

范瑞瑜 主编

黄土高原 坝系生态工程



HUANGTU GAOYUAN
BAXI SHENGTAI
GONGCHENG

黄河水利出版社



黄土高原坝系生态工程

范瑞瑜 主编

黄河水利出版社

内 容 提 要

坝系生态工程建设是黄土高原改善生态环境、保持水土、发展生产、控制入黄泥沙的一项重要措施。本书在总结坝系建设实践经验基础上,从规划、设计、施工、管理、坝地和水面开发利用及效益分析等方面,系统而全面地论述了坝系建设的理论、技术和方法,内容翔实,叙述简明扼要,文字力求简练,查阅方便,实用性强。可供从事水土保持生态环境建设、科研、管理人员使用,农业、林业、水利、环保等部门技术人员参阅,也可作为专业技术培训教材和相关大专院校师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

黄土高原坝系生态工程/范瑞瑜主编. —郑州:黄河水利出版社, 2004. 7

ISBN 7 - 80621 - 776 - 2

I. 黄… II. 范… III. 黄土高原 - 水土保持 - 淤地坝 - 坝系 - 生态工程 IV. S157.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 021477 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话及传真:0371 - 6022620

E-mail: yrep@public.zz.ha.cn

承印单位:河南第二新华印刷厂

开本:889mm × 1 194mm 1/16

印张:37.625

字数:1 192 千字

版次:2004 年 7 月第 1 版

印数:1—3 500

印次:2004 年 7 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7 - 80621 - 776 - 2/S·58

定价:138.00 元

《黄土高原坝系生态工程》

编 著 人 员 名 单

主 编 范瑞瑜

副 主 编 蒋 钢 冯九梁 王逸冰 刘正杰

编著人员 (以姓氏笔画为序)

王逸冰 宁 毅 冯九梁 刘正杰

李运学 李有华 李杰林 宋万兔

张胜利 范瑞瑜 段秀萍 聂兴山

曹丽玫 蒋 钢 曾茂林

审 稿 朱会义 王林旺 周玉珍

序

黄土高原是世界上最大的黄土堆积区,也是我国乃至世界上水土流失最严重的地区。由于严重的水土流失,不仅造成了千沟万壑、童山秃岭的地形地貌和恶劣的生态环境,制约着地区经济社会的可持续发展,而且大量泥沙下泄,淤塞下游河道,极大地威胁着黄河下游的安全,成为困扰中华民族几千年的心腹之患。

“黄河为害,根在泥沙”,而泥沙的 60%~70% 又来源于黄土高原地区的千沟万壑。因此,控制和治理沟道的泥沙就成了解决黄河问题的关键。在长期同水土流失的斗争中,黄土高原地区的人民和广大水土保持科技工作者总结探索出了一种行之有效的水土保持措施——坝系工程。实践证明,坝系工程不仅能够有效拦截泥沙、淤地造田、发展农业灌溉、增产增收,而且能改善流域生态环境、促进黄河长治久安、推动地区经济发展和社会进步,是一项控制泥沙、缓解黄河下游小水大灾、保障食品安全的重要水土保持生态建设工程。也正是由于它的综合功能,坝系工程建设才受到了当地人民群众的真正拥护和大力支持。黄土高原地区的广大人民群众形象地把坝系工程称为“聚宝盆”、“命根子”、“钱袋子”。

目前,我国已经进入全面建设小康社会的重要历史时期,西部大开发战略、可持续发展战略全面实施,生态建设得到全社会的广泛关注。水利部党组从全局和战略的高度,高屋建瓴,把黄土高原淤地坝建设作为今后一个时期水利建设的三大“亮点”工程之一,加大力度、加快建设,并安排专项资金,启动了实施黄土高原淤地坝建设的试点工程。这无疑是非常重要和及时的。

树立和落实科学的发展观已成为全社会的共识。就淤地坝建设而言,如何运用科学的淤地坝建设方略,建设相对稳定坝系,确保坝系安全;如何提高坝系布局的防洪能力;以及怎样在较短的时间内完成较多的工程设计,已成为摆在我们面前的不可回避的现实问题。汇集上述新理论和新成果的《黄土高原坝系

生态工程》的出版,无疑是正逢其时。

该书共有 17 章 74 节,内容系统而丰富,是该书作者根据 20 多年来坝系生态工程建设的研究成果与亲身实践编写而成的。书中提出的计算机对工程设计与制图的新技术,是作者最新研究成果。此成果不但丰富了坝系生态工程的设计理论,而且保证了工程设计的可靠性和准确性,同时还可以节省大量的设计时间,这项研究弥补了我国水土保持坝系工程设计的一项空白;研究的坝系相对稳定控制原理和控制方法,为坝系优化布设、建坝时序、暴雨洪水的均衡分配提供了较为完善并具有创新性的科学依据;坝系设施栽植与养殖技术可使农民拓宽致富门路,对高产增值可起到一定的指导作用。因此,该书是一部具有理论意义和实用价值的科技新书。

中国科学院院士

刘昌明

2004 年 6 月

前 言

黄土高原是我国最严重的水土流失地区,由于植被稀少,暴雨频繁,坡陡、沟深、高差大,多年来已被切割得支离破碎、千沟万壑,有些沟道已深深切入基岩。沿黄人民为了改变这种恶劣的环境,早在 400 多年前就开始了打坝淤地的探索和实践。但多年来,淤地坝的水毁问题,坝地盐碱化问题以及坝地保收、增产、增值问题,一直得不到有效解决。有些坝系,“水小拉条沟,水大连坝走,大暴雨来了全冲毁”的现象时有发生,致使坝系建设得不到应有的发展。

面对以上问题,我们在总结坝系建设研究和实践经验基础上,经过多方面的试验、研究,提出了坝系生态工程的规划、设计、施工、管理以及坝地利用等方面的新技术,重点突出了坝系相对稳定、坝地高产栽培技术的应用,创新和完善了坝系工程设计理论及坝地盐碱化防治的有效途径,弥补了过去长期以来坝系水毁问题的控制理论和方法,提出了优化坝系规划、坝系布设以及坝系种植、养殖、设施蔬菜栽培等新技术。《黄土高原坝系生态工程》正是汇总了上述新理论与新成果,书中内容比较系统而丰富,因此必将对今后的工作起到一定的指导作用。

本书由山西省水利厅高级工程师范瑞瑜主编,黄河上中游管理局蒋钢、山西省水利厅冯九梁、黄河上中游管理局王逸冰、黄河水利委员会水土保持局刘正杰任副主编。

参加本书编写的人员及其撰写的章节内容为:第一章、第九章,范瑞瑜、刘正杰;第二章、第十七章,张胜利(黄河水利委员会黄河水利科学研究院)、范瑞瑜;第三章,曾茂林(黄河水利委员会黄河水利科学研究院)、范瑞瑜;第四章,王逸冰;第五章,蒋钢;第六章,曹丽玫(黄河上中游管理局)、蒋钢、冯九梁、范瑞瑜;第七章,宋万兔(山西省忻州市水利水保局)、范瑞瑜;第八章,李运学(黄河上中游管理局);第十章,范瑞瑜;第十一章,聂兴山(山西省水土保持科学研究所);第十二章,李有华(山西省水土保持科学研究所);第十三章,宁毅(山西省水利厅);第十四章,李杰林(山西省农业厅);第十五章、第十六章,范瑞瑜。全书由范瑞瑜统稿,山西省水利厅水保局段秀萍插图,中国科学院朱会义博士、山西省水利厅高级工程师王林旺和周玉珍审稿,山西省水利厅马占东、田雅丽、贾慧民校稿。山西省水利厅水土保持局局长李文银、黄河水利委员会水土保持局局长汪习军、水利部农水司副司长李仰斌给予了大力支持,西安黄河工程监理有限公司总监武哲给予了很大帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和缺点,恳请广大读者予以批评指正。

编著者

2003 年 11 月

目 录

序

刘昌明

前 言

第一章 黄土高原坝系生态工程建设的重要意义	(1)
第一节 坝系生态工程的概念与生态模式组成	(1)
第二节 黄土高原坝系建设的历史与坝系生态工程建设现状	(3)
第三节 坝系生态工程在黄土高原建设中的地位和作用	(11)
第四节 黄土高原坝系生态工程的发展前景	(17)
第二章 坝系工程国内外研究概况	(22)
第一节 国内研究概况	(22)
第二节 国外研究概况	(27)
第三章 坝系相对稳定理论及其应用	(30)
第一节 坝系相对稳定控制原理与方法	(30)
第二节 坝系相对稳定的条件	(35)
第三节 坝系相对稳定理论在实践中的应用	(42)
第四节 建设相对稳定坝系应注意的几个问题	(56)
第四章 坝系工程规划	(57)
第一节 坝系规划方法与研究现状	(57)
第二节 坝系规划的原则与方法	(59)
第三节 坝系规划的数学模型	(63)
第四节 坝系规划报告的编制	(72)
第五节 坝系规划实例	(82)
第五章 水文计算	(95)
第一节 水文计算的要求、标准和资料的收集	(95)
第二节 设计洪峰流量计算	(97)
第三节 设计洪水总量的计算	(110)
第四节 设计洪水过程线的推求	(117)
第五节 流域坝系调洪演算	(117)
第六节 坝系工程拦沙量计算	(122)

第六章 治沟骨干工程设计	(129)
第一节 治沟骨干工程建设的地区、条件和规模标准	(129)
第二节 土 坝	(130)
第三节 浆砌石重力坝	(153)
第四节 拱 坝	(169)
第五节 放水建筑物	(181)
第六节 泄洪建筑物	(196)
第七节 应用计算机辅助设计与制图	(209)
第七章 坝系工程施工	(270)
第一节 施工准备及施工组织设计	(270)
第二节 建筑材料的选择与配制	(274)
第三节 土坝施工	(290)
第四节 浆砌石坝的施工	(296)
第五节 放水与泄洪建筑物的施工	(302)
第八章 工程监理	(309)
第一节 坝系工程施工招标投标	(309)
第二节 坝系工程建设投资控制	(318)
第三节 坝系工程建设质量控制	(338)
第四节 施工阶段进度控制	(362)
第九章 工程管护	(370)
第一节 工程管护的基本要求	(370)
第二节 工程管理与维修	(370)
第三节 淤地坝产权制度改革	(377)
第四节 防汛与抢险	(380)
第十章 坝地盐碱化的防治	(386)
第一节 坝地盐碱化的概况与危害	(386)
第二节 坝地盐碱化产生的原因	(387)
第三节 坝地盐碱化治理的主要措施	(388)
第四节 坝地盐碱化的预防措施	(398)
第十一章 坝地防洪保收技术	(401)
第一节 影响坝地防洪保收的因素	(401)
第二节 淹水对耕层土壤和作物的影响	(406)
第三节 坝地防洪保收技术要点	(412)

第十二章 坝地果树栽培与管理	(423)
第一节 坝地果园的建立	(423)
第二节 坝地果园土肥水管理	(427)
第三节 果树的整形修剪与病虫害防治	(436)
第四节 自然灾害防治及其他管理	(440)
第十三章 坝系水产养殖	(446)
第一节 坝系水域环境条件选择与主要养殖对象	(446)
第二节 鱼苗、鱼种的培育和运输	(451)
第三节 坝系主要养殖技术	(457)
第四节 病害防治	(472)
第五节 防逃与捕捞	(485)
第十四章 坝系设施蔬菜栽培技术	(494)
第一节 设施蔬菜中温室、拱棚的设计与建造	(494)
第二节 设施蔬菜的茬口安排及其管理技术	(503)
第三节 设施蔬菜主要品种的栽培技术	(513)
第十五章 坝地绿色作物栽培技术	(528)
第一节 栽培标准及播前准备	(528)
第二节 玉米栽培	(532)
第三节 高粱优质高产栽培	(538)
第四节 向日葵优质高产栽培	(544)
第五节 小麦栽培技术	(546)
第十六章 坝地林木育苗与中药材植物种植	(554)
第一节 育苗地的选择	(554)
第二节 育苗方法	(556)
第三节 育苗技术实例	(566)
第四节 药用植物繁殖方法与栽培实例	(569)
第十七章 坝系工程效益分析	(574)
第一节 坝系基础效益分析	(574)
第二节 坝系的经济效益分析	(578)
第三节 坝系的社会效益分析	(581)
第四节 坝系生态效益分析	(584)
第五节 经济评价方法	(585)
参考文献	(589)

第一章 黄土高原坝系生态工程建设的重要意义

黄土高原地区位于北纬 $34^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 、东经 $101^{\circ} \sim 113^{\circ}$ ，自北而南跨我国温带和暖温带。它的东面为太行山，西达日月山东麓，北自阴山，南至秦岭、伏牛山，包括山西省和宁夏回族自治区全部，陕西省中北部，甘肃省中部和东部，青海省的东北部，内蒙古自治区的河套平原和鄂尔多斯高原，河南省的西部丘陵。东西长约 1 300km，南北宽约 800km，总面积 64 万 km^2 。其中，黄河水系曲折回转贯穿于全区，流域面积占全区的 85%；海河流域和鄂尔多斯内流区面积各占 7% 左右。本区总的特点是：地形破碎，千沟万壑，环境恶劣，生态脆弱，形成了严重的水土流失。年土壤侵蚀模数一般为 $3\,000 \sim 10\,000\text{t}/\text{km}^2$ ，有的多沙粗沙区高达 $30\,000\text{t}/\text{km}^2$ 以上。黄土高原是世界上水土流失最强烈的地区，每年有大量的泥沙输入黄河。据山西省水土保持科学研究所观测，坡耕地平均每年每公顷流失表土 67.5t，每吨土壤中含氮 0.5kg、含磷 1.5kg、含钾 20kg，山西全省 3° 以上坡耕地每年流失的表土约 1.89 亿 t，流失的氮达 9.4 万 t，占到全省 1985 年施入化肥含氮量 39.8 万 t 的 23.6%。黄土高原地区的广大群众为了拦截这种白白流失的水、肥、土资源，早在明清时期就有打坝淤地变荒沟为良田的悠久历史。黄土高原从 20 世纪 50 年代进行了筑坝淤地的重点试验和示范推广。到 60 年代，随着提倡“小多成群”建坝，坝系概念初步形成。到了 70 年代，由于推广了水坠法筑坝技术，筑坝淤地有了突破性进展。在这个阶段，既有经验，也有教训。进入 80 年代，治沟骨干工程开始试点，初步实现了“小多成群有骨干”，进一步完善了坝系建设。到了 90 年代，当地政府把治沟打坝建坝系作为群众的“生存工程”、“脱贫工程”，县域经济可持续发展的根本出路来抓，坝系生态工程得到较大发展。目前，坝系生态工程进入了一个经济可行、技术成熟的大发展时期，已成为黄土高原 9 000 多万人民摆脱贫困、步入小康、走向富裕的具有战略意义的一项工程。

第一节 坝系生态工程的概念与生态模式组成

一、坝系生态工程的概念

所谓坝系，是指在流域内，布设于各级沟道、河、滩中一系列坝群和水库构成的具有垦殖、拦沙、防洪、蓄水、灌溉功能的工程系统。在黄土高原布设的坝系工程可分为工程型坝系、生物型坝系和混合型坝系 3 种。

(1) 工程型坝系。指主要由治沟骨干工程、滩坝、淤地坝、护岸坝、小型蓄水塘坝及谷坊等组成的工程系统。

(2) 生物型坝系。主要布设于狭长的支毛沟或在“V”字形断面的沟道中，采用林草郁闭、乔灌木间植，按一定的排列方式和密度形成植物篱型的生物坝以及河岸密度较高的防护林所形成的生物堤，能节节拦截泥沙和防治水土流失的生态工程系统。

(3) 混合型坝系。由工程型坝系和生物型坝系合理组合形成的坝系，更有利于生态环境的改善，是今后黄土高原坝系工程的主要模式。

坝系生态工程则是以坝系工程为依托，以稳定沟(岸)坡、改善流域生态环境为目的，以坝地为主要利用方式的生态经济系统为组成单元的区域工程体系。它包括通过坝系工程建设所形成的沟坝地、滩坝地，河道、沟壑所建造的坝、库、人字闸和其他小型蓄水工程，坝地一岸开挖的排洪渠、坝地泄洪口等与沟坡植被人工修复和自然修复的工程系统，以及坝地、库水利用工程等。

坝系生态工程建设的基本原理是：运用生态学、生态经济学原理及系统工程为指导，集传统坝系农业

技术精华与现代坝系农业高新技术为一体,进行组织和发展的一种新型的水土保持生态模式的农业工程生产体系。

二、坝系生态模式的组成

实践证明,坝系工程建设与流域治理必须统一规划设计,结合为一个整体,才能体现其坝系生态工程的功能。也就是坝系工程与因地制宜的植被建设、经济开发、环境保护以及生态自我修复紧密结合,才会形成较为完善的坝系生态系统。坝系生态模式组成主要分为以下5个部分。

(一)沟滩坝系种植带

(1)利用沟川空间,从上游到下游,从支沟到干沟,沟沟打坝,坝坝相连,节节拦沙,坝坝成地,集中连片,排洪渠配套,小多成群加骨干,形成川台化的生态农业模式。

(2)利用荒滩堆筑格子坝,河道修建护岸坝,引洪落淤,渠系配套,拉土冲垫,因地制宜,从上而下,规模发展。

通过利用工程建设淤积起来的沟坝地、滩坝地,采用精耕细作,发展种植业。针对坝地土壤容易板结、透气性不良等特点,要不断提高蓄水能力,改良土壤结构,利用有机物还田,使土壤有机质水平稳定,利用生物转化与养分归还,使有效氮、磷、钾充分供应,利用现代坝系生态农业高新技术发展种植业、林果业等,形成高效农业示范区和植物密集的郁闭带。

(二)沟川、河道拦蓄带

在有长流水的沟道,一般是上游建库蓄水,中下游生产种植;在一些中、小型河道,打坝拦蓄,发展灌溉、养殖业,充分发挥以工程养生物、以生物护工程的功能。并利用有利地形,发展多层次的食用菌生产。还可利用拦蓄的水资源发展温室大棚蔬菜、花卉和育苗基地,也可利用水资源优势,发展高质、高产的果品业,结合坝地产玉米多的特点,实施玉米精加工,如从玉米中提取“乳酸”、“菲汀与肌醇”,生产“糊化淀粉尿素”、“生物双降解塑料地膜”等。总之,充分利用水资源,实施种植与养殖结合、开发与加工并重、规模化和产业化生产并举的战略,逐步由资源型向加工型、粗加工向深加工、单一化向多元化方向发展,形成当地农民脱贫致富的绿色经济强区。

(三)沟坡周边生物带

沟坡周边生物带主要利用靠近沟缘带的土壤水分相对较好的条件,种植乔灌木种和经济林种,草灌结合,固定沟坡和沟缘。培育适地、适种林草新品种,重点解决好营林成活率、保存率问题,逐步形成生物种群由均匀型分布变为集群型分布,提高系统的生物产量和经济产品。

(四)缓坡林网开发带

缓坡林网开发带主要指 15° 以下的坡耕地,是坡改梯的较佳位置,宜布设经济林网,开展规模经营。如山西省芮城中天乡花椒基地,面积达到 6700hm^2 ,仅此一项,年人均收入就达3000余元。重点发展体现黄土高原地方特色的果品,如红枣、核桃、葡萄、仁用杏等,开发能占据市场制高点的经济林产业。在经济林建设中,达到方田林网化、田面平整化、种植区域化、管理科学化,重点解决好果品储藏、保鲜、加工等环节的技术难题。在地边等适当位置大力发展旱井、水窖,利用一切水土保持造林措施,发展径流水土保持经济林。也可大力发展中药材及人工种草,或间作农作物和水保防护林。最大限度地提高林草植被的覆盖度。

(五)陡坡退耕还林还草保护带

这一地带土壤侵蚀强烈,不适宜开发利用,要充分利用大自然自我修复功能恢复植被,也可辅以人工恢复措施,并实行封禁。要防止开矿、修路等人为造成的水土流失。这样的模式有利于生态调整,又有利于经济发展。

总之,通过科学规划坝系,建设优质高产农田,促进退耕还林还牧,使沟滩环境和生物、人的关系得到改善。最终实现:林果草上山,农田下川,山上鸟语花香,沟滩空气清爽,黄河流水哗啦啦,山清水秀好风光,使黄土高原的人民生活走向富裕,达到小康水平。

第二节 黄土高原坝系建设的历史与坝系生态工程建设现状

一、黄土高原坝系建设的历史沿革

(一)西周时期

我国最早有文字记载利用泥沙淤地改土始于西周时期。据《周礼·考工·匠人》记载：“凡沟，必因水势，防必因地势。善沟者，水漱之。善防者，水淫之。”郑玄注释：淫“谓水淤泥土留著助之为厚”。

(二)明清时期

黄土高原最早出现的淤地坝不是人工修筑，而是天然聚淤形成的，距今已有 400 多年的历史。明隆庆三年(1569 年)，陕西省子洲县裴家湾乡王家圪洞，沟壑两岸山体滑动，堵塞沟道，聚水拦泥形成天然聚淤，也即淤地坝。其坝高 62m，集水面积 2.72km²。淤成坝地 53hm²，土质肥沃，年年丰收，粮食单产一般在 3 750kg/hm²左右。清道光三年(1823 年)，陕西省靖边县石窑沟乡泥家沟天然聚淤形成淤地坝，坝高 60m，淤成坝地 26.7hm²。清咸丰年间(1851~1861 年)，靖边县新城乡花豹湾天然聚淤形成的淤地坝，坝高 65m，淤成坝地 15.3hm²。

人工修筑淤地坝，有文字记载的最早始于明代万历年间(1573~1619 年)山西省汾西县。当时知县毛炯曾布告鼓励农民打坝淤地，提出“以能相度砌棱成地者为良民，不入升合租粮，给以印帖为永业”，“三载间给过各里砌修成地者孟复全三百余家”。从此，筑坝淤地在汾西县得到了应有的发展。

到了清乾隆八年(1743 年)，陕西道监察御史胡定总结黄土高原地区人民防治水土流失的经验，提出在黄土丘陵沟壑区的涧沟筑坝，拦住涧沟中的泥沙，只让清水流入河道的建议，他在上奏乾隆皇帝的《河防事宜条奏》称：“黄河之沙多出自三门峡以上及山西中条山一带破涧中，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”。胡定提出的“沟涧筑坝，汰沙澄源”的建议，已认识到黄河泥沙是由于黄河上中游地区水土流失造成的。他的建议与我们目前在黄土高原打坝淤地、拦泥增产的水土保持措施相同，很有创见。但由于受当时条件的限制，未能引起重视。清代中叶，筑坝淤地，在山西省西部和陕西省北部发展较快。山西省洪洞县娄村一带在清代光绪以前就已沟沟有坝，坝坝成地；山西省离石县佐主村的回千沟的四级淤地坝和骆驼嘴华家沟的五级淤地坝都筑于清嘉庆以前。清光绪年间，山西省离石县郝家山村的农民在娘娘庙沟筑坝 13 座，淤地 5.4hm²；清咸丰三年(1853 年)，柳林县贾家堰村，贾本淳的祖父在该村的盐土沟修了 4 座坝，仅 3~4 年就淤成了 1hm² 多坝地，以后逐年扩大，达到 5hm²，并利用坝地种小麦，单产达 2 850kg/hm²，坝地谷子单产 3 000kg/hm²。清光绪三年(1877 年)大旱，附近坡地颗粒未收，而贾家的坝地小麦仍单产 2 100kg/hm²。坝地丰产的事实轰动了当地，于是在周围的一些乡村，有钱人雇人修大坝，没钱人家采取以工换工修小坝。从此，淤地坝的建设在这一带就逐渐发展起来。陕西省清涧县高杰村乡辛关村，在清嘉庆以前就有筑坝淤地的经验；佳县仁家村保存有道光年间修筑的淤地坝。子长、子洲、清涧至今还保留着一二百年前的淤地坝，子洲县岔巴沟、米脂县马家铺现在尚有 80 年前的坝地。

(三)民国时期

民国时期，对黄土高原地区的淤地坝建设开展过初步调查，提出了一些沟壑治理的具体措施，并在西安荆峪沟修筑留淤土坝，开展试验示范，在陕北、陇东、宁南等一些局部地区开展了筑坝淤地工作。

1925 年，我国近代著名水利学家李仪祉先生在其著作《沟洫》中论及：“山西农民辛苦，遇见这种溪壑，便用石砌横堰，将整壑底做成阶段式，这种法子最好”。“从壑口向上节节筑堰”，“起首不必过高”，“但须宽厚，要用打堤埝法，层土层破筑成，里外也成坦坡，水不能翻过，所带之泥土，停留堰后，久而自平，等到淤平之后，可以堰上加堰，则壑可以逐渐淤高淤平，交通也便利了。淤平之地也可以耕种了，泥土也不至于被流水带到河里去了，水不流出地土也润泽了，其益甚多”。他在《请恢复郑白渠、设立水力纺织厂、渭北水泥厂、恢复沟洫与防止沟壑扩展及渭河通航事宜》一文中关于制止沟壑之扩提出：“查陕西黄土山岭，大多冲成沟壑。平时并无流水，其初不过降雨时冲成深沟一道，逐渐扩大，愈扩愈深。废有用之地，阻交通之路，危害殊多。欲制止之，当于沟壑之口，无论其为支为干，皆须督令人民择适当地点，以土修筑横堰，则降雨

时水势平坦,泥沙即填其后。及填平一段,则复于其上退后若干步,继续横堰。如此继续为之,堰址日高,壑底日平。其益有四:①可耕种之地因以增多;②横堰可当做桥梁横跨,沟壑交通困难可除;③水及泥沙既有节制,河患可减;④雨水得积蓄,燥地即可资润泽以便造林”。在1936年《陕西之灌溉事业》中提出:“陕北大半为山岭地,不利耕种……农耕地面又多为坡地,劳多获少……陕北各山溪之水亦可利用。又若能将渭河及黄河施以治导,各荒溪加以制驭,则由河滩及沟壑可以收回之良田当在五百万亩。此等良田大半可施以灌溉”。指出了打坝可以起到增加良田、集蓄雨水的作用。

黄河水利委员会(以下简称黄委会)在召开的第二次委员会的决议中就已将淤地坝作为治理黄河的治本措施之一。决议中写到“黄河上游各山溪含沙量多,殊有采用拦沙坝之必要,应由工务处参照实地情形并归治本计划”。1935年4月《黄河水利月刊》二卷四期专门列有“防止冲刷计划”的内容:“防止冲刷之方法不一,深沟大壑,则用谷坊、拦墙、柳淤等方法……”。1936年在河南灵宝建立了防止土壤冲刷试验区,开展拦沙、拦水坝堰等各种工程的预备试验。后又在平遥、萨拉齐、合阳、绥德、天水、平凉设立防止土壤冲刷示范区。

1940年,陕甘宁边区政府建设厅在延安杜甫川成立了光华试验农场。将打坝堰作为重点推广技术措施之一。民国政府在《农林部三年施政计划纲领草案》(1942~1944年)中,把“在荒远山谷间建筑梯间(指谷坊、土坝)以保蓄天然水源及减少土壤侵蚀”,作为对不能利用江湖灌溉的土地推行蓄水方法以防灾害而增加生产的主要方法之一,写进草案中。1945年民国政府行政院颁发的《黄河流域水土保持实施办法》中明确提出:在先对泾、渭、洛泥沙来源调查,然后推及西北其他各地,依查勘结果进行测量,依据测量结果拟定筑坝留淤计划;“黄河水利委员会拟于泾、渭、洛三河流择冲刷最剧之处,建造留淤土坝,以节蓄洪流,减低冲刷”。

民国时期第一座由政府修建的淤地坝是1945年黄委会关中试验区在西安市郊区荆峪沟流域修建的。这座小型留淤土坝,历时两个月即建成,控制流域面积 2.6km^2 。次年关中水土保持试验区利用美国援华水土保持专款500万元,在荆峪沟又修建了第二座留淤土坝,控制面积 6.17km^2 ,坝高 16.2m 。

1946年,黄委会编制的《黄河治本问题之研讨》一书中专门列有“沟壑治理工程计划”方面的内容,提出“查黄土之冲刷,可概分为二型,曰坡冲与沟冲……沟冲系雨水流入沟壑,来势凶猛,冲刷沟岸沟底,挟泥土以俱去……近而阻碍交通,摧毁农田,远则危害黄河,造成溃决之患。防止之法,当以治理沟壑收效最速……惟此项工程非大规模兴办,不足以彻底清除泥沙。”不仅对泥沙来源、沟道侵蚀的危害性作了较深刻的阐述,而且也指出了建设沟道坝系工程和大型拦沙坝对于黄河治理的重要性和艰巨性。

1947年,山西临县人成甫隆,在其编著的《黄河治本论》中强调“山沟筑坝淤田”是黄河治理的惟一良策。他认为,在下游修筑堤防和疏浚海口等,都是“防范自然,抗御自然之事也”,“工程繁而收效微”。在“上游山沟筑坝淤田”,则是“控制自然,利用自然之事也”,“工程易而获利巨”。

爱国将领冯玉祥将军,1947年在美考察期间,致函黄委会委员长赵守珩指出:“黄河防灾根本大计,是要从青海、甘肃、宁夏、绥远、山西、陕西、豫西,每个山谷、每道小河的起头,多多地筑起二尺高、三尺高、一丈高、两丈高本地石灰和本地石头的大坝、小坝。每省多的筑他一万,少的也筑八千个”。并强调:“要紧的是坚固不漏。那样不但坝拦住了水,山上栽树也好办了”。同时他还提出“非得各省每县里,都有三五十位人才……不但懂得打坝的重要,并可以替水利事业去宣传”。说明冯玉祥那时就已认识到淤地坝建设对黄河减灾的重要性,并认为建设淤地坝不能仅靠农民,要重视专业人才的培养来指导打坝。

(四)新中国成立以来

中华人民共和国成立后,党中央、国务院把黄土高原地区水土保持作为全国的重点,黄土高原地区各省(自治区)党委、政府把水土保持工作作为改变农业生产条件、提高农村生活水平、治理黄河和改善当地生态环境的根本措施,加以重视和支持。淤地坝作为水土保持的一项重要沟道工程措施,也得到很大发展。回顾50多年来淤地坝建设的历程,黄土高原地区的坝系工程建设大致经历了4个发展阶段。

1. 第一阶段(1949~1957年)

这个阶段主要是进行筑坝淤地的重点试办和示范。在取得经验的基础上也进行了小规模的推广。1949年秋冬,陕北行署农业处干部陶克和米脂农场水土保持组人员在米脂农场孙家山和水花园子试修了3座淤地坝。1950年又修了11座。1951年,西北黄河工程局组织由80多人组成的查勘队重点查勘了沟

整治理的坝库工程,共查勘坝库址 26 处,为以后的坝库建设积累了资料。同年 9 月,在甘肃省西峰镇西沟修建蓄洪留淤土坝 1 座,高 11m。50 年代初,黄土高原最早建立的绥德、延安、西峰、平凉、天水、离石等水土保持试验站(以下简称水保站)在所属的试验小流域内,一开始就把治沟打坝列为重要内容,进行了试验研究,起到了一定的示范作用。1952 年,西峰水保站在南小河沟建成了陇东第一坝。1953~1954 年,绥德水保站相继在韭园沟流域建成 5 座库容在 100 万 m^3 以上、单坝控制面积在 10 km^2 左右的淤地坝。以后又在较大支沟里分别建坝,使 70.7 km^2 的流域面积得到了有效控制。由于是试验示范性质,因此在淤地坝构造上采用了 3 种形式:一是干沟里各坝都由土坝、溢洪道和泄水洞三大件构成,做到能蓄能排;二是支沟坝由土坝、泄水洞两大件组成,全拦上游水沙;三是小支沟坝只有土坝一大件,主要靠大库容全拦全蓄,计划通过坡面治理和旧坝加高,最后实现相对稳定。在绥德站的示范带动和宣传下,以绥德、米脂、佳县、吴堡 4 县为重点试办区,两年内筑坝 214 座,多为坝高 10m 以下、控制面积 0.5 km^2 以内的小型坝,这些坝都取得了显著的淤地增产效益,深受当地群众欢迎。

在各水保站试办沟壑筑坝的同时,西北黄河工程局在各省(区)的大力配合下,从 1953 年起,相继在陕北、晋西、陇东和呼和浩特等地,通过水保站积极示范推广淤地坝建设,所打的淤地坝主要布设在小流域的干沟中下游,并按照小型水库的技术规程进行设计,土坝、溢洪道、泄水洞三大件齐全,施工质量也好,推动了黄土高原淤地坝建设的发展。随着农业合作社和人民公社的建立,群众打坝的积极性空前高涨,到 1954 年底,陕西省淤地坝已发展到 3 000 多座,可淤地 2 300 多公顷。到 1956 年 4 月,山西省仅中阳县就打坝 1 700 多座。石楼县仅 1958 年一年就打坝 4 200 多座。到 1957 年,陕北榆林地区共建淤地坝 9 200 多座,其中有 29 座库容超过了 100 万 m^3 。筑坝技术开始在各地的干部群众中得到普及。

2. 第二阶段(1958~1970 年)

这个阶段是“坝系”概念的形成阶段。由于前阶段试办成功,使群众尝到了甜头,看到了希望,对打坝淤地增强了信心,于是筑坝淤地技术在黄河中游地区全面推广。山西省的石楼县建立了以沟坝地为中心的农田基本建设领导机构,筑坝 4 216 座,《人民日报》对此作了专题报道。在大型淤地坝施工中,各地大搞了技术革新与工具改革,较多地采用了爆破松土、架子车运土,加快了施工进度。各地筑坝把剩余劳力组成农田基本建设队,常年进行了建坝施工和养护维修坝地工程;农闲时组织大部分劳力开展突击月、突击旬,重点修筑中型坝库工程。特别是在 1958 年,山西省农业建设厅先后在中阳等县爆破筑坝试验成功,推进打坝淤地的速度。这段时间虽然有 60 年代初自然灾害和 60 年代中期以后“文化大革命”的影响,但这项措施在黄土高原仍得到普遍推广。

1962 年,国务院下达的《关于奖励人民公社兴修水土保持工程的规定》中指出:在荒沟修淤地坝、谷坊等新淤出的耕地,其全部产量归参加兴修的生产队所有,从受益年算起,3~5 年不计征购。淤地坝的成功试验和国务院的优惠政策,进一步激发了群众建坝的热情,仅 1960 年上半年,黄委会西峰、绥德、天水、会宁 4 个水保站采用定向爆破修筑土坝 33 座,提高工效 40~50 倍。1958~1970 年 12 年间,黄土高原地区共建设淤地坝 2.76 万座,可淤地 3.3 万多公顷。在晋西、陕北等地淤地坝建设开展较好的典型小流域内,在坝地上的适当位置加修一座或几座“腰坝”,拦截上游洪水,组成一个简单的坝系。这是有“坝系”概念的开始。

此后,随着淤地坝的增多,坝地的防洪保收问题愈来愈突出。从 1961 年起,绥德水保站在坝地较多的王茂沟流域进行了坝地防洪保收试验研究。把其中淤地较多的坝作为生产保收坝,排出洪水种地;把淤地较少的坝作为抢收坝,把生产坝排出的洪水引入存蓄,形成“蓄种相间,计划淤排”;从原来的生产坝中选一座加高,作为拦洪抢收坝,形成“轮蓄轮种”,把防洪、拦泥、生产三者统一起来,建成坝系,收到较好效果。

3. 第三阶段(1971~1985 年)

这个阶段是坝系工程大规模建设阶段。1971 年,黄委会、陕西省水电局和山西省水利局共同主持召开协作会议,成立陕晋水坠坝试验研究工作组,专门进行水坠坝试验研究,取得了丰硕成果,该项成果荣获 1978 年全国科学大会奖。1973 年在延安召开的水土保持会议上要求总结推广水坠坝经验;1977 年黄委会、陕晋水坠坝试验组在临汾主持召开了科研总结会;1979 年水电部在太原召开了全国水坠法筑坝技术经验交流现场会,参观了吕梁地区 5 个县的水坠坝施工现场。这些会议的召开,进一步促进和推动了水坠

坝在黄土高原地区的推广应用。

由于水坠法筑坝具有工效高、成本低、质量好、施工简便、群众易掌握等优点,可比人工夯筑、碾压坝一般提高工效几倍甚至几十倍,因此 50 年代需要调动外地劳力支援的淤地坝,采用水坠法筑坝一个大队就能完成;原来不能打大坝的生产队也能修筑大型淤地坝了。从此,水坠坝在黄土高原地区几个省(区)普遍兴起,出现了“小队打大坝,队队都打坝,越干劲越大”的打坝高潮。据 1976 年山西西部 28 个县统计,有近千个大队采用水力冲填筑坝技术造地,共有水力冲填专用设备 420 套,兼用设备 600 套。兴县生产的冲土水枪,推广到全省各地,深受群众欢迎。1972 年前后,陕北、晋西、陇东、内蒙古等地几乎沟沟都在打坝。据 1977 年不完全统计,山西、陕西两省建成的水坠坝已达 8 000 多座。短短几年,仅榆林地区就建坝 1.5 万座。延安、榆林地区仅 1973~1975 年三年就新增坝地 1.17 万 hm^2 。山西省有近一半的坝地是这一时期建设的。内蒙古皇甫川流域这一时期建设的淤地坝占到目前淤地坝总座数的 60% 以上。

这段期间有些地方曾出现了不重视科学,不按自然规律办事的偏向,有些地方坝系规划与工程设计不合理,施工质量差,有些流域是小多成群无骨干,并还存在水毁隐患,所以在 1973~1978 年特大暴雨中,遭到不同程度的水毁。1973 年 8 月 25 日陕西省延川县降雨 112.5mm,7 570 座淤地坝中遭受不同程度水毁的就有 3 300 座;1975、1977、1987 年大暴雨,使甘肃省的庆阳地区,陕西省榆林、延安地区及山西省西部 28 个县,都不同程度地损毁淤地坝 3 万余座。淤地坝的严重水毁,使社会上对淤地坝的作用产生了怀疑,但由于不断总结经验教训,这段时期淤地坝的发展数量、坝系布设和施工技术比过去有了较大的突破,而且这些淤地坝在拦泥淤地、增产上卓有成效。

4. 第四阶段(1986~1995 年)

这个阶段,进入了积极兴建治沟骨干工程的新阶段,也是坝系工程的完善阶段。各地在认真总结 30 年来筑坝淤地经验教训的基础上,对淤地坝的坝系规划、工程结构、设计标准、建坝顺序作了大量研究工作,其中“以坝保库,以库保坝”、“小多成群有骨干”的经验广为群众共识。1984 年春,根据国家计委和水电部的要求,黄委会拟定出《黄河中游水土保持治沟骨干工程参考素材》,就建设治沟骨干工程的必要性和可行性及实施方案进行了论证。同年,黄委会根据黄河中游治理局提出的治沟骨干工程的初步方案向水电部请求增加黄河中游多沙粗沙区治沟骨干工程建设投资,列入基建计划。1985 年国家计委批复同意将治沟骨干工程列入基本建设计划,从“七五”计划第一年开始实施。主要内容是在黄土高原水土流失最严重地区(年侵蚀模数 5 000 t/km^2 以上),配合坡面上的梯田、林草与小沟小坝,在集水面积为 3~5 km^2 的支沟内,兴修治沟骨干坝,每坝库容大部分为 50 万~100 万 m^3 ,少数为 100 万~200 万 m^3 ,个别可达 500 万 m^3 ,作为控制性工程。1985 年底,黄河中游治理局提出了治沟骨干工程规划初稿,作为《黄河流域黄土高原地区水土保持专项治理规划》的一个组成部分,经上报原则同意,1986 年开始进行试点。这种坝系布设的特点是,在沟道已建成若干座淤地坝的基础上,根据沟道情况,在适当位置,选择坝址条件较好的地方修建骨干坝,控制全流域洪水,保证坝系工程安全生产,发挥蓄、滞、渗、排的综合作用。1984、1986 年水电部先后制定颁发《水坠坝设计及施工暂行规定》、《水土保持治沟骨干工程暂行技术规范》,使坝系建设步入科学化、规范化轨道。山西省 1994 年在汾西县的康和沟、永和县赵家沟等地开始了坝系生态工程建设的试点工作。

二、坝系生态工程建设现状

20 世纪 90 年代中后期是黄土高原开始推进坝系生态农业建设的新阶段。在这个阶段,党中央和国务院对治理水土流失、改善生态环境十分关心。1997 年 8 月 5 日,党和国家最高领导人江泽民总书记看完国务院副总理姜春云关于“陕北治理水土流失建设生态农业的调查”报告后,即作了重要批示。他在批示中号召全国人民“大抓植树造林,绿化荒漠,建设生态农业”,“再造一个山川秀美的西北地区”。1997 年 8 月 28 日至 9 月 1 日,国务院在陕北召开了“全国治理水土流失建设生态农业”现场经验交流会,对全国治理生态环境、建设生态农业进行了部署,这是我国在西北地区召开的生态农业工程的最高层次会议。2000 年 10 月 5 日,黄委会副主任黄自强在《中国水土保持》杂志第 10 期上发表了《关于黄土高原地区沟道坝系生态工程建设的实践与构思》,促进了黄土高原坝系生态工程建设的步伐。2001 年 8 月 9 日,水利部部长

汪恕诚在纪念“水土保持法颁布实施十周年”大会上强调指出:“在黄河中游地区,要把淤地坝作为水土流失治理的主要措施来抓,加强以治沟骨干工程为重点的坝系建设”。2002年9月,黄委会在天水市召开的“黄河水土保持生态工程建设现场经验交流暨表彰会”上要求:必须把沟道坝系工程建设摆在突出位置。1998年以来,黄土高原坝系生态工程的建设,在黄委会的指导下,已转向快速、稳健、规模发展的阶段。

2002年7月14日,国务院批复的“黄河近期重点治理开发规划”中又明确指出:“在治理措施上以沟道坝系,治沟骨干工程建设为重点”。目前,黄土高原的坝系生态工程建设是近几年来开展最好、速度最快、规模较大、质量较高的时期,各地都呈现出一派建设坝系农业、改善生态环境的大好形势。主要呈现出以下特点。

(一)因地制宜,统一规划,建设坝系与流域综合治理同步进行

山西省五寨县洪沟主沟长7.7km,流域面积25.43km²,共有大小支毛沟87条,其中大于3km²的支沟有4条,于1997年进行坝系生态农业规划。其基本做法:一是在沟岸陡坡全部造林种草,恢复生态植被。二是在主沟上游和流域出口及三条较大的支沟沟口规划兴建控制性工程治沟骨干坝5座。三是围绕坝地开发利用,建设生产坝地区域内的径流聚散工程,起到淤地、排洪、安全生产的作用。首先在控制面积1~2km²的支沟沟口,打淤地坝4座,毛沟内打谷坊200座,设计洪水标准10年一遇,以聚散支毛沟内洪水泥沙,保护坝地生产,又可淤地8hm²。然后沿主沟左岸开挖排洪渠1条,全长5200m,设计洪水标准20年一遇,并配套支沟排洪渠4条,用以排泄骨干坝、淤地坝泄量及区间洪水,同时,设计以渠堤代路。在生产坝地内每隔100m筑小堤一道,500m筑大堤一道,共筑大堤11道,小堤40道,分割坝地为50个方格,每个方格既是一个生产小单元,又是一个拦截坡面径流的聚散工程。四是充分利用水资源,蓄水16.3万m³,形成了较大的养殖水面。目前利用库内蓄水,年产出鱼13t。这条坝系流域由于采取“淤、排、蓄、控”的生态规划布局,尽管在2002年8月,发生了日降雨量超100mm的大暴雨,坝系却安然无恙。

目前,山西省发展坝系生态工程的示范典型,如汾西县马沟流域、康和沟流域、独堆河流域,吉县的柳沟,隰县的半沟,河曲县的树儿梁,石楼县的东石羊,离石县的王家沟等,在规划上都采取了治沟与治坡相结合、工程措施与植物措施相结合、治理上游与治理下游相结合、骨干坝和淤地坝相结合、淤地和排洪相结合、蓄水库和淤地生产相结合的办法。

内蒙古清水河县范四夭小流域,面积42.5km²,在20世纪80年代初就形成了“小多成群”的淤地坝系,但由于过去缺乏统一规划,没有控制性工程,形成了坝群安全没有保证、增产效益难以发挥的情形,后来按照坝系规划布设,在流域内新建和配套了治沟骨干工程9座,坝系防洪能力得到了显著提高。到2002年已淤成优质坝地78hm²,达到了控制泥沙不出沟。

(二)树立典型,以点带面,上规模,出精品

地处黄土丘陵沟壑区第一副区的陕西省绥德县韭园沟小流域,总面积70.7km²,沟壑密度达5.34km/km²,年土壤侵蚀模数18120t/km²。虽然从50年代就拉开小流域沟道工程建设序幕,由于坝系不够完善,曾多次遭受洪水袭击,使工程造成不同程度的水毁。后来,通过进一步完善坝系建设,科学合理布设坝系,到2000年上半年,沟道已建大小坝库203座,其中治沟骨干工程7座,总库容达2732万m³,可淤地315hm²,已拦泥1800万m³,淤地260hm²。韭园沟坝系在近年虽遭多次暴雨袭击,但由于坝系建设促进了退耕还林还草,沟坡植被增加,沟内坝系配套,上、中、下游统一规划治理,工程与生物措施结合,淤、控、排、蓄结合,坝地农作物年年喜获丰收。成为黄河中游坝系建设的典型示范流域。经分析,坝系的拦泥、蓄水效益分别占水土保持措施总拦蓄效益的66.7%、70.8%,流域的泥沙基本不出沟。坝地增产效益也十分突出,单位面积产量是坡耕地的9倍多。

山西省石楼县东石羊小流域面积103km²,水土流失面积94km²。在多年进行综合治理的基础上加大了沟道坝系建设力度,已建大小坝库130余座,流域内的许多支沟达到了对洪水泥沙的全蓄、全拦效果。过去是“山上光秃秃,沟道乱石头,年年遭灾害,十年九不收”,如今变成了“河道靠南山,堤路一条线,坝地平展展,绿树绕山间”的坝系生态工程示范沟。仅7座骨干坝工程淤出的坝地及保护下游耕地与养殖方面