

市政排水设施养护中淤泥清理及管道疏通技术分析

文 / 高卓卓 石家庄市排水管护中心

摘要：目前，我国的城市化进程有了很大进展，市政排水管道作为城市水循环系统的“血管”，其畅通性直接关系到汛期排涝安全与水环境质量。本文就市政排水设施养护中淤泥清理及管道疏通技术分析，确保整个过程的安全性和有效性。

关键词：市政排水设施；淤泥清理；管道疏通；养护技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.20.080

引言

随着城市化进程的加速，我国城市排水管道总长度已突破100万公里，其中服役超过20年的管道占比达35%。长期运行导致的管道淤积不仅使排水能力下降40%-60%，还会滋生硫化氢等有毒气体，引发管道腐蚀与环境风险。普遍出现因管道堵塞导致的污水漫溢事件，凸显了常态化养护的重要性。现有研究多聚焦单一技术优化，如高压水射流参数调试或脱水设备改进，缺乏对技术体系的系统性整合。本文基于《城市河道生态清淤管理规范》《城镇排水管道检测与评估技术规程》等标准，结合工程实践构建全流程技术框架，重点分析不同场景下的技术适配性，为养护工程提供从检测到处置的完整解决方案。

一、市政排水设施养护的重要性

市政排水设施是城市“生命线”工程的重要组成部分，承担着收集、输送和排放城市雨水、污水的关键功能。排水管道长期运行过程中，由于固体颗粒沉积、油脂凝结、树根侵入等原因，会导致管道内壁结垢、断面缩小甚至完全堵塞。这不仅会降低排水能力，还可能引发道路积水、污水倒灌等严重后果。据统计，我国许多城市排水管道的淤积率超过30%，部分老旧城区甚至达到50%以上，严重影响了排水系统的正常运行。定期进行淤泥清理和管道疏通是维持排水设施功能的基本措施。通过清除管道内的沉积物，可以恢复管道设计通水能力，预防管道堵塞和破损，延长设施使用寿命。同时，规范的养护作业还能及时发现管道结构性缺陷，为维修和改造提供依据。随着城市对排水系统可靠性要求的提高，排水设施养护工作正从被动抢修向主动

预防转变，淤泥清理和管道疏通技术的科学选择和合理应用显得尤为重要。

二、淤泥清理及管道疏通技术概述

(一) 淤泥清理及管道疏通技术环节

对于淤泥清理，经常采用的设备有吸污车、清淤机器人等。吸污车利用强大的吸力，将管道淤泥和积水吸到车内的储存罐中。其原理是通过真空泵在罐体内形成负压环境，使管道淤泥在压力差的作用下被吸入罐中。清淤机器人则通过自身携带的挖掘或刮除装置，将附着在管道内壁的淤泥刮下或破碎，并通过自带的传输系统将淤泥运出管道。管道疏通主要包括机械疏通和化学疏通两种方式。机械疏通利用疏通弹簧、高压水枪等设备进行疏通，其中疏通弹簧通过旋转和推进的方式，将管道堵塞物搅散或带出管道。化学疏通则将化学药剂倒入管道，使其与堵塞物发生化学反应，如溶解油脂，或者使一些硬块物质分解、软化，从而达到疏通管道的目的。

(二) 淤泥清理及管道疏通技术流程

淤泥清理及管道疏通技术的关键流程包括设备选型、疏通位置确定和疏通过程控制等。设备选型需要考虑管道的管径、材质、堵塞程度以及淤泥的性质等因素。例如：对于管径较小且淤泥较多的管道，更适合使用清淤机器人；对于一些简单堵塞且管径较大的管道，吸污车结合高压水便能满足需求。疏通位置确定需要借助检测设备，如管道内窥镜等，准确找出堵塞或淤泥堆积严重的位置，以便针对性进行疏通工作。疏通过程控制则需要确保设备的操作规范、安全，同时注意避免对管道造成二次损伤。例如，在使用高压水枪时，控制好水压，防止冲坏管道内壁。

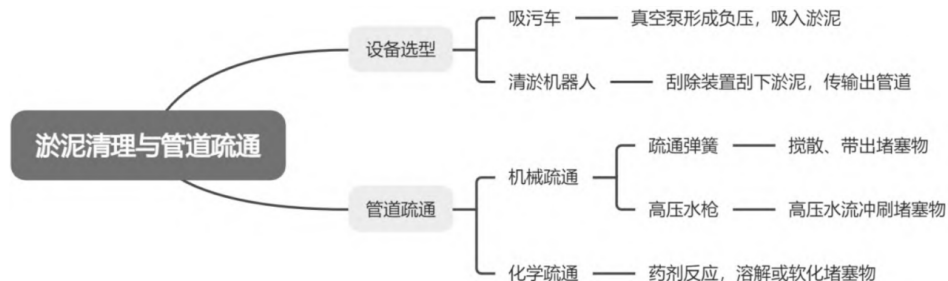


图1 淤泥清理及管道疏通技术环节示意图

三、淤泥清理与管道疏通技术的选择因素

(1) 管道材质与直径是技术选择的首要因素。混凝土管、陶土管等脆性材质管道宜采用非接触式的高压水射流或气动疏通法；HDPE等塑料管道则可采用机械方法，但需控制作业力度。管径大小直接影响设备选择，小管径(DN300以下)管道通常采用高压水射流或弹簧疏通器；大管径管道则可选择机械清淤或通沟机作业。(2) 淤泥性质与沉积程度也至关重要。对于松散沉积物，高压水射流法效率较高；对于硬质结垢或树根侵入，可能需要结合机械方法；油脂类沉积物则适合化学或高温水射流处理。沉积程度决定了作业强度，轻微淤积可采用预防性清洗；严重淤积或完全堵塞则需要强力疏通手段。(3) 作业环境与安全要求不容忽视。在交通繁忙区域，应选择作业面小、耗时短的技术；在敏感环境区域，应优先考虑低噪音、无污染的作业方式。同时，有限空间作业必须遵守相关安全规范，配备必要的通风、检测和防护设备。近年来，随着城市管理要求的提高，低影响、高效率的养护技术越来越受到青睐。

四、管道疏通与淤泥清理技术体系

(一) 物理清除技术的场景适配性

高压水射流技术通过 20-50MPa 的高压水流冲击管壁淤积，适用于泥沙型与生物膜型堵塞，尤其在 DN500 以上管道中效率突出。其关键参数需根据淤积类型调整：泥沙淤积：采用 30MPa 压力、180L/min 流量，扇形喷嘴（角度 30°），前进速度控制在 5m/min；生物膜清除：降低至 20MPa 压力，改用旋转喷嘴（转速 3000r/min）以避免管道内壁损伤；树根穿透处理：需采用脉冲式射流（频率 10Hz），配合切割喷嘴破除根系。机械清淤技术分为绞吸式、抓斗式和螺旋式三类：绞吸式：通过旋转绞刀（转速 50-150r/min）破碎硬块后负压抽吸，适用于含砖石等杂物的淤积，该技术配合金属探测仪定位，使硬块清除效率提升 40%；抓斗式：适合清除体积较大的堵塞物，其爪瓣开合度可在 10-50cm 范围内调节，抓取力达 5kN，成功解决了工程中建筑废料堵塞问题；螺旋式：对于 DN300 以下管道，宜采用直径适配的弹簧钻头（直径 50-200mm）进行疏通，通过 180r/min 的旋转速度推进，避免管道过度磨损。人工清淤作为辅助手段，仅在设备无法抵达的特殊地段使用（如检查井连接处），需配备四合一气体检测仪与正压式呼吸器，单次作业时间不超过 30 分钟，且必须执行“先通风、再检测、后作业”的流程。

(二) 生物处理技术的创新应用

生物清洁剂通过 Ka 菌群产生的淀粉酶、纤维素酶、脂肪酶和蛋白酶等生物酶，可高效降解管道内的有机淤积。与传统 TBS 菌群相比，Ka 菌群的总累积氧吸收率

高 74%，在脂肪酶和蛋白酶产生能力上表现尤为突出，分别是 TBS 菌群的 2.3 倍和 1.8 倍。其应用场景主要包括：餐饮集中区管道：每月投放一次生物制剂（浓度 500ppm），可减少油脂淤积 80% 以上，使管道疏通周期从 3 个月延长至 12 个月；化粪池预处理：在污水进入管道前投加复合菌群，COD 去除率达 65%，悬浮物减少 50%；老旧管网维护：对于结构性完好但淤积频繁的管道，采用生物膜培养技术可建立长效自清机制，使年清淤次数减少 60%。现场试验表明，在 DN300 的餐饮废水管道中，连续 3 个月每周投加 200ml 生物清洁剂，管道内壁油脂附着厚度从 15mm 降至 3mm 以下，水流速度提升 40%。

五、淤泥处理与资源化利用技术

(一) 施工前准备工作

施工前准备工作主要包括设施状况调查、淤泥与管道情况评估及施工场地与设备准备。工作人员全面调查排水设施，了解排水管道的分布、走向、连接方式以及周边环境（如建筑物分布、地下其他管线情况等）。结合排水设施的原始设计资料，确定各个管道的高程控制点和坐标信息，详细评估管道内淤泥的大致分布范围、厚度、成分及管道的堵塞程度、损坏情况等。淤泥评估可以借助小型探测设备初步获取信息，如利用带有摄像头的探杆观察淤泥的外观情况。对施工场地进行规划和准备，确定设备和材料的存放区域、施工车辆的停放位置等。

(二) 脱水减量化工艺

清淤产生的淤泥含水率通常在 90%-95%，需经过脱水处理使含水率降至 60% 以下（符合 GB18599 填埋标准）。主流技术包括：机械脱水：板框压滤机通过 0.6-1.2MPa 压力压榨，使无机污泥含水率降至 45%-60%，但对有机污泥需先投加 PAC 絮凝剂改良脱水性能；叠螺脱水：采用螺旋轴与固定环的挤压结构，适合含砂量较高的市政淤泥，可实现 24 小时连续运行，泥饼含水率稳定在 70% 左右；离心脱水：通过 3000 转/分钟的高速离心力分离，处理量达 10-50m³/h，但能耗较机械脱水高 30%。某污水处理厂案例显示，采用“絮凝预处理+板框压滤”工艺，污泥体积可缩减至原体积的 1/5，运输成本降低 60%。对于高粘度油脂污泥，需增加低温热处理（60-80℃）预处理环节，破坏胶体结构，使脱水效率提升 25%。

(三) 淤泥清理操作

淤泥清理操作主要分为定位淤泥堆积点、选择清理设备与方式、进行淤泥清理三个步骤。工作人员借助管道检测设备（如管道内窥镜）确定淤泥在管道内的堆积位置和严重程度，重点标记淤泥堆积严重的区域。根据淤泥的性质（如淤泥黏稠度、是否含有硬块杂物等）、

堆积位置（如与井口的距离、所在管道的管径等）及排水设施的整体情况，选择合适的清理设备和方式。对于管径较大、距离井口较近且淤泥量较多且较为松散的情况，优先考虑使用吸污车进行清理；对于管径较小、内部结构复杂且淤泥有一定黏性的管道区域，可以选用清淤机器人进行清理。在进行淤泥清理时，若使用吸污车，需要将吸污管准确放置到淤泥堆积点，启动吸污车真空泵，按照预定操作规范进行淤泥抽吸。

（四）无害化处置与资源化路径

淤泥处置需遵循“减量化、稳定化、无害化、资源化”原则：安全填埋：固化处理后需满足 GB16889 标准，重金属含量控制在铅 $\leq 0.3\text{mg/L}$ 、镉 $\leq 0.01\text{mg/L}$ ，采用水泥固化时掺量不低于 30%，养护时间 ≥ 7 天；土地利用：经检测符合 GB15618 标准的淤泥，可用于低洼地平整或绿化用土，有机质含量 $\geq 3\%$ 时可作为土壤改良剂。某项目将河道清淤淤泥经堆肥处理后，用于城市公园绿化，使土壤有机质含量从 1.2% 提升至 2.8%；建材化利用：掺入 30% 以下比例淤泥制成免烧砖，抗压强度可达 MU10 等级，符合 GB36600 标准。试验表明，淤泥砖的吸水率比普通黏土砖低 15%，抗冻性能满足 -20°C 至 20°C 循环测试要求。资源化利用的经济效益分析显示：每吨淤泥的建材化利用可创造 50-80 元收益，比安全填埋（每吨处置费 80-120 元）更具经济优势，同时减少 30% 的土地占用。

（五）管道疏通操作

管道疏通操作一般分为确定堵塞位置、选取疏通设备与药剂（如果采用化学疏通）、开展疏通工作三个环节。工作人员利用管道内窥镜或其他检测工具准确查找管道堵塞位置，同时判断堵塞物的大致类型（如毛发、杂物堆积、油脂凝固及其他硬物堵塞等）。根据堵塞物类型和管道的实际情况选取疏通设备或药剂。对于毛发、杂物等堵塞，通常选用疏通弹簧或高压水枪进行疏通。疏通弹簧的尺寸应与管道内径相匹配，将疏通弹簧插入管道，通过旋转和推进的方式将堵塞物搅散或带出。高压水枪则需要根据管道的强度设定合适的水压，将水枪喷头插入管道直达堵塞位置，并利用高压水流的冲击力冲散堵塞物。若判断为油脂类堵塞，可以选用专门的化学疏通药剂，在使用药剂前，需要将药剂按照规定比例稀释，再将药剂倒入堵塞位置上游的管道中，药剂用量根据堵塞物的量和管道长度进行估算，最终按照规程开始疏通工作。

（六）施工后检查与验收

施工后检查与验收主要包括管道内部复查、排水能力测试以及施工现场清理。管道内部复查工作包括管道内壁状况检查、管道堵塞解除情况检查及管道完整性检

查。工作人员可以利用管道内窥镜再次检查管道内部是否有因清理或疏通操作造成的划痕、破损等情况，检查过往堵塞物是否已完全清除，同时检查管道是否存在新的损坏或变形。对于排水能力测试，主要向管道内注入一定量的水，观察排水速度和排水的顺畅程度，以此判断管道的排水功能是否恢复正常。如果发现排水仍然不畅，需要重新检查管道，找出问题并进行处理；如果排水问题已解决，待施工完成后及时进行现场清理。

六、技术优化与创新方向

智能化清淤设备的研发是未来重要发展方向。通过集成传感器、机器视觉和自动控制技术，开发能够自主识别淤积状况、规划作业路径、调节作业参数的智能清淤机器人，可显著提高作业效率和安全性。如目前正在试验的管道巡检清淤一体化机器人，能够实时检测管道状况并针对性清理，大大减少了人工干预。环保型清淤技术的应用日益广泛。生物酶清淤剂、微生物降解技术等绿色清淤方法正在推广，它们能有效分解有机沉积物且不产生二次污染。同时，淤泥资源化利用技术也在发展，如将清淤污泥用于建材生产或土壤改良，实现废物利用。这些技术符合可持续发展理念，是未来清淤技术的主流方向。管道疏通技术的自动化发展迅速。自动定位堵塞点的声呐检测系统、远程控制的疏通机器人等自动化设备正在普及，它们能够精准定位问题部位并实施针对性疏通，大大降低了人工成本和作业风险。随着 5G 技术和人工智能的发展，未来可能出现完全自主决策和作业的管道疏通系统，实现排水设施养护的智能化转型。

结语

市政排水设施养护中的淤泥清理和管道疏通技术多种多样，各有特点和适用范围。在实际工作中，应根据管道状况、淤积特点和作业环境等因素，选择合适的技术或技术组合。随着科技进步，智能化、环保型、自动化的新技术不断涌现，为排水设施养护提供了更高效、更安全的解决方案。未来，应加强技术创新和装备研发，建立科学完善的养护技术体系，同时重视养护人员的专业培训，全面提升市政排水设施养护水平，保障城市排水系统安全高效运行。

参考文献

- [1] 邵银霞, 周洁, 汪玲玲, 等. 基于全生命周期策略的排水养护信息化管理新模式 [J]. 中国给水排水, 2024, 40 (8): 17-21.
- [2] 张春媛. 市政道路现状排水管道清淤修复技术分析 [J]. 工程技术研究, 2024, 9 (11): 69-71.
- [3] 汤克轩, 刘占兴, 王志豪, 等. 声纳技术在排水方涵淤泥厚度检测中的应用研究 [J]. 工程地球物理学报, 2023, 20 (5): 590-598.