

# 建筑中水回用系统经济性分析与优化

邓文龙

上海建工一建集团有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i8.4975

**[摘要]** 建筑中水回用是缓解城市水资源供需矛盾、推进节水型社会建设的重要途径。然而,中水回用系统初期投资较高、运行维护成本复杂,经济性成为制约其推广应用的关键因素。本文系统阐述建筑中水回用系统的构成与工艺流程,构建涵盖建设成本、运行成本、投资回收期、效益费用比等指标的经济性分析体系,从技术、经济、管理三个维度深入分析影响系统经济性的主要因素,并提出相应的优化策略。研究可为建筑中水回用项目的科学决策和系统优化提供理论依据和实践指导。

**[关键词]** 建筑中水回用系统; 经济性分析; 优化策略; 水资源可持续利用

中图分类号: TU991.64 文献标识码: A

## Economic Analysis and Optimization of Building Greywater Reuse Systems

Wenlong Deng

Shanghai Construction No. 1 Construction Group Co., Ltd.

**[Abstract]** Building greywater reuse is an important way to alleviate the contradiction between urban water supply and demand and promote the construction of a water-saving society. However, greywater reuse systems have high initial investment and complex operation and maintenance costs, making economy a key factor restricting their promotion and application. This paper systematically elaborates on the composition and process flow of building greywater reuse systems, constructs an economic analysis system covering indicators such as construction cost, operation cost, payback period, and benefit-cost ratio, deeply analyzes the main factors affecting system economy from three dimensions of technology, economy, and management, and proposes corresponding optimization strategies. The research can provide theoretical basis and practical guidance for scientific decision-making and system optimization of building greywater reuse projects.

**[Key words]** building greywater reuse system; economic analysis; optimization strategy; sustainable utilization of water resources

### 引言

随着城市化进程加快和水资源短缺问题日益突出,建筑中水回用作为节水减排的有效手段受到广泛关注。中水系统将建筑生活污水、洗浴废水等经过处理后回用于冲厕、绿化、景观补水等,既可减少自来水消耗,又能降低污水排放量。当前许多建筑项目对中水回用的经济性认识不足,存在投资回收期过长、运行成本过高、效益发挥不充分等问题。开展建筑中水回用系统经济性分析与优化研究,对于科学评估项目可行性、提高资金使用效率、推动水资源可持续利用具有重要现实意义。

### 1 建筑中水回用系统概述

#### 1.1 中水的定义与水质标准

中水又称再生水,是指建筑内产生的生活污水、雨水等经过处理后,达到规定水质标准,可在一定范围内重复利用的非饮用水。中水水质标准需兼顾回用用途,符合国家《建筑中水设计标

准》GB 50336-2018相关要求,主要控制指标包括pH值、化学需氧量、五日生化需氧量、悬浮物、细菌总数等。用于绿化灌溉、道路清扫的中水,化学需氧量需 $\leq 50\text{mg/L}$ ,悬浮物 $\leq 20\text{mg/L}$ ;用于冲厕的中水,细菌总数 $\leq 1000\text{CFU/mL}$ ,pH值控制在6.5-9.0;用于景观用水的中水,需额外控制色度、浊度等指标,确保回用安全。严格的水质标准是中水回用系统正常运行、保障回用安全的基础,也是经济性分析的重要前提。

#### 1.2 建筑中水回用系统的组成与工艺流程

建筑中水回用系统主要由预处理系统、深度处理系统、储存与输配系统、消毒系统四部分组成,各系统协同运行,确保中水水质达标。预处理系统负责去除污水中的大块杂质、悬浮物与部分有机物,主要包括格栅、沉砂池、调节池等设备;深度处理系统是核心环节,采用物理、化学或生物处理技术,进一步去除水中污染物,常用工艺包括混凝沉淀、过滤、膜分离等;储存

与输配系统负责储存处理达标后的中水,通过管网输送至各回用点位;消毒系统采用紫外线、二氧化氯等方式,杀灭水中细菌、病毒,保障回用安全。其工艺流程为:建筑污水→格栅→沉砂池→调节池→混凝沉淀→过滤→消毒→中水储存池→输配管网→回用点位,流程设计需兼顾处理效果与运行经济性<sup>[1]</sup>。

### 1.3建筑中水回用系统的应用范围与优势

建筑中水回用系统应用范围广泛,主要涵盖居住建筑、公共建筑、工业建筑等各类建筑,回用用途包括冲厕、绿化灌溉、道路清扫、景观用水、设备冷却用水等,可替代大量新鲜水,降低建筑用水成本。该系统具有显著的节水、环保与经济优势,据统计,一套完善的建筑中水回用系统可实现建筑用水总量30%-50%的节约,大幅减少新鲜水采购成本;同时减少建筑污水排放量,降低污水处理费用,减轻环境压力。此外,中水回用系统可缓解城市供水压力,助力水资源循环利用,符合国家绿色建筑与水资源可持续利用政策,还能为建筑主体争取绿色建筑评价加分,提升建筑附加值,具有良好的社会效益与长远经济效益。

## 2 建筑中水回用系统经济性分析指标与方法

### 2.1经济性分析指标体系构建

结合建筑中水回用系统的建设与运行特点,构建涵盖投资成本、运行成本、收益效益三大维度的经济性分析指标体系,确保分析全面、精准。投资成本指标包括前期勘察设计费、设备购置费、施工安装费、调试费等,是系统建设阶段的核心经济性指标,直接影响系统初期投入;运行成本指标包括电费、药剂费、设备维护费、人工管理费、水质检测费等,反映系统长期运营的经济性;收益效益指标包括节水效益、污水处理费节约效益、政策补贴收益、建筑附加值提升收益等,体现系统的综合经济效益。各指标相互关联,共同构成完整的经济性评价体系,为系统经济性分析提供科学依据。

### 2.2经济性分析方法选择

结合建筑中水回用系统的经济性特点,选择静态分析与动态分析相结合的方法,确保分析结果科学、可靠。静态分析方法主要包括投资回收期法与投资收益率法,投资回收期法计算系统投资回收所需时间,直观反映系统投资回收效率,计算公式为投资回收期=总投资成本÷年净收益;投资收益率法计算系统年净收益与总投资成本的比值,反映系统投资盈利能力<sup>[2]</sup>。动态分析方法主要采用净现值法与内部收益率法,考虑资金时间价值,将系统未来收益折算为现值,净现值为正说明系统具有经济可行性,内部收益率高于基准收益率时,系统投资合理。两种方法结合使用,既能直观反映系统短期经济性,又能兼顾长期收益,全面评价系统经济性。

## 3 建筑中水回用系统经济性影响因素分析

### 3.1技术因素

技术因素是影响建筑中水回用系统经济性的基础性因素,涉及处理工艺选择、设备选型、系统设计等多个方面。处理工艺是核心技术因素,不同工艺的投资和运行成本差异显著。传统工艺如混凝-沉淀-过滤投资较低,但出水水质稳定性较差,运行

管理要求较高。生物接触氧化工艺运行成本适中,但对进水水质波动敏感。膜生物反应器工艺出水水质优良,占地面积小,但投资高,膜组件更换费用大。工艺选择需综合考虑原水水质、回用目标、建设条件等因素,在满足水质要求前提下选择经济合理的工艺。设备选型直接影响投资和运行效率,高效节能设备虽初期投资较高,但长期运行电耗低,综合经济性更好。系统设计参数如调节池容积、消毒接触时间、水泵扬程等,设计冗余过大增加投资,设计不足则影响运行稳定性和处理效果。管网布置合理性影响输送能耗和漏损风险。自动化控制水平影响人工成本和运行可靠性,适度自动化可降低人工费用,但过度自动化会增加投资和维护难度。

### 3.2经济因素

经济因素是影响建筑中水回用系统可行性的核心因素,涉及水价、电价、融资条件、政府补贴等外部经济环境和项目自身经济指标。水价是决定节水效益的关键因素,水价越高,中水回用的经济效益越显著。当前我国各地水价差异较大,部分地区水价偏低,中水回用经济性不明显。阶梯水价政策可提高边际用水成本,增强中水回用的吸引力。排污费征收标准同样影响效益水平,排污费越高,中水回用减排效益越突出。电价直接影响运行成本中的电费支出,膜处理工艺和提升泵送对电价敏感。融资条件影响建设资金的获取成本和还款压力,贷款利率低、还款周期长有利于项目启动。政府补贴和税收优惠可降低实际投资成本,缩短回收期,许多地区对中水回用项目给予投资补贴或税费减免。项目自身经济指标中,建设规模与单位成本呈负相关关系,规模越大,单位处理成本越低。原水水质和处理难度影响处理成本,优质杂排水处理成本低于生活污水。项目运行负荷率影响实际成本分摊,负荷率越高,单位成本越低<sup>[3]</sup>。

### 3.3管理因素

管理因素是影响建筑中水回用系统长期经济性的重要因素,涉及运行管理、维护保养、水质监测、制度保障等方面。运行管理水平直接影响处理效果和能耗效率。规范化操作可保证系统稳定运行,避免因操作不当导致的设备故障和处理效果波动。运行记录和分析有助于及时发现异常、优化运行参数。维护保养状况决定设备使用寿命和维修成本。定期清洗、润滑、校准可延长设备寿命,减少突发故障。预防性维护比事后维修更经济,可避免因设备损坏导致的系统停运和紧急维修费用。水质监测频次和准确性影响系统安全运行和合规风险,定期检测可及时发现水质问题,避免因水质不达标导致的中水无法使用或引发卫生安全问题。人员素质和培训水平影响管理效率和问题处置能力,专业培训可提高操作人员技能水平,减少误操作。制度保障包括责任分工、操作规程、应急预案等,完善的管理制度是系统长期稳定运行的保障。

## 4 建筑中水回用系统经济性优化策略

### 4.1技术优化策略

技术优化是提升建筑中水回用系统经济性的核心途径,应从工艺选择、设备选型、系统设计、自动控制等方面综合施策。

工艺选择应遵循技术可行、经济合理、管理方便的原则,根据原水水质、回用目标、建设规模等具体条件,通过多方案技术经济比选确定最优工艺组合。对于优质杂排水为主的建筑,可采用物化处理工艺,投资低、运行简单;对于水质波动大的建筑,可考虑增加调节设施或采用生物处理工艺;对于用地紧张的高端建筑,可选用膜生物反应器等紧凑工艺。设备选型优先采用高效节能产品,水泵、风机等主要动力设备选用高效系列,变频调节可根据负荷变化自动调整运行参数,节约电耗。系统设计参数优化可降低建设和运行成本,调节池容积在满足水质均化前提下不宜过大,减少土建投资;消毒接触时间在满足卫生要求前提下取低值,降低药剂消耗;管网布置优化减少弯头和长度,降低沿程阻力。自动控制水平应根据管理能力合理确定,小型系统可采用简单继电器控制,大型系统可配置PLC自动控制,减少人工操作误差和劳动强度。定期开展技术评估,及时采用成熟适用的新技术、新设备,持续提升系统技术水平。

#### 4.2 经济优化策略

经济优化是保障建筑中水回用系统可行性的重要手段,应从投资控制、成本管理、效益提升、融资创新等方面采取措施。投资控制贯穿项目全过程,设计阶段优化方案减少冗余,采购阶段比选议价降低设备费用,施工阶段加强管理控制变更。合理确定建设规模,避免贪大求洋,根据实际需求分期建设,减少资金沉淀。成本管理重点关注电耗、药剂、人工三项主要运行成本。电耗管理可通过设备节能改造、运行参数优化、谷电利用等措施降低。药剂消耗通过精准投加、自动控制实现节约,避免过量投加造成浪费和二次污染<sup>[4]</sup>。人工成本通过提高自动化水平和人员多能化实现控制,减少专职人员数量。效益提升可从扩大用水范围和提高水价入手。拓展中水用途,如将中水用于空调冷却、消防补水等,增加用水量,提高设备利用率。争取水价政策支持,推动中水价格与自来水价形成合理比价,增强用户使用意愿。

#### 4.3 管理优化策略

管理优化是保障建筑中水回用系统长期稳定运行并实现预期经济效益的关键,应从运行管理、维护保养、制度建设、用户参与等方面系统推进。运行管理优化重点是建立标准化操作规

程,明确各环节操作要求和注意事项,减少人为失误。建立运行记录和分析制度,每日记录进出水水质、水量、电耗、药耗等数据,定期分析变化趋势,及时发现异常。根据季节变化和水质波动动态调整运行参数,保持最佳处理效果和最低能耗。维护保养优化应建立预防性维护计划,定期检查设备运行状态,清洗更换易损件,避免突发故障。关键设备如水泵、风机、膜组件等建立台账,记录运行时间和维护情况,到期强制保养或更换。建立备品备件库,保证维修及时性。制度建设优化包括明确管理责任,配备专职或兼职管理人员,建立考核激励机制。制定应急预案,针对停电、设备故障、水质异常等情况明确处置措施,定期演练确保有效性。用户参与优化通过宣传培训提高用户对中水的认知和接受度,指导用户正确使用中水设施,及时反馈使用问题。建立用户意见处理机制,持续改进服务质量。

### 5 结束语

建筑中水回用系统是推进水资源循环利用、建设节水型社会的重要技术措施,其经济可行性直接影响推广应用效果。本文系统分析了建筑中水回用系统的构成、工艺流程和应用优势,构建了涵盖投入指标、产出指标和综合评价指标的经济性分析体系,从技术、经济、管理三个维度深入剖析了影响系统经济性的主要因素,并提出了针对性的优化策略。随着水资源价格改革深化和环保要求提高,中水回用的经济优势将进一步显现。未来应持续关注新技术发展和管理模式创新,推动建筑中水回用系统向高效、低耗、智能化方向发展,为水资源可持续利用做出更大贡献。

### [参考文献]

- [1]顾晶.建筑中水回用系统在节水节能中的应用效果研究[J].建筑工程与设计,2025,4(9):150-152.
- [2]胡克俭,李振兴,颜秉伟.建筑中水回用系统在生态小区中的应用效果评估与技术优化[J].电脑采购,2025(11):61-63.
- [3]冯林进,刘刚,吴月旭,等.绿色建筑雨水回收系统设计研究[J].中国建筑装饰装修,2025(23):99-101.
- [4]王兆青.建筑给排水设计中雨水回收系统的应用研究[J].城市开发,2025(12):133-135.