》系列专著是在上述8个专题研究成果的基础上写成的。作为专著,它不同于成果报告,也不同于论证报告和环境影响报告书,而试图从更高的层次上对所研究的对象及其基本规律进行理论概括和总结,较系统地反映研究所得的新思想、新资料、新观点和新方法。希望本套系列专著能够对三峡工程和长江流域当前的建设和未来的开发利用起到一点作用,为子孙后代认识长江、建设长江留下一份永久记录,有助于三峡工程顺利建设。同时也期望会有益于促进我国生态与环境科学的发展。

本系列专著是集体劳动的成果,它是几十个单位、数百名科技人员历经3年多的努力和辛勤劳动的结晶,又是各级领导机关、科学研究单位、长江沿岸和三峡地区各级政府大力支持、关心的产物。几年来,国家科学技术委员会及有关承担单位的领导自始至终给予我们巨大的支持。中国科学院孙鸿烈副院长多次听取课题、专题汇报,并深入库区、中游湖区考察研究,给我们很大鼓舞。以马世骏教授为首的国家专家组,从课题设计,到进度检查、现场指导,倾注了巨大心血。中国科学院资源环境局等的领导都对本研究给予了具体指导,社会各界人士也都对本研究给予了热情支持,在此,一并表示衷心感谢!

在系列专著书稿送出版社前,我国生态学界两位德高望重的前辈,中国科学院学部委员侯学煜教授和马世骏教授不幸相继逝世,巨星殒落,无限悲痛!我们课题的研究和专著的写作都是在他们的关心、指导下完成的。此专著寄托着我们对他们的无限哀思,愿其出版能慰他们在天之灵。

长江是我国第一大河,世界第三大河。长江流域是我国经济发达的地区,治理和开发长江对我国“四化”建设具有深远影响。尽管经过8年的考察和研究,取得了丰硕的成果,但是为了使三峡工程的建设做到万无一失,为了真正了解长江的自然规律,合理开发利用长江流域的自然资源,保护和改善生态与环境,还需要进行大量细致的研究工作。欢迎读者对本系列专著提出宝贵意见,更希望本书能成为一块铺路石子,让人们踏着它继续攀登,去揭开长江和长江流域这一宝库的奥秘,为中华大地造福。

《三峡工程与生态环境》编辑委员会

1992年4月

前 言*

在长江干流之上兴建三峡巨型水利工程,举世瞩目,影响深远,越来越受到人们的关注。围绕三峡工程兴建及其利弊得失等重大问题,开展了多项专题的前期科研工作和量大面广的科学论证。由国家科委下达,中国科学院组织实施的“三峡工程对生态与环境的影响及对策研究”,是一项涉及面广、内容庞杂、综合性强、难度大的系统工程。我们有幸参加此项重大科研项目,并具体承担了其中的“三峡工程对库区环境地质的影响”专题及所属的子专题。本专题的目标是对三峡工程兴建前后的环境地质,特别是滑坡、崩塌、泥石流、河流泥沙、水土流失、库岸边坡稳定及水库诱发地震等灾害性环境地质进行综合考察研究,作出预后评价;结合三峡工程不同蓄水方案及其与环境地质的相互影响,进行剖析,提出相应的对策。工作大体上分两个阶段进行。

第一阶段(1984—1987年):本专题由8个子专题组成,对三峡工程库区的环境地质,诸如库区和长江沿岸的滑坡、崩塌、泥石流、岸坡稳定、河流泥沙特性、水土流失、水库诱发地震以及溃坝风险估算等进行了全面的实地考察和室内实验分析,并结合150米和180米蓄水方案,就上述灾害的现状和发展趋势及其与三峡工程的相互影响,提出了预后评价和宏观性对策意见。本阶段科研成果已于1987年通过验收鉴定和专家评审,及时提交给国家有关部门参阅,为深入开展三峡工程论证提供了科学依据。

第二阶段(1988—1990年):在前一阶段工作的基础上,选择有代表性的区点或小流域,有重点地对三峡库区水土流失现状趋势、重力侵蚀对港口城镇迁建和小流域综合发展的影响、植被破坏诱发水土流失及生物治理等进行深入的调查研究,并结合当地经济开发和深化对三峡工程的论证,提出可行的对策。本阶段研究的专题是“三峡库区水土流失现状趋势对生态与环境影响及对策研究”,包括3个子专题:(1)三峡库区水土流失基本规律及植被破坏诱发水土流失的研究;(2)三峡库区重力侵蚀及其对城镇港口迁建和移民安置的影响;(3)防治库区土壤侵蚀与提高土壤增产潜力的研究。具体承担单位有中国科学院成都山地灾害与环境研究所、南京土壤研究所、成都生物研究所、测量与地球物理研究所和武汉岩土力学研究所等。本阶段完成了以下两方面的工作。

1. 三峡库区水土流失基本规律及植被破坏诱发水土流失的研究:(1)进一步深入调查研究了三峡库区水土流失的现状、产沙基本规律和发展趋势,编制了三峡库区不同土地利用侵蚀等级图、三峡库区侵蚀土壤退化图和三峡库区侵蚀及产沙潜在危害图等;(2)以重庆市铜梁县、重庆市江津县、宜昌太平溪、秭归县王家桥和巴东县雷家坪5个水保站为重点,进行不同水土流失类型的定位观测试验研究,探讨了径流特征及减沙效益,拟订了防止土壤侵蚀及优化治理方案;(3)对奉节县朱衣河流域进行了小流域的植被破坏诱发水土流失及生物治理途径的试点研究;(4)调查分析了库区土壤退化的过程 and 特点及其对土地生产潜力的影响,提出了提高库区土壤资源增产潜力的方法和途径。

2. 三峡库区重力侵蚀及其对城镇港口迁建和移民安置的影响:(1)在前期研究成果的

* 执笔人:杜榕桓(中国科学院成都山地灾害与环境研究所)。

基础上,选择重力侵蚀和山地灾害中等而经济发展潜力较大的奉节县朱衣河流域为重点研究对象,进行了小流域山地灾害形成发展规律及综合防治规划的试点研究;(2)运用位场法研究奉节县紫阳城滑坡和新滩滑坡,科学地解释了滑坡周期性复活的机理,并对秭归香溪镇、奉节县拟迁建新址的岸边带及重庆重点搬迁区三峡工程蓄水后的岩体稳定性作了深入研究,提出了预断评价和对策;(3)通过对朱衣河的试点研究、在理论与实践的结合上,把重力侵蚀和山地灾害的综合防治与当地经济开发和生态环境建设一体化,这对三峡库区进行防灾减灾、优化生态环境和发展小流域经济都是有益的探索。

当今世界各国面临着人口增长、资源枯竭和生态环境恶化带来的严重挑战,由它们相互交织作用而导致的各种自然灾害的频繁发生,已给各国经济建设和居民生活造成深重的灾难,自然灾害已成为人们亟待整治的心腹大患。长江三峡库区,山高谷深,坡陡流急,内外营力施于地表的塑造作用甚为强烈,重力作用下的滑坡、坍塌和岩崩,水力作用下的坡面侵蚀、沟谷侵蚀和水土流失,以及重力与水力共同作用下的泥石流活动等,都在不同程度地加速地表的破坏过程。三峡库区人口稠密,山多地少,人地关系紧张,陡坡垦殖和滥牧以及兴建城镇、矿区和交通等活动,又在一定程度上加剧了地表的破坏过程。今日之三峡库区,显现出植被锐减、土地贫瘠、水土流失、山地灾害频起、生态环境恶化的局面。此种状况非短期内所能逆转,这不仅对当前库区经济发展和居民安危产生不利影响,而且也是未来三峡工程兴建及保持库区安全的重大隐患所在。有鉴于此,我们认为,不论三峡工程是否兴建或什么时日兴建,都应当刻不容缓地把恢复库区生态环境、防御山地灾害提到议事日程上,并与当地的国土整治和经济开发融为一体,统筹兼顾,以获得最佳的社会效益、经济效益、防灾效益和生态环境效益的统一。如上所述,为此目的,我们选择了有代表性的重灾点或小流域,深入研究三峡库区水土流失的规律及植被破坏诱发水土流失的特点,重力侵蚀及对库区城镇港口迁建和移民安置的影响,以便为防御库区水土流失和山地灾害、提高库区土壤资源增产潜力、改善移民环境容量和优化生态环境探索有效途径,也为未来修建三峡水库创造良好条件。

本书系在完成06专题及所属子专题野外工作和室内总结的基础上,深入分析综合而写就的专著。全书共分六章,基本上保持了各子专题的学科特点和考察研究所得,自成章节;也按本书的论述需求,对部分子专题的研究成果作了适当的调整和归并,以求突出本书的系统性和实用性。在内容的取舍上,既注意与前期科研工作的衔接,又着重反映对前期工作的补充和发展。前期科研工作主要为三峡工程的论证服务,结合不同蓄水方案,从环境地质灾害与水库的相互影响进行剖析,提出预断评价和宏观对策;后期科研工作着眼于三峡库区的社会经济发展,通过对水土流失规律和小流域山地灾害防治的试点研究,以探索优化库区生态环境的途径。本书各章由相应的专题负责人撰写,并由杜榕桓、史德明和袁建模同志审核、修改和定稿。

在野外考察和小流域试点研究过程中,得到三峡库区川、鄂两省各有关地、县、市的关怀和支持,以及不少区、镇、乡政府部门的帮助,特别是得到奉节县水利局、水土保持办公室、防洪办公室和朱衣区政府以及当地群众、重庆市铜梁县水土保持办公室、江津县农业局土壤肥料试验站、宜昌县水土保持试验站、秭归县水土保持办公室和巴东县水土保持办公室等单位的密切协作和大力赞助,使我们圆满地完成了预期的任务,谨借此机会向他们表示由衷地感谢。

目 录

《三峡工程与生态环境》序言

前 言

第一章 绪 论	(1)
第一节 前期科研背景及其主要结论	(1)
第二节 “七五”攻关目标及其主要结果	(11)
第二章 三峡库区水土流失及产沙规律	(15)
第一节 水土流失与植被演替的关系	(15)
第二节 水土流失与地面组成物质的关系	(18)
第三节 水土流失的时空分布与产沙规律	(23)
第三章 三峡库区重力侵蚀过程及其特征	(33)
第一节 库区重力侵蚀现状	(33)
第二节 库区重力侵蚀特征及发展趋势预测	(39)
第三节 重力侵蚀不稳定岩土体形成机理及边界探测方法	(47)
第四节 库区重力侵蚀对城镇港口迁建和移民安置的影响	(68)
第四章 提高库区土壤资源增产潜力的途径	(81)
第一节 库区土壤退化及其对土地生产潜力的影响	(81)
第二节 不同水土流失类型区水土保持定位研究	(86)
第三节 提高土壤资源增产潜力的方法与途径	(90)
第五章 三峡库区小流域重力侵蚀及其防御对策实例剖析	(97)
第一节 朱衣河流域环境现状	(97)
第二节 朱衣河流域山地灾害基本特征	(117)
第三节 朱衣河流域山地灾害综合防治对策	(133)
第六章 三峡库区小流域恢复植被的实例剖析	(151)
第一节 朱衣河流域水土流失环境背景与流失原因	(151)
第二节 朱衣河流域水土流失后果及发展趋势	(160)
第三节 朱衣河流域水土流失的生物防治	(161)

第一章 绪 论*

第一节 前期科研背景及其主要结论

一、三峡库区环境地质现状与发展趋势

三峡库区地处我国三大地貌阶梯的第二级阶梯的斜坡地带，这里亦是我国暴雨中心之一。其环境地质特点是山峦重叠，地形陡峻，谷深水急，地表外动力侵蚀过程强烈，山体破碎，沟壑纵横，森林稀疏，生态与环境条件十分脆弱。再之，由于库区城镇村寨稠密，人多地少，陡坡垦殖过量，滥伐滥牧严重，环境容量超载，导致生态与环境向恶化方向进一步发展。近年来，三峡库区山体谷坡岩崩、坍塌和滑坡层出不穷，坡面侵蚀、沟谷侵蚀和水土流失日趋严重，泥石流灾害有增无减，这些重力侵蚀和水力侵蚀作用，都在不同程度地加速库区地表的破坏过程，其结果是造成江河壅塞、航运受阻、山坡被蚕蚀、农田被淤埋、城镇村寨被吞噬、公路桥涵和工矿水利设施被冲毁，并酿成重大人身伤亡事故。由于生态环境的恶化和山地灾害的侵袭而造成的山地“砂石化”现象，在三峡库区也有进一步扩展加剧之势。凡此，都会直接或间接地影响库区移民环境容量，并对未来三峡工程的兴建、库区城镇港口迁建、移民安置、工矿布局、道路修筑等带来隐患。通过前期工作，我们认为，不论三峡工程何时兴建，都应把恢复三峡库区生态与环境、防治水土流失和山地灾害的工作提上议事日程，以改善库区移民环境容量，为未来三峡工程的兴建和适应城镇港口迁建奠定良好的基础。

在前期科研工作中，我们首先从宏观与微观的结合上，对三峡工程库区的滑坡、崩塌、泥石流、岸坡稳定、水土流失、河流泥沙、水库诱发地震以及溃坝风险估算等进行了实地考察和室内实验分析，结合 150 米和 180 米不同蓄水方案，从环境灾害地质与水库的相互影响做了综合分析，并提出了预断评价和防御对策。近年来国内外不少实例表明，大型水利工程对生态与环境的影响是错综复杂的，是人类经济活动对地表作用的生动反映。作为生态与环境重要组成部分的环境地质诸因素，对三峡工程的反映亦甚为敏感。水库蓄水后对环境地质的直接影响表现在：库区滑坡、崩塌、泥石流等山地灾害活动的增强或减弱和岸坡稳定性的变化，坡面侵蚀的加剧或缓和及泥沙来量的多寡、水库诱发地震的大小，以及这些地质灾害的相互影响对水库的反作用；水库工程对环境地质的间接影响，将通过库区城镇迁建、移民安置、矿山开采和开渠筑路等一系列人为经济活动而显示出来。

综合前期考察研究，三峡库区环境地质灾害大致有如下趋势特征：

第一，三峡库区系古滑坡、坍塌和岩崩多发区，近年来岸坡失稳和古滑崩体复活迹

* 执笔人：杜榕桓（中国科学院成都山地灾害与环境研究所）。

象明显,巨型滑崩现象频起,酿成重灾,对库区环境有严重影响,对今后城镇迁建和移民安置也将构成威胁。

库区从三斗坪至重庆市约 600 公里的长江两岸,发育有滑坡、岩崩 214 处,总体积 13.5—15.0 亿立方米,其中 1 000 万立方米以上的滑崩体有 32 处,5 000 万立方米以上的滑崩体 7 处,大都处于不稳定状态。这种以大型和巨型滑崩体活动为主要破坏方式,且集中连片分布于库区岸边地带的情况,在国内外其它大型水利枢纽区还是不多见的。三峡库区大型滑崩体近一二十年来出现了新的活动高潮,如 1982 年云阳鸡扒子滑坡复活,滑体总量 2 000 万立方米,滑体前缘部分有 180 万立方米拥入长江,造成几十户村民受灾迁徙,阻江断航,仅炸滩疏航和抢险救灾就花费 1 亿元。1985 年新滩大滑坡复活,1987 年秭归白沙乡土风岩-马家坝古滑坡复活,1987 年 9 月和 1988 年 1 月巫溪县接连发生两起灾害性滑坡、岩崩,都给当地居民造成重大的财产损失和人身伤亡。

三峡库区大型和巨型滑坡、崩塌主要集中分布于万县至秭归间的沿江地带,且多发育在上硬下软的岩性组合部位和构造线急剧转弯部位,特别是向斜翘起端和宽谷缓坡地带,往往是这类滑坡、崩塌集中出现的地区。据观察分析,该区滑崩活动与降雨(特别是暴雨)有密切关系,1935 年 6 月 30 日至 7 月 6 日,本区曾连续降雨 7 昼夜,并出现一日降雨量大于 600 毫米、三日降雨量大于 1 000 毫米的记录,这次暴雨过程所激发的滑崩体,其中体积大于 10 万立方米的就有 400 多处。1975 年 8 月 8 日至 10 日,秭归县降雨 300 多毫米,滑崩现象丛生,其中成灾严重的达 876 处。1982 年 7 月 15 日至 30 日,川东地区连降暴雨,仅万县地区就出现滑坡、崩塌 8 万多处,城镇村寨多处受灾,生态环境均遭到严重破坏。此外,洪水漫溢和地震活动均对滑坡、岩崩有促进作用。特别是近几十年来,由于三峡库区人口猛增,人类经济活动的加剧(诸如毁林开荒、陡坡滥垦滥牧、城镇扩建、矿山开挖、修筑道路、引水工程漏水等),而加剧了滑坡、崩塌的活动。据历史记载,秭归县城曾因滑坡灾害而三迁其城(分别于公元 134 年、1368 年、1371 年),如 1561 年 5 月 20 日秭归县旧址楚王城发生大滑坡,官府民舍均遭摧毁,始迁至今日之秭归城址。1986 年秭归县城又产生 4 处滑坡,其发展趋势如何,秭归城能否长此安定,均需深入监测研究。库区沿江地带的新老滑坡体,地形宽敞平缓,地下水丰富,适于农耕,自古以来都是当地城镇村寨的盘踞之地,如万县、云阳、奉节、秭归、巫山、涪陵等较大市县及不少区镇等,估计直接受到滑坡、岩崩威胁的不下 10 万人。在三峡工程不同蓄水方案回水线附近的不稳定的老滑坡体,都会由于蓄水而引起复活,必然危及其上的居民的安全,从而增大了移民安置的困难。

第二,三峡库区泥石流活动将因该区生态环境的恶化、人类经济活动的扩展而加剧,这对未来库区城镇迁建和移民安置的影响亦不容忽视。

三峡库区有泥石流沟 271 处,其中直接入江的有 99 处,其余的散布于长江两岸较大支流中(如草堂河、朱衣河、大宁河、梅溪河)。从地理分布上看,89%的泥石流沟密集于云阳至秭归间的长江两岸沟谷中,与滑坡、岩崩密集区甚相吻合,不少活跃的大型泥石流沟,其形成所需的固体物质主要来源于滑坡、崩塌物。因此,随着滑坡、岩崩活动的加剧,泥石流活动亦有加剧的趋势,特别是邻近城镇的山区,环境恶化,土地质量下降,地表水力侵蚀和重力侵蚀更趋活跃,水土流失进一步发展,致使泥石流的爆发频率和规模均明显加大,不少河谷滩地和农耕地被泥石流吞噬,居民赖以生存的土地在逐渐

丧失。泥石流活动与库区滑坡、崩塌等重力侵蚀和水土流失是互为因果、相互作用的，并处在发展恶化过程之中。与我国其它山区相比，三峡库区的泥石流有如下特点：泥石流分布相对集中，但暴发频率不高，危害属中等偏轻；泥石流活动受降雨控制，类型简单，以规模中等偏小的稀性泥石流为主；受江水作用，泥石流入江后其堆积形态和结构特征均发生相应变化。水库建成蓄水后，江水流速减小，有利于泥石流入江物质的淤积。

三峡地区不少城镇村寨坐落在老泥石流堆积扇上，大片农田散布于泥石流危险区内，环境条件已相当恶劣；三峡工程蓄水后，当地居民均相应地后靠上山，今后的人类经济活动有可能集中在各泥石流沟的形成区和流通区，势必加剧山坡地带的水土流失和重力侵蚀，促进泥石流的发生发展，增大入库推移质，恶化山地环境。这种情况如不及早整治，将对今后库区城镇迁建、移民安置不利。

第三，三峡库区及长江上游广大区域，地表重力侵蚀和水力侵蚀日趋严重，土地资源退化迅速，生态系统在进一步失调，移民上山将加重对山坡的破坏过程，泥沙来量增大的趋势在短期内难以逆转，水土流失和泥沙淤积将给水库寿命和移民安置带来困难。

三峡水库不仅要接纳来自库区两岸支流的泥沙，还要接纳来自库区以上长江上游广大区域的大量泥沙。从目前库区地表结构和侵蚀营力分析，泥沙淤积确属三峡工程的一大隐患。据资料分析，建国以来，长江流经宜昌站的多年平均输沙量为 5.33 亿吨。1981 年因四川特大洪灾的影响，宜昌站的当年输沙量达 7.28 亿吨，1983 年亦达 6.22 亿吨，1984 年为 6.72 亿吨。以 5.33 亿吨计，来自金沙江和嘉陵江的年输沙量为 3.83 亿吨，占宜昌站长江输沙总量的 72.4%，可见这两条江是三峡库区泥沙的主要来源区，而其中 47.7% 泥沙是来自这两条江的重点产沙区。据有关资料，长江全流域的土壤侵蚀在不断发展，总侵蚀量已达 24 亿吨，三峡以上地区达 15.7 亿吨，占全流域土壤侵蚀量的一半以上。而上面所列举的宜昌站输沙量，只是地表土壤侵蚀转化为河流泥沙的一部分。

地表侵蚀过程的加剧，加速了水土流失和土壤退化，使土地丧失生产力。如忠县汝溪乡 1958 年将大部分山林垦为农田，至 1982 年已变成石板地的达 3 800 余亩，占总面积的 7.7%，而人口却不断增加，人地关系进一步紧张，环境容量继续缩小。这种现象在三峡库区乃至长江上游区域已发展成为带有普遍性的问题。

人类不合理的经济活动，是扩大泥沙来量、加速土地退化的重要原因。

通过近年来的实地考察可知，长江上游流域的生态环境有进一步恶化的趋势，上述自然因素的综合作用，固然是其主导营力，但另一方面，由于人类不合理的经济活动大肆向山区扩展而出现的滥垦、滥伐、滥牧和开矿弃碴、筑路弃石等，导致森林植被覆盖面积锐减，水土流失面积扩大，山崩、滑坡、泥石流等灾害接踵而来。据不完全统计，长江上游森林植被覆盖率比 50 年代减少 50% 以上。水土流失面积与 50 年代相比，四川琼江流域的 8 个县扩大了 40.4%，甘肃礼县扩大了 53.1%，陕西商县扩大了 37.8%；白龙江因泥石流活动强烈，最大含沙量高达 742 公斤/立方米，礼县南部山区每年的土石流失量达 1 000 吨/平方公里，而云南的小江流域则远大于这个数字。据有关资料，长江流经三峡江段的年平均输沙量已占世界各大江河的第四位。因此，合理调整长江上游区人类经济活动，加强环境保护和生态建设，狠抓各种山地灾害的预防、治理，是控制泥沙来量、减缓泥沙淤积的有效途径。应当看到，目前长江上游河道沙情增长的趋势波动之所以不大，这种迹象是维持在已建工程（目前在长江上游各支流已建各类水利工程的总库