|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 13.030.20 |
| CCS | |  | | --- | | D:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T.pngD:\000000部门项目\09标准化插件开发\程序源代码\StandardEditor_ShanDongKeXieYuan\团标首页面字母T后面的反斜杠.png XJBX |   P 41 |

西安市计量标准检测认证协会团体标准

T/XJBX 0028—2025

生活污水资源化利用技术指南

Technical guidelines for resource utilization of domestic wastewater

2025 - XX - XX发布

2025 - XX - XX实施

西安市计量标准检测认证协会  发布

目次

[前言 III](#_Toc200352476)

[引言 V](#_Toc200352477)

[1 范围 1](#_Toc200352478)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc200352479)

[3 术语和定义 1](#_Toc200352480)

[4 总体要求 1](#_Toc200352481)

[5 工艺路线与分类 2](#_Toc200352482)

[6 关键技术 2](#_Toc200352483)

[7 运行与管理 3](#_Toc200352484)

[8 效益评估方法 3](#_Toc200352485)

[9 推广应用建议 4](#_Toc200352486)

1. 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。

本文件由西安市计量标准检测认证协会提出并归口。

本文件起草单位：山东新汇建设集团有限公司、山东省济南市天桥区水务服务中心、浙江新中环建筑设计有限公司、无锡市科泓环境工程技术有限责任公司、沧州市水利工程质量技术中心、重庆许耀城文化传播有限公司。

本文件主要起草人：丁志刚、杜晓燕、房元、王正兰、张丽莉、许耀城。

1. 引言

随着人口集中与城镇化进程加快，生活污水排放量持续增长，水体污染问题日益突出。传统污水处理方式侧重达标排放，资源回收利用水平较低，造成水资源浪费与能耗上升。推动生活污水的资源化利用，是缓解水资源短缺、实现绿色循环发展与“双碳”目标的重要路径。

本文件聚焦生活污水中可再利用水资源、能源和营养物质等潜力，通过规范工艺选择、技术集成与运行管理，为城乡生活污水资源化利用提供系统化技术指南。本文件适用于市政社区、农村聚落、园区单位等多类场景，旨在提升污水治理水平与资源综合利用效益。

生活污水资源化利用技术指南

* 1. 范围

本文件规定了生活污水资源化利用的总体要求、工艺路线与分类、关键技术、运行与管理、效益评估方法和推广应用建议。

本文件适用于城乡生活污水资源化利用工程的设计、建设、运行和管理，不适用于工业废水或含有特殊污染物的排水处理。

* 1. 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 50335—2016 城镇污水再生利用工程设计规范

GB/T 34173—2017 城镇排水与污水处理服务

* 1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

生活污水 domestic sewage

来自居民生活的排水，包括厨房、洗涤、沐浴、厕所排水等，不含工业或农业污染源。

资源化利用 resource utilization

指将污水中的水、能量、营养物等进行提取、转化和再利用的过程。

污水源热能利用 wastewater-source heat energy utilization

指利用污水中蕴含的低位热能进行供热、供冷等能源回收过程。

* 1. 总体要求
     1. 设计原则

资源化利用应坚持“因地制宜、分类处理、协同回收、生态友好”的技术原则，结合水质、水量及需求选择合理路径。

* + 1. 系统构建

应建立“污水收集—预处理—资源提取—回用利用—监测评估”的闭环系统，保障运行稳定、产出安全与经济可行。

* + 1. 安全控制

应设置防护措施，确保处理过程中无二次污染，水质达标并可追溯。

* 1. 工艺路线与分类
     1. 水资源回用路径

根据用途划分为景观用水、冲厕补水、绿化灌溉、道路清洗、工业冷却等，分别选用膜分离、A²/O、MBR等工艺。

* + 1. 能源回收路径

可通过厌氧消化回收沼气、污水源热泵系统回收低位热能，用于供暖、热水或发电。

* + 1. 营养物回收路径

采用化学沉淀、生物吸附等方法从污泥或出水中提取氮磷，用于有机肥、土壤调理剂等。

具体资源化路径适配工艺及适用场景见表1。

1. 不同资源化路径适配工艺及适用场景一览表

| 资源化类型 | 工艺技术路径 | 主要回收产物 | 适用场景 |
| --- | --- | --- | --- |
| 水资源回用 | A²/O、MBR、膜滤组合 | 再生水 | 城市小区、工业园、景区 |
| 能源回收 | 厌氧消化、污水源热泵 | 沼气、低位热能 | 污水厂、寒冷地区建筑供暖系统 |
| 营养物回收 | 化学沉淀、生物吸附 | 磷酸盐、氮肥 | 农村集中处理站、有机肥料生产企业 |

* 1. 关键技术
     1. 预处理技术

应设格栅、沉砂池、调节池等单元，保障后续工艺水质稳定。

* + 1. 主体处理技术

工艺应满足去除COD、氨氮、总磷等指标的技术要求，常见技术包括A²/O、SBR、MBR、氧化沟。

* + 1. 资源提取技术

采用膜分离、吸附、气提、热交换等技术从处理单元或污泥中提取可利用资源。

* + 1. 末端利用与安全保障

回用水应进行消毒处理，满足相应用途水质要求。

* 1. 运行与管理
     1. 运行监控

应设在线监测仪表，对水质、水量、能耗进行实时监控，发现异常及时报警并处理。

* + 1. 运维管理制度

应建立标准操作规程与岗位职责清单，强化培训与考核，确保运行安全。

* + 1. 风险防控与应急响应

应制定污染物超标、设备故障等应急预案，配备应急处理装置与物资。

* 1. 效益评估方法
     1. 资源回收率评估

根据出水水量、回用率、能源产出量、养分提取量等指标计算回收率。

* + 1. 环境效益评估

环境效益评估应结合项目运行前后对比分析，重点评估以下指标：

1. 污染物削减总量：包括生活污水中COD、BOD₅、氨氮、总磷、总氮等主要污染因子的削减量，依据出水水质监测数据与处理量核算；
2. 碳减排效益：综合考虑污水资源化处理过程中能源消耗减少、污泥减量、沼气/再生能源利用等因素，估算年均温室气体减排当量（单位：tCO₂-eq）；
3. 水资源替代率：评估回用水在农业灌溉、绿化补水、市政杂用等方面对常规水资源的替代比例，量化节水效应；
4. 生态系统影响：如对周边水体水质改善、地下水补给恢复、生物多样性提升等正向影响的辅助性定性描述或监测支持。
   * 1. 经济效益评估

经济效益评估应从全生命周期成本与产出两个维度出发，参考以下内容：

1. 单位处理成本：以“元/吨水”或“元/立方米再生资源”计量，评估系统运行的成本效率；
2. 运营费用节约：分析资源化利用后对传统污水处理、污泥处置、供水与排水系统运维等方面的成本节约，包括能源、药剂、人工等方面的开支减少；
3. 资源产品销售收益：如再生水销售、肥料化产物或沼气能源的市场收益，需明确收益来源与测算依据；
4. 投资回收期与年化收益率：通过财务模型评估项目总投资回收周期、净现值（NPV）与内部收益率（IRR）等指标，判断其经济可行性与资金效益；
5. 政策激励与附加价值：可纳入财政补贴、节能减排积分、绿色信贷支持或生态补偿收入等间接经济收益。
   1. 推广应用建议
      1. 典型场景适配路径

生活污水资源化利用应因地制宜，构建多元化技术路径和模式，典型场景包括但不限于：

1. 农村集中处理模式：适用于行政村或自然村规模集中的地区，采用生态处理（人工湿地、氧化塘）与厌氧-好氧组合工艺，优先实现农田灌溉与清洁用水替代，推动种养循环利用；
2. 城市小区微型回用模式：面向城市居住区、办公园区等，构建MBR+消毒等紧凑型处理单元，用于绿化浇洒、道路冲洗、景观补水，具备占地小、智能运行、用户侧部署等特点；
3. 园区能源耦合利用模式：适用于农业产业园、食品加工区，结合厌氧消化与污水源热泵等技术，实现污水处理与能源提取协同，形成热、电、气多联供系统，提高整体资源化水平；
4. 高原寒区保温处理模式：针对寒冷地区污水处理运行困难的问题，采用被动太阳能温室、保温构筑物、低温膜材料等技术保障系统运行与资源利用；
5. 景区与学校分布式模式：以低负荷、高标准回用为导向，部署一体化净化装置或移动模块，支持旅游景区、教学单位等对再生水就地回用需求。
   * 1. 政策与激励建议

为促进生活污水资源化利用的推广应用，建议从以下方面完善政策和制度保障：

1. 财政支持与补贴机制：出台专项资金支持农村污水资源化项目建设，对再生水利用、能源回收、肥料化产品给予运营补贴与产出奖励，激励企业参与积极性；
2. 纳入绿色发展指标体系：将资源化利用率、再生水使用量、碳减排量等指标纳入农业绿色发展、生态文明考核体系，增强地方政府的政策推动力；
3. 建立第三方专业运营机制：引导专业化企业承担污水资源化项目的投资、建设与运维，通过“政府引导+企业运营+农户受益”的PPP等模式，增强可持续运行能力；
4. 拓展碳交易与环保积分机制：鼓励资源化利用项目参与碳交易市场和绿色金融机制，将其纳入自愿减排、碳账户或节能量评价体系，增强经济激励效应；
5. 加强标准与认证体系建设：制定回用水质标准、肥料化产物质量要求与资源产品标签管理规范，推动追溯体系建设与绿色产品认证。
   * 1. 技术迭代与科研方向

为持续提升生活污水资源化利用效率与智能化水平，建议聚焦以下前沿方向开展研发与技术储备：

1. 膜分离与集成技术优化：开发抗污染性强、低能耗、可更换的先进膜材料，推动纳滤/反渗透/电驱动膜组合应用，提高资源提取精度与稳定性；
2. 能量协同与碳减排系统开发：构建“污水-污泥-有机废弃物”耦合处理平台，开发低碳能量回收路径，提高系统碳中和能力；
3. 人工智能+智能运维平台建设：依托边缘计算与AI算法，建设智慧感知网络，实现对水质、水量、能耗、运行状态的预测分析与故障预警，推动全流程无人值守与能效最优调度；
4. 数字孪生与多源数据融合：构建基于动态监测的数字孪生模型，支持资源化项目全生命周期设计优化、运行评估与动态决策；
5. 资源产品高值化与安全控制研究：探索基于再生水的工业冷却、土壤调理剂、绿色建筑回用等高附加值应用场景，提升资源产品市场竞争力与风险防控能力。

