



中华人民共和国林业行业标准

LY/T 3470—2026

光伏治沙技术规范

Technical specification for PV-integrated desertification control

2026-06-03 发布

2026-09-01 实施

国家林业和草原局 发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本原则 3

 4.1 生态优先,治沙为主 3

 4.2 统筹规划,分类施策 3

 4.3 因害设防,因地制宜 3

 4.4 先疏后密,规范施工 3

 4.5 强化运维,协同发展 3

5 本底调查 3

 5.1 自然条件 4

 5.2 建设条件 4

6 防沙治沙 4

 6.1 一般规定 4

 6.2 防治分区 4

 6.3 分区施策 5

 6.4 工程固沙措施 5

 6.5 生物固沙措施 6

7 协同管控 7

 7.1 一般规定 7

 7.2 规划阶段 7

 7.3 设计阶段 8

 7.4 施工阶段 8

 7.5 运营阶段 9

8 监测管护 9

 8.1 一般规定 9

 8.2 监测体系 9

 8.3 管护措施 9

 8.4 动态管理 9

附录 A(规范性) 不同区域类型各防治分区工程措施配置表 10

附录 B(规范性) 光伏治沙工程措施技术 11

参考文献 13

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由国家林业和草原局提出。

本文件由全国荒漠化防治标准化技术委员会(SAC/TC365)归口。

本文件起草单位：国家林业和草原局林草调查规划院、中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司、中国华电集团有限公司、中国科学院西北生态环境资源研究院、国家林业和草原局荒漠化防治司、中国科学院新疆生态与地理研究所、润涵(山东)生态科技有限公司、中国科学院新疆生态与地理研究所、水电水利规划设计总院、青海省林业碳汇服务中心、中广核风电有限公司。

本文件主要起草人：邓立斌、卢泽洋、庞瑞、肖建华、李生字、潘红星、李梦先、陈列、张文、马世军、王国胜、谭奇林、刘飞、何昱璇、刘子玥、张湛新、王宇、吴羽纶、王梓、秦韵涵、张国华、沈志伟、李忙忙、刘扬志、仪律北、杨雪、高琦、卫旭芳、周洁敏、崔北祥、樊雨峰、张益豪、杨宏伟、李森、王猛、张玉涛、翟艳磊、许文强、王博宇、王波。

光伏治沙技术规范

1 范围

本文件规定了在以沙漠、戈壁、荒漠地区(简称沙戈荒地区)为主的风沙活动区建设、运营光伏电站项目时,为防止土地沙化加剧,遏制风沙危害,保障光伏电站设施安全稳定运行,以及改善周边人居环境而开展的防沙治沙技术总体要求。

本文件适用于在沙戈荒地区上规划、设计、建设(含新建、扩建、改建)和运维的光伏治沙项目。光热电站等其他太阳能利用项目可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

- GB/T 15776 造林技术规程
- GB/T 21141 防沙治沙技术规范
- GB/T 24255 沙化土地监测技术规程
- GB/T 43056 沙漠光伏电站技术要求
- GB 50794 光伏发电站施工规范
- GB 50797 光伏发电站设计规范
- LY/T 1912 草方格沙障设置技术规程
- LY/T 2092 干旱、半干旱区荒漠(沙地)生态系统定位观测指标体系
- LY/T 2498 防护林体系营建技术规程
- LY/T 2844 荒漠化地区植被恢复技术规程
- LY/T 2986 流动沙地沙障设置技术规程
- LY/T 2988 高立式沙障设置技术规程
- LY/T 2995 植物纤维阻沙固沙网
- LY/T 2996 活沙障技术规程
- LY/T 3399 沙化草原治理技术规程
- LY/T 3402 区域沙化土地分级规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光伏治沙 PV-integrated desertification control

在保护好生态的前提下,利用沙漠、戈壁、荒漠地区土地和太阳能资源优势,创新生态修复模式,促进防沙治沙和光伏建设融合发展,助力能源转型,以高水平保护支撑高质量发展的活动。

3.2

沙漠 sand desert

是指气候干旱、植被稀少,地表由起伏不一、形态各异的风成沙所覆盖的广袤荒原。一般将分布在干旱地区,且具有上述地表特征的风沙地貌景观。

3.3

沙地 sandy land

分布在半干旱和半湿润地区,且地表特征与沙漠相似的风沙地貌景观。

3.4

戈壁 gobi

分布在干旱地区,地表为砾石、砂砾覆盖,植被稀少,且广袤而平坦的土地。

3.5

荒漠 desert

从地理学角度,是指降水稀少,植物很稀疏,人类活动受到限制的干旱地区。从生态学角度,是指由旱生、强旱生低矮木本植物,包括半乔木、灌木、半灌木和小半灌木为主组成的稀疏植被景观。

3.6

固定沙地 fixed sandy land

土壤质地为沙质,植被盖度 $\geq 30\%$ (乔木林冠下无其它植被时,郁闭度 ≥ 0.50),地面具有明显结皮,风沙活动不明显,地表稳定或基本稳定的沙化土地。

3.7

半固定沙地 semi-fixed sandy land

植被盖度介于 $10\% \sim 30\%$,地面常有薄层结皮,风沙活动比较强烈,局部沙物质流动的沙化土地。

3.8

流动沙地 shifting sandy land

土壤质地为沙质,植被盖度 $< 10\%$ 、地表沙物质常处于流动状态的沙化土地。

3.9

光伏阵列 photovoltaic array

将若干个光伏组件在机械和电气上按一定方式组装在一起并且有固定的支撑结构而构成的直流发电单元。又称光伏方阵。

[来源:GB 50797—2012,2.1.4]

3.10

本底调查 baseline survey

为查明和评估项目区及周边区域的自然环境、生态状况、资源条件和潜在约束,而进行的系统性、量化的基础信息采集与分析工作。

3.11

防治分区 prevention and control zoning

基于本底调查结果,依据风沙危害程度、土地利用方向、光伏设施布局及治理目标,将项目区划分为不同功能的区域,以便实施差异化的防沙治沙策略。

3.12

工程固沙 engineering measures for desert control

利用稻草、麦草、芦苇、砾石、粘土、化学材料等非生命物质,通过人工铺设、喷洒等方式,达到固定流

沙、阻滞风沙、改变风沙流结构等目标的治沙措施。

3.13

生物固沙 biological measures for desert control

利用植物及微生物等固沙、改土、阻沙,达到持续防风固沙、改善生态环境等目标的治沙措施。

4 基本原则

以保障光伏电站安全及改善周边人居环境为根本目标,推动防沙治沙与光伏建设融合发展。光伏治沙项目规划、设计、建设和运维应遵循以下基本原则:

4.1 生态优先,治沙为主

保护现有植被、土壤结皮,减少地表扰动。依据生态本底调查结果,以水资源为刚性约束,制定光伏电站设计方案和差异化的防沙治沙方案。沙化土地治理坚持工程、生物措施相结合,乔灌木相结合,应以乡土植物为主。

4.2 统筹规划,分类施策

项目选址应符合相关规划及用地政策要求,避让已采取治理措施或封禁保护的沙戈荒区域,地质灾害多发区、洪水易发区及砾石表面以下为细沙粉沙的戈壁。综合自然条件、沙化土地空间分布、治理方向相似性等,在气候分区的基础上,将光伏治沙项目分为光伏场区内部、外围两个区域,开展沙化土地综合治理。场区内部以固沙为主,抑制就地起沙。场区外围以防风、阻沙、导沙为主,降低风沙对光伏电站的风险。

4.3 因害设防,因地制宜

依据不同区域的灾害类型和风沙规律,因害设防,有针对性设置防治措施。在适宜区域结合当地固沙材料,采用乡土树种、草种,合理配置沙障规格和林草初植密度,重点遏制风沙危害。在水资源持续保障下,适度发展沙产业、草产业。

4.4 先疏后密,规范施工

项目建设应统一规划、分期实施,遵循“先疏后密”要求,按建设时序分区块逐步推进光伏发电单元建设。区块内执行 GB50797,区块间留足空白,留白区、板下、板间实施防风固沙措施。施工应执行光伏电站建设与防沙治沙“三同步”,采用低扰动工艺,严控作业范围,避免大规模地面硬化及不必要的场地平整,及时修复施工造成的生态破损,抑制扬尘起尘。

4.5 强化运维,协同发展

建立“天-空-地”一体化监测体系,重点监测风蚀、植被及设施运行状况,定期巡查,维护防风固沙设施、开展植被抚育等,巩固防沙治沙成果,保障电站正常运行。循环利用水资源,建立光伏组件回收利用机制,促进防沙治沙与光伏建设协同发展。

5 本底调查

掌握光伏治沙项目区的自然生态、资源条件与工程约束,提供基础数据与决策支持,支撑能源开发与生态保护协同发展。主要包括:

5.1 自然条件

自然条件是因害设防采取防治措施的根本依据。

5.1.1 地理位置与地形地貌

项目区的经纬度、行政归属、海拔高差及地形起伏度、沙丘高差；固定沙地、半固定沙地、流动沙地、戈壁等风沙地貌单元的分布。戈壁区域：砾石表层及以下是否为细沙、粉尘物质。风沙地貌单元分类分级按 GB/T 24255 执行。

5.1.2 气候气象与风沙环境

年均温、降水量、蒸发量、无霜期、干燥度指数；主风向、次风向、平均风速、起沙风频次与持续时间；年日照时数、太阳总辐射量；沙尘活动规律、沙化土地类型与程度、土壤理化性质及地表风蚀状况。沙化土地类型与程度分级按 GB/T 24255、LY/T 3402 执行。

5.1.3 植被生态与土地利用

植被类型、群落结构、植被盖度、高度、生物量及珍稀保护植物分布；土壤结皮发育程度；野生动物痕迹、栖息地、迁徙通道及重要生态廊道；土地利用现状、权属、利用历史及荒漠化动态。项目区是否属于已采取治理措施（含封禁保护）的区域；水蚀严重区域、盐碱地、不良地质区域分布。

5.2 建设条件

建设条件是评估工程可行性、优化项目布局、规避工程风险、保障光伏电站安全稳定运行的前提。

5.2.1 资源与基础条件

太阳辐射数据，计算最佳倾角与发电潜力，评估太阳能资源等级；地层岩土性质、承载力及地下水位；水资源：地下水水位，周边河流、湖泊、水库等的位置、规模、水情变化、土壤含水量、蒸发量等。路网及大型设备进场条件；变电站、水源、通信等基础设施。

5.2.2 自然灾害风险

洪水风险（历史洪水痕迹、行洪通道、汇水面积）；洪水易发区、侵蚀沟分布；评估地震、地质灾害、极端风雪荷载、雷暴活动等对电站的潜在威胁。

6 防沙治沙

6.1 一般规定

6.1.1 应根据第 5 章的本底调查结果，结合区域气候特征、沙化程度、生态敏感性及光伏电站功能布局进行设计，构建防沙治沙与光伏电站相协同、工程与生物措施相结合的综合防护体系。

6.1.2 防沙治沙措施不遮挡光伏组件，并满足电站日常维护的通行及安全作业要求。

6.1.3 宜采用低扰动、环境友好、耐候性强的材料与技术，选用乡土植物和环保型固沙剂等。防沙治沙通用技术要求应符合 GB/T 21141 的规定，植被修复应符合 GB/T 15776 的规定。

6.2 防治分区

光伏电站防沙治沙可划分为以下基本功能分区，各分区应明确主导功能与治理目标：

6.2.1 场区内部固沙区

指光伏阵列及配套设施集中布设的区域,包括光伏板下及板间区域。该区应以固定地表流沙、抑制就地起沙、保障光伏设施安全、稳定运行为首要目标,兼顾植被修复与生态功能提升。

6.2.2 场区外围防风、阻沙、导沙区

指光伏电站项目外围区域,重点在主导风向上风向一定范围内设置林草生态防护带或高立式沙障。该区应以防风阻沙、拦截远距离输沙、疏导风沙流为核心功能,构建以防风、阻沙、导沙为主的防护带,减轻风沙对场内光伏设施的影响。

6.3 分区施策

6.3.1 应根据不同气候区、沙化类型以及防治分区,制定差异化的治理方案,坚持工程固沙与生物固沙相结合,乔、灌、草相结合,技术措施按附录 A 执行。

6.3.2 分区施策应体现“场外防风阻沙导沙、场内抑制就地起沙”的总体要求:沙漠、沙地区域,可在场外建立乔灌草相结合的综合防护体系和高立式沙障,场内采取沙障、灌草为主的固沙措施,其建设应符合 LY/T 2498 的规定;戈壁区域,外围应建立以高立式沙障为主的防风阻沙导沙体系,场区内采用砾石回填、覆压,其建设应符合 LY/T 2988 的规定,并严格保护荒漠植被和土壤结皮。

6.3.3 分区治理策略应与风沙规律、光伏阵列走向、组件高度、道路布置等工程要素深度融合,实现协同增效。

6.3.4 分区施策内容应在设计文件中明确,并在施工、运维阶段严格执行与动态优化。

6.4 工程固沙措施

6.4.1 措施类型

工程固沙措施包括布设机械沙障、采用环保型固沙剂进行化学固沙,并应符合附录 A、附录 B 的规定。

6.4.1.1 机械沙障

机械沙障包括低立式、高立式、平铺式沙障等类型。

- a) 低立式沙障:高出地面 20 cm~50 cm 的直立式沙障,包括草方格、固沙网方格、纤维绳沙障、沙袋沙障、枝条沙障等。适用于场区内部固沙区(板下、板间)、道路两侧及地形复杂区域,主要起固定地表流沙作用。设置应符合 LY/T 1912、LY/T 2995、LY/T 2986。
- b) 高立式沙障:高出地面 50 cm~100 cm 的直立式沙障,包括植物秸秆捆沙障、纱网阻沙障、金属阻沙网等。适用于场区外围防风、阻沙、导沙区上风向,主要起防风、拦截远距离输沙作用。设置应符合 LY/T 2988。
- c) 平铺式沙障:高度在 20 cm 以下的沙障,包括砾石压沙、黏土沙障、植物秸秆平铺等。适用于板下、板间、道路及需快速固沙或保护地表的区域,通过覆盖抑制风蚀。

6.4.1.2 化学固沙

使用环保型固沙剂,可单独或与机械沙障联用,快速形成抗风蚀表层,且应符合附录 B 的要求。

6.4.2 配置布局

6.4.2.1 场区内部固沙区

在光伏板下区域可铺设平铺式或低立式沙障,防止立柱附近的沙化土地风蚀;板间区域按需设置低立式沙障,降低风速,减少板下沙化土地风蚀。在戈壁光伏板下、板间可采用砾石回填、覆压方式,进行压

沙,根据需要在板间预留导沙通道。

6.4.2.2 场区外围防风、阻沙、导沙区

在沙漠、戈壁主导风向上风向边界外布设防风阻沙带及固沙缓冲带,采用高立式沙障、低立式沙障、挡风板以及生物措施结合的方式防风阻沙。设置宽度根据当地自然条件测算确定,一般情况下,可在外围 50 m~200 m,布设 2~3 道高立式沙障,在边界内 30 m~50 m 辅以低立式沙障。如有必要,也可设置挡风板。非主导风向的防风阻沙带及固沙缓冲带设置宽度不宜低于主导风向的 1/3。

6.4.2.3 关键部位

升压站、箱变、道路、设备基础及沙丘迎风坡等关键部位应加强防护,可采用高立式沙障削减风速、低立式沙障固定地表,并辅以局部硬化与定期清理。

6.4.3 施工养护

6.4.3.1 施工应严格限定作业范围,优先采用低扰动工艺,并保护原生地表、现有植被及土壤结皮。施工宜选择在夏秋季,避开冬春季大风、沙尘暴天气。

6.4.3.2 化学固沙施工时,喷洒应均匀,渗透深度不宜小于 5 学固沙;应避免雨天、大风及极端温度天气。施工完成后应设置警示标识,防止人员踩踏。

6.4.3.3 工程固沙设施每年应在风季前后各进行一次全面巡查,及时修复损毁部位,并清理障前积沙。

6.5 生物固沙措施

6.5.1 措施类型

生物固沙措施主要为植物固沙,应坚持乔灌草相结合。植物固沙包括植苗固沙、播种固沙、构建生物沙障等方式,并应符合附录 A、附录 B 的规定。

6.5.1.1 植苗固沙

选用抗旱、耐寒、耐盐碱的乡土乔木、灌木或半灌木容器苗。

6.5.1.2 播种固沙

以撒播或条播方式种植草本或灌木种子。

6.5.1.3 生物沙障

采用活体插条构建活沙障,应符合 LY/T 2996 的规定。

6.5.2 配置布局

应融合生物多样性保护要求,优先保护原生植被和关键生境,因地制宜采取低覆盖度造林种草模式,满足光伏场区外围、内部基本的生态需求。在水资源条件持续保障下,可适度发展沙产业、草产业。根据区域类型,分为沙漠/沙地区域和戈壁区域两类。

6.5.2.1 沙漠、沙地区域

a) 植被配置与水分管理:坚持乔、灌、草相结合(宜灌则灌、宜草则草),应符合 LY/T 2498、LY/T 2844 的规定。考虑到防火安全,光伏场区内部灌木初始栽植密度不宜超过 60 株/亩,林草综合植被盖度控制在 30%左右,且不宜超过 30%。保障光伏治沙生态用水,在雨养或地下水不能支撑的情况下,应采用滴灌、微喷灌等节水措施,严禁大水漫灌。

b) 场内外综合防护体系:宜在场内外建立林草综合防护体系。光伏场区外围林草防护带应采取乔灌草相结合,与主导风向垂直,一般林带宽度 3~6 行,品字形配置植株。风沙灾害严重区,适当增加外围林草防护带宽度,林带疏透度控制在 25%~35%。场区内部固沙区以生物固沙为主,

工程固沙为辅。

- c) 生态保护与生境维护:保护荒漠植被和土壤结皮,保留孤立灌丛、枯立木、岩石堆等关键生境要素。沙化草原区域的植被修复还应符合 LY/T 3399 的规定,并注意保护草原原生植被和野生动物栖息地。
- d) 光伏场区植被修复:板下区域利用光伏组件遮荫效应,选择耐荫、耐旱、低矮的乡土植物,以撒播或条播为主进行植被修复,其密度和盖度应符合 a) 项的规定。板间区域净间距应满足 GB/T 43056 的规定以确保光照;宜选择喜光或稍耐荫的乡土物种,采用低矮灌木带状栽植结合草本混播,灌木密度及盖度同样符合 a) 项的规定。

6.5.2.2 戈壁区域

在戈壁区域,应遵守以下要求:

- a) 外围阻沙:优先保护原生地表,不宜进行场地平整和植被清除。区外围防风、阻沙导沙区可以工程阻沙、导沙为主,采用高立式沙障、挡风板,水资源条件满足的地方可营造乔灌结合的防护体系。
- b) 植被修复:场区内部固沙区不宜进行大规模植被修复。植被修复仅限办公区、居住区等人类活动区域附近。
- c) 板下、板间等区域固沙:不宜进行人工植被修复。场内固沙可采用砾石回填、覆压压沙,或对基础等局部区域采取点状生物固沙。

6.5.3 施工养护

6.5.3.1 施工与养护应兼顾植被修复效果与生物多样性维护。种植时机宜选择雨季来临前或春季土壤解冻后,避开干旱、高温及大风季节。

6.5.3.2 种子应进行破眠、消毒、根瘤菌接种等处理;苗木应选用优质容器苗或壮苗,并做好全流程保湿。栽植穴规格、栽植深度、浇水等应符合 GB/T 15776 的规定。

6.5.3.3 水分管理应依托充分的水源条件,采用滴灌、微喷灌等高效节水技术,灌溉定额不应超过生态需水阈值。

6.5.3.4 应进行长期养护,包括补植补播、水肥管理、病虫害防治、平茬复壮等,确保植被生长稳定。养护作业应避免破坏固沙设施及原生植被。光伏场区内部林草综合植被盖度控制在 30% 左右,且不宜超过 30%。

7 协同管控

7.1 一般规定

7.1.1 应将防沙治沙措施融入光伏电站规划、设计、施工、运营及退役的全生命周期,实现光伏发电与防沙治沙的深度融合。

7.1.2 应建立协同管理机制,明确防沙治沙责任主体,落实资金与人员保障,确保生态措施与光伏主体工程同步设计、同步施工、同步投运,并持续有效维护。

7.1.3 本章规定了防沙治沙与光伏建设各阶段的协同管理要求。具体防沙治沙措施的技术参数、施工及养护要求,应按本文件第 6 章及引用的相关技术标准执行;监测管护的具体操作应按本文件第 8 章执行。

7.2 规划阶段

7.2.1 项目应在适建区域选址,遵循优先序,利用未经治理的沙化土地。沙漠、沙地区域应避让固定、半

固定沙丘；戈壁区域应避让砾石层下伏细沙、粉沙的区域。

7.2.2 集中布局的园区或分期建设项目，应遵循“先疏后密”原则，合理规划建设时序与区块留白，实现渐进式治理与开发。

7.2.3 光伏电站的送出线路电压等级、出线方向和回路数，应根据电站规模、近远期方案和电网接入条件等分析比较后确定。

7.2.4 跨省区外送的光伏治沙项目，建设进度应与支撑调节电源、输电通道建设时序衔接；就近接入电网的光伏治沙项目，结合本地消纳空间制定接入方案，与电网规划衔接。

7.2.5 项目规划应依据第5章的本底调查结果，明确生态敏感区、保护目标及水资源约束条件，设定生态保护与修复目标。防沙治沙方案应与光伏阵列、道路、围栏等工程设施同步规划，形成“光伏+生态”一体化技术方案。

7.3 设计阶段

7.3.1 光伏电站设计与防沙治沙方案协同。组件最低点高度应高出下方治沙措施顶部，满足发电、安全作业、防火及通风导沙要求；阵列间距与走向应兼顾发电效率与风沙流通。

7.3.2 光伏治沙项目选用的主要设备应满足现行光伏制造行业规范条件要求。鼓励采用高效先进的光伏技术和产品。组件选型宜采用耐沙尘磨蚀、灰尘附着力低的型号，对特殊气候区域可采用定制化设计。技术经济可行时，宜采用柔性支架、钢制桩基等低扰动高净空支撑结构。在风蚀作用大的光伏阵列区域，桩基入土深度应预留风蚀深度，确保光伏支架的安全。

7.3.3 电气设备应满足沙漠、沙地、戈壁地区的沙尘特征、最高温度、最低温度、温差、侵蚀等使用环境要求。汇流箱防护等级不应低于 IP65，组串式逆变器防护等级不应低于 IP66，逆变升压一体机防护等级不应低于 IP55，变压器本体防护等级不应低于 IP65，高低压室防护等级不应低于 IP54。

7.3.4 场区内部固沙区、道路两侧及场区外围防风、阻沙、导沙区的防沙治沙措施及防风阻沙带宽度要求，均应按本文件第6章的相关规定执行。

7.3.5 生态用水应优先利用疏干水、再生水、凌汛水、微咸水等非常规水资源。生物固沙措施应根据水资源条件合理配置，确需灌溉时应采用滴灌、微喷灌等节水技术，严格控制灌溉定额。光伏组件清洗应采用节水工艺。

7.4 施工阶段

7.4.1 施工应严格限制作业范围，原则上不宜进行大规模场地平整。对于无植被覆盖、无土壤结皮的流动沙地或戈壁裸地区域，确需进行局部场平的，应事前开展生态影响与修复方案专项评估，并及时予以修复。

7.4.2 避开冬春季沙尘暴高发期施工，生物措施依气候定施工时序。施工破坏的植被、扰动土壤及时生态修复，边施工边修复。在盐碱地、水蚀区、高寒区等特殊环境施工时，制定专项方案，针对性预防水土流失、盐渍化及冻融损害。

7.4.3 电缆敷设根据场区内建设条件可采用直埋、电缆沟、电缆桥架、电缆线槽等方式。宜采用直埋敷设方式，采用直埋敷设时应选择铠装电缆或穿管保护，直埋电缆深度应结合防沙治沙措施的作业情况合理确定。

7.4.4 应制定突发环境事件应急预案，建立施工期生态环境保护档案，记录措施实施、监测数据及问题整改等信息。

7.4.5 光伏电站的施工、设备安装等环节，还应符合 GB 50794 的相关规定。

7.5 运营阶段

7.5.1 应建立监测体系,监测内容及评估要求应按本文件第8章执行。

7.5.2 运维车辆与人员应沿规划路线作业,避免碾压植被与固沙设施。组件清洗水应妥善处理。应建立光伏组件回收机制,对破损或寿命到期的组件及时回收处置。

7.5.3 应基于监测评估结果动态调整管护策略,形成“监测-评估-优化”闭环。鼓励建设信息化管理平台,集成监测、管护与决策功能。

8 监测管护

8.1 一般规定

8.1.1 应建立覆盖光伏电站全生命周期的“天-空-地”一体化生态与工程监测体系,实现动态监测、科学评估与动态管理。

8.1.2 应建立长效管护机制,明确责任主体与资金保障,确保防沙治沙成效。

8.1.3 监测数据与管护记录应规范管理、长期保存。

8.1.4 宜建立涵盖生态效益、社会效益和经济效益的综合评估体系,并定期编制光伏治沙综合效益评估报告,为管理者提供决策依据。

8.2 监测体系

8.2.1 应在场区内部固沙区(板下、板间)、场区外围防风、阻沙、导沙区及对照区设立具有代表性的固定监测样地。

8.2.2 监测指标应包括植被状况、风蚀控制、水土保持、生物多样性、地表保护、小气候及工程设施完好性等,可按 GB/T 24255、LY/T 2092 执行。

8.2.3 应采用样方调查、遥感解译、仪器监测等多技术融合方法,监测频率应满足相关标准要求。

8.2.4 应建立标准化监测数据库,编制《光伏治沙生态监测评估年度报告》。

8.3 管护措施

8.3.1 植被养护包括补植补播、水肥管理、病虫害防治、平茬复壮。植被长势良好的区域应加强非生长季火灾防控,建立防火巡查制度,配备消防器材,设置防火警示标识;定期清理枯落物等易燃物,必要时设置防火隔离带。

8.3.2 工程设施养护宜每年风季前后全面巡查,及时修复沙障、围栏、道路等损毁部位,清理沙障、排水设施的积沙。

8.3.3 光伏运维养护应沿规划路线作业,避免碾压植被与固沙设施;组件清洗采用节水工艺。

8.4 动态管理

8.4.1 应基于监测评估结果,定期诊断生态措施有效性,动态调整管护策略与技术措施,形成“监测-评估-优化”闭环。

8.4.2 监测数据与评估报告应用于优化植被配置、调整工程维护计划、指导光伏运维及支持项目决策。

8.4.3 应建立全生命周期生态管理档案,包括本底调查、设计方案、监测数据、管护记录、应急事件及管理决策等文件。

8.4.4 鼓励建设光伏治沙信息化管理平台,集成监测、管护与决策功能,提升管理智能化水平。

附 录 A

(规范性)

不同区域类型各防治分区工程措施配置表

表 A.1 不同区域类型各防治分区工程措施配置表

区域类型	功能分区	主导策略	主要技术措施
沙漠	场区外围防风、阻沙、导沙区	防风阻沙、拦截远距离输沙	主导风向上风向设置宽度 50 m~200 m, 布设高立式沙障(芦苇捆、纱网、金属网)2~3 道, 间距适当; 必要时设挡风板或导沙堤; 建设乔灌木结合防护带, 应符合 LY/T 2498 的规定。
	场区内部固沙区	固定地表流沙、抑制就地起沙	板下采用平铺式沙障(砾石压沙、秸秆平铺)、低立式沙障(草方格、固沙网方格)或环保型固沙剂; 板间采用生物固沙(耐旱灌木+草本)。灌木栽植密度 ≤ 60 株/亩, 林草综合植被盖度 $\leq 30\%$ 。雨养和地下水难以满足的情况下, 应采用滴灌、微喷灌等节水措施。关键部位加强固沙。
戈壁	场区外围防风、阻沙、导沙区	防风、阻沙	以高立式沙障(塑料纱网、纤维网)为主, 必要时设导沙堤或挡风板。保护天然植被, 不扰动地表, 沙障基础避免破坏砾石结构。
	场区内部固沙区	砾石回填、覆压固沙	板下、板间采取砾石回填、覆压为主, 不宜进行植被修复。
沙地	场区外围防风、阻沙、导沙区	阻固结合, 防风固沙	主导风向上风向设置宽度 50 m~100 m, 采用低立式沙障(草方格、固沙网方格)+生物沙障(插条或直播灌木), 可辅以环保型固沙剂。可建乔灌木林草结合防护带, 应符合 LY/T 2498 的规定。
	场区内部固沙区	综合固沙, 修复植被	板下布设草方格、固沙网方格或环保型固沙剂; 板间采用低立式沙障+灌木带状混播; 优先选用乡土树种和草种, 以雨养为主, 灌木 ≤ 60 株/亩, 林草综合植被盖度 $\leq 30\%$, 注意防火隔离与枯落物清理。
注: 对于属于沙化草原的区域, 其治理技术可参照 LY/T 3399 执行。			

附 录 B

(规范性)

光伏治沙工程措施技术

表 B.1 光伏治沙工程措施技术

措施类型		材料类型	规格、施工与质量要求		适用区域与条件
机械沙障	低立式沙障	草方格	稻草、麦秸、芦苇等植物秸秆	麦草/稻草秸秆长 50 cm~80 cm, 芦苇秸秆长 30 cm~50 cm, 直径 ≥ 0.5 cm, 要求坚韧无霉变。网格边长 1 m~1.5 m, 埋深 15 cm~20 cm, 外露 20 cm~30 cm。施工时划格、铺草、踩实、埋压, 确保方格端正稳固。	干旱、半干旱区, 风沙强、中、弱区均适用。
		固沙网方格	高密度聚乙烯、聚乙烯、聚乳酸等	网格边长 1 m~2 m, 高 15 cm~30 cm。施工时划格、定桩、缠网、锁边, 网面应平整紧绷。	干旱、半干旱广泛适用。
		纤维绳沙障	麻、棕、合成纤维绳	绳索直径均匀, 强度高, 耐腐蚀。施工时按格或行列布设, 交叉点绑扎固定。	半固定、固定沙地, 需一定透风性时适用。
		沙袋沙障	棉、麻、聚乳酸纤维等可降解材料	沙袋直径 10 cm~20 cm, 间距 1 m~3 m。材质可降解, 填充密实无杂质。施工时装沙、封口、铺设, 首尾相接无孔隙。	半干旱区, 板下、板间, 风沙中弱区。
		枝条沙障	沙柳、黄柳、柽柳等枝条	枝条直径 0.5 cm~1.5 cm, 无病虫。地表高度 15 cm~20 cm, 网格边长 1 m~2 m。施工时按网格埋设, 固定。	干旱、半干旱区, 板下、板间、外围区域。
	高立式沙障	植物秸秆捆沙障	芦苇、玉米秸秆等	芦苇捆直径 8 cm~12 cm, 长 1 m~1.5 m; 玉米秸秆捆直径 10 cm~15 cm, 长 1 m~1.5 m。无霉变, 捆扎牢固不散。施工时垂直主导风向布设, 桩体稳固。	场区外围上风向, 主导风沙来向。
		纱网阻沙障	高密度聚乙烯、聚乙烯、尼龙等	高度 0.8 m~1.5 m, 网孔矩形/菱形。施工时垂直主导风向布设, 桩体稳固, 绑扎牢固。	场区外围上风向, 主导风沙来向。
		金属阻沙网/阻沙障	镀锌钢板网、防风抑尘网、阻沙障	厚度 ≥ 1.0 mm。网面平整无毛刺, 施工时垂直主导风向布设, 桩体稳固, 绑扎牢固。	场区外围上风向, 主导风沙来向, 起阻沙导沙作用。
	平铺式沙障	土工布沙障	涤纶、丙纶等无纺或编织土工布	搭接宽度 ≥ 15 cm。施工时平整铺设, 四周及搭接处用沙袋或 U 型钉锚固。	各类沙化土地, 尤其适用于需快速抑制扬尘、保护地表的区域。

表 B.1 光伏治沙工程措施技术(续)

工程措施类型			材料类型	规格、施工与质量要求	适用区域与条件
机械沙障	平铺式沙障	砾石压沙	黏土	平铺厚度 2 cm~5 cm;行列式垄距 3 m,垄高 20 cm~30 cm,垄宽 40 cm~50 cm。施工时均匀铺设、压实,坡面自下而上施工。	半干旱区,板下、关键点、通道。
		黏土沙障	高杆作物秸秆、树木枝条	长度 ≥ 60 cm,直径 ≥ 1 cm,覆盖度 $\geq 50\%$ 。材料干燥,无霉变病虫害。施工时交错平铺,压实。	半干旱区,板下、关键点、通道。
		植物秸秆平铺	高杆作物秸秆、树木枝条	长度 ≥ 60 cm,直径 ≥ 1 cm,覆盖度 $\geq 50\%$ 。材料干燥,无霉变病虫害。施工时交错平铺,压实。	半干旱区,板下、关键点、通道。
生物沙障		植物插条沙障	沙柳、黄柳等活体插条	网格边长 1 m~2 m,栽植深度 20 cm~30 cm。当年成活率 50%~70%。施工时挖穴、栽植、浇水,宜雨季施工,可使用生根粉。	半干旱区,水分较好区域。
		直播植物活体沙障	各种农作物、天然草本植物	网格边长 1 m~2 m,直播深度 3 cm,开沟宽 20 cm。施工时开沟、播种、覆土,宜雨季作业。	半干旱区,水分较好区域。
化学固沙材料		环保固沙剂	改性淀粉、纤维素等	喷洒量 1 L/m ² ~5 L/m ² ,渗透深度 ≥ 5 mm。施工时均匀喷洒,避免雨天或大风天施工。	干旱、半干旱区,板下、板间、通道等区域。

参 考 文 献

- [1] GB/T 32065 沙漠光伏电站用装备环境技术要求与试验方法. 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会.
- [2] LY/T 2354 荒漠生态系统定位观测技术规范. 国家林业和草原局, 2022.
- [3] 国家林业和草原局、国家发展和改革委员会、财政部、自然资源部、生态环境部、水利部、农业农村部. 《全国防沙治沙规划(2021—2030年)》. 北京, 2022年12月.
- [4] 国家林业和草原局、国家发展和改革委员会、国家能源局. 《三北沙漠戈壁荒漠地区光伏治沙规划(2025—2030年)》. 2025年6月.
- [5] 国家林业和草原局林草调查规划院. 沙漠戈壁荒漠地区光伏治沙技术模式典型案例. 北京, 2025.
-