

ICS 号

中国标准文献分类号

团 体 标 准

T/ACEF 000—2000

农光互补项目的生态-环境-经济价值核算 技术指南

Technical guidelines for ecological - environmental - economical valuation
of agrophotovoltaic complementary projects

（征求意见稿）

2000-00-00发布

2000-00-00实施

中 华 环 保 联 合 会 发 布

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 核算原则	3
5 核算程序	3
6 核算体系	5
7 农光互补项目生态价值核算	6
8 农光互补项目环境价值核算	11
9 农光互补项目经济价值核算	11
10 报告编制	13
附录 A（资料性）核算数据来源	14
附录 B（资料性）核算参数参考表	15
附录 C（资料性）农光互补项目生态环境经济价值核算报告编写大纲	16

前 言

本文件按照 GB/T1.1-2020《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。

本文件由生态环境部环境规划院提出。

本文件由中华环保联合会归口。

本文件起草单位：生态环境部环境规划院、中国电力工程顾问集团有限公司、中国电力工程顾问集团华东电力设计院有限公司。

本文件主要起草人：马国霞、彭开军、陆川、唐泽、张金鑫、郭纪光、苏春丽、孙艳芝、陈健、董洪哲、张小庆、牟伟腾、李真、周颖、刘屹泽、雷鸣、曹雨松、武娟妮、陈建敏、杨威杉、芦杰丰、彭菲，罗春辉。

农光互补项目的生态-环境-经济价值核算技术指南

1 范围

本文件规定了农光互补项目的生态环境经济价值核算原则、核算程序、核算体系、核算方法与核算报告编制等内容。

本文件适用于茶园光伏、咖啡园光伏、果园光伏等不同类型农光互补项目的生态环境经济价值核算。

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 26424-2010 森林资源规划设计调查技术规范

GB/T 36197-2018 土壤采样技术规范

GB/Z 38766-2020 精准扶贫 光伏农业项目运营管理规范

GB/T 43678-2024 生态系统评估 生态系统服务评估方法

HJ 1173-2021 全国生态状况调查评估技术规范——生态系统服务功能评估

HJ 1175-2021 全国生态状况调查评估技术规范——项目尺度生态影响评估

发改基础[2022]481号 生态产品总值核算规范（试行）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

农光互补 agrophotovoltaic complementation

利用农业种植土地的上方空间建设光伏电站，实现农业资源复合利用的光伏发电模式，包括光伏+茶叶种植、光伏+咖啡种植、光伏+林果种植等类型。

3.2

生态价值 ecological value

因在农业种植土地上建设光伏电站而带来的项目区域生态固碳、水源涵养、土壤保持、气候调节等生态系统服务价值变化量。

3.3

环境价值 environmental value

农光互补项目减少或避免污染物或温室气体排放，从而维持和改善环境，保障人类生存和健康需求的价值。

3.4

经济价值 economic value

农光互补项目产生的可进入经济社会的产品和服务增加值。

3.5

生态固碳 ecological carbon sequestration

农光互补项目区域生态系统通过光合作用将大气中的二氧化碳合成有机碳，并将碳储存在植物或土壤中的功能。

[来源：GB/T 43678-2024，5]

3.6

水源涵养 water conservation

农光互补项目区域生态系统通过其结构和过程拦截、滞蓄降水，增强土壤下渗，涵养土壤水分和补充地下水、调节河川流量，增加可利用水资源量的功能。

[来源：HJ 1173-2021，3.2]

3.7

土壤保持 soil conservation

农光互补项目区域生态系统通过其结构与过程保护土壤，降低雨水的侵蚀能力，减少土壤流失，防止泥沙淤积的功能。

[来源：HJ 1175-2021，3.5]

3.8

气候调节 climate regulation

农光互补项目区域生态系统通过植被蒸腾作用和水体蒸发过程吸收能量，调节温湿度的功能。

[来源：GB/T 43678-2024，5]

3.9

实物量 physical quantity

农光互补项目提供产品或服务的物理量，如农畜产品产量、土壤保持量、固碳量与发电量等。

[来源：生态产品总值核算规范（试行）（发改基础[2022]481号）]

3.10

价值量 monetary value

农光互补项目提供产品或服务的货币价值。

[来源：生态产品总值核算规范（试行）（发改基础[2022]481号）]

4 核算原则

4.1 科学性原则

依据农光互补项目区域的特征，在周边选择与项目区域种植作物相同，地形、坡度、坡向等条件一致，且未建设光伏电站的区域作为对照区，遵循GB/T 26424-2010、GB/T 36197-2018、GB/Z 38766-2020中方法要求，开展植被、土壤等参数调查与监测，获取核算所需的本地化参数。

4.2 整体性原则

将农光互补项目的光伏发电、农业生产、生态环境改善等效益纳入同一个核算体系整体考虑，综合评估农光互补项目生态-环境-经济价值。

4.3 实用性原则

根据农光互补项目特点，明确核算目的，结合数据获取与处理的可行性，设置易于理解的核算指标；采用与项目尺度适配、兼具可操作性的核算方法，输出具备实践指导价值的核算结果。

5 核算程序

5.1 确定项目核算区域

根据核算目的，确定农光互补项目生态-环境-经济价值核算范围，利用高分辨率卫星影像和无人机航测数据，开展农光互补项目核算范围边界校正，明确农光互补项目核算区域（图1）。

5.2 设置项目对照区域

根据农光互补项目核算范围内农田生态系统特征（茶园、咖啡园、果园等），在项目核算区域周边选择具有相同生态系统特征，地形、坡度、坡向等立地条件相似，未开展光伏建设的农田区域作为项目对照区域，进行茶园与光伏+茶叶种植、咖啡园与光伏+咖啡种植、果园与光伏+林果种植等农业生产区域与农光互补项目区域的对比试验。

5.3 明确土地利用分类

根据土地利用数据、高分辨率卫星影像和无人机航测数据，结合现场调查，确定农光互补项目核算区域和项目对照区域的土地利用分类。

5.4 确定核算指标

根据农光互补项目核算区域的生态环境和社会经济特征，确定适用于项目核算区域的生态-环境-经济价值核算指标。

5.5 确定核算方法

结合农光互补项目核算区域的区域特征与数据可得性，确定项目核算方法及所需参数。

5.6 收集数据资料

收集开展农光互补项目生态环境经济价值核算所需要的部门统计数据、调查监测数据、相关文献资料以及基础地理信息图件等，开展必要的实地观测调查，进行数据预处理以及参数本地化。

5.7 开展生态-环境-经济实物量核算

根据核算目的，确定核算基准时间，开展农光互补项目生态-环境-经济实物量核算。

5.8 开展生态-环境-经济价值量核算

根据实物量核算结果，选用市场价值法、替代成本法等方法，核算农光互补项目的生态-环境-经济价值。

5.9 评估农光互补项目生态-环境-经济价值

综合农光互补项目的生态价值、环境价值和经济价值，得到农光互补项目的生态-环境-经济价值。

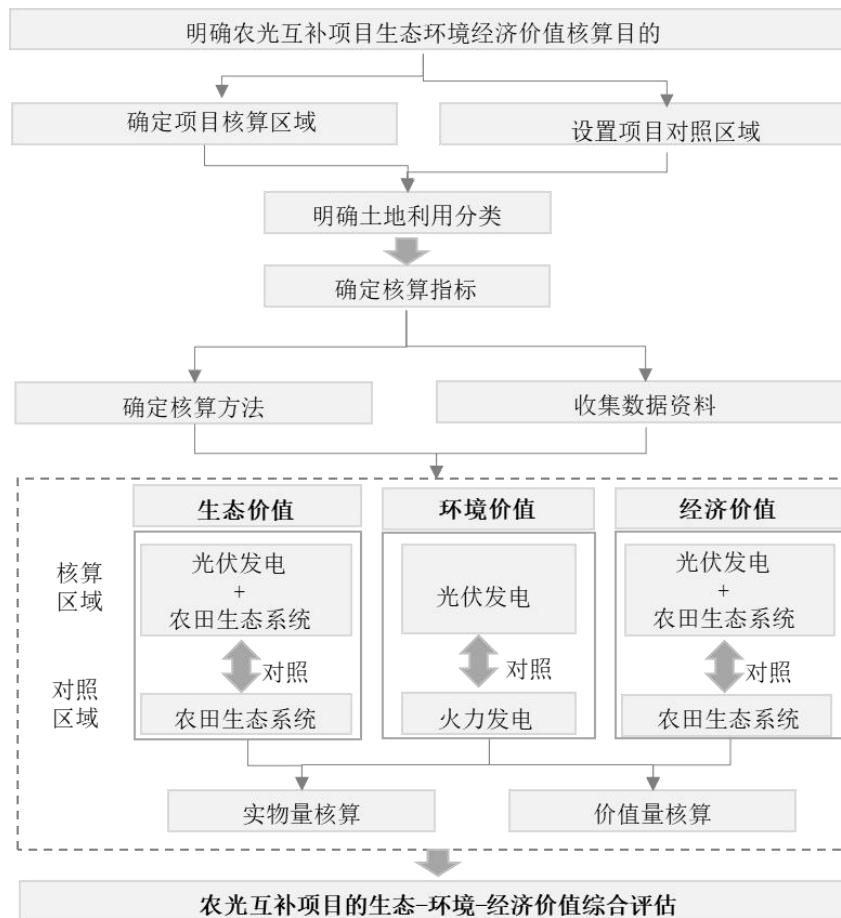


图 1 核算程序

6 核算体系

基于农光互补项目现场实际情况，核算生态价值、环境价值和经济价值。根据农光互补项目对农田生态系统的影响，生态价值核算重点考虑生态固碳、气候调节、水源涵养和土壤保持四个指标。确定各核算指标核算方法，构建农光互补项目价值核算方法体系（表1），核算参数数据来源见附录A。

综合农光互补项目的生态、环境和经济价值核算，建立农光互补项目生态-环境-经济价值核算框架。

$$V = V_E + V_C + V_P \quad (1)$$

式中：

V —农光互补项目的生态-环境-经济价值（元/a）；

V_E —农光互补项目生态价值（元/a）；

V_C —农光互补项目环境价值（元/a）；

V_P —农光互补项目经济价值（元/a）。

表 1 农光互补项目生态-环境-经济价值核算指标体系与方法

价值组成	一级指标	指标解释	实物量核算方法	价值量核算方法
生态价值	生态固碳	生态系统吸收二氧化碳合成有机物质，将碳固定在植物和土壤中，降低大气中二氧化碳的浓度	碳储量差值法	碳交易价格法
	气候调节	生态系统通过植被蒸腾、土壤蒸散和水面蒸发过程，降低大气温度，增加大气湿度	温差法/生态系统蒸散法	替代成本法
	水源涵养	生态系统通过植被冠层、枯落物层、根系和土壤层拦截滞蓄降水，增强土壤下渗与蓄积，增加可利用水资源量	水量平衡法	影子工程法
	土壤保持	生态系统通过植被冠层、林下植被、枯落物层、根系等消减雨水的侵蚀力，增加土壤抗蚀，从而减少土壤流失、保持土壤	通用土壤流失方程	替代成本法
环境价值	CO ₂ 减排	与传统火力发电相比，生产相同的电力光伏发电所减少的 CO ₂ 排放量	统计法	市场价格法
经济价值	农畜产品供给	项目区农田生态系统为人类提供并被使用的物质产品，如茶叶、咖啡、果品等农产品，以及畜产品、林副产品等	统计法	增加值法/市场价格法
	光伏发电	通过光伏发电，形成的上网电量	统计法	市场价格法

注：农光互补项目生态-环境-经济价值核算体系可参考本表。

7 农光互补项目生态价值核算

7.1 生态固碳实物量和价值量核算

7.1.1 生态固碳实物量核算

通过农光互补项目核算区域和对照区域年 CO₂ 固定量的差值，来表征光伏建设对生态系统固碳功能的影响。

$$W_{CO_2} = (WC_s - WC_{ck}) \times A \quad (2)$$

式中：

W_{CO_2} —农光互补项目对生态固碳影响的实物量（tCO₂/a）；

WC_s —农光互补项目核算区域单位面积生态固碳实物量[tCO₂/（m²·a）]；

WC_{ck} —农光互补项目对照区域单位面积生态固碳实物量[tCO₂/（m²·a）]；

A —农光互补项目核算区域面积（m²）。

WC 的计算采用生物量法，即通过计算当前年份和前一年份生物量的差值，结合植被含碳率参数获取生态系统植被年固碳量，并考虑土壤的年固碳量，综合得到单位面积生态固碳实物量。

$$WC = M_{CO_2}/M_c \times [(Boi_k - Bio_{k-1}) \times C + (Soil_k - Soil_{k-1})] \quad (3)$$

式中：

WC —单位面积生态固碳实物量[tCO₂/ (m²·a)]；

M_{CO_2}/M_c —C 转化为 CO₂ 的系数 (44/12) ；

Boi_k —第 K 年的单位面积生物量 (g/m²) ；

Bio_{k-1} —第 K-1 年的单位面积生物量 (g/m²) ；

C —植被含碳率，无量纲；

$Soil_k$ —第 K 年的单位面积土壤有机碳含量 (g/m²) ；

$Soil_{k-1}$ —第 K-1 年的单位面积土壤有机碳含量 (g/m²) 。

7.1.2 生态固碳价值量核算

采用市场价值法计算农光互补项目的生态固碳价值，即采用碳交易市场的单价乘以生态固碳实物量确定生态固碳价值。

$$V_{cf} = W_{CO_2} \times P_{CO_2} \quad (4)$$

式中：

V_{cf} —农光互补项目生态固碳价值量 (元/a) ；

W_{CO_2} —农光互补项目生态固碳实物量 (tCO₂/a) ；

P_{CO_2} —碳价格 (元/tCO₂) ， 根据当年碳市场价格确定， 西南区域相关参数参考表见附录 B。

7.2 气候调节实物量和价值量核算

7.2.1 气候调节实物量核算

通过农光互补项目核算区域和对照区域年气候调节量的差值，表征光伏建设对生态系统气候调节功能的影响。优先选择实际测量的温差法，其次根据数据可得性，选取生态系统蒸散法。

方法一：温差法

采用实测的生态系统内外温差，转换为生态系统吸收的大气热量，作为生态系统气候调节实物量的核算指标。

$$W_{cr} = (WT_s - WT_{ck}) \times A \quad (5)$$

式中：

W_{cr} —农光互补项目对气候调节影响的实物量 (kW h/a) ；

WT_s —农光互补项目核算区域单位面积气候调节实物量[kW h/ (m²·a)]；

WT_{ck} —农光互补项对照区域单位面积气候调节实物量[kW h/ (m²·a)]；

A —农光互补项目核算区域面积 (m²) 。

WT的计算采用生态系统温差法。

$$WT = (T_{soil} - T_s) \times \rho \times H \times D \times \beta \quad (6)$$

式中：

WT—单位面积气候调节实物量[kW h/ (m²·a)]；

ρ —空气的比热容[J/(m³·°C)]；

H—植被高度 (m) ；

D—一年中气温大于 26°C的天数；

T_{soil} —裸地区域温度实测均值 (°C) ；

T_s —植被区域温度实测均值 (°C) ；

β —J 与 kW h 的转换系数，取值 2.78×10^{-7} 。

方法二：生态系统蒸散法

选用生态系统蒸散发消耗的总能量作为生态系统气候调节服务实物量的评价指标。为便于核算局部气候调节服务的价值量，生态系统蒸散发过程中消耗的能量以空调消耗等量能量所需要的能量予以替代。

$$W_{cr} = \sum_i^n (EPP_{si} - EPP_{cki}) \times S_i \times D \times 10^6 \times / (3600 \times r) \quad (7)$$

式中：

W_{cr} —农光互补项目对气候调节影响的实物量 (kW h/a) ；

EPP_{si} —农光项目核算区域第 i 类生态系统单位面积蒸散发消耗热量[kJ/ (m²·d)]；

EPP_{cki} —农光项目对照区域第 i 类生态系统单位面积蒸散发消耗热量[kJ/ (m²·d)]；

S_i —农光互补项目核算区域第 i 类生态系统面积 (m²) ；

r —空调能效比，无量纲；

D—一年中气温大于 26°C的天数；

i —农光互补项目核算区域生态系统类型；

n —农光互补项目核算区域生态系统类型数量。

7.2.2 气候调节价值量核算

运用替代成本法，即人工调节温度和湿度所需要的用电电费，核算农光互补项目的生态系统气候调节价值。

$$V_{cr} = W_{cr} \times P_{cr} \quad (8)$$

式中：

V_{cr} —农光互补项目气候调节价值量 (元/a) ；

W_{cr} —农光互补项目气候调节实物量 (kW h/a) ；

P_{cr} —当地生活消费电价 (元/kW h) 。

7.3 水源涵养实物量和价值量核算

7.3.1 水源涵养实物量核算

通过农光互补项目核算区域和对照区域年水源涵养量的差值,表征光伏建设对生态系统水源涵养功能的影响。

$$W_{wr} = (WW_s - WW_{ck}) \times A \quad (9)$$

式中:

W_{wr} —农光互补项目对水源涵养的影响量 (m^3/a);

WW_s —农光互补项目核算区域单位面积水源涵养量 [$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$];

WW_{ck} —农光互补项目对照区域单位面积水源涵养量 [$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$];

A —农光互补项目核算区域面积 (m^2)。

WW 的计算采用水量平衡法,即通过计算降水量与蒸发量的差值,得到单位面积水源涵养实物量。

$$WW = \left(1 - \frac{AET}{P}\right) \times P \times 10^{-3} \quad (10)$$

WW —单位面积水源涵养量 [$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$];

P —年降水量 [$\text{mm}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$];

AET —年蒸发量 [$\text{mm}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$]。

7.3.2 水源涵养价值量核算

运用替代成本法,即通过单位水库建设成本来核算农光互补项目的生态系统水源涵养价值。

$$V_{wr} = W_{wr} \times P_{wr} \quad (11)$$

式中:

V_{wr} —农光互补项目水源涵养价值量 (元/a);

W_{wr} —农光互补项目水源涵养实物量 (m^3/a);

P_{wr} —单位水库建设成本 (元/ m^3)。

7.4 土壤保持实物量和价值量核算

7.4.1 土壤保持实物量核算

通过农光互补项目核算区域和对照区域年土壤保持量的差值,表征光伏建设对生态系统土壤保持功能的影响。

土壤保持实物量采用通用土壤流失方程 (USLE模型) 测算。

$$W_{sk} = (USLE_s - USLE_{ck}) \times A \quad (12)$$

$$USLE = R \times K \times LS \times (1 - C \times P) \quad (13)$$

式中：

W_{sk} —农光互补项目对土壤保持的影响量（t/a）；

$USLE_s$ —农光互补项目核算区域土壤侵蚀模数[t/（ $hm^2 \cdot a$ ）]；

$USLE_{ck}$ —农光互补项目对照区域土壤侵蚀模数[t/（ $hm^2 \cdot a$ ）]；

A —农光互补项目核算区域面积（ hm^2 ）；

R —降雨侵蚀力因子[MJ·mm/（ $hm^2 \cdot h \cdot a$ ）]；

K —土壤可蚀性因子[t·h/（MJ·mm·a）]；

LS —坡长坡度因子，无量纲；

C —植被覆盖因子，无量纲；

P —水土保持措施因子，无量纲。

7.4.2 土壤保持价值量核算

土壤保持价值主要包括保持土壤肥力和减少泥沙淤积两个方面的价值，根据土壤保持量、土壤中氮、磷、钾的含量、淤积量，运用替代成本法，即肥料价格、水库清淤工程的费用，核算生态系统保持土壤肥力和减少泥沙淤积价值。

$$V_{sk} = V_{sc} + V_{sn} \quad (14)$$

式中：

V_{sk} —农光互补项目土壤保持价值量（元/a）；

V_{sc} —土壤淤积的清淤价值（元/a）；

V_{sn} —保持的土壤肥力价值（元/a）。

$$V_{sc} = \lambda \times W_{sk} / \rho \times P_{sc} \quad (15)$$

式中：

V_{sc} —土壤淤积的清淤价值（元/a）；

W_{sk} —农光互补项目土壤保持量（t/a）；

ρ —土壤容重（ t/m^3 ）；

P_{sc} —清淤成本（元/ m^3 ）；

λ —土壤淤积系数，无量纲。

$$V_{sn} = \sum_i W_{sk} \times C_i \times R_i \times P_{sn_i} \quad (16)$$

式中：

V_{sn} —保持的土壤肥力价值（元/a）；

W_{sk} —农光互补项目土壤保持量（t/a）；

C_i —土壤中氮、磷、钾和有机质的纯含量；

R_i —氮、磷、钾元素和有机质转换成相应肥料（尿素、过磷酸钙、氯化钾、有机肥）的转换系数，分别为 2.17、8.33、2.22、0.58；

P_{sn_i} —尿素、过磷酸钙、氯化钾和有机肥价格（元/t）。

7.5 农光互补项目生态价值核算

将态固碳价值、气候调节价值、水源涵养价值和土壤保持价值相加获得农光互补项目的生态价值。

$$V_E = V_{cf} + V_{cr} + V_{wr} + V_{sk} \quad (17)$$

式中：

V_E —农光互补项目生态价值（元/a）；

V_{cf} —生态固碳价值量（元/a）；

V_{cr} —气候调节价值量（元/a）；

V_{wr} —水源涵养价值量（元/a）；

V_{sk} —土壤保持价值量（元/a）。

8 农光互补项目环境价值核算

采用等效替代法核算农光互补项目产生的 CO₂ 减排量，以假设用火电机组替代光伏发电项目生产相同电量时产生的 CO₂ 排放量作为农光互补项目的 CO₂ 减排量，并运用市场价值法核算 CO₂ 减排价值。

$$Q_C = Q_e \times F_c \quad (18)$$

$$V_C = Q_C \times P_c \quad (19)$$

式中：

Q_C —光伏发电年 CO₂ 减排量（t CO₂/a）；

Q_e —光伏年发电量（kW·h/a）；

F_c —火电发电每发 1 kW·h 电量的 CO₂ 排放量（t CO₂/kW·h）；

V_C —农光互补项目环境价值（元/a）；

P_c —碳价，可以采用当年全国或当地碳交易市场年均交易价格（元/t CO₂）。

9 农光互补项目经济价值核算

9.1 农畜产品供给实物量和价值量核算

9.1.1 农畜产品供给实物量核算

通过农光互补项目核算区域和对照区域年农畜产品实物量的差值，来表征光伏建设对生态系统农畜产品供给的影响。

农畜产品供给实物量通过统计方法汇总得到。

$$C_t = \sum_i^n (C_{si} - C_{cki}) \times A_i \quad (20)$$

式中：

C_t —农光互补项目对农畜产品年产量的影响（t/a）；

C_{si} —农光互补项目核算区域，第 i 种农畜产品的单位面积年产量[t/（m²·a）]；

C_{cki} —农光互补项目对照区域，第 i 种农畜产品的单位面积年产量[t/（m²·a）]；

i —农光互补项目核算区域农畜产品类型；

n —农光互补项目核算区域农畜产品类型数量；

A_i —农光互补项目核算区域第 i 种农畜产品的种植（养殖）面积（m²）。

9.1.2 农畜产品供给价值量核算

农光互补项目农畜产品供给价值量通过实物量与价格相乘获得。

$$V_t = \sum_i^n C_{ti} \times p_i \quad (21)$$

式中：

V_t —农光互补项目的农畜产品价值（元/a）；

C_{ti} —农光互补项目核算区域第 i 种农畜产品实物量（t/a）；

p_i —第 i 种农畜产品的市场价格（元/t）；

i —农光互补项目核算区域农畜产品类型；

n —农光互补项目核算区域农畜产品类型数量。

9.2 光伏发电实物量与价值量核算

9.2.1 光伏发电实物量核算

利用统计分析获取农光互补项目上网电量。

$$Q_e = \sum q_e \quad (22)$$

式中：

Q_e —农光互补项目年度光伏上网电量（kW·h）；

q_e —逐日光伏上网电量（kW·h）。

9.2.2 光伏发电价值量核算

光伏发电价值量通过发电收益与发电成本的差值获得。

$$V_e = Q_e \times p_e - C_e \quad (23)$$

式中：

V_e —农光互补项目年光伏发电经济价值（元/a）；

Q_e —农光互补项目年度光伏上网电量（kW·h）；

p_e —光伏上网电价（元/kW·h）；

C_e —农光互补项目年光伏发电成本（元/a），包括设备采购、工程建设、设备安装、光伏组件清洗等项目各环节成本费用。

9.3 农光互补项目经济价值核算

将农光互补项目农畜产品供给价值和光伏发电价值相加得到农光互补项目的经济价值。

$$V_p = V_t + V_e \quad (24)$$

式中：

V_p —农光互补项目经济价值（元/a）；

V_t —农畜产品供给经济价值（元/a）；

V_e —光伏发电经济价值（元/a）。

10 报告编制

10.1 报告编制要求

农光互补项目生态环境经济价值核算完成后，应编制核算评估报告，报告应包含项目意义、核算过程、核算结果等内容，同时，根据评估结果给出相应的高质量发展建议。

10.2 报告编制大纲

报告编制大纲见附录C。

附录 A

(资料性)

核算数据来源

表 A.1 核算数据来源

核算指标	数据内容	数据来源
生态固碳	土壤种类、厚度、容重、有机碳含量；植被类型、主要物种、冠幅、高度、胸径；草本生物量、含碳量	调查监测：对项目场景内不同农产品区域的光伏板外、光伏板下和场景外的植被和土壤分别开展调查采样和实验室检测，植被样品需要实验室检测地上生物量、地下生物量地上植被 C 含量、植被地下 C 含量共 4 个指标；土壤样品需要实验室土壤样品调查 C、N、P、K 元素含量、土壤容重、土壤水分，机械结构组成 10 个分级。
	碳交易市场碳交易价格	所在区域碳排放权市场交易数据或国家碳排放权市场交易数据
气候调节	气温	调查监测：对项目场景内光伏板外、光伏板下和场景外连续一周以上监测气象数据，主要包括常规气象数据。
	植被蒸散发耗热	调查监测：对典型植被类型，采用专业仪器监测单位面积蒸散发耗热参数。
	居民电价	当地发改、能源部门发布的电价数据；电力公司官方网站；调查问卷、现场访谈
水源涵养	蒸散发	调查监测：对项目场景内光伏板外、光伏板下和场景外连续一周以上监测气象数据，获取蒸散发数据。
	水库建设成本	统计数据、相关文献资料、调查问卷
土壤保持	植被面积、植被高度、植被覆盖率、NDVI、坡长、坡度；土壤有机碳、总氮、总磷、全钾元素含量	调查监测与实验室检测：开展群落结构调查，获取植被面积、植被高度等参数；通过无人机（含红、绿、蓝、近红外的多光谱专业光学遥感镜头）影像航测，获取亚米级别分辨率的 DOM、DEM、土地利用分类和 NDVI 等数据；采集土样进行实验室检测，获取土壤有机碳、总氮、总磷、全钾元素含量。
	水库清淤成本、当地化肥价格	统计数据、官方报道、现场访谈
CO ₂ 减排	CO ₂ 排放减少量	统计数据、相关文献资料、实地调查
	碳交易市场碳交易价格	中国碳排放权市场交易数据
物质生产	茶叶、农产品、畜产品、木材及林副产品产量	当地统计部门发布的统计数据
	各类产品价格	统计数据、调查问卷
光伏发电	发电量	统计数据、现场访谈
	上网电价	当地发改、能源部门发布的电价数据；电力公司官方网站；调查问卷、现场访谈

附 录 B

(资料性)

核算参数参考表

表 B.1 西南地区生态环境效益实物量核算参数参考表

核算指标	核算参数	参考数值
生态固碳	含碳率	0.45
气候调节	空气的比热容 ρ	1297.74J/($\text{m}^3 \cdot ^\circ\text{C}$)
	空调能效比 r	3
土壤保持	水土保持措施因子 P	耕地取 0.15, 其他土地利用类型取值为 1
碳排放	火电发电单位电量的 CO_2 排放量 (云南)	0.1073 kg $\text{CO}_2/\text{kW} \cdot \text{h}$
	火电发电单位电量的 CO_2 排放量 (广西)	0.4044 kg $\text{CO}_2/\text{kW} \cdot \text{h}$

表 B.2 西南地区生态环境效益价值量核算参数参考表

核算指标	核算参数	参考数值
生态固碳	碳价	91.8 元/t
气候调节	居民电价	0.55 元/ $\text{kW} \cdot \text{h}$
水源涵养	水库建设成本	21.2 元/t
土壤保持	水库清淤成本	18.24 元/ m^3
	氮肥价格	1479.1 元/t
	磷肥价格	3206.06 元/t
	钾肥价格	1954 元/t
	有机质价格	320 元/t
碳排放	碳交易市场碳交易价格	91.8 元/t
光伏发电	上网电价	0.36 元/ $\text{kW} \cdot \text{h}$

表 B.3 西南地区咖光互补对照区域和咖光区域生态效益核算参数参考表

核算指标	核算参数	参考数值	
		对照区域	咖光区域
生态固碳	单位面积生态固碳实物量	1535.3 g $\text{CO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	414.2 g $\text{CO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
气候调节	单位面积气候调节实物量	15.67 $\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	43.38 $\text{kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
水源涵养	单位面积水源涵养量	5.28 t/ $(\text{m}^2 \cdot \text{a})$	5.62 t/ $(\text{m}^2 \cdot \text{a})$
土壤保持	土壤侵蚀模数	3917.7 t/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)	4308.9 t/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)

注：西南地区生态环境效益实物量核算参数、价值量核算参数以及咖光互补项目可参考本标准的核算参数；其他地区和其他类型的农光互补项目核算参数可自行监测。

附录 C

(资料性)

农光互补项目生态环境经济价值核算报告编写大纲

C.1 项目概述

C.1.1 项目意义

写明项目由来、项目背景、项目意义等。

C.1.2 项目目标

明确本次核算评估工作的目标。

C.1.3 项目过程

阐明项目工作任务、工作计划、人员分配及取得成果等。

C.1.4 项目区概况

分析项目区基本概况，包括地理区位、自然资源、生态环境、社会经济、文化特征等。

C.2 核算框架

C.2.1 核算体系

建立适用于农光互补项目的生态环境经济价值核算方法体系，包括核算指标、核算方法等。

C.2.2 核算原则

写明核算评估需要遵循的基本原则，包括先进性原则、客观性原则、实用性原则等。

C.2.3 基本概念

明确定义项目中涉及到的专业术语，包括农光互补、环境价值、生态价值等。

C.3 参数调查设计

C.3.1 点位布设方案

阐明项目实地调研方案，包括点位布设数量、样方大小等。

C.3.2 参数调查与检测

写明核算的参数类型、参数调查方式、参数检测方法等。

C.4 农光互补项目生态价值核算

C.4.2 生态固碳

核算评估项目区域内生态系统生态固碳实物量与价值量。

C.4.3 气候调节

核算评估项目区域内生态系统气候调节实物量与价值量。

C.4.4 水源涵养

核算评估项目区域内生态系统水源涵养实物量与价值量。

C.4.5 土壤保持

核算评估项目区域内生态系统土壤保持实物量与价值量。

C.4.6 生态价值

综合生态固碳、气候调节、水源涵养和土壤保持，分析生态价值特征。

C.5 农光互补项目环境价值核算

核算评估项目区域内光伏发电带来的CO₂减排实物量与价值量。

C.6 农光互补项目经济价值核算

C.6.1 农畜产品供给

核算评估项目区域内茶叶、农业、林业和畜牧业等产业产品实物量与价值量。

C.6.2 光伏发电

核算评估项目区域内光伏板产生的发电实物量与价值量。

C.6.3 经济价值

综合农畜产品供给和光伏发电，核算评估项目区域内经济价值，系统分析项目建设经济效益。

C.7 生态环境经济价值核算综合分析

C.7.1 农光互补项目生态-环境-经济价值分析

综合生态价值、环境价值和经济价值核算评估，分析项目建设的生态环境经济价值特征。

C.7.2 农光互补项目生态-环境-经济价值提升的政策建议

基于核算评估结果，提出农光互补项目生态环境经济价值提升的建议。