

云南省临沧市爱华光伏电站生态修复技术

赵丽仙, 崔盛站, 苏一波, 董选锋

(云南利鲁环境建设有限公司, 云南 昆明 650051)

摘要: 建设规模的日益扩大凸显了光伏发电在全球能源结构中的重要地位和巨大潜力, 但光伏电站的建设和运营会对原生植被造成极大破坏, 干扰局地生物群落的自然演替, 对局地气候和生态造成影响, 同时产生一定的水土流失。生态修复措施的实施可化解绿色能源开发与生态保护之间的矛盾。基于项目区概况、水土流失现状及工程特点, 云南省临沧市爱华光伏电站在工程恢复期采取工程措施、植物措施、“光伏+”应用模式、后期管护进行区域生态修复, 成效显著, 6 项水土流失防治指标均达到了《生产建设项目水土保持技术标准》(GB 50433—2018)规定的一级防治目标值及项目水土保持方案确定的目标值, 区域生态环境得以修复、改善, 1~2 a 后会初步形成稳定的植物群落, 场地内生物群落最终可达到自然演替。

关键词: 生态修复; 光伏电站; 临沧市; 云南省

中图分类号: S157 **文献标识码:** B **DOI:** 10.3969/j.issn.1000-0941.2025.06.011

引用格式: 赵丽仙, 崔盛站, 苏一波, 等. 云南省临沧市爱华光伏电站生态修复技术[J]. 中国水土保持, 2025(6): 37-39, 88.

自 1990 年开始, 全球可再生能源的年均增长率稳定维持在 2.1% 的水平, 而截至 2019 年太阳能光伏发电年均增长率高达 36.0%^[1], 建设规模的日益扩大凸显了光伏发电在全球能源结构中的重要地位和巨大潜力。山地地势起伏较大, 可为光伏电站的建设提供丰富的空间资源。然而, 山地光伏电站的建设和运营会对原生植被造成极大破坏, 干扰局地生物群落的自然演替, 对局地气候和生态造成影响^[2-3], 此外光伏电站的建设会对地表产生扰动, 造成一定的水土流失, 因此修复项目区生态环境, 恢复、稳定区域生态系统, 是化解绿色能源开发与生态保护之间矛盾的关键所在。笔者基于云南爱华光伏电站项目区概况、水土流失现状及工程特点, 阐述了工程恢复期所采取的生态修复技术, 以为同类项目提供参考。

1 项目区概况

爱华光伏电站项目位于云南省临沧市云县爱华镇, 为大型光伏发电项目, 规划装机容量 100 MW, 共布置 38 个方阵, 总占地面积 183.66 hm²。项目于 2021 年 12 月立项, 2022 年 1 月 10 日开工建设, 2024 年 6 月 30 日建成。根据功能将项目区划分为光伏发电区、道路工程区两个一级分区, 其中: 光伏发电区占地面积 153.59 hm², 分为支架基础区、箱变及分接箱区、光伏方阵区、集电线路区 4 个分区; 道路工程区占地面积 30.07 hm², 分为路基路面区和边坡区 2 个分区。

项目区属亚热带低纬度山地季风气候区, 年均气温 19.6 ℃, 降水充沛, 年均降水量 1 500 mm。现状植被类型为常绿针叶、阔叶林, 地被植物主要有白三叶、龙胆草、蕨类、紫茎泽兰等, 低矮灌木有杜鹃等, 乔木有华山松、云南松、栎类、冬瓜树等。地貌以中切割中山宽谷地貌为主, 土地利用类型有园地、林地、坡耕地和交通运输用地, 以坡耕地为主, 土地坡度多在 10°~25°之间, 局部大于 30°, 土壤以砖红壤为主。

2 项目区水土流失现状

为减少光伏电站建设对山地生物多样性的影响, 在选址阶段充分考虑生态系统的完整性和稳定性, 避免选在生物多样性敏感区域, 但工程的建设仍会对周边造成影响, 损害区域生态环境。经现场踏勘, 主体工程结束后项目区部分区域植被长势差, 地表裸露, 有明显的侵蚀沟, 水土流失严重。光伏发电区回填区域水土保持措施落实滞后, 区内土石随径流汇入自然沟箐, 形成淤积, 产生水土流失危害; 部分临沟侧坡度陡, 挂渣现象突出, 易垮塌, 存在安全隐患。光伏阵列区未布设截排水措施, 未形成闭合的排水体系, 排水沟的汇水未引排至自然沟道, 断头沟沟头冲刷严重。

收稿日期: 2024-11-06

第一作者: 赵丽仙(1996—), 女(白族), 云南大理人, 助理工程师, 硕士, 主要从事资源环境遥感、生态恢复与重建等工作。

通信作者: 崔盛站(1981—), 男, 云南昆明人, 高级工程师, 学士, 主要从事高原山区生态修复工作。

E-mail: 79540237@qq.com

箱变基础区边坡裸露,未采取相应的水土保持措施。道路工程区部分路面冲刷严重,已形成冲沟,部分道路边坡植被尚未恢复,土质松散,水土流失较严重,有些陡峭边坡有塌方迹象(见图 1)。

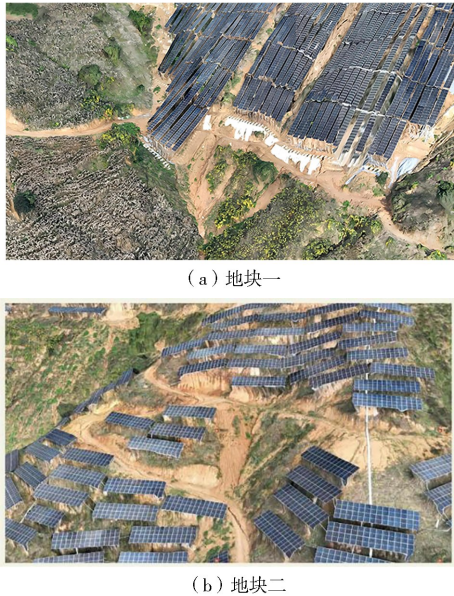


图 1 项目区水土流失现状示例

3 生态修复措施

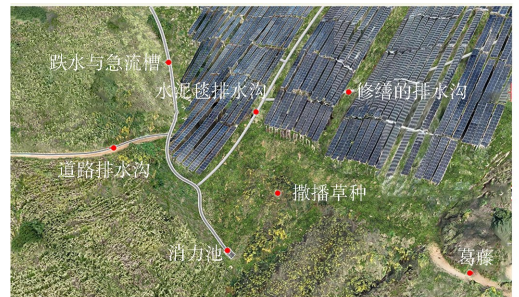
生态修复是指对受人类活动干扰而退化或受损的生态系统,采取必要措施,恢复、改善生态系统的结构和功能所进行的工程活动^[4]。水土保持是指对自然因素和人为活动造成的水土流失所采取的防治措施^[5]。二者相辅相成、相互促进,可通过一些水土保持措施的实施来修复局地生态环境。依据项目区地质条件、气候条件、水土流失状况及工程自身特点,项目因地制宜采取工程、植物措施,结合“光伏+”应用模式进行生态修复,旨在恢复区域生态环境。

3.1 工程措施

针对山地地形复杂性和生态脆弱性,在电站建设及运营期采取相应的水土保持工程措施,减少对自然环境的破坏,修复受损生态系统,实现生态系统的逐渐恢复,以确保能源开发与生态保护的协同发展。项目工程措施布局总体上以完善排水系统为主,同时兼顾边坡治理,在维护光伏方阵安全运行的前提下尽可能恢复扰动区域生态环境。工程涉及的拦挡、截排水措施工程等级及设计标准依据《水土保持工程设计规范》(GB 51018—2014)、《防洪标准》(GB 50201—2014)、《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL 252—2017)、《水利水电工程边坡设计规范》(SL 386—2007)中的相关规定。

项目通过修建排水沟、挡土墙、跌水坎、沉沙池、

花池等设施,构建闭合的排水系统,在减少雨水径流冲刷的同时,实现水资源收集和再利用。①在光伏发电区内设置横向混凝土排水沟引排雨水,在侵蚀沟区域布设水泥毯排水沟,防止局部冲刷,并修缮现有排水沟;在汇水较大、冲刷较严重区域设置外围混凝土截水沟,以拦截外围汇水,对坡度大于 45°的沟段采用跌水坎进行消力排水;排水沟末端设置消力沉沙池,并顺接至自然沟道。②在道路靠山体一侧修建排水沟引排道路上游汇水,跨路区域采用埋设涵管的方式连通排水沟,排水沟末端设置消力沉沙池,并顺接至自然沟道,以便于道路汇水排入自然沟道;在较陡的道路边坡坡底设置花池,以创造必要的植物生长空间,便于边坡复绿。③项目实施的工程措施量为:修建混凝土排水沟 18.0 km,其中深、宽均为 0.4、0.5、0.6 m 的排水沟分别为 14.2、2.7、1.1 km;深 0.4 m、宽 1.0 m、厚 0.1 m 水泥毯排水沟 6 718.87 m;涵管 670 m,其中 DN400、DN500、DN600、DN700 涵管各 464、115、18、73 m;沉沙池 25 座;花池 8 353 m;道路侵蚀沟回填 6.7 km;跌水坎 147 m(措施布设示意图 2)。为避免水土流失破坏修复区,造成二次修复,项目需在雨季来临前完成所有工程措施。



(a) 地块一



(b) 地块二

图 2 生态修复措施布设示意

3.2 植物措施

项目通过优选植物种类、合理配比、科学种植进行植被恢复,以改善项目区土壤结构及理化性质,恢复区域生态系统,实现“光伏发电+生态修复”协同发展。按“抗逆性强、再生能力强、先锋植物、乡土植物”

的标准,选取适当地气候情况、不影响当地生物多样性的物种(见表1)。选取的草灌种大部分属于禾本科和豆科。禾本科植物一般生长较快,根量大,护坡效果好;豆科植物较耐瘠薄、可粗放管理,虽在苗期生长较慢,但固氮功效较高,且在开花期景观效果好。在道路边坡适当种植一些小灌木,可稳定植物群落,增强边坡的稳定性。

表1 项目区生态修复推荐物种及种植方法

科名	学名	生活型	种植方法
豆科	葛藤 <i>Pueraria montana</i> var. <i>lobata</i>	粗壮藤本	挖穴点播
禾本科	狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i>	多年生低矮草本	撒播、点播
禾本科	黑麦草 <i>Lolium perenne</i>	多年生草本	撒播、点播
禾本科	高羊茅 <i>Festuca elata</i>	秆疏松或单生	撒播、点播
菊科	百日菊 <i>Zinnia elegans</i>	一年生草本	撒播、点播
豆科	猪屎豆 <i>Crotalaria pallida</i>	多年生草本或呈灌木状	点播
豆科	白灰毛豆 <i>Tephrosia candida</i>	灌木状草本	点播
蓼科	戟叶酸模 <i>Rumex hastatus</i>	灌木	点播
豆科	木豆 <i>Cajanus cajan</i>	直立灌木	点播
禾本科	金竹 <i>Phyllostachys sulphurea</i>	多年生草本	栽植

为不影响光伏板的正常使用,光伏发电区避免种植高大乔灌木或具有攀缘性质的藤本植物,而是混播狗牙根、黑麦草、高羊茅、百日菊草种(见表2);在光伏

表2 项目区实施的植物措施量

措施	物种配比	措施量	种植区域
挖穴点播藤本植物种子	葛藤,5颗/穴,3穴/m	18.47 km	道路上边坡花池、坡顶
挖穴点播草灌混合种子	草种:狗牙根 5 g/m ² ,黑麦草 2 g/m ² ,高羊茅 2 g/m ² ,百日菊 2 g/m ² ,猪屎豆 4 g/m ² ,白灰毛豆 3 g/m ² ;灌木种:戟叶酸模 4 g/m ² ,木豆 3 g/m ²	4.35 hm ²	道路上、下边坡面
混播草种	狗牙根 7 g/m ² ,黑麦草 5 g/m ² ,高羊茅 5 g/m ² ,百日菊 3 g/m ²	12.22 hm ²	光伏发电区、集电线路区、道路工程区
栽植金竹	4~5株/m	1.74 km	光伏发电区入口区域

材生态适宜性品种筛选及关键技术与示范”项目的实施,按照“宜药则药、宜草则草、宜经则经”的原则,结合农户的种植需求、土壤情况和气候特点等,在6.67 hm²光伏板区种植金银花、蔓荆子、黄精、白芨等中药材,实施“光伏+”绿色发展模式,形成“上有光伏、下有产业、村有收益”的产业发展态势,实现了区域内产业互联、融合发展的良好局面,既提高了土地利用效率,又控制了水土流失。

3.4 后期管护

为保障植物种子在雨季发芽生长,减少后期浇灌成本,提高植被恢复率,在雨季实施完植物措施,同时加强后期管护和抚育工作,对死苗进行补植补种,确保其发挥水土保持效益。

4 生态修复成效

项目竣工验收时项目区6项水土流失防治指标均

发电区入口区域栽植金竹,以增加入口处景观效果。为确保电塔检修安全,不允许在电塔下种植乔灌木,而是在集电线路区混播狗牙根、黑麦草、高羊茅、百日菊草种。项目区道路上边坡大部分为土质边坡,局部为石质,且坡度较陡,不易固土,故在坡底处砌筑花池固土,同时优选具攀附功能的藤本植物对坡面进行绿化,在花池与坡顶挖穴点播葛藤种子,在坡面挖穴点播狗牙根、黑麦草、木豆等草灌混合种子;道路下边坡多为土质或沙土质边坡,坡度相对较为平缓,清理坡面并整形、固土后,挖穴点播狗牙根、黑麦草、木豆等草灌混合种子;道路恢复区土质多为夯实土质或沙质,且有明显冲沟,修复冲沟、翻耕地表后,混播狗牙根、黑麦草、高羊茅、百日菊草种。项目区实施的植物措施量见表2。

3.3 “光伏+”应用模式

近年来,光伏产业领域不再局限于单一的技术应用范畴,而是发展一系列与农、林、牧、渔业相结合的“光伏+”应用模式,既能光伏发电,又能多元化利用土地资源,促进多元经济协同发展。项目以绿色能源+高原特色农业协同发展为目标,依托“农光互补中药

达到了《生产建设项目水土保持技术标准》(GB 50433—2018)规定的一级防治目标值及项目水保方案确定的目标值,水土流失治理度达98.88%,土壤流失控制比达1.13,渣土防护率达97.78%,表土保护率达98.12%,林草植被恢复率达99.21%,林草覆盖率达78.29%。1~2 a后周边群落生物资源(基因库)会随着风及周边动物活动进入场地,初步形成稳定的生物群落,场地内生物群落最终可达到自然演替。

参考文献:

- [1] IEA. Renewables information: overview [EB/OL]. (2020-08-01) [2024-11-01]. <https://www.iea.org/reports/renewables-information-overview>.
- [2] 郑隽卿,罗勇,常蕊,等.大规模光伏开发对局地气候生态影响研究[J].太阳能学报,2023,44(8):253-265.

(下转第88页)