

《黄土丘陵沟壑区沟道土地整治控制工程技术规范》
（征求意见稿）
《黄土丘陵沟壑区沟道土地整治控制工程技术规范》
(征求意见稿)

编制说明

西北农林科技大学

2021年6月1日

《黄土丘陵沟壑区沟道土地整治控制工程 技术规范》（征求意见稿）编制说明

（联系人：高建恩，gaojianen@126.com，13359248788）

一、工作简况（包括任务来源、协作单位、主要工作过程、起草组 组成成员及其所做的主要工作等）；

任务来源：根据《陕西省市场监督管理局关于下达 2021 年第一
批地方标准计划的函》（陕市监函[2021]424 号）要求，陕西省市场监
督管理局于 2021 年 5 月 13 日正式下达《黄土丘陵沟壑区沟道土地整
治控制工程技术规范》（项目编号：SDBXM15-2021）编制任务。本
标准的技术依托于陕西省科技统筹创新工程计划项目“陕北治沟造地
及坡面植被恢复关键技术研究与示范（2013KTDZ03-03）”、国家重点
研发计划课题“黄土丘陵沟壑区边坡工程-沟道整治生态安全调控
技术”（2017YFC0504703，2017 年 7 月-2021 年 6 月）、陕西省自然
科学基金重大基础研究项目“造地工程水系平衡与生态保育技术研
究”（2016ZDJC-20，2016 年 1 月-2018 年 12 月）和中国科学院重要
方向项目“水土保持工程关键技术研究与示范”（A315021615，2016
年 1 月-2020 年 12 月）等项目的研究成果。

协作单位：本标准由西北农林科技大学、中国科学院水利部水土
保持研究所、中国科学院地理科学与资源研究所、陕西省土地工程建
设集团有限责任公司、水利部水土保持生态工程技术研究中心（杨
凌）、国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心共同起草完成。

主要工作过程：本标准以国家重点研发计划课题（2017YFC0504703）、陕西省科技统筹创新工程计划（2013KTDZ03-03）、陕西省自然科学基金重大基础研究项目（2016ZDJC-20）和中国科学院重要方向项目（A315021615）等项目的相关研究成果为基础，从2013年开始进行资料收集及沟道土地整治的调查研究，并安排与之相关的试验验证工作。

根据上述项目研究工作要求，在完成项目任务的同时逐渐形成了标准起草工作组，逐步提出了《黄土丘陵沟壑区沟道土地整治控制工程技术规范》（征求意见稿）的相关条文。工作组总负责人为高建恩教授，全面负责标准的进一步编制及整理工作。樊恒辉研究员负责新造地沉降、水沙调控新材料及施工管理部分；刘彦随研究员研究了沟道土地整治类型及规划设计技术；田堪良副研究员、卜崇峰研究员负责土地整治过程中高陡边坡设计、施工部分；韩剑桥副研究员、强敏敏博士负责新造地的设计、施工及熟化部分；刘国彬研究员对编制工作进行了指导；赵西宁研究员负责沟道新增土地水土资源高效利用；刘刚研究员研究了高陡边坡工程及生物措施防护技术；张根广研究员、高哲博士负责地基处理、沟道造地控制工程生态安全及调控效应试验研究，新造地的成灾预防部分；罗林涛负责土地整治相关研究的野外试验及示范工作；李兴华、张星辰、窦少辉等参与新材料研发、示范工程的规划设计及施工等，起草组其他人员分别负责黄土丘陵沟壑区沟道土地整治控制工程技术的研究工作。

在成立标准起草工作组的基础上，2021年5月工作组进一步审定了标准编写工作计划和编写大纲。工作组于2013年逐渐形成了工作计划和内容。内容包括：人员分工、研究进度、时间节点和调研计划安排等。编写大纲包括：标准名称和范围；制定标准的目的、意义及主要内容等。

2016年6月~2017年5月，首先总结了编写组完成的陕西省科技统筹创新工程计划项目“陕北治沟造地及坡面植被恢复关键技术研究与示范”的主要研究成果，在此基础上，针对新承担的国家重点研发计划课题“黄土丘陵沟壑区边坡工程-沟道整治生态安全调控技术”（2017YFC0504703，2017年7月-2020年12月）、陕西省自然科学基金重大基础研究项目“造地工程水系平衡与生态保育技术研究”（2016ZDJC-20，2016年1月-2018年12月）和中国科学院重要方向项目“水土保持工程关键技术研究与示范”（A315021615，2016年1月-2020年12月）等项目，为了更好地完成规范的编写任务，进一步布置了沟道土地整治的类型、水系平衡、坡沟复合系统生态安全调控以及沟道土地整治新材料、新技术的研发工作。

2019年11月初，承担的国家重点研发计划项目及课题示范工程在延安市治沟造地领导小组办公室的支持下，在延安市羊圈沟流域完成了示范工程的主体工程，相关技术得到全面落地和初步验证，为尽快完成规范创造了重要支撑条件。在此基础上，由各章节负责人提出初稿，交由起草工作组总负责人统稿，2019年12月底形成了《黄土丘陵沟壑区造地控制工程技术规范征求意见稿》的初稿，并按照陕西

省《地方标准制定规范》(DB61T 1214-2018)中规定,于2020年1月10日-2020年1月12日在杨凌召开了《黄土丘陵沟壑区沟道土地整治控制工程技术规范》征求意见会议。

会议由西北农林科技大学承办。杨凌示范区市场监督管理局领导出席会议。会议邀请了中国水利水电科学研究院、国际泥沙研究培训中心、中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、陕西省水利厅水资源与河库调度中心、陕西省水利发展调查与引汉济渭工程协调中心、陕西省林业研究中心、中国科学院地理科学与资源研究所、西北农林科技大学、中国科学院水利部水土保持研究所、国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心、水利部水土保持生态工程技术研究中心、延安市治沟造地领导小组办公室等13家中央及地方单位的多位专家对本标准进行审查。

起草组成员及其所做的主要工作:起草组成员共16名,分别为高建恩、樊恒辉、刘彦随、田堪良、卜崇峰、韩剑桥、刘国彬、赵西宁、刘刚、张根广、罗林涛、张星辰、李兴华、高哲、窦少辉、强敏敏。

表1 《黄土丘陵沟壑区造地控制工程技术规范》

编写小组成员及主要工作

序号	姓名	职称	工作单位	主要工作
1	高建恩	教授	西北农林科技大学	总体负责标准的提出、计划制定、人员组织、申报执行等
2	樊恒辉	研究员	西北农林科技大学	新造地沉降、新材料研发及施工管理

3	刘彦随	研究员	中国科学院地理科学与资源研究所	规划设计相关技术
4	田堪良	副研究员	西北农林科技大学	高陡边坡设计、施工
5	卜崇峰	研究员	西北农林科技大学	高陡边坡设计、施工
6	韩剑桥	副研究员	西北农林科技大学	新造地设计、施工及熟化
7	刘国彬	研究员	中国科学院水利部水土保持研究所	技术指导
8	赵西宁	研究员	中国科学院水利部水土保持研究所	水土资源高效利用
9	刘刚	研究员	中国科学院水利部水土保持研究所	边坡防护技术
10	张根广	研究员	西北农林科技大学	地基处理及新造地的成灾预防
11	罗林涛	教高	陕西省土地工程建设集团有限责任公司	野外试验及示范
12	张星辰	博士研究生	中国科学院水利部水土保持研究所	新材料研发及示范工程施工
13	李兴华	博士研究生	西北农林科技大学	高陡边坡防护及示范工程施工
14	高哲	博士研究生	西北农林科技大学	生态安全及工程调控效应研究
15	窦少辉	硕士研究生	西北农林科技大学	地下排水设施的设计
16	强敏敏	博士研究生	西北农林科技大学	新造地生产力提升技术

二、标准编制原则和确定标准主要内容：包括技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等的依据（包括试验、统计数据）；地方标准修订项目还应当列出和原标准主要差异情况；

1、本标准的编制原则：

(1) 土地整治工程应遵循以下原则：统筹山、水、林、田、湖、草系统治理理念，坚持人与自然和谐共生；坚持增加耕地与保护环境并重；遵循土地挖填平衡、挖方量及削面最小。

(2) 应分析论证农业资源状况、水土保持及农业发展规划、农村经济、社会发展和扶贫规划、农村产业结构调整和先进适用技术的推广应用，综合考虑发展土地整治的必要性和可行性。

(3) 土地利用方式、农业设施、水利设施等的规划应符合 GB/T 15772-2008 的要求。

(4) 灌溉工程应利用有利地形，做到自流供水。其布局应满足 SL 207-98 的要求。

(5) 应明确工程所有权、使用权，落实管护责任主体，使工程持续发挥效益。

(6) 农户自用为主的工程产权应明晰到户。对集体所有的工程，应由受益农户共同商定管理办法。

2、主要内容

按照国家标准和行业标准的格式，本标准规定了黄土丘陵沟壑区沟道土地整治控制工程的术语与定义、基本资料、一般性规定、类型及组成、规模和布置、设计、施工及管理等内容。本标准适用于黄土丘陵沟壑区沟道土地整治控制工程设施的规划、设计、施工、管理维护等。

(一) 关键技术指标

工程设计标准为 20 年一遇，堤坎的设计标准为 20 年一遇 6 h 最大暴雨，新增地的设计标准为 10 年一遇 6 h 最大降雨，依据如下：

(1) 根据《水土保持工程设计规范》(GB 51018-2014) 中规定：

①梯田设计标准为 10 年一遇~3 年一遇短历时暴雨；②库容小于

10 万 m^3 的小型淤地坝设计标准为 10 年一遇~20 年一遇。

(2) 根据延安市水务局编制的《延安市治沟造地工程建设技术标准》中规定:

①闸沟造田工程的防御标准为 10 年一遇~20 年一遇 3~6h 最大暴雨; ②新修沟台地设计采用 20 年一遇洪水标准; ③小型淤地坝设计洪水标准为 10 年一遇, 校核洪水标准 30 年一遇。

(3) 根据高建恩、娄现勇、孙彭成等的研究结果表明: 相对于无整治工程, 不同整治比 (20%、30%、40%、50%) 时洪水参数设计标准可分别提高 4%、16%、17%、24% (图 1, 表 1)。

考虑到沟道土地整治工程整治面积多为 30~50 亩的小型地块, 挡土墙或者坝高不超过 30 米, 综合考虑选取设计标准为: 沟道土地整治工程中堤坎的防御标准为 10~20 年一遇 6 h 最大暴雨; 新增土地的防御标准一般采用 10 年一遇 6 h 最大降雨; 废弃淤地坝修复工程设计标准一般采用 10 年一遇, 校核标准为 20 年一遇。

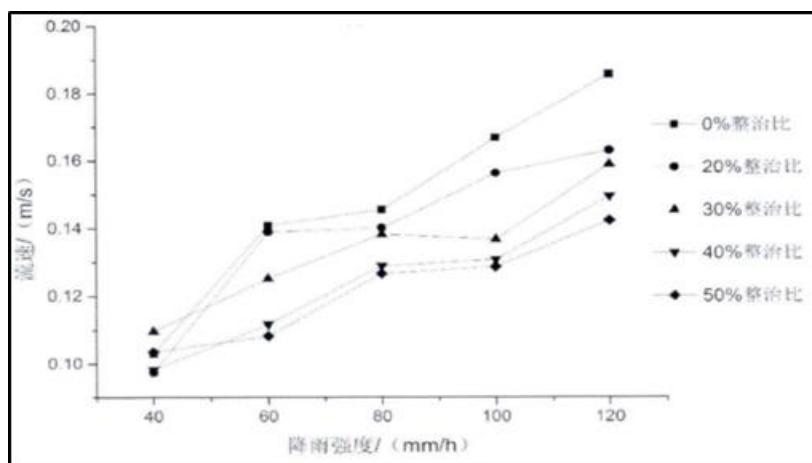


图 1. 不同降雨强度、整治比例下的平均流速变化

表 1. 沟道土地整治不同比例对暴雨防御标准的影响

设计标准		沟道土地整治比例		
设计标准	日降雨量/mm	0%	30%	60%
二十年 (5%)	95	二十年 (5%)	百年 (1%)	万年 (0.01%)
十年 (10%)	85	十年 (10%)	五十年 (2%)	千年 (0.1%)
五年 (20%)	65	五年 (20%)	十三年 (7.5%)	百年 (0.5%)
两年 (50%)	50	两年 (50%)	五年 (20%)	二百年 (1%)

(二) 参数

1. 固堤保坎参数

根据高建恩、李兴华、张星辰、樊恒辉、韩剑桥、高哲等人的研究成果，结合延安地区沟道土地整治工程的实践，对于重要田块的堤坎，应在墙体中部偏凹岸易冲部位设计固化土抗冲心墙，固堤保坎心墙应满足以下参数：①距堤顶 30 cm 以下；②宽高断面尺寸不小于 0.5 m × 1.0 m；③长度不小于田块长度的三分之一。

2. 预防土地盐碱化和堤坝管涌的地下排水工程参数

根据高建恩、窦少辉等人的实验研究，结合延安地区沟道土地整治工程的实践，综合考虑径流的蓄、排、用工程，不得占用径流流路，避免破坏原有沟道的输水功能，预防土地盐碱化和堤坝管涌的地下排水工程参数如下：

(1) 采用填沟方式进行开发补充型土地整治的工程，宜采用在原沟道铺设石子或地下盲沟的方式进行排水设计，保持原沟道水系流路不被破坏。

(2) 地下盲沟的设计应在保证拦挡工程、边坡工程、新增土地等控制工程安全的条件下进行设计，坡降应控制 1%~3% 之间。

3. 生物结皮及植物工程边坡防护参数

根据刘刚、田堪良、卜崇峰等人的实验研究，结合延安地区沟道

土地整治工程的实践，生物结皮及植物工程边坡防护技术的参数如下：

(1) 高度大于 4 m 的坡面，宜采取削坡开级工程，坡度不大于 1:0.75。

(2) 削坡开级应符合下列要求：①工程设计分为直线形、折线形、阶梯形、大平台形等。②应布置坡顶截水沟、坡脚截排水沟、急流槽、周边等排水系统。③应根据边坡的土质与降雨径流条件，确定每一小平台的宽度与两平台间的高差，削坡后应保证土坡的稳定。小平台宽 1.5 m ~ 2 m，两平台间高差 3 m ~ 4 m。小平台应修成反坡，将雨水导入坡脚截水沟。④削坡开级后的土质坡面，应采取植物护坡措施，坡面宜采用种植草、灌木。⑤应根据土质情况，在阶梯形的平台中因地制宜种植草类、灌木和乔木。⑥应在边坡顶部距离开挖（或填筑）边缘线 10 m 以外布置截排水沟工程。⑦应在阶梯形和大平台形削坡平台布置平台截水沟。⑧坡面或坡面两侧宜布置纵向急流槽或明（暗）沟工程。⑨土质削坡或石质削坡，应在距最终坡脚 1 m 处修建排洪沟。

4. 坡地高效农业用水植被滤清系统

根据高建恩、王显文、高哲、张星辰等人的实验研究，结合延安地区沟道土地整治工程的实践，田块周围应布置植被滤清系统，防止农田侵蚀，滤清系统的设计参数如下：

(1) 植被过滤带的尺寸应符合沿径流方向长 5 m ~ 7 m、宽不小于 3 m，土层深度不小于 0.2 m，坡度不大于 1%。

(2) 将植被过滤带的地表土挖松，除杂草和杂物，然后在植被过

滤带施底肥，底肥选择磷肥和钾肥并按重量比 1:1 配制，每亩用量 7.5 kg ~ 15 kg，有利于能源型牧草柳枝稷植株幼苗生长。

(3) 选择存放不超过 3 年，出苗率在 75% 以上的能源型牧草柳枝稷种子，按每平米 0.8 g ~ 1.0 g 均匀撒播后过耙，植被过滤带土壤应是黄壤土或粘土，种植深度为 1 cm ~ 2 cm。

(4) 播种后注意灌溉，灌溉频次按每星期 1 次，以保证 0 cm ~ 10 cm 土层的相对湿度，维持土壤田间正常持水量；苗期注意控制杂草，30 d ~ 45 d 后，能源型牧草柳枝稷长高至 30 cm，植被过滤带的覆盖率达 80 % 以上。

(5) 能源型牧草柳枝稷每年秋季汛后单次刈割，并留 30 cm 残茬，以便来年春季恢复生长。

5. 土地熟化

根据韩剑桥、强敏敏、高建恩等人的实验研究，结合延安地区沟道土地整治工程的实践，新增土地熟化及生产力提升的技术参数如下：

①按两倍单位面积施肥量增施有机肥，同时深耕 30 cm 左右，促进新增土地熟化；②宜添加适量的酸（碱）性土壤改良剂、生物炭等，并配施少量氮磷肥；③第一年应选种能适应生土的作物，如豆类和马铃薯等，或种一季绿肥作物与豆科牧草。

（三）性能要求

1. 安全标准

根据项目组的研究，整体工程的安全设防标准为 20 年一遇最大

6h 一遇。

2. 土地质量

新造土地质量经过规范规定的管理程序能够快速得到高质量的新造土地，2~3 年的新造土地生产力可以达到当地的高质量水平。

3. 环保效应

根据高建恩、吉倩、孙彭成、康有财等人的研究，依据本规范构建的新造土地，当造地比不超过 3%~5% 时，能够满足小流域的水系平衡的要求，防洪标准能够得到显著的提高，能够有效地抑制土壤侵蚀，对环境影响较小。

（四）试验方法

1. 实体比尺模型

基于项目负责人提出的坡面及小流域降雨、径流、侵蚀、泥沙输移、土壤水及地下水实体比尺模型技术，先后构建了 1:10、1:5、1:100 等常规及非常规实体模型，分别对坡面、台地、小流域不同土地类型对流域的影响进行研究。小流域比尺为 1:100 的串联式造地工程对环境的影响模拟比尺如表 2:

表 2：模型主要比尺一览表

名 称	比 尺 符 号	比 尺 值	备 注
几何相似	平面比尺	λ_1	100
	垂直比尺	λ_h	100
降雨相似	雨强比尺	$\lambda_i = \lambda_v = \lambda_1^{1/2}$	10
	降雨量比尺	$\lambda_p = \lambda_i \lambda_{t1}$	33.3
	降雨时间比尺	λ_{t1}	3.3
水流运动相似	流速比尺	$\lambda_v = \lambda_1^{1/2}$	10
	流量比尺	$\lambda_Q = \lambda_l^{5/2}$	100000

	糙率比尺	$\lambda_n = \lambda_l^{1/6}$	1.47	
	水流时间比尺	$\lambda_{t1} = \lambda_l^{1/2}$	10	
侵蚀泥沙运动相似	悬移运动相似	$\lambda_d = \frac{\lambda_l^{1/4} \lambda_v^{1/2}}{\lambda_l^{1/2} \frac{\rho_s - \rho}{\rho}}$	3.16	
	起动相似	$\lambda_v = \lambda_l^{1/2}$	10	
	含沙量比尺	λ_s	3	
	变形时间相似	λ_t	3.3	
	输沙率比尺	λ_G	300000	
土壤水相似	土壤含水量比尺	λ_θ	1	
	入渗率比尺	$\lambda_f = \lambda_v = \lambda_l^{1/2}$	10	

基于 2017 无定河特大暴雨，研究了牛薛沟造地工程灾害类型主要为崩塌、泥流等直接侵蚀型、和由于暴雨侵蚀引发的次生型灾害及复合型衍生灾害，初步探索了降雨径流的致灾机理，目前正在利用上述比尺模型进行串联式土地整治工程相关试验。

2. 沟台地模块及 SWAT 模型

高建恩、赵春红等在研究坡面植被的根、茎、灌和植被过滤带的降雨径流侵蚀产沙阻控作用，给出了坡面草灌林的侵蚀阻控机理，构建了坡面侵蚀阻控模型，研究了不同树龄坡面土壤侵蚀基本规律，部分成果进入 ESI 前 1%；高建恩与邵辉在基于国际主流水文模型 SWAT 缺少梯田水文单元，与美国水质研究所合作构建的梯田水土保持算法模型成功嵌套与 2009SWAT488 版得到全球验证和应用后，根据 2015 年 5 月日本举行的 SWAT 模型改进会议后的官方请求，于 2019 年提

交了 SWAT “梯田模块” 的升级版。在此基础上，高建恩、康有财、邵辉等 2019 年将其拓展应用于黄土丘陵沟壑区沟道土地整治工程对延河流域水环境的影响，进一步拓展了该模型的应用范围。

3. 试验示范

(1) 万花山示范

基于项目研发的沟道土地整治控制性工程固堤保坎技术、管涌防治技术、边坡崩塌防治与工程治理技术在延安市万花山沟台地进行了综合防护及试验示范，经 2016 年 7 月 18 日的日降雨量 120mm 考核，修建的固堤保坎工程处沟台地安全运行，没有进行加固的工程多处被暴雨径流冲毁，该方法具有良好的固堤保坎的效果、采用管涌防治技术的工程区域仅有表面径流冲刷痕迹，整体十分稳定（图 2）。



图 2 延安万花山试验示范工程

(2) 羊圈沟示范

针对沟道土地整治工程新造地排水困难而引发的不均匀沉降、盐碱化、坝体管涌等问题，提出并设计了一种碎石与盲沟相结合的地下排水方式，并在延安市羊圈沟进行了示范与验证。该方式设计了 3 条截面均为 $1m \times 0.5m$ ，长度分别为 60, 30, 30m 坡降为 6%~10% 的地下盲沟，盲沟用粒径 50~80mm 的碎石填充，并用无纺土工布包裹，盲沟排水通过挡土坝收集与下游水窖并进行利用。沟道土地整治工程

碎石盲沟排水措施施工简单、经济环保，可以有效地缓解新造地土壤蓄水及盐碱化程度（图 3）。



图 3 羊圈沟地下排水工程示范

(3) 顾屯示范

基于对顾屯后苏沟野外监测试验平台实地采样与调查的设计分析，采用边坡稳定计算软件，对开挖边坡进行了模拟优化布局，与室内模拟实验相结合，在延安市顾屯后苏沟流域布设了沟道土地整治工程野外技术示范平台，该示范点建有不同防护方式的切削边坡小区 5 个，建立于 2014 年，目前运行情况良好。根据在延安市后苏沟流域野外试验的研究成果，将于本年度在延安市楼坪流域新建一个切削边坡防护技术示范点，加强切削边坡防护技术的示范（图 4）。

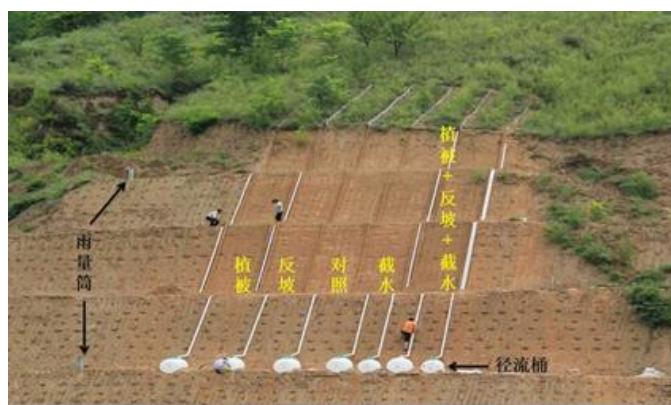


图 4 顾屯后苏沟试验示范平台

(4) 南沟示范

针对沟道土地整治工程中边坡植被恢复问题，通过野外试验，研究种植土、混合草灌种子、有机质、肥料、团粒剂、保水剂、稳定剂、pH 缓解剂和水等种植基材组成配比的效应，最终形成保护坡面和抵抗雨水冲刷，又具有足够空隙率和肥力以保证植物生长的最优配方，并在延安市南沟流域进行技术示范（图 5）。



图 5 南沟边坡植被恢复技术示范

（5）杨凌水土保持研究站示范

基于室内试验与野外坡面防护试验，研发了苔藓种源扩繁技术，研究了苔藓、紫穗槐等多植被类型的护坡效果等，并在陕西省杨凌水土保持研究试验站进行了技术示范，支撑了削坡工程安全防控与生态还绿技术的研发（图 6）。



图 6 多植被类型的边坡生物防治技术示范

（五）检验规则

依据相关规范规定实地检验。

三、试验验证：包括试验（或验证）准确度、可靠性、稳定性

分析和说明，实验结果综述等；

本标准通过野外调查监测、室内外模拟等方法，对固堤保坎、地下排水系统、高陡边坡防护、新材料的研发以及对流域水生态的影响等内容进行了监测、模拟、试验及验证。

1、沟道土地整治工程中容易出现的问题调研

基于 2017 无定河特大暴雨，研究了牛薛沟造地工程灾害类型主要为崩塌、泥流等直接侵蚀型、和由于暴雨侵蚀引发的次生型灾害及复合型衍生灾害，初步探索了降雨径流的致灾机理。结果分析后表明：本次暴雨在该流域引发的地质灾害近 2000 余处，归纳所发生的灾害类型主要有三种：①常规性地质灾害（如崩塌、泥流等重力侵蚀类型）占比 14.85%；②次生灾害（如坡面不同段位沟蚀和坝坡侵蚀等水蚀类型）占比 51.05%；③复合新型衍生灾害由其前者坍塌泥流经边坡汇入新造地上游，而后顺沟道而下，致使产生连环造地冲毁及淤地坝溃坝现象，占比近 10%，整体冲毁率达 90%（图 7）。

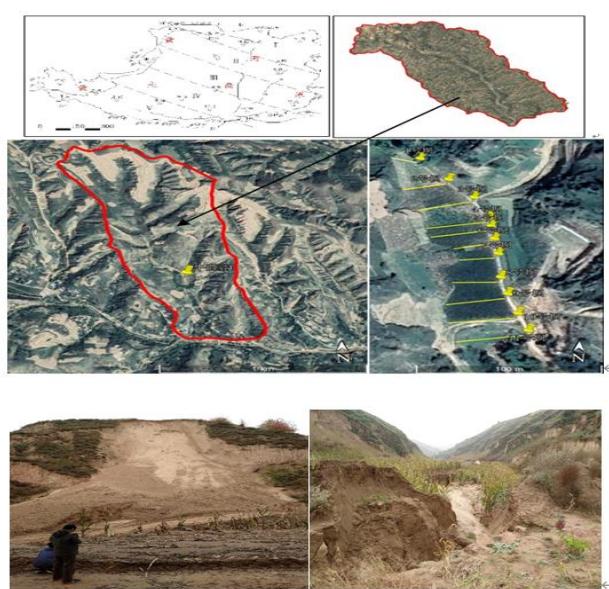


图 7 牛薛沟沟道土地整治问题考察

2、固堤保坎技术试验示范及验证

针对沟道土地整治工程中，新造台地最易由田埂中部被冲毁的特点，结合自主研发的土壤固化剂新型材料，发明了一种土地整治工程土壤固化剂固堤保坎施工方法，并获得了国家专利（高建恩、李兴华、张星辰等，一种土地整治工程土壤固化剂固堤保坎施工方法，专利号：ZL201610936921.8），该方法将土壤固化剂、土和水制成干硬性混合料，然后在模板支护的条件下将混合料夯实，形成防冲拦挡墙，该方法能够充分利用当地水土资源、对环境无污染且施工简便，对推动沟道土地整治健康发展具有重要的实际意义。使用该方法在延安市万花山、羊圈沟等沟台地进行了综合防护及试验示范（图 8），试验结果表明固化土墙体的 7d 无侧限抗压强度在 1.72Mpa~2.78Mpa 之间，渗透系数在 $n \times 10^{-7}$ cm/s~ $n \times 10^{-7}$ cm/s 之间，属于相对不透水层，经 2016 年 7 月 18 日的日降雨量 120mm 考核，修建的固堤保坎工程处沟台地安全运行，没有进行加固的工程多处被暴雨径流冲毁，该方法具有良好的固堤保坎的效果。



图 8 固堤保坎技术示范

3、地下排水系统的试验及验证

针对沟道土地整治工程新造地排水困难而引发的不均匀沉降、盐碱化、坝体管涌等问题，提出并设计了一种碎石与盲沟相结合的地下排水方式，并在延安市羊圈沟进行了示范与验证（图 9）。该方式设计了 3 条截面均为 $1m \times 0.5m$ ，长度分别为 60, 30, 30m 坡降为 6%~10% 的地下盲沟，盲沟用粒径 50~80mm 的碎石填充，并用无纺土工布包裹，盲沟排水通过挡土坝收集与下游水窖并进行利用。初步监测结果表明，在降雨量为 54.2mm 的次降雨情况下，与无地下排水措施的沟道新造地相比，布设有碎石盲沟排水工程的新造地土壤含水率增幅相对降低 46.81%，最大土壤含水率绝对值降低 1.53%，土壤电导率增幅降低 3.61%，土壤最大电导率降低 $15.41 \mu s/cm$ 。沟道土地整治工程碎石盲沟排水措施施工简单、经济环保，可以有效地缓解新造地土壤蓄水及盐碱化程度。

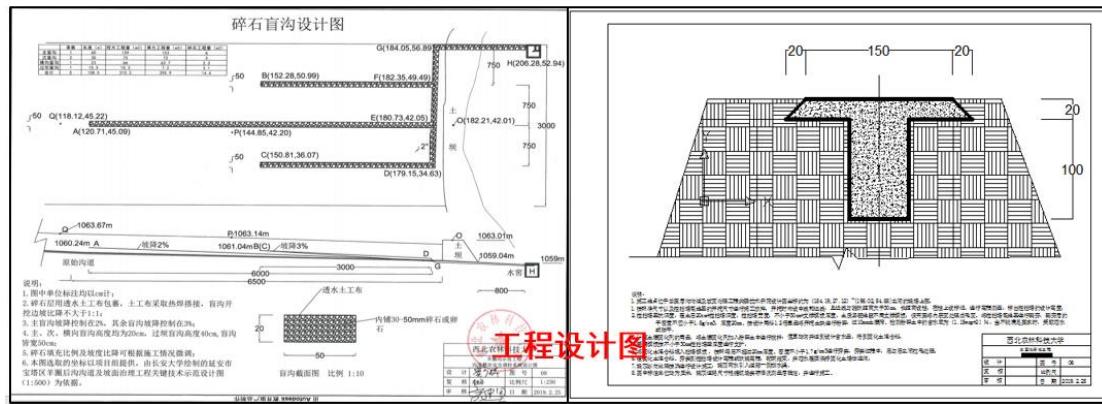


图 9 羊圈沟新造地盐碱化、坝体管涌防治地下排水工程设计

4、新型纳米土壤固化剂研发及示范

基于纳米材料的高活性、超细微特性，对具有广阔应用前景的土

壤固化剂性能进行再提升，创制了一种新型纳米土壤固化剂（N-MBER），提出基于土壤惰性矿物激活与粒子再造的理论（图 10）。结果表明：纳米固化剂较普通固化剂强度提升超过 15%，相比 32.5 级水泥强度提升 50% 以上。纳米 SiO_2 的火山灰催化活性可使 N-MBER 胶体中水化硅酸钙凝胶（C-S-H）数量提升 30% 以上，颗粒分形维数提高 0.05，胶体空间的网状结构分布数量提升 50%。相关材料及技术在延安市羊圈沟沟道土地整治工程的堤坎防护中发挥了重要作用。

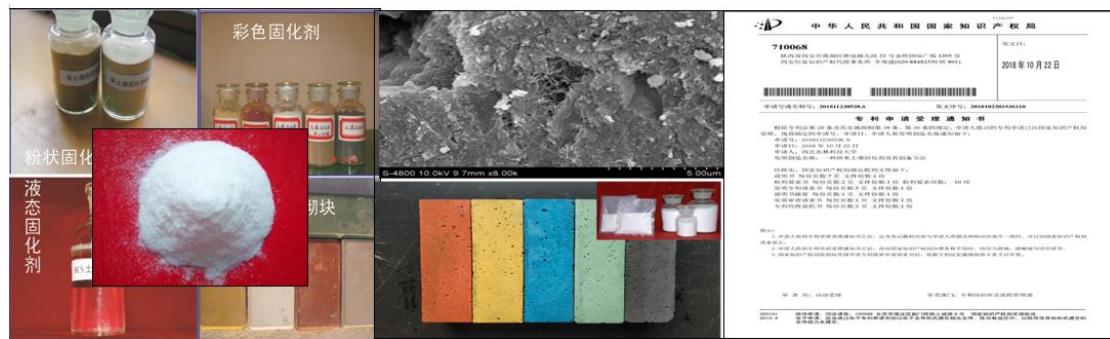


图 10 新型纳米土壤固化剂材料研发

（5）高陡边坡降雨径流运动特征研究及验证

针对黄土高原丘陵沟壑区沟道土地整治工程中高陡边坡降雨径流侵蚀受坡度、床面、降雨等因素的影响，运动特征复杂、水力参数计算误差大等问题，采用室内模拟降雨、野外降雨试验的方法，对高陡边坡降雨径流的运动特征进行研究，结果表明：与 5° 缓坡相比， 70° 陡坡坡面流的产汇流时间减小 20%，达到平衡时间减少 10%，陡坡的单宽径流量与雨强、坡度均成幂函数关系， 70° 陡坡的单宽径流量与雨强约成 $3/2$ 次方关系，与坡度约成 $1/6$ 次方关系；受陡坡及降雨双重影响下的坡面径流流型更容易发生变异，边坡坡度小于临界坡度

的坡面流雷诺数变化缓慢，超过临界坡度后雷诺数随坡度增大显著增大；在分析“高陡边坡双紊动薄层水流流动模型理论”的基础上，结合分散式运动波模型，构建了适用于缓坡及高陡边坡降雨径流水动力要素计算方法，并结合室内外降雨径流试验进行了验证。该研究在黄土高原土地整治及建设项目高陡边坡的侵蚀防护及水土流失预测中，具有广泛的应用前景。

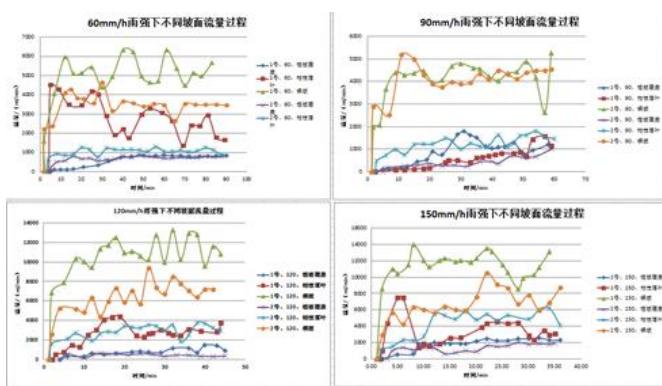


图 11 不同坡面的水沙过程对不同降雨的响应

(6) 沟道土地整治工程对流域水生态的影响

通过室内坡面径流模拟试验、小流域降雨径流比尺模拟试验，系统研究了小流域降雨径流污染物浓度比尺的确定方法及不同土地整治规模下的水环境演变规律。结果表明：①研究了面源污染物氮和磷在水动力学参数影响下的消减规律，提出了增加地表径流紊动和降低侵蚀是流域面源污染治理的有效措施；②在已知面源污染物氮磷随径流运移消减规律的基础上，基于相似论基本原理，进行黄土高原小流域降雨径流模拟试验比尺设计与验证，给出一种确定污染物浓度比尺的方法，建立了一套较为完整的小流域模型比尺设计体系。

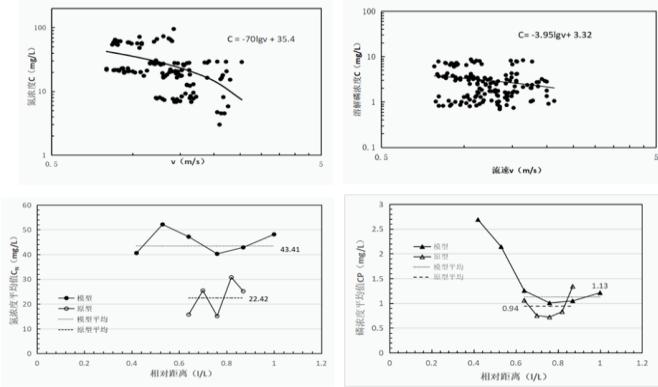


图 12 沟道整治工程对水环境变化影响模拟试验验证

(7) 坡面防护技术研究及示范

针对黄土丘陵沟壑区沟道土地整治工程中高陡边坡植被恢复困难的问题，研究了坡面生物结皮培育及固土防蚀技术，探索了该地区生物结皮人工培养的最佳适宜温度、土壤含水量、最适培养液等配方组成，开展了种源扩繁、坡面接种恢复等一系列试验，初步形成了科学的、适合黄土塬区当地条件的土壤生物结皮人工修复技术。并在延安市羊圈沟进行多种配置组合的示范以及定点监测，恢复效果为黄土丘陵沟壑区工程边坡-沟道生态恢复提供科技支撑（图 13）。

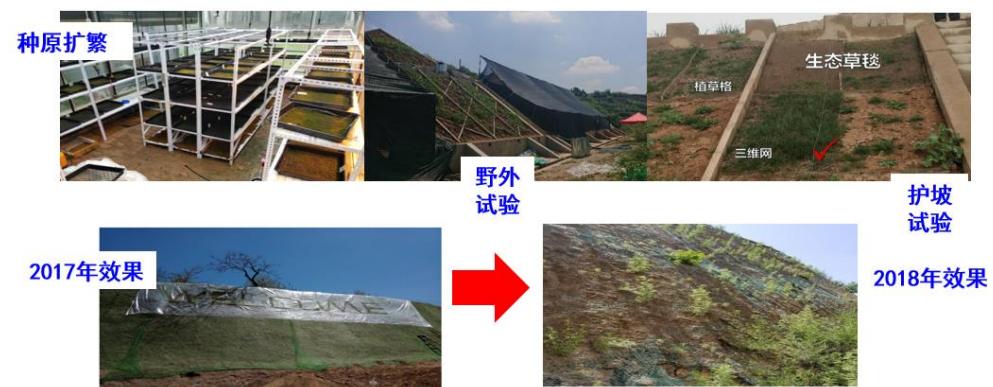


图 13 坡面防护植物工程技术示范

四、知识产权说明：标准涉及的相关知识产权说明

项目成果主要是陕西省科技统筹创新工程计划项目“陕北治沟造地及坡面植被恢复关键技术研究与示范（2013KTDZ03-03）”、国家

重点研发计划课题“黄土丘陵沟壑区边坡工程-沟道整治生态安全调控技术”（2017YFC0504703）、陕西省自然科学基金重大基础研究项目“造地工程水系平衡与生态保育技术研究”（2016ZDJC-20，2016年1月-2018年12月）和中国科学院重要方向项目“水土保持工程关键技术研究与示范”（A315021615，2016年1月-2020年12月）等相关国家科技项目的主要成果、技术、专利、论文、软件等，属于自主知识产权。本标准所涉的专利技术均已公开，不涉及知识产权问题。

五、采标情况：采用国际标准和国外先进标准的程度或与国内同类标准水平的比较

本次地方标准的编制，参照了沟道土地整治控制工程等有关国家标准和行业标准的最新格式版本和主要条款，同时为以后的改进留有充裕空间。本标准编制引用了如下标准或规范：

GB/T 15772-2008 水土保持综合治理规划通则

GB/T 15773-1995 水土保持综合治理验收规范

GB/T 15774-1996 水土保持综合治理效益计算方法

GB/T 16453.1-2008 水土保持综合治理技术规范坡耕地治理技术

GB/T 16453.2-1996 水土保持综合治理技术规范荒地治理技术

GB/T 16453.3-2008 水土保持综合治理技术规范沟壑治理技术

GB/T 16453.4-2008 水土保持综合治理技术规范小型蓄排引水工程

GB/T 30600-2014 高标准农田建设通则

GB 50433-2018 生产建设项目水土保持技术标准

GB 51018-2014 水土保持工程设计规范

CJ/T 486-2015 土壤固化外加剂

SL 207-98 节水灌溉技术规范

TD/T 1012-2016 土地整治项目规划设计规范

DB61/T 444-2008 机修梯田技术规范

DB61/T 991.1-2015 土地整治高标准农田建设 第 1 部分：规划与建设

DB61/T 991.2-2015 土地整治高标准农田建设 第 2 部分：土地平整

DB61/T 991.3-2015 土地整治高标准农田建设 第 3 部分：灌溉与排水

DB61/T 991.4-2015 土地整治高标准农田建设 第 4 部分：农田输配电

DB61/T 991.5-2015 土地整治高标准农田建设 第 5 部分，田间道路工程

DB61/T 991.6-2015 土地整治高标准农田建设 第 6 部分：农田防护与生态环境保护

DB61/T 991.7-2015 土地整治高标准农田建设 第 7 部分：辅助工程

DB61/T 1010-2016 黄土丘陵沟壑区水土保持型高效农业技术规范

与国内同类标准水平比较，主要特点体现在解决黄土丘陵沟壑区

土地整治工程建设的适宜控制性工程，采取何种措施以安全合理地解决工程建设中出现的技术问题，并迅速高效地提高新增土地的肥力，以保证当地农业经济与生态环境的健康安全发展。

六、重大意见分歧的处理：包括处理过程、依据和结果；

本标准无重大意见分歧。

七、标准性质的建议说明：建议审批发布为推荐性标准或强制性标准的说明及理由

鉴于黄土高原特别是黄土丘陵沟壑区沟道治理对黄土高原生态环境建设和黄河流域高质量发展意义重大，以项目研究成果为支撑形成的沟道土地整治重要建议：《关于加强黄土高原淤地坝建设及风险管控的建议》《加强陕北山地苹果产业提质增效与风险防控的建议》及《黄土高原水土保持发展建议》等，于 2019 年前后分别得到中共中央政治局常委，国务院总理李克强和中共中央政治局委员，国务院副总理胡春华、陕西省政府及水利部等领导的重要批示。鉴于本项目对黄土高原生态环境建设和高质量发展的重要性，基于上述研究成果的本规范的尽快颁布，对黄土高原生态环境建设和高质量发展具有重要意义。因此，建议尽快颁布“黄土丘陵沟壑区造地控制工程技术规范”作为推荐性标准，以指导生产实践建设。

八、其他应予说明的事项。

无