

陆地生态系统生产总值（GEP） 核算技术指南

The Technical Guideline on Gross Ecosystem Product
(GEP) (1.0 version)

生态环境部环境规划院

Chinese Academy of Environmental Planning

中国科学院生态环境研究中心

Research Center for Eco-Environmental Sciences, CAS

二〇二〇年九月

前言

为全面贯彻落实习近平生态文明思想和“绿水青山就是金山银山”理念，以及《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》、《关于加快推进生态文明建设的意见》和《生态文明体制改革总体方案》中建立生态效益评估机制、促进人与自然和谐的部署，保障国家和区域生态安全，指导和规范陆地生态系统生产总值核算工作，提高陆地生态系统生产总值实物量与价值量核算的科学性、规范性和可操作性，制定本指南，供地方参考使用。

本指南可为生态效益纳入经济社会发展评价体系、完善发展成果考核评价体系提供重要支撑，为建立生态产品实现机制、区域生态补偿、自然资源资产审计、自然资源资产负债表编制等制度的实施提供科学依据。

本指南规定了陆地生态系统生产总值实物量与价值量核算的技术流程、指标体系与核算方法等内容。

本指南附录均为资料性附录。

本指南由生态环境部环境规划院与中国科学院生态环境研究中心共同编制。

本指南主要起草人：欧阳志云、王金南、肖焱、於方、郑华、马国霞，宋昌素、周夏飞、邹梓颖，杨威杉，逯非，周颖，韩宝龙，吴春生，彭菲，宁佳。

中华人民共和国生态环境部

关于转发《陆地生态系统生产总值（GEP）核算 技术指南》的函

各省、自治区、直辖市生态环境厅（局），新疆生产建设兵团生态环境局：

为贯彻落实习近平生态文明思想，落实“绿水青山就是金山银山”理念，推动建立生态产品价值实现机制，指导和规范陆地生态系统生产总值核算工作，提高生态系统生产总值实物量与价值量核算的科学性和可操作性，生态环境部环境规划院和中科院生态环境研究中心共同编制了《陆地生态系统生产总值（GEP）核算技术指南》，并在部分省市得到了应用，具有一定的推广价值。现转发你厅（局），供参考。

联系人：马国霞、璩爱玉

电话：（010）84947786，13810640959

（010）65645221，18612535682



目 录

| | |
|-------------------------------|-----------|
| 1 总则 | 1 |
| 1.1 适用范围 | 1 |
| 1.2 规范性引用文件 | 1 |
| 1.3 术语和定义 | 1 |
| 2 核算程序与内容 | 4 |
| 2.1 核算原则..... | 4 |
| 2.2 核算程序..... | 4 |
| 2.3 核算内容与指标..... | 7 |
| 2.4 生态系统服务实物量核算..... | 9 |
| 2.5 生态系统服务价值量核算..... | 10 |
| 3 物质产品实物量和价值量核算 | 11 |
| 3.1 物质产品实物量核算..... | 11 |
| 3.2 物质产品价值量核算..... | 13 |
| 4 水源涵养实物量和价值量核算 | 14 |
| 4.1 水源涵养实物量核算..... | 14 |
| 4.2 水源涵养价值量核算..... | 15 |
| 5 土壤保持实物量和价值量核算 | 16 |
| 5.1 土壤保持实物量核算..... | 16 |
| 5.2 土壤保持价值量核算..... | 17 |
| 6 防风固沙实物量和价值量核算 | 18 |
| 6.1 防风固沙实物量核算..... | 18 |
| 6.2 防风固沙价值量核算..... | 19 |
| 7 海岸带防护实物量和价值量核算 | 20 |
| 7.1 海岸带防护实物量核算..... | 20 |
| 7.2 海岸带防护价值量核算..... | 21 |
| 8 洪水调蓄实物量和价值量核算 | 21 |
| 8.1 洪水调蓄实物量核算..... | 21 |

| | |
|-------------------------|-----------|
| 8.2 洪水调蓄价值量核算 | 25 |
| 9 碳固定实物量和价值量核算 | 26 |
| 9.1 碳固定实物量核算 | 26 |
| 9.2 碳固定价值量核算 | 32 |
| 10 氧气提供实物量和价值量核算 | 32 |
| 10.1 氧气提供实物量核算 | 32 |
| 10.2 氧气提供价值量核算 | 33 |
| 11 空气净化实物量和价值量核算 | 34 |
| 11.1 空气净化实物量核算 | 34 |
| 11.2 空气净化价值量核算 | 35 |
| 12 水质净化实物量和价值量核算 | 36 |
| 12.1 水质净化实物量核算 | 36 |
| 12.2 水质净化价值量核算 | 38 |
| 13 气候调节实物量和价值量核算 | 39 |
| 13.1 气候调节实物量核算 | 39 |
| 13.2 气候调节价值量核算 | 41 |
| 14 物种保育实物量和价值量核算 | 41 |
| 14.1 物种保育实物量核算 | 41 |
| 14.2 物种保育价值量核算 | 42 |
| 15 休闲旅游实物量和价值量核算 | 43 |
| 15.1 休闲旅游实物量核算 | 43 |
| 15.2 休闲旅游价值量核算 | 44 |
| 16 景观价值实物量和价值量核算 | 45 |
| 16.1 景观价值实物量核算 | 45 |
| 16.2 景观价值价值量核算 | 46 |
| 17 附则 | 46 |
| 17.1 核算数据 | 46 |
| 17.2 成果表达形式 | 47 |
| 17.3 结果校核 | 47 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| 17.4 信息管理..... | 47 |
| 附录 A (资料性附录) 生态系统生产总值核算数据来源表..... | 48 |
| 附录 B (资料性附录) 陆地生态系统生产总值核算报告编写大纲..... | 51 |
| 附录 C (资料性附录) 生态系统生产总值实物量核算参数参考表..... | 52 |
| 附录 C.1 土壤保持实物量核算参数..... | 52 |
| 附录 C.2 防风固沙实物量核算参数..... | 55 |
| 附录 C.3 固碳实物量核算参数..... | 61 |
| 附录 C.4 空气净化实物量核算参数..... | 65 |
| 附录 C.5 水质净化实物量核算参数..... | 66 |

1 总则

1.1 适用范围

本指南适用于省、市、县等行政区域开展生态系统生产总值核算工作。自然地理区域可参考本指南开展生态系统生产总值核算。

1.2 规范性引用文件

本指南内容引用了下列文件中的条款。凡是不注日期的引用文件，其有效版本适用于本指南。

《环境经济核算体系——实验生态账户》(2012)

GB 3095 环境空气质量标准

GB 3838 地表水环境质量标准

GB/T 12343 国家基本比例尺地图编绘规范

GB/T 13923 基础地理信息要素分类与代码

CH/T 9005 基础地理信息数据库基本规定

GB-T 38582 森林生态系统服务功能评估规范

LY/T 2899 湿地生态系统服务评估规范

1.3 术语和定义

以下术语和定义适用于本指南。

(1) 陆地生态系统 (Terrestrial ecosystem)

陆地生态系统是指地球表面陆地生物及其环境通过能流、物流、信息流形成的功能整体。陆地生态系统包括森林生态系统、草地生态

系统、湿地生态系统、荒漠生态系统、农田生态系统、城市生态系统等类型。

(2) 湿地生态系统 (Wetland ecosystem)

湿地生态系统由陆地和水域相互作用而形成的兼顾水域和陆地生态系统特征的自然综合系统，包括陆地所有淡水生态系统、陆地和海洋过渡地带的滨海湿地生态系统和海洋边缘部分咸水、半咸水水域。

(3) 草地生态系统 (Grassland ecosystem)

草地生态系统是以饲用植物和食草动物为主体的生物群落与其生存环境共同构成的开放生态系统，包括人工草地生态系统和天然草地生态系统两大类。

(4) 森林生态系统 (Forest ecosystem)

森林生态系统是以乔木为主体的生物群落与其非生物环境相互作用，并产生能量转换和物质循环的综合系统，包括天然林生态系统和人工林生态系统。

(5) 荒漠生态系统 (Desert ecosystem)

荒漠生态系统指由超强耐旱生物及其干旱环境所组成的生态系统。

(6) 农田生态系统 (Farmland ecosystem)

农田生态系统是指人类在以作物为中心的农田中，利用生物和非生物环境之间以及生物种群之间的相互关系，通过合理的生态结构和高效生态机能，进行能量转化和物质循环，并按人类社会需要进行物质生产的综合体。

(7) 城市生态系统 (Urban ecosystem)

城市生态系统是城市居民与其环境相互作用而形成的统一整体，

由自然环境、社会经济和文化科学技术共同组成。

(8) 生态系统服务 (Ecosystem services)

人类从生态系统中得到的惠益，包括物质产品供给、调节服务、文化服务以及支持服务。

(9) 生态系统生产总值 (Gross Ecosystem Product, GEP)

生态系统生产总值也可简称为生态产品总值，是指生态系统为人类福祉和经济社会可持续发展提供的各种最终产品与服务价值的总和，主要包括生态系统提供的物质产品、调节服务和文化服务。

(10) 物质产品 (Material services)

人类从生态系统获取的可在市场交换的各种物质产品，如食物、纤维、木材、药物、装饰材料与其他物质材料。

(11) 调节服务 (Regulating services)

生态系统提供改善人类生存与生活环境的惠益，如调节气候、涵养水源、保持土壤、调蓄洪水、降解污染物、固定二氧化碳、氧气提供等。

(12) 文化服务 (Cultural services)

人类通过精神感受、知识获取、休闲娱乐和美学体验从生态系统获得的非物质惠益。

(13) 实物量 (Biophysical value)

生态系统产品与服务的实物量，如粮食产量、木材生产量、水产品捕捞量、洪水调蓄量、土壤保持量、碳固定量与景点旅游人数等。

(14) 价值量 (Monetary Value)

生态系统产品与服务的货币价值。

2 核算程序与内容

2.1 核算原则

陆地生态系统生产总值核算应遵循以下原则：

科学性原则。根据生态系统与人类福祉的关系构建核算框架与指标体系。以生态系统结构、格局和过程与生态系统服务关系为基础，构建核算方法。

实用性原则。根据核算区域生态系统的特点、核算目的和数据可获得性，确定适合本区域的核算内容、指标和方法。

系统性原则。生态系统生产总值核算既要考虑为当地人提供的惠益，也需要考虑为其它地区提供的惠益。

开放性原则。应根据生态系统核算研究的最新成果，发展和完善核算的指标与方法。

2.2 核算程序

陆地生态系统生产总值核算的主要工作程序包括：根据核算目的，确定生态系统生产总值核算区域范围，明确生态系统类型以及生态系统服务的清单，确定核算模型方法与适用技术参数，开展生态系统生产总值实物量与价值量核算（见图 2-1）。

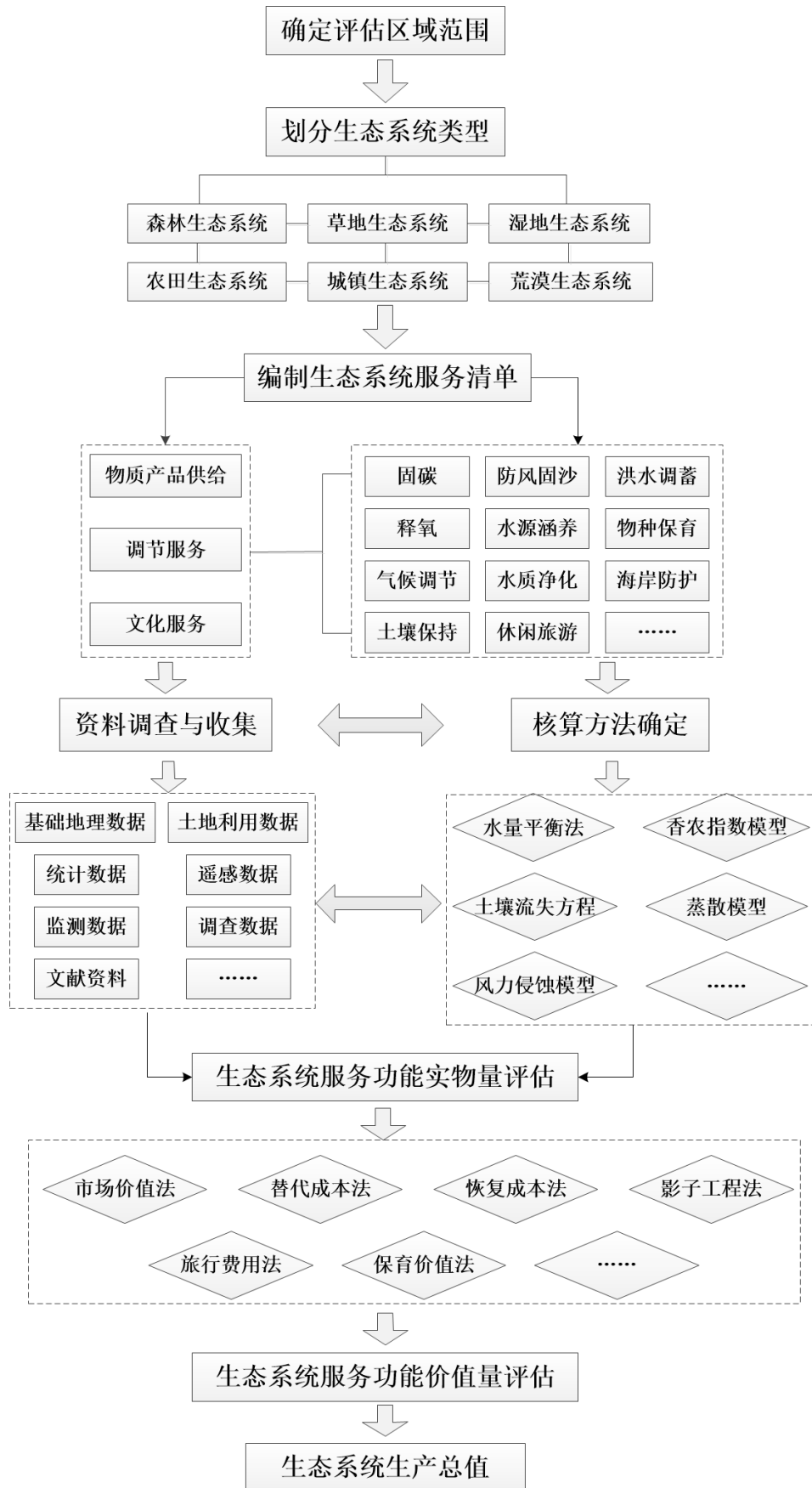


图 2-1 生态系统生产总值核算工作程序

(1) 确定核算的区域范围：根据核算目的，确定生态系统生产总值核算的空间范围。核算区域可以是行政区域，如村、乡、县、市或省，也可以是功能相对完整的生态地理单元，如一片森林、一个湖泊、一片沼泽或不同尺度的流域，以及由不同生态系统类型组合而成的地域单元。

(2) 明确生态系统类型与分布：调查分析核算区域内的森林、草地、湿地、荒漠、农田、城镇等生态系统类型、面积与分布，绘制生态系统空间分布图。

(3) 编制生态系统产品与服务清单：根据生态系统类型及核算的用途，如生态补偿、离任审计、生态产品交易，调查核算范围的生态系统服务的种类，编制生态系统产品和服务清单。当核算目标为评估生态保护成效时，可以只核算生态调节服务和生态文化服务价值。

(4) 收集资料与补充调查：收集开展生态系统生产总值核算所需要的相关文献资料、监测与统计等信息数据以及基础地理与地形图件，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) 开展生态系统产品与服务实物量核算：选择科学合理、符合核算区域特点的实物量核算方法与技术参数，根据确定的核算基准时间，核算各类生态系统产品与服务的实物量。

(6) 开展生态系统产品与服务价值量核算：根据生态系统产品与服务实物量，运用市场价值法、替代成本法等方法，核算生态系统产品与服务的货币价值；无法获得核算年份价格数据时，利用已有年份数据，按照价格指数进行折算。

(7) 核算生态系统生产总值：将核算区域范围的生态产品与服务价值加总，得到生态系统生产总值。

2.3 核算内容与指标

2.3.1 核算内容

生态系统生产总值核算生态系统物质产品价值、调节服务价值和文化服务价值，不包括生态支持服务价值。根据不同的核算目的，核算不同类型的生态系统生产总值：

(1) 核算生态系统对人类福祉和经济社会发展支撑作用时，核算生态系统的物质产品价值、调节服务价值和文化服务价值之和。

$$GEP = EPV + ERV + ECV$$

(2) 核算生态保护成效与生态效益时，核算生态系统的调节服务价值和文化服务价值。

$$GEP = ERV + ECV$$

式中， GEP 为生态系统生产总值； EPV 为生态系统物质产品价值； ERV 为生态系统调节服务价值； ECV 为生态系统文化服务价值。

2.3.2 指标体系

生态系统生产总值核算指标体系由物质产品、调节服务和文化服务 3 大类服务构成，其中：物质产品主要包括农业产品、林业产品、畜牧业产品、渔业产品、生态能源和其他；调节服务主要包括水源涵养、土壤保持、防风固沙、海岸带防护、洪水调蓄、碳固定、氧气提供、空气净化、水质净化、气候调节和物种保育；文化服务主要包括休闲旅游、景观价值，见表 2-1、表 2-2。

表 2-1 生态系统生产总值 (GEP) 核算指标

| 序号 | 一级指标 | 二级指标 | 指标说明 |
|----|------|-----------------------------|---|
| 1 | 物质产品 | 农业产品 | 从农业生态系统中获得的初级产品,如稻谷、玉米、谷子、豆类、薯类、油料、棉花、麻类、糖类、烟叶、茶叶、药材、蔬菜、水果等。 |
| 2 | | 林业产品 | 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。 |
| 3 | | 畜牧业产品 | 利用放牧、圈养或者两者结合的方式,饲养禽畜获得的产品,如牛、羊、猪、家禽、奶类、禽蛋等。 |
| 4 | | 渔业产品 | 利用水域中生物的物质转化功能,通过捕捞、养殖等方式取的水产品,如鱼类、其他水生动物等。 |
| 5 | | 生态能源 | 生态系统中的生物物质及其所含的能量,如沼气、秸秆、薪柴、水能等。 |
| 6 | | 其他 | 用于装饰品的一些产品(例如动物皮毛)和花卉、苗木等。 |
| 7 | 调节服务 | 水源涵养 | 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。 |
| 8 | | 土壤保持 | 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。 |
| 9 | | 防风固沙 | 生态系统通过增加土壤抗风能力,降低风力侵蚀和风沙危害的功能。 |
| 10 | | 海岸带防护 | 生态系统减低海浪,避免或减小海堤或海岸侵蚀的功能。 |
| 11 | | 洪水调蓄 | 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。 |
| 12 | | 碳固定 | 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。 |
| 13 | | 氧气提供 | 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。 |
| 14 | | 空气净化 | 生态系统吸收、阻滤大气中的污染物,如 SO ₂ 、NO _x 、颗粒物等,降低空气污染浓度,改善空气环境的功能。 |
| 15 | | 水质净化 | 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,降低水体污染物浓度、净化水环境的功能。 |
| 16 | | 气候调节 | 生态系统通过植被蒸腾作用和水面蒸发过程吸收能量、降低气温、提高湿度的功能。 |
| 17 | 物种保育 | 生态系统为珍稀濒危物种提供生存与繁衍场所的作用和价值。 | |
| 18 | 文化服务 | 休闲旅游 | 人类通过精神感受、知识获取、休闲娱乐和美学体验、康养等旅游休闲方式,从生态系统获得的非物质惠益。 |
| 19 | | 景观价值 | 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。 |

表 2-2 生态系统生产总值实物量及价值量核算指标体系

| 服务类别 | 核算科目 | 实物量指标 | 价值量指标 |
|------|-------------------|-----------------------|-----------|
| 物质产品 | 农业产品 | 农业产品产量 | 农业产品产值 |
| | 林业产品 | 林业产品产量 | 林业产品产值 |
| | 畜牧业产品 | 畜牧业产品产量 | 畜牧业产品产值 |
| | 渔业产品 | 渔业产品产量 | 渔业产品产值 |
| | 生态能源 | 生态能源总量 | 生态能源产值 |
| | 其他产品 | 装饰观赏资源总量等 | 装饰观赏资源产值等 |
| 调节服务 | 水源涵养 | 水源涵养量 | 水源涵养价值 |
| | 土壤保持 | 土壤保持量 | 减少泥沙淤积价值 |
| | | | 减少面源污染价值 |
| | 防风固沙 | 固沙量 | 草地恢复成本 |
| | 海岸带防护 | 海岸带防护面积 | 海岸带防护价值 |
| | 洪水调蓄 | 洪水调蓄量 | 调蓄洪水价值 |
| | 空气净化 | 净化二氧化硫量 | 净化二氧化硫价值 |
| | | 净化氮氧化物量 | 净化氮氧化物价值 |
| | | 净化颗粒物量 | 净化颗粒物价值 |
| | 水质净化 | 净化 COD 量 | 净化 COD 价值 |
| | | 净化总氮量 | 净化总氮价值 |
| | | 净化总磷量 | 净化总磷价值 |
| | 碳固定 | 固定二氧化碳量 | 碳固定价值 |
| | 氧气提供 | 氧气提供量 | 氧气提供价值 |
| 气候调节 | 植被蒸腾消耗能量 | 植被蒸腾调节温湿度价值 | |
| | 水面蒸发消耗能量 | 水面蒸发调节温湿度价值 | |
| 物种保育 | 珍稀濒危物种数量 保护区面积 | 珍稀濒危物种保育价值 保护区保育价值 | |
| 文化服务 | 休闲旅游 | 游客总人数 | 游憩康养价值 |
| | 景观价值 | 受益土地与房产面积 | 土地、房产升值 |

2.4 生态系统服务实物量核算

生态系统生产总值实物量核算包括三大类，即物质产品实物量核算、调节服务实物量核算、文化服务实物量核算。生态系统生产总值实物量核算的核算项目、实物量指标和核算方法见表 2-3。

表 2-3 生态系统生产总值实物量核算方法

| 服务类别 | 核算项目 | 实物量指标 | 核算方法 |
|------|----------|-----------|--------------------|
| 物质产品 | 农业产品 | 农业产品产量 | 统计调查 |
| | 林业产品 | 林业产品产量 | |
| | 畜牧业产品 | 畜牧业产品产量 | |
| | 渔业产品 | 渔业产品产量 | |
| | 生态能源 | 生态能源总量 | |
| | 其他 | 装饰观赏资源产量等 | |
| 调节服务 | 水源涵养 | 水源涵养量 | 水量平衡法，水量供给法 |
| | 土壤保持 | 土壤保持量 | 修正通用土壤流失方程 (RUSLE) |
| | 防风固沙 | 固沙量 | 修正风力侵蚀模型 (REWQ) |
| | 海岸带防护 | 海岸带防护面积 | 统计调查 |
| | 洪水调蓄 | 湖泊：可调蓄水量 | 水量储存模型 |
| | | 水库：防洪库容 | |
| | | 沼泽：滞水量 | |
| | 空气净化 | 净化二氧化硫量 | 污染物净化模型 |
| | | 净化氮氧化物量 | |
| | | 净化颗粒物量 | |
| | 水质净化 | 净化 COD 量 | 污染物净化模型 |
| | | 净化总氮量 | |
| | | 净化总磷量 | |
| | 碳固定 | 固定二氧化碳量 | 固碳机理模型 |
| 氧气提供 | 氧气提供量 | 释氧机理模型 | |
| 气候调节 | 植被蒸腾消耗能量 | 蒸散模型 | |
| | 水面蒸发消耗能量 | | |
| 物种保育 | 珍稀濒危物种数量 | 统计调查 | |
| 文化服务 | 休闲旅游 | 游客总人数 | 统计调查 |
| | 景观价值 | 受益土地面积或公众 | |

2.5 生态系统服务价值量核算

在生态系统生产总值实物量核算的基础上，确定各类生态系统服务的价格，核算生态服务价值。具体而言，生态系统生产总值价值量核算中，物质产品价值主要用市场价值法核算，调节服务价值主要用替代成本法进行核算，文化服务价值使用旅行费用法。生态系统生产总值价值量核算的核算项目、价值量指标和核算方法，见表 2-4。

表 2-4 生态系统生产总值价值量核算方法

| 服务类别 | 核算项目 | 价值量指标 | 核算方法 |
|-------------|--------|-------------|-------|
| 物质产品 | 农业产品 | 农业产品产值 | 市场价值法 |
| | 林业产品 | 林业产品产值 | |
| | 畜牧业产品 | 畜牧业产品产值 | |
| | 渔业产品 | 渔业产品产值 | |
| | 生态能源 | 生态能源产值 | |
| | 其他 | 装饰观赏资源产值等 | |
| 调节服务 | 水源涵养 | 水源涵养价值 | 替代成本法 |
| | 土壤保持 | 减少泥沙淤积价值 | 替代成本法 |
| | | 减少面源污染价值 | 替代成本法 |
| | 防风固沙 | 固沙价值 | 恢复成本法 |
| | 海岸带防护 | 由于防护减少的损失价值 | 替代成本法 |
| | 洪水调蓄 | 调蓄洪水价值 | 影子工程法 |
| | 空气净化 | 净化二氧化硫价值 | 替代成本法 |
| | | 净化氮氧化物价值 | 替代成本法 |
| | | 净化颗粒物价值 | 替代成本法 |
| | 水质净化 | 净化总氮价值 | 替代成本法 |
| | | 净化总磷价值 | 替代成本法 |
| | | 净化 COD 价值 | 替代成本法 |
| | 碳固定 | 固定二氧化碳价值 | 替代成本法 |
| | 氧气提供 | 氧气提供价值 | 替代成本法 |
| | 气候调节 | 植被蒸腾调节温湿度价值 | 替代成本法 |
| 水面蒸发调节温湿度价值 | | | |
| 物种保育 | 物种保育价值 | 保育价值法 | |
| 文化服务 | 休闲旅游 | 休闲旅游价值 | 旅行费用法 |
| | 景观价值 | 景观价值 | 享乐价格法 |

3 物质产品实物量和价值量核算

3.1 物质产品实物量核算

3.1.1 指标内涵

物质产品是指人类从生态系统获取的能够在市场交易的产品，满足人类生活、生产与发展的物质需求，包括农业、林业、畜牧业、渔业等产品与生态能源。具体指标见表 3-1。

表 3-1 生态系统的物质产品指标

| 类别 | 项目 | 内容 | 指标 |
|-------|---------|--------------------------------|----------------------|
| 农业产品 | 粮食作物 | 谷物 | 水稻、小麦、玉米、谷子、高粱、其他谷物等 |
| | | 豆类 | 大豆、绿豆、红小豆 |
| | | 薯类 | 马铃薯 |
| | 油料 | 油料 | 花生、油菜籽、向日葵籽、芝麻、胡麻籽 |
| | 棉花 | 棉花 | 棉花 |
| | 麻类 | 麻类 | 黄红麻、亚麻、大麻、苧麻 |
| | 糖类 | 糖类 | 甜菜、甘蔗 |
| | 烟叶 | 烟叶 | 烟叶 |
| | 药材 | 药材 | 药材 |
| | 茶叶 | 茶叶 | 红毛茶、绿毛茶 |
| | 蔬菜 | 蔬菜 | 蔬菜（含菜用瓜） |
| | 瓜类 | 瓜类 | 西瓜、甜瓜、草莓 |
| 水果 | 水果 | 香蕉、苹果、梨、葡萄、柑桔、红枣、柿子、菠萝、其他园林水果等 | |
| 林业产品 | 木材 | 木材 | 木材 |
| | 其他林产品 | 橡胶 | 橡胶 |
| | | 松脂 | 松脂 |
| | | 生漆 | 生漆 |
| | | 油桐籽 | 油桐籽 |
| 油茶籽 | 油茶籽 | | |
| 畜牧业产品 | 畜禽 | 畜禽 | 牛、羊、猪、家禽等 |
| | 奶类 | 奶类 | 牛奶 |
| | 禽蛋 | 禽蛋 | 禽蛋 |
| | 动物皮毛 | 羊毛 | 细绵羊毛、半细绵羊毛、羊绒、山羊毛 |
| | 其他畜产品 | 蜂蜜 | 蜂蜜 |
| 蚕茧 | | 柞蚕茧、桑蚕茧 | |
| 渔业产品 | 淡水产品 | 淡水产品 | 鱼类、贝类、虾蟹类、其他 |
| | 海水产品 | 海水产品 | 鱼类、贝类、虾蟹类、藻类、其他 |
| 生态能源 | 生态能源 | 水能 | 水能发电量 |
| | | 薪柴 | 薪柴量 |
| | | 秸秆 | 固化产量 |
| | | 沼气 | 沼气量 |
| 其它 | 装饰观赏资源等 | 装饰观赏资源等 | 花卉、苗木等 |

3.1.2 核算方法

生态系统在一定时间内提供的各类产品的产量可以通过现有的经济核算体系获得，实物产品的产量可以通过统计资料获取。

$$E_{pro} = \sum_{i=1}^n E_i \quad (1)$$

式中， E_{pro} 为产品总产量 (t/a)； E_i 为第 i 种产品的产量 (t/a)； i 为核算区产品种类， $i=1, 2, 3, \dots, n$ 。

3.1.3 核算参数及数据来源

产量数据来自林业、农业、渔业及统计部门相关资料，以及实地调查。

3.2 物质产品价值量核算

3.2.1 定价思路

生态系统物质产品价值是指生态系统通过初级生产、次级生产为人类提供农产品、林业产品、畜牧业产品、渔业产品、生态能源等的经济价值。由于生态系统物质产品能够在市场上进行交易，存在相应的市场价格，可以运用市场价值法对生态系统的物质产品服务进行价值核算。

3.2.2 价值量核算模型

$$V_m = \sum_{i=1}^n E_i \times P_i \quad (2)$$

式中， V_m 为生态系统物质产品价值 (元/a)； E_i 为第 i 类生态系统产品产量 (根据产品的计量单位确定，如 kg/a)， P_i 为第 i 类生态系统产品的价格 (根据产品的计量单位确定，如元/kg)。

3.2.3 定价参数与数据来源

产品产量由实物量核算得到，产品价格从林业、农业、渔业及统计部门获得或根据市场定价获得。

4 水源涵养实物量和价值量核算

4.1 水源涵养实物量核算

4.1.1 指标内涵

水源涵养服务是生态系统拦截滞蓄降水，增强土壤下渗、蓄积，涵养土壤水分、调节暴雨径流和补充地下水，增加可利用水资源的功能。水源涵养量大的地区不仅满足核算区内生产生活的水源需求，还持续地向区域外提供水资源。选用水源涵养量，作为生态系统水源涵养实物量的评价指标。

4.1.2 核算方法

水源涵养量核算主要有两种方法，推荐优先采用水量平衡法，技术参数缺失的情况下，可以选择水量供给法。

4.1.2.1 水量平衡法

通过水量平衡方程计算。水量平衡方程是指在一定的时空内，水分在生态系统中保持质量守恒，即生态系统水源涵养量是降水输入与暴雨径流和生态系统自身水分消耗量的差值。

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

式中， Q_{wr} 为水源涵养量 (m^3/a)； P_i 为产流降雨量 (mm/a)， R_i 为地表径流量 (mm/a)， ET_i 为蒸散发量 (mm/a)； A_i 为 i 类生态系统的面积 (m^2)； i 为生态系统类型， n 为生态系统类型总数。

4.1.2.2 水量供给法

水源涵养量是生态系统为本地区和下游地区提供的水资源总量，包括本地区的用水量 and 净出境水量。

$$Q_{wr} = (UQ_w - TQ_w) + (LQ_w - EQ_w) \times (1 - \delta) \quad (4)$$

式中， Q_{wr} 为水源涵养量 (m^3/a)； UQ_w 为核算区内的用水量 (包括工业、生活用水量)， TQ_w 为跨流域净调水量， LQ_w 为区域出境水量 (m^3/a)， EQ_w 为区域入境水量 (m^3/a)； δ 为区域产流径流系数。

4.1.3 核算参数及数据来源

核算区域的产流降雨量数据通过气象部门获取，地表径流量、蒸散发量等在技术条件允许情况下进行实测，或从遥感数据及核算区域的相关文献中获取，用水量、区域出入境水量等数据通过水利或统计部门获得。

4.2 水源涵养价值量核算

4.2.1 定价思路

水源涵养价值主要表现在蓄水保水的经济价值。可运用影子工程法，即模拟建设蓄水量与生态系统水源涵养量相当的水利设施，以建设该水利设施所需要的成本核算水源涵养价值。

4.2.2 价值量核算模型

$$V_{wr} = Q_{wr} \times C_{we} \quad (5)$$

式中， V_{wr} 为水源涵养价值（元/a）； Q_{wr} 为核算区内总的水源涵养量（ m^3/a ）， C_{we} 为水资源交易市场价格，当交易市场未建立时，以水库建设的工程及维护成本或水资源影子价格（元/ m^3 ）替代，水库单位库容的工程造价及维护成本（元/ m^3 ）。

4.2.3 定价参数与数据来源

生态系统水源涵养量由实物量核算得到。水库单位库容的工程造价及维护成本等数据来自发改委、水利等部门发布的工程预算依据，或公开发表的参考文献，并根据价格指数折算得到核算年份的价格。

5 土壤保持实物量和价值量核算

5.1 土壤保持实物量核算

5.1.1 指标内涵

土壤保持功能是生态系统（如森林、草地等）通过林冠层、枯落物、根系等各个层次保护土壤、消减降雨侵蚀力，增加土壤抗蚀性，减少土壤流失，保持土壤的功能。

选用土壤保持量，即生态系统减少的土壤侵蚀量（用潜在土壤侵蚀量与实际土壤侵蚀量的差值测度）作为生态系统水土保持功能的评价指标。其中，实际土壤侵蚀是指当前地表植被覆盖情形下的土壤侵蚀量，潜在土壤侵蚀是指没有地表植被覆盖情形下可能发生的土壤侵蚀量。

5.1.2 核算方法

土壤保持量核算主要基于修正的通用水土流失方程（RUSLE）计算。

$$Q_{sr} = R \times K \times L \times S \times (1 - C \times P) \quad (6)$$

式中， Q_{sr} 为土壤保持量（t/a）； R 为降雨侵蚀力因子，用多年平均年降雨侵蚀力指数表示； K 为土壤可蚀性因子，通常用标准样方上单位降雨侵蚀力所引起的土壤流失量来表示； L 为坡长因子（无量纲）， S 为坡度因子（无量纲）， C 为植被覆盖和管理因子（无量纲）， P 为水土保持措施因子（无量纲）。

5.1.3 核算参数及数据来源

降雨侵蚀力因子 R 、土壤可蚀性因子 K 、坡长因子 L 、坡度因子 S 的算法以及覆盖和管理因子 C 以及水土保持措施因子 P 参考附录 C.1 或查阅相关文献。

5.2 土壤保持价值量核算

5.2.1 定价思路

生态系统土壤保持价值主要包括减少面源污染和减少泥沙淤积两个方面的价值。

生态系统通过保持土壤，减少氮、磷等土壤营养物质进入下游水体（包括河流、湖泊、水库和海湾等），可降低下游水体的面源污染。根据土壤保持量和土壤中氮、磷的含量，运用替代成本法（即污染物处理的成本）核算减少面源污染的价值。

生态系统通过保持土壤，减少水库、河流、湖泊的泥沙淤积，有利于降低干旱、洪涝灾害发生的风险。根据土壤保持量和淤积量，运用替代成本法（即水库清淤工程的费用）核算减少泥沙淤积价值。

5.2.2 价值量核算模型

$$V_{sr} = V_{sd} + V_{dpd} \quad (7)$$

$$V_{sd} = \lambda \times (Q_{sr} / \rho) \times c \quad (8)$$

$$V_{dpd} = \sum_{i=1}^n Q_{sr} \times C_i \times P_i \quad (9)$$

式中， V_{sr} 为生态系统土壤保持价值（元/a）； V_{sd} 为减少泥沙淤积价值（元/a）； V_{dpd} 为减少面源污染价值（元/a）； Q_{sr} 为土壤保持量（t/a）； c 为单位水库清淤工程费用（元/m³）； ρ 为土壤容重（t/m³）； λ 为泥沙淤积系数； i 为土壤中氮、磷等营养物质数量， $i = 1, 2, \dots, n$ ； C_i 为土壤中氮、磷等营养物质的纯含量（%）； P_i 为处理成本。

5.2.3 定价参数与数据来源

土壤保持量由实物量核算得到。土壤容重、氮、磷、钾含量、单位水库清淤工程费、单位污染物处理成本、肥料价格等数据来源于当地土壤调查、文献、专项调查以及发改委等物价部门。

6 防风固沙实物量和价值量核算

6.1 防风固沙实物量核算

6.1.1 指标内涵

防风固沙功能是指生态系统减少因大风导致的土壤流失和风沙危害的功能。在风蚀过程中，植被减少土壤裸露，对土壤形成保护，

减少风蚀输沙量，还可以通过根系固定表层土壤，改良土壤结构，提高土壤抗风蚀的能力，植被还可以通过增加地表粗糙度、阻截等方式降低风速、降低大风风力侵蚀和风沙危害。

选用防风固沙量，即通过生态系统减少的风蚀量（潜在风蚀量与实际风蚀量的差值），作为生态系统防风固沙功能的评价指标。

6.1.2 核算方法

防风固沙量核算主要基于修正的风力侵蚀模型（RWEQ）计算。

$$Q_{sf} = 0.1699 \times (WF \times EF \times SCF \times K')^{1.3711} \times (1 - C^{1.3711}) \quad (10)$$

式中， Q_{sf} 为防风固沙量（t/a）； WF 为气候侵蚀因子（kg/m）； EF 为土壤侵蚀因子； SCF 为土壤结皮因子； K' 为地表糙度因子； C 为植被覆盖因子。

6.1.3 核算参数及数据来源

气候侵蚀因子、地表糙度因子、土壤侵蚀因子、土壤结皮因子、植被覆盖因子参考附录 C.2。

6.2 防风固沙价值量核算

6.2.1 定价思路

根据防风固沙量和土壤沙化盖沙厚度，核算出减少的沙化土地面积；运用恢复成本法，根据单位面积沙化土地治理费用或单位植被恢复成本核算生态系统防风固沙功能的价值。

6.2.2 价值量核算模型

$$V_{sf} = \frac{Q_{sf}}{\rho \cdot h} \times c \quad (11)$$

式中， V_{sf} 为防风固沙价值（元/a）； Q_{sf} 为防风固沙量（t/a）； ρ 为土壤容重（t/m³）； h 为土壤沙化覆沙厚度（m）； c 为单位治沙工程的成本（元/m³）或单位植被恢复成本（元/m²）。

6.2.3 定价参数与数据来源

防风固沙量由实物量核算得到，土壤容重来自土壤调查或文献资料，单位治沙工程成本或单位植被恢复成本来自政府相关文件规定。

7 海岸带防护实物量和价值量核算

7.1 海岸带防护实物量核算

7.1.1 指标内涵

海岸带防护是指滨海盐沼、红树林、珊瑚礁等生态系统减低海浪，避免或减小海堤或海岸侵蚀的功能。

7.1.2 核算方法

运用滨海盐沼、红树林、珊瑚礁等生态系统防护或替代海堤等防护工程的长度核算。

$$D_{cl} = \sum_1^n D_{cli} \quad (12)$$

式中， D_{cl} 为生态系统防护的海岸带总长度（km/a）； D_{cli} 为*i*类生态系统防护的海岸带长度（km/a）；*i*为研究区生态系统类型， $i = 1, 2, \dots, n$ ，无量纲； n 为研究区生态系统类型数量，无量纲。

7.1.3 核算参数及数据来源

海岸带长度从自然资源部门获得，或利用遥感数据分析结合实地调查获得。

7.2 海岸带防护价值量核算

7.2.1 定价思路

运用替代成本法（即海浪防护工程建设成本）核算滨海盐沼、红树林、珊瑚礁等生态系统防风护堤的价值。

7.2.2 价值核算模型

$$V_{cl} = \sum_1^n D_{cli} \times C_{cli} \quad (13)$$

式中， V_{cl} 为海岸带防护价值（元/a）； D_{cli} 为*i*类生态系统防护的海岸带长度（km）； C_{cli} 为*i*类生态系统海浪防护工程单位长度建设维护成本（元/km）。

7.2.3 核算参数及数据来源

生态系统防护的海岸带长度由实物量核算得到。防护工程的单位长度建设成本从发改委、海洋等部门获得。

8 洪水调蓄实物量和价值量核算

8.1 洪水调蓄实物量核算

8.1.1 指标内涵

洪水调蓄功能是指自然生态系统所特有的生态结构能够吸纳大量的降水和过境水，蓄积洪峰水量，削减并滞后洪峰，以缓解汛期洪

峰造成的威胁和损失的功能。原则上只核算年降雨量大于 400mm 地区的洪水调蓄价值。

选用植被调蓄水量和洪水期滞水量（库塘、湖泊、沼泽）表征生态系统的洪水调蓄能力，即调节洪水的潜在能力。

8.1.2 核算方法

洪水调蓄能力：

$$C_{fm} = C_{vc} + C_{rc} + C_{lc} + C_{mc} \quad (14)$$

式中， C_{fm} 为洪水调蓄量（ m^3/a ）； C_{vc} 为植被洪水调蓄量（ m^3/a ）； C_{rc} 为库塘洪水调蓄量（ m^3/a ）， C_{lc} 为湖区洪水调蓄量（ m^3/a ）， C_{mc} 为沼泽洪水调蓄量（ m^3/a ）。

植被洪水调蓄量：

$$C_{vc} = \sum_{i=1}^n (P_h - R_{fi}) \times S_{iv} \times 10^{-3} \quad (15)$$

式中， C_{vc} 为植被洪水调蓄量（ m^3/a ）； P_h 为大暴雨产流降雨量（mm）； R_{fi} 为第*i*种生态系统产生的地表径流量（mm）； S_{iv} 为第*i*种自然植被生态系统的面积（ km^2 ）；*i*为自然植被生态系统类型， $i=1, 2, \dots, n$ ；*n*为自然植被生态系统类型数量，无量纲。

库塘洪水调蓄量—方法 1：

库塘湿地调蓄洪水的能力，通过库塘湿地的实际洪水调蓄库容来计算，库塘湿地的实际洪水调蓄库容按其总库容的 35% 进行计算。

$$C_{rc} = 0.35 \times C_t \quad (16)$$

式中， C_{rc} 为水库防洪库容（ m^3/a ）； C_t 为水库总库容（ m^3 ）。

库塘洪水调蓄量—方法 2：

在实测数据可以支撑的条件下，库塘湿地调蓄洪水的能力，可通过洪水期水库的进出水总量进行计算。

$$C_{rc} = C_i - C_o \quad (17)$$

式中， C_{rc} 为水库防洪库容（ m^3/a ）； C_i 为洪水期水库进水总量（ m^3/a ）， C_o 为洪水期水库出水总量（ m^3/a ）。

湖泊洪水调蓄量—方法 1:

湖泊洪水调蓄量的大小与湖泊面积、水深、换水周期，以及流域内的水文过程密切相关。可根据湖泊水文学过程，通过汛期湖泊入湖、出湖流量随时间的变化计算湖泊在某一段时间内洪水调蓄量：

$$C_{lc} = \int_{t_1}^{t_2} (Q_I - Q_o) dt \quad (Q_I > Q_o) \quad (18)$$

式中， C_{lc} 为湖泊 t_1 - t_2 时间段内洪水调蓄量（ m^3 ）； Q_I 为入湖流量（ m^3/s ）， Q_o 为出湖流量（ m^3/s ）。

湖泊洪水调蓄量—方法 2:

考虑区域气候条件的差异，根据《中国湖泊志》，将全国湖泊划分为东部平原、蒙新高原、云贵高原、青藏高原、东北平原与山区 5 个湖泊区，分区构建湖泊换水次数与补给系数的模型，通过补给系数核算湖泊换水次数；按不同湖泊区，基于湖面面积与湖泊换水次数建立湖泊水量调节量评价模型：

东部平原区：

$$C_{lc} = e^{4.924} \times A^{1.128} \times 3.19 \quad (19)$$

蒙新高原区：

$$C_{lc} = e^{5.653} \times A^{0.680} \times 0.26 \quad (20)$$

云贵高原区:

$$C_{lc} = e^{4.904} \times A^{0.927} \times 0.36 \quad (21)$$

青藏高原区:

$$C_{lc} = e^{6.636} \times A^{0.678} \times 0.14 \quad (22)$$

东北平原与山区:

$$C_{lc} = e^{5.808} \times A^{0.866} \times 0.98 \quad (23)$$

C_{lc} 为湖泊的洪水调蓄量 ($10^4\text{m}^3/\text{a}$), A 为湖泊面积 (km^2)。

沼泽洪水调蓄量:

沼泽土壤具有特殊的水文物理性质,草根层和泥炭层孔隙度达72%-93%,饱和持水量达830%-1030%,在汛期可储存大量水分。沼泽湿地像一个巨大的天然蓄水库消纳洪水;同时沼泽湿地植被可拦截径流减缓洪水流速,削减和滞后洪峰。基于沼泽土壤蓄水量和地表滞水量模型核算沼泽湿地洪水调蓄量能力:

$$C_{mc} = C_{sws} + C_{sr} \quad (24)$$

式中, C_{mc} 为沼泽洪水调蓄量 (亿 m^3/a); C_{sws} 为沼泽土壤蓄水量 (亿 m^3/a), C_{sr} 为沼泽地表滞水量 (亿 m^3/a)。

沼泽土壤蓄水量的计算公式如下:

$$C_{sws} = S \times h \times \rho \times (F - E) \times 10^{-2} / \rho_w \quad (25)$$

式中, C_{sws} 为沼泽土壤蓄水量 (亿 m^3/a); S 为沼泽总面积 (km^2), h 为沼泽湿地土壤蓄水深度 (m), ρ 为沼泽湿地土壤容重 (g/cm^3), ρ_w 为水的密度 (g/cm^3), F 为沼泽湿地土壤饱和含水率 (无量纲), E 为沼泽湿地洪水淹没前的自然含水率 (无量纲)。

沼泽地表滞水量的计算公式如下：

$$C_{sr} = S \times H \times 10^{-2} \quad (26)$$

式中, C_{sr} 为沼泽地表滞水量(亿 m^3/a); S 为沼泽湿地总面积(km^2), H 为沼泽湿地地表滞水高度 (m)。

8.1.3 核算参数及数据来源

湖泊进出水量通过水利部门统计资料获得。各类植被面积、湖面面积、沼泽面积来源自然资源、水利或其他相关统计部门。出入湖流量来源于水利、水文监测站点的实际观测数据。暴雨降雨量数据来源于气象部门。暴雨径流量参考相关研究文献或进行实测。

8.2 洪水调蓄价值量核算

8.2.1 定价思路

运用替代成本法(即水库的建设成本)核算自然生态系统的洪水调蓄价值。

8.2.2 价值量核算模型

$$V_{fm} = C_{fm} \times C_{we} \quad (27)$$

式中, V_{fm} 为生态系统洪水调蓄价值(元/a); C_{fm} 为生态系统洪水调蓄量(m^3/a); C_{we} 为水库单位库容的工程造价及维护成本(元/ m^3)。

8.2.3 核算参数及数据来源

生态系统洪水调蓄量由实物量核算得到。水库单位库容的工程造价及维护成本等数据来自发改委、水利等部门发布的工程预算依据,或公开发表的参考文献。

9 碳固定实物量和价值量核算

9.1 碳固定实物量核算

9.1.1 陆地生态系统固碳

9.1.1.1 指标内涵

生态系统固碳功能是指自然生态系统吸收大气中的二氧化碳（CO₂）合成有机质，将碳固定在植物或土壤中的功能。该功能有利于降低大气中二氧化碳浓度，减缓温室效应。生态系统的固碳功能，对降低减排压力具有重要意义。选用固定二氧化碳量作为生态系统固碳功能的评价指标。

生态系统固碳量为陆地生态系统固碳和岩溶固碳总量。

$$Q_{CO_2} = Q_{tCO_2} + Q_{kCO_2} \quad (28)$$

9.1.1.2 核算方法

陆地生态系统固碳功能的计算方法主要有两种，根据数据可得性选择固碳速率法或净生态系统生产力法（NEP法）。

方法 1：固碳速率法

$$Q_{tCO_2} = M_{CO_2}/M_C \times (FCS + GSCS + WCS + CSCS) \quad (29)$$

式中， Q_{tCO_2} 为陆地生态系统二氧化碳总固定量（tCO₂/a）； FCS 为森林（及灌丛）固碳量（tC/a）， $GSCS$ 为草地固碳量（tC/a）， WCS 为湿地固碳量（tC/a）， $CSCS$ 为农田固碳量（tC/a）， $\frac{M_{CO_2}}{M_C} = 44/12$ ，为C转化为CO₂的系数。

固碳速率法-森林及灌丛固碳量:

$$FCS = FCSR \times SF \times (1 + \beta) \quad (30)$$

式中, $FCSR$ 为森林及灌丛的固碳速率 ($\text{tC} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$), SF 为森林及灌丛面积 (ha), β 为森林及灌丛土壤固碳系数。

固碳速率法-草地固碳量:

由于草地植被每年都会枯落,其固定的碳又返还回大气或者进入土壤中,故不考虑草地植被的固碳量,只考虑草地的土壤固碳量。

$$GSCS = GSR \times SG \quad (31)$$

式中, GSR 为草地土壤的固碳速率 ($\text{tC} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$), SG 为草地面积 (ha)。

固碳速率法-湿地固碳量:

$$WCS = \sum_{i=1}^n SCSR_i \times SW_i \times 10^{-2} \quad (32)$$

式中, $SCSR_i$ 为第 i 类水域湿地的固碳速率 ($\text{g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$), SW_i 为第 i 类水域湿地的面积 (ha), $i = 1, 2, \dots, n$ 。

固碳速率法-农田土壤固碳量:

由于农田植被每年都会被收获,其固定的碳又返还回大气或者进入土壤中,故不考虑农田植被的固碳量,只考虑农田的土壤固碳量。

$$CSCS = (BSS + SCSR_N + PR \times SCSR_S) \times SC \quad (33)$$

式中, $CSCS$ 为农田土壤固碳量 (tC/a); BSS 为无固碳措施条件下的农田土壤固碳速率 ($\text{tC} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$), $SCSR_N$ 为施用化学氮肥和复合肥的农田土壤固碳速率 ($\text{tC} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$), $SCSR_S$ 为秸秆全部还田的农田

土壤固碳速率 ($\text{tC}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$), PR 为农田秸秆还田推广施行率 (%), SC 为农田面积 (ha)。

无固碳措施条件下的农田土壤固碳速率:

$$BSS = NSC \times BD \times H \times 0.1 \quad (34)$$

式中, NSC 为无化学肥料和有机肥料施用的情况下, 我国农田土壤有机碳的变化, 单位 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$; BD 为各省土壤容重, H 为土壤厚度。

施用化学氮肥、复合肥和秸秆还田的土壤固碳速率:

施用化学氮肥的固碳速率:

$$\text{东北农区: } SCSR_N = 1.7385 \times TNF - 104.03 \quad (35)$$

$$\text{华北农区: } SCSR_N = 0.5286 \times TNF + 1.5973 \quad (36)$$

$$\text{西北农区: } SCSR_N = 0.6352 \times TNF - 1.0834 \quad (37)$$

$$\text{南方农区: } SCSR_N = 1.5339 \times TNF - 266.7 \quad (38)$$

式中, TNF 为单位面积耕地化学氮肥、复合肥总施用量 ($\text{kgN ha}^{-1} \text{a}^{-1}$), 计算公式如下:

$$TNF = (NF + CF \times 0.3) / S_p \quad (39)$$

式中, NF 和 CF 为化学氮肥和复合肥施用量 (t), S_p 为耕地面积 (ha)。

秸秆还田的固碳速率:

$$\text{东北农区 } SCSR_S = 40.524 \times S + 340.33 \quad (40)$$

$$\text{华北农区 } SCSR_S = 40.607 \times S + 181.9 \quad (41)$$

$$\text{西北农区 } SCSR_S = 17.116 \times S + 30.553 \quad (42)$$

$$\text{南方农区 } SCSR_S = 43.548 \times S + 375.1 \quad (43)$$

式中， S 为单位耕地面积秸秆还田量 ($\text{t ha}^{-1} \text{a}^{-1}$)，计算方法如下式所示：

$$S = \sum_{j=1}^n CY_j \times SGR_j / S_P \quad (44)$$

式中， CY_j 为作物 j 在当年的产量 (t)， S_P 为耕地面积 (ha)， SGR_j 为作物 j 的草谷比。

方法 2：净生态系统生产力法

森林、草地和湿地固碳：

净生态系统生产力 (NEP) 是定量化分析生态系统碳源/汇的重要科学指标，生态系统固碳量可以用 NEP 衡量。 NEP 广泛应用于碳循环研究中， NEP 可由净初级生产力 (NPP) 减去异氧呼吸消耗得到，或根据 NPP 与 NEP 的相关转换系数换算得到，然后测算出陆地生态系统固定二氧化碳的质量：

$$Q_{tCO_2} = M_{CO_2} / M_C \times NEP \quad (45)$$

式中， Q_{tCO_2} 为陆地生态系统固碳量 ($\text{t} \cdot \text{CO}_2 / \text{a}$)； M_{CO_2} / M_C 同上； NEP 为净生态系统生产力 (tC/a)。

其中，净生态系统生产力 NEP 有两种算法：

① 由净初级生产力 (NPP) 减去异氧呼吸消耗得到：

$$NEP = NPP - RS \quad (46)$$

式中， NEP 为净生态系统生产力 ($\text{t} \cdot \text{C/a}$)； NPP 为净初级生产力 ($\text{t} \cdot \text{C/a}$)， RS 为土壤呼吸消耗碳量 ($\text{t} \cdot \text{C/a}$)。

② 按照各省市 NEP 和 NPP 的转换系数，根据 NPP 计算得到 NEP ：

$$NEP = \alpha * NPP * M_{C_6} / M_{C_6H_{10}O_5} \quad (47)$$

式中， NEP 为净生态系统生产力 ($t \cdot C/a$)； α 为 NEP 和 NPP 的转换系数， NPP 为净初级生产力 ($t \cdot \text{干物质}/a$)， $M_{C_6} / M_{C_6H_{10}O_5} = 72/162$ 为干物质转化为 C 的系数。

土壤固碳：

$$Q_{SCO_2} = \sum_i^n A_i \times S_i \quad (48)$$

式中， Q_{SCO_2} 为土壤固碳量 ($t \cdot CO_2/a$)； A_i 为不同生态系统的土壤面积 (ha)， S_i 为不同生态系统实测土壤固碳量 ($t \cdot CO_2/ha \cdot a^{-1}$)。

9.1.1.3 核算参数及数据来源

净初级生产力 NPP 、土壤呼吸消耗碳量 RS 、生物量数据、各类陆地生态系统面积、化学氮肥 NF 、复合肥施用量 CF 和作物 j 在当年的产量 CY_j 等数据来自自然资源、林业、农业和统计等部门的遥感数据、统计数据、实地调查或相关文献数据； NPP 与 NEP 转换系数、生物量-碳转换系数、森林及灌丛固碳速率推荐值、森林及灌丛土壤固碳系数、草地土壤固碳速率、湿地固碳速率、各省土壤容重、无化学肥料和有机肥料施用的情况下我国农田土壤有机碳的变化、土壤厚度各省土壤容重以及作物 j 的草谷比等见附录 C.3。

9.1.2 岩溶固碳

9.1.2.1 指标内涵

岩溶作用，也称喀斯特作用，是指地下水和地表水对可溶性岩石进行以化学作用为主的溶蚀，每形成 $1molHCO_3^-$ 需要从大气吸收

0.5mol CO₂，将碳以 HCO₃⁻形式存储在水体中。我国广大的岩溶面积以及岩溶形成机制对吸收大气 CO₂ 具有一定作用。选用固定 CO₂ 量作为岩溶固碳功能的评价指标。

岩溶固碳仅在含有岩溶地貌的区域选择核算。

9.1.2.2 核算方法

岩溶地区固碳量可以用以下公式核算：

$$Q_{kCO_2} = \frac{1}{2} \times S \times M \times C_{[HCO_3^-]} \times \frac{M_{CO_2}}{M_{HCO_3^-}} \quad (49)$$

式中， Q_{kCO_2} 为岩溶作用总固碳量 (tCO₂/a)； S 为岩溶地区面积 (km²)， M 为区域地下水径流模数 (10⁷L/(km²·a))， $C_{[HCO_3^-]}$ 为 [HCO₃⁻] 浓度 (g/L)； M_{CO_2} 为 CO₂ 的摩尔质量 44， $M_{HCO_3^-}$ 为 HCO₃⁻ 的摩尔质量 61。

根据相关数据，式 (49) 可简化为式 (50)：

$$Q_{kCO_2} = 0.3607 \times S \times M \times C_{[HCO_3^-]} \quad (50)$$

系数 0.3607 由 CO₂ 摩尔质量 (M_{CO_2})44，HCO₃⁻ 摩尔质量 ($M_{HCO_3^-}$) 61，每形成 1 摩尔质量 HCO₃⁻ 需要从大气吸收 0.5 摩尔质量 CO₂ 这三个系数确定。

9.1.2.3 核算参数及数据来源

区域岩溶面积数据可从地方自然资源、水文和地质部门获得，区域地下水径流模数以及 HCO₃⁻ 浓度根据地方水文部门数据确定或实测获得，附录 C.3 供参考。

9.2 碳固定价值量核算

9.2.1 定价思路

生态系统固碳价值可以采用替代成本法（造林成本法、工业减排成本）与市场价值法（碳交易价格）核算生态系统固碳的价值。

9.2.2 价值量核算模型

$$V_{CF}=Q_{CO_2} \times C_C \quad (51)$$

式中， V_{CF} 为生态系统固碳价值（元/a）； Q_{CO_2} 为生态系统固碳总量（tCO₂/a）； C_C 为碳价格（元/t）。

9.2.3 定价参数与数据来源

固碳量由实物量核算得到。单位造林固碳成本、工业碳减排成本、碳交易市场价格参考相关文献，建议采用碳市场交易价格。

10 氧气提供实物量和价值量核算

10.1 氧气提供实物量核算

10.1.1 指标内涵

生态系统的释氧功能指植物在光合作用过程中，释放出氧气的功能。这种功能对于维护大气中氧气的稳定，改善人居环境具有重要意义。选用释氧量作为生态系统释氧功能的评价指标。

10.1.2 核算方法

根据光合作用化学方程式可知，植物每生产吸收 1molCO₂，就会释放 1mol 氧气。 NEP 可由净初级生产力（ NPP ）减去异氧呼吸消耗

得到，或根据 NPP 与 NEP 的相关转换系数获得，然后测算出生态系统释放氧气的质量：

$$Q_{op} = M_{O_2}/M_{CO_2} \times Q_{CO_2} \quad (52)$$

式中， Q_{op} 为生态系统释氧量 (t 氧气/a)； $M_{O_2}/M_{CO_2}=32/44$ 为 CO_2 转化为 O_2 的系数， Q_{CO_2} 为生态系统固碳量 (tC/a)。

10.1.3 核算参数及数据来源

生态系统固碳量 Q_{CO_2} 来源于 9.1。

10.2 氧气提供价值量核算

10.2.1 定价思路

采用市场价值法（即制氧价格）核算生态系统提供氧气的价值。

10.2.2 价值量核算模型

$$V_{op} = Q_{op} \times C_o \quad (53)$$

式中， V_{op} 为生态系统释氧价值 (元/a)； Q_{op} 为生态系统氧气释放量 (t 氧气/a)， C_o 为工业制氧价格 (元/t)。

10.2.3 定价参数与数据来源

生态系统释氧量由实物量核算得到，制氧价格根据实际调查获得。

11 空气净化实物量和价值量核算

11.1 空气净化实物量核算

11.1.1 指标内涵

空气净化功能是指生态系统吸收、过滤、阻隔和分解大气污染物（如二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等），净化空气污染物，改善大气环境的功能。空气净化功能主要体现在净化污染物和阻滞颗粒物方面。

11.1.2 核算方法

空气净化功能核算依据污染物浓度是否超过环境空气功能区质量标准而选择不同的方法。若污染物浓度未超过环境空气功能区质量标准，则采用方法 1 核算污染物净化量；若污染物浓度超过环境空气功能区质量标准，则采用方法 2 核算污染物净化量。环境空气功能区质量标准见附录 C.4。

空气净化服务一方法 1：如果污染物排放量未超过环境空气功能区质量标准，则采用污染物排放量核算实物量。

$$Q_{ap} = \sum_{i=1}^n Q_i \quad (54)$$

式中， Q_{ap} 为大气污染物排放总量 (kg/a)； Q_i 为第 i 类大气污染物排放量 (kg/a)； i 为污染物类别， $i = 1, 2, \dots, n$ ，无量纲； n 为大气污染物类别的数量，无量纲。

空气净化服务一方法 2：如果污染物排放量超过环境空气功能区质量标准，则采用生态系统自净能力核算实物量。

$$Q_{ap} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Q_{ij} \times A_i \quad (55)$$

式中， Q_{ap} 为生态系统空气净化能力（kg/a）； Q_{ij} 为第*i*类生态系统第*j*种大气污染物的单位面积净化量（kg/km²·a），*i*为生态系统类型，*i* = 1, 2, ..., *m*，无量纲。*j*为大气污染物类别，*j* = 1, 2, ..., *n*，无量纲。 A_i 为第*i*类生态系统类型面积（km²）；*m*为生态系统类型的数量，无量纲；*n*为大气污染物类别的数量，无量纲。

11.1.3 核算参数及数据来源

污染物排放数据从生态环境部门获取；各类生态系统面积来源于自然资源部门；生态系统对污染物的单位面积净化量来源于参考文献或实地监测。

11.2 空气净化价值量核算

11.2.1 定价思路

生态系统空气净化价值是指生态系统吸收、过滤、阻隔和分解降低大气污染物（如二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等），使大气环境得到改善产生的生态效应。采用替代成本法（工业治理大气污染物成本），核算生态系统空气净化价值。

11.2.2 价值量核算模型

二氧化硫、氮氧化物、颗粒物净化价值计算方法：运用二氧化硫、氮氧化物、颗粒物三种污染物空气净化实物量，分别乘以单位二氧化硫、氮氧化物、颗粒物处理的费用，核算空气净化价值。

$$V_a = \sum_{i=1}^n Q_{api} \times C_i \quad (56)$$

式中， V_a 为生态系统大气环境净化的价值（元/a）； Q_{api} 为第 i 种大气污染物的净化量（t/a）， j 为大气污染物类别， $i=1, 2, \dots, n$ ，无量纲； C_i 为第 i 类大气污染物的治理成本（元/t）。

11.2.3 定价参数与数据来源

污染物净化量由实物量核算得到。单位治理成本采用核算地方印发的排污费征收标准，没有地方标准的，可以参考国家发展和改革委员会发布的《排污费征收标准及计算方法》收费标准或者《中华人民共和国环境保护税法》中的税收标准。

12 水质净化实物量和价值量核算

12.1 水质净化实物量核算

12.1.1 指标内涵

水质净化功能是指湖泊、河流、沼泽等水域湿地生态系统吸附、降解、转化水体污染物，净化水环境的功能。

水质净化服务价值核算主要是利用监测数据，根据水体生态系统中污染物构成和浓度变化，选取适当的指标对其进行定量化核算。常用指标包括氨氮、COD、总氮、总磷以及部分重金属等。根据我国《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）中对水环境质量应控制的项目和限值的规定，选取指标作为生态系统水环境净化功能的评价指标。

12.1.2 核算方法

水质净化功能核算依据污染物浓度是否超过地表水水域环境功能和保护目标而选择不同的方法。若污染物浓度未超过地表水水域环

境功能标准限值，则采用方法 1 进行核算；若污染物排放浓度超过地表水水域环境功能标准限值，则采用方法 2 进行核算。地表水水域环境功能标准限值见附录 C.5 表 C.10。

水质净化功能一方法 1：如果污染物排放量未超过地表水水域环境功能标准限值，则采用污染物排放量核算实物量。

$$Q_{wp} = \sum_{i=1}^n P_i \quad (57)$$

式中， Q_{wp} 为水体污染物净化量 (kg/a)； P_i 为 i 类污染物排放量 (kg/a)，包括总氮、总磷、COD 等； i 为污染物类别， $i = 1, 2, \dots, n$ ，无量纲； n 为水体污染物类别的数量，无量纲。

水质净化功能一方法 2：如果污染物排放量超过地表水水域环境功能标准限值，根据生态系统的自净能力核算实物量：

$$Q_{wp} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n P_{ij} \times A_i \quad (58)$$

式中， Q_{wp} 为污染物净化总量 (kg)； P_{ij} 为某种生态系统单位面积污染物净化量 (kg/km²)； A_i 为生态系统面积 (km²)； $i = 1, 2, \dots, m$ ，无量纲； m 为生态系统类型的数量，无量纲； j 为污染物类别， $j = 1, 2, \dots, n$ ，无量纲； n 为水体污染物类别的数量，无量纲。

12.1.3 核算参数及数据来源

污染物排放数据从生态环境部门获取；各类生态系统面积来源于自然资源部门；生态系统对污染物的单位面积净化量来源于参考文献或实地监测。

12.2 水质净化价值量核算

12.2.1 定价思路

核算生态系统降解水体污染物、净化水质的价值，运用替代成本法核算生态系统水质净化功能的价值。

12.2.2 价值量核算模型

水质净化价值量计算采用替代成本法，通过工业治理水污染物成本核算生态系统水质净化价值。化学需氧量、氨氮净化价值计算方法：运用化学需氧量、氨氮两种污染物水质净化实物量，分别乘以单位化学需氧量、氨氮处理的费用，核算水体净化价值。

$$V_w = \sum_{i=1}^n Q_{wpi} \times C_i \quad (59)$$

式中， V_w 为生态系统水质净化的价值（元/a）； Q_{wpi} 为第*i*类水污染物的净化量（t/a）； C_i 为第*i*类水污染物的单位治理成本（元/t）；*i*为研究区第*i*类水体污染物类别， $i = 1, 2, \dots, n$ ，无量纲。*n*为研究区水体污染物类别的数量，无量纲。

12.2.3 定价参数与数据来源

污染物净化量由实物量核算得到。COD、氨氮水质等污染物单位治理成本采用核算地方印发的排污费征收标准，没有地方标准的，可以参考国家发展和改革委员会发布的《排污费征收标准及计算方法》收费标准或者《中华人民共和国环境保护税法》中的税收标准。

13 气候调节实物量和价值量核算

13.1 气候调节实物量核算

13.1.1 指标内涵

生态系统气候调节服务是指生态系统通过植被蒸腾作用、水面蒸发过程吸收太阳能，降低气温、增加空气湿度，改善人居环境舒适程度的生态功能。

选用生态系统蒸散发过程消耗的能量作为生态系统气候调节服务的评价指标。

13.1.2 核算方法

气候调节服务核算可用实际测量生态系统内外温差、生态系统消耗的太阳能量和生态系统的总蒸散量进行核算，优先选择实际测量方法，其次根据数据可得性选取生态系统消耗的太阳能量方法或生态系统的总蒸散量进行核算。

方法一：采用实际测量生态系统内外温差进行实物量转换。

$$Q = \sum_{i=1}^n \Delta T_i \times \rho_c \times V \quad (60)$$

式中， Q 为吸收的大气热量(J/a)； ρ_c 为空气的比热容(J/m³·°C⁻¹)； V 为生态系统内空气的体积(m³)； ΔT_i 为第*i*天生态系统内外实测温差(°C)； n 为年内日最高温超过26°C的总天数。

方法二：采用生态系统消耗的太阳能量作为气候调节的实物量。

$$CRQ = ETE - NRE \quad (61)$$

式中， CRQ 为生态系统消耗的太阳能量 (J/a)； ETE 为森林、草地、灌丛、湿地等生态系统蒸腾作用消耗的太阳能量 (J/a)； NRE 为森林、草地、湿地等生态系统吸收的太阳净辐射能量 (J/a)。

方法三：采用生态系统蒸腾蒸发总消耗的能量作为气候调节的实物量。

$$E_{tt} = E_{pt} + E_{we} \quad (62)$$

$$E_{pt} = \sum_i^3 EPP_i \times S_i \times D \times 10^6 / (3600 * r) \quad (63)$$

$$E_{we} = E_w \times q \times 10^3 / (3600) + E_w \times y \quad (64)$$

式中， E_{tt} 为生态系统蒸腾蒸发消耗的总能量 (kW·h/a)； E_{pt} 为生态系统植被蒸腾消耗的能量 (kW·h/a)； E_{we} 为湿地生态系统蒸发消耗的能量 (kW·h/a)； EPP_i 为 i 类生态系统单位面积蒸腾消耗热量 (kJ·m²·d⁻¹)； S_i 为 i 类生态系统面积 (km²)； D 为日最高气温大于 26°C 天数； r 为空调能效比：3.0，无量纲； i 为生态系统类型 (森林、灌丛、草地)； E_w 为蒸发量 (m³)； q 为挥发潜热，即蒸发 1 克水所需要的热量 (J/g)； y 为加湿器将 1m³ 水转化为蒸汽的耗电量 (kw·h)，仅计算湿度小于 45% 时的增湿功能。

13.1.3 核算参数及数据来源

水面蒸发量、植被蒸散发量、生态系统面积、单位面积蒸腾耗热量等数据来自气象、自然资源、林业等相关部门和文献资料。

13.2 气候调节价值量核算

13.2.1 定价思路

运用替代成本法（即人工调节温度和湿度所需要的耗电量）核算生态系统蒸腾调节温度或湿度价值和水面蒸发调节温度或湿度价值。

13.2.2 价值量核算模型

$$V_{tt} = E_{tt} \times P_e \quad (65)$$

式中， V_{tt} 为生态系统气候调节的价值（元/a）； E_{tt} 为生态系统调节温度或湿度消耗的总能量（kW·h/a）； P_e 为当地电价（元/kW·h）。

13.2.3 定价参数与数据来源

生态系统调节温度或湿度所耗能量由实物量核算得到。电价从核算地方发展与改革委员会发布的相关文件或供电部门获取，一般参考工业电价。

14 物种保育实物量和价值量核算

14.1 物种保育实物量核算

14.1.1 指标内涵

物种多样性是生物多样性最主要的结构和功能单位，可以为生态系统演替与生物进化提供必须的物种与遗传资源，是人类生存和发展的基础。物种保育服务是指生态系统为珍稀濒危动植物物种提供生存与繁衍的场所，从而对其起到保育作用的作用和价值。

14.1.2 核算方法

方法 1: Shannon-Weiner 指数法

把濒危动植物、特有动植物和古树名木的数量纳入到计算中，公式如下：

$$G_{bio} = A \times (1 + 0.1 \times \sum_{m=1}^x E_m + 0.1 \times \sum_{n=1}^y B_n + 0.1 \times \sum_{r=1}^z O_r) \quad (66)$$

式中， G_{bio} 物种保育的实物量； E_m 区域内物种 m 的濒危分值； B_n 区域内物种 n 的特有值； O_r 区域内物种 r 的古树年龄指数； x 为计算濒危指数物种数量； y 为计算特有种指数物种数量； z 为计算古树年龄指数物种数量； A 为群落面积 (ha)。

方法 2: 保护区保护法

采用区域保护区面积进行核算。

$$G_{biop} = S \quad (67)$$

式中， G_{biop} 物种保育的实物量； S 为自然保护区面积。

14.2 物种保育价值量核算

14.2.1 定价思路

运用单位面积保育成本核算物种保育服务的价值量。

14.2.2 价值量核算模型

实物量与物种保育成本相乘得到价值量：

方法 1: Shannon-Weiner 价值法

实物量与物种保育价值相乘得到价值量：

$$V_{bio} = G_{bio} \times S_{生} \quad (68)$$

式中， V_{bio} 生物多样性价值（元/a）； $S_{生}$ 为单位面积物种保育价值（元/ha·a⁻¹）。

方法 2：保护区保护价值法

$$V_{biop} = G_{biop} \times S_c \quad (69)$$

式中， V_{biop} 物种保育价值（元/a）； G 为物种保育实物量； S_c 为自然保护区单位面积保育成本（元/ha·a⁻¹）。

14.2.3 核算参数及数据来源

保护区总投入、物种数量参照相关统计、报告和文献资料。不同 Shannon-Weiner 指数对应等级划分，以及相应的单位面积物种多样性保护价值参照附录 C.6。

15 休闲旅游实物量和价值量核算

15.1 休闲旅游实物量核算

15.1.1 指标内涵

人类通过精神感受、知识获取、休闲娱乐和美学体验从生态系统获得的非物质惠益。

15.1.2 核算方法

采用区域内自然景观的年旅游总人次作为文化服务的实物量评价指标。

$$N_t = \sum_{i=1}^n N_{ti} \quad (70)$$

式中， N_t 为游客总人数； N_{ti} 为第 i 个旅游区的人数； n 为旅游区

个数, $i=1, 2, \dots, n$ 。

15.1.3 核算参数及数据来源

自然景观名录、旅游人数与旅客来源通过旅游、园林、统计等部门或问卷调查获取。

15.2 休闲旅游价值量核算

15.2.1 定价思路

运用旅行费用法核算人们通过休闲旅游活动体验生态系统与自然景观美学价值, 并获得知识和精神愉悦的非物质价值。

15.2.2 价值量核算模型

$$V_r = \sum_{j=1}^J N_j \times TC_j \quad (71)$$

$$TC_j = T_j \times W_j + C_j \quad (72)$$

$$C_j = C_{tc,j} + C_{lf,j} + C_{ef,j} \quad (73)$$

式中, V_r 表示被核算地点的休闲旅游价值(元/a); N_j 表示 j 地到核算地区旅游的总人数(人/a); $j = 1, 2 \dots, J$ 表示来被核算地点旅游的游客所在区域(区域按距离核算地点的距离划同心圆, 如省内、省外等)。 TC_j 表示来自 j 地的游客的平均旅行成本(元/人); T_j 表示来自 j 地的游客用于旅途和核算旅游地点的平均时间(天/人); W_j 表示来自 j 地的游客的当地平均工资(元/(人·天)); C_j 表示来自 j 地的游客花费的平均直接旅行费用(元/人), 其中包括游客从 j 地到核算区域的交通费用 $C_{tc,j}$ (元/人)、食宿花费 $C_{lf,j}$ (元/人)和门票费用 $C_{ef,j}$ (元/人)。

15.2.3 定价参数与数据来源

自然景观名录、旅游人数通过旅游、园林等部门获取，游客的社会经济特征、旅行费用情况等通过问卷调查获得。

16 景观价值实物量和价值量核算

16.1 景观价值实物量核算

16.1.1 指标内涵

生态系统的景观价值是指森林、湖泊、河流、海洋等生态系统可以为其周边的人群提供美学体验、精神愉悦的功能，从而提高周边土地、房产价值。

16.1.2 核算方法

采用能直接从自然生态系统获得景观价值的土地与居住小区房产面积作为景观价值实物量评价指标。

$$A_l = \sum_{i=1}^n A_{li} \quad (74)$$

式中， A_l 为从自然生态系统景观获得升值的土地与居住小区房产总面积 (km^2/a)； A_{li} 为第 i 区的房产面积 (km^2)， $i = 1, 2, \dots, n$ 。

16.1.3 核算参数及数据来源

受益土地与居住区名录及面积通过调查获取。

16.2 景观价值价值量核算

16.2.1 定价思路

运用享乐价值法核算生态系统为其周边地区人群提供美学体验、精神愉悦功能的价值。

16.2.2 价值核算模型

$$V_a = A_a \times P_a \quad (75)$$

式中， V_a 为景观价值（元/a）； A_a 为受益总面积（ km^2 ）； P_a 为由生态系统带来的单位面积溢价（元/ $\text{km}^2 \text{a}^{-1}$ ）。

16.2.3 核算参数及数据来源

受益面积由实物量核算得到。生态系统带来的单位面积溢价由实地调研获取。

17 附则

17.1 核算数据

基础数据是开展生态系统生产总值核算的重要保障，涉及的数据内容包括发改、农业、国土、林业、水务、气象、环保、旅游、电力、统计等部门数据。基础数据获取时，应确保数据的权威性、准确性、时效性和可获得性。根据核算需求，应从数据的完整性、代表性、准确性与可比性等角度进行分析筛选，采用权威部门的遥感、监测、普查、调查、统计等数据，尽可能使用高分辨率空间数据，选取适合核算工作需要的数据资料（参考来源见附录 A）。同时，在核算过程中，

应保证所处理数据资料的完整性、合理性和有效性，并对原始数据、拷贝数据及数据分析结果进行校核，数据处理应符合相应规范的要求。

为使核算报告准确可信，在核算过程中应对数据的获取与处理进行质量控制，降低不确定性。在核算过程中，要确保使用的模型和收集到的数据能够代表实际情况。

17.2 成果表达形式

核算成果主要包括核算报告、生态系统生产总值核算总表。

核算总表用表格形式表达 GEP 各项指标的实物量与价值量。

17.3 结果校核

核算完成后，应该将核算结果与其他地区已有的核算结果对比，对比不同生态系统服务功能单位面积实物量、价值量的差异，验证结果的合理性。

17.4 信息管理

核算主体应记录并保存下列资料，保存时间不少于 5 年：

(1) 核算方法相关信息：

选择基于模型的方法时，应保存以下内容：**a)** 获取数据和参数的相关资料；**b)** 不确定性及如何降低不确定性的相关说明。

选择基于实地调查的方法时，应保存以下内容：**a)** 有关职能部门出具的测量仪器证明文件；**b)** 连续测量的所有原始数据；**c)** 不确定性及如何降低不确定性的相关说明；**d)** 验证计算，应保留所有基于计算的保存内容。

(2) 数据质量控制相关记录文件。

附录 A（资料性附录）生态系统生产总值核算数据来源表

表 A.1 生态系统生产总值核算数据来源表

| 服务类别 | 评估科目 | 评估指标 | | 单位 | 数据来源 | |
|----------------|----------------|----------------|-------|----------|------------|-----------|
| 物质产品 | 农业产品 | 谷物 | 谷物 | 产量、单价、产值 | 统计部门，农业部门 | |
| | | 薯类 | 薯类 | | | |
| | | 油料 | 油料 | | | |
| | | 豆类 | 豆类 | | | |
| | | 糖料 | 糖料 | | | |
| | | 蔬菜 | 蔬菜 | | | |
| | | 水果 | 水果 | | | |
| | | | | | | |
| | | (根据评估样点实际产品更新) | | | | |
| | 小计 | | | | | |
| | 林业产品 | 竹木采伐 | 木材 | | 统计部门，林业部门 | |
| | | | 竹材 | | | |
| | | 林下产品 | 五倍籽 | | | 统计部门，林业部门 |
| | | | 核桃 | | | |
| | | | 板栗 | | | |
| | | | 松子 | | | |
| | | | | | | |
| | (根据评估样点实际产品更新) | | | | | |
| | 小计 | | | | | |
| | 畜牧业产品 | 畜禽产量 | 牛肉 | | 统计部门，畜牧业部门 | |
| | | | 羊肉 | | | |
| | | | 猪肉 | | | |
| | | | 禽肉 | | | |
| | | | 猪出栏数 | | | |
| | | | 牛出栏数 | | | |
| | | | 羊出栏数 | | | |
| | | | 家禽出栏数 | | | |
| | | | | | | |
| (根据评估样点实际产品更新) | | | | | | |
| 奶类 | | 牛奶 | | | | |
| | | | | | | |
| 禽蛋 | 禽蛋 | | | | | |
| 小计 | | | | | | |

| | | | | | | |
|-------------|------------------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------------------|------|
| | 渔业产品 | 水产品 | 养殖 | | | 统计部门 |
| | | | 捕捞 | | | |
| | | | | | | |
| | (根据评估样点实际产品更新) | | | | | |
| 小计 | | | | | | |
| 生态能源 | 生态能源 | 水能 | | | 统计部门 | |
| | | 生物质能源 (秸秆、薪柴等) | | | | |
| | | 小计 | | | | |
| | | | | | | |
| 调节服务 | 水源涵养 气候调节 土壤保持 防风固沙 | 森林面积 | | km ² | 自然资源部门 | |
| | | 灌丛面积 | | km ² | | |
| | | 草地面积 | | km ² | | |
| | | 湖泊面积 | | km ² | | |
| | | 沼泽面积 | | km ² | | |
| | | 河流面积 | | km ² | | |
| | | 湿地面积 | | km ² | | |
| | | 水田面积 | | km ² | | |
| | | 旱地面积 | | km ² | | |
| | | 园地面积 | | km ² | | |
| | 多年均降雨量 | | mm | 气象部门 | | |
| | 多年均蒸发量 | | mm | | | |
| | 年降雨量 | | mm | | | |
| | 年蒸发量 | | mm | | | |
| | 多年月均温度 | | °C | | | |
| | 多年月均湿度 | | % | | | |
| | 年均夏季气温 | | °C | | | |
| | 土壤容重 | | t/m ³ | 自然资源部门 | | |
| | 水源涵养 洪水调蓄 土壤保持 防风固沙 | 水库单位库容造价 | | 元/m ³ | 水利部门 水务部门 农业部门 环境部门 | |
| | | 区域入境水量 | | 亿 m ³ | | |
| 区域出境水量 | | 亿 m ³ | | | | |
| 水库清淤工程费用 | | 元/m ³ | | | | |
| 土壤中氮的纯含量 | | % | | | | |
| 土壤中磷的纯含量 | | % | | | | |
| 环境工程降解氮工程费用 | | 元/t | | | | |
| 环境工程降解磷工程费用 | | 元/t | | | | |
| 水库总库容 | | 万 m ³ | | | | |
| 水库防洪库容 | | 万 m ³ | | | | |
| 碳固定 氧气提 | NPP | | 亿 t | 林业部门 | | |
| | 生物量 | | 亿 t | | | |

| | | | | | |
|------|--------|---------------------|------------|---------------------|-------|
| | 供 | | | | |
| | 空气净化 | 二氧化硫排放量 | 万 t/a | 生态环境 部门 发改部门 | |
| | | 氮氧化物排放量 | 万 t/a | | |
| | | 颗粒物排放量 | 万 t/a | | |
| | | 二氧化硫治理费用 | 元/t | | |
| | | 氮氧化物治理费用 | 元/t | | |
| | | 颗粒物治理费用 | 元/t | | |
| | 水质净化 | 废水排放总量 | 万 t/a | | |
| | | 工业废水排放量 | 万 t/a | | |
| | | 生活污水排放量 | 万 t/a | | |
| | | 污水处理总量（污水厂） | 万 t/a | | |
| | | COD | 排放量 | | 万 t/a |
| | | | 污水处理厂处理量 | | t/a |
| | | 总氮 | 排放量 | 万 t/a | |
| | | | 污水处理厂处理量 | t/a | |
| | | 总磷 | 排放量 | 万 t/a | |
| | | | 污水处理厂处理量 | t/a | |
| | | | COD 治理费用 | 元/t | |
| | | 氨氮治理费用 | 元/t | | |
| | | 因生态系统降低水环境治理成本的公司数量 | 个 | 问卷调查 统计部门 | |
| | | 因生态系统降低水环境治理的费用 | 万元 | | |
| | 气候调节 | 电价 | 元 /kW·h | 电力部门 | |
| 文化服务 | 休闲旅游价值 | 旅游人数 | 万人/ 年 | 旅游发展 改革委员 会 | |
| | | 旅游收入 | 万元/ 年 | | |
| | 景观价值 | 受益土地面积 | 万亩 | 自然资源 部门、建 设部门 | |
| | | 受益居住区名录 | | | |

附录 B（资料性附录）陆地生态系统生产总值核算报告编写大纲

前言

介绍核算背景、目的意义、任务来源等

1 区域概况

介绍核算区域地理范围、自然环境状况、经济社会状况、生态环境保护状况等基本情况。

2 核算目标与原则

介绍核算目标、核算原则、核算依据、核算基准年。

3 核算方法与数据

介绍主要核算思路、方法、数据来源与数据处理方法。

4 生态系统生产总值实物量

介绍生态系统生产总值实物量的计算过程与结果，包括物质产品实物量、调节服务实物量和文化服务实物量。

5 生态系统生产总值价值量

介绍生态系统生产总值价值量的计算过程与结果，包括物质产品价值量、调节服务价值量和文化服务价值量。

6 结论与建议

介绍生态系统生产总值核算的结论，提出相关政策建议。

7 附件

包括生态系统生产总值核算过程中相关的技术资料及附表、附图等。

附录 C（资料性附录）生态系统生产总值实物量核算参数参考表

附录 C.1 土壤保持实物量核算参数

降雨侵蚀力因子 R 、土壤可蚀性因子 K 、坡长坡度因子 L 、 S 的算法以及植被覆盖和管理因子 C 以及水土保持措施因子 P 的计算方法可参照下述方法：

（1）降雨侵蚀力因子（ R ）

降雨侵蚀力是土壤侵蚀的驱动因子，与土壤侵蚀强度有直接的关系。降雨侵蚀力 R 计算可分为 EI30 经典计算方法和常规气象资料简易算法两类。由于降雨动能 E 和 30 min 降雨强度 $I30$ 资料获取难度较大，所以国内外许多学者根据区域性降雨侵蚀特点，建立了基于常规降雨量资料的简易模型。可采用全国日降雨量拟合模型来核算降雨侵蚀力，是基于日降雨量资料的半月降雨侵蚀力模型。其公式如下：

$$M_i = \alpha \sum_{j=1}^k D_j^\beta$$

其中， M_i 为某半月时段的降雨侵蚀力值 ($\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$)； D_j 表示半月时段内第 j 天的侵蚀性日雨量（要求日雨量大于等于 12 mm，否则以 0 计算，阈值 12 mm 与中国侵蚀性降雨标准一致； k 表示半月时段内的天数，半月时段的划分以每月第 15 日为界，每月前 15 天作为一个半月时段，该月剩下部分作为另一个半月时段，将全年依次划分为 24 个时段。

α 、 β 是模型待定参数：

$$\beta = 0.8363 + \frac{18.144}{\bar{P}_{d12}} + \frac{24.455}{\bar{P}_{y12}}$$

$$\alpha = 21.586 \beta^{-7.1891}$$

其中， Pd_{12} 表示日雨量 12 mm 以上（包括等于 12 mm）的日平均雨量； Py_{12} 表示日雨量 12 mm 以上(包括 12 mm)的年平均雨量。

(2) 土壤可蚀性因子 (K)

土壤是土壤侵蚀发生的主体，土壤可蚀性是表征土壤性质对侵蚀敏感程度的指标，即在标准单位小区上测得的特定土壤在单位降雨侵蚀力作用下的土壤流失率，推荐采用 Nomo 图法。

根据主要土壤性质，建立了 K 值与土壤性质之间的诺谟图 Nomo 模型。其计算公式如下：

$$K = [2.1 \times 10^{-4}(12 - OM)M^{1.14} + 3.25(S - 2) + 2.5(P - 3)]/100 \times 0.1317$$

其中， K 为土壤可蚀性值； OM 为土壤有机质含量百分比 (%)； M 为土壤颗粒级配参数，为美国粒径分级制中(粉粒+极细砂)与(100-粘粒) 百分比之积； S 为土壤结构系数； P 为渗透等级。

粒径等级：粘粒为 (<0.002 mm)；粉粒为 (0.002-0.05 mm)；极细砂为 (0.05-0.1 mm)；砂粒为 (0.1-2.0 mm)。

表 C.1 诺谟图中结构性指数与可渗透性指数的定义

| 结构性指数 S | 含义 | 可渗透性指数 P | 含义 |
|---------|---------------------------------------|----------|-------------------------|
| 1 | 非常坚固 (very structured or particulate) | 1 | 快速 (Rapid) |
| 2 | 很坚固 (fairly structured) | 2 | 中快速 (Moderate to rapid) |
| 3 | 较坚固 (slightly structured) | 3 | 中速 (Moderate) |
| 4 | 坚固 (solid) | 4 | 中慢速 (Moderate to slow) |
| | | 5 | 慢速 (Slow) |
| | | 6 | 极慢 (Very slow) |

(3) 坡长和坡度因子 (L 、 S)

由于坡度和坡长因子相互之间联系较为紧密,因此通常将它们作为一个整体进行考虑。坡长因子是指在其它条件相同的情况下,某一长度的田块破面上的土壤流失量与 72.6 英尺(标准单位小区的长度)长坡面上的流失量的比值;坡度因子是指在其它条件相同的情况下,某一坡度的田块坡面上的土壤流失量与 9% (标准单位小区的坡度)坡度的坡面上流失量的比值。坡度坡长因子的算法可采用建立在以下核心算法为:

$$S = \begin{cases} 10.8 \sin \theta + 0.03 & t < 9\% \\ 16.8 \sin \theta - 0.5 & 9\% \leq t < 18\% \\ 21.91 \sin \theta - 0.96 & t \geq 18\% \end{cases}$$

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m$$

$$m = \frac{\beta}{1+\beta}$$

$$\beta = \frac{(\sin \theta / 0.089)}{[3.0 \times (\sin \theta)^{0.8} + 0.56]}$$

其中, L 为坡长因子; λ 为坡长, 通过汇流计算得到, m 为无量纲常数, S 为坡度因子, t 为百分比坡度, θ 为坡度, 单位是弧度。

(4) 植被覆盖和管理因子 (C)

C 因子是指在一定的植被覆盖度和管理措施下, 一定面积土地上的土壤流失量与采取连续清耕、休闲处理的相同面积土地上的流失量的比值, 为无量纲数, 介于 0-1 之间。要确定 C 因子的值, 需要详细的气候、土地利用、前期作物残留量、土壤湿度等资料, 在大尺度研究中, 一般难以获取这些资料, 且 C 值的经典算法非常复杂, 国内部分学者采用植被覆盖度求解 C 值, 可采用以下 C 值计算方法:

$$C = \begin{cases} 1 & f = 0.1 \\ 0.6508 - 0.3436 \lg f & 0.1 < f \leq 78.3\% \\ 0 & f > 78.3\% \end{cases}$$

上述公式中,植被覆盖度 f 基于植被指数 $NDVI$ 数据计算得到,公式如下:

$$f = \frac{(NDVI - NDVI_{soil})}{(NDVI_{max} - NDVI_{soil})}$$

其中, $NDVI_{soil}$ 为纯裸土象元的 $NDVI$ 值; $NDVI_{max}$ 纯植被象元的 $NDVI$ 值。

附录 C.2 防风固沙实物量核算参数

气候侵蚀因子、地表糙度因子、土壤侵蚀因子、土壤结皮因子、植被覆盖因子的计算方法可参照下述方法:

(1) 气候侵蚀因子

气候侵蚀因子中的风因子和土壤湿度因子可采用从中国气象科学数据共享服务网上下载 (<http://cdc.cma.gov.cn>) 的国家台站的日均风速、降水、温度、日照时数,纬度等来计算完成;雪盖因子可采用从中国西部环境与生态科学数据中心(<http://westdc.westgis.ac.cn>)下载的中国雪深长时间序列数据集来计算雪盖因子。

$$WF = \frac{\sum_{i=1}^N WS_2 (WS_2 - WS_t)^2 \times N_d \rho}{N \times g} \times SW \times SD$$

式中, WF 为气候因子, kg/m ; WS_2 为 2 m 处风速, m/s ; WS_t 为 2 m 处临界风速(假定为 5 m/s); N 为风速的观测次数(一般 500 次); N_d 为试验的天数, d ; ρ 为空气密度, kg/m^3 ; g 为重力加速度, m/s^2 ; SW 为土壤湿度因子无量纲; SD 为雪覆盖因子。

i) 其中空气密度通过下式求得：

$$\rho = 348.0 \left(\frac{1.013 - 0.1183EL + 0.0048E^2}{T} \right)$$

式中， EL 为海拔高度，单位为 km ， T 为绝对温度，单位为开氏度。

ii) 土壤湿度通过下式求得：

$$SW = \frac{ET_p - (R + I) \frac{R_d}{N_d}}{ET_p}$$

ET_p 可采用 Samani and Pessaralkli (1986) 的方法，公式如下：

$$ET_p = 0.0162 \times \left(\frac{SR}{58.5} \right) \times (DT + 17.8)$$

式中： SW 为土壤湿度因子； ET_p 为潜在相对蒸发量， mm ； R 为降雨量， mm ； I 为灌溉量， mm ； R_d 为降雨次数和（或）灌溉天数； N_d 为天数， d （一般 $15d$ ）； SR 为太阳辐射总量， cal/cm^2 ； DT 为平均温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

其中太阳辐射采用方法如下：

$$R_{s0} = \left(a_s + b_s \frac{n}{N} \right) R_a$$

$$N = \frac{24}{\pi} \cdot \omega_s$$

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} \cdot G_{sr} \cdot d_r \cdot [\omega_s \cdot \sin(\varphi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cdot \cos(\delta) \cdot \sin(\omega_s)]$$

$$d_r = 1 + 0.033 \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{365} \cdot J\right)$$

$$\delta = 0.409 \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{365} \cdot J - 1.39\right)$$

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\varphi) \cdot \tan(\delta)]$$

$$\text{或 } \omega_s = \frac{\pi}{2} - \arctan \left[\frac{-\tan(\varphi) \cdot \tan(\delta)}{X^{0.5}} \right]$$

$$X = 1 - [\tan(\varphi)]^2 \cdot [\tan(\delta)]^2$$

$$X = 0.00001 \quad \text{if} \quad X \leq 0$$

其中, R_s : 太阳辐射 ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$); R_{s0} : 晴空下的太阳辐射 ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$); a_s 和 b_s 的取值: 最好以当地校正结果为准, 在无实测校正地区推荐采用 a_s 为 0.25, b_s 为 0.50 的标准值。 R_a : 地球外辐射 ($\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$); n : 实际日照时数; N : 最大可能日照时数; G_{sr} : 太阳常数 ($0.0820 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$); d_r : 日地相对距离; ω_s : 日落时角 (rad); φ : 纬度 (rad); δ : 太阳倾角 (rad); J : 对应于一年中的第几天。

iii) 雪盖因子通过下式求得:

$$SD = 1 - P(\text{snow cover} > 25.4\text{mm})$$

其中, $P(\text{snow cover} > 25.4 \text{ mm})$ 为计算时段内积雪覆盖深度大于 25.4mm 的概率。

(2) 土壤侵蚀因子

土壤颗粒分为可蚀性土粒和非可蚀性土粒, 粒径大于 0.84mm 的土粒不易被风蚀, 称为非可蚀性颗粒。土壤可蚀性因子则为土壤表层直径小于 0.84 mm 的颗粒的含量。

可用以下方程来描述土壤可蚀性因子 EF 的值:

$$EF = \frac{29.09 + 0.31Sa + 0.17Si + 0.33Sa/Cl - 2.59OM - 0.95CaCO_3}{100}$$

其中, Sa 为土壤砂粒含量; Si 为土壤粉砂含量; Sa/Cl 为土壤砂粒和粘土含量比; OM 为有机质含量; $CaCO_3$ 为碳酸钙含量。

(3) 土壤结皮因子

土壤结皮 (soil crust) 为土壤颗粒物 (特别是黏土、粉砂与有机质颗粒) 的胶结作用而在土壤表面生成一层物理、化学和生物性状均较特殊的土壤微层。

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

其中, CL 为粘土含量 (5.0~39.3), OM 为有机质含量 (0.18~4.79)。

表 C.2 RWEQ 标准数据库中物质含量范围表

| | Sa | Si | Cl | Sa/Cl | OM | CaCO ₃ |
|--------|----------|----------|----------|----------|-----------|-------------------|
| 范围 (%) | 5.5~93.6 | 0.5~69.5 | 5.0-39.3 | 1.2~53.0 | 0.18~4.79 | 0.0~25.2 |

土壤数据可采用中国西部环境与生态科学数据中心 (<http://westdc.westgis.ac.cn>) 提供的 1:100 万土壤图所附的土壤属性表和空间数据。对于土壤可蚀性和土壤结皮而言, 由于我国土壤颗粒分级与美国制不同, RWEQ 中的分级使用的是美国制, 为此需要先对土壤颗粒含量进行粒径转换, 且实测的土壤颗粒含量参数需符合 RWEQ 标准数据库中的物质含量范围表, 当实测值不符合要求时, 可以使用 RWEQ 内嵌的土壤质地资料的输入参数。

表 C.3 RWEQ 模型内嵌适用的土壤资料 %

| 土壤类型 | Sa | Si | OM | CaCO ₃ |
|-------|----|----|-----|-------------------|
| 砂土 | 93 | 4 | 0.3 | 1 |
| 壤质砂土 | 84 | 10 | 0.5 | 2 |
| 砂质壤土 | 64 | 26 | 0.5 | 3 |
| 砂质粘壤土 | 59 | 13 | 1 | 3 |
| 砂质粘土 | 52 | 7 | 1 | 3 |

| | | | | |
|-------|----|----|-----|---|
| 泥土 | 6 | 88 | 1.5 | 3 |
| 粉质壤土 | 21 | 67 | 1.5 | 3 |
| 壤土 | 41 | 41 | 1.5 | 3 |
| 粉质黏壤土 | 10 | 56 | 2 | 3 |
| 粉质粘土 | 6 | 47 | 2.5 | 3 |
| 粘壤土 | 32 | 34 | 2.5 | 3 |
| 黏土 | 20 | 20 | 3 | 3 |

(4) 地表粗糙度因子

土壤糙度因子 K' 取决于自由糙度 RR 和定向糙度 OR ，可采用一种滚轴式链条法来测定地表糙度。其基本原理是：两点间直线距离最短，当地表糙度增加时，其地表距离随之增加。于是当一个给定长度为 L_1 的链条放于粗糙的地表时，其水平长度将缩小为 L_2 ， L_1 和 L_2 的差值和地表粗糙程度密切相关，可用下式来计算地表糙度。

$$C_{rr} = \left(1 - \frac{L_2}{L_1}\right) \times 100$$

式中， C_{rr} 为任意方向上的地表糙度。这里还涉及到一个垂直于垄向的糙度 PR ，当用链条法测出 RR 和 PR 时， OR 就可通过下式来求得。

$$OR = PR - RR$$

土垄糙度因子可通过下式来进行计算，假设土垄呈等腰三角形则：

$$K_r = \frac{2.118 \times 10^{-2} \times OR}{N_r}$$

式中： N_r 为在长度 L_2 范围内土垄的数量。根据实验结果，当不考虑风向的影响时，土壤糙度因子 (K') 与土垄糙度因子 (K_r) 和随机糙度 (RR) 的回归方程为：

$$K' = e^{(1.86K_r - 2.41K_r^{0.934} - 0.124C_{rr})}$$

也可采用风向与垄成任意角度时的糙度因子公式：

$$K' = e^{[R_c \times (1.86K_r - 2.41K_r^{0.934}) - 0.124C_{rr}]}$$

$$R_c = 1.0 \times 10^{-2} (4.71\theta - 7.33 \times 10^{-2} \theta^2 + 3.74 \times 10^{-4} \theta^3)$$

式中， θ 为风向与垄平行方向的夹角（角度）。

(5) 植被覆盖因子

该因子用来确定生长植被、枯萎植被（农作物为倒伏残茬）以及农作物的直立残茬对土壤风蚀的影响。综合植被覆盖因子 COG 为枯萎植被、直立残茬和生长植被覆盖三因子的乘积。

i) 枯萎植被

$$SLR_f = e^{-0.0438(SC)}$$

式中， SLR_f 为枯萎植被的土壤流失比率； SC 为枯萎植被地表覆盖率。

ii) 直立残茬

$$SLR_s = e^{-0.0344(SA^{0.6413})}$$

式中， SLR_s 为直立残茬土壤流失比率； SA 为直立残茬当量面积，是 1m^2 内直立秸秆的个数乘以秸秆直径的平均值（ cm ）再乘以秸秆高度（ cm ）。

iii) 生长植被

$$SLR_c = e^{-5.614(cc^{0.7366})}$$

式中， SLR_c 为植被覆盖土壤流失比率； cc 是土表植被覆盖度。

附录 C.3 固碳实物量核算参数

NEP 和 NPP 的转换系数 α 取值如表 C.4 所示：

表 C.4 各地理区和各省不同生态系统 NEP 和 NPP 的转换系数

| 地理区 | 省份 | 森林 | 灌丛 | 草地 | 湿地 |
|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
| 华北 | 平均 | 0.330 | 0.297 | 0.152 | 0.197 |
| | 北京 | 0.361 | 0.346 | 0.281 | 0.086 |
| | 天津 | 0.363 | 0.360 | 0.068 | 0.053 |
| | 河北 | 0.354 | 0.340 | 0.242 | 0.103 |
| | 山西 | 0.376 | 0.335 | 0.218 | 0.077 |
| | 内蒙 | 0.315 | 0.112 | 0.129 | 0.208 |
| 东北 | 平均 | 0.211 | 0.146 | 0.173 | 0.147 |
| | 辽宁 | 0.172 | 0.169 | 0.181 | 0.076 |
| | 吉林 | 0.139 | 0.057 | 0.125 | 0.075 |
| | 黑龙江 | 0.252 | 0.166 | 0.198 | 0.160 |
| 华东 | 平均 | 0.149 | 0.116 | 0.130 | 0.064 |
| | 上海 | 0.149 | 0.116 | 0.015 | 0.059 |
| | 江苏 | 0.140 | 0.082 | 0.094 | 0.069 |
| | 浙江 | 0.158 | 0.151 | 0.112 | 0.052 |
| | 安徽 | 0.163 | 0.112 | 0.129 | 0.045 |
| | 福建 | 0.175 | 0.139 | 0.138 | 0.080 |
| | 江西 | 0.112 | 0.085 | 0.118 | 0.065 |
| | 山东 | 0.188 | 0.197 | 0.146 | 0.094 |
| 中南 | 平均 | 0.120 | 0.099 | 0.098 | 0.045 |
| | 河南 | 0.208 | 0.200 | 0.173 | 0.062 |
| | 湖北 | 0.162 | 0.130 | 0.113 | 0.038 |
| | 湖南 | 0.097 | 0.070 | 0.084 | 0.084 |
| | 广东 | 0.136 | 0.090 | 0.106 | 0.031 |
| | 广西 | 0.085 | 0.075 | 0.063 | 0.020 |
| | 海南 | 0.169 | 0.143 | 0.032 | 0.025 |
| 西南 | 平均 | 0.209 | 0.142 | 0.226 | 0.189 |
| | 重庆 | 0.176 | 0.183 | 0.170 | 0.082 |
| | 四川 | 0.255 | 0.203 | 0.287 | 0.146 |
| | 贵州 | 0.049 | 0.008 | 0.060 | 0.010 |
| | 云南 | 0.226 | 0.163 | 0.136 | 0.080 |
| | 西藏 | 0.215 | 0.087 | 0.262 | 0.302 |

| | | | | | |
|----|----|-------|-------|-------|-------|
| 西北 | 平均 | 0.204 | 0.104 | 0.166 | 0.208 |
| | 陕西 | 0.222 | 0.239 | 0.233 | 0.096 |
| | 甘肃 | 0.254 | 0.196 | 0.146 | 0.150 |
| | 青海 | 0.239 | 0.191 | 0.278 | 0.233 |
| | 宁夏 | 0.210 | 0.135 | 0.169 | 0.056 |
| | 新疆 | 0.035 | 0.191 | 0.015 | 0.148 |

生物量-碳转换系数 C_C : 森林和灌丛的转化系数为 0.5, 草地的转化系数为 0.45。

森林及灌丛的固碳速率 $FCSR$ 由森林清查数据计算获得, 如表 C.5 所示:

表 C.5 各省森林 (及灌丛) 生态系统固碳速率

| 区域 | 森林(及灌丛)植被固碳速率 ($tC \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$) | | | 森林(及灌丛)土壤固碳速率 ($tC \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$) | | |
|-----|--|-------|-------|--|-------|-------|
| | 2000年 | 2010年 | 2015年 | 2000年 | 2010年 | 2015年 |
| 全国 | 0.53 | 0.75 | 0.84 | 0.34 | 0.48 | 0.54 |
| 北京 | 0.91 | 1.00 | 0.84 | 0.59 | 0.65 | 0.55 |
| 天津 | 0.90 | 1.34 | 2.11 | 0.58 | 0.86 | 1.36 |
| 河北 | 0.17 | 1.12 | 0.77 | 0.11 | 0.72 | 0.50 |
| 山西 | 0.52 | 0.85 | 1.02 | 0.33 | 0.55 | 0.66 |
| 内蒙古 | 0.28 | 0.46 | 1.04 | 0.18 | 0.30 | 0.67 |
| 辽宁 | 0.24 | 0.92 | 1.26 | 0.15 | 0.59 | 0.82 |
| 吉林 | 0.36 | 0.26 | 0.97 | 0.23 | 0.16 | 0.63 |
| 黑龙江 | 0.26 | 0.75 | 0.63 | 0.17 | 0.48 | 0.40 |
| 上海 | 1.52 | 4.16 | 1.97 | 0.98 | 2.69 | 1.27 |
| 江苏 | 0.48 | 2.24 | 2.60 | 0.31 | 1.45 | 1.68 |
| 浙江 | 0.36 | 0.85 | 0.71 | 0.23 | 0.55 | 0.46 |
| 安徽 | 0.66 | 1.11 | 1.15 | 0.43 | 0.71 | 0.74 |
| 福建 | 0.87 | 0.80 | 1.75 | 0.56 | 0.52 | 1.13 |
| 江西 | 0.38 | 0.92 | 0.29 | 0.25 | 0.59 | 0.19 |
| 山东 | 0.35 | 2.83 | 1.05 | 0.22 | 1.83 | 0.68 |
| 河南 | 0.63 | 1.94 | 1.12 | 0.41 | 1.25 | 0.73 |
| 湖北 | 0.62 | 1.14 | 1.26 | 0.40 | 0.74 | 0.81 |
| 湖南 | 0.54 | 1.00 | 1.00 | 0.35 | 0.65 | 0.65 |
| 广东 | 0.29 | 0.19 | 0.79 | 0.19 | 0.13 | 0.51 |
| 广西 | 0.56 | 0.95 | 0.49 | 0.36 | 0.61 | 0.31 |
| 海南 | 0.26 | 0.03 | 1.00 | 0.17 | 0.02 | 0.65 |

| | | | | | | |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 重庆 | 1.33 | 1.33 | 1.24 | 0.86 | 0.86 | 0.80 |
| 四川 | 0.51 | 0.65 | 0.63 | 0.33 | 0.42 | 0.41 |
| 贵州 | 1.16 | 1.28 | 1.17 | 0.75 | 0.82 | 0.76 |
| 云南 | 1.02 | 0.70 | 0.66 | 0.66 | 0.45 | 0.43 |
| 西藏 | 1.50 | 0.46 | 0.12 | 0.97 | 0.30 | 0.08 |
| 陕西 | 0.40 | 0.59 | 0.84 | 0.26 | 0.38 | 0.54 |
| 甘肃 | 0.79 | 0.89 | 0.90 | 0.51 | 0.57 | 0.58 |
| 青海 | 0.20 | 0.75 | 0.92 | 0.13 | 0.49 | 0.60 |
| 宁夏 | 1.04 | 1.04 | 1.31 | 0.67 | 0.67 | 0.84 |
| 新疆 | 0.99 | 1.00 | 1.36 | 0.64 | 0.64 | 0.88 |

森林及灌丛土壤固碳系数 β 取值 0.646。

全国草地（除青藏高原外）土壤的固碳速率为 $0.02 \text{ tC}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ ，
青藏高原区域为 $0.03 \text{ tC}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 。草地土壤固碳速率 GSR 见表 C.6。

表 C.6 草地土壤固碳速率

| 区域 | 草地土壤固碳速率 ($\text{tC}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$) | 区域 | 草地土壤固碳速率 ($\text{tC}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$) |
|-----|--|----|--|
| 全国 | 0.02 | 河南 | 0.02 |
| 北京 | 0.02 | 湖北 | 0.02 |
| 天津 | 0.02 | 湖南 | 0.02 |
| 河北 | 0.02 | 广东 | 0.02 |
| 山西 | 0.02 | 广西 | 0.02 |
| 内蒙古 | 0.06 | 海南 | 0.02 |
| 辽宁 | 0.02 | 重庆 | 0.02 |
| 吉林 | 0.02 | 四川 | 0.03 |
| 黑龙江 | 0.02 | 贵州 | 0.02 |
| 上海 | 0.02 | 云南 | 0.03 |
| 江苏 | 0.02 | 西藏 | 0.03 |
| 浙江 | 0.02 | 陕西 | 0.02 |
| 安徽 | 0.02 | 甘肃 | 0.02 |
| 福建 | 0.02 | 青海 | 0.03 |
| 江西 | 0.02 | 宁夏 | 0.02 |
| 山东 | 0.02 | 新疆 | 0.03 |

水域湿地的固碳速率 $SCSR_i$ 取值见表 C.7:

表 C.7 湿地固碳速率

| 类型 | 固碳速率 ($\text{gC}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$) |
|---------------|--|
| 湖泊湿地类型 | |
| 东部平原地区湖泊湿地 | 56.67 |
| 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 |

无化学肥料和有机肥料施用的情况下,我国农田土壤有机碳的变化 NSC 取-0.06;各省土壤容重 BD 取值见表 C.8;土壤厚度取 20cm。

表 C.8 土壤容重

| 省份 | 容重 (g/cm^3) | 省份 | 容重 (g/cm^3) |
|-----|-------------------------------|----|-------------------------------|
| 全国 | 1.250 | 河南 | 1.312 |
| 北京 | 1.289 | 湖北 | 1.261 |
| 天津 | 1.309 | 湖南 | 1.241 |
| 河北 | 1.294 | 广东 | 1.225 |
| 山西 | 1.261 | 广西 | 1.245 |
| 内蒙古 | 1.271 | 海南 | 1.244 |
| 辽宁 | 1.288 | 重庆 | 1.233 |
| 吉林 | 1.188 | 四川 | 1.240 |
| 黑龙江 | 1.141 | 贵州 | 1.207 |
| 上海 | 1.194 | 云南 | 1.230 |
| 江苏 | 1.253 | 西藏 | 1.225 |
| 浙江 | 1.177 | 陕西 | 1.274 |
| 安徽 | 1.241 | 甘肃 | 1.261 |
| 福建 | 1.297 | 青海 | 1.236 |
| 江西 | 1.281 | 宁夏 | 1.248 |
| 山东 | 1.304 | 新疆 | 1.298 |

作物 j 的草谷比 SGR_j 取值如表 C.9 所示:

表 C.9 不同作物的草谷比

| 作物 | 草谷比 SGR _j | 作物 | 草谷比 SGR _j |
|-----|----------------------|-----|----------------------|
| 水稻 | 0.623 | 油菜 | 2 |
| 小麦 | 1.366 | 向日葵 | 2 |
| 玉米 | 2 | 棉花 | 8.1 |
| 高粱 | 1 | 甘蔗 | 0.1 |
| 马铃薯 | 0.5 | | |

区域地下水径流模数以及 HCO₃⁻浓度见表 C.10:

表 C.10 区域地下水径流模数以及 HCO₃⁻ 浓度

| 岩溶类型区 | HCO ₃ ⁻ 浓度 (g/L) | M-岩溶水径流模数 (10 ⁷ L/(km ² ·a)) |
|-------|--|---|
| 南方岩溶区 | 0.231 | 40.59 |
| 北方岩溶区 | 0.245 | 20.86 |
| 青藏高原区 | 0.145 | 19.95 |
| 埋藏岩溶区 | 0.225 | 0.375 |

附录 C.4 空气净化实物量核算参数

表 C.11 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 | | 单位 |
|-----------------------|------|---------|----|-------------------|
| | | 一级 | 二级 | |
| 二氧化硫 | 年平均 | 20 | 60 | ug/m ³ |
| 二氧化氮 | 年平均 | 40 | 40 | |
| 颗粒物 PM ₁₀ | 年平均 | 40 | 70 | |
| 颗粒物 PM _{2.5} | 年平均 | 15 | 35 | |

注：环境空气功能区分为两类，一类区为自然保护区、风景名胜区和需要特殊保护的区域；二类区为居住区、商业交通居民混合区、文化区、工业区和农村地区。一类区适用一类浓度限值，二类区适用二类浓度限值。核算过程中，将核算区域大气污染物监测点位的算术平均值与所在功能区的空气浓度限值进行比较，来确定核算方法。

附录 C.5 水质净化实物量核算参数

表 C.12 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 | 15 | 15 | 20 | 30 | 40 |
| 氨氮 | 0.15 | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 |

注：地表水水环境功能分为五类，I 类适用于源头水、国家自然保护区；II 类适用于集中式生活饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地、鱼虾类产卵场、仔稚幼鱼的索饵场等；III 类适用于集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场、洄游通道、水产养殖区等渔业水域及游泳区；IV 类适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区；V 类适用于农业用水区及一般景观要求水域。核算过程中，将核算区域水质监测断面的污染物浓度算术平均值与所在功能区的污染物浓度限值进行比较，来确定核算方法。

附录 C.6 生物多样性保护核算参数

表 C.13 物种濒危指数体系

| 濒危指数 | 濒危等级 |
|------|------|
| 4 | 极危 |
| 3 | 濒危 |
| 2 | 易危 |
| 1 | 近危 |

表 C.14 特有种指数体系

| 特有种指数 | 分布范围 |
|-------|--|
| 4 | 仅限于范围不大的山峰或特殊的自然地理环境下分布 |
| 3 | 仅限于某些较大的自然地理环境下分布的类群，如仅仅分布于较大的海岛、高原、若干个山脉等 |
| 2 | 仅限于某个大陆分布的分布群 |
| 1 | 至少在 2 个大陆都有分布的分布群 |
| 0 | 世界广布的分类群 |

表 C.15 古树年龄指数体系

| 指数等级 | 古树年龄 |
|------|-----------|
| 1 | 100-299 年 |
| 2 | 300-499 年 |
| 3 | ≥500 年 |

表 C.16 Shannon-Wiener 指数等级划分及其价值量

| 等级 | Shannon-Wiener 指数 | 单价/ (元/hm ² ·a) |
|-----|-------------------|----------------------------|
| I | 指数 ≥6 | 66760 |
| II | 5 ≤ 指数 ≤ 6 | 53410 |
| III | 4 ≤ 指数 ≤ 5 | 40060 |
| IV | 3 ≤ 指数 ≤ 4 | 26700 |
| V | 2 ≤ 指数 ≤ 3 | 13350 |
| VI | 1 ≤ 指数 ≤ 2 | 6680 |