

赵勇, 何凡, 何国华, 等. 国家水网基础认知与建构准则[J]. 南水北调与水利科技(中英文), 2023, 21(6): 1049-1054, 1063. ZHAO Y, HE F, HE G H, et al. Basic cognition and construction criteria of national water network[J]. South-to-North Water Transfers and Water Science & Technology, 2023, 21(6): 1049-1054, 1063. (in Chinese)

国家水网基础认知与建构准则

赵勇¹, 何凡², 何国华¹, 王丽川², 路培艺¹, 王浩¹

1. 中国水利水电科学研究院流域水循环模拟与调控国家重点实验室, 北京 100038;
2. 中国水利水电科学研究院水利部京津冀水安全保障重点实验室, 北京 100038)

摘要:现阶段对国家水网的基础理论认知与系统性研究还较为薄弱, 在很大程度上制约了国家水网的科学规划和建设。为此, 从国家水网的基础认知入手, 分析网、水网和国家水网的基本概念, 从水网结构、承载物、演进规律、功能作用、类型划分等主要特征初步探索水网的基础性问题; 提出以实现健康水循环为核心目标, 以促进六大均衡为基本准则和“确有需要、生态安全、可以持续”为重大工程论证原则的水网建设目标准则; 展望未来水网发展“六化”新趋势, 以期在理论层面为科学构建国家水网提供支撑。

关键词:国家水网; 基础认知; 准则; 趋势

中图分类号: TV213 **文献标志码:** A **DOI:** 10.13476/j.cnki.nsbdqk.2023.0101

2017年10月, 党的十九大报告在论述“贯彻新发展理念, 建设现代化经济体系”时提出, 加强水利、铁路、公路、水运、航空、管道、电网、信息、物流等基础设施网络建设。2020年10月, 党的十九届五中全会审议通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》在论述“构建新发展格局”中首次明确提出要建设国家水网。自此之后, 国家水网作为具有明确内涵的工程体系的概念被广泛接受, 围绕国家水网的理论研究、规划建设等工作有序开展。但国家水网不是各类水利工程的简单组合, 而是由天然河湖水系和人工引调排蓄工程耦合而成的复杂巨系统, 涵盖国家、流域、行政区、单元等多个层次。国家水网建设是一项具有极高创新要求的治水实践, 不仅面临着国家重大战略部署的新形势、国土空间布局优化带来的新挑战, 也面临着水利高质量发展提出的新要求^[1]。近年来, 国内外主要针对诸如南水北调等重大引调水工程, 以及流域性、区域性水网建设开展了相应的研究和实践, 在水循环过程演变分析、区域水资源高效利用与科学配置、重

大引调水工程规划布局等领域取得一批理论成果^[2-4], 但直接针对国家水网的基础性研究开展时间较短, 对水网的一些基础性问题认识还不清晰, 这在很大程度上制约了国家水网科学规划和建设^[5]。

在此背景下, 亟须在原有研究的基础上, 进一步从更为宏观的角度丰富和夯实国家水网的理论基础。为此, 本文从水网的内涵以及结构、特性、功能、类型等基础认知入手进行解析, 并尝试提出国家水网建构的目标准则与发展趋势, 以期在理论层面为科学构建国家水网提供支撑。

1 国家与水网

1.1 网

“网”最早是描述用绳线等结成的像蜘蛛网一样的捕鱼捉鸟的器具, 后来逐步演化为各种具有纵横交错关系的组织或系统, 既可以表示物理上存在的关系, 也可以描述非物理层面的关系, 如交通网、信息网、河网等。

1.2 水网

本质上, 水网就是水流构成网络系统的物理载

收稿日期: 2023-10-27 修回日期: 2023-11-27 网络出版时间: 2023-12-01

网络出版地址: <https://link.cnki.net/urlid/13.1430.TV.20231130.1656.010>

基金项目: 国家重点研发计划项目(2021YFC3200204); 国家自然科学基金项目(52061125101); 国家杰出青年科学基金项目(51625904)

作者简介: 赵勇(1977—), 男, 安徽宿州人, 正高级工程师, 博士, 主要从事水循环演变、水资源高效利用与国家水网研究。E-mail: zhaoyong@iwhr.com

通信作者: 何凡(1980—), 男, 陕西汉中, 正高级工程师, 博士, 主要从事水资源管理、规划与战略研究。E-mail: hufan@iwhr.com

体,随着水体流动,伴生着物质流、能量流、信息流的发生与传递。从外在看,水网就是以自然水系为基础,通过建设引调水工程、水系连通工程、供水渠系工程、控制性调蓄工程等水利工程设施形成的具有水资源配置、防洪减灾等多种功能的网络系统。江河、湖泊、水库、渠道、运河都是水网的一部分,水通过水网这个物理载体流动到各个地方。为了让水能够更加准确地按照人类社会需求流动,需要建设输排水通道等加强水网各部分之间的联系,建设水库枢纽等来加强对水流的控制能力。人类社会的发展至今,水网已经演变成了天然江河水系与各类水利设施有机结合而成的综合体,发挥着防洪、供水、发电、航运、生态环境等各类功能,并且与交通网(包括公路网、铁路网、航空网、水运网等)、能源网(包括电网、油气管网等)、通信网(包括有线网、无线网等)并称为现代社会的四大基础网络^[6]。

1.3 国家水网

顾名思义,国家水网是以整个国家为视角的综合体系。建设国家水网工程就是在通盘考虑国土空间开发保护新格局的视角下,通过完善水利基础设施网络,系统优化我国水流网络系统,从而强化水资源调配、河湖生态保护修复、防范水灾害风险等各类功能,提升国家水安全保障能力。国家水网包括“纲、目、结”三大要素。“纲”主要是指大江大河大湖自然水系、重大引调排水工程,如南水北调东、中、西线。“目”主要是指大江大河的主要支流和中小河流、区域河湖水系连通和引调排水工程,如汉江、永定河、引黄入冀补淀、滇中引水等。“结”主要是指调蓄工程、水源工程和蓄滞洪区,如长江的三峡水利枢纽,黄河的小浪底水利枢纽等^[7]。需要指出的是,同一河流或者工程在不同层级的水网中地位作用可能并不相同,因此“纲、目、结”的划分并非一成不变,如国家骨干网的“目”也有可能是省市级水网的“纲”。

2 国家水网的主要特征

2.1 结构上呈现自然-人工二元耦合特征

不同于交通网、能源网、通信网等基础设施网络完全是由人工建设形成,水网具有明显的自然-人工二元结构特征^[8],它是由自然河湖水系网和人工取-输-供-用-排-再生回用网络耦合而成,分别承载着自然水循环和社会水循环的基本过程,二者主要通过取水点和排水点相联结,是一个耦合嵌套的二

元复合系统。而且在部分时段和地域,自然和人工两者还难以区分。例如举世闻名的都江堰工程,经过长达千年的开发形成了都江堰灌区水网,其中的内江四大灌溉渠系实际是在天然水系基础上经过人为改造形成水系网络,但经过长达千年的演化,已经难以界定是天然河道还是人工渠系^[9]。

虽然从形式上看,天然水循环和社会水循环通路高度耦合,形成了复合水网体系。但从内在动力机制等方面看,两者在很多情况下还是存在明显差异的,甚至存在对立统一的关系。例如:在驱动力方面,天然水网以自然的重力势能驱动,实现水往低处流;而社会水循环驱动下的人工水网则主要以经济势能为动力,驱动水随人走,向能产生更高经济社会效益的区域流动;在水流格局上,天然水网是“百川东到海”,形成水流汇聚的一个过程,而人工水网则是“清水进万家”,推动水流分布耗散,以便于社会利用的过程。

2.2 水流上具有四点特性

水网是水流的载体,由于水流的特殊性,带来了水网的四点独特性质。

一是无限循环性和有限补给性。水网水流能够不断得到大气降水的补给,开发利用后可以恢复和更新。但各种水体的补给量是不同和有限的,为了可持续供水,水的利用量不应超过补给量。水循环过程的无限性和补给量的有限性决定了水资源在开发利用限度内才是取之不尽、用之不竭的。

二是利害双重性。水能载舟亦能覆舟。水是战略性经济资源,但过多的水也会造成洪涝灾害。通过水网开发利用水资源,既可以支撑经济社会发展,也可能因为过度开发造成河流干涸、水体污染等人为危害。因此,水网建设要兴利除害也要注意兴利避害。

三是时空不均匀性。水网水流在地区分布上很不均匀,年际年内变化大。为满足各地区和各部门的用水要求,必须修建蓄水、引水、提水和跨流域调水工程,对天然水资源进行时空再分配,这也是国家水网建设的主要驱动力之一。

四是流动单向性。交通网、通信网等基础物理网络等可实现物质或信息的双向流动,而水网则不然,水是流动的液体,它总体是单向流动的(高处往低处自流或外加压力下的向高处流动),只有极少数情况下能实现有限的双向或多向流动,如南水北调东线部分线路和南方平原河网区^[10]。

2.3 演进上呈现四大规律

随着人类支配和改造自然能力的迅速提高,人工水网的规模、功能等特征也在不断演进。总体来看,水网演进呈现以下几方面规律。

一是人工干预程度越来越大。早期只是零星的水利设施,然后逐步扩展到河流沿线控制利用,再到整个流域的控制体系建设,人工影响程度和规模越来越大,有些区域或者流域的人工水网通量已经超过了自然水网通量。在这个过程中,输水驱动力发生了质的变化,从过去只能依靠自然重力,到后来有了机械力和电力,实现了水往高处流的飞跃,人类开始有能力大规模主动驱动水资源流动。

二是水网功能从单一到综合。从点线状的坑塘、水井、水渠的零星分布,逐渐发展出人工运河、水利枢纽等大型水利工程,最后形成包括蓄引提调多种工程构成的流域、区域性完整水网体系。水网工程也从防洪、灌溉、供水等基本功能,发展到具备航运、发电、景观、旅游、文化、生态等综合功能。

三是水网系统复杂性不断提高。以城市水网为例,从最早简单的过流式供排水系统,发展到今天的包括取水、输水、净水、配水、用水、收集、处理、回用、排水于一体的巨型网络系统,系统的复杂程度和自动化程度不断增加。北京市建有供水管线1.25万 km^[11],排水管道2.69万 km^[12],两者之和远超全市道路总长度。

四是水网水源多样性逐渐增加。从过去的地表水到地表水和地下水联合利用,再到海水淡化利用、非常规水利用、跨流域调水利用等,水源不断增多,利用方式也从直接利用原水到加工后再利用,如自来水、再生水等。

2.4 功能上具有八项作用

人类对水资源开发利用方式的增多,实际上就是对水流及其伴生的物质流、能量流、信息流利用手段的丰富,对外部则表现出水网功能属性的不断演进。现阶段,水网已然具备了自然、经济、社会、生态、环境、文化等六重属性,发挥着八大主要功能。

2.4.1 水资源供给功能

水网最重要功能就是为人类的生活生产提供水资源。四大古代文明均发源于大江大河两岸,几乎所有城市都建在河流沿岸。但由于我国水资源禀赋特征,水资源分布极为不均,水土资源不相匹配,形成水资源南多北少的特点。我国北方地区尤其是黄河、淮河、海河流域长期受到干旱缺水的困扰,

水资源与社会经济及生态环境之间的矛盾越来越突出。通过水网互联互通实现水资源南北调配,为国家重要经济区、城市群、粮食主产区和能源基地等提供水源保障。

2.4.2 行洪排涝功能

水网为洪涝水提供了通道,大禹治水的方法主要就是疏导河道。我国降水时间分布不均,具有明显雨热同期特征,气温高的月份是全年降雨比较多和集中的月份,大部分地区汛期4个月降水占全年的60%~80%;夏秋多冬春少,有利的是水热充足,利于农作物的生长,所以我国几大平原地区土地承载力远超过世界其他地区^[13];不利的是降水集中,易造成洪涝,难调蓄利用,需要修建大量水利工程控制汛期洪水,防止洪涝灾害。同时还要留住部分汛期洪水,在非汛期使用。

2.4.3 物质输移功能

平原地区的第四系沉积物及营养盐大都来自于山体的风化、侵蚀、搬运和沉积过程,其中主要动力是水。除了泥沙等物质外,还通过水网为河流生态系统及农田提供营养物质。例如黄河流经多个地质矿带,冲刷大量泥沙等物质的同时也富含各类营养元素,为黄河沿岸农田灌溉提供营养物质^[14]。而人类社会排放的污染物也是在随水流向下游迁移的过程中,得到稀释扩散、沉淀堆积、氧化还原以及分解。

2.4.4 能量供给功能

河流上游区是流域的隆起部分,具有高位势能,其附着的物质与水流也具有了相应的势能,通过水电工程可将水流的势能转变为电能供经济社会利用。我国地势西高东低,呈阶梯状分布,许多河流在流经阶梯交界处时落差大,水流湍急,水能蕴藏巨大。我国水能资源蕴藏量达6.8亿 kW,居世界第一位,其中长江、雅鲁藏布江、黄河中上游和珠江水系尤其丰富^[15]。

2.4.5 运输通道功能

水网工程的建设为航运提供了便利条件,实现了多流域、区域之间的互联互通,使得各流域、区域的航运能力得到加强,通航条件得到改善,港口功能布局得到优化。例如素有“黄金水道”之称的长江是横贯我国东西的水运大动脉,其货运量位居全球内河第一,长江通道是我国国土空间开发最重要的东西轴线,在区域发展总体格局中具有重要战略地位^[16]。

2.4.6 生态产出功能

河流是地球上重要的水生生态系统,同时是天然的生态廊道,为海洋和陆域尾间湖泊提供水分和养分,具有十分重要的生态功能。河承载水,而水为水生生物提供生存和栖息空间,依靠捕食水生生物为生的鸟类等,同样依赖于水体形成的地表环境生存。

2.4.7 环境服务功能

河流、湖泊也是人类的重要环境要素和景观资源,是满足人类自然归属感、休闲旅游养生的重要载体。另外,水本身具有自净作用和环境容量,水网又成为人类污染排放的主要接纳体。

2.4.8 文化孕育功能

水本身就是文化创作的源泉。水的文化功能不仅指在兴利除害方面的水利智慧和经验,也包括在音乐、戏曲、文学等方面与水有关的艺术作品,甚至能塑造一个地方的人文气质和文化特征。

2.5 类型上有不同划分方式

水网是人类在改造自然的漫长进程中所形成的复杂自然-社会二元系统,天然具有多种外在形式和结构特征。按照不同的研究视角和尺度,水网可以被划为多个类型。从水网规划建设实践来看,主要是基于边界特征和承载对象采用两种方式进行划分。

按边界特征一般将水网分为流域水网和区域水网。相对而言,流域水网更侧重于强调水网的自然属性。流域是陆地水循环的基本单元,流域内的物质和能量流动及其生态系统具有整体性,上下游、左右岸关系密切。因此,以流域为单元进行水网规划建设,更有利于在保障流域生态安全的基础上更好地发挥水网综合效益。例如我国编制的长江、黄河、淮河、海河、珠江、松花江、太湖、辽河流域综合规划,就是以流域水网为单元对流域防洪减灾、水资源综合利用、水资源与水生态环境保护、流域综合管理进行统筹规划。与流域水网相对,区域水网更侧重于强调水网的社会属性。现阶段,我国水资源综合利用、水资源与水生态环境保护等工作更加侧重于以行政区划为单元开展。因此,区域水网工程在实践中往往更为常见,例如各省级水网、市级水网、县级水网等均是如此。

按承载对象则主要将水网分为城市水网和农村(灌区)水网。其中,城市水网的变化往往更为剧烈。在城市发展过程中,人类不断对自然河流水系进行

改造,以优化和改善生活生产条件,促进城市的发展,包括筑堤修坝以防洪水,占填洪泛区和河道以扩大生产生活空间,修建各类景观设施以满足人的亲水需求,甚至是进行军事化改造以防御外敌,因此流经城市的河流多是经过改造甚至改道的河流,很难保留其天然的原始形态。近些年来,为改善城区人居环境,我国许多城市大规模开挖人工河湖,营建水体景观,深度改变了区域水网天然形态^[17],实现了城市空间与水网的高度融合,例如成都千年水网、苏州生态水网。

在国家水网中,包括了各种流域水网和区域水网、城市水网和灌区水网。国家水网和其余各类水网就是整体和局部的关系。一方面,整体与局部相互依赖,互为存在和发展的前提,整体由局部组成,离开了局部,整体就不能存在。因此,各级水网必须有效衔接、各尽其能,才能实现国家水网“系统完备,效益最优”。另一方面,整体对局部起支配、统率、决定作用,协调各局部向着统一的方向发展。因此,必须有国家水网科学的总体布局,才能实现各级水网的科学建设。

3 国家水网建设的目标与准则

3.1 水网建设的核心目标是实现健康水循环

水循环是联系地球系统“地圈-生物圈-大气圈”的纽带,是全球变化过程中的核心过程。在科学层面,国家水网本质上就是对水循环系统进行综合调控,一方面保障经济社会发展合理用水需求,实现水资源节约集约利用,另一方面减少干扰自然水循环,维持水循环正常转化过程与服务功能,从而维护健康的水循环。

国家水网通过对水、经济社会、生态各要素整体调控,使水系统向着良性循环、高效保障和可持续发展的方向演变,使水循环的可再生性得到维护、水资源与经济社会发展和生态环境保护的格局相匹配,省区间、上下游之间的利益关系得到较好协调。

水系统优化调控的最终成效可以用水生态健康状况来表征。因为,在流域水循环的作用下,区域性水问题包括经济社会的缺水问题最终都会在河湖生态、地下水状态上得到体现和反映,如河道断流、地下水超采严重、湖泊湿地退化等^[18],因此水系统优化调控到位与否的表征就是良性水循环是否得到保障。

3.2 水网建设的基本准则是促进六大均衡

在核心目标之下,水网建设的准则可以概括为六大均衡。

3.2.1 水量均衡

供给与需求之间要实现水量均衡,包括总量和过程均衡。总量均衡分为3个层次:一是流域水分收支平衡,适应水资源演变;二是河道内外配水平衡,维持河道内水量;三是经济社会供需平衡,支撑高质量发展。总量均衡基础上还要实现过程均衡。

3.2.2 水土均衡

水土均衡既指水与广义土地资源的匹配,单位适合人居的国土面积水资源量尽可能接近,也指与矿产、能源、粮食、城市布局等狭义土地资源的协调。由于水土资源的不可替代性,建设水网,提高水土资源匹配性,就是实现水与国土空间开发利用和保护格局相协调。

3.2.3 水效均衡

水效均衡是指水的利用效益均衡,就要不断提高最低用水效率地区和水行业的水效,提升整体效能。具体有两层内涵,一是区域水效均衡,即同一气候区内,各地区用水效率要趋于接近;二是行业水效均衡,即同一行业内,用水效率也要趋近。

3.2.4 机会均衡

机会均衡具体包括2个层次:一是促进发展机会均衡,任何一个地方都有获得发展机会的权利,水网规划建设要完善资源、资金、政策等补偿机制;二是实现区域发展均衡,解决经济发展中的不均衡和不充分的问题,促进发展进程中的均衡性。

3.2.5 风险均衡

水网工程规划建设面临自然灾害、气候变化、资金政策等多种风险,风险均衡就是要求把最大风险最小化,使得承载体面临的各个风险均匀化,控制总体风险。在实际运行过程中,要进行多维风险调控,做好风险避让、风险预防和风险治理。

3.2.6 承载均衡

水网不仅要支撑经济社会的发展,还要维持自然生态系统的稳定,处理好发展效益与安全保障之间的关系,实现水资源的经济承载力和生态承载力的均衡。作为承载主体的水资源与作为承载客体的经济与生态要相互适应,追求水源区和受水区的综合水资源承载力要相对接近。

3.3 水网重大工程论证原则

水网重大工程论证应遵循我国一贯坚持的“确

有需要、生态安全、可以持续”重大水利工程原则。对于重大调水工程,“确有需要”主要指受水区的调水需求是否存在,“生态安全”主要指水源区和输水沿线地区生态系统的健康和完整情况是否能得到保障,“可以持续”则更多是强调要从社会经济的成本收益上衡量工程是否具有可行性。三者有着严密的逻辑关系。

3.3.1 “确有需要”是前提基础

需要深入分析受水区水资源利用现状和节水水平,评估区域极限节水潜力,预测合理的用水需求,研究是否可以通过深度节水、非常规水源利用、水资源科学调配等区域内部措施保障经济社会发展和生态环境用水^[19],只有在内部措施无法支撑的条件下才考虑新的外部调水工程。

3.3.2 “生态安全”是控制条件

要坚持山水林田湖草沙生命共同体,把治水与治山治林治田治草治沙结合起来,促进生态系统各要素和谐共生,不能单打独斗、顾此失彼,要确保工程的生态安全,对生态有较大负面影响的项目需要调整优化,生态代价过大的项目不能上马。

3.3.3 “可以持续”是重要保障

重大水资源配置工程投资大,影响深远,风险众多,坚持两手发力,发挥政府与市场各自优势,在水价形成和水费收缴机制、投融资机制、建设运营体制机制、补偿机制等体制机制上持续创新,保障国家水网工程的顺利建设和良性运营。

此外,重大调水工程建设和运行管理全过程还要遵循“先节水后调水,先治污后通水,先环保后用水”的“三先三后”原则。

4 国家水网的发展趋势

未来国家水网必须遵循自然规律,控制社会水循环与自然水循环的交互规模,通过现代化手段精细化保障河湖用水、精准化满足各行业发展用水的需求,国家水网整体架构的科学设计、可持续理念的管理、“云大物移智”链技术等,都将支撑和促进未来水网的建设与发展。安全化、兼容化、生态化、精细化、多元化和智慧化将是未来水网发展的趋势。

4.1 系统安全化

国家水网建设要兼顾流域上下游、左右岸、干支流、地上地下之间的关系,全面提升水资源统筹调配能力、水旱灾害防御能力、河湖生态保护能力、水资源战略储备能力以及水安全风险防控能力,保

障国家水安全。同时要注重国家水网自身的建设安全、运行安全和管理安全。

4.2 功能兼容化

随着人类社会对水的开发利用方式越来越丰富,一条河流可能承载防洪、供水、发电、航运、生态甚至旅游等多种功能,水网建设势必要综合考虑功能兼容问题,从而实现整个水网的效益最大化。

4.3 工程生态化

水网建设要近自然,避免破坏原有的自然和谐的水流关系和路径,使水利工程在满足人们对水的种种需求的同时,还能兼顾生态系统健康性的需求,实现水利工程与生态环境的协调健康发展,维护生态系统的健康与完整,保障工程可持续地发挥长远效益。

4.4 配置精准化

精准化是国家水网工程建设的重要发展趋势。在宏观层面,研判把握水资源长远供求趋势、区域分布、结构特征,科学确定工程规模和总体布局,实现供需平衡;在微观层面,构建直饮水、自来水管网、雨水管网、污水管网、再生水管网,在建筑物内的水实现分质梯级利用,实现水资源的高效利用。

4.5 水源多元化

将当地地表水、地下水、再生水、雨水、跨流域调水、雨洪水、海水、咸水等多水源作为国家水网的终端供水,各种水源、水网各层级互相呼应、互为补充。在现阶段,通过水网构建将再生水纳入水资源统一配置尤为重要^[20]。在水网构建中,还要充分考虑虚拟水流动,实现实体水、虚拟水双循环下的水资源优化配置格局^[21]。

4.6 运行智能化

要充分运用物联网、大数据、人工智能、区块链等新一代信息技术,加快智慧水利建设,推进水利工程和新型基础设施建设相融合,实现水利工程智能化、国家水网智能化,推进涉水业务智能应用,全面提升信息整合共享和业务智能管理水平。

5 结语

国家水网工程是具有自然-人工二元耦合结构、功能多元、类型多样且有着自身演进规律的复杂巨系统。笔者尝试在理论层面提出了以实现健康水循环为核心目标,以促进六大均衡为基本准则和以“确有需要、生态安全、可以持续”为重大工程论证原则的水网建设目标体系。需要指出的是,国

家水网工程涉及国家经济、政治、文化、社会以及生态等各个方面,这套目标体系要真正实践落地,在科学技术层面还有若干关键问题需要回答,例如:如何根据新形势和新要求,遵循自然规律、经济规律和社会发展规划,系统诊断国家和重点地区水资源平衡状态,研究区域节水潜力、流域水资源衰减、经济社会需水演变规律,把握水资源长远供求趋势、区域分布、结构特征?如何科学确定水源区可调出水量?如何评估调水的水文生态累积效应?如何提高国家水网工程的生态化、信息化、智能化水平?只有回答清楚了这些关键科学技术问题,才能科学确定国家水网工程定位、供水目标、工程规模、总体布局和实施方案。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 汤秋鸿,刘星才,李哲,等.陆地水循环过程的系统集成与模拟[J].地球科学进展,2019,34(2):115-123.
- [3] 王浩,游进军.中国水资源配置30年[J].水利学报,2016,47(3):265-271,282. DOI: 10.13243/j.cnki.slxb.20150484.
- [4] 贾绍凤,梁媛.调水工程研究评述与展望[J].地球科学进展,2023,38(3):221-235.
- [5] 赵勇,何凡,何国华,等.国家水网规划建设十点认识与思考[J].中国水利,2023(14):24-33.
- [6] 刘璐.对国家水网的认识[J].水利发展研究,2021,21(12):22-25. DOI: 10.13928/j.cnki.wrdr.2021.12.007.
- [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. DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdqk.2022.0077.
- [8] 王浩,牛存稳,赵勇.流域“自然-社会”二元水循环与水资源研究[J].地理学报,2023,78(7):1599-1607.
- [9] 张敏,韩锋,李文.都江堰水系历史景观价值分析及其整体性保护框架[J].中国园林,2018,34(4):134-138.
- [10] 赵勇,何凡,何国华,等.对南水北调工程效益拓展至滦河流域的若干思考[J].南水北调与水利科技(中英文),2022,20(1):62-69. DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdqk.2022.0007.
- [11] 孙聪,杨帆,税朋勃.北京市供水设施承灾体普查及成果应用[J].海河水利,2023,245(7):52-54,73. DOI: CNKI:SUN:HHSL.0.2023-07-013.

(下转第1063页)

summarized comprehensively. The conceptual connotations, compositional framework, functional structure, and inherent advantages underpinning the national water network are systematically delved. The basic theory and principles of national water network construction were put forward, and the main task and technical route of national water network planning and construction were also defined. The profound meaning of overall strategy, basic strategy, and the dialectical relationship between them were analyzed from the perspective of universal meaning and methodology. Built upon this foundational analysis, the strategic and tactic relationship of national water network planning and construction was analyzed from the aspects of the basic idea and specific measures to direct the planning and construction of the national water network, national water network system structure and composition, hierarchy system of the nation-province-city-county water network, functions and task of the national water network. The analytical insights and recommendations proffered are expected to provide strategic support and tactic reserves for the planning and construction of the national water network.

Key words: national water network; theoretical connotation; global strategy; basic tactic; dialectical relationship

(上接第 1054 页)

- [12] 北京市统计局. 国家统计局北京调查总队. 北京市统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2022.
- [13] 徐志, 马静, 贾金生, 等. 水能资源开发利用程度国际比较[J]. 水利水电科技进展, 2018, 38(1): 63-67.
- [14] 谭文娟, 赵国斌, 魏建设, 等. 黄河流域矿产资源禀赋、分布规律及开发利用潜力[J]. 西北地质, 2023, 56(2): 163-174.
- [15] 张荣天, 张小林, 尹鹏. 长江经济带市域土地资源承载力时空分异与影响因素探析[J]. 经济地理, 2022, 42(5): 185-192.
- [16] 陈军飞, 石裕琦, 阎晓东. 长江经济带水-能源-粮食产业关联与波及效应[J]. 南水北调与水利科技(中英文), 2023, 21(3): 597-607.
- [17] 王建华, 赵红莉, 冶运涛. 城市智能水网系统解析与关键支撑技术[J]. 水利水电技术, 2019, 50(8): 37-44.
- [18] 赵勇, 何凡, 何国华, 等. 全域视角下黄河断流再审视与现状缺水识别[J]. 人民黄河, 2020, 42(4): 42-46.
- [19] 秦长海, 赵勇, 李海红, 等. 区域节水潜力评估[J]. 南水北调与水利科技(中英文), 2021, 19(1): 36-42. DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdqk.2021.0003.
- [20] 张春园, 赵勇. 实施污水资源化是保障国家高质量发展的需要[J]. 中国水利, 2020(1): 1-4.
- [21] 何国华, 姜珊, 赵勇, 等. 我国现状能源与水纽带关系定量识别[J]. 南水北调与水利科技(中英文), 2020, 18(4): 54-70. DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdqk.2020.0072.

Basic cognition and construction criteria of national water network

ZHAO Yong¹, HE Fan², HE Guohua¹, WANG Lichuan², LU Peiyi¹, WANG Hao¹

(1. State Key Laboratory of Simulation and Regulation of Water Cycle in River Basin, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China; 2. Key Laboratory of Beijing-Tianjin-Hebei Water Security, Ministry of Water Resources, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China)

Abstract: At the present stage, the basic theoretical knowledge and systematic research on national water network is still weak, which largely restricts the scientific planning and construction of national water network. To this end, the basic concepts of network, water network and national water network are analysed from the basic cognition of national water network. The basic problems of water network are initially explored in terms of the main features such as water network structure, bearers, evolutionary laws, functional roles, and type division. The target guidelines was putforward for the construction of water network with the core objective of realising a healthy water cycle, the promotion of the six balances as the basic guideline, and the principles of "real need, ecological safety, and sustainability" for the demonstration of major projects. A new trend in the construction of future water networks is envisaged, with a view to providing support for the scientific construction of national water networks at the theoretical level.

Key words: national water network; basic cognition; criterion; trend