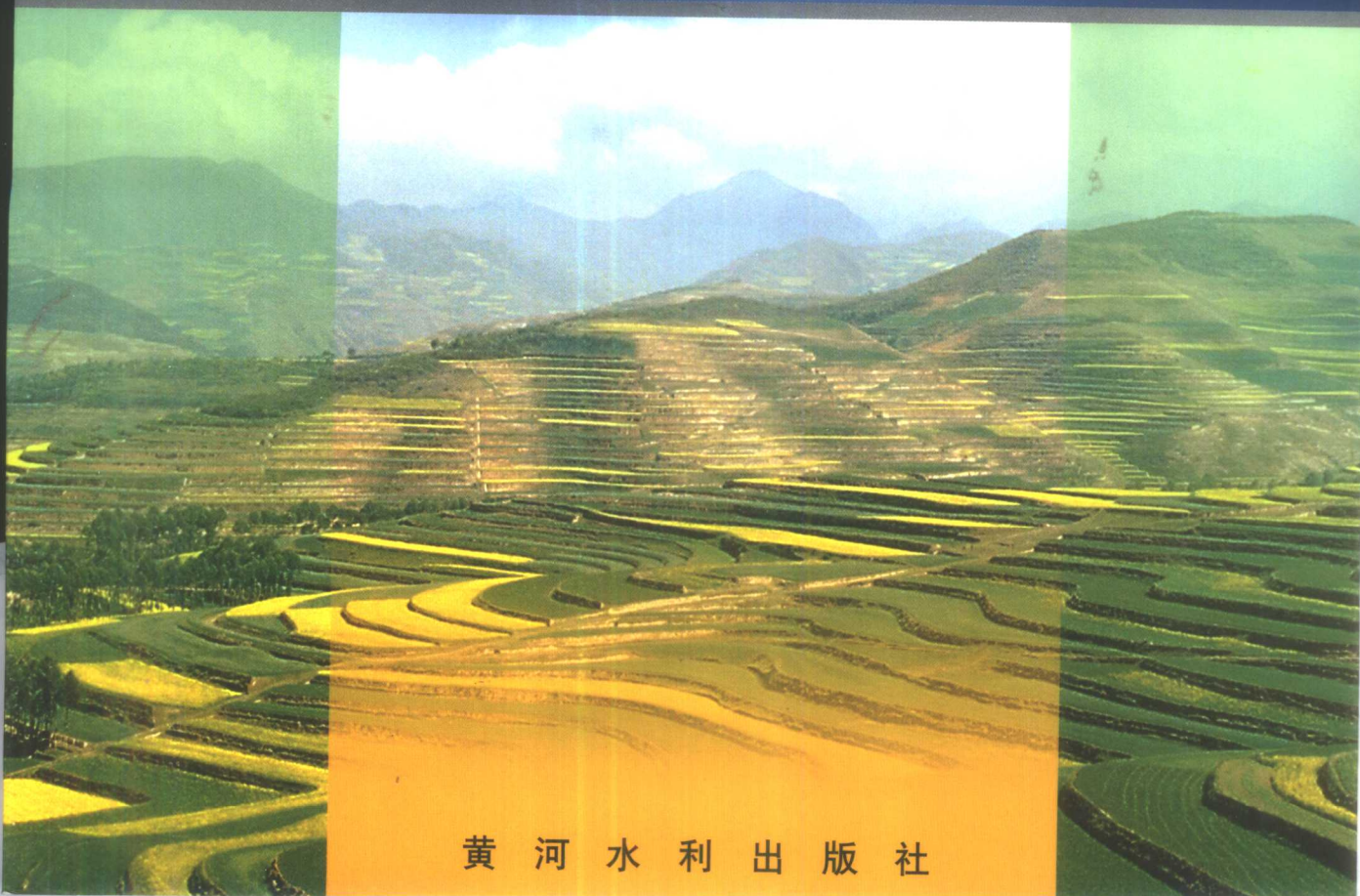


Prediction of Sediment Reducing Benefit of
Soil and Water Conservation on the Loess Plateau

黄土高原水土保持减沙效益预测

王万忠 焦菊英 著



黄河水利出版社

Prediction of Sediment Reducing Benefit of
Soil and Water Conservation on the Loess Plateau

黄土高原水土保持减沙效益预测

王万忠 焦菊英 著

黄河水利出版社

内 容 简 介

本书是作者承担国家“九五”科技攻关专题“黄土高原水土保持效益区域性评估及主体措施配置”的研究成果。全书共分七章,主要包括侵蚀产沙环境与区域分异特征、水土保持单项措施的减沙效益、重点治理区的划分与水土保持措施配置、不同水文年型与不同治理程度下的水土保持减沙效益预测。可供有关研究黄土高原水土保持、生态环境、水文泥沙、自然地理等方面的专业人员及高等院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄土高原水土保持减沙效益预测/王万忠,焦菊英著.
郑州:黄河水利出版社,2002.8
ISBN 7-80621-587-5

I. 黄… II. ①王… ②焦… III. 黄土高原-水土保持-研究 IV. S157

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 052229 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:yrp@public2.zz.ha.cn

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 毫米×1 092 毫米 1/16

印张:9

字数:208 千字

印数:1—1 100

版次:2002 年 8 月第 1 版

印次:2002 年 8 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-587-5/S·44

定价:20.00 元

前 言

近 50 年来的黄土高原综合治理使得这一地区的生态环境发生了很大变化,其最为明显的变化乃是对入黄泥沙的减少和对区域间侵蚀产沙强度变化的影响。因此,在研究治理前后黄土高原侵蚀产沙强度的空间变化特征,和对单项水土保持措施减沙效益系统分析的基础上,通过对不同区域水土保持措施的优化配置,来预测未来黄土高原水土流失的程度是十分必要的。

该项研究的内容主要包括四个部分:一是采用“水文—地貌法”,即水文站实测值与侵蚀形态类型相结合的方法,将黄土高原划分为 292 个侵蚀产沙单元,分别对治理前后不同类型区、不同侵蚀带和主要支流侵蚀产沙强度的时空变化特征进行了分析;二是对水平梯田、林草措施和淤地坝三类主要水土保持措施不同降雨条件和不同质量的减沙效益进行了计算;三是将黄土高原主要产沙区(年侵蚀模数 $\geq 5\,000\text{t}/\text{km}^2$)根据流域单元、侵蚀类型和植被带等因素划分为 10 个不同的治理区,对每个治理区进行了措施的模拟配置;四是根据单项水土保持措施的减沙效益和整体措施的模拟配置结果,计算出了不同治理区在不同水文年型与不同治理程度下的减沙效益,并对不同治理程度下未来黄河泥沙量进行了预测。

该项研究应用了国家“七五”科技攻关“黄土高原地区资源环境调查”项目、黄河水利委员会水文站、黄土高原水土保持试验站等有关基础资料和数据,以及前人有关侵蚀类型区划分和黄河中游水利水保措施减沙效益的研究成果。在此表示衷心感谢!

作 者

2002 年 6 月

641242/04

目 录

前 言

第一章 绪论	(1)
第一节 侵蚀产沙概况	(1)
第二节 侵蚀产沙环境	(2)
第三节 水土保持进展	(7)
第二章 侵蚀产沙的区域分异特征	(9)
第一节 侵蚀产沙量的计算	(9)
第二节 侵蚀产沙特征	(27)
第三节 主要支流的侵蚀产沙特征	(32)
第四节 不同类型区的侵蚀产沙特征	(41)
第五节 不同侵蚀带的侵蚀产沙特征	(47)
第六节 黄土高原侵蚀产沙来源与产沙中心	(50)
第三章 水土保持措施的减沙效益	(53)
第一节 水平梯田的减沙效益	(53)
第二节 林草措施的减沙效益	(57)
第三节 淤地坝的减沙效益	(65)
第四章 重点治理区的措施配置	(75)
第一节 治理区的划分	(75)
第二节 不同治理区的侵蚀环境特征	(77)
第三节 不同治理区的社会经济特征	(83)
第四节 水土保持措施配置	(87)
第五章 水土保持减沙效益预测	(92)
第一节 预测方法	(92)
第二节 预测结果	(95)
第六章 水土保持防蚀减沙效益评价	(114)
第一节 单项措施的防蚀减沙效益	(114)
第二节 中小尺度的综合治理效益	(115)
第三节 区域性减沙效益评价	(117)
第四节 坡面水土保持措施减沙作用的评价	(123)
第七章 总 结	(126)

CONTENTS

Foreword

Chapter 1 Introduction	(1)
1.1 General situation of erosion sediment yield	(1)
1.2 Environment of erosion sediment yield	(2)
1.3 Progress of soil and water conservation	(7)
Chapter 2 Regional variation of erosion sediment yield	(9)
2.1 Calculation of erosion sediment yield	(9)
2.2 Features of erosion sediment yield	(27)
2.3 Features of erosion sediment yield in main tributaries	(32)
2.4 Features of erosion sediment yield in different soil erosion type areas	(41)
2.5 Features of erosion sediment yield in different soil erosion belts	(47)
2.6 Erosion sediment yield resources and sediment yield centers on the loess plateau	(50)
Chapter 3 Sediment reducing benefit of soil and water conservation measures	(53)
3.1 Sediment reducing benefit of level terrace	(53)
3.2 Sediment reducing benefit of forest and grass	(57)
3.3 Sediment reducing benefit of warping dam	(65)
Chapter 4 Collocation of soil and water conservation measures in emphases control area	(75)
4.1 Division of control areas	(75)
4.2 Erosion environment features of control areas	(77)
4.3 Social and economic features of control areas	(83)
4.4 Collocation of soil and water conservation measures	(87)
Chapter 5 Prediction of sediment reducing benefit of soil and water conservation	(92)
5.1 Prediction methods	(92)
5.2 Prediction results	(95)
Chapter 6 Estimation of benefit of soil erosion preventing and sediment reducing of soil and water conservation	(114)
6.1 Benefit of soil erosion preventing and sediment reducing of single measures	(114)
6.2 Synthetical control in small and middle area	(115)
6.3 Estimation of regional sediment reducing benefit	(117)
6.4 Estimation of sediment reducing benefit of slope measures	(123)
Chapter 7 Conclusion	(126)

第一章 绪 论

第一节 侵蚀产沙概况

一般认为,黄土高原范围是东起太行山西坡,西至乌鞘岭和日月山东坡,南达秦岭北坡,北止长城,约 39 万 km^2 。在黄土高原的水土保持研究中,从水沙来源和水系流域的完整性考虑,人们往往把其北部界线扩展到大青山、阴山以南,包括了整个黄河中游,面积约 62 万 km^2 ,称之为黄土高原地区。

黄河流域集水面积 75.2 万 km^2 。一般认为上、中、下游的界线以托克托、花园口为界线。黄河河源至内蒙古托克托县河口镇为上游,区间面积 38.6 万 km^2 ;河口镇至郑州的桃花峪(以花园口站为界)为中游,区间面积 34.4 万 km^2 ;桃花峪至河口为黄河下游,面积为 2.2 万 km^2 。

黄土高原的水土流失主要集中在黄河中游的黄土高原部分,以及上游的祖厉河、清水河流域。主要包括中游河口镇至龙门区间的各个支流,泾、洛、渭、汾流域以及上游的祖厉河、清水河流域,面积约 31 万 km^2 。经统计计算,1955~1969 年黄土高原的年均侵蚀产沙量为 19.5 亿 t,1970~1989 年年均为 12.2 亿 t,1955~1989 年年均为 15.4 亿 t。根据 1955~1989 年的平均统计结果,黄土高原大于 $5\,000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 强度以上的侵蚀面积为 13.3 万 km^2 ,其中 1955~1969 年为 14.7 万 km^2 ,1970~1989 年为 10.5 万 km^2 ;大于 $10\,000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 极强烈以上侵蚀的面积为 5.7 万 km^2 ,其中 1955~1969 年为 8.7 万 km^2 ,1970~1989 年为 2.5 万 km^2 。

李雪梅等^[1]经过卫星图片和地貌图综合修正,确定黄河中游多沙区(年输沙模数大于 $5\,000\text{t}/\text{km}^2$)的面积为 11.9 万 km^2 (未包括上游祖厉河流域 0.5 万 km^2 和零星分布的面积)。景可等^[2]将年侵蚀模数大于黄河中游年均侵蚀模数($4\,039\text{t}/\text{km}^2$,1970~1989 年统计值)称为多沙区,总面积为 14.4 万 km^2 ,其中集中连片的 12.4 万 km^2 。按照景可关于多沙区的确定办法,我们计算 1970~1989 年大于黄土高原平均年侵蚀模数($3\,928.4\text{t}/\text{km}^2$)的面积共有 13.2 万 km^2 ,扣除祖厉河的 0.5 万 km^2 ,多沙区面积为 12.7 万 km^2 。关于多沙区的面积,在同一统计时段(年代)有关计算结果基本一致。

黄土高原侵蚀产沙的区域空间分布具有以下几个特点:

(1)空间集中度非常高,10%的面积集中了 35%的产沙量,30%的面积集中了 70%的产沙量,50%的面积集中了 90%的产沙量。

(2)黄土高原侵蚀产沙主要来自河龙区间(占总产沙量的 55%)和泾、洛、渭河上游地区(占总产沙量的 35%),其中以黄土峁状丘陵沟壑区和干旱黄土丘陵沟壑区的侵蚀产沙最为严重(占总产沙量的 50%以上)。

(3)黄土高原大于 $5\,000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 强度以上的侵蚀面积虽只占全区总面积的 42.8%,

但产沙量却占全区总产沙量的 85%,其中大于 $10\,000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的极强烈以上的侵蚀面积占全区总面积的 18.4%,产沙量占全区总产沙量的近 50%。

根据 1955~1969 年和 1970~1989 年的分段统计结果,70 年代以后,由于降雨因素和水土保持作用的影响,黄土高原的侵蚀产沙特征发生了显著变化,主要表现在:侵蚀产沙量年均减少了 37.7%,由未治理前的 19.5 亿 t 减少到 12.2 亿 t;全区平均侵蚀模数由未治理前的 $6\,302.1\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 减小到 $3\,928.4\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$;侵蚀模数 $>5\,000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的面积减少了 28.8%,由未治理前的 14.7 万 km^2 减少到 10.5 万 km^2 ,侵蚀模数 $>10\,000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 的面积减少了 71.8%,由未治理前的 8.7 万 km^2 减少到 2.5 万 km^2 。

黄土高原侵蚀产沙主要集中在汛期的几场暴雨。经统计,年最大一次降雨的侵蚀产沙量可占全年总产沙量的 60%,最大 2 次降雨的侵蚀产沙量占全年总产沙量的 80% 以上;在 1955~1989 年的 35 年系列中,最大 3 年的产沙量可占 35 年总产沙量的 25%,最大 10 年的产沙量可占总产沙量的近 60%。因此,一个地区的侵蚀产沙决定于这个地区暴雨发生的频率。

第二节 侵蚀产沙环境

一、地 貌

黄土高原是我国一个独特的地貌单元,它的四面均为高山环绕,整个地势由西北向东南倾斜。区内沟壑纵横,地形起伏较大,境内的中、低山面积 12 万~13 万 km^2 ,主要有六盘山、吕梁山、黄龙山、崂山、子午岭等。六盘山和吕梁山两个主要山脉将黄土高原分为三块区域。六盘山以西的西部为陇西盆地,海拔 1 500~2 000m;六盘山和吕梁山之间的中部为陕北高原,海拔 1 500m 左右;吕梁山以东的东部是山西高原,海拔在 1 000m 左右。除了一些主要的山地外,塬、梁、峁是黄土高原最主要的地貌形态。完整的黄土高原主要分布在黄土高原的南部,如洛川塬、董志塬。破碎塬以晋西隰县和大宁一带最为典型。黄土高原的中北部主要为梁峁丘陵。六盘山以西多为宽梁大峁,梁体延伸几平方公里到几十平方公里。六盘山以东多为短梁小峁。

黄土高原的现代地貌是在古地貌的基础上形成的。关于黄土高原的地貌类型,有的以成因分类,有的以形态分类,有的将其二者结合起来分类。与土壤侵蚀关系密切的主要是山地地貌和黄土地貌。

(一) 山地地貌

区内主要山地有吕梁山、黄龙山、子午岭、白于山、屈武山、六盘山和陇山。吕梁山位于山西省西部,山体呈南北走向,自南而北有火焰山、关帝山、芦芽山、管涔山等较高山峰,一般都不超过 2 500m。黄龙山位于黄龙及其邻近县境内,为南北走向。子午岭与黄龙山平行,是黄土覆盖的山地,主峰海拔 1 687m,向北与白于山构成不完整山系。六盘山位于宁甘交界处,亦呈南北走向,山势陡峭,主峰海拔 2 942m;向南余脉为陇山,向北余脉为屈武山。六盘山和吕梁山是黄土高原侵蚀强度区域差异的主要界限^[3],六盘山以西和吕梁山以东的大部分地区,侵蚀强度都在 $5\,000\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ 以内,只有渭河上游流域和祖厉河流

域达到 $5\,000 \sim 7\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。两山之间地区的侵蚀强度普遍较大,但有明显的南北差异。渭河北山以南的侵蚀强度多小于 $1\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,渭河北山至庆阳—延安—离石一线之间,多在 $2\,500 \sim 5\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。庆阳—延安—离石一线以北一般在 $5\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 以上。

(二) 黄土地貌

黄土地貌的主要类型有黄土山地、丘陵宽谷、丘陵宽谷沟壑、丘陵沟壑、黄土高原和山间黄土平原。黄土塬、梁、峁地形是构成今日黄土高原的基本地貌类型。黄土塬地势宽阔平坦,黄土厚一般 $130 \sim 200 \text{ m}$,主要分布在白于山以南地带。黄土塬和台塬是在下伏古地形的基础上,黄土堆积后,经河流下切而形成。同时,经流水侵蚀及被沟壑蚕食,形成黄土残塬或破碎塬,并可演变成残塬梁峁地形^[4]。黄土梁峁主要分布于高原西部及中部北段。因古地貌为起伏不平的丘陵,则黄土堆积地貌也同样呈波浪起伏状。由于晚近期构造活动以隆升为主,故侵蚀强烈,沟谷冲沟下切,地表遭到严重破坏,因而产生众多的峁丘和梁岗,一般将前者称为黄土峁,后者称为黄土梁^[5]。黄土峁通常分布在侵蚀比较活跃的地区,如陕北绥德、米脂、子洲一带。黄土梁主要分布在六盘山以西陇中盆地,陕北横山、榆林、神木、府谷一线以北,以及白于山南侧的吴旗、志丹等地。

地貌形态与土壤侵蚀之间存在着密切的关系。按地貌形态可将黄土高原划分为不同的侵蚀类型区^[6],以丘陵沟壑区和台塬沟壑区侵蚀产沙最为严重,分别占黄土高原总产沙量的 80% 和 12%。丘陵沟壑区的侵蚀模数大都在 $5\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 以上,其中峁状丘陵沟壑区和平岗丘陵沟壑区的侵蚀模数超过或接近 $10\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$,梁状丘陵沟壑区和干旱黄土丘陵沟壑区的侵蚀模数接近 $7\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。台塬沟壑区的侵蚀模数除黄土阶地在 $2\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 左右外,高塬沟壑区和残塬沟壑区的侵蚀模数分别超过 $5\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 和 $10\,000 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。

二、土 壤

黄土是一种质地均匀,结构疏松,钙质含量丰富,具有大孔隙的第四纪风成堆积物。其粒度组成以粉砂为主,多属粉砂壤土至粉砂黏壤土,具有明显的水平分带特征,黄土质地呈现着由北而南、由西而东逐渐变细的规律。刘东生院士根据黄土颗粒组成中细砂与黏粒的含量,将新黄土划分为沙黄土、黄土与黏黄土三个带,其颗粒组成自鄂尔多斯高原南沿开始,自西北向东南由粗逐渐变细。中值粒径从西北部的大于 0.045 mm 逐渐减小到东南部的 0.015 mm 。在黄土颗粒组成中, $0.25 \sim 0.05 \text{ mm}$ 的颗粒含量从西北沙黄土带的 57.85% 减小到南部黏黄土带的 4.5% 左右^[7]。

黄土高原主要地带性土壤有褐土、黑垆土和栗钙土,其中以黑垆土为主。在广大的黑垆土分布地区,由于人为不合理的耕种与强烈的水土流失,黑垆土剖面被侵蚀殆尽,黄土和红土母质出露,形成了大面积的初育土壤黄绵土和红土。

与水土流失有关的是土壤的渗透性、抗蚀性和抗冲性。黄土是渗透性很强的第四纪松散沉积物,土壤稳定入渗速率一般在 $0.5 \text{ mm}/\text{min}$ 以上。蒋定生^[7]根据黄土高原土壤入渗速率的地域差异性,将其划分为 5 个土壤入渗速率区:子午岭、黄龙山土壤入渗速率极快区(稳定入渗速率 $5 \sim 12 \text{ mm}/\text{min}$);华家岭、董志塬土壤入渗速率很快区(稳定入渗速

率 $1.3 \sim 3.5 \text{ mm/min}$);延安等地土壤入渗速率较快区(稳定入渗速率 $1.1 \sim 1.3 \text{ mm/min}$);长城沿线、黄河峡谷和泾洛渭台塬土壤入渗速率一般区(稳定入渗速率 $0.5 \sim 1.0 \text{ mm/min}$);陕东、豫西北土壤入渗速率较慢区(稳定入渗速率 $<0.5 \text{ mm/min}$)。

20世纪50年代后期,朱显谟发现在疏松黄土进行的水蚀常是分散和冲刷同时进行,而且冲刷过程非常强烈,常常大大地掩盖分散的强度,随后于1960年提出抗冲性概念,并将土壤的抗侵蚀力区分为抗蚀性和抗冲性两类^[8],认为土壤抗蚀性是指土壤抵抗水的分散和悬浮的能力,其大小主要取决于土粒和水的亲和力;土壤抗冲性表示土壤抵抗地表径流机械破坏和搬运的能力,它主要取决于土粒间和微结构体间的胶结力。

影响黄土高原土壤抗蚀性的主导因子是腐殖质及黏粒含量,水稳性团粒含量是反映黄土高原土壤抗蚀性的最佳指标。黄土高原土壤抗蚀性的地域分异是东南部最强,西部居中,而北部最弱。王佑民^[9]根据水稳性团聚体与腐殖质含量的关系以及土地利用情况,将黄土高原土壤抗蚀性分为6级。如果水稳性团聚体含量已达到某一级别,但土壤的腐殖质含量低于该级别的值,则土壤抗蚀性应列入较小的一级。

土壤抗冲性实质上是土壤抵抗径流机械破坏的能力,主要与土壤机械组成、土壤容重、密实度以及土壤利用方式有关。测定土壤抗冲性的方法有多种,蒋定生^[7]采用土壤抗冲性系数(冲走 1 g 土壤所需的水量和时间),将黄土高原土壤抗冲性划分为5个区:子午岭、黄龙山、崂山黄绵土和黑壮土土壤抗冲性极强区(抗冲刷系数在 $98 \text{ L} \cdot \text{s/g}$ 以上);陇东、渭北、晋西残塬区黑垆土与塬土土壤抗冲性较强区(抗冲刷系数介于 $0.262 \sim 1.412 \text{ L} \cdot \text{s/g}$);陇中、宁南丘陵区黄绵土与黄麻土土壤抗冲性一般区(抗冲刷系数介于 $0.026 \sim 0.559 \text{ L} \cdot \text{s/g}$);晋西、陕北黄土丘陵区黄绵土土壤抗冲性很弱区(抗冲刷系数介于 $0.023 \sim 0.177 \text{ L} \cdot \text{s/g}$);宁、陕、蒙长城沿线黄土丘陵黄绵土与沙化黄绵土土壤抗冲性极弱区(抗冲刷系数介于 $0.010 \sim 0.047 \text{ L} \cdot \text{s/g}$)。

三、植被的地带性分布

黄土高原自东南向西北依次分布有森林、森林草原、典型草原和荒漠草原等四个植被带^[4]。

森林带位于黄土高原东南部,北界始于离石南部,沿西南方向,由山西石楼经陕西延川、延安,沿子午岭西麓,经志丹南部进入甘肃,折向西经平凉过关山北端,止于天水。包括吕梁山的南段、黄龙山、子午岭、关山等山地。带内气候属温暖半湿润气候,年降水量 $500 \sim 650 \text{ mm}$,主要植被为落叶阔叶林。根据土壤和植被类型的差异以及森林恢复的难易程度,本带又可划分成南北两个亚带,其分界线始于山西蒲县,经吉县过黄河,入陕西经黄龙、黄陵、彬县、陇县进入甘肃。南亚带土壤为褐土,植被以喜暖的栎林(麻栎、槲栎、栓皮栎)为主;北亚带较南亚带干旱,气温低,土壤为紫黑垆土,植被主要为半旱生落叶阔叶林,优势种有山杨、辽东栎、白桦等。

森林草原带南接森林带,北界始于神池,由兴县和临县间过黄河至绥德、志丹,经甘肃华池、宁夏固原,越六盘山过华家岭,终止定西南部,包括洛河中游、泾河中游和渭河上游、吕梁山中段、子午岭、六盘山等。带内地貌为起伏的黄土丘陵,海拔 $1\,000 \sim 1\,200 \text{ m}$ 。为半湿润一半干旱气候,干燥度 $1.4 \sim 1.8$,年均气温 $8.5 \sim 10^\circ \text{C}$,年均降水量 $450 \sim 550 \text{ mm}$,

地带性土壤为黑垆土,山地次生林下土壤为灰褐土。本带处于森林与典型草原之间的过渡地带,与森林带的最大差别是草原植被占有较大优势,其中具有代表性的有白羊草草原、长芒草—白羊草草原、芨芨—长芒草草原、长芒草—兴安胡枝子—杂类草草原。

典型草原带南接森林草原带,北界始于东胜,经定边、盐池、同心、海原,止于甘肃兰州以南,包括无定河上游、清水河上游、祖厉河上游以及白于山、屈武山等。带内气候为温暖半干旱气候,大部分地区干燥度 $1.8\sim 2.2$,年均降水量 $300\sim 450\text{mm}$,地貌为缓坡长梁状黄土丘陵,地带性土壤为轻黑垆土和少量的淡栗钙土。本带草原植被占优势,其中长芒草草原分布最广,其次为芨芨草原。与森林草原带相比,铁杆蒿草原成分下降,大针茅草原占据一定位置。

荒漠草原带位于黄土高原水土流失区的西北端,东南接典型草原带,面积较小。气候为半干旱—干旱气候,干燥度 $2.2\sim 3.0$,年均降水量小于 300mm 。地带性土壤为棕钙土和灰钙土,土壤沙性重。因地处黄土区边缘,带内丘陵平缓,谷地开阔,各种类型的短花针茅草原广为分布。由于区域性差异,西部除短花针茅外,还有灌木亚菊、中亚紫菀木等;东部在短花针茅草原中常伴生戈壁针茅、沙生针茅,地形较高处还常生长着长芒草草原。在黄土与沙地复合地区,黄土上为短花针茅、戈壁针茅草原,沙地上则生长着苦豆子等。

杨文治^[10]将上述植被带与土壤水分生态区进行综合研究,根据土壤水分循环补偿特征和乔灌木树种的生态适宜性,提出了黄土高原地区造林土壤水分生态分区:

(1)暖温带半湿润区土壤水分均衡补偿人工乔林适生区,包括晋东中部黄土丘陵、晋陕汾渭盆地、黄土覆盖的子午岭—桥山—黄龙林区、晋南豫西黄土丘陵区,以及秦岭北麓一带。

(2)暖温带半湿润区土壤水分准均衡补偿人工乔灌林适生区,包括晋陕中部黄土丘陵区、陇东南黄土丘陵、陇东渭北黄土塬区。

(3)暖温带—温带半干旱区土壤水分周期亏缺与补偿失调人工灌乔林适生区,包括晋陕北部黄土丘陵区、陇中南部黄土丘陵区、晋中北部黄土丘陵区、内蒙古黄土丘陵区、鄂尔多斯草原东部、宁夏盐池和甘肃白银—皋兰—兰州一线。

(4)温带干旱区土壤强烈干旱林木非适生区,包括宁夏内蒙古黄河沿岸地带、鄂尔多斯高原西部、甘肃靖远—景泰—永登一线。

四、降 水

黄土高原年降水量由东南向西北逐渐减少。600mm等雨量线在晋东南沁河流域的沁源、运城、阳城到豫西的三门峡及秦岭北麓的潼关、马渡王、斜峪关、林家村一线。550mm等雨量线由东向西经过垣曲、运城拐向北,经过黄龙、富县、太白镇,再向南到正宁、旬邑、泾川、华亭。550mm等雨量线变化大的原因主要受地形和植被状况的影响。在550~600mm雨量带中可分为三大雨区:一是晋东南雨区;二是渭北及子午岭雨区;三是泾河上游雨区。500mm等雨量线从东经临县、离石、隰县,向北到子长、志丹、庆阳,向南到隆德、秦安、天水。500~550mm的雨带中也包括三个雨区:一是晋中和晋陕交界的东部雨区;二是位于泾河和北洛河上游陇东和陕北的中部雨区;三是六盘山南段一带的西部雨区。400mm等雨量线基本沿长城沿线,经偏关、神木、榆林、靖边、环县、固原北部到定

西一带。在 400~500mm 等雨量线中,受地形影响有三个主要降雨区:一是晋北云中山、芦芽山、五台山的东部地区;二是陕北的中部地区;三是六盘山和华家岭一带的西部地区。300mm 等雨量线从阴山南坡的阿塔山向西穿过毛乌素沙漠经盐池、同心到靖远。

黄土高原降雨的时间分配比较集中,在年降雨中,夏季(6~8 月)雨量占年雨量的 50%~60%,其中北部地区一般占 65%,中西部地区占 55%,南部地区占 45%;秋季(9~11 月)雨量占年雨量的 20%~30%;冬季(12 月~次年 2 月)雨量占年雨量的 1.5%~3.0%;春季(3~5 月)雨量占年雨量的 13%~20%。

暴雨是造成黄土高原水土流失最主要的降水形式。黄土高原的暴雨可分为三种类型:一类是局地强对流条件引起的小范围、短历时、高强度局地暴雨,可占总暴雨次数的 50%左右。这类暴雨降雨历时在 30~120min(一般不超过 180min),雨量为 10~30mm(一般不超过 50mm),主要降雨历时只有几分钟或十几分钟,时程分布为单峰型。第二类是由锋面型降雨夹有局地雷暴性质的较大范围、中历时、中强度暴雨,可占总暴雨次数的 35%左右。这类暴雨的降雨历时在 3~12h,一般不超过 24h,次降雨量为 30~100mm,时程分布多为双峰型。第三类是由锋面降雨引起的大面积、长历时、低强度暴雨,可占总暴雨次数的 5%左右。

由于黄土高原的暴雨与地理位置和地形因素密切相关,因此,在黄土高原分布着许多暴雨区和暴雨中心,主要有:东部济源暴雨区(赵礼庄、小浪底、八里胡同);太行山南麓暴雨区(长治、陵川);沁河中上游暴雨区(古县、沁源、安泽);秦岭北麓暴雨区(涝峪口、大峪、罗李村);渭北暴雨区(千阳、旬邑、淳化、耀县);北洛河中游暴雨区(黄陵、洛川、黄龙);泾河中上游暴雨区(平凉、庆阳、泾川);渭河上游暴雨区(秦安、天水、渭源);吉(县)龙(门)暴雨区(吉县、龙门);延河、清涧河暴雨区(延安、子长);吕梁西侧暴雨区(临县、榆林、吴堡、石楼);吕梁山东侧朔州暴雨区(朔州);晋中太原暴雨区(昔阳、太原、汾河二坝);无定河上游暴雨区(榆林、韩家峁、纳林河);河(曲)神(木)暴雨区(黄甫、神木、高家堡);大青山南侧暴雨区(呼和浩特、大脑包、哈德门沟、头道拐);贺兰山东侧暴雨区(中宁、贺兰、银川)。

黄土高原暴雨的发生频率,六盘山以西的地区年均只有 2 次,无暴雨年数占 1/4;中北部地区年均 3~5 次,几乎每年都有暴雨发生;东南部地区年均 6 次左右,最多年超过 10 次。从各地特大暴雨的发生频率看,特大暴雨发生频率比较高的几个地区是:宁夏的银川;内蒙古的呼和浩特、包头、准格尔旗;陕北的榆林、神木、延安、黄陵;渭北的千阳、耀县、淳化;秦岭北麓的眉县、户县、长安、蓝田;晋西北的柳林、中阳;晋中的太原、朔州;晋东南的运城、永济、古县、沁源、陵川、长治;河南的济源、孟津、沁阳等地区。

五、人为活动

人类活动加剧水土流失,主要是在明清以后。表现在 3 个方面:

一是人口的增长。从秦、汉经隋、唐直至明末,黄土高原地区的总人口一直徘徊在 1 000 万~1 500 万之内。典型的黄土丘陵沟壑区的人口密度每平方公里一般不超过 10 人。但到清代道光年间黄土高原地区人口达 4 100 万,基本奠定了现代人口的基础。当时主要典型黄土区的人口密度已接近目前的水平。1985 年,黄土高原典型黄土区人口密度已比汉代的人口密度超出 10 倍,尤其是陕北榆林南部、陇中宁南、兰州地区及青海东

部,有的地区人口密度已接近 200 人/ km^2 ,是汉代的 20 倍^[5]。

二是土地的不合理利用。历史资料考证,黄土高原曾是塬面广阔,沟壑稀少,草木丰茂地区。随着人口的不断增加,因开垦而使天然林草植被的破坏愈来愈严重。当今,黄土高原现有的林草分布因人为的破坏,已丧失了连片的地带性规律,森林覆盖率仅 6.5%。占总土地面积 30% 的草地,其中约有 60% 已退化或沙化。在绝大部分天然植被遭到破坏的情况下,显然人类加速侵蚀的地区已超过自然侵蚀^[11]。明清前的子午岭地区森林茂密,山清水秀,随着人口的增长,毁林开荒日趋严重,明清时代森林已遭到大面积破坏,土壤侵蚀发展已十分严重,到了清末的 1866 年,因战乱和民族纠纷,人口逃亡,田地荒芜,植被又逐渐自然恢复,形成了今日的次生景观。近 30 年,林区内的正宁、宁县、富县林地减少了 16.3 万 hm^2 。

三是工矿道路等建设。黄河中游有着丰富的矿产资源,大多分布于多沙粗沙区,如神木、府谷、榆林、横山、定边等县,资源开发涉及的支流有土壤侵蚀严重的黄甫川、孤山川、窟野河、秃尾河、无定河等。而煤炭等资源的大规模开采,铲除地表原有植被,移动大量的岩石土体,造成地表土层松动,地下岩性物质出露,易风化成碎屑,并伴有滑坡、崩塌等重力侵蚀,水土流失加剧。随着矿产资源开发规模的扩大,交通及其他基本建设也迅速发展,大规模的铁路、公路建设已全面展开。由于黄土高原地形破碎,单位路长动土量大,将促进地表的强烈侵蚀产沙。据统计,无定河流域 1950~1985 年仅修建窑洞、修路和开矿共新增加 3.092 亿 t 泥沙(姚文艺,1987 年);山西省公共交通活动每年增沙 6 000 万 t(山西省水保局,1986 年);陕北农村近年建窑 133 万孔,移动土石方约 2.66 亿 m^3 。据粗略估算,黄土高原由于建窑、筑路、基本农田建设和筑坝等,每年移动的土石方量约 5 亿~6 亿 t,相当于黄河年输向下游沙量的 1/3。黄土高原的矿产资源十分丰富,是我们的能源重化工基地,目前采矿造成的土壤流失十分严重,近年来窟野河沙量增加与采煤有直接关系。据估算,晋、陕、蒙接壤区(面积约 4.57 万 km^2),如果采煤时防蚀措施不力,每年将向黄河多输送数千万吨泥沙^[5]。

第三节 水土保持进展

鉴于黄河水沙危害和黄土高原区域经济的发展,国家对这一地区的水土保持工作给予了高度的重视,开展了以工程措施、植物措施、耕作措施相结合,坡面与沟道治理相结合,以小流域为单元的综合治理工作,取得了突出的成效。截至 2000 年底,累计完成初步治理水土流失面积 18.45 万 km^2 ,占水土流失面积的 40%。

梯田、坝地等基本农田是最主要的水土保持措施,到 1995 年底,兴建的基本农田已达 517 万 hm^2 ,其中梯田 380 万 hm^2 ,这些梯田主要分布于陇东、陇中、陕北、渭北、晋西、豫西、宁南和海东地区,其中甘、陕、晋三省面积最多,分别达 130 万 hm^2 、90 万 hm^2 、80 万 hm^2 ^[12]。营造水土保持林 800 万 hm^2 ,种草 200 万 hm^2 ,建造了 800 多座治沟骨干工程和 400 余万座淤地坝、水窖等蓄水保土工程,扩大灌溉面积 3.3 万 hm^2 ,保护耕地 13.3 万 hm^2 ^[13]。

水土保持产生了显著的社会效益、经济效益和生态效益。累计增产粮食 593 亿 kg,

生产果品 250 亿 kg,产枝材 350 亿 kg,产饲草 250 亿 kg。1970 年以来,水保措施每年平均减少入黄泥沙约 3 亿 t,是黄河多年平均输沙量 16 亿 t 的 18%^[13]。

参 考 文 献

- 1 李雪梅,杨汉颖,林银平,徐建华.黄河中游多沙粗沙区区域界定.人民黄河,1999,21(12):9~11
- 2 景可,李钜章,李凤新.黄河中游粗沙区范围界定研究.土壤侵蚀与水土保持学报,1997,3(3):10~15
- 3 景可等.黄河泥沙与环境.北京:科学出版社,1993
- 4 吴钦孝,杨文治主编.黄土高原植被建设与持续发展.北京:科学出版社,1998
- 5 孟庆枚主编.黄土高原水土保持.郑州:黄河水利出版社,1996
- 6 水利部黄河水利委员会.黄河流域地图集.北京:中国地图出版社,1989
- 7 蒋定生等.黄土高原水土流失与治理模式.北京:中国水利水电出版社,1997
- 8 朱显谟.黄土高原枯落物因素对水土流失的影响.土壤学报,1960,8(2):110~121
- 9 王佑民等.黄土高原土壤抗蚀性研究.水土保持学报,1994(4):11~16
- 10 杨文治等.黄土高原地区造林土壤水分生态分区研究.水土保持学报,1994,8(1):1~9
- 11 叶青超主编.黄河流域环境演变与水沙运行规律研究.济南:山东科学技术出版社,1992
- 12 高荣乐.黄河流域水土保持梯田建设.中国水土保持,1996(10):30~32
- 13 段巧甫.黄河流域水土保持工作成绩斐然.中国水土保持,1996(10):3~6

第二章 侵蚀产沙的区域分异特征

第一节 侵蚀产沙量的计算

一、侵蚀产沙单元的划分

目前,在黄土高原区域侵蚀产沙量计算与空间分异特征的研究中,能够直接应用且比较可靠、系统的实测资料是这一地区的水文站泥沙观测资料。但由于黄土高原土壤侵蚀类型复杂,区域差异较大,在一个面积不大的流域内常常包含着几种侵蚀类型和多种侵蚀方式。而水文站测得的输沙量只能说明流域的平均侵蚀产沙状况,不能反映出不同侵蚀类型区的侵蚀强度差异。据此,我们采用水文站实测值与侵蚀形态类型相结合的方法(亦称“水文—地貌法”),划分若干不同的侵蚀产沙单元(指同一水文控制区内相同侵蚀形态类型的连片区域),计算各单元的侵蚀产沙强度和侵蚀产沙量。

根据黄土高原水文站的布设情况和水文泥沙资料的观测历史(大部分站的观测资料都是从 1955 年开始的),共可划分为 120 个水文控制区(可能划分的最小区域)。

在 120 个水文控制区的基础上,将土壤侵蚀类型区图^[1]叠加在水文控制区分布图上,然后在同一水文控制区内,按照不同侵蚀形态类型的区域界线划分侵蚀产沙单元,对于具有同一侵蚀形态类型而不连接的区域,分别作为不同的侵蚀产沙单元。据此,共可划分成 292 个侵蚀产沙单元(见表 2-1 和图 2-1)。

二、侵蚀产沙量的计算

(一)水文控制区侵蚀产沙量的计算

单站控制区:流域上游或流域支流上游水文站控制的区域,其产沙量的计算是以该站的输沙量来代替,侵蚀强度为该站的输沙量除以该站的集水面积。

多站控制区:流域(支流)下游水文站与上游(支流)一个或多个水文站之间的区域,用下游水文站的输沙量减去上游水文站的输沙量作为该区域的产沙量,所得结果除以水文站控制区间的面积即为该水文控制区的侵蚀强度。

未控区:对于流域下游的未控制区域,以黄河干流水文站的分布情况划分区段,水文站控制区域则为黄河干流某区段两水文站及该区段内各流域出口水文站之间的区域。其产沙量为干流下游站的输沙量减去干流上游站及两站区间各支流出口站的输沙量,所得结果除以本区的面积则为该区域的侵蚀强度。

对于多站控制区和未控区,若所得结果为负值,说明泥沙沿程有淤积,视该区的产沙量为零。

表 2-1

侵蚀产沙单元的划分

流域	水文控制区			侵蚀产沙单元		
	编号	区间	面积(km ²)	编号	类型区	面积(km ²)
浑河	1	太平窑以上	3 406	1	黄土平岗丘陵沟壑区	3 133.6
				2	高原土石山区	137.8
				3	高原土石山区	134.6
	2	放牛沟—太平窑	2 055	4	黄土平岗丘陵沟壑区	2 055.0
偏关河	3	偏关以上	1 915	5	黄土平岗丘陵沟壑区	1 915.0
黄甫川	4	沙圪堵以上	1 351	6	黄土平岗丘陵沟壑区	635.0
				7	风沙草原区	716.0
				8	黄土平岗丘陵沟壑区	1 238.2
	5	黄甫—沙圪堵	1 848	9	风沙草原区	425.0
				10	风沙草原区	37.0
				11	库布齐沙漠	147.8
清水河	6	清水以上	735	12	黄土平岗丘陵沟壑区	602.7
				13	黄土峁状丘陵沟壑区	58.8
				14	风沙草原区	73.5
县川河	7	旧县以上	1 562	15	黄土平岗丘陵沟壑区	374.9
				16	黄土峁状丘陵沟壑区	1 187.1
黄河	8	府谷—(头道拐、放牛沟、偏关、旧县、清水、黄甫)	23 107	17	黄土平岗丘陵沟壑区	4 360.5
				18	黄土峁状丘陵沟壑区	1 265.9
				19	冲积平原区	562.6
				20	风沙草原区	351.7
				21	库布齐沙漠	492.3
孤山川	9	高石崖以上	1 263	22	黄土平岗丘陵沟壑区	656.8
				23	黄土峁状丘陵沟壑区	593.6
				24	风沙草原区	12.6
朱家川	10	下流碛以上	2 881	25	黄土峁状丘陵沟壑区	2 679.3
				26	高原土石山区	201.7
岚漪河	11	岢岚以上	476	27	黄土峁状丘陵沟壑区	261.8
				28	高原土石山区	214.2
	12	裴家川—岢岚	1 683	29	黄土峁状丘陵沟壑区	774.2
				30	高原土石山区	908.8
蔚汾河	13	碧村以上	1 476	31	黄土峁状丘陵沟壑区	782.3
				32	高原土石山区	693.7
窟野河	14	王道恒塔以上	3 839	33	黄土平岗丘陵沟壑区	307.1
				34	风沙草原区	3 531.9
	15	新庙以上	1 527	35	风沙草原区	1 527.0
				36	黄土平岗丘陵沟壑区	946.7
				37	黄土峁状丘陵沟壑区	386.4
	16	神木—(王道恒塔、新庙)	1 932	38	风沙黄土丘陵沟壑区	309.1
				39	风沙草原区	38.6
				40	风沙草原区	251.2
	17	温家川—神木	1 347	41	黄土峁状丘陵沟壑区	1 212.3
				42	风沙黄土丘陵沟壑区	134.7

续表 2-1

流域	水文控制区			侵蚀产沙单元		
	编号	区间	面积(km ²)	编号	类型区	面积(km ²)
秃尾河	18	高家堡以上	2 095	43	风沙黄土丘陵沟壑区	1 424.6
				44	风沙草原区	670.4
	19	高家川—高家堡	1 158	45	黄土崩状丘陵沟壑区	972.7
				46	风沙黄土丘陵沟壑区	185.3
佳芦河	20	申家湾以上	1 121	47	黄土崩状丘陵沟壑区	1 053.7
				48	风沙黄土丘陵沟壑区	67.3
湫水河	21	林家坪以上	1 873	49	黄土崩状丘陵沟壑区	1 517.1
				50	高原土石山区	355.9
黄河	22	吴堡—府谷—(申家湾、高家川、温家川、高石崖、下流碛、裴家川、碧村、林家坪)	6 966	51	黄土崩状丘陵沟壑区	6 269.4
				52	黄土残塬沟壑区	696.6
三川河	23	圪洞以上	749	53	黄土崩状丘陵沟壑区	134.8
				54	高原土石山区	614.2
	24	后大成—圪洞	3 353	55	黄土崩状丘陵沟壑区	1 877.6
				56	黄土残塬沟壑区	67.1
屈产河				57	高原土石山区	1 408.3
	25	裴沟以上	1 023	58	黄土崩状丘陵沟壑区	879.8
				59	高原土石山区	143.2
无定河	26	韩家峁以上	2 452	60	风沙草原区	2 452.0
	27	横山以上	2 415	61	黄土崩状丘陵沟壑区	603.7
				62	风沙黄土丘陵沟壑区	1 449.0
				63	风沙草原区	362.3
	28	殿市以上	327	64	黄土崩状丘陵沟壑区	327.0
	29	赵石窑—(韩家峁、横山、殿市)	10 131	65	风沙黄土丘陵沟壑区	1 519.7
				66	风沙黄土丘陵沟壑区	1 215.7
				67	风沙草原区	7 395.6
	30	丁家沟—赵石窑	8 097	68	黄土崩状丘陵沟壑区	2 591.1
				69	风沙黄土丘陵沟壑区	1 538.4
				70	风沙草原区	3 967.5
	31	青阳岔以上	662	71	黄土崩状丘陵沟壑区	662.0
	32	李家河以上	807	72	黄土崩状丘陵沟壑区	807.0
	33	绥德—(青阳岔、李家河)	2 424	73	黄土崩状丘陵沟壑区	2 424.0
	34	白家川—(绥德、丁家沟)	2 902	74	黄土崩状丘陵沟壑区	2 902.0
清涧河	35	子长以上	913	75	黄土崩状丘陵沟壑区	748.7
				76	黄土梁状丘陵沟壑区	164.3
	36	延川—子长	2 555	77	黄土崩状丘陵沟壑区	1 941.8
				78	黄土梁状丘陵沟壑区	613.2
昕水河				79	黄土崩状丘陵沟壑区	159.7
	37	大宁以上	3 992	80	黄土梁状丘陵沟壑区	2 155.7
				81	黄土残塬沟壑区	239.5
				82	高原土石山区	1 437.1