

团 体 标 准

T/CAQI XXX-2024

湖库水体碳汇能力评估技术导则

Evaluation Guidelines for the Carbon Sink Capacity of Lakes and Reservoirs

(征求意见稿)

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实

中国质量检验协会 发布

目 次

前 言.....	2
1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语和定义.....	3
4 水生态资料收集与调查.....	4
5 湖库碳汇能力评估.....	6
6 湖库碳汇能力评估.....	8
附 录 A.....	10

前 言

本标准按 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规则起草。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国质量检验协会归口。

本标准起草单位：中国水利水电科学研究院

本标准起草人：

本标准为首次发布。

湖库水体碳汇能力评估技术导则

1 范围

本文件提出了湖泊、水库水体碳汇能力评估的技术方法。

本文件适用于湖泊、水库水体碳汇能力评估与区域比较。

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/T 30740 海洋沉积物中总有机碳的测定非色散红外吸收法

GB 7489 水质溶解氧的测定——碘量法

HJ501 水质 总有机碳的测定 燃烧氧化-非色散红外线吸收法

HJ 615 土壤 有机碳的测定

SC/T 9427 淡水渔业资源调查规范 河流

3 术语和定义

3.1 碳汇 carbon sink

从大气中清除二氧化碳的过程、活动或机制。

3.2 湖库碳汇 lakes and reservoirs carbon sink

湖泊和水库生态系统中浮游植物、鱼类、大型水生植物、水体等从空气或水体中吸收并存储二氧化碳的过程、活动或机制。

3.3 浮游植物碳汇能力 phytoplankton carbon sink capacity

湖泊和水库中生活于水体中的营自养型生活的浮游生物的固碳量。

3.4 鱼类碳汇能力 fish carbon sink capacity

湖泊和水库中捕捞出的鱼类的固碳量，以碳移出量表示。

3.5 大型水生植物碳汇能力 macrophytes carbon sink capacity

湖泊和水库中大型水生植物（沉水植物、挺水植物、浮水植物）的固碳量。

3.6 水体碳汇能力 water carbon sink capacity

湖泊和水库水体中的有机碳储量。

3.7 沉积物碳汇能力 sediment carbon sink capacity

湖泊和水库沉积物中的有机碳储量。

3.8 净初级生产力 net primary production, NPP

是指在初级生产过程中，植物通过光合作用固定的能量中，扣除植物呼吸作用消耗掉的那部分后，剩下的可用于植物的生长和繁殖的能量，代表了植被在单位时间、单位面积上所增加的那部分生物量。

3.9 渔获量 fishing catch

捕捞所获得的水产品数量，通常以重量计或尾数计，一般指渔获物上岸时的鲜活重量，简称上岸量。

3.10 湖库碳收支 lakes and reservoirs carbon budget

湖库碳收支为湖泊和水库生态系统在碳循环过程中的净通量，即一定时间内进入湖库生态系统的碳通量和离开湖库生态系统的碳通量的差值。

4 水生态资料收集与调查

4.1 一般要求

4.1.1 应系统收集和调查湖泊、水库的基本资料 and 有关信息。收集和调查的资料应进行复核、整理和分析，重点对来源不同的资料进行复核，必要时可进行技术审查，确保资料口径的统一，符合可靠性、一致性的要求。

4.1.2 当收集的资料不满足后续碳汇能力的评估时，应根据需要开展必要的补充调查。应根据湖泊水库的地形特征、水文特征等布设合理的样点进行调查。

4.2 基础资料调查内容

4.2.1 湖泊、水库收集和调查的内容主要包括但不限于下列内容：湖泊水库的基本信息、水生态结构特征等。

4.2.2 基本信息包括湖泊及水库所在区域（水资源一级区、行政区）、面积、水深、库容、调蓄特征等。

4.2.3 水生态结构特征包括水体碳含量、沉积物碳含量、沉积物沉积速率、浮游植物净初级生产力、大型水生植物净初级生产力、大型水生植物分布面积、渔获量、渔获物类型等。

4.3 水生态结构特征调查方法

4.3.1 水体碳含量调查要求

(a) 水体碳含量以水体中总有机碳和总无机碳的加和表示，是水体中溶解性和悬浮性含碳物

质的总量。

(b) 水样采集后，必须贮存于棕色玻璃瓶中。常温下水样可保存 24h，如不能及时分析，水样可加硫酸将其 pH 调节至 ≤ 2 ，于 4℃冷藏，可保存 7 天。

(c) 水体有机碳和无机碳的测定参照《水质 总有机碳的测定 燃烧氧化-非色散红外线吸收法》(HJ501-2009) 执行。

4.3.2 沉积物碳含量调查要求

(a) 沉积物碳含量以沉积物中总有机碳和总无机碳的总含量表示。

(b) 沉积物采集后，自然风干或利用真空冷冻干燥机进行冷冻干燥。

(c) 沉积物风干或冻干后，放入玛瑙研钵或者球磨机中进行粉碎，过 80 目筛，将研磨后的样品充分混合均匀，后储存备用。

(d) 总有机碳和总无机碳的测定，参照《海洋沉积物中总有机碳的测定 非色散红外吸收法》(GB/T 30740-2014)、《土壤 有机碳的测定》(HJ 615-2011) 执行。

4.3.3 沉积速率调查要求

(a) 沉积速率用某一期间净沉积作用的平均值表示,单位为厚度/时间, cm /yr。其计算方法有直接观测法、污染物质厚度测定法和理论计算法。

(b) 直接观测法，用系统比较新老测深和地质测量资料求得，适用于沉积速率较大的港湾和三角洲地区。

(c) 污染物质厚度测定法，可提供相关沉积物的数据,如 DDT、ABS、 ^{55}Fe 、 ^{137}Cs 及其他微量元素，用于测定近岸或港湾工业污染物质的沉积速率。

(d) 理论计算法，是从特定时间内进入盆地的沉积量，减去从盆地中移出的沉积量，求得单位时间内的沉积量。

4.3.4 浮游植物初级生产力调查方法要求

(a) 调查方法。采用黑白瓶法进行初级生产力估算。首先使用有机玻璃采水器采集水样，采水时用采水器下部出水注满 3 个试验瓶，即 1 个白瓶、1 个黑瓶、1 个初始瓶，采集水样时要求有 2~3 倍采样瓶体积的水溢出水样瓶。灌瓶完毕后将瓶盖盖好，立即对初始瓶进行氧的固定（加入 1ml 硫酸锰溶液和 2ml 碱性碘化钾溶液，将实验瓶颠倒转动数次，使瓶内成分充分混合），带回实验室测定其溶解氧；将白瓶和黑瓶悬挂回原采水处，曝光培养 24h 后取出后。在工作条件不允许或生产量和呼吸量极高时，可考虑缩短时间为半天（日出到中午或中午到日落），或 4~6h（如 10:00~14:00）。黑白瓶的溶解氧固定和化学测定方法与初始瓶相同，均依照《水质溶解氧的测定——碘量法》GB 7489-1987 方法执行。

(b) 初级生产力估算方法。黑白瓶测氧法经计算转化后可估算初级生产力，各水层日生产力 $[\text{g}(\text{O}_2)/\text{m}^2 \cdot \text{d}]$ 依照《水质溶解氧的测定——碘量法》(GB 7489-1987) 进行计算：总生产力(GPP)=白瓶溶解氧-黑瓶溶解氧，净生产力(NPP)=白瓶溶解氧-初始瓶溶解氧，呼吸作用量(Ra)=初始瓶

溶解氧 - 黑瓶溶解氧。根据氧的热当量, 可换算为其它单位: $1 \text{ mgO}_2 \approx 0.3 \text{ mg C}$ 。

4.3.5 大型水生植物初级生产力调查方法要求

(a) 调查方法包括地面实测法和模型估算法, 两种方法互相补充。

(b) 地面实测法。选择样地在典型区域开展植物调查, 随机选取样方 (1m 间开展)。样地中地上部分进行收割后移除, 采用收割法进行齐地割取, 标号带回实验室清洗, 置于 80°C 鼓风干燥箱中恒温烘干至少 48h 至恒重, 取出样品, 称量其干重, 得到样方内的地上部分净初级生产力量。地下部分生产力以地上部分现存量的 30%~80% 进行估算。

(c) 模型估算法, 包括气候相关模型和遥感相关模型。气候相关模型利用气候因子与植被 NPP 之间的统计关系, 估算湿地植被 NPP, 如 Miami 模型 (迈阿密模型)、Thomth-waite Memorial 模型 (桑斯维特纪念模型) 和 Chikugo 模型 (筑后模型) 等。遥感相关模型可适用的空间尺度大, 可用于具有较高大型水生植物覆盖度的湖库水体中大型水生植物初级生产力的估算。例如, 利用 EOS/MODIS 遥感数据, 建立年植被净初级生产力 (aNPP) 与年平均归一化植被指数 (ANDVI) 的医院回归模型; 建立地上植被 NPP 与归一化植被指数 (NDVI) 的指数回归模型等方法。模型方法供参考。

4.3.6 渔获量调查方法要求

(a) 应逐月统计湖库的渔获量, 年终汇总各月渔获量, 得到全年渔获量。

(b) 渔获量调查方法采用单位捕捞努力量渔获量 (CPUE) 法, 或单船渔获量法。参照《淡水渔业资源调查规范 河流》(SC/T 9427-2019)、《水库渔业资源调查规范》(SL167-2014) 执行。

(c) 渔获量需区分不同种类鱼类各自的渔获量。

5 湖库碳汇能力评估

5.1 湖库碳汇能力

湖库碳汇能力按公式 (1) 计算:

$$C = \sum C_i \quad (1)$$

式中:

C: 是指湖泊或水库中总的碳汇能力, 单位为 $\text{gC} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

C_i : 是指第 i 种湖库碳汇类型 (浮游植物、鱼类、大型水生植物、水体、沉积物) 的碳汇能力, 单位为 $\text{gC} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

注: 本文件中碳汇能力评估以储存的碳 (C) 量作为计算结果。

5.2 浮游植物碳汇能力

浮游植物碳汇能力按公式 (2) 计算:

$$C_{\text{phytoplankton}} = A_{\text{water}} \times P_{\text{phytoplankton}} \quad (2)$$

式中：

$C_{phytoplankton}$ ：是浮游植物碳汇能力 ($gC \cdot a^{-1}$)

A_{water} ：是评估水域的面积 (m^2)；

$P_{phytoplankton}$ ：是浮游植物年净初级生产力 ($gC \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$)。

5.3 鱼类碳汇能力

鱼类碳汇能力，按照鱼类捕捞的碳移出量计算，按公式 (3) 计算：

$$C_{fish} = \sum (渔获量_i \times 含碳率_i) \quad (3)$$

式中：

C_{fish} ：是鱼的碳汇能力 ($gC \cdot a^{-1}$)；

渔获量_i：是第 i 种鱼的渔获量 ($g \cdot a^{-1}$)；

含碳率_i：是第 i 种鱼的含碳率 (gC/g 鱼重)。

5.4 大型水生植物碳汇能力

大型水生植物碳汇能力按公式 (4) 计算：

$$C_{mp} = \sum (A_i^{mp} \times P_i^{mp}) \quad (4)$$

式中：

C_{mp} ：是大型水生植物碳汇能力 ($gC \cdot a^{-1}$)

A_i^{mp} ：是第 i 个站位大型水生植物面积 (m^2)；

P_i^{mp} ：是第 i 个站位大型水生植物年净初级生产力 ($gC \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$)。

5.5 水体碳汇能力

水体碳汇能力按公式 (5) 计算：

$$G_C = (DOC + DIC + POC + PIC) \times V_{水体} \quad (5)$$

式中：

G_C ：是观测时间段内的水体碳汇量 ($gC \cdot a^{-1}$)；

DOC：水体中溶解性有机碳的浓度 (g/L)；

DIC：水体中溶解性无机碳的浓度 (g/L)；

POC：水体中颗粒性有机碳的浓度 (g/L)；

PIC：水体中颗粒性无机碳的浓度 (g/L)；

$V_{水体}$ ：是水体体积 (L)。

5.6 沉积物碳汇能力

沉积物碳汇能力按公式 (6) 计算:

$$SOC = (\sum_1^n (OC \times BD \times Dh)) \times 1000 \quad (6)$$

式中:

SOC 是沉积物有机碳汇量 (gC/m^2);

OC 是每层沉积物的有机碳浓度 (mg/g);

BD 是沉积物密度 (g/cm^3);

Dh 是沉积物厚度 (m)。

6 湖库碳汇能力评估

6.1 湖库碳收支

湖库碳收支为湖泊和水库生态系统在碳循环过程中的净通量, 即一定时间内进入湖库生态系统的碳通量(入流水体碳通量、光合作用碳通量)和离开湖库生态系统的碳通量(出流水体碳通量、水气交换碳通量、渔获碳通量、沉积物碳通量)的差值。

按照公式 (7) 计算。

$$F = \sum F_i \quad (7)$$

式中:

F ——湖泊或水库中净的碳通量, 单位为 ($\text{gC} \cdot \text{a}^{-1}$);

F_i ——第 i 种湖库碳转移类型(浮游植物、鱼类、大型水生植物、流入水体、流出水体、沉积物、水气交换)的碳通量, 单位为 ($\text{gC} \cdot \text{a}^{-1}$)。入流水体碳通量、出流水体碳通量、水气交换碳通量按照公式 (7)、(8) 计算, 光合作用碳通量、渔获碳通量、沉积物碳通量按照公式 (2)、(3)、(4)、(5) 计算。

6.2 水体碳通量

水体碳通量为入流水体或出流水体对应的碳储量。水体碳储量为水体中溶解性有机碳、溶解性无机碳、颗粒性有机碳、颗粒性无机碳含量的总和。按公式 (8) 计算:

$$G_{DOC} = (DOC + DIC + POC + PIC) \times V_{\text{水体}} \quad (8)$$

式中:

G_{DOC} ——观测时间段内的有机碳碳储量 ($\text{gC} \cdot \text{a}^{-1}$);

DOC ——水体中溶解性有机碳的浓度 ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$);

DIC ——水体中溶解性无机碳的浓度 ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$);

POC ——水体中颗粒性有机碳的浓度 ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$);

PIC ——水体中颗粒性无机碳的浓度 ($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$);

$V_{\text{水体}}$ ——入流水体或出流水体水体体积 (L)。

6.3 水气交换碳通量

水气交换碳通量，为湖泊水库系统与大气系统间的碳通量。该值的正负取决于二氧化碳在空气和水中的分压差，正的分压差对应于二氧化碳从水中排放到大气中（即碳释放），负分压差表示二氧化碳入侵到水中（即碳吸收）。按公式（9）计算：

$$CO_{2\text{flux}} = 0.012 \times A_{\text{water}} \times k \times k_H \times \Delta pCO_2 \times t \quad (9)$$

式中：

$CO_{2\text{flux}}$ ——水气交换碳通量 ($gC \cdot a^{-1}$)；

A_{water} ——评估水域面积 (m^2)；

k ——气体转移速率($cm \cdot h^{-1}$)；

k_H —— CO_2 亨利常数；

ΔpCO_2 —— pCO_2 在空气和水中的分压差；

t ——研究对应时间段，本公式中为年。

附 录 A
(资料性附录)

附表 1 不同鱼类的含碳率 (%)

鱼类获取方式	种类	含碳率 (%)
养殖	鲢鱼	16.19
	鳙鱼	13.40
	草鱼	12.81
	鲫鱼	14.22
	鲤鱼	11.36
	团头鲂	16.87
	鳊鱼	12.73
捕捞	鱼类	14.00
	虾	11.08