



2000—2010 年

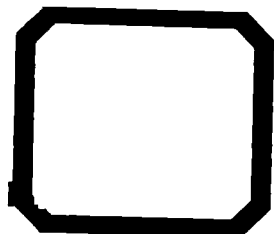
黄河治理开发与管理 科学技术进展综述

张建中 田 凯 常晓辉 吕秀环 著

.1

946

黄河水利出版社



黄河水利委员会治黄著作出版资金资助出版图书

2000 - 2010 年黄河治理开发与 管理科学技术进展综述

张建中 田 凯 常晓辉 吕秀环 著

黄 河 水 利 出 版 社

· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书共分6章,主要内容为:概述、近期黄河基础及应用技术研究的主要进展、先进技术引进及推广应用、构建维持黄河健康生命治河体系及重大科技治黄实践、科技创新支撑体系的建设与发展、“十二五”科技发展需求等。

本书适合水利专业技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

2000-2010年黄河治理开发与管理科学技术进展综述/
张建中等著. —郑州:黄河水利出版社,2011.12

ISBN 978-7-5509-0183-4

I. ①2… II. ①张… III. ①黄河-河道整治-研究
②黄河-水资源开发-研究 IV. ①TV882.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第268960号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940,66020550,66028024,66022620(传真)

E-mail:hhslcbs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:14

字数:170千字

印数:1—1 500

版次:2011年12月第1版

印次:2011年12月第1次印刷

定价:36.00元

前 言

治黄科学技术是黄河治理开发与管理重大决策和各种方案制订的科学基础和强有力支撑。“十五”以来,为实现黄河长治久安,并为黄河流域及相关地区的经济社会发展提供可持续的支撑,黄河水利委员会(简称黄委)认真贯彻党的十七大精神,以邓小平理论和“三个代表”重要思想为指导,深入学习科学发展观,积极践行可持续发展治水思路和民生水利发展要求,以科技进步为支撑,在《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020年)》的指导下,切实抓好重大问题研究,逐步提升科技发展平台,全面推动各项治黄科技工作。针对黄河主槽严重萎缩、“悬河”和“二级悬河”加剧、水资源供需矛盾突出、生态系统退化等一系列问题,通过切实加强基础和应用技术研究、积极推动技术创新、着力扩大推广交流、努力创新管理体制,推动治黄科研实现跨越式发展;以需求为牵引,做好科研发展规划,明确科研主攻方向,搞好顶层设计,统筹项目资源,努力提高科技创新能力,在国家科技支撑、黄河联合基金、公益性行业科研专项等计划支持下,在防洪减灾、水资源管理、水土保持、水资源和水环境保护等方面取得了丰硕的研究成果,培养了一支治黄科研攻关队伍,为继续深入开展黄河调水调沙、水资源统一管理调度、利用并优化桃汛洪水冲刷降低潼关高程等重大科学实践提供了有力的技术支持。

2000年以来,有80多项科技项目获国家科技支撑计划、水利部公益性行业科研专项、国家“948”计划、农业科技成果转化资金、水利部科技推广计划等资助,取得了一批重大成果;100

余项成果通过部(省)级鉴定;7项成果获国家科技进步奖,其中作为第一完成单位,黄委完成的“黄河调水调沙理论与实践”获2010年度国家科技进步一等奖、“黄河水资源统一管理与调度”获2009年度国家科技进步二等奖;33项成果获大禹水利科学技术奖;38项成果获省科技进步奖;219项成果获黄委科技进步奖。大量科研成果在生产实践中的应用,有效地促进了治黄科技进步,为黄河治理开发与管理可持续发展提供了有力的科技支撑。

本书对2000年以来的治黄科技项目成果进行了初步的梳理和提炼,对治黄科研管理工作进行了系统的总结,多次征求了黄委所属有关单位、部门及部分专家的意见,他们为本书的编写提出了很多宝贵的建议,付出了辛勤劳动,在此一并致谢。

需要说明的是,在本书编写过程中,引用了相关的项目研究成果,除已列出的参考文献外,还有很多参考成果未能一一列出,敬请相关作者或研究者给予谅解,同时表示衷心感谢!

鉴于时间及编写人员水平有限,内容还不够全面,错漏之处在所难免,敬请广大读者指正。

作者

2011年2月

目 录

前 言

1	概 述	(1)
1.1	流域特点	(1)
1.2	科研概述	(2)
2	近期黄河基础及应用技术研究的主要进展	(4)
2.1	黄土高原水土保持研究	(5)
2.2	水库冲淤规律及调控技术	(11)
2.3	黄河水沙演进及河道冲淤演变规律	(22)
2.4	黄河水文水资源研究	(37)
2.5	黄河水环境与水生态研究	(43)
3	先进技术引进及推广应用	(50)
3.1	水文泥沙测验技术的引进和应用创新	(51)
3.2	多泥沙河流水质自动监测及实验室自动化 技术	(56)
3.3	水土流失监测、侵蚀预报和治理技术	(65)
3.4	防洪减灾先进技术	(71)
3.5	水利工程建设与管理	(78)
3.6	小 结	(84)
4	构建维持黄河健康生命治河体系及重大科技治黄 实践	(85)
4.1	维持黄河健康生命理论体系构建及关键技术 研究	(85)
4.2	重大治黄实践成果	(90)
5	科技创新支撑体系的建设与发展	(101)
5.1	科技创新体系构建需求	(102)

5.2	构建科技创新体系的探索与实践	(107)
5.3	治黄科技基础条件平台建设	(119)
6	“十二五”科技发展需求	(134)
6.1	新形势下黄河治理开发与管理对基础和应用 技术研究的需求	(134)
6.2	建立健全治黄科技管理及创新体系的需求	(144)
附 表		(147)
附表 1	国家科技支撑计划	(147)
附表 2	“黄河联合研究基金”重点项目	(148)
附表 3	“黄河联合研究基金”面上项目	(149)
附表 4	水利公益性行业科研专项经费项目	(152)
附表 5	现代水利科技创新项目——“黄河健康生命 指标体系研究”	(156)
附表 6	引进国际先进农业科学技术项目(“948” 计划)	(157)
附表 7	“948”计划创新转化项目	(160)
附表 8	水利部科技推广计划	(161)
附表 9	科技部农业科技成果转化资金	(162)
附表 10	国家科学技术进步奖获奖成果	(163)
附表 11	省级科技进步奖获奖成果	(165)
附表 12	水利部大禹水利科学技术奖获奖成果 ...	(171)
附表 13	黄河水利委员会科技进步奖获奖成果 ...	(177)
附表 14	黄河水利委员会治黄著作出版资金资 助著作	(212)
参考文献		(215)

1 概 述

1.1 流域特点

黄河是世界著名的多沙河流,干流全长 5 464 km,流域面积 79.5 万 km²(含闭流区 4.2 万 km²)。流域年均降水量 447 mm,其中 6~9 月占 61%~76%,西北部分地区年降水量只有 200 mm 左右。黄河多年平均天然径流量 535 亿 m³(1956~2000 年系列),以其占全国 2% 的地表径流承担着全国 15% 的耕地、12% 的人口和 50 多座大中城市的供水任务。黄河流域拥有十分丰富的水能资源、煤炭资源、石油和天然气资源等,被誉为我国的“能源流域”。

黄河水少沙多、水沙关系不协调,使其成为世界上最复杂、最难治理的河流,与其他河流相比具有水土流失严重,侵蚀产沙规律复杂;河道主流游荡摆动频繁,河床冲淤调整幅度大;主槽淤积萎缩,“悬河”及“二级悬河”严重;水污染严重,流域生态环境脆弱等显著特点。

国家历来对黄河问题十分重视,黄河治理开发与管理取得了巨大的成就。针对黄河防洪问题,初步形成了“上拦下排、两岸分滞”的防洪工程体系,同时加强了非工程措施建设,取得了下游连续 60 多年伏秋大汛堤防不决口的安澜局面,保障了黄淮海平原的稳定发展。在上游宁蒙河段初步完善了堤防工程和河道整治工程,减轻了洪水、凌汛灾害;对中游禹门口至三门峡大坝河段的河道进行了初步治理。近几年,通过小浪底水库拦沙

和调水调沙,抑制了黄河下游淤积抬高的态势,河道形态明显改善。水土保持工程初见成效,初步治理面积累计达到 20 多万 km^2 ,在一定程度上改善了黄土高原地区的人民生活条件和生态环境,局部地区的水土流失和荒漠化得到了遏制。黄河水资源开发利用和水量统一调度管理,为流域及下游流域外引黄灌区 1.1 亿亩^①灌溉面积、50 多座大中城市、420 个县(旗)级城镇、能源基地提供了水源保障,保障了沿岸人民生活和工业的供水安全,保证了河道不断流,生态环境得到初步改善。初步形成了水资源保护的监管体系,为有效保护水资源、人民饮水安全提供了有力的保障和技术支持。

1.2 科研概述

“十五”以来,为实现黄河长治久安,并为黄河流域及相关地区的经济社会发展提供可持续的支撑,黄委认真贯彻党的十七大精神,以邓小平理论和“三个代表”重要思想为指导,深入学习科学发展观,积极践行可持续发展治水思路和民生水利发展要求,以科技进步为支撑,实施最严格的流域管理制度,全面推进黄河治理、开发和管理的现代化。在《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020 年)》的指导下,坚持自主创新、重点跨越、支撑发展、引领未来的指导方针,坚持水利部治水新思路,积极践行“维持黄河健康生命”的治河理念,针对黄河主槽严重萎缩、“悬河”和“二级悬河”加剧、水资源供需矛盾突出、生态系统退化等一系列问题,通过切实加强基础研究、积极推动技术创新、着力扩大推广交流、努力创新管理体制,推动治黄科研实现跨越式发展。以需求为牵引,做好科研发展规划,明确科

① 1 亩 = 1/15 公顷。

研主攻方向,搞好顶层设计,统筹项目资源,努力提高科技创新能力,在国家科技支撑、公益性行业科研专项等计划支持下,在防洪减灾、水资源管理、水土保持、水资源和水环境保护等方面取得了丰硕的研究成果,为继续深入开展黄河调水调沙、水资源统一管理调度、利用并优化桃汛洪水冲刷降低潼关高程等重大科学实践提供了有力的技术支持。

2000 年以来,有 80 多项科技项目获国家科技支撑计划、水利部公益性行业科研专项、国家引进国际先进农业科学技术项目(简称“948”计划)、农业科技成果转化资金、水利部科技推广等计划资助,取得了一批重大成果;100 余项成果通过部(省)级鉴定;7 项成果获国家科技进步奖,其中作为第一完成单位,黄委完成的“黄河调水调沙理论与实践”获 2010 年度国家科技进步一等奖、“黄河水资源统一管理与调度”获 2009 年度国家科技进步二等奖;33 项成果获大禹水利科学技术奖;38 项成果获省科技进步奖;219 项成果获黄委科技进步奖。大量科研成果在生产实践中的应用,有效地促进了治黄科技进步,为黄河治理开发与管理可持续发展提供了有力的科技支撑。

2 近期黄河基础及应用技术研究的主要进展

黄河是中华民族的母亲河,也是一条多灾害河流。治理、开发和保护黄河,历来是中华民族安民兴邦的大事。黄河水少沙多、水沙关系不协调,使其成为世界上最复杂、最难治理的河流,与其他河流相比,具有水土流失严重,侵蚀产沙规律复杂;河道主流游荡摆动频繁,河床冲淤调整幅度大;主槽淤积萎缩,悬河及二级悬河严重;水污染严重,流域生态环境脆弱等显著的特点。因此,黄河是世界上最为复杂、最难治理的河流。

长期以来,在上级部门和领导的大力支持下,围绕黄河水沙运动规律等重大科学和应用技术问题,黄委开展了积极、深入的科学探索。

“八五”期间,对黄河下游河道冲淤规律、黄河中下游河道和水库泥沙冲淤数学模型等问题的研究,开启了小浪底水库调水调沙运用的应用基础研究。

“九五”、“十五”期间,黄委加强了小浪底水库防洪减淤初期运用方式和维持黄河下游排洪输沙功能的水沙条件等课题的研究,进而提出了小浪底水库初期运用调水调沙调度的若干关键技术指标。这些关键技术指标成为 2002 年以来小浪底水库 10 次调水调沙运用的重要技术支撑。

“十一五”期间,黄委开展了维持黄河健康修复关键技术研究,分析了黄河水沙特点和近年水沙减少原因,开发了黄河中下游水沙演进数学模型,提出了入黄泥沙优化配置的方案、现阶段黄河健康指标体系及其标准,实现了黄河健康的关键途径和黄

河水沙调控的若干关键技术。在构建和实践“维持黄河健康生命”治河新理念的过程中,黄河基础和应用技术研究都得到了长足进展。黄委在黄土高原水土保持、水库冲淤规律及调控技术、黄河水沙演进及河道冲淤演变规律、黄河水文水资源、水环境及水生态等基本规律研究方面取得了一系列的研究成果,并开展了黄河调水调沙、干流水量统一管理调度、小北干流放淤、利用桃汛冲刷潼关高程等重大实践和科学试验。下游主槽萎缩、水生态系统恶化等趋势初步得到遏制,社会效益显著。

2.1 黄土高原水土保持研究

近年来,在国家自然科学基金、国家“973”计划、水利公益性行业科研专项经费项目、国家“948”引进计划、水利部科技创新以及治黄科研专项等各级科技计划的支持下,黄委重点开展了黄河中游粗泥沙集中来源区界定研究、坡面及沟道侵蚀耦合关系及其侵蚀产沙效应、基于气候地貌植被耦合的黄河中游侵蚀过程、沟道侵蚀机理及规律研究、坡面水力侵蚀发生演变过程中的动力学机制及其下垫面的相互关系、水土保持措施治理对河流系统演化影响;探讨了黄土高原土壤侵蚀预测预报模拟技术、基于 GIS 黄土高原土壤侵蚀快速评估方法、基于 GIS 黄土高原多沙粗沙区分布式水土流失评价及预测方法;探讨了土壤侵蚀比尺实体动床模型的相似条件及相似比尺,研制了降雨过程人工仿真的自动控制系统等。现将取得的主要研究成果分述如下。

2.1.1 土壤侵蚀规律研究

2.1.1.1 粗泥沙集中来源区进一步界定

在以往研究的基础上,通过对黄河下游河道淤积资料及中

游坝系淤积泥沙粒径等资料分析和大面积调查,借鉴以往研究成果,采用钻孔取样、输沙率平衡法和淤积比分析等方法,以 0.1 mm 为界,通过研究输沙模数与分布面积的相关关系等,进一步确定出黄河粗泥沙集中来源区面积为 1.88 万 km^2 ,进一步明确了黄河中游治理的重点区域,为确定治理重点提供了重要支撑。

2.1.1.2 坡沟系统土壤侵蚀规律

以黄土丘陵沟壑区内典型的坡—沟连续体为研究对象,利用人工模拟降雨试验,对坡沟系统的侵蚀产沙特征、侵蚀产沙过程进行了分析;对坡沟系统侵蚀产沙耦合关系以及坡沟系统侵蚀产沙的空间分布特征进行了研究,并分别利用径流剪切力、径流单位水流功率和断面单位能量理论对坡沟系统土壤侵蚀发生的动力条件和侵蚀过程进行了研究,深化了坡面土壤侵蚀规律的研究,取得了多项进展:

(1)坡沟系统累计径流量、累计产沙量与降雨时间呈极显著的幂函数关系。不同降雨强度下的坡沟系统分开和连接时的径流率、输沙率和含沙量变化过程呈现不同的变化特征,主要与不同的降雨强度、降雨场次和地面发育状态有关。

(2)沟坡径流量与沟谷部分净侵蚀产沙量二者之间呈密切的幂函数关系,沟坡部分的净侵蚀产沙量与坡面来水含沙量之间呈反线性关系。

(3)同降雨强度下径流平均输沙率与径流剪切力之间存在明显的线性关系,不同降雨强度条件下的坡沟系统单位水流功率和单宽输沙率之间呈线性相关,坡沟系统侵蚀过程中径流输沙率与平均断面单位能量之间有良好的相关关系。

(4)在不同降雨强度下,坡沟系统的侵蚀产沙总量大于坡面、沟道相互独立时的侵蚀产沙量,得出了坡沟系统输沙率与径流剪切力的关系、输沙率与水流功率的关系。

(5)在一定流量下,草被覆盖下的径流曼宁阻力系数可以达到裸坡下的2~5倍,但随流量增加,草被对径流的阻滞作用降低;草被对侵蚀产沙的作用与其空间布置有关。

2.1.1.3 多沙粗沙区水产产沙数学模型

(1)初步研发了中等流域年产沙经验模型,在孤山川流域进行了验证;开发了小流域次暴雨作业预报系统,可进行小流域洪水泥沙过程实时预报,2009年汛期在岔巴沟进行了试运行和调试。

(2)研发了小流域分布式机理模型,可初步估算流域侵蚀产沙空间分布及时间变化过程。

2.1.2 水土保持作用机理及其优化配置

2.1.2.1 水土保持作用机理

通过黄河联合研究基金重点项目“基于气候地貌植被耦合的黄河中游侵蚀过程”研究,在水保措施作用机理研究方面取得了新的进展。从模拟试验入手,利用概化模型和放水冲刷试验,探讨了坡面植物措施对坡面—沟道挟沙水流的影响及作用和植被的水土保持作用机理:

(1)随着放水冲刷流量的增大,坡面草被延缓径流流速作用相对减弱。坡面草被覆盖度达到和超过50%时,对沟坡坡面流流速有明显减缓作用。坡—沟系统坡面草被覆盖下坡面流平均曼宁糙率系数和平均阻力系数随着流量的增大,在有草覆盖断面呈减小趋势,在无草覆盖断面呈增大趋势。

(2)坡面流出流时间与放水流量呈负相关关系,与坡面草被覆盖度呈正相关关系;径流终止时间与放水流量和坡面草被覆盖度均呈正相关关系。

(3)坡面不同覆盖度、不同坡位之间侵蚀产沙量差异比较显著。随着草被覆盖度的增加,沟坡产沙比呈指数增加趋势,大

流量下的增幅大于小流量下的增幅。

2.1.2.2 流域水土保持措施的水沙响应研究

围绕黄河中游水土保持措施的蓄水减沙作用,黄委开展了大量研究,积累了丰富的基础资料,加深了对黄河水沙变化的认识,并且较完整地提出了一套 1950 年以来黄河上中游“不同区域、不同历史时段的水沙变化、水利水保综合治理措施减水减沙作用”等关键技术特征值,这些成果直接应用到了黄河下游综合治理方略的制定、黄河水沙调控体系建设的相关研究中。

(1)研究提出自 20 世纪 70 年代至 1996 年,黄河中游水土保持措施年均减水 10 亿 ~ 15 亿 m^3 ,年均减沙 3 亿 t。初步估算截至 2005 年,年减沙 4.5 亿 t 左右。

(2)探索性地开展了减沙效益与坝库单位面积库容定量关系研究。坝库是拦沙的重要措施,保持单位面积库容是关键。

(3)对减沙效益低值区治理度阈值开展了探索性研究。认为河龙区间水土流失治理度与减沙效益呈正相关关系,可以明显分为减沙效益高值区和减沙效益低值区。河龙区间减沙效益低值区的支流存在治理度阈值。若达不到治理度阈值,减沙效益将很低。

2.1.2.3 水保措施配置

围绕水保措施配置,黄委开展了相关研究,即对水土保持措施配置对拦蓄洪水泥沙作用、不同配置条件下水利水保措施对暴雨洪水的影响等进行了探索。

(1)淤地坝减沙比与配置比密切相关。河龙区间坝地的配置比保持在 2% 左右时,其减沙比即可保持在 45% 以上。为有效、快速地减少入黄泥沙,河龙区间水土保持措施应采用以淤地坝为主的工程措施与坡面措施相结合的综合配置模式;淤地坝的配置比应保持在 2% 以上。

(2)水土保持措施对洪水泥沙拦蓄作用的大小与措施配置

密切相关。为此,黄委提出了最大减洪减沙效应的措施配置。最大减洪减沙效应所对应的措施配置视不同流域而有所不同,如:河龙区间最大减洪减沙效益出现在 20 世纪 80 年代,对应的水土保持措施配置比例为梯田:林地:草地:坝地 = 14.9:74.4:8.2:2.5。

(3)探索分析了水利水保措施及其不同配置条件下对暴雨洪水的影响。水土保持措施对洪水泥沙的控制作用在不同区域存在不同的降水阈值。

2.1.2.4 水土保持综合治理的关键措施与组合的定量关系

在黄土高原水土保持世界银行贷款项目相关研究中,通过定位观测资料分析和典型流域调研,着重对土壤侵蚀产沙较严重的黄土丘陵沟壑区、黄土高原沟壑区和风沙区的代表性治理模式进行了分析总结,提出了相应类型区水土保持综合治理的关键措施与组合的定量关系,提出了基于人口密度的黄土丘陵沟壑区的第一副区至第五副区以及风沙区农林牧用地比例。

2.1.3 水土保持效益评估

2.1.3.1 水土保持效益评估方法及快速评估技术研究

“十五”期间,通过开展“水土保持生态环境建设对黄河水资源和泥沙影响评价方法研究”和“基于 GIS 的黄土高原土壤侵蚀快速评估方法研究”等,在水土保持效益评估方法及快速评估技术方面取得了进展。

(1)在对国内外已有的水土保持法、水文法的适用性、局限性、差异及关联进行总结评价的基础上,提出了水土保持措施蓄水拦沙指标和评价模型,初步解决了在水土保持对水资源和泥沙影响评价方面指标众多、计算结果差别较大以及适用性受限制等诸多不便问题,该研究不仅总结和归纳出了单坝拦泥指标的计算式,而且考虑到目前计算群坝的实际,通过对大型、中型、

小型坝的统计分析和归纳,概化出了多坝拦泥指标的计算方法。进而提出了拦泥指标的变化计算式,改进了淤地坝拦泥量计算方法。

(2)探讨了利用 RS 与 GIS 相结合的技术手段进行流域下垫面覆盖信息和地形信息的快速提取方法。利用 ERADS 图像处理软件提供的专家分类器,实现了对土壤侵蚀强度及其空间差异的快速、精确评估,通过黄河中游延河支流杏子河水文站的观测数据进行验证,取得了较为满意的效果。

2.1.3.2 分布式土壤流失评价预测模型及支持系统

通过开展黄河多沙粗沙区分布式土壤流失评价预测模型及支持系统等研究取得了多项进展:

(1)研究了运用 3S 技术提取影响水土流失关键因子的方法,实现了流域地形和水沙演进数据的自动提取,完成分类模板定义,提高了遥感影像的分类精度。

(2)以岔巴沟小流域为对象,建立了基于 DEM 栅格的流域分布式产汇流和产输沙模型及基于 ArcGIS 平台的数学模拟支持系统。

(3)初步实现了产流产沙数学模型与 GIS 的耦合。利用 GLUE 方法分析了所建分布式小流域土壤流失数学模型的不确定性问题。

2.1.3.3 淤地坝对泥沙淤积的分选作用

(1)实施水土保持综合治理后,粗泥沙集中来源区绝大部分支流及干流水文站的泥沙中值粒径和平均粒径变细,说明水土保持措施具有调控泥沙级配和“拦粗排细”的功能。

(2)黄河中游 54 座淤地坝的钻探取样颗分资料分析表明,淤地坝对泥沙淤积具有分选作用。坝前泥沙粒径小于坝尾泥沙粒径,而且泥沙粒径越大,坝前、坝尾差别越大,分选越明显。同时,淤地坝有一定的“淤粗排细”功能。产沙越粗的地区淤地坝