



中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—202X/ISO 24575:2023

分散式污水处理与再利用规划成本分析通 则与指南

General principles and guidelines for cost analysis in planning of decentralized
wastewater treatment and /or reuse

(ISO 24575:2023,IDT)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 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、定义和缩略语 1

 3.1 术语和定义 1

 3.2 缩略语 2

4 规划和设计中不同分布程度的描述 2

5 污水处理和再利用系统的通用要素 3

 5.1 通则 3

 5.2 收集系统 3

 5.3 输送设施 4

 5.4 处理系统 4

 5.5 再生水管理 6

6 经济生命周期成本分析计算应考虑的成本项目 6

 6.1 通则 6

 6.2 建设投资成本（C，CAPEX）成本项目 6

 6.3 运行成本（Co，OPEX）项目 8

 6.4 维护成本（C_M）项目 9

 6.5 收入（C_N）：成本抵减项 10

7 成本计算、成本折算与结果汇总 11

 7.1 通则 12

 7.2 各项成本折算为现值 12

 7.3 各项成本折算为单位成本 12

8 经济生命周期分析计算结果报告 13

附录 A（资料性） 成本计算示例 14

附录 B（资料性） 处理厂中不同工艺单元的 CAPEX 和 OPEX 的相关性 16

附录 C（资料性） 处理工艺单元及相关费用项目总结 17

参考文献 18

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。

本文件等同采用ISO 24575:2023《分散式污水处理与再利用规划成本分析通用原则与指南》。

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。

本文件由全国水再利用标准化技术委员会（SAC/TC618）提出并归口。

本文件起草单位：青岛理工大学、浙江省水利河口研究院（浙江省海洋规划设计研究院）、中国标准化研究院、光大水务（深圳）有限公司、内蒙古农业大学、西安建筑科技大学、中国市政工程中南设计研究总院有限公司、青岛水务集团环境能源有限公司、南京大学宜兴环保研究院、光大环境科技（中国）有限公司、上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司、深圳市海川实业股份有限公司、喀什大学。

本文件主要起草人：毕学军、张蕊、程丽华、苏龙强、陈荣、朱霞、张玉博、古创、杨平、贺珊珊、耿金菊、杨耀天、黄开、刘振、姚水萍、马晓妍、孔芹、陈方方、陈显峰、陆佳怡、杨莹莹、张燕、刘晓民。

引 言

污水和再生水处理过程的能耗虽然较高，但其中高达80%的能耗用于污水和再生水的输送。输送过程包括将污水泵送至污水处理设施，以及将处理出水输送至再生利用地点。在集中式污水处理与再生利用系统规划方案中，依靠管网和泵站进行长距离输送不仅需要较高的建设投资，而且对于人口密度较低地区而言，往往难以承担相应的建设成本。因此，与传统集中式污水处理与再生利用系统规划相比，在某些情况下，采用分散式污水处理与再生利用系统网络可降低建设投资成本(CAPEX)和运行成本(OPEX)。此外，分散式污水处理还能够实现处理出水的就地利用（主要用于农业灌溉）。

分布式设计是指采用多个分散式污水处理系统代替单一集中式污水处理厂的规划理念。ISO 23056等国际标准对该理念进行了阐述，定义了污水处理系统的不同分布程度，并讨论了不同方案选择时应考虑的因素。随着自动化技术、通信技术以及污水生物处理工艺的发展，分布式污水处理的设计理念已成为一种切实可行的技术方案。采用分布式污水处理设计可能带来的优势包括：

- a) 降低污水收集和泵送系统的建设投资成本；
- b) 降低污水收集和泵送系统的运行维护成本；
- c) 降低污水泵送能耗；
- d) 便于处理出水在农业、工业或景观灌溉中的就地再生利用。

但同时也存在以下不足：

- a) 单个污水处理设施的单位处理成本高于集中式污水处理与再利用系统；
- b) 相较于单一集中式污水处理厂，需要对多个污水处理设施投入更多的运行管理。

本文件旨在为不同分布程度下分散式污水处理与再利用系统规划提供生命周期成本分析指南，为规划方案的成本优化提供依据。

分散式污水处理与再利用规划成本分析通则与指南

1 范围

本文件给出了完整污水处理系统（包括收集、处理以及（可选）再利用环节）生命周期成本定量分析的一般原则，并提供相关指南。本文件充分考虑了不同分布程度的应用场景，包括服务于单个或多个住户的非管网污水处理系统及其配套的输运环节。

本文件适用于采用多个分散式污水处理与再利用系统替代单一集中式污水处理厂的城镇或农村地区。同样，该方法也适用于工业水再利用系统，在大型工业园区可以考虑采用多个独立处理系统来代替单一集中式处理系统。

本文件的范围包括以下内容：

- c) 分散式污水处理与再利用系统分布程度的确定。
- d) 不同分布程度的污水管理系统生命周期成本构成，包括建设投资成本、运行成本和维护成本。
- e) 生命周期成本指标的计算步骤及相关考虑因素，包括成本分析期与利率、运行与维护、设备及部件更换、设备使用寿命、再生水价值以及副产品收入等。
- f) 结果报告所用指标体系的定义，包括单位成本、适用范围、成本分析期和利率等。

本文件不包括以下次要成本及其他考虑因素：

- a) 系统报废及最终处置的费用；
- b) 污水处理工艺选择与设计指导；
- c) 健康和可持续性（尽管在设计和决策中，健康和可持续性是主要的考虑因素）；
- d) 社会影响因素与/或环境风险及影响。

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。

ISO 20670 水再利用 术语（Water reuse — Vocabulary）

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

分布式污水处理系统 distributed system

位于不同地理位置的两个或多个污水处理厂，通过物理连接或统一管理方式与中央系统相连接而形成的系统。

注：参见《WEF Fact Sheet “分布式系统概述”》[WSEC-2019- FS-012]。

3.1.2

分布程度 degree of distribution

服务一定人口所需设置的污水处理厂数量。

注：分布程度高表示服务相同人口所需设置的污水处理厂数量较多；分布程度低表示服务相同人口所需设置的污水处理厂数量较少，最低可仅设1座集中式污水处理厂。

3.1.3

非管网污水处理系统 non-sewered system;NSS

未接入集中排水管网，能够收集、输送并完整处理其服务对象产生的污水，使处理产生的固体产物和/或出水能够安全再利用或处置的污水处理系统。

注：非管网污水处理系统也称为“就地污水处理系统”，参见ISO 24513: 2019, 3.5.16。

[来源：ISO 30500: 2018, 3.1.1.1, 有修改]

3.1.4

建设总成本 total installed cost

完成污水处理设施设计、设备制造、施工安装并形成固定资产所需的最终成本。

注：建设总成本包括人工成本和材料。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AOP: 高级氧化工艺 (advanced oxidation processes)

CI: 建设投资 (investment cost)

CM: 维护成本 (maintenance cost)

CN: 成本抵减 (negative cost)

CO: 运行成本 (operating cost)

CAPEX: 建设投资成本 (capital expenses)

IFAS: 固定生物膜-活性污泥集成工艺/泥膜复合工艺 (integrated fixed-film activated sludge)

MABR: 膜曝气生物膜反应器 (membrane aerated biofilm reactor)

MBBR: 移动床生物反应器 (moving bed biofilm reactor)

MBR: 膜生物反应器 (membrane bioreactor)

NPV: 净现值 (net present value)

OPEX: 运行成本 (operating expenses)

PE: 人口当量 (population equivalent)

PV: 现值 (present value)

RO: 反渗透 (reverse osmosis)

SBR: 序批式反应器 (sequencing batch reactor)

UASB: 上流式厌氧污泥床 (upflow anaerobic sludge blanket)

UV: 紫外 (辐照, 消毒方面的术语) (ultraviolet)

WRRF: 水资源回收设施 (water resource recovery facility)

4 规划和设计中不同分布程度的描述

分散式污水处理系统 (3.1.1) 与分布式污水处理系统 (见ISO 20670) 的区别在于, 分布式污水处理系统位于不同地理位置, 但通过物理连接或统一管理与中央系统相连接; 分散式污水处理系统虽然也可位于不同地理位置, 但不与中央系统进行物理连接, 也不受中央系统的统一管理。

分布程度 (3.1.2) 是指服务一定人口所需设置的污水处理厂数量。分布程度最高时, 可实现每户设置一套处理系统 (就地污水处理系统), 最低时, 一个城市、乡镇或村庄仅设置一座集中式污水处理

厂（集中式系统），也可介于两种情况之间，例如每条街道、每个住户群或每个排水流域各设置一套系统。污水可通过污水管网收集并输送至处理设施，也可在非管网污水处理系统中采用真空吸污车等机动车辆进行收集和运输。在制定污水处理与再利用规划时，合理确定所需污水处理系统的数量往往难度较大。在某些情况下，可通过对系统长期成本进行经济分析，为系统分布程度的确定提供决策依据。

与由多个分散处理单元构成的分布式污水处理系统相比，单座大型集中式污水处理厂的优势在于设备更具规模经济性，运行与维护成本更低。但分布式污水处理系统可通过降低污水与再生水输配管网、水泵的建设投资成本，以及泵送环节的运行能耗，抵消集中式处理的大部分优势。因此，分布式污水处理方案与集中式污水处理方案的整体成本效益因地区条件不同而存在差异，应通过成本分析进行比较，并据此作出合理的方案选择。

已有研究采用多场景计算机模拟方法对不同地形条件和不同人口密度下污水处理与再利用的单位成本进行了系统分析。结果表明，在农村等人口密度低的地区，无论是平原、丘陵还是山区，分布程度越高的方案，单位成本越低；而在郊区，最优方案则受地形条件影响较大；在平原地区，分布程度较低的方案具有较低的单位成本；而在山区，采用分布程度较高的方案则更具经济优势。

范阿弗等人以一个具体案例对比了两种不同分布程度的污水处理方案。其中分布式污水处理方案由9套分散式污水处理系统（图中以白色三角形配深色边框表示）和1座泵站组成，并由同一家运营单位统一管理。作为对比，集中式方案仅设置1座污水处理厂（图中以深色三角形表示），并配套6座泵站（图中以浅色矩形表示，并通过虚线连接），以及数公里长的污水主干管。

注：在一些小型农村社区，社区级分散式污水处理与再利用系统未配套污泥处理设施。在这种情况下，这些系统产生的污泥需收集后运送至集中式污水处理厂进行处理。

5 污水处理和再利用系统的通用要素

5.1 通则

在面向污水再利用或其他用途的污水管理系统规划过程中，需对各组成单元与子系统进行选择与设计，具体见5.2~5.5。对整个规划方案不同分布程度进行成本比较时，应将系统所有组成单元和子系统相关的全部成本纳入分析。

以下各条分别对这些组成单元和子系统的内容、性质及范围作简要说明。

5.2 收集系统

污水收集系统通常按照污水从产生源输送至最终去向的过程划分为若干级，相关划分见现有文献。本文件参照美国环境保护署（EPA）的术语，按照污水流向，从用户接户管至通往污水处理厂的截流干管或压力管道，对各级管道采用以下名称：

- a) 接户管；
- b) 支管；
- c) 主干管（干管）；
- d) 截流干管；
- e) 压力管道。

不同分布程度的系统，其污水收集系统可由上述全部或部分组成单元构成。例如，就地污水处理系统通常仅设接户管，用于将住宅产生的污水收集并输送至处理系统。

采用车辆收集和运输污水或污泥，可作为管道收集与输送系统的替代方案，尤其适用于非管网污水处理系统或就地污水处理系统。当部分或全部污水采用车辆运输方式收集和处置时，其相关费用应计入运行成本，而不计入建设投资成本。

5.3 输送设施

当污水无法依靠重力输送时，可在污水收集系统的中间段或末端设置污水提升泵站。污水提升泵站可采用多种设计形式，其典型组成主要包括：

- a) 格栅：防止水泵堵塞；
- b) 集水池或集水井：用于汇集污水，并提供运行容积和调蓄功能；
- c) 水泵：包括备用泵；
- d) 压力出水管道；
- e) 通风设施以及根据需要设置的除臭设施。

当受场地条件限制，无法采用重力污水收集系统时，真空收集系统可作为替代方案。真空污水收集管网依靠抽吸作用（负压）输送污水，整个过程分为以下三个主要阶段：

- a) 真空阀井：各住户或住宅产生的污水依靠重力流入真空阀井，当井内污水达到设定液位后，真空阀开启，在大气压力作用下，污水被输送至真空排水支管；
- b) 真空主管：由真空管道组成的管网，用于汇集各住户真空阀井中的污水，在真空阀井与真空站之间形成的压力差作用下，污水经真空主管输送至真空站；
- c) 真空站：为与之相连的真空管网提供负压，并将污水提升输送至污水处理厂。

需要重申的是，采用车辆收集和运输污水或污泥，在某些情况下可作为管道收集与输送系统的替代方案，尤其适用于非管网污水处理系统或就地污水处理系统。当部分或全部污水采用车辆收集和运输时，其相关费用应计入运行成本而不计入建设投资成本。

5.4 处理系统

污水处理厂（亦称污水资源回收设施，WRR包括为满足当地排放标准或再利用要求而设置的各项水处理工艺，通常由以下工艺单元（或工艺类别）组成，具体见下文及表C.1。

当不同规模的污水处理厂（如分散式污水处理厂与集中式污水处理厂）适用不同的出水要求时，各污水处理厂或规划方案应按照其适用的排放标准或再利用要求进行设计，并以最终报批设计方案作为成本分析依据。例如，在部分地区，用于林木灌溉的小型污水处理与再利用系统无需设置三级处理工艺，而大型污水处理厂则无论再利用用途如何均需设置三级处理工艺。因此，对于无需设置三级处理工艺的方案，在成本分析时可不计入三级处理工艺相关的建设和运行成本。

预处理：通过物理处理工艺去除可能对后续处理设施造成损害的杂质，并去除易于分离的污染物，以提高后续处理工艺的运行效率。预处理设施通常应根据污水日变化和季节性水量变化进行设计。预处理单元的成本计算应包括成本分析期内曝气、混合、药剂投加、污泥处理与处置等各项费用，无论其为持续发生、定期发生还是偶而发生。预处理工艺通常包括以下部分或全部主要处理单元：

- a) 格栅：用于去除污水中大颗粒悬浮物及较大杂物，栅渣通常作为垃圾进行处置。格栅分为人工清除格栅与机械清除格栅，根据栅条间隙大小可分为粗格栅和细格栅。工程中通常采用两级格栅，即先设置粗格栅，再设置细格栅；
- b) 除砂除油装置：用于去除污水中的砂粒、砾石以及油脂等污染物；
- c) 调节池：用于均衡污水流量和有机负荷，降低后续处理单元的设计规模和建设成本，并使后续处理单元保持稳定的进水负荷。应注意，规模较小的污水收集系统，其峰值流量与平均流量的比值通常高于规模较大的污水收集系统。

一级处理：在沉淀池（塘）中利用重力作用去除污水中的部分悬浮固体。一级处理产生的污泥量应纳入污泥处理成本计算；若一级处理过程中投加化学药剂，相应的药剂费用应计入污水处理厂运行成本。

二级处理：采用生物处理工艺，并通过二沉池或膜分离等方式实现泥水分离。二级处理工艺通常包括悬浮生长工艺（如活性污泥法、SBR或MBR）、生物膜处理工艺，或两者的组合工艺，如MBBR、IFAS、

MABR或滴滤池。二级处理既可采用上述强化生物处理工艺,也可采用人工湿地(包括潮汐流人工湿地)、曝气塘或稳定塘等自然生态处理工艺。二级处理运行成本包括:

- a) 鼓风机、曝气器或其他曝气方式的用电费用;
- b) 污泥回流、池内循环及其他泵送作业的用电费用;
- c) 混合、搅拌、刮泥及其他类似机电设备的用电费用;
- d) 用于混凝及其他工艺目的的化学药剂费用;
- e) 紫外灯、膜组件、水泵等使用寿命(摊销期)短于生命周期成本分析期的设备或部件更换费用;
- f) 运行、维护、检测分析等人工费用;
- g) 其他与二级处理直接相关的费用项目。

在某些情况下,二级处理后需进行过滤和(或)消毒处理,以进一步去除悬浮固体和磷、降低浊度,并减少微生物或病原体。

- a) 过滤工艺根据设计所选设备的不同,可能需要泵送、反冲洗、投加化学药剂进行混凝或清洗,以及空气擦洗(气洗)等操作。相应的运行成本包括水泵和鼓风机的电耗,以及混凝或清洗所需的化学药剂费用。
- b) 化学消毒通常采用氯或含氯消毒剂、臭氧或过氧化氢。相应的运行成本包括消毒剂费用或氧化剂制备所需的电耗。例如,当采用臭氧消毒,且臭氧发生器的氧源为变压吸附制氧系统时,应将臭氧发生器和变压吸附制氧系统的电耗一并计入消毒成本。
- c) 或者,根据设计选用紫外消毒时,其主要运行成本为电耗。

深度处理(有时也称为四级处理):三级处理后的后续处理工艺,通常包括反渗透(RO)和(或)高级氧化工艺(AOP)。

- a) RO本质上是一种用于去除溶解性盐类的膜分离工艺,同时也可去除病毒、细菌和微污染物。其主要运行成本包括高压泵运行电耗、日常加药和定期清洗所需的药剂费用,以及膜组件和其他部件的更换费用。
- b) AOP目前主要采用强化氧化过程,例如臭氧氧化与紫外照射组合工艺。其运行成本取决于设计所选工艺,主要包括化学药剂费用和(或)电耗,以及部件更换费用。

污泥管理:包括污泥处理与处置,是指对一级处理和(或)二级处理产生的污泥进行处理和处置的全部工艺及相关活动。根据设计要求,污泥管理可包括污泥稳定、污泥脱水等处理工艺,也可直接将污泥运至厂外其他处理设施进行处理。

- a) 污泥处理通常需要一定的处理成本,其主要目的是减少最终需要处置的污泥的体积,从而降低后续处置成本。例如,污泥管理可采用将污泥暂存后定期运至厂外其他处理设施进行处理的方式,但该方式运输和处置成本较高;也可通过浓缩、稳定和脱水等工艺对污泥进行减量处理,从而降低后续处理要求。污泥处理通常采用多阶段处理工艺,一般包括浓缩、稳定和脱水:
 - 1) 污泥浓缩可采用重力浓缩或机械浓缩方式;
 - 2) 污泥稳定可采用好氧消化、厌氧消化或化学稳定化等处理工艺。好氧消化的主要运行成本为曝气所需电耗,而厌氧消化的主要运行成本通常包括人工费用和维护费用(包括部件更换费用)。沼气、电力或蒸汽销售收入可用于抵减运行成本。化学稳定是将浓缩污泥与石灰等化学药剂混合,通常还会添加其他惰性粉状材料,上述两类物料的费用通常均计入运行成本;
 - 3) 污泥脱水可采用离心机、带式压滤机或多盘螺旋脱水机等机电设备进行。脱水一般需要投加电解质和高分子絮凝剂,以实现混凝和絮凝。因此,脱水环节的运行成本应包括设备运行电耗和化学药剂费用。此外,污泥脱水通常还需投入较高的运行管理人工费用和维护费用(包括部件更换费用),上述费用均应计入运行成本。污泥脱水过程中通常会产生脱水

滤液（侧流）。脱水滤液（侧流）的处理费用均应计入污泥脱水运行成本，例如，为去除磷或鸟粪石而投加的化学药剂费用，以及采用厌氧氨氧化等生物处理工艺的费用。

- b) 经稳定和脱水后的污泥可进行最终处置，也可采用热处理、堆肥等工艺或其他处理方式进一步提高污泥品质，以满足更高要求。经进一步处理后，污泥最终处置费用可能降低，甚至转化为收入。为获得较高品质污泥所需增加的能源和化学药剂费用，应计入运行成本。此外，污泥最终处置费用或资源化利用收益，应按照第 6 章的规定纳入成本分析。

注1：紫外灯、膜组件和水泵部件的更换费用见第6章。

注2：系统各组成部分均会产生维护成本。

处理工艺单元及其相应成本项目的汇总见附录 C 和表 C.1。

5.5 再生水管理

水再生利用系统可包括再生水的输送与储存设施，如调蓄设施、泵站、再生水输配管道（国际上通常称为“紫色”管道）以及季节性调蓄水库等。

成本分析应涵盖规划范围内水再生利用系统各组成部分的相关成本，包括水泵运行能耗、化学药剂投加费用和（或）调蓄水池（库）曝气能耗。

6 经济生命周期成本分析计算应考虑的成本项目

6.1 通则

输配水管网各组成部分均应同时考虑其运行成本（OPEX）和建设投资成本（CAPEX）。

6.2 建设投资成本（C，CAPEX）成本项目

6.2.1 通用要求

原则上，不同分布程度方案中各成本项目投资成本的估算依据应保持一致。例如，对于管道等项目，所有参比方案应采用相同的价格表进行估算；也可对同一项目采用统一的单位工程量单价进行计算。以管道为例，可采用按单位长度和单位管径确定的综合单价[如元/（m·mm）]作为计价依据。

各分布程度方案的总建设投资成本为该方案所包含各组成部分（或成本项目）投资成本的总和，如公式（1）所示：

$$C_I = \sum_i C_{I,i} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

C_I ——总建设投资成本，单位为元；

$C_{I,i}$ ——第 i 项的建设投资成本，单位为元；

i ——成本项目类别，取 A、B、C、D、E 或 F，分别对应 6.2.2～6.2.7。

6.2.2 污水收集管道成本， $C_{I,A}$

规划方案的成本应包括污水收集管网各级管道的全部建设投资，包括自污水产生点（或住户）接出的接户支管，以及逐级汇流形成的更大口径、数量更少的收集管道，直至污水处理设施。

在比较两个或多个规划方案时，可不计入各方案中相同管网部分的成本。例如，对第4章所述两种方案进行比较时，若两种方案在分散式处理设施之前的管网部分完全相同，则成本比较仅需考虑自分散式处理设施所在位置起的管道投资，即两种方案共有的管道部分可不纳入比较范围。

污水收集管道的建设总成本应计入 $C_{1,A}$ 。若项目无需铺设污水收集管道，例如采用非管网污水处理系统或就地污水处理系统，则污水收集管道的建设总成本为零。

6.2.3 泵站成本, $C_{1,B}$

泵站成本应包括与泵站建设相关的全部土建工程及配套基础设施费用，如混凝土构筑物、围栏以及供电接入等。泵站成本可根据具体工程进行估算，也可采用公开发布的成本估算模型或专有成本估算模型进行计算，但所有对比方案均应采用统一的成本估算方法。若项目无需设置泵站，例如采用分散式污水处理系统或就地污水处理系统，则泵站成本为零。

6.2.4 污水处理厂成本, $C_{1,C}$

完整污水处理厂建设总成本的估算应以一定深度的工艺设计为基础，以确定处理工艺类型及其主要处理单元。为进行成本比较，不同规模污水处理厂的成本可采用下列任一方法进行估算，但各分布程度方案均应采用统一的成本估算方法：

- 采用承包商或设备供应商提供的报价或价格表（通常需先完成设备选型与规格确定）；
- 基于规模相近污水处理厂的已知造价，采用规模放大法进行估算，例如采用容量比指数法；
- 采用公开发布或专有的成本估算模型进行估算，例如附录 B 所示的方法；有关模型的详细信息可参见其引用文献，但是否采用公开发布或专有的成本估算模型，应由具备专业知识的人员根据其对于具体工程适用性的判断确定。

小型就地污水处理厂与大型集中式污水处理厂的出水水质要求和预期再利用用途可能存在差异。处理系统设计时可结合上述条件进行综合考虑，并根据不同分布程度选择相应的处理工艺和技术。

在某些情况下，靠近污水产生源的小型就地污水处理厂需要实施景观绿化或其他配套建设工程。该项强制性要求所产生的费用在小型就地污水处理系统与大型远距离污水处理系统之间可能存在差异，应计入 $C_{1,C}$ 中。

6.2.5 再生水输配管道成本, $C_{1,D}$

不同分布程度方案的再生水输配方式可能存在差异。规划方案应明确再生水利用去向，并确定再生水输配管道或排放管道的工程量。

再生水输配管道成本 $C_{1,D}$ 应按建设总成本进行计算。不同分布程度方案的比较应遵循相同的成本估算原则，并宜采用相同的计价依据或数据来源。

因产权归属或属于其他单位工作范围等原因，再生水输配系统不属于本规划范围的，可不纳入成本估算。

6.2.6 再生水输送泵站成本, $C_{1,E}$

再生水输送泵站成本应包括所有相关土建工程及配套基础设施的建设总成本，如混凝土构筑物、围栏和电力接入工程等。

再生水输送泵站成本可采用分项详细估算，也可采用公开发布或专有的成本估算模型进行估算。无论采用何种方法，所有参与比较的各分布程度方案均应采用统一的成本估算方法。

若再生水输送泵站不属于本规划范围，则可不纳入成本估算。

6.2.7 再生水调蓄设施成本, $C_{1,F}$

若再生水调蓄设施属于本规划范围，其成本应计入建设投资总成本（CAPEX）。调蓄设施规模应与再生水利用目的及利用去向相匹配，不同分布程度方案的调蓄设施规模可不相同。土地费用可纳入成本估算，但宜以实际发生的土地费用为依据，而不宜采用土地的潜在价值。

成本可采用分项详细估算，也可采用公开发布或专有的成本估算模型进行估算。

6.3 运行成本 (C₀, OPEX) 项目

6.3.1 通用要求

已有公开发布的运行成本估算模型可供采用（见表B.1），该类模型通常通过一个公式综合考虑本条所列的全部成本项目。采用该类模型时，参与比较的所有不同分布程度方案均应统一采用同一模型。该类模型可直接计算运行成本C₀。

当运行成本估算模型不适用或无法获得时，应按照本条规定分别计算各项运行成本C_{0,i}，运行成本总额按公式（2）计算：

$$C_0 = \sum_i C_{0,i} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

C₀ ——总运行成本，单位为元；

C_{0,i} ——第 i 项的运行成本，单位为元；

i ——成本项目类别，取 A、B、C、D、E 或 F，分别对应 6.3.2~6.3.7。

注：运行成本（C₀）通常以单位处理水量表示，并与实际处理水量直接相关 [如元/m³]；其费用在成本分析期内逐年发生。建设投资成本则属于一次性支出，通常以单位处理能力表示 [如元/（m³/d）]。关于将分期发生的费用折算为现值并以一次性支出形式表示，以及将一次性支出折算为分期费用的计算方法，见第7章。

6.3.2 电力成本，C_{0,A}

污水泵送的电力消耗通常应根据各条压力污水管道的输送距离及扬程（水头或排出压力）进行估算。

污水处理厂的电力消耗可根据公开发布或专有的各类处理工艺单位能耗数据进行估算，单位为 kWh/m³。不同规划方案采用的处理工艺可有所不同，但用于确定单位能耗的估算方法及单位电价应在所有参与比较的方案中保持一致。

再生水输配系统属于参与比较的规划方案范围内时，其电力消耗可根据各条再生水输配管道的输送距离及扬程（水头或排出压力）进行估算。

年度电力成本通常按以下步骤计算：

- a) 确定规划方案的总功率，单位为 kW；
- b) 确定单位电价，单位为元/kWh；
- c) 将规划方案的总功率乘以单位电价，计算单位时间的电力成本（相当于现金流），如元/h；
- d) 将现金流折算至与摊销期一致的时间尺度，如元/年，即将单位时间电力成本（如元/乘以年运行时间（如 h/a））。

6.3.3 人工成本，C_{0,B}

人工成本应计入运行成本。通常需要人工完成取样、分析、测量、数据收集与记录、报告编制、工艺运行条件调整以及现场清洁等工作。泵站运行所需的人工成本应计入规划方案的人工成本。

注：不同运行复杂程度和不同规划方案通常对运行人员的技能水平和管理投入要求不同，这可体现为不同的小时人工成本以及不同规划方案每月所需人工工时的差异。

年度人工成本通常按以下步骤计算：

- a) 估算运行人员和技术人员每周或每月所需工时，并折算为年度工时；
- b) 确定各类人员的小时人工费率，或采用所有人员类别的平均小时人工费率；
- c) 将年度工时与小时人工费率相乘，计算年度人工成本。

6.3.4 药剂成本, $C_{0,c}$

整个规划方案各运行环节所使用的全部药剂费用应计入运行成本。药剂主要用于污水处理设施中的混凝、絮凝、除磷、消毒以及膜和过滤设施的清洗。在处理塘和稳定塘等处理设施中,有时还需投加药剂控制藻类。

药剂成本应按公式(3)和公式(4)计算:

$$C_i = c_i \times Q_i \dots\dots\dots (3)$$

式中:

C_i ——第*i*种药剂的年费用,如元/a;

c_i ——第*i*种药剂的单位价格,如元/kg;

Q_i ——第*i*种药剂的年用量,如kg/a。

$$C_{0,c} = \sum_i C_i \dots\dots\dots (4)$$

式中:

C_i ——第*i*种药剂的年费用,如元/a;

$C_{0,c}$ ——为年药剂成本,单位为元/a。

牺牲电极(如电絮凝系统中的电极)可视为一种持续消耗并需定期采购的药剂,其成本可参照批量采购药剂的方式计入药剂成本($C_{0,c}$)。或者,也可将牺牲电极视为更换部件,将其成本计入维护成本(C_M)。

6.3.5 污泥处置成本, $C_{0,d}$

污泥或垃圾等废弃物需付费处置时,其处置费用应计入运行成本中的 $C_{0,d}$ 。污泥通常产生于给水和污水处理过程中。为满足相应的污泥分类要求或处置要求并减少污泥量,可对污泥进行不同程度的处理,而处理程度通常会影响到许多地区的污泥处置费用。污泥处理过程中产生的电力、药剂和人工等成本,应分别计入相应成本项目,与规划方案其他部分统一核算;而 $C_{0,d}$ 仅包括污泥最终处置费用,也称为“处置费”。

6.3.6 服务成本, $C_{0,e}$

未计入人工成本或其他运行成本项目(C_o)的常规服务,如水样采集与分析、垃圾清运、清洁、安全检查、技术咨询和软件许可等,通常也属于运行工作的组成部分。所有此类项目的预算费用均应计入 $C_{0,e}$ 。

6.3.7 其他成本, $C_{0,f}$

保险费、法律服务费及会计服务费通常不计入运行成本(OPEX)。但规划人员可根据实际需要决定是否将上述费用计入运行成本;若计入,则所有规划方案均应采用一致的核算原则。

属于规划方案范围内且已纳入预算,但不属于本条中各类成本项目的其他经常性费用,应计入 $C_{0,f}$ 。

注:在许多情况下,位于住宅区或商业区内,或邻近住宅区、商业区的分散式污水处理系统通常需要配套实施绿化与景观建设,其相关费用也应计入 $C_{0,f}$ 。

6.4 维护成本(C_M)项目

维护成本(C_M)的估算通常比建设投资成本(CAPEX)和运行成本(OPEX)具有更大的不确定性,因为设备可能发生非预期故障,且发生时间具有不确定性。然而,依托污水管理与再利用相关工艺的长期

运行经验，可使维护成本估算具有可靠性。维护成本（ C_M ）中应计入不可预见费；在比较不同分布程度规划方案时，各方案应采用统一的不可预见费计取依据。

C_M 应包括以下内容：

- a) 机械、电气及电子设备（如水泵、鼓风机和测量仪器等）的更换或维修；
- b) 土建工程维修费用；
- c) 库存备品备件费用；
- d) 人工、材料及外部服务费用；
- e) 按规定开展的定期检验费用。

表B.1所列运行维护成本（ C_0+C_M ）经验估算公式可用于管网各组成部分的成本估算。

C_M 可按设备成本的一定比例估算，并适用于规划方案的各组成部分。对于采用该估算方法的组成部分，在比较不同分布程度规划方案时，所有方案均应采用相同的估算方法。

C_M 最准确的估算方法是依据部件更换计划逐项计价，并计入不可预见费。若无法获得上述信息，可按设备成本（ C_p ）的一定比例估算 C_M ，如下例所示：

- a) 土建工程：每年按 C_1 的 0.5%~2.0% 计取；
- b) 土建工程翻修：每年按 C_1 的 2.0%~4.0% 计取；
- c) 机械设备：每年按 C_1 的 2.0%~6.0% 计取；
- d) 电气及电子设备：每年按 C_1 的 2.0%~6.0% 计取。

6.5 收入（ C_w ）：成本抵减项

6.5.1 通用要求

水再生利用通常伴随着资源回收，其中水是可回收资源之一，在某些情况下还可回收能源、化学品等其他资源。若规划将回收资源对外销售，其销售收入应计入生命周期净成本。将该部分收入纳入生命周期成本分析十分重要，因为从生命周期净成本角度看，配置资源回收设施的规划方案可能具有经济可行性。

6.5.2 再生水销售收入， I_w

再生水销售收入按公式（5）计算：

$$I_w = Q_w \times P_w \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- I_w ——再生水销售年收入，如元/a；
- Q_w ——再生水年销售量，如 m^3/a ；
- P_w ——再生水单位体积销售价格，如元/ m^3 。

6.5.3 沼气及其产品销售收入， I_g

沼气以及利用沼气产生的电力、热能销售收入（ I_g ）可按公式（6）计算：

$$I_g = P_g \times f \times Q_g \dots\dots\dots (6)$$

式中：

- I_g ——沼气资源产品销售收入，如元/a；
- P_g ——资源产品销售单价，例如单位电能、单位热能、单位体积沼气或单位体积净化沼气的销售价格；

Q_G ——沼气年产量, m^3/a ;

f ——沼气转化为拟销售资源产品的换算系数, 按公式(7)计算:

$$f = \frac{Q_R}{Q_G} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

f ——沼气转化为拟销售资源产品的换算系数

Q_R ——由沼气转化产生的拟销售资源产品的年产量, 单位为 m^3/a ;

Q_G ——沼气年产量, 单位为 m^3/a 。

6.5.4 资源回收产品销售收入, I_s

稳定化污泥或氮、磷、鸟粪石等其他回收营养物质的年销售收入, 应按公式(8)计算:

$$I_{s,i} = P_{s,i} \times Q_{s,i} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$I_{s,i}$ ——资源回收产品 i 的年销售收入, 如元/ a ;

$Q_{s,i}$ ——资源回收产品 i 的年产量, 如 t/a ;

$P_{s,i}$ ——资源回收产品 i 的单位销售价格, 如元/ t 。

资源回收产品销售总收入应按公式(9)计算:

$$I_s = \sum_i I_{s,i} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

I_s ——资源回收产品年销售总收入, 单位为元/ a ;

$I_{s,i}$ ——资源回收产品 i 的年销售收入, 单位为元/ a 。

6.5.5 其他收入, I_o

除6.5.2、6.5.3和6.5.4规定的收入外, 规划中其他所有具有持续性的收入均应作为其他收入计入。常见案例包括接收奶牛场或其他食品饮料生产企业产生的废弃物进行处理, 并按接收批次收取处理费用。其他收入应按公式(10)和公式(11)计算:

$$I_{o,i} = P_{o,i} \times Q_{o,i} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

$I_{o,i}$ ——第 i 项其他收入来源的年收入, 如元/ a ;

$Q_{o,i}$ ——第 i 项其他收入来源对应的年业务量, 如车次/ a ;

$P_{o,i}$ ——第 i 项其他收入来源对应的单位收费标准, 如元/车次;

$$I_o = \sum_i I_{o,i} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

I_o ——所有其他收入来源的年收入总额, 如元/ a ;

$I_{o,i}$ ——第 i 项其他收入来源的年收入, 如元/ a 。

7 成本计算、成本折算与结果汇总

7.1 通则

6.2给出了总建设投资成本C的定义和计算方法, 6.3、6.4和6.5分别给出了年运行成本 C_0 、年维护成本 C_M 以及年收入 C_N 的定义和计算方法。上述各项数值最终按7.3的方法汇总, 形成生命周期成本分析结果。本条所述计算步骤的示例见附录A表A.1。

根据分析需要或结果表达要求, 规划总成本可采用下列两种方式表示:

- a) 净现值 (NPV)。以成本分析期内建设投资成本和生命周期净成本摊销值之和表示, 单位为货币, 如元。采用净现值表示成本的计算方法见 7.2。
- b) 单位成本。将年运行成本 C_0 、年维护成本 C_M 和年收入 C_N 汇总形成年度净成本, 并与建设投资年摊销额之和, 除以年服务单位数, 结果以单位成本表示, 如元/ m^3 或元/PE。采用单位成本表示成本的计算方法见 7.3。

7.2 各项成本折算为现值

各规划方案净现值 (NPV) 的计算应按以下步骤进行。所有经常性费用 (成本) 和收入 (收益) 均按年度进行折算 (按年计)。

- a) 将所有年度经常性成本和收入相加, 即 $C_0+C_M+C_N$, 得到年度净运行成本 OPEX (C_A)。
- b) 为按固定利率将成本分析期内的现金流折算为现值, 可采用电子表格软件中的 PV 函数, 或按公式 (12) 计算:

$$C_{A,PV} = C_A \times \left[\frac{1-(1+r)^{-n}}{r} \right] \dots\dots\dots (12)$$

式中:

$C_{A,PV}$ ——现金流的现值, 单位为元;

C_A ——年支付额或年度净成本, 等于 $C_0+C_M+C_N$, 元/a;

r ——年利率;

n ——成本分析期的年数, a。

- c) 将全部成本现金流的现值($C_{A,PV}$)与建设投资成本 C_I 相加, 得到规划方案的总现值, 如公式(13)所示:

$$X = C_{A,PV} + C_I \dots\dots\dots (13)$$

式中:

X ——规划方案总净现值, 单位为元;

$C_{A,PV}$ ——现金流的现值, 单位为元;

C_I ——建设投资成本, 单位为元。

参与比较的各规划方案 (各分布程度) 均应按照上述步骤进行计算, 并采用相同的利率和成本分析期。

7.3 各项成本折算为单位成本

单位总成本应按以下步骤计算:

- a) 选定摊销期 (成本分析期) 和利率, 将建设投资成本 C_I 折算为年值;
- b) 采用电子表格软件中的等额支付函数 (如“PMT”函数) 计算建设投资成本的年摊销值, 或按公式 (14) 计算:

$$Y = C_I \times \left[\frac{r}{1-(1+r)^{-n}} \right] \dots\dots\dots (14)$$

式中：

Y ——建设投资成本 C_I 的年摊销值，单位为元/a；

C_I ——公式（1）中定义并计算的建设投资成本，单位为元；

r ——年利率；

n ——规划分析年限，单位为a。

- c) 将建设投资成本等额年值 Y 与年度净成本 C_A 相加，得到总年度成本（ Z ）；
- d) 计算成本折算基准数量（ N_u ），通常采用年处理水量或人口当量（PE）；
- e) 用总年成本（ Z ）除以所选的成本折算基准数量（ N_u ），计算单位成本（ C_u ），如公式（15）所示：

$$C_u = \frac{Z}{N_u} \dots\dots\dots (15)$$

式中：

C_u ——单位成本，如元/m³；

Z ——总年度成本，为建设投资成本年摊销值 Y 与年度净成本 C_A 之和，单位为元/a；

N_u ——确定的成本折算基准数量，例如m³水或人口当量（PE）。

参与比较的各规划方案（不同分布程度）均应按上述步骤进行计算，并采用相同的利率和成本分析期。

8 经济生命周期分析计算结果报告

成本计算结果均受所选摊销期（成本分析期）和摊销利率的影响。这些参数会影响建设投资成本（CAPEX）与运行成本（OPEX）的相对占比。

各分布程度方案的计算结果均应采用统一方式表示，即以净现值（NPV）或相同摊销期（成本分析期）下的单位成本表示。

报告折算成本时，应同时报告折旧或摊销计算中采用的折旧期或摊销期，以及相应的利率，具体如下：

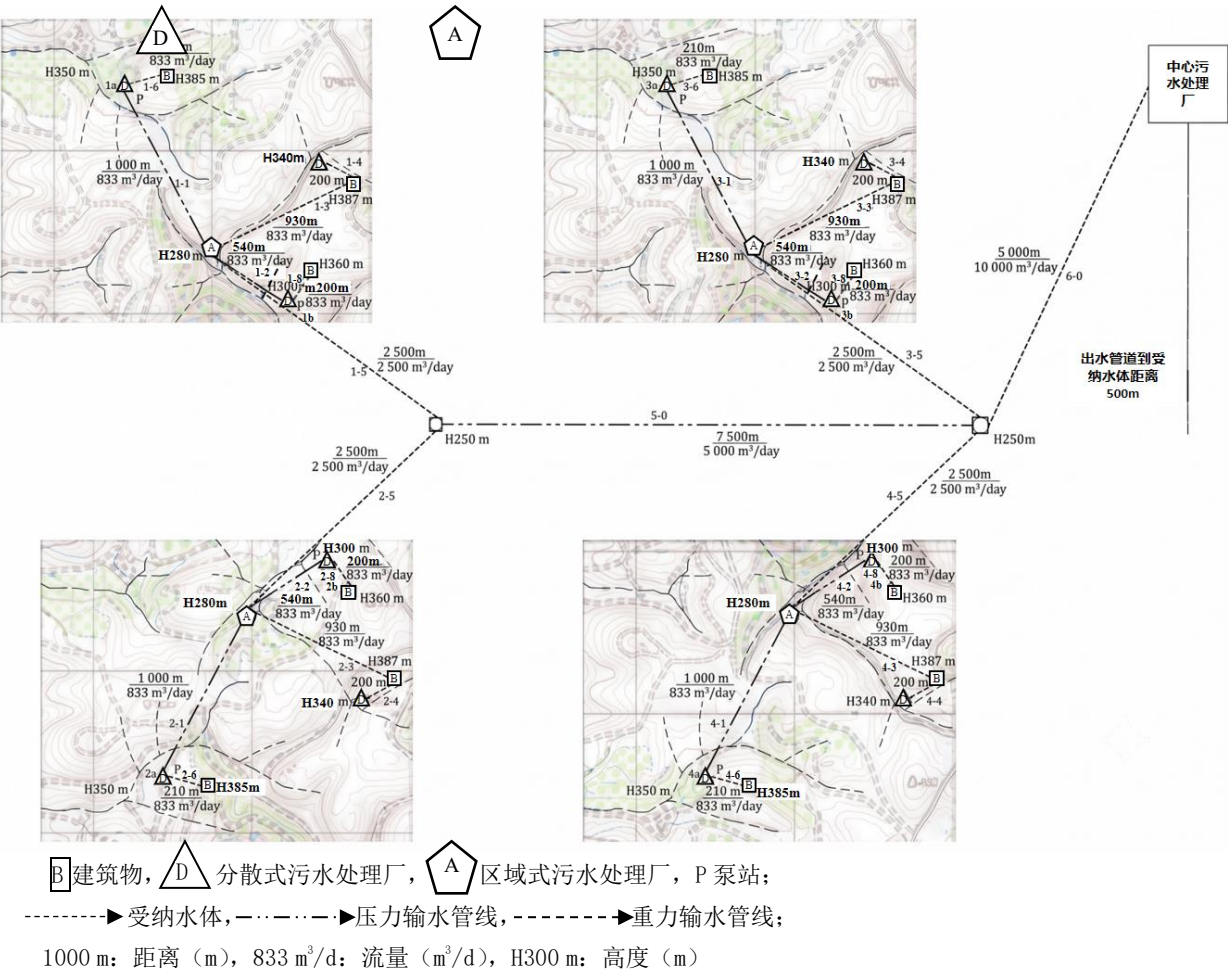
- a) 总净现值（ Z ），单位为元；或单位成本（ C_u ），单位为元/单位；
- b) 设计、成本分析与摊销采用的期限（ n ），单位为a；
- c) 摊销采用的利率（ r ）。

附 录 A
(资料性)
成本计算示例

表A.1中的计算结果与图A.1所示的规划一致。

表A.1 成本计算示例

名称	场景1	场景2	场景3	场景4	计算依据及指标
污水处理厂数量	1	4	12	2500	—
每个厂的流量, m^3/d	10000	2500	833	4	总流量除以污水处理厂的数量
$C_{I,A}$ -收集系统	4967918	1026691	112878	0	计价依据: 611元/ m (管径)/ m (长度), 不包括重力支管
$C_{I,B}$ -泵站	1125611	521571	0	0	基于水泵功率的泵站成本估算模型
$C_{I,C}$ -处理厂	5732257	7315151	9574923	57299528	已公开发表的CASI成本估算模型 ^a
$C_{I,D}$ -排水管道	225801	195549	84658	0	与污水管道相同
$C_{I,E}$ -排水泵	383013	0	0	0	与污水泵站相同
C_{IF} -水库	0	0	0	0	直接排放至环境水体
C_I (现值)	12434600	9058963	9772459	57299528	$C_{I,i}$ 之和
$C_{0,A}$ -用电成本	300853	31612	0	0	依据各水泵计算功率, 电价按0.12元/ kWh
$C_{0,B}$ -人工成本	0	0	0	0	所有管道和泵送设施的维护成本均已计入 C_m
$C_{0,C}$ -药剂成本	0	0	0	0	包含在 $C_{0,F}$ 中
$C_{0,D}$ -污泥处置成本	0	0	0	0	包含在 $C_{0,F}$ 中
$C_{0,E}$ -服务成本	0	0	0	0	包含在 $C_{0,F}$ 中
$C_{0,F}$ 其他	280793	331390	386117	1223773	采用已公开发表的MBR成本估算模型计算结果的一半
C_0 元/年	581646	363002	386117	1223773	$C_{0,i}$ 之和
C_M 元/年	125266	36141	2469	0	按设备投资的4%/年, 土建工程投资的1.25%/年计
年度支付总现值PV	8809693	4974204	4842645	15250913	利率5%, 成本分析期20年
规划方案总现值PV	21244292	14033166	14615104	72550441	—
建设投资成本等额 年值	997784	726915	784167	4597862	利率5%, 成本分析期20年
注1: 规划设计流量为10000 m^3/d 。					
注2: 除非另有说明, 否则所有成本均以人民币元计。					



图A.1 成本计算参考系统布置方案

附 录 B
(资料性)

处理厂中不同工艺单元的 CAPEX 和 OPEX 的相关性

出水再利用的处理厂中不同工艺单元的CAPEX和OPEX的相关性见表B. 1。

表B. 1 出水再利用的处理厂中不同工艺单元的 CAPEX 和 OPEX 的相关性

水再利用技术	投资费用	年运行费和维护费
活性污泥	$\log(y)=0.256\times(\log(X))^{1.556}+4.545$	—
膜生物反应器	$\log(y)=0.569\times(\log(X))^{1.135}+4.605$	$\log(y)=0.639\times(\log(X))^{1.143}+2.633$
混凝和絮凝	$\log(y)=0.222\times(\log(X))^{1.516}+3.071$	$\log(y)=0.347\times(\log(X))^{1.448}+2.726$
RO	$\log(y)=0.966\times(\log(X))^{0.929}+3.082$	$\log(y)=0.534\times(\log(X))^{1.253}+2.786$
超滤	$\log(y)=1.003\times(\log(X))^{0.830}+3.832$	$\log(y)=1.828\times(\log(X))^{0.988}+1.876$
过氧苯甲酰（矿化）	$\log(y)=0.405\times(\log(X))^{1.428}+4.528$	$\log(y)=0.845\times(\log(X))^{1.057}+2.606$
颗粒活性炭	$\log(y)=0.722\times(\log(X))^{1.023}+3.443$	$\log(y)=1.669\times(\log(X))^{0.559}+2.371$
注1：X:处理规模，单位为m ³ /d。 注2：Y:成本，单位为元。		

附 录 C
(资料性)

处理工艺单元及相关费用项目总结

处理工艺单元及相关费用项目总结见表C. 1。

表C. 1 处理工艺单元及相关费用项目总结

处理步骤	设备	相关的运行及维护成本
预处理	格栅 沉砂池 除油池 调节池	机械设备用电成本 废物、砂石、油脂的处置成本 常规清洁的人工成本
一级处理	沉淀池、沉淀塘、伊姆霍夫池、化粪池	化学药剂、电力，清掏成本
二级处理	悬浮生长工艺：活性污泥、SBR、MBR 自然生态处理工艺：人工湿地、潮汐流人工湿地、曝气塘、氧化塘系统、稳定塘 固液分离：二沉池、MBR、沉淀塘 附着生长工艺：MBBR、IFAS、MABR、滴滤池 厌氧生物处理：厌氧折流板反应器、厌氧滤池、UASB、厌氧塘	曝气、泵送、混合的用电成本 药剂成本 曝气、泵送用电成本 电、泵送成本 用电成本 沼气处理成本
过滤和消毒	过滤 化学消毒，例如氯及其衍生物、臭氧、过氧化氢 紫外照射	用于泵送和反冲洗的用电成本 药剂成本 电力、零件更换成本
深度处理	RO AOP	用于泵送和反冲洗的用电成本 药剂、零件更换成本
污泥处理	污泥浓缩 污泥稳定：厌氧消化、好氧消化、化学调理 机械脱水：离心脱水机、带式压滤机、板框压滤机、多盘螺旋脱水机 侧流（浓缩液）处理 自然脱水：种植干化床、非种植干化床、太阳能干化 热干化	机械设备用电成本 药剂成本 运行、维护和清洁的人工成本 干化器用电成本

参 考 文 献

- [1] Englehardt J.D., Wu T., Tchobanoglous G. Urban net-zero water treatment and mineralization: Experiments, modeling and design. *Water Res.* 2013, 47(13), pp. 4680-4691
- [2] Van Afferden M., Cardona J.A., Muller R.A., Lee M.Y., A. Subah. A new approach to implementing decentralized wastewater treatment concepts. *Water Sci. Technol.* 2015, 72(11), pp. 1923-1930
- [3] Guo T. and J.D. Englehardt. Principles for scaling of distributed direct potable water reuse systems: A modeling study. *Water Res.* 2015, 75, pp. 146-163
- [4] Opher, T., Friedler, E. Comparative LCA of decentralized wastewater treatment alternatives for non-potable urban reuse. *J. Environ. Manage.* 182, pp. 464-476, 2016
- [5] ISO 23056, Water reuse in urban areas—Guidelines for decentralized/onsite water reuse system—Design principles of a decentralized/onsite system
- [6] Distributed Systems Overview, Fact Sheet Series, Water Environment Federation, Water Science & Engineering Center, WSEC-2019-FS-012. Available from: <https://www.wef.org/globalassets/assets-wef/3---resources/topics/a-n/distributed-systems/technical-resources/wsec-2019-fs-012-wef-wrf-distributed-systems-overview.pdf>
- [7] ISO 24513:2019, Service activities relating to drinking water supply, wastewater and stormwater systems — Vocabulary
- [8] ISO 30500:2018, Non-sewered sanitation systems—Prefabricated integrated treatment units—General safety and performance requirements for design and testing
- [9] Guo, T., Englehardt, J.D., Wu, T. Review of cost versus scale: water and wastewater treatment and reuse processes. *Water Science & Technology.* 69(2), 2014
- [10] Van Afferden, M., Cardona, J. A., Lee, M-Y., Subah, A., Muller, R. A. A new approach to implementing decentralized wastewater treatment concepts. *Water Sci. Technol.* 2015, 72(11)
- [11] Basic Wastewater Collection Systems. Minnesota Pollution Control Agency & Rick Arbor Associates, 1995. Available from: <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/wq-wwtp8-26.pdf>
- [12] Optimizing Operation, Maintenance, and Rehabilitation of Sanitary Sewer Collection Systems. New England Interstate Water Pollution Control Commission, December 2003. Available from: <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/sso-optimizing-toc.pdf>
- [13] Collection Systems Technology Fact Sheet: Sewers, Lift Station. EPA 832-F-00-073 September 2000. Available from: <https://www3.epa.gov/npdes/pubs/sewers-lift-station.pdf>
- [14] “Manual on Sewerage and Sewage Treatment Systems Part B Operation & Maintenance-2013”, by Central Public Health & Environmental Engineering Organisation (CPHEEO) of the Ministry of Housing and Urban Affairs, Government of India. Available from: <http://cpheeo.gov.in/upload/uploadfiles/files/operation-chapter3.pdf>
- [15] “Overview of a vacuum sewer system”. RoeVac Vacuum Sewer System, Roediger 2007. Available from: <https://sswm.info/water-nutrient-cycle/wastewater-collection/hardwares/sewers/vacuum-sewers>

[16] "Marika Mäkinen Operation of Vacuum Sewer System-Case Ondangwa, Namibia". Tampere University of Technology, Master of Science Thesis, May 2016. Available from: <https://pdfs.semanticscholar.org/925c/4b619ffdc48744c131fb58685e72506f986d.pdf>

[17] Joanne, E. D ., Frank, S. Water and Wastewater Treatment: A Guide for the Non Engineering Professionals. 1st Edition, CRC press, 2015

[18] Perry, R. H., Green, D. W. Perry's Handbook for Chemical Engineers, 7th edition. 1997. Available from: <https://imtk.ui.ac.id/wp-content/uploads/2014/02/perrys-handbook-LENGKAP.pdf>

[19] Renan Barroso Soares, Marina Santos Memelli, Regiane Pereira Roque, Ricardo Franci Goncalves. Comparative Analysis of the Energy Consumption of Different Wastewater Treatment Plants, (Table 2). International Journal of Architecture, Arts and Applications. 3(6), pp. 79–86, 2017

[20] Wendland A. Emwater e-learning course. Lesson C2-Operation costs of wastewater treatment plants. Available from: https://cgi.tu-harburg.de/~awwwweb/wbt/emwater/documents/lesson_c2.pdf

[21] Economic valuation of wastewater: The cost of action and the cost of no action. United Nations environment programme, 2015. Available from: <https://www.unep.org/resources/report/economic-valuation-wastewater-cost-action-and-cost-no-action>

《分散式污水处理与再利用规划成本分析通则与指南》国家标准（征求意见稿）

编制说明

一、工作简况

1. 任务来源

本标准由全国水再利用标准化技术委员会（SAC/TC618）提出并归口，由青岛理工大学、中国标准化研究院等单位负责组织起草。

标准立项信息如下：

项目编号：20256291-T-469

项目名称：分散式污水处理与再利用规划成本分析通则与指南

制、修订：制定

主管部门：国家标准委

归口单位：全国水再利用标准化技术委员会（SAC/TC618）

起草单位：青岛理工大学、中国标准化研究院、光大环境科技（中国）有限公司、光大水务（深圳）有限公司、西安建筑科技大学、内蒙古农业大学、中国市政工程中南设计研究总院有限公司、青岛水务集团环境能源有限公司、上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司、喀什大学、浙江省水利河口研究院（浙江省海洋规划设计研究院）、南京大学宜兴环保研究院、深圳市海川实业股份有限公司。

2. 制定背景

1.2.1 政策背景

近年来，我国生态文明建设进入以降碳减污协同增效、资源循环利用和高质量发展为主要特征的新阶段。污水处理行业的发展目标已由早期以污染物达标排放为核心，逐步转向污染控制、资源回收、能源利用、碳减排和系统韧性提升协同推进。在这一背景下，污水处理系统规划不仅需要满足环境质量改善目标，还需要兼顾建设投资、运行成本、资源利用效率及全生命周期经济性，建立科学、统一的规划成本分析方法已成为行业发展的迫切需求。

2021 年，国家发展改革委等部门联合印发《关于推进污水资源化利用的指导意见》，明确提出应将污水资源化利用作为缓解水资源短缺、改善水生态环境、推动绿色低碳发展的重要举措，统筹推进区域污水处理设施布局和再生水利用体系建设，提高污水资源化利用水平。该文件强调，应根据区域特点合理选择集中式、分散式及组合式处理模式，提高投资效益和运行效率。这一要求意味着污水处理设施规划必须从单一工程建设转向系统优化，需要统一的规划成本分析技术支撑不同处理模式的科学比选。

《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》进一步提出，到规划期末应基本形成系统、安全、环保、经济的城镇污水资源化利用体系，推进污水处理设施补短板、强弱项和提质增效，提升再生水利用水平。在规划实施过程中，不同地区由于人口密度、地形条件、管网基础及水资源需求存在显著差异，集中式与分散式系统各具优势，规划阶段必须综合比较建设投资、运行维护、更新改造及资源回收收益，仅依据一次性建设投资已难以支撑科学决策，因此迫切需要建立

覆盖全生命周期的成本评价方法。

《国家节水行动方案》《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》等文件均提出，要加快非常规水资源开发利用，提高再生水配置比例，推动形成节水型生产生活方式。随着再生水利用规模不断扩大，污水处理系统已逐渐成为城市水循环的重要组成部分，其规划方案不仅影响工程投资和运行成本，还直接关系到区域水资源配置效率和可持续发展能力。因此，规划阶段采用统一、规范的成本分析方法，对于提高工程方案的经济合理性和资源配置效率具有重要意义。

与此同时，国家“双碳”战略对污水处理行业提出了新的要求。《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》以及《2030 年前碳达峰行动方案》明确提出，要推动基础设施绿色低碳转型，提高资源能源利用效率。污水处理设施作为典型的高能耗基础设施，其建设模式、处理规模、输配系统及运行方式均会影响能源消耗和温室气体排放。生命周期成本分析不仅能够评价经济成本，还能够为后续开展生命周期碳排放评价和综合效益评价提供基础数据，因此逐渐成为国际水务行业规划评价的重要工具。

此外，《国家标准化发展纲要》提出，要积极采用国际标准，提高国际标准转化率，推动标准体系与国际接轨。ISO 24575:2023 作为国际标准化组织首次针对不同分布程度污水处理与再利用系统规划成本分析制定的国际标准，建立了统一的生命周期成本分析框架和评价原则。等同采用该国际标准制定国家标准，不仅有助于完善我国水

再利用标准体系，也有利于促进国际先进理念与我国工程实践深度融合，提高我国污水处理规划设计和工程咨询工作的规范化、科学化和国际化水平。

综上，在国家生态文明建设、污水资源化利用、节水优先、双碳战略和标准国际化等多重政策驱动下，建立适用于不同分布程度污水处理与再利用系统的规划成本分析国家标准，不仅是落实国家重大政策部署的重要举措，也是支撑行业高质量发展、提升规划决策科学性、完善我国水再利用标准体系的重要基础。

1.2.2 技术背景

近年来，我国城镇污水处理能力持续提升，污水处理行业已由以污染物达标排放为核心目标，逐步转向资源化利用、能源回收、减污降碳协同增效和系统韧性提升并重的发展阶段。随着城市更新、乡村振兴和区域协调发展战略的实施，不同地区的人口密度、土地资源、水资源条件及基础设施水平存在显著差异，单一集中式污水处理模式已难以满足所有地区的发展需求。集中式、分散式以及不同分布程度的组合模式逐渐成为国际水务领域的发展趋势。因此，规划阶段需要综合考虑工程建设、运行维护、资源回收、管网输配、更新改造及长期运营等因素，对不同系统进行系统比较，而不仅仅依据一次性建设投资进行决策。

分散式污水处理系统具有管网投资较低、建设周期短、运行灵活、便于再生水就地利用等特点，在农村地区、城乡结合部、旅游景区、工业园区及新区开发中得到广泛应用。与此同时，集中式系统在规模

效益、专业化运行及管理水平方面具有明显优势。不同分布程度系统不存在绝对优劣，其经济合理性取决于人口分布、地形条件、输水距离、水资源需求及运行管理模式等多种因素。因此，规划阶段必须建立统一、可比的成本分析框架，以避免仅依据建设投资或单位运行费用进行方案选择而导致决策偏差。

生命周期成本分析（Life Cycle Cost Analysis, LCCA）是国际工程经济领域广泛采用的评价方法，其核心思想是在统一系统边界和分析周期条件下，对建设、运行维护、更新改造、报废处置及残值等全过程成本进行综合评价。与传统静态投资比较相比，LCCA 能够全面反映不同方案在整个生命周期内的经济性，为工程规划和投资决策提供更加科学的依据。近年来，LCCA 已广泛应用于供水、污水处理、固体废物处理及基础设施规划等领域，并逐渐成为国际水务行业推荐采用的规划评价方法。

目前我国污水处理工程可行性研究和规划设计中，成本分析主要依据工程概预算、财务评价及经验指标开展，不同地区、不同设计单位在系统边界、CAPEX 与 OPEX 构成、折现率、分析周期、更新费用及结果表达等方面采用的方法存在明显差异，导致不同规划方案之间缺乏可比性。同时，现有工程评价标准更多关注工艺设计、排放要求和运行管理，对规划阶段生命周期成本分析缺少统一规定，难以满足分散式污水处理与再利用系统规划比选需求。

ISO 24575:2023 首次针对不同分布程度污水处理与再利用系统提出了完整的规划成本分析框架，明确了系统边界、成本构成、分析

周期、折现方法及结果表达原则，并通过典型案例说明不同分布程度系统的经济比较方法。该标准的发布，为国际范围内统一规划成本分析方法提供了重要依据。等同采用 ISO 24575 制定国家标准，有助于将国际先进理念与我国工程实践相结合，建立统一、规范、可比的生命周期成本分析方法，提高规划设计成果质量，支撑政府投资决策和行业高质量发展。

本标准重点解决四个方面的关键技术问题：一是统一不同分布程度污水处理与再利用系统的成本分析边界；二是统一资本性支出（CAPEX）和运行维护费用（OPEX）的构成及计算原则；三是统一生命周期成本分析参数、折现率及结果表达方法，提高不同方案之间的可比性；四是建立适用于规划阶段的标准化成本分析流程，为不同区域污水处理模式优选提供技术支撑。上述问题的解决，将填补我国分散式污水处理规划成本分析标准空白，为后续开展经济评价、资源环境综合评价及生命周期碳排放评价奠定基础。

1.2.3 国内外标准体系背景

近年来，国际标准化组织（ISO）逐步建立了覆盖供水、排水、污水处理、再生水利用及非管网污水处理系统等领域的水服务（Water Services）标准体系。该体系不仅关注处理工艺和设施建设，更强调规划决策、运行管理、资源利用、经济评价及可持续发展，为不同国家开展水务基础设施规划和运行提供了统一技术框架。其中，ISO/TC 224（水服务技术委员会）围绕饮用水供应、污水处理及再生水利用，陆续发布了 ISO 24510、ISO 24511、ISO 24512、ISO 24513、ISO

20670 及 ISO 24575 等系列标准，逐步形成覆盖规划、建设、运行和评价全过程的国际标准体系。

ISO 24575:2023 《Guidelines for planning cost analysis of decentralized wastewater treatment and reuse systems》是 ISO/TC 224 发布的规划评价类标准，主要针对不同分布程度污水处理与再利用系统规划阶段的生命周期成本分析。与 ISO 24513 主要关注非集中式污水处理系统运行管理不同，ISO 24575 重点解决规划阶段如何统一成本边界、统一生命周期成本分析方法及统一结果表达的问题，为集中式、分散式及介于两者之间不同系统的方案比选提供经济评价依据，是 ISO 水服务标准体系中连接工程规划与经济评价的重要组成部分。

ISO 24575 与 ISO 24513、ISO 20670 等标准之间具有良好的衔接关系。ISO 20670 提出了分布式污水处理系统（Distributed systems）的基本概念及分类，为不同分布程度系统描述提供基础；ISO 24513 规定了非集中式污水处理系统的运行管理要求，为系统运行评价提供依据；ISO 24575 则进一步建立生命周期成本分析方法，实现技术方案与经济评价相结合，形成规划—设计—运行全过程标准体系。因此，本标准等同采用 ISO 24575，有利于保持与国际标准体系的一致性。

近年来，我国围绕城镇污水处理、再生水利用、农村生活污水治理及工程设计建立了较为完善的标准体系，涵盖污水处理厂设计、再生水水质、运行管理、农村污水治理及相关工程建设等内容。然而，

现有标准主要聚焦工艺设计、建设要求、水质控制和运行管理，对规划阶段不同分布程度污水处理系统生命周期成本分析缺乏统一规定。目前工程实践中成本分析主要依据项目可行性研究及工程经济评价方法开展，不同地区和不同设计单位采用的成本边界、折现率、分析周期及费用构成存在明显差异，导致评价结果缺乏统一性和可比性。

本标准等同采用 ISO 24575:2023，重点建立适用于我国不同分布程度污水处理与再利用系统规划阶段的生命周期成本分析技术框架，填补我国在该领域国家标准的空白。本标准与现行污水处理、水回用及工程经济相关标准相互衔接、互为补充，不替代现有工艺设计和运行管理标准，而是为规划阶段开展方案比选、投资决策、成本分析及经济评价提供统一技术依据。标准实施后，将进一步完善我国水再利用标准体系，提升规划设计工作的科学化、规范化和国际化水平，为政府主管部门、规划设计单位、咨询机构和工程建设运营单位开展规划决策提供标准支撑。

3. 起草过程

（1）预研阶段

2025 年 9 月-12 月，青岛理工大学、中国标准化研究院等单位通过资料梳理分析、调研等方式开展相关研究论证，成立编制组，按照《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1-2020）和《标准化工作导则 第 2 部分：以 ISO/IEC 标准化文件为基础的标准化文件起草规则》（GB/T 1.2-2020）要求，起草标准草案，并开展标准立项准备工作。

（2）立项阶段

2025 年 12 月，国家标准化管理委员会标准项目立项申请通过。

（3）标准起草阶段

2026 年 6 月 12 日，以线下线上相结合的形式在青岛召开标准专家咨询会，编制组成员代表、全国水再利用标准化技术委员会（SAC/TC618）专家和再生水、市政给排水、标准化等领域相关专家参加，针对标准条款和核心技术内容讨论。

2026 年 6 月至 2026 年 7 月，编制组结合前期调研情况和专家意见，完成标准初稿修改编制工作，形成标准征求意见稿。

4. 协作起草单位及起草人所做的工作

标准主要起草人：毕学军、张蕊、程丽华、苏龙强、陈荣、朱霞、张玉博、古创、杨平、贺珊珊、耿金菊、杨耀天、黄开、刘振、姚水萍、马晓妍、孔芹、陈方方、陈显峰、陆佳怡、杨莹莹、张燕、刘晓民。

主要起草单位：青岛理工大学、浙江省水利河口研究院（浙江省海洋规划设计研究院）、中国标准化研究院、光大水务（深圳）有限公司、内蒙古农业大学、西安建筑科技大学、中国市政工程中南设计研究总院有限公司、青岛水务集团环境能源有限公司、南京大学宜兴环保研究院、光大环境科技（中国）有限公司、上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司、深圳市海川实业股份有限公司、喀什大学。

本标准各主要起草单位立足自身专业领域与业务优势，各司其职、协同配合、聚力推进，共同完成标准编制全流程各项工作任务，各单

位具体工作如表 1 所示。

表 1 参编单位具体工作分工

序号	起草单位	单位类型	核心职责
1	青岛理工大学	科研机构	统筹协调起草组各项工作，制定起草工作计划，组织召开起草工作会议；牵头完成标准总体框架搭建、国际标准内容转化及全文整合；负责意见征集、汇总处理及标准修改完善工作；牵头编制标准编制说明、意见汇总处理表等相关材料；对接主管单位、技术委员会，汇报工作进展，协调解决起草过程中的重大问题；负责标准报批相关材料的整理、报送工作；对标准全文进行统稿、定稿和质量审核。具体负责第 1 章“范围”；第 2 章“规范性引用文件”；第 3 章“术语和定义及缩略语”；第 8 章；全文统稿与质量审核。
2	浙江省水利河口研究院（浙江省海洋规划设计研究院）	科研机构	负责第 4 章文本的校核和修改，参与标准编制组研讨会、专家论证会，提供案例、数据等，对标准内容提出意见及建议。
3	中国标准化研究院	科研机构	与青岛理工大学联合主持标准组织工作，包括统筹协调起草组各项工作，制定起草工作计划，组织召开起草工作会议；牵头完成标准总体框架搭建、国际标准内容转化及全文整合；负责意见征集、汇总处理及标准修改完善工作；牵头编制标准编制说明、意见汇总处理表等相关材料；对接主管单位、技术委员会，汇报工作进展，协调解决起草过程中的重大问题；负责标准报批相关材料的整理、报送工作。
4	光大水务（深圳）有限公司	企业	负责第 5 章文本的校核和修改，参与标准编制组研讨会、专家论证会，提供案例、数据等，对标准内容提出意见及建议，协助完成标准编制说明中相关内容的撰写。
5	内蒙古农业大学	科研机构	负责第 6 章中 6.1 和 6.5 节文本的校核和修改，参与标准编制组研讨会、专家论证会，对标准内容提出意见及建议，协助完成标准编制说明中相关内容的撰写。

序号	起草单位	单位类型	核心职责
6	西安建筑科技大学	科研机构	协助第 6 章技术内容翻译、语言润色与表述规范化工作；协助开展意见征集工作，反馈相关单位意见；协助完成标准编制说明中相关内容的撰写。
7	中国市政工程中南设计研究总院有限公司	企业	参与生命周期成本、折现率、净现值、敏感性分析、结果表达及报告指标体系的论证；对术语、公式、变量符号、单位和结果报告要求进行技术审核；对标准内容提出意见及建议。
8	青岛水务集团环境能源有限公司	企业	提供不同分布程度下污水收集管网、泵站、处理厂、回用输配及储水设施等工程投资测算方法和案例；参与 CAPEX 核算边界、单位成本参数和工程估算方法的论证。
9	南京大学宜兴环保研究院	科研机构	参与第 7 章和第 8 章文本的校核和修改，参与标准编制组研讨会、专家论证会，对标准内容提出意见及建议，协助完成标准编制说明中相关内容的撰写。
10	光大环境科技（中国）有限公司	企业	提供分散式或集中式污水处理与回用系统运行维护数据；参与电耗、人工、药剂、污泥处置、服务费、维护费等 OPEX 和 CM 指标的适用性验证；提供回用水销售、资源回收收益等收入项核算建议；协助开展工程适用性分析。
11	上海市政工程设计研究总院（集团）有限公司	企业	提供不同工艺单元、设备系统及模块化处理装置的投资、运行、维护和更新周期等技术经济数据；参与处理工艺单元及费用项目分类的核对；协助开展典型应用场景的数据支撑和意见反馈。
12	深圳市海川实业股份有限公司	企业	提供不同工艺单元、设备系统及模块化处理装置的投资、运行、维护和更新周期等技术经济数据；参与处理工艺单元及费用项目分类的核对；协助开展典型应用场景的数据支撑和意见反馈。
13	喀什大学	科研机构	协助核对附录成本计算示例和相关性公式，协助附录 A—附录 C 技术内容翻译、语言润色与表述规范化工作，协助开展意见征集工作，反馈相关单位意见。

二、国家标准编制原则、主要内容及其确定依据，修订国家标准时，还包括修订前后技术内容的对比

1. 编制原则

本标准按照 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》和 GB/T 1.2—2020《标准化工作导则 第2部分：以 ISO/IEC 标准化文件为基础的标准化文件起草规则》的规定起草。本标准应具有科学性、先进性、系统性和可行性，同时标准要具有普适性、操作性、规范性。

2. 标准确定依据

主要依据《关于推进污水资源化利用的指导意见》（发改环资〔2021〕13号）、《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》（发改环资〔2021〕827号）、《国家节水行动方案》（发改环资〔2019〕695号）、《国家标准化发展纲要》、《减污降碳协同增效实施方案》《中共中央、国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》等制度文件以及《城市污水再生利用 城市杂用水水质》、《城市污水再生利用 工业用水水质》等国家标准。

3. 标准主要内容与技术指标的确立

1. 范围

本标准给出了完整污水处理系统（包括收集、处理以及（可选）再利用环节）生命周期成本定量分析的一般原则，并提供相关指南。本标准充分考虑了不同分布程度的应用场景，包括服务于单个或多个

住户的非管网系统及其配套的输运环节。

本标准适用于采用多个分散式污水处理与再利用系统替代单一集中式污水处理厂的城市或农村地区。同样，该方法也适用于工业水再利用系统，在大型工业园区可以考虑采用多个独立处理系统来代替单一集中式处理系统。

2. 规范性引用文件

下列文件在正文中以引用的方式出现，其部分或全部内容构成本标准的要求。凡是注明日期的引用文件，仅适用所引用的版本。凡是不注日期的引用文件，则适用其最新版本（包括所有修改版）。

ISO 20670, 水再利用术语

3. 术语和定义及缩略语

本章节术语和定义参考了相关国家标准，针对术语进行了翻译，具体如下：

(1) distributed system: 本标准中统一翻译为分布式系统。

(2) degree of distribution: 本标准中统一翻译为分布程度。

(3) non-sewered system(NSS): 本标准中统一翻译为非下水道系统 (NSS)。

(4) total installed cost: 本标准中统一翻译为总安装成本。

本章节给出了本标准中采用的缩略语：包括 AOP (advanced oxidation processes) 高级氧化工艺、CI (investment cost) 投资成本、CM (maintenance cost) 维护成本、CN (negative cost) 成本抵减、CO (operating cost) 运行成本、CAPEX (capital expenses)

投资费用、IFAS 固定生物膜-活性污泥集成工艺(也称泥膜复合工艺)、MABR 膜曝气生物膜反应器、MBBR 移动床生物反应器、MBR 膜生物反应器、NPV(net present value)净现值、OPEX(operating expenses)运营费用、PE(population equivalent)人口当量、PV(present value)现值、RO(reverse osmosis)反渗透、SBR(sequencing batch reactor)序批式反应器、UASB(upflow anaerobic sludge blanket)上流式厌氧污泥床、UV(ultraviolet)紫外(辐照,消毒方面的术语)、WRRF(water resource recovery facility)水资源回收设施。

4. 规划和设计中不同分布程度的描述

本章给出了分散式污水处理系统与分布式污水处理系统的区别,明确了分布程度的概念。

5. 污水处理和再利用系统的通用要素

本章规定了不同分布程度污水处理与再利用系统规划过程中应纳入生命周期成本分析的各类系统组成及成本边界,对污水收集、输送、处理、污泥管理及再利用等全过程进行了统一描述,为不同规划方案建立一致的成本分析对象和成本核算边界提供了依据,是本标准开展生命周期成本分析的重要基础。

条文 5.1 通则

规定了污水处理与再利用系统规划过程中成本分析的总体原则,明确不同分布程度系统进行规划成本比较时,应将系统涉及的全部组成单元和子系统纳入生命周期成本分析范围,并对各组成单元的内容、性质及适用范围进行了总体说明,为后续各组成部分的成本分析提供

统一的技术基础。

条文 5.2 收集系统

规定了污水收集系统的组成及适用范围，明确污水收集系统可由接户支管、支管、干管、截流主干管和压力主干管等不同组成部分构成，并结合不同分布程度系统的特点，说明原位处理系统、非下水道系统等可采用不同形式的污水收集方式。同时规定，当采用车辆收集和运输污水或污泥替代管网输送时，其费用应作为运行维护费用计入生命周期成本，而不计入建设投资。

条文 5.3 输送设施

规定了污水输送设施的组成及成本分析要求，明确污水提升泵站、压力输送系统及真空排水系统等均属于污水输送设施的重要组成部分，并分别说明其主要设备构成及适用条件。同时进一步明确，采用车辆运输替代管道输送时，应按照运行维护费用进行核算，统一不同输送方式的成本统计原则。

条文 5.4 处理

规定了污水处理设施的组成及各处理单元的成本分析要求，明确生命周期成本分析应覆盖污水处理全过程，包括：预处理、一级处理、二级处理、三级处理（过滤、消毒）、深度处理（如 RO、AOP）、污泥处理与处置。

同时规定，不同规模、不同用途污水处理系统应按照其适用的排放标准或再利用要求确定处理工艺，不应统一采用相同处理等级进行成本比较，从而保证规划成本分析建立在满足实际工程要求的基础上。

本条进一步明确了各处理单元运行维护费用的组成,包括能源消耗、药剂消耗、人工、设备维修、更换及检测分析等费用,并规定所有在生命周期内发生的更新、更换及维护费用均应纳入成本分析范围。

对于污泥管理,本条统一规定污泥浓缩、稳定化、脱水、最终处置及资源化利用等全过程均应纳入生命周期成本分析,同时规定资源化利用产生的收益可作为运营费用抵扣项进行计算,以更加客观反映不同方案的经济性。

条文 5.5 水再利用

规定了水再利用系统的组成及成本分析要求,明确再利用系统应包括再生水输送、储存及配水等全部设施,相关建设投资和运行维护费用均应纳入生命周期成本分析范围。运行费用主要包括输配泵站运行能耗、化学药剂投加、水体曝气及其他保障再生水输送和储存所需的费用,从而实现污水处理与再利用全过程成本的完整核算。

6 经济生命周期分析计算中需要考虑的费用项目

本章给出了经济生命周期分析中应考虑的主要费用项目及其核算原则,明确了投资费用、运营费用、维护费用和收入的构成、分类方法及计算要求,为不同分布程度污水处理与再利用规划方案开展统一、完整和可比的生命周期成本核算提供依据。

条文 6.1 投资费用

条文 6.1 给出了投资费用的构成及核算方法,规定各规划方案应采用一致的估价基础和定价原则,并明确总投资费用由各分项投资费用汇总确定。条文分别对污水收集管道、污水泵站、处理厂、处理后

出水配水管道、出水泵站和处理水储存设施等投资项目进行了规定，明确了各类设施的成本边界、估算方法和纳入条件。

条文 6.1.1 通用要求：给出了投资费用核算的通用要求，规定不同分布程度规划方案的投资成本应采用一致的估算基础和定价原则，并通过汇总各组成部分或分项投资费用确定方案总投资成本，以统一投资费用核算口径，保证不同规划方案成本比较的公平性和可比性。

条文 6.1.2 污水收集管道成本，CI, A: 规定污水收集管道投资应覆盖各层级收集管道，并允许在多方案比较时扣除共有管网部分。

条文 6.1.3 泵站投资，CI, B: 规定污水泵站投资应包括土建、基础设施和电力接入等费用。

条文 6.1.4 处理厂投资，CI, C: 规定处理厂投资应以一定深度的工艺设计为基础，并可采用供应商报价、已建工程造价放大或公开关联模型等方法估算，但不同方案应采用一致的方法。

条文 6.1.5 出水配水管道投资，CI, D: 规定处理后出水配水管道的投资核算要求。

条文 6.1.6 出水泵站的投資，CI, E: 规定处理后出水泵站的投資核算要求。

条文 6.1.7 处理水水池投资，CI, F: 规定处理水储存设施的投资核算要求。

条文 6.2 运营费用

给出了运营费用的构成及计算原则，明确当已有适用的成本关联模型时，可采用统一公式估算总运营费用；当缺乏适用模型时，应分

别核算各项运营费用并汇总。条文将运营费用划分为电费、人工费、药剂费、污泥处置费、服务费和其他经常性费用，明确各项费用的计算依据、时间尺度和归类方法。

条文 6.2.1 通用要求：规定了运营费用核算的通用要求，明确不同分布程度规划方案应采用统一且适用的运营费用估算方法；在具备适用于所有比选方案的成本关联数据时，可直接估算总运营费用，否则应对各分项运营费用分别核算并汇总。同时，明确运营费用与投资费用的计量方式和时间属性，为后续费用等值转换及生命周期成本分析提供基础。

条文 6.2.2 电费，CO, A：规定电费应根据泵送距离、水头、处理工艺单位能耗和年运行时间等参数计算。

条文 6.2.3 人工费，CO, B：规定人工费应根据不同岗位的工作时间和人工单价核算。

条文 6.2.4 药剂费，CO, C：规定药剂费按药剂单位价格和年用量计算，并明确电絮凝牺牲电极可根据实际情况归入药剂费或维护费。

条文 6.2.5 污泥处置费，CO, D：规定污泥处置费仅核算最终处置环节的费用，污泥处理过程中的电力、药剂和人工费用分别计入相应成本项目。

条文 6.2.6 服务费，CO, E 和 6.2.7 其他，CO, F 分别规定外部服务及其他经常性费用的核算原则。

条文 6.3 维护费

给出了维护费用的构成及估算方法，明确维护费用应包括机械、

电气和电子设备维修或更换、土建维修、备用零件、人工材料、外部服务及定期检查等费用。条文指出，维护费用可通过详细更换计划和意外开支准备金进行核算；在缺乏详细资料时，也可按照土建、机械设备及电气电子设备投资的一定比例估算，但不同规划方案应采用一致的方法。

条文 6.4 收入

给出了资源回收收入的核算原则，明确再生水、沼气及其转化产品、稳定化污泥、氨、磷、鸟粪石等回收产品以及其他经常性收入均应纳入净生命周期成本分析。条文分别规定了再利用水销售收入、沼气及其产品收入、回收产品销售收入和其他收入的计算方法，用于反映资源化利用对规划方案净成本的抵减作用。

条文 6.4.1 通用要求：规定了收入核算的通用要求，明确再利用水以及系统回收的能源、化学品等资源产生的销售收入应纳入净生命周期成本分析，以全面反映资源回收收益对生命周期净成本及规划方案经济可行性的影响。

条文 6.4.2 再利用水的销售收入， I_w ：规定了再利用水销售收入的核算方法，明确根据再利用水年销售量和单位销售价格计算年销售收入，以量化水资源回收产生的经济收益，为净生命周期成本计算提供依据。

条文 6.4.3 沼气及其产品收入， I_G ：规定了沼气及其产品销售收入的核算方法，明确根据沼气年产量、资源单位售价和资源转化系数计算沼气或其转化产生的电力、热能等产品的年销售收入，以量化沼

气资源回收产生的经济收益，为净生命周期成本计算提供依据。

条文 6.4.4 销售回收产品所得收入， I_s ：规定了回收产品销售收入的核算方法，明确根据稳定化污泥以及氨、磷、鸟粪石等各类回收产品的年产量和单位售价计算单项产品年销售收入，并汇总确定回收产品年总销售收入，以量化物质资源回收产生的经济收益，为净生命周期成本计算提供依据。

条文 6.4.5 其他收入， I_o ：规定了其他收入的核算方法，明确除再利用水、沼气及其产品和回收产品销售收入外，规划涉及的其他经常性收入应根据各收入来源的年业务量和单位价格计算单项年收入，并汇总确定其他来源的年总收入，以全面核算规划方案产生的其他经济收益，为净生命周期成本计算提供依据。

7. 成本计算、因素分析和结果整合

本章规定了成本计算、费用整合及结果表达方法，明确将投资成本、运营成本、维护成本和收入进行统一折算与综合计算，并采用净现值或单位成本两种方式表征规划方案的总成本。

8 经济寿命周期分析计算结果报告

本章规定了经济生命周期分析计算结果的报告要求，明确不同分布程度规划方案应采用统一的结果表达方式，以净现值或相同摊销期限下的单位成本表示成本分析结果，并报告总净现值、计算期限和利率等关键参数，以统一结果报告口径，降低计算期限和利率差异对方案比较的影响，保证不同规划方案成本分析结果的一致性和可比性。

附录 A 设置从单一集中式处理设施到大量小规模原位或分散式

处理设施的不同分布程度场景，在保持系统总设计流量一致的前提下，通过改变处理设施数量、单厂规模及污水收集输送方式，反映系统分布程度变化引起的管网投资、泵送费用与处理设施规模经济之间的成本权衡关系，验证了本标准成本分析框架用于不同分布程度规划方案经济比较的适用性。

附录 B 给出了水再利用处理厂不同工艺单元处理规模与投资费用、年运行和维护费用之间的成本相关关系，涵盖活性污泥、膜生物反应器、混凝和絮凝、反渗透、超滤、高级氧化及颗粒活性炭等典型处理技术。

附录 C 给出了处理工艺单元及其相关费用项目的汇总，按照预处理、一级处理、二级处理、过滤和消毒、深度处理及污泥处理等主要处理环节，列举了各环节典型处理设施和工艺技术，并对应给出了电力、化学药剂、废物及污泥处置、人工、设备部件更换和其他运行维护费用项目，为不同规划方案识别处理工艺相关成本、统一费用核算边界和完整归集运营维护费用提供参考。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

本标准对政府主管部门、规划设计单位、工程咨询机构、建设运营单位等组织开展规划、建设及运行管理等活动具有重要指导意义。经济效益、社会效益和生态效益显著。

本标准建立在 ISO 24575:2023 生命周期成本分析理论基础上，以工程规划阶段已有的基础资料为主要数据来源，包括服务人口、污

水产生量、管网长度、处理规模、建设投资、设备更新周期、运行成本、能源消耗、药剂消耗及再生水利用规模等，无需新增专门监测设备或建立新的数据采集系统，所需参数均可通过规划设计文件、工程概算、可行性研究报告、运营统计资料及工程经验数据获得，具有较好的工程适用性。标准统一规定了系统边界、资本性支出（CAPEX）、运行成本（OPEX）、分析周期、折现率及生命周期成本计算方法，并通过资料性附录提供典型计算示例和参数建议，有助于降低不同地区、不同单位开展规划成本分析的技术门槛，提高生命周期成本分析结果的一致性和可比性。

经济方面，本标准不涉及新增工程建设内容，也不要求增加固定资产投资，实施成本主要来源于规划阶段数据整理和成本分析工作，增加的技术成本较低。相比传统规划方法，本标准能够更加准确识别不同规划方案的长期成本构成，避免因仅关注初期建设投资而导致运行成本偏高、管网投资过大或资源利用效率不足等问题，从而优化投资决策，降低项目全生命周期综合成本。同时，统一的评价方法能够减少不同规划方案反复论证、重复计算及第三方咨询评价工作，提高规划设计效率，降低管理成本，具有良好的经济可行性。

经济效益方面，本标准建立统一的生命周期成本分析方法，有助于科学比较不同分布程度分散式污水处理与再利用系统的经济合理性，提高规划投资决策的科学性。通过统一成本分析边界、折现参数及结果表达方式，可避免不同规划方案因评价方法差异导致的经济性偏差，提高工程投资效益。

标准实施后，可指导规划设计单位优化污水处理设施布局，合理确定处理规模和系统分布程度，减少不合理管网建设和重复投资，提高基础设施建设资金使用效率；同时，通过全生命周期成本分析，可提前识别运行维护成本较高的关键环节，优化设备配置和工艺选择，降低长期运行成本，提高工程全寿命周期投资效益。

社会效益方面，本标准填补了我国不同分布程度分散式污水处理与再利用系统规划成本分析国家标准的空白，进一步完善了我国水再利用标准体系，为政府主管部门开展污水处理设施规划、项目审批及投资决策提供统一技术依据。本标准的实施将推动生命周期成本分析理念在污水处理行业的推广应用，提高规划设计人员、工程咨询人员及运营管理人员的全过程成本管理意识，促进规划设计由单纯工程建设向全生命周期管理转变，进一步提升我国污水处理行业规划设计和工程管理水平。

生态效益方面，本标准以生命周期成本分析为基础，引导规划阶段综合考虑工程建设、运行维护、资源利用及长期运行成本，有利于优化污水处理设施布局，提高再生水资源利用效率，促进污水处理系统绿色低碳发展。通过科学选择不同分布程度污水处理模式，可有效减少长距离污水输送、降低管网建设规模和运行能耗，减少能源消耗及温室气体排放，提高资源配置效率。

同时，本标准能够为后续开展生命周期碳排放评价、资源环境综合评价及减污降碳协同评价提供统一的数据基础和评价框架，有助于推动污水处理行业由污染治理向资源循环利用和绿色低碳发展转型，

实现经济效益、环境效益和社会效益协调统一，为落实国家节水战略、污水资源化利用战略和“双碳”目标提供标准化技术支撑。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

本标准等同采用 ISO 24575:2023 General principles and guidelines for cost analysis in planning of decentralized wastewater treatment and /or reuse（分散式污水处理与再利用规划成本分析通则与指南）。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

本标准等同采用 ISO 24575:2023 General principles and guidelines for cost analysis in planning of decentralized wastewater treatment and /or reuse（分散式污水处理与再利用规划成本分析通则与指南）。总体保留了国际标准关于不同分布程度、污水处理与再利用系统组成、生命周期成本成本项目、成本计算与结果整合以及计算结果报告等核心技术内容和技术方法。

在国际标准转化过程中，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》的规定及我国国家标准编写要求，对文件结构、条款层级和编号进行了编辑性调整；结合我国污水处理、再生水利用及工程经济分析领域的专业术语和工程实践，对部分术语、设备名称、工艺名称及成本类别进行了规范化表述；在不改变国际标准技术原意的基础上，对部分英文长句和解释性内容进

行了中文化重述和逻辑梳理,以提高标准的可读性和可操作性;同时,对成本和收入计算中涉及的货币单位及计量单位进行了适应我国应用场景的调整。

与 ISO 24575:2023 相比,本标准的生命周期成本分析总体技术框架、建设投资成本、运行成本、维护成本和资源回收收入的核算范围,以及净现值和单位成本的计算方法基本保持一致,未对核心生命周期成本计算方法和主要技术原则作实质性改变。

六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

与本标准密切相关的法律法规及政策文件主要包括《中华人民共和国标准化法》《中华人民共和国水污染防治法》《中华人民共和国循环经济促进法》《中华人民共和国节约能源法》《中华人民共和国水法》《国家标准化发展纲要》《关于推进污水资源化利用的指导意见》《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》《国家节水行动方案》《关于加强非常规水源配置利用的指导意见》《关于将非常规水源纳入水资源统一配置的指导意见》《关于推进污水处理减污降碳协同增效的实施意见》《中共中央、国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》《2030 年前碳达峰行动方案》等。

本标准与有关的现行法律、法规和强制性国家标准无交叉、无矛盾、无冲突。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准遵循各方参与原则,制定时充分吸收了有关领域专家的意见

见，无重大分歧意见。

八、涉及专利的有关说明

本标准对政府主管部门、规划设计单位、工程咨询机构、建设运营单位等组织开展规划、建设及运行管理等活动具有重要指导意义。建议标准发布后，针对标准的使用者进行培训和宣传。建议标准发布后三个月实施。

九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

本标准对政府主管部门、规划设计单位、工程咨询机构、建设运营单位等组织开展规划、建设及运行管理等活动具有重要指导意义。建议标准发布后，针对标准的使用者进行培训和宣传。建议标准发布后三个月实施。

十、公平竞争审查

根据《公平竞争审查条例》《公平竞争审查条例实施办法》及国家标准起草中开展公平竞争审查的有关要求，对本标准草案进行了公平竞争审查。审查内容包括是否限制或者变相限制市场准入和退出、是否限制商品和要素自由流动、是否违法影响生产经营成本以及是否干预经营者自主经营等。

本标准完整污水处理系统（包括收集、处理以及（可选）再利用环节）生命周期成本定量分析的一般原则，并提供相关指南。充分考虑了不同分布程度的应用场景，包括服务于单个或多个住户的非管网

系统及其配套的输运环节。标准未限定特定地区、所有制形式、企业规模、品牌、设备供应商或检测机构，未设置排除或者限制经营者参与市场竞争的资质条件，未规定强制交易、指定交易、地方保护、歧视性待遇或不合理增加经营者成本等内容，对各类经营主体适用统一的技术评价要求。

经审查，本标准不存在排除、限制市场竞争的内容，符合公平竞争审查相关规定。

十一、其他应当说明的事项

无。

《分散式污水处理与再利用规划成本分析通则与指南》

国家标准起草组

2026 年 8 月

国家标准《分散式污水处理与再利用规划成本分析通则与指南》（征求意见稿）

意见反馈表

姓名		电话		E-mail	
单位 (盖章)		通信 地址		邮编	
章条号	修改建议	修改理由 (请详细说明修改的依据)			

(篇幅不足，可续页)
请于 2026 年 10 月 5 日前返回 chenglihua666@163.com。