

大型山地光伏电站施工期水土保持关键技术

米静洁

中国能源建设集团山西省电力勘测设计院有限公司 山西 太原 030001

摘要: 大型山地光伏电站施工期水土保持关键技术涵盖工程、植物及临时防护措施。工程措施包括分级削坡护坡、构建“截水沟+排水沟+沉砂池”排水系统;植物措施注重乡土植物优选与立体配置,遵循“边施工、边恢复”原则;临时防护则通过覆盖防尘网、设置临时排水沟及拦挡设施减少水土流失。综合应用上述技术可有效控制施工期水土流失,保障工程安全与生态平衡。

关键词: 大型山地光伏电站;施工期;水土保持;关键技术

引言:在全球能源转型的大背景下,大型山地光伏电站凭借其土地利用率高、资源潜力大等优势,迎来快速发展期。然而,山地地形复杂、生态环境脆弱,施工期场地平整、基础建设等活动会破坏地表植被与土壤结构,引发严重水土流失,威胁区域生态安全与电站稳定运行。因此,研究大型山地光伏电站施工期水土保持关键技术,对于控制水土流失、保护生态环境、保障工程可持续发展具有至关重要的现实意义,也是当前能源开发与生态保护领域亟待解决的关键问题。

1 大型山地光伏电站施工期水土流失特征

1.1 施工期活动分析

(1) 场地平整工程:为搭建光伏支架和阵列,需对山地坡面进行削坡、填洼等场地平整作业,会清除地表原有植被,破坏土壤结构,使松散土体暴露,失去植被固土和截水的作用,在降雨或风力作用下易发生流失。(2) 基础施工工程:光伏支架基础多采用钻孔灌注桩、预制桩等形式,支架基础施工会扰动深层土壤,降低土壤抗蚀性。(3) 道路修建工程:施工期需修建场内道路连接各个光伏阵列区,道路开挖会切割山体,破坏山体的边坡稳定性,且路基填筑过程中若压实度不足,表层土壤易在雨水冲刷下流失。(4) 集电线路架设工程:集电线路塔基基础开挖、线路牵拉、临时便道施工过程中会对沿线植被造成破坏,尤其是山地地形复杂区域,施工对地表的局部扰动可能引发点状或线状水土流失。

1.2 水土流失影响因素

(1) 自然因素:一是气候条件,山地区域在每年雨季期间降雨集中且多为暴雨,雨水冲击力强,易对裸露地表形成冲刷,加剧水土流失;二是地形地貌,山地坡度大、坡面长,径流速度快,土壤侵蚀动力强,坡度越陡,水土流失风险越高;三是土壤特性,山地土壤多为砂壤土或壤土,黏粒含量低,抗蚀能力弱,一旦地表植

被破坏,易发生土壤流失。(2) 人为因素:一是施工组织不合理,如临时堆土随意堆放、未及时设置苫盖、拦挡等防护设施,或施工时序混乱,导致裸露地表长时间暴露在自然环境中;二是施工工艺不当,如场地平整时过度开挖、碾压,破坏土壤结构,降低土壤保水保土能力;三是防护措施不到位,如未及时恢复植被、设置截排水系统,无法有效拦截雨水、减少径流对地表的冲刷^[1]。

1.3 水土流失形式与危害

(1) 水土流失形式:施工期水土流失形式以水力侵蚀为主,伴随少量风力侵蚀。水力侵蚀表现为面蚀和沟蚀,面蚀发生在裸露的平整场地和坡面,雨水均匀冲刷地表,导致表层土壤流失;沟蚀则发生在径流集中的区域,如道路边坡、场地边缘,雨水冲刷形成细小沟壑,随时间推移沟壑逐渐加深加宽。风力侵蚀主要发生在干旱多风季节,裸露的松散土体在风力作用下发生搬运,导致表层土壤流失。(2) 水土流失危害:一是破坏生态环境,土壤流失导致地表植被难以生长,降低区域植被覆盖率,破坏动植物栖息地,影响生态系统稳定性;二是影响工程安全,流失的泥沙可能造成场内道路的淤积、截排水系统的淤堵,影响交通通行和排水功能,甚至对光伏支架基础造成冲刷,威胁电站工程结构安全;三是污染周边水体,流失的泥沙携带施工过程中产生的污染物(如油料、粉尘)进入周边地表水体,导致水体浑浊、水质下降,影响水资源利用;四是降低土壤肥力,表层土壤富含有机质和养分,土壤流失导致土壤肥力下降,不利于后期植被恢复和农业生产。

2 大型山地光伏电站施工期水土保持关键技术体系

2.1 工程措施技术

(1) 坡面防护技术:针对山地坡面开挖形成的裸露边坡,采用分级削坡与护坡相结合的方式。对于坡度 15° - 25° 的边坡,以及爬山段道路开挖形成的上边坡,采用混

凝土网格护坡或浆砌石骨架护坡,网格内填充碎石或种植草本植物,既增强边坡稳定性,又为植被恢复创造条件;对于坡度 $>25^\circ$ 的陡坡,采用锚杆喷射混凝土护坡,通过锚杆固定坡面土体,喷射层形成防护壳,防止边坡崩塌,同时预留排水孔,避免雨水在坡面滞留引发侵蚀。(2)排水导流技术:结合山地地形与径流走向,构建“截水沟+排水沟+沉砂池”的排水系统。在施工区域上坡侧设置截水沟,拦截坡面径流,防止雨水冲刷施工区;在光伏阵列间、场内道路靠山体一侧铺设矩形排水沟,采用浆砌石或混凝土浇筑,道路设过水涵洞,确保径流快速疏导;每个排水沟顺接至场区的自然冲沟内,排水沟出口处设置沉砂池,沉淀径流中的泥沙,避免泥沙进入下游水体,沉砂池需定期清淤以保证排水效率^[2]。

2.2 植物措施技术

(1)乡土植物优选与配置技术:优先选择耐旱、耐贫瘠、根系发达的乡土植物,避免外来物种入侵破坏生态平衡。在光伏阵列间空地,采用“草本+灌木+乔木”立体配置模式,下层种植草本植物快速覆盖地表,草种选择禾本科与豆科进行混播,中层搭配灌木增强固土效果,上层点缀乔木改善区域生态;在道路两侧与边坡,种植藤蔓植物如爬山虎、紫藤,利用藤蔓攀附能力覆盖裸露坡面,减少水土流失。(2)植被恢复时序控制技术:结合施工进度合理安排植被恢复时间,遵循“边施工、边恢复”原则。场地平整与基础开挖完成后,及时在临时裸露区域撒播草本植物种子,缩短地表裸露期;道路与集电线路施工结束后,1个月内完成两侧灌木与乔木种植;整个工程竣工后3个月内,完成光伏阵列间的全面植被恢复,确保植被成活率不低于80%,形成稳定的植被防护层。(3)生态种植技术:采用生态袋种植与喷播绿化相结合的技术,提升植被恢复效果。对于陡峭边坡,将装有营养土与草种的生态袋分层堆叠,生态袋间用连接扣固定,形成稳定的种植层,在稳定边坡的同时,可快速的恢复植被;对于大面积平缓区域,可采用液压喷播技术,将种子、营养土、保水剂、粘合剂等混合后均匀喷播在地表,保水剂可提升土壤保水能力,粘合剂增强种子与土壤的结合度,提高发芽率与成活率^[3]。

2.3 临时防护措施技术

(1)临时覆盖技术:对施工期短期内不进行作业的裸露地表、临时堆土,采用防尘网或无纺布覆盖。防尘网选择高密度聚乙烯材质,网目大小不超过2cm,避免风力吹蚀导致土壤流失;在降雨频繁区域,采用无纺布覆盖,无纺布具有透水性,可减少雨水对地表的直接冲刷,同时保持土壤湿度,为后续植被恢复创造条件;覆

盖时确保边缘用土压实,防止风吹移位,覆盖时间随施工进度调整,待作业开始前及时移除。(2)临时排水与沉砂技术:在施工临时道路一侧开挖临时排水沟,采用塑料波纹管或砖砌排水沟,排水沟坡度不小于3‰,确保排水通畅;在临时搅拌站、施工营地等区域,设置临时排水沟与沉砂池,施工废水经沉砂、沉淀处理后再排放,避免泥沙随废水流失污染周边水体;临时排水设施需定期检查维护,及时清理淤积物,防止堵塞引发积水。(3)临时拦挡技术:在施工区域与周边敏感区域(如农田、溪流)之间,设置临时拦挡设施,如彩钢板、沙袋或临时土埂。彩钢板拦挡高度不低于1.2米,底部埋入地下30cm,防止泥沙进入敏感区域;在堆土高度大于2米的临时堆土土方四周堆砌沙袋形成拦挡,沙袋交错堆叠,高度通常为50-80cm,拦截堆土坡面冲刷下来的泥沙,减少水土流失对周边环境的影响。

3 大型山地光伏电站施工期水土保持关键技术的应用与优化

3.1 技术在不同施工阶段的应用

(1)施工准备阶段:此阶段以“预防为主”,重点应用临时防护与工程措施。在施工营地、材料堆场选址完成后,立即搭建临时排水沟与沉砂池,采用沙袋拦挡场地边界,防止后续作业污染周边区域;对进场道路的规划路线,提前开挖截水沟,避免雨水冲刷路基,同时撒播早熟禾等速生草本种子,对道路两侧临时裸露地表进行覆盖。(2)主体施工阶段:该阶段扰动强度最大,需工程、植物、临时措施协同应用。场地平整与基础开挖时,同步开展坡面防护,对开挖形成的边坡及时采用锚杆喷混或浆砌石骨架护坡;光伏支架安装间隙,在阵列间空地采用液压喷播技术种植乡土草本,快速恢复地表植被;材料运输高峰期,加强临时道路维护,定期清理临时排水沟内淤积物,并用防尘网覆盖道路两侧临时堆土,减少风力与水力侵蚀。(3)竣工收尾阶段:此阶段聚焦“长效固土”,以植物措施为主、工程措施为辅。对临时设施拆除后的场地,先平整土地、改良土壤,再按“草本+灌木+乔木”模式种植植被;对前期设置的临时排水沟、拦挡设施,保留部分可复用的工程结构(如混凝土排水沟),改造为永久排水系统,同时移除多余临时防护设施,确保区域生态景观协调^[4]。

3.2 技术组合应用案例分析

以某山地光伏电站(坡度 $15^\circ-25^\circ$,年均降雨量600mm)为例,分析技术组合应用效果。(1)案例背景:该电站施工初期因仅采用单一工程措施,在雨季暴雨后出现边坡冲刷、侵蚀沟加剧等问题,后期调整为“工程+

植物+临时”组合技术体系。(2)组合方案:①工程措施:在爬山段道路的上边坡修建混凝土网格护坡(网格内填充营养土);在光伏阵列上坡侧设置0.6m宽浆砌石截水沟;在场内道路靠山体一侧铺设浆砌石矩形排水沟,道路设过水涵洞;每个排水沟顺接至场区的自然冲沟内,排水沟出口处设置沉砂池;②植物措施:在混凝土网格内种植紫花苜蓿与爬山虎,阵列间种植山杏与狗牙根,道路两侧种植侧柏;在爬山段道路的下边坡采用生态袋种植技术;③临时措施:施工间隙用无纺布覆盖未作业裸露区,暴雨来临前在边坡底部堆砌沙袋临时拦挡;对临时堆土采取“无纺布苫盖+沙袋临时拦挡+临时排水沉砂”的临时防护措施体系;(3)应用效果:经施工期水土保持监测,通过组合技术应用,施工期水土流失量较初期减少72%;植被成活率达85%,竣工后6个月形成稳定植被覆盖层,周边溪流泥沙含量下降60%,实现工程建设与生态保护的双赢。

3.3 关键技术的优化策略

(1)基于地形与气候的技术适配优化:对坡度 $>30^\circ$ 的极陡坡区域,将传统锚杆喷混护坡优化为“生态袋+锚杆”组合,生态袋内填充本地土壤与种子,兼顾稳定性与生态性;在降雨量 $>1000\text{mm}$ 的多雨区域,将排水沟断面加宽20%,并在沟底铺设防渗土工布,减少雨水下渗引发的沟壁坍塌;在干旱少雨区域,将液压喷播中的保水剂用量提高15%,并搭配滴灌系统,提升植被成活率。(2)基于成本与效率的技术改进优化:对临时防护中的防尘网,改用可降解材料,降低后期清理成本,同时减少白色污染;将传统人工撒播种子优化为无人机飞播,针对大面积光伏阵列间空地,飞播效率提升3倍,且播撒更均

匀;对工程措施中的浆砌石挡墙,在非关键区域采用“浆砌石+干砌石”混合结构,减少水泥用量,降低成本15%~20%。(3)基于监测反馈的动态调整优化:建立施工期水土保持监测体系,通过布设径流小区、沉砂池观测、无人机航拍等方式,实时监测水土流失量与植被生长情况;若监测发现某区域侵蚀量超标,及时分析原因并调整技术方案,如将该区域的临时无纺布覆盖改为防尘网+无纺布双层覆盖,或增加排水沟密度;根据植被生长监测数据,对成活率低的区域,补充补种更适配当地环境的植物品种,确保技术效果持续稳定。

结束语

大型山地光伏电站施工期的水土保持工作意义重大且紧迫。本文深入剖析了施工期水土流失特征,构建了涵盖工程、植物、临时防护措施的立体关键技术体系,并结合实际案例探讨了技术应用与优化策略。实践表明,合理运用这些技术能有效减少水土流失,实现工程建设与生态保护的双赢。未来,需持续探索创新,根据南北气候差异,完善不同地区山地条件的水土保持技术体系,为大型山地光伏电站的绿色、可持续发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]王斯成.中国光伏电站建设技术发展现状与趋势[J].太阳能,2022,(08):75-76.
- [2]陈应泉,周俊.山地光伏电站施工关键技术研究[J].施工技术,2023,(16):127-129.
- [3]赵振宙,杨泽华.复杂山地光伏电站施工技术优化与实践[J].电力建设,2024,(10):108-110.
- [4]任龙.山地光伏电站项目施工管理对策研究[J].中小企业管理与科技,2022,(06):47-49.