

## 地下污水处理厂工程与投资策划

贾淑军

信开环境投资有限公司, 北京 101199

[摘要] 地下污水处理厂作为城市基础设施建设的重要组成部分, 因其节约土地资源、环境友好等优势, 逐渐成为新型污水处理的优选方案。对地下污水处理厂的工程经济分析涉及项目投资、运营成本、回报周期、环境效益及社会效益等多方面因素。通过对项目的经济性评估, 能够帮助决策者在资源配置和政策制定方面作出科学合理的决策, 提高项目的投资效益与可持续发展能力。研究表明, 地下污水处理厂具有较好的经济效益和社会价值, 适应现代城市环境治理的需求。

[关键词] 地下污水处理厂; 工程经济; 投资决策; 回报周期; 环境效益

DOI: 10.33142/ucp.v1i6.15180

中图分类号: X505

文献标识码: A

## Underground Sewage Treatment Plant Engineering and Investment Planning

JIA Shujun

Xinkai Environmental Investment Co., Ltd., Beijing, 101199, China

**Abstract:** As an important component of urban infrastructure construction, underground sewage treatment plants have gradually become the preferred solution for new sewage treatment due to their advantages of saving land resources and being environmentally friendly. The economic analysis of underground sewage treatment plants involves multiple factors such as project investment, operating costs, return period, environmental benefits, and social benefits. Through the economic evaluation of the project, it can help decision-makers make scientific and reasonable decisions in resource allocation and policy formulation, and improve the investment efficiency and sustainable development capability of the project. The research results indicate that underground sewage treatment plants have good economic benefits and social value, and can meet the needs of modern urban environmental governance.

**Keywords:** underground sewage treatment plant; engineering economics; investment decision-making; return cycle; environmental benefit

### 引言

随着城市化进程的加快, 污水处理已成为环保和可持续发展的关键问题。传统的地面污水处理设施由于占地面积大、水厂配套管网建设投资大, 资源综合利用率低、环境二次污染等问题, 已逐渐不能满足现代城市的需求。地下污水处理厂凭借其占地少、厂+网综合布局降低投资、资源利用率高、环境友好“邻趋”等优势, 成为一种新兴的解决方案。然而, 项目的高额投资和长期运营成本对其经济可行性提出了挑战。深入的工程经济分析有助于评估地下污水处理厂的投资回报及其在城市建设中的可持续发展潜力。

### 1 地下污水处理厂的概念与发展背景

#### 1.1 地下污水处理厂的定义与特点

地下污水处理厂是指利用地下空间进行污水处理的设施, 通过地下建筑与构筑物将污水进行预处理、处理及净化。与传统地面污水处理厂相比, 地下污水处理厂具有明显的空间优势, 它利用地下的空间进行处理工艺布局, 避免了地面用地压力。以处理能力6万吨/天的水厂为例, 地面厂占地约需5公顷, 通过合理布局, 地下厂占地可缩减至2.7公顷, 可节约占地40%~50%。

其主要特点包括: 布局灵活、紧凑, 占地面积小, 能够充分利用城市地下空间, 减少对土地资源的占用; 结构封闭, 采用噪声处理、废气收集处理等措施, 地下运行环境

友好, 地面无噪声污染、臭气污染; 污水处理过程可通过深度水处理技术提高处理效率, 满足更高的污水排放标准<sup>[1]</sup>。

地下污水处理厂更具备较强的自动化控制系统条件, 采用先进的数据采集、传导、控制技术和膜分离、活性污泥法等多种污水处理工艺, 不仅能够高效去除水中的污染物, 还能在节能减排方面表现出较好的性能。随着环保标准的提高, 地下污水处理厂的优势愈发明显, 成为解决城市污水处理问题的重要选择。

#### 1.2 国内外地下污水处理厂的发展现状

地下污水处理厂作为一种新型的污水处理模式, 在全球范围内逐步得到推广。国外一些发达国家, 如日本、新加坡和德国, 早在几十年前就开始探索地下污水处理技术, 并在大城市中成功应用。这些设施不仅提高了污水处理效率, 还显著节约了宝贵的城市土地资源。尤其是在空间资源极为紧张的大城市, 地下污水处理厂成为解决污水排放和城市土地利用冲突的有效途径<sup>[2]</sup>。

在国内, 随着城市化进程的加速, 地下污水处理厂也开始得到广泛关注。许多城市已逐步认识到地面污水处理厂的缺陷, 优先考虑采用地下空间建设污水处理厂。尤其是北京、上海、广州等大城市, 由于人口密度高、土地有限, 建设“生态楔入、绿色宜居、开放共享”的花园式、智慧化地下污水处理厂在这些地区的应用前景广阔。尽管

技术上已取得一定的进展,但在设计、施工、维护等方面仍面临诸多挑战,需要进一步优化和创新。

## 2 地下污水处理厂的工程设计与建设

### 2.1 地下污水处理厂的设计原则

从经济角度,地下污水处理厂的设计原则应从以下几个方面进行综合考虑。

#### 2.1.1 注重厂、网综合布局

厂、网综合布局,在水厂建设必要性、重要性充分论证的基础上,结合所在地近、远期规划,充分利用地下水厂“亲民、邻趋”的优势,降低管网建设投资及运营成本,合理确定水厂规模,分期、分批地整体布局水厂建设,降低该城市厂、网总体建设、运营投入,缓解财政压力。

#### 2.1.2 注重全寿命周期投资

处理技术的选择需根据污水的特点、处理标准以及处理能力进行优化选择。现代地下污水处理厂通常采用生物处理、膜过滤等多种工艺的有机组合,从技术可行性、安全高效性、经济合理性等多维度、多方案比选。因此,设计过程中要根据技术要求选择合适的设备和处理工艺,以提高处理效率和能效<sup>[3]</sup>。

#### 2.1.3 限额设计

做好设备选型、优化水厂结构是限额设计的关键。设备购置费一般占水厂工程费约 20%~30%,确定污水处理工艺,选择适用的设备型号、规格参数,直接关系到设备采购价格及设备运营维护成本。

水厂主体结构占工程费 40%以上,具有很大的投资控制价值。从限额设计角度,重点考虑以下方面:①结构布置以设备顺畅运行行为目的,与设备相吻合的结构设计,力求空间利用最大化,合理利用地下空间的高度和面积,确保污水处理设施的功能齐全且高效。设计时需要合理规划各个处理环节的位置,确保污水流动的顺畅和设施的互联互通。②结构安全性与防水防渗是地下污水处理厂设计的核心。由于地下环境湿润,设计时需要加强防水、防渗处理,防止污水泄漏对地下环境造成污染。此外,结构设计还应考虑到抗震、抗压等安全因素,确保设施的长期稳定运行。

以国家西部某城市 PPP 地下水厂为例,概算审批阶段,箱体容积 17.4 万 m<sup>3</sup>,箱体混凝土工程量 4.9 万 m<sup>3</sup>,钢筋工程量为 5182 吨,混凝土配筋率 105.38kg/m<sup>3</sup>,建筑工程费 1.4 亿元,单位容积投资 808 元/m<sup>3</sup>。施工图设计阶段,详勘显示工程、水文地质好于初勘,通过专家论证增加池体结构高度、优化箱体砼截面尺寸可行后,箱体容积为 17.8 万 m<sup>3</sup>,混凝土工程量 4.5 万 m<sup>3</sup>,钢筋工程量 4988 吨,混凝土配筋率 110.72kg/m<sup>3</sup>,建筑工程费 1.29 亿元,单位容积建筑工程费 724 元/m<sup>3</sup>。节约工程费 1100 万元。这些变化反映了项目优化设计对成本控制和资源利用的积极影响<sup>[5]</sup>。

### 2.2 施工过程中的难点与解决方案

地下污水处理厂的施工过程中,风险系数高、投资影响大且不可控因素较多,如基坑开挖与支护、地基处理、箱体防水防渗处理等。

地下污水处理厂基坑支护设计、施工极具挑战性,须综合地质、水文情况,往往采用多种支护方式有机组合,确保边坡稳定的同时,促进经济合理。以华北某地下水厂 PPP 项目为例,地质条件差、地下水位高,场地有限,为控制投资在概算批复限额内,对地下连续墙、旋喷桩、钢砼灌注桩、SMW 工法桩、喷锚等多方案比选,经专家论证,最终选择安全系数高、投资可控的放坡开挖 2.5 米+SMW 工法桩方案。箱体防水、防渗是施工中的核心问题。由于地下设施长期暴露在湿润的环境中,任何微小的防水失误都可能导致渗漏,进而影响处理效果和环境安全。施工时必须选择优质的防水材料,如高性能的防水膜和防渗混凝土,并对各接缝部位进行细致处理。此外,常采用双重防水系统,一旦主防水系统出现问题,备用系统能提供保障<sup>[4]</sup>。

## 3 地下污水处理厂的经济性分析

### 3.1 投资成本分析

地下污水处理厂的建设投资主要包括土地征用、建设施工、设备采购、安装调试等方面的支出。首先,土地征用成本较高,尤其是在城市中心或土地紧张的区域,地下污水处理厂的建设需要占用相应的地下空间,这一部分费用往往较大。其次,地下污水处理厂的建设工程包括基坑开挖、支护、钢砼结构修建及设备安装,这些都需要较高的初期投入。设备采购方面,采用先进的处理技术和设备,如膜过滤系统、生物反应器等,也会增加初期的投资支出。整体来看,地下污水处理厂的建设成本较传统地面设施要高,但其土地利用效率较高,因此在某些土地稀缺的城市,这一投资是具有优势的。

### 3.2 运营成本及维护费用评估

地下污水处理厂的运营成本主要包括能源、药剂费用、人员薪酬、日常维护及管理费用等。首先,污水处理过程中需要大量的电力支持,尤其是在采用高效膜分离技术或高级氧化工艺时,电力消耗较为显著,因此电力成本成为主要的运营支出。其次,污水处理厂需要专业的技术人员在线 24 小时监控和管理,人员成本也是不可忽视的一部分。

在维护费用方面,由于地下污水处理厂设施通常安装在地下,维护和检修的难度较大,需要定期进行设备检查、清洁和修复,以保证设施的正常运行。

### 3.3 收益回报与经济效益预测

地下污水处理厂的经济效益主要体现在环保效益、资源利用效益和社会效益三个方面。首先,从环保角度来看,污水的有效处理能够显著减少水污染,提升水资源的再利用率,降低污染物对环境的负面影响。其次,资源利用效益方面,地下污水处理厂可实现能源回收,诸如处理后水就近利用、沼气回收和余热回收等措施不仅能够降低运营成本,还能提高资源利用率。最后,社会效益则体现在对改善民生、推动地方经济发展及提升城市可持续发展能力方面。

地下污水处理厂通过减少土地占用,优化城市空间布局,提升了城市土地的价值。在一些土地紧张的城市,地下污水处理厂能够为其他重要建设项目腾出土地,这也是

其经济效益的一部分。

从投资回报来看, 尽管地下污水处理厂的初期投资较高, 但其长期的环保效益和社会效益将为社会带来较大的回报。根据相关的经济预测, 地下污水处理厂的回报周期通常较长, 约为 8 到 15 年, 但其稳定的运营收入和环保贡献使其在未来具备较强的经济可持续性。

## 4 地下污水处理厂的环境与社会效益

### 4.1 环境效益评估

地下污水处理厂在环境保护方面具有显著的效益。首先, 地下污水处理设施能够有效减少城市的水污染。通过高效的污水处理工艺, 能够大幅降低水中的有害物质, 如氮、磷和重金属, 改善水质, 防止污水进入自然水体, 保护水源地。

地下污水处理厂还能够进行资源回收利用, 如污水中的有机物质经过厌氧处理后生成沼气, 既能提供能源, 又能减少对化石能源的依赖, 具有重要的节能减排作用。通过余热回收、废水再利用等技术, 地下污水处理厂在处理污水的同时, 还能实现资源的循环利用, 提升能源使用效率, 减少对外部能源的需求, 降低温室气体排放。

### 4.2 社会效益与城市可持续发展贡献

地下污水处理厂对社会的贡献主要体现在改善居民生活质量、促进城市可持续发展以及提升城市形象等方面。首先, 地下污水处理厂有助于提高城市的环境卫生水平, 减少污水对居民生活的直接影响。通过高效的污水处理, 能够显著降低城市污水污染带来的健康风险, 有助于改善城市的空气和水质, 提升居民的生活质量。

地下污水处理厂的建设有助于推动城市的可持续发展。随着城市化进程的加快, 土地资源变得越来越稀缺, 地下污水处理厂通过利用地下空间来解决污水处理问题, 宝贵的地面资源可供城市绿地、停车场、公园等二次开发等, 还能为城市腾出更多空间用于其他社会需求, 如住房、商业、绿地等。通过这一方式, 地下污水处理厂为城市的长远发展提供了更为可持续的解决方案。

地下污水处理厂的建设和运营能够带动相关产业的发展, 如环保技术、设备制造、施工和维护等产业, 促进就业和经济增长。同时, 地下污水处理设施的建设提升了城市的基础设施建设水平, 有助于提升城市的国际竞争力和吸引力, 增强城市在全球化竞争中的地位。

## 5 地下污水处理厂投资决策的优化策略

### 5.1 投资回报周期与风险评估

地下污水处理厂的投资回报周期通常较长, 一般在 8 到 15 年之间, 这主要与初期投资、运营成本及收益等因素密切相关。回报周期的长短受多个因素影响, 如技术选择、建设规模、当地污水处理需求和政策支持等。在进行投资决策时, 需要全面评估这些因素, 预测投资回报的时间框架。投资风险评估是决策中的重要环节。由于地下污水处理厂的建设涉及较高的前期投资和长期运营成本, 存在一定的资金流动性风险。此外, 政策变化、市场需求波动及技术更新换代等外部因素也可能对项目的经济效益产生影响。因此, 投资

决策者应考虑多种风险因素, 通过敏感性分析、蒙特卡洛模拟等方法进行全面的风险评估, 确保决策的科学性和稳健性。

### 5.2 政策支持与市场前景分析

政策支持是地下污水处理厂投资决策的关键因素之一。随着环保要求的不断提高, 政府对污水处理设施的支持力度逐渐加大, 包括财政补贴、税收优惠、绿色债券融资等多种政策支持。这些政策可以有效降低项目建设和运营成本, 提高投资回报率, 减少企业的资金压力。

市场前景分析也是不可忽视的一环。随着全球环保意识的增强, 污水处理市场不断扩大, 尤其是在城市化进程加快的地区, 地下污水处理厂的需求逐渐增长。通过对未来污水处理市场需求的预测, 投资者可以判断项目的可持续性和长期盈利能力, 为决策提供科学依据。

### 5.3 投资决策模型与优化方法

为了优化地下污水处理厂的投资决策, 采用科学的投资决策模型是非常重要的。常见的决策模型包括净现值 (NPV)、内部收益率 (IRR)、投资回收期等经济评价指标, 通过这些模型可以直观地反映项目的盈利能力和风险水平。

优化方法如多目标决策分析 (MODM)、层次分析法 (AHP) 等, 也可用于处理复杂的投资决策问题。这些方法能够在多重目标和约束条件下进行优选, 帮助决策者在风险和回报之间找到最佳平衡点, 从而做出更加合理和高效的投资决策。

## 6 结束语

地下污水处理厂作为现代城市基础设施的重要组成部分, 凭借其高效、环保的优势, 在全球范围内逐渐得到广泛应用。通过科学的工程设计、精确的经济性分析、全面的环境与社会效益评估, 以及合理的投资决策优化策略, 可以有效提升项目的经济可行性和可持续发展能力。未来, 随着技术进步与政策支持的加强, 地下污水处理厂将在推动城市绿色发展、提升环境质量方面发挥更大作用, 为城市可持续发展贡献重要力量。

### [参考文献]

- [1] 卢晔楠, 郭韬, 郑效文. 地下污水处理厂消防切非原则的讨论[J]. 天津建设科技, 2024, 34(5): 40-42.
- [2] 杜立刚, 石亚军, 吴志高, 等. 全地下式污水处理厂站防淹方法及应用实例[J]. 中国给水排水, 2024, 40(20): 59-62.
- [3] 陈昱霖, 姚枝良, 张欣. AAO+MBR 工艺在长沙某半地下式污水处理厂的应用案例[J]. 净水技术, 2024, 43(9): 158-164.
- [4] 陈浩林, 史大林, 赵媛, 等. 多模式 AO-MBR 工艺在地下污水处理厂的应用[J]. 给水排水, 2024, 60(8): 51-56.
- [5] 杨旻. 大型地下污水处理厂土建工程技术经济分析[J]. 城市道桥与防洪, 2024(7): 316-318.

作者简介: 贾淑军 (1982. 11—), 男, 北京市通州区人, 汉族, 本科学历, 一级造价工程师, 就职于信开环境投资有限公司, 从事污水处理厂投资、建设、运营的造价管理相关工作。