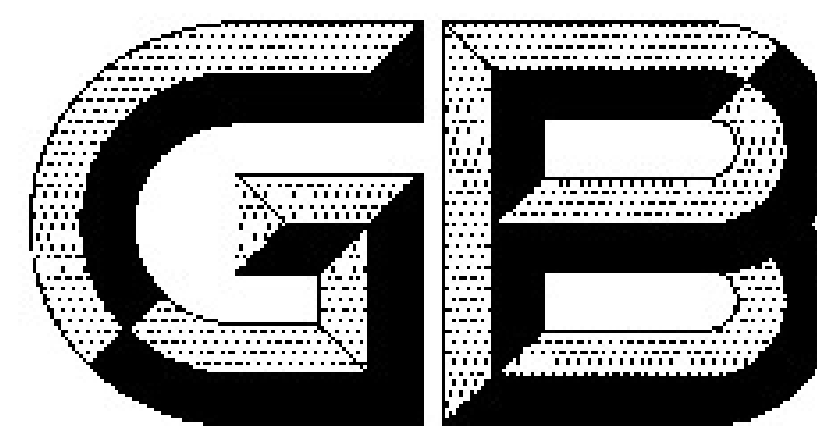




中华人民共和国国家标准

GB/T 42247—2022

水回用导则 再生水利用效益评价

Water reuse guidelines—Benefits evaluation of reclaimed water use

2022-12-30 发布

2023-04-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

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。

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专利的责任。

本文件由全国节水标准化技术委员会(SAC/TC 442)和全国环保产业标准化技术委员会(SAC/TC 275)共同提出并归口。

本文件起草单位：清华苏州环境创新研究院、清华大学、清华大学深圳国际研究生院、中国标准化研究院、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司、国投信开水环境投资有限公司、中建环能科技股份有限公司、中建生态环境集团有限公司、北京恩菲环保股份有限公司、南京市市政设计研究院有限责任公司、北控水务(中国)投资有限公司、中国城乡控股集团有限公司、广西北投环保水务集团有限公司、中冶京诚工程技术有限公司、光大水务(深圳)有限公司、长江生态环保集团有限公司、上海勘测设计研究院有限公司、黄河勘测规划设计研究院有限公司、长江勘测规划设计研究有限责任公司、中国城市规划设计研究院、南京江宁水务集团有限公司、中国市政工程华北设计研究总院有限公司、宁波市城市排水有限公司、深圳市坪山区水务工程建设管理中心、中国市政工程东北设计研究总院有限公司、广西大学、深水海纳水务集团股份有限公司、上海市园林设计研究总院有限公司、国核电力规划设计研究院有限公司、中水珠江规划勘测设计有限公司、中电建路桥集团有限公司、武汉市规划研究院、宝武水务科技有限公司、重庆市市政设计研究院有限公司、岷山集团有限公司、河南瀚源水务有限公司、中铁四局集团有限公司、中国铁工投资建设集团有限公司、中铁上海工程局集团市政环保工程有限公司、中国能源建设集团广西电力设计研究院有限公司、广东省水利电力勘测设计研究院有限公司、天津市水利工程有限公司、浙江正康实业股份有限公司、东莞市众标科技有限公司、湖南先导洋湖再生水有限公司、逸泓水务环境(广东)有限公司、北京新水京威水务工程有限公司、福建省蓝深环保技术股份有限公司、中国水利水电科学研究院。

本文件主要起草人：胡洪营、陈卓、巫寅虎、王文龙、吴乾元、白雪、郝姝然、胡梦婷、侯锋、张鹤清、蒋严波、李伟、冒建华、胡国丹、刘晓静、梁思懿、庞洪涛、佟庆远、薛晓飞、张强、饶杰、赵龙、蒋建谊、叶明琪、惠二青、王念保、陆松柳、蔡明、王家卓、马洪涛、于金旗、李凌云、王玮琦、陈先明、龚道孝、倪欣业、许可、黄重庆、李伟群、张希建、丁志良、王阿华、朱红祥、李海波、卢汉清、张龙助、朱祥明、张富国、郑现超、易灵、杜遂、董晓丹、张国庆、李介立、安刚建、陈哲红、周如成、杨明、秦蓓蕾、王淑诗、吕迎智、吕丽丽、王芳、敖良根、马方凯、王文姬、储巨球、李洪飞、闫钰、陈靓、郑凤琼、王文明、杨淇棕、李泉、史建兴、张金。

水回用导则 再生水利用效益评价

1 范围

本文件规定了再生水利用效益评价的总则、评价指标和评价程序与方法。
本文件适用于再生水利用规划、设计、运营和管理。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规定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 21534 节约用水 术语
- GB/T 50125 给水排水工程基本术语标准

3 术语和定义

GB/T 21534 和 GB/T 50125 界定的术语和定义适用于本文件。

4 一般要求

- 4.1 再生水利用应保障安全，水质符合国家标准或相关地方标准的要求。
- 4.2 再生水利用效益评价应综合考虑资源、生态环境、社会、经济等效益。
- 4.3 再生水利用效益评价指标包括定量和定性指标，以定量指标为主。指标设置应符合客观事实、用词准确、具有可比性。
- 4.4 再生水利用效益评价宜从城镇污水处理厂、工业废水处理厂等达标排放的出水为起点，考虑再生水水源取水、处理、输配、储存、利用等环节。
- 4.5 对于不同项目、不同利用情景，可分别进行评价。在此基础上，进行整体评价或综合评价。

5 评价指标

5.1 指标体系

- 5.1.1 评价指标包括以下 4 个类别：资源效益、生态环境效益、社会效益和经济效益。
- 5.1.2 各评价指标类别设立若干一级指标，必要时可设立二级或更多级指标，可参见表 1 和附录 A。
- 5.1.3 评价指标可根据评价需要和再生水利用特征选择。应优先选取有代表性、能集中体现一个侧面情况的指标，避免交叉重复。

表 1 评价指标体系

指标类别	一级指标
资源效益	常规水源替代量、能源利用量等
生态环境效益	污染物削减量、耗电量、碳排放量等
社会效益	人居环境改善、产业拉动效应等
经济效益	生产成本、供水收入、节省水费、项目经济内部收益率等

5.2 资源效益

5.2.1 常规水源替代量

替代常规水源的量，即再生水利用量，以供水量计算，计算公式见式(1)：

$$A_1 = Q_t \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- A_1 ——常规水源替代量，单位为立方米(m^3)；
 - Q_t ——再生水利用量，单位为立方米(m^3)。
- 注：再生水利用量按评价周期内的总量计算，可依据供水量计算。

5.2.2 能源利用量

利用再生水中热能或冷能的量，计算公式见式(2)、式(3)和式(4)：

$$A_2 = Q_w \times \rho \times \Delta t \times c \dots\dots\dots (2)$$

$$A_c = \frac{A_2 \times F}{F + 1} \dots\dots\dots (3)$$

$$A_h = \frac{A_2 \times H}{H - 1} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- A_2 ——利用再生水中热(冷)能的量，单位为千焦(kJ)；
- Q_w ——用于能源生产所需再生水的量，单位为立方米(m^3)；
- ρ ——再生水的密度，单位为千克每立方米(kg/m^3)；
- Δt ——提取水温温差，单位为摄氏度($^{\circ}C$)；
- c ——再生水的比热容，取 $4.19\text{ kJ}/(kg \cdot ^{\circ}C)$ ；
- A_c ——再生水热泵系统输出冷量，单位为千焦(kJ)；
- F ——再生水热泵机组的制冷系数，取 4.16；
- A_h ——再生水热泵系统输出热量，单位为千焦(kJ)；
- H ——再生水热泵机组的制热系数，取 4.24。

5.3 生态环境效益

5.3.1 污染物削减量

与达标排放相比，再生水利用减少的污染物排放量，即达标排放与再生水利用进入环境水体的污染物的差值，计算公式见式(5)：

$$B_{1,j} = (Q_t \times \rho_{j,w} - Q_e \times \rho_{j,r})/1\,000 \dots\dots\dots (5)$$

式中：
 $B_{1,j}$ ——第 j 种污染物的削减量，单位为千克(kg)；
 Q_t ——再生水利用总量，单位为立方米(m^3)；
 $\rho_{j,w}$ ——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_e ——再生水直接进入水环境的量，即景观环境和生态补水用量，单位为立方米(m^3)；
 $\rho_{j,r}$ ——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 耗电量

再生水利用的耗电量计算公式见式(6)：

$$B_2 = Q_t \times (E_{r1} + E_{r2} + \dots E_m) \dots\dots\dots (6)$$

式中：
 B_2 ——再生水利用的耗电量，单位为千瓦时($kW \cdot h$)；
 Q_t ——再生水利用量，单位为立方米(m^3)；
 E_{r1} ——再生水处理过程中的耗电量，单位为千瓦时每立方米($kW \cdot h/m^3$)；
 E_{r2} ——再生水输配过程中的耗电量，单位为千瓦时每立方米($kW \cdot h/m^3$)；
 E_m ——再生水设施运行维护等过程中的耗电量，单位为千瓦时每立方米($kW \cdot h/m^3$)。

5.3.3 碳排放量

再生水利用的碳排放量计算公式见式(7)：

$$B_3 = (AD_{r1} + AD_{r2} + \dots + AD_m) \times EF_i \dots\dots\dots (7)$$

式中：
 B_3 ——再生水利用的碳排放量，单位为千克二氧化碳当量($kg\ CO_2e$)；
 AD_{r1} ——再生水处理过程中的电力消费对应的碳排放量，单位为千瓦时($kW \cdot h$)；
 AD_{r2} ——再生水输配过程中的电力消费对应的碳排放量，单位为千瓦时($kW \cdot h$)；
 AD_m ——再生水设施运行维护等过程中的电力消费对应的碳排放量，单位为千瓦时($kW \cdot h$)；
 EF_i ——区域 i 电网供电平均碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时[$kg\ CO_2e/(kW \cdot h)$]。

注： EF_i 根据企业生产地址及目前的东北、华北、华东、华中、西北、南方电网划分，选用国家主管部门最近年份公布的相应区域电网排放因子进行计算，可参见附录 B。

5.4 社会效益

5.4.1 人居环境改善

再生水利用带来的水生态环境改善对人居条件的提升效果。人居环境改善效果可通过满意度调查确定。满意度调查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内容。再生水利用对人居环境改善效益评价示例参见表 A.1。

5.4.2 产业拉动效应

节省的常规水源开发利用成本以及再生水利用和替代的常规水源产生的机会成本、带来的产业发展以及消费、投资、文化、旅游等方面的提升效果。

5.5 经济效益

5.5.1 生产成本

生产成本包括再生水利用项目建设投资成本、运营成本等，计算公式见式(8)、式(9)和式(10)：

$$D_1 = \frac{CC}{Q_a} + \frac{OC}{Q_a} \dots\dots\dots(8)$$

$$CC = I \times \beta \dots\dots\dots(9)$$

$$\beta = \frac{1 - \gamma}{y} \dots\dots\dots(10)$$

式中：
 D_1 ——再生水投入成本，单位为元每立方米(元/ m^3)；
 CC ——再生水项目建设摊派的投资成本，单位为元；
 OC ——再生水项目运营成本，包括电耗费用、药耗费用、水耗费用、污泥处理费用、臭气处理费用、人工费用等，单位为元；
 Q_a ——再生水生产量，单位为立方米(m^3)；
 I ——再生水项目的建设投资成本，单位为元；
 β ——再生水项目的基本折旧率，%；
 γ ——固定资产残值率，%；
 y ——再生水项目的折旧年限。

5.5.2 供水收入

再生水供水收入包括政府财政补贴，计算公式见式(11)、式(12)和式(13)：

$$D_2 = R_r + R_g \dots\dots\dots(11)$$

$$R_r = S_r Q_t / 10\ 000 \dots\dots\dots(12)$$

$$R_g = S_g Q_t / 10\ 000 \dots\dots\dots(13)$$

式中：
 D_2 ——再生水供水总收入，单位为万元；
 R_r ——再生水项目的供水收入，单位为万元；
 S_r ——单位再生水价格，单位为元每立方米(元/ m^3)；
 R_g ——再生水项目的政府财政补贴总额，单位为万元；
 S_g ——政府财政补贴单价，单位为元每立方米(元/ m^3)；
 Q_t ——再生水利用量，单位为立方米(m^3)。

5.5.3 节省水费

用户由于再生水利用减少的水费开支，即使用常规水源的水费与再生水水费之差，计算公式见式(14)：

$$D_3 = (S_c - S_r) Q_t / 10\ 000 \dots\dots\dots(14)$$

式中：
 D_3 ——再生水利用节省的水费，单位为万元；
 S_c ——单位常规水源用水价格，单位为元每立方米(元/ m^3)；
 S_r ——单位再生水价格，单位为元每立方米(元/ m^3)；
 Q_t ——再生水利用量，单位为立方米(m^3)。

5.5.4 项目经济内部收益率

再生水利用项目带来的长远经济效益。可参照 GB/T 13471，对经济内部收益率($EIRR$)等指标进行评价。

经济内部收益率($EIRR$)计算公式见式(15)，当 $EIRR \geq$ 社会折现率(i_s)时，认为该项目具有经济效益。

$$\sum_{t=0}^n (C_1 - C_0)_t (1 + EIRR)^{-t} = 0 \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中：

EIRR ——经济内部收益率；

*C*₁ ——再生水项目现金流入量，单位为万元每年；

*C*₀ ——再生水项目现金流出量，单位为万元每年；

(*C*₁ - *C*₀)_{*t*} ——第 *t* 年的再生水项目净现金流量，单位为万元；

n ——评价期。

6 评价程序与方法

6.1 再生水利用效益评价程序及步骤见图 1。

6.2 评价对象和评价主体。评价对象包括再生水利用项目、区域再生水利用工程等。对于某一特定再生水利用项目，评价主体为再生水管理机构、再生水供水企业、再生水用户等。对于某一区域内的再生水利用工程，评价主体为相关行政主管部门、再生水管理机构等。

6.3 评价范围和评价周期。再生水利用项目的评价范围可从污水厂达标出水到接入点等，包括再生水处理、输配、设施运行维护等。区域再生水利用工程的评价范围包括区域内再生水水源、再生水厂、再生水输配管网和调蓄设施(城市水系、环境水体、湿地等)等。评价周期宜以年为单位计算，也可根据需要，选取一定时段进行计算。

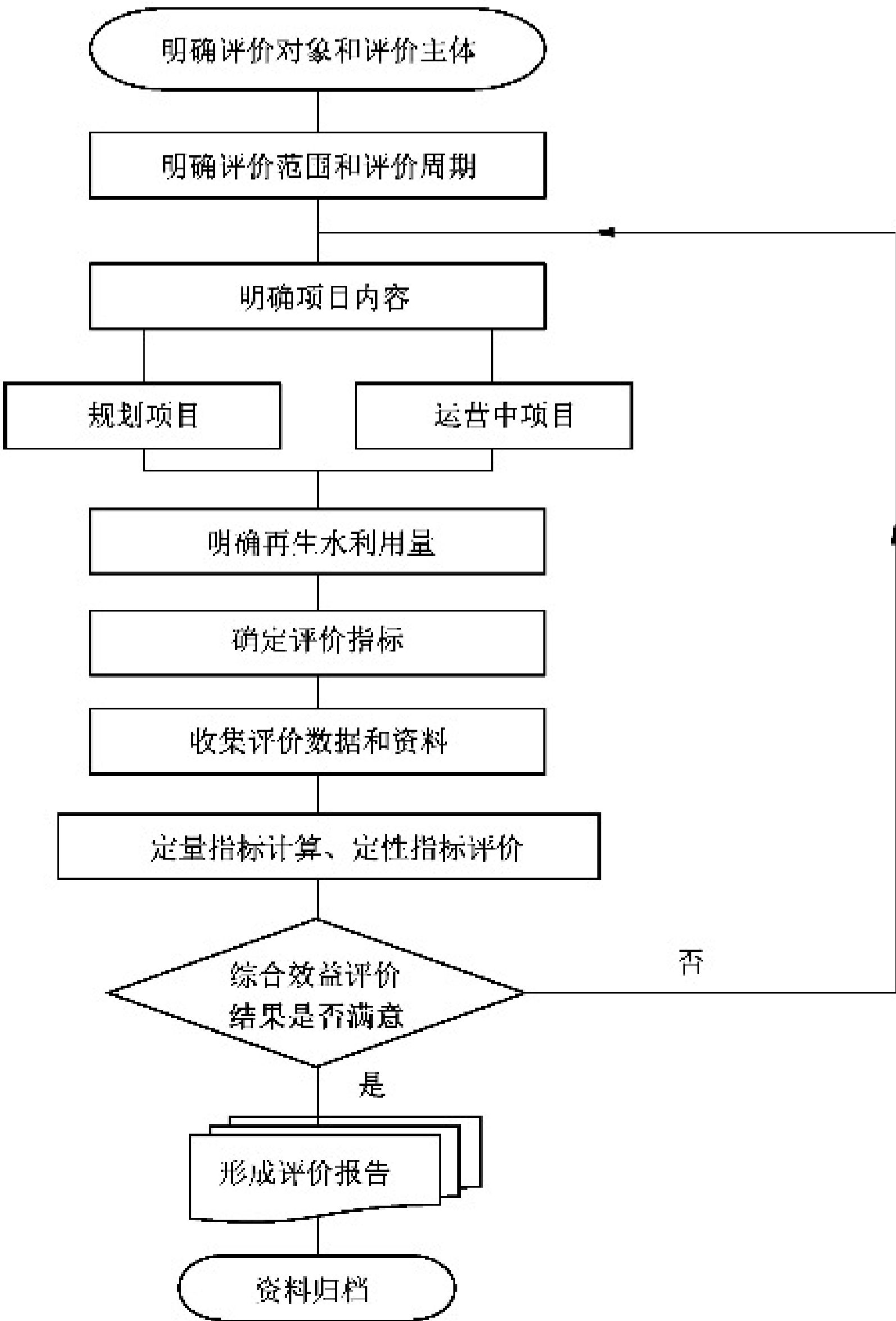


图 1 再生水利用效益评价程序

6.4 项目内容。项目基本内容包括用户、用途、水质、水量等。

- 6.5 再生水利用量。可参照 5.2.1 计算再生水利用量。其中,对于景观环境利用和生态补水,有付费和管理机制的方可计入再生水利用量。
- 6.6 评价指标确定。宜根据评价需要,结合项目特点、地区水资源、地理、社会和经济状况等确定。推荐性评价指标参见附录 C 中的表 C.1 和表 C.2。
- 6.7 评价数据和资料。宜通过文献调研、资料收集、实地考察、实际检测、问卷调查等方式获取评价所需的相关数据和资料。应确保数据的客观性、真实性和全面性。
- 6.8 定量指标计算。可参考第 5 章中的公式进行计算。
- 6.9 定性指标评价。可采用描述性或相对比较方式进行评价。
- 6.10 综合效益评价。可对资源效益、生态环境效益、社会效益、经济效益进行综合评价。应从最低一级指标逐级量化,每个上级指标由其下级指标加权确定。可依据 GB/T 3533.2,采用德尔菲法、层次分析法、熵权法等确定权重。
- 6.11 评价报告。评价报告应内容全面、描述客观、数据翔实、表达规范,报告内容一般包括评价对象、评价主体、评价范围、评价周期、项目内容、再生水利用量、评价指标、评价方法、评价结果、评价结论等。
- 6.12 资料归档。应对评价报告及相关资料进行规范化记录、整理和归档。

附 录 A
(资料性)

再生水利用对人居环境改善效益评价

参照 GB/T 3533.2,对于景观环境利用、生态补水等用途,再生水利用对人居环境改善效益评价示例见表 A.1。

表 A.1 再生水利用对人居环境改善效益评价示例

人居环境改善效益分值(y)	$0\leqslant y<2$	$2\leqslant y<4$	$4\leqslant y<6$	$6\leqslant y<8$	$8\leqslant y<10$
感官愉悦度提升效果	非常不显著	不显著	一般	较显著	显著
景观环境营造效果	非常不显著	不显著	一般	较显著	显著
湿地生态系统修复和营造效果	非常不显著	不显著	一般	较显著	显著
水体娱乐功能提升效果	非常不显著	不显著	一般	较显著	显著
地表水水质改善效果	非常不显著	不显著	一般	较显著	显著
地面沉降恢复效果	非常不显著	不显著	一般	较显著	显著

附录 B
(资料性)

我国不同区域电网供电平均碳排放因子

我国不同区域电网供电平均碳排放因子见表 B.1。

表 B.1 2019 年度我国区域电网供电平均碳排放因子

单位为千克二氧化碳当量每千瓦时

区域	EF_i
华北区域电网	0.941 9
东北区域电网	1.082 6
华东区域电网	0.792 1
华中区域电网	0.858 7
西北区域电网	0.892 2
南方区域电网	0.804 2
注 1：表中 EF_i 为 2015 年至 2017 年电量边际排放因子的加权平均值。	
注 2：数据来自《2019 年度减排项目中国区域电网基准线排放因子》，生态环境部，2020。	

碳排放量也可参照 GB/T 32150，通过式(B.1)进行计算：

$$B_3 = CE_{r1} + CE_{r2} + AD \times EF_i - CE_{r3} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

- B_3 ——再生水利用的碳排放量，单位为千克二氧化碳当量(kg CO₂e)；
- CE_{r1} ——再生水项目自备燃料燃烧产生的碳排放量总和，单位为千克二氧化碳当量(kg CO₂e)；
- CE_{r2} ——再生水处理过程碳排放量总和，单位为千克二氧化碳当量(kg CO₂e)；
- AD ——再生水项目购入的电量，单位为千瓦时(kW·h)；
- EF_i ——区域*i* 电网供电平均碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时[kg CO₂e/(kW·h)]；
- CE_{r3} ——再生水处理过程产生的温室气体经回收利用的量，单位为千克二氧化碳当量(kg CO₂e)。

注： EF_i 根据企业生产地址及目前的东北、华北、华东、华中、西北、南方电网划分，选用国家主管部门最近年份公布的相应区域电网排放因子进行计算。

附 录 C
(资料性)
再生水利用效益评价指标

C.1 不同再生水用途推荐性评价指标

参照 GB/T 18919 或 GB/T 18920、GB/T 18921、GB/T 19772、GB/T 19923、GB 20922、GB/T 25499、GB/T 41018,不同再生水用途推荐性评价指标见表 C.1。

表 C.1 不同再生水用途推荐性评价指标

指标类别	一级指标	城市杂用	景观环境利用	生态补水	工业利用	农林、绿地灌溉	地下水回灌
资源效益	常规水源替代量	√	√	√	√	√	√
	能源利用量				√		
	植物营养盐供给量					√	
	肥料供给价值					√	
生态环境效益	污染物削减量	√	√	√	√	√	√
	耗电量	√	√	√	√	√	√
	碳排放量	√	√	√	√	√	√
社会效益	人居环境改善	√	√	√		√	
	产业拉动效应	√	√	√	√	√	√
经济效益	生产成本	√	√	√	√	√	√
	供水收入	√	√	√	√	√	√
	节省水费	√	√		√	√	
	项目经济内部收益率	√	√	√	√	√	√
注：对于农林、绿地灌溉等用途,可增设植物营养盐供给量、肥料供给价值等二级指标。							

C.2 不同再生水项目类型推荐性评价指标

不同再生水项目类型推荐性评价指标见表 C.2。

表 C.2 不同再生水项目类型推荐性评价指标

指标类别	一级指标	再生水利用项目	区域再生水利用工程
资源效益	常规水源替代量	√	√
	能源利用量	√	√
生态环境效益	污染物削减量	√	√
	耗电量	√	√
	碳排放量	√	√

表 C.2 不同再生水项目类型推荐性评价指标（续）

指标类别	一级指标	再生水利用项目	区域再生水利用工程
社会效益	人居环境改善	√	√
	产业拉动效应	√	√
经济效益	生产成本	√	√
	供水收入	√	√
	节省水费	√	√
	项目经济内部收益率	√	√

参 考 文 献

- [1] GB/T 3533.2 标准化效益评价 第2部分:社会效益评价通则
- [2] GB/T 13471 节电技术经济效益计算与评价方法
- [3] GB/T 18919 城市污水再生利用 分类
- [4] GB/T 18920 城市污水再生利用 城市杂用水水质
- [5] GB/T 18921 城市污水再生利用 景观环境用水水质
- [6] GB/T 19772 城市污水再生利用 地下水回灌水质
- [7] GB/T 19923 城市污水再生利用 工业用水水质
- [8] GB 20922 城市污水再生利用 农田灌溉用水水质
- [9] GB/T 25499 城市污水再生利用 绿地灌溉水质
- [10] GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则
- [11] GB/T 41018 水回用导则 再生水分级
