

城市排水管网项目星级评价管理方法探讨

魏小凤¹, 索学越¹, 崔旭鹏²

¹杭州北水云服科技有限公司, 北京

²北控水务(中国)投资有限公司, 北京

收稿日期: 2024年8月26日; 录用日期: 2024年9月24日; 发布日期: 2024年10月14日

摘要

排水管网作为城市基础设施的重要组成部分, 其运维管理水平直接关系到城市的可持续发展。然而, 当前关于如何系统评价排水管网项目运营企业绩效的研究尚显不足。本文旨在构建一个全面科学的排水管网星级评价体系, 以期提升项目运营企业个体的运维效率和质量提供有力支持。该体系包括过程管理、运营质量、经营结果、人员能力和数字化运营能力五个一级权重类指标, 并增设企业影响力作为加分项。通过对各一级指标下二级指标的细化, 该评价体系实现了对排水管网运维活动的全面监控和科学评价。该体系不仅能够全面反映排水管网项目的绩效水平, 还能为运营企业提供改进方向和管理建议。通过案例分析和实证研究, 本文验证了该评价管理体系的有效性和实用性, 为排水管网项目的科学管理和决策提供了新的思路和方法。

关键词

城市排水管网, 运营管理, 星级评价

Research on Star-Level Operation Management Methods of Urban Drainage Pipe Network Projects

Xiaofeng Wei¹, Xueyue Suo¹, Xupeng Cui²

¹Beishui Cloud Service Technology Co., Ltd., Beijing

²Beijing Enterprises Water Group Limited (BEWG), Beijing

Received: Aug. 26th, 2024; accepted: Sep. 24th, 2024; published: Oct. 14th, 2024

Abstract

Drainage network is an important part of urban infrastructures whose operation and maintenance

management level are directly related to the sustainable development of the city. However, the current research on how to systematically evaluate the performance of enterprises operating drainage network projects is still insufficient. The purpose of this paper is to establish a comprehensive and scientific star rating system for the drainage pipe network to improve the operation efficiency and quality of individual project operators. The system includes five first-level weight indicators, including process management, operational quality, operating results, personnel ability and digital operation ability with the enterprise influence as a bonus. The evaluation system realizes the comprehensive monitoring and scientific evaluation of the operation and maintenance activities of the drainage pipe network through the refinement of each level index and the second level index. This system can not only fully reflect the performance level of drainage pipe network projects, but also provide improvement direction and management suggestions for operating enterprises. Through case analysis and empirical research, this paper verifies the effectiveness and practicability of the evaluation management system, and provides new ideas and methods for scientific management and decision-making of drainage pipe network projects.

Keywords

Urban Drainage Network, Operation Management, Star Evaluation

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

排水管网是城市排水系统的重要组成部分，承担着收集、输送和排放城市污水和雨水的重要任务，关系到城市的平稳健康发展。国家统计局的数据表明，到2022年末，城市排水管道总长度为91.35万公里，较2021年增长4.73%；全国城市排水工程建设投资已达到了2676.8亿元，占城市环境基础设施建设投资总额的44.8% [1]。这也对排水管网的运行维护提出了更高的要求。一座城市的排水管网的使用状况是否良好，很大程度取决于管网建成后的管理与维护[2]，良好的排水管网运营管理不仅可以有效地防止城市内涝、减少水污染，还可以提高城市的环境质量和居民的生活品质。

然而，由于长期以来对排水管网重视和投入不足，以及排水管网建设和运营管理的复杂性，重建设、轻维护的情况普遍存在，导致我国城市排水管网普遍存在着设施老化、管网家底不清、长期高水位运行、雨污水冒溢等问题，严重影响了城市排水系统的正常运行[3]-[5]。通过对排水管网项目的运行管理进行综合评价，不仅可以及时发现排水系统的问题、评估排水项目现状、预测各类风险，同时可提高排水管网项目的运行效率和管理水平，为排水管网项目可持续发展和管理优化提供指导，具有重要意义[6]。

本研究基于国内外城市管网运营管理领域的现状分析，结合作者自身多年工作实践经验，总结梳理排水管网运营评价的重点和难点问题，建立了基于权重法的城市排水管网项目星级评价管理体系，为切实提高城市排水管网的运行效率和管理水平提供参考。

2. 城市排水管网运营评价的现状和问题

城市排水管网运行与维护项目对提升城市水环境质量、保障人民群众生命财产安全愈发重要。城市排水管网运行与维护项目的评价工作也应给予重视，构建科学、完整的评估方法，可以更好地对排水管网的运营管理进行客观评估。

国内外已有一些学者做了相关尝试，例如重庆大学建娜等[7]基于综合评价理论和生命周期评价(LCA)

理念,从环境、技术性能、经济和社会效益四个方面建立城镇排水系统量化指标体系;冷雪等[8]根据我国城镇排水管网系统的特点,以基础属性、服务属性、驱动属性三方面来对排水管网进行综合性评价;徐岩等人[9]从城市排水管网绩效评价体系的绩效考核维度、绩效评价指标的选取、绩效评价指标权重的设计等方面,对城市排水管网运维项目绩效评价体系进行了设计。谷俊鹏和何维华分别从“硬件”、“软件”、“易涝区/积水点”、“内窥/检测”、“智慧排水”、“社会影响”共6个方面开展评估,为城市排水管网构建了一套综合评估方法,适用于雨水、污水或合流制排水管网的运营管理评估工作。

但目前我国城市排水管网运维项目绩效考评体系仍存在一定的问題,很多评价指标主要是针对某一类具体的项目或仅仅针对排水管道自身的运行状态及其性能参数,其评价范围相对较小[6],而缺少针对排水管网项目运营单位/企业的综合评价。且部分绩效评价维度不能充分满足监管部门的要求、未能结合水务公司战略目标,整个考核体系缺乏长远性等[9]。在当前实践中,排水管网项目的综合评价体系尚存在若干不足之处,主要表现在以下几个方面:

1) 运营结果指标缺乏。目前,对于排水管网项目的评估往往侧重于建设阶段的技术标准符合度以及基本运维活动的完成情况,而忽视了对实际运营效果的全面考量。例如,水质达标率、污水收集率、管道畅通率等关键性能指标未能得到充分重视。这种偏重过程而非结果的评价方式,可能导致管理者过分关注短期任务完成,而忽略了长期效益和服务质量的优化。建立一套涵盖运营绩效多维度的评价指标体系,能够更加客观地反映排水管网的实际效能,为改进措施提供依据。

2) 经营财务指标缺乏。在财务管理层面,排水管网项目的成本控制、盈利能力和资金使用效率等方面的分析相对薄弱。由于缺乏系统化的财务评价指标,管理层难以准确掌握项目的经济状况,进而影响到决策的科学性和有效性。此外,随着市场化改革的推进,越来越多的排水管网项目采取公私合营模式或其他形式的社会资本参与,这就要求必须加强财务透明度和经济效益评估,以保障各方利益并提高投资回报率。通过引入经营财务指标,可以更好地监控项目财务健康状态,指导资源配置策略调整。

3) 专业人员不足。现阶段,许多排水管网项目面临严重的专业人才短缺问题。一方面,大部分项目中并未设立专门负责管网管理的专业岗位,且人员流动性大,这直接削弱了项目管理的连贯性与专业性。更严重的是,人才培养机制的缺失,使得专业技能的传承与提升缺乏系统性支持,难以形成稳定的人才梯队。这不仅影响了管网维护与管理的效率与质量,还限制了项目在面临技术革新与挑战时的适应能力与创新潜力。

排水管网项目作为一个独立的项目个体或运营公司,应该和污水厂、供水厂一样进行综合评价管理。这不仅有助于确保服务的质量与可靠性,还能促进资源的有效利用及管理能力的持续提升。针对排水管网项目存在的运营结果指标缺失、经营财务指标不足以及专业人员匮乏等问题,有必要建立健全相应的综合评价管理体系。该体系应覆盖从建设到运维全生命周期的各项关键环节,并结合最新的行业标准和和技术发展趋势不断更新完善,最终实现排水管网项目高效、安全、可持续发展目标。

3. 城市排水管网项目运营管理的星级评价管理方法

基于国内外对城市排水管网运行管理和评价的研究进展,结合多年岗位实践经验,本研究提出一套适用于我国城市排水管网特点的项目企业星级评价运营管理方法,通过设定一系列标准化、量化的评估指标,对各运营单位进行定期或不定期的评估,根据评估结果给予相应的星级等级评定,并辅以相应的激励手段进行管理支撑,旨在提升各排水管网运营项目管理水平和服务质量。

3.1. 评价体系指标的选取和确定

本研究中提出的星级评价管理体系设置过程管理、运营质量、经营结果、人员能力和数字化运营能

力五类一级权重类指标，并设有企业影响力作为加分项。各一级权重类指标含义如下表 1。

Table 1. Urban drainage network star evaluation index system

表 1. 城市排水管网项目星级评价管理指标体系

一级指标	二级指标	具体评价指标内容
(一)运营过程	运行管理	包括制度管理情况、运行管理情况、设备设施管理(含生产车辆)情况和工程管理情况等
	安全管理	包括目标职责情况、制度化管理情况、教育培训情况、现场管理情况、安全风险管控及隐患排查治理情况、应急管理情况和事故管理情况等
	综合管理	包括组织管理情况、经营管理情况、合约管理情况、行政管理情况、人力资源管理情况、资产管理情况和风险管理情况等
	服务客户	包括制度管理情况、品牌形象情况、服务质量感知情况、客户满意情况和舆情管理情况等
(二)运营质量	包括设备设施完好率(%)、管网排水通畅率(%)、吨水电耗同比情况、委托外包单位绩效考核、管网结构性缺陷参数、管网功能性缺陷参数和扣分项(如抽检检查井质量合格率、服务响应时效性等)	
(三)经营结果	包括净资产收益率和应收账款综合回款率	
(四)人员能力	包括管理岗人员水平和操作岗人员水平	
(五)数字化运营	包括物联感知能力、设备远控能力、管理应用能力和综合调度能力	
(六)企业影响力	加分项，包括人才输出、管理输出、品牌输出和技术输出等	

1) 过程管理：通过过程管理，可以实现对排水管网运维活动的全面监控和及时调整，确保各项运维任务按照既定计划执行。这包括对运维活动的计划、执行、监控和改进的管理。

星级评价管理体系中该指标涵盖了运行管理、安全管理、综合管理和服务客户四个二级指标。运行管理主要包括制度管理、运行管理、设备设施管理和工程管理等，旨在确保排水管网的正常运行和维护；安全管理涉及目标职责、制度化管理、教育培训、现场管理、安全风险管控及隐患排查治理、应急管理和事故管理等，以保障运营过程中的安全；综合管理包括组织管理、经营管理、合约管理、行政管理、人力资源管理、资产管理和风险管理等，力求实现高效的运营管理；服务客户则从制度管理、品牌形象、服务质量感知、客户满意和舆情管理等角度，提升客户满意度和企业形象[10]。

2) 运营质量：运营质量是衡量排水管网项目运维结果的关键指标。高质量的运维管理能够确保排水管网系统的高效运行，减少故障发生率和维修成本，提高城市排水能力。因此，将运营质量纳入绩效评价体系，可以全面评估运维管理的实际效果。

星级评价管理体系中设置了设备设施完好率、管网排水通畅率、吨水电耗同比情况、委托外包单位绩效考核、管网结构性缺陷参数、管网功能性缺陷参数等指标，来综合衡量排水管网的运营质量。同时，设置了抽检检查井质量合格率、抽检管道沉积合格率和服务响应时效性等扣分项，以确保管网的稳定运行和高效服务。

3) 经营结果：财务状况是衡量组织健康状况的重要标志之一。对于排水管网项目而言，通过合理的财务指标分析，有助于评估项目的投入产出比，间接反映项目的经济效益和社会效益，是衡量项目可持续性的关键，为项目决策提供依据。

星级评价管理体系中设置了净资产收益率和应收账款综合回款率两个财务指标，采用一个完整考核年度的财务报表数据，以反映企业的经营效益和资金回收情况。目的是提高排水管网运维项目的盈利能力，增强其运营和稳定发展能力，并且减少企业及市政资源浪费[9]。

4) 人员能力：员工的专业技能水平和工作效率直接影响着排水管网的整体性能，高素质、专业化的运维团队能够确保运维活动的顺利进行，提高运维效率和质量。该指标评价是为了确保工作人员具备专业能力。

星级评价管理体系通过以抽查方式对管理岗人员和操作岗人员进行能力考评，包括笔试、问答及实操考核等形式，考评内容依据项目公司管理制度汇编、技术操作规程及岗位工作内容相关知识点等。

5) 数字化运营能力：随着信息技术的发展，数字化转型已成为推动各行各业创新变革的关键力量。对于排水管网行业来说，利用大数据分析、物联网技术等手段实现数字化运营管理，不仅可以大幅提升工作效率，还能够一定程度上减少人为错误带来的风险。

星级评价管理体系从物联感知能力、设备远控能力、管理应用能力和综合调度能力四个方面进行评估。物联感知能力包括流量液位监测、设备监控、水质监测和视频监控等；设备远控能力涉及远程控制和联合调控；管理应用能力涵盖运行管理、经营管理和决策支持等；综合调度能力包括中控室基本条件、平台功能和数据及业务共享能力等。通过这些指标的评估，以推动排水管网的数字化运营和智能化管理。

6) 企业影响力：企业影响力是加分项，指企业和社会、经济、环境等多个层面上所产生作用和效果的能力，不仅反映了企业的社会责任感和社会贡献度，还体现了其在行业内的领导地位和技术先进性。

星级评价管理体系中该指标从人才输出、管理输出、模式输出、品牌输出和技术输出 5 个方面对参评企业影响力指数进行综合评价。

3.2. 评价指标权重的设计

过程管理、运营质量、经营结果、人员能力和数字化运营能力这五个一级指标总得分为百分制，各指标得分按权重加和后计算权重类指标总得分。评价指标权重见表 2。另设置企业影响力指数作为加分项指标，总加分值不超过 5 分。权重类指标得分与加分项指标得分之和为运营企业星级综合得分。

Table 2. Urban drainage network star evaluation index weight

表 2. 城市排水管网项目/企业星级评价管理指标权重

星级/一级指标	过程管理	运营质量	经营结果	人员能力	数字化运营能力	合计
一星	100	-	-	-	-	100
二星	65	20	15	-	-	100
三星	50	20	15	10	5	100
四星	50	20	15	10	5	100
五星	50	20	15	10	5	100

根据星级综合得分，将参评企业划分为 1~5 星五个等级，分别对应规范化、标准化、品质化、精益化和卓越化五级运营管理水平(表 3)。具体说明如下：

一星：代表规范化安全运营，通过制定并遵循一系列明确的安全操作流程和规范，以确保日常运营活动的平稳进行，降低事故风险。

二星：代表标准化运营，在一星安全规范运营基础上，要求对设备维护、人员管理、数据记录等运营各个环节，都建立和执行了统一且可衡量的标准。

三星：代表了品质化运营，以成为企业标杆为目标，通过优化流程、采用先进技术和方法，显著提高管网的运行效率和服务质量，树立在企业内部乃至行业内的优秀典范。

四星：代表了精益化运营，致力于成为国内领先项目，通过不断消除运营中的浪费、优化资源配置、提高运营效率和降低成本，实现精细化管理。

五星：代表了卓越化运营，追求国际领先地位。在技术创新、管理模式、服务质量、可持续发展等方面均达到国际一流水平。

在实际评分中，一星级只对过程管理进行评分，二星级则在一星基础上，增加了运营质量和经营结果的评价，自三星开始，需要对所有一级指标进行评价计分(详见上表 2)。

Table 3. Urban drainage pipe network star management enterprise grade division table
表 3. 城市排水管网项目/企业星级评价管理等级划分表

星级	项目/企业特点	综合得分	指标项及单项分数要求					
			权重指标(合计 100 分)					加分指标(≤5 分)
			过程管理	经营质量	运营质量	人员能力	数字化运营能力	
一星	规范化安全运营	≥70	≥65, 单项 ≥ 60		无单项分数线要求			
二星	标准化标准运营	≥75	≥75, 单项 ≥ 60		无单项分数线要求			
三星	品质化企业标杆	≥85	≥80, 单项 ≥ 60		无单项分数线要求			
四星	精益化国内领先	≥90	≥85, 单项 ≥ 75		无单项分数线要求		≥ 30	
五星	卓越化国际一流	≥95	≥90, 单项 ≥ 75		无单项分数线要求		≥ 45	

注：a.过程管理指标从运行、设备、安全、综合等方面对过程管理水平进行全面评估。b.企业影响力指数既是加分项指标，又是四星、五星级项目的必备条件指标。

为进一步保障不同星级的运营水平，从当前指标体系中选取生产安全、设施设备、经营情况和企业影响力 4 类指标设为必备条件，4 类必备条件均达到相应星级合格标准后，方可进入后续相关指标评分和星级评定环节。如任意一项必备条件未达相应星级合格标准，则应做降星处理，直至否决本年度星级申报。具体来说，1) 生产安全是指在考核年度和申报期内，无重大品牌安全事件(环保处罚高于 10 万元的处罚事件或地市级以上环保通报、警告及挂牌事件等)，无集团三级及以上级别安全事故(安全事故分级见下表)，其中，二星级(含)以上企业不得发生品牌安全事件和安全事故；2) 设施设备方面，是指在考核年度和申报期内，主要处理设施及关键设备完好且具备连续运转能力，进出水水质自动监测设施正常运转，中控系统保存一年以上连续水质监测数据和关键设备仪表运行数据；3) 经营情况，将当期回款率、净资产收益率两个关键指标设为经营情况必备条件，以保障项目公司稳定运营；4) 企业影响力，三星级及以下运营企业的企业影响力指数仅作为加分项指标，不设置必备合格要求，四星、五星级排水管网企业影响力分别不低于 30 (四星)和 45 (五星)。

3.3. 实施过程中的调整和完善

考虑到评价体系的适应性，评分采用合理缺项模式计算总分，首先判断各项评分细则与项目实际运维内容的匹配性，先计算出适用性总分，再计算实际得分，通过分值换算，得出各模块总分。例如，在评分表 1 运营过程 - 运行管理中，关于泵站运维涉及的细则分值约有 30 分，但有项目运维边界中不涉及泵站运维内容，则该项目 1.1 运营过程 - 运行管理的适用性满分则变为 70 分，实际得分 56 分，则通过分值换算得出该模块分值为 $56/70 * 100 = 80$ 分。

不只如此，排水管网星级评价体系的实施过程是一个动态的过程，还需要结合排水管网的发展、政

府监管部门的要求和企业管理要求等实际情况不断调整和完善[9]。首先，随着国家和地方法律法规以及政策的不断调整和完善，评价体系也需要相应地进行调整，以确保与行业政策法规等要求保持一致。其次，密切关注排水管网项目在实际运行过程中产生的各类数据，例如设备设施完好率、净资产收益率等，通过对数据的分析，判断当前评价体系中的指标是否能够准确反映项目的实际运行情况。第三，随着科技的不断进步和发展，评价体系还需要紧跟时代步伐，及时吸纳新技术、新方法，提高评价的准确性和效率。最后，及时跟进反馈意见，识别存在的问题和不足，制定相应的改进措施，并跟踪其实施效果，形成持续改进的闭环。

3.4. 星级评价管理体系的项目应用

将上述排水管网星级评价管理体系应用于某水务集团下属控股或有经营主导权的市政水务运营系统内星级运营企业评定工作，验证评价体系的合理性。以某 PPP 模式合作的污水处理及管网设施项目企业为例，该项目运营规模为 200 公里左右的市政污水管网(无泵站)，项目内容为市政污水管网的日常维护保养，包括管道通风、沟道疏通，清捞洗刷检查井、调换检查井盖座，修理检查井以及管网维护所产生的污泥处理及运输等。对该项目企业的星级评分表汇总如表 4 所示。

Table 4. Summary of star rating of a project enterprise
表 4. 某项目企业的星级评分汇总表

评分汇总表						
一级模块	一级权重	二级模块	二级权重	二级得分	二级折算得分	一级折算得分
(一) 运营过程	50%	运行管理	45%	97.74	43.98	43.90
		安全管理	20%	91.38	18.28	
		综合管理	15%	88.24	13.24	
		服务客户	20%	61.50	12.30	
		小计	100%	——	87.80	
(二) 运营质量	20%			96.15	19.23	
(三) 经营结果	15%			14.00	2.10	
(四) 人员能力	10%			82.00	8.20	
(五) 数字化运营	5%			82.31	4.12	
(六) 企业影响力	5%	——	——		3.00	0.15
合计	105%					77.69

从表 4 中可以看出，该项目企业的综合得分为 77.69，符合二星级评价标准。部分指标存在得分较低等不足，针对项目企业存在的问题，验收评估组提出了针对性的提升措施，包括分批次做计划消缺，对观察井或排水管塌陷及时响应修复，对辖区内观察井防坠网进行普查、整顿和优化，完善排水户管理制度等。通过实施星级管理制度，项目公司的运营管理水平得到了显著提升。具体表现在以下几个方面：1) 运营效率提高：通过优化管理流程、加强设备维护等措施，提高了生产效率和运行稳定性；2) 成本控制优化：通过精细化管理、节能减排等措施，降低了生产成本和能耗水平；3) 服务质量提升：通过加强客户服务、提高进水水质等措施，提升了客户满意度和品牌形象；4) 人才培养与引进：通过星级管理制度的实施，吸引了更多高素质人才加入公司，并为公司内部员工提供了更多的职业发展机会和成长空间。因此，本研究提出的城市排水管网运营星级管理办法，可以很好地评估排水管网项目企业的运行管理情

况,提出针对性的改进措施,进而提升城市排水管网项目和企业管理的效率和水平。通过升级标准体系、强化管理举措、多维度绩效考评做到有目标的提升、有质量的星级、有效率的评定和有应用的成果,确保星级工作对运营基本面的系统拉升作用。

综上所述,本研究提出的星级评定体系通过设置过程管理、运营质量、经营结果、人员能力和数字化运营能力五类一级权重类指标,全面、系统地评估了排水管网的运营管理水平。这一体系指标相互关联、相互补充,共同构成了排水管网星级评定体系的核心框架,为全面、客观地评价排水管网的运营水平提供了科学依据。

4. 结论

本文构建的排水管网星级评价管理体系,与以往侧重于单一维度的评价体系不同,通过系统化、多维度地考量过程管理、运营质量、经营结果、人员能力及数字化运营能力五大核心指标,并引入企业影响力作为加分项,构建了一套更为全面和立体的评价管理体系,实现了对排水管网运维管理水平的全面、科学评估和管理。

首先,本星级评价体系强调了过程管理的重要性,不仅关注运维活动的结果,更重视计划、执行、监控与改进的闭环管理,确保了从制度建设到现场操作再到用户满意度的全方位覆盖。其次,在运营质量评价上,通过细化设备设施完好率、管网排水通畅率等具体指标,并设立扣分项以强化质量把控,显著提升了评价体系的精准度和实操性,保证评价结果的客观性和准确性。再者,经营结果指标的引入,特别是净资产收益率和应收账款回款率的考核,为项目财务健康与可持续发展提供了量化依据,弥补了以往评价体系中财务维度缺失的不足。人员能力与数字化运营能力的重视,则顺应了行业智能化转型趋势,通过专业技能考评与数字化运营能力评估,促进了运维团队的专业化建设和数字化转型步伐。最后,企业影响力的综合评价,不仅彰显了企业的综合实力和社会责任,更为行业树立了标杆,鼓励企业间的良性竞争与知识共享,推动了整个行业的共同进步与发展。

随着技术的不断进步和管理理念的更新,该评价管理体系也应不断完善和优化。未来的研究可以进一步探讨如何将新兴技术如人工智能、大数据等更深入地应用于排水管网的运维管理中,以提高评价的准确性和实时性。此外,还可以关注不同地区、不同规模排水管网项目在应用该评价体系时的差异性和适用性,为不同项目提供更具针对性的管理建议。

参考文献

- [1] 中华人民共和国生态环境部. 2022 年中国生态环境统计年报[R/OL]. 北京(2023). <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/sthjtbjnb/>
- [2] 周理, 朱卫方, 王浩春等. 排水管网运营维护及管理方式探讨[J]. 中国设备工程, 2023(1): 50-52.
- [3] Sun, Y., Liu, C., Du, X., et al. (2022) Urban Storm Flood Simulation Using Improved SWMM Based on K-Means Clustering of Parameter Samples. *Journal of Flood Risk Management*, **15**, 1-15.
- [4] 陆露, 等. 排水管网运维管理问题分析与对策研究[J]. 中国给水排水, 2022, 38(2): 8-13.
- [5] 邓玉莲. 城市排水管网状态和运行效能评估方法的研究与应用[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京建筑大学, 2021.
- [6] 闫明等. 城镇排水系统运行效能评价指标体系的构建与研究[J]. 环境工程学报, 2023, 17(10): 3124-3136.
- [7] 建娜, 胡玉婷, 肖雪莹. 城镇排水系统量化指标体系研究[J]. 重庆工商大学学报(自然科学版), 2015, 32(10): 22-27.
- [8] 冷雪. 城镇排水管网系统运行效能评价体系研究[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 湖南大学, 2017.
- [9] 徐岩, 张馨元, 郭井华. 城市排水管网运维项目绩效评价体系构建研究[J]. 环境保护与循环经济, 2022(4): 95-98.
- [10] 谷俊鹏, 何维华. 城市排水管网运营综合评估方法的探讨[J]. 给水排水, 2018, 54(S2): 244-251.