

团 体 标 准

T/LNSES 005-2022

辽宁省生态产品总值（GEP）核算 技术规范

Technical specification for accounting gross ecosystem
product (GEP), Liaoning

（征求意见稿）

2022 - 11 - 10 发布

2022 - 11 - 15 实施

辽宁省环境科学学会 发布

目 次

前 言	II
引 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 核算目的	4
5 指标选择原则	4
5.1 来自自然生态过程	4
5.2 对人类有益	4
5.3 数据能够获得	4
6 评估指标体系	5
6.1 陆域评估指标	5
6.2 近海海域评估指标	6
7 核算步骤	7
7.1 确定核算地域范围	7
7.2 明确生态系统分布	7
7.3 编制生态产品清单	7
7.4 核算生态产品功能量	8
7.5 确定生态产品价格	8
7.6 核算生态产品价值	8
7.7 核算生态产品总值	8
8 陆域生态产品总值核算方法	9
8.1 陆域生态系统服务功能量核算方法	9
8.2 陆域生态系统服务价值量核算方法	10
8.3 陆域生态产品总值功能量及价值量核算方法	11
9 近海海域生态产品总值核算方法	22
9.1 近海海域生态系统服务功能量核算方法	27
9.2 近海海域生态系统服务价值量核算方法	28
9.3 近海海域生态产品总值功能量及价值量核算方法	29
10 核算质量控制	35
10.1 核算管理	37
10.2 图件制作与报告编制要求	37
附录 A（规范性）	38
附录 B（规范性）	40
附录 C（规范性）	44
附录 D（规范性）	46
附录 E（规范性）	48

前 言

本文件根据 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》相关规定起草。

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。

本文件由辽宁大学提出，由辽宁省环境科学学会归口。

本文件起草单位：辽宁大学、中国科学院沈阳应用生态研究所、生态环境部环境规划院、辽宁中环资源环境研究有限公司。

本文件主要起草人：宋有涛、朱京海、樊雨、罗焜宇、王子超、张国徽、吴文俊、王欣若、纪嘉阳、黄立强、贾长庚、朱天姝、任婧、付保荣、姚焱中、吴洁婷、布乃顺、孙玉阳，郑蕴，李维峰，张莹。

本文件为首次发布，将根据区域管理要求及相关技术发展情况适时修订。

归口部门联络方式：辽宁省沈阳市东陵区双园路30号甲，电话：024-62788792

起草单位联络方式：沈阳市皇姑区崇山中路66号，电话：024-62202248

引 言

为全面践行习近平生态文明思想和“绿水青山就是金山银山，冰天雪地也是金山银山”的理念，深入落实中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于建立健全生态产品价值实现机制的意见》以及中共辽宁省委办公厅、辽宁省人民政府办公厅印发《关于建立健全生态产品价值实现机制若干措施》对“探索实施生态系统服务价值核算体系”的重要指示，根据服务辽宁省生态系统管理需要，为促进辽宁省各区域经济与生态环境可持续发展，制定本文件。本文件明确了生态产品总值（简称 GEP，gross ecosystem product）核算技术方法。

生态产品总值，又称为生态系统生产总值、生态系统服务价值、生态产品价值，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价值、调节服务价值和文化服务价值，一般以一年为核算时间单元。生态系统最终产品与服务是指生态系统与生态过程为人类生存、生产与生活所提供的条件与物质资源。生态产品总值的核算包括功能量核算和价值量核算两部分。

辽宁省的生态产品总值包括陆域和近海海域生态产品总值两大部分，主要核算物质产品服务功能、调节服务功能、文化服务功能三类一级指标及若干类二级指标。另外，结合东北地区生态环境资源特色，增加了支持服务功能（包括物种保育、养分循环、生物多样性）、冰雪服务功能（包括淡水资源、径流调节、气候调节、冰雪旅游）两项区域性内容。

本文件将生态效益纳入经济社会发展评价体系、为完善发展成果考核评价体系提供重要支撑，为建立生态产品价值实现机制、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。

本文件规定了生态系统服务功能量与价值量核算的技术流程、指标体系与核算方法等内容。

辽宁省生态产品总值（GEP）核算技术规范

1 范围

本文件规定了辽宁省生态产品总值（GEP）的核算步骤，生态产品功能量核算方法、定价方法和价值量核算方法等的要求。本文件适用于辽宁省以及东北地区生态产品总值核算。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 3095-2012	环境空气质量标准；
GB 3838-2002	地表水环境质量标准；
GB/T 28407-2012	农用地质量分等规程；
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 28058-2011	海洋生态资本评估技术导则；
国家海洋局（2002）《海域勘界管理办法》国海发〔2002〕13号；	
生态环境部综合司（2020）《陆地生态系统生产总值核算技术指南》（v1.0）。	

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生态产品 ecosystem products

在维系生态安全、保障生态调节功能的条件下，生态系统通过生物生产及其与人类劳动共同作用，为人类福祉提供用以满足人类美好生活需求的最终产品或服务。

3.2

生态产品总值 gross ecosystem product, GEP

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。

3.3

生态系统服务 ecosystem services

人类从生态系统中得到的惠益。

3.4

陆域生态资产 terrestrial ecological asset

地球表面陆地生物及其环境通过能流、物流、信息流形成的，为人类提供惠益的陆地生态系统。

3.5

海洋生态资产 marine ecological asset

所有者明晰的、能以货币计量的、为人类提供海洋生态系统产品与服务，带来直接、间接或潜在经济利益的海洋生态资源资产。

3.6

近海海洋 offshore areas

海域行政区域界线原则上止于领海外部界限。区域从起点向海止于 12 海里处。

3.7

物质产品 material services

在不损坏自然生态系统稳定性和完整性的前提下，人类从陆域或海洋生态系统获取的可在市场交换的各种物质产品。

3.8

生态能源 ecological energy

来自于自然生态系统的水电、秸秆、薪柴和潮汐能等。

3.9

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。

3.10

水源涵养 water conservation

自然生态系统通过林冠层、枯落物层、根系和土壤层拦截滞蓄降水，增强土壤下渗、蓄积，从而有效涵养土壤水分、调节地表径流和补充地下水的功能。

3.11

土壤保持 soil retention

自然生态系统通过林冠层、林下植被、枯落物层、根系等各个层次消减雨水对土壤的侵蚀力，增加土壤抗蚀性从而减少土壤流失、保持土壤的功能。

3.12

洪水调蓄 flood mitigation

自然生态系统依托其特殊的水文物理性质，通过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。

3.13

水质净化 water purification

自然生态系统吸纳和转化水体污染物，从而降低污染物浓度，净化水环境的功能。

3.14

空气净化 air purification

自然生态系统吸收、过滤、分解降低大气污染物，从而有效净化空气，改善大气环境的功能。

3.15

固定二氧化碳 carbon sequestration

自然生态系统通过植物光合作用吸收大气中二氧化碳合成有机物，将碳固定在植物或土壤中的功能。

3.16

氧气释放 oxygen release

自然生态系统通过植物光合作用释放氧气，维持大气氧气稳定的功能。

3.17

气候调节 climate regulation

自然生态系统通过植被蒸腾作用、水面蒸发过程吸收太阳能，从而调节气温、改善人居环境舒适程度的功能。

3.18

海岸带防护 coastal protection

生态系统减低海浪，避免或减小海堤或海岸侵蚀的功能。

3.19

防风固沙 windbreak and sand fixation

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。

3.20

病虫害防控 pest control

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。

3.21

文化服务 cultural services

自然生态系统以及与其共生的历史文化遗存，对人类知识获取、休闲娱乐等方面带来的非物质惠益，以生态旅游为代表。

3.22

休闲旅游 ecotourism

以自然生态系统及与其共生的历史文化遗存为主要景观，以保护生态环境为前提，采取生态友好方式，开展知识获取、休闲娱乐并获得心身愉悦的旅游方式。

3.23

景观价值 landscape value

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。

3.24

支持服务 maintenance services

生态系统提供的维持地球生命生存环境，维持与保护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。

3.25

冰雪服务 ice-snow service

积雪（冰）或者降雪对人类福祉和社会经济发展提供了必要的资源和服务。

3.26

功能量 bio-physical value

生态产品与生态系统服务的物理量。

3.27

价值量 monetary value

生态产品与生态系统服务的货币价值。

4 核算目的

根据各类生态模型法定量评估生态产品总值的功能量，借助价格将不同计量单位的生态系统产品和服务的功能量货币化得到生态产品总值。生态产品总值可以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，为区域生态补偿、自然资源资产审计等制度的制定提供科学依据。为评估区域生态资产及其变化状况提供科学方法。

5 指标选择原则

5.1 来自自然生态过程

生态系统服务必须由自然生态过程产生，生态资产必须为自然生态要素。不具有自然生态过程的人工生态环境设施不作为生态资产，其产生的生态环境改善服务业不能作为生态系统服务。

5.2 对人类有益

由于生态系统对人类也有负面影响，且大多数负面影响多为人为控制（或受限于目前的技术）的原因导致，生态产品总值核算的目的在于增加正面生态系统服务，所以生态产品总值核算中仅考虑对人类产生惠益的生态系统服务。

5.3 数据能够获取

生态产品总值核算中的涉及的数据类型多、范围广，为了提高方法的适用性，规范的数据应尽可能来自现有的统计和调查数据，或是其他城市基于自身现有统计调查体系能够得到合理但非精确的数值。同时，在计算参数上应采用本地化参数，以便反映出当地实际情况。

6 评估指标体系

6.1 陆域评估指标

辽宁省陆域生态产品总值核算指标体系除了包括物质产品、调节服务、文化服务三项内容以外，另外结合东北地区生态环境特色，增加了支持服务、冰雪服务两项区域性一级指标（6项二级指标）（表1）。

表1 陆域生态产品总值评估指标体系

一级指标	二级指标	指标说明
物质产品	农林牧渔产品	能够在市场交易，并由本地生态系统生产的一次农、林、牧、渔业产品。
	生态能源	能够在市场交易，并由本地生产的生态能源。
	淡水资源	能够在市场交易，并由本地涵养的水资源。
调节服务	水源涵养	由本地生态系统拦截滞蓄的降水，通过增强土壤下渗、蓄积，和补充地下水，净增加的本地水资源量。
	土壤保持	自然生态系统通过林冠层、林下植被、枯落物层、根系等各个层次消减雨水对土壤的侵蚀力，增加土壤抗蚀性从而减少土壤流失、保持土壤的功能。
	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。
	洪水调蓄	本地生态系统吸纳的降水、蓄积的径流和过境水。
	固定二氧化碳	本地生态系统吸收大气中的二氧化碳合成有机质，将碳固定在植物或土壤中。
	氧气释放	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。
	空气净化	本地生态系统吸收、过滤、阻隔和分解大气污染物，改善大气环境（二氧化硫、氮氧化物、工业粉尘）。
	水质净化	湖泊、河流、沼泽等水域湿地生态系统吸附、降解和转化水体污染物（COD、氨氮、总磷）。
气候调节	本地陆域生态系统蒸腾、蒸发带走的热量。	

表 1 陆域生态产品总值评估指标体系（续）

一级指标	二级指标	指标说明
	病虫害防治	生态系统避免自然植物群落减少控制病虫害的能力。
文化服务	生态旅游	本地生态系统提供的文娱休闲服务，有益于丰富知识、提高身心健康。
	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。
支持服务 ^a	物种保育	生态系统成为物种生存、繁殖与进化的庇护所。
	养分循环	生态系统中那些生命必需元素和无机化合物在人类调节控制和影响下的循环过程。
	生物多样性	生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和。
冰雪服务 ^b	淡水资源	由冰雪涵养的淡水资源。
	径流调节	冰雪代替水库控制地表水资源，对水资源进行重分配的功能。
	气候调节	积雪覆盖反射阳光照辐射并调节气温的功能。
	冰雪旅游	本地冰雪提供的文体休闲服务，有益于丰富知识、提高身心健康。
^a 该项指标为联合国 SEEA-EA 选项； ^b 该项指标核算时，应减去与前三项指标的重叠部分		

6.2 近海海域评估指标

辽宁省近海海域生态产品总值核算指标体系主要包括物质产品、调节与支持服务、文化服务 3 项一级指标、13 项二级指标（表 2）。

表 2 近海海域生态产品总值评估指标体系

一级指标	二级指标	指标说明
物质产品	食物产品	主要指海洋生态系统供给食物产品的价值，即海水产品的经济价值，包括海水养殖与海洋捕捞两个方面。
	原材料产品	包括了海洋生态系统为人类间接提供的食物、日用品、装饰品、燃料、药物等生产性原材料及生物化学物质。
	淡水资源	海冰经过处理，能在市场交易，并由本地涵养的水资源。
调节与支持服务	固定二氧化碳	海洋生态系统吸收大气中的二氧化碳合成有机质，将碳长期固定在海洋生物体、沉积物中的生态功能。
	氧气释放	海洋生态系统对稳定大气组分的贡献，以确保人类及其他生物不受劣质空气的危害。

表 2 近海海域生态产品总值评估指标体系（续）

一级指标	二级指标	指标说明
	气候调节	海洋生态系统具有减缓气温变化幅度、增加空气湿度，达到改善人居环境舒适程度的生态功能。
	水质净化	海洋生态系统具有吸附、转化和降解排入海中的水体污染物（废水、COD、氨氮等）的生态功能。
调节与支持服务	海岸带防护	生态系统及海冰减低海浪，避免或减小海堤或海岸侵蚀的功能。
	生物疾病控制	主要指海洋生物对一些有害生物与疾病的生物调节与控制
	生物多样性	生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的总和。
	物种保育	物种保育价值评估主要考虑海洋生态系统提供的国家级、省级的海洋自然保护区的价值。
文化服务	休闲娱乐	海洋生态系统的美学景观以及与其共生的海洋文化遗存所创造的对人类的非物质惠益。
	景观价值	以自然海洋景观为主体、尚未被开发为休闲旅游场所、但具有提供美学体验、精神愉悦的非海洋旅游景区。
	科研文化	人类对充满复杂性和多样性的海洋生态系统进行科学研究，从海洋获得的贡献来补充人类知识产生的价值。

7 核算步骤

7.1 确定核算地域范围

生态产品总值核算陆域范围依据 GB/T 12343、GB/T 13923、CH/T 9005 按下列方式确定：

- 行政地域单元；
- 功能相对完整的生态系统地域单元（如一片森林、一个湖泊、一片沼泽或不同尺度的流域）；
- 由不同生态系统类型组合而成的特定地域单元。

生态产品总值核算近海海域范围按下列方式确定：

- 依据 2002 年国家海洋局编制的《海域勘界管理办法》第十七条“海域行政区域界线原则上止于领海外部界限。区域从起点向海止于 12 海里处”；

7.2 明确生态系统分布

应根据调查分析，明确地域范围内自然生态系统类型、面积与分布，绘制生态系统分布图。

7.3 编制生态产品清单

陆域生态产品清单：

按照调查分析地域范围内生态产品的种类，参照生态环境部综合司（2020）《陆地生态系统生产总值核算技术指南》（v1.0），参考附录 A、C，明确物质产品、调节服务、文化服务、支持服务、冰雪服务五大类里的具体指标科目，结合现场调查结果编制生态产品清单。其中，应结合核算地域实际情况细化直接利用物质产品和转化利用物质产品清单，如水稻、蜂蜜、水电等。

近海海域生态产品清单：

按照调查分析地域范围内生态产品的种类，参照 GB/T 28058-2011 海洋生态资本评估技术导则，参考附录 B、D，明确物质产品、调节服务、文化服务、支持服务四大类里的具体指标科目，结合现场调查结果编制生态产品清单。其中，应结合核算地域实际情况细化直接利用物质产品和转化利用物质产品清单，如虾类、鱼类、贝类等。

7.4 核算生态产品功能量

采用 8.1 以及附录 E 中适宜的方法核算目标地域范围内此类陆地生态产品的功能量，采用 9.1 以及附录 F 中适宜的方法核算目标地域范围内此类海洋和滨海湿地生态产品的功能量，优先选取更能反映生态产品潜在功能量的方法。

7.5 确定生态产品价格

运用市场价值法、替代成本法等价值核算方法，参考附录 G，采用当年价确定每一类生态产品的参考价格，涉及多年比较时可以采用基准年不变价。

7.6 核算生态产品价值

陆域生态产品价值：

应按照 8.2、8.3 的规定，分别采用适宜的方法核算物质产品、调节服务、文化服务、支持服务、冰雪服务各类生态产品的货币价值。

近海海域生态产品价值：

应按照 9.2、9.3 的规定，分别采用适宜的方法核算物质产品、调节服务、文化服务各类生态产品的货币价值。

7.7 核算生态产品总值

陆域生态产品总值核算：

按公式

$$tGEP = (tEPV + tERV + tECV + tEMV + tESV) / r \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

tGEP——陆域生态产品总值，单位：元/a；

tEPV——陆域物质产品价值总量，单位：元/a；

tERV——陆域调节服务价值总量，单位：元/a；

tECV——陆域文化服务价值总量，单位：元/a；

tEMV——陆域支持服务价值总量，单位：元/a；

tESV——陆域冰雪服务价值总量，单位：元/a；

r——还原利率（或贴现率），推荐采用中国人民银行发行的最长期国债利率。

近海海域生态产品总值：

按公式

$$mGEP = (mMPV + mMR\&SV + mMCV) / r \dots\dots\dots (2)$$

式中：

mGEP——近海生态产品总值，单位：元/a；

mMPV——海洋物质产品价值，单位为万元/a；

mMR&SV——海洋调节服务价值，单位为万元/a；

mMCV——海洋文化服务价值，单位为万元/a；

r——还原利率（或贴现率），推荐采用中国人民银行发行的最长期国债利率。

8 陆域生态产品总值核算方法

8.1 陆域生态系统服务功能量核算方法

陆域生态产品总值功能量核算包括五大类，即物质产品功能量核算、调节服务功能量核算、文化服务功能量核算、支持服务功能量核算、冰雪服务功能量核算。功能量核算的核算项目、功能量指标和核算方法见表3，具体方法作为规范性附录附后（附录C）。

表3 陆域生态系统服务功能量核算方法

服务类别	核算项目	功能量指标	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		
	淡水资源	淡水资源量		
	生态能源	秸秆、薪柴、水、太阳、风产能	生态能源产值	
调节服务	水源涵养	水源涵养量	水量平衡法	
	土壤保持	土壤保持量	土壤保持量模型	
	防风固沙	固沙量	修正风力侵蚀模型	
	洪水调蓄		湖泊：可调蓄水量	蓄水量模型
			水库：防洪库容	
		沼泽：滞水量		

表 3 陆域生态系统服务功能量核算方法（续）

服务类别	核算项目	功能量指标	核算方法
	固定二氧化碳	固定二氧化碳量	固碳机理模型
	氧气释放	氧气提供量	释氧机理模型
	空气净化	净化二氧化碳量	污染物净化模型
	水质净化	净化 COD 量	污染物净化模型
	气候调节	植被蒸腾消耗能量	蒸散模型
		水面蒸发消耗能量	
病虫害防控	病虫害自然治愈面积	统计调查	
文化服务	生态旅游	游客总人数	统计调查
	景观价值	受益土地与房产面积	统计调查
支持服务	物种保育	物种保育数量	统计调查
	养分循环	养分循环当量	当量因子法
	生物多样性	生物多样性当量	当量因子法
冰雪服务	淡水资源	由冰雪涵养的淡水资源量	统计调查
	径流调节	冰雪控制地表水资源量	等效水量法
	气候调节	积雪覆盖反射阳光照辐射量	光辐射反射模型
	冰雪旅游	冰雪游客总人数	统计调查

8.2 陆域生态系统服务价值量核算方法

在生态产品功能量核算的基础上，确定各类生态产品的价格，核算生态产品价值。其中，生态系统服务价值量核算中，物质产品价值主要用市场价值法，调节服务价值主要用替代成本法等，支持服务价值主要用当量价值法等，文化服务价值使用旅行费用法等，冰雪服务价值使用了多种方法组合。价值量核算的核算项目、价值量指标和核算方法如表 4 所示。具体核算技术方法见附录 C。

表 4 陆域生态系统服务价值量核算方法

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	
	淡水资源	淡水资源产值	
	生态能源	生态能源产值	
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

表 4 陆域生态系统服务价值量核算方法（续）

服务类别	核算项目	价值量指标	核算方法
	防风固沙	固沙价值	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
固定二氧化碳	固定二氧化碳价值	替代成本法	
调节服务	氧气释放	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			
文化服务	休闲旅游	休闲旅游价值	旅行费用法
	景观价值	受益土地与房产等的溢价价值	享乐价格法
支持服务	物种保育	保育价值	机会成本法
	养分循环	养分循环当量价值	当量价值法
	生物多样性	生物多样性当量价值	当量价值法
冰雪服务	淡水资源	由冰雪涵养的淡水资源量	市场价值法
	径流调节	调节径流价值	影子工程法
	气候调节	气候调节价值	替代成本法
	冰雪旅游	冰雪游客总人数	旅行费用法

8.3 陆域生态产品总值功能量及价值量核算方法

8.3.1 物质产品功能价值量核算

物质产品是指人类为满足人类生活、生产与发展的物质需求，从生态系统获取的能够在市场交易的产品，包括自然生态系统野生的和人工集约化种养殖的农业产品、林业产品、畜牧业产品、渔业产品以及水资源与生态能源。

(1) 功能量核算

$$E_{pro} = \sum_{i=1}^n E_i \quad \dots\dots\dots (3)$$

E_{pro} ——产品总产量 (t/a)；

E_i ——第 i 种产品的产量 (t/a)；

i ——核算区产品种类， $i=1, 2, 3, \dots, n$ 。

(2) 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、淡水资源等产品的经济价值。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，因此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) 价值量核算

$$V_m = \sum_{i=1}^n E_i \times P_i \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

V_m ——生态系统物质产品价值（元/a）；

E_i ——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 ——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）。

8.3.2 调节服务功能价值量核算

(1) 水源涵养功能价值量核算

水源涵养服务是生态系统通过拦截滞蓄降水，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。

1) 功能量核算

$$Q_{wr} = \sum_{i=1}^n A_i \times (P_i - R_i - ET_i) \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

Q_{wr} ——水源涵养量（m³/a）；

P_i ——产流降雨量（mm/a）；

R_i ——地表径流量（mm/a）；

ET_i ——蒸散发量（mm/a）；

A_i ——第*i*类生态系统的面积；

i ——生态系统类型， n 为生态系统类型总数。

2) 定价思路

水源涵养价值主要表现在蓄水保水的经济价值。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。

3) 价值量核算

$$V_{wr} = Q_{wr} \times C_{we} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

V_{wr} ——水源涵养价值（元/a）；

Q_{wr} ——核算区内总的水源涵养量（m³/a）；

C_{we} ——水库单位库容的工程造价及维护成本（元/m³）。

(2) 土壤保持功能价值量核算

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。

1) 功能量核算

$$Q_{sr} = R \times K \times L \times S \times (1 - C \times P) \dots\dots\dots (7)$$

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）。

2) 定价思路

通过市场价值法及机会成本法进行土壤保持功能价值核算。

3) 价值量核算

$$V_{sr} = V_{sd} + V_{dpd} \dots\dots\dots (8)$$

$$V_{sd} = \lambda \times (Q_{sr}/\rho) \times c \dots\dots\dots (9)$$

$$V_{dpd} = \sum_{i=1}^n Q_{sr} \times C_i \times P_i \dots\dots\dots (10)$$

式中：

V_{sr} ——生态系统土壤保持价值（元/a）；

V_{sd} ——减少泥沙淤积价值（元/a）；

V_{dpd} ——减少面源污染价值（元/a）；

λ ——泥沙淤积系数；

Q_{sr} ——土壤保持量（t/a）；

ρ ——土壤容重（t/m³）；

c ——单位水库清淤工程费用（元/m³）；

i ——土壤中氮、磷等营养物质数量， $i=1, 2, \dots, n$ ；

C_i ——土壤中氮、磷等营养物质的纯含量（%）；

P_i ——处理成本。

(3) 防风固沙功能价值量核算（可选项）

防风固沙功能是指生态系统减少因大风导致的风沙危害的功能。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。

1) 功能量核算

防风固沙量核算主要基于修正的风力侵蚀模型（RWEQ）计算。

$$Q_{sf} = 0.1699 \times (WF \times EF \times SCF \times K')^{1.3711} \times (1 - C^{1.3711}) \dots \dots \dots (11)$$

式中：

Q_{sf} ——防风固沙量（t/a）；

WF ——气候侵蚀因子（kg/m）；在一定风速条件下可被服饰土壤量的比例

EF ——土壤侵蚀因子；土壤中可蚀性颗粒的含量（小于 0.84mm）

SCF ——土壤结皮因子；土壤颗粒物胶结，抑制风侵蚀。

K' ——地表糙度因子；

C ——植被覆盖因子。 $1-C$ 为植被覆盖性未流失水土比例。

2) 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。

3) 价值量核算

$$V_{sf} = \frac{Q_{sf}}{\rho h} \times c \dots \dots \dots (12)$$

式中：

V_{sf} ——防风固沙价值（元/a）；

Q_{sf} ——防风固沙量（t/a）；

ρ ——土壤容重（t/m³）；

h ——土壤沙化覆沙厚度（m）；

c ——单位治沙工程的成本（元/m³）或单位植被恢复成本（元/m²）。

(4) 海岸带防护功能价值核算（可选项）

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，避免或缓解海堤或海岸侵蚀的功能。

1) 功能量核算

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。

$$D_{el} = \sum_{i=1}^n D_{cli} \dots \dots \dots (13)$$

式中：

D_{cl} ——生态系统防护的海岸带总长度（km/a）；

D_{cli} —— i 类生态系统防护的海岸带长度 (km/a)；

i ——研究区生态系统类型, $i=1, 2, \dots, n$, 无量纲；

n ——研究区生态系统类型数量, 无量纲。

2) 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。

3) 价值量核算

$$V_{cl} = \sum_i^n D_{cli} \times C_{cli} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

V_{cl} ——海岸带防护价值 (元/a)；

D_{cli} —— i 类生态系统防护的海岸带长度 (km)；

C_{cli} —— i 类生态系统海浪防护工程单位长度建设维护成本 (元/km)。

(5) 洪水调蓄功能价值量核算 (可选项)

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。

1) 功能量核算

$$C_{fm} = C_{rc} + C_{lc} \dots\dots\dots (15)$$

式中：

C_{fm} ——洪水调蓄量 (m^3/a)；

C_{rc} ——库塘洪水调蓄量 (m^3/a)；

C_{lc} ——湖区洪水调蓄量 (m^3/a)。

库塘洪水调蓄量：

$$C_{rc} = 0.22 \times C_t \dots\dots\dots (16)$$

式中：

C_{rc} ——水库防洪库容 (m^3/a)；

C_t ——水库总库容 (m^3)。

湖泊洪水调蓄量：

$$C_{lc} = e^{5.808} \times A^{0.866} \times 0.98 \dots\dots\dots (17)$$

C_{lc} ——湖泊的洪水调蓄量 ($10^4 m^3/a$)；

A ——为湖泊面积 (km^2)。

2) 定价思路

根据《陆地生态系统生产总值核算技术指南》（v1.0），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。

3) 价值量核算

$$V_{fm} = C_{fm} \times (C_{we} + P_{we} \times D_r) \dots\dots\dots (18)$$

式中：

V_{fm} ——生态系统洪水调蓄价值（元/a）；

C_{fm} ——生态系统洪水调蓄量（ m^3/a ）；

C_{we} ——水库单位库容年运营成本（元/ $m^3 \cdot a$ ）；

P_{we} ——水库单位库容的工程造价（元/ m^3 ）；

D_r ——水库年折旧率。

(6) 固碳功能价值量核算

固碳功能是指自然生态系统吸收大气中的二氧化碳（ CO_2 ）合成有机质，将碳固定在植物或土壤中的功能。

1) 固定二氧化碳功能量核算

① 根据数据可得性选择固碳速率法。

$$Q_{tCO_2} = M_{CO_2}/M_c \times (FCS + GSCS + WCS + CSCS) \dots\dots\dots (19)$$

式中：

Q_{tCO_2} ——陆地生态系统二氧化碳总固定量（ tCO_2/a ）；

M_{CO_2}/M_c ——C 转化为 CO_2 的系数，44/12；

FCS ——森林（及灌丛）固碳量（ tC/a ）；

$GSCS$ ——草地固碳量（ tC/a ）；

WCS ——湿地固碳量（ tC/a ）；

$CSCS$ ——农田固碳量（ tC/a ）；

② 固碳速率法-森林及灌丛固碳量：

$$FCS = FCSR \times SR \times (1 + \beta) \dots\dots\dots (20)$$

式中：

FCS ——森林及灌丛的二氧化碳总固定量（ tC/a ）；

$FCSR$ ——森林及灌丛的固碳速率（ $tC/ha \cdot a$ ）；

SF ——森林及灌丛面积（ ha ）；

β ——森林及灌丛土壤固碳系数。

③ 固碳速率法-草地固碳量：

$$GSCS = GSR \times SG \quad \dots\dots\dots (21)$$

式中:

$GSCS$ ——草地土壤的二氧化碳总固定量 (tC/a) ;

GSR ——草地土壤的固碳速率 (tC/ha·a) ;

SG ——草地面积 (ha) 。

④ 固碳速率法-湿地固碳量:

$$WCS = \sum_{i=1}^n SCSR_i \times SW_i \times 10^{-2} \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中:

WCS ——湿地的二氧化碳总固定量 (tC/a) ;

$SCSR_i$ ——第 i 类水域湿地的固碳速率 (g C/m²·a) ;

SW_i ——第 i 类水域湿地的面积 (ha) , $i = 1, 2, \dots, n$ 。

⑤ 固碳速率法-农田土壤固碳量:

$$CSCS = (BSS + SCSR_N + PR \times SCSR_S) \times SC \quad \dots\dots\dots (23)$$

式中:

$CSCS$ ——农田土壤二氧化碳总固定量 (tC/a) ;

BSS ——无固碳措施条件下的农田土壤固碳速率 (tC/ha·a) ;

$SCSR_N$ ——施用化学氮肥和复合肥的农田土壤固碳速率 (tC/ha·a) ;

PR ——农田秸秆还田推广施行率 (%) ;

$SCSR_S$ ——秸秆全部还田的农田土壤固碳速率 (tC/ha·a) ;

SC ——农田面积 (ha) 。

无固碳措施条件下的农田土壤固碳速率:

$$BSS = NSC \times BD \times H \times 0.1 \quad \dots\dots\dots (24)$$

式中:

BSS ——无固碳措施条件下的农田土壤固碳速率 (tC/ha·a)

NSC ——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 g/kg·a;

BD ——各省土壤容重;

H ——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:

东北农区:

$$SCSRN = 1.7385 \times TNF - 104.03 \quad \dots\dots\dots (25)$$

式中:

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

$$TNF = (NF + CF \times 0.3)/S_p \quad \dots\dots\dots (26)$$

式中：

NF ——化学氮肥施用量 (t)；

CF ——复合肥施用量 (t)；

S_p ——为耕地面积 (ha)。

秸秆还田的固碳速率：

东北农区

$$SCSRS = 40.524 \times S + 340.33 \quad \dots\dots\dots (27)$$

式中：

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

$$S = \sum_{i=1}^n CY_j \times SGR_j / S_p \quad \dots\dots\dots (28)$$

式中：

CY_j ——作物 j 在当年的产量 (t)；

S_p ——耕地面积 (ha)；

SGR_j ——作物 j 的草谷比。

2) 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，农田部分依据 GB/T 28407-2012 核算农田相关固碳参数。

3) 价值量核算模型

$$V_{cf} = Q_{CO_2} \times C_c \quad \dots\dots\dots (29)$$

式中：

V_{cf} ——生态系统固碳价值 (元/a)；

Q_{CO_2} ——生态系统固碳总量 (tCO_2/a)；

C_c ——碳价格 (元/t)。

(7) 氧气释放功能价值量核算

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。

1) 功能量核算

根据光合作用化学方程式可知，植物每生产吸收 1mol CO_2 ，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：

$$Q_{op} = M_{O_2}/M_{CO_2} \times Q_{CO_2} \quad \dots\dots\dots (30)$$

式中：

Q_{op} ——生态系统释氧量 (tO₂/a)；

M_{O_2}/M_{CO_2} ——转化为 O₂ 的系数，32/44；

Q_{CO_2} ——生态系统固碳量 (tC/a)。

2) 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。

3) 价值量核算

$$V_{op} = Q_{op} \times C_o \dots\dots\dots (31)$$

式中：

V_{op} ——生态系统释氧价值 (元/a)；

Q_{op} ——生态系统氧气释放量 (tO₂/a)；

C_o ——工业制氧价格 (元/t)。

(8) 空气净化功能价值量核算

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、粉尘等），净化空气污染物，改善大气环境的功能。

1) 功能量核算

$$Q_{ap} = \sum_{i=1}^n Q_i \dots\dots\dots (32)$$

式中：

Q_{ap} ——为大气污染物净化总量 (kg/a)；

Q_i ——为生态系统第 i 类大气污染物容量 (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。

2) 定价思路

采用替代成本法（工业治理大气污染物成本）依据环境空气功能区质量标准 GB 3095-2012 是否超过污染物浓度，核算生态系统空气净化价值。二氧化硫、氮氧化物、颗粒物净化价值计算方法：运用污染物空气净化功能量，分别乘以单位空气污染物处理的费用，核算空气净化价值。

3) 价值量核算

$$V_a = \sum_{i=1}^n Q_{api} \times C_i \dots\dots\dots (33)$$

式中：

V_a ——生态系统大气环境净化的价值 (元/a)；

Q_{api} ——第 i 种大气污染物的净化量 (t/a)， i 为大气污染物类别， $i = 1, 2, \dots, n$ ，无量纲；

C_i ——第 i 类大气污染物的治理成本 (元/t)。

(9) 水质净化功能价值量核算

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。

1) 功能量核算

水质净化功能核算依据地表水环境质量标准 GB 3838-2002 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，采用区域生态系统水质净化能力进行核算。

$$Q_{wp} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n P_{ij} \times A_i \quad \dots\dots\dots (34)$$

式中：

Q_{wp} ——污染物净化总量 (kg)；

P_{ij} ——某种生态系统单位面积污染物净化量 (kg/km²)；

A_i ——生态系统面积 (km²)； $i = 1, 2, \dots, m$ ，无量纲；

m ——生态系统类型的数量，无量纲；

j ——污染物类别， $j = 1, 2, \dots, n$ ，无量纲；

n ——水体污染物类别的数量，无量纲。

2) 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。

3) 价值量核算

$$V_w = \sum_{i=1}^n Q_{wpi} \times C_i \quad \dots\dots\dots (35)$$

式中：

V_w ——生态系统水质净化的价值 (元/a)；

Q_{wpi} ——第 i 类水污染物的净化量 (t/a)；

C_i ——第 i 类水污染物的单位治理成本 (元/t)；

i ——研究区第 i 类水体污染物类别， $i = 1, 2, \dots, n$ ，无量纲。

n ——研究区水体污染物类别的数量，无量纲。

(10) 气候调节功能价值量核算

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。根据生态系统评估生态系统生产总值 (GEP) 核算技术规范 (征求意见稿)，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。

1) 功能量核算

$$E_{tt} = E_{pt} + E_{we} \quad \dots\dots\dots (36)$$

$$E_{pt} = \sum_i^3 EPP_i \times S_i \times D \times 10^6 / (3600 * r) \quad \dots\dots\dots (37)$$

$$E_{we} = E_w \times q \times 10^3 / (3600) + E_w \times \mu \quad \dots\dots\dots (38)$$

式中：

E_{tt} ——生态系统蒸腾蒸发消耗的总能量（kW·h/a）；

E_{pt} ——生态系统植被蒸腾消耗的能量（kW·h/a）；

E_{we} ——湿地生态系统蒸发消耗的能量（kW·h/a）；

EPP_i —— i 类生态系统单位面积蒸腾消耗热量（kJ·m²d⁻¹）；

S_i —— i 类生态系统面积（km²）； D 为日最高气温大于26°C天数；

r ——空调能效比：3.0，无量纲；

i ——生态系统类型（森林、灌丛、草地）；

E_w ——蒸发量（m³）；

q ——挥发潜热，即蒸发1克水所需要的热量（J/g）；

μ ——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。

2) 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。

3) 价值量核算

$$V_{tt} = E_{tt} \times P_e \quad \dots\dots\dots (39)$$

式中：

V_{tt} ——生态系统气候调节的价值（元/a）；

E_{tt} ——生态系统调节温度或湿度消耗的总能量（kW·h/a）；

P_e ——当地电价（元/kW·h）。

(11) 病虫害控制功能价值量核算（可选项）

生态系统病虫害控制服务是指生态系统中复杂的群落通过提高物种多样性水平增加天敌而降低植食性昆虫的种群数量，达到病虫害控制的生态功能。

1) 功能量核算

病虫害主要发生在草地和林地，除人工防治外，发生病虫害的区域主要依靠生态系统的病虫害控制而达到自愈。因此可以采用这些自愈的面积作为生态系统病虫害控制功能量。

$$Q_{PC} = S_{fpc} + S_{gpc} \quad \dots\dots\dots (40)$$

式中：

Q_{pc} ——生态系统病虫害发生面积 (km^2) ;
 S_{fpc} ——森林病虫害自愈的天然林面积 (km^2) ;
 S_{gpc} ——草地病虫害自愈的天然草地面积 (km^2) 。

2) 定价思路

运用替代成本法 (即人工防治病虫害费用) 来核算生态系统病虫害控制功能的价值。

3) 价值量核算

$$V_{pc} = V_{fpc} + V_{gpc} \dots\dots\dots (41)$$

式中:

V_{pc} ——病虫害控制价值 (元/a) ;
 V_{fpc} ——森林病虫害控制价值 (元/a) ;
 V_{gpc} ——草地病虫害控制价值 (元/a) 。

8.3.3 文化服务功能价值核算

(1) 休闲旅游功能价值量核算

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。

1) 功能量核算

采用区域内自然景观的年旅游总人次作为文化服务的功能量评价指标。

$$N_t = \sum_{i=1}^n N_{ti} \dots\dots\dots (42)$$

式中:

N_t ——游客总人数;
 N_{ti} ——第 i 个旅游区的人数;
 i ——旅游区, $i = 1, 2, \dots, n$, 无量纲;
 n ——旅游区个数。

2) 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。

3) 价值量核算

休闲旅游功能价值量按下式核算:

$$V_E = C_N + C_M \dots\dots\dots (43)$$

式中:

V_E ——休闲旅游功能总价值;

C_N ——旅游收入（元/a）；

C_M ——旅行成本（元/a）。

(2) 景观价值功能价值量核算

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。

1) 功能量核算

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功能量评价指标。

$$A_l = \sum_{i=1}^n A_{li} \dots\dots\dots (44)$$

式中：

A_l ——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} ——第 i 区的房产面积（ km^2 ）， $i = 1, 2, \dots, n$ ；

i ——旅游区， $i = 1, 2, \dots, n$ ，无量纲。

2) 定价思路

运用享乐价值法评估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。

3) 价值量核算

$$V_a = A_a \times P_a \dots\dots\dots (44)$$

式中：

V_a ——景观价值（元/a）；

A_a ——受益总面积（ km^2 ）；

P_a ——由生态系统带来的单位面积溢价（元/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ）。

8.3.4 支持服务功能价值核算

包括生态系统提供的维持地球生命生存环境的养分循环，维持与保护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，包括动物、植物、微生物和它们所拥有的基因以及它们与其生存环境形成的复杂的生态系统。

(1) 物种保育功能价值量核算

$$U_{\#} = S_{\#} \times A \dots\dots\dots (45)$$

式中：

$S_{\#}$ ——单位面积年物种损失的机会成本（元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ）；

A ——森林面积（ hm^2 ）。

物种保育价值计算按 Shannon-Wiener 指数计算方法，并划分为 6 个等级（王兵，2011）：当指数 <1 时， $S_{\#}$ 为 5000 元/（ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ）；当 $1 \leq$ 指数 <2 时， $S_{\#}$ 为 10000 元/（ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ）；当 $2 \leq$ 指数 <3 时， $S_{\#}$ 为 20000 元/（ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ）；当 $3 \leq$ 指数 <4 时， $S_{\#}$ 为 30000 元/（ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ）；当 $4 \leq$ 指数 <5 时， $S_{\#}$ 为 40000 元/（ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ）；当指数 ≥ 5 时， $S_{\#}$ 为 50000 元/（ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ）。

(2) 养分循环价值量核算

$$U = \sum_{i=1}^n A_i \times VC_i \quad \dots\dots\dots (46)$$

式中：

U ——生态系统提供的维持养分循环的总价值量（元）；

A_i ——研究区内第 i 类土地利用类型的分布面积（ hm^2 ）；

VC_i ——研究区第 i 类土地提供养分循环功能的单位面积价值当量（元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ）。

此外，结合研究区粮食产量、单价及生产收益等数据，使用以下公式对单位生态系统服务的经济价值进行修正计算：

$$E_a = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^n \frac{m_j p_j q_j}{M} \quad \dots\dots\dots (47)$$

式中：

E_a ——1 单位生态系统服务的经济价值（元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ）；

j ——粮食作物种类；

m_j ——第 j 种粮食作物在研究区内的平均价格（元/kg）；

p_j ——第 j 种粮食作物的单产（ kg/hm^2 ）；

q_j ——第 j 种粮食作物的种植面积（ hm^2 ）；

M ——粮食作物的总种植面积（ hm^2 ）。

(3) 生物多样性价值量核算

$$U = \sum_{i=1}^n A_i \times VC_i \quad \dots\dots\dots (48)$$

式中：

U ——生态系统提供的生物多样性的总价值量（元）；

A_i ——研究区内第 i 类土地利用类型的分布面积（ hm^2 ）；

VC_i ——研究区第 i 类土地提供的生物多样性的单位面积价值当量（元/ $\text{hm}^2 \cdot \text{a}$ ）。

8.3.5 冰雪服务功能价值核算

冰雪服务价值是指积雪（冰）或者降雪对人类福祉和社会经济发展提供的必要的资源和服务。

(1) 淡水资源功能价值量核算

1) 功能量核算

$$V_w = \sum_{i=1}^n A_i \times (S_i - R_i - ET_i) \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (49)$$

式中：

V_w ——淡水资源量（ m^3/a ）；

A_i —— i 类生态系统的面积（ m^2 ）；

i ——生态系统类型， n 为生态系统类型总数。

S_i ——降雪量（ mm/a ）；

R_i ——地表径流量（ mm/a ）；

ET_i ——蒸散发量（ mm/a ）；

2) 定价思路

用市场价格法来评估从积雪中获得的淡水资源。

3) 价值量核算

$$V_f = V_w \times P_s \dots\dots\dots (50)$$

式中：

V_f ——冰雪淡水资源价值（元/a）；

V_w ——淡水资源量（ m^3/a ）；

P_s ——水价（元/ m^3 ）。

(2) 调节径流功能价值量核算

冰雪是为河流提供融水径流的固体水库。冬季的积雪决定了春季和夏季可用的径流量，积雪覆盖起着季节性径流调节的作用。

1) 功能量核算

$$V_w = \sum_{i=1}^n A_i \times (S_i - R_i - ET_i) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (51)$$

式中：

V_w ——淡水资源量（ m^3/a ）；

A_i —— i 类生态系统的面积（ m^2 ）；

i ——生态系统类型， n 为生态系统类型总数；

S_i ——降雪量（ mm/a ）；

R_i ——地表径流量（ mm/a ）；

ET_i ——蒸散发量（ mm/a ）。

2) 定价思路

运用影子工程法，即模拟建设蓄水量与冰雪调节径流量相当的水利设施，以建设该水利设施所需要的成本核算冰雪调节径流价值。

3) 价值量核算

$$V_r = P_c \times V_w \dots\dots\dots (52)$$

式中：

V_r ——径流调节的价值（元/a）；

P_c ——水库的单位工程成本（元/m³）；

V_w ——调节径流量（m³/a）。

(3) 气候调节功能价值量核算

积雪作为特殊下垫面以其较高反照率和消融耗热等过程，对全球和区域气候具有一定的调节作用。

1) 功能量核算

$$V_j = \sum_{i=1}^n K \times t \times A_i \quad \dots\dots\dots (53)$$

式中：

V_j ——积雪反照辐射热量（j/a）；

K ——每小时单位面积积雪反照辐射热量（j/m²/h）；

n ——积雪存在天数（d）；

t ——积雪日光照时间（h）；

A_i ——第 i 日积雪面积（m²）。

2) 定价思路

①将冰雪反照辐射热量转化为 CO₂ 的减排量，通过核算 CO₂ 减排价值核算冰雪气候调节价值。②将冰雪反照辐射热量转化为耗电量，通过计算耗电量核算冰雪气候调节价值。根据不同需求选择价值量核算方式

3) 价值量核算

$$\textcircled{1} V_C = V_j \times \alpha \times \beta \times V_{CO_2} \quad \dots\dots\dots (54)$$

式中：

V_C ——积雪覆盖气候调节价值，元/a；

V_{CO_2} ——CO₂ 价格，元/t；

V_j ——积雪反照辐射热量（j/a）；

α ——碳与二氧化碳的转化系数；

β ——辐射量与碳的转化系数。

$$\textcircled{2} V_C = V_j \times \alpha \times \beta \times V_{\text{电}} \quad \dots\dots\dots (55)$$

式中：

V_C ——积雪覆盖气候调节价值，元/a；

$V_{\text{电}}$ ——电价格，元/kwh；

V_j ——积雪反照辐射热量（j/a）；

α ——热量与千瓦时的转换系数；
 β ——热量与工热效率的转化系数。

(4) 冰雪旅游功能价值量核算

本地冬季冰雪提供的文体休闲服务，有益于丰富知识、提高身心健康。

1) 功能量核算

采用区域内冰雪景观的年旅游总人次作为冰雪旅游的功能量评价指标。

$$N_t = \sum_{i=1}^n N_{ti} \dots\dots\dots (56)$$

式中：

N ——冰雪游客总人数；
 N_{ti} ——第 i 个旅游区的人数；
 i ——冰雪旅游区， $i = 1, 2, \dots, n$ ；
 n ——冰雪旅游区个数。

2) 定价思路

运用旅行费用法核算人们通过冰雪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。

3) 价值量核算

冰雪旅游功能价值量按下式核算：

$$V_E = C_N + C_M \dots\dots\dots (57)$$

式中：

V_E ——冰雪旅游功能总价值；
 C_N ——冰雪旅游收入（元/a）；
 C_M ——冰雪旅行成本（元/a）。

9 近海海域生态产品总值核算方法

9.1 近海海域生态系统服务功能量核算方法

近海海域生态产品总值功能量核算包括三大类，即物质产品功能量核算、调节与支持服务功能量核算、文化服务功能量核算，功能量核算的核算项目、功能量指标和核算方法见表 5，具体方法作为规范性附录附后（附录 D）。

表 5 近海海域生态系统服务功能量核算方法

服务类别	核算项目	功能量指标	核算方法
物质产品	养殖供给	海水养殖产值	统计调查法
	捕捞供给	海水捕捞产值	

表 5 近海海域生态系统服务功能量核算方法（续）

服务类别	核算项目	功能量指标	核算方法
物质产品	海盐供给	海盐产品产值	统计调查法
	生物医药供给	海洋生物医药产品产值	
	海洋发电供给	海洋发电产值	
	海洋化工供给	海洋化工产值	
	淡水资源	海冰中涵养的淡水资源量	
调节与支持服务	固定二氧化碳	固定二氧化碳量	固定二氧化碳机理模型法
	氧气释放	氧气提供量	释氧机理模型法
	气候调节	调节温度的能量	统计调查法
调节与支持服务	水质净化	吸附、转化和降解入海污染物量	统计调查法
	海岸带防护	海岸带防护长度及海冰最大边缘线长度	统计调查法
	生物疾病控制	生物疾病控制当量	当量因子法
	生物多样性	生物多样性当量	当量因子法
	物种保育	物种保育数量	统计调查
文化服务	休闲娱乐	游客总人数	统计调查法
	景观价值	景区数量	统计调查法
	科研文化	科研支出当量	统计调查法

9.2 近海海域生态系统服务价值量核算方法

在生态产品功能量核算的基础上，确定各类生态产品的价格，核算生态产品价值。其中，生态系统服务价值量核算中，物质产品价值主要用市场价值法，调节服务价值主要用替代成本法等，支持服务价值主要用当量价值法等，文化服务价值使用旅行费用法等，海冰服务价值使用了多种方法组合。价值量核算的核算项目、价值量指标和核算方法如表 6 所示。具体核算技术方法见附录 D。

表 6 近海海域生态系统服务价值量核算方法

服务类别	核算项目	价值量指标	核算方法
物质产品	养殖供给	海水养殖产值	市场价值法
	捕捞供给	海水捕捞产值	
	海盐供给	海盐产值	
	生产原料供给	海带产值	
	育苗供给	干贝壳产量	
	生物医药供给	海洋生物医药产品产值	
	海洋发电供给	海洋发电产值	

表 6 近海海域生态系统服务价值量核算方法（续）

服务类别	核算项目	价值量指标	核算方法
物质产品	海洋化工供给	海洋化工产值	市场价值法
	淡水资源	海冰中涵养的淡水资源量	
调节与支持服务	固定二氧化碳	固定二氧化碳的价值	替代成本法
	气候调节	调节温度的价值	替代成本法
	水质净化	吸附、转化和降解入海污染物的价值	替代成本法
	海岸带防护	生态系统及海冰防护减少的损失价值	替代成本法
	氧气释放	氧气提供价值	替代成本法
	生物疾病控制	海洋生物对于疾病控制的价值	当量价值法
调节与支持服务	生物多样性	生物多样性价值	当量价值法
	物种保育	生态系统多样性价值	当量价值法
文化服务	休闲娱乐	休闲旅游价值	收入替代法
	景观价值	海洋景观的价值	享乐价格法
	科研文化	海洋科研的价值	直接成本法

9.3 近海海域生态产品总值功能量及价值量核算方法

9.3.1 物质产品功能价值量核算

海洋物质产品价值，界定为海洋生态系统提供给人类各种海洋生态物质产品的服务价值，包括食物产品、原材料产品等。

(1) 食物产品功能量价值量核算

1) 价值量核算

$$E_{\text{pro}} = \sum_{i=1}^n E_i \quad \dots\dots\dots (58)$$

E_{pro} ——海洋食物产品总产量（t/a）；

E_i ——第 i 种产品的产量（t/a）；

i ——核算区产品种类， $i=1, 2, 3, \dots, n$ 。

2) 定价思路

生态系统食物产品价值是指近海生态系统的食物产品主要指人类从海洋生物中获得的各种食物产品，如鱼类、虾类、蟹类、贝类及可食用海藻等。目前这些食物产品主要来源于近海捕捞和海水养殖两大途径，并已形成了较为完备的商品市场。由于近海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，因此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) 价值量核算

$$V_m = \sum_{i=1}^n E_i \times P_i \quad \dots\dots\dots (59)$$

式中:

V_m ——生态系统食物产品价值 (元/a) ;

E_i ——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 ——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) 。

(2) 原材料产品功能量价值量核算

1) 价值量核算

$$E_{\text{pro}} = \sum_{i=1}^n E_i \quad \dots\dots\dots (60)$$

E_{pro} ——海洋原材料产品总产量 (t/a) ;

E_i ——第 i 种产品的产量 (t/a) ;

i ——核算区产品种类, $i=1, 2, 3, \dots, n$ 。

2) 定价思路

生态系统原材料物质产品价值是指包括了海洋生态系统为人类间接提供的食物、日用品、装饰品、燃料、药物等生产性原材料及生物化学物, 由于近海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, 因此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) 价值量核算

$$V_m = \sum_{i=1}^n E_i \times P_i \quad \dots\dots\dots (61)$$

式中:

V_m ——生态系统原材料物质产品价值 (元/a) ;

E_i ——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 ——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) 淡水资源功能价值量核算

渤海海冰盐度较低, 开发后可作为淡水资源利用。

1) 功能量核算

$$V_w = A \times S \quad \dots\dots\dots (62)$$

式中:

V_w ——淡水资源量 (m³/a) ;

A ——海冰的面积 (m²) ;

S ——海冰厚度 (m) ;

2) 定价思路

用市场价格法来评估从海冰中获得的淡水资源。

3) 价值量核算

$$V_f = V_w \times P_s \quad \dots\dots\dots (63)$$

式中：

V_f ——海冰淡水资源价值（元/a）；

V_w ——淡水资源量（m³/a）；

P_s ——水价（元/m³）。

9.3.2 调节服务功能价值量核算

包括生态系统提供的维持地球生命生存环境的养分循环，维持与保护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，包括动物、植物、微生物和它们所拥有的基因以及它们与其生存环境形成的复杂的生态系统。

(1) 固定二氧化碳功能价值量核算

固定二氧化碳是指海洋生态系统从大气中吸收二氧化碳合成有机物，并在海洋生物和沉积物中长期固定碳的生态功能。这个功能有助于减少大气中二氧化碳的浓度和减缓温室效应，根据 GB/T 28058-2011 进行固碳计算。

1) 功能量核算

$$Q_{CO_2} = Q'_{CO_2} \times S \times 365 + Q^*_{CO_2} + Q^-_{CO_2} \dots\dots\dots (64)$$

$$Q'_{CO_2} = 3.67 \times Q_{PP} \dots\dots\dots (65)$$

$$Q^*_{CO_2} = 1.63 \times Q_A \dots\dots\dots (66)$$

$$Q^-_{CO_2} = (Q \times P_s \times C_s + Q_r \times C_t) \times 44/12 \dots\dots\dots (67)$$

式中：

Q_{CO_2} ——固定二氧化碳的功能量（t/a）；

Q'_{CO_2} ——单位时间单位面积海域浮游植物固定的二氧化碳量（mg/(m²-d)）；

S ——评估海域面积（km²）；

$Q^*_{CO_2}$ ——大型藻类固定的二氧化碳量（t/a）；

$Q^-_{CO_2}$ ——贝类固定的二氧化碳量（t/a）；

Q_{PP} ——浮游植物的初级生产力（mg/(m²-d)）；

Q_A ——大型藻类的干重（t/a）；

Q ——贝类湿重（t/a）；

P_s ——贝类贝壳干重与贝类湿重的比值为干壳重系数，无量纲；

C_s ——贝壳中碳的平均含量（%）；

Q_r ——贝类软组织干重（t/a）；

C_t ——贝类软组织中碳的平均含量（%）；

44/12——贝壳含碳量换算成含二氧化碳量的系数，无量纲。

2) 定价思路

固定二氧化碳价值评估主要考虑浮游植物、大型藻类和贝类固定二氧化碳的价值。固定二氧化碳价值采用替代价格法（碳排放交易市场价格）进行评估。

3) 价值量核算

$$V_{CO_2} = Q_{CO_2} \times P_{CO_2} \dots\dots\dots (68)$$

式中：

V_{CO_2} ——固定二氧化碳的价值（元/a）；

Q_{CO_2} ——固定二氧化碳的功能量（t/a）；

P_{CO_2} ——二氧化碳排放权的市场交易价格（元/t）。

(2) 气候调节功能价值量核算

气候调节是指海洋生态系统具有减缓气温变化幅度、增加空气湿度，达到改善人居环境舒适程度的生态功能。

1) 功能量核算

$$E = P \times Q_a \times d \times h \times (S/43.2) \times (T_1 - T_2) \dots\dots\dots (69)$$

式中：

E ——气候调节功能量（KWh/a）；

P ——每小时耗电一匹功率（W）；

Q_a ——每调高一度节约功耗（%）；

d ——每年使用空调天（d）；

h ——用电小时数（h）；

S ——评估城市土地面积（ km^2 ）；

T_1 ——评估沿海地夏季最高温度平均气温（ $^{\circ}C$ ）；

T_2 ——同纬度内陆地夏季最高温度平均气温（ $^{\circ}C$ ）；

43.2——一匹功率空调服务面积。

2) 定价思路

气候调节价值评估主要考虑海洋生态系统具有使沿海地区气候冬暖夏凉的调节服务功能，因为气温和海温存在温度差而传递的热量价值。气候调节服务价值采用替代成本法（人工调节气温成本）进行评估。

3) 价值量核算

$$V_{tt} = E_{tt} \times P_e \dots\dots\dots (70)$$

式中：

V_{tt} ——气候调节的价值量，单位为元/a；

E_{tt} ——生态系统调节温度或湿度消耗的总能量（ $kW \cdot h/a$ ）；

P_e ——当地电价（元/kW·h）。

(3) 水质净化功能价值量核算

水质净化是指海洋生态系统具有吸附、转化和降解排入海中的水体污染物(废水、COD、氨氮等)的生态功能。

1) 功能量核算

$$Q_{SWT} = Q_{ww} - (Q_{COD} + Q_{NHs-N}) \times 20\% + Q_{WT} \dots\dots\dots (71)$$

式中：

Q_{SWT} —废弃物处理功能量，单位为 t/a；

Q_{ww} —工业废水、生活污水的排放总量，单位为 t/a；

Q_{COD} —工业废水、生活污水中的污染物 COD 排放总量，单位为 t/a；

Q_{NHs-N} —工业废水、生活污水中的污染物 NHs-N 排放总量，单位为 t/a；

20%—工业废水、生活污水通过河流、沟渠入海过程中滞留在途中的 COD、NHs-N 按 20%的滞留率计算；

Q_{WT} —主要河流入海的的 COD、NHs-N 总量，单位为 t/a。

2) 定价思路

废弃物处理价值评估主要考虑海洋生态系统提供的吸附、转化和降解排海废水和主要河流入海污染物的服务价值。废弃物处理价值采用替代成本法(工业废水、生活污水以及主要河流入海的污染物治理成本)进行评估。

3) 价值量核算

$$V_{SW} = Q_{SWT} \times P_W \dots\dots\dots (72)$$

式中：

V_{SW} —废弃物处理价值，单位为万元/a；

Q_{SWT} —废弃物处理功能量，单位为 t/a；

P_W —人工处理废弃物的单位成本，单位为元/t。

(4) 海岸带防护功能价值核算

海岸带防护是指滨海盐沼、红树林、珊瑚礁等生态系统以及海冰减低海浪，避免或缓解海堤或海岸侵蚀的功能。

1) 功能量核算

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。

$$D_{cl} = \sum_i^n D_{cli} + D_{si} \dots\dots\dots (73)$$

式中：

D_{cl} ——生态系统防护的海岸带总长度（km/a）；

D_{cli} —— i 类生态系统防护的海岸带长度 (km/a) ;

D_{si} ——海冰最大边缘性长度 (km/a) ;

i ——研究区生态系统类型, $i=1, 2, \dots, n$, 无量纲;

n ——研究区生态系统类型数量, 无量纲。

2) 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。

3) 价值量核算

$$V_{cl} = \sum_i^n D_{cli} \times C_{cli} \dots\dots\dots (74)$$

式中:

V_{cl} ——海岸带防护价值 (元/a) ;

D_{cli} —— i 类生态系统防护的海岸带长度 (km) ;

C_{cli} —— i 类生态系统海浪防护工程单位长度建设维护成本 (元/km) 。

(5) 氧气释放功能价值量核算

海洋生态系统的氧气生产功能是指海洋植物 (浮游植物和大型藻类) 在光合作用过程中, 释放出氧气的功能。

1) 功能量核算

$$Q_{O_2} = Q'_{O_2} \times S \times 365 + Q''_{O_2} \dots\dots\dots (75)$$

$$Q'_{O_2} = 2.67 \times Q_{pp} \dots\dots\dots (76)$$

$$Q''_{O_2} = 1.19 \times Q_A \dots\dots\dots (77)$$

式中:

Q_{O_2} ——氧气生产的物质质量(t/a);

Q'_{O_2} ——单位时间单位面积海域浮游植物产生的氧气量(mg/(m²-d));

S ——评估海域面积(km²);

Q''_{O_2} ——大型藻类产生的氧气量(t/a);

Q_{pp} ——浮游植物的初级生产力(mg/(m²d));

Q_A ——大型藻类的干重(t/a)。

2) 定价思路

氧气生产价值评估主要考虑浮游植物和大型藻类生产的氧气价值。氧气生产价值采用替代成本法 (工业制氧成本) 进行评估。

3) 价值量核算

$$V_{O_2} = Q_{O_2} \times P_{O_2} \dots\dots\dots (78)$$

式中:

V_{O_2} ——氧气释放的价值 (元/a);

Q_{O_2} ——氧气释放的功能量 (t/a);

P_{O_2} ——人工生产氧气的单位成本, (元/t)。

(6) 生物疾病控制功能价值量核算

通过生物种群的营养动力学机制,海洋生态系统所提供的控制有害生物,降低相关灾害损失的服务。

$$V = \sum_{i=1}^n A \times VS \dots\dots\dots (79)$$

式中:

V ——生态系统提供的生物多样性的总价值量 (元);

A ——研究面积 (hm^2);

VS ——研究区提供的生物疾病控制的单位面积价值当量 (元/ $hm^2 \cdot a$)。

(7) 物种保育功能价值量核算

$$U_{\text{生}} = S_{\text{生}} \times A \dots\dots\dots (80)$$

式中:

$U_{\text{生}}$ ——物种保育总价值量 (元);

$S_{\text{生}}$ ——单位面积年物种损失的机会成本 (元/ $hm^2 \cdot a$);

A ——评估海域面积 (hm^2)。

物种保育价值计算按 Shannon-Wiener 指数计算方法,并划分为 6 个等级(王兵, 2011): 当指数 <1 时, $S_{\text{生}}$ 为 5000 元/ ($hm^2 \cdot a$); 当 $1 \leq$ 指数 <2 时, $S_{\text{生}}$ 为 10000 元/ ($hm^2 \cdot a$); 当 $2 \leq$ 指数 <3 时, $S_{\text{生}}$ 为 20000 元/ ($hm^2 \cdot a$); 当 $3 \leq$ 指数 <4 时, $S_{\text{生}}$ 为 30000 元/ ($hm^2 \cdot a$); 当 $4 \leq$ 指数 <5 时, $S_{\text{生}}$ 为 40000 元/ ($hm^2 \cdot a$); 当指数 ≥ 5 时, $S_{\text{生}}$ 为 50000 元/ ($hm^2 \cdot a$)。

(8) 生物多样性价值量核算

$$U = \sum_{i=1}^n A \times VC \dots\dots\dots (81)$$

式中:

U ——生态系统提供的生物多样性的总价值量 (元);

A ——研究面积 (hm^2);

VC ——提供的生物多样性的单位面积价值当量 (元/ $hm^2 \cdot a$)。

9.3.3 文化服务功能价值核算

(1) 休闲旅游功能价值量核算

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。

1) 功能量核算

采用区域内自然景观的年旅游总人次作为文化服务的功能量评价指标。

$$N_t = \sum_{i=1}^n N_{ti} \quad \dots\dots\dots (82)$$

式中：

N_t ——游客总人数；

N_{ti} ——第 i 个旅游区的人数；

i ——旅游区， $i = 1, 2, \dots, n$ ，无量纲；

n ——旅游区个数。

2) 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。

3) 价值量核算

休闲旅游功能价值量按下式核算：

$$V_E = C_N + C_M \quad \dots\dots\dots (83)$$

式中：

V_E ——休闲旅游功能总价值；

C_N ——旅游收入（元/a）；

C_M ——旅行成本（元/a）。

(2) 景观价值功能价值量核算

生态系统的景观价值是海洋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。

1) 功能量核算

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功能量评价指标。

$$A_t = \sum_{i=1}^n A_{ti} \quad \dots\dots\dots (84)$$

式中：

A_t ——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_{ti} ——第 i 区的房产面积（ km^2 ）， $i = 1, 2, \dots, n$ ；

i ——旅游区， $i = 1, 2, \dots, n$ ，无量纲。

2) 定价思路

运用享乐价值法评估近海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。

3) 价值量核算

$$V_a = A_a \times P_a \quad \dots\dots\dots (85)$$

式中：

V_a ——景观价值（元/a）；

A_a ——受益总面积（ km^2 ）；

P_a ——由生态系统带来的单位面积溢价（元/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ）。

（3）科研文化功能价值量核算

科研文化服务是指由于海岸带和海洋生态系统的复杂性与多样性而产生和吸引的科学研究及其对人类知识体系的补充等贡献,以及海岸带和海洋生态系统满足人类精神需求、艺术创作和教育等的非商业性贡献

1) 功能量核算

体通过“维普《中文科技期刊数据库》（全文版）”，对核心期刊上发表的科技论文进行主题和关键词检索。主题及关键词选择辽宁及沿海各地市名与海的组合以及辽宁沿海主要海湾及岛屿名称等共24个关键词。若研究海域共属几个地市，按海岸线比例分配海洋科技论文数至各个地市。

2) 定价思路

科研服务的价值量采用直接成本法进行评估，通过对于海洋科研投入计算出每篇论文科研支出。

3) 价值量核算

$$V_{SR} = Q_{SR} \times P_R \quad \dots\dots\dots (86)$$

式中：

V_{SR} ——科研服务的价值量；

Q_{SR} ——科研服务的物质量；

P_R ——每篇海洋类科技论文的科研经费投入。

10 核算质量控制

10.1 核算管理

陆域生态产品清单按照附录 A，GEP 核算应按照附录 B、8.3 的规定开展功能量和价值量核算，海洋和滨海湿地生态产品清单按照附录 C，GEP 核算应按照附录 D、9.3 的规定开展功能量和价值量核算，并实行自检、互检、技术负责人检查和专家验收的“三检一验”制度，检验内容包括每个核算科目的数据来源、功能量和价值量核算。

10.2 图件制作与报告编制要求

生态产品总值核算报告应数据准确、详实，内容完整，结论明确。陆域生态产品总值核算报告编写大纲见附录 E，海洋和滨海湿地生态产品总值核算报告编写大纲见附录 F。

附录 A
(规范性)
陆域生态产品清单

表 A.1 规定了陆域生态产品清单与具体内容。

表 A.1 陆域生态产品清单

一级指标	二级指标	具体指标说明
物质产品	农林牧渔产品	(1) 由本地生态系统生产的初级农、林、牧、渔业产品，如稻谷、玉米、豆类、薯类、油料、棉花、麻类、糖料作物、烟叶、茶叶、药材、蔬菜、水果等。 (2) 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。 (3) 从自然生态系统中获得的畜牧产品，如牛、羊、猪、家禽、奶类、禽蛋、蜂蜜等。 (4) 在自然水域中通过捕捞获取的水产品，如鱼类、贝类、其他水生动物等。
	淡水资源	生态系统为人类提供的用于工农业生产、居民生活等使用的淡水资源。
	生态能源	来自于自然生态系统的秸秆、薪柴、水、太阳、风能等。
	其他物质产品	从自然生态系统获得的一些其他装饰产品和花卉、苗木等。
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。
	土壤保持	自然生态系统通过林冠层、林下植被、枯落物层、根系等各个层次消减雨水对土壤的侵蚀力，增加土壤抗蚀性从而减少土壤流失、保持土壤的功能。
	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。
	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。
	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。
	固定二氧化碳	生态系统吸收大气中的二氧化碳合成有机质，将碳固定在植物或土壤中的功能。
	氧气释放	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。
空气净化	本地生态系统吸收、过滤、阻隔和分解大气污染物，改善大气环境（二氧化硫、氮氧化物、工业粉尘）的功能。	

表 A.1 陆域生态产品清单（续）

一级指标	二级指标	具体指标说明
	水质净化	湖泊、河流、沼泽等水域、湿地生态系统吸附、降解和转化水体污染物（COD、氨氮、总磷）的功能。
	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。
	病虫害防治*	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。
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等旅游方式，从生态系统获得的非物质惠益。
	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。
支持服务*	物种保育	生态系统成为物种生存、繁殖与进化的庇护所功能。
	养分循环	生态系统中那些生命必需元素和无机化合物在人类调节控制和影响下的循环功能。
	生物多样性	维持生物及其与环境形成的生态复合体以及与此相关的各种生态过程的功能。
冰雪服务**	淡水资源	由冰雪涵养的淡水资源。
	径流调节	冰雪代替水库控制地表水资源，对水资源进行重分配的功能。
	气候调节	积雪覆盖反射阳光照辐射并调节气温的功能。
	冰雪旅游	本地冰雪提供的文体休闲服务，有益于丰富知识、提高身心健康的惠益。
*可选项，根据核算区自然生态情况和生态系统特征情况进行核算。**辽宁省及东北地区区域性指标。		

附录 B
(规范性)
陆域生态产品核算指标的数据来源

表 B.1 规定了陆域生态产品核算指标的数据来源。

表 B.1 陆域生态产品核算指标的数据来源

服务类别	核算科目	核算指标		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		
			
		(根据核算样点实际产品更新)			
	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		
			核桃		
			板栗		
			松子		
				
	(根据核算样点实际产品更新)				
	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					
.....					
(根据核算样点实际产品更新)					
奶类	牛奶				

表 B.1 陆域生态产品核算指标的数据来源（续）

服务类别	核算科目	核算指标		单位	数据来源
物质产品	-		……		统计部门,畜牧业部门
		禽蛋	禽蛋		
		小计			
	渔业产品	水产品	养殖	-	统计部门
			捕捞		
			……		
		(根据核算样点实际产品更新)			
	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	-	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		%			

表 B.1 陆域生态产品核算指标的数据来源（续）

服务类别	核算科目	核算指标	单位	数据来源		
调节服务	-	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			
	-		NPP	亿 t	林业部门	
			生物量	亿 t		
			造林成本	元/t		
	-		二氧化硫排放量	万 t/a	环保部门 发改部门	
			氮氧化物排放量	万 t/a		
			工业粉尘排放量	万 t/a		
			二氧化硫治理费用	元/t		
			氮氧化物治理费用	元/t		
			工业粉尘治理费用	元/t		
	-		废水排放总量	万 t/a	环保部门 发改部门	
			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			
-		电价	元/kW·h	电力部门		
支持服务	-	各类土地利用面积	hm ²	国土部门		
		森林树种名录	万 hm ²	林业部门		
文化服务	休闲旅游	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		
冰雪服务	-	多年均降雪量	mm	气象部门		
		多年均冬季蒸发量	mm			

表 B.1 陆域生态产品核算指标的数据来源（续）

服务类别	核算科目	核算指标	单位	数据来源
冰雪服务	-	年降雪量	mm	气象部门
		冬季年蒸发量	mm	
		多年冬季月均温度	°C	
	冰雪旅游	冰雪旅游人数	万人/年	旅游发展改革委员会
		冰雪旅游收入	万元/年	

附录 C
(规范性)
近海海域生态产品清单

表 C.1 规定了近海海域生态产品清单与具体内容。

表 C.1 近海海域生态产品清单

一级指标	二级指标	具体指标说明
物质产品	食物产品	海洋向人类提供的各种鱼类、贝类虾类、蟹类、贝类和大型海藻等食品。
	原材料产品	(1) 作为生产原料出售的低质海带； (2) 作为育苗场附着基出售的干贝壳； (3) 从海水中所提取海盐资源； (4) 主要利用海洋鱼类、贝类等,开发产品有珍珠系列、鱼肝油系列以及海蛇、海龙、海马等药品和保健食品类； (5) 沿海风力发电。
	淡水资源*	由海冰涵养的淡水资源。
调节服务	固定二氧化碳	固定二氧化碳是指海洋生态系统吸收大气中的二氧化碳合成有机质，将碳长期固定在海洋生物体、沉积物中的生态功能。这种功能有利于降低大气中二氧化碳浓度，减缓温室效应。
	氧气释放	海洋生态系统的氧气生产功能是指海洋植物（浮游植物和大型藻类）在光合作用过程中，释放出氧气的功能。
	气候调节	气候调节是指海洋生态系统具有减缓气温变化幅度、增加空气湿度，达到改善人居环境舒适程度的生态功能。
	水质净化	水质净化是指海洋生态系统具有吸附、转化和降解排入海中的水体污染物(废水、COD、氨氮等)的生态功能。
	海岸带防护	生态系统及海冰*减低海浪，避免或减小海堤或海岸侵蚀的功能。
	生物多样性	生物多样性价值评估主要考虑海洋生态系统提供的海洋保护物种数以及在当地有重要价值的海洋物种的价值。
	物种保育	物种保育价值评估主要考虑海洋生态系统提供的国家级、省级的海洋自然保护地的价值。
	生物疾病控制	通过生物种群的营养动力学机制，海洋生态系统所提供的控制有害生物，降低相关灾害损失的服务。
文化服务	休闲娱乐	人类通过精神感受、知识获取、休闲娱乐和美学体验等旅游方式，从生态系统获得的非物质惠益。

表 C.1 近海海域生态产品清单（续）

一级指标	二级指标	具体指标说明
	景观价值	景观价值评估主要考虑评估以自然海洋景观为主体、尚未被开发为休闲旅游场所（或未被旅游集团纳入旅游景点）、但具有提供美学体验、精神愉悦的非海洋旅游景区。
	科研文化	科研服务价值是指人类对充满复杂性和多样性的海洋生态系统进行科学研究，从海洋获得的贡献来补充人类知识产生的价值。
*辽宁省及北方地区区域性指标。		

附录 D
(规范性)

近海海域生态产品核算指标的数据来源

表 D.1 规定了近海海域生态产品核算指标的数据来源。

表 D.1 近海海域生态产品核算指标的数据来源

服务类别	核算科目	核算指标		单位	数据来源
物质产品	食物产品	鱼类	鱼类	产量、单价、产值	统计部门
		甲壳类	甲壳类		
		贝类	贝类		
		藻类	藻类		
		其他类	其他类		
		(根据核算样点实际产品更新)			
	小计				
	原材料产品	海盐	海盐		统计部门
		海带	海带		
		干贝类	干贝类		
		生物医药	生物医药		
		海洋化工	海洋化工		
		海洋发电	海洋发电		
		(根据核算样点实际产品更新)			
小计					
淡水资源	海冰最大面积		km ²	海洋部门	
	海冰平均厚度		m		
调节与支持服务	固定二氧化碳	近海面积		km ²	自然资源部门, 气象部门, 遥感数据
		海洋初级生产力		gC/m ²	
		大型藻类产量		t	
		贝壳产量		t	
	气候调节	二氧化碳排放权的市场交易价格		元/t	
		评估城市夏季最高温度平均气温		°C	
		同纬度城市夏季最高温度平均气温		°C	
		评估城市平均身高		t	
		评估城市面积		t	
		大于 26°C 天数		t	
空调耗电的电价		元/KWh			

表 D.1 近海海域生态产品核算指标的数据来源（续）

服务类别	核算科目	核算指标	单位	数据来源
调节与支持服务	水质净化	工业废水、生活污水的排放总量	m	环保部门
		工业废水、生活污水中的污染物 COD 排放总量	m ²	
		工业废水、生活污水中的污染物 NH ₃ -N 排放总量	d	
		人工处理废弃物的单位成本	元/t	
	海岸带防护	生态系统及海冰防护的海岸带总长度	km	海洋部门
		生态系统海浪防护工程单位长度建设维护成本	元/km	
	生物疾病控制	评估海域面积	km ²	海洋部门
		单位面积生物疾病控制的价格	元/km ²	
	氧气释放	海洋初级生产力	gC/m ²	遥感数据、统计部门
		大型藻类产量	t	
		贝壳产量	t	
		人工生产氧气的单位成本	元/t	
	生物多样性	评估海域内第 j 个沿海行政区（省、市、县）以家庭为单位的物种保护支付意愿的平均值	元/户·a	调查问卷
		评估海域内第 j 个沿海行政区（省、市、县）的城镇人口数	万人	
		评估海域内第 j 个沿海行政区（省、市、县）的城镇平均家庭人口数	人/户	
	物种保育	评估海域内第 j 个沿海行政区（省、市、县）以家庭为单位的保护区支付意愿的平均值	元/户·a	
评估海域内第 j 个沿海行政区（省、市、县）的城镇人口数		万人		
评估海域内第 j 个沿海行政区（省、市、县）的城镇平均家庭人口数		人/户		
文化服务	休闲旅游	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	单位等级生态旅游资源价值量	万元/a	旅游发展改革委员会
	科研文化	海域面积	km ²	海洋部门
		单位面积科研文化的价格	元/km ²	

附录 E
(资料性)

生态产品总值核算报告编写大纲

XX 地区生态产品总值 (GEP) 核算报告

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 生态产品功能量

介绍生态产品功能量的计算过程与结果，包括物质产品功能量、调节服务功能量和文化服务功能量。

5 生态产品价值量

介绍生态产品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

介绍生态产品总值核算的结论，提出相关政策建议。

7 附件

包括生态产品总值核算过程中相关的技术资料及附表、附图等。
