

赤水河流域(云南段)土地绿化对策研究

杨兴^{1,2}, 申腾朝^{2*}, 余大坤², 太廷惠², 赵娟灵², 曾莉², 殷鹤丹², 余大春²

(1. 西南林业大学林学院, 云南昆明 650224; 2. 镇雄县林业和草原局, 云南镇雄 657200)

摘要 以“山水林田湖草沙是一个生命共同体”的理念为指引, 针对赤水河上游地区森林覆盖率较低、林分质量不高、生态环境脆弱、生态功能退化、生态承载力面临巨大挑战等突出问题, 坚持源头治理、综合治理、系统治理、科学治理, 提出赤水河源头区森林覆盖率明显增长、林分质量显著提高、生态环境质量根本好转、流域生态系统更加稳定、生态系统服务功能和生态承载力显著提升的总目标, 并设定土地绿化4个类别12项指标, 列出具体建设内容、技术方案以及工程成效监测评估体系等一系列对策措施。通过流域各项任务措施的实施, 恢复提升源头区植被健康水平, 增强森林生态系统水源涵养和水土保持功能, 保障赤水河流域“一江清水出云南入长江”。

关键词 土地绿化; 生态环境; 森林; 对策; 赤水河流域

中图分类号 S731 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)14-0167-07

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.14.041



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Study on Countermeasures of Land Greening in Chishui River Basin (Yunnan Section)

YANG Xing^{1,2}, SHEN Teng-chao², YU Da-kun² et al (1. Forestry College of Southwest Forestry University, Kunming, Yunnan 650224; 2. Zhenxiong County Forestry and Grassland Bureau, Zhenxiong, Yunnan 657200)

Abstract Guided by the concept of “landscape, forest, lake, grass and sand are a community of life”, aiming at the outstanding problems in the upper reaches of Chishui River, such as low forest coverage rate, low forest quality, fragile ecological environment, degradation of ecological functions, and great challenges to ecological carrying capacity, etc., we must adhere to source governance, comprehensive governance, systematic governance and scientific governance. The general goal of increasing forest coverage rate, improving forest quality, improving ecological environment quality, making watershed ecosystem more stable, and improving ecosystem service function and ecological carrying capacity was put forward. 4 categories and 12 indicators of land greening were set, and a series of countermeasures such as concrete construction content, technical scheme and monitoring and evaluation system of project effectiveness were listed. Through the implementation of various tasks and measures in the basin, the health level of vegetation in the source area will be restored and upgraded, the functions of water conservation and soil and water conservation of forest ecosystem will be enhanced, and the Chishui River Basin will be guaranteed to “A clear river flows out of Yunnan into the Yangtze River”.

Key words Land greening; Ecological environment; Forests; Countermeasure; Chishui River Basin

森林生态系统是以乔木为主体的生物群落与其非生物环境组成的生态系统, 在调节气候、固土保水、防风固沙、固碳制氧、净化空气等生态系统服务方面价值巨大^[1]。森林植被是森林生态系统的主要组成成分, 生态功能突出。推进土地绿化行动能有效提高森林植被覆盖度, 增强生态保护修复成效。

赤水河是长江上游一级支流中少有的、以生态保护为主、干流尚未进行开发建设、基本保持原生态的河流, 是长江上游重要的生态安全屏障^[2]。赤水河流域(云南段)具有地域历史文化、民俗文化、酒文化、红色文化、生态文化等深厚的文化内涵, 该地区既是革命老区, 又是曾经国家脱贫攻坚的乌蒙山集中连片重点地区^[3]。由于其特殊的地形、地质条件, 加之降雨集中, 以及历史上对自然资源的不合理利用, 森林植被破坏较为严重, 使该地区水土流失日益加剧, 生态环境风险持续加大。因此, 做好赤水河流域(云南段)生态保护修复, 对于筑牢长江上游生态安全屏障, 贯彻绿色发展理念, 推进生态文明建设具有重要意义^[4]。笔者以“山水林田湖草沙是一个生命共同体”的理念为指引^[5], 针对赤水河上游地区存在的一些突出问题, 提出了赤水河流域(云南段)土地绿

化建设的总体对策和具体方案, 以期促进流域绿色高质量发展, 并为类似江河流域土地绿化建设提供参考。

1 流域概况

赤水河是我国长江流域唯一一条干流未建大坝并保持自然流态的一级支流, 发源于云南省昭通市镇雄县赤水源镇银厂村长槽村民小组凉水岩, 经贵州省毕节市、遵义市, 于四川省泸州市合江县汇入长江。干流全长 436.5 km, 其中云南段干流全长 97.0 km, 一级支流全长 142.8 km, 二级支流全长 84.9 km, 主要支流有雨河、石坎河、倒流水、铜车河 4 条^[6], 流经镇雄县东北部 14 个乡镇及威信县东南部 3 个乡镇, 在威信县水田镇香树村出云南境, 流域面积 1 942.16 km², 范围位于 104°44'20"~105°20'25"E, 27°25'16"~27°56'80"N^[3]。赤水河流域(云南段)地处云贵高原东部中山丘陵地带, 西南高, 东北低, 中部和南部稍平缓, 平均海拔 1 400 m, 气候湿润寡照多阴雨, 平均年降水量 1 200 mm, 植被资源、野生动物种类繁多, 生物多样性丰富, 流域森林面积 62 720.76 km², 森林覆盖率 32.29%^[7]。

赤水河流域(云南段)与黔、川两省交界, 属典型的革命老区和曾经的国家脱贫攻坚重点地区, 生态本底脆弱敏感, 森林覆盖率不高, 林分质量低下, 水源涵养和水土保持等功能不足, 生态系统服务功能退化仍是赤水河流域(云南段)面临的主要问题^[8]。据相关水文观测数据显示, 赤水河 20 余年来水量减少了 6.5%, 多年平均径流量和最大年均径流量

基金项目 林业改革发展资金“国土绿化试点示范项目”(Z175070050002)。
作者简介 杨兴(1988—), 男, 云南昭通人, 工程师, 硕士, 从事经济林与森林资源管理研究。* 通信作者, 助理工程师, 从事生态修复与森林资源管理研究。
收稿日期 2021-09-18; **修回日期** 2021-10-15

也呈下降趋势^[9]。其生态环境状况的优劣不仅制约着下游茅台酒等酱香型白酒产业的发展,还直接关系到长江经济带上游生态安全屏障建设成败,因此如何提高源头区域的森林覆盖率,恢复区域植被生态系统、提高水源涵养和水土保持能力显得尤为必要和迫切。

2 流域土地绿化建设存在的问题

2.1 生态承载压力大,造林绿化管护任务重、难度大 赤水河流域(云南段)非林地面积为 97 620.52 hm²,占流域面积的 50.26%。据 2020 年底统计,赤水河流域(云南段)人口密度高达 525 人/km²,是昭通市全市人口密度 273 人/km² 的近 2 倍,是云南省全省人口密度的 4 倍多^[3]。流域内 25°以上坡耕地占总耕地面积超过 50%,人地矛盾突出,加之较为粗放的经济增长方式,生态承载负荷重,流域生态保护与造林绿化管护压力非常大。造林地块除面临人为活动高频度干扰之外,部分位于高山峡谷地区,山高坡陡,作业环境差,管护难度大。

2.2 生态本底脆弱,林地退化风险比较严峻 流域源头区域地貌整体上以中山峡谷为主,地处世界三大喀斯特地貌集中分布区之一的东亚片区中心地带,石灰岩溶面积分布较广,历史上土地耕种开发程度高,石漠化土地问题突出,生态本底脆弱。据统计,流域内石漠化倾向严重,石漠化面积约 2 508 km²,占总面积的 32.13%^[3]。加之流域地形地貌陡峭而且地表破碎,相对落差极大,在降水量大且集中的条件下,导致雨水冲刷与地表侵蚀十分剧烈,水土流失非常严重,形成了缺水少土、立地条件恶劣的局面,流域内水土流失面积占流域面积的 55.06%^[3]。喀斯特石漠化生态环境呈现出生态敏感度高、环境容量低、抵御干扰能力弱、空间转移能力强等系列特征,大部分群落处于植被演替的初始阶段,抗逆性弱,自然灾害和人为干扰极易对其造成破坏,导致植被退化。

2.3 社会经济发展滞后影响生态建设速度,生态环境保护意识有待提高 赤水河流域(云南段)涉及的镇雄、威信 2 县曾属于乌蒙山集中连片特困地区腹地,为“老、少、穷、远、山”地区,“十三五”末实现脱贫,下一步巩固脱贫攻坚和乡村振兴任务重。从产业发展来看,仍面临规模小、层次低、结构单一、实力不强等问题,农林特产品缺乏知名品牌,文旅资源尚未得到有效利用。由于经济社会发展滞后,一方水土养不好一方人仍然是基本区情,流域保护与发展不协调矛盾仍然存在,地区群众生态环境保护意识不强,这也严重制约了生态保护和修复治理的建设速度。

3 流域土地绿化建设的必要性

3.1 区域生态地位突出,在流域生态安全格局乃至长江上游安全屏障构建中有着不可替代的作用 《全国生态功能区划(修编版)》把赤水河流域划定为国家重点生态功能区的限制开发区,要求以区域生态修复与治理保护作为重点^[10]。流域地处世界三大喀斯特集中分布区之一的东亚片区中心地带,作为生态脆弱的喀斯特地貌集中分布区,水土保持对下游地区乃至长江流域生态安全具有重要作用。

赤水河云南省境内流域位于源头区,面积近

1 942.16 km²,占赤水河流域的 10.3%^[3],是重要的水源涵养、水土保持功能区。加强源头区的植被恢复,提升水源涵养和水土保持功能是确保赤水河流域“一江清水出云南入长江”的重要保障。此外,其植被状况的优劣不仅直接影响中下游河流生态系统,还制约着茅台酒等酱香型白酒的产量和品质。

赤水河流域在长江上游生物多样性保护中具有特殊重要地位。流域内植物多样性特色分明,古老、特有植物繁多。据科考资料统计,分布有植物 257 科 883 属 1 700 余种^[11]。云南段的长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区内,有各类鱼类 58 种,占赤水河全境鱼类种类总数的 39.3%,拥有长江上游特有鱼类 21 种^[6]。其中,洞穴生鱼类多为流域或我国特有物种,决定了云南段在赤水河流域生态安全格局及区域生物多样性保护中不可替代的重要地位。

3.2 区域生态基础相对薄弱,土地绿化建设任务艰巨,植被恢复和森林质量提升空间和需求大 赤水河流域云南段呈现出典型的云贵高原山地丘陵景观,主要生态系统类型为林地、旱作农田、坡耕地和草地等。流域森林覆盖率不及云南省整体的一半,且远低于中下游水平,还有近 1 倍的提升空间,特别是沿河两岸,森林覆盖率和林草植被盖度更有待进一步加强,以提高河岸对河流水体的缓冲带作用^[12]。由于赤水河流域(云南段)降雨气候条件及近年的森林保护工作,区域基本没有荒山荒地,森林覆盖率低的主要原因是生态功能较低的灌木林地比重大。据统计,云南段流域内灌木林地占比 36.02%以上。另外,由于流域区岩溶石漠化等立地条件因素,人工造林未成林地比重相对较高,占比 6.31%^[7]。

从云南段流域内森林资源总量来说,包括特种灌木林地在内的森林面积仅有 62 720.76 hm²,人均森林面积 0.06 km²^[3],不符合我国大江大河源头森林资源的要求,特别是赤水河流域源头水源涵养的要求。同时,现有森林总体特征表现为物种较单一,群落结构简单,系统生产力低下,森林质量不高,林相层次简单,景观类型单一,生态服务功能偏低。提高区域土地绿化数量和质量任务仍然繁重,流域植被恢复和森林质量提升工作亟待加强。

3.3 区域生态修复绿化有利于“三水共治”和乡村生态振兴,是推进乌蒙山生态新格局形成及增强革命老区人民群众幸福感的重要需求 赤水河流域地区之间发展不平衡,赤水河流域(云南段)产业结构以传统农业为主,工业化进程属起步阶段,工业结构以煤电一体化为主,主要工业产品为煤炭、电力、建材等。农业上现还有 1.8 万 hm² 土地种植玉米等农作物,农药化肥的使用导致赤水河水质污染严重^[13]。另外,流域内群众大多集中居住于河流沿线,临河跨河建筑较多,大量人为活动产生的生活污水对河流水质带来严重影响。历史遗留矿山生态修复工作任务重,还有约 660 万 t 历史遗留硫磺矿渣及渣场空地未得到有效治理和修复,流域生态环境承载压力大。开展赤水河流域(云南段)沿岸土地绿化建设,有利于水污染治理、水生态修复、水资源保护“三水共治”。特别是河岸生态防护林带建设,可以起到生态缓冲、生

态防护和隔离作用,过滤径流,吸收养分,减轻岸线人为活动对河流造成的水土流失和水质污染,并能有效防护沿江两岸河道安全,防止滑坡、冲刷等地质灾害发生,还能改善河岸小气候、美化环境。

赤水河流域(云南段)地处乌蒙山革命老区腹地,村庄人居环境相对较差,特别是乡村绿地建设滞后。开展村庄绿化建设,以改善乡村人居环境为目标,持续增加乡村绿化总量,着力提升乡村绿化美化质量,建成各具特色的美丽宜居绿色村庄。全面考虑山上山下、村内村外,综合施策、系统绿化,加快形成赤水河流域(云南段)生态新格局,改善区域城镇居民生产生活环境,实现经济社会发展与人口、资源、环境相协调,不断增强革命老区人民群众的获得感和幸福感。

3.4 赤水河流域(云南段)造林机制和生态管理创新活力足,有利于长江重点生态区(含川滇屏障)重要生态保护和重大工程布局修复 为加快推动以赤水河流域(云南段)为重点的省市土地绿化步伐,云南省与贵州、四川两省政府于2018年2月签订了《赤水河流域横向生态补偿协议》^[14],3省每年共同出资2亿元,作为赤水河流域水环境横向补偿资金。赤水河流域(云南段)地处长江重点生态区的重要节点,是以“三区四带”为核心的全国重要生态系统保护和修复重大工程总体布局的重要组成部分。土地绿化项目遵循赤水河流域自然生态系统的整体性、系统性、动态性及其内在规律,统筹考虑生态系统的完整性、地理单元的连续性和经济社会发展的可持续性,突出对国家重大战略的生态支撑,对于促进长江重点生态区(含川滇屏障)重要生态系统保护和修复重大工程规划布局落地具有重要意义。

4 流域土地绿化的总体思路、目标与指标

4.1 总体思路 针对赤水河流域源头区林草覆盖率偏低、森林生态系统服务功能发挥不足等核心问题,以及流域空间生态格局有待优化、石漠化程度高、水土流失较为严重、生态风险持续加大等重大生态环境问题,立足赤水河流域“山水林田湖草沙”生态保护和修复的整体性、协调性和关联性,在对赤水河流域特别是云南段源头区范围内的资源本底调查研究与治理成果资料收集的基础上,分析流域源头区土地绿化及植被恢复存在的主要问题、面临的突出矛盾,结合生态保护形势及地区旅游、产业发展情况,衔接相关规划,加强顶层设计,优化空间布局,结合生物多样性保护、水环境保护治理、石漠化土地综合治理、村庄周围绿化等内容,开展综合治理,系统恢复源头区植被,采取源头重点区生态治理,退化林区补植补造,退化低效林区森林抚育修复,河岸滩地生态防护林带建设,乡村绿化美化生态振兴等5个措施,同步开展森林资源监测评估体系建设,打造赤水河源头区“两山”理念样板典范、流域土地绿化高质量发展的先行示范区(图1)。

4.2 目标与指标

4.2.1 总体目标。以问题为导向,重点解决森林覆盖率低、林分质量不高、水土流失严重、石漠化程度高、生态环境脆弱、生态功能退化、生态承载力面临巨大挑战等迫切问题,使

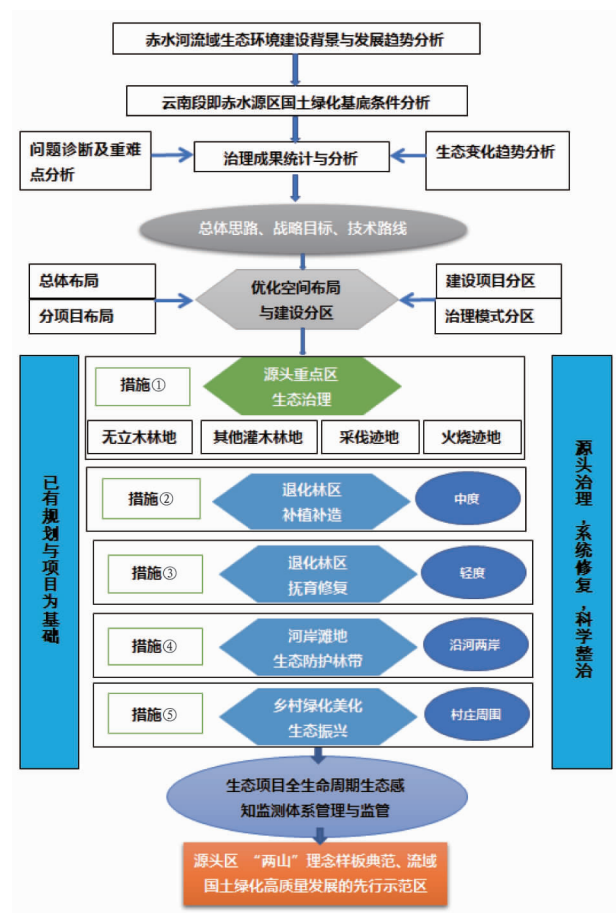


图1 赤水河流域(云南段)土地绿化建设思路
Fig.1 Idea of land greening construction in Chishui River Basin (Yunnan Section)

赤水河源头区森林覆盖率明显增长,林分质量显著提高,生态环境质量根本好转,流域生态系统更加稳定,生态系统服务功能和生态承载力显著提升^[11],长江上游重要干流土地生态安全屏障更加牢固。因地制宜,提高生态—自然—社会—经济耦合性和弹性,实现岸绿、景美、水清、民富,把赤水河(云南段)流域打造成为长江上游最美的生态河流、“两山理论”的样板典范、流域绿色高质量发展的先行示范区,真正把绿水青山转化为金山银山。

4.2.2 绩效指标。赤水河流域(云南段)土地绿化建设指标涵盖水源涵养、生态建设、人居环境、支撑保障4个类别12个约束性与预期性指标(表1)。

5 流域土地绿化建设方案

5.1 空间格局优化

5.1.1 设计思路。根据赤水河流域(云南段)生态现状在空间分布上的显著差异,不同区域功能定位、所需开展土地绿化措施各有侧重。坚持因地制宜、集中连片、突出重点、综合治理、科学绿化的原则,优化流域绿化空间格局,促进流域内生态绿化取得实效,形成土地绿化空间新格局。

5.1.2 空间布局。分析赤水河流域(云南段)生态系统特征和自然地理条件,优化布局土地绿化建设实施区域,构建“一核一带两翼多点”的赤水河流域(云南段)即赤水河流域源

头区的土地绿化空间新格局(图 2)。一核:以赤水河流域的发源地即赤水源镇为核心,重点增加区域森林面积,提升区域森林质量,实施源头核心区生态保护和修复。一带:以赤水河流域(云南段)的干流及一、二级支流为轴的河流生态防护林带,对河岸自然和景观进行生态修复,及对近河生态空间进行管控。两翼:以赤水河为中心,辐射两侧的河谷生态

脆弱区、半山生态退化区、重点生态敏感区的生态保护修复展示翼,增强沿河面山及径流区的水源涵养、水土保持等生态功能。多点:以绿量低且具有典型特色及示范意义的乡村为单元的村庄绿化,使乡村自然生态得到有效保护,村容村貌明显提升,农村人居环境显著改善。

表 1 赤水河流域(云南段)生态保护修复绿化建设主要指标
Table 1 Main indicators of ecological protection, restoration and greening construction in Chishui River Basin (Yunnan Section)

类别 Category	序号 No.	指标名称 Indicator name	现状 Present situation	实施期末 End of implementation period	百分点 Percentage points	属性 Attribute
水源涵养 Water conservation	1	森林覆盖率	32.39%	32.79%	0.4	约束性
	2	新增水源涵养面积		4 893 hm ²		约束性
	3	增加森林蓄水能力		587 000 m ³		预期性
生态建设 Ecological construction	4	增加森林面积		4 600 hm ²		约束性
	5	石漠化治理面积		1 467 hm ²		预期性
	6	年新增碳汇量		2 500 t		预期性
人居环境 Living environment	7	绿色示范村数量		3 个		预期性
	8	森林乡村(省级)数量	1 个	2 个		预期性
	9	村庄绿化率	30.8%	35.8%	5.0	约束性
支撑保障 Support guarantee	10	火灾受害控制率	<1‰	<1‰	<0.1	约束性
	11	有害生物控制率	<3‰	<2‰	<0.1	约束性
	12	良种使用率	91%	100%	9.0	预期性



图 2 赤水河流域(云南段)土地绿化建设总体空间布局
Fig.2 Overall spatial layout of land greening construction in Chishui River Basin (Yunnan Section)

5.2 建设内容 建设内容主要包括营造林和工程成效监测评估体系 2 个部分,其中,营造林中人工新造 4 601 hm²,退化林修复 300 hm²,村庄绿化 32 个村;工程成效监测评估体系建设 1 套,用于监测样地布设、成效监测评估等(表 2)。

5.3 建设技术方案

5.3.1 人工造林技术方案。基于森林资源管理“一张图”,结

合卫片对赤水河流域(云南段)范围内的资源本底进行分析,并通过外业调查研究,确定可造林地块主要为宜林地、无立木林地和其他灌木林地。其中,宜林地和无立木林地面积小,仅占赤水河流域(云南段)土地总面积的 0.5%,可造林空间小;而其他灌木林地面积 26 740.42 hm²,占赤水河流域(云南段)土地总面积的 14%^[3]。在国家坚决制止耕地“非农

化”的大政策环境下,其他灌木林地是提高赤水河流域(云南段)森林覆盖率和土地绿化的主战场以及生态修复的主阵地。因此,选取赤水河流域(云南段)内的地类为其他灌木林地且灌木覆盖度低的地块进行人工造林。

表 2 建设内容及规模
Table 2 Construction content and scale

项目 Project	指标 Index	建设内容 Construction content	建设规模 Construction scale		
			合计 Total	镇雄县 Zhenxiong County	威信县 Weixin County
营造林 Forest construction	人工新造(hm ²)	5 球花石楠(<i>Photinia glomerata</i> Rehd.et Wils.) +3 云南樟[<i>Cinnamomum glanduliferum</i> (Wall.) Nees] +2 云南樱花[<i>Cerasus cerasoides</i> (D.Don) Sok.var.rubea]	466		466
		5 滇润楠(<i>Machilus yunnanensis</i> Lec.) +3 黄连木(<i>Pistacia chinensis</i> Bunge) +2 檫木[<i>Sassafras tzumu</i> (Hemsl.) Hemsl]	1 341	1 341	
		5 香樟[<i>Cinnamomum camphora</i> (Linn) Presl] +3 球花石楠(<i>Photinia glomerata</i> Rehd.et Wils.) +2 滇朴(<i>Celtis tetrandra</i> Roxb.)	799	399	400
		6 滇青冈(<i>Cyclobalanopsis glaucoides</i> Schott.) +2 清香木(<i>Pistacia weinmannifolia</i> J. Poisson ex Franch.) + 2 滇 朴 (<i>Celtis tetrandra</i> Roxb.)	1 808	1 341	467
		2 球花石楠(<i>Photinia glomerata</i> Rehd.et Wils.) +2 云南山茶(<i>Camellia reticulata</i>) +2 碧桃(<i>Amygdalus persica</i> L.var. <i>persica f.duplex</i> Rehd.) +2 紫 荆 (<i>Cercis chinensis</i> Bunge) + 1 云南樱花 [<i>Cerasus cerasoides</i> (D. Don) Sok. var. rubea) + 1 金 桂 (<i>Osmanthus fragrans</i> var. <i>thunbergii</i> Makino.]	187	187	
			300	300	
	退化林修复(hm ²)	中度退化林补造修复		233	
		轻度退化林抚育修复		67	
		河道防护林带(m)	534 742	466 736	68 006
	绿化村庄(个)	干流防护林带	149 024	131 324	17 700
		一二级支流防护林带	385 718	335 412	50 306
			32	19	13
		乡村绿道建设(m)	205 910	125 000	80 910
		小微绿化公园及公共绿地(m ²)	205 910	125 000	80 910
		庭院绿地(m ²)	92 364	78 070	14 294
		其他空地绿化(m ²)	284 180	226 800	57 380
			1		1
工程成效监测评 估 体 系 Project effectiveness mo- nitoring and eval- uation system (套)					

根据《造林技术规程》(GB/T 15776—2016)等相关规定,结合镇雄县、威信县的立地条件、乡土树种和营造林特点,选择不同的树种配置,严格按照造林标准和抚育管理措施,大力营造混交林,与原有灌木林形成立体结构,恢复流域内地带性森林顶级群落。

5.3.2 退化林修复技术方案。流域内森林主要是以杉木、栎类为主的纯林,乔木林郁闭度平均仅有 0.60。且由于环境变化、造林和经营不当、遭受自然灾害、林业有害生物危害等因素影响,林分稳定性降低,功能退化甚至丧失,难以通过自然能力更新恢复,形成了大面积的退化林^[15]。

根据确定的退化林分现状,确定不同修复措施实施林分修复^[16],即对轻度退化林分采用抚育修复加封育修复的综合修复措施,即采取间伐(疏伐、透光伐、生长伐等)方式,调节林分密度,促进林木生长;有萌蘖能力的乔木林,采用平茬、促进复壮进行修复^[17]。对中度退化采用择伐补植修复和封育修

复相结合的综合修复措施;采取单株择伐、群状采伐、补植补造、封育等方式,伐除枯死、濒死木,林冠下补植补造树种(方竹、檫木、香樟等)和人工促进天然更新,形成混交林。

5.3.3 河道防护林建设技术方案。赤水河流域(云南段)为典型中山峡谷地区,相对平坦地主要集中在河谷两岸。河谷两岸是地区人口的主要聚集区,群众生产生活对河流水体特别是水质产生影响,农业面源污染严重,水土流失剧烈。通过河岸生态防护林带的建设,将起到生态缓冲和隔离作用,并过滤径流,有效吸收养分,减轻水土流失,也能降低江岸滑坡等地质灾害发生风险,对改善赤水河水质、美化江岸环境都能发挥重要作用。

综合运用生态重建原理、景观生态学原理^[18],造林绿化的同时与景观再造和源头区地方生态文化塑造有机结合,增加景观异质性与多样性,增强视觉景观效果。结合实际,乔灌优先,乔灌草相结合,全方位促进植被的快速恢复和发展,

开展近自然生态和景观修复。由于区域紧邻河道和乡村,树种选择上应主要选择水土保持效果好、适应性强、生长迅速、萌发力强、耐水湿、景观性强的乡土树种,重点考虑禾本科、杉科、樟科、蔷薇科等骨干树种;遵循适地适树的原则,根据海拔梯度、局部小气候、立地条件、树种的生态学特性、生态防护林的主导功能,因地制宜地确定树种结构,营建多树种、多层次的混交林^[19]。

5.3.4 村庄绿化技术方案。流域区地处乌蒙山革命老区腹地,人口密度高,生态环境承载压力较大,村庄人居环境相对较差,特别是乡村绿地建设滞后。通过推进乡村绿化建设,进行区域统筹治理,能够不断改善农村生态环境,让更多的乡村居民享受到美丽乡村建设带来的绿色成果,提高群众的幸福感。

村庄绿化要体现赤水河流域传统的文化和自然风貌特色,对道路边、房屋边以及河道边采取因地制宜的绿化方式,把镇、乡、中心村作为绿化重点,其余地方见缝插针,逐步增加绿化面积。还要充分听取村民意见,尊重村民意愿,尊重地方民俗风情和生活习惯,在形成具有相对层次感和美感的绿地系统的同时,彰显独特的乡土气息,形成当地的绿化特色。采用点、线、面的绿化布局形式,充分利用现有的地形地

貌,应用当前已经存在的土地空间资源进行设计。

村庄绿化树种选择主要根据项目地的立地条件、水源条件、树种生物学特性以及乡镇的实际需求来确定。按照因地制宜、适地适树原则,重点选择以乡土、速生、抗逆性强的树种为主^[19],同时村庄绿化要注重观赏效果,多采用一些开花树种,搭配灌木,形成立体植物层次,尽量做到一路一特色,营造“四季有绿,三季有花”的村庄生态美景。规格上要因地制宜,严格遵循不栽大树、不栽名贵树的原则^[20]。

5.4 工程成效监测评估体系建设 综合运用物联网、大数据、移动互联网等现代信息技术手段,聚焦生态保护和修复项目工程全生命周期管理,紧紧围绕设计、实施、验收、成效评估等关键环节^[21],建立集信息智能采集、管理高效协同、数据科学分析、过程智慧管理为一体的生态修复项目全生命周期一体化综合管理平台,实现生态修复工程项目的高效管理和科学评估。

生态修复项目全生命周期一体化综合管理平台建设采用统一规划,统一资源数据系统,统一平台,分部门实施,分系统建设,提供统一集成服务,统一运营维护的设计,项目的主要内容包括感知层、传输层、数据资源层、应用支撑层、交互载体层 5 个层面及标准规范体系与综合管理体系(图 3)。

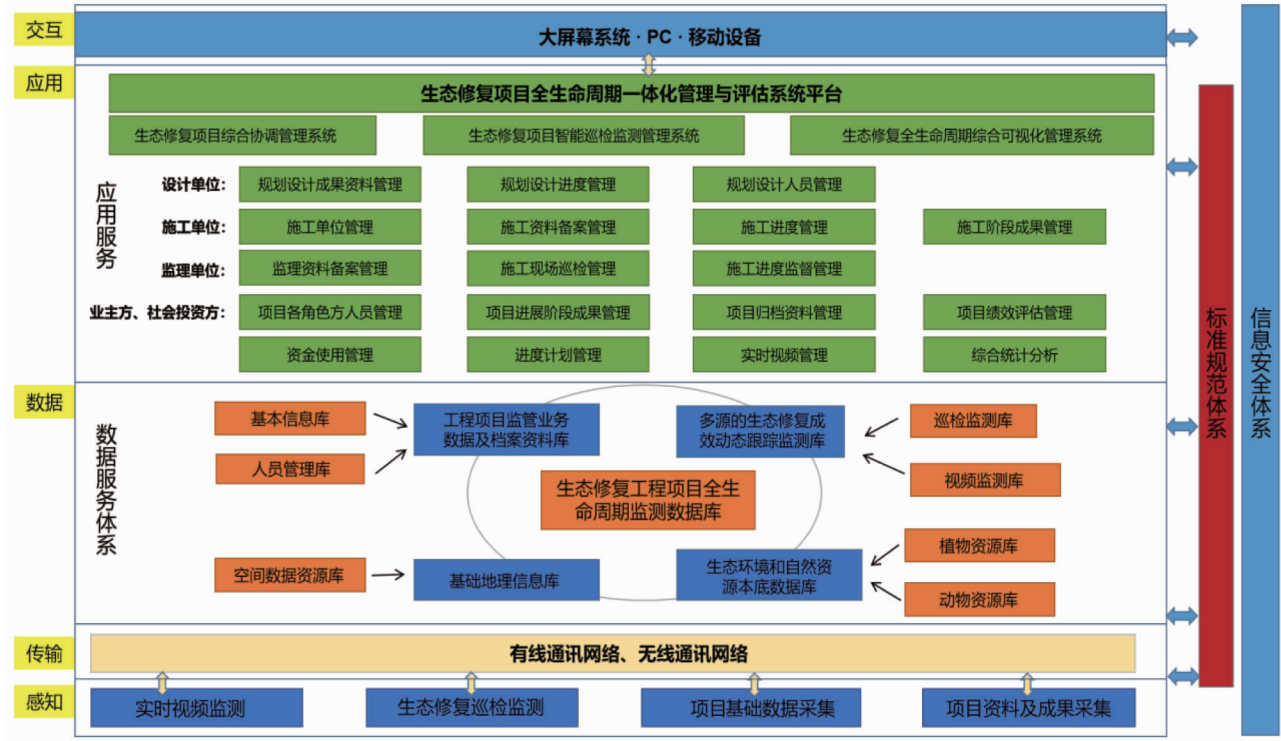


图 3 生态修复项目全生命周期一体化综合管理平台架构

Fig.3 Integrated Management Platform Architecture of Ecological Restoration Project Life Cycle

6 结语

赤水河作为长江上游南岸一直保持着自然流态的重要支流,流域内生态环境较好、河流水质较优,被视为国内唯一一条没有被工业进程污染的长江支流,但由于其特殊的地形、地质条件,加之降雨集中,以及历史上对自然资源的不合理利用,森林植被破坏较为严重,使该地区水土流失日益加

剧,生态环境风险持续加大。针对赤水河流域(云南段)生态修复面临的土地绿化建设问题,坚持因地制宜、集中连片、突出重点、综合治理、科学绿化的原则,以赤水河源头区森林覆盖率明显增长,林分质量显著提高,生态环境质量根本好转,流域生态系统更加稳定,生态系统服务功能和生态承载能力显著提升为目标,设定土地绿化建设 4 个类别 12 项指标,并

提出具体建设内容、技术方案以及工程成效监测评估体系等一系列对策措施,对促进流域内生态绿化取得实效,形成土地绿化空间新格局,构筑长江上游生态安全屏障,破解河流源头保护修复治理难题具有重要意义。

赤水河流域(云南段)生态保护修复绿化建设的实施需要统一思想,做好流域整体保护修复的顶层设计,加大山水林田湖草沙综合调控,构建流域生态文明体系,解决好流域保护与发展的关系^[22]。统筹推进赤水河流域(云南段)中央财政支持土地绿化试点示范项目建设,完善项目管理和运行机制,健全资金、政策、组织、技术等多元保障,通过流域各项任务措施的实施,恢复提升源头区植被健康水平,增强森林生态系统水源涵养和水土保持功能,保障赤水河流域“一江清水出云南入长江”^[23]。

参考文献

[1] 刘业轩,石晓丽,史文娇.福建省森林生态系统水源涵养服务评估:InVEST模型与meta分析对比[J].生态学报,2021,41(4):1349-1361.

[2] 李文友,田为刚.赤水河(昭通段)生态补偿评估研究[J].环境科学导刊,2020,39(4):19-23.

[3] 国家林业和草原局昆明勘察设计院.云南省昭通市赤水河流域(云南段)中央财政支持国土绿化试点示范项目实施(2021~2022年)[R].2021.

[4] 财政部,国土资源部,环境保护部.关于推进山水林田湖生态保护修复工作的通知:财建[2016]725号[EB/OL].(2016-10-09)[2021-08-06].http://www.gov.cn/xinwen/2016-10/09/content_5116335.htm.

[5] 成金华,尤喆.“山水林田湖草是生命共同体”原则的科学内涵与实践路径[J].中国人口·资源与环境,2019,29(2):1-6.

[6] 代堂刚,余仲相,杨中兰.云南省境内赤水河流域水资源水生态现状分析[J].人民长江,2021,52(S1):47-51.

[7] 国家林业局昆明勘察设计院,昭通市林业局.云南省昭通市森林资源规

划设计调查报告[R].昆明:国家林业局昆明勘察设计院,昭通市林业局,2016.

[8] 吴一帆,张璇,李冲,等.生态修复措施对流域生态系统服务功能的提升:以潮河流域为例[J].生态学报,2020,40(15):5168-5178.

[9] 云南省水文水资源局,云南省水文水资源局昭通分局.赤水河流域(云南段)水资源状况调查报告[R].昆明:云南省水文水资源局,云南省水文水资源局昭通分局,2020.

[10] 环境保护部,中国科学院.关于印发《全国生态功能区划(修编版)》的公告[EB/OL].(2015-11-23)[2021-08-06].http://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/hgg/201511/t20151126_317777.htm.

[11] 王忠锁,姜鲁光,黄明杰,等.赤水河流域生物多样性保护现状和对策[J].长江流域资源与环境,2007,16(2):175-180.

[12] 冯兆忠,刘硕,李品.永定河流域生态环境研究进展及修复对策[J].中国科学院大学学报,2019,36(4):510-520.

[13] 任奕蒙,岳南均,徐森,等.利用氮氧同位素解析赤水河流域水体硝酸盐来源及其时空变化特征[J].地球与环境,2019,47(6):820-828.

[14] 王万宾,管堂珍,梁启斌,等.赤水河流域(云南省境内)水环境承载力测算研究[J].人民长江,2021,52(3):28-35.

[15] 代杰,周伟.退化林的形成原因与修复对策[J].种子科技,2021,39(8):74-75.

[16] 王力.退化林成因分析与修复措施:以宣州区为例[J].安徽林业科技,2020,46(2):21-24.

[17] 张昕欣.河北省三北防护林退化林分修复浅析[J].防护林科技,2020(9):77-78.

[18] 曹宇,王嘉怡,李国煜.国土空间生态修复:概念思辨与理论认知[J].中国土地科学,2019,33(7):1-10.

[19] 李祥伟.乡村绿化实施工作中存在的问题及建议[J].林业勘查设计,2021,50(3):16-18.

[20] 李荣喜,许雯,董斌,等.乡村振兴背景下广州市增城区新农村人居环境绿化现状调查与研究[J].安徽农业科学,2020,48(17):128-132.

[21] 应凌霄,王军,周妍.闽江流域生态安全格局及其生态保护修复措施[J].生态学报,2019,39(23):8857-8866.

[22] 储昭升,高思佳,庞燕,等.洱海流域山水林田湖草各要素特征、存在问题及生态保护修复措施[J].环境工程技术学报,2019,9(5):507-514.

[23] 李微希.一江清水出云南——“共舞长江经济带”云南答卷[J].当代党员,2019(1):46-48.

(上接第166页)

棍>山西运城铁棍;而水解氨基酸总量差异不明显,其中必需氨基酸从高到低依次为亮氨酸>苯丙氨酸>缬氨酸>异亮氨酸>苏氨酸>赖氨酸>蛋氨酸。

参考文献

[1] 陈梦雨,刘伟,俞桂新,等.山药化学成分与药理活性研究进展[J].中医药学报,2020,48(2):62-66.

[2] ZHOU N,ZENG M N,LI K,et al.An integrated metabolomic strategy for the characterization of the effects of Chinese yam and its three active components on septic cardiomyopathy[J].Food Funct,2018,9(9):4989-4997.

[3] LI Q,LI W Z,GAO Q Y,et al.Hypoglycemic effect of Chinese yam (*Dioscorea opposita rhizoma*) polysaccharide in different structure and molecular weight[J].J Food Sci,2017,82(10):2487-2494.

[4] XUE H Y,LI J R,LIU Y G,et al.Optimization of the ultrafiltration-assisted extraction of Chinese yam polysaccharide using response surface methodology and its biological activity[J].Int J Biol Macromol,2019,121:1186-1193.

[5] LIN Y P,LEE T Y,TSEN J H,et al.Dehydration of yam slices using FIR-assisted freeze drying[J].J Food Eng,2007,79(4):1295-1301.

[6] ZENG X X,LIU D H,HUANG L Q.Metabolome profiling of eight Chinese yam (*Dioscorea polystachya* Turcz.) varieties reveals metabolite diversity and variety specific uses[J].Life,2021,11(7):687.

[7] 龚凌霄,池静雯,王静,等.山药中主要功能性成分及其作用机制研究进展[J].食品工业科技,2019,40(16):312-319.

[8] 景娜,江海,杜欢欢,等.我国山药研究进展[J].安徽农业科学,2016,44

(15):114-117.

[9] GAO J,ZHU Y Q,LUO F Y.Effects of ethanol combined with ascorbic acid and packaging on the inhibition of browning and microbial growth in fresh-cut Chinese yam[J].Food Sci Nutr,2018,6(4):998-1005.

[10] MA J N,KANG S Y,MENG X L,et al.Effects of rhizome extract of *Dioscorea batatas* and its active compound, allantoin, on the regulation of myoblast differentiation and mitochondrial biogenesis in C2C12 myotubes[J].Molecules,2018,23(8):1-15.

[11] HU G J,ZHAO Y,GAO Q,et al.Functional properties of Chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb. cv. Baiyu) soluble protein[J].J Food Sci Technol,2018,55(1):381-388.

[12] WANG X X,REDDY C K,XU B J.A systematic comparative study on morphological,crystallinity,pasting,thermal and functional characteristics of starches resources utilized in China[J].Food Chem,2018,259:81-88.

[13] WANG Q,WANG X H,WU X J,et al.¹H NMR-based metabolic profiling approach to identify the geo-authentic Chinese yam (*Dioscorea polystachya* Turczaninow cv.Tiegun) [J/OL].J Food Compos Anal,2021,98[2021-09-27].<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.103805>.

[14] 中华人民共和国农业部.水溶肥料 游离氨基酸含量的测定:NY/T 1975—2010[S].北京:中国农业出版社,2011.

[15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会,国家食品药品监督管理总局.食品中氨基酸的测定:GB 5009.124—2016[S].北京:中国标准出版社,2016.

[16] 张丽梅,陈青瑛,黄玉吉,等.山药品种间氨基酸含量的差异性研究[J].氨基酸和生物资源,2008,30(2):12-15.

[17] 蒋方程,李傲然,何静仁,等.不同品种山药的营养成分分析及其水提物的体外抗氧化能力研究[J].食品工业科技,2018,39(4):6-11.