

CWMP

英国赠款中国小流域治理管理项目

小流域综合评价方法和模型研究

英国赠款小流域治理管理项目执行办公室 编

 中国计划出版社

CWMP

英国赠款中国小流域治理管理项目

小流域综合评价方法和模型研究

英国赠款小流域治理管理项目执行办公室 编

江苏工业学院图书馆
藏书章

 中国计划出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

小流域综合评价方法和模型研究 / 英国赠款小流域治理管理项目执行办公室编. —北京: 中国计划出版社,
2008. 12

(英国赠款中国小流域治理管理项目)

ISBN 978-7-80242-274-2

I. 小… II. 英… III. ①小流域—综合评价—中国②小流域—流域模型—研究—中国 IV. P344.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 184913 号

小流域综合评价方法和模型研究

英国赠款小流域治理管理项目执行办公室 编

☆

中国计划出版社出版

(地址: 北京市西城区木樨地北里甲 11 号国宏大厦 C 座 4 层)

(邮政编码: 100038 电话: 63906433 63906381)

新华书店北京发行所发行

北京盛通印刷股份有限公司印制

787 × 1092 毫米 1/16 9 印张 152 千字

2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1 - 1000 册

☆

ISBN 978-7-80242-274-2

定价: 27.00 元

编辑委员会

主任：周月鲁
委员：刘震 高波 庞进武 于兴军
刘晓燕 汪习军 魏宝君

主编：何兴照 梁剑辉
副主编：王富贵 马安利 董雁飞 董仁才
主要编写人员：何兴照 梁剑辉 王富贵 马安利
董雁飞 董仁才 贾敏 张永国
冯省 祁永新 王兴中 王晓玲
杜科让 王娜 王略
审定：周月鲁 徐平

黄土高原严重的水土流失是制约这一地区经济社会发展和环境建设的重要因素之一，历来受世人所关注。

中国对黄土高原水土保持工作高度重视，投入大量资金，进行水土流失研究与治理，取得了明显的效果。

1994 年开始，由水利部统一组织，在山西、陕西、甘肃、内蒙古 4 省（区）实施黄土高原水土保持世界银行贷款项目，是我国首次利用外资的大型水土保持生态建设项目，该项目以控制水土流失，减少入黄泥沙，增加当地农民收入，改善生态环境为宗旨，项目实施取得了显著的经济、社会和生态效益，得到了世界银行和国家有关部门的高度评价，被世界银行誉为世行农业项目的“旗帜工程”，并荣获 2003 年度世行行长杰出成就奖，引起了国际社会的广泛关注。

2004 年起，由英国政府国际发展部提供赠款，世界银行管理，水利部组织实施，在黄土高原水土保持二期世行贷款项目区甘肃省的崆峒、静宁、环县、华池 4 县（区）实施了“英国赠款中国小流域治理管理项目”。项目的主要目标是总结完善黄土高原世行贷款项目的监测评价体系，研究以扶贫为重点的可操作的最佳流域治理模式，并在中国以及国际类似项目中推广。

经过 5 年的项目实施，全面完成了项目设计的各项任务，实现了项目目标，特别是在规划和实施过程中引进使用参与式理念和方法、提高水土保持项目管理水平和实施效果、探索可持续流域管理的有效方法和模式等方面进行了大量有益的尝试，开展了一系列卓有成效的研究、探索、实践，总结出了一系列具有创新

意义和推广价值的研究成果，对提高水土保持行业管理和水平，促进流域可持续发展具有重要意义。在应用参与式工作方法、探索可持续生计途径、加强部门协作和资源整合、倡导社区主导式管理和发展、建立完善的监测评价体系等诸多方面，实现了创新与突破。

为了更好地回顾项目实施的全过程做法与体会，记录项目实施所取得的成果，以便与水土保持界的同行们在今后的工作中，进一步地研究与探讨。英国赠款小流域治理管理项目执行办公室对项目成果进行了梳理，组织编辑了《参与式小流域管理与可持续发展》、《黄土高原小流域水土保持监测评价》、《小流域水土保持监测评价技术手册》、《生物多样性监测评价》、《流域发展最佳模式探索与实践》、《小流域监测评价数据共享机制研究》、《小流域综合评价方法和模型研究》、《参与式小流域管理培训教程》等书籍，希望能对进一步的研究探讨有所帮助和启迪。在编辑过程中，得到了相关机构和专家的帮助和大力支持，在此一并表示衷心的感谢！

英国赠款中国小流域治理管理项目所涉及研究领域广、内容繁杂，项目实施管理的经验和成果十分丰富，由于我们的水平有限，加之时间仓促，在编纂中难免有缺漏和讹误之处，敬请批评指正。

编 者
2008 年 11 月

目录

CONTENTS

	1 项目概述
1	1.1 项目背景
3	1.2 任务目标
3	1.3 任务内容
4	1.4 成果简述
	2 小流域综合评价研究综述
6	2.1 综合评价理论与方法研究综述
6	2.1.1 综合评价基础理论
7	2.1.2 几种常用的综合评价方法
16	2.1.3 综合评价方法的分析
17	2.2 国内外小流域综合评价现状
17	2.2.1 国外小流域综合评价研究综述
17	2.2.2 国内小流域综合评价研究综述
21	2.3 小流域综合评价指标体系的理论与技术支撑
22	2.3.1 相关国家标准中的小流域综合评价方法与思路
23	2.3.2 相关行业部委涉及小流域综合评价方法与思路
29	2.3.3 重要科学文献的小流域综合评价研究成果
34	2.4 既有经验与成果对本项目的启示
	3 小流域综合评价方法研究
37	3.1 小流域综合评价目标与指导思想

38	3.2 小流域综合评价指标体系建立原则
39	3.3 小流域综合指标体系的形成过程
41	3.4 小流域综合评价指标体系
44	3.4.1 目标层释义
44	3.4.2 准则层释义
45	3.4.3 指标层释义
83	3.5 数据来源与获取渠道
4	4 小流域综合评价模型研究
85	4.1 单项指标评价
85	4.1.1 单项指标评价的意义
86	4.1.2 单项指标评价内容
86	4.1.3 单项指标基本要求
87	4.2 多指标综合评价
87	4.2.1 多指标综合评价的意义
87	4.2.2 多指标综合评价的内容
88	4.2.3 综合评分法
94	4.2.4 层次分析法
106	4.3 评价方法的组合应用
5	5 案例分析
107	5.1 甲积峪小流域现状分析
108	5.2 甲积峪小流域数据资源
109	5.3 测试数据说明
111	5.4 甲积峪小流域单项指标评价
114	5.5 甲积峪小流域综合治理效益综合评价

114	5.5.1 甲积峪流域综合评分法结果与分析
115	5.5.2 甲积峪流域层次分析法结果与分析
120	5.6 甲积峪综合评价讨论与分析
6	推广与应用
121	6.1 使用范围
121	6.2 指标体系的实施保障与监督
122	6.3 综合评价模型系统开发建议
124	附件 模型群简表
	参考文献

1 项目概述

1.1 项目背景

黄河流域是我国水土流失治理的重点地区，严重的水土流失导致黄土高原生态环境恶化，耕地面积减少，土地生产力下降，生物多样性丧失，制约着当地社会经济发展，引起农民生活贫困。我国政府历来非常重视黄河流域水土流失综合治理工作，不但采取多种渠道筹措资金，还探索引进外资进行流域综合治理工作。自 1994 年起，由世界银行提供 3 亿美元贷款在中国黄土高原地区实施了“黄土高原水土保持世行贷款（I、II 期）项目”。

世行项目涉及山西、陕西、甘肃、内蒙古 4 个省（自治区），14 个市，48 个县（旗），总面积 300 万 hm^2 ，项目总投资 42 亿元人民币，其中，世界银行贷款 3 亿美元。该项目累计治理水土流失面积 92 万 hm^2 ，新修基本农田 19 万 hm^2 ，营造水土保持林 40 万 hm^2 ，经果林 12 万 hm^2 ，种草 16 万 hm^2 ，天然草场封育 5 万 hm^2 ，年增产粮食 70 万 t。世行项目在有效治理水土流失、恢复当地生态环境的同时，促进了当地社会经济发展、农民生活水平和生产条件的改善，引起了国际和国内有关方面的广泛关注，被世行誉为世行农业项目的“旗帜工程”，并荣获 2003 年度由世界银行行长颁发的“杰出成就奖”。

黄土高原水土保持世界银行贷款项目是我国利用外资进行水土保持的第一个大型项目，是一项庞大的系统工程。项目运用系统理论思想，建立了科学的组织机构体系、职能体系及运行管理体系，为我国水土保持运用外资树立了典范。

为全面总结完善黄土高原世行贷款项目的监测与评价体系，提高中国

小流域治理和生态环境建设管理水平,增强小流域综合治理的实施效果和扶贫效益,英国国际发展部(DFID)于2003年与中国水利部达成协议,提供赠款在中国甘肃省黄土高原水土保持世行贷款项目区实施小流域治理管理项目,并选择静宁县北岔、崆峒区甲积峪、环县高沟和华池县樊庄四条小流域为示范小流域。

2007年3月,由黄河水土保持生态环境监测中心建议的《黄河水土保持生态环境监测评价能力建设实施方案》得到了世界银行的认可。该项目旨在对黄河流域水土保持监测和评价综合能力进行评价的基础上,通过完善相应的技术标准和规范、增强监测机构和专业队伍能力、促进系统内及部门间的交流合作等具体措施,提高其对水土保持项目的区域生态环境、社会经济发展和可持续生计建设影响的综合评价,全面提升黄河流域水土保持系统的综合分析能力,并在一定程度上建立数据共享机制,增强公共投资的效率和影响。

该方案将小流域综合评价方法和模型建设研究列为重要的活动内容之一。例如,《黄河水土保持生态环境监测评价能力建设实施方案》作如下描述:

“……要对数据进行综合分析,科学评价区域生态建设和社区发展的状况,提升水土保持生态环境监测与评价结果对于各级政府决策的影响力”;

“……探索小流域监测与综合评价方法,提高综合数据分析和利用水平……”;

“……目的是提供一个适用于黄河小流域综合评价的指标体系、方法和模型”。

小流域综合评价方法和模型建设研究的目的是提供一个适用于黄河小流域综合评价的指标体系、方法和工具模型。具体工作内容为通过选择示范小流域并开展相关研究,研究提出适用于小流域综合评价的社会经济、生态环境、水土保持等评价指标和评价方法;开展相应的小流域综合评价模型研究;召开专家论证会,反复论证评价指标体系、方法和模型的合理性。最终提交《黄河流域小流域水土保持监测评价方法和模型研究报告》,内容重点包括:社会经济、生态环境、水土保持等指标的选取原则、数量、释义、计算方法、数据来源等。同时,包括一个示范流域的测试案例分析。

由于黄河流域地貌复杂,水土保持信息量大,影响因素多,流域监测与评价难度较大,多年来一直缺乏可操作的、尺度适宜的、针对性较强的

黄河流域小流域监测与评价方法与模型。因此,要开展本项研究,必须通过引进先进的流域综合治理理念,建立相应的数据分析方法和评估模型,开展应用水土流失、生态系统、农户生计、社会经济等数据进行综合分析的研究,对加强黄河小流域水土保持生态环境建设,提高监测资料的科学性和可用性,提升水土保持生态环境监测与评价结果和各级政府决策的影响力具有重要意义。

1.2 任务目标

本课题的基本目标为:在典型小流域分析基础上,阐明小流域综合评价方法,提出世行项目区内小流域综合评价指标体系,构建小流域综合评价模型。要求提出的方法具有科学性和可操作性,宜于推广,能够为流域管理者提供科学决策。具体目标包括:

(1) 研究小流域综合评价方法。提出适宜于黄河流域内小流域,同时能够体现小流域综合管理成果的综合评价方法,提出评价指标的量化表达方法,阐明各指标的数据来源与格式。

(2) 构建小流域综合评价指标体系。分析常规小流域评价方法和模型的优缺点,重点考虑小流域水土保持、生态系统服务功能、土地利用变化、生物多样性、社会经济发展等方面的指标。

(3) 探索小流域综合评价模型。应用综合评价方法,对各级指标进行分级评价、建立数学模型。要求能够为决策者提供直观、可靠的决策依据。

1.3 任务内容

以示范小流域为对象,分析当前小流域综合评价工作的问题与特点,以流域综合治理效益为评价目标,研究小流域综合效益评价方法,构建评价数学模型,最终完成报告。

内容1:示范小流域实地调查与分析

基于示范小流域(甲积峪)展开实地调查,搜集资料,走访农户,并与数据共享机制研究的研究小组共同对涉及流域综合评价的政府机构调研。

内容2:小流域综合评价方法研究

通过对示范流域调查分析、资料收集和文献查阅,列举目前国内外在

小流域综合评价方面所采用的方法,探讨已有的常规评价方法和模型进行优缺点的评价;明确小流域综合评价目标、指标选取原则,阐明指标选取理由;提出候选指标集,广泛征求专家和用户意见,最终形成能够描述水土保持综合治理效益评价的指标体系,并阐述其实际意义、计算方法、数据来源。在评价方法上选择单指标评价和多指标综合评价等集成评价方法。

内容3:小流域评价模型研究

在评价指标体系确立的基础上,提出评价指标的量化表达、标准化和分级方法。要求参照目前国内外已有成果,尤其是已有的国家级、部级或行业内的标准。评价模型以评价模型群表达,主要分为单指标评价模型和综合评价模型。单指标评价模型包括各类直接、间接监测数据的计算方法。综合评价模型是对多个单指标的复合评价结果。同时,采用示范小流域数据对评价模型进行测试,输出评价结果,并进行分析,如发现问题,及时纠正和改进。

内容4:撰写正式报告

在多次内部讨论、专家咨询和专家论证会意见基础上,不断改进和完善研究方法、研究结果和文字表达,最终以书面形式向黄河水土保持生态环境监测中心和中国小流域治理管理项目执行办公室提交《黄河流域小流域水土保持综合评价方法与模型研究报告》,并接受项目管理单位组织的鉴定与验收。

1.4 成果简述

研究小组在生态学、水土保持学、社会学、经济学、土壤学、环境管理学和地理信息系统专业方面的11位博士和博士生的努力下,通过深入细致的研究,取得了如下成果:

(1)通过对世行贷款和英国赠款项目区的示范小流域水土保持生态环境建设成果和效益实地考察,形成了感性认识,奠定了理论基础,尤其是对参与式小流域规划与治理、流域生态系统服务功能和生物多样性提高等实践与理论,这对构建小流域综合评价指标体系起到了决定性作用;

(2)分析了国内外各种综合评价方法、理论框架、模型特点等,多角度、多尺度、多渠道研究涉及小流域综合评价方法和模型,重点分析了SL277-2002《水土保持监测技术规程》、GB/T 15774-1995《水土保持综

合治理效益计算方法》、中华人民共和国行业标准《生态环境状况评价技术规范（试行）》（HJ/T192-2006）等国家标准与规范；专著《水土保持监测技术指标体系》；借鉴和分析了中国科学院可持续发展综合评价指标体系、中国森林类自然保护区管理评价方法、全国第二次农业普查、国家统计局社会发展水平综合评价指标体系、亚洲开发银行西部土地退化监测与评价等项目，并从中探索技术支撑，领悟到很多有价值的理念，使之应用到本报告中；

（3）对现阶段我国以减贫为重点的水土流失综合治理效益监测和评价的技术和方法有了全面的新的认识，用创新性的思维提出整合生态支持、水土保持、环境保护、社会进步、经济发展和管理调控为内容的小流域综合评价框架，构建了与时俱进的小流域综合评价指标体系；

（4）对小流域尺度的综合评价方法和模型进行了全面总结，并提出了适宜于本项目区的新的综合评价方法和模型，提出单指标与多指标相结合、大尺度与小尺度指标相结合、绝对指标与相对指标相结合、客观指标与主观指标相结合、实测指标与统计指标相结合的全新的小流域综合评价与模型研究方法；

（5）按照咨询任务指定内容完成了任务，提交了8万字的研究报告，包括小流域综合评价指标体系、综合评价方法和评价模型群；

（6）全面实施了甲积峪案例的测试、分析与总结，已经与后续课题进行了良好的对接。

2 小流域综合评价研究综述

2.1 综合评价理论与方法研究综述

2.1.1 综合评价基础理论

本课题的研究任务就是通过分析原有小流域综合评价方法的特点与不足,从而构建小流域综合评价的指标体系和模型。因此,全面分析综合评价理论具有重要的指导意义。

评价是人类社会中一项经常性的、极为重要的认识活动,它的目的是为了决策。从某种意义上讲,没有评价就没有决策。具体而言,评价就是通过对照某些标准来判断观测结果,并赋予这些结果以一定的意义和价值的过程。由此可见,评价的依据就是指标。由于影响评价事物的因素往往是众多而复杂的,如果仅从单一指标上对被评价事物进行评价不尽合理,因此往往需要将反映事物的多项指标的信息加以汇集,得到一个综合指标,从整体上反映被评价事物的整体情况,这就是多指标综合评价方法,简称综合评价方法。

具体而言,综合评价方法就是根据一个复杂系统同时受到多种因素影响的特点,在综合考察多个有关因素时,依据多个有关指标对复杂系统进行总体评价的方法,换言之,是对多指标进行综合的一系列有效方法的总称。

一般地说,构成综合评价问题的要素有以下几个方面:评价目的、被评价对象、评价者、评价指标、权重系数、综合评价模型、评价结果。综合评价的具体方法有许多种,但各种方法的总体思路是统一的。具体如下:

- 根据评价目的选择恰当的评价指标 (*Index*);
- 根据评价目的确定各评价指标在对某事物评价中的相对重要性,或各指标的权重 (*Weight*);

- 合理确定各单个指标的评价等级 (*Evaluation grade*) 及其界限;
- 根据评价目的, 数据特征, 选择适当的综合评价方法, 并根据已掌握的历史资料, 建立综合评价模型 (*Evaluation model*);
- 确定多指标综合评价的等级数量界限, 在对同类事物综合评价的应用实践中, 对选用的评价模型进行考察, 并不断修改补充, 使之具有一定的科学性、实用性与先进性, 然后推广应用。

其中, 确立指标体系, 确定各指标权重, 建立数学模型这三个环节是综合评价的关键环节。

综合评价方法的分类很多。按照评价与所使用信息特征的关系, 可分为基于数据的评价、基于模型的评价、基于专家知识的评价及基于数据、模型、专家知识的评价。而根据各评价方法所依据的理论基础, 则可大体分为四类: 专家评价方法, 如专家打分综合法; 运筹学与其他数学方法, 如层次分析法、数据包络分析法、模糊综合评价法; 新型评价方法, 如人工神经网络评价法、灰色综合评价法; 混合方法, 这是指几种方法混合使用的情况。

应当指出, 任何一种综合评价方法, 都要依据一定的权数对各单项指标评判结果进行综合, 权数比例的改变会变更综合评价的结果。另外, 非数量型评价因素的评判, 主要依赖于投票者对评价对象的主观感受。可见, 综合评价结果存在一定的主观性。事实上, 综合评价工作是一件主观性很强的工作。对于小流域综合评价工作也是如此。因此, 这就要求在实际的评价工作中, 要根据小流域评价的目标、要求、特点等客观实际, 选取适当的综合评价方法, 提高评价方法的科学性, 从而保证评价结果的有效性。

下面比较一下水土保持和生态环境领域内常用的几种综合评价方法, 明确掌握其优缺点, 以便选择适宜于小流域综合评价方法。

2.1.2 几种常用的综合评价方法

(1) 综合评分法。综合评分法 (*Synthetical scored method*) 是建立在专家评价法基础上, 根据评价目的及评价对象的特征选定必要的评价指标, 逐个指标订出等级, 每个等级的标准用分值表示, 然后以恰当的方式确定各评价指标的权数, 并选定累积总分的方案及综合评价等级的总分值范围, 以此为准则, 对评级对象进行分析和评价, 以决定优劣取舍的综合评价方法。它的特点是方法直观, 计算简单。

目前, 综合评分法在我国行业中有较为广泛的应用。例如, 建设部城

乡规划司和国家文物局文物保护司制定的《中国历史文化名镇（村）评价指标体系》，由2大类、13中类、24小类指标组成。该方法采用综合评分法实现了对我国历史文化村镇价值特色和保护措施的综合评价，取得了社会公认。又如，我国《政府采购货物和服务招标投标管理办法》第五十条规定“货物服务招标采购的评标方法分为最低评标价法、综合评分法和性价比法”，为广大采购人和招标机构根据采购项目的特点更好地选择适宜的评标办法提供了更多选择。可见，综合评分法简便易行，使用广泛。此外，与综合评分法类似的方法还有综合指数法（Synthetical index method），它是利用综合指数的计算形式，定量的对某现象进行综合评价的方法。

（2）灰色关联度法。在多指标综合评价中，评价目标往往具有灰色性，因而，用灰色关联分析方法进行综合评价是适宜的。它由样本资料确定一个最优参考序列，通过计算各样本序列与该参考序列的关联度，就能对评价目标做出综合分析。在进行综合评价时，这种方法的数学处理不太复杂，能使用样本所提供的全部信息，而且它等同对待各评价指标，可避免主观因素对评价结果的影响。水土保持活动影响社会经济发展的过程实际上就是含有确知、未知和非确知信息、关系和结构的一种灰色系统，目前灰色系统理论和方法已经被广泛应用于农业、生态和石油勘探等多个研究领域（黎锁平，1994；马振芳等，2000；郝永红等，2002）。

灰色关联度分析是通过对系统发展态势的统计数据几何关联相似程度进行量化比较，判断引起该系统发展变化的主要因素和次要因素，从而对事物或社会经济现象做出全面、科学的评价（邓聚龙，1990；段学军，2000）。在评价小流域中其计算原理是：

对 m 条流域进行评价，指标体系由 n 个生态、经济、社会指标组成，则每个流域的所有指标实测值就构成了一个数据列：

$$x_i(k) = \{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)\} \quad (i=1, 2, \dots, m)$$

同时选择 m 条小流域中的 n 个单项指标实测值的最优值组成灰色关联分析的参考数据列：

$$x_0(k) = \{x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n)\}$$

并进行差序列计算 $\Delta_i(k) = |x_i(k) - x_0(k)|$ 找出最小绝对差值 $\Delta_{\min}$ 和最大绝对差 $\Delta_{\max}$ ：

$$\Delta_{\min} = \min_i [\min_k \Delta_i(k)], \Delta_{\max} = \max_i [\max_k \Delta_i(k)]$$

最后计算关联系数