



移动扫码阅读

丁纪梦, 刁蓉梅, 王如琦, 等. 城市供水系统效能评价指标体系的构建和应用 [J]. 能源环境保护, 2025, 39(1): 24-33.

DING Jimeng, DIAO Rongmei, WANG Ruqi, et al. Construction and Application of an Evaluation Indicator System for Urban Water Supply System Efficiency [J]. Energy Environmental Protection, 2025, 39(1): 24-33.

城市供水系统效能评价指标体系的构建和应用

丁纪梦¹, 刁蓉梅², 王如琦², 刘素芳², 段友丽³, 朱慧峰⁴, 楚文海^{1,*}

(1. 同济大学环境科学与工程学院, 上海 200092; 2. 上海市供水管理事务中心, 上海 200081;
3. 上海智态数据科技有限公司, 上海 200072; 4. 上海市水务局, 上海 200050)

摘要: 随着我国城市化进程的加快, 城市供水系统效能的科学评估对于推动供水行业的高质量发展具有重要意义。同时, 供水行业也面临着水资源短缺、水质标准提升、服务质量改进等众多挑战。为了全面评估城市供水系统的效能, 亟须构建和完善可有效反映供水系统效能的指标体系。通过对我国近十年来供水系统绩效和效能评估体系的深入探讨, 并结合我国供水行业发展现状, 从运行效率、供给效果、安全管控、服务效能和综合效益 5 个维度, 构建了一套城市供水系统效能评价指标体系。通过对各类指标进行系统分析和筛选, 按照全面性、代表性和科学性等原则确定了该体系所包含的 31 个评价指标, 并运用层次分析法对这些指标进行权重划分, 确保评估结果的科学性和合理性。同时依据评估分数可划分为优秀、良好、合格、不合格 4 个等级。最后, 开展了供水系统效能评估在典型企业的示范应用。选取了 4 家供水企业开展供水系统效能评估, 对其实际数据进行了采集与分析, 结果显示 4 家供水企业的评估等级分别为优秀、良好、优秀、良好。供水企业的效能评估结果总体和现场调研的专家反馈一致, 验证了该评估方法具有较高的可行性, 并能够真实反映供水企业的运营状况, 同时暴露了各供水企业的短板问题。评估结果能够帮助供水企业了解自身不足, 并采取相应的改进措施, 从而提升综合效能水平。供水系统效能评估对于供水企业的提质增效具有一定的指导意义, 有助于推动城市供水行业的高质量建设与可持续发展。通过科学的评估和改进措施, 能够为城市供水行业的发展提供重要的参考和指导。

关键词: 供水系统; 综合效能; 评价指标体系; 层次分析法; 评估准则

中图分类号: X32

文献标识码: A

文章编号: 2097-4183(2025)01-0024-10

Construction and Application of an Evaluation Indicator System for Urban Water Supply System Efficiency

DING Jimeng¹, DIAO Rongmei², WANG Ruqi², LIU Sufang²,
DUAN Youli³, ZHU Huifeng⁴, CHU Wenhai^{1,*}

(1. College of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China;
2. Shanghai Water Supply Management Center, Shanghai 200081, China; 3. Shanghai Chitech Data Technology Co., Ltd., Shanghai 200072, China; 4. Shanghai Water Authority, Shanghai 200050, China)

Abstract: With the expansion of urbanization, the scientific and reasonable evaluation of the efficiency of urban water supply systems is crucial for advancing the water supply industry toward

收稿日期: 2024-07-15

修回日期: 2024-09-09

接受日期: 2024-09-12

DOI: 10.20078/j.eep.20240909

基金项目: 上海市水务局科研项目(沪水科 2022-06); 国家杰出青年科学基金资助项目(52325001)

第一作者: 丁纪梦(2000—), 女, 安徽蚌埠人, 硕士研究生, 主要研究方向为供水系统效能评估。E-mail: 2230491@tongji.edu.cn

通讯作者: 楚文海(1983—), 男, 山东嘉祥人, 教授, 主要研究方向为水质风险识别与控制。E-mail: 1world1water@tongji.edu.cn

high-quality development. The water supply industry faces challenges such as water shortages, stricter water quality standards, and the need for improved service quality. To comprehensively assess the effectiveness of urban water supply systems, developing and refining an indicator system that accurately reflects their efficiency is essential. This paper explores the evaluation system for the performance and efficiency of water supply systems in China over the past decade. It combines the current development status of the water supply industry and constructs an efficiency evaluation indicator system for urban water supply systems from five dimensions: operational efficiency, supply quality, safety management, service efficiency, and comprehensive benefits. Through a systematic analysis and screening of various indicator types, the system includes 31 evaluation indicators identified based on the principles of comprehensiveness, representativeness, and scientificity. The Analytic Hierarchy Process (AHP) is used to assign weights to the indicators, ensuring the scientific and rational nature of the evaluation results. Evaluation scores classify water supply system efficiency into four levels: excellent, good, qualified, and unqualified. A demonstration application of the water supply system efficiency evaluation was conducted in four typical enterprises, and data was collected and analyzed. The results showed that the evaluation grades were excellent, good, excellent, and good, respectively. These efficiency evaluation results generally align with feedback from on-site research experts, verifying the feasibility of the assessment method and its ability to accurately reflect the operational status of water supply companies, while also highlighting each company's shortcomings. The evaluation results enable water supply companies to identify shortcomings and implement corresponding improvement measures, thereby enhancing overall effectiveness. Evaluating water supply system effectiveness is crucial for improving quality and efficiency in water supply companies, promoting high-quality construction, and ensuring the sustainable development of the urban water supply industry. This study provides an important reference and guidance for the development of the urban water supply industry through scientific evaluation and improvement measures.

Keywords: Water supply system; Comprehensive efficiency; Evaluation indicator system; Analytic hierarchy process; Evaluation criteria

0 引言

供水安全关乎国计民生,我国政府一直高度重视供水工作。近十年以来,我国城市供水事业发展迅速,取得了令人瞩目的成绩。根据《2022年城乡建设统计年鉴》^[1],我国供水普及率已达到99.39%,已建设供水管道长度共计110.30万km,年供水总量达到674.41亿m³。随着人民生活水平的提高和健康意识的增强,对供水水质、运行效率、服务效能和综合效益等方面的要求也越来越高,供水系统绩效和效能评估逐渐成为政府、行业和企业关注的重点。

近十年,供水系统绩效和效能的评估体系、评估方法和管理机制等方面得到了较广泛的探讨和研究。2011年,张现国^[2]结合我国供水行业现状和远景规划目标,初步构建了涵盖服务、环境、资

产、运营、财经和人事6个领域的绩效指标体系,共包含了53项指标。2019年,吴宾^[3]从水质管理、漏损管理、运行调度、日常维护和供水服务5个方面构建了供水管网运行过程的绩效评估指标体系,体现出随着供水行业市场化改革的深入,各行业部门更加重视供水运行过程绩效的管理。随着江苏省城乡一体供水的深入推进,2023年陈桂顶等^[4]结合江苏城乡统筹供水特征,从政策、经济、社会及技术方面构建了城乡统筹供水运营管理绩效综合评估模型,对江苏省供水运营管理水平现状进行了综合评估。总体而言,供水系统绩效管理的体系和方法已经进行了多年的探索和尝试,建立适用于我国供水行业发展需求的评估体系是政府、供水行业和供水企业长期以来共同关注的课题。

当前我国供水行业已迈入高速发展的新时

代, 优质供水、健康饮水、智慧水务、水务新质生产力等新理念、新概念不断涌现。多个城市的2035规划明确提出, 供水整体水质达到或优于世界发达国家城市的目标, 供水行业面临水质标准提升、供水设施改造、节能降耗、服务质量改进、用水需求增加、加强新污染物治理等诸多挑战与问题^[5-8]。在城市供水向纵深推进的关键时刻, 亟须动态构建和逐步完善可有效反映供水系统效能的指标体系。由此, 本文建立了城市供水效能评估方法, 有助于各级政府、行业和水务集团对下辖供水企业综合效能进行合理评价和有效监管, 有的放矢地推进供水行业的高质量发展。

1 评价体系构建

《城市供水系统效能评估技术指南》(T/CECS 20001—2020)^[9]是国家“十三五”水专项的重要研究成果之一, 该指南从运行效率、供给效果、综合效益3个方面系统评价了城市供水系统的综合水平。本研究基于该指南, 借鉴了国家标准和行业规范, 按照全面性、代表性和科学性等原则对指标

进行精选和增补, 进一步结合供水行业现状, 通过广泛调研和专家座谈交流, 将评价体系进行了扩展, 增加了安全管控和服务效能2个关键维度, 构建了更为完善和合理的城市供水系统效能评价体系, 包含了5个维度、12个要素、31个详细指标(18个定量指标, 13个定性指标), 详细释义见表1。

对比《城市供水系统效能评估技术指南》(T/CECS 20001—2020)和《城市供水企业绩效评估技术规程》(T/CUWA 20058—2022)^[10], 本研究所建立的供水系统效能评价体系增加了原水、水厂以及安全管控层面的指标。原水作为供水系统的基础, 对确保水源的可靠性和保障水质安全至关重要。在供水水源保证率的基础上, 通过增加原水水质合格率、原水进厂压力合格率2个评价指标, 可以更全面地评估自来水厂的原水状况和供水能力。此外, 水厂是供水系统的核心, 对供水系统的制水质量产生决定性影响, 综合考虑处理工艺、环境及卫生管理、设备设施养护3个方面, 有助于确保水厂的生产运行质量和效率, 提高水厂的标准化管理水平, 降低运行风险和成本, 从而

表1 城市供水系统效能评价指标体系释义

Table 1 Interpretation of efficiency evaluation indicator system for urban water supply systems

目标层	准则层	要素层	指标层	属性	定义
供水系统效能评价	运行效率	原水	原水水质合格率	定量	原水水质各项指标达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2022)、《地下水质量标准》(GB/T 14848—2017)Ⅲ类水及以上的合格程度
			原水进厂压力合格率	定量	原水进厂压力值达到原水进厂压力标准的合格程度
			供水水源保证率 ^①	定量	能够充分满足供水水源预期取水量的年数比率
		水厂	处理工艺	定性	各工艺环节水处理设施的运行情况
			环境及卫生管理	定性	厂区及制水工艺流程环境卫生的整洁程度
			设施设备养护	定性	水厂设施设备养护情况和运行状态
	供给效果	管网	管网漏损率 ^②	定量	管网漏损水量与供水总量之比修正值
			水量	产能比(负荷率) ^①	定量
		水质	综合水质合格率 ^②	定量	现行水质标准《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022)表1和表2中43个检验项目的加权平均合格率
			出厂水水质合格率 ^②	定量	城市供水企业各水厂出水8项指标(浊度、色度、臭和味、肉眼可见物、余氯、菌落总数、总大肠菌数、COD _{Mn})达到现行国家标准《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2022)的合格率
			二次供水水质合格率	定量	《二次供水设施卫生规范》(GB 17051—1997)必测项目(色度、浊度、臭和味、肉眼可见物、pH、总大肠菌数、细菌总数、余氯)的合格率
			水压	管网服务压力合格率 ^②	定量

续表

目标层	准则层	要素层	指标层	属性	定义
供水系统效能评价	安全管控	生产	供电安全指数	定性	城市供水厂是否具备多路供电保障
			应急供水能力指数 ^①	定性	城市供水应急设施建设、应急预案制定状况等对供水系统应急反应能力水平
			供水信息化指数 ^①	定性	供水系统运行实现信息化管理的程度。由供水SCADA系统、管网GIS系统、客户服务系统、抄表和营业收费系统、监测预警系统、计算机辅助决策系统6部分组成
		管理	电气安全管理	定性	供水企业电气安全管理能力
			实验室安全管理	定性	供水企业实验室安全管理能力
			消防设施设备管理	定性	供水企业消防设施设备的配置情况和运行情况
			信息安全运维管理	定性	供水企业对已有智能化系统、设备进行定期升级、维护保养情况
	服务效能	用户	供水热线接通率 ^②	定量	供水企业服务热线被接起的来电量占全部来电的比率
			投诉及时处理率 ^②	定量	供水企业对客户投诉的及时处理程度
			用户满意度 ^②	定量	用户对供水服务质量、效果的社会评价满意程度
			管网修漏及时率 ^②	定量	供水企业服务区内供水管道损坏后及时修漏次数占全部次数的比率
			抄表收费管理 ^②	定性	供水企业抄表收费系统管理的规范性和准确性
			二次供水管理 ^②	定性	二次供水系统运行、维护和管理的规范性
	综合效益	经济	资产负债率 ^②	定量	城市供水单位负债总额与资产总额的比率
			主营业务利润率 ^②	定量	供水企业主营业务利润与主营业务收入的比率
		社会	信息公开指数 ^③	定性	城市供水单位服务信息的公开程度
			配水单位电耗 ^②	定量	供水企业二级泵站消耗的配水单位电量
生态		自用水率 ^②	定量	水厂生产过程中消耗的自用水总量与进水总量的比值	
			污泥处理处置率 ^①	定量	供水厂污泥处理处置量与产生量的比值

注: ①参考《城市供水系统效能评估技术指南》(T/CECS 20001—2020)^[3], ②参考《城市供水企业绩效评估技术规程》(T/CUWA 20058—2022)^[4], ③参考《供水、供气、供热等公共企事业单位信息公开实施办法》(建城规[2021]4号)及《城镇供水服务》(GB/T 32063—2015)。

保障供水的安全和可持续性。最后,规范化和科学化的管理是供水企业安全运行的保障,新增供电安全指数、电气安全管理、实验室安全管理、消防设施设备管理、信息安全运维管理等指标,旨在进一步提高供水企业的安全保障能力。

2 指标权重确定

2.1 建立层次结构模型

层次结构模型一般分为3~4层^[2],每层中各要素包含的子元素一般不多于9个^[11]。本研究建立的层次模型为4层,第1层为城市供水系统效能评价的目标层;第2层为准则层,将政府、行业和供水企业关心的问题分成5类,即运行效率、供给

效果、安全管控、服务效能和综合效益;第3层为要素层,由准则层进一步划分;第4层为具体的指标层,由各要素层包含的详细指标组成。

2.2 构造判断矩阵

为了构建一个有效的判断矩阵,需要采用合适的量化标准以清晰地反映各个指标之间的相对重要性。目前,通常采用的重要性标度是1~9比例标度法^[12],其判断矩阵标度定义见表2。

评估专家组根据城市供水系统评价指标体系和判断矩阵标度,结合城市供水系统实际情况,向城市供水行业专家发放调研问卷以评定各因素或指标相对重要程度。汇总专家填写的数据,构造判断矩阵。具体判断矩阵的形式见表3。

表 2 判断矩阵标度定义

Table 2 Definition of judgment matrix scale

标度	含义
1	表示2个因素相比, 具有相同重要性
3	表示2个因素相比, 前者比后者稍重要
5	表示2个因素相比, 前者比后者明显重要
7	表示2个因素相比, 前者比后者强烈重要
9	表示2个因素相比, 前者比后者极端重要
2, 4, 6, 8	表示上述相邻判断的中间值
倒数	若因素 <i>i</i> 与因素 <i>j</i> 的重要性之比为 a_{ij} , 那么因素 <i>j</i> 与因素 <i>i</i> 重要性之比为 $1/a_{ij}$

表 3 判断矩阵形式

Table 3 Judgment matrix form

参数	A_1	A_2	A_3	...	A_n
A_1	1	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	1	a_{23}	...	a_{2n}
A_3	a_{31}	a_{32}	1	...	a_{3n}
...	1	...
A_n	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	...	1

注: A_1, A_2, \dots, A_n 代表各层评价因素或指标, $a_{12}, a_{13}, \dots, a_{nn}$ 为某专家对各层指标相对重要性判断的标度。其中, a_{ij} 表示 A_i 与 A_j 比较的相对重要性, 满足 $a_{ij} > 0$ 。

2.3 计算各指标权重

利用层次分析法和判断矩阵, 可以对各级指标进行权重计算, 包括准则层对目标层, 要素层对准则层以及指标层对要素层的权重, 由此可得, 指标层对于目标层的综合权重。由表 4 可以看出, 运行效率和安全管控所占权重较高, 表明这 2 个维度是衡量城市供水系统效能的重要指标, 高效运行的供水系统和完善的安全生产标准化管理体系是促进整个行业稳健发展的保障。

3 评分方法

3.1 定量评价

定量指标有对应的标准化方程, 主要以行业基准值、国家和行业规范标准等政策性文件为基础, 同时以行业专家的经验建议、相关课题研究经验值等为补充确定^[3, 9-10]。标准化方程见表 5。在进行定量评价时, 根据被评价企业(单位)提供的指标数据值进行标准化处理, 获得介于 0~100 分之间的评分, 用于评价该项指标的达标情况, 分析其产生的效益和影响。定量得分为各项定量指标

得分与其综合权重乘积之和。

以“管网服务压力合格率”为例, 标准化方程如式(1)。依据被评价企业提供的数据, 管网服务压力合格率为 100% ($x=100$), 代入式(1), 则该项指标的分值为 100 分。

$$f(x) = \begin{cases} 5x - 400 & 80 < x \leq 100 \\ 0 & 0 \leq x \leq 80 \end{cases} \quad (1)$$

3.2 定性评价

定性指标主要关注企业的制度建设与管理水平, 与定量指标相比, 该类指标无法通过计算公式和标准化方程以获取分值, 而需制定相关细则评价企业运行管理效能, 见表 6。为了确保评估的专业性和科学性, 邀请具有丰富经验和专业背景的专家根据实际调研情况进行评估打分, 满分为 100 分。定性得分为各项定性指标得分与其综合权重乘积之和。

3.3 综合评价

评价总分为各类别得分(定量加定性得分)的总和。根据评价总分的多少, 将其分为优秀、良好、合格和不合格 4 个等级, 具体分级标准详见表 7。

4 评估流程

为了规范化供水系统效能评估过程并提升整体工作效率, 建议遵循图 1 的流程进行评估工作。该流程涵盖了从初步数据采集到最终效能评估的每个步骤, 确保了评估工作的系统性和准确性。通过这种方法, 不仅能够全面了解供水系统的整体情况, 还能够及时发现潜在的问题并采取相应的改进措施, 从而有效地提高供水系统的综合效能。

5 实例应用

本研究选取了 4 家供水企业(分别以 A、B、C、D 代替企业名称), 对其指标数据进行定性和定量评估分析, 以验证城市供水系统效能评价指标体系的合理性, 并为供水企业提供专业效能改进建议, 评估结果见表 8。

由 4 家供水企业的效能评估结果可知, A 供水企业的总分最高, 总分评级为优秀, 其次是 C 供水企业, 总分评级也为优秀, B、D 供水企业的总分评级为良好。供水企业的效能评估结果总体和现场调研的专家反馈一致。

A 作为我国大型供水企业, 在运行效率、供给

表 4 供水系统效能评价指标权重
Table 4 Weights of the efficiency evaluation indicators for water supply systems

目标层	准则层	权重	要素层	权重	指标层	权重	综合权重				
供水系统效能评价	运行效率	0.278	原水	0.433	原水水质合格率	0.333	0.040				
					原水进厂压力合格率	0.333	0.040				
					供水水源保证率	0.334	0.040				
			水厂	0.378	处理工艺	0.333	0.035				
					环境及卫生管理	0.333	0.035				
					设施设备养护	0.334	0.035				
					管网漏损率	1.000	0.053				
			管网	0.189	水量	0.241	产能比(负荷率)	1.000	0.038		
							综合水质合格率	0.333	0.023		
							出厂水水质合格率	0.333	0.023		
	二次供水水质合格率	0.334					0.023				
	管网服务压力合格率	1.000					0.051				
	供给效果	0.156	水质	0.435	供水安全指数	0.333	0.026				
					应急供水能力指数	0.333	0.026				
					供水信息化指数	0.334	0.026				
			水压	0.324	生产	0.333	电气安全管理	0.200	0.031		
							实验室安全管理	0.212	0.033		
							消防设施设备管理	0.237	0.037		
							信息安全运维管理	0.351	0.054		
	安全管控	0.231	管理	0.667	供水热线接通率	0.189	0.041				
					投诉及时处理率	0.184	0.040				
					用户满意度	0.195	0.043				
					管网修漏及时率	0.137	0.030				
					抄表收费管理	0.132	0.029				
					二次供水管理	0.163	0.036				
					服务效能	0.219	用户	1.000	资产负债率	0.500	0.022
									主营业务利润率	0.500	0.022
信息公开指数	1.000	0.031									
配水单位电耗	0.333	0.014									
自用水率	0.333	0.014									
污泥处理处置率	0.334	0.014									
综合效益	0.116	经济	0.375	配水单位电耗	0.333	0.014					
				自用水率	0.333	0.014					
		社会	0.264	污泥处理处置率	0.334	0.014					
				污泥处理处置率	0.334	0.014					
		生态	0.361								

效果、综合效益等方面展现了卓越的管理和运行策略。然而,为了确保全面的优质服务,在安全管控维度的应急供水能力方面,应进一步加强和完善城市供水的全流程保障体系,健全城市供水应急体系,明确在水源突发污染、旱涝急转等不同风

险状况下的应急响应机制。同时优化管网布局,实现供水管网互联互通并具备一定的调蓄能力,确保供水的连续性和安全性。B供水企业在多个维度上仍有提升空间。该企业需要进一步完善和优化其管理制度,强化环境监管,实施严格的卫生

表5 定量指标标准化方程
Table 5 Standardized equations for quantitative indicators

指标名称	基准值(x)	对应标准化得分	标准化方程	基准值出处
原水水质合格率	95	80	$f(x) = \begin{cases} 4x-300 & 75 < x \leq 100 \\ 0 & 0 \leq x \leq 75 \end{cases}$	《城市供水水质标准》 (CJ/T 206—2005)
原水进厂压力合格率	97	100	$f(x) = \begin{cases} 100 & 97 \leq x \leq 100 \\ 0 & 0 \leq x < 97 \end{cases}$	根据国家水专项课题调研 统计获得的经验值
供水水源保证率	97	100	$f(x) = \begin{cases} 100 & x \geq 97 \\ 10x-870 & 87 \leq x < 97 \\ 0 & 0 \leq x < 87 \end{cases}$	《城市供水系统效能评估技术指南》 (T/CECS 20001—2020)
管网漏损率	10	80	$f(x) = \begin{cases} 100 & x < 8 \\ -10x+180 & 8 \leq x \leq 12 \\ -5x+120 & 12 < x \leq 24 \\ 0 & x > 24 \end{cases}$	《城镇供水管网漏损控制及评定标准》 (CJJ 92—2016)
	12	60		
产能比(负荷率)	80~90	100	$f(x) = \begin{cases} 0 & x < 40 \\ 2.5x-100 & 40 \leq x < 80 \\ 100 & 80 \leq x < 90 \\ -2.5x+325 & 90 \leq x < 130 \\ 0 & x > 130 \end{cases}$	《城市供水企业绩效评估技术规程》 (T/CUWA 20058—2022)
综合水质合格率	95	60	$f(x) = \begin{cases} 8x-700 & 87.5 < x \leq 100 \\ 0 & 0 \leq x \leq 87.5 \end{cases}$	《城市供水水质标准》 (CJ/T206—2005)
出厂水水质合格率	95	60	$f(x) = \begin{cases} 8x-700 & 87.5 < x \leq 100 \\ 0 & 0 \leq x \leq 87.5 \end{cases}$	《城市供水水质标准》 (CJ/T206—2005)
二次供水水质合格率	95	60	$f(x) = \begin{cases} 8x-700 & 87.5 < x \leq 100 \\ 0 & 0 \leq x \leq 87.5 \end{cases}$	
管网服务压力合格率	96	80	$f(x) = \begin{cases} 5x-400 & 80 < x \leq 100 \\ 0 & 0 \leq x \leq 80 \end{cases}$	
供水热线接通率	85	80	$f(x) = \begin{cases} 1.33x-33.33 & 25 < x \leq 100 \\ 0 & 0 \leq x \leq 25 \end{cases}$	《城镇供水服务》 (GB/T32063—2015)
投诉及时处理率	98	80	$f(x) = \begin{cases} 10x-900 & 90 < x \leq 100 \\ 0 & 0 \leq x \leq 90 \end{cases}$	
用户满意度	80	80	$f(x) = x \quad 0 \leq x \leq 100$	
管网修漏及时率	90	80	$f(x) = \begin{cases} 2x-100 & 50 < x \leq 100 \\ 0 & 0 \leq x \leq 50 \end{cases}$	《城市供水企业绩效评估技术规程》 (T/CUWA 20058—2022)
资产负债率	50~65	100	$f(x) = \begin{cases} x+50 & 0 \leq x < 50 \\ 100 & 50 \leq x \leq 65 \\ -4x+360 & 65 < x < 90 \\ 0 & x \geq 90 \end{cases}$	《企业绩效评价标准值》
主营业务利润率	1	80	$f(x) = \begin{cases} 0 & x < -15 \\ 5x+75 & -15 \leq x \leq 5 \\ 100 & x > 5 \end{cases}$	《城市供水企业绩效评估技术规程》 (T/CUWA 20058—2022)
配水单位电耗	420	60	$f(x) = \begin{cases} 0 & x > 500 \\ -0.75x+375 & 367 < x \leq 500 \\ 100 & x \leq 367 \end{cases}$	
自用水率	3	100	$f(x) = \begin{cases} 100 & 0 \leq x \leq 3 \\ -15x+145.05 & 3 < x \leq 9.67 \\ 0 & 9.67 < x \leq 100 \end{cases}$	《室外给水设计标准》 (GB50013—2018)第9.1.3条
	5	70		
污泥处理处置率	96	60	$f(x) = \begin{cases} 10x-900 & 90 < x \leq 100 \\ 0 & 0 \leq x \leq 90 \end{cases}$	《城市供水系统效能评估技术指南》 (T/CECS 20001—2020)

注: x为各定量指标数据。

表 6 定性指标评价细则
Table 6 Rules for the evaluation of qualitative indicators

指标名称	评价细则
处理工艺	①水厂处理工艺与水源水质是否相适应 ②是否针对当地原水水质特征污染物增加相应的处理措施 (注:工艺适宜性评判以能否保证出厂水稳定达标为依据。)
环境及卫生管理	①是否建立规范的环境、厂房及生产设施卫生管理制度并落实 ②是否配备虫害消杀设施、设备或采取其他有效举措 ③是否存在设施设备积灰明显情况 ④制水构筑物、加药间、配电间等主要生产构筑物或车间是否有明显积灰积水、地面积垢、蜘蛛网、垃圾较多等情况
设备设施养护	①是否制定供水设施设备日常保养、定期维修和大修理三级维护检修制度 ②是否存在主要水处理设施设备故障或无法正常使用等现象 ③是否存在设施设备锈蚀明显、跑冒滴漏等现象
供电安全指数	2个变电站,2路,得100分;1个变电站,2路,得80分;1个变电站,1路,得50分;未配备,得0分
应急供水能力指数	根据应急水源建设、水厂供水设施配置、供水管网布局、应急预案、应急供水量情况进行评估 ^[2]
供水信息化指数	根据供水SCADA系统、管网GIS系统、客户服务系统、抄表和营业收费系统、监测预警系统、计算机辅助决策系统的建立和运行情况进行评估 ^[2]
电气安全管理	是否建立符合供水企业情况的电气管理工作制度
实验室安全管理	是否建立完善的日常管理、质量控制、安全管理等制度及预案
消防设施设备管理	①是否有技术防范 ②消防设施设备配置是否完善(包括安全指示、应急照明等)
信息安全运维管理	①是否对已建立的智能化系统及相关设备制定定期升级、维护保养相关管理制度 ②是否制定各类数据库管理制度 ③专用工控机、移动智能终端上是否安装与工作无关的应用程序 ④是否对水厂自动化系统采集的各类生产数据进行汇总分析
抄表收费管理	①是否建立信息化营业收费系统 ②是否设有专门的营销管理部门 ③是否设有专门的收费网点 ④是否通过银行、自助缴费或网络实现了代缴功能 ⑤是否引入了远程读表技术或数据采集仪 ⑥账单是否标明了用于计算收费金额的所有数据(至少包括应付金额和截止日期、读表日期和水表读数、用水量、应支付费用的用水量和其他收费或调整) ⑦水表检定、安装和更换是否符合有关规定 ⑧抄表到户率是否高于95%
二次供水管理	①由供水企业统一管理的二次供水片区是否已超过其供水范围内所有二次供水小区的50% ②是否制定二次供水管理条例 ③是否制定二次供水管理办法 ④是否按照规定定期清洗供水企业管理的二次供水水箱、水池或水塔 ⑤是否建立二次供水远传监控系统
信息公开指数	原水、出厂水、管网水、二次供水的所有环节公开(公开频率:一天一次),得100分;其中3个环节公开(公开频率:一月一次),得75分;其中2个环节公开(公开频率:半年一次),得50分;其中1个环节公开(公开频率:一年一次),得25分;未公布,得0分

表 7 类别得分分级表
Table 7 Category score grading

评价总分	[90, 100]	[80, 90)	[70, 80)	[0, 70)
评级	优秀	良好	合格	不合格

标准,确保生产区域和公共空间的清洁与整洁,制定全面的设备维护策略,以减少设备故障率并延长设备寿命,提高水厂的运行效率。此外,应借鉴优秀供水企业的经验,以提升综合效能。C供水企业评级也达到了优秀水平。近年来,C供水企

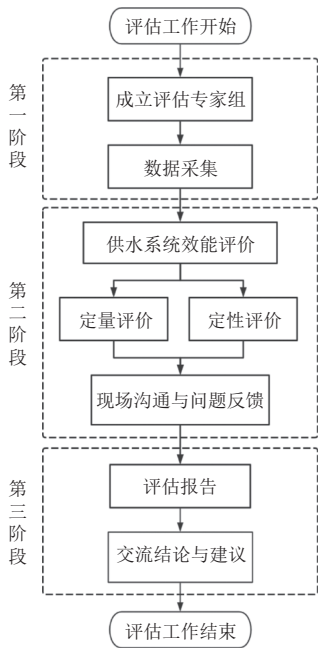


图 1 城市供水系统效能评估流程图

Fig. 1 Flowchart of urban water supply system efficiency evaluation

表 8 4 家供水企业供水系统效能

Table 8 Water supply system efficiencies of four water companies

类别(满分值)	A	B	C	D
运行效率(27.8)	26.9	22.2	24.1	23.5
供给效果(15.6)	15.6	14.2	15.1	14.8
安全管控(23.1)	20.8	20.0	21.4	20.2
服务效能(21.9)	20.4	20.3	19.4	19.8
综合效益(11.6)	11.0	10.0	10.1	10.1
综合评估总分	94.7	86.7	90.1	88.4

业凭借智慧化建设和精细化的管理,在供给效果、安全管控等方面取得了显著进展。在稳步推进发展的同时也应关注其他指标的不足,其中用户满意度仍有提升的空间,供水部门应该注重对用户反馈的跟踪和督促,建立高效的服务体系,如电话、在线客服、微信公众号等,确保用户能够方便快捷地获得帮助,提高问题的解决率和用户的整体满意度,实现服务效能的全面发展和持续改进。D 供水企业拥有良好的供水基础,总体表现较好,但该企业在能耗方面仍待改进,可通过采用节能技术和加强运行管理两大措施实现节能降耗目标。具体措施包括及时更换老旧的泵和电机,使用高效节能设备,如高效泵和变频器,以提高能

源利用效率;优化运行工况,调整机泵运行组合,优化机泵布局,确保供水系统在经济合理的状态下运行。

示范评估有效验证了该评估体系的适用性,同时暴露了各供水企业的短板问题,对供水企业的下一步改进工作具有较强的指导意义。通过不断改进与完善供水企业的运行与管理模式,有助于促进我国供水行业的稳健发展。

6 结 语

本文建立了一套城市供水系统效能评价指标体系,综合考虑了现行领域规范、标准以及供水行业目标规划,覆盖了技术性、经济性、安全性和可持续性等方面,确保评价体系的科学性。采用 1~9 比例标度法构建了各级指标判断矩阵,并运用层次分析法对评价指标进行权重计算,提高评估结果的可信度和准确性,为城市供水系统效能评价提供了一种可参考的方法。同时以 4 家供水企业为例验证所构建评价体系的合理性,评估结果不仅反映了供水企业所面临的问题,还为各供水企业的效能提升提供了方向指引,有助于推动水务行业的高质量发展。

参考文献 (References) :

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 2022 年城乡建设统计年鉴 [EB/OL]. (2023-10-11) [2024-08-09]. <https://www.mohurd.gov.cn/zhengcefabu/index.html>. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Urban-rural construction statistical yearbook in 2022[EB/OL]. (2023-10-11) [2024-08-09]. <https://www.mohurd.gov.cn/zhengcefabu/index.html>.

[2] 张现国. 中国城市供水绩效指标体系构建及指标权重划分研究 [D]. 北京: 北京建筑大学, 2011: 12-18. ZHANG Xianguo. Research on establishment of performance Indicator system and division of indicator weight for urban water supply in China[D]. Beijing: Beiing University of Civil engineering and Architecture, 2011: 12-18.

[3] 吴宾. 城市供水运行过程绩效评估及管理模式研究 [D]. 北京: 北京建筑大学, 2019: 53-54. WU Bin. Research on performance evaluation and management model of urban water supply operation process[D] Beijing: Beijing University of Civil Engineering and Architecture, 2019: 53-54.

[4] 陈桂顶, 朱建国, 蒋彬, 等. 基于城乡统筹供水特征的运营管理模式及供水绩效综合评估: 以江苏省为例 [J]. 净水技术, 2023, 42(2): 71-76. CHEN Guiding, ZHU Jianguo, JIANG Bin, et al. Operation management mode and comprehensive evaluation of

- water supply performance based on the characteristics of integrated urban-rural water supply: Case of Jiangsu Province[J]. *Water Purification Technology*, 2023, 42(2): 71-76.
- [5] 邹晶晶, 桂萍, 郝天, 等. 2023 版《生活饮用水标准检验方法》系列标准实施背景下供水行业的机遇、挑战与应对[J]. *净水技术*, 2023, 42(11): 1-7.
WU Jingjing, GUI Ping, HAO Tian, et al. Opportunities, challenges and responses of the water supply industries under the implementation of 2023 edition of standard examination methods for drinking water series standards[J]. *Water Purification Technology*, 2023, 42(11): 1-7.
- [6] 侯培强, 张彬, 张昉同, 等. 我国城市公共供水行业发展特征分析及展望[J]. *净水技术*, 2022, 41(7): 47-54.
HOU Peiqiang, ZHANG Bin, ZHANG Xitong, et al. Analysis and prospect of development characteristics of urban public water supply industry at home[J]. *Water Purification Technology*, 2022, 41(7): 47-54.
- [7] 尹大强. 饮用水安全多级屏障净水技术与应用: 以太湖流域为例[M]. 北京: 科学出版社, 2024.
YIN Daqiang. Multi-barrier water purification technology and application for drinking water safety: A case study of Taihu Basin[M]. Beijing: Science Press, 2024.
- [8] 中国城镇供水排水协会. 城镇水务 2035 年行业发展规划纲要[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2021.
China Urban Water Association. Outline of Industry Development Plan for Urban Water Affairs in 2035[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2021.
- [9] T/CECS 20001—2020, 城市供水系统效能评估技术指南[S].
T/CECS 20001—2020, Guidelines for effectiveness assessment technology of urban water supply system[S].
- [10] T/CUWA 20058—2022, 城市供水企业绩效评估技术规程[S].
T/CUWA 20058—2022, Technical specification for performance evaluation of urban water supply utilities[S].
- [11] 王俊岭, 吴宾, 徐怡, 等. 改进 AHP 法优化供水绩效指标权重研究[J]. *科技管理研究*, 2019, 39(9): 49-55.
WANG Junling, WU Bin, XU Yi, et al. Improved AHP method to optimize the weight of water supply performance indicators[J]. *Science and Technology Management Research*, 2019, 39(9): 49-55.
- [12] 刘莹昕, 刘飒, 王威尧. 层次分析法的权重计算及其应用[J]. *沈阳大学学报(自然科学版)*, 2014, 26(5): 372-375.
LIU Yingxin, LIU Sa, WANG Weiyao. Computation of weight in AHP and its application[J]. *Journal of Shenyang University (Natural Science)*, 2014, 26(5): 372-375.