

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 1142—2020

生态保护红线监管技术规范
生态功能评价（试行）

Technical specification for supervision of ecological conservation redline

—Ecological function evaluation (on trial)

（发布稿）

本电子稿为发布稿。请以中国环境出版社的正式标准文本为准。

2020-11-24发布

2020-11-24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.....	10
附录 A（资料性附录） 模型参数及数据来源.....	11
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.....	18

前 言

为贯彻落实《中华人民共和国环境保护法》《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，规范生态保护红线生态功能评价工作的技术要求，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《生态保护红线监管技术规范 基础调查（试行）》《生态保护红线监管技术规范 生态状况监测（试行）》《生态保护红线监管技术规范 保护成效评估（试行）》《生态保护红线监管技术规范 台账数据库建设（试行）》《生态保护红线监管技术规范 数据质量控制（试行）》《生态保护红线监管技术规范 平台建设（试行）》等同属于生态保护红线监管系列标准规范。

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 2020 年 11 月 24 日批准。

本标准自 2020 年 11 月 24 日起实施。

本标准由生态环境部解释。

生态保护红线监管技术规范 生态功能评价（试行）

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。

《生态保护红线监管技术规范 保护成效评估（试行）》《生态保护红线监管技术规范 台账数据库建设（试行）》《生态保护红线监管技术规范 平台建设（试行）》中涉及生态功能指标时采用本标准的计算方法。

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或其中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

HJ 192	生态环境状况评价技术规范
LY/T 1721	森林生态系统服务功能评估规范
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）

《全国生态功能区划（修编版）》（环境保护部公告2015年第61号）

《生态保护红线划定指南》（环办生态〔2017〕48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，通常包括产品提供、生态调节、娱乐文化和支持功能。生态保护红线生态功能通常包括水源涵养、水土保持、防风固沙、生物多样性维护、洪水调蓄等类型。

3.3

水源涵养 water conservation

指生态系统（如林地、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，降低大风动能，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

洪水调蓄 flood regulation

指湖泊、沼泽等自然湿地生态系统通过暂时蓄积洪峰水量，而后缓慢泄出，削减并滞后洪峰，从而减轻河流水系洪水威胁的能力。

3.8

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、洪水调蓄和其他生态功能等。

3.9

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，利用货币价值量反映生态功能的总体状况，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。

3.10

生态功能价值综合指数 ecological function value integrate index

指反映生态保护红线生态功能状况的一系列价值指数的综合，利用生态功能综合价值量进行标准化获取价值综合指数数值，值域范围为 0~100。

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价值综合评价和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分辨率。

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、防风固沙和洪水调蓄等发挥主导作用的生态调节功能情况反映。按照较为常用、相对简易和可操作的原则，本标准针对生态保护红线的水源涵养、水土保持、防风固沙、生物多样性维护、洪水调蓄等生态功能，选取水量平衡方程、修正风蚀方程、物种分布模型等方法开展生态功能物质质量评价，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。生态功能价值量评价作为物质质量评价的延伸，评价模型及方法仅作为自选参考。

开展评价的县域可结合本地实际对评价模型和方法进一步优化和修正。有条件的县域可参考相关资料，增加固碳释氧、气候调节等其他生态功能评价。

6.3 生态功能评价

模型运算。以县域为基本单位，获取模型所需的相关参数，参数以能够体现县域范围内空间差异为基本条件，空间分辨率尽可能统一到 250 m×250 m 栅格单元或进一步细化。根据生态功能评价模型公式，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、防风固沙、生物多样性维护和洪水调蓄等单项生态功能进行评价，计算获得单项生态功能物质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所在区域的生态功能区划，归入相应的主导生态功能进行考虑。

县域生态功能价值综合评价。综合县域范围内生态保护红线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

县域生态功能价值综合指数计算。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标准化，获取生态保护红线生态功能价值综合指数，数值在 0~100 之间。

综合指数分级。将生态保护红线生态功能价值综合指数的数值按从高到低排列，根据县域生态保护红线生态功能总值的占比，将生态功能价值综合指数等级划分为优秀、良好、一般和较差四级，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价值综合指数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。

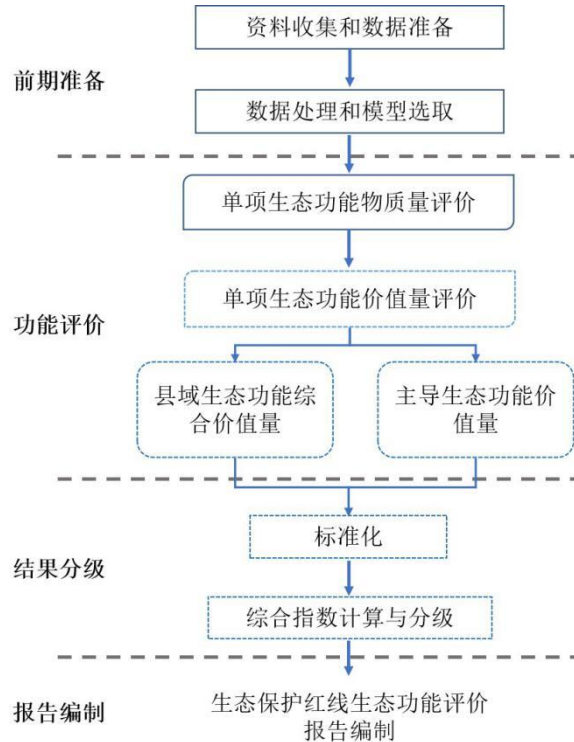


图 1 技术流程图

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 ——水源涵养量， m^3 ；

P_i ——多年平均降雨量，mm；
 R_i ——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， 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/ m^3 。

得到每个栅格单元（250 m×250 m）的水源涵养物质质量（ TQ ）和价值量（ V_W ）数值后，采用空间统计分析，分别计算县域生态保护红线的水源涵养物质总量和价值总量，以及水源涵养主导生态功能区的水源涵养物质质量和价值量。

7.2 水土保持功能

水土保持是生态系统通过其结构与过程减少水蚀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、地形等有关。

以水土保持量反映生态保护红线的水土保持功能状况，计算公式（3）：

$$A_c = R \times K \times L \times S \times B \times E \times T \quad (3)$$

式中：

A_c ——水土保持量， $\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ；
 R ——降水侵蚀力因子， $\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ ；
 K ——土壤可侵蚀性因子， $\text{t} \cdot \text{h} \cdot \text{MJ}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$ ；
 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，横坡耕作取值 0.5，顺坡耕作取值 1。

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/m²；

ρ ——土壤容重，t/m³；

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，通常取 24%；

P_2 ——水库工程清淤平均费用，元/m³。

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种类；

C_i ——土壤中氮、磷、钾及有机质的纯含量，%；

R_i ——氮、磷、钾、土壤有机质折算为相应肥料的比率；

P_{3i} ——相应肥料价格，元/t。

得到每个栅格单元（250 m×250 m）的水土保持物质量（ A_c ）和价值量（ V_S ）数值后，采用空间统计分析，分别计算县域生态保护红线的水土保持物质总量和价值总量，以及水土保持主导生态功能区的水土保持物质量和价值量。

7.3 防风固沙功能

防风固沙是生态系统通过其结构与过程减少风蚀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, $t/km^2 \cdot a$;
- $S_{L潜}$ ——潜在风力侵蚀量, $t/km^2 \cdot a$;
- S_L ——实际风力侵蚀量, $t/km^2 \cdot a$;
- Q_{MAX} ——最大转移量, kg/m ;
- Z ——最大风蚀出现距离, 通常取50 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 ;
- ρ ——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种类;
- C_i ——土壤中氮、磷、钾及有机质的纯含量, %;
- R_i ——氮、磷、钾、土壤有机质折算为相应肥料的比率;
- P_{3i} ——相应肥料价格, 元/ t 。

得到每个栅格单元 (250 m×250 m) 的防风固沙物质量 (SR) 和价值量 (V_F) 数值后, 采用空间统计分析, 分别计算县域生态保护红线的防风固沙物质总量和价值总量, 以及防风固沙主导生态功能区的防风固沙物质量和价值量。

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，生物多样性维护功能与珍稀濒危和特有动植物的分布丰富程度密切相关。

结合生态保护红线本底调查和监测所获取的重点生物物种数量及分布情况、环境资源数据信息等，选取国家一、二级保护物种和其他具有重要保护价值的关键物种（含旗舰物种）作为生物多样性维护功能的评估指标，建立关键物种分布数据库，根据关键物种分布点的环境信息和背景信息，应用物种分布模型（Species Distribution Models, SDMs）量化物种对环境的依赖关系，从而预测任何一点关键物种分布的概率或生境适宜度，利用空间插值法生成等值线，取值范围为 0~1 之间，获取生物多样性维护功能指数（ S_{bio} ）。

环境信息变量：常用的包括海拔、坡度、坡向等地形地貌指标；土地覆被类型、植被类型、土壤类型等地表类型指标；年均气温、年均降水量、年均气温变化范围、月最低气温、月最高气温、月降水量、干燥度、辐射强度等气候条件指标；植被净初级生产力、NDVI、土层厚度、土壤氮含量、土壤碳含量等生态指标；GDP、人口密度、道路密度、乡镇密度、河流密度等人文指标。

物种分布模型：常用的物种分布模型主要包括回归模型、分类树和混合大量简单模型的神经网络、随机森林等。其中逻辑斯蒂回归模型是广义线性模型的一种形式，最为简单、应用最广。机器学习类复杂模型（如随机森林、神经网络、Maxent 等）的预测精度较高，近年来应用较多。

也可结合县域实际，参考《生态保护红线划定指南》（环办生态〔2017〕48 号）的净初级生产力（NPP）定量指标评估法、《生态环境状况评价技术规范》（HJ192-2015）的生境质量指数评价法等，因地制宜选取不同的评价方法。

以生物多样性维护功能指数为基础，采用物种保护价值法计算生物多样性维护功能价值，首先，确定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及其保护价值，计算公式（18）；然后通过空间分析，将总的物种保育价值进行空间化处理，获取每个栅格单元的物种保育价值，计算公式（19）：

$$P = \sum_{i=1}^n (P_i \times A_i) \quad (18)$$

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

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，元/只；

A_i ——某一类物种的数量，只；

n ——区域内物种种类。

计算得到每个栅格单元（250 m×250 m）的生物多样性维护功能指数（ S_{bio} ）和价值量（ V_B ）数值后，采用空间统计分析，分别计算县域生态保护红线的生物多样性维护功能指数和价值总量，以及生物多样性维护主导生态功能区的生物多样性维护功能指数和价值量。

7.5 洪水调蓄功能

湖泊和沼泽湿地是洪水调蓄的主要生态系统类型，可以在时间和空间上把洪水进行再分配，过量的水分被储存在土壤中或以地表水的形式保存，从而减轻洪水对下游水系的威胁，减少洪水带来的损

失。

以洪水调蓄量反映生态保护红线的洪水调蓄功能，通过湖泊和沼泽湿地的洪水调蓄量总和来表征，计算公式（20）：

$$C_f = C_l + C_w \quad (20)$$

式中：

C_f ——县域生态保护红线洪水调蓄总量， m^3 ；

C_l ——生态保护红线内湖泊的洪水调蓄量， m^3 ；

C_w ——生态保护红线内沼泽湿地的洪水调蓄量， m^3 。

将湖泊、沼泽湿地的洪水调蓄量分配到对应的栅格（250 m×250 m）中去，得到每个栅格的洪水调蓄量（ C_{ij} ）。

采用替代工程法，以水库建设成本来评估洪水调蓄的价值量，计算公式（21）和（22）：

$$V_R = C_{ij} \times c \quad (21)$$

$$V_{RT} = C_f \times c \quad (22)$$

式中：

V_R ——每个栅格的洪水调蓄价值量，元；

V_{RT} ——县域生态保护红线洪水调蓄价值总量，元；

c ——建设单位库容的工程成本，元/ m^3 。

7.6 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（23）和（24）：

$$ECRV_{ij} = V_W + V_F + V_B + V_S + V_R \quad (23)$$

$$ECRV_{county} = \sum ECRV_{ij} \quad (24)$$

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；

7.7 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）的生态功能综合价值量数值进行标准化，获得生态保护红线生态功能价值综合指数，计算公式（25）：

$$Z_{ij} = \text{Int}\left(\frac{ECRV_{ij}}{ECRV_{max}} \times 100\right) \quad (25)$$

式中：

Z_{ij} ——生态保护红线生态功能价值综合指数，即生态保护红线范围内栅格 ij 的生态功能综合价值量标准化后的数值，值域范围为 0~100 之间的整数；

$ECRV_{max}$ ——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；

根据生态保护红线区域内 Z_{ij} 的数值按从高到低顺序排列，计算 Z_{ij} 的累计值。将累计值占县域 Z_{ij} 总值比例的 30%、50%与 80%所对应的栅格值，作为生态功能价值综合指数的分界点，对应区域分别为优秀、良好、一般和较差。具体分级见表 1。

表 1 生态保护红线生态功能价值综合指数分级

等级	优秀	良好	一般	较差
累积生态功能价值综合指数占县域生态保护红线生态功能价值综合指数总值的比例	≤30%	30%~50%	50%~80%	>80%

8 结果分析与报告编制

8.1 评价结果分析

根据评价结果，分析水源涵养、水土保持、防风固沙、生物多样性维护和洪水调蓄等单项生态功能的基本状况、主要空间差异，以及生态功能价值综合指数评价情况。

主导生态功能状况分析。以水源涵养量、水土保持量、防风固沙量、生物多样性维护功能指数和洪水调蓄量评价结果为依据，分析生态保护红线及不同生态功能区的主导生态功能空间差异，探究主要影响因素，提出相应的保护修复对策建议。同时，基于两期评价结果，可对比分析主导生态功能的变化及驱动因素。

生态功能综合状况分析。以县级行政区划为单位，掌握生态保护红线的生态功能价值综合指数以及空间差异状况，重点关注生态功能价值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

提供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的物质量、价值量以及生态功能价值综合指数，为掌握生态保护红线生态功能稳定性，开展保护成效评估、绩效考核评价、生态补偿标准测算和日常监管等提供参考依据。

8.3 报告编制

编制县域生态保护红线生态功能评价报告及相关图件，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。报告编写提纲见附录 B。

附录 A
(资料性附录)
模型参数及数据来源

一、生态功能物质质量评价参数

(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。获取区域所有气象站点的多年平均降水量数值，根据气象站点名称，将多年平均降水量数值与气象站点（点图层）分布矢量数据属性表相连接（Join）。通过空间分析功能，选择相应的插值方法得到降水量因子栅格数据。

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（A.1）：

$$R = P \times \alpha \quad (\text{A.1})$$

式中：

R ——地表径流量，mm；

P ——多年平均降雨量，mm，多年通常指近 10 年以上，下同；

α ——平均地表径流系数，结合各地实测数据确定，无实测数据的可参考表 A.1；

表 A.1 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

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，通过重采样转换为 250 m 空间分辨率，得到蒸散发因子栅格数据。

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，通过数据格式转换，转为 250 m 空间分辨率的栅格数据。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 (A.2)，第 k 个半月的降雨侵蚀力，计算公式 (A.3)：

$$R = \sum_{k=1}^{24} \bar{R}_{\text{半月}k} \quad (\text{A.2})$$

$$\bar{R}_{\text{半月}k} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^m (\alpha \cdot P_{i,j,k}^{1.7265}) \quad (\text{A.3})$$

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， mm ，可以根据全国范围内气象站点多年的逐日降雨量资料，通过空间插值获得；或者直接采用国家气象局的逐日降雨量数据产品；

α ——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 (A.4)：

$$K = (-0.01383 + 0.51575K_{\text{EPIC}}) \times 0.1317 \quad (\text{A.4})$$

修正前土壤可蚀性因子，计算公式 (A.5)：

$$\begin{aligned} K_{\text{EPIC}} = & \{0.2 + 0.3 \exp[-0.0256m_s(1 - m_{\text{silt}}/100)]\} \times [m_{\text{silt}} / (m_c + m_{\text{silt}})]^{0.3} \\ & \times \{1 - 0.25 \text{orgC} / [\text{orgC} + \exp(3.72 - 2.95 \text{orgC})]\} \\ & \times \{1 - 0.7(1 - m_s/100) / \{(1 - m_s/100) + \exp[-5.51 + 22.9(1 - m_s/100)]\}\} \end{aligned} \quad (\text{A.5})$$

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 mm）、粉粒（0.002 mm~0.05 mm）、砂粒（0.05 mm~2 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。

利用上述公式计算 K 值，然后以土壤类型数据为工作底图，将 K 值连接（Join）到底图数据属性表。利用矢量数据转换栅格数据工具，转换成空间分辨率为 250 m 的土壤可蚀性因子栅格数据。

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。选择高程数据集，利用空间分析的邻域统计功能，得到高程数据集的最大值和最小值，然后利用栅格计算器计算最大值和最小值的差值，获取地形起伏度，即地形因子栅格数据。

数据来源：高程数据

(8) 生物措施因子 B

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，计算公式（A.6）：

$$B = 1 - C \quad (\text{A.6})$$

式中：

B ——生物措施因子；

C ——植被覆盖因子。

水田、湿地、城镇和荒漠的植被覆盖因子基于 N-SPECT 模型参数分别赋值为 0、0、0.01 和 0.7，旱地的按植被覆盖度换算，计算公式（A.7）：

$$C_{旱} = 0.221 - 0.595 \log c_1 \quad (\text{A.7})$$

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 A.2 所示。

表 A.2 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

(9) 工程措施因子 E

参数解释：借助遥感解译，获取水土保持工程的空间分布，根据表 A.3 对不同工程措施进行赋值。若无相关资料，该因子取值 1。

表 A.3 水土保持工程措施因子赋值表

工程措施名称		含义描述	工程措施因子 E
梯田	土坎水平梯田	为防治水土流失，通过人工或推土机等建造的土坎水平梯田、石坎水平梯田、坡式梯田、隔坡梯田、窄梯田、软埝等。	0.084
	石坎水平梯田		0.121
	坡式梯田		0.414
	隔坡梯田		0.347
地埂		指在坡耕地上沿等高线培修的土埂，以截短坡长，调蓄径流。	0.347
水平阶（反坡梯田）		适用于 15~25° 的陡坡，阶面宽 1.0~1.5 m，具有 3~5° 反坡，也称反坡梯田。上下两阶间的水平距离，以设计的造林行距为准。要求在暴雨中各台水平阶间胁迫径流，在阶面上能全部或大部容纳入渗，以此确定阶面宽度、反坡坡度，调整阶间距离。	0.151
水平沟		适用于 15~25° 的陡坡。沟口上宽 0.6~1.0 m，沟底宽 0.3~0.5 m，沟深 0.4~0.6 m，沟由半挖半填作成，内侧挖出的生土用在外侧作埂。树苗植于沟底外侧。根据设计的造林行距和坡面暴雨径流情况，确定上下两沟的间距和沟的具体尺寸。	0.335
鱼鳞坑		坑平面呈半圆形，长径 0.8~1.5 m，短径 0.5~0.8 m；坑深 0.3~0.5 m，坑内取土在下沿作成弧状土埂，高 0.2~0.3 m（中部较高，两端较低）。各坑在坡面基本上沿等高线布设，上下两行坑口呈“品”字形错开排列。坑的两端，开挖宽深各约 0.2~0.3 m、倒“八”字形的截水沟。	0.249
大型果树坑		在土层极薄的土石山区或丘陵区种植果树时，需在坡面开挖大型果树坑，深 0.8~1.0 m，取出坑内石砾或生土，将附近表土填入坑内。	0.160

数据来源：遥感数据

(10) 气候因子 WF

气候因子 WF ，计算公式 (A.8)：

$$WF = Wf \times \frac{\rho}{g} \times SW \times SD \quad (A.8)$$

式中：

WF ——气候因子，kg/m；

Wf ——各月多年平均风力因子；计算区域所有气象站点的多年平均风力，根据气象站点名称，将各月多年平均风力因子数值与气象站点（点图层）分布矢量数据属性表相连接（Join）。通过空间分析功能，选择相应的空间插值方法得到各月多年平均风力因子栅格数据；

ρ ——空气密度，kg/m³；

g ——重力加速度，m/s²；

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

(11) 土壤可蚀因子 EF

土壤可蚀因子 EF , 计算公式 (A.9):

$$EF = \frac{29.09 + 0.31sa + 0.17si + 0.33(sa / cl) - 2.59OM - 0.95Caco_3}{100} \quad (A.9)$$

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

(12) 土壤结皮因子 SCF

土壤结皮因子 SCF , 计算公式 (A.10):

$$SCF = \frac{1}{1 + 0.0066(cl)^2 + 0.021(OM)^2} \quad (A.10)$$

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

(13) 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, 将植被分为林地、灌丛、草地、农田、裸地和荒漠六个类型, 根据不同的系数计算植被覆盖因子 C 值, 计算公式 (A.11):

$$C = e^{a_i(SC)} \quad (A.11)$$

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

(14) 地表糙度因子 K'

地表糙度因子 K' , 计算公式 (A.12):

$$K' = e^{(1.86K_r - 2.41K_r^{0.934} - 0.127Crr)} \quad (A.12)$$

土垄糙度 K , 计算公式 (A.13):

$$K_r = 0.2 \cdot \frac{(\Delta H)^2}{L} \quad (A.13)$$

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;

ΔH ——距离 L 范围内的海拔高程差, 通过计算数字高程 DEM 数据相邻单元格地形起伏差值获得。

数据来源：高程数据

(15) 多年平均气温因子 F_{tem}

参数解释：根据气象站点的气象数据集处理得到。获取区域所有气象站点的多年平均气温数值，根据气象站点名称，将多年平均气温数值与气象站点（点图层）分布矢量数据的属性表相连接（Join）。通过空间分析功能，选择相应的插值方法得到多年平均气温栅格数据。

数据来源：气象数据

(16) 湖泊的洪水调蓄量 C_l

湖泊的洪水调蓄量 C_l ，通常采用湖泊最高水位与起调水位之间的蓄水量之差反映，计算公式（A.14）：

$$C_l = C_{l-max} - C_{l-base} \quad (\text{A.14})$$

式中：

C_{l-max} ——湖泊最高水位蓄水量， m^3 ；

C_{l-base} ——湖泊起调水位蓄水量， m^3 。

如果当地湖泊的洪水调蓄量没有相关数据，可通过湖面面积估算，计算公式（A.15~A.19）：

东部平原湖区：

$$\ln(C_l \times 10^{-4}) = 1.128 \ln(A_l \times 10^{-6}) + 4.924 \quad (\text{A.15})$$

蒙新高原湖区：

$$\ln(C_l \times 10^{-4}) = 0.680 \ln(A_l \times 10^{-6}) + 5.653 \quad (\text{A.16})$$

云贵高原湖区：

$$\ln(C_l \times 10^{-4}) = 0.927 \ln(A_l \times 10^{-6}) + 4.904 \quad (\text{A.17})$$

青藏高原湖区：

$$\ln(C_l \times 10^{-4}) = 0.678 \ln(A_l \times 10^{-6}) + 6.636 \quad (\text{A.18})$$

东北平原与山区：

$$\ln(C_l \times 10^{-4}) = 0.866 \ln(A_l \times 10^{-6}) + 5.808 \quad (\text{A.19})$$

式中：

A_l ——湖面面积， m^2 。

数据来源：水利数据、遥感数据

(17) 沼泽湿地的洪水调蓄量 C_w

沼泽湿地的洪水调蓄量通过单位面积洪水调蓄量与沼泽湿地面积的乘积估算，计算公式（A.20）：

$$C_w = R_w \times A_w \quad (\text{A.20})$$

式中：

A_w ——沼泽湿地面积， m^2 。沼泽湿地包括乔木湿地、灌木湿地和草本湿地等；

R_w ——单位面积沼泽湿地的洪水调蓄量， m^3/m^2 。优先结合各地实测数据、涉及评估及邻

近区域的已有相关文献作为参考。无具体数值的，可参考《中国沼泽研究》的研究结果，即 $2.47 \text{ m}^3/\text{m}^2$ 。

数据来源：水利数据、遥感数据

二、生态功能价值量评价参数

生态功能价值量的评价参数主要以县域为单位，参考表 A.4，如无相关参数数据，可选取临近区域的数据作为参考。

表 A.4 生态功能价值量评价参数数据获取

生态功能	参数名称	单位	数据获取
水源涵养	建设单位水库库容的工程成本	元/ m^3	水利部门
水土保持	土地废弃的机会成本	元/ m^2	自然资源部门（可利用当地单位国土面积第一产业产值代替）
	化肥价格	元/t	全国化肥网/农业农村部门
	水库工程清淤平均费用	元/ m^3	水利部门
防风固沙	治沙工程的平均成本	元/ m^2	林草部门
生物多样性维护	物种种类及数量	只	生物多样性本底调查相关数据/ 林草部门、生态环境部门
	物种的保护价格	元/只	（1）林草部门； （2）参考市场价格、国家狩猎权拍卖参考价、狩猎价格等； （3）参考《野生动物及其制品价值评估方法》（国家林业局，2017年第46号令）
洪水调蓄	建设单位水库库容的工程成本	元/ m^3	水利部门

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 生态功能价值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