

流域水生态规划导向下徒骇河流域网络式空间重构

王琳¹, 王丽², 孔祥荣³

¹中国海洋大学环境科学与工程学院, 山东 青岛

²哈尔滨工业大学能源环境工程中心, 黑龙江 哈尔滨

³青岛市规划设计研究院, 山东 青岛

收稿日期: 2023年7月10日; 录用日期: 2023年8月11日; 发布日期: 2023年8月18日

摘要

区域规划已经成为推动地区间协调发展的策略, 流域可以整合水生态与区域发展, 成为面向绿色发展的区域规划单元, 以流域为规划范围的区域规划成为增强区域绿色低碳高质量发展的战略选择。山东作为黄河流域高质量发展的重要省区, 以徒骇河流域范围为规划单元, 利用河谷区域规划推动区域发展应成为落实中央规划纲要的重要举措。借鉴国际上重要成功案例——埃姆歇河流域规划, 本文提出编制徒骇河流域区域规划的构想与构建网络式空间结构的区域规划框架。

关键词

河谷, 流域, 区域规划, 高质量发展

Network Spatial Reconstruction of Tuhai River Basin under the Guidance of River Basin Water Ecological Planning

Lin Wang¹, Li Wang², Xiangrong Kong³

¹College of Environmental Science and Engineering, Ocean University of China, Qingdao Shandong

²Center of Energy and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin Heilongjiang

³Qingdao Planning and Design Institute, Qingdao Shandong

Received: Jul. 10th, 2023; accepted: Aug. 11th, 2023; published: Aug. 18th, 2023

Abstract

Regional planning has become a strategy to promote coordinated development between regions. River basins can integrate water ecology and regional development and become a regional planning unit for green development. Regional planning with river basins as the planning scope has become a strategic choice to enhance regional green, low-carbon and high-quality development. Shandong province is an important province in the high quality development of the Yellow River basin. Taking the scope of Tuhai river basin as the planning unit, promoting regional development through valley regional planning should be an important measure to implement the central planning outline. Drawing on the successful case of Emscher River basin planning in the world, this paper puts forward the idea of compiling the regional planning of Tuhai river basin and the regional planning framework of the network spatial structure.

Keywords

River Valley, Watershed, Regional Planning, High Quality Development

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

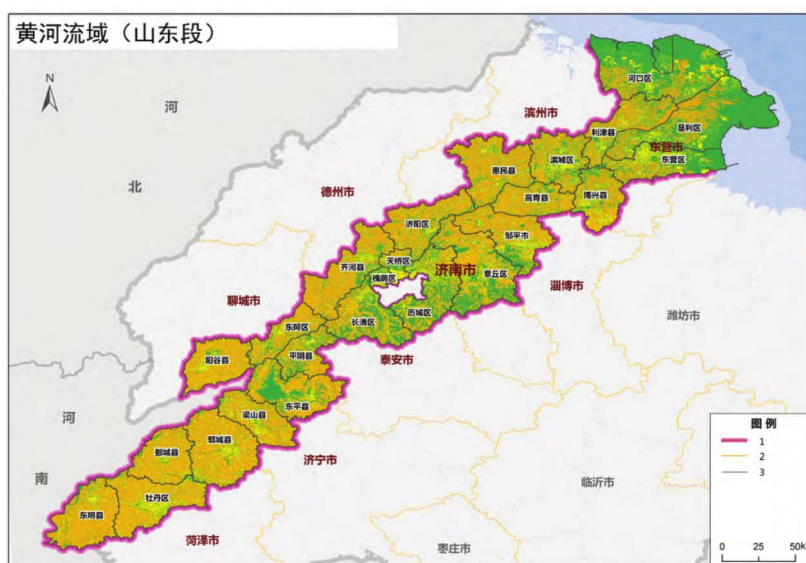
1. 引言

1923 年美国成立区域规划协会, 1929 年颁布纽约及其周边地区区域规划, 这是全球首个区域长远规划[1]; 1965 年德国颁布《区域规划法》, 20 世纪末泛欧洲层面以及地方层面都出现各种尺度的战略空间规划复兴, 这种复兴亦被称为规划的空间转向[2]。区域规划落实国土中长期发展目标和发展战略, 从政府层面处理土地利用、自然环境和发展的, 协调各交通、农业和环境等的发展政策。区域规划可以在区域范围内, 优化人类活动, 改善生活条件, 重新配置物质基础过程, 对区域的生产、生活和生态等各种人类活动进行综合安排[3]。

京津冀协同发展、长三角区域一体化和粤港澳大湾区等区域战略的出台, 是国家 - 区域的战略性选择, 也是使用再尺度化的策略, 以短期内激发和快速释放蕴藏在尺度调整过程中的活力[4], 这种管治效力的渗透和重组, 是中国区域发展的特点[5]。伴随着区域战略的实施, 2023 年 2 月, 《长三角生态绿色一体化发展示范区国土空间总体规划(2021~2035 年)》正式获批, 成为国内首个省级行政主体共同编制的跨省域国土空间的区域规划, 将产业、生态、土地、交通等实质性内容纳入法定规划体系。

2021 年 10 月中共中央国务院印发《黄河流域生态保护与高质量发展规划纲要》, 优化调整流域经济和生产布局, 增强流域发展动力。黄河流域山东段位于黄河下游, 自菏泽市东明县流入山东境内, 经菏泽、济宁、泰安、聊城、德州、济南、淄博、滨州、东营 9 市的 25 个县(市、区), 在东营市垦利区注入渤海。山东境内河道全长 628 km, 占黄河总长度的 12% [6], 如图 1 所示。

落实国家重大战略, 实施开展区域规划, 形成了黄河流域山东段区域治理一整套、多层级、多元参与与区域规划体系, 打破行政界线, 形成跨区域合作走廊, 应对不断出现的新问题, 解决地理条件和生态环境等制约, 实现流域高质量发展。



图片来源：山东勘测局网站

Figure 1. The scope of the Yellow River basin (Shandong section), city-level boundaries, county-district boundaries [7]

图 1. 黄河流域(山东段)范围、市级界线、县区界线[7]

2. 构建流域为单元的区域规划

1933 年的《田纳西河流域管理局法案》确立了田纳西河流域管理局对田纳西河谷水域和公共土地的管理责任，并开始对田纳西河流域进行综合性开发利用[8]。形成沿田纳西河工业农业走廊和城镇体系。1937 年芒福德在《太平洋西北地区规划建议》，基于田纳西河流域管理局的成功经验，考虑哥伦比亚河谷的特殊地理环境，提出以自然地理单元作为规划单元的设计，将哥伦比亚河谷地区看作一个整体规划单元。Vannote 等人于 1980 年提出河流连续体理论，该理论将水生态空间看作是一个连续的整体系统，强调河流生态系统的整体性[9]，河流是物理标量纵向连续变化以及生物群落相适应的整体。Minshall 进一步完善 Vannote 理论，认为该理论是一般性的规律，结合具体地区特点，对河流连续体理论进行修正，修正的要素为：气候、地貌、支流汇入和人为干扰[10]。这也是第一次从流域的尺度上，考虑土地利用的背景条件下的河流结构与功能，这为土地利用规划应遵从河流流域的整体功能提供了理论依据。

19 世纪末埃姆歇河协会(EMGE)的成立，开始了埃姆歇河流域区域规划的治理实践，成为流域为单元的区域规划治理典范，埃姆歇河流域面积 865 km²，包含 22 个城市总人口为 220 万[11]。流域为区域规划单元的实践日趋多元，2008 年伦敦奥运会的下利河谷流域的区域总体规划，范围约 1500 hm²，实现区域积极、长期和可持续发展的愿景[12]。2011 年马来西亚政府的“生命之河”计划，对巴生河流域，总面积 781 公顷，水体面积 63 公顷进行了区域总体规划[13]。以流域为规划单元的总体规划成为整合流域水生态与区域发展的策略。

3. 徒骇河流域为规划单元构建区域规划

山东段位于黄河下游，长期处于强烈的淤积抬升状态，河床平均每年抬高 0.05~0.10 m，现行的河床一般高出堤外两岸地面 4~6 m，形成“地上悬河”，大汶河由东平湖汇入外，无较大支流汇入[14]。黄河流域山东段没有形成汇水区，山东区域范围的河流绝大部分发源于山东境内，如图 2 所示，黄河流域涉及河流汇水区主要有两个分别是徒骇河流域和小清河流域，为此选择徒骇河流域作为规划单元，进行黄河流域山东段区域规划。



图片来源：山东勘测局网站

Figure 2. The distribution of river systems in the Shandong section of the Yellow River basin [7]
图 2. 黄河流域山东段河流水系分布情况[7]

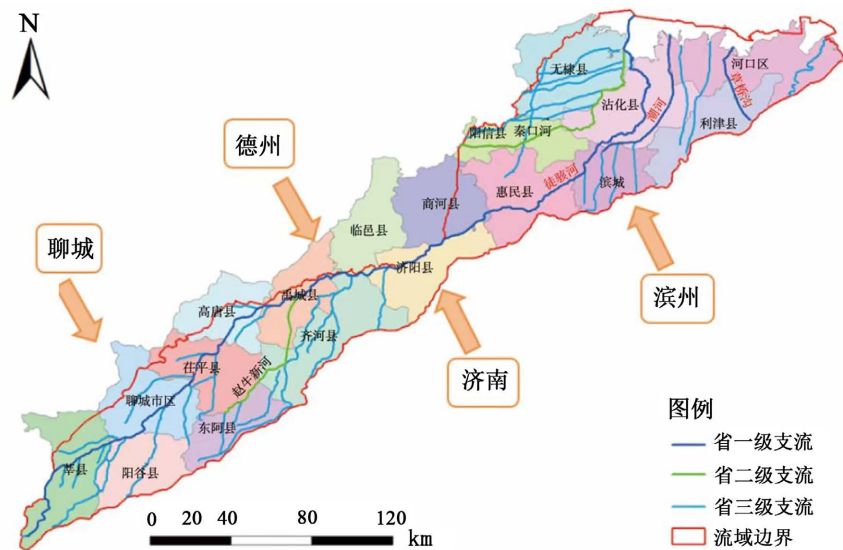


Figure 3. The distribution of cities in the Tuhai River basin [15]
图 3. 徒骇河流域城市分布情况[15]

徒骇河干流起源于河南省南乐县，于莘县文明寨入山东省，从西南向北呈窄长带状，流经聊城、德州、济南、滨州 16 个县(市)，干流(山东境) 407 公里、流域面积 13,296 平方公里，在滨州市境内与索口河汇流后入海，具有防洪、除涝、灌溉等功能，流域经济社会发展影响深远[16]，如图 3 所示。对比田纳西流域面积 10.6 万 km² [8]和姆歌河流域面积 865 km² [11]，开展流域范围的区域规划可以改善黄河流域山东段生态环境，形成黄河流域山东段生态屏障，提升发展质量。

4. 徒骇河流域空间结构与问题

徒骇河流域是重要粮食生产空间，农业用地面积占流域面积的 80%以上，如表 1 所示，是山东省重

要的粮食生产和消费的“农业流域”[17][18]。农业土地和水资源的开发支撑了养殖业与农产品精深加工的空间布局,形成了流域固有的农业产业结构、农业技术、产业体系、工业布局及农业基础设施的锁定效应[19],使流域内的农业污染排放量长期呈增长趋势,产业低碳转型面临困境,是山东省黄河流域产业创新发展的关键空间。

Table 1. Changes in land use

表 1. 土地利用情况变化

2000 年				2020 年			
	分类	面积(km ²)	占比(%)		分类	面积(km ²)	占比(%)
1	耕地	19307.472	87.89	1	耕地	18280.283	83.21
2	林地	0.3879	0.002	2	林地	0.2061	0
3	草地	8.3601	0.038	3	草地	10.0854	0.05
4	水体	1436.6358	6.54	4	水体	1567.7937	7.14
5	建设用地	1212.264	5.52	5	建设用地	2104.9578	9.58
6	未利用地	1.8099	0.01	6	未利用地	3.6036	0.02

注: 利用地理信息系统提取的数据。

区域内农业长期主导经济社会发展[20][21],形成了一种特定的价值观,创新资源和结构政策调整受到认知性锁定,潜意识地主动放弃和排斥改变,表现为创新意识不足。农业百年发展,农业企业与地方政府间形成复杂紧密的利益共同体,在转型的过程中,利益共同体阻碍生产要素和资源配置向新兴的产业流动,致使政府资金和补贴持续供给传统工业[22][23],新兴产业得到政府的扶持的创新动力不足。沿徒骇河流域仅有本科高等院校 4 所,专科 3 所[24],高等院校和研究机构布局不均衡,核心技术人才缺乏,支撑转型和技术创新的教育和研发资源不足。

河流水系呈干流型结构,河网连通性不足。如图 3 所示,流域河流为干流型结构,排水效率高,缺少环回度,河道分布密度低。河道现状仍然存在无法连通、护岸渠化(硬质化)、河道生态空间干流型结构不足、水质不佳、生态性较差。

环境基础设施完善度不高,水质不能稳定达标。城市污水收集管网不完善、雨污不分流不彻底,河流水质国控、省控断面水质稳定性差、持续达标难[25]。支流聊城段 2022 年全年共超过地表水 V 类标准 37 项次,干支流水质在雨季后综合污染指数均急剧升高,水质受降雨因素影响明显[26]。水利设施病险,防洪隐患长期存在,如表 2 所示。

Table 2. Flood control hidden dangers of water conservancy facilities in Tuhai River

表 2. 徒骇河水利设施防洪隐患

堤防	拦河闸	跨河桥梁	穿堤涵闸
徒骇河在聊城莘县文明寨—大清河 30 km 无堤防,交通困难,不利于防汛抢险。沾化城区堤防薄弱,部分堤顶高程不满足设计标准。	徒骇河聊城市马集闸、滑营闸、杨庄闸、陶桥闸等 4 座拦河闸年久失修、病险严重。	徒骇河共有 163 座跨河桥梁,部分桥底高程不满足设计洪水位要求,影响行洪。	徒骇河 123 座病险穿堤涵闸,缺少闸门或启闭设备,易发生漏水、倒灌,影响汛期行洪安全。

徒骇河、赵王河、周公河、西新河、苇河、赵牛新河、沙河及秦口河等多个支流无控制性建筑物，徒骇河内涝易发区为德州市的大黄洼、滨州市廿里堡闸前左岸、沾化城区下游地势较低地区等[27]。干支流缺少自然径流，尤其是枯水期，水量较少甚至断流，导致河流自净能力严重不足，河流水质出现恶化[23]。

农业农村污染源未得到有效控制，农业农村污染日益凸显。大部分村建了污水处理设施，污水收集管网不配套、运行机制不完善，已建成的污水处理设施部分处于停运状态，生活污水直排[17][28]。徒骇河流域除大型养殖企业污染防治设施较为完善外[19]，中小型养殖场(小区)或养殖专业户的污染防治设施较为简陋或工艺落后，甚至未采取防治措施。除生猪养殖外，其余畜禽养殖在汛期随径流进入河道，影响河流水质[29]。

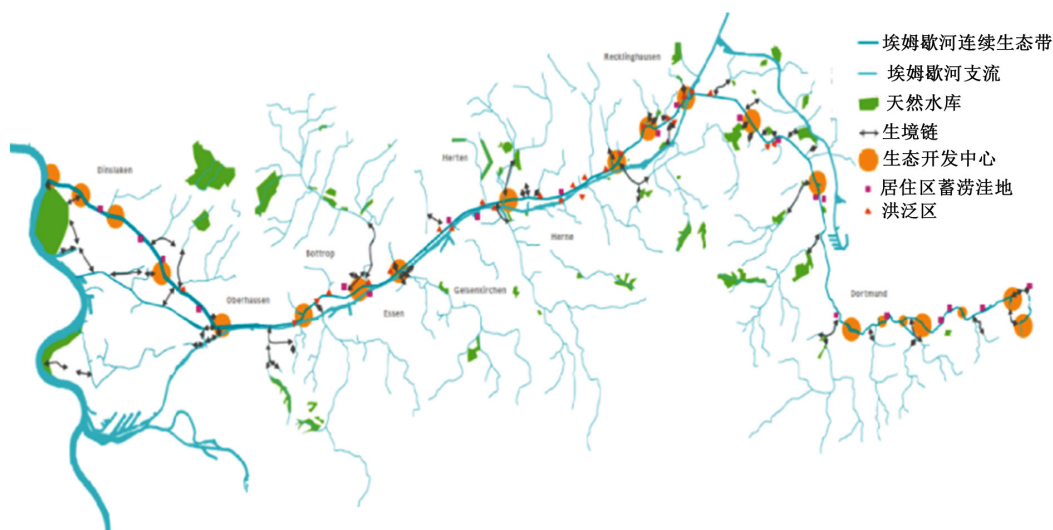
徒骇河流域空间规划是按照行政区，进行了聊城、德州、济南、滨州 16 个县(市)各自的空间规划，导致流域的上下游分制，左右岸不协调，不利于水资源的可持续利用，生态多样性和区域技术创新。

5. 成立流域机构协调跨区域利益

我国《环境保护法》第六条规定：“地方各级人民政府应当对本行政区域的环境质量负责”。各行政区划区政府只对本辖区内的生态环境问题负责，属地管理原则造成环境治理碎片化困境。成立区域管理机构才能打破地域壁垒，解决边缘区的环境污染更加严重问题，防止“公地悲剧”[30]。Joseph Stiglitz 提出的非分散化定律，认为交易费用会导致低效率，造成“搭便车”现象，提出推动区域生态治理一体化，不仅系统整合资源的上下游，而且需要有权威的执行机构来解决区域生态碎片化与部门化的问题[31]。如：美国田纳西河流域管理局[8]和德国埃姆歇河协会(EMGE)[11]，承担区域规划的创新型的组织机构，打破已有的固化的管控空间范围，对区域系统施加控制，使其结构和功能向有利于实现区域战略目标的方向演化。区域规划成为对接落实国家、省上位相关发展规划，提供高标准空间基础支撑和资源要素保障，统筹空间布局和行动协同。

6. 构建网络式空间结构的区域规划框架

信息、科技、生态环境和体制创新等成为影响中国区域发展的新因素，网络式空间结构是区域经济社会活动进行空间分布与组合的框架[32][33]，依托该空间结构可以将区域中分散的资源、要素、企业以及经济部门等组成一个具有不同层次、功能各异、分工合作的区域系统。通过形成的网络结构辐射和扩散效应带动整个区域的发展，形成合理、优化的区域空间结构。



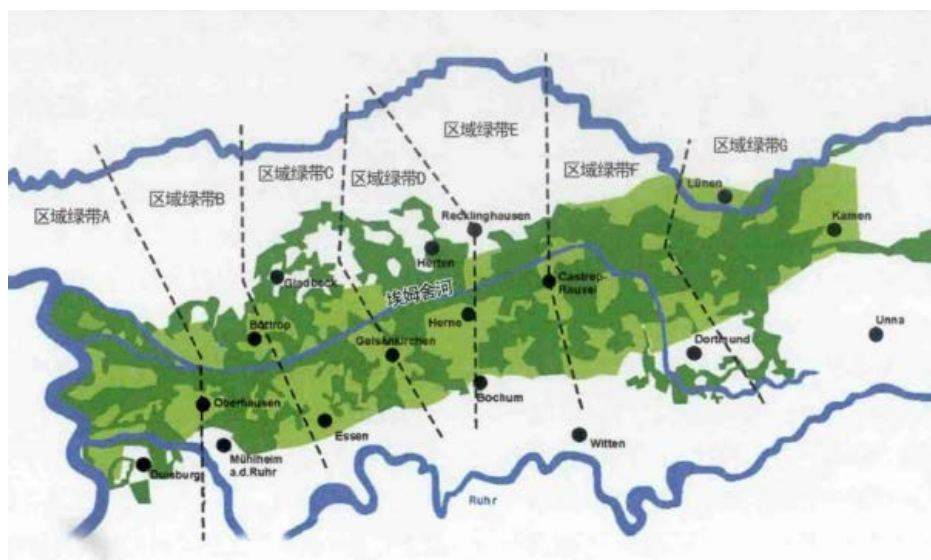


Figure 4. Ecological water network and regional landscape planning of the Emscher River basin [33] [34]
图 4. 埃姆歇尔河流域生态水网与区域景观规划[33] [34]

Bennett, Wit 和 Bennett 认为自然半自然景观单元形成生态网是保护和修复生态功能, 维持生态多样性的有效措施[34] [35]。水生态网络系统可以增加河道的复杂性, 自然泛洪区面积, 非建筑用地调蓄洪水的能力。埃姆歇尔河流域工业区的重建和可持续发展[36], 基于流域综合区域规划[37], 从源头到莱茵河的河口, 对埃姆歇尔河流域进行生态空间优化, 在流域 320 km² 内建设生态走廊, 并将走廊进一步拓展, 形成“蓝绿生态网络”, 如图 4 所示。1994 年博拉科斯基与城市环境学家麦克·胡克联名发表了《对区域系统和自然环境的建议》提出了大都市绿色空间的动议[38]。绿色空间项目的第一个成果是将区域内星罗棋布的自然空间串联, 区域内形成一个自然空间体系[39]。

许多学者尝试过自然系统与人文系统的类比分析[40], Woldenberg 和 Berry 合作对河流和中心地的相似性进行了类比分析, 认为二者具有很强的相似性[41]。国内学者陈彦光和刘继生提出了人文地理系统与自然地理系统的对称性[42]。在区域空间结构的研究结论, 都趋同于空间网络结构是推动区域创新和高质量发展的结构, 这样的空间结构也耦合流域水生态网结构的要求, 为此提出构建网络式空间结构的区域规划框架。人文系统的创生与演化以自然地理系统的形态和结构为楷模[39], 自然地理空间具有决定性作用, 优先构建流域水生态网络结构空间, 在此基础上布局经济社会空间。

7. 流域水生态规划导向下的空间布局

徒骇河流域国土空间规划既要为《黄河流域生态保护与高质量发展规划纲要》落地实施提供空间保障, 更要作为区域空间行动的顶层设计, 指导地区共同开展各类国土空间开发和保护行动, 为各类专项规划和行动方案的空间布局提供规划依据。

面向流域水资源回收的设施布局。在行政区域内依靠重力流收集污水, 导致污水处理厂设在各河系下游, 传统布局不利于污水资源化[43]。埃姆歇尔协会在流域建设运营 4 座生活污水处理厂, 26 座工业废水处理厂和 397 座雨洪设施, 保障了流域的水量水质[35]。在徒骇河流域, 应以流域为规划单元, 依据《海绵城市专项规划编制暂行规定》, 编制流域范围的污水与雨水资源化专项规划[44], 实现水资源的综合利用。

面向生态的绿色区域空间布局。在自然状态下, 河流系统就是最重要的生态廊道, 是多时空范围中地面景观演变的主要驱动力[45]。在人类主导的景观中, 交通网络, 如公路和铁路, 航运航线和空运航线

都是人类社会和现代景观的主要网络[46]。廊道网络的主要功能就是强化水平流动和跨景观的连接[47]。规划流域生态走廊,形成水生态网络布局。

8. 结论

(1) 徒骇河流域是山东省黄河流域的重要区域,该区域目前是按照行政区进行空间规划,形成的空间布局,不利于区域的创新发展、水资源综合利用和生态保护。

(2) 提出利用再尺度化的策略,以徒骇河流域为规划单元,构建区域规划体系,形成跨区域合作走廊。

(3) 提出了网络式空间布局。利用网络结构的辐射和扩散效应具有带动整个区域的发展,形成创新发展的动力;利用网络式水生态空间布局,有效解决资源的高效利用,增强流域的水生态韧性。

发挥自然地理空间的决定性作用,优先构建流域水生态网络结构空间,在此基础上布局经济社会空间,实现流域上的水生态与经济社会发展耦合互促。

基金项目

山东省社科重点项目:生态文明制度思想研究,编号:18BDCJ01。

参考文献

- [1] 彼得·霍尔. 城市和区域规划[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1985.
- [2] Davoudi, S. and Strange, I. (2009) Conceptions of Space and Place in Strategies. *Spatial Planning*. Routledge, New York. <https://doi.org/10.4324/9780203886502>
- [3] Mackaye, B. (1940) Regional Planning and Ecology. *Ecological Monographs*, **10**, 349-353. <https://doi.org/10.2307/1948509>
- [4] 张京祥, 陈浩, 胡嘉佩. 中国城市空间开发中的柔性尺度调整——南京河西新城区的实证研究[J]. 城市规划, 2014, 38(1): 43-49.
- [5] 方伟, 赵民. “新区域主义”下城镇空间发展的规划协调机制——基于皖江城市带和济南都市圈的探讨[J]. 城市规划学刊, 2013(1): 51-60.
- [6] 刘衍君, 曹建荣, 张宪涛. 黄河山东段水环境现状及可持续利用对策[J]. 聊城大学学报(自然科学版), 2006, 19(4): 64-74.
- [7] <http://bzdt.shandongmap.cn/standard-map>
- [8] 陈湘满. 美国田纳西流域开发及其对我国流域经济发展的启示[J]. 世界地理研究, 2000, 9(2): 87-92.
- [9] Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R. and Cushing, C.E. (1980) The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **37**, 130-137. <https://doi.org/10.1139/f80-017>
- [10] Minshall, G.W. (1985) Developments in Stream Ecosystem Theory. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **42**, 1045-1055. <https://doi.org/10.1139/f85-130>
- [11] Landwirtschaft, Natur-Und Verbraucherschutz Des, Landes Nordrhein-Westfalen Ministerium Fur Klimaschutz, et al. (2014) Entwicklung und stand der abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen.
- [12] 比尔·汉威, 孙帅. 伦敦 2012 奥林匹克公园总体规划及赛后利用[J]. 风景园林, 2012(3): 102-110.
- [13] 陶懿君. 从城市生态韧性建设的三重维度探讨河川再生对城市健康发展的重要意义——以吉隆坡“生命之河”为例, 住宅与房地产[J]. 2018(24): 255-256.
- [14] 耿卓, 戈国庆. 黄河山东段航运发展存在的问题及解决思路[J]. 山东交通科技, 2017(2): 83-84, 93.
- [15] 王坤, 杨姗姗, 王金童, 等. 多级闸门调控下徒骇河流域雨洪演进模拟与分析[J]. 济南大学学报(自然科学版), 2018, 32(1): 70-76.
- [16] 戴光鑫, 朱爱华. 徒骇河超标准洪水应对措施分析探讨[J]. 山西水利, 2022(5): 81-82.
- [17] 聊城市统计年鉴(第四篇、农业), 滨州市统计年鉴, 德州市统计年鉴[Z]. 2021.
- [18] 张群. 德州市农业水资源利用效率及影响因素分析[D]: [硕士学位论文]. 泰安: 山东农业大学, 2022.
- [19] 王正冉. 聊城市河流水质综合评价及污染源解析[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2022.

- [20] 宋刚. 乡村振兴背景下滨州加快农业农村现代化建设的策略[J]. 山西农经, 2023(4): 159-161.
- [21] 聊城市“十四五”农业农村现代化发展规划, 聊城市农业农村局[Z]. 2022.
- [22] 德州市畜牧产业“十四五”发展规划[Z]. 2020.
- [23] 贾贵浩. 城镇化背景下粮食主产区利益动态补偿问题研究[J]. 宏观经济研究, 2013(12): 20-26.
- [24] 山东省普通高等学校名单[Z]. 2022.
- [25] 王浩, 祁志栋, 李雪. 徒骇河聊城段水环境问题及应对措施分析[J]. 节能, 2019, 38(11): 172-174.
- [26] 赵修敏, 张丙珍, 庞博, 孙庆彬. 徒骇河聊城段干支流水质分析[J]. 四川环境, 2023, 42(3): 101-105.
- [27] 尹宏雪, 戴光鑫, 尚吉明. 山东省海河流域骨干河道防洪存在问题及对策[J]. 山东水利, 2023(3): 10-11, 14.
- [28] 白露, 杨恒. 流域水生态环境保护现状及对策分析[J]. 海河水利, 2023(5): 19-33.
- [29] 畜禽养殖业污染物排放标准(GB18596-2001) [S]. 北京: 国家环境保护总局科技标准司, 2001.
- [30] 谈明洪, 冉圣宏, 马素华. 大都市边缘区的环境问题及其对策——以北京市房山区为例[J]. 地理科学进展, 2010, 29(4): 422-426.
- [31] 汪波. 论城市群生态一体化治理: 梗阻、理论与政策工具[J]. 武汉科技大学学报(社会科学版), 2015, 17(1): 56-62.
- [32] 孙燕铭, 谌思邈. 长三角区域绿色技术创新效率的时空演化格局及驱动因素[J]. 地理研究, 2021, 40(10): 2743-2759.
- [33] 邵海琴, 王兆峰. 长江中游城市群人居环境空间关联网络结构及其驱动因素[J]. 长江流域资源与环境, 2022, 31(5): 983-994.
- [34] Bennett, G. (2004) Integrating Biodiversity Conservation and Sustainable Use, Lessons Learnt from Ecological Networks. IUCN, Gland.
- [35] Bennett, G. and Wit, P. (2001) The Development and Application of Ecological Networks, a Review of Proposals. Lessons Learnt from Ecological Networks. IUCN/AID Environment, Amsterdam.
- [36] 尹文超, 卢兴超, 薛晓宁, 等. 德国埃姆歇河流域水生态环境综合治理技术体系及启示[J]. 净水技术, 2020, 39(11): 1-11, 15.
- [37] 李潇. 德国“区域公园”战略实践及其启示——一种弹性区域管治工具[J]. 规划师, 2014, 30(5): 120-126.
- [38] <http://www.oregonmetro.gov/sites/default/files/metropolitan Greenspaces Master Plan.pdf>
- [39] Kunstler, J.H. (1994) Geography of Nowhere: The Rise and Decline of America's Man-Made Landscape. Simon and Schuster, New York.
- [40] Batty, M. (1991) Cities as Fractals: Simulating Growth and Form. In: Crilly, A.J., Earnshaw, R.A. and Jones, H., Eds., *Fractals and Chaos*, Springer-Verlag, New York, 43-69. https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3034-2_4
- [41] Woldenberg, M.J. and Berry, B.J.L. (1967) Rivers and Central Places: Analogous Systems? *Journal of Regional Science*, 7, 129-139. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.1967.tb01429.x>
- [42] 陈彦光, 刘继生. 中心地体系与水系分形结构的相似性分析——关于人-地对称关系的一个理论探讨[J]. 地理科学进展, 2001, 3(1): 81-88.
- [43] 崔建鑫, 赵海霞. 城镇污水处理设施空间优化配置研究[J]. 中国环境科学, 2016, 36(3): 943-952.
- [44] 王浩程, 王琳, 卫宝立, 等. 基于 GIS 技术的污水处理厂选址规划研究[J]. 中国给水排水, 2020, 36(11): 63-68.
- [45] Poole, G.C. (2002) Fluvial Landscape Ecology: Addressing Uniqueness within the River Discontinuous. *Freshwater Biology*, 47, 64-660. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00922.x>
- [46] Abry, P., Baraniuk, R., Flandrin, P., et al. (2002) The Multiscale Nature of Network Traffic: Discovery, Analysis, and Modeling. *IEEE Signal Processing Magazine*, 19, 28-46. <https://doi.org/10.1109/79.998080>
- [47] Bennett, A.F. (2003) Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation. IUCN, Cambridge. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2004.FR.1.en>