

丹江口库区漂浮物拦截与清漂工程在水源保护区的应用效果分析

凌晓宇

丹江口生态环境保护综合执法大队 湖北 十堰 丹江口 442700

【摘要】：丹江口水库作为南水北调中线工程核心水源地，其水质安全直接关系到沿线群众的饮水保障。漂浮物污染是影响库区水质的重要隐患之一，漂浮物拦截与清漂工程是水源保护区水质保护的关键举措。本文基于丹江口库区水源保护区的自然与社会经济背景，阐述漂浮物拦截与清漂工程的实施概况，从漂浮物拦截效率、水质改善、生态保护及社会效益等方面分析工程应用效果，识别工程实施过程中存在的问题，并提出针对性的优化建议，为水源保护区水环境治理与保护提供参考。

【关键词】：丹江口库区；水源保护区；漂浮物拦截；清漂工程；应用效果

DOI:10.12417/2705-0998.26.01.007

1 引言

丹江口水库是南水北调中线工程的重要水源地，承担着向京津冀豫等地区输送优质水资源的重要使命，其水质安全保障具有重大战略意义。丹江口市作为水库核心水源地所在地，境内水源保护区涵盖丁家营镇、浪河镇等多个区域，保护区内植被覆盖率较高，达 67.52%。受秋冬季植物枯萎、恶劣天气等自然因素影响，植物残枝等漂浮物易进入保护区水域，形成水面漂浮物污染，给库区水质保护和清漂工作带来长期不利影响。漂浮物不仅会影响库区水体景观，还可能在腐烂过程中释放氮、磷等营养物质，加剧水体富营养化风险，同时可能破坏水生生物栖息地，威胁流域生态平衡。为有效防控漂浮物污染，保障水源保护区水质稳定达标，丹江口库区逐步实施了漂浮物拦截与清漂工程。本文以该工程在丹江口库区水源保护区的应用为研究对象，系统分析其应用效果，剖析存在的问题并提出优化策略，为同类水源地的水环境治理提供实践借鉴。

2 工程实施背景与概况

2.1 工程实施背景

丹江口库区水源保护区属于汉江丹江口水库调水水源地保护区，水质管理目标为Ⅱ类。根据监测数据，2020 年-2024 年丹江口水库水质类别均稳定保持Ⅱ类，但漂浮物污染风险始终存在。保护区内土地利用类型以林地和水域为主，其中林地面积占比 67.52%，水域面积占比 24.79%。每年秋冬季，大量植物残枝、落叶进入水体；同时，农村生活面源污染中少量生活垃圾若处置不当，也可能进入库区形成漂浮物。此外，极端天气如暴雨、大风等，会加剧漂浮物的产生和扩散，对水源保护区水质构成潜在威胁。丁家营镇二道河水源地作为库区重要的乡镇级饮用水水源地，供水范围涵盖 1.28 万人口及相关企业，其取水水质安全直接关系到当地居民的生产生活。为从根本上解决漂浮物污染问题，保障取水口水质安全，漂浮物拦截与清漂工程应运而生。

2.2 漂浮物拦截与清漂工程在水源保护区的应用模式

本次研究的漂浮物拦截与清漂工程覆盖丹江口库区丁家

营镇二道河水源地保护区及周边关键区域，涉及一级、二级及准保护区的部分水域和陆域。工程核心区域为取水口上下游 5km 范围及周边支流汇水区，涵盖丹江口市丁家营镇、土关垭镇、浪河镇和武当山旅游经济特区部分区域。

工程主要采取“拦截+清漂+处置”的一体化治理模式。拦截设施方面，在水源保护区主要支流入口、库汉等关键节点设置拦漂网、拦漂栅等设施，其中一级保护区水域周边设置固定式拦漂网，二级保护区支流入口设置可移动式拦漂栅，构建多层次拦截体系。清漂作业方面，配备专业清漂船、打捞设备及人工清漂队伍，针对不同类型、不同区域的漂浮物采取差异化清漂方式：开阔水域以机械清漂为主，库汉、浅滩等机械难以作业的区域以人工清漂为辅。漂浮物处置方面，建立“打捞-转运-集中处置”闭环机制，打捞的漂浮物经转运后，采取粉碎、堆肥或无害化焚烧等方式处理，避免二次污染。工程实施过程中，严格遵循《饮用水水源保护区划分技术规范》（HJ338-2018）及《丹江口库区及上游水污染防治和水土保持“十四五”规划》要求，确保工程建设与运行不破坏保护区生态环境。

3 工程应用效果分析

3.1 漂浮物拦截效率显著提升

工程实施后，通过多层次拦截体系的作用，水源保护区内漂浮物拦截效率大幅提升。选取工程实施前后各 1 年作为监测周期，对一级保护区取水口周边、二级保护区支流入口等关键节点的漂浮物量进行监测统计，结果如下表所示。

表 1 漂浮物拦截效率

监测区域	工程实施前漂浮物量 (吨/月)	工程实施后漂浮物量 (吨/月)	拦截效率 (%)
一级保护区取水口周边	3.2	0.4	87.5
二级保护区浪河口	5.8	0.9	84.5

二级保护区 殷家河入口	4.5	0.7	84.4
准保护区代 湾大桥周边	6.3	1.2	81.0

由表可知，工程实施后各监测区域漂浮物量均显著减少，拦截效率均超过 80%，其中一级保护区取水口周边拦截效率最高，达 87.5%。这表明拦截设施能够有效阻挡漂浮物进入核心取水区域，减少漂浮物对取水口水质的直接影响。从漂浮物类型来看，工程对植物残枝、落叶等自然漂浮物的拦截效率达 85%以上，对少量农村生活垃圾类漂浮物的拦截效率达 78%，整体拦截效果符合预期。

3.2 水源保护区水质得到有效保障

漂浮物在水体中腐烂分解会释放 COD、氨氮、总氮、总磷等污染物，加剧水体污染风险。工程实施后，漂浮物污染负荷显著降低，有效保障了水源保护区水质稳定。选取工程实施前后水源保护区内 3 个关键监测点位（取水口、浪河入口、殷家河入口）的水质指标进行对比分析，监测指标包括 COD、氨氮、总氮、总磷，结果如下表所示。

表 2 指标改善率

监测点位	监测指标	工程实施前 (mg/L)	工程实施后 (mg/L)	指标改善率 (%)
取水口	COD	12.3	10.1	17.9
	氨氮	0.15	0.11	26.7
	总氮	0.85	0.72	15.3
	总磷	0.08	0.06	25.0
浪河入口	COD	13.5	11.2	17.0
	氨氮	0.18	0.13	27.8
	总氮	0.92	0.78	15.2
	总磷	0.09	0.07	22.2
殷家河入口	COD	12.8	10.5	17.9
	氨氮	0.16	0.12	25.0
	总氮	0.88	0.75	14.8
	总磷	0.08	0.06	25.0

监测结果显示，工程实施后各监测点位的主要水质指标均有明显改善，其中氨氮指标改善率最高，达 25%以上；总磷指标改善率达 22%以上；COD 和总氮指标改善率达 15%以上。

工程实施后，取水口水质各项指标均满足《地表水环境质量标准》II类标准要求，与 2025 年 4 月湖北守正检测科技有限公司的检测结果一致。这表明漂浮物拦截与清漂工程有效降低了漂浮物分解带来的污染负荷，为水源保护区水质稳定达标提供了有力支撑。

3.3 流域生态环境得到有效保护

丹江口库区属于秦巴山北亚热带常绿-落叶阔叶林生态区，是国家重要的生物多样性保护区，汉江干流共有鱼类 127 种，浮游植物 86 种，底栖动物 27 种。漂浮物不仅会遮挡阳光，影响水生植物光合作用，还可能缠绕水生生物，破坏其栖息地。工程实施后，漂浮物对水生生态环境的干扰显著降低。通过现场调查发现，工程实施后取水口周边水域水生植物覆盖率较实施前提升了 12%，浮游生物群落结构更趋稳定，硅藻门、绿藻门等优势物种占比恢复至自然状态水平。同时，鱼类活动范围扩大，草鱼、鲤、鲫等主要经济鱼类的出现频率较实施前提升了 15%。此外，工程采用的拦漂设施均选用生态友好型材料，避免了对水体和水生生物的二次伤害；漂浮物集中处置过程中采用堆肥等资源化利用方式，减少了对周边生态环境的影响。整体来看，工程的实施有效保护了流域生态平衡，提升了水源保护区的生态服务功能。

3.4 社会效益与经济效益显著

工程的实施有效保障了丁家营镇 1.28 万居民及相关企业的饮用水安全，解决了漂浮物污染带来的饮水安全隐患。2022 年丁家营镇大旱期间，曾因水库缺水启动跨区域调水，而漂浮物拦截与清漂工程的实施，进一步提升了水源供水保障能力，为应对极端天气下的供水安全提供了支撑。同时，工程的实施改善了库区水体景观，为周边生态旅游发展创造了良好条件，推动了当地生态保护与经济协同共进。一方面，工程减少了漂浮物对取水设施的堵塞和腐蚀，降低了水厂净水处理成本。据统计，工程实施后丁家营水厂净水药剂消耗量较实施前减少了 10%，年节约净水成本约 3.2 万元。另一方面，漂浮物资源化利用产生了一定的经济效益，每年打捞的植物残枝经粉碎堆肥后，可产生有机肥约 20 吨，用于周边农田种植，减少了化肥使用量。此外，工程的实施避免了因漂浮物污染导致的水质超标治理费用，间接节约了环境治理成本。

4 工程实施过程中存在的问题

4.1 极端天气下清漂效率受限

丹江口库区属于北亚热带季风气候，夏季降水集中，冬季严寒，极端天气如暴雨、大风、暴雪等频发。在暴雨、大风天气下，漂浮物产生量激增且扩散速度快，现有拦漂设施易被冲击损坏，清漂船难以正常作业，导致清漂效率大幅下降。冬季暴雪天气下，水面结冰会阻碍清漂作业，漂浮物易在冰层下堆积，待春季冰层融化后集中漂浮，给清漂工作带来较大压力。

4.2 部分区域拦截设施布局不足

水源保护区内部分支流细小汇水沟谷未设置拦截设施,这些区域产生的漂浮物易通过支流进入库区。缺乏完善的污水处理和垃圾收集处置设施,少量生活垃圾易随地表径流进入汇水沟谷,最终流入库区形成漂浮物。此外,准保护区部分区域因地形复杂,拦漂设施难以布设,漂浮物拦截存在盲区,影响了工程整体治理效果。

4.3 漂浮物处置体系有待完善

目前,漂浮物处置主要以集中堆放后粉碎堆肥或无害化焚烧为主,但存在处置能力不足的问题。随着清漂量的增加,现有处置场地容量有限,部分漂浮物需远距离转运,增加了转运成本和二次污染风险。此外,农村生活垃圾类漂浮物成分复杂,含有塑料、玻璃等不可降解物质,现有处置方式难以实现完全无害化处理,易对周边环境造成影响。

4.4 长效管理机制尚不健全

工程运行过程中,存在部门协同不足、责任划分不明确等问题。漂浮物拦截与清漂工作涉及水利、环保、乡镇政府等多个部门,但各部门之间缺乏有效的联动机制,信息共享不及时,导致部分区域出现管理真空。此外,工程维护资金保障不足,拦漂设施的日常检修、清漂设备的更新换代等缺乏稳定的资金支持,影响了工程的长期稳定运行。

5 优化建议

5.1 提升极端天气应对能力

针对极端天气下清漂效率受限的问题,一方面,优化拦漂设施设计,选用高强度、抗冲击的生态友好型材料,增强设施的抗风浪能力;在关键节点设置备用拦漂设施,应对突发情况。另一方面,升级清漂设备,配备适用于恶劣天气的两栖清漂船、破冰设备等,提升极端天气下的清漂作业能力。同时,建立极端天气预警响应机制,提前做好漂浮物拦截和清漂准备工作,降低极端天气带来的影响。

5.2 完善拦截设施布局

开展水源保护区漂浮物来源排查,对未设置拦截设施的细小汇水沟谷、支流入口等区域,因地制宜布设小型拦漂设施,构建全方位、无盲区的拦截体系。针对二道河村聂家沟等区域,

完善农村生活污水和垃圾收集处置设施,在汇水沟谷入口设置小型拦漂栅,拦截生活垃圾类漂浮物。此外,结合地形边界法,在准保护区地形复杂区域采用生态护岸、植物缓冲带等辅助措施,减少漂浮物进入库区。

5.3 优化漂浮物处置体系

扩大漂浮物处置场地容量,提升处置能力;引入先进的漂浮物分选技术,对打捞的漂浮物进行分类处理,对可降解的植物残枝继续采用堆肥方式资源化利用,对塑料、玻璃等不可降解物质进行回收处理,提高资源利用率。同时,建立漂浮物处置台账,加强处置过程中的环境监测,避免二次污染。

5.4 健全长效管理机制

建立水利、环保、乡镇政府等多部门协同管理机制,明确各部门职责,加强信息共享和联动配合,形成管理合力。设立工程维护专项资金,保障拦漂设施检修、清漂设备更新、人员培训等工作的顺利开展。加强对周边居民的环保宣传教育,提高居民的生态保护意识,减少农村生活面源污染带来的漂浮物产生。此外,结合《浪河流域突发环境事件应急处置方案》,建立漂浮物污染应急处置机制,提升应急响应能力。

6 结论

丹江口库区漂浮物拦截与清漂工程在水源保护区的应用取得了显著成效,通过构建多层次拦截体系和一体化清漂处置模式,漂浮物拦截效率超过80%,有效降低了漂浮物污染负荷,保障了水源保护区水质稳定保持II类标准;同时,工程对流域生态环境起到了良好的保护作用,产生了显著的社会效益和经济效益。

但工程实施过程中仍存在极端天气下清漂效率受限、部分区域拦截设施布局不足、漂浮物处置体系有待完善、长效管理机制尚不健全等问题。针对这些问题,需通过提升极端天气应对能力、完善拦截设施布局、优化漂浮物处置体系、健全长效管理机制等措施加以解决。未来应持续加强漂浮物拦截与清漂工程的优化升级,结合水源保护区的生态保护要求,推动工程治理与生态修复相结合,进一步提升水源保护区水环境治理水平,为丹江口水库水质安全和南水北调中线工程稳定运行提供坚实保障。

参考文献:

- [1] 陈兆斌.三峡工程清漂码头工程施工测量控制方法[J].价值工程,2019,38(12):111-113.
- [2] 高攀,李建慧,赵旭.三峡库区漂浮物治理的跨界合作机制与动态策略[J].长江流域资源与环境,2025,34(06):1354-1370.
- [3] 罗春艳,李元,殷飞,等.考虑最优路径的水面清漂船自主导航算法设计[J].计算机仿真,2022,39(03):253-257.
- [4] 张博骏.武汉市两江水域垃圾治理研究[D].中南财经政法大学,2021.