

ICS 编号

CCS 编号

团体标准

T/CHES XXX—2023

水库淤积及其影响评价技术规范

Assessment Technical Specification for Reservoir Sedimentation
and its Impact

（报批稿）

2023-XX-XX 发布

2023-XX-XX 实施

中国水利学会 发布

目 次

前言 I

引言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 基本资料收集 1

5 评价原则与工作流程 2

6 评价指标体系构建 2

7 评价指标计算 3

8 评价方法与结论 6

9 评价报告编写 7

附录 A（资料性附录） 水库淤积及其影响评价指标调查表 8

附录 B（资料性附录） 层次分析法确定权重 9

附录 C（资料性附录） 水库淤积及其影响评价报告大纲 11

前 言

根据中国水利学会团体标准制修订计划安排，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。

本文件为9章和3个附录，主要技术内容包括基本资料收集、评价原则与工作流程、评价指标体系构建、评价指标计算、评价方法与结论、评价报告编写等。

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这些专利的责任。

本文件由中国水利学会归口。执行过程中如有意见或建议，请寄送至中国水利学会（地址：北京市西城区白广路二条16号，邮编100053），以便今后修订时参考。

本文件主编单位：黄河水利委员会黄河水利科学研究院。

本文件参编单位：中国水利水电科学研究院、水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院、长江水利委员会长江科学院、黄河水利水电开发集团有限公司、黄河水利委员会河南黄河河务局、河南黄河勘测规划设计研究院有限公司。

本文件主要起草人：王远见、江恩慧、唐凤珍、邓安军、金中武、王振凡、李昆鹏、周银军、李子阳、王党伟、蒋思奇、樊思林、李珍、李东阳、李新杰、张翎、王强、李洁玉、陈琛、石华伟、张戈、王婷、刘兆洋、倪菲菲、王刚。

引 言

水库淤积是国内外普遍存在的问题，多沙河流尤其突出，不仅削减了水库有效库容，还严重威胁了水库设计功能发挥和河湖生态健康。为科学评价水库淤积程度，量化淤积对防洪减淤、社会经济、生态环境等综合效益的影响，特制定《水库淤积及其影响评价技术规范》。

1 范围

本文件规定了水库淤积及其影响评价的基本资料收集、评价原则与方案制定、评价指标体系构建、评价指标计算、评价方法与结论、评价报告编写等方面的技术要求。

本文件适用于水库淤积及其影响评价。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 3838 地表水环境质量标准

GB/T 51280 工程泥沙设计标准

SL 339 水库水文泥沙观测规范

HJ 91.2 地表水环境质量监测技术规范

HJ 1296 水生态监测技术指南 湖泊和水库水生生物监测与评价

NB/T 35049 水电工程泥沙设计规范

3 术语和定义

3.1

水库淤积状态评价 reservoir sedimentation condition assessment

从淤积量、淤积速率方面对水库淤积程度进行评价。

3.2

水库淤积影响评价 reservoir sedimentation impact assessment

从防洪减淤、社会经济、生态环境等方面，通过水库淤积前后的效益指标变化值评价淤积对水库综合效益影响的程度。

3.3

淤损率 siltation rate

水库淤积库容与设计总库容的比值。

4 基本资料收集

4.1 应收集工程设计、地形、调度运行、水质、生物调查等资料，并填写水库淤积及其影响评价调查表（附录 A）。

4.2 工程设计资料，包括初始库容曲线、特征水位与相应库容、现状库容曲线、水库设计功能（防洪、减淤、发电、供水、航运等）指标等。

4.3 水库库区地形资料，包括水库初始地形、历史及现状淤积地形等。

4.4 水文资料，包括出入库水沙过程资料等。

4.5 调度运行资料，包括调度水位过程、发电量、供水量、水域面积、航道尺度等。

4.6 水质资料，包括水质等级、总氮、总磷等。

4.7 生物资料，包括物种丰富度指数等。

4.8 收集的数据资料应进行合理性检验。

5 评价原则与工作流程

5.1 评价原则

水库淤积及其影响评价应遵循以下原则：

- a) 定性与定量相结合。优先选用定量指标和方法开展评价，不能定量评价的采用定性评价，二者结合给出评价结论。
- b) 直接与间接相结合。既要考虑淤积对水库设计功能发挥的直接影响，同时也要考虑对社会经济、生态环境等效益的间接影响。
- c) 现实与长远相结合。既要关注淤积现状及其对水库功能的现实影响，同时也要考虑淤积发展趋势对水库的长远威胁。

5.2 评价工作流程

水库淤积及其影响评价工作流程应包括以下工作：

- a) 明确评价对象、范围；
- b) 确定评价指标和指标计算方法；
- c) 开展资料调查收集；
- d) 计算评价指标；
- e) 得出评价结论；
- f) 编写评价报告。

6 评价指标体系构建

6.1 指标选取原则

评价指标选取应符合以下原则：

- a) 代表性。评价指标选取应结合水库设计功能、淤积状态、水库调度方式等资料，能充分反映水库淤积程度及其对水库综合效益的影响；
- b) 独立性。评价指标应不存在显著相关性，避免放大考虑某一影响因素；
- c) 明确性。评价指标应含义明确，便于理解，避免使用过程中引起歧义；
- d) 操作性。评价指标相关资料应易于获取，可通过监测数据、公式计算、数值模拟、专家评审等方式进行采集。

6.2 评价指标体系

6.2.1 结合水库设计运用功能和综合效益，在指标层中选择相应指标展开评价。可删减不具备的设计运用功能相对应的指标，也可增加其他设计运用功能相对应的指标，新增的指标应符合 6.1 的选取原则。

6.2.2 水库淤积状态评价按照表 1 指标体系进行综合评价。

表 1 水库淤积状态评价指标体系

目标层	准则层	指标层
水库淤积状态评价（ A_1 ）	淤积量（ B_1 ）	淤损率（ C_1 ）
	淤积速率（ B_2 ）	年均淤损率（ C_2 ）

6.2.3 水库淤积影响评价按照表 2 指标体系进行综合评价。

表 2 水库淤积影响评价指标

目标层	准则层	指标层
水库淤积影响评价（ A_2 ）	防洪减淤（ B_3 ）	防（调）洪库容（ C_3 ）
		库尾重要断面洪水位（ C_4 ）
		调水调沙库容（ C_5 ）
	社会经济（ B_4 ）	兴利库容（ C_6 ）
		发电量（ C_7 ）
		发电保证率（ C_8 ）
		供水保证率（ C_9 ）
		航深（ C_{10} ）
		航宽（ C_{11} ）
		水域面积（ C_{12} ）
	生态环境（ B_5 ）	水质等级（ C_{13} ）
		总氮浓度（ C_{14} ）
		总磷浓度（ C_{15} ）
		物种丰富度指数（ C_{16} ）

7 评价指标计算

7.1 淤积量（ B_1 ）

水库淤损率 C_1 按照以下公式进行计算：

$$C_1 = (V_0 - V) / V_0 \tag{1}$$

式中：

V_0 ——水库设计条件下总库容（ $\times 10^8 \text{m}^3$ ）；

V ——水库现状条件下总库容（ $\times 10^8 \text{m}^3$ ）。

7.2 淤积速率（ B_2 ）

水库年均淤损率 C_2 按照以下公式进行计算：

$$C_2 = C_1 / N \tag{2}$$

式中：

N ——水库已投入运行时间（年）。

7.3 防洪减淤（ B_3 ）

7.3.1 宜采用防（调）洪库容、库尾重要断面洪水位和调水调沙库容等指标，对

水库防洪减淤效益的影响进行评价。

7.3.2 防（调）洪库容影响 C_3 的计算公式为：

$$C_3 = (V_{f0} - V_f) / V_{f0} \quad (3)$$

式中：

V_{f0} ——水库设计条件下防（调）洪库容（ $\times 10^8 \text{m}^3$ ）；

V_f ——水库现状条件下防（调）洪库容（ $\times 10^8 \text{m}^3$ ）。

7.3.3 库尾重要断面洪水位影响 C_4 的计算公式为：

$$C_4 = (Z - Z_0) / Z_0 \quad (4)$$

式中：

Z ——水库现状条件下库尾重要断面某一特征流量洪水位（m）；

Z_0 ——水库设计条件下库尾重要断面某一特征流量洪水位（m）。

7.3.4 调水调沙库容影响 C_5 的计算公式为：

$$C_5 = (V_{t0} - V_t) / V_{t0} \quad (5)$$

式中：

V_{t0} ——水库设计条件下调水调沙库容（ $\times 10^8 \text{m}^3$ ）；

V_t ——水库现状条件下调水调沙库容（ $\times 10^8 \text{m}^3$ ）。

7.4 社会经济（ B_4 ）

7.4.1 社会经济效益影响宜考虑淤积对水库发电、供水、航运、旅游四项功能的影响，发电、供水、航运等现状条件下指标应采用与设计一致的水文条件下数学模型模拟结果。

7.4.2 兴利库容影响 C_6 的计算公式为：

$$C_6 = (V_{b0} - V_b) / V_{b0} \quad (6)$$

式中：

V_{b0} ——水库设计条件下兴利库容（ $\times 10^8 \text{m}^3$ ）；

V_b ——水库现状条件下兴利库容（ $\times 10^8 \text{m}^3$ ）。

7.4.3 发电量影响 C_7 的计算公式为：

$$C_7 = (E_0 - E) / E_0 \quad (7)$$

式中：

E_0 ——水库设计多年平均年发电量（ $\times 10^8 \text{kW.h}$ ）；

E ——水库现状条件下多年平均年发电量（ $\times 10^8 \text{kW.h}$ ）。

7.4.4 发电保证率影响 C_8 的计算公式为：

$$C_8 = (R_{0E} - D_E / T_E) / R_{0E} \quad (8)$$

式中：

R_{0E} ——水电站设计保证率（%）；

D_E ——水电站现状条件下发电量达到设计发电量的天数（d）；

T_E ——一年内总天数（d）。

7.4.5 供水保证率影响 C_9 的计算公式为:

$$C_9 = (R_{0W} - D_W / T_W) / R_{0W} \quad (9)$$

式中:

R_{0W} ——水库设计供水保证率 (%) ;

D_W ——水电站现状条件下供水量达到设计供水标准的天数 (d);

T_W ——一年内总天数 (d)。

7.4.6 航深影响 C_{10} 的计算公式为:

$$C_{10} = (H_0 - H) / H_0 \quad (10)$$

式中:

H_0 ——水库设计条件下的通航水深 (m);

H ——水库现状条件下的通航水深 (m)。

7.4.7 航宽影响 C_{11} 的计算公式为:

$$C_{11} = (B_0 - B) / B_0 \quad (11)$$

式中:

B_0 ——水库设计条件下的航道宽度 (m);

B ——水库现状条件下的航道宽度 (m)。

7.4.8 水域面积影响 C_{12} 的计算公式为:

$$C_{12} = (A_0 - A) / A_0 \quad (12)$$

式中:

A_0 ——水库设计水位下的原始水域面积 (km²);

A ——水库设计水位下的现状水域面积 (km²)。

7.5 生态环境 (B_5)

7.5.1 水质等级影响 C_{13} 是指现状条件下水库水质等级相较于水库投入运行初期水质等级的变化, 水库水质等级应分为 I 类、II 类、III 类、IV 类、V 类等五类。

7.5.2 总氮浓度影响 C_{14} 的计算公式为:

$$C_{14} = (TN - TN_0) / TN_0 \quad (13)$$

式中:

TN ——水库现状条件下总氮浓度 (ppm);

TN_0 ——水库原始总氮浓度 (ppm)。

7.5.3 总磷浓度影响 C_{15} 的计算公式为:

$$C_{15} = (TP - TP_0) / TP_0 \quad (14)$$

式中:

TP ——水库现状条件下总磷浓度 (ppm);

TP_0 ——水库原始总磷浓度 (ppm)。

7.5.4 物种丰富度指数影响 C_{16} 的计算公式为:

$$C_{16} = (S_0 - S) / S_0 \quad (15)$$

式中：

S_0 ——水库原始物种丰富度指数；

S ——水库现状条件下物种丰富度指数。

8 评价方法与结论

8.1 一般规定

应根据指标变化判断水库淤积程度和淤积对水库综合效益影响的大小，淤积程度越高，影响越大，指标赋分越低。

8.2 指标赋分标准

8.2.1 指标 C_n ($n=1, 3\sim 12, 16$) 赋分标准见表 3。

表 3 指标 C_n ($n=1, 3\sim 12, 16$) 赋分标准表

指标范围	赋分 d_n
$C_n \leq 0$	100
$0 < C_n < 1$	$100 - 100C_n$
$C_n \geq 1$	0

8.2.2 水库设计使用年限为 N_0 ，年均淤损率 C_2 赋分标准见表 4。

表 4 年均淤损率赋分标准表

指标范围	赋分 d_2
$C_2 \leq 0$	100
$0 < C_2 < 1/N_0$	$100 - N_0 \cdot C_2$
$C_2 \geq 1/N_0$	0

8.2.3 水质等级影响 C_{13} 赋分标准见表 5。

表 5 水质等级变化赋分标准表

水质等级变化	赋分 d_{13}
C_{13} 相较于水库投入运行前水质未变差	100
C_{13} 低于水库投入运行前水质一个等级	50
C_{13} 低于水库投入运行前水质一个等级以上	0

8.2.4 总氮浓度影响 C_{14} 、总磷浓度影响 C_{15} 赋分标准见表 6。

表 6 指标 C_n ($n=14\sim 15$) 赋分标准表

指标范围	赋分 d_n
$C_n \leq 0$	100
$0 < C_n < 2$	$100 - 50C_n$
$C_n \geq 2$	0

8.3 评价方法

8.3.1 水库淤积状态评价的指标赋分结果 d_n ($n=1\sim 2$)，水库淤积影响评价的指标赋分结果为 d_n ($n=3\sim 16$)，采用层次分析法确定水库淤积状态评价的各指标综合权重为 w_n ($n=1\sim 2$)，水库淤积影响评价的各指标综合权重为 w_n ($n=3\sim 16$)，层次分析法

确定权重方法见附录 B。

8.3.2 水库淤积状态评价综合得分 A_1 的计算方法为：

$$A_1 = \sum_{n=1}^2 w_n \cdot d_n \quad (16)$$

8.3.3 水库淤积影响评价综合得分 A_2 的计算方法为：

$$A_2 = \sum_{n=3}^{16} w_n \cdot d_n \quad (17)$$

式 (17) 中，若水库删减了不具备的设计运用功能相对应的指标，或增加了其他设计运用功能相对应的指标，水库淤积影响评价综合得分的求和项数也相应调整。

8.4 评价结论

8.4.1 水库淤积状态评价应根据综合得分 A_1 ，将水库分为微度淤积、轻度淤积、中度淤积、重度淤积、极重度淤积 5 个等级，见表 7。

8.4.2 水库淤积影响评价是根据综合得分 A_2 将水库分为微度影响、轻度影响、中度影响、重度影响、极重度影响 5 个等级，见表 7。

表 7 水库淤积状态及影响大小分类标准

A_i	$0 \leq A_i < 20$	$20 \leq A_i < 40$	$40 \leq A_i < 60$	$60 \leq A_i < 80$	$80 \leq A_i \leq 100$
水库淤积 程度等级	极重度淤积	重度淤积	中度淤积	轻度淤积	微度淤积
水库淤积 影响等级	极重度影响	重度影响	中度影响	轻度影响	微度影响

9 评价报告编写

9.1 评价报告应从淤积量和淤积速率两方面量化水库淤积程度，考虑水库淤积形态的影响，从防洪减淤、社会经济、生态环境等方面量化淤积对水库综合效益造成的影响。并分析问题产生原因，提出对策建议。

9.2 评价报告内容应包括基本资料收集、评价指标体系、评价指标计算、评价结论与分析、对策及建议等方面的内容，水库淤积及其影响评价报告大纲可参考附录 C。

9.3 评价报告附表应包括勘测断面资料、调查表、评价结论等。

附录 A
(资料性附录)
水库淤积及其影响评价指标调查表

调查单位 (盖章): _____ 调查人员 (签字): _____ 调查时间: _____ 年 _____ 月 _____ 日

水库淤积及其影响评价指标调查表							
水库名称				所在位置		省 县 (区) 镇	
水库管理单位				所在河流水系			
建成时间		年 月		流域面积		(km ²)	
坝型				河床比降		(%)	
坝顶高程		(m)		坝基高程		(m)	
年均径流量		(×10 ⁸ m ³)		年均输沙量		(×10 ⁸ t)	
水库功能		主要功能: ☐ 防洪 ☐ 灌溉 ☐ 减淤 ☐ 供水 ☐ 发电 ☐ 航运 ☐ 其他					
		综合功能: ☐ 防洪 ☐ 灌溉 ☐ 减淤 ☐ 供水 ☐ 发电 ☐ 航运 ☐ 其他					
水库 特征	设计				现状		
	特征水位 (m)		相应库容 (×10 ⁸ m ³)		特征水位 (m)		相应库容 (×10 ⁸ m ³)
	校核洪水位		总库容		校核洪水位		总库容
	正常蓄水位		兴利库容		正常蓄水位		兴利库容
	防洪限制水位		防 (调) 洪库容		防洪限制水位		防 (调) 洪库容
	死水位		死库容		死水位		死库容
运行前库尾____断面特征 流量洪水位		(m)		现状库尾____断面特征 流量洪水位		(m)	
设计调水调沙库容		(×10 ⁸ m ³)		现状调水调沙库容		(×10 ⁸ m ³)	
设计多年平均发电量		(×10 ⁸ kW.h)		设计发电保证率		(%)	
设计年引水量		(×10 ⁸ m ³)		设计供水保证率		(%)	
设计航深		(m)		设计航宽		(m)	
运行前水域面积		(km ²)		现状水域面积		(km ²)	
运行前水质等级				现状水质等级			
运行前总氮浓度		(ppm)		现状总氮浓度		(ppm)	
运行前总磷浓度		(ppm)		现状总磷浓度		(ppm)	
运行前物种丰富度指数				现状物种丰富度指数			
有无淤积检测资料		☐ 有 ☐ 无		最新淤积检测时间		年 月 日	
水库总淤积量		(×10 ⁸ m ³)		有效库容淤积量		(×10 ⁸ m ³)	
泥沙调度方式		☐ 拦沙 ☐ 排沙 ☐ 综合 ☐ 其他					
是否实施过清淤		☐ 是 ☐ 否		主要清淤方式		☐ 水力 ☐ 机械	
补充说明:							

附录 B
(资料性附录)
层次分析法确定权重

B.1 构造层次判断矩阵

对隶属于某一准则的指标层 m 个因素进行两两对比，并采用 Saaty 的 1-9 标度法确定各因素对该准则的相对重要程度，并写成矩阵形式，构成指标层判断矩阵 $K_{m \times m}$ ，判断矩阵具有如下性质：

$$k_{ij} = \frac{1}{k_{ji}} \tag{B-1}$$

式中， k_{ij} 表示因素 i 相对于因素 j 的重要性。 $i=1, 2, \cdots, m; j=1, 2, \cdots, m$ 。

表 B.1 判断矩阵重要性标度及其含义

标 度	因素 i 与因素 j 相比
1	同等重要
3	略微重要
5	比较重要
7	非常重要
9	极度重要
2, 4, 6, 8	两相邻判断的中间值

准则层判断矩阵构造方法类似。

B.2 层次单排序及一致性检验

求解判断矩阵 K 最大特征根 $\lambda_{\max}$ 的特征向量，经归一化后记为 M 。 M 的元素为指标层各因素对于准则层某准则的相对重要性排序权值。判断矩阵 $K_{m \times m}$ 需具有较高的一致性，即最大特征值与该矩阵的维数相差不大。一致性指标计算方法如下：

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - m}{m - 1} \tag{B-2}$$

式中， CI 为一致性指标， $CI=0$ 表示有完全的一致性， CI 接近于 0 表示有满意的一致性， CI 越大表示不一致性越严重。

查找平均随机一致性指标 (RI)，1~15 阶矩阵的 RI 值如表 B.2 所示。

表 B.2 判断矩阵的 RI 值

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8
RI	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41
阶数	9	10	11	12	13	14	15	
RI	1.46	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58	1.59	

计算一致性比例 (CR)

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{B-3}$$

一般认为，当 $CR<0.1$ 时判断矩阵具有满意的一致性，否则需对判断矩阵进行调整。

准则层层次单排序及一致性检验方法类似。

B.3 层次总排序

在层次单排序结果基础上，进一步计算指标层所有因素对于目标层相对重要性的权值，即为层次总排序。指标层第 i 个因素的层次总排序 ω_i 为：

$$\omega_i = \sum_{j=1}^3 b_j k_{ij} \quad (\text{B-4})$$

式中， b_j 为准则层第 j 个因素对目标层的权值， k_{ij} 表示指标层第 i 个因素相对于准则层第 j 个因素的重要性权值。

层次总排序同样需要进行一致性检验。当 $CR < 0.1$ 时可以认为层次总排序的计算结果具有满意的一致性。

附录 C

（资料性附录）

水库淤积及其影响评价报告大纲

_____水库淤积及其影响评价报告

编制单位：

编制时间：

C.1 总论

C.1.1 背景依据

阐述水库淤积及其影响评价的重要性、必要性及评价工作的重要意义。

C.1.2 评价目标与要求

确定评价对象和评价的具体要求。

C.1.3 工作流程与技术路线

结合水库淤积及其影响评价工作的实际情况进行工作流程与技术路线设计。

C.1.4 主要结论

C.1.4.1 水库淤积及其影响评价结论

概括性描述水库淤积程度及淤积影响大小等结论，并给出最终评分。若淤积程度较高，或淤积对水库功能发挥影响较大，则需概述原因。

C.1.4.2 水库淤积治理对策与建议

概括性描述淤积治理的相关建议。

C.2 水库基础状况

C.2.1 自然地理

简要概述水库地理位置、气候条件等自然地理状况。

C.2.2 社会经济

简要概述水库所在地区经济发展状况。

C.2.3 工程特性

简要概述水库的功能定位、特征参数、调度方式等情况。

C.2.4 淤积情况

简要概述水库的水沙条件、淤积测量资料（淤积量、淤积分布等）、有无进行过水库淤积治理等情况。

C.3 水库淤积及其影响评价

C.3.1 评价指标体系构建

结合水库实际情况，在本文件规定指标的基础上增减指标，构建评价指标体系。

C.3.2 评价指标计算

分别计算各评价指标大小。

C.3.3 指标赋分与评价结论

根据各评价指标大小进行赋分，采用层次分析法综合判断水库淤积程度及淤积影响大小。并分析淤积程度和影响大小的成因。

C.4 对策与建议

结合水库淤积及其影响大小评价结论，给出相应的淤积治理对策和建议。
