

基于复杂地质条件下的市政给排水顶管施工技术研究

莫汝景

广州市恒盛建设集团有限公司

摘要:为切实提升市政给排水顶管施工质量,降低复杂地质条件对于市政给排水顶管施工的影响,满足城市基础发展需求,加快市政工程发展。本文将对复杂地质条件下的市政给排水顶管施工技术进行分析与研究,本文首先从两个方面对于对某河流干流截污管渠施工建设项目进行综述,其次对市政给排水顶管施工技术在干流截污管渠施工建设中的应用进行分析,以供参考与借鉴。

关键词:复杂地质;市政给排水;顶管施工技术

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2023.24.074

引言

市政给排水工程作为市政基础建设不可或缺的重要一环,其建设质量不仅关乎城市基础建设质量,还与城市的经济发展建设息息相关。因此,将顶管施工技术在市政给排水施工中进行有效的应用,不仅可以全面提高市政给排水施工质量,还可以克服复杂地质条件对于市政给排水施工的影响,全面加快城市基础设施建设。

一、工程概况综述

(一) 施工概况

该工程项目位于当地某河流干流位置,工程施工大体上可分为四个阶段。(1)第一阶段,工程建设管径设置为DN1400-DN3000,管渠长度为4.1km,施工人员采用机械顶管施工技术进行全面作业。(2)第二阶段,管渠设置长度为1.5km,渠底内部标高为-1.0-2.6m,施工人员借助工作井连续地下墙进行施工。(3)第三阶段,设计管径为DN3000,管渠长度3.8km,施工人员采用工作井逆作法进行施工。(4)第四阶段,工程管径设计为DN3000,管渠长度为6.0km,施工人员同样使用机械顶管施工技术进行作业。

本次施工作业的重难点如下:第一,该工程项目将使用顶管施工技术,施工难度相对较大,工艺流程较为复杂。第二,在进行顶管施工作业的过程中,需要对施工现场附近道路进行交通疏导。第三,本次工程属于地下施工,所以施工建设安全尤为重要。第四,在施工过程中,对地质要求较为严格,需要对地质资料进行认真研究,对地质情况进行及时掌握,制定多元化的应急措^[2]。

二、基于复杂地质条件下市政给排水顶管施工技术分析

(一) 施工准备

第一,切实做好施工临时设施准备。根据实际的施工情况,做好交通疏导,对施工现场的接收井以及工作

井进行围蔽,可以使用高度为2.5m的装配式双面彩钢夹心围板对其进行围蔽,同时在施工现场周围增设安全警示牌以及夜间警示灯等安全标识。本次施工建设的用水均为市政自来水,与施工现场周围的村委会或是企业进行协商后,本次施工采用DN50PVC管进行输水,并在输水口安装水表,便于后续统计费用。针对用电方面,同样与周围村委会或是企业进行协商,施工单位装配配电设施以及电力传输装备。为规避市政停电风险,施工现场需要配备4台120KW的发电机,同时还需要配备4台500KW的发电机,为机械顶管施工提供电力,所有的发电机均采用静音发电机,发电机仅在日间使用,从而保证夜间附近村民的正常作息。施工作业过程中所产生的污水全部排入沉淀池,在沉淀后,排放至市政污水管道之中,不得随意排放污水。安排专门的保洁人员对临时办公室以及卫生间等公共区域进行定期的卫生打扫^[3]。

第二,切实做好技术以及顶管施工设备准备。该阶段可以从三个方面进行阐述:(1)本次顶管施工难度相对较大,施工技术人员需要对施工区域的地质水文信息进行全面的了解,同时对顶管路线以及地下水位情况进行掌握,在开始之前,对施工风险进行识别预估,并制定解决措施。由经验丰富的技术人员组成技术攻坚小组,做好设计图纸会审,明晰设计要求,做好技术指导。在施工开始之前,做好技术交底,对顶管施工工艺卡进行编制,所有操作人员均需要岗前培训。(2)切实做好测量放线工作,根据施工设计图纸对顶管沿线进行测量放样,同时做好标识。贯彻落实施工现场的“三通一平”工作。根据施工作业需求,组织施工机械入场,保证机械的规范停放,同时对机械进行定期的养护。原材料进入施工现场后,需要由监理人员对原材料进行审批以及检验,并在规定区域对原材料进行存放,做好保护。(3)本次施工建设所选用的顶管机械设备为国内众鑫科技有限公司生产的NPD型号的泥水平衡顶管机械设备,直径为3000mm,相关的设备有刀盘、显示系统、进排浆系统、动力系统、纠偏油缸、纠正系统等。对顶管的工具头、顶铁、轨道、支架等进行设计、加工制造,满足设计精度要求。

(二) 机械顶管设备安装

本次顶管施工作业的设备安装主要涵盖工作井安装、接收井安装、泥水平衡顶管机安装以及中继系统安装等多种设备安装。以工作井、地面顶管设备以及主控器安装为例:第一,工作井。施工人员需要使用50t汽车式起重机,对工作井进行安装,在顶管期间主要负责

管道的水平运输以及垂直运输。第二，地面顶管设备安装可以分为泥水循环系统设备安装以及主顶油泵房安装。其中泥水循环系统设备安装主要涵盖链各个泥浆箱、一个进泥浆泵、一个排泥浆泵等诸多设备。其中泥水分离器可以将循环泥浆中的一些杂物进行有效的分离，泥浆可以循环使用，下图为泥水循环现场图。而油

泵房则需要借助钢管进行焊接，并对其铺设铝钢板，油泵房的操作方式为半自动控制式^[4]。第三，主控室。主控室的主体结构为简易集装箱，主控室中主要放置PLC自动操作台，配电柜以及监控台等设备，顶管施工中的一系列操作，例如刀盘启停以及旋转都可以在主控室中进行操作。



图1 泥水循环现场示意图

(三) 机械顶管施工

本次工程建设顶管施工区域穿越的地层涵盖砂土层、素填土层以及粉质黏土层，根据施工设计图纸，施工人员可以采用泥水平衡机械顶管施工工艺。施工人员需要将直径为DN3000mm的NNP型泥水平衡机械顶管设备组织入场，并根据施工实际情况对设备数量进行调整，具体如下表所示：

表1 机械顶管设备使用数量表

名称	泥水平衡顶管掘进机/台	电焊机/台	发电机/台	液压千斤顶/套	空压机/台
数量	2	4	2	4	4

由于主顶油缸推动的实际管节长度为160m，但是本次施工建设的最大顶管长度为370m，所以需要两套中继设备。施工人员可以在顶管开始的120m位置布置第一台中继设备，并在240m位置布置第二天中继设备。当顶力满足中继设备的60%时，便可以设置中继间，当顶力达到80%时，便可以启动中继间，中继间的实际设计推力应为 $F=500T$ 。中继间共有以下几个部分构成：第一，液压电器以及操作装置。第二，止水密封圈以及千斤顶紧固件。第三，承压法兰片。第四，短冲程千斤顶。施工人员在对外中继间进行使用的过程中，需要将液压系统以及电器系统进行连接，当中继间开始施工作业时，千斤顶需要顶在已经接好的管子上，从而防止中继间在作业的过程中向工作坑方向位移。施工人员可以站在千斤顶的无油压侧，防止油压侧倒，压伤施工人员。中继间在自动控制阶段，需要安排专门的工作人员进行巡检，倘若发生故障，需要立刻上报，并马上断电。值得施工人

员注意的是，当顶管施工完成后，需要将中继间进行拆除，在对其进行拆除的过程中，需要将油路、油泵以及电器设备优先拆除，整体的拆除顺序为顶部、两侧以及底部。

(四) 顶管施工纠正措施

轴线偏差以及管道高程是影响顶管施工质量的重要因素，倘若管道出现大幅度偏差，将会导致后续的施工难以继续。因此，纠正作业是顶管施工过程中重要工作内容。根据本次施工建设的实际情况而言，纠正措施如下：第一，对轴线进行校正。顶管施工的理想情况便是顶进线路完全按照设计线路进行顶进，但是在实际的施工中，为保证顶进轴线与设计轴线相吻合，便需要技术人员多多对轴线进行校正，降低偏差幅度。第二，本次施工作业区域的地质相对较为复杂，不同的地质所采取的纠正措施也各不相同，例如，针对土质松软问题，则需要提高顶进速度以及油缸的伸出量，而针对土质相对较硬的问题，则需要对顶进速度进行控制。在顶进的过程中，当管道位置出现10mm偏差时，便需要对其进行及时的纠正。

(五) 曲线顶管技术

本次工程建设中，共有两个区域需要使用曲线顶管施工技术，分别为环城高速南侧段，以及海军学院至门口坦涌段。

第一，切实做好曲线顶管测量。测量工作可以分为两个部分进行，一部分为高程测量。施工人员需要将永久性水准引测至工作井井口，并将垂直钢尺沿着井壁顺下，设置临时水准点，同时在管道内部增设水准仪，并

将其中机头测出来。另一部分为左右偏差测量。由于左右偏差测量相对较为复杂，所以需要技术人员在管道内部布置移动测站，将弧形钢板固定在管壁上，同时正是固定脚架以及上架棱镜，从而在管道内部完成延伸导向布置，根据导线法对其进行测量。

第二，切实做好曲线顶管顶进。施工技术人员可以借助楔形套环以及楔形垫块法进行施工，其工作原理为，将套环设计成为楔形套环，并在管接位置安装楔形垫块，将管接缝形成V型，楔块一般使用木料制成，可以有效的保证管节之间的开度。在实际的施工中，施工人员需要借助工具管在线路的前端顶出曲线形状，并将楔形块依次安置在后续的管节之中，从而形成曲线段。在进入直线段时，施工人员可以借助千斤顶将线路进行修正，并将管节上的楔形块进行去除，并将后续管道进行顶进闭合，从而形成直线段。

施工人员需要将前三节管道设置成为特殊管道，施工人员需要在前三节管道的尾部增加预留油缸槽，并增设起曲油缸，从而便于顶管在进行曲线段的过程中，可以启用机头。只要前方顶管开始起曲，后面的管道也将自行起曲，为保证曲线，施工人员可以在开口位置，垫设木垫，直到满足设计厚度即可。为保障顶管掘进顺利，当顶管由曲线段转向直线段时，施工人员同样需要借助起曲油缸，并借助机头对其进行纠正，并将初始垫压的木垫取出。

第三，切实做好曲线段顶管钢管焊接工作。在进行曲线顶管施工的过程中，施工人员可以采用焊接等多样化的刚性连接方案，从而保证曲线顶管施工的安全与质量。在对钢管进行处理的过程中，需要对以下4点注意事项进行关注：（1）需要切实提高管接处的曲线刚度，保证钢筋混凝土与其环向刚度相接近，从而对管接处的径向变形进行有效的控制。（2）需要增加管节之间的顶进传力，对管道的轴向力进行改善，保证钢管不会出现变形以及失稳。（3）对油缸位置进行纠正，保证曲线的限位以及张开。（4）需要在管接处增设抗扭装置，严防管道接口变形。

（六）顶管施工应急措施

第一，针对顶管施工过程中的孤石处理技术。在顶管施工中，倘若遇到体积相对较大的孤石，但是无法使用工具头隔栅将其掏出时，施工人员便需要对管道内部与地面之间的距离进行互测，并对孤石位置进行明确。并在地表进行放样，同时开始向下挖掘，直到挖掘至孤石位置，使用人工拆除或是炮机拆除的形式对孤石进行处理，或是根据孤石的体积，对其进行开孔，直到DN3000管可以通过，下图为孤石处理结构示意图^[5]。

第二，由于本次顶管施工需要穿越粉质黏土层，所以为防止发生施工意外，例如土质变化、涌水以及遇到障碍物等问题，施工人员需要编制科学合理的解决措施对以上问题进行有效的应对。倘若在施工中，土质突然变得松软，导致机头下沉，为防止土层的承载力提高，

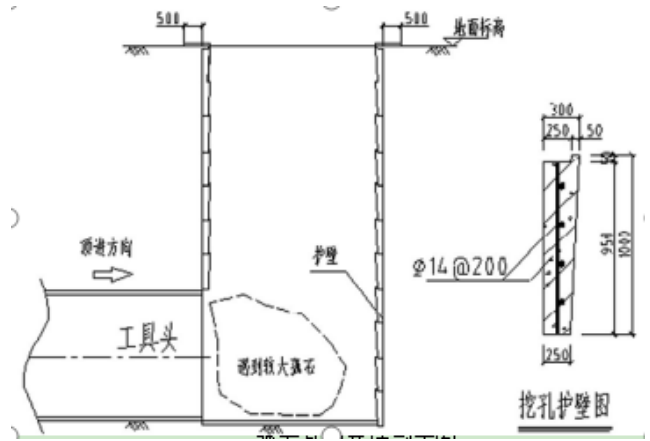


图2 孤石处理结构示意图

在出洞的过程中，需要将第一至第六节管道以及工具头连接成为一个整体，从而提高其刚性，保证机头不会突然下沉。倘若在施工中出现顶进偏差，则需要立刻停止施工，并对出现偏差的原因进行分析。除此之外，还需要构建完善的汇报机制，保证施工异常情况可以被及时的上报，并在最短的时间内找出解决问题的办法。

第三，地表隆沉控制。当施工人员采用泥水平衡顶管掘进机进行施工作业的过程中，需要对顶管的开挖中心位置的动土压力进行计算，并根据计算结果对掘进机的掘进压力进行设置。但是在实际的工作中，掘进施工并不会始终处于理想状态，倘若推进速度过快，则需要施工人员对其进行调整。但是无论是何种情况，施工人员都必须保证仓内泥水压力始终处于 $P \pm 20\text{KPa}$ 之间，从而保证仓内压力平衡，倘若仓内压力低于外部压力，将会导致地面沉陷，所以，施工人员需要对始终保持仓内压力平衡。

结论

综上所述，顶管施工技术作为当前市政地下管道施工中相对较为常见的暗挖施工技术，不仅可以帮助施工单位行之有效的节约大量的施工用地，同时对周围的环境的影响程度也相对较小，具有一定的环境效益以及经济效益，可以在复杂地质条件下的市政地下管道施工中进行推广与示范。

参考文献

- [1] 连一心. 明挖施工和顶管施工在市政给排水管道施工中的运用研究[J]. 居业, 2023, (09): 167-169.
- [2] 任广林, 张杰. 顶管技术在市政给排水管道施工中的应用[J]. 居业, 2023, (09): 10-12.
- [3] 张双苗, 高桂庆, 赖金星, 张健伟, 邱军领. MJS不同加固方式对降低顶管施工影响的效果分析[J]. 建筑科学与工程学报, 2023, 40(05): 183-191.
- [4] 陈极光. 下穿塑料排水板处理路基顶管施工控制技术[J]. 市政技术, 2023, 41(09): 68-73.
- [5] 毛星睿. 高铁车站电力管廊顶管施工杆保护措施探究[J]. 建筑机械, 2023, (09): 41-45.