

高海拔水电工程植被种植与养护管理

王云鹏 杜昱

中国水利水电第十一工程局有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i4.6248

[摘要] 为了便于区域经济发展,提高水资源利用率,使得高海拔地区的水电工程数量也在不断增多,但是水电工程建设对区域生态环境造成了严重影响,因此在水电工程建设中也必须同步做好植被恢复与养护管理,及时修复被破坏的生态环境。文章围绕高海拔地区的特殊自然条件与生态脆弱性,系统分析植物种植和养护中的技术难点,并提出了相应的技术要点和保障措施,以为类似工程提供参考。

[关键词] 高海拔地区; 水电工程; 植被恢复; 养护管理; 生态修复

中图分类号: TV741 **文献标识码:** A

Vegetation planting and maintenance management of high-altitude hydropower projects

Yunpeng Wang Yu Du

China 11th Water Conservancy and Hydropower Engineering Bureau Co., Ltd.

[Abstract] In order to facilitate the development of regional economy, the number of hydropower projects in high-altitude areas is increasing, but the construction of hydropower projects has caused significant disturbance to the regional ecological environment. Therefore, vegetation restoration and maintenance management must be done simultaneously in the construction of hydropower projects to repair the damaged ecological environment in time. Focusing on the special natural conditions and ecological fragility in high altitude areas, this paper systematically analyzes the technical difficulties in plant planting and maintenance, and puts forward corresponding comprehensive technical measures and management measures, with a view to providing reference for similar projects.

[Key words] high altitude area; Hydropower engineering; Vegetation restoration; Maintenance management; eco-restoration

引言

高海拔地区(海拔3000米以上)由于低温、强辐射、土壤贫瘠、生态链单一等特征影响,植被恢复难度显著高于低海拔区域。水电工程作为高海拔地区能源开发的重要形式,施工过程中会造成地表剥离、水土流失、原生植被破坏等问题,加剧生态退化风险。尽管国内外在植被修复领域积累了丰富经验,但针对高海拔水电工程植被种植和养护管理方面的研究相对较少,因此做好高海拔水电工程植被种植与养护管理方面的深入研究,对于水利水电事业的发展以及自然生态保护具有重要作用。

1 高海拔水电工程植被种植与养护的难点分析

1.1 自然条件极端

高海拔地区普遍具有低氧、低温、强辐射的典型特征,年均温度常低于5℃,昼夜温差最高可达30℃,极端气候不仅抑制植物光合作用效率,还会导致细胞膜脂过氧化加剧,直接影响种子萌发和幼苗存活^[1]。与此同时,高海拔地区水电工程建设中的土

壤以碎石土为主,土层浅薄且有机质含量不足1%,保水保肥能力极弱,并且频繁的冻融循环进一步破坏土壤结构,影响植物根系的发展。此外,高海拔地区的水资源短缺问题也相对突出,区域内降水多集中于夏季,蒸发量却远超降水量,如果仅依靠季节性融雪或者地下水灌溉成本较高,并且输水管道冻裂风险也相对较大,低海拔地区所用的种植与养护技术方案在此类区域往往失效。

1.2 生态系统的脆弱性与复杂性

高海拔水电工程区的生态系统不仅脆弱并且存在一定的复杂性,该区域原生植被通常以耐寒草本和低矮灌木为主,群落结构单一且覆盖度不足30%,物种间生态位重叠度低,导致系统自我调节能力薄弱。在水利水电工程建设期间,原有植被—土壤—微生物的微平衡被打破,裸露地表在风力侵蚀下加速退化,形成“生态空洞”,虽然在工程建设中通过人工引来的外来物种能够短期提高绿化率,但其与本地物种的竞争可能引发群落演替方向偏移,甚至诱发生物入侵风险。例如某项目曾因盲目引种紫花

苜蓿, 导致本地高山蒿草种群衰退^[2]。此外, 高海拔地区的动物干扰也相对明显, 比如放牧活动对幼苗造成的践踏啃食、鼠类对根系的破坏等都会导致幼苗成活率较低, 损失率较高。这种生态敏感性与生物干扰的叠加效应, 要求在高海拔植被恢复中必须兼顾“人工干预”与“自然演替”的动态平衡。

1.3 工程扰动与后期养护矛盾

高海拔水电工程施工活动对地表生态的扰动具有不可逆性, 这就会影响植被养护的效果。在水电工程建设中, 开挖、爆破、渣土堆放等工序直接剥离表层土壤, 破坏原有植被层和种子库, 导致区域微地形改变与水土流失加剧, 研究表明施工期产生的裸露边坡在无人工干预下, 自然恢复周期需要超过20年。与此同时, 工程建成后的养护需求与高海拔环境制约也具有一定的冲突, 一方面, 低温环境导致植物生长速率较慢, 为了确保群落的稳定性, 必须延长养护周期3~5年; 另一方面, 高海拔地区人力、物资运输成本高昂, 人工养护效率低, 并且养护成本较高, 同时在部分工程存在“重建设、轻养护”倾向, 养护资金投入随工期结束锐减, 导致前期植被成果因管护缺位而退化。

2 高海拔水电工程植被种植与养护的技术要点

2.1 筛选合适的植被, 做好植被群落构建

高海拔水电工程植被种植中需要遵循“生态位优先”原则, 优先选择本土物种中具有耐寒、耐旱、抗紫外线特性的优势种群, 例如, 叉枝蓼因其细胞膜脂中高比例的不饱和脂肪酸, 可有效抵御冻融损伤; 高山柳的叶片角质层较厚并且表皮毛密生, 有助于抵御辐射影响, 减少强辐射所造成的蒸腾失水。在做好植被选择的同时还需要合理的植被群落结构, 单一的物种种植容易引发生态位冗余或资源竞争, 因此在具体种植中可以采用“乔木—灌木—草本”立体配置, 以高山蒿草作为先锋物种快速固土, 沙棘只要能够形成防风屏障, 降低地表风速, 委陵菜由于具备较高的密集覆盖性, 能够有效抑制杂草侵入, 组合能够有效提升植被群落的稳定性, 并且生物累积速率也显著高于单一植被种植。需要注意的是, 在植被筛选时, 必须结合工程区域的微环境差异进行动态调动, 如在迎风坡增加匍匐型灌木比例, 阴坡则优先选用耐阴草本, 全面做到“适地适种”。

2.2 改良土壤基质, 营造抗逆微生境系统

高海拔地区水电工程的土壤有机质相对缺乏, 并且保水能力较低, 结构松散, 并不利于植被的生长, 虽然常规的客土回填能短期改善土壤物理性质, 但长期可能引发养分流失或与原土层产生界面阻隔, 对此可以采用“基质重构—微生境调控”的协同改良策略, 构建兼具保水保肥与抗冻融性能的人工土壤体系^[3]。首先, 在施工中在团中掺入10%~15%的黏土粒, 以此来增强土壤团体的凝聚稳定性, 同时添加腐熟牛羊粪(3—5kg/m²)补充有机质, 并混合保水剂(0.5—1.0g/m²)形成水分缓释机制, 该配方可使土壤持水量增加25%~30%, 冻融循环导致的裂隙密度降低60%。微生境营造则聚焦于局部环境优化, 例如利用鱼鳞坑、水平沟等微地形改造技术截留雨水, 通过改变地表径流路径延

长水分入渗时间, 同时利用坑体遮阴效应减少蒸发。此外, 针对高寒区微生物活性低的问题, 可接种耐冷型根际促生菌, 如假单胞菌分泌的ACC脱氢酶能有效缓解低温胁迫对植物的生理抑制, 通过物理改良和生物激活的复合模式, 能够为高海拔地区植被恢复, 提供良好土壤条件。

2.3 优化种植技术, 提高植被种植成活率

在高海拔特殊生境下, 种植科学性与时序性直接决定水电工程植被的建植效率。播种的窗口期选择极其重要, 过早的播种可能导致植物遭遇晚霜冻害, 过迟则因生长季缩短导致植株无法完成生命周期。根据多年物候观测, 高海拔地区的最佳播种期通常在4月下旬至5月中旬, 此时冻土融化深度达20cm以上, 地表温度稳定在5℃~8℃, 既能满足种子吸水膨胀需求, 又可规避极端低温对胚根的损伤。

在完成播种期的确定后, 还需要进一步确定播种的方式, 通常采用穴播法(每穴5—10粒种子), 这样可以实现水分和养分的有效聚集, 同时在表层覆盖碎石则能够抑制地表的蒸发并防止鸟兽盗食, 提高植被的出苗率。针对高海拔区强风导致的种子位移问题, 可混播黏土包衣种子与纤维材料(如椰糠), 通过增加种子自重与地表附着力提升定植成功率。值得注意的是, 在种植时必须合理调整种植的密度, 先锋物种可按1m×1m网格种植以快速覆盖地表, 建群种则适当稀疏(2m×2m)避免后期自疏。

2.4 创新节水养护模式, 实现水资源集约利用

高海拔地区水资源相对短缺, 传统所采用的漫灌方式, 不仅效率低, 水分利用率不足, 还可能因冻胀导致管道破裂, 因此在现阶段需要构建节水型的养护体系。一方面引入物联网技术, 构建智能化灌溉系统, 通过传感器实时监测植物根系的含水状态, 当含水量低于田间持水量的60%时自动启动滴灌或微喷, 这样能够有效节约用水量; 另一方面, 可以通过高分子保水材料, 如聚丙烯酸钠等材料形成土壤水库效应, 该类材料的分子网络结构可吸附自重300倍的水分并缓慢释放, 在旱季可以延长植物耐旱周期。与此同时, 还需要做好雨水的收集净化和循环使用, 例如利用工程弃渣场改建蓄水池, 结合硅藻土过滤装置去除悬浮物, 然后再用于植被回灌。除此以外, 在植被养护过程中可以引入梯度养护策略, 以此来提高资源利用率, 首年每日灌溉1次确保幼苗存活, 次年根据降水频率调整为每3日1次, 三年后过渡至自然降水为主, 这样既能够确保植被的生长又可以降低运维成本。

2.5 整合生物工程防护, 强化生态系统韧性

高海拔地区水电工程植物在生长后期会受到动物和自然灾害的双重威胁, 为了确保植物的正常生长必须从多方面入手, 形成有效的防护手段, 增强生化系统的韧性。首先可以采用生物防护, 例如在群落外围种植带刺灌木防止牲畜进入, 间作芳香植物(如艾蒿)挥发萜类化合物用于驱避鼠类; 其次, 通过设置物理隔离结构形成工程防护, 设置高1.2m的钢丝围栏(网孔≤5cm×5cm)可有效阻隔牦牛等大型动物, 防鼠网(孔径0.6cm)埋深30cm能阻

断高原鼯鼠的地下入侵通道。

而对于自然灾害,可以采用“活体栅栏”技术,以沙棘枝条编织成柔性围挡,其根系逐年生长形成自稳固结构,其不仅具备良好的抗风能力,并且与生态系统的相容性更强。除此以外,也可以采用微生物菌剂进行生物防护,有最新研究表明接种丛枝菌根真菌(AMF)可增强植物抗逆基因表达^[4],使根系脯氨酸含量提高,从而有效提升植株在冻融、干旱等环境下的存活率。

3 高海拔水电工程植被养护管理的保障措施

3.1 建立全周期管理机制,衔接生态修复环节

传统水电工程生态修复管理多聚焦于施工后的末端治理,忽视了规划、施工、养护阶段的系统性衔接,导致生态目标与工程实施存在断裂。为了确保生态修复的效果,必须构建覆盖工程全周期的管理框架,在规划阶段应设立生态修复专项设计,明确植被覆盖率($\geq 70\%$)、土壤有机质含量($\geq 1.2\%$)等量化指标,并将表土剥离—暂存—回复工艺纳入施工方案,最大限度保留原生土壤资源;施工期则需划定植被保护区边界,采用低扰动开挖技术减少微地形破坏,同步建立临时植被覆盖区防止水土流失。而在进入养护阶段后,需制定3~5年梯度管护计划,根据植被生长动态调整灌溉、补种频率,将生态修复从“附属环节”转变为“主导约束”,通过制度刚性保障养护措施的全面落实。

3.2 完善动态监测体系,提高管理决策的及时性和科学性

通过构建动态监测体系,能够更好实现对高海拔地区水电工程植被恢复情况的实时掌握,从而有效应对气候与群落演替所造成的各类影响,首先可以利用遥感影像反演NDVI指数,可每

季度获取植被覆盖度、生物量等宏观指标;其次,布设微型气象站与土壤传感器,实时监测温度、湿度、养分等微环境参数,形成“空-天-地”一体化监测网络。在此基础上,他需要构建适应性的管理反馈机制,通过GIS平台构建生态健康评价模型,当监测数据显示群落退化指数超过阈值,如物种多样性下降15%时,自动触发干预预案,提醒相关人员注意。

4 结语

高海拔水电工程植被恢复需要克服自然限制强、技术门槛高、管理跨度大等多重挑战,通过本土化植物筛选、土壤水分协同改良、智能化养护等技术有效解决植被种植和养护中的各种问题,并建立全周期管理机制不断,完善动态监测体系,确保高海拔水利工程植被恢复目标的实现,同步达成水电工程建设的工程效益与生态效益。

[参考文献]

- [1]余平高.高海拔高寒地区园林景观植物种植与养护技术[J].工程技术研究,2022,7(04):220-222.
- [2]李朋.高海拔地区园林绿化植物种植与养护技术[J].建材与装饰,2020,(02):61-62.
- [3]王桂兰.高海拔地区园林绿化植物种植与养护技术[J].现代农业科技,2018,(19):216-217.
- [4]刘学松,邵慰忠,邓创,等.丛枝菌根真菌增强柏木幼苗抗旱性研究[J].江苏林业科技,2024,51(06):1-6.

作者简介:

王云鹏(1986--),男,汉族,陕西咸阳人,本科,研究方向,水利水电。