

雨污分流改造对城市黑臭水体治理的成本-效益分析

韩 勇 李成亮

中建八局第二建设有限公司 山东 济南 250014

摘 要：本文探讨了雨污分流改造对城市黑臭水体治理的成本-效益分析，雨污分流改造通过建设独立的排水系统，有效减少污水直排，为黑臭水体治理奠定基础。文章详细分析了雨污分流改造的成本构成，包括前期勘察、工程建设、设备购置安装、运营维护等费用。同时，从环境、经济和社会三个方面评估了雨污分流改造的效益，如水质改善、土地增值、居民满意度提升等。因此，构建了成本-效益分析框架，包括成本核算体系、效益评估体系及关键分析指标，为项目决策提供了科学依据。

关键词：雨污分流改造；城市黑臭水体治理；成本-效益分析

1 雨污分流改造与城市黑臭水体治理的关联机制

1.1 雨污分流改造的基本原理

雨污分流改造是通过建设两套独立的排水系统，分别收集和输送雨水与污水。其中，污水系统将生活污水、工业废水等收集后输送至污水处理厂进行处理，达标后再排放或回用；雨水系统则收集雨水，经简单处理或直接排入自然水体。这种分流模式打破了传统合流制将雨水和污水混合收集的方式，避免了雨天时污水溢流进入自然水体的问题。通过对雨水和污水的分类处理与输送，既能提高污水处理效率，又能减少对自然水体的污染，为黑臭水体治理奠定基础。

1.2 黑臭水体形成的主要原因

黑臭水体的形成是多种因素共同作用的结果。生活污水和工业废水的直排或混排是首要原因，这些污水中含有大量的有机物、氮、磷等污染物，进入水体后会消耗大量溶解氧，导致水体缺氧，引发厌氧分解，产生恶臭气体。初期雨水也是重要诱因，雨水在冲刷地面过程中，会携带路面的泥沙、垃圾、油污等污染物进入水体，增加水体的污染负荷。水体流动性差、自净能力弱，无法及时稀释和降解污染物，也会加剧水体的黑臭程度。同时，底泥中积累的大量污染物在一定条件下会释放到水体中，形成二次污染，进一步恶化水质。

1.3 雨污分流改造对黑臭水体治理的作用路径

雨污分流改造对黑臭水体治理的作用路径清晰且直接。第一，通过独立的污水收集系统，能够将原本可能直排或混排的污水全部收集并输送至污水处理厂，大幅减少直接进入水体的污染物总量，从源头切断主要污染源。第二，雨水系统的独立运行，可减少进入污水管网的雨水量，降低污水厂的处理压力，保证污水处理效果。同时，对初期雨水进行针对性处理后再排放，能有

效降低雨水携带的污染物对水体的影响^[1]。第三，随着水体中污染物输入的减少，水体的溶解氧水平会逐渐恢复，水生生态系统也会逐步得到改善，水生生物的种类和数量增加，水体的自净能力随之提升，从而实现黑臭水体的持续改善和治理。

2 雨污分流改造的成本构成

2.1 前期勘察与设计成本

前期勘察与设计成本是雨污分流改造的基础性支出，地下管线勘察需要专业的技术人员和设备，对既有排水管网的走向、埋深、材质等进行全面探测，这项费用通常根据勘察的范围和复杂程度计算，一般占前期成本的30%-40%。地形测绘则需对改造区域的地形地貌进行精准测量，为后续设计提供数据支持，费用与测绘面积相关。方案设计和施工图设计是确保工程顺利实施的关键，设计单位需根据勘察结果，结合城市规划和排水需求，制定合理的改造方案和详细的施工图纸，设计费用通常按照工程总造价的一定比例收取，一般为2%-5%。环评、可行性研究等咨询费用也不可或缺，这些工作旨在评估工程对环境的影响和项目的可行性，为项目审批提供依据，费用根据项目规模和复杂程度有所差异。

2.2 工程建设成本

工程建设成本在雨污分流改造总成本中占比最大，主要包括管道敷设费用、检查井和泵站等附属设施建设费用以及路面开挖与恢复费用。管道敷设费用受管材类型、管径大小、敷设技术等因素影响，不同材质的管道价格差异明显，如HDPE管、混凝土管、钢管等，每米价格从几十元到几百元不等。敷设技术方面，非开挖技术虽然能减少对路面的破坏，但成本相对较高，而明挖敷设成本较低，但对交通和环境影响较大。检查井和泵站等附属设施的建设费用也不容忽视，检查井的数量根

据管道长度和布局确定,每个检查井的建设成本从几千元到几万元不等;泵站的建设则根据排水规模和扬程要求,成本从几十万元到几百万元甚至更高。路面开挖与恢复费用与开挖面积、路面类型相关,沥青路面和混凝土路面的恢复成本不同,同时还需考虑交通疏导等额外支出。

2.3 设备购置与安装成本

设备购置与安装成本主要涉及污水、雨水处理相关设备以及监控、计量设备。污水和雨水处理设备包括格栅、沉淀池、生化处理设备等,根据处理规模和工艺的不同,设备费用差异较大,小型处理设备几万元即可,大型设备则需几十万元甚至上百万元。监控和计量设备用于对管网运行状态、污水和雨水流量、水质等进行实时监测,这些设备的技术含量较高,购置和安装费用也相对较高,一套完善的监控系统可能需要几十万元。设备安装需要专业的技术人员进行操作,确保设备能够正常运行,安装费用通常为设备购置费用的10%-20%。

2.4 运营与维护成本

运营与维护成本是雨污分流改造后的长期性支出,管道清淤和维修是日常维护的重要内容,定期对管道进行清淤可以防止淤堵,保证排水畅通,清淤费用根据管道长度和淤积程度计算,每年每公里的清淤费用从几千元到几万元不等。管道出现破损或故障时需要及时维修,维修费用与损坏程度和维修难度相关。设备运行能耗也是一项重要支出,泵站的水泵、污水处理设备等都需要消耗大量电能,能耗费用与设备运行时间和功率相关^[2]。另外,管理人员工资及日常办公费用也需纳入运营维护成本,确保管网和设备的正常管理。

2.5 其他成本

在雨污分流改造过程中,若涉及居民房屋、企业厂房等的拆迁,需要支付相应的拆迁补偿费用,补偿标准根据当地的经济水平、房屋或厂房的面积和价值等确定,这项费用可能会因拆迁规模而产生较大差异;不可预见费用是为了应对施工过程中可能出现的突发情况而预留的费用,如地质条件与勘察结果不符、施工过程中遇到未探明的地下障碍物、政策调整等,这些情况可能导致工程成本增加,不可预见费用通常按照工程总造价的5%-10%计提。

3 雨污分流改造对黑臭水体治理的效益体现

3.1 环境效益

雨污分流改造对黑臭水体治理的环境效益显著。首先体现在水体水质的改善上,随着污水直排的减少,水体中COD、氨氮、总磷等污染物的浓度会大幅降低。相

关监测数据显示,实施雨污分流改造后,多数水体的主要污染物浓度可下降30%-60%,水体的透明度提高,黑臭现象得到明显缓解。水生生态系统的恢复是另一重要环境效益,水质的改善为水生生物提供了适宜的生存环境,浮游生物、鱼类、水生植物等的种类和数量会逐渐增加,食物链逐步完善,水体的生态平衡得到恢复。同时,水体的溶解氧含量升高,厌氧环境得到改善,恶臭气体的产生减少,周边空气质量也会随之提升,为居民创造更舒适的生活环境。

3.2 经济效益

雨污分流改造带来的经济效益是多方面的,一方面,水资源利用价值得到提升,治理后的水体可以作为景观用水、灌溉用水等,减少对自来水等优质水资源的依赖,降低水资源利用成本。例如,一些城市将治理后的水体用于公园绿化灌溉,每年可节约大量自来水费用。另一方面,周边土地增值明显,环境优美水体周边成为房地产开发的热点,土地价格和房价会有一定幅度的上涨,带动区域经济发展^[3]。同时,因水污染导致的健康损失减少,水污染会引发多种疾病,治理后水质改善,相关疾病的发病率下降,居民的医疗支出减少,劳动力的健康状况得到保障,提高了劳动生产率。污水处理厂的运行成本也会降低,雨污分流后污水水质更稳定,处理效率提高,能耗和药耗减少,降低了污水处理的运营成本。

3.3 社会效益

社会效益主要体现在提升居民生活满意度和幸福感上,黑臭水体的治理改善了周边居民的生活环境,居民可以在水边休闲、娱乐,亲近自然,生活质量得到显著提高。相关调查显示,黑臭水体治理后,周边居民的满意度普遍达到80%以上。城市形象也得到改善,清澈的水体成为城市的亮丽名片,提升了城市的知名度和美誉度,增强了城市的竞争力,吸引更多的投资和人才。同时,雨污分流改造和黑臭水体治理过程中,通过宣传和教育,公众的环保意识得到提高,更多的人会自觉参与到水资源保护和环境治理中来,形成全社会共同关注和参与环保的良好氛围。

4 雨污分流改造对城市黑臭水体治理的成本-效益分析框架

4.1 成本核算体系

成本核算体系的建立需要遵循全面性、相关性和合理性原则。全面性原则要求将雨污分流改造过程中的所有相关成本都纳入核算范围,包括前期勘察与设计成本、工程建设成本、设备购置与安装成本、运营与维护

成本以及其他成本,确保不遗漏任何一项重要支出。相关性原则强调核算的成本必须与雨污分流改造及黑臭水体治理直接相关,避免将无关成本纳入其中,保证成本核算的准确性。合理性原则则要求成本核算方法科学合理,各项成本的计算依据充分,数据来源可靠。具体核算方法上,前期勘察与设计成本、工程建设成本、设备购置与安装成本等可按照实际发生的费用进行核算,依据合同、发票等原始凭证确定金额。运营与维护成本则需根据历史数据和预测情况进行估算,考虑成本的时间分布和变化趋势。

4.2 效益评估体系

效益评估体系需要对环境效益、经济效益和社会效益进行全面评估。环境效益的量化可采用影子价格法,将水体水质改善、生态系统恢复等难以直接用货币衡量的效益,通过替代市场的价格进行估算。例如,水体溶解氧的提升可根据其对水生生物生存的价值确定影子价格。替代成本法也可用于环境效益评估,如治理后减少的污染治理费用可作为环境效益的一部分;经济效益的量化相对直接,可通过实际的经济数据进行计算,如土地增值的金额、水资源节约的费用、医疗支出的减少等。对于一些难以直接量化的经济效益,可采用问卷调查、专家评估等方法进行估算;社会效益的评估则需建立相应的指标体系,如居民满意度、城市竞争力提升程度等,通过问卷调查、统计分析等方式进行评估,虽然难以直接用货币衡量,但能直观反映项目的社会影响。

4.3 成本-效益分析指标

成本-效益分析指标主要包括净现值(NPV)、效益-成本比(BCR)、投资回收期 and 内部收益率(IRR)。净现值是指将项目计算期内的净现金流量按照一定的折现率折现到建设期初的现值之和,净现值大于零说明项目具有经济可行性。效益-成本比是项目的总效益现值与总成本现值的比值,比值大于1表明项目的效益大于成本,具有投资价值。投资回收期是指项目的净收益抵偿全部投资所需要的时间,回收期越短,项目的投资回收速度

越快;内部收益率是使项目净现值为零的折现率,内部收益率大于基准收益率时,项目可行。这些指标从不同角度反映了项目的成本-效益情况,综合运用这些指标可以更全面地评估项目的经济合理性^[4]。

4.4 分析步骤与流程

成本-效益分析的步骤与流程清晰有序,首先,确定分析周期,根据雨污分流改造项目的寿命周期和黑臭水体治理的效果持续时间,合理确定分析周期,一般为10-30年。其次,明确成本与效益的时间分布,将各项成本和效益按照发生的时间进行归集,形成成本和效益的时间序列。然后,选择合适的折现率,折现率的确定需要考虑资金的时间价值、通货膨胀率、风险等因素,一般参考行业基准收益率或社会折现率。根据成本和效益的时间分布及折现率,计算净现值、效益-成本比、投资回收期 and 内部收益率等指标。最后,对计算结果进行综合分析,评估项目的成本-效益情况,为决策提供依据。

结束语

综上所述,雨污分流改造作为城市黑臭水体治理的重要手段,其成本-效益分析对于项目的合理性和可行性具有重要意义。通过科学的成本核算和效益评估,可以全面了解项目的经济和环境的影响,为政府决策提供有力支持。未来,应进一步加强雨污分流改造技术的研究和应用,结合城市实际情况,不断优化改造方案,以实现黑臭水体治理的可持续发展。

参考文献

- [1]徐晓明,杨国洪,刘楷操.清污分流渠在珠海市黑臭水体整治中的应用[J].中国给水排水,2020,36(10):113-118.
- [2]赵伟业,王洋,李张卿.基于某城市旧城区雨污分流改造的若干问题与思考[J].净水技术,2020,39(9):44-47,131.
- [3]王丽雪,徐亚会.城市黑臭水体治理措施研究[J].中国资源综合利用,2024,42(09):274-276.
- [4]李金凤.黑臭水体治理技术集成与城镇污水处理系统优化策略研究[J].中国战略新兴产业,2024,(26):111-113.