

市政道路排水工程中的污水管顶管施工技术研究

郭万庆

文登区城市管理综合服务中心

摘要：随着城市人口密度的增大，用水量的增多，为保证居民的生活以及城市的长远发展，道路排水工程发挥了关键作用。市政道路排水工程是保障城市稳定运行的关键因素，是否严格控制市政道路排水工程的整体质量，决定了城市交通能否正常运作。污水管顶管施工技术是其中的核心技术，它能够提高排水管道运行的通畅性与安全性，以及排水工程的疏水排水能力，因此合理运用这项技术至关重要。

关键词：市政；道路排水；污水管；顶管施工技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.14.066

顶管施工技术是常用地下管道施工技术之一，在市政污水管道系统建设中得到了广泛应用。该技术以千斤顶为施力设备，将掘进机和工具管等关键设备有效顶入土层，并由施工人员结合工程实际情况以及施工标准要求，通过机械掘进或者人工掘进等方式达到有效穿越土层，并在土层之中完成管道的埋设，并将地下管道顶进到接收井处的目的。与常规的开槽埋管相比，顶管施工除顶管井的开挖须在地面进行外，整个顶进过程基本在地下完成，不仅可以将土方挖掘量有效降低，从而节约土方挖运及地面扬尘等造成的附加施工成本，而且可以最大限度地降低施工对各类地面活动如交通通行等的影响。此外，顶管敷设可容许的管道直径范围较广，允许埋置深度大，在大管径雨污水管的施工中有较大的优势。本文结合某市市政污水管道工程，研究顶管技术的应用，为确保其技术价值的实现积累经验。

一、工程概况

某市污水顶管工程，全长为60m，深7m，附近土质以粉细砂和中砂为主，地下水位整体较高，施工区域在地下水位之下，生成流砂概率较大，稍有不慎便可能导致施工塌方。常规施工以气压顶管施工为主，但该施工方案进度较慢，且会产生较大安全隐患。为此，可采用敞开式工具管头与气压式机头相结合的方式。此外，施工场地附近为交通要道，需要重视施工期间的交通导行工作，避免对正常交通产生负面影响。

二、污水管顶管施工技术及其原理

从技术原理的角度看，顶管施工技术本质上是一种非开挖施工技术，在施工现场需要准确定位并做好工作井施工，之后将钢质管道埋入地下，当顶进设备顺利抵达工作面后执行预管理设施工。与传统技术手段相比，该技术的优势在于施工效率更高、施工所需场地较小、施工安全性更高等，所以在市政道路排水工程中的应用非常普遍。但顶管施工技术本身也存在一些缺陷，如工程造价相对偏高等。从市政道路排水工程的实际情况

看，顶管施工技术经过不断的发展，形成了规范的施工流程和操作标准，在施工过程中需要关注气压、土压、泥水等基本要素，最大限度地确保顶管施工的适用性，需根据现场环境特点灵活设计施工方案。在施工前期的准备环节，需要做好现场的实地勘察工作，了解现场的地质条件和环境因素等，避免对后续顶管施工环节产生不利影响。工具管的质量也是影响施工效果的主要因素，所以在施工时需要选用质量满足标准的钢管、混凝土管等材料，确保工具管的抗压性与耐腐蚀性，保证市政道路排水工程的使用寿命。

三、市政道路排水工程中的污水管顶管施工技术

（一）基坑测量放样

结合施工图纸和前期勘察单位出具的地质评估报告，明确具体的地质状况。在沉井施工中，需要先明确基坑开挖各参数，保持深度在2m左右，沉井刃脚外侧面和基坑边缘应保持2m左右的工作距离，边坡坡度应在1:1左右。完成场地整平工作之后，应依照沉井中心坐标确定基坑开挖边线，以及轴线控制桩、中心桩等。放线工作结束之后，应当先报请监理工程师批准，通过验收之后方能过渡至下道施工程序。

表1 顶管管道的允许偏差

项目	允许偏差	
轴线位置	50	
直线顶管内底高程， 管道内径（mm）	<1500	+30 ~ -40
	>1500	+40 ~ -50
相邻管间错口	双密封自锁承 插接口复合壁管	15%壁厚且 <20
	对顶时两端错口	50

（二）基坑开挖

通过监理工程师验收之后，可通过挖掘机与人工相结合的方式先将基坑表面浮泥全部清除，保证浮泥的干燥和平整，将排水沟设置在基坑底部周围，保证和集水井互相连通，如果赶上雨水较多的季节，集水井中积存了大量雨水，应当通过水泵将雨水抽除，避免积水对土质、刃脚垫层施工造成较大影响。刃脚垫层材料应以混凝土和砂石为主，保证共同受力，并根据相关公式确定砂垫层厚度。

（三）设备的选择

为保证污水管顶管施工质量，科学选择施工设备尤为关键，例如加压泵可以采用L150型，原料配比可以设计为“水：基地：膨润土=1：0.02：0.4”。在处理膨润土时，泥浆浓度应控制在5%~15%区间内，与顶管机设备同步进行。在准备环节需要准确计量顶力等参数，

按照计量结果准备好千斤顶,如zB.50型高压油泵千斤顶的应用性能良好且适用性较强。顶管施工期间,土压和气压、泥土膨胀原理是最主要的几种技术理论,在施工作业中需要考察好施工现场的地质条件、施工要求、影响因素等,为顶管操作施工提供便利。在选择顶管机及其配套设备时,也要进行综合考量,确保施工作业能够顺利开展。为规避施工突发事件带来的不利影响,采用钢筋混凝土管作为工具管,利用其优秀的承压效果保证施工过程的安全性和施工质量。

(四) 顶管始发顶进作业

结合地层实际情况对顶管掘进参数进行设置后,实施顶管的进洞始发顶进作业。在对洞门密封位置进行观察核验后,结合实际情况对刀具位置进行调整。在刀盘舱之中,施工人员不仅要逐步推进顶管机,还要对刀盘、刀具、洞口密封实际情况等各方面进行持续观察,必要时可涂抹一定的黄油,并严格按照径向方向对洞口密封扇形压板进行调整,通常是基于实际需求逐步调大。同时,整个推进过程要合理控制好泥水压力、泥水流量及顶进速度,尽量匀速顶进。顶进过程中,按照泥水流量、刀盘电流等参数的变化,及时对刀盘转速进行必要的调整;如遇到断处,刀盘切削时间适当延长,以保持刀盘的正向阻力稳定,避免出现顶管机出现位置偏移的情况。此外,在顶进的过程中,根据实时测量的结果,对顶进姿态、轴线位置进行及时校正,确保顶管顶进过程中不会偏离轴线位置。

(五) 穿墙施工

作为污水管顶管施工中的关键步骤,穿墙施工的整体效果决定了整个市政道路排水工程的安全性,也在一定程度上影响着项目整体的施工效果,为后续工作提供关键依据。在施工作业中,应当按照有关标准和顺序要求,通过穿墙管展开阻水施工。而为了提高施工过程的安全性,则需要在前期的设计环节做好综合性考量,例如水管网与电气设备应避免设计冲突,针对特殊设备增设保护措施,还要对上层土层进行注浆,提升土层的稳定性,规避穿墙施工可能出现的塌陷等安全事故。

(六) 顶管顶进施工

在顶管施工中,以千斤顶作为主要的顶进系统设备,并尽量配置较小的顶力设备,以保证顶进操作可以平行。顶管施工系统主要包括气压系统、液压系统、压浆系统和起重设备等,施工之前应对各系统进行严格检查。如果井内外各项工作均已完成,可以在井内导轨上放置机头并对机头方向进行合理调整。此外,为了避免工作井中渗水,需要在工作井前壁预留洞口以供管道和机头进出,并将密封装置设置在管道和预留孔洞之间。密封装置通常采用钢制内套环,将橡胶止水带设置在套环内圈中,并在管节和预留孔之间安装套环,将套环外围焊接在孔的预埋钢板上,内圈应与管节保持紧贴。设备在工作井中安装完毕,且经检验符合施工要求之后,就可以根据原定的施工设计方案进行顶管顶进施工。施

工过程中,采用的顶管通常为2根平行管,为规避施工中可能出现的突发状况,需要将2根平行管分先后顺序展开作业。施工关键点如下:1)确保平行管与导轨设计位置重合,在施工结束后进行全方位检查,确定不存在质量问题后进行顶铁安装。顶铁安装后需要检查管轴线与管底标高等相关参数,在确保无误后开展管前端挖土施工;2)施工期间可以利用千斤顶出镐,并且计算顶管的顶力是否超出墙体承载能力,确保圆管施工能够顺利进行;3)在完成顶铁安装环节后,管前端需要设计一些空间,利用油泵千斤顶进油,活塞可以往前推动一个进程;4)顶管处于井边约50cm的位置时即为完成安装操作,在卸管后安装后续管道,施工流程从顶铁安装开始。

(七) 井筒混凝土浇筑和振捣

完成模板与支架的施工作业后,应向监理工程师报请验收。完成验收后,方能过渡到混凝土浇筑和振捣工序。在泵送混凝土时,可在浇筑振捣段放置输送软管,并与浇捣面保持大约1m的距离,以避免混凝土出现离析表现。在正式浇捣混凝土之前,应核实预留管、预埋件、预留管参数尺寸等,以避免错放与漏放等情况的出现。在振捣混凝土之前,应以插入式振捣器为主,并在插入时与钢筋远离,以避免出现混凝土离析表现。在振捣混凝土时应检查模板和钢筋的受力情况,防止出现跑模现象。井身浇捣混凝土需要分成三次进行,下沉需要一次完成。首次应对刃脚位置进行浇捣。分段浇捣时,应对施工缝进行控制,以凸缝施工缝为主。后续浇捣时,应对连接位置的混凝土凿毛,充分清洗,并振捣密实,以防止蜂窝等质量通病的形成,实现沉井施工质量的提升。

(八) 混凝土养护和拆模

完成混凝土浇捣之后,待混凝土终凝之后,应当第一时间进行养护,通常可通过在混凝土表面覆盖塑料膜和自然养护等方式达到目的,在表面轻轻浇水,不能用高压水泵随意喷射,避免对混凝土产生较大破坏作用。养护时间应按照图纸设计规定,且现场人员应避免增加混凝土表面的压力,也不能污染混凝土表面。

拆除模板时,应当对拆除时间与拆除顺序引起高度重视。通常在混凝土浇捣之后大约4天,且强度达到设计模板可拆除要求强度时,可进行拆除工作,否则很容易影响混凝土强度。拆模顺序自上而下,全程需谨慎小心,以防止破坏混凝土。如果混凝土是分段浇筑振捣的,应注意最后排模板的保留,以免对向上接模造成影响。

(九) 管节安装及管道接口处理

该项目管节之间采用“F”型钢承口连接,并增加楔形橡胶圈做密封处理。由厂商负责完成专用钢筋混凝土加强管的生产以及养护。在安装管道之前,必须对管道表面及接口进行全面检测,特别关注表面是否存在破损现象以及成品管槽口与钢套环的尺寸误差是否在允许

范围内、橡胶密封圈是否有凹坑、裂纹、承口插入面是否光滑等，确保无误才能进行使用。

四、纠偏与沉降控制

(一) 管道偏差预防与纠正

管道轴线位置与工具管刀盘、主油缸等如未保持平行，随着顶进过程的持续，管道扭矩会逐渐积累增大，如不及时纠正将导致管道出现扭转；在顶管施工过程中，当管道内部设备组合或位置布设不合理，也会出现这类问题；此外，地质条件的突然变化，如管道两侧地质差别突然增大也会可能会导致管道偏位。为避免出现管道偏位，首先应对顶管设备安装精密度进行有效控制，确保管道轴线保持平行以及主油缸的稳固性，必要时对偏差进行有效控制。在施工过程中，严格按照预定流程进行；并以重量对称分布为基本原则，对管道内部的设备进行合理布设，以有效避免管道扭转问题。此外，针对已经存在的扭转力，应适当施加外力进行平衡纠偏。当顶距小于15m时，建议通过主压千斤顶的方式，对管道轴线偏差进行校正，让偏差处于允许范围。

(二) 导轨偏移纠正

结合工程实际情况，导轨如果刚度不足或没有充分固定，一旦受到外力作用或震动，大概率会出现偏移；此外，如果工作井的井底板发生了变形或者是受损，又或者顶进后座不够稳固，当顶进产生作用力时，顶管轴线与主顶油缸之间的平行度将迅速出现变化，这时将不仅会出现位置偏移，还会导致导轨受损。此时可以将硬木、钢板、型钢等作为垫木，在导轨下面平整并紧密地放置，或者是直接用型钢或者是钢板在导轨上进行焊接，均可以增强导轨稳定性，从而有效控制偏移问题。

五、市政道路排水工程污水管顶管施工的注意事项

(一) 做好地质勘察工作

市政道路排水工程中，污水管顶管施工应当全面分析其工艺构成和施工要点，在施工前期做好一系列的准备工作，其中地质勘察工作是必不可少的环节。前期勘察工作获取的数据信息是后续工程设计与质量控制工作的关键依据，在地勘工作中，工作人员应关注基础地质的勘察检测，勘察重点分别为土壤力学性质、物理性质、地面交通、水文信息等。在了解这些必要信息后，才能为工程设计和技术工艺的优化提供参照，从而提高污水管顶管施工质量，保证后期施工作业的顺利推进。

(二) 污水管质量检测

污水管顶管施工质量的影响因素较多，而材料质量是最主要的因素，直接决定了污水管顶管施工效果以及使用寿命。所以在施工过程中，需要避免管材质量不合格导致的施工停滞、安全隐患等。施工单位需要对污水管材料进行质量检验，质量检验的内容主要包括管道材料的静承载力、抗压强度、防渗效果、耐腐蚀性等，只有保证这些参数达标，才能避免质量问题的出现，提高市政道路排水工程的整体效果。

(三) 机械设备的维护检修

在施工操作中，设备的运行表现对工程品质有着显著影响。除了顶进设备，挖掘设备和动力系统的性能评估同样至关重要。为了确保施工过程的顺利进行，日常必须强化设备的监督与维护，以确保其稳定且安全的运行，从而提升整体的工作效率。在质量、进度和安全的综合管理中，设备的维护与检修应当处于核心地位，实施常规化的设备管理策略，并预先策划详尽的设备质量管理方案。例如，设备维护时，维修人员应根据设备的实际损耗状况，预见性地储备替换零件和润滑材料。在设备启用前，应进行严格的预运行测试，而在运行结束后，进行全面的检查，无遗漏任何一个可能的问题点。施工过程中，设备的保养计划应根据设备的使用年限和类型定制，目标是通过合理的保养，延长设备的使用寿命，同时保持其性能的稳定性，防止因长期高强度运转而引发的突发故障，从而确保设备运行的稳定性和安全性。

(四) 施工安全管理

在污水管顶管施工过程中，强化安全管理至关重要，它不仅关乎施工效率和工程质量，更关乎降低事故风险，防止因意外导致的经济损失。施工单位应采取如下四步策略来确保安全管理的有效实施：首先，针对工程实际环境、人员配置、设备配备和技术标准，构建全面且针对性强的安全管理体系；其次，组织全员参与的安全教育培训，提升所有施工人员的安全意识和责任感，促使他们在作业中始终遵循规章制度；接着，实施严格的现场巡查制度，特别关注安全监控设备、警示标识的设置与运行状况；最后，务必确保施工现场的各项安全设施完备且运行正常，包括固定设施和个人防护装备的维护更新。

结论

综上所述，顶管施工质量受到多个因素的影响，其中工作井的前期施工质量至关重要。进行浇筑混凝土时，应重视浇筑工作质量，确保混凝土质量达到要求。同时，在顶管顶进的过程中，应加强参数监测，使用水准仪、经纬仪等仪器设备，避免顶管偏离设计要求，从而实现施工质量的提升。

参考文献

- [1] 于希燕. 探讨市政给排水工程施工质量的预防和控制[J]. 工业A, 2021(7): 343-344.
- [2] 陈莉莉, 钟金飞. 关于市政道路排水工程施工效果管控研究[J]. 工业A, 2021(6): 301-304.
- [3] 吴惠英. 基于市政道路排水工程施工技术要点分析[J]. 工程技术, 2022(4): 140-142.
- [4] 郁胜东. 市政道路排水工程污水管顶管施工技术探究[J]. 工程技术, 2022(5): 108-111.
- [5] 关永泉. 污水管顶管施工技术在市政道路排水工程中的应用探讨[J]. 建材与装饰, 2020(8): 14-15.