

## 京津冀生态环境治理体系重构与协调发展思路

李 琰<sup>1</sup>, 刘铁军<sup>2</sup>

(1. 河北化工医药职业技术学院化学与环境工程系, 石家庄 050026;  
2. 北京市环境影响评价评估中心, 北京 100161)

**摘要:** 京津冀协同发展是党中央提出的国家重大战略, 要求在生态环境保护等重点领域率先取得突破, 构建三地协同的现代生态环境治理体系倍显紧迫。文章分析了现阶段京津冀重大生态环境问题以及区域生态环境一体化治理的客观必要性, 初步提出了京津冀生态环境治理体系现代化建设构想, 主要包括高度协同的区域发展战略、基于“三线一单”的环境准入制度、全局性生态环境治理工程、协调联动的区域污染防治机制、全方位的环保监督考核问责制度和社会参与的市场调节体系, 以期为生态环境保护领域的率先突破提供理论支撑。

**关键词:** 京津冀; 生态环境治理; 现代化; 协调发展

**中图分类号:** X321

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2022060026

### Reconstruction of the Beijing-Tianjin-Hebei eco-environmental governance system and coordinated development ideas

LI Yan<sup>1</sup>, LIU Tiejun<sup>2</sup>

(1. Department of Chemistry and Environmental Engineering, Hebei Chemical and Pharmaceutical College, Shijiazhuang 050026, China; 2. Beijing Environmental Impact Assessment Center, Beijing 100161, China)

**Abstract:** The coordinated development of Beijing-Tianjin-Hebei is a major national strategy proposed by the Party Central Committee. It requires the breakthroughs in key areas such as ecological and environmental protection, and it is extremely urgent to build a coordinated modern ecological environment management system for the three places. This paper analyzes the major resource and environmental problems of Beijing-Tianjin-Hebei region and the necessity of integrated governance of the regional ecological environment at this stage. It puts forward a preliminary idea for the modernization of Beijing-Tianjin-Hebei ecological environment governance system, which mainly includes a highly coordinated regional development strategy, based on the “three lines and one list” environmental access system. An overall ecological environment governance project, a coordinated and linked regional pollution prevention mechanism, a comprehensive environmental protection supervision and assessment accountability system, and a market regulation system involving social participation are expected to provide references for regional sustainable development.

**Keywords:** Beijing-Tianjin-Hebei; ecological environment governance; modernization; coordinated development

**CLC number:** X321

我国生态环境治理体系尚处于初级阶段, 还存在环境政策体系缺乏统筹安排、生态环境保护责任清单尚未构建、统一的生态环境监测体系尚未形成<sup>[1]</sup>、跨域环境污染监管问题尚未解决<sup>[2]</sup>、自然资源调查制度不健全<sup>[3]</sup>、生态系统保护和修复的系统性不足<sup>[4]</sup>、法规标准有待加快完善<sup>[5]</sup>和生态文明建设的市场化运作欠缺<sup>[6]</sup>等问题。治理体系及其构成要素是

不断发展的<sup>[7]</sup>, 发展趋势是体系化、专业化<sup>[8]</sup>和法治化, 注重整体性、系统性、一体化、多维度、融合性发展<sup>[9]</sup>, 重点关注治理措施的有效性<sup>[10]</sup>, 同时, 提高非政府组织在治理过程中的参与程度<sup>[11]</sup>。

京津冀地区是国家区域发展战略的重要指向区, 随着京津冀协同发展等重大战略的实施, 京津冀区域内开发规模与建设强度进一步加大, 社会经

收稿日期: 2022-06-15 录用日期: 2022-07-14

基金项目: 河北省社会科学基金项目(HB19YJ062)

作者简介: 李 琰(1979-), 女, 硕士、副教授。研究方向: 高比能环保储能材料及政策。E-mail: 21826702@qq.com

通信作者: 刘铁军(1979-), 男, 硕士、正高级工程师。研究方向: 环境影响评价技术及政策。E-mail: 13811991712@163.com

引用格式: 李 琰, 刘铁军. 京津冀生态环境治理体系重构与协调发展思路[J]. 环境保护科学, 2023, 49(1): 52-57.

济发展将面临更加紧迫的资源环境约束。然而,区域生态环境保护一体化管理体系尚未建立,单一的地区治理模式成为掣肘可持续发展的重要因素,亟需探索构建京津冀区域现代化的生态环境治理体系<sup>[12]</sup>,促使形成生态环境保护和经济高质量发展之间的良性循环,促进以污染控制为基础的生态治理及保护模式转变。立足于京津冀区域整体性、一体化的生态环境治理体系现代化建设的研究成果未见报道,本文以整体性、一体化的视域,整合多中心性治理、网络治理、多层次治理、集体行动、政府治理、适应性治理、交互式治理理论(IGT)和进化治理理论(EGT)等多种理论<sup>[13]</sup>研究结果,提出了京津冀区域生态环境治理体系现代化建设初步构想,以期京津冀协同发展提供新思路。

## 1 区域重大生态环境问题

### 1.1 规模结构性问题突出,复合型大气污染依然较重

京津冀区域面积 218 000 km<sup>2</sup>, 占国土面积 2.3%, 人口约 1.1 亿<sup>[14]</sup>, 占全国总人口的 8%, 由于自然环境容量小、产业能源结构布局不合理和开发建设方式粗放等原因, 区域生态环境问题突出。从京津冀全域来看, 能源消耗总量增长迅速, 且过度依赖煤炭, PM<sub>2.5</sub> 源解析结果显示燃煤占比高达 34% 以上; 工业污染物排放量大, 主要集中于钢铁、电力、石化和建材 4 大产业; 交通源污染分担率日益增长, 货运交通 NO<sub>x</sub> 排放量大, 天津海域船舶排放占比较高<sup>[15]</sup>。虽然自“大气十条”实施以来, 区域大气环境质量得到持续改善, 但改善程度未达到预期效果<sup>[16]</sup>, 常规污染依然较重, 以 PM<sub>2.5</sub>、O<sub>3</sub> 为特征的复合型污染最为突出<sup>[17]</sup>。

### 1.2 水资源长期透支开发, 水环境恶化趋势尚未遏制

区域水资源供给难以自足, 地下水开发利用率为 120%~160%, 地下漏斗区面积超过 50 000 km<sup>2</sup>。京津冀地区工农业用水量大, 北京市生活用水占比最高<sup>[18]</sup>, 南水北调工程较大程度缓解了区域水资源短缺的问题, 但生态用水不足<sup>[19]</sup>, 仅占用水总量的 7% 左右。水系季节性断流问题严峻, 海河流域中下游地区 4 000 km 以上的河道发生断流, 断流 300 d 以上的占 65%, 部分河段全年断流, 沿海地区地下水超采引起海水倒灌。劣 V 类河流长度占比高达

40%, 城市下游河道水质污染较重, 廊坊、沧州等地区“有河皆污”现象仍然突出, 部分湖库存在不同程度的富营养化<sup>[20]</sup>; 集中式地表水饮用水水源水质整体较好, 部分水源存在一定风险<sup>[21]</sup>; 地下水受到不同程度的污染, 对农村分散式供水构成威胁; 受陆源污染影响, 近岸海域水质普遍较差。

### 1.3 生态风险复杂多样, 人居安全保障压力大

京津冀区域国土开发模式较为粗放, 建设用地挤占耕地<sup>[22]</sup>, 1984 年至今, 累计 12 066 km<sup>2</sup> 农田转变成城镇生态系统, 城镇建设快速扩张危及重要生态廊道, 天然林面积锐减<sup>[23]</sup>, 生态用地呈现破碎化<sup>[24]</sup>, 以北京为中心半径 30 km 范围内, 开发建设强度达到 57.6%, 中心城区四环内植被占比仅为 5.8%。近 50 年区域内所有观测点降水量均减少, 北京及周边减少最快<sup>[25]</sup>, 加上地下水超采及生活生产耗水, 致部分河道干枯断流, 平原湖泊退化, 水生态功能下降<sup>[26]</sup>, 缺水状态难以及时改善<sup>[27]</sup>, 京津冀地区湿地面积(2009~2013 年)比第一次调查(1995~2003 年)减少 46%, 植物群落、野生鱼蟹和鸟类等生物量锐减甚至灭绝或消失。流域生态安全格局遭到破坏, 大量构筑水库闸坝<sup>[28]</sup>, 入海河流径流量减少, 河口区发生海相淤积, 导致入海河流泄洪能力削弱, 海洋生态用水减少; 沿海自然岸线、滩涂湿地损失, 造成近岸海域生态系统退化, 近 20 年, 优质经济鱼类产量减少了 90%。区域灰霾天频发, 居民的大气暴露健康风险突出<sup>[29]</sup>; 人居环境安全不容乐观, 产城关系混杂, “工业围城”“垃圾围城”现象仍然存在; 工业污染场地转为建设用地, 如土壤未得到有效治理, 将长期威胁人居健康。

### 1.4 资源利用效率差异大, 环境准入体系不健全

京津冀区域内资源利用效率有待提高<sup>[30]</sup>, 京津两市能源利用效率高于全国水平, 而河北省万元 GDP 能耗约为全国万元 GDP 能耗的 15 倍, 还有较大提升空间<sup>[31]</sup>。重点行业污染治理效率较低, 地区间和行业内部差异较大, 钢铁、化工行业效率差异最为突出, 污染治理水平及环保产业关联度有待提升<sup>[32]</sup>。与其他区域相比, 京津冀区域内各地区的环保标准和准入要求差异巨大, 北京市各行业的污染物排放控制标准体系基本形成, 污染物排放限值居全国前列, 部分标准达到国际先进水平, 天津市和河北省环境质量标准相对较低, 部分流域上下游河段因流经城市差异而导致功能区水质标准不

统一。北京市非首都功能疏解和产业结构调整持续推进,使部分工业企业向津冀转移<sup>[33]</sup>,若执行当地较低污染排放控制标准,区域污染压力将进一步加大。但是京津冀区域有 3 个省级行政主体,行政区域分属增加了环境保护政策统一的难度,同时又缺乏相应的预警及防范体系,造成生态系统破碎化程度较高,三地生态协同发展不均衡。

## 2 区域生态环境一体化治理必要性

社会经济发展是造成生态环境问题的直接原因,京津冀地方分权、地区间产业结构的差异对协同发展产生了显著的负面影响,而区域生态环境自然本底的统一性<sup>[34]</sup>客观要求开展一体化的协同治理。

### 2.1 重点生态环境要素亟待提升

虽然随着大气、水、土壤污染治理和生态保护力度的加大,京津冀区域生态环境质量实现部分改善,但持续改善的任务仍十分艰巨,局部地区、重点行业生态环境问题和污染风险依然突出,资源能源利用结构性矛盾长期存在,复合型大气污染协同控制难度不断加大,流域性水环境污染问题难以消除,布局性、累积性和突发性环境风险隐患日趋复杂。从 2015 年《京津冀协同发展规划纲要》将“京津冀协同发展”上升为“重大国家战略”,到 2021 年“十四五”规划为“京津冀协同发展”指明方向,生态修复环境改善示范区是重要定位之一,国家对京津冀协同发展的要求不断升级,并且要求在生态环境保护等重点领域率先取得突破。

### 2.2 关键要素交互胁迫

京津冀区域位于华北平原北部,北靠燕山,西倚太行山,东临渤海。地势自西北向东南阶梯下降,由于西北部巨大的山体阻隔,大气污染物很难扩散。冬季受青藏高原大地形“背风坡”效应导致的下沉气流和“弱风效应”<sup>[35]</sup>,近地面逆温现象频发<sup>[36]</sup>,污染物更易聚集,仅因气象条件不利导致 PM<sub>2.5</sub> 浓度较其他季节上升约 40%~100%。另外,大气环境污染存在显著的相互跨界传输效应,重污染情况下区域传输更显著。北京、天津、唐山、石家庄、保定、邢台和邯郸市为京津冀内部主要输送源区,还存在与京津冀之外省市的相互传输。例如,北京地区春、夏、秋季的污染逐渐向“偏东风型”发展,“二次转化”增加<sup>[37]</sup>,但冬季一直保持“偏南风型”污染,

西南和东南路径为典型的污染传输通道<sup>[38]</sup>,污染物浓度均由唐山、石家庄、邢台和邯郸市向外逐渐降低<sup>[39]</sup>。因此,区域大气污染治理必须实行联防联控。

京津冀地处海河流域,上下游污染联系紧密,北京市既是张家口、承德地区的下游,又是雄安新区、廊坊市和天津市的上游,区域内水污染程度总体表现出北低南高,山区低平原高的态势<sup>[40]</sup>。随着对工业污染排放的严格管控,以点源为主要排放源的氨氮及 COD 的污染防控已见成效,而以非点源为主要排放源的总磷污染来源多样、时空分布不均且污染范围大,成为区域水体污染防控的难点。借鉴发达国家相关治理非点源污染的经验,京津冀必须开展水环境协同治理。

### 2.3 多要素综合作用

京津冀地处中纬度,由太行山和燕山山地、张北高原和海河平原组成,属暖温带、半湿润大陆性季风气候,气候温暖、四季分明、水热同期,区域生态系统相互依存度较高。京津冀区域经济社会快速发展,但区域内发展水平严重失衡,空间差异显著。京津地区人口产业高度集聚、第三产业发达,河北整体发展水平相对落后,工业重型化特点突出。加之区域内城镇化进程加剧,导致耕地面积减少、水资源短缺、大气污染严重、城市热岛和植被退化等生态环境问题;而生态环境的恶化严重威胁人居安全,反而限制了城镇化的进一步发展,缺水少绿成为制约京津冀协同发展的一块短板。区域生态环境的治理和改善是多要素综合作用的结果,要综合区域内大气环境、水资源、土地资源、气象气候、生态、能源、人口、经济、工业、社会和民生等多要素,坚持从区域生态系统整体性<sup>[9]</sup>和流域系统性出发,增强各项措施的关联性和耦合性,打破行政藩篱,将生态环境协同保护作为区域重要公共事务<sup>[41]</sup>。

### 2.4 生态环境与人居健康关系

生态环境恶化会诱发许多疾病,威胁人居健康。疾病的产生与饮用水密切相关<sup>[42]</sup>,京津冀区域内水质污染严重,居民皮肤病、肠炎、肝肿大和癌症的发病率很高。而且,区域内部分城市饮用水对外调水的依赖程度很高,长距离输送,一旦突发水污染事故,可能影响区域内 2 400 多万人口的安全。《全球疾病负担研究》表明,我国约 20% 的肺癌与大气 PM<sub>2.5</sub> 污染有关。京津冀区域是大气污染



的重灾区,河北省肿瘤研究所研究表明,河北省肺癌死亡率 1973~2012 年间上涨 306%,居肺癌死亡率第一位<sup>[43]</sup>,地区肺癌发病率及死亡率的增长与居民长期暴露在污染的空气中有密不可分的联系。区域内土壤累积性污染问题突出,影响粮食和饮水安全;产城关系混杂,“工业围城”“垃圾围城”现象凸显,严重影响居民健康安全。

### 3 生态环境治理体系现代化建设构想

生态环境治理体系现代化建设不简单是一种政府公共政策层面上的渐进调整,更需要强化与创

新体制机制<sup>[44]</sup>,克服理念冲突、利益矛盾与信息壁垒<sup>[45]</sup>,探索生态环境治理新模式,见图 1,以改善环境质量为核心,以确保人居环境安全为目标,以经济社会发展与资源环境矛盾最突出的关键区域、行业和单元为重点,落实“三线一单”约束,建设导向清晰、决策科学、执行有力、激励有效、多元参与、良性互动的生态环境治理现代化体系,以能源技术革命为抓手<sup>[46]</sup>,推动形成有利于节约资源和保护环境的空间格局、产业结构、生产方式和生活方式,将京津冀区域建设成为我国生态修复环境改善的示范区。

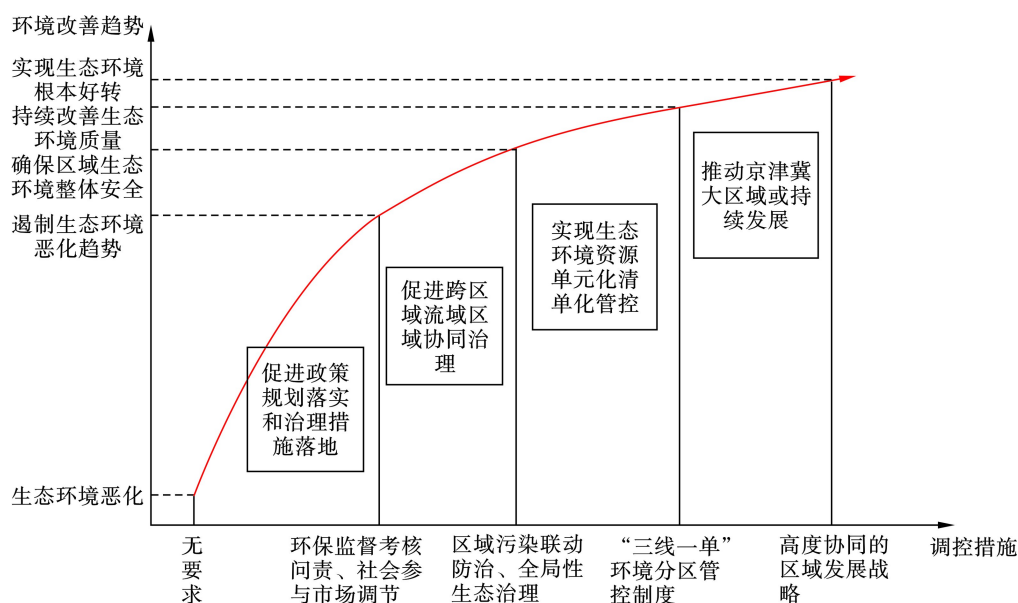


图 1 京津冀生态环境现代化治理体系

Fig. 1 Beijing-Tianjin-Hebei ecological environment modernization management system

#### 3.1 制定高度协同的区域发展战略

京津冀区域要立足长远,统筹制定高度协同的发展战略。一是建立统筹联动的决策机制。系统性协调各决策主体要素间的关系,主要包括统筹北京城市副中心规划建设,执行统一的规划管控;统一规划沿海地区发展,制定有序的围填海计划,合理控制港口规模;形成以河长制为核心的流域治水责任体系,推行“林长制”,构建全域覆盖的林草资源保护长效机制。二是建立一体化的环境治理体系。推动区域环保标准一体化,加强京津转移产业承接地的环境准入要求。

#### 3.2 建立基于“三线一单”的环境准入制度

落实“生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和环境准入负面清单”(简称“三线一单”)的生态环境硬约束制度,是京津冀环境保护一体化建

设的重要任务。一是完善基于生态环境功能定位的空间管控体系,落实主体功能区战略,严守生态保护红线,实施差异化的生态环境分区管控制度。二是试行基于环境质量的污染物总量管理机制,实行大气环境污染物总量控制,强化存量工业污染物减排措施,加强交通污染排放管理;实行基于流域单元的水环境污染物总量管控,加快京津污水厂提标改造和河北省畜禽禁限养。三是试行基于资源利用上线的效率评估制度,实现资源总量管理和全面节约制度,加强再生水利用基础设施建设,强化清洁生产管理,建立行业、企业能源消耗、资源利用水平台账。四是严格环境准入清单管理制度,列入清单的行业在规定区域不得建设,现有企业按计划退出。五是建立“三线一单”区域生态环境管理大数据平台,实现京津冀污染源管理精细化、动态

化和可视化。

### 3.3 实施全局性生态环境治理工程

统筹山水林田湖草沙一体化治理,以保护生态系统完整性为基础,立足各生态系统自身条件,以江河湖流域、山体山脉等相对完整的自然地理单元为基础,科学开展生态保护与建设;推进生态空间数字化管控,科学利用监测数据,开展山水林田湖草沙生命共同体敏感性、脆弱性、适应性、承载能力等生态系统健康状况评价,增加可持续的生态网络管理。整合京津冀现有自然保护地,在城市间、城市与功能区之间,构建绿色生态隔离区;开展“京北风沙区”生态恢复,在燕山-太行山一线迎风坡地带加强森林抚育和林相林种改造,建设几条连接生态屏障和生态带的南北廊道,形成“屏障-带-廊道”网络化的生态安全格局;加强陆海整体统筹的海岸带生态保护修复。在大气污染治理方面,重点推动冀中南等地区重污染企业淘汰搬迁和沿海地区重化工行业改造提升,逐步统一区域大气污染防治的制度和标准体系。在水污染治理方面,重点推动京津廊地区水系、白洋淀流域水环境综合治理,以及衡水湖周边农业“面源治理示范工程”;提高水资源利用效率,建立主要河流的清洁补水机制;完善城镇污水管网建设,开展城市黑臭水体治理,建设农村生活污水处理设施。在重点地区人居安全保障方面,优化京津两地核心圈层工业企业布局,改善唐山、石家庄等工业城市“产城混杂”现状,重视对污染场地的风险评价和治理修复。

### 3.4 健全协调联动的区域污染防治机制

一是完善大气环境预警、应急联动机制,加强区域环境空气质量监管体系建设,完善京津冀区域大气污染预警会商和应急联动协调机构,实现预警等级标准、应急措施力度的统一,建立大气污染联防联控常态化机制。试建设碳排放交易体系,推动温室气体和大气污染物减排相协同、PM<sub>2.5</sub>和O<sub>3</sub>污染治理相协同、本地治污和区域共治相协同;二是统筹流域水资源与水环境协同管理体系,推进海河流域建立海陆统筹的水资源保护及污染防治制度,实施联合监测、联合执法、应急联动和信息共享,生态用水量纳入考核指标,实行水量、水质双考核的水环境质量排名制度;三是开展自然资源审计和构建生态预警机制,明确产权与监管归属,加强自然资源资产监管,完善生态文明建设目标评价考核体系,把生态效益纳入经济社会发展评价体系。

### 3.5 强化全方位的环保监督考核问责制度

一是完善基础能力建设,加快建立“源头严防、过程严管、后果严惩”为基础,以“经济调节、公众参与、体制保障”为配套的环境保护制度体系;调整环境保护系统内部的管理机构设置,完善行政规章制度和 workflow 优化,加强环保科技、监测和队伍能力建设。二是加大环保督查执法力度,依法严肃查处环境违法行为,完善执法后督查制度,推广网格化的执法手段,强化问责机制,提高环境执法水平。三是创新环保监管体制,建立体现环保工作实绩的干部政绩评价考核制度,推行生态环境审计和终身责任追究制度,推行生态环境损害赔偿和刑事责任追究制度,推动信息公开及公众参与,加强舆论监督,搭建公众和政府良性互动平台。

### 3.6 鼓励社会参与的市场调节体系

一是推进资源有偿使用和生态补偿机制,逐步建立水资源费征收标准动态调整机制,对重点功能区进行生态补偿,建立京津冀生态环境保护专项资金。二是合理推行排污许可和交易制度,作为固定点源环境管理的核心制度,实行“一证式”管理,排污权交易分行业、分地区进行,符合条件的严于许可证排放的单位可享优惠政策。三是积极推进政府和社会资本合作(PPP)模式,建立环境保护项目储备库并予以优先支持,建立项目绿色通道、部门联批联审一站式服务,制定支持性政策措施。

## 4 结语

京津冀协同发展是国家重大战略目标,各种重大生态环境问题是区域发展面临的核心矛盾,破解社会经济发展与资源环境保护的矛盾是实现国家战略目标的基本前提。通过破除行政藩篱,促进区域协同发展的改革措施,在区域生态环境问题治理方面进行先行先试,以有序疏解北京非首都功能为核心,以京津冀城市群建设为载体,以优化区域分工和产业布局为重点,以资源环境要素统筹规划利用为主线,通过调整经济结构和空间结构,推进产业升级转移,形成目标同向、措施一体、优势互补、互利共赢的环保一体化制度,建立从“末端生态治理”走向“前端生态管理”的生态环境安全新格局,科学构建京津冀大区域生态环境现代化治理体系,是率先取得生态环境领域突破、支撑京津冀协同发展战略实施的必然选择。

## 参考文献

- [1] 程多威, 苏利阳. 关于主体功能区下构建现代环境治理体系的思考[J]. 环境保护, 2020, 48(22): 24 - 29.
- [2] 陈晓红, 蔡思佳, 汪阳洁. 我国生态环境监管体系的制度变迁逻辑与启示[J]. 管理世界, 2020, 36(11): 160 - 172.
- [3] 胡中华. 自然资源调查制度的建构逻辑与路径[J]. 中国地质大学学报: 社会科学版, 2020, 20(6): 27 - 41.
- [4] 蒋洪强, 程曦. 生态文明治理体系和治理能力现代化的几个核心问题研究[J]. 中国环境管理, 2020, 12(5): 36 - 41.
- [5] 吕忠梅. 习近平法治思想的生态文明法治理论[J]. 中国法学, 2021, 38(1): 48 - 64.
- [6] 叶冬娜. 国家治理体系视域下生态文明制度创新探析[J]. 思想理论教育导刊, 2020(6): 85 - 90.
- [7] KRISTOF V A, RAOUL B, MONICA G, et al. Rethinking strategy in environmental governance[J]. Journal of Environmental Policy & Planning, 2020, 22(5): 695 - 708.
- [8] XU R, WANG Y R, WANG W B, et al. Evolutionary game analysis for third-party governance of environmental pollution[J]. Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, 2019, 10(8): 3143 - 3154.
- [9] 郇庆治. “十四五”时期生态文明建设的新使命[J]. 人民论坛, 2020, 31(11): 42 - 45.
- [10] PILLAY P Y, BUSCHKE F T. Misaligned environmental governance indicators and the mismatch between government actions and positive environmental outcomes[J]. Environmental Science & Policy, 2020, 112(10): 374 - 380.
- [11] SWAIN R B, KAMBHAMPATI U S, KARIMU A. Regulation, governance and the role of the informal sector in influencing environmental quality?[J]. Ecological Economics, 2020, 173(7): 106649.
- [12] 张成岗, 李佩. 科技支撑社会治理现代化: 内涵、挑战及机遇[J]. 科技导报, 2020, 38(14): 134 - 141.
- [13] PARTELOW S, SCHLUTER A, ARMITAGE D, et al. Environmental governance theories: A review and application to coastal systems[J]. Ecology and Society, 2020, 25(4): 19.
- [14] 董聪娜. 基于整体性治理的京津冀大气环境治理机制研究[D]. 秦皇岛: 燕山大学文法学院, 2016.
- [15] 刘晟东, 史君楠, 程勇, 等. 中国典型城市群 PM<sub>2.5</sub> 污染特征研究进展[J]. 环境科学研究, 2020, 33(2): 243 - 251.
- [16] 申伟宁, 李东松, 董葆茗. 京津冀经济发展与空气质量的耦合协调性研究[J]. 技术经济与管理研究, 2021, 41(1): 13 - 17.
- [17] 关攀博, 周颖, 程水源, 等. 典型重工业城市空气重污染过程特征与来源解析[J]. 中国环境科学, 2020, 40(1): 31 - 40.
- [18] 栗清亚, 裴亮, 孙莉英, 等. 京津冀区域产业用水时空变化规律及影响因素研究[J]. 生态经济, 2020, 36(10): 141 - 159.
- [19] 余灏哲, 李丽娟, 李九一. 基于量-质-域-流的京津冀水资源承载力综合评价[J]. 资源科学, 2020, 42(2): 358 - 371.
- [20] ZHANG K, NIU Z G, LV Z W, et al. Occurrence and distribution of antibiotic resistance genes in water supply reservoirs in Jingjinji area, China[J]. Ecotoxicology, 2017, 26: 1284 - 1292.
- [21] 张芸, 朱龙基. 京津冀出入境河流水质年内年际变化趋势分析和对策探讨[J]. 海河水利, 2020, 39(2): 19 - 22.
- [22] 孙越凡. 时间序列遥感技术支持的国土空间开发监测研究[D]. 南京: 南京大学地理与海洋科学学院, 2018.
- [23] 潘梅, 陈天伟, 黄麟, 等. 京津冀地区生态系统服务时空变化及驱动因素[J]. 生态学报, 2020, 40(15): 5151 - 5167.
- [24] 林刚, 江东, 付晶莹, 等. “三生”空间格局演化“碳流”分析——以唐山市为例[J]. 科技导报, 2020, 38(11): 107 - 114.
- [25] SONG X M, ZOU X J, ZHANG C H, et al. Multiscale spatio-temporal changes of precipitation extremes in Beijing-Tianjin-Hebei region, China during 1958-2017[J]. Atmosphere, 2019, 10(8): 462.
- [26] 张恒, 陶胜利, 唐志尧, 等. 近 30 年京津冀地区湖泊面积的变化[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2020, 52(2): 324 - 330.
- [27] 张蓬涛, 刘双嘉, 周智, 等. 京津冀地区生态系统服务供需测度及时空演变研究[J]. 生态学报, 2021, 41(9): 1 - 14.
- [28] 李琳琳, 王国清, 秦攀, 等. 白洋淀水环境状况与治理保护对策[J]. 科技导报, 2019, 37(21): 14 - 25.
- [29] LUO M, JI Y Y, REN Y Q, et al. Characteristics and health risk assessment of PM<sub>2.5</sub>-bound PAHs during heavy air pollution episodes in winter in urban area of Beijing, China[J]. Atmosphere, 2021, 12(3): 323.
- [30] 海霞, 李伟峰, 王朝, 等. 京津冀城市群用水效率及其与城市化水平的关系[J]. 生态学报, 2018, 38(12): 4245 - 4256.
- [31] 王朝, 李伟峰, 韩立建. 京津冀城市群能源协同发展背景下能源生产结构变化探究[J]. 生态学报, 2019, 39(4): 1203 - 1211.
- [32] 孟庆瑜, 梁枫, 张思茵. 京津冀环保产业协同推进法律机制研究[J]. 河北大学学报: 哲学社会科学版, 2019, 44(2): 50 - 56.
- [33] TIAN Y Y, JIANG G H, ZHOU D Y, et al. Regional industrial transfer in the Jingjinji urban agglomeration, China: An analysis based on a new “transferring area-undertaking area-dynamic process” model[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 235(20): 751 - 766.
- [34] 栾江, 马瑞. 京津冀地区经济协同发展程度的统计测度[J]. 统计与决策, 2020, 36(16): 50 - 54.
- [35] 张小曳, 徐祥德, 丁一汇, 等. 2013~2017 年气象条件变化对中国重点地区 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度下降的影响[J]. 中国科学: 地球科学, 2020, 50(4): 483 - 500.
- [36] 曹鹏, 王路光, 崔立昌, 等. 河北省大气污染状况分析及防治对策探讨[J]. 煤炭与化工, 2014, 37(8): 144 - 148.
- [37] GUAN L, LIANG Y L, TIAN Y Z, et al. Quantitatively analyzing effects of meteorology and PM<sub>2.5</sub> sources on low visual distance[J]. Science of the Total Environment, 2019, 659(4): 764 - 772.
- [38] 王传达, 周颖, 程水源. 北京、石家庄 2017—2018 年 PM<sub>2.5</sub> 与 SNA 组分特征及典型重污染分析[J]. 环境科学学报, 2020, 40(4): 1340 - 1350.
- [39] 张洪. 京津冀地区空气质量时空分布特征及 PM<sub>2.5</sub> 浓度预测[D]. 哈尔滨: 哈尔滨师范大学, 2020.
- [40] 王博. 基于 SWAT 模型的京津冀地区地表水环境模拟研究[D]. 长春: 吉林大学, 2020.
- [41] 诸云强. 生态环境协同保护助力京津冀生态文明协同建设——评《京津冀生态环境协同保护研究》[J]. 生态经济, 2020, 36(4): 230 - 231.
- [42] 张会兴. 区域地下水污染健康风险评估研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2013.
- [43] 李江雪. 河北肺癌死亡率激增, 工业污染疑是主因[EB/OL]. [http://m.cnr.cn/news/20160219/t20160219\\_521413546.html](http://m.cnr.cn/news/20160219/t20160219_521413546.html)
- [44] 郇庆治. 环境政治学视角下的国家生态环境治理现代化[J]. 社会科学辑刊, 2021, 43(1): 5 - 13.
- [45] 毛春梅, 曹新富. 区域环境府际合作治理的实现机制[J]. 河海大学学报: 哲学社会科学版, 2021, 23(1): 50 - 56.
- [46] 谢克昌. 因地制宜推进区域能源革命的战略思考和建议[J]. 中国工程科学, 2021, 23(1): 1 - 6.