

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 43678—2024

## 生态系统评估 生态系统服务评估方法

Ecosystem assessment—Methodology for ecosystem services assessment

2024-03-15发布

2024-07-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会

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 评估内容和流程 ..... 1

5 评估指标体系 ..... 3

6 评估方法 ..... 4

附录 A（规范性） 生态系统调节服务评估方法 ..... 7

附录 B（规范性） 生态系统调节服务评估参数 ..... 18

附录 C（规范性） 生态系统支持服务评估方法 ..... 34

参考文献 ..... 36



# 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。

本文件由全国环境管理标准化技术委员会(SAC/TC 207)提出并归口。

本文件起草单位：中国科学院生态环境研究中心、中国标准化研究院、北京师范大学、中水珠江规划勘测设计有限公司、核工业湖州勘测规划设计研究院股份有限公司、铁汉生态建设有限公司、中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、中国科学院动物研究所。

本文件主要起草人：欧阳志云、肖焱、孔令桥、邹梓颖、徐秉声、郑华、徐卫华、张邈嘉、王效科、任玉芬、逯非、张路、韩宝龙、饶恩明、欧阳芳、张观石、侯姗、宋子健、赵磊、陈彬、王赛鸽、李翠、田树斌、汤金云、朱伟、史亚琪、薛瑁华。



# 生态系统评估

## 生态系统服务评估方法

### 1 范围

本文件描述了生态系统服务的评估内容和流程、评估指标体系和评估方法。  
本文件适用于行政区域及其他自然地理区域的森林、草地、湖泊等生态系统服务评估。

### 2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**生态系统服务** ecosystem services

人类从生态系统获得的惠益。

注：包含供给服务、调节服务、文化服务、支持服务四部分内容。

#### 3.2

**供给服务** provisioning services

生态系统为人类提供并被使用的物质惠益。

#### 3.3

**调节服务** regulating services

生态系统为维持或改善人类生存与生活环境提供的惠益。

#### 3.4

**文化服务** cultural services

生态系统为提高人类生活质量提供的非物质惠益。

#### 3.5

**支持服务** supporting services

生态系统为其他生态系统服务的产生提供支撑的生态系统功能。

### 4 评估内容和流程

#### 4.1 评估内容

生态系统服务评估内容为生态系统供给服务、调节服务、文化服务和支持服务的功能量。

#### 4.2 评估流程

生态系统服务的评估流程(见图1), 主要包括:

- 确定评估范围。根据评估目的, 确定生态系统服务评估的空间范围, 如森林、草地、湖泊、沼泽等生态系统, 或由不同生态系统类型组合而成的地域单元(如流域、生态地理区等), 或行政地

- 域单元(如国家、省、市、县、乡镇)。
- b) 确定评估内容与指标。基于评估区生态系统特点，确定生态系统服务评估内容与指标。
  - c) 确定方法。基于评估指标，选择评估方法，确定各项生态系统服务评估参数。
  - d) 数据收集。收集遥感数据、现场调查和监测数据、统计资料和基础地理信息数据等，提取评估区内生态系统空间分布图、生物量、植被覆盖度、净初级生产力(NPP) 等遥感反演生态参量数据、气候数据、土壤属性数据、污染物监测数据、物质产品产量数据、旅游数据、地形数据等，为生态系统服务评估提供数据基础。
  - e) 结果计算。运用所构建的生态系统服务评估指标和方法，评估各项生态系统服务，量化生态系统供给服务、调节服务、文化服务和支持服务的功能量。

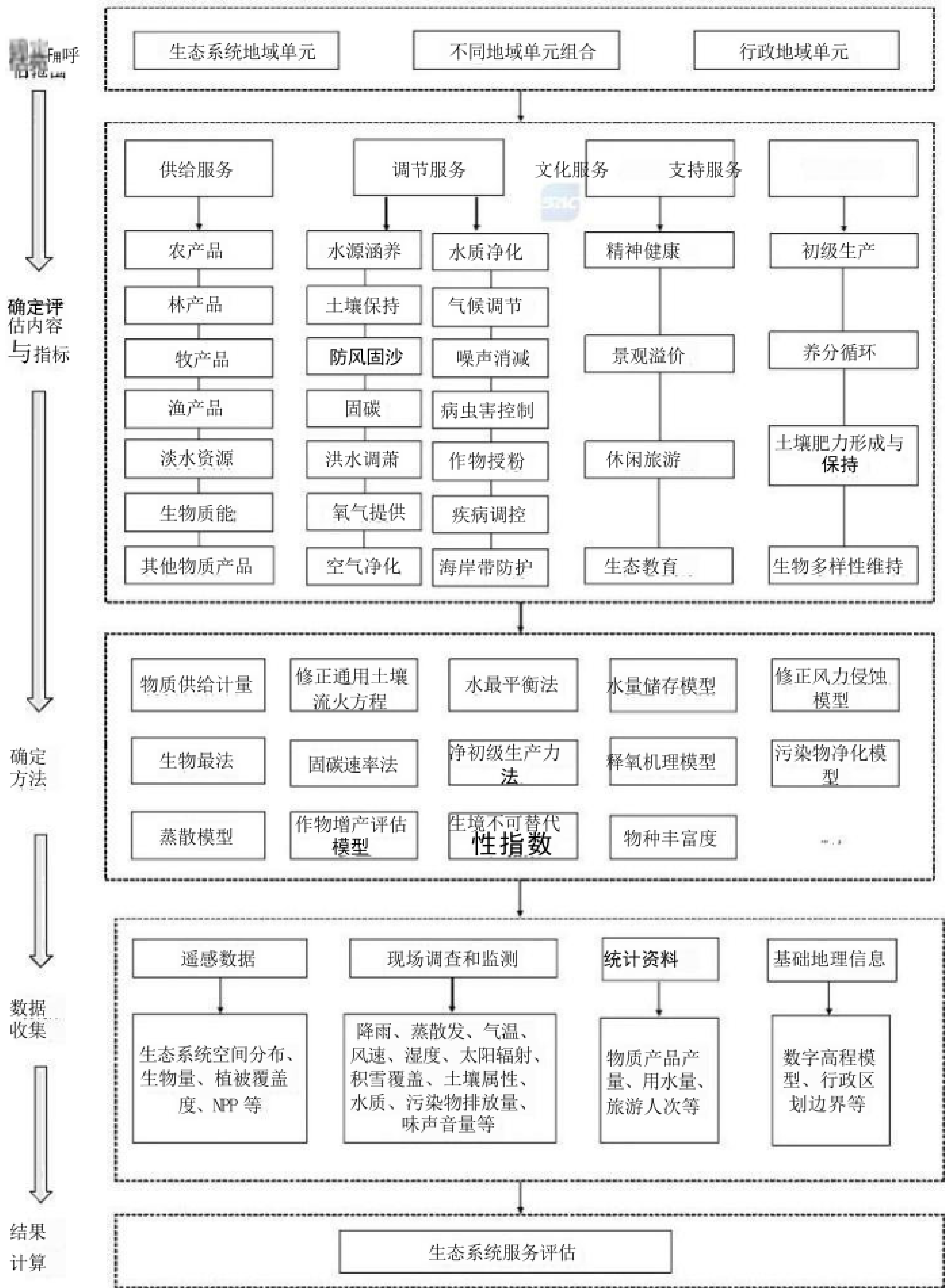


图 1 生态系统服务评估流程图

5 评估指标体系

从生态系统的供给服务、调节服务、文化服务以及支持服务四个大类构建生态系统服务评估指标体系(见表1)。供给服务包括农产品、林产品、牧产品、渔产品、淡水资源、生物质能和其他物质产品。调节服务包括水源涵养、土壤保持、防风固沙、固碳、洪水调蓄、氧气提供、空气净化、水质净化、气候调节、噪声消减、病虫害控制、作物授粉、疾病调控和海岸带防护。文化服务包括精神健康、景观溢价、休闲旅游和生态教育。支持服务包括初级生产、养分循环、土壤肥力形成与保持和生物多样性维持。

表 1 生态系统服务评估指标

类别	一级指标	二级指标	指标说明
供给服务	农产品	野生农产品	从自然生态系统中获得的野生初级农产品，如药材、蔬菜、水果等
		集约化种植农产品	从集约化种植的生态系统中收获的初级农产品，如稻谷、玉米、豆类、油料、棉花、糖料作物、烟叶、茶叶、药材、蔬菜、水果等
	林产品	野生林产品	从自然生态系统中获得的林木产品、林产品以及与森林资源相关的初级产品，如木材、竹材、松脂、生漆、油桐籽等
		集约化种植林产品	从集约化管理的生态系统中获得的林木产品、林产品以及与森林资源相关的初级产品，如木材、竹材、松脂、生漆、油桐籽等
	牧产品	放养牧产品	利用放牧获得的牧产品，如牛、羊、奶类、野生禽蛋、蜂蜜等
	渔产品	野生渔产品	在陆域自然水体中通过捕捞获取的水产品，如鱼类、贝类、其他水生动物等
		集约化养殖渔产品	在人工管理的水生态系统中养殖生产的水产品，如鱼类、贝类、其他水生动物等
	淡水资源	淡水资源量	生态系统对人类淡水供应产生综合贡献的资源
	生物质能	生物质能量	来自生态系统的秸秆、薪柴等
	其他物质产品	野生其他物质产品	从自然生态系统中获得的一些其他装饰产品和花卉、苗木、种子等
		集约化养殖其他物质产品	从集约化管理的生态系统中获得的一些其他装饰产品和花卉、苗木、种子等
调节服务	水源涵养	水源涵养量	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
	土壤保持	土壤保持量	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，减少土壤流失的功能
	防风固沙	防风固沙量	生态系统通过植被增加土壤抗风能力，降低风力侵蚀和风沙危害的功能
	固碳	固碳量	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浓度的功能
	洪水调蓄	洪水调蓄量	生态系统通过调节暴雨径流、削减洪峰、减轻洪水危害的功能
	氧气提供	氧气提供量	生态系统通过光合作用释放出氧气，维持大气氧气浓度稳定的功能



表 1 生态系统服务评估指标（续）

类别	一级指标	二级指标	指标说明
调节服务	空气净化	空气净化量	生态系统吸收、阻滤大气中的污染物，如SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 、粉尘等，降低空气污染物浓度，改善空气环境的功能
	水质净化	水质净化量	生态系统通过物理和生化过程对水体污染物吸附、降解以及生物吸收等方式，降低水体污染物浓度，净化水环境的功能
	气候调节	局部气候调节量	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
	噪声消减	噪声消减量	森林、灌丛等生态系统通过植物反射和吸收声波能量，消减噪声的功能
	病虫害控制	病虫害减少发生率	生态系统通过提高物种多样性水平增加天敌而降低病虫害危害的功能
	作物授粉	作物增产量	通过昆虫的授粉服务，提高作物的坐果率、结实率和结籽率，增加产量、改善品质
	疾病调控	传染疾病发生减少率	生态系统通过自身变化改变人类病原体及带菌媒介的多度，影响人类传染性疾病的发病率的功能
	海岸带防护	海岸带防护长度	生态系统减低海浪、风暴潮，避免或减小海堤或海岸侵蚀的功能
文化服务	精神健康	精神改善者数量	生态系统对人类大脑结构与认知产生影响，从而改善人类精神健康的功能
	景观溢价	景观受益面积	生态系统为人类提供美学体验、精神愉悦，从而提高周边土地、房产价值的功能
	休闲旅游	旅游人次	生态系统的美学景观及与其共生的人文景观为人类提供休闲娱乐的功能
	生态教育	受生态教育人次	生态系统为教育提供基本素材的功能
支持服务	初级生产	净初级生产力	生态系统年有机质产量
	养分循环	养分年周转量	营养元素通过生态系统进行循环，并在生态系统的不同组分中维持着不同的含量
	土壤肥力形成与保持	土壤养分保持量	生态系统对土壤肥力形成与保持的贡献
	生物多样性维持	生物多样性保护重要性	生态系统为野生动植物提供栖息地，以维持物种多样性水平的功能

6 评估方法

6.1 供给服务

供给服务评估量见表2。供给服务评估方法见公式(1)。

$$Y_r = \sum_i Y_{ri}$$

..... (1)

式中：  
Y<sub>0</sub> —— 物质产品总产量，单位为吨每年(t/a)；  
Y<sub>i</sub>——i 类产品的产量，单位为吨每年(t/a)。

表 2 供给服务评估方法

评估指标	评估方法
农产品量	统计调查
林产品量	统计调查
牧产品量	统计调查
渔产品量	统计调查
淡水资源量	统计调查
生物质获取量	统计调查
其他物质产品量	统计调查

6.2 调节服务

调节服务评估量及评估方法见表3。具体评估方法及参数应符合附录A 和附录B 的规定。

表 3 调节服务评估方法

评估指标	评估方法
水源涵养量	水量平衡法 (A. 1、B. 1)
土壤保持量	修正通用土壤流失方程 (A. 2、B. 2)
洪水调蓄量	水量储存模型 (A. 3、B. 3)
防风固沙量	修正风力侵蚀模型 (A. 4、B. 4)
固碳量	固碳机理模型 (A. 5、B. 5)
氧气提供量	释氧机理模型 (A. 6)
空气净化量	污染物净化模型 (A. 7、B. 6)
水质净化量	污染物净化模型 (A. 8、B. 7)
局部气候调节量	蒸散模型 (A. 9、B. 8)
噪声消减量	噪声消减模型 (A. 10)
病虫害减少发生率	统计调查 (A. 11)
作物增产量	作物增产评估模型 (A. 12、B. 9)
传染疾病发生减少率	统计调查 (A. 13)
海岸带防护长度	统计调查 (A. 14)

6.3 文化服务

文化服务评估量及评估方法见表4。

表4 文化服务评估方法

评估指标	评估方法
精神改善者数量	调查统计评估区域内受到生态系统影响、精神健康得到改善的受益者数量(精神疾病患者人数总变化，包括门诊人数变化、住院人数变化和死亡人数变化)
景观受益面积	调查统计受生态系统自然景观影响、产生溢价的土地与房产面积
旅游人次	调查统计评估区域生态系统美学景观及与其共生的人文景观的旅游总人次
受生态教育人次	调查统计评估区域内接受生态教育的总人次

6.4 支持服务

支持服务评估量及评估方法见表5。具体评估方法及参数应符合附录C 的规定。

表5 支持服务评估方法

评估指标	评估方法
净初级生产力	基于光能利用率模型计算(C. 1)
养分年周转量	基于生态系统生物量与生产力估算(C. 2)
土壤养分保持量	基于土壤保持量计算(C. 3)
生物多样性保护重要性	调查统计、机理模型(C. 4)

附 录 A  
(规范性)  
生态系统调节服务评估方法

A.1 水源涵养

计算方法见公式(A.1):

$$Q_{sr} = \sum_{i=1}^n A_i \times (P_i - R_i - ET_i) \times 10^3 \dots\dots\dots(A.1)$$

式中：  
Q<sub>sr</sub>—— 生态系统水源涵养量，单位为立方米每年(m<sup>3</sup>/a)；  
n —— 生态系统类型数量；  
i —— 生态系统类型，i=1,2,3...n；  
A<sub>i</sub>—— 第 i 类生态系统面积，单位为平方千米(km<sup>2</sup>)；  
P<sub>i</sub>—— 降雨量，单位为毫米每年(mm/a)；  
R<sub>i</sub>—— 地表径流量，单位为毫米每年(mm/a)， 具体计算方法与参数见 B.1；  
ET<sub>i</sub>—— 蒸散发量，单位为毫米每年(mm/a)， 指水文循环中自降水到达地面后由液态或固态转化为水汽返回大气的过程，包括水面、土壤、冰雪的蒸发和植物的散发。

A.2 土壤保持

计算方法见公式(A.2):

$$Q_s = \sum_{i=1}^n [R_i \times K_i \times L_i \times S_i \times (1 - C_{veg}) \times A_i \times 10^2] \dots\dots\dots(A.2)$$

式中：  
Q<sub>s</sub> —— 生态系统土壤保持量，单位为吨每年(t/a)；  
n —— 评估单元数量；  
i —— 评估单元，i=1, 2, 3...n；  
R<sub>i</sub> —— 评估单元i 的降雨侵蚀力因子，单位为兆焦耳毫米每公顷小时年[MJ·mm/(hm<sup>2</sup>·h·a)]， 指降雨引发土壤侵蚀的潜在能力，用多年平均年降雨侵蚀力指数表示；  
K<sub>i</sub> —— 评估单元i 的土壤可蚀性因子，指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，通常用标准样方上单位降雨侵蚀力所引起的土壤流失量表示，单位为吨公顷小时每公顷兆焦耳毫米[t·hm<sup>2</sup>·h/(hm<sup>2</sup>·MJ·mm)]；  
L<sub>i</sub> —— 评估单元i 的坡长因子，反映坡长对土壤侵蚀的影响；  
S<sub>i</sub> —— 评估单元i 的坡度因子，反映坡度对土壤侵蚀的影响；  
C<sub>i</sub>—— 评估单元i 的植被覆盖因子，反映生态系统对土壤侵蚀的影响，大小取决于生态系统类型和植被覆盖度的综合作用；  
A<sub>i</sub> —— 评估单元i 的面积，单位为平方千米(km<sup>2</sup>)。

以上参数的具体计算方法见 B. 2。

A.3 洪水调蓄

A.3.1 洪水调蓄内容

洪水调蓄包含植被调蓄水量、湖泊调蓄水量、水库洪水调蓄量、沼泽洪水调蓄量。

A.3.2 植被调蓄水量

计算方法见公式(A.3):

$$C_w = \sum_{i=1}^n (P_i - R_i) \times S_i \times 10^6 \quad \dots\dots\dots(A.3)$$

式中:

- C<sub>w</sub>——植被洪水调蓄量, 单位为立方米每年(m<sup>3</sup>/a);
- n ——自然植被生态系统类型数量;
- i ——自然植被生态系统类型, i=1, 2…n;
- P<sub>i</sub> ——暴雨降雨量, 单位为毫米每年(mm/a);
- R<sub>i</sub> ——第 i 种自然植被生态系统的暴雨径流量, 单位为毫米每年(mm/a);
- S<sub>w</sub>——第 i 种自然植被生态系统的面积, 单位为平方千米(km<sup>2</sup>)。

具体参数见表 B.3 和表 B.4。

A.3.3 湖泊调蓄水量

A.3.3.1 湖泊调蓄水量方法一

计算方法见公式(A.4):

$$C_k = \int_{t_1}^{t_2} (Q_1 - Q_o) dt (Q_1 > Q_o) \quad \dots\dots\dots(A.4)$$

式中:

- C——湖泊(t<sub>1</sub> -t<sub>2</sub>) 时间段内洪水调蓄量, 单位为立方米每年(m<sup>3</sup>/a);
- t<sub>2</sub>——评估期末尾时间点, 单位为秒(s);
- t<sub>1</sub> ——评估期初始时间点, 单位为秒(s);
- Q<sub>1</sub> ——入湖流量, 单位为立方米每秒(m<sup>3</sup>/s);
- Q<sub>o</sub>——出湖流量, 单位为立方米每秒(m<sup>3</sup>/s)。

A.3.3.2 湖泊调蓄水量方法二

计算方法见公式(A.5):

$$C_1 = e^{a_1} \times A^2 \times h_1 \times 10^6 \quad \dots\dots\dots(A.5)$$

式中:

- C ——湖泊洪水调蓄量, 单位为立方米每年(m<sup>3</sup>/a);
- A ——湖泊面积, 单位为平方千米(km<sup>2</sup>);
- h<sub>1</sub> ——换水次数, 具体参数见表 B.6;
- a<sub>1</sub>、a<sub>2</sub>——经验参数, 具体数值见表 B.6。

A.3.4 水库洪水调蓄量

A.3.4.1 水库洪水调蓄量方法一

计算方法见公式(A.6):

$$C_{rm}=a_3 \times C;$$

.....(A.6 )

式中:  
C<sub>rm</sub>——水库防洪库容, 单位为立方米每年(m³/a);  
C,—— 水库总库容, 单位为立方米(m³);  
a<sub>3</sub>—— 库容转换为防洪库容的系数, 具体参数见表 B.7。

A.3.4.2 水库洪水调蓄量方法二

计算方法见公式(A.7):

$$C=C_i-C_o$$

.....(A.7 )

式中:  
C—— 水库防洪库容, 单位为立方米每年(m³/a);  
C<sub>i</sub>—— 洪水期水库进水总量, 单位为立方米每年(m³/a);  
C<sub>o</sub>——洪水期水库出水总量, 单位为立方米每年(m³/a)。

A.3.5 沼泽洪水调蓄量

计算方法见公式(A.8):

$$C_m=C_w+C,$$

.....(A.8)

式中:  
C<sub>m</sub>——沼泽洪水调蓄量, 单位为立方米每年(m³/a);  
C<sub>w</sub>——沼泽土壤蓄水量, 单位为立方米每年(m³/a);  
C、——沼泽地表滞水量, 单位为立方米每年(m³/a)。  
沼泽土壤蓄水量的计算方法见公式(A.9):

$$C=S \times h \times p \times (F-E) \times 10^9 / \rho_w$$

.....(A.9)

式中:  
S—— 沼泽总面积, 单位为平方千米(km²);  
h —— 沼泽湿地土壤蓄水深度, 单位为米每年(m/a);  
p—— 沼泽湿地土壤容重, 单位为吨每立方米(t/m²);  
F ——沼泽湿地土壤饱和含水率, 无量纲;  
E ——沼泽湿地洪水淹没前的自然含水率, 无量纲;  
ρ—— 水的密度, 单位为吨每立方米(t/m³)。  
各省(自治区、直辖市)汛期前后沼泽土壤含水率差值参数见表 B.8。  
沼泽地表蓄水量的计算方法见公式(A.10):

$$C.=S \times H \times 10^6$$

.....(A.10 )

式中:  
H—— 沼泽湿地地表滞水高度, 单位为米每年(m/a)。

A.4 防风固沙

计算方法见公式(A.11):

$$Q_d = \sum_{i=1}^n [0.169\ 9 \times (WF_i \times EF_i \times SCF_i \times K_i)^{1.371\ 1} \times (1 - C_{\text{veg}}^{1.371\ 1}) \times A_i] \dots\dots\dots(\text{A.11})$$

式中：  
Q —— 生态系统防风固沙量，单位为吨每年(t/a)；  
n —— 评估单元数量；  
i —— 评估单元，i=1,2,3...n；  
WF<sub>i</sub>—— 评估单元i 的气象因子，指风速、温度及降雨等各类气象因子对风蚀的综合影响，单位为千克每米(kg/m)；  
EF<sub>i</sub>—— 评估单元i 的土壤可蚀因子，指一定土壤理化条件下土壤受风蚀影响的大小；  
SCF—— 评估单元i 的土壤结皮因子，指一定土壤理化条件下土壤结皮抵抗风蚀能力的大小；  
K<sub>i</sub> —— 评估单元i 的地表糙度因子，指地形引起的地表粗糙程度对风蚀的影响；  
C<sub>i</sub> —— 评估单元i 的植被覆盖因子；  
A<sub>i</sub> —— 评估单元i 的面积，单位为平方千米(km<sup>2</sup>)。  
各参数详细计算方法见B.4。

A.5 固碳

A.5.1 固碳量计算方法

固碳量的计算方法主要有三种，根据数据可得性，优先选择生物量法，其次选择固碳速率法，最后选择净生态系统生产力法。

A.5.2 生物量法

生物量法计算方法见公式(A.12):

$$Q_{\text{co}_2} = \sum_{i=1}^n M_{\text{co}_2} / M_C \times A_i \times C_{C_i} \times (VB_{i,t} - VB_{i,t-1}) \times (1 + \beta_i) \dots\dots\dots(\text{A.12} )$$

式中：  
Q<sub>co<sub>2</sub></sub> —— 生态系统固碳量(以二氧化碳计)，单位为吨每年(t/a)；  
n —— 生态系统类型数量；  
i —— 生态系统类型，i=1,2,3...n；  
M<sub>co<sub>2</sub></sub> /M<sub>C</sub>--C —— 转化为CO<sub>2</sub> 的系数，取值为44/12；  
A<sub>i</sub> —— 第 i 类生态系统面积，单位为公顷(hm<sup>2</sup>)；  
C<sub>C<sub>i</sub></sub> —— 第 i 类生态系统生物量-碳转换系数；  
VB —— 第 i 类生态系统第t 年的生物量，单位为吨每公顷(t/hm<sup>2</sup>)，生物量指某一时刻单位面积内实存生活的有机物质(干重，包括生物体内所存食物的质量)总量，可通过生物量因子法、遥感解译和根冠比结合等方式确定；  
VB- —— 第 i 类生态系统第(t-1) 年的生物量，单位为吨每公顷(t/hm<sup>2</sup>)；  
β —— 第i 类生态系统土壤和植被固碳比。

A.5.3 固碳速率法

A.5.3.1 固碳速率法

计算方法见公式(A.13):

$$Q_{CO_2} = M_{CO_2} / M_c \times (FCS + GSCS + WCS + CCS)$$

.....(A.13 )

式中:

- $Q_{CO_2}$ —— 生态系统固碳量(以二氧化碳计), 单位为吨每年(t/a);
- $FCS$  —— 森林(及灌丛)固碳量(以碳计), 单位为吨每年(t/a);
- $GSCS$  —— 草地固碳量(以碳计), 单位为吨每年(t/a);
- $WCS$  —— 湿地固碳量(以碳计), 单位为吨每年(t/a);
- $CCS$  —— 农田固碳量(以碳计), 单位为吨每年(t/a)。

A.5.3.2 森林(及灌丛)固碳量

森林(及灌丛)固碳量  $FCS$  计算方法见公式(A.14):

$$FCS = (FVCSR + FSCSR) \times SF$$

.....(A.14 )

式中:

- $FVCSR$  —— 森林及灌丛生态系统植被固碳速率(以碳计), 单位为吨每公顷年[t/(hm<sup>2</sup>·a)];
- $FSCSR$  —— 森林及灌丛生态系统土壤固碳速率(以碳计), 单位为吨每公顷年[t/(hm<sup>2</sup>·a)];
- $SF$  —— 森林及灌丛生态系统面积, 单位为公顷(hm<sup>2</sup>)。

具体参数见表 B.9。

A.5.3.3 草地固碳量

草地固碳量  $GCS$  计算方法见公式(A.15):

$$GCS = (GVCSR + GSCSR) \times SG$$

.....(A.15)

式中:

- $GVCSR$  —— 草地生态系统植被固碳速率(以碳计), 单位为吨每公顷年[t/(hm<sup>2</sup>·a)];
- $GSCSR$  —— 草地生态系统土壤固碳速率(以碳计), 单位为吨每公顷年[t/(hm<sup>2</sup>·a)];
- $SG$  —— 草地生态系统面积, 单位为公顷(hm<sup>2</sup>)。

由于草地植被每年都会枯落, 其固定的碳又返还回大气或进入土壤中, 因此草地土壤固碳是草地生态系统固碳的主体部分。当草地植被固碳速率数据无法获取时, 可考虑将草地的土壤固碳量作为草地生态系统固碳量。

具体参数见表 B.10。

A.5.3.4 湿地固碳量

湿地固碳量  $WCS$  计算方法见公式(A.16):

$$WCS = \sum_{i=1}^n SCSR_i \times SW_i \times 10^{-1}$$

.....(A.16 )

式中:

- $n$  —— 湿地生态系统类型数量;
- $i$  —— 湿地生态系统类型,  $i=1,2,3...n$ ;



SCSR——第*i*类湿地生态系统的固碳速率,单位为克碳每平方米年 $[g \cdot C/(m^2 \cdot a)]$ ;  
SW;——第*i*类湿地生态系统面积,单位为公顷( $hm^2$ )。

具体参数见表 B.11。

A.5.3.5 农田固碳量

A.5.3.5.1 农田固碳量计算方法

农田土壤固碳量 CCS 计算方法见公式(A.17):

$$CCS=BSS \times SC+SCSR_{\text{、}} \times SC_x+SCSR_s \times SC_s \quad \dots\dots\dots(A.17 \quad )$$

式中:

- BSS —— 无固碳措施条件下的农田固碳速率(以碳计),单位为吨每公顷年 $[t/(hm^2 \cdot a)]$ ;  
SC —— 无固碳措施的农田面积,单位为公顷( $hm^2$ );  
SCSR<sub>、</sub> —— 施用化学氮肥和复合肥的农田固碳速率(以碳计),单位为吨每公顷年 $[t/(hm^2 \cdot a)]$ ;  
SC<sub>、</sub> —— 施用化学氮肥和复合肥的农田面积,单位为公顷( $hm^2$ );  
SCSR<sub>s</sub>—— 秸秆全部还田的农田固碳速率(以碳计),单位为吨每公顷年 $[t/(hm^2 \cdot a)]$ ;  
SC<sub>s</sub> —— 秸秆全部还田的农田面积,单位为公顷( $hm^2$ )。

A.5.3.5.2 无固碳措施条件下的农田固碳速率

无固碳措施条件下的农田固碳速率 BSS 计算方法见公式(A.18):

$$BSS=NSC \times BD \times H \times 0.1 \quad \dots\dots\dots(A.18)$$

式中:

- NSC—— 无化学肥料和有机肥料施用的情况下,农田土壤有机碳的变化(以碳计),单位为克每千克年 $[g/(kg \cdot a)]$ ;  
BD —— 土壤容重,单位为克每立方厘米( $g/cm^3$ );  
H —— 土壤厚度(农田耕作层厚度),单位为厘米(cm)。

A.5.3.5.3 施用化学氮肥、复合肥的农田固碳速率

施用化学氮肥、复合肥的农田固碳速率 SCSR<sub>、</sub> 计算方法见公式(A.19):

$$SCSR_x=a_1 \times TNF+a_s \quad \dots\dots\dots(A.19 \quad )$$

式中:

- TNF —— 单位面积耕地化学氮肥、复合肥总施用量(以氮计),单位为吨每公顷年 $[t/(hm^2 \cdot a)]$ ;  
 $a_4$ 、 $a_s$  —— 经验参数,具体参数见表 B.12。

单位面积耕地化学氮肥、复合肥总施用量 TNF 计算方法见公式(A.20)。

$$TNF=(NF+CF \times 0.3)/Sp \quad \dots\dots\dots(A.20 \quad )$$

式中:

- NF —— 化学氮肥施用量,单位为吨每年(t/a);  
CF —— 复合肥施用量,单位为吨每年(t/a);  
Sp —— 耕地面积,单位为公顷( $hm^2$ )。

A.5.3.5.4 秸秆还田的农田固碳速率

秸秆还田的农田固碳速率 SCSR<sub>s</sub> 计算方法见公式(A.21):

$$SCSRs=as\times S+a; \dots\dots\dots(A.21)$$

式中：  
S —— 单位耕地面积秸秆还田量，单位为吨每公顷年[t/(hm<sup>2</sup>·a)];  
as、a<sub>7</sub> —— 经验参数，具体参数见表 B.12。  
单位耕地面积秸秆还田量S 的计算方法见公式(A.22):

$$S = \sum_{j=1}^n CY_j \times SGR_j / S_p \dots\dots\dots(A.22)$$

式中：  
n —— 作物类别数量；  
j —— 作物类别，j=1,2,3...n;  
CY, —— 作物j 在当年的产量，单位为吨每年(t/a)；  
SGR, —— 作物j 的草谷比，具体参数见表 B. 13；  
Sp —— 耕地面积，单位为公顷(hm<sup>2</sup>)。

A.5.4 净生态系统生产力法

A. 5. 4. 1 净生态系统生产力计算方法

森林、草地和湿地固碳计算方法见公式(A.23):

$$Q_{co_2} =M_{co_2}/M\times NEP \dots\dots\dots(A.23 )$$

式中：  
Q<sub>o<sub>2</sub></sub> —— 生态系统固碳量(以二氧化碳计)，单位为吨每年(t/a);  
NEP—— 净生态系统生产力(以碳计)，单位为吨每年(t/a)。  
M<sub>co<sub>2</sub></sub>/M 同式(A.12)。

A.5.4.2 NEP 计算方法一

计算方法见公式(A.24)。

$$NEP=NPP-RS \dots\dots\dots(A.24 )$$

式中：  
NEP—— 净生态系统生产力(以碳计)，单位为吨每年(t/a);  
NPP—— 净初级生产力(以碳计)，指绿色植物在单位时间单位面积内积累的有机物质的总量，是由光合作用所产生的有机质总量中扣除植物用于维持性呼吸和生长性呼吸消耗后的剩余部分，单位为吨每年(t/a);  
RS —— 土壤异氧呼吸消耗碳量(以碳计)，指土壤释放二氧化碳的过程，包括三个生物学过程(土壤微生物呼吸、根系呼吸、土壤动物呼吸)和一个非生物学过程(含碳矿物质的化学氧化作用)，单位为吨每年(t/a)。

A. 5. 4. 3 NEP 计算方法二

计算方法见公式(A.25):

$$NEP=\alpha\times NPP \dots\dots\dots(A.25 )$$

式中：  
NEP—— 净生态系统生产力(以碳计)，单位为吨每年(t/a)；  
a ——NEP 和 NPP 的转换系数，具体参数见表 B.14;

NPP—— 净初级生产力(以碳计), 单位为吨每年(t/a)。

A.6 氧气提供

计算方法见公式(A.26):

$$Q_m = M_{O_2} / M_{CO_2} \times Q_{CO_2} \dots\dots\dots(A.26)$$

式中:

- Q —— 生态系统释氧量(以氧气计), 单位为吨每年(t/a);
- $M_{O_2} / M_{CO_2}$  —— 取值为32/44, 二氧化碳转化为氧气的系数;
- $Q_{CO_2}$  —— 生态系统固碳量(以二氧化碳计), 单位为吨每年(t/a)。

A.7 空气净化

A.7.1 大气污染物排放量

如果污染物浓度未超过环境空气功能区质量标准, 则选用各类大气污染物排放量估算, 计算方法见公式(A.27):

$$Q_p = \sum_{i=1}^n Q_i \dots\dots\dots(A.27)$$

式中:

- $Q_p$ —— 生态系统空气净化量, 单位为吨每年(t/a);
- n —— 大气污染物类别数量;
- i —— 大气污染物类别,  $i=1, 2, 3 \dots n$ ;
- $Q_i$  —— 第i类大气污染物排放量, 单位为吨每年(t/a)。

A.7.2 空气净化能力

如果污染物浓度超过环境空气功能区质量标准, 则选用生态系统空气净化能力估算, 计算方法见公式(A.28):

$$Q_p = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{vj} \times A_j \dots\dots\dots(A.28)$$

式中:

- $Q_m$ ——生态系统空气净化量, 单位为吨每年(t/a);
  - n —— 大气污染物类别数量;
  - i —— 大气污染物类别,  $i=1, 2, 3 \dots n$ ;
  - m —— 生态系统类型数量;
  - j —— 生态系统类型,  $j=1, 2, 3 \dots m$ ;
  - $Q_{vj}$ —— 第j类生态系统对第i类大气污染物的单位面积净化量, 单位为吨每平方千米年[t/( $km^2 \cdot a$ )];
  - $A_j$ —— 第j类生态系统面积, 单位为平方千米( $km^2$ )。
- 各参数详细计算方法见 B.6。

A.8 水质净化

A.8.1 生态系统水体净化能力法

如果污染物浓度超过地表水水域环境功能标准限值, 则选用生态系统水体净化能力估算, 计算方法

见公式(A.29):

$$Q_{\text{净}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m P_{ij} \times A_j$$

.....(A.29 )

式中:

Q<sub>p</sub>—— 水体污染物净化量, 单位为吨每年(t/a);

n —— 水体污染物类别数量;

i —— 水体污染物类别, i=1,2,3...n;

m —— 生态系统类型数量;

j —— 生态系统类型, j=1, 2, 3...m;

P,<sub>——</sub> 第j 类生态系统对第 i 类水体污染物的单位面积净化量, 单位为吨每平方千米年[t/(km<sup>2</sup>·a)];

A,<sub>——</sub> 第 j 类生态系统面积, 单位为平方千米(km<sup>2</sup>)。

各参数详细计算方法见B.7。

A.8.2 水体污染物排放量法

如果污染物浓度未超过地表水水域环境功能标准限值, 则根据质量平衡模型, 选用水体污染物排放量估算, 计算方法见公式(A.30):

$$Q_{\text{净}} = \sum_{i=1}^n (Q_{\text{入}} + Q_{\text{出}}) - (Q_{\text{生}} + Q_{\text{污}})$$

.....(A.30 )

式中:

Q<sub>p</sub>—— 水体污染物净化量, 单位为吨每年(t/a);

n —— 水体污染物类别数量;

i —— 水体污染物类别, i=1, 2, 3...n;

Q<sub>——</sub> 第 i 类污染物入境量, 单位为吨每年(t/a);

Q<sub>——</sub> 区域内第 i 类污染物(包括农村生活、城市生活、农业面源污染、养殖污染以及工业生产等)排放量, 单位为吨每年(t/a);

Q<sub>a</sub>—— 第 i 类污染物出境量, 单位为吨每年(t/a);

Q<sub>——</sub> 污水处理厂处理第 i 类污染物的量, 单位为吨每年(t/a)。

A. 9 局部气候调节

A. 9. 1 局部气候调节计算方法

优先选择实际测量的方法, 其次根据数据可得性, 选取生态系统的总蒸散量方法。

A. 9. 2 实际测量法

计算方法见公式(A.31):

$$Q = \sum_{i=1}^n \Delta T_i \times \rho_c \times V$$

.....(A.31 )

式中:

Q —— 生态系统吸收的大气热量, 单位为焦耳每年(J/a);

n —— 开放空调降温的总天数;

△T;<sub>——</sub> 开放空调降温的第 i 天生态系统内外实测温差, 单位为摄氏度(℃);

- pe —— 空气的比热容，单位为焦耳每立方米摄氏度[J/(m<sup>3</sup>·℃)];  
V —— 生态系统内空气的体积，单位为立方米(m<sup>3</sup>)。

A.9.3 生态系统的总蒸散量法

计算方法见公式(A.32)～ 公式(A.34):

$$E=E+E_w \dots\dots\dots(A.32)$$

$$E_p=\sum_i EPP_i \times S_i \times D \times 10^6 / (3\,600 \times r) \dots\dots\dots(A.33)$$

$$E=E_w \times p \times q \times 10^3 / (3600 \times r) + E_{wh} \times y \dots\dots\dots(A.34)$$

式中:

- E —— 生态系统蒸腾蒸发消耗的总能量，单位为千瓦小时每年(kW·h/a)；  
Em —— 生态系统植被蒸腾消耗的能量，单位为千瓦小时每年(kW·h/a)；  
Ew —— 生态系统水面蒸发消耗的能量，单位为千瓦小时每年(kW·h/a)；  
n —— 生态系统类型数量；  
i —— 生态系统类型，i=1,2,3...n；  
EPP<sub>1</sub> —— 第 i 类生态系统单位面积植被蒸腾消耗热量，单位为千焦每平方米天[kJ/(m<sup>2</sup>·d)]；  
S<sub>i</sub> —— 第 i 类生态系统面积，单位为平方千米(km<sup>2</sup>)；  
D —— 开放空调降温的天数，单位为天每年(d/a)；  
r —— 空调能效比；  
Ew —— 开放空调降温期间水面蒸发量，单位为立方米每年(m<sup>3</sup>/a)；  
p —— 水的密度，单位为克每立方厘米(g/cm<sup>3</sup>)；  
q —— 挥发潜热，即蒸发1g 水所需要的热量，单位为焦耳每克(J/g)；  
Ewh —— 开放加湿器增湿期间水面蒸发量，单位为立方米每年(m<sup>3</sup>/a)；  
y —— 加湿器将1m<sup>2</sup> 水转化为蒸汽的耗电量，单位为千瓦时每立方米(kW·h/m<sup>3</sup>)。

A.10 噪声消减

计算方法见公式(A.35):

$$Q_{NA}=\sum_{i=1}^n R_i \times NA_i \dots\dots\dots(A.35)$$

式中:

- Qva ——城市生态系统噪声消减量，单位为分贝(dB)；  
n —— 城市道路类型数量；  
i —— 城市道路类型，i=1,2,3...n；  
R<sub>i</sub> —— 第 i 类道路的长度，单位为千米(km)；  
NA<sub>i</sub> —— 第 i 类道路两侧的平均降噪分贝，降噪分贝数由绿化带近路侧和远路侧噪声差值确定，单位为分贝每千米(dB/km)。

A.11 病虫害控制

计算方法见公式(A.36):

$$A=A_k+A \dots\dots\dots(A.36)$$

式中:

- Ah —— 生态系统病虫害控制的总面积，单位为平方千米(km<sup>2</sup>);
- Af e—— 森林病虫害自愈面积，单位为平方千米(km<sup>2</sup>);
- Agm l——草地病虫害面积，单位为平方千米(km<sup>2</sup>)。

A.12 授粉服务

计算方法见公式(A.37):

$$Q_p = \sum_i [Y_i \times D_i]$$
 .....(A.37 )

式中:

- Q—— 授粉服务作物增产量，单位为千克每年(kg/a)；
- Y<sub>i</sub>—— 第 i 种作物的产量，单位为千克每年(kg/a)；
- D<sub>i</sub>—— 第i 种作物对昆虫授粉的依赖程度/授粉昆虫对第 i 种作物的增产效果(具体参数数值见表 B.20),%。

A. 13 疾病调控

生态系统通过自身各种机制的变化改变人类病原体(如病毒)以及带菌媒介(如蚊子)的多度来影响传染性疾病的发病率。基于传染性疾病暴发疫点资料，通过调查计算传染性疾病的发病率变化来进行评估。

A.14 海岸带防护

计算方法见公式(A.38):

$$D_d = \sum_{i=1}^n D_{di}$$
 .....(A.38)

式中:

- D —— 生态系统防护的海岸带总长度，单位为千米(km);
- n —— 生态系统类型数量；
- i —— 生态系统类型，i=1,2,3...n;
- D<sub>i</sub> —— 第 i 类生态系统防护的海岸带长度，单位为千米(km)。

附录 B  
(规范性)  
生态系统调节服务评估参数

B.1 水源涵养评估参数

R<sub>i</sub> 可通过 P<sub>i</sub> 与地表径流系数的乘积得到。各类生态系统地表径流系数见表 B.1。

表 B.1 各类生态系统地表径流系数

生态系统类型			径流系数
森林生态系统	阔叶林	常绿阔叶林	2.67%
		落叶阔叶林	1.33%
	针叶林	常绿针叶林	3.02%
		落叶针叶林	0.88%
	针阔混交林	针阔混交林	2.29%
	稀疏林	稀疏林	19.20%
灌丛生态系统	阔叶灌丛	常绿阔叶灌木林	4.26%
		落叶阔叶灌木林	4.17%
	针叶灌丛	常绿针叶灌木林	4.17%
	稀疏灌丛	稀疏灌木林	19.20%
草地生态系统	草甸	草甸	8.20%
	草原	草原	4.78%
	草丛	草丛	9.37%
	稀疏草地	稀疏草地	18.27%
农田生态系统	耕地	水田	34.70%
		旱地	46.96%
	园地	乔木园地	9.57%
		灌木园地	7.90%
城市生态系统	城市绿地	乔木绿地	19.20%
		灌木绿地	19.20%
		草本绿地	18.27%
	城市水体	城市水体	0

表 B.1 各类生态系统地表径流系数(续)

生态系统类型			径流系数
湿地生态系统	沼泽	森林沼泽	0
		灌丛沼泽	0
		草本沼泽	0
	湖泊	湖泊	0
		水库/坑塘	0
	河流	河流	0
		运河/水渠	0
注：稀疏林(自然或半自然乔木植被， $3\text{m}\leq H\leq 30\text{ m}$ ， $4\%\leq C\leq 20\%$ )；稀疏灌木林(自然或半自然灌木植被， $0.30\text{m}\leq H\leq 5\text{m}$ ， $4\%\leq C\leq 20\%$ )；稀疏草地( $0.03\text{ m}\leq H\leq 3\text{ m}$ ， $4\%\leq C\leq 20\%$ )。其中，C为覆盖度/郁闭度，H为植被高度。			

B.2 土壤保持评估参数

B.2.1 降雨侵蚀力因子(R)

计算方法见公式(B.1) 和公式(B.2):

$$\overline{R} = \sum_{k=1}^{24} \overline{R}_k \dots\dots\dots(B.1)$$

$$\overline{R}_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} (a \cdot P_{i,j,k}^{1.7945}) \dots\dots\dots(B.2)$$

式中:

- R ——多年平均年降雨侵蚀力，单位为兆焦耳毫米每公顷时年[MJ·mm/(hm²·h·a)];
- k ——1 年的24个半月，即k=1,2...24;
- R<sub>k</sub> ——第 k 个半月的降雨侵蚀力，单位为兆焦耳毫米每公顷时年[MJ·mm/(hm²·h·a)];
- i ——所用降雨资料的年份，即 i=1,2...n;
- j ——第 i 年第k 个半月侵蚀性降雨日的天数，即j=1, 2...m;
- a ——为参数，暖季a=0.3937，冷季a=0.3101;
- P<sub>a</sub> ——第 i 年第k 个半月第j 个侵蚀性日降雨量，单位为毫米(mm)。

B.2.2 土壤可蚀性因子(K)

计算方法见公式(B.3) 和公式(B.4):

$$K=(-0.01383+0.51575K_{pc})\times0.1317 \dots\dots\dots(B.3)$$

$$K_{mme}=\{0.2+0.3\exp[-0.0256m,(1-m_{sm}/100)]\}\times[m_{am}/(m_{。}+m_{an})]^3$$
$$\times\{1-0.25orgC/[orgC+\exp(3.72-2.95orgC)]\}$$
$$\times\{1-0.7(1-m_{。}/100)\}/\{(1-m_{。}/100)+\exp[-5.51+22.9(1-m_{。}/100)]\} \dots\dots\dots(B.4)$$

式中:

- K ——修正土壤可蚀性因子，单位为吨公顷小时每公顷兆焦耳毫米[t·hm²·h/(hm²·MJ·mm)];



- K<sub>pc</sub>——土壤可蚀性因子，单位为吨公顷小时每公顷兆焦耳毫米[t·hm<sup>2</sup>·h/(hm<sup>2</sup>·MJ·mm)];
- m、——砂粒百分含量，%;
- m<sub>ant</sub>——粉粒百分含量，%;
- m<sub>o</sub>。——粘粒百分含量，%;
- orgC——有机碳的百分含量，%。

B.2.3 坡长因子(L) 和坡度因子(S)

坡长因子计算方法见公式(B.5)～ 公式(B.7):

$$L = \left( \frac{\lambda}{22.13} \right)^m \dots\dots\dots(B.5)$$

$$m = \beta / (1 + \beta) \dots\dots\dots(B.6)$$

$$\beta = (\sin \theta / 0.089) / [3.0 \times (\sin \theta)^\circ + 0.56] \dots\dots\dots(B.7)$$

- 式中:
- L ——坡长因子;
- λ ——坡长，单位为米(m);
- m——坡长指数;
- β ——细沟侵蚀量与细沟间侵蚀量的比值，无量纲;
- θ ——坡度，单位为度(°)。

坡度因子计算方法见公式(B.8):

$$S = \begin{cases} 10.8 \sin \theta + 0.03 & \theta < 5.14^\circ \\ 16.6 \sin \theta - 0.03 & 5.14^\circ \leq \theta < 10.20^\circ \\ 21.91 \sin \theta - 0.96 & 10.20^\circ \leq \theta < 28.81^\circ \\ 9.5988 & \theta \geq 28.81^\circ \end{cases} \dots\dots\dots(B.8)$$

- 式中:
- S——坡度因子;
- θ ——坡度，单位为度(°)。

B.2.4 植被覆盖因子(C<sub>wu</sub>)

水田、湿地、城镇和荒漠的植被覆盖因子分别赋值为0、0、0.01和0.7, 其余各生态系统类型按不同植被覆盖度进行赋值(见表 B.1)。旱地的植被覆盖因子计算方法见公式(B.9):

$$C_n = 0.221 - 0.595 \lg c \dots\dots\dots(B.9)$$

- 式中:
- C<sub>wn</sub>——旱地的植被覆盖因子;
- c ——小数形式的植被覆盖度，具体参数见表 B.2。

表 B.2 不同植被覆盖的c 值

生态系统类型	植被覆盖度					
	%					
	(0, 10)	(10, 30)	(30, 50)	(50, 70)	(70, 90)	(90, 100)
森林	0.10	0.08	0.06	0.02	0.004	0.001

表 B.2 不同植被覆盖的c 值（续）

生态系统类型	植被覆盖度					
	%					
	(0, 10)	(10, 30)	(30, 50)	(50, 70)	(70, 90)	(90, 100)
灌丛	0.40	0.22	0.14	0.08	0.04	0.01
草地	0.45	0.24	0.15	0.09	0.04	0.01
乔木园地	0.42	0.23	0.14	0.09	0.04	0.01
灌木园地	0.40	0.22	0.14	0.09	0.04	0.01

B.3 洪水调蓄评估参数

日暴雨标准见表 B.3 。各类生态系统的R 值见表 B.4 。中国各省(自治区、直辖市)所属的湖泊、水库分区见表 B.5 。各湖泊区的h: 值见表 B.6 。各水库区的a<sub>3</sub> 值见表 B.7 。中国各省份汛期前后沼泽土壤含水率差值见表 B.8。

表 B.3 日暴雨标准

等级	12 h降雨量 mm	24 h降雨量 mm
暴雨	30.00~69.90	≥50
注：暴雨等级能采用当地行业标准。		

表 B.4 各类生态系统的R 值

生态系统类型	R值的回归方程
落叶阔叶林	$R=1.4288 \times \ln(P)-4.3682$
常绿阔叶林	$R=7.7508 \times \ln(P)-27.842$
落叶针叶林	$R=7.2877 \times \ln(P)-26.566$
常绿针叶林	$R=13.36 \times \ln(P)-49.257$
针阔混交林	$R=2.264 \times \ln(P)-6.7516$
灌丛	$R=3.482 \times \ln(P)-7.9413$
草原	$R=5.4037 \times \ln(P)-8.6156$
草甸	$R=8.9121 \times \ln(P)-23.462$
草丛	$R=6.1564 \times \ln(P)-13.351$
注：P是暴雨降雨量(mm/a)。	

表 B.5 各省(自治区、直辖市)所属的湖泊、水库分区

分区	省份
东部平原区	北京、天津、河北、上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广东、广西、海南
蒙新高原区	山西、内蒙古、陕西、甘肃、宁夏、新疆
云贵高原区	重庆、四川、贵州、云南
青藏高原区	西藏、青海
东北平原与山区	辽宁、吉林、黑龙江

表 B.6 各湖泊区的 $a_1$ 、 $a_2$  和  $h_1$  值

湖泊区	$a_1$	$a_2$	$h_1$ 次/年
东部平原区	4.92	1.13	3.19
蒙新高原区	5.65	0.68	1
云贵高原区	4.90	0.93	1
青藏高原区	6.64	0.68	1
东北平原与山区	5.81	0.87	1

表 B.7 各水库区的 $a_3$  值

水库区	$a_3$
东部平原区	0.29
蒙新高原区	0.16
云贵高原区	0.20
青藏高原区	0.11
东北平原与山区	0.22

表 B.8 各省(自治区、直辖市)汛期前后沼泽土壤含水率差值

省份	汛期前后沼泽土壤 含水率差值	省份	汛期前后沼泽土壤 含水率差值
全国	0.27	河南	0.26
北京	0.26	湖北	0.23
天津	0.37	湖南	0.25
河北	0.37	广东	0.25

表 B.8 各省(自治区、直辖市)汛期前后沼泽土壤含水率差值 (续)

省份	汛期前后沼泽土壤 含水率差值	省份	汛期前后沼泽土壤 含水率差值
山西	0.26	广西	0.39
内蒙古	0.25	海南	0.25
辽宁	0.32	重庆	0.28
吉林	0.25	四川	0.24
黑龙江	0.23	贵州	0.25
上海	0.20	云南	0.21
江苏	0.29	西藏	0.24
浙江	0.25	陕西	0.26
安徽	0.20	甘肃	0.33
福建	0.28	青海	0.27
江西	0.29	宁夏	0.26
山东	0.40	新疆	0.26
注：洪水期沼泽土壤蓄水深度0.40m, 洪水期沼泽地表滞水高度0.30 m。			

B.4 防风固沙评估参数

B.4.1 气象因子(WF)

气象因子的计算方法见公式(B.10)：

$$WF=W_f\times\frac{\rho}{\mu}\times SW\times SD$$

.....(B.10 )

式中：

- WF ——气象因子，单位为千克每米(kg/m);
- Wf—— 多年平均风力因子，单位为立方米每立方秒(m³/s³);
- p —— 空气密度，单位为千克每立方米(kg/m³)；
- g ——重力加速度，单位为米每平方秒(m/s²);
- SW—— 多年平均土壤湿度因子；
- SD ——雪盖因子。

风力因子Wf 的计算方法见公式(B.11):

$$W_f=\frac{\sum u_2(u_2-u_c)^2\times N_d}{N}$$

.....(B.11)

式中：

- u<sub>2</sub> —— 日平均监测风速，单位为米每秒(m/s)；
- u<sub>c</sub> ——临界起沙风速，单位为米每秒(m/s);
- N<sub>4</sub> —— 一年中风速大于5 m/s 的天数，单位为天(d);

N —— 一年总天数，单位为天(d)。

空气密度p 的计算方法见公式(B.12)：

$$\rho = 348 \times \left( \frac{1.013 - 0.118 \, 3EL + 0.004 \, 8 \, EL^2}{T} \right) \dots\dots\dots(B.12)$$

式中：

EL ——海拔高度，单位为千米(km)；

T ——绝对温度，单位为摄氏度(℃)。

土壤湿度因子SW 的计算方法见公式(B.13)：

$$SW = \frac{ET_p - (R + I) \frac{R_d}{N}}{ET_a} \dots\dots\dots(B.13)$$

式中：

ETp——潜在蒸散发量，单位为毫米每天(mm/d)；

R ——年降雨量，单位为毫米(mm)；

I ——年灌溉量，单位为毫米(mm)；

R<sub>d</sub> —— 年降雨或灌溉天数，单位为天(d)；

N ——年总天数，单位为天(d)。

潜在蒸散发量 ET<sub>a</sub> 的计算方法见公式(B.14)：

$$ET_p = 0.013 \, 5 \times \left( \frac{SR}{14.0} \right) \times (DT + 17.8) \dots\dots\dots(B.14)$$

式中：

SR—— 年总太阳辐射，单位为焦耳每平方厘米(J/cm<sup>2</sup>)；

DT——年平均气温，单位为摄氏度(℃)。

雪盖因子 SD 的计算方法见公式(B.15)：

$$SD=1-P \dots\dots\dots(B.15)$$

式中：

P——积雪覆盖天数与总天数的比值。

B.4.2 土壤可蚀因子(EF)

土壤可蚀因子的计算方法见公式(B.16)：

$$EF = \frac{29.09 + 0.31sa + 0.17si + 0.33(sa/cl) - 2.59OM - 0.95CaCO_3}{100} \dots\dots\dots(B.16)$$

式中：

EF —— 土壤可蚀因子；

sa —— 土壤粗砂含量，%；

si —— 土壤粉砂含量，%；

cl —— 土壤粘粒含量，%；

OM —— 土壤有机质含量，%；

CaCO<sub>3</sub> —— 碳酸钙含量，%。

B.4.3 土壤结皮因子(SCF)

土壤结皮因子的计算方法见公式(B.17)：

$$SCF = \frac{1}{1 + 0.0066 \times cl^2 + 0.021 \times OM^2}$$

.....(B.17 )

式中：  
SCF ——土壤结皮因子；  
cl ——土壤粘粒含量，%；  
OM ——土壤有机质含量，%。

B.4.4 植被覆盖因子(C sma)

植被覆盖因子计算方法见公式(B.18):

$$C_{sma} = a(sc)$$

.....(B.18)

式中：  
Cma——植被覆盖因子；  
SC ——植被覆盖度，%；  
a； ——不同植被类型的系数，分别为：林地取-0.1535, 草地取-0.1151, 灌丛取-0.0921, 裸地取-0.0768, 沙地取-0.0658, 农田取-0.0438。

B.4.5 地表糙度因子(K’)

地表糙度因子的计算方法见公式(B.19)～ 公式(B.20):

$$K' = e(1.86Kr - 2.41K2.98t - 0.127Cm)$$

.....(B.19 )

$$K_r = 0.2 \times \frac{(\Delta H)^2}{L}$$

.....(B.20 )

式中：  
K、 ——土垄糙度，单位为厘米(cm)；  
C ——随机糙度因子，单位为厘米(cm)；  
△H ——距离L 范围内的海拔高程差，单位为厘米(cm)；  
L ——地势起伏参数。

B.5 固碳评估参数

各类生态系统的Cc 值如下：森林和灌丛的转化系数为0.5, 草地的转化系数为0.45。FVCSR 和FSCSR(均以碳计)由森林清查数据计算获得，见表 B.9。

表 B.9 各类植被分区的 FVCSR 和FSCSR 值


植被分区	FVCSR t • hm-2 • a-	FSCSR t • hm-2 • a-
南寒温带落叶针叶林地带	0.57	0.39
温带北部针阔混交林地带	0.55	0.59
温带南部针阔混交林地带	0.58	0.63
暖温带北部落叶栎林地带(华北)	0.76	0.45
暖温带南部落叶栎林地带	1.00	0.38
 北亚热带落叶常绿阔叶林混交林地带	0.87	0.38

表 B.9 各类植被分区的 FVCSR 和 FSCSR 值 (续)

植被分区	FVCSR $t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$	FSCSR $t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$
东部中亚热带常绿落叶林地带	0.82	0.21
东部南亚热带常绿阔叶林地带	0.55	0.12
西部中亚热带常绿阔叶林地带	0.77	0.25
西部南亚热带常绿阔叶林地带	0.78	0.25
西部亚热带亚高山针叶林地带	0.66	0.23
东部北热带季节性雨林地带	0.57	0.11
西部北热带季节性雨林地带	0.72	0.24
温带北部草原地带(东部)	0.59	0.35
温带南部草原地带	0.69	0.51
温带北部草原地带(西部)	1.12	1.15
温带半灌木小乔木荒漠地带	1.12	1.15
温带灌木半灌木荒漠地带	0.73	0.64
暖温带灌木半灌木荒漠地带	1.12	1.15
高寒灌丛草甸地带	0.64	0.47
高寒草甸地带	0.65	0.54
高寒草原地带	0.68	0.35
温性草原地带	0.69	0.23
高寒荒漠地带	0.80	0.83
温性荒漠地带	0.69	0.23
暖温带北部落叶栎林地带(东北)	0.81	0.88
注：植被分区图来源于中国植被图中的植被区划。		

全国草地(除青藏高原外)土壤的固碳速率(以碳计)为0.02 t/(hm<sup>2</sup>·a), 青藏高原区域为0.03 t/(hm<sup>2</sup>·a)。各植被分区的GSCSR 值见表 B.10。

表 B.10 各植被分区的 GSCSR 值

植被分区	GSCSR $t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$
南寒温带落叶针叶林地带	0.05
温带北部针阔混交林地带	0.03
温带南部针阔混交林地带	0.02

表 B.10 各植被分区的 GSCSR 值 (续)

植被分区	GSCSR $t \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$
暖温带北部落叶栎林地带(华北)	0.02
暖温带南部落叶栎林地带	0.02
北亚热带落叶常绿阔叶混交林地带	0.02
东部中亚热带常绿落叶林地带	0.02
东部南亚热带常绿阔叶林地带	0.02
西部中亚热带常绿阔叶林地带	0.03
西部南亚热带常绿阔叶林地带	0.03
西部亚热带亚高山针叶林地带	0.03
东部北热带季节性雨林地带	0.02
西部北热带季节性雨林地带	0.03
温带北部草原地带(东部)	0.06
温带南部草原地带	0.04
温带北部草原地带(西部)	0.03
温带半灌木小乔木荒漠地带	0.03
温带灌木半灌木荒漠地带	0.04
暖温带灌木半灌木荒漠地带	0.03
高寒灌丛草甸地带	0.03
高寒草甸地带	0.03
高寒草原地带	0.03
温性草原地带	0.03
高寒荒漠地带	0.03
温性荒漠地带	0.03
暖温带北部落叶栎林地带(东北)	0.02

SCSR (以碳计)取值见表 B.11。

表 B.11 不同区域的 SCSR； 值

类型	SCSR $\text{g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$
湖泊湿地类型	
东部平原地区湖泊湿地	56.67



表 B.11 不同区域的 SCSR， 值（续）

类型	SCSR, g • m <sup>-2</sup> • a <sup>-1</sup>
蒙新高原地区湖泊湿地	30.26
云贵高原地区湖泊湿地	20.08
青藏高原地区湖泊湿地	12.57
东北平原与山区湖泊湿地	4.49
沼泽湿地类型	-
泥炭和苔藓泥炭沼泽	24.80
腐泥沼泽	32.48
内陆盐沼	67.11
沿海滩涂盐沼	235.62
红树林沼泽	444.27

表 B.12 不同区域土壤固碳速率经验参数

分区	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>
东北农区	1.74	—0.10	0.04	0.34
华北农区	0.53	0.002	0.04	0.18
西北农区	0.64	—0.001	0.02	0.03
南方农区	1.53	—0.27	0.04	0.38

无化学肥料和有机肥料施用的情况下，NSC（以碳计）取值-0.06 g/(kg·a),H<sub>0</sub>取20 cm, 不同作物的 SGR，取值见表 B.13。

表 B.13 不同作物的 SGR， 值

作物	SGR	作物	SGR
水稻	0.62	油菜	2.00
小麦	1.37	向日葵	2.00
玉米	2.00	棉花	8.10
高粱	1.00	甘蔗	0.10
马铃薯	0.50		

各植被分区森林、灌丛、草地的 α 值见表 B.14。

表 B.14 各植被分区森林、灌丛、草地的 α 值

植被分区	森林	灌丛	草地
南寒温带落叶针叶林地带	0.32	0.18	0.19
温带北部针阔混交林地带	0.25	0.18	0.17
温带南部针阔混交林地带	0.15	0.11	0.18
暖温带北部落叶栎林地带(华北)	0.36	0.37	0.26
暖温带南部落叶栎林地带	0.25	0.24	0.20
北亚热带落叶常绿阔叶混交林地带	0.20	0.17	0.22
东部中亚热带常绿落叶林地带	0.13	0.09	0.16
东部南亚热带常绿阔叶林地带	0.13	0.09	0.08
西部中亚热带常绿阔叶林地带	0.23	0.15	0.15
西部南亚热带常绿阔叶林地带	0.22	0.12	0.11
西部亚热带亚高山针叶林地带	0.34	0.22	0.31
东部北热带季节性雨林地带	0.14	0.14	0.10
西部北热带季节性雨林地带	0.20	0.07	0.20
温带北部草原地带(东部)	0.29	0.16	0.19
温带南部草原地带	0.26	0.17	0.16
温带北部草原地带(西部)	0.08	0.001	0.16
温带半灌木小乔木荒漠地带	0.16	0.001	0.06
温带灌木半灌木荒漠地带	0.18	0.001	0.01
暖温带灌木半灌木荒漠地带	0.04	0.001	0.03
高寒灌丛草甸地带	0.32	0.22	0.27
高寒草甸地带	0.25	0.30	0.33
高寒草原地带	0.26	0.02	0.30
温性草原地带	0.17	0.01	0.23
高寒荒漠地带	0.03	0.00	0.16
温性荒漠地带	0.15	0.00	0.14
暖温带北部落叶栎林地带(东北)	0.14	0.15	0.13

B.6 空气净化评估参数

Q<sub>i</sub> 的取值见表B.15。环境空气污染物浓度限值见表 B.16。

表 B.15 Q<sub>1</sub> 的取值

生态系统类型			SO <sub>2</sub> 净化量	NO <sub>x</sub> 净化量	粉尘净化量
一级	二级	三级	t/(km <sup>2</sup> ·a)	t/(km <sup>2</sup> ·a)	t/(km <sup>2</sup> ·a)
森林生态系统	阔叶林	常绿阔叶林	5.75	3.52	11.76
		落叶阔叶林	3.38	2.35	8.41
	针叶林	常绿针叶林	5.04	3.52	20.18
		落叶针叶林	3.38	2.35	10.08
	针阔混交林	针阔混交林	5.09	2.46	16.80
	稀疏林	稀疏林	3.60	2.26	10.76
灌丛生态系统	阔叶灌丛	常绿阔叶灌木林	4.03	2.64	11.76
		落叶阔叶灌木林	2.94	1.57	7.88
	针叶灌丛	常绿针叶灌木林	3.73	2.35	10.08
	稀疏灌丛	稀疏灌木林	2.81	1.75	7.93
草地生态系统	草甸	草甸	3.60	2.56	10.60
	草原	草原	2.94	1.57	8.41
	草丛	草丛	2.94	1.57	8.41
	稀疏草地	稀疏草地	2.54	1.52	7.18
湿地生态系统	沼泽	森林沼泽	4.03	1.97	10.08
		灌丛沼泽	3.11	1.52	7.41
		草本沼泽	2.85	1.32	6.73
	湖泊	湖泊	7.06	0.00	10.08
		水库/坑塘	7.06	0.00	10.08
	河流	河流	7.06	0.00	10.08
		运河/水渠	7.06	0.00	10.08
农田生态系统	耕地	水田	4.03	2.75	8.87
		旱地	2.50	1.57	8.41
	园地	乔木园地	3.38	2.56	8.41
		灌木园地	3.16	2.17	6.17
城镇生态系统	城市绿地	乔木绿地	3.60	2.26	10.76
		灌木绿地	2.81	1.75	7.93
		草本绿地	2.54	1.52	7.18

表 B.16 环境空气污染物浓度限值

污染物	平均时间	年平均浓度限制 μg/m	
		一级	二级
二氧化硫	年平均	20	60
二氧化氮	年平均	40	40
颗粒物PM <sub>10</sub>	年平均	40	70
颗粒物PM <sub>2.5</sub>	年平均	15	35
注：环境空气功能区分为两类，见GB 3095。			

B.7 水质净化评估参数

地表水污染物浓度限值见表 B.17。湿地的P<sub>1</sub>的取值见表 B.18。

表 B.17 地表水污染物浓度限值

污染物	I类	II类	III类	IV类	V类
化学需氧量 /(mg/L)	15	15	20	30	40
总氮 /(mg/L)	0.15	0.50	1.00	1.50	2.00
总磷 /(mg/L)	0.02	0.10	0.20	0.30	0.40
注：地表水水环境功能分为五类，见GB 3838。					

表 B.18 湿地的P<sub>1</sub>的取值

污染物类型	湿地的P <sub>1</sub> ; t/(km <sup>2</sup> ·a)
化学需氧量	110.43
总氮	8.56
总磷	8.56

B.8 局部气候调节评估参数

各省(自治区、直辖市)及全国平均水面蒸发折算系数见表 B.19。

表 B.19 各省(自治区、直辖市)及全国平均水面蒸发折算系数

全国平均/省份	水面蒸发折算系数	全国平均/省份	水面蒸发折算系数
全国平均	0.62	河南	0.63
北京	0.56	湖北	0.65
天津	0.58	湖南	0.64
河北	0.61	广东	0.67
山西	0.63	广西	0.65
内蒙古	0.56	海南	0.69
辽宁	0.56	重庆	0.63
吉林	0.55	四川	0.64
黑龙江	0.55	贵州	0.67
上海	0.62	云南	0.62
江苏	0.63	西藏	0.62
浙江	0.63	陕西	0.63
安徽	0.61	甘肃	0.59
福建	0.68	青海	0.55
江西	0.66	宁夏	0.65
山东	0.64	新疆	0.59
注：折算系数是小型蒸发器观测的蒸发量与自然水体蒸发量的比值。加湿器将1m³水转化为蒸汽的耗电量： 120 kW·h。			

B.9 授粉服务评估参数

不同作物的 D<sub>i</sub> 值见表 B.20。

表 B.20 不同作物的 D<sub>i</sub> 值

作物类别	作物种类	D <sub>i</sub>
禾谷类作物	水稻	0
	小麦	0
	玉米	0
	高粱	0
	大麦	0
	粟米	0
	燕麦	0
	黑麦	0
	藜麦	0
	荞麦	0.65

表 B.20 不同作物的 D, 值（续）

作物类别	作物种类	D;
果树作物	苹果	0.65
	梨	0.65
	榅桲	0.65
	桃子	0.65
	扁桃	0.65
	杏子	0.65
	樱桃	0.65
	酸樱桃	0.65
	李子	0.65
	枣	0.65
蔬菜作物	黄瓜	0.95
	甜瓜	0.95
	南瓜	0.95
	西瓜	0.95
	其他瓜类	0.95
	茄子	0.25
	辣椒	0.05
	番茄	0.05
经济作物	棉花	0.25
	芝麻籽	0.25
	大豆	0.25
	葵花籽	0.25
	芥菜籽	0.25
	油菜籽	0.25
	籽棉	0.25
	花生	0.05
	亚麻籽	0.05

附录 C

(规范性)

生态系统支持服务评估方法

C.1 初级生产

选用生态系统净初级生产力进行估算，单位为克每平方米年 $[g/(m^2 \cdot a)]$ 。

C.2 养分循环

对氮、磷、钾三种营养元素的循环量进行评估。计算方法见公式(C.1):

$$V=V_N+V_P+V_K \dots\dots\dots(C.1)$$

式中:

- V ——养分循环量，单位为吨每年(t/a);
- V<sub>N</sub> ——氮元素循环量，单位为吨每年(t/a);
- V<sub>P</sub> ——磷元素循环量，单位为吨每年(t/a);
- V<sub>K</sub> ——钾元素循环量，单位为吨每年(t/a)。

C.3 土壤肥力形成与保持

计算方法见公式(C.2):

$$Q_i = \sum_{j=1}^n Q_{wj} \times C_{ij} \dots\dots\dots(C.2)$$

式中:

- Q ——土壤养分保持量，单位为吨每年(t/a);
- Q<sub>w</sub> ——土壤保持量，单位为吨每年(t/a);
- C<sub>i</sub> ——土壤中第i种养分元素(如氮、磷)的含量，%。

C.4 生物多样性维持

采用生物多样性保护重要程度作为生物多样性维持功能的量化指标。首先，选取世界自然保护联盟红色名录或中国红色名录中受威胁物种、区域特有物种为指示物种，收集指示物种的潜在栖息地分布的空间栅格图。分别将极危、濒危、易危物种的潜在栖息地所在栅格赋予不同权重。然后，将指示物种分为五大类群：植物、哺乳动物、鸟类、两栖动物、爬行动物。对每一类群，将各指示物种栖息地进行空间叠加，将空间栅格值进行求和，采用最小最大值归一化方法对求和之后的值进行标准化，使最终值的范围在0~100之间，作为该类群的生物多样性保护重要值，其中100表示最重要，0表示最不重要。最后，将5个类群的生物多样性保护重要值进行空间叠加，取最大值作为生物多样性保护重要值。计算方法见公式(C.3)~ 公式(C.5):

$$Bio_p = \sum_{j=1}^n C_{ip} W_j \dots\dots\dots(C.3)$$

$$IMP\_Bio_p = \frac{[Bio_p - \min(Bio_p)]}{[\max(Bio_p) - \min(Bio_p)]} \times 100 \dots\dots\dots(C.4)$$

$$IMP\_Bio_p = \max(IMP\_Bio_y) \dots\dots\dots(C.5)$$

式中:

- Bio,, —— 类群t 像素j 加权后的物种丰富度赋值；
- C —— 潜在栖息地判定值，如果像素j 为类群t 物种i 的潜在栖息地，则赋值为1, 否则为0；
- W<sub>1</sub> —— 权重，分别将极危、濒危、易危物种的潜在栖息地所在像素赋值3、2、1；
- IMP\_Bio, —— 类群t 像素j 的生物多样性保护重要性值；
- IMP\_Bio, —— 综合各类群评估结果所得像素； 的生物多样性保护重要性值。



参 考 文 献

[1] GB3095 环境空气质量标准

[2] GB3838 地表水环境质量标准

[3] GB/T 38582 森林生态系统服务功能评估规范

[4] LY/T 2899 湿地生态系统服务评估规范

[5] 国家发展和改革委员会，国家统计局.生态产品总值核算规范[M]. 北京：人民出版社，2022.

[6] 欧阳志云，徐卫华，肖焱.中国生态系统格局、质量、服务与演变[M]. 北京：科学出版社，2017.

---

