

市政道路排水管道智能化清淤设备选型及施工效率提升研究

柏 林 李佳芮 王聪聪
中建八局第二建设有限公司 山东 济南 250014

摘 要：市政道路排水管道清淤面临多样淤堵与复杂环境，智能化设备凭其自动化、精准探测及强适应性成提效关键。文章综述淤堵类型、清淤要求及智能化设备优势，介绍管道机器人、高压水射流、智能吸污等设备性能，分析管道条件、淤堵状况、作业环境及经济可行性对选型的影响。同时，探讨施工前准备、协同作业、技术创新及人员技能提升等提升清淤效率的措施，旨在为市政道路排水管道智能化清淤提供理论与实践指导，确保清淤作业高效、安全进行。

关键词：市政道路排水管道；智能化清淤设备；设备选型；施工效率

1 市政道路排水管道清淤需求及智能化设备概述

1.1 排水管道淤堵类型及特点

市政道路排水管道的淤堵类型多样，不同类型的淤堵有着各自独特的特点。泥沙、杂物淤积是最为常见的一种，多由雨水冲刷路面携带的泥沙、行人丢弃的生活垃圾、落叶等进入管道堆积形成。这类淤积物成分复杂，质地松散，若不及时清理，会逐渐缩小管道过水断面，影响排水效率。管道内壁结垢则是另一种常见淤堵类型，主要源于生活污水中的油脂、洗涤剂以及工业废水排放的化学物质。这些物质长期附着在管道内壁，会逐渐形成坚硬的垢层，不仅阻碍水流，还会滋生细菌，影响管道使用寿命。这种淤堵具有隐蔽性强、清理难度大的特点。另外，管道破损导致的结构性淤堵也不容忽视。由于地质沉降、车辆荷载、管道老化等原因，管道可能出现裂缝、坍塌、变形等问题，破损部位会截留流经的泥沙和杂物，形成淤堵。此类淤堵往往伴随着管道结构的损坏，清淤的同时还需对管道进行修复，处理难度极大。

1.2 清淤作业的基本要求

清淤作业需满足多方面的基本要求，在清淤效果上，要保证管道达到一定的畅通度和清洁度，确保排水功能恢复正常。不仅要清除管道内的明显淤积物，还要尽可能去除内壁的结垢，减少淤堵再次发生的可能性。作业安全性是清淤作业的重中之重，一方面，要保障施工人员的生命安全，避免因管道内缺氧、有毒气体超标等情况引发安全事故；另一方面，要保护管道及周边设施，防止清淤过程中对管道造成二次损坏，避免影响周边道路、建筑物的结构稳定。同时，清淤作业还需考虑对交通和居民生活的影响，市政道路往往交通繁忙，清

淤施工应尽量缩短作业时间，优化施工方案，减少对交通通行的阻碍。在居民生活区附近作业时，要控制噪音、扬尘等污染，降低对居民日常生活的干扰^[1]。

1.3 智能化清淤设备的技术优势

智能化清淤设备相较于传统设备具有显著的技术优势，自动化操作是其核心优势之一，通过先进的控制系统，设备能够实现自主行走、探测、清淤等一系列操作，大幅减少人工干预，降低了人工劳动强度，同时也避免了人工进入管道作业的安全风险；配备先进探测与监控系统是智能化清淤设备的另一大亮点。这些系统能够精准定位淤堵位置、判断淤堵类型和程度，为清淤作业提供精准的信息支持，使清淤工作更具针对性，提高了清淤效率和效果。

2 常见市政道路排水管道智能化清淤设备类型及性能

2.1 管道机器人清淤设备

管道机器人清淤设备根据适用管道口径的不同，可分为小型和大型两种。小型管道机器人体型小巧灵活，适用于口径在200毫米以下的管道。它配备有高清摄像头和机械手臂，具备探测、抓取、冲洗等功能，能够精准识别管道内的小型杂物并进行清理，对于管道内壁的轻度结垢也能通过高压水流进行冲洗。其行走能力较强，能够在管道内灵活转向，作业半径一般在50米左右，清淤效率可达每小时10-20米，探测精度能达到厘米级；大型管道机器人则主要用于口径在800毫米以上的大口径管道。它具备更强大的动力系统和作业装置，可进行高压冲洗、淤泥抽吸等作业。其机械臂力量更大，能够处理较大的杂物和淤积块。行走方式多为履带式，适应不同的管道地形，作业半径可达100米以上，清淤效率每小时能达到30-50米，探测精度同样能满足工程需求。

2.2 高压水射流智能化清淤设备

高压水射流智能化清淤设备以高压水流为清淤介质,分为车载式和便携式两种。车载式高压水射流设备安装在专用车辆上,移动便捷,适用于路面作业。它配备有智能控制系统,能够调节水压和流量,可配合管道机器人使用,通过高压水流将管道内的淤积物松动、冲刷,再由其他设备将淤泥排出。其水压一般在10~30兆帕,流量为50~200升/分钟,射程可达10~20米,清淤速度较快,每小时能清理20~40米管道;便携式高压水射流设备体积小、重量轻,灵活度高,适用于狭窄空间和复杂路段的管道清淤。它便于人工携带,可深入到车载设备难以到达的区域作业。水压通常在5~15兆帕,流量为20~80升/分钟,虽然清淤速度相对较慢,每小时约10~20米,但在复杂环境下的适应性更强^[2]。

2.3 智能吸污清淤设备

智能吸污清淤设备主要包括真空吸污车和联合吸污清淤设备。真空吸污车配备智能控制系统,能够精准控制吸力和吸污量,通过强大的真空吸力将管道内的淤泥、污水吸入存储罐。其吸污能力较强,每小时可吸污5~10立方米,处理效率高,自动化程度也较高,可实现远程操作和监控;联合吸污清淤设备集高压冲洗与真空吸污于一体,能够协同作业。先通过高压水流将淤积物松动,再立即进行真空吸污,大大提高了清淤效率。它的吸污能力和高压水射流性能与单独的设备相当,且作业连贯性强,减少设备之间的配合时间,适用于淤积较为严重的管道。

2.4 其他智能化清淤设备

除了上述主要设备外,还有一些其他类型的智能化清淤设备。管道疏通机器人专门针对堵塞严重的管道进行疏通作业,其头部配备有特殊的钻头或切割装置,能够破碎坚硬的淤积块和杂物,打通管道通道;智能监测与清淤一体化设备则是将监测和清淤功能结合在一起,能够实时监测管道内的淤堵状况,当检测到淤堵达到一定程度时,会自动启动清淤程序进行清理。

3 智能化清淤设备选型的影响因素分析

3.1 管道自身条件

管道自身条件是影响智能化清淤设备选型的重要因素。管道口径不同,适用的设备规格也不同。小口径管道需要体型小巧的设备,如小型管道机器人、便携式高压水射流设备等;大口径管道则可选用大型管道机器人、车载式高压水射流设备、智能吸污车等大型设备。管道材质也会对设备选型产生影响,混凝土管内壁较为粗糙,可能会对设备的行走部件造成一定磨损,选择设

备时要考虑其耐磨性;塑料管和钢管内壁相对光滑,但钢管可能存在锈蚀问题,设备的探测系统需能准确识别。管道埋深及敷设方式同样需要考虑,埋深较深的管道,设备的进出和作业难度较大,需要选择具有较强动力和远程操作能力的设备;对于非开挖敷设的管道,设备的适应性要求更高,要避免对管道周围土壤造成过大扰动^[3]。

3.2 淤堵状况

淤堵状况是设备选型的关键依据。不同的淤堵类型需要不同清淤方式的设备。对于泥沙、杂物淤积,吸污类设备和高压水射流设备较为适用;管道内壁结垢则需要高压水射流设备或带有特殊刮削装置的管道机器人;结构性淤堵在清淤的同时还需进行修复,可能需要联合使用多种设备。淤堵程度也决定了设备的能力需求,轻度淤堵可选用清淤能力相对较弱的设备,如小型管道机器人配合便携式高压水射流设备;中度和重度淤堵则需要清淤能力强的设备,如大型管道机器人、联合吸污清淤设备等。淤堵位置不同,设备的适应性要求也不同。直管段的淤堵清理相对简单,大多数设备都能胜任;弯头和检查井周边的淤堵清理难度较大,需要设备具有较好的转向性能和灵活的作业装置。

3.3 作业环境条件

作业环境条件对设备选型有着重要影响。路面交通状况方面,如果道路交通繁忙,不允许大型设备长时间停放,应选择小型、移动便捷的设备,如便携式设备、小型管道机器人等;若作业区域交通管制相对容易,可选用大型设备以提高清淤效率。周边建筑物分布也需要考虑。在密集的居民区或商业区作业,要选择噪音小、污染少的设备,避免对居民生活和商业活动造成过大干扰,同时设备的作业空间也受到限制,大型设备可能无法进入;地质与水文条件同样不可忽视。地下水位较高时,设备需具备一定的防水性能;土壤稳定性较差的区域,要避免设备作业对土壤造成扰动引发坍塌,设备的选型要充分考虑地质情况。

3.4 经济性与技术可行性

经济性与技术可行性是设备选型的重要考量因素。设备购置或租赁成本差异较大,要根据工程预算选择合适的设备。对于长期、大规模的清淤工程,购置设备可能更经济;短期、小规模工程则可考虑租赁设备。设备运行能耗及维护费用也需要纳入成本核算。能耗低、维护简便的设备能够降低长期运行成本。同时,要考虑设备操作的技术门槛及人员培训成本,选择操作相对简单、易于培训的设备,可减少人员培训投入;技术可行

性方面,要确保所选设备能够满足工程的清淤要求,在现有技术条件下能够顺利作业。对于一些特殊的管道和淤堵情况,要提前进行技术论证,确保设备的适用性。

4 智能化清淤施工效率提升的配套措施

4.1 施工前的准备工作优化

施工前的准备工作优化是提升清淤施工效率的基础,精细化勘察与方案设计必不可少,通过先进的探测设备对管道进行全面勘察,详细掌握管道的走向、口径、材质、淤堵类型、位置和程度等信息,制定科学的清淤方案,明确清淤重点区域和顺序,避免盲目施工。施工前要对所选设备进行全面检查和调试,确保设备的各项性能指标达到作业要求,更换磨损部件,添加润滑油等,保证设备在施工过程中处于最佳工作状态,减少故障停机时间;根据施工区域的交通状况,制定合理的交通导改方案,设置明显的交通标志和隔离设施,引导车辆和行人绕行,为清淤作业创造安全、有序的施工环境,提高作业效率^[4]。

4.2 施工过程中的协同作业管理

智能化设备与人工要建立高效的协作模式,人工负责设备的部署、监控和辅助作业,设备负责具体的清淤操作,双方密切配合,形成合力。多设备联合作业时,要优化作业流程。例如,先由管道机器人进行探测和初步清理,再由高压水射流设备进行深度冲洗,最后由吸污设备将淤泥排出,各设备之间要合理安排作业时间和顺序,减少等待和衔接时间。通过设备的监控系统实时掌握清淤进度和效果,根据实际情况及时调整作业参数,如改变水压、吸力、设备行走速度等,确保清淤作业始终处于最佳状态。

4.3 施工技术创新与应用

施工技术创新与应用是提升清淤效率的重要途径。引入物联网技术,实现设备的远程监控与调度,管理人员可以在监控中心实时查看各设备的作业情况,根据需要进行远程操作和调度,提高设备的利用率和管理效率;采用大数据分析优化清淤作业计划,通过收集和分析历史清淤数据、管道运行数据等,预测管道的淤堵趋

势,制定更合理的清淤周期和作业计划,实现预防性清淤,减少紧急清淤的次数。推广新型清淤耗材也能提高清淤效率,如使用高效清洁剂,能够快速溶解管道内壁的结垢,增强清淤效果;采用耐磨喷头,延长设备部件的使用寿命,减少更换次数,提高作业连续性。

4.4 人员技能提升与管理

人员技能提升与管理是保障施工效率的重要因素。加强智能化设备操作技能培训,使操作人员熟悉设备的性能、操作方法和故障排除技巧,能够熟练、准确地操作设备,提高作业效率和质量。建立绩效考核机制,将施工人员的工作效率、清淤质量、安全状况等纳入考核范围,根据考核结果进行奖惩,激励施工人员积极工作,提高工作积极性和主动性;加强安全培训,提高施工人员的安全意识和应急处理能力,减少安全事故的发生。安全事故不仅会影响施工进度,还可能造成人员伤亡和财产损失,确保施工安全是提高施工效率的前提。

结束语

综上所述,市政道路排水管道智能化清淤设备的选型与施工效率提升是一个系统工程,需综合考虑管道特性、淤堵状况、作业环境及经济性等多个因素。通过精细化施工前准备、高效的协同作业管理、技术创新与应用以及人员技能与管理的提升,可以有效提高清淤作业的效率与质量。未来,随着智能化技术的不断进步,市政道路排水管道清淤将更加高效、安全、环保,为城市排水系统的顺畅运行提供有力保障。

参考文献

- [1]付兴伟.排水管道非开挖修复技术比选方法研究[J].给水排水,2021,57(S2): 422-424+428.
- [2]李予青.城市排水管道现状评估与非开挖修复技术研究[J].中国煤炭地质,2021,33(06):74-77.
- [3]金惠玲,孙振平等.排水管道非开挖修复技术的应用现状及展望[J].混凝土世界,2022(9):82-85.
- [4]宋双双.浅析排水管道非开挖修复技术的应用[J].江西建材,2022(7): 168-169.