

干旱河谷水电工程建设水土保持生态修复研究

马文龙, 赵鑫钰

(华电四川杂谷脑水电开发公司, 四川 成都 610091)

摘要:我国水土流失涉及范围广、影响大、危害重,已成为关乎国家生态安全的重大环境问题。防治水土流失、促进人与自然和谐、保障国家生态环境安全与可持续发展是一项长期战略任务,同时也是公民尤其是央企的首要社会责任;治理水土流失、修复生态环境需要创新思路、加大投入并严惩违规行为。结合科技创新课题,在我国西部复杂地质环境开展了治理水土流失、修复生态的实验研究,取得了一定的突破和具有推广价值的成果。

关键词:干旱河谷;水电工程建设;研究;水土保持;生态修复

中图分类号: [TV-9];TV7;TV212;N39;X5

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2013)02-0073-05

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100万亩。尽管经过多年努力,水土流失的局部治理已见一定成效,有许多成功范例,但就全国国土总体形势来看,水土流失已呈现出越来越严峻的态势。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2.4%左右。换言之,国家若不采取强力、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、石漠化必将进一步加剧,不仅制约经济社会可持续发展,而且将严重威胁到我国的生态安全、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,尤其是经过2008年5.12汶川特大地震后,灾区的水土保持及生态修复十分艰难、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。与其对应的是,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,以致于

其已成为河流泥沙的主要来源与土壤侵蚀最严重的地段。

自上个世纪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:其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的水土流失。因此,科学、系统地研究高寒、高海拔、大温差、干旱河谷、干热河谷以及西南山区高陡坡体的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,其研究成果提倡和施行的主要是以人为影响很小的自然生态恢复,也有采用一些特殊技术,充分、高效地利用可能的水分条件,保证植物的生长发育,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或促进植物生长方面也进行了有益探索。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,采取自然恢复具有较大的时间、空间优势。也就是说,自然生态恢复需要漫长的时间和广域空间来保证。而对于我国而言,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,水土保持靠自然恢复不现实,而加强人为干预的工程或植物措施进行生态修复则成为当务首选。

收稿日期:2013-01-18

国内水利部门对长江、黄河流域干旱河谷的生态保护、泥石流滑坡等地质灾害的生态防治技术、小流域泥沙的综合治理及控制技术方面亦进行了各种研究实践,或不乏成功案例,但主要目标集中在以恢复植被和绿化方面,而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,难以避免会造成工程区域内的水土流失。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。在研究和实践工程区域的环境保护、控制施工过程中水土流失、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的水土流失仍任重道远。一方面是待开发电站越来越深入到此类地区,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愈发加大。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,笔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、干热河谷的水土保持及生态修复课题。

2 研究采用的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了一定作用。但在高寒、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措施。而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;加之所有制问题和所有(经营)权不明晰,如果后续照管、维护跟不上,所取得的临时效果也会很快消失。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的社会责任,只能创新思路,巧投入、找路径、寻突破,以争取持续效果。

2.1 研究采用的技术路线

从所收集的资料中不难发现,一些仅有的在高海拔、干热河谷中使用的水土保持及生态恢复既植被恢复的研究成果中的主要措施多集中在物种选择培育方面,那些经过筛选可以在干旱河谷不同母岩发育土壤中存活及生长的植物种类由于缺乏后期投入与管护亦难以能存活。在个别地段的成功,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、方法简单、经营与管护结合的保土保水长效机制。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(花椒等);或在西南干旱河谷、干热河谷除选择适宜的经济植物品种外再分不同实验环境、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的简便方法,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、上下依托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。本课题研究探索内容采用的技术路线为:

- (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)具有代表性的实验场地优选;
- (5)微量胶凝材料(水泥、粉煤灰、黏土等)不同比例的掺拌实验;
- (6)干拌和湿拌掺草屑实验;
- (7)同上条件高陡坡体铺设土模拟雨水冲刷实验;

- (8) 内外对比实验;
- (9) 效果与效益评估。

本研究课题采用的技术路线为:

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→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→干拌和湿拌掺草屑实验→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。本课题技术路线及研究程序见图 1。

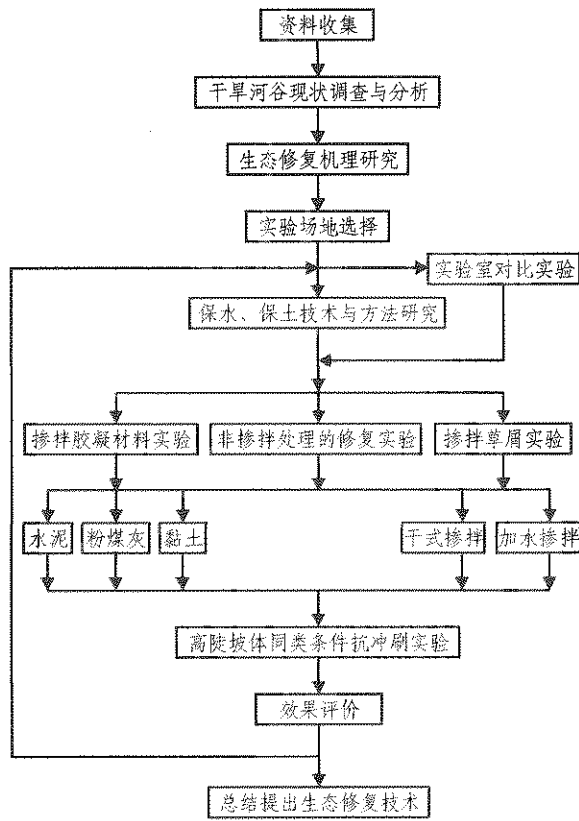


图 1 技术路线及研究程序图

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 1 500 ~ 2 300 m 的干旱河谷。这样的选择是考虑到“5. 12”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的当务之急,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、汶川县域都是地震重灾区,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。采用多组不同胶凝材料(水泥、粉煤灰、黏土等)掺量和以不同比例的植物种子、水、当地土、草屑掺拌,抛撒或铺设在陡坡、边坡上,形成保土、保水、保肥的一层“壳”。

掺拌微量胶凝材料的目的是固土,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在 1% ~ 5% 范围内,既要保土,又不能较大程度地改变土质酸碱性。在胶凝材料掺拌实验中,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 8 ~ 10 cm 长的草屑,用锹由人工干掺或加适量水或与胶凝材料一起掺拌并铺设于坡体。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,在土体内腐烂后作肥料,有利于植物生长。

掺水人工拌和的目的是使土体较为均匀地铺设在陡坡坡面上,粗颗粒不易离析、滚落、分离。掺水又分单独掺水、与胶凝材料合掺、与草屑及胶凝材料混掺等实验组项,也有不加水干掺组项。

分别掺拌微量胶凝材料、掺拌草屑和掺水与否的多种实验就是拟找到一种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。每个农户、每个土地承包经营者都能采用这种方法改善耕地、林地、草地或“房前屋后”植被种植环境,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。

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。随着近年来我国工业化、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等闲轻视。水土保持已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、中国工程院的数十位院士、科学家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

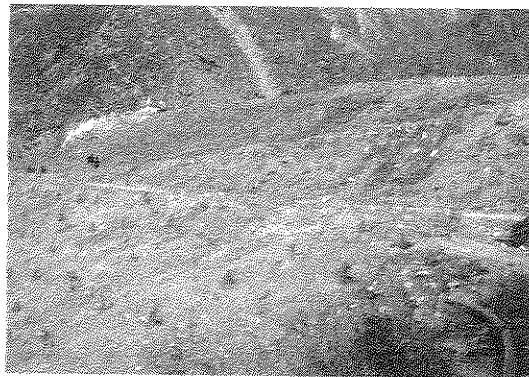
化、石漠化、农地退化、山地灾害以及开发建设项目造成的环境脆弱和生态退化问题。

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、高陡坡体复杂脆弱的生态环境。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 $31^{\circ}12' \sim 31^{\circ}55'$ 、东经 $102^{\circ}36' \sim 103^{\circ}39'$ 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为 11.2°C ,多年平均年降水量为 613.3 mm ,多年平均年蒸发量为 1432.4 mm ;多年平均日照时数为 1671.4 h ;多年平均相对湿度 67% ,为典型的干旱河谷气候。实验区东部多年平均气温为

13.5°C 、多年平均年降水量为 537.9 mm 、多年平均年蒸发量为 1599.2 mm 、多年平均相对湿度 69% ,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到自然气候条件,探索了适配的生态修复技术与方法。

2011年4~10月,实验课题组选择某水电工程3座(2#、3#、4#)弃渣场,取 $5\text{ m} \times 10\text{ m}$ 为一个实验块,采用加水加草屑拌和当地沙土简单铺设在 37° 的斜坡上(厚 10 cm)与坡顶抛撒(厚 20 cm)未加水及草屑拌和的沙土20个实验项目组相对比,结果发现水土保持与植被存活效果有明显差异。加水加草屑拌和的、加水未加草屑拌和的实验组都比坡顶抛撒的组块植被长势好。而且坡顶抛撒组块在暴雨后被雨水冲刷有多条深沟,视觉效果见图2。

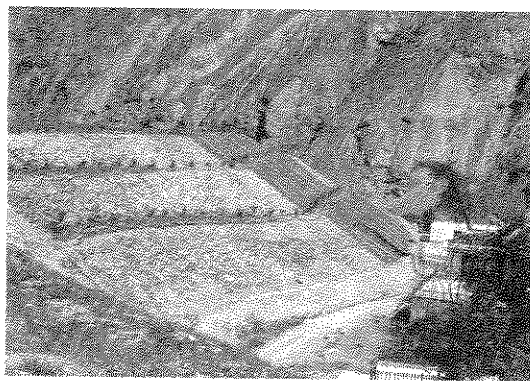


掺拌后生长情况

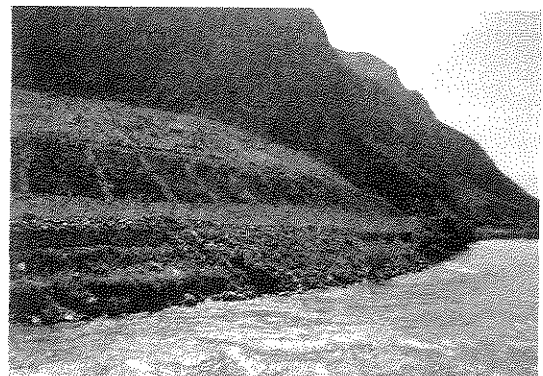


掺拌草屑准备

图2 某电站2#渣场掺拌草屑实验图



3#渣场掺拌后生长情况



4#渣场掺拌后情况

图3 某电站3#、4#渣场掺拌胶凝材料实验图

2012年3~11月,实验课题组选择另一水电工程3座(2#、4#、5#)弃渣场,采用掺拌微量(当地沙土重量 $1\% \sim 5\%$)的胶凝材料(水泥、粉煤

灰、黏土等),与此前(2012年3~11月)实验内容重复做40组类同实验,分别铺设在 $25^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 的斜坡上。如果说有差别,则主要是加胶凝材料及比

例的多少。其后,又增加了掺拌黏土比例(2% ~ 10%)的实验组数,目的是检验土体在极度干旱条件下是否产生“板结”以及植物存活状态。另外,草种由一般杂草增加为杂草、三叶草、油菜籽等。通过近两年的实验和观察发现,实验取得了较为理想的效果(图 3)。

实验结果表明:加水掺拌进实验块的杂草、三叶草、油菜籽等植物种子,3 ~ 4 d 后纷纷长出绿芽,尤其是油菜籽长势较好;而仅由草屑、杂土加水掺拌的实验块植物长势更好,只是在一场暴雨过后有表土流失痕迹,比没有加水、加草屑(自然)的状态好很多。与此对应,掺拌有微量胶凝材料(水泥、粉煤灰、黏土等)的实验块植物长势稍差,但坡面明显形成薄薄的硬壳,十分有利于保土。经过一个雨季的检验,也证实了其保土效果良好。

尽管水泥、粉煤灰、黏土、硅粉等都属于胶凝材料,微量掺拌没有较大程度地改变土体土质及酸碱性,植物长势也未呈现根本改变,但实验区土壤本身偏碱性,再加入弱碱性胶凝材料是否改变了土壤质量还有待较长时间的观察检验。在抗冲刷实验研究中,我们拟定了参与不掺胶凝材料、参与不掺草屑以及胶凝材料和草屑都掺拌 3 种情况,9 组实验块进行表土抗冲刷对比,采用可调节水量的喷淋装置,加水表控制水量,模拟大雨、暴

(上接第 72 页)

的利益、消解因损失期望带来的抱怨和忧虑、应对突发事件等社会管理能力进行测评,完善政策与防范措施,降低不确定性产生的可能性,减少风险的产生。

参考文献:

[1] 冯必扬. 正确认识社会风险与风险社会,全球视域与中国实

雨从 1 000 mm 高度直接冲刷实验组块(坡面)。通过 30 ~ 60 min 的观测,掺拌胶凝材料和草屑的坡体表面水土流失很小,没有掺拌草屑的坡面次之,自然松散铺设在坡面的表土抗冲刷情况较差。

4 结 语

在高寒、高海拔、干旱河谷、干热河谷及高陡坡体进行水土保持和生态修复实验的目的是取得保土经济、简便的方法。保土就能够保住水、保住肥,这不仅是农业意义上的土、水、肥问题,而且是山地生态之根本,能为复杂、脆弱环境植物的存活生长创造基质条件。此项研究,虽没有复杂的理论支持,也无须精确计算,但的确为一种务实的探索和有推广和实用价值的实验,用步步为营的微观方式,处理全国十分麻烦的宏观生态环境问题,无数个经济单元或承包经营农户、林户都可以采用其改善水土流失问题。经科技情报检索,国内外业界均无此类实验研究先例。本研究课题的意义亦不仅局限在生态环境,而且对于重新认识土地,开发利用山区坡地,为农户拓展经济发展空间的作用不可限量。

作者简介:

马文龙(1960-),男,河北磁县人,副总经理,高级工程师,学士,从事水电工程建设技术与管理工作;

赵鑫钰(1956-),男,天津市人,教授级高工,学士,四川大学客座教授、三峡大学兼职教授,从事水电工程建设技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)

践:发展·和谐·价值(下)[M].南京:江苏人民出版社,2008.

[2] [美]史蒂文·瓦戈,王晓黎,译.社会变迁[M].北京:北京大学出版社,2007.

作者简介:

吕 浩(1969-),男,云南昆明人,高级工程师,从事能源、水利、生物多样性项目评审工作。(责任编辑:李燕辉)

用电信息采集系统通过验收

2月23日,由国家电网四川省电力公司承担的广电网络用电信息采集系统试点项目顺利通过国家电网公司验收。该试点项目总投资400万元,主要内容是完成3.3万户低压客户的采集通道新建与改造,实现基于广电网络传输的用电信息采集。项目于2012年初正式启动,11月25日投入运行。通过审查测试以及实地查看,国家电网公司验收组专家认为,此项目使客户可通过手机、电视、互联网等多种通讯手段与供电企业的双向互动,实现了客户“足不出户实时余额查询与交费”等预期目标。为此,一致认为四川省公司基于广电网络的用电信息采集试点工程建设项目符合国家电网公司技术标准,系统运行稳定可靠,具备推广价值,同意通过验收。

西藏投资规模最大的旁多水利枢纽首台机组年内可运行发电

西藏和平解放以来投资规模最大的水利枢纽工程——旁多水利枢纽工程计划于今年10月完成首台机组运行发电。该工程总投资45.69亿元,是一座以灌溉、发电为主,兼顾防洪和供水的大型水利枢纽工程。这项工程于2009年7月15日开工建设,预计于2016年全部竣工。工程建成后,可实现灌溉面积65.28万亩,年平均发电量5.99亿千瓦时。