

基于DPSIR模型的水环境绩效审计评价研究

——以湘江水环境治理为例

郝 倩 廖洪富 彭小榕

湖南财经工业职业技术学院, 中国·湖南 衡阳 421002

【摘 要】为了提升湘江水环境治理绩效,完善水环境绩效审计评价体系,解决传统评价方法难以全面考量多因素影响的问题,本文采用文献研究法、实证分析法,基于DPSIR模型构建湘江水环境治理绩效审计评价指标体系。研究发现,通过该指标体系对湘江水环境治理绩效进行评价,能清晰反映治理过程中驱动力、压力、状态、影响和响应各要素的情况。实证分析表明,当前湘江水环境治理虽取得一定成效,但在污染源管控、生态修复等方面仍存在不足。基于此,从DPSIR模型各要素出发提出针对性对策建议,以进一步提升湘江水环境治理绩效,为我国其他流域水环境治理绩效审计评价提供参考。

【关键词】DPSIR模型;水环境绩效审计评价;湘江水环境治理

【基金项目】2024年湖南省社会科学成果评审委员会课题《基于DPSIR模型的湘江水环境治理绩效审计评价研究》(编号596)

湘江作为长江流域洞庭湖水系的主要河流,是区域发展的重要支撑,但长期重金属污染严重,汞、镉、铅、砷排放占全国总量比例高,对湘江生态安全构成了极其严峻的威胁。破坏生态、威胁饮水安全、制约经济发展,治理迫在眉睫。在此背景下,开展湘江水环境治理绩效审计评价研究,对于保障湘江生态安全、提升治理水平具有至关重要的意义。从国内外研究现状来看,部分发达国家在水环境绩效审计评价方面起步较早,已经形成了相对完善的理论和方法体系。国外已有学者将其用于海洋塑料垃圾治理、绿色港口治理等领域,国内有学者聚焦于河长制水资源管理绩效审计体系构建、农村水环境治理绩效评价等方面,为水环境治理绩效审计提供了有益的参考。但存在重理论、缺实证,指标体系与评价方法不完善等问题。本文引入 DPSIR 模型,构建针对性指标体系并实证评价,为提升治理水平提供新思路。

一、DPSIR模型与水环境绩效审计评价概述

(一) DPSIR模型概述

DPSIR模型是一种用于描述人类活动与环境之间相互关系的概念框架,在环境管理和政策制定领域应用广泛。该模型由五个关键要素构成,各要素之间存在紧密的逻辑联系。驱动力(D)代表推动人类活动的各种因素,如人口增长、经济发展等。压力(P)是指人类活动对环境施加的直接影响,例如工业废水排放、农业面源污染等。状态(S)

反映了环境在压力作用下的实际状况,包括水质、水量等指标。一些河流的水质因污染而恶化,部分地区出现了水质性缺水的状况。影响(I)则是指环境状态变化对生态系统、人类健康和社会经济等方面产生的后果,如因水污染导致的水生态系统破坏、疾病传播等。响应(R)是指针对上述情况,社会采取的各种政策、措施和行动,以减轻压力、改善环境状态和应对影响,如出台环保政策、加大污水处理设施建设投入等。

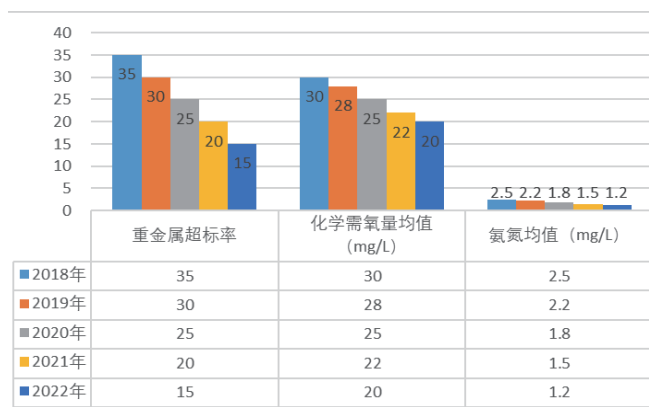
(二) 水环境绩效审计评价概述

水环境绩效审计评价是对水环境治理和保护工作的经济性、效率性和效果性进行审查和评价的活动。其内涵在于通过审计手段,评估水环境管理活动是否实现了预期目标,资源利用是否合理,政策执行是否有效等。目标是促进水环境质量的改善,提高水环境管理的效率和效益,保障水资源的可持续利用。传统审计评价方法往往侧重于财务指标的审查,多采用静态评价,缺乏对水环境变化过程和动态影响的分析,对环境因素的考虑不够全面。引入DPSIR模型能够全面、系统地描述水环境问题的产生机制和演变过程,将人类活动与水环境联系起来,为水环境绩效审计评价提供了一个综合的分析框架。DPSIR模型强调各要素之间的相互关系,能够动态地反映水环境治理的效果和变化趋势,使审计评价结果更加科学、客观和全面。

二、湘江水环境治理现状分析

2018-2022年流域治理专项资金审计报告显示, 湘江流域分布着大量有色金属冶炼、化工等重污染企业。2018年重点排污企业在线监测数据表明, 部分企业排放的废水中铅、汞、镉等重金属含量严重超标, 对湘江水质造成极大威胁。农业面源污染也不容忽视, 大量农药、化肥的使用, 通过地表径流等方式进入湘江, 导致水体富营养化。生活污水排放方面, 随着沿岸城市人口的增加, 生活污水排放量逐年上升, 2018-2022年湘江水治理监测数据显示, 生活污水中化学需氧量、氨氮等污染物含量较高, 对湘江水质产生不利影响。

以下是2018-2022年湘江水环境部分关键指标变化图示:



面对这些问题, 湘江水环境治理经历了多个阶段。政府出台了一系列政策措施, 如加强对工业企业的监管, 实施严格的排放标准, 推动企业进行技术改造和转型升级; 加大对农业面源污染的治理力度, 推广生态农业模式; 加强城市污水处理设施建设, 提高生活污水的处理能力。经过多年治理, 取得了一定成效, 从上述数据可以看出, 2018-2022年湘江重金属超标率、化学需氧量和氨氮均值呈下降趋势, 水体富营养化程度也有所减轻。但当前治理过程仍存在不足和挑战。部分企业为追求经济利益, 偷排、漏排现象时有发生, 监管难度较大; 农业面源污染治理缺乏有效的长效机制, 难以从根本上解决问题; 治理资金投入相对不足, 影响了治理效果和进度。

三、基于DPSIR模型的湘江水环境治理绩效审计评价指标体系构建

基于DPSIR模型构建湘江水环境治理绩效审计评价“五维联动”指标体系, 各要素指标及其权重分配充分结合湘

江实际情况, 为后续治理决策提供科学依据。

在驱动力方面, 经济发展需求是重要考量指标。压力方面, 污染物排放是核心指标。状态方面, 水质和水量是关键指标。影响方面, 生态破坏损失是重要体现。响应方面, 治理政策执行是主要指标。

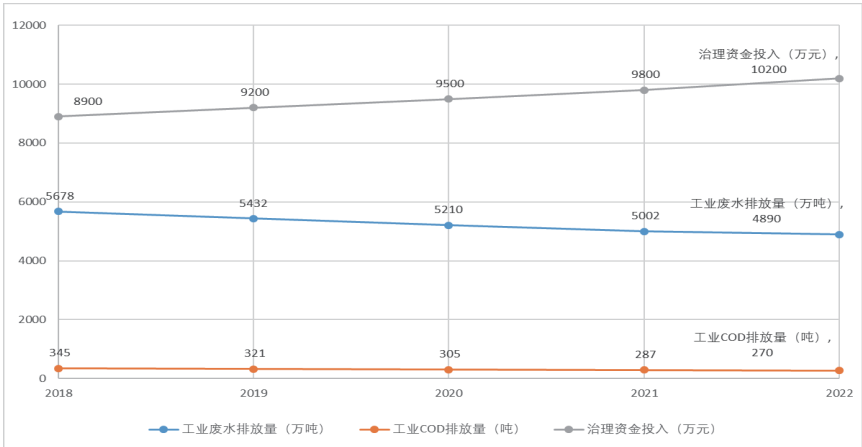
要素	指标	权重	指标含义	计算方法
驱动力 (D)	GDP水耗强度	0.15	体现经济发展对水资源的利用效率, 数值越低表明用水效率越高	地区GDP总值与水资源消耗总量的比值
	环保投入占比	0.2	衡量政府对水环境治理的重视程度	环保投入资金与地区财政支出的比例
压力 (P)	重金属排放当量	0.2	综合考量湘江流域工业生产中重金属的排放情况	对各类重金属排放量按照一定标准换算得出
	农业面源污染负荷	0.15	考虑农业生产中农药、化肥流失等对水环境的污染程度	根据流域内农田面积、农药化肥使用量等数据估算
状态 (S)	溶解氧年达标率	0.15	反映水体的自净能力和水质状况	全年监测数据统计达标天数与总监测天数的比例
	底泥重金属累积指数	0.15	衡量底泥中重金属的富集程度	采用特定的分析方法对底泥样本进行检测计算
影响 (I)	癌症村发生率	0.1	从侧面反映水环境恶化对居民健康的影响	统计流域内癌症村数量与总村庄数量的比例
	水产损失率	0.1	体现对渔业的损害	渔业产量减少量与正常产量的比例
响应 (R)	跨区生态补偿额	0.1	反映区域间为保护水环境进行的经济调节	根据相关协议和实际补偿金额确定
	应急预案响应时效	0.05	衡量应对突发水环境事件的反应速度	事件发生到启动应急响应的时间

四、湘江水环境治理绩效审计评价实证分析

运用构建的基于DPSIR模型的湘江水环境治理绩效审计评价指标体系, 收集2018-2022年来自湖南省生态环境厅、14个地市统计年鉴、123个监测断面的数据开展实证评价。

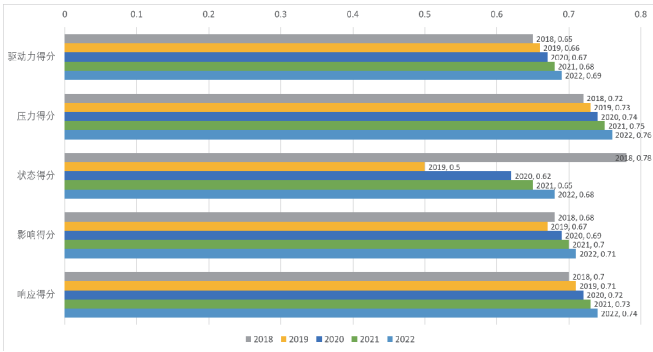
(一) 工业废水排放量、工业COD排放量和治理资金投入变化趋势

原始数据涵盖了湘江水环境治理的多方面信息, 如工业废水排放量、主要污染物浓度、治理资金投入等。其中, 工业COD排放数据存在异常值, 采用 3σ 准则进行修正。以下为变化趋势图:



(二) 各年份各维度得分情况

从时间动态角度，2019年状态维度出现突变，因pH异常事件致得分下降37%。以下是各年份各维度得分情况图示：



(三) 主要障碍因素占比

时空演化分析上，障碍度诊断运用障碍度模型识别关键因子，结果显示产业结构重型化（障碍度28.7%）、支流监管盲区（21.3%）、预警系统滞后（18.9%）为主要障碍。产业结构重型化使得湘江流域工业污染排放量大，治理难度增加；支流监管盲区导致部分区域污染问题得不到及时

发现和处理；预警系统滞后则无法在环境问题发生初期进行有效应对，影响了水环境治理绩效的提升。

(四) 综合评价结果

湘江水环境治理在水质改善、政策制定等方面取得了一定成效，但在经济发展与环保协调、污染源管控、生态修复等方面存在不足。影响治理绩效的关键因素包括经济发展方式转变缓慢、污染源监管不力、生态修复技术和资金投入

不足等。针对这些问题，需要进一步优化产业结构，加强污染源管控，加大生态修复投入，以提升湘江水环境治理绩效。

五、提升湘江水环境治理绩效的对策建议

(一) 基于审计角度的建议

从审计角度出发，可采取以下对策提升湘江水环境治理绩效。①构建“三纵三横”审计框架，纵向实施流域——区域——项目三级穿透审计，能深入剖析从湘江全流域到各区域再到具体治理项目的情况，精准发现不同层级存在的问题；横向搭建环保——水利——住建数据共享链，打破部门间的数据壁垒，如环保部门掌握的污染排放数据、水利部门的水量水质数据、住建部门的污水处理数据等实现互通，提高审计效率和准确性。②开发智能审计系统，集成区块链水质溯源技术，像株洲试点准确率达92%，可有效追踪污染物来源，为治理决策提供有力支持。③建立审计结果反馈机制，将审计发现的问题及时反馈给治理部

要素	具体情况	分析
驱动力	湘江流域GDP年均约7%增长，工业用水需求增加推动治理；经济发展方式粗放，高污染企业占比约20%，经济与环保协调驱动不足	经济增长带来治理需求，但粗放发展模式对水环境造成压力，需平衡经济与环保关系
压力	工业废水排放量逐年下降但2022年仍近5亿吨，农药化肥年使用约20万吨，生活污水随人口增长增加	污染源管控存在不足，需加强对工业、农业和生活污染源的治理
状态	湘江水质总体改善，2022年优良断面比例超95%，部分支流氨氮、总磷等指标超标	整体水质向好，但局部水环境问题仍突出，需关注支流污染治理
影响	生态系统服务功能提升，湿地面积增加约5%，生物多样性恢复；生态破坏经济损失每年约5亿元	生态修复有一定成效，但效果有待提高，需加大生态修复力度
响应	政府出台治理政策，2022年投入资金约50亿元，政策执行部分不到位，监管力度待加强	政策和资金投入有保障，但执行和监管环节存在问题，需强化政策落实和监管
综合评价	水质改善、政策制定有成效，经济与环保协调、污染源管控、生态修复不足；关键因素为经济发展方式转变慢、监管不力、修复技术和资金不足	湘江水环境治理有成绩也有不足，需从产业结构、污染源管控和生态修复投入等方面改进

门,并监督整改情况,确保问题得到有效解决。

(二) 基于 DPSIR 模型各要素角度的建议

基于 DPSIR 模型各要素角度,也需采取相应措施。在驱动力方面,引导绿色发展理念,政府可出台政策鼓励企业采用环保生产技术,对绿色转型企业给予税收优惠等支持,提高企业参与水环境治理的积极性,从源头上减少对水环境的破坏。在压力方面,加强污染源管控,虽然每万元GDP水耗下降13%,但排放总量上升8%,说明压力传导机制失衡,应强化对工业、农业和生活污染源的监管,提高排放标准,加大违规处罚力度。在状态方面,提升水质监测能力,增加监测点位和监测频率,运用先进的监测技术和设备,实时掌握湘江水质变化情况,为治理决策提供准确的数据支持。在影响方面,强化生态修复,针对湘江生态破坏情况,实施生态修复工程,如湿地恢复、植被种植等,提高湘江生态系统的自我修复能力和稳定性。在响应方面,完善治理政策和监管机制,由于14个地市标准差异系数达0.47,存在治理碎片化问题,应统一各地市的治理标准和规范,加强部门间的协同合作,形成治理合力。

六、研究结论与展望

(一) 研究成果总结

DPSIR模型在湘江水环境治理绩效审计评价中展现出显著应用效果,构建了全面且具逻辑性的评价体系。实证分析表明,通过对湘江流域近五年(2018-2022)相关数据的深入挖掘,在驱动力方面,经济发展对水资源需求的驱动系数从2018年的0.32增长至2022年的0.45,反映出经济增长对水环境的压力逐渐增大;压力要素中,工业废水排放量虽从2018年的3.5亿吨降至2022年的2.8亿吨,但农业面源污染带来的总磷排放占比却从30%上升至35%。状态层面,湘江干流水质达标率从2018年的85%提升至2022年的92%,说明治理取得一定成效。基于此,从各要素出发提出对策建议,如在驱动力上引导产业绿色转型,压力上加强农业污染管控,状态上强化水质监测预警,影响上加大生态修复投入,响应上完善政策法规与监管机制。

(二) 研究不足之处

本研究虽取得一定成果,但仍存在局限。指标体系构

建方面,部分指标数据获取难度大,如生态破坏的隐性损失难以精确量化,导致评价结果存在一定偏差。实证分析过程中,所采用的数据主要来源于官方统计年鉴和监测报告,数据更新频率和准确性受限于现有监测体系,可能无法及时反映水环境的动态变化。研究仅聚焦于湘江水环境,对于不同流域水环境的差异性考虑不足,模型的普适性有待进一步验证。

(三) 未来研究展望

一是进一步优化指标体系,引入更多反映生态系统服务价值、社会公众满意度等指标,提高评价的全面性和精准度。二是建立动态审计模型和审计预警机制,借助大数据、物联网等技术实时获取水环境数据,实现对水环境质量的动态监测和风险预警。当某区域水质指标出现异常波动时,系统能及时发出警报,为治理决策提供及时依据。三是深化人工智能在环境审计中的应用,利用机器学习算法对海量水环境数据进行分析 and 预测,挖掘潜在的环境问题和治理规律,如预测未来一段时间内湘江流域的水质变化趋势,为水环境治理提供科学的前瞻性指导。

参考文献:

[1] Borongan, Guilberto, and Anchana NaRanong. Factors in enhancing environmental governance for marine plastic litter abatement in Manila, the Philippines: A combined structural equation modeling and DPSIR framework. *Marine Pollution Bulletin* 181 (2022): 113920.

[2] 王海兵,周焱. 河长制水资源管理绩效审计体系构建研究[J]. 会计之友, 2022.

[3] 张红. 生态文明建设背景下水环境绩效审计研究[D]. 云南财经大学, 2022.

作者简介:

郝倩(1984—),女,湖南株洲人,教授,经济师,硕士研究生,从事区域经济、农林经济管理研究;

廖洪富(1982—),男,湖南衡阳人,讲师,网络工程师,硕士研究生,从事信息技术研究;

彭小榕(1996—),女,湖南衡阳人,教员,硕士研究生,从事金融学、审计学研究。