

# 泥水平衡顶管下穿公路施工技术探究

田洪坤

济南先行公路工程有限责任公司

**摘要：**为解决泥水平衡顶管施工过程当中所面临的相关技术问题，有效保障泥水平衡顶管施工的质量与效率，现以华北地区某干渠工程为例，基于设备选型、泥水管理、注浆作业、记录分析、顶力变化处置以及收尾工作等相关环节分析了泥水平衡顶管下穿公路施工的基本流程，在此基础上分析了泥水平衡顶管下穿公路施工过程当中所面临的主要风险与处置措施，以期为有关从业人员提供参考。

**关键词：**泥水平衡顶管；下穿公路；施工方案；技术探究

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.14.068

**引言：**随着时代的不断发展与进步，管道工程在交通运输领域以及市政服务领域发挥着愈发关键性的作用，如何减少管道施工过程当中对于周边环境与交通造成的影响，保障施工安全性已成为技术人员亟待解决的关键课题。相关技术团队应当充分认识到泥水平衡顶管施工模式的主要特性与优势，进而加强对泥水平衡顶管下穿公路项目施工流程与施工要求的分析与研究工作，为后续相关项目的开展奠定更加坚实的基础。

## 一、项目概况

案例项目位于我国华东地区，属于城市供水工程的一部分，与104国道产生交叉，为保障管道质量以及管道强度，更好地完成预期规划目标，设计为外径3.12m的钢筋混凝土顶管涵，涵管中心间距7m并排两涵，单涵长度为60m，管内配置直径为2.2m钢管。从本地地质条件与水文条件来看，管涵施工过程当中经过的地层形态以细沙土为主，由于当地地下水较深，因此本次工程当中不涉及地下水要素。

涵管顶进施工过程当中与104国道交叉，该段公路路基宽约30m，属于国道主干线，交通往来较为繁忙，车辆载荷较大。为减少施工过程当中对于正常交通运行所产生的影响，选用加固后泥浆平衡顶管施工技术开展相关作业。

基于物探结果可知，项目周边地形地势较为平坦，岩土层内部稳定性较差，顶进施工过程当中容易引发安全问题，需要及时采取措施对地层内部结构进行加固处理，减少其对于后续涵管顶进施工所产生的影响。

## 二、泥水平衡顶管施工的基本流程

项目基本情况分析完成过后，需要从实际出发针对泥水平衡顶管下穿公路施工基本流程进行梳理与明确。

### （一）施工准备工作

完善的施工准备工作是保障后续顶管施工质量，减少施工过程中质量问题与安全问题的关键所在。基于上文可知，案例工程周边岩土层属于细沙土，地质结构较不稳定，可能会对顶管施工的正常开展造成一定安全威胁，因此在正式进行顶管施工前，需要对现场进行注浆加固，保障其内部结构稳定性<sup>[1]</sup>。在本文所述项目工程的加固施工过程中，为减少顶进施工所引发的沉降、塌陷风险，选用了双液注浆模式进行加固作业，有效克服了传统施工过程中可能引发的地层软化等安全风险，在短时间内实现了对地层内部的加固目标，有效提升了结构强度与结构质量。

在此基础上，为满足顶管施工要求，需要对工作井以及导轨进行施工作业。其中，在工作井施工过程中，结合了104国道的运行情况与走向对其尺寸参数进行了明确，本次项目当中将工作井尺寸设定为16\*6.5m，同时在现场配备了相应的排水设施，分别在基坑顶部与基坑内部配置了截水沟与集水井，有效抑制了施工过程当中降水造成的影响，使基坑内部施工安全得到了充分保障。此外，作为涵管顶进过程当中的关键性导向设施，导轨的配置对于提升顶管作业质量同样具有关键性意义。在本文所述案例项目的施工过程中，选用了P50钢制导轨，同时采用道钉将其放置于枕木上，并对导轨的高程、坡度以及走向情况进行了严格控制，尽可能减少了导轨施工过程中所产生的误差，为后续的顶管作业提供了支持。

### （二）顶管设备选型

作为一种技术较为成熟的管道铺设工艺，在泥水平衡顶管施工过程当中，合理的顶管设备选型对保障顶进施工效率与施工质量具有关键性意义。在设备选型过程当中，应当针对顶管设备的结构特征、技术原理、使用寿命以及适应环境等相关指标进行综合考虑，同时结合项目现场顶进施工需求以及当地水文地质分布情况等要素对顶管设备进行合理化选择。在本文所述泥水平衡顶管项目的开展过程当中，选用NPD-A2200多边形偏心泥水平衡顶管机作为主要顶管设备。该设备主要由刀盘、泥土仓、泥水仓、纠偏油缸、主轴箱等几部分构成，其单轴轴体极限抗压强度能够达到40MPa，受到其结构特点以及刀盘转动模式等因素的影响，该型泥水平衡顶管机对于不同形态的地形地貌以及岩土层结构特征均具备较强的适应能力，其具体技术指标见表1所示。

表 1 NPD-A2200 泥水平衡顶管机技术指标

顶管机外径	刀盘外径	刀盘转速	刀盘偏心距	装机容量
2640mm	2680mm	1.34r/min	20mm	90kW

### (三) 泥水作业管理

待顶管设备选型完成过后，需要针对关键部位开展泥水作业管理工作，从而减少施工过程中岩土层结构内部产生的稳定性问题，杜绝施工现场产生的各类安全隐患。与此同时，开展泥水作业管理还能进一步加强对顶管机方向以及顶进精度的控制，避免引发方向性问题。

首先，在泥水作业管理过程当中，需要对挖掘面开展泥水管理工作。技术人员应分别考虑到泥水仓内部压力大小以及泥水自身比重变化情况，同时合理采取措施对顶管施工过程中的挖掘面进行泥水管理作业<sup>[2]</sup>。通常来说，泥水仓内部压力应适当高于地层水位压力，因此技术人员可通过排泥泵参数的调节与控制进行泥水管理作业。与此同时，为避免引发顶管过程中的冒顶风险，在施工作业过程中，技术人员还应当严格控制进水比重，使挖掘面的稳定性得到进一步强化，减少额外的施工风险以及施工质量问题。

其次，待挖掘面泥水管理工作完成后，还需要对进排泥进行泥水管理工作，在作业过程当中，应严格按照相关标准与技术要求对泥水配比进行调整，同时结合土层内部渗透系数适时添加外加剂，有效提升泥水的膨胀倍率，减少其渗透量，并保障其物化性质的稳定性，避免施工环境当中各类有机盐以及微生物对泥水性质的影响。在此基础上，在进行泥水配比相关工作的过程当中，还应当尽可能减少作业时的原材料用量，使现场施工成本得到更加有效地控制。

### (四) 注浆降低摩擦

在顶管施工作业的过程当中，涵管往往会与土层之间产生一定摩擦，对顶进作业过程产生相应阻碍。因此技术人员可采用注浆降低摩擦的方式对整体作业进度以及施工便捷程度进行优化与控制。

第一，在注浆作业的过程当中，应当针对减摩剂的配比进行合理优化。在本文所述顶管施工作业的开展过程当中，技术人员分别针对三种预先配置完成的减摩剂性能进行了综合比对与实验分析，最终选定了某矿场生产的顶管专用膨润土作为顶管施工作业当中的减摩剂材料，并为后续施工进度以及顶管作业质量的保障做出了一定的贡献。

第二，技术人员针对浆液的调配配方进行了相应研究与分析。受到泥水平衡顶管作业基本原理以及岩土层内部物理特性等相关因素的影响，涵管与土层之间往往会产生较大的摩擦力，因此为基于减摩剂浆液尽可能减少摩擦力产生的影响，应当针对减摩剂的稠度与均匀性

进行合理控制。

第三，在注浆减摩作业的同时，技术人员还应当针对注浆流程尽心调控，通常来说，在注浆过程中应尽可能避免出现中断现象，同时合理控制螺杆泵的注浆压力，并结合顶管工程现场岩土层基本特征对注浆压力进行调整，其中，当土层以砂土、卵石等为主，渗透率较为突出时，应当尽量增大减摩剂的注浆压力，而当土层以黏土为主，渗透率较低时，则应当适当减少螺杆泵注浆压力，使现场注浆质量得到更加有效地保障<sup>[3]</sup>。

### (五) 测量记录分析

在泥水平衡顶管下穿公路项目的施工进程当中，合理的工期控制对于提升项目造价管理水平，降低项目施工成本以及建设支出具有关键性作用。因此为了加强现场工期控制水平，保障现场作业质量，避免出现相关质量问题，有关技术人员应当针对顶管机作业过程当中的关键性指标进行全面记录，同时组织专业力量进行识别分析，进而使项目进展过程当中顶管机的运行得到更具针对性的控制。

在现场施工作业测量记录的同时，相关技术团队应当分别针对顶管机顶进进度、顶进过程中的高程偏差情况、方向偏差情况以及顶力变化情况等四项关键性参数进行实时监控并报送，同时定期将预先设计方案与现场测得的相关指标进行比对分析，当指标发生变化时，应及时采取措施进行处理，将顶进施工过程当中风险进行及时遏制，避免其造成的严重损失。具体允许误差见表2所示。

表 2 涵管顶进允许误差

高程	中线	错口	对顶接头
±10mm	30mm	10mm	30mm

### (六) 顶力变化处理

在泥水平衡顶管施工过程当中，受到土体结构变化、高速公路载荷、土质变化等相关要素影响，可能会导致顶管机的顶力发生一定变化，不仅会使工期进度受到影响，严重的还可能会导致管节断裂等问题和风险，因此为有效解决上述困难与问题，项目技术人员应当结合顶力变化情况及时采取措施进行过减阻减摩，使顶管作业过程当中相关涵管与岩土层之间的摩擦力得到进一步控制。在本文所述案例工程项目顶进作业的开展过程当中，技术团队定期针对现场监控指标进行分析，同时将其与设计方案进行比对，当出现顶力变化问题时，分别采用了润滑剂减阻以及泥浆减阻两种方式对顶力进行了合理调节，使地面与土层对于顶管施工过程中所产生的阻力得到了针对性控制，有效减少地面沉降对于顶管施工作业所产生的影响，在借助泥浆进行减阻作业的同时，相关技术人员遵循了同向的注浆策略以及注浆

方式,使泥浆能够为管道的顶进作业起到良好的润滑作用,充分降低了顶进施工过程中所面临的阻力,提升了顶进施工效率<sup>[4]</sup>。

### (七) 完工收尾工作

当项目顶进施工完成过后,还需要针对性开展收尾工作,组织相关人员对现场进行处理,将顶管设备、导轨等相关设施进行及时拆除并进行整理,在此基础上对顶管作业过程当中管道内部所产生的泥沙、杂物进行全面清理,同时对管道内外关键指标参数进行测量与记录,为后续验收工作的开展提供相应支持。在管节顶进工程完工过后,相关技术人员还应当做好管节间的接头处理以及养护工作,分别采用水泥、石棉等材料按照一定配比进行混合,同时将其填入到不同管节之间,使其能够有效起到填充与加固的相关作用,避免引发其他问题。

## 三、泥水平衡顶管下穿公路施工过程中的风险与处置措施

虽然泥水平衡顶管技术属于一类较为成熟的施工技术,但受到顶进作业流程控制以及施工现场环境因素的影响,往往也会面临着一定风险,对于顶管施工质量以及建设周期将会产生一定影响。因此有关技术人员应当针对顶管下穿公路项目施工进程当中的常见风险进行综合探究,并能够结合实际给出针对性的处置措施,避免引发严重的安全问题以及质量后果。

### (一) 偏心荷载处理

在泥水平衡顶管下穿公路施工项目的作业过程当中,偏心荷载现象是最为常见的一类质量问题。受到顶管设施配置安装因素、涵管强度控制因素以及岩土层强度因素的影响,均可能在施工现场引发偏心荷载现象,导致顶进设备运行过程当中出现方向倾斜,导致管道的铺设布局受到相应影响。因此为减少偏心荷载对于顶进施工成效所造成的影响,相关技术人员需要做好以下几方面工作。

首先,在施工开展过程当中,应当及时针对顶管设施安装状态、涵管管壁强度情况以及岩土层结构变化情况关键性参数进行及时检查,同时结合专业检测设备针对顶管机作业过程当中压力参数进行及时识别,当出现指标异常时,应及时暂停作业,同时及时采取措施对现场进行处理,当顶进作业指标恢复正常时,继续进行顶进施工,从而避免出现偏心荷载问题。

其次,为保障现场施工稳定性,减少顶进作业开展过程当中对于涵管造成的不均匀压力,施工前应当采用边圈等针对管口部位进行及时加固,减少应力对管壁造成的影响,提升管壁整体强度。

最后,在施工进程当中,为杜绝安全隐患,还应当做好现场管控工作,明确作业人员以及测量人员的站

位,避免顶进压力造成的威胁<sup>[5]</sup>。

### (二) 后背破坏处理

在顶管作业开展过程当中,受到土层内部结构形态以及顶进压力状况等因素的影响,可能会诱发后背破坏现象,对于地下顶进施工过程中岩土层整体强度造成一定不利影响。因此技术人员应当及时识别后背破坏现象的发生预兆,并及时停机对现场进行检查,当存在后背破坏的可能性时,应针对不均匀土层进行及时加固,同时保障岩土层层壁垂直于作业面,保障受力均匀性与稳定性。

### (三) 管节破裂处理

在长时间高压顶进施工的同时,可能会引发管节破裂等事故,因此技术人员以及施工人员可结合现场实际情况在涵管与土层、顶管接触部位之间加设垫层,使设备顶进过程当中相关顶力的传导能够得到一定的缓冲,避免直接高压顶进对于管壁强度造成的影响。

### (四) 安全保障措施

在顶管施工过程中,为进一步减少现场安全问题引发的损失,项目技术团队构建了一系列安全保障措施进行现场管控。其中,针对顶进设备以及工作井内部用电进行了严格管控,针对专用电力线路采用TNS接零系统进行保护。在设备检修过程当中,至少保障两人共同作业,并做好现场安全保障工作,在此基础上,针对现场可能出现的重物坠落、有毒气体伤害等相关问题给定了相应应急处置预案,使现场作业风险得到了更加有效地控制。

## 结论

综上所述,在市政与交通运输领域,泥水平衡顶管施工技术发挥着关键性作用。相关技术团队应明确泥水平衡顶管下穿公路施工过程当中基本要求与具体流程,同时加强现场管理工作,从而进一步保障施工质量与施工进度。

## 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(2):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]袁光明.泥水平衡顶管下穿公路施工技术分析研究[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2022(5):1519-1520.
- [4]韩莉.泥水平衡掘进式顶管技术在市政排水管铺设中的运用[J].江西建材,2022(11):339-341.
- [5]邓潇聪.大截面泥水平衡矩形顶管过河施工技术与研究[J].建筑工程技术与设计,2021(22):99-100.