

“双碳”目标下的水资源节约集约利用

井中秋 张海潮 刘亚洲

山东省济宁市汶上县水务局 山东 济宁 272500

【摘要】：水资源节约集约利用在破解“水—能—碳”三角制约、降低水系统碳足迹、支撑高耗水产业低碳转型及提升生态碳汇能力等方面具有重要作用，是实现“双碳”目标的最重要保障之一。本文深度分析现阶段水资源节约集约利用中的问题，如水资源管理理念未融入“双碳”目标、取水管理缺乏低碳导向、用水管控无完善低碳模式、碳排放计量监测体系不完善等问题，并以此为基础提出对应的解决策略，以期在实现水资源节约集约利用的同时促进“双碳”目标的达成。

【关键词】：“双碳”目标；水资源；节约集约利用；低碳管理

DOI:10.12417/2811-0536.25.12.046

引言

我国明确提出二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。“双碳”目标的提出对各行各业的发展都带来了较大影响，其中水资源作为基础性自然资源和战略性经济资源，在实现“双碳”目标的进程中发挥着重要作用^[1]。水资源的开发、利用、保护和管理等各个环节与碳排放密切相关，任何环节的操作都会伴随着能源消耗和碳排放。因此，深入分析水资源节约集约利用与“双碳”目标间的关系，提出有效的水资源节约集约利用的路径，对于社会经济的绿色低碳转型和生态文明建设均具有重要作用。

1 “双碳”目标下水资源节约集约利用的重要性

随着“双碳”目标的不断推进，水资源节约集约利用展现出了更为重要的作用。

第一，水资源节约集约利用是破解水资源约束与碳排放约束双重压力的关键路径。我国多个地区都存在水资源短缺问题，尤其随着经济社会发展，用水需求持续增长，而“双碳”目标要求严格控制高耗能产业扩张，在此过程中需要尽可能提升单位水资源的产出效益，在保障必要生产生活用水的同时有效抑制因新增供水设施或高耗水产业发展带来的能源消耗激增及相应碳排放，这样才能够破解“水—能—碳”的三角制约关系。

第二，水资源节约集约利用能够直接降低水系统运行的碳足迹。水循环链条运行会消耗大量能源，通过提升水资源利用效率，减少不必要的取水量、输配水量和处理量，能够直接降低供水、排水系统的运行能耗，例如减少管网漏损、提高工业用水重复利用率、推广高效节水灌溉技术等措施，均能够削减水系统自身的化石能源消耗和碳排放。

第三，水资源节约集约利用是支持高耗水产业绿色低碳转型的基础保障。电力、钢铁、化工、造纸等行业耗水量大，属于碳排放监管的重要领域，通过严格的水资源消耗总量和强度双控，能够倒逼企业采用节水减污降碳的先进工艺和技术，在满足资源环境约束的基础上实现产业行业的持续升级，促进环境和产业间的协调发展。

第四，水资源节约集约利用能够提升生态系统碳汇能力。健康的河湖、湿地生态系统作为最为重要的蓝色碳汇，通过水资源节约集约利用能够保障必要的生态基流和湿地生态用水，维持和增强水生态系统的固碳能力。

因此，现阶段需要充分认识到水资源节约集约利用的重要性，从多方面入手为“双碳”目标的实现作出贡献。

2 现阶段水资源节约集约利用中存在的问题

2.1 水资源管理理念与“双碳”目标存在差距

部分地区在水资源管理中，主要以水资源的数量和质量为主要关注点，以满足经济社会发展的用水需求为首要目标，并不重视水资源利用过程中的碳排放问题。在制定水资源规划和政策时，没有将“双碳”目标纳入考量的范畴，缺乏对水资源节约集约利用与“双碳”目标间联系的认知^[2]。比如在一些地区的水资源开发利用规划中，仅关注如何增加水资源供给，以满足不断增长的用水需求，而忽视开发利用过程中能源消耗和碳排放增加的问题；再或者在城市供水设施建设中，只追求提升供水能力而不重视供水系统的节能降耗，上述问题的出现都会影响水资源节约集约利用与“双碳”目标的协同发展。

2.2 取水管理与“双碳”导向不匹配

现有的取水许可制度多侧重于对取水量的控制，

而缺乏对取水方式碳排放的影响评估。许多地区在审批取水许可时,没有充分考虑取水过程中的能源消耗和碳排放因素,比如一些企业采用高能耗的取水设备和方式,虽然其取水量符合许可规定,但在取水过程中消耗大量能源,也会产生较高碳排放。不同取水方式下的碳排放差异较大,但目前并没有形成基于“双碳”目标为导向的差异化取水管理政策,对于采用绿色低碳取水方式的企业,如利用太阳能、风能等清洁能源驱动的取水设施,没有给予相应的政策鼓励和支持;而对于高能耗、高碳排放的取水方式,也没有制定严格的限制措施,这就导致企业在取水方式选择时缺乏对低碳取水方式的重视。

2.3 用水管控缺乏低碳管理模式

针对各行业的用水管理,未建立起完善的低碳管理模式。以工业企业为例,虽然部分企业进行节水改造,但只关注节水效果,忽视节水过程中能源消耗和碳排放的变化,没有充分评估新工艺对能源消耗和碳排放的影响,导致在节水的同时,能源消耗和碳排放并未得到有效降低。而在农业领域,大水漫灌等低效高浪费方式仍是不变的存在,但目前针对农业用水的低碳管理措施相对较少,也没有针对节水灌溉技术给予农民足够的引导和支持;同时在城市方面,有相当一部分居民的节水意识和低碳意识都有待提高,在生活中的用水浪费问题较为严重,因此而产生的供水和污水能耗排放和碳排放显著较高。

2.4 碳排放计量与监测体系不完善

碳排放量监测是碳排放管理的依据,但是围绕水资源利用定位形成全生命周期的碳排放监测体系,现阶段对于取水、供水、用水和污水处理等各个环节的碳排放监测技术尚不成熟,缺乏统一、准确的监测方法和标准,例如取水中的一些不同取水设备和方式的碳排放监测难度就相对较大,难以准确获取其实际碳排放数据;污水处理中,不同污水处理厂的处理工艺和运行状况存在差异,导致碳排放监测的准确性和可靠性受到影响;同时现有的碳排放计量体系难以准确核算水资源利用过程中的碳排放量,无法实现对水资源利用碳排放情况的科学评估和管理。除此以外,各环节的碳排放量数据也会分散在不同部门和机构,具有较大的数据整合难度和复杂性,不利于相关政策的制定。

2.5 水网结构不合理导致能耗较高

现有水网在规划时,往往主要考虑水资源的调配需求,而对水系统运行能耗的考虑不足。一些地区的

水网结构复杂,输水线路过长,水流迂回曲折,增加了水流阻力,导致在供水过程中需要消耗更多的能源来维持水压和流量。一些跨区域的调水工程,由于水网布局不合理,在输水过程中存在大量的水头损失,需要通过增设泵站等方式进行加压,从而增加能源消耗和碳排放。水网设施老化,部分管道、阀门等设备磨损严重,导致漏水现象频发,不仅造成水资源的浪费,还增加供水系统的运行成本和能耗,需要投入大量的人力、物力进行维修和更新改造。

3 “双碳”目标下水资源节约集约利用的实施路径

3.1 深化“四水四定”,将“双碳”目标纳入水资源刚性约束制度

在水资源规划与配置中应充分考虑“双碳”目标的要求,既需要分析评估水资源的可利用量,更需要分析评估不同水资源开发利用方案下的碳排放情况,优先选择低碳环保的工程方案;而在水资源配置过程中,也需要适当向低碳产业和用水效率较高的产业倾斜,引导产业结构调整 and 升级。对于高能耗、高碳排放且水资源利用效率低的印染、小火电等行业,需要严格控制其用水指标,倒逼企业进行技术改造,同时还可以通过差异化的水资源价格政策促进水资源向低碳领域合理配置^[3],例如对于低碳行业采用较低水价,而高碳耗水产业则需要采用高水价。与此同时,水利部门和生态部门应做好沟通协调,前者负责整理分析水资源的取、用、耗、排等数据,而后者则负责碳排放的监测管理,通过二者协同形成水资源—碳排放的综合监测网络,能够实时掌握水资源利用过程中的碳排放动态变化,以此为基础就能够制定更加精准的管理政策和标准,实现水资源开发,利用和碳排放的一体化监管。

3.2 优化取水管理,以“双碳”目标为导向建立差异化的取水方式

为精准掌握不同取水方式下的碳排放情况,需要针对不同取水方式展开针对性地评估。(1)地表取水需要考虑取水设备的能耗、取水口的建设和维护对周边生态环境的影响以及由此可能产生的间接碳排放;

(2)大型泵站取水则需要详细测算泵站运行过程中的电力消耗以及因电力生产所导致的碳排放;(3)地下水取水项目在评估碳排放时,除了要考虑水设备的能耗外,还需要考虑过度开采地下水可能引发的地面沉降等生态问题以及上述问题对碳排放的间接影响;(4)雨水收集、海水淡化等非常规取水方式重点围绕其在设备制造和运行维护中的能源消耗和碳排放情况进行

统计。

为引导企业使用低碳取水方式，应采用差异化的取水管理政策。比如对于采用太阳能、风能等清洁能源驱动的低碳取水方式的企业和项目，可以在取水审批上给予优先办理或者是给予水费上的减免，以鼓励更多企业采用这种低碳取水方式。而对于采用高耗能高碳排放取水的企业，应加强对其的监管和限制，提高其水资源费征收标准，同时要求企业限期进行节能改造，降低取水过程中的能源消耗和碳排放。

3.3 加强用水管控，建立不同行业用水的低碳管理模式

为有效降低水系统的碳排放和能耗，必须从根源入手，加强用水管控。第一，在工业领域，引导和鼓励企业采用先进的节水工艺和技术，比如使用循环水系统和余热回收系统，提高水资源利用率并回收其中的热能，降低能源消耗；同时制定工业用水低碳标准和规范，量化考核相关企业在用水效率、能源消耗和碳排放等方面的表现，对于不符合标准的企业要求进行整改，强化对工业企业用水的低碳化管理。第二，在农业领域需要大力推广高效节水灌溉技术和生态农业模式，前者能够有效降低水资源浪费，提高供水的精准性，降低灌溉途中的输送消耗和能耗；后者则可以通过合理优化种植结构减少农作物种植所需的水资源消耗。在此过程中，相关政府部门也需要强化对各类节水低碳技术和政策的宣传，增强农民对农业用水低碳管理的认识，积极配合和响应低碳号召^[4]。第三，在城市用水管控中，一方面需要加强对居民的节水宣传教育，不断增强居民的节水意识和低碳意识；另一方面需要积极推广智能水表和节水器具的使用，并做好城市公共用水管理，城市绿化、道路清扫等公共用水尽可能采用中水和雨水，提高水资源利用率。

3.4 实施碳排计量，做好水资源利用全生命周期的碳排放监测

为精准计算水系统的碳排放量，需要构建覆盖“取水—输配—利用—处理—回用”全链条的碳足迹监测

机制。首先，相关部门应制定水资源利用全生命周期碳排放核算技术规范，明确核算边界、活动数据采集规则及排放因子取值标准，确保数据可比性与可靠性。其次，对于大型水源工程、重点供水企业及高耗水行业应落实碳排放在线监测或者定期报告制度，分别为相关企业建立碳账户，通过智能计量设备与物联网技术实时采集泵站能耗、管网压力、处理厂运行参数等关键数据，然后再结合区域电网排放因子动态计算各环节碳排放强度。除此以外，在现阶段碳排放计量中，还应尽快推动水资源碳排放数据纳入国家温室气体统计体系，在各个地区展开水系统碳中和试点，为决策优化提供量化依据。

3.5 优化水网结构，有效降低水系统的运行能耗

水网系统作为水资源调配和输送的载体，水网系统的合理性与水系统的运行能耗和碳排放密切相关，针对部分地区线路冗余、设施老化等问题，需要从多方面入手，做好水网结构的优化。一是要强化节能降碳导向，优化线路布局，优先利用重力流，减少高扬程、长距离压力输水，并做好调蓄设施的合理配置，尽可能减少泵站频繁启停。二是基于大数据、人工智能技术构建智慧化水网调度系统，实时监测供排水系统的运行状态，根据用水负荷变化自动对其进行调度监测，提高水系统的整体运行效率^[9]。三是做好现有泵站、水厂的节能诊断和改造，其时淘汰高耗能落后机电设备，积极推广高效节能水泵、电机及变频调速技术，尽可能降低水处理能耗。

4 结语

“双碳”目标持续推进要求水资源管理也必须以节约集约利用为抓手，尽可能降低水系统运行中的能耗和碳排放，为碳中和、碳达峰目标的实现做出有效贡献。但是针对水资源管理和配置中存在的各类问题，也必须从制度、监管、监测、设施优化升级等多方面入手，形成全流程的管理框架，在全面做好节约集约利用的同时助力“双碳”目标的实现，促进水资源、能源与生态环境的协同持续发展。

参考文献：

- [1] 陈宏景,范功端,徐巧玲,等.双碳目标下供水系统发展现状与减排路径研究[J].给水排水,2025,61(07):1-7.
- [2] 秦西,臧超,左其亭.水资源节约集约利用判别准则及评价体系[J].水利规划与设计,2024,(12):151-156.
- [3] 左其亭,张书齐,全志淼.水资源节约集约利用理论体系与应用实践[J].中国水利,2024,(13):21-26+44.
- [4] 张志果.依法加强城市节水管理提高城市水资源节约集约利用水平[J].广西城镇建设,2024,(05):23-25.
- [5] 纪平.以水资源节约集约利用支撑经济社会高质量发展[J].中国水利,2023,(07):3.