

生态环境质量评价指标体系的构建与应用

郑 锴

廊坊市生态环境局 河北 廊坊 065000

摘要：本文聚焦生态环境质量评价指标体系的构建与应用，阐释了生态环境质量评价核心概念，详细介绍指标筛选流程、框架设计、权重确定方法及评价标准。以廊坊市为实例，分析其生态环境概况、基于指标体系的评价过程，剖析评价结果并针对性提出大气污染治理、水环境治理、产业结构调整等对策建议，旨在为区域生态环境质量提升提供理论与实践参考。

关键词：生态环境质量；指标体系构建；区域应用分析

引言：随着生态环境问题日益凸显，准确评价生态环境质量成为关键。生态环境质量评价不仅关乎生态系统的健康与可持续性，还影响区域发展决策。传统环境监测侧重单一要素，难以全面反映生态状况。构建科学合理的生态环境质量评价指标体系，能够综合量化分析生态系统结构、功能及人类活动影响，为政策制定提供有力支撑。本文将深入探讨指标体系构建原则、方法，并结合廊坊市实例分析其应用，以推动生态环境质量评价工作的深入开展。

1 生态环境质量评价的核心概念

生态环境质量评价是对特定区域生态系统结构、功能及人类活动影响的综合量化分析，核心在于通过多维度指标反映生态健康与可持续性。评价对象涵盖大气、水、土壤等自然要素，以及资源利用效率、污染排放强度等社会经济活动。其区别于传统环境监测，更强调系统整体性与动态性，如分析PM2.5浓度与产业结构、能源消耗的关联^[1]。国际上，UNEP的DPSIR模型提供理论框架，国内则通过技术规范明确指标选取与计算方法。

2 生态环境质量评价指标体系构建原则

2.1 科学性原则

科学性原则是指标体系构建的基石，要求指标选取、数据获取及计算方法严格遵循生态学与环境科学规律。指标定义须精准，如“森林覆盖率”仅统计有林地面积占比，排除灌木林等干扰；数据优先采用政府监测部门发布的实时数据或卫星遥感、地面传感器获取的高精度数据，确保可靠性；计算方法需透明，权重确定应基于层次分析法（AHP）等数学模型，避免主观赋值；指标需反映动态变化，如通过多年数据计算“生物多样性指数”波动率，而非单一静态值。此原则保障评价结果可复现、可验证，为政策制定提供科学依据。

2.2 系统性原则

系统性原则强调指标体系需全面覆盖自然、经济、社会复合系统，避免片面性。自然系统需涵盖大气、水、土壤、生物等要素，如同时监测“空气质量优良天数比例”“地表水达标率”；经济系统需关联资源利用与污染排放，如“单位GDP能耗”“工业废水排放强度”；社会系统需纳入公众参与与管理响应，如“环保投诉处理率”。各子系统间需建立逻辑关联，例如通过“植被覆盖度”与“水土流失面积”的负相关关系，验证生态修复效果。系统性原则要求形成“压力-状态-响应”（PSR）闭环逻辑，揭示生态问题根源与治理路径。

2.3 代表性原则

代表性原则要求指标聚焦关键因素，避免冗余泛化。需根据区域生态特征筛选特色指标，如干旱区优先“地下水水位下降速率”，工业区侧重“挥发性有机物（VOCs）排放量”；优先选择敏感性强、变化显著的指标，如“湿地退化面积”对生态服务功能的影响更直接；通过相关性分析剔除冗余指标，如“PM2.5浓度”与“空气质量综合指数”相关性过高时，仅保留后者简化计算。代表性原则通过“少而精”的指标设计，提升评价效率与政策导向性，避免因指标过多导致重点模糊。

2.4 可操作性原则

可操作性原则要求指标体系兼顾科学性与实践可行性。数据获取需低成本、可持续，优先采用政府统计年鉴或自动监测站数据，避免高成本专项调查；计算方法需简单，如“生态服务价值”采用当量因子法估算，公众参与度通过“环境信访案件数量”量化；指标需时空可比，如采用“单位面积碳排放量”消除区域差异；评价结果需直接指导管理，如将“大气污染指数”细分为工业、移动、生活源贡献率，为精准治污提供依据。此原则确保指标体系能落地应用，避免脱离实际^[2]。

3 生态环境质量评价指标体系构建

3.1 指标筛选流程

指标筛选需遵循“理论分析-初步筛选-实证检验-优化调整”的闭环流程。首先，基于生态学、环境科学理论，结合区域生态特征（如气候类型、产业结构），构建初始指标池。例如，在京津冀地区需重点纳入“PM2.5年均浓度”“臭氧超标天数”等大气污染指标，而在长江经济带则需增加“水功能区达标率”“湿地退化面积”等水生态指标。其次，通过相关性分析剔除冗余指标，例如当“森林覆盖率”与“植被固碳量”相关性超过0.85时，可仅保留后者以简化计算。再次，采用专家咨询法（Delphi法）对指标进行多轮论证，邀请生态学家、环境管理者、公众代表参与，确保指标的科学性与社会认可度。最后，通过试点区域验证指标的敏感性，例如在雄安新区开展为期2年的监测，对比“生物多样性指数”与“生态服务价值”的变化趋势，剔除对生态质量变化不敏感的指标（如“年降水量”）。筛选流程需兼顾全面性与可操作性，最终形成包含30-50项核心指标的清单，为后续框架设计奠定基础。

3.2 指标体系框架设计

框架设计需采用“目标层-准则层-指标层”的三级结构，以系统反映生态环境的复合特征。目标层为“生态环境质量综合指数”，准则层涵盖自然生态、环境压力、管理响应三大维度。自然生态维度包括“大气环境”“水环境”“土壤环境”“生物多样性”等子系统，例如“大气环境”下设“PM2.5浓度”“二氧化氮年均值”“能见度”等指标；环境压力维度聚焦人类活动影响，如“工业废水排放强度”“化肥施用强度”“建设用地占比”；管理响应维度反映政策干预效果，包括“环保投入占GDP比重”“生态修复面积”“环境违法案件查处率”。各维度间需建立逻辑关联，例如通过“森林覆盖率”与“水土流失面积”的负相关关系，验证生态修复工程的实际成效^[3]。框架设计需遵循系统性原则，确保指标覆盖生态-经济-社会复合系统，同时通过层次分析法（AHP）确定各维度权重，避免单一维度主导评价结果。

3.3 指标权重确定方法

权重确定需综合主观赋权与客观赋权，以平衡专家经验与数据特征。主观赋权采用层次分析法（AHP），通过构建判断矩阵计算指标相对重要性。例如，在“大气环境”子系统中，专家可能认为“PM2.5浓度”对生态质量的贡献是“二氧化氮浓度”的2倍，据此构建矩阵并计算权重。客观赋权采用熵值法，根据指标数据变异程度分配权重，数据波动越大的指标（如“臭氧超标

天数”）赋予更高权重，以反映其对生态质量的敏感影响。为避免单一方法偏差，可结合主客观赋权结果，通过加权平均确定最终权重。例如，某指标的AHP权重为0.3，熵值法权重为0.4，则综合权重为0.35。权重确定需通过敏感性分析验证，当某指标权重变动 $\pm 10\%$ 时，综合指数变化不超过5%，则认为权重分配合理。权重方法的选择直接影响评价结果的公正性，需根据数据可获取性与区域特征灵活调整。

3.4 评价标准与等级划分

评价标准需结合国家规范、历史数据与区域基准，确保科学性与可操作性。首先，参考《生态环境状况评价技术规范》（HJ192-2015）等国家标准，设定“优”“良”“中”“差”四级阈值。例如，“大气环境质量”以PM2.5年均浓度 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 为优级标准， $70\mu\text{g}/\text{m}^3$ 为差级标准。其次，结合区域历史数据修正标准，例如在工业密集区，可将“工业废水排放强度”的优级标准放宽至5吨/万元GDP（全国平均为3吨/万元），以反映区域发展阶段差异。再次，采用聚类分析法划分等级，通过K-means算法对综合指数进行分组，确保各等级样本量均衡。例如，将综合指数0.8以上划为“优”，0.6-0.8为“良”，0.4-0.6为“中”，0.4以下为“差”。等级划分需配套可视化工具，如通过GIS地图标注不同等级区域，并生成“生态质量热力图”，为政策制定提供空间导向。评价标准的动态更新机制至关重要，需每年根据监测数据修订阈值，确保评价结果与生态实际变化同步。

4 生态环境质量评价指标体系的应用实例

4.1 研究区域概况

廊坊市位于华北平原北部，地处京津冀城市群核心区域，总面积6429平方公里，下辖2区、6县、2个县级市。作为京津冀协同发展的重要节点城市，其生态环境质量受工业排放、交通流量及区域联防联控政策影响显著。2024年数据显示，全市PM2.5年均浓度为38微克/立方米，较2020年下降22%；地表水国控断面优良水体比例达77.8%，其中大清河台头断面水质提升至Ⅱ类，创历史最优。区域生态特征呈现“北优南弱”格局，北部三河市空气质量综合指数低至4.10，而南部大城县因传统产业集聚，综合指数达4.65。此外，廊坊市年均降水量520毫米，水资源短缺与农业面源污染压力并存，2024年地下水Ⅴ类水比例控制在25%，土壤安全利用率达95%以上，凸显“水-土-气”复合型生态治理需求^[4]。

4.2 基于指标体系的评价过程

廊坊市采用“PSR（压力-状态-响应）”模型构建三级指标体系，涵盖23项定量指标。压力层聚焦资源消

耗与污染排放,如单位GDP能耗(0.32吨标煤/万元)、工业废水排放强度(2.1吨/万元);状态层反映环境质量现状,包括PM_{2.5}浓度、地表水COD年排放量(15.6吨)、绿化覆盖率(48.2%);响应层体现治理效能,如环保投入占GDP比例(2.8%)、工业炉窑整治完成率(100%)。数据来源于生态环境局监测站、统计年鉴及卫星遥感,通过极差标准化处理消除量纲差异,采用层次分析法(AHP)确定权重,其中压力层权重占55.87%,状态层占31.97%,响应层占12.16%。综合指数计算采用加权求和法,2024年全市生态环境质量综合指数为4.30,较2020年提升18.6%,表明治理成效显著。

4.3 评价结果分析

从空间维度看,北部县市(三河市、大厂县)综合指数优于中南部,主要得益于产业结构优化(高新技术产业占比超60%)及严格的空管管控(如龙河生态保护红线)。中南部县(市、区)受传统家具制造、化工产业影响,VOCs排放强度达1.2千克/万元,是北部地区的2.3倍,导致臭氧超标天数占比达12%。从时间维度看,2020—2024年大气环境质量改善最显著,PM_{2.5}浓度下降29%,但臭氧8小时滑动平均值(178微克/立方米)仍超二级标准限值,反映光化学污染治理短板。水环境质量呈“北优南中”特征,北部河流(永定河、潮白河)Ⅱ类水质占比达60%,而南部鲍邱河因农业面源污染,常年维持Ⅳ类水质。声环境质量整体达标,但功能区夜间噪声达标率(92.5%)低于昼间(87.5%),需加强交通噪声管控。

4.4 基于评价结果的对策建议

针对大气污染,需强化VOCs深度治理:2025年计划完成186家涉VOCs企业整治,推广水性漆替代技术,将工业涂装工序密闭化率提升至90%。水环境治理方面,实

施“一河一策”精准管控,对鲍邱河开展生态修复(清淤50万立方米、建设人工湿地20公顷),并建立跨区域联防联控机制。土壤污染防治需严格建设用地准入管理,2025年完成12个优先监管地块污染管控,推进农用地重金属污染溯源整治。产业结构调整上,推动南部县(市、区)家具产业绿色转型,建设集中喷涂中心,将单位产值能耗降低15%。另外,完善“人防+技防”监测体系,利用30余座水质自动站及卫星遥感技术,实现污染源实时溯源。公众参与层面,通过“生态积分”制度鼓励市民举报环境违法行为,2024年公众环境满意度达89%,较2020年提升12个百分点。

结束语

生态环境质量评价指标体系的构建与应用是提升生态环境管理水平的重要举措。通过遵循科学性、系统性等原则,可构建出科学合理、可操作性强的指标体系。以廊坊市为例的应用实践表明,该体系能有效评估区域生态环境质量,揭示问题根源,为精准治理提供方向。未来,需持续完善指标体系,结合区域发展动态调整,强化数据监测与技术应用,提升评价的准确性与时效性,为生态环境保护与可持续发展提供坚实保障。

参考文献

- [1]辛尚珍,崔爱宁,连海峰.城市生态环境质量评价体系的构建及应用[J].绿色科技,2024,26(4):214-220.
- [2]王云波.农业生态环境质量的指标体系与评价方法分析[J].南方农业,2021,15(14):203-204.
- [3]朱志成.新形势下生态环境监测质量问题与对策[J].清洗世界,2023,39(09):163-165.
- [4]许文娟,罗芳.生态环境质量评价体系建设探讨[J].环境与发展,2020,32(06):7+9.