

ICS 号  
Z10

# 团 体 标 准

T/CSES□□-20□□

## 水污染治理技术综合评估导则

Guideline for comprehensive evaluation of water pollution control techniques

(征求意见稿)

20□□-□□-□□发布

20□□-□□-□□实施

中 国 环 境 科 学 学 会 发 布

# 目 次

前 言.....	I
1 适用范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 总体要求.....	2
5 综合评估程序.....	3
6 综合评估指标体系.....	4
7 综合评估计算.....	7
附录 A（资料性附录）综合评估指标调研表.....	10
附录 B（资料性附录）层次分析赋权法.....	11
附录 C（资料性附录）尺子—刻度法.....	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。

本文件由中国环境科学研究院提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：中国环境科学研究院。

本文件主要起草人：

# 水污染治理技术综合评估导则

## 1 适用范围

本标准规定了水污染治理技术综合评估的总体要求、评估程序、指标体系和评估方法等。

本标准适用于城市源、农业面源、工业源和水体修复等不同领域水污染治理技术的综合评估。

## 2 规范性引用文件

下列文件对本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 3838 地表水环境质量标准

GB/T7714 信息与文献参考文献著录规则

GB 18918 城镇污水处理厂污染物排放标准

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**水污染治理技术** **water pollution control techniques**

用于减少或消除污水或水体中污染物的技术总称。

### 3.2

**水污染治理技术综合评估** **comprehensive evaluation of water pollution control techniques**

以水污染治理技术为评估对象，从环境、经济和技术三个维度构建指标体系，综合考虑技术的有效性、经济性和适用性，利用数学模型计算所评估技术三个维度得分和综合得分，并对评估结果进行可视化表达，评估结果可辅助水污染治理技术的选择、应用预测和集成方面的决策。

### 3.3

#### **技术集成 technology integration**

为实现水污染治理，按照一定模式，对各结构单元进行创造性组合、优化，形成有机整体系统，使其发挥各个集成单元无法单独发挥的效用和性能，完成特定目标和功能的过程。

### 3.4

#### **技术应用 technology application**

通过对筛选的水污染治理技术整体引领性、先进性和适用性进行分析，从而进一步推进科技成果的市场化应用和推广，促进水污染治理产业的发展。

### 3.5

#### **技术预测 technology forecasting**

利用综合评估结果，找出某项技术的优势和缺点，以此推测某项技术或某个技术领域在技术上的发展方向（包括技术参数的改进、工艺流程的优化、成本降低或效益增加等）。

## 4 总体要求

4.1 水污染治理技术综合评估应从环境影响、经济效益和技术性能三个维度进行评价。

4.2 综合评估指标应定义明确、内涵和边界清晰，评估指标可分为定量和定性指标。

4.3 综合评估指标应优先选取具有确定性、可测性并能体现水污染治理技术特征的代表性指标。综合评估指标应具有可比性、相对独立性，每个指标均能独立反映技术的特性。

4.4 应建立综合评估指标数据库，保证水污染治理技术综合评估的科学性、客观性和合理性。

4.5 综合评估应遵循以下基本原则：

a) 客观性原则

综合评估过程应公开透明规范，尽可能以量化的形式准确反映被评估技术各个侧面的特征，以保证对水污染治理技术作出科学客观评价；

b) 综合性原则

水污染治理涉及技术和管理两方面，又与水、气、固、土壤、噪声等要求相关，应注重评估工作的综合性，为技术适用性选择提供参考依据；

c) 整体性原则

开展综合评估应考虑流域或区域的整体性，从时间和空间上对水污染治理技术进行比较，以反映被评估技术在技术体系和流域区域的排序位置，指导技术发展方向；

d) 差异性原则

应根据技术特征选择不同技术领域的有综合性质、信息量充足的评估指标，不应采用完全统一的评估指标；应以尽可能少的指标，有针对性地反映对全局具有关键影响的技术性能、经济成本和环境影响状态。

## 5 综合评估程序

5.1 综合评估程序可分为综合评估对象确定、综合评估指标体系构建、综合评估计算等步骤，综合评估程序见图 1。

5.2 综合评估对象的确定宜通过文献收集、现场调研等方式获取水污染治理技术信息，经文献调研分析、现场调研与跟踪分析，并经专家研讨后，最终确定所要评估的技术。

水污染治理技术信息至少应包括：

- a) 技术名称；
- b) 技术原理；
- c) 适用条件；
- d) 工艺流程；
- e) 应用情况。

5.3 综合评估指标体系的构建应利用层次分析法构建“目标层-准则层-要素层-指标层”四层级的水污染治理技术综合评估指标体系。评估指标包括环境类指标、经济类指标和技术类指标，应根据指标数据信息建立综合评估指标数据库。

5.4 综合评估的计算宜采用标杆法对评估指标数据进行归一化处理后根据综合评估模型计算评估结果。评估结果应包括每项技术在环境、经济和技术三个维度的得分、综合得分以及各评估指标得分。

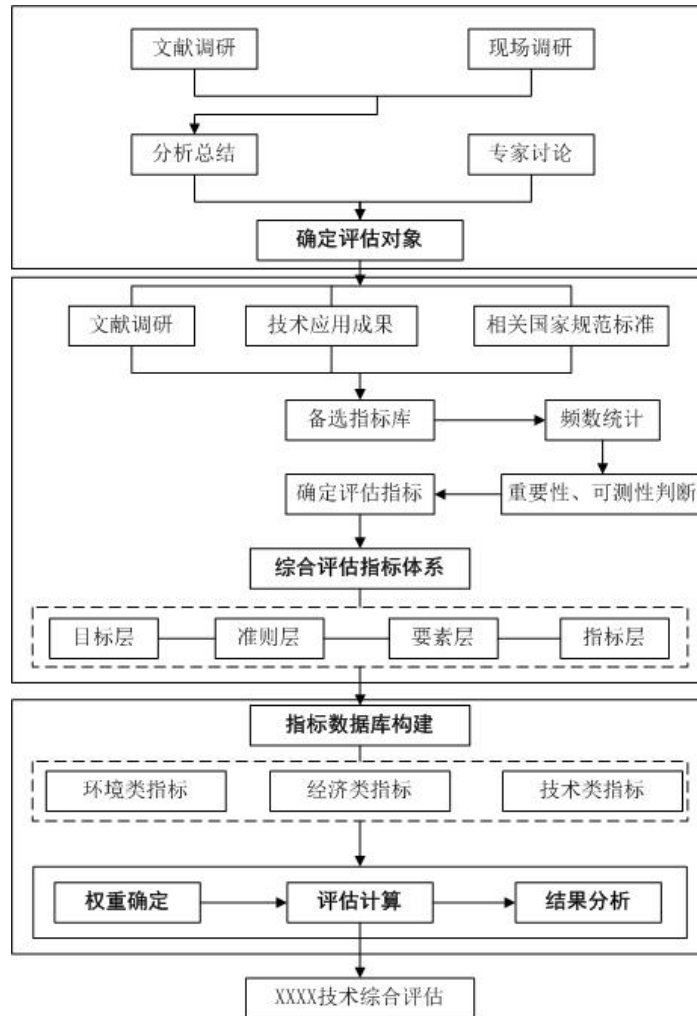


图 1 水污染治理技术综合评估程序

## 6 综合评估指标体系

### 6.1 指标体系构建原则

综合评估指标体系的构建应遵循以下原则：

#### (1) 科学性原则

指标建立应具有充分的科学依据，以量化形式恰当反映评估对象某方面的特性。每个指标、每级指标的命名、表达、设置也要有科学依据，指标的解释有理有据，严格遵守学术规范。

#### (2) 可比性原则

综合评估指标体系应对每一个评估对象是公平可比的，不仅可以在某个流域或区域比较，还可以在国际或国内类似应用区域进行技术比较，从而筛选合适的水污染治理技术。

### （3）可测性原则

指标数据来源应比较稳定、易于获取、统计流程规范、统计口径一致，尽可能具有通用性，尽量避免使用定性指标。建议从地表水环境质量标准、污水综合排放标准、行业废水排放标准、相关的技术规范导则等正式文件中筛选指标。

### （4）独立性原则

指标间尽可能独立、不重叠，尽量选择有代表性的综合指标和主要指标，辅之以一些辅助指标。

### （5）确定性原则

指标应是确定性的，舍弃不确定性的指标。如，对于有些指标的优劣并不能通过指标值的高低来衡量，从而使评估指标具有不确定性，该类指标不应纳入水污染治理技术综合评估指标体系。

### （6）稳定性原则

指标体系内容不宜变动过多、过频，应保持其相对稳定性，确保在一定时期和范畴内具有较长的时效性和先进性。

## 6.2 综合评估指标

### 6.2.1 指标体系构建

6.2.1.1 指标体系的构建应包括目标层、准则层、要素层和指标层等四级指标。综合评估指标体系见图 2。

6.2.1.2 目标层应根据实际需要确定综合评估的水污染治理技术类型。

6.2.1.3 准则层应包括环境指标、经济指标和技术指标。

6.2.1.4 要素层的确定应综合考虑环境效果、二次污染、技术成本、技术收益、技术可靠性和技术难易度等因素确定要素层指标。

6.2.1.5 指标层应根据不同技术领域的特征合理筛选指标，不宜规定完全统一的评估指标。



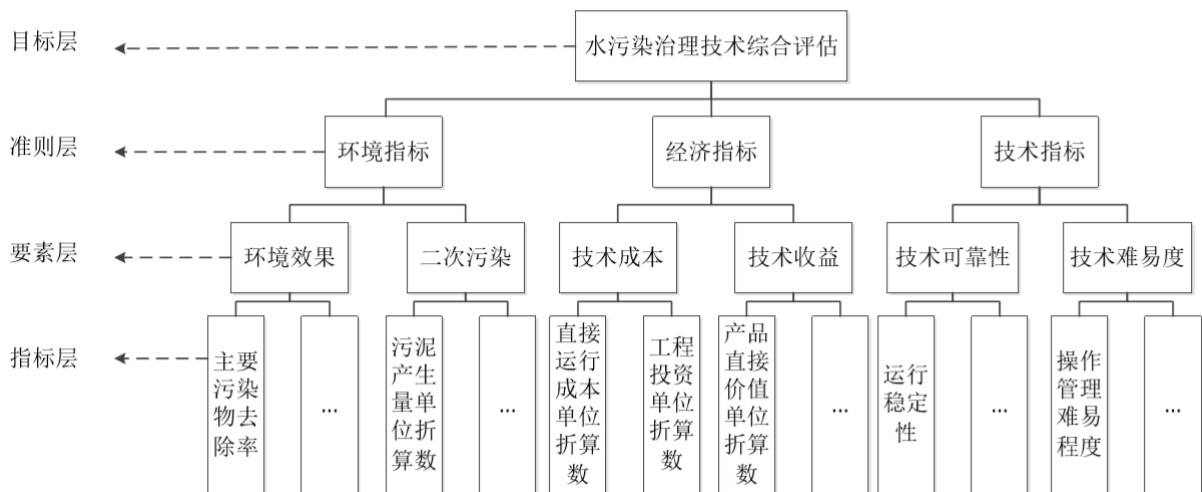


图 2 技术综合评估指标体系

## 6.2.2 评估指标筛选

6.2.2.1 应通过资料收集、调研获取数据，分别建立相关技术领域的备选环境、经济和技术指标库。技术综合评估指标调研表见附录 A。

6.2.2.2 评估指标可采用频次统计、重要性和可测性判断等方法由备选指标库中筛选确定。

6.2.2.3 应界定各类评估指标的含义，并给出定量指标的计算公式。定性指标应转化为定量指标，可通过专家判断法划分区分度明显的级别进行赋值。

## 6.2.3 指标数据库构建

6.2.3.1 宜通过资料收集、调研等方式获取评估指标的相关数据资料，分别根据定性指标、定量指标的计算方法得到指标数据信息。

6.2.3.2 对评估指标进行计算时，应审核所获取数据资料的有效性、合理性。评估指标数据库应包括：

- a) 环境类指标数据信息；
- b) 经济类指标数据信息；
- c) 技术类指标数据信息；

## 7 综合评估计算

### 7.1 一般规定

7.1.1 评估指标数据宜采用最大值、最小值法进行归一化处理。

7.1.2 综合评估结果应包括综合评估得分，环境、经济和技术等多维度评估得分以及要素层评估得分。

7.1.3 综合评估结果应采用综合评估模型进行计算。综合评估模型中各项评估指标的权重宜采用层次分析赋权法确定，可参见附录 B。

### 7.2 指标数据归一化方法

7.2.1 评估指标可分为正向指标和负向指标。

7.2.2 正向指标，如主要污染物去除率，按公式（1）进行归一化计算；

$$S_i = \frac{a_i - a_i^{\min}}{a_i^{\max} - a_i^{\min}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$S_i$ ——指标  $i$  归一化值；

$a_i^{\max}$ ——正向指标  $i$  的标杆值；

$a_i^{\min}$ ——正向指标  $i$  的最低点值；

$a_i$ ——正向指标  $i$  的原始数据值。

7.2.3 负向指标，如工程投资单位折算数、直接运行成本单位折算数，按照公式（2）进行归一化计算。

$$S_i = 1 - \frac{b_i - b_i^{\min}}{b_i^{\max} - b_i^{\min}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$S_i$ ——指标  $i$  归一化值；

$b_i^{\max}$ ——负向指标  $i$  的标杆值；

$b_i^{\min}$ ——负向指标  $i$  的最低点值；

$b_i$ ——负向指标  $i$  的原始数据值。

7.2.4 标杆值代表了某类型技术中某项指标最先进的水平，可由国内外文献调研、技术应用成果中获取。

### 7.3 综合评估模型

7.3.1 归一化后的计算结果可按照公式（3）计算综合评估得分。

$$D_1 = D_{21} \cdot S_1 + D_{22} \cdot S_2 + \dots + D_{2j} \cdot S_n \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$D_1$ ——某技术的综合得分；

$D_{2j}$ ——某技术准则层第  $j$  个指标得分；

$S_n$ ——某技术准则层第  $n$  个指标权重。

$j$ ——准则层指标数；

$n$ ——准则层指标数。

7.3.2 归一化后的计算结果可按照公式（4）计算多维度评估得分。

$$D_2 = D_{31} \cdot S_1 + D_{32} \cdot S_2 + \dots + D_{3i} \cdot S_n \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$D_2$ ——某技术在环境、经济和技术中某一维度的评估得分；

$D_{3i}$ ——某技术要素层第  $i$  个指标得分；

$S_n$ ——某技术要素层第  $n$  个指标权重值。

$i$ ——要素层指标数；

$n$ ——要素层指标数。

7.3.3 归一化后的计算结果可按照公式（5）计算指标层评估得分。

$$D_3 = 100 \times (F_1 \cdot S_1 + F_2 \cdot S_2 + \dots + F_n \cdot S_n) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$D_3$ ——某技术在环境、经济和技术中某一维度下属某要素层指标的评估得分；

$F_n$ ——某技术指标层第  $n$  个指标归一化赋值；

$S_n$ ——某技术指标层第  $n$  个指标的权重值。

$n$ ——某要素层指标下属的指标层指标数。

### 7.4 综合评估结果

7.4.1 评估结果至少采用三维坐标和雷达图两种方式表达，并进行文字描述与分析。

7.4.2 三维坐标表示。将综合评估模型计算得到的每项技术在环境、经济、技术三个

维度上的评估得分用  $(x, y, z)$  坐标值形式表示，可利用 Origin 或 SPSS 软件绘制三维空间图，实现每个维度评估结果的可视化。

7.4.3 雷达图表示。将要素层或指标层上各个评估指标得分集中画在一个圆形图标上，可利用 Excel 软件绘制雷达图，展示某一项技术在不同维度上的各个指标的变动情形及好坏取值。

7.4.4 评估结果分析宜采用“尺子—刻度”分析法（见附录 C），可将所评估技术的综合得分与对应子领域技术标准（“尺子”）进行对比分析获得该技术最适用情景，并根据实际需求（“刻度”）提出技术总体性能情况、适用性情况以及技术集成改进方向。

## 附录 A

### (资料性附录)

#### 综合评估指标调研表

表 A.1 给出了技术综合评估调研表。

表 A.1 技术综合评估指标调研表

一级指标	二级指标	三级指标
环境指标	环境效果	进出水浓度 (TN、TP、COD)
		去除率 (TN、TP、COD)
		.....
	二次污染	污泥产量
		.....
经济指标	技术成本	基建投资费用
		运行费用
		占地面积
		.....
	技术收益	产品价值
		.....
技术指标	技术可靠性	运行稳定性
		.....
	技术难易度	操作管理难易程度
		.....

## 附录 B

### (资料性附录)

#### 层次分析赋权法

##### B.1 构造判断矩阵

采用 1~9 标度法分别对准则层指标间两两比较赋值进行相对重要性分析。已知 A1、A2 两元素，如果两者“同等重要”，标度赋值为 1；如果 A1 比 A2“稍微重要”，则标度赋值为 3；A1 比 A2“明显重要”，标度赋值为 5；A1 比 A2“非常重要”，标度赋值为 7；A1 比 A2“极端重要”，则标度赋值为 9。反之，A2 与 A1 相比，其赋值则为上述标度值的倒数。若两元素比较结果介于上述两种判断值之间，可用 2、4、6、8 作为中间赋值。相对重要等级见表 B.1。

表 B.1 标度法相对重要程度等级表

标度	等级类别	内容
1	同等重要	两者对目标作用相同
3	相对重要	一个比另一个稍微重要
5	明显重要	一个比另一个明显重要
7	非常重要	一个比另一个非常重要
9	极端重要	一个比另一个极端重要
2、4、6、8	相邻中间值	

对准则层的指标两两进行相对重要性分析，即构成了判断矩阵。从准则层指标 B1 到 B3 间的相对重要程度分析，可得出判断矩阵 A。

##### B.2 根据判断矩阵求解权向量 W。

设判断矩阵为 n 阶，判断矩阵中所有标度之和为  $W_T$ ，第 n 行中所有标度之和为  $W_n$ ，则权向量  $W = (\frac{W_1}{W_T}, \frac{W_2}{W_T}, \dots, \frac{W_n}{W_T})^T$ 。

权向量中的元素代表判断矩阵中各行相应指标的权重。

##### B.3 一致性检验

对构建好的判断矩阵进行一致性检验，计算一致性指标值 CI 和 CR：

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \dots\dots\dots (B.1)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

$\lambda_{max}$ ——判断矩阵的最大特征根；

n——矩阵维数；

RI——平均随机一致性。

如果  $CR < 0.1$ ，则认为判断矩阵合理，否则重新调整判断矩阵的元素取值。多阶判断矩阵平均随机一致性指标 RI 值见表 B.2。

表 B.2 多阶判断矩阵平均随机一致性指标 RI 值

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

#### B.4 层次综合排序

利用层次单排序的结果和方法，重复上述步骤，对要素层指标和指标层指标进行层次综合排序，得出要素层指标权重和指标层指标权重。

## 附录 C

### (资料性附录)

#### 尺子—刻度法

##### C.1 尺子—刻度法原理

利用评估模型计算得出的综合得分进行本领域技术排序，提出被评估技术在该领域的排名。根据方法说明构建子领域技术“尺子”为比较基准，将综合性能得分（即目标层得分）与尺子进行比较，观察技术最接近的状态，即可分析该技术最适用的状态；在此基础上，可以根据需选用技术的场景（即“尺子”上某一个“刻度”）提出改进技术或集成技术的需求，该需求可深入分析到指标层。根据以上分析，综合提出技术的总体性能情况、适用性情况，需要集成改进的方向，提出未来在环境效果提高、二次污染控制、技术成本降低、技术收益提升、技术可靠性增强和技术难度下降等方面需要优化或改进的技术需求。

##### C.2 刻度得分计算方法

刻度得分计算步骤如下：

第一步：查询被评估技术指标体系中指标层指标所涉及的国家、地方或者行业标准与规范（如《城镇污水处理厂污染物排放标准》、《城市污水处理项目建设标准》）；

第二步：对于定量指标，利用查询到的标准或规范的数据，通过指标计算公式计算得出各定量指标的指标数据（即刻度值）；对于定性指标，仍采用专家评判法进行赋值，赋值结果为各定性指标的指标数据（即刻度值）；

第二步：将各指标的刻度值进行归一化处理；

第四步：利用被评估技术各层次各指标的权重和综合评估模型的计算公式，计算得出各指标的刻度得分。