

ICS 65.020.40

CCS B 04 60

CSF

团 体 标 准

T/CSF 0059 -2023

林草生态建设工程效果评价技术
规范

Technical specifications for evaluation of ecological construction project in forest
and grass land

2023-01-13 发布

2023-01-13 实施

中国林学会 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 总体技术流程	2
5 评价指标体系	2
6 数据采集与处理	3
7 评价方法和结果	6
8 评价成果	8
附录 A（资料性）林草生态建设工程效果评价工作流程.....	10
附录 B（规范性）数据处理方法相关公式.....	11
附录 C（规范性）评价报告格式.....	14
参考文献	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。

本文件由北京林业大学提出。

本文件由中国林学会归口。

本文件起草单位：北京林业大学、中建一局集团第三建筑有限公司、中国建筑一局（集团）有限公司、中国建筑股份有限公司。

本文件主要起草人：张晓丽、梅晓丽、雷令婷、贾翔、薛刚、王冬、朱若柠、李彩霞、柴国奇、张晓霞、杨建平、邓委、姚宗琦、郝建兵、张振鹏、贾海元、张富成、张秀平、陈孟禹、庞东喆、尉雨馨、李昊宸、龙林、王嘉琦、陈龙、贾紫晗、李霓雯。

林草生态建设工程效果评价技术规范

1 范围

本文件确立了林草生态建设工程效果评价工作要求、工作流程，规定了评价指标选取、数据采集与处理、评价方法和结果、评价成果等。

本文件适用于大、中型林草生态建设工程效果评价，小型生态建设工程效果评价可参照。

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（包含所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 20524 农林小气候观测仪

GB/T 36197 土壤质量 土壤采样技术指南

HJ 613 土壤干物质和水分的测定重量法

HJ 1168 全国生态状况调查评估技术规范—草地生态系统野外观测

NY/T 1121.6 土壤检测 第6部分：土壤有机质的测定

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

林草生态建设工程效果评价 evaluation of the effects of ecological construction projects

对林草生态建设工程在增强生态功能、提升生态环境质量等方面取得的效果进行评价以判定工程有效性的过程，为生态修复决策制定和生态系统管理提供决策依据。

3.2

植被覆盖度 vegetation coverage

指单位面积内植被冠层（包括叶、茎、枝）垂直投影面积所占的比例。

[来源：GB/T 41280-2022，3.2]

3.3

植被净初级生产力 net primary productivity

绿色植物在单位时间、单位面积内所累积的有机物数量，通常用 $g \cdot (m^{-2} \cdot a)^{-1}$ 表示。

4 总体技术流程

4.1 前期准备阶段

主要包括但不限于：收集生态建设区域和项目相关的资料，包括生态建设区域的自然和社会环境的时序资料、项目实施方案、环境影响报告等；方案详细分析，包括工程实施的时限、空间范围、措施及环境影响等。

4.2 评价方案制定阶段

主要包括但不限于：制定林草生态建设工程效果评价方案，涵盖评价指标、方法、区域和时间等；制定数据获取方案，包括数据获取内容、方法、地点和时间等。

4.3 评价实施阶段

主要包括但不限于：实施林草生态建设工程数据采集与处理和评价方法与结果；根据指标评价工程效果，编制效果评价报告。

4.4 专家评审阶段

专家对评价报告进行评审，得出评价结论，具体流程可参照附录 A。

5 评价指标体系

5.1 选取原则

评价指标体系的选取原则主要包括：

- a) 科学性和稳定性原则。指标体系要建立在科学的基础上，能够客观并且真实地反映林草的生态环境现状。根据对林草整体的认识，将指标进行分层，并且保证指标在一定时期内的稳定性，体系内每个指标的意义和获取方法均需明确。
- b) 针对性和全面性原则。根据林草建设工程的实际实施情况，定性与定量相结合，选取全面反映实施效果的指标。
- c) 灵敏性和经济性原则。综合考虑灵敏性和成本因素，宜选择成本相对较低且灵敏度高的评价指标。
- d) 实用性和可操作性原则。结合工程经验，同时考虑实际操作的可行性以及操作过程中可能产生的问题。

5.2 评价指标

林草生态建设工程效果评价指标体系，包括 2 个一级指标、7 个二级指标和 13 个三级指标，具体见表 1。

表 1 林草生态建设工程效果综合评价指标体系及指标获取方案

一级指标	二级指标	三级指标	单位	备注
生态系统结构	植被状况	植被覆盖度	—	
		植被净初级生产力	$\text{g} \cdot (\text{m}^{-2} \cdot \text{a})^{-1}$	
	生物多样性	物种丰富度	—	
	景观格局	香农-维纳多样性指数	—	
		景观破碎度	—	
	土壤肥力	土壤有机质含量	$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	
		土壤含水率	%	
生态系统功能	防风固沙	石漠化指数	—	南方
	水土保持	土壤风蚀模数	—	北方
		水源涵养量	m^3	
		土壤水蚀模数	—	
	固碳能力	植被地上生物量	$\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	
		土壤地下生物量	kg	

6 数据采集与处理

6.1 一般规定

数据收集和处理遵循以下规定：

- a) 在生态建设评价区域采集有效、完整的数据。
- b) 在获取公开数据前，应进行民意调查。且获取的公开数据宜与实地调查数据相结合，使用前检查并核实公开数据的可用性、准确性和完备性。
- c) 融合多源数据，实现数据之间优势互补，保证获取的信息全面、完整。
- d) 选用通用性好、解释性强、准确性高的数据处理方法。
- e) 根据林草类型、生态建设工程周期及工程区域自然地理环境特征，确定评价时间和数据采集时间。宜选择工程实施前后的数据，以评价工程前后的生态环境质量，更好的监测整个实施过程和评价实施效果。
- f) 多源数据经过预处理，统一得到栅格数据，格式为.tif，分辨率应统一，坐标系统采用CGCS2000。
- g) 根据评价指标所需数据，因地制宜的制定数据采集方案。

6.2 数据采集

6.2.1 遥感影像

根据区域植被特点，选取植被生长季的遥感影像。宜选择含云量<5%、空间分辨率高、光谱信息与几何信息可靠的遥感影像，在使用数据前进行格式转换、辐射定标、大气校正、地形校正、正射校正、图像镶嵌等预处理，并根据需求提取土地利用分类数据。

6.2.2 气象数据

气象数据可通过以下方式获取：

- a) 可从国家气象科学数据中心等网站下载气象站点气象数据（气温等）数据。
- b) 可对比美国航空航天局（NASA）、地理空间数据云、美国国家海洋和大气管理局（NOAA）、国家气象科学数据中心等网站的产品分辨率和更新频率，择优下载气象数据和气象再分析产品。

6.2.3 DEM 数据

根据区域大小和影像分辨率选择不同 DEM 数据：

- a) 区域较大（ $\geq 10 \text{ km}^2$ ）且对分辨率要求不高时，可在公开数据网站获取。
- b) 区域相对较小（ $< 10 \text{ km}^2$ ）且对分辨率要求较高时，可在公开数据网站或有/无人机获取。
- c) 研究区为山区、丘陵等区域，宜采用精细 DEM 数据。

6.2.4 实测数据

6.2.4.1 植被地上生物量和地下生物量

植被地上生物量获取方式宜根据区域大小确定：

- a) 区域范围较小时，可在林地生态建设工程区域内均匀布设样地（ $25 \text{ m} \times 25 \text{ m}$ ），根据实地调查的每木检尺数据（树高和胸径等），利用异速生长方程计算实际森林地上生物量和地下生物量；按照 HJ 1168 规定监测获取草地地上生物量和地下生物量。
- b) 区域范围较大时，可在整个区域内均匀布设样地并利用异速生长方程计算样地的地上生物量和地下生物量，进而利用插值方法获得整个区域范围内的地上生物量和地下生物量的栅格数据。

6.2.4.2 土壤有机质和含水率

根据生态建设工程评价单元的地理位置、地块边界及地块使用状况，按照 GB/T 36197 的规定，确定有机质和含水率的采样范围、点位布设方法和样本数量。

6.2.5 气象数据

对于小气候数据，按照 GB/T 20524 的规定进行测量。

6.2.6 其他数据

对于资料性数据，首先检查其准确性并整理归档，选取可靠且相关性高的数据。

6.3 数据处理方法

6.3.1 植被覆盖度

使用遥感影像数据计算归一化差值植被指数 NDVI，基于像元二分模型计算植被覆盖度，计算公式见附录 B 公式 1，并制作评价区域植被覆盖度栅格数据。

6.3.2 植被净初级生产力

植被净初级生产力通过遥感影像获得，计算方法见附录 B 公式 2。

6.3.3 地上生物量和地下生物量

根据计算的地上和地下生物量与获取的遥感影像信息（包括原始波段、纹理、植被指数等）建立模型，进而利用遥感影像信息分别反演林草生态建设工程区的森林地上和地下生物量与草地地上和地下生物量，制作工程区森林生物量和草地生物量栅格图。

6.3.4 物种丰富度

利用记名计数法统计样地或样方中生物的个体数，并基于实测物种丰富度，通过插值得到评价区域物种丰富度栅格数据。

6.3.5 香农-维纳多样性指数

利用遥感影像提取的土地利用分类数据，计算香农-维纳多样性指数，进而获取评价区域各年份香农-维纳多样性指数栅格数据，计算方法见附录 B 公式 3。

6.3.6 景观破碎度

以第三次全国国土调查为主，也可利用遥感影像提取的土地利用分类数据，计算单位面积的斑块数获取各年份评价区域景观破碎度栅格数据，计算方法见附录 B 公式 4。

6.3.7 土壤风蚀模数

使用 RWEQ 模型计算土壤风蚀模数，计算方法见附录 B 公式 5。

6.3.8 石漠化指数

利用计算的归一化植被指数、裸土指数计算石漠化指数栅格数据，计算方法见附录 B 公式 6。

6.3.9 水源涵养量

水源涵养量为降水量减去蒸散量和地表径流量，计算方法见附录 B 公式 7。

6.3.10 土壤有机质含量

区域尺度评价可直接从中国土壤有机质数据网站获得土壤有机质含量数据。

小尺度评价采用实测方法，土壤有机质分析测试按照 NY/T 1121.6 的规定执行。

6.3.11 土壤含水率

区域尺度评价利用遥感土壤水分数据集提供的土壤含水率数据。

小尺度评价采用实测方法获得土壤含水率，具体方法按照 HJ 613 的规定执行。借助采样点测得土壤含水率数据，与遥感影像相关波段建立回归方程，反演评价区域当年土壤含水率分布栅格数据。

6.3.12 土壤水蚀模数

基于植被覆盖度、年平均降水量以及土地利用分类图数据计算土壤水蚀模数，计算方法见附录 B 公式 8。

7 评价方法和结果

7.1 评价方法

7.1.1 权重确定

采用熵值法计算贡献度、熵值、冗余度，从而确定每年各指标权重。

计算第 j 项指标下第 i 个样本点的贡献度（公式 9）：

$$P_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^n X_{ij}} \quad (j=1, 2 \dots m) \quad (9)$$

式中：

P_{ij} —— 第 j 项指标下第 i 个样本点的贡献度；

X_{ij} —— 第 j 项指标下第 i 个样本点的值。

计算第 j 项指标的熵值（公式 10）：

$$E_j = -k \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad (10)$$

式中：

k —— 常数， $k=1/\ln(n)$ 。

信息熵冗余度（公式 11）：

$$d_j = 1 - E_j \quad (11)$$

式中：

d_j —— 第 j 项指标的差异系数。

计算各指标的权重（公式 12）：

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^n d_j} \quad (12)$$

式中：

W_j ——第 j 项指标的权重值。

7.1.2 生态状况得分计算

评价方法主要分为以下几步：

- a) 对各项指标的专题图进行重采样，统一其空间分辨率。
- b) 针对正负指标用不同的算法对数据进行标准化处理，以消除量纲影响。
- c) 标准化后的各指标专题图数据与具体权重相乘并累加获得生态状况综合得分（公式 13）。

$$Q = \sum_1^i (D_i \times w) \quad (13)$$

式中：

Q —— 生态状况综合得分；

w —— 权重；

D —— 标准化后各项指标专题图数据。

- d) 根据生态状况综合得分分级，分级标准见表 2。

表 2 生态状况综合得分（ Q ）等级划分标准

级别	评分等级	综合得分
1	极低	$Q \leq 25$
2	低	$25 < Q \leq 50$
3	中	$50 < Q \leq 70$
4	高	$70 < Q \leq 90$
5	极高	$90 < Q \leq 100$

7.2 评价结果

7.2.1 工程实施效果评级

评价单位可根据生态建设区域的大小，确定是否分生态建设工程评价单元进行评级。即以生态建设工程项目实施前为参照系，根据建设工程实施后的数据，进而计算评价区域内指标的变化率，计算方法见公式 14。

$$P_t = (Q_t - Q) \times 100\% / Q \quad (14)$$

式中：

P_t —— 生态建设工程实施后第 t 年的生态建设工程率；

Q —— 生态建设工程实施前的综合得分；

Q_t —— 生态建设工程实施后第 t 年的综合得分。

根据变化率的大小，将生态建设效果分为 5 个等级，分级标准见表 3。

表 3 生态建设工程效果 (P_i) 等级划分标准

效果等级	I	II	III	IV	V
	显著改善	明显改善	一般改善	轻微改善	未改善
修复率	$P_i > 70\%$	$50\% < P_i \leq 70\%$	$30\% < P_i \leq 50\%$	$0 < P_i \leq 30\%$	$P_i \leq 0$

7.2.2 工程实施效果分析

根据上述林草生态建设工程效果评级结果，分析取得的成效并及时发现生态建设过程中新产生的生态问题及潜在风险，针对生态建设工程措施和技术的调整修正提出合理化建议。

8 评价成果

8.1 基本要求

评价成果遵循以下基本要求：

- a) 评价成果包括各项指标数据及效果评级。
- b) 成果应按照规定进行质量检查与验收，主要依据现行国家技术标准及验收评定标准、项目委托书或合同书，以及项目委托方与实施方达成的其他文件、评价方案、项目实施方的质量管理文件等资料。
- c) 评价成果可参照相关行业的档案管理规定进行归档。
- d) 评价成果可作为政府对工程实施效果监管、制定区域生态建设工程规划的重要参考依据。

8.2 评价成果类型

8.2.1 数据成果

数据成果包括原始数据和评价指标数据，且宜以数据库、数据文件等形式提供并整理数据。

8.2.2 评价报告

根据政府、施工方等委托方要求，出具评价报告。根据评价数据进行综合分析与评价，给出明确、可靠的评价结论。评价报告在林草生态建设工程效果评价结束后出具，报告格式参照附录 C。

8.3 专家评审

组织相关领域专家对评价报告进行评审并出具专家评审报告。评审内容包括但不限于数据、文档图件和报告。其中，数据以系统检查为主、人工复查为辅。文档图件宜分类整理，装订成册，做到清晰、规范。

8.4 成果归档

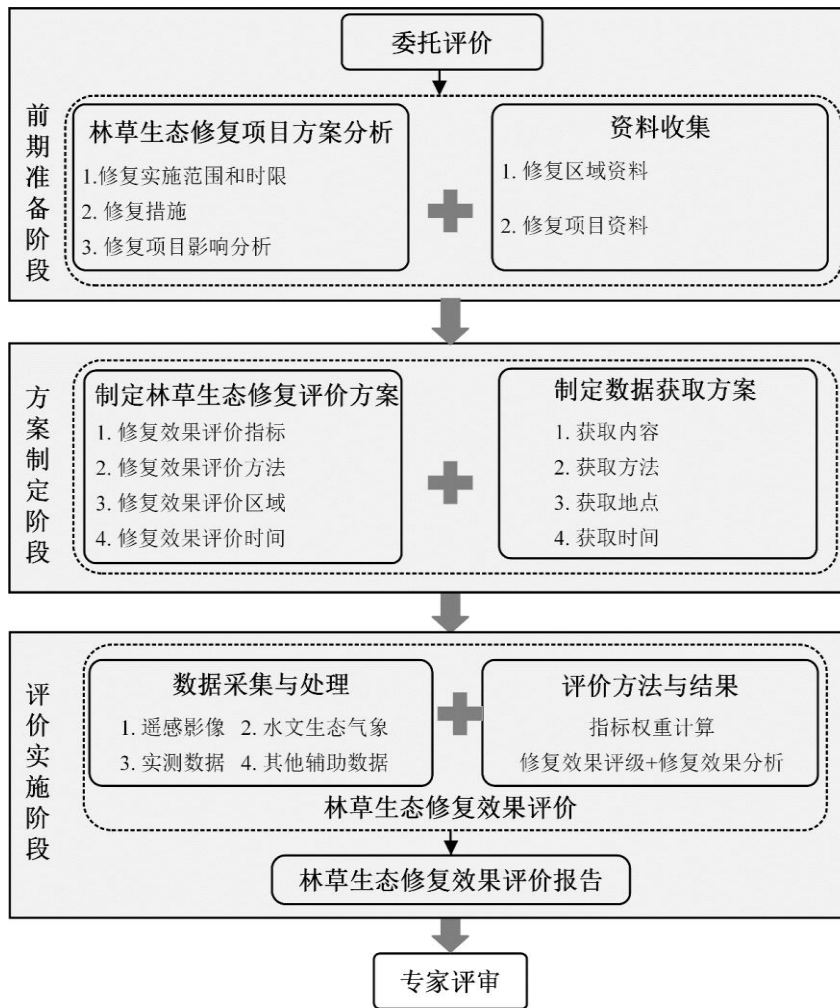
数据资料包括各个指标的原始数据和处理后数据。

文档和图件资料包括但不限于技术服务合同、评价过程资料（包括但不限于评价方案、评价工作计划等）、评价报告、验收报告及图件资料。

附录 A

(资料性)

林草生态建设工程效果评价工作流程



附录 B

(规范性)

数据处理方法相关公式

B.1 植被覆盖度

$$VFC = \frac{(NDVI - NDVI_{soil})}{(NDVI_{veg} + NDVI_{soil})} \quad (1)$$

式中:

VFC —— 植被覆盖度;

$NDVI_{soil}$ —— 裸土或没有植被覆盖的像元值;

$NDVI_{veg}$ —— 完全被植被覆盖的像元值。

B.2 植被净初级生产力

$$NPP(x,t) = SOL(x,t) \times FPAR(x,t) \times 0.5 \times \varepsilon(x,t) \quad (2)$$

式中:

$NPP(x,t)$ —— 像元 x 在 t 时间内植被所吸收的光合有效辐射;

$SOL(x,t)$ —— 时间 t 像元 x 处的太阳辐射能量;

$FPAR(x,t)$ —— 植被吸收光合有效辐射的吸收比例;

0.5 —— 植被利用的太阳辐射与总辐射的比例;

$\varepsilon(x,t)$ —— 植被的实际光能利用率。

B.3 香农-维纳多样性指数

$$H = -\sum_{i=1}^m (P_i \times \ln P_i) \quad (3)$$

式中:

i —— 斑块类型;

m —— 斑块类型总数;

P_i —— i 类型斑块出现的概率。

B.4 景观破碎度

$$LFI = NP/S \quad (4)$$

式中:

LFI —— 景观破碎度;

NP —— 统计单元内斑块数;

S —— 统计单元。

B.5 土壤风蚀模数

$$S_L = \frac{109.8 \times (WF \times EF \times SCF \times K' \times C)}{[150.71 \times (WF \times SF \times SCF \times K' \times C)^{-0.3711}]^2} \times [109.8 \times (WF \times EF \times SCF \times K' \times C)] e^{-\left(\frac{x}{S}\right)^2} \quad (5)$$

式中：

S —— 关键地块长度 (m)；

S_L —— 土壤损失量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)；

x —— 距上风向距离 (m)；

WF —— 表示气象因子 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$)；

EF —— 土壤可侵蚀程度 (无量纲)；

SCF —— 土壤结皮因子 (无量纲)；

K' —— 土壤粗糙度因子 (无量纲)；

C —— 植被覆盖因子 (无量纲)。

B.6 石漠化指数

$$RI = 0.55 \times VFC + 0.28 \times \frac{(\rho_{\text{swir1}} + \rho_{\text{red}}) - (\rho_{\text{nir}} + \rho_{\text{blue}})}{(\rho_{\text{swir1}} + \rho_{\text{red}}) + (\rho_{\text{nir}} + \rho_{\text{blue}})} + 0.12 \times \text{Slope} + 0.05 \times PD \quad (6)$$

式中：

RI —— 石漠化指数；

ρ_{blue} 、 ρ_{swir} 、 ρ_{red} 、 ρ_{nir} —— 遥感影像的蓝色、短波红外、红色和近红外波段；

Slope —— 坡度；

PD —— 单位面积土地居住人口数；

需要注意的是，具有不同量纲的变量，除 VFC 外，在加权之前，需要进行归一化处理。

B.7 水源涵养量

$$WC = P - P \times a - PE \quad (7)$$

式中：

WC —— 水源涵养量，单位为毫米 (mm)；

P —— 降雨量，单位为毫米 (mm)；

a —— 平均地表径流系数；

PE —— 潜在蒸散量，单位为毫米 (mm)。

B.8 土壤水蚀模数

$$A = R \times K \times L \times S \times B \times E \times T \quad (8)$$

式中：

A —— 土壤水蚀模数；

R —— 降雨侵蚀力因子；

K —— 土壤可蚀性因子；

L —— 坡长因子；

S —— 坡度因子；

B —— 生物措施因子；

E —— 工程措施因子；

T —— 耕作措施因子。

附录 C
(规范性)
评价报告格式

C.1 评价报告封面格式

评价报告封面包括：评价报告名称、评价报告编制单位和编制时间等内容。

C.2 评价报告扉页格式

评价报告扉页包括：业主单位、编制单位、编制人员、审核人员和法人代表等内容。

C.3 评价报告编制大纲

评价报告包括但不限于以下内容：

C.3.1 项目背景

C.3.1.1 项目名称

C.3.1.2 项目地址

C.3.1.3 业主单位

C.3.1.4 施工单位

C.3.1.5 监理单位

C.3.1.6 生态建设工程效果评价单位

C.3.1.7 项目批复情况

C.3.1.8 编制依据

C.3.2 项目概况

C.3.2.1 项目区基本信息

C.3.2.2 林草生态建设工程目标及相关要求

C.3.2.3 林草生态建设工程技术方案

C.3.2.4 项目技术方案调整情况

C.3.3 林草生态建设工程建设及实施概况

C.3.3.1 林草生态建设工程建设与实施情况

- C. 3. 3. 2 实际工程建设与实施中偏差及原因
- C. 3. 3. 3 林草生态建设的主要工作总结
- C. 3. 3. 4 林草生态建设过程的重要时间节点或里程碑

C. 3. 4 评价过程

- C. 3. 4. 1 评价指导思想
- C. 3. 4. 2 评价目标
- C. 3. 4. 3 评价原则
- C. 3. 4. 4 评价标准
- C. 3. 4. 5 评价工作方案
- C. 3. 4. 6 资料和数据获取及处理
- C. 3. 4. 7 评价指标体系
- C. 3. 4. 8 评价单元划分
- C. 3. 4. 9 评价方法
- C. 3. 4. 10 评价结果与分析

C. 3. 5 结论与建议

- C. 3. 5. 1 结论
- C. 3. 5. 2 建议

C. 3. 6 附图

- 附图 1：项目区位置图
- 附图 2：项目区生态建设工程设计图
- 附图 3：项目区生态建设工程前遥感影像图
- 附图 4：项目区生态建设工程后遥感影像图
- 附图 5：项目区生态建设工程效果评价图

C. 3. 7 附件

- 调查实测数据一览表

参考文献

- [1] GB/T 21439 草原健康状况评价
 - [2] GB/T 37067 退化草地修复技术规范
 - [3] GB/T 38582 森林生态系统服务功能评估规范
 - [4] GB/T 40451 草原与牧草术语
 - [5] LY/T 3179 退化防护林修复技术规程
 - [6] NY/T 1233 草原资源与生态监测技术规程
 - [7] NY/T 1237 草原围栏建设技术规程
 - [8] NY/T 2768 草原退化监测技术导则
 - [9] NY/T 3461 草原建设经济生态效益评价技术规程
 - [10] NY/T 3648 草地植被健康监测评价方法
 - [11] Baccini, A. Forest biomass estimation over regional scales using multisource data[J]. *Geophysical Research Letters*, 2004, 31(10):399-420.
 - [12] Gao Z , Wei G , Chang N B . Integrating temperature vegetation dryness index (TVDI) and regional water stress index (RWSI) for drought assessment with the aid of LANDSAT TM/ETM+ images[J]. *International Journal of Applied Earth Observation & Geoinformation*, 2011, 13(3):495-503.
 - [13] Potter C S , Randerson J T , Field C B , et al. Terrestrial Ecosystem Production: A Process Model Based on Global Satellite and Surface Data[J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 1993, 7(4):811-841.
 - [14] Potter, Christopher S , Klooster, et al. Detecting a Terrestrial Biosphere Sink for Carbon Dioxide: Interannual Ecosystem Modeling for the. [J]. *Climatic Change*, 1999.
 - [15] Yang J , Wang Y . Estimating evapotranspiration fraction by modeling two-dimensional space of NDVI/albedo and day-night land surface temperature difference: A comparative study[J]. *Advances in Water Resources*, 2011, 34(4):512-518.
 - [16] Zolkos S G , Goetz S J , Dubayah R . A meta-analysis of terrestrial aboveground biomass estimation using lidar remote sensing[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2013, 128(none):289-298.
 - [17] 梁音, 刘宪春, 曹龙熹, 郑粉莉, 张平仓, 史明昌, 曹全意, 袁久芹. 中国水蚀区土壤可蚀性 K 值计算与宏观分布[J]. *中国水土保持*, 2013(10):35-40+79.
 - [18] 尹云鹤, 吴绍洪, 赵东升, 戴尔阜. 过去 30 年气候变化对黄河源区水源涵养量的影响[J]. *地理研究*, 2016, 35(1):49-57.
-