

ICS 编号

CCS 编号

团体标准

T/CHES XXX—2023

水库泥沙淤积及其影响评价技术规范

Technical guideline for reservoir siltation and impact assessment

(征求意见稿)

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 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	2
5 评价指标体系构建	3
6 评价指标计算	4
7 评价方法与结果	8
8 评价报告编写	9
附录 A（资料性附录） 水库泥沙淤积及其影响评价指标调查表	10
附录 B（资料性附录） 层次分析法确定权重	11
附录 C（资料性附录） 水库泥沙淤积及其影响评价报告大纲	13

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。

本文件共分为 8 章和 5 个附录，主要技术内容包括基本要求、评价指标体系构建、评价指标计算、评价方法与结果、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 南京水利科学研究院 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 周银军
李子阳 王党伟 蒋思奇 王振凡 李昆鹏 闫振峰 樊思林 李 珍 李东阳
李新杰 张 翎 王 强 李洁玉 张世安 石华伟 李丽珂 刘兆洋 倪菲菲
王 刚

引 言

水库泥沙淤积是国内外水库普遍存在的问题，我国水库年均淤积率约为0.5%~1.0%，北方河流尤其突出，严重威胁了水库设计功能发挥、水利枢纽运行安全和下游河湖生态健康。为科学评价水库泥沙淤积及其影响，本文件结合野外调查、数理统计、数值模型、层次分析等方法，从水库淤损和淤积发展趋势两方面量化水库泥沙淤积程度，从行洪输沙、社会经济、生态环境三方面量化泥沙淤积对水库设计功能造成的影响，特制定《水库泥沙淤积及其影响评价技术规范》团体标准。

1 适用范围

本文件规定了水库泥沙淤积及其影响评价的基本要求、评价指标体系构建、评价指标计算、评价方法与结果、评价报告编写等方面的技术方法。

本文件适用于水库泥沙淤积及其影响评价。

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

NB/T 35049 水电工程泥沙设计规范

DB11/T 1721 水生生物调查技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 水库泥沙淤积评价 reservoir siltation assessment

结合水库淤积现状，对水库淤损和未来淤积发展趋势进行评价。

3.2 水库泥沙淤积影响评价 reservoir siltation impact assessment

从行洪输沙、社会经济、生态环境三方面评价水库泥沙淤积对设计功能影响的大小。

3.3 减淤功能 silt reduction function

水库设有调水调沙库容，通过抬高水库上游水位，增强水流对下游河床泥沙的冲刷力，达到减淤效果的作用。

4 基本要求

4.1 基本资料收集

4.1.1 水库泥沙淤积及其影响评价需要收集以下资料：

- a) 工程特性设计资料，包括特征水位与特征库容，防洪、减淤、发电、供水、航运等设计功能指标等；
- b) 地形勘察资料，宜采用断面法对水库淤积现状进行全面勘察，断面法测量应履行 SL 339-2006；
- c) 历史调度运行资料，包括入库水沙资料、出库水沙资料、发电量及发电保证率、供水量及供水保证率、航运吨位及通航保证率、水域面积及水深等资料；
- d) 水质监测资料，水质等级履行 GB 3838；
- e) 生物调查资料，水库物种调查履行 DB11/T 1721。

4.1.2 水库泥沙淤积及其影响评价中收集的数据资料应进行合理性检查，不符合要求时应重新测量或重新调查。

4.2 评价原则

4.2.1 整体与局部相结合。水库泥沙淤积及其影响评价既要考虑泥沙淤积对水库单一功能的影响，同时也要考虑对水库整体功能的综合影响。

4.2.2 定性与定量相结合。水库泥沙淤积及其影响评价应在定性评价的基础上，进一步结合数学方法进行定量评价。

4.2.3 直接与间接相结合。水库泥沙淤积及其影响评价既要考虑泥沙淤积对水库设计功能发挥的直接影响，同时也要考虑对减淤、生态等功能的间接影响。

4.3 评价流程

4.3.1 水库泥沙淤积及其影响评价流程应按图 1 实施。

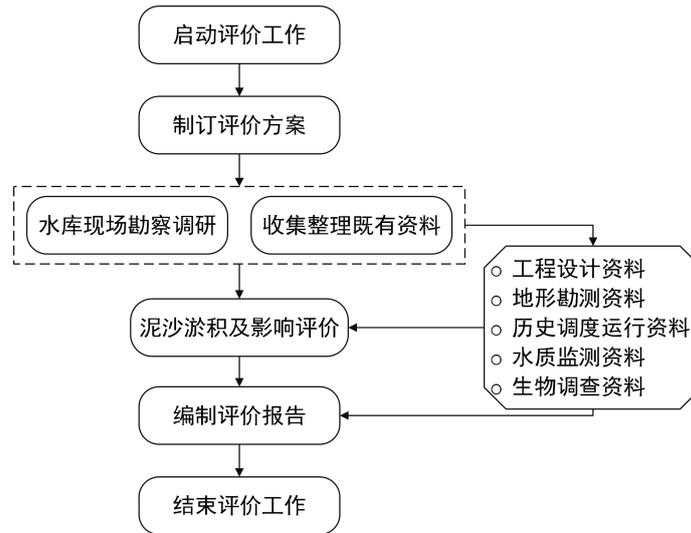


图 1 水库泥沙淤积及其影响评价流程图

4.3.2 水库泥沙淤积及其影响评价方案制定应包括以下工作：

- a) 组建评价工作小组；
- b) 确定评价对象、范围和要求；
- c) 确定评价类型和评价指标。

4.3.3 水库泥沙淤积及其影响评价应开展水库勘察调研和资料收集，调查表见附录 A。

5 评价指标体系构建

5.1 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、泥沙淤积现状、水库调度方式等资料，能充分反映水库泥沙淤积程度及其对水库功能的影响。
- b) 独立性。评价指标应互不影响，避免重复考虑某一影响因素。
- 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。

5.2 评价指标体系

5.2.1 水库泥沙淤积评价应按照表 1 指标体系进行综合评价。

表 1 水库泥沙淤积评价指标体系

目标层	准则层	指标层
水库泥沙淤积评价 (A ₁)	水库淤损 (B ₁)	淤损率 (C ₁)
	淤积发展趋势 (B ₂)	年均淤损率变化 (C ₂)

5.2.2 水库泥沙淤积影响评价应按照表 2 指标体系进行综合评价。

表 2 水库泥沙淤积影响评价指标

目标层	准则层	指标层
水库泥沙淤积影响评价 (A ₂)	行洪输沙 (B ₃)	防洪库容变化 (C ₃)
		库尾河床高程变化 (C ₄)
		调水调沙库容变化 (C ₅)
	社会经济 (B ₄)	发电总量变化 (C ₆)
		发电保证率变化 (C ₇)
		供水总量变化 (C ₈)
		供水保证率变化 (C ₉)
		航运吨位变化 (C ₁₀)
		通航保证率变化 (C ₁₁)
		水域面积变化 (C ₁₂)
		平均水深变化 (C ₁₃)
	生态环境 (B ₅)	水质等级变化 (C ₁₄)
		物种丰富度指数变化 (C ₁₅)

5.2.3 水库泥沙淤积影响评价指标体系构建应结合水库设计运用功能，选择其中单项指标或若干多项指标展开评价，以反映水库泥沙淤积对某一个或某几个设计功能产生的影响。

6 评价指标计算

6.1 水库淤损 (B₁)

水库淤损率 C₁ 按照以下公式进行计算：

$$C_1 = \frac{V_0 - V}{V_0} \quad (1)$$

6.2 淤积发展趋势 (B₂)

水库年均淤损率 R 按照以下公式进行计算:

$$R = \frac{C_1}{N} \quad (2)$$

式中:

N ——水库已投入运营时间 (年)。

水库年均淤损率变化 C_2 按照以下公式进行计算:

$$C_2 = (R - R_0) / R_0 \quad (3)$$

式中:

R_0 ——水库设计年均淤损率 (年), 对于具有拦沙功能的水库, 取值为设计拦沙库容/设计使用年限/水库设计库容; 对于不具有拦沙功能的水库, 取值为 0。

6.3 行洪输沙 (B₃)

泥沙淤积对水库行洪输沙功能的影响, 主要是指对水库防洪、减淤两项功能的影响。

6.3.1 防洪库容变化 C_3 的计算公式为:

$$C_3 = (V_{f0} - V_f) / V_{f0} \quad (4)$$

式中:

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

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

6.3.2 库尾河床高程变化 C_4 的计算公式为:

$$C_4 = (Z - Z_0) / (Z_{\max} - Z_0) \quad (5)$$

式中:

Z ——水库现状条件下库尾断面高程 (m);

Z_0 ——水库设计条件下库尾断面高程 (m);

Z_{\max} ——水库冲淤平衡条件下的理想库尾高程 (m)。

6.3.3 调水调沙库容变化 C_5 的计算公式为:

$$C_5 = (V_{t0} - V_t) / V_{t0} \quad (6)$$

式中:

V_{i0} ——水库设计条件下调水调沙库容 ($\times 10^8 \text{m}^3$);

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

6.4 社会经济 (B4)

泥沙淤积对水库社会经济功能的影响, 主要是指对水库发电、供水、航运、旅游四项功能的影响。发电、供水、航运等指标通过水库调度模型模拟进行获取。

6.4.1 发电总量变化 C_6 的计算公式为:

$$C_6 = (E_0 - E) / E_0 \quad (7)$$

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 ($\times 10^8 \text{kW.h}$)。

6.4.2 发电保证率变化 C_7 的计算公式为:

$$C_7 = (R_{0E} - D_E / T_E) / R_{0E} \quad (8)$$

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);

6.4.3 供水总量变化 C_8 的计算公式为:

$$C_8 = (W_0 - W) / W_0 \quad (9)$$

式中:

W_0 ——水库设计年引水量 ($\times 10^8 \text{m}^3$);

W ——水库现状条件下供水量 ($\times 10^8 \text{m}^3$)。

6.4.4 供水保证率变化 C_9 的计算公式为:

$$C_9 = (R_{0W} - D_W / T_W) / R_{0W} \quad (10)$$

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);

6.4.5 航运吨位变化 C_{10} 的计算公式为:

$$C_{10} = (N_0 - N) / N_0 \quad (11)$$

式中:

N_0 ——水库设计航运吨位 (t);

N ——水库现状条件下航运吨位 (t)。

6.4.6 通航保证率变化 C_{11} 的计算公式为:

$$C_{11} = (R_{0N} - D_N / T_N) / R_{0N} \quad (12)$$

式中:

R_{0N} ——水库设计通航保证率 (%);

D_N ——水电站现状条件下允许正常通航达的天数 (d);

T_N ——一年内总天数 (d);

6.4.7 水域面积变化 C_{12} 的计算公式为:

$$C_{12} = (A_0 - A) / A_0 \quad (13)$$

式中:

A_0 ——水库原始水域面积 (m^2);

A ——水库现状条件下水域面积 (m^2)。

6.4.8 平均水深变化 C_{13} 的计算公式为:

$$C_{13} = (H_0 - H) / H_0 \quad (14)$$

式中:

H_0 ——水库原始平均水深 (m);

H ——水库现状条件下平均水深 (m)。

6.5 生态环境 (B_5)

6.5.1 水质等级变化 C_{14} 是指现状条件下水库水质等级相较于水库投入运营初期水质等级的变化, 水库水质等级分为 I 类、II 类、III 类、IV 类、V 类等五类。

6.5.2 物种丰富度指数变化 C_{15} 的计算公式为:

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

式中:

S_0 ——水库原始物种丰富度指数；

S ——水库现状条件下丰富度指数。

7 评价方法与结果

水库泥沙淤积及其影响评价分为单项指标评价和综合评价。根据指标变化大小判断水库泥沙淤积程度和水库泥沙淤积对水库功能影响的大小，对指标进行赋分。影响越大，指标赋分越低。

7.1 单项指标评价

7.1.1 水质等级变化 C_{14} 赋分标准见表 3。

表 3 水质等级变化赋分标准表

水质等级变化	赋分
C_{14} 相较于水库投入运营前水质未变差	100
C_{14} 低于水库投入运营前水质一个等级	50
C_{14} 低于水库投入运营前水质一个等级以上	0

7.1.2 指标 C_n ($n=1\sim 13, 15$) 赋分标准见表 4。

表 4 指标 C_n ($n=1\sim 13, 15$) 赋分标准表

指标变化	赋分
$C_n \leq 0$	100
$0 < C_n \leq 100\%$	$100 - 100C_n$
$C_n \geq 100\%$	0

7.1.3 将指标赋分结果写成矩阵形式，水库泥沙淤积评价的指标赋分为 $D_1=[d_1, d_2]$ ，水库泥沙淤积影响评价的指标赋分为 $D_2=[d_3, d_4, \dots, d_{14}, d_{15}]$ 。

7.2 综合评价

7.2.1 采用层次分析法确定水库泥沙淤积评价的层次总排序为 $W_1=[\omega_1, \omega_2]$ ，水库泥沙淤积影响评价的层次总排序为 $W_2=[\omega_3, \omega_4, \dots, \omega_{14}, \omega_{15}]$ ，层次分析法确定权重方法见附录 B。

7.2.2 水库泥沙淤积评价结果 A_1 的计算方法为：

$$A_1 = W_1 \times D_1^T \quad (16)$$

7.2.3 水库泥沙淤积评价是根据综合得分 A_1 将水库分为五类，见表 5。

表 5 水库泥沙淤积程度分类标准

得分	0 (含) ~20	20 (含) ~40	40 (含) ~60	60 (含) ~80	80 (含) ~100
水库淤积程度等级	V类 (极为严重淤积)	IV类 (严重淤积)	III类 (明显淤积)	II (轻微淤积)	I类 (几乎无淤积)

7.2.4 水库泥沙淤积影响评价结果 A_2 的计算方法为:

$$A_2 = W_2 \times D_2^T \quad (17)$$

7.2.5 水库泥沙淤积影响评价是根据综合得分 A_2 将水库分为 5 个等级, 见表 6。

- a) I 类水库: 水库泥沙淤积对设计功能几乎无影响, 维持现状运行即可;
- b) II 类水库: 水库泥沙淤积轻微影响设计功能, 但是对水库正常运行无明显影响, 可定期监测水库淤积发展状况;
- c) III类水库: 水库泥沙淤积明显影响水库正常运行, 可通过水库调水调沙调度等非工程措施进行改善;
- d) IV类水库: 水库泥沙淤积严重影响水库正常运行, 需积极采取非工程措施与工程措施相结合的水库泥沙淤积治理方式, 恢复水库设计功能;
- e) V类水库: 水库泥沙淤积极大影响了水库正常运行, 需调整水库功能定位, 并立即进行水库泥沙淤积治理专项研究。

表 6 水库泥沙淤积影响大小分类标准

得分	0 (含) ~20	20 (含) ~40	40 (含) ~60	60 (含) ~80	80 (含) ~100
水库淤积程度等级	V类 (极大影响)	IV类 (严重影响)	III类 (明显影响)	II (轻微影响)	I类 (几乎无影响)

8 评价报告编写

8.1 评价报告应从水库淤损和淤积发展趋势两方面量化水库泥沙淤积程度, 从行洪输沙、社会经济、生态环境三方面量化泥沙淤积对水库设计功能造成的影响大小。并分析问题产生原因, 提出对策建议。

8.2 评价报告内容应包括基本资料收集、评价指标构建、评价指标计算、评价结果与分析、对策及建议等方面的内容, 水库泥沙淤积及其影响评价报告大纲可参考附录 E。

8.3 评价报告附表包括勘测断面资料、调查表、评价结果等。

附录 A

(资料性附录)

水库泥沙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

水库泥沙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				所在河水系				
建成时间	年 月		流域面积		(km ²)			
总库容	(×10 ⁸ m ³)		坝型					
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)			
入库泥沙中值粒径	(mm)		河床比降		(%)			
水库功能	主要功能: <input type="checkbox"/> 防洪 <input type="checkbox"/> 灌溉 <input type="checkbox"/> 减淤 <input type="checkbox"/> 供水 <input type="checkbox"/> 发电 <input type="checkbox"/> 航运 <input type="checkbox"/> 其他							
	综合功能: <input type="checkbox"/> 防洪 <input type="checkbox"/> 灌溉 <input type="checkbox"/> 减淤 <input type="checkbox"/> 供水 <input type="checkbox"/> 发电 <input type="checkbox"/> 航运 <input type="checkbox"/> 其他							
水库特征	原设计			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)	
	校核水位		总库容		校核水位		总库容	
	设计水位		防洪库容		设计水位		防洪库容	
	正常蓄水位		兴利库容		正常蓄水位		兴利库容	
	防洪限制水位		共用库容		防洪限制水位		共用库容	
	死水位		死库容		死水位		死库容	
运营前库尾河床高程		(m)		现状库尾河床高程		(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		(%)		
设计航运吨位		(t)		设计通航保证率		(%)		
运营前水域面积		(km ²)		现状水域面积		(km ²)		
运营前平均水深		(m)		现状平均水深		(m)		
运营前水质等级				现状水质等级		(m)		
运营前物种丰富度指数				现状物种丰富度指数				
有无淤积检测资料		<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 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		<input type="checkbox"/> 拦沙 <input type="checkbox"/> 排沙 <input type="checkbox"/> 综合 <input type="checkbox"/> 其他						
是否实施过清淤		<input type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否		主要清淤方式		<input type="checkbox"/> 水力 <input type="checkbox"/> 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:

$$k_{ij} = \frac{1}{k_{ji}} \quad (\text{B-1})$$

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

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 λ_{\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:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - m}{m - 1} \quad (\text{B-2})$$

式中, CI 为一一致性指标, $CI=0$ 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)

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (B-3)$$

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:

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

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)

水库泥沙淤积及其影响评价报告大纲

_____水库泥沙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

阐述水库进行泥沙淤积及影响评价的重要性、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 泥沙淤积及其影响评价结论

概括性描述泥沙淤积程度及其影响大小等结论，并给出最终评分。若淤积程度较高，对水库功能发挥影响较大，则需概述原因。

C.1.4.2 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 泥沙淤积

简要概述水库的水沙条件、泥沙淤积测量资料、有无进行过水库淤积治理等情况。

C.3 水库泥沙淤积及其影响评价

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 指标赋分与评价结果

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泥沙淤积程度及影响大小。并分析淤积程度和影响大小的成因。

C.4 对策与建议

结合泥沙淤积及其影响大小评价结果，给出相应的淤积治理对策和建议。