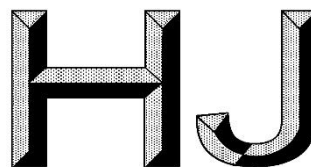


附件 6



# 中华人民共和国国家环境保护标准

HJ □□—20□□

---

## 生态保护红线生态功能评价技术指南

Technical guidelines for the evaluation of ecological function in ecological  
conservation redline

(征求意见稿)

20□□-□□-□□发布

20□□-□□-□□实施

---

生态环境部

发布

# 目 次

|                  |    |
|------------------|----|
| 前 言.....         | ii |
| 1 适用范围.....      | 1  |
| 2 规范性引用文件.....   | 1  |
| 3 术语和定义.....     | 1  |
| 4 评价单元.....      | 2  |
| 5 评价周期.....      | 3  |
| 6 评价工作流程.....    | 3  |
| 7 生态功能评价.....    | 4  |
| 8 结果分析与报告编制..... | 9  |
| 附录 A.....        | 10 |
| 附录 B.....        | 15 |

# 前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》，落实中共中央办公厅、国务院办公厅《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》要求，指导和规范生态保护红线生态功能评价工作，制定本标准。

本标准规定了生态保护红线生态功能评价的基本流程、主要内容和技術方法等的要求。

本标准附录 A、B 为资料性附录。

本标准为首次发布。

本标准与《生态保护红线本底调查技术指南》《生态保护红线监测技术规程》《生态保护红线保护成效评估技术指南》《生态保护红线生态补偿标准核定技术指南》《生态保护红线台账数据库技术规范》《生态保护红线监管数据质量控制技术规范》《生态保护红线监管平台建设指南》等同属于生态保护红线系列标准规范。

本标准由生态环境部自然生态保护司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：中国环境科学研究院、生态环境部南京环境科学研究所、生态环境部环境规划院、生态环境部卫星环境应用中心。

本标准生态环境部 20□□年□□月□□日批准。

本标准自 20□□年□□月□□日起实施。

本标准由生态环境部解释。

# 生态保护红线生态功能评价技术指南

## 1 适用范围

本标准规定了生态保护红线生态功能评价的流程、主要内容和技術方法等的要求。

本标准适用于以县域为单元的陆域生态保护红线生态功能评价。其他级别行政辖区或一定地理空间单元范围内的陆域生态保护红线生态功能评价可参照执行。

本标准不适用于海域生态保护红线生态功能评价。

## 2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

|                              |                    |
|------------------------------|--------------------|
| GB/T 24255                   | 沙化土地监测技术规程         |
| GB/T 38582                   | 森林生态系统服务功能评估规范     |
| HJ 192                       | 生态环境状况评价技术规范       |
| LY/T 2735                    | 自然资源（森林）资产评价技术规范   |
| SL 190                       | 土壤侵蚀分类分级标准         |
| 《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》         | （厅字〔2017〕2号）       |
| 《生态保护红线划定指南》                 | （环办生态〔2017〕48号）    |
| 《全国生态功能区划（修编版）》              | （环境保护部公告2015年第61号） |
| 《资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价指南（试行）》 | （自然资办函〔2020〕127号）  |

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

#### **生态保护红线 ecological conservation redline**

指在生态空间范围内具有特殊重要生态功能、必须强制性严格保护的区域，是保障和维护国家生态安全的底线和生命线，通常包括具有重要水源涵养、生物多样性维护、水土保持、防风固沙、海岸生态稳定等功能的生态功能重要区域，以及水土流失、土地沙化、石漠化等生态环境敏感脆弱区域。

### 3.2

#### **生态功能 ecological function**

指生态系统在维持生命的物质循环和能量转换过程中，为人类提供的惠益，包括水源涵养、水土保持、防风固沙、生物多样性等功能类型。

### 3.3

#### **水源涵养 water conservation**

指生态系统（如森林、草地等）通过其特有的结构与水相互作用，对降水进行截留、渗透、蓄

积，并通过蒸散发实现对水流、水循环的调控，主要表现在缓和地表径流、补充地下水、减缓河流流量的季节波动、滞洪补枯、保证水质等方面。

### 3.4

#### **水土保持 soil and water conservation**

指生态系统通过截留、吸收、下渗等作用以及植物根系的固持作用，减少土壤肥力损失以及减轻河流、湖泊、水库淤积的重要功能。

### 3.5

#### **防风固沙 sand fixation**

指生态系统通过固定表土、改善土壤结构、增加地表粗糙度、阻截等方式，减少土壤的裸露机会，提高起沙风速、降低大风功能，从而提高土壤的抗风蚀能力，削弱风的强度和携沙能力，减少土壤流失和风沙危害的重要功能。

### 3.6

#### **生物多样性维护 biodiversity conservation**

指生态系统在维持基因、物种、生态系统多样性发挥的作用，与珍稀濒危和特有动植物的分布丰富程度密切相关。

### 3.7

#### **主导生态功能 dominant ecological function**

指在生态功能重要性评估的基础上，采用定性分析和定量分析相结合的方法确定的反映区域生态功能主要因素的生态功能。为方便生态环境管理，生态保护红线的主导生态功能包括水源涵养、水土保持、生物多样性维护、防风固沙和其他生态功能等。

### 3.8

#### **生态功能价值量 ecological function value**

指采用经济学方法对生态功能的价值量进行评估，利用价值量（货币价值量）反映生态系统服务功能的总体状况，常用的生态功能价值化的方法有条件价值法、成本核算法、直接市场价格法、替代市场法和假设市场法等。

### 3.9

#### **生态功能综合指数 ecological function integrate index**

指反映生态保护红线生态功能状况的一系列指数的综合，利用生态功能综合价值量进行标准化获取数值，值域范围为0-1。

## **4 评价单元**

以县级行政区划为单位开展生态保护红线生态功能评价工作，评价范围为县域内的生态保护红线，包括对辖区生态保护红线范围的生态功能综合状况评价、以及生态保护红线主导生态功能的单项评价。评价以250 m×250 m的栅格数据单元为主，有条件的地区可进一步提高空间尺度。

## 5 评价周期

评价周期原则上为每 5 年开展一次，与生态保护红线保护成效评估等工作保持一致，有条件的地区可结合实际增加评价频次。

## 6 评价工作流程

### 6.1 前期准备

了解县域主体功能定位、生态环境状况、社会经济发展总体情况，以及生态保护红线基本特征，包括生态保护红线的生态功能类型、面积和空间分布区域，主要保护生态系统类型及重要物种等。搜集基础资料，获取自然地理、遥感监测、生态系统、气象等数据，进行数据预处理，通过遥感数据解译、生态参数反演、空间数据插值等信息技术手段，将数据统一到 250 m×250 m 栅格单元或更高精度的空间尺度。

### 6.2 选取评价模型和方法

生态功能通常包括产品提供、生态调节和娱乐文化 3 大类，生态保护红线是保障和维护国家生态安全的底线和生命线，生态功能状况主要通过水源涵养、水土保持、生物多样性维护和防风固沙等生态调节功能的发挥作用情况反映。根据生态保护红线的主导生态功能类型，结合文献研究和当地实际，选取生态保护红线生态功能评价的模型和方法。按照较为常用、相对简易和可操作的原则，本指南针对水源涵养、水土保持、防风固沙和生物多样性维护生态功能，分别选取了水量平衡方程、通用水土流失方程、修正风蚀方程、NPP 校正模型等方法开展生态功能物质量评价，在此基础上利用替代工程法、恢复成本法和替代成本法等方法开展生态功能价值量评价。

各地可结合实际对评价模型和方法进一步优化和修正。

### 6.3 生态功能评价

模型运算。获取模型所需的相关参数，根据生态功能评价模型公式，在地理信息系统软件中输入所需的各项参数，进行空间分析统计和运算，获得生态功能评价结果数据图层。

主导生态功能评价。基于生态保护红线的主导生态功能，对水源涵养、水土保持、生物多样性维护和防风固沙等单项生态功能进行评价，计算获得单项生态功能物质量和单项生态功能价值量评价结果。对于水土流失和石漠化生态环境敏感区域，考虑到与水土保持功能密切相关，可归入水土保持功能进行计算；土地沙化生态环境敏感区域，考虑到与防风固沙功能密切相关，可归入防风固沙功能进行计算；其他未明确主导生态功能类型的生态保护红线可参考生态功能区划，归入相应的主导生态功能进行考虑。

县域生态功能综合评价。按照生态保护红线的功能类型，综合各项生态功能的价值量，根据计算公式，获取生态保护红线县域生态功能综合价值量的计算结果。

### 6.4 综合指数计算与分级

县域生态功能综合指数计算。对生态保护红线县域生态功能综合价值量的数据图层进行归一化，统一量纲，获取生态保护红线生态功能综合指数，数值在 0-1 之间。

综合指数分级。按照生态保护红线生态功能综合指数的数值大小，将生态功能等级划分为优秀、良好、一般和较差共计四级，反映县域生态保护红线生态功能综合状况的空间差异。

### 6.5 报告编制

根据评价结果，对生态保护红线主导生态功能以及生态功能综合状况评价结果进行分析与应用，编制县域生态保护红线生态功能评价报告。

生态保护红线生态功能评价的技术流程见图 1。

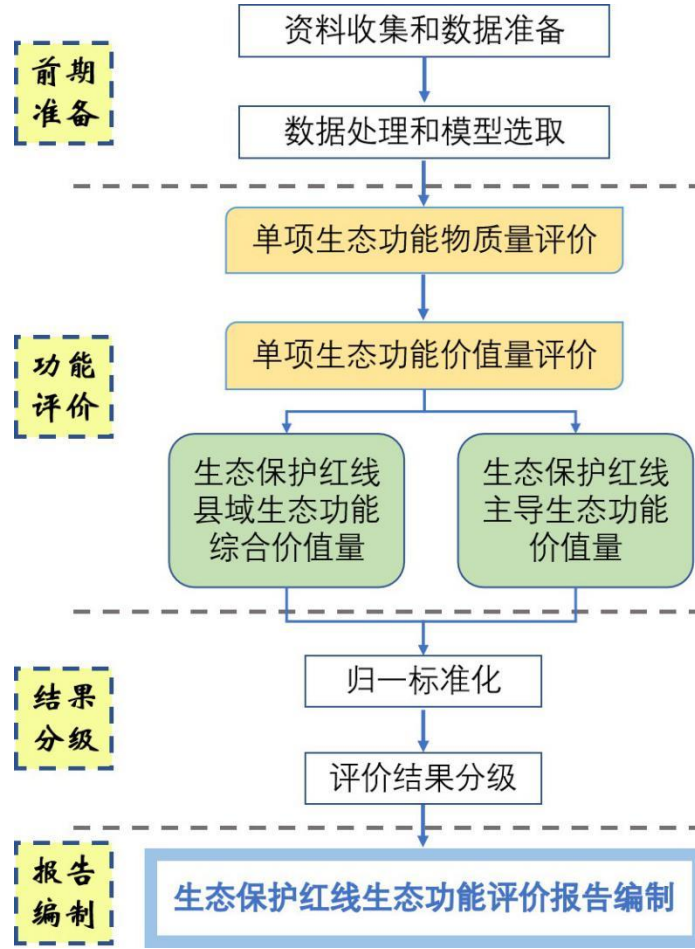


图 1 技术流程图

## 7 生态功能评价

### 7.1 水源涵养功能

水源涵养功能主要表现在缓和地表径流、补充地下水、减缓河流流量的季节波动、滞洪补枯、保证水质等方面。水源涵养能力与降雨、地表径流、生态系统类型组成、地表植被、土层厚度及物理性质等因素相关。

以水源涵养量作为水源涵养生态功能的评价标准，采用水量平衡方程来计算水源涵养量，计算公式（1）：

$$TQ = \sum_{i=1}^j (P_i - R_i - ET_i) \times A_i \times 10^{-3} \quad (1)$$

式中：TQ——总水源涵养量，m<sup>3</sup>；

P<sub>i</sub>——多年平均降雨量，mm；

R<sub>i</sub>——多年平均地表径流量，mm；

$ET_i$ ——多年平均蒸散发，mm；  
 $A_i$ —— $i$ 类生态系统面积， $\text{km}^2$ ；  
 $i$ ——研究区第 $i$ 类生态系统类型；  
 $j$ ——研究区生态系统类型数。

采用替代工程法，以水库建设成本来评估水源涵养的价值量，计算公式（2）。

$$V_W = TQ \times c \quad (2)$$

式中： $V_W$ ——水源涵养价值量，元；  
 $c$ ——建设单位库容的工程成本，元/ $\text{m}^3$ 。

得到每个栅格单元（250 m×250 m）的水源涵养价值量数值后，采用空间统计分析，计算县域范围内水源涵养主导生态功能的生态保护红线水源涵养价值总和，即水源涵养功能价值指数（ $V_{W_{\text{总}}}$ ），以及县域生态保护红线的水源涵养价值总量。

## 7.2 水土保持功能

水土保持是生态系统（如森林、草地等）通过其结构与过程减少由于水蚀所导致的土壤侵蚀的作用，是生态系统提供的重要调节服务之一。水土保持功能主要与气候、土壤、地形和植被有关。

以水土保持量，即潜在土壤侵蚀量与实际土壤侵蚀量的差值，反映生态保护红线的水土保持功能状况，采用修正通用水土流失方程（RUSLE）的水土保持服务模型开展评价，计算水土保持量，计算公式（3）：

$$A_c = A_p - A_r = R \times K \times L \times S \times (1 - C) \quad (3)$$

式中： $A_c$ ——水土保持量， $\text{t}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ；  
 $A_p$ ——潜在土壤侵蚀量， $\text{t}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ；  
 $A_r$ ——实际土壤侵蚀量， $\text{t}/\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ；  
 $R$ ——降水侵蚀力因子， $\text{MJ} \cdot \text{mm}/\text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{a}$ ；  
 $K$ ——土壤可侵蚀性因子， $\text{t} \cdot \text{hm}^2 \cdot \text{h}/\text{hm}^2 \cdot \text{MJ} \cdot \text{mm}$ ；  
 $L$ ——坡长因子；  
 $S$ ——坡度因子；  
 $C$ ——植被覆盖因子。

采用替代成本法，从减少土地废弃、减少泥沙淤积、保持土壤肥力 3 个方面评估水土保持价值量，计算公式（4）。

水土保持总价值量为：

$$V_S = V_{S_1} + V_{S_2} + V_{S_3} \quad (4)$$

式中： $V_S$ ——水土保持总价值，元；  
 $V_{S_1}$ ——减少土地废弃的经济价值，元；  
 $V_{S_2}$ ——减少泥沙淤积的价值，元；  
 $V_{S_3}$ ——保持土壤肥力的价值，元；

其中减少土地废弃的价值，计算公式（5）：

$$V_{S_1} = A_c \times P_1 \times \rho \times h \quad (5)$$



式中： $P_1$ ——土地废弃的机会成本，元/m<sup>2</sup>；

$\rho$ ——土壤容重，t/m<sup>3</sup>；

$h$ ——土层厚度，m；

减少泥沙淤积的价值，计算公式（6）：

$$V_{S_2} = per \times A_c \times P_2 \div \rho \quad (6)$$

式中： $per$ ——土壤侵蚀流失泥沙淤积于水库、河流、湖泊，需清淤作业的比例，%；

$P_2$ ——水库工程清淤费用，元/m<sup>3</sup>。

保持土壤肥力的价值，计算公式（7）：

$$V_{S_3} = \sum A_c \times C_i \times R_i \times P_{3i} \quad (7)$$

式中： $i$ ——氮、磷、钾、土壤有机质及相应肥料尿素、过磷酸钙、氯化钾、有机质；

$C_i$ ——土壤中氮、磷、钾及有机质的纯含量，%；

$R_i$ ——氮、磷、钾、土壤有机质转换成相应肥料尿素、过磷酸钙、氯化钾、有机质的比率；

$P_{3i}$ ——尿素、过磷酸钙、氯化钾、有机质价格，元/t。

得到每个栅格单元（250 m×250 m）的水土保持价值量数值后，采用空间统计分析，计算县域范围内水土保持主导生态功能的生态保护红线水土保持价值总和，即水土保持功能价值指数（ $V_{S_{总}}$ ），以及县域生态保护红线的水土保持价值总量。

### 7.3 防风固沙功能

防风固沙是生态系统（如森林、草地等）通过其结构与过程减少由于风蚀所导致的土壤侵蚀的作用，是生态系统提供的重要调节服务之一，主要与风速、降雨、温度、土壤、地形和植被等因素密切相关。

以防风固沙量，即潜在风蚀量与实际风蚀量的差值，反映生态保护红线的防风固沙功能状况，采用修正风蚀方程计算防风固沙量，计算公式（8）~（14）：

$$SR = S_{L_{潜}} - S_L \quad (8)$$

$$S_L = \frac{2 \cdot Z}{S^2} Q_{MAX} \cdot e^{-(Z/S)^2} \quad (9)$$

$$S = 150.71 \cdot (WF \times EF \times SCF \times K' \times C)^{-0.3711} \quad (10)$$

$$Q_{MAX} = 109.8[WF \times EF \times SCF \times K' \times C] \quad (11)$$

$$S_{L_{潜}} = \frac{2 \cdot Z}{S_{潜}^2} Q_{MAX} \cdot e^{-(Z/S_{潜})^2} \quad (12)$$

$$Q_{MAX_{潜}} = 109.8[WF \times EF \times SCF \times K'] \quad (13)$$

$$S_{潜} = 150.71 \cdot (WF \times EF \times SCF \times K')^{-0.3711} \quad (14)$$

式中： $SR$ ——固沙量，t/km<sup>2</sup> a；

$S_{L_{潜}}$ ——潜在风力侵蚀量，t/km<sup>2</sup> a；

$S_L$ ——实际风力侵蚀量，t/km<sup>2</sup> a；

$Q_{MAX}$ ——最大转移量，kg/m；

$Z$ ——最大风蚀出现距离，m；

$WF$ ——气候因子, kg/m;  
 $K'$ ——地表糙度因子;  
 $EF$ ——土壤可蚀因子;  
 $SCF$ ——土壤结皮因子;  
 $C$ ——植被覆盖因子。

采用恢复成本法和替代成本法, 从治理沙化土壤的成本和减少风蚀土壤肥力损失 2 个方面评估防风固沙价值量。

防风固沙价值量, 计算公式 (15) :

$$V_F = V_{F_1} + V_{F_2} \quad (15)$$

式中:  $V_F$ ——防风固沙总价值, 元;

$V_{F_1}$ ——治理沙化土壤的价值, 元;

$V_{F_2}$ ——减少风蚀土壤肥力损失的价值, 元。

沙化土壤的治理成本, 计算公式 (16) :

$$V_{F_1} = [SR \times A / (\rho \cdot h)] \times P \quad (16)$$

式中:  $A$ ——生态系统面积,  $m^2$ ;

$\rho$ ——砂砾堆积密度,  $t/m^3$ ;

$h$ ——土壤沙化标准覆沙厚度, m;

$P$ ——治沙工程的平均成本, 元/ $m^2$ 。

减少风蚀土壤肥力损失, 计算公式 (17) :

$$V_{F_2} = \sum SR \times C_i \times R_i \times P_{3i} \quad (17)$$

式中:  $i$ ——氮、磷、钾、土壤有机质及相应肥料尿素、过磷酸钙、氯化钾、有机质;

$C_i$ ——土壤中氮、磷、钾及有机质的纯含量, %;

$R_i$ ——氮、磷、钾、土壤有机质转换成相应肥料尿素、过磷酸钙、氯化钾、有机质的比率;

$P_{3i}$ ——尿素、过磷酸钙、氯化钾、有机质价格, 元/ $t$ 。

得到每个栅格单元 (250 m×250 m) 的防风固沙价值量数值后, 采用空间统计分析, 计算县域范围内防风固沙主导生态功能的生态保护红线防风固沙价值总和, 即防风固沙功能价值指数 ( $V_{F_{总}}$ ), 以及县域生态保护红线的防风固沙价值总量。

#### 7.4 生物多样性维护功能

生物多样性是生物及其环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的综合, 与珍稀濒危和特有动植物的分布丰富程度密切相关。

采用 NPP 校正法, 计算生物多样性维护功能指数, 计算公式 (18) :

$$S_{bio} = NPP_{mean} \times F_{pre} \times F_{tem} \times (1 - F_{alt}) \quad (18)$$

式中:  $S_{bio}$ ——生物多样性维护服务能力指数;

$NPP_{mean}$ ——多年植被净初级生产力平均值;

$F_{pre}$ ——多年平均降水量, mm;

$F_{tem}$ ——多年平均气温,  $^{\circ}C$ ;

$F_{alt}$ ——海拔因子；

生物多样性维护价值或者野生动物物种保育价值与各地的生境质量情况紧密相关，由此，假设一个地方的生境质量越好，那么该地的物种保育价值也就越高。采用保护价值法评估生物多样性维护功能价值，以生物多样性维护服务能力指数为计算基础，选取珍稀濒危或特有物种等能够反映该区域生物多样性状况的旗舰物种分布数量和保护价值，通过空间分析，将总的物种保育价值进行空间化处理和叠加分析。获取每个栅格单元的物种保育价值，计算公式（19），获取区域物种保育总价值，计算公式（20）：

$$V_B = \frac{S_{bio}}{\sum S_{bio}} \times P \quad (19)$$

$$P = \sum_{i=1}^n (P_i \times A_i) \quad (20)$$

式中： $V_B$ ——生物多样性维护功能价值，元；

$P$ ——区域物种保育总价值，元；

$P_i$ ——某一类物种的保护价格（国际拍卖或狩猎价格），元/只；

$A_i$ ——某一类动物的数量，只；

$n$ ——区域内物种种类。

计算得到每个栅格单元（250 m×250 m）的生物多样性维护价值量数值后，采用空间统计分析，获取县域范围内生物多样性维护主导功能的生态保护红线生物多样性价值总和，即生物多样性维护功能价值指数（ $V_{B_{总}}$ ），以及县域生态保护红线的生物多样性维护价值总量。

## 7.5 生态功能综合价值

在单项生态功能评价的基础上，计算县域生态保护红线的生态功能综合价值量，用生态保护红线生态功能综合价值（ $ECRV_{county}$ ）表示，反映生态保护红线各单项生态功能的价值总和。计算公式（21）和（22）：

$$ECRV_{ij} = V_W + V_F + V_B + V_S \quad (21)$$

$$ECRV_{county} = \sum ECRV_{ij} \quad (22)$$

式中： $ECRV_{ij}$ ——生态保护红线区域内栅格  $ij$  的生态功能综合价值，元；

$ECRV_{county}$ ——县域范围内生态保护红线的生态功能综合价值，元；

## 7.6 综合指数计算与分级

为更清晰地描述和比较县域范围内生态保护红线生态功能的空间差异，并进行结果分级，将各栅格单元（250 m×250 m）的生态功能价值量数值进行标准化，获得生态保护红线生态功能综合指数，计算公式（23）：

$$Z_{ij} = \frac{ECRV_{ij} - ECRV_{min}}{ECRV_{max} - ECRV_{min}} \quad (23)$$

式中： $Z_{ij}$ ——生态保护红线生态功能综合指数，即生态保护红线范围内栅格  $ij$  的生态功能综合价值标准化后的数值，值域范围为 0-1；

$ECRV_{min}$ ——县域范围内生态保护红线生态功能综合价值量的最小值，元；

$ECRV_{max}$ ——县域范围内生态保护红线生态功能综合价值量的最大值，元；

根据生态保护红线生态功能综合指数（ $Z_{ij}$ ）栅格图层的属性值，即每一个栅格单元表示生态功能

综合指数的数值，将生态功能综合指数按从高到低的顺序排列，县域生态保护红线的生态功能等级划分为四级，分别为优秀、良好、一般和较差，具体分值和分级见表 1。

表 1 生态保护红线生态功能综合指数分级

| 等级   | 优秀                | 良好                      | 一般                      | 较差             |
|------|-------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
| 评价结果 | $Z_{ij} \geq 0.7$ | $0.5 \leq Z_{ij} < 0.7$ | $0.3 \leq Z_{ij} < 0.5$ | $Z_{ij} < 0.3$ |

## 8 结果分析与报告编制

### 8.1 评价结果分析

根据评价结果，及时提出水源涵养、水土保持、生物多样性维护和防风固沙等单项生态功能的基本状况、主要空间差异，以及生态功能综合评价总体情况。

评价结果分析包括两个层次：一是生态保护红线的主导生态功能状况分析。针对县域生态保护红线的水源涵养、水土保持、防风固沙和生物多样性维护等单项生态功能，以水源涵养量、水土保持量、防风固沙量和生物多样性维护功能指数评价结果为依据，分析生态保护红线的不同主导生态功能的评价结果空间分布差异，探究主要驱动因素，基于此，还可进行不同年度的评价结果对比分析，根据分年度计算的水源涵养功能价值指数、水土保持功能价值指数、防风固沙功能价值指数和生物多样性维护功能价值指数的差异情况，提出相应的保护修复对策建议。二是生态保护红线生态功能综合状况分析。评价结果以县级行政区划为单位，掌握生态保护红线的生态功能综合价值以及空间差异状况，重点关注生态功能综合指数为一般和较差的区域，分析主要原因，提出相应的对策建议，持续维护和提升生态功能。

### 8.2 结果应用

提出生态保护红线生态功能评价的模型和方法，计算生态保护红线单项生态功能以及生态功能综合状况，为开展生态保护红线监测、保护成效评估和日常监管等提供基础。按照“生态功能不降低”的要求，为生态保护红线的生态修复与治理提供支撑，为开展生态保护红线的绩效考核和生态补偿提供参考依据。

### 8.3 报告编制

编制县域生态保护红线生态功能评价报告，包括县域概况、生态保护红线的主导功能类型和空间分布、生态系统基本状况及存在的主要问题、生态功能评价模型和方法选取、评价结果及原因分析、提出有关对策建议等。报告编写大纲见附录 B。

附录 A  
(资料性附录)  
模型参数及数据来源

(1) 降雨量因子  $P$

参数解释：根据气象站点的气象数据集处理得到。在 Excel 中计算出区域所有气象站点的多年平均降水量，将这些值根据相同的站点名与地理信息系统中的站点（点图层）数据相连接（Join）。在 Spatial Analyst 工具中选择 Interpolate to Raster 选项，选择相应的插值方法得到降水量因子栅格图。

数据来源：气象数据

(2) 地表径流因子  $R$

参数解释：降雨量乘以地表径流系数获得。

计算公式 (24)：

$$R = P \times \alpha \quad (24)$$

式中： $R$ ——地表径流量，mm；

$P$ ——多年平均降雨量，mm；

$\alpha$ ——平均地表径流系数，如表 A1 所示；

表 A1 各类型生态系统地表径流系数均值表

| 生态系统类型 1 | 生态系统类型 2 | 平均地表径流系数 (%) |
|----------|----------|--------------|
| 森林       | 常绿阔叶林    | 2.67         |
|          | 常绿针叶林    | 3.02         |
|          | 针阔混交林    | 2.29         |
|          | 落叶阔叶林    | 1.33         |
|          | 落叶针叶林    | 0.88         |
|          | 稀疏林      | 19.20        |
| 灌丛       | 常绿阔叶灌丛   | 4.26         |
|          | 落叶阔叶灌丛   | 4.17         |
|          | 针叶灌丛     | 4.17         |
|          | 稀疏灌丛     | 19.20        |
| 草地       | 草甸       | 8.20         |
|          | 草原       | 4.78         |
|          | 草丛       | 9.37         |
|          | 稀疏草地     | 18.27        |
| 湿地       | 湿地       | 0.00         |

数据来源：遥感数据，气象数据

### (3) 蒸散发因子 $ET$

参数解释：蒸散发是自然水循环的关键环节，根据国家生态系统观测研究网络科技资源服务系统网站提供的产品数据获取。原始数据空间分辨率为 1 km，通过地理信息系统软件重采样为 250 m 空间分辨率，得到蒸散发因子栅格图。

数据来源：遥感数据

### (4) 生态系统面积因子 $A$

参数解释：根据全国生态状况遥感调查与评估成果中的生态系统类型数据集得到。原始数据为矢量数据，通过地理信息系统软件转为 250 m 空间分辨率的栅格图。或遥感解译获取。

数据来源：遥感数据

### (5) 降雨侵蚀力因子 $R$

参数解释：降雨引发土壤侵蚀的潜在能力，通过多年平均年降雨侵蚀力因子反映。

多年平均年降雨侵蚀力，计算公式 (25)，第  $k$  个半月的降雨侵蚀力，计算公式 (26)：

$$R = \sum_{k=1}^{24} \bar{R}_{\text{半月}k} \quad (25)$$

$$\bar{R}_{\text{半月}k} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^m (\alpha \cdot P_{i,j,k}^{1.7265}) \quad (26)$$

式中： $R$ ——多年平均年降雨侵蚀力， $\text{MJ}\cdot\text{mm}/\text{hm}^2\cdot\text{h}\cdot\text{a}$ ；

$R_{\text{半月}k}$ ——第  $k$  个半月的降雨侵蚀力， $\text{MJ}\cdot\text{mm}/\text{hm}^2\cdot\text{h}\cdot\text{a}$ ；

$k$ ——一年的 24 个半月， $k=1,2,\dots,24$ ；

$i$ ——所用降雨资料的年份， $i=1,2,\dots,n$ ；

$j$ ——第  $i$  年第  $k$  个半月侵蚀性降雨日的天数， $j=1,2,\dots,m$ ；

$P_{i,j,k}$ ——第  $i$  年第  $k$  个半月第  $j$  个侵蚀性日降雨量， $\text{mm}$ ，可以根据全国范围内气象站点多年的逐日降雨量资料，通过插值获得；或者直接采用国家气象局的逐日降雨量数据产品；

$\alpha$ ——参数，暖季时 $\alpha=0.3937$ ，冷季时 $\alpha=0.3101$ 。

数据来源：气象数据

### (6) 土壤可蚀性因子 $K$

参数解释：土壤颗粒被水力分离和搬运的难易程度，主要与土壤质地、有机质含量、土体结构、渗透性等土壤理化性质有关。

修正后土壤可蚀性因子  $K$ ，计算公式 (27)：

$$K = (-0.01383 + 0.51575K_{EPIC}) \times 0.1317 \quad (27)$$

修正前土壤可蚀性因子，计算公式 (28)：

$$K_{EPIC} = \left\{ 0.2 + 0.3 \exp[-0.0256m_s(1 - m_{\text{silt}}/100)] \right\} \times [m_{\text{silt}} / (m_c + m_{\text{silt}})]^{0.3} \\ \times \left\{ 1 - 0.25 \text{org}C / [\text{org}C + \exp(3.72 - 2.95 \text{org}C)] \right\} \\ \times \left\{ 1 - 0.7(1 - m_s/100) / \{ (1 - m_s/100) + \exp[-5.51 + 22.9(1 - m_s/100)] \} \right\} \quad (28)$$

式中： $K_{EPIC}$ ——修正前的土壤可蚀性因子；

$K$ ——修正后的土壤可蚀性因子；

$m_c$ 、 $m_{silt}$ 、 $m_s$ 、 $orgC$ ——分别为粘粒（ $<0.002\text{ mm}$ ）、粉粒（ $0.002\text{ mm}\sim 0.05\text{ mm}$ ）、砂粒（ $0.05\text{ mm}\sim 2\text{ mm}$ ）和有机碳的百分比含量（%），数据来源于中国 1:100 万土壤数据库。

在 Excel 表格中，利用上述公式计算  $K$  值，然后以土壤类型数据为工作底图，通过地理信息系统软件将  $K$  值连接（Join）到底图上。利用 Conversion Tools 中矢量转栅格工具，转换成空间分辨率为 250 m 的土壤可蚀性因子栅格图。

数据来源：土壤数据

#### (7) 地形因子 $L$ 、 $S$

参数解释： $L$  表示坡长因子， $S$  表示坡度因子，是反映地形对土壤侵蚀影响的两个因子。在评估中，可以应用地形起伏度，即地面一定距离范围内最大高差，作为区域土壤侵蚀评估的地形指标。通过地理信息系统软件选择高程数据集，在 Spatial Analyst 下使用 Neighborhood Statistics，设置 Statistic Type 为最大值和最小值，即得到高程数据集的最大值和最小值，然后在 Spatial Analyst 下使用栅格计算器 Raster Calculator，公式为 [最大值-最小值]，获取地形起伏度，即地形因子栅格图。

数据来源：高程数据

#### (8) 植被覆盖因子 $C$ （水土保持功能参数）

参数解释：反映了生态系统对土壤侵蚀的影响，是控制土壤侵蚀的积极因素。水田、湿地、城镇和荒漠基于 N-SPECT 模型参数分别赋值为 0、0、0.01 和 0.7，旱地按植被覆盖度换算。

计算公式（29）：

$$C_{旱} = 0.221 - 0.595 \log c_1 \quad (29)$$

式中： $C_{旱}$ ——旱地的植被覆盖因子；

$c_1$ ——小数形式的植被覆盖度；

其余生态系统类型按不同植被覆盖度进行赋值，如表 A2 所示。

表 A2 不同生态系统类型植被覆盖因子赋值

| 生态系统类型 | 植被覆盖度 |       |       |       |       |       |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        | <10   | 10-30 | 30-50 | 50-70 | 70-90 | >90   |
| 森林     | 0.1   | 0.08  | 0.06  | 0.02  | 0.004 | 0.001 |
| 灌丛     | 0.4   | 0.22  | 0.14  | 0.085 | 0.04  | 0.011 |
| 草地     | 0.45  | 0.24  | 0.15  | 0.09  | 0.043 | 0.011 |
| 乔木园地   | 0.42  | 0.23  | 0.14  | 0.089 | 0.042 | 0.011 |
| 灌木园地   | 0.4   | 0.22  | 0.14  | 0.087 | 0.042 | 0.011 |

数据来源：遥感数据

(8) 气候因子  $WF$

气候因子  $WF$ ，计算公式 (30)：

$$WF = Wf \times \frac{\rho}{g} \times SW \times SD \quad (30)$$

式中： $WF$ ——气候因子， $\text{kg/m}$ ；

$Wf$ ——各月多年平均风力因子；在 Excel 中计算出区域所有气象站点的多年平均风力，通过地理信息系统软件将这些值根据相同的站点名与站点（点图层）数据相连接（Join）。在 Spatial Analyst 工具中选择 Interpolate to Raster 选项，选择相应的插值方法得到各月多年平均风力因子栅格图；

$\rho$ ——空气密度， $\text{kg/m}^3$ ；

$g$ ——重力加速度， $\text{m/s}^2$ ；

$SW$ ——各月多年平均土壤湿度因子，无量纲；

$SD$ ——雪盖因子，无量纲。

数据来源：遥感数据，气象数据

(9) 土壤可蚀因子  $EF$

土壤可蚀因子  $EF$ ，计算公式 (31)：

$$EF = \frac{29.09 + 0.31sa + 0.17si + 0.33(sa/cl) - 2.59OM - 0.95Caco_3}{100} \quad (31)$$

式中： $sa$ ——土壤粗砂含量（0.2 mm~2 mm），%；

$si$ ——土壤粉砂含量，%；

$cl$ ——土壤粘粒含量，%；

$OM$ ——土壤有机质含量，%；

$CaCO_3$ ——碳酸钙含量，%，可不予考虑。

数据来源：土壤数据

(10) 土壤结皮因子  $SCF$

土壤结皮因子  $SCF$ ，计算公式 (32)：

$$SCF = \frac{1}{1 + 0.0066(cl)^2 + 0.021(OM)^2} \quad (32)$$

式中： $cl$ ——土壤粘粒含量，%；

$OM$ ——土壤有机质含量，%。

数据来源：土壤数据

(11) 植被覆盖因子  $C$ （防风固沙功能参数）

参数解释：不同植被类型的防风固沙效果不同，研究将植被分为林地、灌丛、草地、农田、裸地和荒漠六个植被类型，根据不同的系数计算各植被覆盖因子  $C$  值。

植被覆盖因子  $C$ ，计算公式 (33)：

$$C = e^{a_i(SC)} \quad (33)$$

式中： $SC$ ——植被覆盖度；

$a_i$ ——不同植被类型的系数，分别为：林地 0.1535，灌丛 0.0921，草地 0.1151，农



田 0.0438，裸地 0.0768，荒漠 0.0658。

数据来源：遥感数据

(12) 地表糙度因子  $K'$

地表糙度因子  $K'$ ，计算公式 (34)：

$$K' = e^{(1.86K_r - 2.41K_r^{0.934} - 0.127Crr)} \quad (34)$$

土垄糙度  $K$ ，计算公式 (35)：

$$K_r = 0.2 \cdot \frac{(\Delta H)^2}{L} \quad (35)$$

式中： $K_r$ ——土垄糙度，以 Smith-Carson 方程加以计算，cm；

$Crr$ ——随机糙度因子，取 0，cm；

$L$ ——地势起伏参数；

$\Delta H$ ——距离  $L$  范围内的海拔高程差，在地理信息系统软件中使用 Neighborhood statistics 工具计算 DEM 数据相邻单元格地形起伏差值获得。

数据来源：高程数据

(13) 多年平均气温因子  $F_{tem}$

参数解释：在 Excel 中计算出区域所有气象站点的多年平均气温，通过地理信息系统软件将这些值根据相同的站点名与站点（点图层）数据相连接（Join）。在 Spatial Analyst 工具中选择 Interpolate to Raster 选项，选择相应的插值方法得到多年平均气温栅格图。

数据来源：气象数据

附录 B  
(资料性附录)  
生态保护红线生态功能评价报告编写提纲

**XX 省（区、市）XX 县生态保护红线生态功能评价报告**

**前言**

介绍工作背景、主要目标、基本原则等。

**1 区域概况**

1.1 自然地理概况

1.2 经济社会概况

1.3 生态系统状况

1.4 主要生态问题

**2 生态功能评价模型选取与数据处理**

2.1 生态功能评价模型筛选与确定

2.2 相关参数获取和数据处理

**3 生态功能评价及结果分析**

3.1 生态功能单项评价及结果分析

3.2 生态功能综合评价及结果分析

3.3 主要原因分析与评价结果应用

**4 对策与建议**