

基于价值工程的下开堰与旋转堰式智能分流井比较分析

张 磊

长江生态环保集团有限公司, 湖北 武汉 430200

[摘要]下开堰式与旋转堰式两种智能分流井被广泛用于截污改造工程,文中采用价值工程的理论手段,结合某大型湖泊截污改造工程数据,对比分析了上述两种智能分流井的技术经济性。研究表明,尽管旋转堰式在功能指数上稍低于下开堰式,但其成本指数明显更优,价值指数($V=1.2547$)高于下开堰式($V=0.8295$),因此成为城市水环境治理的理想选择。然而,下开堰式在行洪排涝及大口径管道截流方面仍具有独特优势,在特定情境下显示出一定的竞争潜力。通过优化成本控制、分流井结构及其维护性,可进一步提升两种智能分流井的整体效益。

[关键词]智能分流井;价值工程法;技术经济性分析;下开堰式;旋转堰式

DOI: 10.33142/ec.v8i6.17218

中图分类号: TU246

文献标识码: A

Comparative Analysis of Value Engineering Based Intelligent Diversion Wells with Lower Weir and Rotating Weir Types

ZHANG Lei

Yangtze Ecology and Environment Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430200, China

Abstract: Two types of intelligent diversion wells, namely the lower weir type and the rotating weir type, are widely used in sewage interception and renovation projects. This article uses the theoretical means of value engineering and combines data from a large-scale lake sewage interception and renovation project to compare and analyze the technical and economic feasibility of the two types of intelligent diversion wells. Research has shown that although the rotating weir type has a slightly lower functional index than the lower opening weir type, its cost index is significantly better, and its value index ($V=1.2547$) is higher than the lower opening weir type ($V=0.8295$), making it an ideal choice for urban water environment governance. However, the lower weir type still has unique advantages in flood discharge and large-diameter pipeline interception, demonstrating certain competitive potential in specific situations. By optimizing cost control, diversion well structure, and maintainability, the overall efficiency of the two intelligent diversion wells can be further improved.

Keywords: intelligent diversion well; value engineering method; technical and economic analysis; lower weir type; rotating weir type

随着城市快速扩张,雨污混接导致的排口溢流污染等水环境污染问题逐渐突出。传统截流井因设计缺陷普遍存在以下痛点:一是截流管易淤积,影响过流能力;二是固定堰结构无法适应水量变化,导致旱季污水直排与雨季溢流污染并存;三是单纯依赖水位控制,难以精准截流初期雨水,且易发生自然水体倒灌。这些弊端导致水体治理效果反复,与“精准控污”目标存在显著差距。

智能分流井通过集成水质监测传感器、电动/液压控制装置及智能算法等,实现了对雨污水的动态识别与精准调控。该设施能够将雨水管内错接、混接的工业废水、生活污水和初期雨水截流至市政污水管,进入污水处理厂处理,而较干净的清水则直接排放到市政雨水管或就近的水体^[1]。

本文以某大型湖泊排口截污改造工程的实际案例为依据,结合价值工程的理论方法,对比分析了旋转堰式智能分流井和下开堰式智能分流井的建设成本和功能性,为城市水环境治理提供决策参考。

1 工程概述

1.1 项目背景

某大型湖泊作为亚洲最大的城市内湖,其流域面积达

240.48km²,水域面积为 47.62km²,规划水质目标为 III 类。然而,随着周边建成区的持续扩张,该湖泊水质逐渐恶化,近年来已降至 V 类甚至劣 V 类^[2]。为系统性地控制入湖污染物,确保晴天污水不入湖及雨天初期雨水的精准截流,沿湖 75 处直排或混流排口进行了截污改造工程,共建成 59 座智能分流井,分别为 37 座下开堰式和 22 座旋转堰式智能分流井。

1.2 智能分流井类型简介

下开堰式智能分流井采用液压驱动的下开式堰门作为核心控制部件,堰门垂直向下开启,结构紧凑且不占用上部空间。其工作原理基于多传感器(如超声波液位计、水质检测仪、雨量计)的实时数据联动:晴天时堰门关闭,将污水截流至市政管网;降雨初期根据水位与水质阈值,堰门部分开启实现初期雨水精准截污;当液位超过警戒水位时堰门全开以确保行洪安全^[2]。

旋转堰式智能分流井则通过液动旋转堰门实现动态流量调节。堰门围绕水平轴旋转开启,结合浮动挡板与液动限流闸门协同控制。其核心优势在于多级水位响应机制:低水位时堰门关闭以拦截污染物;中水位时分阶段旋转开

启, 兼顾行洪与污染阻挡; 高水位时全开泄洪。极限保护模式下(如液位接近井盖顶标高), 堰门自动无条件全开防止内涝^[3]。

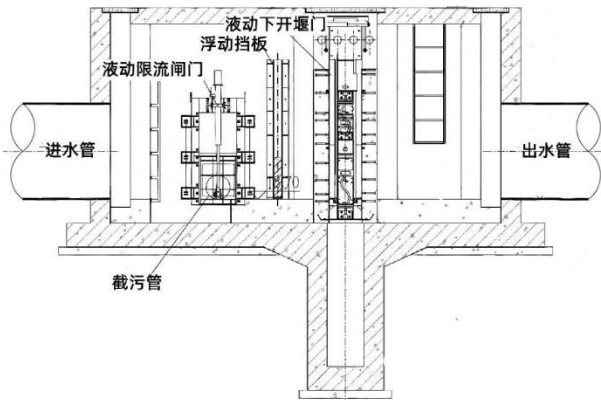


图1 下开堰式智能分流井结构图

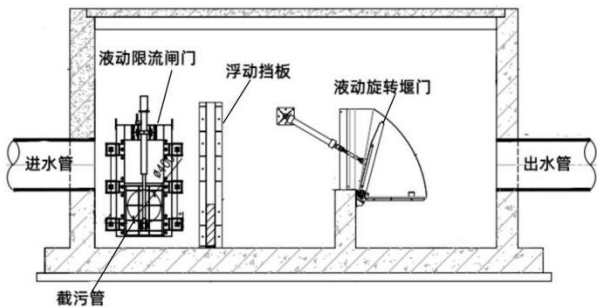


图2 旋转堰式智能分流井结构图

2 技术经济分析

2.1 价值工程

价值工程是一种致力于提升产品(或服务)价值的管理技术, 其核心在于通过功能分析与成本优化, 寻求以最低的全寿命周期成本实现用户的必需功能。其基本表达式为 $V=F/C$ (价值=功能/成本), 价值提升的关键在于优化功能与成本之间的平衡关系, 而非片面追求功能最大化或成本最低化。在智能分流井设计中应用价值工程, 能够实现功能与成本的最优平衡。通过评估下开堰式与旋转堰式的价值表现, 利用功能评分和成本数据计算 V 值, 可指导决策者在满足性能阈值的前提下, 有效规避功能冗余或成本浪费, 最终提升智能分流井的整体价值^[4,5]。

2.2 技术分析

为量化分析智能分流井的技术性能, 结合其实际运维经验, 选取以下功能性指标:

(1) 运行可靠性: 设备在晴天/雨天、低水位/高水位等多工况下稳定运行及模式切换的能力。可靠性越高, 设备越不易发生故障且故障处理效率越高。

(2) 截污能力: 晴天/雨天工况下的最大污水截留能力。截污能力越强, 表明可截留的污水量越大, 污水外溢风险越低。

(3) 行洪能力: 雨天工况下堰门开启响应时间及雨水过流能力。行洪能力越强, 意味着系统排水防涝性能越优。

(4) 智能水平: 通过自主控制算法实现无人值守操作的程度。智能化程度越高, 人工干预需求越少, 多参数自适应调节与工况覆盖能力越强。

(5) 维护便捷性: 设备模块化设计程度及故障检修效率, 直接影响全生命周期运维成本。

采用价值工程法中的 0~4 强制评分法, 对运行可靠性、截污能力、行洪能力、智能化程度、维护便捷性五项指标进行评价打分。各指标权重相同, 通过问卷调查形式, 广泛收集行业内对下开堰式和旋转堰式智能分流井有深入了解的专家意见。基于 11 位专家的评分结果, 计算各项平均分、总分及功能指数(功能指数=单项功能得分/两项功能得分之和), 结果详见表 1。

表1 功能评分表

类型	运行可靠性	截污能力	行洪排放能力	智能化程度	维护便捷性	得分	功能指数
下开堰式	3.45	3.73	3.82	3.64	3.00	17.64	0.5036
旋转堰式	3.25	3.50	3.27	3.73	3.64	17.39	0.4969

2.3 经济分析

在该大型湖泊截污改造工程中, 由于不同排口管径和高程会导致工程费用发生较大差异。为便于进行经济分析, 选择两座周边环境条件相近、排口大小均为 DN800 的下开堰式和旋转堰式智能分流井进行全生命周期经济性对比分析, 运营期按 10 年计算, 结果如表 2 所示。

表2 全生命周期成本对比表(元)

序号	类别	某下开堰式智能分流井	某旋转堰式智能分流井
1	土建费用	495929.85	358503.27
2	设备购置费	2320680.00	1209550.00
3	设备安装费	52109.29	51140.88
4	运营维护费	672219.10	672219.10
合计		3540938.24	2291413.25

按照成本指数=单项成本/两项成本之和, 计算得下开堰式智能分流井成本指数为 0.6071, 旋转堰式智能分流井成本指数为 0.3929。

2.4 价值分析

根据功能指数和成本成本指数的技算结果, 运用价值工程公式 $V=F/C$, 可得出不同类型智能分流井的价值指数。

表3 价格指数计算表

序号	智能分流井类型	功能指数 F	成本指数 C	价格指数 V
1	下开堰式智能分流井	0.5036	0.6071	0.8295
2	旋转堰式智能分流井	0.4969	0.3929	1.2647

根据两类智能分流井价格指数计算结果,旋转堰式智能分流井的价值明显高于下开堰式智能分流井,因此在同等情况下,建议优先选用旋转堰式智能分流井。然而,下开堰式智能分流井的最大特点是能够向下完全打开堰门,从而最大化行洪通道,这在某些应用场景具备一定的优势,例如在需要快速排水或应对高洪峰的情况下。

3 优化改进建议

基于价值工程分析结果,旋转堰式智能分流井在成本效益方面展现出明显优势,但旋转堰与下开堰在部分功能性指标上各有优劣,后续可从以下方面进行优化改进。

(1) 全生命周期成本控制

旋转堰及下开堰设备的购置费用分别占据了智能分流井全生命周期成本的 52.8%和 65.5%,成为降低成本、提升效率的关键环节。通过精细化的采购策略,例如寻找性价比更高的供应商、批量采购以争取更优惠的价格,以及优化设备配置,减少不必要的开支,以有效控制设备的购置成本。同时,加强设备的维护与保养,延长其使用寿命,也是降本增效不可忽视的一环。定期的检查与维修可以防止设备因故障而提前报废,避免不必要的重复购置支出。

(2) 改进分流井结构

旋转堰式在行洪能力指标上的不足,主要源于堰门底部存在混凝土固定堰,在旋转堰完全打开时对行洪产生不利影响。建议后续在设计上降低固定堰高度或者完全取消固定堰,使旋转堰在费用变化不大的情况下,大大提升行洪能力,在暴雨来临时减少城市内涝风险。

(3) 分流井维护性优化

下开堰式在维护便捷性方面的不足,主要源于其堰门与两侧及底部堰槽之间的密封结构较为复杂,从而导致该部位容易损坏。针对这一问题,建议一方面改进的密封材料和技术以提高密封效果,减少磨损和泄漏风险,从而延

长设备的使用寿命,另一方面针对该薄弱部位优化定期维护方式,降低其故障率,确保设备的持续稳定运行。

4 结论

综上所述,通过对下开堰式与旋转堰式智能分流井的技术经济分析,研究表明旋转堰式智能分流井在成本控制与价值创造方面具有突出优势,成为城市水环境治理的更优选择。然而,尽管下开堰式的成本指数更高而且功能指数没有明显优势,但其在行洪排涝及大口径管道截流方面仍具一定竞争力。

未来,通过持续优化改进,如加强全生命周期成本控制、优化分流井结构设计及提升设备维护性,能够进一步提升两类智能分流井的综合效益,为城市水环境治理提供更高效、经济的解决方案。本研究成果不仅为智能分流井选型奠定了科学依据,也为城市水环境治理决策提供了坚实支撑。

[参考文献]

- [1]张宇,艾蛟龙,周少华,等.智能分流井在城市污染水体治理中的应用[J].施工技术,2020,49(4):118-120.
- [2]王彬,高磊,李虹,等.智能截流井在某大型湖泊沿湖排口截污改造工程中的应用[J].净水技术,2021,40(9):139-145.
- [3]严政,向鑫,黄新月.旋转堰式智能截流井在雨污合流系统溢流污染治理中的设计应用[J].智能城市,2025,11(6):124-127.
- [4]温鹿鸣.工程技术经济分析在工程造价控制中的作用研究[J].中国建筑金属结构,2021(6):50-51.
- [5]郭方圆.基于价值工程的数据中心液冷与风冷比较分析[J].数字通信世界,2022(6):100-102.

作者简介:张磊(1987.6—),毕业院校:西华大学,所学专业:机械设计制造及其自动化,当前就单位:长江生态环保集团有限公司,职务:无,职称级别:工程师。