

MOXINGHUANGTUGAOYUAN JIANSHE FANGLUE ZONGLUN

“模型黄土高原”建设 方略纵论

黄河上中游管理局 编



黄河水利出版社

“模型黄土高原”建设方略纵论

黄河上中游管理局 编

黄河水利出版社

内 容 提 要

黄河以其多沙而闻名于世。黄河泥沙主要来自黄土高原。“模型黄土高原”是“模型黄河”的重要组成部分,如何进行“模型黄土高原”建设是一个崭新的研究课题。本书为“模型黄土高原”建设研讨会论文选集,选编了与会专家从不同角度论述有关“模型黄土高原”建设的理论、思路、途径和部分研究成果,以及黄河上中游管理局关于“模型黄土高原”建设的规划和单项实施方案,可供关心和从事这一研究工作的人员及有关大学师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

“模型黄土高原”建设方略纵论/黄河上中游管理局编.
郑州:黄河水利出版社,2005.12

ISBN 7-80621-882-3

I. 模… II. 黄… III. 黄土高原-环境模拟-研究 IV. P942

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 122672 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:0371-66026940 传真:0371-66022620

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

承印单位:河南省第二新华印刷厂

印张:33.125

字数:765 千字

印数:1—1 500

版次:2005 年 12 月第 1 版

印次:2005 年 12 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-882-3/P·51

定价:96.00 元

《“模型黄土高原”建设方略纵论》

编 辑 委 员 会

主 编 周月鲁

副主编 郑新民 田杏芳 贾泽祥

编 委 王鸿斌 宋 静 柏跃勤

张 丽 史玲芳 许林军

刘 斌 赵力毅 尚国梅

前 言

黄河百利,唯有一害,害在泥沙。以水土流失严重而闻名于世的黄土高原,平均每年约有 16 亿 t 泥沙被冲刷进入黄河,其中 91% 来自河口镇至三门峡区间。入黄泥沙不断淤高下游河床,严重威胁着两岸防洪安全,加剧了水资源紧缺的矛盾,同时也制约着黄土高原地区经济社会的持续协调发展。

黄河流域目前面临的洪水威胁、水资源紧缺和生态环境恶化三大问题,都与黄土高原的水土流失密切相关。“维持黄河健康生命”,建立黄河“三道防线”,黄土高原水土流失治理首当其冲,任务最重。加强黄土高原水土保持生态建设是减少入黄泥沙的根本措施。如何减少入黄泥沙? 减沙的主要措施是什么? 在不同水土流失类型区,如何科学配置减沙措施? 不同水土保持生态建设措施减沙效果如何? 拦截泥沙的分布情况是怎么样的? 回答这些问题急需有一套可行的理论基础来支持。

现代流域治理规划不仅要考虑一次降雨过程的侵蚀响应,而且还要揭示较长系列的侵蚀周期及水沙情势的变化趋势。但是,目前对黄土高原不同水土流失类型区、不同地形地貌条件下、不同降水年的水土流失机理和过程、各种水土保持措施减沙效果和水土流失发展趋势预测预报的研究仍显不足,现有的研究成果很难从空间上满足这种需要。

在国外,美国通用土壤流失方程不能预报水土流失的时空分布,对于深入理解水土流失的机理并无帮助,对于防治水土流失措施的布局决策也无能为力;欧洲水土流失模型是一个很好基于物理过程次降雨流域侵蚀模型,它要将流域简单地划分为地块与沟道组成系统来研究,显然均不适合地形地貌类型十分复杂的黄土高原。我国目前对于坡面和小流域层面的研究比较深入。许多专家设置不同研究条件、考虑不同影响因子、利用不同理论方法建立了许多模型,但多为地方性的统计模型或经验、半经验模型,适用推广性较低。因为对黄土高原来讲,对不同水土流失类型区、不同下垫面条件、不同降雨条件的土壤侵蚀规律及侵蚀力学机理尚不完全清楚,流域侵蚀实体模拟的相似性与模化过程中还有许多理论与技术问题需要研究解决。

黄河水利委员会适时提出建设“模型黄土高原”,目的是利用这个平台,对自然现象进行复演、模拟、试验,揭示水土流失内在规律和水土保持措施作用机理,全面、系统地反映黄土高原各自然因素及其相互间的关系,展现、检验各

种措施在水土保持实践中的效果,形成系统的水土保持理论体系,为黄土高原治理开发决策提供科学依据。

为做好“模型黄土高原”建设,听百家之言,纳百家之长,2004年12月4日黄河水利委员会组织召开了“模型黄土高原”研讨会,来自北京大学、清华大学、北京师范大学、中国农业大学、北京林业大学、西南交通大学、河海大学、西北农林科技大学、西安理工大学、中科院遥感所、中科院地理所、中科院南京土壤所、中科院水土保持研究所、中科院成都山地所、黄河水科院等单位的80余名领导和专家参加了会议。

“模型黄土高原”研讨会共收到60余篇具有较高学术水平的论文,有15位专家在大会上作了专题发言。与会专家就“模型黄土高原”建设的理论体系、建设方法,紧密结合实践和模型建设需求,从水土流失规律与机理、实体模型建设、原型观测、“3S”技术应用等方面进行了广泛的交流和讨论,对“模型黄土高原”建设提出了不少建设性意见。这些意见将为“模型黄土高原”建设提供很有价值的参考依据,必将促进“模型黄土高原”建设理论体系的日臻完善,并对黄土高原地区水土流失规律的深入研究产生广泛而深远的影响。

为便于治黄职工及关心黄河的领导、学者、专家和科技工作者对“模型黄土高原”的认识和理解,促进“模型黄土高原”的建设,特将研讨会上的专家报告、交流论文进行选编,付梓出版,以期对“模型黄土高原”的建设起到积极的推动作用。

本书在编辑过程中,得到了有关领导、专家和技术人员的关心和帮助,在此一并表示感谢。因水平有限,时间仓促,书中难免有疏漏、错误,敬请批评指正!

编 者

2005年6月

目 录

综 述

建设“模型黄土高原” 维持黄河健康生命·····	黄河上中游管理局(3)
“模型黄土高原”体系建设规划 ·····	黄河上中游管理局(12)
典型小流域测验体系实施方案 ·····	黄河上中游管理局(45)
黄河水土保持生态工程监督监测体系实施方案 ·····	黄河上中游管理局(65)
黄土高原水土保持计算机仿真系统实施方案 ·····	黄河上中游管理局(80)
建设“模型黄河”工程 ·····	李国英(95)
加快“模型黄土高原”建设步伐 努力为黄河治理开发提供服务·····	薛松贵(101)
关于“模型黄土高原”建设的思考·····	周月鲁(103)
同商共谋 为“模型黄土高原”建设而努力·····	翟家瑞(108)
“模型黄土高原”建设思路·····	陈伯让 裴新富(111)
淤地坝建设回顾及淤地坝物理比尺模型研究展望·····	肖培青 姚文艺 史学建(115)
“模型黄土高原”建设与研究的若干问题·····	李 敏(122)
关于“模型黄土高原”建设的几点思考·····	赵光耀(142)

侵蚀机理与模型研究

基于数字流域的产流产沙模型·····	王光谦 刘家宏 张长春(151)
黄土高原侵蚀产沙模型与尺度转换研究·····	蔡强国 刘纪根(159)
植被-侵蚀动力学的初步探索和应用·····	王兆印 王光谦 李昌志等(166)
区域水土流失评价研究·····	李 锐 杨勤科 王 飞等(179)
地表糙度的作用及研究现状·····	吴发启 王 健 张青峰等(185)
黄土高原水土流失环境演变与变化趋势预测·····	李占斌 李 鹏 鲁克新等(195)
关于“模型黄土高原”水土流失机理与模型预报的思考 ·····	雷廷武 姚春梅 张晴雯(208)
¹³⁷ Cs 等核示踪技术在黄土高原侵蚀泥沙研究中的应用 ·····	张信宝 贺秀斌 文安邦等(216)
黄土区小流域土壤侵蚀系统模拟及其应用·····	孙保平 徐 伟 杨 莉等(224)
黄土丘陵沟壑区流域产沙数学模型研究·····	陈界仁(234)
关于建立黄土高原小流域侵蚀实体比尺模型的理论思考·····	姚文艺 李 勉(240)

- 黄土高原小流域坝系规划的室内模拟试验方法····· 徐向舟 张红武(247)
- 植物水土保持特性的研究····· 姜晨光 姜忠平 贺 勇等(258)
- 黄河流域土壤侵蚀研究进展····· 张 楠 徐宗学(263)
- 黄土高原实体模型建设的可行性及前景展望····· 张虎林 王鸿斌 寇 权等(269)
- “粒度分析法”在多沙粗沙区产沙规律研究中的应用····· 王 晓(273)
- 黄土丘陵沟壑区罗玉沟典型小流域土壤侵蚀规律研究····· 张满良 沈俊厚 张海强(277)
- 黄土高原典型小流域原型观测的实践与探索····· 刘 斌 贾泽祥 田杏芳(283)
- 黄委天水水土保持科学试验站的水土流失原型观测发展历程
····· 沈俊厚 张满良 张海强(290)
- 黄土坡面土壤侵蚀波动性初探····· 吴永红 王愿昌 刘 斌等(295)
- 坡面土壤水蚀量模型试验设计方法的探讨····· 郭 锐 寇 权(301)
- 罗玉沟流域典型暴雨产流产沙特性分析····· 王瑞芳(306)
- 黄委西峰水保站水土流失规律及黄河水沙变化研究成就综述····· 冉大川(311)
- 西峰站水土流失规律原型观测研究体系的问题与对策····· 刘平乐(319)
- 黄土高原土壤侵蚀评价模型研究····· 喻权刚(324)
- 乌兰木伦河人为水土流失量估算····· 白志刚 蔺明华 白风林等(331)
- 开发建设项目风水复合侵蚀区土壤流失预测探讨
——以国电电力大同第二发电厂三期扩建工程为例
····· 闵德安 郭 锐 拓俊绒(337)
- 渭河多沙支流产流产沙模型及水沙变化分析····· 安乐平 王 宏 刘应朝等(345)
- 黄土丘陵沟壑区洞穴侵蚀过程与规律研究····· 贾志军 王小平 朱同新(352)
- 数字流域产流模型在伊洛河的应用····· 王光谦 李铁键 刘家宏等(357)

“3S”技术应用及其他

- 虚拟地理环境及其在水土保持中的应用····· 李文航 龚建华 刘慧平等(367)
- 天地人机信息一体化网络系统在水土保持中的应用····· 马嵩乃(375)
- 坝系规划 GIS 与 CAD 集成模型····· 史明昌 黄兆伟 李团宏等(381)
- 黄河流域水土保持的水文水资源效应研究····· 王 浩(390)
- 黄河中游地区开发建设项目新增水土流失预测方法····· 陈伯让(401)
- 从坡面径流泥沙监测看“模型黄土高原”建设应注意的问题····· 王宏兴(412)
- 黄土高原地区水土保持措施减水减沙效益的评价····· 上官周平 张安邦 焦菊英(418)
- 数字流域建设的方法与模式
——以中国塔里木河流域数字化建设为例····· 王让会 黄 青 李 锦等(426)
- 基于 DEM 的黄河岔巴沟流域分布式水文模型研究····· 杨 涛 陈界仁(433)
- 区域土壤侵蚀遥感定量调查····· 景东升 毕思文(440)

GPS 一机多天线技术在大坝、边坡形变监测中的应用	何秀凤(445)
采用含沙量测量仪对径流含沙量在线观测、监测的初步探讨	郑乔雄(452)
淹没丁坝冲刷坑内三维水流运动数值分析.....	周宜林·唐洪武(459)
基于 GIS 和 RS 的 USLE 模型中因子的定量估算概述	王鸿斌 贾泽详 张虎林等(466)
“模型黄土高原”数字化系统的智能化体系结构研究	
.....	党维勤 王 晓 艾绍周等(472)
“3S”技术发展及其在水土保持中的应用	包文林 杜东明(479)
基于“3S”技术的我国流域土壤流失预报模型及研究展望	王玲玲 史学建(484)
黄丘一副区小流域坝系工程减水减沙效益分析.....	张金慧 徐立青(488)
数字图像技术在河工模型中的应用研究.....	唐洪武 陈 红 高 柱(494)
四面体透水框架群抛投护岸效果试验研究.....	唐洪武 房世龙 徐锡荣等(501)
坚持水土流失长期定位观测为监测预报提供依据.....	王小平 穆天亮(508)
泥石流沟多时相 DEM 无控制点匹配的方法研究	秦 军 胡 成 张同刚等(513)

综 述

建设“模型黄土高原” 维持黄河健康生命^{*}

黄河上中游管理局

2004年,黄河水利委员会(以下简称黄委)将“模型黄土高原”建设作为“三条黄河”建设的重要内容,列入议事日程。项目的各项工作已逐步开展。下面就“模型黄土高原”建设的初步设想及所做的工作作一简要介绍。

1 “模型黄土高原”建设的目标与任务

1.1 “模型黄土高原”的涵义

“模型黄土高原”是为研究黄土高原水土流失规律、水土保持治理模式和治理效益,借助实体模拟理论和技术、测控技术和信息技术而构建的高科技试验研究模型体系。

“模型黄土高原”通过原型小流域观测、实体小流域模型和室内比尺模型,全面、系统地反映黄土高原各自然因素及其相互间的关系,检验各种治理措施的水土保持效果,为“数字黄土高原”工程建设提供物理参数,为各项水土保持建设和运行提供强有力的技术支撑,为黄土高原治理开发的重大决策提供科学依据。

“模型黄土高原”建设不但是实现维持黄河健康生命终极目标的需要,也是强化水土保持基础研究的需要。对于全面提升黄河水土保持生态建设的科技水平、加快黄土高原水土流失治理步伐、加速黄河治理开发与管理的现代化进程、实现“三条黄河”建设,都具有重要意义。

1.2 “模型黄土高原”建设的目标

根据《“模型黄河”工程规划》,“模型黄土高原”建设总的目标是:在黄土高原地区选择不同类型区,构建野外和室内物理模型,开发数学模型;探索水土流失规律;提出水土保持治理模式,研究水土保持效益。同时使模型试验场地成为治黄减沙的科研基地,成为国家研究土壤侵蚀与水土保持的开放性实验室和国家级的水土保持高科技示范园。

按照以上目标,需要开展以下三个方面的研究。

1.2.1 水土流失规律方面

研究黄土高原不同水土流失类型区的水土流失规律和水土保持重大理论问题。近期重点研究水土流失最为严重、对黄河淤积影响最大的多沙粗沙区,主要包括黄土丘陵沟壑区第一副区、第三副区和高塬沟壑区的沟道、坡面侵蚀规律、产汇流规律及产输沙机理等。

^{*} 本文为“模型黄土高原”研讨会主题报告,汇编时略作文字处理。

1.2.2 水土保持治理模式方面

探索黄土高原各个不同水土流失类型区科学、合理、高效的水土保持措施配置与综合治理模式,研究水土保持关键、实用技术问题。近期重点在淤地坝坝系建设、生态修复、示范区和生态园建设模式研究及植被措施建设技术研究等方面开展工作,以期尽快取得较大突破。

1.2.3 水土保持三大效益方面

探索全面、系统、科学的水土保持效益监测评价指标体系和方法,研究水土保持的生态、经济和社会三大效益的定量分析和评价。

1.3 “模型黄土高原”建设内容

根据“模型黄土高原”建设的总体目标,“模型黄土高原”建设主要由野外试验模型和室内模型组成。具体包括三方面建设内容:野外原型小流域观测(以下简称“原型观测”)、野外实体小流域模型(以下简称“实体模型”)、室内比尺模型(以下简称“比尺模型”)。

1.3.1 原型观测

原型观测,是在黄土高原不同类型区选择有代表性的小流域,布设水文、气象和水土保持观测设施,采集天然降雨条件下的水土流失和水土保持相关数据而建立的野外物理模型。

原型观测是以小流域为单元,对不同类型区、不同流域、不同地形地貌的观测(监测)。其主要特点是天然降雨(自然因素)加天然(原始)地形地貌。

原型观测解决的主要问题是探索不同水土流失区的水土流失规律,对水土保持效益进行定量分析。

原型观测实现的目标是通过在不同水土流失类型区典型区域的长系列观测,建立起不同水土流失类型区的数学模型。

原型观测的优点是全面、准确,能够较好地反映实际情况。但由于工作涉及的范围广、类型区多,积累观测资料需要的时间长,出成果慢,需要的人力也相对较多。

1.3.2 实体模型

实体模型,是在黄土高原不同类型区选择有代表性的小流域,布设水文、水土保持观测设施,通过人工降雨试验,采集水土流失和水土保持相关数据而建立的野外物理模型。该模型的面积拟选择 $0.1 \sim 1\text{km}^2$ 。

实体模型由按照一定的要求和地形条件建造的人工模型降雨系统和天然的、原型的下垫面组成。

实体模型主要是解决原型观测受天然降雨等自然条件制约的问题,以在较短的时间内,通过人工降雨,摸清典型区域的水土流失、侵蚀规律,进行水土保持机理、理论的研究,确定合理的水保措施工程布局,建立水土保持效益定量分析指标体系等。

实体模型所实现的目标是建立起不同水土流失类型区典型区域的实地模型及野外水土保持基础研究和效益监测评价平台。

实体模型的优点是能够在较短的时间内探索水土流失规律,解决水土保持措施配置、工程布局等问题,取得的成果较准确,具有较高的推广价值。但模拟的自然条件需进一步

论证和研究,建设实体模型的工程量较大。

1.3.3 比尺模型

比尺模型,就是室内(实验室)物理模型,也就是将野外某一典型小流域或区域,按照一定比例缩小,建成物理模型放到实验室。其特点是人工模拟降雨(人工模拟降雨系统)再加上人工模拟的地形地貌(人工地形模型)。

比尺模型解决的问题主要是通过模型对其原型所反映的自然现象进行反演、预测、模拟和试验,从而揭示其原型的水土流失规律,研究水土保持的理论问题。

比尺模型所实现的目标是建立起一定数量、反映不同水土流失类型的典型物理模型(包括人工模拟的降雨系统和下垫面等)及室内水土保持基础研究基地。

比尺模型的优点是建模快,研究过程周期短、直观,对典型流域(区域)的研究较全面、系统,且能够对其演变过程进行反演和观测;缺点是和实际自然状况相差大,准确性较差,且投资较大。

原型观测、实体模型和比尺模型构成“模型黄土高原”的有机整体,三者功能不同,相互联系,相互印证,相互补充。同时,将结合遥感技术(RS)和地理信息系统(GIS)构建区域数学模型。

1.4 “模型黄土高原”建设的技术路线

黄土高原面积达 64 万 km^2 ,千沟万壑,包括 13 个水土流失类型区,水土流失类型复杂多样,涉及多种气候类型和植被类型,经济社会条件各地差异很大。要对错综复杂的自然条件进行准确、全面地模拟,不可能将其作为一个整体建立模型,进行研究。为了探索黄土高原的水土流失规律,研究水土保持治理模式和效益,首先必须在不同类型区选择典型,建立模型,研究水土流失和水土保持的机理,然后通过扩大试验区,采集相关数据,将模型外延,进而建立黄土高原模型群(体系)。

“模型黄土高原”建设的技术路线是:通过建立野外不同空间尺度的天然降雨原型小流域观测、建立野外人工降雨实体小流域模型和室内人工降雨比尺模型,结合遥感技术和地理信息系统,采用实体模拟理论和技术、测控技术和信息技术,把水土流失和水土保持重大的理论与技术问题体现在相关物理模型上,通过对物理模型的试验(复演、模拟、试验)与观测,研究解决这些问题的理论和方法。其主要技术路线如图 1 所示。

在土壤侵蚀规律的研究上,首先,进行小区内部侵蚀过程的观测与研究,以揭示侵蚀机理,为小流域侵蚀研究打基础;其次,结合地理信息系统和数学工具,研究小流域的侵蚀机理;第三,通过扩大试验区,结合遥感技术,在黄土高原各类型区采集数据,构建区域侵蚀预报模型。

在水土保持治理模式和治理效益的研究上,主要采取对原型小流域的观测、监测,分析不同治理措施的功能,研究不同措施组合的效益,提出各类型区适宜的治理模式。

由于小流域土壤侵蚀机理和过程十分复杂,为了保证模型建设和试验研究的顺利实施,实体模型建设将按照“先简单,后复杂;先单因子,后多因子;先线性,后非线性;从小到大,循序渐进”的技术路线逐步实施。具体做法是:将实体模型分解成标准径流小区、全坡面小区、微集水区、小流域四步进行建设。先进行小区单因子试验研究,再进行全坡面试

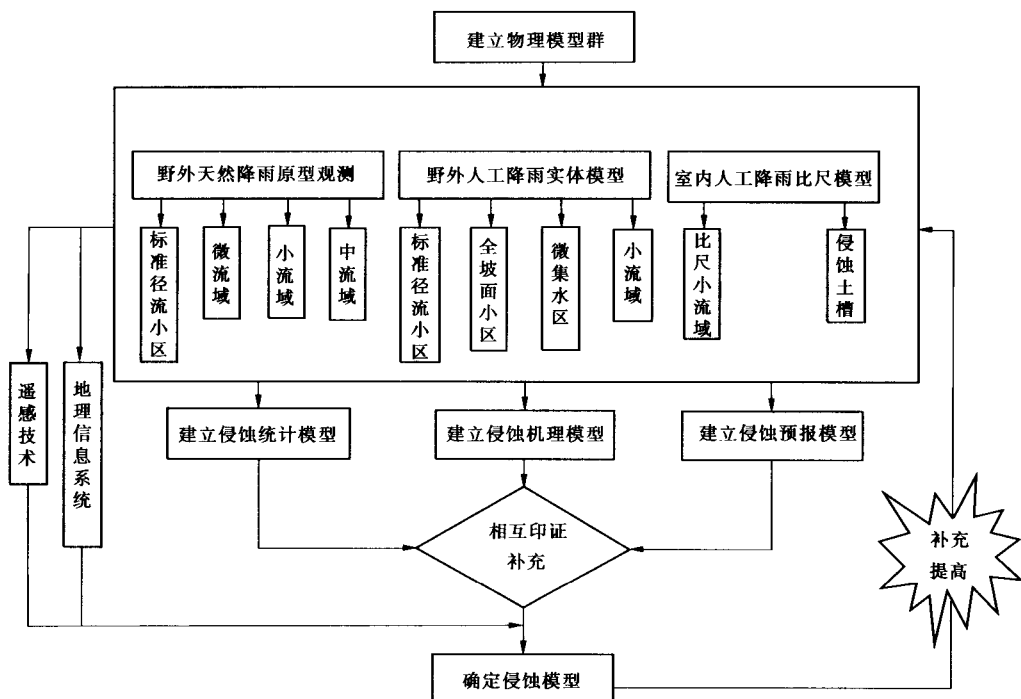


图1 “模型黄土高原”建设主要技术路线

验, 然后进行微集水区(微流域)多因子试验, 最后进行小流域多因子、非线性试验研究。

对于小流域人工降雨装置, 初步考虑有三种备选方案。一是地面铺设式。将目前采用的下喷式人工降雨装置在距离地面 10m 的高度内铺设。相当于现有装置的机械扩展。该方案优点是装置在技术上较成熟, 不需要再进行率定; 缺点是小流域地面高低不平, 架设存在一定难度, 同时装置对地面干扰较大, 影响试验观测。二是高空悬挂式。在小流域两侧的山梁上架设钢索, 将降雨喷头悬挂其上。该装置的最小高度要满足两侧山梁顶部的降雨要求。该方案的优点是将现有装置机械高移, 可以直接建设, 装置对地面没有干扰; 缺点是架设难度较大, 且高空水分蒸发损失较大, 需要重新率定。三是高空喷射式。在两侧山梁上架设不同口径、不同压力的高压喷头, 相对均匀喷洒, 实现降雨要求。该方案的优点是架设相对简单, 但装置没有先例, 需要从头研制, 且高空喷洒水分蒸发量大。

在“模型黄土高原”建设中, 野外大尺度人工降雨装置和技术与室内比尺模型的模拟理论和技术是“模型黄土高原”建设的难点, 同时也是创新点。

2 “模型黄土高原”建设的工作基础

水土流失作为一项世界性的问题, 一直受到世界各国的重视。长期以来, 在水土流失的基础理论方面开展了大量的研究, 在应用实践方面进行了卓有成效的推广, 在相关技术方面取得了较大发展, 这些都为开展“模型黄土高原”建设提供了有利条件。

2.1 在水土流失的基础理论方面,土壤侵蚀模型研究是水土保持的一项基础工作

近一个世纪以来,各国学者在土壤侵蚀模型研究方面做了大量卓有成效的工作,通过试验、观测、研究,建立了许多模型。

国外在模拟理论和模型建设方面取得了较多成果。1965年美国学者在对美国东部地区30个州、10 000多个径流小区、近30年的观测资料进行系统分析的基础上,提出了著名的通用土壤流失方程。1997年美国提出著名的WEPP物理成因模型。

国内对水土流失规律研究和模型建设探索也开展了大量的工作。我国最早的坡面经验模型是1953年提出来的。20世纪60年代以后,清华大学、中国科学院水利部水土保持研究所、山西水土保持科学研究所等单位进行了侵蚀模型的有益探索,建立了坡面侵蚀、流域产沙与影响因子之间的经验统计模型。

黄委在坡面产流及侵蚀产沙机理研究、水土保持治理措施蓄水减蚀拦泥效益观测、不同地貌部位、形态对产流产沙的影响等三个方面做了大量工作,通过这些研究,初步阐明了小流域径流泥沙来源,探索研究了小流域产流产沙预报模型,取得了一大批有较高理论水平和实用价值的科研成果,获省部级以上科技成果奖50多项,树立了一批闻名全国的水土保持治理典型,其中黄委的绥德、西峰、天水三个水土保持科学试验站曾被誉为我国水土保持的“三个支柱站”,为“模型黄土高原”建设奠定了基础。

2.2 在应用实践方面,进行了卓有成效的推广

美国的通用土壤流失方程已经在世界上的许多国家推广应用。

我国根据水土流失研究成果,开展了卓有成效的水土保持治理。其中,根据小流域水沙来源,有针对性地实施了以小流域为单元的山、水、田、林、路综合治理;在黄河中游地区,针对多沙粗沙区开展了国家重点治理项目、黄河水保生态工程和淤地坝建设等一大批治理项目。20世纪80年代,西峰水土保持科学试验站研制了计算机控制的野外大型人工降雨装置,开展了研究土壤侵蚀的人工降雨试验,建立了国内最大、最先进的人工降雨试验场。经过多年的试验,取得了不少资料与成果,并为甘肃省解决中部干旱地区人畜饮水提供了可行的研究成果。近年来,又开展了水土保持遥感监测项目,利用“3S”技术对水土流失状况和水土保持成效进行观测,已经在黄河中游的国家能源重化工开发区的监测中取得了积极的成果。这些项目一方面取得了显著的治理效益,验证了水土流失研究的成果,同时又对水土保持科学研究提出了新的课题。

2.3 在相关技术和设备方面,国内外科技进步带动了相关技术的发展

研制开发了不同类型的自动化人工降雨装置、小流域和径流小区水文泥沙传感器、数据自动化采集与传输装置和软件,以及适用于水土保持监测的遥感技术和地理信息系统,进而促进了水土保持科研的发展。

综上所述,借鉴国内外已有的研究成果,依托黄委科研机构,我们已初步具备了建设“模型黄土高原”的理论基础和实践条件。

3 “模型黄土高原”建设近期开展的工作

根据《“模型黄河”工程规划》，确定并开展了“模型黄土高原”建设的前期准备工作和部分建设工程。

在研究区域上，“模型黄土高原”将重点研究水土流失严重、对黄河下游泥沙淤积、防洪安全影响较大的黄土丘陵沟壑第一副区、第三副区和高塬沟壑区，并依托技术力量和试验设施条件较好的绥德、天水、西峰三个水土保持科学试验站，进行“模型黄土高原”野外工程建设。其中，位于西峰水保站的南小河沟试验场是“模型黄土高原”建设的近期重点。

3.1 开展了实体模型建设前期准备工作

(1) 完成了近期重点建设场地选择。经过反复考察论证，决定将模型黄土高原实体模型建设的近期重点放在西峰水保站的南小河沟试验场。在该试验场建设实体模型有许多有利条件：有显著的区域代表性，试验场所在地为黄土高原水土流失严重的高塬沟壑区；该试验场已经有半个多世纪的试验研究历史，开展了大量的水土保持试验研究，取得了显著的研究成果，获得的观测资料和研究成果为黄土高原治理提供了依据，在这里建设实体模型，能够实现三个研究目标。同时，该试验场有大面积的国有试验地；有能够满足“模型黄土高原”试验研究用水的充足水资源，以及能够保证模型黄土高原顺利实施的道路、电力、通讯、房屋等基础设施和有足够的具有开展人工降雨试验经验的技术力量。

(2) 进行了试验区比选与布设。经过多次对南小河沟流域踏勘，初步确定了实体模型野外试验区，并进行了规划设计，确定了标准径流小区布设点、支毛沟试验点以及小流域试验点，该样区代表性较强，可以建立水土保持措施机理研究试验区、坡面侵蚀规律研究试验区、沟道侵蚀规律研究试验区。为了观测全坡度的单因子侵蚀变化，建立侵蚀模型，为小流域侵蚀试验研究提供基础，经过论证分析和规划设计，建设了 $5^{\circ} \sim 35^{\circ}$ 坡度的坡面标准径流小区 16 个和相关辅助设施的建设。

(3) 建立了单项人工模拟降雨系统。目前已经完成了一个标准小区的野外固定式人工模拟降雨系统的研制及安装，完成了该装置的计算机控制的自动化系统的安装调试，进行了降雨装置的率定。

该模拟降雨系统能有效模拟试验面积为 100m^2 ；可以进行连续的雨强变化，实现降雨过程模拟；模拟降雨均匀性 $\geq 85\%$ ，并具有较高的稳定性；生成模拟降雨的雨强范围为 $30 \sim 240\text{mm/h}$ ，模拟降雨装置的降雨雨滴特性与天然降雨雨滴特性具有较高相似性；降雨系统可全自动控制，且具有较好的系统扩展性，为今后的大面积人工降雨试验打下了基础。同时，该装置与黄委水科院室内比尺模型采用的人工降雨装置相同，便于今后试验数据的比较分析。

3.2 实施了原型观测

初步完善了西峰南小河沟、绥德韭园沟、辛店沟和天水罗玉沟、桥子东沟、桥子西沟原型观测设施；在南小沟重新修建了董庄沟小流域径流测站，完善了杨家沟和十八亩台测