

基于湿地功能构建菏泽水系湿地生态基础设施策略研究

王琳

中国海洋大学环境科学与工程学院, 山东 青岛

收稿日期: 2024年7月22日; 录用日期: 2024年8月21日; 发布日期: 2024年8月28日

摘要

黄河流域城市菏泽湿地资源丰富, 因黄河多次泛滥, 导致菏泽地区河湖水网淤塞, 水系紊乱。菏泽市水利工程规划设计强化空间干预, 现状的主要水系均为人工开挖的河道, 河道建设以洪涝灾害防控为导向, 以快排为目的, 规划后的河道布局干流化明显, 没有调蓄和生态功能, 没有形成具有水生态功能韧性的系统。基于水生态基础设施理念, 提出利用丰富的自然湿地和人工湿地资源, 开挖人工河道, 规划建设与城市发展相匹配的区域水系, 提高水网密度, 增加调蓄空间, 降低洪涝风险, 构建以河流和湿地为骨架的区域水生态基础设施, 增强区域水生态韧性。

关键词

水生态系统, 湿地公园, 人工湿地, 水生态基础设施

Research on the Strategy of Constructing River and Wetland Ecological Infrastructure in Heze Based on Wetland Function

Lin Wang

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

Received: Jul. 22nd, 2024; accepted: Aug. 21st, 2024; published: Aug. 28th, 2024

Abstract

The city of Heze in the Yellow River Basin boasts abundant wetland resources. However, repeated flooding of the Yellow River has led to the silting of rivers and lakes in the Heze area, causing disarray in the water system. The water conservancy project planning and design in Heze have em-

phasized spatial intervention, resulting in the main waterways being artificially excavated channels. These channels have been constructed with a focus on flood and waterlogging disaster prevention, aiming for rapid drainage. Consequently, the planned layout of the channels has become noticeably streamlined, lacking in both regulatory storage and ecological functions and failing to form a system resilient in aquatic ecology. Drawing on the concept of water ecological infrastructure, there's a proposal to utilize the rich natural and constructed wetland resources to excavate artificial channels. The plan involves constructing a regional water system that aligns with urban development, increasing the density of the water network, adding regulatory storage space, reducing flood and waterlogging risks, and building a regional water ecological infrastructure based on rivers and wetlands, thereby enhancing the region's resilience in water ecology.

Keywords

Water Ecosystem, Wetland Park, Constructed Wetland, Water Ecological Infrastructure

Copyright © 2024 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

湿地是介于水体生态系统和陆地生态系统之间的动态生态系统，是由陆地生态系统和水体生态系统相互作用形成的自然综合体[1]。1971年国际《湿地公约》(Ramsar会议)将湿地解释为：“湿地是指，不问其为天然或人工、长久或暂时的沼泽地、泥炭地或水域地带，带有静止或流动的淡水、半咸水或咸水水体，包括低潮时水深不超过6米的水域(Groombridge, 1992)”。湿地被誉为“地球之肾”，具有丰富的生物多样性和较高的生态生产力，是地球上单位面积生态服务价值最高的生态系统[2]，被称作“物种基因库”和“生物超市”[3]是生物圈内生态系统功能最高的系统之一。

湿地生态系统具有提供粮食产品[4]、水源补给、调节地表径流和改善水质[5]、保护沿海地区防御台风和风暴潮[6]、调节气候、提供文化资源等功能，是高质量发展的水安全基础。

黄河流域显著的垂直地带性和纬度地带性共同造就了流域热量和水分的空间分异，是黄河流域湿地发育的水热基础，造就了丰富的湿地类型。保护修复黄河流域湿地对维护区域乃至国家生态安全具有举足轻重的作用。

菏泽市是黄河进入山东省第一个沿黄城市，如图1所示，位于山东省西南部、鲁苏豫皖四省交界处，是东部沿海地区和中西部内陆地区的过渡地带，是黄河冲积平原地区，地势平坦，土层深厚。菏泽隶属华北平原新沉降盆地，海拔为37~68 m，自西南向东北呈簸箕状逐渐降低。微地貌形态有河滩高地、缓平坡地、决口扇形地、垄岗高地、碟形洼地、沙质河槽地、背河槽洼地，以缓平坡地面积最大[7]。龙山晚期菏泽地区为“四湖六水”之泽国水乡，河湖水网是先民因势利导整理疏浚而成。黄河多次泛滥，导致菏泽地区河湖水网淤塞，水系紊乱，破坏与再塑了地理景观[8]。应对区域发展与环境制约，充分利用河湖湿地水系，规划水生态韧性区域环境尤为迫切。

2. 菏泽湿地和河流水系现状

2.1. 菏泽湿地生态修复与保护现状

菏泽湿地类型多、面积大。菏泽湿地资源最丰富，截至2023年，菏泽市建设国家级湿地公园4处，省级湿地公园3处，总面积4960.38公顷。建成人工湿地36处，建设面积约10,332亩(7355.47公顷)，其

中表流面积约 9052 亩, 潜流面积约 1280 亩, 日处理水量约为 66.3 万吨。湿地面积占国土总面积的 4.64%。类型囊括了河流湿地、沼泽湿地、人工湿地 3 大类中的 16 个小类, 占全国湿地类型数量的 50%。典型湿地主要包含三大部分, 以黄河故道滩涂湿地, 特色的水域湿地, 湿地资源分布存在较大空间差异, 自然湿地资源主要以近黄河故道湿地为主, 分布在黄河故道东部区域, 如图 2 所示。



Figure 1. Geographic location of Heze City and its relationship with the Yellow River
图 1. 菏泽市地理位置与黄河关系图

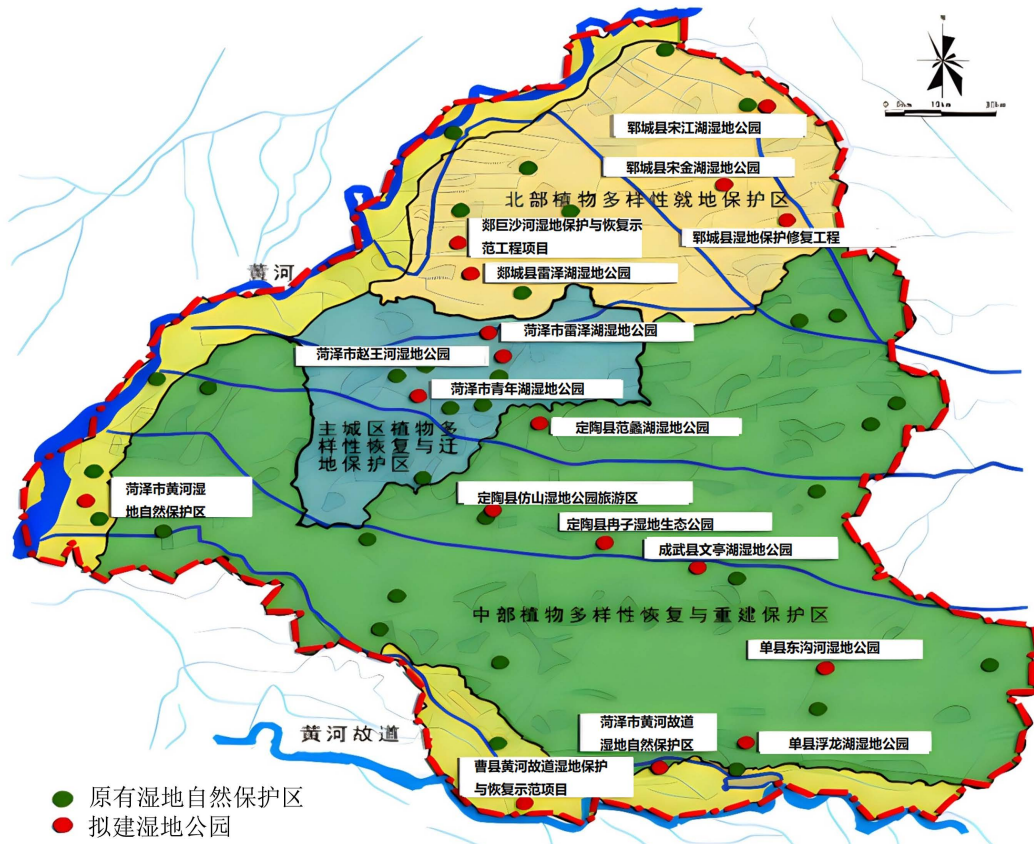


Figure 2. Distribution of major river systems and wetlands
图 2. 主要河流水系和湿地分布图

“十四五”期间，通过建立湿地公园、核心区湿地保护等各种有效保护形式，加强区域内重要湿地保护，增加受保护湿地面积，区域内湿地保护率由 35.7% 提高到 43.5%，自然湿地保护率由 51.8% 提高到 63.5%，如表 1 所示。

Table 1. National and provincial wetland parks and area statistics

表 1. 国家和省级湿地公园与面积统计表

序号	湿地公园	面积(公顷)
1	山东东明黄河国家级湿地公园	227.37
2	山东曹县黄河故道国家级湿地公园	889.24
3	山东单县浮龙湖国家级湿地公园	2145.49
4	山东菏泽东鱼河国家级湿地公园(试点)	998.73
5	菏泽庄子湖省级级湿地公园	151
6	菏泽定陶万福河省级级湿地公园	142.92
7	菏泽鄄城雷泽湖省级级湿地公园	405.99
合计		4960.38

菏泽湿地生物多样性丰富。菏泽市湿地环境典型独特，滩涂广阔，生态系统复杂多样，已成为众多野生动植物的生长栖息之地，全市有鸟类 200 余种，分属 17 目、41 科，其中国家一级保护动物 3 种，二级保护动物 19 种，省重点保护鸟类 22 种；兽类动物有 19 种，两栖类动物 8 种，爬行类动物 10 种[9]。

2.2. 菏泽河道与水系结构

境内河网密布，流域面积大于 30 km² 的河道有 199 条，长 3157 km，平均河网密度 0.26 km/km²。主要有洙赵新河、东鱼河、万福河、太行堤河、黄河故道 5 个水系，径流量较小，地表径流总量 11.29 亿 m³，均流入南四湖[10] [11]。黄河多年平均流经菏泽市水量 343.9 亿 m³，已建成引黄闸 9 处和引黄灌区 8 处，设计引黄流量 405 m³/s，引黄送水干线 8 条，设计输水流量 264 m³/s。以“五横六纵”骨干河道和引调水工程为骨架，以区域河湖水系连通和灌排渠系为脉络，以大中型水库和引黄调蓄水库为节点，形成区域河网水系如图 3，引调水工程图 4 所示。

2.3. 水资源匮乏，时空分布不均衡

菏泽市属暖温带半湿润大陆性季风气候[12]，年平均气温 13.5℃~14.0℃，多年平均降水量和蒸发量分别为 661.6 mm 和 907.2 mm [11]，多年平均水面蒸发量是多年平均降水量的 1.37 倍，降雨时空分布不均，年内降雨 70% 集中在汛期 6~9 月。全市地表水资源量 6.21 亿 m³，地下水资源量 16.7 亿 m³，扣除重复计算量后，水资源总量 20.6 亿 m³，人均 243 m³，只占全国人均水资源占有量的 1/9，属严重缺水地区[13]。为维护生态环境不再恶化并逐渐改善所需要消耗的生态需水量[14]严重不足。

2.4. 菏泽水生态修复现状与规划

在重点排污口下游，支流入干流处实施建设赵王河、乐成河和棋山河等人工湿地水质净化工程，人工湿地 36 处与，人工湿地面积 7355.47 公顷，人工湿地面积超过了现状湿地公园的 4960.38 公顷。利用东鱼河、洙赵新河、鄄郛河、万福河四条主要河流廊道，黄河故道，黄河生态带形成的空间布局，规划构建了“两带四廊，双网多点”生态保护格局如图 5 所示[15]。

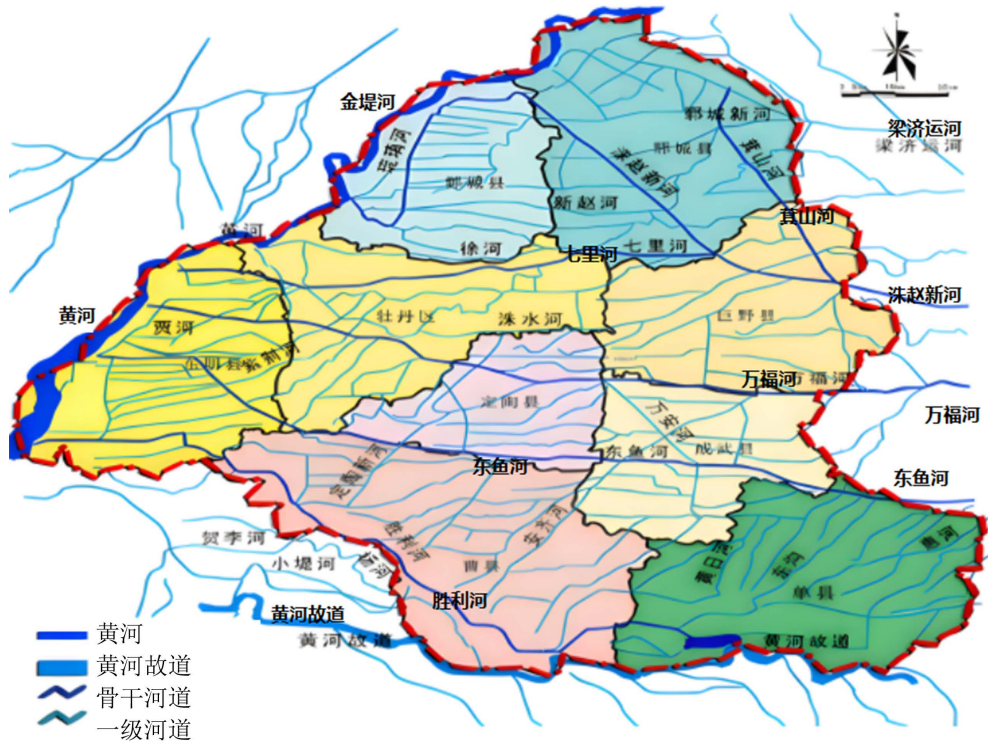


Figure 3. Distribution of Heze river system
图 3. 菏泽河流水系分布情况



Figure 4. Heze's "Five Horizontal and Six Vertical" main rivers and water diversion projects
图 4. 菏泽“五横六纵”骨干河道和引调水工程



Figure 5. Schematic diagram of Heze ecological protection pattern planning
图 5. 菏泽生态保护格局规划示意图

3. 水生态环境问题与成因分析

3.1. 水系紊乱，内涝风险高

黄河频繁的决溢、泛滥和改道不仅给平原带来了洪灾，洪水携带的大量泥沙淤积，受黄河泛滥影响，地形平缓，平原内水系紊乱，每至汛期极易形成内涝。菏泽在 1949 年以前的 3000 多年间波及境内的黄河改道 12 次、黄河决口 164 次；明代以来的 614 年间，发生内涝的年份有 224 年，区内城市都屡遭洪水围困，其中曹县、成武多次因水淹毁城重建[16]。近 20 年高速的城市开发建设，2000 年和 2020 年水域面积分别为 151.9 km 和 140.3 km；建设用地面积分别为：923.2 km 和 1149.5 km，水域面积持续减少，建设面积持续增加[7]。坑塘水体被填，河道改为暗渠，水网密度降低，仅为 0.26 km/km²，调蓄空间减少，洪涝风险提高。

3.2. 地形平缓，河流流动性差，水质稳定性差

菏泽地势平坦，水动力不足，水体自净能力较差，可消纳污染物的能力低，容易出现反复黑臭。菏泽河流属于雨源型河流，河道生态用水采用截留的方式，如：主要水系洙赵新河，沿河建 8 座拦河节制闸，在河道内节节拦蓄，拦截引黄水及周围支流的径流水，枯水期河流水量较小，生态用水量不足，上

下游调度不力, 长期储存河水, 缺乏有效的补充水量。其他河流一些河段枯水期成为“死水”, 长期腐化影响水质; 每年 6~8 月遇强降雨时大量农田退水进入河流, 导致河流水质恶化[17]。

3.3. 用水量持续增加, 面向水资源有效利用规划不足

黄河属资源型缺水河流, 随着流域经济社会的发展, 黄河水资源供求形势将更趋严峻。菏泽市水利工程规划设计强化空间干预, 现状的主要水系均为人工开挖的河道, 水系河道建设以洪涝灾害防控为导向, 以快排为目的, 规划后的河道布局干流化明显, 如图 5 所示。水系结构简单[18], 流域区内河流、湖泊等水体没有形成水系网络, 水系间连通性差, 雨洪资源调蓄利用不足。

3.4. 没形成湿地体系, 水生态韧性不强

原有黄河故道的湿地与新建城的人工湿地之间的联系不强, 人工湿地选址缺乏依据, 人工湿地功能单一, 仅为提升污水处理厂出水达到地表水四类; 对于现状湿地的水生态资源规划利用不足, 水生态韧性不强, 人工湿地面积已经超过国家级和省级湿地公园的总面积, 是国家级自然湿地面积的 1.5 倍, 除国家级和省级湿地公园外, 还有依据现状用地和高程拟规划建设地方湿地公园如图 2 所示。这些湿地与河道水系没有成为区域的韧性水生态空间, 有效调蓄水资源, 提升生态系统健康, 维持水生态安全, 实现保障区域水生态质量的目标。

4. 构建菏泽水生态基础设施策略

新阶段, 山东黄河流域提出了“优质水资源, 健康水生态, 宜居水环境, 先进水文化”的要求, 通过全域统筹, 成为“让黄河成为造福人民的幸福河”[19]的重要组成部分。此前各级政府对环境保护的认识仅限于水、空气和土壤(土壤还经常被忽视), 对不同形式的生态系统的维系管理缺失, 没有形成基于生态学的综合生境规划、管控和制度安排; 面向新发展阶段, 应发挥空间规划对各种功能空间的组织能力, 使一切尽可能地向好的方向发展[20]。

基于种群动态理论, 生态保护已经从场地保护转向生态网保护, 以国家公园或者自然保护地为单元[21], 多单元连接的网络可以更好地保护生物多样性。利用生态网络作为空间规划的骨架, 用空间规划引导生态修复与保护[22]。

湿地是基因库, 1 hm²湿地生态系统每年创造的价值高达 4000~14,000 美元[23]。湿地是“淡水之源”, 具有强大的储水功能, 每公顷沼泽湿地可蓄水 8100 m³左右, 现状 12315.85 公顷的湿地可以储存近 1 亿 m³的水量。雨季, 湿地对洪水储存、分洪、行洪和泻洪实现洪水的有效控制; 干季, 湿地水分重新释放, 补充地下水、增加河流流量, 调节地表径流, 维持区域水循环平衡[24], 湿地是抗旱防洪的天然“海绵”。

河道是连接已有生态单元, 如湿地公园, 人工湿地最有效人工湿地生态廊道, 河道兼具湿地功能与水系功能, 可以人工开挖河道将湿地与附近的河道进行连接形成水生态网络, 或者在河道旁边修建一个湿地, 形成具有调蓄、过滤和生态多样性的生态河道。河湖水系连通作为水资源调配、水生态修复和改善、水灾害防御的重要手段[25] [26]。

基础设施是保证社会经济活动、改善生存环境、克服自然障碍、实现资源共享等为目的建立的公共服务设施[27]。生态基础设施的概念在实践应用中分为两类, 一类是对常规基础设施赋予生态功能, 如《加拿大城市绿色基础设施导则》(2001)定义生态基础设施是基础设施工程的生态化, 主要以生态技术改造或代替道路、排水、能源、洪涝灾害治理及废物处理系统基础设施[28]; 一类生态基础设施是由栖息地、自然保护区、森林、河流、沿海地带、公园、湿地、生态廊道及其他一切自然或半自然的构成, 能够提供基础性支持功能的生态服务设施[29]。

鉴于菏泽的主要纵向洙赵新河、东鱼河、万福河、太行堤河、黄河故道 5 个水系人工开挖的排洪沟；菏泽有丰富湿地资源，利用自然湿地和人工湿地作用，规划人工河道联通区域湿地，使湿地和水系成为空间规划的骨架，形成水生态基础设施。

4.1. 以河流和湿地为骨架，构建区域水生态基础设施

实施河流水系与湿地总体规划。利用人工开挖的河流、国家级湿地公园和人工湿地关键水生态要素，从水量平衡(径流量、基流量、潜在蒸散发、地面径流和地下水补给量)、洪水强度、频率、重现期变化和下游水动力参数(河道径流、水位和流速等)、泥沙沉积和水质指标，确定湿地在区域尺度上的水文功能，核算湿地面积，确定水网密度和人工湿地斑块数量，利用人工湿地和河流湿地补足湿地面积，确保湿地面积达到调蓄水量要求；核算内涝防治规划，按照 100a 一遇标准进行校核设计，年径流控制率在 95% 以上，排涝重现期标准选为 50a，确定湿地总面积。

完善水系结构，优化湿地布局。水系结构是影响水文过程、生态功能和环境容量的重要基础，在水系结构中三级河道起到了集水汇水作用，降雨越大，所需三级河流的密度就越高[30]。结合区域地形，对水系结构进行优化，规划区域水系，如图 6 所示，强化主要河流上游的湿地联通性，增加三级河道密度，优化完善水系结构，利用水系和湿地水生态基础设施排水通道，改善蓄水条件，优化水资源调配，加速水体流动，改善水生态环境。



Figure 6. Schematic diagram of village rainwater storage and open channel rainwater collection system
图 6. 村庄雨水蓄滞与开放式明渠雨水收集系统示意图

4.2. 强化河道生态功能，构建河道旁路湿地系统

如图 4、图 5 所示，菏泽洙赵新河、东鱼河是 20 世纪 60 年代人工开挖的大型排水河道，被用作骨干排灌河道，2020 年对河道进行整治，整治标准是“两够”即河底宽度够、深度够；“三直”即河口线顺直、河底线顺直、内堤肩线顺直；“四平”即河底平、河坡平、堤顶平、内堤坡平[31]。以排灌为目的，河道硬质化，裁弯取直，河流生态水文结构与生态功能丧失殆尽。目前通行的改变河流的生物、物理、生态状态，使河流水质改善，河岸带稳定，栖息地增加、生物多样性增多[32]的措施，在菏泽有诸多制约因素，如现状行洪断面过大导致旱季水动力不足，旱季水质易恶化，生态系统稳定性差。构建河道旁路湿地系统，引导雨季洪水进入湿地，旱季利用湿地调蓄余量对河道进行补水。沿河道规划湿地的规模，由调蓄水量和水质确定，依据荷兰的经验，1 km 的河道两侧要布置 5 个面积不小于 500 m² 的池塘；用于

连接湿地的河道最小宽度不小于 10~15 m, 河道间距不超过 100 m [33]; 河道旁路湿地体系是对河道流域的雨洪资源进行分散化就地收集、就地利用, 就地实现生态功能; 以此提升防洪安全水平, 改善空间生态环境质量, 梳理河道周围的用地情况和地势条件, 确定具备建设湿地空间, 形成全域河道旁路湿地体系。

4.3. 规划农村开放式雨水收集系统, 利用坑塘, 组织水生态空间

菏泽市有农业人口 736.8 万人, 耕地总面积 987.8 万亩, 共有 162 个乡镇和街道办事处, 5568 个行政村(12,795 个自然村), 全市农村居民点占地约 200 万亩[34]。村庄居民点没有雨水市政工程基础设施, 雨水排放无序。菏泽乡村湿地保护利用不足, 乡村单一的生产结构、薄弱的生态意识导致早年随意拓荒造田、围湖造田、填塘造田。菏泽乡村各类坑塘遍布, 但大多数缺乏管理, 填、堵、占等现象严重。依据村庄地形, 规划开放式雨水收集系统, 如图 6 所示, 通过清淤、阔挖, 形成遍布村庄的雨水塘, 利用开放式的雨水收集渠收集雨水, 提高滞蓄水能力, 有效补给地下水, 减轻洪涝灾害, 改善乡村环境, 提升水生态功能。

农业面源污染是农村水环境污染的重要来源, 农田尾水进入地表水和地下水, 是造成水体污染和富营养化的主要成因。利用开放式生态沟渠, 对农田流失的氮磷进行截留和去除, 是削减农田污染的重要途径。开放式生态沟渠和坑塘也组织农业生产空间的有效措施。

4.4. 建立以水生态健康为导向的法规体系

我国涉水的市政基础设施规划, 通常有给水规划和排水规划, 没有面向生态的区域水系空间规划或者区域水生态空间布局规划。“条块分割”、“分项管理”的规划建设体制, 相关法规间也缺乏统筹整合, 如住建部的《城市水系规划规范》与水利部的《城市水系规划导则》在相关概念、空间范畴与指标阈值等方面均略有不同[35], 不利于区域水系规划与管控。研究形成区域水系生态规划指导意见, 完成水生态健康导向下的区域水系规划, 通过规划有效管理解决水资源安全、气候变化等快速城镇化的遗留问题[36] [37]。对于菏泽地区, 利用区域水系湿地空间规划, 解决水资源短缺, 水生态用水不足, 区域洪涝灾害风险高, 内涝严重等问题。我国国土空间规划中“三区三线”的划定中划定的生态保护红线, 将湿地空间, 河道空间控线落地, 保障规划落地。区域湿地空间和河道空间都是基于现状, 现状是基于防洪, 直排为目的的湿地河道空间的划定, 没有基于水生态安全导向下的湿地和河道空间布局进行划定。需要系统研究, 科学分析, 提出的面向水生态安全的湿地河道空间布局, 形成新布局下的空间规划, 区域防洪规划相关的管控体系。

4.5. 发挥湿地河道水生态基础设施作用, 建立区域水资源调配制度

自然水文情势下的水文节律特征是维护生态系统健康的驱动要素, 水量和水域空间是维护生物栖地最重要的水文要素, 湿地生态需水量指为达到某种生态水平和保护生物多样性所需要的水量[38] [39], 从水域空间、河流生态需水及湿地生态需水进行综合核算, 保障河流湿地系统需水[40]。

黄河是菏泽市唯一的客水来源, 在平衡水资源配置中起着关键性作用, 菏泽引黄 9.31 亿 m^3 , 建立黄河流域菏泽段用水总量控制制度和水量分配制度, 有针对性地避开农业用水的高峰期、避开鸟类的繁殖季节时期、和 6~9 月汛期, 对河流和重要湿地进行生态补水, 保障水域空间、河流和湿地最小生态需水量。

《山东省用水总量控制管理办法》(省政府令第 227 号)要求, 菏泽市 2011~2015 年规划期用水总量标控制在 24.75 亿 m^3 以内(地表水 1.94 亿 m^3 , 地下水 12.75 亿 m^3 , 引黄 9.31 亿, 调引长江水 0.75 亿 m^3) [13]。菏泽年平均年降水量 80.22 亿 m^3 , 产生地表径流量 6.12 亿 m^3 , 地下水资源量 16.7 亿 m^3 , 地表水

利用量仅为 1.94 亿 m³, 雨洪资源利用严重不足。发挥湿地河道生态基础设施的雨洪调蓄作用, 按照 95% 年径流控制率, 5.81 亿 m³ 的雨洪资源用作生态用水, 减少对黄河用水的依赖。

4.6. 建立湿地河道生态基础设施运维机制, 实现生态服务价值

基础设施维护是指在基础设施运营过程中对其进行必要的维护、更新和改造保障基础设施持续有效的正常运营以实现效益最大化。湿地河道生态基础设施, 是一种全新的多功能基础设施, 承担了控制污染、防洪排涝、雨水资源化和生态功能等多重目标, 区域湿地河道综合治理中, 责任主体与项目边界更为复杂, 相关设施项目实施, 后期运营维护面临许多问题, 运维费用不足是目前国家级和省级湿地公园运维面临的主要问题, 建立新型基础设施的运维机制, 实现综合效益。

湿地公园具有特殊生态、文化、美学和生物多样性价值, 有一定的规模和范围, 以保护湿地生态系统完整性、维护湿地生态过程和生态服务功能, 兼具可供公众游览、休闲或进行科学、文化和教育活动的特定湿地区域[41]。科学制定湿地公园的管控规则, 防止保护过度化, 限制了地方政府建立湿地公园的积极性, 解决游憩地资源保护与游憩利用的矛盾, 实现湿地生态服务价值, 解决湿地公园运维面临困境。

5. 结论

因黄河多次泛滥, 导致菏泽地区河湖水网淤塞, 水系紊乱。近 20 年高速的城市开发建设, 水域面积持续减少, 建设面积持续增加, 坑塘水体被填, 河道改为暗渠, 水网密度降低, 调蓄空间减少, 洪涝风险提高。菏泽地势平坦, 水动力不足, 水体自净能力较差, 河流属于雨源型河流, 生态用水量不足, 河流水质易恶化。

以防洪减灾, 区域供水为目的水网建设, 导致水系结构简单, 流域区内河流、湿地等水体没有形成水系网络, 水系间连通性差, 雨洪资源调蓄利用不足, 水生态韧性不强。

实施水系连通湿地的水生态基础设施规划, 利用人工开挖的河流、国家级湿地公园和人工湿地, 形成水系湿地生态网。规划区域水系, 增加三级河道密度, 优化完善水系结构, 改善水生态环境。

利用村庄规模大, 结合地形特点, 现状坑塘, 设计开放式雨水收集系统, 组织村庄水生态空间。利用开放式生态沟渠, 截留农田尾水, 组织农村生产空间。利用水生态基础设施改善村庄水生态环境。

确保湿地最小生态需水量的供给, 开展湿地地表水-地下水和河流水系的联合管理, 发展湿地公园旅游, 实现生态服务价值。

基于研究区地域气候、地表形态、历史变迁, 提出了针对性的湿地水系空间规划管控策略。

参考文献

- [1] 吕宪国. 湿地科学研究进展及研究方向[J]. 中国科学院院刊, 2002, 17(3): 170-172.
- [2] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. 科学通报, 2000, 45(1): 17-22.
- [3] 肖涛, 石强胜, 闻熠, 等. 湿地生态系统服务研究进展[J]. 生态学杂志, 2022, 41(6): 1205-1212.
- [4] Barbier, E.B. (2011) Wetlands as Natural Assets. *Hydrological Sciences Journal*, **56**, 1360-1373. <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.629787>
- [5] Dhote, S. and Dixit, S. (2008) Water Quality Improvement through Macrophytes—A Review. *Environmental Monitoring and Assessment*, **152**, 149-153. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0303-9>
- [6] Gedan, K.B., Kirwan, M.L., Wolanski, E., Barbier, E.B. and Silliman, B.R. (2010) The Present and Future Role of Coastal Wetland Vegetation in Protecting Shorelines: Answering Recent Challenges to the Paradigm. *Climatic Change*, **106**, 7-29. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-0003-7>
- [7] 李爱敏, 颜培蕾, 时洪蕾. 1970-2020 年黄河流域菏泽段 LUCC 时空演化及驱动力分析[J]. 菏泽学院学报, 2024,

- 46(2): 65-75.
- [8] 徐海亮, 轩轶彦. 史前时期黄河泛及济准的地文探索[J]. 黄河文明与可持续发展, 2022(2): 1-33.
- [9] 张冬杰, 梁江涛, 张鹏远, 等. 黄河山东段两侧 33 座国家湿地公园中植物群落的物种丰富度研究[J]. 湿地科学, 2023, 21(3): 367-374.
- [10] 张苏娟, 张文娟. 菏泽市现代水网建设规划探讨[J]. 山东水利, 2024(2): 1-3.
- [11] Zhang, L., Cheng, H., Yao, Z. and Wang, X. (2020) Application of the Improved Knothe Time Function Model in the Prediction of Ground Mining Subsidence: A Case Study from Heze City, Shandong Province, China. *Applied Sciences*, **10**, Article No. 3147. <https://doi.org/10.3390/app10093147>
- [12] Chen, M., Lu, G., Guo, C., Yang, C., Wu, J., Huang, W., et al. (2015) Sulfate Migration in a River Affected by Acid Mine Drainage from the Dabaoshan Mining Area, South China. *Chemosphere*, **119**, 734-743. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.07.094>
- [13] 周庆, 严芳芳, 周静. 菏泽市“十二五”区域用水总量监测分析[J]. 山东水利, 2017(9): 44-45.
- [14] 崔瑛, 张强, 陈晓宏, 等. 生态需水理论与方法研究进展[J]. 湖泊科学, 2010, 22(4): 465-480.
- [15] 菏泽市自然资源和规划局. 菏泽市国土空间总体规划(2021-2035 年) [EB/OL]. <https://www.doc88.com/p-37647561767932.html?id=1&s=like>, 2023-02-16.
- [16] 菏泽地区水利志编纂委员会. 菏泽地区水利志[M]. 南京: 河海大学出版社, 1994.
- [17] 吕胜国, 孟令杰. 菏泽市主要河道水质现状评价及变化趋势分析[J]. 人民黄河, 2019(S2): 37-39+50.
- [18] 李一平, 程一鑫, 陈刚, 等. 一种城市化对平原河网水系结构与连通性影响评价方法[P]. 中国专利, CN112183934A. 2021-01-05.
- [19] 习近平. 在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话[J]. 求是, 2019(20): 4-11.
- [20] Buchwald, K. and Engelhardt, W. (1980) *Handbuch für Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt*. BLV Verlagsgesellschaft, Munich.
- [21] Jongman, R.H.G. (1995) Nature Conservation Planning in Europe: Developing Ecological Networks. *Landscape and Urban Planning*, **32**, 169-183. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(95\)00197-o](https://doi.org/10.1016/0169-2046(95)00197-o)
- [22] Jongman, R.H.G. (2002) Homogenisation and Fragmentation of the European Landscape: Ecological Consequences and Solutions. *Landscape and Urban Planning*, **58**, 211-221. [https://doi.org/10.1016/s0169-2046\(01\)00222-5](https://doi.org/10.1016/s0169-2046(01)00222-5)
- [23] 赵云峰. 天津湿地经济价值问题研究[J]. 中国商贸, 2013(19): 170-171.
- [24] 李青山, 张华鹏, 崔勇, 等. 湿地功能研究进展[J]. 科学技术与工程, 2004, 4(11): 972-976.
- [25] 李宗礼, 李原园, 王中根, 等. 河湖水系连通研究: 概念框架[J]. 自然资源学报, 2011, 26(3): 513-522.
- [26] 刘伯娟, 邓秋良, 邹朝望. 河湖水系连通工程必要性研究[J]. 人民长江, 2014(16): 5-6.
- [27] 金凤君. 基础设施与人类生存环境之关系研究[J]. 地理科学进展, 2001, 20(3): 275-284.
- [28] Mirza, M.S. and Haider, M. (2003) The State of Infrastructure in Canada: Implications for Infrastructure Planning and Policy. *Infrastructure Canada*, **29**, 17-38.
- [29] Mander, U., Jagonaegi, J., et al. (1988) Network of Compensative Areas as an Ecological Infrastructure of Territories. Connectivity in Landscape Ecology. *Proceeding of the 2nd International Seminar of the International Association for Landscape Ecology*, Paderborn, 35-38.
- [30] 王英, 王浩, 龚家国, 等. 雄安新区城市水系结构规划分析[J]. 水利水电技术(中英文), 2022(7): 199-208.
- [31] 朱春霞, 张培峰, 晁靖. 浅谈洙赵新河和东鱼河工程治理措施[J]. 山东水利, 2022(2): 41-42.
- [32] 董哲仁, 孙东亚, 彭静河. 流生态修复理论技术及其应用[J]. 水利水电技术, 2009, 40(1): 4-9.
- [33] Kee, H.S., Nakagoshi, N., Fu, B.J., et al. (2007) *Landscape Ecological Applications in Man-Influenced Areas*. Springer. <https://doi.org/10.1007/1-4020-5488-2>
- [34] 侯颖. 撤村并居迁村并点村庄合并填充补实——对山东省菏泽市村庄改造试点工作的调查与思考[J]. 中国土地, 2011(6): 46-48.
- [35] 刘洋. “地水整合”的城市水系整体空间规划建设研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆大学, 2015.
- [36] 陈梦芸, 林广思. 基于自然的解决方案: 利用自然应对可持续发展挑战的综合途径[J]. 中国园林, 2019, 35(3): 81-85.
- [37] Davis, M. and Naumann, S. (2017) Making the Case for Sustainable Urban Drainage Systems as a Nature-Based Solution to Urban Flooding. In: Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J. and Bonn, A., Eds., *Theory and Practice of Urban Sus-*

tainability Transitions, Springer International Publishing, 123-137. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_8

- [38] 张祥伟. 湿地生态需水量计算[J]. 水利规划与设计, 2005, 29(2): 13-19.
- [39] 周林飞, 许士国, 李青山, 等. 扎龙湿地生态环境需水量安全阈值的研究[J]. 水利学报, 2007, 38(7): 845-851.
- [40] King, J.M., Oorens, A.H.M. and Holland, J. (1995) In Search for Ecologically Meaningful Low Flows in Western Cape Streams.
- [41] 国家林业局. 关于做好湿地公园建设工作的通知(林护发[2005]118号) [EB/OL]. <https://www.forestry.gov.cn/main/5925/20200414/090421390419999.html>, 2013-09-17.