



中华人民共和国林业行业标准

LY/T 3471—2026

荒漠地区(沙漠、沙地和戈壁)光伏工程 生态影响监测与评价

Ecological impact monitoring and evaluation of photovoltaic engineering
in desert areas (desert, sandy land and Gobi)

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 监测内容与指标 2

5 监测方法 3

 5.1 土地退化状况 3

 5.2 水 4

 5.3 土壤 4

 5.4 气候 4

 5.5 生物 5

 5.6 沙尘 5

 5.7 生态风险增加状况 6

6 评价方法 6

7 综合评价 7

 7.1 评价频次与时间 7

 7.2 获取评价指标的实际值 8

 7.3 评价指标归一化处理 8

 7.4 评价指标权重 8

 7.5 计算综合得分 9

 7.6 确定评价等级 9

8 监测与评价报告 9

附录 A(资料性) 光伏工程生态影响监测与评估报告大纲 10

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国荒漠化防治标准化技术委员会(SAC/TC365)提出并归口。

本文件起草单位：中国林业科学研究院生态保护与修复研究所、中国林业科学研究院沙漠林业实验中心、国能生物发电集团有限公司、国家林业和草原局西北调查规划院、国家林业和草原局林草调查规划院、贵州师范大学、贵州理工学院。

本文件主要起草人：曹晓明、冯益明、庄会永、王孝康、王国胜、张景波、戴丽、李新乐、王黎黎、尹昌应、宫丽彦、贾远信、王翠萍、张霖、马浩。

荒漠地区(沙漠、沙地和戈壁)光伏工程生态影响监测与评价

1 范围

本文件规定了荒漠地区(沙漠、沙地和戈壁)光伏工程生态影响监测与评价的体系和评价方法。
本文件适用于荒漠地区(沙漠、沙地和戈壁)光伏工程生态影响监测与评价。

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 35221—2017 地面气象观测规范总则
GB 7172—1987 土壤水分测定法
GBZ/T 192.1—2007 工作场所空气中粉尘测定 第1部分:总粉尘浓度
LY/T 2006—2012 荒漠生态系统服务评估规范
LY/T 2792—2017 戈壁生态系统服务评估规范
LY/T 1752—2008 荒漠生态系统定位观测技术规范
LY/T 3354—2023 土地退化类型与分级规范
LY/T 2258—2014 立木生物量建模方法技术规程
LY/T 2259—2014 立木生物量建模样本采集技术规程
LY/T 1757—2008 退耕还林工程社会效益监测与评价指标
HJ 710.3—2014 生物多样性观测技术导则 陆生哺乳动物 标准
HJ 710.5—2014 生物多样性观测技术导则 爬行动物
HJ 781—2016 固体废物 22 种金属元素的测定 电感耦合等离子体发射光谱法
HJ 1068—2019 土壤粒度的测定吸液管法和比重计法
NY/T 53—1987 土壤全氮测定方法
NY/T 88—1988 土壤全磷测定法
NY/T 87—1988 土壤全钾测定法
NY/T 1121.7—2014 土壤检测 第7部分:土壤有效磷的测定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光伏工程 photovoltaic engineering

以光伏发电系统为主,包含各类建(构)筑物及检修、维护、生活等辅助设施在内的工程。

3.2

光伏工程生态影响 ecological impact of photovoltaic engineering

光伏工程建设、运营等因素引起荒漠地区的生态系统的结构和功能等发生的变化。

3.3

光伏工程生态影响监测 ecological impact monitoring of photovoltaic engineering

基于生态学原理和系统论方法,利用生态学、化学、遥感等技术手段,对光伏工程所处的生态系统的结构和功能各要素的变化进行的监测。

3.4

光伏工程生态影响评价 ecological impact assessment of photovoltaic engineering

基于生态学原理和系统论方法,利用生态学、化学、遥感等技术手段,对光伏工程的生态影响进行评价,确定评估光伏工程生态影响的等级。

3.5

评估基准年 evaluation base period

以光伏发工程建设前一年为基准年,作为与评价期各项评价指标进行对比的初始时间。

4 监测内容与指标

根据光伏工程建设后使工程建设区生态发生的变化,构建了土地退化状况、水、土壤、气候、生物、沙尘、生态风险 7 个一级指标 18 个二级指标组成的监测指标体系(见表 1)。

表 1 光伏工程生态影响监测指标体系与监测频次

一级指标	二级指标	监测时间及频次
土地退化	土地退化类型	7 月—9 月,一年一次
	土地退化程度	7 月—9 月,一年一次
水	土壤含水量	7 月—9 月,一年一次
	土壤凝结水	7 月—9 月,一年一次
土壤	土壤养分	7 月—9 月,一年一次
	土壤颗粒物组成	7 月—9 月,一年一次
气候	气温	1 月—12 月,连续
	降水量	1 月—12 月,连续
	地表温度	1 月—12 月,连续
	太阳总辐射	1 月—12 月,连续
	风速	1 月—12 月,连续
生物	物种种类和数量	7 月—9 月,一年一次
	综合植被盖度	7 月—9 月,一年一次
	生物量	7 月—9 月,一年一次
沙尘	释尘量	1 月—12 月,连续
	风蚀输沙量	1 月—12 月,连续

表 1 光伏工程生态影响监测指标体系与监测频次(续)

一级指标	二级指标	监测时间及频次
生态风险	土壤重金属污染	一年一次
	空气污染	一年一次

5 监测方法

5.1 土地退化状况

5.1.1 土地退化类型及特征

根据沙漠、戈壁、荒漠地区自然环境特征,确定以下 5 种土地退化类型。

- a) 水土流失型
 - 1)就地表土流失:面蚀和片蚀造成表土的均一流失。
 - 2)就地地形破坏:细沟、沟谷侵蚀或块体运动造成的不规则位移。
 - 3)易地洪水:河床淤塞、河岸侵蚀和盆地过度淤沙。
- b) 土地沙化型
 - 1)就地表土吹失:风蚀引起的均一位移。
 - 2)就地地形破坏:以风蚀坑、风蚀堆和沙丘为标志的不规则位移。
 - 3)易地沙尘:埋压植被、道路和建筑物等。
- c) 盐渍化型
 - 1)原生盐渍化:含高盐分的成土母质。
 - 2)次生盐渍化:不合理灌溉引起的。
- d) 冻融型
 - 1)动力条件:延续时间很长的冻融作用过程。
 - 2)基质条件:具有低温易变性质。
 - 3)环境条件:高原地表植被稀疏。
 - 4)冻融荒漠化过程:季节融化层增厚-地下水位下降-土壤干燥化;地表覆盖变化或地下融水增多-多年冻土融冻界面热融-地表沉陷、破碎;强化以冻融交替作用为主的冻融作用过程和斜坡过程。
- e) 土地贫瘠化型
 - 1)综合性:土壤环境以及土壤物理、化学和生物特性劣化的综合表征,如表现出有机质含量下降,营养元素亏缺,土壤结构破坏,土壤被侵蚀,土层变薄,土壤板结,土壤发生酸化、碱化、沙化等。
 - 2)有机质含量代表性:有机质含量的下降可作为土壤退化的一项重要标志,其与土壤的许多属性是关联的。

5.1.2 土地退化程度

根据 5 种土地退化类型(土地沙化型、水土流失型、盐渍化型、冻融型、土地贫瘠化型)分别构建土地退化程度评价标准,土地退化程度评价标准具体参照 LY/T 3354—2023 执行。

5.2 水

5.2.1 土壤含水量

土壤绝对含水量,即 100 g 烘干土中含有的水分重量。土壤含水量的采集利用传统土钻进行取样,取样深度为 0~10 cm、10 cm~30 cm、30 cm~60 cm、60 cm~100 cm,根据取样深度将每层的土样进行混合后装入铝盒,利用烘干法测定采样点的土壤含水量,土壤水分测定方法具体参照 GB 7172—1987 执行。

5.2.2 土壤凝结水

采用精度为 0.01 的电子天平,通过早晚(7:00,19:00)各称重 1 次蒸渗仪的方法实现,即两次称重的质量差值视为当天土壤凝结水形成的量。称重时,用干毛巾把蒸渗仪周边擦拭干净,以免蒸渗仪底部有沙粒等细颗粒物和侧壁上形成的凝结水对观测结果的影响。土壤凝结水测量深度为 0~10 cm。

5.3 土壤

5.3.1 土壤养分

土壤养分含量的测量主要通过测定土壤中的全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、速效钾等主要养分,单位为 g/kg 或 mg/kg。土壤全氮含量测定采用半微量开氏法,测量步骤具体依据 NY/T 53—1987 的相关要求执行。土壤全磷含量测定采用分光光度法,测量步骤具体依据 NY/T 88—1988 的相关要求执行。土壤全钾含量测定采用氢氟酸消解法或氢氧化钠熔融法,测量步骤具体依据 NY/T 87—1988 的相关要求执行。土壤碱解氮、有效磷、速效钾的测量步骤具体依据 NY/T 1121.7—2014 的相关要求执行。

5.3.2 土壤颗粒物组成

土壤颗粒物组成又称土壤粒度,是指土壤中不同粒径矿物颗粒的组合比例,以各级颗粒所占质量百分数表示。土壤粒度的测定利用吸液管法和比重计法测定,测量步骤具体依据 HJ 1068 的相关要求执行。

5.4 气候

气候调节因子的测量应通过在光伏工程附近布设气象观测设备进行测量,各因子的观测方法见表 2,如缺乏这类观测设备,可以距离光伏工程最近的县级气象观测站的观测数据为依据,各项指标的观测方法具体参照 GB/T35221—2017 的相关规定执行。

表 2 气候条件各因子的观测方法

观测指标	指标定义	观测时间及频度
气温 *	近地面空气的温度,单位为℃	全年连续
降水量	从天空降落到地面上的水分,未经蒸发、渗透、流失而在水面上积聚的水层深度,单位为 mm	全年连续
地表温度	地表面和以下不同深度处土壤温度的统称,单位为℃	全年连续
太阳总辐射 *	太阳总辐射是地球表面某一观测点水平面上接收太阳的直射辐射与太阳散射辐射的总和,单位为 W/m ²	全年连续
风速 *	空气相对于地球某一固定地点的运动速率,常用单位为 m/s。	全年连续

表 2 气候条件各因子的观测方法(续)

观测指标	指标定义	观测时间及频度
风向	风吹来的方向	全年连续
备注：* 说明该指标应在光伏板上、光伏板间、光伏板下同时测量。		

5.5 生物

5.5.1 植被样方的布设

通过实地调查测量、照相等方法获取林草植被综合盖度和生物量,植被样方应设置为固定样方,样方大小根据植被类型进行调整:乔木样方为 50 m×50 m;灌木样方:10 m×10 m(小灌木样方:3 m×3 m);草本样方:1 m×1 m。样方均需在光伏板下、光伏板间、光伏场外围风沙防治防护林带等区域进行设置,原则上每种植被类型样方设置密度应不低于 3 个/km²,具体操作可根据光伏电站面积做适当调整;另外,样方设置应在光伏电站边缘区、腹地及核心区均匀布设,且有 3 个重复。

5.5.2 综合植被盖度

采用实地调查和照相法相结合的方式观测。通过测量样方内各株植物的生物物理参数计算样方的植被覆盖度。在照相法比较便捷的区域,可利用较高像素的相机获取样方植被覆盖度的数码照片,重复拍摄 2 次~3 次,最后分别计算每张相片的植被覆盖度,取其平均值作为样方植被覆盖度。评估区内林草植被综合盖度应是测量的所有类型样方植被覆盖度的均值。

5.5.3 生物量

生物量的获取分为地上生物量和地下生物量,采样及计算方法具体依据 LY/T 2258—2014、LY/T 2259—2014 相关要求执行。评估区内生物量应是测量的所有样方生物量的均值。

5.5.4 植物物种丰富度

通过在野外设置样方,实地测量样方内的植物物种丰富度。样方设置的大小和方法参考本文件中 5.5.1 中植被样方设置的相关介绍。

5.5.5 动物物种丰富度

主要利用红外相机等仪器进行观测,具体观测方法参照 HJ 710.3—2015 和 HJ 710.5—2014 执行。

5.5.6 微生物物种丰富度

土壤微生物种类及数量的测定参照《第三次全国土壤普查土壤生物调查技术规范》中微生物测量的相关规定。

5.6 沙尘

5.6.1 释尘量

基于 GOCART 沙尘模式估算月释尘量,计算见公式(1):

$$E=CSu^2(u-u_t)t \quad (u>u_t) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

E ——特定月份的总起尘量,单位为吨(t);

C ——经验常数；
 S ——裸露地表面积,单位为平方米(m^2),基于土地利用数据获取；
 u ——风速,单位为米每秒(m/s)；
 u_t ——沙粒开始起动的临界风速,单位为米每秒(m/s), $u_t = 5 \text{ m/s}$ ；
 t ——特定月份起沙风的持续时间,单位为秒(s)。

5.6.2 风蚀输沙量

输沙量的计算见公式(2)：

$$Q = \frac{4}{3} B \frac{\rho}{g} V_*^3 \dots\dots\dots (2)$$

式中：
 Q ——输沙量,单位为千克每平方米秒 $[\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$ ；
 B ——比例数；
 ρ ——空气密度,单位为千克每立方米(kg/m^3)；
 g ——重力加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2)；
 V_*^3 ——摩阻风速,单位为米每秒(m/s)。

5.7 生态风险增加状况

5.7.1 土壤重金属污染

由于光伏板制造或堆放导致的光伏板含有的重金属对土壤造成的污染,常见的有硅、铜、铝、铅、镉、汞等,各类重金属测量方法的具体方法依据 HJ 781—2016 的相关规定。

5.7.2 空气污染

由于制造、堆放、运输、清洁光伏板导致的空气中粉尘增多等物质造成的污染,利用粉尘浓度来表征,是单位体积所含粉尘量,其测量采用重量法、光散射法或 β 射线法,具体监测方法可依据 GBZ T 192.1—2007 的相关规定。

6 评价方法

根据监测指标,确定各评价指标的计算方法,见表 3。

表 3 光伏工程生态影响评价指标与计算

一级指标	二级指标	具体指标计算
土地退化状况	土地退化类型	—
	土地退化程度变化率	$(\text{监测期土地退化程度} - \text{评估基准年土地退化程度指标}) / \text{评估基准年土地退化程度指标} \times 100\%$
水	土壤含水量变化率	$(\text{监测期土壤含水量} - \text{评估基准年土壤含水量}) / \text{评估基准年土壤含水量} \times 100\%$
	土壤凝结水变化率	$(\text{监测期土壤凝结水} - \text{评估基准年土壤凝结水}) / \text{评估基准年土壤凝结水} \times 100\%$

表3 光伏工程生态影响评价指标与计算(续)

一级指标	二级指标	具体指标计算
土壤	土壤养分变化率	$(\text{监测期土壤养分} - \text{评估基准年土壤养分}) / \text{评估基准年土壤养分} \times 100\%$
	土壤颗粒组成变化率	$(\text{监测期土壤粒度} - \text{评估基准年土壤粒度}) / \text{评估基准年土壤粒度} \times 100\%$
气候	气温变化率	$(\text{评估基准年年平均温度} - \text{监测期年平均温度}) / \text{评估基准年年平均温度} \times 100\%$
	降水量变化率	$(\text{监测期年降水量} - \text{评估基准年年降水量}) / \text{评估基准年年降水量} \times 100\%$
	地表温度变化率	$(\text{评估基准年地表温度} - \text{监测期地表温度}) / \text{评估基准年地表温度} \times 100\%$
	太阳总辐射变化率	$(\text{评估基准年太阳总辐射} - \text{监测期年太阳总辐射}) / \text{评估基准年太阳总辐射} \times 100\%$
	风速变化率	$(\text{评估基准年平均风速} - \text{监测期平均风速}) / \text{评估基准年平均风速} \times 100\%$
生物	植物物种丰富度变化率	$(\text{监测期植物物种丰富度} - \text{评估基准年植物物种丰富度}) / \text{评估基准年植物物种丰富度} \times 100\%$
	动物物种丰富度变化率	$(\text{监测期动物物种丰富度} - \text{评估基准年动物物种丰富度}) / \text{评估基准年动物物种丰富度} \times 100\%$
	微生物物种丰富度变化率	$(\text{监测期微生物物种丰富度} - \text{评估基准年微生物物种丰富度}) / \text{评估基准年微生物物种丰富度} \times 100\%$
	综合植被盖度变化率	$(\text{监测期综合植被盖度} - \text{评估基准年综合植被盖度}) / \text{评估基准年综合植被盖度} \times 100\%$
	生物量变化率	$(\text{监测期生物量} - \text{评估基准年生物量}) / \text{评估基准年生物量} \times 100\%$
沙尘	释尘量变化率	$(\text{监测期释尘量} - \text{评估基准年释尘量}) / \text{评估基准年释尘量} \times 100\%$
	风蚀输沙量变化率	$(\text{监测期风蚀输沙量} - \text{评估基准年风蚀输沙量}) / \text{评估基准年风蚀输沙量} \times 100\%$
生态风险	土壤重金属污染变化率	$(\text{评估基准年土壤重金属含量} - \text{监测期土壤重金属含量}) / \text{监测期土壤重金属含量} \times 100\%$
	空气污染变化率	$(\text{评估基准年空气污染物含量} - \text{监测期空气污染物含量}) / \text{监测期空气污染物含量} \times 100\%$

7 综合评价

7.1 评价频次与时间

光伏工程生态影响监测与评价应在光伏工程整体竣工验收 2 年后开展(评估期),监测与评估的频率应每 3 年开展一次,评价周期应包含光伏工程整个运营期。

7.2 获取评价指标的实际值

根据光伏工程生态影响的评价单元,按着表 3 给出的指标和计算方法,获取各评价指标的实际值。

7.3 评价指标归一化处理

根据各项评价指标及其要求,获得上限值和下限值,按照功效系数法计算各项指标得分,参照 LY/T1757—2008 执行。具体计算见公式(3):

$$C_i = (\text{实际指标值} - \text{下限值}) / (\text{上限值} - \text{下限值}) \times 40 + 60 \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

C_i ——第 i 项评价指标功效系数得分。

上限值和下限值根据具体评价的需要进行选择,对于多个参评对象,上限值可是所有参与评价对象的最优值,也可是同行业、全国、世界的先进水平,还可是确定的某一时期的奋斗目标等。下限值可是所有参与评价的点

的最差值,也可是同行业、全国、世界的最低水平,或某一时期的最差值。对于单一参评对象,上限值可是同行业、全国、世界的先进水平,还可是确定的某一时期的奋斗目标等,下限值可是同行业、全国、世界的最低水平,或某一时期的最差值。

7.4 评价指标权重

光伏工程生态影响评价指标权重见表 4。

表 4 光伏工程生态影响评价指标权重

一级指标	权重	二级指标	权重
土地退化状况	10%	B1. 土地退化类型变化	5%
		B2. 土地退化程度变化率	5%
水	10%	B3. 土壤含水量变化率	5%
		B4. 土壤凝结水变化率	5%
土壤	10%	B5. 土壤养分变化率	5%
		B6. 土壤颗粒物组成变化率	5%
气候	15%	B7. 气温变化率	3%
		B8. 降水量变化率	3%
		B9. 地表温度变化率	3%
		B10. 太阳总辐射变化率	3%
		B11. 风速变化率	3%
生物	20%	B12. 植物物种丰富度变化率	3%
		B13. 动物物种丰富度变化率	3%
		B14. 微生物物种丰富度变化率	3%
		B15. 综合植被盖度变化率	5.50%
		B16. 生物量变化率	5.50%

表 4 光伏工程生态影响评价指标权重(续)

一级指标	权重	二级指标	权重
沙尘	30%	B17. 释尘量变化率	15%
		B18. 风蚀输沙量变化率	15%
生态风险	5%	B19. 土壤重金属污染变化率	2.50%
		B20. 空气污染变化率	2.50%

7.5 计算综合得分

将各指标归一化处理后的得分和表 4 中确定的各评价指标权重,利用加权算术平均法进行逐层加权求和平均,得到综合得分。

a)评价一级指标 A_j 的计算见公式(4):

$$A_j = \sum_{i=1}^n B_i f_i \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- A_j ——第 j 项评价一级指标得分;
- B_i ——第 i 项评价指标的功效系数得分;
- f_i ——第 i 项评价指标的权重;
- i ——评价指标的顺序标号;
- j ——评价一级指标的顺序标号;
- n ——二级指标的个数。

b)评价对象综合得分 E 的计算按公式(5):

$$E = \sum_{j=1}^m A_j f_j \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- E ——评价对象综合得分;
- A_j ——第 j 项评价一级指标得分;
- f_j ——第 j 项评价一级指标的权重;
- j ——评价一级指标的顺序标号;
- m ——一级指标的个数。

7.6 确定评价等级

根据综合得分,将光伏生态工程的生态影响效果分为 3 级,即优秀、良好和一般。具体分级标准为:得分在 80 分以上为优秀(含 80 分),60 分~80 分良好(含 60 分),60 分以下为一般。

8 监测与评价报告

监测与评价成果要形成年度报告,报告的主要内容包括如下几个方面:前言、总则、光伏工程基本状况、光伏工程生态影响监测(包括各指标的计算与原始记录)、光伏工程生态影响评估结果、主要结论(包括存在主要问题、相关建议等)和附件(包括地理位置、影像图及有关图表等)。光伏工程生态影响监测与评估报告大纲见附录 A。

附 录 A

(资料性)

光伏工程生态影响监测与评估报告大纲

《荒漠地区(沙漠、沙地和戈壁)光伏工程生态影响监测与评估》报告大纲

前言

简要说明光伏工程生态影响监测与评估的工作背景与意义、工作过程与评估结论。

一、总则

概述评估目标与原则、评估周期、编制依据等。

二、光伏工程基本情况

概述光伏工程建设位置及使用状况、建设区自然地理概况等。

三、光伏工程生态影响监测

参照本标准,从土地退化类型及程度、气候调节、防风固沙、生物多样性保育、土壤保育、水资源调控、生态风险增加状况等 7 个方面开展监测,要求记录各监测指标的测量与计算的原始记录。

四、光伏工程生态影响评估结果

参照本标准,从土地退化类型及程度、气候调节、防风固沙、生物多样性保育、土壤保育、水资源调控、生态风险增加状况等 7 个方面开展评估。说明光伏工程生态影响评估基本情况、相关辅证材料等。根据本标准,确定评估结果。

五、主要结论

根据评估结果,总结光伏工程生态影响的主要结论,并分析光伏工程生态影响的效果和存在问题。根据评估中发现的问题,提出光伏工程实施和管理的意见与建议。

六、附件
