

DB4403

深 圳 市 地 方 标 准

DB4403/T 141—2021

深圳市生态系统生产总值核算 技术规范

Technical specification for accounting gross ecosystem product of
Shenzhen

2021-02-23 发布

2021-03-01 实施

深圳市市场监督管理局

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 总则 2

5 评估指标体系 3

6 调查与评估使用数据要求 4

7 评估使用的主要方法 5

附录 A（规范性）生态系统生产总值功能量核算方法 7

附录 B（规范性）生态系统生产总值价值量核算方法 16

附录 C（规范性）生态系统生产总值核算方法 17

附录 D（资料性）生态系统生产总值核算参数补充 18

参考文献 35

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。

本文件由深圳市生态环境局提出并归口。

本文件起草单位：中国科学院生态环境研究中心、深圳市环境科学研究院、中国标准化研究院。

本文件主要起草人：欧阳志云、韩宝龙、孙芳芳、李思诗、潘雪莲、陈礼、肖焱、宋昌素、束承继、从睿、邓瑞民、黄爱兵、付岚、陈龙、董笑语。

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”理念，深入落实《中共中央国务院关于支持深圳建设中国特色社会主义先行示范区的意见》中对“探索实施生态系统服务价值核算制度”的重要指示，促进深圳城市社会经济与生态环境可持续发展，支撑深圳生态系统管理，制定本文件。

本文件可为将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。

深圳市生态系统生产总值核算技术规范

1 范围

本文件规定了深圳市生态系统生产总值核算的总则、评估指标体系、调查与评估使用数据要求、评估使用的主要方法等内容。

本文件适用于深圳市和各区（新区、深汕特别合作区）的生态系统服务价值核算、深圳市生态产品价值核算等与深圳市生态系统生产总值核算内涵相同的工作。

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

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 ecosystem

地球表面生物及其环境通过能流、物流、信息流形成的功能整体。

注：通常包括森林生态系统、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。

3.2

生态系统服务 ecosystem services

人类从生态系统中得到的惠益。

注：通常包括物质产品、调节服务、文化旅游服务以及支持服务。支持服务属于中间过程服务，不属于最终服务，为了避免重复计算，在生态系统生产总值中不考虑支持服务。

3.3

生态系统生产总值 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。

注：通常又称生态系统服务价值、生态产品价值，主要包括生态系统提供的物质产品、调节服务和文化旅游服务的价值。

3.4

物质产品 provisioning services

人类从生态系统获取的可在市场交换的食物、纤维、燃料、遗传资源、天然药物、装饰材料与其他物质材料等。

3.5

调节服务 regulating services

生态系统调节作用提供的调节气候、涵养水源、保持土壤、调蓄洪水、降解污染物、固碳等改善人类生存与生活环境的惠益。

3.6

文化旅游服务 cultural & tourism 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。

3.7

功能量 product amount

生态系统产品与服务的物理量。

注：功能量可以是粮食产量、洪水调蓄量、土壤保持量、固碳量与景点旅游人数等。

3.8

价值量 product value

生态系统产品与服务的货币价值。

4 总则

4.1 生态系统生产总值核算目的

根据各类生态模型法定量评估生态系统生产总值的功能量，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系统生产总值。生态系统生产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。

4.2 生态系统生产总值指标选择原则

4.2.1 来自自然生态过程

生态系统产品（含服务）应由自然生态过程产生，不以自然生态过程为主的人工生态环境设施产生的生态环境改善产品（含服务）不作为生态系统生产总值指标。

4.2.2 对人类有益

生态系统生产总值核算中仅考虑对人类产生惠宜的生态系统服务。

4.2.3 非生态系统服务中间过程

生物多样性维持、土壤保肥等中间过程服务不计入生态系统生产总值指标体系。

4.2.4 技术可行数据可获取

本文件选取的指标为当前技术成熟、数据可获取的指标，部分生态系统服务由于缺乏可行的价值化模型和可获取的关键数据，不在本文件考虑之内。

5 评估指标体系

深圳市生态系统生产总值评估主要考虑的内容如表1所示。

表1 深圳生态系统生产总值评估指标体系

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*	在市场交易，并由本地生态系统生产的生态能源。
	水资源*	能够在市场交易，并由本地供给的水资源。
调节服务	减少泥沙淤积	本地生态系统通过林冠层、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，减少泥沙阻塞河道。
	减少面源污染	本地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。
	调节气候	本地陆域生态系统蒸腾、蒸发带走的热量。
	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。
	削减洪涝	本地生态系统吸纳的降水、蓄积的径流和过境水。
	涵养水源	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。
	削减交通噪声	本地道路两侧绿化带对噪声的削减。
	防护海岸带*	本地海岸带生态系统如红树林、滨海盐沼等减低海浪，避免或减小海堤或海岸侵蚀的功能。
	净化空气	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、颗粒污染物）。
	净化水体	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）。
文化旅游服务	旅游休闲服务	本地生态系统提供的文娛休闲服务，有益于丰富知识、愉悦身心。
	自然景观溢价*	由于本地生态系统的美丽自然景观使房产交易（转让、出租）过程中发生了溢价。
	康养服务*	本地生态空间提供疗养、康复（如减少呼吸道疾病就医量）等有益健康的功能。
注：表中*表示可选项，根据核算区生态系统特征和生态产品供给情况进行核算。		

6 调查与评估使用数据要求

生态系统生产总值评估使用的数据主要包括遥感数据、监测数据、统计数据、实地调查数据以及参考文献数据等。关键结果数据的单位、时间等要求如表2所示。

表2 深圳生态系统生产总值评估数据要求

编号	生态系统产品（服务）类型	功能量单位	价值量单位	时间
0	生态系统生产总值	——	亿元	评估时段
1	物质产品	——	亿元	评估时段
11	农林牧渔	亿元	亿元	评估时段
12	生态能源*	千瓦时	亿元	评估时段
13	水资源*	万立方米	亿元	评估时段
2	调节服务	——	亿元	评估时段
21	涵养水源	万立方米	亿元	评估时段
22	削减洪涝	万立方米	亿元	评估时段
23	调节气候	亿千瓦时	亿元	评估时段
24	固定二氧化碳	万吨	亿元	评估时段
25	净化空气	吨	亿元	评估时段
251	净化空气二氧化硫	吨	亿元	评估时段
252	净化空气氮氧化物	吨	亿元	评估时段
253	净化空气颗粒污染物	吨	亿元	评估时段
26	净化水体	吨	亿元	评估时段
261	净化水体氨氮	吨	亿元	评估时段
262	净化水体总磷	吨	亿元	评估时段
263	净化水体 COD	吨	亿元	评估时段
27	减少泥沙淤积	万立方米	亿元	评估时段
28	减少面源污染	万吨	亿元	评估时段
281	减少面源污染总氮	万吨	亿元	评估时段
282	减少面源污染总磷	万吨	亿元	评估时段
29	削减交通噪声	平均分贝	亿元	评估时段
210	防护海岸带*	千米	亿元	评估时段
3	文化旅游服务	——	亿元	评估时段
31	旅游休闲服务	亿元	亿元	评估时段
32	自然景观溢价*	亿元	亿元	评估时段
33	康养服务*	人次	亿元	评估时段
注：表中*表示可选项，根据核算区生态系统特征和生态产品供给情况进行核算。				

7 评估使用的主要方法

7.1 生态系统生产总值功能量核算方法

生态系统生产总值功能量核算包括三大类，即物质产品功能量核算、调节服务功能量核算、文化旅游服务功能量核算。生态系统生产总值功能量的核算项目、功能量指标和核算方法如表 3 所示。具体方法应符合附录 A 的规定。

表3 生态系统生产总值功能量核算方法

一级指标	二级指标	功能量	核算方法概述
物质产品	农林牧渔产品	初级农林牧渔产品产值	查阅当地统计年鉴或农业部门数据
	生态能源*	各类生态能源生产数量	查阅当地统计年鉴或能源部门数据
	水资源*	本地自然水体供水量	总供水量中，由当地自然水资源供给的量；查阅当地水资源公报或水务部门数据。
调节服务	减少泥沙淤积	减少泥沙淤积量	在产流降雨条件下，由通用土壤流失方程计算得出土壤保持量，再乘以泥沙形成系数。
	减少面源污染	减少各类面源污染物量	根据土壤保持量和土壤中氮、磷的含量，计算因自然生态系统的土壤保持功能减少面源污染的量。
	调节气候	消耗的热量	在高于适宜温度时期，本地各类生态系统单位面积蒸散发消耗热量乘以面积，并加总。
	固定二氧化碳	二氧化碳固定量	根据两年间的植被生物量变化计算二氧化碳固定量，或根据不同生态系统类型固碳速率和面积计算。
	削减洪涝	区域调蓄洪水量	在城市范围内利用 SCS 模型计算指标削减径流量；以及利用监测数据计算湖泊、水库的滞留水量。
	涵养水源	水源涵养量	本地降雨量减去径流量，再减去蒸散发量。
	削减交通噪声	路侧绿化带平均消减噪声分贝量	根据在不同路段的典型样地监测数据，评估道路绿化（两侧及内部）平均消减噪声量。
	防护海岸带*	达到安全岸线强度的自然岸线长度	根据 InVEST 风暴潮风险评估模型计算达到安全岸线强度的自然岸线长度。
	净化空气	净化各类大气污染物量	根据本地大气污染物达标水平，选择污染物排放量或者净化量（每类生态系统单位面积净化量乘面积）为实物量。
	净化水体	净化各类水体污染物量	根据本地水质达标水平，选择水体污染物排放量或者净化量（每类生态系统单位面积净化量乘面积）为实物量。
文化旅游服务	旅游休闲服务	旅游休闲人次与时间	根据抽样调查统计获取的自然风景旅游与休闲人数和平均滞留时间。
	自然景观溢价*	景观溢价价值	根据抽样调查统计获取当年房屋交易中的景观溢价价值，以及酒店交易中的景观溢价价值。
	康养服务*	减少呼吸道疾病就医量和死亡量	根据中国城市大气污染健康终端效应时间序列的 Meta 分析和 WHO 的“污染物浓度—死亡风险”变化曲线，计算暴露人口的变化量。
注：表中*表示可选项，根据核算区生态系统特征和生态产品供给情况进行核算。			

7.2 生态系统生产总值价值量核算方法

根据各服务功能指标的内涵，价值量的核算方法如表 4 所示，具体方法应符合附录 B 的规定。在所有类型的生态系统产品与服务功能量、价值量核算的基础上，将各类生态系统产品与服务价值加总，得到生态系统生产总值（GEP），具体方法应符合附录 C 的规定。鉴于价值量核算定价方法的单价变动性，建议定价比选方法和推荐定价方案见附录 D。

表4 生态系统生产总值价值量核算方法

一级指标	二级指标	核算内容	价值量核算方法概述
物质产品	农林牧渔产品	初级农林牧渔产品价值	根据深圳统计年鉴数据核算
	生态能源*	生态能源价值	根据深圳统计年鉴数据核算
	水资源*	水资源价值	原水价格
调节服务	减少泥沙淤积	减少泥沙淤积价值	土方清运成本
	减少面源污染	减少面源氮价值	治理成本
		减少面源磷价值	治理成本
	调节气候	植被蒸腾调节温度价值	普通居民合表用户用电成本
		水面蒸发调节温度价值	
	固定二氧化碳	固碳价值	碳交易价格
	削减洪涝	城区植被暴雨径流调节价值	海绵城市蓄水池建设成本
		郊野植被暴雨径流调节价值	水库单位库容造价
		湖泊洪水调蓄价值	
		水库洪水调蓄价值	
	涵养水源	水源涵养价值	水库单位库容造价
	削减交通噪声	交通噪声消减价值	人工降噪幕墙建设成本
	防护海岸带*	海岸带防护价值	人工岸线建设成本
	净化空气	净化二氧化硫价值	治理成本
		净化氮氧化物价值	治理成本
		净化颗粒污染物价值	治理成本
	净化水体	净化 COD 价值	治理成本
		净化总氮价值	治理成本
		净化总磷价值	治理成本
文化旅游服务	旅游休闲服务	旅游休闲服务价值	根据调查问卷
	自然景观溢价*	房产产权销售溢价	销售数据的拟合公式模拟
		酒店销售溢价	酒店销售数据调查
	康养服务*	减少呼吸道疾病价值	门诊、住院成本 人力资本替代成本
注：表中*表示可选项，根据核算区生态系统特征和生态产品供给情况进行核算。			

附 录 A (规范性) 生态系统生产总值功能量核算方法

A.1 物质产品功能量核算方法

各类物质产品的产量通过统计资料获取。物质产品总产量按式 (A.1) 进行求和。

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

式中:

- E_{pro} ——物质产品总产量 (t/a);
- i ——核算区物质产品种类, $i=1, 2, 3, \dots\dots, n$;
- E_i ——第 i 种物质产品的产量 (t/a)。

注 1: 物质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。
 注 2: 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。
 注 3: 生态能源功能量单位为 kWh, 水资源功能量单位为吨。

A.2 调节服务功能量核算方法

A.2.1 减少泥沙淤积服务

减少泥沙淤积服务的功能量核算按式 (A.2) 和式 (A.3) 。

$$Q_{sd} = \lambda \times (Q_{sr} / \rho) \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

$$Q_{sr} = R \times K \times L \times S \times (1 - C \times P) \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

- Q_{sd} ——减少泥沙淤积量 (m³a) ;
- λ ——泥沙淤积系数;
- Q_{sr} ——土壤保持量 (t/a);
- ρ ——土壤容重 (t/m³) ;
- R ——降雨侵蚀力因子 (MJ · mm · hm⁻² · h⁻¹ · a⁻¹), 用多年平均年降雨侵蚀力指数表示, 核算见附录 D.1;
- K ——土壤可蚀性因子 (t · hm² · h · hm⁻² · MJ⁻¹ · mm⁻¹), 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, 核算见附录 D;
- L ——坡长因子 (无量纲), 核算见附录 D;
- S ——坡度因子 (无量纲), 核算见附录 D;

C ——植被覆盖因子（无量纲），核算见附录 D；

P ——水土保持措施因子（无量纲），核算见附录 D。

A. 2. 2 减少面源污染服务

减少面源污染服务的功能量核算按式（A. 4）。

$$Q_{dpd} = \sum_{i=1}^n Q_{sr} \times c_i \quad \dots\dots\dots (A. 4)$$

式中：

Q_{dpd} ——减少面源污染量（t/a）；

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

Q_{sr} ——土壤保持量（t/a）（核算方法见式 A.3）；

c_i ——土壤中氮、磷等营养物质的纯含量（%）。

A. 2. 3 调节气候服务

采用生态系统蒸腾蒸发总消耗的能量作为调节气候的功能量，核算按式（A. 5）、式（A. 6）和式（A. 7）。

$$E_{tt} = E_{pt} + E_{we} \quad \dots\dots\dots (A. 5)$$

$$E_{pt} = \sum_{i=1}^3 EPP_i \times S_i \times D \times 10^6 / (3600 \times r) \quad \dots\dots\dots (A. 6)$$

$$E_{we} = E_w \times q \times 10^3 / (3600) \quad \dots\dots\dots (A. 7)$$

式中：

E_{tt} ——生态系统蒸腾蒸发消耗的总能量（kWh/a）；

E_{pt} ——生态系统植被蒸腾消耗的能量（kWh/a）；

E_{we} ——生态系统水面蒸发消耗的能量（kWh/a）；

i ——生态系统类型（无量纲）；

EPP_i ——第 i 类生态系统单位面积蒸腾消耗热量（ $\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ ）；

S_i ——第 i 类生态系统面积（ km^2 ）；

D ——空调开放天数（天）；

r ——空调能效比：3.0（无量纲）；

E_w ——水面蒸发量（ m^3 ）；

q ——挥发潜热，即蒸发 1 克水所需要的热量（J/g）。

A.2.4 固定二氧化碳服务

采用生态系统二氧化碳固定量作为核算指标，核算方法有以下三种：

——如果净生态系统生产力（NEP, Net ecosystem productivity）数据可得，生态系统二氧化碳固定量核算按式（A.8）；

$$Q_{tCO_2} = M_{CO_2}/M_C \times NEP \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

式中：

Q_{tCO_2} ——生态系统二氧化碳固定量（t • CO₂/a）；
 M_{CO_2}/M_C ——C 转化为 CO₂ 的系数，44/12；
 NEP ——净生态系统生产力（t • C/a），核算见附录 D。

——如果净生态系统生产力（NEP）数据不可得，采用生物量法测算生态系统二氧化碳固定量，核算按式（A.9）；

$$Q_{tCO_2} = M_{CO_2}/M_C \times A \times C_C \times (AGB_{t_2} - AGB_{t_1}) \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

式中：

Q_{tCO_2} ——生态系统二氧化碳固定量（t • CO₂/a）；
 M_{CO_2}/M_C ——C 转化为 CO₂ 的系数，44/12；
 A ——生态系统面积（ha）；
 C_C ——生物量-碳转换系数；
 AGB_{t_2} ——第 t₂ 年的生物量（t/ha）；
 AGB_{t_1} ——第 t₁ 年的生物量（t/ha）。

——如果净生态系统生产力（NEP）和生物量数据均不可得，采用固碳速率法计算生态系统二氧化碳固定量，核算按式（A.10）。

$$Q_{tCO_2} = M_{CO_2}/M_C \times (FCS + GSCS + WCS + CSCS) \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

式中：

Q_{tCO_2} ——生态系统二氧化碳固定量（t • CO₂/a）；
 M_{CO_2}/M_C ——C 转化为 CO₂ 的系数，44/12；
 FCS ——森林（及灌丛）固碳量（t • C/a），核算见附录 D；

$GSCS$ ——草地固碳量 ($t \cdot C/a$), 核算见附录 D;

WCS ——湿地固碳量 ($t \cdot C/a$), 核算见附录 D;

$CSCS$ ——农田固碳量 ($t \cdot C/a$), 核算见附录 D。

A. 2. 5 削减洪涝服务

削减洪涝量包括林灌草削减洪涝水量和水库削减洪涝量两部分, 核算按式 (A. 11)、式 (A. 12) 和式 (A. 13)。

$$C_{fm} = C_{fc} + C_{rc} \quad \dots\dots\dots (A. 11)$$

$$C_{fc} = \sum_{i=1}^n (P_i - R_{fi}) \times A_i \times 1000 \quad \dots\dots\dots (A. 12)$$

$$C_{rc} = C_{rfm} \quad \dots\dots\dots (A. 13)$$

式中:

C_{fm} ——削减洪涝量 (m^3/a);

C_{fc} ——林灌草削减洪涝量 (m^3/a);

C_{rc} ——水库削减洪涝量 (m^3/a);

n ——生态系统类型数 (无量纲);

i ——第 i 类生态系统类型 (无量纲);

P_i ——暴雨降雨量 (mm), 采用 50mm 日降雨划定暴雨日;

R_{fi} ——暴雨径流量 (mm), 核算见附录 D;

A_i ——第 i 类生态系统的面积 (km^2);

C_{rfm} ——水库防洪库容 (m^3/a), 核算见附录 D。

A. 2. 6 涵养水源服务

采用水量平衡方程, 计算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、调节地表径流和补充地下水所增加的水资源总量, 核算按式 (A. 14)。

$$Q_{wr} = \sum_{i=1}^n A_i \times (P_i - R_i - ET_i) \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (A. 14)$$

式中:

Q_{wr} ——涵养水源量 (m^3/a);

n ——生态系统类型总数 (无量纲);

i ——第 i 类生态系统类型 (无量纲);

- A_i ——第 i 类生态系统的面积 (m^2);
- P_i ——产流降雨量 (mm/a);
- R_i ——地表径流量 (mm/a), 核算见附录 D;
- ET_i ——蒸散发量 (mm/a)。

A. 2. 7 削减交通噪声服务

将全市具有交通绿化带且非高架道路的路段按照宽度、流量、道路等级进行分类, 每类道路两侧设置监测样点采集相关数据计算削减交通噪声量, 核算按式 (A. 15)。

$$ANA = \frac{\sum_{i=1}^n R_i \times NA_i}{\sum_{i=1}^n R_i} \dots\dots\dots (A. 15)$$

- 式中:
- ANA ——为全市交通噪音平均削减量 (dB);
- R_i ——第 i 类道路的长度 (km);
- NA_i ——第 i 类道路两侧的平均降噪分贝 (dB)。

注: 降噪分贝数由绿化带近路侧和远路侧噪声差值确定。

A. 2. 8 防护海岸带服务

通过统计植被重要性指数 $HRI > 0$ 的岸段数量计算海岸带的防护总长度, 核算按式 (A. 16)。

$$D = \sum_1^n (d \times N_{HRI > 0}) \dots\dots\dots (A. 16)$$

- 式中:
- D ——防护海岸带长度 (km);
- n ——植被对海岸带起防护作用的岸段数量;
- d ——单位栅格长度 (km);
- N ——植被重要性指数 $HRI > 0$ 的岸段数量;
- HRI ——植被重要性指数 (无量纲), 核算见附录 D。

A. 2. 9 净化空气服务

采用大气污染物净化量作为核算指标, 按照 GB 3095—2012 中对环境空气质量应控制项目的规定, 选取二氧化硫、氮氧化物、颗粒污染物等污染物指标, 当颗粒污染物数据不可得时可采用工业粉尘替代, 核算方法有以下两种:

——如果污染物浓度未超过环境空气功能区质量标准, 大气污染物净化量为污染物排放量, 核算按

式 (A.17) ;

$$Q_{ap} = \sum_{i=1}^n Q_i \quad \dots\dots\dots (A.17)$$

式中:

Q_{ap} ——大气污染物排放总量 (kg/a);

n ——大气污染物类别的数量 (无量纲);

i ——污染物类别 (无量纲);

Q_i ——第 i 类大气污染物排放量 (kg/a)。

——如果污染物浓度超过环境空气功能区质量标准, 大气污染物净化量为生态系统自净能力, 核算按式 (A.18) 。

$$Q_{ap} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n Q_{ij} \times A_i \quad \dots\dots\dots (A.18)$$

式中:

Q_{ap} ——生态系统空气净化能力 (kg/a);

m ——生态系统类型的数量 (无量纲);

i ——生态系统类型 (无量纲);

n ——大气污染物类别的数量 (无量纲);

j ——大气污染物类别 (无量纲);

Q_{ij} ——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);

A_i ——第 i 类生态系统类型面积 (km²)。

A.2.10 净化水体服务

采用水体污染物净化量作为核算指标, 按照 GB 3838—2002 对水环境质量应控制项目的规定, 选取 COD、总氮、总磷等污染物指标, 核算方法有以下两种:

——如果污染物浓度超过地表水水域环境功能标准限值, 水体污染物净化量为生态系统自净能力, 核算按式 (A.19);

$$Q_{wp} = \sum_{i=1}^n Q_i \times A \quad \dots\dots\dots (A.19)$$

式中:

Q_{wp} ——水体污染物净化量 (t/a);

n ——水体污染物类别的数量 (无量纲);

i ——污染物类别（无量纲）；

Q_i ——水域对第 i 类水体污染物的单位面积年净化量（ $t/km^2 \cdot a$ ）；

A ——水域面积（ km^2 ）。

——如果污染物排放浓度未超过地表水水域环境功能标准限值，水体污染物净化量为排放量与随水输送出境的污染物量之差，核算按式（A.20）。

$$Q_{wp} = \sum_{i=1}^n (Q_{ei} + Q_{ai} - Q_{di}) \quad \dots\dots\dots (A.20)$$

式中：

Q_{wp} ——污染物净化总量（ kg/a ）；

n ——水体污染物类别的数量（无量纲）；

i ——污染物类别（无量纲）；

Q_{ei} ——某种（类）污染物入境总量（ kg/a ）；

Q_{ai} ——区域内某种（类）污染物排入河流总量（ kg/a ）；

Q_{di} ——某种（类）污染物出境量（ kg/a ）。

A.3 文化旅游服务核算方法

A.3.1 旅游休闲服务

采用区域内自然景观的年旅游总人次作为旅游休闲服务的功能量评价指标，核算按式（A.21）。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，核算按式（A.22）、式（A.23）、式（A.24）和式（A.25）。

$$N_t = \sum_{i=1}^n N_{ti} \quad \dots\dots\dots (A.21)$$

$$V_r = (CC + CS) \times N_t \quad \dots\dots\dots (A.22)$$

$$CC = \sum_{j=1}^n N_j \times CC_j \quad \dots\dots\dots (A.23)$$

$$N_j = n_j \times N \quad \dots\dots\dots (A.24)$$

$$CC_j = C_{tc,j} + C_{lf,j} + C_{adj} \quad \dots\dots\dots (A.25)$$

式中：

N_t ——游客总人数（人次）；

i ——旅游景观个数， $i=1, 2, \dots, n$ ；

N_{ti} ——第 i 个旅游景观的游览人数（人次）；

V_r ——评估区域的旅游休闲价值（元）；

CC ——评估区域的消费者支出（元/人次）；

CS ——评估区域的消费者剩余（消费者的意愿支付与实际支付之差）（元/人次）；

j ——景区类型（如公园、绿道等）；

N_j ——来自 j 类景区的游客总人次（人次）；

CC_j ——来自 j 类景区的游客每人次旅行成本或支付意愿（元/人次）；

n_j ——调查样本中 j 类景区（适用非收费景区，如社区公园、绿道等）的游客人均访问次数（次/人）；

N ——被评估地常住人口数量（人）；

C_{tcj} ——调查样本中 j 类景区的游客平均每人次交通费用（元/人次）；

C_{lfj} ——平均每人次食宿及其他费用（元/人次）；

C_{adj} ——平均每人次门票费用（元/人次）。

A.3.2 自然景观溢价

A.3.2.1 房屋交易自然景观溢价服务

总的房屋销售自然景观溢价核算按式（A.26）。

$$TP = (\sum PP_i / \sum P_i) \times TE \quad \dots\dots\dots (A.26)$$

式中：

TP ——城市总体销售房屋自然景观溢价（元/a）；

PP_i ——第 i 个样本房屋的单位面积房屋的自然景观溢价（元/a），核算见附录 D；

P_i ——第 i 个样本房屋的单位面积成交价（元/a）；

TE ——城市总体销售房屋金额（元/a）。

A.3.2.2 酒店租赁自然景观溢价服务

总的酒店租赁自然景观溢价核算按式（A.27）。

$$THP = \sum \left(\frac{PV_i - P_i}{PV_i} \times \frac{M \times PV_i}{M \times PV_i + N \times P_i} \times TH_i \right) \quad \dots\dots\dots (A.27)$$

式中：

THP ——酒店租赁总的自然景观溢价（元/a）；

PV_i ——第 i 片区的景观房平均价格（元/m²）；

P_i ——第 i 片区的非景观房平均价格（元/m²）；

M,N ——调查获得景观房与非景观房按照 $M: N$ 比例销售；

TH_i ——第 i 片区的总体酒店营业收入（元/a）。

A. 3. 3 康养服务

A. 3. 3. 1 减少呼吸道疾病服务

以 GB 3095—2012 中二级标准作为清新空气的服务基准，以 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 和 O_3 作为代表污染物，通过健康效应计算暴露人口的变化量，进而计算出因空气质量改善带来的发病损失和致死损失的变化量。核算按式（A. 28）。

$$N = N_{op} + N_h + N_d \quad \dots\dots\dots (A. 28)$$

式中：

N ——因大气环境改善而带来的呼吸系统疾病患者人数总变化（人/a）；

N_{op} ——因大气环境改善而带来的呼吸系统疾病患者门诊人数变化（人/a），核算见附录 D；

N_h ——因大气环境改善而带来的呼吸系统疾病患者住院人数变化（人/a），核算见附录 D；

N_d ——因 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 O_3 浓度变化而带来的死亡人数变化（人/a），核算见附录 D。

附录 B

(规范性)

生态系统生产总值价值量核算方法

生态系统生产总值功能量与其对应单价的乘积即为价值量。其中，部分类型生态系统产品功能量即为产值数据（或是直接可从统计年鉴查询到产值数据）。生态系统生产总值价值量核算按式（B.1）、式（B.2）和式（B.3）。

$$EPV = \sum_{i=1}^n EP_i \times P_i \dots\dots\dots (B.1)$$

$$ESV = \sum_{j=1}^m ES_j \times P_j \dots\dots\dots (B.2)$$

$$ECV = \sum_{k=1}^l EC_k \times P_k \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

- EPV——生态系统物质产品价值（元/a）；
- EP_i ——第 i 类物质产品的功能量（见附录 A）；
- P_i ——第 i 类物质产品的价格（见附录 D）；
- ESV——生态系统调节服务价值（元/a）；
- ES_j ——第 j 类生态系统调节服务功能量（见附录 A）；
- P_j ——第 j 类生态系统调节服务功能的价格（见附录 D）；
- ECV——生态系统文化旅游服务价值（元/a）；
- EC_k ——第 k 类生态系统文化旅游服务功能量（见附录 A）；
- P_k ——第 k 类生态系统文化旅游服务的价格（见附录 D）。

注 1：农林牧渔产品和生态能源产品：农牧渔业及生态能源产值的计算均采用《深圳统计年鉴》或《深圳市农业年报》中对应的产品产值数据表示。

注 2：旅游休闲服务：运用旅行消费法，通过有效的调查问卷来调查统计消费者对于风景观赏、休闲游乐的实际支付（或支付意愿）计算旅游服务价值。

注 3：房地产景观溢价：利用链接地产的房屋交易数据计算，回归方程因变量为房屋价格（单位为人民币），自变量为一定缓冲区内的自然景观结构与社会经济结构；通过模拟有无自然景观获得价格差即为房地产景观溢价价值，因此无需额外的价值量转换。

注 4：酒店景观溢价：利用携程酒店抽样调查数据计算，调查每个样本酒店的景观房与非景观房价格差（单位为人民币），然后利用当年统计年鉴酒店收入等比例计算得到，因此无需额外价值转换。

注 5：削减洪涝服务：发生在人口集聚区（不适宜建设水库地方，划定方法参考附录 D）的植被削减洪涝服务，其替代工程应采用城市海绵工程；发生在其他地方的植被削减洪涝服务，其替代工程应采用水库工程。

附 录 C
(规范性)
生态系统生产总值核算方法

所有类型的生态系统产品和服务价值之和，即为生态系统生产总值，核算按式（C.1）。

$$GEP = EPV + ESV + ECV \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

式中：

- GEP*——生态系统生产总值（元/a）；
- EPV*——生态系统物质产品价值（元/a）；
- ESV*——生态系统调节服务价值（元/a）；
- ECV*——生态系统文化旅游服务价值（元/a）。

附 录 D
(资料性)
生态系统生产总值核算参数补充

D.1 减少泥沙淤积服务核算参数

D.1.1 降雨侵蚀力因子

降雨侵蚀力因子 R 核算方法有两种方法, 可根据数据可得性选择:

——基于月降雨量的计算模型, 核算按式 (D.1);

$$R = \sum_{i=1}^{12} 1.735 \times 10^{\left(1.5 \times \lg \frac{P_i^2}{P}\right) - 0.8188} \quad \text{..... (D.1)}$$

式中:

R ——降雨侵蚀力值 ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$);

i ——月份;

P_i ——月降雨量 (mm);

P ——年降雨量 (mm)。

——基于日降雨量资料的半月降雨侵蚀力模型来估算降雨侵蚀力, 核算按式 (D.2)、式 (D.3)、式 (D.4) 和式 (D.5)。

$$R = \sum_{n=1}^{24} R_i \quad \text{..... (D.2)}$$

$$R_i = \alpha \sum_{j=1}^k D_j^\beta \quad \text{..... (D.3)}$$

$$\beta = 0.8363 + \frac{18.144}{\bar{P}_{d12}} + \frac{24.455}{\bar{P}_{y12}} \quad \text{..... (D.4)}$$

$$\alpha = 21.586 \beta^{-7.1891} \quad \text{..... (D.5)}$$

式中:

R ——降雨侵蚀力值 ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$);

R_i ——某半月时段的降雨侵蚀力值 ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$);

α 、 β ——模型待定参数;

D_j ——半月时段内第 j 天的侵蚀性日雨量 (mm) (要求日雨量大于等于 12mm , 否则以 0 计算);

k ——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;

$\bar{P}_{d12}$ ——日雨量 12mm 以上 (包括等于 12mm) 的日平均雨量 (mm);

$\bar{P}_{y12}$ ——日雨量 12mm 以上（包括 12mm）的年平均雨量（mm）。

D. 1. 2 土壤可蚀性因子

土壤可蚀性因子 K 核算按式（D. 6）。

$$K = [2.1 \times 10^{-4}(12 - OM)M^{1.14} + 3.25(S - 2) + 2.5(P - 3)] / 100 \times 0.1317 \quad \text{..... (D. 6)}$$

式中：

- K ——土壤可蚀性值（ $t \cdot hm^2 \cdot h \cdot hm^{-2} \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$ ）；
- OM ——土壤有机质含量百分比（%）；
- M ——土壤颗粒级配参数，即粒径分级制中（粉粒+极细砂）与（100-粘粒）百分比之积；
- S ——土壤结构系数，取值见表 D.1；
- P ——渗透等级，取值见表 D.1。

注：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 D. 1 结构系数与渗透等级的定义

结构性指数 S	含义	可渗透性指数 P	含义
1	非常坚固	1	快速
2	很坚固	2	中快速
3	较坚固	3	中速
4	坚固	4	中慢速
		5	慢速
		6	极慢

D. 1. 3 坡长和坡度因子

坡长因子 L 的核算按式（D. 7）、式（D. 8）和式（D. 9），坡度因子 S 的核算按式（D. 10）。

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m \quad \text{..... (D. 7)}$$

$$m = \beta / (1 + \beta) \quad \text{..... (D. 8)}$$

$$\beta = \left(\frac{\sin \theta}{0.0896} \right) / [3.0 * \sin \theta^{0.8} + 0.56] \quad \text{..... (D. 9)}$$

$$S = \begin{cases} 10.8 \sin(\theta) + 0.03, & \theta < 9\% \\ 16.8 \sin(\theta) - 0.50, & 9\% \leq \theta \leq 18\% \\ 21.91 \sin(\theta) - 0.96, & \theta > 18\% \end{cases} \quad \text{..... (D. 10)}$$

式中：

- L ——坡长因子；

- λ ——坡长 (m);
- m ——无量纲常数, 取决于坡度百分比值;
- S ——坡度因子;
- θ ——坡度 (弧度)。

D.1.4 植被覆盖因子

植被覆盖因子 C 采用植被覆盖度计算得到, 核算按式 (D.11)。植被覆盖度 f 基于植被指数 $NDVI$ 数据计算得到, 核算按式 (D.12)。

$$C = \begin{cases} 1 & f = 0 \\ 0.6508 - 0.3436 \lg f & 0 < f \leq 78.3\% \\ 0 & f > 78.3\% \end{cases} \dots\dots\dots (D.11)$$

$$f = \frac{(NDVI - NDVI_{soil})}{(NDVI_{max} - NDVI_{soil})} \dots\dots\dots (D.12)$$

式中:

- C ——植被覆盖因子;
- f ——植被覆盖度 (%);
- $NDVI_{soil}$ ——纯裸土象元的 $NDVI$ 值;
- $NDVI_{max}$ ——纯植被象元的 $NDVI$ 值。

D.1.5 水土保持措施因子

在 P 不能通过实验测定的情况下, 可以通过土地利用类型的典型 P 值替代, 不同土地利用类型取值见表 D.2。

表 D.2 不同土地利用类型的水土保持措施因子 P 值

土地利用类型	耕地	园地	林地	草地	裸地	建设用地	水体
P 值	0.5	0.6	1	1	1	0	0
注 1: 水土保持措施因子反映水土保持措施对土壤侵蚀的抑制作用, 是指采取水土保持措施的土壤侵蚀量与采用顺坡种植时土壤侵蚀量的比值。							
注 2: P 值的取值范围为 0-1, 值越小, 表示水土保持能力越好, 土壤越不易被侵蚀。							

D.2 调节气候服务核算参数

D.2.1 不同生态系统类型单位面积蒸腾参数

可由城市生态监测数据获取或文献获取。

D.2.2 水面蒸发量参数

可由城市气象监测数据获取或文献获取。

D.3 固定二氧化碳服务核算参数

D.3.1 净生态系统生产力法核算参数

净生态系统生产力 NEP 核算方法有以下两种：

——如果异氧呼吸消耗数据可得，NEP 由 NPP 减去异氧呼吸消耗得到，核算按式 (D.13)；

$$NEP = NPP - RS \quad \dots\dots\dots (D.13)$$

式中：

NEP——净生态系统生产力 (t·C/a)；

NPP——净初级生产力 (t·C/a)；

RS ——异养呼吸释放碳量 (t·C/a)。

——如果异氧呼吸消耗数据不可得，NEP 根据本地 NEP 和 NPP 的转换系数计算得到，核算按式(D.14)。

$$NEP = \alpha * NPP * M_{C_6}/M_{C_6H_{10}O_5} \quad \dots\dots\dots (D.14)$$

式中：

NEP ——净生态系统生产力 (t·C/a)；

α ——NEP 和 NPP 的转换系数；

NPP ——净初级生产力 (t·干物质/a)；

$M_{C_6}/M_{C_6H_{10}O_5}$ ——干物质转化为 C 的系数，72/162。

D.3.2 固碳速率法核算参数

固碳速率法中森林（及灌丛）固碳量 FCS 核算按式 (D.15)，草地固碳量 GSCS 核算按式 (D.16)，湿地固碳量 WCS 核算按式 (D.17)，农田固碳量 CSCS 核算按式 (D.18)。

$$FCS = FCSR \times SF \times (1 + \beta) \quad \dots\dots\dots (D.15)$$

$$GSCS = GSR \times SG \quad \dots\dots\dots (D.16)$$

$$WCS = \sum_{i=1}^n SCSR_i \times SW_i \times 10^{-2} \quad \dots\dots\dots (D.17)$$

$$CSCS = (BSS + SCSR_N + PR \times SCSR_S) \times SC \quad \dots\dots\dots (D.18)$$

式中：

FCS ——森林（及灌丛）固碳量 (t·C/a)；

FCSR ——森林及灌丛的固碳速率 (t·C·ha⁻¹·a⁻¹)；

- SF ——森林及灌丛面积 (ha);
- β ——森林及灌丛土壤固碳系数;
- $GSCS$ ——草地固碳量 ($t \cdot C/a$);
- GSR ——草地土壤的固碳速率 ($t \cdot C \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$);
- SG ——草地面积 (ha);
- WCS ——湿地固碳量 ($t \cdot C/a$);
- n ——水域湿地的种类;
- i ——水域湿地类别, $i = 1, 2, \dots, n$;
- $SCSR_i$ ——第 i 类水域湿地的固碳速率 ($g \cdot C \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$);
- SW_i ——第 i 类水域湿地的面积 (ha);
- $CSCS$ ——农田固碳量 ($t \cdot C/a$);
- BSS ——无固碳措施条件下的农田土壤固碳速率 ($t \cdot C \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$);
- $SCSR_N$ ——施用化学氮肥和复合肥的农田土壤固碳速率 ($t \cdot C \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$);
- 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 ($t \cdot C \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$);
- SC ——农田面积 (ha)。

农田土壤固碳速率核算方法有以下三种:

——无固碳措施条件下, 农田土壤固碳速率核算按式 (D. 19);

$$BSS = NSC \times BD \times H \times 0.1 \quad \dots\dots\dots (D. 19)$$

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 ($g \cdot kg^{-1} \cdot a^{-1}$);

BD ——土壤容重 (g/cm^3);

H ——土壤厚度 (cm)。

——施用化学氮肥、复合肥条件下, 农田土壤固碳速率核算按式 (D. 20) 和式 (D. 21);

$$SCSR_N = 1.5339 \times TNF - 266.7 \quad \dots\dots\dots (D. 20)$$

$$TNF = (NF + CF \times 0.3) / S_p \quad \dots\dots\dots (D. 21)$$

式中:

TNF ——单位面积耕地化学氮肥、复合肥总施用量 ($kgN \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$);

NF ——化学氮肥施用量 (t);

CF ——复合肥施用量 (t);

S_p ——耕地面积 (ha)。

——秸秆还田条件下, 农田土壤固碳速率核算按式 (D. 22) 和式 (D. 23)。

$$SCSR_s = 43.548 \times S + 375.1 \quad \dots\dots\dots (D. 22)$$

$$S = \sum_{j=1}^n CY_j \times SGR_j / S_p \quad \dots\dots\dots (D. 23)$$

式中:

S ——单位耕地面积秸秆还田量 ($t \cdot ha^{-1} \cdot a^{-1}$);

n ——作物的种类;

j ——作物类别, $j = 1, 2, \dots, n$;

CY_j ——作物 j 在当年的产量 (t);

SGR_j ——作物 j 的草谷比;

S_p ——耕地面积 (ha)。

D. 4 削减洪涝服务核算参数

D. 4. 1 植被削减洪涝核算参数

采用暴雨期 (一般以日降雨 50mm 为标准) 的地表径流量作为核算指标, 核算方法有以下两种:

——如果有实测径流系数时, 暴雨径流量核算按式 (D. 24);

$$Q = P \times R \quad \dots\dots\dots (D. 24)$$

式中:

Q ——日径流量 (径流深度, mm);

P ——日降雨量 (mm);

R ——径流系数 (无量纲)。

——如果无实测径流系数时, 暴雨径流量采用 SCS-CN 模型计算, 核算按式 (D. 25)、式 (D. 26)、式 (D. 27)、式 (D. 28) 和式 (D. 29)。

$$Q = \begin{cases} \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S}, & P \geq 0.2S \\ 0, & P < 0.2S \end{cases} \quad \dots\dots\dots (D. 25)$$

$$S = 25400 / CN - 254 \quad \dots\dots\dots (D. 26)$$

$$CN = f(LC, AMC, K) \quad \dots\dots\dots (D. 27)$$

$$K = \begin{cases} A, & K' \geq 180 \\ B, & 180 > K' \geq 18 \\ C, & 18 > K' > 1.8 \\ D, & K' \leq 1.8 \end{cases} \dots\dots\dots (D.28)$$

$$K' = (0.056 \times Clay + 0.016 \times Sand + 0.231 \times Orga - 0.693) \times 60 \dots\dots\dots (D.29)$$

式中:

- Q* ——日径流量 (径流深度, mm);
- P* ——日降雨量 (mm);
- S* ——土壤的潜在最大蓄水载荷 (mm);
- CN* ——径流曲线数 (无量纲), 取值见表 D.3;
- LC* ——土地覆盖类型 (无量纲);
- AMC*——前期土壤湿润度等级 (无量纲), 取值见表 D.4;
- K* ——土壤水文分组 (无量纲);
- K'* ——饱和导水率 (mm/h);
- Clay*——单位栅格上的土壤粘粒占比 (%);
- Sand*——单位栅格上土壤沙粒占比 (%);
- Orga*——单位栅格上土壤有机质含量占比 (%)。

表 D.3 CN 值表

土地覆盖类型 (LC)	前期土壤湿润分级 (AMC)	土壤水文分组 (K)			
		A	B	C	D
农田	AMC1	0.48	0.60	0.70	0.76
	AMC2	0.67	0.78	0.85	0.89
	AMC3	0.84	0.90	0.94	0.96
森林	AMC1	0.10	0.35	0.51	0.59
	AMC2	0.30	0.55	0.70	0.77
	AMC3	0.48	0.74	0.86	0.90
灌丛	AMC1	0.15	0.36	0.51	0.59
	AMC2	0.35	0.56	0.70	0.77
	AMC3	0.54	0.75	0.86	0.90
草地	AMC1	0.19	0.42	0.56	0.63
	AMC2	0.39	0.61	0.74	0.80
	AMC3	0.59	0.79	0.88	0.92
湿地	AMC1	0.00	0.00	0.00	0.00

表D.3 （续）

土地覆盖类型 (LC)	前期土壤湿润分级 (AMC)	土壤水文分组 (K)			
		A	B	C	D
湿地	AMC2	0.00	0.00	0.00	0.00
	AMC3	0.00	0.00	0.00	0.00
硬化地表	AMC1	0.76	0.82	0.86	0.88
	AMC2	0.89	0.92	0.94	0.95
	AMC3	0.96	0.97	0.98	0.98

表 D.4 前期土壤湿润度等级 (AMC)

土壤水分状况	前 5 天累计降雨量 (mm)	
	生长期	休止期
AMC1	<30	<15
AMC2	30~50	15~30
AMC3	>50	>30

D.4.2 水库削减洪涝核算参数

如果能采集到防洪库容数据，则直接使用防洪库容数据指代水库的削减洪涝能力。如果防洪库容数据较难获取，则采用式 (D.30) 计算水库削减洪涝能力。

$$C_{rfm} = 0.29C_t + 4979.5 \dots\dots\dots (D.30)$$

式中：

C_{rfm} ——水库防洪库容 (m³/a)；

C_t ——水库总库容 (m³)。

D.5 防护海岸带服务核算参数

植被重要性指数 (HRI) 核算方法见式 (D.31)。通过对海岸带地貌、地形、海平面变化、风暴露、波暴露、波浪潜能、近海自然植被等自然物理因子进行风险等级量化 (见表 D.5)，按式 (D.32) 计算每个岸段的脆弱性指数。由于气候变化和人类活动的综合影响，近海自然植被完全消失时植被对海岸带的防护功能最低，此时自然植被因子的风险等级最大 ($R_{habitat}=5$)，按式 (D.32) 计算得到每个岸段的最大脆弱性指数 CVI_{max} 。

$$HRI = CVI_{max} - CVI \dots\dots\dots (D.31)$$

$$CVI = (R_{geomorphology}R_{relief}R_{slc}R_{wave}R_{wind}R_{surge}R_{habitat})^{1/7} \dots\dots\dots (D.32)$$

式中：

HRI ——植被重要性指数 (无量纲)；

- CVI_{max} ——海岸带最大脆弱性指数（无量纲）；
- CVI ——海岸带脆弱性指数（无量纲）；
- $R_{geomorphology}$ ——地貌等级因子（无量纲）；
- R_{relief} ——地形等级因子（无量纲）；
- R_{slc} ——海平面变化等级因子（无量纲）；
- R_{wave} ——波暴露等级因子（无量纲）；
- R_{wind} ——风暴露等级因子（无量纲）；
- R_{surge} ——波浪潜能等级因子（无量纲）；
- $R_{habitat}$ ——植被等级因子（无量纲）。

表 D.5 防护海岸带功能评估参数的等级划分方法

参数	风险等级 R				
	很低	低	中等	高	很高
	1	2	3	4	5
地貌	多岸石； 高悬崖； 峡湾； 低浅峡湾； 海堤；	中等悬崖； 湾形海岸； 防水墙； 小型海堤；	低悬崖； 冰碛； 冲积平原； 护岸； 抛石墙；	鹅卵石； 海滩； 河口； 泻湖； 断崖；	滨外滩； 沙滩； 海岸泥滩； 三角洲；
植被	红树林； 珊瑚礁； 海岸林；	高风积沙丘； 盐沼；	低风积沙丘	海草床； 海藻；	无植被
地形*	0 - 20%	21 - 40%	41 - 60%	61 - 80%	81 - 100%
海平面变化*	0 - 20%	21 - 40%	41 - 60%	61 - 80%	81 - 100%
波暴露*	0 - 20%	21 - 40%	41 - 60%	61 - 80%	81 - 100%
波浪潜能*	0 - 20%	21 - 40%	41 - 60%	61 - 80%	81 - 100%
注：表中*表示采用数据概率分布范围的分位数作为等级划分的阈值。					

D.6 房屋交易自然景观溢价服务核算参数

对当年已知的房产交易处所，即调查样本空间位置及其成交单价（ P ），进行以处所为中心的双圈层缓冲区分析（见示例）。计算单位面积房屋的景观溢价水平，核算按式（D.33）。

$$PP_i = P_i(FPC, GPC, WPC, FPS, GPS, WPS, RP) - P_i(0, 0, 0, 0, 0, 0, RP) \quad \text{..... (D.33)}$$

式中：

PP_i ——第 i 个样本房屋的单位面积房屋的自然景观溢价（元/a）；

P_i ——第 i 个样本房屋的单位面积成交价（元/a）；
 FPC ——样本房屋交易处所半径 50m 缓冲区内的林占比（%）；
 GPC ——样本房屋交易处所半径 50m 缓冲区内的草占比（%）；
 WPC ——样本房屋交易处所半径 50m 缓冲区内的水体占比（%）；
 FPS ——样本房屋交易处所半径 $\geq 100\text{m}$ 缓冲区内的林占比（%）；
 GPS ——样本房屋交易处所半径 $\geq 100\text{m}$ 缓冲区内的草占比（%）；
 WPS ——样本房屋交易处所半径 $\geq 100\text{m}$ 缓冲区内的水体占比（%）；
 RP ——样本房屋交易处所半径 $\geq 100\text{m}$ 缓冲区内的道路占比（%）。

示例：

假设半径 50m 缓冲区内的生态空间比例（林占比 FPC 、草占比 GPC 、水体占比 WPC ）为小区内自然环境，道路与硬化地表占比（ CP ）为小区建筑密度。

半径 R （ $\geq 100\text{m}$ ）缓冲区内的生态空间比例（林占比 FPS 、草占比 GPS 、水体占比 WPS ）为小区周边环境，道路占比（ RP ）为交通便捷性，建筑占比（ BP ）为服务设施便捷性。

调查样本成交单价 P 核算按式（D.34），由于 $FPC+GPC+WPC+CP=1$ ，以及 $FPS+GPS+WPS+RP+BP=1$ ，为了消除共线性，去掉变量 CP 和 BP ，得到式（D.35）。

$$\begin{aligned}
 P = & a \times FPC + b \times GPC + c \times WPC \\
 & + aa \times FPS + bb \times GPS + cc \times WPS \dots\dots\dots (D.34) \\
 & + d \times CP + e \times RP + f \times BP + C
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P = & a \times FPC + b \times GPC + c \times WPC \\
 & + aa \times FPS + bb \times GPS + cc \times WPS \dots\dots\dots (D.35) \\
 & + e \times RP + C
 \end{aligned}$$

式中：

a ——回归方程系数；
 b ——回归方程系数；
 c ——回归方程系数；
 aa ——回归方程系数；
 bb ——回归方程系数；
 cc ——回归方程系数；
 d ——回归方程系数；
 CP ——样本房屋交易处所半径 50m 缓冲区内的道路与硬化地表占比（%）；
 e ——回归方程系数；
 f ——回归方程系数；
 BP ——样本房屋交易处所半径 $\geq 100\text{m}$ 缓冲区内的建筑占比（%）；
 C ——回归方程常数项。

D.7 减少呼吸道疾病服务核算参数

因大气环境改善而带来的呼吸系统疾病患者门诊、住院、死亡人数变化量核算分别见式 (D.36)、式 (D.37) 和式 (D.38)。

$$N_{op} = P_N \times \alpha \times \Delta\alpha \times \Delta_{PM10} \quad \dots\dots\dots (D.36)$$

$$N_h = P_N \times \beta \times \Delta\beta \times \Delta_{PM10} \quad \dots\dots\dots (D.37)$$

$$N_d = \sum_i \varepsilon_i \times \Delta_i \times \gamma \times P_N \quad \dots\dots\dots (D.38)$$

式中:

N_{op} ——因大气环境改善而带来的呼吸系统疾病患者门诊人数变化 (人/a);

P_N ——年末常住人口 (人);

α ——我国大中型城市居民呼吸系统疾病年门诊率 (%);

$\Delta\alpha$ —— PM_{10} 每变化 $1\mu g/m^3$, 呼吸系统疾病患者门诊量变化率 (%);

N_h ——因大气环境改善而带来的呼吸系统疾病患者住院人数变化 (人/a);

β ——我国大中型城市居民呼吸系统疾病年住院率 (%);

$\Delta\beta$ —— PM_{10} 每变化 $1\mu g/m^3$, 呼吸系统疾病患者住院量变化率 (%);

N_d ——因 PM_{10} 、 $PM_{2.5}$ 、 O_3 浓度变化而带来的死亡人数变化 (人/a);

i ——大气污染物类型, $i = PM_{10}, PM_{2.5}, O_3$;

ε_i ——污染物浓度每变化 $1\mu g/m^3$ 所对应的死亡风险变化率 (%);

Δ_i ——各污染物与二级标准年均限值差值 ($\mu g/m^3$);

γ ——常住人口死亡率 (%).

D.8 深圳市旅游景观支付意愿调查问卷

深圳市旅游景观支付意愿调查问卷相关信息可参考表 D.6。

表D.6 深圳市旅游景观支付意愿调查问卷（单选）

亲爱的朋友：
您好！这是一份关于深圳市旅游景观支付意愿的调查问卷，希望能占用您几分钟的时间帮我们完成这份问卷。此调查仅是对一种假设的市场行为进行探索性研究，目的是对深圳市旅游景观进行更深入的了解和评估，并不需要答卷人真正付费。本问卷采取不记名方式填写，共有 11 道题，请您选出最适合您的答案并在前面的圆圈中打√，对各项问题的回答仅表明答卷人的个人观点，没有正误答案区分。
非常感谢您的配合与帮助，祝您生活愉快！

一、基本信息	
01	您的年龄： ☐ <18 岁 ☐ 18-60 岁 ☐ >60 岁
02	居住地： ☐ 福田区 ☐ 罗湖区 ☐ 盐田区 ☐ 南山区 ☐ 宝安区 ☐ 龙岗区 ☐ 龙华区 ☐ 坪山区 ☐ 光明区 ☐ 大鹏新区 ☐ 深汕合作区 ☐ 深圳市外
二、深圳市旅游景区的支付意愿	
03	下面这些景区中，您愿意每人每次最高支付多少钱？（包括交通费、食宿费、门票费和其他费用） A. 深圳湾公园、莲花山公园、园博园 ☐ 0-50 元 ☐ 51-100 元 ☐ 101-200 元 ☐ >200 元 B. 笔架山公园、中心公园、荔枝公园、东湖公园、洪湖公园、人民公园、南山公园、大沙河公园 ☐ 0-50 元 ☐ 51-100 元 ☐ 101-200 元 ☐ >200 元 C. 香蜜公园、儿童乐园、儿童公园、荷兰花卉小镇 ☐ 0-50 元 ☐ 51-100 元 ☐ 101-200 元 ☐ >200 元 D. 福田红树林公园、西湾红树林公园、华侨城湿地公园、茅洲河湿地公园 ☐ 0-50 元 ☐ 51-100 元 ☐ 101-200 元 ☐ >200 元 E. 梧桐山、塘朗山、梅林-梅林山、银湖山、马峦山、三洲田、阳台山、光明森林公园、观澜森林公园 ☐ 0-50 元 ☐ 51-100 元 ☐ 101-200 元 ☐ >200 元 F. 市民中心广场、仙桐体育公园、盐田中央公园、大沙河生态长廊 ☐ 0-50 元 ☐ 51-100 元 ☐ 101-200 元 ☐ >200 元 G. 赤湾左炮台、大鹏革命烈士陵园、宋少帝陵、东周文化公园 ☐ 0-50 元 ☐ 51-100 元 ☐ 101-200 元 ☐ >200 元 H. 客家民俗博物馆、南山天后博物馆 ☐ 0-50 元 ☐ 51-100 元 ☐ 101-200 元 ☐ >200 元
04	您在上述的城市公园、自然公园游览时，每次花费多长时间？（包括交通往返时间、公园游览时间和其他） ☐ <3 小时 ☐ 3-6 小时 ☐ 6-9 小时 ☐ >9 小时
05	下面这些景区中，您愿意每人每次最高支付多少钱？（包括交通费、食宿费、门票费和其他费用） A. 世界之窗、欢乐谷、锦绣中华民俗村、东部华侨城 ☐ 0-200 元 ☐ 201-500 元 ☐ 501-800 元 ☐ >800 元

表D.6 (续)

05	B. 地王深港之窗、欢乐海岸 ☐0-200 元 ☐201-500 元 ☐501-800 元 ☐ >800 元 C. 深圳野生动物园 ☐0-200 元 ☐201-500 元 ☐501-800 元 ☐ >800 元 D. 光明滑草游乐园、观澜山水田园、农科大观园、园山风景区、青青世界 ☐0-200 元 ☐201-500 元 ☐501-800 元 ☐ >800 元 E. 观澜湖高尔夫球会、沙河高尔夫球会 ☐0-200 元 ☐201-500 元 ☐501-800 元 ☐ >800 元 F. 小梅沙、玫瑰海岸、海上田园 ☐0-200 元 ☐201-500 元 ☐501-800 元 ☐ >800 元 G. 杨梅坑、较场尾、金沙湾、桔钓沙、东涌、西涌、官湖、大梅沙 ☐0-200 元 ☐201-500 元 ☐501-800 元 ☐ >800 元 H. 求水山公园、石岩湖温泉公园 ☐0-200 元 ☐201-500 元 ☐501-800 元 ☐ >800 元 I. 大鹏半岛地质公园 ☐0-200 元 ☐201-500 元 ☐501-800 元 ☐ >800 元 J. 仙湖植物园、东山寺、凤凰山 ☐0-200 元 ☐201-500 元 ☐501-800 元 ☐ >800 元 K. 大鹏所城、甘坑客家小镇 ☐0-200 元 ☐201-500 元 ☐501-800 元 ☐ >800 元
06	您在上述的特色旅游景区游览时，每次花费多长时间？（包括交通往返时间、食宿时间、景区游览时间和其他） ☐ <6 小时 ☐ 6-12 小时 ☐ 12-24 小时 ☐ 24-48 小时 ☐ >48 小时
07	您每年去社区公园和绿道几次？ A. 社区公园 ☐ <20 次 ☐ 20-50 次 ☐ 51-100 次 ☐ >100 次 B. 绿道 ☐ <20 次 ☐ 20-50 次 ☐ 51-100 次 ☐ >100 次
08	每人最高愿意支付在社区公园和绿道多少钱？（包括交通费、餐饮费和其他费用） A. 社区公园 ☐ <15 元 ☐ 15-30 元 ☐ 31-60 元 ☐ >60 元 B. 绿道 ☐ <15 元 ☐ 15-30 元 ☐ 31-60 元 ☐ >60 元
09	您在社区公园游览时，每次花费多长时间？（包括交通往返时间、游览时间和其他） ☐ <2 小时 ☐ 2-4 小时 ☐ 4-6 小时 ☐ >6 小时
10	您在绿道游览时，每次花费多长时间？（包括交通往返时间、游览时间和其他） ☐ <3 小时 ☐ 3-6 小时 ☐ 6-9 小时 ☐ >9 小时
11	下面横线可填写问卷中未列出但您去过的景区（内容包括景区名称、去过次数/年、花费时间小时/次、最高支付/人·次） _____

D.9 深圳市自然景观对酒店住宿收入贡献调查问卷

深圳市自然景观对酒店住宿收入贡献调查问卷相关信息可参考表D.7。

表D.7 深圳市自然景观对酒店住宿收入贡献调查问卷

亲爱的酒店业主：
您好！这是一份关于深圳市自然景观对酒店住宿收入贡献的调查问卷，希望能占用您几分钟的时间帮我们完成这份问卷。本问卷共有 12 道题，请您根据实际情况填写。自然景观房是指开窗能够看到大面积水体和绿地的房间（距离窗户/阳台 1 米，向外瞭望，除天空外区域绿地和水面占比超过 50%视野），城市景观房是指开窗能够看到大面积建筑的房间（距离窗户/阳台 1 米，向外瞭望，除天空外区域建筑（含道路）占比超过 50%视野），如多扇窗则同一房间可能既是城市景观房也是自然景观房，都作为自然景观房考虑。
非常感谢您的配合与帮助，祝您生活愉快！

一、基本信息	
01	酒店名称：_____
02	酒店地址：_____
03	酒店景观房类型（多选）： ☐ 自然景观房 ☐ 城市景观房（如仅选此项，请停止答题）
04	酒店总客房数量_____间，其中自然景观房客房数量_____间
05	酒店的淡季开始月份为_____月，旺季开始月份为_____月
06	能否在住宿收入中区分出自然景观房收入（单选）？ ☐ 是 ☐ 否（如选此项请跳过 09 题）
二、自然景观对酒店住宿收入贡献	
07	去年全年酒店住宿总收入：_____ 万元
08	去年全年酒店自然景观房总收入：_____ 万元
09	去年自然景观房售房（间数）比例：_____ %
10	去年淡季自然景观房售房_____（间数）， 去年旺季自然景观房售房_____（间数）
11	去年淡季自然景观房售价格为_____元/间，去年旺季自然景观房售价格为_____元/间
12	同等或近似硬件配套和面积情况下，自然景观房价/其他房房价的比值_____ %

D.10 推荐可比气象条件

为了降低年际间降雨量对核算结果的影响，根据《深圳市气候公报》分析，2019年深圳降雨水平较为接近常年，属于一般气候年景。因此，在年度GEP核算比较时，建议采用深圳市2019年的降雨数据为可比气象条件。

D.11 定价比选方法

对于产值即为价值量的生态系统产品，如农林牧渔产品产值、生态能源产值、文化旅游服务产值等，不需要再进行定价。针对其他需要定价的生态服务产品，设定定价的比选标准，按式（D.39）计算得分 S ，选择得分高的方案，得分对应表、分布情况及优先级排序分别见表 D.8 和表 D.9。若得分 S 相同，则按照 $R>D>T$ 的优先级顺序进行方案比选。当得分 S 和组合都一样时，再具体讨论决定。

$$S = R * D * T \quad \dots\dots\dots (D.39)$$

式中：

- S ——价格参数优先级评分；
- R ——定价依据文件适用范围；
- D ——定价依据文件效力；
- T ——定价依据文件距今时间。

表D.8 得分对应表

适用范围 (R)	R	文件效力 (D)	D	距今时间 (T)	T
本市	4	政府公文（指导）a	4	1 年内	4
本省	3	政府实践（市场）	3	2 年内	3
本国	2	学术文章（市场）	2	5 年内	2
国外	1	网络公告（市场）	1	5 年外	1
注：表中 a 表示对于未指出考虑年际间通货膨胀的政府定价公告，本定价不进行年际间的价格平减。					

表 D.9 得分 S 分布情况及优先级排序

优先级 S	组合（左优先于右）
64	4, 4, 4
48	4, 4, 3; 4, 3, 4; 3, 4, 4
36	4, 3, 3; 3, 3, 4; 3, 4, 3
32	4, 4, 2; 4, 2, 4; 2, 4, 4
27	3, 3, 3
24	4, 3, 2; 4, 2, 3; 3, 4, 2; 3, 2, 4; 2, 4, 3; 2, 3, 4
18	3, 3, 2; 2, 3, 3; 3, 2, 3
16	4, 4, 1; 4, 2, 2; 4, 1, 4; 2, 4, 2; 2, 2, 4; 1, 4, 4
12	4, 3, 1; 4, 1, 3; 3, 4, 1; 3, 2, 2; 3, 1, 4; 2, 3, 2; 2, 2, 3; 1, 4, 3; 1, 3, 4
9	3, 3, 1; 3, 1, 3; 1, 3, 3;
8	4, 2, 1; 4, 1, 2; 2, 4, 1; 2, 2, 2; 2, 1, 4; 1, 4, 2; 1, 2, 4
6	3, 1, 2; 3, 2, 1; 2, 3, 1; 2, 1, 3; 1, 3, 2; 1, 2, 3
4	4, 1, 1; 2, 2, 1; 2, 1, 2; 1, 4, 1; 1, 2, 2; 1, 1, 4
3	1, 3, 1; 3, 1, 1; 1, 3, 1
2	1, 2, 1; 1, 1, 2; 2, 1, 1
1	1, 1, 1

D.12 推荐定价方案

深圳生态系统生产总值价值量核算参数（推荐定价）如表 D.10 所示。

表D.10 深圳生态系统生产总值价值量核算参数

一级指标	二级指标	核算内容	推荐定价	数据来源及依据
物质生产	农林牧渔产品	各类产品及能源价值	采用统计年鉴和农业统计年报中的产值数据	根据深圳统计年鉴数据核算
	生态能源*			
	水资源*	水资源价值	原水价格 1.06 元/m ³	深圳市发展和改革委员会 深圳市水务局关于调整我市原水价格的通知
调节服务	减少泥沙淤积	减少泥沙淤积价值	土方清运成本 12.6 元/ m ³	参考 LY/T 1721—2008 中第 5 章给出的推荐使用价格
	减少面源污染	减少面源氮价值	3500 元/吨	广东省人民代表大会常务委员会 2017 年关于广东省大气污染物和水污染物环境保护税适用税额的决定
		减少面源磷价值	11200 元/吨	
	调节气候	植被蒸腾调节温度价值	普通居民合表用户电价 0.717 元/KWh	中国南方电网 深圳供电局有限公司官网
		水面蒸发调节温度价值		
	固定二氧化碳	固碳价值	深圳市碳交易价格（配额价格）22元/吨CO ₂	深圳市排放权交易所（2019 年）
	削减洪涝	城区植被暴雨径流调节价值	海绵城市蓄水池建设成本 33.33 元/m ³	参考《海绵城市建设技术指南——低影响开发雨水系统构建》； 对于发生在城区的削减洪涝服务采用此定价。
		郊野植被暴雨径流调节价值	水库单位库容造价 6.1107 元/m ³	参考 LY/T 1721—2008 中第 5 章给出的推荐使用价格； 对于发生在郊区的削减洪涝服务采用此定价。
		湖泊削减洪涝价值	水库单位库容造价 6.1107 元/m ³	参考 LY/T 1721—2008 中第 5 章给出的推荐使用价格
		水库削减洪涝价值	水库单位库容造价 6.1107 元/m ³	参考 LY/T 1721—2008 中第 5 章给出的推荐使用价格
	涵养水源	涵养水源价值	水库单位库容造价 6.1107 元/m ³	参考 LY/T 1721—2008 中第 5 章给出的推荐使用价格
	削减交通噪声	削减交通噪声价值	人工降噪幕墙建设成本 7.5 元/米/分贝	综合比较，取低配置的平均价格

表D.10 (续)

一级指标	二级指标	进一步细分	推荐定价	数据来源及依据
调节服务	防护海岸带*	防护海岸带价值	人工岸线建设成本 149.29 万元/千米	深圳市东部海堤重建工程（一期）建设项目的平均建设成本（2012 年 12 月-2014 年 10 月）、深圳市东部海堤重建工程（二期）建设项目的平均建设成本（2016 年 1 月- 2017 年 7 月）、深圳市东部海堤重建工程（三期）建设项目的平均建设成本（2019 年启动），取以上海堤建设工程的平均建设成本作为深圳市单位长度海堤建设成本等文件
	净化空气	净化二氧化硫价值	1895 元/吨	广东省人民代表大会常务委员会 2017 年关于广东省大气污染物和水污染物环境保护税适用税额的决定
		净化氮氧化物价值	1895 元/吨	
		净化工业粉尘价值	450 元/吨	
	净化水体	净化 COD 价值	2800 元/吨	广东省人民代表大会常务委员会 2017 年关于广东省大气污染物和水污染物环境保护税适用税额的决定
		净化总氮价值	3500 元/吨	
净化总磷价值		11200 元/吨		
文化旅游服务	旅游休闲服务	旅游休闲服务价值	原则上需每年相同时间在各区固定的区域，按照统一规定的抽样原则和计算方法，针对特定的人群进行问卷调查	问卷调查
	自然景观溢价*	房产权销售溢价	根据房地产开发及中介公司每年的房地产销售数据，对自然景观溢价进行拟合公式模拟计算	市场调查
			销售价格结构调查，房地产销售数据调查	
		酒店销售溢价	原则上每年相同时间在各区固定的区域，按照统一规定的取样原则和计算方法，对确定的酒店进行销售数据调查	
	康养服务*	减少呼吸道疾病价值	人均门诊费用278.49元/人	深圳市卫健委提供的数据（2018年） 《广东省2019年度人身损害赔偿计算标准》深圳城镇居民标准
			人均住院费用11367.77元/人	
			广东省平均城镇人力资本115万元/人	
注：表中*表示可选项，根据核算区生态系统特征和生态产品供给情况进行核算。				

参 考 文 献

- [1] LY/T 1721 森林生态系统服务功能评估规范
 - [2] SZDB/Z 342 盐田区城市生态系统生产总值（GEP）核算技术规范
 - [3] 联合国. 2012 年环境经济核算体系：中心框架[M]. 纽约：联合国，2014
 - [4] 联合国. 千年生态系统评估报告[M]. 北京：中国环境科学出版社，2006
-