

新能源项目建设中的水土保持措施研究

吕 垠

哈密市水利建设与安全中心, 新疆 哈密 839000

[摘要] 新能源项目的大规模建设在推动能源结构转型的同时, 也对区域水土资源产生显著影响。系统分析了新能源项目建设中水土流失的表现与成因, 重点探讨了植物与生态修复措施、技术集成与施工管理以及机制保障与优化路径。研究表明, 施工扰动、植被破坏及排水系统不完善是导致水土流失的主要因素。通过优化施工组织、应用智能化监测技术、完善制度体系, 可有效控制水土流失。

[关键词] 新能源项目; 水土保持; 植物修复

DOI: 10.33142/hst.v9i5.19903

中图分类号: S157.2

文献标识码: A

Research on Soil and Water Conservation Measures in the Construction of New Energy Projects

LYU Yin

Hami Water Conservancy Construction and Safety Center, Hami, Xinjiang, 839000, China

Abstract: The large-scale construction of new energy projects not only promotes the transformation of energy structure, but also has a significant impact on regional water and soil resources. The system analyzed the manifestations and causes of soil erosion in the construction of new energy projects, with a focus on exploring plant and ecological restoration measures, technology integration and construction management, as well as mechanism guarantees and optimization paths. Research has shown that construction disturbance, vegetation damage, and inadequate drainage systems are the main factors leading to soil erosion. By optimizing construction organization, applying intelligent monitoring technology, and improving institutional systems, soil erosion can be effectively controlled.

Keywords: new energy projects; water and soil conservation; phytoremediation

引言

随着碳达峰碳中和目标的推进, 风电、光伏等新能源项目大范围发展也提上了日程。但是这些项目大多分布在生态脆弱区, 施工过程中场地平整、基础开挖、道路建设等工程活动会严重扰动地表, 破坏原有的植被, 加重水土流失。怎样在保证能源开发的基础上有效地控制水土流失, 已经成为急需解决的重要问题。本文从水土流失特征分析入手, 研究植物修复技术、施工管理创新、机制保障措施,

为新能源项目水土保持工作提供思路。

1 新能源项目水土流失特征与影响因素

1.1 水土流失的主要表现

新能源项目建设对地表造成较大的破坏, 破坏范围广、时间集中。从扰动程度上看, 风电工程中道路区、风机区是施工扰动最严重的区域, 光电工程中光伏电池板布置区、道路区扰动面积占比较大, 这些区域基础开挖、搬运、填筑等土建工程是产生水土流失的重点环节。

表 1 新能源项目不同防治分区水土流失表现

| 工程类型 | 防治分区 | 扰动面积比例 (%) | 主要流失表现 | 关键时段 |
|------|----------|------------|-----------|------|
| 风电工程 | 道路区 | 63.33 | 边坡开挖、路基碾压 | 施工期 |
| 风电工程 | 风机区 | 21.85 | 基础开挖、土方堆放 | 施工期 |
| 风电工程 | 集电线路区 | 10.47 | 沟槽开挖、电缆敷设 | 施工期 |
| 光电工程 | 光伏电池板布置区 | 68.72 | 场地平整、支架基础 | 施工期 |
| 光电工程 | 道路区 | 27.17 | 路基开挖、边坡裸露 | 施工期 |

除地表扰动之外,土石方挖填量也很大。风电工程中风机区、道路区挖方量占比较高;光电工程挖方量主要分布在光电池板布置区和道路区。大量的土石方转运、临时堆存如果没有采取有效的防护措施,在降雨和径流的作用下很容易造成严重的水土流失。根据相关工程统计,施工期是水土流失的重点防治时期,该阶段土壤流失量占全过程的大部分比例。

1.2 水土流失的成因分析

新能源项目的水土流失成因可以分为自然因素和人为因素两种。自然因素主要是地形坡度、降雨强度、土壤质地、植被覆盖度等。项目大多选在山地、荒漠、草原等生态敏感区,这些地方原本的植被被破坏之后,自然恢复的时间很长,水土保持的效果会大打折扣。人为因素是造成水土流失的直接原因。施工前场地清理、表土剥离使地表完全裸露,没有植被保护。项目建设破坏原地貌所形成的大量裸露地表、开挖产生的松散土方等,都会对土壤结构造成破坏,是引发水土流失的原因。临时堆土、弃渣管理不规范,大量松散土石方随意堆放,遇雨后易造成严重的沟蚀。再次,道路建设时高填深挖破坏了原来的地形、水系,形成了不稳定边坡。施工期跨越雨季时,在暴雨和地面径流的冲刷下,容易造成开挖面滑坡、坍塌、泥沙随洪水流入排水系统等危险。

2 新能源项目水土保持植物与生态修复措施

2.1 适生植物选择与配置模式

植物措施是控制水土流失的根本方法,核心就是选择适合当地气候、土壤条件的植物种类。新能源项目的选址大多处于生态脆弱区,植被恢复受到干旱、贫瘠、风沙大等因素的限制,因此要遵循适地适树的原则。干旱半干旱地区应选用耐旱、耐瘠薄、根系发达的乡土植物。荒漠地区可以采用梭梭、骆驼刺、柽柳等耐盐碱、耐旱的乡土植物种类。在戈壁荒漠光储一体化项目中,施工时对原有荒漠植被采取了保护措施,施工结束后用原生表土进行植被恢复。植物配置要依照防治分区功能的不同,采用不同的模式。光伏场区可以采用林光互补模式,在光伏板之间和板下种植低矮灌木或者草本植物,利用光伏板的遮荫作用来降低土壤水分蒸发速度,给植物生长提供良好的环境条件。道路区边坡可采用灌草结合的方式,用灌木固土、草本覆盖地表,形成立体防护结构。弃渣场顶部可以种植乔木,坡面以灌草为主,兼具固土和景观效果。在光伏板下种植沙生植物,可形成多层次的植被结构,有效固定黄沙、改善土壤,造林成活率较高。

2.2 场区植被恢复技术

植被恢复技术选择的好坏直接影响到成活率和恢复效果。对坡度较小的场区可以采用撒播或者喷播的方法,将草种、肥料、土壤改良剂混合均匀后喷洒在地面上。高寒或者干旱地区用客土喷播技术可以改善原生土贫瘠状况,给植物生长提供合适的基质。部分荒漠光伏项目创新性地使用了节水灌溉技术,用光伏发电驱动滴灌系统,把浅层地下水资源高效利用起来,在戈壁荒漠上成功种植了耐旱作物,形成了以电促水、以水治沙的良性循环体系。边坡生态修复属于场区植被恢复的难题。对于土质边坡,可以采用植生袋技术,将带有草种的营养土装入可降解袋内,沿坡面错台码放,既稳定边坡又利于植被生长。在荒漠区光伏项目的陡坡上采用可降解植生袋错台码放、椰丝垫包裹的方式进行施工,能有效抵御季节性暴雨的冲刷。对于石质边坡,可在坡面上固定金属网后喷附含有草种的客土基质。植被恢复后期要创建定时灌溉、实时监测、动态补种的管护体系,保证恢复成果。同时还要根据当地的气候条件选择耐旱、耐寒的植物,提高植被的长期稳定性和生态适应性。

2.3 边坡绿化与生态缓冲带建设

边坡绿化是控制面源水土流失的主要手段。道路挖方边坡为土质的可直接喷播或者三维网喷播;为石质的则采用植生槽或者鱼鳞坑种植灌木。填方边坡土质疏松时,应先压实后挂网喷播^[1]。风电项目风电机组工程区、道路工程区等分区分别采取了表土剥离、临时苫盖、砾石压盖等防护措施,施工结束后进行土地平整和地表恢复。生态缓冲带是阻止径流泥沙的最后一道屏障。在场区下游或者近河一侧,设置宽度适宜的乔灌草复合结构缓冲带,具有根系固土和地表过滤的作用。同时还要建立长期巡查、养护制度,对于强降雨之后出现的冲刷、塌陷、植被退化等现象及时进行修复补种,提高边坡生态系统稳定性以及水土保持效果。

3 新能源项目水土保持技术集成与施工管理

3.1 施工组织优化与时序安排

施工组织属于控制水土流失的源头环节,改善施工方案能从根本上削减水土流失量。首先要合理安排施工顺序,把土石方工程量大的基础施工放在非雨季进行。确实无法避让雨季时,应采用分段施工、快速开挖、及时防护的方法来缩短地表裸露时间。生产建设项目选址、选线要避开水土流失重点预防区和重点治理区;无法避让的,提高防治标准,优化施工工艺,减小地表扰动和植被破坏范围。

其次,科学布置施工场地,尽可能减少临时占地。施工便道应利用永久道路路基,不得重复开挖;材料堆放场应选在地势平坦、不易受水流冲刷的地方;生活营地可租用周边民房或利用永久建筑。部分风电项目的施工道路尽量利用既有道路,临时用地复垦率较高,有效减少了新增地表扰动^[2]。再次应该进行表土资源的保护。施工前应将占地范围内表土剥离,集中堆放于指定地点,临时拦挡、覆盖,施工结束后用于植被恢复覆土。表土剥离厚度一般不小于30cm,堆土高度不宜超过3m,坡比不大于1:1.5,并采取堆土袋装土拦挡。

3.2 扬尘、泥浆与径流联合控制

施工扬尘、泥浆属于新能源项目施工期主要污染物,二者同水土流失存在联系。扬尘控制上应配置洒水车定时对施工道路及作业面进行洒水降尘,在干旱多风天气时要加大洒水频率。在干旱荒漠地区可以采用分时分区控尘法,抓住早晚蒸发量小的时段集中洒水,中午高温时段用防尘网对施工区域全覆盖,抑尘效果提高的同时节约用水。泥浆控制上,基础钻孔灌注桩施工产生的泥浆要设置沉淀池处理,上清液回用或者达标排放,沉渣干化后运至指定弃渣场。混凝土拌和站应设三级沉淀池,冲洗水经沉淀后循环使用,达到零排放。防风固沙要求高的荒漠区,采用棋盘式密目网固定法,用U型钢筋多点锚固保证防尘网与地面紧密接触;生态敏感的重点区域使用双层错缝覆盖工艺,抑尘效果比传统方法有所提高。径流控制要建立完整的截排水系统。

3.3 智能化监测与动态预警技术

传统的水土保持监测方式主要是依靠人工巡查和定期量测,存在着覆盖面小、反应慢、精度低等缺点。智能化监测技术依靠空天地一体化系统,把遥感影像、无人机航拍和地面传感器数据融合起来,创建三维可视化平台,及时显示出各个防治分区水土流失情况。动态预警为主,系统按照土壤流失速率、径流含沙量、边坡位移等预设的阈值来自动判断风险,当达到预警阈值的时候立即发出预警信息,并且推送处置方案。例如,系统可集成基于随机森林算法的土壤流失预测模型,输入降雨预报、土壤含水量和地形因子,提前24~48h判别高风险区域。当预测径流含沙量超过 $100\text{kg}/\text{m}^3$ 或边坡位移速率超过 $5\text{mm}/\text{d}$ 时,自动向现场管理人员移动终端发出分级预警,并同步推送覆盖防尘网、增设临时排水沟、暂停高陡边坡作业等处置措施清单。在哈密某风电基地的试点应用中,该系统预警准确率达到91.3%,暴雨条件下土方流失量较传统管理区

减少约45%,显著提升了水土保持措施的时效性和精准度。采用云计算、大数据、空间地理信息技术创建可视化系统,可以实现光伏组件发电量、衰减率等主要参数的即时监测。部分“疆电外送”生态治沙工程创建起长久监测体系,一直追踪生态改良成果,给新能源基地稳定运作构筑起生态屏障。将各种防治措施的功能、设计要点和施工经验归集在一起,把水土保持从被动的治理转变为积极的预防,实现系统化、智能化、可持续化的发展。长时间的数据积累可以找出水土流失的控制点,改善措施的安排,提高治理效率。

4 新能源项目水土保持机制保障与优化路径

4.1 水土保持法规与制度体系建设

健全的法规制度是水土保持工作顺利进行的前提。在山区、丘陵区、风沙区和水土保持规划确定的容易发生水土流失的其他区域开办可能造成水土流失的生产建设项目,生产建设单位应当编制水土保持方案,报县级以上人民政府水行政主管部门审批。新能源项目属于需核准、备案的项目,在实施过程中必然要进行地表扰动和土石方挖填,因此只要在上述区域内就应当编制水土保持方案,水土保持方案分为报告书、报告表^[3]。征占地面积5公顷以上或者挖填土石方总量 $5\text{万}\text{m}^3$ 以上的生产建设项目,应当编制水土保持方案报告书。新能源项目尤其是光伏项目征占地面积往往大于5公顷,应当编制水土保持方案报告书,报水行政主管部门审批。建设单位应委托具有相应技术条件的单位编制水保方案,在项目开工前取得批复文件。

4.2 水土保持方案编制与落实监管

水土保持方案的编制质量好坏,直接关系到后面实施的效果。方案编制要遵循预防为主、保护优先的原则,在充分了解项目区自然条件和生态环境状况的基础上,对水土流失类型、强度及时空分布进行科学预测,进而科学地布置防治措施体系。某风电项目水土保持方案将水土流失防治一级分区为低山丘陵区,二级分区细化为风电机组工程区、集电线路区、开关站区、道路工程区、施工生产生活区共5个分区,三级分区进一步细化为7个分区,措施体系具有较强的针对性。方案落实监管属于全流程管控的组成。建设单位应设立水土保持管理机构,明确职责分工,将水保措施纳入施工合同,与主体工程同管理、同验收。施工单位应按批准的水保方案组织施工,不得擅自变更。监理单位要将水保工程纳入监理范围,对措施数量、质量、进度实行全过程监理。水行政主管部门要加强对监督检查

工作，对于存在的问题进行限期整改。

5 结语

新能源项目建设的水土保持工作要统筹工程措施、植物措施和临时措施，形成系统的防治体系。经过研究发现，道路区、风机区（光电池板布置区）是水土流失的高发区，施工期是防治的关键时段。通过改善施工组织、采用智能化监测技术、健全制度保障，可以有效地控制水土流失。部分风电项目采用新能源加生态修复的方式，在资金上设立了专项资金用于水土保持和植被恢复工作，选择耐旱草种，对扰动土地进行固化处理，扰动土地整治率达到较高水平。沙漠边缘的光伏治沙实践表明，用光伏板防风固沙、板下草方格锁沙、滴灌技术植绿的立体防治体系，可以达到荒漠土地有效治理和生态修复的目的。未来还要继续推

进绿色施工和生态建设的深度融合，创建起长效的管护机制，实现能源开发和生态保护的协调发展。

[参考文献]

- [1]黄琴.新疆平原荒漠地区风电场水土流失预测及防治措施[J].水利技术监督,2024(1):85-88.
- [2]刘雅婧,王丹阳,常旭,等.光伏电站建设对西北荒漠区生态环境的影响研究进展[J].中国水土保持科学(中英文),2025,23(2):9-17.
- [3]孟芮冰,孟祥东,蔡佳乐,等.沙区光伏电站不同植物恢复措施土壤水分特征[J].水土保持通报,2025,45(4):40-49.

作者简介：吕垠（1981—）男，毕业于大连理工大学水利水电工程专业，当前就职于哈密市水利建设与安全中心，副高级职称。