

城乡融合发展背景下乡村水网“四纵三横”空间格局构建与连通性提升研究

周 荣¹ 李 伟²

- 1. 金湖县黎城街道水利服务站 江苏 淮安 211600
- 2. 金湖县戴楼街道水利服务站 江苏 淮安 211600

摘 要：城乡融合发展要求乡村水利基础设施实现互联互通、韧性安全与生态宜居。针对当前乡村水网水系割裂、布局散乱、功能单一及与城乡空间不匹配等问题，本文立足城乡融合战略背景，系统分析乡村水网在防洪排涝、农业灌溉、生态景观和生活供水等方面的功能定位，构建“四纵三横”空间骨架格局，明确各水系生态-功能协同定位。从物理、水力、生态三个维度剖析连通性瓶颈，提出闸坝调控优化、河湖水系连通、生态护岸改造及空间管控等综合提升方案，为乡村水网规划与生态修复提供参考。

关键词：城乡融合；乡村水网；四纵三横；空间格局；水系连通性

引言：城乡融合发展要求基础设施一体化，乡村水网作为农业生产、防洪排涝和生态安全的基础支撑，在城乡融合中承担连接城乡水系统、统筹水资源的纽带作用。然而，受重城镇轻乡村、重开发轻保护的影响，乡村水网普遍面临水系破碎、连通受阻、生态退化及与城镇水网衔接不畅等问题。如何在城乡融合框架下重构乡村水网空间格局、提升水系连通性，已成为重要课题。本文以“四纵三横”空间格局构建为核心，研究乡村水网优化布局与连通性提升策略，为同类地区提供参考。

1 理论基础与概念辨析

1.1 城乡融合发展的空间逻辑与基础设施要求

城乡融合发展强调城乡要素自由流动、公共资源均衡配置和空间结构优化重组，其空间逻辑体现为城镇与乡村从二元分割走向有机共生。基础设施一体化被赋予先行引领地位，水系统作为连接城乡的自然-人工复合系统，其网络化、均等化和韧性化成为必然要求。乡村水网不仅要满足农业生产和农村生活的基本需求，还需承接城镇雨洪调蓄、保障区域生态安全和支撑城乡空间拓展。这一转变要求乡村水网规划突破传统农田水利的单一目标思维，转向多目标协同的系统化路径。

1.2 水网空间格局理论

水网空间格局是水系在特定地理空间上的分布结构与组织形态，涵盖河流、湖泊、沟渠、水库等水体在平面和垂向上的组合关系。自然水系通常呈现树枝状、格网状、扇状等形态，人工干预下的乡村水网则更为复杂。“四纵三横”格局是一种骨架化空间组织模式，纵向水系顺应地形坡降和径流方向，承担输水引水主通道

功能；横向水系利用天然洼地或古河道连接纵向水系，发挥水量调节与生态串联作用。纵横骨架交织成网络化结构，可显著提升水系连通程度与功能协同水平^[1]。

1.3 水系连通性理论框架

水系连通性是评价河湖水系结构完整性和功能协调性的核心指标，可从三个维度解构。物理连通指水系实体空间上的衔接贯通程度，反映几何形态的连续性与网络化水平，是连通性的物质基础。水力连通指水体在水位差或人工调控下的实际交换能力，受闸坝、涵洞等工程影响显著。生态连通关注水生态系统在纵向、横向和垂向三个方向的物质流、能量流与信息流连续性。三者层层递进：物理连通是前提，水力连通是动力，生态连通是目标，这一层次关系是开展连通性评价与修复的理论基础。

1.4 乡村水网的多功能性

乡村水网在城乡融合中承载多元功能。农业灌溉与生产供水是传统核心功能，关系粮食安全和农业生产效益。防洪排涝与减灾安全在极端天气频发背景下愈发重要，乡村水网是蓄滞洪水和快速排涝的第一道防线。乡村生态景观与人居环境功能日益受重视，河流沟渠是蓝绿空间的核心载体，其生态质量和景观品质直接影响乡村宜居水平。在城乡融合区，乡村水网还承担城乡水系统过渡与衔接的特殊功能，既是城镇雨洪的消纳空间，也是城市生态服务的辐射延伸带。四类功能相互制约或促进，关系复杂。

2 研究区域概况与水网现状评价

2.1 自然地理与水文水资源条件

研究区域的自然地理条件是水网格局构建的基础约束。地形地貌决定了水系发育的基本形态,平原地区有利于格网状水网的培育,而丘陵岗地则形成树枝状格局。气候特征与降雨径流规律直接影响水网的丰枯变化和水量调配需求,尤其在全球气候变化背景下,极端降雨事件的增多对水网调蓄能力提出更高要求。水资源总量与开发利用程度是确定“四纵三横”骨干水系规模和连通方案的关键依据,需在区域水资源供需平衡分析的基础上,合理确定各骨干水系的生态基流和可供水量,避免水网建设脱离水资源承载能力。

2.2 城乡融合发展的空间格局与水网耦合关系

城乡融合发展空间规划确定了城镇体系、产业布局 and 生态保护格局,对水网的空间走向和功能配置产生决定性影响。城镇扩张往往挤占乡村水系空间,改变水文过程,同时也对乡村水网的防洪标准和供水保障能力提出更高要求。乡村水网布局应主动响应城乡空间发展方向,在骨干水系选线时兼顾服务城镇供水安全、承接城镇雨水排放和保障乡村生态需水等多重目标。土地利用变化对水网格局的影响尤为显著,建设用地增加导致地表硬化、径流系数增大,农业结构调整则改变灌溉需水时空分布,这些变化均需在水网格局构建中予以系统性回应。

2.3 乡村水网现状调查与问题诊断

对研究区域乡村水网的系统调查是问题诊断的基础,调查应涵盖水系空间布局特征及其历史演变、河湖连通现状与断头河分布、水体流动性与水交换能力、水环境质量与生态状况以及水利基础设施配套与管护水平等方面。从实践来看,乡村水网普遍存在以下典型问题:一是水系空间萎缩,部分沟渠被填埋或淤塞,河网密度下降;二是结构性连通不足,闸坝节制工程过度阻断自然水力联系;三是水体流动性差,断头河与盲端沟渠比例偏高,水交换能力弱;四是水生态退化,滨水植被带破坏严重,生物多样性下降;五是基础设施老化失修,管护投入不足。这些问题构成了“四纵三横”格局构建的现实起点。

2.4 水网连通性定量评价

连通性定量评价旨在为格局构建和提升方案提供数据支撑,指标体系应从物理、水力、生态三个维度综合构建。物理连通性以水系密度、河网复杂度、节点连通度等指标表征水系结构的完整程度;水力连通性通过水位衔接条件、过流能力、闸坝阻隔系数等量化水体实际交换效率;生态连通性从鱼类通道完整性、滨水植被带连续性等方面评判^[2]。数据获取可采用遥感影像解译、实

地水文测量和GIS空间分析相结合的方法。综合评价结果应明确各类连通性短板的空间分布,识别关键阻隔节点和优先修复河段,为“四纵三横”骨架选线和连通性提升方案制定提供科学依据。

3 乡村水网“四纵三横”空间格局构建

3.1 “四纵三横”格局的内涵与规划逻辑

“四纵三横”是一种骨架化的乡村水网空间组织模式,其内涵在于通过三条横向水系将四条纵向骨干水系串联贯通,形成纵横交织、蓄泄兼顾的网络化水系格局。规划逻辑遵循“顺应自然、兼顾城乡、功能协同”的原则。纵向水系一般沿区域地形坡降方向布局,充分利用天然河道和主要输水干渠,承担跨区域引水输水和城乡水系衔接的主通道功能。横向水系则依托区域内的天然洼地、古河道或人工灌排骨干渠道,连接各纵向水系,承担水量调节、洪涝错峰和生态廊道串联的功能。纵横交叉的关键节点可布局调控枢纽,实现对水网水量和水位的灵活调控。

3.2 纵向水系识别与功能定位

纵向骨干水系的识别应遵循以下原则:优先利用现有骨干河道和输水干渠,减少新增占地和工程投资;兼顾城镇与乡村的空间分布,使水网服务覆盖主要城乡功能区;充分考虑地形和水源条件,确保水系的可行性和可持续性。各纵向水系的功能定位应有所区分和侧重:部分水系定位为输水主干,承担跨区域水资源调配和城乡供水保障任务;部分水系定位为生态主廊,连接沿线重要湿地、湖泊和生态斑块,发挥生态保护与景观串联功能;处于城镇与乡村过渡带的水系则定位为城乡融合纽带,兼顾城镇排水接纳、乡村供水保障和生态缓冲多重功能。功能定位的差异性决定了各水系的设计流量、断面形式和管控要求。

3.3 横向水系筛选与功能配置

横向水系的筛选应重点考量以下要素:与各纵向水系的交汇条件和连通潜力、天然洼地和滞涝区分布、土地利用现状及工程实施的可行性。横向水系的功能配置应体现差异化和互补性。调节型横向水系侧重于跨水系水量调配和洪涝错峰调度,通常需要配置控制性闸站工程,具备较强的可控性和调蓄能力。生态型横向水系侧重于构建滨水生态休闲带,以生态护岸和植被恢复为主,强调景观连续性和生态服务功能。灌溉型横向水系则主要服务于沿线农田灌溉需求,保障农业生产用水,其断面和规模以灌溉设计流量为依据。三类功能可根据具体区段灵活组合,不宜机械划分^[3]。

3.4 整体空间格局设计方案

整体空间格局设计方案是“四纵三横”骨架从概念走向落地施工的关键环节,核心成果是形成可操作的工程规划方案。设计应统筹考虑水系等级划分及断面控制标准、重要节点工程布局(闸站、泵站、连通涵管)以及与区域水系规划和城乡规划的有机衔接。骨架水系可划分为主干、次干和毛细三个层级,分别确定不同的管控要求和建设标准。纵横交叉处应设置水量调控设施,关键阻隔点规划连通工程。项目实施采取近远结合的分期推进策略:近期优先实施连通效益显著、条件成熟的骨干河段和关键节点工程,尽快形成骨架雏形;远期逐步完善毛细水系和配套设施,形成完整乡村水网体系。方案还需与国土空间规划、水利发展规划和生态环境规划充分对接,确保规划的一致性和协调性。

4 乡村水网连通性提升关键技术

4.1 物理连通提升技术

物理连通提升旨在解决水系空间割裂问题,恢复水系的实体连续性。对于断头河与盲端沟渠,宜采用生态连通改造方式,通过开挖明渠、敷设涵管或构建生态湿地将其接入骨干水系,既恢复水力联系又增加生态过渡空间。对废弃或淤塞的河道段落进行清淤疏浚与断面修复,恢复其输水过流能力。对于阻水严重的废弃构筑物,在安全评估基础上予以拆除或改造。在有条件的地段,可建设生态明渠替代暗涵,提升水系的自然属性。连通工程的设计应充分考虑地形高差和土地利用现状,合理确定连通方式和工程规模,实现连通效益与工程投资的优化平衡。

4.2 水力连通优化技术

水力连通优化的核心在于改善水体流动性,提升水网的水量交换能力。闸坝联合调度是关键手段,需构建基于实时水位和水质监测的调度规则库,在保障防洪安全的前提下实现闸坝的科学启闭,促进水体有序流动。对于流动性较差的河段,可通过生态补水工程引入活水源头,提高水体置换速率。水位衔接是水力连通的技术难点,需通过合理设置跌水、堰坝或泵站提水设施,解决各水系间的水位高差问题。智能化水量调度系统集成水文监测、水量预测和远程控制功能,可实现水网水量的精细化调配,是提升水力连通现代化水平的重要方向。

4.3 生态连通修复技术

生态连通修复着眼于恢复水生态系统的完整性和自维持能力。生态护岸改造以多孔透水材料替代硬质护砌,为水生生物提供栖息空间,同时实现地表水与地下水的自然交换。对于具备鱼类洄游需求的河段,应设置

鱼道或生态过鱼设施,打通纵向生物通道。滨水植被缓冲带建设是在水系两侧种植乔灌草相结合的植物群落,发挥截留污染、提供栖息地和生态廊道的多重功能。深潭-浅滩序列重构可增加水流形态的多样性,形成多样化的水生生物栖息环境。“水下森林”构建是通过沉水植物群落恢复提升水体自净能力,形成健康稳定的水生态系统。各项生态修复技术需根据具体河段的生境条件和水质目标进行组合应用。

4.4 连通性提升方案的系统集成

连通性提升方案的系统集成是将物理、水力、生态三类技术措施统筹整合的过程。各维度技术之间存在密切协同关系:物理连通为水力交换和生态迁徙提供空间载体,水力连通是生态过程实现的水动力保障,生态修复则为物理和水力连通提供可持续性支撑。系统集成应明确各类连通技术在不同河段的适用条件和配置组合,形成包含重点工程清单、投资估算和实施时序的一体化方案体系。方案实施后预期可实现水系格局系统优化、水体流动性显著改善、水生态有效恢复和水网韧性综合提升。远期还应持续跟踪监测连通性指标变化,建立评估与反馈机制,根据实际效果动态优化调整方案,形成“评估-实施-监测-反馈”的闭环管理。

结束语

乡村水网是城乡融合发展的基础支撑与生态纽带,其空间格局优化与连通性提升是实现水安全保障和生态改善的重要路径。本文明确了城乡融合对乡村水网的系统要求,构建了“四纵三横”空间骨架格局,并从物理、水力、生态三维度提出连通性提升技术方案。研究表明,“四纵三横”骨架化格局可有效改善水系结构完整性与功能协同水平,三维连通修复技术为乡村水网系统治理提供了可操作路径。未来应加强连通性动态演变规律研究,推进数字孪生技术应用,探索水网生态产品价值实现机制,为城乡融合发展和乡村振兴提供水利支撑。

参考文献

- [1]李晔.城乡融合发展背景下的土地利用优化研究[J].中州建设,2025(4):71-72.
- [2]蒲仲茜.城乡融合发展背景下近郊村庄建设规划的定位与转型路径[J].中州建设,2026(2):155-156.
- [3]林聚任,穆学英.城乡融合发展背景下农村居民住房的空间选择与影响因素——一个流动社会学的视角[J].江海学刊,2024(6):122-131.