

某城区河道综合整治技术

刘晓楠

(中交河海工程有限公司)

摘要：为提升河道水质、优化水生态环境，并构建可持续的生态水景观，以嘉兴碧水工程为研究背景，围绕河道污染治理问题展开深入分析。根据研究区域内河道现状，确定外源污染与内源污染的主要来源，采用多种工程措施，包括改造并修复现有管网、设置闸门调控系统、搭建过渡设施补水通道、营造水生动植物生态系统、引入水务信息化等，以期改善河道水质，恢复水生态功能，提升区域水环境质量。该系统性治理方案不仅考虑了当前河道污染的治理需求，还兼顾了未来水环境管理的可持续性和生态修复的长期效益。研究成果可为类似区域的水环境治理提供理论依据和实践参考，助力河道生态修复工程的科学决策。

关键词：河道污染；闸门调控；过渡设施补水；水务信息化；系统性治理

1 工程概况

嘉兴碧水工程的河道治理范围主要涵盖乍浦港区主城区，包括内城河、外城河、牛桥港(外城河—缪港)及沿线支流，总流域面积约 8.0 km²。该区域河网密集，水体交换受限，长期以来受到外源污染输入与内源污染累积的双重影响。通过现场勘察与对相关资料的系统分析，发现乍浦镇河道水量调控能力有限，水质整体处于较低水平，水生态系统退化明显，具体表现为：1) 水体悬浮物浓度较高，透明度较低，且氮、磷含量超标，水质劣于Ⅴ类标准；2) 河道内沉水植物覆盖率低，生物多样性贫乏，水生态系统结构单一，生态功能退化；3) 底泥淤积严重，其中富集了大量有机污染物与营养盐，底泥再悬浮及污染物释放对水体水质造成持续性影响，加剧水体富营养化；4) 主要河道换水周期较短，水体更新能力受限，且受上游河道水质影响较大，污染物易在局部区域积累并进一步降低水质。

针对上述问题，本工程实施后需经过一段时间的运行，以确保治理效果达到预期目标。具体而言，内城河、外城河及牛桥港的水体透明度应整体提升至 0.80 m，以改善水体景观及光照条件，为水生态系统恢复创造有利条件；牛桥港的主要水质指标需达到地表水环境质量Ⅲ类标准，以保证水体生态安全；其余河道的氨氮指标需达到Ⅳ类水标准，其他水质指标需满足Ⅲ类水标准，以改善整体水环境质量。

目前已有关于河道治理的多方位研究，但主要表现为单一治理方式，治理效果有限，且缺乏可持续性。考虑到乍浦镇河道现状、水质提升与水生态系统修复需求十分紧迫，若仅依靠单一方法治理，很难达到预期效果，且治理成效缺乏可持续性。因此，在制定水环境治理方案时，需采取系统性、综合性的措施，以达到本次工程实施效果，并为后续类似水环境综合治理提供实践参考与技术支持。

2 河道综合整治技术方案

内城河、外城河及牛桥港河道综合整治属于系统性工程^[1-2]，通过各方综合研判，制定了水质提升工程的技术方案，如图 1 所示。

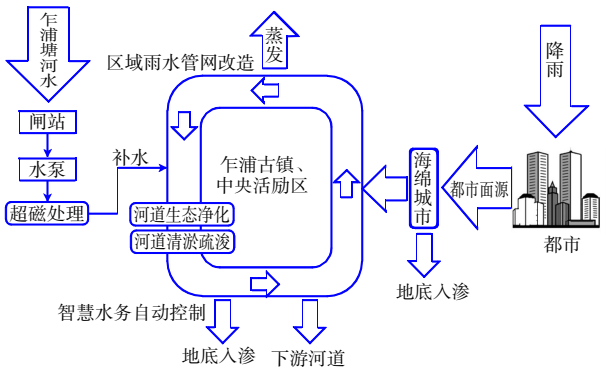


图 1 水质提升工程技术方案图

技术方案包括：

1) 雨水管网修复工程：对区域雨水管网改

造, 借助 CCTV (Closed Circuit Television) 检测、溯源排查, 改造并修复现状雨水管网;

2) 配套闸站工程: 设置 5 座闸门, 将区域内水体封闭, 隔离上游及下游河水污染;

3) 河道清淤工程: 对区域内各条河道进行清淤、疏浚, 解决底泥污染;

4) 过渡设施补水工程: 为确保城区河道水质, 利用水泵从乍浦塘引水, 通过超磁处理设备进行水质净化处理, 进而补水至区域内河道, 提升水体水质;

5) 生态治理工程: 通过水生动植物生态系统的营造, 助力河道生态净化, 实现可持续性水质保持;

6) 水务信息化工程: 引入智慧水务自动系统, 通过在线监测、监控、自动化、可视化管理, 提高河网系统管理水平。

通过以上组合措施使河道生态进入良性循环。

3 河道综合整治措施

3.1 雨水管网修复工程

现状调查表明, 河道两岸部分区域虽已铺设截污主干管, 但截污系统仍存在一定缺陷, 导致极少量未经处理的污水通过渗流进入河道, 对流域水质造成一定污染。为彻底解决外源污染问题, 本次系统整治工程将针对区域内雨水管网开展 CCTV 检测与溯源排查, 全面评估管网运行状况, 并通过科学合理的修复方案, 优化现有雨水管网结构, 从而有效阻断外源污染进入水体的途径, 提高区域水环境质量。

由专业检测队伍对区域范围内 28 条道路下的雨水管道进行 CCTV 检测, 以精准识别管网缺陷及潜在风险。检测结果表明, 现状雨水管网存在多种结构性和功能性缺陷, 主要问题包括管道破裂、变形、错口、脱节、渗漏、起伏、接口材料脱落、支管暗接及异物穿入等。这些问题不仅影响管道排水能力, 还可能成为污染物渗漏进入河道的隐患。

针对 CCTV 检测报告及现场勘察结果, 结合雨水管网的实际情况, 制定了分区域、分类型的修复方案, 确保修复措施的科学性与针对性。整治工作包括整段开挖修复雨水管 558 m, 以彻底更换受损严重的管段; 局部开挖修复 200 处, 以解决关键节点的结构缺陷; 局部非开挖修复 394 处, 以减少对周边环境的影响, 提高施工效率。

此外, 项目还包括雨水管疏通 4 200 m, 以恢复管道通畅性; 检查井疏通 27 座, 以保障排水系统的完整性; 注浆修复 39 座, 以填补渗漏缺陷; 暗井提升 61 座, 以优化排水坡度; 整体非开挖修复 863 m, 紫外光固化修复 63 m, 以提升管道耐久性与密闭性。

3.2 配套闸站工程

通过设置 5 座闸门将区域内水体封闭, 从而隔离上游及下游污染, 提高主城区河道水质, 闸站分布图如图 2 所示。其中, 1 号、2 号闸站位于乍浦塘与外城河的南北 2 个交汇处, 目的是为了外城河与乍浦塘隔离, 从根本上阻止了上游污染物进入下游; 3 号闸站位于东星河龙湫路南侧, 目的是防止北侧海鲜农贸市场的污废水汇入到外城河; 4 号闸站位于张家埭港东侧, 主要是阻断下游水系回流污染中央公园水质及牛桥港; 5 号闸站位于牛桥港, 文体中心东侧, 牛桥公路西侧, 作为下游控制闸站, 能够有效实现区域水系封闭, 通过闸站便于控制各渠道排水水量和流向, 确保各条河道均能够有效流动。同时, 也能够防止牛桥港河水倒灌、污染物回流。

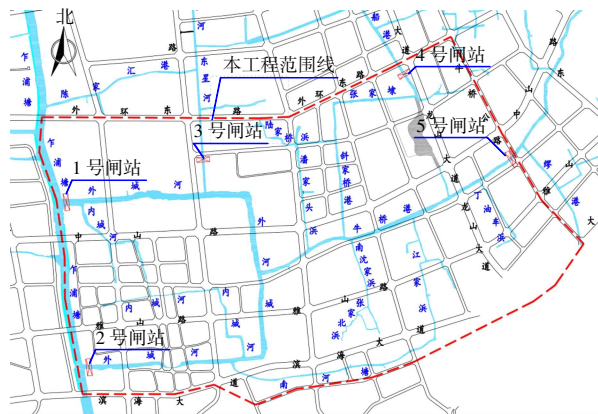


图 2 闸站分布图

3.3 河道清淤工程

对于长期未清淤的河道, 大量污染物在底泥中累积, 对污染物含量较高的底泥进行清淤可有效降低河道总磷(TP)浓度, 增加水体透明度, 有利于与其他措施共同作用使河道进入良性的生态循环^[3]。

本工程清淤疏浚范围为内城河、外城河、牛桥港等 12 条河道, 总长度约 16.49 km。其中, 外城河和牛桥港的河道宽度不低于 15 m, 且长度均超过 2 km; 其余河道宽度均较窄, 除内城河长度

为 2.76 km 外，其他河道长度均不足 2 km。

综合考虑已有的河道清淤技术，结合工程所在地区清淤经验，采用绞吸清淤方式投资省、进度快^[4]。鉴于本工程河道较多，外城河、牛桥港相对较宽，且河道桥梁相对较高，具备吸泥船通航条件，因此采用绞吸式清淤。其余内城河、东星河等 10 条河道相对较窄，且各河道桥梁较多，标高也较低，绞吸船不具备通航条件，结合当地实际情况，采用围堰、抽水后冲淤的方式，将淤泥吸至小型运泥船外运。

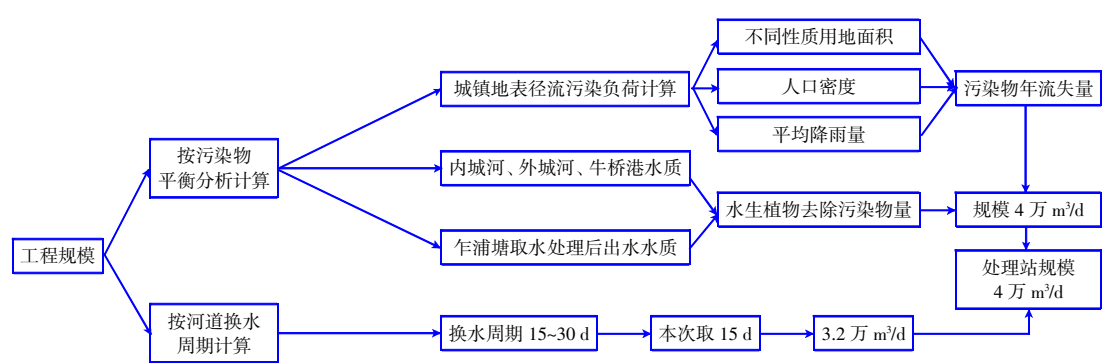


图 3 工程规模计算简图

在水质优化过程中，总磷(TP)作为主要去除目标，需采取有效治理措施。研究表明，若单纯依靠沉水植物对 TP 进行去除，在现有的污染物输入条件下，水生植物的覆盖面积需达到河道总面积的 90%，方可实现 TP 浓度达标。然而，这种大规模的水生植物覆盖不仅在实际工程实施过程中存在较大困难，同时也可能影响河道的水动力条件及生态平衡。因此，仅依靠生态净化方法难以满足水质改善的需求，需结合其他高效水处理工艺，以提高污染物去除效率。

综合分析已有水处理措施，研究发现水处理工艺中的混凝沉淀或气浮工艺对总磷去除效果较好，去除率可达 70%以上，或出水 TP 浓度可降低至 0.05 mg/L 以下。基于此，本工程通过闸门调控，实现目标水体与上游污染源的隔离，并结合引水处理方案，在一定周期内对目标水体进行更新与替换，从而保证水质稳定性，并有效降低污染负荷。同时，该方式可避免底泥扰动导致的二次污染，确保河道生态环境的长期稳定。

经过水质检测与计算分析，处理后的水体污染指标基本达标，仅 BOD₅(5 d 生化需氧量)浓度

3.4 过渡设施补水工程

本工程借助闸门调控实现封闭水体的水力调节，并优化封闭水系的流动性。具体措施包括从乍浦塘引水，并对其进行净化处理后补充至区域内河道，以提高水系整体水质并增强水体流动性。为实现水质净化目标，新建 4 万 m³/d(规模计算依据如图 3 所示)处理站 1 座，并采用高效磁分离处理工艺，以去除水体中的悬浮物、污染物及富营养化因子，从而提升出水水质，改善受纳水体的环境条件。

仍未满足水环境质量标准。因此，在引水净化的基础上，还需依靠生态修复措施，利用水生植物的吸收及水生动物的生物摄食作用，进一步降低 BOD₅ 浓度，以最终实现水质全面改善。

3.5 生态治理工程

为有效降低混合水体中 BOD₅ 浓度，采用生态治理技术，以营造稳定的水生动植物生态系统，实现水质的可持续改善与长期保持。生态治理技术通过模拟和重建自然水生态系统，促进水体自净功能的恢复，提升水体环境的稳定性，并有效控制污染物的积累和扩散。

生态治理的核心在于创造适宜的生境条件，以支持多种水生生物的生长与繁衍，从而构建完整的水生态系统。通过恢复水体生物多样性，促进不同生物群落间的协同作用，该技术能够充分发挥生态系统的循环再生和自我修复功能，逐步实现水生态系统的良性循环^[5]。

本工程具体实施措施包括在目标水体中种植适宜的沉水植物，如苦草、金鱼藻、轮叶黑藻等，增加水体溶解氧含量，并通过植物吸收作用降低水体中氮、磷等富营养化物质的浓度。同时，投

放适量的水生动物(如滤食性鱼类、贝类等),利用其生物摄食和滤食作用控制浮游生物数量,进一步优化水质。通过这些措施旨在构建“水下森林”生态系统,不仅具备水质净化、底泥矿化、提高水体透明度等功能,还能在水下形成稳定的立体生态景观,提升整体水环境质量。

3.6 水务信息化

通过系统性治理,预期河道水质将得到显著提升。然而,鉴于河道水质受多种因素影响,单纯依靠工程建设难以实现长期稳定的水环境改善。因此,为确保河道提质效果的可持续性,需要在治理实施的同时,强化制度建设与精细化管理。基于“三分建、七分管”的治理理念,着眼于河道管理体系的优化,通过水质监测、河网调度及信息化管理等方法,实现科学化、智能化、可视化的河道监管体系。

本工程构建了集水质监测、闸站调度、数据分析与运维管理为一体的河道管理系统,重点关注关键断面水质监测与河网水动力调控,以提高治理的精细化程度。系统采用可视化数据管理技术,初步建立了“河道监管+运维”一体化的智能管理平台,从而提升河网系统的整体管理水平。

在信息化建设方面,采用局域网与公网组合的网络架构,以提高数据传输的安全性和稳定性。其中,闸站远程控制、数据采集及视频监控通过光纤专线传输,构建独立的局域网,确保数据传输的高效性和可靠性。闸站设备工况数据通过单项网闸进入防火墙,并存储至指挥中心服务器,实现设备状态的实时监测与管理。河道视频监控系统采用专线传输,并经过防火墙存储至视频管理服务器,以加强河道监管力度。水雨情监测设备(包括水位计、雨量计、水质监测设备等)则采用 4G 无线网络进行数据传输,确保水环境监测的实时性和广泛覆盖。与此同时,软件访问采用公网,并通过防火墙与网关进行网络安全管理,以保障系统运行的稳定性与数据安全性。本项目设立监测点位包括:视频监控点 13 处、水质检测点 3 处、水位计 15 处、气象站 2 处,点位分布如

图 4 所示。

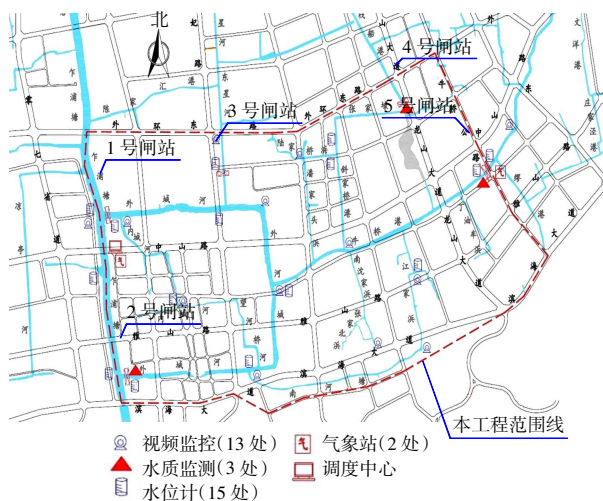


图 4 各监测点位分布图

4 结语

嘉兴碧水工程通过雨水管网修复、配套闸站建设、河道清淤、过渡设施补水、生态治理及水务信息化管理等一系列综合措施,显著改善了主城区河道水质,提高了水体透明度,并有效促进了水生态系统的恢复与稳定。工程实施过程中,通过构建水下森林,增强水体自净能力,实现水生态系统的动态平衡,在提升水环境质量的同时,优化了河道生态功能。

此外,工程在满足施工性能要求的基础上,充分考虑了治理措施的系统性、经济性及可持续性,确保了水环境修复的长期有效性,不仅提高了治理效能,还优化了工程实施成本,为后续城市河道综合整治项目提供了可借鉴的示范经验。

参考文献:

- [1] 魏玉翠,薛晶,鲍书娜,等. 山丘区河道综合整治实例[J]. 水利科学与寒区工程, 2023, 6(9): 110-113.
- [2] 周伟. 河道综合整治工程顶管施工措施[J]. 河南水利与南水北调, 2023, 52(12): 53-54.
- [3] 高婷,赵彦伟,常国梁,等. 北方平原区中小河道生态治理技术筛选[J]. 环境工程, 2020, 38(10): 41-46.
- [4] 张关超,刘存辉,王茵. 城市河湖罩吸清淤船清淤施工工法[J]. 中国水能及电气化, 2023(11): 9-15, 27.
- [5] 张小春,魏秘,王辉,等. 生态治理技术在长沙市梅溪湖的应用研究[J]. 人民长江, 2021, 52(10): 55-61.