

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.08.008

# 城镇排水设施运行维护量化评估体系构建与应用

黄文韬<sup>1</sup>, 梁建军<sup>1,2</sup>, 胡春燕<sup>1</sup>, 秦渝杰<sup>3</sup>, 周炯<sup>2</sup>, 盛国荣<sup>2</sup>

(1. 重庆大学 环境与生态学院, 重庆 400045; 2. 重庆大学建筑规划设计研究总院有限公司, 重庆 400045; 3. 重庆大学 管理科学与房地产学院, 重庆 400045)

**摘要:** 城镇排水设施运行维护优劣对污水厂运行及水环境质量具有重要影响,为评价其运维情况,构建了由基本体系和修正体系组成的运维量化评估体系,其中基本体系包含运维结果、运维过程、投诉响应、资料合规、应急响应等指标,修正体系包含加分项、减分项和控制项。该体系注重结果导向,兼顾过程评价;将其应用于重庆市B、G两地区排水设施的量化评估,评估结果准确反映了排水设施实际运行维护情况。

**关键词:** 排水设施; 运行维护; 评估体系

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2025)08-0047-07

## Construction and Application of Quantitative Evaluation System for Operation and Maintenance of Urban Drainage Facilities

HUANG Wen-tao<sup>1</sup>, LIANG Jian-jun<sup>1,2</sup>, HU Chun-yan<sup>1</sup>, QIN Yu-jie<sup>3</sup>, ZHOU Jiong<sup>2</sup>, SHENG Guo-rong<sup>2</sup>

(1. College of Environment and Ecology, Chongqing University, Chongqing 400045, China;  
2. General Research Institute of Architecture & Planning Design Co. Ltd., Chongqing University, Chongqing 400045, China; 3. School of Management Science & Real Estate, Chongqing University, Chongqing 400045, China)

**Abstract:** The operation and maintenance of urban drainage facilities significantly impact the functioning of wastewater treatment plants and the quality of water environment. To evaluate the operation and maintenance situation, a quantitative evaluation system is developed, which is composed of a basic system and a correction system. The basic system includes operation and maintenance results, operation and maintenance process, complaint response, data compliance and emergency response and other indicators. Additionally, the correction system includes additional items, subtracting items and control items. This system emphasizes both result-oriented and process evaluation. It is applied to the quantitative evaluation of drainage facilities in B and G districts of Chongqing, and the evaluation results accurately reflect the actual operation and maintenance conditions of drainage facilities.

**Key words:** drainage facilities; operation and maintenance; evaluation system

基金项目: 重庆市水利科技项目(CQSLK-2022017)

通信作者: 梁建军 E-mail: liangjianjun98@126.com

城镇排水设施是收集、运输城镇范围内的雨污水管道、构筑物及设备等的统称,包括圆管、暗渠、倒虹管、明渠、盖板沟及检查井、雨水口、排放口、泵站等附属设施,其运行维护优劣直接影响下游污水厂的运行及城镇水环境质量<sup>[1]</sup>。据住房和城乡建设部统计,2021年我国城市排水管道总长度超过 $87\times 10^4$  km,收集污水量达 $625\times 10^8$  m<sup>3</sup>/a。但《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》和《“十四五”城镇污水处理及资源化利用发展规划》(以下简称《规划》)指出我国城镇污水收集处理设施可持续运维能力不强,与实现高质量发展还存在差距,应对污水管网建立周期性检测评估制度,提高污水收集效能。

在城镇排水设施高水平规划和建设基础上,加强排水设施运行维护,有利于延长设施使用寿命,减少工程措施成本<sup>[2]</sup>,实现污水收集和处理的提质增效。因此,通过建立科学、系统的城镇排水设施运行维护评估体系,对城镇排水设施运行维护的优劣程度进行科学评估,以评促改,助力“重建轻管”和厂网分离问题的解决,提升排水系统运行维护绩效水平,是保障厂-网-河(湖)一体化建设与运营目标实现的重要环节。

## 1 评估体系的构建与指标确定

### 1.1 国内外相关评估体系情况

2013年国际水协(IWA)发布《排水服务绩效指标体系手册》,从环境、人事、运行、实物资产、服务质量、经济与财务6方面提出了182个指标用于评价排水企业绩效。英国排水设施完全私有化,政府从1989年建立绩效管理体系,重点从确保用户利益、推动企业履责、提升监管水平等方面对企业加强监管<sup>[3]</sup>。法国水务行业以私营(特许经营)为主,水务设施产权属于政府,采取准入监管体制,通过健全的监管体系促进设施管理水平提高<sup>[4]</sup>。德国采用第三方绩效评价模式,从安全性、质量、用户满意与服务、可持续性、经济效率5方面进行绩效评价。美国地域差别较大,各州联邦政府针对本地情况建立了包括改进五大湖健康、恢复和保护墨西哥湾等在内的不同流域绩效考核指标<sup>[5]</sup>。

近年来,国内在排水设施运维绩效等方面也开展了相关研究。杨文健等<sup>[6]</sup>认为排水管网运营绩效评价需考虑经济效益与基础状况、日常管理、生产

运营、环境的结合,从管理角度筛选出17个定性和定量相结合的指标。谷俊鹏等<sup>[7]</sup>基于城市内涝防治角度,从硬件、软件、易涝区/积水点、内窥/检测、智慧排水、社会影响6个方面构建了排水设施综合评估法,并对深圳市宝安区4 212 km的排水管网进行了评估。部分地区排水设施管理部门制定了设施运维考核和管理办法。上海市水务局制定的《上海市城镇公共排水管道设施维护管理工作考核办法》通过专家抽检、CCTV等技术手段,从主管检测率、巡查达标率、养护疏通率等方面对排水设施维护情况进行了全面考核。《张家港市城镇排水设施运维管理考核办法》以机制建立、制度建设、运维管理、信息档案、安全文明作业为考核内容,对排水设施运维进行了定性评价。

### 1.2 评估体系构建

根据国家现行相关法规和标准,结合文献调研与专家咨询,确定城镇排水设施运行维护评估体系由基本指标体系和修正指标体系组成。基本指标体系对排水设施运维效能和社会影响两方面基础情况进行评估,得到评估基本分;修正指标体系从激励、惩罚、控制三方面对基本评估结果进行技术进步、政策导向和重大社会影响等因素的修正。

### 1.3 体系指标的选取

#### 1.3.1 指标选取原则

现有排水设施评估体系从不同角度开展了运行、维护和管理的研究和实践,但仍存在以下局限:①可量化性不强,现有评估指标体系多以定性与定量结合,但定性指标无明确的量化转换方法,不同评价人员对定性指标评价标准理解不一致,降低了体系的客观性,也可能导致评估结果不能完全量化;②评估效率不高,现有评估指标体系中的部分指标虽然含义明确,但数据准确获取难度较大,而评价体系中对这类指标没有考虑适当的转换或替代,阻碍了评估体系的推广应用。

考虑上述问题,评估体系指标按以下原则选择:①可量化,为便于定量分析评估结果,选取指标均可进行量化处理;②易获取,选取指标应从实际已有数据出发,在运维报表及档案资料中可直接获取;③独立性,各指标间相互独立,避免重复计量对评估结果的影响;④引导性,指标选取上应考虑政策和结果导向。

### 1.3.2 基本指标选取

选取运维和其他2个一级指标、5个二级指标、17个三级指标构成基本指标体系,具体见表1。

表1 城镇排水设施运行维护量化评估指标体系

**Tab.1 Quantitative evaluation index system for operation and maintenance of urban drainage facilities**

体系构成	一级指标	二级指标	三级指标
基本指标体系	运维指标 (0.85)	运维结果指标(0.60)	末端平均BOD <sub>5</sub> 浓度(0.20)
			雨水排放口异常次数(0.18)
			污水外溢率(0.18)
			积水点消除率(0.14)
			井盖异常整治率(0.08)
			旱季检查井水位异常率(0.07)
			在线监测仪表正常运行率(0.10)
		GIS入库率(0.05)	
		运维过程指标(0.40)	管渠巡查频率(0.15)
			雨水口、检查井日常检查频率(0.15)
	管渠养护频率(0.20)		
	其他指标 (0.15)	管渠问题处置率(0.25)	
		污泥处置率(0.10)	
		月度台账提交率(0.15)	
投诉响应指标(0.30)	投诉办结率		
	资料合规指标(0.30)	资料违规项数	
	应急响应指标(0.40)	突发事件及时响应率	
修正指标体系	加分项	创新举措	
	减分项	行政处罚	
		负面报道	
	控制项	死亡事故	

### ① 运维指标

《城镇排水管渠与泵站运行、维护及安全技术规程》(CJJ 68—2016)是目前城镇排水设施运行维护的法定标准,依据该规程可从运维结果和运维过程两方面评估运维水平。

结果指标的选取以反映CJJ 68—2016中3.5章节规定的检查内容为目标导向,借鉴相关研究及专家咨询意见,经合理推演,将检查内容转化为排水设施运维中易于发现的问题,推演过程见图1。

其中,臭气指标因缺乏在线监测仪器,人工巡检具有较强的主观性,故将其移到投诉响应指标内,根据社会影响后果消除巡检人员的主观影响;在线仪表和GIS建设是目前排水系统智能化的重要内容,将其作为智能化运维指标。根据以上思路,选取“末端平均BOD<sub>5</sub>浓度”“雨水排放口异常次数”“污水外溢率”“积水点消除率”“井盖异常整治率”“旱季检查井水位异常率”“在线监测仪表正常运行率”“GIS入库率”8个三级指标。

在过程指标选取方面,CJJ 68—2016中3.1章节明确规定运行维护包括巡视、养护、维修等7项内容,同时要求运维管理单位应建立相应记录档案。其中检查与评估、封堵与废除、纳管管理已体现在运维结果指标中,为保证评估的独立性,不在过程指标中重复考核。因此过程指标内设置“管渠巡查频率”“雨水口、检查井日常检查频率”“管渠养护频率”“管渠问题处置率”“污泥处置率”“月度台账提交率”6个三级指标。

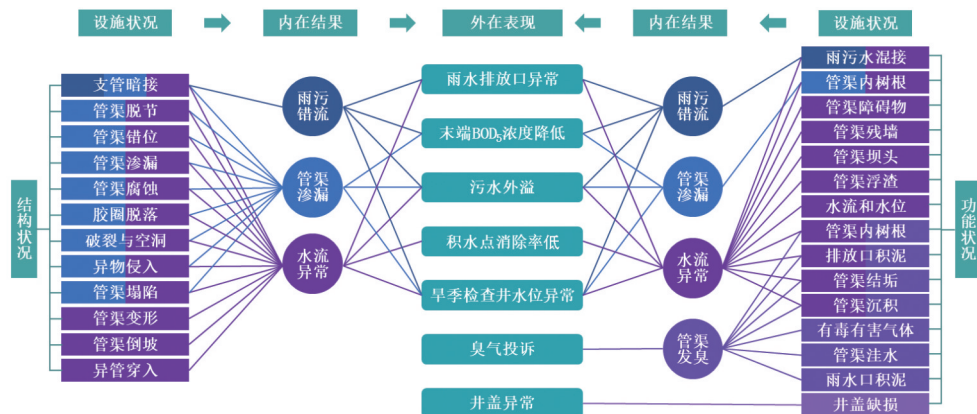


图1 结果指标选取及推演过程

**Fig.1 Result index selection and deduction process**

## ② 其他指标

其他指标主要是对社会影响、诚信记录和突发

事件处理进行评估。将“投诉办结率”作为评价社会影响的三级指标,利用地方“互联网+”投诉平台



充分调动对问题处置的积极性。应急响应指标设置为“突发事件及时响应率”,既满足了应急管理部门对突发事件及时响应的相关要求,同时可调动相关单位对突发事件处理处置的积极性。

评估体系采用数据填报后软件自动评分方式,极大减少了评估工作量。为保证填报数据的真实性和准确性,设置“资料违规项数”指标,待运维管理单位填报评估报表后,评估组织单位随机抽查部分运维管理单位的台账与报表相符情况,若发现瞒报、错报情况,通过该指标进行反馈。

### 1.3.3 修正指标选取

修正指标选取同样遵循可量化、易获取、独立性和引导性原则,包含3个一级指标(加分项、减分项和控制项)和4个二级指标(创新举措、行政处罚、负面报道、死亡事故)。

① 加分项:将“创新举措”作为激励引导性指标,每次评估前由评估组织单位依据当地排水设施运维历史数据、发展趋势、政策导向,组织专家论证后,发布具体实施细则。

② 减分项:下设“行政处罚”和“负面报道”指标,对行政部门和新闻媒体公开的排水设施运行维护负面事件进行扣分惩罚,作为社会影响评估指标的补充和修正。

③ 控制项:将“死亡事故”作为控制指标,对排水设施运行维护疏漏而造成人员死亡事故进行最为严厉的惩处,体现以人为本的理念。

### 1.3.4 指标权重的确定

指标权重采用层次分析法(AHP)确定。为了量化比较结果,采用目前使用广泛的1-9标度法,编制各层次指标赋权专家问卷表,通过向行业主管部

门、运维管理单位、高校科研单位等多名业内知名专家学者发放调查问卷确定各指标的相对重要性。对专家问卷构建判断矩阵并进行一致性检验,筛选一致性检验未通过问卷,采用加权算术平均综合判断矩阵法将剩余问卷结果合成为综合判断矩阵,通过层次单排序、一致性检验、层次总排序确定合成判断矩阵各指标权重,具体见表1。

### 1.4 指标评分标准制定

评估指标由于类型、量纲、单位的差异,需进行标准化处理。采用标准值法,通过文献调研整理、资料收集分析等方法确定各指标基准值和目标值。如“末端平均BOD<sub>5</sub>浓度”指标,依据CJJ 68—2016要求“BOD<sub>5</sub>低于100 mg/L的需要围绕服务片区管网,实施系统化整治方案”,确定指标基准值为100 mg/L;根据《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)中BOD<sub>5</sub>规定“生活污水的BOD<sub>5</sub>可按40~60 g/(人·d)计算”,确定指标满分为150 mg/L。“污水外溢率”指标参照已有研究<sup>[8]</sup>相关设定和当地排水设施密度,确定基准值为0.03次/(km·月),以无污水外溢即0次/(km·月)作为目标值。修正体系中“创新举措”“行政处罚”“负面报道”指标参照历史调研统计数据,数值比例大致为1:2:4。考虑社会影响、政策导向和运维质量,负面报道扣分基准值为0.5分/次,换算得到“创新举措”加分基准值为2.0分/项,“行政处罚”扣分基准值为1.0分/次。

对基本体系中各指标均赋予满分100分的分值,采用直线型方程确定指标标准化方程。对于修正体系,采用基准值乘以项数作为修正分,控制指标无需评分标准。最终建立的排水设施运行维护量化评估评分标准见表2。

表2 城镇排水设施运行维护量化评估各指标评分标准

Tab.2 Scoring standard of each index for quantitative evaluation of operation and maintenance of urban drainage facilities

指标名称	指标内容	评分标准
末端平均BOD <sub>5</sub> 浓度	管网末端BOD <sub>5</sub> 总量/管网末端出水量	BOD <sub>5</sub> > 150 mg/L, 分值为100; 100 mg/L ≤ BOD <sub>5</sub> ≤ 150 mg/L, 分值=(BOD <sub>5</sub> -100)×0.8+60; BOD <sub>5</sub> < 100 mg/L, 分值为0
雨水排放口异常次数	雨水排放口排水水质若超过《污水综合排放标准》(GB 8978—1996)二级限值,经主管部门或第三方检测后确定为雨水排放异常次数	雨水排放口异常次数为0,分值为100;异常次数≥1,分值为0
污水外溢率	污水外溢率=每月平均污水外溢次数/污水管渠总长度。其中合流制为全部管网长度,分流制为污水管网长度	溢流率 < 0.03 次/(km·月), 分值=(1-溢流率/0.03)×100; 溢流率 ≥ 0.03 次/(km·月), 分值为0
积水点消除率	积水点消除率=积水点消除个数/上个评估期积水点总数, 积水点消除个数=上个评估期积水点总数-本次评估期积水点总数	如果本次评估期积水点总数为0个,分值为100, 积水点消除个数 ≤ 0, 分值为0; 积水点消除率 > 0, 分值=积水点消除率×100

续表 2(Continued)

指标名称	指标内容	评分标准
井盖异常整治率	井盖异常整治率=井盖异常整治个数/井盖异常个数。检查井井盖异常情况包括井盖缺损、井环下沉等,一个月内有异常情况记录的井盖认定为该月异常	井盖无异常,分值为 100;90%≤井盖异常整治率≤100%,分值=(井盖异常整治率-90%)×400+60;井盖异常整治率<90%,分值为 0
旱季检查井水位异常率	旱季检查井水位异常率=每月平均旱季水位异常检查井个数/污水管渠总长度,水位异常指污水检查井内水位没过管渠顶部	旱季检查井水位异常率≥0.03 个/(km·月),分值为 0;旱季检查井水位异常率<0.03 个/(km·月),分值=(1-旱季检查井水位异常率/0.03)×100
在线监测仪表正常运行率	在线监测仪表正常运行率=每月平均在线监测仪表正常运行个数/在线监测仪表总数。一个月内超过 72 h 运行异常记录的在线监测仪表不能认定为该月正常运行	若因建设问题,在线监测仪表总数为 0 个,该指标不参与评分计算,其指标权重平均分配至其他指标;在线监测仪表正常运行率=100%,分值为 100;正常运行率<100%,分值为 0
GIS 入库率	GIS 入库率=管渠 GIS 信息入库长度/管渠总长度	0%≤GIS 入库率≤100%,分值=GIS 入库率×100
管渠巡查频率	管渠巡查频率=每月平均管渠巡查长度/管渠总长度	管渠巡查频率≥4,分值为 100 分;管渠巡查频率<4,分值=管渠巡查频率×25
雨水口、检查井日常检查频率	雨水口、检查井日常检查频率=检查井雨水口内部检查总次数/检查井雨水口合计个数	若评估期不到 1 年,雨水口、检查井日常检查频率按 1 年评估期进行换算。雨水口、检查井日常检查频率≥2,分值为 100;雨水口、检查井日常检查频率<2,分值=雨水口检查井日常检查频率×50
管渠养护频率	管渠养护频率=管渠养护长度/管渠总长度	若评估期不到 1 年,管渠养护频率按 1 年评估期进行换算。管渠养护频率≥1,分值为 100;管渠养护频率<1,分值=管渠养护频率×100
管渠问题处置率	管渠问题处置率=管渠处置问题点数/管渠发现问题点数(不包括井盖问题)	管渠问题处置率≥80%,分值为 100;50%≤管渠问题处置率<80%,分值=管渠问题处置率×125;管渠问题处置率<50%,分值为 0
污泥处置率	污泥处置率=运输处置污泥量/管网通沟污泥量	污泥处置率≥95%,分值=(污泥处置率-95%)×800+60;污泥处置率<95%,分值为 0
月度台账提交率	月度台账提交率=完整上传台账月数/评估月数	月度台账提交率为 100%,分值为 100;月度台账提交率<100%,分值为 0
投诉办结率	投诉办结量/投诉量(投诉办结有效期内的投诉不计入投诉量)	投诉量为 0 次,分值为 100;投诉办结率为 100%,分值为 100;投诉办结率<100%,分值为 0
资料违规	抽查发现排水设施运维管理单位提供评估资料不合规定、不真实的项数	无资料违规,分值为 100;违规 1 项,分值为 50;违规 2 项及以上,分值为 0
突发事件及时响应率	突发事件及时响应率=及时响应的突发事件数/发生的突发事件总数。未能在发生突发事件 1 h 内上报相关情况不能算作及时响应的突发事件	突发事件及时响应率为 100%,分值为 100;突发事件及时响应率<100%,分值为 0(若未发生突发事件,该项满分)
创新举措	在评估前下发创新举措清单,被评估单位按照清单据实填写创新举措项数	创新举措>0 项,分值=创新举措次数×2
行政处罚	因排水设施运行、维护不到位等而受到相关部门行政处罚次数	行政处罚 0 次,不扣分;行政处罚次数>0,扣分值=负面报道次数×1
负面报道	因排水设施运行、维护不到位等而产生的负面报道次数	负面报道 0 次,不扣分;负面报道次数>0,扣分值=负面报道次数×0.5
死亡事故	因排水设施运行维护疏漏而造成人员死亡的事故	死亡事故 0 次,正常评分;死亡事故>0 次,仍按体系评分,但评估结果为“待定”

2 评估流程与案例分析

2.1 评估流程

① 在评估前期工作中,首先由评估组织单位发布评估细则,运维管理单位按照评估细则据实完整填报评估报表,然后由评估组织单位决定资料违

规抽查工作的开展。若运维管理单位填报的评估报表未被抽查,或抽查未发现资料违规,则自动进入下一流程,此时资料违规项为 0 项。若某运维管理单位填报的评估报表被抽查发现资料违规,应责令其核实相关情况重新填报,且资料违规项数如实

累计,直至评估组织单位决定不抽查或抽查未发现资料违规,但之前累计的资料违规项数不清零。

② 对基本指标体系按照评分标准进行评分,得到各指标分值,考虑各指标权重加权求和得到基本分;其次采用修正指标体系修正基本分,加分项作为激励指标,应在基本评估得分不低于 80 分时考虑加分,减分指标作为约束指标,无使用限制,控制项针对运维过程是否发生人员死亡事故,对评估结果具有“一票待定权”。基于上述评分结果得到排水设施运行维护定量评估的综合得分,最后根据得分进行绝对性和相对性评价。详细的评估流程图见图 2。

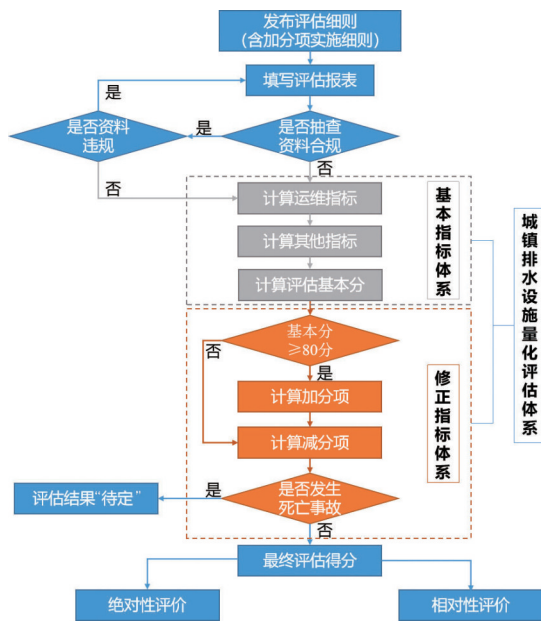


图 2 城镇排水设施运行维护量化评估流程

Fig.2 Quantitative evaluation process of operation and maintenance of urban drainage facilities

绝对性评价将评估等级定义为优秀、良好、中等、合格、不合格五个等级,各等级对应得分:  $\geq 90$ ,  $[80\sim 90)$ ,  $[70\sim 80)$ ,  $[60\sim 70)$ ,  $< 60$ 。相对性评价考虑不同地区建设规模和发展差异,而排水管渠建设长度可以在一定程度上反映上述因素,因此将排水管渠建设长度作为分组依据,通过聚类分析进行分组,评估等级定义为相对较好、相对中等、相对较差三个等级,各等级对应组内得分:  $[0\%\sim 25\%)$ 、 $[25\%\sim 75\%)$ 、 $[75\%\sim 100\%]$ 。

## 2.2 案例分析

选取重庆市 B 和 G 地区的排水设施作为评估对象,其中 B 地区排水设施总长度为 955.60 km,排水

设施采取部门自主和部分外包联合的运维模式;G 地区排水设施总长度为 499.51 km,采用第三方独立运维模式。选用两地区 2021 年 9 月—2022 年 8 月的填报数据,评估结果见表 3。

表 3 B 和 G 地区排水设施运行维护定量评估结果

Tab.3 Results of quantitative evaluation of operation and maintenance of drainage facilities in areas B and G

评估指标体系			评估结果			
			B 地区		G 地区	
一级指标	二级指标	三级指标	指标数值	评估得分	指标数值	评估得分
运维指标	运维结果指标	末端平均 BOD <sub>5</sub> 浓度	136.06 mg/L	9.06	126.35 mg/L	8.27
		雨水排放口异常次数	0 次	9.18	12 次	0
		污水外溢率	0 次/(km·月)	9.18	0.003 次/(km·月)	8.63
		积水点消除率	1.00	7.14	-0.31	0
		井盖异常整治率	1.00	4.08	1.00	4.08
		旱季检查井水位异常率	0.000 4 个/(km·月)	3.54	0 个/(km·月)	3.57
		在线监测仪表正常运行率	1.00	5.10	1.00	5.10
		GIS 入库率	0	0	0	0
	运维过程指标	管渠巡查频率	0.50	0.63	7.99	5.10
		雨水口、检查井日常检查频率	0.41	1.05	6.88	5.10
		管渠养护频率	0.15	1.04	3.07	6.80
		管渠问题处置率	1.00	8.50	1.00	8.50
		污泥处置率	1.00	3.40	1.00	3.40
		月度台账提交率	1.00	5.10	1.00	5.10
其他指标	投诉响应指标	投诉办结率	1.00	4.50	1.00	4.50
	资料合规指标	资料违规	0	4.50	0	4.50
	应急响应指标	突发事件及时响应率	1.00	6.00	1.00	6.00
加分项	创新举措		0	0	0	0
减分项	行政处罚		0	0	0	0
	负面报道		0	0	0	0
控制项	死亡事故		0	通过	0	通过

由表 3 可知,B 地区评估总分为 82.00 分,G 地区评估总分为 78.65 分。整体来看,B 地区运维情



况较好,尤其是在运维结果指标部分,除GIS入库率指标外,其他指标得分均较高,但在运维过程指标中,巡查、日常检测以及养护指标得分较低,有待进一步加强。而G地区运维结果指标得分偏低导致整体评级为中等,问题溯源发现是第三方单位对运维过程中发现的严重问题无自主处理权,只能上报主管部门待批复后处理,导致部分结果指标失分。在修正体系评估中,两地排水设施运维均无创新和异常,因此进行修正评分。因两地管渠长度相差较大,且样本数量较少,无需相对评价。

### 3 结论

根据现行法规要求和运维实践经验,从排水设施运维效能和社会影响两方面选取17个定量指标,确定了评分标准和指标权重,建立了评估基本指标体系;引入加分项、减分项、控制项组成的激励和惩戒导向修正体系,对评估结果进行修正。最终构建的包含基本指标体系和修正指标体系的城镇排水设施运行维护量化评估方法,可实现城镇排水设施运行维护完全量化评估。该体系在重庆市B和G地区的应用结果准确反映了排水设施运行维护实际情况,可为城镇排水设施运维评估提供参考。

### 参考文献:

- [1] 刘智晓. 碳中和视角下城市可持续排水系统构建及评估指标体系[J]. 中国给水排水, 2022, 38(16): 1-15.  
LIU Zhixiao. Establishment and evaluation index system of urban sustainable drainage system from the perspective of carbon neutrality [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(16): 1-15 (in Chinese).
- [2] 陆露,高峰,郭娟,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.  
LU Lu, GAO Feng, GUO Juan, et al. Problem analysis and countermeasure research for sewer operation and maintenance management [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(2): 8-13 (in Chinese).
- [3] 李爽,韩伟. 英国水务绩效管理经验研究[J]. 城镇供水, 2012(1): 68-70.  
LI Shuang, HAN Wei. A study on the performance management experience of British Water [J]. City and Town Water Supply, 2012(1): 68-70 (in Chinese).
- [4] 郑丽丽,苏时鹏,黄森慰. 国际水务公共服务运营和监管体制比较分析及启示——以英国、荷兰、法国和美国为例[J]. 福建农林大学学报(哲学社会科学版), 2012, 15(3): 73-76.  
ZHENG Lili, SU Shipeng, HUANG Senwei. Comparison of operation and supervision systems of public water services among different countries, and the enlightenments—taking UK, Netherlands, France and USA as cases [J]. Journal of Fujian Agriculture and Forestry University (Philosophy and Social Sciences), 2012, 15(3): 73-76 (in Chinese).
- [5] 黄宁,魏海涛,沈体雁. 国外城市水务行业绩效管理比较研究[J]. 城市发展研究, 2013, 20(8): 138-142.  
HUANG Ning, WEI Haitao, SHEN Tiyan. A comparative study on foreign drainage industry performance management model [J]. Urban Development Research, 2013, 20(8): 138-142 (in Chinese).
- [6] 杨文健,李婷婷. 深圳特区内排水管网运营绩效评价研究与应用[J]. 建筑节能, 2016(3): 64-67, 71.  
YANG Wenjian, LI Tingting. Evaluation of operating performance for drainage network in Shenzhen [J]. Building Energy Efficiency, 2016(3): 64-67, 71 (in Chinese).
- [7] 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, 44(S2): 244-251.  
GU Junpeng, HE Weihua. Probe into comprehensive evaluation methods for urban drainage network operation [J]. Water & Wastewater Engineering, 2018, 44(S2): 244-251 (in Chinese).
- [8] 赵美玲,蒋海砖,冯江,等. 城市排水防涝设施管理绩效评估体系构建[J]. 中国给水排水, 2021, 37(6): 31-37.  
ZHAO Meiling, JIANG Haizhuan, FENG Jiang, et al. Construction of a performance evaluation system for urban drainage and flood control facilities management [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(6): 31-37 (in Chinese).

作者简介:黄文韬(1998—),男,重庆人,硕士研究生,  
主要研究方向为污水资源化。

E-mail:2929176241@qq.com

收稿日期:2023-03-19

修回日期:2023-05-30

(编辑:丁彩娟)