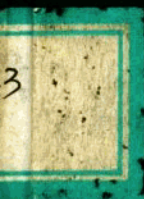


黄土高原生态水文研究

穆兴民 徐学选 陈霖巍 等著



中国林业出版社

黄土高原生态水文研究

Eco-hydrology on the Loess Plateau

穆兴民 徐学选 陈霁巍 等著

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

黄土高原生态水文研究/穆兴民等著. —北京: 中国林业出版社, 2001. 7

ISBN 7-5038-2837-4

I. 黄… II. 穆… III. ①区域水文学-黄土高原 ②水土保持-影响-水文因素-黄土高原 ③水土保持-影响-径流-黄河 IV. P344. 24

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 047023 号

出版 中国林业出版社 (100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

E-mail: cfphz@public. bta. net. cn 电话 66184477

发行 新华书店北京发行所

印刷 北京昌平百善印刷厂

版次 2001 年 7 月第 1 版

印次 2001 年 7 月第 1 次

开本 850mm×1168mm 1/32

印张 10

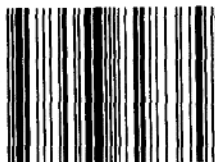
字数 288 千字

印数 1~500 册

书号 ISBN 7-5038-2837-4/S. 1583

定价 30.00 元

ISBN 7-5038-2837-4



9 787503 828379 >

《黄土高原生态水文研究》
编辑委员会

主 编：穆兴民 徐学选 陈霖巍

Editors: Mu Xingmin Xu Xuexuan Chen Jiwei

副 主 编：丁琳霞 王文龙 黄明斌 袁建平

Subeditors: Ding Linxia Wang Wenlong

Huang Mingbin Yuan Jianping

内容简介

本书从发展区域生态水文学角度,结合黄土高原以水土保持为主体的生态建设的实践,从不同时间和空间尺度,系统论述了水土保持生态建设的水文效应及其研究方法。全书共分 10 章。主要包括:生态水文学基础、深层土壤水资源及其利用,水土保持措施的水文效应机理、水土保持措施对地表径流的作用方向和作用强度等。资料翔实,方法多样,内容丰富,其成果对发展生态水文学和黄土高原水土流失的科学治理都具有重要的参与价值。本书可供从事国土整治、水土保持、水文学、地理学、土壤学、农林草业科技人员、广大干部和大中专院校的教师和学生参考。

前 言

人类已经并且还在继续花费着巨大的人力、财力和物力去探测火星是否存有水,因为水是生态系统中最为活跃的要素,是生物能否存在的重要标志。生态系统与水文系统之间的耦合作用和相互反馈关系形成了生态水文系统研究的理论基础。全球正在不断遭受生态恶化、淡水资源危机和洪水肆虐的危害,生态水文研究正处在人类战胜自我、恢复生态和防灾减灾的关键时期,它受到联合国相关组织、国际水文联合会和各国政府及研究机构的普遍重视,并开展了大量研究工作。由于不同研究者的重点不同,从而形成了不同的研究方向,取得了一些重要研究成果。

生态建设或生态恢复过程的水文效应是生态水文的重要研究方面。水土保持是黄土高原生态建设的核心。公元前 16~11 世纪,中国的商代就出现了治理水土流失的文献记载,但直至 1949 年新中国成立之前,以水土流失治理为核心的国土整治无论在治理的规模、标准和综合措施配套的水平上,都不能与解放后相比较。解放后,特别是上世纪 70 年代以来,由政府组织、投资并实施的黄土高原以小流域为单元的综合治理,其治理规模达到了相当高的程度。正是这种高强度、大规模治理对水文系统的影响才引起了人们的高度重视。特别是 1973 年以来,黄河下游的断流更加引起人们对区域水土保持与黄河水问题的关注。在国家“九五”科技攻关黄土高原“区域水土流失防治与农业持续发展中的重大问题研究”、水利部“黄土高原国土整治与黄河断流

关系研究”和中国科学院“黄土高原区域水土保持环境效应与生态环境建设对策”等项目中，都专门立题研究水土保持生态建设的区域水文环境影响。在这些研究课题的支持下，经过众多科研人员的努力工作，形成了本书的基础，通过对其他已有工作的系统整理，编辑出版该书，以期从理论和实践上丰富生态水文学内容。

本书共分十章，重点探讨区域水土保持与水文水资源的相互作用。第一章从我国古代朴素的治水保土思想与实践开始，回顾了黄土高原水土保持的历史发展过程，阐述了生态水文学的研究对象、研究内容及其研究进展；第二章简要描述了黄土高原的气候、植被、地貌和水文地质等生态水文背景；第三章重点分析水土保持措施对强化降水入渗的作用及其空间变化；第四章和第五章分析区域深层土壤水资源的分布及其与植被（包括农作物）生产力的相互影响；第六和第七章以不同地区治理小流域为研究对象，采用传统对比分析、实体模型和现代数学模拟研究方法，综合分析了水文环境变化对流域治理的响应；第八章从区域生态水文学角度，以中流域为重点，论述了水土保持措施对径流量及其过程，特别是水利水保措施对洪水的效应；第九章探讨了黄土高原水土保持与黄河径流量变化的对应关系；第十章为黄土高原雨水利用潜力与工程集水技术研究和总结。

尽管我们已经做了极大的努力，但生态水文学作为一门年轻而又古老的研究领域，仍有大量的工作有待深化和开拓。该书的出版若能起到抛砖引玉的作用，作者将深感欣慰。由于著者资料掌握和专业等方面的限制，本书肯定还存在一些不足与谬误之处，敬请广大读者赐教，以便再版时补充完善。

在野外工作期间，曾得到中国科学院固原生态站（宁夏）、安塞生态站（陕西）和长武生态站（陕西）、水利部黄河水利委员会绥德、西峰和天水等水土保持科学实验站的协助和支持，对他们的鼎力帮助，谨表谢忱。值该书出版之机，特别要感谢导师李靖教授和蒋定生研究员的指导，对李锐研究员、王万忠研究员、刘国彬研究员和焦菊英副研

究员提出的诸多建设性修改意见和给予的帮助深表谢意，还要感谢《水土保持研究》执行编辑王经武同志对本书的全面审校。

著者

2001年6月

作者简介

穆兴民 男,1961 年生于陕西省华阴市,1984 年毕业于北京农业大学农业物理气象系(现中国农业大学)。博士研究生,中国科学院水利部水土保持研究所和西北农林科技大学研究员、研究生导师。长期从事水分的生态学方面的理论与实践工作。曾赴澳大利亚、英国和日本等国开展合作研究。先后参加或主持国家科技攻关、国际合作研究和各类基金课题 20 余项。完成的项目先后获国家或省级科技成果 10 余项,在专业核心期刊发表论文 69 篇,主编或参加编写专著 5 部。

徐学选 男,1966 年生,陕西省大荔县人,1988 年毕业于西北大学自然地理系,副研究员。受王宽成基金资助,曾留学英国 Cranfield 大学。先后参加国家“七五”至“九五”科技攻关、中国科学院及水利部重点项目和各类基金课题近 10 项。参编著作 3 部,先后在《资源科学》、《人民黄河》、《水土保持学报》、《水利学报》等刊物发表论文 20 余篇。

陈弄巍 男,1966 年生,浙江省诸暨市人。1987 年毕业于河海大学,1999 年在中国科学院水利部水土保持研究所获博士学位。现任水利部国际合作与科技司副处长、高级工程师。主要从事水利科技重大项目的组织管理和水文水资源方面的研究工作。出版《黄河治理与水资源开发利用》一部,并在有关刊物发表论文 10 余篇。

目 录

前 言

第一章 绪论	(1)
第一节 黄土高原水土保持生态建设的历史回顾.....	(1)
第二节 水文循环及其人类活动的影响.....	(8)
第三节 生态水文学及其研究内容和方法	(18)
第四节 生态水文研究进展与有待加强的方面	(23)
第二章 黄土高原生态水文基础	(34)
第一节 黄土高原自然地理	(34)
第二节 黄土高原水文水资源	(41)
第三章 水土保持措施对土壤入渗的影响	(49)
第一节 水向土中入渗的测试方法	(49)
第二节 土壤入渗过程的数学描述	(55)
第三节 影响土壤入渗速率的因素	(59)
第四节 水土保持措施对强化降水入渗的影响	(67)
第五节 小流域土壤入渗速率的空间变异规律	(76)
第四章 水土保持措施对区域土壤水资源格局的影响	(80)
第一节 土壤水分的基本空间分布格局	(80)
第二节 水土保持措施对土壤水分的影响	(91)
第五章 旱作农田水量平衡与作物高产的水分环境效应	(101)
第一节 旱作农田水分生态与水分生产力.....	(101)
第二节 旱作农田高生产力对土壤水分循环的影响.....	(111)
第三节 旱地作物高生产力的水分环境效应与管理.....	(114)
第六章 综合治理对小流域水文行为影响的比较分析	(125)
第一节 研究流域概况.....	(125)

第二节	水土保持对小流域径流量时间过程的影响·····	(131)
第三节	水土保持对小流域次降水—径流关系的影响·····	(156)
第四节	水土保持对小流域径流过程及产流模式的影响·····	(177)
第七章	水土保持对小流域水量平衡影响的模拟研究·····	(199)
第一节	小流域降雨入参与产流产沙的模拟研究·····	(199)
第二节	综合治理对流域水量平衡影响的模拟研究·····	(214)
第八章	区域水土保持对中大流域径流量及其组分的影响·····	(235)
第一节	区域水土保持现状与特点·····	(235)
第二节	水土保持措施的水文效应研究方法·····	(243)
第三节	水土保持措施对不同支流径流量的影响·····	(251)
第四节	流域水利水保工程对暴雨洪水的影响·····	(258)
第九章	区域水土保持与黄河径流量的关系·····	(267)
第一节	水资源短缺与黄河断流·····	(267)
第二节	水土保持与黄河径流量的关系·····	(271)
第三节	水土保持与区域可持续发展·····	(278)
第十章	黄土高原雨水资源化与雨水集流工程·····	(283)
第一节	黄土高原雨水资源化潜力·····	(283)
第二节	黄土高原雨水汇集工程技术·····	(295)

Contents

Preface

Chapter 1 Introduction	(1)
Section 1 A Review of the Ecological Construction on the Loess Plateau	(1)
Section 2 The Hydrological Cycle and Impacts of Human Activities	(8)
Section 3 Eco-hydrology and its Study Scopes and Methods ...	
.....	(18)
Section 4 An overview of Eco-hydrology	(23)
Chapter 2 Eco-hydrological Characteristics of the Loess Plateau	
.....	(34)
Section 1 The Physical Geography of the Loess Plateau ...	(34)
Section 2 The Hydrology and Water Resources on the Loess Plateau	(41)
Chapter 3 The Impacts of Soil & Water Conservation Measures on Water infiltration	(49)
Section 1 Measuring Methods	(49)
Section 2 The Mathematics Description of infiltration	(55)
Section 3 Factors of Affecting the infiltration Process	(59)
Section 4 Advantages of Soil & Water Conservation Measures in Enhancing Water infiltration	(67)
Section 5 The Spatial Variance of Infiltration in the Catchment	(76)
Chapter 4 The Spatial Distribution of Soil Water Resources and Im-	

pacts of Soil & Water Conservation Measures	(80)
Section 1 The Basic Spatial Pattern of Soil Water Resources on the Loess Plateau	(80)
Section 2 The Impacts of Soil & Water Conservation Measures on Soil Water Resources	(91)
Chapter 5 Impacts of High Productivity on Soil Water Environment in Arable Land	(101)
Section 1 Eco-hydrology in Arable Land and Crop's Water Use Productivity	(101)
Section 2 Impacts of High Land Productivity on Soil Water Cycle in Arable Land	(111)
Section 3 Response of Soil Water Environment to Crop High Productivity and the Sustainable Soil Water Management	(114)
Chapter 6 Comparative Analysis on Hydro-Behavior of Integration Harnessed Catchment	(125)
Section 1 Introduction of Study Catchment	(125)
Section 2 Impacts of Soil & Water Conservation on the Temporal Process of Runoff	(131)
Section 3 Effects of Soil & Water Conservation Measures on the Relationship of Hypo-Rainfall With Runoff	(156)
Section 4 Effects of Soil & Water Conservation on Runoff Processing and Forming Pattern	(177)
Chapter 7 Simulating Effects of Soil & Water Conservation on the Catchment Water Balance	(199)
Section 1 The Simulation of Rainwater infiltration and Runoff & Silt Producing Process	(199)
Section 2 The Simulation Study of Effects of Integrated Harness on Water Balance in the Catchments	(214)
Chapter 8 Effects of Regional Soil & Water Conservation on Runoff	

Modulus In Medium- and Large-scale River Basins	(235)
Section 1 Status Quo and Characteristics of Regional Soil & Water Conservation	(235)
Section 2 Research Methods for Effects of Soil & Water Conservation's Hydro-Response	(243)
Section 3 Effects of Soil & Water Conservation on Runoff Modulus of Branch River	(251)
Section 4 Impacts of Water Conservancy and Soil & Water Conservation Engineering on Floods	(258)
Chapter 9 Relationship of Yellow River' Runoff with Soil & Water Conservation on the Loess Plateau	(267)
Section 1 Water Resources Deficit and Cut-off of Huanghe River	(267)
Section 2 Relationship of Yellow River' Runoff Amount with Soil & Water Conservation	(271)
Section 3 Soil & Water Conservation and Regional Sustainable Development	(278)
Chapter 10 Rainwater Harvesting and Resource Converting on the Loess Plateau	(283)
Section 1 Rainwater Resource Converting Potential	(283)
Section 2 Rainwater Harvesting Engineering	(295)

第一章 绪论

第一节 黄土高原水土保持生态建设的历史回顾

史称“四渎之宗”的黄河，幅员辽阔，源远流长，在漫长的历史进程中，哺育了光辉灿烂的中华文化，形成了我国持续 3000 多年的政治、经济、文化与军事中心，被誉为中华民族的摇篮。黄河在我国社会、经济发展进程中之所以占有特别重要的地位，主要原因一方面是流域自然资源丰富，开发价值大；另一方面是黄河水旱灾害严重，影响范围广，涉及人口众多。黄河得治，则国泰民安；黄河为患，则国难无已。黄河水灾根源于黄土高原严重的水土流失。黄土高原地区降水高度集中，加之黄土高原塬峁沟壑发育，使得降雨产洪快、洪峰高，侵蚀能力强，在其地貌的西北—东南的三级大落差势能促进下对黄土这种松散堆积物进行侵蚀搬运，造就了“黄河——世界泥沙之最”。每年黄河输入东海的泥沙就达 16 亿 t，并在黄河郑州段淤积抬高河床，形成了“地上悬河”，严重影响人民生产、生活。洪涝和水土流失对黄河流域的社会、经济和生态环境都可导致毁灭性灾害，成为国家的心腹之患。因此，伴随了 3000 年的治黄史，黄土高原水土保持综合治理也有其悠久历史。

1 我国古代的水土保持综合治理

1.1 古代水土流失和水土治理的思想基础

关于水土保持的产生和发展可以追溯到久远的过去。早期的水土保持及其治理的科学思想，主要是人类生产中感性认识及朦胧的理性

感知,进而产生了针对水土流失问题的水土保持措施。

在中国古代,对水土流失的认识,可以从春秋时期《左传襄公八年》“俟河之清,人寿几何”,证明黄河水已浑浊,说明已有水土流失存在。《荀子》指出“源清则流清,源浊则流浊”,说明水土流失是与径流产生有联系的。对于水土保持的重要性则讲“土为邦本,本固则邦守”。对于水土流失治理,商代(公元前16~11世纪)已采用了防止坡地水土流失的区田法。此法颇似今天干旱区农民应用的掏种法和坑田法。西汉时代(公元前206~24),山区出现梯田雏形。水土保持水利工程在战国魏文侯25年(公元前421)曾引漳灌邺(今河南省安阳市)。陕西省耀县赵老峪引洪淤灌始于秦始皇时期。对于泥沙资源利用,黄土高原从明代起已打坝淤地。在造林种草方面,西周(公元前11~7世纪)已采取封山育林法保持水土。西汉司马迁著《史记·河渠书》有“陂九泽”之说,西周一春秋时期就有蓄水的陂塘记载,即现在的小型水利工程。因此,中国人民在古代创造了丰富的保持水土、治理流失的经验。

对于水土保持的原始理念则有,北宋沈括《梦溪笔谈》中提到的“水凿”,即水力侵蚀现象,这是我国历史上关于水力作用的理论概括。明代徐贞明在《潞水言谈》中提出“水利之法,当先于水之源”,即“治水先治源”思想。

总之,早期的农事生产活动促进了一些朴素的水土保持思想和治理方法的形成。

1.2 黄土高原的水土保持工程治水与“沟洫论”的形成

黄土高原严重的水土流失,塑造了黄河这条桀骜不驯的灾难河。我国水土保持历史可以追溯到远古传说中的禹治洪水。先秦、汉古籍中大书特书,《尚书·皋陶谟》中有禹的自述,禹曰:“洪水滔天,浩浩怀(包围)山襄(上了)丘,下民皆垫(百姓沉陷在洪水中),予决(疏通)九川距(至)四海,浚(深疏)畎浍(田间小沟)距川(至江河)。”禹是将治田与治河相结合进行的,形成了沟洫治黄的成功经验,被后人称为沟洫治黄的开山祖。在《禹贡》、《史记·五帝本纪》中对

禹的治理思想作了全面的总结，称颂禹治田、治水、筑堤、修路，即“导源畅流，又蓄水丰物”。因此，禹是古代水土保持工程措施综合治理水土的杰出代表。

西汉贾让提出“多穿漕渠，便民溉田，分杀水怒，兴利除害，民虽劳不疲”的主张，这是对禹“尽力乎沟洫”旗帜的重振和发扬，此后，沟洫治黄论一浪复一浪，元末宋濂在《治河议》中再倡沟洫之说，到明代沟洫治黄论更是倡极一时，此时，治河专家周用，水利专家徐贞明，农学家徐光启等大力倡导沟洫治黄论，清代水利专家李仪祉曾有《沟洫》专著

1.3 黄土高原治水治沙相统一，“沟洫”治黄论的成熟

治黄以治水开始，以沟道治理为主，在沟道治理过程中，逐渐具有了平衡水土、增加拦水和兴修水利的水土保持综合治理思想，促进了黄土高原窑窖、涝池、山堤等减缓洪流，减轻水害的水土保持治理措施的发展，具有了水量平衡观，出现了水土保持治理与开发利用的综合思想。

但由于黄河泥沙问题严重，黄河河内淤积引起河床游荡，水库淤积等水沙灾害十分严重，人们对泥沙治理的重要性逐渐认识，西汉张戎指出“沙水重浊”是黄河决溢的主要原因，北宋沈括、清代胡定等进一步指出黄河泥沙是由黄土高原水土流失造成的，进而，胡定提出“汰河清源”主张，要求在黄河上中游各支流的沟壑中筑坝淤地拦截泥沙，减少泥沙入黄。在治沙措施中，治理重点逐渐由沟道治理向沟坡兼治发展，治理方式由工程措施为主向工程+生物措施相结合发展。

在治沙中对生物措施的认识，梅伯言在《书棚民事》一文记载：清朝董帮还任安徽巡抚期间，曾因开放山林让“棚民”（流民）耕种，引起激烈争论，梅在实地考察时向农民请教，农民曰“未开之山，土坚石固，草树茂密，腐叶积数年可达二三寸，每天雨，从树至叶，从叶至土石，历石罅滴沥成泉，其下水也缓、又小下而土不随其下；水缓，低田受之而不为灾，而半月不雨，高田尤受其缓润中。”又说：“今以斤斧童其山，而以锄犁，疏勘土，一雨未毕，沙石随下，奔流注壑涧