

泥水平衡顶管下穿公路施工技术

刘晓斌 赵得君 徐仲

济南城建集团有限公司

摘要：在既有公路工程的基础之上展开管道安装施工，需要借助于泥水平衡顶管施工技术完成下穿顶进施工作业。该技术施工简单且安全性较高，在现代管道施工中广泛应用。本文基于此，对泥水平衡顶管施工技术理论加以研究分析，并结合某管道铺设工程案例，对泥水平衡顶管施工下穿公路的相关技术要点加以研究，包括测量放线降水井设置、工作井设置、导轨、顶铁安装、下管、顶进等施工环节，以期对管道工程安装施工提供技术参考。

关键词：管道安装；泥水平衡顶管施工；下穿公路

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.18.064

引言

在城市发展建设过程中，各类管道工程逐步推进，而逐渐扩大管道安装范围的过程中发现，部分管道需要穿过既有公路工程等项目完成施工安装。若按照传统管道安装方式，需要挖掘原有公路工程，重新进行管道埋设以及公路铺设，工程量较大，消耗时间较长，且如遇到复杂地势环境，可能会存在一定安全隐患。因此，通过泥水平衡顶管下穿公路的施工方法，简化施工流程，控制地表沉降，有助于打造高效率的管道安装施工作业。

一、泥水平衡顶管施工技术概述

作为一种典型的在地下管线铺设过程中所使用到的前沿施工技术，顶管施工无需对地基进行挖掘即可完成管线铺设作业。泥水平衡顶管施工技术可穿越包括公路、铁路、河流、房屋等在内的各种结构，满足管道施工需求，常见对给排水管道、电力电缆管道、煤气、燃气输送管道等加以安装施工。通过在管线一端挖掘工作井，而另一接收端挖掘接收井，随后，在工作井内安装顶管机，顶管机与管道从地下土层中穿越，持续向前推进，直到接收井内随后使用吊装设备，吊起接收井内顶管，则完成管道的穿越铺设。泥水平衡顶管施工技术以全断面方式对土体进行切削，通过泥水压力对地下水以及土压力等起到一定平衡作用，其尤其适用于流沙地质，具有更加安全便捷的施工效果。泥水平衡顶管施工技术的主要系统设备包括顶管机、地面操作台等其他辅助设备，通过PLC控制箱发出控制信号后，由顶管机自动展开顶进作业^[1]。在持续推进工作馆的过程中，通过刀盘旋转，进泥管持续供应泥水，排泥管将多余泥水排出之后，通过泥水护壁，确保顶进施工始终具有安全稳固效果。

二、工程案例

以某高速公路为例，在该高速公路位置展开泥水平衡顶管下穿施工作业，进而对管道进行安装。本次管道安装过程中所选择的公路下穿点位为该国道高速的平直中间点位，本段公路结构具有24.5m的路床宽度，且具有2m的路基高度，本次管道的总安装铺设穿越长度约为182m，套管顶部与该国道公路工程的路面之间距离为8m，且管线穿越位置与该公路路面之间为60°夹角。在本次管道安装作业过程当中，结合相关地质资料以及原有公路工程的施工数据进行整合，需要分别在高速两侧设置顶管工作井与降水井，满足地下水降水需求，避免在顶管顶进施工过程中出现地基沉降现象，造成安全问题。本次所安装的管道选用钢承口钢筋混凝土套管作为顶管，单节顶管长度为2m，套管外径约为1.5m，内径则为1m。

三、泥水平衡顶管施工工艺流程

（一）测量放线

在本次工程中，施工作业时首先应当进行测量，放线作业由施工单位对控制桩进行设置，需要利用RTK对下穿公路的施工管段中心桩点位进行确定，确定基本点位后，需要进行喷漆标注。随后确定本次下穿公路施工的边界区域，并设置中心穿越点^[2]。

（二）设置降水井

结合本次管道运输安装的设计方案所选择的公路穿越点位，其具有1.8m的地下水埋设深度，高程为63.59m。由于该地位置具有相对较为丰富的地下水，因此在本次顶管作业过程中需要控制在9m以内的作业坑挖掘深度。由于该国道公路工程难以直接实现降水作业，因此需要通过创建砂管井的方式完成降水处理。在本工程中，降水井共计设置为四处，其中，在该国道公路工程的东部工作井位置两侧设置两处降水井，水井与工作井之间保持10m的中心点位距离。其余两处降水井则在西侧顶管出口位置两侧分别进行设置，同样与所安装管道中心点之间保持10m间距。降水井按照20m深度加以设置，井口则按照标准350mm进行设置，同时分别为其配置潜水泵，满足抽水作业需求。

在挖掘工作井之前，需要提前对深井进行布置，确保在施工前一周完成降水处理。要求两侧降水井同步展开抽水作业，且按照设计限度对水位差加以控制，避免在顶管施工作业中由于降水问题影响公路路基结构。展开降水井施工作业，首先需要利用旋挖钻机，按照井口直径350mm的基础上增设10mm，挖掘垂直圆正钻孔。

随后,使用高压气枪对钻孔进行清理,避免孔内存在杂质,进而才能够保障顺利完成井管下放作业。分段展开井管下放作业,按照1m的单节长度,使用吊车缓慢进行下放,对准钻孔中心点位,依次进行吊装,下放完成下放作业后观察井管应高出地面20cm,随后由施工作业人员对裸露管道部分进行合理保护。

井管下放施工完成后,需要使用滤料在其周围进行填充,由施工人员选择直径约为3~7mm的干净石屑在井管周围均匀填充,填充厚度约控制在3mm以内。进而将污水泵放置于降水井底部,并多次高压冲洗,检测渗水效果达到预期要求后,对水位进行观测。施工人员检查潜水泵与管路构件结构质量,确保其性能参数完好,进而对其进行安装,要求保障电缆接头具有良好密闭性及绝缘性能完好^[3]。

(三) 布置工作井

在本次泥水平衡顶管下穿公路施工作业过程当中,对工作井架一布置选择直坑挖掘方式,设置1m宽度的台阶,按照60×60cm的尺寸,在井口以及台阶位置分别设置圈梁,并在工作井周围展开喷锚作业。本次工作井施工中所选择的材料为长度3m,直径22mm的钢筋,按照1×1m的尺寸间距以梅花型进行均匀铺设。同时,选择直径8mm尺寸为20×20cm的钢筋网在表面加以铺设,共计为两层,每层之间保持20cm间距,最后在表面喷射混凝土。本次混凝土选择C25强度喷射厚度要求达到30cm。根据本次工作井的施工布置要求,需要分层挖掘。土方首先应按照地面与高程59.8m的部分展开首层挖掘。施工完成后,由施工人员对工作井四周进行修整并使用挖掘机清理余料,完成后展开支护浇筑施工作业。然后开展第二层土方挖掘作业,按照59.8m至最高高层间距进行挖掘,最后重复清理并展开支护浇筑作业。

1. 锚杆作业

在锚杆施工之前,由施工人员根据本次工程下穿施工设计图纸内容,选用直径为22mm砂浆锚栓在基坑内按照1m间距进行扦插布置,单根砂浆锚栓长度应控制在3m以内,以梅花型进行均匀分布。根据锚杆直径,以超过25mm的孔径参数展开钻孔作业,选择钻头时需要满足施工既定标准要求,确保钻孔位置与既定锚杆扦插位置偏差不得超过100mm,且孔深处与标准偏差应控制应50mm以内。

安装锚杆时,以对准孔轴中心方向规范进行安装作业,完成钻孔作业后,应严格记录每一规格参数,并由施工管理人员抽样检查。若发现钻孔质量不符合标准,则需要重新填埋钻孔。钻孔作业完成后,需要及时清理锚杆孔,可通过高压水枪或高压风机联合清洗的方式,确保彻底清理锚杆孔,避免存在杂物或清水。

完成钻孔作业后,需要及时对锚杆安装,并展开

注浆作业,使用C25混凝土,按照合理配比进行均匀混合后,将混凝土浆液垂直灌入锚杆孔,观察其出现返浆现象,则停止注浆作业^[4]。注浆施工过程中将注浆管深入到锚杆孔底部,随后向上提升3cm位置展开缓慢注浆。在注浆作业中应缓慢提升注浆管,直到观察混凝土浆液溢出锚杆孔后停止注浆。进而封闭锚杆孔堵塞牢固,若发现锚杆孔在注浆施工过程中周围出现混凝土浆液应及时进行填堵作业,等待凝固后重新进行施工。

2. 喷锚作业

完成锚杆孔注浆施工之后,需要对工作井周围进行喷锚施工,首先将所选择的钢筋网平铺于工作井周围。钢筋网直径参数为8mm,网格尺寸为20×20cm,由于需要铺设两层钢筋网,则每层钢筋网之间应保持20cm间距。在首层钢筋网铺设完成后,需及时使用C25混凝土进行喷射,首层厚度应控制在20cm,保持与下一层钢筋网相互衔接后,再次喷射混凝土10cm厚度,两层混凝土总计厚度为30cm。在钢筋网铺设作业过程中,应当由施工人员对每一层钢筋网安装完成后展开验收检测,确保其符合作业标准,可进行混凝土喷射。在喷锚施工中,应当遵循送风、开机、给料的标准作业流程。完成混凝土喷射之后,按照停止送料、关机以及关闭送风系统的顺序依次作业。喷锚作业结束后需开展后背梁施工,按照10×1×3.48m的长宽高参数尺寸制作后背梁,与工作井顶管两侧钢筋格栅相连接。通过人工挖掘地锚梁,完成钢筋绑扎之后同样选择C25强度的混凝土展开浇筑作业。

(四) 安装导轨

选择5.5m长度的轻型钢轨制作导轨,导轨铺设在管道两侧,需保持等高且相互平行,避免出现较高偏差,完成导轨安装后需要进一步检测导轨牢固程度,观察其是否出现衔接弯曲、中断等现象,确保其使用性能符合管道顶进安装需求。为降低管道顶进安装过程当中所产生的振动影响地基稳固性,出现沉降现象,需要在导轨下铺设枕木,使用道钉进行连接安装,由施工作业人员确定枕木安装高程符合基本安装作业参数,才能够确保后续管道顶进施工顺利完成^[5]。

(五) 安装顶铁

安装顶铁应当检查顶铁轴线是否平行管道轴线,在安装顶铁之前,需要清理顶铁表面,避免其存在油污、泥土等,确保其与导轨之间衔接紧密。更换顶铁时,按照先长后短原则,分别展开更换作业。本次工程施工中,按照20×30cm的顶贴尺寸进行更换施工,且控制在1.5m的单向使用长度。选择PVC聚酯材料作为管口与顶铁之间的缓冲材料,进而避免二者之间的冲击过于频繁导致使用寿命受损。顶铁安装时,相关施工作业人员需在合理方位进行观察,避免在顶铁上方或机侧加以停留,杜绝安全隐患。

（六）下管

下放管道时，需要利用滑轮组与卷扬机组合完成施工作业。在下管过程中，应当规避管节与导轨之间的接触，避免发生碰撞。将首节管道下放至导轨上方之后，需要使用工具管导向环对其进行牢固绑扎，根据施工设计图纸核对管道当前中心位置是否符合标准要求，检测管道前端与后端当前标高，确保与施工设计参数二者之间的偏差控制在10mm以内，则可进行顶进作业。

（七）顶进

1. 试顶进

由施工人员检查导轨、顶铁、基座等组装完毕之后，检查主顶后备设施是否符合定位设计，进而联合验收顶管机组使用性能。逐项检查逐项进装置、顶管机等设备，确保其性能参数符合安装顶进作业要求，并严格检验洞口橡胶衬压密防水效果。随后开展试顶进施工作业。按照10m长度设置试验段展开顶进测试，并以2m长度为间隔设置沉降观测点，在断面处总计设置四个观测点。在顶进试验过程中，对地面沉降现象进行记录，要求间隔2h检测地基沉降情况，并绘制出地基沉降变化曲线。与此同时，收集整合顶进施工作业时的刀盘转速、顶进速度以及泥水仓压力等参数，从而分析施工过程中的各项参数与地表沉降之间所产生的影响，为后续正式开展泥水平衡顶管下穿施工作业提供参考。

2. 正式顶进作业

正式展开顶进施工作业检查管道安全，则可由施工人员启动后座主顶油泵以及主顶千斤顶展开管道推进施工作业。由顶管设备推进管道过程中，前方顶管机刀盘旋切土体，落入泥土仓中，与进浆管中的混凝土进行充分均匀搅拌，形成用于支护的全新泥浆，从机头处排出，随着管节前进，在周围进行护壁施工。本次泥水平衡顶管下穿施工过程中，选择30~55mm/min的初始顶进速度，等到试运行结束之后，控制在62~137mm/min的正常顶进速度。

顶进管道施工过程中，需要由施工人员对管节与土层之间空隙加以检验测定，应保持10~20mm宽度，正式顶进后应当保持10mm以上的空隙宽度，避免顶进速度过快，应缓慢执行顶进施工作业，确保每一环节依次完成，按照合理施工顺序，合理衔接各环节。当在泥水平衡顶管下穿施工过程中完成首节管道的顶进施工作业后，需要由施工人员及时检测施工管段前后标高以及中心线点位是否出现偏差等确定偏差参数后，核对其是否处于标准控制范围，确认符合施工参数后，可继续展开后续管段的顶进施工作业。

从某种角度上来讲，首节管段的顶进施工参数对整体顶管下穿工作质量具有决定性作用，因此要求严格控制首节管段的顶进施工规范，确保顶管机动力系统正常，并对系统运转偏差加以纠正。在手段管道顶进施工

作业中，每前进0.3m则应当对管段标高以及中心线展开检测记录，避免管段顶进过程中出现超偏问题。在顶进施工过程中，需要注意由于管道分段进行顶进施工，则每段管道顶进结束之后需收回主千斤顶，对下一节带安装管道进行吊装下放，进行精准测量检验，确保其各项参数符合施工标准后则可继续展开顶进施工。考虑到在施工过程中不可避免的将会对地层结构造成扰动，进而可能会引起一定的地层损失变形，因此，在施工过程中，需要由施工管理人员根据工程所在地的土质结构，覆土厚度等展开沉降监测，对土压平衡值进行纠正，尽可能降低土体扰动程度。

四、沉降监测

由于考虑到本次工程需要穿过某国道高速公路，因此为避免对公路路基造成沉降影响，需要展开沉降监测。本次选择三个水准点展开沉降位移监测。使用全站仪观测桩对公路路面施工过程中的水平位移情况进行监测，多次反复测量并总结记录观测数据。同时，严格按照设计图纸监测降水井，工作井以及基坑等水平位移情况，在其周围5m直径范围内进行地表监测。取本次公路段施工2h内的地表管线构筑物沉降监测数据进行综合分析，发现在顶进施工过程中，地表沉降累计现值为±24mm，日单次变化量为±4mm，水平位移总量为+8mm，单次变化量为2mm，属于合理沉降范围内，符合施工安全要求。

结束语

泥水平衡顶管下穿公路施工技术是我国现阶段管道安装输送过程中最为有效的施工技术，其操作更为便捷，可降低施工影响并具有良好施工安全性保障。在施工过程中，应当严格按照测量放线、工作井设置、导轨、顶铁安装、下管、顶进等施工流程展开规范施工，并做好沉降监测，从而打造更高施工效率。

参考文献

- [1]侯淑鸿.泥水平衡顶管下穿公路施工技术分析研究[J].低温建筑技术,2023,45(02):163-166.
- [2]龚迎春.泥水平衡顶管下穿高速公路的沉降控制研究[J].中国设备工程,2021,(12):240-241.
- [3]张海龙.输水管道穿越公路泥水平衡顶管施工技术[J].居舍,2020,(12):36-37.
- [4]刘旺兵.泥水平衡顶管穿越高速公路施工技术要点分析[J].化工管理,2020,(03):146-147.
- [5]张友坤,何静.泥水平衡式掘进顶管施工技术在市政公路施工中的应用[J].四川水力发电,2019,38(05):74-77.

作者简介:刘晓斌,男,1992年8月生,山东省东明县,汉族,本科,中级工程师,研究方向:市政工程、公路工程。