

机械顶管施工技术在市政排水工程中的应用

文 / 王 宏 宝鸡市市政工程养护服务中心

摘要: 在城市化进程持续加快的背景下, 市政排水工程建设的重要性日益突出。但从实际施工中不难看出, 传统施工方法由于存在一定的局限性, 在应用中面临诸多挑战, 如地面沉降、噪声污染、交通拥堵等问题。而机械顶管施工技术作为一种新型的施工方法, 可以有效应对这些问题, 对提高施工效率和质量具有积极作用。鉴于此, 本文将从机械顶管施工技术的概述出发, 首先分析了这一施工技术的应用特点, 其次对机械顶管施工工艺流程及操作要点进行了重点探讨, 并提出行之有效的施工保证措施, 以期为市政排水工程的建设提供有益的参考。

关键词: 机械顶管施工技术; 市政排水工程; 应用

【DOI】 10. 12254/j. issn. 2096-6539. 2025. 05. 013

引言

市政排水工程在城市化建设中占据重要地位, 它的施工效率、质量和安全对城市居民的生活有着很大影响, 特别是在一些人口密集区域的施工过程中, 如果采用传统的施工方法, 将对周边交通、居民生活等带来诸多影响。因此, 在该类工程项目的建设, 施工方需要结合实际情况选择恰当的施工技术。机械顶管施工技术在市政排水工程中的应用就能兼顾提升施工质量和效率的双重要求, 保证项目建设的顺利推进。

一、机械顶管施工技术概述

机械顶管施工技术也被称为非开挖管道敷设技术, 在实际施工中主要是利用专业的机械设备, 按照相关要求对施工管道进行相应处理, 之后将其推入地下形成连续的管道系统。根据实际应用情况来看, 使用专门的顶管机械将管道推入地下是这一施工技术应用的关键所在, 通常需要用到顶进装置、导向系统和推进系统等。顶管管道有塑料管、钢管、钢筋混凝土管等多种类型, 具体需要根据工程项目的特点和施工要求选择合适材质与规格的管道。

二、市政排水工程中机械顶管施工技术应用特点

第一, 无须开挖地面。通过对机械顶管施工技术的分析可知, 该施工技术的应用中无须开挖地面, 这既能提高施工效率, 也能避免因开挖作业引发的滑坡、塌方等安全事故, 有助于提高施工安全性。

第二, 对周边环境影响小。在应用机械顶管施工技术中, 一般不用改变施工区域本来的土层结构, 更不需要开挖沟槽, 所以实际施工中产生的噪声污染、灰尘污染相对有限, 并且对于周边交通及地下管线的正常使用也不会造成显著影响。

第三, 施工效率高, 劳动强度不大。机械顶管依靠机械机头进行管道前端土体开挖, 相比人工顶管, 其施工效率更高, 能够保障工程进度。而且机械顶管着重依赖机械的帮助, 减少了工人在整个施工过程中的作用, 从而降低了劳动强度。

第四, 安全性高。机械顶管采用全自动遥控, 不需要工人在管道内工作, 减少了安全风险。

三、机械顶管施工工艺流程及操作要点

(一) 工艺流程

标准化的施工工艺流程对于确保施工质量、提高施

工效率和降低施工风险起着关键作用。因此, 在应用机械顶管施工技术之前, 必须明确施工工艺流程, 并且根据实际的施工情况对其进行合理调整, 最大限度保证技术应用的有效性。具体工艺流程如图1所示。

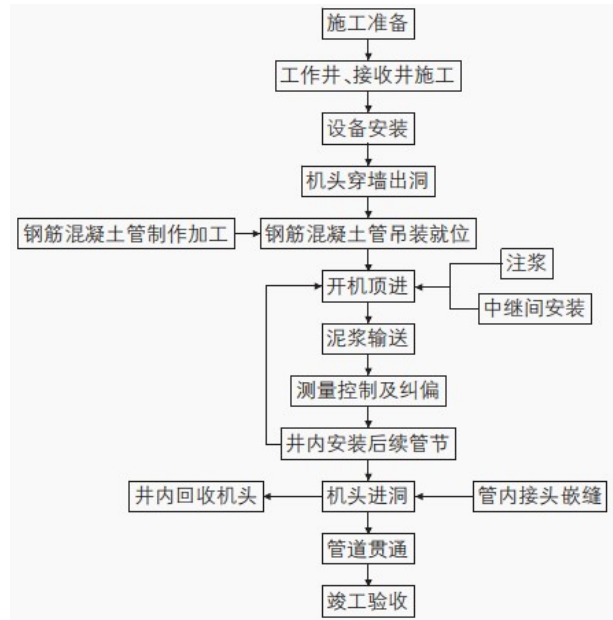


图 1 机械顶管施工技术工艺流程

(二) 操作要点

1. 工作井施工

基于对市政排水工程特点及具体项目的分析, 工作井及接收井采用具有较强稳定性与强度的钢筋混凝土竖井结构形式, 以有效抵抗外部荷载, 保证施工安全和周边建筑物的安全。其支护需要立足于施工现场的具体情况确定, 例如, 对于靠近住宅楼及高架桥附近的工作井, 应采用钢筋砼桩+旋喷桩支护降水的措施, 并使用顺作法进行施工。对于地质条件复杂、地下水位高的场合, 为了有效控制土体变形与地下水渗透, 应当使用逆作法施工。在工作井成型后, 应在井底合理设置集水坑, 方便对坑内积水的排除, 确保施工环境的安全和干燥^[2]。

2. 机械顶管施工

①工具管选型。在机械顶管施工技术的应用中, 施

工人员需要结合工程项目的实际情况选择合适的顶管掘进机。例如，某市政排水工程的施工区域地下水位高、施工作业需要穿过砂砾层与砂层，所以为了保证施工安全，应采用泥水平衡顶管机。该机不仅安全可靠，在实际使用中対地面建筑物的影响也比较小。

②顶力计算、最大顶距确定。顶力计算的准确性直接影响着顶管机的选择、顶管管道的设计，因此，在应用机械顶管施工技术中需要重视顶力计算。一般而言，顶力计算公式为 $F=F_f+F_h+F_g+F_m$ （ F_f 为摩擦阻力， F_h 为前端阻力， F_g 为管道自重， F_m 为泥浆压力）。值得注意的是，在顶力计算中还应根据现有顶管设备的功率计算总顶力，保证管道可以一次性顶至设计位置。同时，顶力计算中需要考虑管道的质量，避免顶力超过管道允许顶力，致使管道受损，影响后续的施工。最大顶距指的是单次顶进的最大距离，它的确定需要综合多项因素，包括顶管机性能、土壤条件、管道特性、施工条件等。

③地面准备工作。在正式施工之前，地面准备工作是否充分，对施工的顺利进行有着直接性的影响。首先，应根据工程项目的实际情况和相关规范要求进行各类设备的安装，如供电、用水、照明等设备，并且修建简易通道，方便施工材料和机具的顺利进场。其次，在施工材料的准备中需要有足够的冗余，以应对可能出现的意外情况。与此同时，根据施工方案备好所需的设备及机具，如顶管机、发电机、测量仪器等。最后，在井上与井下建立测量控制网，用于有效把控顶管施工的方向和精度。在上述准备工作完成后，应落实技术交底与岗前培训工作，保证所有施工人员在各自岗位上有效完成各项工作。

④后座墙。在机械顶管施工技术的应用中，后座墙的主要功能是为千斤顶提供反作用力，假如它的设计和安装质量不合格，将会影响顶进工程的顺利推进。关于后座墙的设计与安装，应注意以下几方面内容：第一，可以承受主顶工作站千斤顶的最大反作用力；第二，受到主顶工作站的反作用力时，后座墙材料发生变形，而在卸荷后可以顺利恢复原状；第三，后座墙表面要平直，并且与顶进管道的轴线相垂直；第四，材质要均匀一致，以免在受到较大反作用力后出现倾斜现象。考虑到市政排水工程的工期较紧，无法等到工作井砼强度形成，所以一般是在该部分浇筑作业结束后2至3天进行管道顶进。因此，关于后座墙设计可以选择支护桩、工作井墙壁、钢垫板、预制钢筋砼块相结合的形式，其优势在于快速安装，且具有较强的稳定性和安全性，确保了顶进效率和施工安全。

⑤顶管导轨安装。首先，应选择合适的导轨材料，一般推荐使用重型钢轨，因为此类导轨材料有着较强的承载力和刚度，可以有效支撑顶管机和管道。其次，确定导轨长度和间距，前者应为管材长度的1.5-2倍，保证导轨可以提供足够的支撑；导轨间距应该为管径的0.45-0.6倍，这对避免顶进中发生偏移有着重要作用。再者，合理确定底板厚度与垫层厚度，这对导轨在顶进中维持稳定十分关键。在工作坑底板为400mm厚C30混凝土，100mm厚C15砼垫层。最后，安装导轨，这一过程中

除了明确导轨位置、调整导轨，还要做好测量与校核工作，其中导轨的内距不能超过或小于标准值2mm，而顶面高程和中心线位置的允许偏差分别为0~3mm与3mm。在此基础上，做好安装后的检查与维护工作，确保其始终满足施工要求^[3]。

⑥进出洞口的措施。为了防止地下水对顶进施工的影响，先对洞口处的土体进行加固，并在洞门处合理设置止水墙。顶管机出洞前，相关人员需要仔细检查洞口附近土体的稳定性，在确定符合要求后便可以进行顶管出洞施工。期间，还要加强对主要设备的检查，包括主顶进装置、顶管机等，并且准备好所需的施工材料。考虑到顶管进出洞中涉及动火割焊作业，所以要注意安全保护工作，如消防控制、防止线路破损等。

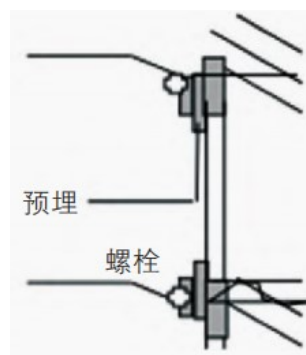


图2 洞门止水墙

进洞施工措施：第一，在顶管机接近洞门时，为了防止其进洞过程中造成封门变形等不良后果，应在其切口距离封门3m左右时，打开应力释放孔。同时，初步探查外部土体情况，如是否洞门及周边土体存在变形。第二，顶管井进入过程中，要确定顶管机中心位置，然后在封门上实际放样出一个比管外直径大8cm的圆圈。在确定外部土体情况稳定后，快速拆除预留洞口封堵，并顶进顶管机。随后，做好焊接固定作业，保证顶管机和管节的稳定性。

⑦顶管设备安装。首先，落实设备安装前的准备工作，包括确定设备安装位置、选择合适的吊运设备与方法、合理安排安装顺序等。其中主要涉及电气设备的安装、测量仪器的安装、泥水处理系统及注浆系统的安装、通风设备的安装等。安装过程中必须严格按照有关工艺要求进行，并做好调试工作，确保这些设备的正常运行^[4]。

⑧顶进。在顶进准备工作完成后，开始进行初始顶进，期间不仅要穿过工作井洞口，还应确保高程、中心偏差最小。这一过程中应有效控制初始顶进的速度和泥水流量，其中前者应控制在3~5mm/min，泥水流量则要控制在1.4~1.5m³/min。在正常顶进中，应注意顶进主要参数的设置，特别是泥水初定参数的设置需要符合相关规范。

表1 泥水初定参数

泥水比重	1.15t/m ³
泥水仓压力	245KPa
泥水流量	Q1 ≤ 0.65m ³ /min
排泥流量	Q2 ≤ 1.07m ³ /min

一般情况下，机头顶进速度设定100mm/min，倘若需要提高顶进速度，应先加大泥浆流量，之后准确计算顶进速度，不然容易造成排泥管堵塞。但要注意的是，应在保证泥水仓压力的条件下进行顶进速度的调整。

顶进过程中需要时刻监测作业施工的好坏，一旦发现顶进过程中出现问题，应及时进行解决。例如，在砂层中顶进，管道极易因为泥水过度冲刷造成顶管机机头下沉，对这一常见问题应予以重点监测，如果发生要及时进行纠偏。另外，还要注意以下问题：在顶管机停止作业后，应注意观察泥水是否从洞口或土层流失，尤其是进洞阶段必须防止此类问题的发生，否则将导致挖掘面失稳；顶进中及时足量地注入符合技术标准的润滑支撑介质填充管道外围环形空隙；顶进施工中采用“短开挖、勤顶进”的方法，同时对土质的变化情况进行密切监测。

四、施工保证措施

(一) 组织保证措施

为了切实保障机械顶管施工技术的有效应用，在项目开始前需要建立专门的安管理体系，其中应当以项目经理为领导，施工员、材料员、设备员、安全员、质量员、试验员、资料员和库管员为主要成员。在此基础上，组织全体人员学习相关的管理制度和施工操作规程，为后续工作的顺利开展打下良好基础。

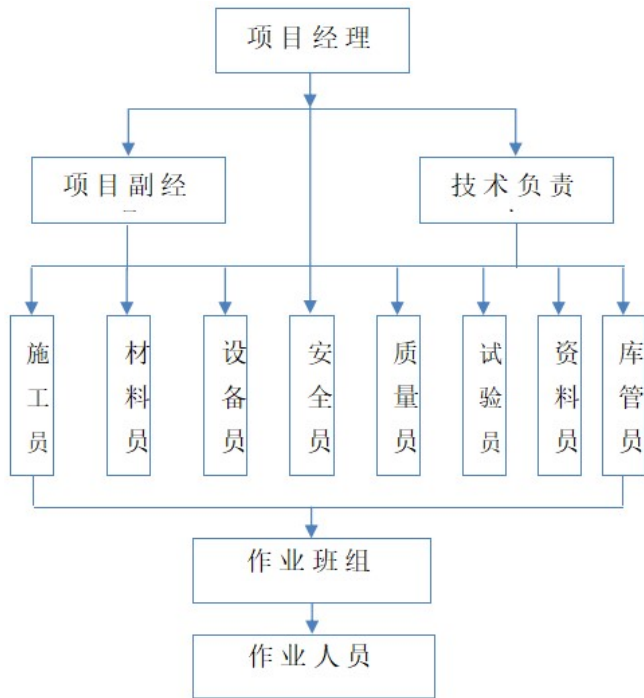


图3 安全管理体系统图

(二) 安全保证措施

首先，加强对重点部位的风险控制。例如，某市政排水工程在应用机械顶管施工技术中，涉及顶管管节吊运、施工沿线的地下管线的保护、高压线附近的作业、基坑开挖、顶管进出洞等安全风险较大的作业环节。这就要求相关人员对这些重点部位实行动态监控，结合实际情况采取针对性的管控措施。例如，在顶管管节吊

运环节，应禁止在雾天、雨天开展作业，特殊情况下应做好相应的保护措施。其次，加强对安全措施落实情况的检查，如施工现场是否配备足够的消防设施，并确定其能够正常使用。最后，建立健全各项规章制度，明确各层级人员的安全责任，形成全员参与安全管理的良好局面。

(三) 质量技术保证措施

一方面，落实设计图纸分级会审和技术交底制度。设计图纸作为开展施工活动的重要依据，其合理性与可行性对施工质量有着很大的影响。因此，在设计图纸的会审中需要经过两名及两名以上的技术人员审核，然后由技术负责人进行签字确认。在此基础上，与各方人员做好技术交底工作，保证他们对相关规范、质量标准等予以明确。另一方面，加强自检、互检和交接检工作。在实际施工中，各班组在完成作业后先要进行自检，之后通过互相检查确定施工质量是否达标，最后由质检部门进行检查及确认签字^[5]。

(四) 文明施工保证措施

为了保证施工的文明，在施工中必须融入绿色施工理念，并将其贯彻落实到各个环节，如施工现场的临时用水、用电要有专人管理，不得有长流水、长明灯，路面、厕所、现场卫生、门卫有专人管理；施工现场不能随意堆放废弃物和生活垃圾；结合现场情况落实噪音控制、灰尘控制等措施。

结束语

在市政排水工程建设中，机械顶管施工技术的应用十分广泛，对于提高工程施工效率和经济效益起着重要作用。但要注意的是，机械顶管施工技术的应用具有一定的复杂性，涉及内容较多，施工人员必须了解其操作要点，并能严格按照相关规范和要求进行操作。同时，还应立足实际情况完善施工保证措施，确保施工活动有序、安全地进行，这样才能顺利完成工程项目的建设，从而促进城市的长远发展。

参考文献

[1]李熙浩.浅析简析市政道路排水管道顶管施工技术的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(24):103-105.

[2]王强,赵景平,牛晓明.城市排水系统建设的顶管施工技术研究[J].工程建设与设计,2024,(14):206-208.

[3]黄宛轩.泥水平衡顶管技术在市政排水管道施工中应用研究[J].工程机械与维修,2024,(04):101-103.

[4]张勇,邓力铭,周田园.泥水平衡式顶管施工技术在排水管道施工中的应用[J].四川水泥,2023,(10):230-232.

[5]成武伟,闫满静.简析市政道路排水管道顶管施工技术的应用[J].中国住宅设施,2023,(09):160-162.

作者简介:王宏(1985.12-),男,陕西宝鸡人,毕业于长安大学,现任职称:工程师,研究方向:市政工程。