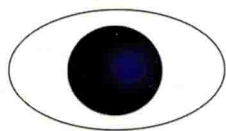


湖北省学术著作出版专项资金资助项目



长江科学技术文库



GAO HAIBA GANHAN HEGU SHUITU BAOCHI
SHENGTAI XIUFU SHIYAN YANJIU

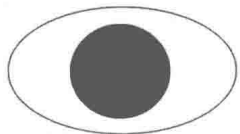
高海拔干旱河谷水土保持 生态修复实验研究

郑守仁 赵鑫钰 著

 长江出版传媒
 湖北科学技术出版社

湖北省学术著作出版专项资金资助项目

长江科学技术文库



郑守仁 赵鑫钰 著

GAO HAIBA GANHAN HEGU SHUITU BAOCHI
SHENGTAI XIUFU SHIYAN YANJIU

高海拔干旱河谷水土保持 生态修复实验研究

长江出版传媒
湖北科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

高海拔干旱河谷水土保持生态修复实验研究 / 郑守仁, 赵鑫钰著. — 武汉: 湖北科学技术出版社, 2016.4

(长江科学技术文库)

ISBN 978-7-5352-8348-1

I. ①高… II. ①郑… ②赵… III. ①高纬度地区—干旱区—河谷—水土保持—生态恢复—实验—研究 IV. ①S157-33②X171.1-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第273797号

责任编辑: 高诚毅 邓子林

封面设计: 王 梅

出版发行: 湖北科学技术出版社

电话: 027-87679468

地 址: 武汉市雄楚大街268号

邮编: 430070

(湖北出版文化城B座13-14层)

网 址: <http://www.hbstp.com.cn>

印 刷: 武汉中远印刷有限公司

邮编: 430034

787 × 1092 1/16

39.75印张 4插页 900千字

2016年4月第1版

2016年4月第1次印刷

定价: 280.00元

本书如有印装质量问题 可找本社市场部更换


序

我国是世界上水土流失最为严重的国家之一。根据水利部、中国科学院和中国工程院在 2005 年至 2008 年间开展的中国水土流失与生态安全综合考察结果显示,我国水土流失面积接近 357 万 km^2 ,每年流失的土壤总量约 50 亿 t,损失耕地达 6.67 万 hm^2 ,全国共有 646 个县水土流失十分严重,亟待治理的面积近 200 万 km^2 ,每年因水土流失造成的经济损失相当于 GDP 的 3.5%。随之带来的生态环境损失更是难以估计。

受地形、地貌、气候条件的影响,在高寒、高海拔、大温差的干旱河谷和干热河谷地区,地质情况复杂,生态系统脆弱,自然灾害频繁,水土流失状况更加严重。加上在大规模的铁路、公路、水电站等基础设施建设过程中,由于不规范的施工等因素,人为扰动和破坏了原有地貌、植被和水系,造成干热河谷和干旱河谷山体、河岸周边水土流失进一步加剧。日趋严重的水土流失问题,不仅制约经济社会可持续发展,而且将严重威胁到我国粮食安全、生态安全甚至国家安全。

为加强水土流失综合治理,特别是解决干旱河谷和干热河谷地区水土流失治理这一世界性难题,赵鑫钰教授及其科研团队,经过长期、大量的现场实验和室内研究,开创了以微量胶凝材料(水泥、粉煤灰、黏土等)与水、当地劣质沙土和草屑不同配比混合掺拌的方式,改良脆弱山地表层土壤结构,并创造性地将大型工程防渗概念和技术应用到干旱环境植树过程,大幅度提高了干旱地区林草存活率和保存率,逐步建立了干旱河谷及高陡坡地区的长效生态修复机制。

作为赵鑫钰教授及其课题组长期科研实践和探索的一次集中展示,《高海拔干旱河谷水土保持生态修复实验研究》的付梓问世,不仅为从事环境保护和水土保持专业人员提供了在复杂山地环境治理水土流失的科学、实用、经济、简便的方法,更为广大公民和法人保护环境、改善生态提供了引导性思路。希望这部学术大作能为我国治理水土流失、改善生态环境、建设美丽中国贡献新的力量。

四川大学校长、中国工程院院士: 

2015 年 12 月 5 日

前 言

我国是世界第一山地大国,山区面积占陆域总面积约 70%,全国有一半以上的行政市(州)县在山区,90%以上的森林、54%的耕地、50%以上的草地、76%的湖泊集中在山区。由于山地系统和山川地貌,容易受到地球板块运动和大风、干旱、暴雨等气候条件的影响,加上人们对自然资源的掠夺性开发利用(如乱砍滥伐、毁林开荒、顺坡耕作、草地超载过牧)以及修路、开矿、采石、建设水电站过程中的随意挖土、取石、弃渣等人为活动导致的洪水、地震、滑坡、泥石流等灾害(或次生灾害)频发,全国水土流失总量规模巨大、情势非常严重。根据水利部、中国科学院和中国工程院近年编制的《中国水土流失与生态安全综合科学考察报告》,我国水土流失总面积约 357 万 km^2 ,占国土总面积的 37.42%;每年流失的土壤总量达 50 亿 t,年均损失耕地 6.67 万 hm^2 。水土流失,不仅范围广、影响大、危害重,而且日益吞噬着我国的国土资源,并持续直接威胁粮食安全及生态安全,其已成为我国的第一大环境问题。

20 世纪 90 年代末,国家加大了水土流失治理力度,尽管对长江流域、黄河流域上游地区实施的生态保护,局部“退耕还林”、“封山育林”和小流域泥沙的综合治理,在一定程度上控制了水土流失规模,局部治理初显成效。但就全国国土生态总体形势分析,水土流失仍呈局部好转、整体恶化,并有越来越严峻的态势。据有关资料,目前全国现有水土流失严重县达 646 个,亟待治理的流失区面积约 200 万 km^2 ,每年因水土流失造成的经济损失超过 GDP 的 3.5%。国家实施西部大开发战略以来,尤其是工业化、城市化、新农村建设的快速推进,高速公路、铁路的全国性扩展,生态脆弱区数以千座的水电站建设,以及自然气候的恶变与人为扰动的叠加,更加剧了水土流失引发的生态恶化。

我们是中央企业和国有电力开发建设单位,在高寒、高海拔、干旱(干热)河谷的西南山区开发建设水电站,很难避免施工造成工程区域水土流失。作为央企、国企,保护生态环境、控减和防治水土流失,是我们不可推卸的社会责任和法律责任。数十年来,研究和实践工程区域环境保护,控制施工过程水土流失,修复局地生态环境方面,我们业已建立有一些成功方法、经验,但在复杂区域特别是在高寒、高海拔、干旱河谷、干热河谷等生态脆弱地区控制施工过程水土流失,修复已经破坏的植被生态仍然任重道远。一方面,待开发的水电站越来越深入到生态脆弱地区,环境保护责任越来越重大;另一方面,研究、实践和实施水土保持的技术难度和投入越大,这使得我们必须加大科技创新,研究和实验复杂环境经济、适用的生态修复新方法。

2010 年 10 月,作者及所在的流域水电开发公司申获集团公司科技创新基金支持,专题实验研究高寒、高海拔、干旱河谷、干热河谷高陡弃渣体水土保持及生态修复技术。经

过3年多结合工程现场水土流失治理实践与实验室对比实验,课题组成功开创了在高海拔、干旱河谷等脆弱环境修复植被生态的多种实用方法,并应用到渣场、料场水土流失治理的实践。按照上级公司要求和研究课题验收专家意见,我们有义务在更大范围推广、应用其方法和技术,为此,作者将多年的研究、实验以及治理实践过程和此前参考、分析的文献,以总结的技术形式呈现给广大读者,以期待良师的指导和交流。

考虑到本总结的系统性、实用性、可读性和利于本科生及研究生学习,从推广应用角度,本著精介了其关键技术和重要实验过程,编改部分具指导价值的参考论文,以附件形式罗列了相关法规。全书审定约90万字,共10章。第1章,概述;第2章,我国水土流失现状与防治的根本途径;第3章,汶川大地震前实验区自然生态条件;第4章,汶川大地震造成实验区水土流失情况;第5章,灾后实验区山地的生态修复;第6章,电站弃渣场水土流失防治设计;第7章,国内水土保持生态范例与治理经验;第8章,实验区电站渣场水土流失治理实践;第9章,掺拌实验研究与水土流失治理实践;第10章,高陡坡抗冲刷实验与水土流失治理实践。

水利部长江水利委员会总工程师郑守仁院士作为本书的名誉主编,给予本总结全程支持。全书由课题主持人赵鑫钰同志策划、组稿、编写和校审,何栳铭、赵杨路同志参与第2章和第6章的资料整理、编写。作者的努力,旨在使本书为从事水利水电施工的广大管理人员提供具体的项目管理经验,指导其实践,同时也可为大专院校相关专业的学者、研究生提供系统的资料。由于出版合同时间、篇幅所限,更限于专利授权前其实验的方法、经验及核心技术细节不能完整呈现于本总结之中,加上作者受学识水平、认知能力约束以及时间紧迫,尽管殚精竭虑也恐难存在疏漏之处,诚望广大读者指正和谅解。

在本著即将出版之际,作者对参与资料收集、翻译、文字录入、校对工作的陆明、廖卉芳、赵庆平等一并表示感谢。

编者

2015年12月16日

目 录

第 1 章 概述	(1)
1.1 研究背景	(1)
1.2 研究技术路线与关键技术	(2)
1.2.1 研究的技术路线	(2)
1.2.2 关键技术	(4)
1.3 实验过程及效果	(5)
1.4 应用价值	(7)
第 2 章 我国水土流失现状与防治的根本途径	(8)
2.1 我国水土流失状况及成因	(8)
2.1.1 水土流失状况	(8)
2.1.2 水土流失成因	(9)
2.1.3 过度增长与资源过耗的危害	(11)
2.2 水土流失的危害及影响	(12)
2.2.1 直接危害	(12)
2.2.2 间接危害	(13)
2.2.3 引发灾害	(13)
2.2.4 资源利用效益锐减	(14)
2.3 防治水土流失的作用	(15)
2.3.1 涵养水源避减旱灾	(15)
2.3.2 固土控沙供地的作用	(22)
2.3.3 调节气候改善生态	(25)
2.4 防治水土流失的对策措施	(26)
2.4.1 转变观念崇尚自然	(26)
2.4.2 以人为本科学发展	(27)
2.4.3 加大创新力度和科技投入	(28)
2.4.4 加强领导严格管控	(29)

2.4.5	规范经济活动保护水土资源	(31)
2.4.6	发挥自然恢复能力	(32)
2.4.7	扩大承包经营权保障生态投资收益	(34)
2.5	防治水土流失的根本途径	(35)
2.5.1	重塑法律权威	(36)
2.5.2	加快经济转型	(36)
2.5.3	目标考核一票否决	(37)
2.5.4	杜绝造假加大违法成本	(38)
第3章	汶川大地震前实验区自然生态条件	(40)
3.1	地震前实验区上段自然环境条件	(41)
3.1.1	区域地质与地震	(41)
3.1.2	坝区工程地质条件	(41)
3.1.3	实验区上段水文条件	(45)
3.1.4	实验区上段自然生态条件	(48)
3.2	地震前实验区中段自然生态条件	(52)
3.2.1	地形地貌	(52)
3.2.2	地层岩性	(53)
3.2.3	地质构造	(54)
3.2.4	新构造运动与地震	(55)
3.2.5	电站库区地质条件	(56)
3.2.6	电站坝址地质条件	(57)
3.2.7	厂址工程地质条件	(59)
3.2.8	气象气候状况	(60)
3.2.9	水文情况	(62)
3.2.10	地震前实验区中段自然生态条件	(67)
3.3	地震前实验区下段自然生态条件	(75)
3.3.1	区域地质	(75)
3.3.2	水库区工程地质条件	(76)
3.3.3	坝址区基本地质条件	(78)
3.3.4	厂房区基本地质条件	(81)
3.3.5	实验区下段水文自然条件	(83)
3.3.6	实验区下段自然生态条件	(88)
第4章	汶川大地震造成实验区水土流失情况	(92)
4.1	汶川大地震的发生及专家论因	(92)

4.1.1	汶川大地震发生的原因	(93)
4.1.2	地震触发机制讨论	(94)
4.2	汶川大地震致山地生态受损情况	(107)
4.2.1	我国百年大地震回顾	(107)
4.2.2	龙门山断裂构造带大地震分析	(109)
4.2.3	地震重灾区和山地生态受损情况	(111)
4.3	地震及次生灾害造成实验区水土流失情况	(122)
4.3.1	世纪大地震带给人类的警示	(123)
4.3.2	地震产生的主要次生灾害及防范	(126)
4.3.3	实验区国道 317 公路施工水土流失情况	(130)
4.3.4	实验区水电站受灾及水土流失情况	(134)
第 5 章	灾后实验区山地的生态修复	(140)
5.1	灾后重建中的城镇生态修复	(141)
5.1.1	自然生态与城镇生态	(141)
5.1.2	汶川地震主要城镇生态修复	(142)
5.1.3	灾后实验区城镇生态修复	(145)
5.2	灾后实验区水电站区域生态的修复	(148)
5.2.1	实验区上段电站生态修复	(149)
5.2.2	实验区中段电站震后生态修复	(152)
5.2.3	实验区下段电站生态修复	(154)
5.3	灾后实验区交通道路的生态修复	(156)
5.3.1	实验区主要道路的总体布置与设计	(156)
5.3.2	国道 317 线灾后重建的水土保持生态设计	(157)
5.3.3	实验区主道路的生态修复	(160)
5.4	灾后实验区水土流失与景观生态修复	(165)
5.4.1	山地生态修复的地貌地质环境因素	(165)
5.4.2	实验区山地生态及景观破坏	(169)
5.4.3	实验区水土保持植被生态修复	(172)
5.4.4	实验区景观生态修复	(175)
第 6 章	电站弃渣场水土流失防治设计	(182)
6.1	工程弃渣防治水土流失初步设计	(182)
6.1.1	实验区上段电站水土流失防治设计	(182)
6.1.2	实验区中段电站水土流失防治设计	(191)
6.1.3	实验区下段电站水土流失防治设计	(202)

6.2	工程弃渣防治水土流失变更设计	(214)
6.2.1	实验区上段电站弃渣设计变更	(214)
6.2.2	实验区中段电站弃渣设计变更	(235)
6.2.3	实验区下段电站弃渣变更设计	(252)
第7章	国内水土保持生态范例与治理经验	(265)
7.1	山地水土保持生态范例	(265)
7.1.1	哈尼族人的分布与生境	(266)
7.1.2	哈尼梯田及所代表的农耕文明	(268)
7.1.3	哈尼族人的农耕文化	(274)
7.1.4	哈尼梯田的生态作用	(277)
7.1.5	浙江云和梯田的生态作用	(285)
7.2	高海拔地区防治水土流失方法与实践	(288)
7.2.1	水土资源匮乏与耕地危机	(288)
7.2.2	高海拔地区水土流失状况	(291)
7.2.3	防治水土流失方法与实践	(303)
7.3	干热河谷防治水土流失方法与实践	(332)
7.3.1	干热河谷的学术界定与特性	(333)
7.3.2	金沙江干热河谷水土保持生态研究	(335)
7.3.3	干热河谷防治水土流失的治理实践	(340)
7.4	干旱河谷防治水土流失方法与实践	(361)
7.4.1	国内防治水土流失与生态修复分区研究	(361)
7.4.2	干旱河谷水土保持生态实验研究	(371)
7.4.3	干旱河谷水土流失的治理实践	(377)
7.5	工程植被新技术	(381)
7.5.1	工程绿化——特殊困难立地生态修复新技术	(381)
7.5.2	环保型绿色植被混凝土技术实践	(385)
7.5.3	绿色混凝土生态防护技术在岩质边坡中的实践	(387)
第8章	实验区电站渣场水土流失治理实践	(392)
8.1	实验区中段电站渣场水土流失治理实践	(392)
8.1.1	中段电站水土流失治理条件	(392)
8.1.2	电站水土流失形式与分布	(396)
8.1.3	变更调整阶段水土保持工程措施	(397)
8.1.4	验收阶段主体工程水土流失综合治理	(400)
8.1.5	验收阶段渣场水土流失综合治理	(403)

8.2	实验区下段电站渣场水土流失治理实践	(413)
8.2.1	下段电站水土流失治理条件	(413)
8.2.2	电站工程水土流失概况	(415)
8.2.3	电站水土流失形式与分布	(416)
8.2.4	变更调整阶段已形成水土保持工程措施	(418)
8.2.5	验收阶段主体工程水土流失综合治理	(421)
8.2.6	验收阶段渣场水土流失综合治理	(425)
8.3	实验区上段电站渣场水土流失治理实践	(437)
8.3.1	上段电站渣料场水土流失治理条件	(437)
8.3.2	上段电站渣场水土流失治理	(449)
8.3.3	上段电站渣场水土流失治理	(463)
第9章	掺拌实验研究与水土流失治理实践	(470)
9.1	掺拌胶凝材料的实验与治理实践	(470)
9.1.1	掺拌实验研究治理思路的提出	(471)
9.1.2	掺拌胶凝材料的实验与实践	(472)
9.2	掺拌草屑和胶凝材料现场实验与实践	(483)
9.2.1	掺拌草屑的实验与实践	(484)
9.2.2	混合掺拌的实验与实践	(488)
9.2.3	大块度高陡渣体水土保持生态修复机制分析	(506)
9.2.4	根系固土及减灾机制	(520)
9.3	水土流失治理的经验比较	(528)
9.3.1	半干旱地区生态修复技术方法	(528)
9.3.2	半干旱区生态修复技术与环境分析	(533)
9.3.3	雨水资源利用与水土保持的成功经验	(539)
第10章	高陡坡抗冲刷实验与水土流失治理实践	(548)
10.1	高陡坡面抗冲刷实验	(548)
10.1.1	高陡坡体安全稳定措施	(548)
10.1.2	干旱河谷高陡坡面冲刷实验	(552)
10.2	高陡坡体侵蚀实验比较	(562)
10.2.1	急陡坡土壤侵蚀试验研究	(563)
10.2.2	干热河谷坡面表土抗冲蚀性研究	(567)
10.2.3	EUROSEM模型在三峡库区陡坡侵蚀的模拟研究	(574)
10.3	高陡坡面水土流失治理的经验比较	(581)
10.3.1	陡坡地皇竹草水土保持效益研究与实践	(582)

10.3.2	丘陵沟壑区生态修复与农村聚落耦合发展	(586)
10.3.3	陡坡耕地利用与保护及农林模式	(591)
10.3.4	黄土半干旱区坡地土壤水分、养分及生产力空间变异	(595)
10.3.5	陕南地区陡坡生态桑园水土保持效果	(602)
10.3.6	长江上游生态修复工程的作用	(606)
10.3.7	区域水土保持生态修复模式及效果评价	(610)
10.3.8	南水北调水源区坡面侵蚀及水土保持生态修复	(615)
参考文献		(622)

第 1 章 概 述

1.1 研究背景

据水利部近年统计,我国国土水土流失面积达 357 万 km^2 ,每年流失的土壤总量约 50 亿 t,损失耕地 6.67 万 hm^2 。尽管经过多年努力,水土流失局部治理见一定成效,有许多成功范例,就全国国土总体形势分析,水土流失呈现越来越严峻的态势。目前,全国现有水土流失严重县达 646 个,亟待治理的面积近 200 万 km^2 ,每年因水土流失造成的经济损失相当于 GDP 的 3.5%左右。换言之,国家不采取强力有效措施遏制水土流失的话,那么,占国土面积 70%的山区荒漠化、石漠化加剧,不仅制约经济社会可持续发展,而且将严重威胁我国的生态安全、粮食安全、防洪安全,甚至国家安全。

受地形、地貌、气候条件的影响,高寒、高海拔、大温差、干旱河谷、干热河谷地区以及西南山区高陡坡体是水土保持及生态修复难以攻克的课题,尤其是 2008 年 5 月 12 日汶川特大地震,灾区次生的地质灾害非常惨烈,水土保持及生态修复治理十分艰难、代价巨大。此外,西南地区干旱河谷水能资源、森林资源蕴藏量相对丰富,人口密度高、工农业生产相对发达。与其对应,由于高山峡谷,自然环境脆弱、地质条件复杂,地表岩层破碎、构造运动活跃、地震频发,滑坡、泥石流等地质灾害严重。而且,随着人口的转移和增长,自然资源承受的人类生产活动压力不堪重负,生态平衡遭到破坏。陡坡开垦、森林采伐、过度放牧等加剧了区域的水土流失,以致成为河流泥沙主要来源与土壤侵蚀最严重的地段。

20 世纪 90 年代中后期始,特别是国家实施西部大开发战略以来,西南山区已建、在建、拟建的大、中、小型电站数以千计。水电站建设,从长远看有利于生态环境和发展经济;但毋庸置疑的是,建设过程会对建筑物局地环境造成破坏。水电站建设初期,大规模开挖必然导致山体或河岸水土流失。因此,科学、系统、实验研究高寒、高海拔、大温差、干旱河谷、干热河谷以及西南山区高陡弃渣坡体水土保持及生态修复,具有十分重要的意义。

国外,在干旱区域的植被恢复或生态修复方面曾经作过许多探索,研究成果提倡和施行的主要是以人为影响较小的受损生态自然恢复,即便采用一些特殊技术,也多为充分高效利用可能的的水分条件,促进植物的发育生长;或者采用合适的植物种类(如根系深、适应干旱能力强等);在利用微生物技术及保水剂确保植物成活方面,或促进植物适应性生长

方面也存在成功探索。但各国有其迥异的国情,相当多的国家人均国土面积比我国大、人均水资源禀赋比我国好,采取自然恢复有较大的时间、空间优势。也就是说,自然生态恢复需要漫长时间和广域空间来保证。国内,人多地少,与水争地、与山争地已然成为城市(镇)化发展的必然,水土生态靠自然恢复不现实,加强人为干预的工程或植物措施进行生态修复成为当务首选。

我国水利部门对长江、黄河流域干旱河谷的生态保护,对泥石流、滑坡等地质灾害的生态防治技术以及小流域泥沙的综合治理及控制技术方面进行了长期研究、实践,不乏成功案例,但主要目标集中在以恢复植被和绿化方面和以修复生态系统的综合功能为目标的研究和实践,尚待更大投入。

我们作为中央企业和国有电力开发建设单位,在西部高寒、高海拔、干旱河谷、干热河谷的西南山区开发水电,难以避免造成工程区域水土流失。作为央企、国企,保护生态环境、防治水土流失是我们不可推卸的社会责任、法律责任。研究和实践工程区域环境保护、控制施工过程水土流失、修复局地生态环境方面,我们已有一些成功经验,但在复杂地域尤其是高寒、高海拔、干旱河谷、干热河谷地区控制施工过程水土流失仍任重道远。一方面是待开发电站越来越深入到生态脆弱地区,环境保护责任越来越重大;另一方面,研究、实践实施的技术难度和投入越大。这也使得我们必须加大力度和速度进行创新性研究、实践。2010年10月,作者所在的水电流域公司获得集团公司科技创新基金支持,专题研究高寒、高海拔、干旱河谷、干热河谷高陡弃渣体水土保持及生态修复课题。

1.2 研究技术路线与关键技术

由政府实施的退耕还林、封山育林、退田还湖、禁止乱砍滥伐等水土保持宏观举措在一些地域已经起到一定作用。在高寒、高海拔、干旱或干热河谷的西南山区,因自然形成的生态脆弱与多民族聚居;坡耕地集中、水分空间错位;降雨稀少、蒸发强烈、水资源短缺、可耕地紧张、坡耕地分散、土壤侵蚀强烈等特点,仅仅采用上述宏观举措,不能从根本上解决水土流失问题。水电工程造成的局域水土流失,更无法选择上述宏观性措施。采用大规模工程措施,一则投入大,在短时间难以发挥生态作用;二则因未改变水气条件,不能彻底治理水土流失;加上土地所有制问题和所有(经营)权不明晰,如果后续照管、维护跟不上,临时效果也很快消失。在这种宏观微观错综复杂的大环境下,我们要履行环境保护社会责任,只能创新思路,巧投入、找路径、寻突破,以获取持续性生态效果。

1.2.1 研究的技术路线

从所收集的资料上不难发现,一些仅有的在高海拔、干旱或干热河谷水土保持及生态恢复以及植被恢复的研究成果,主要措施多集中在物种选择与培育方面。那些经过筛选可以在干旱河谷不同母岩发育土壤上存活及生长的植物种类,由于缺乏后期投入与管护也难存活。在个别地段(试验基地)的成功,尚不适宜扩大及推广。

本课题的研究,就是摒弃走“单一环境、同类实验”的研究老路,目标是探索一种适应性强、便于推广、资金投入不大、实施简单、经营与管护结合的保土保水长效机制和方法。具体说,就是因地制宜、因时制宜,针对每个环境条件因子,发挥每个改造主体的能动而有效的作用,譬如:任何一个适地居住的承包经营农户,在高海拔、高寒地带,以不同高程和水气条件辅以小微规模工程措施并研究结合不同耐寒、耐旱且适应低温的经济植物(如刺槐、花椒等);确切地说就是在西南(生态脆弱的)干旱河谷、干热河谷,除实验选择适宜的经济植物品种外,分别不同实验环境、对象,采用本研究课题创新的关键技术,即通过数十组(水泥、粉煤灰、黏土等)微量胶凝材料与水、当地(沙、杂)土、草屑进行不同比例掺拌,人工铺撒在边坡、陡坡上,实现固土、稳坡、保土保水长久效果。

采取细微工程措施与低投入生态植物措施,以改善小环境,通过实验获取水土保持简便方法,拟构建多种适合干旱、干热河谷(不同海拔与气候以及人为活动强度等)区域的生态修复技术体系,实现由点及面、左右延展、上下依存的立体水土保持生态效果。本研究课题以现场实验为主,配合少量的实验室对比性(主要是植物在各类掺拌土环境下的存活与生长)实验,再将实验成果推介给当地政府和农户。

本课题研究的主要内容及过程为:

- (1)高寒、高海拔、干旱、干热河谷现状调查;
- (2)同区域高陡坡体植被的适应性调查;
- (3)生态修复机理研究;
- (4)具有代表性实验场地优选;
- (5)微量胶凝材料(水泥、粉煤灰、黏土等)不同比例掺拌对比实验;
- (6)干拌和湿拌草屑实验;
- (7)同上条件高陡坡体及渣体陡坡模拟雨水冲刷实验;
- (8)现场对比实验;
- (9)效果与效益评估。

本研究课题关键技术路线为:

资料收集→高寒、高海拔、干旱、干热河谷现状调查→同区域高陡坡体植被的适应性调查→脆弱环境生态修复机理研究→具有代表性试验场地优选→微量胶凝材料(水泥、粉煤灰、黏土等)不同比例掺拌实验→干拌和湿拌草屑实验→模拟雨水冲刷实验→实验室与现场实验对比分析→效果与效益评估。

课题技术路线及研究程序见图 1-2-1。

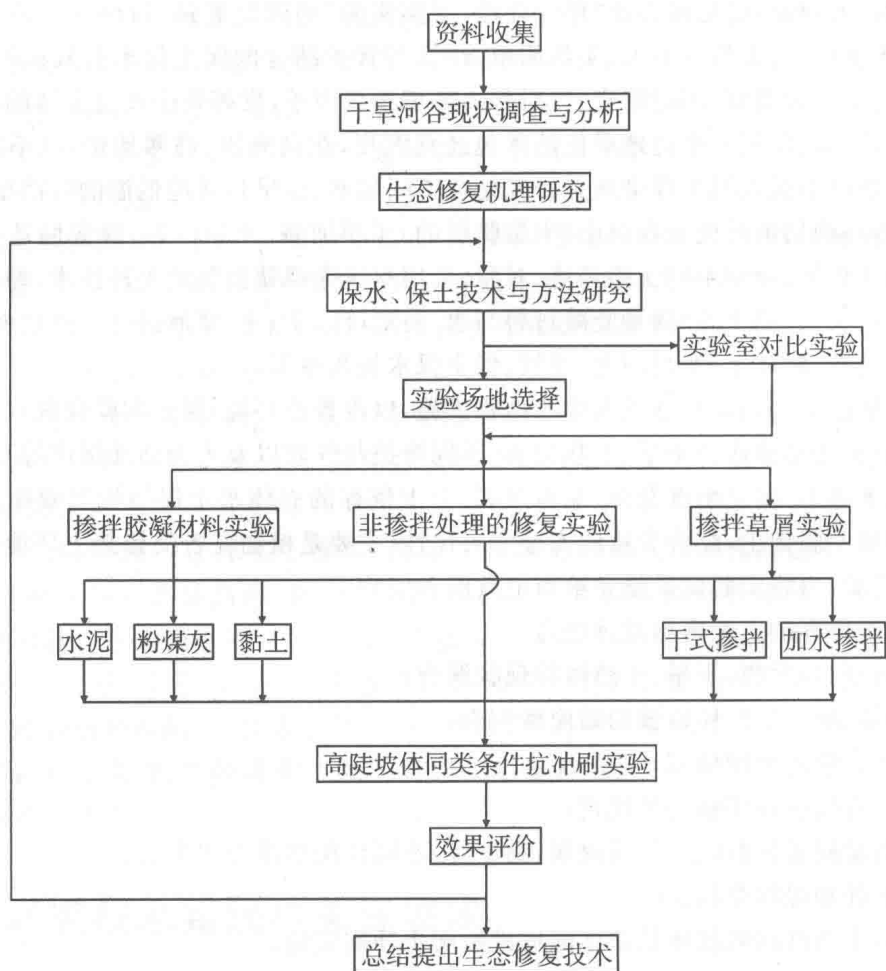


图 1-2-1 技术路线及研究程序图

1.2.2 关键技术

本研究课题实验现场,主要选在川西岷江上游海拔1500~2300m的干旱河谷。这样选择,是考虑到“5·12”汶川特大地震发生后区域生态系统恢复成为四川经济社会发展当务之急,研究成果便于直接在重灾区发挥经济效益、社会效益和生态效益。川西岷江上游的理县、茂县、汶川县,都是地震重灾区,地质情况复杂,岩石破碎、山地地表灰褐土母质多为变质岩的风化物,由坡积母质发育而成。坡体全强风化沙土颗粒粗、土质连接松散、结构性差,土粒干燥、呈碱性反应,有机质含量较低,土壤普遍缺磷,表土砾石较多。实验采用多组不同胶凝材料(水泥、粉煤灰、黏土等)掺量和以其不同比例植物种子、水、当地土、草屑掺拌,抛撒或铺设在陡坡或建筑渣体高陡边坡上,形成保土、保水、保肥的一层“壳”。

掺拌微量胶凝材料,目的是固土拟改变土质颗粒松散、结构性差、细颗粒容易被大风吹走、坡体不能抵御雨水冲刷等水土流失问题。所谓“微量掺拌”,就是将胶凝材料控制1%~5%(黏土实验1%~10%)范围内,既要保土又不能较大改变土质酸碱性。因此,在胶凝材料掺拌试验中,只允许黏土比例适当提高。

掺拌草屑,就是将收集或购买的杂草切割成5~10cm长的草屑,人工用锹先干掺再加适量水或与胶凝材料一起掺拌铺设于坡体。掺拌草屑,一方面起土体加强筋的(固土)作用;另一方面,草屑形成腐殖质,即在土体内腐烂后形成有机质,有利于植物生长。在雨季,表土和草屑均富含水分,可减少掺拌水量;旱季或长时间未下雨,掺拌作业需要增加水量。

掺水人工拌和,目的是使土体较为均匀铺设在陡坡坡面上,粗颗粒不易离析、滚落、分离。实验分别进行了以下组项:

- (1)当地劣质沙土加水拌和;
- (2)当地劣质沙土加草屑与水搅拌;
- (3)当地劣质沙土加适量胶凝材料与水搅拌;
- (4)当地劣质沙土加草屑、加适量胶凝材料与水搅拌,即混掺等实验组项。

分别掺拌微量胶凝材料、掺拌草屑和掺水的多组实验,就是拟找到一种在生态脆弱区能够广泛参与,即农户个体都能够方便实施、简单、经济的水土保持与生态修复方法。或者说,每个农户、每个土地承包经营者,都能采用这种简易方法有效改善耕地、林地、草地,让“房前屋后”滩地、沙地、坡地成为植被种植生境,让任何土地、坡地变成良田、果园。这种从微观上突破的创新思路与修复生态的技术,正是本科研课题的关键技术与核心内容。

1.3 实验过程及效果

我国水土流失涉及范围广、影响大、危害重,是关乎国家生态安全的重大环境问题。随着近年我国工业化、城市化、新农村建设进程的加快,开发建设项目所造成的水土流失问题已不容忽视。水土保持上升为促进人与自然和谐、保障国家生态安全与可持续发展的一项长期战略攻坚任务。治理水土流失、修复生态环境,需要创新思路、培养人才、加大责任及违法惩处力度。中国科学院、中国工程院数十位院士科学家曾一致建议国家设置水土保持与荒漠化防治一级学科,并着手研究水土流失、荒漠化、石漠化、农地退化、山地灾害以及开发建设项目造成的环境脆弱和生态退化问题。

本研究课题选择在川西山区,正是希望研究地域同时满足高寒、高海拔、干旱河谷、干热河谷、高陡坡体等复杂脆弱生态环境。实验场域所在气候属川西高原气候区,主要受西伯利亚的西风气流、印度洋暖流和太平洋东南季风的影响,具有季风气候的特点。域内海拔高差悬殊、地形复杂,气候差异显著,具有山地立体型气候特征,小气候多样。区位在北纬 $31^{\circ}12'$ ~ $31^{\circ}55'$ 、东经 $102^{\circ}36'$ ~ $103^{\circ}39'$ 之间。全域呈扇形,南、西、北三面为群山环抱。

根据气象统计资料,实验区西部多年平均气温 11.2°C ,多年平均年降水量约600mm,多年平均年蒸发量1600mm;多年平均日照时数1670h;多年平均相对湿度65%,为典型的干旱河谷气候。实验区东部多年平均气温 13.5°C 、多年平均年降水量537.9mm、多年平均年蒸发量1650mm、多年平均相对湿度67%,属山地干旱河谷和半干旱河谷气候区。本课题实验研究充分考虑自然气候条件,探索适配的生态修复技术与方法。

2011年4—10月,实验课题组选择区内中段水电站的弹簧沟渣场和下段电站(2#、3#、4#)弃渣场进行实验,分别在陡坡段取数组 $5\text{m}\times 10\text{m}$ 为一个的实验(区)块,采用加