

普定鸡场坡光伏电站水土保持示范工程建设与石漠化综合治理探索与研究

杨 强

华电（贵州）新能源发展有限公司 贵州 贵阳 550000

【摘要】：在“双碳”目标引领下，光伏产业逐步向太阳辐照充足但地形复杂的山地拓展，而山地光伏电站建设易扰动地表、破坏植被，加剧水土流失与石漠化进程，二者形成突出的矛盾关系。本文以山地光伏电站水土保持示范工程建设为载体，结合石漠化区域生态脆弱、工程性缺水等核心痛点，探索光伏工程与石漠化治理融合的技术路径、实施模式与管理体制，通过整合工程措施、植物措施与智能化技术，实现“发电、保土、治漠、增收”多元目标。总结示范工程建设经验，分析当前治理过程中存在的技术瓶颈与实践难题，提出针对性优化对策，为山地光伏电站水土保持与石漠化综合治理提供可复制、可推广的理论支撑与实践范式，助力光伏产业绿色转型与生态环境协同发展。

【关键词】：山地光伏；水土保持；石漠化综合治理；喀斯特地区；光伏电站；生态修复；绿色施工；农光互补；

DOI:10.12417/2811-0528.26.14.035

1 研究背景、意义、现状

我国西南喀斯特地区石漠化分布广、地形破碎、土层浅薄、植被稀疏，水土流失严重，被称为“地球癌症”。随着光伏电站向山地转移，施工开挖、道路修筑、支架基础施工等行为极易破坏地表与植被，加剧坡面失稳、径流冲刷、石漠化扩展，形成“能源开发与生态保护”的突出矛盾。在此背景下，开展山地光伏水土保持与石漠化协同治理，成为行业必解课题。

理论上，填补山地光伏与石漠化治理融合研究空白，完善生态脆弱区能源开发水土保持技术体系。实践上，实现水土流失可控、植被恢复可达、土地利用高效，为同类项目提供可复制、可推广、可考核的示范模式。

当前水土保持研究集中于工程防护与植被恢复，石漠化治理以小流域综合治理为主，但二者融合度不足，存在技术适配性弱、统筹规划不足、长效机制缺失、推广模式不成熟等问题。国外技术与我国石漠化地貌匹配度低，难以直接套用。

2 山地光伏与石漠化治理的协同关系

施工期扰动强，边坡坡度多在 25 - 45°，部分超 60°，易诱发水土流失；运营期光伏板可减少雨水冲刷，但工程性缺水制约植被恢复。若治理缺失，将加速石漠化。

治理可提升土壤保水保肥能力、稳定边坡、减少地质灾害风险，降低运维成本，改善场站环境，提升电站安全运行水平，实现土地“一次利用、多效产出”。

以“生态安全、发电稳定、经济可持续、乡村可受益”为核心，控制水土流失、提升植被覆盖率、保障电站长期稳定运行、发展板下经济，实现生态、能源、经济共赢。

3 示范工程建设规划与设计要点

优先选择石漠化中度一重度、光照充足、坡度较缓区域；避让生态保护红线、基本农田；临近交通与水源，便于施工与养护。

坚持“同步设计、同步施工、同步验收、同步运维”，实行分区治理。光伏方阵区，以保土、集水、植被恢复为主；道路与边坡区，以生态护坡、排水固沟为主；升压站与施工临建区，以表土保护、雨污分流、复绿为主；小流域单元，以蓄水、节水、排导为主。

光伏方阵与水土保持融合：采用顺坡布置、阶梯布置，减少开挖与扰动；优化间距，预留植被生长空间；板下设置集水槽，构建分布式集水系统。

配套设施水土保持设计：道路依山就势，减少高陡边坡；边坡采用生态袋、格构、喷播植草；电缆架空敷设，基础小型化；表土剥离 20 - 30cm 集中堆存保护，后期用于复绿。

石漠化专项设计：土壤改良；乡土耐旱灌草混交配置；建设蓄水池、截排水沟，解决工程性缺水。

4 关键技术体系（工程+植物+智能+绿色施工）

工程水土保持技术：表土剥离与保护，为复绿提供优质土源；边坡生态防护：生态袋、锚杆格子梁、喷播植草；排水与沉沙系统：截排水沟、沉沙池、蓄水池联动，控泥沙、集雨水；土石方平衡：就近利用、严禁乱堆，减少扰动。

植物治理与生态修复技术：选用耐旱、耐贫瘠、固土能力强的乡土乔灌草，构建多层防护体系；板下种植，形成“农光互补”。贵州普定鸡场坡项目通过治理，植被覆盖率由 33% 提升至 86%。

智能化监测与节水技术：定期对土壤墒情、气象、水土流失、植被覆盖监测设备；建立智能管控平台，实现精准灌溉、隐患预警、效果评估；采用滴灌、喷灌，提高水资源利用率。

绿色施工技术：开展无人机吊运、山地轨道车、索道运输替代传统修路运输，大幅减少山体开挖、植被破坏与水土流失，效率提升9-10倍，安全风险显著降低。普定鸡场坡光伏项目采用无人机群作业，实现陡坡施工“零爆破、少开挖、护原生”。同时采用水磨钻成孔、减少混凝土用量超70%，保护原生植被超千亩。

5 示范工程实践与成效

普定鸡场坡80MW，位于典型喀斯特石漠化山区，占地广、坡度陡、土层薄、缺水严重。项目以“板上发电、板间集水、板下种植、全域治漠”为模式，同步落实水保、石漠化治理、农光互补、绿色施工。

前期，详勘地形、地质、水文，编制水保与石漠化治理专项方案；施工期，表土保护、生态护坡、排水系统、绿色运输、少扰动施工；运营期，智能灌溉、植被养护、隐患排查、板下经济运营。

生态效益，水土流失治理度达99%，植被覆盖率显著提升；土壤有机质提升、含水率稳定；坡面稳定、地质灾害风险下降；雨水收集效率超90%。

能源效益，电站运行稳定，年均发电量可观，节能减排成效显著，实现清洁能源稳定输出。年均可提供清洁电力9913万千瓦时，年均可节约标准煤近3.12万吨，减少二氧化碳7.67万吨、二氧化硫796.1吨，氮氧化物排放684吨。

经济效益，土地复合利用提升产值；板下种植形成增收渠道；项目带动就业，助力乡村振兴。

社会效益，形成可推广的“光伏+水保+石漠化治理+乡村振兴”模式，为西南山地新能源绿色开发树立标杆。

参考文献：

[1] 王瑞祥.复杂地形条件下山地光伏电站设计优化——以陕西某山地光伏项目设计为例[J].武汉大学学报(工学版),2023,56(S1):27-9-283.

6 现存问题与挑战

技术层面：陡坡防护、极旱区恢复、低成本技术不足；预测模型适配性弱；**管理层面：**建设、水保、林业、地方统筹不足；后期养护资金与责任不明确；**产业层面：**板下经济品种、技术、市场链条不完善；**机制层面：**专项政策与激励不足，长期运维保障不足。

7 优化对策与推广建议

技术对策：研发低成本、适配石漠化的护坡、土壤改良、节水技术；推动工程+植物+智能+绿色施工深度融合；完善水土流失预测与监测体系。

实践对策：建立多部门协同机制，实现同步规划、同步施工、同步验收；健全后期养护制度与资金保障；推广“企业+村集体+农户”利益联结，提升群众参与度。

政策与资金对策：出台山地光伏水保与石漠化治理专项支持政策；构建“政府+企业+社会”多元投入；强化考核与奖励。

推广建议，总结普定等项目经验，编制技术指南与示范手册；在云南、贵州、广西等石漠化区域开展试点；加快复合型人才培养，推动模式规模化复制。

8 结论

山地光伏电站与石漠化治理具有高度协同性，通过科学规划、系统设计、绿色施工、综合治理，可实现“发电、保土、治漠、增收”四大目标。贵州普定实践证明：无人机绿色运输、表土保护、生态护坡、集水节水、乡土植被+板下经济等技术组合，能够有效控制水土流失、修复石漠化、稳定电站运行、带动地方发展。

未来应持续强化技术创新、完善协同机制、强化政策支持、健全长效运维，推动山地光伏从“建设电站向“生态治理+能源生产+乡村发展”综合载体转变，为“双碳”目标与生态文明建设提供坚实支撑。