



黄土高原小流域坝系 评价理论及其实证研究

HUANGTU GAOYUAN XIAOLIUYU BAXI
PINGJIA LILUN JIQI SHIZHENG YANJIU

党维勤 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



黄土高原小流域坝系 评价理论及其实证研究

党维勤 著



内 容 提 要

本书全面系统地阐述了小流域坝系评价的理论、方法、关键技术和小流域坝系规划评价、安全评价、综合评价系统构建,详细地应用该方法和系统进行了盐沟小流域坝系规划评价实证分析、韭园沟小流域坝系安全评价实证分析、王茂沟小流域坝系评价实证分析。小流域坝系评价的理论包括可持续发展理论、和谐理论、生态系统健康理论、坝系相对稳定理论;评价的方法采用层次分析法,利用这些理论和方法构建了小流域坝系规划评价、安全评价、综合评价三大评价系统。本书涵盖了小流域坝系评价的各个方面,具有系统完整、技术先进、科学实用的特点,是小流域坝系评价系统的专业著作。

本书可供水土保持管理、规划设计、科研、施工、监理、监测部门的人员,生态建设相关的行业如林业、农业、草业以及开发建设项目水土保持等研究生态评价的专业人员和高等院校的师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄土高原小流域坝系评价理论及其实证研究 / 党维勤著. — 北京:中国水利水电出版社, 2011.8
ISBN 978-7-5084-8921-6

I. ①黄… II. ①党… III. ①黄土高原—小流域—坝系—综合评价—研究 IV. ①S157.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第168450号

书 名	黄土高原小流域坝系评价理论及其实证研究
作 者	党维勤 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (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	三河市鑫金马印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 10.5印张 243千字
版 次	2011年8月第1版 2011年8月第1次印刷
印 数	0001—1500册
定 价	30.00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

序

黄土高原地区是我国乃至世界上水土流失最为严重的地区之一。水土流失不仅制约当地经济社会发展，同时还威胁黄河下游的长治久安。淤地坝是黄土高原地区人民群众在长期的水土流失防治实践中创造出的一种行之有效的，既能拦截泥沙、保持水土、改善生态环境，又能淤地造田、增产粮食、发展区域经济的水土保持工程措施。实践证明，淤地坝是一项一举多得、利国利民的重要战略性措施，在治理水土流失，巩固退耕还林成果，改善生态，促进农业增产、农民增收、加快经济发展方式转变、农村经济社会可持续发展以及减少入黄泥沙等方面具有不可替代的作用。

黄土高原小流域坝系是以小流域为单元，通过科学规划、合理配置，形成以骨干坝为骨架，大型、中型、小型淤地坝工程相结合，拦、蓄、排功能相配套的沟道综合工程体系。小流域坝系评价工作不仅是水土流失规律研究和淤地坝工程管理最基础的工作，而且对于科学、及时、准确地获取和反馈工程建设和管理动态信息评判，强化技术指导和科技成果推广，具有十分重要的意义。坝系评价是水土保持的重要组成部分，为水土保持工作提供科学的依据、思路和模式。通过坝系评价，可以改进管理手段和管理方式，加强坝系工程的监管力度，同时对坝系实施效果和产生的效益进行动态评价，有利于提高坝系的经济、生态、社会效益，有利于坝系向相对稳定、可持续利用方向发展。

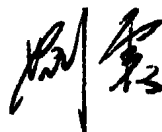
党维勤同志在承担的“小流域坝系监测方法及评价系统研究”和“黄河多沙粗沙区坝系工程安全评价方法研究”的最新成果基础上，结合其对评价系统发展方向的认识，以小流域坝系为研究对象，以和谐理论、可持续发展理论、生态系统健康理论、坝系相对稳定理论、层次分析法、小流域水土流失规律及水土保持原理为理论基础，经过研究、探索、分析、归纳，总结出小流

域坝系评价理论和实证。

该书能从水土保持评价的基本概念、基础理论和基本方法入手，以水土保持评价贯穿为主线，分为五块主要内容，即理论和方法、规划评价、安全评价、综合评价以及小流域坝系评价实证分析，是作者多年来在黄土高原小流域坝系评价研究领域辛勤耕耘的结果。

相信随着黄土高原淤地坝工程的进一步实施，《黄土高原小流域坝系评价理论及实证研究》一书不仅有助于深化黄土高原小流域坝系评价的研究，而且会在一定程度上推动我国水土保持评价领域的发展。

水利部水土保持司司长



2011年2月12日

前言

黄河流域黄土高原地区是我国乃至世界上水土流失最为严重、生态最为恶化、环境最为恶劣的地区之一。由于人口膨胀、过度破坏、过度开发等原因，生态及环境阻碍、制约着黄土高原地区经济社会发展，限制着当地人民群众脱贫致富，同时还威胁着黄河下游人民群众的生命财产安全。淤地坝是小流域水土流失综合治理体系中沟道工程措施最为关键的一道防线，它通过“提”、“蓄”、“淤”等功能，既能将洪水泥沙就地拦蓄，有效防治水土流失，减少入黄泥沙，又能形成坝地，充分利用水土资源，使荒沟变成高产稳产的基本农田，从而有效缓解黄土高原地区水土流失严重、洪水灾害频繁和干旱缺水这三大难题，同时使生态环境得以改善，经济得到发展。也正因为如此，淤地坝被当地群众形象地比作流域下游的“保护神”，解决温饱的“粮食囤”，开发荒沟、重建生态、改善环境的“奠基石”，在黄土高原地区具有极其重要的战略地位和不可替代的作用。

2003年水利部将黄土高原淤地坝建设列为实施的全国水利建设三大“亮点工程”之一，提出了到2010年，在黄土高原地区建设6万座淤地坝的宏伟目标。该项工程目前正在黄土高原水土流失区实施，并由小流域坝系工程向支流坝系方向发展，即淤地坝坝系的建设也由原来的以治沟骨干工程控制小流域向大型淤泥库控制支流坝系发展。

黄土高原小流域坝系是以小流域为单元，通过科学规划、合理配置，形成以骨干坝为骨架，大型、中型、小型淤地坝工程相结合，拦、蓄、排功能相配套的沟道综合工程体系。小流域坝系评价工作不仅是水土流失规律研究和淤地坝工程管理最基础的工作，而且对于科学、及时、准确地获取和反馈工程建设和管理动态信息，强化技术指导和科技成果推广，具有十分重要的意义。

坝系评价系统建设是“三条黄河”建设的基础工作之一，是水土保持评价的重要组成部分，坝系评价为水土保持评价提供科学的依据、思路和模式。评价系统建设运行后可以改进管理手段和管理方式，加强坝系工程的监管力度，同时对坝系实施效果和产生的效益进行动态跟踪，有利于提高坝系的经济、生态、社会效益，有利于坝系向相对稳定、可持续、和谐坝系方向发展。

目前黄土高原地区已建成淤地坝 12 万座，经过几十年的建设，淤地坝工程其自身的拦沙蓄水、安全运行、效益发挥等如何，从整个黄土高原说，无法能说得清楚，尤其在目前大规模建设的情况下，如何才能给建设决策提供及时、全面、可信的科学依据，是水土保持科研工作中的难点之一。因此必须建立淤地坝评价体系。目前虽然黄河上中游管理局以及各省在淤地坝工作中做了大量细致的工作，但缺少成熟的淤地坝坝系规划、安全和综合的评价体系，有关淤地坝规划、设计和运行现状等信息无法系统地收集起来，致使正确评价淤地坝坝系建设缺乏充分的依据。如何对淤地坝信息进行动态和有效管理，实现淤地坝坝系评价乃至预警预报是提高淤地坝建设科技含量的需要，也是提高淤地坝建设决策与管理水平以及“数字黄河”工程建设的需要。

因此，2002 年“黄河多沙粗沙区坝系工程安全评价方法研究”被列为黄河水利委员会的“十五”重大科研项目，2003 年“小流域坝系监测方法及评价系统研究”被列为黄土高原水土保持二期世行贷款项目中央子项目科研推广项目，2004 年“基于 GIS 黄土高原坝系优化应用研究”（对于坝系规划进行评价）经北京林业大学研究生学院审查同意列为硕士毕业论文，以上项目的评价系统研究都是由作者完成。通过对这些小流域坝系评价系统的研究，提出了小流域坝系评价的理论、方法，对于坝系规划结果进行科学的评价，提出最优的规划结论；对于坝系安全进行科学的评价，提出坝系安全、基本安全、近安全、不安全的结论；对于坝系进行综合评价，提出坝系小流域的和谐、基本和谐、近和谐、不和谐的结论，并提出坝系预警预报模型，最终建立基于现代技术的小流域坝系评价系统。为实现今后淤地坝工程动态评价提供了技术方法和科学依据；同时，也为淤地坝管理与决策提供了科技支撑。

全书共分为 9 章，第 1 章绪论，第 2 章小流域坝系评价相关理论，第 3 章预测评价方法——层次分析法，第 4 章小流域坝系规划评价研究，第

5 章小流域坝系规划评价实证分析, 第 6 章小流域坝系工程安全评价研究, 第 7 章小流域坝系安全评价实证分析, 第 8 章小流域坝系综合评价研究, 第 9 章小流域坝系综合评价实证分析。陕西科技大学外国语与传播学院的吴婷老师为本书翻译了大量的外文资料, 并参加了编写工作。

承蒙水利部水土保持司刘震司长为本书审稿并作序。全书编写过程中得到了水利部水土保持监测中心姜德文教授, 北京林业大学水土保持学院张洪江教授, 黄河上中游管理局郑新民教授、何星照教授, 晋陕蒙接壤地区水土保持监督局蔺明华教授等的指导和帮助; 黄河水土保持绥德治理监督局郑宝明局长、王福林总工、王晓副局长对本书编写工作给予了很大的支持; 本单位的马三保、艾绍周、尚国梅、王秦湘、李尧、张金柱、郝凤毕等同志在评价研究过程中, 完成了部分外业工作和内业数据分析工作。在此, 一并谨向他们表示衷心的感谢。

科学的评价是在解决实际问题中提出, 然后在应用中不断修正、完善起来的。小流域坝系评价也是这样, 目前从体系到内容都还不是很成熟, 这些研究仅仅是一些探索和实践, 期望能够起到抛砖引玉的作用。

面对坝系评价这样一个情况复杂、研究难度很大的课题, 特别是一些新情况、新问题等还在不断发生和发展, 尚有许多问题有待深入研究, 再加之编者水平有限, 不足之处在所难免, 敬请读者批评指正。

作者

2011 年 3 月 15 日

于陕西绥德

目 录

序

前言

第1章 绪论	1
1.1 黄土高原水土流失的情况	2
1.2 黄土高原小流域的综合治理	3
1.3 黄土高原淤地坝的发展历史	7
1.4 黄土高原小流域坝系研究的进展	9
第2章 小流域坝系评价相关理论	14
2.1 可持续发展理论	14
2.2 和谐理论	20
2.3 生态系统健康评价理论	25
2.4 坝系相对稳定理论	29
第3章 预测评价方法——层次分析法	34
3.1 层次分析法的基本原理	34
3.2 层次分析法应用中若干问题的处理	40
第4章 小流域坝系规划评价研究	45
4.1 小流域坝系规划基本流程	45
4.2 小流域坝系规划评价方法	46
第5章 小流域坝系规划评价实证分析	53
5.1 盐沟小流域的概况	53
5.2 盐沟小流域坝系布局方案的分析	59
5.3 盐沟小流域坝系规划的评价	62
第6章 小流域坝系工程安全评价研究	68
6.1 坝系工程安全的概念	68
6.2 评价指标体系的确定	70
6.3 坝系工程安全评价的原则	71
6.4 坝系工程安全评价指标模型的构建	73
6.5 坝系工程安全度模型的构建	83

第7章 小流域坝系安全评价实证分析	87
7.1 韭园沟小流域的概况及坝系发展的过程	87
7.2 韭园沟小流域坝系安全指标的计算	88
7.3 韭园沟小流域坝系的安全评价	106
第8章 小流域坝系综合评价研究	108
8.1 小流域坝系评价的概念	108
8.2 小流域坝系评价的方法	110
8.3 小流域坝系评价指标的模型构建	113
8.4 小流域坝系和谐度的模型构建	134
第9章 小流域坝系综合评价实证分析	141
9.1 王茂沟小流域坝系的概况	141
9.2 王茂沟小流域坝系指标的计算	148
9.3 王茂沟小流域坝系的评价	153
参考文献	155

第1章 绪 论

黄土高原地区严重的水土流失，是黄河下游洪水威胁的症结所在，也是制约该地区经济和社会发展的头号环境问题。坚持不懈地抓紧抓好该地区的水土保持工作，是治黄的根本措施，也是保证区域经济和社会可持续发展的基础和前提。该区群众在长期同水土流失斗争的实践中，总结出了许多丰富的经验，探索出了许多成功的路子，特别应指出的是这一地区建设小流域坝系是一个非常有效的办法。

实践表明，黄土高原小流域坝系具有显著的生态效益、经济效益和社会效益。特别是具有较高的投资回报率，仅拦蓄泥沙一项，效益就十分显著。据调查，在黄河下游河床清淤 1m^3 泥沙，需投资十几元，而在上中游，淤地坝每拦 1m^3 泥沙，所需投资还不到 1 元。据陕西省水土保持局测算，陕西省 3 万多座淤地坝，50 多年累计拦泥 51 亿 t，按四分之一粗泥沙沉积下游河床，以每吨清淤费 20 元计算，就可为下游节省清淤费用近 260 亿元。因此，在黄土高原地区大规模开展小流域坝系建设应该是一项一举多得的重大举措。一是黄河治理要摆脱水高堤高，越高越悬的局面，关键是要解决泥沙的问题。在黄土高原地区大规模修建淤地坝，对于入黄泥沙来说，等于釜底抽薪。减沙显著，见效快。二是淤地坝建设，为山区农民提供了高产稳产的耕地资源，实现了少种多收，提高了土地生产力和持续增产的能力，解除了群众的后顾之忧，调动了群众治理水土流失的积极性，为大面积“封山绿化”、实施封育保护，实现“粮油下川，林草上山”提供了可靠保障，确保了退耕还林还草“退得下、稳得住、不反弹、群众能致富”。三是可以促进农民群众脱贫致富，加快全面建设小康社会的步伐。首先，坝地的优越条件和高产出，为山区农村优化土地利用结构，调整产业结构，合理利用水土资源，发展优质高效农业，实行集约化经营创造了条件。使广大农民群众从长期形成的“越穷越垦，越垦越穷”的恶性循环和传统的广种薄收的生产方式中解放出来，逐渐走向科学种田，少种、精种多收，农林牧副渔各业并举，种养加结合的脱贫致富的路子。其次，淤地坝使荒沟川台化，把广大山区农民从千百年来延续的翻山越岭、人背驴驮的劳作方式中解放出来，替代的是先进的耕作方式，解放了生产力。同时，大量的剩余劳动力可以转化为第三产业，促进农村经济发展。第三，淤地坝建设改善了人居环境，坝路结合，提供了便利的交通条件，成为山区商品流通和农民群众与外界交往的纽带。因此，据分析黄土高原地区有 27 万多条的沟道可以兴建坝系工程，这样巨大的发展潜力，以小流域为单元，以水土保持骨干坝为骨架，中型、小型淤地坝相配套，拦、排、蓄相结合的完整的沟道坝系建设，届时将产生巨大的水土保持社会、经济、生态的规模效益。

1.1 黄土高原水土流失的情况

黄土高原位于东经 $100^{\circ}24' \sim 114^{\circ}$ ，北纬 $34^{\circ} \sim 40^{\circ}20'$ 之间，在全国地貌格局中属于第二阶梯。自北而南跨我国温带和暖温带，从东南向西北包括半湿润地带、半干旱地带和干旱地带。其范围东界为太行山西侧，西界为乌鞘岭、日月山、拉脊山一线，南界为秦岭—熊耳山、嵩山北麓一线，北界为长城。地跨青、甘、宁、蒙、陕、晋、豫七省（自治区）。总面积为 64 万 km^2 。

黄土高原地处黄河中上游和海河上游。黄河流域自古就是人类文明的发祥地，但是由于黄土高原地区本身固有的自然环境脆弱，加上长期以来土地利用很不合理，植被遭受破坏，水土流失极为严重，使黄土高原的生态环境在近二三千年内发生了深刻的变化。黄土高原水土流失问题，成为其经济发展的重要的制约因素。

1.1.1 水土流失的现状

1. 水土流失面积广、强度大

目前，黄土高原地区总面积 64 万 km^2 ，水土流失面积达到 45.4 万 km^2 ，其中年侵蚀模数大于 $5000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 的强度水蚀面积为 14.65 万 km^2 ，占全国同类面积的 38.8%；年侵蚀模数大于 $15000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 的剧烈水蚀面积为 3.67 万 km^2 ，占全国同类面积的 89%。黄土高原输入黄河下游的泥沙多年平均为 16 亿 t，其中有 4 亿 t 淤积在黄河下游的河道上，平均每年淤高 10cm，造成下游河床高出两岸地面 3~10cm，最高处达 15cm，成为举世闻名的“地上悬河”，使 1 亿多人口受到洪水的严重威胁。黄土高原地区范围广，面积大，而且水蚀、风蚀强度十分严重。每年进入黄河的泥沙相当于尼罗河、密西西比河、亚马孙河和长江 4 条大河输沙量的总和。

2. 水土流失速度快

黄土高原目前每年流失土层 1cm，流失速度比形成速度快 100~400 倍。黄土高原在 240 万年前形成时，每 100 年沉积 1cm，黄土最厚处达 400m。据科学研究推算，在自然状态下要形成 1m 厚的土壤，需要 1.2 万~4 万年，即形成 1cm 厚的土层需要 120~400 年。

3. 时空分布集中

6~9 月，黄土高原产沙量占年产沙量的 80% 以上。水土流失最为严重的区域，主要集中在黄河中游 7.86 万 km^2 的多沙粗沙区，该区域面积仅占黄土高原总面积的 12.3%，年产沙量却达 11.82 亿 t，占同期黄河输沙总量的 62.8%；其中粒径大于 0.05mm 的粗泥沙 3.19 亿 t，占粗泥沙输沙总量的 72.5%。

4. 泥沙主要来自于沟谷地

黄土高原地区沟壑发育，沟道侵蚀十分严重。尤其是黄土丘陵沟壑区和黄土高原

沟壑区，崩塌、滑塌、泻溜等重力侵蚀十分活跃，沟谷面积虽只占总面积的40%左右，而产沙量却占总产沙量的60%以上。

1.1.2 水土流失造成的危害

1. 恶化生态环境，制约经济社会发展

水土流失把地形切割得支离破碎、千沟万壑，全区长度大于0.5km的大小沟道达27万多条；水土流失和原有植被破坏，恶化了生态环境，加剧了土地的干旱程度以及其他自然灾害的发生，使生态环境不断恶化，制约了经济发展。在国家“八七”扶贫计划中，黄土高原地区贫困县有126个，贫困人口2300万人。目前仍有贫困人口近1000万，是我国贫困人口集中分布的地区之一。

2. 泥沙淤积下游河床，威胁黄河防洪安全

黄土高原大量的水土流失，每年有4亿t泥沙被冲刷淤积在下游河床，造成河床逐年抬高，平均高出地面4~6m，成为举世闻名的“地上悬河”，直接威胁着下游两岸广大地区人民的生命财产安全及经济建设和社会的发展，成为中华民族的“心腹之患”。同时，据有关研究资料，黄土高原地区约有2.0万座水库已接近淤满，不能正常运行。

3. 水资源白白流失，影响水资源合理和有效利用

由于严重的水土流失，大部分降水以地表径流白白流走，地下水补给严重不足，干旱出现机会增多。同时，为了减轻泥沙淤积造成的库容损失，部分黄河干支流水库不得不采用蓄清排浑的运行方式。同时，每年需要150亿m³左右的水资源量用于冲沙入海，影响了水资源的有效利用。

4. 土地肥力下降、农田破坏更加严重

据观测，在黄土高原常年平均流失的16亿t泥沙中，含有氮、磷、钾总量约4000万t，这就使黄土地生产能力大大降低，甚至失去生产能力，从而导致和加剧贫困；由于水土流失的加剧，致使黄土高原沟壑发展速度十分惊人，其沟壑密度一般在2~5km/km²以上，有些地方可达6~8km/km²以上，切割深度可达100~200m以上，地面裂度多在20%~50%，最高可达65%以上，这就意味着沟壑面积越来越大，农田面积被分割得越来越小，农田破坏越来越严重。

1.2 黄土高原小流域的综合治理

1.2.1 小流域综合治理的概念

小流域综合治理又称流域治理、山区流域管理、流域管理、集水区经营，其概念是：为了充分发挥水土等自然资源的生态效益、经济效益和社会效益，以小流域为单元，在全面规划的基础上，合理安排农、林、牧等各业用地，因地制宜地布设综合治

理措施,治理与开发相结合,对流域水土等自然资源进行保护、改良与合理利用。

可持续小流域综合治理中的“综合治理”,就是要实现以人为本,人与环境和谐的生态关系的治理,它既包含有竞争、共生和自生的生存发展机制,又包含有时间、空间、数量、结构和秩序持续与和谐的系统功能;既是一种着眼于富裕、健康、文明目标的高效开拓过程,还是一种整体、协调、循环、自生的进化适应能力;既是保护生存环境、保护生产力、保育生命保障系统的长远战略举措,也是一场旨在发展生产力的技术、体制、文化领域的社会革命,是一种走向可持续发展的具体行动,也是水土流失区实现生产发展、生活富裕、生态良好的构建社会主义和谐社会的基础。

可持续的综合治理是指在系统承载能力允许的范围内运用生态经济学原理和系统工程方法去改变生产和消费方式、决策和管理方法,结合当地小流域的特点,挖掘区域内外一切可以利用资源的潜力,综合规划,统一治理,优化配置,全面发展,注重植被建设和工程措施、生态修复相结合,物质投入和技术投入相结合,以防治水土流失为重点,强化防治面源污染和保护水资源,建设经济发达、生态高效的产业,体制合理、社会和谐的文化,以及生态健康、景观适宜的环境,是构建社会主义和谐社会下的经济腾飞与环境保育、物质文明与精神文明、自然生态与人类生态的高度统一和可持续发展。它的宗旨是通过技术创新、体制改革、观念转换和能力建设去促进小流域社会、经济、自然的协调发展,物质、能量、信息的高效利用,技术和自然的充分融合,人的创造力和生产力得到最大限度的发挥,生命保障系统功能和农民的身心健康得到最大限度的保护,经济、生态和社会效益得以持续、健康的发展,为社会主义新农村建设奠定良好的基础。

1.2.2 循环经济理论在小流域综合治理中的应用

循环经济理论是一种以自然生态系统物质循环流动方式为特征的经济形式。循环经济是相对工业革命以来高消耗、高排放的线形经济而言,与传统经济过程相比,循环经济是可持续发展的经济体现,它要求以“减量化(reduce)、再利用(reuse)、再循环(recycle)”为经济活动的行为准则(称为3R准则),将避免废物产生作为生产活动的指导原则。

从小流域综合治理来看,水土保持工作中发展以生态工程为核心的循环经济,是防治水土流失、发展农村经济、节约资源和保护环境的重要举措,在黄土高原小流域综合治理中已经有很多成功的范例。

1.2.2.1 径流泥沙的循环利用

1. 黄土高原坡面

缓坡机修水平梯田,陡坡水平沟、鱼鳞坑,种植乔灌木,有效地拦蓄了径流泥沙和土壤养分,使这些对于下游有害的径流、泥沙、养分回归到可以利用的梯田、水平沟、鱼鳞坑中,为作物和植物的生长二次利用,实现了废物循环利用。这样的模式在黄土高原治理的流域中随处可见。

2. 黄土高原沟道

从上到下修筑谷坊、小型淤地坝、中型淤地坝、骨干坝等沟道坝系工程,使坡面排下有限以及沟道产生的径流、泥沙、养分在沟道中得到全面拦蓄,使这些对于下游有害的径流、泥沙、养分回归到可以利用的坝地中来,为作物和植物的生长二次利用,实现了废物循环利用。这样的模式主要存在于形成坝系的黄土高原小流域中,如山西省中阳县的洪水沟。

1.2.2.2 水资源的利用

1. 沟道水资源的循环利用

在沟道坝系中配套必要的蓄水池、塘坝、排洪渠、灌区等设施,使黄土高原缺水状况得到一定的缓解,把洪水资源变为黄土高原小流域可以利用的资源,使水资源在时间和空间上实现调度,完成循环利用。这样的形式在目前还不多,如陕西省绥德县的韭园沟。

2. 坡面集雨灌溉的循环利用

在山上修筑集雨场,随地打水窖,沿路开口,使水窖和沉沙池相结合,沉渣蓄清,规模密集布局,实现洪水资源在坡面上就地利用,为黄土高原保留了可利用的水资源,实现了小旱不减产,大旱少减产。如陕西省绥德县辛店沟小流域。

3. 坡面水工程的循环利用

提灌工程是利用沟道中的蓄水池和塘坝中的水,上提到山上制高点兴建的蓄水池,再利用输水管送水进梯田,使作物和植物在最需要水的时候得到灌溉,变山下水为山上用的循环形式。甘肃省麦积区利用此模式建设山地灌溉葡萄园。

1.2.2.3 其他的利用形式

推广运用农业循环经济技术和节水灌溉、秸秆还田、畜牧粪便无害化处理技术。如农林草复合立体经营、封山育林—人工种草—舍饲养殖,大棚—养殖—沼气—果树、桑基鱼塘系统等都是以农业为核心的循环经济的良好形式。

当这些形式成为循环经济过程中的一个链条时,则希望它最大限度地利用其他废弃物作为产品的原料,最大限度地加强废弃物改造过程中的再生利用,尽力将水土流失中携带的泥沙、化肥、农药、生活垃圾都保持在需要它们的沟道或专门的场地,同时尽可能地利用较少的能源来实现小流域综合治理的最终目的,保持水土,改善生态与环境。而将小流域综合治理纳入循环经济过程需要政府通过法律手段、经济手段、政策手段等进行宏观调控。

循环经济需要相应的技术手段给予支持,尤其是目前大家关注的面源污染,即中国绝大多数水源在山区、在水土流失地区,而水土流失作为载体在输送大量泥沙的同时,也输送了大量化肥、农药和生活垃圾。在流域治理中不仅需要研究其流失的数量,存在的结构和形式,还需要考虑通过循环的高效利用能力,以及从坡面到达沟道自身再利用的可能性。

1.2.3 小流域综合治理的措施体系

可持续小流域综合治理应坚持以质量为中心,以机制创新为动力,水土流失治理与农业结构调整相结合,以建立高效水保生态农业为重点,工程、生物、耕作三大措施并举,进行山顶、坡面、沟道立体开发,拦、蓄、排、灌、节合理配套,山、水、田、林、路综合治理,强化防治面源污染,因地制宜、宜林则林、宜草则草、集中连片、注重规模,狠抓水土保持生态建设,达到社会效益、生态效益和经济效益的统一,有效地保护水土资源、防治面源污染和改善当地的生态与环境。

根据当地的实际情况,经过认真分析,找到流域生态治理与社会经济发展的结合点,突出发展有特色的产业,真正实现流域生产发展、生活富裕、生态良好、社会稳定的和谐局面,为此,将目前比较有特色的黄土高原小流域的综合治理方向介绍如下。

1.2.3.1 以淤地坝坝系为主的小流域综合治理

在黄土高原地区相对稳定的坝系,坝地粮食产量一般为 $5000\text{kg}/\text{hm}^2$,是坡耕地产量的4~6倍,同时,坝地在这一地区一般情况下都是旱涝保收的基本农田。所以,有建坝资源的小流域应尽可能建设成相对稳定的坝系,这一措施不仅是经济发展和生态建设的结合点,更是当地群众的保命田。这样的典型流域有陕西省绥德县的韭园沟、山西省汾西县的康和沟、内蒙古自治区达拉特旗的合同沟、宁夏回族自治区西吉县的聂家沟、甘肃省渭源县的唐家河等小流域。

1.2.3.2 以山坡地梯田工程为主的小流域综合治理

在水土流失区,由于农民大多生活在温饱线上,所以粮食生产是至关重要的因素,梯田是这些地区的基本农田。其粮食产量一般为 $2500\text{kg}/\text{hm}^2$,是坡耕地产量的2~3倍,所以无疑它是当地最重要的水土保持措施,同时也是高标准的农田,更是发展当地高效农业的基础。这种典型流域有陕西省米脂县的高西沟、甘肃省定西县官兴岔流域、山西省偏关县七家坪小流域等。

1.2.3.3 以经济林为主的小流域综合治理

一些水土流失区由于其地理位置和气候条件适宜于经济树种生长,所以这些地区应该在搞好水土保持的前提下,尽力发展经济林,使当地农民群众尽快脱贫致富奔小康,实现生态良好,经济富裕。这些地区如陕北和晋西北的黄河沿岸百公里地区适宜发展红枣,在渭北高原和黄土高原沟壑区部分地区非常适宜于发展苹果等。这些典型小流域有以红枣为特色的山西省兴县马家山小流域、以苹果为特色的陕西省洛川县好音沟小流域、以花椒为特色的山西省芮城县中瑶小流域、以梨为特色的甘肃省崇信县刘家沟小流域等。

1.2.3.4 以封禁治理舍饲养畜的小流域综合治理

以传统的放牧方式发展畜牧业是黄土高原畜牧业地区水土流失加快、生态与环境

恶化和农民收入增幅减缓的根本原因,经过长期的思考,这些地区要发展当地经济,必须考虑现阶段林牧矛盾突出问题,探索出适合的林牧形式。也就是采取以下措施:禁牧休牧,改良天然牧草,种植优良牧草,建设标准棚舍,推广舍饲技术,发展舍饲养殖。如陕西省安塞县杨家畔小流域退耕还林还草,将传统以放牧为主的养殖方式改为舍饲养殖,进行肉役两用秦川牛改良试验,充分利用作物秸秆,同时加强水源涵养林、天然次生林的封育与保护。如此典型流域还有内蒙古自治区鄂尔多斯市,陕西省安塞县、吴旗县等。

应当指出这些治理方向并不是单一的,而是相互穿插和相互渗透的。尤其是不能生硬地隔离开各种措施,在黄土高原地区小流域综合治理中,沟道是离不开淤地坝这种工程措施的。

1.3 黄土高原淤地坝的发展历史

淤地坝是黄土高原地区人民群众在长期同水土流失的斗争实践中创造出的一种行之有效的,既能拦截泥沙、保持水土,又能淤地造田、增产粮食的水土保持工程措施,已有几百年的发展历史。最初的淤地坝是自然形成的,距今已有400多年。明代隆庆三年(1569年),陕西子洲县黄土洼,因自然滑坡、坍塌,形成天然聚淤,后经加工而形成高60m、淤地800余亩的淤地坝。人工修筑淤地坝的历史记载,最早见于山西省《汾西县志》:明代万历年间(1573—1619年)“涧河沟渠下湿处,淤漫成地易于收获高田,值旱可以抵租,向有勤民修筑。”淤地坝在清代已引起官方的重视,据《续行水金鉴》卷十一记载,清乾隆八年(1743年),陕西监察御史胡定在奏折中呈“黄河之沙多出自三门以上及山西中条山一代涧中,请令地方官于涧口筑坝堰,水发,沙滞涧中,渐为平壤,可种秋麦。”水利专家李仪祉先生,在1922年所著《黄河之根本治法商榷》一文中指出:“皆渭沟洫可以容水,可以留淤,淤经渫取可以粪田,利农兼以利水,予深赞斯说。”又说:“治水之法,有以水库节水者,各国水事用之甚多。然用于黄河,则未见其当,以其挟沙太多,水库之容量减缩太速也。然若分散之为沟洫,则不啻亿千小水库,有其用而无其弊。且有粪田之利,何乐而不为也。”1945年黄河水利委员会(以下简称黄委会)批准关中水土保持试验区在西安市荆峪沟流域修建淤地坝一座,是黄河水利委员会(以下简称黄委会)在黄土高原地区修建的第一座淤地坝。

1949年新中国成立后,才是大规模发展淤地坝的时期。黄土高原业务管理部门,在总结历史经验的基础上,把筑坝淤地作为水土保持的一项重要工程措施,积极试验、示范、推广,其发展过程大致经历了5个阶段。

1.3.1 试办示范阶段(1949—1958年)

从1949年开始,在陕西省米脂县试修淤地坝。1952年黄委绥德水保站成立后,