

宁夏-湖南 ±800千伏特高压直流输电线路工程（宁夏段） 砂戈荒地区工程施工中生态修复及环境保护

郭 微

宁夏电力有限公司建设分公司 宁夏银川 750001

摘 要：宁夏~湖南±800千伏特高压直流输电线路工程（宁夏段）砂戈荒地区工程施工需兼顾能源输送与生态保护，通过植被恢复、土壤改良、电磁与噪声控制等措施，实现工程建设与生态修复协同。本文系统分析了区域生态特征与工程挑战，提出了植被恢复、水土保持及污染防治等关键技术路径，为同类工程提供参考。

关键词：砂戈荒地区；±800千伏直流输电；生态修复；环境保护；植被恢复；水土保持

引言

随着“双碳”目标的深入实施，宁夏~湖南±800千伏特高压直流输电线路工程（宁夏段）作为连接新能源基地与负荷中心的关键项目，其施工区域——砂戈荒地区，以其干旱、风蚀强、植被稀疏的生态环境特征，对线路施工提出了前所未有的挑战。如何在保障能源输送的同时实现生态修复与环境保护，成为工程建设的核心命题。本文结合宁夏~湖南±800千伏特高压直流输电线路工程（宁夏段）工程实践，系统探讨生态修复技术体系与环境保护措施。

一、砂戈荒地区生态环境特征与工程挑战

1. 区域生态环境特征

宁夏~湖南±800千伏特高压直流输电线路工程（宁夏段）施工区域——砂戈荒地区，其独特的沙漠、戈壁和荒漠景观，加之年平均降水量不足200毫米而蒸发量超过2000毫米的极端气候条件，导致植被覆盖率低于10%，生态系统极为脆弱。该区域的生态特征对线路施工提出了特殊要求，需采取针对性措施保护生态环境。土壤类型主要为风沙土和灰钙土，有机质含量缺乏，保水保肥性能较弱，再加上经常遭受风蚀，使土壤贫瘠化程度更加严重。从地形上看，沙丘、砾石戈壁纵横交错，表层起伏较大，稳定性较差，铁塔基础施工容易诱发局部塌陷或者风蚀增强。另外，该区昼夜温差较大，风速较大，极端气候事件的频繁发生进一步制约了植被的生存和生态恢复。从生物多样性来看，野生动物主要以小型啮齿类，爬行类和迁徙鸟类为优势类群，栖息地破碎化程度高，工程建设扰动可能破坏生物原有栖息地生态

并威胁动物的生存繁衍。

2. 工程建设的生态影响

在砂戈荒地区，±800千伏特高压直流输电线路的工程建设对生态系统产生了多维度的叠加影响。施工机械碾压和临时占地造成地表植被的直接损害，铁塔基础的开挖使得沙土结构松散，暴露的地区受强风影响易诱发二次风蚀并加剧该地区扬尘污染和土地沙化。牵张场、材料堆放区和其他施工设施的使用破坏地表结构，压实了土壤，导致当地土壤板结和微生物活性下降，延长了植被自然恢复周期。施工用地扰动和电磁干扰，破坏了原生态斑块并导致土壤微生物和线路走廊环境发生变化，造成小型爬行类动物和部分鸟类生存环境的变化，这可能诱发局部生态不平衡等问题。高压直流输电引起的合成电场和工频磁场虽然处于合规范范围之内，但是长时间接触会对鸟类导航行为和昆虫生理节律造成扰动，生态风险需要不断监控。另外施工扬尘沉降对周围植被造成覆盖，光合作用效率降低，与区域干旱气候叠加，造成植物抗逆性减弱甚至枯死，进一步减弱了生态系统自我修复能力。

二、生态修复技术体系与实施路径

1. 植被恢复技术

（1）表土保护与回覆

在宁夏~湖南±800千伏特高压直流输电线路工程（宁夏段）建设过程中，表层土壤的保护和再覆盖被视为生态恢复的基础措施。这一地区表土层薄、养分匮乏，剥除后如任意抛弃，会对土壤种子库和微生物群落造成永久性的损害，使生态退化更加严重。在开始施工之前，铁塔的基础和牵张场等可能受到扰动的区域需要进行表

面土壤的剥离。根据土壤的质地，剥离的厚度需要动态调整，通常应控制在20—30厘米之间，以确保表层土壤中的腐殖质和根系残留物得到完整的保留。剥离的表土需要在避风和低洼区域集中堆放，地表用防尘网覆盖，定期喷水保墒，以防风蚀及高温失活。在施工完成之后，需要根据“原土回位，分层充填”的原则来进行表土的回覆工作，以避免与下层贫瘠土层的混合。回覆完成后，应通过耙松和压实等手段来恢复土壤的孔隙结构。配套进行表土改良、混施有机肥和保水剂以促进土壤肥力和持水能力的提高。该项技术采用“剥离—保存—回覆”闭环管理方式，最大限度地降低了因施工扰动造成的土壤生态功能损害，并为后续植被恢复奠定了物质基础，在工程建设和土壤资源可持续利用之间取得了均衡。

（2）植生袋边坡绿化

在宁夏~湖南±800千伏特高压直流输电线路工程（宁夏段）工程建设中，植生袋技术通过模拟自然植被群落构建机制，实现边坡快速固土与植被演替。植生袋采用可降解纤维材料编织，内置由本土耐旱植物种子、腐殖土、保水剂及微生物菌剂组成的混合基质，既保障初期发芽所需养分，又避免外来物种入侵风险。施工时，植生袋沿边坡等高线层叠铺设，袋体间通过锚钉与三维植被网固定，形成柔性防护层，缓冲雨水冲刷与风蚀作用。针对砂戈荒地区干旱少雨特征，基质中添加的聚丙烯酰胺类保水剂可吸收自身重量数百倍的水分，配合滴灌系统实现精准补水，确保种子在极端气候下仍能萌发。随着植被生长，根系穿透植生袋与边坡土体交织，形成“植物—基质—边坡”三维加固体系，显著提升边坡抗剪强度。

2. 土壤改良与水土保持

在宁夏~湖南±800千伏特高压直流输电线路工程（宁夏段）建设中，土壤改良与水土保持需以生态修复为导向构建系统性技术体系。针对沙土保水性差、肥力低的特性，采用秸秆粉碎还田与腐殖酸改良剂联用技术，秸秆纤维增加土壤孔隙度，腐殖酸螯合养分并促进微生物活性，使土壤持水能力提升40%以上。草方格沙障结合聚丙烯网垫形成立体固土层，草方格降低近地表风速70%，拦截风沙沉积，网垫则通过三维结构锚固表层沙粒，二者协同将风蚀量减少90%。雨水资源化利用方面，在铁塔周边设置鱼鳞坑与渗水盲沟，收集并引导降水至植物根系区，配合保水剂在土壤中形成微型水库，延长水分供给周期。植被恢复过程中，选用柠条、花棒等深

根性灌木，其根系穿透沙层形成垂直固土网络，枯枝落叶层进一步减缓地表径流。该技术体系通过物理固沙、化学改良与生物固土的复合作用，将工程扰动区转化为具备自我维持能力的生态单元，实现水土保持与植被演替的良性循环。

3. 生物多样性保护

通过物理隔离和空间管控，多维度减少施工对生态环境的影响。施工前，在塔基区域采用硬质围栏或彩条旗进行“口袋式”布防，将施工机械与人员活动严格限定在划定区域内，避免机械随意碾压、人员无序走动破坏地表植被，防止施工废弃物污染土壤与水源。使用限界的设定还体现在对施工材料存放、加工区域的明确划分，避免材料堆放侵占周边生态空间，减少材料运输对生态环境的干扰。而基础施工孔洞盖板措施，防止施工人员坠落的同时，还能防止野生动物误入孔洞受伤，保障其生存安全。这些措施从多方面降低施工对生态的扰动，既为施工安全提供保障，又守护了生态系统的完整性与稳定性，助力实现施工建设与生态保护的和谐共生。

4. 挡土墙与排水沟工程措施

在宁夏~湖南±800千伏特高压直流输电线路工程（宁夏段）中，挡土墙与排水沟的合理运用对于防止水土流失、保护生态环境至关重要。根据地形地貌特点，在塔基周边及易发生水土流失的区域设置挡土墙，有效拦截并固定土壤，减少因施工扰动导致的水土流失。同时，结合地形条件修建排水沟，引导地表径流，防止积水对塔基及周边土壤造成侵蚀，确保施工区域的水土保持效果。

5. 土地整治方式

为进一步提高施工区域土壤质量，促进植被恢复，本工程采用鱼鳞坑整地与带状整地相结合的方式对土地整治。鱼鳞坑整地通过挖掘小型坑穴，收集雨水并减少地表径流，为植被生长提供有利条件；带状整地则沿等高线进行，形成带状植被带，增强地表覆盖，减少水土流失。

6. 植被恢复措施

在土地整治的基础上，实施柠条扦插、松树栽植与草籽播撒相结合的植被恢复措施。柠条作为先锋树种，具有适应性强、生长快的特点，能够有效固定流沙，改善土壤结构；松树作为长期造林树种，能够形成稳定的森林生态系统；草籽播撒则快速增加地表覆盖，减少风蚀和水蚀。通过这些措施的综合运用，逐步恢复施工区

域的植被覆盖,提升生态系统稳定性。

三、环境保护关键措施

1. 电磁环境控制

在 ± 800 千伏直流输电线路运行中,电磁环境控制需以精准化技术实现生态与安全的双重保障。依据《直流输电工程合成电场限值及其监测方法》,线路下方合成电场强度严格控制在 15kV/m 以内,离子流密度 $\leq 100\text{nA/m}^2$,通过优化导线分裂数、子导线间距及对地高度,将电磁场分布范围压缩至线路走廊边缘外5米内,降低对周边生物体的潜在干扰。针对鸟类,在铁塔顶部安装非金属绝缘护套,避免金属部件与带电体形成电场畸变点,减少猛禽栖息时因羽翼间隙电场突破临界值引发的电击风险。同时,在换流站周边设置电磁衰减区,种植杨树、榆树等高大乔木,利用枝叶对电磁波的散射与吸收作用,进一步降低厂界外10米处工频电场强度至 3kV/m 以下。配套建立智能监测系统,实时采集电磁数据并触发预警,确保电磁环境动态符合标准。该技术体系通过工程优化与生态防护结合,将电磁影响控制在生物耐受阈值内,维护区域生态系统的电磁安全。

2. 噪声与无线电干扰控制

在 ± 800 千伏直流输电线路噪声与无线电干扰控制中,需以多层次技术实现环境兼容。针对线路工程,优化导线排列方式与弧垂参数,降低电晕放电产生的可听噪声,在居民区或生态敏感区设置声屏障,屏障高度依据地形与噪声衰减需求动态调整,一般不低于4米,有效阻隔噪声传播。对于无线电干扰,通过优化导线表面电场强度与子导线间距,将 0.5MHz 频段干扰限值控制在 $58\text{dB}(\mu\text{V/m})$ 以内,减少对通信与导航信号的干扰。同步部署噪声与无线电干扰在线监测系统,实时反馈数据并触发降噪措施优化,确保技术控制与环境需求的动态适配,实现工程建设与声环境、电磁环境的和谐共生。

3. 施工期污染防治

针对扬尘污染,施工道路与作业面每日洒水降尘频次不低于4次,裸露沙土区域覆盖防尘网并设置围挡,运输车辆加装密闭装置,避免物料抛洒。废水处理方面,含油废水经隔油池与沉淀池处理后回用于车辆冲洗,生活污水采用一体化污水处理设备,出水水质达标后用于

周边植被灌溉,杜绝地表水体污染;使用机械施工作业过程,衬垫吸油毡等措施,防止油污直接滴落土壤造成油污污染。固体废弃物分类收集,施工作业现场定置化摆放生活垃圾桶,每日定期回收消纳,建筑垃圾运至指定消纳场,废机油、蓄电池等危险废物交由有资质单位处置。夜间施工噪声通过低噪声设备与隔音罩降低至 50dB(A) 以下,避免惊扰野生动物。该体系通过源头减量、过程管控与末端治理的闭环管理,将施工期环境影响压缩至最小阈值,实现工程建设与生态保护在时空维度上的动态平衡。

4. 房屋拆除及迹地恢复

房屋拆迁时,采用低噪声设备与湿法作业,通过围挡喷淋、隔音屏障等手段降低扬尘与噪声污染;对拆除废弃物严格分类处理,金属、木材等可回收材料经专业机构回收再利用,建筑垃圾统一运送至指定消纳场,避免随意堆放侵占土地、破坏土壤结构。迹地恢复阶段,根据区域地形地貌与气候条件,优先选用根系发达、适应性强的本土植物,采用“乔灌草”多层复合种植模式,通过多次播撒草籽、铺设草皮等方式快速覆盖裸露地表,增强土壤固持能力;同步修建截排水沟、挡土坎等临时措施,疏导地表径流,减少雨水冲刷引发的水土流失,确保迹地生态功能稳步恢复,实现工程建设与生态保护的良性互动。

参考文献

- [1]李森,赵京东,李泽东.等.沙漠,戈壁和荒漠地区光伏系统生态影响研究进展[J].环境工程技术学报,2025,15(2):709.
- [2]张怀,李海东.冀北土石山区生态自我修复调查研究[C]//全国水土保持生态修复研讨会.0[2025-06-01].
- [3]石剑波,刘平,占海歌.基于趋势分析法的输电线路施工区植被动态变化分析[J].四川环境,2024,43(4):76-83.
- [4]张军,张锋,宋康.等.特高压输电线路经自然保护区的生态保护措施体系研究[J].电力科技与环保,2015(3):3.
- [5]吴少华,齐飞,王迎春.输电线路跨越生态保护区环保措施分析[J].资源节约与环保,2015(11):1.