



中华人民共和国国家标准

GB/T 41017—2021

水回用导则 污水再生处理技术与工艺 评价方法

Water reuse guidelines—Wastewater reclamation technologies and
processes evaluation method

2021-12-31 发布

2022-07-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

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:清华大学、清华大学深圳国际研究生院、中治京诚工程技术有限公司、北控水务(中国)投资有限公司、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司、中信环境技术(广州)有限公司、中国标准化研究院、中建环能科技股份有限公司、清华苏州环境创新研究院、中建水务环保有限公司、中国葛洲坝集团水务运营有限公司、北京市水影响评价中心、广东自远环保股份有限公司、浙江正康实业股份有限公司、烟台金正环保科技有限公司、岜山集团有限公司、蓝星工程有限公司、山东润康水务有限公司、北京碧水源科技股份有限公司、江苏京源环保股份有限公司、上海泓济环保科技股份有限公司、中建三局绿色产业投资有限公司、安徽舜禹水务股份有限公司、金科环境股份有限公司、华电水务科技股份有限公司、安徽美自然环境科技有限公司、上海城建职业学院、佛山沃浦机械有限公司、广东新泰隆环保集团有限公司、佛山市绿之源环保技术有限公司、中瑞工程设计院有限公司、深水海纳水务集团股份有限公司、江西省水务集团有限公司、广东宏绿实业环保有限公司、河北诚润环保工程有限公司、海南和风佳会电化学工程技术股份有限公司、福州城建设计研究院有限公司、合众高科(北京)环保技术股份有限公司、江苏沛尔膜业股份有限公司。

本文件主要起草人:胡洪营、吴光学、陈卓、巫寅虎、吴乾元、白雪、梁思懿、杭世珺、张鹤清、司小超、关春雨、白岩、来海亮、吴云生、范伟、王哲晓、孙磊、潘民峰、韩万玉、余浩、张劲松、钟雄、刘人源、林伟、李越彪、黄文博、常勇、吕迎智、吉春红、高丙锋、文剑平、戴日成、季献华、贾伯林、何蓉、罗金学、李广宏、黎泽华、刘牡、沈明忠、郑一江、周其胤、王羽、吴炫瑜、辛永光、欧宏森、张晓爽、董海威、李海波、李都望、曹礼标、周静海、薛军龙、卓雄、程顺健、田旭峰、张松建、周强。

水回用导则 污水再生处理技术与工艺 评价方法

1 范围

本文件规定了污水再生处理技术与工艺评价的指标体系、程序与要求。

本文件适用于污水再生处理技术与工艺的评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范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 18919 城市污水再生利用 分类
- GB/T 18920 城市污水再生利用 城市杂用水水质
- GB/T 18921 城市污水再生利用 景观环境用水水质
- GB/T 19772 城市污水再生利用 地下水回灌水质
- GB/T 19923 城市污水再生利用 工业用水水质
- GB 20922 城市污水再生利用 农田灌溉用水水质
- GB/T 21534 节约用水 术语
- GB/T 25499 城市污水再生利用 绿地灌溉水质
- HJ 493 水质 样品的保存和管理技术规定
- HJ 494 水质 采样技术指导
- HJ 495 水质 采样方案设计技术规定

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

污水 wastewater

在生产与生活活动中排放的水的总称。

3.2

再生水 reclaimed water; recycled water; reused water

污水经处理后,达到一定水质要求,满足某种使用功能,可以安全、有益使用的水。

3.3

污水再生处理 wastewater reclamation

以生产再生水为目的,对污水或达到排放标准 GB 8978 或 GB 18918 的污水处理厂出水,进行净化处理的过程。

3.4

可靠性 reliability

污水再生处理系统在一定条件下,可以稳定达到或超出其预定功能的能力。

3.5

冗余度 redundancy

污水再生处理系统超出最低水质安全保障要求的处理能力。

3.6

鲁棒性 robustness

污水再生处理系统在水质、水量等冲击作用下,保持功能稳定的能力。

注:即抗冲击能力。

3.7

弹韧性 resilience

污水再生处理系统对突发事故的应对和功能恢复的能力。

4 评价指标体系

4.1 一般规定

4.1.1 评价指标分定量评价和定性评价两类指标。

4.1.2 评价指标由一级指标和二级指标组成。一级指标用于对具体指标进行分类,包括技术指标、经济指标、环境指标和可靠性指标;二级指标用于定量或定性评价,见表1。根据评价需要,也可设立其他二级、三级或更多级指标;设立的指标应定义明确、内涵清晰。

表 1 评价指标体系

一级指标	二级指标
技术指标	出水水质、污染物去除率、单位容积去除负荷、单位占地面积去除负荷、污泥产生量等
经济指标	单位水量建设费用、电耗和电耗费用、药耗和药耗费用、水耗和水耗费用、人工和人工费用等
环境指标	臭气产生量、温室气体释放量等
可靠性指标	水质波动率、水质达标率、冗余度、鲁棒性、弹韧性等

4.1.3 定量评价需充分考虑数据的可获取性和可靠性。

4.1.4 定性评价主要采用描述性或相对比较的方式进行评价;评价需符合客观事实、用词准确、具有可考核性和可比较性。

4.2 技术指标

4.2.1 出水水质

在一定条件下,经处理后达到的水质水平。应根据再生水的用途和用户要求,选择相应的水质指标,包括相关水质标准中规定的指标和其他需要关注的特定指标。

注:特定指标根据用户要求或水质安全性保障需求进行选择,如特征化学污染物、特定病原微生物、化学稳定性、生物稳定性、生物毒性、有毒有害副产物等。

4.2.2 污染物去除率

去除污染物的百分率,计算公式见式(1):

4.3 经济指标

4.3.1 单位水量建设费用

为完成污水再生处理工程的建设,折合成单位处理水量的建设费用,计算公式见式(6):

式中：

CC——处理每立方米水所需建设费用,单位为元每立方米天[元/(m³ · d)];

TC——总建设费用,单位为元;

Q_s ——设计规模确定的处理水量,单位为立方米每天(m^3/d)。

4.3.2 电耗和电耗费用

处理单位水量或去除单位质量污染物所需电耗和电耗费用,计算公式见式(7)~式(10):

$$EQ_j = \frac{TEQ}{Q \times (C_{i,j} - C_{e,j}) \times t_p} \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

$$EC_j = \frac{\alpha \times TEQ}{Q \times (C_{i,j} - C_{e,j}) \times t_p} \quad \dots \dots \dots \quad (10)$$

式中：

EQ ——处理每立方米水所需电耗,单位为千瓦时每立方米($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$);

TEQ——评价周期内的总电耗,单位为千瓦时(kW·h);

Q ——评价周期内平均日处理水量,单位为立方米每天(m^3/d);

t_p ——评价周期,单位为天(d);

α ——电价,单位为元每千瓦时[元/(kW·h)];

EC ——处理每立方米水所需电耗费用,单位为元每立方米(元/ m^3);

EQ_j ——去除单位质量污染物 j 所需电耗, 单位为千瓦时每千克(kW · h/kg);

EC_j ——去除单位质量污染物 j 所需电耗费用, 单位为元每千克(元/kg)。

$C_{i,j}$ ——污染物 j 的进水浓度, 单位为千克每立方米(kg/m^3);

$C_{e,j}$ ——污染物 j 的出水浓度, 单位为千克每立方米(kg/m^3)。

4.3.3 药耗和药耗费用

处理单位水量或去除单位质量污染物所需的药剂消耗及费用,药剂包括混凝剂、反硝化外加碳源、污泥处理处置药剂等,计算公式见式(11)~式(14):

4.4 环境指标

4.4.1 臭气产生量

处理单位水量或去除单位质量污染物所产生的臭气物质的量,计算公式见式(19)和式(20):

式中：

OW —— 评价周期内处理单位水量所产生的臭气物质的量,单位为千克每立方米(kg/m^3);

TOW——评价周期内所产生的臭气物质的量,单位为千克(kg);

Q ——评价周期内平均日处理水量,单位为立方米每天(m^3/d);

t_p ——评价周期,单位为天(d);

OW_j ——去除单位质量污染物 j 所产生的臭气物质的量, 单位为千克每千克(kg/kg);

$C_{i,j}$ ——污染物 j 的进水浓度, 单位为千克每立方米(kg/m^3);

$C_{e,j}$ ——污染物 j 的出水浓度, 单位为千克每立方米(kg/m^3)。

4.4.2 温室气体释放量

处理单位水量或去除单位质量污染物所释放的温室气体量,计算公式见式(21)和式(22):

式中：

GW —— 处理单位水量所释放的温室气体当量, 单位为千克二氧化碳当量每立方米($\text{kg-}\text{CO}_2\text{ e/m}^3$);

K_i —— i 种温室气体与 CO_2 转化的当量系数, 可参考《IPCC 2006 年国家温室气体清单指南》;

TGW_{*i*}——第 *i* 种温室气体的总量, 单位为千克(kg);

Q ——评价周期内平均日处理水量,单位为立方米每天(m^3/d);

t_p ——评价周期,单位为天(d);

GW_j ——去除单位质量污染物 j 所释放的温室气体当量, 单位为千克二氧化碳当量每千克(kg-CO₂e/kg);

$C_{i,i}$ ——污染物 j 的进水浓度, 单位为千克每立方米(kg/m^3);

$C_{e,i}$ ——污染物 j 的出水浓度, 单位为千克每立方米(kg/m^3)。

4.5 可靠性指标

4.5.1 水质波动率

评价周期内,出水水质偏离平均值的波动幅度,计算公式见式(23)和式(24):

$$C_{\text{STD},j} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (C_{e,j} - C_{\text{AVE},j})^2} \quad \dots \dots \dots \quad (24)$$

式中：

VD_j ——出水中污染物 *j* 的水质波动幅度, %;

$C_{\text{STD},j}$ ——评价周期内出水污染物指标 j 的标准偏差, 单位为千克每立方米(kg/m^3);

$C_{\text{AVE},j}$ ——评价周期内出水污染物指标 j 的算数平均值,单位为千克每立方米(kg/m^3);

$C_{e,i}$ ——污染物 j 的出水浓度, 单位为千克每立方米(kg/m^3);

n ——样本数。

4.5.2 水质达标率

在评价周期内,出水水质达到处理目标天数所占的比例,计算公式见式(25):

式中：

DS_j ——出水中污染物 *j* 的水质达标率, %;

TD_j ——评价周期内污染物 j 达到处理目标的天数,单位为天(d);

TD₀——评价周期内技术或工艺有效运行天数,单位为天(d)。

4.5.3 冗余度

评价污水再生处理系统的最大处理能力及安全系数、单元和设备备份度等,可进行定性或定量分析。

4.5.4 鲁棒性

测定负荷增加或减少情况下,污水再生处理系统达到稳定状态所需的时间。负荷增加或减少幅度可根据评价目标进行设定。负荷增减情景包括流量增减和浓度增减两种类型。

4.5.5 弹韧性

评价停电或高毒性、高抑制性、难处理废水冲击等突发事件情况下,污水再生处理系统的运行状况和恢复能力,可进行定性或定量分析。

5 评价程序与要求

5.1 一般要求

5.1.1 评价程序包括确定评价对象、边界条件和评价目的、选取评价指标、收集评价资料、开展评价实验、开展综合评价、撰写评价报告、开展专家咨询、完善评价报告和形成评价报告等步骤，具体过程见图 1。

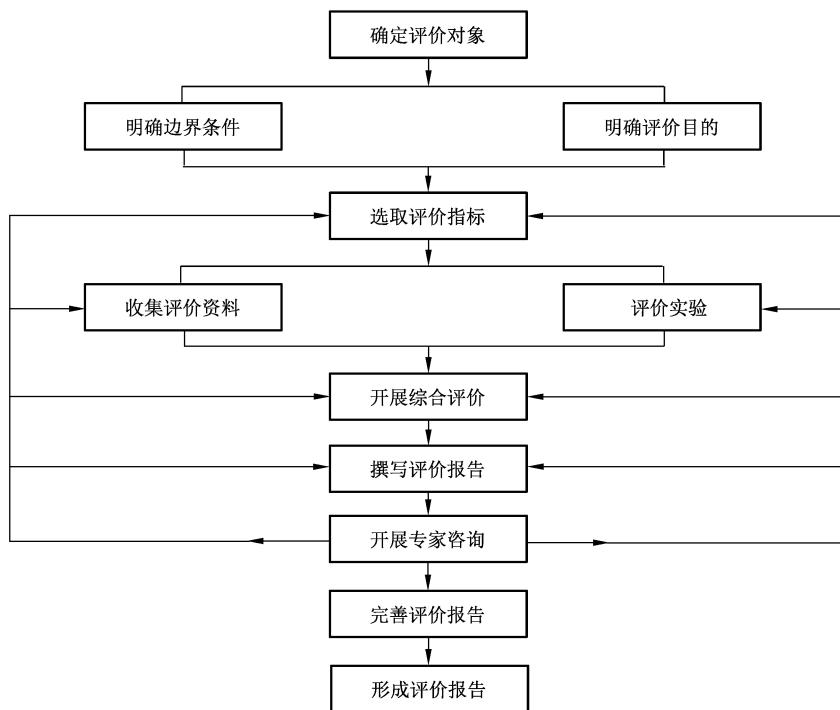


图 1 评价程序

5.1.2 评价对象包括新开发的、实际应用的和利旧改造的处理技术、单元技术和组合工艺。

5.1.3 确定所评价处理技术或工艺的功能及其可能的适用范围。

5.1.4 评价目的包括处理技术评价、技术比选、运行诊断等。针对不同评价目的，选择合适的评价程序。

5.2 评价指标

5.2.1 根据评价对象和目的,合理选择评价指标,以定量指标为主,定性指标为辅。

5.2.2 除技术、经济、环境和可靠性指标外,对于新开发的处理技术、单元工艺和组合工艺的评价,还需重点关注处理技术应用的边界条件等指标;对于实际应用的处理技术、单元工艺和组合工艺评价,还需关注运行绩效提升潜力等指标。

5.2.3 保证数据收集的合理性、客观性和全面性。

5.3 评价实验

5.3.1 对于新开发处理技术或工艺,应通过中试规模试验开展技术验证,获得关键评价指标数据。对于运行中的处理技术或工艺,宜针对实际工程开展研究考察,以获得评价指标数据。

5.3.2 根据评价对象特点,确定科学合理的评价周期和取样时间与频次等。

5.3.3 对于评价周期的选择,物理化学处理技术或工艺不小于 30 d,生物处理技术或工艺不小于 6 个月(包含冬季),湿地等生态处理技术或工艺不小于 1 年。

5.3.4 评价负荷增减或负荷冲击条件下的运行性能时,负荷变化后的运行时间和评价周期,根据处理技术或工艺水力停留时间确定。负荷变化后的运行时间和评价周期,物理、化学处理工艺不小于水力停留时间的 20 倍,生物、生态处理技术不小于水力停留时间的 60 倍。

5.3.5 取样评价有效数据应大于 100 组。水质采样的设计、组织和方案确定符合 HJ 494 和 HJ 495 的规定。水样的保存和管理符合 HJ 493 的规定。

5.3.6 根据 GB/T 18919、GB/T 18920、GB/T 18921、GB/T 19772、GB/T 19923、GB 20922 或 GB/T 25499 的规定,确定进水出水水质检测项目和频率,并满足处理技术或工艺运行评价和管理需要。应根据条件和需要,酌情增加对关键水质指标和控制参数的检测频率。

5.3.7 对于有相关标准检测方法的,应参考该方法进行水质等指标测定;对于没有相关标准检测方法的,可参考相关研究文献进行测定;对于特殊指标,可以采用新开发的方法进行测定,但需要详细描述方法并提供方法可靠性评价资料等。

5.3.8 应详细记录检测结果,包括取样人/时间/地点、水质检测方法和注意事项、水量水质监测数据报表、环境条件等。

5.3.9 对于原始取样与分析等过程,应保存好原始数据和信息。

5.4 综合评价

5.4.1 根据第 4 章中评价指标体系相关内容,对所选指标进行定量计算或定性描述。

5.4.2 可采用专家评议、打分等方法,对定量定性评价结果进行综合分析,并与其它同类型技术或工艺进行系统比较,明确评价对象的特点、优势和不足,提出改进措施。



5.5 评价报告

5.5.1 报告撰写表达规范,报告内容包括污水再生处理技术或工艺、评价周期、技术或工艺运行条件、水质测定方法、水质监测结果(附原始数据)、评价结果、评价结论等内容。报告格式可参考附录 A 评价报告示例。

5.5.2 通过咨询 5 名及以上本领域资深专家,对评价报告进行专家评议,保证评价报告的科学性与完整性等。专家咨询过程中获得的评审意见等资料,宜进行归档保存,以备后续核查。

5.5.3 根据专家咨询意见,对评价报告进行完善;必要时,需重复前述数据获取、综合评价等程序。

5.5.4 经过以上各程序,形成完整的技术或工艺评价报告,并及时归档和妥善保存。

附录 A
(资料性)
评价报告示例

A.1 评价报告封面示例

污水再生处理技术与工艺评价报告封面示例见图 A.1。

报告编号: TECH-20××-×

××××技术(工艺)

评价报告



负责人: ×××
编写人员: ×××、×××、×××
编写单位: ×××、×××、×××

时间: 20××年×月×日

图 A.1 评价报告封面

A.2 评价报告目录示例

污水再生处理技术与工艺评价报告目录示例见图 A.2。

目 录

1 概述	.....
2 处理技术(工艺)简介与评价目的	.....
2.1 处理技术(工艺)特征	.....
2.2 评价边界条件	.....
2.3 评价目的	.....
3 处理技术(工艺)介绍	.....
3.1 处理技术(工艺)流程图或装置示意图	.....
3.2 处理技术(工艺)特点	.....
3.3 处理技术(工艺)关键参数	.....
4 评价数据收集与可靠性分析	.....
4.1 实际运行数据的获取与可靠性分析	.....
4.2 同类型技术(工艺)相关数据获取与可靠性保障	.....
5 实验评价与数据质量保障	.....
5.1 评价实验方案设计与实施情况	.....
5.2 检测指标与检测方法	.....
5.3 数据质量保障措施与实施情况	.....
5.4 检测数据	.....
6 处理技术(工艺)运行性能评价	.....
6.1 评价指标	.....
6.2 计算方法	.....
6.3 运行性能	.....
6.4 处理技术(工艺)对比	.....
7 结论与建议	.....
7.1 结论	.....
7.2 建议	.....
8 参考文献	.....
8.1 期刊	.....
8.2 书籍	.....
8.3 标准	.....
附录	.....
A.1 原始数据与信息	.....
A.2 专家评审意见	.....



图 A.2 评价报告目录

A.3 评价报告正文示例

污水再生处理技术与工艺评价报告正文示例见图 A.3。

评价报告正文

1 概述

对评价报告的主要内容和结论等进行概述。

2 处理技术(工艺)简介与评价目的

2.1 处理技术(工艺)特征

处理技术(工艺)基本情况、特点及创新性等描述。

2.2 评价边界条件

处理技术(工艺)应用所需要的边界条件,包括进水水质、评价周期、处理负荷等。

2.3 评价目的

新处理技术(工艺)评价、处理技术(工艺)比选、处理技术(工艺)诊断优化等。

3 处理技术(工艺)介绍

3.1 处理技术(工艺)流程图或装置示意图

处理技术(工艺)组成、平面布置图、工艺流程图、高程图、运行模式、构造和布置形式等。

3.2 处理技术(工艺)特点

主要功能、技术特点、适用范围、处理效果、注意事项等。

3.3 处理技术(工艺)关键参数

处理技术(工艺)的设计参数、运行参数、计算公式等。

4 评价数据收集与可靠性分析

4.1 实际运行数据的获取与可靠性分析

评价对象的实际运行数据,包括运行期间、取样时间与频次、取样方法、分析方法、数据可靠性分析、异常数据识别与剔除情况等。

图 A.3 评价报告正文(第 1 页/共 3 页)



4.2 同类型技术(工艺)相关数据获取与可靠性保障

与评价对象同类型技术或工艺的相关数据,包括数据来源、数据可靠性分析等。

5 实验评价与数据质量保障

5.1 评价实验方案设计与实施情况

评价实验系统、实验方案、实验条件、实施情况、实施时间等。

5.2 检测指标与检测方法

针对所评价处理技术(工艺)选取的关键检测指标,包括相关标准规定的常规检测指标和根据不同工艺运行管理需要选用的非标准检测指标。

取样方法与频次、实时环境条件记录等。

5.3 数据质量保障措施与实施情况

针对所评价处理技术(工艺)特点选取的评价周期、运行时间、样本数量、详细实施情况等。

5.4 检测数据

列出详细的检测数据(可放附录)。

6 处理技术(工艺)运行性能评价

6.1 评价指标

列出选取的指标和选取依据、理由。

6.2 计算方法

针对选取的指标,列出选取的计算或评价方法及其依据。

6.3 运行性能

针对选定的评价指标,逐项给出处理技术(工艺)评价的基础数据和指标计算结果,并各列出详实的数据、图表与结果分析。该部分是报告的核心内容。

6.4 处理技术(工艺)对比

采用图表等方式对处理技术(工艺)运行性能、经济性能、环境影响等进行对比分析。该部分是报告的重要内容,是评价结论的基础。

图 A.3 评价报告正文(第 2 页/共 3 页)



7 结论与建议

7.1 结论

重点描述处理技术（工艺）的运行性能与经济性能等；确定技术（工艺）适用边界与约束条件。

7.2 建议

描述存在问题与瓶颈；处理技术（工艺）的改进策略等。

8 参考文献

8.1 期刊

列出所参考的期刊文献。

8.2 书籍

列出所参考的书籍。

8.3 标准

列出所参考的标准。

附录

A.1 原始数据与信息

详细列出各类原始数据。



A.2 专家评审意见

列出专家咨询过程获得的评审意见等相关资料。

图 A.3 评价报告正文(第 3 页/共 3 页)

参 考 文 献

- [1] GB 8978 污水综合排放标准
 - [2] GB 18918 城镇污水处理厂污染物排放标准
-