

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2023.03.001

“荆楚安澜”现代水网建设思路与实施路径

郭旭宁¹, 李云玲¹, 唱彤¹, 曹国良², 马睿¹, 闫佳铭³

(1. 水利部水利水电规划设计总院, 北京 100120; 2. 湖北省水利水电规划勘测设计院, 湖北 武汉 430064; 3. 中水东北勘测设计研究有限责任公司, 吉林 长春 130021)

摘要:从天然河湖水系和人工水利设施两方面分析了“荆楚安澜”现代水网的建设基础, 多角度剖析了“荆楚安澜”现代水网建设的重要意义, 详细阐述了“荆楚安澜”现代水网的建设思路、目标定位和总体布局, 提出推进湖北水网三大功能间、不同行业领域间、不同层级水网间以及相邻水网间的协同融合, 开展“荆楚安澜”现代水网建设的主要任务和重大工程及行动, 以期通过现代水网建设, 为湖北省高质量发展提供坚实的水安全保障。

关键词:荆楚安澜; 水网建设; 水资源调配; 数字孪生; 湖北省

中图分类号:TV213 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2023)03-0001-07

Construction thought and implementation pathway of “Jingchu’anlan” modern water network // GUO Xuning¹, LI Yunling¹, CHANG Tong¹, CAO Guoliang², MA Rui¹, YAN Jiaming³ (1. General Institute of Water Resources and Hydropower Planning and Design, Beijing 100120, China; 2. Hubei Institute of Water Resources Survey and Design, Wuhan 430064, China; 3. China Water Northeastern Investigation, Design & Research Company, Changchun 130021, China)

Abstract: The construction basis of “Jingchu’anlan” modern water network is analyzed from two aspects of natural river and lake water system and artificial water conservancy facilities. The significance of “Jingchu’anlan” modern water network construction was analyzed from multiple perspectives. The construction ideas, target positioning and overall layout of “Jingchu’anlan” modern water network were elaborated in details. It was proposed to promote the coordinated integration of Hubei water network between the three major functions of water network, with different industries, between different levels of water networks and with adjacent water networks. The main tasks, major projects and actions of “Jingchu’anlan” modern water network construction were also introduced detailed. It will provide a solid water security guarantee for the high-quality development of Hubei Province replying on building a modern water network.

Key words: Jingchu’anlan; water network construction; water resources regulation and allocation; digital twins; Hubei Province

湖北省滨水而居、受水滋养、因水兴盛。自古以来, 治荆楚必先治水, 湖北省独特的自然地理、气候水文与河流水网条件, 使得治水工作在湖北发展大局中占有极其重要的地位^[1]。湖北省作出了“建设全国构建新发展格局先行区”的重大战略决策, 提出科学谋划建设“荆楚安澜”现代水网等一系列治水任务。湖北省自然禀赋优良, 水土光热条件优越, 客水资源丰富, 全省多年平均入境水量 6333 亿 m³, 本地水资源总量 1011 亿 m³。湖北境内江河纵横交错, 湖泊星罗棋布, 形成长江、汉江为轴线的向心水系, 素有“千湖之省”的美誉, 是长江流域重要水

源涵养地、南水北调工程中线核心水源区、全国重要种质资源库和水生生物基因库, 天然河网密度 0.22 km/km², 居全国前列, 天然水网特征明显。经过几十年建设, 湖北省水利基础设施网络逐步织密, 现有 5 级以上堤防 2.63 万 km, 建成各型水库 6928 座, 总库容达到 1200 亿 m³ 以上, 江河干堤长度、大型水库座数、大型排灌泵站装机容量、分蓄洪区数量和容积等居全国首位, 人工渠系长度、闸泵数量等排名居前。长江、汉江以及南水北调工程中线、引江补汉、引江济汉等国家水网“主骨架、大动脉”^[2] 贯穿湖北, 境内的三峡水利枢纽工程、丹江口水利枢纽工

程是国家骨干水网的关键结点,犹如“心脏”调控着国家水网^[3]的脉搏节律,肩负着“一库净水北送、一江清水东流”的重大责任,为建设现代水网^[4]奠定了坚实基础。

党的十九届五中全会明确要求实施国家水网重大工程,“荆楚安澜”现代水网作为省级水网,是国家骨干水网与湖北省市县级水网间的关键纽带,发挥着承上启下的重要作用。立足新发展阶段,湖北水利发展中的矛盾和问题集中体现在发展质量上,要逐步实现从单一的防洪、供水或灌溉目标转变为多功能协同、多维度治理,从被动应对水安全事件转向主动防控水安全风险,从小尺度单一工程向大尺度复合工程体系发展,从传统工程向数字化、网络化、智能化系统工程发展。贯彻新发展理念,解决湖北省突出的新老水问题,满足人民群众对幸福河湖的新期盼,需要构建更高质量、更高标准、更加系统、更可持续的现代水网,更高水平保障湖北省水安全,推动湖北省高质量发展。构建新发展格局,建设和完善湖北省“一主引领、两翼驱动、全域协同”的区域发展布局需要一张强有力的水网体系提供全面支撑,既要“一主”“两翼”等重点城市群和重要发展主轴予以重点保障,又要对“全域协同”战略布局实现全面覆盖,支撑湖北省加快建设新发展格局全国先行区。当前湖北省正处于战略机遇叠加期、政策红利释放期、发展布局优化期、蓄积势能迸发期、省域治理提升期,建设“荆楚安澜”现代水网事关湖北省战略全局、长远发展、人民福祉,意义重大。本文立足湖北省区域特点、水网建设基础,详细阐述水网建设思路框架、目标定位、总体布局及协同融合要求,提出水网实施路径、重大工程与行动。

1 建设思路

1.1 思路框架

践行“十六字”治水思路,坚持山水林田湖草生命共同体理念,统筹考虑水资源、水生态、水环境、水安全、水文化和岸线等方面的有机联系,以问题为导向,以需求为牵引,围绕理念创新、战略创新、路径创新,统筹分析湖北省生态安全战略格局、城市化战略格局和农业战略格局,在湖北省国土空间总体布局框架下,基于湖北省“百河千湖”水系脉络和水利基础设施建设现状,立足水网“纲、目、结”结构特点^[5],充分发挥水网对洪涝蓄泄关系、水资源时空分配、河湖生态节律的调节功能,聚焦畅通江河洪水通道、增加江河调蓄能力、构建江河湖库连通通道、打造生态廊道、改善农业灌溉和城乡供水水源及连通条件、提升水网智慧化调控和运管水平等核心任

务,坚持“共抓大保护、不搞大开发”,以推进湖北省水利高质量发展、提高水安全保障能力、建设幸福河湖为目标,以筑牢防洪排涝网、织密水资源配置网、打造生态水网、建设数字孪生水网^[6]、健全现代水网管理体系为主要任务,建成“优质稳定、绿色畅通、安全可靠、智慧高效、协同融合、调控有序”的“荆楚安澜”现代水网,实现“千湖之省、碧水长流”,有力支撑湖北省“建成支点、走在前列、谱写新篇”,构建新发展格局先行区(图1)。

1.2 目标定位

到2035年,“荆楚安澜”现代化水网基本建成,与国家骨干水网互联互通,全省骨干水网格局基本形成,市级、县级水网加快构建,洪涝灾害防御能力和优质水资源供给能力显著提升,河湖生态系统显著改善,水网工程智慧化水平显著提高,航运能力显著提升,全省水安全保障能力显著增强,在国家水网体系中的核心作用和战略地位得到进一步巩固和支撑:一是在长江流域防洪体系框架下,进一步畅通长江、汉江、清江等大江大河(湖北段)洪水通道,增强洪水调蓄能力,建设长江中游畅通、安全的洪水走廊,筑牢“长江之腰”,坚决守住流域安全底线;二是坚决扛起“一江清水东流,一库净水北送”历史使命和政治责任,充分发挥长江三峡水库、汉江丹江口水库等“国之重器”的综合效益,在保障湖北省水安全的同时,进一步巩固其作为国家核心水源地的重要作用,将三峡水库、丹江口水库打造成为“国家优质水缸”;三是加强涉水生态空间管控,改善河湖连通条件,建设生态廊道,推进湖泊湿地保护修复,构建中国“生态绿心”。至2050年,全面建成与高质量发展和生态文明建设要求相协调、与人民群众美好生活新期盼相适应、与现代化建设进程相匹配的“荆楚安澜”现代水网。

1.3 总体布局

立足湖北省主体功能区定位和区域发展布局,以长江、汉江、清江等重要江河为基础,以引江补汉、引江济汉、鄂北水资源配置等引排水工程为通道以重要支流、河湖连通和输配水渠系为脉络,以三峡水库、丹江口水库等控制性水库及重要调蓄湖泊为结点,综合水资源优化配置、防洪减灾、水生态系统保护、水运航道网贯通等需求,有效衔接国家骨干水网和市县水网,强化水网智慧化建设,构建“三江多支贯通,百库千湖联调”的现代水网,全方位保障湖北省水安全。

a. 三江多支贯通。以长江、汉江、清江三大江河为骨干,通过引江补汉、引江济汉、清江引水、鄂北水资源配置等骨干输水通道以及其他引排水工程和

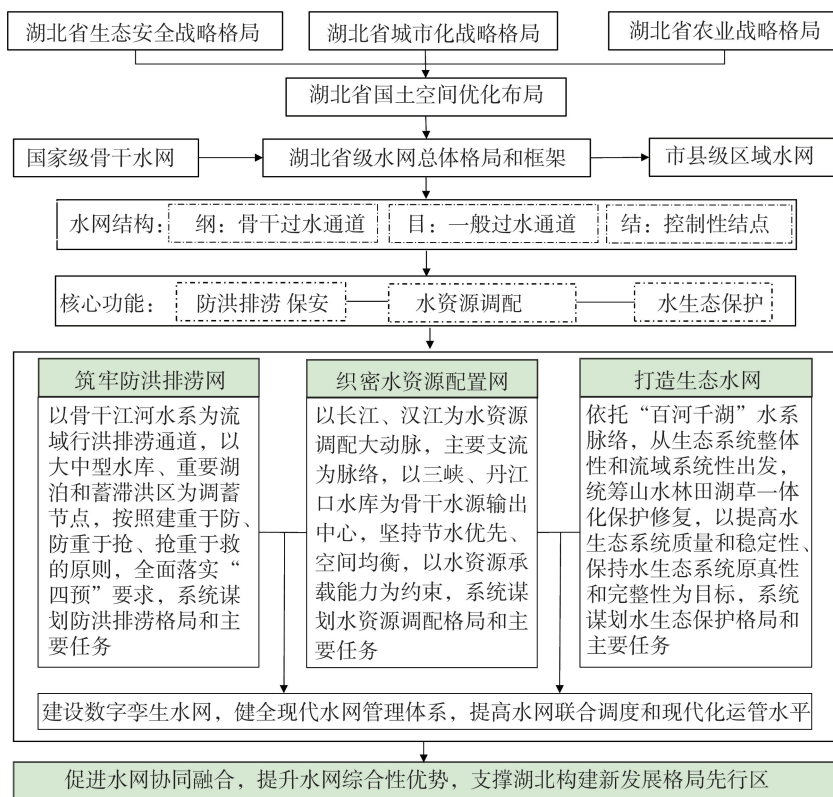


图1 “荆楚安澜”现代水网建设思路框图

Fig.1 Diagram of “Jingchu’anlan” modern water network construction

重要支流,有效贯通三江水系,联合调节水流,实现水资源互补互济、洪涝顺畅下泄,水生态环境改善。

b. 百库千湖联调。以三峡水库、丹江口水库等百余座大中型水库以及众多调蓄湖泊为水流调配结点,增强水网结点对水资源和洪水的调控能力,科学确定水资源开发利用、洪涝风险管控、水生态保护修复的平衡点,提高水网多功能、多过程的协同调控水平。

通过优化现代水网格局为湖北省“一主引领、两翼驱动、全域协同”区域发展布局提供“一主提质、两翼贯通、全域支撑”的水安全保障。“一主提质”主要是加强武汉城市圈防洪排涝体系建设、河湖水系连通联调^[7-8]和区域水资源一体化配置,更好服务武汉城市圈同城化发展,全面提升湖北省水网对“一主引领”的保障水平和质量。“两翼贯通”是以引江补汉、引江济汉、东荆河、通顺河等为纽带,促进长江、汉江两翼贯通,实现水量互补互济、洪涝顺畅下泄,生态环境改善。“全域支撑”是通过湖北省水网实现空间均衡,既对“一主”“两翼”等重点城市群(圈)和重要发展主轴予以重点保障,又对“全域协同”发展布局实现全面覆盖,为湖北省“建成支点、走在前列、谱写新篇”提供水安全保障。

1.4 协同融合

以水流调节为核心,推进湖北省水网三大功能

间、不同行业领域间、不同层级水网间、相邻水网间的协同融合,不断提升水网的综合性、系统性优势。

a. 推动水网防洪排涝、水资源调配、河湖生态保护修复三大功能协同融合。加强三峡、丹江口、漳河、富水等骨干调蓄工程水资源调节与洪水蓄泄功能的协同融合,有序推动洪水资源化利用。提升骨干输水通道的水资源输配、洪水下泄、生态廊道构建等功能协同水平,提高闸、泵、阀等精细化调度水平,实现供水保障、防洪排涝、生态补水等功能有序转换。统筹推进梁子湖、洪湖、长湖等重要湖泊的水生态保护修复、洪涝水调蓄、水源地建设,充分发挥“千湖之省”的湖泊资源优势。结合海绵城市建设,完善武汉、黄石、荆州等城市防洪排涝体系,最大程度地实现雨、洪、涝水资源化利用,优化人居生态景观环境。

b. 推动水网与水电、航运等协同融合。发挥三峡、丹江口等巨型水电站水资源调蓄和配置作用,加强清江战略储备水源利用与梯级水能开发协同融合,加快抽水蓄能设施建设,助力“双碳”目标实现^[9]。立足长江、汉江在国家内河航运体系中的重要地位,加强水网与内河航运协同融合,大力推进长江、汉江以及江汉平原航道网等具有航运功能的骨干天然河道多通道(洪水通道、输配水通道、生态廊道、水运航道)协同建设。加强统筹调度,提高重要水电、航

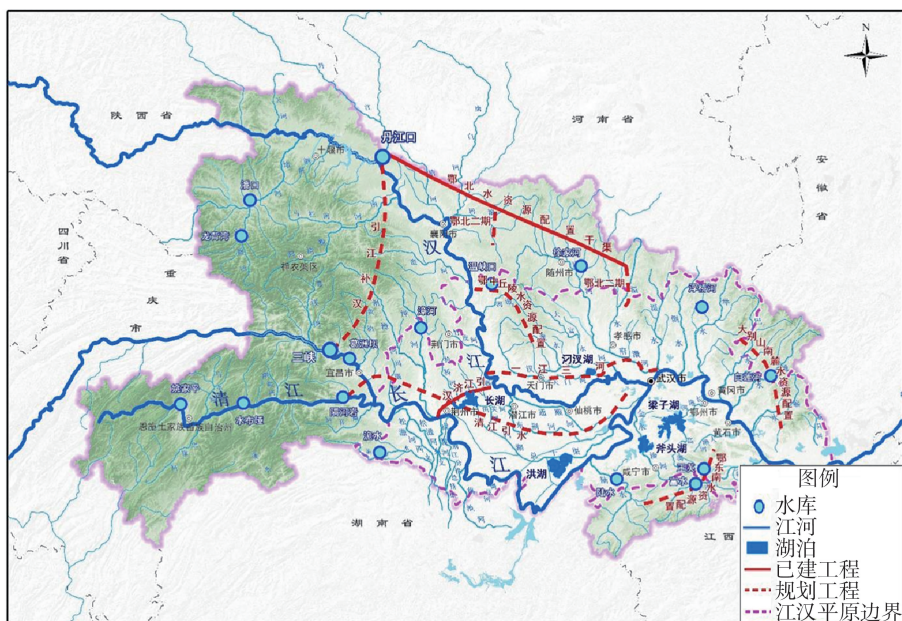


图2 “荆楚安澜”现代水网总体布局

Fig.2 Overall layout of “Jingchu'anlan” modern water network

运枢纽防洪、供水、生态调度的协同优化水平,保障航道通航水位和河湖生态流量。

c. 加强湖北省级水网与国家骨干水网、市县区域水网的衔接融合。以国家骨干水网为依托,推进南水北调工程中线后续工程(湖北)高质量规划建设,加快鄂北地区水资源配置二期工程建设,推进三峡、丹江口水库库滨带生态治理,加强湖北省级水网与国家骨干网的衔接和互联互通。做好省级水网水源工程、输配水通道和泄洪通道建设,为市县水网提供水源保障和洪水出路,优化市、县水网建设布局,落实好水网建设“最后一公里”。统筹城市与农村,支持城镇供水管网向乡村延伸,形成城乡一体、互联互通的水网体系。

d. 加强相邻省区水网平行衔接。加强省级水网间平行衔接,实现互济互保,协同提升区域水安全保障能力。与江西省协商,研究打通两省毗邻地区重要水库连通通道的可行性,促进两省水源丰枯互济。推进荆南四口水系与湖南省洞庭湖水系系统治理,减轻荆江防洪压力,解决荆南四口水系等枯水期水量不足及断流问题。加强湖北省与重庆、陕西、河南交界断面的水质监测,确保长江、汉江干流水质安全。

2 实施路径

2.1 筑牢防洪排涝网,确保江河无虞

在长江流域防洪体系总体布局下,以流域为单元,以重点城镇、工业园区、耕地、重要基础设施为保护对象,以长江、汉江、清江及其他重要支流为骨干

排洪通道,以大中型水库、重要湖泊、蓄滞洪区等为主要蓄滞洪场所,建设与湖北省高质量发展相适应的防洪排涝网,构筑“蓄泄兼筹、以泄为主”的防洪排涝格局。

与长江流域防洪规划修编做好衔接,按照适当超前、统筹协调的原则,协调防洪排涝减灾与经济社会发展关系,制定与防洪保护区高质量发展相匹配的防洪排涝标准。采取综合措施,通过合理加高加固堤防、稳定河势、整治河道、强化洲滩管理,提升河道行洪排涝能力,构建通畅的洪水出路通道。加强控制性枢纽工程建设,实施病险水库除险加固,加快蓄滞洪区优化调整,推进蓄滞洪区建设,完善重点湖泊防洪排涝体系,增强洪水调蓄能力。优化城市防洪排涝体系布局,实施城市防洪排涝能力提升工程,全面提高城市洪涝灾害防御能力。针对易涝区新情况、新变化,制定各涝区的治涝标准和排水方案,充分挖掘涝区内部潜力,增加调蓄能力,适当增建泵站,提高外排能力,逐步形成“自排、调蓄、电排”相结合的治涝体系,与防洪形成“一张网”。

2.2 织密水资源配置网,促进空间均衡

坚持节水优先,把握空间均衡^[10-12],加强统筹调配,实现全域协同。湖北水资源配置总体呈现从大别山、秦巴、武陵、幕阜等山区水源基地向江汉平原核心区供水的水资源调配方向。以引江补汉、引江济汉、鄂北水资源配置、清江引水等区域水资源配置工程为骨架,实现长江、汉江、清江“三江”水资源统筹配置。以千湖百库为调蓄结点,采用大江大河傍河引提水和山区水库蓄水等方式联合供水,提高

湖北省供水保障水平。充分发挥湖北省在全国水资源配置格局中的重要作用,实现“一库清水北送、一江清水东流”。在此基础上,总体形成“四隅向心,三江统配,河库联供,北送东流”的水资源配置格局。

坚持“节水优先”,明晰节水定位,确定节水标准,强化节水措施,把节水贯穿于湖北经济社会发展和生产生活的全过程、全方位、全领域,大幅提高水资源高效合理利用水平。以水资源与湖北省经济社会发展及生态环境保护要求相协调为目标,对水资源在不同用水行业间、不同供水水源间以及不同区域间进行合理调配,挖潜拓展稳定水源,科学配置水资源,优化完善湖北省水资源配置格局^[13-15]。通过实施水资源调配工程、供水水源工程、城乡供水工程、灌区现代化建设与改造工程,落实“多源联调、丰枯互济”的供水保障方案,着力提升水资源供给保障韧性,保障城乡供水安全。实施城市应急备用水源建设和战略储备水源规划,保障重点区域供水安全,全面增强全省水资源供水保障能力和战略储备能力。

2.3 打造生态水网,助力绿色崛起

围绕构建“三江四屏千湖一平原”生态安全格局,从生态系统整体性和流域系统性出发^[16],统筹山水林田湖草系统治理,以三峡、丹江口水库等水源区为水生态保护修复重点,建设长江、汉江、清江绿色生态带,推进30余条骨干河流生态廊道建设,建立以十大湖群为引领的湖泊湿地生态保护修复体系,形成“三江两库四屏多廊千湖”的水生态保护修复格局。

严格落实涉水生态空间依法划定,将涉水空间根据功能定位进行分区,加强分区管控。科学确定河湖生态流量(水量、水位)保障目标,提出合理配置“三生”用水、实施河湖水系连通、加强闸坝群联合调度、加强水生态流量管理等保障措施。以长江、汉江、汉北河、通顺河等河流水系为骨架,以长湖、洪湖、斧头湖等重要湖泊为结点,重点构建汉北、汉南、四湖、鄂东南和鄂东北等五大水系连通网络,恢复河湖水力联系,修复水网生境。以长江、汉江、清江以及府澧河、内荆河等重要入江支流为主要对象,将河流划分为水源涵养,水生态敏感,农村、城镇和都市段,建设水清岸绿的河流水系生态廊道。充分发挥“十大湖群”骨干带动作用,实施湖泊生态保护与形态修复,维护湖泊湿地生态服务功能。深入挖掘荆楚文化的时代价值,加强历史文脉的保护与传承,弘扬先进水文化。依托水网建设,探索水文化旅游、水生态产品和水经济产业发展,拓宽“绿水青山”与

“金山银山”的转化通道^[17]。

2.4 建设数字孪生水网,提高水网智慧化水平

按照“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”要求,以数字化、网络化、智能化为主线,以数字化场景、智慧化模拟、精准化决策为路径,以网络安全为底线,充分运用物联网、云计算、大数据、人工智能、虚拟现实、GIS+BIM、移动互联和区块链等新一代信息技术,以数字孪生平台为支撑,全面推进算据、算法、算力建设,以洪涝风险防控、水资源管理与调配、水生态智慧管控、水网公共服务等水网智能业务应用以及现代水网综合调度管理为核心,以网络安全与综合保障两大体系为保障,构建“透彻感知、全面互联、智能分析、精准‘四预’、智慧调度、调控有序”的湖北省水网智慧化体系,为新阶段湖北省水利高质量发展提供有力支撑和强力驱动^[18-19]。

2.5 健全现代水网管理体系,提升水网管理效能

在流域管理与行政区域管理相结合的水管理体制框架下,结合湖北省水网特点,健全湖北省现代水网管理体系,提升水网管理效能。深入推进水网重点领域和关键环节改革,加快破解制约水网建设运行的体制机制障碍。完善适合湖北省特点的现代水网法律法规体系,推进重点领域立法进程。立足湖北省水网工程建设管理需要,从建立质量管理体系、水网建设资金监管、安全管理体系与保障措施等方面,构建现代水网建设管理体系。优化水网工程控制运用,加强水网工程联合调度,促进现代水网良性运行。加强现代水网科技创新,围绕江湖关系长期变化影响及对策、汉江中下游生态需水、湖泊湿地保护及治理、河湖水系连通模式等水网重大实践问题,聚焦客观规律和机理,进行关键技术攻关,增强科技支撑能力。

3 重大工程与行动

3.1 洪涝通道畅通及滞蓄工程

以安澜长江武汉都市圈建设工程为重要抓手,开展长江、汉江干流堤防提质增效;优化蓄滞洪区格局,有序推进武湖、涨渡湖等国家级蓄滞洪区建设;顺应江湖关系演变趋势,开展洞庭湖四口水系综合整治;补齐四湖流域、华阳河流域(三湖地区)、江汉平原易涝区等湖(涝)区防洪排涝短板;系统治理东荆河、汉北河等排洪通道,全面提升重要城市的防洪排涝能力。

3.2 重大水资源调配工程

依托长江、汉江、清江以及三峡水库、丹江口水库,以引江济汉工程、鄂北地区水资源配置工程、引

江补汉输水沿线补水工程为主轴,构建湖北省级水资源配置网主骨架,实施鄂中丘陵区水资源配置、大别山南麓地区水资源配置、鄂东南地区水资源配置、一江三河水系综合整治等区域水资源配置工程,建立区域水网输配水主通道,新建扩建及续建配套建设一批现代化大型灌区,加快推进城乡一体化供水工程建设,织密优质、稳定、安全的水资源配置网,全面增强区域水资源统筹调配能力、供水安全保障能力和战略储备能力。

3.3 水生态保护与修复工程

开展丹江口水库、三峡水库国家水源地水源涵养和库滨带系统治理。以“一主两翼”中心城市城镇段生态廊道建设为重点,有序推进长江、汉江、清江等三江千里绿色生态廊道建设。开展河湖空间带修复,系统开展大东湖、梁子湖、斧头湖、涨渡湖、武湖等重点湖群湖泊湿地生态保护与修复工程。融合荆楚水文化和特色景观,打造沿江沿湖的生态文化带工程。

3.4 现代水网智慧化工程

推进智慧江汉平台提升工程,建设省级层面水利数字孪生平台,开展汉江中下游水工程联合调度。建设重点流域洪水风险防控系统,提高流域洪水风险管理水平,实施省级河湖智慧应用提升工程,综合提升河湖智慧应用管理能力^[20]。

3.5 现代水网重大行动

聚焦防洪排涝体系薄弱环节和突出短板,实施防洪排涝能力提升行动。推进城乡供水一体化,加强饮用水水源地保护,实施安全清洁饮用水保障行动。依托重大引调水、区域水资源配置和已建工程调蓄能力挖潜,实施供水能力提升行动。通过水生生态空间划定与管控、河湖生态流量泄放和重要敏感区域生态保护,实施水生态保护与修复。推进数字孪生水网建设,完善现代水网管理体系,实施水网运管水平提升行动,提升水网智慧化管理能力。

4 结 语

水是湖北省经济社会高质量发展关键、敏感要素。本文立足新发展阶段,从天然河湖水系和人工水利设施两方面总结了“荆楚安澜”现代水网的建设基础,多角度剖析了“荆楚安澜”现代水网建设的重要意义,详细阐述了“荆楚安澜”现代水网的建设思路、目标定位和总体布局,提出推进湖北省水网三大功能间、不同行业领域间、不同层级水网间以及相邻水网间的协同融合,具体介绍了开展“荆楚安澜”现代水网建设的主要任务和重大工程及行动,以期

通过现代水网建设,全面提高湖北省洪涝灾害防御能力、优质水资源供给能力、河湖水生态保护修复能力和水网工程智慧化水平,为湖北省高质量发展提供坚实的水安全保障。

“荆楚安澜”现代水网建设过程中应注意以下两点:一是通盘考虑国土空间开发保护格局、区域协调发展要求,把现代水网与城镇网、农业网、生态网叠加融合,使水网的支撑保障作用发挥得更充分。二是作为千湖之省,水生态环境质量决定湖北省的兴衰,要更加注重水生态环境保护修复和治理,在“绿水青山就是金山银山”上做足水文章。

参考文献:

[1] 李瑞清,宾洪祥,由星莹. 湖北水安全保障策略的初步思考[J]. 中国水利,2021(9):13-16. (LI Ruiqing, BIN Hongxiang, YOU Xingying. Preliminary ideas for water security strategy in Hubei Province [J]. China Water Resources, 2021(9):13-16. (in Chinese))

[2] 左其享,郭佳航,李倩文,等. 借鉴南水北调工程经验构建国家水网理论体系[J]. 中国水利,2021(11):22-24. (ZUO Qiting, GUO Jiahang, LI Qianwen, et al. Drawing on experience from the South-to-North Water Diversion Project and establishing a theoretical system of national network of water resources [J]. China Water Resources, 2021(11):22-24. (in Chinese))

[3] 郭旭宁,何君,张海滨,等. 关于构建国家水网体系的若干考虑[J]. 中国水利,2019(15):1-4. (GUO Xuning, HE Jun, ZHANG Haibin, et al. Considerations on forming national water networks [J]. China Water Resources, 2019(15):1-4. (in Chinese))

[4] 王平,郦建强,何君,等. 现代水网规划编制的战略思考[J]. 水利规划与设计,2021(9):3-6. (WANG Ping, LI Jianqiang, HE Jun, et al. Strategic thinking on modern water network planning [J]. Water Resources Planning and Design, 2021(9):3-6. (in Chinese))

[5] 张金良. 构建黄河流域水网的思考[J]. 水资源保护, 2022, 38(4): 1-5. (ZHANG Jinliang. Thoughts on construction of water network in the Yellow River Basin [J]. Water Resources Protection, 2022, 38(4): 1-5. (in Chinese))

[6] 高树东,任玉忠. 潍坊市“自然-人工-数字”耦合水网体系的构建[J]. 水资源保护, 2013, 29(4): 72-76. (GAO Shudong, REN Yuzhong. Natural-artificial-digital coupling water network system for Weifang City [J]. Water Resources Protection, 2013, 29(4): 72-76. (in Chinese))

[7] 徐宗学,庞博,冷罗生. 河湖水系连通工程与国家水网建设研究[J]. 南水北调与水利科技(中英文), 2022, 20(4): 757-764. (XU Zongxue, PANG Bo, LENG

- Luosheng. Research on the construction of river lake sysetem connectivity and national water network [J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2022,20(4):757-764. (in Chinese))
- [8] 高学平,胡泽,闫晨丹,等.考虑水力连通性的水系连通评价指标体系构建与应用[J].水资源保护,2022,38(2):41-47. (GAO Xueping, HU Ze, YAN Chendan, et al. Construction and application of water system connectivity evaluation index system considering hydraulic connectivity[J]. Water Resources Protection, 2022, 38(2):41-47. (in Chinese))
- [9] 左其亭,吴青松,马军霞,等.“双碳”目标下水资源行为调控研究框架及展望[J].水资源保护,2023,39(1):8-14, 56. (ZUO Qiting, WU Qingsong, MA Junxia, et al. Research framework and prospect of water resource behavior regulation under carbon peak and carbon neutrality goals[J]. Water Resources Protection, 2023, 39(1):8-14, 56. (in Chinese))
- [10] 郭旭宁,酆建强,李云玲,等.京津冀地区水资源空间均衡评价及调控措施[J].水资源保护,2022,38(1):62-66. (GUO Xuning, LI Jianqiang, LI Yunling, et al. Water resources spatial equilibrium evaluation and regulation measures in Beijing-Tianjin-Hebei Region[J]. Water Resources Protection, 2022, 38(1):62-66. (in Chinese))
- [11] 黄锋华,黄本胜,洪昌红,等.粤港澳大湾区水资源空间均衡性分析[J].水资源保护,2022,38(3):65-71. (HUANG Fenghua, HUANG Bensheng, HONG Changhong, et al. Analysis of water resources spatial equilibrium in Guangdong, Hong Kong and Macao Greater Bay Area[J]. Water Resources Protection, 2022, 38(3):65-71. (in Chinese))
- [12] 金菊良,徐新光,周戌星,等.基于联系数和耦合协调度的水资源空间均衡评价方法[J].水资源保护,2021,37(1):1-6. (JIN Juliang, XU Xinguang, ZHOU Rongxing, et al. Water resources spatial balance evaluation method based on connection number and coupling coordination degree[J]. Water Resources Protection, 2021, 37(1):1-6. (in Chinese))
- [13] 龚艳冰.基于正态云组合赋权的水资源配置方案综合评价方法[J].水资源保护,2022,38(2):56-61. (GONG Yanbing. Comprehensive evaluation method of water resource allocation schemes based on normal cloud combination weighting[J]. Water Resources Protection, 2022, 38(2):56-61. (in Chinese))
- [14] 田进宽,郭佳航,左其亭,等.沙颍河流域水资源配置思路与计算模型[J].水资源保护,2022,38(2):62-67. (TIAN Jinkuan, GUO Jiahang, ZUO Qiting, et al. Thoughts and calculation model for water resources allocation in Shaying River Basin[J]. Water Resources Protection, 2022, 38(2):62-67. (in Chinese))
- [15] 王文君,方国华,李媛,等.基于改进多目标粒子群算法的平原坡水区水资源优化调度[J].水资源保护,2022,38(2):91-96. (WANG Wenjun, FANG Guohua, LI Yuan, et al. Optimal operation of water resources in plain slope water area based on improved multi-objective particle swarm optimization algorithm [J]. Water Resources Protection, 2022, 38(2):91-96. (in Chinese))
- [16] 夏军,刁艺璇,余敦先,等.鄱阳湖流域水资源生态安全状况及承载力分析[J].水资源保护,2022,38(3):1-8. (XIA Jun, DIAO Yixuan, SHE Dunxian, et al. Analysis on ecological security and ecological carrying capacity of water resources in the Poyang Lake Basin [J]. Water Resources Protection, 2022, 38(3):1-8. (in Chinese))
- [17] 方子杰,夏玉立,唐燕飏.打造新时代浙江“幸福大管网”的探索思考[J].中国水利,2020(8):17-20. (FANG Zijie, XIA Yuli, TANG Yanbiao. Reflections on forging a modern time “water network for happiness” in Zhejiang Province [J]. China Water Resources, 2020(8):17-20. (in Chinese))
- [18] 刘辉.国家水网工程智能化建设的思考[J].中国水利,2021(20):9-10. (LIU Hui. Thoughts on intelligent construction of national water network project [J]. China Water Resources, 2021(20):9-10. (in Chinese))
- [19] 王建华,赵红莉,冶运涛.智能水网工程:驱动中国水治理现代化的引擎[J].水利学报,2018,49(9):1148-1157. (WANG Jianhua, ZHAO Hongli, YE Yuntao. Smart water grid project: the engine driving China's water management modernization strategy [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2018, 49(9):1148-1157. (in Chinese))
- [20] 于翔,解建仓,姜仁贵,等.数字水网可视化表达及其与业务融合应用[J].水资源保护,2020,36(6):39-45. (YU Xiang, XIE Jiancang, JIANG Rengui, et al. Digital water networks visualization and its integration application [J]. Water Resources Protection, 2020, 36(6):39-45. (in Chinese))

(收稿日期:2022-10-12 编辑:彭桃英)

