

水源地水质安全与生态屏障建设路径探析

马万瑶

中国南水北调集团中线有限公司 北京 100038

摘要: 在快速工业化、城镇化和农业现代化的进程中,水源地正面临着日益严峻的复合型污染威胁与生态系统退化风险。传统的末端治理模式已难以应对当前复杂多变的水环境挑战,亟需转向以生态系统整体性保护为核心的系统性解决方案。生态屏障作为一种基于自然的解决方案(NbS),通过构建多层次、多功能的生态防护体系,能够有效拦截、净化、涵养水源,从源头上保障水质安全。本文旨在系统剖析我国水源地水质安全面临的现实困境与深层原因,深入阐释生态屏障在水源地保护中的核心功能与科学内涵,并在此基础上,结合国内外先进实践经验,探索一条集“空间管控、系统修复、智慧监管、制度创新”于一体的综合性、前瞻性建设路径,以期为新时代水源地高水平保护与高质量发展提供理论参考与实践指导。

关键词: 水源地;水质安全;生态屏障;生态系统服务;协同治理

引言

水是基础自然资源与战略性经济资源,其安全供给是现代文明运转的基石。当下,我国社会主要矛盾转化,群众对优美生态环境和优质饮用水的需求增长,水源地水质安全从环境议题上升为重大公共安全问题。相关法律法规和政策文件都将保障饮用水安全置于水环境保护工作首位,足见其重要性。但我国水源地保护现状不佳。点源污染虽受控,可面源污染因分散、随机、滞后,成为影响水质的主导因素;上游及周边开发建设挤压生态空间,生态系统自我净化与调节能力减弱;气候变化致极端天气频发,加剧水质波动风险。单一治理手段难以应对。在此情形下,构建强化水源地生态屏障是关键。它不是简单植树造林或物理隔离,而是综合性、动态性保护体系,强调从流域尺度出发,恢复优化自然生态系统,形成“绿色长城”保障水质安全。探析其内在逻辑与实施路径意义重大。

1 水源地水质安全面临的多重挑战

我国幅员辽阔,水源地类型多样,包括河流型、湖库型、地下水型等,其面临的威胁也呈现出区域性和共性交织的特点。

1.1 污染来源的复杂化与多元化

1.1.1 农业面源污染居高不下

为追求粮食产量,农业生产中化肥、农药的过量施用现象普遍。降雨或灌溉形成的径流会将大量氮、磷等营养盐以及农药残留物冲刷进入水体,导致水源地富营养化,藻类水华频发。此外,规模化畜禽养殖场产生的粪便污水若处理不当,其高浓度的有机物和病原微生物将对下游水源构成直接威胁。

1.1.2 城乡生活污染持续输入

尽管城镇污水处理率不断提升,但部分老旧管网存在渗漏、溢流问题,且污水处理厂的排放标准与水源地保护要求之间仍存在差距。广大农村地区,由于基础设施薄弱,生活污水和垃圾大多未经有效处理便直接排入沟渠或河道,成为重要的污染源。

1.1.3 工业点源污染风险犹存

虽然重点行业污染治理取得成效,但一些位于水源地上游或保护区内的企业,尤其是中小企业,可能存在偷排、漏排或事故性排放的风险。化工、采矿等行业的潜在环境风险一旦爆发,后果往往是灾难性和长期性的^[1]。

1.1.4 内源污染与新兴污染物显现

对于湖库型水源地,底泥中累积的污染物在特定条件下(如厌氧、扰动)会重新释放,形成内源污染。同时,抗生素、内分泌干扰物、微塑料等新兴污染物的检出,因其毒理效应不明、去除难度大,给传统水处理工艺带来巨大挑战,构成了新的水质安全隐患。

1.2 生态系统功能的退化与失衡

1.2.1 水源涵养能力下降

上游山区过度砍伐、开垦,导致森林覆盖率降低,土壤蓄水保墒能力减弱。降雨时,地表径流迅速汇集,不仅加剧了水土流失,携带大量泥沙和吸附的污染物进入水体,而且减少了雨水下渗补给地下水的机会,使得枯水期水量锐减,水体自净能力随之下降。

1.2.2 河湖滨岸带生态功能丧失

为获取土地或防洪需要,许多河流、湖泊的自然岸线被硬化(如水泥堤坝),原有的植被缓冲带被清除。这使得水体失去了天然的“过滤器”和“净化器”,陆

域污染物可长驱直入，同时水生生物栖息地遭到破坏，生物多样性降低，生态系统的稳定性和恢复力受到严重损害。

1.2.3 湿地面积萎缩与功能退化

“地球之肾”——湿地，在调蓄洪水、净化水质方面作用无可替代。然而，围湖造田、填海造地、基建占用等行为导致天然湿地面积急剧减少，人工湿地建设与管理又往往缺乏科学规划，未能充分发挥其应有的生态效益。

1.3 管理体制与协同机制的短板

水源地保护涉及上下游、左右岸，以及水利、生态环境、住建、农业农村、自然资源等多个部门，呈现出典型的跨区域、跨部门特征。（1）“九龙治水”与权责不清：部门间职能交叉、信息壁垒、标准不一等问题依然存在，导致保护合力不足，甚至出现“政出多门”或“管理真空”的情况。（2）流域统筹协调不足：上游地区承担着生态保护的责任，却往往牺牲了部分发展机会，而下游受益地区缺乏有效的生态补偿机制，导致上游保护动力不足，“谁保护、谁受益”的原则难以落实，区域间利益冲突制约了协同保护的深度与广度。

（3）监测预警与应急能力薄弱：部分水源地的水质、水量、水生态一体化监测网络覆盖不全、精度不高，对污染风险的早期识别、精准溯源和快速预警能力有待加强。应急预案的针对性和可操作性也有待提升。

2 生态屏障：保障水源地水质安全的核心理念与科学内涵

2.1 生态屏障的概念界定与核心功能

水源地生态屏障，是指在水源地及其汇水区（流域）范围内，通过科学规划、系统修复和严格保护，构建由山、水、林、田、湖、草、湿等自然要素组成的，具有完整结构、良好功能和高度韧性的复合生态系统。其核心目标是最大化发挥生态系统服务功能，为水质安全构筑起一道集“预防、拦截、净化、涵养”于一体的天然防线。具体而言，生态屏障的核心功能体现在：

（1）物理拦截与过滤：森林冠层能截留部分降水，减缓雨滴对地面的直接冲击；林下枯枝落叶层和深厚土壤如同巨大的海绵，能有效吸纳、滞留地表径流，延长汇流时间。河湖滨岸带的挺水、沉水植物根系则能物理性地阻拦、吸附随水流而来的悬浮颗粒物和附着其上的污染物^[2]。（2）生物化学净化：土壤中的微生物群落和植物根系分泌物能对氮、磷等营养盐以及部分有机污染物进行吸收、转化、降解，实现污染物的无害化或资源化。湿地生态系统更是被誉为“天然污水处理厂”，其

复杂的物理、化学和生物过程能高效去除多种污染物。

（3）水源涵养与调蓄：健康的森林和土壤生态系统能显著增加雨水入渗，补充地下水，同时在丰水期蓄积水分，在枯水期缓慢释放，有效调节河川径流，维持水源地水量的稳定性，这是保障水质（稀释自净能力）的基础。（4）生物多样性保育与生态稳定：完整的生态屏障为各类野生动植物提供了栖息地和迁徙廊道，丰富的生物多样性增强了生态系统的抵抗力和恢复力，使其在面对外界干扰（如病虫害、气候变化）时能保持结构和功能的相对稳定。

2.2 生态屏障建设的系统性与层次性

一个高效的生态屏障体系绝非单一要素的简单叠加，而是遵循自然规律，在空间上呈现出清晰的层次结构。（1）核心保护区（一级屏障）：即水源地取水口附近的区域，实行最严格的封闭式管理，禁止一切与供水无关的人类活动，确保水质不受直接干扰。这是水质安全的最后一道、也是最坚固的防线。（2）生态保育区（二级屏障）：围绕核心区，包括重要的水源涵养林、天然湿地、河湖滨岸带等关键生态区域。此区域以保护和自然恢复为主，限制开发活动，着力维护和提升其固有的生态功能。（3）生态缓冲区/过渡区（三级屏障）：位于保育区外围，是连接生态保护与人类生产生活的过渡地带。在此区域，可以推广生态农业、发展生态旅游等环境友好型产业，通过建设人工湿地、植被缓冲带等工程-生态复合措施，对来自更广阔区域的面源污染进行深度拦截和净化。（4）流域协同区（宏观屏障）：从整个流域视角出发，统筹协调上下游、左右岸的保护与发展。通过建立生态补偿、联防联控等机制，将生态屏障的理念延伸至整个流域，形成全域共保共享的格局。这种由内而外、层层设防的结构，确保了无论污染负荷来自何处，都能在抵达核心取水区之前被最大限度地削减和净化。

3 水源地生态屏障建设的综合路径探析

3.1 强化顶层设计与空间管控

3.1.1 科学划定并严守生态保护红线

运用遥感、GIS等技术，精准识别水源地汇区内具有重要水源涵养、生物多样性维护等功能的生态敏感区和脆弱区，将其纳入生态保护红线范围，实行严格用途管制，确保生态屏障的基底不被侵蚀。

3.1.2 优化国土空间规划布局

在区域发展规划、城乡规划、产业规划中，优先考虑水源地保护需求。明确禁止和限制开发的区域，引导人口、产业向环境承载力强的区域集聚，从源头上减少

对水源地的开发压力^[3]。

3.1.3 完善法规标准体系

修订和完善水源地保护相关的地方性法规,制定针对不同类型水源地生态屏障建设的技术导则和评价标准,为建设和管理提供坚实的法治与技术支撑。

3.2 推进山水林田湖草沙一体化保护和系统修复

3.2.1 实施森林质量精准提升工程

在水源地上游大力开展封山育林、退耕还林还草,优化林分结构,营造混交林、复层林,提升森林生态系统的稳定性和水源涵养功能。严禁皆伐等破坏性采伐方式。

3.2.2 系统修复河湖水生生态系统

拆除不必要的硬质护岸,实施生态化改造,重建自然蜿蜒的河岸形态。恢复和保护河漫滩、洪泛湿地,增强河流的横向连通性和调蓄净化能力。科学实施水生植被恢复,重建健康的水下森林。

3.2.3 加强湿地保护与合理利用

严格保护现有天然湿地,禁止随意侵占和破坏。在适宜区域,科学规划、高标准建设人工湿地公园或尾水深度净化湿地,将其作为城镇污水处理厂出水、农田排水等进入水源地前的最后一道生态净化关口。

3.2.4 推广生态农业与绿色生产方式

在生态缓冲区内,大力推广测土配方施肥、病虫害绿色防控、有机肥替代化肥等技术,减少农业面源污染。鼓励发展循环农业,实现畜禽粪污资源化利用。

3.3 构建智慧化监管与风险防控体系

3.3.1 建设天地一体化监测网络

整合卫星遥感、无人机巡查、地面自动监测站等多种手段,对水源地水质、水量、水生态以及周边人类活动进行全天候、全方位、立体化监控,实现污染源的精准识别与动态追踪。

3.3.2 打造智慧水务管理平台

运用大数据、物联网、人工智能等技术,整合各部门数据资源,构建水源地保护“一张图”和“驾驶舱”。实现水质预测预警、污染溯源模拟、应急调度指挥等功能,提升管理决策的科学化、精细化水平^[4]。

3.3.3 健全风险评估与应急响应机制:定期开展水源地环境风险评估,识别潜在风险源。完善应急预案,加强应急物资储备和队伍建设,定期组织应急演练,确保在突发环境事件发生时能够快速、高效处置,最大限度降低对供水安全的影响。

3.4 创新体制机制与多元共治模式

3.4.1 深化流域横向生态补偿机制

建立“成本共担、效益共享、合作共治”的流域保护长效机制。下游受益地区向上游保护地区提供资金、技术、产业等多方面补偿,让保护者得到合理回报,激发其内生保护动力。探索市场化、多元化的补偿方式,如水权交易、绿色金融等。

3.4.2 推动跨区域、跨部门协同治理

成立由省级或市级领导牵头的水源地保护协调机构,打破行政壁垒和部门分割,实现信息共享、规划衔接、联合执法、协同应急。建立常态化的联席会议和沟通协商机制。

3.4.3 引导公众参与和社会监督

加强水源地保护的科普宣传,提高全社会的节水护水意识。鼓励和支持环保社会组织、志愿者参与日常巡护、监督举报等活动。建立健全信息公开制度,保障公众的知情权、参与权和监督权,形成政府主导、企业履责、公众参与的多元共治格局。

4 结语

水源地水质安全关乎国家水安全,是复杂系统工程,难以一蹴而就。面对挑战,我们要摒弃传统思维,树立“生命共同体”系统观念,将生态屏障建设作为保障水质安全的根本与长远之策。这一路径以法治和规划为引领,以生态系统保护修复为核心,以科技为支撑,以体制机制为保障,强调“建”“管”并重、“修复”“预防”结合、“政府主导”与“全民参与”协同。如此,才能构建高效生态屏障,将绿水青山转化为优质“放心水”,为美丽中国和民族永续发展筑牢水生态根基。未来,还需加强生态屏障长期效应监测评估,总结经验、优化模式,探索韧性生态屏障构建策略,以应对新挑战。

参考文献

- [1]刘兆孝,习刚正,王超.南水北调中线工程水源地水质安全问题与对策思考[J].中国水利,2024,(20):74-80.
- [2]李秀全.基于健康风险的水源地水质安全评价[J].食品安全导刊,2020,(21):44-45.
- [3]曹樱樱.水库型水源地水生态健康评价体系构建[J].中国科技信息,2025,(23):149-151.
- [4]何彤昕.水源地污染物削减与生态修复技术研究[J].中国资源综合利用,2025,43(11):234-236.