

黄土高原沟壑区

基于径流调控利用的 多元综合治理模式研究

高健翎 赵安成 李怀有 宋孝玉 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

黄土高塬沟壑区

基于径流调控利用的 多元综合治理模式研究

高健翎 赵安成 李怀有 宋孝玉 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书系统阐述了黄土高原沟壑区水土保持综合治理模式研究方面取得的系列化成果,突出了径流调控利用理论与工程实践紧密结合的特点。全书共分为六章。第一章论述了水土保持流失规律与径流调控关系;第二章论述综合治理模式的研究与运用情况;第三章至第五章分别论述塬面、坡面、沟道的治理模式与技术;第六章论述了水土保持综合治理成效的监测方法。

本书可供干旱半干旱区水土保持技术人员使用,也可作为相关大专院校师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

黄土高原沟壑区基于径流调控利用的多元综合治理模式研究 / 高健翎等编著. — 北京: 中国水利水电出版社, 2010.8

ISBN 978-7-5084-7787-9

I. ①黄… II. ①高… III. ①黄土高原—沟壑—水土保持—综合治理—研究 IV. ①S157.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第164266号

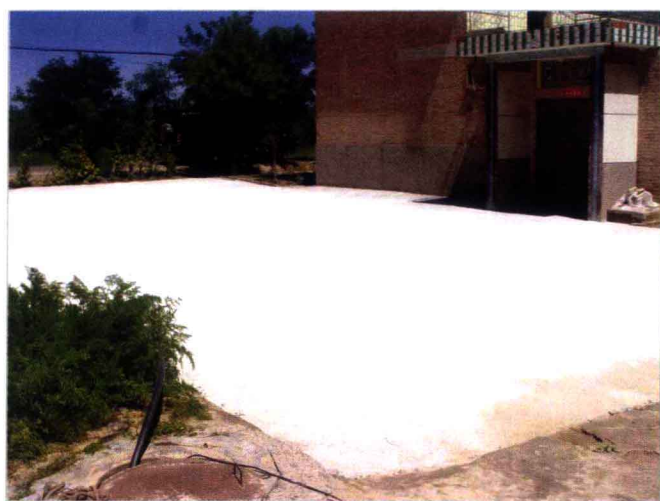
书 名	黄土高原沟壑区基于径流调控利用的多元综合治理模式研究
作 者	高健翎 赵安成 李怀有 宋孝玉 等 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 25.75印张 616千字 4插页
版 次	2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	78.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究



南小河沟流域综合治理（张西宁 摄）



雨水集流场（李怀有 摄）

集雨节水灌溉（张竿 摄）





沟头综合治理 (张竿 摄)



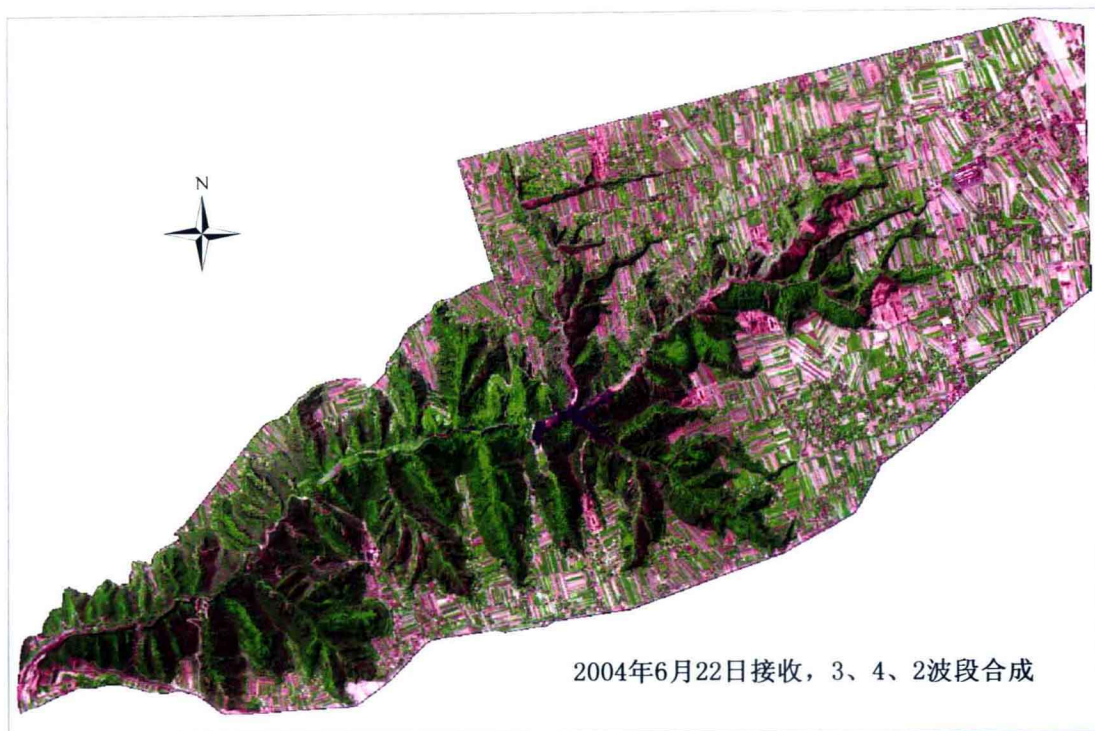
坡面集水造林 (张西宁 摄)



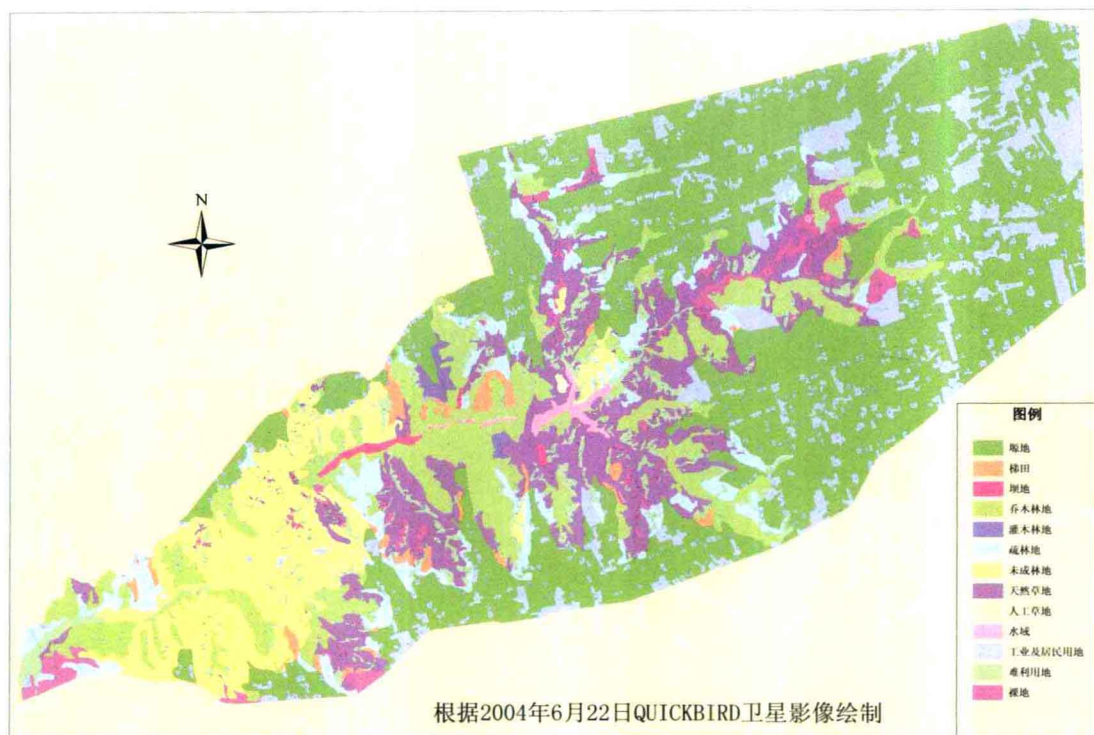
集水种草 (李怀有 摄)



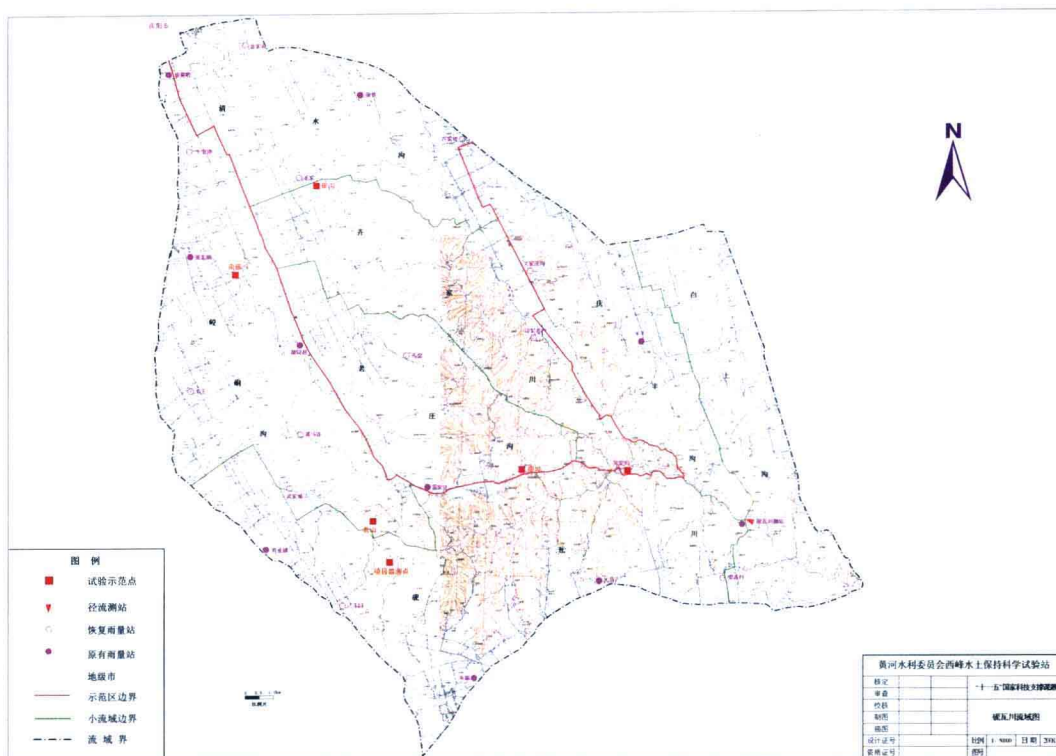
治沟骨干工程 (张竿 摄)



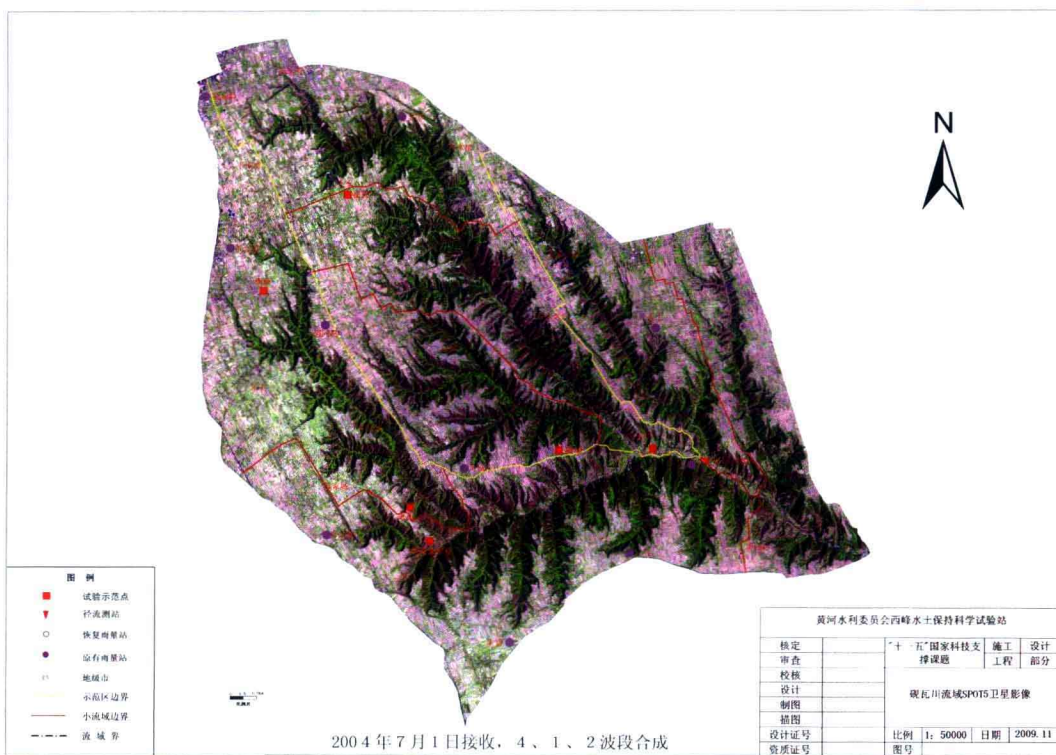
南小河沟流域QUICKBIRD卫星影像图 (王鸿斌 制作)



南小河沟流域土地利用现状图 (王鸿斌 制作)



砚瓦川流域图（方磊 制作）



砚瓦川流域SPOT卫星影像图（方磊 制作）

前言



黄土高原沟壑区自西向东包括泾河中游的甘肃陇东高原沟壑区、北洛河和泾河中游的陕西渭北高原沟壑区及东部的晋陕黄河峡谷高原沟壑区，面积 3.56 万 km^2 。黄土高原沟壑区年降水量为 500~600mm，光热水土等自然资源相对较好，既适宜于多种农作物栽培，又适宜苹果、花椒及烤烟等经济植物种植，是黄土高原区农业社会经济较发达地区。该区属黄土高原严重水土流失区之一。

长期以来，人们较为系统地研究了水土保持对产沙及输沙的影响，而忽视对径流影响的研究，随着黄河断流问题的出现，黄土高原水土保持与径流关系引起各方关注。黄土高原水土保持工作的方略是塑造协调的水沙关系，使黄河泥沙在河口的造陆运动能够继续，同时减少泥沙在河道中的淤积，不至于形成大的危害。黄土高原沟壑区土壤侵蚀主要类型为水力侵蚀和重力侵蚀，而水力同时也是促进和加重重力侵蚀危害的重要原因。水的流动性产生的挟沙能力是导致当地水力侵蚀的核心原因，因而，通过对径流的调控达到对泥沙的调控，径流的调控利用就成为构建协调的水沙关系的主要技术手段。黄河水利委员会提出了建设黄河水沙调控体系，黄土高原的水土保持工作在建设黄河水沙调控体系中大有可为，应该是黄河水沙调控体系中根本性、基础性措施。对于黄土高原沟壑区，采取“调蓄汛期径流，减少入黄泥沙”是构建黄土高原沟壑区水沙调控体系的技术关键，也就是就地拦蓄汛期的雨洪资源，达到就地截留、入渗、集蓄、转化或利用，大幅度减少泥沙的流失，减轻黄河下游泥沙淤积危害。

基于径流调控利用的多元综合治理模式是一条既协调了水沙关系，又解决农业干旱缺水问题的有效途径和方法。黄河水利委员会西峰水土保持科学试验站经过 60 年的水土保持科学研究与实践，取得了大量的成果，并在生产实践中也得到了大面积推广。在黄土高原沟壑区水土保持综合治理模式的研究方面也取得了系列化成果，在建立典型示范小流域的同时，也做了大量的推广工作，取得了比较好的成效。

《黄土高原沟壑区基于径流调控利用的多元综合治理模式研究》一书正是上述试验研究的系统总结，荟集了作者近年的研究成果，突出了径流调控利用理论与工程实践紧密结合的特点。全书共分六章。第一章论述了水土保持流失规律与径流调控关系；第二章论述综合治理模式的研究与运用情况；第三章至五章分别论述塬面、坡面、沟道的治理模式与技术；第六章论述了水土保持综合治理成效的监测方法。

本书由高健翎、赵安成、李怀有、宋孝玉（西安理工大学）等编著，李怀有负责全书的统稿工作。第一章撰稿者为宋孝玉、马玉霞（西安理工大学），第二章撰稿者为李怀有，第三章撰稿者为王斌、张西宁、闫晓玲，第四章撰稿者为张绒君、赵安成，第五章撰稿者为张绒君、高健翎，第六章撰稿者为常文哲、范小玲。

本书得到了“十一五”国家科技支撑计划课题“高原沟壑区农果林多元综合治理模式研究与示范”（2006BAD09B09）的资助，极大地促进了该项工作的顺利进行。在本书编著过程中，中国科学院水土保持研究所方磊制作了砚瓦川流域图件，黄河水利委员会西峰水土保持科学试验站王鸿斌高级工程师提供了南小河沟流域图件，张竿工程师提供了部分照片。另外，在成书过程中，还得到了有关单位和个人的大力支持。在此一并表示感谢！

由于编著者水平所限，书中难免有不少缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

编著者

2010年4月

目 录

前言

第一章 水土流失规律研究	1
第一节 概述	1
第二节 水土流失环境因素	16
第三节 水土流失类型	40
第四节 水土保持和径流调控	76
参考文献	100
第二章 水土保持综合治理模式	104
第一节 概述	104
第二节 “三道防线”综合治理模式	107
第三节 “四个生态经济带”综合治理模式	124
第四节 多元小生态系统交错配置的经济生态农业模式	131
第五节 全方位综合防治体系模式	140
第六节 基于径流调控利用的多元综合治理模式	146
参考文献	152
第三章 塬面治理模式与技术	153
第一节 概述	153
第二节 农田水土保持综合治理	154
第三节 庭院、道路及胡同水土保持综合治理	176
第四节 沟头水土保持综合治理	189
第五节 果园水土保持综合治理	195
参考文献	214
第四章 坡面治理模式与技术	216
第一节 概述	216
第二节 坡面集水整地工程	216
第三节 造林立地条件类型划分和适地适树研究	227
第四节 黄土高塬沟壑区几种典型造林设计	238
第五节 人工种草技术研究与应用	275
参考文献	294
第五章 沟道治理模式与技术	296
第一节 概述	296

第二节 谷坊工程研究与应用..... 296

第三节 淤地坝工程研究与应用..... 306

第四节 防冲林研究与应用..... 365

参考文献 369

第六章 水土保持综合治理成效监测 370

第一节 水土保持监测工作概述..... 370

第二节 水土保持措施质量与进度监测..... 371

第三节 社会、经济效益监测..... 378

第四节 生态效益监测..... 380

第五节 保水保土效益监测..... 387

第六节 黄土高原沟壑区水土保持综合治理措施实施效果监测实例..... 389

参考文献 408

第一章 水土流失规律研究

第一节 概 述

一、地理位置

黄土高原沟壑区在黄土高原南部，位于关中平原以北，晋陕甘宁黄土丘陵沟壑区以南，总面积为 3.56 万 km²，主要包括陇东黄土高原沟壑区、渭北旱塬黄土高原沟壑区和晋陕黄河峡谷高原沟壑区，具体包括甘肃省中部、东部，宁夏回族自治区南部，陕西省北部，山西省西部等地区。处在略呈西南至东北向的狭长地带内，如图 1-1 所示。这是黄土高原地区黄土塬地集中分布区，主要有陇东的董志塬、早胜塬和合水塬，渭北的洛川塬、长武塬，以及晋西的吉县塬等。大的塬间分布有破碎塬和塬间丘陵沟谷，是仅次于汾渭平原和河套平原的粮食产区，农业增值潜力较大。

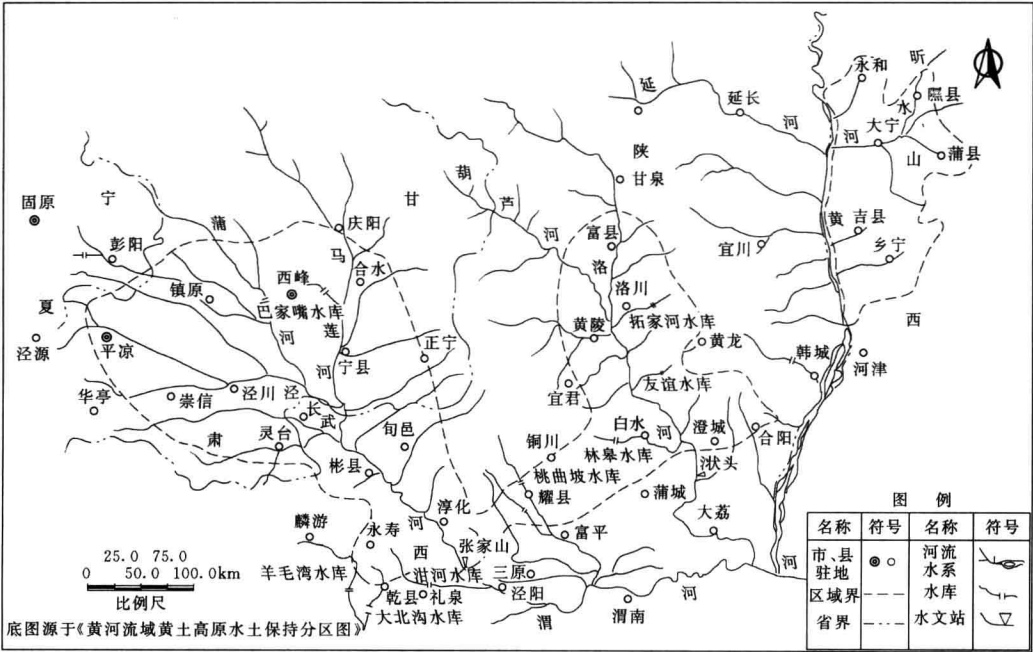


图 1-1 黄土高原沟壑区区域图

黄河水利委员会西峰水土保持科学试验站、中科院水土保持研究所长武国家农业生态试验站、北京林业大学山西试验站、西北农林科技大学淳化和乾县试验站均为黄土高原沟壑区的试验研究站，这些站开展了多年的治理和试验观测，为探索该地区水土流失规律，寻找保塬固沟、防治水土流失的途径和方法，研究水土保持综合治理和单项措施的减水减



沙作用起到了积极的推动作用。

黄河水利委员会西峰水土保持科学试验站的南小河沟流域位于陇东黄土高原沟壑区中部,是泾河支流—蒲河左岸的一条支沟。流域面积达 36.3km^2 ,位于东经 $107^\circ 30' \sim 107^\circ 37'$,北纬 $35^\circ 41' \sim 35^\circ 44'$ 之间,在甘肃省庆阳市西峰区后官寨乡境内,有大小支毛沟 183 条,海拔高度介于 $1050 \sim 1423\text{m}$ 之间,流域总长度为 13.6km ,沟道平均比降为 2.8% ,沟道密度为 $2.68\text{km}/\text{km}^2$ 。南小河沟水土保持试验监测站场地面积为 4.8km^2 ,是黄河水利委员会西峰水土保持科学试验站设立的水土保持综合治理试验监测基地。

中国科学院水土保持研究所武国家农业生态试验站位于黄土高原沟壑区陕甘交界处的长武县境内的王东沟试验区内,王东沟小流域是一个以分水岭为界的外流型小流域,位于东经 $107^\circ 40' \sim 107^\circ 42'$,北纬 $35^\circ 12' \sim 35^\circ 16'$,海拔 $940 \sim 1220\text{m}$ 。行政区域归属长武县洪家镇王东村,与甘肃省泾川县相邻,是“七五”国家重点科技攻关项目“黄土高原综合治理”下设的 11 个试验区之一,在黄土高原沟壑区具有代表性。王东沟试验区所在的长武塬位于黄土高原沟壑区的中部,其西有董志塬,东有洛川塬,它们均属典型的黄土高原沟壑区。

北京林业大学教学科研试验场、国家森林生态系统野外科学观测研究站蔡家川流域,位于山西省黄土高原西南部的吉县境内。蔡家川流域地理坐标为北纬 $36^\circ 14' \sim 36^\circ 18'$,东经 $110^\circ 40' \sim 111^\circ 48'$ 之间,该流域主沟道为义亭河的一级支流,义亭河为黄河一级支流昕水河的支流,流域大体上为由西向东走向,流域面积达 39.33km^2 ,流域平均海拔为 1172m 。蔡家川流域主沟道及其部分支沟具有常流水。

西北农林科技大学淳化试验站地处陕西省咸阳市北部的淳化县泥河沟流域,属黄土高原沟壑区,面积为 9.4km^2 ,分属 7 个自然村和县园林场,位于东经 $108^\circ 18' \sim 108^\circ 50'$,北纬 $34^\circ 43' \sim 35^\circ 03'$ 。流域北高南低,海拔从 1193m 降至 712m ,呈长条状。径流小区坡度齐全,可代表本区自然坡面。

西北农林科技大学乾县试验区位于乾县北部吴店乡的西南端,东近西兰公路,西以漠谷河为界,北与永寿县毗邻,包括三合、枣子渠、齐南和刘家嘴 4 个行政村,10 个自然村,距乾县县城 23km 。东西宽 3.6km ,南北长 5.4km ,总面积达 10.28km^2 。

二、地质与土壤

南小河沟流域的地质构造比较单一,除下游河谷底部出现白垩纪砂岩层外,其余全部为第四纪黄土所覆盖,总厚度达 250m 左右。流域主要有以下几种岩层:①砂岩,为流域内土层下面的基岩,在流域中下游沟道内出露,由于长期受水流冲刷,岩层已下切逾 20m ;②黄土状重亚黏土,分布在流域中、下游两侧,黏粒含量 52.7% ,干容重 $1.7 \sim 1.9\text{g}/\text{cm}^3$,质地坚硬,抗冲力强,但由于孔隙率小,膨胀系数大,遇到干湿、冷热变化,极易剥落,发生“红土泻溜”现象。黄土状亚黏土分布在中游及其两侧支沟沟口的沟谷坡上,黏粒含量 33.0% ,干容重 $1.6 \sim 1.7\text{g}/\text{cm}^3$,厚度约 60m ;③红色黄土,出现在流域上、中、下游的沟坡下部,黏粒含量小于 3% ,干容重 $1.5 \sim 1.6\text{g}/\text{cm}^3$,厚度 $50 \sim 100\text{m}$ 。

陕西长武地区属黏黑垆土地带,母质是深厚的中壤质马兰黄土。塬面和台坪地尚保存有完整的黑垆土剖面,黏化层埋藏在 $40 \sim 70\text{cm}$ 以下;梁状地类包括梁顶、梁坡,黏化层侵蚀殆尽,无明显剖面发育,称黄壤土。古代沟谷和现代沟谷谷坡的下部,埋藏的古土壤



层或离石黄土露于地表,称为红土和白墡土,残存黑垆土层的塬坡经过平整,土层混合称为五花土。沟滩土、红黄土混合称二色土,绝大部分生产用地都分布在黑垆土和黄墡土分布区,田间持水量 20.8%~22.4%,地下水埋深 50~80m。

山西蔡家川流域黄土斜坡、梁顶、塬面等由第三系红土和第四系黄土组成,厚度十数米至数十米,沟底为淤积黄土母质,沟坡坡脚为塌积黄土母质,底层常混有红胶土母质。中下部覆盖着在第四纪黄土上发育的褐土性褐土,流域上游覆盖着在第四纪黄土上发育的淋溶褐土,在河床及中下游的两侧分布着粗骨土及少量的红黏土。吉县土壤类型主要为褐土,可分 3 个亚类:丘陵褐土,分布于部分农田和侵蚀沟;普通褐土,主要分布在海拔 1450m 以上山地;淋溶褐土,主要分布于海拔 1600m 以上的林地中。

陕西淳化土壤是黄土母质上发育的幼年侵蚀黄墡土,地带性黑垆土呈点状分布,自然植被存在于沟坡,多为草本、灌木,塬面上基本为人工植被。该区地处黄土残塬沟壑区,主要土壤类型为黑垆土和侵蚀型黄土类土。

陕西乾县本区土层深厚,未见基岩出露,成土母质是不同时期的黄土,共有 4 个土类(黄绵土、红土、褐土、淤土),4 个亚类,8 个土属和 25 个土种。黄绵土是流域内的主要土壤,面积达 566.06hm²,占总面积的 62%,主要分布在坡地、梯田和部分塬田。褐土面积为 209.99hm²,占流域总面积的 23%,主要是黄土向褐土发育过渡的褐墡土亚类,主要分布在流域内平坦的塬地及岗丘缓坡地中上部,地形比较平缓,水热条件相对稳定。红土面积为 134.21hm²,占总面积的 14.7%,主要分布在塬边坡地及沟坡上,由于靠近沟边,土壤侵蚀强烈,从而使老黄土母质中红色古土壤带裸露,又经人为耕作风化形成红色土,土壤养分贫瘠。淤土面积 2.74hm²,仅占总面积的 0.3%。

黄土高塬沟壑区主要土壤类型与形态简述如下。

1. 褐土

褐土又名褐色森林土,群众称其为肝泥,是暖温带半湿润落叶阔叶林生物气候带形成的地带性土壤。主要分布于晋南、关中等地及其边缘的山地、高丘。成土母质多属黄土,部分为基岩风化物。土壤形成过程中主要发生两个成土过程:黏化过程与碳酸盐淋溶淀积过程。其淋溶与淀积明显,黏化作用强烈,黏化层深厚。褐土剖面由枯枝落叶层、腐殖质层、黏化层、钙积层、母质层组成。枯枝落叶层厚 3~5cm,为半分解有机物质,黑色;腐殖质层厚 20~30cm,棕灰色至暗灰色,一般含有机质 3%~5%;黏化层厚 30~60cm,褐色,质地黏重,结构面上铁质胶膜有光泽,pH 值为 7.5~8.0,盐基饱和;钙积层,浅黄色,有大量白色石灰粉末和石灰小结核聚积,碳酸钙含量在 20%以上,强石灰反应;母质层黄棕色,较疏松,强石灰反应。

各地褐土中碳酸钙的淋溶程度与淀积深度有所不同。按其剖面淋溶与淀积的特点可划分为以下 3 种类型:①淋溶型,剖面中石灰已基本淋失,碳酸盐淀积出现在 1.5m 以下,盐基饱和。剖面上部中性反应,底层呈碱性,pH 值为 7.0~7.5;②淋溶钙积型,碳酸盐遭到淋失,表层与黏化层已无石灰反应,在 70~80cm 以下出现碳酸盐淀积层,碳酸钙含量达 15%以上,pH 值为 7.5~8.2;③钙积型,表层碳酸盐有明显淋溶,但淋洗较弱,钙积作用明显,全剖面呈石灰反应,pH 值为 8.0~8.5。

褐土可分为以下 4 个亚类。



(1) 褐土(典型褐土)。主要分布在海拔 1450m 以上山地;有典型的褐土剖面特征。其表层与黏化层已无石灰反应, pH 值为 7.0~7.5。钙积层一般出现在 1.5m 以内。黄土母质上发育的褐土, 土层深厚, 质地偏黏。在自然植被下, 腐殖质层厚 15~25cm, 有机质含量 3%~5%, 肥力较高; 耕种条件下, 耕层有机质含量 1.3%~1.5%, 肥力亦较高。基岩风化物上形成的褐土, 有效土层一般仅 30~80cm, 大都生长自然植被。

(2) 淋溶褐土。淋溶褐土主要分布于海拔 1600m 以上的林地中, 土壤淋溶作用强烈, 剖面中石灰已经淋失, 黏化层位偏下, 钙积层一般在 1.5m 以下, pH 值为 6.5~7.5, 呈中性或微碱性反应。自然植被条件下的淋溶褐土, 腐殖质层厚 10~30cm, 有机质含量 3%~5%。

(3) 石灰性褐土。曾称为碳酸盐褐土。呈微碱性, 土层深厚, 质地均匀, 颜色为灰棕~灰褐~褐色, 剖面不同深度有钙积层石灰结核或假菌丝体, 土壤渗透性强, 抗蚀力差, 水土流失严重, 原始土壤已极少存在。土体内碳酸钙淋溶作用微弱, 黏化层较薄, 钙积层位置高, 全剖面强石灰反应, $\text{pH} > 8$ 。耕种石灰性褐土有机质及养分含量中等, 保水保肥, 土壤肥力较高。

(4) 褐土性土。具有褐土的成土过程, 属发育程度较差的一个褐土亚类。分布于褐土带侵蚀严重的山丘地区, 与褐土其他亚类呈交错分布。土壤发育微弱, 黏化层不明显, 土层浅薄, 或富含石砾, 全剖面强石灰反应, 是吉县蔡家川流域典型的地带性土壤, 分布范围最广, 面积占全流域的 78.1%, 黏化钙积过程处于初级阶段, 通体有石灰反应, 有黏化现象, 一般为黏化层形成, 土壤剖面发育多数不完整, 除耕作层或腐殖质层明显外, 黏化层和钙积层均不明显, 母质特征明显。土壤 pH 值为 7.8~8.5, 发育于不含碳酸钙母质上的稍低, pH 值为 7.0~7.5, 与淋溶褐土交界处淋溶作用较强的, 酸碱度也稍低。土壤有机质和氮、磷养分中等偏低, 黏粒矿物组成变化不大。

2. 黑垆土

黑垆土是黄土高原主要的地带性土壤, 也是一种古老的耕种土壤, 分布范围很广, 但仅在董志塬、早胜塬、洛川塬、长武塬、彬县塬、合水塬和吉县塬等黄土塬区分布较集中; 其余在碎塬塬心、分水鞍和沟掌等处, 以及河谷高阶地与台地呈零星分布。黑垆土发育在暖温带半干旱半湿润森林草原向中温带干旱草原过渡的气候条件下, 形成过程以弱腐殖质化为主, 有一定的碳酸钙淋溶淀积和残积黏化, 以及近代黄土的沉积覆盖, 腐殖质层深厚, 有隐黏化特征, 全剖面有石灰反应, pH 值为 7.8~8.5。完整的剖面一般由以下层次组成: ①淡色覆盖层, 是覆盖在腐殖质层之上的一层土层, 系由近代黄土不断沉积, 以及长期耕种施肥的结果, 厚 40~60cm, 有的可达 1m, 淡灰棕色, 有机质含量 0.8%~1.0%, 质地壤土—黏壤土, 通气透水, 比较肥沃, 此土层可进一步划分为耕作层、犁底层和老耕层; ②腐殖质层(垆土层), 是在自然植被下形成的, 厚 50~80cm, 有的可达 1m 以上, 有隐黏化特征, 质地黏壤土—壤质黏土, 有多量霜粉状或菌丝状白色石灰淀积, 有机质含量 1.0%~1.5%, 草地可达 2%~3%。土壤阳离子交换量 12~22mgN/100g 土。田间持水量 20%~22%, 保水保肥, 潜在肥力高; ③石灰淀积层, 在腐殖质层之下, 有大量白色石灰淀积, 并有较多小石灰结核, 土体较紧实, 养分含量低; ④母质层, 为黄土, 土层深厚。



黑垆土可划分为以下 4 个亚类。

(1) 黑垆土 (典型黑垆土)。集中分布于董志塬、早胜塬及延安一线以北、白于山一线以南破碎塬区。北与栗钙土、灰钙土相邻, 南接紫黑垆土。一般有黄土覆盖层 (30~60cm), 且腐殖质层较深厚 (60~100cm), 稍现黏化特征。多为轻壤, 灰棕色稍带褐色。全剖面呈强石灰反应。碳酸钙有淋溶淀积现象, 形成以石灰菌丝体为主的淀积层, pH 值为 8.2~8.6, 有机质含量 0.8%~1.0%, 阳离子交换量 7~13mgN/100g 土。

(2) 紫黑垆土。分布在褐土与典型黑垆土之间, 是褐土向黑垆土的过渡性土壤类型, 兼具二者特征。因有褐中带紫, 发育较好的垆土层, 故称为黑紫土, 其养分含量高, 保水保肥力强。

(3) 麻黑垆土 (黑麻土)。分布于六盘山以东的陇中包括庄浪、静宁、通渭、陇西、渭源、临洮、康乐、和政、临夏等县 (市) 和宁南的一些梁峁坡地、河谷和山间盆地, 海拔 1600~2600m; 由于海拔较高, 气温低, 有机质分解慢, 积累较多而颜色较黑; 因降水有限, 碳酸钙淀积不深, 以假菌丝体或霜粉状新生体聚积于腐殖质层中下部, 使黑色腐殖质层夹附大量白色石灰物质, 加之黄土等杂色堆积物混入, 形成黑白黄相杂的麻色土层, 故名黑麻土。

(4) 潮黑垆土。零星分布于河谷川台地上, 因曾受地下水位影响, 剖面下部残存有黄色或灰黄色锈纹锈斑层, 故又称残迹锈黑垆土。其土层深厚, 有机质及各种养分含量较高, 但因剖面下部多有较粗的河流沉积物, 保水保肥性能较差。

3. 黄绵土

黄绵土是黄土高原面积最大的耕种土壤, 多见于水土流失严重的黄土丘陵坡地, 黄土塬区的塬边、沟坡, 一般海拔 500~1500m, 以陕北分布最广, 占总土地面积的 70%~80%; 次为陇中、陇东、晋西; 宁夏南部有少量分布。

黄绵土是在黄土母质上形成的幼年土壤, 土壤性状与黄土母质类似, 其剖面主要性态是: 土层深厚疏松, 质地均一; 通体棕黄色, 除表层因含有机质可呈淡灰或淡棕色外, 无颜色分异; 剖面层次不明显, 基本上由耕作层和底土层组成, 耕作层厚度不稳定, 底土为黄土母质; 有机质含量低, CaCO_3 含量 9%~12%, 强石灰反应, 剖面分布均匀, 不显钙积层次; 质地为壤土, 颗粒分布均匀, 剖面无黏化特征。黄绵土总孔隙率 52%, 其中毛管孔隙占 40% 以上, 非毛管孔隙小于 10%, 通透性良好, 降雨入渗强, 每小时渗透量为 60~80mm, 降雨在土壤中入渗深度 1.6~2.0m, 2m 土层内可蓄水 400~500mm。土壤田间持水量 13%~21%, 凋萎湿度 3%~8%, 黄绵土的水分性质与土壤颗粒粗细密切相关, 土壤含水量由北向南随土壤质地不同而变化, 北部沙黄绵土土质粗, 土壤持水力弱, 田间持水量 11%~13%, 凋萎湿度 3%~4%, 土壤有效含水量 8%~9%, 1m 土层内有效水容量为 129mm, 抗旱能力低, 中部黄绵土土壤田间持水量为 16%~18%, 凋萎湿度 5%~6%, 有效水含量 10% 左右, 1m 土层有效水容量 173mm, 比较耐旱, 正常年份土壤水分可基本满足一季作物的生长, 抗旱能力中等; 南部塿黄绵土土壤持水能力较高, 田间持水量为 20%~22%, 凋萎湿度 7%~8%, 有效水含量 13%~15%, 1m 土层有效水容量为 183mm, 土壤蓄水保墒性能较好, 正常年份土壤水分可满足一季作物正常生长, 属较高抗旱能力。此外, 不同地形部位的黄绵土, 土壤水分有明显差异, 特别是坡向作用十分突



出, 0~60cm 土层内土壤储水量阴坡较阳坡高出 2.5%~3.5%, 平地较坡地高出 1.0% 以上。黄绵土有机质含量低, 坡地一般为 0.3%~0.5%, 塬地、梯田、川台地上表层有机质为 0.6%~0.9%, 林草植被下可达 2%~3% 以上。表层土壤全氮 0.02%~0.05%; 钾含量高, 全量钾在 1.5%~2.0%, 速效钾 $(70\sim190)\times10^{-6}$; 全磷丰富, 在 0.15%~0.2% 之间, 但有效磷仅 $(3\sim5)\times10^{-6}$; 碳磷酸钙含量 9%~11%, pH 值为 8.2~8.5; 阳离子交换量 5~10mgN/100g 土, 保肥力差; 微量元素锌、锰、硼、铁等金属较缺乏, 有些地方缺硒。黄绵土多已垦为农田, 耕种黄绵土约占黄绵土总面积的 60%, 其中大于 25° 的陡坡黄绵土占 50%~60%, 抗蚀力弱, 易受水蚀和风蚀。

黄绵土可划分为以下 4 个亚类。

(1) 塿黄绵土。以往称黄塿土, 大体与紫黑垆土、褐土呈镶嵌分布, 为黄绵土中发育较好的类型, 母质为黏黄土, 土层深厚, 较耐旱涝。

(2) 黄绵土。在黄土高原中部广泛镶嵌于典型黑垆土分布区的中部和南部, 母质为绵黄土, 属粉砂壤土, 土质疏松, 土性热, 耕性好。

(3) 沙黄绵土。在黄土高原北部呈片状间断分布于长城沿线, 主要与焦黑垆土及部分典型黑垆土镶嵌存在, 母质为砂黄土, 土质砂性大, 透水性强, 有机质贫乏, 较干旱瘠薄。

(4) 灰黄绵土。发育在森林植被下的黄土母质上, 由于成土年龄短, 除有枯枝落叶层和灰暗的腐殖质层外, 剖面分化不明显, 林间耕地土色暗灰, 群众称为黑壮土, 有机质含量 3%~5%, 阳离子交换量 10~20mgN/100g 土, 蓄水保肥能力强, 质地为轻壤至中壤, 肥力高, 是黄土高原主要林业土壤。

4. 红土

红土亦称红色土、红胶土或黏红土, 是黄土层被侵蚀后, 其中的红色古土壤条带或其下第三纪红土出露地表, 并在其上耕作或生长草木而发育的一类初育土壤, 零星分布于黄土高原中南部侵蚀严重的丘陵、沟壑地带, 晋陕黄河峡谷两侧坡地和豫西丘陵区分布较多, 但面积不大, 因其处陡坡, 崩塌、滑坡等重力侵蚀活跃, 土壤发育微弱, 通层显母质特性。

根据母质不同, 红土可划分为以下两个亚类。

(1) 黏红土。黏红土发育于第三纪红土母质上, 其最大的特点是颜色棕红、质地黏重, 通体以黏壤为主, 颗粒组成小于 0.02mm 的黏粒和粉粒占 60%~80%, 结构致密少孔, 以棱块结构为主, 在结构面上可见到红色网纹状胶膜、铁锰结核、锈纹锈斑, 部分剖面有料姜石(钙结核)或料姜石层; 母质不含碳酸钙, 土壤 pH 值为 6.5~7.0, 呈中性或微酸性反应, 也有部分土壤因受黄土的侵染, 表层含有少量碳酸钙, 下部土层渐少; 黏红土剖面无明显分异, 除表土层受生物活动或耕作影响, 有机质含量稍高, 颜色棕褐、结构稍松外, 下层基本无变化, 显示母质特征; 同红土母质一样, 红黏土矿物组成中铁和铝有明显富集, 由于黏红土结构致密, 通透性差, 保水保肥性好, 除受母质影响磷素养分缺乏外, 其他养分含量均属中等水平, 但供肥性能差。

(2) 红土。母质为第四纪午城黄土, 浅红棕色, 块状结构, 土层中有多量白色石灰粉末淀积, 下部有石灰结核, 甚至有层状石灰盘层, 土质坚硬, 肥力低。