

泥水平衡顶管施工技术的应用

黄 靛*

中铁五局集团路桥工程有限责任公司 广东 广州 511458

摘 要: 本文针对泥水平衡顶管施工技术基本原理和施工分类展开分析, 结合泥水平衡顶管施工技术应用要点, 其内容包括顶进管的合理选择、进行顶管推力计算、开展施工测量工作、顶管后背处理工作、进行导轨安装作业、进行管节安装作业、展开顶铁安装作业、进行机头进洞作业、展开顶进施工作业、进行机头出洞处理等, 通过研究顶进时遇到障碍物、机头管管口破裂、管道接口渗漏问题、地面沉降与隆起等问题的处理措施, 其目的在于梳理泥水平衡顶管施工技术应用工序, 提升施工技术的应用效果。

关键词: 泥水平衡顶管施工技术; 施工测量; 施工设备

DOI: <https://doi.org/10.37155/2717-5189-0403-30>

在城市基础设施分类中, 地下管网肩负着非常重要的作用, 具体的工作内容包括电力输送、通讯传递、污水处理、煤气传输等。随着城市化发展水平不断提升, 以往的地下管线管径、长度很难满足要求, 需要对其进行扩建, 这也需要技术人员进入管道进行安装。怎样使市政的安装工程最小程度影响到城市, 怎样使影响到人们日常生活降到最小, 已是近在咫尺的问题。对于这些难题采用非开挖技术就能解决, 其施工方法经济又安全。其中主要的非开挖技术之一就是顶管技术, 国外对它已广泛应用, 如今也逐步普及到国内。

1 泥水平衡顶管施工技术基础内容论述

1.1 基本原理

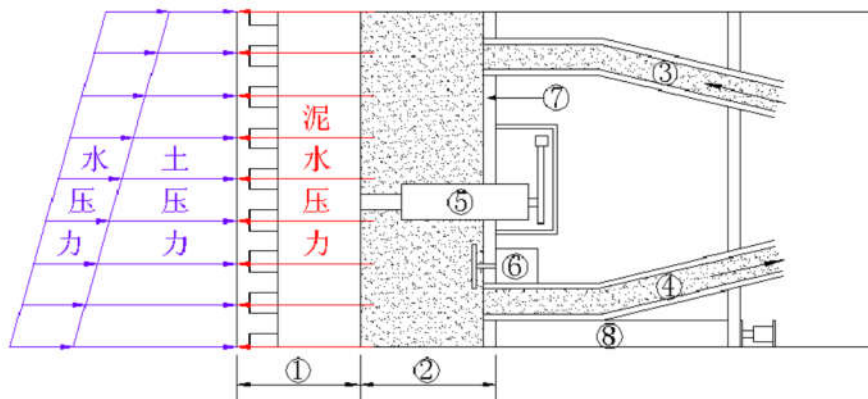


图1 泥水平衡顶管施工技术基本原理

泥水平衡顶管施工是指利用泥水压力来平衡顶进工作面上的地下水和土层的压力, 泥水压力主要通过泥浆泵来控制进出泥浆的量来实现, 该种施工方法即为泥水平衡顶管施工。泥水平衡顶管施工就是在机械式顶管机头切削刀盘的后方设置一道封闭隔板, 切削刀盘与封闭隔板之间的空间即为泥水舱。顶进施工前必须根据不同的地质条件来配置泥水的密度, 泥水一般由水、黏土及外加剂混合配置而成。泥水首先通过送泥管道压入泥水舱, 并充满这个泥水舱。进而泥水在顶进作业面上形成一道不透水的泥皮膜, 可以有效地阻止该泥水向挖掘面渗透。同时泥水舱内的泥水具有一定的压力, 该压力平衡了地下水和土层压力。随着顶管机头切削刀盘不断地转动顶进, 切削下来的块石砂土进入泥水舱, 经泥水舱内搅拌装置的搅拌, 富含切削砂石的高浓度泥浆随排泥管输送到泥水分离系统, 经泥水分离系统的处

*通讯作者: 黄靛, 1983年7月14日, 汉族, 男, 贵州省贵阳市, 中铁五局集团路桥工程有限责任公司, 公司经营开发部部长, 中级工程师, 本科, 研究方向: 建筑工程招投标工作方面。

理，被切削下来的砂石被分离后排出，经过滤除处理后的泥水被压入送泥管道进行重复利用。具体内容如图一所示，其中①—顶管机头切削刀盘；②—泥水舱；③—送泥管；④—排泥管；⑤—电动机；⑥—搅拌器；⑦—隔板；⑧—千斤顶。

1.2 施工分类

对于顶管施工，有多种分类方法，分别从不同角度来划分顶管施工在某一方面的特征，便于工程人员从不同的角度来认识和区分顶管施工。虽然各种分类方法存在着其局限性，但对它们进行归纳、分类却显得十分必要。通常顶管施工可按管材、管径、顶管作业形式、顶进轨迹及顶进距离等进行划分，顶管分类如表1所示。

表1 顶管施工分类

分类方式	分类	备注
管材	钢筋混凝土	——
	PVC管	——
	球墨铸铁管	——
管径	大口径	φ2000mm 及以上的顶管
	中口径	φ1200mm ~ φ1800mm 的顶管
	小口径	φ500mm ~ φ1200mm 的顶管
作业方式	手掘式	顶管前端无掘进机械，仅靠人工在带刃口的工具管内挖土
	机械式	在顶管前端钢制壳体内设有顶管掘进机
	挤压式	顶管前端无掘进机械，管内的土是被挤压进来后再做处理
顶进轨迹	直线顶管	顶管轨迹为直线状
	曲线顶管	顶管轨迹呈平面曲线、S 形曲线及垂直向曲线等

2 泥水平衡顶管施工技术应用要点分析

2.1 顶进管的合理选择

在技术应用过程中，进行顶进管道的合理选择，属于非常基础的工作内容，通常情况下，在结构施工过程中，会选用钢筋混凝土来作为顶进管制作材料，如果区域腐蚀性能相对较差，那么也可以选择钢材来作为顶管制作材料。同时在材料选择中，也需要注意以下几点：（1）顶进管直径，在具体应用的过程中，首要任务便是完成结构内径的确认，随后以内径参数为基础，对于荷载量、顶管壁厚、配筋率等参数进行计算，从而得到顶管结构的外径参数。

（2）顶进管长度，在技术应用过程中，也需要做好顶进管长度的管控工作，在长度参数的控制中，也需要做好前期的计算工作，一般会以正常路线作为基础，然后对管道长度进行合理调配，避免路线偏离情况的出现。例如，进行建设顶压坑作业时，也需要根据实际情况适当延长管道长度，同时做好参数整理工作，以满足应用阶段的相关要求。

2.2 进行顶管推力计算

在技术应用过程中，还需要做好顶管推力的计算工作，在具体计算的过程中，会应用到以下计算公式： $F=k \times \rho \times D_0 \times (2H + (2H + D_0) \times TG^2(45^\circ - A/2) + B/(\rho \times D_0)) \times L + P_0$ 。其中F表示顶管总推力，计量单位为kN；ρ表示顶管所埋设土层的密度，计量单位为kN/m³；H表示顶管结构上部分的厚度，计量单位为m；A表示顶管结构所处位置的内摩擦角，计量单位为°；B表示顶管单位长度的重量，计量单位为kN/m；L表示顶管结构的顶进长度，计量单位为m；k表示顶管结构与土层之间的摩擦系数；P₀表示顶管结构在掘进过程中所受到的迎面阻力的，计量单位为kN。将相应参数信息带入到计算公式当中，同时在计算过程中，也需要做好多次校核工作，确保每一环节计算结果的准确性，为后续作业活动的顺利进行奠定基础。

2.3 开展施工测量工作

在该环节的处理过程中，需要重点关注以下几点：第一，对施工图纸做好研究，明确顶管结构的安装位置、起点位置、水平轴线、垂直轴线等，考虑到地下管网的复杂程度较高，对此需要利用BIM技术来完成三维建模处理，这样可以对现有地下管线埋深、长度等参数进行明确，这样也为测量工作的开始奠定基础。第二，在施工测量过程中，需要做好测量过程的基准点的校正工作，随后以此为基础来展开放样工作，一般情况下，在放样区域内所设置的基准点数量不少于四个，以围合的形式来进行测量，从而得到可靠的数据分析结果。第三，完成施工测量工作之后，需要做

好监测点的编号工作,同时也会设置相应的监测点,其作用在于为顶管结构的顺利安装提供可靠参考,避免管线安装出现偏差的情况。

2.4 顶管后背处理工作

在该环节的处理过程中,需要重点关注以下几点:第一,对施工图纸做好研究,明确顶管后背结构的安装位置、起点位置、水平轴线、垂直轴线等,而且考虑到地下管网的复杂程度较高,为了提升分析结果的可靠性,一般会利用BIM技术来完成三维建模处理,这样可以对现有地下管线埋深、长度等参数进行明确,随后对施工过程进行梳理,确定具体的施工顺序,为后续作业活动的进行奠定基础。第二,在顶管结构后背施工过程中,一般会使用50b型钢结构来作为主体的焊接结构,而钢板尺寸基本在5m(宽度)×4m(高度)×0.05m(厚度),同时为了避免结构在顶进过程中出现井壁破坏的情况,因此在施工过程中,也需要结构缝隙之间添加衬垫木板,起到良好的缓冲作用。第三,在结构整体安装过程中,需要确保结构后背与管道轴线位置保持垂直的状态,而且也需要明确结构垂直度,据以往经验可以了解到,有关垂直度的偏差值不能超过5mm/m,从而确保结构安装过程的顺畅性。

2.5 进行导轨安装作业

在该环节的处理过程中,需要重点关注以下几点:第一,对导轨安装图纸做好研究,明确导轨安装位置、起点和终点位置、导轨水平轴线等,而且考虑到地下管网的分布位置比较复杂,而且相互之间重叠性较强,因此为了提升分析结果的可靠性,也需要提前利用综合物探技术来确定地下管线位置,同时以围合的形式来进行放线,从而得到可靠的数据分析结果,为导轨结构的正式安装奠定基础。第二,进行导轨结构安装时,采用钢制定型轨道作为主要载体,轨道的安装坡度需要和管道坡度保持一致,而导轨之间的间距控制在1m,同时在导管完成安装后,也需要对导轨中心线进行校对据以往经验可以了解到,有关导轨的偏差值不能超过5mm/m,从而确保管道在安装环节的顺利进行。

2.6 进行管节安装作业

在该环节的处理过程中,需要重点关注以下几点:第一,对导轨结构安装质量进行检查,考虑到顶管结构质量,一般会采用钢制定型轨道作为主要载体,检查轨道的安装坡度是否和管道坡度保持一致、导轨之间的间距是否合理,导轨中心线偏差值是否满足要求等,确定没有问题后,可以进入到下一环节作业。第二,在管节安装过程中,会利用到井口架、起重车辆来辅助作业活动。在管道正式安装前,需要对管道外观进行检查,同时对管道表面的平直度、是否存在锈迹、是否存在病害裂缝等问题进行检查,如果管节质量不满足要求,那么也需要及时进行更换,从而确保材料应用过程的统一性,而且也需要确保管节与管道进行吻合,进而提升管道口安装过程的稳定性。

2.7 展开顶铁安装作业

在该环节的处理过程中,需要重点关注以下几点:第一,对顶铁安装图纸做好研究,明确顶铁安装位置、水平轴线、垂直轴线等,而且考虑到地下管网的分布位置比较复杂,还需要做好相应的保护工作,如在结构缝隙之间添加衬垫木板,起到良好的缓冲作用。第二,在结构整体安装过程中,需要确保顶铁结构与管道轴线位置保持垂直的状态,而且也需要明确结构垂直度,确保结构安装过程的顺畅性。第三,在结构安装过程中,还会利用到井口架、起重车辆来辅助作业活动。并且也需要做好结构质量的检查工作,如果管节质量不满足要求,那么也需要及时进行更换,从而确保材料应用过程的统一性,而且也需要结构在安装过程中,还需要对整个安装过程进行监测,确定各个节点质量安装过程的合理性,从而提升安装结果的可靠性^[1]。

2.8 进行机头进洞作业

在该环节的处理过程中,需要重点关注以下几点:第一,对机头进洞作业图纸做好研究,明确机头进洞位置、起始位置、结构坡度、水平轴线等内容,而且还需要做好相应的保护工作,如在结构缝隙之间添加衬垫木板,机头表面用其他材料进行覆盖,起到良好的缓冲作用。第二,在结构整体安装过程中,需要对掘进速度、掘进深度、土方量等参数进行控制,同时结构与管道轴线位置保持平行的状态,而且也需要控制好水平方向的偏差值,确保结构安装过程的顺畅性。第三,在机头进洞过程中,也需要做好结构质量的检查工作,如果待安装管节质量不满足要求,那么也需要及时进行更换,同时也需要做好设备调试工作,待其满足要求之后,再进入到安装环节中,对整个安装过程进行监测,确定各个节点质量安装过程的合理性,从而提升安装结果的可靠性。

2.9 展开顶进施工作业

在顶进施工作业过程中,需要重点关注以下几点:第一,对顶进施工路线进行合理规划,该工作会在管节安装结

束后开始进行,这也需要明确顶进位置、水平轴线、垂直度、顶进深度等内容,而且还需要做好相应的保护工作,如在相邻结构缝隙之间添加衬垫木板,起到良好的缓冲作用。第二,在结构顶进施工过程中,需要对顶进速度、单次顶进深度、单次开挖土方量等参数进行控制,同时结构与管道水平额轴线位置保持平行的状态,及时纠正水平方向的偏差值,确保结构安装过程的顺畅性。第三,在顶进作业过程中,还需要做好结构调试工作安装过程的监测工作,确定各个施工节点质量的合理性,每一细节满足质量要求之后,可以进入到下一阶段的作业活动,从而提升安装结果的可靠性。

2.10 进行机头出洞处理

完成上述作业活动后,进入到机头出洞阶段,在该环节的处理过程中,也需要重点关注以下几点:第一,对机头出洞作业路线进行合理规划,该工作会在所有管节安装结束后开始,这也需要明确机头目前位置、水平轴线、顶进深度等内容,借此来提升拟定措施内容的合理性。第二,在机头出洞过程中,需要对退出速度、退出路径、周围稳定性等参数进行控制,同时机头出洞线路与轴线位置保持平行,而且也需要对遇到的卡顿问题进行及时处理,待问题处理后再进行下环节操作,确保结构退出过程的顺畅性。第三,在机头出洞过程中,也需要做好结构整个过程的监测工作,确定各个节点位置的稳定性,及时做好相应的弥补措施,确保整个安装过程的合规性。

3 泥水平衡顶管施工技术应用期间常见问题处理

3.1 顶进时遇到障碍物

在技术应用过程中,经常面临的问题便是容易出现障碍物的问题,主要原因在于土层内存在石头、已有管线等,针对此类问题,在对其进行应对时,第一,做好地质参数信息的勘察工作,借助综合物探法对于待作业区域的地质情况进行梳理,如地下水位置、地下构造、地下分层、地下管线位置等,同时利用BIM技术来完成三维建模处理,这样可以对参数进行进一步明确,为后续作业活动的进行奠定基础。第二,在遇到障碍物之后,需要根据实际情况进行处理,如对于直径不足额10 cm的土块或石块,可以直接利用顶管机旋转切盘打碎,不耽误正常行进,而直径超过10 cm的土块或石块,则需要利用人工清堵的方式进行处理,从而提升处理结果的可靠性。

3.2 机头管管口破裂

在技术应用过程中,经常面临的问题便是机头管管口破裂的问题,主要原因在于材料初始质量较差、作业流程不合规等。针对此类问题,在对其进行应对时,第一,做好材料参数信息的检查工作,借助各类无损检测方法对于待作业区域施工材料的壁厚、材料、有无破损等内容进行检查,确定没有问题之后,可以进行使用。第二,对于已经出现问题的管道,需要根据管口破损情况进行针对性处理,如对于破损较小,不影响质量的管道,可以直接利用内涨圈来对其进行加固,不耽误正常使用;而破损较大,影响质量的管道,则需要及时对其进行更换,以满足作业的相关要求。

3.3 管道接口渗漏问题

在技术应用过程中,管道接口渗漏也是常见应用问题,主要原因在于材料初始质量较差、作业流程不合规、密封材料质量较差等。针对此类问题,在对其进行应对时,第一,做好材料参数信息的检查工作,借助无损检测方法对生产材料质量进行检查,注意事项参考3.2中相关内容。第二,对于已经出现问题的管道,需要根据管口渗漏问题严重性进行针对性处理,如对于问题较小,不影响质量的管道,可以通过增加橡胶垫、外围增加围护层的方式进行加固,不耽误正常使用;而渗漏问题严重的管道,则需要重新进行密封处理,以满足作业的相关要求。

3.4 地面沉降与隆起

在技术应用过程中,地面沉降与隆起也是常见应用问题,主要原因在于开挖土量较多、支护措施较低等。针对此类问题,在对其进行应对时,第一,做好单次开挖土量的监督,确保其保持在合理范围内,使土层卸载速度处于合理范围内,提高卸载结果的可靠性。第二,对于已经出现问题的地面,需要对其进行及时支护处理,而且也需要材料换填处理,提升土层密实度和承载力,降低现有沉降问题所带来的影响性。

4 结束语

综上所述,泥水平衡顶管施工技术在实际应用中具有诸多优势,通过梳理技术应用过程中需要注意的相关内容,对于加快工程作业进度,提升工程作业质量有着积极地意义。

参考文献:

- [1]尹海英.污水管网工程中顶管施工技术的应用[J].砖瓦,2021(02):174+176.
- [2]吴伟.岩石地层条件下污水管线顶管施工技术[J].福建建筑,2021(02):113-118.
- [3]胡小冲,张国强,叶建荣.大截面长距离泥水平衡矩形顶管施工技术研究[J].施工技术,2021,50(01):105-107+112.
- [4]张金刚.泥水平衡法顶管施工工艺关键技术解析[J].河南水利与南水北调,2020,49(10):57-58.