

团 体 标 准

T/CSES 01—2019

再生水利用效益评价指南

Guideline for benefit evaluation of reclaimed water use

2019-07-15 发布

2019-09-01 实施

中国环境科学学会 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 再生水利用效益评价指标	2
5.1 指标体系	2
5.2 再生水利用资源效益指标	2
5.3 再生水利用环境效益指标	3
5.4 再生水利用社会效益指标	4
5.5 再生水利用经济效益指标	4
6 再生水利用效益评价程序	6
附录 A（资料性附录） 再生水不同利用途径推荐性效益评价指标	8

前 言

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

本标准由中国环境科学学会负责管理。

本标准主要起草单位：清华大学、中国城市规划设计研究院、北京市环境保护科学研究院、信开水环境投资有限公司、光大水务（深圳）有限公司。

本标准主要起草人：胡洪营、陈卓、刘书明、吴光学、吴乾元、龚道孝、何星海、庞洪涛、王冠平、白桦、曹效鑫。

本标准由清华大学负责技术解释。

引 言

再生水利用是解决水资源短缺和水环境污染问题的重要途径。为规范再生水利用效益评价工作，指导再生水利用规划、设计、运营、管理、评价，提高再生水利用效益，促进再生水资源的合理、高效开发与利用，编制本标准。

再生水利用效益评价指南

1 范围

本标准规定了再生水利用效益评价的相关术语、定义、总则、评价指标及评价程序。
本标准适用于再生水利用规划、设计、运营、管理和评价时的再生水利用效益评价。

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/T 18919 城市污水再生利用 分类

GB/T 21534 工业用水节水 术语

3 术语和定义

GB/T 21534 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

再生水 reclaimed water

污水经处理后，达到一定水质要求，满足某种使用功能要求，可以进行有益使用的水。

3.2

再生水初次利用 first-time use of reclaimed water

再生水初次利用于生产、生活、环境等的行为。

3.3

再生水梯级利用 cascading use of reclaimed water

再生水经过初次利用后，直接或经适当处理后用于其他利用途径，实现再生水的再次或多次重复利用。

3.4

再生水利用总量 reclaimed water use amount

再生水初次利用量与再生水梯级利用量之和。

3.5

景观环境利用 environmental use

满足景观环境用水水质要求，用于景观水体和人工水景营造、河湖池塘补水、湿地补水等，而且有政府部门批准的利用规划、用户明确、相关费用支付和管理机制健全的利用情景。

4 总则

- 4.1 管理部门应建立有效机制，保证再生水利用效益评价的科学性和合理性。
- 4.2 再生水利用效益评价包括定量和定性两类指标。
- 4.3 再生水利用效益定量评价，应选取科学、合理的可量化指标，充分考虑相关数据的可获取性和可靠性。
- 4.4 再生水利用效益定性评价，主要采用描述性或相对比较方式进行评价；评价应符合客观事实、用词准确、具有可考核性和可比较性。
- 4.5 定量和定性指标应定义明确、内涵和边界清晰。
- 4.6 评价指标应优先选取有代表性的、能集中体现再生水利用效益的指标，指标之间相对独立，每个指标均反映一个侧面情况，尽量不重复、不交叉。以尽可能少的指标，使再生水利用效益得以充分评价。

5 再生水利用效益评价指标

5.1 指标体系

- 5.1.1 评价指标由一级指标和二级指标组成，一级指标为分类指标，二级指标用于定量或定性比较，也可根据评价需求和再生水利用特征设立三级或更多级指标。
- 5.1.2 一级指标可包括资源效益、环境效益、社会效益和经济效益。
- 5.1.3 二级指标及其他级指标可根据评价需要和再生水利用特征合理选择，指标数量可进行适当增减。为使再生水利用效益得以充分评价，每个一级指标下应至少设置两个二级指标，以定量指标为主，定性指标为辅。以尽可能少的指标，充分反映上一级指标的不同侧面，尽量不重复、不交叉。

5.2 再生水利用资源效益指标

5.2.1 水资源节约量 (A_1)

再生水利用总量，即再生水替代或减少水资源取用量，按公式 (1) 计算：

$$\begin{aligned}
 A_1 &= Q_t = Q_{t1} + Q_{t2} \\
 Q_{t1} &= \sum_{i1=1}^n Q_{i1} \\
 Q_{t2} &= \sum_{i2=1}^n Q_{i2}
 \end{aligned}
 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- A_1 ——水资源节约总量 (Q_t)，即再生水利用总量，单位为立方米 (m^3)；
 $Q_{t,1}$ ——再生水初次利用量，单位为立方米 (m^3)；
 $Q_{t,2}$ ——再生水梯级利用量（按重复次数累计），单位为立方米 (m^3)；

- $Q_{i,1}$ ——第*i*种利用途径再生水初次利用量，单位为立方米（ m^3 ）；
 $Q_{i,2}$ ——第*i*种利用途径再生水梯级利用量（按重复次数累计），单位为立方米（ m^3 ）；
 n ——再生水不同利用途径种类数。

5.3 再生水利用环境效益指标

5.3.1 污染物削减量（ B_1 ）

再生水的利用比污水达标排放减少的污染物质，即污水达标排放进入环境水体的污染物质与经再生水利用后实际进入环境水体的污染物质的差值，按公式（2）计算：

$$B_{1,j} = (Q_{t1} \times C_{j,排放} - Q_A \times C_{j,再生水}) / 1000 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- $B_{1,j}$ ——污染物*j*（COD、总氮、总磷等）的削减量，单位为千克（kg）；
 Q_{t1} ——再生水初次利用量，单位为立方米（ m^3 ）；
 $C_{j,排放}$ ——第*j*种污染物达标排放的浓度（取平均浓度值，月均值或年均值），单位为克每立方米（ g/m^3 ）；
 Q_A ——再生水直接进入水环境的量，单位为立方米（ m^3 ）；
 $C_{j,再生水}$ ——第*j*种污染物在再生水中的浓度（取平均浓度值，月均值或年均值），单位为克每立方米（ g/m^3 ）。

5.3.2 排水减少量（ B_2 ）

由于再生水利用减少的直接排入环境水体的污水处理厂出水量，按公式（3）计算：

$$B_2 = Q_{t1} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- B_2 ——排水减少量，单位为立方米（ m^3 ）；
 Q_{t1} ——再生水初次利用量，单位为立方米（ m^3 ）。

5.3.3 电耗减少量（ B_3 ）

由于再生水利用减少的新增水资源开发利用耗电量，即其它可替代性水资源（例如外调水、海水淡化等）生产的电耗与再生水生产的电耗之差，按公式（4）计算：

$$B_3 = \sum_{i=1}^n Q_{i,1} \times (E_{i,d} - E_{i,r}) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- B_3 ——再生水利用带来的电耗减少量，单位为千瓦时（ $kW \cdot h$ ）；
 $Q_{i,1}$ ——再生水初次利用量，单位为立方米（ m^3 ）；

$E_{i,d}$ ——第*i*种利用途径中可替代性水资源开发利用系统生产每立方水的耗电量，单位为千瓦时每立方米 ($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$)；

$E_{i,r}$ ——第*i*种利用途径中生产每立方再生水的耗电量（以达到排放标准的污水处理厂出水为水源，计算后续再生水生产的耗电量），单位为千瓦时每立方米 ($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$)；

n ——再生水不同利用途径种类数。

5.3.4 温室气体排放减少量 (B_4)

由于再生水利用减少的新增水资源开发利用耗电量带来的温室气体排放减少量，按公式 (5) 计算：

$$B_4 = B_3 \times f_c \dots\dots\dots (5)$$

式中：

B_4 ——再生水利用带来的温室气体排放减少量，单位为千克二氧化碳当量 ($\text{kg CO}_2\text{-eq}$)；

B_3 ——再生水利用带来的电耗减少量，单位为千瓦时 (kW h)；

f_c ——转换系数，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时 ($\text{kg CO}_2\text{-eq}/\text{kW} \cdot \text{h}$)。 f_c 的范围在0.67-1.14之间。

5.4 再生水利用社会效益指标

5.4.1 就业岗位数 (C_1)

再生水项目建设和运行所提供的就业岗位数，按公式 (6) 计算：

$$C_1 = P_c + P_o \dots\dots\dots (6)$$

式中：

C_1 ——再生水利用带来的就业人数增加量，单位为个；

P_c ——再生水项目工程建设就业岗位数，单位为个；

P_o ——再生水项目运行就业岗位数，单位为个。

5.4.2 人居环境改善 (G_2)

由于再生水利用带来的水环境改善对人居条件提升的效果。此项为定性评价指标，通过满意度调查确定。满意度调查的内容可包括感官愉悦度提升、景观环境营造、湿地生态系统修复和营造、水体娱乐功能提升、地表水水质改善和地面沉降恢复等。

5.5 再生水利用经济效益指标

5.5.1 再生水供水收益 (D_1)

再生水销售收入，包括政府财政补贴等，按公式 (7) 计算：

$$\begin{aligned}
 D_1 &= D_{1,1} + D_{1,2} + D_{1,3} \\
 D_{1,1} &= \sum_{i=1}^n R_{i,1} Q_{i,1} / 10000 \quad \dots\dots\dots (7) \\
 D_{1,2} &= \sum_{i=1}^n R_{i,2} Q_{i,2} / 10000 \\
 D_{1,3} &= R_g Q_{t,1} / 10000
 \end{aligned}$$

式中：

- D_1 ——再生水供水收益，单位为万元；
 $D_{1,1}$ ——再生水初次利用的供水收益，单位为万元；
 $D_{1,2}$ ——再生水梯级利用（按重复次数累计）的供水收益，单位万元；
 $D_{1,3}$ ——政府财政补贴总额，单位为万元；
 $R_{i,1}$ ——第*i*种利用途径初次利用的单位再生水价格，单位为元每立方米（RMB/m³）；
 $Q_{i,1}$ ——第*i*种利用途径再生水初次利用量，单位为立方米（m³）；
 $R_{i,2}$ ——第*i*种利用途径梯级利用的单位再生水价格，单位为元每立方米（RMB/m³）；
 $Q_{i,2}$ ——第*i*种利用途径再生水梯级利用量（按重复次数累计），单位为立方米（m³）；
 R_g ——政府财政补贴单价，单位为元每立方米（RMB/m³）；
 $Q_{t,1}$ ——再生水初次利用量，单位为立方米（m³）。
n ——再生水不同利用途径种类数。

5.5.2 节省水费（ D_2 ）

用户由于再生水利用减少的水费开支，即利用传统供水的水费与再生水水费之差，按公式（8）计算：

$$\begin{aligned}
 D_2 &= D_{2,1} + D_{2,2} \\
 D_{2,1} &= \sum_{i=1}^n (S_i - R_{i,1}) Q_{i,1} / 10000 \quad \dots\dots\dots (8) \\
 D_{2,2} &= \sum_{i=1}^n (S_i - R_{i,2}) Q_{i,2} / 10000
 \end{aligned}$$

式中：

- D_2 ——再生水利用节省的水费，单位为万元；
 $D_{2,1}$ ——再生初次利用节省的水费，单位为万元；
 $D_{2,2}$ ——再生水梯级利用（按重复次数累计）节省的水费，单位为万元；
 S_i ——传统供水方式下第*i*种利用途径的用水价格，单位为元每立方米（元/m³）；
 $R_{i,1}$ ——第*i*种利用途径初次利用的再生水用水价格，单位为元每立方米（元/m³）；
 $Q_{i,1}$ ——第*i*种利用途径再生水初次利用量，单位为立方米（m³）；
 $R_{i,2}$ ——第*i*种利用途径梯级利用的再生水用水价格，单位为元每立方米（元/m³）；
 $Q_{i,2}$ ——第*i*种利用途径再生水梯级利用量（按重复次数累计），单位为立方米（m³）。
n ——再生水不同利用途径种类数。

5.5.3 节省环境税 (D_3)

由于再生水利用节省的环境税。适用于企事业单位等需单独缴纳环境税的情形，按公式（9）计算：

$$D_3 = D_{3,d} - D_{3,r} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

- D_3 ——污染物削减节省的环境税，单位为万元；
- $D_{3,d}$ ——污水达标排放需要缴纳的环境税，单位为万元；
- $D_{3,r}$ ——再生水利用后需要缴纳的环境税，单位为万元。

5.5.4 再生水 GDP 贡献 (D_4)

再生水设施的建设运行和再生水使用所贡献的GDP总量，按公式（10）计算：

$$\begin{aligned} D_4 &= D_{4,1} + D_{4,2} + D_{4,3} \dots\dots\dots (10) \\ D_{4,3} &= D_{1,1} + D_{1,2} \end{aligned}$$

式中：

- D_4 ——再生水利用贡献的GDP总额，单位为万元；
- $D_{4,1}$ ——再生水设施建设总投资额，单位为万元；
- $D_{4,2}$ ——再生水设施运行总投资额，单位为万元；
- $D_{4,3}$ ——再生水销售额（不含政府补贴），单位为万元；
- $D_{1,1}$ ——再生水初次利用的供水收益，单位为万元；
- $D_{1,2}$ ——再生水梯级利用（按重复次数累计）的供水收益，单位为万元。

5.5.5 GDP 拉动效益 (D_5)

再生水利用于工农业生产所带来的经济效益，按公式（11）计算如下：

$$D_5 = \sum_{k=1}^n GDP_k \times Q_{k,r} / (Q_{k,r} + Q_{k,d}) \dots\dots\dots (11)$$

式中：

- D_5 ——再生水利用拉动的GDP总额，单位为万元；
- GDP_k ——第k家利用再生水的企业所贡献的GDP，单位为万元；
- $Q_{k,r}$ ——第k家企业的再生水用量，单位为立方米（ m^3 ）；
- $Q_{k,d}$ ——第k家企业的传统供水用量，单位为立方米（ m^3 ）；
- n ——利用再生水的企业总数。

6 再生水利用效益评价程序

再生水利用效益评价主要包括以下几个步骤：

a) 明确评价对象和边界条件及评价需求和原则，建立评价结果的规范化记录、资料整理和归档制度。

b) 分析调查利用现状、明确利用途径、利用情景和利用量，获取评价所需的相关数据和信息，包括不同利用途径的再生水利用量、再生水水质、再生水生产所需的资源和电耗、环境影响评价报告、再生水设施建设和运行成本分析、再生水水价等。相关数据和信息可通过文献调研、资料收集、实地考察、调查问卷和第三方采集等方式获取。数据要保证客观、真实、全面。

c) 选取评价指标。针对再生水不同利用途径，可根据评价需要、再生水水源、处理、储存、输配、利用等系统关键环节特征、地区水资源、地理、社会和经济实际状况等，确定二级指标。不同再生水利用途径推荐性再生水利用效益评价指标见附录A。

d) 定量指标计算。定量指标的计算可参考本标准第5章中不同效益类别二级指标具体计算公式。

e) 定性指标评价。定性指标的评价可采用描述性或相对比较方式进行。

f) 再生水利用效益综合评价与分析应从最低一级指标开始逐级计算，计算每一个上级指标所包含的全部下级指标。

g) 将资源效益、环境效益、社会效益和经济效益等一级指标评价结果汇总，分析或计算得到再生水利用效益综合评价指数。可根据再生水利用效益评价结果或综合评价指数对不同再生水项目进行分析、比较和优化。

附 录 A
(资料性附录)

再生水不同利用途径推荐性效益评价指标

A.1 再生水利用途径分类及推荐性效益评价指标

再生水利用途径分类依据 GB/T 18919。

再生水不同利用途径推荐性效益评价指标见表 A.1。

表 A.1 再生水不同利用途径推荐性效益评价指标

评价指标	城市杂用	景观环境利用	工业利用	农林、绿地灌溉	地下水回灌
资源效益指标（定量）					
水资源节约量	√	√	√	√	√
环境效益指标（定量）					
污染物削减量		√			
排水减少量	√	√	√	√	√
电耗减少量	√	√	√	√	√
温室气体排放减少量	√	√	√	√	√
社会效益指标（定量或定性）					
就业岗位数	√	√	√	√	√
人居环境改善	√	√	√		√
经济效益指标（定量）					
再生水供水收益	√	√	√	√	√
节省水费	√	√	√	√	√
节省排污费		√			
再生水 GDP 贡献	√	√	√	√	√
GDP 拉动效益	√	√	√	√	√

A.2 二级指标

注：对于农林、绿地灌溉等利用途径，可增设植物营养盐供给量、提供肥料价值等二级指标。

A.2.1 植物营养盐供给量（ E_i ）

再生水中含有的可供植物利用的氮磷钾等营养元素的量，按公式（A.1）计算：

$$\begin{aligned}
 E_{i,N} &= Q \times C_N / 1000 \\
 E_{i,P} &= Q \times C_P / 1000 \dots\dots\dots (A.1) \\
 E_{i,K} &= Q \times C_K / 1000
 \end{aligned}$$

式中：

$E_{1,N}$ 、 $E_{1,P}$ 、 $E_{1,K}$ 分别为所用再生水中含有的可供植物利用的氮、磷、钾营养元素的量，单位为千克 (kg)；

Q 为再生水利用量 (农林、绿地灌溉)，单位为立方米 (m^3)；

C_N 、 C_P 、 C_K 分别为再生水中可供植物利用的氮、磷、钾营养元素浓度 (取平均浓度值，月均值或年均值)，单位为克每立方米 (g/m^3)。

A. 2.2 提供肥料价值 (E_2)

再生水中含有的可供植物利用的氮磷钾等营养元素的价值，按公式 (A. 2) 计算：

$$\begin{aligned} E_{2,N} &= Q \times C_N \times P_N / 10^7 \\ E_{2,P} &= Q \times C_P \times P_P / 10^7 \dots\dots\dots (A. 2) \\ E_{2,K} &= Q \times C_K \times P_K / 10^7 \end{aligned}$$

式中：

$E_{2,N}$ 、 $E_{2,P}$ 、 $E_{2,K}$ 分别为所用再生水中含有的可供植物利用的氮、磷、钾营养元素的价值，单位为万元；

Q 为再生水利用量 (农林、绿地灌溉)，单位为立方米 (m^3)；

C_N 、 C_P 、 C_K 分别为再生水中可供植物利用的氮、磷、钾营养元素浓度 (取平均浓度值，月均值或年均值)，单位为克每立方米 (g/m^3)；

P_N 、 P_P 、 P_K 分别为氮、磷、钾肥的价格，单位为元每千克 (RMB/kg)。