



水体污染控制与治理科技重大专项“十一五”成果系列丛书

洱海全流域水资源环境调查与 社会经济发展友好模式研究

董利民 等 著



 科学出版社



水体污染控制与治理科技重大专项“十一五”成果系列丛书
湖泊富营养化控制与治理技术及综合示范主题
当代中国资源环境实地调查研究系列丛书

洱海全流域水资源环境调查与社会 经济发展友好模式研究

董利民 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以洱海全流域作为研究对象,重点开展了洱海全流域污染源、入湖污染负荷、湖泊生态系统及流域社会经济调查与解析,洱海流域的水污染特征与社会经济特征诊断,洱海流域生态文明评价技术,以及社会经济发展与水环境相协调的洱海流域社会经济发展友好模式等研究。研究成果支撑了《云南洱海绿色流域建设与水污染防治规划》的编制和实施。无疑,本书在为地方政府生态环境保护与湖泊治理提供科技支撑、丰富湖泊绿色流域建设理念和思路的同时,也为我国类似湖泊水污染综合防治提供了参考。

本书可供水利、环保、城建、农业、国土资源等相关部门的决策者和管理人员、科技工作者,以及大专院校相关专业师生等参考。

图书在版编目(CIP)数据

洱海全流域水资源环境调查与社会经济发展友好模式研究 / 董利民等著. —北京:科学出版社,2015.5

(水体污染控制与治理科技重大专项“十一五”成果系列丛书
当代中国资源环境实地调查研究系列丛书)

ISBN 978-7-03-044384-7

I. ①洱… II. ①董… III. ①湖泊-水环境-研究-大理白族自治州
②流域经济-环境经济-研究-大理白族自治州 IV. ①X143②F127.742

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第111179号

责任编辑:林 剑 刘 超 / 责任校对:张凤琴

责任印制:徐晓晨 / 封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年6月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2015年6月第一次印刷 印张:23

字数:518 000

定价:160.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

水专项“十一五”成果系列丛书

指导委员会成员名单

主 任：周生贤

副主任：仇保兴 吴晓青

成 员：（按姓氏笔画排序）

王伟中	王衍亮	王善成	田保国	旭日干
刘 昆	刘志全	阮宝君	阴和俊	苏荣辉
杜占元	吴宏伟	张 悦	张桃林	陈宜明
赵英民	胡四一	柯 凤	雷朝滋	解振华
熊跃辉				

环境保护部水专项“十一五”成果系列丛书

编著委员会成员名单

主 编：周生贤

副主编：吴晓青

成 员：（按姓氏笔画排序）

马 中	王子健	王业耀	王明良	王凯军
王金南	王 桥	王 毅	孔海南	孔繁翔
毕 军	朱昌雄	朱 琳	任 勇	刘永定
刘志全	许振成	苏 明	李安定	张世秋
张永春	杨汝均	金相灿	周怀东	周 维
郑 正	孟 伟	赵英民	胡洪营	柯 兵
柏仇勇	俞汉青	姜 琦	徐 成	梅旭荣
彭文启	熊跃辉			

总 序

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。在经济快速增长、资源能源消耗大幅度增加的情况下，我国污染物排放强度大、负荷高，主要污染物排放量超过受纳水体的环境容量。同时，我国人均拥有水资源量远低于国际平均水平，水资源短缺导致水污染加重，水污染又进一步加剧水资源供需矛盾。长期严重的水污染问题影响着水资源利用和水生态系统的完整性，影响着人民群众的身体健康，已经成为制约我国经济社会可持续发展的重大瓶颈。

“水体污染控制与治理”科技重大专项（以下简称“水专项”）是《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》确定的16个重大专项之一，旨在集中攻克一批节能减排迫切需要解决的水污染防治关键技术、构建我国流域水污染治理技术体系和水环境管理技术体系，为重点流域污染物减排、水质改善和饮用水安全保障提供强有力的科技支撑，是新中国成立以来投资最大的水污染治理科技项目。

“十一五”期间，在国务院的统一领导下，在科技部、国家发展和改革委员会（简称“发改委”）和财政部的精心指导下，在领导小组各成员单位、各有关地方政府的积极支持和有力配合下，水专项领导小组围绕主题主线新要求，动员和组织全国数百家科研单位、上万名科技工作者，启动了34个项目、241个课题，按照“一河一策”、“一湖一策”的战略部署，在重点流域开展大攻关、大示范，突破1000余项关键技术，完成229项技术标准规范，申请1733项专利，初步构建了水污染治理和管理技术体系，基本实现了“控源减排”阶段目标，取得了阶段性成果。

一是突破了化工、轻工、冶金、纺织印染、制药等重点行业“控源减排”关键技术200余项，有力地支撑了主要污染物减排任务的完成；突破了城市污水处理厂提标改造和深度脱氮除磷关键技术，为城市水环境质量改善提供了支撑；研发了受污染原水净化处理、管网安全输配等40多项饮用水安全保障关键技术，为城市实现从源头到龙头的供水安全保障奠定了科技基础。

二是紧密结合重点流域污染防治规划的实施，选择太湖、辽河、松花江等重点流域开展大兵团联合攻关，综合集成示范多项流域水质改善和生态修复关键技术，为重点流域水质改善提供了技术支持，环境监测结果显示，辽河、淮河干流化学需氧量消除劣Ⅴ类；松花江流域水生态逐步恢复，重现大麻哈鱼；太湖富营养化状态由中度变为轻度，劣Ⅴ类入

湖河流由8条减少为1条；洱海水质连续稳定并保持良好状态，2012年有7个月维持在Ⅱ类水质。

三是针对水污染治理设备及装备国产化率低等问题，研发了60余类关键设备和成套装备，扶持一批环保企业成功上市，建立一批号召力和公信力强的水专项产业技术创新战略联盟，培育环保产业产值近百亿元，带动节能环保战略性新兴产业加快发展，其中杭州聚光科技股份有限公司研发的重金属在线监测产品被评为2012年度国家战略产品。

四是逐步形成了国家重点实验室、工程中心-流域地方重点实验室和工程中心-流域野外观测台站-企业试验基地平台等为一体的水专项创新平台与基地系统，逐步构建了以科研为龙头，以野外观测为手段，以综合管理为最终目标的公共共享平台。目前，通过水专项的技术支持，我国第一个大型河流保护机构——辽河保护区管理局已正式成立。

五是加强队伍建设，培养了一大批科技攻关团队和领军人物，采用地方推荐、部门筛选、公开择优等多种方式遴选出近300个水专项科技攻关团队，引进多名海外高层次人才，培养上百名学科带头人、中青年科技骨干和5000多名博士、硕士，建立人才凝聚、使用、培养的良性机制，形成大联合、大攻关、大创新的良好格局。

在2011年“十一五”国家重大科技成就展、“十一五”环保成就展、全国科技成果巡回展等一系列展览中以及2012年全国科技工作会议和2013年年初的国务院重大专项实施推进会上，党和国家领导人对水专项取得的积极进展都给予了充分肯定。这些成果为重点流域水质改善、地方治污规划、水环境管理等提供了技术和决策支持。

在看到成绩的同时，我们也清醒地看到存在的突出问题和矛盾。水专项离国务院的要求和人民群众的期待还有较大差距，仍存在一些不足和薄弱环节。2011年专项审计中指出水专项“十一五”在课题立项、成果转化和资金使用等方面不够规范。“十二五”我们需要进一步完善立项机制，提高立项质量；进一步提高项目管理水平，确保专项实施进度；进一步严格成果和经费管理，发挥专项最大效益；在调结构、转方式、惠民生、促发展中发挥更大的科技支撑和引领作用。

我们也要科学认识解决我国水环境问题的复杂性、艰巨性和长期性，水专项亦是如此。刘延东副总理指出，水专项因素特别复杂、实施难度很大、周期很长、反复也比较多，要探索符合中国特色的水污染治理成套技术和科学管理模式。水专项无法解决所有的水环境问题，不可能一天出现一个一鸣惊人的大成果。与其他重大专项相比，水专项也不会通过单一关键技术的重大突破，实现整体的技术水平提升。在水专项实施过程中，妥善处理好当前与长远、手段与目标、中央与地方等各个方面的关系，既要通过技术研发实现核心关键技术的突破，探索出符合国情、成本低、效果好、易推广的整装成套技术，又要综合运用法律、经济、技术和必要的行政手段来实现水环境质量的改善，积极探索符合代价小、效益好、排放低、可持续的中国水污染治理新路。

党的十八大报告强调，要实施国家科技重大专项，大力推进生态文明建设，努力建设

美丽中国，实现中华民族永续发展。水专项作为一项重大的科技工程和民生工程，具有很强的社会公益性，将水专项的研究成果及时推广并为社会经济发展服务是贯彻创新驱动发展战略的具体表现，是推进生态文明建设的有力措施。为广泛共享水专项“十一五”取得的科研成果，水专项管理办公室组织出版水专项“十一五”成果系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果，具有较强的学术性和实用性，可以说是水环境领域不可多得的资料文献。丛书的组织出版，有利于坚定水专项科技工作者专项攻关的信心和决心；有利于增强社会各界对水专项的了解和认同；有利于促进环保公众参与，树立水专项的良好社会形象；有利于促进专项成果的转化与应用，为探索中国水污染治理新路提供有力的科技支撑。

我坚信在国务院的正确领导和有关部门的大力支持下，水专项一定能够百尺竿头，更进一步。我们一定要以党的十八大精神为指导，高擎生态文明建设的大旗，团结协作、协同创新、强化管理，扎实推进水专项，务求取得更大的成效，把建设美丽中国的伟大事业持续向前推进，努力走向社会主义生态文明新时代！



2013年7月25日

前 言

近二十年来,随着洱海流域人口增加和经济快速发展,人们对自然资源的开发不断加剧,洱海流域生态环境逐渐恶化,洱海水质日益下降,逐步由贫营养过渡到中营养,目前正处于中营养向富营养湖泊的过渡阶段,水质已由20世纪90年代的Ⅱ到Ⅲ类发展到2006年的Ⅲ类水临界状态。近五年来,随着洱海治理力度的加大,取得了一定成果,但洱海整体上仍属于富营养化初期湖泊,仍处在富营养化和中营养化的选择路口,水污染形势依然严峻,直接影响社会经济的可持续发展。洱海流域的三次产业结构,经过几十年的努力,已经扭转了以农业为主体、工业十分落后的局面,基本形成了以加工业、商业为主的产业结构。但从总体上看,其产业结构还不合理,尤其农业面源污染形势严峻,洱海流域资源环境优势尚未得到充分发挥。从洱海水污染现状与发展形势来看,如果不立即采取措施进行控制,则洱海的水污染与富营养化发展趋势难以遏制,社会经济发展将面临着严峻挑战,以后将付出成倍或几十倍的代价。因此,开发基于洱海流域环境承载力约束的区域划分和洱海绿色流域构建技术,制定洱海绿色流域社会经济结构调整中长期规划及实现这一规划目标的细致调整方案(主要包括实施方法、步骤与考评措施等),是最终实现洱海富营养化防治的根本途径。为此,国家科技重大专项“十一五”洱海项目设立了“洱海全流域清水方案与社会经济发展友好模式研究”课题(编号:2009ZX07105-001),以洱海全流域作为研究对象,解析洱海流域入湖主要污染物负荷与洱海水质的响应关系,测算洱海流域水环境承载力,确定洱海流域社会经济发展与水环境污染的相互作用,制定洱海流域主要污染物容量总量控制方案和洱海全流域水污染控制与清水方案,集成和应用洱海流域生态文明评价技术与服务于生态文明流域发展的社会经济结构体系构建技术,并建设大理市生态农业综合政策示范区,旨在为地方政府的生态环境保护与湖泊治理提供科技支撑,也为类似湖泊污染控制及经济社会可持续发展提供参照。

国家科技重大专项“十一五”洱海项目“洱海全流域清水方案与社会经济发展友好模式研究”课题的组织与协调结构如下。

课题负责人:董利民(华中师范大学)

子课题1:洱海全流域污染源、入湖污染负荷与社会经济现状调查与解析

子课题组负责人:程凯(华中师范大学)

子课题组成员：程凯、吴宜进、叶桦、许敏、卫志宏等

子课题 2：洱海湖泊水环境承载力与主要污染物总量控制研究

子课题组负责人：吕云波（云南省环境科学研究院）

子课题组成员：吕云波、朱翔、赵磊、冯健、马杏等

子课题 3：洱海流域社会经济发展友好模式研究

子课题组负责人：董利民（华中师范大学）

子课题组成员：董利民、李桂娥、项继权、梅德平、王雅鹏、杨海、胡义、龚琦等

子课题 4：洱海全流域水污染控制与清水方案

子课题组负责人：孔海南（上海交通大学）

子课题组成员：孔海南、王欣泽、李春杰、李亚红等

该课题的主要创新点如下。

1) 制定了洱海流域污染物容量总量控制方案，研发了洱海流域社会经济结构、发展速度与污染物排放量关系量化模拟和社会经济结构体系构建等关键技术，集成了服务于生态文明流域发展的社会经济结构调整控污减排规划。

根据洱海高原湖泊流域水环境污染的系统调查并针对实际情况，以自然条件、社会经济、水污染源和控制措施等为主要指标，以土地利用、污染类别和控制方向等为主要属性，建立了流域定性定量相结合的三级水污染控制分区划分方法。基于洱海流域水污染控制区划分，以洱海北部水域控制点的水环境容量作为流域陆源入湖污染负荷量限制指标，以Ⅱ类水质标准作为水环境保护目标，分别针对不同水文年型条件，制定了“流域-控制区”尺度和“流域-污染源”尺度的 TN、TP 污染物总量削减控制方案。

在判别社会经济结构发展阶段的基础上，结合《洱海保护治理规划》的水质目标（近期Ⅲ类，远期Ⅱ类），依据社会经济圈的圈层理论，在全流域水污染综合防治四片七区基础上，采用红线、黄线、蓝线和绿线，划分全流域产业发展四类功能控制亚区。即红色区域的禁止发展亚区、黄色区域的限制发展亚区、蓝色区域的优化发展亚区和绿色区域的综合发展亚区。针对全流域生态农业、环保工业、生态旅游及配套服务业进行问题探讨，在取得丰硕成果的基础上，集成了洱海流域社会经济结构、发展速度与污染物排放量关系量化模拟和社会经济结构体系构建等关键技术，制定了基于湖泊水环境承载力的重点产业、产业下行业及经济部类的调整初步规划和建设方案。

2) 研究和编制洱海流域治理综合保障体系、洱海流域生态补偿机制、洱海保护及洱海生态文明试点县建设评价体系的实施意见（含考核办法），初步探索和实践了洱海流域社会经济发展友好模式。

自 2010 年 3 月起，课题组依托地方政府在大理白族自治州（以下简称大理州）环洱

洱海九镇二区开展的“大理市 3000 亩稻田养鱼项目”、“大理市 40 000 亩生物菌肥和有机肥推广使用项目”和“大理市高效农业示范基地项目”，协同大理市供销合作社联合社，积极创建农民合作经济组织，系统研发洱海流域治理综合保障体系，形成“土地流转方式创新”、“农民合作经济组织创建”、“产业结构调整控污减排规划”和“洱海流域的生态补偿量化”等系列成果。课题组在取得《洱海流域治理综合保障体系研究》成果的基础上，先后执笔起草《洱海流域生态补偿机制实施方案（意见）》和《洱海保护及洱源生态文明试点县建设评价体系的实施意见》（含考核办法），并针对洱海流域源头县——洱源县，提出了有别于洱海流域其他县市政府相关党政主要领导及其班子成员的考核指标和考核办法，以上文本经地方政府行文得到具体应用实施。

课题组结合大理市生态农业综合政策示范区建设，创新土地流转方式，运用“公司+合作社+农户”和“农民合作经济组织+基地+农户”等模式，初步探索和实践了洱海流域社会经济发展友好模式。国务院农村综合改革工作小组办公室、云南省供销合作社联合社、大理州洱海保护治理领导小组办公室、大理州农村综合改革领导小组办公室、大理白族自治州人民代表大会常务委员会办公室、大理白族自治州人民政府研究室、大理白族自治州财政局等，先后为课题研究成果应用，出具了成果应用证明。

3) 制定富营养化初期湖泊——洱海全流域水污染与富营养化控制中长期规划，为类似湖泊污染控制及经济可持续发展提供了参照。

课题作为项目总体技术的集成总结，课题组基于富营养化初期湖泊特征，编制了洱海全流域的清水方案，包括村落污水-畜禽-垃圾治理工程方案、城镇污染治理工程方案、农田面源污染治理工程方案、旅游污染治理工程方案、河流源头涵养林建设规划方案、流域水土流失防治规划方案、流域库塘与湿地系统保护规划方案、入湖河道生态修复规划方案、湖滨带缓冲带生态修复规划方案和流域管理与能力建设规划方案等。其中，课题“洱海全流域污染源调查”、“洱海流域产业结构现状、特征及 SWOT 分析”、“洱海流域产业污染源分布、特征及问题诊断”、“洱海流域社会经济发展功能控制区划”、“洱海流域主要产业宏观调整规划”等研究成果已经编入《云南洱海绿色流域建设与水污染防治规划》。该规划于 2010 年 5 月通过专家评审，且经云南省人民政府批复采纳应用，并报国家发展和改革委员会备案，应用推广潜力巨大。

4) 课题大部分研究成果得到应用示范且效果明显，取得了预期的环境效益、经济效益和社会效益。

课题组参与编制的《大理市万亩稻田养鱼项目实施方案》，建议恢复举办“薅秧节”、“栽秧会”等传统农耕节庆活动，利用“公司+合作社+农户”等形式，实施洱海绿色流域建设控污减排规划和生态补偿机制等科研成果，积极推行现代农业发展模式，建成以昆明好宝菁生态农业有限责任公司为龙头企业，在大理市银桥镇上波棚村流转土地 150 亩，在

洱海流域产业“限制发展亚区”和“优化发展亚区”，形成集中连片开发 1000 亩、面上推广 2000 亩的“3000 亩稻田养鱼”生态农业示范区。成果应用效果显示：3000 亩“稻田养鱼”削减肥料使用量（以折纯量计）氮 34.98t，磷 2.91t，削减入湖量总氮 1.85t，总磷 0.298t；新增产值 336 万元，亩增纯收入 1068 元。

课题组协同大理市供销合作社联合社，依托地方政府开展的“大理市 40 000 亩生物菌肥和有机肥推广使用项目”和“大理市高效农业示范基地项目”，创新运用“农民合作经济组织+基地+农户”等模式，在兼顾农民实际经济利益的同时，集成应用“农民合作经济组织创建”、“生态补偿量化技术”等成果，编纂了《农民专业合作社操作指南》，指导建设了 500 亩大理市高效农业示范基地——“大理市银顺蔬菜专业合作社”，推广使用生物菌肥和有机肥料，推进生态农业建设。该基地主要从事无公害蔬菜生产、加工、销售，每亩每年可实现纯收入近 2.5 万元，是传统粮食生产经济效益的 8 倍左右，同时每年减少氮、磷施肥量约 40%，辐射带动周边无公害蔬菜种植 1000 亩，年转移农村剩余劳动力 5 万人次以上。

本书是国家科技重大专项“十一五”洱海项目“洱海全流域清水方案与社会经济发展友好模式研究”课题研究成果的结晶，它汇集了子课题 1、子课题 2、子课题 3 大部分研究成果。同时，本书又是一个集体撰写和集体研究的结果。董利民对全书（三分册）的结构和章节进行了系统的构思和设计，经课题组集体讨论，确定了各章节内容及撰写人。其中，第一分册《洱海全流域水资源环境调查与社会经济发展友好模式研究》，第 1、2、3、5 章由程凯、吴宜进、许敏、卫志宏主撰，第 4 章由叶桦主撰，第 6、7 章由李桂娥主撰，第 8 章和附录由董利民、项继权主撰。第二分册《洱海流域水环境承载力计算与社会经济结构优化布局研究》，第 1、2、3、5 章由吕云波、朱翔、赵磊、马杏主撰，第 4 章由冯健主撰，第 6 章由董利民、杨柯玲主撰，第 7 章由梅德平、龚琦主撰，第 8 章由董利民、杨海主撰，附录由董利民、胡义主撰。第三分册《洱海流域产业结构调整控污减排规划与综合保障体系建设研究》，各章节由董利民主撰，其指导的研究生李国君、任雪琴、邹云龙、罗勋、邓琛对全书进行了校对。这里需要特别说明的是，这样按章划定撰写人的做法可能并不完全正确，主要是因为个别章、个别节有可能就是课题组其他成员的论文或调研报告，在此，务请课题组研究人员能够予以谅解。

在本书付梓之际，特别感谢在 2011 年“十一五”国家重大科技成就展、“十一五”环境保护成就展，以及 2012 年全国科技工作会议和 2013 年初的国务院重大专项实施推进会等多种场合，国务院刘延东副总理、环境保护部周生贤部长和国家水专项技术总师孟伟院士对本课题取得的积极进展给予的充分肯定。特别感谢国家科技重大专项“十一五”洱海项目负责人孔海南教授，云南大理白族自治州原人大副主任尚榆民先生，大理市供销合作社联合社副主任周汝波先生，国家水专项管理办公室姜霞主任、韩巍先生

和王素霞女士对本书编写工作给予的热情指导。另外，华中师范大学科研部曹青林部长和王海处长对本书的出版提供了资助，在此一并致谢！

在本书撰写的过程中，著者阅读、参考了大量国内外文献，在此，对文献的作者表示感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请读者不吝指正。

董利民

2014年11月16日

目 录

总序
前言

调 查 篇

1 洱海流域外源性污染源调查与解析	3
1.1 洱海流域农田面源污染源调查	3
1.2 洱海流域畜禽养殖污染源调查	13
1.3 洱海流域农村生活污染源调查	22
1.4 洱海流域旅游污染源调查	36
1.5 洱海流域城镇生活污染源调查	46
1.6 洱海流域工业污染源调查	48
1.7 洱海流域水土流失污染源调查	51
1.8 洱海流域外源性污染源调查结果汇总	59
2 洱海流域主要污染物入湖负荷调查	61
2.1 河流入湖负荷背景及主要河流入湖负荷调查	61
2.2 大气沉降入湖负荷现状调查	90
2.3 城镇管道入湖负荷现状调查与解析	92
2.4 地表漫流入湖负荷现状调查与解析	92
2.5 洱海流域主要污染物入湖负荷现状小结	94
3 洱海流域生态调查	98
3.1 洱海水生态调查研究	98
3.2 流域涵养林调查研究	133
3.3 洱海流域北三湖（西湖、海西海、茈碧湖）生态调查	140
4 洱海流域社会经济调查	161
4.1 洱海流域社会发展现状和历史变迁	161
4.2 流域农业发展变化分析	190
4.3 流域工业发展变化分析	197
4.4 洱海流域旅游业发展分析	204

4.5	洱海流域土地利用情况	212
5	洱海流域调查结果综合分析与预测	227
5.1	单位产值的排污量核算	227
5.2	洱海流域污染物发生量预测	230

研 究 篇

6	洱海三十年来水污染治理的回顾与前瞻	235
6.1	洱海流域水污染治理的主要措施	236
6.2	洱海水污染治理的主要经验	239
6.3	洱海水污染治理的成效、问题及原因	241
6.4	洱海流域生态文明建设的思路	243
7	流域当前社会经济发展模式的诊断与评估	245
7.1	洱海流域社会经济发展状况	245
7.2	洱海流域社会经济发展情况诊断	249
7.3	流域产业结构状况的偏离-份额分析法分析	253
7.4	基于水环境承载力的流域优势产业分析	262
7.5	基于水环境承载力的洱海流域社会经济发展情况诊断	271
7.6	结语	273
8	洱海流域社会经济发展战略与发展模式选择与设计	274
8.1	生态文明流域发展理论创新与评价技术构建	274
8.2	洱海流域社会经济发展战略分析与定位	304
8.3	洱海流域社会经济发展模式选择与设计	310
参考文献		318
附录 1 中共大理州委 大理州人民政府关于洱海保护及洱源生态文明试点县建设评价体系的实施意见		330
附录 2 关于洱海流域构建生态补偿机制的研究报告		336

调 查 篇
