

基于 4M1E 分析法的高原地区光伏发电项目草地生态保护策略

袁 贞 文茂桦

中电建建筑集团有限公司 北京 100120

【摘 要】：以西藏自治区阿里地区改则县 30MW（配储能）光伏发电项目为例，针对高原地区特殊的生态环境，采用 4M1E 法（人员、机器、物料、方法、环境）详细分析了项目实施过程中对草地生态保护的具体措施。通过优化施工方法、加强现场管理、采用环保材料等策略，有效降低了施工活动对草地生态的破坏，确保了项目的顺利进行与生态环境的和谐共存，为高原地区光伏发电项目的可持续发展提供了有益参考。

【关键词】：4M1E 法；高原地区；光伏发电项目；草地生态保护

DOI:10.12417/2811-0528.25.21.038

1 前言

西藏自治区拥有丰富的太阳能资源，日照时数长达 3000h，为光伏发电项目的建设提供了得天独厚的条件。光伏电站建设场地多位于海拔 4000m 以上，其生态环境脆弱，草地一旦受损便难以恢复，这给光伏发电项目的施工带来了极大的生态挑战。如何在保障光伏发电项目顺利推进的同时，最大限度地保护高原草地生态，成为当前亟待解决的问题。

2 项目概况

2.1 项目简介

西藏自治区阿里地区改则县 30MW（配储能）光伏发电项目位于阿里地区改则县改则镇日玛村南侧，地处高原湖盆地貌，海拔高程在 4750.00m~4775.00m 之间，场区总面积约为 550 亩。项目规划装机 30MW，采用高效单晶硅 N 型双面双玻 N 型组件，年发电量可达 6370 万 kWh，等效满负荷利用小时数为 2026h。此外，项目还配套建设了 6MW/24MWh 的化学储能系统，以增强电网的稳定性和可靠性。

项目场址位于牧区，施工活动不可避免地会对周边草地生态环境造成影响。因此，在确保项目顺利推进的同时，如何有效保护牧区的草地生态成为施工管理的关键所在。

2.2 气候条件

阿里地区改则县属于典型的高原大陆性气候，气候寒冷干燥，冬季漫长且严寒，夏季短促而温和。冬季极端低温可达 -30℃ 以下，昼夜温差可达 20℃ 以上，冬季从 10 月持续到次年 4 月，长达半年以上，积雪覆盖时间较长，风力 4~6 级，降水

量稀少，年降水量一般在 100mm~300mm，且降水集中在夏季（6 月至 9 月）。

2.3 生态环境

改则县的生态环境相对脆弱，草地生态系统较为敏感。由于高寒、干旱的气候条件，植被覆盖率较低，主要以耐寒的高山草甸为主。这里是中国重要的生态功能区之一，特别是羌塘国家级自然保护区的组成部分，保护着众多珍稀野生动物，如藏羚羊、雪豹、野牦牛等。

3 场区草地生态影响因素分析及应对措施

光伏发电项目的施工活动，如场地平整、桩基施工、设备安装等，不可避免地会对项目所在地的草地植被造成破坏。特别是在高原牧区，草地生态系统相对脆弱，一旦遭到破坏，恢复难度较大。施工过程中的机械碾压、开挖等活动会压实土壤，破坏草地植被的根系结构，影响植被的生长和恢复。采用 4M1E 法（人员、机器、物料、方法、环境）分析项目实施过程中对草地生态保护的影响因素和具体措施。

3.1 人员影响因素及应对措施

3.1.1 施工人员纪律性

部分施工人员随意穿越草地，破坏了地表植被，还可能压实土壤，影响草地的恢复。因此，在项目开工前，组织全体施工人员进行环保意识培训，强调生态保护的重要性，并明确违反规定的处罚措施。通过签订环保责任书，增强施工人员的责任感。规划并设置专用的施工通道和车辆行驶路线，避免施工人员和机械设备随意穿越草地。

3.1.2 施工人员技能熟练度

由于缺乏高原地区光伏项目的施工经验或技能不熟练,导致频繁出现返工、超挖等不当行为,进一步加剧了草地的受损程度。因此,项目团队在项目启动前精心挑选了具备丰富光伏发电项目施工经验的团队,并通过技术交底、邀请有经验的技术专家对施工人员进行系统培训等方式,确保每位施工人员都充分了解和遵守环保施工的各项要求。

3.1.3 现场管理人员能力

现场管理人员的能力直接关系到生态保护的效果。如果管理人员无法及时制止并纠正破坏性的施工行为,草地生态保护工作将面临严峻的挑战。因此,组织现场管理人员的培训,提升其环保意识和管理水平。制定明确的奖惩制度,激励管理人员积极履行职责。

3.2 施工机械影响因素及应对措施

3.2.1 施工机械行驶路线

重型施工机械和运输材料的汽车在草地上的频繁行驶与作业,不可避免地会对草地造成碾压破坏。因此,严格规定了施工机械及车辆的行驶路线,确保所有机械和车辆都能沿着既定的道路顺利抵达各个光伏阵区,避免了随意碾压草地。同时,明确禁止非必要机械和车辆进入光伏阵区,以进一步保护草地生态。在材料入场过程中尽可能减少对草地的压力,混凝土等重型材料则先由轻型装载车辆运送至待施工的光伏阵区内,再由人工进行铲送浇筑,从而大大降低了对草地的破坏程度。

3.2.2 施工机械性能

如果施工机械性能不佳,不仅影响施工进度,还可能因反复作业而加剧对草地的损害。例如,项目中曾使用的240型普通挖改钻机,在螺旋钢桩基础钻进过程中对垂直度的控制不够稳定,导致桩基础出现歪斜而需要返工,这无疑增加了对草地的破坏风险。因此,在桩基础施工机械的选择上,优先考虑了性能更为稳定的设备,如240型带固定器挖改钻机和履带式露天潜孔钻车。这些机械在螺旋钢桩基础钻进过程中能够有效控制垂直度,显著减少了返工的可能性,进一步保护了草地生态。

3.3 材料影响因素及应对措施

在项目中,材料的选择和使用对草地生态保护起到了举足轻重的作用。桩基础的选型是其中的关键环节,若选型不当,不仅会降低施工效率,更可能加剧对脆弱草地生态的破坏,因此,针对材料的影响,可以采取以下措施:

(1) 经过深入研究和综合对比,从环保、工期、造价等多个维度出发,最终选定了螺旋钢桩基础作为本项目的首选。

这种桩基础以其高环保性、快速施工和低造价脱颖而出,更重要的是,其施工过程无需开挖和灌浆,直径小且便于钻进,从而将施工对草地的破坏降到了最低。同时,为了应对局部碎石较多的复杂地质条件,还备选了微孔灌注桩基础,以确保在各种环境下都能将草地破坏控制在最小范围。

(2) 除了桩基础的选择,还特别注重材料的使用寿命,以减少因材料更换或修复而对草地造成的二次破坏。为此,我们选用了经过镀锌处理的螺旋钢桩基础,显著提高了其耐腐蚀性,延长了使用寿命。

(3) 考虑到高原特有的生态环境,选用了铠装电缆,以抵御高原鼠兔等穴居动物对电缆的啃咬破坏,确保了电缆的长期使用和安安全全。

3.4 施工方法影响

3.4.1 螺旋钢桩基础钻进

螺旋钢桩基础钻进过程缺乏有效控制,可能会导致桩基础歪斜或超挖,进而引发返工,这无疑会加剧对草地的损害。因此,项目对桩基础施工工艺进行了优化。首先,严格控制定位放线精度并进行二次复核,确保桩点位置准确。其次,钻进时要确保桩基础的初始状态时垂直的,钻进过程尽量缓慢。在钻进至设计深度的1/3、1/2和2/3时分别进行垂直度检测,及时校正偏差,最终一次成孔至设计深度,从而有效减少返工,降低对草地的影响。

3.4.2 微孔灌注桩浇筑

微孔灌注桩基础施工中的过量浇筑也会导致混凝土溢出地表,对草地生态造成破坏。因此,在微孔灌注桩基础施工时,应严格控制混凝土浇筑量,确保混凝土浇筑至距离地表100mm处时停止浇筑,上面回填泥土和回铺草皮。同时,安排专人及时清理遗撒在草地上的混凝土,减少对草地的破坏。

3.4.3 电缆沟开挖

电缆沟开挖时如不注意保护草皮,将会导致草皮受损且难以恢复。为此,本项目采用生态友好的开挖方式:选用规格合适的挖机铲斗,严格控制开挖范围,最大限度减少超挖。在施工结束后播撒草籽,进一步促进植被生态恢复。

3.5 环境因素分析

在西藏这种高原地区的构网型储能光伏发电项目中,环境因素对草地生态保护至关重要。由于高原气候寒冷干燥,草皮移植与养护难度增加。同时,该地区的草地生态系统极为脆弱,一旦受损便难以恢复,因此必须高度重视环境保护工作。因此,针对环境影响,可以采取以下解决措施:

3.5.1 草皮移植养护

现场草皮的剥离与回铺利用主要包括“起、存、养、复”四个环节：

a.起：首先利用切割机对草皮按纵横方向进行分块切割，之后由轮式装载机完成草皮的挖取和转运。

b.存：设置专用堆场存放草皮，草皮切割为 30 cm×30 cm 左右规格，分层码放于三层支架，每层堆放 3~5 层，确保堆体通风、避免压损。

c.养：冬季覆盖毛毡土工布保温，期间不浇水并定期揭布通风；非冬季采用密目遮阳网遮蔽阳光、保持湿度，并按期实施浇水与施肥。

d.复：回铺前整平原地表，保证基面满足平整度要求，之后按设计铺回草皮。

3.5.2 加强环境监测与保护

在施工过程中，应加强对施工区域及周边草地生态系统的监测，及时发现并处理可能对草地生态造成破坏的行为。同时，制定详细的环保施工方案和应急预案，确保在发生突发事件时能够迅速响应并采取有效措施保护草地生态。

4 实施效果

4.1 营地建设效果

在阿里地区改则县 30MW（配储能）光伏项目中，营地建设的生态保护措施取得了显著成效。项目团队精心规划，确保非硬化区域的草皮得以完整保留，这一举措有效维护了营地周边的自然风貌。同时，对于硬化区域，项目采用了创新的草皮移植养护技术，将移植的草皮用于后续的生态修复工作，不仅减少了资源浪费，还提升了生态恢复的效率。此外，通过用植

草砖替代传统的混凝土硬化地面，营地在下雨天的积水问题得到了有效解决，大风天也不再出现扬尘现象，从而大大改善了营地环境，实现了生态与功能的和谐统一。

4.2 草皮移植养护效果

草皮移植养护工作是本项目生态保护措施的重要组成部分。在营地铺设植草砖以及场区开挖、钻孔等施工过程中，项目团队精心剥离了大量草皮，并通过科学的移植养护手段，显著延长了这些被剥离草皮的存活时间。即使在冬季来临前，这些草皮依然保持着旺盛的生命力，为后续的草地修补工作提供了充足的资源。通过及时回铺这些草皮，项目团队有效地修复了施工中被破坏的草地，为场区生态环境的保护与恢复做出了积极贡献。

4.3 场区整体效果

本项目在场区实施基于 4M1E 法的草地生态保护措施后，取得了令人瞩目的整体效果。通过优化施工流程、加强现场管理，项目团队大幅降低了机械碾压、车辆碾压、频繁返工以及混凝土遗撒等情况的发生频率，从而最大限度地减少了对场区草地的破坏。在打桩、安装支架等各工序施工完毕后，场区草地依然能够保持其自然原貌，整个场区的生态环境得到了最佳保护。

5 结语

为保护生态环境，西藏自治区阿里地区改则县 30MW（配储能）光伏项目深入研究了场区草地生态保护措施，基于 4M1E 法，从人、机、料、法、环五大维度系统分析了可能导致草地生态破坏的因素，并针对性地提出了一系列科学有效的解决措施。通过实践验证，这些措施取得了良好效果，有力保护了当地脆弱的草地生态环境。

参考文献：

- [1] 金爱云.孟令坤.西藏自治区超高海拔牧光互补光伏发电项目中的草地生态保护措施[J].低碳世界.2024.14(05):1-3.
- [2] 吴全荣.陈倓坚.光伏电站对生态环境影响及发展思路[J].红水河.2023.42(05):83-86+97.
- [3] 冯亚飞.董海涛.扎拉.西藏地区草皮移植技术在铁路、公路施工中的应用研究[J].科学技术创新.2021.(02):121-123.